平陆运河（兰海高速钦江大桥以下段）
环境影响报告书
（公示稿）

建设单位（代）：广西壮族自治区交通运输厅

评价单位：交通运输部规划研究院

2022 年 6 月

概 述

1、项目背景

广西地处北部湾畔，背靠大西南诸省，面向东南亚，毗邻粤琼港澳，是我国华南和西南地区的结合部，交通地理位置起着承东启西、连接南北通道与枢纽的作用。平陆运河是广西综合性战略资源，其始于南宁平塘江口，溯沙坪河而上入钦州境，跨分水岭沿旧州江而下至陆屋，汇入钦州干流经钦州港入海，线路全程约 140km。平陆运河沟通西江水系和钦江水系，上游与西江航运干线相连，向西经邕江直通南宁，向东经郁江直通粤港，向北通过黔江、红水河或柳江直达贵州，向南由钦州出海。西江航运干线中上游经平陆运河由钦州港出海，较目前经梧州由广州出海缩短航程约 560km，是广西内河出海的捷径。

为加快推进平陆运河前期研究工作，2021 年经招投标中交水运规划设计院有限公司与黄河勘测规划设计研究院有限公司组成的联合体共同承担平陆运河工程可行性研究及专题研究工作。受中交水运规划设计院有限公司委托，我院承担了平陆运河环境影响报告书编制工作。考虑到平陆运河涉及的内容较多，本次环评同步开展了地表水环境影响评价、地下水环境影响评价、红树林影响评价、牡蛎影响评价等专题评价。**根据涉及区域的不同，平陆运河环境影响报告书分为内河段和沿海段两本。根据海洋功能区划，兰海高速钦江大桥以下执行海水水质标准，因此海洋段评价范围为平陆运河兰海高速钦江大桥以下段。**

2、建设项目基本情况

本报告评价范围为平陆运河兰海高速钦江大桥下游段，其中兰海高速钦江大桥至沙井钦江大桥里程 7.1km，水深 4.9 米、底宽 105 米、最小转弯半径 360 米；沙井钦江大桥至终点里程 14.4km，水深 5.0 米、底宽 140 米、最小转弯半径 360 米。本段施工主要为疏浚施工，考虑到航道周边水域较为敏感，采用非爆破方式进行岩石开挖，疏浚总量为 781.9 万立方米。兰海高速钦江大桥下游护坡采用斜坡式护岸。该段航道设置 7#、8#等 2 个锚地，锚地用海面积为 234.60 公顷。

3、环境影响评价工作过程

本次环境影响评价工作分为三个阶段，即调查分析和工作方案阶段，现场踏勘、分析论证和预测评价阶段，环境影响评价文件编制阶段。2022 年 2 月 18 日，

广西壮族自治区生态环境厅组织开展了平陆运河环境影响评价工作大纲专家咨询会。5 月 6 日，广西壮族自治区生态环境厅对平陆运河海洋生态影响评价和牡蛎影响评价进行了专题审查，评审认为分析较客观，结论总体可信，在补充调查、科学论证前提下，可为平陆运河项目环境影响评价提供科学支撑。5 月 31 日，广西壮族自治区生态环境厅在南宁市以线上线下相结合的方式，组织召开了《平陆运河环境影响报告书》技术审查会议，审查认为“工程概况和工程分析内容较清楚，环境保护目标明确，环境现状调查资料较丰富，影响评价方法基本符合相关技术导则和规范要求，预测结果基本可信，提出的环保措施总体可行”“修改完善后可以作为项目报批的依据”。

4、项目主要环境影响及保护措施

（1）水环境

河口外海项目实施前后最大流速对比结果表明，航道上流速增大，增值范围在 0~1 m/s，增速最大的区域位于茅尾海与外海之间的狭窄海域；青年枢纽下泄流量增加，大榄江和瓦泾江流速增加；茅尾海及其入海海域的非航道区域内流场变化不大，变化范围在-0.2~0.2 m/s。模型分析结果表明，茅尾海水位基本保持不变。钦江航道施工产生悬浮物通过瓦泾江进入茅尾海，影响广西茅尾海红树林自治区级自然保护区北部两个片区和茅尾海国家级海洋公园；沙井航道施工产生的悬浮物主要对广西茅尾海红树林自治区级自然保护区东部片区实验区产生较大影响。施工对水环境的影响为暂时的影响，会随着工程施工的结束而消失。建议施工作业尽量安排在枯水期完成，施工期利用 GPS 定位，严格控制施工范围，减少悬浮物产生量。施工时严控悬浮物从瓦泾江进入茅尾海，并在施工船舶周边布设防污屏，将施工对水体 SS 的影响控制在尽可能小的范围内。

项目实施后平陆运河下泄流量增加，根据水动力计算结果发现，茅尾海纳潮量增加0.9%~3%，接纳外部海水能力增大。现状茅尾海的的半交换周期约7.1天，工程后虽然未造成茅尾海湾口断面的岸线形态和海底高程改变，但钦江泄水量增加，茅尾海的的半交换周期缩短至约 6 天。工程造成茅尾海半交换周期缩短，水体交换能力增强。水质模拟结果也表明，项目实施后，在外源污染保持不变的条件下，茅尾海内无机氮和活性磷酸盐平均浓度有降低趋势，但仍存在超标。

在施工营地应设置化粪池等污水收集设施，由环卫部门统一转运至城市生活

污水处理厂进行集中处理。施工船舶污水应遵守相关管理规定，由岸上接收处理。疏浚施工采用 GPS 定位系统，进行开挖的测量定位，根据不同地面高程及开挖深度进行分段分层控制推进，减少疏浚作业中不必要挖泥量。疏浚挖泥船周边应布放防污屏。

（2）生态影响

施工期产生的生态环境影响主要为施工造成的悬浮泥沙骤增、航道开挖对底栖生物、鱼卵、仔鱼等生物的影响，随着施工期结束可逐渐恢复。项目占用海域及邻近影响海域生态损失根据建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）进行计算，航道疏浚施工期底栖生物和游泳动物生态损失金额为 5486.40 万元。运行期对生态环境影响主要为船舶噪声对鸟类影响、船行波对两岸冲刷影响、钦江下泄流量增加导致茅尾海盐度变化产生的影响，以及航道事故状态下的船舶燃料油泄漏、污水非正常排放等影响。

疏浚作业应尽可能避开鱼类产卵期（3-6 月份），减少项目施工对渔业的影响程度。为了缓解和减轻项目对所在的海域水生生物的不利影响，应采取人工放流当地生物物种的生态恢复和补偿措施。具体增殖放流种类以该海域的常见经济鱼、虾类为主，放流地点为项目附近水域，同时应对增殖放流效果进行跟踪监测。

（3）生态敏感区影响

平陆运河不占用红树林保护区，但不可避免地占用河口区域保护区外天然红树林 13.9 公顷，并对红树林生态系统造成不利影响。平陆运河属国家重大项目，对红树林的占用符合《中华人民共和国湿地保护法》《广西壮族自治区红树林资源保护条例》规定。对于占用的红树林，应按占用面积 3 倍实行异地恢复，实施 5 年管护，确保广西红树林保有量不因项目建设而降低。

工程施工期疏浚对牡蛎种质资源和产业带来不可避免的损失。运行期近期下泄量增加对茅尾海种质资源分布区与养殖区盐度影响有限。平陆运河对牡蛎影响总体是可控的。在航道工程施工以前，提前采集施工区域及沙井北盐度下降幅度较大区域的香港牡蛎和近江牡蛎天然种质资源，转移至茅尾海国家海洋公园生态与资源恢复区。

（4）大气环境

项目施工期的大气污染主要来自于两个方面：一是工程建设过程中的施工作

业和道路交通排放的扬尘；二是施工机械排放的少量燃油废气。施工期间造成的大气环境污染是短暂的、局部的，施工结束将会消失。主要施工区、疏浚工程两侧共计 11 个敏感目标中的 2 个敏感目标受影响程度为一般，9 个敏感目标不易受扬尘影响。2 个影响程度为一般的敏感目标分别为辣椒槌村委会、北村村委会。

平陆运河工程运行期的大气污染源主要是航道内通航船舶燃料燃烧排放的废气，主要污染物包括 SO_2、NO_X、PM_{10}、$PM_{2.5}$、HC。近海段船舶大气污染物排放量较多的是 NO_X，2035 年和 2050 年分别排放 19.89 和 33.14 吨。平陆运河运行船舶扩散范围主要集中于航道范围内，对运河两侧的环境空气保护目标产生的环境影响较小。

施工期，应对主要运输便道上的路基进行夯实硬化处理，尽量保持施工现场道路的整洁、平整，减少运输车辆颠簸洒漏物料，及时清扫洒漏的物料，并辅以必要的洒水抑尘等措施，保证每天不少于 2~3 次，以保持场地不起尘。运行期，航道内推进船型标准化建设，鼓励船舶加装尾气处理装置，最大限度的减少船舶燃油废气的排放。

（5）声环境

施工期噪声源主要为挖掘机、推土机、挖泥船、装载机等航道施工机械产生的噪声。疏浚工程噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准的昼间达标距离为 20m，夜间达标距离为 50m。堆料场装载机、挖掘机、推土机噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准的昼间达标距离为 15m，夜间达标距离为 50m。受噪声源影响的 6 个敏感保护目标，昼间均能达到《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准要求，夜间有 4 个敏感目标不能达到 2 类声环境功能区要求，超标值为 3.6dB(A)。应合理安排施工时间，尽量避免夜间施工。

运行期船舶航行噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类、2 类、4a 类标准的昼间达标距离分别为 10m、6m、2m；夜间达标距离分别为 32m、18m、10m。运河两侧 20m 处船舶航行噪声均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类的昼夜限值，35m 处船舶航行噪声均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类的昼夜限值；近海段 20~35 米处的村庄涉及居民较少，为降低船舶航行噪声影响，应合理制定运输制度，严格控制夜间船舶流量。船舶航

行噪声基本以运河中心为源头向四周扩散，噪声影响呈现由运河向外逐渐降低的规律，由扩散范围看噪声影响主要控制在周边较小的区域范围内。

项目施工前 15 日，建设单位应向地方生态环境行政主管部门申报工程名称、施工场所和期限，可能产生的环境噪声值以及所采取的环境噪声污染防治措施情况，经生态环境行政主管部门批准后方能进行施工。在航道运行期间，应通过实地监测并听取公众意见，采取优化运输调度、控制船速等措施减缓船舶噪声对周围环境及敏感目标的影响。

（6）固废

本次评价范围施工航道共产生土石方 781.9 万 m^3，拟外运或直接由泥驳运转抛泥场。平陆运河的入海口及近海航道的疏浚泥沙运至制定的抛泥区抛放或者用于北部湾港相关港区围填海综合利用，不影响航道通航，且实现疏浚泥沙的资源化利用（造陆），不会对区域生态环境造成显著影响。

本工程施工船舶垃圾按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中有关规定执行。施工船舶垃圾以人均 0.5kg/d 产生量计算，船舶定员按 10 人/艘次计算，施工周期为 339.5 天，则施工船舶每天产生约 20kg 垃圾，施工期船舶垃圾产生量约为 6.8t，垃圾经统一收集待船舶靠岸后交由环卫部门处理，不会对沿线水体造成显著影响。

（7）环境风险

本项目海洋段最大可信水上溢油事故溢油量为 175 吨，可能最大水上溢油事故溢油量为 50 吨。施工期沙井航道附近水域发生溢油事故模拟情况，溢油点泄漏后，茅尾海国家级海洋公园适度利用区有 1~15%的概率污染（油膜最短到达时间约为 30 小时），生态与资源恢复区有 1~15%的概率污染（油膜最短到达时间约为 32 小时）;广西茅尾海红树林自治区级自然保护区的东部实验区有 5~35%的概率污染（油膜最短到达时间约为 13 小时），中部实验区有 1~5%的概率污染（油膜最短到达时间约为 48 小时）。

平陆运河应严格落实各项风险防范措施和事故应急预案，加强施工期环境风险防范，严格执行各项施工规程；运行期建立健全船舶交通监管系统和安全监督机构，进一步明确细化环境风险应急组织指挥、应急设备物资配备、应急人员队伍建设等。

5、规划符合性分析

本项目符合《广西壮族自治区海洋功能区划（2011-2020 年）》等相关管控要求，符合《钦州市城市总体规划》《广西北部湾港总体规划》。本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》（2021 年第 49 号令）中鼓励类水运项目，符合国家产业政策。

6、环境影响评价结论

平陆运河是北部湾经济区与西江经济带密切联系的新纽带。西江航运干线中上游经平陆运河由钦州港出海，较目前经梧州由广州出海可缩短航程约 560 公里。因此，建设平陆运河能够促进区域运输结构调整，减少航运能源消耗和温室气体排放。

经过分析评价，平陆运河工程实施的资源需求与横州市、钦州市资源承载能力相适应，符合流域规划、生态保护红线、“三线一单”等要求。同时，项目实施后也不可避免地会对周边生态环境产生影响，重点体现在运河拓宽、疏浚、开挖对滨海湿地生态系统、海洋生物的影响，船舶运营产生的大气和噪声污染，船舶溢油事故产生的环境风险等。

总体而言，经预测分析，在严格落实项目环评相关建议和各项环境保护措施、提高风险事故应急能力，并有效控制环境污染的基础上，项目实施不会给沿线生态环境承载力带来较大压力，生态影响和环境污染能够得到有效控制。从海洋生态环境保护角度分析，本项目是可行的。

目 录

1 总论.....1
1.1 项目由来.....1
1.2 评价目的.....2
1.3 编制依据.....3
1.4 评价标准.....7
1.5 评价等级.....12
1.6 评价重点与时段.....14
1.7 海洋环境评价范围.....14
1.8 环境敏感区和环境保护目标.....16
2 工程概况.....18
2.1 地理位置.....18
2.2 水运量预测.....18
2.3 建设必要性.....19
2.4 建设的可能性.....22
2.5 通航标准与营运组织.....23
2.6 航道工程.....23
2.7 配套工程.....27
2.8 施工方案.....27
2.9 项目用海情况.....29
3 工程分析.....30
3.1 生产工艺与过程分析.....30
3.2 工程各阶段污染环节.....30
3.3 工程各阶段污染源强计算.....31
3.4 工程各阶段非污染环境影响分析.....37
3.5 环境影响要素识别和评价因子筛选.....37
3.6 主要环境敏感目标和环境保护对象的分析与识别.....39
3.7 环境影响现状评价和环境影响预测方法.....39
4 工程沿线环境概况.....40

4.1 自然环境概况.....40
4.2 社会经济概况.....48
4.3 海洋资源概况.....48
4.4 环境质量现状概况.....50
4.5 周边海域环境敏感目标的现状与分布.....54
5 环境现状调查与评价.....57
5.1 海水水质质量状况调查与评价.....57
5.2 海洋沉积物质量现状调查与评价.....68
5.3 海洋生态现状调查与评价.....72
5.4 渔业资源和渔业生产现状调查与评价.....114
5.5 生物体质量现状调查与评价.....135
5.6 水文动力现状调查与评价.....143
5.7 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价.....176
6 环境影响预测与评价.....183
6.1 水文动力环境影响预测与评价.....183
6.2 水质环境影响分析.....208
6.3 航道回淤量计算.....222
6.4 生态环境影响评价.....233
6.5 对周围敏感目标的影响.....263
6.6 污水影响分析.....281
6.7 对大气、噪声、固废环境的影响.....282
7 环境事故风险分析与防范.....301
7.1 评价目的.....301
7.2 风险识别.....301
7.3 溢油事故源项分析.....305
7.4 海洋段溢油风险预测.....306
7.5 溢油风险影响评价.....315
7.6 风险防范措施.....316
7.7 赤潮风险分析.....323

8 清洁生产.....325
8.1 清洁生产概述.....325
8.2 建设项目清洁生产内容与符合性分析.....325
8.3 建设项目清洁生产评价.....327
9 污染物排放总量控制.....329
9.1 总量控制原则.....329
9.2 总量控制对象.....329
9.3 施工期污染物排放总量控制.....329
9.4 运行期污染物排放总量控制.....329
10 环境保护对策.....330
10.1 施工期环境保护对策措施.....330
10.2 运行期污染防治措施.....333
10.3 生态保护措施.....334
10.4 红树林保护措施.....336
10.5 牡蛎保护措施.....340
10.6 防污屏（帘）措施分析.....342
11 环境经济损益分析.....348
11.1 经济及社会效益分析.....348
11.2 环境损失分析.....349
11.3 环保措施的环境经济效益分析.....350
11.4 建设项目环境经济损益分析与评价.....350
11.5 环保措施经济可行性分析.....351
12 公众参与.....352
13 海洋工程的环境可行性.....353
13.1 海洋功能区划和海洋环境保护规划的符合性.....353
13.2 项目用海与相关规划符合性分析.....369
13.3 与《产业结构调整指导目录》符合性分析.....373
13.4 工程选址与布置的合理性.....374
13.5 环境影响可接受性分析.....377

14 环境管理、监测与监理.....379
14.1 环境管理.....379
14.2 环境监理.....381
14.3 环境监测计划.....382
14.4 竣工环保验收.....389
15 评价结论.....390
15.1 工程概况及分析.....390
15.2 环境质量现状监测与评价.....390
15.3 环境影响预测与评价.....391
15.4 环境风险事故分析与防范.....394
15.5 清洁生产分析与污染防治措施.....395
15.6 环境保护对策措施的合理性、可行性.....395
15.7 公众参与.....395
15.8 区域规划和政策符合性.....396
15.9 环境管理与监测计划.....396
15.10 建设项目环境可行性.....396
15.11 评价总结论.....396

1 总论

1.1 项目由来

广西地处北部湾畔，背靠大西南诸省，面向东南亚，毗邻粤琼港澳，是我国华南和西南地区的结合部，交通地理位置起着承东启西、连接南北通道与枢纽的作用。平陆运河是广西综合性战略资源，其始于南宁平塘江口，溯沙坪河而上入钦州境，跨分水岭沿旧州江而下至陆屋，汇入钦州干流经钦州港入海，线路全程约 140km。平陆运河沟通西江水系和钦江水系，上游与西江航运干线相连，向西经邕江直通南宁，向东经郁江直通粤港，向北通过黔江、红水河或柳江直达贵州，向南由钦州出海。西江航运干线中上游经平陆运河由钦州港出海，较目前经梧州由广州出海缩短航程约 560km，是广西内河出海的捷径。

平陆运河是现代版的“灵渠”，是密切北部湾经济区和西江经济带联系的新纽带，是西南水运出海新通道，是关乎广西未来的长远大计。广西壮族自治区历届政府相关领导多次关注平陆运河规划研究工作，有关部门对平陆运河开展了多层次、多方面的研究，通过不同方式来积极推动平陆运河项目建设。2013 年，国务院批复《珠江流域综合规划（2012-2030 年）》，提出远景视需要研究开掘平陆、赣粤、湘桂运河的可能性。2017 年 12 月，广西壮族自治区人民政府办公厅印发《西部大开发“十三五”规划广西实施方案》，明确将研究推进平陆运河建设。2019 年 8 月，国家发改委印发的《西部陆海新通道总体规划》提出推进沟通广西西江至北部湾港的平陆运河研究论证。

为大力发展向海经济，实施西部大开发战略及珠江—西江经济带发展规划，推进“中新南向通道”互联互通，2020 年广西壮族自治区交通运输厅委托中交水运规划设计院开展了平陆运河总体线路及梯级布置方案研究、平陆运河水资源综合利用研究、平陆运河入海口航道及江海联运港区通航关键技术研究、平陆运河通航技术标准与通航船型研究、平陆运河航道规划等 5 项重大专项技术的研究工作。2020 年 12 月，广西壮族自治区交通运输厅在南宁组织召开了《西部陆海新通道（平陆）运河航运规划研究》（含航道规划运量预测专题研究、航道规划环

境影响评价专题研究）验收评审会，随后形成了《平陆运河航道规划》。同时，交通运输部规划研究院受委托开展了平陆运河航道规划环境影响报告书编制工作。2021 年 12 月 31 日，广西壮族自治区生态环境厅在南宁组织召开了《西部陆海新通道（平陆）运河航道规划环境影响报告书》审查会。2022 年 1 月 29 日，广西壮族自治区生态环境厅印发了《西部陆海新通道（平陆）运河航道规划环境影响报告书审查意见》（桂环函〔2022〕130 号）。

为加快推进平陆运河前期研究工作，2021 年经招投标中交水运规划设计院有限公司与黄河勘测规划设计研究院有限公司组成的联合体共同承担平陆运河工程可行性研究及专题研究工作。受委托，我院承担了平陆运河环境影响报告书编制工作。考虑到平陆运河涉及的内容较多，本次环评同步开展了地表水环境影响评价、地下水环境影响评价、红树林影响评价、牡蛎影响评价等专题评价。2022 年 2 月 18 日，广西壮族自治区生态环境厅组织开展了平陆运河环境影响评价工作大纲专家咨询会。5 月 6 日，广西壮族自治区生态环境厅对平陆运河海洋生态影响评价和牡蛎影响评价进行了专题审查，评审认为分析较客观，结论总体可信，在补充调查、科学论证前提下，可为平陆运河项目环境影响评价提供科学支撑。5 月 31 日，广西壮族自治区生态环境厅在南宁市以线上线下相结合的方式，组织召开了《平陆运河环境影响报告书》技术审查会议，审查认为“工程概况和工程分析内容较清楚，环境保护目标明确，环境现状调查资料较丰富，影响评价方法基本符合相关技术导则和规范要求，预测结果基本可信，提出的环保措施总体可行”“修改完善后可以作为项目报批的依据”。

根据涉及区域的不同，平陆运河环境影响报告书分为内河段和沿海段两本。根据海洋功能区划，兰海高速钦江大桥以下执行海水水质标准，因此海洋段评价范围为平陆运河兰海高速钦江大桥以下段。

1.2 评价目的

本次评价工作的目的是从保护海洋环境、维护海洋生态平衡和严格控制污染的角度出发，通过了解本项目所在海区的海洋水文、海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量的现状调查及工程特征，以及现有的生态环境和自然环境等资料的

收集，了解该建设项目所在海区的污染源和污染物种类、排放数量、排放去向、处理方式等特点；预测和评价拟建项目对周围环境的影响范围和程度；预测该项目的建设对工程区海域的潮流场、水质、沉积物、生态环境的影响；评价项目建设的可行性；提出切实可行的控制和减轻海洋污染的环境保护措施，将工程产生的环境污染以及对生态的破坏控制在最小范围，使项目所在海域的环境得到有效的保护。同时，通过环境影响评价，提出相应的环境保护措施、环境管理和环境监测计划，为海洋环境保护部门、海洋行政主管部门及项目所在地区的政府部门的决策提供科学依据。

1.3 编制依据

1.3.1 相关法律

[1] 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月修订）；

[2] 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017 年 11 月修正）；

[3] 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月修正）；

[4] 《中华人民共和国湿地保护法》（2022 年 6 月实施）；

[5] 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月修正）；

[6] 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月修正）；

[7] 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2021 年 12 月修订）；

[8] 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月修订）；

[9] 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月修订）；

[10] 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002 年 1 月施行）；

[11] 《中华人民共和国水土保持法》（2010 年 12 月修订）；

[12] 《中华人民共和国土地管理法》（2019 年 8 月修正）；

[13] 《中华人民共和国渔业法》（2013 年 12 月修正）；

[14] 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012 年 2 月修订）；

[15] 《中华人民共和国野生动物保护法》（2018 年 10 月修改）；

[16] 《中华人民共和国森林法》（2019 年 12 月修订）；

[17] 《中华人民共和国节约能源法》（2018 年 10 月修正）；

[18] 《中华人民共和国防洪法》（2016 年 7 月修正）；

[19] 《中华人民共和国航道法》（2016 年 7 月修正）；

[20] 《中华人民共和国农业法》（2012 年 12 月修改）。

1.3.2 相关法规及法规性文件

[1] 《规划环境影响评价条例》（2009 年 10 月施行）；

[2] 《中华人民共和国自然保护区条例》（2017 年 10 月修改）；

[3] 《中华人民共和国野生植物保护条例》（2017 年 10 月修改）；

[4] 《风景名胜区条例》（2016 年 2 月修订）；

[5] 《基本农田保护条例》（2011 年 1 月修订）；

[6] 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 7 月修订）；

[7] 《防治船舶污染海洋环境管理条例》（2017 年 3 月修订）；

[8] 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年 3 月修订）；

[9] 《环境影响评价公众参与办法》（2019 年 1 月施行）；

[10] 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（2021 年 1 月施行）；

[11] 《突发环境事件应急预案管理暂行办法》（环发〔2010〕113 号）；

[12] 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）；

[13] 《关于进一步加强水生生物资源保护严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2013〕86 号）；

[14] 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发〔2012〕77 号）；

[15] 《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》（2017 年 2 月）；

[16] 《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》（2021 年 11 月）；

[17] 《关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》(交海发〔2018〕168 号)；

[18] 《广西壮族自治区环境保护条例》（2016 年 5 月修订）；

[19] 《广西壮族自治区海洋环境保护条例》（2014 年 2 月施行）；

[20] 《广西壮族自治区文物保护管理条例》（2016 年 3 月修正）；

[21] 《广西壮族自治区森林和野生动物类型自然保护区管理条例》（2018 年 9 月修改）；

[22] 《广西壮族自治区水污染防治条例》（2020 年 5 月施行）；

[23] 《广西壮族自治区土壤污染防治条例》（2021 年 9 月施行）；

[24] 《广西壮族自治区红树林资源保护条例》（2018 年 12 月施行）。

1.3.3 技术导则与相关标准

[1] 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；

[2] 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）；

[3] 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；

[4] 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；

[5] 《环境影响评价技术导则 生态环境》（HJ19-2022）；

[6] 《环境影响评价技术导则 水利水电工程》（HJ/T88-2003）；

[7] 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；

[8] 《航道建设项目环境影响评价文件审批原则》；

[9] 《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》（JT/T451-2017）；

[10] 《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）；

[11] 《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018）；

[12] 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单（生态环境部公告 2018 年第 29 号）；

[13] 《生物多样性观测技术导则》（HJ710-2014）；

[14] 《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）；

[15] 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；

[16] 《海水水质标准》（GB 3097-1997）；

[17] 《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）；

[18] 《海洋生物质量》（GB 18421-2001）；

[19] 《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；

[20] 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；

[21] 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）；

[22] 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；

[23] 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；

[24] 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001/XG1-2013）；

[25] 《危险废物鉴别标准》（GB5085-2007）；

[26] 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；

[27] 《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）；

[28] 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；

[29] 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；

[30] 《国家重点保护野生植物名录》（2021 年 9 月）；

[31] 《国家重点保护野生动物名录》（2021 年 2 月）。

1.3.4 相关规划、区划文件

[1] 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（2021 年 3 月）；

[2] 《“十四五”推进西部陆海新通道高质量建设实施方案》（2021 年 8 月）；

[3] 《珠江流域综合规划（2012—2030 年）》（2013 年 1 月）；

[4] 《西部陆海新通道总体规划》（2019 年 8 月）

[5] 《郁江流域综合规划》（2020 年 11 月）；

[6] 《珠江航运“十四五”发展规划》（2021 年 11 月）；

[7] 《广西综合交通运输发展“十四五”规划》（2021 年 10 月）；

[8] 《广西壮族自治区内河水运发展规划》（2007 年 9 月）；

[9] 《广西壮族自治区海洋功能区划（2011-2020 年）》（2011 年 6 月）；

[10] 《广西壮族自治区海洋环境保护规划》（2008 年 2 月）；

[11] 《广西壮族自治区生态功能区划》（2008 年 2 月）；

[12] 《广西海洋生态红线划定方案》（2017 年 12 月）；

[13] 《广西壮族自治区海洋主体功能区规划》（2018 年 4 月）；

[14] 《广西壮族自治区人民政府关于同意广西茅尾海红树林自治区级自然保护范围和功能区调整的批复》（2015 年 7 月）；

[15] 《北部湾港总体规划（2021-2035）》（在编）；

[16] 《广西钦州市钦江流域综合治理规划》（2018 年 6 月）；

[17] 《钦州港总体规划》（2012 年 5 月）；

[18] 《平陆运河工程工程可行性研究报告》（2022 年 4 月）。

1.4 评价标准

1.4.1 环境质量标准

根据《广西壮族自治区海洋功能区划》（2011-2020 年），平陆运河工程钦江大桥段涉及的海洋功能区划见表 1.4.1-1。《广西壮族自治区海洋功能区划（2011-2020 年）》中对该航道的管控要求未做明确要求。故，本项目根据工程施工影响海域，对海水水质评价执行《海水水质标准》（GB3097-2007）中的第一、第二、第三类、第四类水质标准：沉积物质量评价执行《沉积物质量标准》中的第一和二类标准；海洋生物质量评价，贝类执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的第一、第二和第三类标准；甲壳类、鱼类体、除双壳类外的软体类内污染物质含量评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中规定的生物质量标准。

表 1.4.1-1 平陆运河相关海域功能区划

名称	生态保护重点目标	与航道位置关系	水质目标
沙井北岸保留区	保障河道畅通	穿越	海水水质执行不劣于三类标准，海洋沉积物和海洋生物执行二类标准

沙井港口航运区	维护港口水深条件和航道通畅	穿越	海水水质执行不劣于四类标准，海洋沉积物和海洋生物执行不劣于三类标准
茅尾海东岸旅游休闲娱乐区	保护重要自然景观。	穿越	海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准
茅尾海东岸工业与城镇用海区	保障茅尾海水动力和地形地貌基本稳定	穿越	严格城市废水的达标排放，海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平
茅尾海东部农渔业区	维护航道和渔业生态环境稳定	穿越	海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准
沙井西侧旅游休闲娱乐区	保护重要自然景观	穿越	海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准
七十二泾旅游休闲娱乐区	保护海岛旅游景观；保持重要自然景观和人文景观的完整性和原生性	穿越	海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准
茅尾海中部海洋特别保护区	保护南部近江牡蛎种质资源	靠近	海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准
茅尾海红树林自然保护区	保护红树林生态系统	靠近	一类海水水质标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准

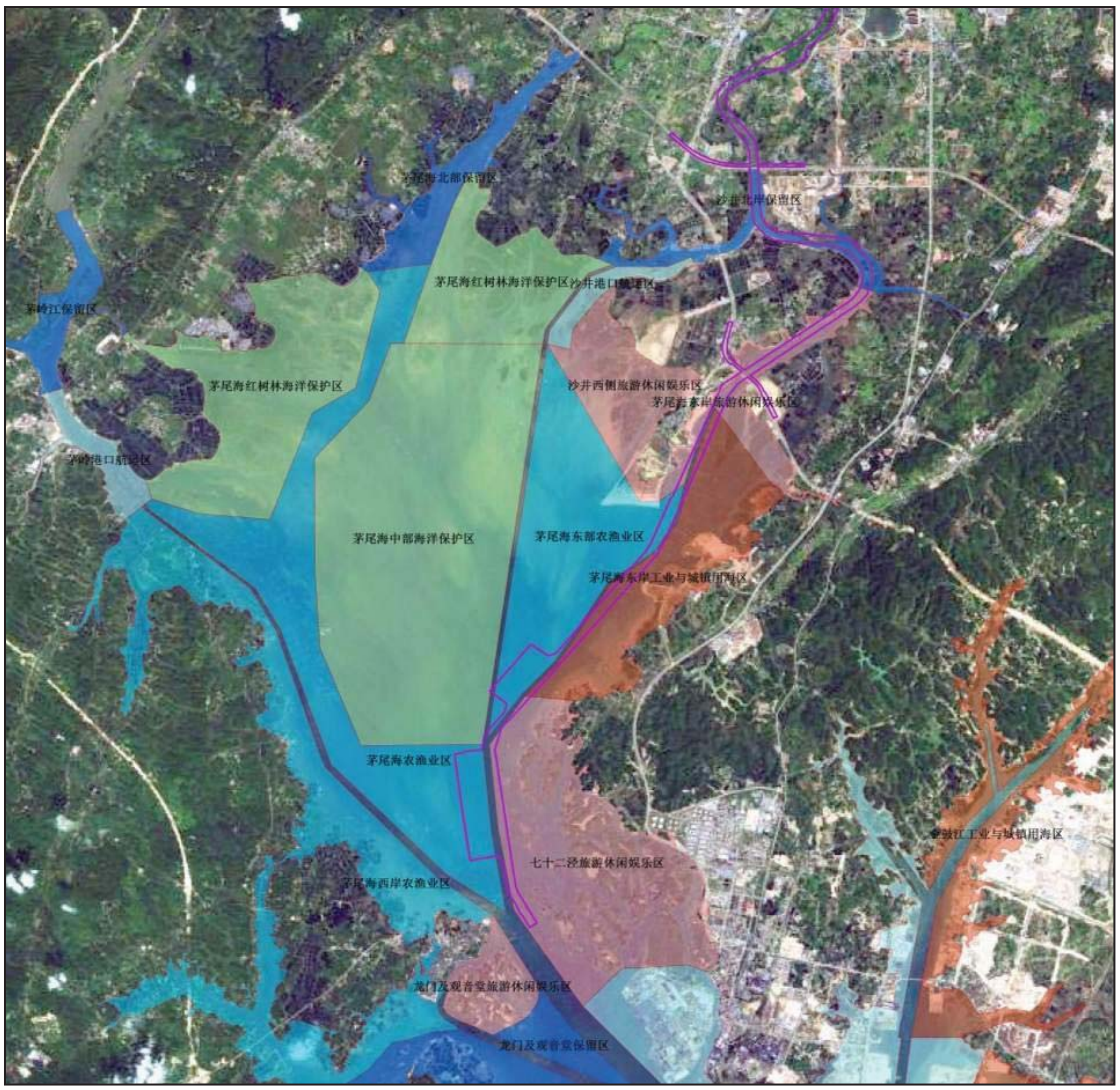


图 1.4.1-1 平陆运河涉及的海洋功能区划

表 1.4.1-2 评价标准一览表

标准	项目	标准编号	标准及类别
环境质量标准	海水水质	GB3097—1997	第一、二、三、四类
	海洋沉积物质量	GB18668—2002	第一、二、三类
	海洋生物质量	GB18421—2001	第一、二、三类

表 1.4.1-3 《海水水质标准》（GB3097-1997）

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	漂浮物质	海面不得出现油膜、浮沫和其他源浮物质			海面无明显油膜、浮沫和其他漂浮物质
2	色、臭、味	海水不得有异色、异臭、异味			海水不得有令人厌恶和感到不快的色、臭、味
3	悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
4	大肠菌群≤(个/L)	10000 供人生食的贝类增养殖水质≤700			-
5	粪大肠菌群≤(个/L)	2000 供人生食的贝类增养殖水质≤140			-
6	病原体	供人生食的贝类养殖水质不得含有病原体			
7	水温(℃)	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地1℃，其它季节不超过2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地4℃	
8	pH	7.8~8.5 间时不超出该海域正常变动范围的 0. 2pH 单位		6.8~8.8 间时不超出该海域正常变动范围的 0. 5pH 单位	
9	溶解氧>	6	5	4	3
10	化学需氧量(COD)≤	2	3	4	5
11	生化需氧量(BOD5)≤	1	3	4	5
12	无机氮(以 N 计)≤	0.2	0.3	0.4	0.5
13	非离子氨(以 N 计)≤	0.02			
14	活性磷酸盐(以 P 计)≤	0.015	0.03		0.045
15	汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
16	镉≤	0.001	0.005	0.01	
17	铅≤	0.001	0.005	0.01	0.05
18	六价铬≤	0.005	0.01	0.02	0.05
19	总铬≤	0.05	0.1	0.2	0.5
20	砷≤	0.02	0.03	0.05	
21	铜≤	0.005	0.01	0.05	
22	锌≤	0.02	0.05	0.1	0.5
23	硒≤	0.01	0.02		0.05

表 1.4.1-4 《海洋沉积物质量》（GB18668–2002）

污染因子	石油类（$\times10^{-6}$）	Pb（$\times10^{-6}$）	Zn（$\times10^{-6}$）	Cu（$\times10^{-6}$）	Cd（$\times10^{-6}$）	Hg（$\times10^{-6}$）	硫化物（$\times10^{-6}$）	TOC（$\times10^{-6}$）
一类标准≤	500	60.0	150.0	35.0	0.50	0.2.	300.00	2.0
二类标准≤	1000	130.0	350.0	100.0	1.50	0.50	500.00	3.0
三类标准≤	1500	250.0	600.0	200.0	5.00	1.0	600.00	4.0

表 1.4.1-5 《海洋生物质量》（GB18421-2001）

项目	第一类	第二类	第三类
感官要求	贝类的生长和活动正常，贝体不得站粘油污等异物，贝肉的色泽、气味正常，无异色、异臭、异味		贝类能生存，贝肉不得有明显的异色、异臭、异味
粪大肠菌群(个/mg)≤	3000	5000	-
麻痹性贝毒≤	0.8		
总汞≤	0.05	0.1	0.3
镉≤	0.2	2	5
铅≤	0.1	2	6
铬≤	0.5	2	6
砷≤	1	5	8
铜≤	10	25	50(牡蛎 100)
锌≤	20	50	100(牡蛎 500)
石油烃≤	15	50	80
六六六≤	0.02	0.15	0.5
滴滴涕≤	0.01	0.1	0.5

注：1 以贝类去壳部分的鲜重计。2 六六六含量为四种异构体总和。3 滴滴锑含量为四种异构体总和。

表 1.4.1-6 甲壳类、鱼类、软体类生物质量标准

项目	鱼类	甲壳类	软体类
	标准值		
铜	≤ 20	≤ 100	≤ 100
铅	≤ 2.0	≤ 2.0	≤ 10.0
镉	≤ 0.6	≤ 2.0	≤ 5.5
总汞	≤0.3	≤ 0.2	≤ 0.3
砷	≤ 1.0	≤ 1.0	≤1.0

锌	≤40	≤150	≤250
石油烃	≤20	≤20	≤20

1.4.2 污染物排放标准

大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中二级及无组织排放标准。工程施工场界噪声限值执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。生活污水排放标准执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的二级标准。

船舶水污染物执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中相关标准。船舶大气污染排放执行《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号）中相关要求。

1.5 评价等级

本报告书重点评价平陆运河兰海高速钦江大桥下游段，该段航道总长 21.5 公里，该段航道总疏浚量为 781.9 万 m^3，无炸礁。项目位于茅尾海内，周边分布有生态敏感目标，按环境生态敏感区进行评价。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）的评价等级划分原则（见表 1.5-1 和表 1.5-2），结合本项工程附近的环境特征和本工程施工特点，确定本项目海洋水文动力、海洋水质、海洋生态的单项环境影响评价等级均为 1 级、沉积物环境 2 级评价。

根据海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据：其他类型海洋工程中较严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生冲刷、淤积的工程项目的评价等级为 2 级。本项目为航道建设工程，建成后对航道用海范围内外会产生冲淤影响。因此，本项目海洋地形地貌与冲淤环境的影响评价界定为 2 级评价。

本项目施工船舶和运行期来往船舶存在溢油风险，确定本项目的环境风险评价等级为 1 级。

根据导则要求“建设项目的环境影响评价等级取各单项环境影响评价等级中的最高等级”，本项目的环境影响评价等级取为 1 级评价，见表 1.5-3。

表 1.5-1 海洋工程建设项目各单项环境影响评价内容

建设项目类型	海洋环境影响评价内容						
	水质环境	沉积物环境	生态环境	地形地貌与冲淤环境	水文动力环境	环境风险	其他评价内容
其他海洋工程：工程基础开挖，疏浚、冲（吹）填等工程	★	★	★	★	★	★	☆

注 1：★为必选环境影响评价内容；

注 2：☆为依据建设项目具体情况可选环境影响评价内容；

注 3：其他评价内容中包括放射性、电磁辐射、热污染、大气、噪声、固废、景观、人文遗迹等评价内容。

表 1.5-2 环境影响评价等级判据

工程类型	工程规模	工程所在海域和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
			水文动力环境	水质环 境	沉积物环境	生态环境
疏浚、冲（吹）填等工程	开挖、疏浚、冲（吹）填量倾倒量大于 $300\times10^4m^3$	生态环境敏感区	**1**	**1**	**2**	**1**
		其他海域	2	2	3	2

表 1.5-3 各单项海洋环境影响评价等级

序号	评价项目	评价等级
1	水质环境	一级
2	生态环境	一级
3	水文动力环境	一级
4	沉积物环境	二级
5	地形地貌与冲淤环境	二级
6	环境风险	一级

1.6 评价重点与时段

根据本工程用海特点，本项目评价的重点为：

（1）工程建设对区域生态环境的影响，施工过程中产生的悬浮物对周围海域水质和海洋生态环境的影响；

（2）工程建设对周围水动力环境的影响，以及由此带来的泥沙、地形地貌和冲淤环境等非污染生态环境的影响；

（3）项目建设对环境保护目标的影响分析，项目疏浚、中转对周边敏感目标的影响分析，以及项目建设过程中，尤其是航道疏浚、中转过程中的环境保护对策与污染防治措施。

本项目的评价时段：施工期和运行期。

1.7 海洋环境评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），本工程的水动力环境评价为一级，其水文动力环境评价范围垂向距离一般不小于 5km，纵向距离不小于一个潮周期内水质点可能到达的最大水平距离的两倍。根据上述原则，同时结合航道周边保护区敏感目标较多、航道疏浚量较大的现状，对评价范围适度扩大，确定水动力环境的评价范围：以工程终点，沿航道走向外扩 7km，涉及海洋范围 173.06km^2；垂直航道走向，与岸线相交于两点。坐标点见表 1.7-1（CGCS-2000 坐标系）。水质、沉积物、生物评价范围与水动力评价范围一致。

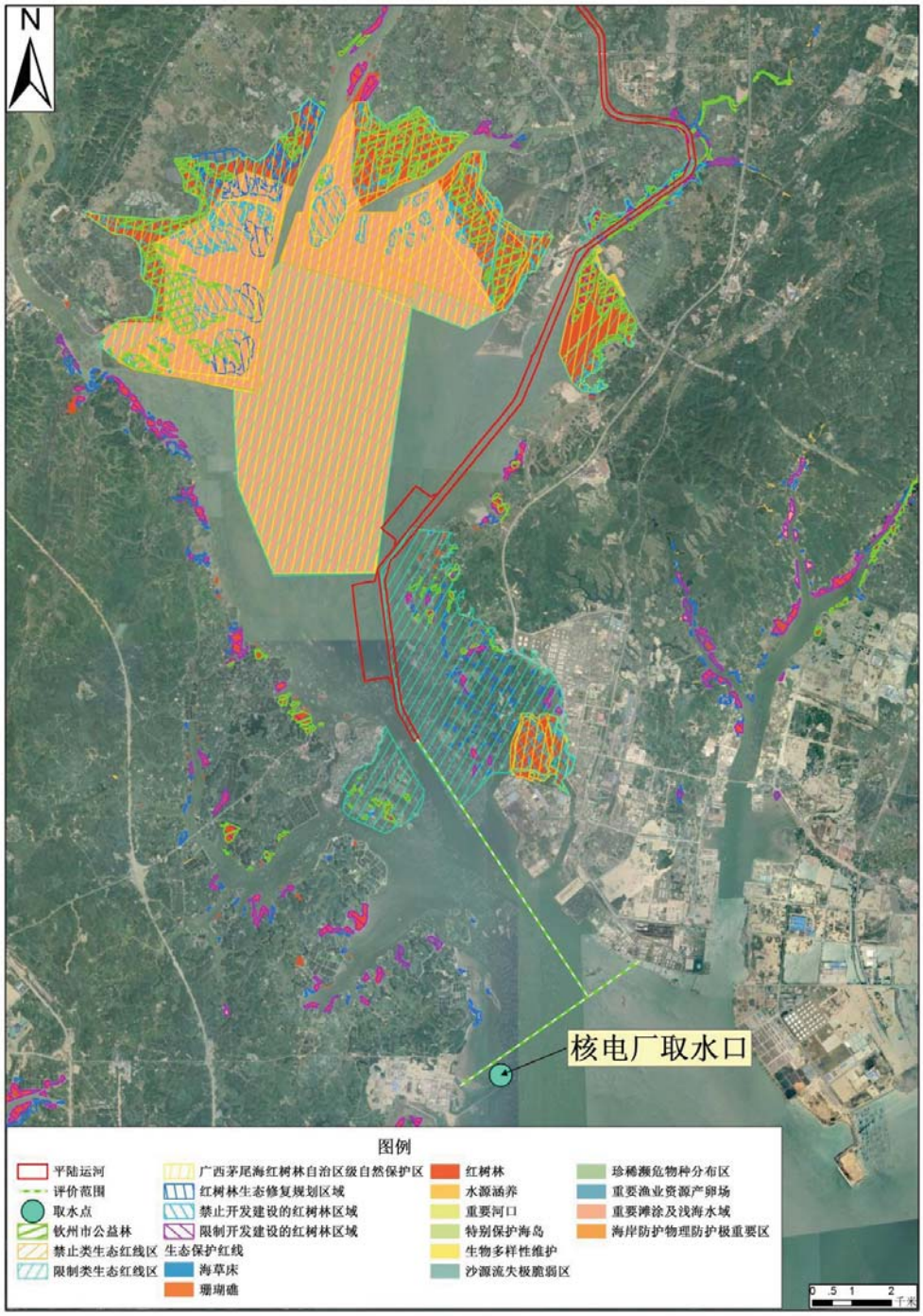


图 1.7-1 本次评价范围图

表 1.7-1 评价范围界址点坐标

点号	纬度	经度
东侧点	21°41'56.086"	108°36'44.442"
西侧点	21°40'12.951"	108°34'4.085"

1.8 环境敏感区和环境保护目标

1.8.1 环境敏感目标

本项目评价范围内海域生态敏感目标主要有：广西钦州茅尾海国家级海洋公园、广西茅尾海红树林自治区级自然保护区、保护区外河道两岸野生红树林、牡蛎养殖区，以及居民点等。

表 1.8.1-1 工程附近敏感目标一览表

序号	名称	类型	级别	保护对象	与工程区位置关系
1	广西钦州茅尾海国家级海洋公园	海洋公园	国家级	典型海洋生态系统	运河紧邻保护区
2	广西茅尾海红树林自治区级自然保护区	自然保护区	自治区级	红树林湿地生态系统	运河距保护区最近 700 米
3	保护区外河道两岸野生红树林	--	--	天然红树林	运河占用野生红树林 13.9 公顷
4	牡蛎养殖区	--	--	牡蛎养殖浮筏和沉排	直接占用

表 1.8.1-2 航道附近敏感目标一览表

航段	敏感目标	相对方位	距离（m）
近海段	葵子村	东南	20
	排榜村	西北	20
	茅坡村	东南	20
	北村村	西	20

表 1.8.1-3 堆料场附近敏感目标一览表

航段	施工区域	敏感目标	相对方位	距离（m）
近海段	150#堆料场	钦江农场	西北	136
	151#堆料场	排榜村	西北	1062
	151#堆料场	茅坡村	东南	1266
	152#堆料场	茅坡村	东南	738
	153#堆料场	茅坡村	东南	1545
	154#堆料场	茅坡村	东	897
	155#堆料场	辣椒槌村	南	535

1.8.2 环境保护目标

根据《广西壮族自治区海洋功能区划》（2011-2020 年），确定项目周边环境保护目标为：

本项目周边的港口航运区海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物和海洋生物不劣于三类标准。

本项目周边的保留区、旅游休闲娱乐区、农渔业区、海洋特别保护区海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物不劣于一类标准。

本项目周边的自然保护区海水水质不劣于一类标准，海洋沉积物和海洋生物不劣于一类标准。

2 工程概况

2.1 地理位置

平陆运河始于西江干流西津库区南宁横州市平塘江口，跨沙坪河与钦江支流旧州江分水岭，经钦州市灵山县陆屋镇沿钦江干流南下进入北部湾钦州港海域，全长约 140 公里，是一条通江达海的水运通道。 平陆运河地理位置及线路走向示意图如图 2.1-1。

图 2.1-1 平陆运河地理位置图

2.2 水运量预测

根据技术经济性比较，明确平陆运河直接腹地主要为钦州、南宁、贵港、百色、 来宾、柳州、河池、崇左等八地市，间接腹地可辐射广西全区以及贵州、云南、湖南 等省部分区域。综合考虑腹地资源开发、经济社会状况、对外贸易发展特征及趋势，运用四阶段法、综合运输分担法、产运销平衡法等常规方法预测时，预测 2035、2050 年平陆运河货运量将分别达到 1.08 亿吨、1.3 亿吨。

常规方法预测的特点，决定了其预测货运量主要为转移运量和自然增长运量，对诱增需求的考虑存在局限性。根据国内外类似水运通道开发运行实践经验，跨水系内河水运连通工程的开发建设对沿线经济发展的带动作用明显大于普通交通建设项目，平陆运河新通道建设将会对内陆腹地综合交通体系、国土空间及生产力布局优化和经济社会发展产生深远影响，预计将创造更多的产业发展空间，产生更多的诱增货运需求，通常这种诱增需求将在通道建成后一段时间后开始显现，占总运量的比例在 30%左右，2050 年约 5000 万吨，则预计 2050 年高方案平陆运河货运量将达到 1.8 亿吨。

2.3 建设必要性

1、平陆运河建设是服务国家重大战略、深入推动西部陆海新通道高质量建设的需要

平陆运河能够直接连通西江航运干线，并通过黔江、红水河、右江等多条支流进一步向上游连通贵州、云南等广大西部地区，构建西部地区直接通过内河水运经由北部湾港通江达海的新通道。平陆运河建设有利于充分发挥内河水运运能大、成本低、节能环保的比较优势，有效优化西部陆海新通道交通方式和货运结构，从根本上提升西部陆海新通道货运能力，放大西部陆海新通道的影响力和经济社会效益，切实发挥西部陆海新通道价值，高质量构筑经济、高效、便捷、绿色、安全的西部陆海新通道。

特别是在当前国家对外贸易发展格局逐步发生改变的大形势下，平陆运河建设更具有战略价值。习近平总书记在第十七届中国-东盟博览会、中国-东盟商务与投资峰会上提出建设更为紧密的中国-东盟命运共同体，提升战略互信，深入对接发展规划，依托陆海新通道建设，加强铁路、公路、港口、机场、电力、通信等基础设施互联互通合作；提升经贸合作，加快地区经济全面复苏，畅通贸易、促进投资，相互开放市场，推动产业链、供应链、价值链深度融合，我国同东盟合作空间将更为广阔。平陆运河建设能够形成我国与东盟贸易往来的便捷水运通道，提升我国与东盟的互联互通水平，对于高质量共建“一带一路”，构建陆海内外联动、东西双向互济的全方位开放格局具有重大意义。

2、平陆运河建设是引领西部地区经济高质量发展、深度融入“双循环”新发展格局的需要

随着区域协调发展战略深入推进，西部大开发依然面临艰巨繁重任务。平陆运河广泛辐射西部欠发达地区，直接惠及 4 个少数民族自治州、57 个革命老区县，经济发展基础仍较为薄弱，但自然资源较为丰富、环境容量较大，大部分城市仍处于工业化、城镇化建设推进期，重化工业占有很高比重，大宗物资运输规模大且仍有较大增长空间。

内河水运与经济社会发展具有很强的相关性。平陆运河建设能够直接打通西部地区水运出海新通道，珠江水系中上游通过平陆运河运输至钦州港出海至东盟地区，较由广州出海可缩短内河和海运总航程约 750km，大大降低社会物流成本，优化物流运输体系，与既有运输通道互为补充，为西部欠发达地区经济社会发展所需的原材料和产成品运输提供更经济、多元的运输方式，对带动西部地区经济产业发展、助力国家西部大开发形成新格局具有重要价值。根据测算，平陆运河建设为腹地带来的运输费用节约 2035 年、 2050 年将分别达到 23.9 亿元、 33.4 亿元。平陆运河与西江水系组成的江海联运大通道将广泛辐射西部广泛地区，对于巩固脱贫攻坚成果，促进乡村振兴具有重要价值，有利于促进沿海、沿江率先发展的集聚优势进一步向内陆纵深推进，引领西部大开发形成新格局，有力支撑国内大循环，深度融入国内国际双循环。

3、平陆运河建设是优化西部地区交通运输结构、增强交通运输系统韧性、加快建设交通强国的需要

西部地区具有发展内河水运的难得优势条件，西江干流和众多支线直接流经广西大部分内陆城市以及贵州南部、云南东部，同时通过湘桂运河的建设，还可进一步辐射至湖南南部、连通长江水系。目前西江中上游的货物通过珠三角港口出海，航程较远，也给西江中下游航道带来了通行压力，长洲船闸三、四线刚投产 5 年，设计通过能力已经饱和，面临越来越大的通行压力。

平陆运河建设能够直接沟通西江航运干线和北部湾海港，开辟西江水运新干线，优化珠江水系出海格局，缓解西江航运干线通过能力紧张的局面，完善区域

高等级航道网，增强水运通道抗风险能力，推动内河水运高质量发展；有利于完善北部湾港集疏运体系，优化区域交通运输结构，推进运输结构调整；有利于统筹铁路、公路、水运等基础设施规划建设，完善多层次网络布局，构建现代化高质量综合立体交通网络，加快交通强国建设步伐，服务社会主义现代化建设。另外，平陆运河建设也是国家建设南北内河水运大通道的重要组成部分，对完善国家高等级内河航道网、增强交通运输系统韧性具有重要作用。

4、平陆运河建设是助力实现“碳达峰、碳中和”发展目标，推动交通绿色发展、实现水资源综合利用的需要

内河航运具有运能大、成本低、节能、环保等比较优势，是大宗货物中长距离运输的主要通道。平陆运河建设能够引导西部地区大宗货物运输更多地向水路转移，可节省大量能源消耗，减少环境污染和对生态的破坏，有利于生态优先、绿色发展战略的实施，满足人民群众对美好生活环境日益增长的需求，响应“碳达峰、碳中和”的世界承诺。

平陆运河建设还能够与调水工程相结合，改善环北部湾地区生产生活用水条件，实现航运、供水、灌溉、防洪、改善水生态环境等多重效益的统一，充分提高水资源利用效率。平陆运河贯通带来水量的增加，还能够强化河流的稀释能力，提高河流的自净能力，为流域水环境治理创造基础条件，有助于构筑具备水土保持、水源涵养、生态净化等多种功能为一体的河流、植被生态体系，进而起到美化环境、调节气候，优化沿线地区生态环境的作用。

5、平陆运河建设是贯彻落实中央赋予广西“三大定位”新使命、助力新时代中国特色社会主义壮美广西建设的需要

广西背靠大西南，毗邻粤港澳，面向东南亚，是我国唯一与东盟既有陆地接壤又有海上通道的省区，自然而然地成为我国面向东盟开放的前沿窗口、西南地区最便捷的出海口。中央赋予广西“三大定位”新使命以来，广西致力于构建“南向、北联、东 融、西合”的全方位开放发展格局，以自身为支点撬动西部地区的开放发展。

目前，广西海铁联运受能力和成本等因素限制，发展规模仍然有限，且内河

水运尚不能直接出海，影响了广西在服务于广大西部地区对外开放中作用的发挥。滨江傍海的天然优势为广西构建通江达海的内河水运大通道创造了难得条件，平陆运河建设有利于广西独特区位优势转化为开放发展优势，能够有效提升广西在对外开放通道的能力和水平，切实发挥广西在面向东盟的国际大通道、西部地区开放和“一带一路”中的战略支点作用，实现中央赋予的“三大定位”目标和使命。平陆运河建设也有利于破解广西“沿海不入海、向海海不来”的困局，历史性开辟向海通道，推动南北钦防一体化、向海经济发展和强首府战略实施，助力新时代中国特色社会主义壮美广西建设。

2.4 建设的可能性

1、目前西江干线已全线达到 II 级及以上航道标准，“十四五”期间将全线达到 I 级航道标准，“一干七支”高等级航道体系正在联线成网，珠江水系航运通达范围将进一步向贵州、云南等内陆纵深延伸，为平陆运河融入珠江内河航运体系、实现通江达海创造了条件。

2、平陆运河沿线自然条件基本满足工程建设的要求。通过采用多级省水船闸技术，平陆运河可减少 60%以上的航运用水流量，2035 年近期航运需从郁江引调水约 24 立方米/秒。经论证，充分利用好百色水利枢纽调控能力，可满足近期航运用水需求。2050 年远期航运需结合环北部湾水资源配置南盘江调水工程，引调水约 40 立方米/秒，可以满足运河远期航运用水需求，实现水资源综合高效利用。运河工程地质构造稳定性较好，无重大工程地质制约条件。

3、航运梯级工程、运河航道工程、桥梁工程等设计施工中的重大技术问题可通过技术攻关解决，运河工程建设不存在技术上的重大制约因素。

4、平陆运河所在河段含沙量较小，沿线水土流失较轻，发生泥沙淤积及河床再造现象概率较低，能保持运河航道长期稳定。

5、平陆运河土石方开挖总量约 3.4 亿立方米（自然方），剩余土石方约 4.2 亿立方米（松方）。剩余土石方主要用于沿线低洼地和支沟回填造地、枢纽库区抬田造地、沿海港口建设造地、部分裁弯取直后原河道回填造地、沿线新增耕地潜力区域整治和复垦造地。平陆运河经济带开发建设、运河沿线城镇建设、沿线和附近其他基础设施建设、沿线土地整理和其他用地潜力区域开发，均需要大量

土石方用于回填造地和土地平整，为土石方处理提供了良好的使用途径。

6、平陆运河工程方案论证本着节约集约用地原则，运河选线、枢纽布置和临 时用地尽可能避让耕地和基本农田，严格按照国家和地方有关政策法规妥善处理拆迁安置和征地补偿问题，将工程建设对居民生产生活的影响降到最低程度。

7、运河沿线交通便利，供电、供水、通信等依托条件良好，施工和协作条件充分，工程所需建筑材料基本能在当地解决，施工期对现状航道基本无影响。

综上，本工程具备各种必要的建设条件，项目建设是可能的。

2.5 通航标准与营运组织

平陆运河的分水岭段和旧州江段基本无径流，钦江段与郁江相比径流量也很小。西江航运干线为内河 I 级航道，3000 吨级船舶全年可满载通航，5000 吨级船舶可采用枯季减载、中洪水期满载的方式全年通航。综合考虑与西江航运干线的协调性，货运量发展需求和各货源地流量、流向、运输组织方式，以及西江航运干线航道条件、通航建筑物及桥梁特点等因素，平陆运河航道技术等级为内河 I 级，兼顾通航 5000 吨级内河船舶，并预留远期发展建设条件。

2.6 航道工程

2.6.1 建设规模

平陆运河工程建设内河 I 级航道里程约 140km，配套建设导助航设施、公用工程、桥梁工程、道路工程、服务区、锚地、支持保障系统和智慧运河等配套工程。

经航道分期实施方案分析论证，运河建成后一段时期内 5000 吨级船舶占比较少，仍需要一定的市场培育周期航道，按 3000 吨级标准建设可较大程度上减低工程建设的先期投入，因此本阶段推荐航道按 3000 吨级标准建设，远期需根据货运量及船舶大型化发展情况适时提等升级。

2.6.2 航道尺度

根据沿线地形条件、河道特点、线路选择及梯级布置方案，可将全线航道分为内河航道及入海口航道两类。内河航道为沙坪河河口至青年枢纽段，属于限制性航道；入海口航道为青年枢纽以下至钦州港段，为海河交界区，属于感潮河段，其中青年枢纽至沙井为入海口钦江段，现状河道宽度较窄，仍为河流形态，属于潮汐河口限制性航道。沙井至钦州港为入海口近海段，航道经过茅尾海进入钦州湾，属于近海航道。**本报告评价范围为平陆运河兰海高速钦江大桥下游段，兰海高速钦江大桥至沙井钦江大桥里程 7.1km，水深 4.9 米、底宽 105 米、最小转弯半径 360 米；沙井钦江大桥-钦州港里程 14.4km，水深 5.0 米、底宽 140 米、最小转弯半径 360 米。**

表 2.6.2-1 平陆运河工程航道尺度表（近期 3000 吨级实施尺度）

航道类型	航段	航道起讫点	里程 (km)	航道尺度（m）		
				水深	底宽	最小弯曲半径
入海口航道	钦江段	青年枢纽-沙井钦江大桥	21.6	4.9	105	360
	近海段	沙井钦江大桥-钦州港	15	5.0	140	360

备注：3000 吨级航道尺度的确定以升级到 5000 吨级时不新增用地和破坏已建成的护岸为原则即预留了 5000 吨级航道所需的宽度。

2.6.3 航道线路方案

运河线路北起南宁市下游横州市西津水库平塘江口，经平塘村沿河南下，跨沙坪河与钦江支流旧州江分水岭，经陆屋镇沿钦江南下进入北部湾钦州港海域，止于钦州港东航道起点，总体线路划分成 4 个区段，分别为沙坪河段、分水岭段（含旧州江）、 钦江干流段和入海口段航道。**本报告评价范围为平陆运河兰海高速钦江大桥下游段，属于入海口段线路。**

平陆运河入海口段总体线路推荐从钦江干流入海方案，根据自然条件和河道特性，平陆运河入海口段线路分为入海口钦江段和入海口近海段两部分。

图 2.6.3-1 入海口航道布置示意图

2.6.4 航道纵断面设计

航道纵断面设计时，首先考虑在最低通航水位下使各个梯级的航道能够充分衔接，达到设计通航标准。根据水文分析结果，青年枢纽至沙井钦江大桥段最低通航水位-1.62m，航道底高程取-6.52m；沙井钦江大桥至钦州港东航道起点段最低通航水位-1.62m，航道底高程取-6.62m。

本报告书评价范围兰海高速钦江大桥下游至沙井钦江大桥最低通航水位-1.62m，航道底高程取-6.52m；沙井钦江大桥至钦州港东航道起点段最低通航水位-1.62m，航道底高程取-6.62m。

2.6.5 护岸工程

经多方案技术经济比选，斜坡式护岸正常蓄水位以下推荐采用挂网喷锚护坡、膜袋混凝土护坡和现浇混凝土板护坡，正常蓄水位以上推荐采用生态混凝土护坡、钢筋混凝土骨架护坡；半直立式护岸推荐采用斜坡式+排桩+生态混凝土护坡、斜坡式+重力式护岸。

本报告书评价范围兰海高速钦江大桥下游护坡采用斜坡式护岸，护岸建设自 K112+882 至 K123+000，护岸长度共计 2.83km。护岸面积 300 万平米，投影面积 260 万平米。

表 2.6.5-1 航道护岸工程量

桩号	护坡类型	护岸长度（左右岸合计，米）	备注
K112+882-K113+000	下部硬质防护+上部生态砼+格构植草防护	120	
K113+000-K120+500	下部硬质防护+上部生态砼	2710	局部新建防洪堤上部绿化
K120+500-终点	疏浚，无防护	0	外海段
合计		2830	

2.6.6 疏浚工程

根据拟定的航道尺度，沙坪河段、分水岭段、钦江干流段的航道底宽 85m，入海口钦江段的航道底宽 105m，入海口近海段的航道底宽 140m，航道设计底高程需满足在设计最低通航水位情况下船舶的正常通行。在设计低水位水情况下，航道底高程为各梯级最低通航水位减去所需的航道水深。疏浚范围及疏浚量见表 2.6.6-1。**本报告书评价范围内无炸礁施工。液压破碎锤施工主要范围为桩号 K112+882~K135+00，即全段均有液压破碎锤施工。**

表 2.6.6-1 航道疏浚范围及工程量

区段	疏浚范围（里程桩号）	疏浚开挖（万 m^3）
兰海高速钦江大桥至沙井钦江大桥	K112+882~K120+500	145.1
入海口近海段	K120+500~K135+000	636.8
合计		781.9

注：不含干地开挖量。

2.7 配套工程

本工程重点航标配布采用夜间发光航标，标示出碍航物；一类航标配布采用夜间发光航标，白天船舶能从一座标志看到次一座标志，夜间船舶能从一盏标灯看到次一盏标灯。航标管理部门按一类航标进行维护管理，定期检查、维修航标设施；根据水位变化情况适时移标。平陆运河全线航道共布置助航设施 614 座。

平陆运河沿线共布置锚地 8 处，其中 7#锚地和 8#锚地位于兰海高速钦江大桥以下。7#锚地用海面积为 74.42 公顷，8#锚地用海面积为 160.18 公顷，锚地用海面积合计 234.60 公顷。

2.8 施工方案

2.8.1 航道工程施工

2.8.1.1 施工有效天数分析

涉海段（K112+882.0~K120+500.0）施工期约 20 个月。土石方开挖强度 65 万 m^3/月。入海口近海段（K120+500.0~终点）安排的施工工期为 18 个月，即第三年 1 月-第四年 6 月。

2.8.1.2 航道工程工艺

（1）兰海高速钦江大桥——沙井钦江大桥

水下土方采用链斗式挖泥船（铭牌 750m^3/h）水下开挖，500t 泥驳运至临时码头，再由 3m^3 挖掘机转运至 25t 自卸汽车陆路运输至堆料场。

水上石方采用液压破碎锤进行石方破碎，由挖掘机装渣配合自卸汽车外运。水下石方采用重型绞吸式挖泥船配合水下液压破碎锤进行石方开挖，封闭式抓斗式挖泥船进行水下清渣，并由 500t 泥驳运至临时码头，再转由挖掘机配合自卸汽车陆路外运或直接由泥驳运转抛泥场。

该段土方开挖量 80.5 万 m^3，石方开挖量 64.6 万 m^3。该土石方在海上倾倒区处置。

（2）沙井钦江大桥下游段

该段航道线水面宽广，设计航道底高程-6.52m，水下施工条件较好，采用水

下疏浚施工。水下土方采用 8m^3 抓斗式挖泥船水下开挖，500t 泥驳运至抛泥场。

水下石方采用重型绞吸式挖泥船配合水下液压破碎锤进行石方开挖，封闭式抓斗式挖泥船进行水下清渣，并由 500t 泥驳运至临时码头，再转由挖掘机配合自卸汽车陆路外运或直接由泥驳运转抛泥场。该段弃土石方 636.8 万 m^3。泥驳运渣至自贸区码头回填或海上倾倒区直接抛泥。

2.8.1.3 航道工程护岸施工

总体上，正常蓄水位以上土坡采用生态护坡和钢筋混凝土格构护坡，以上石方边坡采用挂网锚喷支护；正常蓄水位以下土坡，水下施工时采用膜袋混凝土护坡；正常蓄水位以下石方边坡，干地施工条件时采用挂网锚喷支护，水下施工时采用膜袋混凝土护坡。护岸边坡开挖随航道的开挖或疏浚一并进行。**经沟通，涉及红树林段不进行护岸处理或在红树林外侧建设潜堤。**

2.8.2 施工总布置

根据施工区的划分并结合施工总布置原则、场内外交通条件，航道工程各施工区施工设施布置于工程沿线，共设置 22 个工区和 20 座临时码头，在每个施工区分别布置有施工工厂、施工营地、渣场、临时道路等。鉴于本工程混凝土以及砂浆用量很少，考虑混凝土的拌制采用 0.5m^3 的搅拌机在营地内进行，即可满足施工要求。

本报告书评价范围内主要利用 20#、21#和 22#施工区，18#、19#、20#临时码头。各工区内均设置施工营地，为施工期办公、生活服务。上述 3 个施工工厂生活区建筑面积 3.4 万 m^2，占地面积 8.5 万 m^2。

2.8.3 堆料场规划

本工程在运河沿线共规划了堆料场共计 195 处，其中陆上堆料场 186 个，中转堆存场 9 处，原河道回填 21 处以及海上倾倒区 2 处作为弃渣利用回填区，共堆存土石方 4.13 亿 m^3（松方）。

本报告评价范围内主要利用 148#以下堆料场共计 19 个，其中陆上堆料场 8

个、港口围填项目消纳 8 个（尚在协调确定中）、海上倾倒区 2 个。

2.9 项目用海情况

根据《平陆运河海域使用论证报告书》（送审稿），本项目申请用海总面积 594.5719 公顷，其中航道用海面积为 359.9776 公顷，锚地一用海面积为 74.4191 公顷，锚地二用海面积为 160.1752 公顷。

项目周围开发利用现状主要为港池、填海造地、围海养殖、生态修复、锚地、跨海桥梁等。其中围海养殖主要集中在龙门港镇附近，港池、填海造地用海集中在项目东南侧的钦州港附近。生态修复项目分布在沙井和茅尾海东岸线。

3 工程分析

3.1 生产工艺与过程分析

本段施工主要为疏浚施工，考虑到航道周边水域较为敏感，采用非爆破方式进行岩石开挖。

在兰海高速钦江大桥——沙井钦江大桥段，水下土方采用链斗式挖泥船（铭牌 750m^3/h）水下开挖，500t 泥驳运至临时码头，再由挖掘机配合 25t 自卸汽车陆路运输至堆料场。水上石方采用液压破碎锤进行石方破碎，由挖掘机装渣配合自卸汽车外运。水下石方采用重型绞吸式挖泥船配合水下液压破碎锤进行石方开挖，封闭式抓斗挖泥船进行水下清渣，并由 500t 泥驳运至临时码头，再转由挖掘机配合自卸汽车陆路外运或直接由泥驳转运至抛泥场。

在沙井钦江大桥下游段，水下土方采用 8m^3 抓斗式挖泥船水下开挖，500t 泥驳运至抛泥场。水下石方采用重型绞吸式挖泥船配合水下液压破碎锤进行石方开挖，封闭式抓斗式挖泥船进行水下清渣，并由 500t 泥驳运至临时码头，再转由挖掘机配合自卸汽车陆路外运或直接由泥驳转运至抛泥场。

为保证本工程的海上施工要求，施工现场需布设施工水域警戒标等。另外，现场附近应根据条件，提前安排好施工船舶的临时避风停泊水域。

3.2 工程各阶段污染环节

3.2.1 水环境

根据施工工艺特点，结合工程区域附近的环境特征，施工期主要产污环节包括：航道疏浚、泥沙转运、吹填溢流、海上倾废等产生的悬浮泥沙，施工船舶生活污水、机舱油污水及生活垃圾等。航道浚深等造成周边海域水动力条件、生态环境、地形地貌与冲淤环境发生变化。

运行期水污染物主要是船舶生活污水、油污水等，以及由于船舶碰撞等造成的船舶溢油风险事故等。

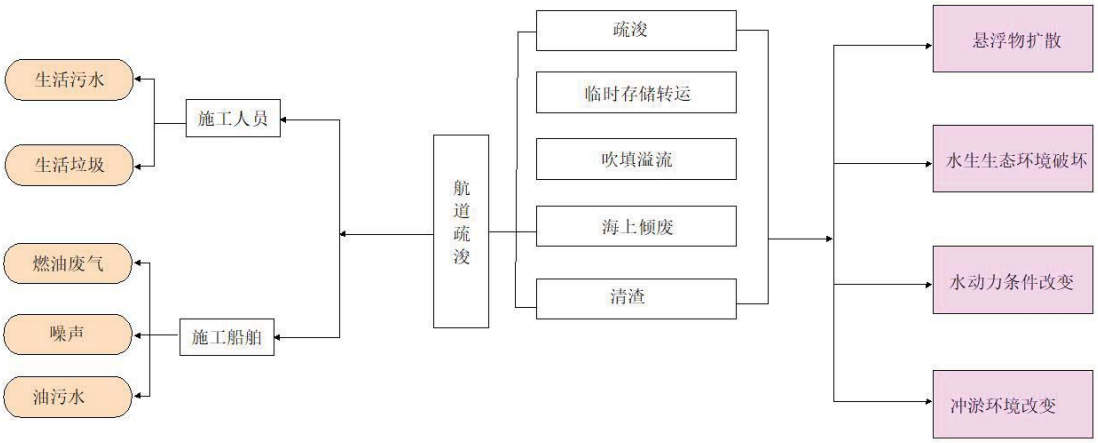


图 3.2.1-1 产污环节分析图

3.2.2 声环境

施工期噪声源主要为挖掘机、推土机、挖泥船、装载机等航道施工产生的噪声。运行期声环境主要影响因素为船舶航行噪声，主要包括船舶主机、辅机的机械噪声和船舶鸣笛噪声。

3.2.3 环境空气

施工期大气污染主要包括工程建设过程中的施工作业和道路交通排放的扬尘，以及施工机械排放的少量燃油废气。运行期大气污染源主要是航道内通航船舶燃料燃烧排放的废气，主要污染物包括 SO_2、NO_X、PM_{10}、$PM_{2.5}$、HC。

3.2.4 固体废物

施工期固废主要包括船舶垃圾、施工人员生活垃圾以及生产垃圾等。运行期固废主要为航行船舶产生的垃圾。

3.3 工程各阶段污染源强计算

3.3.1 水环境

3.3.1.1 施工期

1、悬浮泥沙源强分析

（1）疏浚、清渣等产生的悬沙源强

平陆运河工程海洋段疏浚工程采用链斗式挖泥船（铭牌 750m^3/h）、绞吸式挖泥船、8m^3 抓斗式挖泥船进行疏浚、清渣作业。

参考《不同类型挖泥船疏浚悬浮物影响的对比分析》，750 m^3/h 链斗式挖泥船疏浚泥沙源强约为 2.8 kg/s，8m^3 抓斗式挖泥船疏浚泥沙源强约为 1.8 kg/s，1720m^3/h 绞吸式挖泥船疏浚泥沙源强约为 2.38 kg/s。疏浚扰动引起 SS 浓度局部升高，根据疏浚工程量和施工时间不同，影响时长有所不同，但整体上均为短期影响，疏浚施工结束后影响逐渐消失。

为减少施工对周边生态系统的影响，疏浚施工船周边应布放防污屏。防污屏主要由防污屏布、浮体以及系锚点三部分组合而成。防污屏的横行固定由钢丝索和两侧混凝土块及土工布下缘的悬坠体组成。防污屏是既可渗透水又能阻挡细粒悬浮固体的垂直屏蔽，从水表边向下延伸到一定水深。防污屏设置前后的悬沙扩散示意见图 3.3.1-1 和图 3.3.1-2，参考案例的防污屏现场效果见图 3.3.1-3。

图 3.3.1-1　设置防污屏前悬浮泥沙扩散示意图

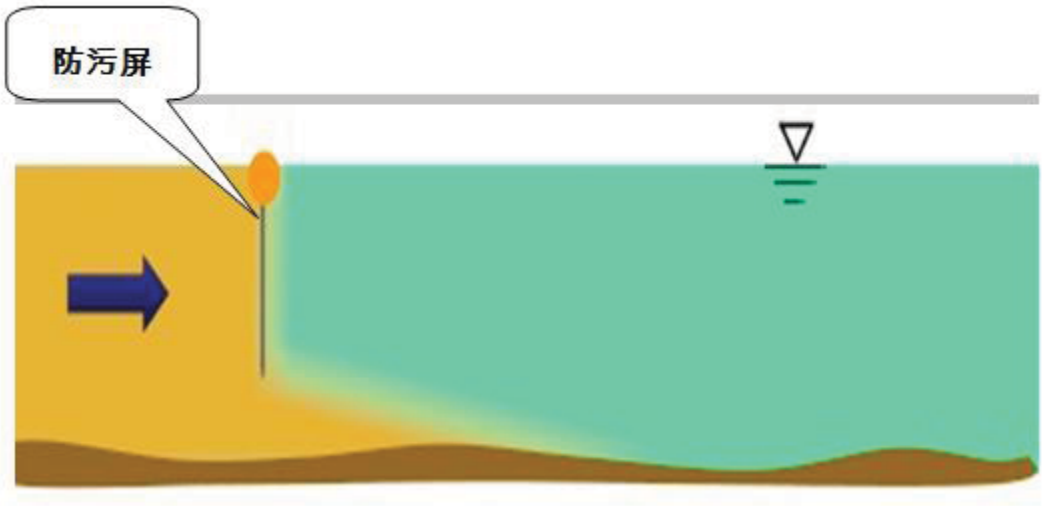


图 3.3.1-2　防污屏设置后悬浮泥沙扩散示意图

图 3.3.1-3　防污屏现场效果图

（2）海洋倾倒区悬浮泥沙源强计算

海洋段施工时，采用 500 t 泥驳运至海上倾倒区，设定 5 分钟抛完，溢流悬沙浓度按 50mg/L 计算，则抛泥时悬沙源强为 0.05 kg/s。

2、污水源强分析

（1）堆料场等底泥退水

本报告评价范围内主要利用 148#以下堆料场共计 19 个，其中陆上堆料场 8 个、港口围填项目消纳 8 个、海上倾倒区 2 个。底泥退水主要考虑陆上堆料场产

生的污水，陆上堆料场施工期堆存量 1230 万 m^3。

由于疏浚底泥含水量较高，堆放期间会产生退水，主要污染物为 SS。参考同类项目环评报告，疏浚底泥含水率在 96%以上，在排泥区堆放经自然干化，含水率可降至 55%左右。经计算可得，平陆运河工程海洋段疏浚底泥退水 504.3 万 m^3。

（2）混凝土养护及拌和系统废水

平陆运河每个施工区域根据枢纽工程或建筑物砼浇筑量的大小和浇筑强度，选用不同型号拌和站，以及搅拌机拌制熟料。混凝土预制场原则上每个施工区集中布设。上述各混凝土拌合系统将产生冲洗废水，每次冲洗水量为 4~8m^3，每天冲洗 2 次。冲洗废水 pH 值约为 9~11，废水中悬浮物浓度约 5000mg/L。根据工可报告估算海洋段混凝土浇筑量为 157.7 万 m^3。

养护废水来源于混凝土浇筑过程，平均养护 1m^3 混凝土约产生 0.35m^3 碱性废水，预计工程施工过程中共计产生养护废水约 55.2 万 m^3。混凝土养护废水主要污染物为 SS 和 pH。该废水具有悬浮物浓度高、水量较小，间歇集中排放，基本不形成汇流等特点。

（3）船舶机舱油污水

根据施工组织设计，平陆运河工程施工期间，参与施工的船舶主要是绞吸式挖泥船、链斗式挖泥船、抓斗式挖泥船，自航泥驳（500m^3、1000m^3）。船舶含油废水主要来源于船舶机械的润滑油和冷却水，单船油污水产生量约为 0.2m^3/艘·d，含油浓度 2000~5000mg/L（平均约 3500mg/L）。根据油水分离器处理的实际经验分析，处理后含油废水石油类最高浓度不超过 15mg/L。按高峰期时各类船只以 50 艘计，废水排放量为 10m^3/d。经油水分离器处理后，石油类排放量为 150g/d。

（4）机械车辆冲洗废水

本工程施工过程中，开挖、弃渣等施工活动中使用的施工机械和载重汽车会产生冲洗废水，含少量油污，主要产生地是机械汽车停放场。估算工程海洋段施工期间涉及挖掘机、自卸汽车、推土机等施工机械、车辆 768 台，施工期间将产生机械车辆冲洗废水，分布在各个施工区，石油浓度约为 10mg/L。参考《引江济淮工程环境影响报告书》施工期机械污水产生量，平陆运河工程施工期共产生

冲洗废水约 5.53 万 m^3，施工高峰期单个施工营地冲洗废水产生量约为 0.18 m^3/d。

（5）生活污水

本报告书评价范围内主要利用 20#、21#和 22#施工区，18#、19#、20#临时码头。各工区内均设置施工营地，为施工期办公、生活服务。海洋段高峰期施工人数约 4380 人，人均日用水按 100L 计算，排污系数 0.8 计，高峰期生活用水量为 438 m^3/d，高峰期生活污水排放量为 350.4 m^3/d。生活污水主要污染物为 COD、BOD_5、氨氮等，生活污水中 COD 浓度在 300mg/L 左右，氨氮浓度在 25mg/L 左右。工程船舶污水严禁直接排放，由有资质单位进行接收、转运及处置。

3.3.1.2 运行期

（1）船舶油污水

平陆运河工程货运量预测 2035 年为 1.08 亿吨，2050 年为 1.8 亿吨。根据工程建设标准，平陆运河通航 3000 吨级船舶，2035 年和 2050 年船舶流量约为 36000 艘次和 60000 艘次。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018），3000 吨级船舶舱底油污水产生量为 0.81 t/（d·艘），平均含油浓度为 5000 mg/L。

按照工程可研报告，散货船、集装箱将成为平陆运河的主力输型，平陆运河通航船型为 1000 吨级~5000 吨级。5000 吨级集装箱船速不低于 13 km/h，3000 吨级航道尺度考虑满足西江航运干线 3000 吨级设计船型的船速不低于 12 km/h。

结合船舶数量和滞留时间，2035 年、2050 年平陆运河海洋段船舶油污水产生量分别为 0.24 万 t/a、0.41 万 t/a；石油类产生量分别为 12.0 t/a、20.1 t/a。

（2）船舶生活污水

根据《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》，3000t 级船上定员约 5~7 人，按每人每天用水 150L，船舶生活污水产生量为用水量的 80%，化学需氧量、生化需氧量和氨氮浓度分别为 300mg/L、200mg/L 和 30mg/L 测算。

预测 2035 年、2050 年平陆运河海洋段船舶生活污水产生量分别为 0.20 万 t/a、0.34 万 t/a；化学需氧量产生量分别为 0.61 t/a、1.01 t/a；生化需氧量分别为 0.41 t/a、0.67 t/a；氨氮产生量分别为 0.06 t/a、0.11 t/a。

（3）通航船舶污染事故排放源

按照工程可研报告，平陆运河航道技术等级为内河 I 级，兼顾 5000 吨级内

河船舶通航，预留远期发展建设条件。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017），3000 吨级散货船单舱燃油量约为 30 t，5000 吨级散货船单舱燃油量约为 50 t。

3.3.2 声环境

（1）施工期

根据不同施工类型的噪声源，分为疏浚工程、堆料场噪声源。参照国内同类水利工程施工期实测噪声值及《环境影响评价技术手册 水利水电工程》中的噪声实测值取值，本工程施工期噪声源及噪声取值见下表。

表 3.3.2-1 工程施工期噪声取值

位置	声源	噪声值[dB(A)]	测量距离（m）
疏浚工程	挖泥船	65	10
	挖掘机	79	1
	推土机	78	
堆料场	挖掘机	79	1
	装载机	84	
	推土机	78	

（2）运行期

本评价参照流量类似的嘉兴航道的监测点位（临近水上服务区）噪声实测值并参考其它航道整治工程环境影响报告书，平陆运河通行船舶 0.5m 处的暴露声级约 81dB(A)，5m 处船舶鸣笛暴露声级约 115 dB（A）。

3.3.3 环境空气

（1）施工期

本项目施工期运河施工过程中场界 10m 范围内扬尘浓度不大于 938.67 μg/m^3，一般施工过程中场界最大扬尘浓度不大于 78.15 μg/m^3。施工过程中道路交通扬尘排放浓度约为 3.5 mg/m^3。施工船舶、运输车辆及其它施工机械耗用 1 吨柴油将产生 80～90kg 燃油废气。

（2）运行期

运行期大气污染源主要是航道内通航船舶燃料燃烧排放的废气，主要污染物

包括 SO_2、NO_X、PM_{10}、$PM_{2.5}$、HC。平陆运河工程建成后，船舶大气污染物排放量较多的是 NO_2，2035 年、2050 年分别排放 19.89 吨和 33.14 吨。

3.3.4 固体废物

（1）施工期

本工程船舶垃圾按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中有关规定执行，施工船舶垃圾以人均 1.0kg/d 产生量计算，船舶定员按 10 人/艘次计算，施工周期为 339.5 天，则施工船舶每天产生约 40kg 垃圾，施工期垃圾产生量约为 13.6t，垃圾统一收集，靠岸后交由环卫部门统一处理。

（2）运行期

通航船舶垃圾按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中有关规定执行，船舶垃圾以人均 1.0kg/d 产生量计算，则单艘通航船舶每天产生约 10kg 垃圾，统一接收后交由环卫部门统一处理。

3.4 工程各阶段非污染环境影响分析

本项目施工期非污染环境影响主要为航道疏浚、抛泥过程中产生的悬浮物对海洋水质和海洋生态的影响，项目建成后将导致工程区域流场的变化和部分海洋生物栖息地的破坏。因此，非污染要素的影响主要为工程建设过程造成的底质破坏对海洋水动力环境和海洋生物生态的影响，以及悬浮物扩散在一定时间内对海水水质、滨海湿地、海洋生物、渔业资源产生的不利影响。另外，施工和运行期存在来往船舶碰撞溢油风险，会对海洋水质以及海洋生物生态产生不利影响。

3.5 环境影响要素识别和评价因子筛选

（1）环境影响因素识别

通过对拟建项目周围环境现状的调研、分析，工程施工可能对环境造成的主要影响为周边海域原有潮流场可能因水深改变而发生变化、航道疏浚过程中悬浮物扩散可能在一定时间内影响水质。其主要环境影响因素如表 3.5-1。

表 3.5-1　工程影响环境因素分析

产生环节		可能产生的影响	影响因素	影响性质
施工期	航道疏浚	水深的变化使工程海域的流场产生变化，进而对污染物输移产生影响，对泥沙回淤、海床演变产生影响	流速 流向	不可逆影响
		底质破坏，对海洋生物、渔业资源产生影响	生态环境 渔业资源	不可逆影响
		海水悬浮物增加	水环境 生态环境	局部暂时
	施工船舶 施工机械	施工现场的大气、噪声、机械产生的少量机械维修油污水	环境空气 声环境 水环境 生态环境	局部暂时
	施工人员	工作人员的生活污水 和固体废物	生态环境 水环境	局部暂时
	施工船舶	碰撞溢油风险	水环境	局部暂时
运行期	来往船舶	碰撞溢油风险、船舶水污染物、船舶废气	环境空气 水环境	局部暂时
	其它影响	工作人员产生的生活污水、生活垃圾	水环境 生态环境	长期影响

（2）环境影响评价因子筛选

根据工程分析，拟建项目的评价因子筛选见表 3.5-2。

表 3.5-2 拟建项目评价因子

评价要素	评价类型	评价因子
水环境	海域水环境质量现状调查	水温、pH、DO、无机氮、磷酸盐、石油类、Hg、Cu、Zn、Cd、Pb、COD
	施工期海域环境影响评价	悬浮物
	生活污水与生产废水调查与评价	水量、COD、氨氮、石油类
海域底质	海域沉积物现状调查	硫化物、石油类、Cd、Pb、Cu、Zn
海域生态	海域生态环境现状调查	叶绿素a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源
非污染要素	预测评价分析	海洋生物的损失量、水动力环境之潮流场、冲淤环境侵蚀与淤积

3.6 主要环境敏感目标和环境保护对象的分析与识别

根据报告 1.8 节分析，项目周围分布有海洋特别保护区、旅游娱乐区、养殖区等，评价范围内海域敏感目标主要有：广西钦州茅尾海国家级海洋公园、广西茅尾海红树林自治区级自然保护区、七十二径旅游区、茅尾海东部旅游区等。

本项目为航道建设工程，施工期主要影响为航道疏浚对敏感目标和周边海域水质、沉积物、生态环境的影响；运行期航道用于船舶通行，各项污染物妥善收集处置，对周边敏感目标和海洋环境影响较小，但船行波和船舶噪声会对周边盐沼湿地生态系统产生一定影响。

综上所述，将评价范围内的敏感目标和项目所在海域的水质、沉积物和生态环境作为主要的环境保护对象。

3.7 环境影响现状评价和环境影响预测方法

1、环境现状评价方法

本项目环境现状评价引用 2021 年 3 月-4 月和 11 月的海洋环境调查数据，根据各监测站位所在海洋功能区的环境质量标准进行评价，并给出茅尾海周边海域春、秋季环境质量现状评价结果。

2、环境影响预测方法

项目为航道建设工程，报告采用数值模拟方式对水动力环境、泥沙冲淤环境、水质环境的影响情况进行预测。项目生态环境影响分析则结合本项目用海面积以及 2021 年 3 月-4 月和 11 月的海洋环境调查资料，对海洋生物和渔业资源的损失量进行计算。

4 工程沿线环境概况

4.1 自然环境概况

4.1.1 气候

（1）气候特征

平陆运河所在地区属南亚热带季风气候，具有亚热带向热带过渡性质的海洋季风气候，高温多雨，干湿季节分明。该地区气候主要受季风环境影响，其次西北部十万大山的地形屏障也起重要作用。

（2）气温

区域历年平均气温为 22.1℃，极端最高气温 37.5℃，极端最低气温-1.8℃；7 月份最高，达到 28.3℃；1 月份最低，为 13.4℃。气温变化特点是：1 月份最低，2 月起逐月升高，4 月下旬以后气温升高较快，至 7 月达最高峰，8 月起气温逐月降低，10 月为季风转换期，降温明显，至次年 1 月降至最低。

（3）降水

区域多年平均年降雨量 2170.9mm，年平均降雨日数为 171d；5～9 月为雨季，雨量集中，5 个月的雨量占全年雨量的 76%；11 月至次年 3 月为干季，干季雨量仅占年雨量的 11.5%。4 月和 10 月为季风交换季节，降雨量较少。

（4）风况

区域多年平均风速为 2.6m/s，其中 2 月的平均风速最大，达 5.0m/s，8、9 月最小，仅 2.1m/s。受台风和寒潮影响，大风较多。其中 12 月和 1 月多寒潮大风，夏秋两季多台风、西南大风和雷雨大风，在沿海地区有时也出现龙卷风等风灾。常风向为北向、出现频率为 26%；次常风向北北东向、出现频率为 9.2%；强风向为南向，极大风速为 36m/s；风速大于和等于六级的天数 34 天，大于和等于八级风的日数为 7 天。影响本地区的台风年均 2.4 次，最多 5 次。

（5）雾况

区域多年平均雾天为 13.4d，以锋面雾和平流雾为主，辐射雾次之。历年最多雾日达 30d，最小为 6d。一年中多雾日时段为 12 月至翌年 3 月，在此其间月

平均雾日为 2d 至 3d。一天中雾主要出现在傍晚至次日清晨。冬春季节，大雾常出现在冷空气南下之前。

（6）相对湿度

区域相对湿度在 3～8 月 85～87%，其余月份低于 80%，年平均 81%。

4.1.2 地质地貌

（1）地质

广西沿海区域的大地构造处于华南褶皱系的西南端，地质构造运动比较复杂，断裂构造发育方向主要为北东及北西。钦州区域地质构造主要受加里东期构造体系的控制，在钦州西北面的防城—灵山断裂构造带、灵山－东兴 NE 向压扭性断裂及其伴生的次一级 NW 向张扭性断裂构造的综合作用下，形成了“多”字型的扭性断裂群。上述地质构造和地貌特征是控制海岸地貌的形成和发育的重要因素。根据区域地质资料分析，钦州盆地南东部未见区域性断裂通过，未发现浅埋的全新活动性断层和新构造运动的痕迹，无不良的地质现象影响。

根据《广西地震志》记载，自 1500 年至今 500 多年间，在钦州及钦州与防城之间发生的 3～3.75 级弱震共有 10 次。表明这条大断裂在近期内仍是活动的，但活动并不强烈，震中均在 6 度以下。在区外沿这条大断裂于灵山东北部地区曾发生过震级分别为 6.75 级和 5.75 级的强震，但这两次强震对本区未造成破坏性的影响，另据广西地震局资料，1980～1985 年 6 月，地震仪器记录到发生于广西沿海地区及南邻北部湾海域的地震有 200 余次，但均属于微震或超微震。

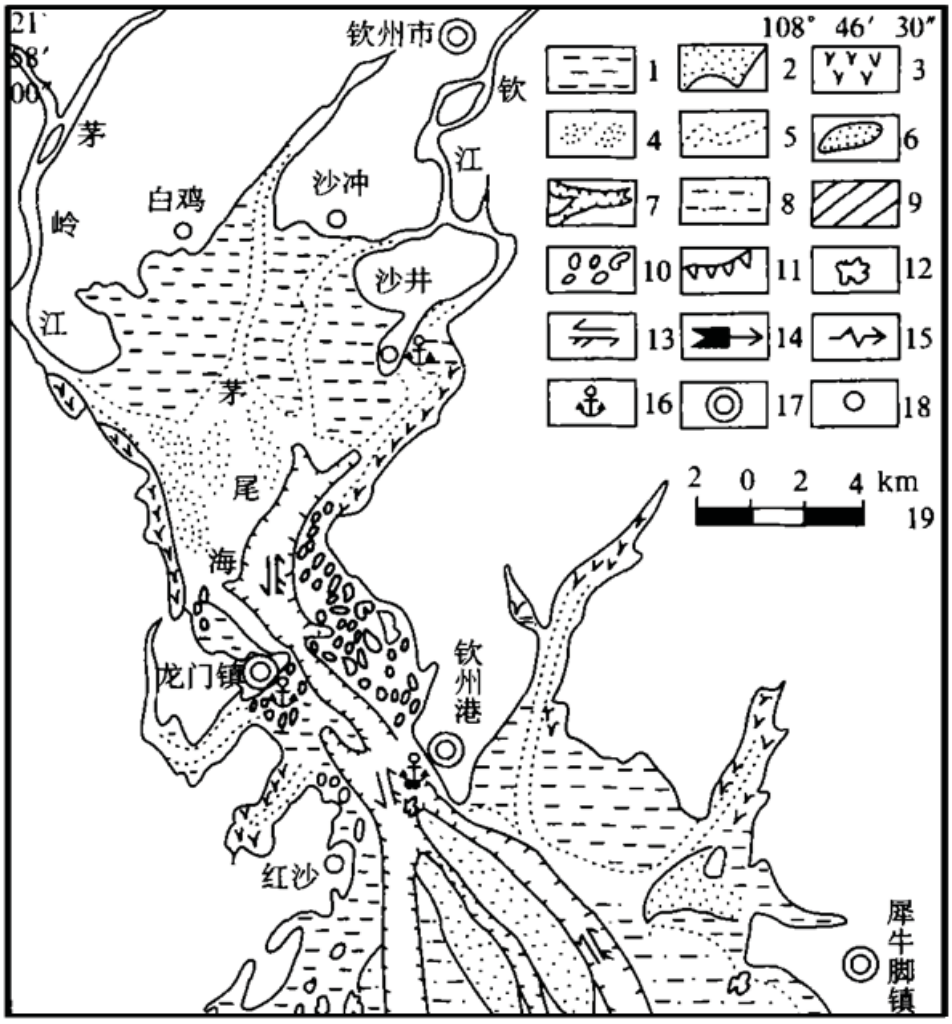
根据区域地质资料分析，钦州沿海地区全新世以来的地壳运动为相对均匀的升降运动，运动形式以上下波动为主，波动中微有上升。防城—灵山断裂构造带虽属活动性发震断裂，但应力集中部位在区外的灵山附近，一般不会在本区产生破坏性地震。

（2）地形地貌

钦州湾是由于距今 8000～7000 年左右海平面快速上升、北部湾海水侵入钦江和茅岭江古河谷、淹没钦州盆地西南部区域而形成的，为典型的巨型溺谷湾，海湾内宽口窄，港汊众多、岸线曲折，湾内水较浅，一般水深 0.1～5m，大部分

为干出滩。西岸、北岸现大多为人工海岸，东岸为淤泥型海岸、沙泥质海岸和生物（红树林）海岸等，南部为狭窄的天然深水潮流通道。

茅尾海北部为钦江、茅岭江入海口，为陆相河流沉积地貌，此处三角洲发育，地貌主要为钦江、茅岭江复合三角洲平原、侵蚀剥蚀丘陵及台地、冲积和洪积台地和沿岸海积平原。由于钦江和茅岭江运入的泥沙在河口附近沉积而不断向海推进，形成广阔的沙质和泥沙质潮间浅滩、潮沟、河口沙坝、潮流冲刷深槽等，大致成近南北向展布，广泛发育的潮汐汊道呈放射性状向西北、北、东北伸展，水深大都小于 2m。茅尾海的潮间浅滩（包括淤泥滩、沙滩、红树林滩）十分发育，滩面宽阔，宽度达 4～6km，地形由岸向海倾斜，坡度为 0.5‰～1.5‰之间。此处沉积物的粒度由低潮滩向高潮滩逐渐变细，泥质含量逐渐增多，分选性变差，南定坪和中部东岸果子山的潮滩最为典型。钦江口外和茅岭江口外的滩面潮沟发育，潮沟沉积物为中砂和中细砂，潮沟与滩面的高差在 1.5～3m 之间，为潮流或径流的通道，可作为小型渔船的天然航道。河口沙坝发育于钦江、茅岭江河口湾内，较大规模的有四道：紫沙、四方沙、按马沙和石西沙。这四道沙坝走向均呈近南北向，与潮流流向一致，最大长度约 2.3km，最大宽度约 1.0km。沉积物质为中砂和细砂，分选性从好到差均有，泥质含量（>4Φ）较少，为 0～14%，重矿物含量为 2.31%～2.72%。这些河口沙坝的成因主要是来自茅尾海南部潮流和北部径流互相作用，流速骤减而沉积形成的。



1. 淤泥滩; 2. 沙滩; 3. 红树林滩; 4. 河口沙坝; 5. 潮沟; 6. 潮流沙脊;
7. 潮流冲刷深槽; 8. 水下拦门浅滩; 9. 水下斜坡; 10. 海岛; 11. 海蚀崖, 海蚀平台; 12. 水下岩礁; 13. 涨、落潮流方向; 14. 常风向, 强风向;
15. 常浪向, 强浪向; 16. 港口; 17. 城镇; 18. 村庄; 19. 比例尺。

图 4.1.2-1 钦州湾海底地貌类型

钦州湾南部与北部湾海域相连，为陆架浅海，发育水下浅滩地貌，海底地形北高南低，呈不规则且起伏不平的峡谷形态，明礁和暗礁较多，水道狭窄，仅有宽 1～2km。由北向南水深加大，一般水深 5～10m，最大水深达 16m，等深线大致与海岸平行。该处海域的潮汐通道连接茅尾海和钦州湾外湾，狭窄的出海口起到一个瓶颈的作用，使落潮流速大于涨潮流速，湾口有南南东向和南南西向水深在 2m 以内的沙洲分布，将潮汐通道分割成东、中、西三个分支：东分支向南南东向延伸，水深在 5～15m 之间；中分支和东分支大致平行，水深在 5～10m 之间；西分支自青菜头向南南西向延伸，水深大都在 10m 之上。

4.1.3 海洋水文

（1）潮汐

钦州湾潮波的运动主要由钦州湾口输入的潮波能量维持。平均海平面高于黄海平均海平面，主要随钦江、茅岭江的枯水期和洪水期而变化。枯水期时，平均海平面低；洪水期间，平均海平面升高。最低值一般出现在 2～3 月，最高值出现在 6～9 月。

根据钦州湾龙门港潮汐资料分析（HK1+HO1）/HM2=4.6，潮汐性质属正规全日潮，每月约有 2/3 时间（20 天左右）在一个太阴日内出现一次涨潮和一次落潮过程，约有 1/3 时间（10 天左右）在一个太阴日内出现二次高潮和二次低潮。湾内潮汐日不等现象明显，即相邻的两个高潮或两个低潮的潮高不等，涨、落潮历时也不相等。

根据龙门潮位站 1966～2002 年观测资料计算，其潮位特征值（56 黄海平均海平面）如下：

历年最高高潮位：3.96m（1986 年 7 月 22 日）

历年最低低潮位： -2.57m（1968 年 12 月 22 日）

历年涨潮最大潮差：5.95m （1968 年）

多年涨潮平均潮差：2.46m

历年落潮最大潮差：5.69m（1987 年）

多年落潮平均潮差：2.46m

多年平均涨潮历时：10 小时 29 分

多年平均落潮历时：7 小时 47 分

（2）潮流

潮流以全日潮为主，仍存在半日不等现象，潮流性质属于不规则全日潮流，运动形式以往复流为主。钦州湾内涨潮平均流速为 0.08～0.28m/s；落潮平均流速为 0.09～0.55m/s。实测最大涨潮流流速 83cm/s，流向 339；实测最大落潮流速为 140cm/s，流向为 152，均出现在青菜头附近。钦州湾外湾其流向基本上与岸线或深槽走向一致，潮流流速的分布为西部大于东部，近岸大于外海，表层大于底层。

茅尾海通过一条深达 20m 的海峡状通道与钦州外湾联通。外湾存在三条潮沟/水道，潮沟间发育了数条潮流沙脊，其中老人沙长愈 7km，低潮时干出水面。落潮流主要沿三条水道流向外海，其中东水道南端由于有三墩石的阻碍，落潮流转向西南；西水道落潮流过伞顶沙后也偏转 向西南。在连接茅尾海和钦州外湾的狭窄水道中，水流湍急，最大流速达 1.5m/s；在外湾的几条水道中，西水道最大落潮流速达 1.2m/s，东水道最大落潮流速也可达 1.2m/s，中水道流速稍弱，最大落潮流速约 0.8m/s。

由于本海域潮落潮历时的不等，涨落潮流存在不对称，绝大部分区域落潮流明显占优。其中东水道中段及西水道伞顶沙附近，最大落潮流流速可达最大涨潮流的 2 倍。水深较浅的区域，如老人沙，潮流不对称性减弱，一是浅水效应导致水波变形，加快涨潮延缓落潮；二是深水道内发生落急潮时，浅水区域或已干出或将干出，导致流速减小。

（3）波浪

钦州湾海区冬半年盛行北—西偏北风，夏半年盛行西南风。四五月份和九月份为东北气流转为西南气流和西南气流转为东北气流的季风交替时期，风向不稳定。冬季以偏北浪为主，东北偏北—东北向浪出现频率为 30～69%；其次为东—东南向。夏季以南—西南向浪为主，其出现频率为 23～52%；其次为东—东南向。全年主浪向为东北偏北—东北向，频率为 38% ；其次为南—西南偏西，频率为 19%；再次为东—东南向。平均波高为 0.40～0.52 米，常见浪为 0～3 级。

（4）海水温度及盐度

茅尾海海域的各季节平均水温在 13.47℃～30.21℃，水温年变化较为明显。春季海水温度变化范围为 26.0～27.5℃，平均水温为 26.6℃；秋季海水水温变化范围为 28.4～30.4℃，平均水温为 29.4℃。

海水盐度的变化主要受降雨的影响，春冬季节雨量较少，盐度较高，夏秋季节雨量充沛，盐度较低，多年平均盐度为 29.10。春季，茅尾海海域海水盐度变化范围为 3.94～17.27，平均盐度为 11.96，其平面分布的基本趋势是由北向南逐渐递增，低值区分布在茅岭江、钦江入海口附近海域；秋季，茅尾海海域海水盐度变化范围为 12.57～23.50，平均盐度为 18.92，其平面分布趋势与春季类似。茅尾海海水盐度的季节变化较为明显，秋季盐度明显高于春季，尤其河口区的季

节性变化较大。

4.1.4 泥沙

钦州湾泥沙主要来自北部的茅尾海，而且多以悬移式进入港内。由于钦江自东北向西南注入茅尾海，入海后，比降骤减，河流所携带的泥沙在河口一带落淤，使钦江和茅尾江三角州及河汊十分发育，并缓慢向海方向扩展，导致茅尾海趋向淤浅、萎缩，然而这一过程的发展是极其缓慢的。由于海面宽阔、纳潮量大，且落潮流大于涨潮流，落潮流可将泥沙逐步向外海输送，而保持港内不淤或少淤之状态。在钦州湾口之外，海岸呈东向西走向，强浪向为南向，沿岸泥沙不易做纵向运动，致使湾口处普遍发育有拦门沙。虽潮汐动力较强，但波浪掀沙能力较弱，泥沙进入可以认为该海域不存在大规模的泥沙运动。

2019 年 7 月，南京水利科学研究院对钦州港总体规划实施后钦州湾泥沙回淤的分析研究成果表明：钦州湾分内、外湾，中间湾颈段相对较窄，河流来沙主要淤积在内湾，外湾泥沙来源少，潮流强度不大，风浪也小，岸线长，具备较好的港口开发建设条件。钦州湾水域以全日潮为主，涨、落潮相对缓慢，一般涨潮历时长于落潮历时，落潮流速大于涨潮流速，潮流特征有利于向外海输沙。平常条件下钦州湾水体含沙量很小，通常小于 0.01kg/m^3，冬季含沙量一般比夏季小一个数量级，夏季遇风浪天时，湾口水域含沙量会明显升高，较大风浪时可达 0.03kg/m^3。钦州湾内含沙量低，根据天津水运工程科学研究所实测资料，钦州湾最大含沙量：0.08kg/m^3；夏季含沙量：0.05kg/m^3；冬季含沙量：0.03kg/m^3。

4.1.5 自然灾害

（1）热带气旋

热带气旋是夏半年袭击北部湾海洋，对广西沿海地区危害最大的一种海洋灾害。根据钦州市气象站的观测资料统计，影响和登陆钦州市的台风平均每年 2-3 次。每年 5 月～11 月属热带气旋影响季节，以 7 月～9 月居多。近年来登陆或影响钦州市的台风主要有： 2007 年 15 号台风“利奇马”、2008 年 9 号台风“北冕”、

2012 年 13 号台风“启德”、2013 年 11 号强台风“尤特”、30 号台风“海燕”等。根据台风天气网资料，2014 年 7 月强台风“威马逊”影响广西沿海，最大风力 48m/s，9 月又有台风“海鸥”影响。台风同时带来强降雨，对广西沿海造成较大损失。

（2）风暴潮

钦州湾的风暴潮，一般始于每年 5 月，而止于 11 月，尤以 7 月～9 月发生最多。根据广西水文水资源局钦州分局在《广西沿海风暴潮预报方案研究》中的统计资料，1950 年～1998 年累年出现大于 50cm 的台风暴潮增水次数为 193 次，平均每年约 4 次，其中造成较大风暴潮灾害损失的有 20 次，平均每年 0.5 次。其中最大增水值为 153cm（1980 年 7 月 23 日），最大减水值为 167cm（1973 年 10 月 14 日）。根据广西 2014 年海洋环境质量公报，2014 年 7 月，受 1409 号台风“威马逊”外围风力的影响，广西沿海各验潮站出现 84cm～286cm 的风暴增水。

（3）暴雨

钦州湾沿岸地形低平，雨量丰富，是广西沿岸暴雨最多的地区之一。以钦州市为例，累年平均雨量≥50mm 的暴雨日数为 9.7d；累年平均雨量≥80mm 的暴雨天数为 4.2d；≥l00mm 的暴雨日数为 2.5d。暴雨一年四季均可出现，以夏季 6 月～8 月最多，暴雨天数占全年的 73%，其中以 7 月居多，占全年暴雨量的 28%。在钦江、茅岭江流域平均每年出现洪涝 0.9 次，平均维持时间为 26h。

（4）海雾

广西沿海及北部湾的雾一年四季均可出现，平均每年海上雾日 20d～25d，历年最多雾日 32d（1985 年）。海雾多发于春季（11 月～翌年 4 月），尤以 3 月份最多。海雾生成从早晨 4h～5h 为多，持续时间一般为 3h～4h，最长可持续 1d。

（5）局地强对流灾害性天气

主要有雷暴、雹线、龙卷风等。此类天气一般影响时间短、范围小，但发生突然、来势凶猛、强度大，因而常常造成严重灾害。

（6）地震

根据《建筑抗震设计规范》（ GB50011-2010）附录 A 和《中国地震动参数区划图》（GB18306-2001），本项目所在地的抗震设防烈度为 7 度，震峰加速度分区为 0.05g 区，地震动反映谱特征周期为 0.35s。

4.2 社会经济概况

钦州市地处广西南部沿海，北部湾北岸，位于东经 107°27′—109°56′、北纬 21°35′—22°41′。东与北海市和玉林市相连，南临钦州湾，西与防城港市毗邻，北与南宁市接壤。是广西北部湾经济区的海陆交通枢纽、西南地区便捷的出海通道，是中国—东盟自由贸易区的前沿城市。全市陆地总面积 10897 平方公里，大陆海岸线 562.64 公里。根据第七次人口普查数据，截至 2020 年 11 月 1 日零时，钦州市常住人口为 3302238 人。

2020 年钦州市生产总值为 1387.96 亿元，按可比价格计算，同比增长 2.6%。其中，第一产业增加值为 282.82 亿元，同比增长 4.3%；第二产业增加值为 390.13 亿元，同比下降 12.3%；第三产业增加值为 715.01 亿元，同比增长 12.7%。

4.3 海洋资源概况

4.3.1 渔业资源

据资料记载，钦州湾经济价值较高的渔类有 60 多种，虾蟹类 30 多种，贝类 110 种，历来是沿岸群众耕海牧渔的重要场所，许多海产珍品，尤其是四大名产（近江牡蛎、青蟹、对虾和石斑鱼）早已驰名中外，作为近江牡蛎、青蟹、鲈鱼等重要海水养殖品种的天然产地，每年均向区内外养殖场提供了大量的天然种苗，是中国南方最大的天然大蚝采苗和养殖加工基地，享有“中国大蚝之乡”的美誉。同时，钦州湾还出产鲈鱼、真鲷、黄鳍鲷、黑鲷、二长棘鲷、鱿鱼等。

据调查，钦州市 20m 水深以内的浅海有虾类 35 种，蟹类 191 种，螺类 143 种，贝类 178 种，头足类 17 种，鱼类 326 种。其中主要捕捞的鱼类有二长棘鲷、圆腹鲱、棕斑兔头鱼、短吻鱼、斑点马鲛、丽叶参、斑鰶、宝刀鱼、鲐鱼、真鲷、白姑鱼、金钱鱼等 20 余种主要经济鱼类；虾类有须赤虾、刀额新对虾、长中鹰爪虾、日本对虾、长毛对虾、墨吉对虾等 10 多种经济虾类；还有火枪乌贼、拟目乌贼等 3 种头足类，此外，近江牡蛎、文蛤、毛蚶、方格星虫、锯缘青蟹和江蓠等主要浅海滩涂经济生物分布广泛，资源最大。钦州市浅海鱼类资源量估计为 4200t/a，可捕捞量约为 2100t/a。

4.3.2 滨海旅游资源

钦州市自然旅游资源主要有七十二泾风景区、麻蓝岛旅游区、三娘湾沙滩及白海豚旅游区、红树林和钦江、茅岭江、金鼓江风景河段等。

三娘湾是中华白海豚之乡，有一千余头野生中华白海豚长年栖居于此，可以看到的海豚有黑色、灰色、白色、粉红色、墨绿色、海蓝色等。海岸防护林带保护完好，绿树成荫，沙滩平坦广阔，沙质松软。三娘湾已建或正在建设多个旅游开发项目，是钦州旅游开发的重中之重。

龙门群岛旅游景区位于钦州湾中部龙门群岛区内。岛屿星罗其布，水道众多、蜿蜒伸展、纵横交错，形成七十二条水路，泾深浪静，称“七十二泾”。群岛、水道、岩礁、红树林滩分布区纵横跨度达 10km，岛上树林郁郁葱葱，岛下风平浪静，奇岛异礁参差错落，青山碧水。龟岛上建有逸仙公园，园内山头矗立着全国最大的孙中山铜像。

麻蓝岛是钦州市新八景之一，位于犀牛脚镇西北部沿岸，与大环半岛隔海相望，退潮时相连。该岛形似弯月，长 900m，宽 200～400m，面积约 28.7hm^2，现已被列为旅游度假区进行开发，已铺设了环岛游览道，建有小别墅、饭店等设施，已具备旅游接待能力。岛上西北部有长 1500m、宽 1000m 的沙滩，是优良的海水浴场；西南为千姿百态的礁石滩；东南为一片红树林，海岛、沙滩、海石滩、红树林海滩互相映衬，风光旖旎。麻蓝岛盛产“三沙”（沙虫、沙钻鱼、沙蟹），是著名特产。

4.3.3 海水牡蛎养殖

钦州沿海为我国产蚝之优良海域，是中国著名的“大蚝之乡”，平陆运河入海口段的茅尾海是我国著名的蚝苗培育和牡蛎生产基地，目前钦州沿海浅滩涂牡蛎养殖面积达 15 万亩，主要分布在茅尾海、龙门群岛、七十二泾、金鼓江口、麻蓝岛及大风江口等海域，其中茅尾海和大风江口海域水质优良，饵料丰富，为牡蛎养殖提供了“天然牧场”，非常有利于牡蛎的生长繁衍。2020 年，钦州牡蛎养殖面积 15.3 万亩，产量 28.3 万吨，年产蚝苗达 1.5 亿串。集育苗、养殖、加工、

销售于一体的牡蛎产业体系日渐完备，钦州大蚝成为带动钦州海洋渔业产业发展的百亿元样板产业，品牌价值 48.84 亿元。部分中蚝转运至广东湛江和阳江育肥，另一部分蚝苗和中蚝运至越南北部沿海进行育肥后销售，部分带壳牡蛎销往重庆、四川、贵州等地区销售。

2005 年，钦州市钦南区被授予“中国大蚝之乡”称号；2006 年钦州龙门七十二泾海域大蚝浮筏生态养殖区被农业部授予首批“农业部健康水产养殖示范区”称号；2011 年“钦州大蚝”荣获国家农产品地理标志登记保护；2017 和 2019 年“钦州大蚝”2 次被评为“中国百强农产品区域公用品牌”；2021 年 5 月，“钦州大蚝”继 2016 和 2018 年后第三次荣登中国地理标志农产品区域品牌价值评价榜，品牌价值逐年增长（2016 年 45.48 亿元，2018 年 46.48 亿元，2021 年 48.84 亿元），是广西养殖产品类唯一入选的品牌。2020 年广西牡蛎产值近 100 亿元，占全区海洋渔业产值（302.9 亿元）的 33.01%。

4.4 环境质量现状概况

4.4.1 海水环境质量

根据《2020 年度广西海洋环境质量报告》《2020 年广西壮族自治区生态环境状况公报》，2020 年广西近岸海域海水水质状况总体良好。44 个监测点位中（国控点位 23 个、区控点位 21 个），海水水质优良点位比例为 88.6%，比 2019 年上升 9.1 个百分点；全面消除劣四类水质。海水环境功能区达标率为 88.6%，比 2019 年上升 4.5 个百分点。

从钦州市来看，钦州市近岸海域水质为“差”，优良点位比例为 58.3%。其中，第一类海水比例为 41.7%，第二类为 16.7%，第四类为 41.7%，无第三类和劣四类海水。其中钦州茅尾海存在着无机氮、活性磷酸盐和 pH 值超标等问题。监测数据表明第四类水质主要分布在茅尾海和钦州港局部海域，见图 4.4.1-1。此外，根据上述公报，茅尾海海域存在着轻度富营养化的情况。

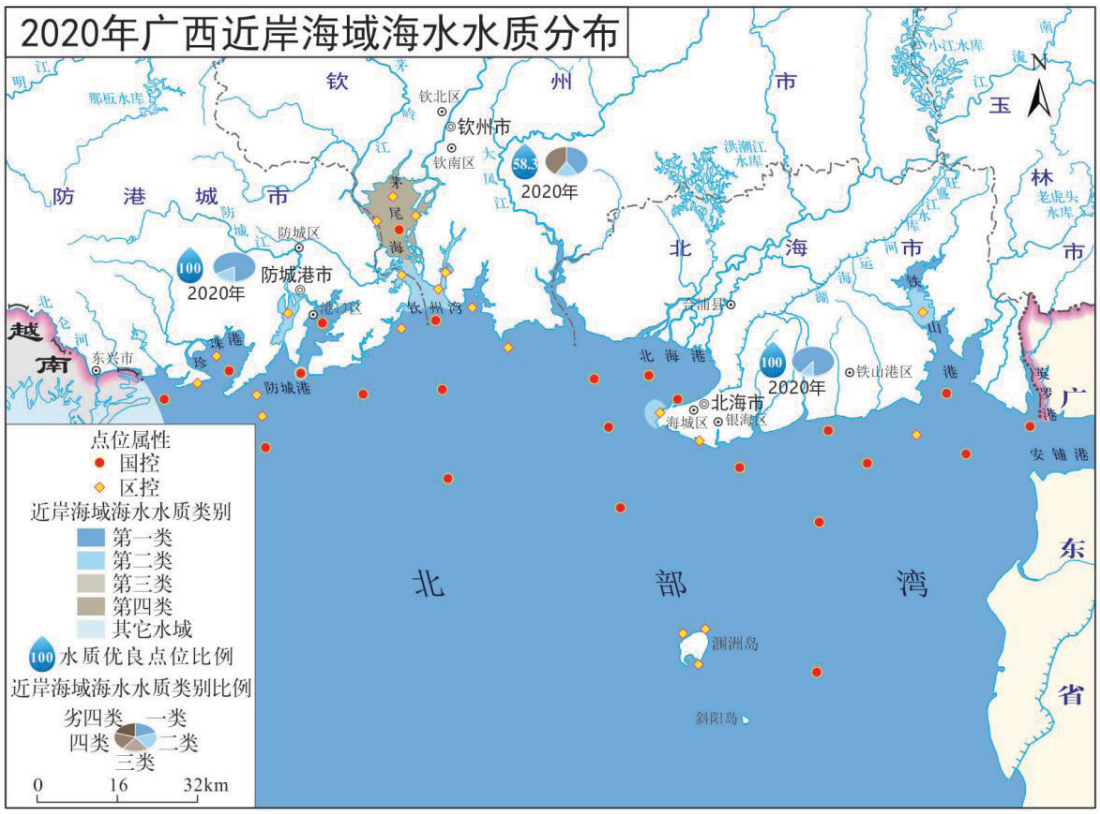


图 4.4.1-1 2020 年广西近岸海域海水水质状况

4.4.2 区域生态环境

4.4.2.1 生物多样性概况

评价范围内有底栖动物 186 种，浮游动物约 82 种，脊椎动物 5 类。其中底栖动物中环节动物 35 种，软体动物 60 种，节肢动物 79 种，棘皮动物 12 种。红树林滩涂主要物种为蟹类，泥沙滩涂优势物种为环节动物门；浮游动物有中华哲水蚤、亚强真哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤等挠足类 29 种，球形侧腕水母、拟细浅室水母、六辐和平水母、兰和平水母等水母类 28 种；脊椎动物中鱼类有 7 目 15 科 27 种，两栖类有 7 种，隶属于 1 目 5 科 5 属，蛙科和蟾蜍科为 1 属 2 种，树蛙科和姬蛙科为 1 属 1 种，爬行类有 16 种，隶属于 1 目 7 科 15 属，游蛇科 6 属 7 种，眼镜蛇科。海蛇科。石龙子科各 2 属 2 科，壁虎科、蜥蜴科为 1 属 1 科，鸟类有鹭科、鹬科 16 目 29 科 92 种，哺乳类有 2 目 2 科 3 属，翼手目为 1 科 1 属，啮齿目 1 科 2 属 2 种。

4.4.2.2 陆生脊椎动物

评价范围内发现脊椎动物有 216 种，其中鱼类资源计有 11 目 39 科 87 种；两栖类动物有 7 种，隶属于 1 目 5 科 5 属；爬行类动物 16 种，隶属于 1 目 7 科 15 属；鸟类动物有 15 目 31 科 103 种；哺乳动物有 3 种，隶属于 2 目 2 科 3 属。

（1）鱼类资源

鱼类资源计有 11 目 39 科 87 种，其中，在红树林潮间带常见的鱼类有杂食豆齿鳗、乌塘鳢、峭塘鳢、犬牙细棘鰕虎鱼、弹涂鱼、大弹涂鱼、红狼牙鰕虎鱼等。

（2）两栖类

两栖类动物有 7 种，隶属于 1 目 5 科 5 属。其中，蛙科和蟾蜍科分别为 1 属 2 种，约占 28.6%，树蛙科、雨蛙科和姬蛙科均为 1 属 1 种，各占 14.3%。

（3）爬行类

爬行类动物 16 种，隶属于 1 目 7 科 15 属。其中游蛇科种类最多，有 6 属 7 种，约占该地爬行动物总种数的 43.8%；眼镜蛇科、海蛇科、石龙子科为 2 属 2 种，约占 12.5%；壁虎科、蜥蜴科和鬣蜥科均为 1 属 1 种，约占 6.3%。

（4）鸟类

鸟类动物有 15 目 31 科 103 种。主要有鹭科、鹬科的种类。按鸟类生态类群分，红树林沿海水面鸟类群分布范围主要是涨潮时红树林广阔的海面，分布密集区在红树林分布地带，主要种类有凤头潜鸭、秋沙鸭等鸭科鸟类以及小鸊鹈、鱼鸥、银鸥等游禽。

红树林沿海滩涂鸟类群主要分布在退潮后红树林外广阔的滩涂，主要种类有白鹭、大白鹭、牛背鹭、池鹭、绿鹭、夜鹭等鹭科鸟类以及青脚鹬、红脚鹬、矶鹬等鸻鹬类。

基围鱼塘芦灌草鸟类群主要分布在保护区及周边鱼塘沟洼、基围干燥地以及灌丛、草丛地带，该地带环境具有湿地向陆地过渡的特征，小生境丰富多样，因此该类群在物种组成上表现出水鸟与林鸟的交织和生态类型多样化。主要种类有

小鹬鹬等游禽，池鹭、白鹭等涉禽，褐翅鸦鹃等攀禽，山斑鸠、珠颈斑鸠等陆禽，褐柳莺、黄眉柳莺等鸣禽。

该区域位于我国重要的候鸟迁徙通道上，区域红树林湿地给为数众多的候鸟提供了繁殖、越冬和中途歇息的场所。红树林鸟类的多样性表现出明显的季节性，徙季节鸟类的种类和数量均多，繁殖季节则少。

（5）哺乳类

哺乳动物有 3 种，隶属于 2 目 2 科 3 属。其中翼手目均为 1 科 1 属 1 种，啮齿目 1 科 2 属 2 种。

4.4.2.3 底栖动物

红树林为底栖动物提供了优越的生长发育环境，据资料统计，钦州湾内底栖动物资源非常丰富，底栖动物共有 186 种。其中环节动物 35 种，主要有双齿围沙蚕、锐足全刺沙蚕、光裸星虫等；软体动物 60 种， 主要有齿纹蜒螺、渔舟蜒螺、奥莱彩螺、黑口滨螺、绯拟沼螺、中华拟蟹守螺、红树拟蟹守螺、中华蟹守螺、福氏乳玉螺、泥螺、胆形织纹螺、织纹螺、中国耳螺、米氏耳螺、耳罗卜螺、褐蚶、团聚牡蛎、褶牡蛎、河砚、 红树砚、文蛤、青蛤、四角蛤蜊、大竹蛏等；节肢动物 79 种，主要有长额仿对虾、刀额新对虾、长毛对虾、斑节对虾、无刺鼓虾、日本鼓虾、口虾姑、脊尾白虾、钩虾、中国莖、圆尾莖、台湾泥蟹、谭氏泥蟹、锯缘青蟹、三疣梭子蟹、红线黎明蟹、特异扇蟹、隆背大眼蟹、扁平拟闭口蟹、 长腕和尚蟹、六齿猴面蟹、长指近方蟹、长足长方蟹、无齿相手蟹、平分大额蟹等；棘皮动物 12 种，主要有小棘蛇尾等。鱼类主要有鰕虎鱼、乌塘鳢、杂食豆齿鳗等。

4.4.2.4 浮游动物

评价范围内有浮游动物约 82 种，其中桡足类 29 种，主要有中华哲水蚤、亚强真哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤、真刺唇角水蚤、刺尾纺锤水蚤；水母类 28 种，主要有球形侧腕水母、拟细浅室水母、六辐和平水母、锡兰和平水母等。介形类主要有针刺真浮萤等。

4.4.2.5 植物

评价范围内有维管束植物有 82 科 228 属 294 种。其中：蕨类植物 9 科 10 属 13 种；裸子植物 1 科 1 属 2 种；被子植物 72 科 217 属 279 种。若以植物性状统计，木本维管束植物有 97 种，草本有 150 种，藤本植物 47 种。保护区范围内没有发现有国家重点保护的野生植物。但经调查发现，茅尾海亚公山岛上有国家二级保护植物紫荆木。

4.5 周边海域环境敏感目标的现状与分布

4.5.1 广西茅尾海红树林自治区级自然保护区

茅尾海自治区级红树林自然保护区位于钦州市的钦南区和钦州港区，面向北部湾，于 2005 年经自治区人民政府批准建立。根据《广西壮族自治区人民政府关于同意广西茅尾海红树林自治区级自然保护区范围与功能区调整的批复》（桂政函〔2020〕14 号），调整后保护区范围涉及康熙岭片、坚心围片、七十二泾片和大风江片 4 个片区，地理坐标为东经 108°28′35″-108°54′26″、北纬 21°44′13″-21°53′49″。保护区总面积 5010.05 公顷，其中核心区面积 2153.2 公顷、缓冲区面积 1386.13 公顷、实验区面积 1470.72 公顷。

茅尾海自治区级红树林自然保护区是以保护红树林为主的南亚热带河口、港湾和海岸滩涂湿地生态系统及越冬鸟类栖息地的自然保护区。保护区内岛屿林立，是全国最大、最典型的岛群红树林区，是全国连片面积最大的红树林宜林地，是红树林引种、栽培试验和发展红树林的理想地。

该保护区拥有独特的岩生红树林和七十二泾的“龙泾还珠”岛群红树林景观。保护区内有红树植物 11 科 16 种（即木榄、秋茄、红海榄、白骨壤、老鼠簕等），占全国红树种类的 43.2%，其中珍稀红树林植物有爵床科的老鼠簕，濒危树种有红树科的木榄和红海榄；各种动物 491 种，其中 33 种鸟是中澳、中日保护候鸟及其栖息环境协定的保护鸟类。同时保护区区域还是全国天然牡蛎（大蚝）的主要繁殖场所之一，并有青蟹、石斑鱼、对虾等众多水产品。

经过叠图分析，平陆运河未穿越红树林自然保护区。本次建设的沙井航道距离红树林保护区最近为 700 米。

4.5.2 广西钦州茅尾海国家海洋公园

广西钦州茅尾海国家海洋公园位于钦州市茅尾海海域，总面积 3915.2hm^2，海域面积 3915.2hm^2，划分为重点保护区、生态与资源恢复区和适度利用区。公园边界南为七十二泾北缘，西临防城港市与钦州市的海域行政界线，北端延伸至广西茅尾海红树林自然保护区内，东接茅尾海中央航道线。

重点保护区：为了便于管理和兼顾航道，将位于茅尾海顶部茅岭江两边连片面积较大的红树林和红树林－盐沼生长区，划分为重点保护区，该区用于严格保护红树林、盐沼生境，开展科学研究与生态监测，控制陆源污染和人为干扰，维持典型海洋生态系统的生物多样性、保护典型海洋生态系统的生命过程与生态功能，为典型海洋生态系统的恢复与修复提供自然模式与种源。重点保护区面积为803.2hm^2，主要保护红树林、盐沼、海草等生态系统及其海洋环境。

生态与资源恢复区：保护和恢复近江牡蛎天然母贝生境，为典型海域生态系统的自然扩展和人工恢复与修复提供适合的生境空间，修复和恢复海岛植被物种多样性与天然景观。在不破坏环境生态的前提下开展生态观光旅游。生态与资源恢复区面积为 721.0hm^2，主要修复和恢复物种多样性与天然景观，保护近江牡蛎天然母贝生境，合理开展海上生态观光旅游等。

适度利用区：为连续的海域，用于建设海水养殖与增殖、航道与港湾整治、海上观光、保护和恢复零星分布的红树林和盐沼斑块；在不破坏或少影响海洋生态环境的前提下，无公害、环境友好地利用和管理海洋资源与环境，促进生态环境与经济的和谐发展。适度利用区面积为 2391.0hm^2，范围内目前主要是牡蛎母本采苗和养殖区，规划开展海上观光旅游、休闲渔业、海上运动、养殖增殖等，促进海洋资源的合理开发和利用，促进生态环境与经济和谐发展。

平陆运河线路紧邻海洋公园。

4.5.3 牡蛎养殖区

根据《钦州市养殖用海调查技术报告》（2020 年），茅尾海海域（沙井至

龙门群岛范围内）共有开放式养殖用海 37090 亩，其中筏式（浮漂、吊笼）养殖用海 34002 亩。

根据《平陆运河对茅尾海牡蛎影响专题评价报告》，通过现场清点、无人飞机航拍、google 地图影像识别等手段，对茅尾海现有养殖设施（浮排、沉排、插桩（柱）、投苗比例、沉排成苗率进行清点计数统计，获得了以亚公山以北为界的茅尾海湾内采苗场沉排数量及保苗浮排数量、茅尾海湾外养成及育肥浮排数量，茅尾海现有浮筏数量 2221 张，沉排数量 2198 张，浮筏和沉排总面积 35352 亩。平陆运河线路图与牡蛎养殖区域叠图见 4.5.3-1。

4.5.4 红树林

根据《平陆运河对红树林影响评价报告》，广西壮族自治区现有红树林总面积 9423.59hm^2，分布于北海市、钦州市和防城港市。其中：钦州市红树林面积 3192.37hm^2，仅分布于钦南区，占 33.88%；北海市红树林面积 4214.9hm^2，占 44.72%；防城港市红树林面积 2016.32hm^2，占 21.40%。茅尾海位于钦州湾北部海域，东至坚心围，南至青菜头，西至茅岭江口，北至大榄江渡口，有茅岭江、钦江、大榄江 3 条径流汇入，是一个半封闭式内海。根据国土三调数据统计，该海湾有红树林 2441.19hm²，占广西红树林总面积（9423.59hm²）的 25.91%。

根据第三次全国国土调查主要数据成果，并结合正摄影像和现地调查结果进行统计，平陆运河工程永久占用红树林面积为 13.8698hm^2。所占红树林共 32 个斑块，最大斑块面积为 5.6121hm^2，最小斑块面积为 0.0002hm^2。根据项目占用红树林的面积，计算出平陆运河红线范围内红树植物株数为 255325 株。

5 环境现状调查与评价

5.1 海水水质质量状况调查与评价

5.1.1 茅尾海水环境质量现状调查

2021 年 4 月、11 月广西柳环环保技术有限公司和广西壮族自治区海洋地质调查院在钦江河口海域进行了现场监测。

1、春季调查结果

（1）监测站位

2021 年 4 月共布设 20 个监测站位，见表 5.1.1-1。

表 5.1.1-1 春季监测站位表

站号	经度 E	纬度 N	海水水质
Q1	108°35′25.51599″	21°41′46.44582″	√
Q2	108°32′17.80427″	21°53′46.01049″	√
Q3	108°33′0.90845″	21°54′56.15133″	√
Q4	108°33′20.83833″	21°51′29.43670″	√
Q5	108°32′3.43622″	21°48′7.66592″	√
Q6	108°36′5.06677″	21°55′46.82577″	√
Q7	108°36′14.33649″	21°54′19.69045″	√
Q8	108°33′42.93115″	21°52′43.28542″	√
Q9	108°35′44.05542″	21°39′55.75307″	√
Q10	108°31′2.25610″	21°52′30.92580″	√
Q11	108°33′50.96490″	21°48′38.56496″	√
Q12	108°30′44.33465″	21°49′11.31795″	√
Q13	108°33′12.03210″	21°45′26.37289″	√
Q14	108°34′24.02688″	21°43′17.52386″	√
Q15	108°31′15.85168″	21°46′41.14858″	√
Q16	108°35′46.83633″	21°51′28.20074″	√
Q17	108°32′13.32391″	21°50′35.05438″	√
Q18	108°37′21.07843″	21°52′43.59441″	√
Q19	108°29′25.85107″	21°50′43.70611″	√
Q20	108°34′52.76300″	21°49′40.05407″	√

表 5.1.1-2 春季各监测站管理要求

站号	功能区类型	水质标准	沉积物标准	生物质量标准
Q1	防城港红沙农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q2	茅尾海北部保留区	海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平		
Q3	茅尾海北部保留区	海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平		
Q4	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q5	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q6	沙井北岸保留区	海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平		
Q7	沙井北岸保留区	海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平		
Q8	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q9	防城港红沙农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q10	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q11	茅尾海东部农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q12	茅尾海西岸农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q13	茅尾海农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q14	大小冬瓜保留区	海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平		
Q15	茅尾海西岸农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q16	茅尾海东岸旅游休闲娱乐区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q17	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q18	茅尾海东岸旅游休闲娱乐区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q19	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q20	茅尾海东部农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准

（2）调查方法

根据《海洋监测规范 第 3 部分 样品采集、贮存与运输》（GB17378.3-2007）及监测方案，水质样品以开闭式有机玻璃采水器采集瞬时样品，其中石油类样品以油类定深采水器采集海面以下 0.1m 处。

各项监测因子的采集与分析均按照《海洋调查规范》与《海洋监测规范》进行，各检测指标采用不同处理方式和储存容器，在规定时间内分析。其中盐度、溶解氧、pH 现场测定，测定仪器为哈希 HQ30d。具体调查方法详见监测报告。

（3）调查结果

水质监测结果见表 5.1.1-3。根据海水水质功能区要求，采用单因子标准指数（Pi）法，提出评价结果见表 5.1.1-4。

由分析可知，监测海域无机氮、活性磷酸盐、石油类、粪大肠菌群等无法满足海洋功能区划要求，11 个监测站点出现无机氮超标情况。部分站点铅、汞指

标超过一类水质标准，但满足二类水质标准。

根据监测报告，针对超标指标，调查认为陆上排污有可能是造成污染的主因。调查区工业污染源主要分布在东岸的钦州港经济技术开发区一带。钦州港由于后方陆域开阔，未开发的土地多、环境容量大、深水岸线长等得天独厚条件，因此在发展现代临海工业方面有着独特的区位优势。近年来，工业发展迅猛，大型石化、能源、造纸、冶金、粮油加工项目纷纷落户钦州港，五大工业产业格局基本形成，逐步为港口提供巨大的工业物流。上述工业产业格局的形成，一方面活跃了地方经济，另一方面也给周边的海域—茅尾海的海洋环境造成了压力。此外，养殖污水排放、农业面源污染也会加剧海洋环境污染问题。

表 5.1.1-3 春季监测海域水质监测结果表

站位	层位	pH	盐度	悬浮物	溶解氧	COD	亚硝酸盐	硝酸盐	铵盐	活性磷酸盐	石油类	氰化物	硫化物	挥发性酚	粪大肠菌群	铜	铅	镉	锌	汞	砷	总铬	六六六	滴滴涕
硫化物		/	‰	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	MPN/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	ng/L	ng/L
Q01	表	7.96	18.8	5.8	8.13	0.82	0.023	0.123	0.073	0.0163	0.04	<2.1	<1.7	<4.8	<2	1.26	0.83	0.07	7.2	0.031	0.38	0.051	<1.1	<3.8
Q02	表	7.14	1.87	22.3	6.13	2.14	0.335	1.034	0.552	0.0262	0.11	<2.1	2.2	<4.8	>1600	3.02	3.81	0.26	17.5	0.065	0.95	0.196	<1.1	<3.8
Q03	表	7.00	1.26	26.8	5.74	2.88	0.386	1.421	0.926	0.0286	0.11	<2.1	4.2	<4.8	430	3.13	3.92	0.28	19.1	0.073	1.06	0.213	<1.1	<3.8
Q04	表	7.22	2.50	21.4	6.36	1.94	0.294	0.974	0.421	0.0204	0.12	<2.1	<1.7	<4.8	1600	2.86	3.74	0.17	18.2	0.057	0.83	0.192	<1.1	<3.8
Q05	表	7.54	4.53	6.2	7.26	1.38	0.251	0.885	0.506	0.0185	0.08	<2.1	<1.7	<4.8	21	2.03	2.38	0.15	10.3	0.047	0.67	0.098	<1.1	<3.8
Q06	表	7.32	0.11	61.9	4.33	3.2	0.017	0.107	0.066	0.0215	0.05	<2.1	<1.7	<4.8	>1600	3.35	4.03	0.28	22.3	0.094	1.23	0.262	<1.1	<3.8
Q07	表	7.13	0.11	53.3	4.82	3.02	0.017	0.091	0.058	0.0204	0.07	<2.1	<1.7	<4.8	>1600	3.21	3.89	0.26	19.2	0.099	1.08	0.223	<1.1	<3.8
Q08	表	7.33	2.60	14.9	6.03	2.12	0.316	1.253	0.689	0.0241	0.11	<2.1	<1.7	<4.8	>1600	3.02	3.93	0.19	19.5	0.068	0.96	0.213	<1.1	<3.8
Q09	表	7.86	19.8	4.7	8.22	0.72	0.023	0.124	0.079	0.0146	0.02	<2.1	<1.7	<4.8	<2	1.12	0.42	0.05	6.9	0.023	0.33	0.033	<1.1	<3.8
Q10	表	7.32	3.83	33.2	6.53	1.88	0.312	1.325	0.726	0.0242	0.11	<2.1	<1.7	<4.8	220	2.88	3.65	0.21	16.1	0.057	0.92	0.202	<1.1	<3.8
Q11	表	7.74	7.34	15.4	6.78	1.46	0.262	0.903	0.496	0.0133	0.09	<2.1	<1.7	<4.8	13	2.23	2.69	0.19	11.6	0.068	0.77	0.136	<1.1	<3.8
Q12	表	7.48	4.61	17.6	7.03	2.08	0.277	1.046	0.573	0.0231	0.08	<2.1	<1.7	<4.8	70	2.19	3.11	0.17	12.9	0.055	0.81	0.136	<1.1	<3.8
Q13	表	7.80	16.2	7.2	7.96	0.96	0.023	0.144	0.091	0.0291	0.07	<2.1	<1.7	<4.8	<2	1.56	1.23	0.11	8.3	0.039	0.55	0.089	<1.1	<3.8
Q13	底	7.90	17.4	5.1	7.85	0.88	0.009	0.058	0.038	0.0226	/	<2.1	<1.7	<4.8	2	1.44	1.18	0.09	8.6	0.034	0.52	0.085	<1.1	<3.8
Q14	表	7.86	17.4	5.5	8.04	0.88	0.021	0.113	0.062	0.0196	0.04	<2.1	<1.7	<4.8	<2	1.33	0.68	0.09	7.7	0.042	0.42	0.074	<1.1	<3.8
Q15	表	7.71	6.00	15.7	7.51	1.12	0.243	0.796	0.412	0.0258	0.07	<2.1	<1.7	<4.8	8	1.86	1.96	0.15	9.8	0.060	0.61	0.102	<1.1	<3.8
Q16	表	7.71	2.82	12.5	5.21	2.14	0.108	0.472	0.271	0.0155	0.11	<2.1	<1.7	<4.8	920	2.89	3.22	0.26	14.8	0.065	0.88	0.189	<1.1	<3.8
Q17	表	7.91	5.69	26.3	6.64	1.52	0.304	1.116	0.609	0.0204	0.12	<2.1	<1.7	<4.8	8	2.17	3.29	0.15	13.8	0.034	0.89	0.168	<1.1	<3.8
Q18	表	7.54	1.06	15.3	5.03	2.48	0.013	0.096	0.068	0.0193	0.13	<2.1	<1.7	<4.8	1600	3.02	4.14	0.31	18.7	0.075	0.92	0.234	<1.1	<3.8

Q19	表	7.50	2.82	23.4	6.88	1.46	0.283	0.853	0.521	0.0253	0.08	<2.1	<1.7	<4.8	180	2.56	3.26	0.22	14.7	0.065	0.95	0.147	<1.1	<3.8
Q20	表	7.58	1.87	18.7	6.19	1.92	0.372	1.279	0.737	0.0152	0.11	<2.1	2.2	<4.8	12	2.38	3.01	0.22	13.4	0.060	0.82	0.158	<1.1	<3.8

表 5.1.1-4 春季监测海域水质评价结果表

站位	层位	水质要求	pH	溶解氧	COD	无机氮	活性磷酸盐	石油类	氰化物	硫化物	挥发性酚	粪大肠菌群	铜	铅	镉	锌	汞	砷	总铬	六六六	滴滴涕
Q01	表	二类满足	一类	一类	一类	二类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q02	表	/	一类	一类	二类	劣四类	二类	三类	一类	一类	一类	劣三类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q03	表	/	一类	二类	二类	劣四类	二类	三类	一类	一类	一类	劣三类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q04	表	一类不满足	一类	一类	一类	劣四类	二类	三类	一类	一类	一类	劣三类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q05	表	一类不满足	一类	一类	一类	劣四类	二类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q06	表	/	一类	三类	三类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	劣三类	一类	二类	一类	二类	二类	一类	一类	一类	一类
Q07	表	/	一类	三类	三类	一类	二类	三类	一类	一类	一类	劣三类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q08	表	一类不满足	一类	一类	二类	劣四类	二类	三类	一类	一类	一类	劣三类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q09	表	二类满足	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q10	表	一类不满足	一类	一类	一类	劣四类	二类	三类	一类	一类	一类	劣三类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q11	表	二类不满足	一类	一类	一类	劣四类	一类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q12	表	二类不满足	一类	一类	二类	劣四类	二类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q13	表	二类不满足	一类	一类	一类	二类	二类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q13	底		一类	一类	一类	一类	二类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q14	表	/	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q15	表	二类不满足	一类	一类	一类	劣四类	二类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q16	表	二类不满足	一类	二类	二类	劣四类	二类	三类	一类	一类	一类	劣三类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q17	表	一类不满足	一类	一类	一类	劣四类	二类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q18	表	二类不满足	一类	二类	二类	一类	二类	三类	一类	一类	一类	劣三类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类

Q19	表	一类不满足	一类	一类	一类	劣四类	一类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q20	表	二类不满足	一类	一类	一类	劣四类	一类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类

2、秋季调查结果

2021 年 11 月监测调查共布设 23 个站位。

表 5.1.1-5 秋季环境现状监测站位表

站号	经度 E	纬度 N	海水水质
Q1	108.60401503	21.89814800	√
Q2	108.62568728	21.88003773	√
Q3	108.60131136	21.86287159	√
Q4	108.59388701	21.84079165	√
Q5	108.58255736	21.82285303	√
Q6	108.56983296	21.80532212	√
Q7	108.55494133	21.78607458	√
Q8	108.54264609	21.76856512	√
Q9	108.55618588	21.75257916	√
Q10	108.56766573	21.73026318	√
Q11	108.58586184	21.70588726	√
Q12	108.60010973	21.67945141	√
Q13	108.56470457	21.82645792	√
Q14	108.55099312	21.81008572	√
Q15	108.53816143	21.79382080	√
Q16	108.52723948	21.77828545	√
Q17	108.54949108	21.83519119	√
Q18	108.52290503	21.80929179	√
Q19	108.54395501	21.85398812	√
Q20	108.52517954	21.83396811	√
Q21	108.53472821	21.87759156	√
Q22	108.50857130	21.85413832	√
Q23	108.49460236	21.83278794	√

表 5.1.1-6 秋季各监测站管理要求

站号	功能区类型	水质标准	沉积物标准	生物质量标准
Q1	沙井北岸保留区	海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平		
Q2	茅尾海东岸旅游休闲娱乐区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q3	茅尾海东岸旅游休闲娱乐区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q4	茅尾海东部农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q5	茅尾海东部农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q6	茅尾海东部农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q7	茅尾海农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q8	茅尾海中部海洋保护区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q9	茅尾海农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q10	大小冬瓜保留区	海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平		
Q11	防城港红沙农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q12	防城港红沙农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q13	茅尾海东部农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q14	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q15	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q16	茅尾海西岸农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准
Q17	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q18	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准

Q19	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q20	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q21	茅尾海北部保留区	海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平		
Q22	茅尾海红树林海洋保护区	一类标准	一类标准	一类标准
Q23	茅尾海西岸农渔业区	不低于二类标准	一类标准	一类标准

水质监测结果见表 5.1.1-7。根据海水水质功能区要求，采用单因子标准指数（Pi）法，提出评价结果见表 5.1.1-8。调查方法同春季调查方法，详细调查内容见调查报告。

由分析可知，监测海域无机氮、活性磷酸盐、石油类等无法满足海洋功能区划要求，8 个监测站点出现无机氮超标情况，19 个监测站点出现活性磷酸盐超标情况。部分站点铅指标超过一类水质标准，但满足二类水质标准。

根据监测报告，针对超标指标，调查认为陆上排污有可能是造成污染的主因。调查区工业污染源主要分布在东岸的钦州港经济技术开发区一带。钦州港由于后方陆域开阔，未开发的土地多、环境容量大、深水岸线长等得天独厚条件，因此在发展现代临海工业方面有着独特的区位优势。近年来，工业发展迅猛，大型石化、能源、造纸、冶金、粮油加工项目纷纷落户钦州港，五大工业产业格局基本形成，逐步为港口提供巨大的工业物流。上述工业产业格局的形成，一方面活跃了地方经济，另一方面也给周边的海域—茅尾海的海洋环境造成了压力。此外，养殖污水排放、农业面源污染也会加剧海洋环境污染问题。

表 5.1.1-7 秋季监测海域水质监测结果表

站位	层位	pH	盐度	悬浮物	溶解氧	COD	亚硝酸盐	硝酸盐	铵盐	活性磷酸盐	石油类	氰化物	硫化物	挥发性酚	铜	铅	镉	锌	汞	砷	总铬	六六六	滴滴涕
		/	‰	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	ng/L	ng/L
Q1	表	7.32	0.4	0.4	8.02	4.26	0.1740	0.462	0.095	0.0315	0.01	<0.5	<1.7	<1.1	3.17	2.33	0.38	6.8	0.041	1.12	0.235	<1.1	<3.8
Q2	表	7.66	3.8	3.2	8.13	2.42	0.0245	0.567	0.013	0.0516	0.01	<0.5	<1.7	<1.1	3.04	2.08	0.32	8.2	0.048	1.08	0.211	<1.1	<3.8
Q3	表	7.82	8.8	5.0	8.30	2.00	0.0256	0.511	0.009	0.0534	0.03	<0.5	<1.7	<1.1	2.88	1.84	0.29	12.3	0.033	0.87	0.252	<1.1	<3.8
Q4	表	7.88	10.5	0.6	8.63	2.20	0.0161	0.802	0.068	0.0578	0.09	<0.5	<1.7	<1.1	3.05	2.04	0.31	15.6	0.052	1.16	0.211	<1.1	<3.8
Q5	表	7.92	12.7	1.6	8.34	2.50	0.0263	0.107	0.037	0.0525	0.07	<0.5	<1.7	<1.1	2.62	1.88	0.26	17.4	0.048	0.87	0.154	<1.1	<3.8
Q6	表	7.98	23.3	3.2	8.42	1.53	0.0048	0.079	0.117	0.0353	0.02	<0.5	<1.7	<1.1	2.33	1.62	0.22	14.2	0.033	0.82	0.162	<1.1	<3.8
Q7	表	8.06	24.1	4.6	8.25	1.32	0.0263	0.075	0.042	0.0452	0.02	<0.5	<1.7	<1.1	2.14	1.32	0.21	13.2	0.036	0.77	0.138	<1.1	<3.8
Q8	表	8.23	25.0	2.2	8.13	1.18	0.0020	0.218	0.033	0.0324	0.01	<0.5	<1.7	<1.1	1.84	1.26	0.16	15.8	0.031	0.68	0.174	<1.1	<3.8
Q9	表	8.28	23.4	4.6	8.25	1.41	0.0078	0.098	0.030	0.0397	0.03	<0.5	<1.7	<1.1	1.63	1.03	0.21	16.7	0.028	0.52	0.152	<1.1	<3.8
Q9	底	8.33	23.6	1.2	8.33	0.14	0.0011	0.055	0.049	0.0216	/	<0.5	<1.7	<1.1	1.52	0.98	0.17	16.2	0.026	0.55	0.133	<1.1	<3.8
Q10	表	8.32	26.5	4.8	7.88	1.27	0.0004	0.136	0.039	0.0202	0.05	<0.5	<1.7	<1.1	1.32	0.92	0.15	14.3	0.022	0.49	0.148	<1.1	<3.8
Q11	表	8.35	27.6	3.8	8.29	1.35	0.0095	0.120	0.049	0.0327	0.12	<0.5	<1.7	<1.1	1.28	0.87	0.13	13.2	0.026	0.49	0.172	<1.1	<3.8
Q12	表	8.38	28.5	3.8	8.13	1.39	0.0304	0.075	0.011	0.0266	0.07	<0.5	<1.7	<1.1	1.37	0.92	0.16	15.6	0.022	0.49	0.182	<1.1	<3.8
Q13	表	8.02	18.9	3.2	8.43	1.41	0.0019	0.267	0.024	0.0374	0.04	<0.5	<1.7	<1.1	2.08	1.52	0.22	16.1	0.036	0.68	0.196	<1.1	<3.8
Q14	表	8.12	24.6	6.8	8.27	0.86	0.0204	0.077	0.013	0.0382	0.02	<0.5	<1.7	<1.1	1.92	1.33	0.21	15.2	0.032	0.64	0.202	<1.1	<3.8
Q15	表	8.28	26.0	5.6	8.24	0.30	0.0117	0.113	0.036	0.0499	0.01	<0.5	<1.7	<1.1	2.04	1.26	0.22	18.3	0.036	0.68	0.152	<1.1	<3.8
Q16	表	8.22	24.8	5.2	8.24	0.55	0.0244	0.104	0.024	0.0310	0.02	<0.5	<1.7	<1.1	2.12	1.52	0.26	16.9	0.036	0.72	0.162	<1.1	<3.8
Q17	表	8.18	17.4	1.6	8.50	1.12	0.0324	0.373	0.002	0.0470	0.04	<0.5	<1.7	<1.1	2.06	1.38	0.23	17.3	0.036	0.68	0.147	<1.1	<3.8
Q18	表	8.24	23.5	1.4	8.21	1.22	0.0305	0.112	0.007	0.0397	0.02	<0.5	<1.7	<1.1	1.87	1.42	0.19	14.2	0.032	0.62	0.156	<1.1	<3.8
Q19	表	8.05	14.1	2.4	8.43	1.66	0.0170	0.415	0.006	0.0519	0.03	<0.5	<1.7	<1.1	1.94	1.33	0.21	13.2	0.032	0.66	0.138	<1.1	<3.8
Q20	表	8.03	15.2	5.2	8.60	1.98	0.0213	0.325	0.013	0.0505	0.02	<0.5	<1.7	<1.1	1.82	1.26	0.23	12.9	0.032	0.69	0.168	<1.1	<3.8

Q21	表	7.81	8.3	0.2	8.55	3.35	0.0260	0.470	0.010	0.0493	0.01	<0.5	<1.7	<1.1	2.36	1.68	0.24	9.1	0.041	0.79	0.196	<1.1	<3.8
Q22	表	7.85	8.5	0.6	8.05	2.70	0.0012	0.445	0.023	0.0315	0.01	<0.5	<1.7	<1.1	2.42	1.74	0.26	8.8	0.041	0.82	0.203	<1.1	<3.8
Q23	表	8.08	16.1	1.0	8.35	1.43	0.0215	0.261	0.056	0.0490	0.02	<0.5	<1.7	<1.1	1.87	1.42	0.19	11.4	0.032	0.66	0.188	<1.1	<3.8

表 5.1.1-8 监测海域水质评价结果表

站位	层位	水质要求	pH	溶解氧	COD	无机氮	活性磷酸盐	石油类	氰化物	硫化物	挥发性酚	铜	铅	镉	锌	汞	砷	总铬	六六六	滴滴涕
Q1	表	/	一类	一类	四类	劣四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q2	表	二类不满足	一类	一类	二类	劣四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q3	表	二类不满足	一类	一类	一类	劣四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q4	表	二类不满足	一类	一类	二类	劣四类	劣四类	三类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类
Q5	表	二类不满足	一类	一类	二类	一类	劣四类	三类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q6	表	二类不满足	一类	一类	一类	二类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q7	表	二类不满足	一类	一类	一类	一类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q8	表	二类不满足	一类	一类	一类	二类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q9	表	二类不满足	一类	一类	一类	一类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q9	底		一类	一类	一类	一类	二类	/	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q10	表	/	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q11	表	二类不满足	一类	一类	一类	一类	四类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q12	表	二类不满足	一类	一类	一类	一类	二类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q13	表	二类不满足	一类	一类	一类	二类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q14	表	一类不满足	一类	一类	一类	一类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q15	表	一类不满足	一类	一类	一类	一类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q16	表	二类不满足	一类	一类	一类	一类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类

Q17	表	一类不满足	一类	一类	一类	四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q18	表	一类不满足	一类	一类	一类	一类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q19	表	一类不满足	一类	一类	一类	四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q20	表	一类不满足	一类	一类	一类	三类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q21	表	/	一类	一类	三类	劣四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q22	表	一类不满足	一类	一类	二类	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
Q23	表	二类不满足	一类	一类	一类	三类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类

5.1.2 茅尾海综合排口

工程所在茅尾海存在 106 个陆源综合排污口，其中连续排放 100 个，无规律排放 6 个；排污种类包含市政及生活污水、养殖排污、工业废水等，排污形式包括明渠、管道、暗渠、天然沟溪等，具体位置见下图。

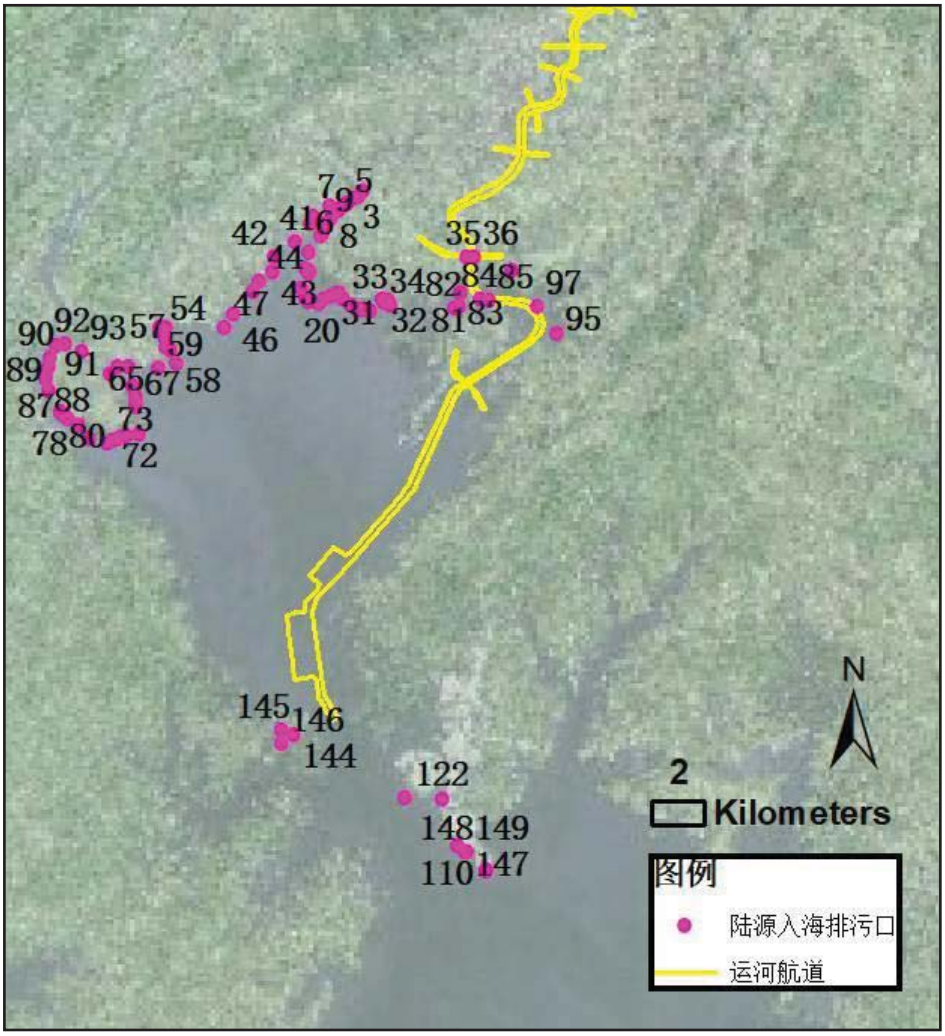


图 5.1.2-1 陆源入海排污口位置示意图

5.2 海洋沉积物质量现状调查与评价

2021 年 4 月、11 月广西柳环环保技术有限公司和广西壮族自治区海洋地质调查院在钦江河口海域进行现场监测。

5.2.1 春季调查结果

2021 年 4 月监测调查共布设 10 个站位，监测站位详见表 5.1.1-1 和图 5.1.1-1。

沉积物监测项目为有机碳、石油类、硫化物、重金属（As、Hg、Cu、Pb、Cd、Zn、Cr）。

以抓斗式采泥器采集表层沉积物，将湿样放入聚乙烯袋中扎紧袋口。在80~100℃下烘干，在玛瑙研钵中研磨至全部通过160目尼龙筛网，以四分法分取样品待测。各项监测因子的采集与分析均按照《海洋调查规范》与《海洋监测规范》进行。

海洋沉积物监测结果分别见表5.2.1-1。

表5.2.1-1 监测海域沉积物监测结果表

站位	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	汞	砷	总铬
	%	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g
Q01	0.18	22.3	18.3	5.2	3.8	0.08	19.8	0.026	3.17	7.6
Q09	0.23	37.6	20.3	9.7	6.2	0.11	23.7	0.023	3.82	12.3
Q10	0.62	42.1	22.6	15.8	14.1	0.22	26.9	0.042	7.69	15.6
Q11	0.25	31.2	19.3	6.2	8.3	0.14	18.2	0.038	4.46	8.4
Q12	0.33	45.8	26.4	16.7	12.5	0.25	36.7	0.103	9.46	11.8
Q13	0.21	32.5	14.6	4.4	5.5	0.16	20.3	0.038	5.87	5.7
Q15	0.19	33.6	16.8	8.6	6.3	0.14	18.6	0.029	5.13	6.1
Q16	0.26	36.8	30.2	9.5	10.7	0.19	25.3	0.033	7.35	9.3
Q17	0.19	28.9	20.8	4.8	7.8	0.13	17.7	0.031	6.54	6.8
Q20	0.23	30.4	24.3	6.1	11.5	0.19	23.8	0.087	8.09	10.5

根据评价模式并结合海洋沉积物标准，分别对监测数据依据海洋沉积物标准的第一类进行评价，各站位主要污染因子标准指数评价结果见表5.2.1-2。

（1）重金属（铜、铅、镉、锌、铬、汞、砷）

重金属元素均满足第一类海洋沉积物标准。

A. 重金属铜的浓度范围为4.4 μg/g ~16.7 μg/g。

B. 重金属铅的浓度范围为3.8μg/g ~14.1μg/g。

C. 重金属镉的浓度范围为0.08μg/g ~0.25 μg/g。

D. 重金属锌的浓度范围为17.7 μg/g ~36.7 μg/g。

E. 重金属铬的浓度范围为5.7 μg/g ~15.6 μg/g。

F. 重金属砷的浓度范围为3.17 μg/g ~9.46 μg/g。

G. 重金属汞的浓度范围为0.023 μg/g ~0.103 μg/g。

（2）硫化物

评价海域沉积物硫化物浓度变化范围为 22.3 μg/g ~42.1 μg/g。各站位硫化物含量均能满足第一类海洋沉积物质量标准。

（3）石油类

评价海域沉积物石油类浓度变化范围为 14.6 μg/g ~30.2 μg/g。各站位石油类均能满足第一类海洋沉积物质量标准。

（4）有机碳

评价海域沉积物有机碳浓度变化范围为 0.18%~0.62%。各站位有机碳均能满足第一类海洋沉积物质量标准。

由上述分析可知，监测海域沉积物中重金属（铜、铅、镉、锌、铬、汞、砷）、有机碳、石油类、硫化物均满足第一类海洋沉积物标准。

表 5.2.1-2 监测海域海洋沉积物评价结果表

等级	第一类									
站位	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	汞	砷	总铬
Q01	0.09	0.07	0.04	0.15	0.06	0.16	0.13	0.13	0.16	0.10
Q09	0.12	0.13	0.04	0.28	0.10	0.22	0.16	0.12	0.19	0.15
Q10	0.31	0.14	0.05	0.45	0.24	0.44	0.18	0.21	0.38	0.20
Q11	0.13	0.10	0.04	0.18	0.14	0.28	0.12	0.19	0.22	0.11
Q12	0.17	0.15	0.05	0.48	0.21	0.50	0.24	0.52	0.47	0.15
Q13	0.11	0.11	0.03	0.13	0.09	0.32	0.14	0.19	0.29	0.07
Q15	0.10	0.11	0.03	0.25	0.11	0.28	0.12	0.15	0.26	0.08
Q16	0.13	0.12	0.06	0.27	0.18	0.38	0.17	0.17	0.37	0.12
Q17	0.10	0.10	0.04	0.14	0.13	0.26	0.12	0.16	0.33	0.09
Q20	0.12	0.10	0.05	0.17	0.19	0.38	0.16	0.44	0.40	0.13

5.2.2 秋季调查结果

2021 年 11 月监测调查共布设 12 个站位，监测站位详见表 5.2.2-1 和图 5.2.2-2。沉积物监测项目为有机碳、石油类、硫化物、重金属（As、Hg、Cu、Pb、Cd、Zn、Cr）。

以抓斗式采泥器采集表层沉积物，将湿样放入聚乙烯袋中扎紧袋口。在 80~100℃下烘干，在玛瑙研钵中研磨至全部通过 160 目尼龙筛网，以四分法分取

样品待测。各项监测因子的采集与分析均按照《海洋调查规范》与《海洋监测规范》进行。

海洋沉积物监测结果分别见表 5.2.2-1。

表 5.2.2-1 监测海域沉积物监测结果表

站位	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	汞	砷	总铬
	%	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g	μg/g
Q3	0.26	33.4	21.3	11.5	8.4	0.18	14.3	0.018	2.52	8.8
Q4	0.54	52.3	45.6	18.2	10.2	0.32	33.2	0.052	6.33	10.3
Q5	0.48	38.6	26.2	14.3	9.6	0.26	20.4	0.044	5.41	14.5
Q6	0.36	31.4	22.4	12.6	7.7	0.22	18.6	0.039	5.26	12.4
Q8	0.34	28.3	21.7	10.7	8.9	0.24	16.7	0.032	4.88	10.7
Q9	0.38	22.4	20.5	12.3	7.1	0.18	15.2	0.026	4.74	8.6
Q10	0.32	26.3	15.3	9.2	6.8	0.21	18.7	0.022	3.82	7.7
Q11	0.41	30.6	33.2	10.3	10.4	0.26	20.1	0.032	4.68	9.2
Q13	0.26	34.2	26.8	8.8	9.3	0.24	22.4	0.028	3.64	10.6
Q15	0.32	30.7	23.5	12.5	8.4	0.18	21.5	0.032	4.28	11.4
Q16	0.34	27.4	24.7	15.4	9.6	0.23	19.2	0.039	3.35	12.5
Q17	0.28	32.5	26.1	13.1	10.2	0.26	18.3	0.032	3.62	11.9

根据评价模式并结合海洋沉积物标准，分别对监测数据依据海洋沉积物标准的第一类至第三类进行评价，各站位主要污染因子标准指数评价结果见表 5.2.2-2。

（1）重金属（铜、铅、镉、锌、铬、汞、砷）

重金属元素均满足第一类海洋沉积物标准。

A. 重金属铜的浓度范围为 8.8 μg/g ~18.2 μg/g。

B. 重金属铅的浓度范围为 6.8μg/g ~10.4 μg/g。

C. 重金属镉的浓度范围为 0.18μg/g ~0.32 μg/g。

D. 重金属锌的浓度范围为 14.3 μg/g ~33.2 μg/g。

E. 重金属铬的浓度范围为 7.7 μg/g ~14.5 μg/g。

F. 重金属砷的浓度范围为 2.52 μg/g ~6.33 μg/g。

G. 重金属汞的浓度范围为 0.018μg/g ~0.052 μg/g。

（2）硫化物

评价海域沉积物硫化物浓度变化范围为 22.4 μg/g ~52.3 μg/g。各站位硫化物含量均能满足第一类海洋沉积物质量标准。

（3）石油类

评价海域沉积物石油类浓度变化范围为 15.3 μg/g ~45.6 μg/g。各站位石油类均能满足第一类海洋沉积物质量标准。

（4）有机碳

评价海域沉积物有机碳浓度变化范围为 0.26%~0.54%。各站位有机碳均能满足第一类海洋沉积物质量标准。

由上述分析可知，监测海域沉积物中重金属（铜、铅、镉、锌、铬、汞、砷）、有机碳、石油类、硫化物均满足第一类海洋沉积物标准。

表 5.2.2-2 监测海域海洋沉积物评价结果表

站位	按一类评价									
	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅	镉	锌	汞	砷	总铬
Q3	0.13	0.11	0.04	0.33	0.14	0.36	0.10	0.09	0.13	0.11
Q4	0.27	0.17	0.09	0.52	0.17	0.64	0.22	0.26	0.32	0.13
Q5	0.24	0.13	0.05	0.41	0.16	0.52	0.14	0.22	0.27	0.18
Q6	0.18	0.10	0.04	0.36	0.13	0.44	0.12	0.20	0.26	0.16
Q8	0.17	0.09	0.04	0.31	0.15	0.48	0.11	0.16	0.24	0.13
Q9	0.19	0.07	0.04	0.35	0.12	0.36	0.10	0.13	0.24	0.11
Q10	0.16	0.09	0.03	0.26	0.11	0.42	0.12	0.11	0.19	0.10
Q11	0.21	0.10	0.07	0.29	0.17	0.52	0.13	0.16	0.23	0.12
Q13	0.13	0.11	0.05	0.25	0.16	0.48	0.15	0.14	0.18	0.13
Q15	0.16	0.10	0.05	0.36	0.14	0.36	0.14	0.16	0.21	0.14
Q16	0.17	0.09	0.05	0.44	0.16	0.46	0.13	0.20	0.17	0.16
Q17	0.14	0.11	0.05	0.37	0.17	0.52	0.12	0.16	0.18	0.15

5.3 海洋生态现状调查与评价

5.3.1 调查内容及时间

2021 年 3 月-4 月（春季）和 2021 年 11 月（秋季）广西柳环环保技术有限公司和广西壮族自治区海洋地质调查院在运河入海口附近海域进行了海洋生态现状调查。根据《海洋调查规范》和《海洋监测规范》等的有关标准要求，船机和秋季各布设生物调查站 12 个、14 个。海洋生态监测内容包括叶绿素 *a*、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物、潮间带生物和游泳生物等。

5.3.1.1 春季调查点位设置

春季调查在调查海域布设 20 个海上站点，其中生物生态站位 12 个，另有潮间带生物断面 3 条。调查航次为 1 个航次。调查站位详见表 5.3.1-1。

表 5.3.1-1　春季海洋生态环境调查站位

调查站位	经度（E）	纬度（N）	调查项目
Q1	108°35′25.51599″	21°41′46.44582″	生态
Q9	108°35′44.05542″	21°39′55.75307″	生态
Q10	108°31′2.25610″	21°52′30.92580″	生态
Q11	108°33′50.96490″	21°48′38.56496″	生态
Q12	108°30′44.33465″	21°49′11.31795″	生态
Q13	108°33′12.03210″	21°45′26.37289″	生态
Q15	108°31′15.85168″	21°46′41.14858″	生态
Q16	108°35′46.83633″	21°51′28.20074″	生态
Q17	108°32′13.32391″	21°50′35.05438″	生态
Q18	108°37′21.07843″	21°52′43.59441″	生态
Q19	108°29′25.85107″	21°50′43.70611″	生态
Q20	108°34′52.76300″	21°49′40.05407″	生态
C1	108°34′38.39494″	21°50′16.36045″	潮间带调查断面
C2	108°34′11.97625″	21°53′2.44283″	潮间带调查断面
C3	108°35′4.96812″	21°53′8.46815″	潮间带调查断面

5.3.1.2 秋季调查点位设置

秋季调查共布设 23 个海上站点，其中生物生态站位 14 个，另有潮间带生物断面 6 条。此外，秋季调查设置红树林生态调查断面 1 条，布设 4 个调查站位，分别为红树林生态系统、盐沼芦苇、光滩和潮沟。调查站位详见表 5.3.1-2。

表 5.3.1-2 秋季海洋生态调查站位

站号	经度 E	纬度 N	海洋生态	潮间带生物	红树林系统
Q3	108.60131136	21.86287159	√		
Q4	108.59388701	21.84079165	√		
Q5	108.58255736	21.82285303	√		
Q6	108.56983296	21.80532212	√		
Q8	108.54264609	21.76856512	√		
Q9	108.55618588	21.75257916	√		
Q10	108.56766573	21.73026318	√		
Q11	108.58586184	21.70588726	√		
Q12	108.60010973	21.67945141	√		
Q13	108.56470457	21.82645792	√		

站号	经度 E	纬度 N	海洋生态	潮间带生物	红树林系统
Q14	108.55099312	21.81008572	√		
Q15	108.53816143	21.79382080	√		
Q16	108.52723948	21.77828545	√		
Q17	108.54949108	21.83519119	√		
C1	108.62105242	21.87900776		√	
C2	108.58173124	21.81240315		√	
C3	108.60571018	21.83803434		√	
C4	108.59194509	21.75350720		√	
C5	108.52125281	21.88351389		√	
C6	108.50745553	21.78918596		√	
H1	108.57783667	21.86553234			√
H2	108.57579819	21.86332220			√
H3	108.57389919	21.86166996			√
H4	108.57208601	21.86003918			√

5.3.2 生物采集与分析方案

现场采集所有生物样品带回实验室分析，采集与分析方法如下：

5.3.2.1 调查方法

叶绿素 *a*：用普通塑料桶在各测站采表层水 1 L，经 0.45 μm 微孔滤膜抽滤，用 90%丙酮萃取其叶绿素，离心后，根据叶绿素 a、b、c 的丙酮萃取液在红光波段各有一吸收峰，用分光光度计测定其吸光值，根据 Jeffoey-Humphreg 方程式，计算海水中叶绿素 a 的浓度。

浮游植物：以浅水Ⅲ型浮游生物网（网口直径为 37 cm，网全长 1.5 m，筛绢孔径 0.076 mm）自海底至表层垂直拖网，样品经 5%福尔马林溶液固定保存。室内分析鉴定按《海洋调查规范》中规定的方法进行，最后浮游植物出现的个体数换算成个/m^3 作为调查水域的现存量指标。

浮游动物：以浅水Ⅱ型浮游生物网自海底至表层垂直拖网，样品用 5%福尔马林溶液固定保存，采样结束后在实验室内进行镜检分析，室内分析鉴定按《海洋调查规范》中规定的方法进行，最后浮游动物出现的个体数换算成个/m^3，浮游动物生物量换算成 mg/m^3 作为调查水域的现存量指标。

底栖生物（定量样品）：以抓斗式表面采泥器采集海底泥样，将生物样品经1 mm套筛淘洗后，挑拣全部生物个体作为1个定量样品，以75%酒精液固定保存，采样结束后在实验室内进行镜检分析。

潮间带生物：滩涂底质为泥滩，取样用定量框，每站4~8个，观察表面生物及数量，视底质分层情况确定分层取样。可采用25cm×25cm的定量框。先计数易碎生物，优势种的覆盖面积，将框内所有生物刮净。生物栖息密度很低时，可采用大面积计数。每站定量取样时，采定性样品、分装。

5.3.2.2 评价方法

根据各站浮游生物和底栖生物所获样品的生物密度，分别对样品的多样性指数、均匀度、丰度、优势度等进行统计学评价分析，计算公式为：

（1）香农—韦弗（Shannon－Weaver）多样性指数：

$$H' = -\sum_{i=1}^{n} PiLog_2Pi$$ 式（1）

式中：H'——种类多样性指数；n——样品中的种类总数；Pi——第i种的个体数（n_i）与总个体数（N）的比值（$\frac{n_i}{N}$或$\frac{w_i}{W}$）。

（2）均匀度（Pielou指数）

$$J = \frac{H'}{H\max}$$ 式（2）

式中：J——表示均匀度；H'——种类多样性指数值；Hmax——为$\log_2 S$，表示多样性指数的最大值，S为样品中总种类数。

（3）优势度：

$$D = \frac{N_1 + N_2}{NT}$$ 式（3）

式中：D——优势度；N_1——样品中第一优势种的个体数；N_2——样品中第二优势种的个体数；NT——样品中的总个体数。

（4）丰度（Margalef 计算公式）：

$$d = \frac{S-1}{\log_2 N} \qquad \text{式（4）}$$

式中：d——表示丰度；S——样品中的种类总数；N——样品中的生物个体数。

5.3.3 调查结果分析

5.3.3.1 叶绿素 *a*

1、春季调查结果

根据 Jeffoey-Humphreg 方程式，计算海水中叶绿素 *a* 的浓度，结果显示叶绿素 *a* 含量在 0.92 mg/m^3~3.83 mg/m^3 之间，叶绿素 *a* 平均值为 1.91 mg/m^3，监测海域内叶绿素含量不高，详见表 5.3.3-1。监测海域内叶绿素 *a* 分布见图 5.3.3-1。

表 5.3.3-1 叶绿素 *a* 监测结果

站位	Q01	Q09	Q10	Q11	Q12	Q13
叶绿素 *a*（mg/m^3）	1.58	1.26	2.11	1.95	1.35	1.14
站位	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
叶绿素 *a*（mg/m^3）	0.92	3.22	1.47	3.83	1.62	2.48

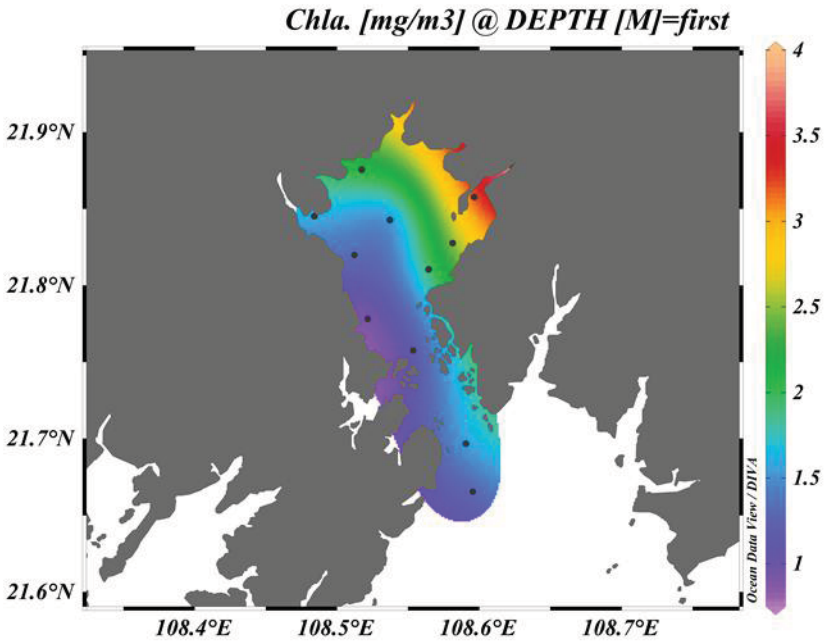


图 5.3.3-1　监测海域叶绿素 *a* 分布图

2、秋季调查结果

根据 Jeffoey-Humphreg 方程式，计算海水中叶绿素 *a* 的浓度，测定结果见表 5.3.3-2。叶绿素 *a* 含量≤2.00 mg/m^3，叶绿素 *a* 平均值小于 2.00 mg/m^3，监测海域内叶绿素含量不高。监测海域内叶绿素 *a* 分布见图 5.3.3-2。

表 5.3.3-2 海水叶绿素 *a* 监测结果表

站位	叶绿素 *a*
	mg/m^3
Q3	2
Q4	2
Q5	2
Q6	<2
Q8	<2
Q9	<2
Q10	<2
Q11	<2
Q12	<2
Q13	<2
Q14	<2
Q15	<2
Q16	<2

Q17	<2

5.3.3.2 浮游植物

1、春季调查结果

种类组成与分布：本次调查获得浮游植物 54 种，其中硅藻门 47 种，占浮游植物种类组成的 87%；甲藻门 4 种，占浮游植物种类组成的 7.4%；蓝藻门 2 种，占浮游植物种类组成的 3.7%；绿藻门 1 种，占浮游植物种类组成的 1.9%。硅藻在种类数上占有绝对优势，是西平陆运河钦州河口浮游植物的主要类群。浮游植物种类组成见图 5.3.3-2，具体浮游植物名录见表 5.3.3-3。

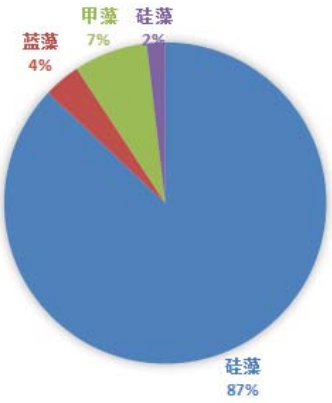


图 5.3.3-2 监测海域浮游植物物种组成

表 5.3.3-3 调查海域浮游植物名录

序号	中文名	拉丁名
硅藻门		
1	笔尖形根管藻	*Rhizosolenia styliformis Brightwell*
2	并基角毛藻	*Chaetoceros decipiens Cleve*
3	波罗的海布纹藻	*Gyrosigma balticum（Ehrenberg）Rabenhorst*
4	布氏双尾藻	*Ditylum brightwellii (West) Grunow*
5	大西洋角毛藻	*Chaetoceros. atlanticus var.atlanticus Cleve*
6	丹麦角毛藻	*Chaetoceros danicus Cleve*
7	短柄曲壳藻	*Achnanthes brevipes Agardh*
8	短楔形藻	*Licmophora abbreviata Agardh*
9	辐射圆筛藻	*Coscinodiscus radiatus Ehrenberg*
10	刚毛根管藻	*Rhizosolenia setigera Brightwell*
11	高盒形藻	*Biddulphia regia (Sch.)Ostenf.*
12	高圆筛藻	*nobilis Grunow*
13	格氏圆筛藻	*Coscinodiscus granii Grough*

序号	中文名	拉丁名
14	哈德掌状藻	*Palmeria hardmaniana Greville*
15	海洋角毛藻	*Chaetoceros pelagicus*
16	海洋曲舟藻	*Pleurosigma pelagicum Peragallo*
17	活动盒形藻	*Biddulphia mobiliensis*
18	尖刺伪菱形藻	*Pseudo-nitzschia pungens (Grunow ex Cleve) Hasle*
19	具槽直链藻	*Melosira sulcata (Ehrenberg) Cleve*
20	具翼漂流藻	*Planktoniella balanda (A.Schmidt)Syvertsen & Hasle*
21	菱形藻	Nitzschia sp.
22	罗氏角毛藻	*Chaetoceros lauderi*
23	洛氏角毛藻	*Chaetoceros lorenzianus*
24	密联角毛藻	*Chaetoceros densus (Cleve) Cleve*
25	念珠直链藻	*Melosira moniliformis (O.Mull) Agardh*
26	派格棍形藻	*Bacillaria paxillifera*
27	琼氏圆筛藻	*Coscinodiscus jonesianus*
28	双菱藻	Surirella sp.
29	唐氏藻	Donkinia sp.
30	透明辐杆藻	*Bacteriastrum hyalinum*
31	威氏圆筛藻	*Coscinodiscus wailesii Gran & Angst*
32	细长翼根管藻	*Rhizosolenia alata f. gracillima (Cleve) Grunow*
33	小环藻	Cyclotella sp.
34	新月菱形藻	*Nitzschia closterium (Ehr.)W. Smith*
35	星脐圆筛藻	*Coscinodiscus asteromphalus*
36	印度翼根管藻	*Rhizosolenia alata f. indica (Perag.) Hustedt*
37	优美旭氏藻	*Schroederella delicatula (Perag.) Pavillard*
38	羽纹藻	Pinnularia sp.
39	圆筛藻	Coscinodiscus sp.
40	长海毛藻	*Thalassiothrix longissima Cleve et Grunow,1880*
41	长菱形藻	*Nitzschia longissima (Breb.) Ralfs*
42	掌状冠盖藻	*Stephanopyxis palmeriana (Grev.) Grunow*
43	针杆藻	Synedra sp.
44	正盒形藻	*Biddulphia biddulphiana J. E. Smith*
45	中华盒形藻	*Biddulphia sinensis Greville*
46	中肋骨条藻	*Skeletonema costatum*
47	舟形藻	Navicula sp.
蓝藻门		
48	颤藻	Oscillatoria sp.
49	平裂藻	Merismopedia sp.
50	大角角藻	*Ceratium macrocercs (Her.)Cleve*
甲藻门		
51	多甲藻	Peridinium sp.
52	三角角藻	*Ceratium tripos (Muller) Nitzsch*

序号	中文名	拉丁名
53	梭角藻	*Ceratium fusus Schutii(Her.) Dujardin*
绿藻门		
54	镰形纤维藻	*Ankistrodesmus falcatus Ralfs*

现存量：调查海域浮游植物数量变动于（0.70~26.06）×10^4 个/m^3，最高值为Q17 站位，最低值为 Q12 站位。平均为 10.17×10^4 个/m^3。浮游植物种类和数量见表 5.3.3-4，调查海域分布见图 5.3.3-3。

表 5.3.3-4 浮游植物的种数和数量

站位	种数	数量（个/m^3）
Q1	25	120600
Q9	19	62980
Q10	19	379800
Q11	24	108216.7
Q12	6	7040
Q13	29	52560
Q15	20	65425.5
Q16	7	48578.9
Q17	26	260640
Q18	9	37894.7
Q19	12	53818.2
Q20	7	23771.4
平均值	11.12	101777.1

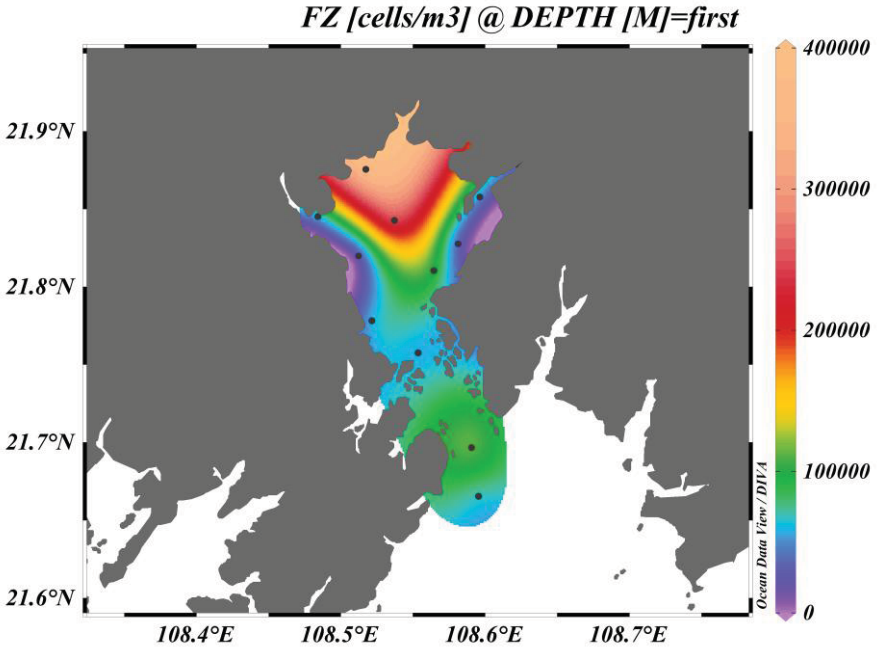


图 5.5.3-3 监测海域浮游植物密度分布

群落特征：浮游植物的香农-韦弗（Shannon）生物多样性指数的变化范围为1.16~3.65，平均 2.48；丰度指数为 0.41~1.79，平均为 0.97；均匀度为 0.37~0.84，平均为 0.63；优势度为 0.37~0.84，平均为 0.65。调查海域浮游植物样品群落特征参数值分析统计结果见表 5.5.3-5。

根据《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442-2008）中提供的生物多样性指数评价标准，浮游植物分布较均匀，总体生物多样性一般，但入海口处站位生物多样性优良。

表 5.3.3-5 浮游植物群落特征参数统计表

站位	种数	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
Q1	25	3.65	0.79	1.42	0.47
Q9	19	3.57	0.84	1.13	0.37
Q10	19	1.64	0.39	0.97	0.82
Q11	24	3.23	0.70	1.38	0.47
Q12	6	1.86	0.72	0.39	0.82

站位	种数	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
Q13	29	3.13	0.64	1.79	0.57
Q15	20	3.51	0.81	1.19	0.39
Q16	7	1.16	0.41	0.39	0.87
Q17	26	2.78	0.59	1.39	0.64
Q18	9	2.00	0.63	0.53	0.80
Q19	12	1.31	0.37	0.70	0.84
Q20	7	1.90	0.68	0.41	0.75
平均值	11.12	2.48	0.63	0.97	0.65

2、秋季调查结果

种类组成与分布：本次调查获得浮游植物 44 种，其中硅藻门 40 种，占浮游植物种类组成的 90.01%；甲藻门 2 种，占浮游植物种类组成的 4.55%；蓝藻门 2 种，占浮游植物种类组成的 4.55%（图 5.3.3-4）。硅藻在种类数上占有绝对优势，是茅尾海浮游植物的主要类群。具体浮游植物名录见表 5.3.3-6。

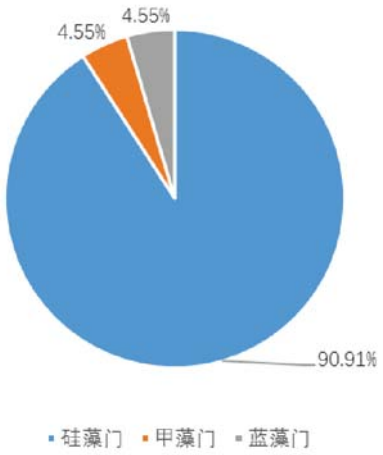


图 5.3.3-4 监测海域浮游植物物种组成

表 5.3.3-6 调查海域浮游植物名录

序号	中文名	拉丁名
硅藻门		
1	格氏圆筛藻	*Coscinodiscus granii*
2	圆筛藻	*Coscinodiscus sp.*

序号	中文名	拉丁名
3	小环藻	*Cyclotella sp.*
4	念珠直链藻	*Melosira moniliformis*
5	优美旭氏藻矮小变型	*Schroderella delicatula f.schroderi*
6	窄隙角毛藻	*Chaetoceros javanicus*
7	窄面角毛藻	*Chaetoceros paradoxus*
8	劳氏角毛藻	*Chaetoceros lorenzianus*
9	旋链角毛藻	*Chaetoceros curvisetus*
10	透明辐杆藻	*Bacteriastrum hyalinum*
11	叉状辐杆藻	*Bacteriastrum furcatum*
12	辐杆藻	*Bacteriastrum sp.*
13	斯氏几内亚藻	*Guinardia striata*
14	覆瓦根管藻	*Rhizosolenia imbricatab*
15	粗根管藻	*Rhizosolenia robusta*
16	厚刺根管藻	*Rhizosolenia crassispina*
17	伯氏根管藻	*Rhizosolenia bergonii*
18	螺端根管藻	*Rhizosolenia cochlea*
19	翼根管藻印度变型	*Rhizosolenia alata f. indica*
20	中肋骨条藻	*Skeletonema costatum*
21	掌状冠盖藻	*Stephanopyxis palmeriana*
22	丹麦细柱藻	*Leptocylindrus danicus*
23	泰晤士旋链藻	*Helicotheca tamesis*
24	短角弯角藻	*Eucampia zodiacus*
25	长角弯角藻	*Eucampia cornuta*
26	布氏双尾藻	*Ditylum brightwellii*
27	太阳双尾藻	*Ditylum sol*
28	中华齿状藻	*Odontella sinensis*
29	活动齿状藻	*Odontella mobiliensis*
30	长角齿状藻	*Odontella longicruris*
31	菱形海线藻	*Thalassionema nitzschioides*
32	佛氏海线藻	*Thalassionema frauen feldii*
33	针杆藻	*Synedra sp.*
34	海洋曲舟藻	*Pleurosigma pelagicum*
35	端尖曲舟藻	*Pleurosigma acutum*
36	羽纹藻	*Pinnularia sp.*
37	派格棍形藻	*Bacillaria paxilli fera*
38	尖刺伪菱形藻	*Pseudo-nitzschia pungens*
39	菱形藻	*Nitzschia sp.*
40	洛氏菱形藻	*Nitzschia lorenziana*
蓝藻门		
41	微囊藻	*Microcystis sp.*
42	颤藻	*Oscillatoria sp.*

序号	中文名	拉丁名
甲藻门		
43	海洋原多甲藻	*Protoperidinium oceanicum*
44	大角三趾藻	*Tripos macroceros*

现存量：调查海域浮游植物数量变动于（51.50~281.90）×10^4 个/m^3，最高值为 Q6 站位，最低值为 Q9 站位。平均为 174.47×10^4 个/m^3。浮游植物的种数和数量见表 5.3.3-7，分布见图 5.3.3-5。

表 5.3.3-7　浮游植物的种数和数量

站位	种数	数量（个/m^3）
Q3	8	2304000.00
Q4	7	2721600.00
Q5	15	1690500.00
Q6	19	2819040.00
Q8	13	661500.00
Q9	20	515000.00
Q10	20	1313371.40
Q11	21	2767938.30
Q12	25	2731200.00
Q13	12	1504000.00
Q14	18	1669714.50
Q15	12	1081120.00
Q16	16	1039371.50
Q17	15	1608000.00
平均值	16	1744739.69

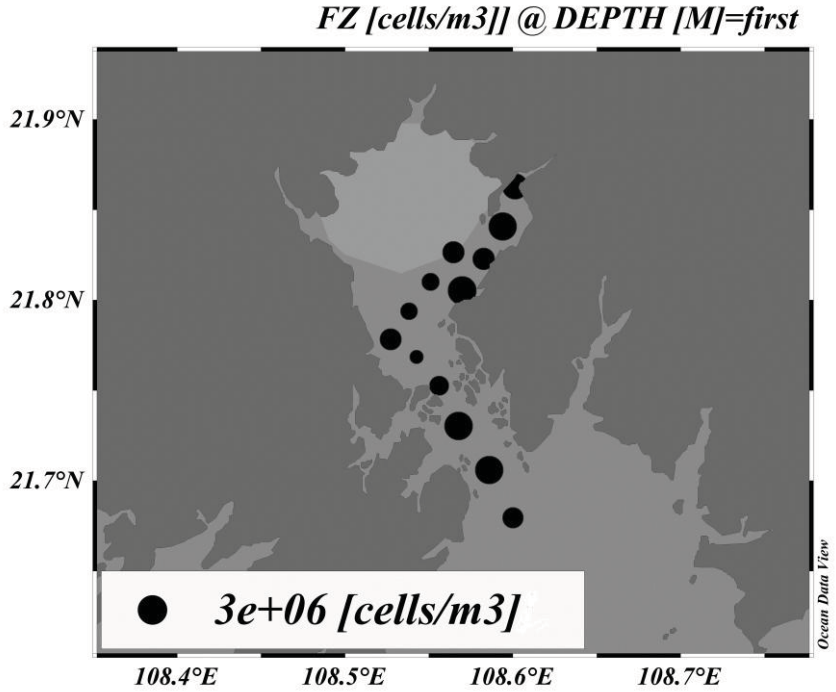


图 5.3.3-4 监测海域浮游植物密度分布

群落特征：根据分析，浮游植物的香农-韦弗（Shannon）生物多样性指数的变化范围为 1.15~3.17，平均 2.42；丰度指数为 0.28~1.12，平均为 0.72；均匀度为 0.41~0.76，平均为 0.62；优势度为 0.04~0.73，平均为 0.56。调查海域浮游植物样品群落特征参数值分析统计结果见表 5.5.3-8。

根据浮游植物春秋两季现状调查结果，以及《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442-2008）中提供的生物多样性指数评价标准，浮游植物分布较均匀，总体生物多样性一般。

表 5.3.3-8 浮游植物群落特征参数统计表

站位	种数	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
Q3	8	2.06	0.69	0.33	0.29
Q4	7	1.15	0.41	0.28	0.04
Q5	15	2.58	0.66	0.68	0.54
Q6	19	2.40	0.56	0.84	0.68
Q8	13	2.37	0.64	0.62	0.73

站位	种数	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
Q9	20	2.52	0.58	1.00	0.68
Q10	20	3.17	0.73	0.93	0.48
Q11	21	2.59	0.59	0.93	0.62
Q12	25	2.59	0.56	1.12	0.61
Q13	12	2.38	0.66	0.54	0.69
Q14	18	2.54	0.61	0.82	0.63
Q15	12	2.72	0.76	0.55	0.52
Q16	16	2.74	0.69	0.75	0.64
Q17	15	2.13	0.54	0.68	0.67
平均值	15.79	2.42	0.62	0.72	0.56

5.3.3.3 浮游动物

1、春季调查结果

种类组成与分布：本次调查共计获得浮游动物 24 种，其中桡足类 11 种，占 45.8%，水浮游幼虫 8 种，占 33.3%；轮虫动物、原生动物、软体动物各 1 种，占 4.2%；刺胞动物 2 种，占 8.3%。本次调查所获浮游动物种类中，桡足类为调查海域浮游动物的优势种类，广泛分布于调查海域。监测海域浮游动物物种组成见图 5.3.3-5，详细名录见表 5.3.3-9。

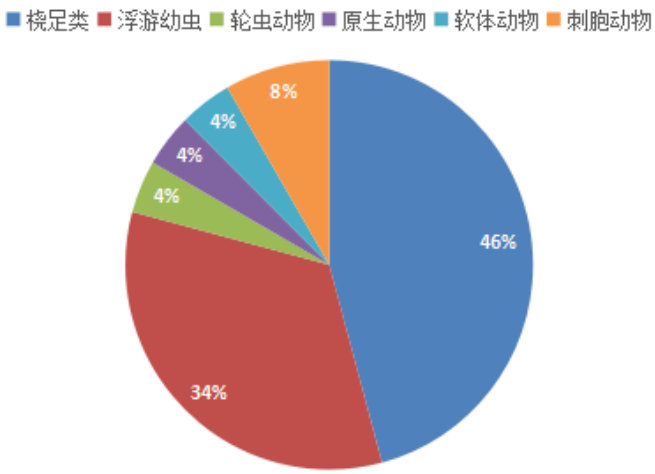


图 5.3.3-5 监测海域浮游动物物种组成

表 5.3.3-9 调查海域浮游动物名录

序号	中文名	拉丁名
桡足类		
1	短角长腹剑水蚤	*Oithona brevicornis Giesbrecht*
2	中华异水蚤	*Misophria sinensis Boxshall*
3	近缘大眼水蚤	*Corycaeus affinis McMurrichi*
4	克氏纺锤水蚤	*Acartia clausi Giesbrecht*
5	太平洋纺锤水蚤	*Acartia pacifica Steuer*
6	猛水蚤	*Harpacticoida*
7	强额拟哲水蚤	*Paracalanus crassirostris Dahl*
8	小毛猛水蚤	*Microsetella norvegica (Boeck)*
9	小拟哲水蚤	*Paracalanus parvus (Claus)*
10	小哲水蚤	*Nannocalanus minor (Claus)*
11	亚强次真哲水蚤	*Subeucalanus subcrassus (Giesbrecht)*
浮游幼虫		
12	长尾类幼虫	*Macruran larva*
13	短尾类溞状幼虫	*Brachyura zoea larva*
14	多毛类幼虫	*Polychaeta larva*
15	类翁虫	*Amphorellopsis sp.*
16	蔓足类无节幼虫	*Nauplius larva (Cirripedia)*
17	网纹虫	*Favella sp.*
18	桡足类无节幼虫	*Nauplius larva (Copepoda)*
19	双壳类幼体	*Bivalvia larva*
轮虫动物		
20	萼花臂尾轮虫	*Brachionus calyciflorus*
原生动物		
21	根状拟铃虫	*Tintinnopsis radix (Imhof)*
软体动物		
22	强卷螺	*Agadina stimpsoni*
刺胞动物		
23	曲膝薮枝螅水母	*Obelia geniculata (Linnaeus)*
24	双叉薮枝螅水母	*Obelia dichotoma (Linnaeus)*

现存量：调查海域的浮游动物密度平均值为 7294.1 个/m^3，变动范围在（1570.9~20880）个/m^3；生物量平均值为 168.5 mg/m^3，变动范围在（41.6~417.8）mg/m^3。调查海域浮游动物的现存量及各群落特征参数分析统计结果见表 5.3.3-10，分布见图 5.3.3-6。

表 5.3.3-10 调查海域浮游动物多样性指数、均匀度、丰度

站位	生物量（mg/m^3）	个体密度（个/m^3）	种类数	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
Q1	417.8	20880	6	1.70	0.66	0.35	0.78
Q9	214.6	10152	9	2.62	0.83	0.60	0.56
Q10	207.3	9675	10	1.80	0.54	0.68	0.77
Q11	183.2	6306.7	12	2.61	0.73	0.87	0.62
Q12	84.7	2208	9	2.64	0.83	0.72	0.61
Q13	153.2	4992	10	2.28	0.69	0.73	0.70
Q15	168.4	7127.7	8	1.68	0.56	0.55	0.79
Q16	108.7	4378.9	10	2.73	0.82	0.74	0.59
Q17	282.1	14220	14	2.33	0.61	0.94	0.67
Q18	102.5	3789.5	11	2.56	0.74	0.84	0.62
Q19	41.6	1570.9	7	2.71	0.97	0.57	0.39
Q20	57.8	2228.6	6	2.06	0.80	0.45	0.73
平均值	168.5	7294.1	9.3	2.31	0.73	0.67	0.65

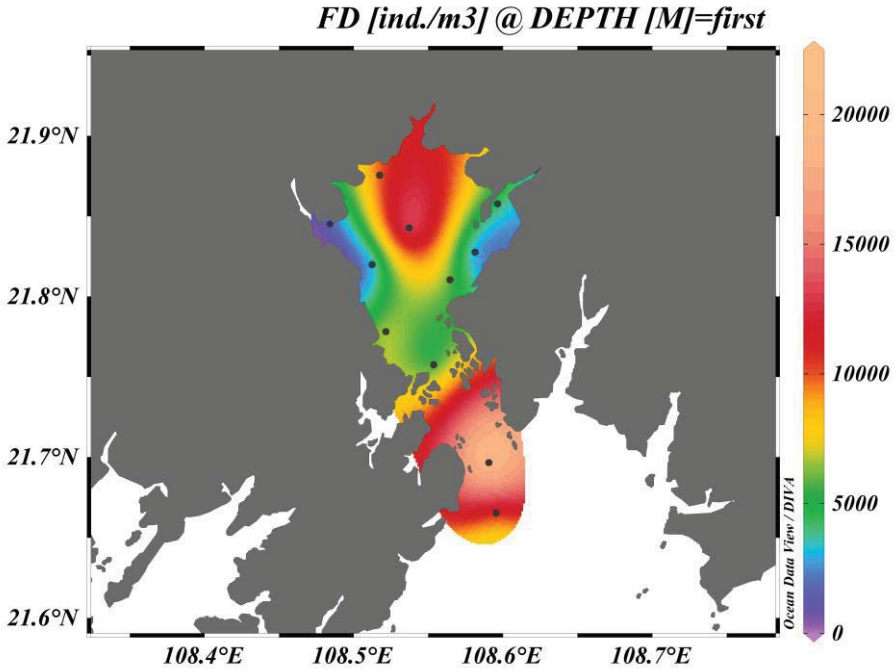


图 5.3.3-6 监测海域浮游动物密度分布

群落特征：香农-韦弗（Shannon）生物多样性指数的变化范围为 1.68~2.73，平均为 2.31；丰度指数为 0.35~0.94，平均为 0.67；均匀度为 0.61~0.97，平均为 0.73；优势度为 0.39~0.79，平均为 0.65。

根据《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442-2008）中提供的生物多样性指数评价标准，该调查海域浮游动物分布较均匀，生物多样性一般。

2、秋季调查结果

种类组成与分布：本次调查共计获得浮游动物 53 种，其中桡足类 27 种，占 50.94%，水浮游幼虫 9 种，占 16.98%；端足类、腹足类、介形类、纽形动物、线虫动物各 1 种，占 1.89%；刺胞动物、甲壳类、尾索动物各 2 种，占 3.77%；毛颚动物、原生动物各 3 种，占 5.66%，具体见图 5.3.3-7。本次调查所获浮游动物种类中，桡足类为调查海域浮游动物的优势种类，广泛分布于调查海域。调查海域浮游动物名录见表 5.3.3-11。

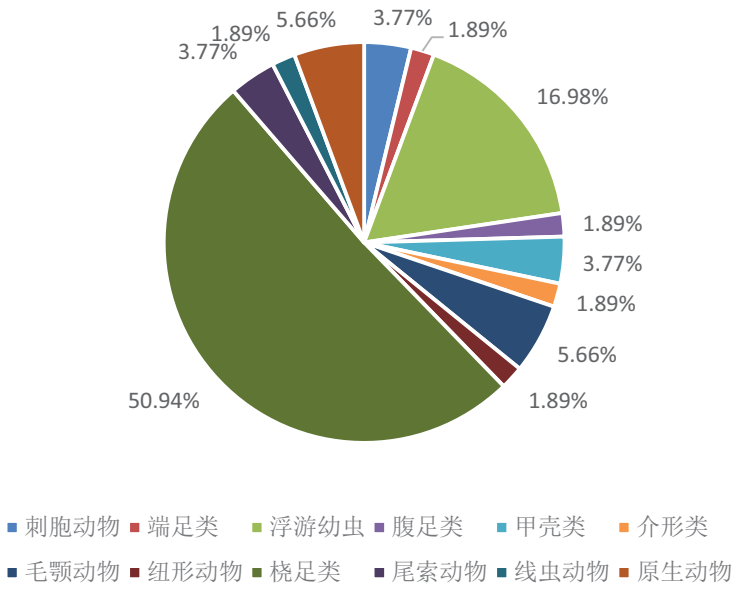


图 5.3.3-7 监测海域浮游动物物种组成

表 5.3.3-11 调查海域浮游动物名录

序号	中文名	拉丁名
桡足类		
1	小毛猛水蚤	*Microsetella norvegica*

序号	中文名	拉丁名
2	强额拟哲水蚤	*Paracalanus crassirostris*
3	短角长腹剑水蚤	*Oithona brevicornis*
4	小拟哲水蚤	*Paracalanus parvus*
5	简长腹剑水蚤	*Oithona simplex*
6	细长腹剑水蚤	*Oithona attenuata*
7	尖额谐猛水蚤	*Euterpina acutifrons*
8	太平洋纺锤水蚤	*Acartia pacifica*
9	小纺锤水蚤	*Acartia negligens*
10	分叉小猛水蚤	*Tisbe furcata*
11	伪长腹剑水蚤	*Oithona fallax*
12	锥形宽水蚤	*Temora turbinata*
13	斯氏纺锤水蚤	*Acartia steueri*
14	大西洋长腹剑水蚤	*Oithona atlantica*
15	拟长腹剑水蚤	*Oithona similis*
16	克氏纺锤水蚤	*Acartia clausi*
17	丹氏厚壳水蚤	*Scolecithrix danae*
18	瘦长毛猛水蚤	*Macrosetella gracilis*
19	中隆水蚤	*Oceaea media*
20	近缘大眼水蚤	*Corycaeus affinis*
21	刺尾纺锤水蚤	*Acartia spinicauda*
22	硬鳞暴猛水蚤	*Clytemnstra scutellata*
23	中华异水蚤	*Misophria sinensis*
24	海洋伪镖水蚤	*Pseudodiaptomus marinus*
25	细巧华哲水蚤	*Sinocalanus tenellus*
26	亚强次真哲水蚤	*Subeucalanus subcrassus*
27	单尾猛水蚤	*Harpacticus uniremis*
端足类		
28	佛氏小泉戎	*Hyperietta vosseleri*
腹足类		
29	强卷螺	*Agadina stimpsoni*
毛颚动物		
30	强壮箭虫	*Sagitta crassa*
31	肥胖箭虫	*Sagitta enflata*
32	百陶箭虫	*Sagitta bedoti*
尾索动物		
33	异体住囊虫	*Oikopleura dioica*
34	长尾住囊虫	*Oikopleura longicauda*
浮游幼虫		
35	蔓足类无节幼虫	*Nauplius larva*
36	磷虾节胸幼虫	*Calyptopis larva*
37	桡足类无节幼虫	*Nauplius larva*

序号	中文名	拉丁名
38	多毛后期幼虫	*Polychaeta larva*
39	磁蟹溞状幼虫	*Zoea larva*
40	多毛类幼虫	*Polychaeta larva*
41	长尾类幼虫	*Macrura larva*
42	短尾类溞状幼虫	*Brachyura zoea larva*
43	双壳类幼体	*Bivalvia*
刺胞动物		
44	小介螅水母	*Hydractinia minima*
45	杜氏外肋水母	*Ectopleura dumontieri*
纽形动物		
46	纽虫	*Nemertinea sp.*
47	线虫	*Nematods sp.*
甲壳类		
48	中型莹虾	*Lucifer intermedius*
49	长额超刺糠虾	*Hyperacanthomysis longirostris*
介形类		
50	细长真浮萤	*Euconchoecia elongata*
原生动物		
51	根状拟铃虫	*Tintinnopsis radix*
52	抱球虫	*Globigerina bulloides*
53	巴拿马网纹虫	*Favella panamensis*

现存量：调查海域的浮游动物密度平均值为 4429.6 个/m^3，变动范围在（1344.0~9851.4）个/m^3；生物量平均值为 85.8 mg/m^3，变动范围在（22.0~220.7）mg/m^3。调查海域浮游动物的现存量及各群落特征参数分析统计结果见表 5.3.3-12，分布见图 5.3.3-8。

表 5.3.3-12　调查海域浮游动物多样性指数、均匀度、丰度

站位	生物量（mg/m^3）	个体密度（个/m^3）	种类数	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
Q3	104.3	4815.00	21	3.66	0.83	1.63	0.30
Q4	30.8	1456.00	13	2.77	0.75	1.14	0.37
Q5	42.6	5425.00	22	3.21	0.72	1.69	0.44
Q6	35.8	6892.00	26	3.25	0.69	1.96	0.46
Q8	45.8	2380.00	22	3.41	0.76	1.87	0.39
Q9	220.7	3394.20	25	3.24	0.70	2.05	0.54

站位	生物量	个体密度	种类数	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
	（mg/m^3）	(个/m^3)					
Q10	213.2	9851.40	33	3.57	0.71	2.41	0.38
Q11	182.8	4139.80	30	3.33	0.68	2.41	0.49
Q12	89.2	5082.90	36	3.79	0.73	2.84	0.33
Q13	77.3	4800.00	23	3.54	0.78	1.80	0.43
Q14	27.9	2278.60	17	3.14	0.77	1.43	0.39
Q15	30.8	1344.00	19	3.29	0.77	1.73	0.39
Q16	22.0	2474.10	22	2.65	0.59	1.86	0.62
Q17	77.9	7680.00	16	3.10	0.78	1.16	0.39
平均值	85.8	4429.50	23	3.28	0.73	1.86	0.42

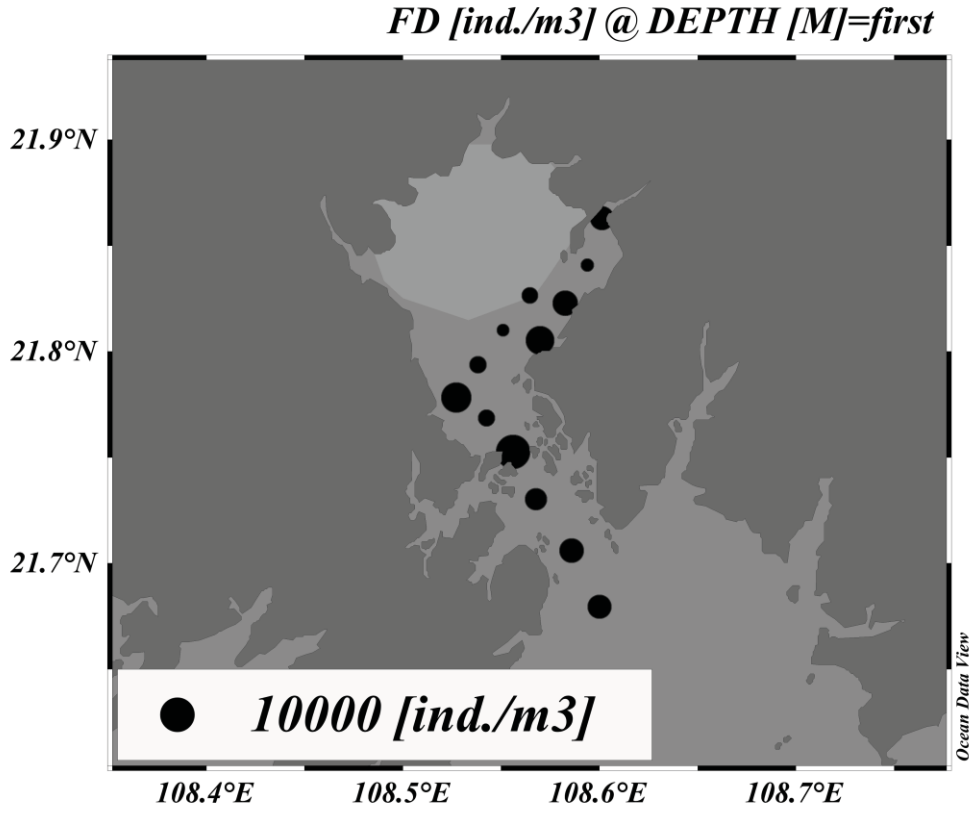


图 5.3.3-8 监测海域浮游动物密度分布

群落特征：香农-韦弗（Shannon）生物多样性指数的变化范围为 2.65~3.79，平均为 3.28；丰度指数为 1.14~2.84，平均为 1.86；均匀度为 0.59~0.83，平均为

0.73；优势度为 0.30~0.62，平均为 0.42。

根据春秋两季调查结果，以及《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442-2008）中提供的生物多样性指数评价标准，该调查海域浮游动物分布较均匀，生物多样性一般。

5.3.3.4 底栖生物

1、春季调查结果

种类组成：本次共调查共采集到 28 种底栖动物，其中多毛类 10 种，占 35.7%；甲壳类 7 种，占 25%；双壳类 4 种，占 14.3%；腹足类 5 种，占 17.6%；纽形动物和脊索动物各 1 种，占 3.6%，具体见图 5.3.3-9，底栖动物名录见表 5.3.3-13。

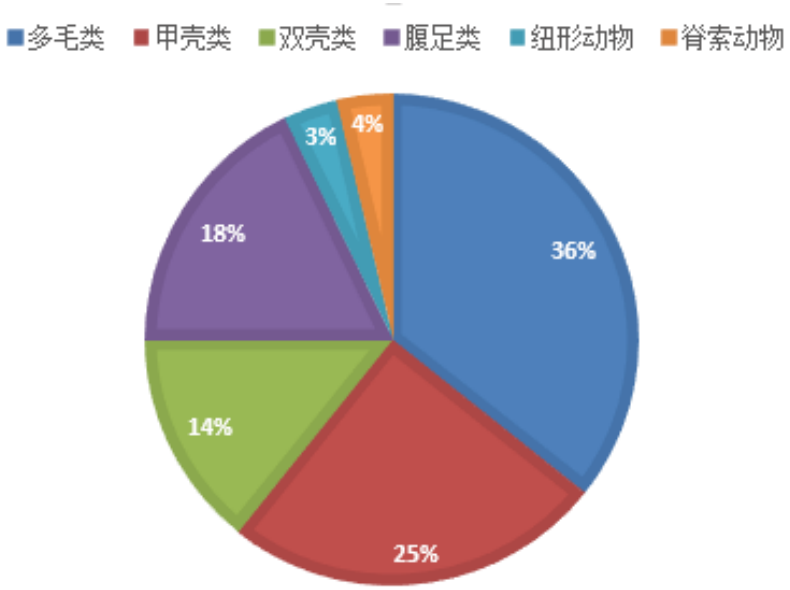


图 5.3.3-9　监测海域底栖生物物种组成

表 5.3.3-13　调查站位底栖生物名录表

序号	名称	拉丁名
多毛类		
1	不倒翁虫	*Sternaspis scutata*
2	多眼虫	*Euglena .sp*
3	品川阿鳞虫	*Arctonoella sinagawaensis*
4	巧言虫	*Owstonia grammodon*
5	日本强鳞虫	*Sthenolepis japonica*
6	软背鳞虫	*Lepidonotus helotypus*

序号	名称	拉丁名
7	双唇索沙蚕	*Lumbrineris cruzensis*
8	叶磷虫	*Phyllochaetopterus sp.*
9	长叶索沙蚕	*Diopatra neapolitanaDelle*
10	中华异稚虫	*Heterospio sinica*
甲壳类		
11	豆形短眼蟹	*Xenophthalmus innotheroides*
12	钩虾	*Gammaridea ap.*
13	糠虾	*Mysidae sp.*
14	肉球近方蟹	*Hemigrapsus sanguineus*
15	天津厚蟹	*Helice tientsinensis*
16	伍氏拟厚蟹	*Helice wuana*
17	中华拟蟹守螺	*Cerithidea sinensis*
双壳类		
18	橄榄胡桃蛤	*Nucula tenuis*
19	黑肌蛤	*Musculus nigrus*
20	理蛤	*Theora sp.*
21	四角蛤蜊	*Mactra veneriformis*
22	绯拟沼螺	*Assiminea latericea*
23	尖锥拟蟹守螺	*Cerithidea largillierti*
24	童鹅绒螺	*Velutina pusio*
25	硬结原爱神螺	*Sukerato callosa*
26	纵肋织纹螺	*Nassarius variciferus*
纽形动物		
27	纽虫	*Nemertinea*
脊索动物		
28	弹涂鱼	*Periophthalmus modestus*

生物量：多毛类占 2.2%，甲壳类占 58.9%，双壳类占 11.6%，腹足类占 22.2%，纽形动物和脊索动物分别占 3.0%和 2.1%。在数量上多毛类占优势，重量上甲壳类占优势，优势种是多毛类中的长叶索沙蚕（*Diopatra neapolitana*）。调查海区底栖生物密度变化范围在 66.7ind/m^2~1450 ind/m^2，总平均密度为 398.6ind/m^2。生物量变化范围在 0.8 g/m^2~6.28 g/m^2，总平均生物量为 134.6 g/m^2。

表 5.3.3-14　调查海域底栖生物密度及生物量（ind./m^2）

站位	密度（ind/m^2）	生物量（g/m^2）
Q1	750.00	6.17
Q9	1000.00	37.33
Q10	183.35	143.50
Q11	83.33	2.67
Q12	66.67	1.17
Q13	66.67	0.83
Q15	66.67	1.17
Q16	1450.01	602.99
Q17	283.34	16.00
Q18	66.68	173.82
Q19	66.68	2.41
Q20	700.02	627.64
平均值	398.6	134.6

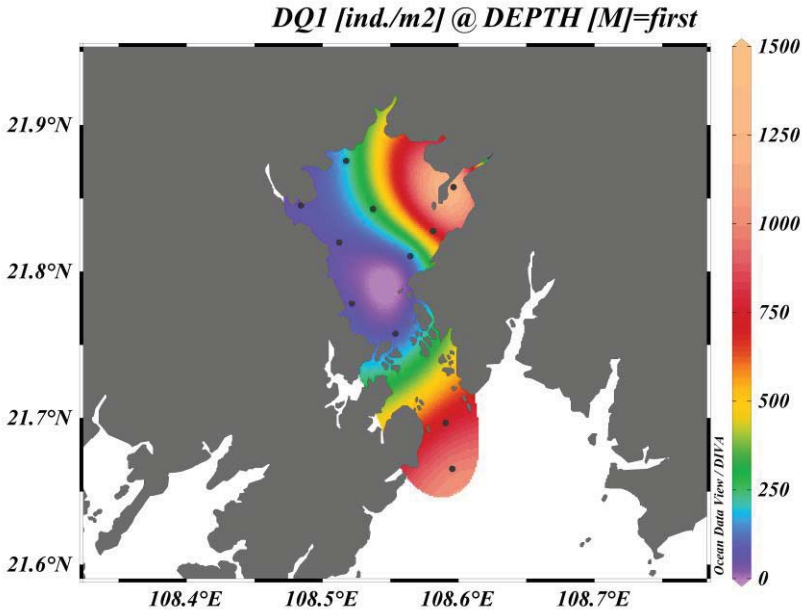


图 5.3.3-10　监测海域底栖生物密度分布

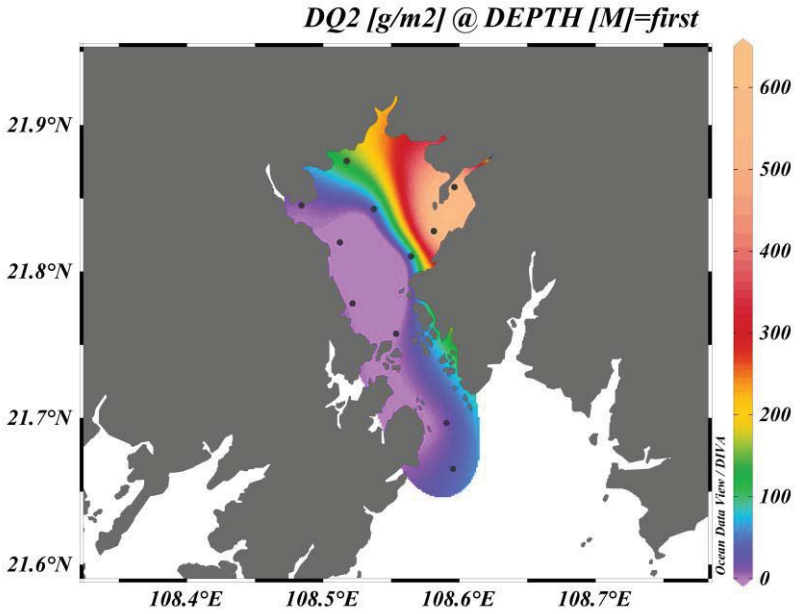


图 5.3.3-11　监测海域底栖生物生物量分布

群落特征：根据分析统计结果来看（表 5.3.3-15），调查海域底栖生物的生物多样性指数的变化范围为 1.50~3.06，均值为 1.92，均匀度变化范围为 0.58~1.00，均值为0.87，优势度变化范围为0.46~0.85，均值为0.67，丰度变化范围为0.49~1.05，均值为 0.54。

根据《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442-2008）中提供的生物多样性指数评价标准，该调查海域底栖生物分布较均匀，生物多样整体差。

表 5.3.3-15　调查海域底栖生物群落特征参数统计表

站位	种数	多样性指数	均匀度	丰富度	优势度
Q1	6	1.72	0.66	0.52	0.78
Q9	6	1.49	0.58	0.50	0.85
Q10	6	2.30	0.89	0.67	0.64
Q11	3	1.52	0.96	0.31	0.80
Q12	3	1.50	0.95	0.33	0.75
Q13	3	1.50	0.95	0.33	0.75
Q15	3	1.50	0.95	0.33	0.75

Q16	12	3.06	0.85	1.05	0.46
Q17	5	2.12	0.91	0.49	0.59
Q18	4	2.00	1.00	0.50	0.50
Q19	4	2.00	1.00	0.50	0.50
Q20	10	2.34	0.70	0.95	0.67
平均值	5.4	1.92	0.87	0.54	0.67

2、秋季调查结果

种类组成和密度：本次共调查共采集到 20 种底栖动物，其中多毛类 9 种，占 45%；甲壳类 5 种，占 25%；双壳类 3 种，占 15%；腹足类、棘皮类、纽形动物各 1 种，各占 5%，具体见图 5.3.3-12 及表 5.3.3-16。

在生物量上，多毛类占 1.3%，甲壳类占 3.8%，双壳类占 92.6%，腹足类占 0.8%，纽形动物和棘皮动物分别占 0.1%和 1.4%。其中在 Q1 站位出现双壳类凹线仙女蚬（*Cyrenobatissa subsulcata*），其生物量占调查总生物量的 65.9%。在数量上多毛类占优势，重量上双壳类占优势，无明显优势种，相对优势种是多毛类中的寡鳃齿吻沙蚕（*Nephthys oligobranchia*）和甲壳类的日本拟背尾水虱（*Paranthura japonica*）。

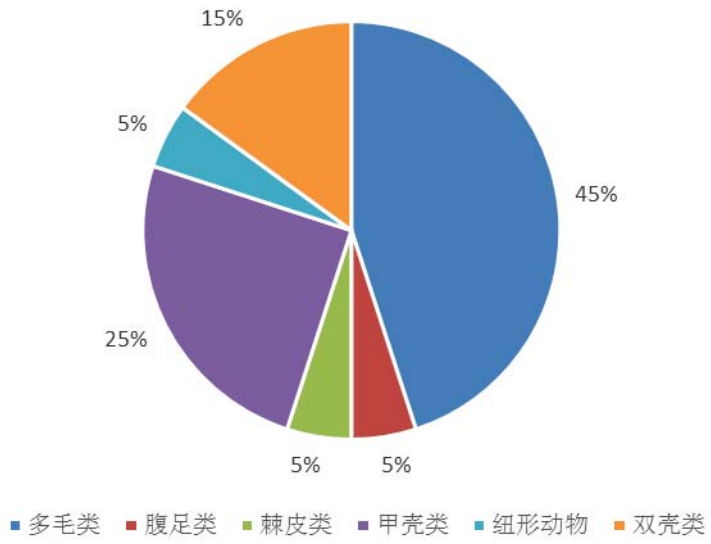


图 5.3.3-12　监测海域底栖生物物种组成

表 5.3.3-16　调查站位底栖生物名录表

序号	名称	拉丁名
多毛类		
1	拟节虫	*Praxillella praetermissa*
2	扁模裂虫	*Typosyllis fasciata*
3	独齿围沙蚕	*Perinereis cultrifera*
4	长须沙蚕	*Nereis longior*
5	寡鳃齿吻沙蚕	*Nephthys oligobranchia*
6	长锥虫	*Haploscoloplos elongatus*
7	丝异须虫	*Heteromastus filiformis*
8	日本刺沙蚕	*Neanthes japonica*
9	中华半突虫	*Anaitides chinensis*
甲壳类		
10	日本美人虾	*Callianassa japonica*
11	鲜明鼓虾	*Alpheus distinguendus*
12	日本长尾虫	*Apseudes nipponicus*
13	日本拟背尾水虱	*Paranthura japonica*
14	中华蜾蠃蜚	*Corophium sinense*
双壳类		
15	凹线仙女蚬	*Cyrenobatissa subsulcata*
16	近江牡蛎	*Crassostrea ariakensis*
17	小荚蛏	*Siliqua minima*
纽形动物		
18	纽虫	*Nemertinea*
腹足类		
19	经氏壳蛞蝓	*Philine kinglipini*
棘皮类		
20	棘刺锚参	*Protankyra bidentata*

生物量：调查海区底栖生物密度变化范围在 83.34ind/m^2~250.0 ind/m^2，总平均密度为 129.77 ind/m^2。生物量变化范围在 5.67 g/m^2~886.67 g/m^2，总平均生物量为 95.75g/m^2。调查海域底栖生物密度及生物量见表 5.3.3-17，密度分布见图 5.3.3-13。

表 5.3.3-17 调查海域底栖生物密度及生物量（ind./m^2）

站位	密度（ind/m^2）	生物量（g/m^2）

站位	密度（ind/m^2）	生物量（g/m^2）
Q3	150.00	886.67
Q4	100.01	74.50
Q5	100.01	15.49
Q6	83.34	12.33
Q8	116.68	16.99
Q9	133.34	5.67
Q10	116.67	14.50
Q11	116.67	62.00
Q12	149.99	9.83
Q13	83.35	14.82
Q14	133.34	92.17
Q15	150.01	14.01
Q16	250.00	109.84
Q17	133.34	11.65
平均值	129.77	95.75

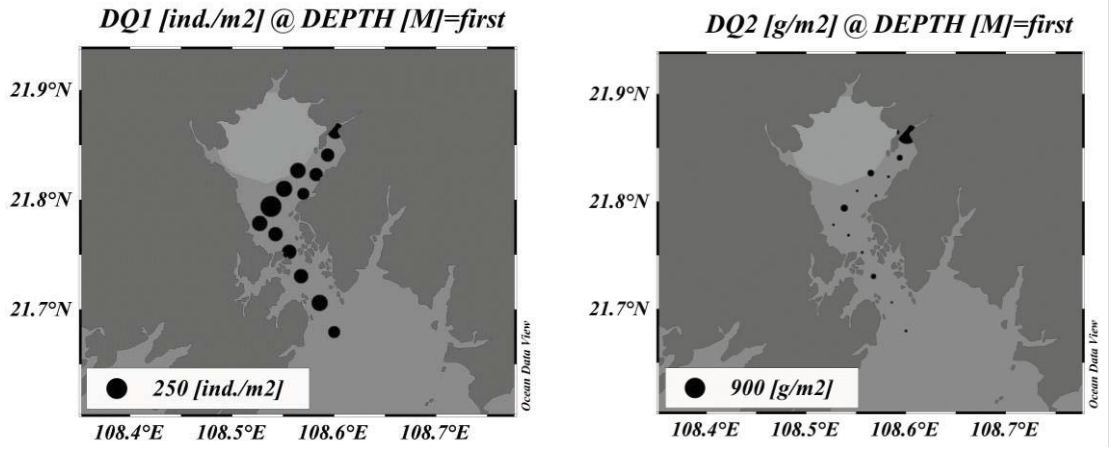


图 5.3.3-13 监测海域底栖生物密度、生物量分布

群落特征：根据统计结果，调查海域底栖生物的生物多样性指数的变化范围为 1.88~2.87，均值为 2.27，均匀度变化范围为 0.81~1.00，均值为 0.95，优势度变化范围为 0.00~0.67，均值为 0.22，丰度变化范围为 0.47~0.88，均值为 0.61。

根据春秋两季调查结果，以及《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442-2008）中提供的生物多样性指数评价标准，该调查海域底栖生物分布较均匀，生物多样整体一般。

表 5.3.3-18　调查海域底栖生物群落特征参数统计表

站位	种数	多样性指数	均匀度	丰富度	优势度
Q3	5	2.20	0.95	0.55	0.44
Q4	5	2.25	0.97	0.60	0.00
Q5	5	2.25	0.97	0.60	0.00
Q6	4	1.92	0.96	0.47	0.00
Q8	6	2.52	0.98	0.73	0.43
Q9	5	2.16	0.93	0.57	0.37
Q10	5	2.24	0.96	0.58	0.00
Q11	5	2.24	0.96	0.58	0.14
Q12	5	2.28	0.98	0.55	0.22
Q13	5	2.32	1.00	0.63	0.00
Q14	5	2.16	0.93	0.57	0.62
Q15	5	1.88	0.81	0.55	0.67
Q16	8	2.87	0.96	0.88	0.20
Q17	6	2.50	0.97	0.71	0.00
平均值	5	2.27	0.95	0.61	0.22

5.3.3.5 潮间带生物

1、春季调查结果

种类组成与分布：本次定量调查 4 个潮间带站位，分为高、中、低三个潮带。其中红树林站位为 C3 西侧红树林外围滩涂。采集到 14 种潮间带底栖生物，其中多毛类 2 种，占 14.3%；甲壳类 5 种，占 35.7%；腹足类 4 种，占 28.6%；双壳类、环节类、刺胞动物各 1 种，在 7.1%。

定性调查 3 个潮间带站位，为潮中带。采集到 20 种潮间带底栖生物，其中甲壳类 4 种，占 25%；腹足类 12 种，占 60%；双壳类 2 种，占 10%；多毛类、脊索动物各 1 种，占 5%。

定量调查站位潮间带底栖生物名录见表 5.3.3-19，定性调查站位潮间带底栖生物名录见表 5.3.3-20，潮间带底栖生物组成见图 5.3.3-14。

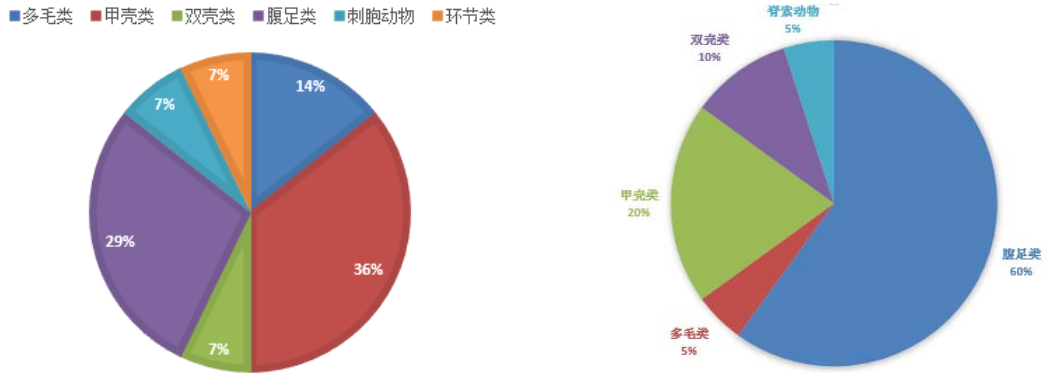
表 5.3.3-19 调查海域潮间带底栖生物名录（定量）

种类	站中文名	拉丁名
多毛类	叶磷虫	*Phyllochaetopterus sp.*
多毛类	长叶索沙蚕	*Diopatra neapolitanaDelle*
甲壳类	白脊管藤壶	*Fistulobalanus albicostatus*
甲壳类	钩虾	Gammaridea ap.
甲壳类	天津厚蟹	*Helice tientsinensis*
甲壳类	中华拟蟹守螺	*Cerithidea sinensis*
甲壳类	珠带拟蟹守螺	*Cerithidea cingulata*
双壳类	四角蛤蜊	*Mactra veneriformis*
腹足类	短滨螺	*Littorina brevicula*
腹足类	群栖织纹螺	*Nassarius gregarious*
腹足类	纵肋饰孔螺	*Decorifera matusimana*
腹足类	纵肋织纹螺	*Nassarius variciferus*
刺胞动物	黄侧花海葵	*Anthopleura japonica*
环节类	巧言虫	*Owstonia grammodon*

表 5.3.3-20 调查海域潮间带底栖生物名录（定性）

种类	站中文名	拉丁名
腹足类	巴非蛤	*Paphia amabilis*
腹足类	短滨螺	*Littorina brevicula*
腹足类	耳口露齿螺	*Ringicula doliaris*
腹足类	尖锥拟蟹守螺	*Cerithidea largillierti*
腹足类	强肋锥螺	*Turritella fortilirata*
腹足类	群栖织纹螺	*Nassarius gregarious*
腹足类	史氏背尖贝	*Nipponacmea schrenckii*
腹足类	童鹅绒螺	*Velutina pusio*
腹足类	疣荔枝螺	*Reishia clavigera*
腹足类	爪哇拟塔螺	*Turricula javana*
腹足类	中华拟蟹守螺	*Cerithidea sinensis*
腹足类	珠带拟蟹守螺	*Cerithidea cingulata*

多毛类	长叶索沙蚕	*Diopatra neapolitanaDelle*
甲壳类	白脊管藤壶	*Fistulobalanus albicostatus*
甲壳类	钩虾	Gammaridea ap.
甲壳类	日本大眼蟹	*Macrophthalmus japonicus de Haan*
甲壳类	天津厚蟹	*Helice tientsinensis*
双壳类	四角蛤蜊	*Mactra veneriformis*
双壳类	近江牡蛎	*Crassostrea ariakensis*
脊索动物	弹涂鱼	*Periophthalmus modestus*



定量　　定性

图 5.3.3-14 监测海域潮间带生物物种组成

生物量：调查海区潮间带生物量变化范围在 0.44g/m^2~67.76 g/m^2，总平均生物量为 19.78g/m^2。调查海区潮间带生物密度变化范围在 4 ind/m^2~204 ind/m^2，总平均密度为 61.33 ind/m^2，详见表 5.3.3-21。

表 5.3.3-21 调查海域潮间带底栖生物密度及组成（ind./m^2）

站位	种数	数量（个/m^2）	生物量（g/m^2）
C1 高	2	28	7.2
C1 中	1	4	0.56
C1 低	2	12	3.6
C2 高	5	80	18.32
C2 中	3	152	14.24
C2 低	4	40	4.4
C3 高	7	108	67.76

C3 中	4	204	60.44
C3 低	4	32	47.2
红树林高	4	40	10.8
红树林中	2	12	0.44
红树林低	3	24	2.44
平均值	3.42	61.33	19.78

群落特征：从调查海区潮间带生物样品各参数值分析统计结果来看（表5.3.3-22），调查海域底栖生物的生物多样性指数的变化范围为0.00~2.65，均值为1.40；均匀度变化范围为0.86~0.96，均值为0.86；丰度指数变化范围为0.00~0.89，均值为0.43；变优势度化范围为0.41~1.00，均值为0.79。

表5.3.3-22　调查海域潮间带生物群落特征参数统计表

站位	种数	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
C1 高	2	0.86	0.86	0.21	1.00
C1 中	1	0.00	/	0.00	1.00
C1 低	2	0.92	0.92	0.28	1.00
C2 高	5	2.23	0.96	0.63	0.55
C2 中	3	0.35	0.22	0.28	0.97
C2 低	4	1.85	0.92	0.56	0.70
C3 高	7	2.65	0.95	0.89	0.41
C3 中	4	1.75	0.88	0.39	0.71
C3 低	4	1.91	0.95	0.60	0.63
红树林高	4	1.85	0.92	0.56	0.70
红树林中	2	0.92	0.92	0.28	1.00
红树林低	3	1.46	0.92	0.44	0.83
平均值	3.42	1.40	0.86	0.43	0.79

2、秋季调查结果

种类组成与分布：本次定量调查6个潮间带站位，分为高、中、低三个潮带。其中红树林调查断面拟布设4个调查站位，分别为红树林生态系统、盐沼芦苇、光滩和潮沟。采集到13种潮间带底栖生物，其中多毛类3种，占23.08%；甲壳类6种，占46.15%；腹足类4种，占30.77%。具体见表5.3.3-23及图5.3.3-15。

表5.3.3-23　调查海域潮间带底栖生物名录

种类	站中文名	拉丁名
多毛类	长须沙蚕	*Nereis longior*
多毛类	双齿围沙蚕	*Perinereis aibuhitensis*
多毛类	寡节甘吻沙蚕	*Glycinde gurjanovae*
腹足类	中华拟蟹守螺	*Cerithidea sinensis*
腹足类	紫游螺	*Neritina violacea*
腹足类	强肋锥螺	*Turritella fortilirata*
腹足类	短滨螺	*Littorina brevicula*
甲壳类	斑点拟相手蟹	*Parasesarma pictum*
甲壳类	粗腿厚纹蟹	*Pachygrapsus crassipes*
甲壳类	秉氏泥蟹	*Ilyoplax pingi*
甲壳类	中华螺赢蜚	*Corophium sinense*
甲壳类	白脊管藤壶	*Fistulobalanus albicostatus*
甲壳类	弧边招潮蟹	*Uca arcuata*

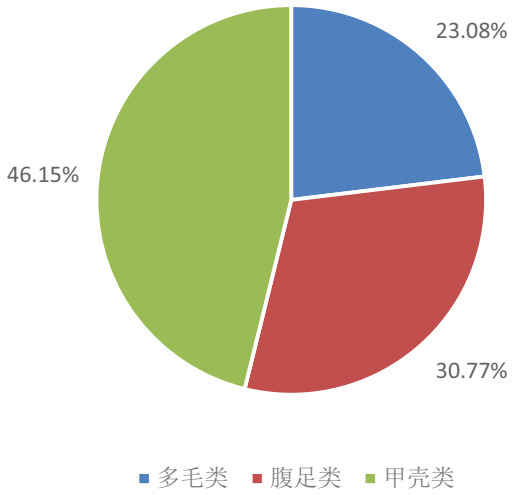


图 5.3.3-15 监测海域潮间带定量生物物种组成

潮间带生物量：调查海区潮间带生物量变化范围在 1.52 g/m^2~105.12 g/m^2，总平均生物量为 34.97 g/m^2。调查海区潮间带生物密度变化范围在 12ind/m^2~156 ind/m^2，总平均密度为 52 ind/m^2，详见表 5.3.3-24。

表 5.3.3-24 调查海域潮间带底栖生物密度及组成（ind./m^2）

站位	种数	数量（个/m^2）	生物量（g/m^2）
C1-低	3	28.00	10.56
C1-高	4	156.00	104.84

站位	种数	数量（个/m^2）	生物量（g/m^2）
C1-中	4	76.00	33.68
C2-低	3	12.00	15.40
C2-高	3	56.00	26.60
C2-中	4	36.00	13.60
C3-低	3	12.00	14.24
C3-高	3	100.00	44.64
C3-中	4	56.00	25.92
C4 低	2	12.00	1.52
C4-高	3	12.00	4.52
C4-中	3	20.00	52.24
C5 低	4	36.00	14.04
C5-高	3	132.00	78.92
C5-中	3	48.00	18.12
C6 低	4	24.00	7.24
C6-高	4	76.00	37.32
C6-中	4	44.00	25.12
H1	3	28.00	20.00
H2	4	84.00	105.12
H3	4	60.00	80.04
H4	4	36.00	35.68
平均值	3	52.00	34.97

群落特征：根据分析统计结果，调查海域底栖生物的生物多样性指数的变化范围为 0.52~1.92，均值为 1.27；均匀度变化范围为 0.33~1.00，均值为 0.72；丰度指数变化范围为 0.28~0.65，均值为 0.47；优势度变化范围为 0.00~0.92，均值为 0.58。

根据春秋两季调查结果，以及《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442-2008）中提供的生物多样性指数评价标准，调查海域潮间带生物分布较均匀，生物多样整体较差。

表 5.3.3-25 调查海域潮间带生物群落特征参数统计表

站位	种数	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
C1-低	3	1.15	0.72	0.42	0.71
C1-高	4	1.06	0.53	0.41	0.79
C1-中	4	1.06	0.53	0.48	0.79
C2-低	3	1.58	1.00	0.56	0.00
C2-高	3	0.73	0.46	0.34	0.86
C2-中	4	1.45	0.72	0.58	0.78
C3-低	3	1.58	1.00	0.56	0.33
C3-高	3	0.79	0.50	0.30	0.92
C3-中	4	1.48	0.74	0.52	0.64
C4 低	2	0.92	0.92	0.28	0.33
C4-高	3	1.58	1.00	0.56	0.33
C4-中	3	1.37	0.86	0.46	0.60
C5 低	4	1.45	0.72	0.58	0.67
C5-高	3	0.52	0.33	0.28	0.91
C5-中	3	0.82	0.52	0.36	0.83
C6 低	4	1.92	0.96	0.65	0.33
C6-高	4	1.06	0.53	0.48	0.84
C6-中	4	1.69	0.84	0.55	0.55
H1	3	1.45	0.91	0.42	0.57
H2	4	1.22	0.61	0.47	0.19
H3	4	1.55	0.78	0.51	0.20
H4	4	1.45	0.72	0.58	0.67
平均值	3	1.27	0.72	0.47	0.58

5.3.4 滨海湿地

平陆运河海外段评价范围内涉及湿地生态系统包括红树林、盐沼湿地和海草床等典型海洋生态系统。

5.3.4.1 红树林生态系统

1、红树林面积

根据《广西茅尾海红树林自治区级自然保护区总体规划（2019-2028）》，保护区有红树林 2340.83hm^2，占保护区总面积的 47.72%，其中人工种植红树林 135.5hm^2（主要树种为秋茄以及无瓣海桑等），占红树林总面积的 5.79%。

保护区有红树植物 13 科 17 种，其中真红树植物 8 科 10 种，在真红植物中，乡土红树植物 6 科 7 种，它们是红树科的木榄、秋茄、红海榄；卤蕨科的卤蕨；使君子科的榄李；紫金牛科的桐花树；马鞭草科的白骨壤；大戟科的海漆；爵床科的老鼠簕。引种的红树植物 1 科 1 种，即海桑科的无瓣海桑。

半红树植物有 6 科 7 种，它们是锦葵科的黄瑾；夹竹桃科的海芒果；马鞭草科的钝叶臭黄荆和苦郎树、草海桐科的草海桐、蝶形花科的水黄皮和菊科的阔苞菊。

红树林伴生的双子叶植物有马鞭草科的苦槛蓝、草海桐科的海南草海桐；旋花科的厚藤；菊科的三叶鬼针草、胜红胜红蓟；莎草科的咸水草等。

表 5.3.4-1　真红树植物一览表

科名	种名	生活型	备注
1.*Acrostichaceae* 卤蕨科	1.卤蕨 *Acrostichum aureum*	亚灌木	乡土植物
2.*Rhizophoraceae* 红树科	2.木榄 *Bruguiera gymnorrhiza*	乔木	乡土植物
	3.秋茄 *Kandelia candel*	小乔木	乡土植物
	4.红海榄 *Rhizophora stylosa*	小乔木	乡土植物
3.*Acanthaceae* 爵床科	5.老鼠簕 *Acrostichum ilicifolius*	灌木	乡土植物
4.*Euphorbiaceae* 大戟科	6.海漆 *Excoecaria agallocha*	小乔木	乡土植物
5.*Myrsinaceae* 紫金牛科	7.桐花树 *Aegiceras corniculatum*	小乔木	乡土植物
6.*Verbenaceae* 马鞭草科	8.白骨壤 *Avicennia marina*	小乔木	乡土植物
7.*Combretaceae* 使君子科	9.榄李 *Lumnitzera racemosa*	灌木	乡土植物
8.*Sonneratiaceae* 海桑科	10.无瓣海桑 *Sonneratia apetala*	乔木	引种

表 5.3.4-2　半红树植物一览表

科名	种名	生活型	备注
1.*Verbenaceae* 马鞭草科	1.苦郎树 *Clerodendron inerme*	灌木	乡土植物
	2.钝叶臭黄荆 *Premna obtusifolia*	灌木	乡土植物
2. *Apocynaceae* 夹竹桃科	3.海芒果 *Cerbera manghas*	小乔木	乡土植物
3. *Malvaceae* 锦葵科	4.黄槿 *Hibiscus tiliaceus*	小乔木	乡土植物
4. *Goodeniaceae* 草海桐科	5.草海桐 *Scaevola sericea*	亚灌木	乡土植物

科名	种名	生活型	备注
5. *Fabaceae* 蝶形花科	6.水黄皮 *Pongamia pinnata*	乔木	乡土植物
6. *Asteraceae* 菊科	7.阔苞菊 *Pluchea indica*	草本	乡土植物

茅尾海顶部的沙井港红树林—盐沼

茅尾海东岸的纸宝岭红树林

茅尾海湾口的七十二泾红树林

图 5.3.4-1　钦州茅尾海红树林生态系统

2、红树植物种类组成

红树林是生长在热带、亚热带海岸潮间带或河流入海口的一种热带常绿阔叶林。红树林可分为东方群系和西方群系共有红树植物种类 20 科 27 属 70 种，中国属东方群系，也是西太平洋红树林植物分布的北缘，共有红树林植物 26 种，

占世界的 43%，另有半红树林植物 11 种。从红树林的生态类型看，区域含有嗜热广布中和抗低温广布种两种，前者包括木榄、海漆、榄李、卤蕨等，后者有秋茄、白骨壤、桐花树等。

主要红树林植被类型：

秋茄林（*From. Kandelia candel*），主要分布在康熙岭和坚心围、沙井等地。在潮间带内主要分布于中滩或中外滩，土壤为半泥半沙或含沙量较多的淤泥图，有机质和含氮量分别为 1.3%~2.6%和 0.3%~1.0%。秋茄林林相整齐，外貌绿色。有明显主干，树高 2.5~3m，覆盖度在 85%以上。在中滩只中内滩多与桐花树混交，树干要高于桐花树。

秋茄的天然更新能力较弱，大多秋茄生长在半泥砂的中外滩，土壤紧实，不利于胎萌胚轴固定，幼苗优树少。中内滩淤泥土壤环境利于胚轴下插，但该滩位以桐花树占优势，林下荫蔽较大，光照不足，幼苗常枯死，限制了秋茄的天然更新，但近年保护区人工栽植了秋茄人工群落，长势较好。

桐花树林（*From. Aegiceras corniculatum*），保护区的桐花树林分布较广，数量占保护区红树林面积的一半以上。在潮间带从中滩至内滩，到海湾尾部河口内缘、溺谷均有桐花树林的分布。土壤为半泥砂、沼泽淤泥、河口卵石杀你，机纸和含氮量分别为 2.0%~2.6%和 0.05%~0.1%，含盐量 0.42%~2.04%。桐花树林林冠比较平整，绿色。高 1.5~2.5m，一般不超过 3m。群落结构简单，一般只有一层。覆盖度较高，一般在 95%以上。

桐花树的天然更新能力较强，单位面积上可容纳的植株密度可塑性大，特别是土壤为淤泥、常有淡水调节的滩位天然更新效果更好。

白骨壤林（*From. Avicennia marina*），保护区白骨壤林主要分布七十二泾、大风江以及保护区以外犀牛脚等地。分布在潮间带的中滩至内滩，土壤为半泥砂、沼泽淤泥，少数则分布在没有泥沙的岩滩上。白骨壤林外貌为灰绿色，叶背有短而紧贴的绒毛，可避免海水进入气孔，分泌腺可排除多余的盐分，以适应涨潮的淹渍。白骨壤树高一般为 2.5~3m。覆盖度在 90%以上。

海漆林（*From. Excoecaria agallocha*），海漆林为半红树林最前沿的林带，与潮间红树林相连。生境范围从潮上线的沙滩、海堤到海湾尾部的河口岸上。普通潮位可波及林带边缘。群落多与苦郎树、苦槛蓝等混交，其它常见酒饼簕、水黄皮等。空地厚藤较多。树高一般 3~6m。

黄槿木（*From. Hibiscus tiliscus*），黄槿木的生境范围较广，从高潮线附近的沙滩、海堤、陆域边缘以至距海岸较远的区域均有分布。常伴生海漆、苦郎树、水黄皮以及桐花树等其它搬红树或红树植物。树高 5~7m。黄槿根系发达，树干分枝较矮，枝叶茂密，是优良的固沙、固堤树种。

无瓣海桑林（*From. Sonneratia apetala*），保护区从 2002 年开始营造的人工红树林群落，主要分布在康熙岭一带。无瓣海桑生长迅速，一年后平均树高可达 2.5m，最高 3.5m，三年后平均树高可达 5.9m，最高 8.0m。郁闭度约 0.9。

老鼠簕群落（*From. Acanthus ilicifolius*），保护区的老鼠簕群落主要分布在康熙岭片区南部、坚心围等地。为淤泥或水沼环境，树高 1m 左右，多与咸水草、卤蕨或海漆等混生。覆盖度 60%~80%。

3、红树林群落演替

海滩红树林群落的生态演替，主要是土壤基质、盐度、海水浸淹程度与红树林本身的相互适应与相互作用的演替关系，不同的红树林群落类型在潮间带大致与海岸线平行成带状分布，并且具有向陆生植物群落方向演化的趋势。

钦江口的红树植物群落，除了潮滩上的桐花树、秋茄—桐花树、秋茄—桐花树＋白骨壤、秋茄—桐花树＋老鼠簕、桐花树＋秋茄、老鼠簕等群丛外，海漆群丛也是高潮线一带常见的群落类型之一。从外滩（低潮线）到内滩（高潮线）常出现演替路线为：老鼠簕群丛→桐花树群丛→桐花树＋秋茄群丛→秋茄—桐花树＋白骨壤群丛/秋茄—桐花树＋老鼠簕群丛/秋茄—桐花树群丛→海漆群丛。这些群落自然分布系列反映了当地红树林群落的演替进程，通常老鼠簕是偏河口型的先锋种群，而白骨壤则是偏海洋型的先锋种群。桐花树是先锋树种又是本区域的优势种群，可生长在整个潮滩形成较为稳定的先锋群落，秋茄和海漆是演替中后期的主要优势种群。

5.3.4.2 海草生态系统

根据《广西滨海湿地》，广西海岸海草在中潮带、低潮带和潮下带都有分布。在种类组成方面，陈永宁（2004）记载合浦海草场分布的海草主要有：二药藻（*Halodule uninervis*）、矮叶大藻（*Zostera japonica*）、喜盐草（*Halophila avalis*）和贝克喜盐草（*Halophila beccarii*）4 种，其中二药藻和矮大叶藻隶属眼子菜科；喜盐草和贝壳喜盐草隶属水鳖科。范航清（2007）记载广西北部湾沿海有矮大叶藻、针叶藻（*Syringodium isoetifolium*）、二药藻、喜盐草和贝克喜盐草 5 种。宁耘等（2009）记载北海市铁山港海域有矮大叶藻、二药藻、喜盐草和贝壳喜盐草 4 种海草。

根据范航清（2007）的研究，广西沿海海草床面积约 640hm^2，其中合浦约 540hm^2，防城港珍珠港约 100hm^2，北海极少。根据《钦州茅尾海国家海洋公园选划论证报告》，在 2009 年的现场调查，第一次在茅尾海淤泥滩涂上发现海草床，如图 5.3.4-2 所示。该海草床位于辣椒槌村纸宝岭红树林外围滩涂，GPS 的绕测后算出海草床面积为 10.7hm^2，海草床周长 2.88km，到红树林距离为 20m，到岸边最近的距离为 50m。组成海草床的海草植物为水鳖科（*Hydrocharitaceae*）的贝克喜盐草（*Halophila bacarri*），海草覆盖度达 35%，海草叶表藻类覆盖很低（约为 3%），海草生长良好，但绝大部份海草叶片被淤泥覆盖，未见任何底上动物覆盖。根据研究人员对合浦海草床的服务功能和经济价值的研究，认为合浦海草床生态系统服务功能主要体现在水产养殖、滩涂渔业、近海渔业、护堤减灾、气候调节、科学研究、生态系统营养循环、净化水质价值等方面，合浦海草生态系统的服务功能价值约为 6.29×10^5 元/（a·hm^2），其中间接利用价值最大，其次为非利用价值，最少的是直接利用价值为 2.84 万元/（a·hm^2）。

图 5.3.4-2 钦州茅尾海的贝克喜盐草

北部湾大学在 2022 年 4 月对广西茅尾海自治区级保护区附近海草床进行了调查，共布置了 3 个样方，生物量分别为 0.046 干克/平方米、0.046 干克/平方米、0.069 千克/平方米。针对历史资料在辣椒槌村贝克喜盐草的分布地点，2022 年 4 月未在该区域调查到。此外，经咨询专家茅尾海湾口西侧也分布有海草。

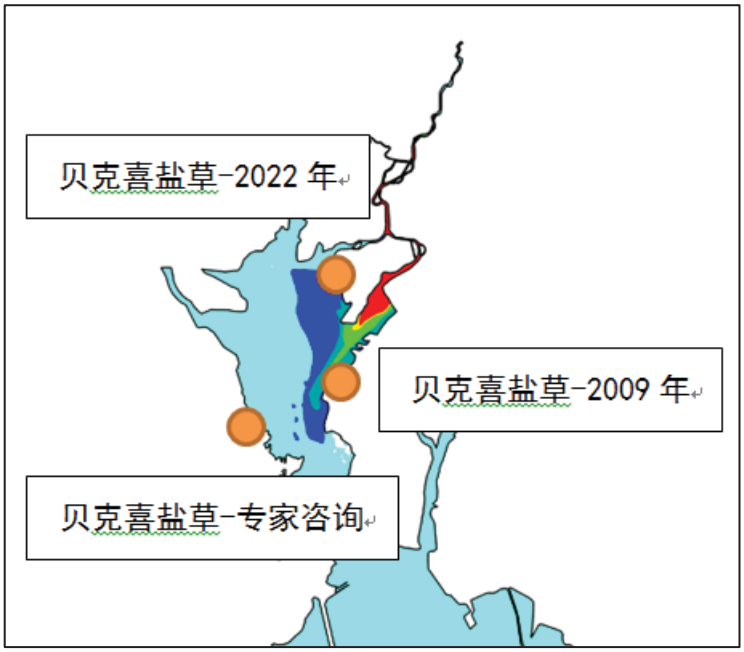


图 5.3.4-3　茅尾海贝克喜盐草分布图

图 5.3.4-4　2022 年 4 月茅尾海草调查图片

5.3.4.3 盐沼植物生态系统

钦州茅尾海顶部分布着广西面积最大的、由地方种组成的盐沼湿地，并与红树林组成了乔灌木－盐沼草本植物的独特群落景观。

根据调查，茅尾海盐沼湿地的主要草本植物有 6 种（表 5.3.4-3），其中茳芏为优势种类。茳芏（俗称席草、咸水草），颖花类，莎草科，多年生草本植物，

茎为三棱形，叶子长而细，开绿褐色小花，是河口的标志植物，具有很高的生产力。茳芏是改良盐碱地的优良草种，茎可编席和制作工艺品。

表 5.3.4-3 钦州茅尾海重要盐沼植物名录

种名	科名	拉丁学名
茳芏	莎草科 *Cyaeraceae*	*Cyperus malaccensis Lam.*
短叶茳芏	莎草科 *Cyaeraceae*	*Cyperus malaccensis Lam. var. brevifolius*
铺地黍	禾本科 *Granineae*	*Panicum repens Linn.*
双穗雀稗	禾本科 *Granineae*	*Paspalum paspaloides (Michx.) Scribn.*
芦苇	禾本科 *Granineae*	*Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.*
沟叶结缕草	禾本科 *Granineae*	*Zoysia matrella (Linn.) Merr*

5.4 渔业资源和渔业生产现状调查与评价

5.4.1 鱼卵与仔鱼历史监测数据

本次调查未采集到鱼卵和仔稚鱼。北海渔业检测中心 2021 年在茅尾海内调查，也未采集到鱼卵和仔稚鱼。咨询北海市渔业站邹建伟教授，茅尾海不属于产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道（“三场一通道”），其地理位置及鱼卵仔鱼数量达不到通道要求。本次调查范围主要是茅尾海内海，其鱼卵仔稚鱼数量较少。

根据《国道 G228 丹东至东兴广西滨海公路龙门大桥工程环境影响报告书（公示稿）》（广西交科集团有限公司，2020 年 6 月），2017 年 6 月份只采集到 1 种鱼类鱼卵和 3 种鱼类仔鱼，9 月份只采集到 3 种鱼卵，未采集到仔鱼。

广西海洋监测预报中心于 2010 年 8 月以及水产科学研究院南海水产所于 2011 年 6 月 27~29 日在茅尾海工程区附近海域的调查结果显示，在 2010 年 8 月的钦州湾海域水平拖网样品中，共鉴定出 11 个种类，采获的鱼卵和仔稚鱼数量均较少。

一方面资料中获取的鱼卵和仔稚鱼多集中于夏季，春秋季相对较少；另一方面，茅尾海内废弃蚝桩较多不利于鱼类集中大规模产卵，且近年来茅尾污染物较多，降低了生物生存环境。

5.4.1.1 2018 年以前监测数据

广西海洋监测预报中心于 2010 年 8 月调查结果显示：在钦州湾海域水平拖网样品中，共鉴定出 11 个种类，隶属于 11 属 11 科。本次调查共采获鱼卵 1258 粒，仔稚鱼 737 尾。采获的鱼卵和仔稚鱼数量均较少。鱼卵数量以鳀属鱼类最多，其次是多鳞鳢、小公鱼占、舌鳎科，鱼卵优势种的优势度较不明显。仔鱼数量以多鳞鳢最多，其次是白姑鱼属、眶棘双边、小公鱼和舌鳎各、鳀属和美肩鳃鳚、鳀科。出现的经济种类有小沙丁鱼、小公鱼、鳀科、多鳞鳢、白姑鱼、小带鱼和舌鳎科等鱼类。从浮游动物垂直拖网样品分析，此次调查鱼卵平均密度为 3.33 ind/m^3；仔鱼平均密度为 1.95 尾/m^3。

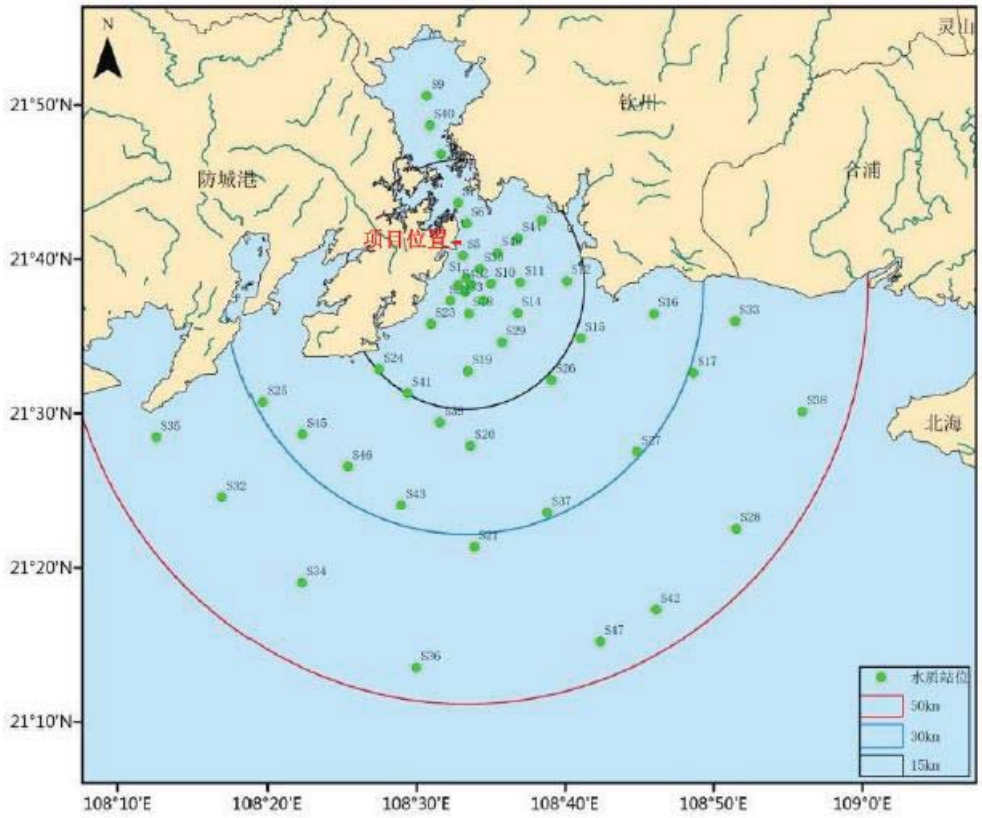
水产科学研究院南海水产所于 2011 年 6 月 27~29 日调查结果显示：采集样品中共鉴定出 11 个种类，隶属于 11 属 10 科，共采获鱼卵 1795 粒，仔稚鱼 67 尾。鱼卵数量以鳀属鱼类最多，其次是舌鳎科、多鳞鳢、小公鱼。仔鱼数量以小公鱼数量最多，其次是眶棘双边鱼、多鳞鳢、鰕虎鱼、棱鳀。出现的经济种类有小公鱼、多鳞鳢、白姑鱼、鰕虎鱼、鳀科和舌鳎科等鱼类。本次调查海域鱼卵平均密度为 1.316 粒/m^3，仔鱼平均密度为 0.0491 尾/m^3。

5.4.1.2 2018 年监测数据

本评价引用自然资源部第三海洋研究所 2018 年 12 月编制完成的《广西防城港红沙核电 5、6 号机组工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查总报告》中关于鱼卵、仔鱼的调查结果。调查时间从 2017 年 10 月到 2018 年 8 月，依次进行了秋、冬、春、夏四个季节调查（大潮期）。本评价以春季航次调查结果为主，兼顾夏季航次调查的总结论进行分析。

1、调查时间及站位信息

春季航次调查时间：2018.04.19-20180421，夏季航次调查时间：2018.08.17-2018.08.19。调查站位见图 5.4.1-2 及表 5.4.1-1。



5.4.1-2 生物生态资源调查站位图

表 5.4.1-1 生物生态资源调查站位表

站位	经纬度		调查内容
	东经	北纬	生物生态
S1	108°34.568′	21°37.947′	
S2	108°34.944′	21°37.528′	√
S3	108°34.483′	21°37.060′	
S4	108°34.022′	21°37.495′	√
S5	108°34.450′	21°39.424′	√
S6	108°34.783′	21°41.495′	√
S7	108°34.237′	21°42.846′	√
S8	108°33.202′	21°46.051′	
S9	108°32.370′	21°49.868′	√
S10	108°36.260′	21°37.533′	
S11	108°38.255′	21°37.560′	√
S12	108°41.396′	21°37.555′	
S13	108°35.704′	21°36.450′	
S14	108°37.975′	21°35.580′	√
S15	108°42.209′	21°33.777′	√
S16	108°47.227′	21°35.180′	√

站位	经纬度		调查内容
	东经	北纬	生物生态
S17	108°49.714′	21°31.274′	√
S18	108°34.694′	21°35.651′	√
S19	108°34.482′	21°31.917′	√
S20	108°34.482′	21°27.050′	√
S21	108°34.497′	21°20.515′	√
S22	108°33.448′	21°36.518′	√
S23	108°32.120′	21°35.061′	√
S24	108°28.501′	21°32.240′	√
S25	108°20.565′	21°30.392′	√
S26	108°40.104′	21°31.159′	√
S27	108°45.720′	21°26.298′	
S28	108°52.204′	21°21.063′	√
S29	108°36.833′	21°33.711′	
S30	108°35.530′	21°38.524′	
S31	108°39.880′	21°41.519′	√
S32	108°17.680′	21°24.256′	
S33	108°52.698′	21°34.510′	√
S34	108°22.790′	21°18.571′	√
S35	108°13.388′	21°28.306′	√
S36	108°30.294′	21°12.820′	
S37	108°39.499′	21°22.573′	
S38	108°56.997′	21°28.469′	
S39	108°32.459′	21°28.653′	
S40	108°32.513′	21°47.948′	√
S41	108°30.356′	21°30.626′	√
S42	108°46.597′	21°16.001′	√
S43	108°29.668′	21°23.359′	
S44	108°38.187′	21°40.409′	
S45	108°23.155′	21°28.196′	
S46	108°26.149′	21°26.016′	√
S47	108°42.747′	21°14.069′	
S48	108°36.785′	21°39.491′	√

2、鱼卵调查结果

（1）鱼卵种类组成与分布

根据所获的鱼卵和仔稚鱼的样品分析，共记录鱼卵和仔稚鱼 23 科 35 属 59 种（含未定种）。其中春季（4 月）种类最多为 30 种（含未定种），夏季（8 月）为 25 种（含未定种）。

种类上，以醒科和鲷科种类最多为 6 种、石首鱼科 4 种居二 、鲱科和舌鳎科种类各为 3 种（含未定种），其它各科仅记录 1~2 种.

分布上春季（0~14 种）种类大于 10 种位于调查区南部（34 号站、28 号站和 42 号站）和钦州湾湾口水域（14 号站、7 号站、6 号站、26 号站和 42 号站）种类（＞10 种）较高外，其它水域种数均在 6 至 10 种之间。

（2）鱼卵的数量分布

调查中，春季垂直拖网平均个体数为 115.0ind/100m^3，夏季为 0.9ind/100m^3 水平拖网春季为 176.5ind/100m^3 , 夏季为 456.4ind/100m^3。

数量上，垂直拖网以鲷科、鳀属和舌鳎所占比例较高各占 15%，断斑石鲈占 7%、小公鱼和斑鰶分别占 6%和 5%。水平拖网以鳀属居首（26%）、其次是鳙属和小公鱼（20%）、白姑鱼属占 9%、鲷科、舌鳎和斑鰶等种类所占的份量较低。但不同季节优势种类的百分组成有较明显差异，如春季以鳀属、鲷科、小公鱼和舌鳎较占优势，夏季则以鳀属、鳙属、小公鱼和白姑鱼属为主要种类，由此可见本海区鱼卵的优势种类有季节更替。

分布上，春季垂直拖网鱼卵（0∽500ind/100m^3）主要分布在钦州湾口（23 号站、24 号站、11 号站和 18 号站）和调查区东南部（42 号站）水域，其中以钦州湾口（11 号站和 23 号站）水域密度最高大于 480.0ind/l00m^3，调查区西部水域数量较低或未出现。水平拖网（5.3~1475.1ind/100m^3）高数量区（＞500ind/100m^3）位于钦州湾口和调查区东南部（42 号站）水域，并在钦州湾口西部（18 号站和 23 号站）水域形成数量大于 l000ind/100m^3 高数量密集区，这两个密集区的形成主要是鳀和舌鳎的鱼卵大量出现所致。调查区的西部和钦州湾的北部水域数量（＜100ind/l00m^3）较低。

3、仔鱼调查结果

本次调查，仔稚鱼的数量明显低于鱼卵，其中春季（4 月）垂直拖网四季平均数量为 91.9in/l00m^3，夏季为 0.5ind/100m^3。数量上以鰕虎鱼科较占优势（28%），其次为褐鲳鲹（21%）、斑鰶占 14%、鱼衔 10%、小公鱼 9%、美肩鳃鳚和鳀各占 5%和 4%。

水平拖网春季为 14.4ind/100m3，夏季为 3.0ind/l00m^3。数量上，美肩鳃鳚（33%）

居首、鲷科居二（26%）、褐鲳鲉 10%位居第三、鳀和金线鱼属分别占仔稚鱼总量的 3%和 4%。

春季垂直拖网仔稚鱼（0~285.7ind/100m^3）数量大于 200ind/l00m^3 密集区位于钦州湾口的（24 号站、14 号站）及南部（21 号站和 42 号站）水域，其中以钦州湾口（14 号站）水域最为密集（＞280ind/l00m3），这些密集区主要种类为鰕虎鱼类、小公鱼等，其它水域数量较低或未采到。水平拖网（0.2~125.6ind/l00m^3）仔稚鱼遍布全区，但数量较低，仅调查区东南部（28 号站）水域数量较高（>l00ind/l00m^3），其它大部份水域 1~20ind/100m^3 之间。

5.4.1.3 2021 年钦州湾外监测资料

2021 年 4 月至 5 月，生态调查单位对钦州、北海、防城港周边海域（5m 水深线至25m 水深线外）的渔业资源和鱼卵仔稚鱼，其中三个站位（甲 21.605355°N，108.674932°E；乙 21.533690°N，108.630282°′E；丙 21.578863°N，108.743507°E）位于钦州湾南部，接近本项目。其中部分数据如表 5.4.1-2 和表 5.4.1-3。

表 5.4.1-2 邻近站位鱼卵仔稚鱼统计结果

站位			甲	乙	丙
发育阶段	种名	拉丁文名	个体数量（ind/m^3）		
鱼卵	鳀	*Engraulis japonicus*	2.13	0.61	0.19
鱼卵	小公鱼属	*Stolephorus* sp.		0.30	
鱼卵	鲻科	Mugilidae			0.38
鱼卵	鲹科	Carangidae	1.06		0.38
鱼卵	鲷科	Sparidae		1.21	
鱼卵	舌鳎科	Cynoglossidae			0.19
仔鱼	小公鱼属	*Stolephorus* sp.	1.06	0.61	
仔鱼	鲻科	Mugilidae			
仔鱼	鲹科	Carangidae	1.06	0.30	0.19
仔鱼	鲷科	Sparidae		0.91	0.57
仔鱼	虾虎鱼科	Gobiidae	1.06		

表 5.4.1-3 邻近站位渔业资源统计结果

站位			甲		乙		丙	
			渔获密度					
种类	中文名	拉丁名	尾/km^2	kg/km^2	尾/km^2	kg/km^2	尾/km^2	kg/km^2
鱼类鲀形目	星点东方鲀	*Takifugu niphobles*	1286	46.02			1157	41.42
鱼类鲽形目	短吻红舌鳎	*Cynoglossus joyneri*			257	7.82		
鱼类鲈形目	矛尾虾虎鱼	*Chaeturichthys stigmatias*	1928	17.36				
鱼类鲈形目	犬牙细棘虾虎鱼	*Acentrogobius caninus*			129	1.09		
鱼类鲈形目	绯鰤	*Callionymus beniteguri*	257	4.17			257	4.17
鱼类鲈形目	日本鰤	*Callionynus japonicus*	257	3.99			129	1.99
鱼类鲈形目	短吻鳐	*Leiognathus brevirostris*	19284	86.78	13499	60.75	18127	81.57
鱼类鲈形目	二长棘鲷	*Paerargyrops edita*	2186	19.67			2957	26.61
鱼类鲈形目	平鲷	*Rhabdosargus sarba*	129	1.32			643	6.62
鱼类鲈形目	褐篮子鱼	*Siganus fuscessens*	129	2.84			514	11.36
鱼类鲈形目	皮氏叫姑鱼	*Johnius belengerii*					1028	56.26
鱼类鲈形目	细鳞鲬	*Terapon jarbua*					257	21.86
鱼类鲈形目	少鳞鱚	*Sillago japonica*			1157	26.61	257	5.91
鱼类鲱形目	黄鲫	*Setipinna tenuifilis*	129	3.21			257	6.43
鱼类鲱形目	斑鰶	*Konosirus punctatus*					1028	35.38
鱼类鲉形目	棘线鲬	*Grammoplites scaber*			386	4.09		
鱼类灯笼鱼目	长蛇鲻	*Saurida elongata*			257	12.42		
棘皮动物门海胆纲	细雕刻肋海胆	*Temnopleurus toreumaticus*	257	1.13			257	1.13
软体动物门头足纲	中国枪乌贼	*Loligo chinensis*			514	6.43		

双壳钢	巴非蛤	*Paphia amabilis*			257	1.03		
双壳钢	毛蚶	*Scapharca subcrenata*			129	8.10		
双壳钢	虾夷盘扇贝	*Patinopecten yessoensis*	129	1.27			257	2.55
腹足纲	斜带三角口螺	*Trigonostoma obliquata*			257	0.46		
腹足纲	脉红螺	*Rapana venosa*	1157	49.29			643	27.38
腹足纲	强肋锥螺	*Turritella fortilirata*	257	2.44			386	3.66
节肢动物门甲壳纲	口虾蛄	*Oratosquilla oratoria*					514	12.86
甲壳纲	鲜明鼓虾	*Alpheus distinguendus*			386	1.62		
甲壳纲	鹰爪虾	*Trachypenaeus curvirostris*			257	1.93		
甲壳纲	长毛明对虾	*Penaeus penicillatus*					643	17.36
甲壳纲	寄居蟹	*Paguridae sp.*	386	2.89	514	3.86	257	1.93
甲壳纲	豆形拳蟹	*Philyra pisum*	257	2.42			514	4.83
甲壳纲	隆线强蟹	*Eucrate crenata*	129	2.64	386	7.91	386	7.91
甲壳纲	矛形梭子蟹	*Portunus hastatoides*			257	1.39	386	2.08
甲壳纲	远海梭子蟹	*Portunus pelagicus*	514	71.58			514	71.58
甲壳纲	拟穴青蟹	*Scylla paramamosain*	129	10.12			129	10.12
甲壳纲	日本蟳	*Charybdis japonica*	257	5.79	129	2.89	257	5.79
甲壳纲	直额蟳	*Charybdis truncatus*	1671	30.58			1414	25.88
甲壳纲	强壮菱蟹	*Parthenope validus*	129	2.19			257	4.37

5.4.2 游泳动物调查

5.4.2.1 调查内容及方法

游泳动物调查时间、站点及评价方法同海洋生态现状调查，详见 5.3.1 节分析。根据《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）14.2.1.2 “游泳动物调查取样网具”，调查网具为拖网，但茅尾海内无法进行拖网，“在特殊海域调查时，应因地制宜地选择最适网具”，因此采用当地渔民渔船常用的流刺网采集游泳动物。本次调查采用长 120m，宽 0.5m 的流刺网。

5.4.2.2 调查结果与分析

1、春季调查

本次调查共出现游泳动物种类 16 种，鱼类 13 种，占总种类数的 51.25% ，软体动物 2 种，占总种类数的 12.5% ，棘皮动物 1 种，占总种类数的 6.25%。按重量计，本次调查鱼类占 86.6%，软体动物占 9.9%，棘皮动物占 3.5%。调查海域出现的渔获物名录见表 5.4.2-1，种类组成见图 5.4.2-1。

表 5.4.2-1 游泳动物名录

种类	中文名	拉丁名
鱼类鲈形目	细鳞鲷	*Terapon jarbua*
鱼类鲈形目	花鲈	*Lateolabrax japonicus*
鱼类鲈形目	乌塘鳢	*Bostrychus sinensis*
鱼类鲈形目	黄鳍棘鲷	*Acanthopagrus latus*
鱼类鲈形目	长丝虾虎鱼	*Myersina filifer*
鱼类鲈形目	少鳞鱚	*Sillago japonica*
鱼类鲈形目	绯鰤	*Callionymus beniteguri*
鱼类鲈形目	短吻鳐	*Leiognathus brevirostris*
鱼类鲈形目	矛尾鰕虎鱼	*Chaemrichthys stigmatias*
鱼类鲀形目	弓斑东方鲀	*Takifugu ocellatus*
鱼类鲀形目	星点东方鲀	*Takifugu niphobles*
鱼类鲱形目	黄吻棱鳀	*Thryssa vitrirostris*

种类	中文名	拉丁名
鱼类鲻形目	鲻鱼	*Mugil cephalus*
棘皮动物门	细雕刻肋海胆	*Temnopleurus toreumatcus*
软体动物门腹足纲	甲虫螺	*Cantharus cecillei*
软体动物门双壳纲	近江牡蛎	*Crassostrea ariakensis*

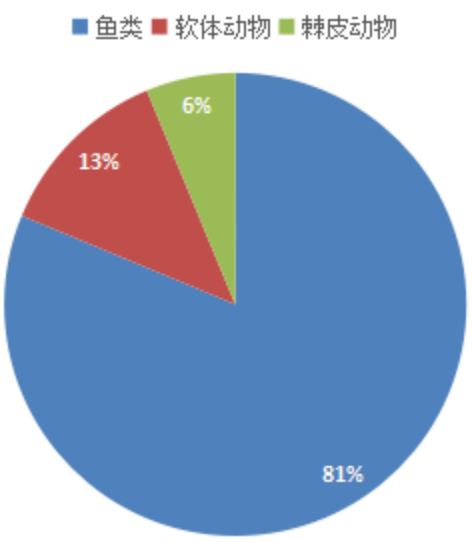


图 5.4.2-1 监测海域游泳动物种类数组成

现存量：游泳动物重量变化范围为 1601.84 kg/km^3~10333.27 kg/km^3，平均重量为 4986.85 kg/km^3；尾数变化范围为 92592 ind/ km^3~648144 ind/km^3，平均尾数为304782 ind/km^3。调查海域游泳动物数量分布见表 5.4.2-2 及图 5.2.2-2、图 5.4.2-3。

表 5.4.2-2 调查海域游泳动物数量分布

站位	尾数（尾/km^3)	重量（kg/km^3)
Q1	324072	5712.92
Q9	462960	5967.55
Q10	185184	3597.2
Q11	92592	2277.76
Q12	648144	10333.27
Q13	231480	1601.84
Q15	231480	6874.95
Q16	370368	7694.39

Q17	231480	2736.09
Q18	509256	5995.34
Q19	185184	4138.86
Q20	185184	2912.02
平均值	304782	4986.85

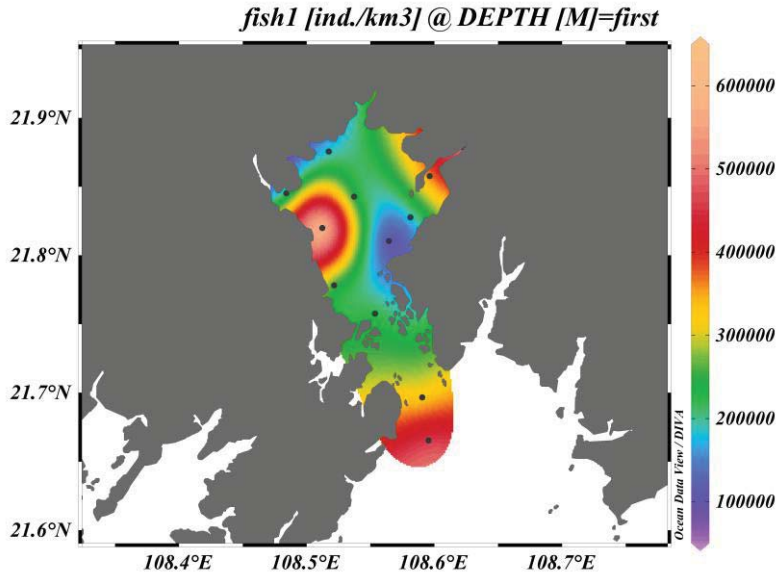


图 5.4.2-2 监测海域游泳动物密度分布

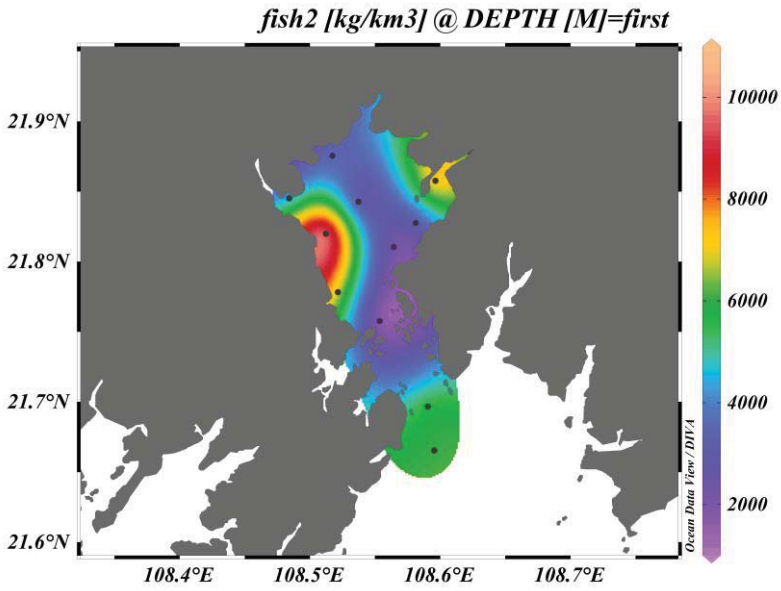


图 5.4.2-3 监测海域游泳动物生物量分布

群落特征：根据根系，调查海域游泳动物的生物多样性指数变化范围为0.81~2.41，平均值为 1.76；均匀度变化范围为 0.70~1.00，平均值为 0.91。优势度的变化范围为 0.50~1.00，平均值为 0.70。丰度的变化范围为 0.06~0.26，平均值为 0.17。

表 5.4.2-3 调查海域游泳动物群落多样性指数

站位	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
Q1	2.13	0.92	0.22	0.57
Q9	1.96	0.84	0.21	0.70
Q10	1.50	0.95	0.11	0.75
Q11	1.00	1.00	0.06	1.00
Q12	1.63	0.70	0.21	0.79
Q13	1.92	0.96	0.17	0.60
Q15	1.92	0.96	0.17	0.60
Q16	2.41	0.93	0.27	0.50
Q17	1.37	0.86	0.11	0.80
Q18	2.41	0.93	0.26	0.55
Q19	0.81	0.81	0.06	1.00
Q20	2.00	1.00	0.17	0.50
平均值	1.76	0.91	0.17	0.70

本次调查的优势渔获物鱼类共有 9 种。其中，少鳞鳢和短吻鳐的 IRI 最高，为 2395 和 2201；其它优势种依次为细鳞鲴（1077）、黄鳍棘鲷（684）、星点东方鲀（737）、黄吻棱鳀（201）、矛尾鰕虎鱼（157）、弓斑东方鲀（155）、鳙鱼（121）。其它种类的相对重要性指数小于 100。优势种渔获率及百分比组成见表 5.4.2-4。

表 5.4.2-4 调查海域渔获物优势种

种类	种	N，%	W，%	F，%	IRI
鱼类	细鳞鲴	7.25	18.59	41.67	1077
	鳙鱼	2.90	4.37	16.67	121
	花鲈	4.35	4.10	8.33	70
	弓斑东方鲀	4.35	1.83	25.00	155
	乌塘鳢	1.45	3.00	8.33	37
	黄鳍棘鲷	8.70	11.81	33.33	684
	长丝虾虎鱼	4.35	0.72	16.67	85

	星点东方鲀	8.70	8.99	41.67	737
	少鳞鱚	24.64	32.83	41.67	2395
	绯鰤	2.90	0.58	16.67	58
	短吻鳊	21.74	7.60	75.00	2201
	黄吻棱鳀	4.35	3.68	25.00	201
	矛尾鰕鯱鱼	4.35	1.92	25.00	157

2、秋季调查

本次调查共出现游泳动物种类 14 种，鱼类 10 种，占总种类数的 71.43% ，甲壳类 4 种，占总种类数的 28.57% 。按重量计，本次调查鱼类占 88.86%，甲壳类占 11.14%。

表 5.4.2-5 游泳动物名录

种类	中文名	拉丁名
鱼类鲱形目	康氏小公鱼	*Anchoviella commersonii*
鱼类鲱形目	雷氏小沙丁鱼	*Harengula nymphaea*
鱼类鲱形目	斑鰶	*Konosirus punctatus*
鱼类鲻形目	棱鲹	*Liza carinatus*
鱼类鲈形目	丽叶鲹	*Caranx kalla*
鱼类鲈形目	多纹钱蝶鱼	*Selenotoca multifasciata*
鱼类鲈形目	花鲈	*Lateolabrax maculatus*
鱼类鲈形目	金钱鱼	*Scatophagus argus*
鱼类鲈形目	颈斑鳊	*Nuchequula nuchalis*
鱼类鲈形目	尼罗罗非鱼	*Oreochromis niloticus*
节肢动物甲壳类	日本蟳	*Charybdis japonica*
节肢动物甲壳类	近缘新对虾	*Metapenaeus affinis*
节肢动物甲壳类	脊尾白虾	*Exopalaemon carinicauda*
节肢动物甲壳类	黑斑口虾蛄	*Oratosquilla kempi*

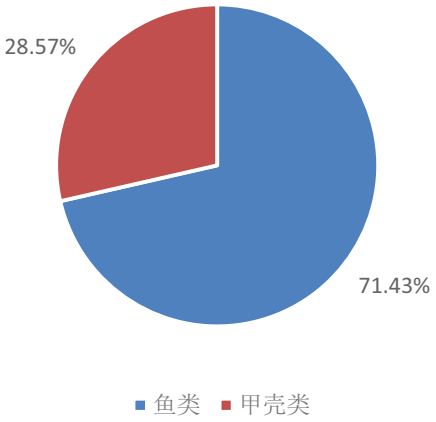


图 5.4.2-4 监测海域游泳动物种类数组成

现存量：调查海域的游泳动物重量变化范围为 3313 kg/km^3~13677 kg/ km^3，平均重量为 7733.07 kg/ km^3；尾数变化范围为 123456 ind/ km^3~401232 ind/ km^3，平均尾数为 255731 ind/ km^3。调查海域游泳动物数量分布见表 5.4.2-6、图 5.4.2-5。

表 5.4.2-6 调查海域游泳动物数量分布

站位	尾数（尾/km^3）	重量（kg/km^3）
Q10	246912	9187.00
Q11	246912	5546.00
Q12	277776	10676.00
Q13	401232	12081.00
Q14	246913	4522.00
Q15	246912	9995.00
Q16	339504	10582.00
Q17	277776	13677.00
Q3	123456	4166.00
Q4	308640	7689.00
Q5	246912	5376.00
Q6	154320	3313.00
Q8	216049	3788.00
Q9	246913	7665.00
平均值	255731	7733.07

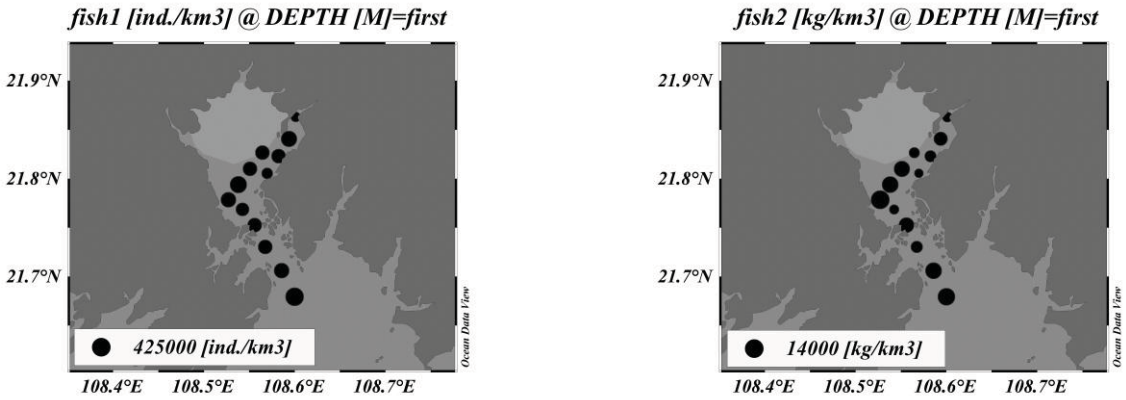


图 5.4.2-5 监测海域游泳动物密度、生物量分布

群落特征调查海域游泳动物的生物多样性指数变化范围为 1.04~2.03，平均值为 1.68；均匀度变化范围为 0.92~1.00，平均值为 0.96。优势度的变化范围为 0.00~0.38，平均值为 0.19。丰度的变化范围为 0.17~0.55，平均值为 0.39。

表 5.4.2-7 调查海域游泳动物群落多样性指数

站位	多样性指数	均匀度	丰度指数	优势度
Q10	1.73	0.97	0.40	0.13
Q11	1.73	0.97	0.40	0.25
Q12	1.74	0.97	0.40	0.22
Q13	2.03	0.98	0.54	0.00
Q14	1.67	0.93	0.40	0.25
Q15	1.91	0.98	0.48	0.38
Q16	2.02	0.97	0.55	0.27
Q17	1.74	0.97	0.40	0.33
Q3	1.04	0.95	0.17	0.25
Q4	1.75	0.98	0.40	0.20
Q5	1.73	0.97	0.40	0.13
Q6	1.61	1.00	0.33	0.00
Q8	1.28	0.92	0.24	0.14
Q9	1.49	0.93	0.32	0.12
平均值	1.68	0.96	0.39	0.19

本次调查的优势渔获物鱼类共有 10 种。其中，尼罗罗非鱼、多纹钱蝶鱼和棱鲛的 IRI 最高，分别为 2221、1194 和 1050；其它优势种依次为金钱鱼（915）、花鲈（622）、斑鰶（603）、康氏小公鱼（421）、丽叶鲹（399）、颈斑鲳（286）、

雷氏小沙丁鱼（238）。虾类优势种 2 种，分别为黑斑口虾蛄（720）、近缘新对虾（512），其它种类的相对重要性指数小于 100。蟹类优势种为日本蟳（378）。优势种渔获率及百分比组成见表 5.4.2-8。

根据春秋两季调查结果，以及《近岸海域环境检测技术规范》（HJ 442-2008）中提供的生物多样性指数评价标准，该海域的游泳动物种类分布均匀，生物多样性差。

表 5.4.2-8 调查海域渔获物优势种

种类	种	N，%	W，%	F，%	IRI
鱼类	尼罗罗非鱼	11.21	15.80	78.57	2122
	多纹钱蝶鱼	7.76	16.11	50.00	1194
	棱鲛	7.76	16.74	42.86	1050
	金钱鱼	6.90	14.45	42.86	915
	花鲈	5.17	12.23	35.71	622
	斑鰶	9.48	4.59	42.86	603
	康氏小公鱼	7.76	2.05	42.86	421
	丽叶鲹	7.76	3.42	35.71	399
	颈斑鳊	6.03	1.98	35.71	286
	雷氏小沙丁鱼	5.17	1.49	35.71	238
虾类	黑斑口虾蛄	8.62	5.77	50.00	720
	近缘新对虾	9.48	0.76	50.00	512
蟹类	日本蟳	6.03	4.56	35.71	378

5.4.3 游泳动物补充监测数据

本评价于 2021 年 12 月 20 日和 12 月 21 日补充调查了 Q4 和 Q9 站位（见表 5.3.3-2）的游泳动物。补充调查采用长 200m，高 1.5m 的流刺网，放网时间 60min。

补充调查共出现游泳动物种类 11 种，鱼类 9 种，占总种类数的 81.81% ，甲壳类 2 种，占总种类数的 18.18%。按重量计，本次调查鱼类占 99.48%，甲壳类占 0.52%。调查海域出现的渔获物名录见表 5.4.3-1。

补充游泳动物重量 Q4 和 Q9 分别为 92047 kg/km^3 和 10984 kg/ km^3；尾数 Q4 和 Q6 分别为 1157400ind/ km^3 和 92592 ind/ km^3 。

表 5.4.3-1 补充游泳动物名录

种类	中文名	拉丁名
鱼类鲤形目	大眼华鳊	*Sinibrama macrops*
鱼类鲤形目	赤眼鳟	*Squaliobarbus curriculus*
鱼类鲱形目	斑鰶	*Clupanodon punctatus*
鱼类鲱形目	中颌棱鳀	*Thryssa mystax*
鱼类鲻形目	鲻鱼	*Mugil cephalus*
鱼类鲈形目	花鲈	*Lateolabrax maculatus*
鱼类鲈形目	黑棘鲷	*Acanthopagrus schlegelii*
鱼类鲈形目	颈斑鲾	*Nuchequula nuchalis*
鱼类鲉形目	日本鬼鲉	*Inimicus japonicus*
节肢动物甲壳类	中华绒螯蟹	*Eriocheir sinensis*
节肢动物甲壳类	周氏新对虾	*joyneris shrimp*

5.4.4 鱼类“三场一通道”

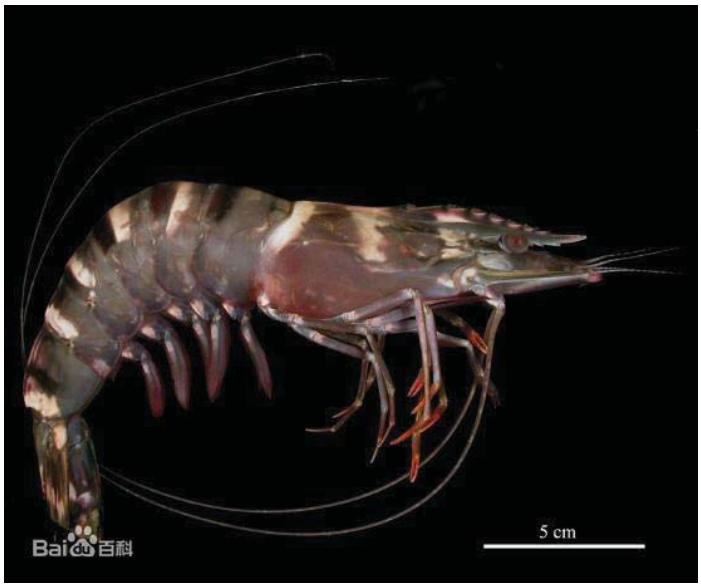
根据本次生态调查情况，经咨询北海市渔业站邹建伟教授，茅尾海不属于产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道（“三场一通道”），其地理位置及鱼卵仔鱼数量达不到通道要求。茅尾海是牡蛎天然种苗场。平陆运河海洋段主要涉及的珍稀水生生物包括二长棘鲷、长毛对虾等。

二长棘鲷（*Parargyrops edita Tanaka*）：属硬骨鱼纲、鲈形目、鲷科、二长棘鲷属。地方俗称红立国、立鱼、立花、生仔、板立、长旗、板鱼、鲂鱼、盘仔鱼、立花、赤鬃、长鳍、盘鱼等。二长棘鲷体侧扁、呈椭圆形，头钝而扁。口小，吻钝，上下颌具短犬牙，眼圆而明亮，背脊狭窄、弓状弯曲，背鳍连续无缺刻，背鳍 1～2 鳍棘短小，3～4 鳍棘突出延长如针状。是我国常见的经济鱼类。二长棘鲷分布于北太平洋西部。我国产于南海和东海南部、主要产地在北部湾及雷州半岛。二长棘鲷系洄游小型鱼类，季节性很强，在浅海逗留时间短，约在 5 月间就销声匿迹、潜入深处。二长棘鲷属于暖温性底层鱼类。其常栖息于近海水深 20～70 米以及底质为沙泥、沙砾、岩礁或贝藻丛生的海区。二长棘鲷主要食物有鱼虾类、沙蚕类、幼小软体管蛸类。繁殖生长期是在每年的 3～4 月。

长毛对虾（*Penaeus penicillatus Alcock*）：属十足目、对虾鱼科、对虾属，俗称大虾、白虾、红尾虾、红虾、大明虾、红尾虾等。额角上缘 7～8 齿，下缘 4～6 齿。额角基部侧视比中国对虾高，比墨吉对虾低。额角后脊伸至头胸甲后缘附近，无中央沟。长毛对虾主要分布在印度洋、西太平洋的巴基斯坦到印度尼西亚沿海一带。我国福建、台湾及广东东部沿海最为常见。长毛对虾为一年生虾类，但也有个体生命周期达到两年，它在一生中要经过几个不同的发育阶段，每个不同发育阶段，对外界环境条件的要求亦不相同，即处于不同发育阶段的个体，表现出不同的生态类型。在自然海区，幼虾常喜欢聚集于浅水内湾及河口附近觅食。随着幼虾迅速发育成长和生理生态上的变化，逐渐离开浅海内湾及河口区域向较深的水域栖息活动。当每年秋末冬初，随着水温的下降，长毛对虾逐渐向较深的海区进行过冬，到了来年春天，水温逐步回升时，亲虾便开始交尾生殖活动。长毛对虾食性很广，其饵料种类和食物组成随着个体发育而有所变化。处于幼体发育阶段，食物主要以单细胞藻类为主，如小型硅藻类，甲藻类以及其他动物幼体和有机碎屑等。随着个体的增长，食物组成也逐步扩大，主要食物以动物性底栖生物。长毛对虾于每年 10 月至翌年 1 月份产卵繁殖。

斑节对虾（*Penaeus monodon*）：对虾科，别称鬼虾、草虾、花虾、竹节虾、

金刚斑节对虾、斑节虾。喜栖息于泥质或泥沙质的海底，分布于水深为 60 米以浅海区，以水深 20-40 米的海区渔获最高。列入国家重点保护经济水生动植物资源名录（第一批）。



花鳗鲡（*Anguilla marmorata*）：鳗鲡科、鳗鲡属动物。花鳗鲡体形似鳗鲡，体长，前部粗圆筒状，尾部侧扁。头圆锥形，较背、臀鳍始点间距短。吻平扁。口角超过眼后缘。下颌稍突出，中央无齿；两颌前端细齿丛状，侧齿成行。唇褶宽厚。鳃孔小。鳞细小，排列呈席纹形鳞群，鳞群互相垂直交叉，隐埋于皮下。侧线完全，侧线孔明显。奇鳍互连；背鳍低而长，始点距鳃孔较距肛门近。背鳍始点与臀鳍始点间距大于头长。胸鳍圆形。无腹鳍。脊椎骨 100-110 块。体背侧及鳍满布棕褐色斑，体斑间隙及胸鳍边缘黄色。腹侧白或蓝灰色，背鳍和臀鳍后部边缘黑色。

花鳗鲡为典型降河洄游鱼类之一。生长于河口、沼泽、河溪、湖塘、水库等内。性情凶猛，体壮而有力。白昼隐伏于洞穴及石隙中，夜间外出活动，捕食鱼、虾、蟹、蛙及其它小动物，也食落入水中的大动物尸体。能到水外湿草地和雨后的竹林及灌木丛内觅食。在中国分布于长江下游及以南的钱塘江、灵江、瓯江、闽江、九龙江、台湾到广东、海南岛及广西等江河。

弓斑东方鲀（*Takifugu ocellatus*）：是鲀科、东方鲀属鱼类。一般体长 100～150 毫米左右，大的可达 200 毫米。被列为 IUCN 2011 年近危物种。弓斑东方鲀属暖水性小型肉食性底层鱼类，主要栖息于近岸水域，有时亦进入淡水江河及咸淡水河口。遇敌害时能使腹部膨胀。捕食小型贝类、小蟹、端足类、细螯虾及藻类碎屑。分布于中国、日本、韩国、朝鲜、菲律宾和越南沿海。

合浦绒螯蟹（*Eriocheir hepuensis*）：弓蟹科，别称毛蟹、石蟹、螃蟹。主要营底栖穴居生活，喜欢隐居在水质清静、溶解氧丰富、水草茂盛的江河、湖泊、沟渠的浅水水域。主要分布于中国广西合浦县南流江，钦州的钦江流域及防城港河口一带。

中华鲎（*Tachypleus tridentatus*）：体长可达 60 厘米，体重 3-5 千克。鲎由三部分组成：头胸甲略呈马蹄形（故名马蹄蟹），腹部呈六角形两侧具棘刺，尾部是一根长的尾剑。中华鲎幼体多数栖息在退潮时形成沙滩的基质为沙泥、风浪比较平静的海湾内，耐旱、耐温、耐盐等繁殖特点是中华鲎成为当今活化石的重要原因之一。中华鲎幼鲎的生长周期长，鲎的龄数是以它脱壳次数来计算的，每脱一次壳就增加一龄，个体也随之长大，幼体随着个体的长大不断向浅海移行，生长到 9~12 龄时约蜕皮 16 次达到性成熟。北部湾滩涂资源丰富，滩面宽广，多有幼鲎栖息。据调查，北部湾幼鲎主要栖息地有 18 处。

表 5.4.4-1 北部湾幼鲎主要栖息地

地点	编号	地点	编号
山心	1	坡尾底	10
交东	2	沙田	11
渔舟坪	3	榕根山	12
沙螺寮	4	乌坭	13
螃蟹档	5	草潭	14
中三墩	6	石马角	15
西背岭	7	澄迈湾	16
下村	8	新盈	17
竹林盐场	9	新英	18

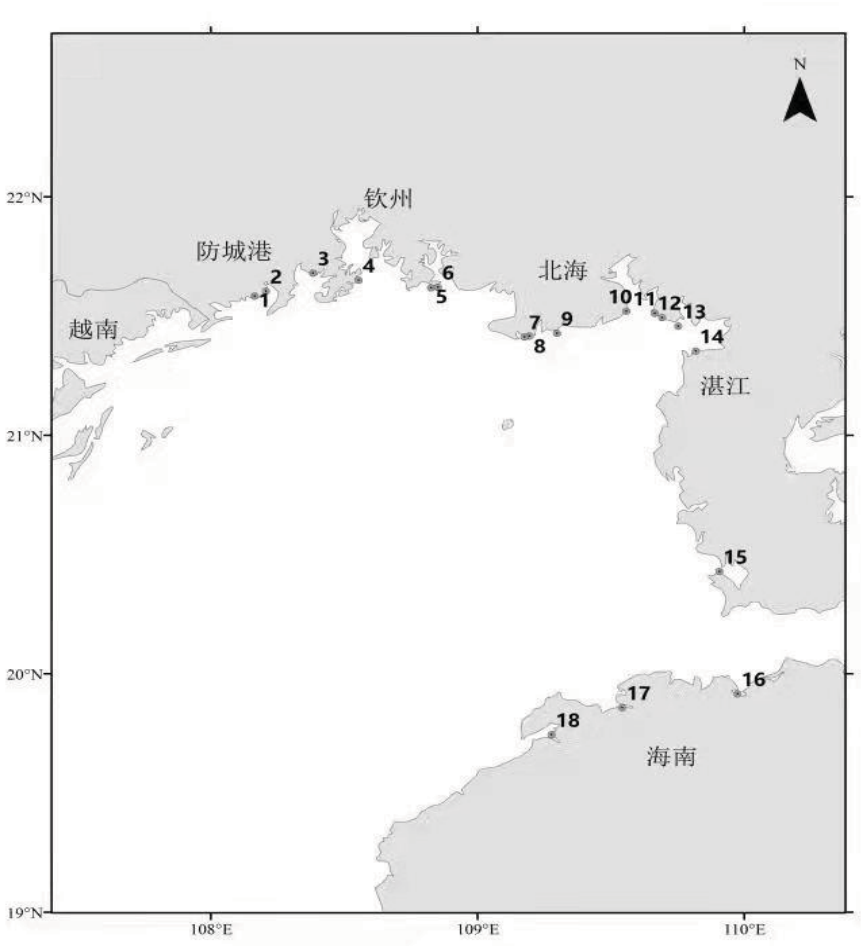


图 5.4.4-1 北部湾幼鲨主要栖息地示意图

5.5 生物体质量现状调查与评价

5.5.1 调查内容及方法

5.5.1.1 调查内容

生物体质量评价采用海域游泳动物、底栖生物和潮间带生物的采集的鱼类、甲壳类、软体类生物监测的数据，按照《海洋生物质量》（GB 18421-2001）和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中规定的生物质量标准进行评价。检测项目主要为重金属铜（Cu）、铅（Pb）、镉（Cd）、总汞（Hg）、砷（As）、铬（Cr）、锌（Zn）、石油烃。

5.5.1.2 调查时间与站位

生物体质量分别于 2021 年 4 月份和 11 月份进行采样调查，调查点位同海洋生态现状调查站点，详见表 5.3.1-1 及表 5.3.1-2。由于生物质量对采样重量有具体要求，因此生物体质量调查可根据现场调查的实际采样情况具体确定，可在游泳动物、底栖生物、潮间带生物调查站位中选择至少 3 类生物。

5.5.2 评价方法与标准

5.5.2.1 评价方法

采用单因子污染指数法。单因子污染指数法的计算公式如下：

$$P_i = C_i / S_i$$

式中：P_i——污染物 i 的污染指数；C_i——污染物 i 的实测值；S_i——污染物 i 的质量标准值。

5.5.2.2 评价标准

贝类（双壳类）生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）规定的第一类标准值，见表 5.5.2-1。生物体内污染物质（铬、麻痹性贝毒、六六六、滴滴涕、石油烃）含量评价标准参考《海洋生物质量》（GB18421-2001）规定的第二类标准值，甲壳类、鱼类体、除双壳类外的软体类内污染物质含量评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中规定的生物质量标准，见表 5.5.2-2。

表 5.5.2-1 海洋贝类生物质量标准值（鲜重，mg/kg）

项目	第一类	第二类	第三类
	标准值		
铜	≤10	≤25	≤50（牡蛎 100）
铅	≤0.1	≤2.0	≤5.0
镉	≤0.2	≤2.0	≤5.0
总汞	≤0.05	≤0.10	≤0.30
砷	≤1.0	≤5.0	≤8.0
铬	≤0.5	≤2.0	≤6.0
锌	≤20	≤50	≤100（牡蛎 500）
石油烃	≤15	≤50	≤80
麻痹性贝毒	≤0.8		

项目	第一类	第二类	第三类
	标准值		
六六六	≤0.02	≤0.15	≤0.50
滴滴涕	≤0.01	≤0.10	≤0.50

表 5.5.2-2 第二次全国海洋污染基线调查技术规程标准（鲜重，mg/kg）

项目	鱼类	甲壳类	软体类
	标准值		
铜	≤20	≤100	≤100
铅	≤2.0	≤2.0	≤10.0
镉	≤0.6	≤2.0	≤5.5
总汞	≤0.3	≤0.2	≤0.3
砷	≤1.0	≤1.0	≤1.0
锌	≤40	≤150	≤250
石油烃	≤20	≤20	≤20

5.5.3 生物体质量评价结果

5.5.3.1 春季调查结果

海洋生物体监测数据表（鲜重）列于表 5.5.3-1，生物体评价结果列于表 5.5.3-2。

生物体调查结果表明：鱼类、软体类（不含双壳类）均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中规定的生物质量标准；甲壳类除总铬外均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中规定的生物质量标准；双壳类（近江牡蛎）铜、铅符合《海洋生物质量》第一类标准，镉、铬、汞、石油类、砷符合第二类标准，锌符合第三类标准。

表 5.5.3-1 海洋生物体监测数据表

站号	生物类别	生物种类	检测项目（鲜重，mg/kg）							
			铜	铅	镉	总铬	锌	砷	汞	石油类
Q1	鱼类	黄鳍棘鲷	0.460	0.124	0.063	0.328	13.28	0.101	0.0301	18.02
Q9	鱼类	星点东方鲀	0.102	0.052	0.087	0.296	18.04	0.123	0.0367	13.14
Q9	鱼类	短吻鳊	0.618	0.759	0.168	0.429	14.06	0.718	0.0947	11.51
Q19	鱼类	少鳞鳢	0.616	0.352	0.255	0.331	30.87	0.182	0.0241	19.36
Q12	鱼类	少鳞鳢	0.437	0.581	0.126	0.262	18.69	0.438	0.0623	16.95
Q16	鱼类	少鳞鳢	0.462	0.226	0.203	0.307	26.78	0.16	0.0197	15.12
Q18	鱼类	花鲈	0.225	0.136	0.104	0.166	17.05	0.118	0.0304	16.87
Q18	鱼类	黄鳍棘鲷	0.389	0.396	0.158	0.182	23.41	0.16	0.0346	18.35
Q18	软体类	四角蛤蜊	0.889	0.297	0.503	0.308	33.26	0.832	0.1089	10.23
Q11	软体类	甲虫螺	1.064	0.308	0.552	0.411	21.65	0.932	0.0201	9.38
Q20	双壳类	近江牡蛎	1.283	0.435	0.298	0.532	89.39	1.110	0.0661	35.51
Q20	甲壳类	伍氏拟厚蟹	0.296	0.163	0.031	0.618	17.23	0.596	0.0179	23.29

表 5.5.3-2 海洋生物体评价数据表

站号	生物类别	评价标准	生物种类	检测值/标准值							
				铜	铅	镉	总铬	锌	砷	汞	石油类
Q1	鱼类	全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程	黄鳍棘鲷	0.02	0.06	0.11	0.66	0.33	0.10	0.10	0.90
Q9	鱼类		星点东方鲀	0.01	0.03	0.15	0.59	0.45	0.12	0.12	0.66
Q9	鱼类		短吻鳐	0.03	0.38	0.28	0.86	0.35	0.72	0.32	0.58
Q19	鱼类		少鳞鳢	0.03	0.18	0.43	0.66	0.77	0.18	0.08	0.97
Q12	鱼类		少鳞鳢	0.02	0.29	0.21	0.52	0.47	0.44	0.21	0.85
Q16	鱼类		少鳞鳢	0.02	0.11	0.34	0.61	0.67	0.16	0.07	0.76
Q18	鱼类		花鲈	0.01	0.07	0.17	0.33	0.43	0.12	0.10	0.84
Q18	鱼类		黄鳍棘鲷	0.02	0.20	0.26	0.36	0.59	0.16	0.12	0.92
Q18	软体类		四角蛤蜊	0.01	0.03	0.09	0.62	0.13	0.83	0.36	0.51
Q11	软体类		甲虫螺	0.01	0.03	0.10	0.82	0.09	0.93	0.07	0.47
Q20	甲壳类		伍氏拟厚蟹	0.00	0.08	0.02	1.24	0.11	0.60	0.09	1.16
Q20	双壳类	海洋生物质量一类	近江牡蛎	0.13	0.22	1.49	1.06	4.47	1.11	1.32	2.37
Q20	双壳类	海洋生物质量二类	近江牡蛎	/	/	0.15	0.27	1.79	0.22	0.66	0.71
Q20	双壳类	海洋生物质量三类	近江牡蛎	/	/	/	/	0.18	/	/	/

5.5.3.2 秋季调查结果

海洋生物体监测数据表（鲜重）列于表 5.5.3-3，生物体评价结果列于表5.5.3-4。

生物体调查结果表明：鱼类、甲壳类中铜、铅、镉、总汞、砷、锌均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中规定的生物质量标准，铬、麻痹性贝毒、六六六、滴滴涕、石油烃参考《海洋生物质量》规定的第二类标准值也均符合。

表 5.5.3-3 海洋生物体监测数据表

站号	生物类别	生物种类	检测项目										
			（鲜重，mg/kg）								（鲜重，μg/kg）		
			铜	铅	镉	总铬	锌	砷	汞	石油类	六六六	滴滴涕	麻痹性贝毒
Q4	鱼类	斑鰶	0.332	0.182	0.052	0.446	15.8	0.132	0.027	12.34	64.3	74.3	未检出
Q8	鱼类	斑鰶	0.262	0.163	0.068	0.423	20.4	0.145	0.038	15.68	55.4	65.6	未检出
Q11	鱼类	斑鰶	0.485	0.174	0.074	0.438	18.4	0.152	0.032	11.54	87.4	68.4	未检出
Q13	鱼类	斑鰶	0.362	0.185	0.066	0.431	16.7	0.166	0.029	9.63	60.5	71.5	未检出
Q14	鱼类	斑鰶	0.417	0.162	0.083	0.452	17.7	0.147	0.034	10.52	66.7	77.6	未检出
Q17	鱼类	斑鰶	0.552	0.155	0.055	0.485	16.3	0.158	0.031	11.38	71.8	58.9	未检出
Q5	鱼类	花鲈	0.587	0.196	0.077	0.421	19.5	0.135	0.038	15.41	108.5	87.4	未检出
Q10	鱼类	花鲈	0.682	0.203	0.082	0.436	21.4	0.188	0.042	16.64	114.2	82.3	未检出
Q12	鱼类	花鲈	0.823	0.186	0.091	0.417	22.3	0.192	0.036	14.38	125.4	76.8	未检出
Q13	鱼类	花鲈	0.994	0.214	0.075	0.456	25.4	0.203	0.035	12.51	96.8	79.2	未检出
Q16	鱼类	花鲈	0.874	0.192	0.085	0.408	21.5	0.185	0.044	16.76	106.5	85.4	未检出
Q4	甲壳类	黑斑口虾蛄	1.832	0.432	1.034	0.608	33.2	0.774	0.056	20.31	66.8	42.1	未检出
Q9	甲壳类	黑斑口虾蛄	1.542	0.502	0.982	0.584	30.5	0.721	0.062	18.54	66.5	45.2	未检出
Q16	甲壳类	黑斑口虾蛄	1.664	0.487	1.142	0.546	28.7	0.684	0.051	21.92	71.4	48.4	未检出

表 5.5.3-4 海洋生物体评价数据表

站号	生物类别	生物种类	检测项目										
			（鲜重，mg/kg）								（鲜重，μg/kg）		
			铜	铅	镉	总铬	锌	砷	汞	石油类	六六六	滴滴涕	麻痹性贝毒
Q4	鱼类	斑鰶	0.02	0.09	0.09	0.22	0.40	0.13	0.09	0.25	0.43	0.74	/
Q8	鱼类	斑鰶	0.01	0.08	0.11	0.21	0.51	0.15	0.13	0.31	0.37	0.66	/
Q11	鱼类	斑鰶	0.02	0.09	0.12	0.22	0.46	0.15	0.11	0.23	0.58	0.68	/
Q13	鱼类	斑鰶	0.02	0.09	0.11	0.22	0.42	0.17	0.10	0.19	0.40	0.72	/
Q14	鱼类	斑鰶	0.02	0.08	0.14	0.23	0.44	0.15	0.11	0.21	0.44	0.78	/
Q17	鱼类	斑鰶	0.03	0.08	0.09	0.24	0.41	0.16	0.10	0.23	0.48	0.59	/
Q5	鱼类	花鲈	0.03	0.10	0.13	0.21	0.49	0.14	0.13	0.31	0.72	0.87	/
Q10	鱼类	花鲈	0.03	0.10	0.14	0.22	0.54	0.19	0.14	0.33	0.76	0.82	/
Q12	鱼类	花鲈	0.04	0.09	0.15	0.21	0.56	0.19	0.12	0.29	0.84	0.77	/
Q13	鱼类	花鲈	0.05	0.11	0.13	0.23	0.64	0.20	0.12	0.25	0.65	0.79	/
Q16	鱼类	花鲈	0.04	0.10	0.14	0.20	0.54	0.19	0.15	0.34	0.71	0.85	/
Q4	甲壳类	黑斑口虾蛄	0.02	0.22	0.52	0.30	0.22	0.77	0.28	0.41	0.45	0.42	/
Q9	甲壳类	黑斑口虾蛄	0.02	0.25	0.49	0.29	0.20	0.72	0.31	0.37	0.44	0.45	/
Q16	甲壳类	黑斑口虾蛄	0.02	0.24	0.57	0.27	0.19	0.68	0.26	0.44	0.48	0.48	/

5.6 水文动力现状调查与评价

5.6.1 2019 年水文调查

5.6.1.1 调查概况

项目周边海域水文动力现状调查资料引自《钦州港东航道扩建工程（扩建10 万吨级双向航道）一期、二期工程变更项目海洋水文动力环境调查监测报告》（广西蓝迪环保科技有限公司，2019.11）。本次监测共布设潮位测站 3 个，海流测站 6 个。其中潮位观测时间为 2019 年 9 月 27 日 11:00 至 9 月 28 日 14:00；海流观测时间为 2019 年 9 月 27 日 12:00 至 9 月 28 日 13:00。

表 5.6-1 潮位、海流观测站位一览表

序号	站位	经度	纬度	观测项目
1	CW1	108°36′59.79"	21°41′51.37"	潮位
2	CW2	108°44′59.94"	21°36′14.28"	
3	CW3	108°28′33.70″	21°34′47.74″	
4	CL1	108°35.076′	21°41.299′	潮流
5	CL2	108°39.178′	21°35.301′	
6	CL3	108°35.646′	21°35.697′	
7	CL4	108°43.068′	21°34.688′	
8	CL5	108°42.817′	21°28.796′	
9	CL6	108°33.858′	21°28.735′	

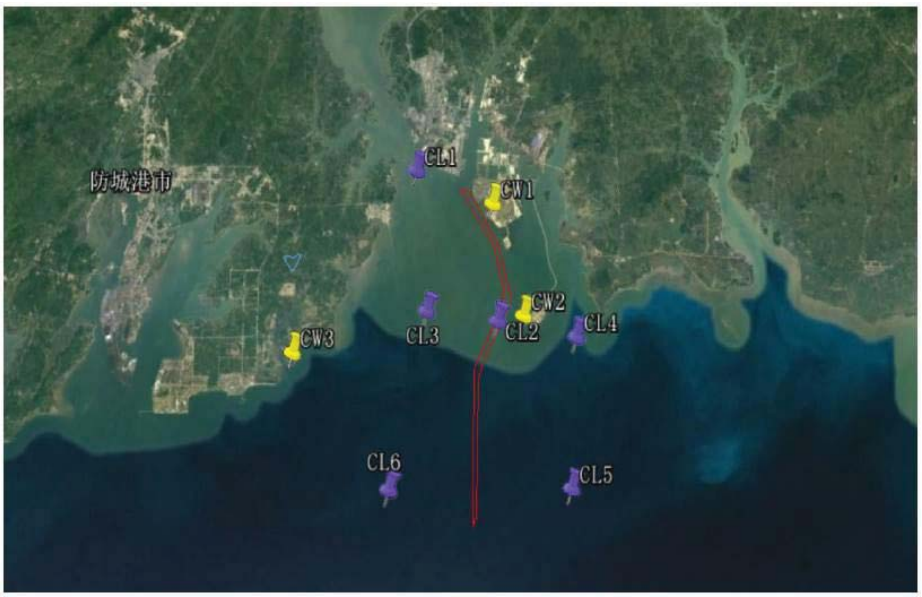


图 5.6.1-1 海流、潮位观测站位布设图

5.6.1.2 潮汐

（1）实测潮位资料统计分析

项目附近海域设置 3 个临时验潮站，分别位于钦州港（CW1）、三娘湾（CW2）和企沙半岛东岸（CW3），潮位曲线如图 5.6.2-1 所示。由观测结果可知，工程所在海域的潮汐属于不正规全日潮类型。观测期间三个临时潮位站潮汐潮差分别为 3.61m、3.57m 和 3.50m，落潮历时分别约 9h45min、10h 和 9h15min。

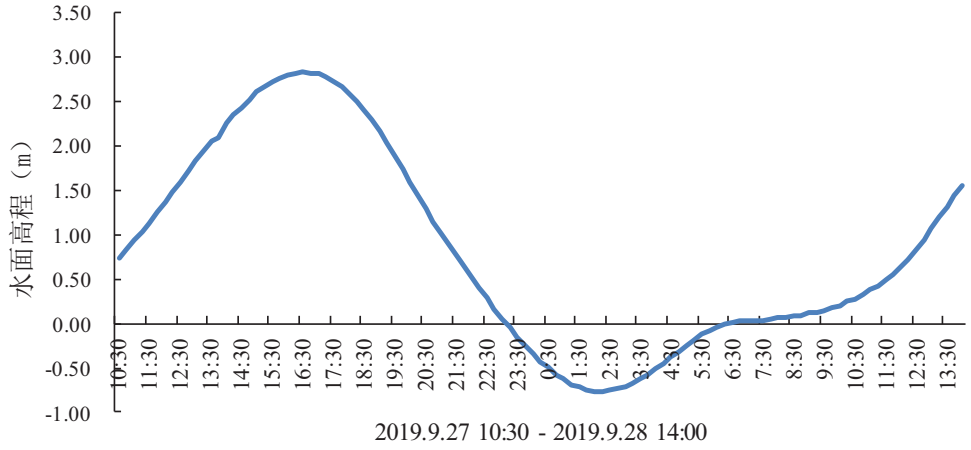


图 5.6.1-2a 钦州港临时验潮站（CW1）潮位曲线（85 高程）

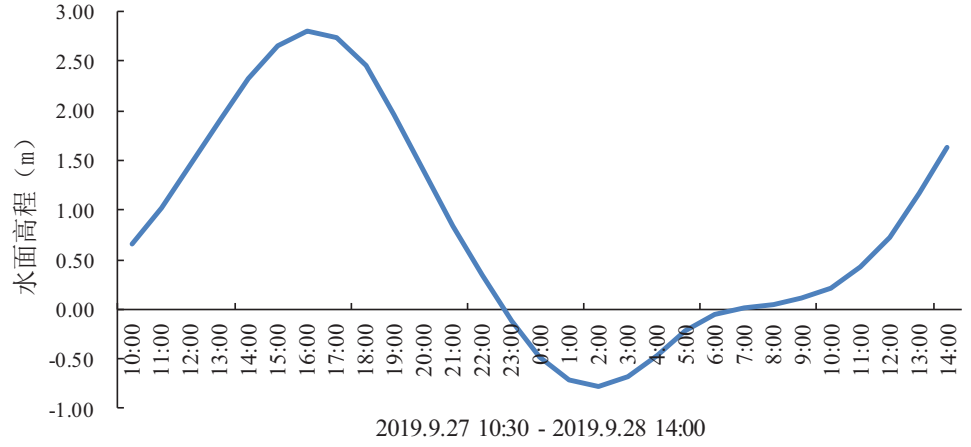


图 5.6.1-2b 三娘湾临时验潮站（CW2）潮位曲线（85 高程）

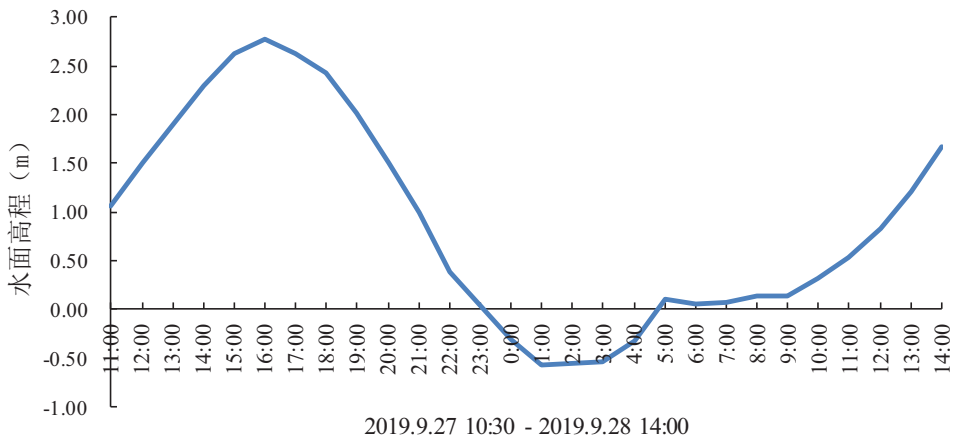


图 5.6.1-2c　企沙临时验潮站（CW3）潮位曲线（85 高程）

（2）历史潮位观测资料统计分析

钦州湾附近的常设海洋水文观测站（龙门站），据龙门站 1966~2010 年潮位观测资料统计，特征值（国家 85 基面）如下：

历年最高高潮位：3.98m（1986 年 7 月 22 日）

历年最低低潮位：-2.55m（1968 年 12 月 22 日）

历年涨潮最大潮差：5.95m（1968 年）

多年涨潮平均潮差：2.46m

历年落潮最大潮差：5.69m（1987 年）

多年落潮平均潮差：2.46m

钦州湾内除了龙门站外，常在果子山设临时水尺观测潮位，果子山和龙门基面为钦州湾内常用基面，其基面关系如图 6.6-3：

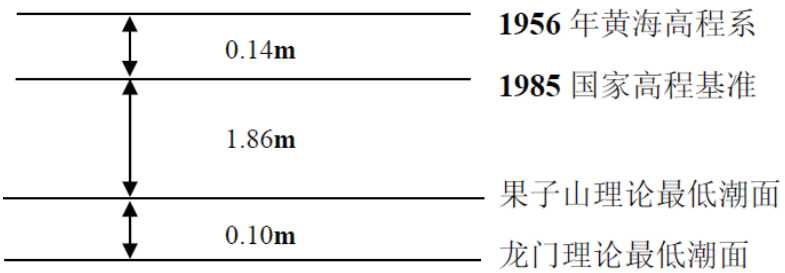


图 5.6.1-3 各基面换算关系

5.6.1.3 海流

（1）海流实测资料统计分析

2019 年 9 月实测海流平均流速、涨落潮最大流速、流向统计结果见表 5.6.3-1 所示，海流矢量图如图 5.6.3-1 所示。

该海域潮流运动形式以往复流为主，外侧海域逐渐向旋转流过渡。1#~6#站点，表层、底层平均流速分别介于 11.1~46.5cm/s、12.6~30.9cm/s 之间；涨潮时表层、底层最大流速分别介于 16.9~63.5cm/s、24.3~47cm/s 之间，落潮时表层、底层最大流速分别介于 22~113.4cm/s、20~108.6cm/s 之间。

从流速平面分布来看，1#~6#站点涨潮时表层最大流速出现在 1 站，最大流速为 63.5m/s，对应流向为 355.5°，落潮时表层最大流速出现在 2#站，最大流速为 113.4cm/s，对应流向为 204°；涨潮时底层最大流速出现在 1#站，最大流速为 47.0cm/s，对应流向为 358.2°，落潮时底层最大流速出现在 2#站，最大流速为 108.6cm/s，对应流向 201°。

从涨、落潮流速看，1#站点表层涨潮流速大于落潮流速，其余站点表层涨潮流速均小于落潮流速。

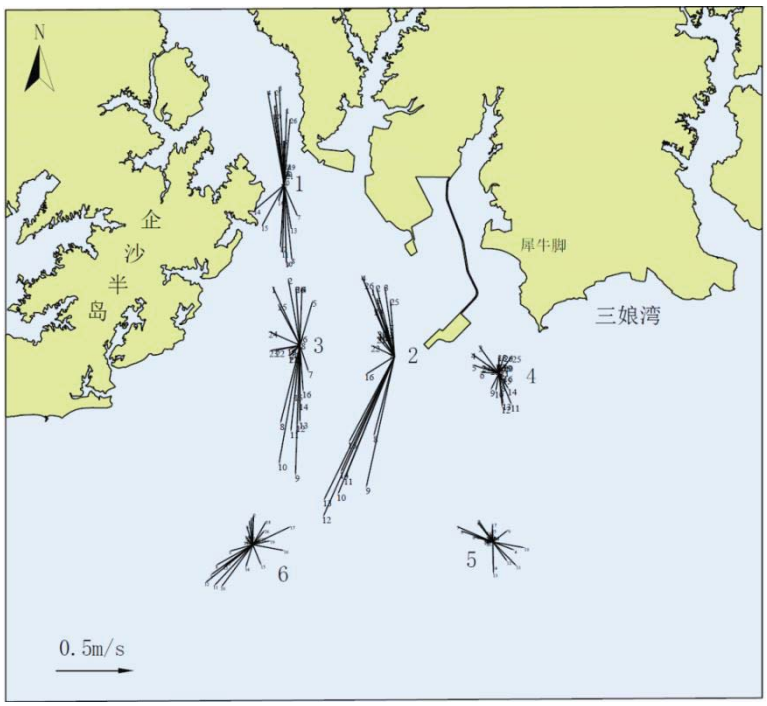


图 5.6.1-4a 2019 年 9 月海流观测矢量图（表层）

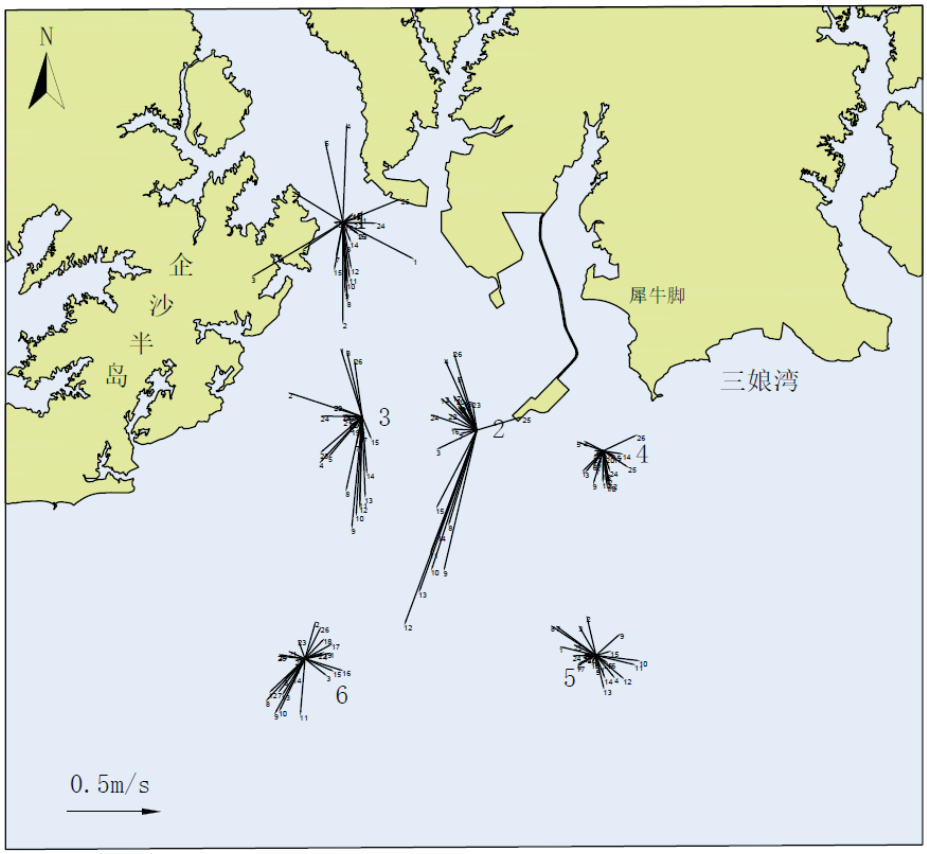


图 5.6.1-4b 2019 年 9 月海流观测矢量图（底层）

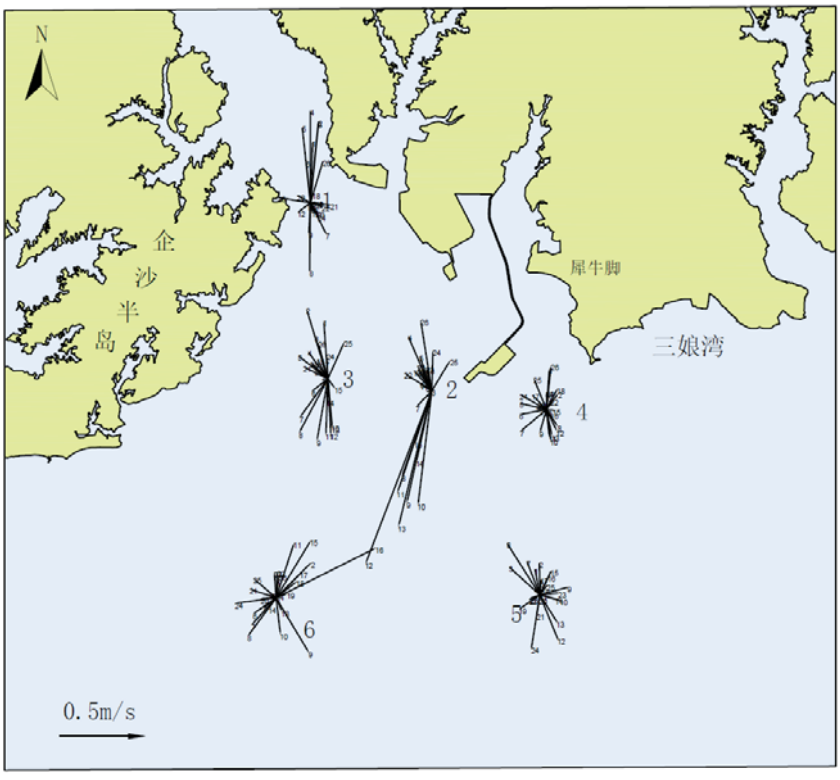


图 5.6.1-4c 2019 年 9 月海流观测矢量图（垂向平均）

表 5.6.1-3 2019 年 9 月海流观测特征值 单位：流速（cm/s）、流向（°）

站位	层位	平均流速		涨潮		落潮	
				最大流速		最大流速	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	表层	45.3	254.3	63.5	355.5	54	182.5
	0.2H	32.1	179.1	63.6	357.2	50.2	178.3
	0.4H	44.3	217.3	62.5	356.2	49.8	181.8
	0.6H	25.7	172.3	54.8	2.8	46.4	57.1
	0.8H	17.8	164.5	54.1	359.9	40.2	180.7
	底层	22.3	172.3	47	358.2	31.5	182
2#	表层	46.5	289.1	56.5	337.7	113.4	204
	0.2H	42.5	273.6	44.6	332.2	112.9	200.4
	0.4H	39.4	276.1	46.8	352.5	107.6	201
	0.6H	35.5	274.4	36	336.2	105.8	199
	0.8H	32.6	257.8	36	340.2	113.7	197.1
	底层	30.9	243.2	35.3	336.6	108.6	201
3#	表层	32.8	216.7	44	350	84	182
	0.2H	29.5	197.2	42	338	80	178
	0.4H	24.2	268.2	42	336	64	188
	0.6H	26.5	244.2	38	338	50	192
	0.8H	26.5	220.5	40	346	48	182
	底层	20.9	258.1	43	343	37	190
4#	表层	11.1	176.1	22	324	22	158
	0.2H	11.9	183.6	22	300	24	172
	0.4H	10.3	197.5	14	337	22	195
	0.6H	10.5	201.6	24	2	23	193
	0.8H	14.6	184.6	26	8	26	210
	底层	12.6	160.1	26	6	20	230
5#	表层	11.5	241.6	16.9	216.1	25.3	293.3
	0.2H	12.4	211.6	22.8	338.9	28.8	131.8
	0.4H	17.8	219.4	32.5	353.5	40.5	127.3
	0.6H	14.6	210.6	23	356	33.8	289.3
	0.8H	12.1	200.8	23.4	342.6	29	347.3
	底层	13.3	176.7	24.3	312.2	35.9	327.5
6#	表层	17.5	202.6	27.2	64.3	39.5	231.2
	0.2H	17.7	183.9	20	42.6	40.4	228.1
	0.4H	18.3	160.2	23.4	12.3	38.7	220.1
	0.6H	18.4	178.3	26.9	23.4	37.1	209.9
	0.8H	13.4	140.7	23	28.6	30.9	210.3
	底层	18.8	145.5	29.2	44.9	65.6	63.4

（2）潮流特征分析

①潮流性质

《港口与航道水文规范》中规定，潮流通常分为规则半日潮流、不规则半日潮流、不规则日潮流及规则日潮流。潮流性质判别依据为 $K=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$，其判别标准分别为：

$K\leq0.5$：规则半日潮流；

$0.5<K\leq2.0$：不规则半日潮流；

$2.0<K\leq4.0$：不规则日潮流；

$K>4.0$：规则日潮流。

其中 W_{O1}、W_{K1}、W_{M2} 分别为 O_1、K_1、M_2 分潮潮流椭圆长半轴之值。

根据2019年9月海流调查资料，经准调和分析后计算得到的K值如表5.6.3-2所示。由表可知，在各站的潮流性质判别系数中，1#站 K 值均大于 0.5 且小于 2，为不规则半日潮流；2#站 K 值均大于 2 且小于 4，为不规则日潮流；其余各站中，3#站底层、4#站 0.4h 层、5#站 0.4h 层和 6#站 0.6h 层 K 值大于 2 且小于 4，其余各层位 K 值均大于 0.5 且小于 2，主要表现为不规则半日潮流特征。据宋德海等人研究表明，钦州湾海域潮流具有不规则日潮流和不规则半日潮流两种性质。茅尾海边缘、龙门港局部、鹿耳环江、金鼓江、三娘湾和钦州湾外湾西侧主要是不规则半日潮，其余海区均为不规则日潮流。

表 5.6.1-4 2019 年 09 月潮流性质判别系数 $(W_{O_1}+W_{K_1})/W_{M_2}$

时间	测站	（$W_{o1}+W_{k1}$）/W_{M2}					
		表层	0.2h	0.4h	0.6h	0.8h	底层
2019.9.27~9.28	1#	-	1.83	-	0.97	0.94	-
	2#	2.24	2.25	2.24	2.02	2.05	2.25
	3#	1.85	1.69	1.78	1.82	1.74	2.03
	4#	1.79	1.96	2.60	1.94	1.60	1.95
	5#	1.24	1.27	2.16	1.50	1.74	0.84
	6#	1.65	1.72	1.86	2.12	1.47	1.11

②潮流运动形式

潮流的运动形式取决于本海区主要分潮流的椭圆要素。本海区的潮流具有不规则日潮流和不规则半日潮流两种性质，判断海区潮流的运动形式主要依据 M2 分潮和 K1 分潮确定。反映潮流运动形式的参量为旋转率（亦称椭圆率）K′，其值为该分潮流椭圆短轴与椭圆长轴的比值，其符号有“+”、“一”之分，“+”表示分潮流为逆时针旋转，“一”则为顺时针旋转。

潮流的运动形式分旋转流和往复流，通常以椭圆率 K′的绝对值大小来判断，当$|K'| = 1$时，潮流椭圆成圆形，各方向流速相等，为纯旋转流；当$|K'| = 0$时，潮流椭圆为一直线，海水在某一直线上往返流动，为典型往复流。$|K'|$值通常在 0-1 之间，$|K'|$值越大，旋转流的形式越显著，$|K'|$值越小，往复流的形式越显著。

根据 2019 年 9 月调查资料，经计算可知，各站点各层位主要分潮流的椭圆率$|K'|$值都小于 0.5，潮流运动形式为往复流。1#站位、6#站位的椭圆率为负值，潮流矢量的旋转方向以顺时针方向旋转，4#站位的椭圆率为正值，潮流矢量的旋转方向以逆时针方向旋转。其他各站各层潮流旋转方向不一致。

表 5.6.1-5 2019 年 9 月各站各层 M2 分潮流的 K’值表

时间	测站	K'					
		表层	0.2h	0.4h	0.6h	0.8h	底层
2019.9.27~9.28	1#	-	-0.09	-	0.00	-0.06	-
	2#	0.00	-0.01	0.01	-0.03	0.07	0.07
	3#	-0.12	-0.07	-0.05	0.22	0.10	0.45
	4#	0.02	0.33	0.17	0.26	0.34	0.45
	5#	-0.02	0.15	-0.19	0.47	0.26	0.19
	6#	0.00	-0.01	-0.23	-0.31	-0.03	-0.29

③潮流的平均最大流速和可能最大流速

a、平均最大流速

《港口与航道水文规范》中规定，按准调和分析方法分析的结果，确定潮流椭圆要素，并用下列公式计算大潮期间潮流的平均最大流速矢量。

对半日潮流海区，平均最大流速按下式计算：

$$V_{M_S} = W_{M_2} + W_{S_2}$$

对全日潮流海区，平均最大流速按下式计算：

$$V_{Ms} = W_{K_1} + W_{O_1}$$

式中$\vec{V}_{M_S}$为大潮平均最大流速矢量；W_{M_2}、W_{S_2}分别为主太阴半日分潮流、主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量；$\vec{W}_{K_1}$、$\vec{W}_{O_1}$分别为太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量、主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量。

根据2019年09月调查资料，经计算可得各站位各层的平均最大流速的量值与方向。由表可以看出，1~6#站位，平均最大流速以2#站表层为最大，为28.7cm/s，流向为11.8°，以5#站0.8h层为最小，为3.6cm/s，流向为315.3°。

表5.6.1-6 2019年09月平均最大潮流速度统计

测站	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)
1#	-	-	23	-9.38	-	-	26	6.7	18.1	-1.8	-	-
2#	28.7	11.8	25.9	6.9	24.1	6.1	24.1	4.1	22.7	4	20.1	7.1
3#	22.9	13.4	24.4	6.4	19.7	5.6	18.6	1.1	18.2	1.9	12.7	2.4
4#	7.1	-31.4	7.5	-29.1	5.1	-6.1	6.7	0	9.5	24.4	5.3	14.6
5#	5.4	318.27	5.4	313	6.6	301.1	5.4	286.2	3.6	315.3	8.9	333.3
6#	12.4	409.06	12.4	410.4	12.4	57.7	11.3	50.7	8.4	393.9	10.1	401.5

b、可能最大流速

根据《港口与航道水文规范》（JTS145—2015），对规则半日潮流海区可按下式计算：

$$\vec{V}_{\max}=1.295\vec{W}_{M_2}+1.245\vec{W}_{S_2}+\vec{W}_{K_1}+\vec{W}_{O_1}+\vec{W}_{M_4}+\vec{W}_{MS_4}$$

对规则全日潮流海区可按下式计算：

$$\vec{V}_{\max}=\vec{W}_{M_2}+\vec{W}_{S_2}+1.600\vec{W}_{K_1}+1.450\vec{W}_{O_1}$$

不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，应采用上述两式中的大值。

根据2019年9月调查资料，经计算可得各站位各层的可能最大流速的量值与方向（见表6.6-6）。由表可以看出，1~6#站位，表层潮流水质点可能最大潮流速度，以2#站位为最大，最大为73.14cm/s，流向264.26°，以5#站位为最小，最小为3.04cm/s，流向为372.06°；底层潮流水质点可能最大潮流速度，以2#站最大，最大为51.79cm/s，流向为266.22°，以6#站最小，最小为3.9cm/s，流向为392.45°。

表5.6.1-7 2019年09月可能最大潮流速度统计

测站	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)
1#	-	-	52.88	93.95	-	-	44.37	266.82	30.73	90.9	-	-
2#	73.14	264.26	66.71	266.24	61.63	266.32	58.11	267.05	55.12	267.15	51.79	266.22
3#	52.72	264.82	53.64	267.68	44.47	268.33	42.47	90.36	40.58	270	31.09	269.44
4#	15.33	105.97	16.86	104.45	4.17	-8.31	2.37	-39.13	8.86	-71.55	5.21	133.49
5#	3.04	372.06	3.68	383.08	16.56	121.53	6.32	223.71	2.67	126.54	24.05	-23.94
6#	9.71	191.55	9.75	197.79	12.62	-18.92	14.05	-20.05	5.16	212.46	3.9	392.45

④潮流水质点的运移距离

a、平均最大运移距离

潮流水质点的运移距离有平均最大距离和可能最大距离之分。

按《港口与航道水文规范》的规定，对半日潮流海区，水质点的平均最大运移距离按下式计算：

$$\vec{L}_{M_S}=142.3\vec{W}_{M_2}+137.5\vec{W}_{S_2} \qquad \vec{L}_{M_m}=142.3\vec{W}_{M_2}$$

$$\vec{L}_{M_n}=142.3\vec{W}_{M_2}-137.5\vec{W}_{S_2}$$

规则半日潮流海区，水质点的可能最大运移距离采用下列公式：

$$\vec{L}_{\max}=184.3\vec{W}_{M_2}+171.2\vec{W}_{S_2}+274.3\vec{W}_{K_1}+295.9\vec{W}_{O_1}+71.2\vec{W}_{M_4}+69.9\vec{W}_{MS_4}$$

对于规则全日潮流海区，水质点的可能最大运移距离采用下列公式：

$$\vec{L}_{\max}=142.3\vec{W}_{M_2}+137.5\vec{W}_{S_2}+460.8\vec{W}_{K_1}+432.0\vec{W}_{O_1}$$

式中$\vec{L}$代表潮流水质点的运移距离矢量，其它符号的含义同前。对于不规则半日潮流和不规则全日潮流海区，采用上两式中的较大值。

根据 2019 年 9 月调查资料，经计算可得各站位各层的水质点平均最大运移距离的量值与方向见下表。1~6#站位，表层潮流水质点平均最大运移距离，以 2#站最大，最大为 4.07km，流向为 11.76°，以 5#站最小，最小为 0.77km，流向

为 318.27°；底层潮流水质点平均最大运移距离，以 2#站最大，最大为 2.85km，流向为 7.08°，以 4#站最小，最小为 0.76km，流向为 14.54°。

表 5.6.1-8 2019 年 09 月各站位平均最大运移距离统计

测站	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)
1#	-	-	3.26	-9.38	-	-	3.69	6.73	2.57	-1.8	-	-
2#	4.07	11.76	3.68	6.87	3.42	6.07	3.42	4.14	3.21	4.03	2.85	7.08
3#	3.25	13.35	3.46	6.37	2.79	5.61	2.64	1.1	2.58	1.96	1.8	2.43
4#	1.01	-31.43	1.06	-29.08	0.72	-6.06	0.95	0	1.35	24.42	0.76	14.54
5#	0.77	318.27	0.77	313.01	0.93	301.06	0.77	286.24	0.51	315.29	1.26	333.31
6#	1.76	409.06	1.76	410.4	1.76	57.71	1.6	50.74	1.2	393.96	1.44	401.52

b、可能最大运移距离

根据 2019 年 9 月调查资料，经计算可得各站位各层的水质点可能最大运移距离的量值与方向见表 6.6-8。1~6#站位，表层潮流水质点可能最大运移距离以 2#站最大，最大为 4.91km，流向为 12.31°，以 5#站最小，最小为 0.86km，流向为 148.7°；底层潮流水质点可能最大运移距离以 5#站最大，最大为 3.96km，流向为 152.62°，以 6#站最小，最小为 2.01km，流向为 23.7°。

表 5.6.1-9 2019 年 09 月各站位可能最大运移距离统计

测站	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)
1#	-	-	3.94	-10.7	-	-	4.81	9.38	3.16	-3.02	-	-
2#	4.91	12.31	4.38	6.68	4.13	6.61	4.13	4.88	3.83	4.54	3.4	7.92
3#	4.46	12.91	4.64	6.31	3.63	7.03	3.24	1.27	2.99	2.9	2.33	0.27
4#	1.21	-27.59	1.46	-22.31	2.4	-5.78	2.05	-8.55	2.61	-25.03	2.32	-13.05
5#	0.86	148.7	0.69	155.73	1.75	12.81	630.33	104.95	415.79	143.64	3.96	152.62
6#	3.14	37.43	3.39	31.68	4.33	9.33	4.68	5.2	2.41	23.1	2.01	23.7

⑤余流

余流是指从实测海流中分离出潮流后所余下部分，包括风海流、沿岸流和潮致余流。根据准调和分析得到的是潮致余流。由表可以看出 2019 年 9 月余流值在 0.7～20.6cm/s 之间，1~6#站位中，2#站表层余流流速最大，为 20.6cm/s，流向为 239.6°，5#站 0.2h 层余流流速最小，为 0.7cm/s，流向为-45.4°。

表 5.6.1-10 2019 年 9 月各站位余流分布特征

测站	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)
1#	-	-	3.4	-29.7	-	-	5.3	28.4	5.6	9.1	-	-
2#	20.6	239.6	18.8	237	17.6	238.3	16.7	231.6	17.2	223.1	15.7	217.8
3#	13.7	203.8	9.2	200.4	7.1	222.2	6.1	249.3	4.7	233.5	5.9	252.4
4#	1.7	251.4	1.7	248.2	2	231.6	2.1	231.2	2.9	267.3	2	-67.9
5#	1.7	-45.4	0.7	-45.4	2.7	22.6	5.1	3.5	7.1	13.2	1.7	-45.4
6#	5.6	242.9	6.3	242.5	5.6	233.6	5.4	235.6	2.2	176.3	4.1	38.6

5.6.2 2021 年海洋水文调查

本报告采用天津水运工程勘察设计院有限公司于 2021 年 8 月 5 日-25 日大、小潮期间针对本项项目做的海洋水文现状调查。

5.6.2.1 调查概况

在工程区近岸海域布置 V1~V6 共 6 条水文垂线。同时在海域布置布置 H1、H2 潮位测站（可采用当地固定潮位站），开展同步潮位观测。

表 5.6.2-1 水文测验站位置

站位	测站	经度	纬度
V1	潮流站	108°35'51.9400"E	21°51'36.6700"
V2	潮流站	108°32'47.3900"E	21°47'13.6100"
V3	潮流站	108°33'46.2123"E	21°44'30.2112"
V4	潮流站	108°35'52.2166"E	21°41'41.8347"
V5	潮流站	108°35'11.0244"E	21°38'32.8572"
V6	潮流站	108°38'59.7684"E	21°39'19.4818"
H1	潮位站	108°33' 57.63"E	21°49' 44.44"
H2	潮位站	108°35'10.0271"E	21°43'05.3177"

5.6.2.2 潮汐

（1）大、小潮观测期间潮位特征

从实测潮位过程线图来看，在小潮期间，施测海域的潮汐日不等现象较为明显。本次全潮测验期间，H1、H2 验潮站实测最大潮差大潮为 382cm、小潮为 169cm，两站实测平均潮差大潮为 359cm、小潮为 132cm。

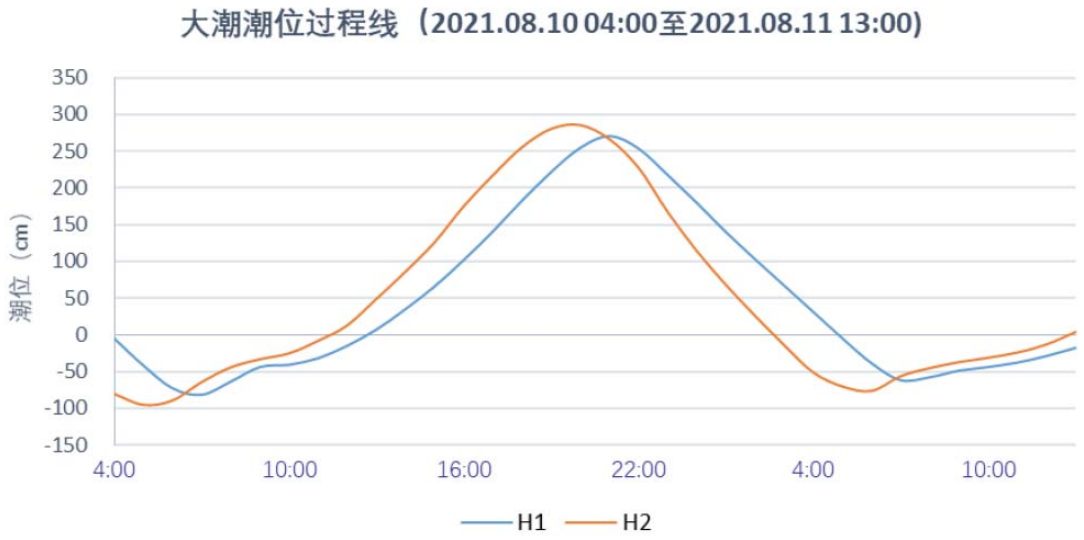


图 5.6.2-2　大潮期间各验潮站潮位过程线图

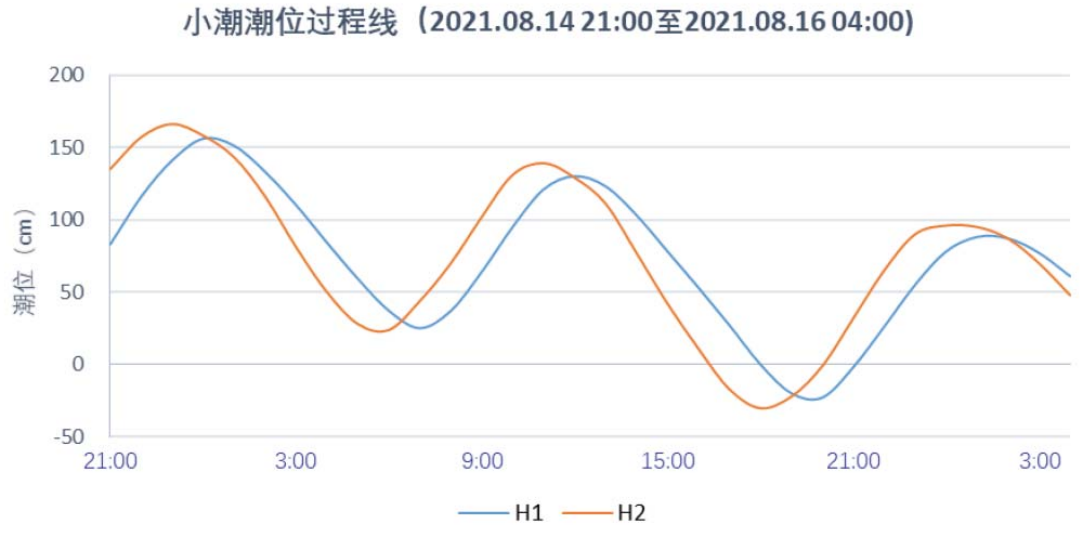


图 5.6.2-3　小潮期间各验潮站潮位过程线图

施测海域高、低潮位统计表见表 5.6.2-2。根据实测资料统计得知，观测海域大、小潮期间，两站高低潮发生时刻差别较大，湾颈处的 H2 测站高低潮发生时

刻早于内湾处的 H1 测站。

表 5.6.2-2 大、小潮期间施测海域各测站高、低潮位统计表

站位	潮型	低潮		高潮		低潮		高潮		低潮		高潮	
		潮时 h:min	潮高 (cm)	潮时 h:min	潮高 (cm)	潮时 h:min	潮高 (cm)	潮时 h:min	潮高 (cm)	潮时 h:min	潮高 (cm)	潮时 h:min	潮高 (cm)
H1	大潮	6:47	-83	21:00	271	7:22	-64	—	—	—	—	—	—
	小潮	—	—	0:12	157	7:00	25	12:02	130	19:40	-24	1:22	89
H2	大潮	5:20	-96	19:40	286	5:42	-78	—	—	—	—	—	—
	小潮	—	—	23:02	166	5:37	23	10:55	139	17:57	-30	23:55	96

统计观测期间大、小潮涨落潮历时和潮差统计结果见表 5.6.2-3。

1）实测涨、落潮平均历时：大潮涨、落潮平均历时分别为 14 小时 16 分和 10 小时 12 分，涨潮历时大于落潮历时；小潮涨、落潮平均历时分别为 5 小时 30 分和 7 小时 00 分，涨潮历时小于落潮历时。大、小潮涨、落潮平均历时差分别为 4 小时 03 分和 1 小时 30 分，涨落潮历时差差异明显。

2）实测涨、落潮平均潮差：H1 站大潮为 345cm、小潮为 126cm，H2 站大潮为 373cm、小潮为 139cm。大潮涨、落潮平均潮差分别为 368cm 和 350cm，小潮分别为 115cm 和 150cm。H1、H2 站平均潮差分别为 235cm、256cm。

表 5.6.2-3 大、小潮观测期间施测海域涨、落潮历时和潮差统计表

站位	潮型	历时 (h:min)						潮差（cm）					
		第一次涨落潮		第二次涨落潮		平均		第一次涨落潮		第二次涨落潮		平均	
		涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮
H1	大潮	14:12	10:22	—	—	14:12	10:22	354	335	—	—	354	335
	小潮	5:02	6:47	5:42	7:37	5:22	7:12	105	132	113	154	109	143
H2	大潮	14:20	10:02	—	—	14:20	10:02	382	364	—	—	382	364
	小潮	5:17	6:35	5:57	7:02	5:37	6:48	116	143	126	169	121	156

（2）实测短期潮位特征值

根据施测海域两处临时验潮站本期观测数据统计，各站实测潮位特征值见下表。

表 5.6.2-4 各验潮站潮位特征值（单位：cm）

潮位特征值 \ 验潮站	H1	H2
最高潮位	294	308
最低潮位	-116	-133
平均高潮位	211	224
平均低潮位	-51	-57
平均海平面	72	73
最大潮差	410	441
最小潮差	23	20
平均潮差	260	278
平均涨潮历时（h:min）	10:53	11:14
平均落潮历时（h:min）	9:03	8:42
潮高基准面	国家 85 高程基准	
统计时间	2021 年 08 月 09 日 00:00～2021 年 08 月 24 日 00:00	

两站实测高潮位和潮差，湾颈处的 H2 站均大于内湾处的 H1 站。H1、H2 站平均涨潮历时均大于落潮历时，平均涨、落潮历时差约为 2 小时 11 分钟。

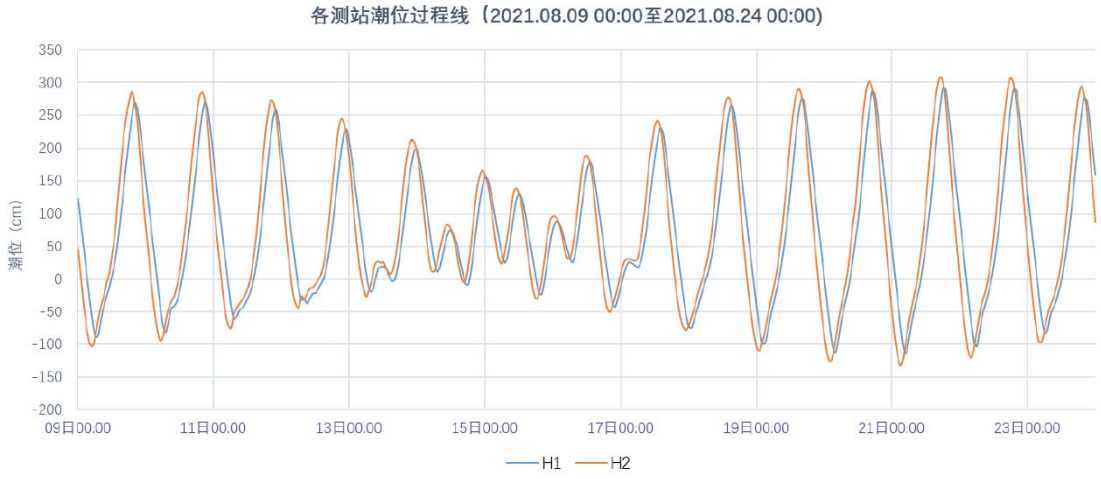


图 3.1.6-4 各验潮站潮位过程线图

（3）短期潮汐调和分析

通过对本次测验验潮站 H1、H2 站 2021 年 08 月 09 日 00:00～2021 年 08 月 24 日 00:00 的潮位数据，采用最小二乘法进行潮汐调和分析，求出 11 个分潮的调和常数。调和常数表见下表。

表 5.6.2-5　各测站调和常数表

分　潮		H1		H2	
		H(cm)	g(°)	H(cm)	g(°)
1	Q_1	16.1	41	18.0	19
2	O_1	84.1	66	93.9	43
3	P_1	26.5	125	29.2	99
4	K_1	80.2	129	88.4	103
5	N_2	5.7	192	7.6	158
6	M_2	29.8	219	39.6	185
7	S_2	12.4	336	12.1	290
8	k_2	3.4	340	3.3	294
9	M_4	2.1	81	1.8	72
10	MS_4	4.0	127	3.3	52
11	M_6	0.9	312	1.1	324

潮汐性质按下式计算标准判别：

$$F = \frac{H_{O_1} + H_{K_1}}{H_{M_2}}$$

当 F≤0.5 时为正规半日潮

当 0.5＜F≤2.0 时为不正规半日混合潮

当 2.0＜F≤4.0 时为不正规全日混合潮

当 4.0＜F 时为正规全日潮

式中的 H_{O1}、H_{K1}、H_{M2} 分别为主太阴日分潮、太阴太阳赤纬日分潮、主太阴半日分潮的平均振幅（cm）。

计算得出 H_1、H_2 站的 F 值分别为 5.51、4.61，从数值上看，可以表明施测海域的潮汐属于正规全日潮性质。

5.6.2.3 海流

（1）实测海流特征值分析

将各个测站的垂线平均流速以落潮为正、涨潮为负绘制潮位及垂线平均流速流向过程线图（见图 5.6.2-5 至图 5.6.2-8），以各个测站的垂线平均流速、流向为

依据绘制海流矢量图（见图 5.6.2-9 至图 5.6.2-12）。

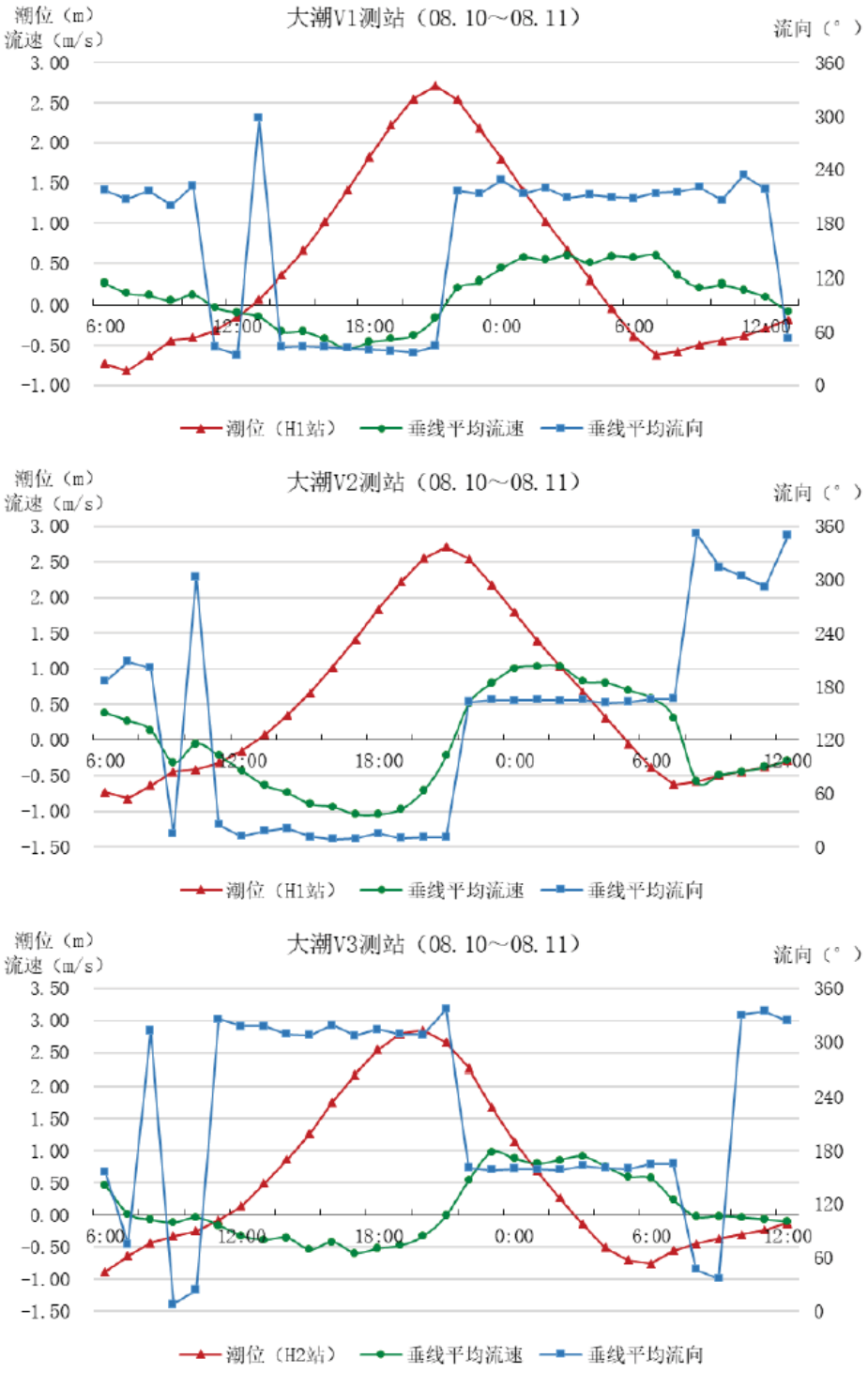


图 5.6.2-5　大潮期间 V1-V3 测站潮位及流速流向过程线

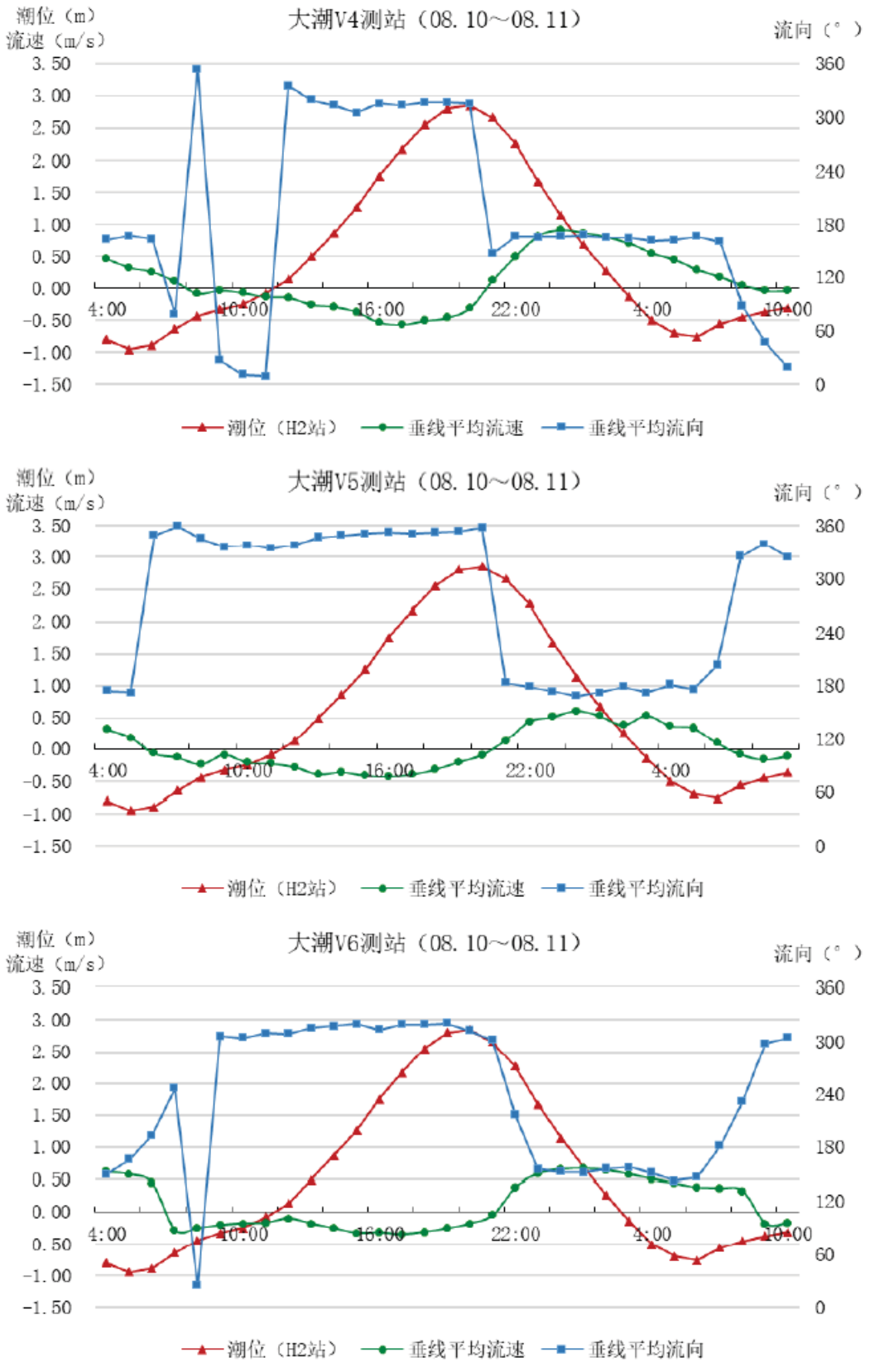


图 5.6.2-6　大潮期间 V4-V6 测站潮位及流速流向过程线

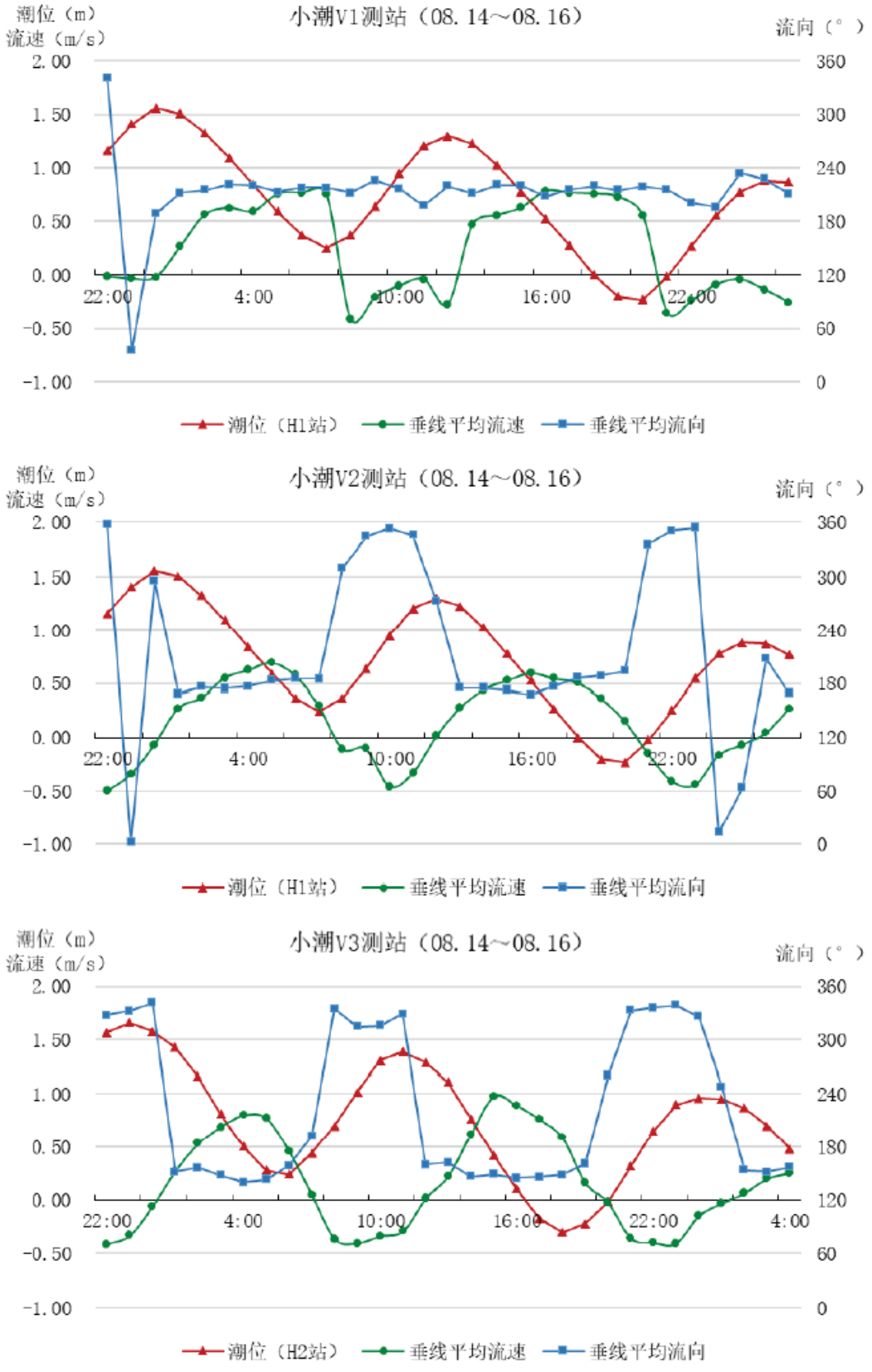


图 5.6.2-7　小潮期间 V1-V3 测站潮位及流速流向过程线

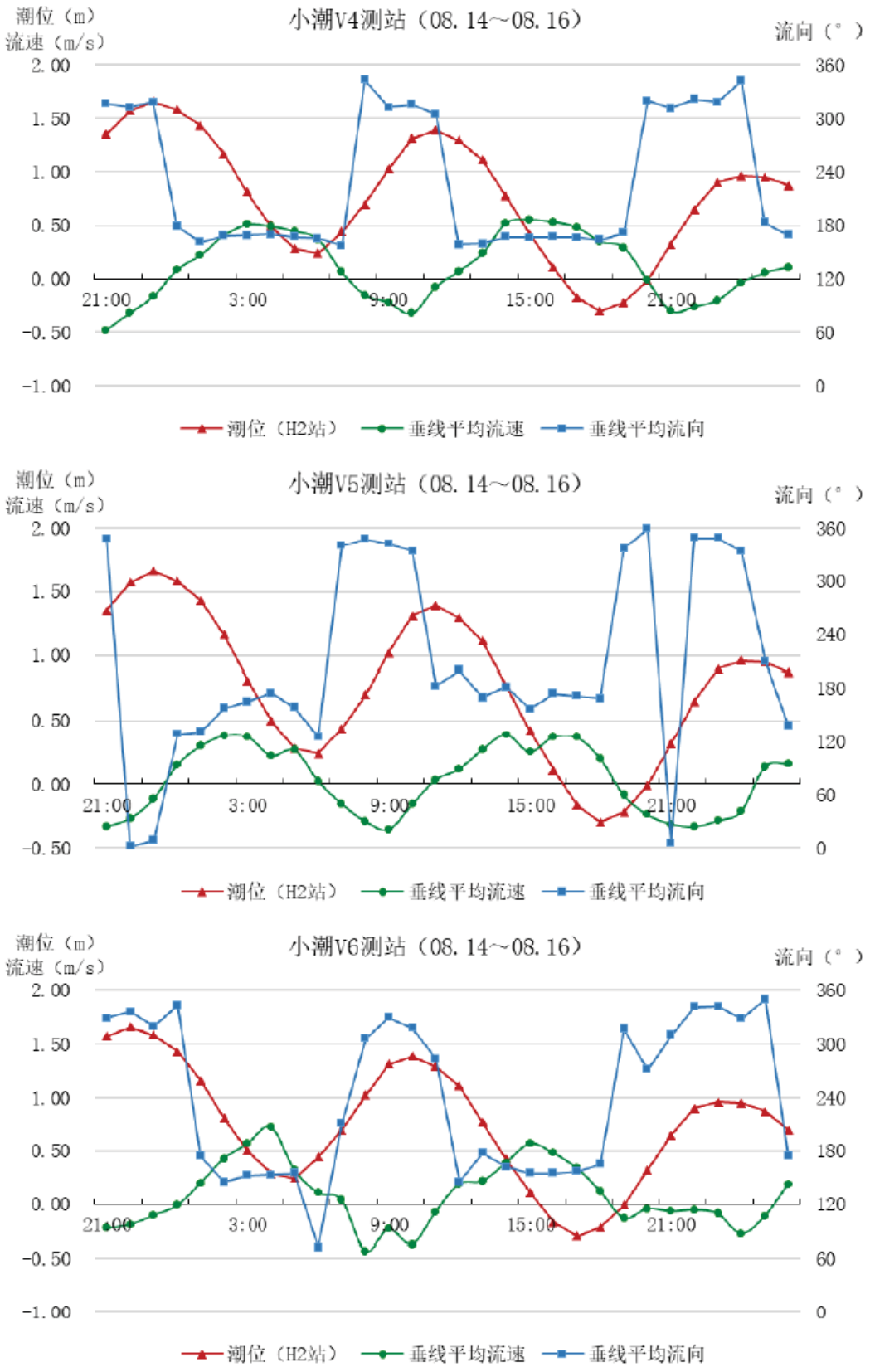


图 5.6.2-8　小潮期间 V4-V6 测站潮位及流速流向过程线

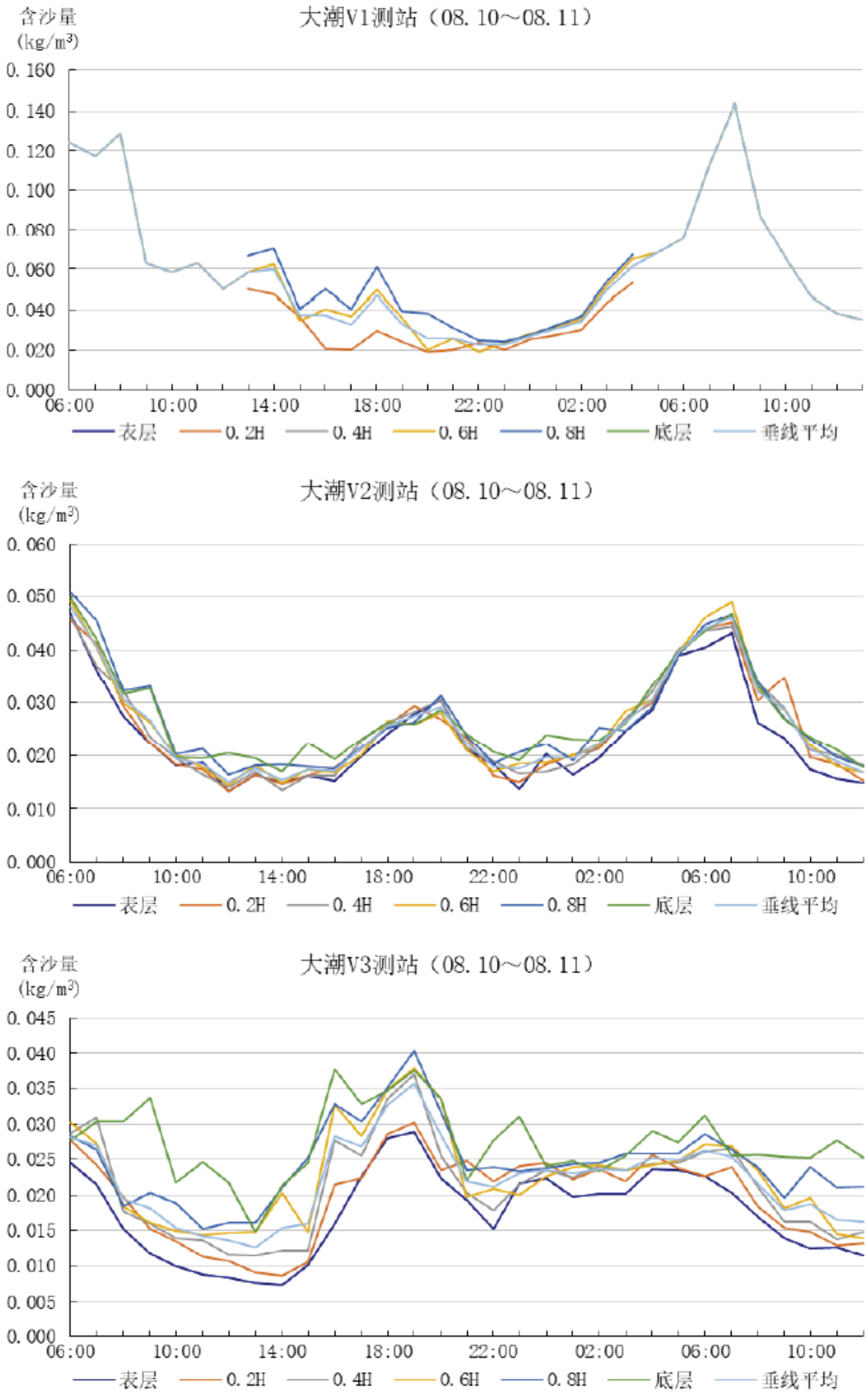


图 5.6.2-9　大潮期间 V1-V3 测站含沙量过程线

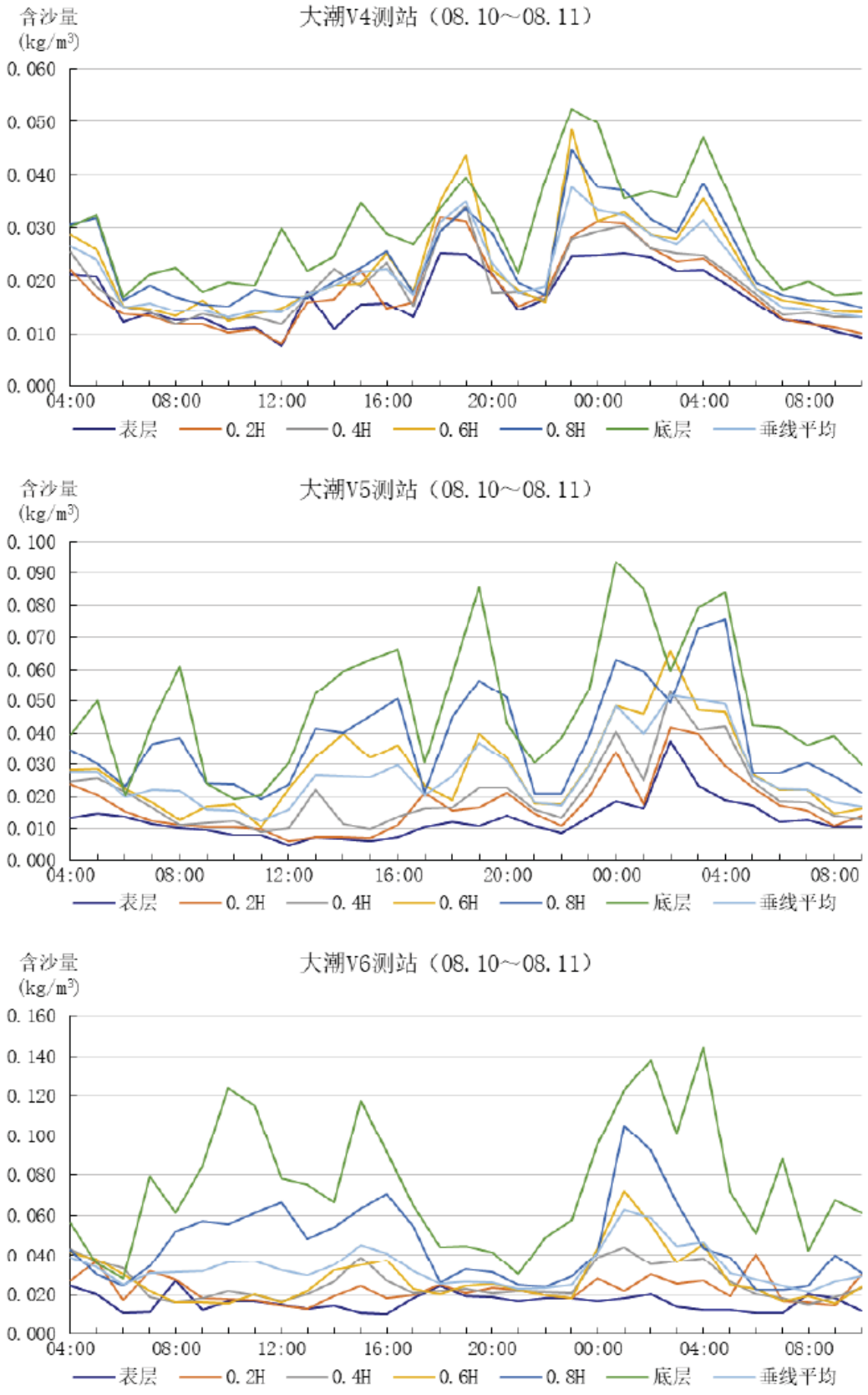


图 5.6.2-10　大潮期间 V4-V6 测站含沙量过程线

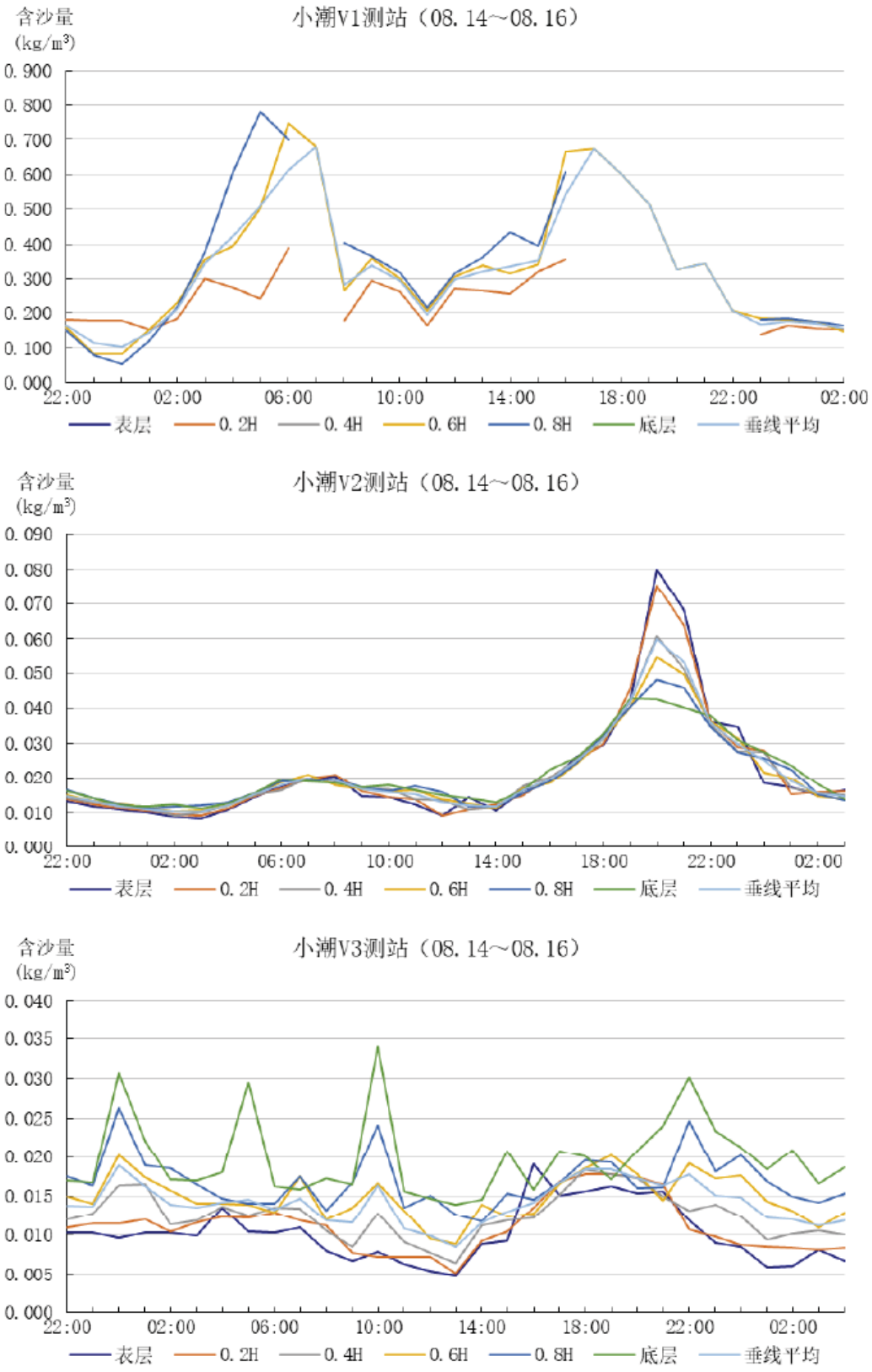


图 5.6.2-11　小潮期间 V1-V3 测站含沙量过程线

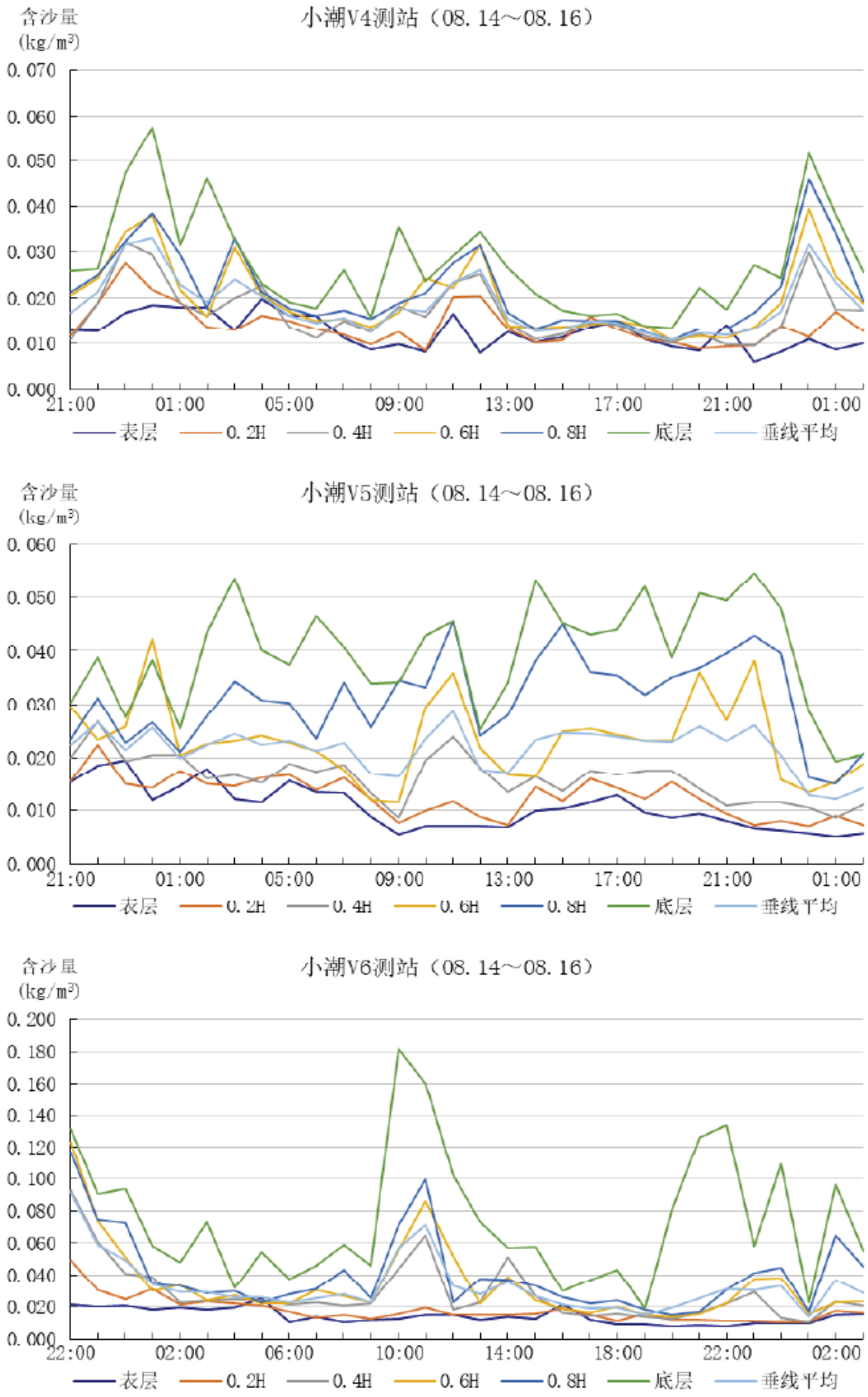


图 5.6.2-12　小潮期间 V4-V6 测站含沙量过程线

1）潮段平均流向

根据各站涨、落潮平均流速、流向计算结果（表 5.6.2-6），本次测验施测海域垂线平均流速矢量图见图 5.6.2-13 至图 5.6.2-14。

表 5.6.2-6　实测海域大、小潮涨、落潮平均流向统计表（°）

站名	涨潮			落潮		
	大潮	小潮	平均	大潮	小潮	平均
V1	38	215	127	214	217	216
V2	13	351	2	164	179	172
V3	314	328	321	160	149	154
V4	319	319	319	164	167	166
V5	348	348	348	176	165	170
V6	314	319	317	162	155	158

结合统计结果以及各测站垂线平均流速矢量图可以看出，除内湾湾顶河口处的 V1 测站小潮期间涨、落潮平均流向均为 SW 外，各测站基本呈明显的往复流性质，与潮流调和分析结果一致。内湾南部的 V2 测站涨、落潮平均流向为 N~S，湾颈附近的 V3、V4 测站涨、落潮平均流向为 NW~SSE，外湾西侧的 V5 测站涨、落潮平均流向为 NNW~S，外湾东侧的 V6 测站涨、落潮平均流向为 NW~SSE。

2）潮段平均流速

通过对本期测验各测站的垂线平均流速进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其矢量平均值得到各测站潮段平均流速（见表 5.6.2-7），统计得出：

施测海域内湾湾顶河口处的 V1 测站实测涨、落潮平均流速分别为 0.24m/s 和 0.52m/s。施测海域内湾南部的 V2 测站实测涨、落潮平均流速分别为 0.43m/s 和 0.59m/s；其中，大、小潮平均流速分别为 0.69m/s 和 0.33m/s。施测海域湾颈附近的 V3、V4 测站实测涨、落潮平均流速分别为 0.26m/s 和 0.52m/s；其中，大潮涨、落潮段平均流速分别为 0.29m/s 和 0.22m/s，小潮涨、落潮段平均流速分别为 0.61m/s 和 0.44m/s。施测海域外湾处的 V5、V6 测站实测涨、落潮平均流速分别为 0.22m/s 和 0.35m/s；其中，大潮涨、落潮段平均流速分别为 0.23m/s 和 0.20m/s，小潮涨、落潮段平均流速分别为 0.43m/s 和 0.28m/s。各测站落潮段平均流速均大于涨潮段平均流速。

表 5.6.2-7　各测站潮段平均流速统计表（m/s）

站名	涨潮			落潮		
	大潮	小潮	平均	大潮	小潮	平均
V1	0.28	0.19	0.24	0.40	0.64	0.52
V2	0.63	0.23	0.43	0.76	0.42	0.59
V3	0.31	0.27	0.29	0.71	0.52	0.61
V4	0.28	0.17	0.23	0.51	0.35	0.43
V5	0.25	0.24	0.25	0.39	0.24	0.32
V6	0.20	0.17	0.19	0.46	0.32	0.39

3）实测最大流速

各测站涨、落潮段的垂线平均最大流速如表 5.6.2-8 所示。

①垂线平均最大流速：各测站垂线平均最大流速，大潮为 1.04m/s，流向 15°和 165°，分别出现在 V2 测站的涨、落潮段；小潮为 0.98m/s，流向 149°，出现在 V3 测站的落潮段。

②测点最大流速：各层实测最大流速，大潮出现在 V2 测站的表层，为 1.39m/s，流向为 173°；小潮出现在 V3 测站的 0.2H 层，为 1.28m/s，流向为 145°。

③实测最大流速随潮汛的变化：由上述数据按潮汛比较可知，各测站均呈现大潮流速大，小潮流速小的规律。

表 5.6.2-8　实测海域涨、落潮垂线平均最大流速、流向统计表

站号	潮段	大潮		小潮	
		流速	流向	流速	流向
V1	涨潮	0.54	42	0.41	212
	落潮	0.61	209	0.79	208
V2	涨潮	1.04	15	0.45	353
	落潮	1.04	165	0.70	183
V3	涨潮	0.60	307	0.40	339
	落潮	0.97	158	0.98	149
V4	涨潮	0.57	313	0.32	316
	落潮	0.91	167	0.55	167
V5	涨潮	0.43	353	0.36	342
	落潮	0.61	168	0.39	182
V6	涨潮	0.35	319	0.44	306
	落潮	0.67	152	0.73	153

表 5.6.2-9　各测站涨、落潮段测点最大流速特征值统计表

潮型	站名	涨潮			落潮		
		流速	流向	测点	流速	流向	测点
大潮	V1	0.54	39	0.6H	0.61	208	0.6H
	V2	1.29	9	表层	1.39	173	表层
	V3	0.80	307	0.6H	1.25	153	0.2H
	V4	0.69	297	表层	1.00	164	0.4H
	V5	0.55	354	0.4H	0.83	169	表层
	V6	0.54	317	表层	0.88	150	表层
小潮	V1	0.42	217	0.6H	0.80	215	0.6H
	V2	0.61	352	0.6H	0.88	173	表层
	V3	0.60	342	0.2H	1.28	145	0.2H
	V4	0.45	304	表层	0.66	165	0.4H
	V5	0.49	340	0.6H	0.58	175	表层
	V6	0.65	311	0.8H	0.95	152	0.2H

4）潮段平均流速垂向分布

通过对本次测验各个测站的各层实测的流速资料进行统计，按涨潮段、落潮段分别统计平均值得到各测站的涨、落潮段平均流速垂向分布（如表 5.6.2-10）。

统计结果表明：本海域垂向上流速涨潮时基本呈从表层到底层先增大后减小的分布趋势，落潮时基本呈从表层到底层逐渐减小的分布趋势。

表 5.6.2-10　各测站涨、落潮段平均流速垂向分布统计表（m/s）

潮型	站名	涨潮						落潮					
		表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层
大潮	V1	—	—	—	0.29	—	—	—	—	—	0.40	—	—
	V2	0.76	0.72	0.66	0.63	0.54	0.39	1.05	0.95	0.85	0.74	0.58	0.34
	V3	0.17	0.36	0.41	0.34	0.27	0.14	0.88	0.94	0.82	0.75	0.51	0.23
	V4	0.33	0.33	0.32	0.28	0.26	0.23	0.42	0.52	0.58	0.55	0.52	0.36
	V5	0.15	0.23	0.30	0.30	0.27	0.21	0.49	0.44	0.43	0.40	0.35	0.23
	V6	0.23	0.23	0.20	0.20	0.20	0.16	0.61	0.57	0.53	0.45	0.32	0.21
小潮	V1	—	—	—	0.18	—	—	—	—	—	0.65	—	—
	V2	0.08	0.16	0.27	0.31	0.31	0.25	0.49	0.51	0.48	0.44	0.34	0.22
	V3	0.15	0.31	0.32	0.31	0.27	0.13	0.72	0.68	0.62	0.52	0.34	0.16
	V4	0.22	0.20	0.21	0.21	0.14	0.06	0.25	0.35	0.41	0.40	0.37	0.21
	V5	0.12	0.15	0.25	0.30	0.33	0.24	0.36	0.29	0.27	0.23	0.17	0.13
	V6	0.06	0.08	0.14	0.23	0.26	0.19	0.51	0.52	0.42	0.26	0.13	0.08

（2）潮流准调和分析

潮流调和分析的目的是根据海流周日观测资料，分离潮流和非潮流，同时算得潮流调和常数，进而计算其潮流特征值，并判断海区的潮流性质。

1）潮流椭圆要素

对本次测验的 6 个测站的大、小潮实测潮流资料，采用准调和分析方法分别计算出 O_1、K_1、M_2、S_2、M_4、$MS_4$6 个主要分潮流调和常数，再根据调和常数，计算出各测站主要分潮流的潮流椭圆要素。

各主要分潮流以 O_1 全日分潮流为主，其次是 K_1 全日分潮流、M_2 半日分潮流、S_2 半日分潮流，M_4 四分之一日分潮流和 MS_4 复合分潮流较小。O_1 全日分潮流最大流速（长半轴）的最大值为 62.8cm/s（V2 测站表层），K_1 全日分潮流最大流速（长半轴）的最大值为 59.2cm/s（V2 测站表层），M_2 半日分潮流最大流速（长半轴）的最大值为 50.7cm/s（V3 测站 0.4H 层），S_2 半日分潮流最大流速（长半轴）的最大值为 30.4cm/s（V3 测站表层）。

表 5.6.2-11　各测站垂线平均主要分潮流椭圆要素表

测站	O_1			K_1			M_2			S_2			M_4			MS_4		
	长半轴	椭圆率	长轴向	长半轴	椭圆率	长轴向	长半轴	椭圆率	长轴向	长半轴	椭圆率	长轴向	长半轴	椭圆率	长轴向	长半轴	椭圆率	长轴向
V1	27.5	-0.01	215	22.3	-0.04	35	27.5	-0.01	40	10.3	-0.16	206	4.5	-0.21	206	4.5	-0.36	56
V2	46.6	-0.10	178	46.2	-0.12	357	40.9	-0.08	358	10.0	-0.65	209	2.0	-0.78	195	8.1	-0.06	3
V3	37.0	-0.10	150	34.0	0.09	330	40.6	-0.04	321	25.0	-0.20	152	6.6	0.09	322	7.2	-0.27	144
V4	32.7	-0.13	156	29.1	0.16	338	30.3	-0.10	330	9.9	-0.26	185	3.4	-0.12	93	4.8	0.13	318
V5	25.4	-0.04	176	23.8	0.05	344	20.9	-0.11	350	12.0	-0.08	158	1.3	-0.39	289	5.4	-0.16	174
V6	24.0	-0.01	156	24.0	-0.01	331	23.5	-0.01	329	16.7	-0.01	151	7.6	0.27	350	5.1	-0.01	346

表 5.6.2-12　各测站各层主要分潮流椭圆要素表

测站		O_1			K_1			M_2			S_2			M_4			MS_4		
		长半轴	椭圆率	长轴向	长半轴	椭圆率	长轴向	长半轴	椭圆率	长轴向	长半轴	椭圆率	长轴向	长半轴	椭圆率	长轴向	长半轴	椭圆率	长轴向
V1	表层	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.2H	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.4H	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.6H	28.2	-0.01	215	22.4	-0.01	34	27.2	-0.01	39	10.8	-0.13	204	4.8	-0.13	210	5	-0.39	53
	0.8H	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	底层	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	垂线平	27.5	-0.01	215	22.3	-0.04	35	27.5	-0.01	40	10.3	-0.16	206	4.5	-0.21	206	4.5	-0.36	56
V2	表层	62.8	-0.04	177	59.2	-0.07	0	40.7	-0.12	6	12.6	-0.22	104	6.5	0.03	322	10.5	-0.15	4
	0.2H	58.8	-0.07	177	55.2	-0.11	359	43.6	-0.09	2	9.9	-0.83	88	3.8	-0.37	298	8.9	-0.12	15
	0.4H	50.5	-0.08	177	50.2	-0.11	356	45.3	-0.08	0	11.3	-0.75	185	4	-0.61	179	8.7	-0.05	4
	0.6H	44.7	-0.1	178	45.8	-0.12	356	43.3	-0.1	357	11.9	-0.59	195	4	-0.03	186	9.2	0.06	355
	0.8H	35.7	-0.17	180	37.5	-0.17	358	39.8	0.08	351	12.4	-0.35	19	2.1	-0.36	190	7.1	0.1	353
	底层	24.3	-0.2	185	25.9	-0.22	0	27.4	0.05	344	13.3	-0.04	356	2.6	-0.01	314	7.9	0.31	350
	垂线平	46.6	-0.1	178	46.2	-0.12	357	40.9	-0.08	358	10	-0.65	209	2	-0.78	195	8.1	-0.06	3
V3	表层	36.6	-0.12	150	36.8	0.01	334	43.9	0.04	327	30.4	-0.1	151	11.2	0.19	319	8.8	-0.3	139
	0.2H	47.5	-0.12	147	44.5	0.03	329	48.8	0.02	325	30	-0.03	158	9.6	0.09	321	9.1	-0.44	138
	0.4H	45.1	-0.09	153	40.9	0.2	331	50.7	-0.06	316	28.1	-0.31	146	8.2	0.3	280	7.9	-0.46	336
	0.6H	40.6	-0.15	147	35.6	0.1	327	43	-0.06	319	25.7	-0.17	151	7.6	-0.13	340	9.1	-0.08	321
	0.8H	29.2	-0.03	149	26.8	0.1	326	31.6	-0.07	318	21	-0.28	150	3.7	-0.63	343	5.4	-0.07	318
	底层	10.5	-0.16	166	8.9	0.09	358	16.3	-0.1	321	10.6	-0.62	154	4	-0.07	15	3.6	-0.23	177
	垂线平	37	-0.1	150	34	0.09	330	40.6	-0.04	321	25	-0.2	152	6.6	0.09	322	7.2	-0.27	144
V4	表层	32.9	-0.12	142	27.6	0.1	323	31.9	-0.16	319	9.3	-0.08	95	5.6	-0.04	140	7.1	-0.11	307
	0.2H	36.2	-0.16	149	30.8	0.17	332	32.8	-0.12	326	8.8	-0.73	144	4	-0.03	131	5.7	-0.14	306
	0.4H	35.8	-0.11	151	31.4	0.16	334	33.7	-0.09	331	11.4	-0.23	174	4.4	-0.22	81	4.9	0.23	321
	0.6H	32.4	-0.11	160	30.1	0.17	342	31.9	-0.05	333	13.8	-0.09	184	4.3	-0.26	72	5.9	0.1	335
	0.8H	32	-0.14	164	29.4	0.16	345	29.3	-0.1	336	13	-0.09	191	3.8	-0.1	67	5.4	0.2	327
	底层	25.1	-0.14	175	23.3	0.16	356	17.5	-0.06	327	8.6	-0.17	198	3.5	-0.34	198	2.9	-0.26	322
	垂线平	32.7	-0.13	156	29.1	0.16	338	30.3	-0.1	330	9.9	-0.26	185	3.4	-0.12	93	4.8	0.13	318
V5	表层	26.9	-0.09	171	25.5	0.13	339	23.9	-0.08	345	12.6	-0.08	161	3.8	-0.01	314	5.4	-0.45	164
	0.2H	27.2	-0.05	175	24	0.11	346	22.1	-0.06	353	10.7	-0.03	161	2.3	-0.18	116	5.3	0.29	342
	0.4H	28.2	-0.03	176	27.1	0.01	344	21	-0.05	354	11.7	-0.15	156	3.7	-0.38	152	6.1	-0.02	351
	0.6H	26.1	-0.02	174	24.9	0.03	344	22.1	-0.12	350	12.9	-0.12	159	1.7	0.42	260	6.4	-0.26	172
	0.8H	23.6	-0.01	177	22.1	0.03	342	20.2	-0.19	348	14.3	-0.06	157	2.7	0.04	357	6.1	-0.11	187
	底层	17.5	-0.01	190	16.9	0.01	349	15.1	-0.16	340	10.6	-0.06	158	0.9	-0.02	358	2.9	-0.08	189
	垂线平	25.4	-0.04	176	23.8	0.05	344	20.9	-0.11	350	12	-0.08	158	1.3	-0.39	289	5.4	-0.16	174
V6	表层	37.9	-0.05	152	32.3	0.03	329	33.9	0.08	333	16.3	-0.01	160	5.8	0.64	278	6.5	0.41	351
	0.2H	31.8	-0.03	158	29.6	0.01	330	35.3	0.07	329	16.5	-0.06	158	6.7	0.6	325	6.5	0.14	333
	0.4H	26.2	-0.05	159	27.9	-0.03	335	27.5	-0.01	329	16.6	-0.06	157	9.4	0.38	350	5.2	0.15	355
	0.6H	22	-0.01	156	21.2	0.09	332	19.5	-0.1	327	18.3	-0.06	145	9.9	0.02	343	5.2	-0.1	158
	0.8H	16.1	-0.04	152	18.7	-0.05	330	15	-0.13	327	21.1	-0.03	145	8.5	-0.01	346	5.7	-0.23	340
	底层	11.6	-0.09	152	13.9	-0.05	327	8.1	-0.07	324	17.8	-0.03	147	6.8	-0.12	353	3.9	-0.4	147
	垂线平	24	-0.01	156	24	-0.01	331	23.5	-0.01	329	16.7	-0.01	151	7.6	0.27	350	5.1	-0.01	346

2）潮流类型

海区的潮流类型按以下方式判别：

$$F=\frac{W_{O_1}+W_{K_1}}{W_{M_2}}$$

式中的 W_{O1}、W_{K2}、M_{W2} 分别为主太阴日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴半日分潮流的椭圆长半轴长度（cm/s）。

当 F≤0.5 时，　　为规则半日潮流

当 0.5＜F≤2.0 时，　为不规则半日潮流

当 2.0＜F≤4.0 时，　为不规则全日潮流

当 4.0＜F 时，　　为规则全日潮流

表 5.6.2-13 各测站潮流示性系数 F 特征值表

站号	潮流示性系数						
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
V1	—	—	—	1.86	—	—	1.81
V2	3.00	2.61	2.22	2.09	1.84	1.83	2.27
V3	1.67	1.89	1.70	1.77	1.77	1.19	1.75
V4	1.90	2.04	1.99	1.96	2.10	2.77	2.04
V5	2.19	2.32	2.63	2.31	2.26	2.28	2.35
V6	2.07	1.74	1.97	2.22	2.32	3.15	2.04

计算结果表明，除 V1、V3 测站外，各测站垂线平均的 F 值在 2.04～2.35 之间。表明施测海域各测站潮流类型基本为不规则全日潮流性质。

（3）潮流的可能最大流速

对于不规则全日潮流海域和不规则半日潮流海域，潮流的可能最大流速可取下两式计算后的最大值：

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4}$$

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1}$$

式中的$\vec{V}_{\max}$潮流的可能最大流速单位为：cm/s，$\vec{W}_{M2}$、$\vec{W}_{S2}$、$\vec{W}_{K1}$、$\vec{W}_{O1}$、$\vec{W}_{M4}$、$\vec{W}_{MS4}$分别为主太阴半日分潮流、主太阳半日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流、主太阴日分潮流、太阴四分之一日分潮流和太阴太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量。

潮流的可能最大流速以 V2 测站的表层为最大，达 230cm/s。受海底摩擦的影响，各测站潮流的可能最大流速基本由表到底逐渐减小。各测站各层潮流的可能最大流速介于 59cm/s～230cm/s 之间。

表 5.6.2-14　各测站潮流可能最大流速表

测站	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂线平均	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
V1	—	—	—	—	—	—	114	215	—	—	—	—	113	215
V2	230	177	217	176	210	178	193	178	163	178	116	177	191	179
V3	188	149	218	149	208	147	184	146	137	146	59	159	173	148
V4	130	139	143	149	146	154	139	161	134	165	97	173	133	157
V5	116	164	110	170	116	169	112	168	103	167	76	173	107	169
V6	157	152	145	153	126	155	106	151	94	150	68	150	113	152

（4）潮流的运动形式

潮流的运动形式由潮流的椭圆旋转率 K 值来描述，K 值为潮流椭圆的短轴和长轴之比。当 K 大于 0.25 时，潮流表现为旋转流特征；当 K 小于 0.25 时，潮流表现为往复流特征。根据前述的分析，施测海域潮流类型基本属于不规则全日潮流性质，且全日分潮流中，O_1 分潮最具有代表性，因此我们根据 O_1 分潮流的椭圆旋转率 K 值来分析施测海域潮流的运动形式。

表 5.6.2-15　各测站 O1 分潮的 K 值

测站	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
V1	—	—	—	-0.01	—	—	-0.01
V2	-0.04	-0.07	-0.08	-0.1	-0.17	-0.2	-0.1
V3	-0.12	-0.12	-0.09	-0.15	-0.03	-0.16	-0.1
V4	-0.12	-0.16	-0.11	-0.11	-0.14	-0.14	-0.13
V5	-0.09	-0.05	-0.03	-0.02	-0.01	-0.01	-0.04
V6	-0.05	-0.03	-0.05	-0.01	-0.04	-0.09	-0.01

根据上表所列的 O_1 分潮的 K 值可以看出：各测站的 K 值的绝对值均小于 0.25，则实测海域运动形式基本呈现往复流特征，与实测结果相一致。

（5）余流

余流是指海流中除天文引潮力作用所引起的潮流以外的海流。在近海海区，一般情况下余流相对于潮流的量级较小，但在某些特定海域，余流影响不能被忽略。它主要受制于水文气象、地形等因素，因而不同天气条件、不同时间段的余流分布特征有所差异。

余流的变化主要受风场以及地形的支配。从计算结果来看：

垂线平均余流，最大值出现在小潮期间 V1 测站，达 0.46cm/s，方向为 216°。各层余流，最大值出现在小潮期间 V1 测站 0.6H 层，达 0.46cm/s，方向为 214°。

表 5.6.2-16　各测站余流计算结果一览表

站号	层次	大 潮		小 潮	
		流速	流向	流速	流向
V1	表层	—	—	—	—
	0.2H	—	—	—	—
	0.4H	—	—	—	—
	0.6H	0.11	212	0.46	215
	0.8H	—	—	—	—
	底层	—	—	—	—
	垂线平均	0.11	210	0.46	216
V2	表层	0.15	99	0.29	182
	0.2H	0.15	91	0.27	179
	0.4H	0.18	86	0.21	182
	0.6H	0.19	77	0.17	184
	0.8H	0.19	72	0.11	187
	底层	0.16	64	0.06	185
	垂线平均	0.17	81	0.19	182
V3	表层	0.28	163	0.38	143
	0.2H	0.20	174	0.28	146
	0.4H	0.17	202	0.25	140
	0.6H	0.17	194	0.19	154
	0.8H	0.12	209	0.11	170
	底层	0.09	252	0.05	172
	垂线平均	0.16	190	0.21	149
V4	表层	0.12	214	0.10	182
	0.2H	0.14	200	0.17	173
	0.4H	0.16	194	0.20	177
	0.6H	0.15	196	0.20	183
	0.8H	0.12	185	0.20	180
	底层	0.07	135	0.12	151
	垂线平均	0.13	193	0.17	177
V5	表层	0.12	193	0.17	169
	0.2H	0.05	215	0.11	170
	0.4H	0.02	288	0.06	165
	0.6H	0.02	322	0.02	149
	0.8H	0.02	327	0.03	009
	底层	0.03	342	0.04	046
	垂线平均	0.02	246	0.05	160
V6	表层	0.14	176	0.28	166
	0.2H	0.14	187	0.26	159
	0.4H	0.14	187	0.17	156
	0.6H	0.10	192	0.05	166
	0.8H	0.06	224	0.05	300
	底层	0.05	246	0.04	314
	垂线平均	0.10	193	0.11	165

5.7 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

本次评价在充分收集建设项目所在海域及其周边海域的地形地貌与冲淤环境历史资料的基础上，结合最新的工程区附近海域实测水深地形资料，采用岸线对比、水深对比等方法，对工程区附近海域地形地貌与冲淤环境现状进行调查与评价。

5.7.1 海底地形地貌特征分析

根据董德信等人的研究结果，分析了工程用海区附近海域海底地形地貌特征。钦州湾其水下地貌主要有潮间浅滩、潮沟、潮流沙脊、潮流深槽、拦门沙、水下岸坡以及河口沙坝等类型。

潮间浅滩广泛分布于茅尾海、金鼓江与鹿耳环江沿岸以及钦州湾外湾东、西两侧沿岸，其中最宽的潮间浅滩位于茅尾海，宽度达 4~6km。潮沟由发育于潮间浅滩以及深入内陆的潮汐汊道构成，主要有茅岭江、钦江、金鼓江以及鹿耳环江等潮沟，宽度一般为 50~100m。潮流沙脊主要分布于钦州湾外湾，从青菜头往南顺着落潮流方向呈辐射状展开，其中以老人沙的规模最大，长约 7.5km，宽约 0.7km，呈西北-东南走向，低潮时可部分出露，与相邻潮流深槽水深相差可达 6~7m。潮流深槽主要有龙门水道以及外湾的东、中、西水道：龙门主槽长约 8km，宽 1~2km，水深 5~22m，在亚公山附近水深最深可达 22m；外湾东水道水深 5~20m，10m 深槽长 3km，以青菜头附近水深最深；外湾中水道相对宽浅，水深 5~10m，7m 深槽长约 10km；外湾西水道呈南北走向，水深 5~15m，10m 以上深槽长约 6.6km。拦门沙主要位于外湾口门附近，水深 2~5m；中水道南端拦门沙水深 3m，宽 2.5km，由于拦门沙阻挡导致 5m 深槽线不能与湾外贯通；东、西水道拦门沙呈西南－东北走向，这 2 条水道为涨、落潮流主流通道，因航道开挖浚深，目前 5m 深槽均已全线贯通。水下岸坡主要分布于钦州湾口门外，水深 5~12m。河口沙坝主要发育于茅岭江、钦江河口内。

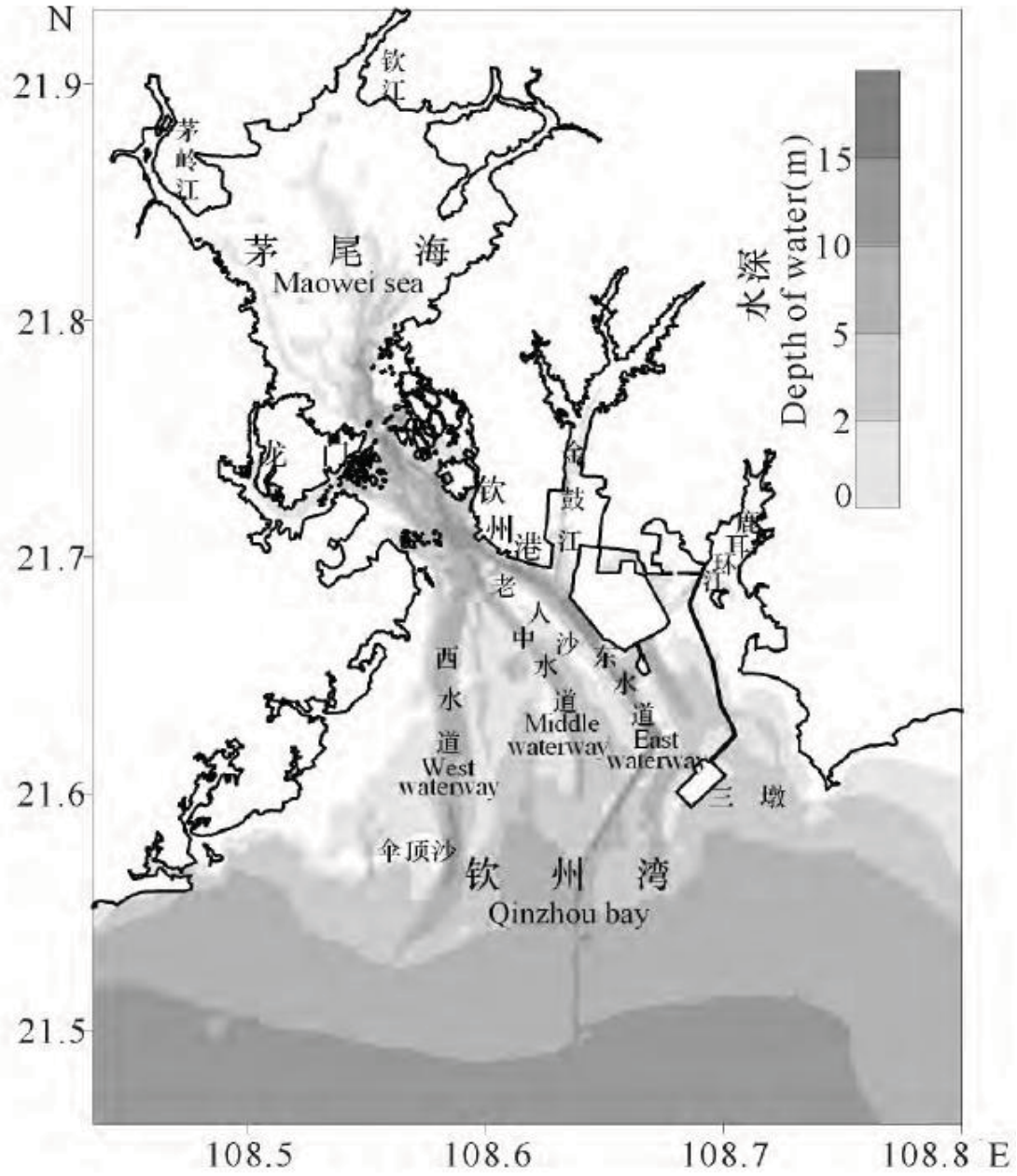


图 5.7.1-1 钦州湾海底地形地貌特征（2012 年水深地形，理基）

5.7.2 地形地貌与冲淤现状分析

（1）泥沙来源

钦州湾的泥沙主要来源于陆相径流、海相输送、近岸海洋工程建设等几个方面。

①陆相径流

注入钦州湾的较大河流主要有茅岭江、钦江以及季节性小溪金鼓江、鹿耳环江等，这些河流为茅尾海潮滩发育提供了主要物质来源，也为外湾沙脊、拦门沙及浅滩形成提供部分沙源：茅岭江全长 112km，流域面积 2959km^2，多年平均径流量为 15.97×108m^3，多年平均输沙量为 31.86×10^{4}t；钦江全长 179km，流域面积 2457km^2，多年平均径流量 11.69×10^{8}m^3，多年平均输沙量为 26.99×10^{4}t；金鼓江及鹿耳环江等无实测水文数据，但洪季暴雨切割冲刷沿岸地层带来的泥沙对塑造其两侧浅滩也起到较大作用。

②海相输送

海相来沙主要以波浪侵蚀海岸以及湾外掀沙作用为主。钦州湾潮差大、潮流强，有利于波浪冲刷、侵蚀海岸和潮流搬运物质。从钦州湾沉积物中重矿物分析结果来看，外湾东南部与西南部海域沉积物中的碎屑重矿物组合与沿岸母岩的碎屑重矿物组合基本一致，这说明钦州湾海域沉积物中的部分泥沙是来源于波浪对沿岸侵蚀或片流切割；此外，在外湾沉积物中还发现少量海相沉积形成的海绿石、鲕绿泥石和自生黄铁矿，这是海相来沙的标志，但其量甚少。

③近岸海洋工程建设

近年来，近岸海洋工程建设带来的泥沙形成了钦州湾泥沙的又一来源。如钦州湾东航道拓宽浚深、金鼓江航道开挖以及 30 万 t 进港航道建设、海域挖沙等开发活动，航道的疏浚方式、抛泥方式以及挖沙方式均可能形成局部沙源；保税港区、大榄坪作业区、金鼓江两侧、三墩作业区等地围海造陆过程中，局部区段未建设不透水围堰，直接从陆域倾倒沙土，或仅采用编织袋装土堆筑简易隔堤，吹填的泥沙从相对较大的隔堤缝隙泄漏，构成钦州湾短期局部沙源。

（2）岸滩演变过程分析

①茅尾海

内湾亚公山以北茅尾海水面开阔，茅尾海南北和东西向宽各约 13km。根据 1979 年~2021 年卫片分析可知，茅尾海内岸线形态没有明显变化；各港汊、河口的滩槽形态名优明显变化；潮沟体系保持 30 多年基本不变，潜州位置基本不变，滩、槽冲於幅度相对较小，说明自然条件下，茅尾海内岸滩基本稳定。

②钦州湾

钦州湾岸线长 562.64km，主要类型有基岩海岸、沙质海岸、泥质海岸、生物海岸以及人工海岸等。近 20 多年来，由于大规模围填海建设，钦州湾岸线发生了显著变化。1990 年之前，钦州湾尚未开发建设，海岸线多为自然岸线。2000 年，钦州湾开发利用逐渐兴起，勒沟、果子山以及鹰岭等地的港口与码头初具雏形，面积约 2km^2。2005 年，钦州港第一个深水港码头逐步完善，钦州电厂水下工程基本完成，陆上建筑开工建设，同时保税港区开始围堰。2008 年，保税港区一期基础设施工程建成，面积约 2.5km^2，金鼓江东、西两侧一号、二号公路等基础配套工程也已完成。2009 年，与保税港区相连的大榄坪作业区吹填施工继续推进，三墩公路北段以及三墩作业区已部分填海成陆。2012 年，经过多年建设，保税港区以及大榄坪作业区成陆面积显著扩大，金鼓江大桥两侧填海面积也明显增加；此外，三墩公路已全线贯通，三墩作业区初具规模，钦州湾西岸广西防城港核电厂一期工程完工。

总之，因围填海工程建设，钦州湾自然岸线逐年递减，岸线平直化趋势明显，人工岸线逐渐替代自然岸线。据统计，钦州湾人工岸线长度由 1980 年的 17.2 增长至 2007 年的 30.6km，年均增速为 2.16%，考虑到近几年的大规模围填海建设，钦州湾人工岸线逐渐取代自然岸线的趋势仍在持续。钦州湾 2010~2012 年围填海面积分别为 3.9km^2、2.8km^2、3.0km^2，3 年累积填海面积达 9.7km^2。据 2013 年广西海洋环境质量公报，钦州湾 2013 年批复的填海面积约 0.7km^2，至 2013 年底钦州湾已填海约 22.5km^2。根据北部湾港总体规划，到 2030 年，仅钦州港区占用滩涂及海域面积将达到 51.7km^2。另据钦州市城市总体规划，2008~2025 年钦州湾规划围填海域达 79km^2，其填海范围将达到钦州湾面积的近四分之一。大规模海洋开发必然会对海湾的水动力环境与底床冲淤环境产生影响。

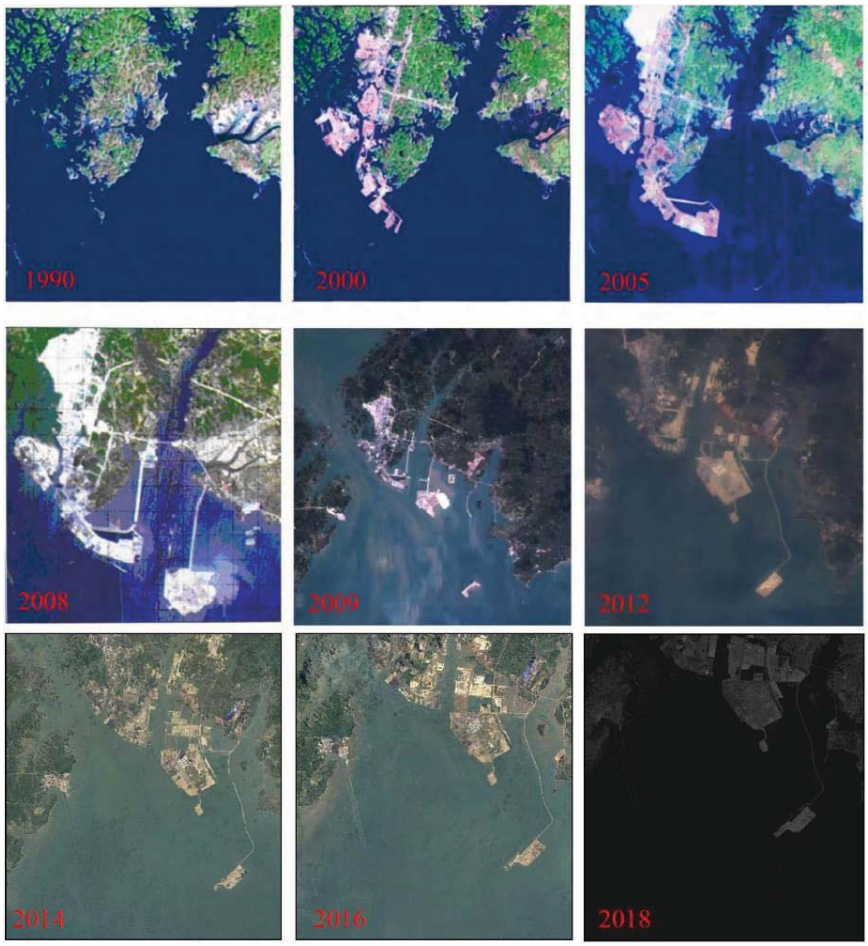


图 5.7.2-1 钦州湾 1990~2018 年岸线变迁卫片对比

（3）水深地形对比分析

2004~2012 年，由于围填海工程建设、航道扩建疏浚以及自然条件等诸多因素共同作用，钦州湾的等深线形态发生了一些改变。从图 5.7.2-2 中可以看出，在金鼓江口，因航道开挖及沿岸港口码头建设，2012 年 0m 等深线向两侧退缩，而金鼓沙以及江口沙等大片浅滩已填海成陆，0m 等深线已不能相通。东航道北段附近，2012 年保税港区码头建成后，保税港区码头西侧 2m 等深线局部中断，紧靠 5m 等深线西侧，新形成一小长条状 2m 闭合等深线，这可能由航道扩建抛泥造成。东航道中段，2007 年的航道扩建使 5m 等深线向其东、西两侧扩展；2012 年航道进一步扩建后，5m 等深线继续向两侧扩大。东航道南段即钦州湾口，2004 年时 10 万 t 级航道尚未建设，10m 等深线未能贯穿至湾口；2007 年随着 10 万 t 级航道逐渐建成，10m 等深线已基本全线贯通；2011 年该航道完成单侧向西拓宽工程，航道底宽由 2008 年的 160~190m 扩展至 190~210m，底

标高为 13m（理论基面）。此外，进一步分析发现，2004~2012 年，在钦州湾口中部，10m 等深线呈向南推进的趋势，这表明湾口水下沙洲仍在缓慢向湾外淤长。

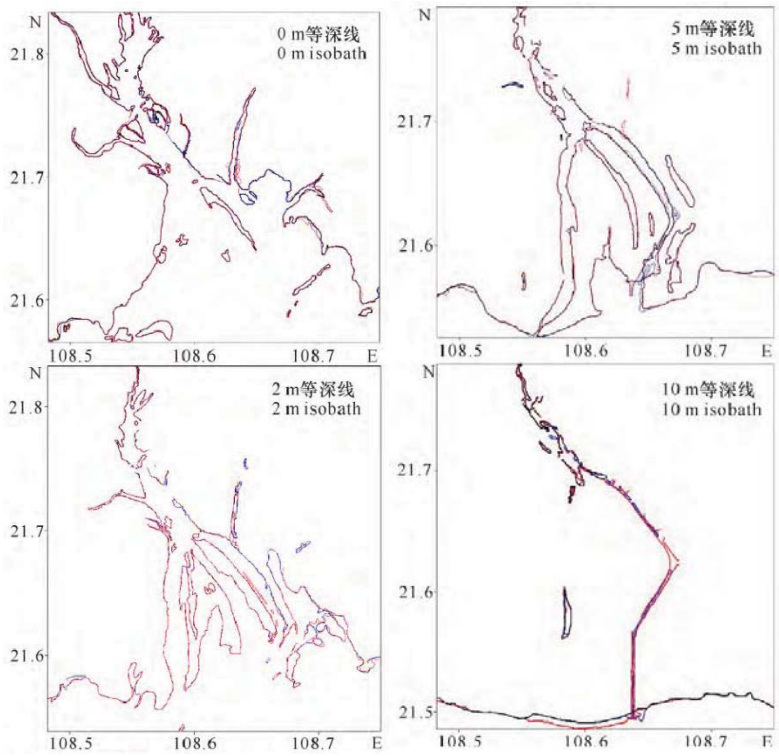


图 5.7.2-2 钦州湾 2004~2012 年等深线变化

（黑色，2004；蓝色，2007 年；红色，2012 年）

（4）冲淤变化分析

2004~2009 年水深变化显示，钦州湾外湾淤积海区平均淤积厚度 0.82m，淤积强度 0.16m/a；平均冲刷厚度 1.32m，冲刷强度 0.26m/a。外湾整体表现出淤积区面积大于冲刷区面积，淤积强度相对较弱，冲刷强度相对较强的规律。

由水深地形演变图可知，外湾冲刷区域主要集中于贯穿全湾的潮流深槽内，以 5m 等深线为槽边界。从下图可知，在平面位置上槽边界变化幅度很小，基本稳定，但槽内水深变化较大，与钦州湾的落潮流速大于涨潮流速有关，深槽不易淤积。外湾淤积区域大致集中于深槽以外，大部分淤积厚度小于 0.5m，大于 1 米以上的淤积区则主要出现向海一侧，淤积程度总体上向外海呈增大趋势。

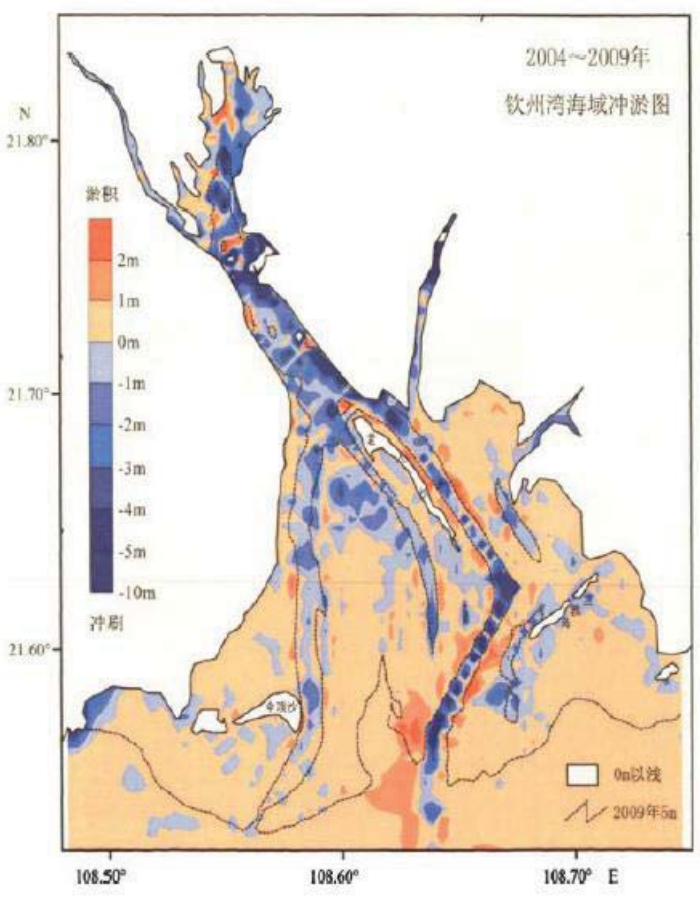


图 5.7.2-3 钦州湾 2004~2009 年等水深变化图

6 环境影响预测与评价

6.1 水文动力环境影响预测与评价

6.1.1 海洋段平面二维潮流数学模型的建立与验证

本评价海洋段水文动力模型的岸边界采用可以模拟滩涂盐、淹没和露出的动边界模式。选用深度平均的 N-S 方程作为水动力学计算模型的控制方程，运用有限体积法导出水动力学方程组的离散公式，对计算域采用三角形网格剖分。下面介绍本次研究所采用的水动力学模型。

6.1.1.1 控制方程

将 N-S 方程沿垂向积分，得到深度平均的浅水方程组：

$$h\frac{\partial u}{\partial t}+hu\frac{\partial u}{\partial x}+hv\frac{\partial u}{\partial y}+gh\left(\frac{\partial h}{\partial x}+\frac{\partial a}{\partial x}\right)-Eh\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)$$
$$+\frac{gun^2\sqrt{u^2+v^2}}{h^{1/3}}-\frac{\tau_{wx}}{\rho}-fvh=0$$

$$h\frac{\partial v}{\partial t}+hu\frac{\partial v}{\partial x}+hv\frac{\partial v}{\partial y}+gh\left(\frac{\partial h}{\partial y}+\frac{\partial a}{\partial y}\right)-Eh\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)$$
$$+\frac{gvn^2\sqrt{u^2+v^2}}{h^{1/3}}-\frac{\tau_{wy}}{\rho}+fuh=0$$

$$\frac{\partial h}{\partial t}+h\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)+u\frac{\partial h}{\partial x}+v\frac{\partial h}{\partial y}=0$$

式中，h 为水深；u,v 为笛卡尔坐标系下的速度；x,y,t 为笛卡尔坐标系和时间；ρ 为流体的密度；E 为流体的涡动粘性系数；g 为重力加速度；a 为河床底部高程；n 为曼宁系数；τ_{wx},τ_{wy} 为 x,y 方向上的风应力分量；$f=2\omega\sin\phi$ 为柯氏力系数；ω 为地球地砖角速度；ϕ 为计算域的当地纬度。

6.1.1.2 数值离散

上述非线性方程组与相应的边界条件、初始条件构成了问题的适定表达式，采用有限体积法并结合模型边界对各二阶导数项应用分部积分和格林公式，获得与原来微分型控制方程相应的有限单元计算方程如下：

$$\iint_A N_i[h\frac{\partial u}{\partial t}+hu\frac{\partial u}{\partial x}+hv\frac{\partial u}{\partial y}+gh\left(\frac{\partial h}{\partial x}+\frac{\partial a}{\partial x}\right)+\frac{gun^2\sqrt{u^2+v^2}}{h^{1/3}}]dA$$
$$+\iint_A Eh(\frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial N_i}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial N_i}{\partial y})dA=0$$

$$\iint_A N_i[h\frac{\partial v}{\partial t}+hu\frac{\partial v}{\partial x}+hv\frac{\partial v}{\partial y}+gh\left(\frac{\partial h}{\partial x}+\frac{\partial a}{\partial x}\right)+\frac{gvn^2\sqrt{u^2+v^2}}{h^{1/3}}]dA$$
$$+\iint_A Eh(\frac{\partial v}{\partial x}\frac{\partial N_i}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\frac{\partial N_i}{\partial y})dA=0$$

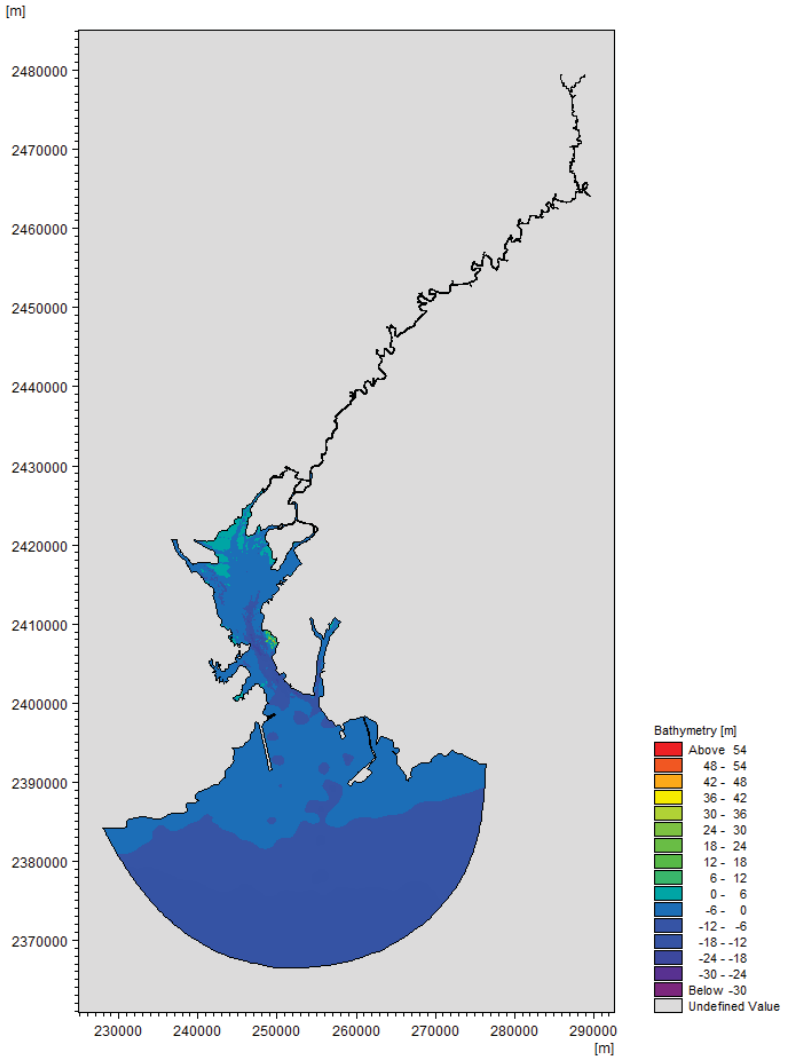
$$\iint_A N_i[\frac{\partial h}{\partial t}+h\frac{\partial u}{\partial x}+h\frac{\partial v}{\partial y}+u\frac{\partial h}{\partial x}+v\frac{\partial h}{\partial y}]dA=0$$

式中，A代表计算单元的面积；N_i代表节点i的插值函数，限于篇幅，这里不再给出它们的离散公式。

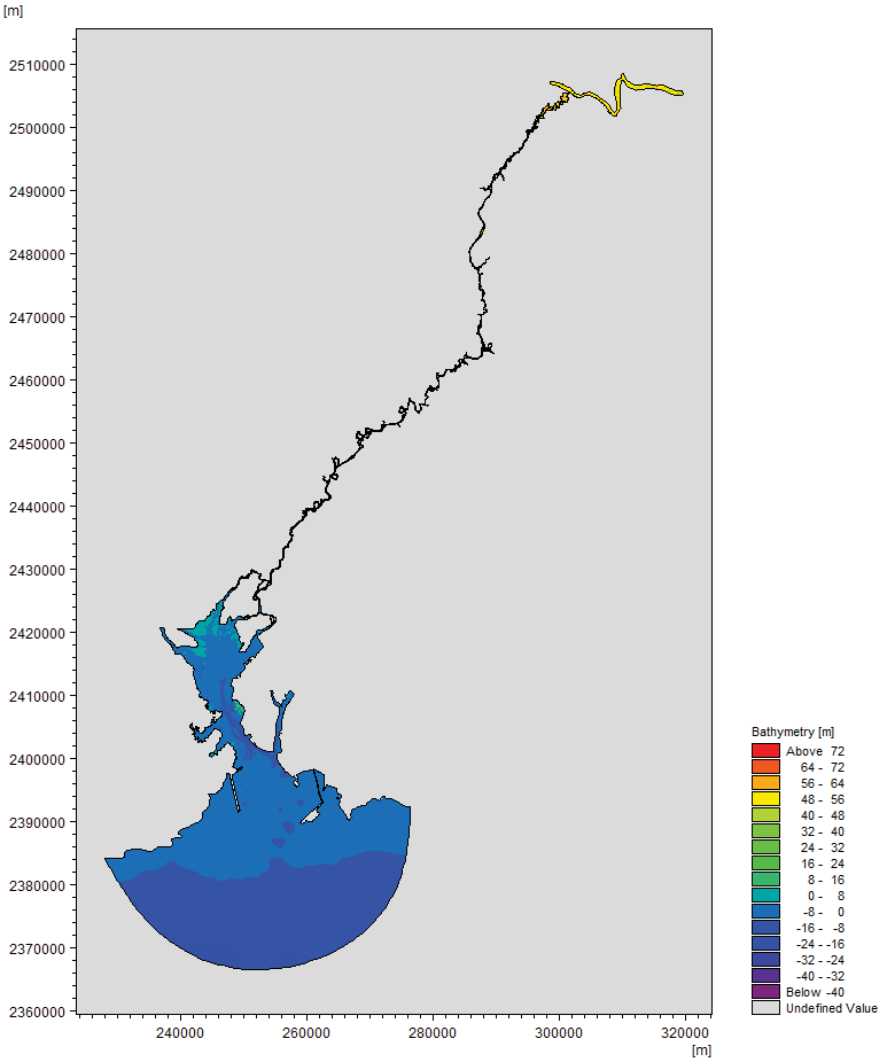
6.1.2 海洋段数学模型范围及参数处理

6.1.2.1 计算范围及网格剖分

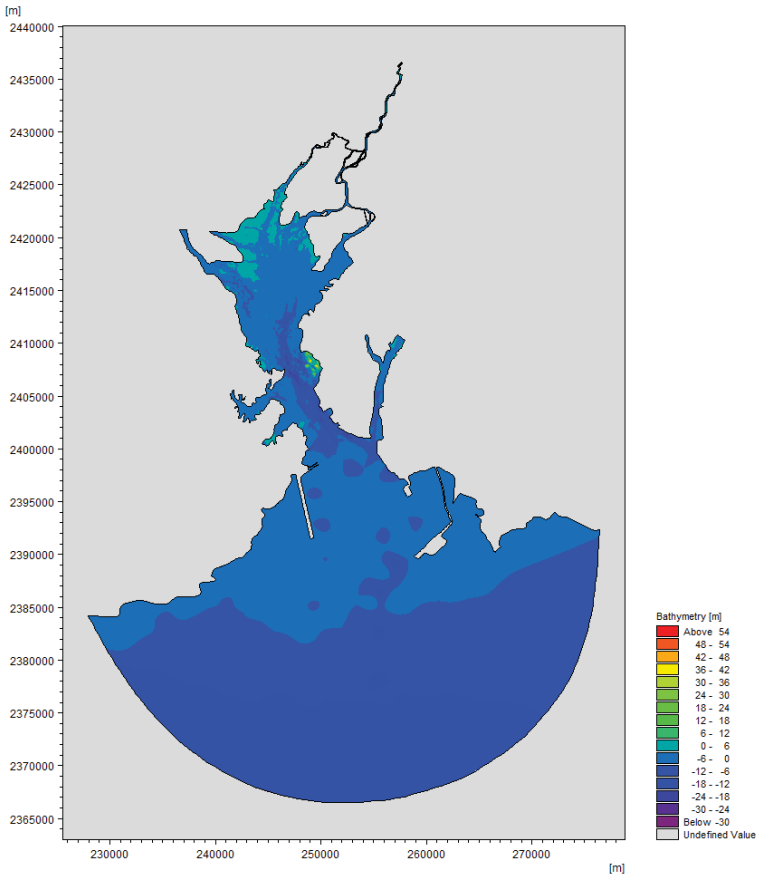
本项目所建立的航道数学模型计算域范围及计算域内网格分布见图 6.1.2-1。为了能清楚了解项目航道水位及流场状况，将航道网格进行了加密处理。网格系统采用三角形网格，在海域采用较大的网格，航道采用较小网格。


[m]
2480000
2470000
2460000
2450000
2440000
2430000
2420000
2410000
2400000
2390000
2380000
2370000
230000
240000
250000
260000
270000
280000
290000
[m]
Bathymetry [m]
Above 54
48 - 54
42 - 48
36 - 42
30 - 36
24 - 30
18 - 24
12 - 18
6 - 12
0 - 6
-6 - 0
-12 - -6
-18 - -12
-24 - -18
-30 - -24
Below -30
Undefined Value

实施前 旧州江-外海段


[m]
2510000
2500000
2490000
2480000
2470000
2460000
2450000
2440000
2430000
2420000
2410000
2400000
2390000
2380000
2370000
2360000
240000
260000
280000
300000
320000
[m]
Bathymetry [m]
Above 72
64 - 72
56 - 64
48 - 56
40 - 48
32 - 40
24 - 32
16 - 24
8 - 16
0 - 8
-8 - 0
-16 - -8
-24 - -16
-32 - -24
-40 - -32
Below -40
Undefined Value

实施后-全程



实施后-青年枢纽~外海段

图 6.1.2-1 模型计算范围图

6.1.2.2 模型边界条件设置

潮汐边界：模型开边界采用潮位驱动，利用日本的 NAO99 潮汐预报软件，通过插值和计算得到开边界上各点的潮位时间序列。

径流边界：采用河流水位监测站的实测数据。

6.1.2.3 动边界处理

模型中动边界采用干、湿点和干、湿单元的判别来实现，判别参数为：变成干节点（即该节点不参与计算）的水深<0.01m，重新变成湿节点（即重新参与计算）的水深>0.05m。

6.1.2.4 糙率选取

糙率是潮流计算的主要参数之一，反映了潮流运动过程中的阻力特性，糙率选取正确与否对计算结果有直接影响。糙率在潮流计算中是一个综合参数，与床面泥沙特性、水深及地形形态都有一定的关系。结合广西类似研究中曼宁系数的取值范围，根据粗糙高度和曼宁系数的转化公式 $M = 25.4/\hat{k_s}(1/6)$，粗糙高度合适的取值范围在 0.0004~0.02，经调试选取粗糙高度为 0.001。

6.1.2.5 其他参数

紊动粘性系数，该参数取值在一定范围内均可以获得良好结果，与网格步长及当地潮流特性有关，采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky (1963) 公式计算水平涡粘系数，表达式如下：

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

式中：c_s 为常数，l 为特征混合长度，由 $S_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$，（i，j=1，2）计算得到。

6.1.3 海洋段数学模型验证

6.1.3.1 验证资料

（1）地形资料：

平陆运河课题研究地形测量图，1:2000，2020 年。

钦江新建青年枢纽下游地形测量图，1:2000，2020 年。

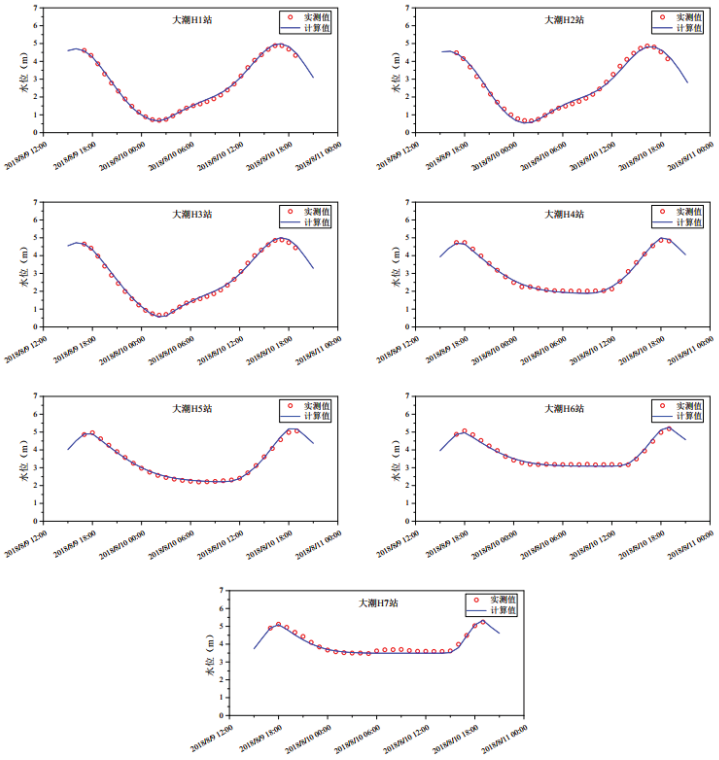
入海航道周边海域地形测量图，1:5000，2020 年。

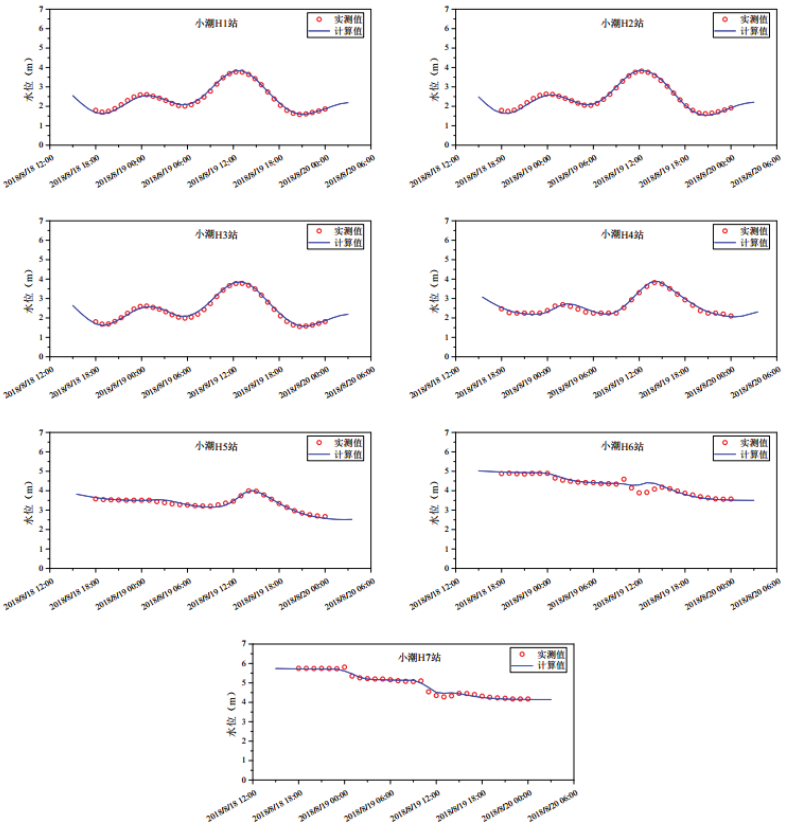
（2）水文资料

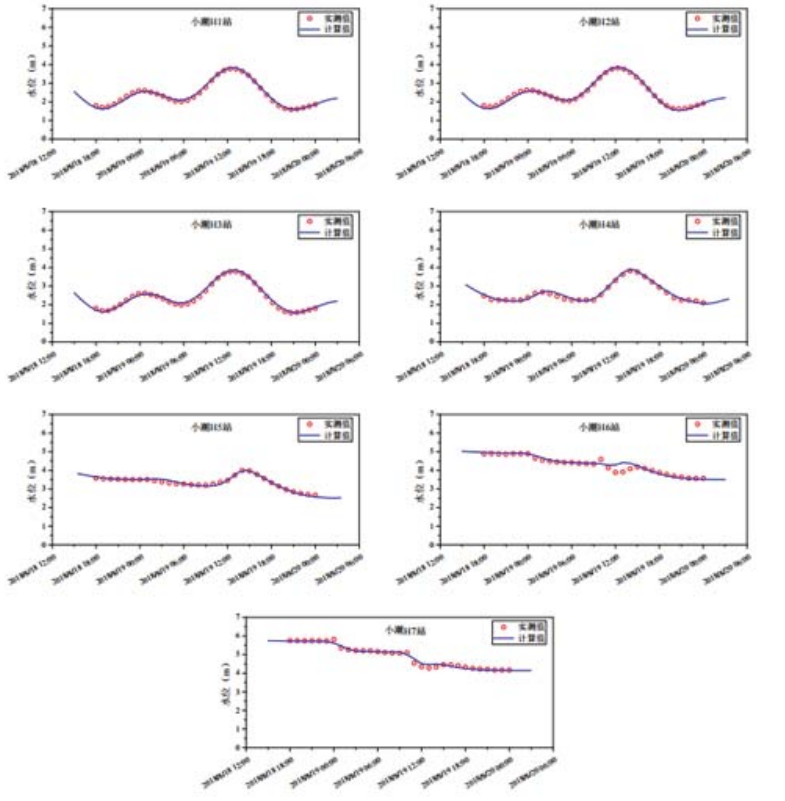
本次模型验证中采用的潮流资料是 2018 年 8 月 9~11 日、2021 年 8 月 20~21 日和 2021 年 12 月 6~7 日的实测结果，在工程海域实测的大、小、中潮潮流资料进行潮流模型验证（H1~H7 站），潮流测站 12 个（L1~L12 站），测点具体位置见下图。

6.1.3.2 潮位验证

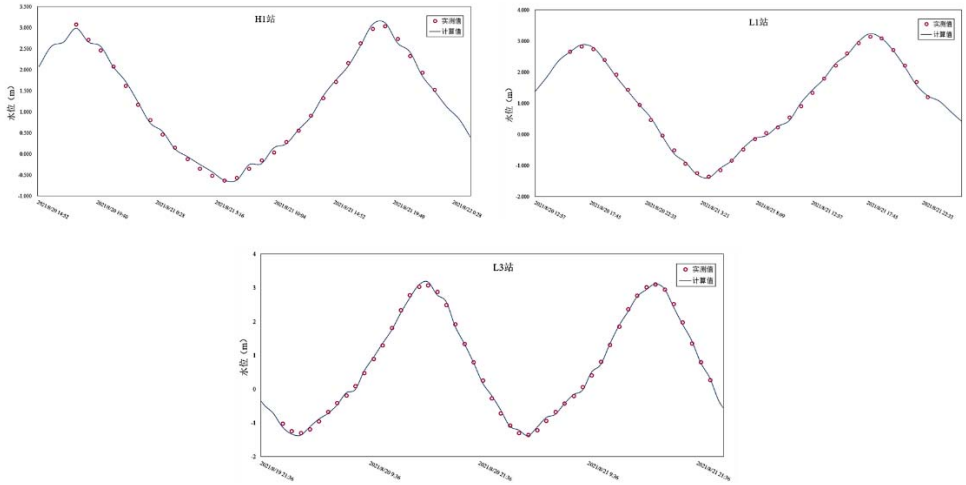
潮位验证图如图 6.1.3-2。由图可见，计算潮位和实测潮位过程的高、低潮位及过程线相位均符合良好，高、低潮位出现时刻计算与实测基本一致，说明潮位的模拟较好，潮位过程模拟精度符合相关规程要求。验证计算表明数学模型模拟的海域潮波传播过程与天然基本相似，数学模型采用的边界控制条件是合适的、模型取用参数恰当，能够反映海域内潮波传递和潮波变形。



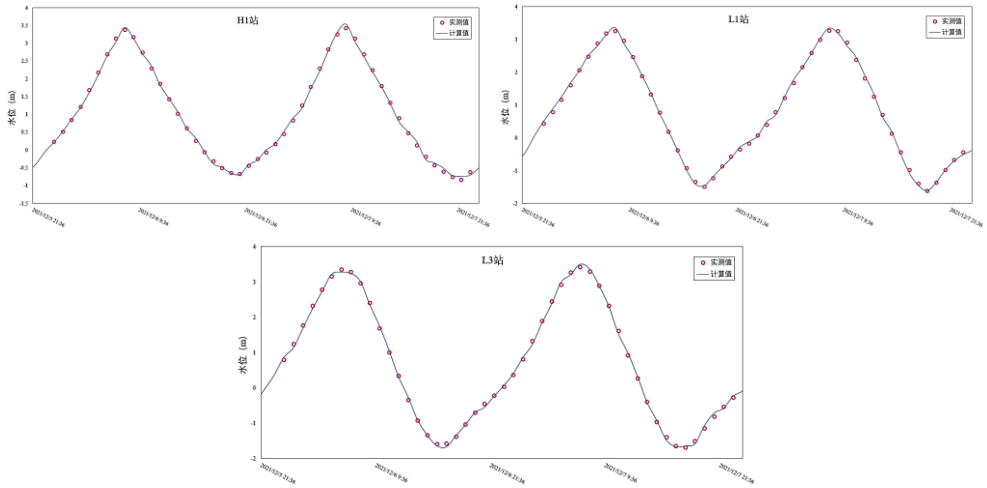

小潮H1站
小潮H2站
小潮H3站
小潮H4站
小潮H5站
小潮H6站
小潮H7站
实测值
计算值
水位（m）


小潮H1站
小潮H2站
小潮H3站
小潮H4站
小潮H5站
小潮H6站
小潮H7站
实测值
计算值
水位（m）

2018 年



2021 年 8 月

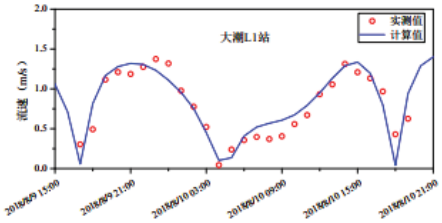


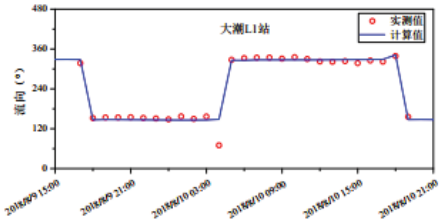
2021 年 12 月

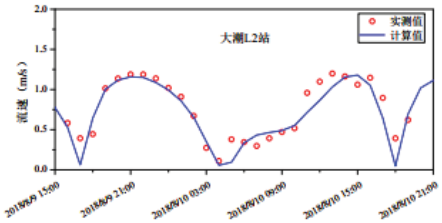
图 6.1.3-2　潮位验证图

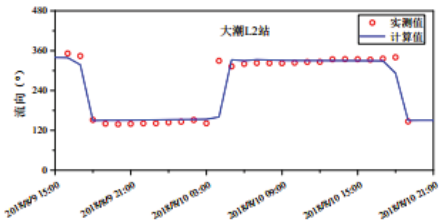
6.1.3.3 海域流速流向验证验证

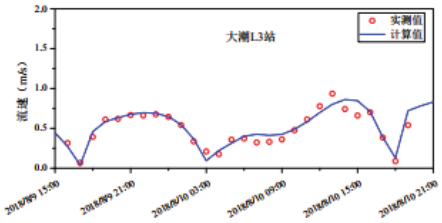
图 6.1.3-3 给出大潮期间各站流速流向计算值与实测值的对比过程线。由实测和计算结果的比较可见，除个别点的计算值与实测值偏差较大外，各测站计算的潮位、流速、流向变化过程与实测值基本一致。从以上对比来看，模拟的潮流过程能够客观反映工程海域的潮流运动情况，且满足现行的《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》有关规定的要求和工程需要。

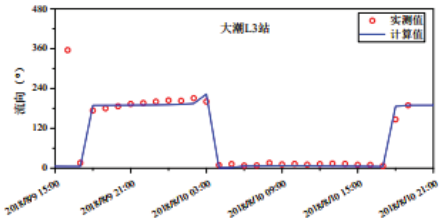

大潮L1站
实测值
计算值
流速（m/s）

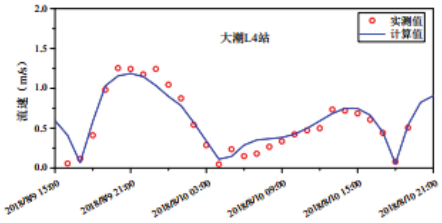

大潮L1站
实测值
计算值
流向（°）

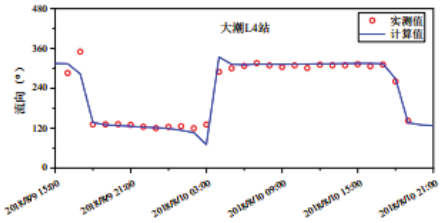

大潮L2站
实测值
计算值
流速（m/s）

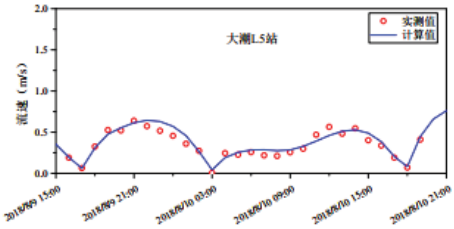

大潮L2站
实测值
计算值
流向（°）

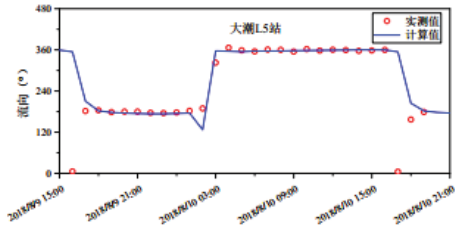

大潮L3站
实测值
计算值
流速（m/s）

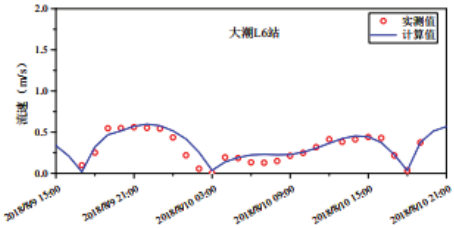

大潮L3站
实测值
计算值
流向（°）

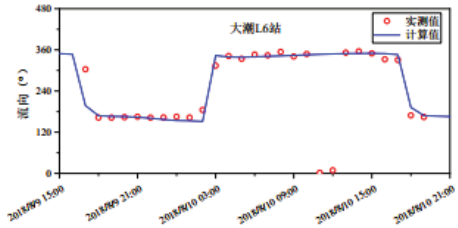

大潮L4站
实测值
计算值
流速（m/s）

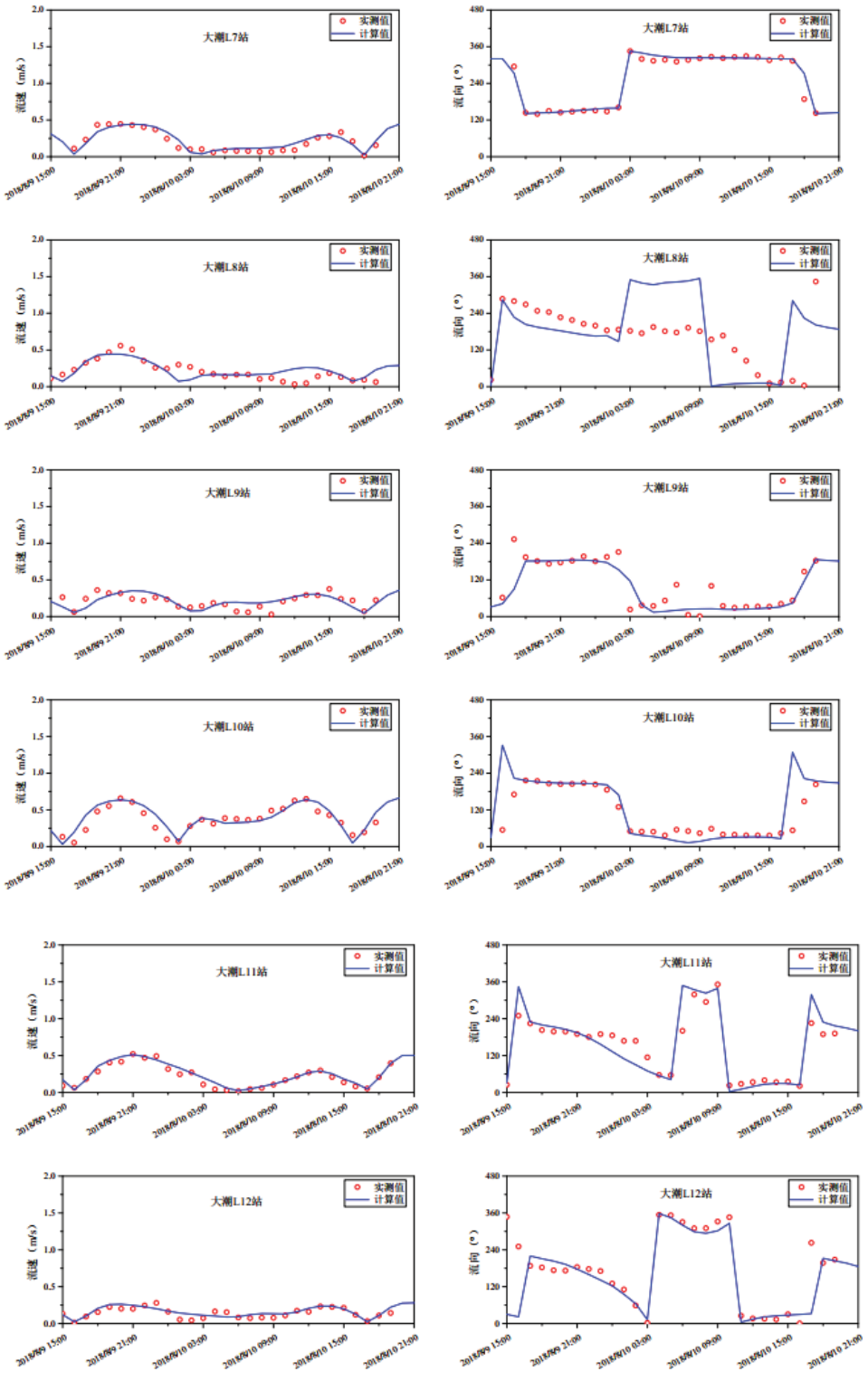

大潮L4站
实测值
计算值
流向（°）


大潮L5站
实测值
计算值
流速（m/s）

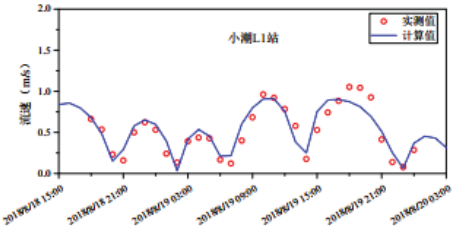

大潮L5站
实测值
计算值
流向（°）

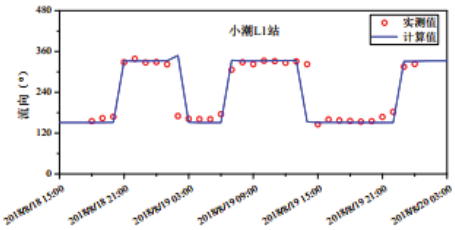

大潮L6站
实测值
计算值
流速（m/s）

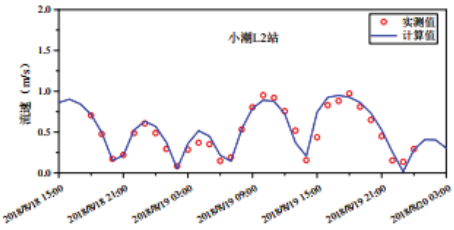

大潮L6站
实测值
计算值
流向（°）

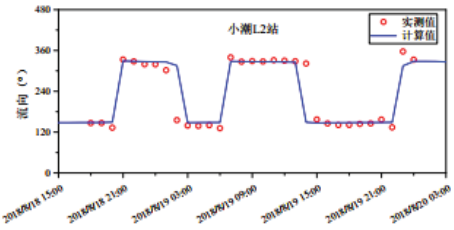


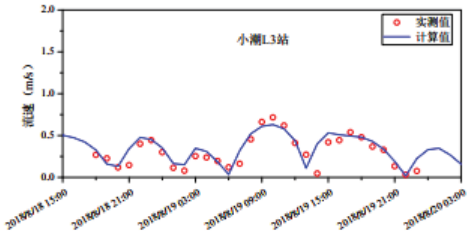
大潮

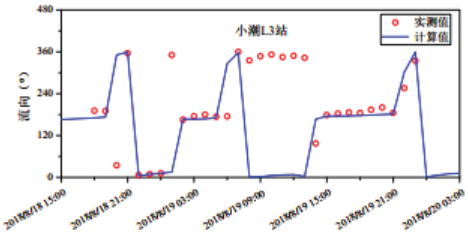

小潮L1站
实测值
计算值
流速（m/s）

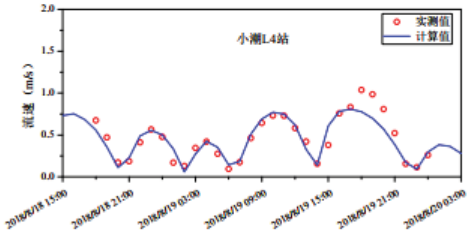

小潮L1站
实测值
计算值
流向（°）

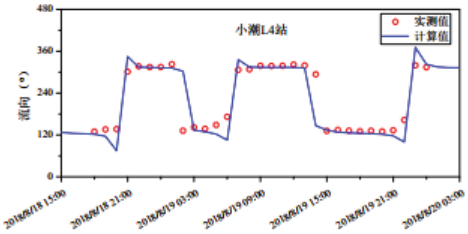

小潮L2站
实测值
计算值
流速（m/s）

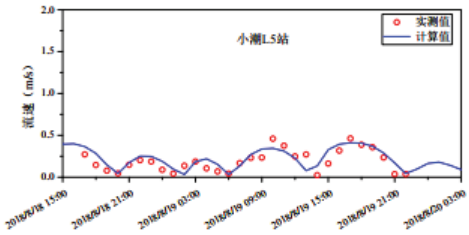

小潮L2站
实测值
计算值
流向（°）

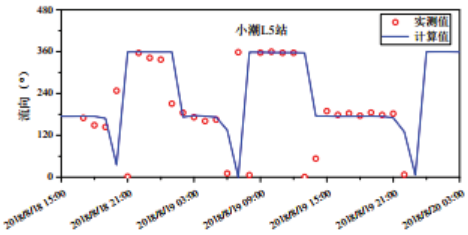

小潮L3站
实测值
计算值
流速（m/s）

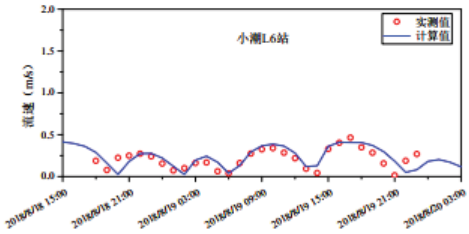

小潮L3站
实测值
计算值
流向（°）

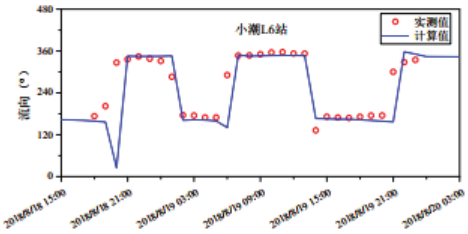

小潮L4站
实测值
计算值
流速（m/s）

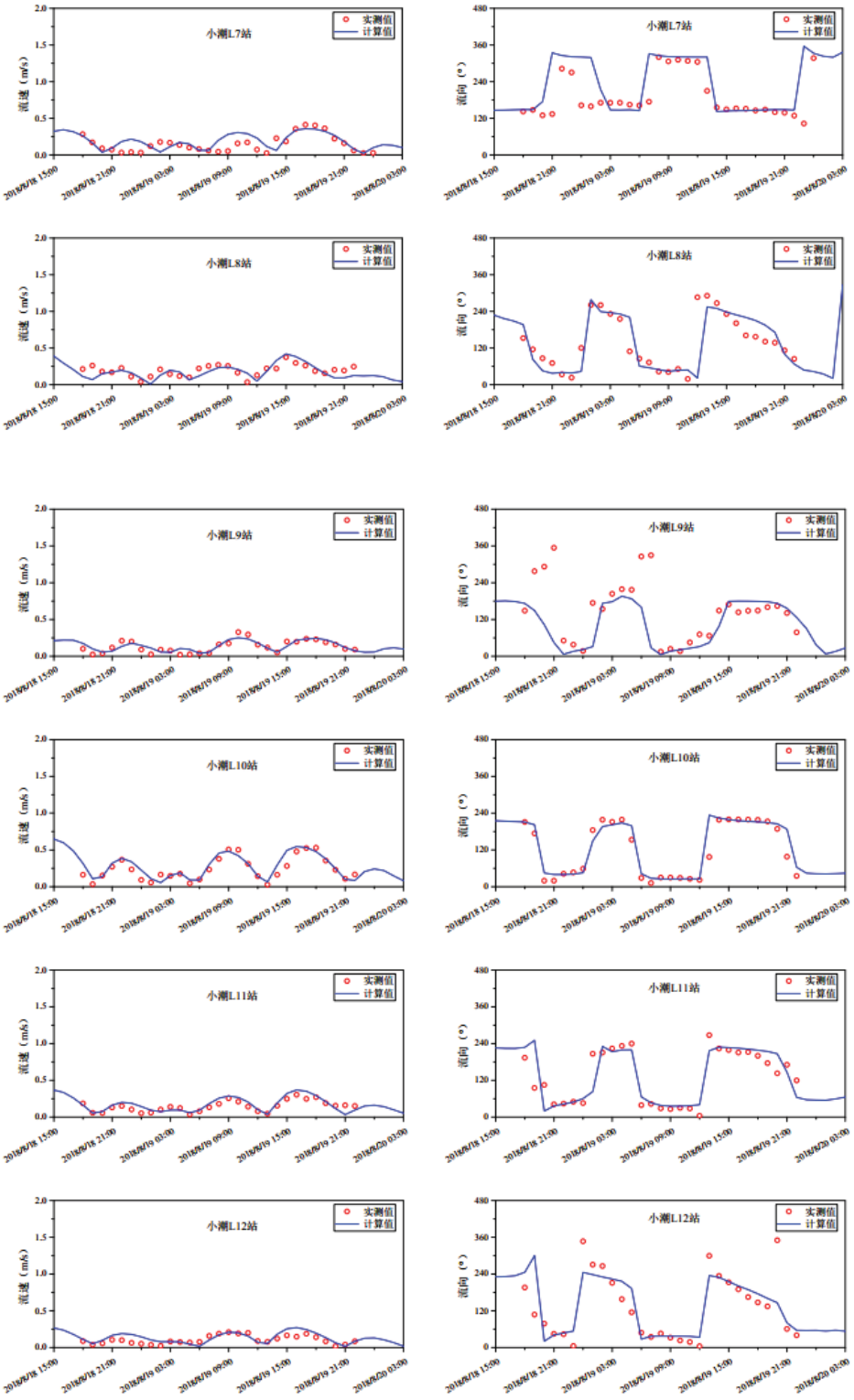

小潮L4站
实测值
计算值
流向（°）


小潮L5站
实测值
计算值
流速（m/s）

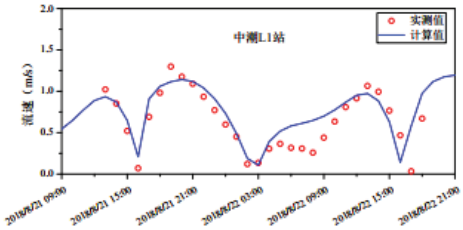

小潮L5站
实测值
计算值
流向（°）

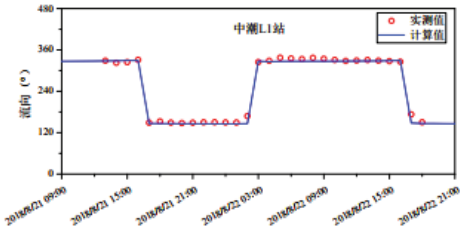

小潮L6站
实测值
计算值
流速（m/s）

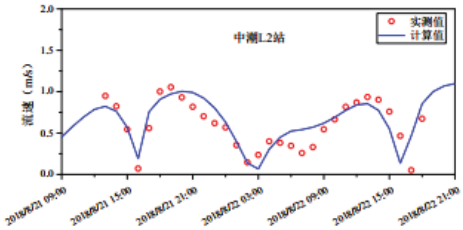

小潮L6站
实测值
计算值
流向（°）

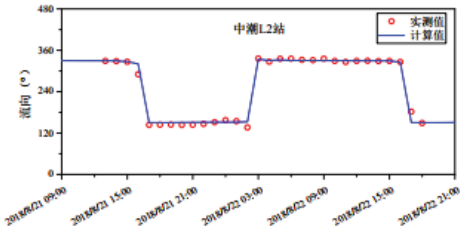

小潮L7站
小潮L7站
小潮L8站
小潮L8站
小潮L9站
小潮L9站
小潮L10站
小潮L10站
小潮L11站
小潮L11站
小潮L12站
小潮L12站
实测值
计算值
流速（m/s）
流向（°）

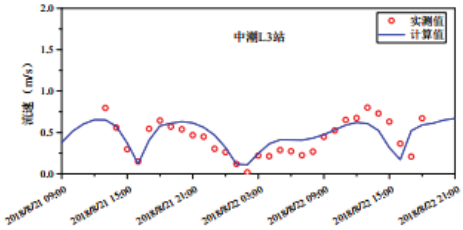
小潮

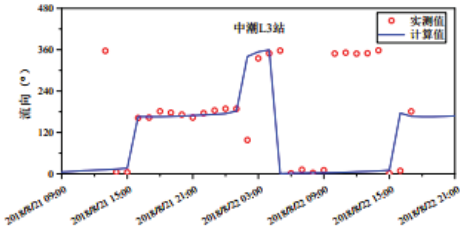

中潮L1站
实测值
计算值
流速（m/s）

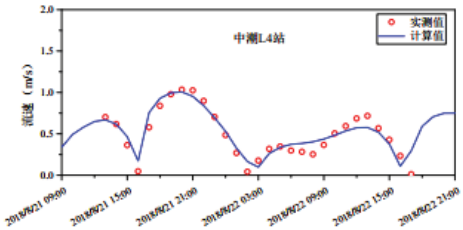

中潮L1站
实测值
计算值
流向（°）

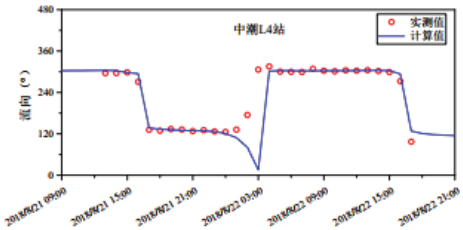

中潮L2站
实测值
计算值
流速（m/s）

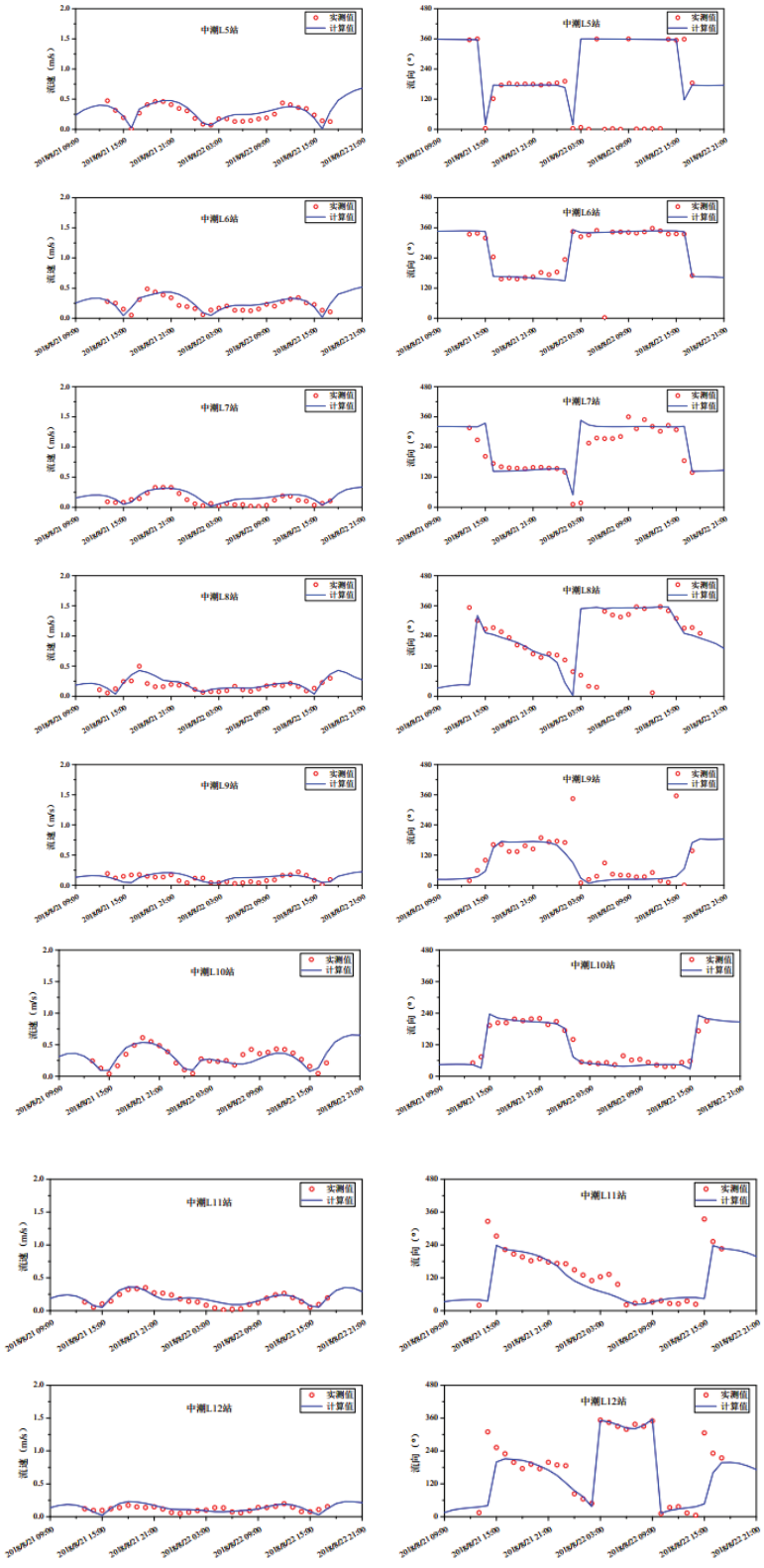

中潮L2站
实测值
计算值
流向（°）


中潮L3站
实测值
计算值
流速（m/s）


中潮L3站
实测值
计算值
流向（°）

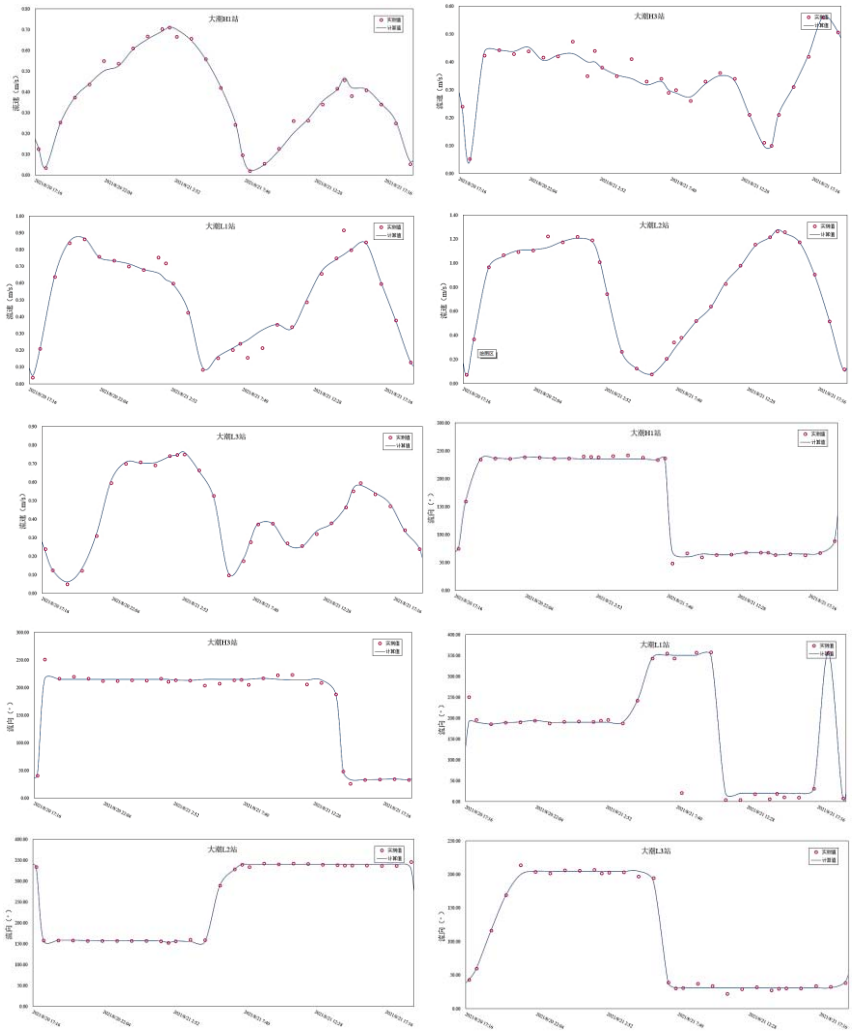

中潮L4站
实测值
计算值
流速（m/s）


中潮L4站
实测值
计算值
流向（°）

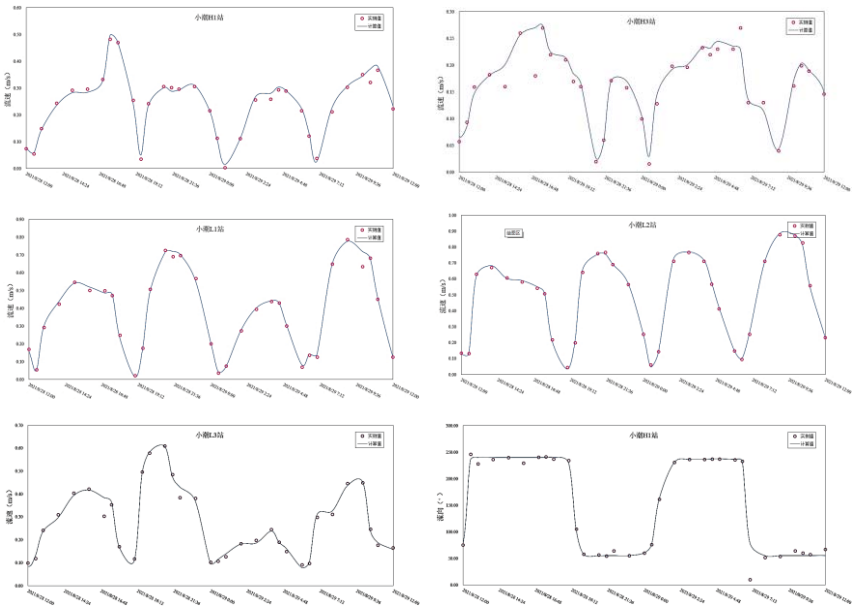

中潮L5站
中潮L6站
中潮L7站
中潮L8站
中潮L9站
中潮L10站
中潮L11站
中潮L12站
实测值
计算值
流速（m/s）
流向（°）

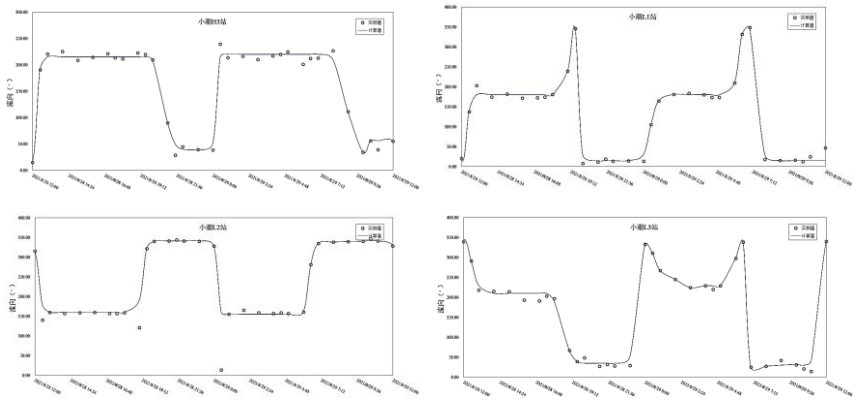
中潮

2018 年


大潮H1站
大潮H3站
大潮L1站
大潮L2站
大潮L3站
大潮H1站
大潮H3站
大潮L1站
大潮L2站
大潮L3站

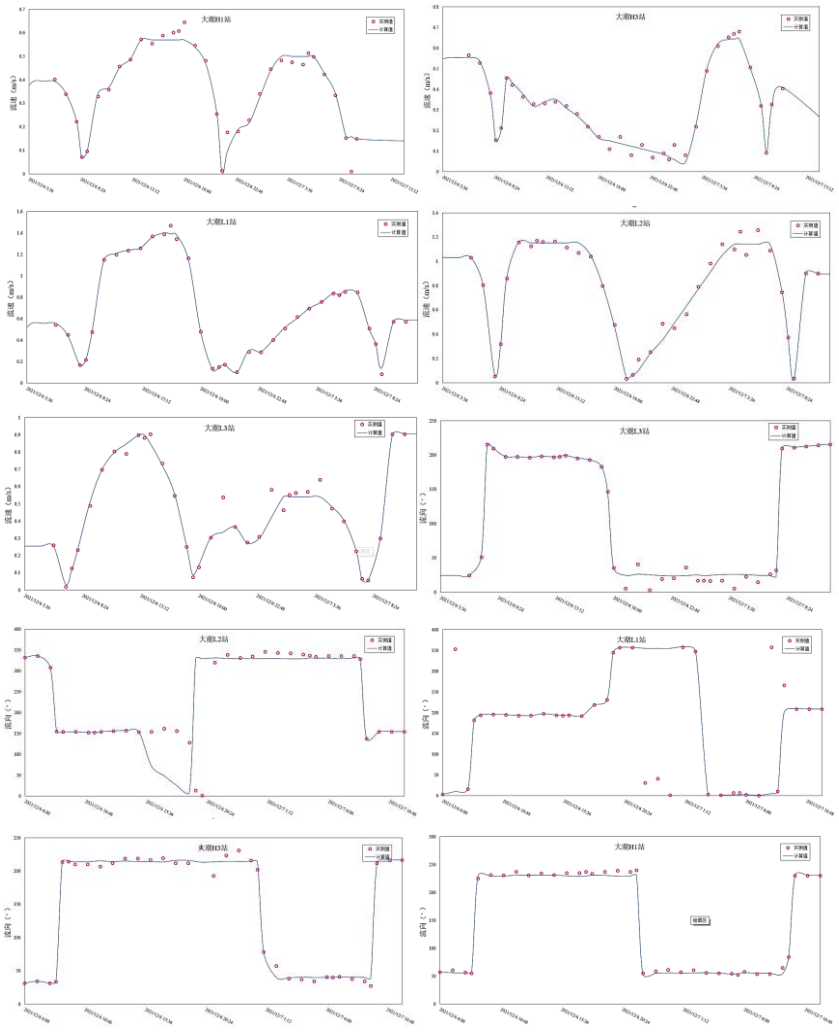
大潮


小潮H1站
小潮H3站
小潮L1站
小潮L2站
小潮L3站
小潮H1站

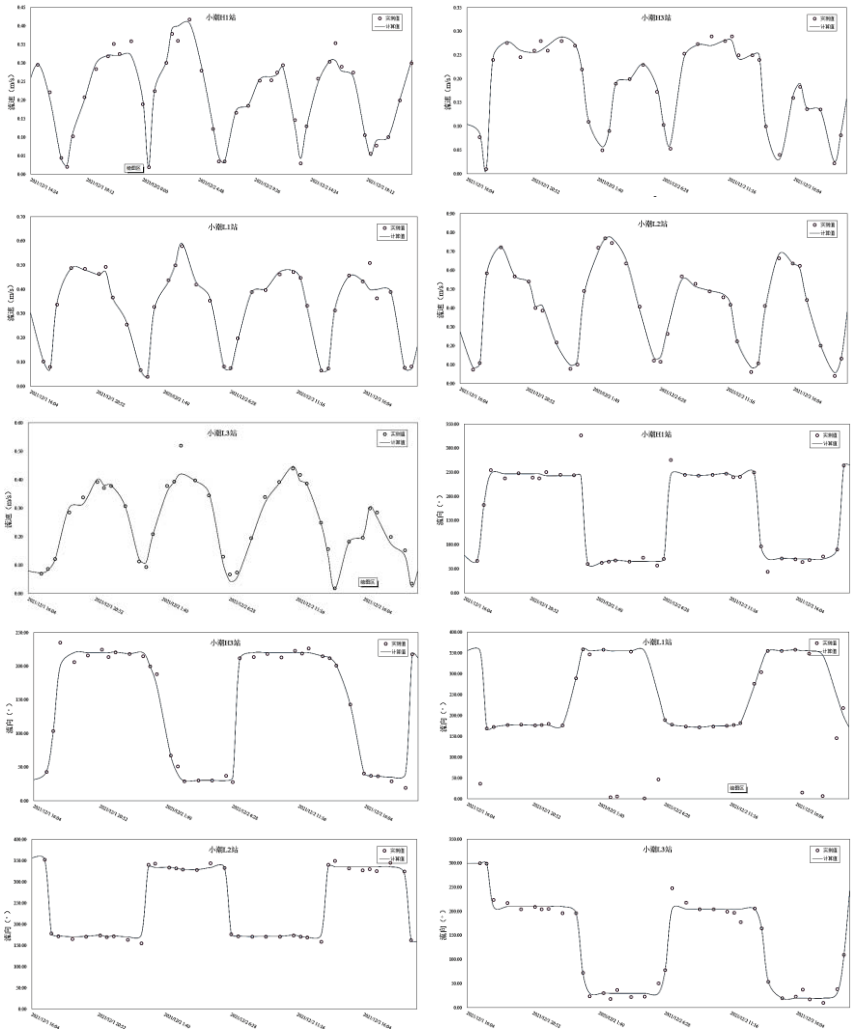


小潮

2021 年 8 月



大潮



小潮

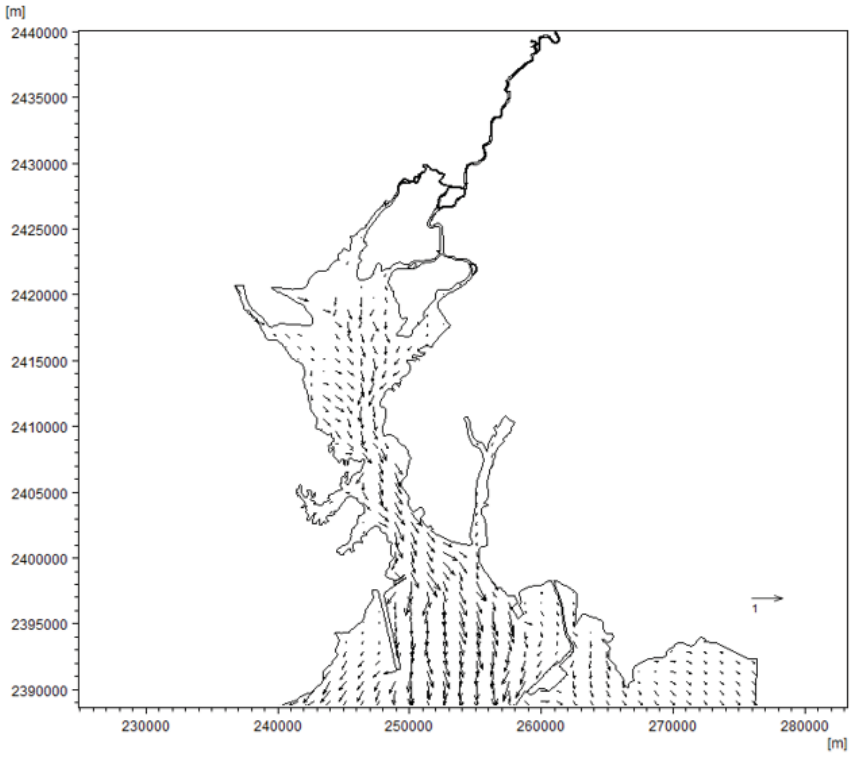
2021 年 12 月

图 6.1.3-3　流速流向验证图

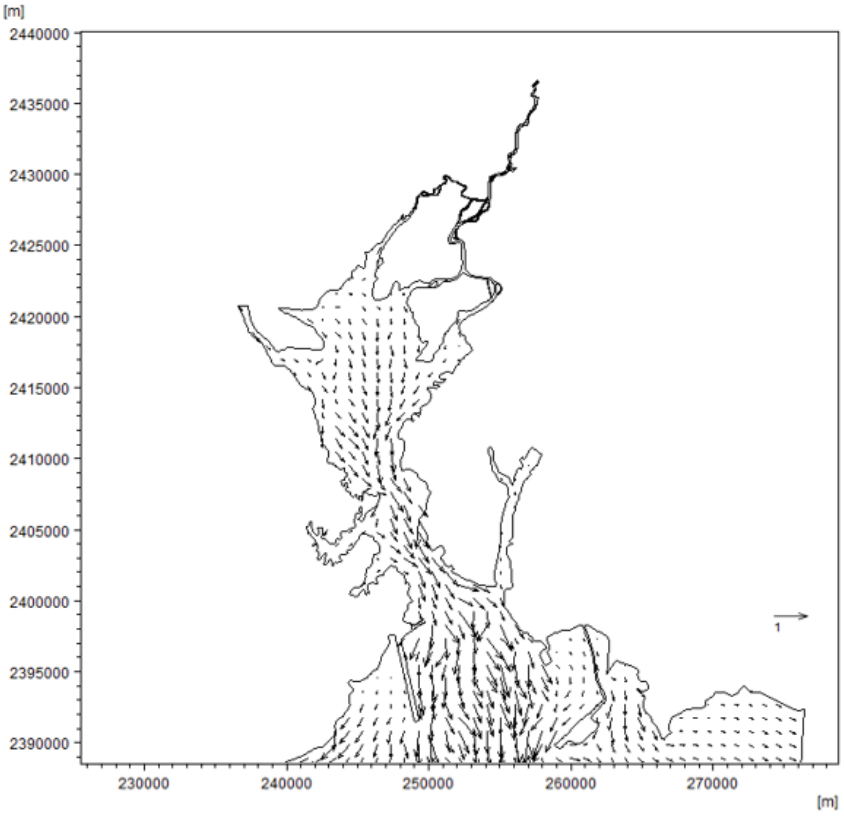
6.1.4 水动力影响预测与评价

（1）水文动力整体变化情况

近期调水量方案下，沙井航道的流速约为 0.95~1.80 m/s。落急潮下，工程实施前后入海口段流场变化不显著。涨急潮下，工程实施后比工程实施前流速增加。

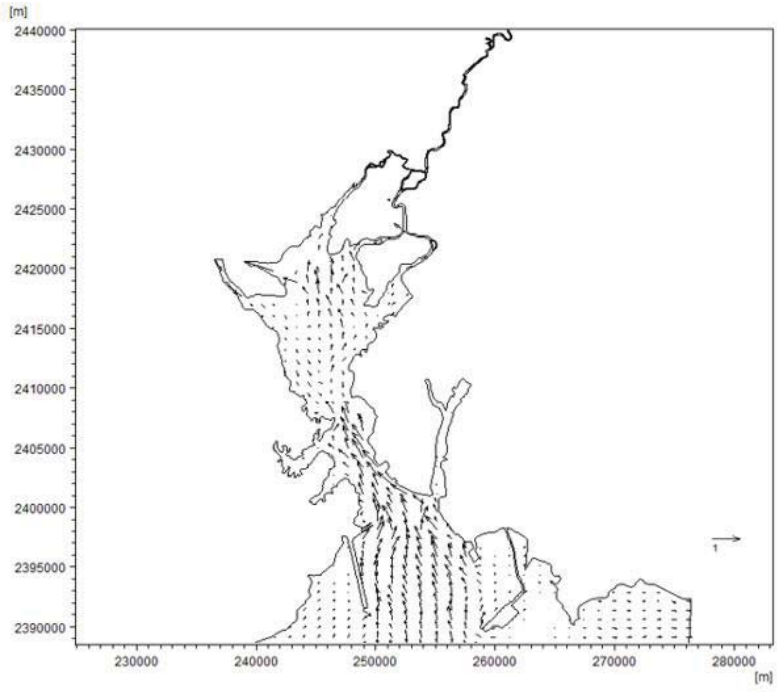


实施前

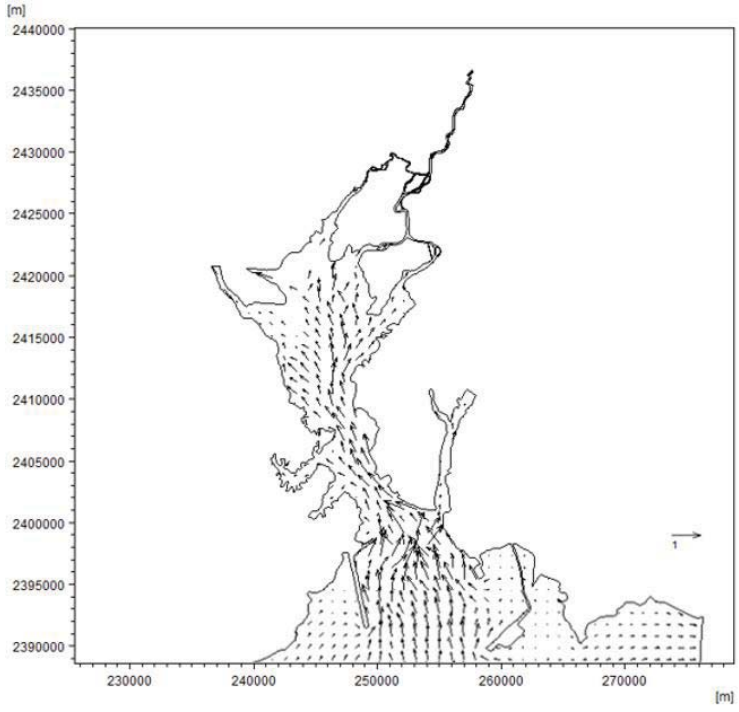


实施后

图 6.1.4-1 近期调水量方案下落急潮流场分布图



实施前



实施后

图 6.1.4-2 近期调水量方案下涨急潮流场分布图

（2）流速变化情况

为了清楚反映项目实施前后对周边海域潮流场的影响，将前后大潮期最大时刻流场

进行对比，得到工程建设前后最大流速变化情况。

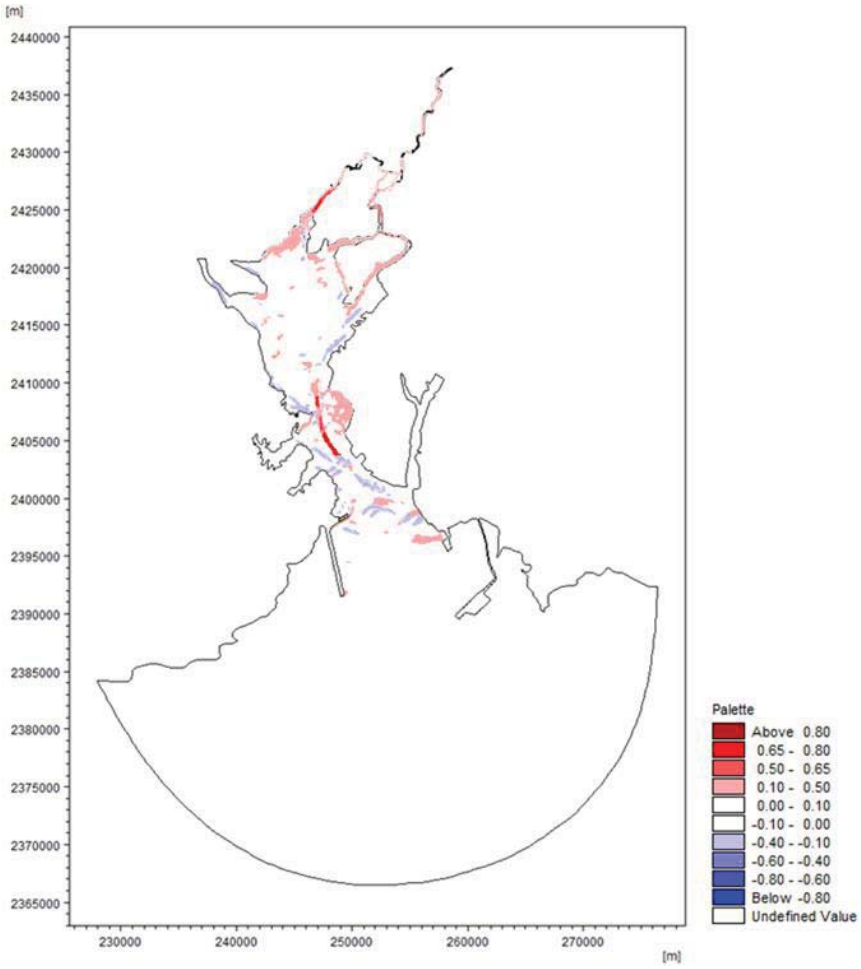


图 6.1.4-3　项目实施前后最大流速变化值

设置了 36 个虚拟观测点，分析项目前后流场变化情况。虚拟观测点位置如图所示。项目实施前后最大流速对比结果表明，航道上流速增大，增值范围在 0~1 m/s，增速最大的区域位于茅尾海与外海之间的狭窄海域；青年枢纽下泄流量增加，大榄江和瓦泾江流速增加；茅尾海及其入海海域的非航道区域内流速变化范围在-0.2~0.2 m/s，流速变化不大；外海范围无变化。综上，项目实施对其附近局部海域潮流场将造成一定影响，但总体来说流速变化相对较小。

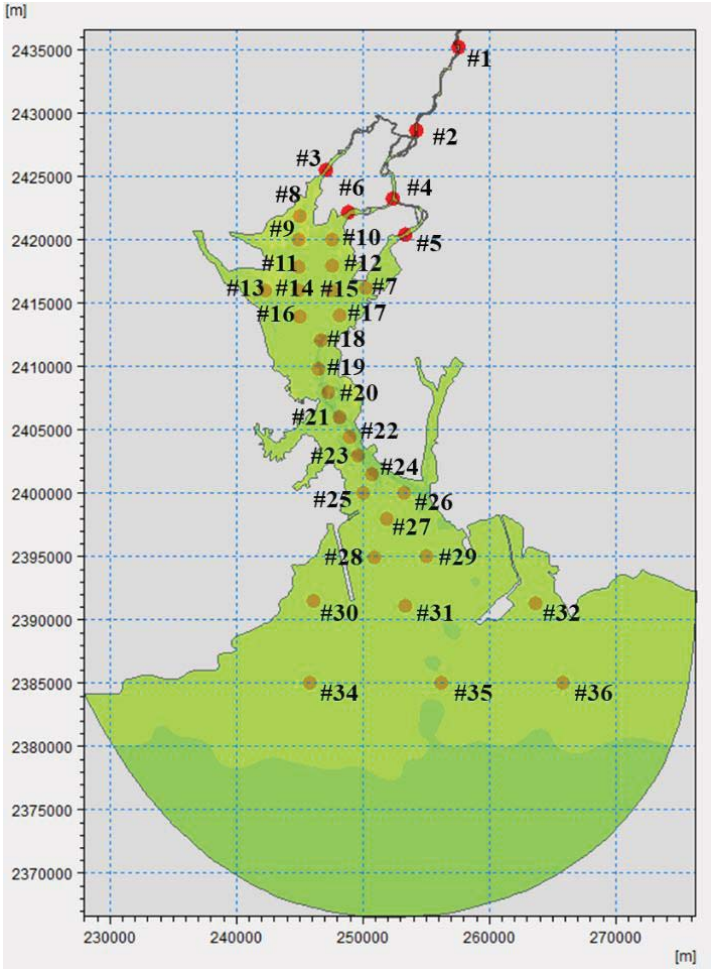


图 6.1.4-4 流场虚拟测点分布图

表 6.1.4-1 流场变化表

测点	区域	变化值（后-前） 平均流速（m/s）	变化情况
1	航道	0.14	增大
2		0.20	增大
4		0.39	增大
5		0.31	增大
7		0.22	增大
17		0	无变化
18		0.26	增大
19		0.29	增大
20		0.73	增大
21		0.55	增大
22		0.73	增大
3	大榄江	0.57	增大
6	瓦泾江	0.21	增大

8	茅尾海	0.16	增大
9		0	无变化
10		0.06	增大
11		0	无变化
12		0	无变化
13		0.06	增大
14		-0.04	减小
15		0	无变化
16		0.14	增大
23	茅尾海入海水域	0.12	增大
24		-0.12	减小
25		0.14	增大
26		0.12	增大
27		0	无变化
28		0	无变化
29		0	无变化
30	外海	0	无变化
31		0	无变化
32		0	无变化
33		0	无变化
34		0	无变化
35		0	无变化
36		0	无变化

（3）纳潮量和水交换周期变化情况

纳潮量是一个水域可以接纳的潮水体积，是表征半封闭海湾生存能力的重要指标。其大小直接影响到海湾与外海的交换强度和污染物的迁移扩散，从而制约着海湾的自净能力和环境容量，它对维持海湾的良好生态环境至关重要。此外，潮水量变化还可能会破坏水动力条件与海湾形态之间的动态平衡，使海湾潮汐汊道随之进行调整，从而影响海湾的寿命。

纳潮量的计算公式通常为：

$$P=\frac{1}{2}(S_1+S_2)(H_1-H_2)$$

其中，P 为纳潮量，S_1 和 S_2 分别为高低潮时水域面积，H_1 和 H_2 为高低潮潮位。

为了计算茅尾海的纳潮量，设置湾口计算断面在下图位置。

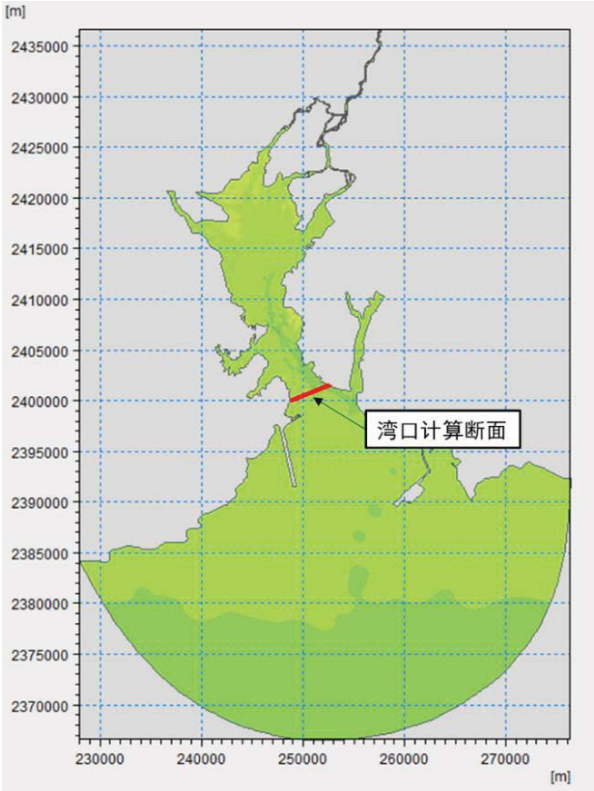


图 6.1.4-5 湾口计算断面位置图

计算了项目实施前后 34 个潮周期（约一个月）的纳潮量变化。因茅尾海区域内大小潮交替出现，且潮差变化较大，漫滩现象常出现，小潮时海域面积比大潮时小，导致计算时间内纳潮量变化较大。计算结果表明，项目实施前纳潮量为 0.618×10^8~5.532×10^8 m^3，项目实施后为 0.637×10^8~5.587×10^8 m^3。项目实施使茅尾海纳潮量约增加 0.9% ~3%，接纳外部海水能力增大。

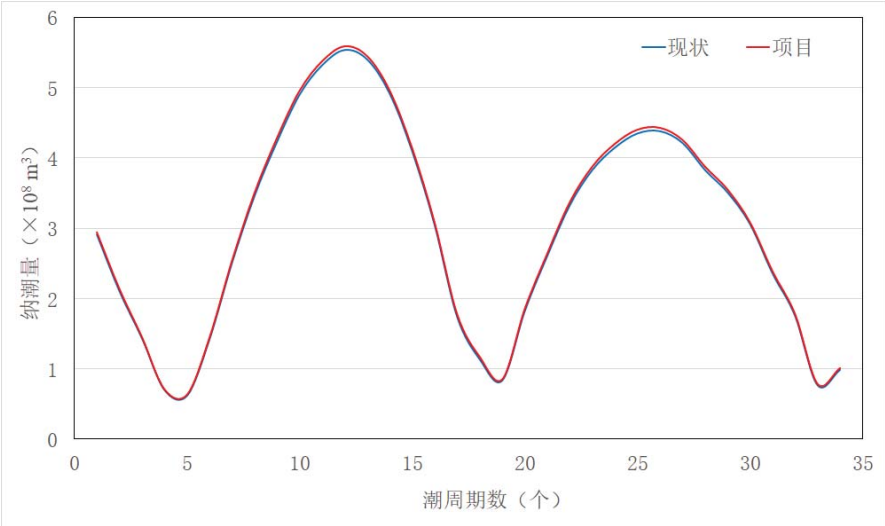


图 6.1.4-6 纳潮量计算结果图

以溶解态的保守物质为示踪剂，给定污染物均匀分布初始浓度 $C_0 = 1$ mg/L，其余污染物浓度为 0，在潮流作用下，内外水体产生交换。保守物质浓度稀释为初始浓度值的一半时所需要的时间，即为水体的半交换周期。半交换周期短，表明水体交换能力强;反之表明水体交换能力弱。污染物平均浓度计算公式如下:

$$\tau_i = \frac{\sum c_i \times volume_i}{\sum volume_i}$$

式中: τ_i 表示第 i 时刻示踪剂平均浓度; $volume_i$ 表示单位海水体积; c_i 表示第 i 时刻单位海水体积的示踪剂浓度值。

模拟了示踪剂加入后 15d 的浓度变化，根据水动力模型预测结果，统计了茅尾海内示踪剂浓度的日均值，结果见下图。可以发现，现状茅尾海的的半交换周期约 7.1 天，工程实施后虽然未造成茅尾海湾口断面的岸线形态和海底高程改变，但钦江泄水量增加，茅尾海的半交换周期缩短至约 6 天 d。工程造成茅尾海半交换周期缩短，水体交换能力增强。

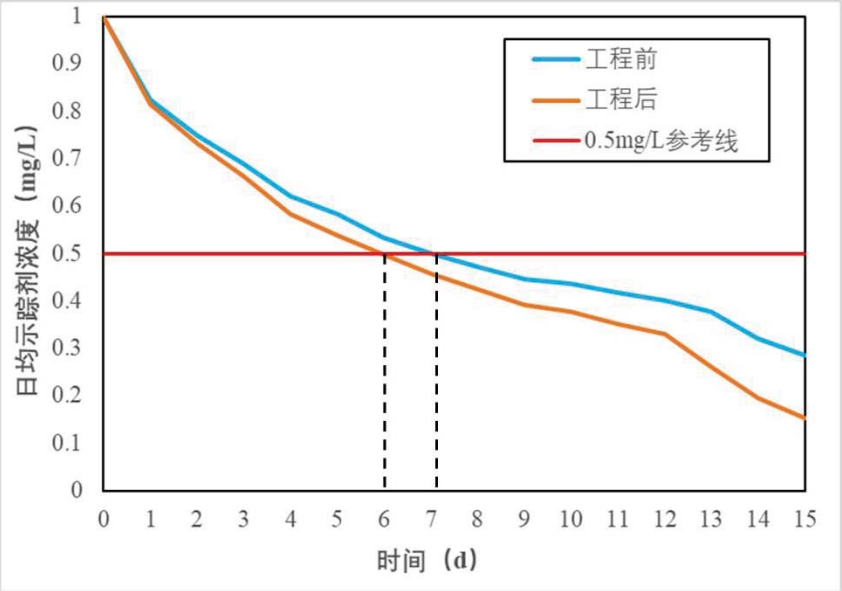


图 6.1.4-7 茅尾海日均示踪剂浓度计算结果图

（3）水位变化情况

根据平陆运河水文报告分析结果，各级流量的天然和建库后水面线根据天然河道一维恒定渐变流能量方程进行计算。在河道支流汇合口采用汊口连接方程，进出每一汊点必须与该汊点蓄水量的增减相平衡。利用钦江 1971 年实测洪洪痕水位，率定钦江河段糙率。按照《水力学》（武汉大学出版）P228 复式断面渠道的水力计算方法，将河道断

面依主槽和边滩分为两部分，采用实测断面，试算河段流量以及率定河段糙率。最后利用钦江 1893 年洪水洪痕资料进行验证。

本次评价范围兰海高速钦江大桥以下段，即桩号 K112+882 以下。工程前后平陆运河入海段水位表如下表所示，青年枢纽段至瓦泾江分流口工程后水位大幅下降，瓦泾江分流口至入海口工程前后水位基本不变。

表 6.1.4-2 工程前后平陆运河入海段水位表 单位：m

桩号	天然 20 年一遇	工程后 20 年一遇	天然 5 年一遇	工程后 5 年一遇	天然 2 年一遇	工程后 2 年一遇	备注
K98+500	10.28	5.68	7.98	4.10	7.14	3.77	青年枢纽
K107+500	8.45	4.80	6.66	3.78	6	3.58	大榄江
K114+000	4.15	4.15	3.56	3.56	3.5	3.46	瓦泾江分流口
K126+000	3.63	3.63	3.33	3.33	3.33	3.33	入海口

6.2 水质环境影响分析

6.2.1 施工期悬浮物影响分析

（1）泥沙扩散模型

预测施工产生的 SS 对水环境的污染影响可采用以下运动方程式计算：

$$\frac{\partial c}{\partial t}+u\frac{\partial c}{\partial x}+v\frac{\partial c}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial x}\left(Dx\frac{\partial c}{\partial y}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(Dy\frac{\partial c}{\partial y}\right)=Q+Q_B$$

式中：

u、v——流速，由前述流场模拟结果提供；

c——悬沙浓度（ mg/L）；

D_x， D_y——分别是 x 和 y 方向上的水平涡动扩散系数，$K_x=5.93\sqrt{gH}|U|/C$、$K_y=5.93\sqrt{gH}|V|/C$；

Q——悬沙点源源强；

Q_B——为悬沙垂直通量，包括沉降和再悬浮两项；

有关悬浮泥沙垂直通量 Q_B 的计算，按下式计算：

$$Q_B=-s\omega(1-R)$$

式中：

S——床面处悬沙浓度；

W——泥沙颗粒沉降速率；

R——沉降泥沙的再悬浮率，取 0.5。

沉降速度采用 stocks 公式计算：

$$\omega_0 = \frac{1}{18}\frac{\rho_0 - \rho_S}{\rho_0 \gamma} g D_{50}^2$$

D_{50} 为悬沙中值粒径，γ 取为 0.01377。大小潮悬沙中值粒径介于 0.0063~0.0084mm 之间，平均中值粒径为 0.0074mm。

R--再悬浮率，由 C.G.Uchrin 经验式给出，即：

$$R = \begin{cases} \dfrac{\alpha D_{50}}{\beta + D_{50}}(u_n - u_{nor}) & (u_n \geq u_{nor}) \\ 0 & (u_n < u_{nor}) \end{cases}$$

式中：

α、β 为 C.G.Uchrin 经验系数； D_{50} 为中值粒径，U_n 和 U_{nor} 分别为摩擦速度和临界摩擦速度：

$$U_n = \frac{\sqrt{g(u^2 + v^2)}}{C_b} \text{、} U_{nor} = 0.04\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\sqrt{gD_{50}}$$

式中，

ρ_s、ρ_w 分别为泥沙和水密度， C_b 为摩擦系数。

初始条件： c(x, y,0) =0 ;

边界条件：

在海岸边界上，物流不能穿越边界，即：

$$\frac{\partial c}{\partial n} = 0$$

在开边界上：流出时满足边界条件

$$\frac{\partial c}{\partial t} + V_n \frac{\partial c}{\partial n} = 0$$

流入时，各边界上浓度为已知值 $c=c_0(x, y)$ ，模型仅计算增量影响，取 $c_0=0$。

（2）预测 SS 源强

根据施工方案，部分航道水深不能满足设计要求，需要疏浚和切滩。平陆运河海洋段采用链斗式、绞吸式、抓斗式疏浚船舶进行作业，具体施工范围和疏浚源强见下表 6.2.1-1 所示。

表 6.2.1-1 施工船舶及预测源强设置情况

施工船舶	航道距离	源强
链斗式	K112+882~K120	2.8
绞吸式	K120~K128	2.38
抓斗式	K128~终点	1.8

图 6.2.1-1　航道疏浚作业范围图

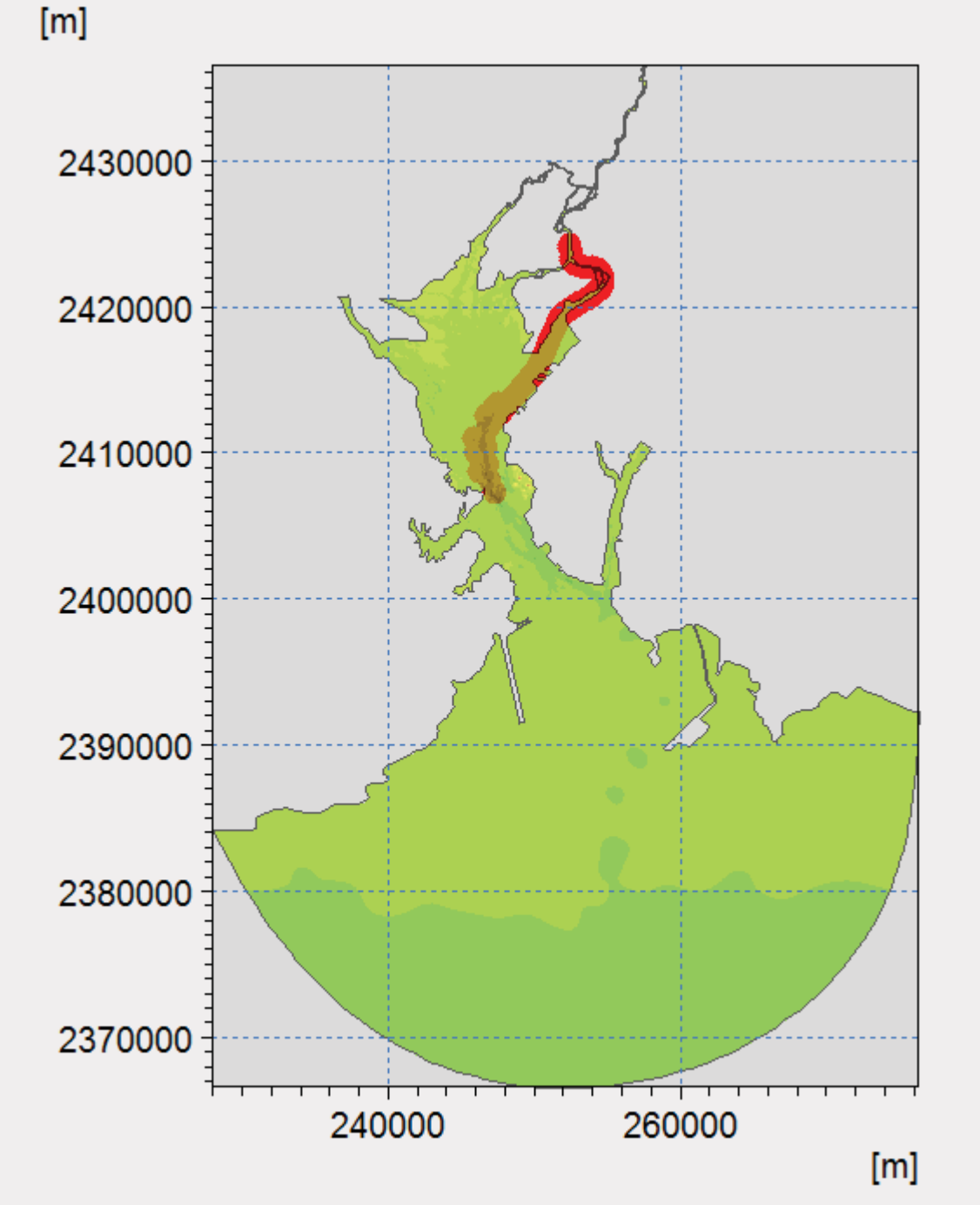


图 6.2.1-2 模型预测源强设置情况

（3）施工产生 SS 扩散影响预测结果

模拟施工期内所产生的悬沙输运和扩散，模拟时段与二维水动力相同，输出每小时 SS 的浓度场。

施工过程对区域水质影响主要是施工扰动产生的悬浮物对区域水质的影响。悬浮物的增加会影响阳光透射，同时水体含泥沙量过高对浮游动植物、游泳生物有较大影响，

泥沙的落淤则会影响到底栖生物。悬浮物含量的高低与工程施工方式、工程规模以及底质情况有关，通常疏浚产生的悬浮物较多，对环境的影响程度较高。本评价选用水质预测模块（平面二维非恒定的对流-扩散模型），预测模式如下：

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc)+\frac{\partial}{\partial x}(uhc)+\frac{\partial}{\partial y}(vhc)=\frac{\partial}{\partial x}\left(h\cdot D_x\cdot\frac{\partial c}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(h\cdot D_y\cdot\frac{\partial c}{\partial y}\right)-F\cdot h\cdot c+s$$

式中： DX、DY 为 x、y 方向的扩散系数，扩散系数 $D_l=K_l\frac{\Delta x^2}{\Delta t}$， Δx 为空间步长，Δt 为时间步长，K_1 为系数，其取值范围为 0.003~0.075，模拟中网格采用三角形非结构网格，每个网格时间步长和空间步长差异较大，故其扩散系数差异较大，模型中通过设置的时间步长和空间步长进行自主计算分配；c 为悬浮泥沙浓度；F 为衰减系数，F=p·ws，p 为沉降概率，取值介于 0.1~0.5，ws 为沉速；s 为悬浮泥沙排放源强，s=QSCS，式中 QS 为排放量，CS 为悬浮泥沙排放浓度。

挖泥船施工时基本上是定点作业，悬浮疏浚物的扩散机理类似于点源扩散。施工时由于铲头的扰动造成底泥悬浮并随流扩散，在施工区水域形成条状浑浊水体。根据上述模式和参数预测，对枯水期疏浚作业点施工产生的 SS 扩散情况进行预测。

本次悬浮物预测工况为疏浚范围内疏浚船舶同时施工作业，预测结果为疏浚作业可能产生的最大影响。

在常规疏浚情况下和布设防污屏的情况下分别进行了疏浚作业 SS 模拟，模拟结果分别见下图所示。

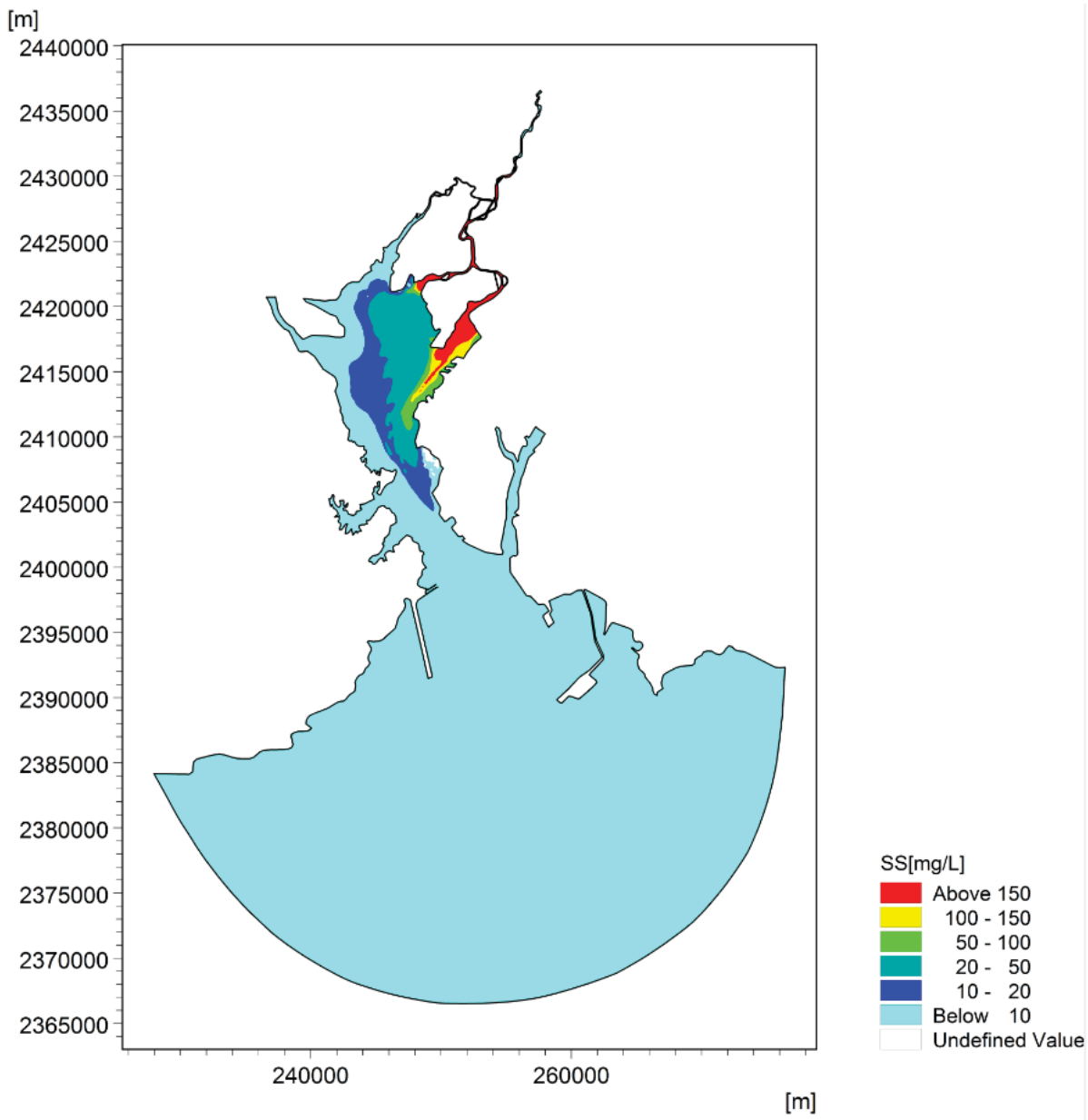


图 6.2.1-3 海洋段疏浚最大影响范围模拟结果图（不采取措施）

当在钦江航道上施工产生悬浮物通过瓦泾江进入茅尾海，悬浮物会影响广西茅尾海红树林自治区级自然保护区和茅尾海国家级海洋公园。在涉及瓦泾江口处疏浚船外侧增加多道防污屏，防控措施的模拟结果显示可以显著减小对敏感目标的影响。

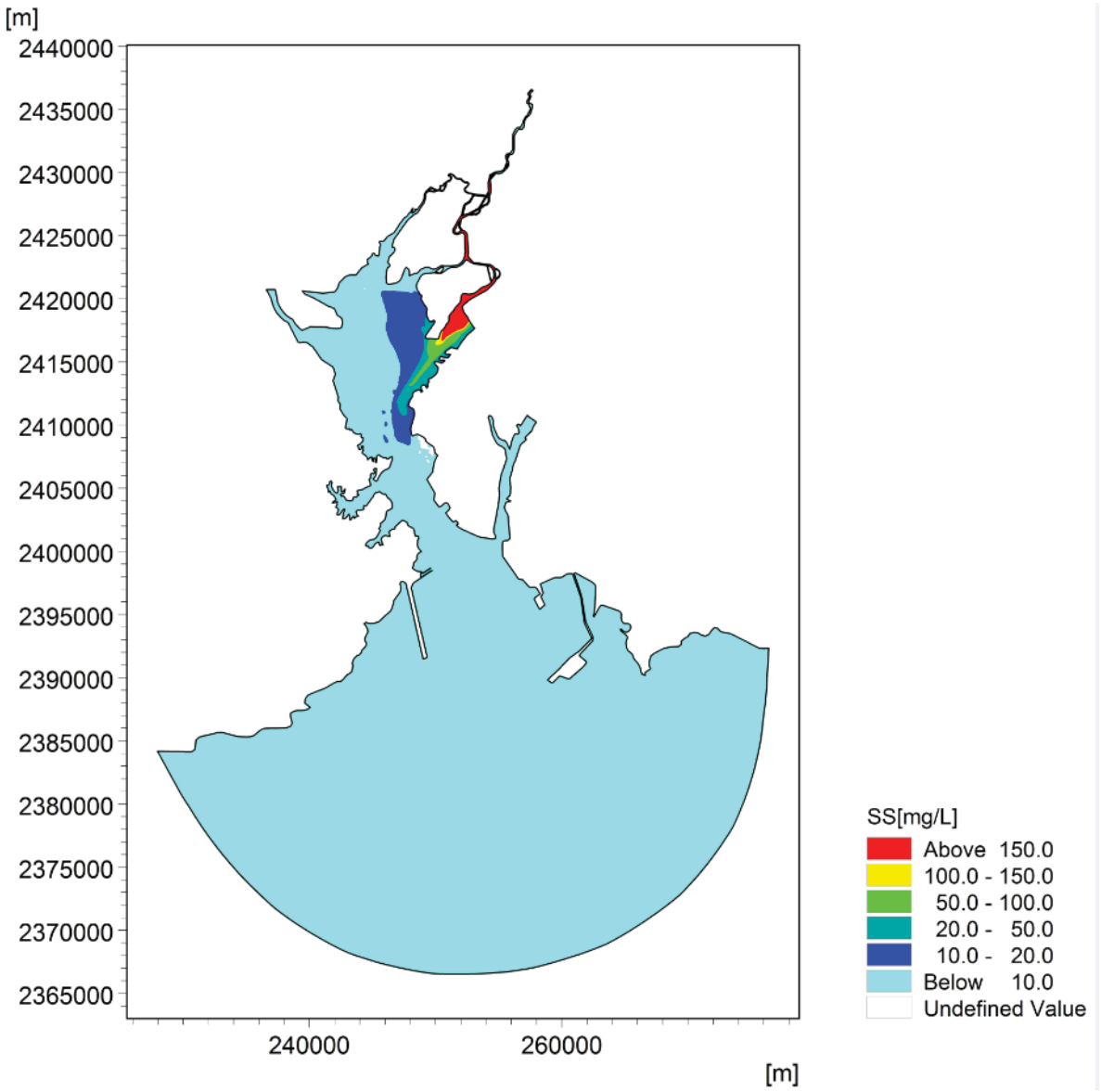


图 6.2.1-4 防污屏布设后疏浚最大影响范围模拟结果图

表 6.2.1-2 疏浚作业影响范围

浓度范围（mg/L）	无防污屏	布设防污屏	缩减比例（%）
	面积（km^2）	面积（km^2）	
10~20	27.51	22.42	19
20~50	37.38	7.9	79
50~100	5.68	3.32	42
100~150	3.90	0.77	80
>150	10.60	6.64	37

综合来看，兰海高速钦江大桥游疏浚的影响如下：

a）钦江航道上施工产生悬浮物通过瓦泾江进入茅尾海，影响广西茅尾海红树林自治区级自然保护区和茅尾海国家级海洋公园。涉及瓦泾江口施工时在挖泥船外侧应布置多道防污屏，严控悬浮物从瓦泾江进入茅尾海，将悬浮物控制在施工船舶附近，减小对敏感目标的影响。

b）沙井航道施工产生的悬浮物会导致红树林区域悬浮泥沙的增加，从而产生不利影响。

综上，施工对水环境的影响为暂时影响，会随着工程施工的结束而消失。施工作业应尽可能安排在枯水期完成，施工期利用 GPS 定位，严格控制施工范围，减少悬浮物产生量。施工时应在施工船舶周边布设防污屏，涉及瓦泾江口施工时布置多道防污屏，严控悬浮物从瓦泾江进入茅尾海，将施工对水体 SS 的影响控制在尽可能小的范围内。

6.2.2 运行期水质影响分析

1、数学模型

采用 MIKE 软件对青年枢纽下游海域的水质进行模拟预测。MIKE 软件是丹麦 DHI 公司开发的一款水动力学软件，在水质管理、防洪、水资源管理等多方面都有着广泛的应用。本研究所用模型的控制方程及数值解法简要介绍如下：

潮流控制方程采用水深平均的 NS 方程：

$$h\frac{\partial u}{\partial t}+hu\frac{\partial u}{\partial x}+hv\frac{\partial u}{\partial y}+gh\left(\frac{\partial h}{\partial x}+\frac{\partial a}{\partial x}\right)-Eh\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)+\frac{gun^2\sqrt{u^2+v^2}}{h^{4/3}}-\frac{\tau_{wx}}{\rho}-fvh=0$$

$$h\frac{\partial v}{\partial t}+hu\frac{\partial v}{\partial x}+hv\frac{\partial v}{\partial y}+gh\left(\frac{\partial h}{\partial y}+\frac{\partial a}{\partial y}\right)-Eh\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)+\frac{gvn^2\sqrt{u^2+v^2}}{h^{4/3}}-\frac{\tau_{wy}}{\rho}+fuh=0$$

$$\frac{\partial h}{\partial t}+h\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)+u\frac{\partial h}{\partial x}+v\frac{\partial h}{\partial y}=0$$

其中，

h 为水深；

u、v 为笛卡尔坐标系下速度；

x、y、t 为笛卡尔坐标系和时间；

ρ 为流体的密度；

E 为流体的涡动粘性系数；

g 为重力加速度；

a 为底部高程；

n 为曼宁系数；

wx , wy 为 x,y 方向上的风应力分量；

f 2sin 为柯氏力系数。

污染物在海域里除了随水流扩散外，还发生着复杂的物理化学作用。研究采用考虑线性降解的对流扩散方程作为污染物的控制方程：

$$\frac{\partial c}{\partial t}+u\frac{\partial c}{\partial x}+v\frac{\partial c}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}\left(D_x\frac{\partial c}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(D_y\frac{\partial c}{\partial y}\right)+Q-kc$$

其中，c 为污染物浓度；Dx、Dy 为污染物扩散系数，Q 为源强，k 为降解系数。

上述非线性方程组与相应的边界条件、初始条件构成了问题的适定表达式。采用有限体积法并结合模型边界对各二阶导数项应用分部积分和格林公式，获得与原来微分型控制方程相应的有限单元计算方程，再对有限单元计算方程进行求解。

2、水质模型设置

上文建立了覆盖钦江、茅岭江等入海河流的茅尾海水动力模型，此处不再赘述。基于茅尾海现状水质分析，主要超标因子为无机氮和活性磷酸盐，因此水质模拟中主要考虑无机氮和活性磷酸盐等污染物的变化。污染物的降解系数参考《钦州湾三墩作业区排污阈值的数值模拟研究》（2021 年），无机氮和活性磷酸盐降解系数均取 0.05 d^{-1}。

边界条件：

（1）水动力边界条件：钦江青年水闸来水量取近期特枯水年流量（90%保证率）；茅岭江径流量取 90%保证率下流量。

（2）水质边界条件：

茅岭江水质取茅岭大桥国家站 2021 年日均数据；钦江青年枢纽水质根据《平陆运河工程项目地表水环境评价专题报告书》（重庆交通大学）水质计算结果选取，其中枯水期总氮为 1.75 mg/L、总磷为 0.07 mg/L。

初始条件：2021 年 4 月广西壮族自治区海洋地质调查院在钦江河口海域进行了现场监测，调查共布设 20 个监测站位，见下图所示（具体内容详见海水水质现状评价章节），采用监测数据作为模型模拟的初始条件。

图 6.2.2-1 茅尾海水环境监测点位位置示意图

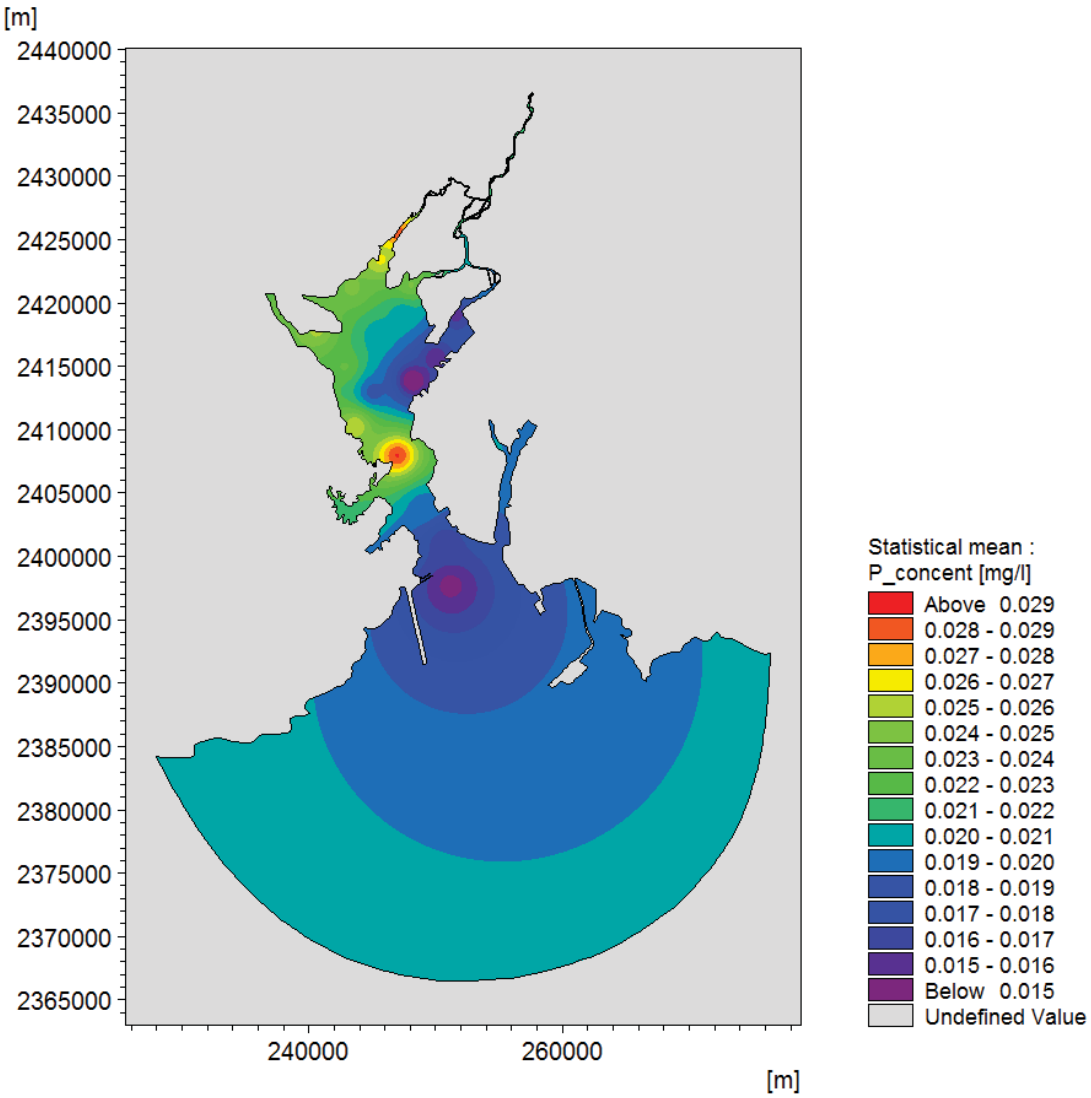


图 6.2.2-2 茅尾海活性磷酸盐初始浓度场

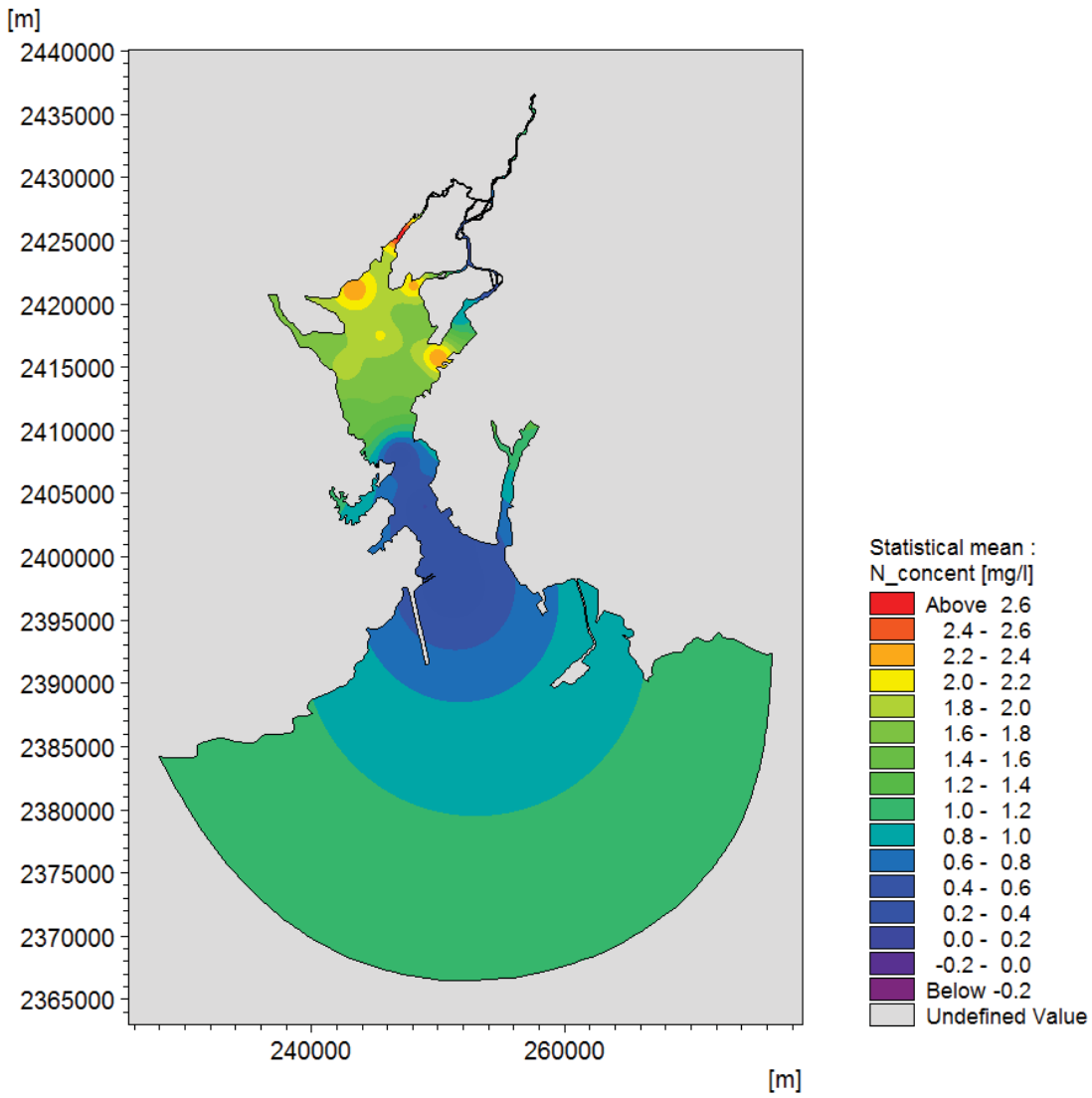


图 6.2.2-3 茅尾海无机氮初始浓度场

排污口设置：根据调研数据，钦州市综合排污口共计 149 个，钦州市规模以上入河排污口共计 8 个，同时涉及鱼塘虾塘、农业面源（转化为点源加入模型）等污染。考虑入海排口流量大于 1.0 m^3/s 的限定条件，筛选出模拟范围内共计排口 32 个，详见下表及图所示。

表 6.2.2-1 排污口基本信息汇总（mg/L）

为掌握鱼虾塘水质信息，2021 年 12 月委托相关监测单位对九鸦横丰村、西沟三雅坪村、下南山村委 3 个鱼虾塘进行了水质现状监测，详见下表所示。

表 6.2.2-2　鱼虾塘现状水质监测信息（mg/L）

乡镇	所在村位置	养殖种类	养殖面积（亩）	水质监测信息	
				TN	TP
尖山	九鸦横丰村	淡水鱼特色养殖	397	1.84	0.05
尖山	西沟三雅坪村	南美白对虾	63	1.47	0.07
沙埠	下南山村委	咸淡水鱼虾混养	19	1.78	0.08

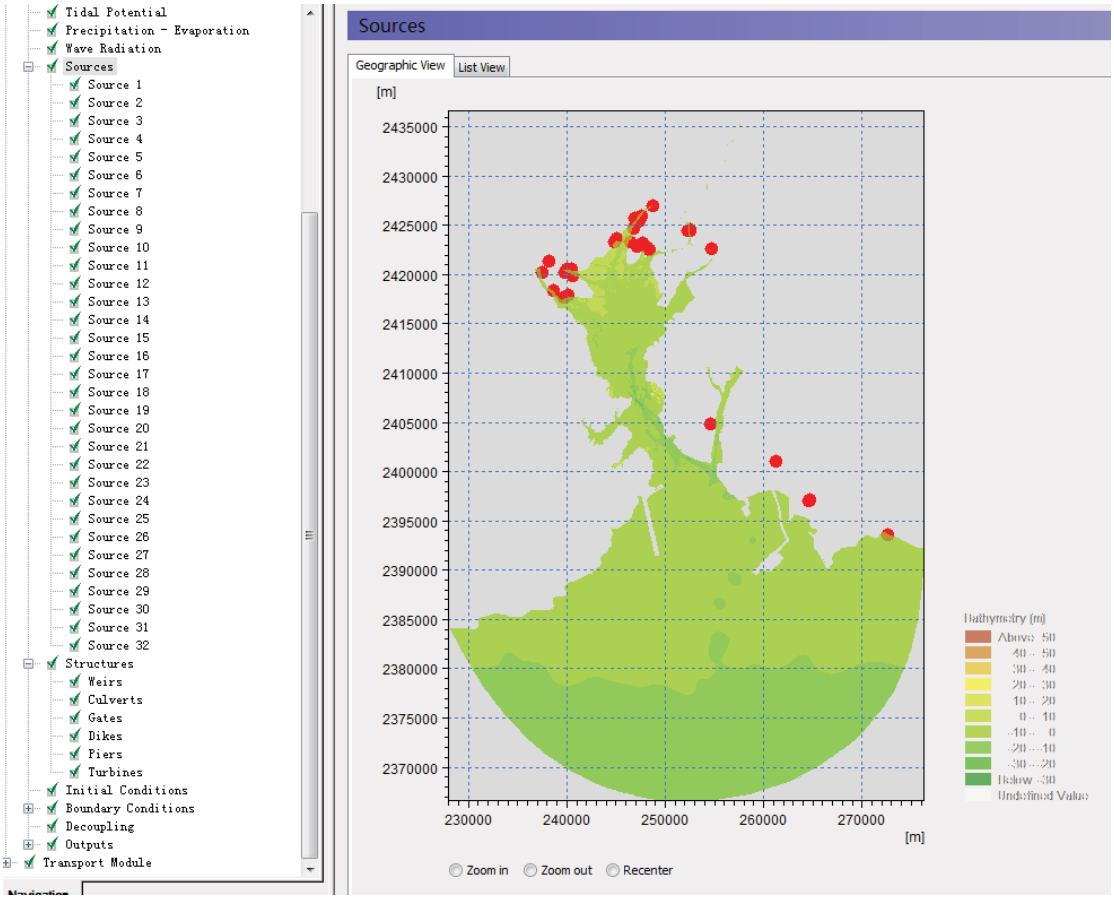


图 6.2.2-4　排污口分布图

3、水质预测

考虑平陆运河项目实施后下泄流量增加对茅尾海水质的影响，外源污染保持不变。平陆运河工程项目实施后无机氮和活性磷酸盐模拟结果如下图所示。

选择茅尾海内 4 个国省控监测点位，读取了模拟后的水质结果如下表所示。由于项目实施后平陆运河下泄流量增加，根据水动力计算结果可知茅尾海纳潮量增加，接纳外

部海水能力增大，提高了水体交换能力，有利于茅尾海水域提高自净能力，提高了水域的环境容量。水质模拟结果也表明，项目实施后，在外源污染保持不变的条件下，茅尾海内无机氮和活性磷酸盐平均浓度有降低的趋势。但相关指标仍超过标准，建议进一步开展茅尾海河口区域治理，加强对鱼虾塘养殖污水的治理，减少污染排放，改善水质。

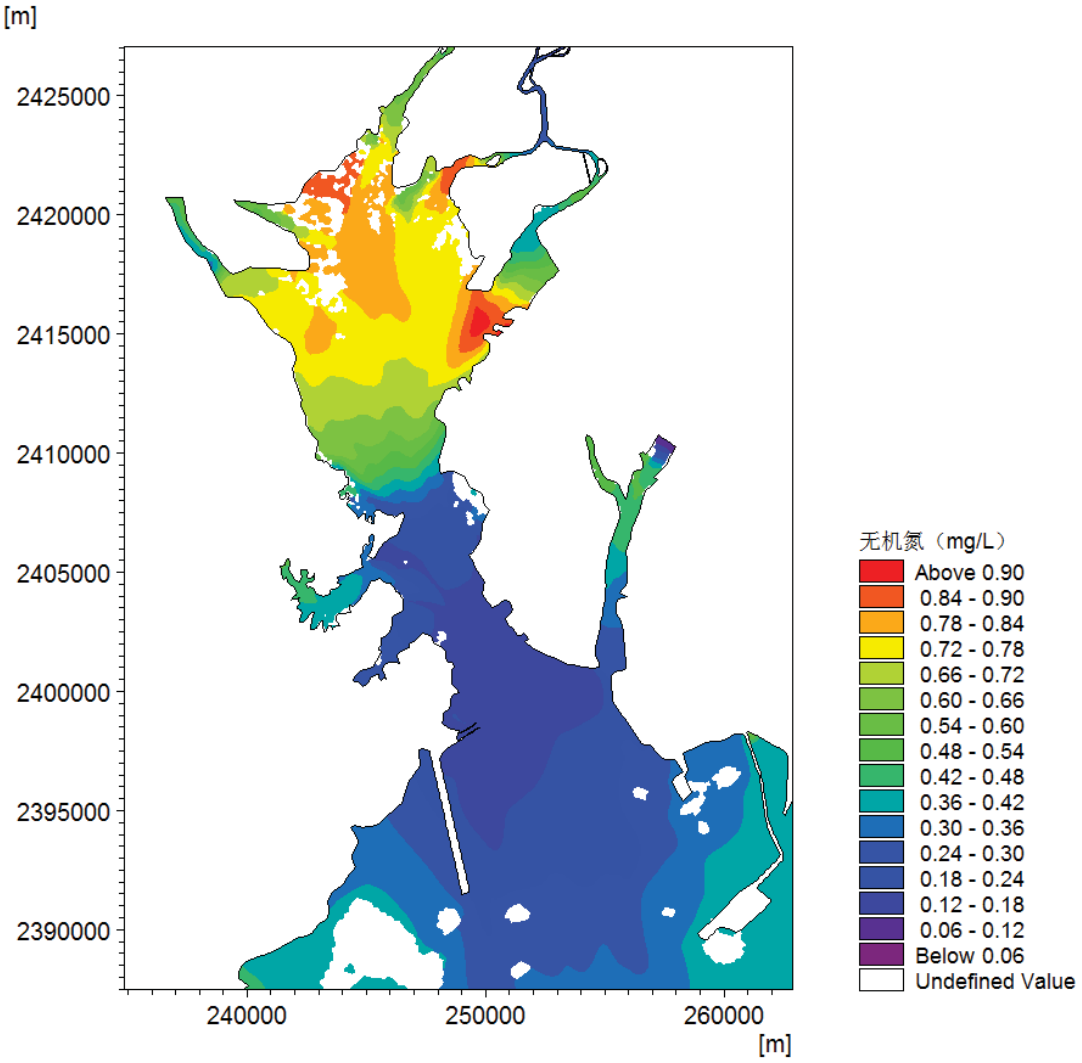


图 6.2.2-5 项目实施后无机氮模拟结果

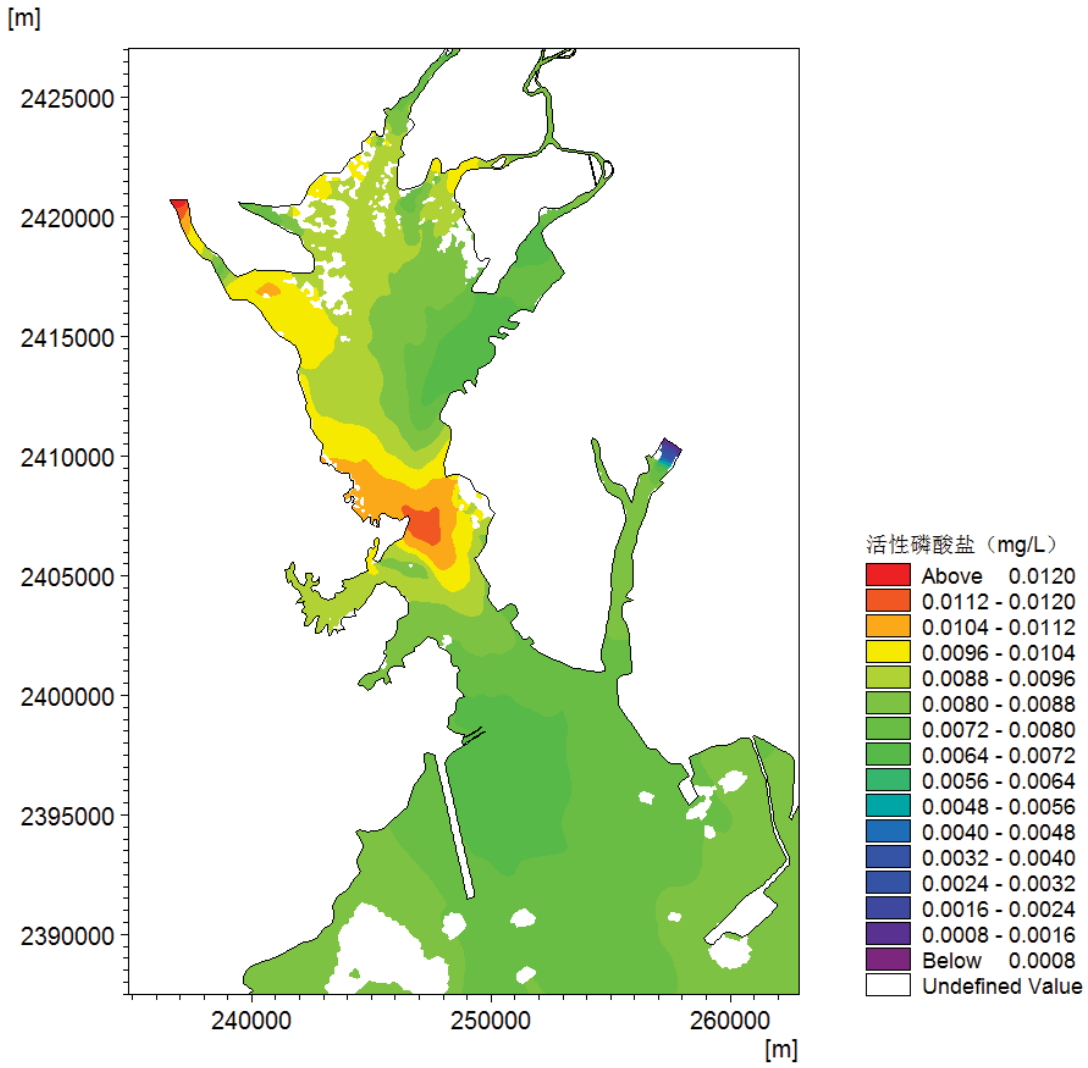


图 6.2.2-6 项目实施后活性磷酸盐模拟结果

表 6.2.2-3 茅尾海内国控、省控监测断面模拟结果（mg/L）

站位名称	性质	无机氮	无机氮占标情况	活性磷酸盐	活性磷酸盐占标情况
GX001	区控	0.84	2.80	0.0091	0.30
QZ3	区控	0.76	2.53	0.0072	0.24
QZ4	区控	0.79	2.63	0.0098	0.33
GX002	国控	0.7	2.33	0.0084	0.28

6.3 航道回淤量计算

6.3.1 航道正常年淤积

根据交通运输部天津水运工程科学研究所《平陆运河入海航道水流泥沙数学模型试验研究报告》相关研究结论。

在计算正常天气下的年冲淤时，需要合理考虑潮流和波浪的共同作用。研究选取了S~W 和 S~E 两个代表波浪，因此最终计算含沙量场时对三个过程进行模拟：（1）纯潮（无波浪）条件下一个完整的大中小潮周期内该海域的潮流泥沙场；（2）S~W 向年代表波浪与潮流共同作用下，一个完整的大中小潮周期内该海域的潮流泥沙场；（3）S~E 向年代表波浪与潮流共同作用下，一个完整的大中小潮周期内该海域的潮流泥沙场。上游边界按照多年平均流量和含沙量给定。根据三个过程各自的频率核算出正常天气下的年冲淤。在计算过程中，波流相互作用需要包含在内，既考虑波浪辐射应力对水流的影响，又要考虑水位和流速对波浪计算的影响。

纯潮作用下该海域整体含沙量在 0.005~0.060 kg/m^3 左右。茅尾海含沙量较大，大部分区域在0.030 kg/m^3 以上，湾颈附近含沙量在0.020kg/m^3 以上，外海含沙量相对较小，大多在 0.010~0.015 kg/m^3 左右。在代表波浪作用下，各方案外湾的含沙量要比纯潮作用下更大，从空间分布来看，波浪作用主要体现在近岸浅水位置处。经统计，航道内年淤强为 0~1.61 m/a，整个航道的平均正常年淤强 0.60m/a，年总淤积量约 255.7 万方。

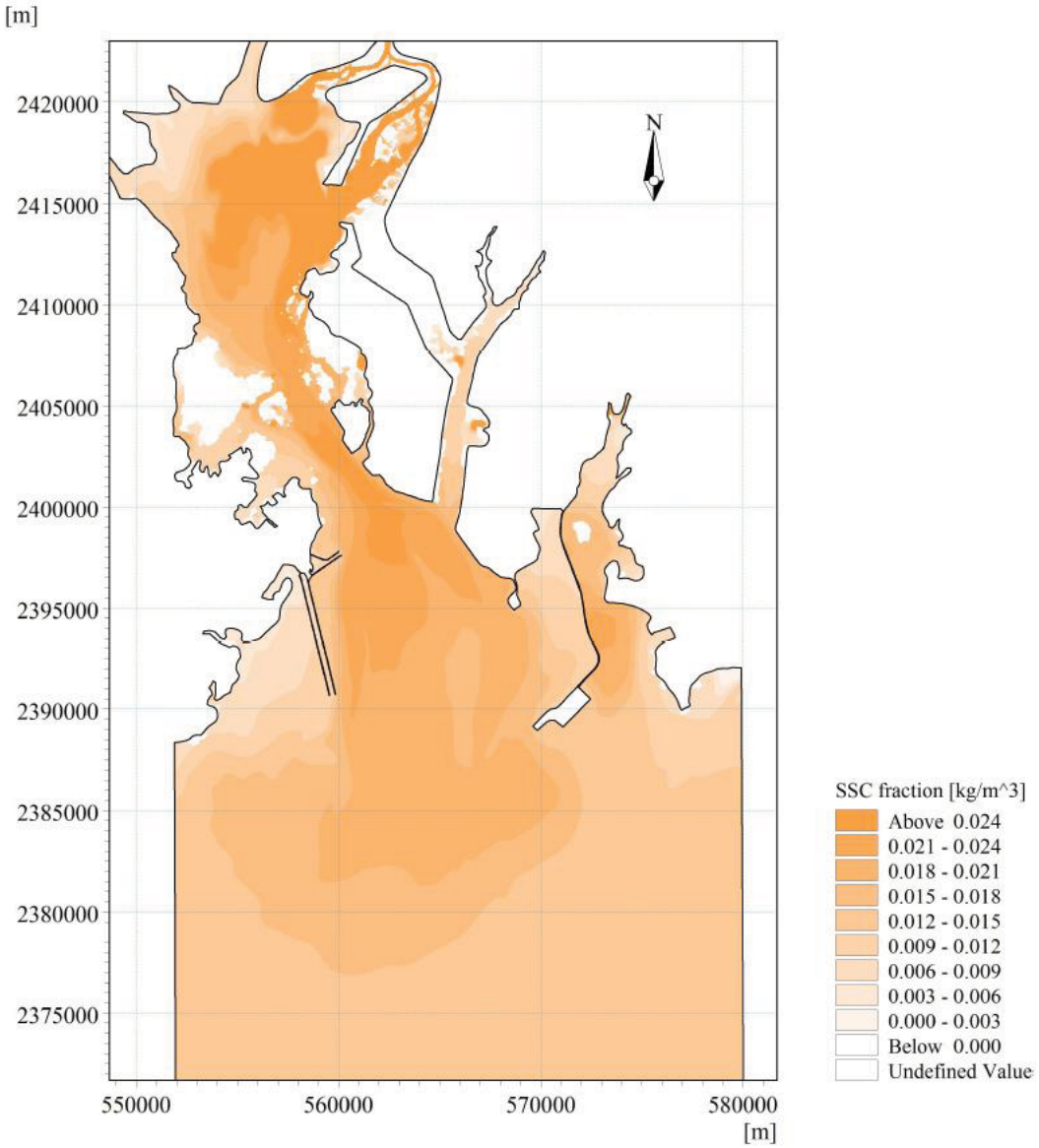


图 6.3.1-1 纯潮作用下整体含沙量场图

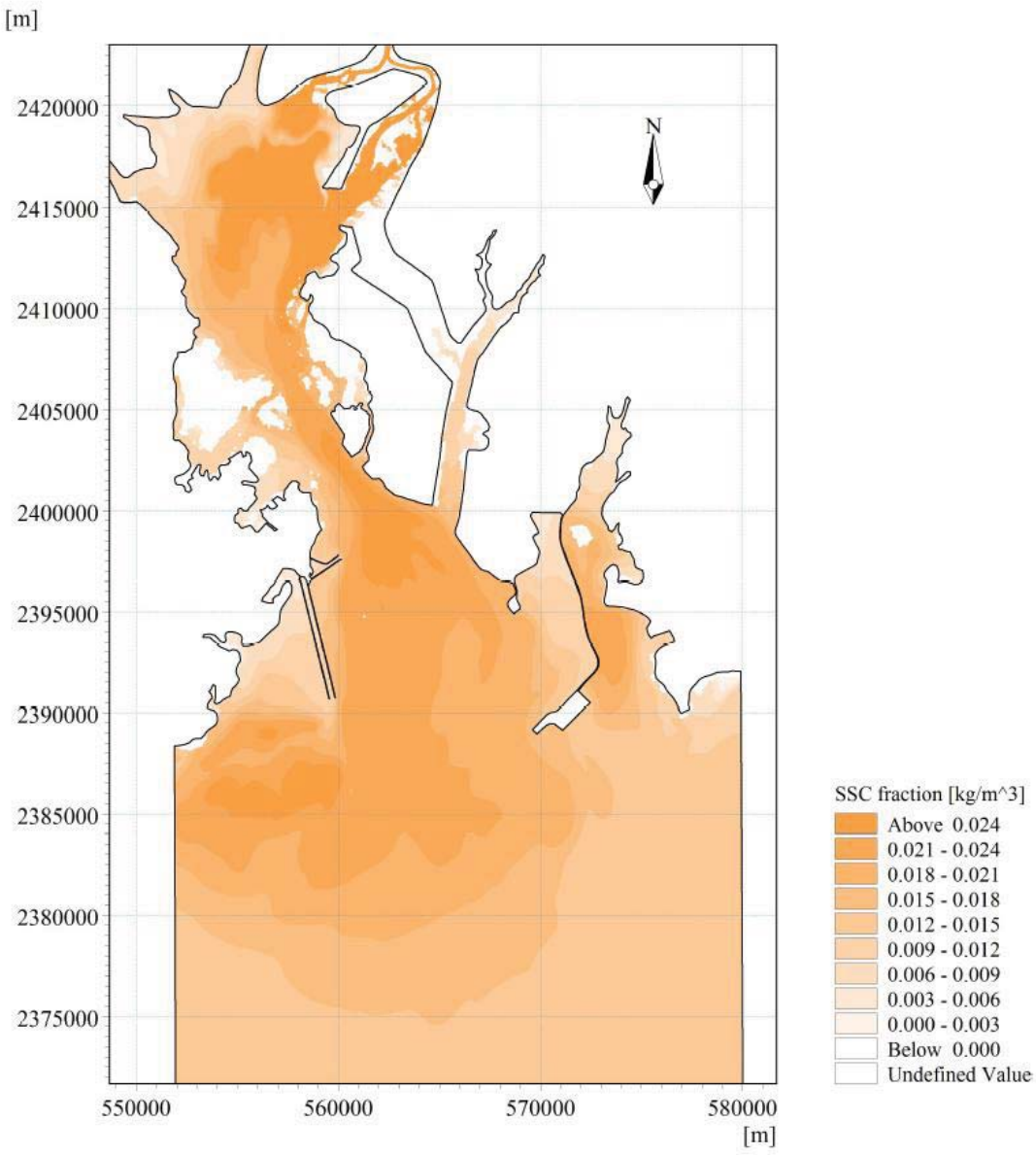


图 6.3.1-2 S~W 向代表波浪作用下整体含沙量场图

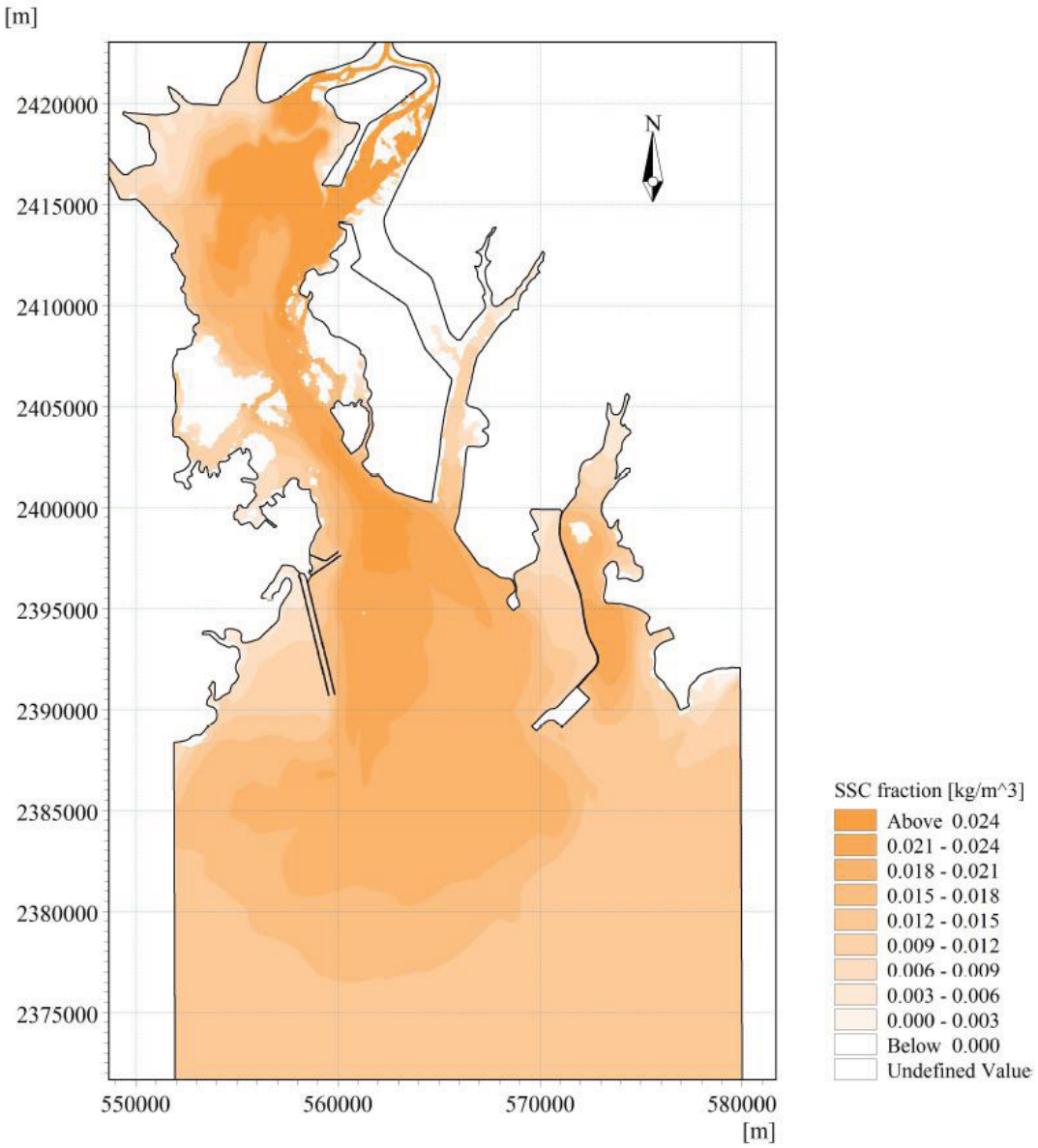


图 6.3.1-3 S~E 向代表波浪作用下整体含沙量场图

6.3.2 航道强浪淤积

1、不同重现期强浪作用下航道淤积

利用经验证的波浪潮流泥沙数学模型，计算了 25 年和 50 年一遇 S 向强浪作用下航道的淤积情况。模拟历时三天，前一天为 25 或 50 年一遇波浪与大潮共同作用，后两天为纯潮作用，这样可以保证淤积计算能够充分描述强浪过程中起悬泥沙的沉降过程，淤积主要是由连续 24 小时的波浪作用造成的。

不同重现期的波浪场采用南京水利科学研究院在《钦州湾港口总体规划波浪要素计算》报告中给出的钦州湾水域外海-20 m 处深水波浪要素进行推算和模拟。

在大浪条件下整个海域的含沙量场与正常天气下有所区别，浅水处受波浪作用大量泥沙起悬，部分区域含沙量在 0.2 kg/m^3 以上，整个海域的含沙量相比于一般情况也明显增大，大部分区域在 0.02 kg/m^3 以上。

经统计，25 年一遇大浪作用下航道内各个特征点的淤积厚度为 0~0.59 m，特征点平均淤厚 0.19 m。50 年一遇大浪作用下航道特征点淤积厚度为 0~0.69 m，特征点平均淤厚 0.23 m，入海航道的最大局部淤积厚度为 0.44 m。总体而言，强浪主要影响青菜头以南的外湾，会在部分区域产生较大淤积；对于内湾、钦江河段，强浪产生的影响相对有限，其淤积主要是由外湾泥沙在强浪作用下起悬后随潮流进入并沉降而产生的。

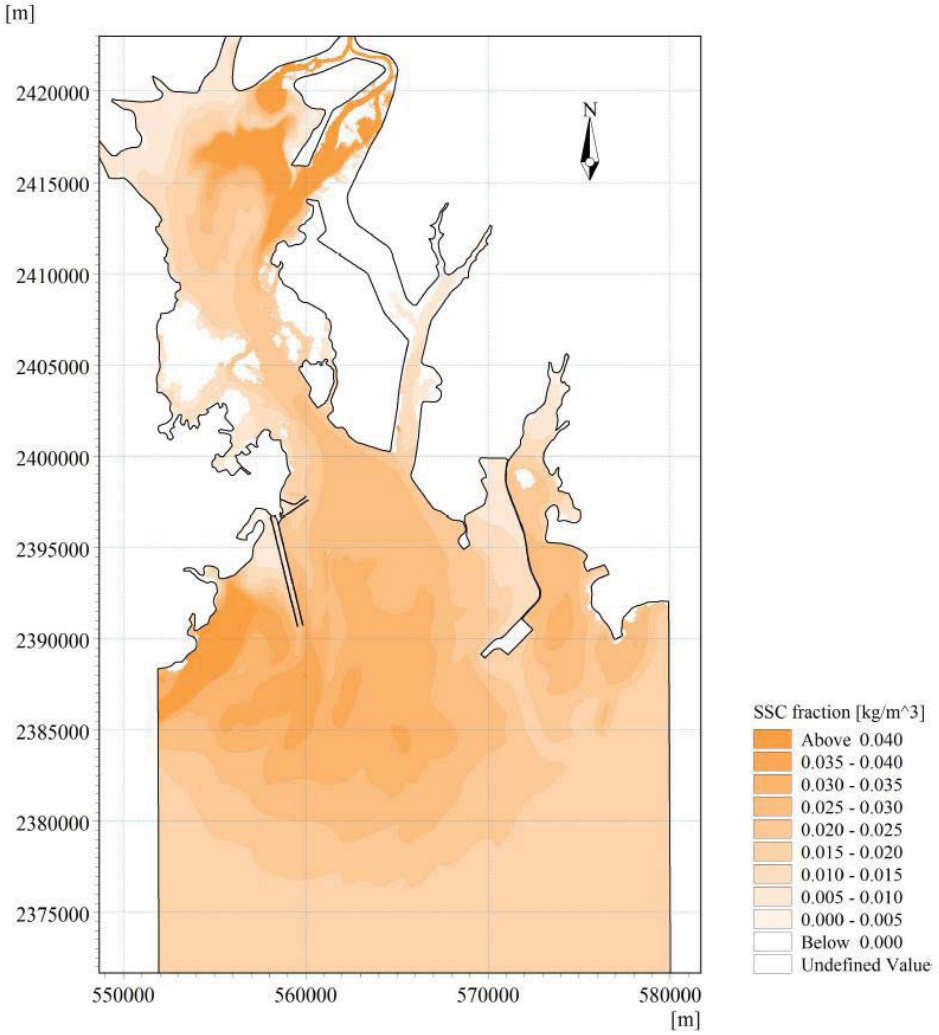


图 6.3.2-1　25 年一遇 S 向波浪作用下含沙量场图

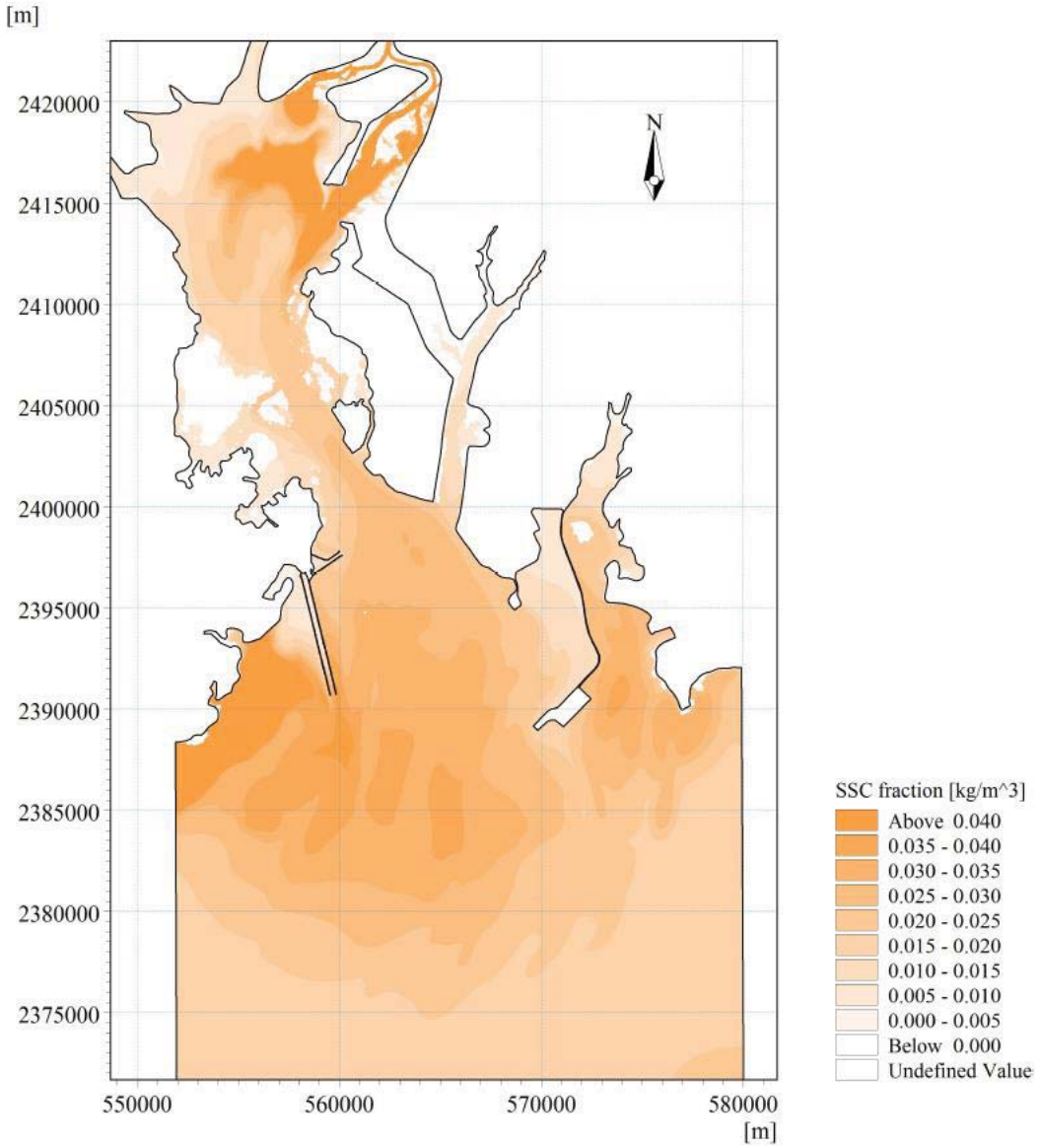


图 6.3.2-2　50 年一遇 S 向波浪作用下含沙量场图

2、极端风浪作用下航道淤积

由于工程区的特殊地形，大浪难以传播至内湾和航道。然而实际上，在强风作用下茅尾海也可能会产生较大风浪，导致航道局部位置出现较大淤积。因此，在波浪模型中以 10 级大风为驱动力，模拟大风条件下波浪场，进而计算较强风浪作用下航道的淤积情况。选取较为不利的 SW 向风浪，模拟同样历时三天，前一天为强风浪与大潮共同作用，后两天为纯潮作用，从而保证计算能够充分描述强浪过程中起悬泥沙的沉降过程。

在该工况下航道内含沙量分布和量值与不同重现期波浪情况下有一定区别，除外湾

的近岸浅水处含沙量较大外，茅尾海内也有大量泥沙在波浪作用下起悬并随水流进去钦江段内航道，茅尾海部分区域含沙量在 0.1 kg/m^3 以上，沙井入海口附近含沙量在 0.35 kg/m^3 左右，整个海域的含沙量大多在 0.02 kg/m^3 以上。

经统计，航道各个特征点的淤积厚度为 0~0.53m，特征点平均淤厚 0.24m。入海航道的最大局部淤厚为 0.41m，航道的回淤量约为 99.6 万方。总体而言，在极端风浪作用下航道部分航段内会产生较大的淤积，较大淤积主要出现在沙井入海口以北的部分航道段。

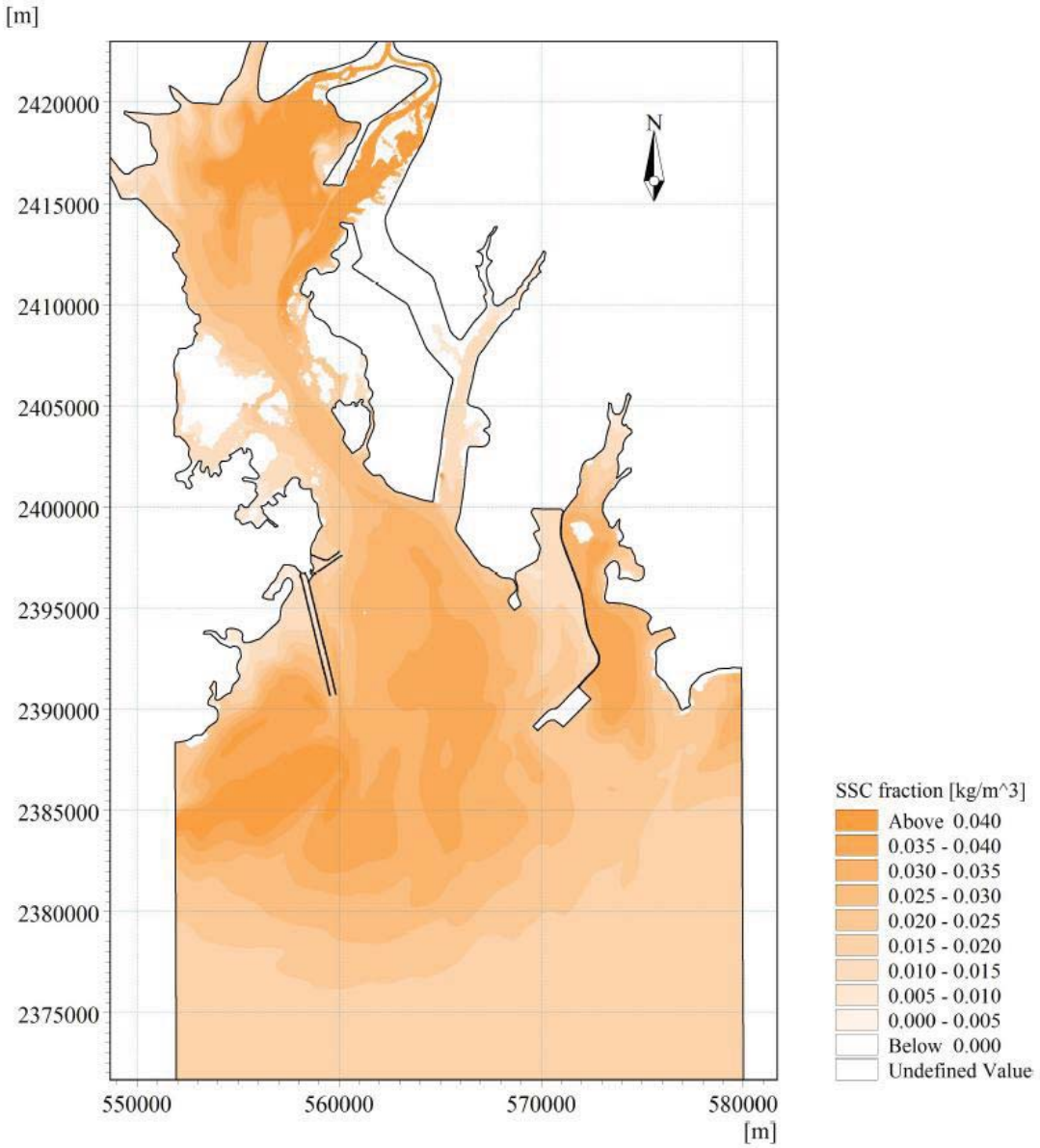


图 6.3.2-3 SW 向 10 级风产生大浪作用下含沙量场图

6.3.3 地形地貌与冲淤变化影响分析

本章节引用《平陆运河海域使用论证报告书》（黄河勘测规划设计研究院有限公司、辰源海洋科技（广东）有限公司，2022.4）相关研究成果。

工程所在区域主要泥沙来源主要包括径流输沙和湾内床面掀沙。茅尾海北端有钦江和茅岭江汇入，其中以钦江影响作用较大，多年资料统计，钦江年径流量为 19.6 亿 m^3，年输沙量 46.5 万 t，平均含沙量为 0.198kg/m^3；茅岭江年径流量 14.8 亿 m^3，年输沙量 55.3 万 t，平均含沙量为 0.191 kg/m^3。两江入汇茅尾海后，由于茅尾海海面放宽，泥沙主要沉积于茅尾海水域，较细部分泥沙向海区扩散，但亦多沉积在龙门以北。

由于含沙量低，海相泥沙在潮流和波浪传播下，随潮流会有一定的输入，但沙量甚微。另外，由于茅尾海内存在大量浅滩，航道两侧有大面积的浅滩泥沙也会成为工程后直接泥沙来源。

下图为茅尾海与钦州湾最大潮流流速与海底底质分布情况。在水流较弱的茅尾海北部，海底主要为从钦江和茅岭江来源的细颗粒粘土；而在其南部强流区，海底则为砂质。在水流湍急的湾颈中，海底多为砂砾。外湾深水航道及其间的潮流沙脊除，流速较强，底质亦为砂质。而外湾东西两侧弱流区，则广泛分布着粘土。在浅海北部湾顶，流速较缓，底质中细颗粒成分增加。因此，本项目区域的地形变化有悬沙引起的也有底沙运动引起的。

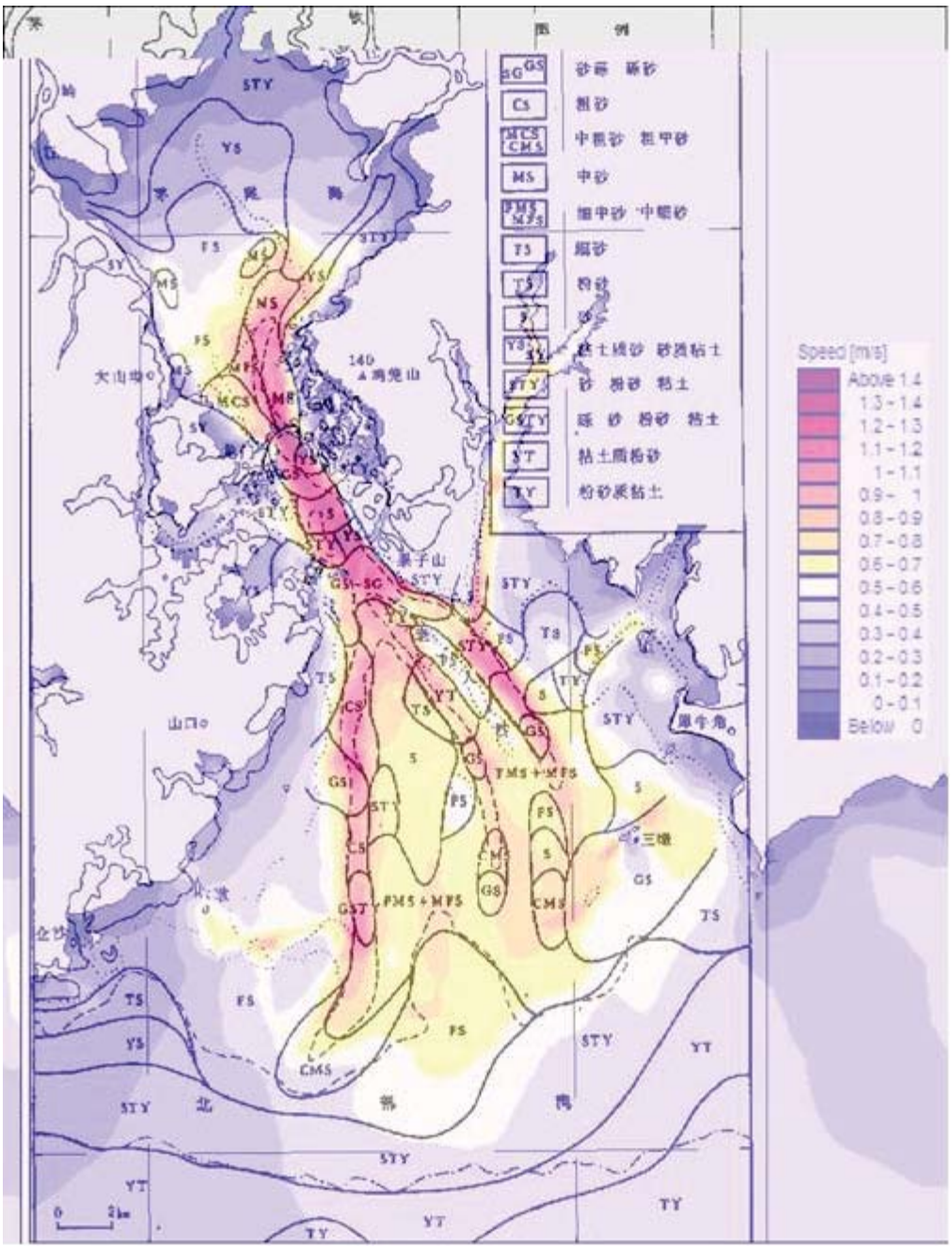


图 6.3.3-1 茅尾海与钦州湾最大潮流流速与海底底质分布特征

本项目位于广西钦州茅尾海和钦州湾口海域，水流相对平缓，而且由于项目主要位于内湾，外海波浪影响有限，其地形地貌和冲淤环境主要受潮汐影响，且河流水沙对其影响很小（大洪水期除外）。在正常气象条件下，底沙运动较弱，海水中悬沙含量较低，自然因素造成的淤积状况也不显著。本项目实施改变了局部水流条件，从而亦会引起海床变化。

1、计算公式

根据窦国仁的潮汐水流悬沙运动微分方程，并结合挟沙力公式 $S^* = k\frac{u^2}{gH}$，可推导出工程后的床面冲淤公式：

$$\frac{\partial HS}{\partial t} + \frac{\partial qS}{\partial l} + \alpha w(S - S^*) = 0$$

式中，S 为含沙量，q 为单宽流量，H 为水深，w 为悬沙沉降速度，S^* 为水流挟沙能力，α 为泥沙沉降机率。

对上式在一个潮周期T 积分，并经差分变换后，可得到一个潮周期T 时段内的海床淤积强度：

$$\Delta Z = \frac{(\Delta q_2 S_2 - \Delta q_1 S_1)T}{\Delta l \gamma_c} = \frac{\alpha w}{\gamma_c}[(S_2 - S_1) + (S^*_1 - S^*_2)]T$$

假若工程前后，上下游来沙量不发生变化，$S_2 = S_1$，则有：

$$\Delta Z = \frac{\alpha w T S^*_1}{\gamma_c}(1 - \frac{S^*_2}{S^*_1})$$

则一年中淤积强度为

$$p = n\Delta Z = \frac{n\alpha w T S^*_1}{\gamma_c}(1 - \frac{S^*_2}{S^*_1})$$

式中，T 为潮周期（s），S^*_1、S^*_2 为工程前后的挟沙能力（kg/m^3），S^*_1 取工程前海域平均含量沙量。n 为一年中的潮周期数，γ_c 为泥沙干容重，主要与泥沙粒径有关，$\gamma_c = 1750 d_{50}^{0.183}$，$d_{50}$ 为泥沙中值粒径（mm）。α 为泥沙沉降机率取 0~1 不等，但冲刷计算还应与海床的地质条件相关，因此该方法计算的仅为工程引起的一般冲刷值，不包含局部冲刷量。

挟沙能力S^* 是指在一定的海床物质组成条件下，一定的水流所能挟带的泥沙量，本报告选用 $S^* = k\frac{u^2}{gH}$，代入上式后：

$$p = n\Delta Z = \frac{n\alpha w T S_1^*}{\gamma_c}(1-(\frac{v_2}{v_1})^2\frac{H_1}{H_2})$$

对上式进行求解：

$$p = 0.5\{(H_1+\beta\Delta t) - \sqrt{(\beta\Delta t - H_1)^2 + 4\beta\Delta t K^2 H_1}\ \}$$

式中，$\beta = \frac{\alpha w S_1^*}{\gamma_c}, K = \frac{v_2}{v_1}$。

当$\Delta t \to \infty$时，最终淤积厚度为：$h_1 - h_2 = (1-K^2)h_1$。

其中模型中的相关计算参数，如中值粒径、悬沙浓度等均按照相关资料确定。

2、计算结果

基于上述公式及泥沙参数计算航道疏浚后工程附近的首年冲淤趋势的变化，结果见下图，从计算结果可知：

本工程的实施后，一方面受由于茅尾海纳潮量增大导致局部流速略有变大，另一方面由于水深变大导致局部流速减小，上述流速变化导致工程附近发生侵蚀及淤积过程。工程前后茅尾海湾口附近的流速变化相对较小，而湾底及航道区域的流速变化较大，模拟结果显示，项目实施后冲淤变化主要集中于航道开挖区域及其两侧，由于航道需要开挖的水深不同，其沿程冲淤环境变化有明显差异，总体上航道开挖区主要以淤积为主，局部挖深较大的区域，淤积厚度在 0.5m/a 左右，其他区域基本在 0.1～0.30m/a，平均淤积强度为 0.18m/a 左右；而航道两侧区域海域则有冲有淤，整体以冲刷为主，最大冲刷强度 0.10m/a，平均冲刷强度为 0.04m/a。

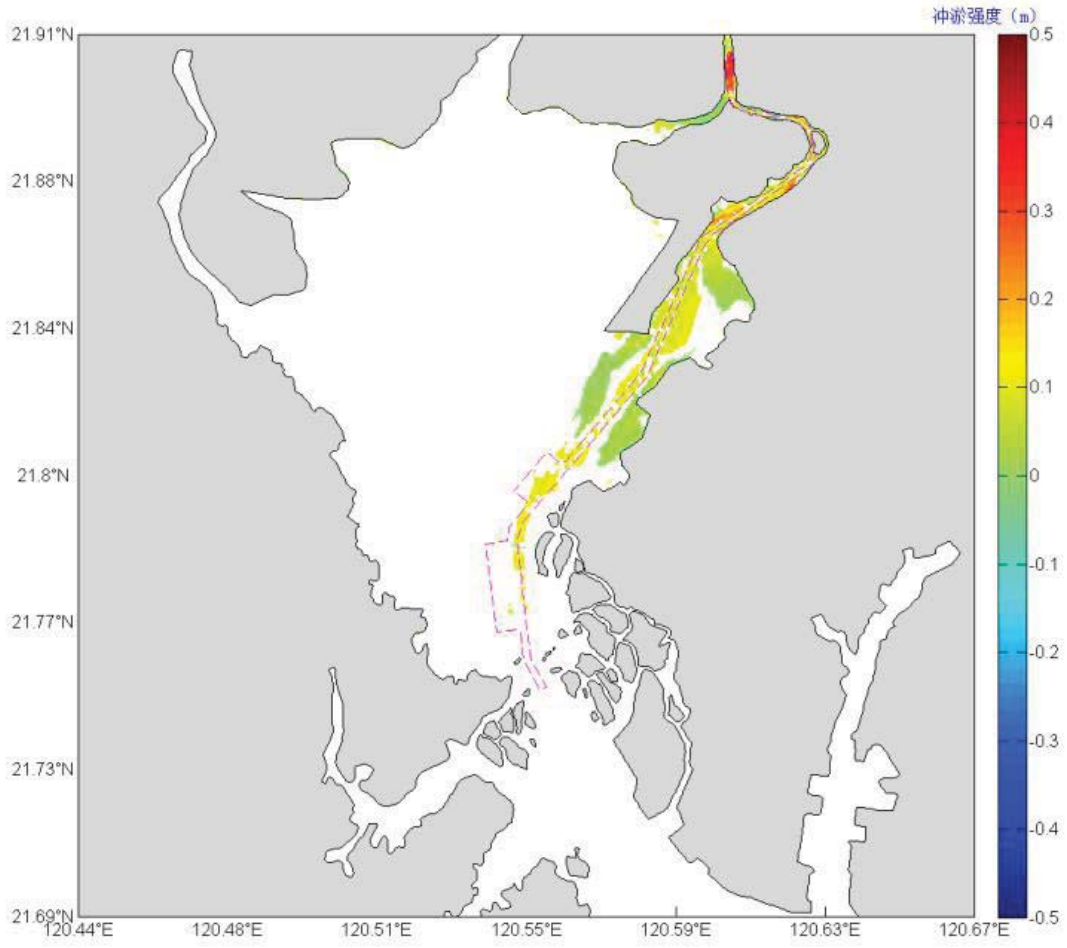


图 6.3.3-2 项目实施后附近海域的年冲淤变化图

6.4 生态环境影响评价

6.4.1 施工期生态影响评价

6.4.1.1 施工对海洋生态的影响分析

（1）对浮游生物的影响

悬浮泥沙对浮游生物的影响主要为：施工过程中产生的悬浮泥沙将导致水体的混浊度增大，透明度降低，不利于浮游植物的繁殖生长。此外，还表现在对浮游动物的生长率、摄食率的影响等方面。类比长江口航道疏浚悬浮泥沙对水生生物毒性效应的试验结果，当悬浮泥沙浓度达到 9mg/L 时，将影响浮游动物的存活率和浮游植物光合作用。崾

泗洋山深水港环评工作中，东海水产所曾做过疏浚泥沙对海洋生态系统的影响实验，实验结果表明虽然疏浚泥沙对海洋生态系统没有显著影响，但却会引起浮游动植物生物量有所下降。东海水产所对长江口疏浚泥沙所做的不同暴露时间动态悬沙对微绿球藻(*N.oculata*)和牟氏角毛藻(*CMuellen*)的生长影响试验结果进行统计回归分析，结果表明海水中的悬沙浓度的增加对浮游植物的生长有明显的抑制作用。施工期间对浮游动物的相对损失率1～3月约5%，在4月份浮游动物旺发期可达20%以上，其它月份大约在8~13%之间，各月平均损失率为12%。同时航道疏浚会降低水体的透明度，影响浮游植物的光合作用，导致初级生产力下降，大量的悬浮物出现在局部水域可能会堵塞仔幼鱼的鳃部造成窒息死亡。在自然环境中，悬沙量的增加会影响以浮游植物为食的浮游动物的丰度，间接影响蚤状幼体和大眼幼体的摄食率，最终影响其正常发育。

项目建设产生的悬浮物扰动可能会对所在海域浮游生物造成影响，但施工产生的悬浮物对浮游生物的影响在时间尺度上是暂时的，施工期结束后，水体中悬浮物含量会很快恢复到施工前的水平，浮游生物也会得到逐步恢复。

（2）对游泳生物的影响

航道疏浚施工过程中，悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。游泳生物是海洋生物中的一大类群，海洋鱼类是其典型代表，它们往往具有发达的运动器官和很强的运动能力，从而具有回避污染的效应。室内生态实验表明，悬浮物含量为300mg/L水平且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活3~4周；悬浮物含量在200mg/L以下水平属短期影响，鱼类不会直接致死。距离工程较远的悬浮物非高浓度区，不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响使该区域内的生物群落的种类组成和数量分布。此外，大量悬浮泥沙直接对鱼类仔幼体造成伤害，主要表现为影响胚胎发育，堵塞鳃部造成窒息死亡，并且大量悬浮泥沙造成水体缺氧而导致鱼类死亡。不同种类的海洋鱼类对悬浮物浓度的忍受限度不同，一般说来仔幼体对悬浮泥沙的忍受限度比成鱼低得多。

同时，航道疏浚施工对鱼类生境也会产生影响，主要体现在两个方面。一是对鱼类生境的影响，航道建设进行挖掘清淤，在一定程度上改变了海底结构和水文过程，使得鱼类的产卵、索饵、栖息受到严重影响；工程建筑物对砂砾石底和水生植物的改变，破坏产卵场产卵条件，对产粘、沉性卵鱼类繁殖造成损失；施工产生的噪声、悬浮物、震动等水质污染和水体扰动迫使鱼类逃离适合生境，阻碍鱼类的产卵洄游、索饵洄游、越

冬洄游。二是对鱼类个体影响，表现在航道疏浚作业时产生的施工震动和底质扰动，导致鱼类受伤、死亡，或是受惊吓影响产卵；疏浚产生水体扰动，疏浚作业机械也有可能对就近鱼类造成机械损伤。

总体而言，航道疏浚在施工期间将对游泳动物个体及生境产生不利影响，随着施工的结束，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复。

（3）对底栖生物的影响

本项目航道疏浚等过程导致悬浮物含量增高，从而影响到底栖生物的生存环境。当悬浮物覆盖厚度超过 2cm 时，还会对底栖生物造成致命性损害。悬浮物的沉积，可能引起贝类动物的外套腔和水管受到堵塞而致死。悬浮物的沉积主要影响项目区附近海域的底栖群落，施工结束后一段时间内，受影响的底栖生物群落会逐渐被新的群落所替代。

疏浚将改变施工区域内海洋生物原有的栖息环境，尤其对底栖生物的影响是最大的，随着施工结束，生物的栖息环境也将逐渐恢复。

6.4.1.2 航道施工生态损失核算

（1）航道疏浚施工悬浮物生态损失计算

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），悬浮物扩散造成的一次性海洋生态损失受损量估算方法如下：

某种污染物浓度增量超过GB11607或GB3097中II类标准值（GB11607或GB3097中未列入的污染物，其标准值按照毒性试验结果类推）对海洋生物资源损害，按公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^{n} D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

W_i——第i种类生物资源一次性平均损失量，单位为（尾）、个（个）、千克(kg)；

D_{ij}——某一污染物第j类浓度增量区第i种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/km²）、个平方千米（个/km²）、千克平方千米（kg/km²）；

S_j——某一污染物第j类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

K_{ij}——某一污染物第j类浓度增量区第i种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；

N——某一污染物浓度增量分区总数。

表 6.4.1-1 污染物对各类生物损失率

污染物 *i* 的超标倍数（B_i）	各类生物损失率（%）			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
B_i≤1 倍	5	＜1	5	5
1＜B_i≤4 倍	5～30	1～10	10～30	10～30
4＜B_i≤9 倍	30～50	10～20	30～50	30～50
B_i≥9 倍	≥50	≥20	≥50	≥50

注：

本表列出污染物 *i* 的超标倍数(B_i)，指超《渔业水质标准》或超Ⅱ类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标准倍数最大的污染物为评价依据。

损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。

本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。

本表对 pH、溶解氧参数不适用。

根据水质预测结果，在采取防污屏等措施的情况下，航道疏浚施工造成的悬浮物扩散预测结果见下表。

表 6.4.1-2 疏浚施工造成的悬浮物扩散预测结果（hm^2）

影响面积	悬浮物扩散浓度			
	＜20 mg/L	20~50mg/L	50~100mg/L	＞100 mg/L
面积（km^2）	23.39	7.82	3.81	8.58

浮游动物、底栖生物、游泳动物生物资源密度引用 2021 年春季和 2021 年秋季由广西柳环环保有限公司和广西壮族自治区海洋地质调查院在项目附近海域进行的调查结果，由于 2021 年春季调查和 2021 年秋季调查均未采集到鱼卵、仔鱼样本，因此本次计算鱼卵、仔鱼的资源密度采用 2021 年 4 月钦州湾开展的鱼卵调查数据。本次计算影响水深按工程区域平均水深约 5m 计算。

表 6.4.1-3 项目附近海域生物资源密度调查结果一览表

类别	调查时间	单位	调查结果	生物资源密度
浮游动物	2021 年春季	g/m^3	7.30	5.67
	2021 年秋季		4.04	
鱼卵	2021 年春季（补充调查）	$粒/m^3$	1.15	2.15
仔稚鱼	2021 年春季（补充调查）	$尾/m^3$	0.92	1.92
游泳动物	2021 年春季	kg/km^3	4986.85	6359.96
	2021 年秋季		7733.07	

悬浮物扩散造成渔业损失计算见下表。本项目疏浚施工直接造成鱼卵、仔鱼折算成商品鱼苗损失 5.02×10^6 尾，游泳动物损失量约为 18.52×10^3kg。按 3 年补偿，生物资源价格引用广西水产畜牧兽医局编制的《广西渔业资源产品综合价值价格计算表（2011~2016）》中生物资源价格，浮游动物损失量按营养级十分之一转化定律换算为渔业资源，鱼卵按 1%达到商品鱼苗规格，仔鱼按 5%达到商品鱼苗规格，则航道疏浚悬浮物的海洋生物资源损害价值约 2463.86 万元。

表 6.4.1-4 施工期鱼类等游泳动物和鱼卵仔鱼损失估算表

悬浮物扩散范围（km^2）	渔业资源	资源密度	损失率	损失量	折成鱼苗存活率	影响水深（m）	折算成鱼苗和成熟个体	3 年补偿量	单价	经济损失（万元）
8.58（＞100 mg/L）	鱼卵	2.15 粒/m^3	50%	46.12×10^6 粒	1%	5.0	0.46×10^6 粒	1.38×10^6 粒	1.6 元/粒	221.36
	仔鱼	1.92 尾/m^3	50%	41.18×10^6 尾	5%		2.06×10^6 尾	6.18×10^6 尾	1.6 元/尾	988.42
	浮游动物	5.67 g/m^3	50%	0.12t	-		0.12t	0.36t	17.2 元/kg	0.06
	游泳动物	5505.44 kg/km^3	20%	10.90×10^3kg	-		10.90×10^3kg	32.74×10^3kg	17.2 元/kg	56.31
3.81（50~100mg/L）	鱼卵	2.15 粒/m^3	40%	16.38×10^6 粒	1%		0.16×10^6 粒	0.49×10^6 粒	1.6 元/粒	78.64
	仔鱼	1.92 尾/m^3	40%	14.63×10^6 尾	5%		0.73×10^6 尾	2.19×10^6 尾	1.6 元/尾	351.13
	浮游动物	5.67 g/m^3	40%	0.04t	-		0.04t	0.13t	17.2 元/kg	0.02
	游泳动物	5505.44 kg/km^3	15%	3.63×10^3kg	-		3.63×10^3kg	10.90×10^3kg	17.2 元/kg	18.76
7.82（20~50mg/L）	鱼卵	2.15 粒/m^3	20%	16.81×10^6 粒	1%		0.17×10^6 粒	0.50×10^6 粒	1.6 元/粒	80.70
	仔鱼	1.92 尾/m^3	20%	15.01×10^6 尾	5%		0.75×10^6 尾	2.25×10^6 尾	1.6 元/尾	360.35
	浮游动物	5.67 g/m^3	20%	0.04t	-		0.04t	0.13t	17.2 元/kg	0.02
	游泳动物	5505.44 kg/km^3	5%	2.49×10^3kg	-		2.49×10^3kg	7.46×10^3kg	17.2 元/kg	12.83
23.39	鱼卵	2.15 粒/m^3	5%	12.57×10^6 粒	1%		0.13×10^6 粒	0.38×10^6 粒	1.6 元/粒	60.35

（＜20 mg/L）	仔鱼	1.92 尾/m³	5%	11.23 尾×10^6 尾	5%		0.56×10^6 尾	1.68×10^6 尾	1.6 元/尾	269.45
	浮游动物	5.67 g/m^3	5%	0.03t	-		0.03t	0.10t	17.2 元/kg	0.02
	游泳动物	5505.44 kg/km^3	1%	1.49×10^3kg	-		1.49×10^3kg	4.46	17.2 元/kg	7.68

（2）航道疏浚海洋生物资源损害评估

本项目航道疏浚将使得该部分渔业水域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧失。各种类生物资源损害量评估按下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i——第 i 种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；

D_i——评估区域内第 i 种类生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km^2]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km^3]、千克每平方千米（kg/km^2）；

S_i——第 i 种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km^2）或立方千米（km^3）。

本项目入海航道以兰海高速钦江大桥为起点，根据工程资料核算，本项目申请用海总面积 594.5719 万 m^2，其中兰海高速钦江大桥~入海口近海段航道占用海域面积约 78.75 万 m^2，入海口近海段（沙井~钦州港）航道占用海域面积约 281.23 万 m^2，锚地一用海面积为 74.4191 万 m^2，锚地二用海面积为 160.1752 万 m^2，锚地用海面积共计 234.5943 万 m^2。

用海生态损失计算采用保守估算法，按照用海范围内底栖生物资源的损失率按 100%计算。底栖生物生物资源密度引用 2021 年春季和 2021 年秋季由广西柳环环保有限公司和广西壮族自治区海洋地质调查院在项目附近海域进行的调查结果。根据工况，航道分为兰海高速钦江大桥至沙井钦江大桥段和沙井钦江大桥-钦州港段，生物资源量分别选取了两段航道附近的调查站位结果。航道疏浚施工占用渔业水域生态损失按 3 年补偿，本地底栖生物单价 1.72 万元/吨，则航道疏浚造成的海洋生物资源损害价值约 3022.54 万元。

表 6.4.1-5　航道里程附近生物资源密度调查站位分布表

航道里程	调查时间	调查站位
兰海高速钦江大桥至沙井钦江大桥段	春季	Q18
	秋季	Q4、Q3
沙井钦江大桥-钦州港段	春季	Q01、Q09、Q11、Q13、Q15、Q16、Q20
	秋季	Q5、Q6、Q8、Q9、Q10、Q11、Q12、Q13、Q14、Q15
锚地	春季	Q11、Q13、Q15
	秋季	Q6、Q8、Q9、Q14、Q15

表 6.4.1-6　项目占用渔业水域渔业资源损失量

航道里程	类别	调查时间	单位	调查结果	生物资源密度
兰海高速钦江大桥至沙井钦江大桥段	底栖生物	2021 年春季	g/m^2	173.82	327.21
		2021 年秋季		480.59	
沙井钦江大桥-钦州港段	底栖生物	2021 年春季		182.69	104.24
		2021 年秋季		25.78	
锚地	底栖生物	2021 年春季		1.56	14.89
		2021 年秋季		28.23	

表 6.4.1-7　项目占用渔业水域渔业资源损失量

占用类型	面积（万 m^2）	分类	密度	损失量	3 年补偿量	单价	损失金额（万元）
兰海高速钦江大桥至沙井钦江大桥段	78.75	底栖生物	327.21 g/m^2	257.68t	773.03t	1.72 万元/吨	1329.62
沙井钦江大桥-钦州港段	281.23		104.24 g/m^2	293.15t	879.46t		1512.68
锚地	234.5943		14.89 g/m^2	34.93t	104.79t		180.24

（3）海洋生态损失补偿资金

根据上述方法计算本项目用海造成的生态损失，见下表。项目占用海域及邻近影响海域生态损失根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）进行计算，航道疏浚施工期鱼类等游泳动物损失 2463.86 万元，项目占用渔业水域渔业资源损失 3022.54 万元，则项目占用海域及邻近影响海域生态损失金额为 5486.40 万元。

表 6.4.1-8　海洋生态损失补偿金计算结果一览表

项目	影响因素	生态损失（万元）
按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）计算	施工期鱼类等游泳动物损失	2463.86
	项目占用渔业水域渔业资源损失	3022.54
总生态损失补偿金（万元）		5486.40

6.4.1.3 施工期对海草床的影响

海草是唯一淹没在浅海水下的被子植物，广泛分布于温带和热带的海岸带水域。海草在海洋环境中的生态作用十分重要，主要包括：改善浅水水质；为食草类水生动物提供直接食物来源，为水生动物提供重要的栖息地和隐蔽保护场所；抵抗波浪与潮汐，作为保护海岸的天然屏障；海草的根能有利用沉积物中含量较高的营养物质，而这些营养物尝尝无法被该生态系统中的其他初级生产者所利用；海草是近岸海洋生态系统中最大的固碳贡献者之一，能够通过其高生产力建立碳储备，在热带地区，这些碳储备能够被食草动物如海龟、鸟类和海洋哺乳动物利用。

根据《钦州茅尾海国家海洋公园选划论证报告》（2009 年），茅尾海贝克喜盐草被发现于辣椒槌村纸宝岭红树林外围滩涂。2021 年，北部湾大学在大新围外红树林保护区外围滩涂发现有贝克喜盐草存在（冬季样方生物量干重 1.1g/m^2）。2021 年 12 月召开的平陆运河航道规划环评专家咨询会，在茅尾海西岸的大茅墩低潮带和东岸的沙环低潮带也存在贝克喜盐草。2022 年 4 月，北部湾大学在对广西茅尾海自治区级保护区附近海草床进行了调查，共布置了 3 个样方，生物量分别为 0.046g/m^2、0.046g/m^2、0.069g/m^2。针对历史资料在辣椒槌村贝克喜盐草的分布地点，2022 年 4 月未在该区域调查到。

通过将疏浚影响范围与贝克喜盐草进行叠图可知，在航道疏浚同时围布防污屏的情况下，可有效控制悬浮泥沙的影响范围，不会对贝克喜盐草存在区域造成较大的干扰。考虑到航道疏浚对海草的影响，平陆运河工程施工期应严格控制施工边界，严禁超挖。施工船舶严禁排放污水、固废等污染物。通过设置防污屏控制悬浮物扩散范围，尽可能降低施工期对周边海域的影响。此外，在施工过程中若发现海草，应及时停止施工，邀请专业单位对海草进行调查鉴定。同时应对发现的海草进行保护，布放防污屏以减少对其产生的影响。

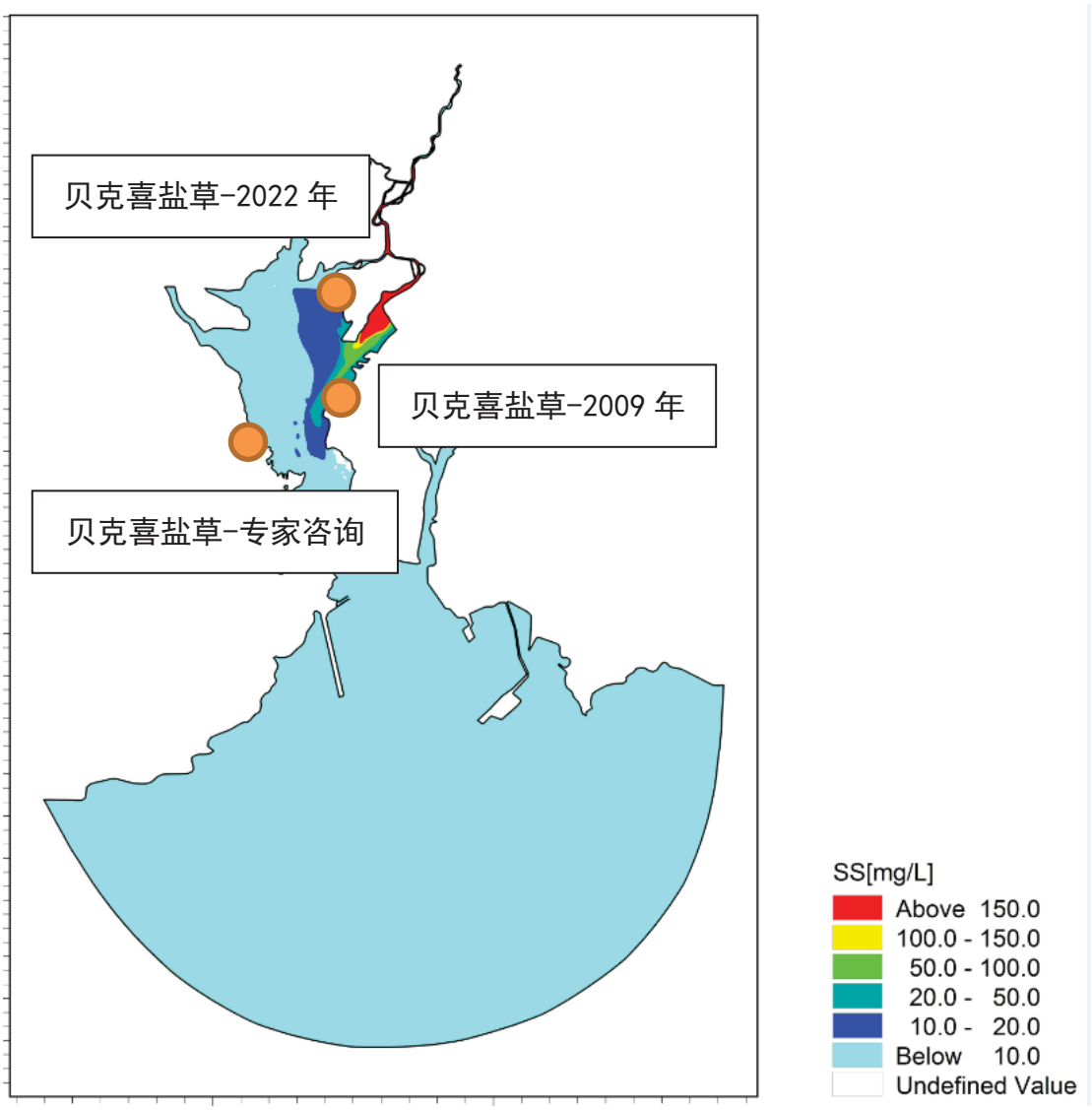


图 6.4.1-2 平陆运河疏浚影响范围与贝克喜盐草分布叠图

6.4.1.4 施工期对滨海湿地的影响

滨海湿地由于处在海陆交错地带，具有流量调节、净化污染、防止海水入侵、补充地下水或来自地下水、营养物质沉积、气候调节、生物多样性和生态功能以及海岸保护等价值。湿地中的植物根系能够有效稳固泥沙，提升海岸和近岸海域生态系统质量，因此滨海湿地多为候鸟迁徙的重要通道，湿地内生物多样性丰富。

航道疏浚施工将占用工程范围内的滨海湿地（主要为红树林），施工扰动将对湿地内的植物、动物生境产生影响，进而影响其生态系统的稳定性，导致湿地退化。平陆运河项目应加强滨海湿地保护力度，严格控制开挖边界，对运河周边湿地进行保护和生态修复。

6.4.1.5 施工期对鸟类的影响

钦州湾是南迁候鸟的重要越冬地，钦州湾湿地具有丰富的滩涂和食物资源。根据相关研究，钦州湾栖息鸟类主要分布在海面、光滩、红树林、防护林、盐田-养殖塘、农田和荒废裸地等区域，栖息鸟类物种以鹳形目、雁形目为主。茅尾海位于钦州湾海域北部，广泛分布有湿地特别是红树林。红树林处于陆地和海洋的交错区，滩涂面积大，边缘效应产生较高的生境异质性，净初级生产力高，可以为水鸟提供食物、停息和营巢条件，同时红树林区还包括丰富的昆虫和鱼类资源，为水鸟的生存和迁徙提供充足的能量供给。

根据前述章节施工机械声影响范围预测，距施工区域 30m 以外主要施工机械噪声值衰减至 50 dB(A)以下，因此航道施工期在落实相关噪声防治措施并合理施工时间的前提下，一般不会对周边栖息鸟类活动产生明显不利影响，且施工结束后，其环境影响将逐渐消失。

施工期建设单位及施工单位应在秋冬季鸟类迁徙期间注意保护鸟类，合理安排施工时间，尽量避免夜间施工，防止施工作业产生噪声及灯光对栖息鸟类产生不利影响。同时，施工期间严格控制施工范围，注意施工边界保护，严禁施工人员盗猎、追赶、惊吓鸟类及随意破坏附近湿地自然生态环境的行为。

6.4.1.6 施工期对陆生生态的影响

海洋段总占地面积为 10491.29 亩（699.42 公顷），其中主要的占地包括堆料场、临时施工区和临时码头，均为临时用地。采用全国第三次国土调查数据，获取研究区域的三级土地利用类型，将其合并到一级地类，并汇总为五种主要的生态系统，分别是森林生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、农业生态系统和城镇/村落生态系统，统计海洋段线路对生态系统占用情况。

根据全国第三次土地利用数据调查结果，海洋段占据五种主要生态系统面积为 405.45 公顷，主要占地类型为城镇/村落生态系统和森林生态系统，具体为森林生态系统 91.95 公顷、草地生态系统 69.08 公顷、湿地生态系统 60.41 公顷、农业生态系统 46.19 公顷、城镇/村落生态系统 137.82 公顷，具体见下表。从堆料场占用面积分析可以看出，149 和 156 号堆料场仅占用建设用地，不会对植物

多样性和动物生存造成较大影响；150 和 154 号堆料场占用森林生态系统、草地生态系统和湿地生态系统较多，需采取相应的保护及恢复措施，并对栖息的动物进行保护；151 号堆料场占用农业生态系统面积较大，需进行复垦。

表 6.4.1-7 堆料场占各生态系统类型面积（公顷）

编号	森林生态系统	草地生态系统	湿地生态系统	农业生态系统	城镇/村落生态系统	合计
148	1.05	1.48	—	4.75	0.0006	7.28
149	—	—	—	—	61.47	61.47
150	28.81	1.86	26.66		18.33	75.66
151	10.85	14.11	—	27.4	3.28	55.64
152	1.77	22.81	—	0.94	2.18	27.70
153	0.39	7.16	0.085	—	1.73	9.37
154	43.53	21.66	—	12.39	7.32	84.90
155	5.55	—	33.66	0.71	17.45	57.37
156	—	—	—	—	26.06	26.06
合计	91.95	69.08	60.41	46.19	137.82	405.45

根据土地利用数据调查结果，临时码头占据五种主要生态系统面积为 1.324 公顷，主要占地类型为城镇/村落生态系统和森林生态系统，具体为森林生态系统 0.501 公顷、草地生态系统 0.0118 公顷、湿地生态系统 0.101 公顷、农业生态系统 0.0018 公顷、城镇/村落生态系统 0.709 公顷，具体见下表。可以看出每个临时码头占用的生态系统总面积接近，其中 18 号码头占用森林生态系统最多，19 号码头只占用城镇/村落生态系统，20 号码头占用森林、湿地生态系统较多。

表 6.4.1-8 临时码头占各生态系统类型面积（公顷）

编号	森林生态系统	草地生态系统	湿地生态系统	农业生态系统	城镇/村落生态系统	合计
18	0.317	—	—	0.0018	0.0986	0.417
19	—	—	—	—	0.407	0.407
20	0.184	0.0118	0.101	—	0.203	0.500
合计	0.501	0.0118	0.101	0.0018	0.709	1.324

根据土地利用数据调查结果，临时施工区占地面积为 5.667 公顷，主要占地类型为城镇/村落生态系统和农业生态系统，具体为森林生态系统 0.257 公顷、草地生态系统 0.075 公顷、农业生态系统 2.393 公顷、城镇/村落生态系统 3.274 公

顷，具体见下表。可以看出每个临时码头占用的生态系统总面积接近，其中 20 号施工区占用农业生态系统最多，21 号码头主要占用城镇/村落生态系统，22 号码头占用一定数量的森林、农业生态系统。

表 6.4.1-9 临时施工区占各生态系统类型面积（公顷）

编号	森林生态系统	草地生态系统	农业生态系统	城镇/村落生态系统	合计
20	—	—	1.982	0.018	2.000
21	—	0.075		1.924	1.924
22	0.257	—	0.411	1.332	1.743
合计	0.257	0.075	2.393	3.274	5.667

6.4.1.7 施工期对中华白海豚和印太江豚的影响

茅尾海外海区域分布有中华白海豚、印太江豚等水生生物。根据已有资料收集发现，中华白海豚主要活动分布于水深不超过 20 米，离岸距离大约 6 公里以内的近岸水域，钦州三娘湾水域和北海沙田水域是中华白海豚重要活动分布区。印太江豚主要在浅海和河口区域活动，难以长期在淡水中活动，主要分布在北海沙田水域。本次平陆运河建设主要在茅尾海区域，航道疏浚不会对外海产生较大影响，对中华白海豚和印太江豚的影响总体较小。

平陆运河工程应在施工期加强对中华白海豚和印太江豚的海上观察瞭望，在发现中华白海豚和印太江豚活动的情况下必须采取限速、避让措施，避免对其造成撞击伤害。

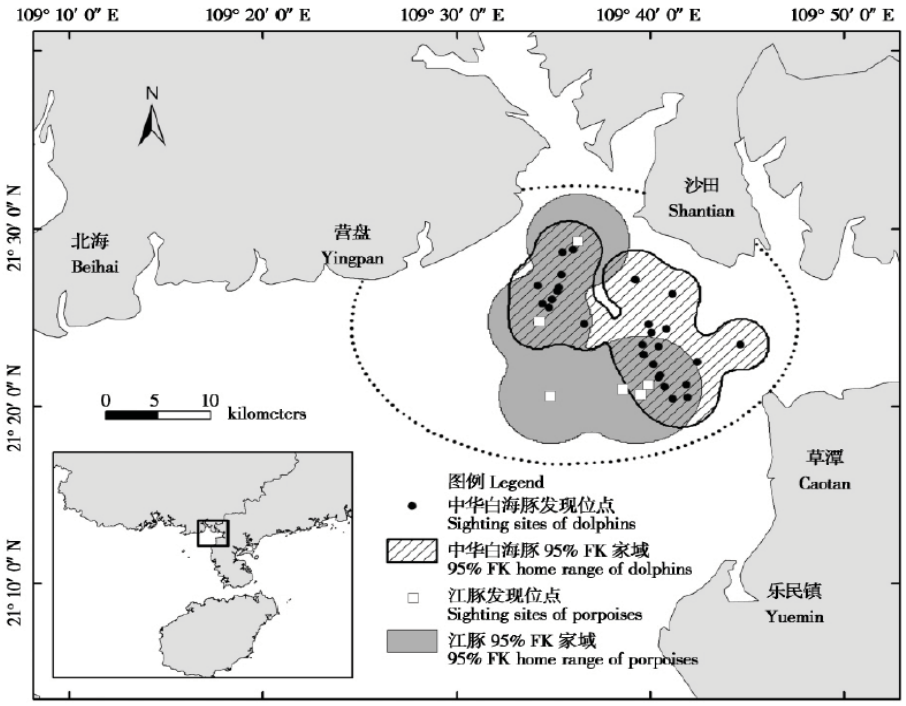


图 6.4.1-3 北海沙田水域中华白海豚、江豚分布调查（2003-2004 年，2011-2012 年）

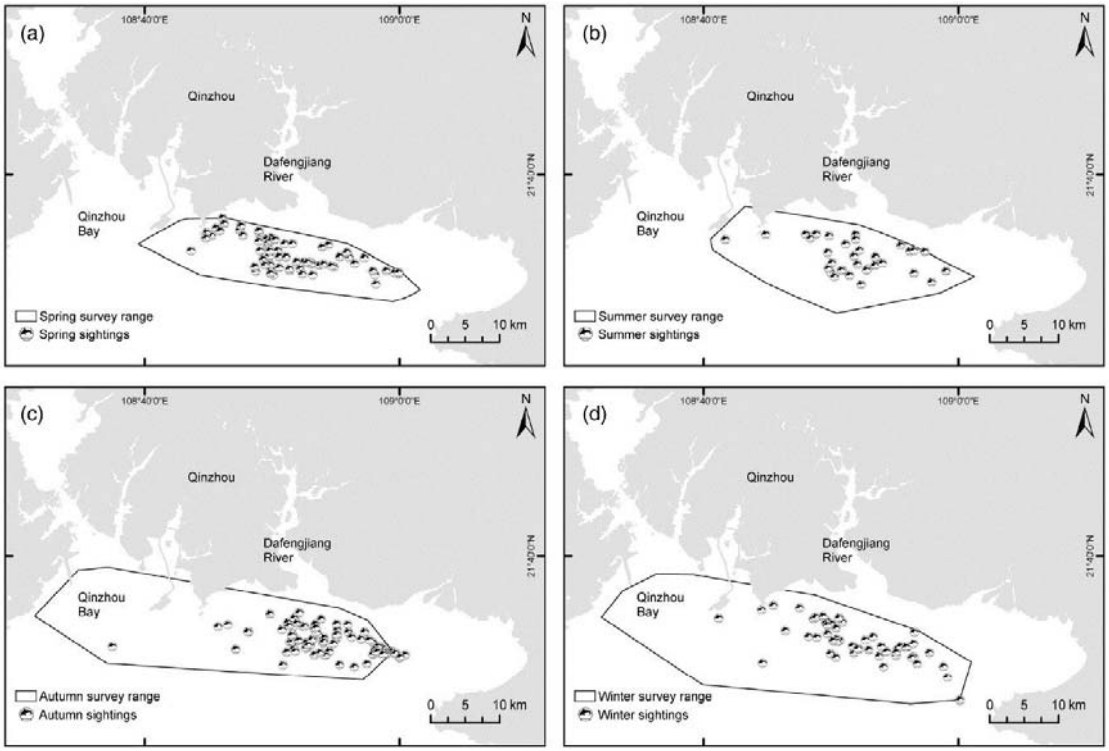


图 6.4.1-4 北部湾三娘湾中华白海豚分布图（2013-2018 年）

6.4.2 运行期生态影响评价

6.4.2.1 盐度变化影响分析

（1）茅尾海海水盐度现状

潮汐和径流是影响海水咸水入侵最主要的动力因子。重庆交通大学项目组于洪水期 2021 年 8 月 28 日~9 月 10 日，枯水期 2021 年 12 月 18 日~12 月 27 日，在钦江河道进行了盐度现场逐测量，观测时段包含小潮、中潮和大潮过程。监测点位见图 6.4.2-1。

图 6.4.2-1 盐水观测点示意图

钦江盐度沿程递减主要受潮汐和径流消长的影响。钦州湾外海测点 L3 盐度受径流和潮流动力影响较小，盐度基本保持稳定。龙门港向上游至钦江河口 H1，

由于茅尾海海域面积大，潮波在传播过程中高低潮位均迅速减小，潮差沿程减小，以及随着潮汐作用的沿程减弱，盐度迅速减小（图 6.4.2-2）。由钦江河口 H1 向上游，因径流作用的加强，越向上游、盐度越低，特别是枯水期大潮期间，盐度上溯末端在 D6 以上 1km 内。丰水期 L1 点位盐度变化范围为 10‰~22‰，H1 点位盐度变化范围为 0‰~8‰；枯水期 L1 点位盐度变化范围为 22‰~28‰，H1 点位盐度变化范围为 3‰~22‰。

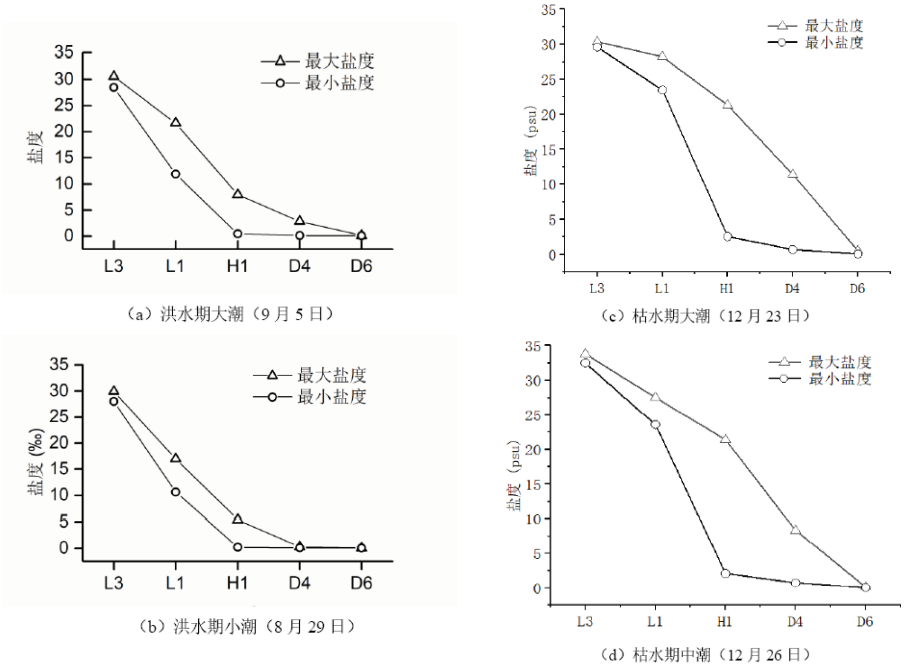


图 6.4.2-2 大、中、小潮盐度沿程变化

（2）运河产生的流量变化分析

针对钦江丰平枯水年、丰平枯水期，运河实施 24m^3/s 调水后，分析了钦江新增流量情况及所占比例。总体而言，以全年平均流量计算，运河实施调水后，丰、平、枯水年，钦江流量分别增加 14.1 m^3/s、12.9 m^3/s、13.9m^3/s。新增流量占原有流量的比例分别为 25%、28%和 42%。考虑到茅岭江流量，丰、平、枯水年条件下，平陆运河实施后青年枢纽新增下泄流量占比分别为 9%、11%、19%。

目前，实施远期调水外部条件尚未确定。建议远期调水对盐度变化及茅尾海湿地生态系统的影响纳入到南盘江调水工程环评中进行分析。

表 6.4.2-1 各水文年、水文周期近期调水情况下钦江流量变化情况（单位：m^3/s）

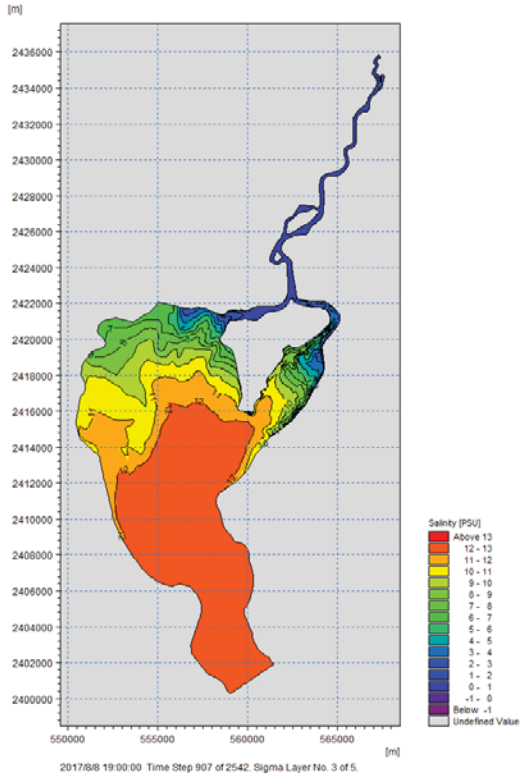
水文周期	丰水期				平水期				枯水期				全年平均			
	建设前	运河建设后	新增流量	新增占比	建设前	运河建设后	新增流量	新增占比	建设前	运河建设后	新增流量	新增占比	建设前	运河建设后	新增流量	新增占比
丰水年	109.1	129.4	20.2	19%	59.9	80.1	20.2	34%	12.3	17.7	5.4	44%	56.6	70.6	14.1	25%
平水年	93.5	113.2	19.8	21%	32.9	45.9	13.1	40%	13.3	20.4	7.1	54%	45.1	58.0	12.9	28%
枯水年	70.2	90.1	19.9	28%	21.4	37.5	16.1	76%	10.7	18.2	7.5	71%	33.4	47.3	13.9	42%

表 6.4.2-2 青年枢纽新增流量占茅岭江和钦江流量比例（单位：m^3/s）

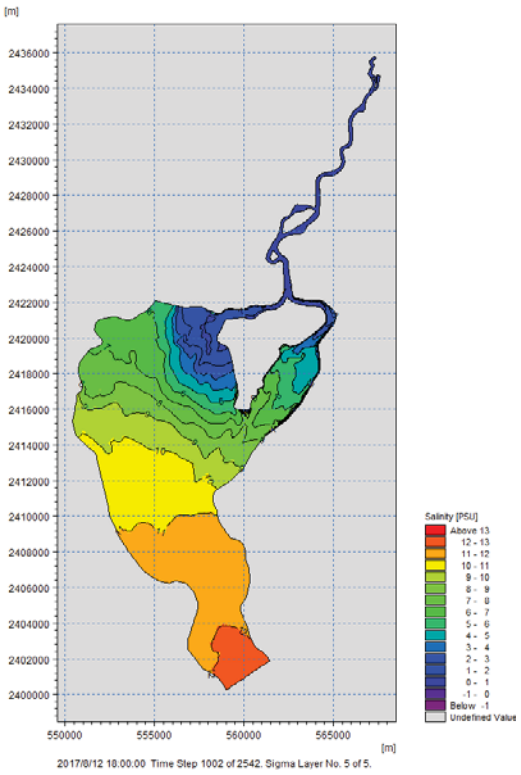
水文年	茅岭江	钦江天然流量	新增流量	新增占比
丰水年	108.30	56.56	14.07	9%
平水年	68.70	45.12	12.86	11%
枯水年	40.10	33.38	13.88	19%

（3）茅尾海盐度分析

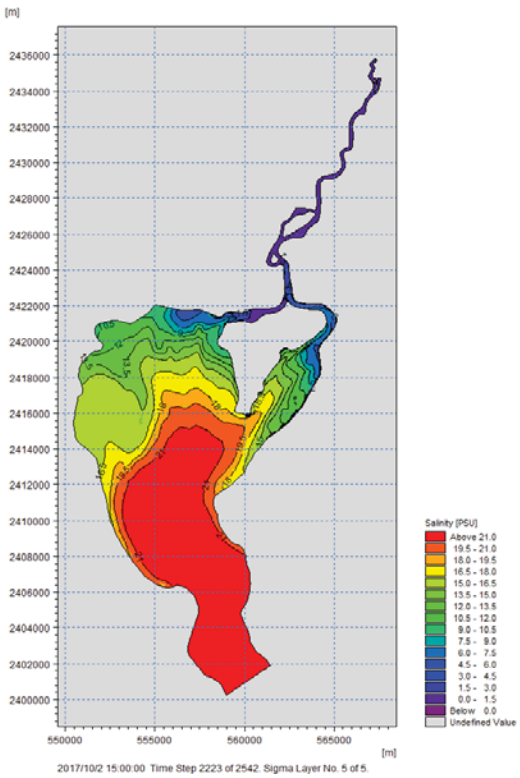
本部分根据重庆交通大学编制的《专题一：新青年船闸下盐度时空分布特性数值模型研究报告》研究成果，分析平陆运河工程施工对茅尾海盐度变化情况。近期调水方案下，茅尾海盐度变化情况模拟结果见图 6.4.2-3。



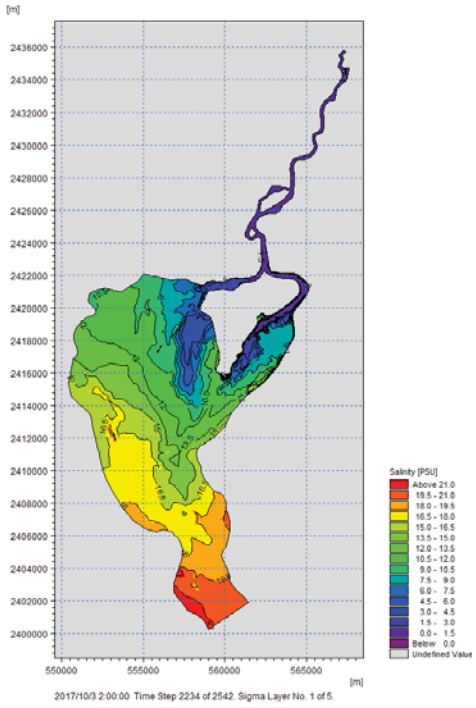
丰水期（8 月）涨潮



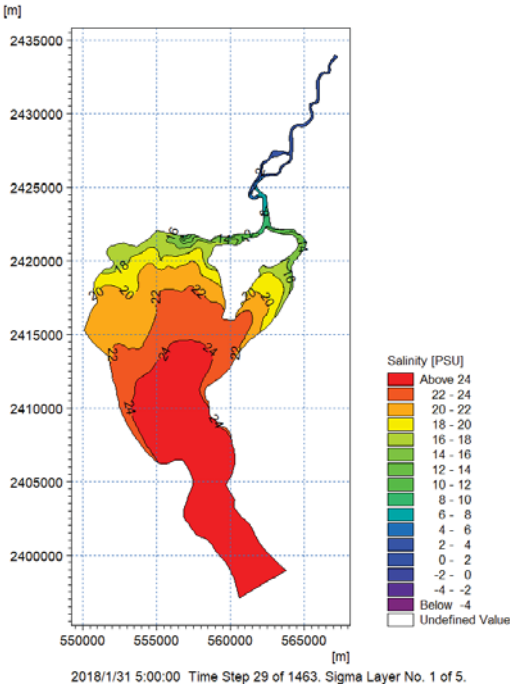
丰水期（8 月）落潮



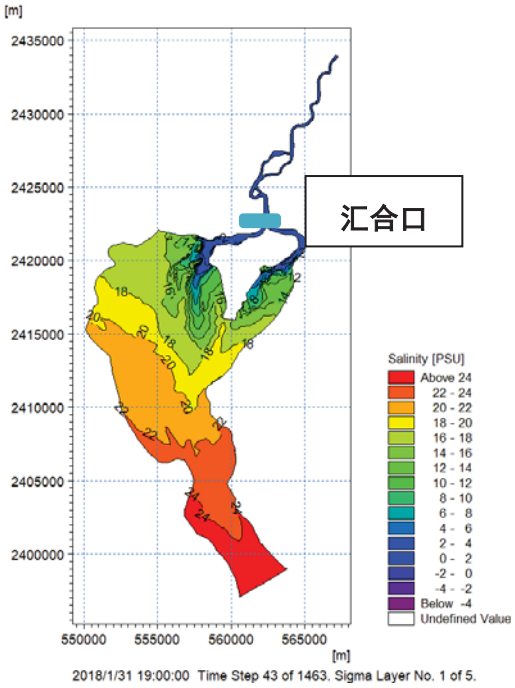
平水期（10 月）涨潮



平水期（10 月）落潮



枯水期（1 月）涨潮



枯水期（1 月）落潮

图 6.4.2-2 各水文期盐度变化情况

钦江汇河口后排榜江断面 K113+700 与 K114+700 断面的盐度变化趋势与潮位变幅较好同步，在近期 90%保证率枯水期的月均 51.4m^3/s 条件下，8 月至 9 月

的盐度波动在 0~9.5‰，当上游来流量增加至 198.4m^3/s 条件下，断面 K100+700~K114+700 盐度稳定在 0.05‰左右，说明在大流量条件下径流对盐度的影响可达到汇合口岔道，**但对汇合口下游的断面盐度的影响作用不大，说明上游来水的增幅对断面 K117+900 以下沿程盐度影响作用不同**。

进入茅尾海后，运河沿程断面的盐度与潮位变化基本同步，盐度变化范围为 0~24.7‰，整体盐度变化受上游来流影响作用不明显，在 9 月中旬的大量流下，盐度仍与前述盐度周期变化过程保持一致，说明汇合口左汊以下河段的运河沿程盐度变化主要受潮动力和外海盐度的影响。

（4）工程前后盐度变化

针对近期 90%保证率条件下的枯水期 11 月~次年 3 月、中水期以及洪水期的沿程各典型断面盐度变化过程进行分析。选择兰海高速钦江大桥至平陆运河终点沿程断面盐度变化，分析近期调水对茅尾海盐度变化。以 K113+700 和 K125+700 为断面体现盐度变化幅度。从盐度范围来看，工程前后盐度变化范围基本保持不变，但日盐度变化幅度范围更加剧烈。

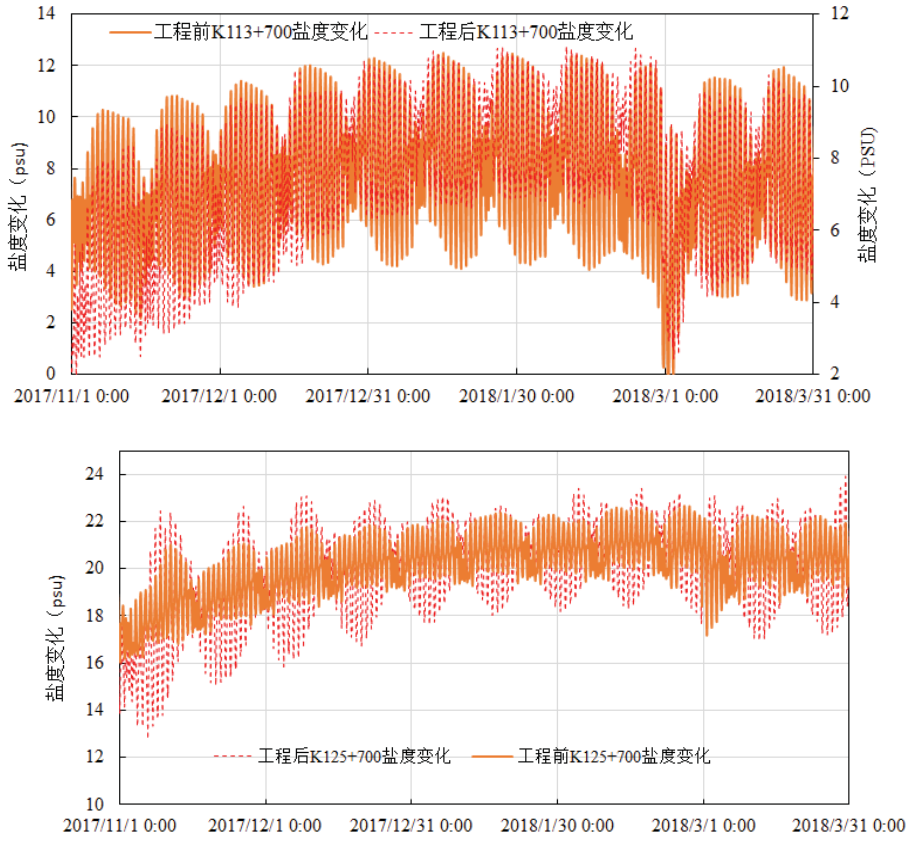


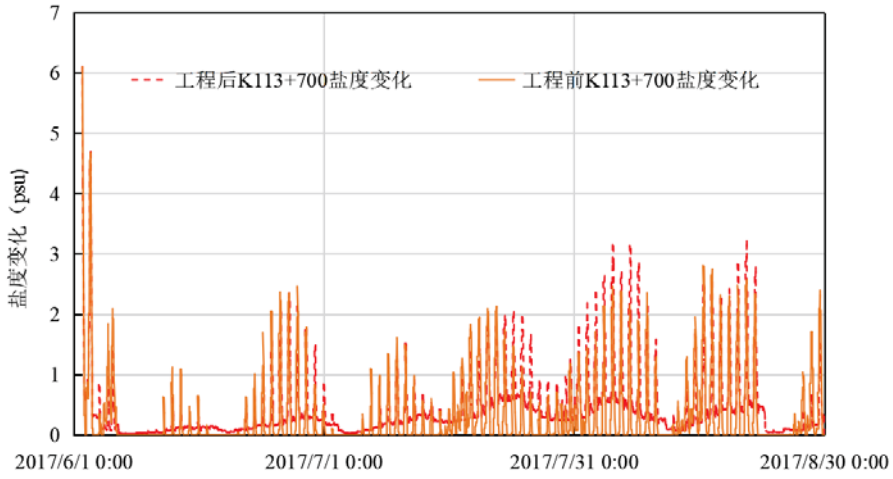
图 6.4.2-3　近期 90%保证率枯水期工程前后典型断面盐度变化过程

表 6.4.2-3 枯水期工程前后沿程典型断面盐度变化

断面	工程前盐度范围(‰)	工程后盐度范围(‰)	工程后盐度最大增幅（%）
K112+700	0~10.2	0.9~11.2	6
K113+700	0~10.8	0.9~11.2	5.8
K114+700	0~11	0.9~11.5	0
K117+700	5.6~16.5	5.6~17	5.7
K121+700	9.8~21	10~23	10
K124+700	16~22	12.8~24	3.6
K128+700	16.5~25	15~26	4
K132+700	19~28	18~28	0

表 6.4.2-4 平水期工程前后沿程典型断面盐度变化

断面	工程前盐度范围(‰)	工程后盐度范围(‰)	工程后盐度最大增幅（%）
K112+700	0~11.3	0.7~12	7
K113+700	0~11.5	0.7~12.5	7
K114+700	0~11.8	0.7~12	4
K117+700	4.5~16	4.8~17	6
K121+700	7.2~17.5	6~19	8
K124+700	7.5~20	6.8~21.5	8
K128+700	7.5~21.5	7.2~22	2
K132+700	7.8~22	7.8~22.8	0



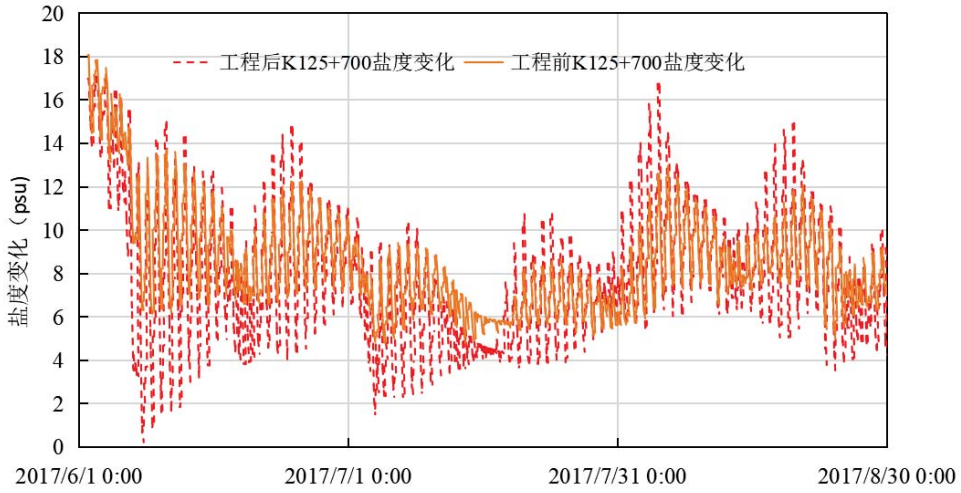


图 6.4.2-4　近期 90%保证率洪水期工程前后典型断面盐度变化过程

表 6.4.2-5　洪水期 6~8 月工程前后沿程典型断面盐度变化

断面	工程前盐度范围(‰)	工程后盐度范围(‰)	工程后盐度最大增幅（%）
K112+700	0~3.0	0.01~4.0	33
K113+700	0~5.2	0.01~6.2	19
K114+700	0~6.8	0.01~8.0	16
K117+700	1.0~13	0.1~13.5	4
K121+700	1.8~16	0.1~16.5	3
K124+700	2.6~18	0.1~18	0
K128+700	3.0~19	2.5~19	0
K132+700	4~20	3.5~20	0

（5）对茅尾海生态系统的影响

①盐沼湿地

根据调查，茅尾海区域主要湿地植被为红树林、盐沼湿地和海草床。本节重点分析盐度变化对盐沼湿地和海草床的影响，对红树林影响将结合红树林保护区影响分析开展。根据《广西钦州茅尾海国家海洋公园选划论证报告》等历史数据，参考《广西滨海盐沼生态系统研究现状及展望》（潘良浩等，2017）《基于时序光学和雷达影像的中国海岸带盐沼植被分类研究》（赵欣怡，2020），结合 2021 年 11 月项目组在现场调研情况，盐沼湿地主要草本植物包括茳芏、铺地黍、双穗

雀稗、芦苇、沟叶结缕草等，其中茳芏、短叶茳芏为优势种类。

茳芏，颖花类，莎草科，多年生草本植物，茎为三棱形，叶子长而细，开绿褐色小花，是河口的标志植物，具有很高的生产力。茳芏是改良盐碱地的优良草种。《盐度胁迫对茳芏·短叶茳芏萌芽的影》（陈元松，2011 年）分析了广西沿海区域盐度对茳芏和短叶茳芏萌芽的影响，研究表明盐度为 5‰时短叶茳芏萌芽指数最高；在盐度为 20‰时，茳芏、短叶茳芏萌芽时间推迟，分别为 5 天和 6 天；盐度为 30‰时无萌芽。

芦苇，多年水生或湿生的高大禾草，根状茎十分发达。芦苇为全球广泛分布的多型种，生于江河湖泽、池塘沟渠沿岸和低湿地。《盐胁迫对芦苇细胞超微结构的影响》（苏芳莉，2011 年）从辽宁盘锦双台河口湿地挖取芦苇根茎并人工桶栽，待缓苗成功后进行不同浓度的盐胁迫处理，用透射电镜观察芦苇细胞超微结构对不同盐度胁迫的响应，以明确芦苇细胞的耐盐性。研究表明：芦苇细胞能够适应 0～40‰以内浓度的盐胁迫，当盐度等于或超过 40‰时，芦苇细胞膜系统将无法恢复其活性而降解消失，使芦苇细胞失活，最终导致芦苇死亡。

铺地黍，是禾本科，黍属多年生草本植物。铺地黍喜温暖湿润气候，适生在在热带、亚热带地区。具有较强的耐旱、抗寒能力，能耐低温和霜冻。对土壤要求不严，从较贫瘠的酸性红黄壤土至海拔砂土上均能生长，但适宜在肥沃的潮湿沙地或冲积土壤上生长。《盐度对铺地黍叶片中脯氨酸积累的影响》（王伟等，2001 年）对铺地黍耐盐性进行了研究，海滩铺地黍耐盐度 10‰～20‰。

②海草床

根据调查，茅尾海区域海草床主要为水鳖科（*Hydrocharitaceae*）的贝克喜盐草（*Halophila bacarri*），绝大部份海草叶片被淤泥覆盖。在我国，贝克喜盐草于台湾、福建、广东、香港、澳门、广西及海南均有分布。贝克喜盐草(*Halophila beccarii Asch.*) 是典型的潮间带海草，生态学上它具有“开拓种” “先锋种”的特征，被认为“虽微小但强大”，通常能从干扰后快速恢复。全球范围内，贝克喜盐草资源面临持续衰退的趋势，已被国际自然保护联盟(IUCN) 列为易危(VU) 种，并被认为是 10 种具有灭绝风险的海草种类之一。有学者认为，贝克喜盐草在潮滩上扮演了先锋种的角色，它在潮滩上的拓殖生长为后来红树林的建立和形成打下了基础。

根据《贝克喜盐草的生物学和生态学特征及其保护对策》（邱广龙等，2020年），贝克喜盐草对盐度适应范围较广，从纯淡水到较高的盐度均可存活，对贝克喜盐草的有性繁殖而言，相对较低的海水盐度更有利其开花和结果。

③影响分析

盐碱环境对湿地植被结构与生理会产生影响。在盐胁迫下，湿地植被新陈代谢、光合呼吸、离子吸收等方面均会受到严重影响。通过上述分析，平陆运河工程建设前后，茅尾海延平陆运河线路的盐度前后变化不明显，但盐度的日变化幅度较工程实施前更加剧烈。通过文献研究，茳芏、芦苇以及贝克喜盐草对盐度的适应范围都较广，从低盐度到较高盐度（如 20‰）都可以存活，盐度变化未超过茳芏、芦苇、铺地黍和贝克喜盐草的盐度阈值。因此，盐度变化不会导致区域植被的大面积死亡，也不会对湿地生态系统造成显著的影响，但会影响生态系统的演替变化。

此外，盐度变化会对湿地植被产生较为明显的影响。远期调水量增加可能会进一步降低茅尾海的盐度，从而对湿地植被和景观格局产生影响。但由于远期调水方案尚存在不确定性，外围边界尚不清晰，在现阶段难以分析预测其影响。根据《西部陆海新通道（平陆）运河航道规划环境影响报告书》评价建议，考虑到青年枢纽下泄流量超过 20m^3/s，在丰水期会对茅尾海盐度造成较大变化，建议近期实施青年枢纽下泄流量不超过 20m^3/s，并定期对茅尾海湿地生态系统进行观测研究。随着船舶流量的增加，当下泄流量超过 20m^3/s 时，应结合生态系统的实际变化进一步论证增加下泄量的生态影响。

（6）对鱼类的影响

本次评价选择生态调查中的优势渔获物黄鳍棘鲷，经济物种海鲈鱼，以及洄游物种花鳗鲡等，研究盐度变化对其产生的影响。

黄鳍棘鲷（*Acanthopagrus latus*）是鲷科、棘鲷属的一种海鱼。黄鳍棘鲷为浅海暖水性底层鱼类，生活于近岸海域及河口湾。黄鳍棘鲷没有远距离的洄游习性，但有明显的生殖迁移行为。在产卵前约两个月，便从近岸或生活的咸淡水水域向高盐的较深诲区移动，这一过程约需两个月，产卵后又重返近岸。《低盐胁迫对黄鳍棘鲷幼鱼存活率、鳃 ATP 酶和肝脏抗氧化酶的影响》（朱友芳等，2013年）研究了盐度由 20‰淡化至 10‰，5‰甚至淡水后对黄鳍棘鲷幼鱼的存活率、

鳃 ATP 酶和肝脏抗氧化酶的影响，结果表明：除了淡水组的黄鳍棘鲷全部死亡之外，其他低盐组中的成活率为 100%；在响应不同盐度的低盐胁迫时，不同酶的敏感性有所不同，其中超氧化物歧化酶仅对淡水胁迫敏感。

海鲈，为凶猛肉食性鱼类，摄食性强，贪食，以鱼虾类为主要食物。海鲈属广盐性鱼类，随着人们的淡化养殖，在 0～34‰条件下均可生长，最适生长盐度范围 2‰～20‰，低于 2‰和高于 20‰条件下生长发育变慢。耐温范围 0～38℃，最适生长温度 25～30℃，在 12℃以下或 28℃以上摄食强度减弱，7℃以下几乎停止摄食。

花鳗鲡是鳗鲡科、鳗鲡属鱼类。鳗鲡为暖温性降河性洄游鱼类，是肉食性鱼类，主要以田螺、蛏、蟹、虾、桡足类和水生昆虫为食。花鳗鲡的幼鳗每年 3~4 月开始进入河口溯河觅食生长，进入西江-浔江-黔江-红水河，在河溪中营穴居生活。《盐度对花鳗鲡和太平洋双色鳗鲡幼鳗生长性能及消化酶活力的影响》（罗鸣钟等，2015 年）对不同盐度对花鳗鲡*(Anguilla marmorata)*幼鳗和太平洋双色鳗鲡(*A. bicolor pacifica*)幼鳗生长性能及消化酶活力的影响进行了研究，将花鳗鲡幼鳗[(9.76±0.36) g]和太平洋双色鳗鲡幼鳗[(11.82±0.04) g]分别在淡水(盐度 0‰)与盐度 5‰、10‰、18‰水体中养殖 30d，结果表明：花鳗鲡和太平洋双色鳗鲡在各盐度处理中存活率均为 100%，未出现死亡，两种鳗鲡在淡水中生长良好。

通过分析，茅尾海在平陆运河工程实施前后盐度整体变化不大。通过文献研究，上述鱼类均为广盐性鱼类，对海水盐度适应性较强，总体上青年枢纽下泄流量增加引起的盐度变化不会对其产生明显的影响。

6.4.2.2 船舶航行对鸟类影响

（1）鸟类现状

通过调查，青年枢纽以下区域涉及鸟类动物主要是鹭科、鹬科等种类。由于市区段人类活动密集，鸟类主要集中活动在茅尾海区域。根据本次生态调查，沿海湿地常见的湿地水鸟有白鹭（*Egretta garzetta*）、池鹭（*Ardeola bacchus*）、绿鹭（*Butorides striatus*）、环颈鸻（*Charadrius alexandrines*）、普通翠鸟（*Alcedo atthis*）；偶见的种类有勺嘴鹬（*Eurynorhynchus pygmeus*）、白胸苦恶鸟（*Amaurornis phoenicurus*）、金眶鸻（*Charadrius dubius*）、白胸翡翠（*Halcyon smyrnensis*）等。

根据《广西茅尾海红树林自治区级自然保护区总体规划（2019~2028 年）》，按照鸟类生态类群分，沿海水面鸟类密集分布在红树林分布带，主要种类有凤头潜鸭、秋沙鸭等鸭科鸟类以及小鸊鹈、鱼鸥、银鸥等游禽。沿海滩涂鸟类主要分布在退潮后的滩涂，主要种类有白鹭、大白鹭、牛背鹭、池鹭、绿鹭、夜鹭等鹭科鸟类以及青脚鹬、红脚鹬、矶鹬等鸻鹬类。芦灌草鸟类群主要分布在灌丛、草丛地带。该地带小生境丰富多样，表现出水鸟与林鸟交织的现象。主要种类包括小鸊鹈等游禽，池鹭、白鹭等涉禽，褐翅鸦鹃等攀禽，山斑鸠、珠颈斑鸠等陆禽，褐柳莺、黄眉柳莺等鸣禽。勺嘴鹬在茅尾海区域也有出现，不排除在长距离迁徙期间在茅尾海区域短时间停留，在滩涂湿地觅食休憩。

（2）评价方法

根据区域鸟类分布，重点针对船舶噪声对鸻鹬类、鹭类等鸟的影响进行分析。针对噪声对鸟类的影响，陈栋等（2008）研究发现在距离公路 150 m 处，当环境噪声 50 dB(A)，达到环境噪声标准的昼间 0 级标准时，白鹭等鸟类受到轻微干扰。辜小安指出，当噪声值为 60 dB(A)，噪声不会影响巢内的鸟类。研究表明，勺嘴鹬对人为干扰较为敏感，在休息时也常被惊飞。根据实际观察，勺嘴鹬对人类活动的警戒距离在 100m 以上。另外，根据相关研究结果，湿地鸟类最大噪声不能超过 87dB(Lmax)，平均 24h 噪声不能超过 65dB(A) (Leq24h)，超过这个阈值则对鸟类有明显影响，小于 45~50dB(A)的噪声对鸟类的正常活动无明显影响。Daniel Patón(2012)和 Jaroskaw Wiącek(2015)等学者认为当噪声限制在约 50 dB(A)时，对鸟类的数量以及物种的丰富度没有显著地影响。

综合考虑国家标准和国内外研究成果，本项目采用 50 dB(A)作为船舶噪声对鹭类和鸻鹬类鸟类的影响评价限值。即≤50 dB(A)时，噪声对鸟类有轻微干扰；＞50 dB(A)时，噪声对鸟类有影响。随着噪声的增大，对鸟类的干扰程度随之加强。

（3）影响评价

根据前述章节施工机械声影响范围预测，船舶在 20m 以外航行噪声值衰减至 50 dB(A)以下。兰海高速钦江大桥以下至沙井航段，河道约 100 米左右，船舶距河两岸距离较近。沙井至外海航道距离沿岸滩涂湿地约 700~1000 米以上。因此，船舶航行对兰海高速钦江大桥以下至沙井航段两岸分布的鸟类会存在一定影

响，对沙井以外栖息鸟类影响总体较为有限。此外，茅尾海湾口亚公山是鸟类集中活动区域。运河线路距离亚公山较近，且该区域水深较好，船舶活动范围较大，可能对亚公山鸟类造成影响。

考虑到船舶航行对鸟类的影响，外海段船舶无特殊情况下应禁止鸣笛，船速限制在 6 节以内以降低噪声对周边鸟类的影响。

6.4.2.3 船舶航行对渔业资源影响

（1）渔业资源现状

根据资料记载，茅尾海区域经济价值较高的鱼类有 60 多种，虾蟹类 30 多种，贝类 110 种，是近江牡蛎、青蟹、鲈鱼等重要海水养殖品种的天然产地，同时还出现有真鲷、黄鳍鲷、黑鲷、二长棘鲷、鱿鱼等。

根据春季调查结果，共出现游泳动物种类 16 种，鱼类 13 种。调查的优势渔获物鱼类共有 9 种，包括少鳞鳢、短吻鳄、细鳞鲴、黄鳍棘鲷、星点东方鲀、黄吻棱鳀、矛尾鰕鯊鱼、弓斑东方鲀、鰏鱼等。根据秋季调查结果，共出现游泳动物种类 14 种，鱼类 10 种。调查的优势渔获物鱼类共有 10 种，包括尼罗罗非鱼、多纹钱蝶鱼、棱鲛、金钱鱼、花鲈、斑鰶、康氏小公鱼、丽叶鲹、颈斑鳄、雷氏小沙丁鱼等。

（2）影响评价

平陆运河建成后，通航船只数量、密度将明显增大。船只对茅尾海的渔业资源将会产生一定影响，其主要是影响鱼类的分布。船舶噪音及螺旋桨都会导致鱼类分布的变化。船舶航行噪声和船行波会造成鱼类的主动回避，但该影响整体较为有限。船舶螺旋桨可能造成躲避不及时的鱼类的死亡和伤害，误伤一定数量的鱼类，但这种影响和误伤的比例较小。同时，航运能力提升后，货物吞吐量增加，特别是矿石原材料的散装船只增多，散货若散落到通航水域中会对渔业水质环境造成影响。船舶生活污水、含油污水排放，也会影响水域质量从而对渔业资源造成负面影响。

因此，兰海高速钦江大桥以下航段船舶航速控制在 6 节内，平陆运河沿线禁止排放船舶水污染物，要求全部接收上岸或到其他水域排放，散货船舶要求全封闭以防止散货散落入通航水域中。

6.4.2.4 船行波对岸坡生态系统影响

船在狭窄的内河航道中行驶，压缩水体形成典型的船行波。船行波会破坏河岸，造成河岸坍塌、岸土流失、淤积航道等一系列作用。对于较狭窄的内河航道或人工运河，当船行波力量较强、渠道断面较小时，船行波会对河岸产生较强的淘刷作用，造成严重后果。对于船行波破坏河岸的机理的研究表明，船行波侵蚀初期，河岸发生微小的剥离，在波浪反复作用下，形成冲刷坑，进而形成冲刷带，形成不稳定的岸坡断面。

平陆运河兰海高速钦江大桥至沙井钦江大桥航段，河道相对较窄约 200~400 米左右，船舶距河两岸距离约为 50~100 米。尽管对船舶航行速度有所限制，但是船行波依然会对两岸形成冲刷，造成一定的岸坡水土流失，甚至形成坍塌风险。研究表明，采用生态护岸建设方式，选择透空结构，合理种植近岸水生植物，可以起到固沙、滞流和部分挑流归槽作用。水生植物的摆动效应、壅水效应、植物枝叶的波能耗散效应等能够有效地减弱流速，降低船行波所含的能量，对船行波的消减起到积极的作用。

根据工可方案，平陆运河兰海高速钦江大桥以下航道，均采用生态护岸的方式，设计为斜坡式生态护岸，可降低船行波影响。建议生态护岸坡脚采用透水结构并种植挺水植物，在坡面提高植被覆盖率，并进行绿色景观设计，打造绿色生态运河。

6.4.2.5 维护性疏浚对生态影响

《平陆运河入海航道水流泥沙数学模型试验研究报告》（2020 年 6 月完成）研究分析表明，正常天气下，平陆运河兰海高速钦江大桥以下线路航道平均年淤强 0.60m/a，局部最大年淤强为 1.61m/a，年总淤积量 255.7 万方；25 年一遇 S 向大浪作用下，沙井航道线路内最大局部淤积厚度为 0.39m，平均淤厚 0.15m，回淤量为 68.9 万方；50 年一遇 S 向大浪作用下，沙井航道线路航道内最大局部淤积厚度为 0.44m，平均淤厚 0.18m，航道回淤量约为 83.5 万方；在 10 级 SW 向大风产生的风浪作用下，沙井航道线路航道内最大淤积厚度为 0.41m，平均淤厚 0.22m，航道淤积量约为 99.6 万方。

根据水流泥沙数学模型试验研究报告，预计平陆运河 2~3 年开展 1 次航道疏浚工作，疏浚量需根据水深测量情况进行估算。维护性疏浚泥沙量相对较少，且以粉质泥沙为主，疏浚工程规模较小。维护性疏浚生态影响与前述施工期基建性疏浚影响相同，疏浚泥沙会对海水透明度下降，对周边牡蛎等水生生物产生影响。维护性疏浚应采用环保疏浚方式，在靠近牡蛎养殖水域、红树林周边水域采用布放防污屏的方式进行疏浚作业，以最大限度减少对海洋生物、牡蛎养殖及滨海湿地的影响。

6.4.2.6 外来生物的影响

根据《中国外来入侵物种编目》（徐海根，强胜．北京：中国环境科学出版社，2004.）和“中国外来入侵物种数据库”（中国农业科学院植物保护研究所），2021 年春季浮游植物中发现外来浮游植物 4 种，其中硅藻门 3 种，分别为笔尖形根管藻（*Rhizosolenia styliformis*）、威氏圆筛藻（*Coscinodiscus wailesii*）、中肋骨条藻（*Skeletonema costatum*）；甲藻门 1 种，为多甲藻（*Peridinium sp.*）。浮游动物、底栖生物、潮间带生物及游泳动物中未发现外来物种。

根据《中国外来入侵物种编目》（徐海根，强胜．北京：中国环境科学出版社，2004.）和“中国外来入侵物种数据库”（中国农业科学院植物保护研究所）2021 年秋季浮游植物中发现外来浮游植物 2 种，其中硅藻门 1 种，为中肋骨条藻（*Skeletonema costatum*）；甲藻门 1 种，为多甲藻（*Peridinium sp.*）。浮游动物、底栖生物、潮间带生物及游泳动物中未发现外来物种。

平陆运河建设后内河船舶可直达北部湾港，北部湾港海船在江海联运码头大船过驳小船后，通过平陆运河进入西江航运干线。内河船舶本身不会产生外来生物入侵问题。但外籍船舶在北部湾港钦州港域排放压载水，可能会导致生物入侵。目前，《压载水管理公约》已经生效，船舶需配备压载水管理系统，在排放压载水前应进行灭活处理。但当压载水管理系统出现故障等特殊情况时，外籍船舶排放压载水仍然存在生物入侵的风险。

因此，建议北部湾港码头配备船舶压载水接收系统，当船舶压载水管理系统出现故障时，由港口进行压载水接收，从而降低生态风险。此外，还应定期对钦州湾水域特别是茅尾海进行生态调查和监测，及时发现入侵生物并采取相应措施。

6.5 对周围敏感目标的影响

报告书重点对广西茅尾海红树林自治区级自然保护区、茅尾海国家级海洋公园的影响进行分析。

6.5.1 对红树林保护区及红树林的影响

本部分内容引自广西壮族自治区林业勘测设计院编写的《平陆运河对红树林生态影响评价报告》和北部湾大学编写的《平陆运河对红树林影响专题评价报告》主要结论内容。

6.5.1.1 广西茅尾海红树林自治区级自然保护区概况

广西茅尾海红树林自治区级自然保护区位于广西壮族自治区钦州市以南的钦州湾，地理位置为东经 108°28′35″～108°54′26″、北纬 21°44′13″～21°53′09″。广西茅尾海红树林自治区级自然保护区成立于 2005 年，保护区是以保护红树林湿地生态系统为主，全面保护红树林生境、红树林湿地景观、湿地水禽等自然资源和自然环境，集保护、科研、教育、生态旅游和可持续利用等多功能于一体的综合性自然保护区保护区。 保护区总面积 5010.05hm^2，分别由康熙岭片、坚心围片、七十二泾片和大风江片四大片组成。广西茅尾海红树林自治区级自然保护区资源十分丰富，目前已知有维管束植物有 82 科 228 属 294 种。其中：蕨类植物 9 科 10 属 13 种；裸子植物 1 科 1 属 2 种；被子植物 72 科 217 属 279 种。有红树植物 13 科 17 种，其中真红树植物 8 科 10 种。占全国红树植物种类的 45.9%。脊椎动物有 216 种，其中鱼类资源计有 11 目 39 科 87 种；两栖类动物有 7 种，隶属于 1 目 5 科 5 属；爬行类动物 16 种，隶属于 1 目 7 科 15 属；鸟类动物有 15 目 31 科 103 种；哺乳动物有 3 种，隶属于 2 目 2 科 3 属。此外，保护区列为国家 I 级重点保护的有 1 种，列入国家 II 级重点保护的有 15 种。

本次平陆运河不占用红树林保护区，航道边缘距离广西茅尾海自治区级红树林自然保护区最近处为 700 米，距离航道最近的保护区是坚心围东片（如图 6.5.1-1 所示）。

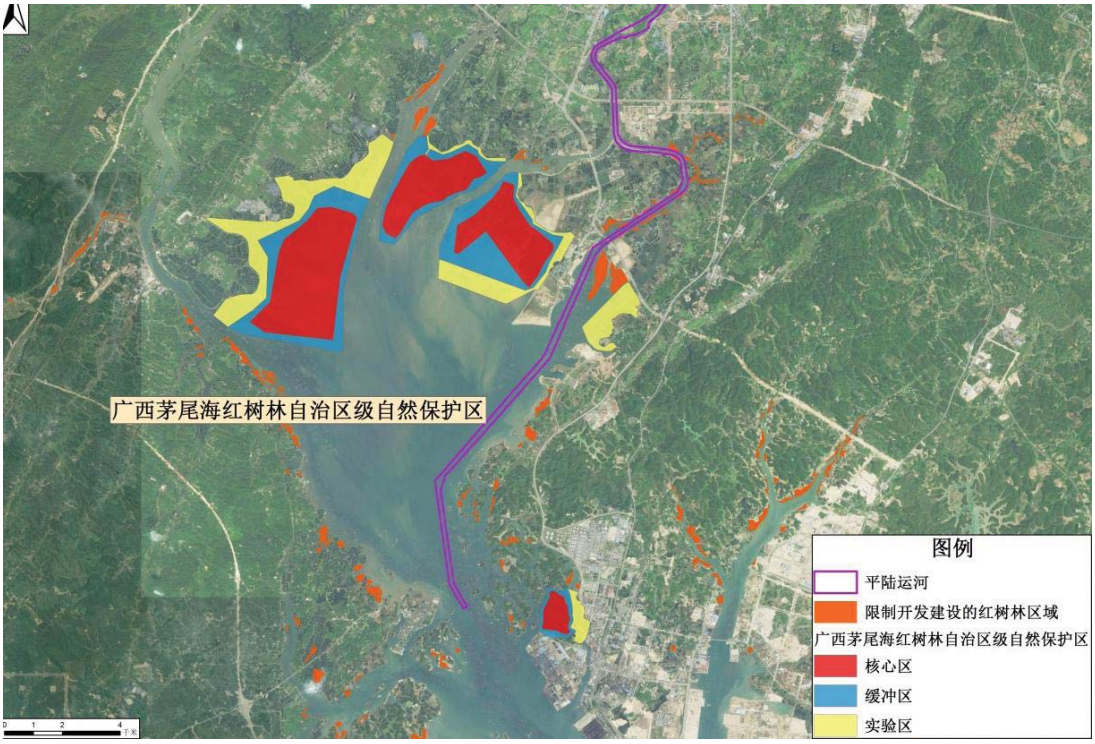


图 6.5.1-1 项目与茅尾海红树林自治区级自然保护区叠图

6.5.1.2 运河占用红树林概况

平陆运河航道线路避让了茅尾海自治区级红树林保护区，但占用钦江河道边滩分布的野生红树林，占用红树林面积属于限制开发区内的红树林。实际开挖线虽然距离征地红线有一定距离，但考虑到航道开挖时可能会引起滑坡或崩塌而造成红树林损毁，故项目占用红树林情况以征地红线进行测算。

根据第三次全国国土调查主要数据成果，并结合正摄影像和现地调查结果进行统计，项目永久占用红树林面积为 13.8698hm^2（根据国土三调数据统计的占用面积为 13.0907hm^2，根据正摄影像和现地调查补充的占用面积为 0.7791hm^2），共 32 个斑块，最大斑块面积为 5.6121hm^2，最小斑块面积为 0.0002hm^2。

各斑块由于工程所占用的红树林斑块多，根据不同的群落布设了多个样方，以设置于沙井钦江大桥至犁头咀（即有红树林被项目占用区域）的 13 个样方进行测算，样方内红树植物龄期绝大多数为成熟龄，幼龄和中龄比例低。根据样方调查结果，样方统计的红树植物总株数为 2117 株，样方面积共 1150m^2，测算出红树植物密度为 18409 株/公顷，根据项目占用红树林的面积，计算出平陆运河红线范围内红树植物株数为 255325 株。按龄期统计，幼龄 121 株，中龄 3256

株，成熟龄及以上 251948 株。按树种统计，桐花树 248330 株，秋茄树 5789 株，无瓣海桑 362 株，老鼠簕 844 丛。

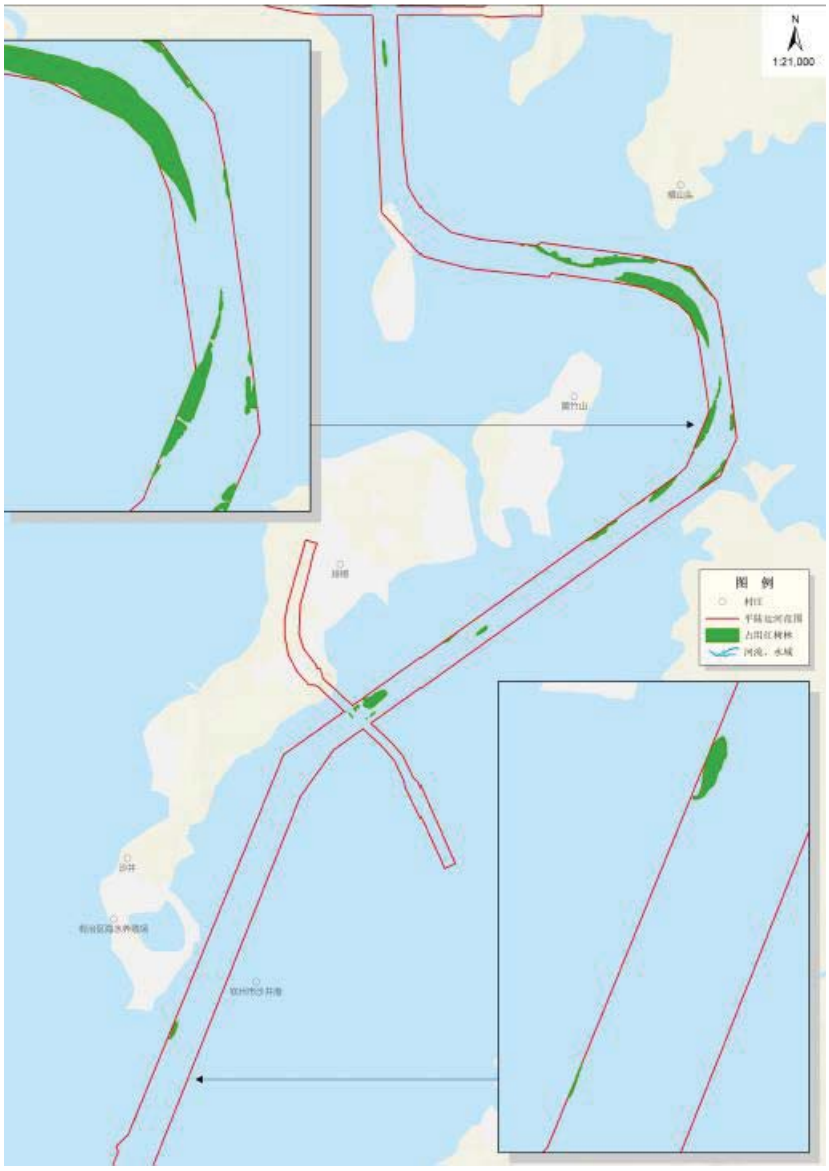


图 6.5.1-2　平陆运河入海口梨头嘴至沙井段占用野生红树林

6.5.1.3 对红树林群落的影响

（1）对红树植物种类和种群数量的影响

项目建设将永久占用 13.8698hm^2 的红树林地，将直接导致 13.8698hm^2 的红树林永久损毁，造成钦州市红树林保有量降为 3,178.50 hm^2，下降 0.43%，广西红树林保有量降为 9409.72 hm^2，下降 0.15%。

红树林被占用区域的红树植物种类有桐花树、秋茄树、老鼠簕、无瓣海桑（归化植物）、苦郎树（半红树）等，项目建设不会造成红树植物种类发生显著变化，但有可能由于微环境的变化（水动力、盐度等导致的变化）以及航运等人类活动的增多，可能会导致新的种类分布至此。

项目虽然不会导致植物种类发生明显波动，但将导致这些红树植物的种群数量发一定变化。经调查统计，项目永久用地范围内红树植物株数为 255325 株，桐花树将减少 248330 株，秋茄树减少 5789 株，无瓣海桑减少 362 株，老鼠簕减少 844 丛，其中尤以桐花树的种群数量下降较为明显。

此外，由于河道基底较软，在施工过程中如果施工不当或者运营期受各种因素的叠加影响，极可能导致航道两侧区域发生崩塌，如果崩塌区域分布有红树林，将导致广西的红树林分布面积继续减少，生态损害进一步加大。

（2）船行波对红树林的影响

船行波带来的影响主要体现在运营期，平陆运河设计的航道深度在 5m 左右，当船舶航行时，其周围及其尾波的压力场中将产生散波和横波。船行波将对重点调查区内的红树林造成影响，淤泥在船行波不断的冲刷下将流失，红树林根部裸露后进而倒伏或死亡。滩涂的面积也将不断减小，导致红树林的分布范围也不断缩小。距离航道越近的红树林，受到的影响就越大，甚至损毁或死亡；距离越远，则受到的影响越小。

根据实地调查，在沙井钦江大桥以北的区域以及红树湾公园的红树林斑块距离在 500m 以内，且多数在 200m 以内，船行波对这些区域的红树林的影响将是极大的，在防护措施做得不到位的情况下，可能会最终导致部分甚至绝大部分红树林的死亡。关于船行波的影响，目前在重点调查区内的茶蓝嘴岛可以窥得一斑，该岛距常规的航道约 600m 左右，由于船行波长期的影响，该岛靠近航道一侧的红树林影响严重，西侧地势明显低于东侧约 20cm 左右，该区域的桐花树以及海漆成熟龄植株根部已明显裸露，生长状况较差。

（3）悬浮物扩散对红树林的影响

悬浮物扩散对红树林的影响主要体现在施工过程。在施工期，悬浮泥沙主要产生于航道水下土方石方开挖等过程。在运营期，航道运营后维护性疏浚也将产生悬浮泥沙。施工主要利用抓斗挖泥船和链斗式挖泥船开展作业。

综合考虑，该项目涉水施工时间较长，施工量较大，悬浮物扩散后粘附于植物叶片、茎枝导致光合作用受阻，对红树林造成一定影响；在保持正常潮汐水文条件下，这些泥沙会被冲刷掉，对红树林不会产生永久伤害。但如果施工时悬浮物得不到有效控制，可能导致红树植物生长不良甚至死亡。因此，悬浮物对周边红树林的影响总体来说是比较大的。施工完成后，工程建设产生的悬浮物对红树林的影响将逐渐减弱，工程区附近海域的悬浮物浓度可恢复到原来的状态，对红树林的影响会随着施工结束逐渐消失。

（4）冲淤变化对红树林的影响

平陆运河位于内湾，外海波浪影响有限，其地形地貌和冲淤环境主要受潮汐影响，且河流水沙对其影响很小（大洪水期除外）。在正常气象条件下，底沙运动较弱，海水中悬沙含量较低，自然因素造成的淤积状况也不显著。本项目实施改变了局部水流条件，从而亦会引起海床变化。根据窦国仁的潮汐水流悬沙运动微分方程计算航道疏浚后工程附近的首年冲淤趋势的变化，模拟结果显示，项目实施后冲淤变化主要集中于航道开挖区域及其两侧，由于航道需要开挖的水深不同，其沿程冲淤环境变化有明显差异，总体上航道开挖区主要以淤积为主，局部挖深较大的区域，淤积厚度在 0.5m/a 左右，其他区域基本在 0.1～0.30m/a，平均淤积强度为 0.18m/a 左右；而航道两侧区域海域则有冲有淤，整体以冲刷为主，最大冲刷强度 0.10m/a，平均冲刷强度为 0.04m/a。根据以上结果，航道两侧的红树林受泥沙冲淤持续的影响，总体上存在较大的影响。

6.5.1.4 对生态系统完整性的影响

平陆运河将导致沙井至犁头咀一带十余公顷红树林被清除，最终引起了生态系统结构与功能的改变。运河将对生态系统造成切割，造成生境破碎化，并进一步压缩红树林生境，使植物散布受到阻隔，难以通过花粉流进行基因交流，对植物的繁殖及红树植物幼苗的更新以及传播造成一定影响。

平陆运河建设将改变该区域的地貌和沉积相分布特征，将改变区域的潮流运动特性，引起泥沙冲淤和污染物迁移规律的变化，生境的改变将直接对红树林生态系统产生影响，增加敏感生境面积，从而间接地影响生物栖息地的质量，使生境间接受损。潮位的改变还会造成潮间带面积和位置的变化，影响岩岸、沙滩、

盐沼泥滩和红树林的暴露程度和暴露时间，进而影响潮间带动植物群落的分布，导致原有生物群落结构的破坏和物种的减少，根据模拟验证结果可知，该工程的建设不会导致潮位发生变化，因此该方面的影响不明显。在施工过程中，直接影响浮游植物和高等植物的光合作用，对喜光物种的生长、繁殖产生较大的直接影响，也对食物链上的其他物种产生负面的影响，从而影响红树林生态系统结构的完整性。

6.5.1.5 对群落演替的影响

项目将导致 13.8698hm^2 的红树林地损毁，在运营期，由于船舶引起的波浪有着很高的波能且频繁的侵蚀着外围滩涂，将限制红树林生境向外围自然演化的可能。船舶形成的波浪使得红树林淹水频率增大，导致胎生胚轴容易被水流带走，难以插入土中生长，且新生的幼苗在快艇带来的浑浊水流下对光的利用减弱，导致幼苗的成活率降低，进而影响红树林自然更新，造成群落退化甚至逆向演替。

桐花树群落是重点调查区内最主要的群落，该群落结构单一，抗干扰能力差。目前在沙井钦江大桥往上游的群落已经被适应低盐能力更强的外来物种无瓣海桑入侵，项目实施后，盐度的变化也将导致无瓣海桑的扩散，导致以桐花树为绝对优势的群落演替成为以无瓣海桑为优势的群落，盐度的变化还可能导致桐花树演替为芦苇和短叶茳芏等盐沼群落。

总体而言，平陆运河极可能导致桐花树群落演替为以外来植物无瓣海桑为主的群落，导致本土红树林群落退化和难以自然更新，项目对红树林群落演替将造成一定的影响。

6.5.1.6 评价小结

平陆运河属国家重大项目，对红树林的占用符合《中华人民共和国湿地保护法》《广西壮族自治区红树林资源保护条例》规定，符合《广西壮族自治区“三线一单”环境管控单元及生态环境准入清单（试行）》，应当依法行环境影响评价，依照有关法律规定办理相关手续，并做好保护和修复工作。对于项目建设占用的红树林，按占用面积的 3 倍实行异地恢复，实施 5 年管护，确保广西红树林保有量不因项目建设而降低。

6.5.2 对广西钦州茅尾海国家级海洋公园及牡蛎的影响

6.5.2.1 保护区概况

广西钦州茅尾海国家级海洋公园位于广西钦州湾茅尾海海域内，总面积为3482.7 公顷，边界长 25.0 千米。广西钦州茅尾海国家级海洋公园划分为重点保护区，生态与资源恢复区，适度利用区等三个功能分区。其中重点保护区 578.7 公顷，严格保护红树林、盐沼生态系统及其海洋环境，控制陆源污染和人为干扰，维持典型海洋生态系统的生物多样性、保护典型海洋生态系统的生命过程与生态功能，为典型海洋生态系统的恢复与修复提供自然模式与种源；生态与资源修复区 721.0 公顷，为典型海域生态系统的自然扩展和人工恢复与修复提供适合的生境空间，修复和恢复物种多样性与天然景观，保护近江牡蛎天然母贝生境；适度利用区 2183.0 公顷，在不破坏或较少影响海洋生态环境的前提下，开展海上观光旅游、休闲渔业、海上运动和渔业资源养殖增殖等，无公害、环境友好地利用和管理海洋资源与环境，促进生态环境与经济的和谐发展。

图 6.5.2-1　项目与茅尾海国家海洋公园位置关系示意图

6.5.2.2 茅尾海牡蛎种质资源现状调查

1、潮间带牡蛎资源调

（1）调查样方

通过无人机和遥感卫星影像地图，结合现场踏查和走访了解，根据潮间带牡蛎在茅尾海沿岸滩涂礁石带和岛屿礁石两种类型地形地貌的分布特点，在茅尾海沿岸设立了 13 个站位点，每个站位取 2-4 个样方，样方面积为 25cm×25cm (生物稀少时) 或 10cm×10cm (牡蛎附着密度大时)，调查牡蛎品种、数量和生物量。

图 6.5.2-2 茅尾海潮间带牡蛎分布调查站位图

（2）密度和生物量

广西沿海牡蛎物种丰富，见诸报道的已至少有 7 种牡蛎分布于潮间带，包

括香港牡蛎(*Crassostrea hongkongensis*)、近江牡蛎(*C.ariakensis*)、熊本牡蛎(*C. sikamea*)、福建牡蛎(*C.gigas angulata*)、多刺牡蛎(*Saccostrea echinata*) 、猫爪牡蛎(*Talonostrea talonata*) 、齿缘牡蛎(*Dendostea crenulifera*)。本次调查 13 个站位共采集 37 个样方，检出牡蛎 6 种，分别是香港牡蛎、近江牡蛎、熊本牡蛎、福建牡蛎、多刺牡蛎和团聚牡蛎。

茅尾海潮间带牡蛎分布站位可分为岸基型站位和岛礁型站位，岸基型站位牡蛎分布总面积为总长 20831m 分布带，平均垂直分布带约 5.6m 宽。合计全茅尾海岸基分布总面积 116653m^2。岛礁型站位牡蛎分布总面积为总长 25258m，宽 6.5m，合计 164178 m^2，岸基样方牡蛎平均个数和重量分别为 298 个/ m^2 和 1361.8 克/ m^2；岛礁样方牡蛎平均个数和重量分别为 580 个/ m^2 和 2929 克/ m^2。由此可推算，茅尾海潮间带野生牡蛎静态资源量（重量）为 639735 千克，其中岸带牡蛎静态资源量（重量）约为 158858 千克，岛礁牡蛎静态资源量（重量）约为 480877 千克。

表 6.5.2-1 各调查站位牡蛎密度和生物量表

编号	站位名称	经度	纬度	数量（个/m^2）	生物量（kg/m^2）
1	大沟村	E108°34′59.092″	N21°49′16.537″	205.71	0.76
2	沙坡坳村	E108°33′46.147″	N21°47′57.537″	35.90	1.37
3	蚌壳坪岛	E 108°33′22.380	N 21°46′58.730	146.55	0.52
4	大胖山	E 108°33′59.395	N 21°45′20.788	648.00	3.24
5	长榄墩	E 108°29′05.395	N 21°46′12.788	334.00	1.51
6	槟榔墩	E 108°35′34.305	N 21°43′07.128	141.22	0.63
7	亚公山	E 108°33′05.365	N 21°45′25.028	277.78	1.24
8	小亚公山	E 108°32′57.405	N 21°45′12.068	208.00	0.86
9	龙贡江口	E	N	109.09	2.20

		108°33′04.584	21°52′18.107		
10	钦州港铁路桥底下	E 108°35′48.584	N 21°44′11.107	744.44	1.64
11	果子山墩	E 108°35′31.484	N 21°43′09.537	1422.22	3.06
12	青菜头	E 108°35′22.484	N 21°43′22.537	1000.00	2.25

（3）生物多样性

项目调查到的 6 种牡蛎中，香港牡蛎分布范围最广，在 13 个调查站位均有分布，其次为团聚牡蛎，在 10 个站位有所分布，沙井大桥底滩涂、钦州港铁路桥底下和果子山墩 3 个站位未采集到团聚牡蛎。多刺牡蛎仅在沙坡坳村和钦州港铁路桥底下 2 个站位有分布。熊本牡蛎在 4 个站位有分布，分别为蚌壳坪岛、钦州港铁路桥底下、果子山墩和青菜头站位。近江牡蛎仅在大胖山站位有分布。福建牡蛎仅在钦州港铁路桥底下、果子山墩、青菜头 3 个站位有分布。南部站位牡蛎物种数多于北部站位。

分别计算各站位和茅尾海潮间带整体的 Simpson 指数、Shannon-wiener 指数和 Pielou 均匀度指数。沙井大桥底滩涂全部为香港牡蛎，多样性指数为 0，钦州港铁路桥底下、果子山墩、青菜头几处的多样性指数较高，其次为沙坡坳村和大沟村，其他站位多样性指数较低。茅尾海潮间带整体的 Simpson 指数为 0.650，Shannon-wiener 指数为 1.211，Pielou 均匀度指数为 0.676。

表 6.5.2-2 各调查站位及茅尾海整体牡蛎生物多样性指数

站位	牡蛎种类数	Simpson 指数	Shannon-wiener 指数	Pielou 指数
沙井大桥底滩涂	1	0.000	0.000	0.000
大沟村	2	0.494	0.687	0.991
沙坡坳村	3	0.528	0.817	0.743
蚌壳坪岛	3	0.243	0.468	0.426
大胖山	3	0.024	0.075	0.068
长榄墩	2	0.097	0.201	0.290
槟榔墩	2	0.145	0.276	0.397
亚公山	2	0.147	0.279	0.402
小亚公山	2	0.204	0.358	0.516
龙贡江口（插桩蚝田）	2	0.153	0.287	0.414
钦州港铁路桥底下	4	0.671	1.152	0.831
果子山墩	3	0.631	1.039	0.946

青菜头	3	0.665	1.134	1.032
茅尾海潮间带整体	6	0.650	1.211	0.676

2、潮下带牡蛎资源分布调查

（1）调查样方

通过前期走访了解，结合遥感影像分析，设立了 19 个站位点开展采样和普查。从茅尾海 1 号航标灯站位附近开始，沿着茅尾海的东、西两条航道的航标灯，把海底采集测量海区分成 11 个断面（东侧 5 个，西侧 6 个），每两个断面之间都做 GPS 定位记录，根据潜水员的观察结果做横向距离的定位记录，形成从下游向上游逐步推进的条块状摸索观测，潜水员在断面上按 0.5m×0.5m 样方框架（分为 4 个 0.25m×0.25m）进行随机取样，取样方法为水下摄影结合标本采集。

图 6.5.2-2 茅尾海牡蛎潮下带调查站位图

（2）调查结果

经统计，此次调查共完成茅尾海 19 个站位，其中茅尾海东侧 12 个站位，西侧 7 个站位，获得东侧 57 个样方、西侧 38 个样方，合计采集 95 个样方。鉴定结果牡蛎种类有 2 种，即香港牡蛎和近江牡蛎，占比分别为 84.3%和 15.7%。

图 6.5.2-3 野生牡蛎样品

（3）调查结果

潮下带共调查茅尾海东侧 11800m、西侧 10430m，合计 22230m 样带，监测表明，样带东侧牡蛎分布密度为平均 3 个/m^2，西侧牡蛎分布密度为平均 3.5 个/m^2，合计牡蛎平均分布密度为 3.25 个/m^2。牡蛎均重为 133.6 克，则东航道牡蛎平均

生物量为 0.401kg/m^2，西航道 0.468kg/m^2，平均为 0.434kg/m^2。估算可得：东侧牡蛎资源量 404.855 吨、西侧牡蛎资源量 140.414 吨，合计 545.269 吨。经调查，茅尾海潮下带牡蛎种群结构单一，个体大小和重量基本上在一个年龄级，缺少大龄和幼龄牡蛎。

3、牡蛎幼苗情况调查

项目组每年 4-7 月期间分别从茅尾海上游、中游、下游及大风江口 4 个采样点，每隔 15~30 天各随机采集个体 2~3 龄亲贝 30 只，检查并记录其性别、肥满度和精卵排放情况。每年的 5-7 月，在采苗区内用 300 目的中型浮游生物网进行采集。镜检并记录壳顶前期、壳顶中期、壳顶后期、眼点幼虫数量。幼体数量高峰出现的时间为 6 月中旬到 8 月初低潮期 0.5m 水层，壳前期幼虫高峰期数量为 10348-36942 个/m^3。

据钦州茅尾海牡蛎幼虫数量的监测结果显示，牡蛎繁殖期苗种幼体数量从 2011 年的 14×10^4 粒/m^3 下降至 2018 年的 6×10^4 粒/m^3，2019 年回升至 8×10^4 粒/m^3，但接着又有所下降，到 2021 年下降至 5×10^4 粒/m^3，直接造成近年来的采苗率显著下降。茅尾海牡蛎采苗率最高曾达到 90%以上，近两年不足 40%。

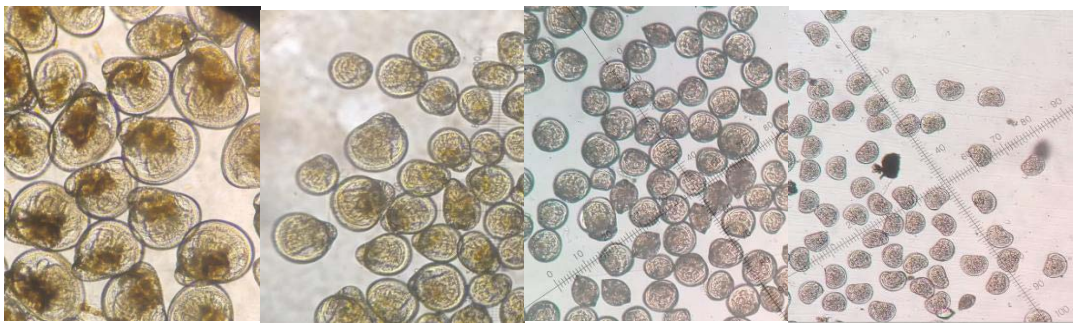


图 6.5.2-4 不同发育时期牡蛎幼体

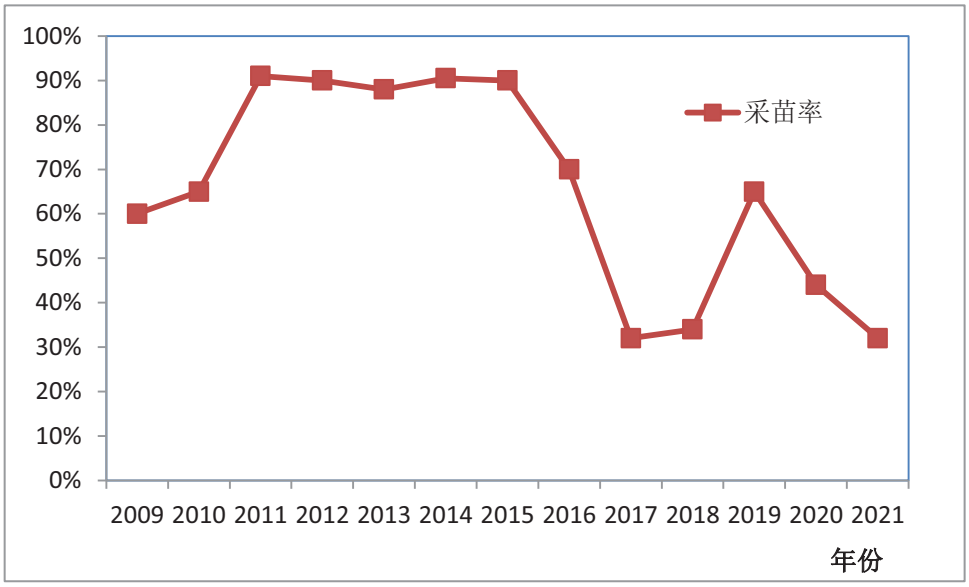


图 6.5.2-5 茅尾海牡蛎采苗率年度变化情况

6.5.2.3 各种养殖模式用海面积

2020 年《钦州市养殖用海调查技术报告》利用航空摄影测量、高分辨率卫星遥感和连续运行卫星定位综合服务系统(CORS)等地理空间信息技术，结合现行法定岸线、2019 年修测海岸线、海洋功能区划等现有成果，依据《全国养殖用海调查技术规程》《全国养殖用海调查方案》等相关技术要求，对围海养殖、开放式养殖用海和其他养殖用海开展了调查核实工作。根据该报告调查结果，茅尾海海域（沙井至龙门群岛范围内）共有开放式养殖用海 37090 亩，其中筏式（浮漂、吊笼）养殖用海 34002 亩。

通过现场清点、无人飞机航拍、google 地图影像等手段，对茅尾海现有养殖设施，包括浮排、沉排、插桩（柱），投苗比例、沉排成苗率进行清点计数统计，获得了以亚公山以北为界的茅尾海湾内采苗场沉排数量及保苗浮排数量、茅尾海湾外养成及育肥浮排数量，茅尾海现有浮筏数量 2221 张，沉排数量 2198 张，浮筏和沉排总面积 35352 亩。

图 6.5.2-6 茅尾海牡蛎养殖浮排分布示意图

图 6.5.2-7 无人机航拍及照片

6.5.2.4 施工期影响分析

（1）疏浚影响

疏浚过程中疏浚物质的挖掘、运移以及处置，会引起水体内部的扰动和环境的变化。由此带来的扰动，浑浊，底泥的溶解，再悬浮将导致茅尾海水体在施工过程中理化性质的改变，加上底质变化，将会使茅尾海生态条件和环境因子产生变化，参照行标《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），按监测潮下带东航道区域牡蛎密度 0.401kg/m^2 估算，造成牡蛎资源 361.55 吨的损失。牡蛎损失按 3 年补偿、野生牡蛎价格 4 万元/吨计算，损失牡蛎价值为 4338.5 万元。

（2）再悬浮物对牡蛎影响

依据《钦州市养殖规划》，钦江口悬浮泥沙浓度超过 50mg/L 区域为茅尾海东岸工业与城镇用海禁养区和滨海旅游禁养区。根据牡蛎种质资源调查，K123 以北航道区域潮下带生境为淤泥质，基本没有野生牡蛎分布，只有潮间带硬底质的桥墩附着少量牡蛎，其他区域悬浮物符合相应水质标准。因此，悬浮泥沙影响只考虑牡蛎天然幼虫补偿。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），采用 2021 年调查的牡蛎天然幼虫数量值作为本底，为 5×10^4 粒/m^3，按牡蛎幼虫主要分布在表层 0.5m，折算密度为 2.5×10^4 粒/m^2。可计算得牡蛎浮游幼虫损失量为 431.4 亿粒，占茅尾海 2021 年牡蛎浮游幼虫总量的 1.28%，按近五年苗种平均产量 3540 万串计算，折合损失苗种 45.3 万串，按 6 元/串计算，损失价值 121.2 万元。生态损失按 3 年补偿，则航道疏浚造成的海洋生物资源损害价值约 815.62

万元。

（3）周边生态环境变化对牡蛎的影响

疏浚引起水体悬浮颗粒物浓度升高，导致光的透过性降低，降低海水的透明度，改变水下光照条件；影响植物光合作用，严重减少海水初级生产量；从而短期内影响牡蛎生长。疏浚掀起的小颗粒轻物质悬浮于水中，将使海水浑浊度增加，透明度降低，致使光合作用降低，从而影响浮游植物的繁殖生长，基础生产力将受到影响。但由于茅尾海底质多以粉砂和砂质粉砂为主，沉积物粒径较粗，水中悬浮物沉降速度快，运移规模也小，沉积物悬浮时间较短，因此引起的海水透明度会很快得到恢复。

疏浚影响贝类及其浮游幼虫的呼吸。海水中总悬浮固体浓度在 1.8～9.6mg/L 时，香港牡蛎生活正常，香港牡蛎有较高的生物滤除潜力，是贻贝的 5.7 倍。在 40～65mg/L 的再悬浮物中，香港牡蛎生活受到影响，但是在数十小时后能够迅速恢复摄食。香港牡蛎短期耐受 100mg/L 再悬浮物，长期在 100mg/L 再悬浮物中，其正常栖息很难恢复。Cruz-Rodriguez LA（2002）证实近江牡蛎（*Crassostrea virginica*）在超过 1g/L 淤泥（1g/L 沉积物产生再悬浮物浓度为 94mg/L），直到 2g/L 淤泥的再悬浮物中生活 40 天，体现应激反应的 HSP 蛋白变化显著。在 1g/L 淤泥的再悬浮物中生活 40 天，其 HSP 蛋白变化不显著。

再悬浮物导致养殖海水昼夜间氧盈和氧债严重不平衡，降低溶解氧以至于养殖区发生缺氧现象。低氧的出现导致香港牡蛎大量死亡，如 2015 年 7-8 月，根据李琼珍等人调查钦州茅尾海牡蛎养殖区（主养香港牡蛎）情况，发现高温大雾天气引起海水溶解氧降低至 1.94mg/L，1 龄牡蛎死亡率高达 60%。在施工过程中，应当严密监测海区溶氧变化，尽量避免遭受突发低氧胁迫。项目组试验结果表明，3 mg/L、2 mg/L、1 mg/L、0.5 mg/L 低氧胁迫处理对香港牡蛎存活率有极显著影响（$P<0.01$）。

6.5.2.5 运行期影响分析

（1）水位变化影响分析

水深变化是确定生物分布和类群的重要因素。茅尾海面积 135km^2，为袋状

内湾，为钦江—茅岭江复合三角洲(潮控河口三角洲)地貌，水深较浅，滩涂约占海湾总面积的 80%，0m 等深线以上面积约 80km^2（清淤工程后为-2.5m，退潮时平均约 0.1m）。平陆运河水文模拟和观察数据表明，青年枢纽段至瓦泾江分流口工程后水位大幅下降，瓦泾江分流口至入海口工程前后水位基本不变。养殖区和牡蛎种质资源基本分布于瓦泾江分流口以下，因此工程后水位变化对牡蛎种质资源和养殖牡蛎影响很小。

（2）盐度变化影响分析

茅尾海盐度不均匀分布，梯度变化明显，区域性很强，淡水影响极大，季节变化明显，从而使茅尾海有丰富的生物多样性和较大的生物丰度。平陆运河工程完成后，茅尾海盐度有一定幅度变化，但是这种变化不足以引起底栖和多数游泳生物多样性和分布区域以及丰度的显著变化。从盐度下降模型预测，在平陆运河运行后，茅尾海内湾盐度平均下降 1-2psu（海洋一所分析结果），主要在钦江河口区域，这些区域海底不是天然牡蛎分布中心，但河口区是春繁牡蛎筏的临时避高盐区，盐度下降对牡蛎春繁生产影响较少。茅尾海外湾盐度平均下降 0-0.5psu，冬季和春季茅尾海外湾超过 30‰高盐度胁迫是育成牡蛎死亡的主要因素，因此茅尾海淡水近期输入量增加不会对牡蛎造成较大影响。

但是，茅尾海河口在丰水期雨季、洪水，盐度下降过大不利于茅尾海牡蛎的发育，会对近河口和茅尾海河口牡蛎带来低盐胁迫。有研究表明，香港牡蛎在盐度 0.5‰～1‰水中可存活 7 天左右，香港牡蛎在盐度低于 5‰时基本不开口滤食，在近河口和茅尾海北部养殖牡蛎应注意 0～0.5‰的低盐度带来的不良影响，需进行监测，及时转移浮筏到适合盐度海区。

不同发育时期的贝类的适宜海水盐度也有不同。一般而言，浮游幼虫的盐度适应范围窄于稚贝和成贝。香港牡蛎属广盐性种类，但其对低盐度有较强的抗性，通常栖息在河口盐度较小的环境。当出现高盐度等极端环境时，香港牡蛎的免疫力会迅速下降，造成大规模死亡。薛凌展等通过室内盐度实验发现盐度的升高对香港牡蛎幼虫的生长和存活有着负面的影响。钟方杰则通过养殖海区牡蛎幼虫数量与海区盐度的相关性分析发现牡蛎幼虫数量与海区平均盐度呈显著的负相关关系。在牡蛎主要养殖区，季节性降水稀少导致的河流径流的下降，使香港牡蛎

大规模死亡，给沿海渔民带来了严重的经济损失。一般的死亡现象呈现离河口越远，死亡率越高的规律，其原因可能与养殖海区的海水盐度升高有关。由此可见，茅尾海盐度的下降，可能对牡蛎生产具有有利影响。

6.5.2.6 对牡蛎养殖业的影响

（1）对饵料生物和初级生产力的影响

茅尾海叶绿素 a 含量显示出秋季（0.56g/L）高于春季(0.54g/L）特征，但差值只有 0.02mg/m^3，几乎呈平衡状态。冬季，叶绿素 a 与 N、Si 明显负相关；夏季，与 P、Si 呈现出良好负相关。显然，茅尾海夏季浮游植物丰富，对 P、Si 的消耗速率大。2008 年的调查表明茅尾海 3 月 Chl2a 为 2.83g/L～41.7g/L，6 月 Chl2a 为 1.44g/L～6.99g/L，以中肋骨条藻（59.9%）、丹麦细柱藻（19.5%）为优势种。浮游动物主要为广温广盐种类。从历史数据可以看出茅尾海浮游植物丰度增加幅度大，而多样性减低。营养型逐步向富营养化转换。2021 年 3 月至 2021 年 4 月对茅尾海 20 个站位的调查结果，茅尾海叶绿素 a 含量在 0.92 mg/m^3~3.83 mg/m^3 之间，叶绿素 a 平均值为 1.91 mg/m^3，监测海域内叶绿素含量不高。浮游植物数量变动于(0.70-26.06) ×10^4 个/m^3，最高值为平均为 10.17×10^4 个/m^3。浮游植物的香农-威纳(Shannon)生物多样性指数的变化范围为 1.16~3.65，平均 2.48；丰度指数为 0.41~1.79，平均为 0.97；均匀度为 0.37~0.84，平均为 0.63；优势度为 0.37~0.84，平均为 0.65。茅尾海位于茅岭江和钦江的河口，受高能量波浪、强潮流以及河流的影响，复杂的环境为浮游植物提供较高的空间异质性。这种空间异质性虽然为浮游植物多样性提供了边缘效应的条件，但对生物多样性也有正负两方面的影响。在这种高干扰的条件下，浮游植物不容易形成绝对优势的种类，这可能导致浮游植物生物量也不容易达到很高的水平，也一定程度上促使了近 10 年浮游植物生物量没有随着营养盐和富营养化程度的增加而明显增加。

研究表明陆源输送只对无机氮具有重大影响作用，而对钦州湾的磷酸盐的影响不大。浮游植物的消耗是磷酸盐变化的主要因素。夏季浮游植物生长盛期，消耗了磷酸盐。而冬季浮游植物减少，导致对磷酸盐的消耗也少，而丰水期径流输入的补充不足以抵消浮游植物的消耗，从而造成了磷酸盐在丰水期低于枯水期。由于项目实施后平陆运河下泄流量增加，茅尾海纳潮量增加，接纳外部海水能力

增大，提高了水体交换能力，有利于茅尾海水域提高自净能力，提高了水域的环境容量。水质模拟结果也表明，项目实施后，在外源污染保持不变的条件下，茅尾海内无机氮和活性磷酸盐平均浓度有降低的趋势。但工程建设后的潮流冲刷和定期维护疏浚，会造成底部有机污染物的分解，给予磷酸盐一定的补充和一定程度的缓解，使浮游植物更有效的吸收营养盐。在这种前提下，营养盐浓度增加和富营养的加重，在环境适宜的条件下，将会使得浮游植物爆发式的繁殖和生长，加上疏浚后生态系统相对单一，脆弱不稳定，容易发生个别有害藻类过度繁殖的现象。

（2）对牡蛎采苗场的影响

牡蛎的生态习性为营固着性生活。每年的 5～6 月为产卵期，产卵后受精卵发育为面盘幼虫营浮游生活并随海流飘动，发育至后期幼虫，遇固着性硬物后，营固着生活，依靠海潮的涨落带来的食物营生，因此，只能依赖自身适应环境的变化。近年来，由于茅尾海海底游泥堆积严重及入海河流上游用水量增大，流入茅尾海采苗场的淡水量大幅减少，采苗场冬季盐度偏高，致使近十年来牡蛎幼苗死亡严重，茅尾海天然采苗量不稳定，年度变化较大。从这一角度来看，平陆运河的运行可增加冬季流入采苗场的淡水量，对牡蛎幼虫发育有利。

在对沙井牡蛎天然采苗区牡蛎幼虫监测中，根据各繁殖期牡蛎幼虫各阶段发育数量变化规律发现，6 月初至 7 月中旬共出现 3 次繁殖盛期，每次繁殖盛期平均水温分别为 28.5℃、29.6 ℃、31.3 ℃，平均盐度分别为 15.7‰、8.8‰、13.5‰，繁殖盛期的时间周期分别为 17 天、15 天、15 天。由于自然海区环境因子的变化，对幼虫发生周期存在一定的影响，香港牡蛎在广西茅尾海牡蛎采苗海区中，温度为 28.5℃~31.3℃，盐度为 8.8‰~15.7‰的自然条件下，繁殖盛期周期约为 15~ 17 天。分析钦江入海口径流量数据，多年平均径流量为 52.56m^3/s，丰水期平均径流量为 87.41m^3/s，枯水期平均径流量 20.43m^3/s，多年平均最大径流量为 1646.04m^3/s。平陆运河运行后，下泄流量对丰水期影响不大，但可有效提升枯水期入海淡水量。根据国家贝类产业体系历年来在茅尾海开展的采苗预报工作，丰水期采苗率最高的底区在中部海域，枯水期沙井附近采苗率最高，由此推断，随着平陆运河的运行，茅尾海盐度有所下降，一方面可能造成苗种场位置向南偏移，另一方面可能导致部分采苗场丧失采苗功能。

（3）对养殖产业的影响评估

根据疏浚开挖区的悬浮物影像图，比对高清遥感卫星的养蚝设施影像图统计，对沙井大桥以下的红色区域（悬浮物浓度 100-150mg/L）、黄色区域（50-100 mg/L）、绿色区域（10-50 mg/L）做了分析，因蓝色区域内产生的悬浮物浓度小于 10，对牡蛎幼体附着和附着器几乎无影响（类似叶绿素测定悬浮物藻类的正常浓度），故不列入影响区域内的统计范围，同时据此对开挖河道两侧的控制范围内养殖设施做了初步统计，统计如下：

悬浮物浓度位于 10-150mg/L 红黄色的区域内，根据钦州市养殖用海规划，该区域属于茅尾海东岸工业与城镇用海禁区，根据遥感卫星图像和现场调研观测，从最高浓度的河道上游到较高浓度的海滨浴场前海区内，合计 5329 亩面积内，涉及有 216 张保苗浮排和极少量堆桩采苗区，基本无沉排，属于可以无损移动的设施，可以通过迁移避免施工期间的影响；

在较低浓度的绿色区域内，该区域与茅尾海中部滨海旅游区限养区重叠，该区域支持近江牡蛎牡蛎苗种生产，适度开展贝类浮筏养殖，该海域统计合计 3756 亩水面涉及到的采苗沉排约 158 张，保苗浮排合计约 320 张。

以此处起至下游河道两边区域养成浮排约 177 张，均处于受疏浚工程及后续海水悬浮物增长的区域范围，其余区域的养殖设施均处于低安全悬浮物浓度的蓝色区域或基本无新增悬浮物的海区。

根据测算，在疏浚直接影响范围内每张沉排的每年采苗效益以 2016-2020 年期间采苗平均成功率 36.5%和市场单价 6 元为计算依据，158 张沉排的平均每年直接经济效益：158 排×12 万条/排×36.5%×6 元/条=4152.2 万元。工程影响区浮筏转移 416 张，每张 1 万，费用为 416 万元。因此迁移赔偿总费用为 4568.2 万。

牡蛎天然种质资源保护需要投资 6300 万元（其中迁移天然牡蛎和养殖牡蛎亲本预计 2000 万元；亲本吊养所需新型蚝排及配套管理需 1000 万元；亲本管理人工费用 300 万元；鱼礁制作和投放费、监测及管理费共计 3000 万元）。

图 6.5.2-8 无人机航拍及照片

图 6.5.2-9 工程建设后牡蛎产业实际分布图

6.5.2.7 评价小结

工程期疏浚对牡蛎种质资源和产业带来不可避免的损失。综上计算依据，平陆运河工程建设对茅尾海牡蛎种质资源及产业造成的损失及生态补充估值约为16000 万元。在冬季枯水期平陆运河近期下泄量增加对牡蛎养殖存在有利因素。运行期近期下泄量增加对茅尾海种质资源分布区和养殖区盐度影响有限，由此带来的盐度变化对牡蛎影响较小。运行期近期下泄量增加对于茅尾海种质资源分布区和养殖区的水位影响有限，由此带来的海平面变化对牡蛎影响较小。平陆运河对牡蛎影响总体是可控的。

6.6 污水影响分析

本工程运行期间所产生的污水主要为船舶生活污水及机舱油污水。

（1）船舶油污水

平陆运河工程货运量预测 2035 年为 1.08 亿吨，2050 年为 1.8 亿吨。根据工程建设标准，平陆运河通航 3000 吨级船舶，2035 年和 2050 年船舶流量约为 36000 艘次和 60000 艘次。根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS 149-2018），3000 吨级船舶舱底油污水产生量为 0.81 t/（d·艘），平均含油浓度为 5000 mg/L。

根据运河工程可行性研究报告，散货船、集装箱将成为平陆运河的主力输型，平陆运河通航船型为 1000 吨级~5000 吨级。结合船舶数量和每艘船舶的滞留时间，2035 年、2050 年平陆运河工程海洋段船舶油污水产生量分别为 0.24 万 t/a、0.41 万 t/a；石油类产生量分别为 12.0 t/a、20.1 t/a。

（2）船舶生活污水

根据《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》，3000t 级船上定员约 5~7 人，按每人每天用水 150L，船舶生活污水产生量为用水量的 80%，化学需氧量、生化需氧量和氨氮浓度分别为 300mg/L、200mg/L 和 30mg/L 测算。

预测 2035 年、2050 年平陆运河工程海洋段船舶生活污水产生量分别为 0.20 万 t/a、0.34 万 t/a；化学需氧量产生量分别为 0.61 t/a、1.01 t/a；生化需氧量分别为 0.41 t/a、0.67 t/a；氨氮产生量分别为 0.06 t/a、0.11 t/a。

本工程禁止船舶向平陆运河航道内排放污水，确保航道水域的环境不被污染。

船舶生活污水和含油污水应由有资质单位进行接收、转运及处置。

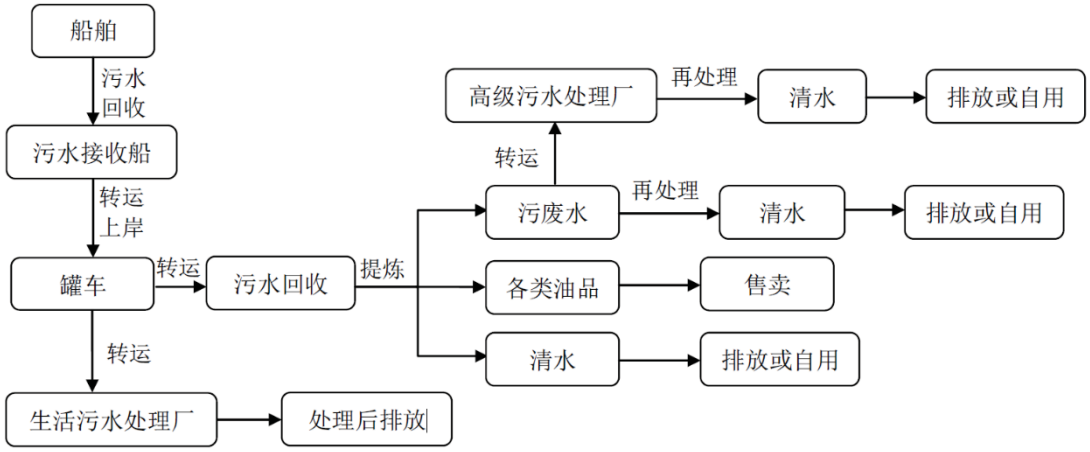


图 6.6-1 污水回收流程示意图

6.7 对大气、噪声、固废环境的影响

6.7.1 对大气环境影响

6.7.1.1 施工期大气环境影响

本项目施工期的大气污染主要来自于两个方面：一是工程建设过程中的施工作业和道路交通排放的扬尘；二是施工机械排放的少量燃油废气。施工期间造成的大气环境污染仅是短暂的、局部的，施工结束将会消失。

（1）施工作业扬尘影响预测

施工作业扬尘的主要污染因子是总悬浮颗粒物（TSP），主要污染环节是：①航道施工工程；②堆料场水泥、粉煤灰、钢筋钢材、木材等建筑材料的装卸、拆包、堆存过程。

① 起尘条件分析

影响施工扬尘排放的主要因素包括风速、起尘材料含水率、机尘负荷和机动车活动等，其中表面积尘含水率和风速是影响扬尘排放的最重要因素，其影响程度远高于其他因素。

考虑到施工作业扬尘受区域风速、风向、湿度等气象条件影响，对平陆运河区域的气象条件进行分析。平陆运河区域平均风速最大的月份集中于 12 月和 4

月，数值在 2.2~2.4 米/秒之间；平均风速最小的月份集中于 8 月，数值在 1.7~1.9 米/秒之间，主导风向以 N、NNE 为主。钦州气象站 06 月平均相对湿度最大（84.2%），12 月平均相对湿度最小（68.4%）。

综上可知，平陆运河所处区域雨量较为充沛，且风速低、相对湿度较大。因此工程所在区域起尘条件较差，不易产生扬尘。

② 环境影响分析

根据相关研究对建筑施工场扬尘来源分析，水泥、粉煤灰、土壤是施工过程中较易于起尘的物质。土方施工是建筑工程施工中扬尘排放最为显著的阶段。目前运河工程施工期扬尘源强监测相关数据较少，采取工程类比和文献调研方式对施工期源强扬尘予以预测，其中工程类比主要参照《引江济淮工程环境影响报告书》，文献调研主要参考《建筑工地大气降尘与总悬浮颗粒物相关性研究》（田刚，2007）[1]《土方施工阶段扬尘扩散特征数值模拟》（赵平，2021）[2]和《施工扬尘的形成、扩散规律及控制研究》（谢卓霖，2018）[3]。

基于引江济淮工程和文献 1 的相关结果，施工土石料开采和运河开挖过程中场界 10m 范围内扬尘浓度不大于 938.67 μg/m^3，土石方和河道回填过程扬尘浓度不大于 611.89 μg/m^3，一般施工过程中场界最大扬尘浓度不大于 78.15 μg/m^3。施工降尘随距离衰减规律具体见下图，建筑施工场界外扬尘在距场界 15m 处开始迅速下降，在距离场界 100m 处，扬尘总量仅为场界处的 11%左右。

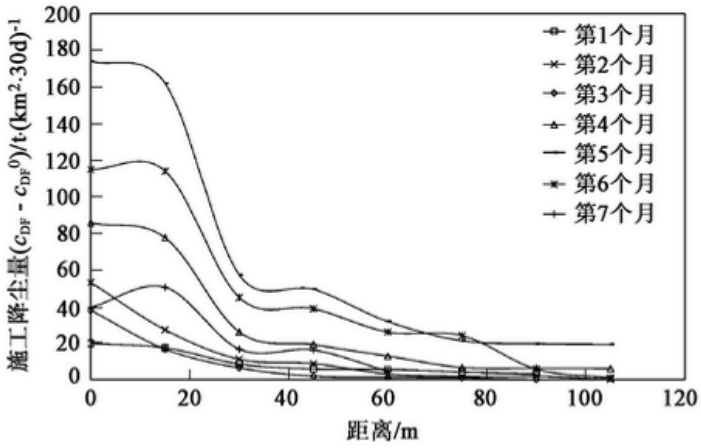


图 6.7.1-1 施工降尘随距离衰减规律（文献 1）

基于文献 2 的研究结果，不同工况下颗粒物质量浓度最大值情况见图 6.7.1-1，由图可知，风速越大，颗粒物最大质量浓度越高，而基坑越深，其质量浓度越低。

基坑深度 2m 呼吸带高度处的颗粒物质量浓度见图 6.7.1-2，风速越高，颗粒物质量浓度越大，越有利于扬尘以较高的质量浓度持续向外扩散。在风速为 12 m/s 时颗粒物最高质量浓度达到 607μg/m^3，比风速为 3 m/s 时颗粒物最高质量浓度高 17%。在围挡后方扬尘质量浓度显著降低，但受重力影响，之前因气流矢量方向发生改变而扬起的颗粒物逐渐下沉。基于文献 3 的研究结果，在 3 种基坑深度下，观测点的扬尘颗粒质量浓度均随着风速的增加而增加，但随着基坑深度的增加，风速对质量浓度的影响在逐渐减小。

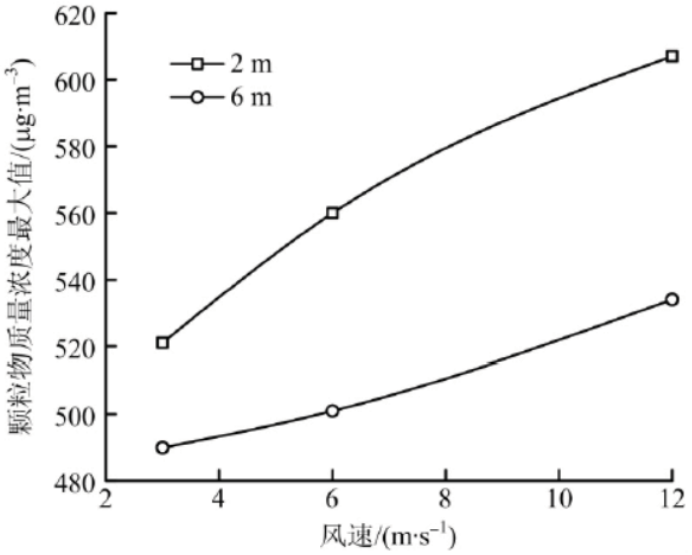


图 6.7.1-2 不同工况下颗粒物质量浓度最大值

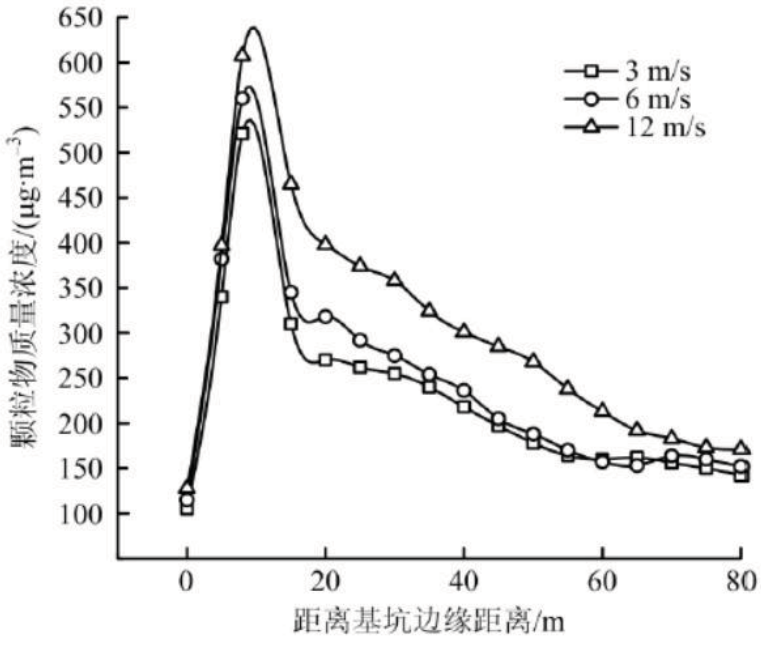


图 6.7.1-3 基坑深度 2m 呼吸带高度处的颗粒物质量浓度

基于以上工程类比及文献调研结果，本评价取各类结果源强最高值对施工期扬尘进行预测，具体见表 6.7.1-1。由表可知，施工土石料开采和运河开挖过程、一般施工场界 50 米处浓度分别为 208.59、17.37 μg/m^3；100 米处浓度分别为 103.25、8.60 μg/m^3，均达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）颗粒物无组织排放浓度限值 1 mg/m^3 的要求。基于上述经验类比，结合本工程所在钦州区域风速、降水量、空气湿度均不利于起尘的特点，预测各施工场场界 50m、100m 处 TSP 排放浓度低于预测值。

综上可知，施工扬尘浓度总体不高，考虑洒水抑尘措施后，工程在施工期间的扬尘影响可控制在 50m 范围内，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）颗粒物无组织排放浓度限值 1 mg/m^3 的要求。

表 6.7.1-1 平陆运河各施工场界 50m 及 100m 处扬尘源排放浓度

扬尘环节	扬尘源强浓度（μg/m^3）	50m 处浓度（μg/m^3）	100m 处浓度（μg/m^3）
土石料开采	938.67	208.59	103.25
开挖	938.67	208.59	103.25
施工区	78.15	17.37	8.60

（2）交通扬尘影响预测

本工程涉及工程施工期主要临时道路类型包括河道两侧运输道路、至堆料场运输道路、堆料场内部道路等。由于堆料场内部道路位于工程占地范围，范围内居民等在施工前均已迁出，因此工程施工期道路交通扬尘影响源主要是河道两侧运输道路、至堆料场运输道路。

参照引江济淮工程，通常建设项目施工过程中道路交通扬尘排放浓度约为 3.5mg/m^3，影响范围为道路两侧 5~10m。由于本项目气候湿润，起尘条件较差，在采用洒水降尘及覆盖等措施后，道路交通扬尘浓度可控制在 1 mg/m^3 以下。

综上可知，在采用洒水降尘及运输物料覆盖措施后，扬尘浓度较低，本项目涉及工程施工临时道路扬尘影响可控制在道路两侧 5~10m 范围内，因此对大气环境影响较小。

（3）施工机械废气影响预测

施工机械燃油废气主要包括施工车辆、船舶及其它施工机械运输过程中产生

的废气，其中车辆主要为自卸汽车、混凝土搅拌车等。车辆主要集中于施工道路沿线，其他机械主要布置于各施工场地。通常施工船舶、运输车辆及其它施工机械耗用 1 吨柴油将产生 80～90kg 燃油废气。

由于本次平陆运河总体呈线性，工区布置分散，施工作业具有流动性和间歇性的特点，因此各施工区由于施工车辆、船舶及其它施工机械造成的大气污染物排放强度十分有限。考虑工程所在沿线地形开阔、扩散条件好，因此施工机械废气排放对周围环境影响很小。为减小施工机械对环境的影响，需加强对施工机械的维修和保养，合理调度车辆的进出，避免车辆怠速行驶。

（4）敏感目标环境空气影响预测

平陆运河沿线占地涉及相关敏感目标均计划拆迁。施工区、堆料场周围敏感目标可能受运河工程施工影响较大，主要与敏感目标的位置和方向有关。本评价区域气象特征，工程施工地区域雨量较为充沛，相对湿度较大。

基于钦州近 20 年风玫瑰图，根据敏感目标和扬尘源强的相对位置进行区分，假设位于主导风向下风向敏感目标定义为“易受影响”、位于主导风向上风向为“不易受影响”、其他定义为“影响程度一般”。将敏感目标与扬尘排放源距离按上述章节中衰减规律，（0，30]、（30，60]、（60，100 以上]影响程度分别定义为“易受影响”、“影响程度一般”、“不易受影响”。根据上述原则，对于各敏感目标受综合影响的程度进行综合定性分析，判定逻辑为：易+不易=一般、一般+一般=一般、一般+不易=不易、不易+不易=不易、一般+易=易。

各敏感目标受影响判定结果如表 6.7.1-2~6.7.1-3 所示。主要施工区、疏浚工程两侧共计 11 个敏感目标中的 2 个敏感目标受影响程度为一般，9 个敏感目标不易受扬尘影响。2 个影响程度为一般的敏感目标分别为辣椒槌村、北村。总体而言，如果运河施工期采取适当的措施，对大气的环境影响不大。

表 6.7.1-2 平陆运河工程主要施工区周边大气环境敏感目标影响

航段	施工区域	敏感目标	相对方位	距离（m）	受风向影响	受距离影响	综合判定
近海段	150#堆料场	钦江农场	西北	136	一般	不易	不易
	151#堆料场	排榜村	西北	1062	一般	不易	不易
	151#堆料场	茅坡村	东南	1266	一般	不易	不易
	152#堆料场	茅坡村	东南	738	一般	不易	不易

	153#堆料场	茅坡村	东南	1545	一般	不易	不易
	154#堆料场	茅坡村	东	897	一般	不易	不易
	155#堆料场	辣椒槌村	南	535	易	不易	一般

表 6.7.1-3 平陆运河工程疏浚工程两侧大气环境敏感目标影响

航段	敏感目标	相对方位	距离（m）	受风向影响	受距离影响	综合判定
近海段	葵子村	东南	20-1366	一般	不易	不易
	排榜村	西北	20-2135	一般	不易	不易
	茅坡村	东南	20-2165	一般	不易	不易
	北村	西	20-100	一般	一般	一般

（5）小结

本项目施工期的大气污染主要来自于两个方面：一是工程建设过程中的施工作业和道路交通排放的扬尘；二是施工机械排放的少量燃油废气。施工期间造成的大气环境污染是短暂的、局部的，施工结束将会消失。施工土石料开采和运河开挖过程中场界 10m 范围内扬尘浓度不大于 938.67 μg/m^3，一般施工过程中场界最大扬尘浓度不大于 78.15 μg/m^3。施工过程中道路交通扬尘排放浓度约为 3.5 mg/m^3。施工船舶、运输车辆及其它施工机械耗用 1 吨柴油将产生 80～90kg 燃油废气。主要施工区、疏浚工程两侧共计 11 个敏感目标中的 2 个敏感目标受影响程度为一般，9 个敏感目标不易受扬尘影响。2 个影响程度为一般的敏感目标分别为辣椒槌村、北村。总体而言，如果运河施工期采取适当的措施，对大气的环境影响不大。

6.7.1.2 运行期大气环境影响

平陆运河工程运行期的大气污染源主要是航道内通航船舶燃料燃烧排放的废气，主要污染物包括 SO_2、NO_X、PM_{10}、$PM_{2.5}$、HC。目前船舶大气污染物排放量的估算方法主要有两种，一是基于船舶燃料消耗统计的“自上而下”计算法；二是基于船舶活动情况的“自下而上”计算法。前者较适用于大尺度和长时间范围的排放清单研究，而后者可得到时间空间分辨率较高的船舶排放清单。根据评价范围、区域特征和基础数据获取情况等特征，本次评价应用自下而上的动力法估算平陆运河工程海洋段运行期的船舶大气污染物排放数量。

（1）船舶排放量估算方法

① 单船排放量计算

$$E = W \times EF \times FCF \times CF \times 10^{-6}$$ 公式 1

式中，

E 为污染物排放量，吨/年；

W 为船舶发动机所做的功千瓦时，计算方法见公式 2；

EF 为排放因子，克/千瓦时，计算方法见公式 3；

FCF 为燃料修正因子，按照全国燃油质量调查结果取值；

CF——排放控制因子（使用减排措施后的变化）。

$$W = MCR \times LF \times Act$$ 公式 2

式中，

MCR 为发动机额定功率，千瓦；

LF 为负载因子；

Act 为工作时间，小时。

$$EF = EF_0 \times LLA$$ 公式 3

式中，

EF_0 为基础排放因子，克/千瓦时；

LLA 为低负载调整系数。

本研究根据其污染物排放特征，将船舶航行过程划分为航行、待闸、过闸三个过程，分别计算船舶大气污染物排放量。

② 排放总量计算

$$Ea = \sum_{j,k} （E \times n）$$ 公式 4

式中，Ea 为研究范围内船舶的污染物排放总量，吨/年；n 为研究范围内某船舶类型某吨级的船舶艘次，艘次；j 为船舶类型；k 为船舶总吨级别。

③ 关键计算参数

本次选取的内河航道货船大气污染物排放因子结合项目组研究成果及文献《内河航道船舶尾气快速排放清单研究—以长江江苏段为例》的研究成果，船舶主机低负载校正因子见表 6.7.1-5。

表 6.7.1-4 货船大气污染物排放因子（g/kwh）

船舶排放源	SO_2	NOx	PM_{10}	$PM_{2.5}$	HC
主机	0.14	13.20	0.17	0.15	0.53
辅机	0.14	13.90	0.16	0.15	0.42

表 6.7.1-5 船舶主机低负载校正因子

主机负载	SO2	NOx	PM10	PM2.5	HC
0.02	1.00	4.63	7.29	21.18	9.68
0.03	1.00	2.92	4.33	11.68	6.46
0.04	1.00	2.21	3.09	7.71	4.86
0.05	1.00	1.83	2.44	5.61	3.89
0.06	1.00	1.60	2.04	4.35	3.25
0.07	1.00	1.45	1.79	3.52	2.79
0.08	1.00	1.35	1.61	2.95	2.45
0.09	1.00	1.27	1.48	2.52	2.18
0.10	1.00	1.22	1.38	2.18	1.96
0.11	1.00	1.17	1.30	1.96	1.79
0.12	1.00	1.14	1.24	1.76	1.64
0.13	1.00	1.11	1.19	1.60	1.52
0.14	1.00	1.08	1.15	1.47	1.41
0.15	1.00	1.06	1.11	1.36	1.32
0.16	1.00	1.05	1.08	1.26	1.24
0.17	1.00	1.03	1.06	1.18	1.17
0.18	1.00	1.02	1.04	1.11	1.11
0.19	1.00	1.01	1.02	1.05	1.05
0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

（2）船舶排放量计算结果

平陆运河工程建成后，2035 年和 2050 年的货运量分别约 10800、18000 万吨，其中 2050 年运量为高方案需求，包括平陆运河建成后的诱增运量需求 5000 万吨。根据运河工程可行性研究报告，散货船、集装箱将成为平陆运河的主力输

型，平陆运河通航船型为 1000 吨级~5000 吨级。5000 吨级集装箱船速不低于 13km/h，3000 吨级航道尺度考虑满足西江航运干线 3000 吨级设计船型的船速不低于 12km/h。

本项目计算 2035 年和 2050 平陆运河近海段船舶大气排放结果如表 6.7.1-6 所示，由表可知平陆运河工程建成后，近海段船舶大气污染物排放量较多的是 NO_2，2035 年和 2050 年分别排放 19.89 和 33.14 吨。平陆运河运行船舶扩散范围主要集中于航道范围内，对运河两侧的环境空气保护目标产生的大气环境影响较小。

表 6.7.1-6　平陆运河近海段不同年份船舶大气排放结果（单位：吨/年）

年份	SO_2	NO_2	PM_{10}	$PM_{2.5}$	HC
2035	2.06	19.89	2.43	2.20	7.00
2050	3.43	33.14	4.04	3.67	11.67

6.7.2 对噪声环境的影响

6.7.2.1 噪声分析预测方法

施工期和运行期噪声预测模式介绍如下。

（1）点声源衰减模式

$$L_A（r）= L_A（r_0）-20\lg（r/ r_0）-\Delta L$$

式中：$L_A（r）$— 距声源 r 处的 A 声级，dB（A）；

$L_A（r_0）$— 参考位置 r_0 处的 A 声级，dB（A）；

r_0— 参考点到声源的距离；

r — 预测点到声源的距离，m；

ΔL — 其他因素衰减量[dB(A)]，根据实际运行情况确定。

（2）各声源在预测点产生的合成声级

$$L_{TP}=10\lg\left[\sum_{i=1}^{n}10^{0.1L_{pi}}\right]$$

式中：L_{TP}— 预测声级，dB（A）；

L_{pi}— 各叠加声级，dB（A）；

N — n 个声压级。

（3）交通噪声源

$$L_{eq}(h)_i=\left(\overline{L_{0E}}\right)_i+10\lg\frac{N_i}{V_iT}+10\lg\left(\frac{7.5}{r}\right)+10\lg\left(\frac{\psi_1+\psi_2}{\pi}\right)+\Delta L-16$$

式中： $L_{eq}(h)_i$ — 第 i 类车的小时等效声级，dB(A)；

$\left(\overline{L_{0E}}\right)_i$ — 第 i 类车速度为 Vi 时，水平距离 7.5m 处的能量评价 A 声级，dB(A)；

N_i — 昼间，夜间通过某个预测点的第 i 类车平均小时车流量，辆/h；

r — 从车道中心线到预测点的距离，m；

V_i — 第 i 类车的平均车速，km/h；

T — 计算等效声级的时间，1h；

ψ_1、ψ_2 — 预测点到有限长路段两端的张角，弧度；

ΔL——由其他因素引起的修正量，dB(A)；

由于施工车辆以大型车为主，车辆（大型车）的平均辐射声级采用如下公式：

$$\left(\overline{L_{0E}}\right)_i=22.0+36.32\lg V_H$$

式中：V 为车辆平均行驶速度，预测计算昼间取 40km/h，夜间取 20km/h。

6.7.2.2 施工期噪声环境影响

施工期噪声源主要包括挖掘机、推土机、挖泥船、装载机等产生的噪声。根据不同施工类型的噪声源，本评价分为疏浚工程、堆料场噪声源进行详细预测与评价，噪声源主要参照国内同类水利工程施工期实测噪声值及《环境影响评价技术手册水利水电工程》中的噪声实测值取值。

（1）疏浚工程噪声

疏浚工程的噪声源主要是挖泥船、挖掘机、推土机产生的噪声，疏浚工程噪声预测值具体见表 6.7.2-1。由表可知，疏浚工程噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准的昼间达标距离为 20m，夜间达标距离为 50m。

表 6.7.2-1 疏浚工程噪声预测值 单位：dB(A)

类别	声源	噪声值	距离	预测值

				15m	25m	50m	80m	100m	150m	200m	300m
疏浚工程	挖泥船	65	10m	53.5	49.0	43.0	38.9	37.0	33.5	31.0	27.5
	挖掘机	79	1m	47.5	43.0	37.0	32.9	31.0	27.5	25.0	21.5
	推土机	78	1m	46.5	42.0	36.0	31.9	30.0	26.5	24.0	20.5
	叠加噪声			55.1	50.7	44.6	40.6	38.6	35.1	32.6	29.1
达标距离	1 类功能区达标距离			昼间 20m，夜间 50m							
	2 类功能区达标距离			昼间 10m，夜间 30m							
	4a 类功能区达标距离			昼间 5m，夜间 20m							

（2）堆料场噪声

堆料场的噪声源主要是装载机、挖掘机、推土机等机械产生的噪声，源强一般在 78~84 dB（A）。堆料场装载机、挖掘机、推土机噪声预测值具体见下表。由表可知，堆料场装载机、挖掘机、推土机噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准的昼间达标距离为 15m，夜间达标距离为 50m。

表 6.7.2-2 堆料场装载机、挖掘机、推土机噪声预测值 单位：dB(A)

类别	声源	噪声值	距离	预测值							
				10m	20m	50m	80m	100m	150m	200m	300m
堆料场	装载机	84	1m	56.0	50.0	42.0	37.9	36.0	32.5	30.0	26.5
	挖掘机	79	1m	51.0	45.0	37.0	32.9	31.0	27.5	25.0	21.5
	推土机	78	1m	50.0	44.0	36.0	31.9	30.0	26.5	24.0	20.5
	叠加噪声			58.0	51.9	44.0	39.9	38.0	34.4	31.9	28.4
达标距离	1 类功能区达标距离			昼间 15m，夜间 45m							
	2 类功能区达标距离			昼间 10m，夜间 25m							

（3）敏感目标噪声预测

本部分敏感目标噪声预测主要针对平陆运河主体施工区可能受疏浚工程、堆料场噪声等影响的居民点及医院、学校等其他需要保持安静的区域，施工期声环境评价范围适当外延。

近海段共有 6 处环境保护目标。本工程声环境敏感保护目标执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准。工程主要噪声源对敏感点的昼间、夜间噪声影响预测结果详见下表。经预测计算，受噪声源影响的 6 个敏感保护目标，昼间均能达到声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准要求，夜间有 4 个敏感

目标不能达到 2 类声环境功能区要求，超标值为 3.6dB(A)。应合理安排施工时间，尽量避免夜间施工。

表 6.7.2-3 平陆运河工程对沿线敏感目标昼间噪声影响预测结果 单位：dB(A)

区域	主要噪声源	敏感目标	距离（m）	贡献值	背景值	预测值	标准值	超标量
近海段	150#堆料场	钦江农场	136	35.2	57.0	57.0	60.0	达标
	航道疏浚、151#堆料场	排榜村	20-2135	52.6	57.0	58.3	60.0	达标
	航道疏浚、151#堆料场、152#堆料场、153#堆料场、154#堆料场	茅坡村	20-2165	52.6	57.0	58.3	60.0	达标
	155#堆料场	辣椒槌村	535	23.4	57.0	57.0	60.0	达标
	航道疏浚	葵子村	20-1366	52.6	57.0	58.3	60.0	达标
	航道疏浚	北村村	20-100	52.6	57.0	58.3	60.0	达标

表 6.7.2-4 平陆运河工程对沿线敏感目标夜间噪声影响预测结果 单位：dB(A)

区域	主要噪声源	敏感目标	距离（m）	贡献值	背景值	预测值	标准值	超标量
近海段	150#堆料场	钦江农场	136	35.2	46.5	46.8	50.0	达标
	航道疏浚、151#堆料场	排榜村	20-2135	52.6	46.5	53.6	50.0	3.6
	航道疏浚、151#堆料场、152#堆料场、153#堆料场、154#堆料场	茅坡村	20-2165	52.6	46.5	53.6	50.0	3.6
	155#堆料场	辣椒槌村	535	23.4	46.5	46.5	50.0	达标
	航道疏浚	葵子村	20-1366	52.6	46.5	53.6	50.0	3.6
	航道疏浚	北村村	20-100	52.6	46.5	53.6	50.0	3.6

（4）小结

施工期噪声源主要包括挖掘机、推土机、挖泥船、装载机等产生的噪声。疏浚工程噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准的昼间达标距离为 20m，夜间达标距离为 50m。堆料场装载机、挖掘机、推土机噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准的昼间达标距离为 15m，夜间达标距离

为 50m。受噪声源影响的 6 个敏感保护目标，昼间均能达到声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准要求，夜间有 4 个敏感目标不能达到 2 类声环境功能区要求，超标值为 3.6dB(A)。应合理安排施工时间，尽量避免夜间施工。

6.7.2.3 运行噪声环境影响

运行期声环境主要影响因素为船舶航行噪声，主要包括船舶主机、辅机的机械噪声和船舶鸣笛噪声。

（1）船舶航行噪声影响

运行期声环境主要影响因素为船舶噪声，主要包括船舶主机、辅机的机械噪声和船舶鸣笛噪声。平陆运河工程按照Ⅰ级航道标准建设，兼顾通行 5000 吨级船舶。参照文献《内河航道船舶噪声分布特性的研究》《湛江港 30 万吨级航道改扩建工程环境影响报告书》，同时收集了嘉兴某航道船舶噪声监测数据，监测点位示意具体见下图。根据《内河船舶噪声级规定》（GB5980-2009），航道内运行的 1000 吨级~5000 吨级货船工作间的最大噪声值为 85 dB，参照流量类似的嘉兴航道的监测点位（临近水上服务区）噪声实测值，本评价按照平陆运河通行船舶 0.5m 处的暴露声级约 81dB(A)计算。

图 6.7.2-1 嘉兴某航道船舶噪声监测位置示意图

图 6.7.2-2 嘉兴某航道船舶噪声监测设备布设图

本工程航道船舶航行噪声按照无指向点声源在半自由面的衰减公式计算，仅考虑距离衰减不考虑其他因素的情况下，运输船舶噪声衰减情况分析和运河两侧达标距离见下表。由表可知，船舶航行噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准的昼间达标距离为 10m，夜间达标距离为 32m；衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准的昼间达标距离为 6m，夜间达标距离为 18m；衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准的昼间达标距离为 2m，夜间达标距离为 10m。

平陆运河两侧环境敏感目标船舶航行噪声预测具体见表 6.7.2-7，表中数据均按最短距离 20m 计算。由表可知，运河两侧 20m 处船舶航行噪声均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类的昼夜限值；昼间噪声均能满足 2 类标准，夜间噪声略有超标。

本评价进一步计算了运河 35m 处船舶航行噪声叠加钦州市的背景浓度噪声值的预测结果，具体见下表。其中各区域背景噪声根据声环境质量现状调查结果取值。可见，平陆运河 35m 区域处叠加船舶航行噪声，昼间钦州市噪声变化为 0.2dB（A），夜间钦州市噪声变化为 2.0 dB（A），均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类的昼夜限值。

综上可知，20m 处船舶航行噪声均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类的昼夜限值，35m 处船舶航行噪声均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类的昼夜限值；20~35 米处的村庄涉及居民较少，为降低船舶航行噪声影响，应合理制定运输制度，严格控制夜间船舶流量。船舶航行噪声

基本以运河中心为源头向四周扩散，噪声影响呈现由运河向外逐渐降低的规律，由扩散范围看，噪声影响主要控制在周边较小的区域范围内。

表 6.7.2-5 船舶噪声源不同距离预测值 单位：dB（A）

0.5m 处 A 声级	不同距离处的噪声值									
	2m	5m	10m	30m	50m	100m	200m	300m	400m	500m
81dB	69.0	61.0	55.0	45.4	41.0	35.0	29.0	25.4	22.9	21.0

表 6.7.2-6 船舶噪声 4a 类、2 类、1 类达标距离表

时段	4a 类		2 类		1 类	
	标准值 dB（A）	达标距离（m）	标准值 dB（A）	达标距离（m）	标准值 dB（A）	达标距离（m）
昼间	70	2	60	6	55	10
夜间	55	10	50	18	45	32

表 6.7.2-7 平陆运河近海段两侧环境敏感目标船舶航行噪声预测 单位：dB（A）

航段	敏感目标	相对方位	距离（m）	背景值		叠加背景后噪声值	
				昼间	夜间	昼间	夜间
近海段	葵子村委会	东南	20-1366	57.0	46.5	57.6	50.9
	排榜村委会	西北	20-2135	57.0	46.5	57.6	50.9
	茅坡村委会	东南	20-2165	57.0	46.5	57.6	50.9
	北村村委会	西	20-100	57.0	46.5	57.6	50.9

表 6.7.2-8 钦州市叠加 35m 处船舶航行噪声预测 单位：dB（A）

区域	背景值		运河 35m 处船舶航行噪声	叠加背景后噪声值		噪声增加值	
	昼间	夜间		昼间	夜间	昼间	夜间
钦州市	57.0	46.5	44.1	57.2	48.5	0.2	2.0

（2）船舶鸣笛噪声影响

根据相关规定，进出港的机动船应配备号笛一个、号钟一只。当船舶相遇时，应当按相关规定使用声号，因此船舶航行不可避免的存在鸣笛现象。该类噪声具有声级高（规则要求不小于 110dB）、时间短促、流动性大的特点。根据《声环境质量标准要求》，夜间突发噪声，最大声级不得超过环境噪声限值 15dB（A），即鸣笛引起的夜间突发噪声级不得大于 70dB（A）。

参照《柳江红花枢纽至石龙三江口 II 级航道工程属改扩建工程环境影响报告书》，5m 处船舶鸣笛暴露声级约 115 dB（A），船舶鸣笛在不同距离的噪声值见下表。由表可知，在运河中心线距离 400m 左右的运河两侧区域，噪声预测值为 73.0dB（A），夜间船舶鸣笛突发噪声可能导致声环境质量超标。但船舶鸣笛属于偶发性的短时噪声，影响范围和时间较为有限，为保护运河两侧居民区等噪声敏感目标，建议夜间航行船舶在经过钦州市区时，在保证安全的前提下，尽量减少鸣笛次数，合理使用噪声污染小的风笛、电笛。

表 6.7.2-9 船舶鸣笛在不同距离的噪声值　单位：dB(A)

声源位置	距离 m							
	15	25	50	80	100	150	200	400
噪声值 dB	105.0	99.7	93.6	89.8	87.3	83.0	79.5	73.0

（3）小结

船舶航行噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类、2 类、4a 类标准的昼间达标距离分别为 10m、6m、2m；夜间达标距离分别为 32m、18m、10m。运河两侧 20m 处船舶航行噪声均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类的昼夜限值，35m 处船舶航行噪声均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类的昼夜限值；近海段 20~35 米处的村庄涉及居民较少，为降低船舶航行噪声影响，应合理制定运输制度，严格控制夜间船舶流量。船舶航行噪声基本以运河中心为源头向四周扩散，噪声影响呈现由运河向外逐渐降低的规律，由扩散范围看，噪声影响主要控制在周边较小的区域范围内。

6.7.3 固体废物影响

（1）疏浚土产生量及其影响

兰海高速钦江大桥下游段水下土方采用链斗式挖泥船（铭牌 750m^3/h）水下开挖，500t 泥驳运至临时码头，再由 3m^3 挖掘机结合 25t 自卸汽车陆路运输至堆料场。该段土方开挖量 80.5 万 m^3，石方开挖量 64.6 万 m^3。

沙井钦江大桥下游段：水下土方采用 8m^3 抓斗式挖泥船水下开挖，500t 泥驳运至抛泥场。该段弃土石方 636.8 万 m^3。共计弃土土石方 781.9 万 m^3。水下石方采用重型绞吸式挖泥船配合水下液压破碎锤进行石方开挖，封闭式抓斗式挖泥

船进行水下清渣，并由 500t 泥驳运至临时码头，再转由挖掘机配合自卸汽车陆路外运或直接由泥驳运转抛泥场。

根据 2021 年 3 月生态环境部《关于发布 2021 年全国可继续使用倾倒区和暂停使用倾倒区名录的公告》，外海航道疏浚土可倾倒至钦州港 30 万吨级进港航道疏浚工程疏浚物临时性海洋倾倒区 A、B，倾倒区容量约 2200 万 m^3。钦州港 30 万吨级进港航道疏浚工程疏浚物临时性海洋倾倒区 A 区：108°28′00″E、21°20′28″N；108°28′00″E、21°22′40″N；108°31′00″E、21°22′40″N；108°31′00″E、21°20′28″N 四点所围成的海域。钦州港 30 万吨级进港航道疏浚工程疏浚物临时性海洋倾倒区 B 区：108°25′00″E、21°15′00″N；108°25′00″E、21°17′00″N；108°25′40″E、21°17′00″N；108°27′00″E、21°15′40″N；108°27′00″E、21°15′00″N 五点所围成的海域。

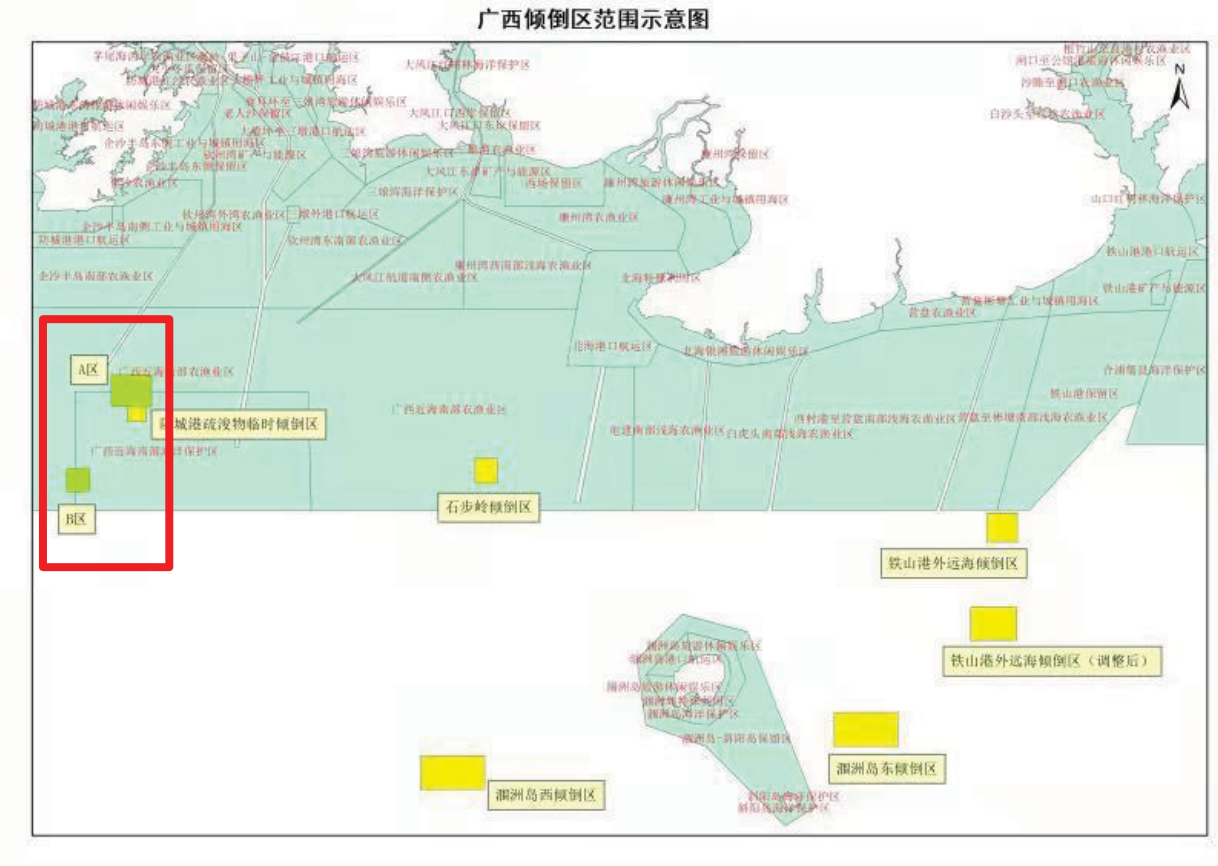


表 6.7.3-1 广西倾倒区分布图

根据堆料场规划可以看出，本次评价范围内陆上堆料场 8 个、港口围填项目消纳 8 个、海上倾倒区 2 个。如果单纯考虑港口围填项目消纳和海上倾倒区处理，则目前有 4520 万 m^3 的容量，施工期堆存量 1963.21 万 m^3。本次航道疏浚产生的弃土石方量为 781.9 万 m^3，分别占总容量和堆存量的 17.3%和 39.8%，能够满足弃土石方的处理要求。平陆运河的入海口及近海航道的疏浚泥沙运至指定抛泥区抛放或者用于北部湾港相关港区围填海综合利用，不影响航道通航，且实现疏浚泥沙的资源化利用（造陆），不会对区域生态环境造成显著影响。

（2）船舶垃圾

本工程船舶垃圾按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中有关规定执行，施工船舶垃圾以人均 0.5kg/d 产生量计算，船舶定员按 10 人/艘次计算，施工周期为 339.5 天，则施工船舶每天产生约 20kg 的生活垃圾，施工期生活垃圾产生量约为 6.8t，统一收集后靠岸后交由环卫部门统一处理。

项目运行期固废主要为航运船舶和工作船舶产生的垃圾，船舶垃圾统一收集靠岸后交由环卫部门统一处理。综上，项目施工及运行期固废妥善收集处置，不外排，对环境影响很小。

7 环境事故风险分析与防范

7.1 评价目的

本项目的建设为船舶运输提供更好的条件，船舶施工期及运行期在航道发生碰撞事故将造成燃油进入航道水域，对环境存在潜在危害。

水路运输历来存在污染损害事故风险，如船舶搁浅或碰撞等事故引发的油品、化学品溢出事故、装卸储存货物泄漏事故等，往往会对航道和港口水域及邻近沿岸产生不利影响。在松花江污染事件发生后，原国家环境保护部 2012 年发布了《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发〔2012〕77 号）《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2012〕98 号）等文件，明确提出从源头防范环境风险，加强对有毒有害物质泄漏风险管理的要求。

参考《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T 169-2018）的要求，通过风险识别、风险分析和风险后果计算等开展环境风险评价，为工程设计和环境管理提供资料和依据，以达到降低危险，减少危害的目的。

7.2 风险识别

7.2.1 风险环节及类型分析

本项目事故污染风险主要来源于施工期和运行期船舶碰撞、搁浅、侧倾等造成燃料泄漏等污染事故。项目实施后，航道条件改善，为船舶运输提供更好的条件，运行期运河内存在发生事故风险的概率；工程建设施工期间，施工河段施工船舶数量增加明显，且施工材料的运输需要施工船舶横向行驶，疏浚、切滩等还需要船只采取定点施工，可能导致局部海域事故风险的发生概率上升幅度较大。

施工船舶在作业或行进时，由于管理疏忽、操作违反规程或失误等原因引起油类跑、冒、滴、漏事故的可能性较大，将会对水域造成油污染。

运行期根据区域的风险事故的历史状况及其他统计资料可知，易发生风险事故的区域主要位于航道区、锚地区等，事故类型主要有溢油、火灾和爆炸等。

表 7.2.1-1 船舶事故的典型诱因分析表

发生地点	高风险区	代表性的发生原因
航道	较窄处、交汇处、流速较大处等	触礁、搁浅、船与船碰撞、恶劣气象条件、火灾爆炸、溢出泄漏
锚地	进出口处等	船与船碰撞、火灾爆炸、溢出泄漏

7.2.2 物质危险性识别

平陆运河运输货种以煤炭、矿建材料运输为主，无油品、危险品运输。因此本项目主要风险物质为船舶燃料油，常见船用燃料油主要特性参数见下表。

表 7.2.2-1 汽油的理化性质及危险特性表

标识	中文名	汽油	英文名	Gasoline；petrol		危险货物编号		31001
	分子式		分子量		UN 编号	1203	CAS 编号	8006-61-9
	危险类别	第 3.1 类　低闪点易燃液体						
理化性质	性　状	无色或淡黄色易挥发液体，有特殊的臭味						
	熔　点（℃）	＜60			临界压力（Mpa）			
	沸　点（℃）	40～200			相对密度（水＝1）		0.70～0.79	
	饱和蒸汽压(kpa)				相对密度（空气＝1）		3.5	
	临界温度（℃）				燃烧热（$KJ·mol^{-1}$）		无资料	
	溶　解　性	不溶于水，易溶于苯、二硫化碳、醇、脂肪。						
燃烧爆炸危险性	燃　烧　性	易燃			闪点（℃）		-50	
	爆炸极限（%）	1.3～6.0			最小点火能（MJ）		无资料	
	引燃温度（℃）	415～530			最大爆炸压力（Mpa）		0.813	
	危险特性	其蒸气与空气可形成爆炸性混合物。遇明火、高热极易燃烧爆炸。与氧化剂发生强烈反应。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃。						
	灭火方法	喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。 灭火剂：泡沫、干粉、二氧化碳。用水灭火无效。						
	禁　忌　物	强氧化剂					稳定性	稳定
	燃烧产物	一氧化碳、二氧化碳					聚合危害	不聚合
毒性及	急性毒性	LD_{50}（mg/kg，小鼠经口）		67000	LD_{50}（mg/kg，小鼠吸入）		103000 2h	
	健康危害	车间卫生标准						

健康危害		侵入途径：吸如、食入； 急性中毒：对中枢神经系统有麻醉作用。轻度中毒有头晕、头痛、恶心、呕吐、步态不稳、共济失调。高浓度吸入出现中毒性脑病。极高浓度吸入引起意识突然丧失、反射性呼吸停止。可伴有中毒性周围神经病及化学性肺炎。部分患者出现中毒性精神病。液体吸入呼吸道可引起吸入性肺炎。溅入眼中可导致角膜溃疡、穿孔，甚至失明。佩服接触急性接触性皮炎，直至灼伤。吞咽引起急性肠胃炎，重者出现类似急性吸入中毒症状，并可引起肝、肾损害。 慢性中毒：神经衰弱综合症、植物神经功能紊乱、周围神经病。严重中毒出现中毒性脑病，症状类似精神分裂。皮肤损害。
急救	皮肤接触：立即脱去被污染的衣着，用肥皂水和清水彻底冲洗皮肤，就医； 眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟，就医； 吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处，保持呼吸道通畅，如呼吸困难，给输氧；如呼吸停止，立即进行人工呼吸，就医； 食入：给饮牛奶或用植物油洗胃和灌肠，就医。	
防护	工程控制：生产过程密闭，全面通风； 呼吸系统防护：一般不需要特殊防护，高浓度接触时可佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）； 眼睛防护：一般不需要特殊防护，高浓度接触时可戴化学安全防护眼镜； 身体防护：穿防静电工作服； 手防护：带防苯耐油手套； 其他：工作场所禁止吸烟。避免长期反复接触。	
泄漏处理	迅速撤离泄漏区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员佩戴自给正压式呼吸器，穿消防防护服。尽可能切断泄漏源，防止进入下水道、排洪沟等限制性空间； 小量泄漏：用砂土、蛭石或其他惰性材料吸收，或在保证安全情况下就地焚烧； 大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容；用泡沫覆盖，降低蒸气灾害。用防爆泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理场所处置。	
储运	储存于阴凉、通风仓间内，最高仓温不宜超过 30℃，远离火种、热源。防止阳光直射；保持容器密封，应与氧化剂分开存放。储存间内的照明、通风等设施应采用防爆型，开关设在仓外。桶装堆垛不可过大，应留有墙距、顶距、柱距及必要的防火检查通道。罐储时要有防火防爆技术措施。禁止使用易产生火化的机械设备和工具。罐装时应注意流速（不超过 3m/s），且有接地装置，防止静电积聚。搬运时要轻装轻卸，防止包装及容器损坏。	

表 7.2.2-2 柴油的理化性质及危险特性表

<table>
<tr><td rowspan="2">标识</td><td colspan="2">英文名：Diesel oil</td><td colspan="2">分子式：</td><td>分子量：</td></tr>
<tr><td colspan="2">CAS 号：</td><td colspan="2">UN 编号：</td><td>危险货物编号：</td></tr>
<tr><td rowspan="5">理化性质</td><td colspan="5">外观与性状：稍有粘性的棕色液体。</td></tr>
<tr><td colspan="5">熔点(℃)： -18 沸点(℃)： 282-338</td></tr>
<tr><td colspan="3">相对密度(水=1)： 0.87-0.9</td><td colspan="2">相对蒸气密度(空气=1)：</td></tr>
<tr><td>主要用途</td><td colspan="4">用作柴油机的燃料。</td></tr>
<tr><td>溶解性</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="5">燃烧爆炸危险性</td><td colspan="2" rowspan="2">引燃温度（℃）：257</td><td>爆炸上限（V%）：</td><td rowspan="2">闪点（℃）：38</td><td></td></tr>
<tr><td>爆炸下限（V%）：</td></tr>
<tr><td>危险特性</td><td colspan="4">遇明火、高热或与氧化剂接触，有引起燃烧爆炸的危险。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。</td></tr>
<tr><td colspan="3">稳定性：</td><td colspan="2">聚合危害：</td></tr>
<tr><td>禁忌物</td><td colspan="4">强氧化剂、卤素。</td></tr>
<tr><td>灭火方法</td><td colspan="4">喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂：泡沫、干粉、二氧化碳。用水灭火无效。</td></tr>
<tr><td rowspan="6">毒性及健康危害</td><td rowspan="4">环境标准</td><td colspan="2">中国 MAC(mg/m3)</td><td colspan="2">未制定标准</td></tr>
<tr><td colspan="2">前苏联 MAC(mg/m3)</td><td colspan="2">未制定标准</td></tr>
<tr><td colspan="2">TLVTN</td><td colspan="2">未制定标准</td></tr>
<tr><td colspan="2">TLVWN</td><td colspan="2">未制定标准</td></tr>
<tr><td>侵入途径</td><td colspan="4">吸入、食入、经皮吸收。</td></tr>
<tr><td>毒性</td><td colspan="4">LD50：无资料
LC50：无资料</td></tr>
<tr><td>健康危害</td><td colspan="4">皮肤接触可为主要吸收途径，可致急性肾脏损害。柴油可引起接触性皮炎、油性痤疮。吸入其雾滴或液体呛入可引起吸入性肺炎。能经胎盘进入胎儿血中。柴油废气可引起眼、鼻刺激症状，头晕及头痛。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">包装与储运</td><td colspan="3">危险性类别：</td><td colspan="2">危险货物包装标志：Z01</td></tr>
<tr><td>储运注意事项</td><td colspan="4">储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。应与氧化剂、卤素分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。</td></tr>
<tr><td>防护措施</td><td colspan="5">皮肤接触： 立即脱去污染的衣着，用肥皂水和清水彻底冲洗皮肤。就医。
眼睛接触： 提起眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗。就医。
吸入： 迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。
食入： 尽快彻底洗胃。就医</td></tr>
<tr><td>泄漏处置</td><td colspan="5">迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿一般作业工作服。尽可能切断泄漏源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏：用活性炭或其它惰性材料吸收。大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容。用泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理场所处置。</td></tr>
</table>

7.3 溢油事故源项分析

7.3.1 事故溢油风险概率分析

（1）施工期

参考同类航道项目，施工期采取目前较为先进的施工工艺，以及海事、航道等管理部门通力配合，施工期间均未发生施工船舶溢油事故，因此类比分析本工程施工期间，发生船舶溢油的概率较小。

（2）运行期

根据广西海事局西江水上污染事故统计，2016 年~2020 年西江船舶污染事故仅发生 1 起。根据广西海事局 2016~2020 年船舶污染事故统计结果，广西海域共发生船舶污染事故 2 起，详细信息见下表。

根据以下公式计算船舶风险事故概率：

$$P = \frac{N}{S_n} \times S$$

其中，P 为船舶风险事故概率，N 为船舶历史风险事故总数，Sn 为历史船舶艘次，S 为本项目船舶艘次。以 2016~2020 年数据为基础，同时考虑运输船舶大型化趋势，据此推定本项目实施后航道内发生船舶溢油事故的概率约为 0.08 次/年。

表 7.3.1-2 2016~2020 年船舶污染事故

年份	地点	事故名称	事故等级	事故种类	污染物名称	污染物数量	种类
2016	江山双墩码头水域	恒创 12	小事故	操作失误	污油	0.05t	成品油
2018	防城港 10#泊位	THERESA DUA 操作性污染	小事故	操作失误	污油	0.18t	成品油

7.3.2 事故溢油风险源强分析

根据平陆运河工可报告，施工期船舶最大约为 500 吨级，参考《水上溢油环

境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017），500 吨级施工船舶单舱燃油量不超过 5 吨。

根据平陆运河船型预测，其主尺度最大船型为 5000 吨级。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017），最大可信水上溢油事故溢油量由最大船型的燃料油全部泄漏确定，燃油总量（载油率 80%）约为 175 吨，可能最大水上溢油事故溢油量按照最大船型的一个燃料油边舱容积确定，单舱燃油携带量约为 50 吨。

7.4 海洋段溢油风险预测

7.4.1 预测模型

本次评价中采用SIMAP模型，模拟预测油膜漂移的轨迹和泄漏油品的归宿，并对其污染概率和危害程度进行综合评估，其基本原理介绍如下：溢油进入水体后发生扩展、漂移、扩散等油膜组分保持恒定的输移过程和蒸发、溶解、乳化等油膜组分发生变化的风化过程，在溢油的输移过程和风化过程中还伴随着水体、油膜和大气三相间的热量迁移过程，而黏度、表面张力等油膜属性也随着油膜组分和温度的变化发生不断变化。SIMAP根据水陆网格确定水陆边界和模拟预测参数范围，在输入风场、湿度等气象海况资料及溢油事故现场数据后，通过潮流模型、归宿模型等一系列数学模型对溢油事故进行场景模拟，预测溢油的漂移轨迹和物理转化过程。并结合敏感资源数据，对溢油事故危害进行分析评估。

（1）油膜的流动

悬移层中油滴的迁移速度等于平均潮流流速$\vec{V}_c$，表层油膜的迁移速度为$\vec{V}_s$：

$$\vec{V}_s = \alpha_w D \cdot \vec{V}_w + \alpha_c \vec{V}_c$$

式中，$\vec{V}_w$为水面以上 10m 处的风速；α_w为反映风对表层油膜运动影响的系数；α_c为表面水流速与平均水流速之比；D为转化矩阵。

（2）油膜的紊动扩散

$\vec{V}'$是指由于紊动脉动引起的水平紊动扩散，根据随机分析理论：

$V^{'}=(4E_T/\delta t)^{1/2}$　　$\overset{\varpi}{V}=V^{'}R_n e^{i\theta^{'}}$

E_T 为紊动扩散系数；δt 为时间步长；R_n 为均值为 0，标准差为 1 的正态分布的随机数；方向角 $\theta^{'}$ 为均匀分布的随机角，取值为 0~π 。

（3）岸边吸附

当油膜漂移到岸边时，会吸附在岸边，在水流的卷带作用下，又可重新进入水体，根据 Torgrimson 衰减公式计算每个时段 Δt 内返回水中的油量 $\Delta\forall_b$ 为：

$\Delta\forall_b/\forall_b=1-0.5^{\Delta t/\lambda}$

式中，$\forall_b$ 为吸附在岸边的总油量；λ 为半衰期。

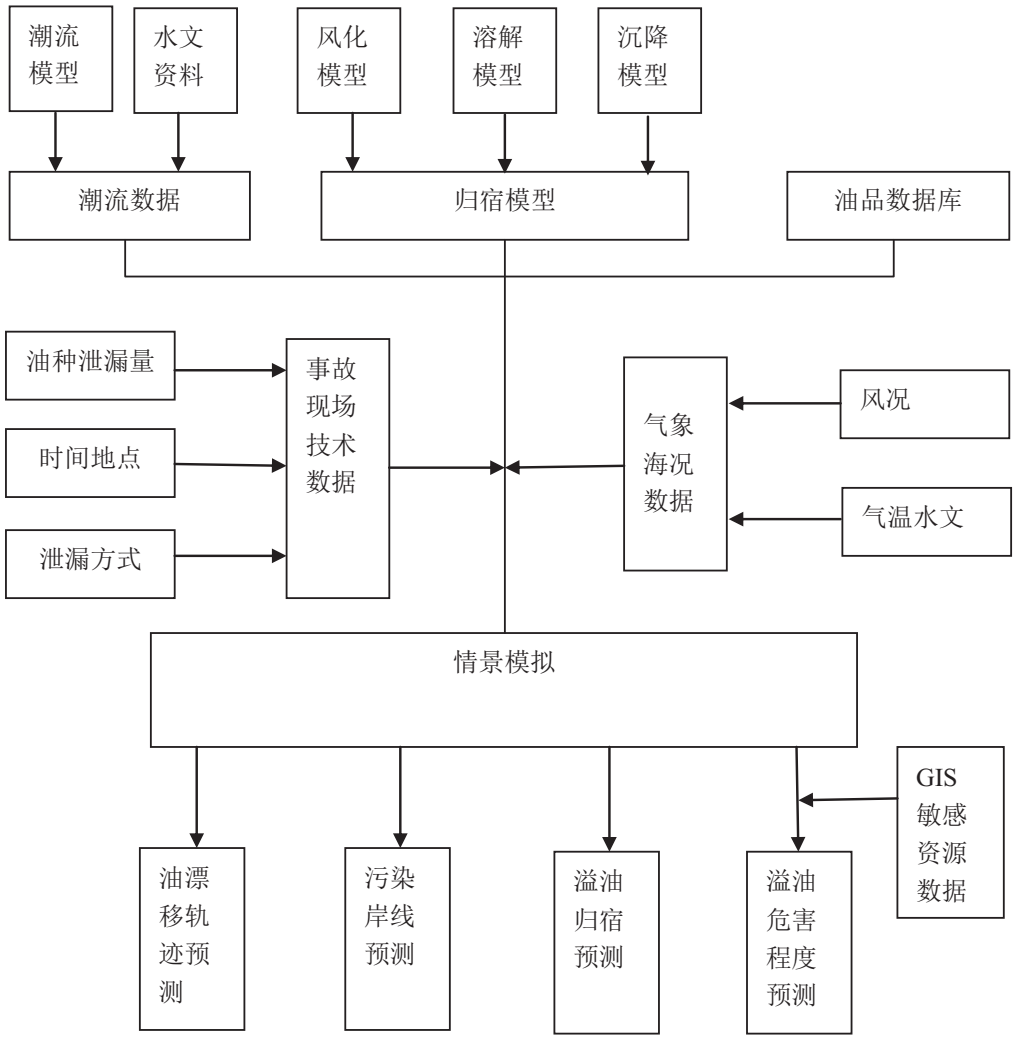


图 7.4.1-1 溢油漂移扩散模型模拟程序

采用随机模拟统计法预测分析溢油水面上和水体中的可能扩散范围以及对于评价区域中环境敏感区的危害情况。随机模拟统计法将水文气象条件随机组合成多种情景进行模拟，能够客观全面地体现溢油事故发生的不确定性，具有将随机性和统计性相结合的优点，预测结果更加合理可靠。

对研究区域进行水动力模拟，得到近 3 年的海洋动力场模拟结果。随机选取近 3 年中任意时刻作为事故发生时间，用模拟得到的海洋动力场结果和相对应时间范围内的实测风场作为驱动场进行事故模拟，模拟时长为 72h，每个事故点进行不少于 300 次的随机情景组合的漂移扩散轨迹模拟。每一次事故模拟均计算并记录各个网格的油膜漂移经过时间、油膜浓度等数据，与环境敏感目标进行叠加并进行统计，得到各个网格，特别是溢油对环境敏感目标的影响可能性概率、油膜最短到达时间、油膜厚度等信息。

7.4.2 预测情景确定

根据平陆运河周边敏感资源的分布情况，本次风险评价将着重进行船舶溢油事故对周边敏感目标的风险影响预测。

（1）施工期

溢油泄漏具有很大不确定性，不同的泄漏位置对上、下游敏感点的影响时间和程度不一样，本评价主要选择距离红树林等生态敏感区附近最近的施工点进行预测。施工行为主要为挖泥船疏浚，针对红树林等与施工船舶的相对位置关系，选择枯水期水文条件下最不利的施工行为发生泄漏时油膜到达红树林等生态敏感区的最短时间。

（2）运行期

溢油点主要考虑高风险水域，划分重点考虑以下四方面因素：(1)船舶运输量大，大型船舶进出频繁的区域；(2)航道交汇处，通航密集区；(3)历史船舶污染事故多发区；(4)通航环境复杂，有环境敏感资源分布的区域。结合前文分析，综合考虑上述 4 方面因素。

因此，本报告选取下图典型溢油情景模拟。

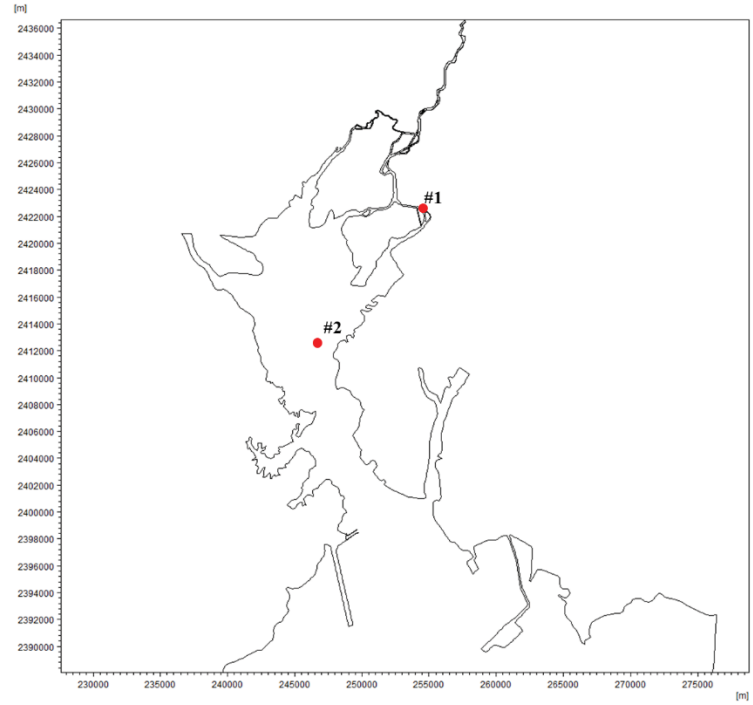
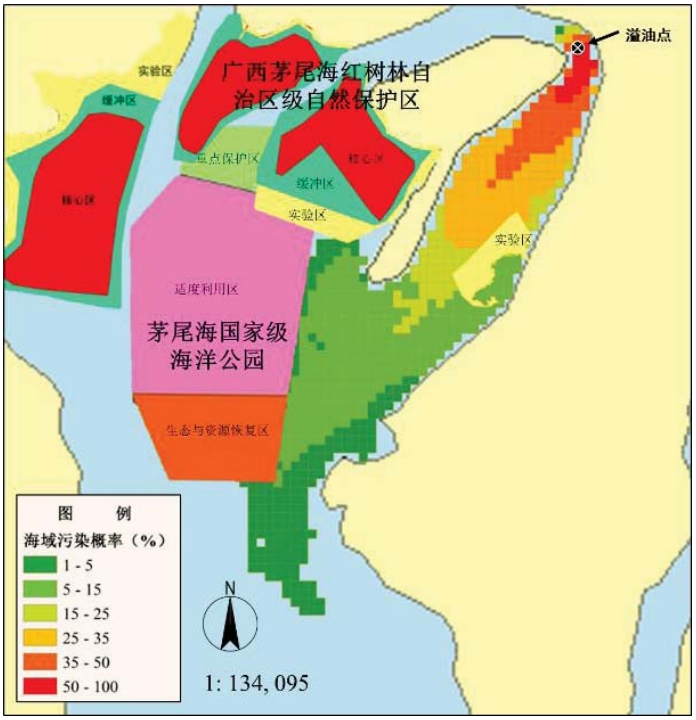


图 7.4.1-2 溢油点模拟情境位置示意图

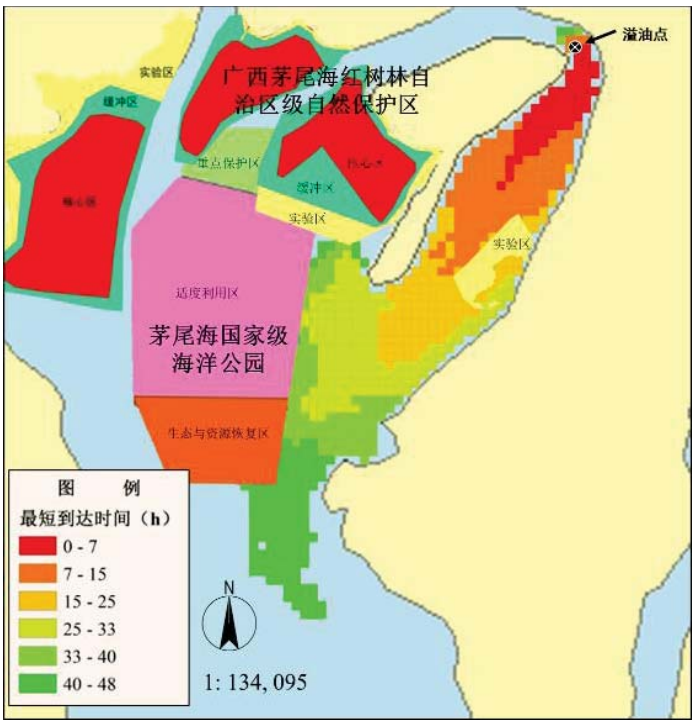
7.4.3 计算结果

（1）施工期

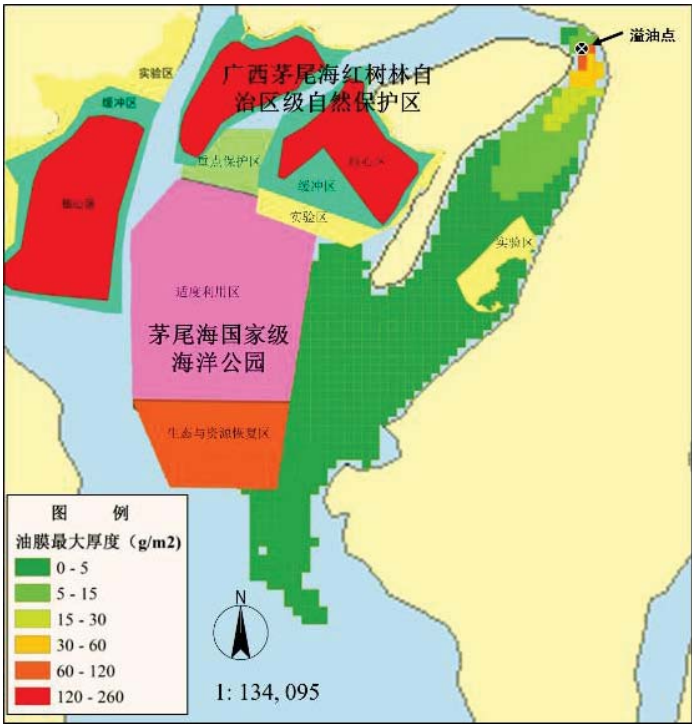
施工期沙井航道附近水域发生溢油事故模拟情况见下图。溢油点周边存在广西茅尾海红树林自然保护区和茅尾海国家级海洋公园。预测结果表明，溢油点泄漏后，溢油很快会对航道两侧的野生红树林产生影响，同时茅尾海国家级海洋公园适度利用区有 1~15%的概率污染（油膜最短到达时间约为 30 小时），生态与资源恢复区有 1~15%的概率污染（油膜最短到达时间约为 32 小时）；广西茅尾海红树林自治区级自然保护区的东部实验区有 5~35%的概率污染（油膜最短到达时间约为 13 小时），中部实验区有 1~5%的概率污染（油膜最短到达时间约为 48 小时）。



(a) 海域污染概率



(b) 油膜最短到达时间

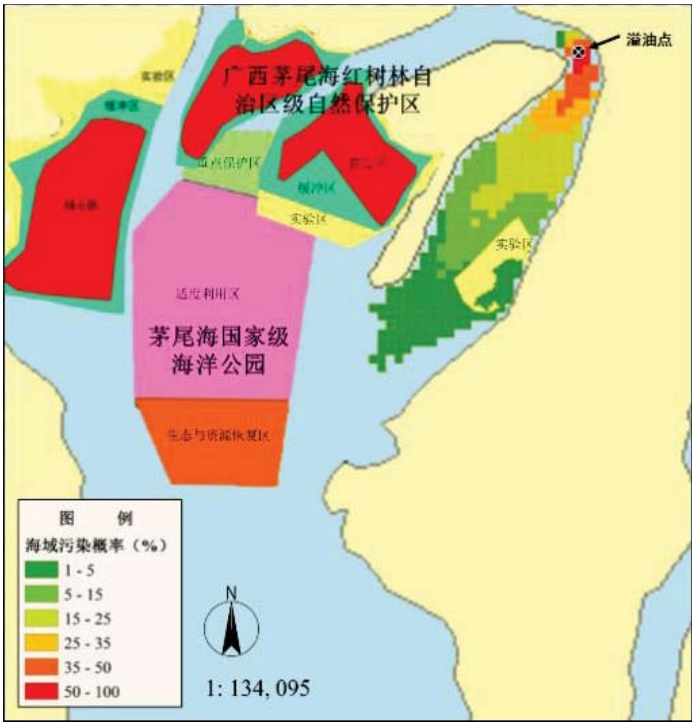


(c) 油膜可能最大厚度分布情况

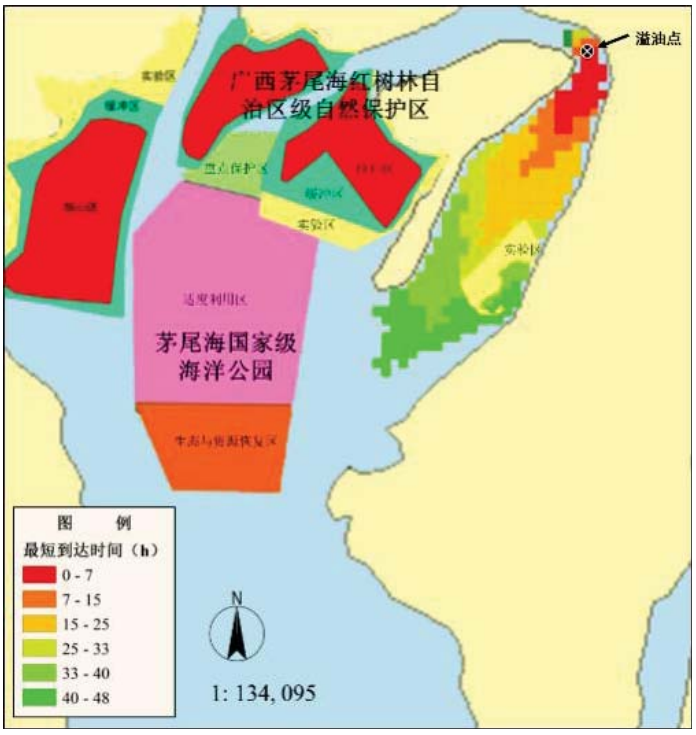
图 7.4.3-1 施工期沙井航道 1#附近水域溢油污染情况

（2）运行期

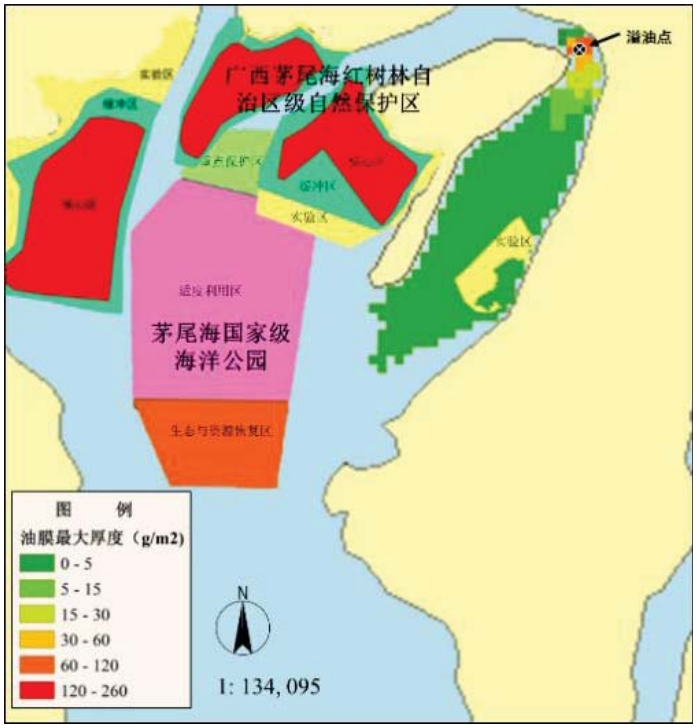
沙井航道附近水域 1#发生溢油事故模拟情况见下图。溢油点周边存在广西茅尾海红树林自然保护区和茅尾海国家级海洋公园。预测结果表明，溢油点泄漏后，溢油很快会对航道两侧的野生红树林产生影响，广西茅尾海红树林自治区级自然保护区的东部实验区有 1~15%的概率污染（油膜最短到达时间约为 25 小时）。



(a) 海域污染概率



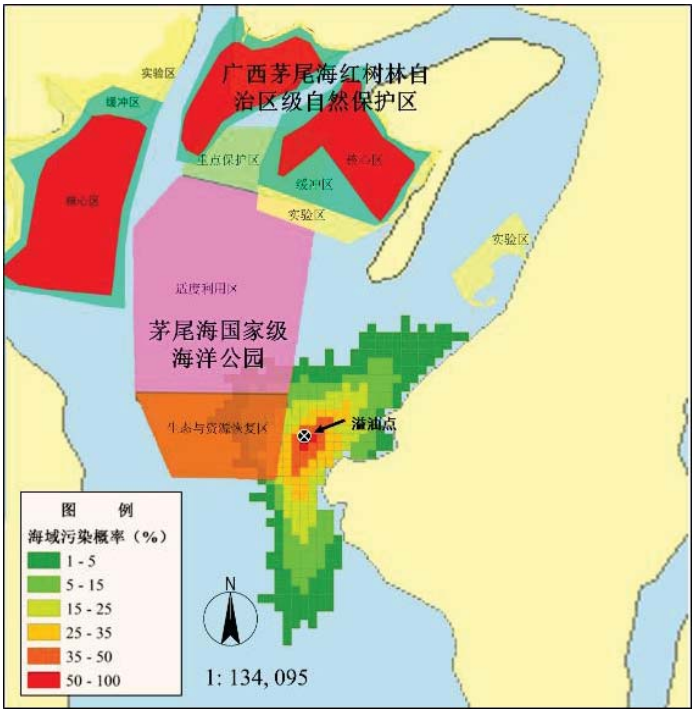
(b) 油膜最短到达时间



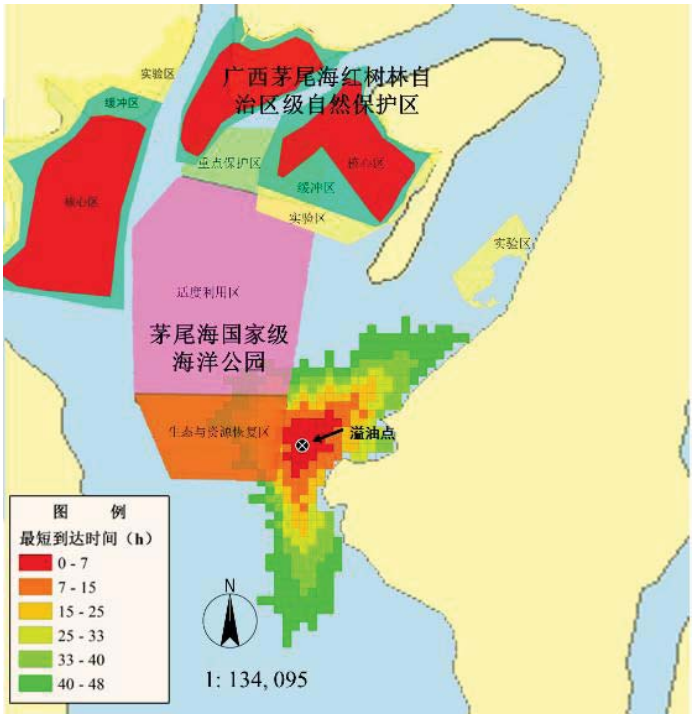
(c) 油膜可能最大厚度分布情况

图 7.4.3-2 运行期沙井航道 1#附近水域溢油污染情况

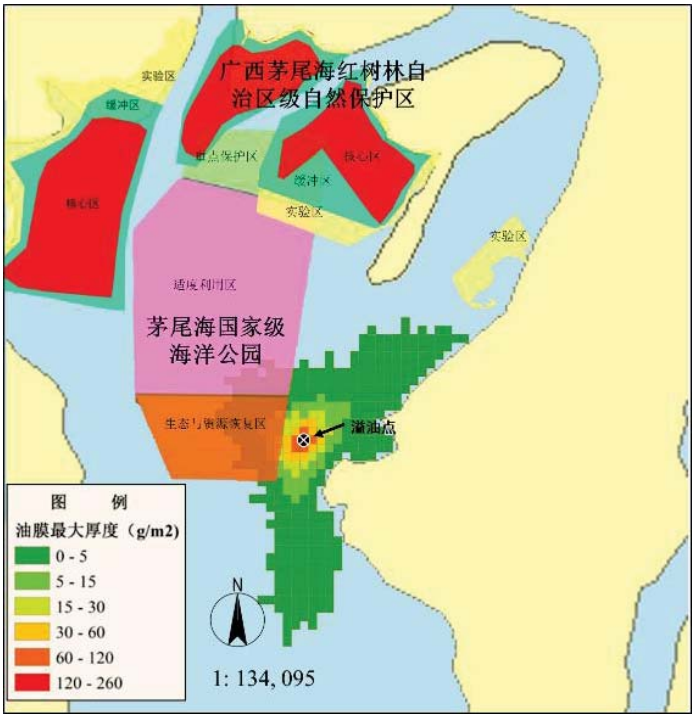
沙井航道附近水域 2#发生溢油事故模拟情况见下图。溢油点周边存在广西茅尾海红树林自然保护区和茅尾海国家级海洋公园。预测结果表明，溢油点泄漏后，茅尾海国家级海洋公园生态与资源恢复区有 1~35%的概率污染（油膜最短到达时间约为 7 小时），适度利用区有 1~25%的概率污染（油膜最短到达时间约为 25 小时）。



(a) 海域污染概率



(b) 油膜最短到达时间



(c) 油膜可能最大厚度分布情况

图 7.4.3-3 运行期沙井航道附近水域 2#溢油污染情况

7.5 溢油风险影响评价

平陆运河一旦发生溢油泄漏，油膜会随着水体，同时在风力的用下漂移扩散。一方面由于平陆运河溢油油种为燃料油，密度较小，溢油中的较轻组分含量高，且较轻组分油易挥发，因此对事发处的大气环境有一定影响。另一方面，油膜对水生生物和渔业资源的影响也较大，油品不同组分中，低沸点的芳香族烃对一切生物均有毒性，而高沸点的芳香烃则是长效毒性，均会对水生生物构成威胁和危害，直至死亡。

（1）对浮游植物的影响

石油会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍它们的光合作用。这种破坏作用程度取决于石油的类型、浓度及浮游植物的种类。国内外许多毒性实验结果表明，作为鱼、虾类饵料基础的浮游植物，对各类油类的耐受能力都很低。一般浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1～10.0mg/L，通常为 1.0～3.6mg/L，对于更敏感的种类，油浓度低于 0.1mg/L 时，也会妨碍细胞的分裂和生长的速率。

（2）对浮游动物的影响

浮游动物石油急性中毒致死浓度范围一般为 0.1～15mg/L，而且不同浓度的石油类环境对桡足类幼体的影响实验表明，永久性（终生性）浮游动物幼体的敏感性大于阶段性（临时性）的底栖生物幼体，而它们各自的幼体的敏感性又大于成体。项目实施后，一旦发生溢油事故，石油类污染将会对鱼类的急性中毒、在鱼体内的蓄积残留和对鱼的致突变性产生较大的负面影响，而且对浮游植物和动物也会产生一定的影响，故必须严格落实各项风险防范措施和事故应急预案。

（3）对鱼的影响

根据近年来对几种不同的鱼类仔鱼的毒性试验结果表明，石油类对鲤鱼仔鱼 96h LC50 值为 0.5～3.0mg/L，因此污染带瞬时高浓度排放(即事故性排放)可导致急性中毒死鱼事故，故必须对航道内石油运输船舶进行严格管控。石油类在鱼体中积累和残留可引起鱼类慢性中毒而带来长效应的污染影响，这种影响不仅可引起鱼类资源的变动，甚至会引起鱼类种质变异。鱼类一旦与油分子接触就会在短时间内发生油臭，从而影响其食用价值。以 20 号燃料油为例，石油类浓度为 0.01mg/L 时，7 天之内就能对大部分的鱼、虾产生油味，30 天内会使绝大多数鱼类产生异味。

综上所述，平陆运河范围内一旦发生溢油事故，污染因子石油类将会造成航道区域内鱼类急性中毒、在鱼体内蓄积残留，并对鱼产生致突变性等影响，而且对浮游植物和动物也会产生一定影响，故必须严格落实各项风险防范措施和事故应急预案。

7.6 风险防范措施

7.6.1 施工期环境风险防范措施

工程实施过程中，为防止施工船舶相互碰撞发生溢油污染风险事故，对船舶管理应采取以下措施：

（1）船舶驾驶员的业务技术应符合要求。

（2）应实施值班、了望制度。

（3）做到有序施工，施工船舶在预先规定的区域内作业，严禁乱穿乱越。

（4）施工单位根据作业需要，划定与施工作业相关的安全作业区时，应报经海事机构核准、公告；设置有关标志，严禁无关船只进入施工作业水域，并提前、定时发布航行公告。

（5）实施施工作业的船舶、排筏、设施须按有关规定在明显处昼夜显示规定的号灯、号型；在现场作业船舶上应配备有效的通信设备。

（6）避开在雾季、台风季节和大风期间施工，在遇到不利天气时及时安排施工船舶避风，禁止在能见度不良和风力大于 6 级的天气进行作业。

（7）施工船舶以船为单位、以船长为组长组成各船的安全小组，负责本单位的安全宣传、教育，制定安全生产措施以及日常的安全监督、检查等，执行安全领导小组的决定，落实安全措施，分解安全责任落实到人。

（8）成立安全生产组织，设立安全员，负责日常安全生产的工作，监督水上作业人员全部穿好救生衣，佩戴安全帽。

（9）发生船舶交通事故时，应尽可能关闭所有油仓管系统的阀门、堵塞油舱通气孔，防止溢油。

7.6.2 运行期环境风险防范措施

1、风险防范措施

船舶交通事故是导致溢油事故的主要原因，溢油事故的发生多与船舶航行和停泊的地理条件、气象海况、运输装载的货种、船舶密度、导助航条件以及船舶驾驶、港口装卸作业人员和管理人员的素质有关。因此，随着平陆运河的实施，应该从以下几个方面制订和实施溢油事故应急防范措施。

（1）跨航道桥梁上应设置明显的红信号灯，避免船舶碰撞桥梁而导致溢油事故的发生。

（2）应根据船舶装载状态、水文、气象状况，合理安排船期，使船舶过闸、航行时，航道水域设计底高程能够满足航行水深要求。

（3）应对待闸锚地、船舶停泊水域、航道等地通航水深定期监测。

（4）一旦溢油事故发生，首要目标是保护重要区域和限制油污扩散，其次

是清除污油；如果设备、材料和人力不足于对敏感区域提供有力的保护，则必须按优先次序对重要区域做出保护。

（5）建立船舶交通管制系统（VTS）和安全监督机构，加强海事监管，并配置安全保障设施，包括通讯联络、船舶导航、助航、引航、航道航标指示、海难救助、海事警报、气象、海况预报等。

2、风险应急措施

建议针对平陆运河编制溢油应急能力建设规划，进一步明确细化应急组织指挥、应急设备物资配备、应急人员队伍建设等内容。

（一）组织指挥能力

（1）省级溢油应急预案及指挥机制

2018 年 1 月 11 日，广西壮族自治区印发了《广西壮族自治区船舶污染事故应急处置预案》。该预案明确建立了由自治区船舶污染事故应急处置指挥部、应急处置专家组、设区市人民政府应急处置机构等组成的船舶污染事故应急处置组织机构体系；明确自治区船舶污染事故应急处置指挥部由自治区 19 个部门和单位有关负责人组成，并由广西海上搜救中心指挥长（自治区分管副主席）担任总指挥；明确了组织机构各方职责；建立了预防预警、应急处置、应急保障等应急机制。

（2）应急通信系统

广西已建设了基本覆盖广西沿海水域的 VHF 基站，以及海事与政府联系和海事内部联系的网络专线，电信运营企业加强了沿海移动信号覆盖建设。

（3）省级溢油信息共享和决策支持系统

CCTV、AIS、VTS 系统建设投入使用并良好运行。按“4 站 3 中心 1 协调中心”的布局，建设了基本覆盖广西沿海水域的 VTS 系统。通过接入港口企业信号及海事部分自建的方式，建成基本覆盖广西沿海港口水域的 CCTV 系统。

（二）监视监测能力

（1）船舶或岸基溢油监视雷达

“海巡 1002”中型溢油应急回收船配备有溢油监视雷达。

（2）视频监视系统

港口企业码头前沿视频信号统一整合到广西海事局的相关系统中，建成基本

覆盖广西沿海港口水域的 CCTV 系统；钦州中石油 10 万吨原油码头安装了一套码头溢油监视系统。

（3）应急监测浮标

自治区海洋局在防城港和钦州湾海域各布设有 1 套溢油监测浮标，可对精炼油类污染物进行监测。

（三）应急清除能力

（1）溢油清除能力

根据广西海事局统计资料，广西海事局辖区内现有溢油应急资源由海事局应急设备库、码头企业应急设备库和专业清污单位应急设备库组成，主要包括浮油回收船 12 艘，应急辅助船 56 艘，收油机 52 台，围油栏 59930m，吸油拖栏 26968m。广西北海、钦州、防城港现有岸线溢油清除能力分别达到了 3600 吨、5400 吨和 1000 吨，基本满足需要。

钦州溢油应急设备库是由交通运输部投资建设的国家中型应急设备库，按照一次综合溢油清除控制能力 500 吨标准建设。根据交通运输部《关于广西海事局钦州溢油应急设备库工程可行性研究报告的批复》（交规划发[2009]第 507 号），设备库建设面积 1000m^2，设备操作训练场所 2592m^2，配备应急卸载、围控、回收、储运等应急设备总投资 3300 万元。该设备库位于钦州海巡基地（钦州港金谷港区勒沟作业区），地理位置有利于应急出海作业，相关设备设施已完成采购。

此外，钦州港辖区现有 3 家船舶污染清除作业单位，分别为钦州市桂通船舶服务公司、钦州市苏南船舶服务有限公司、广西鑫丰海洋科技环保有限公司，是平陆运河外海段可依托的溢油应急社会力量。

一旦在平陆运河内发生溢油事故，可以利用区域环境风险应急联动机制，借助北部湾和南宁（溢油应急能力约为 50 t）的溢油应急反应力量进行应急。同时平陆运河运营单位应培养自身的溢油应急队伍和配备一定的应急反应设备，在新福服务区和钦州服务区建设 2 个 50t 溢油应急设备配置点（应急服务半径约为 100km），与现有的南宁和北部湾港溢油应急能力可以满足应对最大可信水上溢油事故溢油量约 175t 的溢油事故。

表 7.6.2-1　广西船舶污染应急救援物资储备情况表

单位名称	围油栏（m）	消油剂（公斤）	消油剂喷洒装置(台）	收油机（台）	吸油毡（吨）	吸油拖栏（m）	储油罐（个）	储油囊（个）	油水分离装置（台）	防爆泵（套）	高压清洗机	油罐车（辆）	浮油回收船（艘）	辅助船（艘）
钦州海事局	2600			3	19	5600								
北海海事局	660				4									
防城港海事局	680			1	4									
海事小计	3940			4	27	5600								
北海涠洲终端处理厂	800	10000	1	2	1		4				1			2
北海港务集团等	960	1000	1	3	1.2	1000	2							
广西鹏达海洋工程有限公司	6850	6500	12	7	12	4400	3162m^3			4	6		2	9
北海伟龙船舶服务有限公司	4200	10000	6	3	6	2000					2		1	6
北海企业小计	12810	27500	20	15	20.2	7400	6			4	9		3	17
中石油广西石化	5000	5000	4	3	8		7							
钦州广明码头	450	2000		1		200	1							
广西钦州中石化	600	2000	1	1		400		1						
广西东油沥青有限公司	800	2000		1	2		2	1						
钦州苏南公司	4200	10000	6	4	6	1000	1670m^3				3		1	6
钦州桂通公司	10400	20000	12	5	12	4000	1792m^3			4	6		2	8

钦州企业小计	21450	41000	23	15	27.6	5600	10	2		4	9		3	14
防城港港口区航清水上清洁服务部	830													1
南宁安明防城港分公司	1000	2000	2	3	5	300				4		3	1	2
防城港中燃船舶燃料供应公司		1500	2	2	1									
防城港恒创公司	8800	20000	10	7	12	4000	1777m^3		1	4	6		2	8
防城港行球公司	400	2000	3	1	3					3			1	
广西北部湾港安船舶环保有限公司	9400	20000	12	4	12	4000	2751.5 m^3				6		2	12
防城港企业小计	20430	45500	29	17	33	8300			1	11	12	3	6	23
沿海企业小计	54690	114000	72	47	81.2	21300	16	2	1	19	30	3	12	54
总计	58630	114000	72	51	108.2	26900	16	2	1	19	30	3	12	54

表 7.6.2-2　广西海事局钦州溢油应急设备库设备配备情况

应急设备名称		单位	数量
一、应急卸载设备			
1.1	大型防腐蚀离心泵	套	1
1.2	大型螺杆卸载泵	套	1
1.3	中型螺杆卸载泵	套	1
1.4	小型螺杆卸载泵	套	1
二、溢油围控设备			
2.1	海洋型充气式围油栏	m	800
2.2	防火围油栏 m	m	500
三、溢油回收设备			
3.1	大型收油机	套	1
3.2	中型收油机	套	1
3.3	小型收油机	套	1
3.4	自航式收油机	套	1
四、油污储运设备			
4.1	轻便储油囊	个	2
五、溢油分散物质			
5.1	浓缩分散剂	吨	4
5.2	船用喷洒装置	套	2
六、溢油吸附材料			
6.1	吸油毡	吨	5
6.2	吸油拖栏	套	400
七、配套设备			
7.1	高压热水清洗机	台	2
7.2	防护用品 1	套	20
7.3	防护用品 2	套	15
7.4	后勤保障用品	套	1

（2）溢油回收物陆上接收处置能力

目前，船舶污染清除单位拥有临时贮存能力 11847 立方米，钦州中石油 10 万吨原油码头拥有应急贮存能力 30000 立方米，离港区不远的中石油钦州炼油厂和即将建成的钦州 30 万吨原油码头应急贮存能力也有数万立方米，总体上可满足应急储存需求。

中石油钦州炼油厂和中石化北海炼油厂年炼油能力达 1500 万吨，均离港区不远；广西北部湾港安船舶环保有限公司具备 40 万吨油污水年处理能力。

（3）含油固废焚烧处置能力

目前，广西在南宁市建有一个危险废物处置中心，位于南宁市六景工业区，距离沿海港口 100 多公里，年综合处理能力 6.52 万吨。

（四）应急队伍

（1）省级和市级溢油应急组织指挥队伍

目前广西建有溢油应急处置专家库，共有专家 47 人；自治区及沿海地市海上搜救中心共有船舶污染应急高级指挥人员 12 人，现场指挥 11 人。

（2）应急清除队伍

地方专业应急队伍来自于广西 8 家船舶污染清除单位，现有专业应急人员 237 人；兼职应急队伍来自于港口码头特别是油码头的员工。钦州港域 7 家码头企业（分别是中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司、广西钦州中石化石油液化气有限责任公司、广西天盛港务有限公司、广西东油沥青有限公司、广西广明码头仓储有限公司和钦州市港口（集团）有限责任公司）已建立了企业内部污染应急队伍，兼职应急人员达到 227 名。

平陆运河运营单位应建设溢油应急队伍，确保专业力量承担溢油应急设备物资保养、维护，以及应急处置工作。

（3）应急演习

每年平陆运河应组织开展溢油应急演练。

综上所述，溢油风险事故发生后，能否迅速而有效地作出应急反应，对于控制污染、减少污染损失起着关键性的作用。根据本次评价的相关分析，结合区域当前的应急现状，项目实施后应综合地方政府、海事机构和港口企业的力量，使本区域能对抗小型水上溢油事故。重点建设水面溢油的控制、清除功能，增加应急反应决策和指挥的手段；积极与周边港口部门协商，形成联防机制，减少资源浪费。

7.7 赤潮风险分析

由于氮、磷等营养元素在茅尾海水体浓度上升导致大量藻类及其它浮游生物滋生，从而产生水体富营养化现象。藻类及蓝细菌的滋生会使得水体表面充满绿色、红色等浮游生物，这种富营养化被称为“赤潮”、“水华”。虽然总体上由于运河调水量增加、航道开挖，增加了茅尾海水体交换能力，但由于无机氮和活性

磷酸盐存在超标情况，茅尾海存在富营养化的风险。

一旦水体发生富营养化，首选会影响茅尾海水体景观，同时导致水体中溶解氧含量急剧降低，其他生物大量死亡，破坏整个生态系统的稳定，还会危害人畜健康，造成严重的社会影响。

氮、磷元素是藻类生长的“催化剂”，氮、磷物质向水体的转移是水体富营养化的根本原因，主要来源于“面源污染”。在运河建设和运营过程中，应加强周边径流控制，减少或者截断外部输入的营养物质，采用工程、化学或生物措施减少内源性营养物负荷。

8 清洁生产

8.1 清洁生产概述

清洁生产是将综合预防的环境保护策略持续应用于生产过程和产品中，以减少对人类和环境风险的一种生产模式。从本质上来说，就是对生产过程与产品采取整体预防的环境策略，减少或者消除它们对人类及环境的可能危害，同时充分满足人类需要，使社会经济效益最大化。具体措施包括：不断改进设计，使用清洁的能源和原料；采用先进的工艺技术与设备；改善管理；综合利用；从源头削减污染，提高资源利用效率；减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放。

清洁生产主要强调三个重点：

（1）清洁能源：包括开发节能技术，尽可能开发利用再生能源以及合理利用常规能源。

（2）清洁生产过程：包括尽可能不用或少用有毒有害原料和中间产品，并对原材料和中间产品进行回收，改善管理、提高效率。

（3）清洁产品：包括以不危害人体健康和生态环境为主导因素来考虑产品的制造过程、回收利用，减少原材料和能源使用。

清洁生产的出现是人类工业生产迅速发展的历史必然，是一项迅速发展的新生事物，是人类对工业化大生产导致的环境污染所作出的反应和行动。根据《中华人民共和国清洁生产促进法》的规定，新建、改建和扩建项目应当进行环境影响评价，对原料使用、资源消耗、资源综合利用以及污染物产生与处置等进行分析论证，优先采用资源利用率高以及污染物产生量少的清洁生产技术、工艺和设备。

8.2 建设项目清洁生产内容与符合性分析

8.2.1 施工期清洁生产分析

1、施工工艺

本报告书评价范围内航道施工主要工艺为疏浚。土方施工采用链斗式挖泥船或抓斗式挖泥进行水下开挖，采用 500t 泥驳运至临时码头或抛泥区。

石方施工由于考虑到航道周边分布有红树林和牡蛎等敏感资源，本工程取消了炸礁施工，水上石方采用采用液压破碎锤进行石方破碎，由挖掘机装渣配合自卸汽车外运。水下石方采用重型绞吸式挖泥船配合水下液压破碎锤进行石方开挖，封闭式抓斗式挖泥船进行水下清渣，并由 500t 泥驳运至临时码头，再转由挖掘机配合自卸汽车陆路外运或直接由泥驳运转抛泥场。

同时，在土方和石方疏浚施工时会布放防污屏、采取驱鱼措施，以减少对海水水质、海洋生物的影响。

2、清洁生产内容

（1）工程涉水施工主要为航道疏浚，施工过程产生的悬浮沙进入水体而使海水混浊，为此航道施工拟采用布放防污屏的方式对海水水质进行保护。此外，项目施工船舶产生的含油污水、生活污水、垃圾等水污染物禁止向海域排放，应全部接收。

（2）施工人员生活垃圾集中收集、统一处理，不会对海洋环境产生不良影响。

（3）考虑到茅尾海水域较为敏感，本项目取消了全部炸礁施工，采用液压破碎锤方式施工，并布放防污屏以减少对海洋生态的影响。

（4）对大噪声的施工作业，在作业开始初期只发出轻声惊动动物，待游泳动物避开后才进入正常的施工工作。控制船舶的发动机噪声和其他设备的噪声，有利于减少对水生动物的干扰。

（5）采用节能的设备和作业机械，尽量选用较清洁的燃料。

（6）建立完善的环境管理与环境监控计划，并落实到位。良好的设备，还必须有良好的管理，才能确保清洁生产。做好清洁生产的宣传工作。

（7）定期组织教育培训，建立节能责任制，进一步提高职工清洁生产意识和节能意识。

（8）进行航道疏浚施工时，采用对环境影响小的挖泥船作业，如采用封闭式抓斗疏浚机械。

8.2.2 运行期清洁生产分析

运行期间，航道维护船舶和通航船舶燃料油选用符合要求的燃油，减少对环境的影响。船舶产生的机舱油污水在水上服务区或具备资质的单位接收处置，维护人员产生的生活污水收集后由航道管理服务区污水处理站处理，不会对海洋环境产生不利影响。

8.2.3 清洁生产符合性分析

1、施工期节能措施

本工程拟采用封闭重型绞吸式挖泥船、封闭抓斗式挖泥船、水下液压破碎锤等施工方式和施工船舶的性能都属于国内先进技术。通过采用封闭铰刀和抓斗等方式，可以减少疏浚物在开挖和运输中的泄漏。

外海疏浚物优先用于钦州港周边围填海工程，实现资源循环利用。

总之，本工程无加工工序，所有环节均属物理变化过程，没有新的物质产生，各工艺环节均较好的贯彻了清洁生产的精神。因此只要严格落实各项环保管理措施，本工程的清洁生产是可以实现的。

2、运行期节能措施

（1）积极采用轻便、节能型船只对航道周边情况进行巡视，应优先选用技术先进、安全可靠、操作灵活、能耗低、污染小、有节能措施的船只。

（2）合理规划、安排巡视时间和巡视路线。

（3）助航标志应选用性能良好、节约能源和维护简单的能源设备。

（4）助航标志应合理配布，器材宜选用低能耗的发光和音响装置。

（5）助航标志应选用稳定、清洁的能源。

8.3 建设项目清洁生产评价

本工程在施工期和运行期均制定了严格的管理制度、机械维护保养计划、应急预案，并严格执行污染物排放标准、建立清洁生产审核制度，确保本工程在施工期和营运期能够达到防治污染以及进行清洁生产的目的。

综上，本工程施工期和运行期设备选型节能、噪声小，助导航设备充分考虑节能降耗，总平面布置合理，各类污染物妥善处置，同时采取了严格的生产管理制度。因此，本工程清洁生产水平较先进，符合清洁生产要求。

9 污染物排放总量控制

9.1 总量控制原则

国家提出的“总量控制”实际上是区域性的，也就是说，当局部不可避免地增加污染物排放时，应对同行业或区域内进行污染物排放量消减，使区域内污染源的污染物排放负荷控制在一定的数量内，使污染物的受纳水体、空气等的环境质量可达到规定的环境目标。

9.2 总量控制对象

本工程为航道项目，不进行生产，二氧化硫和氮氧化物均为机械和船舶的尾气产生，为无组织排放。因此确定本项目总量控制对象为 COD 和氨氮。

9.3 施工期污染物排放总量控制

根据工程分析，施工期船舶生活污水收集后统一处理。施工期间，施工营地生活污水经化粪池处理后，送至市政污水处理厂。施工期间船舶机舱含油污水由资质单位接收处理。

综上所述，工程施工期无污染物排放，无需申请总量控制指标。

9.4 运行期污染物排放总量控制

本工程运营后，船舶含油油污水、生活污水和垃圾统一收集后由具备资质单位接收处理。

综上所述，工程运行期间，无需申请总量控制指标。

10 环境保护对策

10.1 施工期环境保护对策措施

1、水环境

①施工期生活污水

施工生活污水主要来自施工营地的管理和施工人员，在施工营地应设置化粪池等污水收集设施，由环卫部门统一转运至城市生活污水处理厂进行集中处理。

②施工期生产废水

混凝土拌和系统废水来源于混凝土转筒和料罐的冲洗废水，含有较高的悬浮物且含粉率较高，pH 值在 12 左右。由于废水的悬浮物浓度高，水量少，加上混凝土搅拌用水要求不高，该废水经处理后回用。混凝土拌和系统废水采用加絮凝剂沉淀的方法达到《混凝土拌和用水标准》（JGJ 63－2006）后回用于混凝土拌和系统的冲洗。处理流程见下图。由于其水量很少，采用间断处理的方式，每小时的处理量取 3 m^3/h。废水先流进调节池储存和均量均质，再通过提升泵进入折流反应池。在提升泵后管道里加硫酸和混凝剂聚合氯化铝，经过混合后到反应池中，使得废水中的 pH 在 8-9 的范围内，同时在混凝剂的作用下，废水中的悬浮颗粒形成比较大的颗粒体。反应池出水流进沉淀池，在沉淀池中实现固液的高效分离。沉淀池出水到回用水池提供回用循环水；底部的污泥排到干化池脱水，过滤水回到调节池处理，干泥可作为回填土用于施工场所。

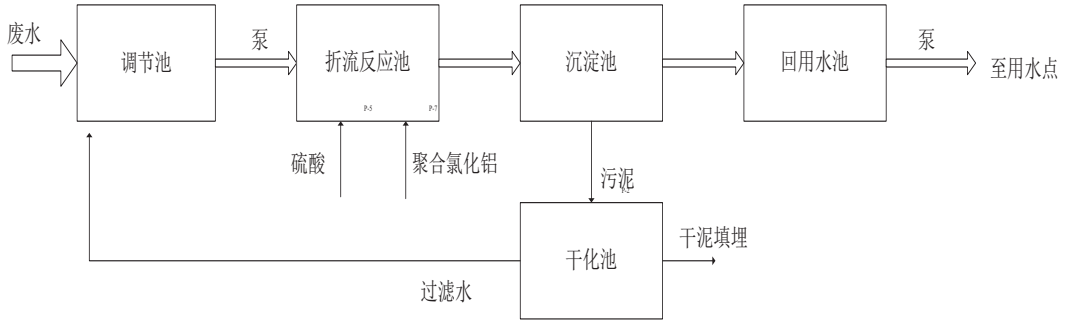


图 10.1.1-1 混凝土拌和系统废水处理流程图

③施工船舶水污染防治措施

（a）疏浚、清渣及抛填等施工作业应尽可能安排在枯水期完成，施工期利用 GPS 定位，严格控制施工范围，减少悬浮物发生量。合理安排施工进度，选

择悬浮物发生量少的挖泥船，最大限度控制水下施工作业对底泥的搅动范围和强度，减少悬浮物发生量，将施工对水体 SS 的影响局限在尽可能小的范围内。

钦江航道上施工产生悬浮物通过瓦泾江进入茅尾海，影响广西茅尾海红树林自治区级自然保护区北部两个片区和茅尾海国家级海洋公园。建在瓦泾江口施工时，施工船舶周边应布设多道防污屏，以减小对敏感目标的影响。

疏浚施工采用 GPS 定位系统，进行开挖的测量定位，根据不同地面高程及开挖深度进行分段分层控制推进，减少疏浚作业中不必要的挖泥量。在航道边线设置提示标志，禁止越过航道边线在其他水域施工。

（b）施工船舶舱底油污水应遵守相关管理规定，由船舶污染物岸上接收处理。施工船舶应配备有盖、不渗漏、不外溢的垃圾储存容器或垃圾袋收集生活垃圾和生产废物，岸上接收处理，严禁将船舶垃圾投入航道中。施工期船舶上施工人员生活污水不得在通航水域排放，生活污水经密封收集桶收集后上岸。

（c）疏浚及清渣过程中应保证泥舱处于密封状态。施工单位应加强泥驳日常维护与保养，确保其良好性能，尤其是泥舱密封条的严密性能和控制泥门开启与关闭的传动部分，及时更换泥门封条和液压杆上的密封圈，以免液压系统失控或密封条失灵而导致泥门关闭不严的现象发生。施工船舶生产废水的悬浮物浓度高，水量少，加上混凝土搅拌用水要求不高，该废水经处理后回用。

2、大气环境

施工期主要污染环节是施工场地扬尘、砂石料运输时的道路扬尘和流动机械与运输车辆排放的尾气。施工单位应做到文明施工。

对于施工作业和道路交通扬尘，建议采取如下环保措施：

①对主要运输便道上的路基进行夯实硬化处理，尽量保持施工现场道路的整洁、平整，减少运输车辆颠簸洒漏物料，及时清扫洒漏的物料，并辅以必要的洒水抑尘等措施，保证每天不少于 2~3 次，以保持场地不起尘。

②汽车运输水泥、粉煤灰、钢筋钢材、木材等建筑材料进场时，对于易起尘的物料应加盖蓬布运输车辆要严密，物料不要装得过满，以防途中洒漏，严格控制进场车速，减少装卸落差，避免因大风天气和道路颠簸洒漏污染环境。

③合理安排土方、水泥和粉煤灰等散装建筑材料的堆放场地和堆放方式，如加蓬布覆盖或库内堆存，如设置临时施工建筑材料仓库，用于水泥等起尘材料的

存放。应采取防风遮挡措施，以减少起尘量。应定时清扫施工场地土建材料，辅以必要的洒水抑尘措施（如配备洒水车），减少施工场地的二次扬尘。

④车辆要定期进行清洗，以保证车辆车身干净整洁，不致将泥土、渣块等撒落在道路上。如果车辆损坏、故障无法行驶，需将土石料倒卸路旁时需保证在 4 小时内将土石料清运干净。

⑤施工期应随时关注天气变化情况，风速较大时，应尽量减少施工，加强施工场地内的防风抑尘措施。

3、声环境

项目施工前 15 日，建设单位应向地方环境保护行政主管部门申报该工程名称、施工场所和期限，可能产生的环境噪声值以及所采取的环境噪声污染防治措施情况，经环境保护行政主管部门批准后方能进行施工。

鉴于施工期噪声影响的特点，施工期施工机械噪声和运输车辆噪声控制应采取如下措施：

①在项目施工过程中必须严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的规定。

②对一些固定的、噪声强度较大的施工设备，可用超细玻璃纤维孔板作为隔、吸声材料搭建隔音棚，或建一定高度的空心墙来隔声降噪。

③针对噪声较大的施工机械，对现场施工人员，特别是机械操作人员影响较大的施工机械，在声源附近的施工人员佩戴防噪声耳罩，施工单位合理安排人员，轮流操作，减少噪音接触时间，同时有足够的时间恢复体力。

④合理选择施工机械、施工方法，尽量选用低噪声设备，在施工过程中，应经常对施工设备进行维修保养，避免由于设备性能减退使噪声增强。工地发电机要采取隔声和消声处理。

⑤减少人为噪声，模板、支架拆卸过程中应遵守作业规定，减少碰撞噪音；尽量减少用哨子、喇叭等指挥作业，减少人为噪声。

⑥运输车辆集中在昼间进行作业，尽量避开夜间和中午时段，减缓对周围环境的影响。

4、固体废物

船舶垃圾严格按照《防治船舶污染海洋环境管理条例》执行。航道内船舶应

配备有盖、不渗漏、不外溢的垃圾储存容器或垃圾袋收集生活垃圾和生产废物，由专业单位收集后送岸上处理，严禁将船舶垃圾投入航道中。

海洋段航道疏浚土优先考虑综合利用。海上抛泥区选择原则应主要遵行以下选址原则，同时具备抛泥船行驶的安全区域：1）堆料场力求离疏浚区运送距离短，有利于发挥疏浚设备能力。2）外海航道疏浚土可倾倒至钦州港 30 万吨级进港航道疏浚工程疏浚物临时性海洋倾倒区 A、B，倾倒区容量约 2200 万 m^3。

10.2 运行期污染防治措施

（1）水环境

平陆运河实施船舶污染物禁排政策，船舶产生的所有含油污水、生活污水、垃圾均禁止排放进入运河。在钦州水上服务区、新福水上服务区设置船舶水污染物（垃圾、生活污水、含油污水）接收设施，收集进出平陆运河产生的船舶水污染物。因此，项目不会新增入河污染物排放量。

接收后的船舶污染物经车辆或管道转运至城市污水处理厂、垃圾填埋/焚烧厂进行处理，危险废物应由具备危险废物处理资质的单位处理处置。

建议进一步开展茅尾海河口区域治理，加强对鱼虾塘养殖污水的治理，减少污染排放，改善水质。

（2）大气环境

运河工程运行后影响环境空气的主要污染源为船舶尾气。为保证环境空气质量应采取如下措施：

①航道内推进船型标准化建设，鼓励船舶加装尾气处理装置，最大限度的减少船舶燃油废气的排放。

②应加大 LNG、电力等清洁能源船舶的推广和使用。

③在航道沿线桥梁上加装船舶尾气嗅探系统，探测船舶尾气中硫氧化物和氮氧化物等大气污染物的排放，建立平陆运河船舶尾气全覆盖监测模式。

（3）声环境

运行期噪声主要来源是船舶主机、辅机的机械噪声、船舶鸣笛等。采取如下措施：

①优先选用先进的低噪声机械设备，高噪声设备加装消音或隔音装置，对分

散布置的高噪声设备宜采用隔声罩；对集中布置的高噪声设备宜采用隔声间；以高频声为主的露天噪声设备可在受声处设置隔声屏障。

②加强各种机械设备的维修保养，减少因机械磨损而增加的噪声，维持设备在较低噪声水平，以降低噪声设备对周围环境的影响。

③随着船舶流量的逐步增加，船舶噪声影响将逐步增大，应合理制定运输制度。在航道运行期间，应通过实地监测并听取公众意见，采取适宜的措施减缓船舶噪声对周围环境及敏感目标的影响。

④在地势较为平坦的运河两侧增加一定宽度的绿化林带，尽可能减少对运河两侧敏感目标的噪声影响。

⑤平陆运河通航后，建议结合航道范围和噪声影响，调整经过城镇的声环境功能区划分范围，建议运河两侧 200 米内划为 4a 类区。

（4）固体废物

维护性疏浚物在海上到指定位置倾倒，禁止在海洋保护区、水产种质资源保护区等敏感区水域及附近水域倾倒。

船舶垃圾应严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）的规定，禁止在平陆运河通航水域内弃置船舶垃圾，航道内船舶产生垃圾，须分类用密封式袋或桶盛装，交由岸上垃圾接收站统一收集后，运至城市垃圾综合处理厂集中处理处置。

在马道枢纽上游、青年枢纽下游水上服务区布置船舶污染物（垃圾、生活污水、含油污水）接收设施，进入平陆运河沿线船舶均需在 2 个服务区或相关码头接收污染物，并做好与城市转运及处置设施的有效衔接，实现运河船舶污染物零排放。发现疫情时，应在船上进行杀菌、消毒处理后交由岸上转运处置。相关部门应加强巡查，作好环保宣传教育工作。

10.3 生态保护措施

10.3.1 海洋生态及渔业资源保护对策和建议

（1）本项目施工期严格控制施工船舶及施工人员污染物的排放量和排放浓

度，实施船舶污水垃圾全面回收。疏浚作业尽可能避开鱼类产卵期（3-6 月份），减少项目施工对渔业的影响程度。

（2）项目疏浚区域设置防污屏，针对航道西侧的茅尾海国家海洋公园、广西红树林自治区级自然保护区等环境敏感区域施工期间禁止泥驳溢流，避免项目施工产生悬浮物对周围环境敏感区域产生不利的影响。

（3）为了最大限度的减少对附近水域影响，尽可能采取落潮时间进行重型绞吸式挖泥船配合水下液压破碎锤开挖。

（4）航道疏浚施工过程应在满足工程施工条件、基础要求和通航条件前提下，控制疏浚施工作业范围，减少对生物栖息的底质环境的扰动强度和范围。

（5）疏浚作业时对悬浮物进行跟踪监测，建立超标警报制度。

（6）疏浚施工期应采取驱鱼措施，减少对鱼类的影响。

（7）对航道疏浚破坏的盐沼湿地生态系统，采用人工与自然相结合的方式开展修复重建。

10.3.2 生态补偿措施

为了缓解和减轻项目对所在的海域生态环境水生生物的不利影响，可采取人工放流当地生物物种的措施进行生态恢复和补偿。具体人工增殖放流种类以该海域的常见经济鱼、虾类为主，放流地点为项目附近的水域，同时，应对增殖放流的效果进行跟踪监测。

建设单位应与自治区生态环境、海洋、农业等相关单位协商，广西、钦州农业管理部门组织落实并实施水生生物资源损失补偿和生态修复，具体放流的数量和放流的品种应考虑本项目对项目周边海洋生态的影响和结合海域放流实际情况，最终由农业部门评估后决定。

10.3.3 其他生态保护对策

（1）施工期对项目区域开展生态环境跟踪监测，及时了解工程施工对生态环境、渔业资源及鸟类栖息、迁徙等的影响，尽可能避开海洋生物繁殖高峰期大

规模施工，保证施工区边缘大多数海洋生物都正常生长。

（2）鸟类繁殖、迁徙季节（秋冬季节）注意对迁徙鸟类进行保护，严禁施工人员追逐和驱赶鸟类，合理安排施工时间，鸟类繁殖、迁徙季节避免夜间施工。

（3）为预防项目施工对渔业生产作业的影响，建设单位可通过印制相关的宣传画、发布相应的公告等方式加强宣传。

（4）加强施工期环境监理，将施工期生态的保护与恢复工作纳入工程招投标的主要内容，并做为环境监理的工作重点。

（5）运行期控制船舶速度，原则上不超过 6 节，减少船舶噪声和船行波的影响。

（6）加强平陆运河外海生态系统的监测，动态监控生态系统演替趋势。

（7）在施工过程中若发现海草，应及时停止施工，邀请专业单位对海草进行调查鉴定。同时应对发现的海草进行保护，布放防污屏以减少对其产生的影响。

10.4 红树林保护措施

10.4.1 制定施工防护措施

（1）采用先进、合理的施工设备和工艺，严格按照操作规程科学安排作业程序，尽量缩短施工周期，最大限度地减轻项目施工对区域红树林生态系统的影响。

（2）严格控制夜间施工和夜间运输，选用低噪声的施工机械，减少噪声对红树林生态系统中野生动物的惊扰。

（3）航道疏浚的泥沙应该及时运出施工区域，不能直接倾倒在周边区域，避免泥沙填埋造成底栖动物死亡，避免覆盖红树植物根部而造成红树林受损甚至死亡。

（4）禁止在红树林内设置临时场地，工程所需堆料场以及工棚、施工码头等临时场地和设施应设置在红树林范围外，以保证工程施工对区域红树林的破坏降到最低水平。

（5）加强施工期管理，禁止施工人员向水体中直接排放生产废水和生活污

水，强化生产生活垃圾处理，予以统一回收处理；施工物料的堆放位置应远离海域，各类材料应有遮雨设施；生产、生活废水和固体废弃物应当收集集中处理，严禁向海中排放。避免燃油、机油、机械油污等泄露流入，以防污染红树林生长环境。

（6）严禁超范围施工。施工必须严格按照批复许可的范围进行，严禁超范围作业。在施工范围周围设置隔离网，确保施工人员不越界施工。

（7）强化施工人员安全防范意识，防止火灾发生。

10.4.2 强化对野生动植物的保护

（1）施工过程中要合理安排施工期，加强对野生动植物的保护，尤其是对红树林的保护，尽可能地减少对野生动植物的干扰。要减少对野生动物影响，尽量避免在动物繁殖高峰期（3～6 月）大规模施工。在鸟类的主要迁徙季节（春、秋季），严格控制光源使用量，对光源进行遮蔽，减少对外界的漏光量，尤其是在有大雾、小雨或强逆风的夜晚。

（2）运河通航后，应对通行船舶携带的船舶压载水进行定期取样，送至实验室对水样进行分析，评估赤潮发生的风险；对来往船舶是否安装压载水管理系统进行登记，要求远洋货轮必须安装船舶压载水管理系统，禁止将压载水沉积物直接排入水中，以减少生物入侵的风险。

（3）为减小船行波对滩涂和野生动物的冲击，航道边缘应该采取防护措施，减小船行波的冲击力；对于靠近滩涂和红树林的航道，应该对船只采取限速管理。

（4）应该对重点调查区的野生动物进行 5 年以上持续监测，记录重点调查区内的野生动物种类、数量，分析野生动物变化趋势。

10.4.3 切实保护好用地范围外的红树林

（1）根据周边红树林斑块与航道的距离，结合水动力、基底性质以及地形地貌等，采取针对性保护措施对红树林进行保护。一般来说，越靠近航道的红树林，受到航行波等的影响就越大。因此，对于紧邻航道的红树林，应采取最严格

的保护措施，通过锚桩或锚杆等工艺对基底进行固定，避免崩塌而导致红树林损毁。根据各红树林斑块受影响程度，采取不同的措施最大程度消减航行波对红树林的影响。如：设置防护帘；可以模仿高速公路上建隔音板和防护设施的方式，在红树林最外围建立防浪的栏板或大石头，以阻挡波浪侵袭。

（2）对经过平陆运河涉及红树林段的船舶进行限速，根据潮汐情况，调整航运时间，尽量消减船舶船行波对红树林的影响。

（3）施工期保持施工区域海水流通，避免施工器械及设施阻塞海水从而造成海水不能到达周边红树林生长区域，避免周边红树林因生长条件改变而死亡。

（4）严禁破坏施工范围以外的红树林，在施工边界设置隔离网，避免损害周边红树林。

（5）在水域施工范围边界设立围挡，避免施工过程产生的泥浆污水溢流和渗透至周边红树林地，以免造成水环境污染，避免覆盖红树植物表面而造成红树植物死亡。

（6）加强施工区域周边红树林的监测，跟踪监测项目建设期周边地形变化和红树林生长情况，一旦发现红树林出现衰退或者死亡事件，及时报告主管部门，调查原因并立即采取措施，及时控制局面，避免受损红树林扩大。

10.4.4 实施红树林植被恢复工作

（1）恢复方式

由于红树林生长在潮间带滩涂，地下部生物量往往占全植株总生物量的 60% 左右，根系极为发达；同时生长环境为软质底相，起树移植只带走极少部分的主根和细根，未经前处理的移植成活率基本为零。大苗移植的假植处理耗时长，代价高昂，而且生长环境必须良好，一般可以人为干预水体盐度、波浪等条件。由于平陆运河占用的红树林群落全为成熟龄以及以上，主要种类为桐花树、秋茄树、老鼠簕等，根系交错，移植的成功率非常低，故采用异地新造林的方式作为生态补偿。

对于永久用地范围内损坏的红树林，考虑到种植成活率不高，人工种植红树林生态效益低于天然林，根据相关研究，恢复至损毁状态红树林至少要按三倍面

积恢复才可能达到目的。因此，平陆运河应按毁坏面积的三倍进行种植。选用树种必须为乡土植物，以 2 年生苗为主，并进行为期 5 年的管护。红树林物种及搭配方式应根据恢复地的气候条件、底质类型、滩涂高程、盐度和水动力条件等确定，以气候条件和滩涂高程为主要选种依据。

（2）恢复作业

恢复前先进行整地，包括硬底相挖定植坎、动物庇护穴、浅坝缓流和围网保护造林地。硬底相潮滩上按 1m×2m 的株行距进行种植，采用木榄和秋茄树 2 年生袋苗，树种配比为 1:1。对于泥滩，按 1m×1m 的株行距进行种植，采用 2 年生袋苗。

（3）抚育管护

恢复后要加强对红树林的管护，聘请护林人员，进行日常巡护，对围网、浅坝适当护理，对发现不能应对的问题如病害、虫害受灾情况等要及时上报，最大程度地降低风险。及时组织人员清理退潮后悬挂在幼苗上的杂物，发现斜歪、倒状的要扶正。对于附着在植株上的藤壶，辅以化学或其它方法清除，以保证幼苗的正常生长。制止渔民在恢复区进行养殖、捕捞等活动，尽量减少和避免对红树林幼树的损害。

建议加快编制《红树林红树林防护和生态恢复方案》，具体实施以该方案为准。

10.4.5 开展生态环境监理与监测

为及时掌握和了解项目建设与运营对红树林的影响，以便采取完善和补救措施，确保将项目建设和运营对红树林的影响降至最低，在施工期（5 年）以及营运期初期（2 年内），在平陆运河周边 2 公里范围内，开展项目区红树林的生态监测工作。

建议委托第三方专业机构对项目区进行生态监测。监测机构应定期将监测结果向林业、海洋、生态环境等相关主管部门汇报，如有异常情况应立即汇报。受委托监测机构应当编制监测实施方案并报当地林业主管部门审批后组织实施。

10.4.6 加强红树林和湿地保护教育

项目建设前，建设单位会同生态环境、林业等部门，对项目施工人员进行环境保护教育和相关法律法规的宣传，通过举办环境保护知识讲座及发放宣传资料等方式，让施工人员了解湿地保护、红树林保护的有关规定、环境保护法律法规以及环境污染控制等。

施工单位应根据红树林保护条例的要求，制定并认真落实规范、环保的施工要求，与红树林和湿地主管部门协作加设关于生态环境保护、红树林保护、野生动植物保护、湿地保护的宣传牌、警示牌，安置在重点调查区醒目位置，标示敏感区、适当的施工方式等，严禁肆意破坏环境和自然资源的行为发生。如：在沙井钦江大桥两端、码头、村屯附近设置宣传牌或警示牌（内容至少包括：红树林资源保护条例、湿地保护条例、野生动植物保护条例等）。

10.5 牡蛎保护措施

10.5.1 采用高技术和环保型的施工方式

（1）环保疏浚施工

外海段施工采用环保疏浚方式，采用封闭疏浚机具减少悬浮泥沙的产生。另外，采用高精度施工方式，提高疏浚精度，减少超挖、超深。此外，在外海段施工应在挖泥船外围布置防污屏，控制悬浮泥沙的扩散范围，减少对周边牡蛎种质资源及牡蛎产业的影响。

（2）工期选择

香港牡蛎的养殖要经历采苗、养成、收获三个阶段。其中采苗的好坏是香港牡蛎养殖的主要生产环节。茅尾海海区香港牡蛎性腺发育及精卵排放时期是易受污染物干扰的敏感时期。茅尾海香港牡蛎性腺发育成熟度最饱满期是农历 4～5 月，最佳采苗时间是农历 5～6 月份。建议生态疏浚作业最佳施工期为冬初至春末。在主要经济养殖品种香港牡蛎繁殖和附着期 4～7 月，尤其是 6～7 月，施工过程中尽量减少对海域的干扰，以免外界环境因素对香港牡蛎种群繁衍产生不可

逆的影响，从而实现保护香港牡蛎种质资源的目标。

（3）疏浚施工方向

建议施工方向从龙门向钦江口方向，有利于通过潮水作用减轻施工带来的不利影响。

10.5.2 牡蛎天然种质资源保护

（1）异地保护

在航道工程施工以前，提前采集施工区域及沙井北盐度下降幅度较大区域的香港牡蛎和近江牡蛎天然种质资源，转移至茅尾海国家海洋公园生态与资源恢复区，计划转移的香港牡蛎天然亲本 5 万个，使用水面 200 亩，10 个蚝排，采取筏式吊养、降低养殖密度的方式予以保护。在工程完成后修复栖息地时再回迁部分种质资源；在茅尾海牡蛎天然种质资源保护区投放人工牡蛎礁，通过建立牡蛎礁区对牡蛎种质资源实施增殖保护。

图 10.5.2-1 牡蛎天然资源异地迁移采样示意图

（2）人工鱼礁投放

在茅尾海国家海洋公园生态与资源恢复区投放石块或投放海底人工鱼礁，建立人工鱼礁区对香港牡蛎种质资源实施增殖保护。人工鱼礁可采用海底人工鱼礁，以四角锥型(1×1×1m)的水泥构件为主，水深部分可以适当加大鱼礁的规格，整个保护区大约可以放置 100～130 个人工鱼礁。在水浅海区（主要是靠近西侧航道海域）可以投放石块。

综合考虑海洋功能区划、海洋水文(包括水流和水深)、海底底质类型、海底地形和海洋生物条件等因素的影响，选择饵料丰富、潮流和盐度适宜的海域投放人工鱼礁，为海洋生物提供栖息、繁育和保护的场所。为了更利于香港牡蛎的附着，人工鱼礁以普通硅酸盐水泥制造的粗糙混泥土构件为主，要求构件的阴暗面较多，水深部分可以适当加大渔礁的规格。礁体投入前需在水中浸泡一个月以上，以去除礁体中碱性物质等有害物。人工渔礁的投放时间安排在香港牡蛎的采苗季节。礁体投放后，应做好鱼礁的后期管理工作，定期检查渔礁设施情况，清除渔礁上附着的非饵料杂藻和浮泥等，防止渔礁区老化。完善增殖海域功能，实行轮捕轮放，合理采捕，控制采捕数量和规格。

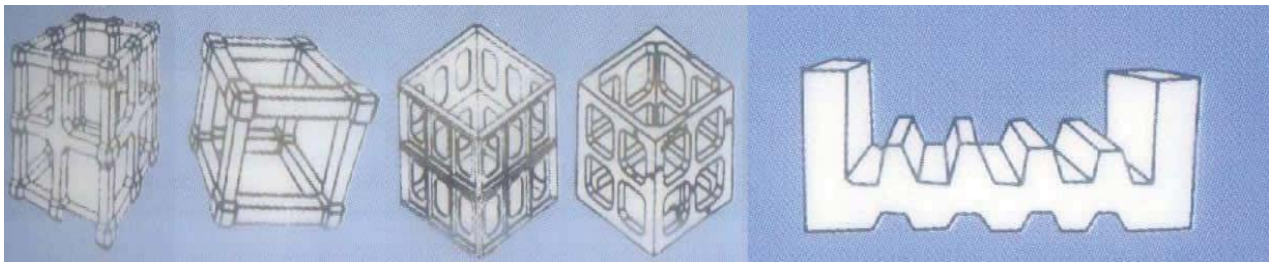


图 10.5.2-2 人工鱼礁示意图

10.6 防污屏（帘）措施分析

10.6.1 防污屏的原理与种类

防污屏是通过帘布阻碍疏浚悬浮物的扩散，降低疏浚土悬浮物的扩散距离，促使悬浮物沉降，以达到防污效果。防污屏简单来说是一种柔性的屏障，部署在浑浊的污染源和要保护的受体之间，用来抑制因疏浚或其他施工活动而引入水体

中的细颗粒沉积物。

防污屏已被许多国家广泛用于改善和实现沉积物的再悬浮与扩散。从材料上区分，目前广泛应用的防污屏类型主要有土工布防污屏和气泡式防污屏两种。土工布防污屏一版由水面上一系列浮子和水下柔软的布组成，并由重链保持竖直。在靠近底床的地方保留一个间隙，以考虑潮汐调节和压力释放，这也导致了帘体受到水流压力过高时发生扩口，使细粒悬浮物更容易随着水流从防污屏下方流失。这种防污屏的作用不是将浑浊水体完全隔离，而是促进悬浮沉积物向下迁移至更深的水层，以缩短沉降时间，从而使帘外的水体浑浊度最小化。锚固施工需要有足够的间隙，这样防污屏就可以随着波浪和潮汐移动，适用于相对较深的水域。

气泡防污屏由位于底泥上部的一条穿孔软管和岸上空气压缩机构成，软管上的气泡孔可产生自下向上的连续压缩空气，形成气泡帘，带动水流从气泡出口处至水面形成自下向上运动，在密封疏浚区形成回流，从而将疏浚悬浮物限制在疏浚核心区域内。它允许船只和设备在气泡帘上自由移动，同时又可阻隔悬浮物质。气泡帘适用于距离陆地较近的海域。综合考虑，平陆运河推荐选用土工布防污屏，在局部区域可以尝试使用气泡防污屏。

10.6.2 防污屏的应用效果

根据中交二航院编制的《洋浦港洋浦港区航道改扩建工程施工及环保方案论证报告》，对防污屏应用效果进行介绍。

1、《关于在海州湾日照港北港区港口岸线退岸还海修复整治工程中设置防污屏等环保措施的研究分析》

杨代军 2018 年发表的文章，对“海州湾日照港北港区港口岸线退岸还海修复整治工程”防污屏的应用效果进行了研究，表明在水流较小（≤0.25m/s）的场合，防污屏外面水的混浊度（mg/L）可比屏内或上游的减少 80～90%。虽然可能有混浊物在屏下面流动，就整体而言，水体上层悬浮物量大大减少了；在中等流（≤0.5m/s）情况下，合理布放和维护防污屏也可有效地控制（在屏体下面）的混浊水流。

2、埃及苏赫纳第二集装箱码头

参考郭家永 2021 年发表的《浅谈防污屏在非封闭倾废区的应用》，埃及苏赫纳第二集装箱码头位于苏伊士运河南入口约 40km，在开罗东南方向 140km。工程包括疏浚、回填（地基处理）、码头结构、护岸等，针对开敞式水域抛填、吹填后扩散范围较大的特点，采用“防污屏”方式最大程度降低抛填影响，降低周边污染以满足环保要求达到环保施工。在水流较小（≤0.5knot）的场合，防污屏外面水的混浊度（mg/l）可比屏内或上游的减少 80~90%。虽然可能有混浊在屏下面流动，就整体而言，水体上层悬浮物量大大减少了。

3、厦门大小嶝纳尼造地工程

厦门海域清淤整治及大小嶝纳泥造地工程实施时，为减缓悬浮泥沙的环境影响，尝试采用简易防污屏对中转坑进行围护。厦门路桥建设集团有限公司委托福建省海洋研究所对中转坑及其周边海域进行海洋环境影响跟踪监测。防污屏内外两侧均设有监测站为，其中 CN01、CN05、CN06、CN08、CN09 在防污屏外。

从现场照片和监测数据等可以看出：卸泥点悬浮泥沙含量最大，随着离卸泥点距离扩大，泥沙不断沉降，悬浮泥沙浓度也越来越低，防污屏外监测点的悬浮泥沙浓度差异较大。从防污屏两侧距离最近的两个监测点 CN04（防污屏内侧、141mg/L）和 CN06（防污屏外侧、53.8mg/L）对比可以看到，防污屏对悬浮泥沙扩散的抑制效果达到 61.8%。

图 10.6.2-1 悬浮泥沙监测站位图

图 10.6.2-2 防污屏使用现状

4、凤凰岛二期项目拆除工程

根据《凤凰岛二期项目拆除工程环境影响报告书》，工程拟拆除凤凰岛二岛人工岛 49.41hm^2，拆除岸壁式沉箱码头 1610m，预计施工工期 18 个月。工程距

三亚珊瑚礁国家级自然保护区是最近距离约为 0.36 公里。为了减小施工对周边敏感目标的影响，拟在凤凰岛二期周边布设防污屏，具体布位为凤凰岛岛屿护岸线外侧 100m，共布设两道防污屏。

根据 2021 年 11 月开展的凤凰岛二期项目拆除工程区域监测周报（第 13 期），监测单位（三亚市环境监测站和海南绿屿环境科技有限公司）在施工影响区域和工程排海口共布置 15 个海水水质监测点位，其中，在施工影响区域三亚港航运区、三亚湾近岸海域、珊瑚礁保护区分别设置 5 个、6 个、3 个监测点位；在工程排口处设置 1 个监测点位，为排口海水 H1。

监测频次：施工影响区域三亚港航运区、三亚湾近岸海域、珊瑚礁保护区监测点位每月监测 1 次，于 11 月 24 日实施监测；排口海水 H1 监测点位每周监测 1 次，于 11 月 28 日实施监测。工程排海口测点 H1 悬浮物浓度为 8mg/L，经过防污屏的测点悬浮物浓度为 3～5mg/L，其中距离 H1 点最近的三亚湾海域 3#测点悬浮物浓度为 3mg/L，防污屏对悬浮泥沙抑制效率约为 62.5%。

总体而言，对于内河区域流速较小的情况下（流速≤0.25m/s），防污屏的效果可以达到 80%以上；对于外海流速较大、但整体风浪条件稳定的情况下，防污屏的效果可以达到 60%。因此，在平陆运河外海段布放防污屏，可以有效控制悬浮泥沙的影响范围，减少对海水水质、海洋生态系统的影响。

10.6.3 防污屏布放思路

（1）抓斗船布放防污屏

在抓斗开挖过程中，扰动原状土导致会水体浑浊。为降低悬浮泥沙影响，在本工程施工过程中，采用在抓斗前方开挖区设置固定金属框架，沿金属框架垂直方向悬挂防污屏，可以较好地控制悬浮土颗粒水平扩散范围，最大限度的降低开挖对海洋环境造成的污染。

图 10.6.3-1 配有防污屏的抓斗船

（2）绞吸式挖泥船（链斗式挖泥船）布放防污屏

在挖泥船施工工作区域范围之外 20~50m 范围设置 2 道防污屏，防污屏间距 2m。泥驳船溢流区域外围布置 2 道防污屏，防污屏间距 2m。

在实际施工中，需根据工程周边海域水质、红树林、牡蛎养殖等实时监测情况，对防污屏布置方案进行适当调整；一旦发现水质、红树林、牡蛎等发生异常情况，应立刻查找原因，及时处理，必要时停工，最大程度减小施工悬浮物对周边敏感生物的影响。防污屏布设方案将在施工设计阶段进一步细化。防污屏环保措施具有工程可行性。

11 环境经济损益分析

11.1 经济及社会效益分析

（1）平陆运河工程建设将有助于优化区域运输结构、减少能源消耗

本次拟建的平陆运河工程已纳入《交通强国建设纲要》《西部陆海新通道总体规划》《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，属于国家战略。该运河建设后较目前经梧州由广州出海缩短航程约560km，是广西内河出海的捷径，具有显著的节能减排效益。因此，本次工程的建设有助于优化区域运输结构，减少能源消耗，是交通运输行业加快推动能源结构转型和低碳发展，建设交通强国的重要举措。

（2）平陆运河工程将极大提升北部湾港海陆双向辐射能力，支撑国家西部对外开放，社会和经济效益显著。

北部湾港在国家综合运输体系和服务西部陆海新通道中区位优势独特，但由于受限于陆向面向西部畅通经济的物流大通道尚未真正形成，目前海陆双向辐射能力仍显不足，难以支撑国家战略和西部地区经济发展和对外开放的要求。随着北部湾港总体规划的实施，海运船舶大型化的逐步发展，北部湾港吞吐能力能够得到极大提升。

在此背景下，平陆运河工程的实施，将直接打通北部湾与西部地区的畅通经济物流大通道，极大缓解北部湾港目前存在的铁路通道能力紧张、港口集疏运存在瓶颈、港口能力存在结构性矛盾等主要问题，推动北部湾港高质量发展，从而进一步推动我国西部地区的对外开放。

同时，对于本项目的建设还将有力的促进广西经济发展，提高当地的税收。同时由于北海市货运量的增加，将带动其他与物流及加工相关的企业的蓬勃发展，吸引外部投资，增加当地就业机会，具有良好的社会效益。

（3）本工程建设有助于发挥水资源综合效益

本次拟建的平陆运河工程还将能够充分发挥水资源的航运、饮用、生态等功能，促进水资源统筹综合使用。运河调水增加了沿线沙坪河、旧州江、钦江水资源量，对于河流水质改善起到了一定的积极作用。

11.2 环境损失分析

本次平陆运河不直接占用生态敏感区域，外海航道疏浚也会对茅尾海海洋生态系统产生影响，对渔业资源、滨海湿地、所栖息的生物产生干扰和破坏。航运调水会对茅尾海的盐度产生变化，但其盐度的变化也位于滨海湿地植被、主要海洋生物的可适应范围之内。平陆运河入海口及近海航道工程建设期带来的环境损失主要表现在航道疏浚对海洋生态系统、渔业资源及近岸红树林的影响；运行期船舶噪声、船舶污水和垃圾、船舶污染事故以及工程建设带来的其它环境变化。本项目建设产生的环境有利变化主要表现：航道条件改善后，在年通过货运总量相同的情况下，通航时间缩短所引起的各类污染物的减少。

（一）施工期

（1）入海口航道的整治，将入海口河段部分红树林斑块造成破坏，同时航道水上作业将造成局部水域悬浮物浓度增加，对水环境的污染影响，对浮游动植物、底栖动物和鱼类生境的影响。护岸、疏浚占用水域面积将造成底栖、鱼卵仔鱼等生物量损失，对渔业资源有一定影响。

（2）施工船舶舱底油污水、施工人员生活污水、施工船舶废气及噪声、施工产生的固体废物都将对施工区域造成一定程度的污染影响。

（3）工程建设将造成底栖生物量损失，鱼卵仔鱼损失，对区域生态环境产生一定程度影响。本次平陆运河（海洋段）施工将造成底栖生物损失量为 1757.28t，航道疏浚施工直接造成鱼卵、仔鱼折算成商品鱼苗损失 5.02×10^6 尾，游泳动物损失量约为 18.52×10^3kg。按 3 年补偿，游泳生物单价 15 元/kg，则航道疏浚的海洋生物资源损害价值约 5486.40 万元。

（二）运行期

（1）工程建设后，整治范围海床地形、地貌变化小，对鱼类的生境影响小，通过增殖放流、建设牡蛎礁等生态补偿措施可以减小工程对渔业资源的损失。

（2）水生服务区配备的船舶污染物接收设施将对航道内船舶生活污水、含油污水、垃圾接收后进行集中处理。

（三）环保投资

为了加强建设项目的环境管理，防治环境污染，减轻或防止环境质量下降，

根据《建设项目环境保护设计规定》的要求，该项目的环保设施必须与主体工程“同时设计、同时建设和同时投入使用”。环保建设投资主要包括环保工程建设、配套设备费用、环保生态监测和资源损失补偿费等。凡防治污染、保护环境所设的装置、设备和设施，其投资应全部计入环境保护投资；生产需要又为环保服务的设施，其投资应按不同的比例部分计入环境保护投资；某系特殊的环境保护设施，其投资客按实际计入。经分析，本项目海洋环境保护投资约 4.78 亿元。

11.3 环保措施的环境经济效益分析

本工程将采取相应措施，以减缓或治理施工期、运行期对评价区域环境产生的影响。

（1）工程施工对钦州滨海建成区有短期的影响，通过控制采取适当的方法、文明施工，加强施工监理，可避免施工对环境保护目标的影响，保证沿线居民正常的生活秩序。

（2）加强运行期船舶污染物的监管，禁止在平陆运河沿线排放船舶污染物，通过在北部湾港及运河沿线的水上服务进行船舶污水、生活垃圾收集，由具备资质的接收船舶接收处理；施工船舶配备垃圾储存容器或垃圾袋收集生活垃圾和生产废物，由有资质的单位收集后送岸上处理。可有效杜绝上述污染物对航道的污染影响。

（3）本次平陆运河建设促进了区域航运发展，也可能导致产生船舶污染事故，提高了环境风险。从其他通航水域来看，由于船舶安全管理系统的完善，整体上船舶污染事故的概率是在不断下降的。平陆运河建设后会增加污染事故发生概率，但概率较低，事故规模也较小，经分析总体处于风险可控的范围之内。

（4）通过异地红树林生补植、增殖放流等措施，可以在较大程度上降低红树林损失，在航道外合适区域通过生境修复等手段，开展红树林人工种植等方式重建红树林生态系统。通过增殖放流等方式补偿和恢复施工过程中造成的鱼类资源损失。

11.4 建设项目环境经济损益分析与评价

结合本项目带来的环境损失、产生的经济效益和社会效益以及工程的环保投

资和产生的环境经济效益进行综合分析和比较，本项目的建设在创造良好经济效益和社会效益的同时，经采取污染防治措施和评价建议后，能够将工程带来的环境损失降到较低程度。综上所述，本项目的建设将达到经济效益、社会效益和环境效益的统一。

11.5 环保措施经济可行性分析

本项目的建设是西部陆海新通道的重要组成部分，将极大改善钦州港及北部湾港的集疏运通道，是推动钦州港及北部湾港高质量发展的重要依托，有助于推动我国西部地区经济对外开放。平陆运河的建设将最大程度上提高了钦州港内地的辐射能力，优化钦州港的整个集疏运体系条件，将极大地带动港口下一阶段的发展， 提高钦州港及北部湾港的竞争力，具有较高的社会效益和经济效益。

12 公众参与

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《环境影响评价公众参与管理办法》等法律法规，平陆运河工程公众参与的具体过程如下：

建设单位广西壮族自治区交通运输厅委托中交水运规划设计院有限公司开展平陆运河可行性研究以及其他专题研究工作。我单位与中交水运规划设计院有限公司签订了环境影响评价报告技术咨询合同，承担项目工可阶段环境影响评价报告书编制工作，并于 2022 年 2 月 24 日出具了委托说明书。收到委托后，于 2022 年 2 月 25 日通过广西壮族自治区交通运输厅网站发布环境影响评价公众参与第一次信息公示。

2022 年 5 月，我院完成了《平陆运河（平塘江口—兰海高速钦江大桥段）环境影响报告书》以及《平陆运河（兰海高速钦江大桥以下段）环境影响报告书》征求意见稿编制。5 月 23 日至 6 月 6 日，建设单位广西壮族自治区交通运输厅在其网站对报告书征求意见稿进行了公示。

在网络平台公开征求意见的 10 个工作日内，于 2022 年 5 月 27 日和 5 月 29 日在南宁日报进行了两次登报公示；于 2022 年 5 月 26 日和 5 月 30 日在钦州日报进行了两次登报公示。

在第二次网络公示期间，在沿线村庄进行了张贴公示，张贴日期不少于 10 个工作日。张贴地点选择为施工期、运营期的环境敏感点，包括辣椒槌村、茅坡社区、沙坡村、尖山街道等 20 余个村庄街道的公示栏进行张贴公示。

13 海洋工程的环境可行性

13.1 海洋功能区划和海洋环境保护规划的符合性

13.1.1 与广西壮族自治区海洋功能区划的符合性

2012 年 10 月，国务院对《广西壮族自治区海洋功能区划（2011—2020 年）》批复（国函〔2012〕166 号）。海洋功能区划是合理开发利用海洋资源、有效保护海洋生态环境的法定依据。

平陆运河出海航道位于钦州湾海域，钦州湾海域包括茅尾海和钦州湾外湾。茅尾海主要功能为海洋保护、农渔业和旅游休闲娱乐，兼顾工业与城镇用海和港口航运。钦州湾外湾主要功能为港口航运、工业与城镇用海和农渔业。应重点保障港口和大型临海工业用海需要，依托保税港区及港口集中的优势，发展港口增值服务和物流业及其他临海工业等。

其中，农渔业区指适于拓展农业发展空间和开发海洋生物资源，可供农业围垦、渔港和育苗场等渔业基础设施建设、海水增养殖和捕捞生产，以及重要渔业品种养护的海域，包括农业围垦区、渔业基础设施区、养殖区、增殖区、捕捞区和水产种质资源保护区。港口航运区指适于开发利用港口航运资源，可供港口、航道和锚地建设的海域，包括港口区、航道区和锚地区。工业与城镇用海区指适于发展临海工业与滨海城镇的海域，包括工业用海区和城镇用海区。旅游休闲娱乐区指适于开发利用滨海和海上旅游资源，可供旅游景区开发和海上文体娱乐活动场所建设的海域，包括风景旅游区和文体休闲娱乐区。海洋保护区指专供海洋资源、环境和生态保护的海域，包括海洋自然保护区、海洋特别保护区。保留区指为保留海域后备空间资源，专门划定的在区划期限内限制开发的海域。

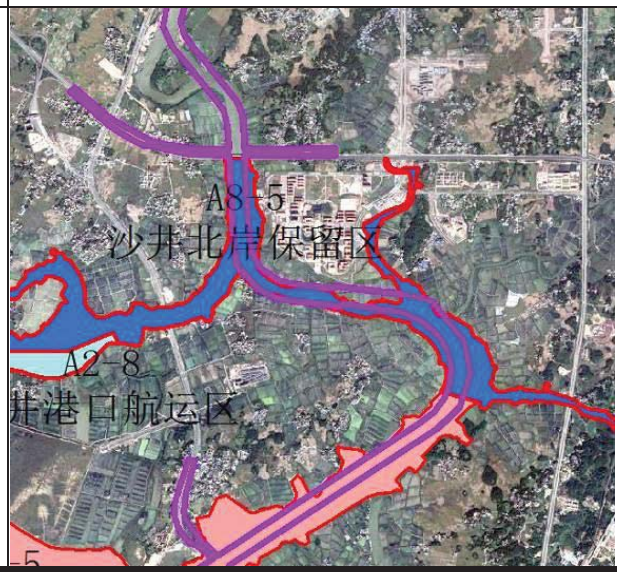
本次平陆运河航道主要占用七十二泾旅游休闲娱乐区、茅尾海东岸工业与城镇用海区、茅尾海东岸旅游休闲娱乐区、沙井北岸保留区、茅尾海农渔业区、茅尾海中部海洋保护区、茅尾海东部农渔业区、茅尾海东岸旅游休闲娱乐区、沙井北岸保留区，不涉及海洋保护区的占用。但不同海洋功能区涉及不同环境保护目

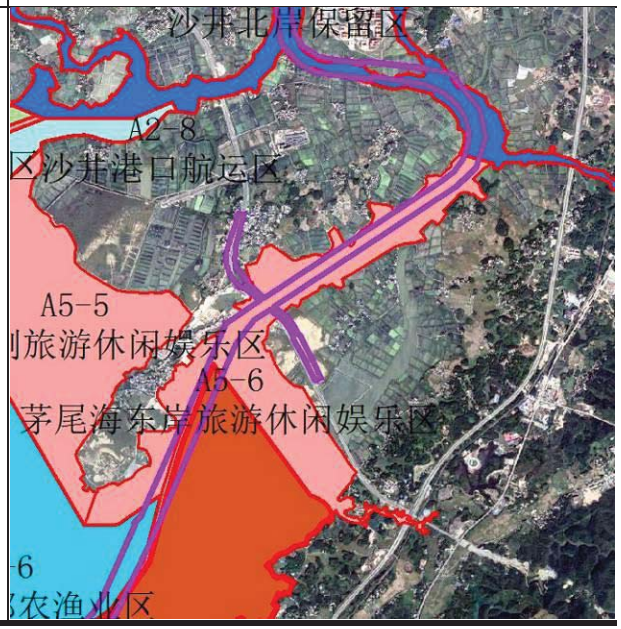
标，沙井北岸保留区海水水质执行不劣于三类标准，海洋沉积物和海洋生物执行二类标准；旅游休闲娱乐区应严格实行污水达标排放和生活垃圾科学处置；海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准；农渔业区严格实行污水达标排放；海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准。港口航运区禁止向港口水域倾倒泥土、砂石以及超过规定标准的有毒、有害物质；海水水质执行不劣于四类标准，海洋沉积物和海洋生物执行不劣于三类标准。建议平陆运河实施船舶污染物禁排政策，船舶产生的所有含油污水、生活污水、垃圾均禁止排放进入运河。在钦州水上服务区、新福水上服务区设置船舶水污染物（垃圾、生活污水、含油污水）接收设施，收集进出平陆运河产生的船舶水污染物，接收后的船舶污染物经车辆或管道应转运至城市污水处理厂、垃圾填埋/焚烧厂进行处理，危险废物应由具备危险废物处理资质的单位处理处置。

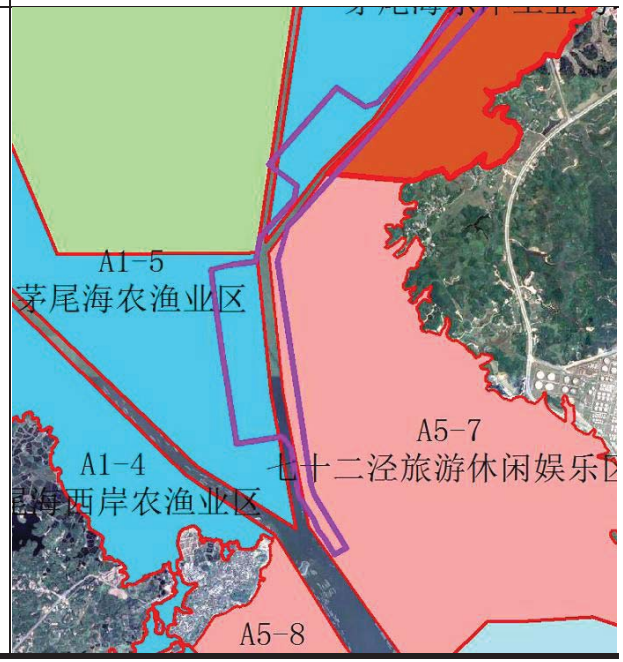
本次平陆运河主要以航道疏浚为主，并未改变海域自然属性，但会对原有海洋功能产生一定影响。目前，海洋功能区划已经到达规划期，正在开展国土空间规划工作。建议后续与国土空间规划进行衔接，将平陆运河线路用海需求纳入国土空间规划。

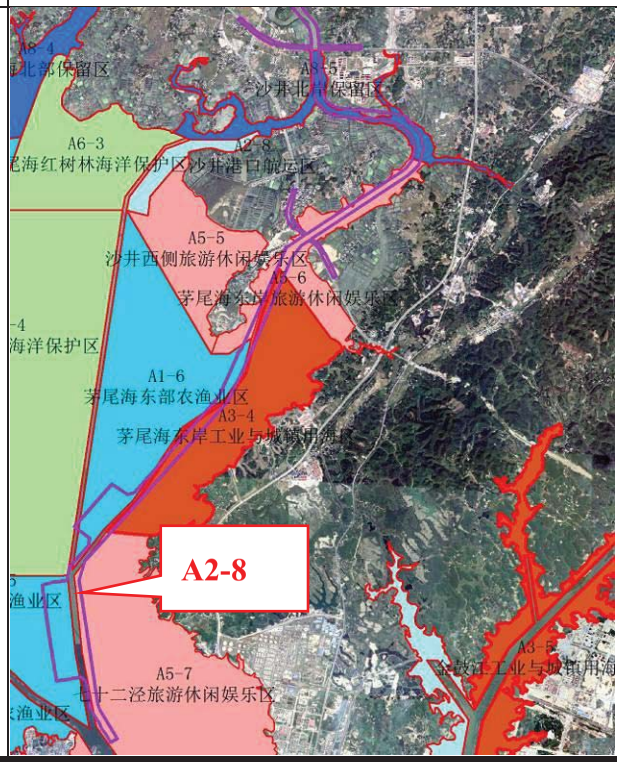
总体上，本次平陆运河工程与《广西壮族自治区海洋功能区划（2011—2020年）》相协调。

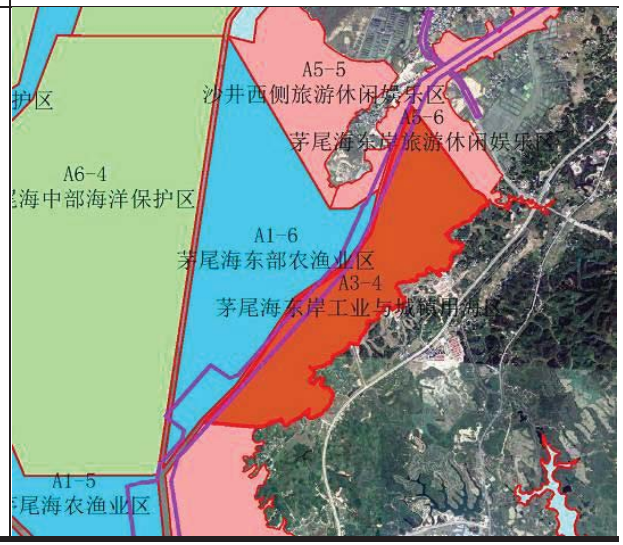
表 13.1-1 平陆运河建设工程与广西壮族自治区海洋功能区划协调性分析

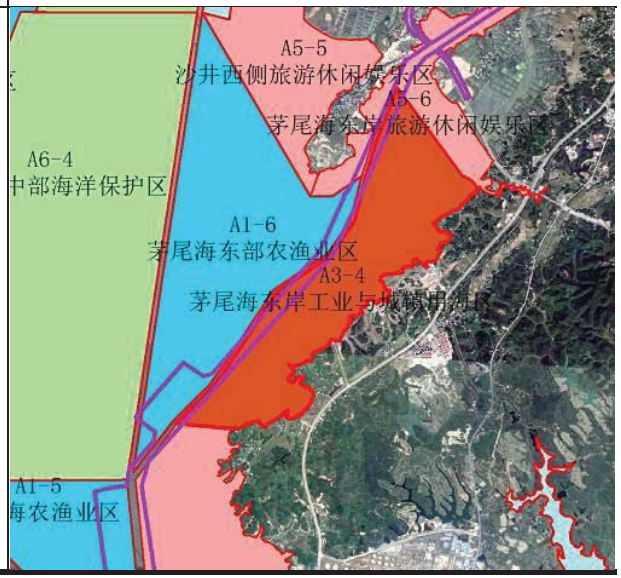
代码	功能区名称	功能区类型	管理要求 海域使用管理管理要求			海洋环境保护管理要求		与平陆运河航线关系	航道相关关系	协调性分析结果	穿越区域截图
			用途管制	用海方式控制	海岸整治	生态保护重点目标	环境保护				
A8-5	沙井北岸保留区	保留区	兼容排洪泄洪功能	禁止围填海；不得影响防洪、泄洪安全		保障河道畅通	海水水质执行不劣于三类标准，海洋沉积物和海洋生物执行二类标准	穿越	占用面积706649平方米	基本协调	

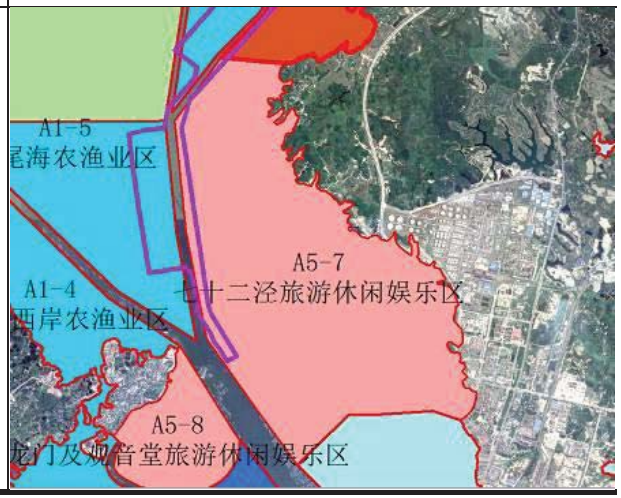
代码	功能区名称	功能区类型	管理要求 海域使用管理管理要求			海洋环境保护管理要求		与平陆运河航线关系	航道相关关系	协调性分析结果	穿越区域截图
			用途管制	用海方式控制	海岸整治	生态保护重点目标	环境保护				
A5-6	茅尾海东岸旅游休闲娱乐区	旅游休闲娱乐区	海岸基本功能为旅游娱乐用海	合理控制旅游开发强度，完善旅游基础设施建设；限制大规模围填海及其他破坏海岸地形、岸滩形态的活动	进行海域清淤与海岸环境修复	保护重要自然景观	严格实行污水达标排放和生活垃圾科学处置；海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准	穿越	占用面积862278.59平方米	基本协调	

代码	功能区名称	功能区类型	管理要求 海域使用管理管理要求			海洋环境保护管理要求		与平陆运河航线关系	航道相关关系	协调性分析结果	穿越区域截图
			用途管制	用海方式控制	海岸整治	生态保护重点目标	环境保护				
A1-5	茅尾海农渔业区	农渔业区	海岸基本功能为渔业用海，保护牡蛎资源；兼顾旅游娱乐功能；海域使用应与相关部门协调。	禁止改变海域自然属性；按照养殖容量控制养殖规模和养殖密度；引进生态养殖技术，逐步开发休闲渔业；在充分论证的基础上可以采砂；不得影响防洪、泄洪安全。	采取清淤、采砂方式清理影响纳潮量的不科学的养殖方式等，推进茅尾海海域的综合整治。	保护海岸景观和湿地景观；维持茅尾海水动力和航道通畅。	严格实行污水达标排放；海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准。	穿越	占用面积1413347.38万 m^2	基本协调	

代码	功能区名称	功能区类型	管理要求 海域使用管理管理要求			海洋环境保护管理要求		与平陆运河航线关系	航道相关关系	协调性分析结果	穿越区域截图
			用途管制	用海方式控制	海岸整治	生态保护重点目标	环境保护				
A2-8	沙井港口航运区	港口航运区	优先保障港口航运用海，主要服务于当地生产生活以及旅游客运等；兼顾旅游娱乐功能。	允许适度改变海域自然属性；严禁建设港口基础设施以外的其他永久性设施。		维护港口水深条件和航道通畅；应减少对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀。	禁止向港口水域倾倒泥土、砂石以及超过规定标准的有毒、有害物质；海水水质执行不劣于四类标准，海洋沉积物和海洋生物执行不劣于三类标准。	穿越	航道位置	协调	

代码	功能区名称	功能区类型	管理要求 海域使用管理管理要求			海洋环境保护管理要求		与平陆运河航线关系	航道相关关系	协调性分析结果	穿越区域截图
			用途管制	用海方式控制	海岸整治	生态保护重点目标	环境保护				
A1-6	茅尾海东部农渔业区	农渔业区	海岸基本功能为渔业用海，兼顾旅游娱乐功能。	禁止改变海域自然属性；按照养殖容量控制养殖规模和养殖密度；引进生态养殖技术，逐步开发休闲渔业；不得影响防洪、泄洪安全。	采取清淤、疏浚方式清理影响纳潮量的养殖活动，推进茅尾海海域综合整治。	维护航道和渔业生态环境稳定。	严格实行污水达标排放和生活垃圾科学处置；海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准。	穿越	占用面积1300419m^2	基本协调	

代码	功能区名称	功能区类型	管理要求 海域使用管理管理要求			海洋环境保护管理要求		与平陆运河航线关系	航道相关关系	协调性分析结果	穿越区域截图
			用途管制	用海方式控制	海岸整治	生态保护重点目标	环境保护				
A3-4	茅尾海东岸工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	保障钦州市滨海新城用海需要。	允许适度改变海域自然属性；优化围填海平面设计，禁止采取截湾取直方式形成人工岸线；注意建设区的排涝防洪设计。	进行海域清淤与海岸生态建设与整治。	保障茅尾海水动力和地形地貌基本稳定。	严格城市废水的达标排放，海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平。	穿越	占用面积822998m^2	基本协调	

代码	功能区名称	功能区类型	管理要求 海域使用管理管理要求			海洋环境保护管理要求		与平陆运河航线关系	航道相关关系	协调性分析结果	穿越区域截图
			用途管制	用海方式控制	海岸整治	生态保护重点目标	环境保护				
A5-7	七十二泾旅游休闲娱乐区	旅游休闲娱乐区	利用海岛优势，建成集自然景观和人文景观于一体的滨海型旅游区。	允许适度改变海域自然属性；合理控制旅游开发强度，完善旅游基础设施建设；严格控制填海连岛。	加强海岛和海岸整治修复。	保护海岛旅游景观；保持重要自然景观和人文景观的完整性和原生性。	严格实行污水达标排放生活垃圾科学处置；海水水质执行不劣于二类标准，海洋沉积物和海洋生物执行一类标准。	穿越	占用面积737386m^2	基本协调	

13.1.2 与广西壮族自治区生态保护红线（待批复）的符合性

广西壮族自治区自然资源厅已完成全区生态保护红线的评估调整工作，陆域生态保护红线面积为 50335.73 平方公里，占陆域国土面积的 21.27%。依据生态服务功能重要性或生态敏感性脆弱性类型，广西区陆域生态保护红线主要包括水源涵养功能、生物多样性维护功能、水土保持功能 3 类红线，具体划分为 24 个片区，包括 8 个水源涵养片区、13 个生物多样性维护片区、3 个水土保持功能片区。

生态保护红线原则上按禁止开发区域的要求进行管理。严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，严禁任意改变用途，严格禁止任何单位和个人擅自占用和改变用地性质，鼓励按照规划开展维护、修复和提升生态功能的活动。

根据叠图分析，平陆运河航道线位不占用生态保护红线（待批复），符合广西壮族自治区生态保护红线的要求。

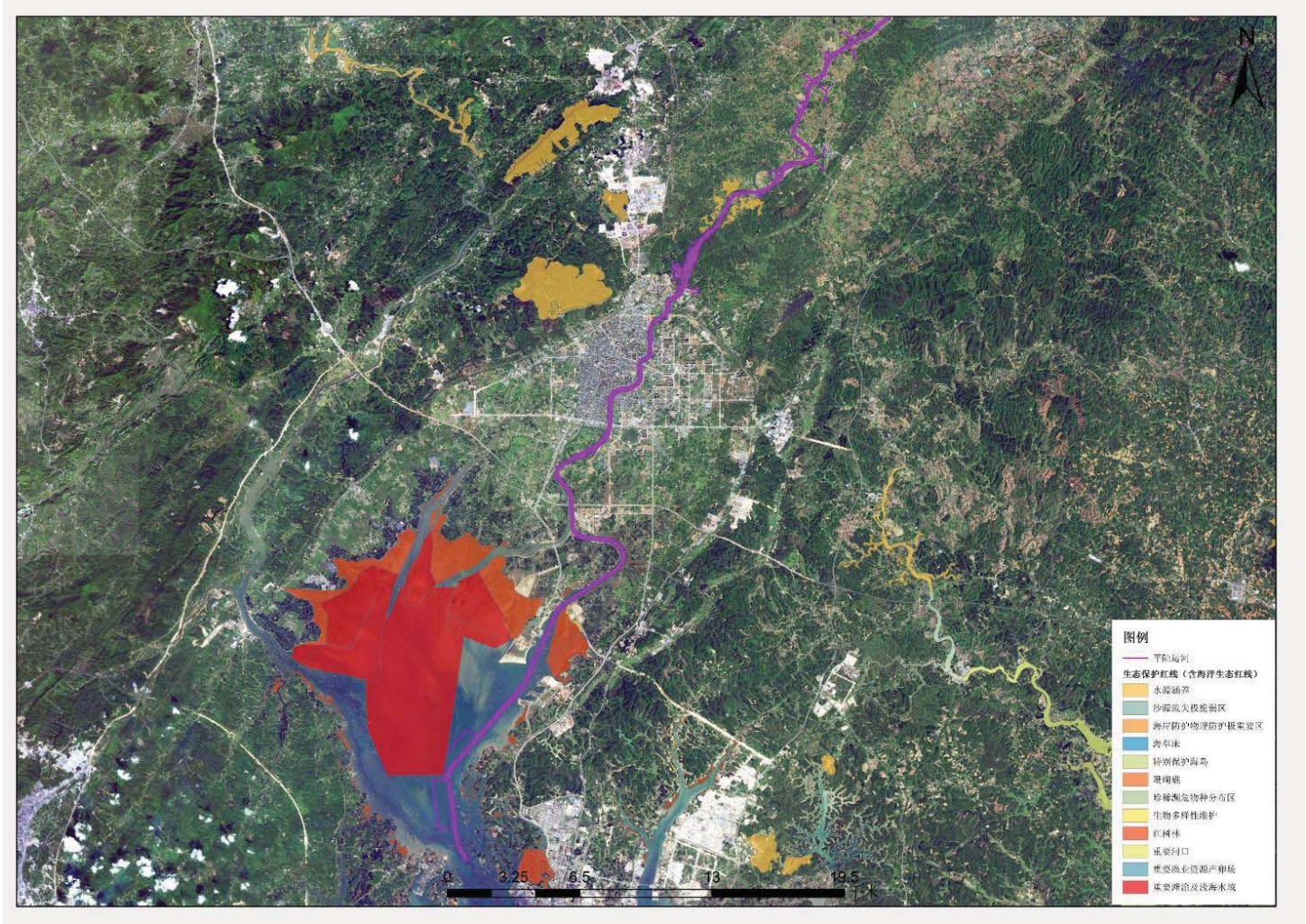


图 13.1-2 平陆运河建设工程与生态保护红线（待批复）协调性分析叠图

13.1.3 广西壮族自治区海洋生态红线（现行）

2017 年，《广西海洋生态红线划定方案》获广西壮族自治区人民政府批复，并由广西海洋和渔业厅正式印发和组织实施。海洋生态红线区指为维护海洋生态系统健康和环境安全，以重要生态功能区、海洋生态敏感区和脆弱区为保护重点而划定的实施严格管控、强制性保护的区域。方案划分了 2 类禁止类红线区和 8 类限制类红线区共 54 个，着重强调了自然保护区、重要河口、重要滨海、沙源、自然岸线等地区的红线保护。

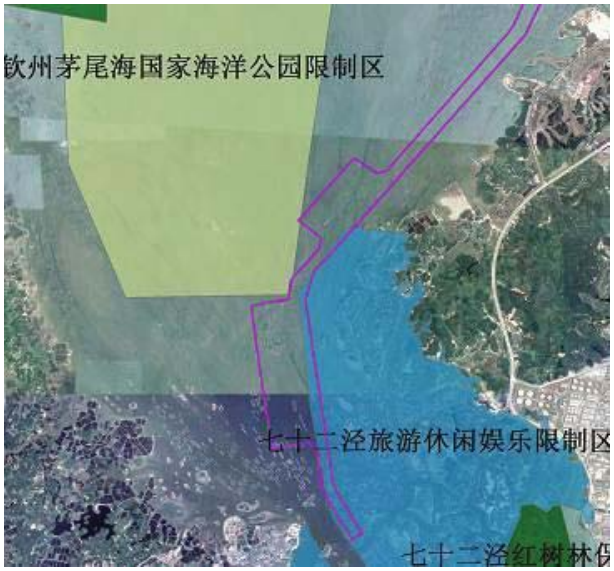
海洋生态红线共 54 个，包括禁止类红线区 5 个，限制类红线区 49 个。涉及到海洋保护区、重要河口限制类红线区、重要滨海湿地限制类红线区、重要渔业海域限制类红线区、特别保护海岛限制类红线区、自然景观与历史文化遗迹限制类红线区、重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区、重要滨海旅游区限制类红线区、珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区等相关管控措施。其中，平陆运河的入海口钦州地区海洋生态红线区 8 个，具体划分了 1 个禁止类红线区和 7 个限制类红线区。

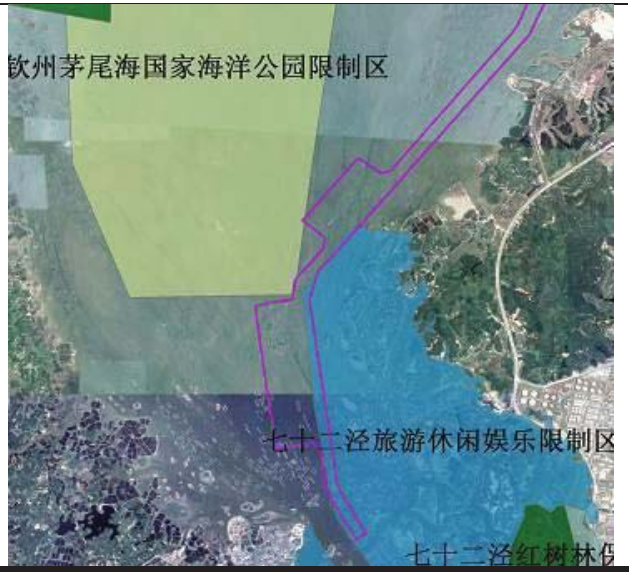
通过叠图分析，提出本次平陆运河与《广西海洋生态红线划定方案》协调性分析结果如下：航道方案未穿越禁止区，穿越了 2 处限制区，分别为茅尾海东岸重要滨海旅游区限制类红线区、七十二泾旅游休闲娱乐限制区，紧邻钦州茅尾海国家海洋公园限制区。平陆运河满足茅尾海东岸重要滨海旅游区限制类红线区、七十二泾重要滨海旅游区限制类红线区基本管控要求，但在保护红树林及其生物多样性上应研究制定保护和补偿方案，同时根据环境保护要求，制定环保方案。

总体上，本次平陆运河工程与《广西壮族自治区海洋生态红线》相协调。

表 13.1-2 平陆运河建设工程与广西壮族自治区海洋生态红线区协调性分析

序号	代码	管控类别	类型	名称	生态保护目标	管控措施	协调性	与平陆运河位置关系	局部截图
1	45-Xj07	限制类	重要滨海旅游区	茅尾海东岸重要滨海旅游区限制类红线区	红树林生态系统，海洋景观，岸滩、岛屿生态、渔业和自然资源	1、禁止改变自然属性、破坏生态功能、影响自然景观的围填海。2、禁止采挖海砂。3、不得新增入海陆源工业直排口。4、海洋生态红线区陆源入海直排口污染物排放达标率达 100%。5、控制养殖规模，鼓励生态化养殖。6、对已遭受破坏的海洋生态红线区，实施可行的整治修复措施，恢复原有生态功能。7、实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾。 管控措施：保护红树林及其生物多样性，维护海洋景观，保持岸滩的自然稳定，加强对重要河口的整治和生态修复，改善海岛生态环境。允许适度开展生态旅游及必要的旅游观光港口设施建设。 环境保护要求：维持、恢复、改善海岛生物多样性，保护海岛自然景观。加强水质监测，杜绝不达标的陆域生活污水排海。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。	基本协调	穿越面积 63.9 万 m^2	

序号	代码	管控类别	类型	名称	生态保护目标	管控措施	协调性	与平陆运河位置关系	局部截图
2	45-Xj05	限制类	重要滨海旅游区	七十二泾重要滨海旅游区限制类红线区	红树林生态系统，海洋景观，岸滩、岛屿生态、渔业和自然资源	1、禁止改变自然属性、破坏生态功能、影响自然景观的围填海。2、禁止采挖海砂。3、不得新增入海陆源工业直排口。4、海洋生态红线区陆源入海直排口污染物排放达标率达100%。5、控制养殖规模，鼓励生态化养殖。6、对已遭受破坏的海洋生态红线区，实施可行的整治修复措施，恢复原有生态功能。7、实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾。 管控措施：保护红树林及其生物多样性，维护海洋景观，保持岸滩的自然稳定，加强对重要河口的整治和生态修复，改善海岛生态环境。允许适度开展生态旅游及必要的旅游观光港口设施建设。 环境保护要求：维持、恢复、改善海岛生物多样性，保护海岛自然景观。加强水质监测，杜绝不达标的陆域生活污水排海。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。	基本协调	穿越面积20.7万 m^2	

序号	代码	管控类别	类型	名称	生态保护目标	管控措施	协调性	与平陆运河位置关系	局部截图
3	Xb-03	限制类生态红线区	海洋特别保护区	广西钦州茅尾海保护区限制类红线区（钦州茅尾海国家海洋公园限制区）		管控要求：在海洋自然保护区的核心区和缓冲区，禁止开展任何形式的开发建设活动。 管控措施：按照《海洋特别保护区管理办法》（2010 年 8 月 31 日）进行管理。禁止实施各种与保护无关的建设工程和经营性用海活动。 环境保护要求：维持、恢复、改善海湾生态环境和生物多样性，保护自然景观。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。	基本协调	紧邻保护区	

13.1.4 广西壮族自治区近岸海域环境功能区划

1998 年，广西壮族自治区人民政府印发了《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划》（桂政办发〔1998〕142 号）。2008 年和 2011 年，自治区人民政府分别对区划进行了调整，包括《广西壮族自治区人民政府办公厅关于印发广西近岸海域环境功能区划局部调整方案的通知》（桂政办发〔2008〕1 号）和《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂政办发〔2011〕74 号）。

区划将海域分为 4 类环境功能区，一类环境功能区（A）：适用于海洋渔业水域，海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区。水质保护目标为《海水水质标准》（GB3097－1997）一类海水水质标准。二类环境功能区（B）：适用于水产养殖区，海水浴场，人体直接接触海水的海上运动或娱乐区，以及与人类食用直接有关的工业用水区。水质保护目标为《海水水质标准》二类海水水质标准。三类环境功能区（C）：适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。水质保护目标为《海水水质标准》三类海水水质标准。四类环境功能区（D）：适用于海洋港口水域，海洋开发作业区。水质保护目标为不低于《海水水质标准》四类海水水质标准。

通过叠图分析，本次平陆运河外海航道穿越茅尾海红树林自然保护区和茅尾海海产品养殖、增殖区和钦州七十二泾风景旅游区，上述三个功能区分别执行一类水质保护目标和二类水质保护目标，其中穿越茅尾海红树林自然保护区和茅尾海海产品养殖、增殖区需要进行航道疏浚，疏浚施工会对周边海域水质悬浮物质产生影响，短期内难以维持一类和二类水质要求。水下疏浚扩挖主要采用挖泥船施工，挖泥船疏挖扰动开挖区，导致施工区域悬浮物含量增加，对区域浮游生物、底栖生物、水生植物、鱼类等栖息环境产生一定不利影响，但施工期影响时段相对较短，为短期临时性可逆影响。航道运行期应注重水质保护，按照近岸海域环境功能区划中管控要求，建议禁止船舶排放水污染物，减少区域水质污染排放源，保护水质保护目标。

总体上，本次平陆运河拟建工程与《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划》基本协调。目前，该区划已经到达规划年限，正在开展国土空间规划工作。建议进一步与国土空间规划、近岸海域环境功能区划相衔接。

表 13.1-3 平陆运河与近岸海域环境功能区划分析

序号	保护水质目标	代码	名称	主导功能	占用面积（万 m^2）	协调性分析结果
1	一类水质保护目标	GX075AI	茅尾海红树林自然保护区	保护红树林生态系统	125	基本协调
2	二类水质保护目标	GX053BII	茅尾海海产品养殖、增值区	牡蛎、青蟹、石斑鱼、鲻鱼养殖、增殖、种苗繁殖用海	94	基本协调
3	三类水质保护目标	GX077DIII	沙井港航道区	船舶通航用海	14+154+3=181	协调
4	四类水质保护目标	GX076DIV	沙井港港口区	港口、工业用海	35	协调
5	二类水质保护目标	GX074BII	钦州七十二泾风景旅游区	旅游观光	245	基本协调

13.2 项目用海与相关规划符合性分析

13.2.1 广西壮族自治区海洋主体功能区规划

广西壮族自治区人民政府于 2018 年 4 月发布了《广西壮族自治区海洋主体功能区规划》（桂政发〔2018〕23 号）。依据主体功能，广西海洋空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域、禁止开发区域本规划海域总面积 7000 平方千米。其中，优化开发区域海域面积 2824.2 平方千米，占 40.3%；重点开发区域海域面积 1236.5 平方千米，占 17.7%；限制开发区域海域面积 2451.2 平方千米，占 35%；禁止开发区域海域面积 488.1 平方千米，占 7%。禁止开发区域包括各级各类自然保护区等，具体为国家级和自治区级海洋自然保护区、海洋公园重点保护区和重要河口区域，规划期内新设立的国家级和自治区级海洋自然保护区，自动纳入禁止开发区域。该区域的管制原则是：依法实施分类管理，采取强制性措施加强红树林、珊瑚礁、滨海湿地、海岛、海湾、入海河口等典型海洋生态系统保护，对已遭破坏的必须进行整治和修复。

经叠图分析可知，平陆运河航道不占用禁止开发区，全部位于钦南区优化开发区域。平陆运河航道线路位于优化开发区。其中，入海航道穿越钦州市钦南区优化开发区域，该区域面积 1307 平方千米，功能定位为发挥深水大港优势，重

点建设保税港区，发展临海重化工业和港口物流，建设绿色海洋经济综合发展示范区，打造“海阔、浪静、泾幽”滨海型生态宜居城市和国际旅游区。平陆运河入海口处航道位于钦州港经济技术开发区（重点开发区域）。该区域面积 224.3 平方千米，功能定位为合理布局码头作业区、保税物流区、出口加工区和综合服务区。推进钦州港能源、原材料等大宗物资和集装箱为主的规模化、集约化港区建设。

总体上，航道建设工程与《广西壮族自治区海洋主体功能区规划》总体上是协调的，在施工期和营运期应严格按照项目实施，并注意生态环境保护工作。

13.2.2 广西红树林资源保护规划（2020-2030 年）

2021 年 3 月，广西壮族自治区林业局印发了《广西红树林资源保护规划（2020-2030）》。该规划提出到 2025 年，所有红树林落实管护责任；营造红树林 1000 公顷，力争全区红树林保有量突破 10000 公顷；修复现有红树林 3500 公顷；通过自然保护地整合优化或新建一批红树林自然保护地，纳入自然保护地内的红树林比例达到 50%以上；新建 2 处红树林保护小区，完善已有 6 处红树林保护小区建设；红树林保护管理机构、队伍进一步充实，保护管理能力显著提升；初步形成红树林调查、监测、科研体系；红树林利用方式得到有效管控，力争红树林可持续利用技术取得突破。到 2030 年，红树林保有量稳定在 10000 公顷以上，纳入各类自然保护地的红树林比例稳定在 50%以上；形成设施完善、机构队伍稳定、水平先进的红树林保护管理体系，监管能力和水平进一步提升；来入侵物种得到有效控制，红树林生态系统保持健康稳定，生态功能明显提升；形成完善的红树林调查、监测、科研体系；基本实现红树林可持续利用。

其中，钦州市红树林适宜恢复地总面积 388.82 公顷，其中：自然保护地内 321.06 公顷，占 82.57%；自然保护地外 67.76 公顷，占 17.43%。按土地类型分：宜林滩涂 229.87 公顷，占 59.12%；宜林养殖塘 158.95 公顷，占 40.88%。

《广西红树林资源保护规划（2020-2030）》将现有红树林和规划用于红树林恢复的区域划分为三类区域，实行分区、分类管理。

（一）禁止开发建设的红树林区域：是指生态区位特别重要，必须采取严格保护，禁止进行工业化城镇化开发建设的红树林区域。

（二）限制开发建设的红树林区域：是指生态区位重要，限制进行工业化城

镇化开发建设的红树林区域。

（三）红树林生态修复规划区域：是指规划用于开展红树林生态修复的区域。

通过叠图分析，本次平陆运河占用红树林地及规划红树林生态修复区域共计5.62 万平方米，其中占用限制开发建设的红树林区域 4.78 万平方米，占用红树林生态修复规划区域 0.84 万平方米。根据《广西红树林资源保护规划（2020-2030）》，除国家或者自治区重点工程建设项目外，禁止占用限制开发建设的红树林区域和红树林生态修复规划区域；国家或者自治区重点工程建设项目确实无法避让，需要占用或者征收红树林地的，应当开展不可避让性论证，编制红树林专项影响评价和生态恢复方案，依法办理用地、用海、用林审批手续；占用或征用本区域红树林适宜恢复地的，应当在适宜区域重新划定可以满足红树林恢复条件的用地，确保红树林恢复用地总量不减少。

本次拟建的平陆运河已纳入国家“十四五”规划纲要、《西部陆海新通道总体规划》《交通强国建设纲要》等国家战略，属于国家重点建设工程。目前，已开展平陆运河建设项目占用红树林地专项影响评价并启动编制生态修复方案，在适宜区域开展红树林异地生态补偿工作。

总体上，平陆运河与《广西红树林资源保护规划（2020-2030）》基本协调。

13.2.3 与《钦州市城市总体规划修改（2012-2030 年）》的符合性分析

为贯彻落实国家战略的发展要求，将中国-马来西亚钦州产业园区纳入城市总体规划，加快钦州全面建设小康社会和迈向现代化的进程，促进钦州经济社会的跨越式发展，有效指导钦州城乡统筹和协调发展，在《钦州市城市总体规划》（2008-2025）的基础上，特制定《钦州市城市总体规划修改》（2012-2030），见图 13.2-1。钦州市城市定位：面向中国-东盟合作的区域性国际航运中心、物流中心，大西南开发开放的前沿阵地；北部湾临海核心工业区，经济充满活力、城乡协调发展的现代化港口工业城市；具有岭南风格、滨海风光、东南亚风情的宜商宜居城市。

中心城区总体布局：以快速交通相联系，以滨海山环的自然生态格局为依托，形成“一城两区”带状组团式结构。其中“一城”为主城区，“两区”为茅尾海滨海新城区和港区。各组团间以山体绿地为生态隔离。

港口规划：服务西南、辐射东盟的区域性国际航运中心，大西南和北部湾沿

海集装箱运输枢纽港，内外贸结合、商工贸并举多功能、现代化综合性港口。划分为 3 个大港区、3 个小港区和若干个小港点，主要港区分别为西港区、中港区和东港区，小港区分别为茅岭港区、沙井港区和那丽港区，小港点分别为东场、沙坪等港点。其中，中港区由大榄坪、大榄坪南、大环、三墩、三墩外港等 5 个作业区组成。

通过叠图，本项目基本属于钦州港总体规划的沙井航道，大部分位于规划航道区，项目建设将促进钦州港大型泊位发展，进而促进钦州市发展。因此，本项目符合《钦州市城市总体规划修改》（2012-2030 年）。

13.2.3 与《广西北部湾港总体规划修编》的符合性

广西北部湾港是广西和西南地区最便捷的海上门户，是引领广西北部湾经济区发展的基础和核心，是广西实施驱动双核的源动力和发动机，是广西打造西南中南地区开放发展新的战略支点，是形成 21 世纪海上丝绸之路和丝绸之路经济带有机衔接的重要门户。2016 年 9 月，广西壮族自治区交通编制完成了《广西北部湾港总体规划修编》。

《广西北部湾港总体规划修编》规划内河直达船在钦州港或沿海港口装货后，经平陆运河上行进入西江干线、左江、右江、柳黔江、红水河、湘桂运河等内河码头进行卸货；内河直达船在各个内河港口装货后下行直达钦州港或沿海港口进行卸货。龙门港区为平陆运河修建后江海货物水－水中转港区，成为沟通广西北部湾经济区与泛珠三角经济合作区域的重要交通运输节点。本次规划大小冬瓜岸线为预留港口岸线，不进行具体规划布置，岸线利用长度、使用功能及泊位吨级等规划指标在岸线启动开发建设前经进一步研究和论证后确定。因此，《广西北部湾港总体规划修编》在一定程度上考虑了平陆运河规划发展。

目前，广西壮族自治区交通运输厅已组织开展了《北部湾港总体规划》编制工作，建议《北部湾港总体规划》将平陆运河进一步纳入港口规划中，确保防城港大小东瓜港点、钦州港大榄坪作业区、大榄坪南作业区规划货种与运河规划货种相符性。

本次平陆运河工程的建设，将极大的改善北部湾港的集疏运通道，与北部湾总体规划共同成为西部陆海新通道的重要组成部分，二者在功能上相辅相成，满足我国西部经济的对外开发的要求，也是北部湾港高质量发展的主要支撑。

因此，平陆运河工程与《广西北部湾港总体规划修编》相符。

表 13.2-1 平陆运河拟建工程与广西北部湾港总体规划相符性

编号	平陆运河江海联运港区	平陆运河江海联运货种	广西北部湾港总体规划 2016 年	相符性
1	钦州港金谷港区果子山作业区	煤炭	干散货、件杂货	符合
2	防城港大小东瓜港点	金属矿石	目前平陆运河的建设尚未启动、建设时机尚未明确，本次规划大小冬瓜岸线为预留港口岸线，不进行具体规划布置	基本符合
3	钦州港大榄坪作业区、大榄坪南作业区	集装箱	钦州港大榄坪作业区：散货、件杂货泊位 钦州港大榄坪南作业区：集装箱(兼顾滚装)	基本符合，较干散货更加清洁
4	钦州港勒沟作业区	粮食、水泥、铝土矿	散货、件杂货、集装箱泊位	符合
5	钦州港大榄坪作业区	其他货种	钦州港大榄坪作业区：散货、件杂货泊位	符合

13.2.4 与《钦州港总体规划（2019-2035 年）》的符合性

根据《钦州港总体规划（2019-2035 年）》，钦州港的性质定位：是西部陆海新通道国际门户港的重要枢纽，是构建面向东盟的国际大通道、打造西南中南地区开放发展新的战略支点、形成“一带一路”有机衔接重要门户的重要支撑，是广西北部湾经济区经济社会持续快速发展和提升国际竞争力的重要依托。

在水域布局方面，钦州港规划航道包括从外海进入钦州湾内的钦州湾西航道和钦州湾东航道、茅尾海内的茅岭航道和沙井航道、鹿耳环江内的乌雷航道。其中规划了沙井航道规模为 3000 吨级，同事兼顾 5000 吨级客船通航。

因此，本项目即为沙井航道，属于钦州港总体规划内容的一部分，航道工程对现状沙井航道拓宽浚深后，航道平面布置、通航标准等与《钦州港总体规划》中的上航道规划平面布置要求大致相同。

本工程与《钦州港总体规划（2019-2035 年）》是相符的。

13.3 与《产业结构调整指导目录》符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》（2021 年第 49 号令），沿海深水航道和内河高等级航道及通航建筑物建设，西部地区、贫困地区内河航道建设，

属于鼓励类水运项目。平陆运河建设能够直接沟通西江航运干线和北部湾海港，开辟西江水运新干线，优化珠江水系出海格局，缓解西江航运干线通过能力紧张的局面，推动内河水运高质量发展；平陆运河建设还能够与调水工程相结合，改善环北部湾地区生产生活用水条件，实现航运、供水、灌溉、防洪、改善水生态环境等多重效益的统一，充分提高水资源利用效率。由此可见，平陆运河工程具有综合效益，总体看来符合国家产业政策。

13.4 工程选址与布置的合理性

13.4.1 工程选址的环境合理性

（1）入海口航道总体线路比选

平陆运河入海口航道总体线路有钦江、西侧茅岭江和东侧大风江三个方案。从工程选址和线位布置角度分析，通过对地形、河流现状等自然条件的分析，西侧茅岭江、东侧大风江线路方案与钦江线路方案相比，两者线路较长，自然条件较差，需再次越岭跨越不同河流，工程代价较大，与钦州港的衔接条件较差，本阶段平陆运河入海口段总体线路推荐采用钦江线路方案。

从环境保护角度分析，东侧大风江入海口、钦江入海口、茅岭江入海口均分布有大量红树林，大风江线路穿越中华白海豚栖息地，运河建设和运营将会中华白海豚产生较大的影响，因此不作为推荐线路。钦江入海线路、茅岭江入海线路均汇入茅尾海，但茅岭江入海线路较钦江入海线路更长，运河建设产生的环境影响更大。钦江入海线路现已规划有航道，但茅岭江入海线路尚未规划。因此，综合分析后，从环境保护角度也推荐钦江入海线路。

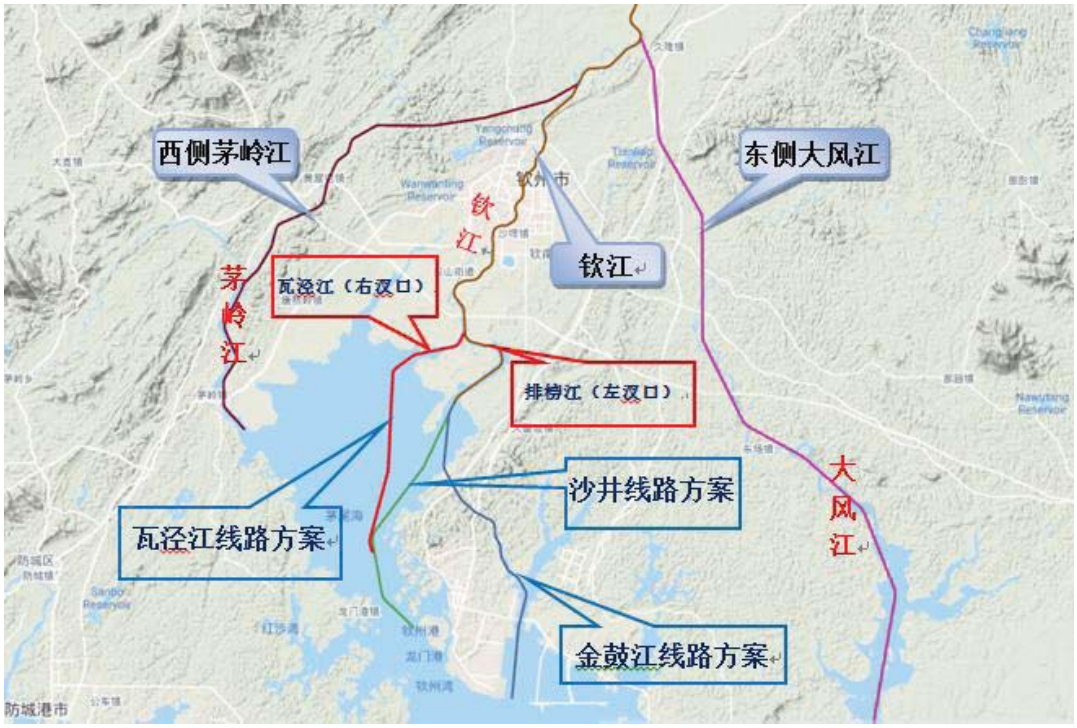


图 13.4.1-1 入海口航道总体线路方案

（2）近海段各方案线路比选

平陆运河入海口航道航段分为钦江段和近海段两部分。钦江从梨头嘴分瓦泾江（右汊口）排榜江（左汊口）汇入茅尾海，根据入海口条件和钦州港总体规划，近海段航道线路有 3 个线路方案进行比选，各线路方案如下图所示。

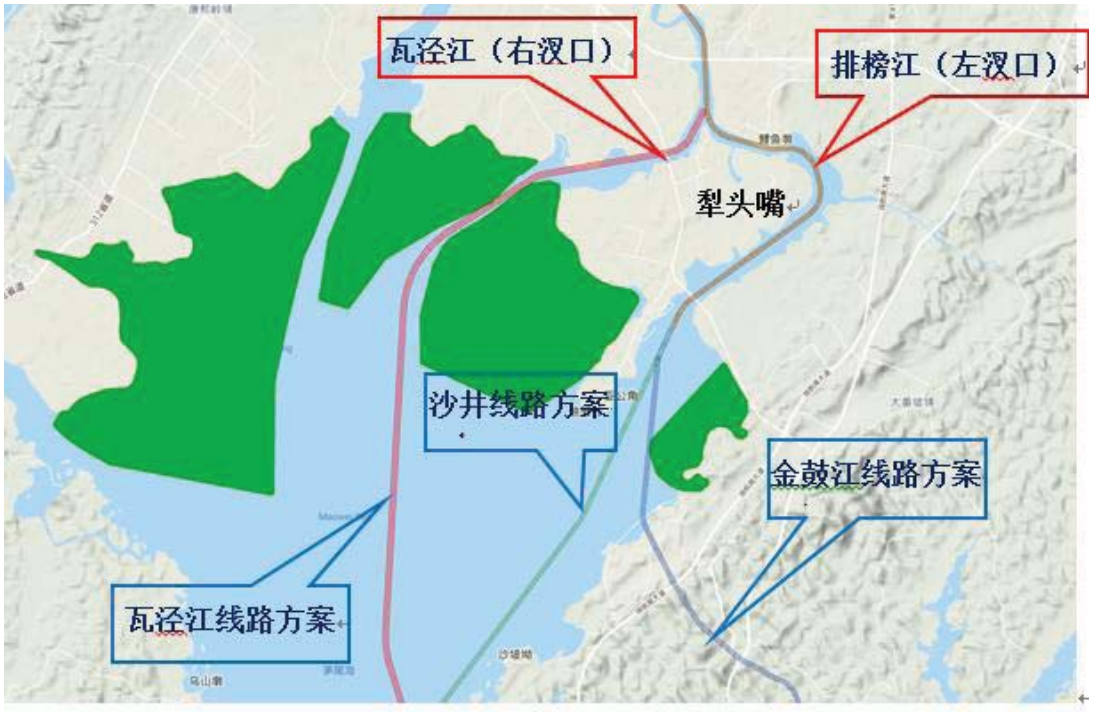


图 13.4.1-2 近海段各方案线路示意图

瓦泾江线路方案：入海口航道沿钦江过钦州城区后，从梨头嘴右汊口沿瓦泾江河道入茅尾海，穿越梨头嘴钦江大桥、红树林自然保护区和穿过茅尾海国家海洋公园后，与钦州港东航道相接。

沙井线路方案：入海口航道沿钦江过钦州城区后，从梨头嘴沿排榜江河道、经鲤鱼墩弯道后穿越沙井钦江大桥后进入茅尾海，经潮汐通道深槽穿过茅尾海后，与钦州港东航道相接。

金鼓江线路方案：入海口航道沿钦江过钦州城区后，从梨头嘴沿排榜江河道、经鲤鱼墩弯道后穿越沙井钦江大桥后，从茅尾海向东穿越龙海路、扬帆大道、钦州进港一级公路和黎钦铁路，沿地势较低处进入钦州港金鼓江航道后，与钦州港10万吨级航道相接。

经比选分析，瓦泾江线路方案占用部分红树林、茅尾海国家海洋公园，航道疏浚过程中会对红树林保护区产生直接影响，导致红树林海域悬浮泥沙增多，影响红树林根系呼吸，从而影响其生长；过往船舶噪声会对红树林中栖息的鸟类和茅尾海国家海洋公园中牡蛎种质产生影响，对其觅食、繁殖和抚育造成干扰，一旦发生溢油事故，红树林保护区将会受到破坏。

金鼓江线路方案沿线有滨海公园及屿墅、公路、铁路等交通线路，且大部分为山体，该线路方案会对钦州港腹地的陆域交通产生严重影响，且金鼓江西岸规划了液体化工码头，结合金鼓江航道条件和平陆运河的货运量，该方案在运行过程中存在安全隐患。

沙井线路方案结合港口总体规划、岸滩演变规律和波浪水流泥沙数学模型试验结果，充分利用天然水深和深槽，基本沿钦州港总体规划中的规划沙井航道线路，沙井线路方案相对前两个方案而言，制约因素相对较小，三个方案比选具体见表13.4.1-1。从平陆运河入海口航道近海段航道的选址和布置上来看，本阶段平陆运河入海口航道近海段推荐采用沙井航道线路方案。根据规划、规划环评及项目可研报告，本次评价对推荐方案进行评价。

表13.4.1-1 近海段方案比选

航段	入海口航道近海段		
线路方案	瓦泾江航道线路	金鼓江航道线路	沙井航道线路
疏浚土石方	中	大	小
征地拆迁	小	大	小
施工条件	水下疏浚	开挖越岭山体，土石方体量较大，弃土不便。	水下疏浚

对沿线影响	占用部分红树林、茅尾海国家海洋公园，穿过大片红树林，疏浚对周边影响大。	对钦州港陆岛交通产生严重影响。新建和改建6座桥梁，改建多条电力线路和输油管线。 影响金鼓江大片红树林。	与规划沙井航道线路基本一致，影响牡蛎蚝养殖区和沿线红树林，对沿线影响相对较小。
维护难度、强度	大	小	中
环境影响	大	中	小
投资匡算	中	大	小
结论			推荐

13.4.2 项目平面布置的环境合理性

本报告书评价范围为兰海高速钦江大桥下游段。该段属于感潮河段，线路基本沿《钦州港总体规划（2035 年）》中规划的沙井航道线路。从沙井入海穿越茅尾海，经潮汐通道进入钦州港，末端与钦州港东航道起点相接。主要工程措施是拓宽浚深航道，航道建设影响范围内的生蚝养殖区需进行搬迁。

总体而言，项目平面布置在现状航道基础上，进行了扩宽和浚深，既解决了现状航道转向角度偏大，船舶转弯困难等问题，又避让了海洋公园、红树林自然保护区等敏感目标，促进区域发展。因此，项目平面布置充分利用了现有海洋资源和港口资源，体现了集约用海、高效用海的原则，有利于用海面积的充分利用，项目平面布置总体合理。

13.5 环境影响可接受性分析

（1）本次平陆运河涉海航段建设对区域环境质量影响较为有限

本段航道施工期悬浮泥沙所造成的海水混浊是短时间的，工程附近局部区域悬沙浓度较高，随着施工结束，影响将逐渐消失。工程建设过程造成的底质破坏以及悬浮物扩散增加在一定时间内对海水水质、海洋生物、渔业资源产生的不利影响，为此项目将根据相关规范进行生态补偿。针对施工期存在船舶碰撞溢油风险，项目采取了一系列相应的风险防范措施、制定应急预案，如一旦发生事故，能迅速采取有力措施，减小对环境污染。其潜在的事故风险是可以防范的。

本次平陆运河属于航道交通基础设施，运行期仅航运枢纽产生少量的污染，船舶是主要污染排放来源。经分析，运行期船舶产生的大气、声环境影响较为有限，对区域环境质量限制贡献率较低。同时，本次报告书也提出全线收集船舶污水垃圾，实现船舶的零排放。因此，本项目实施对区域空气、水、声环境质量影

响较为有限。

（2）通过生态补偿措施可以有效降低涉海航道施工的生态影响

本次平陆运河不直接占用生态敏感区域，外海航道疏浚会对茅尾海海洋生态系统产生影响，对渔业资源、滨海湿地、所栖息的生物产生干扰和破坏。航运调水对茅尾海的盐度的变化也位于滨海湿地植被、主要海洋生物的可适应范围之内。因此，总体上项目实施对茅尾海海洋生态影响在可接受范围内。同时在施工期和营运期进一步加强对红树林、海洋生物的生态补偿措施，可以进一步的降低本航段施工的生态损失。

（3）将带来一定的环境风险，但在可控范围内

本次平陆运河工程的建设将极大促进区域航运发展，也可能导致产生船舶污染事故，带来一定的环境风险。从其他通航水域及北部湾港的风险防范措施来看，由于船舶安全管理系统的完善，整体上船舶污染事故的概率在不断下降。平陆运河建设后会增加污染事故发生概率，但概率较低，事故规模也较小，经分析总体处于风险可控的范围之内。

14 环境管理、监测与监理

14.1 环境管理

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国海洋环境保护法》，企、事业单位在生产和经营中防止污染、保护生态环境应是其重要的职责之一。环境管理是控制污染、保护环境的重要措施，应根据《建设项目环境保护管理条例》等法规的要求，确定环保管理机构，制定环境保护管理计划。

为及时了解和掌握本项目的污染源和环境质量发展变化，对该地区实施有效的环境管理，本评价提出项目环境监测机构的组成框架和基本职能，并结合环境质量现状调查和环境影响预测的结果，提出项目运行期环境质量及主要污染源的监测计划（监测点位、监测项目、监测频次等）。

14.1.1 环境管理制度

施工单位及建设单位应建立完善的环境管理体系，健全内部环境管理制度，加强日常环境管理工作，对整个施工过程实施全程环境管理，杜绝施工过程中污染工序和污染事故的发生。

加强项目施工过程中的环境管理制度，根据本报告中提出的环境保护措施和对策，项目施工单位应制定切实可行的环境保护行动计划，将环境保护措施分解落实到具体结构（人）；做好环境教育和宣传工作，提高各级施工管理人员和具体施工人员的环境保护意识，加强员工对环境污染防治的责任心，自觉遵守和执行各项环境保护的规章制度，定期对环境保护设施进行维护和保养，确保环境保护设施的正常运行，防止污染事故的发生；加强与环境保护主管部门的沟通和联系，主动接受生态环境主管部门的管理、监督和指导。

14.1.2 施工单位环境管理机构设置

施工单位应设立内部环境保护管理机构。主要由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，专人负责环境保护工作，实行定岗定员，岗位责任制，负责各个施工工序的环境管理工作，保证施工期环保设施的正常进行，各项环境保护措施的落实。

为了有效地保护项目所在海域的环境质量，切实保证本报告书中提出的各项施工期环境保护措施的落实，除了施工单位应设置环境保护管理机构外，针对本项目的建设施工，项目建设单位还应成立专门小组，负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，并在选择施工单位前，将主要的环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环保措施的能力作为项目施工单位中标考虑的因素，将需要落实的环境保护措施列入与施工单位签署的合同中，并配合生态环境主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。

14.1.3 建设单位环境管理机构

建设单位重视环境保护工作，建立完善的环境管理体系，制定科学的环保工作标准、管理标准及规章制度，设有环境保护机构和专职的环保管理人员，全面负责公司的环保管理工作。

为了有效保护项目所在区域环境质量，切实保证本报告提出各项环境保护措施的落实，项目建设单位还应加强对建设项目的环境管理，根据本报告提出的污染防治措施和对策，制定出切实可行的运行期环境污染防治办法和措施。

项目建设单位环保管理机构的职责如下：

①宣传并执行国家有关环保法规、条例、标准，并监督有关部门执行；

②负责本项目的环境保护管理工作，监督各项环保措施的落实与执行情况；

③在工程区域，应由环境监理人员在现场跟踪监控管理，监察环保设施设置与实施情况；

④现场工作人员应接受生态环境主管部门的指导和监督，以便更好地履行职责；

⑤按生态环境主管部门地规定和要求填报各种环境管理报表；

⑥协调、处理因本项目所产生的环境问题而引起的各种投诉，并达成相应的谅解措施；

⑦运行期环境监测工作及监测计划的实施，应由建设单位的环保机构完成，在不具备条件的情况下亦可委托有资质的海洋环境监测站协助进行。

14.1.4 监督管理

项目建设单位和施工单位在施工阶段均按法律法规的要求组织进行施工作业，并主动接受生态环境、海事、交通、自然资源、农业（渔业）、海洋等主管部门的监督管理。

14.1.5 环境管理建议

确保所有与本项目直接相关的污染防治设施必须与项目主体工程同时投产使用。

切实落实“三同时”制度，环保设备验收纳入竣工验收内容；运行期建立环保设备管理制度，设置环保设备运行台账，安排环保管理专员，定期检查并记录环保设备运行情况，要确保环保设备同时运行。

14.2 环境监理

14.2.1 环境监理主要功能

建设项目环境监理单位受建设单位委托，承担全面核实设计文件与环评及其批复文件的相符性任务；依据环评及其批复文件，督查项目施工过程中各项环保措施的落实情况；组织建设期环保宣传和培训，指导施工单位落实好施工期各项环保措施，确保环保“三同时”的有效执行，以驻场、旁站或巡查方式实行监理；发挥环境监理单位在环保技术及环境管理方面的业务优势，搭建环保信息交流平台，建立环保沟通、协调、会商机制；协助建设单位配合好生态环境主管部门的“三同时”监督检查和竣工环保验收工作。

14.2.2 环境监理的意义

环境监理是提高环评和三同时制度有效性，实现建设项目全过程控制的重要手段。受各种因素影响，施工单位环境保护意识及主动性可能存在不足，需要通过环境监理强化环保监督、宣传和环境管理，落实环保措施，预防环境污染事故；建设项目有关环境保护的大量过程记录和信息，也需要系统化和规范化管理，以利于环境保护竣工验收的开展。建设单位利用专业机构的人力资源、技术和经验、信息及测试手段，开展施工期环境监理，也是做好施工期环境管理最经济和有效的手段。

14.2.3 环境监理工作内容

（1）依据有关环保法律法规、建设项目环评及其批复文件等，对建设项目实施专业化的环境保护咨询和技术服务，协助和指导建设单位对工程建设实施全过程控制，代表建设单位监督施工单位落实各项环保措施。

（2）审核初步设计环境保护篇章与环评及其批复文件的相符性，监督落实防治环境污染和生态破坏的措施以及环境保护设施投资资金。

（3）审核施工承包合同中环境保护条款，明确建设单位、施工单位环境保护责任和义务。

（4）负责审查施工单位制定的环境保护施工组织方案（含红树林、牡蛎保护方案和环境风险应急预案等专项保护方案），提出审查意见。

（5）以驻场等方式开展施工期环境监理，组织施工期环保宣传和培训，监督指导施工单位落实好施工期各项环保措施（水环境、环境空气、声环境、固体废物，海洋生态、红树林、牡蛎等），检查施工单位按设计图施工情况及施工环保费的使用情况，确保环保“三同时”的有效执行。如有环境问题拟制整改通知单，经业主代表签发后，督促承包商落实整改。

（6）审核施工期环境影响跟踪监测方案和应急监测方案，并监督实施。协助建设单位按规定向生态环境主管部门报送监测评估报告。

（7）参加隐蔽工程环保验收。

（8）协助建设单位做好环境信息公开，落实《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》有关要求。

（9）负责记录施工期环境监理工作实施情况，编制监理报告月报、季报、年报和总结报告。协助建设单位按规定向生态环境主管部门报送监理报告和环境管理报表。

（10）协助建设单位配合好生态环境主管部门的“三同时”监督检查和建设项目竣工环保验收工作。

14.3 环境监测计划

14.3.1 海水水质监测

（1）监测项目

水温、盐度、溶解氧、pH、悬浮物、化学需氧量、生化需氧量、铵盐、亚硝酸盐、硝酸盐、活性磷酸盐、石油类、铜、铅、镉、锌、汞、砷、铬、硫化物、氰化物、挥发酚、粪大肠菌群。

（2）监测频率

施工期：在施工开始前采样监测 1 次，施工期每季度监测 1 次，施工完成后一个月采集最后 1 次施工期样品。

运行期：每季度监测 1 次，监测 3 年。

（3）监测方法与成果

按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海水水质标准》的有关规定方法进行，采样监测工作由当地海洋环境监测站或有资质的监测单位承担。

（4）监测点位

结合平陆运河施工方案以及茅尾海水环境质量现状调查的点位布设情况，建议按照下图 14.3.1-1~14.3.1-2 和下表 14.3.1-1 所示布设施工期和运行期的监测点位，施工期一共布设 6 个点位，运行期布设 16 个点位。

图 14.3.1-1 施工期环境监测站位

图 14.3.1-2 运行期环境监测站位

表 14.3.1-1 环境监测站位表

站号	经度 E	纬度 N	海水水质	海洋沉积物	时期
Q1	108.6038	21.8959	√	√	施工期/运行期
Q2	108.6243	21.8804	√	√	施工期/运行期
Q3	108.6037	21.8657	√	√	运行期
Q4	108.6001	21.8516	√	√	施工期/运行期
Q5	108.5974	21.8367	√	√	施工期/运行期
Q6	108.5885	21.8381	√	√	运行期
Q7	108.5623	21.8395	√	√	运行期
Q8	108.5725	21.8143	√	√	运行期
Q9	108.5646	21.8170	√	√	施工期/运行期
Q10	108.5449	21.8185	√	√	运行期
Q11	108.5455	21.7937	√	√	施工期/运行期
Q12	108.5235	21.7957	√	√	运行期
Q13	108.5503	21.7786	√	√	运行期
Q14	108.5623	21.7564	√	√	运行期
Q15	108.5581	21.7501	√	√	运行期
Q16	108.5702	21.7323	√	√	运行期

14.3.2 海洋沉积物监测

（1）监测项目

有机碳、石油类、硫化物、重金属（As、Hg、Cu、Pb、Cd、Zn、Cr）。

（2）监测频率

施工期：在施工开始前采样监测 1 次，施工期每季度监测 1 次，施工完成后一个月采集最后 1 次施工期样品。

运行期：每年 1 次，监测 3 年。

（3）监测方法与成果

按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海水水质标准》的有关规定方法进行，采样监测工作由当地海洋环境监测站

或有资质的监测单位承担。

（4）监测点位

同海水水质监测点位布置方案。施工期一共布设 6 个点位，运行期布设 16 个点位。

14.3.3 海洋生态监测

（1）监测项目

叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物和游泳生物等的种类与数量。

（2）监测频率

施工期：施工前选择春季或秋季进行一次监测，施工期每年监测 2 次，在春、秋季节开展。

运行期：每年监测 2 次，在春、秋季节开展，监测 3 年。

（3）监测方法与成果

按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海水水质标准》的有关规定方法进行，采样监测工作由当地海洋环境监测站或有资质的监测单位承担。

（4）监测点位

结合平陆运河施工方案以及茅尾海海洋生态现状调查的点位布设情况，建议按照图 14.3.3-1~14.3.3-2 和下表 14.3.3-1 所示布设施工期和运行期的监测点位，施工期一共布设 10 个点位（6 个海洋生态、4 个潮间带），运行期布设 20 个点位（16 个海洋生态、4 个潮间带）。

表 14.3.3-1 海洋生态监测站位表

站号	经度 E	纬度 N	海洋生态	潮间带生物	时期
Q1	108.6038	21.8959	√		施工期/运行期
Q2	108.6243	21.8804	√		施工期/运行期
Q3	108.6037	21.8657	√		运行期
Q4	108.6001	21.8516	√		施工期/运行期

Q5	108.5974	21.8367	√		施工期/运行期
Q6	108.5885	21.8381	√		运行期
Q7	108.5623	21.8395	√		运行期
Q8	108.5725	21.8143	√		运行期
Q9	108.5646	21.8170	√		施工期/运行期
Q10	108.5449	21.8185	√		运行期
Q11	108.5455	21.7937	√		施工期/运行期
Q12	108.5235	21.7957	√		运行期
Q13	108.5503	21.7786	√		运行期
Q14	108.5623	21.7564	√		运行期
Q15	108.5581	21.7501	√		运行期
Q16	108.5702	21.7323	√		运行期
C1	108.6146	21.8730		√	施工期/运行期
C2	108.6070	21.8413		√	施工期/运行期
C3	108.5798	21.8135		√	施工期/运行期
C4	108.5885	21.7452		√	施工期/运行期

14.3.4 大气监测

（1）监测点位

结合大气环境影响预测结果，在施工期，在航段施工区的敏感点各设置一个监测点，共 4 个监测点，详见表 14.3.4-1。施工区布点应结合工程活动，随工程施工情况的变化而酌情布点。

表 14.3.4-1 大气环境监测点位表

时期	主要污染源	监测点位
施工期	150#堆料场	钦江农场
	151#堆料场	排榜村
	151#堆料场、152#堆料场、153#堆料场、154#堆料场	茅坡村
	155#堆料场	辣椒槌村

（2）监测项目

针对施工时将使用大量施工机械的特点，选择 NO_2、SO_2、TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$

等项目进行监测。

（3）监测频次

施工期每季度监测 1 次，NO_2、SO_2、TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$ 每次连续监测 7 天，每天监测不少于 18 小时。

14.3.5 声环境监测

（1）监测点位

结合声环境影响预测结果，在施工期，在航道施工区的敏感点各设置一个监测点，共 6 个监测点。施工区布点应结合工程活动，随工程施工情况的变化而酌情布点。在运行期，在航道施工区的敏感点各设置一个监测点，共 4 个监测点。详见表 14.3.5-1。

表 14.3.5-1 声环境监测点位表

时期	主要噪声源	监测点位
施工期	150#堆料场	钦江农场
	航道疏浚、151#堆料场	排榜村
	航道疏浚、151#堆料场、152#堆料场、153#堆料场、154#堆料场	茅坡村
	155#堆料场	辣椒槌村
	航道疏浚	葵子村
	航道疏浚	北村村
运行期	船舶噪声	葵子村
	船舶噪声	排榜村
	船舶噪声	茅坡村
	船舶噪声	北村

（2）监测项目

连续等效 A 声级。

（3）监测频次

施工期每季度监测 1 次，每次 2 天，每天 24 小时昼夜等效声级。运行期每年监测 2 次，监测 3 年。

14.3.6 红树林监测

（1）监测点位

在平陆运河近海段路线的河道红树林直接影响区设置样方 2 个、河口红树林分布区设置样方 2 个、运河终点附近设置样方 1 个。

表 14.3.6-1 红树林监测点位表

（2）监测频次

施工期每年监测 1 次，运行期每年监测 1 次、连续监测 3 年。

（2）监测内容

植被监测：监测群落种类、群落多样性、种群密度、每木基径、高度、盖度、更新层幼苗密度、高度和盖度。

底栖生物多样性监测：底栖生物种类、种群密度、生物量。

14.3.7 牡蛎监测

（1）断面设置

平路运河航道从 K120+500 至 K135+000 每公里设置一个监测站位，共设置监测断面 15 条，每个断面设置 3 个站位；每个站位随机取 3 个样方，共设置 15×3×3=135 个样方。锚地设置监测断面 4 条，每条断面 3 个站位，每个站位 3 个样方，共设置 36 个样方。

（2）监测频次

施工期每年监测 1 次，运行期每年监测 1 次、连续监测 3 年。

（3）监测内容

牡蛎种群监测：个体大小、种群密度、种群年龄结构。

栖息地物种多样性监测：底栖生物物种多样性、浮游生物物种多样性。

水质和沉积物环境质量监测：重金属、营养盐、有机污染物等监测。

表 14.3.7-1 牡蛎资源监测点位表

14.4 竣工环保验收

根据《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，本项目竣工后建设单位应开展建设项目环境保护设施竣工自主验收。验收内容主要指环境影响报告中设计的环保措施和配备的环保设施。本项目海洋段环境保护竣工验收“三同时”一览表见表 14.4-1。其中，环境监测、应急设备配备、环境管理等费用在内河段报告计列。

表 11.2-1 环境保护措施及环保投资估算表

序号	项目	单位	数量	单价	合计	备注
一	水环境保护				1185	
1	机械车辆冲洗废水处理设施	套	5	5	25	
2	集中一体化处理化粪池	套	3	20	60	在施工营地设置
3	船舶污水垃圾接收	/	/	/	100	接收施工船舶的污水和垃圾
4	疏浚施工布放防污屏	/	/	/	1000	
二	生态保护				46602	
1	重点野生植物保护	种类	2	100	200	将重点野生动植物进行部分迁地移植，保证其种类多样性
2	水土保持费用	/	/	/	17000	参照水土保持报告
3	渔业增殖放流	/	/	/	5500	根据生态损失计算
4	驱鱼设备及作业	项	1	100	100	
5	湿地生态修复	公里	7.1	296	2102	盐沼湿地生境重塑
6	红树林补偿	/	/	/	5700	根据专题报告
7	牡蛎保护补偿	/	/	/	16000	根据专题报告
合计					47787	

15 评价结论

15.1 工程概况及分析

本报告评价范围为平陆运河兰海高速钦江大桥下游段，其中兰海高速钦江大桥至沙井钦江大桥里程 7.1km，水深 4.9 米、底宽 105 米、最小转弯半径 360 米；沙井钦江大桥-钦州港里程 14.4km，水深 5.0 米、底宽 140 米、最小转弯半径 360 米。本段施工主要为疏浚施工，考虑到航道周边水域较为敏感，采用非爆破方式进行岩石开挖，疏浚量为 781.9 万立方米。兰海高速钦江大桥下游护坡采用斜坡式护岸。该段航道设置 7#、8#等 2 个锚地，锚地用海面积为 234.60 公顷。

本段航道疏浚施工工艺为：

在兰海高速钦江大桥——沙井钦江大桥段，水下土方采用链斗式挖泥船（铭牌 750m^3/h）水下开挖，500t 泥驳运至临时码头，再由 3m^3 挖掘机结合 25t 自卸汽车陆路运输至堆料场。水上石方采用采用液压破碎锤进行石方破碎，由挖掘机装渣配合自卸汽车外运。水下石方采用重型绞吸式挖泥船配合水下液压破碎锤进行石方开挖，封闭式抓斗式挖泥船进行水下清渣，并由 500t 泥驳运至临时码头，再转由挖掘机配合自卸汽车陆路外运或直接由泥驳运转抛泥场。

在沙井钦江大桥下游段，水下土方采用 8m^3 抓斗式挖泥船水下开挖，500t 泥驳运至抛泥场。水下石方采用重型绞吸式挖泥船配合水下液压破碎锤进行石方开挖，封闭式抓斗式挖泥船进行水下清渣，并由 500t 泥驳运至临时码头，再转由挖掘机配合自卸汽车陆路外运或直接由泥驳运转抛泥场。

15.2 环境质量现状监测与评价

15.2.1 水环境质量现状

监测结果表明评价海域无机氮、活性磷酸盐、石油类等无法满足海洋功能区划要求，8 个监测站点出现无机氮超标情况，19 个监测站点出现活性磷酸盐超标情况。部分站点铅、汞指标超过一类水质标准，但满足二类水质标准。监测海域沉积物中重金属（铜、铅、镉、锌、铬、汞、砷）、有机碳、石油类、硫化物均满足第一类海洋沉积物标准。

15.2.2 生态质量现状

根据浮游植物春秋两季现状调查结果，以及《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442-2008）中提供的生物多样性指数评价标准，浮游植物分布较均匀，总体生物多样性一般；调查海域浮游动物分布较均匀，生物多样性一般；调查海域底栖生物分布较均匀，生物多样整体一般；调查海域潮间带生物分布较均匀，生物多样整体较差。

15.3 环境影响预测与评价

15.3.1 水环境影响预测与评价

河口外海项目实施前后最大流速对比结果表明，航道上流速增大，增值范围在 0~1 m/s，增速最大的区域位于茅尾海与外海之间的狭窄海域；青年枢纽下泄流量增加，大榄江和瓦泾江流速增加；茅尾海及其入海海域的非航道区域内流场变化不大，变化范围在-0.2~0.2 m/s。模型分析结果表明，茅尾海水位基本保持不变。

钦江航道施工产生悬浮物通过瓦泾江进入茅尾海，影响广西茅尾海红树林自治区级自然保护区北部两个片区和茅尾海国家级海洋公园；沙井航道施工产生的悬浮物主要对广西茅尾海红树林自治区级自然保护区东部片区实验区产生较大影响。

施工对水环境的影响为暂时的影响，会随着工程施工的结束而消失。建议施工作业尽量安排在枯水期完成，施工期利用 GPS 定位，严格控制施工范围，减少悬浮物产生量。施工时严控悬浮物从瓦泾江进入茅尾海，并在施工船舶周边布设防污屏，将施工对水体 SS 的影响控制在尽可能小的范围内。

项目实施后平陆运河下泄流量增加，根据水动力计算结果发现，茅尾海纳潮量增加 0.9% ~3%，接纳外部海水能力增大。现状茅尾海的的半交换周期约 7.1 天，工程后虽然未造成茅尾海湾口断面的岸线形态和海底高程改变，但钦江泄水量增加，茅尾海的的半交换周期缩短至约 6 天。工程造成茅尾海半交换周期缩短，水体交换能力增强。水质模拟结果也表明，项目实施后，在外源污染保持不变的条件下，茅尾海内无机氮和活性磷酸盐平均浓度有降低趋势，但仍存在超标。

15.3.2 生态影响评价

施工期产生的生态环境影响主要为施工造成的悬浮泥沙骤增、航道开挖对底栖生物、鱼卵、仔鱼等生物的影响，随着施工期结束可逐渐恢复。项目占用海域及邻近影响海域生态损失根据建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）进行计算，航道疏浚施工期底栖生物和游泳动物生态损失金额为 5486.40 万元。

运行期对生态环境影响主要为船舶噪声对鸟类影响、船行波对两岸冲刷影响、钦江下泄流量增加导致茅尾海盐度变化产生的影响，以及航道事故状态下的船舶燃料油泄漏、污水非正常排放等影响。

15.3.3 敏感区影响评价

平陆运河不占用红树林保护区，但不可避免地占用河口区域保护区外天然红树林 13.9 公顷，并对红树林生态系统造成不利影响。平陆运河属国家重大项目，对红树林的占用符合《中华人民共和国湿地保护法》《广西壮族自治区红树林资源保护条例》规定。对于占用的红树林，应按占用面积 3 倍实行异地恢复，实施 5 年管护，确保广西红树林保有量不因项目建设而降低。

工程施工期疏浚对牡蛎种质资源和产业带来不可避免的损失。运行期近期下泄量增加对茅尾海种质资源分布区与养殖区盐度影响有限。平陆运河对牡蛎影响总体是可控的。在航道工程施工以前，提前采集施工区域及沙井北盐度下降幅度较大区域的香港牡蛎和近江牡蛎天然种质资源，转移至茅尾海国家海洋公园生态与资源恢复区。

15.3.4 对大气、噪声、固废环境的影响

（1）大气环境

项目施工期的大气污染主要来自于两个方面：一是工程建设过程中的施工作业和道路交通排放的扬尘；二是施工机械排放的少量燃油废气。施工期间造成的大气环境污染仅是短暂的、局部的，施工结束将会消失。施工土石料开采和运河开挖过程中场界 10m 范围内扬尘浓度不大于 938.67 μg/m^3，一般施工过程中场界最大扬尘浓度不大于 78.15 μg/m^3。施工过程中道路交通扬尘排放浓度约为 3.5

mg/m^3。主要施工区、疏浚工程两侧共计 11 个敏感目标中的 2 个敏感目标受影响程度为一般，9 个敏感目标不易受扬尘影响。2 个影响程度为一般的敏感目标分别为辣椒槌村、北村。

总体而言，如果运河施工期采取适当的措施，对大气的环境影响可控。平陆运河工程运行期的大气污染源主要是航道内通航船舶燃料燃烧排放的废气，主要污染物包括 SO_2、NO_X、PM_{10}、$PM_{2.5}$、HC。近海段船舶大气污染物排放量较多的是 NO_X，2035 年和 2050 年分别排放 19.89 和 33.14 吨。平陆运河运行船舶扩散范围主要集中于航道范围内，对运河两侧的环境空气保护目标产生的大气环境影响较小。

（2）声环境

施工期噪声源主要为挖掘机、推土机、挖泥船、装载机等产生的噪声。疏浚工程噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准的昼间达标距离为 20m，夜间达标距离为 50m。堆料场装载机、挖掘机、推土机噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准的昼间达标距离为 15m，夜间达标距离为 50m。受噪声源影响的 6 个敏感保护目标，昼间均能达到《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准要求，夜间有 4 个敏感目标不能达到 2 类声环境功能区要求，超标值为 3.6dB(A)。应合理安排施工时间，尽量避免夜间施工。

运行期船舶航行噪声衰减至《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类、2 类、4a 类标准的昼间达标距离分别为 10m、6m、2m；夜间达标距离分别为 32m、18m、10m。运河两侧 20m 处船舶航行噪声均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类的昼夜限值，35m 处船舶航行噪声均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类的昼夜限值；近海段 20~35 米处的村庄涉及居民较少，为降低船舶航行噪声影响，应合理制定运输制度，严格控制夜间船舶流量。船舶航行噪声基本以运河中心为源头向四周扩散，噪声影响呈现由运河向外逐渐降低的规律，由扩散范围看噪声影响主要控制在周边较小的区域范围内。

（3）固废

兰海高速钦江大桥下游段土方开挖量 80.5 万 m^3，石方开挖量 64.6 万 m^3。该土石方在海上倾倒区处置。沙井钦江大桥下游段土石方 636.8 万 m^3。共计弃土土石方 781.9 万 m^3，外运或直接由泥驳运转抛泥场。平陆运河的入海口及近海航道的疏浚泥沙运至制定的抛泥区抛放或者用于北部湾港相关港区围填海综合利

用，不影响航道通航，且实现疏浚泥沙的资源化利用（造陆），不会对区域生态环境造成显著影响。

本工程船上垃圾按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中有关规定执行，施工船舶垃圾以人均 0.5kg/d 产生量计算，船舶定员按 10 人/艘次计算，施工周期为 339.5 天，则施工船舶每天产生约 20kg 的生活垃圾，施工期生活垃圾产生量约为 6.8t，垃圾统一收集，靠岸后交由环卫部门统一处理，不会对沿线水体造成显著影响。

15.4 环境风险事故分析与防范

最大可信水上溢油事故溢油量由最大船型的燃料油全部泄漏确定，燃油总量（载油率 80%）约为 175 吨，可能最大水上溢油事故溢油量按照最大船型的一个燃料油边舱容积确定，单舱燃油携带量约为 50 吨。

施工期沙井航道附近水域发生溢油事故模拟情况，溢油点泄漏后，茅尾海国家级海洋公园适度利用区有 1~15%的概率污染（油膜最短到达时间约为 30 小时），生态与资源恢复区有 1~15%的概率污染（油膜最短到达时间约为 32 小时）；广西茅尾海红树林自治区级自然保护区的东部实验区有 5~35%的概率污染（油膜最短到达时间约为 13 小时），中部实验区有 1~5%的概率污染（油膜最短到达时间约为 48 小时）。

运行期钦江沙井航道溢油点泄漏后，茅尾海国家级海洋公园适度利用区有污染概率较低；广西茅尾海红树林自治区级自然保护区的东部实验区有 1~15%的概率污染（油膜最短到达时间约为 25 小时）。茅尾海中部航道上溢油点泄漏后，广西茅尾海红树林自治区级自然保护区有污染概率较低；茅尾海国家级海洋公园生态与资源恢复区有 1~35%的概率污染（油膜最短到达时间约为 7 小时），适度利用区有 1~25%的概率污染（油膜最短到达时间约为 25 小时）。

平陆运河范围内一旦发生溢油事故，污染因子石油类将会对航道区域内鱼类的急性中毒、在鱼体内的蓄积残留和对鱼的致突变性产生较大的负面影响，而且对浮游植物和动物也会产生一定影响，故必须严格落实各项风险防范措施和事故应急预案，加强施工期环境风险防范，严格执行各项施工规程；运行期建立健全船舶交通监管系统和安全监督机构，进一步明确细化环境风险应急组织指挥、应急设备物资配备、应急人员队伍建设等。

15.5 清洁生产分析与污染防治措施

本项目施工工艺科学，设备先进、自动化程度高，施工期各污染源的发生量较小，各项污染物经过处理或管理后，能够满足清洁生产的要求。

施工期通过采取悬浮物、扬尘、污水、噪声、固废的防污染措施，可有效防止污染事故的发生，使施工作业对环境的影响降低到最小。

运行期对本工程拟采取的环境保护对策措施进行技术经济论证的结果表明：本工程拟采取的污水接收处理方法技术较为合理可行；噪声治理方案采用的是一些通用、成熟和有效的方法；固体废物得到妥善处置。类比国内同类项目来看，本工程环境保护措施选择适当，能够产生较好的效果。

15.6 环境保护对策措施的合理性、可行性

平陆运河是密切北部湾经济区与西江经济带密切联系的新纽带。西江航运干线中上游经平陆运河由钦州港出海，较目前经梧州由广州出海缩短航程约 560 公里。因此，建设平陆运河能够促进区域运输结构调整，减少航运能源消耗和温室气体排放。项目海洋段环保投资约 4.78 亿元，拟采用的布设防污屏、增殖放流、异地生态补偿等环保措施均较为成熟。项目建设单位在施工运营过程中所采取的环境保护措施在经济上是合理的、可行的。

15.7 公众参与

收到委托后，于 2022 年 2 月 25 日通过广西壮族自治区交通运输厅网站发布环境影响评价公众参与第一次信息公示。2022 年 5 月，完成了《平陆运河（平塘江口—兰海高速钦江大桥段）环境影响报告书》以及《平陆运河（兰海高速钦江大桥以下段）环境影响报告书》征求意见稿编制。5 月 23 日—6 月 6 日，建设单位广西壮族自治区交通运输厅在其网站对报告书征求意见稿进行了公示。在网络平台公开征求意见的 10 个工作日内，于 2022 年 5 月 27 日和 5 月 29 日在南宁日报进行了两次登报公示；于 2022 年 5 月 26 日和 5 月 30 日在钦州日报进行了两次登报公示。在第二次网络公示期间，在沿线村庄进行了张贴公示，张贴日期不少于 10 个工作日。张贴地点选择为施工期、运营期的环境敏感点，包括辣椒槌村、茅坡社区、沙坡村、尖山街道等 20 余个村庄街道的公示栏进行张贴公示。

15.8 区域规划和政策符合性

本项目用海符合《广西壮族自治区海洋功能区划（2011-2020 年）》等相关管控要求，符合《钦州市城市总体规划》《广西北部湾港总体规划》，符合产业政策要求。

15.9 环境管理与监测计划

本工程环境管理在设专职环境保护管理人员，负责本工程的日常环境保护管理工作，重点落实施工期的环境监理和环境监测，并接受生态环境主管部门的监督。通过环境监理与环境监测计划的实施，有助于本工程环保工作的规范化，有效地促进环保措施的落实。

15.10 建设项目环境可行性

本项目符合《广西壮族自治区海洋功能区划（2011-2020 年）》等相关规划，项目建设社会效益显著，但开发建设将会对项目区域海洋生态环境造成一定不利影响。经研究分析，在认真落实报告书提出的各项环保对策和建议，并加强环保管理，所产生的不利影响可以得到有效控制。因此，从海洋生态环境角度考虑，平陆运河是可行的。

15.11 评价总结论

平陆运河是北部湾经济区与西江经济带密切联系的新纽带。西江航运干线中上游经平陆运河由钦州港出海，较目前经梧州由广州出海可缩短航程约 560 公里。因此，建设平陆运河能够促进区域运输结构调整，减少航运能源消耗和温室气体排放。

经过分析评价，平陆运河工程实施的资源需求与横州市、钦州市资源承载能力相适应，符合流域规划、生态保护红线、“三线一单”等要求。同时，项目实施后也不可避免地会对周边生态环境产生影响，重点体现在运河拓宽、疏浚、开挖对滨海湿地生态系统、海洋生物的影响，船舶运营产生的大气和噪声污染，船舶溢油事故产生的环境风险等。

总体而言，经预测分析，在严格落实项目环评相关建议和各项环境保护措施、提高风险事故应急能力，并有效控制环境污染的基础上，项目实施不会给沿线生

态环境承载力带来较大压力，生态影响和环境污染能够得到有效控制。从海洋生态环境保护角度分析，本项目是可行的。