

核技术利用建设项目  
中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目  
放射源库项目  
环境影响报告表  
(公示本)

建设单位：中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司



环评单位：江西省地质局实验测试大队



二〇二四年三月

环境保护部监制

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称	中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目					
建设单位	中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司					
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***	
注册地址	广西壮族自治区钦州市钦州港经济开发区石油大道 1 号					
项目建设地点	广西壮族自治区钦州市钦州港经济开发区化工厂区					
立项审批部门	/		批准文号		/	
建设项目总投资（万元）	***	项目环保投资（万元）	***	投资比例 (环保投资/总投资)	***	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m <sup>2</sup> )	140	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其他	放射源库				

## 1.1 建设单位概述

中国石油广西石化公司坐落在“海上大熊猫”白海豚的故乡——中国（广西）自由贸易试验区钦州港片区，是中国石油落实国家西部大开发战略，优化炼油化工产业布局，在西南地区建设的第一座千万吨级炼厂，总投资 228 亿元，2005 年 5 月筹建，2010 年 9 月投产。千万吨炼厂采用全加氢型工艺流程，主要工艺技术从 UOP、DOW 化学等公司引进。炼厂占地 3800 多亩，现有 1000 万吨/年常减压、350 万吨/年重油催化裂化、220 万吨/年连续重整、400 万吨/年渣油加氢脱硫等 23 套主要工艺装置和完备的配套设施。加工的原油全部从海外进口，主要产品有汽油、柴油、航煤、芳烃、聚丙烯、液化气、沥青、硫黄等，油品质量满足国 VI 标准，产品远销新加坡、澳大利亚等国际市场。自成立以来，公司秉承中国石油“绿色发展、奉献能源”“为客户成长增动力、为人民幸

“福赋新能”的价值追求，大力弘扬以“苦干实干、三老四严”为核心的石油精神和大庆精神铁人精神，凝结形成了“协作、创造、奉献”核心理念和“敢想敢干、善作善成”的锅炉精神，在党的建设、生产运营、改革发展、科技创新等方面取得丰硕成果，成为我国西南地区首个累计加工原油突破一亿吨的现代化炼化基地。在推进高质量发展的过程中，公司积极履行社会责任，先后派出3名驻村书记，完成5个贫困村的脱贫攻坚任务，为巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接做出积极贡献。2009年荣获“全国五一劳动奖状”；2013年千万吨炼油项目荣获IPMA国际卓越项目管理最高奖项——特大型项目金奖，赢得了“广西石化把世界级炼厂带给中国，把中国智慧带给世界”的赞誉；2014年荣获首届“全国石油和化工行业责任关怀最佳实践单位”荣誉称号；2018年荣获广西壮族自治区“清洁生产企业”荣誉称号；2021年荣获广西壮族自治区“绿色工厂”荣誉称号。2022年6月，中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目通过广西壮族自治区发改委核准。这是中国石油贯彻落实国家“一带一路”政策，建设西部陆海新通道，参与RCEP国际竞争，推动绿色低碳发展的关键项目。项目总投资305亿元，包括120万吨/年乙烯、55万吨/年裂解汽油加氢/苯乙烯抽提联合等14套化工装置，200万吨/年柴油吸附脱芳等2套炼油装置以及相应的公用工程、储运和辅助生产设施，计划2025年全面建成投产。好帆凭借力，正当击浪时。公司将认真贯彻落实习近平新时代中国特色社会主义思想，充分发挥区位、市场、资源、机制、人才等优势，加快推进炼化一体化转型升级项目，全力打造世界一流炼化一体化企业，为建设壮美广西共圆复兴梦想，为保障国家能源安全发挥积极作用。

## 1.2 项目概况

广西石化炼化一体化转型升级项目由新建120万吨/年乙烯装置为龙头的化工区14套生产装置和炼油区2套生产装置及炼油工艺装置改造及公用工程辅助设施，化工区配套的公用工程、储运设施、辅助设施及厂外工程设施组成。

项目工程焊接质量需要进行无损检测，各无损检测单位使用多台工业 $\gamma$ 射线探伤机，为了避免意外辐射事件的发生，确保环境和工作人员的辐射安全，统一 $\gamma$ 射线探伤源贮存安全管理，拟在化工厂区建放射源暂存库1座，对现场各无损检测单位使用的探伤放射源提供放射源暂存场所，规范放射源的安全控制和集中管理。其中，探伤机使用密

封铱-192、硒-75放射源最大规模共计96台。

### 1.3 原有核技术利用项目

#### （1）辐射安全许可证

中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司取得了自治区生态环境厅颁发的辐射安全许可证（证号：桂环辐证[N0261]），许可范围为使用Ⅳ、Ⅴ类密封放射源，有效期到2025年2月6日。

#### （2）核技术利用项目环保手续执行情况

公司在用核技术利用项目均履行了环境影响登记表备案、辐射安全许可证等手续。

#### （3）辐射安全管理

在历年运行过程中，公司严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合各级生态环境部门的监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

①公司已建立《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《射线装置使用登记制度》、《自行检查和年度评估制度》及《辐射事故应急预案》等规章制度，并严格按照规章制度执行。

②为加强对辐射安全和防护管理工作，公司成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，明确辐射防护责任，并加强了对放射源探伤机的监督和管理。

③公司从事辐射工作的工作人员定期参加了环保部门组织的上岗培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，增强守法和自我防护意识。

④辐射工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。

⑤近年来单位已委托广西壮族自治区辐射环境监督管理站对辐射工作人员进行个人剂量监测及开展辐射工作场所辐射环境监测，并按照有关规定每年向生态环境主管部门提交辐射环境年度评估报告。

### 1.4 任务由来

中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司因广西石化炼化一体化转型升级项目建设需要，在钦州市钦州港经济开发区建设放射源暂存库项目。依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《建设项目环

境影响评价分类管理名录》等规定,“使用Ⅱ类、Ⅲ类放射源的”项目应当编制环境影响评价报告表,办理辐射环境影响评价审批手续。为保护环境,保障公众健康,中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司委托江西省地质局实验测试大队对该中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目进行辐射环境影响评价(委托书见附件1)。

环评单位接受委托后,组织相关技术人员对该项目进行了实地踏勘、资料收集,在现场调查和理论分析的基础上,按照国家有关建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式,编制该中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目辐射环境影响报告表。

## 1.5 评价项目建设内容及规模

放射源建筑面积约为169m<sup>2</sup>,为地面一层建筑,主体为混凝土屏蔽墙体结构。源库设计储存规模为:96台<sup>192</sup>Ir探伤机及<sup>75</sup>Se探伤机。此外,源库建有放射源值班室一间。考虑到各安装工程不同无损检测单位的探伤源相对独立的贮存和管理,源库内共设有71个源存放格间,源格间尺寸1400mm×1200mm×1700mm,格间为单层格间,共计13个,如图1-3上A1~A7、B1~B6位置,其中A1~A6和B1~B6的每个格间存放3台放射源探伤机,A7格间存放2台放射源探伤机,A和B类格间共存储38台放射源探伤机;源格间尺寸为1200mm×1200mm×1200mm,格间为两层格间,共计28个,如图1-3上C1~C7、D1~D7,每个格间存放1台放射源探伤机,C和D类格间共存储28台放射源探伤机;源格间尺寸600mm×600mm×600mm,格间为两层格间,共计30个,如图1-3上E1~E15,每个格间存放1台放射源探伤机,E类格间共存储30台放射源探伤机。

## 1.6 周边保护目标以及场址选址等情况

中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司注册地址位于广西壮族自治区钦州市钦州港经济开发区石油大道1号,中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目场址位于钦州市钦州港经济开发区化工厂区的东南侧。

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)的规定,该项目评价范围为放射源库各侧边界外50m。因此,本项目评价范围是放射源库边界外50m的区域,评价范围内,东侧为污水处理厂东路和桥面道路,南侧30m外为化工危废暂存库气体净化设施2,西侧13m外为化工危废暂存库配电室和放射源库值班室(值班室与保安岗亭共用),北侧为污水处理厂北路、33米外

为出厂管网。放射源库边界外评价范围内均无居民房、学校等敏感目标，项目选址合理可行。

项目放射源库项目拟建地理位置图见图 1-1, 放射源库所在区域平面示意图见图 1-2, 放射源库平面示意图见图 1-3, 源库拟建位置周围环境关系图见图 1-4, 项目拟建场所现状图见图 1-5。

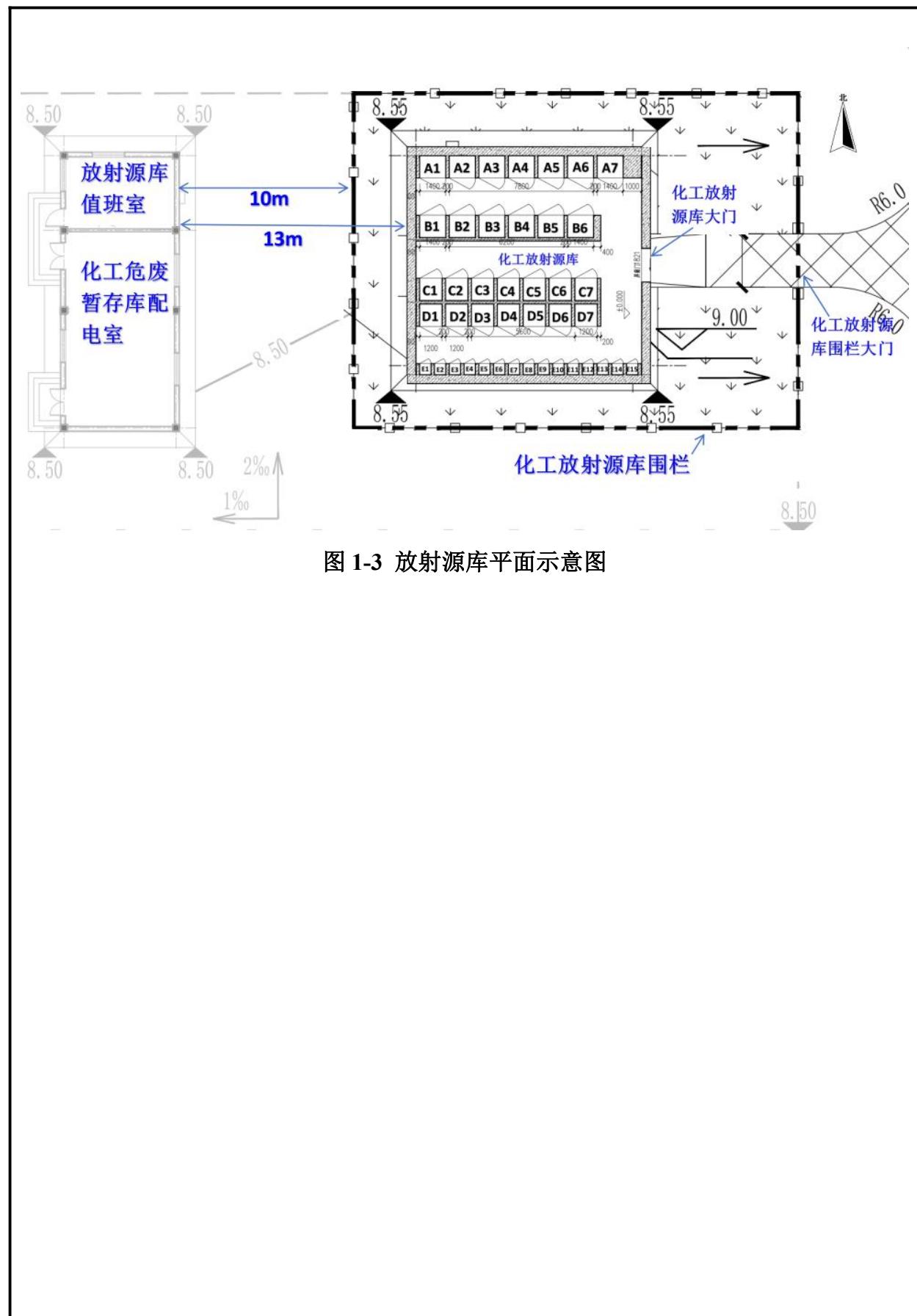
本项目主要保护目标为项目辐射工作人员、评价范围内其他工作人员、公众成员，具体见表 7-1。

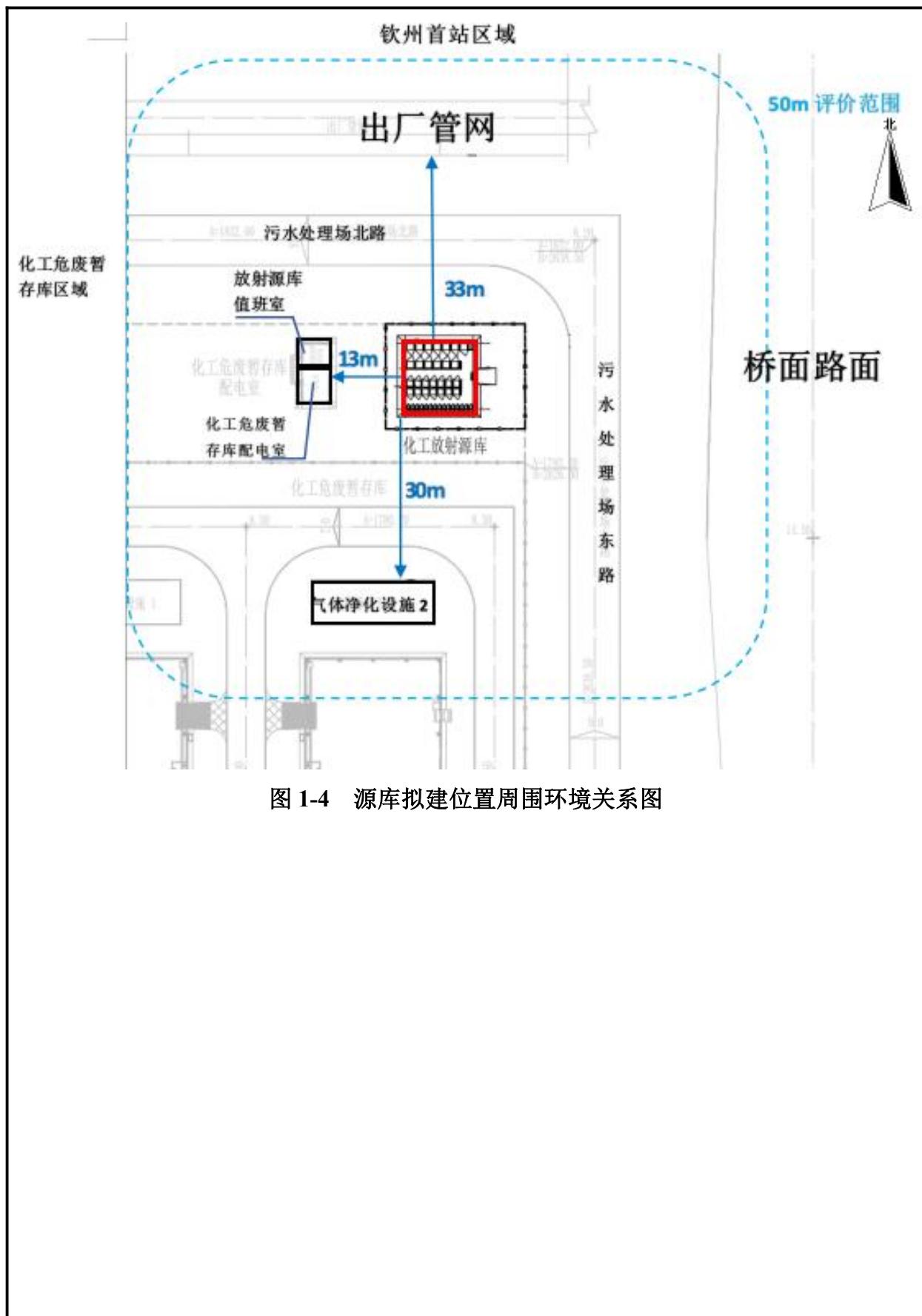


图 1-1 放射源库项目拟建地理位置图



图 1-2 放射源库所在区域平面示意图







拟建源库区域



源库南侧现状



源库西侧现状



源库北侧现状

图 1-5 项目拟建场所现状图

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	Ir-192	$3.7 \times 10^{12}$ (单枚)	II类	贮存	工业探伤	化工厂区	密闭在探伤机 内, 存于放射源 库内。	源库设计最 大贮存含源 探伤机96台。
2	Se-75	$3.7 \times 10^{12}$ (单枚)	II类	贮存	工业探伤			
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注: 放射源包括放射性中子源, 对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注: 日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

序号	名称	类别	数量	型 号	厂 家	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用 途	工作场所
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役放射源	固态	Ir-192、 Se-75	/	/	/	/	放射源库内	由放射源使用单位负责返回放射源生产厂家。
臭氧(O <sub>3</sub> )、 氮氧化物	气态	/	/	极少量	极少量	/	/	通过排风系统排出源库，弥散在大气环境中分解。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，于 2014 年 4 月 24 日修订，自 2015 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，自 2003 年 9 月 1 日起施行，根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年发布，2003 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布；根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令，于 2005 年 9 月 14 日公布，自 2005 年 12 月 1 日起施行；国务院于 2014 年 7 月 29 日发布《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国令第 653 号）对本条例部分条款进行了修改；国务院于 2019 年 3 月 2 日发布《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国令第 709 号）对本条例部分条款进行了修改；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年发布，2011 年 5 月 1 日起施行）。</p> <p>(7) 《放射源分类管理办法》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号），2005 年 12 月 23 日。</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），自 2021 年 1 月 1 日起施行。</p> <p>(9) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第 9 号），2019 年 11 月 1 日施行。</p> <p>(10) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考有事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日施行）。</p> <p>(11) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 号第 9 号）。</p> <p>(12) 《广西壮族自治区环境保护条例》（自 2019 年 7 月 25 日发布并施行）。</p>
------------------	---

技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》, HJ 10.1-2016, 环境保护部。</p> <p>(2) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) (2021年5月1日实施) ;</p> <p>(3) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) (2021年5月1日实施) ;</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) ;</p> <p>(5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) ;</p> <p>(6) 《<math>\gamma</math>射线探伤机》(GB/T 14058-2023) 。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书, 见附件1;</p> <p>(2) 辐射安全许可证, 见附件2;</p> <p>(3) 现状监测报告, 见附件3;</p> <p>(4) 放射源库管理人员小组, 见附件4;</p> <p>(5) 放射事故事件应急预案, 见附件5;</p> <p>(6) 放射源库安全管理规定, 见附件6;</p> <p>(7) 项目代码文件, 见附件7。</p>

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，并结合本项目能量流污染特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目放射源库周围 50m 的范围作为本项目的评价范围，具体见图 1-4。

### 7.2 保护目标

本项目环境保护目标为项目的辐射工作人员和公众成员。据现场踏勘，本项目放射源库外评价范围内无居民房、学校等敏感目标。

辐射工作人员为放射源库值班室内源库管理人员；公众人员主要为放射源库安保人员、评价范围内其他工作人员和可能存在的流动人员。本项目环境保护目标详见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

环境保护对象		位置描述	规模	年有效剂量管理约束值要求
职业人员	放射源库值班室内的源库管理人员	西侧 13m	2 人	连续 5 年的年平均有效剂量 5mSv
公众成员	放射源库值班室内的安保人员	西侧 13m	4 人	年有效剂量 0.1mSv
	其他工作人员及公众	源库屏蔽墙外 50m 范围内	流动人口	

### 7.3 评价标准

#### (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

该标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 款关于剂量限制的规定：应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当

量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值, 不应将剂量限值应用项目于获准实践中的医疗照射。

该标准第 B1.1.1.1 款, 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制, 使之不超过下述限值: 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv; 本次评价从辐射防护最优化原则出发, 使职业人员尽量避免不必要的附加剂量照射, 取其四分之一即 5mSv 作为职业人员的年剂量管理约束值。

该标准中第 B1.2 款关于公众照射剂量限值的规定, 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值: 年有效剂量, 1mSv; 本评价取其十分之一即 0.1mSv 作为公众成员年剂量管理约束值。

## (2) 《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)

### 5.2 $\gamma$ 射线探伤机

#### 5.2.1 源容器及其传输导管

5.2.1.1 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖(若有)时, 源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过表 2 (本报告为表 7-2) 规定的控制值, 随机文件中应有该指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 14058 的要求。

表 7-2 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类别	探伤机代号	最大周围剂量当量率mSv/h	
		5cm	100cm
手提式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05
固定式	F	1	0.1

#### 5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源(或带源的探伤机)的贮存库。

5.2.3.2 移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源, 应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕, 应进行巡测, 确保存储安全。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求:

- a) 严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志；
- b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；
- c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  或者监管部门批准的控制水平；
- d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；
- e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA 1002 的相关要求。

5.2.3.5 使用单位应制定放射源领用及交还制度，建立领用台账，明确放射源的流向，并有专人负责。

5.2.3.6 领用、交还含放射源的源容器时，应对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器应按规定位置存放，领用和交还都应有详细的登记。

表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 辐射环境现状监测

本项目中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目建设于广西壮族自治区钦州市钦州港经济开发区化工厂区。项目拟用场所地理位置示意图见图 1-1。

### 8.2 环境现状评价的对象

环境现状评价的对象为中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目场址周围辐射环境现状。

### 8.3 环境现状辐射监测

本项目场址周围环境现状辐射水平采用现场监测的方法进行调查，评价单位对本项目周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率水平进行监测，监测报告见附件2。

#### (1) 监测目的

掌握中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目场址的辐射环境质量现状水平，为分析及预测项目运行时对职业人员、公众人员及周围环境的影响提供基础数据。

#### (2) 监测因子

监测因子为 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。

#### (3) 监测点位布设

参考《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)、《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)有关布点原则，结合项目使用场址、评价范围内保护目标，根据现场条件，合理布点7个，监测布点图见图8-2。

#### (4) 监测频次

监测一次。

#### (5) 监测仪器与监测规范

监测仪器的参数与监测所依据的规范见表8-1。

表8-1 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测仪器参数与规范

监测项目	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率
仪器名称	便携式 X、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
编 号	F119

生产厂家	Thermo 公司
能量响应	40keV~4.4MeV
量 程	1nSv/h-100 $\mu$ Sv/h
校准证书及有效期	校准证书编号: 2023H21-10-4653455002 (上海市计量测试技术研究院), 发布日期: 2023 年 6 月 25 日。
监测规范	《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)

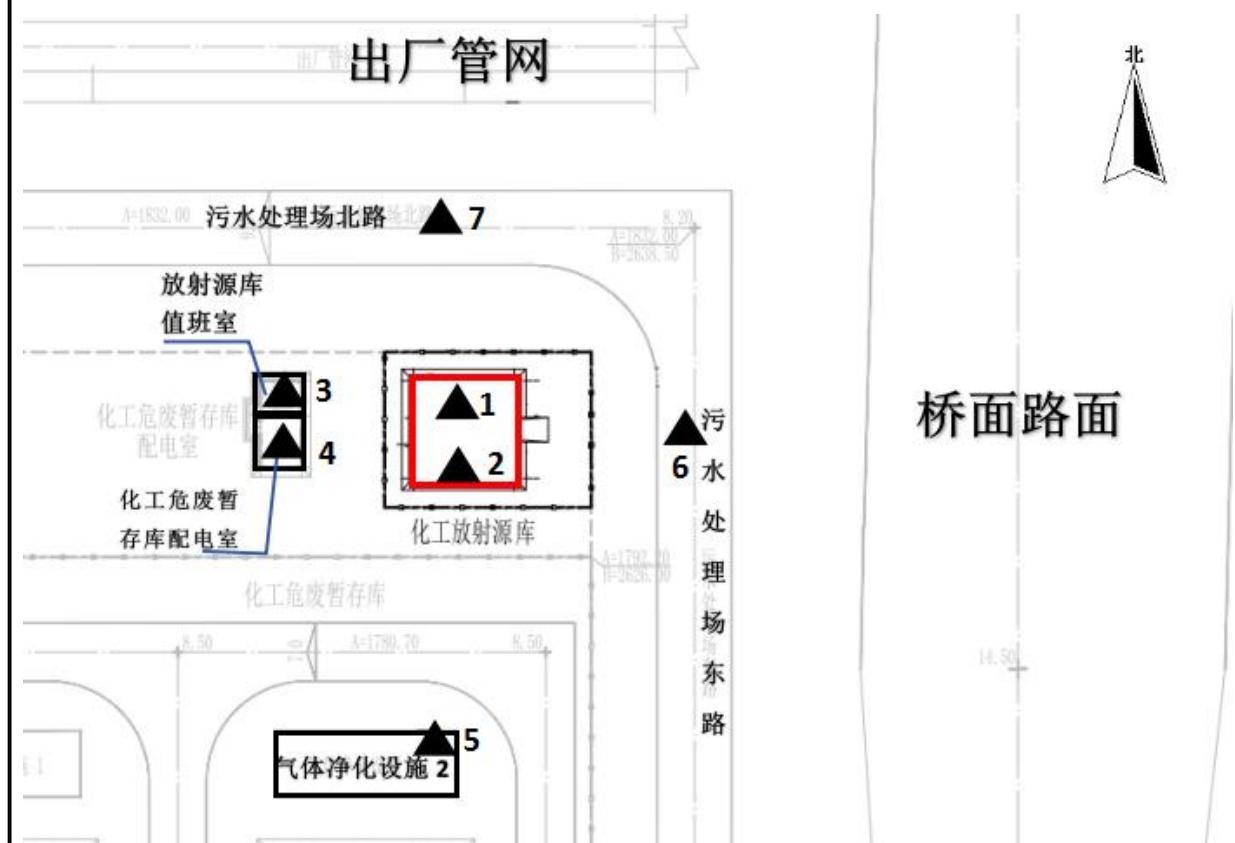


图 8-1 拟建放射源库区域及周边环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测布点图

#### (6) 质量保证措施

- ① 监测人员经考核合格并持有合格证书上岗
- ② 监测前制定监测方案, 合理布设监测点位, 选择监测点位时充分考虑使监测结果具有代表性, 以保证监测结果的科学性和可比性;
- ③ 监测所用仪器经国家法定计量检定部门校准合格, 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常;
- ④ 经常参加上级技术部门及同类单位组织的仪器比对; 通过仪器的期间核查或绘制

质量控制图等质控手段保证仪器设备的正常运行；

⑤监测实行全过程的质量控制，严格按照监测单位《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行；

⑥包括异常数据在内的所有监测结果按统计学要求进行处理；

⑦建立完整的现状监测资料档案，资料内容包括仪器的校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序及结果等，以备复查；

⑧监测报告严格按相关技术规范编制，报告编制人需为持监测上岗合格证人员、监测报告经由授权签字人审核，最后授权签字人签发，报告审核与签发人不能为同一人。

#### （7）监测结果

监测单位于 2023 年 12 月 25 日对该项目建设场所开展环境现状 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测，监测结果见表 8-2。

**表 8-2 拟建放射源库场所环境现状 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测结果<sup>\*</sup>**

序号	设备名称	监测位置	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		
			开/关机	测量结果	标准偏差
1	中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目	放射源库拟建场址区域 1	/	61.9	0.4
2		放射源库拟建场址区域 2	/	61.1	0.3
3		拟建放射源库值班室	/	58.1	0.6
4		拟建化工危废暂存库配电室	/	58.6	1.0
5		拟建气体净化设施 2	/	60.3	0.9
6		拟建放射源库东侧污水处理场东路	/	58.7	1.1
7		拟建放射源库北侧污水处理场北路	/	58.5	0.5
测值范围			/	58.1~61.9	/

\*注:1、表中监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值 11.3nGy/h (根据经纬度坐标和海拔高度换算，仪器的宇宙射线响应值测点位于江西庐山西海中心，测值为 11.3nGy/h)。

2、根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)，空气比释动能和周围剂量当量的换算系的转换因子是 1.2Sv/Gy，校准因子是 1.12。

3、现场监测为室外空地，建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子室外取 1。

由表8-2的监测结果可知，项目拟建场所周围区域环境现状 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率测

值范围为58.1~61.9nGy/h, 根据《中国环境天然放射性水平》可知, 广西原野 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率在10.7~238.7nGy/h范围, 可见, 本项目建设场址各监测点位 $\gamma$ 辐射剂量率在其范围内, 辐射环境质量状况未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备

放射源库规划在钦州市钦州港经济开发区化工厂区的东南侧，源库源库长 13.2m、宽 12.8m、高 4.5m，放射源建筑面积约为 169m<sup>2</sup>，为地面一层建筑，主体为混凝土屏蔽墙体结构。源库设计储存规模为：96 台 <sup>192</sup>Ir 探伤机及 <sup>75</sup>Se 探伤机。此外，源库建有放射源值班室一间。考虑到各安装工程不同无损检测单位的探伤源相对独立的贮存和管理，源库内共设有 71 个源存放格间，源格间尺寸 1400mm×1200mm×1700mm，格间为单层格间，共计 13 个，如图 1-3 上 A1~A7、B1~B6 位置，其中 A1~A6 和 B1~B6 的每个格间存放 3 台放射源探伤机，A7 格间存放 2 台放射源探伤机，A 和 B 类格间共存储 38 台放射源探伤机；源格间尺寸为 1200mm×1200mm×1200mm，格间为两层格间，共计 28 个，如图 1-3 上 C1~C7、D1~D7，每个格间存放 1 台放射源探伤机，C 和 D 类格间共存储 28 台放射源探伤机；源格间尺寸 600mm×600mm×600mm，格间为两层格间，共计 30 个，如图 1-3 上 E1~E15，每个格间存放 1 台放射源探伤机，E 类格间共存储 30 台放射源探伤机。

源库四周墙体及房顶均为密度不低于 2.35g/cm<sup>3</sup> 的混凝土，墙体厚度为 50cm，房顶厚度为 24cm。源库内存放格间隔墙及源柜采用密度不低于 2.35g/cm<sup>3</sup> 的混凝土建造，厚度为 20cm。进入放射源库为含铅防护门，内含 30mm 铅板、外包 5mm 不锈钢（不锈钢厚度加起来为 10mm）。

屏蔽设计要求如下：

源库的屏蔽设计能充分保证在满库容的情况下，满足如下的分区控制要求：

- a) 源库外监督区的辐射剂量率不超过 2.5μSv/h；
- b) 源库内控制区的辐射剂量率不超过 15μSv/h。

整个源库不设窗户，源库大门按照“双人双锁原则”进行设计，进入源库的大门外设置红外警报和监视器等保安设施。源库外设置铁丝网围栏，防止非工作人员靠近源库活动和停留，并设置值班岗亭。

放射源库用于暂时存放建设过程中现场各检测单位使用的工业γ射线探伤源，施工结束后放射源由承包商自行带走。在γ射线探伤源的暂存过程中密封放射源发生衰变产生的γ射线，对周围环境和暂存库管理员、周围其他工作人员可能产生影响。

本次建设放射源库设计可暂存 96 台含源探伤机，包括铱-192、硒-75 源，均为 II

类密封源。本项目暂存的放射源基本参数见表 9-1。

表 9-1 本项目暂存的放射源基本参数

核素	半衰期	衰变类型	毒性	主要 $\gamma$ 射线能量 (MeV)
$^{192}\text{Ir}$	74d	$\beta^-$ (95.22%) $\epsilon$ (4.78%)	中毒	0.316、0.308、0.296、0.468
$^{75}\text{Se}$	120d	$\epsilon$ (100%)	中毒	0.265、0.136、0.280、0.121

本放射源暂存库在厂区施工期间存贮的主要是含有 Ir-192 放射源和 Se-75 放射源的探伤机，探伤源为密封放射源。探伤机出厂时屏蔽容器的包装和屏蔽满足《 $\gamma$ 射线探伤机》(GB/T 14058-2023) 和《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 的要求。

## 9.2 临时放射源库的管理

### 9.2.1 职责

为了确保 $\gamma$ 射线探伤机的辐射安全与防护，中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司为中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目建设期间探伤使用单位设立专用的放射源库。

中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司工程管理部具体负责对放射源库的管理。化工厂内正在使用的 $\gamma$ 射线探伤机实行谁使用、谁管理、谁负责的原则，探伤机为施工承包商所有与使用，探伤机由其负责与管理。不使用的 $\gamma$ 射线探伤机必须存放在指定的源库内，由中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司统一管理，其它任何单位和个人不允许单独存放 $\gamma$ 射线探伤机。

工程管理部负责化工厂地内所有 $\gamma$ 射线探伤机贮存的统一管理，根据国家规定和地方管理当局的要求，组织工地内 $\gamma$ 射线探伤机的定期盘点和登记工作。同时对工地内 $\gamma$ 射线探伤机的使用、运输和管理负有监督、检查的责任。

放射源库日常管理人员负责组织以下工作：

- 1、负责落实环保行政部门提出的管理要求，并检查管理规章的执行情况。
- 2、负责每年对员工至少进行一次辐射防护安全教育，并每年向环保行政部门书面报告本单位年度辐射安全工作情况。
- 3、负责建立、管理放射源台账，变更时应及时更新数据存档管理。放射源首次进入源库前，源库管理工作人员应对储源罐与放射源标号与《放射源出入库交接单》

中信息进行核实，并编号存档管理；在放射源离开放射源库出库时，负责审核放射源异地使用备案中的注销手续，并注销源库放射源管理台账。

4、负责审查领用和归还放射源人员填写的《放射源领取和归还人员申请表》和表内相关资料。

5、放射源出入库时，放射源库管理人员和存源单位领源人员共同用仪器测量探伤机表面剂量，确认放射源在探伤机设备内并填写《放射源出入库台帐》。

施工承包商（射线探伤单位）负责按照管理细则向放射源库管理方提交领取、归还 $\gamma$ 射线探伤机的手续； $\gamma$ 射线探伤机的使用人和持有人，对 $\gamma$ 射线探伤机从放射源库取出至送回过程中的运输、使用、临时保管等工作负全部责任；各单位的安全、保卫部门对本单位 $\gamma$ 射线探伤机从放射源库取出至送回过程中的运输、使用、临时保管等工作负有监督、检查的责任；建立本单位所有放射相关工作人员辐射安全培训档案、个人剂量档案以及个人职业健康档案；制定 $\gamma$ 射线探伤机与探伤作业安全管理细则，并报送总包商审查，细则应详细规定 $\gamma$ 射线探伤机的采购、贮存、运输、领用登记、使用、盘点以及处置要求及方法。

放射源异常情况下，施工承包商负责应急响应与应急处置。

### 9.2.2 出入库管理

放射源在进场入库（第一次存入源库）时，存源单位应提供放射源备案表和放射源资料，源库管理员从前后左右上下六个方位拍摄图片并监测初始数据，记录存档。存取放射源的人员应提供个人辐射安全培训合格证、身份证复印件，填写申请表后由源库管理员确认无误后通过并存档管理，存取源时只有向源库管理员备案过的人员方可登记与存取。

放射源因服役结束或转移使用地办理退场出库时，使用单位应向源库管理单位提供经生态环境主管部门审批同意的《密封放射源-放射性同位素转让审批表》，源库管理员从前后左右上下六个方位拍摄图片，在放射源探伤机前后左右上五个方位的表面30cm 监测数据，记录出库监测数据并存档，确保放射源存放于探伤机内。

各单位每次领取、归还探伤机时，应当进行登记、检查，做到账物相符，同时放射源库管理人员应对包装、数量、辐射水平，按要求进行记录、报告。

探伤机在领取、归还源库前要在源库管理员的监督下进行检测，填写 $\gamma$ 射线探伤机出、入库登记表方可出、入库。

源库管理员接触探伤机时必须佩戴好个人剂量计（热释光片）、携带环境剂量率仪。为防止人员误照和 $\gamma$ 射线探伤机丢失，领用探伤机时间为探伤前半个小时内领取，归还探伤机时间为探伤作业结束后半小时内入库，登记时领源人不能少于1人，应有其他人验证。

### 9.2.3 工艺流程和涉及的污染物

为了加强放射源库的管理，保障相关工作人员的职业健康和安全，保护环境，制定了放射源源库探伤机领取、归还流程，工艺流程及产污环节如图9-1。

领取探伤机时，源库管理人现场确认领用人身份证明文件，与提前报备文件保持一致，领用人员登记放射源，源库管理人员确认登记放射源的数量；保安人员打开第一道围栏大门，源库管理人打开第二道放射源库大门，领用人按照登记表数量打开相应铁箱，源库管理员取出放射源并在源库外监测放射源数据，源库管理员确认数量无误后装车，源库管理员和保安上锁关门；归还放射源时，归还人登记放射源，库管理员确认登记数量，源库管理员对归还放射源监测数据和查看储源罐表面，源库管理员核对领用时的监测数据并确认无误，保安人员打开第一道围栏大门，源库管理员打开第二道放射源库大门，归还人按照编号放入对应的铁箱，源库管理员检查源坑与放射源是否对应，归还人锁好铁箱并取走钥匙，源库管理员和保安上锁关门。

$\gamma$ 射线探伤机暂存库管理分三个环节：工作准备、条件审查、过程管理。在以上工作环节中取源和还源均存在 $\gamma$ 射线外照射。

## 放射源出入库登记流程图

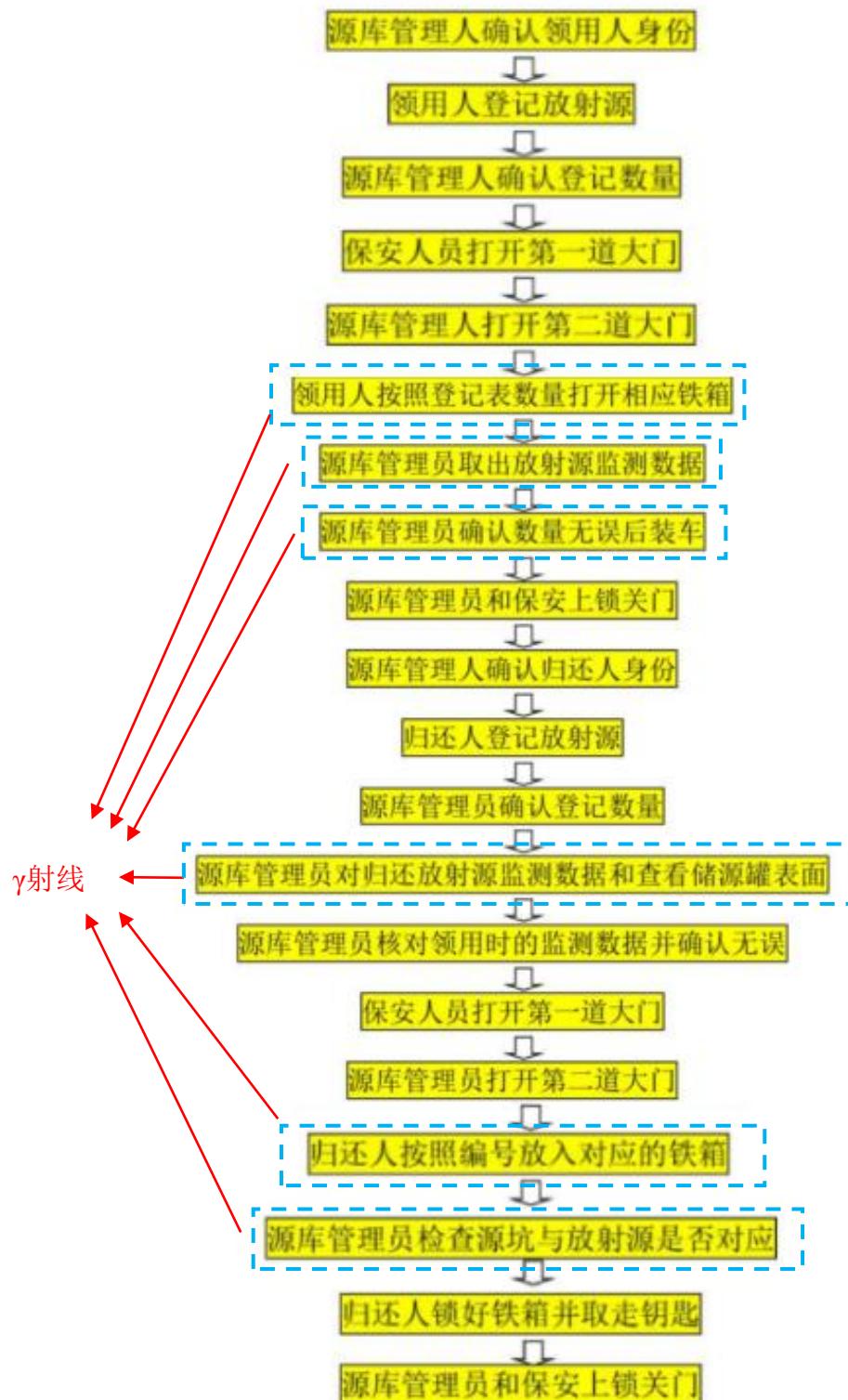


图 9-1 含源探伤机领用、归还流程及产污环节示意图

#### 9.2.4 项目涉及的人流和物流的路径规划

放射源库涉及的人流和物流的路径为工作人员自放射源库值班室、经过化工放射源外围栏，通过化工放射源库围栏大门和化工放射源库大门，最终进入化工放射源库。物流经过化工放射源库围栏大门和化工放射源库大门，进入化工放射源库。化工放射源库涉及的人流和物流的路径规划见图 9-2。

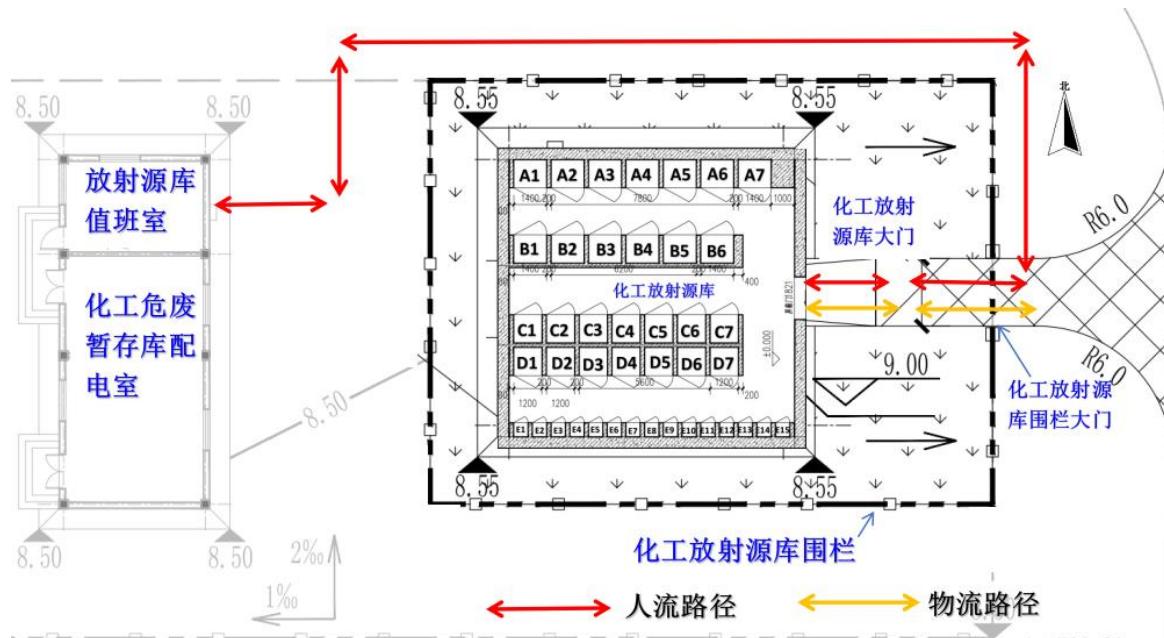


图 9-2 项目涉及的人流和物流的路径规划图

#### 9.2.5 工作负荷

中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司负责放射源库的管理，管理部门为工程管理部；配备日常管理人员 2 名，设置值班室，源库专职安保人员 4 名，保证全天 24 小时有人值班。大门双人双锁。对于放射源的进出台账严格管理。

### 9.3 污染源项描述

#### 1、正常运行状况下

密封放射源<sup>192</sup>Ir、<sup>75</sup>Se 等分别贮于探伤机内，贮存于源库内贮源箱内。虽然探伤机工作容器、源库贮源箱等对放射源产生的γ射线有较好的屏蔽作用，但不可能将γ射线完全屏蔽。因此，工业γ射线探伤源不工作期间暂存于源库中产生的γ射线将对贮源库周围环境产生一定影响。

因此，本项目中γ射线成为主要的污染因子。

#### 2、退役放射源

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 18 号）的要求：“生产、进口放射源的单位销售 I 类、II 类、III 类放射源给其他单位使用的，应当与使用放射源的单位签订废旧放射源返回协议”。本项目暂存 II 类密封放射源，其退役时产生废旧放射源。探伤单位在新购置放射源时与厂家签订有退役放射源返回协议，当放射源由于活度衰减等原因不再用于探伤检测时，废旧放射源须返回原厂家。因此，本项目不会产生废旧放射源问题。

### 3、事故工况

若因不按规定进行操作可能出现事故，发生事故的主要类型有：

①理论上，放射源和它的连接杆（或铰链）是紧密相连的，一定会跟着探伤机走，不可能掉落。但历史上发生过许多次的丢源事故，就是链条断裂，螺丝松脱之类各种莫名其妙的原因导致的。放射源在存储中从密封容器中失控，成为裸源且便携式剂量率仪发生故障或者没有携带便携式剂量率仪，没有报警提示使工作人员受到误照。

#### ② $\gamma$ 射线探伤机被盗

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，将受照射人员送往公司进行紧急抢救，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境保护部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

③公司的废源在供源单位还未及时回收期间，对于废源的保管不善，可能会发生被盗事故，将造成安全隐患。

④公司在日常管理时，由于管理人员疏忽或人为故意造成源丢失或偷盗事故，将造成严重的安全隐患。

表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 项目工作场所布局

本建设项目位于钦州市钦州港经济开发区化工厂区东南部，以放射源库区边界为起点 50m 半径范围内均为业主单位内部区域，无学校、居民房等环境敏感目标。本项目平面布置示意图见图 10-1，立面图见图 10-2。

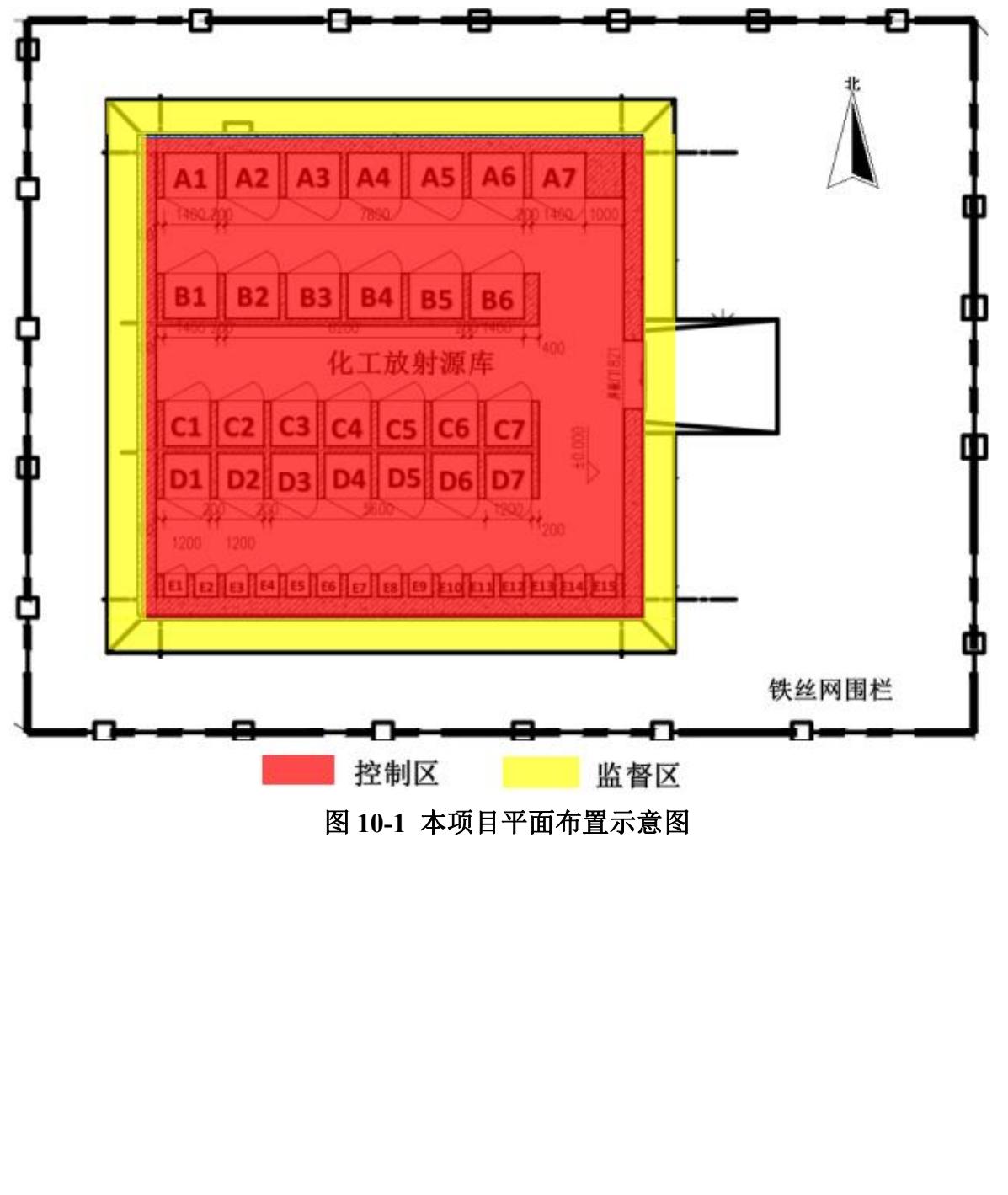


图 10-1 本项目平面布置示意图

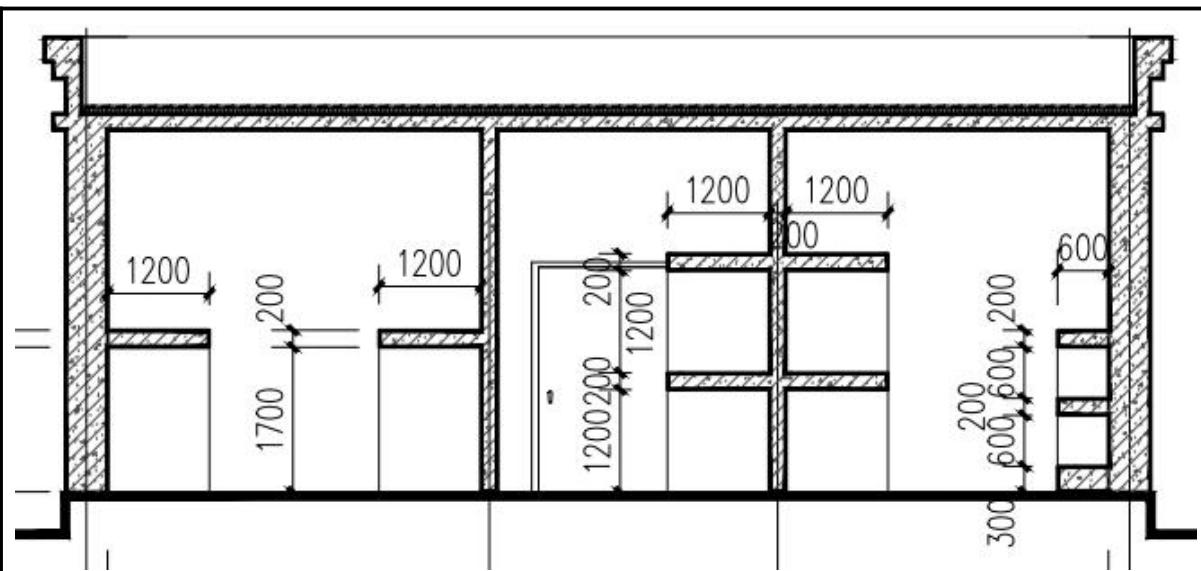


图 10-2 本项目立面布置示意图

源库在门口设置电离辐射警告标志，将放射源库场所划分为控制区，无关人员不得进入。暂存的探伤源产生的电离辐射，经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合年有效剂量管理约束值的要求。通过以上场所独立、划分区域等措施，本项目不会产生交叉污染。

因此，本项目平面布置合理可行的。

#### 10.1.2 分区原则和区域划分情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。按照分区管理的原则，本项目划分为控制区和监督区。将放射源库划分为控制区（见图 10-1），将控制区外，与库房相邻 1m 区域划分为监督区（见图 10-1），监督区边界无实体边界、地面标注监督区标志。控制区在使用期间禁止无关人员入内，并设置明显的电离辐射标志；监督区不需要专门的防护手段或安全措施，但应定期对环境辐射水平进行监测。

#### 10.1.3 放射源暂存库采取的辐射屏蔽措施

放射源建筑面积约为  $169m^2$ ，源库长 13.2m、宽 12.8m、高 4.5m，为地面一层建筑，主体为混凝土屏蔽墙体结构。源库设计储存规模为：96 台  $^{192}Ir$  探伤机及  $^{75}Se$  探伤机。此外，源库建有放射源值班室一间。考虑到各安装工程不同无损检测单位的探伤源相对独立的贮存和管理，源库内共设有 71 个源存放格间，源格间尺寸 1400mm  $\times$  1200mm  $\times$  1700mm，格间为单层格间，共计 13 个，如图 10-1 上 A1~A7、B1~B6 位置，其中 A1~A6 和 B1~B6 的每个格间存放 3 台放射源探伤机，A7 格间存放 2 台放

射源探伤机，A 和 B 类格间共存储 38 台放射源探伤机；源格间尺寸为 1200mm×1200mm×1200mm，格间为两层格间，共计 28 个，如图 10-1 上 C1~C7、D1~D7，每个格间存放 1 台放射源探伤机，C 和 D 类格间共存储 28 台放射源探伤机；源格间尺寸 600mm×600mm×600mm，格间为两层格间，共计 30 个，如图 10-1 上 E1~E15，每个格间存放 1 台放射源探伤机，E 类格间共存储 30 台放射源探伤机。

### 1、墙体

源库四周墙体及房顶均为密度不低于  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$  的混凝土，墙体厚度为 50cm，房顶厚度为 24cm。源库内存放格间隔墙及源柜采用密度不低于  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$  的混凝土建造，厚度为 20cm。

### 2、防护门

进入放射源库为含铅防护门，内含 30mm 铅板、外包 5mm 不锈钢（不锈钢厚度加起来为 10mm）。

### 3、源库的保安

- a) 整个源库不设窗户；
- b) 源库大门按照“双人双锁原则”进行设计，大门设置为含铅防护防盗门要求进行设计；
- c) 进入源库的大门外设置红外警报和监视器等保安设施，源库门应为双人双锁。
- d) 源库外设置铁丝网围栏，防止非工作人员靠近源库活动和停留；
- e) 源库铁丝网围栏外，设置值班岗亭，值班岗亭安排专人负责源库的安保工作，实行轮流换班制，保证全天 24 小时有人值班，严格执行交接班制度，并有记录；进入源库的工作人员和授权访客等需进行实名登记。安保人员沿着放射源库围栏外进行巡查，时间间隔为 2 个小时/次，源库管理人员会每天两次在放射源库围栏外进行巡查，每个月会定期清查放射源库的放射源数量和台账信息是否一致，确保放射源的储存安全。

#### 10.1.4 通风系统

为确保贮源探伤机存、取过程中辐射工作人员的辐射安全，源库须设置通风装置，保证在存、取探伤机前及探伤机交接过程中源库始终保持通风状态，在源库屋顶设置 2 个风机排风，换气次数可达 3 次/小时，保证在存、取探伤机前打开风机，排风口位

置示意图见图 10-3。

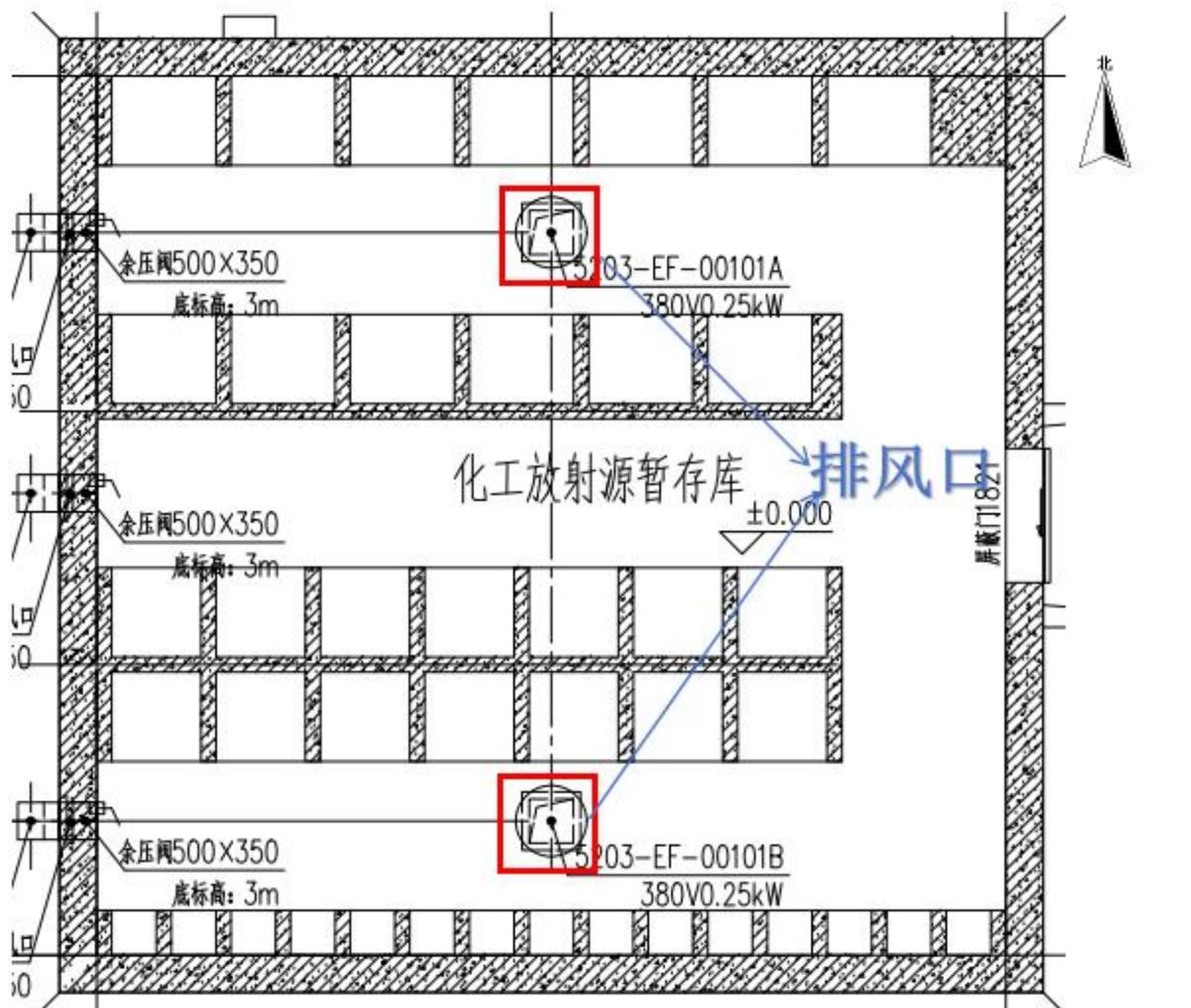


图 10-3 排风口示意图

## 10.2 辐射安全措施

### 1、放射源库的辐射安全管理措施

- ① 放射源库为单独的建筑，应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素。含放射源装置暂停使用期间，应存放在源库内。
- ② 加强组织领导，建立健全辐射安全与防护管理机构。
- ③ 放射源库应有通信设施，并保持畅通。加强放射源库的安保和安防监控。源库内设有视频监控，源库四周围栏上设有视频监控装置；放射源库实行 24h 值班制度和通行证制度以及出入库检查登记制度，坚持巡回检查和夜间巡逻，每两小时对存放场所周围进行一次巡查，巡查时携带自卫器具，严把库区出入关。
- ④ 源库拟配置 2 台配备辐射监测仪器和 2 台个人剂量报警仪，监测设备会定期检定，建立出入库监测以及库区巡测制度，并做好记录。

⑤ 强化安全管理，加强辐射安全与防护相关知识的学习。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年 第 57 号），确保源库相关辐射工作人员均持证上岗或应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

#### ⑥ 设置辐射警示标志

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求：“在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F（标准的附录）规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示”。评价要求建设单位应在明显位置设有“禁止入内”、“当心电离辐射”、“必须穿防护服”和“必须戴防护眼镜”的警示标志，警示标志应符合 GB2894 的规定。

#### ⑦ 完善应急响应机制，提升放射事故应急处置能力

负责运行管理的中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司计划成立辐射事故应急领导小组，制定《放射事故事件应急预案》，并定期组织员工进行应急演练，建立了突发辐射事件应急联动机制。

### 2、取源、存源过程的辐射安全防护措施

① 规范作业流程和全程负责制。加大出入库、储存等环节的监管力度，暂存库必须建立放射源出入库管理制度。

② 严格放射源存取管理。放射源暂存库设专职管理员负责放射源的存取、检查和登记管理工作。严格放射源存取管理，严把存取及交接环节，做到提源审批手续齐全、交接记录规范；完善台账并定期核对，建立出入库登记、巡检、监测等记录并存档，登记资料至少保存 1 年。

③ 严格执行“双人双锁”制度。放射源库大门结构采用双重防盗方案，共有两道锁。放射源库大门双人双锁钥匙分别由两名放射源库管理人员保管，两名放射源库管理人员一同打开放射源库大门，放射源领用人跟随放射源库管理人员进入放射源库登记/领取室。

④ 源库管理员、放射源使用单位人员进入源库应正确佩戴个人剂量报警仪和个人剂量计，并持有 1 台辐射监测仪。

⑤ 严格落实日清日查制度，确保库房库存动态实时受控。

### 10.3 辐射防护措施符合性分析

对照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，辐射防护措施符合性分

析表见表 10-1。

表 10-1 辐射防护措施符合性分析表

项目名称	标准防护要求	本项目方案	符合性
放射源库	5.2.3.1: 使用单位应设立专用的放射源(或带源的探伤机)的贮存库。	本项目拟建设1间专用的放射源库, 放射源库最大贮存的96台 $\gamma$ 射线探伤机, 不暂存其他物品或设备。	符合
	5.2.3.2: 移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源, 应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕, 应进行巡测, 确保存储安全。	建设单位设有放射源库, 建设单位将提前和客户单位签订放射源库贮源位租赁合同, 在客户单位移动探伤期间, $\gamma$ 射线探伤机暂存于建设单位的放射源库。本项目放射源库大门设置双人双锁, 贮存期间, 建设单位将安排人流轮流24小时看管巡测, 确保存储安全。本项目不设置临时贮存。	符合
	5.2.3.3: 放射源贮存设施应达到如下要求: a)严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏, 并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动, 贮存设施门口应设置电离辐射警告标志; b)应能在常规环境条件下使用, 结构上防火, 远离腐蚀性和爆炸性等危险因素; c)在公众能接近的距外表面最近处, 其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 或者监管部门批准的控制水平; d)贮存设施的门应保持在锁紧状态, 实行双人双锁管理; e)定期检查物品清单, 确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。	a)本项目放射源库墙体和防护门设有足够的屏蔽防护材料, 严格控制对周围人员的照射; 本项目放射源库设有双人双锁结构, 防止放射源被盗或损坏; 本项目在放射源库防护门上设置电离辐射警告标志; b)本项目放射源库采用一级耐火等级建筑, 配备灭火器进行防火, 墙面及屋顶进行防水处理; 本项目放射源库不贮存爆炸物品和腐蚀性物品; c)根据估算结果, 本项目放射源库周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ; d)本项目放射源库设有双人双锁结构, 且放射源库防护门保持锁紧状态; e)建设单位已制定《放射源库检测记录表》, 定期检查物品清单, 确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。	符合

由表 10-1 可知, 公司放射源库按相关标准要求进行了设计, 辐射防护措施均符合相关规定要求, 公司应严格按照设计方案进行建设。

## 三废的治理

本项目在运行时无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

项目使用的探伤机为施工承包商所有，探伤机中放射源达到使用寿命后由 $\gamma$ 射线探伤机所有人交回生产厂家或交由有资质的单位回收处置。因此，本项目不会产生废旧放射源问题。

放射源库在存放密封放射源时， $\gamma$ 射线通过电离离子的作用可产生少量的臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）。本项目机房的采用机械排风方式，废气排风管道从放射源库屋顶排出室外。放射源库换气次数按照不少于4次/h设计，放射源库内产生的少量臭氧和氮氧化物通过送排风系统和外界空气对流，可改善室内空气中臭氧及氮氧化物问题，降低放射源库内有害气体的浓度。

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

项目放射源库为混凝土建筑。建设期主要的污染因子有：噪声、废水、固体废弃物和扬尘。

噪声主要来自于基础开挖、破除现有混凝土地面等，施工期间应该加强施工管理，各施工机械应明确施工时段。原状恢复产生的泥浆废水必须经沉淀处理后，再排入市政管网。

施工过程中的建筑垃圾和生活垃圾须集中处理，严禁随意堆放和倾倒。

施工场地应设置有效围护，定时洒水以减少扬尘，施工车辆进出应严格控制车速，及时清洗轮胎及车身。

施工单位应遵守当地环境保护部门对施工的其它有关规定和管理。建设单位应对施工单位进行有效监督。

放射源库只有在存放放射源探伤机后才会有辐射影响，因此，在建设期放射源库对环境无辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

放射源库在存放放射源探伤机后会有辐射影响，此时，放射源库屏蔽措施已建成，具有足够的辐射屏蔽能力，不致对环境产生明显的影响。

因此，放射源库在建设期对周围环境无辐射影响。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 辐射环境影响分析

本项目为探伤源的储存，故本次评价主要对含源探伤机的存取过程中产生的辐射影响进行分析。采取理论估算的方法进行辐射影响分析。

##### 11.2.1.1 贮源探伤机表面剂量率

化工厂最常用的探伤机为手提式，手提式探伤机主要采用<sup>192</sup>Ir 和<sup>75</sup>Se 放射源。

探伤机厂家不同，其贮源状态下对探伤源的屏蔽效果可能不同，但合格的探伤机均需遵循《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。根据 GBZ 117-2022 《工业探伤放射防护标准》的要求，探伤机的源容器应该使其在装有最大活度值的密封放射源，且闭锁在安全位置时，对于源容器的屏蔽规定如表 11-1。

表 11-1 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类别	探伤机代号	最大周围剂量当量率mSv/h	
		5cm	100cm
手提式	P	0.5	0.02

在空气中, 当处于带电粒子平衡状况时, 比释动能率与剂量率的转换系数考虑为 1。

### 11.2.1.2 屏蔽计算的方法

每台探伤机内存放有一枚密封放射源, 体积很小, 可考虑为点源; 点放射源的剂量率变化符合反平方律的关系式。假设源离源容器表面的平均距离为  $a$  (m), 则离源距离为  $R$  (m) 处的剂量率为:

$$\dot{H} = 20 \cdot (1 + a)^2 / R^2 \quad (\text{式 11-1})$$

由于市场上的探伤机屏蔽容器型号规格很多, 放射源离探伤机容器外表面的距离各不相同, 由于  $a$  取值的不确定性会对结果造成很大的不确定性, 因此本报告屏蔽计算采用离屏蔽容器外表面 1m 处的剂量率控制要求进行设计, 为简化计算, 本报告近似假设  $a=0.2\text{m}$ 。由表 11-1 中的数据可知:

对于手提式探伤机, 离容器外表面 1m 处周围剂量当量率最大值为  $20\mu\text{Sv/h}$ , A1~A6 和 B1~B6 为单层格间, 每个格间存放 3 台放射源探伤机, 则 A1~A6 和 B1~B6 每个格间单位离容器外表面 1m 处周围剂量当量率最大值为  $60\mu\text{Sv/h}$ ; A7 为单层格间, 存放 2 台放射源探伤机, 则 A7 格间单位离容器外表面 1m 处周围剂量当量率最大值为  $40\mu\text{Sv/h}$ ; C1~C7、D1~D7 和 E1~E15 为双层格间, 每个格间存放 1 台放射源探伤机, 则 C1~C7、D1~D7 和 E1~E15 每个格间单位离容器外表面 1m 处周围剂量当量率最大值为  $40\mu\text{Sv/h}$ 。

探伤机存放在格间中时, 屏蔽计算时考虑源位于每个格间的中心位置, 剂量点选在离外墙表面 30cm 处。

$\gamma$  射线经屏蔽后辐射剂量率计算公式见式 11-2。

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \times 0.1^{d/TVL} \div R^2 \quad (11-2)$$

其中:  $\dot{H}_0$  为含源探伤机外表面 1m 处的辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;  $d$  为屏蔽厚度, cm; TVL 为什值层厚度, cm;  $R$  为源点到计算点的距离, m;  $\dot{H}$  为经过屏蔽后计算点处辐

射剂量率,  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

参照 GBZ/T 201.3-2014 表 C.1, 铯-192 衰变产生的 $\gamma$ 射线对于混凝土的 TVL 值为 15.2cm, 铯-192 衰变产生的 $\gamma$ 射线对于铅的 TVL 值为 16mm, 铯-192 衰变产生的 $\gamma$ 射线对于铁 (钢) 的 TVL 值为 43mm。

#### 11.2.1.3 源库的剂量率计算

从表 10 中可知, 源库设计采用混凝土屏蔽墙体, 源库长 13.2m、宽 12.8m、高 4.5m。源库的四周屏蔽墙体厚度为 50cm, 天花板屏蔽墙体厚度为 24cm, 每个类型格间墙体的屏蔽厚度为 20cm, 每个存放格间之间也是混凝土墙体结构, 厚度为 20cm, 其中 E 格间地面地板厚度为 30cm, 源库进口处有一道防护门, 内含 30mm 铅板、外包 5mm 不锈钢 (不锈钢厚度加起来为 10mm)。

化工厂最常用的探伤机为手提式  $^{192}\text{Ir}$  和  $^{75}\text{Se}$  放射源探伤机。因此为验证放射源库墙体的屏蔽设计能满足辐射防护要求, 做了如下保守考虑: 由于  $^{75}\text{Se}$  的射线平均能量低于  $^{192}\text{Ir}$ , 所以屏蔽计算全部考虑为  $^{192}\text{Ir}$  源。

剂量率的计算基于如下考虑和假设:

- a) 放射源库北侧墙中心位置外 30cm 和放射源库南侧墙中心位置外 30cm 考虑每个类型格间墙体的屏蔽作用;
- b) 源库天花板墙体屏蔽计算时, 保守地假设源距离格间地面高度为 20cm, 天花板墙体厚度记为 20cm, 考虑每个格间墙体的屏蔽作用;
- c) 源库四周墙体屏蔽计算时, 保守地假设两层源柜的源位于同一水平面上;
- d) 源库防护门的屏蔽计算时, 考虑墙体厚度, 防护门与源库外墙平行, 不考虑墙体的防护。

剂量点选墙外 30cm 处。在满库容的情况下 (存满 96 台探伤机), 为了充分考虑源库的辐射影响, 选取了源库外的北侧、西侧、南侧墙体外 30cm, 东侧防护门外 30cm, 天花板上方 30cm 和放射源库西侧 13m 外的放射源值班室点位作为关注点, 具体如下:

- 1#: 放射源库北侧墙中心位置外 30cm;
- 2#: 放射源库西侧墙中心位置外 30cm;
- 3#: 放射源库南侧墙中心位置外 30cm;
- 4#: 放射源库防护门外 30cm;
- 5#: 放射源库中心屋顶上方 30cm;

6#: 放射源值班室。

表 11-2 源库外▲1 点剂量率估算结果

格间	垂直距离 (m, 南北方向)	水平距离 (m, 东西方向)	直线距离 (m)	混凝土厚度 (cm)	放射源产生的剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
A1	1.4	5.2	5.4	50	1.06E-03
A2	1.4	3.6	3.9	50	2.03E-03
A3	1.4	2.0	2.4	50	5.35E-03
A4	1.4	0.4	1.5	50	1.37E-02
A5	1.4	1.2	1.8	50	9.51E-03
A6	1.4	2.8	3.1	50	3.21E-03
A7	1.4	4.4	4.6	50	9.71E-04
B1	4.6	5.2	6.9	50	6.47E-04
B2	4.6	3.6	5.8	50	9.16E-04
B3	4.6	2.0	5.0	50	1.23E-03
B4	4.6	0.4	4.6	50	1.46E-03
B5	4.6	1.2	4.8	50	1.34E-03
B6	4.6	2.8	5.4	50	1.06E-03
C1	8	5.3	9.6	70	1.08E-05
C2	8	3.9	8.9	70	1.25E-05
C3	8	2.5	8.4	70	1.41E-05
C4	8	1.1	8.1	70	1.51E-05
C5	8	0.3	8.0	70	1.55E-05
C6	8	1.7	8.2	70	1.48E-05
C7	8	3.1	8.6	70	1.34E-05
D1	9.4	5.3	10.8	90	4.11E-07
D2	9.4	3.9	10.2	90	4.61E-07
D3	9.4	2.5	9.7	90	5.10E-07
D4	9.4	1.1	9.5	90	5.32E-07
D5	9.4	0.3	9.4	90	5.43E-07

D6	9.4	1.7	9.6	90	5.21E-07
D7	9.4	3.1	9.9	90	4.89E-07
E1	12.3	5.6	13.5	90	2.63E-07
E2	12.3	4.8	13.2	90	2.75E-07
E3	12.3	4	12.9	90	2.88E-07
E4	12.3	3.2	12.7	90	2.97E-07
E5	12.3	2.4	12.5	90	3.07E-07
E6	12.3	1.6	12.4	90	3.12E-07
E7	12.3	0.8	12.3	90	3.17E-07
E8	12.3	0	12.3	90	3.17E-07
E9	12.3	0.8	12.3	90	3.17E-07
E10	12.3	1.6	12.4	90	3.12E-07
E11	12.3	2.4	12.5	90	3.07E-07
E12	12.3	3.2	12.7	90	2.97E-07
E13	12.3	4.0	12.9	90	2.88E-07
E14	12.3	4.8	13.2	90	2.75E-07
E15	12.3	5.6	13.5	90	2.63E-07
合计 ( $\mu\text{Sv/h}$ )					4.26E-02

表 11-3 源库外▲2 点剂量率估算结果

格间	垂直距离 (m, 南北方向)	水平距离 (m, 东西方向)	直线距离 (m)	混凝土厚度 (cm)	放射源产生的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
A1	5.3	1.7	5.6	50	9.82E-04
A2	5.3	3.3	6.2	50	8.01E-04
A3	5.3	4.9	7.2	50	5.94E-04
A4	5.3	6.5	8.4	50	4.37E-04
A5	5.3	8.1	9.7	50	3.27E-04
A6	5.3	9.7	11.1	50	2.50E-04
A7	5.3	11.3	12.5	50	1.31E-04
B1	2.1	1.7	2.7	50	4.23E-03

B2	2.1	3.3	3.9	50	2.03E-03
B3	2.1	4.9	5.3	50	1.10E-03
B4	2.1	6.5	6.8	50	6.66E-04
B5	2.1	8.1	8.4	50	4.37E-04
B6	2.1	9.7	9.9	50	3.14E-04
C1	1.3	1.6	2.1	50	4.66E-03
C2	1.3	3.0	3.3	50	1.89E-03
C3	1.3	4.4	4.6	50	9.71E-04
C4	1.3	5.8	5.9	50	5.90E-04
C5	1.3	7.2	7.3	50	3.85E-04
C6	1.3	8.6	8.7	50	2.71E-04
C7	1.3	10	10.1	50	2.01E-04
D1	2.7	1.6	3.1	50	2.14E-03
D2	2.7	3.0	4.0	50	1.28E-03
D3	2.7	4.4	5.2	50	7.60E-04
D4	2.7	5.8	6.4	50	5.01E-04
D5	2.7	7.2	7.7	50	3.46E-04
D6	2.7	8.6	9.0	50	2.54E-04
D7	2.7	10	10.4	50	1.90E-04
E1	5.6	1.3	5.7	50	6.32E-04
E2	5.6	2.1	6.0	50	5.71E-04
E3	5.6	2.9	6.3	50	5.17E-04
E4	5.6	3.7	6.7	50	4.58E-04
E5	5.6	4.5	7.2	50	3.96E-04
E6	5.6	5.3	7.7	50	3.46E-04
E7	5.6	6.1	8.3	50	2.98E-04
E8	5.6	6.9	8.9	50	2.59E-04
E9	5.6	7.7	9.5	50	2.28E-04

E10	5.6	8.5	10.2	50	1.97E-04
E11	5.6	9.3	10.9	50	1.73E-04
E12	5.6	10.1	11.5	50	1.55E-04
E13	5.6	10.9	12.3	50	1.36E-04
E14	5.6	11.7	13.0	50	1.22E-04
E15	5.6	12.5	13.7	50	1.09E-04
合计 ( $\mu\text{Sv/h}$ )					3.13E-02

表 11-4 源库外▲3 点剂量率估算结果

格间	垂直距离 (m, 南北方向)	水平距离 (m, 东西方向)	直线距离 (m)	混凝土厚度 (cm)	放射源产生的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
A1	12	5.2	13.1	90	4.21E-07
A2	12	3.6	12.5	90	4.58E-07
A3	12	2.0	12.2	90	4.86E-07
A4	12	0.4	12.0	90	4.99E-07
A5	12	1.2	12.1	90	4.95E-07
A6	12	2.8	12.3	90	4.74E-07
A7	12	4.4	12.8	90	2.94E-07
B1	8.8	5.2	10.2	90	6.89E-07
B2	8.8	3.6	9.5	90	7.96E-07
B3	8.8	2	9.0	90	8.84E-07
B4	8.8	0.4	8.8	90	9.27E-07
B5	8.8	1.2	8.9	90	9.12E-07
B6	8.8	2.8	9.2	90	8.44E-07
C1	5.4	5.3	7.6	70	1.73E-05
C2	5.4	3.9	6.7	70	2.24E-05
C3	5.4	2.5	6.0	70	2.80E-05
C4	5.4	1.1	5.5	70	3.27E-05
C5	5.4	0.3	5.4	70	3.39E-05
C6	5.4	1.7	5.7	70	3.10E-05

C7	5.4	3.1	6.2	70	2.56E-05
D1	4	5.3	6.6	50	4.66E-04
D2	4	3.9	5.6	50	6.58E-04
D3	4	2.5	4.7	50	9.23E-04
D4	4	1.1	4.1	50	1.19E-03
D5	4	0.3	4.0	50	1.28E-03
D6	4	1.7	4.3	50	1.09E-03
D7	4	3.1	5.1	50	8.02E-04
E1	1.1	5.6	5.7	50	6.35E-04
E2	1.1	4.8	4.9	50	8.54E-04
E3	1.1	4.0	4.1	50	1.21E-03
E4	1.1	3.2	3.4	50	1.83E-03
E5	1.1	2.4	2.6	50	3.04E-03
E6	1.1	1.6	1.9	50	5.77E-03
E7	1.1	0.8	1.4	50	1.25E-02
E8	1.1	0	1.1	50	2.05E-02
E9	1.1	0.8	1.4	50	1.25E-02
E10	1.1	1.6	1.9	50	5.77E-03
E11	1.1	2.4	2.6	50	3.04E-03
E12	1.1	3.2	3.4	50	1.83E-03
E13	1.1	4.0	4.1	50	1.21E-03
E14	1.1	4.8	4.9	50	8.54E-04
E15	1.1	5.6	5.7	50	6.35E-04
合计 ( $\mu\text{Sv/h}$ )					7.89E-02

表 11-5 源库外▲4 点剂量率估算结果

格间	垂直距离 (m, 南北 方向)	水平距离 (m, 东西 方向)	直线距离 (m)	铅 (mm)	铁 (mm)	放射源产生的 剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )

A1	5.3	12.1	13.2	30	10	2.68E-03
A2	5.3	10.5	11.8	30	10	3.39E-03
A3	5.3	8.9	10.4	30	10	4.37E-03
A4	5.3	7.3	9.0	30	10	5.76E-03
A5	5.3	5.7	7.8	30	10	7.73E-03
A6	5.3	4.1	6.7	30	10	1.04E-02
A7	5.3	2.5	5.9	30	10	9.09E-03
B1	2.1	12.1	12.3	30	10	3.11E-03
B2	2.1	10.5	10.7	30	10	4.08E-03
B3	2.1	8.9	9.1	30	10	5.60E-03
B4	2.1	7.3	7.6	30	10	8.12E-03
B5	2.1	5.7	6.1	30	10	1.27E-02
B6	2.1	4.1	4.6	30	10	2.21E-02
C1	1.3	12.2	12.3	30	10	2.07E-03
C2	1.3	10.8	10.9	30	10	2.64E-03
C3	1.3	9.4	9.5	30	10	3.47E-03
C4	1.3	8.0	8.1	30	10	4.75E-03
1.3	1.3	6.6	6.7	30	10	6.90E-03
1.3	1.3	5.2	5.4	30	10	1.09E-02
1.3	1.3	3.8	4.0	30	10	1.94E-02
2.7	2.7	12.2	12.5	30	10	2.00E-03
2.7	2.7	10.8	11.1	30	10	2.52E-03
2.7	2.7	9.4	9.8	30	10	3.26E-03
2.7	2.7	8.0	8.4	30	10	4.38E-03
2.7	2.7	6.6	7.1	30	10	6.14E-03
2.7	2.7	5.2	5.9	30	10	9.10E-03
2.7	2.7	3.8	4.7	30	10	1.44E-02
5.6	5.6	12.5	13.7	30	10	1.66E-03

5.6	5.6	11.7	13.0	30	10	1.86E-03
5.6	5.6	10.9	12.3	30	10	2.08E-03
5.6	5.6	10.1	11.5	30	10	2.34E-03
5.6	5.6	9.3	10.9	30	10	2.65E-03
5.6	5.6	8.5	10.2	30	10	3.01E-03
5.6	5.6	7.7	9.5	30	10	3.44E-03
5.6	5.6	6.9	8.9	30	10	3.95E-03
5.6	5.6	6.1	8.3	30	10	4.55E-03
5.6	5.6	5.3	7.7	30	10	5.25E-03
5.6	5.6	4.5	7.2	30	10	6.05E-03
5.6	5.6	3.7	6.7	30	10	6.93E-03
5.6	5.6	2.9	6.3	30	10	7.85E-03
5.6	5.6	2.1	6.0	30	10	8.73E-03
5.6	5.6	1.3	5.7	30	10	9.45E-03
合计 ( $\mu\text{Sv/h}$ )						2.61E-01

表 11-6 源库外▲5 点剂量率估算结果

格间	垂直距离 (m, 南北 方向)	水平距离 (m, 东 西方向)	高度距 离 (m)	直线距 离 (m)	混凝 土厚 度 (cm)	放射源产生的 剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
A1	5.3	5.2	4.6	8.7	40	1.85E-03
A2	5.3	3.6	4.6	7.9	40	2.25E-03
A3	5.3	2.0	4.6	7.3	40	2.63E-03
A4	5.3	0.4	4.6	7.0	40	2.86E-03
A5	5.3	1.2	4.6	7.1	40	2.78E-03
A6	5.3	2.8	4.6	7.6	40	2.43E-03
A7	5.3	4.4	4.6	8.3	40	1.36E-03
B1	2.1	5.2	4.6	7.2	40	2.70E-03
B2	2.1	3.6	4.6	6.2	40	3.65E-03
B3	2.1	2.0	4.6	5.4	40	4.81E-03

	B4	2.1	0.4	4.6	5.1	40	5.39E-03
	B5	2.1	1.2	4.6	5.2	40	5.18E-03
	B6	2.1	2.8	4.6	5.8	40	4.17E-03
C1	上层	1.3	5.3	3.2	6.4	40	1.14E-03
	下层	1.3	5.3	4.6	7.2	60	4.36E-05
C2	上层	1.3	3.9	3.2	5.2	40	1.73E-03
	下层	1.3	3.9	4.6	6.2	60	5.87E-05
C3	上层	1.3	2.5	3.2	4.3	40	2.53E-03
	下层	1.3	2.5	4.6	5.4	60	7.74E-05
C4	上层	1.3	1.1	3.2	3.6	40	3.60E-03
	下层	1.3	1.1	4.6	4.9	60	9.40E-05
C5	上层	1.3	0.3	3.2	3.5	40	3.81E-03
	下层	1.3	0.3	4.6	4.8	60	9.80E-05
C6	上层	1.3	1.7	3.2	3.8	40	3.24E-03
	下层	1.3	1.7	4.6	5.1	60	8.68E-05
C7	上层	1.3	3.1	3.2	4.7	40	2.11E-03
	下层	1.3	3.1	4.6	5.7	60	6.95E-05
D1	上层	2.7	5.3	3.2	6.7	40	1.04E-03
	下层	2.7	5.3	4.6	7.5	60	4.01E-05
D2	上层	2.7	3.9	3.2	5.7	40	1.44E-03
	下层	2.7	3.9	4.6	6.6	60	5.18E-05
D3	上层	2.7	2.5	3.2	4.9	40	1.95E-03
	下层	2.7	2.5	4.6	5.9	60	6.49E-05
D4	上层	2.7	1.1	3.2	4.3	40	2.53E-03
	下层	2.7	1.1	4.6	5.4	60	7.74E-05
D5	上层	2.7	0.3	3.2	4.2	40	2.65E-03
	下层	2.7	0.3	4.6	5.3	60	8.04E-05
D6	上层	2.7	1.7	3.2	4.5	40	2.31E-03

	下层	2.7	1.7	4.6	5.6	60	7.20E-05
D7	上层	2.7	3.1	3.2	5.2	40	1.73E-03
	下层	2.7	3.1	4.6	6.2	60	5.87E-05
E1	上层	5.6	5.6	3.5	8.6	40	6.32E-04
	下层	5.6	5.6	4.3	9.0	60	2.79E-05
E2	上层	5.6	4.8	3.5	8.2	40	6.95E-04
	下层	5.6	4.8	4.3	8.6	60	3.05E-05
E3	上层	5.6	4.0	3.5	7.7	40	7.88E-04
	下层	5.6	4.0	4.3	8.1	60	3.44E-05
E4	上层	5.6	3.2	3.5	7.3	40	8.77E-04
	下层	5.6	3.2	4.3	7.7	60	3.81E-05
E5	上层	5.6	2.4	3.5	7.0	40	9.53E-04
	下层	5.6	2.4	4.3	7.5	60	4.01E-05
E6	上层	5.6	1.6	3.5	6.8	40	1.01E-03
	下层	5.6	1.6	4.3	7.2	60	4.36E-05
E7	上层	5.6	0.8	3.5	6.7	40	1.04E-03
	下层	5.6	0.8	4.3	7.1	60	4.48E-05
E8	上层	5.6	0	3.5	6.6	40	1.07E-03
	下层	5.6	0	4.3	7.1	60	4.48E-05
E9	上层	5.6	0.8	3.5	6.7	40	1.04E-03
	下层	5.6	0.8	4.3	7.1	60	4.48E-05
E10	上层	5.6	1.6	3.5	6.8	40	1.01E-03
	下层	5.6	1.6	4.3	7.2	60	4.36E-05
E11	上层	5.6	2.4	3.5	7.0	40	9.53E-04
	下层	5.6	2.4	4.3	7.5	60	4.01E-05
E12	上层	5.6	3.2	3.5	7.3	40	8.77E-04
	下层	5.6	3.2	4.3	7.7	60	3.81E-05
E13	上层	5.6	4.0	3.5	7.7	40	7.88E-04

	下层	5.6	4.0	4.3	8.1	60	3.44E-05
E14	上层	5.6	4.8	3.5	8.2	40	6.95E-04
	下层	5.6	4.8	4.3	8.6	60	3.05E-05
E15	上层	5.6	5.6	3.5	8.6	40	6.32E-04
	下层	5.6	5.6	4.3	9.0	60	2.79E-05
合计 ( $\mu\text{Sv/h}$ )							8.84E-02

表 11-7 源库外▲6 点剂量率估算结果

格间	垂直距离 (m, 南北方向)	水平距离 (m, 东西方向)	直线距离 (m)	混凝土厚度 (cm)	放射源产生的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
A1	5.3	14.4	15.3	50	1.32E-04
A2	5.3	16.0	16.9	50	1.08E-04
A3	5.3	17.6	18.4	50	9.10E-05
A4	5.3	19.2	19.9	50	7.78E-05
A5	5.3	20.8	21.5	50	6.67E-05
A6	5.3	22.4	23.0	50	5.82E-05
A7	5.3	24.0	24.6	50	3.39E-05
B1	2.1	14.4	14.6	50	1.45E-04
B2	2.1	16.0	16.1	50	1.19E-04
B3	2.1	17.6	17.7	50	9.83E-05
B4	2.1	19.2	19.3	50	8.27E-05
B5	2.1	20.8	20.9	50	7.05E-05
B6	2.1	22.4	22.5	50	6.09E-05
C1	1.3	14.3	14.4	50	9.91E-05
C2	1.3	15.7	15.8	50	8.23E-05
C3	1.3	17.1	17.1	50	7.02E-05
C4	1.3	18.5	18.5	50	6.00E-05
C5	1.3	19.9	19.9	50	5.19E-05
C6	1.3	21.3	21.3	50	4.53E-05
C7	1.3	22.7	22.7	50	3.99E-05

D1	2.7	14.3	14.6	50	9.64E-05
D2	2.7	15.7	15.9	50	8.12E-05
D3	2.7	17.1	17.3	50	6.86E-05
D4	2.7	18.5	18.7	50	5.87E-05
D5	2.7	19.9	20.1	50	5.08E-05
D6	2.7	21.3	21.5	50	4.44E-05
D7	2.7	22.7	22.9	50	3.92E-05
E1	5.6	14.0	15.1	50	9.01E-05
E2	5.6	14.8	15.8	50	8.23E-05
E3	5.6	15.6	16.6	50	7.45E-05
E4	5.6	16.4	17.3	50	6.86E-05
E5	5.6	17.2	18.1	50	6.27E-05
E6	5.6	18.0	18.9	50	5.75E-05
E7	5.6	18.8	19.6	50	5.35E-05
E8	5.6	19.6	20.4	50	4.94E-05
E9	5.6	20.4	21.2	50	4.57E-05
E10	5.6	21.2	21.9	50	4.28E-05
E11	5.6	22.0	22.7	50	3.99E-05
E12	5.6	22.8	23.5	50	3.72E-05
E13	5.6	23.6	24.3	50	3.48E-05
E14	5.6	24.4	25.0	50	3.29E-05
E15	5.6	25.2	25.8	50	3.09E-05
合计 ( $\mu\text{Sv/h}$ )					2.83E-03

由关注点剂量率估算结果可知，在源库满负荷暂存含源探伤机情形下，库房外周围各关注点剂量率估算结果均小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，可见 10.1.2 中分区划分是合理的；参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的第 5.2.3.3 款中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  或者审管部门批准的控制水平”，本项目库房外还设有库区围栏，参照执行剂量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的要求是满足的。

## 11.2.2 项目运行对工作人员和公众人员所致有效剂量分析

个人年有效剂量计算公式如下：

$$H = D \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots \text{公式 (11-3)}$$

式中：H——关注点处的年附加有效剂量，mSv；

D——辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

T——居留因子，无量纲；

t——工作负荷，h。

本项目辐射工作人员为源库管理人员，源库正常运行时，管理人员需开展出入库登记、检测检查含源探伤机、存取含源探伤机、源库周围巡查巡测等，会受到来自探伤机内放射源的辐射影响。

(1) 据调查，每名源库管理人员因源库正常运行，全年因开展出入库登记、检测检查含源探伤机、存取含源探伤机等共接触含放射源探伤机保守按1000台次计算，该过程受到辐射照射剂量以含源探伤机（P型）外表面30cm处剂量率，以点源的形式进行计算，（根据1m处的控制值 $20\mu\text{Sv}/\text{h}$ 以及距离平方反比关系估算出30cm处剂量率为 $222\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）来计算，每台次操作需时1分钟，则每年接触时长为16.7小时。

(2) 因源库正常运行，因开展源库周围巡查巡测工作需靠近库房，每名源库管理人员全年工作250日，每日2次，每次需时3分钟，每年巡检时间为25小时，该过程受到辐射照射剂量以放射源库东侧防护门外30cm处 $0.261\mu\text{Sv}/\text{h}$ （▲4#点）剂量率计算。

源库管理人员居留因子保守估计取1，将以上参数代入公式（11-3）可以计算出一名源库管理人员因本项目运行接受的年有效剂量约为 **3.7mSv**，低于职业人员年剂量管理约束值（5mSv）。

## 11.2.3 项目运行对公众人员所致有效剂量预测

由于本放射源暂存库周边设有围墙围栏，并设有警示标识，由专人值班管理，库区围墙相邻也没有其他固定的工作岗位。因此，本项目以在门岗值班的保安工作人员为代表估算公众成员受照射剂量。全年按250天算，每名人员每天工作12小时，每年工作时长为3000小时，照射剂量估算按放射源库值班室处（▲6#点，安保人员长期驻留区域）理论估算值来计算。因源库周围巡查巡测工作靠近库房，每名安保人员每日6次（平均2个小时一次），每次需3分钟，则每年的巡检时间为75小时，照

射剂量估算按理论计算地面位置最大值进行计算（屋顶位置不可达，需借助工具），放射源库东侧防护门外30cm处（▲4#点）理论估算值来计算。

将以上参数代入公式（11-3）可以计算出以保安为代表的公众成员因本项目运行接受的年有效剂量为0.03mSv，低于公众成员年剂量管理约束值（0.1mSv）。

上述结果是根据最保守的情形条件下（以探伤机源容器表面剂量率控制值进行估算、全过程按照满负荷暂存能力进行估算、放射源活度按照最大量且不考虑同一枚源在几个月存储期间活度的衰减等等）进行估算得到的。事实上，一般探伤机源容器表面剂量率均低于控制值，且随着活度衰减其表面剂量率会越来越低，源库全过程满负荷暂存含源探伤机的可能性不大。因此，可以认为，源库管理人员、公众成员因本项目运行接受的年有效剂量会低于上述估算值。

### 11.3 事故影响分析

本项目可能发生最大概率风险事故为密封源在放射源库存放过程中发生失控事件，放射源的丢失或被盗会使辐射影响范围扩大，可能导致无关人员近距离接触裸源造成大剂量照射，对外环境公众造成不同程度辐射危害。

本项目使用的放射源属II类源，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条规定，该类放射源可能引起的辐射事故为特别重大辐射事故或重大辐射事故。

#### 11.3.1 辐射事故防范措施

辐射安全必须依靠必要的体制和管理，良好的设施和完整的工作制度等。引起意外(或事故)的不安全因素有两大类：一类是物的不安全因素，另一类是人的不安全行为。从我国多年内所发生的放射事故来看，人为因素造成责任事故占事故总数的80%以上。责任事故主要由管理不善、领导失职、安全观念淡漠引起。建设单位应从加强管理和提高安全意识两方面促进辐射防护工作，通过宣传培训等手段，提高安全文化素质，增强辐射防护意识，使辐射工作人员自觉服从管理，主动采取防护措施，控制不安全行为，预防辐射意外(或事故)的发生。建设单位需完善以下辐射事故防范措施：

(1) 各级领导需把辐射防护工作放到重要议事日程，制定严格的管理制度，安排操作人员接受安全防护教育和培训。定期组织相关辐射防护知识培训学习，告知相关人员辐射危害。

(2) 辐射安全工作领导小组应对本单位的应急组织人员、救护计划和方法、救护器材和设备以及联络方式进行明确布置和安排，并在统一部署下定期组织演练，一旦事故发生时可立即执行。

(3) 操作人员需持证上岗，确保岗位责任制度的落实，严肃查处违规作业。

(4) 必须严格按照操作规程，正确操作，对违规和粗疏管理的行为必须及时纠正。

(5) 为有效地控制操作人员接受辐射的累积剂量，确保剂量不超过规定的剂量限值，操作人员在工作时必须佩戴便携式个人剂量计和个人剂量报警仪。

(6) 加强职工安全和辐射防护知识的教育，并定期进行考核。对操作人员建立健康档案，定期进行体检，并对健康档案进行终身保存。

(7) 全体工作人员必须时刻保持高度警惕，平时练为战的思想，认真学习、掌握各项技能，做好随时应对重大事故的思想准备。

(8) 每日做好设备运行记录，认真填写设备维护记录表。任何人对设备部件进行更换、升级等操作时，都必须上报主管领导，得到回复后，方可进行，操作后详细填写故障处理联络单。

(9) 加强辐射安全管理，严格落实使用时需两人在场管理体制。

### 11.3.2 辐射事故应急预案

#### (1) 事故报告程序

一旦发生辐射事故，建设单位应立即采取措施防止事故继续发生和蔓延而扩大危害范围，并在第一时间向领导小组报告，同时启动应急指挥系统，具体程序如下：

##### ① 迅速报告

发生事故的部门必须立即将发生事故的性质、时间、地点、部门名称、联系人、电话等报告给辐射事故应急领导小组，应急领导小组立即将情况向行政主管部门辐射事故应急领导指挥中心汇报，并做好准备。辐射事故应急领导小组必须在2小时内将有关信息报告区环保、公安、卫生等部门。

##### ② 现场控制

辐射事故应急领导小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；迅速、准确判断事件性质，

将事故情况报告行政主管部门辐射事故应急领导指挥中心。

③启动应急系统

辐射事故应急领导小组赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；迅速、准确判断事件性质，将事故情况报告行政主管部门辐射事故应急领导指挥中心。辐射事故应急领导小组接到现场报告后，立即启动应急指挥系统，指挥其他各应急小组迅速赶赴现场，开展工作；后勤保障组同时进行物资准备。

④现场报告

根据现场情况，由本单位辐射事故应急领导小组将事故发生时间、地点、造成事故的及放射源的名称、危害程度和范围等主要情况报告生态环境、卫生健康、公安等相关部门以及上级行政主管部门。

⑤现场处置

等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。若是发生放射源失控导致大剂量射线误照，应立即进行现场救助，采取措施，使人员损伤、环境污染降到最小，组织人力将受照人员送往医院病区救治。

若是放射源丢失、被盗，可以组织人力在单位内进行排查，并将放射源的名称、状态、特性、危害等进行通告，广泛引起厂区职工与公众的重视，尽可能最大限度降低危害。

⑥查找事故原因

配合上级有关部门对现场进行勘查以及环保安全技术处理、检测等工作，查找事故发生的原因，进行调查处理。将事故处理结果及时报上级卫生行政主管部门。

⑦应急响应终止条件

⑧警报解除

总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常环境安全管理，杜绝类似事故发生。

表 12 辐射安全管理

## 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为做好工作过程中的辐射安全与防护管理工作，防止辐射污染环境，保障公众的健康，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相应的规定，遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，运行管理单位需制定相应的辐射安全管理制度。

### 12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等有关法律法规及国家标准的要求，为了加强放射源的安全和防护的监督管理，促进放射源暂存库的安全应用，正确应对突发性辐射事故，确保事故发生后能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障工作人员和公众的生命安全和财产，中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司应将本项目纳入已成立的放射源库管理人员小组管理范围，详见附件 3，管理人员小组全面负责辐射工作的管理和领导工作，统一领导、统一指挥。管理人员小组应明确主要职责，其主要职责是：

- (1) 贯彻执行放射防护法律法规、标准规范和行业、部门及公司的相关管理规定；
- (2) 参与放射源库专项应急演练；
- (3) 审核源库管理单位制定的《放射源库辐射安全防护管理制度》、《放射源台账管理制度》、《放射源库安全检查制度》和《放射源库安全保卫制度》等管理规定，并对其执行情况进行监督检查；
- (4) 负责放射源库的安全运行管理，定期检查，并填写《放射源库检查表》；
- (5) 协助检测单位在当地生态环境主管部门进行放射源备案。
- (6) 对放射源库安全运行管理进行指导和监督检查；
- (7) 组织指挥放射事故的处理，并向上级主管部门和地方政府相关部门进行汇报；
- (8) 协调厂区安保队实施对放射源库的安全巡视和安全协防；
- (9) 建立放射源库管理人员辐射安全培训档案、个人剂量档案以及个人职业健康档案。

### 12.1.2 人员配备与职能

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

本项目辐射工作人员应参加辐射安全防护培训并取得相应证书。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

为加强应对放射源辐射安全和防护的监督管理，促进放射源库的安全应用，保障工作人员、公众的人体健康，公司建立了相应的管理制度（包括操作规程、岗位职责、人员培训、监测方案等）和辐射事故应急预案。

## 12.3 辐射监测

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安全。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

### 12.3.1 个人剂量监测

公司定期委托有资质的单位定期对辐射工作人员个人剂量计进行监测（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月），并按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的要求建立个人剂量记录及监测档案管理制度，并对职业照射个人监测档案终生保存。

按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，应为辐射工作人员建立个人健康档案，对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检报告，合格者才能上岗；对从事辐射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案要终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。职业健康检查周期为1~2年，但不得超过2年，必要时可适当增加检查次数；在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也应进行健康体检。

### 12.3.2 辐射环境监测

#### （1）单位自检

公司需利用自备的辐射剂量检测仪对工作场所进行定期监测制度，并建立档案。

#### （2）年度监测

公司应委托有资质的单位定期（每年常规监测一次）对设备周围环境进行辐射环

境监测，并建立监测技术档案。

### （3）监测要求

- 1) 监测范围：库区及周围 50m 范围内、人员活动位置处等。
- 2) 监测项目：周围剂量当量率。
- 3) 监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

### （4）竣工验收监测

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），本项目竣工后，建设单位应按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，及时对本项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。

## 12.4 辐射事故应急

本项目运行管理单位已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院449 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）和《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号）编制并发布了《辐射事故专项应急预案》，详见附件4，一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，并采取必要的应急措施。

公司已成立项目应急领导小组，负责人 4 人，若干部门人员协调。

《辐射事故专项应急预案》，包括下列内容：

- (1) 应急组织机构及职责；
- (2) 预防措施与应急准备；
- (3) 信息报告和发布；
- (4) 应急响应；
- (5) 应急保障。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急处理预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

建议定期进行辐射事故应急演练，对演练效果进行评估，提交演练报告，重点说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，及时整改。

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司因中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目建设需要，在化工厂东南部建设放射源库项目，设计能力为储存含源探伤机96台（包括铱-192、硒-75源），存放的放射源均为Ⅱ类放射源。

#### 13.1.2 实践的正当性分析

中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目，是为了在工程安装建设期间对现场开展工业 $\gamma$ 射线探伤的探伤源进行安全管理，以降低发生辐射事故的风险，所带来的利益远大于可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

#### 13.1.3 选址合理性分析

本建设项目位于化工厂内部东南部，位置独立，有利于辐射防护和安全管理。场所周围50m范围内均为化工厂内部区域，其中东侧为污水处理厂东路和桥面道路，南侧30m外为化工危废暂存库气体净化设施2，西侧13m外为化工危废暂存库配电室和放射源库值班室，北侧为污水处理厂北路、33米外为出厂管网。无学校、居民房等环境敏感目标。运输放射源交通较为便利，能够满足载源车通行；项目受自然、地质灾害影响的可能性较小，周边无项目建设的制约因素；此外，本项目通过采取相应有效治理和辐射屏蔽措施后对周围环境辐射影响较小，从辐射环境保护角度考虑，项目选址是合理可行的。

#### 13.1.4 辐射环境影响现状评价

中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目库房场址周围环境的辐射水平未见异常。

#### 13.1.5 暂存库辐射屏蔽能力评价

建设单位严格按设计要求建造放射源库用房及相关措施，库房的贮存格、布局等防护措施均能满足辐射防护要求。

#### 13.1.6 职业人员及公众成员年有效剂量评价

从偏保守角度考虑，预计采取辐射防护措施后，源库工作人员受照的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于剂量限制的要

求，同时符合职业人员年剂量管理约束值（5mSv）的要求。

预计公众成员因为该放射源库项目的运行而受到的年有效剂量能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，同时符合公众成员年剂量管理约束值的要求。

### 13.1.7 辐射环境管理制度

(1) 为了加强环境保护工作的领导，规范放射源暂存库的辐射安全及管理，运行管理单位成立了辐射安全与环境保护管理领导小组。

(2) 为了加强对放射源暂存库辐射安全和防护的管理，促进工业 $\gamma$ 射线探伤的安全应用，保证工程质量与辐射安全，保障工作人员、公众的人体健康，运行管理单位建立了相应的管理制度（包括操作规程、岗位职责、人员培训、监测方案等）和辐射事故应急预案。

### 13.1.8 安全培训及健康管理

(1) 对所有从事辐射工作的人员进行辐射安全与防护知识教育培训，培训考核合格方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

(2) 所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案，每两年进行一次健康体检。

### 13.1.9 环境影响可行性结论

综上所述，中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司的中国石油广西石化炼化一体化转型升级项目放射源库项目，符合辐射防护实践的正当性要求，在落实项目实施方案和本报告中提出的污染防治措施和辐射环境管理完善建议的前提下，项目正常运行对周围环境产生的辐射影响，在国家允许的标准范围内，符合环境保护的要求。因此，从辐射环境保护的角度分析认为本项目建设可行。

## 13.2 建议与承诺

### 13.2.1 建议

根据项目情况本评价提出以下建议：

1、不断完善辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

2、继续做好辐射防护工作档案，对辐射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分类保管并长期保存，严格执行辐射监测计划，

发现问题及时整改。

3、做好职业工作人员的个人剂量监测和健康管理；做好辐射工作人员培训和再培训。按照辐射事故应急预案和报告制度的要求，定期进行熟练演习。

4、落实辐射防护设施定期检查制度，如辐射警示标记等。

### 13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司承诺：

- 1、接受生态环境部门的监督检查并及时整改检查中发现的问题。
- 2、完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行。
- 3、按要求开展竣工环保验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见: