

编号: GXPX-FS-20250602

核技术利用建设项目
南宁春暖康复医院新建 ^{32}P 敷贴器治疗应用项目
环境影响报告表
(公示本)

南宁春暖康复医院

二〇二五年六月

广西品信工程咨询有限公司

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	12
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置	12
表 5 废弃物	13
表 6 评价依据	14
表 7 保护目标与评价标准	16
表 8 环境质量和辐射现状	21
表 9 项目工程分析与源项	26
表 10 辐射安全与防护	32
表 11 环境影响分析	53
表 12 辐射安全管理	61
表 13 结论与建议	66
表 14 审批	69

附件 1 辐射安全许可证

附件 2 委托书

附件 3 现状监测报告

附件 4 关于完善调整医院各专业委员会的通知

附件 5 放射事故应急处理预案

附件 6 发改平台备案项目代码

附件 7 个人剂量监测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		南宁春暖康复医院新建 ³² P 敷贴器治疗应用项目				
建设单位		南宁春暖康复医院				
法人代表		李双龙	联系人	***	联系电话	***
注册地址		南宁市西乡塘区新阳北三路 18 号商业综合楼 A、B 栋				
项目建设地点		广西壮族自治区南宁市西乡塘区新阳北三路 18 号商业综合楼 A 栋西侧负一层核医学科				
立项审批部门		/		批准文	/	
建设项目总投资 (万元)		100	项目环保投资 (万元)	20	投资比例 (环保投资/总投资)	20%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m ²)	/
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	/			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<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					

1.1 建设单位概述

南宁春暖康复医院（广西科学院康复医学研究院）是一家以儿童康复、老年康复和疼痛康复为主的二级康复专科医院。医院设康复医学科、精神心理卫生门诊、内科、外科、儿科、中医科、疼痛科。并联合广西科学院打造康复医学领域新理论新技术的创新科研平台，成为广西科学院科研成果的孵化器。我院正式成为广西科学院在大健康产业及医疗领域的科研教学及临床实践基地。医院自成立以来，不断提升医疗质量和服务水平，赢得了广大患者、家属以及社会各界的广泛好评。尤其是针对孤独症谱系障碍（自闭症）儿童采取行为干预治疗+传统中医治疗+现代康复训练+教育融合相结合的模式，突显出医、康、教一体化模式的优

越性。本项目也得到了各级政府的认可和大力支持，广西壮族自治区残联拟将本项目打造成广西首家“医、康、教”一体化的医疗康复示范基地。

医院地处南宁市西乡塘区新阳北三路 18 号，占地面积约 12 亩，建筑面积约 3.3 万平方米，规划设置医疗床位 400 张，目前开设医疗床位 299 张。另设有高压氧舱、700 m² 的现代康复大厅和 450m² 的传统中医康复大厅各 1 个，拥有专业的经颅磁、多参数脑电生物反馈、认知障碍训练和感统训练等多间物理治疗室，同时拥有 CT、核磁共振、彩超、DR 及全自动生化仪等先进影像和检验设施。现有卫生技术人员 143 人，其中中、高级职称 39 人，初级职称 104 人；特教教师 86 人，其中全职 BCBA1 人。

1.2 项目建设规模

南宁春暖康复医院因业务发展需要，拟对医院内商业综合楼 A 栋西侧负一层新建核医学敷贴工作场所，使用 ³²P 敷贴器治疗项目，规划为乙级非密封源工作场所。项目规划日最大操作量为 5.55×10⁸Bq，规划年使用量为 1.39×10¹¹Bq，每年开展 50 周，每周开展 5 天，每天最多治疗 30 人。拟建核医学辐射工作场所主要业务用房有：缓冲区（西侧、东侧）、敷贴治疗室、清洗间、卫生通过间（含淋浴）、分装室、储源室、废物室等。本项目核医学敷贴项目建设内容及规模见表 1-1，非密封放射性物质情况见表 1-2，计划配备辐射工作人员 4 人。

以上项目将在医院持有《辐射安全许可证》及《放射药品使用许可证》并经审管部门批准使用相应放射药品后实施。

表 1-1 核医学敷贴建设内容及规模

所在建筑	工作场所名称	诊疗项目	辐射源项	工作场所等级
独立的核医学敷贴治疗用房	核医学科	³² P 敷贴治疗	使用非密封放射性物质 ³² P 产生的β射线和韧致辐射、废气、事故工况时含 ³² P 的废水及固体废弃物。	乙级

表1-2 本项目使用非密封放射性物质情况

核素名称	单次最大使用量 (Bq)	日最大诊疗人数 (人)	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	使用场所
³² P	1.85×10 ⁷ (0.5mCi)	30	5.55×10 ⁸ Bq	5.55×10 ⁷	1.39×10 ¹¹	商业综合楼 A 栋负一层核医学科

1.3 目的及任务由来

为日益渐增的医疗服务需求及医院的发展需要，医院拟建设使用核医学敷贴工作场所，开展 ^{32}P 敷贴治疗项目。

因核医学科放射性药品应用项目运行时可能对周围环境造成辐射影响，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》要求，该项目需开展辐射环境影响评价工作，并办理相应审批手续。该项目属于使用非密封放射性物质工作场所的项目，依据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于其中第 172 核技术利用建设项目中“乙、丙级非密封放射性物质工作场所”，必须编制辐射环境影响报告表。为此，医院委托广西品信工程咨询有限公司对该南宁春暖康复医院新建 ^{32}P 敷贴器治疗应用项目进行辐射环境影响评价（委托书见附件 2）。

环评单位在现场调查和理论分析的基础上，按照《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）规定的建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式，编制该南宁春暖康复医院新建 ^{32}P 敷贴器治疗应用项目辐射环境影响报告表。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

1.4.1 原有辐射安全许可证情况

本项目属于新建项目。经医院核实，南宁春暖康复医院取得了辐射安全许可证，证号为桂环辐证[AA632]，许可范围及内容为：使用Ⅲ类射线装置（许可证见附件1）。已许可的Ⅲ类射线装置共有2台（列表见表1-3）。许可证有效期至2029年09月02日。

1.4.2 原有辐射安全管理情况

医院遵守《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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等辐射项目管理相关的法律法规，配合各级生态环境部门监督检查，辐射防护设施运行良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理方面运行良好。

（1）医院建立了《核医学科工作人员岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《 ^{32}P 敷贴治疗操作流程及规范》、《放射工作人员健康管理制度》、《放射事故应急处理预案》、《环境辐射监测方案》、《放射工作人员培训管理办法》、《放射性同位素使用登记制度》、《放射工作人员个人剂量监测管理制度》等一系列制度，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，医院成立了放射防护与安全工作管理委员会，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置的监督和管理，见附件 4。

(3) 医院定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，并持证上岗。

(4) 辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受职业外照射剂量监测，建立剂量健康档案并存档。近年来，医院委托有资质机构对辐射工作人员开展个人剂量监测，监测结果显示年累积个人剂量值范围为 0.05mSv~0.18mSv，低于年剂量管理约束值 5mSv 的要求，见附件 7。

(5) 医院放射性工作场所均设置有电离辐射警示牌和工作指示灯，并根据不同项目进行分区管理。

(6) 医院制定了设备定期保养维护制度，定期自行检测设备状况，记录设备日常运行和异常情况。

(7) 近年来医院委托监测机构对辐射工作场所开展辐射环境监测，监测结果显示在用射线装置场所周围辐射剂量率满足相关标准要求。并对医院射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交上一年度安全评估报告。

1.4.3 已有项目履行情况

医院已许可在用Ⅲ类射线装置 2 台，并取得了辐射安全许可证。其中Ⅲ类射线装置开展了环境影响评价登记表备案手续，手续情况见表 1-3。

表 1-3 原有项目履行备案手续情况

序号	类别	装置名称	规格型号	工作场所	装置状态	备案号
1	Ⅲ类	数字化 X 射线摄影设备 (DR)	KD-510 UDR	商业综合楼 A 栋 1 楼放射科 DR 室	使用	2023450107 00000050
2	Ⅲ类	X 射线计算机体层摄影设备 (CT)	Neu Viz 16 classic	商业综合楼 A 栋放射科 CT 室	使用	

1.5 周边保护目标以及场址选址等情况

1、项目周边环境关系

南宁春暖康复医院位于南宁市西乡塘区新阳北三路 18 号，医院地理位置图见图 1-1。

本项目建设的核医学敷贴工作场所位于医院商业综合楼 A 栋西侧负一层。以该楼核医学敷贴工作场所四周边界为起点 50m 范围内：地上东侧 0m~46m 范围内为医院大厅、高压氧

舱等相关业务用房、46m~50m 范围内为院内休闲广场、地下东侧负一层 0m~40m 范围内地下停车场、40m~50m 范围内为土层；地上南侧 0m~39m 范围内为医院药房相关业务用房、39m~50m 范围内为院内通道、地下南侧负一层 0m~35m 范围内为地下停车场、35m~50m 范围内为土层；地上西侧 0m~8m 范围内主要为医院超市、休闲区、8m~50m 范围内主要为院内通道、医院边界、两栋锦秀豪庭小区(14F,最近距离约为 38m)、地下西侧负一层 0m~50m 范围内为土层；地上北侧 0m~41m 范围内主要为医院中医康复科相关业务用房、41m~50m 范围内主要为院内通道、地下负一层北侧 0m~41m 范围内为厨房、餐厅（最近距离约 8m,不属于毗邻,该区域南侧墙体均为实体墙无门,患者无法通行）、机房、41m~50m 范围内为土层。

本项目拟建场所及周围环境现状见图 1-2~图 1-6,医院总平面示意图及项目评价范围示意图见图 1-7,核医学工作场所拟建场地平面布置示意图见图 1-8~图 1-9。

2、选址合理性分析

本项目用房为边界往外 50m 范围内主要为商业综合楼 A 栋医院相关业务用房、医院内部道路、锦秀豪庭小区,不毗邻食堂、儿科、产科等敏感目标及人群密集区。此外,项目使用分装柜、设置防护铅门及防护墙体,在门口设置电离辐射警告标志,将项目用房实施分区管理,无关人员不得进入控制区。项目运行过程中产生的电离辐射,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剂量约束限值的要求。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。

按照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)第 5.1 关于“选址”规定:“5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内,或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层,设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。”、“5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区,并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。”、“5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。”该新建核医学科场所位于医院商业综合楼 A 栋负一层,所在区域无人长期居留,与周围建筑有一定距离;同时设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道;且不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区。因此,项目选址能满足 HJ 1188-2021 第 5.1 的要求。

3、周边保护目标

本项目主要保护目标为核医学工作场所辐射工作人员、评价范围内的医院其他工作人

员、锦秀豪庭小区常驻人员和逗留或者经过的公众成员。

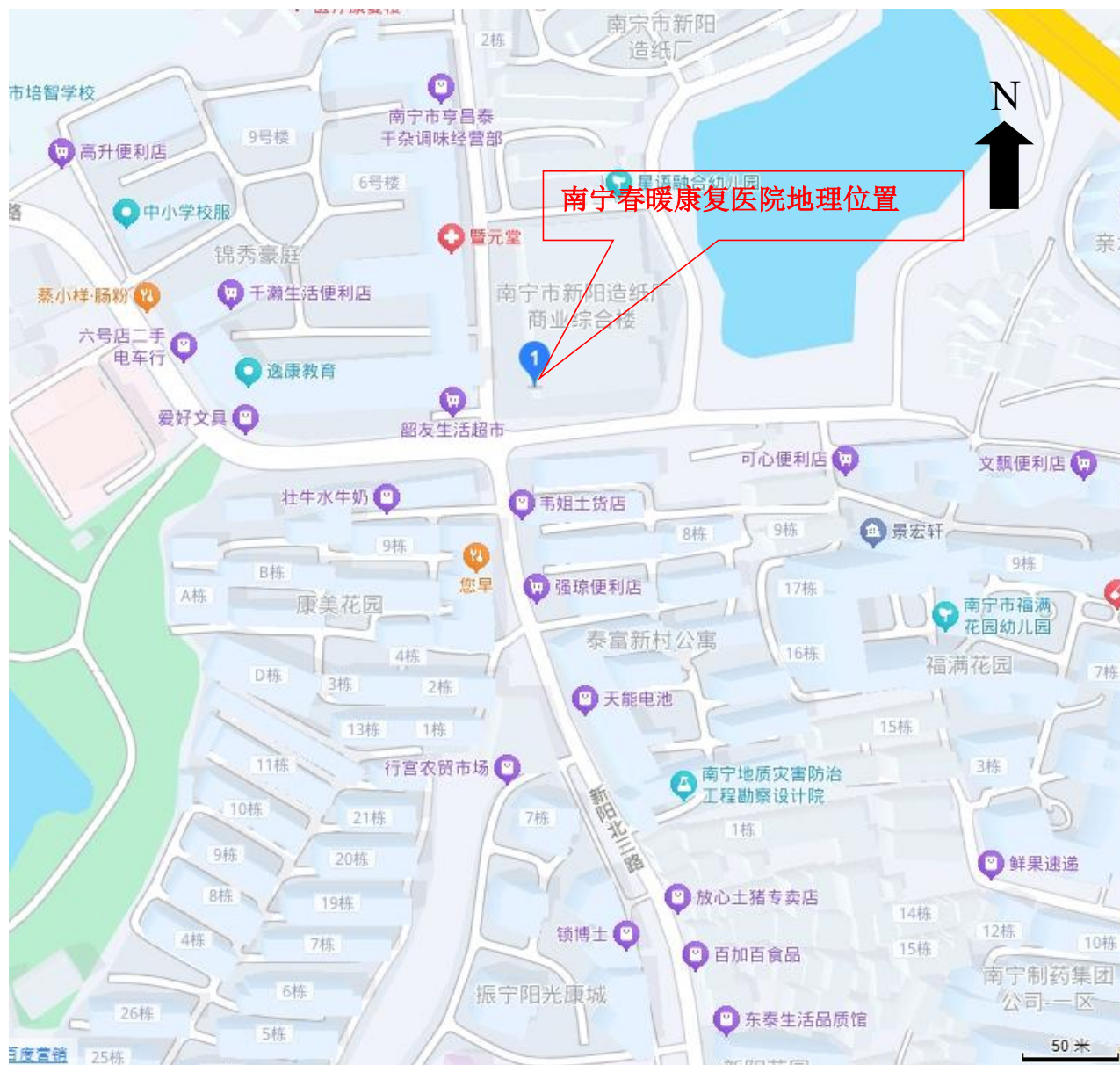


图 1-1 南宁春暖康复医院地址图



图 1-2 拟建核医学工作场所区域现状图

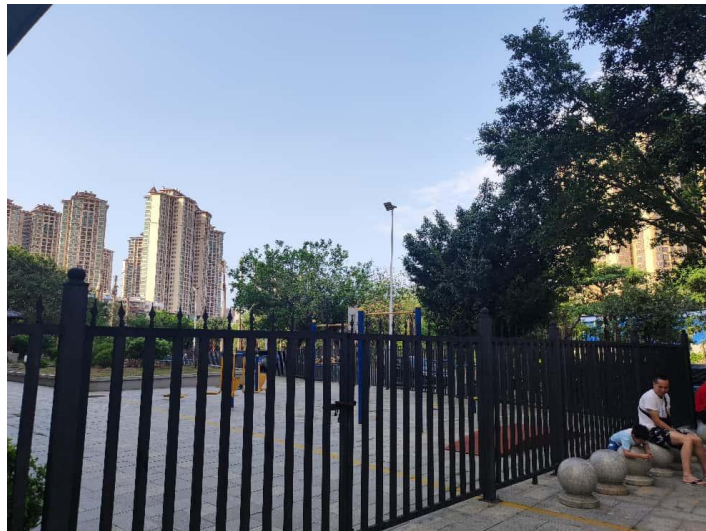


图 1-3 拟建核医学工作场所东侧环境现状



图 1-4 拟建核医学工作场所南侧环境现状



图 1-5 拟建核医学工作场所西侧环境现状

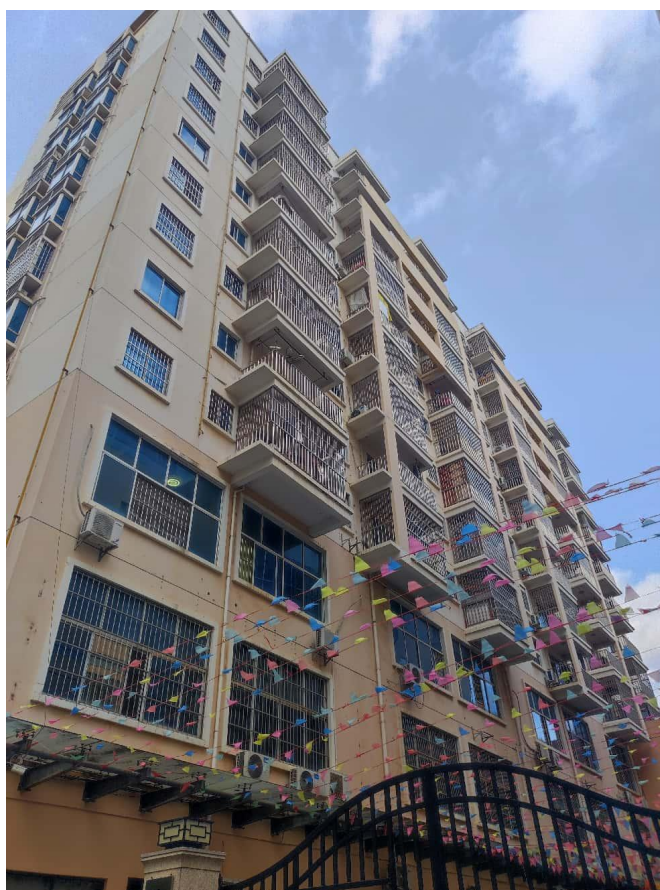


图 1-6 拟建核医学工作场所北侧环境现状

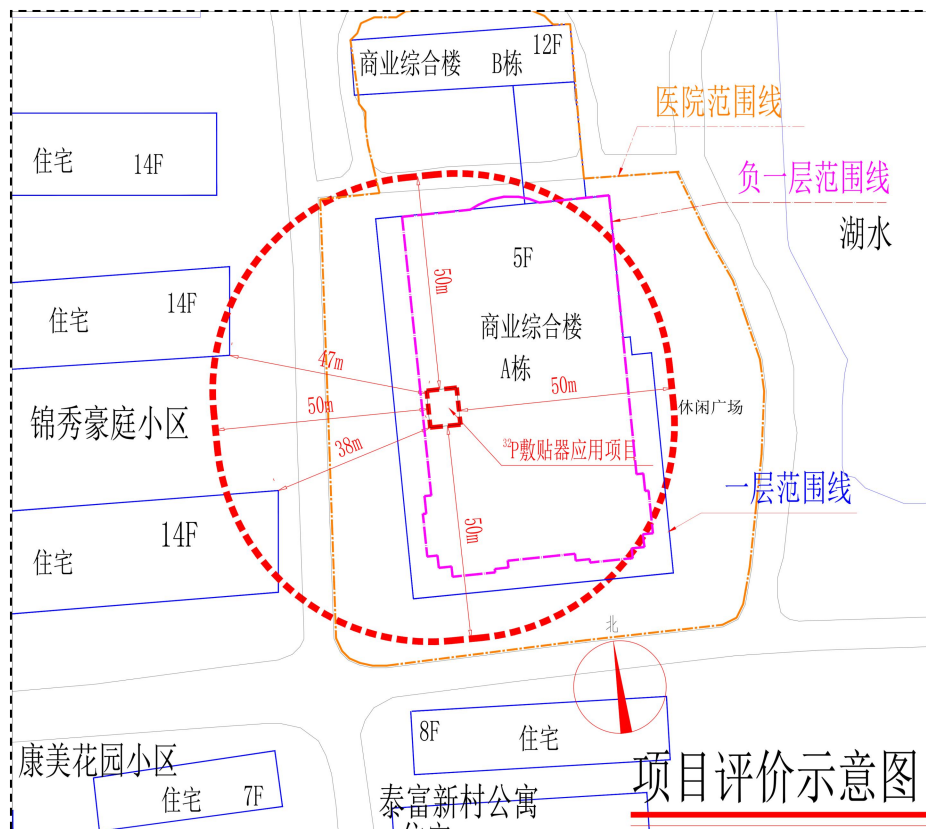
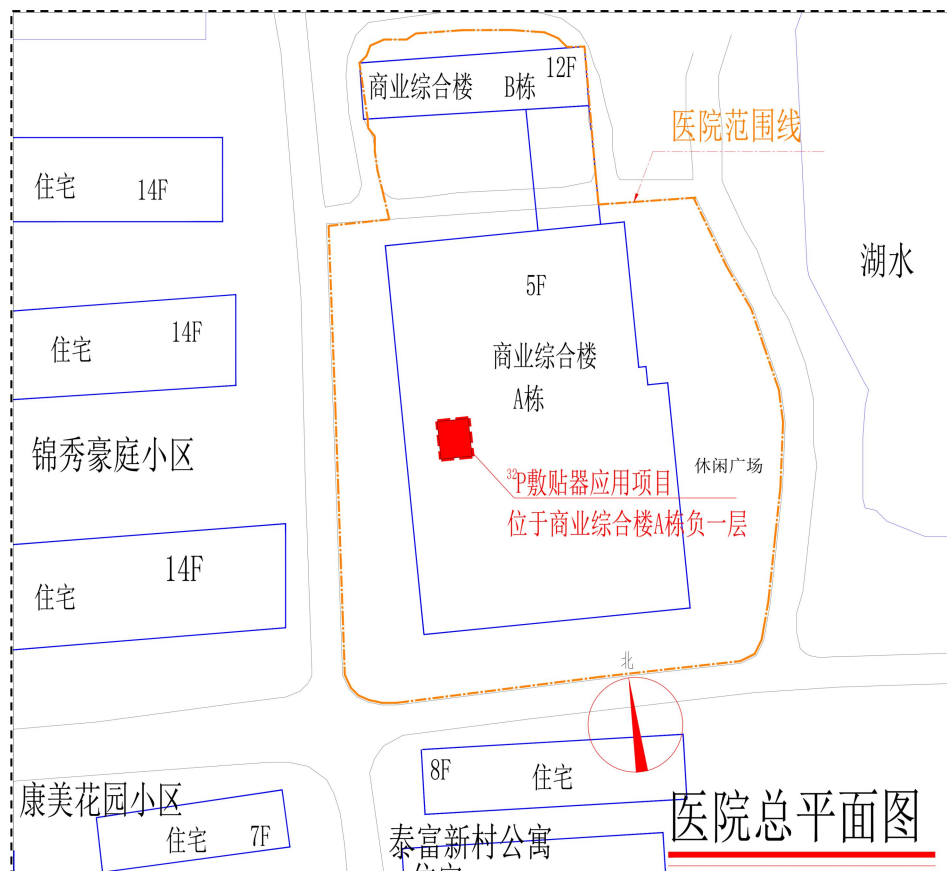


图 1-7 医院总平面示意图及项目评价范围示意图

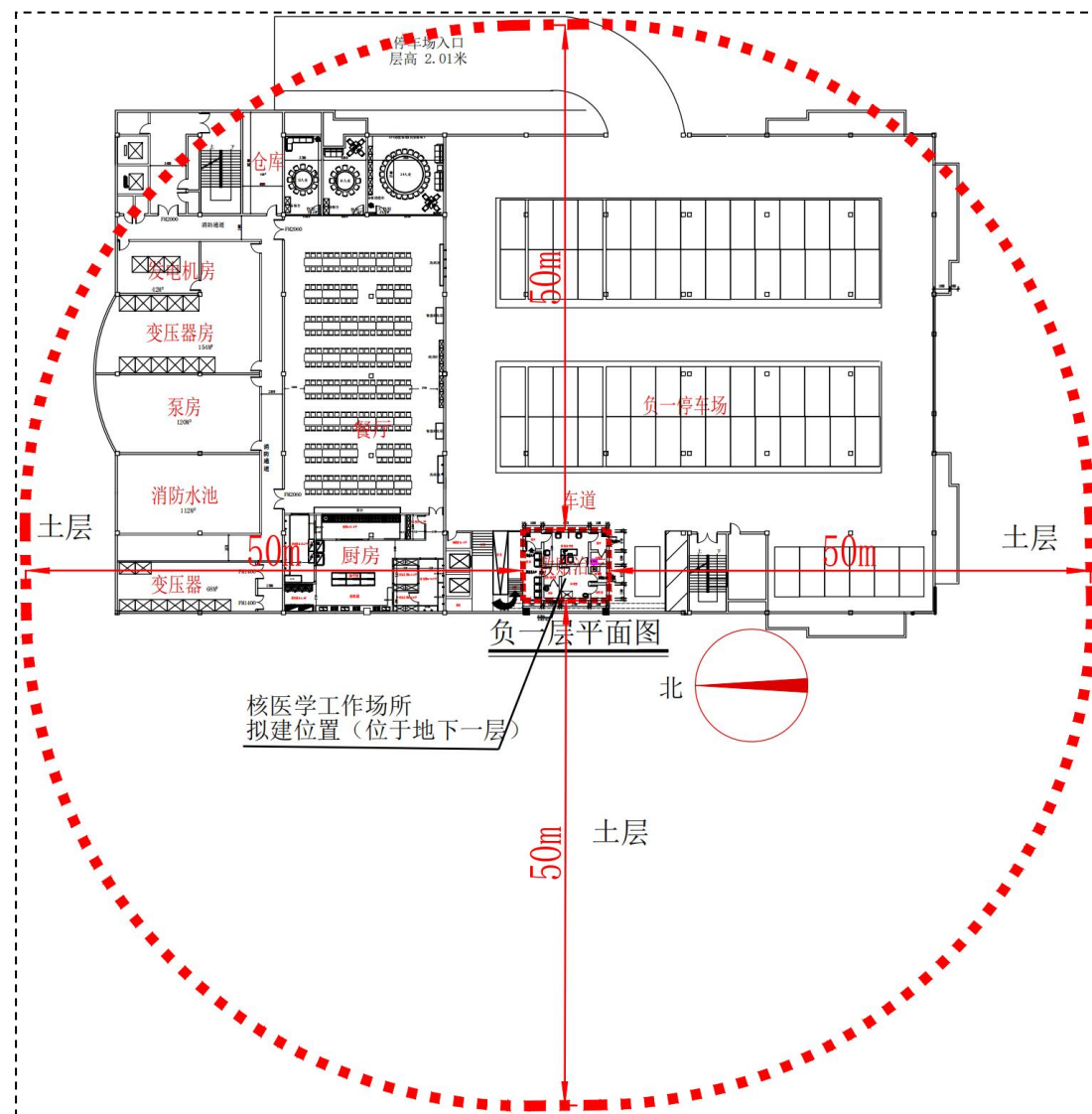


图 1-8 核医学工作场所拟建场地负一层平面布置示意图

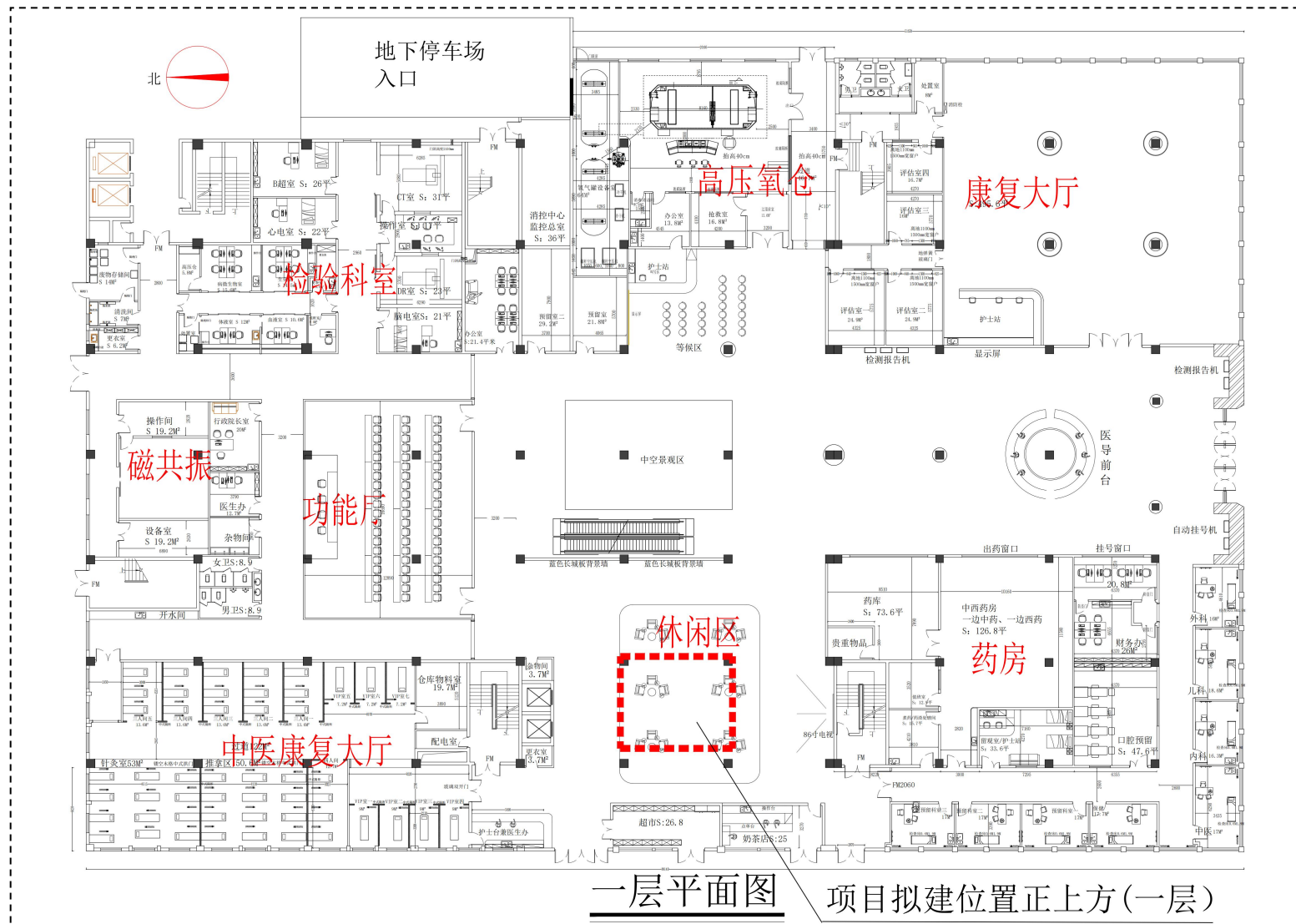


图 1-9 核医学工作场所拟建场地一层平面布置示意图

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
无	--	--	--	--	--	--	--	--

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	场所分级	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	³² P	液态	使用	5.55×10 ⁸ Bq	5.55×10 ⁷	1.39×10 ¹¹	敷贴治疗	简单	乙级	核医学科	根据需要订购，暂存于核医学科保险柜中。	新建

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	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用 途	工作场所	备注
无	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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
放射性废水	液态	^{32}P	/	0.0125m ³	0.15m ³	总 β 活度浓度 <10Bq/L。	经专用管道流入收集 池中贮存。	符合HJ 1188-2021 的排放要求后,排入 医院废水处理系统。
放射性固废 (废弃 ^{32}P 敷 贴器、塑料薄 膜、废乳胶手 套、移液管、 废药瓶等以及 废气处理更换 的废活性炭)	固态	^{32}P	/	14.17kg	170kg	低于清洁解 控推荐值。	集中收集于废物桶后 按日期存于废物室内 衰变。	废物储存衰变至达 到清洁解控水平后, 按医院医疗废物处 置。
放射性废气	气态	^{32}P	/	微量	微量	/	/	高活区工作场所及 分装柜等均设有废 气收集排放系统,通 过管道抽到楼顶,出 风口高出建筑屋顶。 其中通风柜风速设 计不低于 0.5m/s,并 设有活性炭过滤装 置,最终排向大气。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，于 2014 年 4 月 24 日修订公布，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》（2018 年修订版），2018 年 12 月 29 日起实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），2017 年 07 月 16 日发布实施；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订），2019 年 03 月 02 日发布实施；</p> <p>(6) 《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，于 2011 年 4 月 18 日公布，自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（经《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》（生态环境部令第 20 号）修改，2021 年 1 月 4 日起实施）；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号），2017 年 11 月 20 日；</p> <p>(10) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》的公告（生态环境部公告 2018 年 第 9 号），2018 年 5 月 15 日；</p> <p>(11) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布），2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《广西壮族自治区环境保护条例》（2019 年修订版），2019 年 7 月 25 日公布，自 2019 年 7 月 25 日起施行；</p> <p>(13) 《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（国家核安全局，辐射函〔2023〕20 号，2023 年 9 月 11 日）；</p> <p>(14) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号，2016 年 3 月 7 日）；</p> <p>(15) 《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》（生态环境</p>
------	---

	<p>部公告 2019 年第 57 号)，2020 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(16)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9 号)，自 2021 年 3 月 15 日起施行。</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)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(4)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(5)《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)；</p> <p>(6)《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)；</p> <p>(7)《放射性废物的分类》(环境保护部公告 2017 年 第 65 号)。</p>
其他	<p>(1)委托书等相关资料；</p> <p>(2)《中国环境天然放射性水平》(国家环境保护总局 1995 年)。</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，参照《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）中关于报告书评价范围的相关规定，从偏保守考虑，确定以核医学敷贴工作场所边界为起点周围 50m 区域作为本项目的评价范围，具体评价范围示意图见图 7-1。

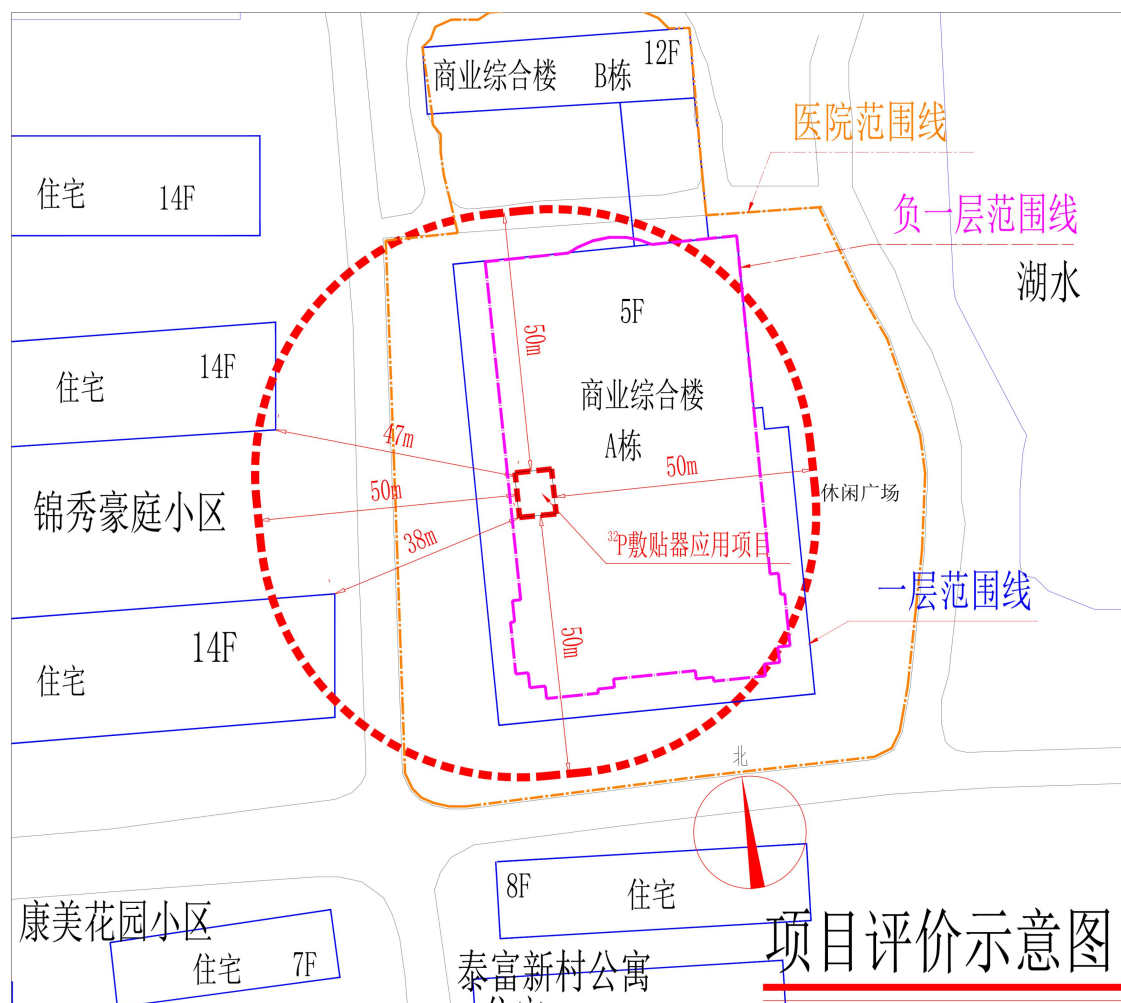


图 7-1 评价范围示意图

7.2 保护目标

环境保护目标为该医院核医学工作场所辐射工作人员、评价范围内的医院其他工作人员、锦秀豪庭小区常驻人员和逗留或者经过的公众成员，使他们受到的辐射照射剂量低于各自的年剂量管理约束值。

本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

人员类型	保护对象	相对位置	与核医学病房楼距离（m）	人员数量	年剂量管理约束值
职业人员	核医学辐射工作人员	内部	--	4 人	5mSv/a
公众人员	商业综合楼 A 栋其他科室相关工作人员	内部	同一栋楼	约 100 人	0.1mSv/a
	锦秀豪庭小区常驻人员	西侧	约 38m	约 150 人	
	评价范围内逗留或者经过的公众成员（如住院病人、病人家属等）	商业综合楼 A 栋周围	50m 内	流动人群	

7.3 评价标准

1、年有效剂量限值及年剂量管理约束值要求

《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。

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。

结合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“4.4.2 剂量约束值”的要求，本次评价项目年剂量管理约束值要求为：职业照射不超过 5mSv/a，公众照射不超过

0.1mSv/a。

2、辐射工作场所的分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对非密封源工作场所的分级的规定：非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。标准第 C1 款，应将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级，具体见表 7-2。

表 7-2 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中第 6.2.1 款工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

3、工作场所辐射剂量率控制水平

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求：

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10 \mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

6.2.7 敷贴器治疗场所应设置专门的治疗室，治疗时严禁将敷贴源带出治疗室外。敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，对病人的正常组织应采用合适的屏蔽措施。敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面，不得将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中。

4、非密封放射性物质工作表面沾污控制

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.2.3 款：工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限制要求。根据其第 B2.1 款对工作场所的表面污染控制水平的相关规定，确定本评价项目核医学科正常运行时，辐射工作场所的放射性表面污染控制水平如表 7-3 所列。

表 7-3 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位：Bq/cm²

表 面 类 型		β放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹
¹⁾ 该区内的污染子区除外。		

再根据 B2.2 工作场所的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 7-4 中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时即 0.08Bq/cm² 经主管部门确认同意后，可当作普通物品使用。

5、放射性三废的要求

（1）放射性固体废物管理要求

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求：

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08Bq/cm²、β表面污染小于 0.8Bq/cm² 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍。

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对β和γ发射体以及低毒性α发射体应小于 4Bq/cm²、其他α发射体应小于 0.4Bq/cm²。

（2）放射性废液管理要求

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 8.6.2 款规定：不得将

放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a)每月排放的总活度不超过 10ALI_{\min} (ALI_{\min} 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)；

b)每一次排放的活度不超过 1ALI_{\min} ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求：

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求。

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

（3）气态放射性废物的管理

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求：

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

6、敷贴器贮源箱的放射防护要求

按照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求：

12.3.1 贮源箱的外表面应标有放射性核素名称、最大容许装载放射性活度和牢固、醒目的电离辐射标志（见 GB 2894）。

12.3.2 贮源箱的屏蔽层结构应分内外两层。内层为铝或有机玻璃等低原子序数材料，其厚度应大于 β 辐射在相应材料中的最大射程。外层为适当厚度的铅、铸铁等重金属材料，并具有防火、防盗的性能。

12.3.3 距离贮源箱表面 5cm 和 100cm 处因泄漏辐射所致的周围剂量当量率分别不应超过 $10\mu\text{Sv/h}$ 和 $1\mu\text{Sv/h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置 <p>南宁春暖康复医院位于南宁市西乡塘区新阳北三路 18 号，项目场所位于医院内商业综合楼 A 栋负一层西侧。医院地理位置见图 1-1。</p>																					
8.2 环境现状辐射监测 <p>1、辐射环境现状监测目的</p> <p>对新建³²P敷贴器治疗项目应用场所及评价区域进行辐射剂量率本底监测，以掌握场址的辐射环境质量现状水平，为现状评价提供基础数据。本次现状监测委托广西壮族自治区三一〇核地质大队（广西壮族自治区放射性核素检测中心）开展，现状监测报告见附件 3。</p> <p>2、监测对象：本项目现状评价对象为项目场址的辐射环境现状水平。</p> <p>3、监测因子及频次</p> <p>监测因子：X-γ 辐射空气吸收剂量率；监测频率：1次。</p> <p>4、监测点位</p> <p>监测点位布设主要参照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）要求，对项目场址，根据现场条件，合理布设了21个测点。监测布点图具体见图8-1～图8-4。</p> <p>5、监测仪器与监测规范</p> <p>监测仪器的参数与监测所依据的规范见表8-1。</p> <p>表8-1 X-γ辐射剂量率监测仪器参数与规范</p> <table><tr><td>监测项目</td><td>γ 辐射空气吸收剂量率</td></tr><tr><td>仪器名称</td><td>X-γ辐射剂量率仪</td></tr><tr><td>仪器型号</td><td>FH40G+FBZ672E-10</td></tr><tr><td>出厂编号</td><td>41676+11624</td></tr><tr><td>生产厂家</td><td>Thermo 公司</td></tr><tr><td>能量响应</td><td>40keV～4.4MeV</td></tr><tr><td>量 程</td><td>1nSv/h～100μSv/h</td></tr><tr><td>相对固有误差</td><td>7.8%（使用 ¹³⁷Cs 辐射源）</td></tr><tr><td>校准证书</td><td>证书编号：DLJL20250115-0405（校准单位：湖南省电离辐射计量站），校准日期：2025 年 03 月 14 日～2026 年 03 月 13 日。</td></tr><tr><td>监测依据</td><td>（1）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） （2）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</td></tr></table>		监测项目	γ 辐射空气吸收剂量率	仪器名称	X-γ辐射剂量率仪	仪器型号	FH40G+FBZ672E-10	出厂编号	41676+11624	生产厂家	Thermo 公司	能量响应	40keV～4.4MeV	量 程	1nSv/h～100μSv/h	相对固有误差	7.8%（使用 ¹³⁷ Cs 辐射源）	校准证书	证书编号：DLJL20250115-0405（校准单位：湖南省电离辐射计量站），校准日期：2025 年 03 月 14 日～2026 年 03 月 13 日。	监测依据	（1）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） （2）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
监测项目	γ 辐射空气吸收剂量率																				
仪器名称	X-γ辐射剂量率仪																				
仪器型号	FH40G+FBZ672E-10																				
出厂编号	41676+11624																				
生产厂家	Thermo 公司																				
能量响应	40keV～4.4MeV																				
量 程	1nSv/h～100μSv/h																				
相对固有误差	7.8%（使用 ¹³⁷ Cs 辐射源）																				
校准证书	证书编号：DLJL20250115-0405（校准单位：湖南省电离辐射计量站），校准日期：2025 年 03 月 14 日～2026 年 03 月 13 日。																				
监测依据	（1）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） （2）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）																				

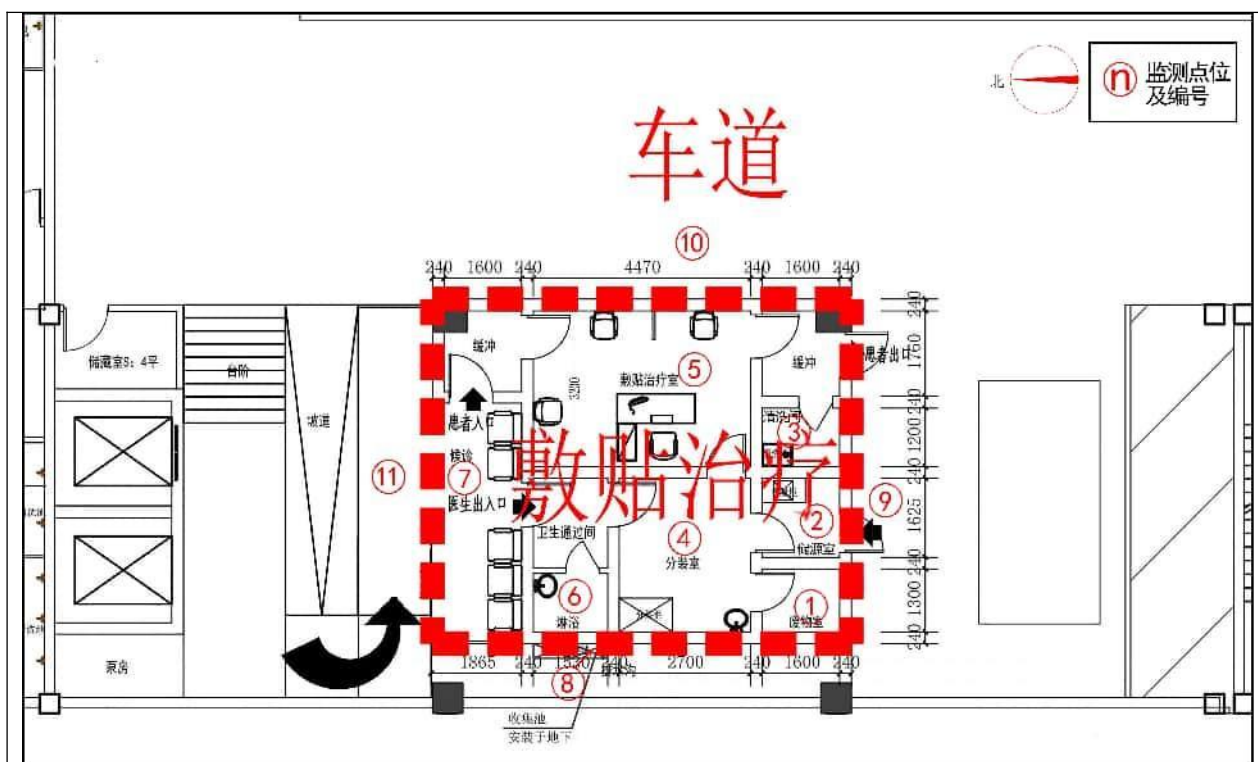


图 8-1 监测布点图一（负一层）

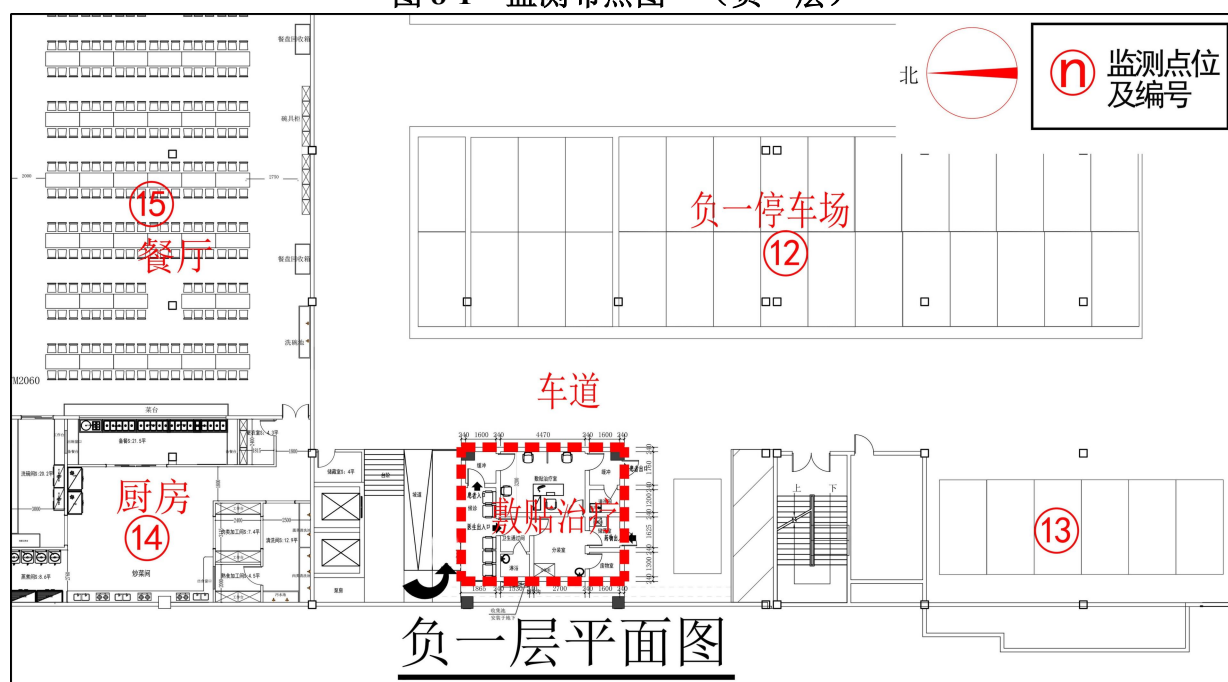
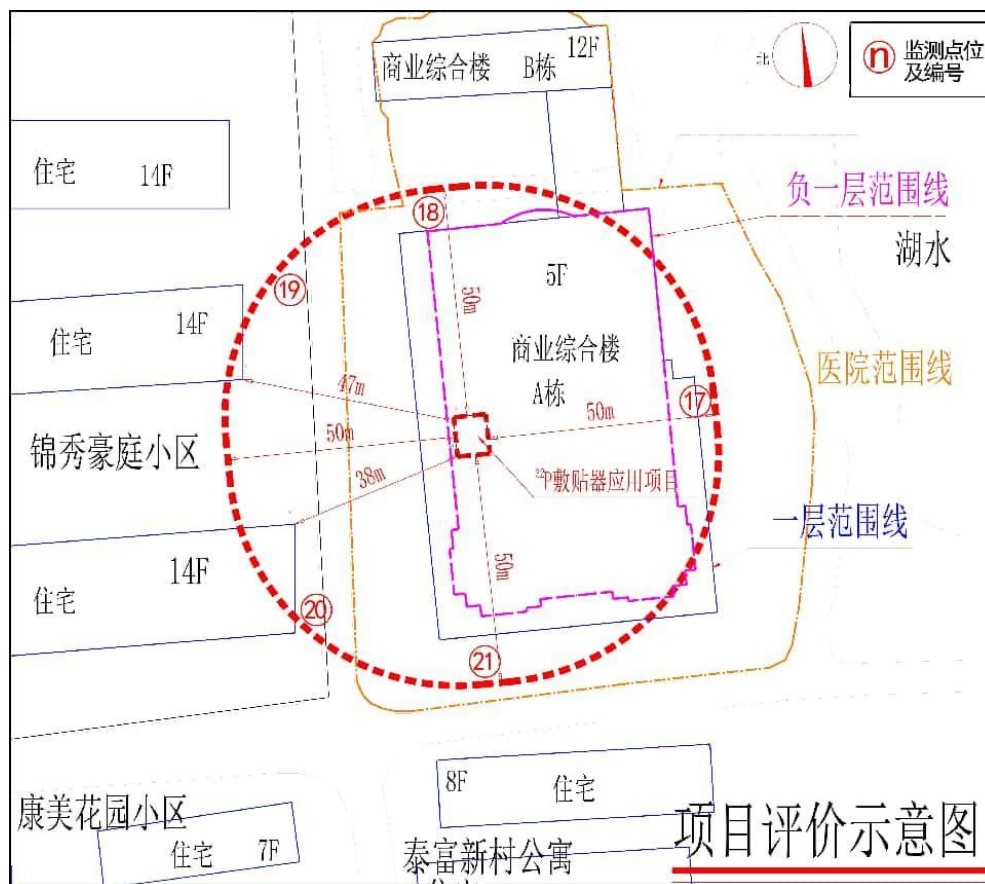
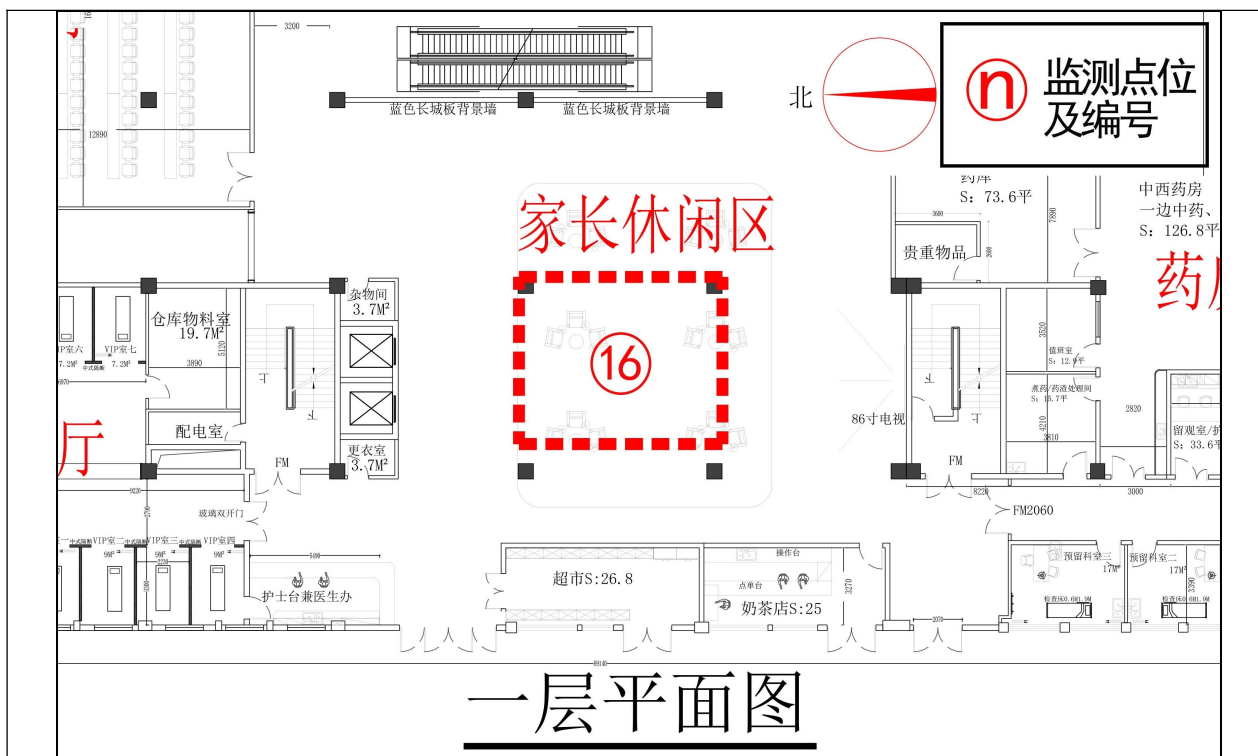


图 8-2 监测布点图二（负一层）



(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，且监测点位进行拍照记录，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检定合格，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

④每年将设备仪器送至国家法定计量检定部门进行误差校准，以确定是否符合使用要求；

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《环境 γ 辐射剂量率测定作业指导书》的有关规定实行；

⑥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2025年05月27日对该项目开展现状监测，监测结果见表8-2。

表 8-2 场所及周围环境辐射环境监测结果

测点编号	测点位置	X- γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1	负一层拟建敷贴治疗废物室	38.9	0.64	室内
2	负一层拟建敷贴治疗储源室	37.7	0.48	室内
3	负一层拟建敷贴治疗清洗间	33.9	0.67	室内
4	负一层拟建敷贴治疗分装室	33.7	0.71	室内
5	负一层拟建敷贴治疗室	32.8	0.40	室内
6	负一层拟建敷贴治疗淋浴室	35.7	0.44	室内
7	负一层拟建敷贴治疗候诊室	35.3	0.62	室内
8	负一层拟建敷贴治疗收集池	38.7	0.48	室内
9	负一层拟建敷贴治疗储源室南侧	46.8	0.52	室内
10	负一层拟建敷贴治疗东侧车道	36.5	0.62	室内
11	负一层拟建敷贴治疗北侧坡道	69.9	0.94	室内
12	负一层停车场	27.1	1.42	室内
13	负一层停车场杂物间	29.3	0.88	室内
14	负一层厨房	51.2	0.59	室内
15	负一层餐厅	53.5	0.80	室内

16	一层家长休闲区	59.9	0.40	室内
17	拟建敷贴治疗东侧 50m 处道路	60.0	0.77	室外
18	拟建敷贴治疗北侧 50m 处	61.3	3.75	室外
19	拟建敷贴治疗西北侧 50m 处人行道（暨元堂外）	22.4	1.78	室外
20	拟建敷贴治疗西南侧 50m 处人行道（大森林外）	88.8	1.95	室外
21	拟建敷贴治疗南侧 50m 处道路	64.7	0.57	室外
室内测值范围		27.1~69.9	/	/
室外测值范围		22.4~88.8	/	/

注：1、监测结果已扣除测点处宇宙射线响应值（~~经修正~~， $D_e=9.00\text{nGy/h}$ ）；

2、参照 HJ 1157-2021，X- γ 辐射空气吸收剂量率与周围剂量当量率换算系数取 1.2 Sv/Gy。

8.3 辐射环境质量现状评价

由表8-2的监测结果可知，项目机房场所及周围区域环境现状监测中室内测点测值范围为27.1~69.9nGy/h，室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为22.4~88.8nGy/h，根据《中国环境天然放射性水平》可知，广西原野 γ 辐射空气吸收剂量率在10.7~238.7nGy/h范围（扣除宇宙射线响应值），室内 γ 辐射剂量率范围在11.0~304.3nGy/h内（扣除宇宙射线响应值）。可见，本项目建设场址各监测点位 γ 辐射空气吸收剂量率仍然在其范围内，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 工程设备和工艺分析

9.1.1 项目基本情况、组成与工作方式

本次环评新建核医学项目规模为：乙级非密封放射性工作场所 1 处。核医学敷贴治疗项目具体建设内容为：使用放射性药品 ^{32}P ，开展 ^{32}P 敷贴治疗项目。

以上项目将在医院持有《辐射安全许可证》及《放射药品使用许可证》并经审管部门批准使用相应放射药品后实施。以上放射药品直接从放射药品生产厂家订购，由生产厂家发货至医院。

项目组成主要有： ^{32}P 药品（按需外购）、辐射防护设施（包括分装柜、专用通风管道、废物桶、废水收集池等）、个人防护用品、辐射工作人员。

项目工作方式主要是采取门诊治疗方式开展， ^{32}P 药品按需订购后工作人员自制敷贴器，患者进行敷贴治疗后即可离开核医学工作场所。

9.1.2 工作原理

当患者患有血管瘤、痣、疤痕疙瘩、酒渣鼻、毛细血管扩张、神经性皮炎、局限性慢性湿疹、局限性皮肤瘙痒和某些皮肤癌时，通过某些放射性同位素（如 ^{32}P ）的敷贴照射，让敷贴器充分接近病变皮肤，通过核素在衰变过程中释放的纯 β 射线，作用于增生组织细胞，可以降低细胞分裂速度，延长核分裂周期，闭塞毛细血管及止痒和镇痛等作用而达到诊疗目的。本项目使用的 ^{32}P 敷贴器为纯 β 放射性核素。

9.1.3 工作流程及产污环节

①诊疗规划

本项目拟使用 ^{32}P 开展敷贴治疗项目，治疗前对病人做好充分教育，所用 ^{32}P 药物通过分装柜进行手动分装，由工作人员对病人需要进行治疗的部位进行敷贴器贴敷。医院核医学科 ^{32}P 日规划最大操作量为 $5.55 \times 10^8 \text{Bq}$ (15mCi)，规划年操作量为 $1.39 \times 10^{11} \text{Bq}$ (3.75Ci)。规划敷贴治疗的病人量为 7500 人次/年， ^{32}P 敷贴治疗患者一般使用 $0.2 \sim 0.5\text{mCi}$ 不等，本次评价以保守按照每人使用 0.5mCi 计。

由于 ^{32}P 半衰期为 14.3 天，因此自制时无需每天治疗前制作，本项目保守每周分装、制作 3 天，提前制作的敷贴器贮存于保险柜中，在治疗前从保险柜拿出进行治疗，每周制作的量可用于 5 天的治疗。

②工作流程

订药：医务人员提前了解患者瘤、痣、疤痕疙瘩等需要治疗部位的形状和情况，根据敷贴治疗的适应症和禁忌症，对具有正当理由的患者开据敷贴治疗申请单，并预约登记，进而确定采用的敷贴治疗方案，根据病人预约情况安排治疗。工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约检查的人数，提前向供药单位订购放射性药物，厂家根据建设单位订购计划定时定量供给，每周送药一次，周一集中送药，一周制作 3 天，用专车直接送达建设单位，敷贴治疗场所安排专人接收药物，经确认无误完成相关交接、登记手续后，将药物暂存于储源保险柜内。

制作 ^{32}P 敷贴器： ^{32}P 药物密封于专用屏蔽容器中，使用前由工作人员在 ^{32}P 敷贴器操作间的有机玻璃分装柜中进行制作。制作方法如下：①采用优质滤纸按病变形状要求剪成规格大小及形状不同的纸片，作为 ^{32}P 溶液的支持物，滤纸上画有格子；②用生理盐水分别将不同大小与形状的滤纸做一次吸水试验以确定滴加 ^{32}P 溶液的毫升数；③用手控移液管吸取预先计算好的混有色剂的 ^{32}P 溶液，按每张滤纸的吸水量分格滴加 ^{32}P 溶液，通过颜色的深浅来调整 ^{32}P 活度的分布均匀性；④调整色剂均匀分布后经自然晾干，用优质塑料薄膜与胶布套封，保证其密封性。在胶布上注明敷贴器的名称、制作日期、放射性活度等。经检测表面无放射性污染后即可使用。

治疗：辐射工作人员将提前制成的 ^{32}P 敷贴器，送至敷贴治疗室，工作人员将敷贴器摆放至治疗部位后，在不接触患者皮肤的面用 3mm 厚的橡皮泥覆盖屏蔽。本项目敷贴治疗时间约为 1h 左右，治疗室内最多同时容纳 3 名患者，敷贴完成等待治疗结束后，由治疗室南侧门离开敷贴治疗场所。工作人员清点敷贴器，将使用后的敷贴器放入装有专用塑料袋的放射性废物桶中进行衰变处理，并做好记录。

工作人员制作 ^{32}P 敷贴器后产生的塑料薄膜、废乳胶手套、移液管、废药瓶等放入专用放射性废物铅桶内。工作场所内放射性废气通过专用排风管收集、吸附处理后由屋顶排放。敷贴治疗项目工作流程与产污环节见图 9-1。

9.1.4 人流及物流的路径规划

（1）工作人员路线

^{32}P 治疗项目工作人员主要为负责药品分装操作的医护人员， ^{32}P 药品的分装采取医护人员手动分装。如图 9-2 中蓝色线路所示，医护人员从北侧医生出入口进入卫生通过间，经过分装室到储源室的保险柜中取出放射性药物，再回到分装室根据需要在有机玻

璃分装柜中制作敷贴器，制作结束后进入敷贴治疗室对患者进行敷贴治疗。医护人员操作非密封放射性物质前，在卫生通过间穿戴防护用品后进入高活区（分装室），工作结束后经检测表面污染合格后，方能回到低活区。

（2） ^{32}P 患者治疗的进出路线

如图 9-2 中粉色线路所示，患者被叫号后从北侧候诊区的患者入口进入敷贴治疗室接受治疗，治疗完毕后取下敷贴器从治疗室南侧患者出口离开。

（3）药物路线

如图 9-2 中红色线路所示，供药单位将药物从核医学工作场所南侧药物出入口门禁运输至储源室暂存于保险柜中，在制作前从保险柜中取出放置于分装室中的有机玻璃分装柜里进行制作敷贴器。制作完毕后的成品敷贴器如图 9-2 中紫色线路所示，送至敷贴治疗室场所。特别要指出的是，药品的进入时间应控制在非开诊时段，如每天开诊前，保证药物进入时路径上无人员逗留。

（4）放射性固体废物路线

如图 9-2 黄色路线所示，项目分装室、敷贴治疗室等场所设置有脚踏式放射性废物收集桶，项目运行过程产生的可能沾有放射性物质的塑料薄膜、废乳胶手套、移液管、废药瓶等固体废物，经收集后定期送至废物室暂存衰变，待其所含放射性核素活度衰变至低于相应核素在 GB 18871-2002 清洁解控水平推荐限值及 HJ 1188-2021 第 7.2.3.1 款要求后，按一般医疗废物处理。

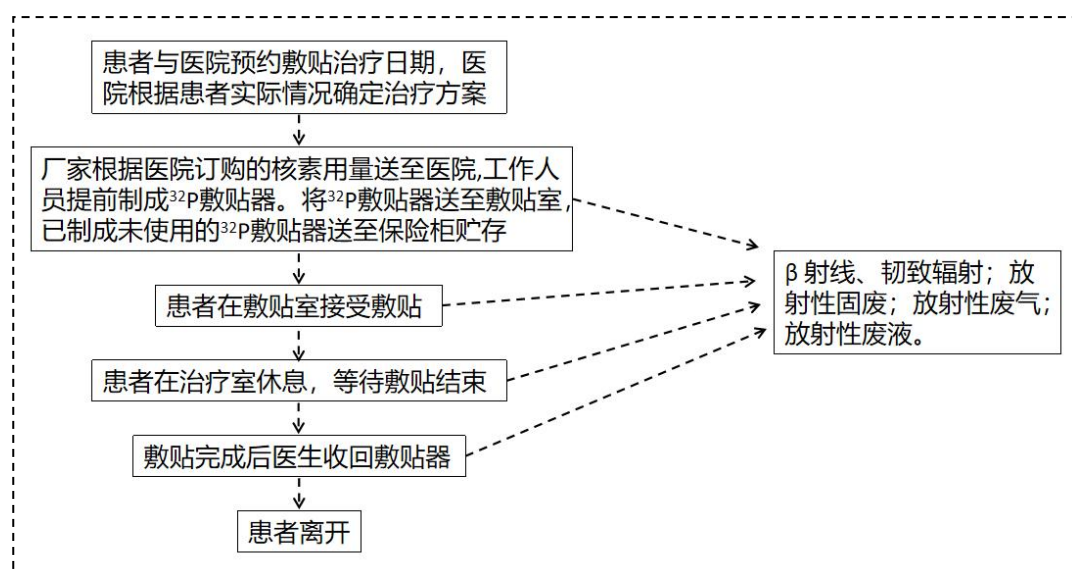


图 9-1 ^{32}P 敷贴治疗项目工作流程及产污环节

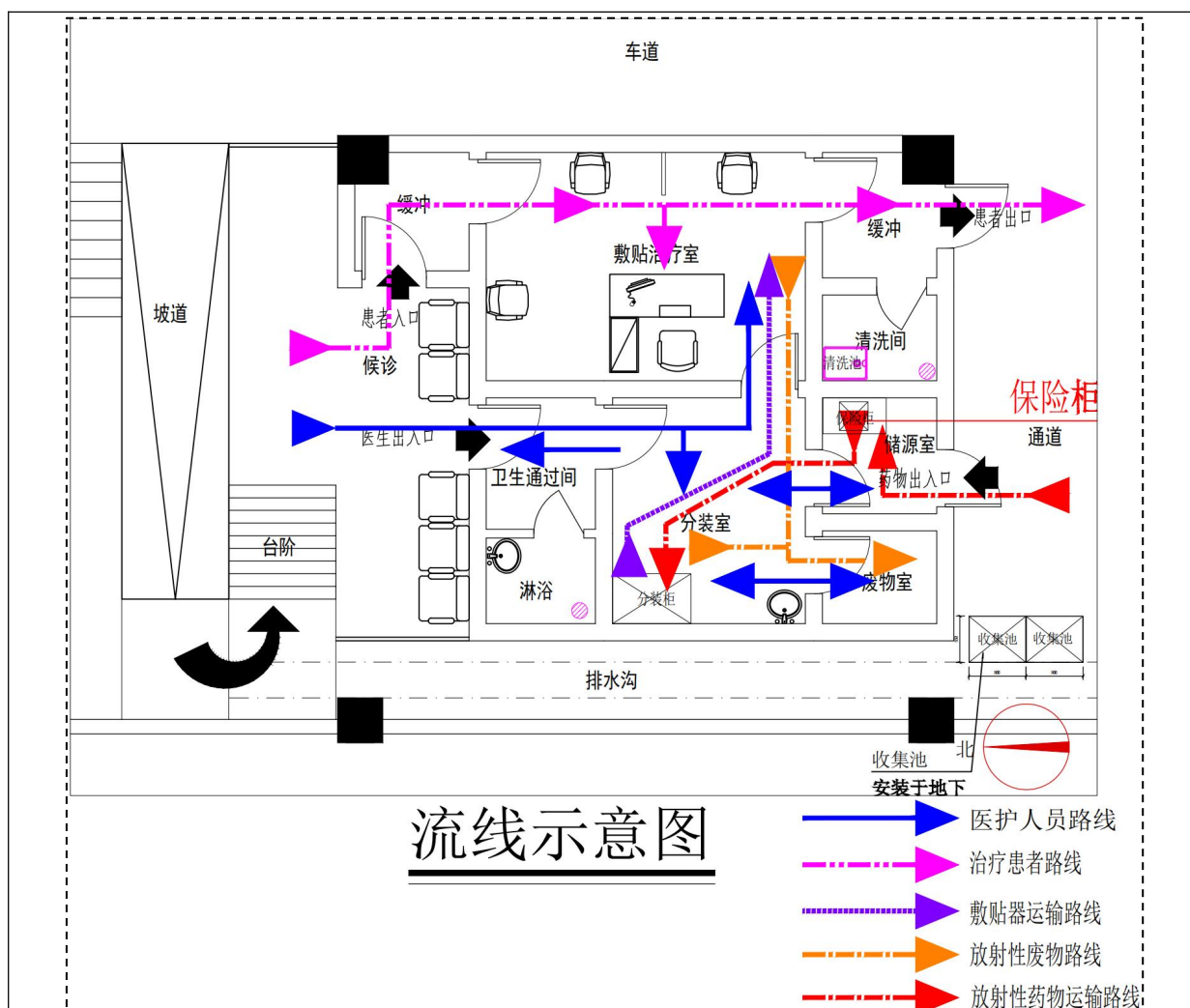


图 9-2 人流及物流的路径规划示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 性能参数

本项目中，该院使用的放射性同位素 ^{32}P 性能参数见表 9-1。

表 9-1 本项目使用的放射性同位素性能参数

核素	半衰期	衰变类型	毒性	主要射线能量 (MeV)
^{32}P	14.3d	β^- (100%)	中毒	β : 1.71

9.2.2 辐射源项分析

1、正常工况下的辐射源项

该医院按需要向同位素生产厂商定购 ^{32}P 药品，药品到货后，直接运抵核医学工作场所的储源室，储存于该室的保险柜内。从保险柜取出进行分装、自制 ^{32}P 敷贴器后到

敷贴治疗室给预约患者使用。

根据工作流程分析可知， β 射线和韧致辐射照射将伴随 ^{32}P 核素在核医学治疗项目整个开展过程中，包括自制敷贴器、病人接受敷贴等过程。受诊患者使用敷贴器后，本身短时间内也成为“辐射体”，随着患者在敷贴室内的移动，将对周围环境造成辐射影响。在自制过程中、治疗过程产生的固体废物也可能受放射性污染而成为放射性固体废物。项目污染因子包括：

（1） β 射线和韧致辐射

①本项目使用的核素 ^{32}P 在发生衰变时会伴随产生 β 射线（1.71MeV），以及当 β 粒子被源周围物质阻止时，会产生韧致辐射（本质为 X 射线）。

②患者使用敷贴器后，本身短时间内是一个辐射体（源），对周围的环境可能造成 β 射线和韧致辐射照射影响。

（2） β 表面污染

敷贴器制作、使用等活动过程中，可能引起工作台、地面、墙壁、工作服、手套等产生放射性沾污，造成 β 表面污染。

（3）放射性固体废物

放射性固废主要是工作人员操作过程产生的塑料薄膜、废乳胶手套移液管、废药瓶等、废 ^{32}P 敷贴器以及敷贴治疗场所放射性废气排风口处更换下来的废活性炭，这些废弃物中都会有残余的 ^{32}P 核素，应按放射性固废管理。

敷贴治疗项目，每年计划治疗 7500 人次，每人预计产生放射性固体废物约 0.02kg 计，则放射性固体废物年产生量为 150kg/a。根据医院提供资料，项目核医学每年更换下来的废活性炭不会超过 20kg。综上，核医学项目每年预计产生上述含放射性固体废物 170kg。

（4）放射性废液

本项目敷贴治疗场所在正常工况下不会产生放射性废液，只有在事故工况的情况下才会产生少量的意外洒漏放射性废液。

正常工况下废水量估算：因本项目敷贴治疗场所在正常工况下不会产生放射性废液，但本项目偏安全考虑，在核医学工作场所完成分装、制作等操作后，核医学工作人员应遵循标准的七步洗手法，则该洗手废水共同排入收集池。辐射人员一年工作 50 周

（工作日），每周分装、制作 3 天，每天产生洗手废水约为 1L，则一年产生洗手废水约为 0.15m³。

事故工况下废水量估算：当在自制过程中出现意外洒漏沾染到工作人员身体的情况时，从偏安全考虑，每次在淋浴间清洗去污的用水量约为 50L，通常此类时间的发生概率医院不超过每年 1 次，则每年此部分放射性废液的产生量约为 0.05m³。综上，每年排入收集池废水总量为 0.2m³。

本项目治疗过程为敷贴治疗，为放射物质外部间接接触治疗，患者不产生含放射性核素的排泄废液。

（5）放射性废气

³²P 敷贴器自制是在分装室的有机玻璃分装柜内进行的，在制作过程中可能会产生微量含 ³²P 的气溶胶，本项目设置专用排风管道汇集后经活性炭过滤处理，高于屋顶排放。

2、非正常运行状态下的辐射源项

事故情况下，放射性药物分装等场所可能发生如下危害：

（1）敷贴器制作过程中发生意外或放射工作人员操作失误将导致受检者施药剂量不准确。；

（2）在转移、分装等过程中出现的意外泄漏而造成放射性表面污染。

（3）放射性药物保管不当，发生遗失或被盗。。

（4）放射性固体废物未达到解控水平或排放标准即进行处理。

9.3 劳动定员及工作分配情况

项目建设后，劳动定员规划 4 人，工作为排班轮流操作，实行 8 小时工作制度，年工作日 250 天。项目核医学工作人员分配情况见表 9-2。

表 9-2 核医学各项目工作人员分配情况

项目	操作工序	操作时间	次数/年	年操作时间	人员配置
³² P 敷贴器治疗项目	制作敷贴器	2min/人次	7500 人次	250h	由 4 名工作人员轮流负责
	将 ³² P 敷贴器贴至患者治疗部位	2min/人次			
注：当工作人员将 ³² P 药物从保险柜取出转移至分装柜时， ³² P 药物置于药商提供的专用防护罐（内衬 12mm 铅当量，药物存在普通玻璃做的安瓿瓶内）中，此时产生辐射剂量可忽略不计。					

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 评价规模

新建乙级非密封放射性工作场所，具体为：在医院商业综合楼 A 栋东侧拟建核医学科工作场所，申请使用放射性药品 ^{32}P ，场所为乙级非密封源工作场所。

10.1.2 辐射工作场所布局

拟建核医学工作场所涉及辐射操作的主要业务用房有：缓冲区（西侧、东侧）、敷贴治疗室、清洗间、卫生通过间（含淋浴）、分装室、储源室、废物室等。南宁春暖康复医院核医学工作场所平面图见图 1-8。

核医学工作场所属于相对独立的场所，场所严格划分控制区，在控制区出入口设置门禁系统，场所设置实体墙隔离（包括地板、顶棚），避免了与相邻区域人员的交叉污染。医护人员在门禁外通过卫生通过间进入分装室，经过分装室到储源室保险柜中取出 ^{32}P 药物，再回到分装室在有机玻璃分装柜中根据需要制作敷贴器，制作结束后手持敷贴器进入敷贴治疗室对患者进行敷贴治疗，治疗结束后通过卫生通过间出去。病人到护士站登记叫号，被叫号后从核医学工作场所北侧患者入口进入缓冲区，通过门禁前往敷贴治疗室进行治疗，治疗结束后取下敷贴器从核医学工作场所南侧患者出口离开。

在工作人员出入分装室前设置有卫生通过间，卫生通过间设置洗手、淋浴去污设施，并配备表污监测仪，每次工作结束经监测达标后方可离开，能避免工作人员把污染扩散到控制区外。本项目在正常工况下不产生放射性废液，事故工况下用于擦拭洒漏的放射性药品的吸水纸、湿巾等物品按放射性固体废物处理，淋浴所产生的放射性废液排入收集池，清洗间用于正常工况下辐射工作场所拖把、抹布的清洗，清洗废水按生活废水就近排入普通排水管道。

本项目核医学场所相对集中布置，控制区内储源、分装、敷贴治疗等高活功能房间集中布置，防止了交叉污染，减小了放射性药物、放射性废物的存放范围；核医学工作场所设置单向门禁、受控门，进入核医学科控制区前进行指导和提醒，通过语音叫号、路线指引、警告标识和视频监控等措施，能够有效控制无关人员随意进入核医学控制区和敷贴患者随意流动，避免公众、工作人员受到不必要的外照射；设置有卫生通过间，设有冲洗设施和表面污染监测设备。通过时段管理，要求实现药物及废物转移时，路线

上无人员逗留，以尽可能降低对周围人员的影响。

综上所述，本项目核医学布局基本满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中关于布局的要求。

10.1.3 辐射屏蔽设计

（1）放射药品贮存、分装屏蔽设计

本项目敷贴治疗使用的放射性药物 ^{32}P 置于药商提供的专用防护罐（内衬 12mm 铅当量，药物存在普通玻璃做的安瓿瓶内）中，由供药单位派专人直接送至敷贴治疗场所储源室的保险柜内暂存。

医院核医学工作场所建有独立的高活区放射药品分装室，在分装室内拟配 1 套有机玻璃分装柜（通风橱），用于 ^{32}P 放射性药品的分装以及敷贴器制作。拟用有机玻璃分装柜外形尺寸：长 1m×宽 0.8m×高 0.6m；防护能力为 10mm 厚有机玻璃。

（2）业务用房辐射屏蔽设计

该项目核医学工作场所采用混凝土、实心砖、铅板和有机玻璃等作为主要屏蔽材料。混凝土密度不低于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，砖密度不低于 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅密度不低于 $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，有机玻璃厚度不低于 10mm；防护门采用内衬铅板；观察窗采用有机玻璃观察窗；分装柜为有机玻璃防护，废物桶为铅防护。

根据建设项目单位提供的资料，本项目主要房间设计规格信息见表 10-1，场所采取的辐射防护设计示意图见图 10-1。

表 10-1 项目主要用房屏蔽设计情况

序号	房间	长宽高（m）	面积（m ² ）	墙体	材料及厚度
1	北侧缓冲区	1.6×1.66×3.7	2.66	顶棚	15cm 混凝土
				四周墙体	24cm 实心砖
				西侧防护门	钢制门
2	敷贴治疗室	4.47×3.2×3.7	14.3	顶棚	15cm 混凝土
				四周墙体	24cm 实心砖
				北侧防护门	2mm 铅板
				南侧防护门	2mm 铅板
				西侧防护门	2mm 铅板
3	西侧缓冲区	1.76×1.6×3.7	2.82	顶棚	15cm 混凝土
				四周墙体	24cm 实心砖

				南侧防护门	钢制门
4	清洗间	1.2×1.6×3.7	1.92	顶棚	15cm 混凝土
				四周墙体	24cm 实心砖
				防护门	普通门
5	卫生通过间（含淋浴）	3.16×1.53×3.7	4.83	顶棚	15cm 混凝土
				四周墙体	24cm 实心砖
				北侧防护门	钢制门
6	分装室	3.16×2.7×3.7	8.53	顶棚	15cm 混凝土
				墙体	24cm 实心砖
				北侧防护门	2mm 铅板
				南侧防护门（靠储源室）	2mm 铅板
7	储源室	1.62×1.6×3.7	2.59	顶棚	15cm 混凝土
				墙体	24cm 实心砖
				南侧防护门	2mm 铅板
8	废物室	1.3×1.6×3.7	2.08	顶棚	15cm 混凝土
				墙体	24cm 实心砖
				防护门	2mm 铅板

（3）防护设备和个人防护用品

该项目核医学工作场所拟配置的防护设备和个人防护用品如表 10-2 所示。

表 10-2 核医学工作场所拟配置的防护设备

防护用品名称	规格	数量
个人剂量报警仪	/	4 台
防水工作服	/	3 件
防水工作帽	/	3 件
有机玻璃眼镜	/	3 件
有机玻璃面罩	/	3 件
有机玻璃防护屏	/	1 扇
制作 ³² P 敷贴器的专用工具	/	至少 1 套
保险柜	/	1 个
长柄镊子、塑料薄膜、不小于 3 mm 厚的橡皮泥或橡胶板等	/	若干
乳胶手套	/	若干
废物防护储物箱	5mmPb	5 个
辐射防护检测仪	/	1 台
表面污染监测仪	/	1 台
活度计	/	1 台

10.2 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非

密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法，可以计算出 ^{32}P 核素的日等效最大操作量。

日等效最大操作量的计算公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \quad (10-1)$$

根据（10-1）式计算得到的日等效操作量及分级结果见表 10-3。

表 10-3 工作场所分级（乙级： $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）

序号	核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性因子	操作因子	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所分级	备注
1	^{32}P	5.55×10^8	0.1	1	5.55×10^7	乙级	新建

根据表 10-3 可知，拟建核医学工作场所应按照乙级工作场所进行管理。

10.3 工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所可分为控制区、监督区。控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）5.1.4 和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）4.3 辐射工作场所分区要求，本项目工作场所管理分区如下：

1、控制区

项目建成后，以南北侧缓冲区、敷贴治疗室、清洗间、卫生通过间（含淋浴）、分装室、储源室、废物室等区域划为控制区（图 10-2 红色区域）。

对于控制区，医院拟采取一系列的辐射防护与安全措施，设置防护门，严格限制人员进入控制区，保障在正常的工作过程中，除患者外，无关人员不得在该区内滞留，同时拟在控制区的入口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志，以保障该区的辐射安全。

2、监督区

项目建成后，以控制区西侧边界外的排水沟、南侧边界外的地下停车场、北侧边界外的候诊区、东侧外的地下停车场车道划为监督区（图 10-2 黄色区域）。在所划定监督区内可不采取专门的防护安全措施，但需要定期或不定期地监测其监督区内的辐射剂

量水平，同时拟在监督区的入口及其他适当位置处设置监督区边界标记方式，为评价周围辐射环境是否安全提供依据。

综上，本项目辐射工作场所管理分区能满足 GB 18871-2002、HJ 1188-2021 的分区管理的要求。

10.4 辐射防护措施

核医学工作场所拟采取的安全防护措施和设施与《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的符合情况见表 10-4。

表 10-4 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）符合性分析

序号	《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)	本项目情况	是否符合要求
1	核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。	本项目场址位于医院商业综合楼 A 栋西侧负一层，不毗邻产科、儿科、食堂等部门；设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。	符合
2	放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台帐，及时登记，确保账物相符。	本项目 ^{32}P 自制前贮存于储源室保险柜内，贮存场所位于控制区内，采取了屏蔽措施。安排专人管理，建立放射性物质台帐，及时登记，确保帐务相符。定期对贮存场所进行辐射水平监测并记录，贮存场所设置门锁及警告标志、警示语句，无关人员不会进入。	符合
3	核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。	核医学工作场所涉及放射性核素操作设备的表面、工作台台面等拟采用平整光滑设计，室内地面铺设防渗塑胶地板、在墙面施工至少离地 50cm，能够保证地面与墙壁衔接处无接触，易于清洗、去污。	符合
4	操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和	本项目药物采用手动分装，分装设备外置具有通风和防护功能的分装功能（只开 2 个供手伸入操作的窗口，设计有排风系统，操作过程始终处于负压状态，功能类似手套箱，且辐射防护效果更好）；项目为药物操作人员配备防护用品。敷贴治疗室设置有足够屏蔽厚度的有机玻璃防护屏，以减少多人治疗时相互照射。	符合

	医护人员的照射。		
5	操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器,从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测,如表面污染水平超出控制标准,应采取相应的去污措施。	核医学科拟配一台便携式表面污染监测仪, ^{32}P 敷贴自制时在分装室,进行敷贴治疗时位于敷贴治疗室,工作人员出入分装室需经过卫生通过间,配备洗涤去污设施和表面污染检测仪器,患者、药物操作人员和物品离开控制区前进行表面污染监测,如表面污染水平超出控制标准,将进行清洗去污直至表面污染水平满足控制标准要求。	符合
6	应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备足够屏蔽的贮存、转运等容器,容器表面应张贴电离辐射标志,容器在运送时应有适当的固定措施。	本项目核医学工作人员在工作场所内部通过长柄镊子运送成品 ^{32}P 敷贴器。装有放射性固体废物的废物箱具有足够铅屏蔽能力,表面张贴有电离辐射标志,底部轮子可以固定。	符合
7	核医学工作场所应保持良好的通风,工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计,保持工作场所的负压和各区之间的压差,以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	本项目核医学工作场所通风进行了专门的设计通过管线设计及压差控制,能够保证工作场所的气流自清洁区向监督区再向控制区的方向流动,并保持工作场所的负压和各区之间的压差,以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	符合
8	放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行,防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统,并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。通风橱应有足够的通风能力。碘-131 治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶,尽可能远离邻近的高层建筑。	本项目核医学场所放射性物质分装、取药操作均在分装柜等密闭设备中进行,分装柜均设置了独立的排风系统,保证柜内负压,防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出,并在设备顶壁安装活性炭过滤装置。本项目核医学场所分装柜排风系统排气口均高于所在建筑屋顶,排放口远离邻近的高层建筑。	符合
9	敷贴器治疗场所应设置专门的治疗室,治疗时严禁将敷贴源带出治疗室外。敷贴治疗中,医务人员应采取有效的个人防护措施,对病人的正常组织应采用合适的屏蔽措施。敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面,不得将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中,使用后应存放于干燥	本项目设置有敷贴治疗室进行敷贴治疗,病人治疗结束后由工作人员取下敷贴器并登记台帐将废敷贴器放置废物室暂存衰变。敷贴治疗时医护人员必须穿戴防水工作服、乳胶手套等个人防护用品,并在病人正常组织部位用不小于 3 mm 厚的橡皮泥或橡胶板进行屏蔽防护。敷贴器使用时远离尖锐物品、水、酒精等溶剂,使	符合

	的贮源箱内。	用后放入废物防护储物箱。	
核医学工作场所拟采取的安全防护措施和设施与《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的符合情况见表 10-5。			
表 10-5 拟采取的安全防护措施和设施与 GBZ 120-2020 符合情况对照表			
序号	核医学放射防护要求	项目拟采取的安全防护措施和设施	符合情况
1	在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射。	本项目在控制区的入口和出口均设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射。	符合
2	通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展	药物运送在核医学上班之前，废物运送在核医学下班之后，放射性药物、废物运送通道较便于药物运送和处理，通过空间管控避免放射性物料和人员的交叉；核医学患者通道、工作人员通道各自独立；通过相对独立的路线以及时间管控，能够做到患者、医护、药物运送、废物运送的不交叉。同时核医学分区设专用淋浴间和洗手池，方便开展放射性污染的清理、清洗。	符合
3	核医学工作场所通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风厨应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑屋顶并安装专用过滤装置。	核医学工作场所设有独立的通风系统，排风设计遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计；保持场所的负压并设有止回阀，防止气体交叉污染；分装柜设有专用的排风装置，风速设计不小于 0.5m/s；排放口高于本建筑屋顶，并安装有活性炭过滤装置，废气经处理后排放。	符合
4	放射性废液衰变池，暴露的污水管道应做好防护设计。	本项目设计有放射性废液收集池，容积能满足废水达标排放要求；暴露的污水管道采取铅皮包裹或埋地加盖混凝土等防护设计，同时加强运行期间监测，一旦发现管道路径辐射剂量率异常，则及时采取措施。	符合
5	控制区的入口应设置电离辐射警告	本项目控制区的入口设置电离辐射警	符合

	标志；核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示；扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。	告标志；核医学场所中相应位置有明确的患者导向标识、导向提示。	
6	给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器；容器表面应设置电离辐射标志。	本项目核医学科工作人员在工作场所内部通过长柄镊子运送成品 ^{32}P 敷贴器。装有放射性固体废物的废物箱具有足够铅屏蔽能力，表面张贴有电离辐射标志，底部轮子可以固定。	符合
7	操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。	项目建设有分装操作放射性药物的专门场所；放射性药物使用前暂存于储源室保险柜中。	符合
8	分装室应设置工作人员通过间，通过间应配备表面污染检测及剂量率检测仪表及清洗设施。	分装室拟设有工作人员卫生通过间，通过间配备表面污染检测及剂量率仪表及清洗设施。	符合
9	自制敷贴器的处方剂量应根据病变性质和病变部位确定，根据处方剂量和面积大小确定所用放射性核素活度。	本项目在开展敷贴治疗前工作人员根据临床诊断的病变性质和病变部位确定处方剂量，并根据处方剂量和面积大小确定所用放射性核素活度。	符合
10	^{32}P 敷贴器的制作单位应配备活度计及 β 污染检查仪，并具有制作 ^{32}P 敷贴器的专用工具。	本项目拟配备、辐射防护检测仪活度计、 β 污染检查仪各一台，并配备制作 ^{32}P 敷贴器的专用工具至少一套。	符合
11	^{32}P 敷贴器制作时应在通风橱内操作，制作者应戴乳胶手套。 ^{32}P 敷贴器应保证不直接接触患者皮肤。	本项目 ^{32}P 敷贴器在有机玻璃分装柜内操作，制作者制作时身着防水工作服、防水工作帽、乳胶手套等个人防护用品。在使用敷贴器时保证不直接接触患者皮肤。	符合
12	实施治疗时，应由医护人员操作，在不接触患者或受检者皮肤的一面用不小于 3mm 厚的橡皮覆盖屏蔽。	本项目实施治疗时，医护人员在患者正常部位覆盖不小于 3mm 厚的橡皮覆盖屏蔽。	符合
13	敷贴治疗应设置专用治疗室，该治疗室应与诊断室、登记值班室和候诊室分开设置。治疗室内使用面积应满足治疗要求。	本项目设置有敷贴治疗室、分装室、储源室、废物室，均为独立房间。治疗室内使用面积满足治疗要求。	符合
14	治疗室内高 1.5 m 以下的墙面应有易去污的保护涂层。地面，尤其在治疗患者位置，应铺有可更换的质地较软又容易去污染的铺料。	治疗室内墙壁 1.5m 以下的墙面采用易清洗材料。地面铺设地板胶易清洗地面。	符合

根据上述对照分析结果可知，本项目核医学工作场所采取的辐射安全与防护措施基

本符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）相关要求。

10.5 三废的治理

本项目核医学场所产生的放射废水主要来源于事故工况时工作人员操作过程中手部受到微量污染的清洁废水、工作人员清洗淋浴身体的废水。必须特别提出，剩余的放射性废液，必须仍留于原容器中，贮存于保险柜中，切不可倒入废水收集池。

核医学废水流向说明：该场所主要通过埋地管线收集卫生通过间淋浴间、分装室洗手池等处产生的放射性废水，收集后通过西侧排水管排入位于废物室西南角的地下废水收集池。该项目场所放射性废水收集路线见图 10-3。

1、放射性废水治理设施

本项目属于 ^{32}P 敷贴治疗场所，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 7.3.2.1 款要求“经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。”，医院拟在核医学工作场所西南角地下建设 2 个放射性废水收集池，本项目拟设计收集池为手动槽式收集池（收集池位置示意图见图 10-3）。项目收集池设计示意图见图 10-4。

收集池拟设置为两级衰变池，每级有效容积为 0.15m^3 。收集池主体四周表面采用不锈钢材料，顶板内嵌 2mm 铅板盖板，一备一用，收集池预留取样口。池体内部均做防水防渗水防腐蚀等措施。综上，项目收集池设计满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中第 7.3 款要求。

项目收集池工作运行原理：放射性污水从进水口进入收集池，当放射性污水达到一定的水位时，液位传感器启动报警装置进行预警，工作人员手动关闭 1 号收集池阀门（封存衰变 10 个半衰期），再手动打开 2 号收集池阀门进行收集，同时对收集池阀门开关时间进行记录说明，以此类推。当 1 号收集池注满封存衰变 10 个半衰期后符合排放要求（放射性废液总 α 不大于 1Bg/L 、总 β 不大于 10Bq/L ）排入市政污水管网按常规废液进行处理，2 号收集池同理。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），针对项目放射性废水衰变

池提出如下管理措施要求：放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水管道应尽量短，大水流管道应有标记，便于检测和维修；此外，待项目建设后，医院拟加强对管线沿途及收集池上方开展辐射剂量率监测，一旦发现剂量率超标及时增强辐射屏蔽。

2、正常工况放射性废水处理

本项目设置的收集池为槽式衰变池，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 7.3.3.1 款要求：所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB 18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。项目运行后，科室确保 ^{32}P 收集池封存衰变 10 倍半衰期后，其放射性活度浓度满足排放要求(放射性废液总 α 不大于 1Bg/L、总 β 不大于 10Bq/L)后再排入医院废水处理系统。

根据 GB 18871-2002 的相关规定计算可得： ^{32}P 的 ALI_{min} 为 $2.5 \times 10^7 \text{Bq}$ 。

废水放射性衰变粗略估算：因本项目敷贴治疗场所在正常工况下不会产生放射性废液，但本项目偏安全考虑，在核医学科完成分装、制作等操作后，核医学工作人员应遵循标准的七步洗手法，则该洗手废水共同排入收集池。辐射人员一年工作 50 周（工作日），每周分装、制作 3 天，一天产生洗手废水约为 1L，则每周产生洗手废水约为 0.003m^3 ，一年产生洗手废水约为 0.15m^3 。

收集池的暂存衰变时间估算： ^{32}P 收集池废水收集量为 $0.003 \text{m}^3/\text{w}$ ，单个收集池有效容积为 0.15m^3 ，则注满单个收集池时间为 50 周（约 350 天），远远满足 ^{32}P 放射性废水排放大于 10 倍半衰期（约 150 天）的排放要求。且当第一级池满水封闭后，第二级收集池也可容纳约排放的 350 天废水量，则此时第一级废水封闭时间大于 150 天（或放射性活度浓度衰变 ^{32}P 的 ALI_{min} 值）时，可以直接排放。以此类推。

3、事故工况放射性废水处理

核医学工作场所建设的废水收集池，除收集正常洗手废水外，还作为处理事故工况下废水的处理设施。一旦发生因分装操作不小心而使 ^{32}P 溶液倾洒到桌面以及地面或沾染到工作人员身体等事故工况时，按操作规程，应先用药棉、吸水纸等从污染区的边缘向中心擦抹，直到擦干污染区，然后用大量水冲洗，冲洗水以及工作人员在淋浴间清洗去污的废排入废水衰变收集池。

与供药单位核实，本项目敷贴治疗使用的放射性药物 ^{32}P 放置于供药单位提供的专

用防护罐中，防护罐内 ^{32}P 活度为 15mCi ($5.55\times 10^8\text{Bq}$)。假设发生事故工况，某次购回的 ^{32}P 全部发生倾洒，其中 90%转移固体废弃物中去（按操作规程，应先用药棉、吸水纸等擦去），10%转移到清洗水中去，则这些废水中 ^{32}P 的含量为 $5.55\times 10^7\text{Bq}$ ，大于 ^{32}P 的 $\text{ALImin}=2.5\times 10^7\text{Bq}$ 。因此，这部分废水不可以一次直接排放入医院废水处理系统，需排入核医学科当时在使用的收集池中，排入后即关闭该级衰变池，待其衰变至 ^{32}P 的 ALImin 值后，方可排往医院废水处理系统。

结合正常工况的辐射人员洗手废水以及事故工况的放射性废水，一年产生的排放废水总量为 $0.15\text{m}^3+0.05\text{m}^3=0.2\text{m}^3$ 。本项目有 2 个收集池，每个有效容积为 0.15m^3 ，共为 0.3m^3 ，且 ^{32}P 的半衰期为 14.3d，因此在当满足封存衰变 10 个半衰期（约为 150 天或放射性活度浓度衰变至 ^{32}P 的 ALImin 值）后即可根据要求排放，满足辐射工作人员一年的正常工况下洗手废水和事故工况的放射性废水的排放要求。综上所述，从放射性废水产生量和可暂存时间的角度分析，本项目衰变池符合贮存衰变要求；

4、放射性固体废物

放射性固体废弃物主要包括废弃 ^{32}P 敷贴器、塑料薄膜、废乳胶手套、移液管、废药瓶等以及废气处理更换的废活性炭等物品。固体废弃物先收集在各自相关工作场所的专用收集箱内，再将收集箱内的固体废弃物连同垃圾袋分期存放到废物室内存放。核医学科废气排放口更换下的废活性炭也属于放射性固体废物，更换下的活性炭将存放于衰变箱中，标注活性炭存放日期、存放量等，满足清洁解控水平后作为医疗废物处理。

需要指出的是，医院应加强管理，用来收集放射性固体废弃物的专用收集箱应贴上电离辐射标志，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间。收集的固体废物在专用贮存衰变箱内存放衰变，待其所含放射性核素活度衰变至低于相应核素 GB 18871-2002 清洁解控水平推荐限值及 HJ 1188-2021 第 7.2.3.1 款要求时，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），针对放射性固废的收集、贮存和处理提出如下管理措施要求：

（1）放射性固体废物收集

①按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理；②建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案；③放射性固废收集桶内应放置专

用塑料袋直接收纳废物，含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，放置刺破废物袋；④放射性废物每袋重量不超过 20kg，装满废物的塑料袋应密封密封后及时转送至放射性废物室贮存。

（2）放射性固废临时贮存和最终处理

①放射性废物室内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录；

②固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：b)所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；

③固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

5、放射性废气

由污染源分析可知，核医学科放射性同位素使用过程介质为水，操作比较简单，不经过加热、振荡等步骤。核医学进行分装操作时，为安全起见，在手动操作时工作人员戴口罩、乳胶手套等个人防护用品，不存在食入、吸入等内照射影响。本项目核医学工作场所设置有独立的排风系统，用于放射性药物分装的分装柜设置单独的排风管道引至该栋楼楼顶，经过活性炭吸附装置过滤后高空排放；分装室、敷贴治疗室等产生的含 ^{32}P 挥发性核素的废气通过 2 根专门的排风管道引至该栋楼楼顶，经过活性炭吸附装置过滤后高空排放；项目拟配风机风速不小于 0.5m/s ，并设置活性炭过滤装置。

在控制区各业务用房均拟设置通风设施，排风量大于进风量，保持这些控制区的负压，空气流向为低活区向高活区流动，最后从屋顶排出，排风口高于建筑楼屋顶，并拟设置活性炭过滤装置。项目新风及通风设计满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中第 7.4 款要求，项目场所进排风示意图如图 10-5～图 10-7 所示。

项目放射性废物管理与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的符合情况见表 10-6。

表 10-6 放射性废物管理与 HJ 1188-2021 的符合情况

序号	HJ 1188-2021 的要求	医院拟采取的措施	符合性
1	7.1.1 应根据核医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等，按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理。	本项目只使用 ^{32}P 核素，不需考虑分类收集处理。	符合
2	7.1.2 应按照废物最小化的原则区分放射性废物与解控废物，不能混同处理，应尽量控制和减少放射性废物产生量。	工作场所配置有放射性废物收集箱，用于收集沾有放射性物质的废物，非放射性废物不得放入。	符合
3	7.1.3 核医学实践中产生的短寿命放射性废物，应尽量利用贮存衰变的方法进行处理，待放射性核素活度浓度满足解控水平后，实施解控。不能解控的放射性废物，应送交有资质的放射性废物收贮或处置机构进行处理。	本项目使用的核素属于长寿命放射性核素，设置有专门贮存衰变的废物室，集中收集后贮存衰变至放射性核素活度浓度满足解控水平后，实施解控。	符合
4	7.1.4 应建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案。	核医学科建有相关制度，建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案。	符合
5	7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。	本项目放射性废物室建有独立的通风换气装置，入口处设置电离辐射警告标志，有防火、防丢失、防射线泄漏等措施。	符合
6	7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。	废物室内设置有专用容器盛放固体放射性废物袋，不同类别废物分开存放；容器表面注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。	符合
7	7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。	拟安排专人负责固体放射性废物的存储和处理，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。	符合
8	7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器，收集放射性药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。	本项目设置有槽式放射性废水收集池，收集分装室、淋浴间等场所产生的放射性废水和事故应急时清洗产生的放射性废水。	符合

9	<p>7.3.2.1 经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。</p>	<p>经理论预测，本项目设置的收集池收集的放射性废液正常贮存衰变后能满足排放要求。项目设计收集池池体坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。</p>	符合
10	<p>7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。</p> <p>7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。</p>	<p>核医学放射性药物在分装室内分装柜内操作，配设置有通风橱及独立的排风管道，并设置活性炭为过滤装置，排风口高于项目所在楼屋顶。拟定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。</p>	符合

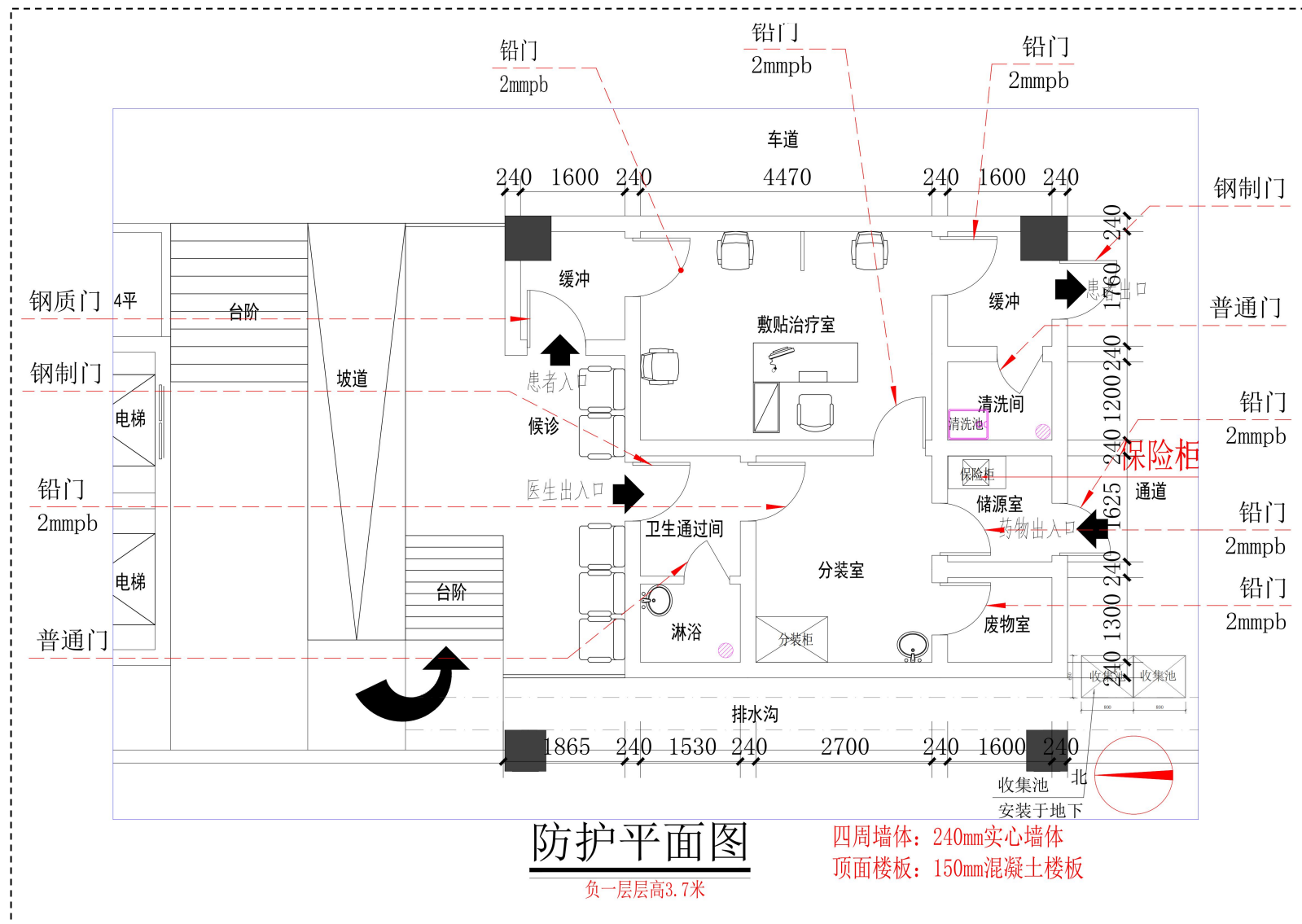


图 10-1 核医学工作场所辐射防护设计示意图

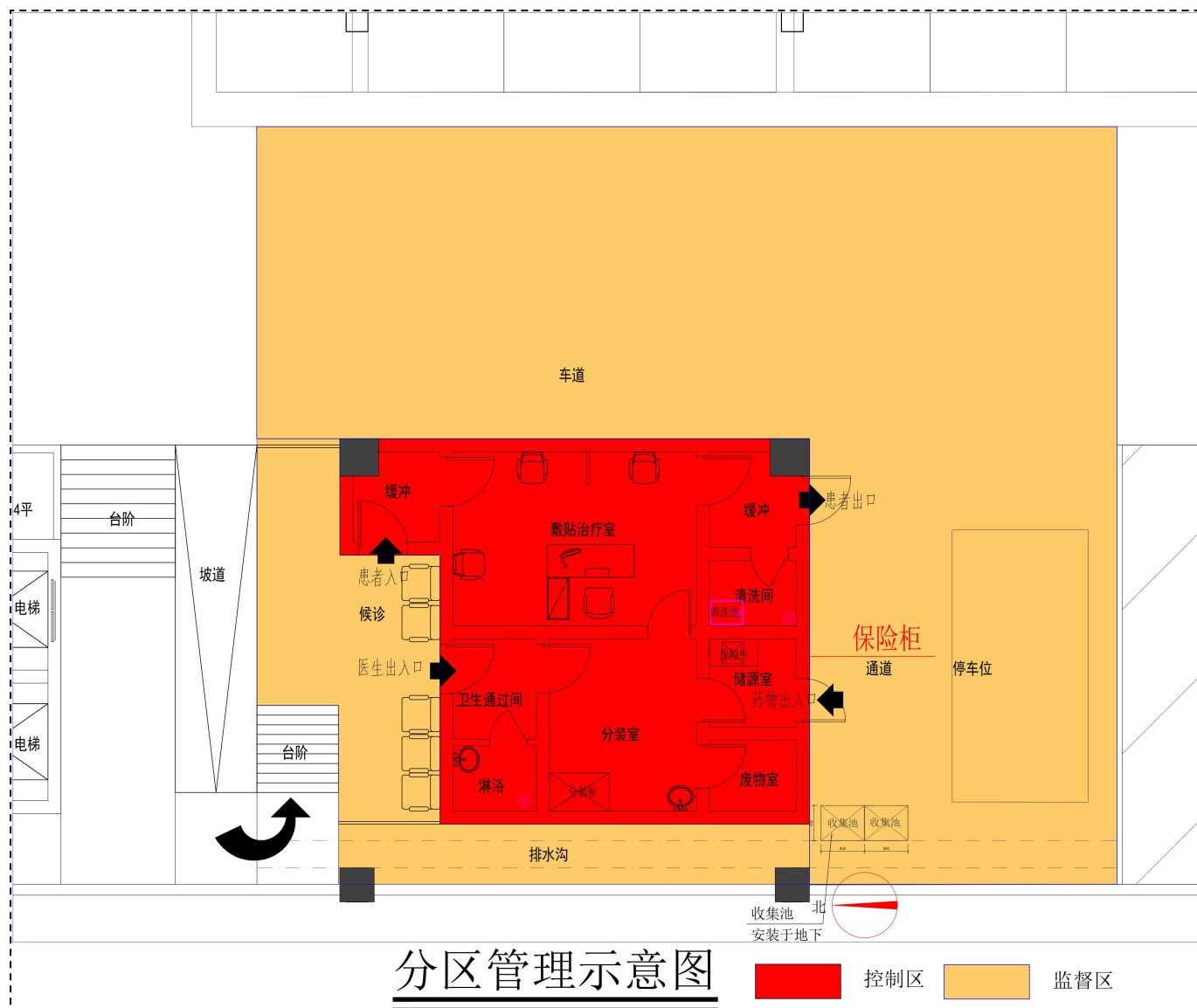


图 10-2 核医学工作场所分区管理示意图

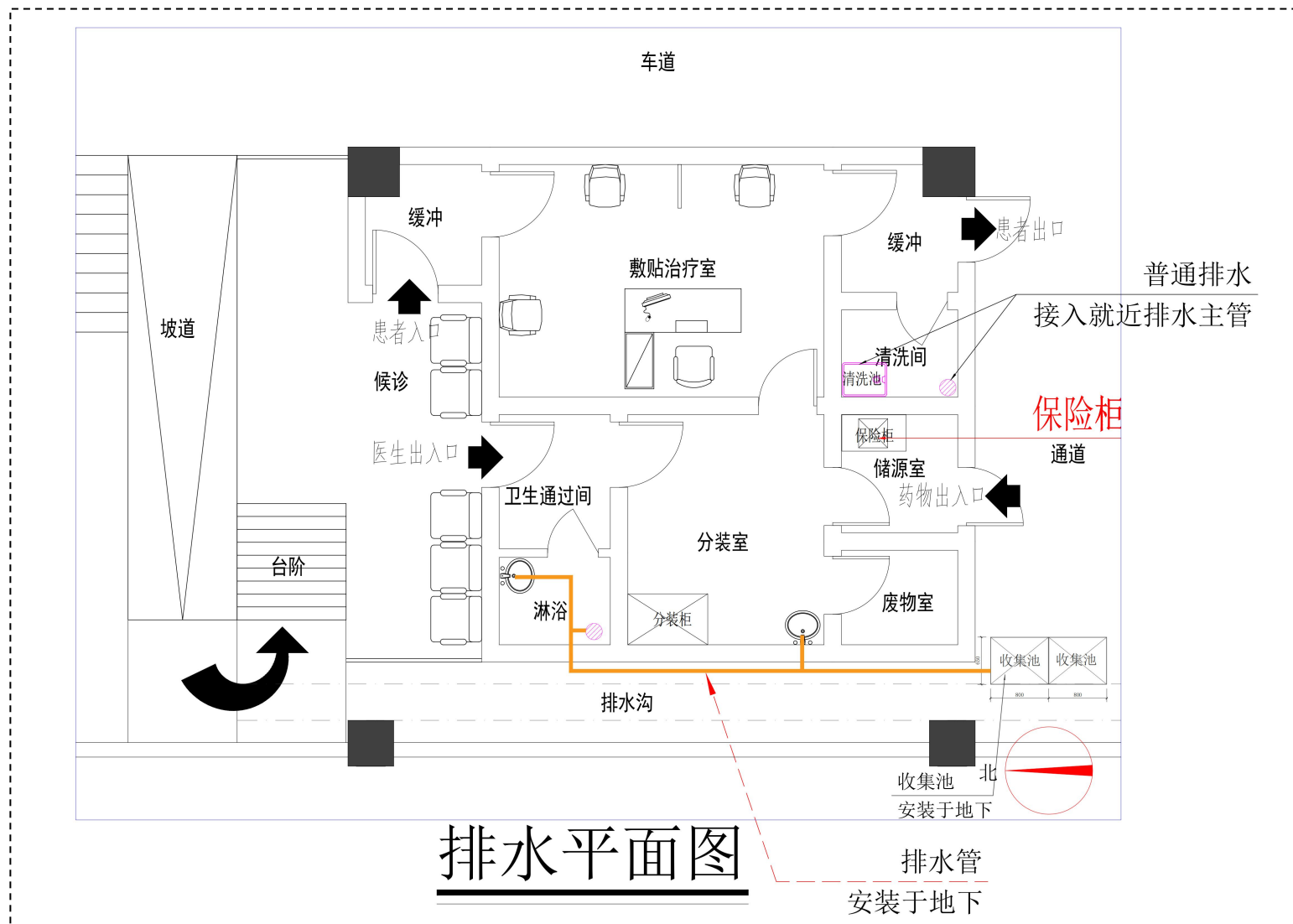


图 10-3 核医学工作场所废水收集排放线路示意图

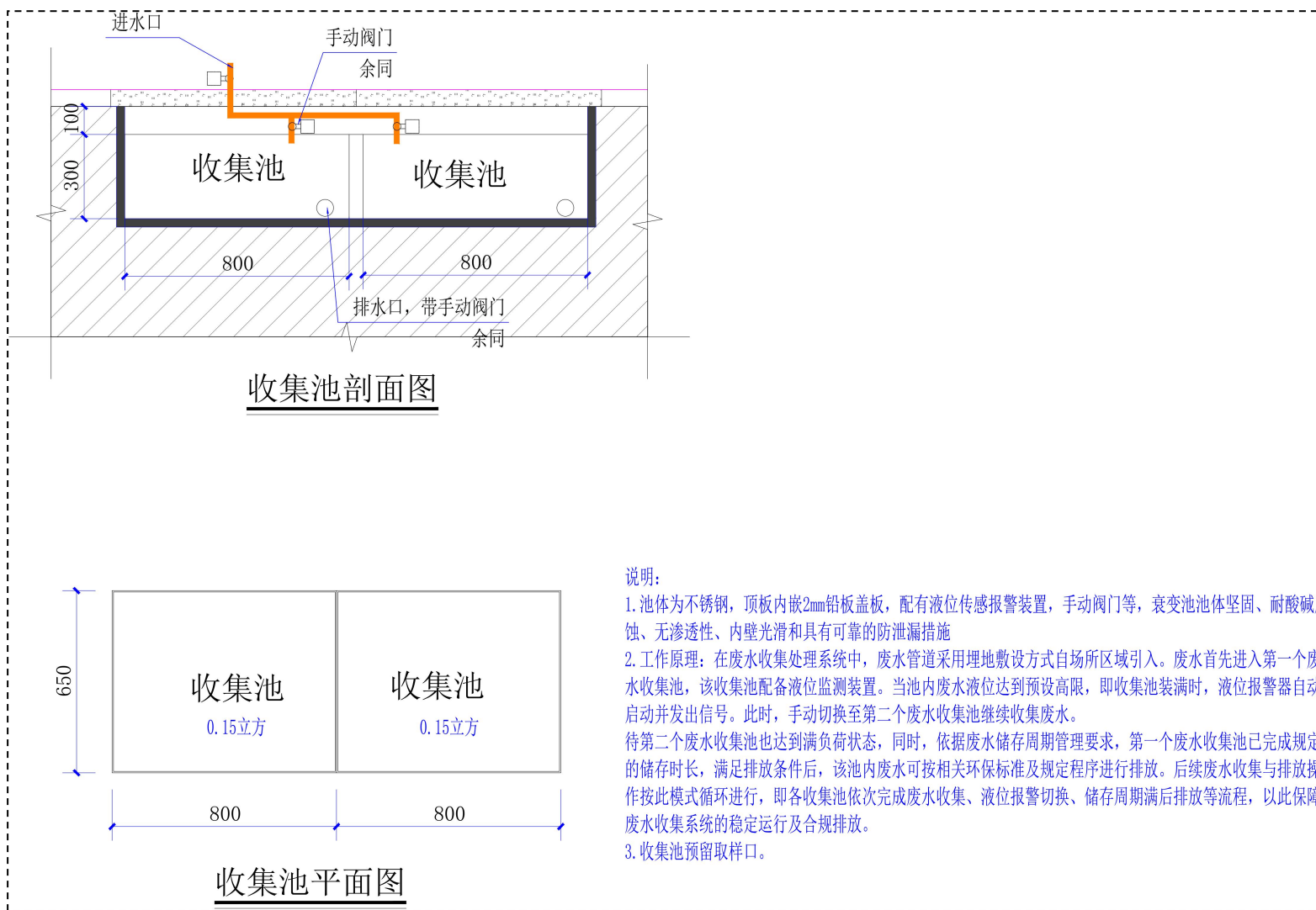


图 10-4 核医学工作场所废水收集池系统设计示意图

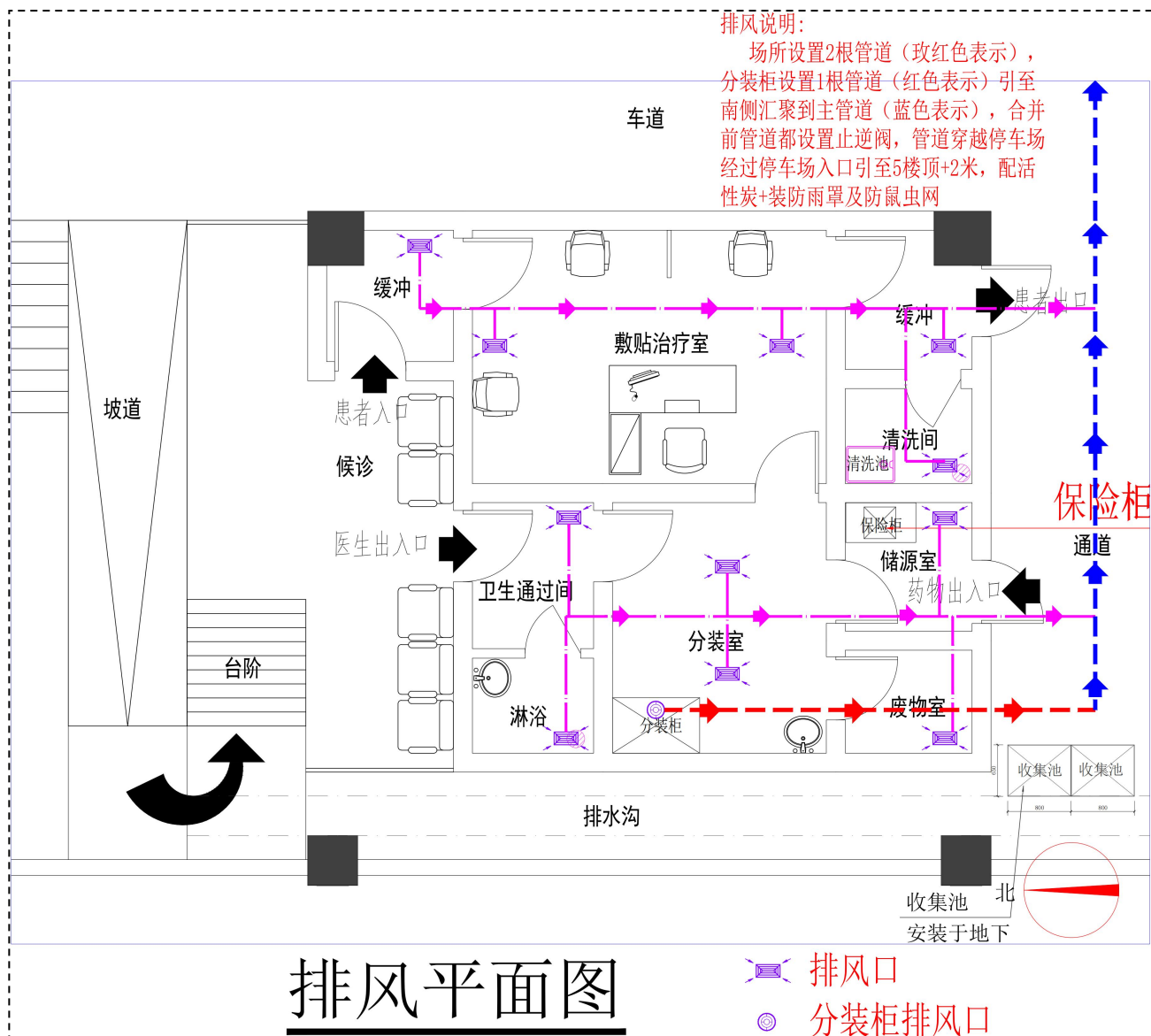


图 10-5 核医学工作场所排风系统平面示意图

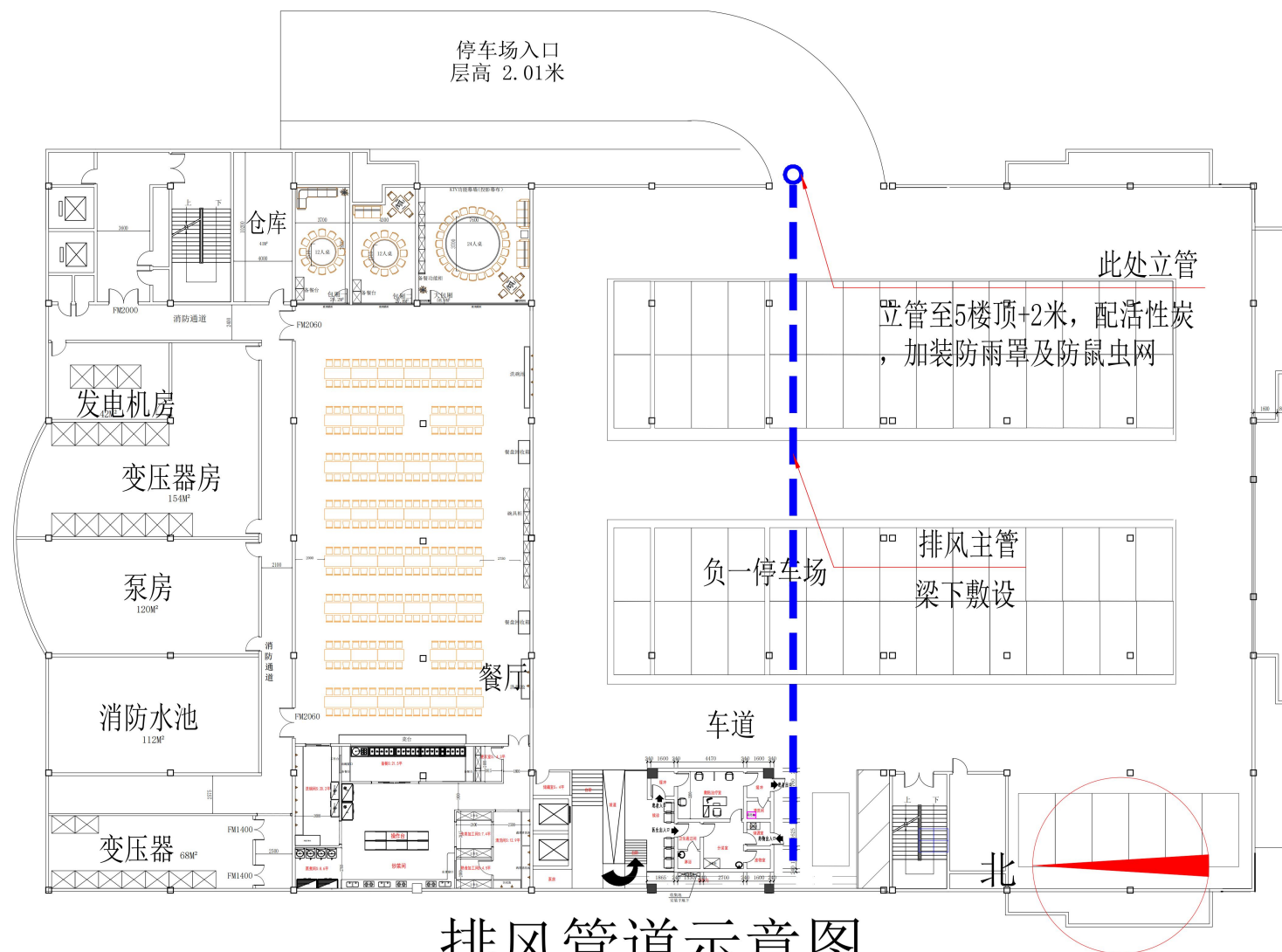


图 10-6 核医学工作场所排风管道示意图

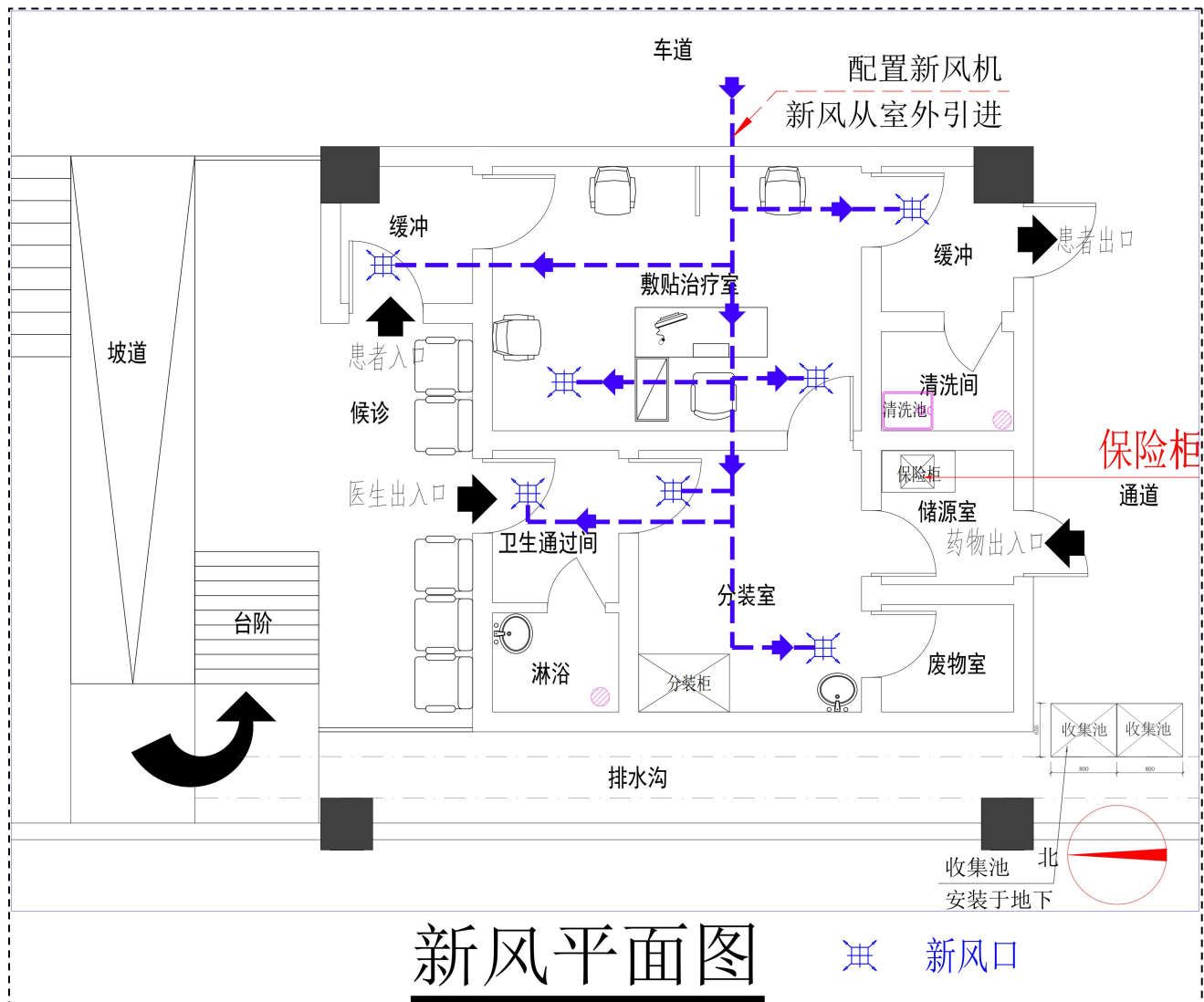


图 10-7 核医学工作场所新风系统线路示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目工作场所涉及在现有建筑中新建墙体，以及对地板和天花板的改造；此外还需开挖收集池并砌筑。本项目在建设施工过程中会对环境会产生如下影响：

(1)大气。本项目在建设施工期需进行的拆除墙体、挖掘、混凝土浇筑作业、新砌墙体等，施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(2)噪声。整个建筑施工阶段，如混凝土搅拌机、卷扬机及载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响，施工也会产生切割噪声。在施工时尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

(3)固体废物。项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的公司清运至合法消纳场处理，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。施工人员产生的生活垃圾依托医院现有收集点分类集中收集后，定期交由环卫部门处理。

(4)废水。项目施工期间，会产生少量施工人员的生活污水，主要为洗涤废水和粪便污水，污染物主要为 COD、NH₃-N、BOD₅、SS 等。施工人员在建设场所进行施工期间，所产生的粪便污水依托医院现有楼房中卫生间收集后，排入医院污水处理系统，处理达标后通过医院总排口排入市政污水网管，最终排入污水处理厂处理。

由于本项目工程量少，施工周期短，所需施工人数一般不会超过 10 人，施工人员产生的废水量和经隔渣后的建筑废水不会对医院现有收集处理系统造成冲击。

在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在本楼内局部区域，对周围环境影响较小。

本项目放射性药物未运抵之前，均不会对周围环境产生辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 β射线影响分析

本项目敷贴治疗核素 ³²P 为纯β衰变，在衰变过程中只产生β射线。根据《放射防护

实用手册》6.4.5.1，β射线在空气中的射程按以下公式 11-1 来计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{MAX} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：

d——β射线在介质中的射程，cm；

ρ——介质的密度；空气密度为 $1.29 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3$ ；有机玻璃为 1.18g/cm^3 ；实心砖为 1.65g/cm^3 ；铅密度为 11.3g/cm^3 ；人体密度为 1g/cm^3 。

E_{MAX}——β射线最大能量，MeV。

表 11-1 β射线在屏蔽材料中理论最大射程

核素	β射线能量 (MeV)	空气中能量 (cm)	铅中能量 (cm)	有机玻璃中 能量 (cm)	实心砖中能 量 (cm)	人体中能量 (cm)
³² P	1.71	663	0.075	0.72	0.52	0.86

经计算可知，放射性核素 ³²P 产生的β射线在有机玻璃等材料中的射程较短，且有墙体和铅门进行屏蔽，故放射性核素 ³²P 产生的β射线对周围环境影响很小。

11.2.1 周围辐射剂量率估算

当β粒子被源周边物质阻挡时，则会产生韧致辐射（即 X 射线），韧致辐射的影响也是不可忽视的。因此，制作 ³²P 敷贴器和在使用敷贴器进行治疗时产生的韧致辐射的影响将作为本项目重点考虑对象。

1、屏蔽计算方法

根据《辐射防护导论》中式 4.21，韧致辐射计算公式（11-2）如下，屏蔽计算时 Gy 可视为 Sv，结果见表 11-2：

$$H_r = 4.58 \times 10^{-14} A \cdot Z_e \cdot \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \cdot q \cdot \eta \dots\dots (11-2)$$

式中：H_r——距离屏蔽层源 r 米处的辐射剂量率，Gy/h；

A——药物的放射性活度，Bq；

Z_e——屏蔽材料的有效原子序数，取自《辐射防护导论》表 4.4，有机玻璃取 5.85，空气取 7.36；

E_b——韧致辐射的平均能量 E_b 是入射β粒子的最大能量的 1/3，即 E_b=E_{max}/3，

MeV;

r—参考点与屏蔽层的距离, m;

μ_{en}/ρ —平均能量为 E_b 的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数, m^2/kg , 取自《辐射防护导论》附表 1, 取 $2.953 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{kg}$;

q—参考点所在区域相应的居留因子, 保守取 1;

η —透射比, 根据公式 $\eta=10^{-d/\text{TVL}}$ 、密度比: $\frac{d_1}{d_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$ 得出 (其中 TVL 屏蔽层在

β 粒子平均能量下的什值层厚度, 由《辐射防护导论》表 3.5 查 ^{32}P 在铅中由内插法得: 1.328cm, ^{32}P 在混凝土中由内插法得: 12.334cm; 实心砖由密度比得: 17.57cm)。

2、屏蔽计算参数

1) 放射性药物活度

根据诊疗计划, ^{32}P 分装柜按日最大操作量计算, 敷贴治疗室按最多同时容留 3 名敷贴患者进行计算, 本项目放射性药物 ^{32}P 每天最多治疗 30 人, 每人最大用量为 $1.85 \times 10^7 \text{Bq}$ (0.5mCi)。 ^{32}P 核素每周送药一次, 周一集中送药, 药物置于药商提供的专用防护罐 (内衬 12mm 铅当量)。

2) 计算时四周屏蔽墙、防护门参考点位置在墙 (门) 外 0.3m 处, 屋顶参考点位置在楼板地面上方 0.3m 处。关注点设置见图 11-1。

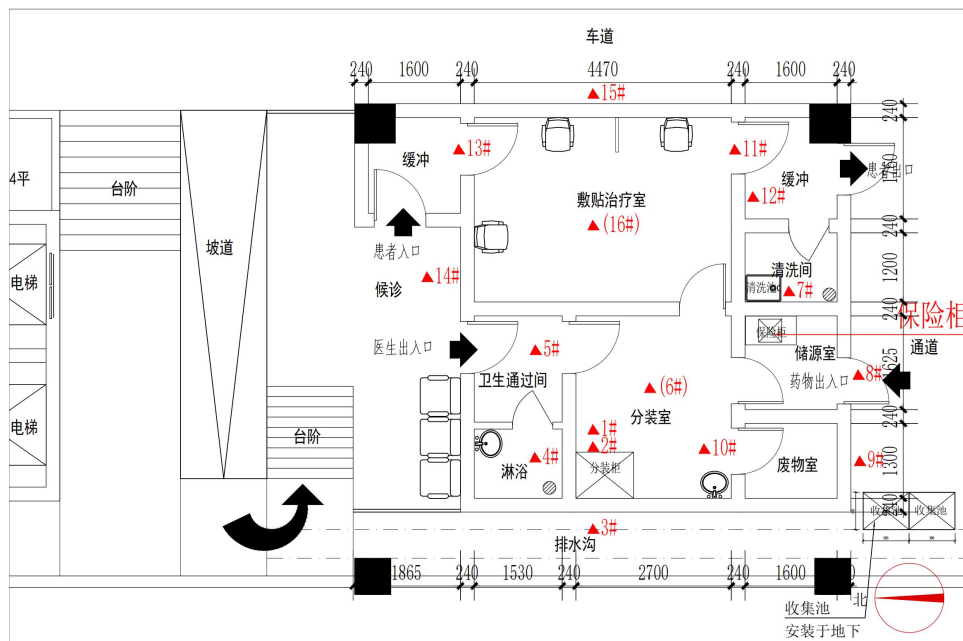


图 11-1 平面关注点示意图

3、周围辐射剂量率计算结果

根据以上屏蔽计算参数，估算出各关注点辐射剂量率结果见表 11-2。

表 11-2 核医学科关注点辐射剂量率估算结果

点位号	点位描述	活度 (Bq)	屏蔽物质原子序数 Z_e	E_b (MeV)	r (m)	μ_{en}/ρ (m^2/kg)	q	η	结果 ($\mu Sv/h$)
▲1	分装柜表面 30cm	5.55E+8	5.85	0.57	0.75	2.95E-3	1	1	2.54E-01
▲2	分装柜表面 5cm	5.55E+8	5.85	0.57	0.40	2.95E-3	1	1	8.92E-01
▲3	分装室西侧墙外 30cm	5.55E+8	5.85	0.57	1	2.95E-3	1	4.34E-02	6.19E-03
▲4	分装室北侧墙外 30cm	5.55E+8	5.85	0.57	1.1	2.95E-3	1	4.34E-02	5.11E-03
▲5	分装室北侧防护门外 30cm	5.55E+8	5.85	0.57	2.3	2.95E-3	1	7.07E-01	1.91E-02
▲6	分装室正上方一层休闲区地面 30cm	5.55E+8	5.85	0.57	3.7	2.95E-3	1	6.08E-02	6.34E-04
▲7	储源室东侧墙外 30cm	5.55E+8	5.85	0.57	0.9	2.95E-3	1	5.41E-03	9.53E-04
▲8	储源室南侧防护门外 30cm	5.55E+8	5.85	0.57	1.9	2.95E-3	1	8.83E-02	3.49E-03
▲9	废物室南侧墙外 30cm	2.22E+10	5.85	0.57	0.6	2.95E-3	1	1.82E-02	2.89E-01
▲10	废物室北侧防护门外 30cm	2.22E+10	5.85	0.57	1.9	2.95E-3	1	2.97E-01	4.70E-01
▲11	敷贴治疗室南侧防护门外 30cm	5.55E+7	5.85	0.57	3	2.95E-3	1	7.07E-01	1.12E-03
▲12	敷贴治疗室南侧墙外 30cm	5.55E+7	5.85	0.57	2.7	2.95E-3	1	4.34E-02	8.48E-05
▲13	敷贴治疗室北侧防护门外 30cm	5.55E+7	5.85	0.57	3.1	2.95E-3	1	7.07E-01	1.05E-03

▲14	敷贴治疗室北侧墙外 30cm	5.55E+7	5.85	0.57	3	2.95E-3	1	4.34E-02	6.87E-05
▲15	敷贴治疗室东侧墙外 30cm	5.55E+7	5.85	0.57	2.2	2.95E-3	1	4.34E-02	1.28E-04
▲16	敷贴治疗室正上方一层休闲区地面 30cm	5.55E+7	5.85	0.57	2.6	2.95E-3	1	6.08E-02	1.28E-04
/	储源保险箱外 5cm	5.55E+8	5.85	0.57	0.05	2.95E-3	1	1.25E-01	7.12E+00
/	储源保险箱外 100cm	5.55E+8	5.85	0.57	1	2.95E-3	1	1.25E-01	1.78E-02
/	敷贴患者 50cm	1.85E+7	7.36	0.57	0.5	2.95E-3	1	1	2.39E-02

注：（1） ^{32}P 的半衰期为 14.3d，因此 ^{32}P 废物需在废物室衰变超过十个半衰期，即 143 天后才能处理。考虑到 ^{32}P 活度会进行衰减，因此废物室内 ^{32}P 废物源强保守按照 4 个半衰期（约 2 个月）药量考虑，约为 $2 \times 20 \text{ 天/月} \times 5.55 \times 10^8 \text{ Bq/天} = 2.22 \times 10^{10} \text{ Bq/天}$ ；（2）敷贴治疗室源强保守按 3 名病患同时治疗进行计算。（3）实心砖（密度 1.65 g/cm^3 ）按密度折算为混凝土（密度 2.35 g/cm^3 ）后计算。

由表 11-2 估算结果可见，项目产生的辐射剂量率水平能满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）规定的“放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25 \mu\text{Sv/h}$ ”要求。

同时满足 HJ 1188-2021 规定的“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10 \mu\text{Sv/h}$ 。”的要求。

项目控制区外围关注点剂量率均低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，控制区内各关注点剂量率均低于 $25 \mu\text{Sv/h}$ ，屏蔽柜体表面 5cm 处的剂量当量率均小于 $25 \mu\text{Sv/h}$ ；屏蔽柜体表面 30cm 的剂量率均低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；距离贮源箱表面 5cm 和 100cm 处的剂量当量率均低于 $10 \mu\text{Sv/h}$ 和 $1 \mu\text{Sv/h}$ ，可见该项目屏蔽效果能满足 GBZ 120-2020 中第 5.3.1 款剂量率目标值的要求。

11.2.2 项目运行对工作人员所致有效剂量分析

1、计算公式

根据潘自强主编的《电离辐射环境监测与评价》第 3.3.3 节（P51 页）“对于强贯

穿辐射，10mm 深度是被经常使用的， $H^*(10)$ 应当是有效剂量 E 的合理近似”，外照射现场监测量为周围剂量当量率 $H^*(10)$ 。在有效剂量估算时，可以直接使用测量结果，不用进行系数转化。因此 X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式估算：

个人年有效剂量估算按下列公式计算：

$$H_e = H^*(10) * t * 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

其中： H_e 为年有效剂量，(mSv/a)；

$H^*(10)$ 为 X- γ 辐射周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t 为年受照射时间，h；

10^{-3} 为 μSv 到 mSv 的转换系数。

辐射工作人员个人年有效剂量估算结果见表11-3。

表11-3 辐射工作人员年有效剂量

关注点	工作场所	操作	辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时间(h)	居留因子	年有效剂量(mSv/a)	
▲2	分装室	^{32}P 敷贴器制作	8.92E-01	250	1	2.23E-01	2.29E-01
/	敷贴治疗室敷贴患者 50cm	转移、给药、回收	2.39E-02	250	1	5.98E-03	

综上所述，本项目辐射工作人员年有效剂量约为 **2.29E-01mSv**，低于职业人员年剂量管理约束值（5mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.3 项目运行对公众人员所致有效剂量预测

核医学场所所有辐射用房布置是相对独立、相对封闭的区域，科室有严格的“三区”管理制度，出入口均设有门禁，治疗期间公众成员不会进入治疗区域。公众可达区域仅为核医学科边界外区域，即根据边界周围关注点剂量率来估算公众受照剂量。全年规划治疗7500人次；每次敷贴持续时间1小时，保守估计一次同时治疗3人，则全年总时长7500 $\times 1 \div 3 = 2500\text{h}$ ；分装室制作时间为2分钟/人次，则全年估计250小时；废物室源项年照射时间全年按8760h；每年共计购买50次药，每次暂存于储源室1小时，全年估计50小时。根据表11-2预测结果，各区域公众成员受照剂量估算结果见表11-4。

表11-4 公众成员受照剂量估算结果

关注点	关注点位置	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
▲3	分装室西侧墙外 30cm	6.19E-03	250	1/40	3.87E-05
▲6	分装室正上方一层休闲区地面 30cm	6.34E-04	250	1/16	9.91E-06
▲8	储源室南侧防护门外 30cm	3.49E-03	50	1/8	2.18E-05
▲9	废物室南侧墙外 30cm	2.89E-01	8760	1/40	6.33E-02
▲14	敷贴治疗室北侧墙外 30cm	1.28E-04	2500	1/20	1.60E-05
▲15	敷贴治疗室东侧墙外 30cm	1.28E-04	2500	1/40	8.00E-06

注：表中居留因子的选取参照HJ 1198-2021的表A.1。

从表11-4估算结果可知，在核医学工作场所周边逗留或活动的公众成员因为该核医学放射性同位素应用项目运行受到的年有效剂量均低于公众成员年剂量管理约束值（**0.1mSv**）。以上估算是以辐射工作场所边界外30cm处的辐射剂量率贡献值估算公众的受照剂量，由于辐射剂量率与距离的平方成反比，对于评价范围内的距离更远的公众，可推断其受到的年有效剂量均低于以上估算值。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

11.2.4 采取三废治理措施后放射性固体废物和流出物对环境的影响

本项目对放射性废水、放射性固体废物、放射性废气采取了一系列的治理措施。

放射性废水：本项目根据放射性废水所含核素的种类、半衰期、活度水平，建设了废水收集池，收集项目产生的含磷放射性事故工况废水，项目衰变池有效容积、池体及管道防护设计均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相应要求，项目排放的废水水质的放射性满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相应要求。

放射性固体废物：本项目配备了收集放射性固体废物的铅桶，放射性固体废物分类收集、分别处理，按《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中 7.2.3 款要求进行管理，收集的固体废物在专用贮存衰变箱内存放衰变，待其所含放射性核素活度衰变至低于相应核素 GB 18871-2002 清洁解控水平推荐限值及 HJ 1188-2021 第 7.2.3.1 款要求时，对废物清洁解控并作为医疗废物处理，项目放射性固体废物不会对周围环境产生放射性污染。

放射性废气：分装室内分装柜设置有专门排风管道，拟配风速不小于 0.5m/s，排风

口拟设置于核医学建筑楼屋顶；在高活性区设置通风设施，排风量大于进风量，保持这些控制区的负压，空气流向为低活区向高活区流动，排风口高于建筑楼屋顶，并拟设置活性炭为过滤装置，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相应要求，项目放射性废气对周围环境影响较小。

因此，采取三废治理措施后，放射性固体废物和流出物预期对环境产生的影响很小。

11.3 事故影响分析

1、由于核医学科的放射性药物是从相应部门进货，因此在运输过程中可能会发生货包的泄漏或丢失等事故。如装有放射性物质的货包没有按预定的时间到达，医院首先应在医院内部进行各种可能性的检查，然后与订货公司联系，要求追踪货包去向，直到找到放射性物质货包为止。

2、医院核医学科有专门的放射性物质储存房间，如果对放射性物质存放区的管理不善，发生放射物品失窃，将可能会造成放射性污染事故。因此在放射性物质储存房间设置双人双锁及警告标志、警示语句，无关人员不会进入。在储存房间内及储存房间门口设置监控系统，发生失窃时能及时发现盗窃者，有利于抓捕。

3、由于医生操作不慎，发生 ^{32}P 放射性药品试剂瓶倾倒溅洒。发生此类事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边缘向中心擦抹，直到擦干污染区。用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。吸擦后的药棉或纸巾整体作放射性固体废物废弃物处置。

发生以上事故，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条规定，该院应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，以减轻事故危害后果。立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。配合公安部门、生态环境部门调查、侦破工作。禁止任何单位和个人故意破坏事故现场、毁灭证据。

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

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

医院成立了放射防护与安全工作管理委员会（具体见附件 4），配备了相应成员，并规定了相应职能。其中主任为：张强（院长）；副主任为：杨子敬（医务科兼质控科主任）、颜宾（设备科主任）担任；成员为卢振盛、韦文雪等 4 位相关科室负责人、副院长组成。（具体见附件 4）。

规定了领导小组的职责有：

(一)评估辐射防护措施计划。

(二)审核辐射工作人员之操作能力及资格。

(三)放射性物质及可发生电离辐射设备之辐射安全管制。

(四)定期检查及修订辐射防护措施计划。

(五)规划并办理辐射防护教育训练。

(六)定期(至少每半年一次)稽查各使用放射性物质及可发生电离辐射设备场所之辐射防护措施，如有违反规定者，应即停止其作业，并限期改正。

(七)定期(至少每年一次)召开辐射防护委员会，检查全院辐射安全作业。

(八)制定辐射防护训练计划，并督导实施。

(九)审核放射性物质及可发生电离辐射设备之各项采购方案和评估工作场所各项设备配置是否符合辐射安全规定。

(十)督导处理全院内所发生之各类辐射意外事件，并将发生原因，处理经过与所采取之改善措施等作成报告。

医院成立的放射防护与安全工作管理委员会能满足医院辐射安全与防护要求，满足相关法律法规要求。

12.1.2 辐射工作人员配备情况

本项目规划配备 4 名辐射工作人员。

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。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、使用活动的工作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。

根据生态环境部《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》（2019 年，第 57 号）的相关要求，自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

医院应及时安排本项目未参加培训并考核合格的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，考核合格后方可上岗（考核成绩合格有效期五年）。

12.2 辐射安全管理规章制度

医院为加强以放射性同位素安全和防护的监督管理，促进放射性同位素的安全应用，保证医疗质量和医疗安全，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的人体健康，医院建立了相应的管理制度（包括操作规程、岗位职责、人员培训、环境辐射监测方案、放射性废物处理制度、放射工作人员健康管理制度、放射工作人员培训管理办法等）和放射事故应急处理预案。

本项目新建成后，提出如下要求：

（1）要求组织本项目所有新增的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并按要求进行复训，同时应为辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案。

（2）环评批复后，需及时向相关部门申请办理辐射安全许可证。

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设备性能、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。医院需根据要求制定以下辐射监测计划。

12.3.1 个人剂量监测

医院应委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行监测，监测要求严格按照《职业性外照射个人监测规范》，并建立个人剂量记录及监测档案管理制度，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，医院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 场所及环境辐射监测

医院应委托有资质的单位定期（每年常规监测一次）对设备使用场所及周围环境进行辐射监测，并建立监测技术档案。

监测方案要求：

- （1）监测对象：工作场所和周围环境。
- （2）监测布点：核医学工作场所控制区内各屏蔽体外、防护门窗场所等人员可达区域（包括上下层相邻房间），建议参照表 11-2 中关注点来布设监测点位。
- （3）监测项目：X- γ 辐射剂量率、表面污染。
- （4）监测频次：每年至少 1 次委托监测。
- （5）监测仪器：监测委托有资质监测机构开展，使用的仪器应与本项目源项特征相适应，由监测机构负责。
- （6）其他：监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

12.3.3 年度安全评估报告

每年1月31日之前，医院应向辐射安全许可证发证机关及当地生态环境主管部门提交上一年度的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.4 辐射事故应急

医院核医学敷贴治疗项目所使用的放射性药品的工作场所为乙级场所，根据国家环保总局《关于发布放射源分类办法的公告》乙级非密封源工作场所的安全管理参照II类放射源。

12.4.1 应急组织与职责

医院制定了《放射事故应急处理预案》（见附件 5），预案中成立了以张强（院长）为主任；杨子敬（医务科兼质控科主任）、颜宾（设备科主任）为副主任；卢振盛、韦文雪等 4 位相关科室负责人、副院长为成员的放射事故应急救援领导小组。预案规定了

领导小组相应的职责包括：

(一)医院放射防护与辐射安全管理委员会组长负责放射治疗性事故应急处理的组织及指挥工作。

(二)医院放射防护与辐射安全管理委员会组长负责放射治疗性事故应急处理中人员、物资的调动调配工作，向院应急救援领导小组及卫生行政部门快速上报，最迟不得超过两小时，《放射治疗事故报告卡》在 24 小时内报告。

(三)医务部应全力协助安全第一责任人。在抓好放射治疗性事故应急处理工作的同时，协助做好受伤害人员的家属的安抚工作。

(四)放射治疗工作部门要认真做好事故现场的保护工作，协助上级主管部门调查事故、搜集证据，整理资料并做好记录。

(五)参加事故应急救援人员要自觉遵守纪律，服从命令，听从指挥，为完成救援任务尽职尽责，通过积极工作最大限度地控制事故危害，为尽快恢复工作创造条件。

(六)放射治疗工作部门要认真做好事故现场的保护工作，协助上级主管部门调查事故、搜集证据，整理资料并做好记录。

(七)参加事故应急救援人员要自觉遵守纪律，服从命令，听从指挥，为完成救援任务尽职尽责，通过积极工作最大限度地控制事故危害，为尽快恢复工作创造条件。

12.4.2 事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定，医院制定了《放射事故应急处理预案》（详见附件 5），医院放射事故应急处理预案包括下列内容：（1）放射事故应急救援领导小组；（2）放射事故应急处理的责任划分；（3）放射性事故应急救援应遵循的原则；（4）放射性事故应急处理程序；（5）应急处理电话。

医院放射事故应急处理预案中给出了具体的应急处理程序，具有较好的针对性和可操作性。一旦发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的放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。

但该预案中关于核医学科相关内容不够明确，缺少辐射事故分级、放射性事故的预防与控制等内容；建议医院在办理本项目辐射安全许可证前尽快修订完善应急预案，并加强辐射事故应急方面的培训，加强应急演练，维持应急物资，并不断总结修改完善预案内容。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 工程项目概况

南宁春暖康复医院位于南宁市西乡塘区新阳北三路18号，本项目建设内容为：拟对医院内商业综合楼A栋西侧负一层新建核医学敷贴工作场所，使用³²P敷贴器治疗项目，规划为乙级非密封源工作场所。

13.1.2 项目可行性分析结论

（1）代价利益分析

医院新建³²P敷贴器治疗应用项目目的在于开展核医学放射诊疗工作，对保障人民群众身体健康、拯救生命起着十分重要的作用；项目的建设为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时项目的实施提高了医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也创造了更大的经济效益。因此，医院新建³²P敷贴器治疗应用项目符合《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。

（2）产业政策符合性

³²P敷贴治疗项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年12月27日国家发展改革委令第7号公布）中第一类 鼓励类 第六项“核能”中第4款“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

（3）选址合理性分析

医院内商业综合楼A栋西侧负一层新建核医学敷贴工作场所，属于相对独立区域，可严格划分控制区及监督区，不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第5.1关于“选址”规定。

13.1.3 辐射安全与防护分析结论

医院严格按设计要求建设本项目用房及防护门等防护设施，预计其防护能力均可满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）关于场所周围剂量当量率的相关要求，满足辐射防护的要求。

13.1.4 环境影响分析结论

(1) 辐射环境影响现状评价

医院新建³²P敷贴器治疗应用项目场址周围环境的辐射水平未见异常。

(2) 辐射环境影响分析与预测

项目建设后，预计核医学科辐射工作人员因项目运行而受到年有效剂量低于职业人员年剂量管理约束值（**5mSv**），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。

预计公众成员因项目运行而受到年有效剂量低于公众成员年剂量管理约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于剂量限制的要求。

13.1.5 辐射安全管理分析结论

(1) 管理机构：医院为了加强医院环境保护工作领导，规范医院辐射安全及管理，成立了放射防护与安全工作管理委员会、放射事故应急救援领导小组，明确了成员组成及各自的职责要求，并将加强监督管理。

(2) 规章制度：医院建立了相应的管理制度（包括操作规程、岗位职责、人员培训、环境辐射监测方案、放射性废物处理制度、放射工作人员健康管理制度、放射工作人员培训管理办法等）和放射事故应急处理预案。医院应根据本单位核技术利用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中落实执行。

(3) 培训与个人剂量监测：在办理本项目辐射安全许可证前，医院按要求安排本项目辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训，考核合格后方可上岗。医院委托有资质机构按照规范要求对辐射工作人员开展个人剂量监测，每两年进行一次健康体检，并做好档案管理。

综上，医院管理机构、规章制度及辐射工作人员的管理均可满足本项目对辐射安全管理的要求。

综上所述，南宁春暖康复医院新建³²P敷贴器治疗应用项目，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施后，其运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

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、根据工作实际，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、继续做好对放射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康体检和辐射环境监测等工作，发现问题及时整改，并分类保管保存相关资料。
- 3、尽快修订完善放射事故应急处理预案，并加强应急演练。
- 4、落实辐射防护设施定期检查制度，如工作警示灯、辐射警示标记等等。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，医院承诺：

- 1、按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（环保部 18 号令）要求开展个人剂量监测、工作场所监测以及对本单位射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地生态环境部门提交上一年度的评估报告。
- 2、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。
- 3、尽快完善应急预案，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。
- 4、按要求开展竣工环保验收。

