

编号：ZFFB24220223

核技术利用建设项目

厦门市妇幼保健院集美院区
1 台后装放疗机建设项目

环境影响报告表

建设单位：厦门市妇幼保健院

编制时间：2025 年 8 月

核技术利用建设项目

厦门市妇幼保健院集美院区 1 台后装放疗机建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：厦门市妇幼保健院

建设单位法人代表(签名或签章)：

通讯地址：厦门市集美区后溪镇黄庚山路 555 号

邮政编码：361024 联系人：夏**

电子邮箱：138*****975@163.com 联系电话：138*****975

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.....	13
表 5	废弃物(重点是放射性废弃物).....	14
表 6	评价依据.....	15
表 7	保护目标与评价标准.....	17
表 8	环境质量和辐射现状.....	24
表 9	项目工程分析与源项.....	28
表 10	辐射安全与防护.....	36
表 11	环境影响分析.....	48
表 12	辐射安全管理.....	63
表 13	结论与建议.....	71
表 14	审批.....	76

表 1 项目基本情况

建设项目名称		厦门市妇幼保健院集美院区 1 台后装放疗机建设项目			
建设单位		厦门市妇幼保健院			
法人代表	吴**	联系人	夏**	联系电话	138*****975
注册地址		福建省厦门市思明区镇海路 10 号			
项目建设地点		福建省厦门市集美区后溪镇黄庚山路 555 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)	400	项目环保投资(万元)	67	投资比例(环保投资/总投资)	16.75%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积(m ²) 约 200m ² (不新增)
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input checked="" 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 type="checkbox"/> 使用	<input 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 项目概述 1.1.1 建设单位概况 <p>厦门市妇幼保健院创建于 1959 年，建筑面积约 6.3 万 m²，注册地址位于厦门市思明区镇海路 10 号。医院目前床位数为 700 张，职工约 1200 人。医院年门诊量 150 万余人次，出院 4 万余人次，手术量 3 万余人次。</p> <p>为方便厦门市岛外广大患者就诊，提升厦门市医疗服务质量，并在一定程度上缓解岛内医疗资源过度密集带来的交通堵塞等相关问题，厦门市妇幼保健院在厦门市集美区集美大道和中州路交叉口西北侧投资建设厦门市妇幼保健院集美院区（以下简称集美院区）。集美院区总用地面积 53526.411m²，总建筑面积 138896m²，其中地上建筑面积 86506m²，地下建筑面积 52390m²，共计设置床位</p>				

800 张，机动车停车位 1300 辆。集美院区主要建设内容包括：门急诊楼、住院楼、医技楼、科研教学用房、行政后勤用房以及相关配套的环保设施等。厦门市妇幼保健院集美院区已履行了环保手续，于 2020 年 4 月 26 日经厦门市生态环境局审批通过，批复文号：厦环审〔2020〕48 号。

为增加集美院区的诊疗手段，集美院区相继投资建设了直线加速器、数字减影血管造影机（即 DSA 机）以及其他用于医疗诊断的射线装置，并于 2020 年 11 月 4 日经福建省生态环境厅审批通过，批复文号：闽环辐评〔2020〕52 号；为进一步扩大放射诊疗手段，集美院区投资建设了计算机断层扫描仪（即 CT 仪）、数字化 X 射线摄影仪（DR）、压片机等射线装置及设备，并于 2024 年 11 月 8 日经建设项目环境影响登记表备案系统备案通过。

集美院区现有工程环保手续履行情况详见附件 2 所示。

1.1.2 任务由来

厦门市妇幼保健院集美院区为开辟全新的放射诊疗手段，改善患者的诊疗条件，并提高医院的医学影像诊断技术能力和服务水平，满足广大患者的就诊需求，厦门市妇幼保健院集美院区拟将现有位于住院楼 1#地下室 2 层的直线加速器治疗室 2 进行改造，建设为后装放疗机机房，并新增 1 台后装放疗机，配套 1 枚 ^{192}Ir 放射源，出厂活度为 $5.55 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。根据《关于发布放射源分类方法的公告》（原国家环保总局公告，公告 2005 年第 62 号），本项目后装放疗机拟配置的 ^{192}Ir 放射源为 III 类放射源。

为加强放射源的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保放射源的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。

对照生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 III 类放射源”，应编制环境影响报告表。

为此，厦门市妇幼保健院委托中辐环境科技有限公司开展“厦门市妇幼保健院集美院区 1 台后装放疗机建设项目”（简称“本项目”）的环评工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集、辐射环境现状监

测等工作，并结合项目特点，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）等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

本项目拟建设的后装放疗机机房位于集美院区住院楼 1#地下室 2 层原直线加速器治疗室 2，该项目（厦门市妇幼保健院 2 台直线加速器和 1 台 DSA 机项目）环境影响评价报告表于 2020 年 11 月编制完成，2020 年 11 月 4 日经福建省生态环境厅批复通过，批复文号为：闽环辐评〔2020〕52 号（见附件 2 所示），目前仍在建设过程中，尚未投产运行。根据该项目环评报告及批复，以及建设单位提供的相关资料和现场勘查情况可知，直线加速器治疗室 2 的机房、控制室、迷道等已建成，电气管线、监控系统等尚未建设，目前医院拟对其进行改造，建设后装放疗机项目。

本项目拟新增 1 台后装放疗机，配套 1 枚 ^{192}Ir 放射源，出厂活度为 $5.55 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，属于 III 类放射源。本项目建设规模见表 1.1-1 所示，拟使用的放射源情况一览表见表 1.1-2 所示。

表 1.1-1 本项目主要组成

分类		工程组成	备注
主体工程	后装放疗机机房	原直线加速器治疗室 2，新增后装放疗机，机房有效面积约为 65.46m^2 。	依托主体工程，进行电气、监控设施安装以及设备安装及调试等。
辅助工程	辅助用房	控制室、备件仓库、治疗准备室等。	依托现有
公用工程	给排水、供配电等	项目供电、给水、排水等依托院区现有设施。	依托现有
环保工程	废水	生活污水依托院区现有设施。	依托现有
	固废	生活垃圾依托院区现有设施。	依托现有
	废气	依托现有机械通风装置	依托现有
	电离辐射防护措施	东墙（迷道外墙）：800mm 混凝土至 1600mm 混凝土； 南墙：1600mm 混凝土和 2750mm 混凝土； 北墙：1600mm 混凝土和 2730mm 混凝土； 顶棚：1600mm 混凝土和 3000mm 混凝土； 迷道内墙：800mm 混凝土至 1500mm 混凝土； 防护门：20mPb 板+110mm 含硼聚乙烯。	依托现有 （详见表 10.1-3 所示）

表 1.1-2 本项目放射源一览表

序号	核素名	总活度(Bq)/活度(Bq)×枚数	类别	活动种类	工作场所	备注
1	¹⁹² Ir	5.55×10 ¹¹ Bq×1 枚	III类	使用	住院楼1#地下室2层 后装机房	新购

1.1.4 劳动定员及工作制度

本项目拟配置工作人员 7 人（医师 3 人，技术员 2 人，护士 1 人，物理师 1 人），拟从医院现有职工中调剂和培养，本项目工作人员固定设置，不与其他科室交叉使用，不存在剂量叠加的情况。

本项目辐射工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

后装治疗机预计最大工作量情况：30 人/天，150 人（次）/周，7500 人（次）/年，平均每人（次）照射治疗时间为 10min。周治疗照射时间为 25 小时，年治疗照射时间 1250 小时。

1.1.5 评价目的

通过对本项目拟建位置及周围进行辐射环境质量现状监测，了解辐射环境现状水平，并对本项目运行后的环境影响进行预测评价，掌握其运行后项目周围的辐射水平，对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”，为该项目的辐射环境管理提供科学依据，最终满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的相关要求。

1.2 项目选址及周边保护目标

1.2.1 地理位置

厦门市妇幼保健院集美院区位于厦门市集美区集美大道和中州路交叉口西北侧，集美院区地理位置见图 1.2-1 所示。医院东侧为鹭起潮樾小区，南侧为黄庚山路、过路为后溪，西侧为珩山路，北侧为集美大道。集美院区总平面布置及本项目评价范围详见图 1.2-2 所示。

1.2.2 项目周边环境位置关系

本项目后装放疗机房位于集美院区住院楼 1#地下室 2 层，目前为预留的直线加速器治疗室 2，本项目拟建位置东侧为病患通道及检查室等，南侧为直线加速器机房，西侧为土层、无建筑，北侧为资料室及进风机房，楼上为管线空腔、直达地面，地面为绿植及花坛，楼下为土层、无建筑物。集美院区住院楼 1#地

下室 1 层平面布置情况详见图 1.2-3，集美院区住院楼 1#地下室 2 层平面布置情况详见图 1.2-4，本项目平面布置图详见图 1.2-5，本项目拟建位置现场及周边现状照片详见图 1.2-6。

图 1.2-1 项目地理位置图

图 1.2-2 本项目周边环境示意图及评价范围图

图 1.2-3 集美院区住院楼 1#地下室 1 层平面布置图

图 1.2-4 集美院区住院楼 1#地下室 2 层平面布置图

图 1.2-5 本项目平面布置图

图 1.2-6 本项目拟建位置及周边现状照片

1.2.3 项目选址合理性分析

本项目后装放疗机治疗室位于住院楼 1#地下室 2 层，占地面积约为 180m²，不新增用地，项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。拟建治疗室周边 50m 评价范围内环境敏感目标主要为医院住院楼 1#、医院住院楼 2#，项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的防护治理措施后对周围的环境辐射影响是可接受的。

本项目后装放疗机机房楼下为土层、无建筑物，同层为其他诊室、医护人员办公用房、辅助用房等，选址不在居民、写字楼和商住两用楼内，选址避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）关于放射治疗场所选址的相关要求，项目选址合理。

1.2.4 平面布局 and 人员通道合理性分析

本项目后装放疗机机房位于医院住院楼 1#地下室 2 层，为地下室最底层。后装放疗机机房为原直线加速器治疗室 2，控制室、迷道等均依托现有，不涉及拆除工程。

后装放疗机机房东侧为备件仓库及控制室，南侧为直线加速器机房，西侧为土层、无建筑，北侧为资料室及进风机房，正上方为管线空腔、直至地面，地面为绿植及花坛，下方为土层、无建筑物。配备了辅助工作用房“治疗准备室”，治疗准备室位于本项目拟建位置东南侧（详见图 1.2-5 所示），相关配套用房齐全，满足本项目的使用要求，出入治疗室通道设计有 L 型迷道，迷道外口安装铅防护门。后装机治疗室平面布局满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中关于放射治疗工作场所布局要求。

就诊患者从住院楼电梯下至地下 2 层，在治疗准备室做好准备后，经过病人通道及过道进入后装放疗机机房，医护人员经医护通道及过道进入后装放疗机机房及控制室。

综上所述，项目平面布局 and 人员通道设置合理可行。

1.2.5 土地利用规划符合性分析

本项目位于厦门市集美区后溪镇黄庚山路 555 号厦门市妇幼保健院集美院区，选址在医院规划的医疗用房内，不新增用地，属于规划的允许建设范围，

用地性质为医疗卫生用地。

1.2.6 产业政策及规划符合性分析

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”及第三十七项“卫生健康”第 5 款“医疗卫生服务设施建设”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。本项目位于厦门市妇幼保健院集美院区，项目用地属于已规划的医疗用地，因此项目符合厦门市城市总体规划。

1.2.7 代价利益分析

本项目建成后，可有效提高厦门市集美区及周边区域的医疗卫生服务水平，提高人民的生活质量水平和生命安全保障水平，具有显著的社会效益；同时本项目的建设可以为医院创造一定的经济效益。

本项目建成后将产生一定的辐射环境影响，项目设计采取一系列辐射安全与环境保护措施后，通过预测分析对环境造成的辐射影响可以满足相关标准要求。项目运行对工作人员及公众造成一定的剂量照射。通过预测分析，在采取评价提出的辐射安全与环境保护措施前提下，项目正常运行导致的工作人员、公众年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值要求和评价提出的个人剂量约束值的要求。此外，针对项目可能导致的一般辐射事故，医院已经制定了辐射事故应急预案，成立了应急组织机构，减少辐射事故带来的危害。

综上所述，本项目建成后，可为周边地区广大患者提供诊疗服务，满足区域群众就诊需求，提高区域医疗水平，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用，具有显著的社会和经济效益。项目在采取一系列辐射安全与环境保护措施的前提下，大大减轻项目对环境造成的不利影响。

1.3 建设的必要性

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，

因此，该项目的建设是十分必要的。

1.4 实践的正当性

医院在治疗过程中，对后装机的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对后装机的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理后装机的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

1.5.1 医院原有核技术利用项目辐射安全许可证情况

厦门市妇幼保健院已取得由厦门市生态环境局颁发的辐射安全许可证（见附件3），证书编号：闽环辐证[D0006]；发证日期：2025年2月14日；有效期至：2026年6月7日；许可的种类和范围：使用III类射线装置。

厦门市妇幼保健院集美院区自建立以来，已完成口腔（牙科）X射线装置、医用诊断X射线装置、DSA装置、直线加速器等多个核技术利用项目的环评手续，根据现场勘查、建设单位提供的资料以及对照辐射安全许可证可知，目前由于集美院区DSA、直线加速器等项目均处于在建阶段，尚未投入使用，因此当前辐射安全许可证上尚未增加上述设备信息。

根据现场勘查可知，经与厦门市妇幼保健院集美院区核实，目前医院所有核技术利用项目的环保手续履行情况详见表1.5-1所示。

表 1.5-1 医院已许可的射线装置一览表

序号	装置名称	类别	数量	环评情况	验收情况	活动种类
1	数字化移动式X射线机	III类	1台	已备案： 备案号： 201835020 300000298	无需验收	使用
2	数字化医用X射线摄影系统	III类	1台			使用
3	全数字化乳腺X线机	III类	1台			使用
4	乳腺X射线机	III类	1台			使用
5	数字胃肠X光机	III类	1台			使用
6	X射线计算机断层摄影系统	III类	1台			使用
7	C臂机	III类	1台			使用
8	口内X射线机	III类	1台			使用
9	床边X光机	III类	1台			使用
10	直线加速器	II类	1台	闽环辐评	在建中	使用

11	直线加速器*	Ⅱ类	1 台	(2020)		使用
12	DSA 机	Ⅱ类	1 台	52 号		使用
13	CT 机	Ⅲ类	1 台	已备案； 备案编号： 2024350211 00000083	无需验收	使用
14	CT 机	Ⅲ类	1 台			使用
15	DR 机	Ⅲ类	1 台			使用
16	DR 机	Ⅲ类	1 台			使用
17	DR 机	Ⅲ类	1 台			使用
18	MG（钼靶）	Ⅲ类	1 台			使用
19	骨密度仪	Ⅲ类	1 台			使用
20	胃肠机	Ⅲ类	1 台			使用
21	移动 DR 机	Ⅲ类	1 台			使用
22	移动 DR 机	Ⅲ类	1 台			使用
23	移动 DR 机	Ⅲ类	1 台			使用
24	牙片机	Ⅲ类	1 台			使用
25	牙片 CT	Ⅲ类	1 台			使用
26	DR 机	Ⅲ类	1 台			使用
27	CT 模拟机	Ⅲ类	1 台			使用
注：*---本次后装放疗机建设项目拟利用该直线加速器治疗室 2 进行建设，原直线加速器不再建设。						

1.5.2 辐射工作人员培训、职业健康监护和个人剂量监测档案情况

根据现场勘查可知，目前集美院区 DSA、直线加速器等项目均处于在建阶段，尚未正式投入运行，集美院区辐射工作人员拟从医院现有的辐射工作人员中进行调配，因此本次评价收集了思明院区目前辐射工作人员培训、职业健康监护和个人剂量监测档案的相关情况，具体如下：

厦门市妇幼保健院现有辐射工作人员共计 24 人（截止 2025 年 3 月），医院已建立辐射工作人员培训、职业健康监护和个人剂量监测档案，根据医院提供的相关档案记录可知：

（1）医院现有辐射工作人员已参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的相关培训，并通过考核，取得合格证书（部分辐射工作人员培训合格证书见附件 9）。

（2）根据厦门市妇幼保健院 2023 年、2024 年出具的职业健康检查总结报告（见附件 8），厦门市妇幼保健院辐射工作人员的检查结果均未发现放射工作职业禁忌症，可继续原放射工作。

（3）厦门市妇幼保健院已为全体辐射工作人员配备了个人剂量计，由专人负责收集个人剂量计，并委托有资质单位承担个人剂量监测工作，监测周期为

90 天。根据厦门亿科特检测技术有限公司提供的《外照射个人剂量监测报告》（见附加 7），辐射工作人员个人剂量监测统计结果中年总有效剂量最大值为 0.35mSv（郭俊男，男，诊断放射学），低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员剂量管理值 5mSv/a 的要求。

1.5.3 辐射工作场所监测情况

根据现场勘查，目前集美院区 DSA、直线加速器等项目均处于在建阶段，尚未正式投入使用，因此尚未开展辐射工作场所的监测。

1.5.4 辐射监测仪器及防护用品配备情况

集美院区已为医护人员和受检者配备了必要的个人防护用品，具体放射防护用品清单详见表 1.5-2 所示。

表 1.5-2 医院辐射监测仪器及防护用品配备情况一览表

序号	放射防护用品名称	规格型号	数量
1	个人剂量报警仪	WY-2000	10 台
2	固定式辐射报警仪	MR-10	2 台
3	铅衣（成人， ≥ 0.5 铅当量）	/	4 套
4	铅衣（儿童， ≥ 0.5 铅当量）	/	2 套
5	铅围脖（ ≥ 0.5 铅当量）	/	2 套
6	铅眼镜（ ≥ 0.5 铅当量）	/	2 套
7	辐射巡检仪	MR-3020	2 台

1.5.5 辐射工作管理情况

根据建设单位提供的资料可知，厦门妇幼保健院集美院区已成立了放射防护与辐射安全委员会（见附件 4），制定了辐射事故应急预案（见附件 5）以及一系列辐射安全防护和管理相关的规章制度（见附件 9），建立了个人剂量计档案和职业健康体检档案，并指定专人管理；制定了个人剂量计检测、职业健康体检等计划；制定了各科室日常巡查、设备巡检制度；制定了辐射应急演练计划，并适时开展。

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	¹⁹² Ir	5.55×10 ¹¹ /5.55×10 ¹¹ ×1	III	使用	放射治疗	住院楼 1#地下室 2 层 后装机治疗室	后装机内	新购
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》(GB18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)/剂量 率(Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压(kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作 场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物(重点是放射性废弃物)

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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	通过排风系统排至地面，弥散在大气环境中。
废 ^{192}Ir 放射源	固态	^{192}Ir	每年产生 2 枚废 ^{192}Ir 放射源				不暂存	按照废旧放射源返回合同规定，返回放射源生产厂家或原出口方。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³)和活度(Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(修订版),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 年修正版),2018 年 12 月 29 日起施行;</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)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(修订版),国务院令 709 号,2019 年 3 月 18 日起施行;</p> <p>(5)《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修订),2017 年 10 月 1 日起实施;</p> <p>(6)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》,生态环境部令 第 16 号,2021 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》,环保部令 18 号,2011 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正版),生态环境部令 20 号,自 2021 年 1 月 4 日起施行;</p> <p>(9)《放射工作人员职业健康管理辦法》,2007 年 11 月 1 日;</p> <p>(10)《产业结构调整指导目录(2024 年本)》,中华人民共和国国家发展和改革委员会令 7 号,自 2024 年 2 月 1 日起施行;</p> <p>(11)《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局,环发(2006)145 号,2006 年 9 月 26 日;</p> <p>(12)《关于发布放射源分类办法的公告》,原国家环保总局,公告 2005 年第 62 号;</p> <p>(13)《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 9 号,2019 年 11 月 1 日起施行;</p> <p>(14)《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》,生态环境部公告 2019 年第 39 号,2019 年 10 月 25 日生成;</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》,生态环境部公告 2019 年第 57 号,2020 年 1 月 1 日起施行;</p>
------	---

	<p>(16)《突发环境事件应急管理办法》(环境保护部令第 34 号, 2015 年 6 月 5 日起实施);</p> <p>(17)《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>(试行)的通知》, 闽环保辐射〔2013〕10 号, 2013 年 3 月 15 日印发。</p>
技术标准	<p>(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016);</p> <p>(2)《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);</p> <p>(3)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(4)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(5)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021);</p> <p>(6)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(7)《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020);</p> <p>(8)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(9)《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);</p> <p>(10)《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);</p> <p>(11)《声环境质量标准》(GB3096-2008);</p> <p>(12)《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023);</p> <p>(13)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)。</p>
其他	<p>(1) 委托书;</p> <p>(2)《2024 年厦门市生态环境质量公报》;</p> <p>(3) 厦门市妇幼保健院集美院区工程设计相关资料;</p> <p>(4) 委托方提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目场所有实体边界，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）规定的“射线源和射线装置应用项目的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”的要求，结合项目特点，确定本项目辐射环境评价范围为该项目核技术应用辐射工作场所实体屏蔽墙体外周围 50m 的区域，具体范围见图 1.2-2 所示。

7.2 保护目标

根据现场勘查以及图 1.2-2 等可知，本项目辐射环境评价范围内主要敏感点为住院楼 1#，住院楼 2#，医护人员办公区域等，主要辐射环境保护目标为住院楼 1#、住院楼 2#的病患人员及其陪同家属、医护人员、以及本项目辐射工作人员等。

本项目环境保护目标详见表 7.2-1 所示。

表 7.2-1 本项目环境目标保护一览表

环境保护目标		场所	方位	规模	与本项目边界最近距离	保护要求
辐射工作人员		后装放疗机机房	/	3 人	/	年有效剂量不超过 5mSv
		本项目控制室	东侧	2~4 人	紧邻	
公众	医院内其他医护人员、病患以及陪护人员等	直线加速器机房控制室	东南侧	约 2 人	紧邻	年有效剂量不超过 0.1mSv
		MR 机房控制室	南侧	约 2 人	≥11m	
		资料室、进风机房等区域	北侧	约 10 人	紧邻	
		地下 2 层评价范围内其他区域	/	约 20 人	≤50m	
		住院楼 1#	西北侧	约 400 人	≥8m	
		住院楼 2#	东南侧	约 400 人	≥30m	
	流动人员	黄庚山路	西南侧	流动人员	≥30m	

7.3 评价标准

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

本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。

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

(1) 剂量限值

①职业人员

4.3.2.1 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。

B1.1.1.1 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：

- a) 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；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。

B1.2.1 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：

- a) 年有效剂量，1mSv；
- b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

(2) 年剂量约束值

对辐射工作人员、公众的剂量控制不仅要满足剂量限值的要求，而应依据辐射防护最优化原则，按照剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，把辐射水平降低到低于剂量限值的一个合理达到的尽可能低的水平。因此，本次评价采用的

年剂量约束值如下：

①对于职业人员，取年有效剂量限值四分之一，即不超过 5mSv 作为年剂量约束值。

②对于公众，本项目取年有效剂量限值 1mSv 的十分之一，即不超过 0.1mSv 作为年剂量约束值。

（3）分区

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中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。

7.3.2 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

（1）工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

本项目放射治疗工作场所为后装机治疗室，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）相关规定，本项目放射治疗工作场所屏蔽体外剂量率控制水平详见表 7.3-1。

表 7.3-1 放射治疗工作场所剂量率控制水平

场所	位置描述	居留因子	剂量率控制水平
后装机治疗室	治疗室四周屏蔽墙、入口防护门、治疗室顶棚外 30cm	$T > 1/2$	2.5μSv/h
		$T \leq 1/2$	10μSv/h

（2）贮源容器泄漏辐射控制水平

依据《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）有关规定，工作贮源器内装载最大容许活度时，距离贮源器表面 5cm 处的任何位置，泄漏辐射所致的周围剂量当量率不大于 50μSv/h；距离贮源器表面 100cm 处的任何位置，泄漏辐射所致的周围剂量当量率不大于 5μSv/h。

(3) 通风要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021), 放射治疗室内应设置强制排风系统, 采取全排全送的通风方式, 换气次数不少于 4 次/h, 排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

(4) 废旧放射源管理要求

废旧放射源应按法律法规要求返回放射源生产厂家或原出口方。确定无法交回生产单位或者返回原出口方的, 送交有相应资质的单位收贮, 并承担相关费用。

居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 表 A.1 选取, 具体数值选取见表 7.3-2。

表 7.3-2 居留因子的取值要求

场所	居留因子 (T)		停留位置
	典型值	范围	
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制区、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区域。
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室。 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室。
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室门。 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室。 1/40: 仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场, 车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯。

7.3.3 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)

6 工作场所放射防护要求

6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端; 放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造, 并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区; 其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施, 但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置, 治疗设备辅助机械、电器、水冷设备, 凡是可以与治疗设备分离的, 尽可能设置于治疗机房外。

6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

6.2 空间、通风要求

6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。

6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。

6.3 屏蔽要求

6.3.1 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平

6.3.1.1 治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c ，见下式：

$$\dot{H}_c \leq H_e / (t \times U \times T)$$

式中：

\dot{H}_c -----周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

H_e -----周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ），其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ ；

t-----设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（h/周）；

U-----治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

T-----人员在关注点位置的居留因子，取值方法参见附录 A（即表 7.3-2）。

b) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ ：

1) 人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

2) 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,\max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ ；

c) 由上述 a) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c 和 b) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ ，选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c 。

6.3.2 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平

6.3.2.1 在治疗机房上方已建、拟建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30cm 处，或在立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，周围剂量当量率参考控制水平同 6.3.1。

6.3.2.2 除 6.3.2.1 的条件外，若存在天空反射和侧散射，并对治疗机房墙外关注点位置照射时，该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的周围剂量当量率的总和，按 6.3.1 确定关注点的周围剂量当量率作为参考控制水平。

6.3.3 屏蔽材料

屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素，符合最优化要求，新建机房一般选用普通混凝土。

6.4 安全装置和警示标志要求

6.4.1 监测报警装置

含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。

6.4.2 联锁装置

放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。

6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

- a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；
- b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

6.4.4 急停开关

6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便

于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

6.4.4.2 放射源后装近距离治疗工作场所，应在控制台、后装机设备表面人员易触及位置以治疗房内墙面各设置一个急停开关。

6.4.5 应急储存设施

6.4.5.1 γ 源后装治疗设施应配备急储器。

6.4.6 视频监控、对讲交流系统

控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。

7 放射治疗操作中的放射防护要求

7.2 后装放射治疗操作中，当自动回源装置功能失效时，应有手动回源的应急处理措施。

7.3 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，应保障安全联锁正常运行。

7.4 工作人员进入涉放射源的放射治疗机房时应佩戴个人剂量报警仪。

7.5 实施治疗期间，应有两名及以上操作人员协同操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度，密切注视控制台仪器及患者状况，发现异常及时处理，操作人员不应擅自离开岗位。

7.3.4 本项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等要求，本项目确定的管理目标如下：

职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv；机房外各关注点周围剂量当量率参考控制水平详见表 11.2-3 所示。

表 8 环境质量和辐射现状

为了解本项目所在地的辐射环境质量现状，本次评价委托浙江建安检测研究院有限公司于 2025 年 3 月 24 日对本项目工作场所及其周围环境进行 γ 辐射剂量率背景水平调查。

8.1 项目地理位置和周边环境

厦门市妇幼保健院集美院区位于厦门市集美区集美大道和中州路交叉口西北侧，集美院区地理位置见图 1.2-1 所示。医院东侧为鹭起潮樾小区，南侧为黄庚山路、过路为后溪，西侧为珩山路，北侧为集美大道。集美院区总平面布置及本项目评价范围详见图 1.2-2 所示。

本项目后装放疗机房位于住院楼 1#地下室 2 层，目前为闲置的直线加速器治疗室 2，本项目拟建位置东侧为病患通道及检查室等，南侧为在建的直线加速器机房，西侧为地下室墙体，北侧为资料室及进风机房，楼上为管线空腔、直达地面，楼下为土层、无建筑物。集美院区住院楼 1#地下室 1 层平面布置情况详见图 1.2-3，集美院区住院楼 1#地下室 2 层平面布置情况详见图 1.2-4，本项目平面布置图详见图 1.2-5，本项目拟建位置现场及周边现状照片详见图 1.2-6。

8.2 环境现状评价对象、监测因子、监测方法

- (1) 现状评价的对象：本项目工作场所及周围环境辐射水平。
- (2) 监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率。
- (3) 监测点位：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中有关布点原则和方法，并结合本项目的实际情况，对项目所在辐射工作场所周围布置 12 个监测点位，监测点位见表 8.2-1、图 8.2-1 至图 8.2-3。

表 8.2-1 本项目 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位及监测结果一览表

序号	监测点位描述	检测结果（nGy/h）	备注
1#	资料室	125 \pm 2	室内
2#	新风机房	125 \pm 2	室内
3#	后装放疗机备件仓库	134 \pm 2	室内
4#	后装放疗机控制室	135 \pm 2	室内
5#	后装放疗机过道	128 \pm 2	室内
6#	直线加速器机房北侧墙壁 1m 处	101 \pm 2	室内
7#	后装放疗机机房中心	127 \pm 2	室内

8#	住院楼 1#地下室 1 层停车场 (后装放疗机机房上方东侧)	116±2	室内
9#	后装放疗机机房正上方	104±2	室外
10#	集美院区主出入口	108±2	室外
11#	住院楼 1#东南侧外墙 1m 处	105±2	室外
12#	住院楼 2#西北侧外墙 1m 处	105±2	室外

注：1、测量时探头距离地面约 1m；
2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；
3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=仪器读数平均值 \times 仪器校准因子 $k_1 \times$ 仪器检验源效率因子 $k_2 \div$ 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 $k_3 \times$ 测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 0.99，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，测量点宇宙射线的响应值为 23nGy/h。

(4) 检测方法及检测仪器

本次检测仪器参数见表 8.2-2。

表 8.2-2 检测使用的仪器一览表

仪器名称	便携式 X- γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
仪器编号	05038417
能量范围	38keV~7MeV
量 程	模拟量程：10nSv/h~100 μ Sv/h；数字量程：1nSv/h~99.9 μ Sv/h
检定/校准单位	上海市计量测试技术研究院，华东国家计量测试中心
检 /校准证书编号	2024H21-20-539681800
检定有效期	2024 年 7 月 30 日~2025 年 7 月 29 日

8.3 质量保证

监测时质量保证措施如下：

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司，公司已通过资质认定，CMA 编号：221112050970；
- (2) 监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 有关布点原则进行布点；
- (3) 监测仪器于 2024 年 7 月 30 日通过上海市计量测试技术研究院检定，证书编号：2024H21-20-539681800，检定有效期一年，监测期间监测仪器仍处于有效期内；
- (4) 测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好，并用检验源对仪器进行校验；

(5) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；

(6) 监测现场由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录；

(7) 检测报告严格实行三级审核制度，经报告编制人、审核人、签发人审核签字后报出。

8.4 检测结果及评价

根据表 8.2-1 可知，本项目后装治疗机机房周边室内环境（点位 1#~点位 8#）的 γ 辐射空气吸收剂量率在 101nGy/h~135nGy/h 之间，周边外环境（点位 9#~点位 12#）的 γ 辐射空气吸收剂量率在 104nGy/h~108nGy/h 之间，处于福建省室内、室外辐射环境本底范围值内（注：室内辐射环境本底范围值 71nGy/h~352nGy/h，福建省室外辐射环境本底范围值 39nGy/h~399nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》）。

即本项目后装治疗机机房周边 γ 辐射空气吸收剂量率均可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关标准要求。

图 8.2-1 本项目辐射现状监测布点平面图 1

图 8.2-2 本项目辐射现状监测布点剖面图

图 8.2-3 本项目辐射现状监测布点平面图 2

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 施工期工程分析

本项目位于厦门市妇幼保健院集美院区住院楼 1#地下室 2 层，拟建后装治疗室的主体机房、控制室、迷道等均按照原直线加速器治疗室 2 的规格建造完成，各侧墙体及顶棚采用混凝土（ $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ）浇筑，防护门采用铅板和含硼聚乙烯材料制作，通风管道、管线进出机房处拟采用 10mm 铅板进行屏蔽补偿，本项目施工期主要是对机房内的电气管线、设备进行安装、调试等，施工工程量小、施工工艺简单、施工周期短，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院现有的处理措施进行处理，本项目夜间不施工，施工范围局限于后装治疗室，能有效降低噪声对外界环境的影响，施工期的环境影响能降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

9.1.2 运营期工程分析

本项目拟购置 1 台后装机，内含 1 枚 ^{192}Ir 放射源，其最大活度为 $5.55 \times 10^{11}\text{Bq}$ 。

(1) ^{192}Ir 放射源

后装治疗是一种近距离治疗方式，本项目拟采用 ^{192}Ir 核素为放射源，设计出厂活度为 $5.55 \times 10^{11}\text{Bq}$ 。 ^{192}Ir 的半衰期为 74d，主要发生 β 衰变，包括 β^- 衰变和轨道电子捕获，分支比约为 95.22% 和 4.78%，衰变过程中会释放 γ 射线。 ^{192}Ir 放射源的性能参数见表 9.1-1。

表 9.1-1 本项目所使用的放射源性能参数一览表

放射源名称	类别	数量	半衰期	状态	初始活度	γ 射线能量均值	β 射线能量	空气比释动能率常数
^{192}Ir	III 类	1 枚	74d	固态 (常温)	$5.55 \times 10^{11}\text{Bq}$	0.37MeV	0.672keV	$0.111\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$

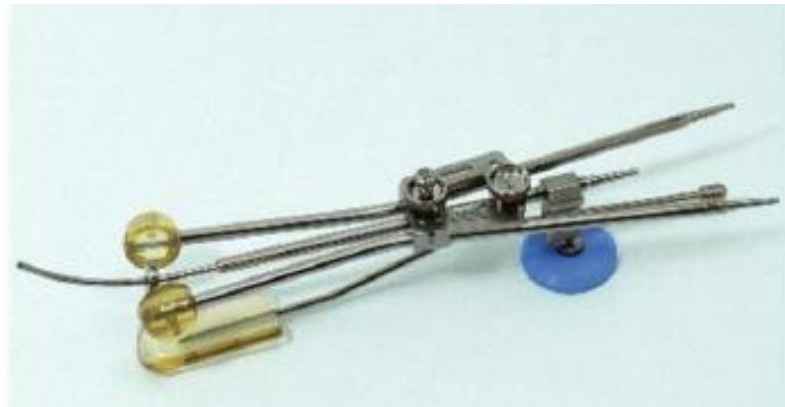
(2) 设备组成

后装机为计算机控制的遥控后装系统，包括后装主机、3D 近距离治疗计划系统和各种施源器。后装主机部分包括后装治疗机和控制台，后装治疗机安装在治疗室内，控制台电脑安放在控制室内，遥控操作。配备彩色闭路电视监视系统

和对讲机系统，监视系统包含“推、拉、摇、移”功能的云台、摄像头、监视器和控制面板；对讲机系统，用于治疗师和病人之间的通话；系统自带独立的射线监测装置，并在治疗室内及控制台处装有声光显示。后装机结构如图 9.1-1 所示。



外形图



施源器

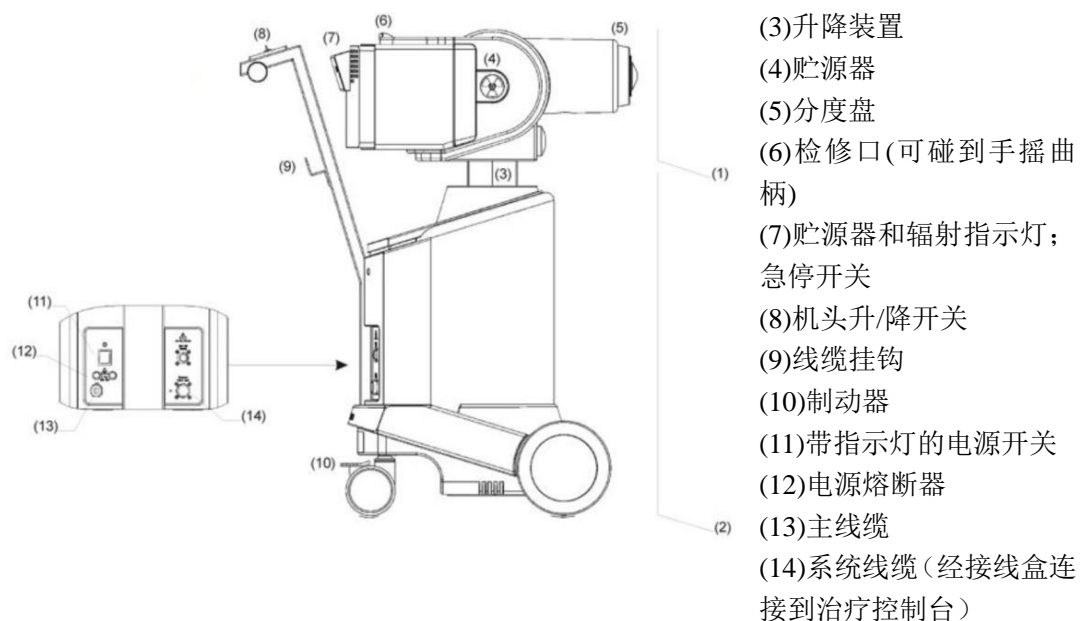


图 9.1-1 后装机外形及主要结构示意图

贮源器是贮存后装治疗用放射源的容器，包括供运输（或暂存）放射治疗源用的运输贮源器和供后装机配套用的工作贮源器，工作贮源器位于后装机机体中央，一般采用钨合金屏蔽材料，保证贮源器没有伽玛射线泄漏的直接路径。运输（或紧急/维修）贮源器用于放射源的运输、在放射源不能进入后装机的贮源器，或在维修后装机驱动机械部分时，临时存放放射源，运输贮源器由设备供货厂家提供并同放射源一起更换。

施源器是预先放入人体腔、管道或组织间，供放射源驻留或运动，并实施治疗的特殊容器；通道是在后装机中专供密封放射源或其组件在其中运动的轨迹，此通道与贮源器和施源器相连接。

（3）工作原理

后装机是一种新型的 γ 源近距离放射治疗设备，用遥控或手动的传送方式，将一个或多个放射源从贮源器到预先设定好位置的施源器之间传送，在患者身体腔内利用放射源的 γ 射线对肿瘤进行治疗。通过施源器结构、形状的特殊设计，能够将放射源准确安全地输送到患者需要治疗的部位进行放射治疗，可最大限度地保护患者肿瘤部位邻近正常组织和器官，同时可避免放射治疗过程中放射源对医务人员的影响。

后装机是将施源器放置于人体腔、管道或组织间瘤体表面，在衰变过程中不断放出 γ 射线，通过计算机控制系统，使放射源直接在瘤体表面或瘤体内进行放疗。

（4）治疗工艺流程

本项目后装治疗机使用1枚 ^{192}Ir 放射源，新源的活度大约 $5.55 \times 10^{11} \text{Bq}(15\text{Ci})$ ，其直径 $<1.0\text{mm}$ ，长度 $<4.6\text{mm}$ ，用激光焊接于弹性驱动线缆上，从分度盘至最远的位置为 1500mm 。治疗过程施源方式为遥控，通过视频系统可清晰观察后装机及放射源的情况，系统配有后装机放射源位置模拟尺、放射源位置检查尺和GAFCHROMIC胶片条，后装机放射源位置模拟尺用于测量施源器内部长度和在透视片中显示驻留位置；放射源位置检查尺专用于测量和验证放射源的位置（末端位置）。放射源验证系统用于测量后装机放射源的强度。

后装治疗工作程序包括：①确定放射治疗（近距离后装治疗）方案；②埋置施源器，模拟治疗定位；③制定治疗计划（TPS）；④按治疗计划连接输源管路；⑤计算机程序对每个施源器内的单源驻留位置和时间进行控制；⑥治疗结束后解除连接的导管，取出施源器，治疗工艺流程图详见图9.1-2所示。

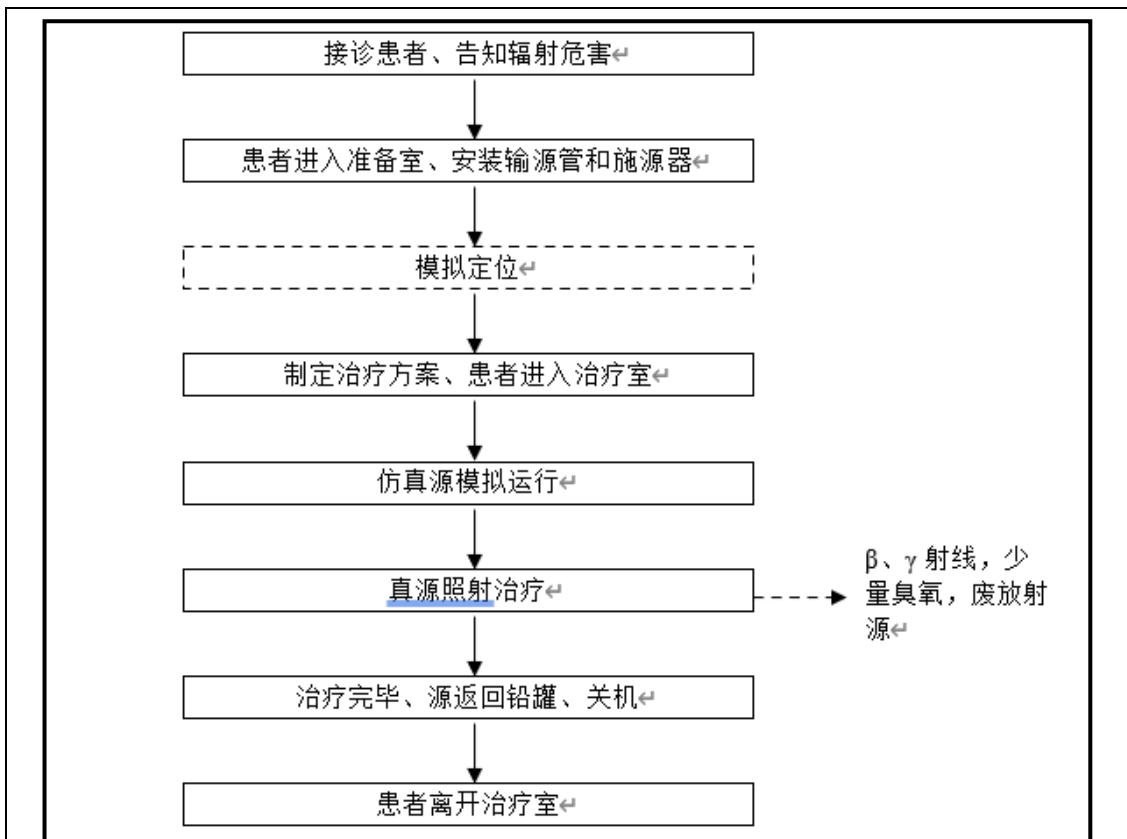


图 9.1-2 后装机治疗工艺流程及产污环节示意图

具体步骤如下：

- ①检查后装机、模拟定位机、TPS 的各项参数；
- ②治疗前认真核对患者的科室、姓名、住院号及治疗计划；
- ③工作人员在治疗准备室内给患者安装施源器，插入定位缆后转移至治疗准备室西侧的 CT 模拟室进行拍片，调整施源器位置至符合治疗定位要求；
- ④用数字化仪或图像传输，输入各驻留点，用 TPS 重建各点的三维坐标，根据临床要求，设计和优化治疗计划（TPS）；
- ⑤将患者转移至后装机治疗室摆位，用输源导管连接治疗机头接管盘端与施源器后，工作人员退出后装治疗室，关闭屏蔽门；
- ⑥工作人员在控制室内通过计算机遥控步进马达系统，实行“仿真源探路，真源治疗”，治疗过程中，通过监视器严密观察患者；
- ⑦放射治疗结束后，放射源自动复位，确认放射源回到储源罐后，工作人员进入后装治疗室，解除输源导管连接，取出施源器，协助患者离开；
- ⑧治疗结束后，关闭后装机；
- ⑨在放射治疗过程中，如出现意外情况，按“紧急停机按钮”中止治疗，源

自动复位，撤离患者，向有关领导报告，请专业维修人员处理。

（5）换源流程

本项目后装放疗机所用的放射源为 ^{192}Ir ，当其活度降低至 2Ci 左右时需要进行更换，本项目采用的 ^{192}Ir 初始活度约为 15Ci，在约 2 个半衰期（ ^{192}Ir 的半衰期为 74d）后需要更换放射源一次，每年产生 2 枚废放射源。

废源由供源单位按照合同协定负责调换、运输、处置，医院负责日常安全使用及管理。 ^{192}Ir 后装机换源时需制定周密的计划，并且报相关部门备案。换源运输时应避开医院上下班高峰时间。

换源流程具体如下：换源工作人员先行将专用的贮源器（专用贮源器的屏蔽能力与后装机未出源时的屏蔽能力基本一致）与后装机用输源管连接，然后退出治疗室，关闭防护门，通过电脑控制其出源，源进入专用的贮源器后，待回收；然后换源工作人员将含有新源的专用贮源器上一根长约 1m 的钢丝连接到后装机（钢丝的另一端即为新源），然后退出治疗室，关闭防护门，通过电脑控制将钢丝连同新源一起进入后装机，完成一次换源工作，废源由放射源供货单位负责回收，不在医院暂存。

（6）人员路径

后装机就诊患者主要从后装机治疗室南侧、东侧病人通道至后装机治疗室过道，经迷道后进入后装机治疗室；医护人员主要从后装机治疗室北侧、东侧的医护通道至后装机治疗室控制室及后装机治疗室。本项目医护及病人路径详见图 9.1-3 所示。

（7）放射源路径

本项目存于贮源器内的放射源运抵医院后，经医院内部道路运至备件仓库，短时间内便可到达后装机治疗室。运输过程中通道设置警戒线，防止无关人员靠近，减轻对无关人员的辐射影响。

图 9.1-3 本项目医护及病患路径示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 建设阶段污染源项描述

本项目施工期主要建设内容为电气设施、监控设施的安裝以及后装放疗机设

备的安装调试,不涉及土建工程,工程施工时间短,施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院现有的处理措施进行处理。施工单位、建设单位在施工过程中应严格落实对施工噪声、建筑垃圾和扬尘的管理和控制措施,可有效降低施工期产生的环境影响,同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的,随着施工期的结束,影响即自行消除。

1、废气(粉尘)

施工期间的大气污染源主要是地面扬尘和建筑内部装修粉尘,污染因子主要为 TSP。

施工产生的地面扬尘主要来自三个方面,一是现场物料堆放;二是建筑材料,包括白灰、水泥、沙子等搬运;三是来往运输车辆造成的二次扬尘。施工场地粉尘可使周围空气中 TSP 的浓度明显升高。建筑内部装修活动集中在建筑物内进行,产生的粉尘对外环境影响有限。

2、废水

本项目施工期废水主要来自以下几个方面:

(1) 生活污水

本项目废水主要是施工废水和生活污水,依托主体工程污水处理设施处理。

3、噪声

本项目产生噪声的主要是施工机械、运输及现场处理等。噪声值一般在 65dB(A)~80dB(A)之间,施工场地的噪声对周围环境有一定影响,但随着施工期的结束而结束。

4、固体废物

本项目工程量小,产生的施工人员生活垃圾、建筑垃圾很少,依托主体工程处理措施,可妥善处理。

9.2.2 运行阶段污染源项描述

9.2.2.1 正常工况下污染源项描述

(1) 放射性污染

①治疗室周围泄漏辐射

后装机正常运行时的主要污染因子为 γ 射线。在治疗过程中,后装机放射源发出的 γ 射线,有小部分贯穿治疗室屏蔽体(包括屏蔽墙)及迷路防护门泄漏到治

疗室周围环境中，对周围的工作人员和公众产生 γ 射线外照射。

②治疗室内辐射照射

在倒装放射源，以及治疗前、治疗后装卸输源导管时， ^{192}Ir 源产生的 γ 辐射有小部分贯穿储源容器，对工作人员产生 γ 射线外照射。

③废源运输

^{192}Ir 放射源需定期更换，换下的废源由原放射源的供应商负责回收，不在医院暂存。放射源及退役源运输时发出的 γ 辐射可能会贯穿其存储容器，会对周围人员产生辐射。

（2）废气

本项目后装放疗机采用 ^{192}Ir 放射源，在工作状态下，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

（3）固体废物

本项目运行期产生的固体废物主要为工作人员及患者的产生的生活垃圾以及治疗过程中产生的医疗垃圾。本项目后装机换源产生的退役放射源由供源单位回收处理，不在医院暂存。

（4）废水

本项目运行阶段无放射性废水产生；工作人员及病人所产生的医疗废水、生活污水量较小，医院产生污水经医院自有的污水处理系统处理达到预处理标准后排入市政污水处理管网。

（5）噪声

本项目设备本身运营并无噪声产生，仅风机在运行时产生噪音。本项目建设依托院内现有机房改造，治疗室通排风依托现有设施，工作场所通风风机已建设完成并通过环保竣工验收，本次改建不改变现有风机设置情况，因此本次改建不新增噪声源。

9.2.2.2 非正常工况下污染源项的描述

后装治疗机在事故工况下的污染因子和污染途径与正常工况下基本相同，主要为 γ 射线对辐射工作人员及周围公众造成外照射。发生事故的主要原因有：

（1）在源密封壳破损，源活性物质泄漏；

（2）治疗过程中，发生卡源事故；

（3）后装治疗机可能出现安全联锁失效、人员误入治疗室的情况，还可能发生放射源阻丝、源位异常等故障，造成人员误照射；

（4）设备检修时，工作人员误将治疗机的屏蔽装置打开或卸下放射源，都会对维修人员产生很强的辐射照射；

（5）因工作人员操作不当或出现设备故障，在设备安装、更换放射源时，发生放射源由设备或容器中滑落出来，造成安装或操作人员受到强辐射照射；

（6）发生放射源丢失、被盗，或者将治疗装置（含放射源）非法转让，造成放射源管理失控。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所平面布局

本项目拟建的后装机治疗室位于住院楼 1#地下室 2 层，为现有的直线加速器治疗室 2，控制室、备件仓库、治疗准备室等均沿用现有建筑，根据现场勘查可知，本项目辐射工作场所平面布置及四周情况详见表 10.1-1 所示。

表 10.1-1 后装机治疗室周边场所布置情况一览表

辐射场所	方位	区域情况描述
后装机治疗室	东侧	本项目控制室、备件仓库
	南侧	直线加速器机房
	西侧	地下室墙体（土层、无建筑）
	北侧	资料室、进风机房
	上方	管线空腔、地面为绿地及花坛
	下方	土层、无建筑

本项目后装机治疗室采取了防辐射的屏蔽措施，能够满足放射诊疗需求，并且保证相邻场所的防护安全，治疗室未设置在居民、写字楼和商住两用的建筑内，且避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。因此，本项目工作场所布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

（1）分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和门-灯联锁装置）限制进出控制区，并定期审查控制区的实际状况，确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施，或是更改该区的边界。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施。

施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立标明监督区的标牌；并定期审查该区的条件，确认是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

（2）本项目分区管理情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准对控制区和监督区的定义，结合本项目辐射防护情况，将后装机治疗室内部区域划为控制区，将控制室、过道、资料室、进风机房等区域划为监督区。本项目辐射工作场所分区情况表 10.1-2，两区划分情况详见图 10.1-1 所示。

表 10.1-2 本项目“两区”划分一览表

辐射工作场所	控制区	监督区
后装机治疗室	治疗室内部	控制室、过道、资料室、进风机房

图 10.1-1 本项目“两区”划分示意图

控制区通过实体屏蔽措施、电离辐射警告标志等进行控制管理，在后装机使用时，除放射治疗的患者外，禁止其他人员进入；监督区通过设置标明监督区的标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常应立即进行整改，整改完成后方可继续使用后装机。

10.1.3 治疗室墙体屏蔽设计

本项目后装治疗室为现有直线加速器治疗室 2，治疗室屏蔽设计参数详见表 10.1-3。

表 10.1-3 本项目治疗室改建后设计参数一览表

后装放疗机机房	设计建设情况
净尺寸（不含迷道）	东西长：8300mm；南北宽：7300mm~8400mm；高：4500mm~5900mm。
墙体	东墙（迷道外墙）：800mm 混凝土至 1600mm 混凝土； 南墙：1600mm 混凝土（次屏蔽区），2750mm 混凝土（主屏蔽区）； 北墙：1600mm 混凝土（次屏蔽区），2730mm 混凝土（主屏蔽区）。
迷道	迷道内墙：800mm 混凝土至 1500mm 混凝土。
顶棚	1600mm 混凝土（次屏蔽区），3000mm 混凝土（主屏蔽区）。
防护门	20mPb 板+110mm 含硼聚乙烯。

10.1.4 辐射安全与防护措施

（1）设备固有安全设施

①后装机的控制系统，必须能准确地控制照射条件，有放射源启动、传输、

驻留及返回工作贮源器的源位显示与治疗日期、通道、照射总时间及倒计时时间的显示。

②后装机控制系统有安全锁等多重保护和联锁装置。必须能防止由于计时器控制、放射源传输系统失效，源通道或控制程序错误以及放射源连接脱落等电气、机械发生故障或发生误操作的条件下造成对患者的误照射。严禁在去掉保护与联锁控制装置的条件下运行。

③在控制台上，必须能通过 γ 射线监测仪器显示放射源由工作贮源器内输出和返回贮存位置的状态。控制照射时间的计时误差必须小于 1%。

④必须在生产厂家给出的放射源最大安全传输次数内，不发生放射源脱落、卡源等故障。放射治疗机随机文件中必须给出放射源从贮源器到施源器的最大传输时间。

⑤治疗系统由控制台钥匙或者密码控制。后装机设置有密码，操作密码只有具体操作人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改等。

⑥设备具有模拟源（假源），采用假源探路、真源治疗的双重驱动系统，假源可自动穿过施源器检查所有联接点并对可能产生打结或过度弯曲的部位报警，防止因输源通路不畅造成卡源事故。

⑦设备安全联锁和自动回源系统等故障检查和保护系统。施源器未插入机头的卡盘内，不能出源；施源器未锁紧，不能出源。

⑧设备自带自检系统，包括机器自检、复位自检和通道自检。进行治疗前，先进行自检和模拟治疗，确保放射源通道通畅，再进行治疗。

⑨设备机头内有应急回源手柄，当退源用的电机失灵时，可采用应急回源手柄退源。

⑩配备 UPS 不间断电源。当在治疗过程中发生停电情况，UPS 自动供电能使放射源退回到安全位置，并留存病人的治疗记录。

⑪后装机使用的 ^{192}Ir 放射源符合《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006），放射源安装在铅、钨防护材质的机头储源室内，源容器外表面张贴电离辐射标志和中文警示说明。

（2）后装治疗室安全设施设计

①后装机治疗室内安装视频监控与对讲系统，能完全观察和联系治疗室。工

作人员在控制室内便可清晰的观察到患者的治疗情况，如发现患者不适、位置移动、部件脱落、机架与治疗床发生碰撞等异常情况，可及时采取紧急措施。治疗室与控制室须设置对讲装置，便于医护人员与患者进行双向交流。

②设置急停按钮。急停按钮安装在控制室的操作台上（1 个）、后装机设备上（1 个）、后装机治疗室的墙壁上（4 个）和迷道内 2 个，并有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。当按动急停按钮，设备自动回源。急停按钮必须采用手动方式才能复位。

③设置门源安全联锁。只有当防护门关闭，设备才能出源；反之，如果照射过程中防护门打开，系统将自动回源。

④设置门控按钮设置：在防护门外旁侧安装关门按钮（只关不开），在防护门内侧迷道墙壁上安装紧急开门按钮（只开不关），在控制室内设开、关门按钮。

⑤治疗室内配有合适的贮源容器（不低于 50mmPb 铅罐）、长柄钳（柄长不低于 1500mm，折臂长不低于 500mm，折叠度不低于 90 度）等应急设备。

⑥电动防护门具有防夹人功能，停电时能够手动开启，使病人安全转移。

⑦在后装机防护门外粘贴电离辐射警示标志和中文警示说明。安装工作状态指示灯，并和设备出源关联。防护门上方拟设置声、光报警装置。出源时有声、光报警。

⑧后装机治疗室迷道内拐角处设置 1 个固定式剂量率监测报警装置；仪表指示装在控制室内。对监测点进行实时剂量率监测和报警。实时剂量率、累积剂量监测值同时显示在主机面板上，实时剂量率、累积剂量的“报警阈值”可通过面板上的按键进行修改。仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。

⑨后装机治疗室采取“双人双锁”管理，放射源工作场所视频监控系统接入医院安保系统。



图 10.1-2 长柄钳、贮源容器外观图

(5) 其他防护措施

①每个辐射工作人员均已配备 1 枚 TLD 个人剂量剂量计；本项目后装机辐射工作人员需配备 1 台个人剂量报警仪。

②配备 1 台便携式 X- γ 剂量率监测仪；

③操作室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等；

④受检者出入口门外应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。

本项目后装机治疗室安全联锁及安全措施布置图详见图 10.1-3 所示。

图 10.1-3 本项目后装机治疗室安全联锁和安全措施布置图

10.1.5 治疗室通风设计

后装机治疗室采用机械通风，在北侧上方墙体设置进排风管道，穿墙方式采用“Z”型设计，不削弱治疗室的防护屏蔽能力。治疗室设置 1 个进风口，进风口位于治疗室顶部，设置 1 个排风口，位于治疗室底部，距地 20cm 处，进风口和排风口对角设置，上进风，下排风。后装治疗室内产生的臭氧和氮氧化物等有害气体经排风管道引至地面上排放，本项目通排风设计详见图 10.1-4 所示，管道穿墙设计详见图 10.1-5 所示。

后装机治疗室有效体积约为 405m^3 ，风机设计最小风量为 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，设计换气次数约为 4.94 次/h，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中的放射治疗治疗室治疗期间通风换气次数不小于 4 次/h 的规定。

图 10.1-4 本项目通排风设计图

10.1.6 治疗室电缆管沟设计

本项目后装机治疗室拟采用埋地电缆管道进行电缆铺设，治疗室内部分以地沟形式在地坪以下沿西北侧墙体布设，电缆沟穿越墙面处增设铅板围护。穿墙管道呈“┌”型穿墙，下沉后穿越迷路外墙到达设备间，再与控制系统连接，通过多次折返的电缆沟设计和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加了泄漏射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。治疗室电缆沟示意图见图 10.1-5 所示。

图 10.1-5 本项目电缆管沟穿墙示意图 单位：mm

10.1.7 辐射安全与防护措施符合性分析

根据建设单位提供的相关资料，本项目后装治疗室辐射安全与防护措施与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）符合性分析见表 10.1-4 所示。

表 10.1-4 本项目辐射安全防护措施与《HJ1198-2021》符合性分析一览表

标准要求		本项目设计	分析结果
选址 布局 与分	放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商业两用的建筑物内。	本项目后装机治疗室位于厦门市妇幼保健院集美院区住院楼 1#地下室 2 层，后装放疗	符合

区要求	放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域	机机房及配套功能用房集中设置，未毗邻儿科病房、产房等特殊人群，选址时已充分考虑其对周边环境的辐射影响，已按要求设置“两区”。	
	放射治疗场所应划分为控制区和监督区。		
安全防护设施措施要求	放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等： a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明； b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯； c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。	医院拟在后装放疗机机房内安装视频监控装置 1 套、双向对讲系统 1 套。拟在机房防护门外上方安装醒目的工作状态指示灯，以显示后装治疗机的工作状态；门外设醒目、规范的电离辐射警告标志。	符合
	含放射源的放射治疗室应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。	本项目在后装放疗机机房内设置有具备异常报警功能的固定式辐射剂量监测仪，其显示单元设置在控制室内。	符合
	放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全连锁措施： a) 放射治疗室应设置门-机/源联锁装置，含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施； b) 放射治疗室应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能； c) 安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。	本项目后装放疗机机房设置有门-机/源联锁装置，后装放疗机具备断电自动回源功能；后装放疗机机房内四周墙壁设置有急停开关和紧急开门装置，防护门设置有防夹伤功能；安全联锁装置触发后，须人工复位，并通过控制台重启放射治疗活动；医院制定有符合相关要求的设备调试及维修制度。	符合
	后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。	本项目后装放疗机机房内配备有屏蔽能力不低于 50mmPb 铅罐作为应急贮源容器，柄长不低于 1500mm，折臂长不低于 500mm，折叠度不低于 90 度的长柄钳。	符合
空间通风要求	放射治疗室内应设置强制排风系统，采用全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。	本项目后装放疗机机房设置了“上送下排，全排全送”的强制通排风系统，排风口位于机房底部，通风换气次数约为 4.94 次/h。	符合
操作	应加强放射源倒装活动的辐射安全管理，倒装	本项目后装机初装源/换源由	符合

的辐射安全与防护要求	工作应由有相应能力且通过辐射安全考核的专业人员进行；应制定放射源倒装活动方案，对辐射监测与报警仪器的有效性、操作场所分区隔离设置、倒源屏蔽体搭建进行确认；倒装放射源时应应对倒装热室周围和含源设备表面进行辐射监测，关注倒源屏蔽体的辐射防护效果和含源设备的表面污染情况，做好安装和更换的放射源清点并记录；倒源结束后对含放射源的放射治疗设备、场所与周围环境进行辐射监测。	有资质的单位的通过辐射安全考核的专业技术人员进行，并提前制定放射源倒装方案和应急预案。在初装源/换源过程及工作结束后，及时对后装治疗室进行剂量监测。	
废旧放射源管理要求	废旧放射源应按法律法规要求返回放射源生产厂家或原出口方。确定无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交有相应资质的单位收贮，并承担相关费用。	后装机退役产生的废旧放射源由供源单位回收处理（购源前签订废旧放射源回收协议），不在医院暂存。	符合
辐射监测要求	开展放射治疗活动的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作。不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。所有辐射监测记录应建档保存。应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应及时查找原因并报告，同时进行整改。	医院已制定辐射监测计划，并委托有能力的单位进行定期监测，所有辐射监测记录建档归案。	符合
	应根据使用放射治疗设备种类、能量和使用方式配备相应的辐射监测设备，对辐射工作场所的辐射水平进行监测。应对放射治疗工作场所治疗室四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注点开展 X- γ 辐射周围剂量当量率监测。 开展放射治疗相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。	后装放疗机机房拟配置固定式剂量率监测报警仪 1 个，辐射工作人员应配备个人剂量报警仪等。医院已委托有能力的单位进行定期监测，监测频次不少于 1 次/年。	符合
	放射治疗工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。同时应根据射线类型选择合适的个人剂量计。	辐射工作人员均配备个人剂量计。	符合

由表 10.1-4 可知，本项目后装治疗室选址、布局、分区、安全装置、警示标志和空间通风设计等均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）标准的相关要求。

10.2 三废的治理

10.2.1 施工期三废的治理

（1）施工废水

施工过程中产生的少量施工废水以及施工人员产生的生活污水，依托集美院区污水处理站预处理达标后排入市政污水管网。

（2）施工废气

施工过程中产生的废气主要为土建和装修过程中产生的施工扬尘，医院应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

室内外装修过程会产生装修废气，装修使用环保材料，在加强通风或室内空气净化措施后，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

（3）施工噪声

施工期噪声包括各类机械和土建施工产生的噪声，施工噪声会对周围公众产生一定的影响。施工单位应合理制定施工计划，禁止在夜间施工；施工设备应考虑选择低噪音设备，防止噪声超标；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声屏障。

（4）施工固废

施工过程中会产生建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾部分回收利用，剩余部分由施工单位外运至建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾产生量不大，由医院进行分类收集后交由当地环卫部门清运。

10.2.2 运营期三废的治理

（1）废水

本项目运营期产生的废水主要为医护人员及就诊患者及陪同家属产生的生活污水，产生量较小，依托医院现有的污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2预处理排放标准后进入市政污水管网。

（2）废气

本项目后装机运行过程中，电离辐射与空气相互作用会产生少量臭氧和氮氧化物。臭氧产额较氮氧化物更高，危害较氮氧化物更大，氮氧化物产额约为臭氧的1/3。

后装治疗室体积约405m³，排风风机风量设计为2000m³/h，通风次数约为4.94次/h。本项目后装治疗机机房设置上送风、下排风式的机械通风装置，新风

送风管道沿机房东侧墙体内壁向上接近顶棚处，以 45°角穿过屏蔽墙体进入机房的迷路内，机房内设置 2 个新风口，分别位于迷路和机房东侧吊顶处，排风管道沿机房东侧墙体内壁向上接近顶棚处，以 45°角穿过屏蔽墙体进入机房迷路，机房内设置 2 个排风口，排风口设置在机房北侧墙角处，风管底部（吸风口）离地约 30cm，送风口和排风口成对角设置，符合相关的标准要求。

相关设计满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置”的要求。

（3）固体废物

①放射性固废治理措施

本项目后装机产生的退役放射源由供源单位回收处理，不在医院内贮存。

②非放射性固废治理措施

本项目产生的医疗废物采用专用容器分类收集后，转移至医院医疗废物暂存间，然后委托有资质的公司定期处理；生活垃圾由医院分类收集后交环卫部门及时清运；后装机配套使用 UPS 电源，该 UPS 电源采用铅蓄电池供电，根据《国家危险废物名录》（2025 年版）废铅蓄电池属于 HW31 含铅废物（废物代码：900-052-31），其更换周期约 5 年/次，更换下的 UPS 电源交由有资质单位处置。

（4）噪声

本项目设备本身运营并无噪声产生，仅风机在运行时产生噪音。本项目建设依托院内现有机房改造，治疗室通排风依托现有设施，噪声主要来源于通排风系统的风机、排烟风机和空调外机，治疗室各个房间所使用的通排风系统均为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，通风管采用软性接头，排风口处安装消声器，运营期噪声对周边环境的影响较小。

10.3 环保投资概算

本核技术利用项目总投资 400 万元，其中环保投资 67 万元，占总投资的 16.75%。本项目环保投资估算见表 10.3-1。

表 10.3-1 本项目环保投资估算一览表

类别	环保设施	金额(万元)
辐射屏蔽措施	各治疗室墙体、铅防护门 1 套、穿线孔屏蔽、通风口屏蔽等（部分依托现有）。	2
辐射安全装置	门机（源）联锁装置 1 套，门灯联锁装置 1 套，紧急停机装置 1 套（包括后装机机房四周墙壁处、迷道处、防护门处、控制室处等急停开关），视频监控 1 套，双向对讲交流装置 1 套，便利辐射警告标志和工作状态指示灯等。	40
废气处理	独立通排风系统及配套管网，依托现有。	/
废水处理	依托医院现有污水处理站。	/
固废处理	依托医院医疗固废暂存间和生活垃圾收集设施，新增移动式垃圾桶若干。	2
噪声处理	建筑墙体隔声、基础减震、消声消音等。	5
监测仪器	固定式剂量率监测报警仪 1 套，个人剂量报警仪 2 台，1 台便携式 X- γ 射线巡测仪，为每名辐射工作人员配备个人剂量计。	10
环境影响评价及竣工环保验收等		8
合 计		67

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目后装机治疗室位于厦门市妇幼保健院集美院区住院楼 1#地下室 2 层，不新增用地，本项目施工期不涉及土建施工，主要为室内装修、设备安装及调试等。施工期短，施工范围小，通过控制作业时间、加强施工现场的管理等手段，对周围大气环境、声环境产生较小的影响，该影响是暂时的，随着建设期的结束而消除。

施工期主要存在的环境影响为废气、废水、固废和噪声，主要局限于医院院区以内，对医院周边环境基本不造成影响。

11.1.1 环境空气影响分析

本项目施工期材料运输、室内装修等过程，将产生少量扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。

针对上述扬尘污染采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b、施工场地应进行围挡，设置洒水装置，此外应合理安排施工时间，加快施工进度，通过缩短施工时间等相关措施，达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中无组织排放的限值要求，将对外环境扬尘影响降至最低。

11.1.2 声环境影响分析

机房装修电钻作业、设备安装等施工时产生间歇性噪声和振动，最大噪声级可达 80dB(A)，对楼内邻近区域有影响。

为了降低施工噪声对周围环境的影响，通过文明施工，合理安排施工时间，错开休息时间（禁止在法定休息日、节假日全天、工作日 12 时至 14 时、18 时至次日 8 时施工），加快施工进度；选择噪声级尽可能低的施工机械进行施工，对施工机械采取消声降噪措施；施工场所采取消声减震等措施，达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的要求，尽量将环境影响降低到最小。

11.1.3 固体废物环境影响分析

项目施工期间固废主要为施工人员生活垃圾、少量建筑垃圾及施工废物料。施工期间，施工人员按 10 人计，生活垃圾量按 0.5kg/（p•d）计算，则施工期内

每天产生生活垃圾约 5kg/d。生活垃圾经楼内现有垃圾箱收集后交由环卫部门定期清运。

机房装修及设备安装过程将产生少量建筑垃圾及包装箱、防震泡沫等施工废物料。对废纸箱等可回收利用的施工废物料应予以回收综合利用，不可回收利用的经收集后由施工单位统一运输至政府部门指定建筑垃圾储运消纳场。

11.1.4 水环境影响分析

项目施工期间将产生少量含有泥浆的施工废水，施工废水进行沉淀处理后用于施工区域洒水降尘，不外排，故对项目区域周边水环境无影响。

本项目施工期施工人员约 10 人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水 80L 计算，则施工期总用水量约为 48t (0.8t/d)，生活污水排放量按用水量的 90% 计算，则生活污水总排放量约 43.2t。项目施工生活污水主要是依托地下室 2 层内设施（卫生间）处理，通过下水管道排入医院污水处理设施处理达标后排放，对周围环境影响较小。

11.1.5 设备安装调试期间的环境影响分析

本项目设备的安装应请专业人员进行，医院方不得自行拆卸、安装设备，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。

在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在治疗室门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。人员离开时治疗室必须上锁。由于设备的安装和调试均在治疗室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。

11.1.6 建设阶段环境影响分析小结

综上所述，本项目在建设阶段的环境影响具有暂时性、可逆性的特点。因本项目施工期短，施工范围小，通过控制作业时间、加强施工现场的管理等手段，对周围环境影响较小，且该影响是暂时的，随着施工期的结束而消除。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 非辐射环境影响分析

(1) 臭氧和氮氧化物

后装机运行过程中，治疗室空气中会产生一定的臭氧和氮氧化物。据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 要求，治疗室的通风换气次数应不小

于 4 次/小时。本项目后装治疗室拟安装风机进行通风，通风换气次数约为 4.94 次/h。满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。臭氧和氮氧化物排入大气环境后，经自然分解，可达标排放，对周围环境影响较小。

（2）固体废物

本项目运行期产生的固体废物主要为工作人员及患者的产生的生活垃圾以及治疗过程中产生的医疗垃圾。本项目产生的医疗废物采用专用容器分类收集后，转移至医院医疗废物暂存间，然后委托有资质的公司定期处理；生活垃圾由医院分类收集后交环卫部门及时清运；后装机配套使用 UPS 电源，该 UPS 电源采用铅蓄电池供电，根据《国家危险废物名录》（2025 年版）废铅蓄电池属于 HW31 含铅废物（废物代码：900-052-31），其更换周期约 5 年/次，更换下的 UPS 电源交由有资质单位处置。

综上所述，本项目固体废物经妥善处理后，对周边环境质量影响较小。

（3）废水

本项目产生的污水经医院现有的污水处理系统处理达标后排入市政污水管网。本项目辐射工作人员拟从现有职工中调配，不新增；病人所产生的医疗废水、生活污水量较小，因此项目产生的污水依托医院现有污水处理设施是可行的，经处理后对周边地表水环境影响较小。

（4）噪声

本项目设备本身运营并无噪声产生，仅风机在运行时产生噪音。本项目拟对住院楼 1#地下室 2 层现有直线加速器治疗室 2 进行改造，通排风依托现有设施，本次改建不改变现有风机设置情况，不新增噪声源，因此运行阶段对周边声环境影响较小。

11.2.2 辐射环境影响分析

（1）后装机基本参数

根据建设单位提供的资料可知，本项目拟建的后装置采用的核素为 ^{192}Ir ，本项目采用的该核素主要参数详见表 11.2-1 所示。

表 11.2-1 本项目采用的 ^{192}Ir 的技术参数一览表

核素名称	初始活度	γ 射线能量均值	空气比释动能率常数
^{192}Ir	$5.55 \times 10^{11} \text{Bq}$	0.37MeV	$0.111 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$

(2) 预计工作量

本项目后装治疗机预计最大工作量为 30 人（次）/天，150 人（次）/每周，7500 人（次）/年。每人（次）平均治疗时间约 10min，即周治疗照射时间约为 25h，年累计治疗照射时间约 1250h。

(3) 关注点设置

后装机 γ 辐射强度可认为是各向同性照射，后装机治疗室应考虑放射源发射的 γ 射线初级辐射对墙和顶棚的直接照射及其散射辐射在治疗室入口处的照射。

本项目后装机治疗室位于医院住院楼 1#地下室 2 层，治疗室楼上为管线空腔，无地下层，西侧为土层、无建筑。本次以治疗室四周（西侧除外）及楼上地板上方 30cm 处作为评价关注点，由于后装机可能的使用位置是不固定的，在治疗治疗室内一定范围内使用。因此，为保守计算，本次评价假定使用区域为距离南侧墙体、西侧墙体、迷道内墙各 1m，长 6.3m、宽 2.0m 的矩形区域内。根据后装机治疗室的平面布置图，经计算可得出放射源到各关注点的距离。由于后装机治疗室位于医院住院楼 1#地下室 2 层，无地下层，西侧为土层、无建筑，因此，本次评价不对治疗室的地下、西侧进行屏蔽计算。

图 11.2-1 本项目关注点分布平面示意图

图 11.2-2 本项目关注点分布剖面示意图

(4) 各关注点剂量参考控制水平

后装机治疗室各关注点周围剂量当量率参考控制水平应满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中 6.3.1 的要求。

①治疗室墙和入口门外关注点的周围剂量当量率参考控制水平，应符合导出剂量率参考控制水平和最高剂量率参考控制水平中的最小值，其计算过程如下：

1.使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，由周剂量参考控制水平求得关注点的导出剂量率参考控制水平(\dot{H}_c)，计算公式见式 11.2-1

所示。

$$\dot{H}_c \leq H_e / (t \times U \times T) \quad 11.2-1$$

式中：

\dot{H}_c -----导出剂量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

H_e -----周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ），其值按如下方式取值：机房外辐射工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；机房外非辐射工作人员： $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ ；

t -----设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（ h/周 ），本项目预计每日治疗工作量 30 人，治疗照射时间为 10min/人次，周工作负荷（治疗时间） $t=25\text{h/周}$ ；

U -----治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子，本项目取 1；

T -----人员在关注点位置的居留因子，取值方法参见表 11.2-2 所示。

表 11.2-2 不同场所的居留因子一览表

场所	居留因子 T		示 例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制区、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8：各治疗室门 1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40：仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

2.按照关注点关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c,\max}$ ， $\mu\text{Sv/h}$ ）：

人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,\max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ 。

②对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100\mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

综上所述，本项目各关注点的周围剂量当量率参考控制水平详见表 11.2-3

所示。

表 11.2-3 本项目各关注点的周围剂量当量率参考控制水平一览表

关注点	关注点描述	辐射类型	H_e ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	t ($\text{h}/\text{周}$)	U	T	$\dot{H}_{c,\max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	
								计算值	评价量
A	北墙外 30cm 处 (资料室)	初级	5	25	1	1/20	10	4	4
B	北墙外 30cm 处 (新风机房)	初级	5	25	1	1/20	10	4	4
C	东墙外 30cm 处 (备件仓库)	初级	5	25	1	1/2	10	0.4	0.4
D	东墙外 30cm 处 (控制室)	初级	100	25	1	1	2.5	4	2.5
E	东墙外 30cm 处 (过道)	初级	100	25	1	1/5	10	20	10
F	防护门外 30cm 处 (过道)	初级 散射	100	25	1	1/5	10	20	10
G	南墙外 30cm 处 (直加机房)	初级	100	25	1	1/2	10	8	8
H	机房顶棚上 30cm 处 (管线空腔)	初级	/	/	/	/	/	/	100

11.2.3 本项目后装放疗机治疗室屏蔽体的屏蔽效果分析

12.2.3.1 墙体外初级辐射的影响分析和预测

根据拟建后装机的技术参数和治疗治疗室的设计方案，参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014) 中使用的什值层 (TVL) 计算方法，分析和预测本项目后装放疗机在最大装载放射源活度时，治疗室外各关注点的辐射剂量率水平。

首先根据公式 11.2-2 计算当 X 射线束以 θ 角斜射入厚度为 X (cm) 的屏蔽物质时，射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度 X_e (cm)。

$$X_e = X \cdot \sec\theta \quad \text{式 11.2-2}$$

式中：

X_e -----有效屏蔽厚度，cm；

X-----屏蔽物质厚度，cm；

θ -----斜射角，即入射线与物质平面的法线夹角。

屏蔽物质的屏蔽透射因子 B 可按照公式 11.2-3 进行计算。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1) / TVL} \quad \text{式 11.2-3}$$

式中：

B-----辐射屏蔽透射因子；

X_e -----有效屏蔽厚度，mm；

TVL-----辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，mm；

TVL_1 -----辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，mm。

参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）附表C表C.1， ^{192}Ir 产生的 γ 射线在密度为 2.35g/cm^3 的标准混凝土中的什值层厚度， $TVL=TVL_1=152\text{mm}$ ；在密度为 11.34g/cm^3 的铅中的什值层厚度 $TVL=TVL_1=16\text{mm}$ 。

相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 \dot{H} 可按式 11.2-4 进行计算。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{式 11.2-4}$$

式中：

\dot{H} -----屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{SV/h}$ ；

\dot{H}_0 -----活度为A的放射源在距其1m处的剂量率， $\mu\text{SV/h}$ ；

f-----对有用线束为1；

R-----辐射源至关注点的距离，m；

B-----屏蔽物质的屏蔽透射因子。

其中活度为A的放射源在距其1m处的剂量率（ \dot{H}_0 ）的计算方法可参考公式 11.2-5 进行计算。

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_r \quad \text{式 11.2-5}$$

式中：

\dot{H}_0 -----活度为A的放射源在距其1m处的剂量率， $\mu\text{SV/h}$ ；

A-----放射源的活度，MBq；

K_r -----放射源的空气比释动能率常数， $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ，根据《放射治疗机

房的辐射屏蔽规范 第3部分： γ 射线源放射治疗机房》

（GBZ/T201.3-2014）附表C表C.1， ^{192}Ir 的 K_r 为 $0.111\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ 。

经计算可知，本项目后装放疗机中所装载的放射源 ^{192}Ir 在距其1m处的剂量

率的 $\dot{H}_0 = 5.55 \times 10^5 \times 0.111 = 6.16 \times 10^4 \mu\text{SV/h}$ 。

11.2.3.2 铅门外关注点剂量率的计算

治疗室入口（迷道口）的辐射主要来自经迷道多次反射的散射辐射。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）中对后装治疗室迷道口散射辐射屏蔽计算方法，结合本项目后装放疗机设计图纸可知，本项目采用 L 型迷道，迷道入口处的散射辐射剂量率（ \dot{H} ）采用公式 11.2-6 计算，计算参数和结果见表 11.2-4。

$$\dot{H} = \frac{A \cdot K_r \cdot S_w \cdot \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad \text{式 11.2-6}$$

式中：

\dot{H} -----迷道入口处的散射辐射剂量率， $\mu\text{SV/h}$ ；

A-----放射源的活度，MBq；

K_r -----放射源的空气比释动能率常数， ^{192}Ir 的 $K_r = 0.111 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；

S_w -----迷道内口墙的散射面积，其为辐射源和治疗室入口共同可视见的墙区面积，根据建设单位提供的设计图纸可知，本项目 $S_w = 3.5\text{m} \times 5.9\text{m} = 20.65\text{m}^2$ ；

α_w -----散射体的散射因子，查 GBZ/T201.3-2014 附录 C 中表 C.4 可知，当辐射为 0.25MeV 时，混凝土对 45°入射、反散射角为 0°的散射因子为 3.39×10^{-2} ；

R_1 -----辐射源至散射体中心点的距离，m；

R_2 -----散射体中心点至计算点的距离，m。

表 11.2-4 迷道口 γ 射线散射辐射计算参数及结果一览表

参数	A (MBq)	K_r ($\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$)	S_w (m^2)	α_w	R_1 (m)	R_2 (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
数值	5.55×10^5	0.111	20.65	3.39×10^{-2}	11.27	8.018	5.28

铅门外关注点的辐射剂量率按公式 11.2-7 进行计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_F \cdot 10^{-\left(\frac{x}{TVL}\right)} + \dot{H}_{OF} \quad \text{式 11.2-7}$$

式中：

\dot{H} -----铅门外关注点的散射辐射剂量率， $\mu\text{SV/h}$ ；

\dot{H}_F -----迷道入口 F 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{SV/h}$ ；由表 11.2-4 可知，本项目取值为 $5.28 \mu\text{SV/h}$ ；

X-----铅门的屏蔽厚度，mm，本项目为 20mm；

TVL---屏蔽物质的什值层厚度，mm；铅门外 F 点处的散射辐射能量约 0.2MeV，TVL 值取 5mm；

\dot{H}_{OF} ----图 11.2-1 中 O₂ 位置穿越迷路内墙的泄漏辐射在 F 点处的辐射剂量率。

根据本项目后装放疗机治疗室的平面布置图，得出放射源到各关注点的距离 R，再利用上述公式计算出治疗室外各关注点的辐射剂量率水平，计算参数和结果见表 11.2-5。

表 11.2-5 本项目后装放疗机治疗室关注点初级辐射剂量率预测结果一览表

关注点	辐射类型	屏蔽体材料及厚度	入射角 $\theta(^{\circ})$	距离 R (m)	TVL (mm)	B	\dot{H} ($\mu\text{SV/h}$)
A	初级	混凝土，1600mm	0	6.73	152	2.98×10^{-11}	4.05×10^{-8}
B	初级	混凝土，1600mm	0	6.73	152	2.98×10^{-11}	4.05×10^{-8}
C	初级	混凝土，1600mm	0	7.11	152	2.98×10^{-11}	3.63×10^{-8}
D	初级	混凝土， 800mm+1600mm	0	6.46	152	1.62×10^{-16}	2.40×10^{-13}
E	初级	混凝土， 1500mm+800mm	0	6.05	152	7.39×10^{-16}	1.24×10^{-12}
F	初级	混凝土，1500mm	0	6.27	152	1.35×10^{-10}	2.12×10^{-7}
	散射	铅门，20mm	0	$R_1=11.27$ $R_2=8.02$	5	1.00×10^{-4}	5.28×10^{-4}
G	初级	混凝土，1600mm	0	3.48	152	2.98×10^{-11}	1.52×10^{-7}
H	初级	混凝土，1600mm	0	6.8	152	2.98×10^{-11}	3.97×10^{-8}

注：①标准混凝土的密度为 2.35t/m^3 ，铅门的密度为 11.3t/m^3 ；

②保守考虑，忽略关注点 F 处射线斜穿时屏蔽材料厚度增加对预测结果造成的影响。

11.2.3.3 预测结果评价

(1) 本项目后装放疗机机房关注点预测结果

本项目后装放疗机机房外的剂量率预测结果与周围剂量当量率参考控制水平对比详见表 11.2-6 所示。

表 11.2-6 本项目预测结果与周围剂量当量率参考控制水平对比一览表

关注点	关注点描述	本项目预测结果($\mu\text{Sv/h}$)	周围剂量当量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	对比结果
A	北墙外 30cm 处（资料室）	4.05×10^{-8}	4	满足
B	北墙外 30cm 处（新风机房）	4.05×10^{-8}	4	满足
C	东墙外 30cm 处（备件仓库）	3.63×10^{-8}	0.4	满足
D	东墙外 30cm 处（控制室）	2.40×10^{-13}	2.5	满足
E	东墙外 30cm 处（过道）	1.24×10^{-12}	10	满足

F	防护门外 30cm 处（过道）	5.28×10^{-4}	10	满足
G	南墙外 30cm 处（直加机房）	1.52×10^{-7}	8	满足
H	机房顶棚上 30cm 处（管线空腔）	3.97×10^{-8}	100	满足

由表 11.2-6 可知，本项目后装放疗机治疗室屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率均能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求。

（2）本项目后装放疗机机房关注点叠加预测

根据建设单位提供的平面布置图可知，本项目后装放疗机机房与直线加速器机房并列布设，本次叠加预测考虑在防护门外 30cm（过道内、关注点 F）处进行叠加计算，分析其在受直线加速器与本项目后装放疗机同时影响时，其辐射剂量率的大小是否符合控制水平要求。

根据现场勘查可知，目前直线加速器机房尚处于在建阶段，未投入生产运行，参考《厦门市妇幼保健院 2 台直线加速器和 1 台 DSA 机项目环境影响报告表》（批复文号：闽环辐评〔2020〕52 号），直线加速器对其防护门外 30cm（过道内）处的最大辐射剂量率为 $1.187 \mu\text{Sv/h}$ ，本项目后装放疗机对其防护门外 30cm（过道内，关注点 F）处的最大辐射剂量率为 $9.37 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。本次评价采用保守估算，直线加速器对本项目后装机防护门外 30cm（过道内，关注点 F）处的最大辐射剂量率也取 $1.187 \mu\text{Sv/h}$ ，则本项目后装机防护门外 30cm（过道内，关注点 F）处的最大辐射剂量率叠加值为 $1.196 \mu\text{Sv/h}$ 。

综上所述，本项目后装机防护门外 30cm（过道内，关注点 F）处的最大辐射剂量率叠加值仍满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中规定的周围剂量当量率参考控制水平，同时满足本次评价提出的导出剂量率参考控制水平（ $10 \mu\text{Sv/h}$ ）。

11.2.4 本项目运行对辐射工作人员和周围公众年有效剂量的影响

11.2.4.1 后装放疗机治疗室外个人有效剂量估算

根据治疗室外各关注点的剂量率，对治疗室工作人员及周围的公众进行年有效剂量的估算。采用《辐射防护手册》（第一分册）中的相关公式进行计算，计算公式见公式 11.2-8：

$$D_T = D_1 \times U \times T \times t \times 10^{-3} \quad \text{式 11.2-8}$$

式中：

D_r -----关注点辐射剂量，mSv/a；

D_1 -----关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U -----使用因子；

T -----居留因子；

t -----年出束时间，h；

根据公式 11.2-8 计算可知，各关注点人员所受的辐射影响（年有效剂量）详见表 11.2-7 所示。

表 11.2-7 本项目关注点人员所受年有效剂量预测结果一览表

关注点	D_1 $\mu\text{Sv/h}$	U	T	t h/a	D_r mSv/a	人员类型	年有效剂量约束值(mSv)	评价结果
A	4.05×10^{-8}	1	1/20	1250	2.53×10^{-9}	公众	0.1	满足
B	4.05×10^{-8}	1	1/20	1250	2.53×10^{-9}	公众	0.1	满足
C	3.63×10^{-8}	1	1/2	1250	2.27×10^{-8}	公众	0.1	满足
D	2.40×10^{-13}	1	1	1250	3.00×10^{-13}	职业	5	满足
E	1.24×10^{-12}	1	1/5	1250	3.11×10^{-13}	公众	0.1	满足
F	5.28×10^{-4}	1	1/5	1250	1.32×10^{-4}	公众	0.1	满足
G	1.52×10^{-7}	1	1/2	1250	3.80×10^{-8}	公众	0.1	满足
H	3.97×10^{-8}	1	1/20	1250	2.48×10^{-9}	公众	0.1	满足

由上表可知，本项目控制室内辐射工作人员受照射剂量为 $3.00 \times 10^{-13} \text{mSv/a}$ ，低于本报告提出的 5mSv/a 的年剂量约束值；本项目后装机运行过程中公众最大受照剂量为 $1.32 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于本报告提出的 0.1mSv/a 的年剂量约束值。

11.2.4.2 进入放射治疗室内的辐射工作人员受照剂量

由于辐射工作人员需要进入后装机治疗室内协助患者进行摆位，在摆位过程中会受到放射源的照射。辐射工作人员进入治疗室之前，必须确保放射源处于后装机的工作储源器中，并佩戴个人剂量报警仪进入治疗室。辐射工作人员协助患者摆位时在治疗室内的停留时间按 2min 计，与工作储源器的平均距离按 1m 考虑。参考《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）表 1，以工作贮源器内装载最大容许活度时，距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点的泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $5 \mu\text{Sv/h}$ 作为辐射工作人员工作位的最大辐射剂量率进行计算，则辐射工作人员全年摆位过程所受的个人剂量：

$$E = D \times t = 5 \mu\text{Sv/h} \times 10^{-3} \times 2 \text{min} \times 1/60 \times 30 \text{d} \times 250 \text{d/a} = 1.25 \text{mSv/a}$$

由表 11.2-7 可知，本项目后装放疗机辐射工作人员在控制室内受到的照射剂

量为 $3.00 \times 10^{-13} \text{mSv/a}$ ，考虑到摆位和控制室工作人员可能的重复性，则本项目后装机辐射工作人员所受照射的年有效剂量为 $3.00 \times 10^{-13} + 1.25 \approx 1.25 \text{mSv/a}$ ，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）提出的工作人员 5mSv 的年剂量约束值。

当放射源在后装机的贮源器内时，泄漏辐射剂量率较小，相对于出源治疗时对治疗室外周围环境保护目标的影响很小，可忽略不计。

11.2.4.3 叠加分析

本项目辐射工作人员院内现有辐射工作人员兼任，院内辐射工作人员原有工作辐射影响可根据个人剂量累积最高值考虑。根据医院现有辐射工作人员年度个人剂量监测报告，医院辐射工作人员从事原有工作所受年个人累积剂量值最高为 0.35mSv ，叠加本项目工作人员年有效剂量估算值，则本项目工作人员最大年有效剂量约为 0.35mSv ，仍能满足职业工作人员 5mSv 的年剂量约束要求。

综上所述，该后装机正常运行期间，对周边环境中的辐射工作人员和公众的辐射影响均能满足评价标准的要求。

11.2.4.4 更换放射源过程中的环境影响分析

后装机使用的 ^{192}Ir 属于 III 类放射源， ^{192}Ir 放射源半衰期为 74 天，使用达到 2 个半衰期时需更换（一般在活度降至 2Ci 左右时需要更换），每年更换 2 次，产生 2 枚废旧放射源。更换放射源之前，院方应先到生态环境管理部门进行备案，待备案完成后再联系设备厂家进行更换放射源，由厂家安排换源及换源后的整机调试。更换放射源全程由设备厂家专业人员按国家相关规定负责操作完成。

医院工作人员不直接参与放射源的更换操作，仅监督辅助厂家专业人员按国家相关规定进行更换操作。本项目 1 枚放射源贮存在贮源容器内，额定贮存容量 $5.55 \times 10^{11} \text{Bq}$ （ 15Ci ），泄漏剂量（距贮源容器表面 1m 处）： $\leq 0.1 \text{mGy/h}$ 。更换放射源时，厂家使用新的贮源容器运输放射源至后装治疗室内，连同贮源容器一起置换，即换源的过程就是贮源容器的置换过程，退役的放射源连同原贮源容器一起运输至放射源生产厂家进行回收处置。更换过程中生态环境部门有相关人员到场进行实时的监测、监督，生态环境部门相关人员及医院工作人员均不直接参与放射源的更换操作，仅监督或辅助厂家专业人员按国家相关规定进行更换操作。

因此，更换放射源时对控制室内人员及治疗室周围的辐射环境影响较小，可

满足本项目评价标准的要求。

11.2.4.5 运输通道合理性分析

本项目放射源运抵医院后，经住院楼东侧通道运至备件仓库，短时间内便可到达后装机治疗室。运输过程中通道设置警戒线，防止无关人员靠近，对医院病人的辐射影响很小。综上所述，医院内放射源运输时间较短，对运输通道周围人员的辐射影响很小，对运输通道周围人员的辐射剂量小于剂量限值和剂量约束值，因此放射源运输通道设置合理。

11.2.5 其他环境影响分析

（1）放射性固废

本项目更换的废 ^{192}Ir 放射源应当按照废旧放射源返回合同规定，将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方，在废旧放射源交回活动完成之日起 20 日内到相应的生态环境部门进行备案。

（2） β 射线

^{192}Ir 放射源衰变产生的 β 射线比 γ 射线穿透力弱很多，在空气中传播距离很短，经治疗室墙体屏蔽后，对周边环境的影响较 γ 射线可以忽略。

（3）臭氧和氮氧化物

后装机运行过程中，治疗室空气中会产生一定的臭氧和氮氧化物。据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求，治疗室的通风换气次数应不小于 4 次/小时。本项目后装机房治疗室拟安装有效通风量不小于 $2000\text{m}^3/\text{h}$ 的风机进行通风，后装机房有效容积约 405m^3 ，通风换气次数约为 4.94 次/h。满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。臭氧和氮氧化物排入大气环境后，经自然分解，可达标排放，对周围环境影响较小。

（4）危废

后装机配套使用 UPS 电源，该 UPS 电源采用铅蓄电池供电，根据《国家危险废物名录》（2025 年版）废铅蓄电池属于 HW31 含铅废物（废物代码：900-052-31），其更换周期约 5 年/次，更换下的 UPS 电源交由有资质单位处置。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故类型

后装机治疗主要用于肿瘤放射治疗，在出源治疗期间放射源处于裸源状态，会释放出较强的 γ 射线，主要的事故类型有：

- (1) 后装机的放射源丢失或被盗。
- (2) 治疗过程中，发生卡源事故，需要人工处理时导致人员受到额外照射。
- (3) 安全联锁装置失效，人员误入治疗室而导致的误照射。

11.3.2 事故应急措施

(1) 后装机辐射事故应急措施

①后装机本身设计具有应急自动返回工作贮源器的功能。从而保证在实施治疗期间，当发生停电、卡源或意外中断照射时，放射源能自动返回工作贮源器。

②当自动回源装置功能失效时，辐射工作人员应第一时间将患者推出治疗室，通过手动回源措施进行应急处理，从而减少患者的误照射。

③在处理卡源的过程中，工作人员需携带个人剂量报警仪，需穿戴辐射防护用品。卡源事故处理期间，安全系统同时显示和记录已照射的时间和剂量，直到下一次照射开始，同时应发出声光报警信号。辐射工作人员进入机房内操作手动回源措施进行应急处理时，必须通过监测设施记录当时的辐射剂量率水平，记录处理时间和受照累积剂量。事故处理后及时总结并记录，包括事故发生的时间和地点、对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果、采取的纠正措施、事故的可能原因、为防止类似事件再次发生所采取的措施。

(2) 放射源被盗、丢失事故应急措施

①确认放射源被盗、丢失事件的发生。

②查证密封源的核素名称、数量、活度，被偷盗、丢失的时间、地点和嫌疑人等。

③及时向生态环境主管部门、卫生部门报告和公安部门报告，并积极配合相关部门的调查。

④写出事件处理结果报告，查找事件发生的原因及可能的环节，及时修订相关的管理体系和文件，杜绝同类事故的再次发生。

11.3.3 事故防范措施

(1) ^{192}Ir 放射源过程由供源厂家专业人员负责，严禁私自拆卸。做好设备

日常维护，经常对设备的性能进行检查，防止卡源事故发生。

（2）定期验证安全装置与设施的有效性，保证门机联锁装置有效。

（3）放射源贮存在专用贮源室，并限制人员进入，做好防盗措施，设置防盗门、防盗窗及报警装置等。制定并落实台账管理制度，设专人负责。

（4）制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，实施照射前控制台工作人员应先观察监控确保机房内摆位工作人员已撤出。

11.3.4 应急预案的启动

（1）一旦发生辐射事故，立即启动辐射事故处理应急预案。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组组长，组长随即通知辐射事故应急处理小组有关成员采取应急响应救助措施。

（2）发生辐射事故时，应急处理小组各成员应认真履行各职责，各相关部门应积极协调配合，以便能妥善处理所发生的辐射事故。

（3）各应急救助物资应准备充分、调配及时。

（4）发生事故后应在 2 小时内上报生态环境部门及卫健、公安等相关部门，减少和控制事故的危害影响，并配合、接受监督部门的处理。

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

厦门市妇幼保健院集美院区已根据《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许可管理办法》等有关法律法规的要求，设立了放射防护与辐射安全委员会。放射防护与辐射安全委员会组长由院长担任，委员会下设办公室，设在设备物资部，统筹协调全院日常放射防护与辐射安全管理工作。委员会各成员职责明确，分工清晰，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求。

在日后的工作实践中，建设单位应根据核技术应用情况及时对已有辐射安全与防护管理领导小组成员作相应调整，确保调整后的辐射安全管理委员会的基本组成涵盖当时核技术应用所涉及的相关部门。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 辐射防护管理制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射源、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、放射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、检测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

根据上述要求，医院制定了相关辐射管理规章制度，医院制定了相关辐射管理规章制度，包括《辐射安全管理制度》、《放射防护和安全保卫制度》《个人剂量监测制度》、《放射工作人员学习和培训制度》、《设备检修维护制度》、《自行检查和年度评估制度、》《台账管理制度》、《受检者放射辐射危害告知制度》、《辐射监测制度》和《辐射事故应急预案》等，医院制定的辐射安全管理制度具有一定的针对性和可操作性，可以满足原有项目运行的管理需求。

同时，本环评要求医院完善辐射安全防护设施的维护与维修制度，增加机构人员，重大问题管理措施等内容。医院辐射事故应急预案应根据本次核技术利用项目实际运行需要和国家、省市新要求，及时进行修订和完善，同时加强演练。其他制度也应根据实际情况和有关新要求及时修订和调整。

12.2.2 辐射工作人员培训制度

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》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），新增的辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗，现有人员调配的在辐射安全与防护培训合格证书到期后按时接受再培训，考核不合格的不得从事辐射相关工作。医院应制定完善的辐射安全与防护培训计划，明确培训对象、周期和要求，并按计划组织辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，取得培训合格证，考核不合格的不得上岗。

12.2.3 年度安全状况评估

医院应在每年 1 月 31 日前填报上一年度评估报告。年度评估报告应包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射性同位素、射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；核技术利用项目新建、改扩建和退役情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况等方面的内容。

12.3 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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）及相关管理要求，医院应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、X- γ 辐射监测仪等，见表 12.3-1 所示。

表 12.3-1 本项目拟配置的辐射监测设备一览表

序号	设备名称	数量	备注
1	固定式剂量率监测报警仪	1 套	新购
2	个人剂量报警仪	2 台	新购
3	便携式 X- γ 辐射检测仪	1 台	新购

个人剂量报警仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。医院应根据辐射诊疗项目的日常监测方案，定期或不定期对项目中涉及的设备四周屏蔽措施进行

检查；同时接受生态环境主管部门开展的辐射环境监督（监测）检查。项目运行过程中，每年应请有资质的监测单位对工作场所辐射情况进行监测，判断射线装置是否处于有效屏蔽状态，防止意外发生。监测数据应编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，上报发证机关。

12.3.1 个人剂量监测和职业健康检查

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，所有辐射工作人员均应佩戴个人剂量计，监测周期不超过 3 个月。辐射工作人员职业健康检查每 2 年进行 1 次，并建立职业健康监护档案且长期保存。医院已有工作人员均配备了个人剂量计，并按期进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案，个人累积剂量均未超过标准限值要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员相关剂量限值要求。

对于个人剂量监测，医院应做到：

（1）在正常工况的一般情况下，若工作人员年有效剂量超过 5mSv 的剂量约束值时，应进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并经本人签字，上报当地生态环境主管部门；若超标原因为工作所致，应及时暂停该工作人员继续从事辐射作业。

（2）医院须建立个人剂量档案，档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案长期保存。

（3）个人剂量检测报告（连续四个周期）应当连同年度评估报告一起作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

12.3.2 年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的第三方环境监测机构进行监测。

医院应严格执行辐射监测计划，继续定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对医院的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的一部分，于每年 1 月 31 日前提交

给发证机关。

12.3.3 辐射工作场所及周围环境监测计划

(1) 监测内容：X- γ 辐射周围剂量当量率。

(2) 监测频次：本项目投入运营后，医院应每年委托有资质单位进行一次辐射环境监测，并自行购买监测仪器每季度进行一次自主监测。

(3) 监测方法：参考《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。

(4) 监测点位：监测布点参考《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 相关要求。

(5) 监测设备：便携式 X- γ 辐射剂量率监测仪，固定式剂量率监测报警仪。

(6) 监测质量要求：委托有资质监测单位进行监测，监测仪器必须在检定有效期内，监测工作人员必须持证上岗；监测中若出现辐射超标问题，应及时向院方提出，并提出整改意见，在院方整改完成后，进行复检，直至符合要求，提供满足要求的监测报告。医院自主监测时，所用仪器须按国家规定进行剂量检定，检测时须按《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 制定检测方案及实施细则执行。

12.3.4 竣工环境保护验收监测

医院根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4 号) 的相关要求，对配套建设的环境保护设施在调试期间进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测(调查)报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。验收意见包括工程建设基本情况、工程变动情况、环境保护设施落实情况、环境保护设施调试效果、工程建设对环境的影响、验收结论和后续要求等内容，验收结论应当明确该建设项目环境保护设施是否验收合格。项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。验收报告公示期满后 5 个工作日内，建设单位应当登录全国建设

项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

综上所述，本项目监测计划见表 12.3-1 所示。

表 12.3-1 本项目监测计划一览表

辐射 工作场所	监测类别	监测项目	监测频次	监测设备	监测位置及范围
后装放疗 机机房	年度监测	X- γ 辐射 周围剂量 当量率	1 次/年	便携式 X- γ 辐射 剂量率监测仪(需 按国家规定进行 剂量检定)	后装治疗室四周屏蔽墙 外 30cm 处、顶棚、操作 位、防护门、管线洞口以 及其他需要关注的地方
	自主监测		1 次/季度		
	验收监测		验收时监测		
	个人 剂量监测	个人剂量 当量	1 次/季度	个人剂量计	所有辐射工作人员

厦门市妇幼保健院集美院区已配备个人剂量报警仪、固定式辐射报警仪、辐射巡检仪等辐射防护和监测仪器，应按监测方案对核技术应用场所及周围辐射水平进行监测，同时做好记录分析工作。

同时对医院不具备能力开展的监测项目，委托具有相应资质能力的单位对辐射工作人员的个人剂量进行监测，并做好个人剂量档案管理工作。对于个人剂量异常情况应做到自查自纠，及时采取补救措施，自查自纠结果当事人、相关管理人员应签字、医院盖章后存档，对于个人剂量超标的情况医院还应立即向环保主管部门报告。每年医院应委托具有相应资质能力的单位对辐射工作场所及周边环境开展年度监测。

12.4 辐射事故应急

《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）第六章第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。”

辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- （一）应急机构和职责分工；
- （二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （三）辐射事故分级与应急响应措施；
- （四）辐射事故的调查、报告和处理程序；
- （五）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

本医院制定了辐射事故应急处置预案，成立了放射性突发事件领导小组，明确了放射性突发事件领导小组的工作职责，规定了应急处理程序，平时需做好辐射事故应急准备工作，一旦有事故发生时能按照程序启动应急方案。

一旦发生辐射事故时，须立即启动本单位的辐射事故应急预案，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，还应同时向当地卫健部门报告。

环评建议，针对应急预案，医院应强化应急预案的可操作性，完善应急响应程序，在预案中应补充应急人员的培训以及应急的装备、资金、物资准备情况，辐射事故应急联系电话。随着医院的发展，开展核技术利用项目种类的增加，医院应及时对原有辐射事故应急预案进行修改、完善，增加针对新开展核技术应用项目事故应急管理方面的内容。

安全医疗，重在防范，医院必须严格遵守《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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第 449 号）等相关规定，严格按照医院的相关规章制度执行，将安全和防范措施落实到工作中的各个细节，防患于未然。

12.5 “三同时”验收一览表

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

环保措施竣工验收一览表详见表 12.5-1。

表 12.5-1 竣工验收一览表

项目		验收内容	验收要求
辐射安全管理机构		成立放射防护管理领导小组，明确人员职责	按要求设置。
后装放疗机机房	屏蔽措施	东墙（迷道外墙）：800mm 混凝土至 1600mm 混凝土； 南墙：1600mm 混凝土（次屏蔽区）， 2750mm 混凝土（主屏蔽区）； 北墙：1600mm（次屏蔽区）， 2730mm 混凝土（主屏蔽区）； 顶棚：1600mm（次屏蔽区）， 3000mm 混凝土（主屏蔽区）； 迷道内墙：800mm 混凝土至 1500mm 混凝土； 防护门：20mPb 板+110mm 含硼聚乙烯。	各墙体屏蔽厚度达到设计标准要求，屏蔽墙及防护门外 30cm 处的剂量率不超过剂量率参考控制水平。各治疗室辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。
	通风设施	本项目后装治疗机机房设置上送风、下排风式的机械通风装置，新风送风管道沿机房东侧墙体内壁向上接近顶棚处，以 45° 角穿过屏蔽墙体进入机房的迷路内，机房内设置 2 个新风口，分别位于迷路和机房东侧吊顶处，排风管道沿机房东侧墙体内壁向上接近顶棚处，以 45° 角穿过屏蔽墙体进入机房迷路，机房内设置 2 个排风口，排风口设置在机房北侧墙角处，风管底部（吸风口）离地约 30cm，送风口和排风口成对角设置，排风风机风量设计为 2000m ³ /h，通风次数约为 4.94 次/h。	按《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-201）等文件的相关要求设置。
	安全装置	门机（源）联锁装置 1 套，紧急停机装置 1 套（控制室控制台、治疗室迷道内入口、防护门内侧、四周墙壁和设备表面分别设置 1 个急停开关），视频监控装置 1 套，双向对讲交流装置 1 套，电离辐射警告标志和工作状态指示灯等。后装机治疗室内配备 1 个应急储源罐（50mmPb 当量）和 1 套长柄镊子。配置 1 台固定式剂量率监测报警仪，剂量率监测报警仪探头安装于治疗室迷道内入口，剂量显示器及报警器均安装在控制室内。	按《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-201）等文件的相关要求设置。
	个人剂量监测	培训考核	通过辐射安全与防护知识考核
个人防护	个人剂量监测	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检，加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	按要求佩戴/送检
	职业健康体检	辐射工作人员须参加岗前、在岗期间职业健康检查，体检合格方可上岗，并建立放射工作人员职业健康档案。	辐射工作人员需按时体检，两次体检时间间隔不应超过两年。
	仪器	固定式剂量率监测报警仪 1 个，个人剂量报警仪 2 台、1 台便携式 X-γ 射线巡测仪等。	按要求配置
辐射安全管理制度		制定《辐射防护和安全管理制	根据要求制定完善的规章制度

	度》、《放射紧急事件（事故）应急处理预案》、《后装治疗机安全防护制度》、《后装治疗机机房安全制度》、《后装治疗机操作规程》，《卡源应急处置预案》等一系列规章制度及相关设备的操作规程，后期根据医院核技术应用实际情况进行修订。	
注：以上措施应在项目投入使用前落实到位。		

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

(1) 项目名称：厦门市妇幼保健院集美院区 1 台后装放疗机建设项目；
(2) 建设单位：厦门市妇幼保健院
(3) 建设性质：改建；
(4) 建设地点：福建省厦门市集美区后溪镇黄庚山路 555 号

本项目拟在厦门市妇幼保健院集美院区住院楼 1#地下室 2 层建设 1 台后装放疗机建设项目，拟利用现有直线加速器治疗室 2 进行建设，后装机配套使用 1 枚 ^{192}Ir 放射源，放射源出厂活度为 $5.55 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。后装机配套使用的 ^{192}Ir 放射源属于 III 类放射源。

13.1.2 产业政策及规划符合性

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”及第三十七项“卫生健康”第 5 款“医疗卫生服务设施建设”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。本项目位于厦门市妇幼保健院集美院区内，用地属于已规划的医疗用地，因此本项目符合厦门市城市总体规划。

13.1.3 实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。后装放疗机建设项目符合区域医疗服务需要，能有效提高区域医疗服务水平。本项目建设所带来的个人和社会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）“实践的正当性”要求。

13.1.4 项目选址及平面布局合理性

本项目位于厦门市妇幼保健院集美院区住院楼 1#地下室 2 层，项目 50m 评

价范围内主要为医院内部建筑物、院外道路等。评价范围内无学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，项目周围环境制约因素较小，选址合理。

本项目后装放疗机机房位置相对封闭且独立，降低了公众受到照射的可能性，周围无明显环境制约因素；放疗治疗室集中布置，便于医院进行统一管理；满足“诊治工作要求：有利于辐射防护和环境保护以及各组成部分功能分区明确，既能有机联系，又不相互干扰”的原则。

本项目后装放疗机机房选址及平面布局满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中相关要求。

13.1.5 区域环境质量现状评价结论

根据环境现状质量监测结果，本项目后装放疗机机房周边室内环境的 γ 辐射空气吸收剂量率在 $101\text{nGy/h}\sim 135\text{nGy/h}$ 之间，周边外环境的 γ 辐射空气吸收剂量率在 $104\text{nGy/h}\sim 108\text{nGy/h}$ 之间，处于福建省室内、室外辐射环境本底范围值内（注：福建省室内辐射环境本底范围值 $71\text{nGy/h}\sim 352\text{nGy/h}$ ，福建省室外辐射环境本底范围值 $39\text{nGy/h}\sim 399\text{nGy/h}$ ）。

13.1.6 代价利益分析

本项目的建设符合区域医疗服务需要，能有效提高区域医疗服务水平，核技术在医学上的应用有利于提高疾病的诊断正确率和治疗效果，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

为保护该项目周边其他科室工作人员和公众，对后装治疗室加强了防护、优化了布局，从剂量预测结果可知，项目辐射工作人员年所受附加剂量小于 5mSv 、公众年所受附加剂量小于 0.1mSv ，符合GB18871-2002及HJ1198-2021中相关限值的要求。因此，从代价利益分析来看，该项目是正当可行的。

13.1.7 机房屏蔽措施评价

本项目后装放疗机机房的辐射防护屏蔽设计详见表10.1-3所示，通过屏蔽核算，均可满足相关标准要求。

13.1.8 辐射安全措施评价结论

本项目各治疗室应设置联锁装置，设置安全防盗装置，安装视频监控及对讲

系统，治疗室外均张贴警告标志、安装工作指示灯；岗位职责和操作规程等工作制度在合适处张贴上墙等。在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

13.1.9 环境影响分析结论

（1）辐射影响分析结论

经计算，本项目后装放疗机机房设计屏蔽措施均能满足相关要求，后装治疗室外关注点处的剂量率满足各关注点剂量率参考控制水平，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中相关要求。

经模式预测，在正常工况下，后装治疗室辐射工作人员的年有效剂量为 $3.42 \times 10^{-13} \text{mSv}$ ；考虑摆位过程中的叠加情况时，辐射工作人员所受照射的年有效剂量叠加值为 1.25mSv/a ；周边公众受照的有效剂量最大为 $2.34 \times 10^{-3} \text{mSv}$ 。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关要求和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中关于剂量约束值的要求，也低于本次评价要求的年有效剂量管理约束值（辐射工作人员： 5mSv 和公众： 0.1mSv ）。

后装机换装源产生的废旧放射源按照废旧放射源返回合同规定，返回放射源生产厂家或原出口方。

（2）三废影响分析结论

1.废水

本项目后装机运行过程中不产生放射性废水。

2.废气

后装放疗机在工作过程中，会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目后装机治疗室设计换气次数约为 4.94次/h ，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中的放射治疗治疗室治疗期间通风换气次数不小于 4次/h 的规定。治疗室经通风换气后，少量的氮氧化物和臭氧排至室外环境空气中，对周边环境影响很小。

3.固废

^{192}Ir 放射源因其自然衰变使其活度逐渐下降，当活度过低而不能满足治疗需要时，放射源将被替换出来成为废放射源，要求医院与放射源生产厂家签订退役放射源回收协议，当放射源退役后，按照废旧放射源返回合同规定，返回放射源

生产厂家或原出口方。确定无法交回的，送交有相应资质的单位收贮，并承担相关费用，不在医院内贮存。

后装机配套使用 UPS 电源，该 UPS 电源采用铅蓄电池供电，根据《国家危险废物名录》（2024 年版）废铅蓄电池属于 HW31 含铅废物（废物代码：900-052-31），其更换周期约 5 年/次，更换下的 UPS 电源交由有资质单位处置。

13.1.10 可行性分析结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目开展所带来的利益大于所付出的代价，符合辐射防护“实践的正当性”原则；正常工况下，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中对职业及公众照射的要求。只要严格按照国家的有关法规及标准进行完善，加强运行管理，落实防护措施，建设单位具备对 1 台后装机的使用和管理能力。在落实本报告提出的辐射环境保护措施的前提下，本项目建设从辐射安全和环境保护的角度分析是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

（1）加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员辐射防护意识，杜绝辐射事故发生。

（2）认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，进行核与辐射安全知识宣传，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

13.2.2 承诺

（1）按照国家相关法律法规及环评报告的要求补充和更新相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，保证各种规章制度和操作规程的有效执行，并对应急预案定期进行演练、总结。

（2）医院承诺加强辐射工作人员的管理，相关辐射工作人员配备个人剂量仪，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案；相关辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对其进行职业健康检查，建立职业健康档案。

（3）本项目环评审批后，医院应及时到福建省生态环境厅重新申领《辐射安全许可证》。严格按本次环评内容规模建设，发现问题及时整改。

(4) 在本环评报告取得批复后及时重新申领辐射安全许可证；及时组织开展项目工程竣工环境保护验收，编制验收报告，经验收合格后方可正式投入运行。

(5) 对医院的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

表 14 审批

<p>下一级环保部门预审意见</p> <p>经办人：公章 年 月 日</p>
<p>审批意见：</p> <p>经办人：公章 年 月 日</p>