

编号：渝联辐环评字[2025]0008 号

核技术利用建设项目

重庆大学附属涪陵医院

放疗中心建设项目（后装机部分）

环境影响报告表

（公示版）

建设单位：重庆大学附属涪陵医院

编制单位：重庆联尔医学研究院有限公司

编制时间：2025年12月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

重庆大学附属涪陵医院
放疗中心建设项目（后装机部分）
环境影响报告表

建设单位名称：重庆大学附属涪陵医院

建设单位法人代表（签名或签章）



通讯地址：重庆市涪陵区高笋塘路2号

邮政编码：408099 联系人：方源

电子邮箱：11*****'@qq.com

联系电话：156*****

打印编号: 1760337607000

编制单位和编制人员情况表

| | | | |
|---------------|--|-----------|-----|
| 项目编号 | 510kp6 | | |
| 建设项目名称 | 重庆大学附属涪陵医院放疗中心建设项目（后装机部分） | | |
| 建设项目类别 | 55—172核技术利用建设项目 | | |
| 环境影响评价文件类型 | 报告表 | | |
| 一、建设单位情况 | | | |
| 单位名称（盖章） | 重庆大学附属涪陵医院 | | |
| 统一社会信用代码 | 12500102451944107Q | | |
| 法定代表人（签章） | 范德庆 | | |
| 主要负责人（签字） | 范德庆 | | |
| 直接负责的主管人员（签字） | 杨远秋 | | |
| 二、编制单位情况 | | | |
| 单位名称（盖章） | 重庆朕尔医学研究院有限公司 | | |
| 统一社会信用代码 | 91500103M A 5U 58FM 44 | | |
| 三、编制人员情况 | | | |
| 1. 编制主持人 | | | |
| 姓名 | 职业资格证书管理号 | 信用编号 | 签字 |
| 程春梅 | 03520240555000000030 | BH 067923 | 程春梅 |
| 2. 主要编制人员 | | | |
| 姓名 | 主要编写内容 | 信用编号 | 签字 |
| 程春梅 | 项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物(重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议 | BH 067923 | 程春梅 |

重庆大学附属涪陵医院

关于同意《重庆大学附属涪陵医院放疗中心建设项目（后装机部分）环境影响报告表》（公示版）

进行公示的说明

重庆市生态环境局：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等有关规定，我单位委托重庆朕尔医学研究院有限公司编制了《重庆大学附属涪陵医院放疗中心建设项目（后装机部分）环境影响报告表》，报告表内容及附图附件等资料均真实有效，我单位作为环境保护主体，愿意承担相应的责任。报告表（公示版）不涉及技术和商业秘密。我单位同意对报告表（公示版）进行公示。

特此说明。

重庆大学附属涪陵医院

2025 年 12 月



目录

| | |
|--------------------------|----|
| 表 1 项目基本情况 | 1 |
| 表 2 放射源 | 14 |
| 表 3 非密封放射性物质 | 14 |
| 表 4 射线装置 | 14 |
| 表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） | 15 |
| 表 6 评价依据 | 16 |
| 表 7 保护目标与评价标准 | 19 |
| 表 8 环境质量和辐射现状 | 28 |
| 表 9 项目工程分析与源项 | 32 |
| 表 10 辐射安全与防护 | 44 |
| 表 11 环境影响分析 | 61 |
| 表 12 辐射安全管理 | 79 |
| 表 13 结论及建议 | 89 |

表 1 项目基本情况

| | | | | | |
|-------------|--|--|--|--------------------------|----------|
| 建设项目名称 | | 重庆大学附属涪陵医院放疗中心建设项目（后装机部分） | | | |
| 建设单位 | | 重庆大学附属涪陵医院 | | | |
| 法人代表 | 范德庆 | 联系人 | 方源 | 联系电话 | 156***** |
| 注册地址 | | 重庆市涪陵区高笋塘路 2 号 | | | |
| 项目建设地点 | | 重庆市涪陵区高笋塘路 2 号 重庆大学附属涪陵医院医技楼一楼放疗中心后装机预留房间 | | | |
| 立项审批部门 | | 涪陵区发展和改革委员会 | 批准文号 | 2510-500102-04-01-572542 | |
| 建设项目总投资（万元） | 400 | 项目环保投资（万元） | 23 | 投资比例（环保投资/总投资） | 5.75% |
| 项目性质 | | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 | | 占地面积（m ² ） | 115 |
| 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（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 | 无 | | | |
| | 1.1 建设单位概况 <p>重庆大学附属涪陵医院（以下简称医院）位于重庆市涪陵区高笋塘路 2 号，始建于 1914 年，前身是加拿大多伦多城基督教在涪陵“英美会”创办的仁济医院。新中国成立后先后为四川省涪陵专区人民医院、四川省涪陵地区人民医院、四川省涪陵市人民医院、重庆市涪陵中心医院。2002 年获批国家三级甲等医院，2021 年 6 月 18 日医院划转重庆大学，2022 年 3 月 6 日，经市委编委批复，正式更名为重庆大学附属涪陵医院，是重庆大学、西南医科大学等高校硕士联合培养单位，是国家住院医师规范化培训基地、国家药物临床试验机构、国家高级卒中中心、国家标准版胸痛中心、国家标准版心衰中心、国家创伤救治中心建设单位、国家标准化心肺康复专科护士/康复师培训基地。</p> <p>医院由现在的院本部、高新区院区和口腔分院组成，总占地 275 亩、建筑面积 45 万平方米（含规划在建的 30 万平方米）。其中，现院本部位于涪陵区高笋塘路 2 号，占地 76 亩，建筑面积 14 万平方米，主要建筑包括外科大楼、内科大楼、医技楼和门急诊大楼等。口腔分院位于涪陵区荔枝街道，占地 2 亩，建筑面积 0.5 万平方米。高新</p> | | | | |

续表 1 项目基本情况

区院区位于涪陵新城区玉屏居委，占地 196 亩，设置床位 1500 张、停车位 3300 个，概算总投资 23.13 亿元，作为市、区两级重点建设项目共分为四期建设，目前一期已建成并投入运行。本项目位于院本部医技楼一楼放疗中心。

1.2 项目由来

医院于 2006 年委托编制了《重庆市涪陵中心医院放疗中心建设项目环境影响报告书》，于 2006 年 9 月 20 日取得原重庆市环境保护局出具的《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝环（辐）准〔2006〕40 号）。该项目建设内容为在院本部已拆总务科大楼处修建放疗中心，放疗中心为一栋六楼高混凝土框架结构大楼，占地面积 930m²，一楼为放疗科，布置直线加速器室、⁶⁰Co 后装机房、模拟定位机房、配电室、医生办公室等，直线加速器能量 18MeV（X 射线能量为 10MV），⁶⁰Co 后装机放射源强度 12Ci，模拟定位机型号未定；二楼为核医学科，布置贮源室、注射室，淋洗室、后诊室、ECT 扫描室、控制室、病房等，主要应用的放射性核素有 ¹⁵³Sm、⁹⁰Sr（⁹⁰Y）、¹³¹I、³²P、²⁰¹Tl、⁸⁹Sr、^{99m}Tc、⁹⁰Y、⁶⁸Ga、¹⁰³Pd、¹²⁵I（粒子源）等，属乙级非密封源工作场所；三至六楼为医生办公室。

根据调查，该项目六楼高混凝土框架结构大楼（现名为医技楼）已完成建设，于 2011 年完成验收并投入使用，其一楼为放疗中心，已建 1 间模拟定位机房并已安装 1 台模拟定位机，已建 1 间直线加速器机房并安装 1 台直线加速器（能量为 18MeV，X 射线能量为 10MV），1 间后装治疗室；二楼为核医学科，布置贮源室、注射室、活性室、¹³¹I 药物贮存、ECT、ECT 控制室、甲癌病房等，主要应用的放射性核素有 ^{99m}Tc、¹²⁵I、¹³¹I、⁸⁹Sr、⁹⁰Sr、¹⁵³Sm、³²P、⁹⁰Sr（⁹⁰Y）、¹⁰³Pd 等，属乙级非密封源工作场所；三楼为核医学科门诊用房，四楼至六楼为病理科技术组、诊断组等科室用房。

上述项目中的后装治疗室构筑物已随主体工程一起建成，其屏蔽辐射防护措施与环评批复不一致，且至今未安装设备开展后装治疗工作。由于原环境影响评价文件和批复距今已 19 年，《放射治疗放射防护要求》《放射治疗辐射安全与防护要求》等相关标准已更新，项目周边环境保护目标已发生变化；后装治疗室屏蔽辐射防护措施改变导致不利影响加重，主要体现在以下两个方面：其一治疗室内平面布局发生变化，迷路内墙厚度变薄且位置由西北侧变为东南侧，其二电缆穿越方式由斜穿变成直穿，物理测试管位置由东北侧墙体偏南侧角落变成东北侧墙体偏北侧角落；后装治疗设备发生改变，其

续表 1 项目基本情况

后装治疗用放射源由 ^{60}Co 变更为 ^{192}Ir , 项目运行中废源产生量由每 6 年产生 1 枚废源变更为每年产生 2 枚废源。

根据《放射源分类办法》，后装机拟使用的 ^{192}Ir 放射源为 III 类放射源。根据《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》《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）以及《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313 号），原项目中后装机部分应重新进行环境影响评价，编制环境影响报告表。

因此，重庆大学附属涪陵医院委托重庆联尔医学研究院有限公司开展该项目的环境影响评价工作。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础上，并按照《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）的要求编制完成了《重庆大学附属涪陵医院放疗中心建设项目（后装机部分）环境影响报告表》。

1.3 评价思路

①本环评简要对施工期设备安装、调试进行评价。重点对营运期辐射环境影响进行评价，明确放射源运输、倒装源工作的职责划分，对放射性固废进行评价。

②本项目放射工作人员劳动定员、门诊接待量等已纳入报告书营运期产排污核算中，医院环保设施设计规模也已考虑本项目产生的废水、废气、固废处理需求，本次评价就项目依托医院环保设施可行性进行分析，对非放射性三废进行简要评价。

③项目拟建设用房为放疗中心后装机预留机房，未开展过核技术利用项目，目前为闲置房间，无原有污染情况和环保遗留问题。项目为放射治疗的一种新的方式，项目建成后纳入放疗中心一并管理，依托放疗中心的管理体系、放射工作人员和大孔径 CT 模拟定位机进行定位。后文辐射影响考虑其叠加影响，并将大孔径 CT 模拟定位机辐射工作人员纳入本项目辐射工作人员，对其年有效剂量进行评价。

④与本项目一同施工改造的还有制模室的搬迁，将现有制模室搬迁至项目东北侧楼梯间旁闲置房间，其不在本次评价范围内。本项目环保目标按照改造后的布局来列举。

1.4 本项目建设概况

（1）项目名称：重庆大学附属涪陵医院放疗中心建设项目（后装机部分）

（2）建设地点：重庆市涪陵区高笋塘路 2 号重庆大学附属涪陵医院医技楼一楼放

续表 1 项目基本情况

疗中心后装治疗室

(3) 建设性质：新建

(4) 建设单位：重庆大学附属涪陵医院

(5) 项目投资：总投资 400 万元（工程投资约 50 万元），环保投资约 23 元。

(6) 施工期：约 3 个月

(7) 建设内容：重庆大学附属涪陵医院拟在医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室实施“重庆大学附属涪陵医院放疗中心建设项目（后装机部分）”，主要建设内容为拟在医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室配置 1 台后装机，含 1 枚 ^{192}Ir 放射源，活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ （III类放射源），将其临近房间改造成控制室、准备间等辅助用房，开展近距离放射治疗。项目建设内容详见下表。

表 1-1 项目组成一览表

| 项目组成 | 具体内容 | | 依托关系 |
|------|------|---|------------|
| 主体工程 | 治疗室 | 位于医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室，有效内空尺寸：6.2m×3.4m（不含迷道），内空高为 3.5m。 | 依托主体结构进行装修 |
| | 设备 | 后装机：1 台，设备型号：待定，内含 1 枚 ^{192}Ir 放射源，额定活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于 III 类放射源。 | 新购 |
| 辅助工程 | 辅助用房 | 将东北侧制模室改建成控制室，东侧约 10m 处闲置房间改建成准备间等辅助用房。 | 依托主体结构改造用房 |
| | 辅助设备 | 放疗中心的大孔径 CT 模拟定位机进行定位。 | 依托 |
| 公用工程 | 给水 | 依托院内供水管网。 | 依托 |
| | 排水 | 雨污分流，医疗废水和生活污水排入医院西北侧污水处理站处理后接入市政污水管网，进入涪陵污水处理厂处理后排入长江。 | 依托 |
| | 供电 | 由市政电网供电，依托院内供配电系统。 | 依托 |
| | 通风 | 后装治疗室内送风管道和排风管道均为新建，并在治疗室内设置送风口和出风口各 1 个，风量均为 $450\text{m}^3/\text{h}$ ，治疗室通风换气次数为 4.2 次/h（含迷路）。排风口位于机房北墙处，离地高度约 0.1m，送风口位于机房南边吊顶上。 | 新建 |
| | | 后装治疗室送风、排风管线穿墙孔洞已预留。 后装治疗室拟与放疗中心共用 1 套通风系统，治疗室外送风管道和进风口依托现有的，外进风口位于医技楼一楼出入口上方外墙上，外排风口位于三楼东侧外墙上。 | 依托 |

续表 1 项目基本情况

| | | | |
|------|------|---|----|
| 储运工程 | 储存 | ^{192}Ir 放射源日常在后装机内储存和使用；正常情况下不暂存废源 ^{192}Ir ，特殊情况下暂存在保险柜内。 | 新建 |
| | 运输 | 放射源由供货方运至医技楼东北侧院内道路，通过应急通道、楼梯间、过道进入后装机房。废放射源由供货方原路运回处置。 | / |
| 环保工程 | 废水 | 依托医院污水处理站（设计处理能力 $850\text{m}^3/\text{d}$ ）处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）中的预处理标准后由市政污水管网排入涪陵污水处理厂集中处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）一级 A 标准后，最终排入长江。 | 依托 |
| | 废气 | 后装治疗室内排风管道为新建，并在治疗室内设置 1 个排风口，单独设置 1 台消音型管道斜流排风机，排风量为 $450\text{m}^3/\text{h}$ 。排风口位于机房北墙处，离地高度约 0.1m 。 | 新建 |
| | | 防护门上方已预留排风管孔洞。 后装治疗室拟与放疗中心共用 1 套排风系统，治疗室外排风管道和排风口依托现有的。外排风口位于三楼东侧外墙上，高度离地不低于 3m 。 | 依托 |
| | 固废 | 生活垃圾收集点位于医技楼东侧，生活垃圾收集后交环卫部门处理；医疗废物贮存点位于医技楼东侧，医疗废物交有医疗废物处置资质的单位处置；含铅防护用品报废后，由医院按有关规定收集、暂存，交危险废物处置资质单位，做好相应记录；废旧放射源由生产厂家回收处理。 | 依托 |
| | 辐射防护 | 放疗中心后装治疗室已建设足够厚度的屏蔽墙体。 | 依托 |
| | | 拟设足够厚度的防护门，拟设置门-机/源联锁、急停按钮、监测报警装置、视频监控、对讲交流系统、警告标志和工作状态指示灯等辐射安全防护设施和措施。 | 新建 |

（8）治疗室建设情况

根据建设单位提供资料和现场踏勘，本项目涉及的后装治疗室的主体结构已经建成，电缆管线、通风口等已预埋。根据医院提供的资料，项目辐射防护方案见表 1-2。

表 1-2 辐射防护方案

| 名称 | 房间尺寸 | 防护方案 | | 备注 |
|-------|--|---------|-----------------------------------|----------------|
| 后装治疗室 | 长 × 宽 × 高： $6.2\text{m} \times 3.4\text{m} \times 3.5\text{m}$ （不含迷道），有效使用面积 21.08m^2 （不含迷道） | 东北墙 | 1000mm 混凝土 | 已建成 |
| | | 东南墙 | 迷路内墙：800mm 混凝土 迷路外墙：1000mm 混凝土 | |
| | | 西南墙 | 1000mm 混凝土 | |
| | | 西北墙 | 1200mm 混凝土 | |
| | | 顶棚 | 1000mm 混凝土 | |
| | | 地板 | 1000mm 混凝土 | |
| | | 防护门上方墙体 | 500mm 混凝土 | |
| | | 防护门 | 5mmPb | 拟拆除现有铅防护门，重新安装 |
| | | 穿墙风管补偿 | 风管穿墙孔洞位于防护门上方，直 | 已预留 |

续表 1 项目基本情况

| | | | | |
|--|--|-------|---|-----|
| | | | 径为300mm | |
| | | | 迷道内外包裹3mmPb铅皮，长度约60cm | 新建 |
| | | 电缆沟 | 以电缆地沟形式从迷道防护门下方“U”型穿越至过道，电缆沟表面采钢板覆盖。 | 新建 |
| | | 物理测试管 | 孔洞位于东北墙，水平为45°斜穿，垂直为40°斜穿，直径为50mm，治疗室内离地高度约0.1m，控制室离地高度约0.9m。 | 已预留 |
| | | 铅罐 | 40mmPb | 新增 |
| | | 孔洞封堵 | 洞位于东北墙，尺寸为0.4m×0.27m，离地高度约0.62m，拟采用混凝土对该洞进行封堵，厚度为1000mm，接触面采用“凿毛”处理，施工时保证施工质量，不影响机房的屏蔽能力。 | / |

备注：混凝土密度为2.35g/cm³；铅密度为11.30g/cm³。

1.5 配套设施、设备

放疗中心的配套设施设备见表1-3。

表 1-3 设备配置一览表

| 序号 | 名称 | 数量 | 位置 | 用途 | 备注 |
|----|-----------|----|----------------|---------------|-----------------------------------|
| 1 | 后装机 | 1台 | 后装治疗室内 | 放射治疗 | 新增，内装Ⅲ类放射源（ ¹⁹² Ir放射源） |
| 2 | 监控对讲系统 | 1套 | 后装治疗室 | 监控治疗室内情况、双向沟通 | 新增 |
| 3 | 空调 | 1台 | 后装治疗室内 | 治疗室内温控 | 新增 |
| 4 | 供电系统 | 1套 | 后装机的控制室 | 保证设备供电稳压 | 新增 |
| 5 | 固定剂量报警仪 | 1台 | 后装治疗室内 | 监控治疗室内剂量 | 新增 |
| 6 | 个人剂量报警仪 | 2台 | 进入后装治疗室内放射工作人员 | 剂量报警 | 依托 |
| 7 | X-γ辐射巡测仪 | 1台 | 放疗中心办公室 | 屏蔽体外剂量监测 | 依托 |
| 8 | 表面污染监测仪 | 1台 | 放疗中心办公室 | 后装机表面污染监测 | 新增 |
| 9 | 保险柜（含防盗门） | 1套 | 治疗室 | 应急状态储源 | 新增 |
| 10 | 应急储源铅罐 | 1个 | 治疗室 | 用于应急状态储源 | 新增 |
| 11 | 长柄镊子 | 1个 | 治疗室 | 后装机工作场所应急使用 | 新增 |

续表 1 项目基本情况

1.6 劳动定员和工作制度

项目配置 4 名辐射工作人员依托现有的放疗中心工作人员，主要包括医师、技师、物理师等，均为辐射工作人员，具体情况如下表。

表1-4项目劳动定员情况表

| 序号 | 姓名 | 性别 | 年龄 | 学历 | 工作岗位 | 辐射安全培训合格证号 | 最近四个季度个人剂量监测结果 | 备注 |
|----|-----|----|----|-------|---------|---------------|----------------|------|
| 1 | 刘如燕 | 女 | 42 | 硕士研究生 | 放射治疗医师 | FS25CQ0200068 | 0.52mSv | 后装治疗 |
| 2 | 韦伟 | 男 | 38 | 本科 | 医学影像医师 | FS23CQ0100900 | 0.75mSv | |
| 3 | 王俊 | 男 | 40 | 硕士研究生 | 放射治疗物理师 | FS25CQ0200145 | 0.51mSv | |
| 4 | 曹钰金 | 男 | 29 | 本科 | 放射治疗技师 | FS23CQ0200177 | 0.20mSv | |
| 5 | 秦秀容 | 女 | 53 | 本科 | 护士 | FS25CQ0200090 | 0.20mSv | |
| 6 | 张令霖 | 男 | 29 | 本科 | 放射技师 | FS25CQ0200148 | 0.45mSv | 模拟定位 |
| 7 | 冯俊 | 男 | 28 | 本科 | 放射技师 | FS23CQ0200076 | 0.36mSv | |

工作制度：工作人员年工作 250 天，8 小时工作制，一天一班制，实行轮休制。

1.7 工作负荷

根据提供的资料，后装机年最多接待 1500 人次（6 人次/d、30 人次/周），周有效治疗工作时间约 5h；年有效治疗工作时间约 250h。

项目依托现有大孔径 CT 模拟定位机定位，本项目运行后，周定位负荷约 60 人次/周，周有效出束时间约 1h，年定位人次约 3000 人次，年有效出束时间约 50h。

1.8 外环境概况

医院位于重庆市涪陵区高笋塘路 2 号，其北侧紧邻道路，约 14m 为港务局小区，东侧紧邻教会医院旧址和水电新村住宅小区，约 98m 为涪陵区建涪路 14 号小区，南侧临老建委小区，西侧紧邻高笋塘路和沿街商铺。

项目选址位于医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室，医技楼位于医院中间位置，所在位置地势东高西低，其四面均紧邻绿化及院内道路，其北侧为斜坡，西侧、西北侧与医技楼一楼齐平，东北侧、东侧、东南侧和南侧均与医技楼二楼齐平；北侧约 9m 为凉亭，约 20m 为宿舍楼；东北侧约 32m 为宿舍楼，约 40m 为食堂；东侧约 14m 为生活垃圾收集点和医疗废物贮存点；东南侧约 16m 为 6 号综合楼；南侧紧邻绿化及院内道路、衰变池、4 号综合楼高压氧治疗室；西南侧约 44m 为 5 号综合楼，约 23m 为 3 号综合

续表 1 项目基本情况

楼，西侧约 7m 为内科大楼。

医技楼与医院的平面位置关系见附图 2，医技楼与周围环境位置关系见表 1-5。

表 1-5 医技楼周围外环境关系一览表

| 序号 | 名称 | 方位 | 最近距离 | 环境特征 |
|----|---------------------------------------|---------|----------|-----------------|
| 1 | 院内道路、绿化 | 东、南、西、北 | 紧邻-50m | 院内公共区域 |
| 2 | 凉亭 | 北 | 约 9-11m | 院内建筑，1F |
| 3 | 宿舍楼 | 北 | 约 20-50m | 院内建筑，5F |
| 4 | 宿舍楼 | 东北 | 约 32-50m | 院内建筑，6F |
| 5 | 食堂 | 东北 | 约 40-50m | 院内建筑，2F |
| 6 | 生活垃圾收集点和医疗废物贮存点 | 东 | 约 14m | 院内建筑，2F |
| 7 | 6 号综合楼 | 东南 | 约 16m | 院内建筑，3F |
| 8 | 绿化及院内道路、核医学科衰变池（简称“衰变池”）、4 号综合楼高压氧治疗室 | 南 | 紧邻 | 院内公共区域及院内建筑（1F） |
| 9 | 5 号综合楼 | 西南 | 约 44-50m | 院内建筑，3F |
| 10 | 3 号综合楼 | 西南 | 约 23m | 院内建筑，1F-4F |
| 11 | 内科大楼 | 西 | 约 7-50m | 院内建筑，15F/-3F |

项目周围 50m 范围均位于医院用地范围内，项目周边保护目标主要为该医院从事本项目放射诊疗活动的辐射工作人员以及后装治疗室外活动的其他非辐射工作人员和公众成员。

1.9 选址可行性

项目位于医院医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室，楼上为核医学科，楼下无建筑，东北侧为控制室，东南侧为土层和设备间，西南为衰变池和配电房，西北侧为过道，均为人群驻留时间较短的场所，该区域与放疗中心其他机房一起独立形成一个集中区域，无地下层，远离其他非放疗中心如儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，对公众的辐射影响小。项目选址位于放疗中心，临近模拟定位机，便于患者进行模拟定位，同时便于治疗室的辐射防护与安全，能更好地保护病人及医院工作人员的安全。治疗室东北侧紧邻控制室，东侧距准备间约 10m，其辅助用房齐全，满足项目使用需求。

此外，根据现状监测结果，项目拟建址的环境 γ 辐射剂量水平在正常涨落范围内。工作场所选址满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的相关要求。

续表 1 项目基本情况

因此，从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行。

1.10 与项目有关的环境保护问题

1.10.1 医院环保手续情况

医院于 2006 年对医技楼进行了环境影响评价并委托编制了《重庆市涪陵中心医院放疗中心建设项目环境影响报告书》，于 2006 年 9 月 20 日取得原重庆市环境保护局关于《重庆市涪陵中心医院放疗中心建设项目环境影响报告书》的批复（渝环（辐）准（2006）40 号）。该工程已于 2011 年完成环保竣工验收，并取得辐射安全许可证（证书编号为渝环辐证[00313]）。

本项目选址位于医院医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室，项目用房的环保手续齐全，无环保遗留问题。

1.11.2 现有核技术利用情况及现有辐射环境问题

（1）医院现有核技术利用项目及辐射安全许可情况

医院已取得《辐射安全许可证》（渝环辐证[00313]），有效期至 2029 年 8 月 25 日；许可种类和范围为：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级和丙级非密封放射性物质工作场所。医院现开展的核技术利用项目情况表 1-6、表 1-7、表 1-8。

表 1-6 医院放射源使用情况一览表

| 序号 | 核素 | 类别 | 总活度（贝克）/活度（贝克）×枚数 | 备注 |
|----|-------|-----|------------------------------|---------|
| 1 | Ge-68 | V 类 | $4.625 \times 10^7 \times 2$ | 内科大楼负一楼 |
| 2 | Ge-68 | V 类 | $1.11 \times 10^8 \times 1$ | 内科大楼负一楼 |

表 1-7 医院非密封放射性物质使用情况一览表

| 序号 | 辐射活动场所名称 | 场所等级 | 核素 | 物理状态 | 日最大操作量（贝克） | 日等效最大操作量（贝克） | 年最大用量（贝克） |
|----|----------|------|-------------|------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 内科大楼负一楼 | 丙级 | F-18 | 液态 | 1.55×10^{10} | 1.55×10^7 | 2.78×10^{12} |
| 2 | 医技楼二楼 | 乙级 | Sm-153 | 液态 | 3.7×10^8 | 3.7×10^7 | 3.7×10^{10} |
| 3 | | | Sr-90（Y-90） | 固态 | 3.7×10^7 | 3.7×10^7 | 7.4×10^8 |
| 4 | | | I-131 | 液态 | 1.85×10^{10} | 1.85×10^9 | 1.92×10^{12} |
| 5 | | | P-32 | 液态 | 3.7×10^8 | 3.7×10^7 | 3.7×10^{10} |
| 6 | | | Tl-201 | 液态 | 7.4×10^9 | 7.4×10^7 | 7.4×10^9 |
| 7 | | | Sr-89 | 液态 | 3.7×10^8 | 3.7×10^7 | 3.7×10^{10} |
| 8 | | | Te-99m | 液态 | 3.7×10^{11} | 3.7×10^8 | 6.66×10^{12} |
| 9 | | | Y-90 | 液态 | 3.7×10^8 | 3.7×10^7 | 7.4×10^9 |
| 10 | | | Ga-68 | 液态 | 3.7×10^8 | 3.7×10^5 | 7.4×10^9 |
| 11 | | | Pd-103 | 固态 | 1.85×10^9 | 1.85×10^8 | 7.4×10^9 |

续表 1 项目基本情况

| 12 | | | I-125（粒子） | 固态 | 7.4×10^{10} | 7.4×10^7 | 4.44×10^{11} |
|-----------------|----------------------------|------------------------|-----------|-----|----------------------|--------------------|-----------------------|
| 表 1-8 医院射线装置一览表 | | | | | | | |
| 序号 | 装置名称 | 规格型号 | 类别 | 数量 | 工作场所 | 备注 | |
| 1 | 双能 X 射线骨密度仪 | DexaPro-1 | III类 | 1 台 | 高新区院区健康管理中心二楼 | 在用 | |
| 2 | 平板数字化 X 射线摄影系统（DR） | DigiEye680 | III类 | 1 台 | 高新区院区健康管理中心一楼 | 在用 | |
| 3 | 方舱 40 排 CT | uCT530+ | III类 | 1 台 | 高新区院区健康管理中心一楼 | 在用 | |
| 4 | DR | VX3739-SYS | III类 | 1 台 | 高新区院区门诊负一楼 | 在用 | |
| 5 | 口腔曲面体层 X 射线机（全景） | PaX-400C | III类 | 1 台 | 高新区院区门诊负一楼 | 在用 | |
| 6 | 64 排 CT 机 | SOMATOMgo.Top | III类 | 1 台 | 高新区院区门诊负一楼 | 在用 | |
| 7 | 医用血管造影 X 射线系统（DSA） | Azurion7M20 | II 类 | 1 台 | 高新区院区门诊四楼 | 在用 | |
| 8 | 数字化 X 线摄影系统（移动 DR） | DRXR-1 | III类 | 1 台 | 高新区院区无固定场所 | 在用 | |
| 9 | 口腔 CT | KAVO3DeXam | III类 | 1 台 | 口腔分院二楼 | 口腔 CT 室，在用 | |
| 10 | 数字化曲面断层全景 X 光机 | PaX-400C | III类 | 1 台 | 口腔分院二楼 | 口腔全景摄片室，拟搬迁至口腔分院一楼 | |
| 11 | 平板数字化 X 射线摄影系统（DR） | DRX-NOVA | III类 | 1 台 | 口腔分院一楼 | DR 摄片室，在用 | |
| 12 | 16 排螺旋 CT 机 X 线电子计算机断层扫描装置 | BrightspeedEliteSelect | III类 | 1 台 | 口腔分院一楼 | CT 室检查室，在用 | |
| 13 | DSA | Azurion7M20 | II 类 | 1 台 | 内科大楼二楼 | 在用 | |
| 14 | DSA | AlluraXperFD20 | II 类 | 1 台 | 内科大楼二楼 | 在用 | |
| 15 | PET/CT | BiographVision | III类 | 1 台 | 内科大楼负一楼楼 | 在用 | |
| 16 | DSA | Innova2100-IQ | II 类 | 1 台 | 内科大楼六楼 | 心内科介入室，在用 | |
| 17 | 双能 X 射线骨密度仪 | DPX-NT | III类 | 1 台 | 内科大楼十五楼 | 骨密度检测室，在用 | |
| 18 | 移动 X 射线机（移动 DR） | MobiEye750T | III类 | 1 台 | 内科大楼无固定场所 | 在用 | |
| 19 | 平板数字化 X 线摄影系统（DR） | 新飞天 6000 | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 | 在用 | |
| 20 | DR | AeroDRC80 | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 | 在用 | |

续表 1 项目基本情况

| | | | | | | |
|----|--------------------------------------|------------------------|------|-----|--------|--------------------------|
| 21 | 医用诊断 X 射线机（体外冲击波碎石机） | HK.ESWL-V | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 | 放射科碎石机机房，已停用 |
| 22 | 数字胃肠机 | DRF-2D | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 | 放射科胃肠检查室，在用，拟搬迁至放射科碎石机机房 |
| 23 | 数字化乳腺 X 射线机 | SenographeCrystallNova | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 | 放射科乳腺检查室，在用 |
| 24 | 128 排 256 层螺旋 CT 机 X 线电子计算机断层扫描装置 | BrillianceiCT | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 | 放射科 CT 检查一室，在用 |
| 25 | 64 排 128 层螺旋 CT 机 X 线电子计算机断层扫描装置（CT） | RevolutionMaxima | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 | 放射科 CT 检查三室，在用 |
| 26 | 64 排 128 层螺旋 CT 机 X 线电子计算机断层扫描装置（CT） | LightspeedVCT | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 | 放射科 CT 检查二室，在用 |
| 27 | 数字化 X 线摄影系统（移动 DR） | DRXR-1 | III类 | 1 台 | 外科大楼三楼 | 在用 |
| 28 | 移动式 C 形臂 X 射线机 | BrivoOEC715 | III类 | 1 台 | 外科大楼四楼 | 在用 |
| 29 | 移动式 C 形臂 X 射线机 | WHA-200 | III类 | 1 台 | 外科大楼四楼 | 在用 |
| 30 | 移动式 C 形臂 X 射线机 | ZiehmSOLOFD | III类 | 1 台 | 外科大楼四楼 | 在用 |
| 31 | 单光子发射断层及 X 射线计算机体层摄影成像系统（SPECT/CT） | OptimaNM/CT640 | III类 | 1 台 | 医技楼二楼 | ECT 机房，在用 |
| 32 | 医用电子加速器（LA） | VitalBeam | II 类 | 1 台 | 医技楼一楼 | 直线加速器机房，在用 |
| 33 | 16 排 X 射线计算机体层摄影机（大孔径 CT 模拟定位机） | SOMATOMConfidence | III类 | 1 台 | 医技楼一楼 | 模拟定位机房，在用 |

经调查，位于内科大楼一楼放射科碎石机机房型号为 HK.ESWL-V 的体外冲击波碎

续表 1 项目基本情况

石机已停用，并拟将内科大楼一楼放射科胃肠检查室型号为 DRF-2D 数字胃肠机搬迁至内科大楼一楼放射科碎石机机房，拟在内科大楼一楼放射科新增 1 台 CT，拟将口腔分院二楼全景摄片室中 PaX-400C 型数字化曲面断层全景 X 光机搬迁至口腔分院一楼，均另行填报建设项目环境影响登记表，不在本次评价范围内，医院拟在针对以上问题待上述设备完成安装后重新办理辐射安全许可证。

医院已委托有资质单位对现有各辐射场所的屏蔽能力进行了监测，屏蔽能力满足要求，医院上述设备的手续齐全，运行至今使用情况良好。经调查，医院现有放射工作人员 237 人，已为每名放射工作人员配置个人剂量计，建立个人剂量监测档案和职业健康体检档案，个人剂量检测结果满足要求，体检均正常。放射工作人员均参加辐射安全防护培训，并通过考核。近五年，医院未发生过辐射事故，至今重庆市涪陵区生态环境局也未收到辐射环保投诉，未产生辐射环保纠纷，无相关环保遗留问题。

1.11.3 本项目与医院的依托关系

本项目主要依托主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程、劳动定员、辐射环境管理机构及制度和监测仪器，依托可行性分析详见表 1-9。

表 1-9 项目依托可行性分析

| 依托工程 | 依托情况 | 可行性分析 | 结论 |
|------|----------|---|-----|
| 主体工程 | 治疗室建筑主体 | 项目用房已建成,用房设计为后装治疗室，主体工程已使用混凝土一次性浇筑，能够保证施工质量。治疗室的穿墙管线等已经预留，不需要单独开孔，不影响治疗室的屏蔽能力。 | 可依托 |
| 辅助工程 | 控制室、准备间 | 控制室原为预留，目前用作制模室，经装修改造后可满足项目控制室使用需求，依托可行。准备间依托主体结构改造用房，由闲置房间经装修改造后能满足项目使用需求。 | 可依托 |
| | CT 模拟定位机 | 项目后装治疗依托放疗中心的大孔径 CT 模拟定位机进行定位。大孔径 CT 模拟定位机环保手续齐全，机房屏蔽满足标准要求。根据调查，大孔径 CT 模拟定位机年最多接待 4500 人次，年工作时间为 150h（除后装外的模拟定位每次扫描以 2min 计），未满负荷运行。根据近一年度个人剂量监测报告，大孔径 CT 模拟定位机的操作人员受到的年剂量约为 0.45mSv/a。本项目后装机年接待约 1500 人次，依托大孔径 CT 模拟定位机 3000 人次/a，年工作时间为 50h（后装流程中模拟定位每次扫描以 1min 计）。因此，大孔径 CT 模拟定位机年工作次数较少，操作人员受照剂量很小，本项目依托放疗中心现有的大孔径 CT 模拟定位机及其操作人员可行。 | 可依托 |
| 公用工程 | 给水 | 医院由市政供水管网供给，项目位于医院内，依托医院给水管网供水可行。 | 可依托 |

续表 1 项目基本情况

| | | | |
|---|-------------|---|-----|
| | 排水 | 医院实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网。医院建设有医疗废水处理站 1 座，处理能力为 850m ³ /d。本项目劳动定员已纳入医院总劳动定员人员，工作人员在医院总定员数量内，患者基本为医院住院患者，工作人员和患者产生的生活污水已包含在医院污水总量内，项目实施后，不会有大的变化。因此，拟建项目依托医院现有排水管网、污水处理站处理可行。 | 可依托 |
| | 通风 | 放疗中心总进风量为 6370m ³ /h，放疗中心设计时已考虑本项目通风需求，剩余风量能满足本项目需求。 | 可依托 |
| | 供配电 | 由市政电网供电，依托院内供配电系统。 | 可依托 |
| 环保工程 | 固废 | 医院医技楼东侧设有医疗废物贮存点（面积约 30m ² ），医院医疗废物定期交有医疗废物处置资质处理。医疗废物贮存点已按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求做好分区、“六防”等措施。项目相较全院而言未新增医疗废物种类，全院医疗废物进行统一暂存、周转，可满足本项目暂存需求，因此依托可行。 生活垃圾交环卫部门处理。 | 可依托 |
| | 废水 | 主要为生活污水和医疗废水，无放射性废水。生活污水和医疗废水排入医院污水处理站（设计处理能力 850m ³ /d）处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）中的预处理标准后由市政污水管网排入涪陵污水处理厂集中处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）一级 A 标准后，最终排入长江。医院现有污水处理站设计处理能力为 850m ³ /d，工作人员在医院总定员数量内，患者基本为医院住院患者，工作人员和患者产生的生活污水和医疗废水已包含在医院污水总量内，项目改造实施后，现有污水处理站满足使用要求，依托可行。 | 可依托 |
| | 排风 | 放疗中心总排风量为 6370m ³ /h，放疗中心设计时已考虑本项目排风需求，剩余排风风量能满足本项目需求。 | 可依托 |
| 劳动定员 | 辐射工作人员 | 医院现有辐射工作人员 237 人，本项目辐射工作人员依托现有的放疗中心辐射工作人员 7 名，包含医师、技师、物理师等，均佩戴了个人剂量计，满足管理要求，建立了个人剂量档案；定期进行职业健康体检并建立了职业健康档案；现有辐射工作人员均按规定进行了辐射工作安全防护培训，并考核成绩合格，合格证或成绩单均在有效期内，因此本项目辐射工作人员依托医院现有放疗中心辐射工作人员，人员配置满足要求，依托可行。 | 可依托 |
| 辐射安全管理 | 管理机构 and 制度 | 医院使用 V 类放射源、II 类、III 类射线装置以及非密封放射性物质多年，成立了辐射环境管理机构，制定有相应管理制度。医院进一步完善操作规程、放射源安全管理规定等制度后本项目可依托。 | 可依托 |
| 监测仪器 | X-γ辐射巡测仪 | 放疗中心已配置 X-γ辐射巡测仪等仪器，本项目依托其监测设备定期对本项目治疗室外辐射环境进行监测是可行的。 | 可依托 |
| <p>根据上表分析可知，本项目依托医院主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程、劳动定员、辐射安全管理和监测仪器等是可行的。</p> | | | |

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 | 3.7×10 ¹¹ Bq×1 枚 | III类 | 使用 | 放射治疗 | 医技楼一楼放疗中心后装治疗室 | 后装机内 | 新增 |
| 以下空白 | | | | | | | | |

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 |
|-----------------|------|------|------|---------------|---------------|------------|----|------|------|---------|
| 本项目不涉及非密封放射性物质。 | | | | | | | | | | |

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 (MV) | 额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|------------|----|----|----|----|------|-----------|-----------------------|----|------|----|
| 本项目不涉及加速器。 | | | | | | | | | | |

（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(台) | 型号 | 最大管电压 (kV) | 最大管电流 (mA) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|---------|----|----|-------|----|------------|------------|----|------|----|
| 本项目不涉及。 | | | | | | | | | |

(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（mA） | 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 | |
| 本项目不涉及中子发生器。 | | | | | | | | | | | | | |

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 |
|-------------------------|----|-------------------|----|------|----------|-------|------------------------------------|---|
| 报废的 ^{192}Ir 源 | 固态 | ^{192}Ir | / | / | 每年 2 枚废源 | / | 正常情况下不在医院内暂存，非正常情况下暂存在后装治疗室内保险柜里面。 | 由放射源供应单位更换，废源由生产厂家回收。 |
| 臭氧、氮氧化物 | 气态 | / | / | / | / | / | 不暂存 | 由排气管网引至医技楼 3F 东侧排放。 |
| 生活污水、医疗废水 | 液态 | / | / | / | / | / | / | 医院污水处理站（设计处理能力 $850\text{m}^3/\text{d}$ ）处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）中的预处理标准后由市政污水管网排入涪陵污水处理厂处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）一级 A 标准后，最终排入长江。 |
| 医疗废物 | 固态 | / | / | / | / | / | 医疗废物贮存点 | 依托医院现有的医疗废物贮存点暂存，然后交由有资质单位处置。 |
| 生活垃圾 | 固态 | / | / | / | / | / | 生活垃圾收集点 | 依托医院的生活垃圾收运系统交市政环卫部门处理。 |
| 废弃铅防护用品 | 固态 | / | / | / | / | / | 医疗废物贮存点 | 由医院收集后妥善保管，按照危险废物交有资质单位处理，并做好相应记录。 |

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l ，固态为 mg/kg ，气态为 mg/m^3 ；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/m^3 ）和活度（ Bq ）。

表 6 评价依据

| | |
|----------|--|
| 法律 法规 | <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行；</p> <p>(5) 《中华人民共和国职业病防治法》，2018 年 12 月 29 日修订施行；</p> <p>(6) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令 第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《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 日施行；</p> <p>(11) 《放射源分类办法》，2005 年 12 月 23 日；</p> <p>(12) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令 第 380 号；</p> <p>(13) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，部令 第 36 号，2025 年 1 月施行；</p> <p>(14) 《放射性废物分类》，公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日施行修订版；</p> <p>(16) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令 第 338 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(17) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> |
|----------|--|

续表 6 评价依据

| | |
|------|---|
| 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) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) ;</p> <p>(4) 《放射性物品安全运输规程》 (GB11806-2019) ;</p> <p>(5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021) ;</p> <p>(6) 《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020) ;</p> <p>(7)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007);</p> <p>(8) 《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> <p>(9) 《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);</p> <p>(10) 《后装γ源近距离治疗质量控制检测规范》 (WS262-2017) ;</p> <p>(11) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019) ;</p> <p>(12) 《职业性外照射急性放射病诊断》 (GBZ104-2017) ;</p> <p>(13) 《放射工作人员健康要求及监护规范》 (GBZ98-2020) ;</p> <p>(14) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ61-2021) ;</p> <p>(15) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021) ;</p> <p>(16)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》(HJ1326-2023);</p> <p>(17) 《放射性废物管理规定》 (GB14500-2002) ;</p> <p>(18) 《危险废物贮存污染控制标准》 (GB18597-2023)</p> <p>(19) 《医疗废物集中处置技术规范 (试行) 》 (环发[2003]206 号) ;</p> <p>(20) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素 (一) 》 (GBZ2.1-2019) ;</p> <p>(21) 《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) ;</p> <p>(22) 《核技术利用建设项目重大变动清单 (试行) 》 (环办辐射函〔2025〕313 号) 。</p> |
|------|---|

续表 6 评价依据

| | |
|----|---|
| 其他 | <p>(1) 评价内容确认函，支撑性材料附件 1；</p> <p>(2) 立项文件，支撑性材料附件 2；</p> <p>(3) 《监测报告》（渝联辐环检字[2025]0008 号），支撑性材料附件 7；</p> <p>(4) 《辐射安全许可证》，支撑性材料附件 3；</p> <p>(5) 医院现有辐射环境管理制度，支撑性材料附件 9；</p> <p>(6) 与项目相关的辐射工作场所监测报告，支撑性材料附件 10；</p> <p>(7) 《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期）；</p> <p>(8) 医院提供的其他资料。</p> |
|----|---|

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）的相关规定，并结合项目辐射源传播与距离相关的特性，确定以后装治疗室边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 保护目标及辐射源分布情况

7.2.1 保护目标

拟建项目位于重庆市涪陵区高笋塘路 2 号医技楼一楼放疗中心后装治疗室，结合本项目的的评价范围，确定本项目的环境保护目标是从事该项目辐射工作人员及辐射工作场所周围 50m 范围内活动的非辐射工作人员和公众成员，50m 评价范围内环境保护目标的名称、规模及其与本项目的方位和距离详见表 7-1。

表 7-1 治疗室周围环境保护目标一览表

| 序号 | 敏感目标名称 | 方位 | 水平距离 (m) | 最低高差 (m) | 敏感目标特性 | 受影响人群 | 影响因素 |
|----|---------------|--------|----------|----------|---|-------------|------|
| 1 | 控制室、过道 | 东北侧 | 0~3 | 0 | 项目辅助用房，约 2 人 | 辐射工作人员、公众成员 | 电离辐射 |
| 2 | 直线加速器机房及其辅助用房 | 东北侧 | 3~14 | 0 | 直线加速器机房及其控制室、设备间等辅助用房，约 5 人 | 辐射工作人员、公众成员 | |
| 3 | 绿化及院内道路 | 东北侧、东侧 | 14~50 | +4 | 医院公共区域，约 10 人 | 公众成员 | |
| 4 | 医院宿舍楼 | 东北侧 | 46~50 | +8 | 院内建筑，1F-6F，约 100 人 | 公众成员 | |
| 5 | 生活垃圾和医疗废物贮存点 | 东侧 | 25~30 | +4 | 院内建筑，2F，生活垃圾和医疗废物贮存点，约 10 人 | 公众成员 | |
| 6 | 设备间 | 南侧、东南侧 | 0~4 | 0 | 医院设备间用房，约 2 人 | 公众成员 | |
| 7 | 放疗中心办公室用房 | 东南侧 | 4~18 | 0 | 放疗中心办公室用房，包括制模室、热疗办公室、热疗室、准备间、TPS 办公室等房间，约 15 人 | 辐射工作人员、公众成员 | |
| 8 | 绿化及院内道路、景观水池 | 南侧、东南侧 | 4~50 | +4 | 医院公共区域，约 10 人 | 公众成员 | |
| 9 | 6 号综合楼 | 东南侧 | 25~37 | +4 | 院内建筑，3F，约 20 人 | 公众成员 | |
| 10 | 配电房、衰变池 | 西南侧 | 0~14 | 0 | 医技楼 1 楼放疗中心配电房和核医学科衰变池，约 5 人 | 公众成员 | |

续表 7 保护目标与评价标准

| 续表 7-1 治疗室周围环境保护目标一览表 | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------|----------|----------|--|-------------|------|
| 序号 | 敏感目标名称 | 方位 | 水平距离 (m) | 最低高差 (m) | 敏感目标特性 | 受影响人群 | 影响因素 |
| 11 | 4 号综合楼高压氧治疗室、3 号综合楼 | 西南侧 | 14~50 | 0 | 院内建筑，分别为 1F 和 4F，约 50 人 | 公众成员 | |
| 12 | 过道 | 西侧、西南侧、西北侧 | 0~3 | 0 | 医技楼 1 楼过道，约 5 人 | 公众成员 | |
| 13 | 放疗中心诊室、登记处等用房 | 西侧、西南侧、西北侧 | 3~9 | 0 | 医技楼一楼放疗中心放疗门诊室、主任办公室、楼梯间、卫生间、登记处、电梯井等用房，约 20 人 | 公众成员 | |
| 14 | 绿化及院内道路 | 西侧、西南侧、西北侧、北侧 | 9~50 | 0 | 医院公共区域，约 10 人 | 公众成员 | |
| 15 | 内科大楼 | 西侧 | 22~50 | 0 | 院内建筑，15F/-3F，约 1000 人 | 公众成员 | |
| 16 | 模拟定位机房、控制室 | 西北侧、北侧 | 3~9 | 0 | 模拟定位机、控制室用房，约 3 人 | 辐射工作人员、公众成员 | |
| 17 | 凉亭、宿舍楼 | 西北侧、北侧 | 24~50 | +2 | 院内建筑，分别为 1F 和 5F，约 100 人 | 公众成员 | |
| 18 | 核医学科 | 楼上 | / | +3.5 | 医技楼二楼核医学科，约 20 人 | 公众成员 | |
| 19 | 办公室 | 楼上 | / | +7 | 医技楼三楼至六楼办公室，约 50 人 | 公众成员 | |

备注：+：表示环境保护目标高于治疗室地面；-：表示环境保护目标低于治疗室地面。

7.2.2 评价范围内辐射源分布情况

根据现场调查和医院提供的资料，项目评价范围内涉及的其他辐射源有医技楼一楼放疗中心的大孔径 CT 模拟定位机、医用电子加速器和二楼 SPECT/CT，内科大楼 2 楼的 DSA 和内科大楼一楼的数字化乳腺 X 射线机、数字胃肠机、DR，内科大楼 15 楼的骨密度仪以及内科大楼负一楼的 PET/CT，后装治疗室西南侧的衰变池，其射线装置详细情况见表 7-2。

表 7-2 项目 50m 范围内射线装置分布情况一览表

| 序号 | 装置名称 | 规格型号 | 类别 | 数量 | 工作场所 |
|----|----------------------------------|-------------------|------|-----|--------|
| 1 | 医用电子加速器 (LA) | VitalBeam | III类 | 1 台 | 医技楼一楼 |
| 2 | 16 排 X 射线计算机体层摄影机 (大孔径 CT 模拟定位机) | SOMATOMConfidence | II 类 | 1 台 | 医技楼一楼 |
| 3 | DSA | Azurion7M20 | II 类 | 1 台 | 内科大楼二楼 |

续表 7 保护目标与评价标准

| | | | | | |
|----|--------------------|-----------------------|------|-----|---------|
| 4 | DSA | AlluraXperFD20 | II 类 | 1 台 | 内科大楼二楼 |
| 5 | 双能 X 射线骨密度仪 | DPX-NT | III类 | 1 台 | 内科大楼十五楼 |
| 6 | 数字胃肠机 | DRF-2D | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 |
| 7 | 数字化乳腺 X 射线机 | SenographeCrystalNova | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 |
| 8 | 平板数字化 X 线摄影系统 (DR) | 新飞天 6000 | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 |
| 9 | DR | AeroDRC80 | III类 | 1 台 | 内科大楼一楼 |
| 10 | PET/CT | BiographVision | III类 | 1 台 | 内科大楼负一楼 |
| 11 | SPECT/CT | OptimaNM/CT640 | III类 | 1 台 | 医技楼二楼 |

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

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。

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 款 应对任何工作人员的**职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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，50 mSv；

第 B1.2 款公众照射

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超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

(2) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)

6 工作场所放射防护要求

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。

(3) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)

续表 7 保护目标与评价标准

| |
|---|
| <p>4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：</p> <p>a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。</p> <p>b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。</p> <p>6.1 屏蔽要求</p> <p>6.1.4 剂量控制应符合以下要求：</p> <p>a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平\dot{H}_c：</p> <p>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（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（\dot{H}_c）求得关注点的导出剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,d}$（$\mu\text{Sv/h}$）：</p> <p>机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$；机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$。</p> <p>2) 按照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$\dot{H}_{c,max}$（$\mu\text{Sv/h}$）：</p> <p>人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$；</p> <p>人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$。</p> <p>b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 250μSv 加以控制。</p> <p>8.4.1 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。</p> <p>(4) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）</p> <p>3 治疗机房辐射屏蔽的剂量参考控制水平</p> <p>3.1 治疗机房墙和入口门外的周围剂量当量率参考控制水平</p> <p>治疗机房墙和入口门外的周围剂量当量率应同时满足下列 3.1.1 和 3.1.2 的参考控制水平</p> <p>3.1.1 距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处和邻近治疗机房的居留因子较大</p> |
|---|

续表 7 保护目标与评价标准

($T > 1/4$) 的人员驻留区域。

$$\dot{H}_c \leq H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (7-1)$$

式中： H_c —周围考控剂量当量率参制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_c —周围剂量控制水平($\mu\text{Sv/周}$)，其值如下：

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工作人员： $\leq 5 \mu\text{Sv/周}$

U —治疗装置向关注位置的方向照射的使用因子；

T —人员在放射治疗机房外控制区和放射治疗机房外非控制区驻留的居留因子，参见附录 A；

t —治疗装置周最大累积照射的小时数，h/周。 t 是与治疗装置周工作负荷 W 相关的参数，应由放射治疗单位给定的放射治疗工作量导出，附录 B 是参考示例。

3.1.2 距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处：

$\dot{H}_{c,d} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ （人员全居留场所， $T > 1/2$ ）

$H_c \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ （人员部分和偶然居留场所， $T \leq 1/2$ ）

4 治疗机房一般屏蔽要求

4.5.5 迷路外墙的屏蔽透射因子应小于 10^{-2} 。

4.8.3 治疗机房辐射屏蔽涉及诸多物理量：治疗装置有用束给予患者受治部位的剂量为吸收剂量（Gy）、治疗装置的泄漏辐射和可能产生的杂散中子及其散射辐射剂量为周围剂量当量或空气比释动能（Sv 或 Gy）、人员在治疗机房外的受照剂量为有效剂量（Sv）、在治疗机房外的辐射场和剂量仪表的测量值为周围剂量当量（Sv）。为了治疗机房屏蔽剂量估算和评价的方便及统一，在辐射屏蔽及其设计范畴内，不进行诸物理量与本标准中的周围剂量当量之间的转换系数修正。

（5）《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）

4.1 剂量控制要求

4.1.1 治疗机房墙外和入口门门外关注点的周围剂量当量率（以下简称剂量率）应不大于下述 a）、b）和 c）所确定的剂量率参考控制水平 \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，可以依照附录 A，

续表 7 保护目标与评价标准

由以下周剂量参考水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$):

放射治疗机房外控制区的工作人员: $H \leq 100 \mu\text{Sv/周}$;

放射治疗机房外非控制区的人员: $H \leq 5 \mu\text{Sv/周}$;

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

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

2) 人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所: $H_{c,mx} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

c) 由上述 a) 中的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$, 选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)。

4.1.2 治疗机房顶的剂量控制要求

治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b) 两种情况控制:

a) 在治疗机房正上方有建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自放射源点到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 处和 (或) 在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 可以根据机房外周剂量参考控制水平 $H \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 和最高剂量率 $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$, 按照 4.1.1 求得关注点的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

b) 除 4.1.2 中 a) 的条件外, 应考虑下列情况:

2) 穿透治疗机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射, 以年剂量 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制:

3) 对无人员停留并只有借助工具才能进入的机房顶, 考虑上述 1) 和 2) 之后, 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 (可在相应处设置辐射告示牌)。

第 4.2.3 款治疗机房一般屏蔽要求

除需满足 GBZ/T201.1 的要求外, γ 射线源放射治疗机房屏蔽应参考下列内容:

a) 后装治疗按 4π 发射的点源考虑机房屏蔽, 应在治疗机房的地面标识出相应机房外可能受照剂量最高的使用位置, 作为计算屏蔽时的辐射源参考位置。

e) 后装治疗机房、 γ 远距离治疗机房和体部 γ 刀治疗机房应设置迷路。

(6) 《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)

续表 7 保护目标与评价标准

第 5.8 款距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以上的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 $0.2 \text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

第 5.9 款密封 γ 放射源容器外表面的非固定性放射性污染， β 不得超过 4Bq/cm^2 ， α 不得超过 0.4Bq/cm^2 。

(7) 《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）

第 3.1 款对新安装的 γ 源后装治疗设备应进行验收检测；对 ^{192}Ir 源、 ^{60}Co 源后装治疗设备每年应进行一次状态检测；对换源或维修后的后装治疗设备应进行稳定性检测；对 ^{192}Ir 源、 ^{60}Co 源后装治疗设备应定期进行稳定性检测（ γ 源后装治疗设备的检测项目与技术要求应符合表 1（本环评表 7-3 的要求））。

表 7-3 后装治疗设备质量控制检测项目与技术要求

| 检测项目 | 指标要求（验收检测） |
|-------------------------------|--|
| 贮源器表面（5cm、10cm）处泄漏辐射所致周围剂量当量率 | 5cm（ $50 \mu\text{Sv/h}$ ）；100cm（ $5 \mu\text{Sv/h}$ ） |

(8) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

二级标准：臭氧 1 小时平均限值为 $200 \mu\text{g/m}^3$ （ 0.2mg/m^3 ）；二氧化氮 1 小时平均限值为 $200 \mu\text{g/m}^3$ （ 0.2mg/m^3 ）。

(9) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）

工作场所空气中化学因素的职业接触限值为：

臭氧最高容许浓度（MAC）接触限值： 0.3mg/m^3 ；

氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的时间加权平均容许浓度（PC-TWA）接触限值： 5mg/m^3 。

(10) 评价标准及相关参数值

1) 年剂量管理目标

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B要求，放射工作人员连续5年的年平均有效剂量不超过 20mSv ，公众成员年平均剂量有效剂量不超过 1mSv 。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a ，公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a 。

根据建设单位提供的资料（见支撑性材料：评价内容确认函），医院取GB18871-2002中工作放射人员年有效剂量限值的四分之一即 5mSv/a 作为辐射工作人员的年有效剂量

续表 7 保护目标与评价标准

管理目标值；公众年有效剂量限值取0.1mSv/a作为公众成员的年有效剂量管理目标值，满足GB18871-2002要求。

2) 治疗室屏蔽体外控制水平核算

上述标准中《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）《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）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）均对后装治疗室屏蔽体外周围剂量当量率参考控制水平有规定，本评价按照其相关要求保守计算后装治疗室的屏蔽体外周围剂量当量率控制水平，核算如下：

①居留因子

根据 HJ1198-2021 附录 A，不同场所的居留因子选取如表 7-4 所示。

表 7-4 不同场所的居留因子

| 场所 | 居留因子 | | 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、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区域 |
| 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 |

治疗室外周围剂量率从严考虑，以不大于 2.5 μ Sv/h 进行控制。

综上所述，结合本项目实际情况，确定本项目评价要求见表 7-5 所示。

表 7-5 后装治疗室剂量率控制水平核算表

单位： μ Sv/h

| 屏蔽体外关注点 | | 辐射类型 | T | U | H_c (μ Sv/周) | $\dot{H}_{c,max}$ | $\dot{H}_{c,d}$ | 剂量率参考控制水平 H_c |
|---------|------------|------|------|---|------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 屏蔽体 | 紧邻环境情况 | | | | | | | |
| 东北墙 | 控制室 | 初级辐射 | 1 | 1 | 100 | 2.5 | 20 | 2.5 |
| 东南墙 | 设备间 | 初级辐射 | 1/20 | 1 | 5 | 10 | 20 | 2.5 |
| 西南墙 | 配电房、衰变池 | 初级辐射 | 1/20 | 1 | 5 | 10 | 20 | 2.5 |
| 西北墙 | 过道 | 初级辐射 | 1/5 | 1 | 5 | 10 | 5 | 2.5 |
| 顶棚 | ECT 及过道、病房 | 初级辐射 | 1 | 1 | 5 | 2.5 | 1 | 1 |
| 防护门 | 过道 | 散射辐射 | 1/8 | 1 | 5 | 10 | 8 | 2.5 |

续表 7 保护目标与评价标准

备注：地板下方为泥土层，东南墙部分为泥土层，不予考虑。

②评价标准汇总

本评价根据《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）等标准以及医院确定的年有效剂量管理目标，确定本项目的评价标准见表 7-6 所示。

表 7-6 项目剂量限值及污染物排放指标表

| 年剂量限值要求 | | | 执行依据 |
|-------------------|---|------------|---|
| 分类 | 年剂量限值 | 年有效剂量管理目标值 | GB18871-2002、 HJ1198-2021 及医院管理要求 |
| 辐射工作人员 | 20mSv/a | 5mSv/a | |
| 公众成员 | 1mSv/a | 0.1mSv/a | |
| 剂量控制值 | | | 执行依据 |
| 后装机 | 顶棚外 30cm 处周围剂量当量率不大于 1.0μSv/h，其余关注点处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。 | | 根据 GBZ/T201、 HJ1198-2021、 GBZ121-2020、 核算后综合取值 |
| 设备防护性能 | | | 执行依据 |
| 后装机 （工作贮源器） | 贮源器表面泄漏辐射所致周围剂量当量率 5cm 处不大于 50μSv/h，100cm 处不大于 5μSv/h。 | | WS262-2017 |
| 放射源储存 | | | 执行依据 |
| 密封放射源（应 急贮源铅罐） | 距离装有活度为 3.7×10 ¹⁰ Bq 以上的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 0.2mGy·h ⁻¹ 。 | | GBZ114-2006 |
| 通风要求 | | | 执行依据 |
| 后装机 | 治疗室机械通风换气次数应不小于 4 次/h | | GBZ121-2020 HJ1198-2021 |
| 放射性废物排放 | | | |
| 表面污染 | 后装机源容器外表面的β污染水平不得超过 4Bq/cm ² 。 | | GBZ114-2006 |
| 废旧放射源 | 废源由生产厂家回收 | | / |
| 医疗废物、医疗废水等 | | | 执行依据 |
| 非放射性废水 | 经医院污水处理站处理后方可排放。 | | GB18466-2005 |
| 非放射性医疗 废物 | 交具有相应资质的单位处置。 | | 医疗废物管理条例 |

表 8 环境质量和辐射现状

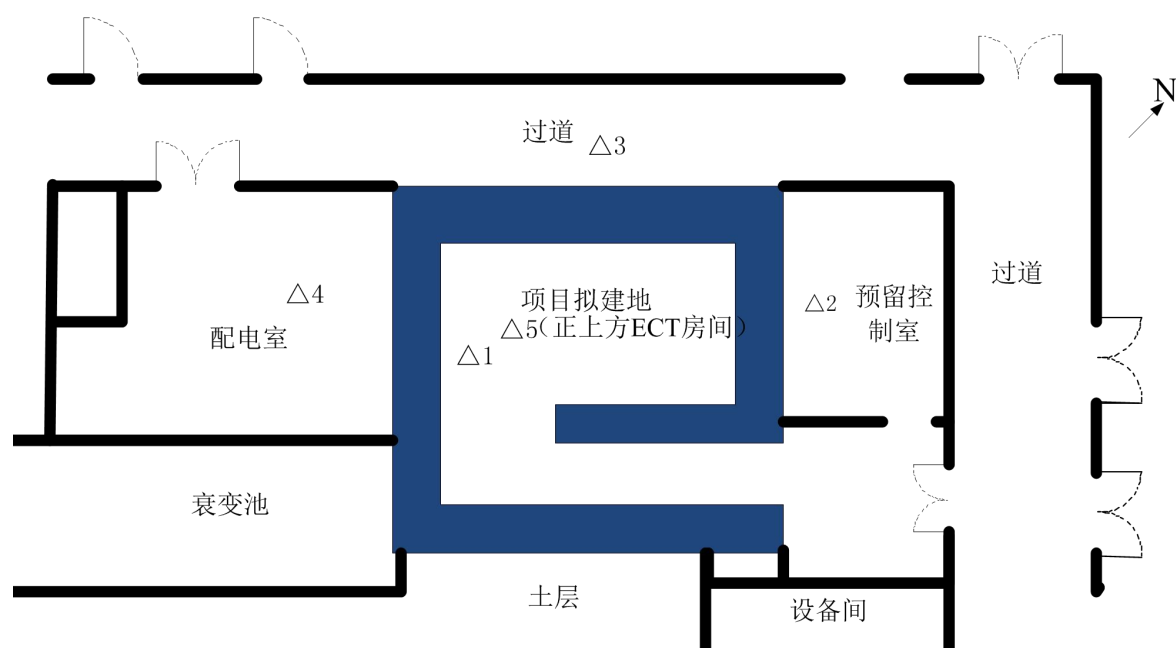
8.1 项目地理位置和场所位置

本项目位于重庆市涪陵区高笋塘路 2 号重庆大学附属涪陵医院医技楼 1 楼放疗中心预留后装治疗室，地理位置图见附图 1，项目工作场所见附图 4-1。

8.2 环境质量和辐射现状

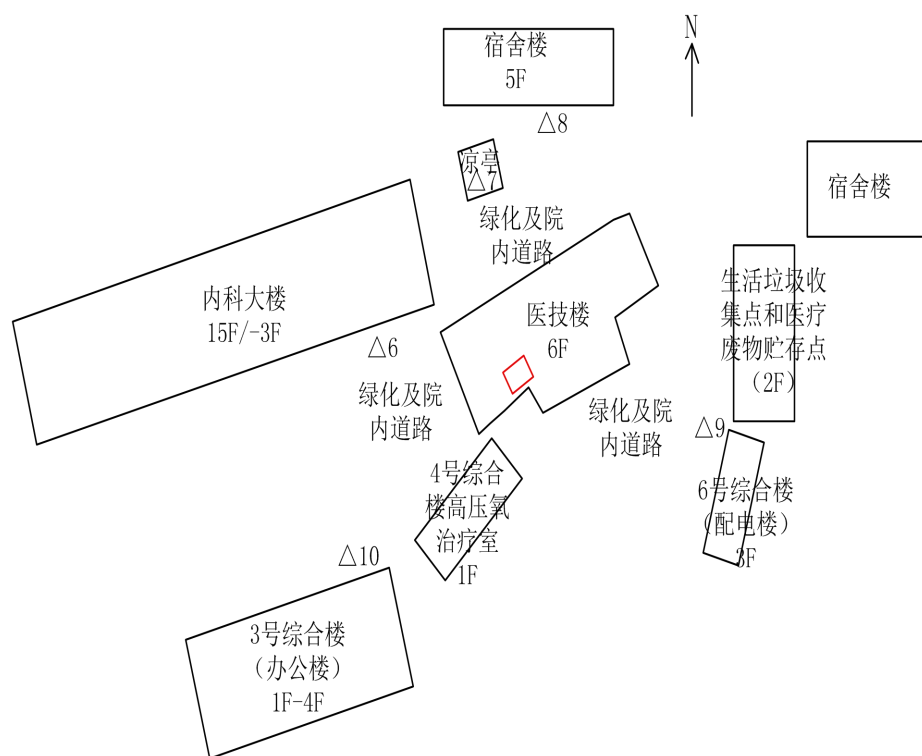
为掌握拟建项目所在地辐射环境质量现状，重庆联尔医学研究院有限公司于 2025 年 8 月 18 日对本项目所在地的辐射环境剂量率进行了监测，监测报告编号为：渝联辐环检字[2025]0008 号。

(1) 监测点位：本项目共布设 10 个监测点位，监测布点示意图见图 8-1、图 8-2。



备注：△为环境 γ 辐射剂量率监测点位。

图 8-1 本项目治疗室四周监测布点图



备注：△为环境 γ 辐射剂量率监测点位。

图 8-2 本项目室外监测布点图

监测点位合理性分析：根据现场情况和本项目工作场所分布情况，本次监测在项目拟建地设置 1 个监测点位，在拟建地东北侧、西南侧、西北侧以及正上方各布设 1 个监测点位，并考虑了项目四周环境保护目标，在内科大楼、凉亭、宿舍楼、6 号综合楼以及 3 号综合楼旁均设置 1 个点。监测点包含了项目周围环境保护目标的代表点，布置全面，监测结果能反映本项目所在地及周围环境保护目标的辐射环境背景水平。监测至今，项目周边外环境无变化，因此，项目监测布点具有一定代表性，监测布点合理。

(2) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率。

(3) 监测仪器

监测仪器情况见表 8-1。

表 8-1 监测仪器情况

| | |
|------|----------------------|
| 仪器名称 | 便携式 X- γ 剂量率仪 |
| 仪器型号 | BH3103B |
| 生产厂家 | 中核（北京）核仪器厂 |
| 仪器编号 | 2016008 |
| 能量范围 | 25KeV~3MeV |

表 8 环境质量和辐射现状

| 续表 8-1 监测仪器情况 | | | |
|---------------|---|--|--|
| 量程 | 1×10 ⁻⁸ Gy/h~10000×10 ⁻⁸ Gy/h | | |
| 检定单位 | 中国计量科学研究院 | | |
| 检定证书 | DLjl2025-09777 | | |
| 检定有效期至 | 2026 年 7 月 27 日 | | |
| 校准因子 | 1.08 | | |

（4）测定方式

本项目选取的测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

（5）监测工况

项目周围较近的核技术利用项目有：项目西北至北侧的 CT 模拟定位机，项目东北侧的放疗中心直线加速器，项目楼上的核医学科以及 SPET/CT。本项目背景监测期间，这些射线装置均未开机运行，楼上核医学科无甲癌病人服药。

（6）质量保证措施

①本项目监测单位为重庆联尔医学研究院有限公司，具有重庆市市场监督管理局颁发的检验检测机构资质认定证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，测量前、后均检查仪器工作状态为正常。

③监测仪器经中国计量科学研究院检定，检定结果为合格，检定有效期至 2026 年 7 月 27 日。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照重庆联尔医学研究院有限公司《质量手册》《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

（5）监测结果统计

监测结果统计见表 8-2。

| 表 8-2 本项目监测结果统计 | | | |
|-----------------|--------|-----------------|------|
| 监测点位 | 监测点位描述 | 环境γ辐射剂量率（nGy/h） | |
| | | 平均值 | 监测结果 |

表 8 环境质量和辐射现状

| | | | |
|-----|-----------------|----|-----|
| △1 | 项目拟建地 | 85 | 92 |
| △2 | 预留控制室 | 93 | 100 |
| △3 | 过道 | 95 | 102 |
| △4 | 配电室 | 83 | 89 |
| △5 | ECT 房间（项目治疗室楼上） | 99 | 106 |
| △6 | 内科大楼旁 | 80 | 87 |
| △7 | 凉亭 | 78 | 84 |
| △8 | 宿舍楼旁 | 79 | 86 |
| △9 | 6 号综合楼旁 | 72 | 78 |
| △10 | 3 号综合楼旁 | 70 | 76 |

注：监测结果=平均值×校准因子

根据监测统计结果可知，本项目拟建地及周边环境 γ 辐射剂量率的监测结果在 76nGy/h~106nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），根据《2024 年重庆市辐射环境质量报告书》中辐射环境质量状况数据，累积剂量法测得的重庆市 γ 空气吸收剂量率年均值范围为 79.2nGy/h~108nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），全市点位年均值为 96.1nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），因此本项目拟建址及周边环境的辐射水平在重庆市天然辐射本底水平正常涨落范围内，未见辐射异常。

8.3 医技楼现有辐射工作场所监测情况

根据医院提供的 2024 年度大孔径 CT 模拟定位机、直线加速器辐射工作场所监测报告以及 2025 年核医学科辐射工作场所监测报告，医技楼现有辐射工作场所满足相关标准要求。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

项目位于医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室，项目用房的土建工程、主体结构等已与医技楼主体一起建设。本项目的施工内容主要包括项目用房内的装修、设备安装以及辅助用房的改建等，污染因子主要有：噪声、扬尘、废水和固体废物等。

(1) 噪声：主要来自设备安装、辅助用房改建等施工噪声。

(2) 扬尘：扬尘主要来自房屋装修、设备安装、辅助用房改建等施工产生的粉尘。

(3) 废水：项目施工期废水主要为施工工人产生的生活污水。项目施工期每天最大约 3 人在施工现场作业，生活用水量约为 50L/人·d 计，污水产生系数按用水量的 0.9 计，则生活污水排放量为 0.135m³/d。

(4) 固体废物：项目施工期产生的固体废物主要为设备包装材料、施工人员生活垃圾。

①施工建筑垃圾：主要包括施工过程中产生的废弃包装等。

②生活垃圾：施工期产生的生活垃圾按每天 3 人计，每人每天产生生活垃圾 0.5kg，则每天产生 1.5kg。依托医院现有生活垃圾收集系统收集后交环卫部门统一收运处理。

9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 设备组成

项目拟配置 1 台后装机，使用 1 枚 ¹⁹²Ir 密封放射源，初始活度为 3.7×10¹¹Bq，属于 III 类放射源。后装机主要由后装主机、近距离治疗计划系统、安全系统组成。后装机见图 9-1。



图 9-1 后装机实物照片（示例）

表 9 项目工程分析与源项

①后装主机

后装主机主要包括可编程控制器及相关电气器件、放射源驱动电机、放射源贮存罐（又称工作容器，简称源罐，内存放射源）、施源器和适应患者治疗高度的升降机构。主机内设置分度头，分度头可以连接多个输源管或施源器，虽然机内只安装 1 枚放射源，但可通过分度头引导控制，放射源可依次通过相应管道到达不同治疗区，按照计划实施治疗。

¹⁹²Ir 密封放射源装于机头源罐（工作源容器）内，源罐由外而内分别为不锈钢外壳、铅防护、钨防护。¹⁹²Ir 密封放射源结构见图 9-2，典型 ¹⁹²Ir 密封放射源源罐结构示意图见图 9-3 所示。

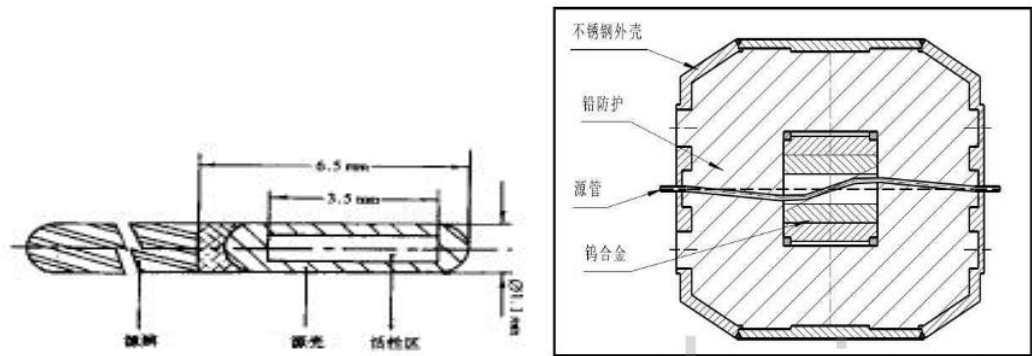


图 9-2¹⁹²Ir 源结构示意图图 9-3 典型 ¹⁹²Ir 源罐结构示意图

②计划系统主要由硬件（计算机、数字化仪、打印机、绘图仪、摄像机）和软件（操作系统、治疗计划系统软件）组成。

③安全系统主要有各种联锁系统、安全报警系统等。

9.2.2 工作方式、设备参数、工作原理、工作流程及产物环节

(1) 工作方式

后装治疗是指治疗时先将不带放射源的治疗容器(施源器)置于治疗部位，然后在安全防护条件下用遥控装置将放射源通过导管送到已安装在患者体腔内的施源器内进行放射治疗。由于放射源是后来装上去的，且为近距离治疗，故称之为“后装治疗”。后装治疗时放射工作人员隔室操作。

(2) 设备参数

根据医院提供资料，后装机主要技术指标见表 9-1。

表 9 项目工程分析与源项

| 表 9-1 后装机主要技术指标表 | | |
|------------------|--|--------------|
| 项目 | 技术指标 | 备注 |
| 放射源 | ^{192}Ir | 铱 192 |
| 最大装源活度 | $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ | 10Ci |
| 辐射类型及能量 | β 射线: 0.672MeV、0.535MeV、0.24MeV γ 射线: 0.612MeV、0.604MeV、0.588MeV、 0.468MeV、0.316MeV | / |
| 插植管道内直径 | $\Phi 1.4\text{mm}$ | / |
| 最大送源距离 | 1400mm | 适应放射治疗所需大的空间 |
| 源重复到位精度 | $\pm 1\text{mm}$ | / |
| 送源、退源最大时间 | $\leq 5\text{s}$ | / |
| 每个驻留点的驻留时间 | 0~1500s | 能使用低活度放射源 |
| 升降距离 | $> 230\text{mm}$ | / |
| 储源罐 | 泄漏量为距源罐表面 1 米处 $< 5\mu\text{Sv/h}$ | / |

(3) 工作原理

后装机使用一枚 ^{192}Ir 密封放射源, 属近距离放射治疗。它是将密封放射源置于病灶附近, 提高局部剂量, 利用 γ 射线的生物效应对肿瘤进行治疗。这种方式可用于治疗人体内各种腔道周围的肿瘤, 因所选取的核素的射线能量较低, 并以射线的距离衰减效应减少正常组织的损伤, 同时也减少了操作人员接受的辐射剂量。

后装治疗从传统的妇科领域扩展到能对人体各部位多肿瘤的治疗, 尤其是鼻咽、支气管、肺癌、食道癌、直肠、膀胱、前列腺、胰腺、胆管、脑部等。

(4) 工作流程及产污环节

①后装机治疗流程及产污环节

本项目后装机治疗主要工作流程见图 9-4 所示。

表 9 项目工程分析与源项

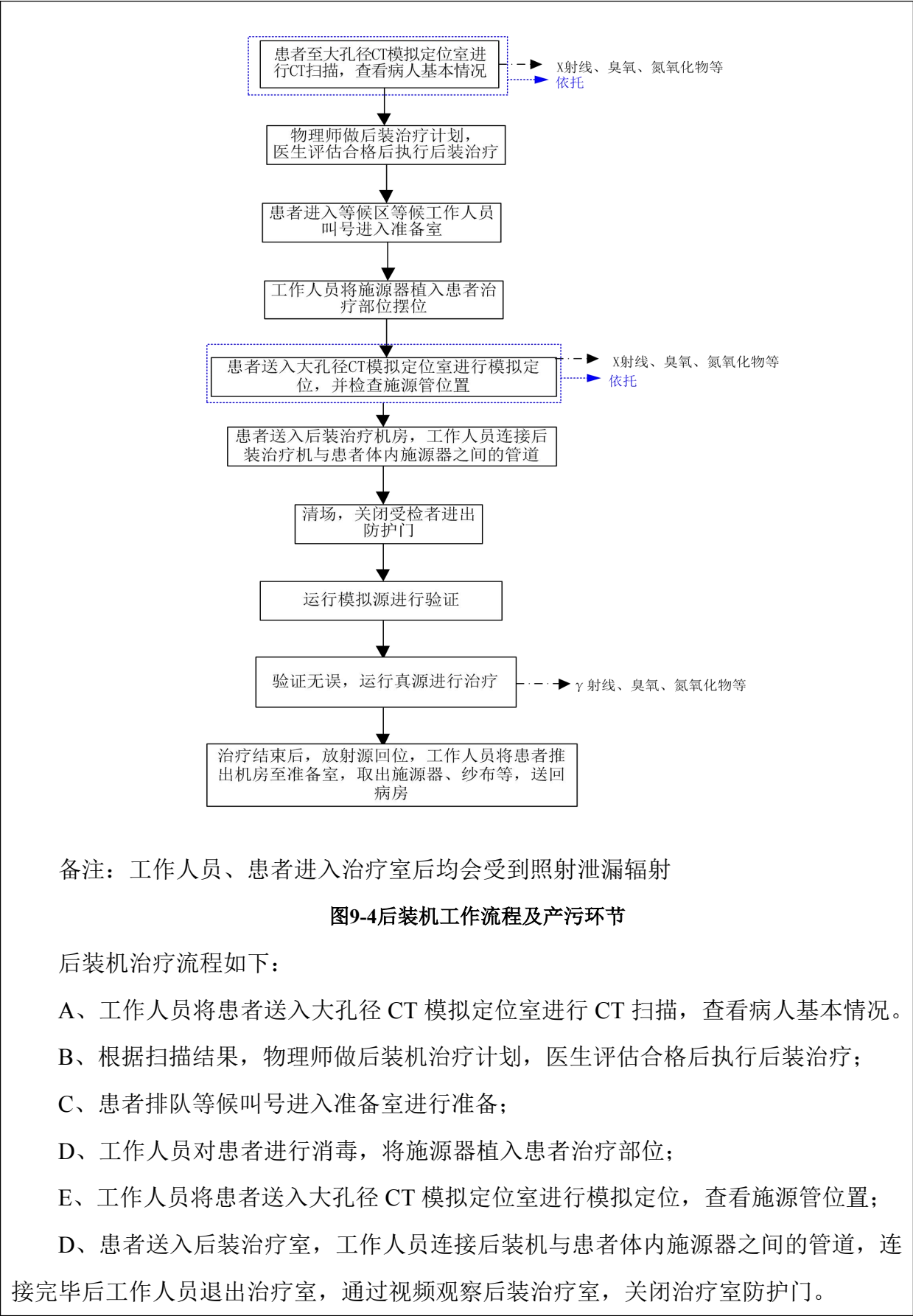


表 9 项目工程分析与源项

E、工作人员在控制室通过计算机遥控，先运行模拟源 3 次，经验证无误后，再运行“真源”进行治疗。

F、治疗结束后真源自动复位。工作人员进入治疗室将患者推出治疗室至准备室，取出施源器和纱布等，最后送回病房。

后装治疗过程中，将病人转移至后装治疗室内，调整后装机位置，接好后装机施源管，工作人员离开后装治疗室，并关闭防护门。该过程一般不超过 2min。

治疗过程首先是走假源 3 次，无故障后开始走真源进行放射治疗，治疗结束后真源自动复位。此过程一般不超过 30min，其中真源出源时间一般在 2~10min，最长不超过 10min。

工作人员打开防护门，进入治疗室，拆除施源管，将病人移出后装治疗室。该过程一般不超过 2min。

整个治疗过程全程可视觉监控，在整个治疗过程中病人也不需要移动，保证了治疗靶区与定位靶区的一致性。

②放射源运输、初装源、换装源

本项目后装机使用的 ^{192}Ir 密封放射源在有放射源销售资质的公司购买，后装机初装源、换装源及源的运输均由有资质单位负责，医院提供完成这些工作必备的工作场所、必要的安保协助和与之应急预案的联动，医院工作人员不参与运输、装源工作。

放射源运输：含源铅罐由有相应资质的专业公司按照向公安部门报备的路线将放射源运达医院后，装源车辆暂停于医技楼东北侧院内道路（与医技楼二楼齐平），安保人员事先疏散无关人员，封锁相关区域，设置警戒线。有资质专业单位的工作人员将含源铅罐卸下，经应急通道进入医技楼二楼，再由应急通道旁边楼梯间运至 1 层，通过过道进入后装治疗室内。含源铅罐在院内卸车/装车 and 单独运输时间（单次）约 10min。利用下班后或上班前人流较少时进行运输。

初装源、换装源：后装机初装源流程与换装源中的装源流程一致。后装机换装源流程如下：

取源流程：供货方的放射源换装人员持证上岗，进入治疗室前需穿戴防护衣佩戴辐射监测仪器，对设备进行初步检查，在治疗室内将专用换源施源导管一端连接到后装机机头出源口，另一端接入厂家换源器，打开设备保险，退出治疗室，关闭防护门后在控

表 9 项目工程分析与源项

制室操作台上将旧源输出，后装机按程序自动将废源送入厂家换源器的储源位，待治疗室内辐射剂量达到安全值后，换源人员开启防护门进入治疗室内，操作换源器上的钢丝锁紧装置，并在后装机机头上释放废源钢丝另一端（不带放射源端）的锁紧机构，再将不带源的钢丝一端从机头中取出放置换源器中，由厂家回收处理。

装源流程：将装有新源的厂家换源器移入治疗室，将换源器中不带源的钢丝一端通过装源导管插入后装机机头中，随后锁紧机头中的钢丝端头，开启装有新源的换源器锁紧装置，换装人员退出治疗室，关闭防护门后在控制操作台上执行装源程序，治疗室内后装机按程序自动将新源收入机头铅罐的储源位，待剂量恢复至安全水平以下换装人员开启防护门进入治疗室，再用辐射监测仪器确定新源到达指定位置，至此，新源换装完毕。

后装机初装源过程一般不超过 3h；换装源过程一般不超过 4.5h（卸源约 1.5h，新放射源安装约 2~3h）。放射源安装和换源过程，本项目放射工作人员均在控制室内，全程不进入治疗室，一般一年换源 2 次。放射源换装大致工艺流程见图 9-5。

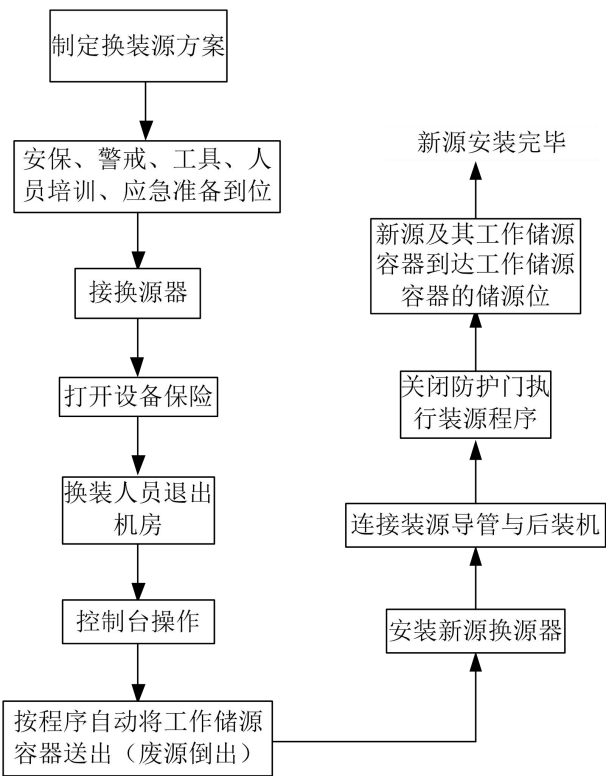


图 9-5 放射源换装工艺流程图

(4) 工作负荷

表 9 项目工程分析与源项

项目模拟定位依托放疗中心现有大孔径 CT 模拟定位机。根据医院提供资料，预计项目相关工作时间见表 9-2。

表 9-2 后装治疗相应工作时间统计表

| 工作 | 日最大工作 量（人次/d） | 周工作量 （人次/W） | 年工作量 （人次/a） | 单人次出束时 间（min/人次） | 周出束 时间（h） | 年出束时 间（h） |
|------------------|------------------|----------------|----------------|---------------------|--------------|--------------|
| 后装治疗 | 6 | 30 | 1500 | 10 | 5 | 250 |
| 施源管连接拆卸、进出 机房 | 6 | 30 | 1500 | 2+2+0.5 | 2.25 | 112.5 |
| 大孔径 CT 模拟定位 | 12 | 60 | 3000 | 1 | 1 | 50 |

9.2.3 路径规划

项目人员及物流相关路径走向及治疗流程示意图见图 9-6、9-7 所示。

CT 模拟定位技师：经医技楼西侧 1F 大门进入放疗中心，经过道直接到达 CT 模拟定位机房的操作间。工作结束后原路返回。

后装治疗室医护人员路径：由医技楼一楼大门进入放疗中心，再通过后装治疗室西北侧、东北侧过道进出控制室、准备室，摆位时从控制室、过道到达后装机房防护门，进入后装机房内指导病人摆位后沿原路返回控制室。

患者路径：由医技楼一楼大门进入放疗中心，再通过后装治疗室西北侧过道，进入大孔径 CT 模拟定位机房进行检查，检查完成后沿原路离开。治疗前再经过道进入准备室准备，由过道进入大孔径 CT 模拟定位机房进行定位，经过道、治疗室防护门进入后装治疗室接受治疗，完成治疗后返回到准备室取出施源器，再按原路离开。

新源运输路径：含源铅罐由有资质专业单位按照向公安部门报备的路线将放射源运达医院后，装源车辆到达医技楼东北侧院内道路（与医技楼二楼齐平），由专业公司的专业技术人员将含源铅罐卸下，从医技楼二楼应急通道进入，经应急通道旁边楼梯间到达一楼放疗中心，沿过道到达后装治疗室内。

废源运输路径：后装治疗的废源正常情况下由换源单位运走，废源外运时通过过道到达楼梯间，进入医技楼二楼，通过医技楼二楼的应急通道达到医技楼东北侧院内道路，通过专业车辆运输。特殊情况下暂存在保险柜的铅罐里。

放疗中心医护人员、病人路径和放射源运输路径见附图 11-1 和附图 11-2 所示。

表 9 项目工程分析与源项

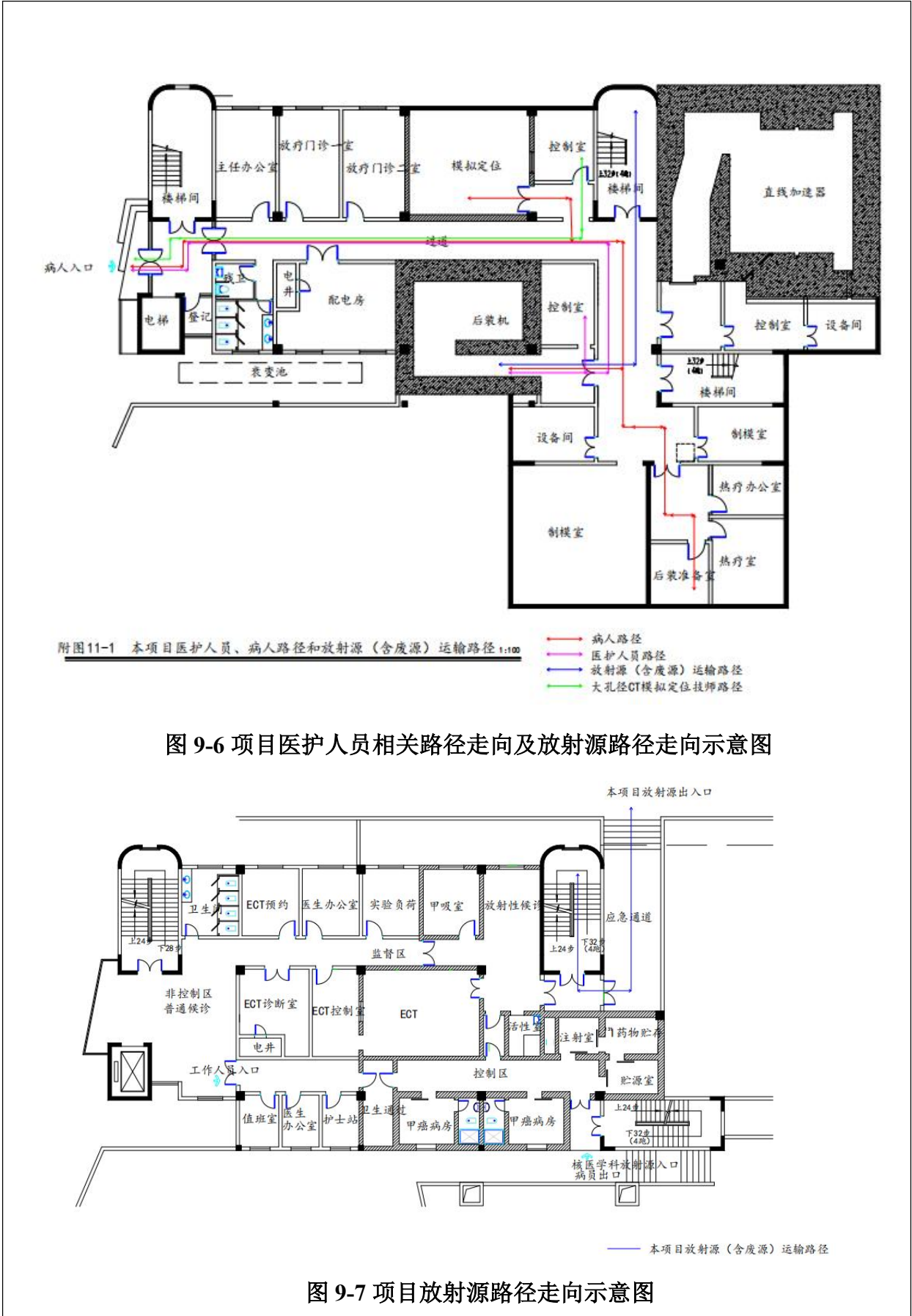


表 9 项目工程分析与源项

9.2.4 污染源项描述及产排污分析

放疗中心后装治疗室拟使用的放射性核素为 ^{192}Ir 。

^{192}Ir 是一种沉重的、脆的白色过渡金属，熔点 2443°C ，比热 0.13J/kg ，沸点 4428°C ，蒸发热 604kJ/mol ，导热系数 1.47W/cmK ，密度 22.4g/cm^3 (300K)，熔化热 26.1KJ/mol 。有金属光泽，在空气和水中稳定，对所有酸都呈惰性，但跟熔融的 NaOH 反应。

放射源主要辐射特性见下表所示。

表 9-3 放疗中心放射源辐射特性表

| 半衰期 | 衰变类型 分支比，% | 主要辐射能量（MeV）与绝对 强度（%）能量 | γ 射线能量 均值（MeV） | 物理 性状 | 空气比释动能率 常数 K_r $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ | 来源 |
|---------|--|--|--------------------------|----------|---|----|
| 73.827d | β^- (95.13) ϵ (4.87) | β^- (95.22%) : 0.672 (46%) , 0.536 (41%) , 0.3240 (8%) γ : 0.296 (34.6%) 0.308 (35.77%) , 0.316 (82.9%) , 0.467 (58.0%) | 0.37 | 固态 | 0.111 | 外购 |

备注：上述参数主要来自 GBZ/T201.3-2014 的表 C.1，主要辐射特性取自辐射防护手册。

(1) 电离辐射

① γ 射线和 β 射线

后装机所使用的放射源是 ^{192}Ir ，衰变时发射出 β 和 γ 射线， β 射线最大能量为 0.6751MeV ，但 β 射线穿透力弱，直接被源罐屏蔽，评价不予考虑； γ 射线最大能量为 0.6125MeV ，具有很强的贯穿能力，部分 γ 射线能穿透屏蔽材料对治疗室外环境构成辐射影响。根据《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）要求可知，后装机贮源器表面泄漏辐射所致周围剂量当量率 100cm 处 $<5\mu\text{Gy/h}$ 、 5cm 处 $<50\mu\text{Gy/h}$ 。

初装源、换装源：后装机的放射源由有资质单位运输，初装源和换装源均由有资质单位进行。在医院内部运输过程中放射源位于含源铅罐内，换装在后装治疗室进行。此过程主要污染因子是泄漏 γ 射线对环境产生影响。

②放射性固废

后装机内的密封源 ^{192}Ir 使用一定时间后，由于活度降低，不能达到源使用目的时，报废、退役成为放射性废物，产生量约2枚/年。医院与售源厂家签订合同，换源时由生产厂家回收处理，一般不在医院暂存，特殊情况未能立即运走时 ^{192}Ir 废源暂存于后装治疗室内的保险柜内的铅罐里。

表 9 项目工程分析与源项

(1) 非放射性“三废”

项目运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物，仅产生少量非放射性的“三废”。

①废气

根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期）中给出的点状 γ 射线密封源所致 O_3 产额的公式进行估算，其计算公式如下：

$$P = 3.02 \times A \times K_{\gamma} \times G \times V^{\frac{1}{3}} \quad (9-1)$$

式中：A：放射源活度，TBq；

V：治疗室体积， m^3 ；

K_{γ} ：放射源的空气比释动能率常数， $Gy \cdot m^2/min \cdot TBq$ ；

G：空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分子数，取值为 10。

考虑机房墙壁的散射线使治疗室内的 O_3 产额增加 10%，氮氧化物（主要为二氧化氮）产额考虑为 O_3 产额的一半，计算结果见表 9-4。

表 9-4 治疗室内 O_3 浓度计算结果表

| 放射源 | | A (TBq) | V (m^3) | K_{γ} ($Gy \cdot m^2/min \cdot TBq$) | G | P_{O_3} (mg/h) | $P_{氮氧化物}$ (mg/h) |
|-----|------------|---------|-------------|---|----|------------------|-------------------|
| 后装机 | ^{192}Ir | 0.37 | 73.8 | 0.00185 | 10 | 0.10 | 0.05 |

注：本次计算体积不含迷路。

②废水

项目医务人员及病人诊疗过程将产生少量的生活污水和医疗废水，排入医院西北侧污水处理站（设计处理能力 $850m^3/d$ ）处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）中的预处理标准后由市政污水管网排入涪陵污水处理厂集中处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）一级 A 标准后，最终排入长江。

③固废

项目产生生活垃圾收集至医院生活垃圾收集点，交环卫部门处理。

项目运行过程中产生的少量医疗废物分类收集，依托医技楼东侧的医疗废物贮存点暂存，再统一交由有医疗废物处置资质单位处理。

表 9 项目工程分析与源项

含铅防护用品报废后，由医院按有关规定收集、暂存，交有危险废物处置资质单位，做好相应记录。

续表9项目工程分析与源项

9.2.5 主要污染物产生及预计排放情况汇总

本项目主要污染物产生及预计排放情况汇总见表 9-5。

表 9-5 本项目主要污染物情况统计汇总表

| 时期 | 场所 | 污染物 | | 产排污/场所/设备 | 主要污染因子 | 产排污 |
|-----|--------|--------|----|-----------|-------------------------|--|
| 运行期 | 后装治疗室 | 电离辐射 | | 后装机 | γ射线 | 平均能量 0.37MeV，最大能量 0.467MeV；非治疗状态下，后装机γ射线的泄漏量在距源罐表面 1m 处<5μSv/h。 |
| | | | | | β射线 | 最大能量为 0.672MeV。 |
| | | 放射性固废 | | 后装机 | 退役 ¹⁹² Ir 废源 | 2 枚/年，由生产厂家回收处理 |
| | 项目运行场所 | 非放射性三废 | 废气 | 后装治疗室 | 臭氧、氮氧化物等 | 后装治疗室臭氧产额为 0.10mg/h、氮氧化物产额为 0.05mg/h。 |
| | | | 废水 | 项目运行场所 | 生活污水和医疗废水 | 少量（生活污水和医疗废水一起排入医院西北侧的污水处理站（设计处理能力 850m³/d）处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）中的预处理标准后由市政污水管网排入涪陵污水处理厂集中处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）一级 A 标准后，最终排入长江）。 |
| | | | 固废 | 项目运行场所 | 生活垃圾 | 少量，依托医院生活垃圾收集点收集后交环卫部门处置。 |
| | | | | | 医疗废物 | 非放射性医疗废物打包后运至医疗废物贮存点暂存，再统一交由有医疗废物处置资质单位处理。 |
| | | | | | 废弃铅防护用品 | 含铅防护用品报废后，由医院按有关规定收集、暂存，交有危险废物处置资质单位，做好相应记录。 |

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 项目布局合理性分析

(1) 布局情况

根据项目平面布置可知，后装治疗室位于医院医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室，楼下无建筑，治疗室东北侧为本项目控制室，东南侧为设备间和土层，西南侧为配电室和衰变池，西北侧为过道，治疗室内东南侧设置直迷路。后装准备室位于本项目东侧约 10m 左右处。

(2) 布局合理性分析

项目设置了后装治疗室，配套设置了控制室、准备间，项目配套用房设置齐全，能满足项目运行需要。后装治疗室设置迷道，减少防护门的防护压力，减少故障概率。后装治疗室选址位于放疗中心，设有单独的治疗室，与其他科室相对独立，不存在交叉，功能分区明确，远离人流密集区，便于开展辐射安全管理。后装治疗室设置了足够厚度的屏蔽墙体进行防护，保证屏蔽体外剂量率基本为本底值，减少对周围公众的影响。后装机临近模拟定位机，便于患者进行模拟定位，能减少人员路径，方便项目开展。

综上，项目平面布局满足《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）的要求，布局合理。

10.1.2 治疗室面积

项目后装治疗室的内空尺寸见表 10-1。

表10-1 本项目后装治疗室建设要求对比表

| 机房名称 | 机房有效尺寸和有效面积 | | 标准要求 |
|-------|---------------|-----------------------|------------------------------|
| | 内空尺寸（长×宽×高，m） | 内空面积（m ² ） | |
| 后装治疗室 | 3.4×6.2×3.5 | 21.08 | 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。 |

根据上表及同类后装治疗室的建设使用情况调查，本项目后装治疗室有足够的使用面积满足项目运行的需要，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“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”的要求。

10.1.3 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义，控制区：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。

续表 10 辐射安全与防护

监督区：未被定为控制区，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。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）：放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如直线加速器机房等。与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）：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。

根据上述要求，医院拟对项目进行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区，具体划分见表 10-1 及图 10-1。

表10-1本项目控制区、监督区划分

| 控制区范围 | 监督区范围 |
|------------|--|
| 后装治疗室（含迷路） | 控制室、设备间、配电房、过道、衰变池、楼上核医学科护士站、ECT 控制室及过道等相邻区域 |

注：后装治疗室相邻区域楼上核医学科甲癌病房、控制区过道以及ECT机房已作为控制区进行管理，不纳入本项目监督区。

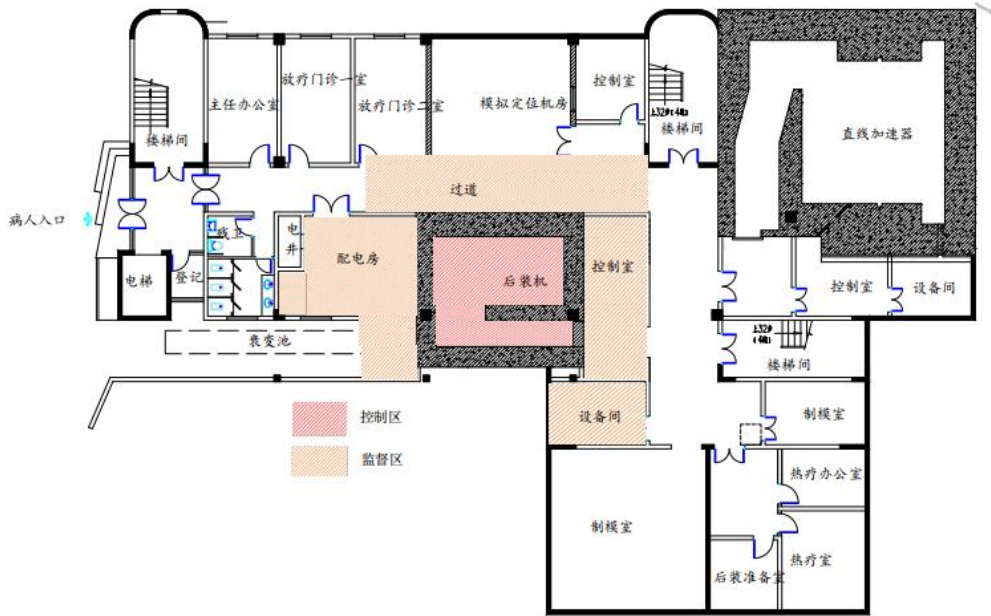


图 10-1 本项目分区图

医院拟严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有

续表 10 辐射安全与防护

无关人员滞留，保障该区的辐射安全。控制区设墙体、防护门等实体边界，在控制区入口拟设置规范的电离辐射警告标识及标明控制区的标识、门源联锁、门禁等设施，有效限制无关人员随意进入，并按要求定期检查辐射剂量水平，以便控制正常照射和防止（或限制）潜在照射。

拟在监督区入口处的适当位置设立标明监督区的标识（如地面警示贴条），并按要求定期检查辐射剂量水平，进行经常性监督和评价。

本项目工作场所按照相关要求进行了分区，控制区、监督区互不交叉，分区较为合理可行。项目后装机工作场所分区及分区管理措施满足《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）要求。

10.2辐射安全与防护

10.2.1 设备安全功能

本项目拟购买符合相关要求的设备，后装机自身采取多种固有安全防护措施：

①本项目拟配置的后装机采用环形槽轮加进、出源限位结构，保证放射源在可控制范围内，避免出现放射源脱离驱动轮的控制从机器跑出而收不回来，能最大限度地减少卡源事故。

②采用强有力的源驱动力，保证能适应多种后装治疗方案。源驱动力可高达 49 牛顿（5kg）。

③有含微处理器的智能化控制系统。可实时监视控制后装机运行及处理各种遇到的情况；后装机的运行实行全过程监控，全过程近二百监控检测点，没有安全漏洞；能实时与后装机控制主机通讯，将后装运行状况显示在后装控制主机显示屏上。若出现问题，立即显示错误信息并语音提示，提示处理信息。实现自我诊断，采用自动显示故障智能化控制系统。该系统具有智能装/卸源功能。

④具有多重安全联锁措施：具有阻丝报警自动回源、各种通道检测、在停电故障时自动或者手动收回放射源等，同时具有独立强回源、故障时自动收回放射源等保护系统。

⑤后装机内置储蓄电池（不间断电源 UPS），保证在停电状态下，治疗系统的继续使用时间不低于 15min，且能保存治疗信息。

⑥后装机的储源罐采用的材质为含有高性能的贵金属--钨镍合金，射线防护能力

续表 10 辐射安全与防护

好，能满足相关标准要求。

⑦后装机具有自动回源检测指示等故障检查和保护系统。

10.2.2 联锁系统

①后装机与防护门拟设置门-机/源联锁装置，防护门关闭后才能出源，出源时一旦防护门意外打开，将会紧急回源。后装机房设置门灯联锁，工作状态指示灯应与设备联锁。

②放射源出源与施源器联锁，即施源器未连接，不能出源。

③后装机设备上和控制室操作台上均拟设置“急停按钮”。机房内墙上另设置 5 个“急停按钮”，分别位于治疗室内东北侧墙体、西南侧墙体、西北侧墙体以及迷路两侧墙体上，便于治疗室内滞留人员在任意位置及时按下“急停按钮”。

10.2.3 屏蔽措施

(1) 机房屏蔽

根据医院提供的资料，后装治疗室的东北面墙体为 1000mm 混凝土，东南侧设置迷路，迷路内墙、外墙分别为 800mm 混凝土和 1000mm 混凝土，西南面墙体为 1000mm 混凝土，西北面墙体为 1200mm 混凝土，顶棚为 1000mm 混凝土，地板为 1000mm 混凝土，防护门为 5mmPb。根据后文核算，后装治疗室的屏蔽能力能满足相应周围剂量当量率限值要求。

②穿墙管线屏蔽补偿

续表 10 辐射安全与防护

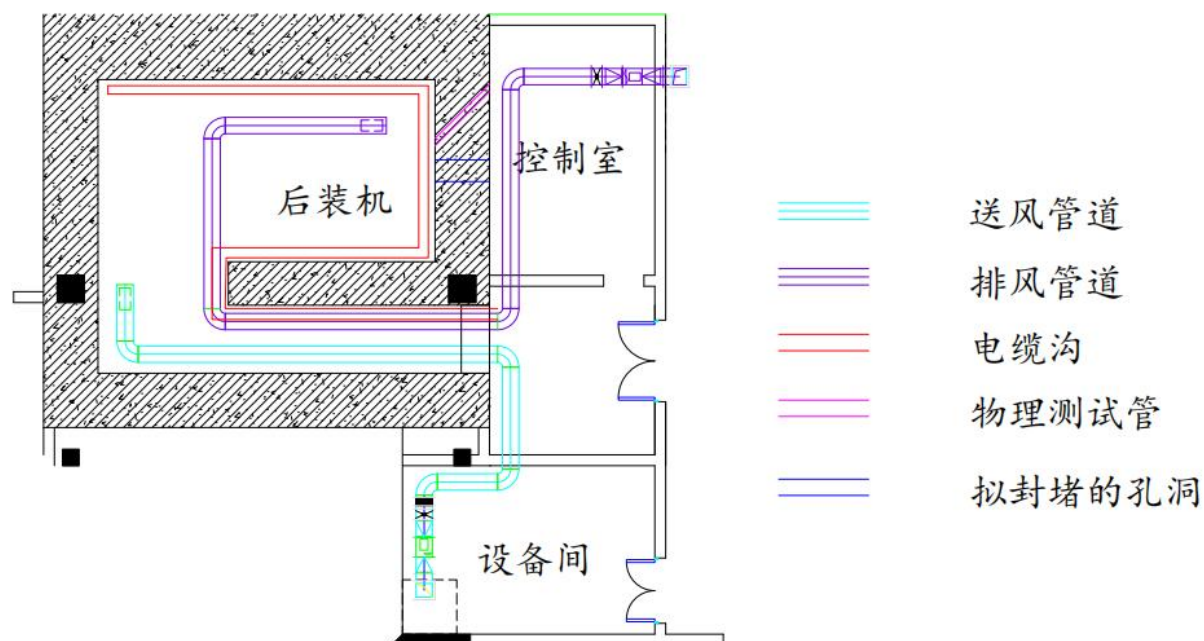


图 10-2 项目穿墙管线平面示意图

项目后装机穿墙管道包括电缆沟、送风排风管、物理测试管。详见附图 9 治疗室穿墙管线、送风管道、排风管道布置图所示。

A 电缆沟：穿墙处设置在防护门下方，采用地面“U”形穿越，表面铺设钢板，电缆沟尺寸为 350mm×350mm，治疗室内电缆沟沿迷路、东北侧、东南侧和西北侧边沿设置。固定剂量线路和弱电依托电缆沟布设。

B 物理测试管：东北面墙体预留直径为 50mm 的墙洞，水平 45° 斜穿，垂直 40° 斜穿。治疗室里面距地面约 0.1m 高，治疗室外面距地面约 0.9m 高。

C 送风排风管：预留送风管、排气管线，位于机房防护门上方紧贴梁设置，2 根管道并列布置，管道间距约 300mm，排风单个管道内空 300mm×200mm，以直穿方式穿越防护门上方墙体，治疗室内外均采用 3mmPb 的铅皮。

排风管和物理测试管已预留，并采用多种穿越方式，如“U”形、斜穿等，避免一次散射、漏射线直接穿墙。采取这些措施后，机房管线穿墙方案对机房墙体屏蔽防护能力削弱甚微，不影响墙体的屏蔽防护效果。在今后的运行中长期拟监测关注穿墙管线等薄弱处的辐射剂量。

③后装机房设置 1 个铅防护门，防护门宽于门洞的部分大于“门-墙”间隙的十倍，

续表 10 辐射安全与防护

机房防护门屏蔽厚度为 5mmPb。防护门的生产和安装均由有资质的厂家负责。

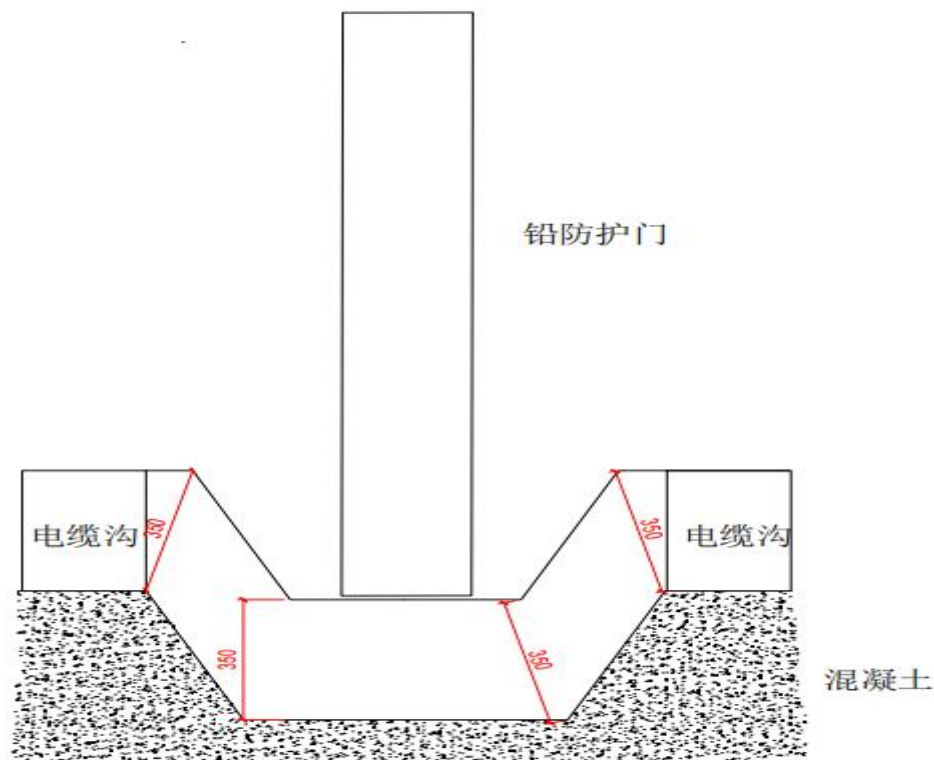


图 10-3 穿墙电缆管线剖面示意图

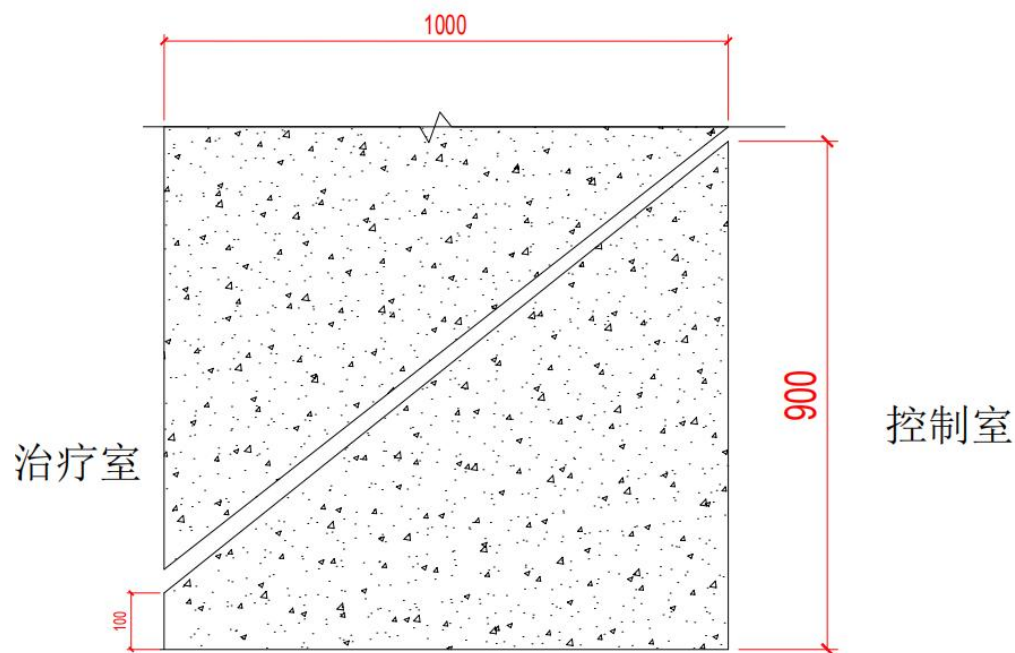


图 10-4 穿墙物理测试管剖面示意图

图 10-5 穿墙风管屏蔽补偿示意图（俯视）

10.2.4 通风

后装治疗室采用机械通风，在治疗室南侧吊顶内设置送风口 1 个，在北侧设置排风口 1 个离地高度约 0.1m，进风口和排风口呈对角线布设，且排风口位于机房内部深处，呈“上进风，下排风”，便于废气的排出。废气经排风系统收集后和放疗中心机房废气一起通过排风井引至东侧外墙排放。后装治疗室设置风量为 450m³/h 的风机，保证通风换气约 4.2 次/h，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

10.2.5 对讲、视频监控、剂量监控系统

- ①项目拟在控制室与后装机房之间设置视频监控系统与对讲系统，放射工作人员在控制室内便可清晰地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。机房与控制室拟设置对讲设备，便于放射工作人员与患者之间进行交流。
- ②后装机房内拟设置固定式剂量监控系统，保证控制室能准确了解机房内剂量情况，探头位于机房内，剂量显示位于控制室内，剂量报警时有声光警示功能。

10.2.6 警示标识、工作状态指示灯

项目后装治疗室防护门外拟设置规范的电离辐射警告标志，张贴辐射防护注意事

续表 10 辐射安全与防护

项。防护门外拟设置醒目的工作状态指示灯，提醒周围人员尽量远离该区域。指示灯为三色信号灯，与设备连锁；其中红色：设备运行严禁入内；橙色：准备或临时停机；绿色：设备停机状态，方可进入。

10.2.7 停电时紧急开门装置

安装防护门内应急开门装置，方便机房内人员开门出来；防护门处设置红外防挤压装置，防止人员被夹伤。

10.2.8 应急措施

后装机工作场所除了急停按钮外，还有以下应急措施：

①后装机具有电磁离合断电收源机构，即在断电情况下能强制回源。回源后，可保存状态，继续治疗。

②后装机的回源有多种方式：程序自动回源、程序强行回源、按“急停按钮”回源、断电后紧急回源、单向手动扳手回源（只能回源，不放出源）。

③设置应急开门装置，以便在停电时手动开门让机房内人员出来。

④配置一个应急储源铅罐和长柄镊子等应急工具，在发生放射源掉落等情况下处置放射源。

⑤设置应急照明，为断电情况下提供照明。

10.2.9 管理措施

①购买放射源和治疗系统为合格产品，放射源和设备基本参数设置在醒目位置。

②本项目后装机不是固定安装，可以在机房内活动，因此，日常治疗工作时治疗床和后装机应尽量位于机房内部工作区域，尽量远离迷路内口。

10.2.10 后装治疗室保险柜辐射安全设施

正常情况下，废源不在医院内暂存，特殊情况下，废源暂存于保险柜里。保险柜位于后装治疗室内，并在后装治疗室的监控范围内，实行 24 小时保证放射源的安全。保险柜设有门锁，实行双人双锁管理，保证放射源的安全。

储源铅罐外表面张贴电离辐射标志，并设置中文警示说明和放射源信息标牌。

10.2.11 换源工作人员防护与管理

根据工程分析，本项目换源工作一般半年进行一次，每次均由有资质的专业技术公司进行，医院仅进行准备工作。为了保证换源工作的正常进行，杜绝环境风险事故的发生

续表 10 辐射安全与防护

生，医院拟做好以下防护工作及管理工作。

①制定相应的安保和工作准备方案和换源方案，设置专人负责专项工作，具体内容包含如下：

A、提前与供源单位沟通和联系，核对现场准备要求；

B、每次确认放射源运输车辆的到达时间，提前进行医院内运输通道的清场，设置相应的警戒绳、警示牌、警示灯等，禁止无关车辆和人员的通行；放射源的更换尽量选择夜间，减少对周围人员的影响；

C、提前通知相关管理部门，如区、市生态环境局，以便随时接受监督和检查；

D、提前准备好个人防护用品，如个人剂量报警仪、铅橡胶衣服、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套等，作为专业技术工作人员的备用品；

E、在放射源运输和安装的过程中，使用医院的 X-γ辐射检测仪对屏蔽体外的剂量进行监测，并记录，以了解该工作的辐射影响程度；

F、记录放射源更换各分项工作的时间，多次统计后以相关科室部门的时间配合和安排；

G、做好放射源等的交接工作，填写相应的记录。废源由换源单位带回处理，尽量不暂存在医院内，特殊情况下放置在应急储源铅罐内，再存放在后装治疗室保险柜暂存。

②每次装源/换源工作结束后，填写相应记录（如更换时间、放射源编码、出厂活度、人员配置、工作分配、使用的辐射防护用品、特殊事件情况、处理情况等），总结相应工作；

③建立放射源更换工作档案，将相应资料存档。

10.2.11 综合情况

综上所述，项目后装机工作场所各类辐射防护与安全设施、防护用品、监测仪器等见表 10-2。项目后装治疗室主要辐射安全防护设施布置示意图见附图 10。

表 10-2 后装机工作场所安全防护装置与防护措施表

| 工作场所 | 安全防护措施 | 数量 | 说明 |
|------------|--------|-----|---|
| 后装治疗室及控制室等 | 急停按钮 | 7 个 | 红色按钮，设备、控制台上各一个，迷路出入口墙上、机房内四周墙体上各设置 1 个，按下后不能自动复位。紧急情况下便于终止治疗并回源。 |
| | 视频监控设备 | 4 套 | 便于观察病人，出现紧急情况便于及时处理。并传输至 |

续表 10 辐射安全与防护

| | | | |
|-----|--------------------------------|-----|--|
| | | | 医院保卫室实时监控，防止盗源。 |
| | 开门装置 | 1 套 | 确保铅门闭合，防止射线漏射，设置应急手动开门。机房内设置开门按钮。机房门具有防盗、报警功能。 |
| | 对讲系统 | 1 套 | 方便控制室放射工作人员与机房内人员进行沟通交流。 |
| | 警告标志、警示语 | 若干 | 在机房入口处设置电离辐射警告标志和中文警示说明，贴于机房门上。 |
| | 工作状态指示灯 | 2 个 | 治疗室东南侧和防护门外拟设置三色信号灯，红色：设备运行严禁入内。橙色：准备或临时停机。绿色：设备停机状态，方可进入。 |
| | 防挤压装置 | 1 套 | 机房内外门框处红外防挤压装置。 |
| | 门源联锁 | 1 套 | 机房门开启不能送源。 |
| | 固定式剂量报警仪 | 1 台 | 探头设置在机房内，有声光警示功能。 |
| | 应急照明 | 1 套 | 机房内设置应急照明，防止突然断电情况的照明 |
| | 个人剂量计 | 若干 | 每名放射工作人员均佩戴。 |
| | 个人剂量报警仪 | 2 台 | 进入后装治疗室内的工作人员佩戴使用。 |
| | X-γ辐射仪 | 1 台 | 放疗中心共用。 |
| | 应急储源铅罐 | 1 个 | 用于应急状态储源。 |
| | 长柄镊子 | 1 个 | 后装机工作场所应急使用。 |
| | 铅橡胶衣服、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、警戒绳、警示牌、警示灯等 | 1 套 | 换装源单位备用。 |
| 保险柜 | 防盗门 | 1 扇 | 具有防盗功能。 |
| | 视频监控设备 | 1 套 | 放于后装治疗室内，监控设备能监控保险柜，并传输至医保卫室实时监控，防止盗源。 |

根据以上安全措施可知，仅当后装机的施源器正确连接、紧急回源系统显示正常、运行程序自检无误、急停按钮复位、防护门关闭、门源联锁系统正常等全部满足要求，后装机才能出源，当任一条件不满足要求，放射源不出源。同时，在出源过程中，任一条件出现故障，放射源自动回源。后装机辐射安全联锁逻辑关系见图 10-6。

续表 10 辐射安全与防护

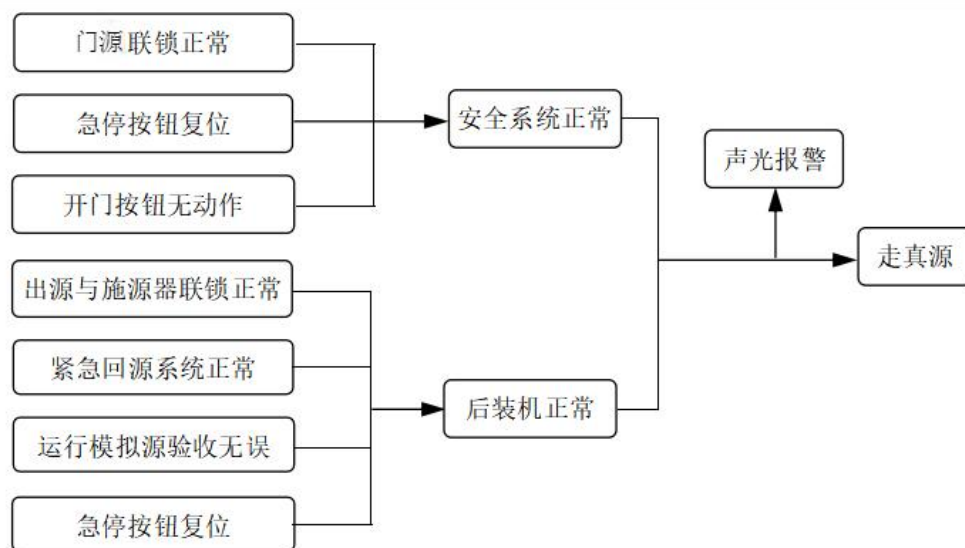


图 10-6 后装机辐射安全联锁逻辑关系示意图

10.3 放射性“三废”的处理

根据工程分析,项目运行产生的放射性废物为后装治疗更换下来的密封源,废旧 ^{192}Ir 放射源交生产厂家回收处理。医院拟在放射源购买之初即与售源单位签订回收处置合同,一般情况医院不存放废旧源,特殊情况下,废源装在铅罐内,并暂存在后装治疗室的保险柜内,最终交生产厂家回收处理。

10.4 拟采取辐射安全与防护措施与相关要求的符合性分析

本项目拟采取的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)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)等相关要求对比情况见表 10-3 所示。

续表10辐射安全与防护

| 表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表 | | |
|---------------------------|---|---|
| 标准号 | 标准要求 | 项目情况 |
| HJ1198-2021 | 一般要求 | 4.5 构成放射治疗相关辐射工作场所安全联锁系统的物项应满足以下要求： a) 应满足冗余性要求，采用的物项应为完成某一安全功能所必须的最少数目的物项，保证运行过程中某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能； b) 应满足多元性要求，包括系统多元性和多重剂量监测，采用不同的运行原理、不同的物理变量、不同的运行工况、不同的元器件等； c) 应满足独立性要求，当某一安全部件发生故障时，不会造成其他安全部件的功能出现故障或失去作用； d) 应满足失效安全的要求，当某一安全物项或部件出现故障时，应确保放射治疗装置重新回到安全状态。 |
| | | 本项目放射治疗场所设置门机联锁、系统联锁，满足冗余性、多元性、独立性和失效安全的要求。 |
| | 4.6 从事放射治疗的医疗机构应规范收集、妥善暂存和处理放射治疗活动中产生的放射性废物。 | 本项目放射治疗活动中产生的放射性废物由换源单位立即运走，由生产厂家回收处理，一般不在医院内暂存；特殊情况下，废源装在铅罐内，并暂存在后装治疗室的保险柜内，最终交生产厂家回收处理。 |
| | 4.7 从事放射治疗的医疗机构应对放射治疗场所和周围环境进行定期的辐射监测和评估，证明采取的辐射安全与防护措施的有效性。 | 医院配置有 X- γ 辐射检测仪，拟完善监测计划，根据监测计划定期对机房外周围剂量当量率进行监测。 |
| | 4.10 开展放射治疗活动的医疗机构应制定相应的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备、应急演练和应急回应，确保有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。 | 医院已制定了辐射事故应急预案，定期根据应急预案组织进行应急演练工作，确保辐射事故的有序处理。 |
| | 选址、布局与分区要求 | 5.1.1 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、写字楼和商住两用的建筑物内。 5.1.2 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。 |
| | | 项目位于医院医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。 拟建项目位于医院医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室，避开了儿科病房、产房等特殊人群、人员密集区域及人员流动性大的商业活动区域。 |

续表10辐射安全与防护

| | | | |
|--|-----------------|---|--|
| | | 5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。 | 预留治疗室已按照要求建立屏蔽墙体，本项目拟以屏蔽墙体及防护门为界设置为控制区，其他相邻的区域设为监督区，并拟定期对监督区进行监测。 |
| | | 5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。 | |
| | 放射治疗场所辐射安全与防护要求 | 6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。 | 本报告表按照 6.1.1 的要求核算，现有设计能满足辐射防护要求。 |
| | | 6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。 | 本项目后装治疗室采用符合要求的混凝土浇筑，防护门有足够铅当量屏蔽能力，满足要求。 |
| | | 6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。 | 本项目后装治疗室穿越墙体的管线根据不同管线类型分别采用“U”字形、斜穿等穿越方式，且采取了相关补偿措施，不影响机房的防护能力。防护门设计上考虑了门与墙体的搭接宽度，保证防护门搭接处的屏蔽能力。 |
| | | 6.1.4 剂量控制应符合以下要求。（具体见表 7） | 本项目后装治疗室根据标准要求和周围环境取值核算，屏蔽体外 30cm 的剂量率控制值详见表 7-5。 |
| | | 6.2.1 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、治疗室和迷路区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。 | 本项目后装治疗室防护门外拟粘贴电离辐射警告标志，防护门上方拟设置与设备联锁的工作状态指示灯，机房内设置多个视频监控，显示器安装在控制室内，且机房和控制室间安装对讲装置。 储源铅罐外表面张贴电离辐射标志，并设置中文警示说明和放射源信息标牌。 |

续表10辐射安全与防护

| | | | |
|--|--------------|---|--|
| | | 6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）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。 | 本项目后装治疗室内拟安装固定式剂量报警仪探头，安装位置位于机房内，显示面板安装在控制室，当出现异常情况时显示面板会出现报警提示。 |
| | | 6.2.3 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联锁措施： a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施； b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能； c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应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； f) 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。 | 本项目拟在后装治疗室设置门源联锁，防护门未关闭时不能出源，出源状态下开门则放射源自动回源；机房内拟设开门按钮，防护门处设红外线防夹装置；各机房拟设多个急停按钮，主要在机房内四周墙上、迷路内、防护门内侧、设备上，以及控制室内，急停按钮拟设置醒目中文标识，并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；安全联锁一旦被触发后，不能自动复位，需要人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；建设单位拟建设相关制度，在规定设备安装调试及维修情况下，任何联锁旁路拟通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后及时进行联锁恢复及功能测试。 |
| | | 6.2.4 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。 | 后装治疗室内拟配备合适的应急储源罐和长柄镊子等应急工具。 |
| | 操作的辐射安全与防护要求 | 7.1 医疗机构应对辐射工作场所的安全联锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全联锁的正常有效运行。 | 按照要求制定相应制度，对安全联锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全联锁的正常有效运行。 |
| | | 7.2 治疗期间，应有两名及以上人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度；加速器试用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守。 | 项目依托现有 4 名辐射工作人员，治疗期间控制室至少 2 名辐射工作人员协调操作，做好记录，严格执行交接班制度。试用、调试、检修期间，控制室拟安排辐射工作 |

续表10辐射安全与防护

| | | | |
|--|-----------|--|--|
| | | | 人员值守。 |
| | | 7.3 任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室，进入含放射源或质子/重离子装置的治疗室前须携带个人剂量报警仪。检修人员进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道区域前，应先进行工作场所辐射监测，在单位辐射安全管理机构批准后方可进入。进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道区域的参观人员须在辐射工作人员带领下进入。 | 建设单位拟按照规定制定相关制度，规定辐射工作人员在确认后装机回源后方可进入治疗室，进入治疗室内须随身佩戴个人剂量报警仪。 |
| | | 7.4 应加强放射源倒装活动的辐射安全管理，倒装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。 | 项目的后装机放射源的安装和换源均拟委托专业单位负责操作，建设单位的放射工作人员仅从事辅助工作，做好装源/换源前的准备工作和安保工作，做好装源/换源的相应记录。放射源安装/换源后拟对后装机设备表面、场所等进行辐射监测。 |
| | 放射性废物管理要求 | 8.2.1 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。 | 本项目后装机在购源时拟与生产厂家签订回收合同，其运行后产生的废旧放射源拟交生产厂家回收处置。 |
| | | 8.4.1 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。 | 本项目后装治疗室内拟设置机械排风系统，换气量4.2次/h，废气引至医技楼三楼东侧排风口排放，排风口周围人流较小，且人员停留时间短。 |
| | 辐射监测要求 | 9.1.1 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。 | 本项目后装机拟按照要求制定验收监测计划及日常监测计划，落实相应监测工作。日常监测为建设单位自行监测，年度监测委托有资质单位监测。 |
| | | 9.1.2 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括但不限于测量对象、条件、方法、仪器、时间和人员等信息。 | 医院已建立监测档案，将每一次监测内容、数据等记录在册，存档备查。本项目建成后，按照现有制度对后装 |

续表10辐射安全与防护

| | | | |
|-------------|------|---|--|
| | | | 机监测记录存档。 |
| | | 9.1.3 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。 | 项目运行后，工作场所辐射水平年度监测交有资质单位进行，并由监测单位对结果进行分析评价。 |
| | | 9.2.1 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（X- γ 辐射周围剂量当量率、中子辐射周围剂量当量率等）进行监测。 | 已配备 1 台 X- γ 辐射检测仪。 |
| | | 9.2.2 应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注处点开展 X- γ 辐射周围剂量当量率监测；中子源治疗装置、质子/重离子加速器治疗装置、大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备还应对前述位置开展中子剂量当量率监测。 | 按照规范要求，医院使用 X- γ 辐射检测仪定期对后装治疗室每面墙体外 30cm 处、顶棚、防护门以及其他关注点进行周围剂量当量率监测。 |
| | | 9.2.3 放射治疗设备安装调试阶段，应在最大工况下，由辐射工作人员进行全面的辐射监测，评估辐射安全状况，确保辐射水平达标。 | 设备安装调试完成后，拟委托有资质单位对设备性能和工作场所辐射水平进行验收监测。 |
| | | 9.3.1 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。 | 医院已制定辐射监测制度，并每年委托有资质单位对医院工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，本项目建成后，应完善操作规程等制度。 |
| | | 9.4.1 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。临时工作人员、实习人员应纳入个人剂量监测范围。 | 拟为本项目辐射工作人员均配备 1 枚个人剂量计，并定期送交监测，科室的借调、实习等人员均纳入个人剂量监管范畴 |
| | | 9.4.2 个人剂量档案应妥善保存，监测数据异常时，应及时查明原因并报告生态环境主管部门。 | 项目运行后辐射工作人员个人剂量监测报告拟由医院统一保管，并查验个人剂量监测结果，发现异常及时汇报。 |
| GBZ121-2020 | 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。 | 项目位于医院医技楼一楼，为医技楼底部，楼下无建筑；治疗室及其控制室同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理进行了布置，工作场所根据诊疗需求合理布置。 |

续表10辐射安全与防护

| | | | |
|--|---------|--|---|
| | | 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。 | 拟按照要求将后装治疗室（含迷路）设置为控制区，其他相邻的区域设为监督区。 |
| | | 6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。 | 根据后文核算，本项目后装治疗室各个方向的防护屏蔽能满足相应的屏蔽要求。 |
| | | 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。 | 本项目后装治疗室控制室与其机房分开设置，设备辅助机械、电器等设置于机房外。 |
| | 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。 | 后装治疗室内空有效面积约 21.08m ² ，有足够的使用面积，能满足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。 | 本项目后装治疗室进风口拟设置在治疗室南侧角落，排风口设置在北侧角落，为对角线分布。机房通风换气次数为 4.2 次/h。 |
| | | 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。 | 医院将完善操作规程，辐射工作人员工作时按照相关要求和操作规程操作，出束治疗前检查各项联锁装置，保证其均正常运行后再行出束治疗。 |

根据上表可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《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）等相关标准的要求。

10.7 项目工作场所服务期满后

环保要求若医院后装治疗工作场所搬迁或者取消时，医院应按照相关法规规定完善退役环保手续。根据现行法律法规，本项目后装机房有污染的，需要编制退役环境影响报告表，完成退役还需要进行验收监测，撤销后装治疗工作场所的许可；后装机房不存在污染的填写环境影响登记表，撤销后装治疗工作场所的许可。其余环保手续按照相关要求办理。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期影响分析

施工期废气：本项目不涉及土建，工程量小，施工期短，对周围大气环境的影响较小。

施工期废水：施工人员生活污水依托医院污水处理设施处理，医院污水处理站设计处理能力为 850m³/d，施工人员生活污水依托医院已有的污水处理设施依托可行，本项目施工期对地表水环境的影响较小。

施工期噪声：本项目不涉及土建，工程量小，施工期短，加强施工管理，合理安排施工时间，项目施工期产生的噪声对声环境影响较小。

施工期固体废弃物：施工期生活垃圾分类收集后由环卫部门集中处理。施工过程中产生的一些包装袋、包装箱、碎木块等，进行分类堆放后纳入生活垃圾，由环卫部门及时清运并统一处理。采取上述措施后，项目施工期固废对环境影响较小。

施工期废水、废气、噪声对周围环境影响较小，固废能妥善处理，对环境影响可接受。且施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对环境的影响可接受。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响分析

11.2.1.1 屏蔽效能核算

1) 后装机房屏蔽效能核算公式

根据《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》(WS262-2017)可知，后装机贮源器表面泄漏辐射所致周围剂量当量率 5cm 处不大于 50 μ Sv/h，100cm 处不大于 5 μ Sv/h。后装源在非治疗状态下影响较小，因此，本项目屏蔽墙体计算时只考虑治疗状态下的辐射影响。

^{192}Ir 后装机是放射源近距离治疗仪，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分：Y 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)6.1 可知，机房屏蔽考虑治疗源 4π 发射的 γ 射线(即初级辐射)对墙和室顶的直接照射及其散射辐射在机房入口处的照射。

后装机的有用线束屏蔽剂量计算方法：

后装机房屏蔽能力效核采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治

续表11环境影响分析

疗机房》（GBZ/T201.3-2014）中的公式进行核算。

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \cdot \frac{R^2}{f} \quad (11-1)$$

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma \quad (11-2)$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (11-3)$$

式中： \dot{H}_c —剂量率参考控制水平，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

R—辐射源点至关注点的距离，m；

f—有用线束取 1；

A—放射源的活度，单位为 MBq；

K_γ —放射源的空气比释动能率常数，在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气比释动能的近似，此时， K_γ 的单位记为 $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ 。

机房入口处的散射辐射剂量 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)：

$$\dot{H} = \frac{A \cdot K_\gamma \cdot S_w \cdot \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad (11-4)$$

式中： S_w —迷路内口墙的散射面积，其为辐射源和机房入口共同可见的墙区面积，单位为平方米 (m^2)；

α_w —散射体的散射因子；

R_1 —辐射源至散射体中心点的距离，单位为米 (m)；

R_2 —散射体中心点至计算点的距离，单位为米 (m)。

2) 后装机房屏蔽效能核算关注点

后装机不是固定安装，可以在后装治疗室内移动。根据咨询建设单位，后装治疗室内设置治疗床，一般设置在远离迷路的角落，因此，本次按照不利情况，考虑治疗床的设置，以放射源与迷路内墙齐平，与其他方向屏蔽体距离 1.0m 进行核算。水平方向上考察到机房外 30cm；顶棚考察到楼上地面上 30cm。放射源高度考虑为离地 1.0m。

续表11环境影响分析

后装治疗室屏蔽体外具体核算点位示意图见图 11-1。

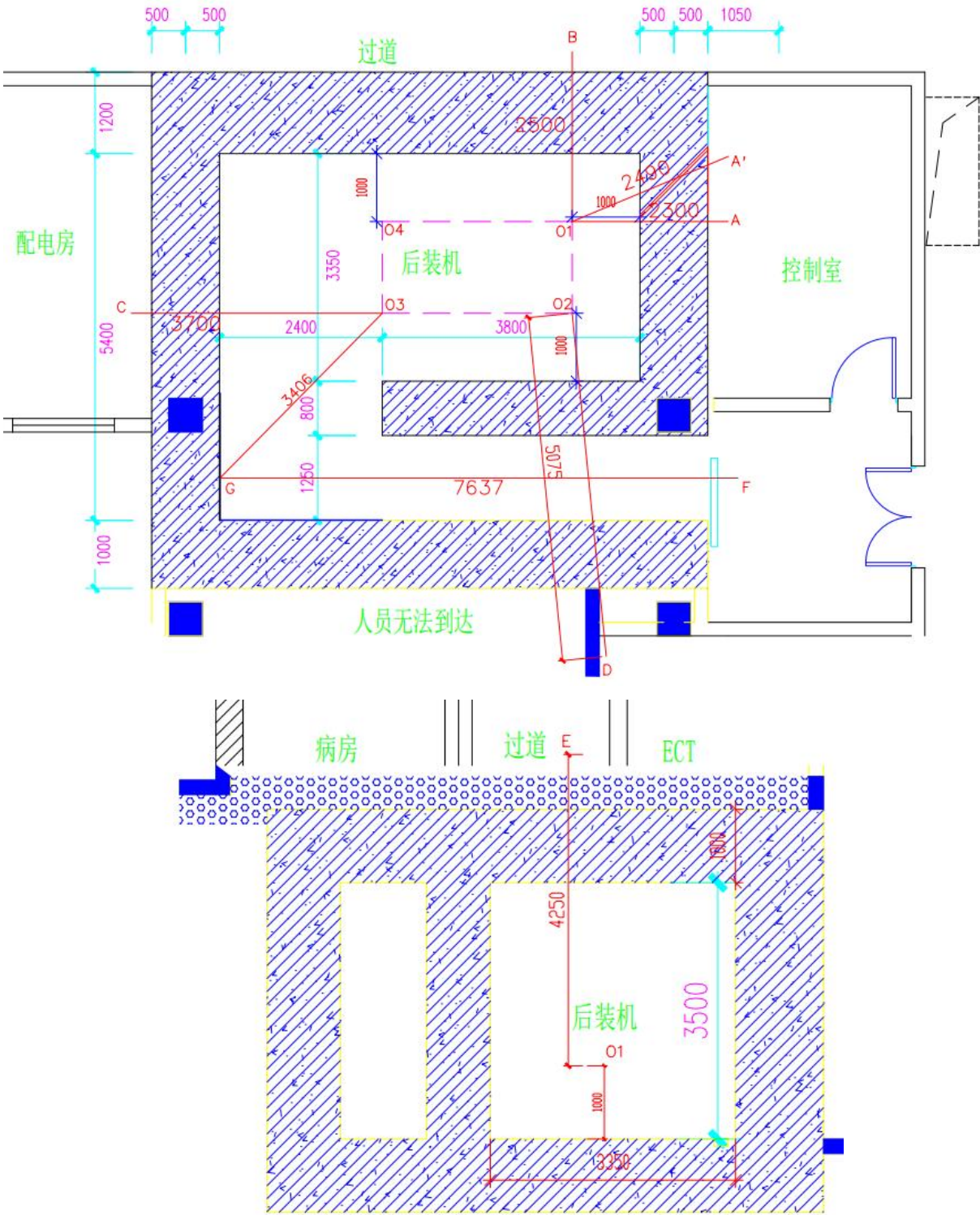


图11-1后装治疗室核算参考点示意图

3) 后装机房屏蔽效能核算参数

①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》

续表11环境影响分析

(GBZ/T201.3-2014) 6.1 规定, 本项目后装治疗室四周墙体及顶棚以 4π 发射的 γ 射线 (即初级辐射) 进行计算, 防护门处以散射辐射进行核算。

②后装治疗室相关核算参数取值见表 11-1。

表 11-1 后装治疗室核算参数表

| 参数 | 单位 | 取值 | 取值依据 |
|--------------------------------|--|--------------------------|---|
| \dot{H}_c | $\mu\text{Sv/h}$ | 顶棚 1.0、其余 2.5, 见表 7.3-14 | HJ1198-2021、GBZ121-2020 及相关要求核算后取值 |
| A | MBq | 3.70×10^5 | 设备最大装源活度 |
| K_γ | $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ | 0.111 | GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.1 |
| f | / | 1 | GBZ/T201.3-2014 给出 |
| α_w | m^2 | 3.39×10^{-2} | GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.4 保守取值 |
| TVL/TVL ₁ (初级辐射) | mm | 混凝土: 152 铅: 16 | GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.1 |
| TVL/TVL ₁ (散射辐射) | mm | 铅 5.0 | 防护门处散射能量约 0.2MeV, GBZ/T201.3-2014 附录 F.3 |
| S_w | m^2 | 8.6 | 迷路内入口处主射线散射辐射的散射面积共同可视面积 (宽 \times 高) $4.3 \times 2.0 = 8.6 \text{m}^2$ |
| R | m | 2.3 | O1-A, 源点至东北屏蔽墙外 30cm |
| | m | 2.3 | O1-A', 源点至东北屏蔽墙墙外 30cm (物理测试管) |
| | m | 2.5 | O1-B, 源点至西北屏蔽墙外 30cm |
| | m | 3.7 | O3-C, 源点至西南屏蔽墙外 30cm |
| | m | 5.1 | O2-D, 源点至东南屏蔽墙外 30cm |
| | m | 4.2 | O1-E, 源点至顶棚屏蔽墙外 30cm |
| R_1 | m | 3.4 | O-G, 等中心点至 G 点的距离 |
| R_2 | m | 7.6 | G-F, G 点至 F 点的距离 |

备注: R 为辐射源点至关注点的距离, 后装机不是固定安装, 可以在机房内活动, 因此本次按照最不利情况, 以放射源距迷路内墙、东北墙、西北墙 1m 进行核算, 西南墙以迷路内墙齐平考虑。

4) 后装治疗室屏蔽效能核实结果

后装治疗室的屏蔽效能核实结果见表 11-2。

表 11-2 后装治疗室屏蔽核算结果表

| 屏蔽体 | 关注点 | 关注点距离 R (m) | 屏蔽体厚度 (mm) | | 周围剂量当量率预测值 ($\mu\text{Sv/h}$) | 剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$) | 是否满足要求 |
|-----|-------|-------------|------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------|
| | | | 计算 | 设计 | | | |
| 东北墙 | O1-A | 2.3 | 531 | 1000 | 2.05×10^{-3} | 2.5 | 是 |
| | O1-A' | 2.5 | 520 | 990 (1080-90) | 2.02×10^{-3} | 2.5 | 是 |
| 东南墙 | O2-D | 5.1 | 426 | 1810 | 1.95×10^{-9} | 2.5 | 是 |

续表11环境影响分析

| | | | | | | | | |
|----------|----|---------|----------|---------|-------|-----------------------|-----|---|
| 西南墙 | | O3-C | 3.7 | 468 | 1000 | 7.91×10^{-4} | 2.5 | 是 |
| 西北墙 | | O1-B | 2.5 | 520 | 1200 | 8.37×10^{-5} | 2.5 | 是 |
| 顶棚 | | O4-E | 4.2 | 512 | 1000 | 6.14×10^{-4} | 1.0 | 是 |
| 防护门 | 散射 | O-G-F | 3.4, 7.6 | 4.3mmPb | 5mmPb | 1.79 | 2.5 | 是 |
| 防护门上方穿墙孔 | 散射 | O-G-F' | 3.4, 7.6 | 4mmPb | 6mmPb | 1.13 | 2.5 | 是 |
| 防护门上方墙体 | 散射 | O-G-F'' | 3.4, 7.6 | 130mm | 500mm | 9.21×10^{-3} | 2.5 | 是 |

备注：①A'代表物理测试管穿东北侧屏蔽防护预测；F'代表图中送排风管道穿铅门上方的屏蔽防护预测，关注点已考虑最不利情况，厚度由墙体测量厚度扣除物理测试管厚度得来；②顶棚未考虑垫层的屏蔽能力，地板下方为泥土层，不予核算；混凝土散射辐射的 TVL 保守估计取 152mm。

由上表 11-2 可知，在现有设计和保证施工质量的情况下，后装治疗室屏蔽体外周围剂量当量率均能满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《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）及评价目标的要求（屏蔽体外 0.3m 处周围剂量当量率顶棚上不大于 $1\mu\text{Sv/h}$ ，其余不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）。

根据同层的直线加速器机房、大孔径 CT 模拟定位机、楼上核医学科的例行监测报告，其运行时在其屏蔽体外周围剂量当量率为本底值，在后装机房屏蔽体外的辐射响微小，可以忽略不计。

根据项目楼上的 ECT 辐射工作场所监测报告，其运行时楼下周围剂量当量率扣除本底后为 $0.01\mu\text{Sv/h}$ ，与本项目后装机房屏蔽体外四周周围剂量当量率预测值叠加后，满足相关标准和评价目标要求；本项目楼上周围剂量当量率预测值与 ECT 辐射工作场所监督区检测值叠加后，满足相关标准和评价目标的要求。

综上所述，本项目后装机房的屏蔽能力能满足相关标准要求。

11.1.3 剂量估算

11.1.3.1 剂量估算公式

X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{\text{Er}} = H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-5)$$

式中： H_{Er} ：X 或γ射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H^*_{(10)}$ ：X 或γ射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t：X 或γ射线照射时间，h。

续表11环境影响分析

11.1.3.2 个人剂量估算及环境保护目标影响分析

(1) 辐射工作人员

①后装定位：大孔径 CT 模拟定位或扫描时间单人次为 1min，项目年定位和扫描共计 3000 人次，则大孔径 CT 模拟定位机后装定位年出束时间为 50h/a。根据监测报告，放射工作人员所在的控制室内最大的剂量率为 0.12 μ Sv/h。

②施源管安装、拆卸及进出机房：放射工作人员在连接和卸载后装机与患者体内施源器之间的管道时需在治疗室内停留。施源管安装、拆卸时间为3~4min，进出治疗室 1 次约 30s，后装机年治疗患者 1500 人次，则全年施源管安装、拆卸及出入时间约 112.5h。后装机的最大送源距离为 140cm，评价考虑施源管安装、拆卸及进出治疗室时放射工作人员身体距离后装机表面约 100cm，此时放射工作人员处的剂量率约为 5 μ Sv/h。

③治疗：患者治疗时，放射工作人员在控制室内工作。后装机放射源有效开闸时间约 250h/a。根据前文表 11-2 可知，后装机治疗状态下控制室内剂量率为 1.38 μ Sv/h。

另外，后装机换源储源等由专业技术单位负责，医院放射工作人员不直接接触。。因此，不考虑该部分对放射工作人员的辐射影响。

后装机放射工作人员年有效剂量估算结果见表 11-3。

表 11-3 后装机放射工作人员年剂量估算表

| 工作内容 | | 周围剂量当量率 (μ Sv/h) | 照射时间 (h/a) | | | 年受照剂量 (mSv/a) | |
|-------------|----------------|-----------------------|------------|------|--------|---------------|-------|
| | | | 满负荷工作时间 | 居留因子 | 有效受照时间 | | |
| CT 模拟定位（后装） | | 0.12 | 50 | 1 | 50 | 0.006 | 0.006 |
| 治疗 | 施源管安装、拆卸及进出治疗室 | 5 | 112.5 | 1 | 112.5 | 0.56 | 0.9 |
| | 真源治疗 | 1.38 | 250 | 1 | 250 | 0.34 | |

本项目运行后，大孔径 CT 模拟定位机辐射工作人员既要承担本项目后装治疗 CT 模拟定位工作，也要承担除从事本项目后装治疗的 CT 模拟定位工作，大孔径 CT 模拟定位机辐射工作人员年受照剂量应考虑最近一年度个人剂量监测结果与本项目年受照

续表 11 环境影响分析

剂量的叠加，为 0.46mSv/a（0.45mSv/a+0.006mSv/a，保守考虑最不利情况，由名放射技师完成所有 CT 模拟定位工作），低于项目年有效剂量约束值 5mSv/a，满足相关要求。

保守考虑 1 名后装机辐射工作人员操作完成所有工作，则其受到的年附加有效剂量最大为 0.9mSv/a；考虑到本项目后装治疗辐射工作人员均依托放疗中心现有辐射工作人员，这些辐射工作人员除从事本项目后装治疗的辐射工作外，还要从事放疗中心现有的放疗工作，本项目依托的放疗中心辐射工作人员最近一年度个人剂量监测结果在 0.20~0.75mSv/a 之间；根据重庆惠能标普科技有限公司出具的检测报告（报告号为 25FW0681）楼上 ECT 在后装机控制室处的周围剂量当量率监测结果取 0.01μSv/h（扣除本底值后），其年有效剂量为 0.024mSv/a（ $0.01 \times 8 \times 300 \times 10^{-3}$ ）；经叠加后后装机放射工作人员总年有效剂量最大为 1.67mSv/a，满足项目年有效剂量约束值小于 5mSv/a，也满足《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）等的要求。

②公众成员

后装治疗室屏蔽体外公众成员年有效剂量估算结果见表 11-4。

表 11-4 后装机公众成员年有效剂量估算表

| 序号 | 环境保护目标 | 方位 | 距治疗室 最小距离 (m) | 核算距 离 (m) | 最大预测 结果 (μSv/h) | 照射时间 (h/a) | | 年有效剂 量 (mSv/a) |
|----|---------------|--------|---------------------|--------------|------------------------|-----------------|----------|------------------------|
| | | | | | | 满负荷 工作 时间 | 居留 因子 | |
| 1 | 直线加速器机房及其辅助用房 | 东北侧 | 3~14 | 5.0 | 2.92×10^{-1} | 250 | 1 | 7.30×10^{-2} |
| 2 | 绿化及院内道路 | 东侧、东北侧 | 14~50 | 16.0 | 2.85×10^{-2} | 250 | 1/40 | 1.78×10^{-4} |
| 3 | 医院宿舍楼 | 东北侧 | 46~50 | 48.0 | 3.17×10^{-3} | 250 | 1 | 7.92×10^{-4} |
| 4 | 生活垃圾和医疗废物贮存点 | 东侧、东北侧 | 25~30 | 27.0 | 1.00×10^{-2} | 250 | 1 | 2.50×10^{-3} |
| 5 | 设备间 | 南侧、东南侧 | 0~4 | 4.8 | 2.20×10^{-9} | 250 | 1/20 | 2.75×10^{-11} |
| 6 | 放疗中心办公室用房 | 东南侧 | 4~18 | 8.8 | 6.56×10^{-10} | 250 | 1 | 1.64×10^{-10} |
| 7 | 绿化及院内道路、景观水池 | 南侧、东南侧 | 4~50 | 8.8 | 6.56×10^{-10} | 250 | 1/40 | 4.10×10^{-12} |
| 8 | 6 号综合楼 | 东南侧 | 25~37 | 29.8 | 5.72×10^{-11} | 250 | 1 | 1.43×10^{-11} |
| 9 | 配电房、衰变池 | 西南侧 | 0~14 | 3.4 | 9.37×10^{-4} | 250 | 1/20 | 1.17×10^{-5} |

续表 11 环境影响分析

| | | | | | | | | |
|----|-------------------|---------------|-------|------|-----------------------|-----|------|-----------------------|
| 10 | 4号综合楼高压氧治疗室、3号综合楼 | 西南侧 | 14~50 | 17.4 | 3.58×10^{-5} | 250 | 1 | 8.9×10^{-6} |
| 11 | 过道 | 西侧、西南侧、西北侧 | 0~3 | 2.2 | 1.08×10^{-4} | 250 | 1/5 | 5.41×10^{-6} |
| 12 | 放疗中心诊室、登记处等用房 | 西侧、西南侧、西北侧 | 3~9 | 6.4 | 2.64×10^{-4} | 250 | 1 | 6.61×10^{-5} |
| 13 | 绿化及院内道路 | 西侧、西南侧、西北侧、北侧 | 9~50 | 12.4 | 7.04×10^{-5} | 250 | 1/40 | 4.40×10^{-7} |
| 14 | 内科大楼 | 西侧 | 22~50 | 25.4 | 1.68×10^{-5} | 250 | 1 | 4.2×10^{-6} |
| 15 | 模拟定位机房、控制室 | 西北侧、北侧 | 3~9 | 5.2 | 1.94×10^{-5} | 250 | 1 | 4.84×10^{-6} |
| 16 | 凉亭、宿舍楼 | 西北侧、北侧 | 24~50 | 26.2 | 7.62×10^{-7} | 250 | 1 | 1.91×10^{-7} |
| 17 | 核医学科 | 楼上 | / | 4.2 | 2.97×10^{-5} | 250 | 1 | 7.4×10^{-6} |
| 18 | 办公室 | 楼上 | / | 8.0 | 8.18×10^{-6} | 250 | 1 | 2.04×10^{-6} |

备注：生活垃圾和医疗废物贮存点2楼为清洁工休息室，其居留因子按照最不利1考虑。

根据上表可知，后装治疗室屏蔽体外公众成员受到的年附加剂量最大为 $7.30 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，小于评价管理目标值 0.1mSv/a ，满足《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）的要求。

本项目后装定位时间短，对周围公众成员产生附加影响很小，本次评价不考虑。

③现有其他辐射源对公众成员年有效剂量叠加影响

本项目50m范围内涉及的其他辐射源有医技楼1楼放疗中心的大孔径CT模拟定位机和医用电子加速器，2楼SPECT/CT，内科大楼2楼的DSA和内科大楼1楼的数字化乳腺X射线机、数字胃肠机、DR，内科大楼15楼的骨密度仪以及内科大楼-1楼的PET/CT，后装治疗室西南侧的衰变池，需考虑现有其他辐射源对公众成员年有效剂量的叠加影响。根据X射线衰减规律，距离治疗室越远，辐射剂量率越低，项目对环境的辐射影响越小，因此本次评价考虑离本项目治疗室最近的大孔径CT模拟定位机和医用电子加速器、楼上核医学科以及衰变池对四周公众成员的叠加影响。

根据医院提供的辐射工作场所监测报告和相关资料可知，各辐射源共同影响区域的环境保护目标处，叠加周围剂量当量率后远小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；检测报告结果、工作负荷以及本项目治疗室外公众成员受到的年有效剂量估算值进行叠加计算后，治疗室外公众成员受到的年有效剂量低于医院年剂量管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射

续表 11 环境影响分析

源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

11.2.3 其他辐射影响

（1）后装机换装源运输影响分析

放疗中心后装机使用 ^{192}Ir 放射源，其半衰期为 73.827d。根据医院诊疗计划， ^{192}Ir 放射源一般使用 6 个月需更换。根据放射源活度按《放射防护实用手册》（赵兰才，张丹峰主编）P19 核素活度计算公式计算：

$$A = A_0 \bullet e^{-\left(\frac{0.693t}{T_{1/2}}\right)} \quad (11-6)$$

式中：A—放射源活度，MBq；

A_0 —放射源初始活度，MBq；

t—放射源衰变时间，a；

$T_{1/2}$ —放射源半衰期，a。

使用 6 个月更换时 ^{192}Ir 放射源活度约为 $6.67 \times 10^{10}\text{Bq}$ 。 ^{192}Ir 放射源更换之前医院应先到重庆市生态环境局办理相关手续，待完成相关手续后再委托有资质的单位进行更换放射源。

含源铅罐由有相应资质的专业公司按照公安部门指定路线将放射源运达医院后，装源车辆暂停于医技东北侧院内道路（与医技楼二楼齐平）。安保人员事先疏散无关人员，封锁相关区域，设置警戒线。

①车辆运输： ^{192}Ir 放射源运输车辆自院外运输至医技楼东北侧院内道路处暂停点单边不超过 10min，全程不超过 20min，时间较短。此外，车辆运输过程 ^{192}Ir 放射源位于铅罐内且处于移动状态，对周围活动人员影响可忽略。

②放射源转运：有资质专业单位的工作人员将含源铅罐卸下，通过核医学科应急通道和楼梯间进入放疗中心，然后沿过道进入后装治疗室内。警戒线外的工作人员距离含源铅罐不低于 2m， ^{192}Ir 放射源在运输车辆与放疗中心后装治疗室之间的单边运输时间不超过 10min，全程运输时间不超过 20min。放射源换源一年两次，换源时间短，周围非有资质专业单位的工作人员受到的影响非常微小，可以忽略不计。

③ ^{192}Ir 废源暂存：未及时回收 ^{192}Ir 废源暂存应急储源铅罐，保存在后装治疗室内的保险柜中，应急储源铅罐铅当量不低于 40mmPb，经过估算应急储源铅罐表面 5cm 处周

续表 11 环境影响分析

围剂量率 $2.9\mu\text{Sv/h}$ ，1m 处周围剂量率 $0.02\mu\text{Sv/h}$ ，远低于《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）贮源器表面泄漏辐射要求。

（2）放射源换装的环境影响

厂家按国家相关规定将贮源容器运至治疗室后，关闭防护门。治疗室内仅有厂家专业人员，生态环境部门相关人员及医院工作人员在控制室内通过监控设施进行实时监督，保证放射源更换过程按国家相关规定有序进行。工作人员在换装源过程中使用机械手远距离操作，根据厂家提供的资料，换装源过程持续时间不超过 4.5h（旧放射源卸载约 1.5h，新放射源安装 2~3h）。换装源过程 ^{192}Ir 放射源全程均储源铅罐、装源机内，其屏蔽体外的辐射水平满足相关标准要求。控制室内的辐射水平低于 $0.01\mu\text{Sv/h}$ ，控制室内的工作人员受到的附加剂量很小。

（3）废源暂存影响

项目运营产生的废源，由医院与放射源生产厂家签订合同，换源时由生产厂家立即回收处理，一般不在医院暂存，特殊情况未能及时运走时暂存于后装治疗室内保险柜中，由放射源生产厂家的放射工作人员将废源卸下放置在铅罐（40mmPb）并存放于保险柜。更换时 ^{192}Ir 放射源活度约为 $6.83 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，保守考虑医院工作人员距离废源铅罐约 1m（1m 处剂量为 $7.58 \times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ），运送时间短，次数少，剂量率小，则医院放射工作人员的受照剂量可以忽略。废源暂存一般为 1 枚，暂存时间按半年（125d）考虑，距离废源约 2m（剂量为 $1.90 \times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ），则周围公众成员（工作时间 8h）受到的剂量为 0.02mSv/a 。同时，后装治疗室为控制区，并设置视频监控，安装防盗门，双人双锁，门外张贴辐射警示标志；废源铅罐外 30cm 处的周围剂量当量率不大于 $0.84\mu\text{Sv/h}$ （按照前文公式 11-2 至 11-4 计算），满足参考标准《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）的要求。

11.2 放射性“三废”环境影响分析

本项目不产生放射性废水、废气，后装机使用的 ^{192}Ir 放射源在使用一定时间后，由于活度降低，不能达到源的使用目的时，将对放射源进行报废、退役，成为放射性废物。报废、退役的放射源由生产厂家回收处理。

11.3 非放射性“三废”环境影响分析

11.3.1 固废

续表 11 环境影响分析

生活垃圾收集点位于医技楼东侧，交环卫部门处理；

医疗废物贮存点紧邻生活垃圾，最后交有医疗废物处置资质的单位处置；

含铅防护用品报废后，由医院按有关规定收集、暂存，交有危险废物处置资质单位，做好相应记录；

项目产生的固体废物均能得到合理地处理，对环境的影响可接受。

11.3.2 废水

本项目生活污水和医疗废水一起排入医院西北侧的污水处理站（设计处理能力 850m³/d）处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）中的预处理标准后由市政污水管网排入涪陵污水处理厂集中处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）一级 A 标准后，最终排入长江。

医院污水处理站处理能力为 850m³/d，污水处理站能接纳本项目产生废水。项目产生的废水依托现有污水处理站处理，依托可行，对环境影响很小。

11.3.3 废气

（1）废气排放浓度

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。在保持通风换气的条件下，臭氧和氮氧化物浓度甚小，少量的有害气体直接与大气接触、不累积，很快被空气的对流而扩散，不会影响治疗室外大气环境质量。

放疗设备运行时产生的非放射性废气主要为臭氧、氮氧化物（主要为二氧化氮）。根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期），考虑治疗室运行时的连续排风和 O₃ 的分解，治疗室内空气中 O₃ 的平均浓度可由下式计算。

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 T}{V} (1 - e^{-t/T}) \quad (11-7)$$

- 式中：Q_(t)：t 时刻治疗室内 O₃ 的平均浓度，mg/m³；
- Q₀：O₃ 的产生率，mg/h；
- V：治疗室体积（不含迷路、吊顶上方空间），m³；
- T：有效清除时间，h。

有效清除时间 T 可由下式计算。

续表 11 环境影响分析

$$T = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (11-8)$$

式中：t_v：换气一次所需要的时间，h；

t_d：O₃ 的有效分解时间，取 0.83h。

因本项目放疗设备运行单次后，需要转移病人，给下一位病人准备等，不是连续出束，因此，本次核算考虑单次治疗产生的臭氧在设计排风量为 450m³/h 情况下治疗室内的臭氧浓度，臭氧产额见工程分析章节。各参数的取值和 O₃ 浓度的计算结果见表 11-6。

表 11-6 治疗室内 O₃ 浓度计算结果表

| 机房 | Q ₀ (mg/h) | V (m ³) | t _v (h) | T _d (h) | T (h) | t (h) | Q _(t) (mg/m ³) |
|-------|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|---------------------------------------|
| 后装治疗室 | 0.10 | 73.8 (不含迷路) | 0.16 | 0.83 | 0.14 | 0.100 | 0.00009 |

由上述计算可知，后装治疗室内臭氧的浓度约 0.00009mg/m³，低于《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定的臭氧浓度限值 0.3mg/m³，也低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准中规定的臭氧 1 小时平均限值 0.2mg/m³。

根据预测，氮氧化物产生速率为 0.05mg/h，在机房排风量 450m³/h 风机持续排风后，单次治疗后机房氮氧化物浓度远低于 GBZ2.1-2019 中规定的 5mg/m³，也低于 GB3095-2012 二级标准中规定的二氧化氮 1 小时平均限值 0.2mg/m³。

此外，根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），机房通风换气次数应不小于 4 次/h。根据设计，本项目治疗室排风量为 450m³/h，通风换气次数为 4.2 次/h（含迷路），满足上述标准的要求。

（2）废气排放影响

项目废气依托放疗中心排风系统，废气经排风系统引至医技楼三楼东侧外墙排放。放疗中心产生的臭氧、氮氧化物浓度小，远远低于环境空气质量的限值要求，排放后废气经大气扩散和分解，不累积，浓度将进一步降低。因此，项目放疗中心产生的废气对周围环境影响小。

11.4 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实

72

续表 11 环境影响分析

践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当性。

本项目在肿瘤放射治疗的应用，对疾病的治疗有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命可以起到十分重要的作用。项目营运以后，建设单位将为病人提供一个更加便捷的就医环境，具有明显的社会效益。同时将提高医院医疗技术及服务水平，将吸引更多的就诊人员，医院在为患者健康服务的同时也将创造更大的经济效益。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。在项目营运过程中建设单位应掌握好适应症，正确合理地使用设备进行医疗放射治疗。

项目建设严格执行“三同时”，采取切实可行的环保措施，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。因此，本项目后装机和放射源的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，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“实践的正当性”的原则与要求。

11.5 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第一类鼓励类中“六、核能 4、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”、“十三、医药 4. 高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”。

本项目为高端放射治疗设备的应用，属于产业结构鼓励类，符合国家产业政策。

11.6 事故影响分析

11.6.1 后装机事故类型

后装治疗系统一般由专业单位进行检修和保养，医院不自行维（检）修，不拆开后装机。因此，在意外情况下，后装治疗系统可能出现的辐射事故（事件）分析如下：

①放射源丢失、被盗

后装机装源、换源等过程中管理不善，或者建设单位对更换下来的废源管理不善，造成放射源被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

续表 11 环境影响分析

②放射源脱落、卡源

从事换源工作人员若未做好充分的准备工作，工作人员缺乏经验，情绪紧张，致使放射源脱落，发生放射源事故；因施源管高差太大、工作人员操作不当或出现设备故障等，在治疗过程中、初装源、换源过程中，发生卡源（放射源卡在输源管中无法收回储源容器）。

③治疗过程中误照射

因故障发生门机联锁装置失效，导致人员误入处于运行状态（走真源）的治疗室内，受到不必要的辐射照射。工作人员或患者家属陪伴进入后装治疗室后，未全部撤离，在真源治疗前，工作人员未仔细从监视器上搜寻，从而意外地留了下来，后装机真源运行时，滞留人员受到照射。仪器维（检）修后直接使用，未对设备表面进行剂量监测，可能产生放射源屏蔽体有裂缝或者破损等，造成治疗室内剂量率较高。

④院内运输路径中源容器掉落

根据运输源容器固有安全措施可知，即使在院内运输过程中整个源容器掉落在运输通道上，放射源也不会脱落出来，仅发生一般运输事故，不会造成辐射事故。放射源容器脱落后工作人员处理过程受照剂量与运输过程放射工作人员相似，后文不再提及。

11.6.2 后装机风险事故后果

根据前述分析，项目后装机运行产生的最大可信辐射事故主要是放射源丢失/被盗、放射源脱落卡源，以及人员误入受到误照射。

①放射源丢失/被盗

放射源丢失、被盗后，辐射影响随着接触距离、接触时间等不同，受到的辐射影响也不同。核算以不利情况（裸源）考虑，具体影响见下表所示。

表 11-8 放射源丢失被盗后人员受照影响估算表

| 放射源 | 1m 处量率 (mSv/h) | 受照时间/min | 受照剂量/mSv | |
|-------------------|-------------------|----------|----------|-------|
| | | | 1m 处 | 2m 处 |
| ¹⁹² Ir | 41.07 | 1 | 0.68 | 0.17 |
| | | 5 | 3.42 | 0.86 |
| | | 10 | 6.85 | 1.71 |
| | | 30 | 20.54 | 5.13 |
| | | 60 | 41.07 | 10.27 |

续表 11 环境影响分析

| | | | | |
|---|--|-----|--------|--------|
| | | 2h | 82.14 | 20.54 |
| | | 10h | 410.70 | 102.68 |
| <p>发生III类放射源丢失、被盗，属于较大辐射事故。由上表可知，发生该事故后，放射源对临近人员产生的影响随着时间的增长、距离的减少而持续增加。</p> <p>②放射源脱落、卡源</p> <p>1) 放射源脱落</p> <p>发生放射源脱落事故后，工作人员穿戴好防护用品（本次核算不考虑其屏蔽影响）后进入治疗室，通过长柄镊子等工具将放射源放入储源罐内，距离放射源约 1m，操作时间为 5min，则该名人员受到附加有效剂量约为 3.42mSv/次，未超过年剂量限值。</p> <p>位于治疗室外的人员经治疗室屏蔽体屏蔽后受到的附加剂量很小，本次不再估算。</p> <p>2) 放射源卡源</p> <p>发生卡源事故后，在控制室操作台上和设备上均有强制回源按钮能回源，从发现到处理完毕的时间按1min计。则后装机出真源状态下距离设备5cm处人员（病人）所受剂量为273.8mSv/次，超过年剂量限值，属于一般辐射事故。</p> <p>3) 误照射</p> <p>在联锁系统出现故障，工作人员或其他人员误入正在出真源过程中的治疗室从而受到不必要的照射。距离放射源约1m，从发现到处理完毕的时间按15s（10s反应时间+5s回源时间）计，则该人员受到的误照射剂量为0.16mSv/次，未超过年剂量限值。</p> <p>有人员滞留在机房内，放射工作人员未认真搜寻即出真源治疗，考虑人员距离放射源约 1m，受照时间为单次治疗时间 10min，则单次治疗受照剂量为 6.85mSv。</p> <p>11.6.3 电离辐射生物效应及事故等级分级</p> <p>电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和确定性效应（组织</p> | | | | |

续表 11 环境影响分析

反应)。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率(而非其严重程度)与受照射的剂量大小成正比,而其严重程度与受照射剂量无关;随机性效应的发生不存在剂量阈值。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果,最终可导致受照射人员的癌症,即辐射致癌效应;受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤,引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱,导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病,即遗传效应。随机性效应是关注的重点,因其无法防护,可通过减少人员的受照剂量以减少随机性效应的发生概率。

组织反应以存在阈值剂量并且反应严重程度随剂量增加而加重为特征的细胞群体的损伤。早期组织反应(照射后几个小时到几周)可能具有炎症性质,其发生是细胞渗透性改变和炎症介质释放的结果。随后的组织反应通常是细胞丢失(例如表皮组织黏膜炎和脱皮)的结果,尽管组织的非细胞毒性效应也会在该早期反应中起一定作用。晚期组织反应(照射后几个月到几年)如果是由于靶组织直接损伤(例如分割照射后血管阻塞导致的深层组织坏死)引起的就称为“一般性的”,如果是由严重早期反应(例如作为大面积表皮剥蚀或慢性感染的真皮坏死和严重黏膜溃疡导致的小肠狭窄的结果)引起的就称为“结果性的”。这两种情况并不相互排斥,常常是同时存在。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级,见表 11-7。

表 11-7 辐射事故等级分级一览表

| 事故等级 | 危害后果 |
|----------|--|
| 特别重大辐射事故 | I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果,或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡。 |
| 重大辐射事故 | I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控,或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下(含 2 人)急性死亡或者 10 人以上(含 10 人)急性重度放射病、局部器官残疾。 |
| 较大辐射事故 | III 类放射源丢失、被盗、失控,或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾 |
| 一般辐射事故 | IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控,或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射 |

综上所述,本项目最大可信事故为发生 III 类放射源丢失、被盗,属于较大辐射事故。

11.6.4 风险防范措施和事故风险应急处理措施

针对上述风险事故类型,建设单位应采取相应预防措施,防止或者避免辐射事故的

续表 11 环境影响分析

发生。

放射源丢失、被盗事故防范措施：换源或装源必须由有资格的专业单位的技术人员进行，做好换装源程序和一切准备工作，专业人员严格按照操作规程，多次检查施源管的安装到位，放射源取出后应按要求对储源罐上锁，对暂存的保险柜上锁；操作人员必须佩戴辐射监测仪器，穿戴防护衣帽，对后装治疗室及周围进行清场，打开医院的监控设施，全程监控；严格加强 ^{192}Ir 放射源的安全管理，严格按照规定的实施方案进行换装源，确保环境和人员安全，杜绝事故（事件）发生。收源单位未及时回收的废放射源放置在应急储源铅罐内，再存放在后装治疗室保险柜暂存，保险柜钥匙由专人保管，定期查看，杜绝事故（事件）发生。

放射源脱落、卡源事故防范措施：同上，放射源装源/换源必须由有资格的专业单位的技术人员进行。严格按照操作规程，后装机机头、施源管、施源器的高差等参数在规定范围内；加强对后装机设备的质量检测和安全检测，定期进行设备稳定性检测、校正和维护保养，并由专人负责，防止出现卡源事故。

治疗过程中误照射事故防范措施：制定自检制度且严格进行经常性自检，经常检查和维修联锁系统、防护门、监视器、工作状态指示灯、急停按钮、剂量监测报警装置、辐射警告标志等防护设施，并且将检查结果记录备案；一旦发现联锁系统出现故障，应立即停止治疗工作，组织技术人员对联锁系统进行检查维修，在确认联锁系统恢复正常后，设备才能重新投入使用。加强后装机表面剂量监测，确保放射源在贮源状态设备表面剂量达标，发现问题及时处理。加强放射工作人员的辐射安全与防护培训，增强意识，严守操作规程，每次开机运行前要确认治疗室内无其他人员时，才能开始进行治疗。

11.7 环保投资估算

本项目环保投资估算共约 23 万元，具体情况见表 11-9。

表 11-9 项目环保投资一览表

| 序号 | 项目 | 环境保护（辐射防护）措施 | 投资（万元） |
|----|--------|-------------------------------------|--------|
| 1 | 辐射安全管理 | 管理制度建立、修订等，制度上墙，各处标识标牌、警示标志等 | 0.5 |
| 2 | 监测仪器 | 固定式剂量报警仪等 | 3 |
| 3 | 应急设施设备 | 铅橡胶衣服、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、警戒绳、警示牌、警示灯、长柄镊子等 | |
| 4 | 废气排放措施 | 废气收集管道 | 1 |

续表 11 环境影响分析

| | | | |
|----|------------------------|-------------------------------------|-----|
| 5 | 固体废物暂存设施 | 铅罐、保险柜 | 5 |
| 6 | 监控系统、对讲系统等 | 工作场所监控、门禁、门源联锁、对讲、工作状态指示灯、防挤压、急停系统等 | 4 |
| 7 | 辐射防护设施工程 | 防护门、铅皮等 | 5 |
| 8 | 环境影响评价、竣工验收、辐射安全许可证办理等 | | 4.5 |
| 合计 | | | 23 |

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构及人员

(1) 辐射安全与环境保护管理机构

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保辐射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能地避免事故的发生，医院应培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。

医院成立了辐射防护管理工作领导小组，明确了领导小组的职责，并指定一名工作人员作为医院放射防护管理人员，负责日常事务工作。根据调查，医院现有的辐射安全与环境保护管理机构设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

本项目开展后，目前医院的管理机构和管理人员也能满足相关要求，因此，本项目的辐射环境管理可直接纳入现有管理机构管理。

(2) 辐射工作人员配置及培训

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识，并参加考核，取得辐射安全培训合格证书，持证上岗。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核。

根据调查，医院现有辐射工作人员 237 人，均参加了对应工作类型的辐射安全与防护培训，并考核合格，均在有效期内。因此，医院现有放射工作人员满足相应要求。

根据调查，本项目依托的 7 名辐射工作人员，主要包括放疗医师、技师、物理师，已参加放射治疗辐射安全与防护培训并取得考核合格成绩单，均在有效期内；上述辐射工作人员均在 2 年内进行了职业健康体检，能继续从事辐射工作；且 2024 年个人剂量

表 12 辐射安全管理

监测结果均远低于医院年剂量约束值 5mSv/a 的要求，2025 年第一季度监测结果远低于 1.25mSv。因此，本项目依托放疗中心现有放射工作人员开展放射治疗工作可行。

12.2 辐射安全管理

（1）辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。

医院已制定《重庆大学附属涪陵医院辐射（放射）事故应急处理措施》《辐射安全和防护监测制度》《放射诊疗质量保证制度》《放射工作人员职业健康管理制度》《个人剂量监测管理制度》《放射档案管理管理制度》《放射防护注意事项》《放射工作人员培训制度》《放射工作人员职责》等，具体见支撑性文件附件。

以上制度指导现行相关操作的需求，具有一定的可操作性，医院在此之前一直按照各项管理制度执行，到目前为止未发生过辐射事故，医院每年定期开展了辐射（放射）事故应急处置演练。

本项目开展后，医院应补充《后装机操作规程》《放射源安全管理规范》《设备维修保养制度》等相关制度，结合本项目情况进一步完善《重庆大学附属涪陵医院辐射（放射）事故应急处理措施》并及时更新。

因此，在进一步补充、完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，在严格执行规定的辐射安全和环境管理制度前提下，项目的运行安全是有保障的，医院的管理能满足辐射环境管理要求。

（2）档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

医院制定有《放射档案管理管理制度》，将职业建档体检档案、个人剂量监测结果、辐射工作人员培训合格证、设备性能和工作场所监测报告等保存在公共卫生科。档案信

表 12 辐射安全管理

息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

(3) 个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立放射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。另外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

医院现有放射工作人员均配置了个人剂量计，不超过3个月进行一次个人剂量监测。并安排专人负责个人剂量监测管理工作，发现个人剂量监测结果异常的，单个季度个人剂量超过 1.25mSv，立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。根据调查，最近一年度个人剂量监测结果均低于 5.0mSv/a，低于单个季度的剂量约束值 1.25mSv。医院已对该介入手术医生受照剂量进行了调查和相应处理。

在本项目运行后，医院也将按照现有管理制度要求为每名放射工作人员配置个人剂量计，不超过3个月进行一次个人剂量监测，并加强教育和培训，严格管理，建立个人剂量档案，终身保存。

(4) 职业健康体检

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过2年，辐射工作人员受到事故照射或个人剂量超标时，必须配合医院完成应急体检和医学观察。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。建设单位应建立和保存放射工作人员的健康档案。

根据调查，医院现有辐射工作人员均按照要求每两年进行一次职业健康体检，目前在岗放射工作人员均无职业体检异常，无疑似职业病人员。本项目的辐射工作人员均为肿瘤科现有辐射工作人员，已按照上述要求进行了岗前职业健康体检，并按照相关要求进行了复检，并建立相应档案。

表 12 辐射安全管理

| |
|---|
| <p>(4) 年度评估</p> <p>根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位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。</p> <p>根据调查，医院往年都对射线装置的运行和辐射防护等进行了总结，按照上述要求每年均编制和提交了上一年度的年度评估报告。年度评估报告主要内容包括医院基本信息、核技术应用项目内容、辐射安全和防护设施和监测设备的运行与维护情况、辐射安全管理制度、辐射工作人员安全培训管理情况、辐射工作人员个人剂量监测情况、本年度核技术应用项目的办理情况、工作场所辐射环境监测、辐射事故及应急响应情况、存在的安全隐患及其整改情况、其他有关法律法规的落实情况等内容。后续医院将本项目纳入评估，每年按要求开展年度评估工作，对评估中发现的问题或隐患及时整改，消除安全隐患后按规定上报年度评估。</p> <p>12.3 核安全文化建设</p> <p>核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事单位核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。</p> <p>医院已建立安全管理体系，明确单位各层次人员的职责、不断识别单位内部核安全文化的不足并加以纠正，落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”，将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。</p> <p>具体操作参考如下：</p> <p>①医院应组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；</p> <p>②医院应当建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。</p> <p>12.4 辐射活动能力评价</p> <p>根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的相关规定，医院从事的辐射活动能力评价如表 12-1。</p> |
|---|

表 12 辐射安全管理

| 表 12-1 从事辐射活动能力评价 | |
|---|--|
| 应具备条件 | 落实情况 |
| 使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。 | 设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，设有 1 名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。 |
| 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。 | 项目依托的 4 名辐射工作人员均已进行了辐射安全与防护培训，并取得放疗考核合格成绩单，均在有效期内。 |
| 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。 | 项目拟设置保险柜、铅罐等设施，并拟设置监控系统、防护门（具有防盗功能）等。 |
| 放射性同位素使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。 | 项目工作场所拟设置警示标志、剂量报警、门源联锁等多重联锁、就诊指示标志、分区标识等措施，配置防护用品、个人剂量计、剂量报警仪等设施，防止工作人员和公众受到意外照射。 |
| 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。 | 已经建立了辐射防护和安全保卫制度、人员培训计划、监测方案等相关规章制度，补充《后装机操作规程》等制度并将相关制度在本项目放射工作场所张贴上墙。 |
| 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，包括个人剂量计。 | 本项目已为每名辐射工作人员配备个人剂量计，配置与开展项目相适应的个人剂量报警仪、X- γ 辐射检测仪、固定式剂量监控设备（含报警功能）等。 |
| 有完善的辐射事故应急措施。 | 已制定《重庆大学附属涪陵医院辐射（放射）事故应急处理措施》，需结合本项目情况进一步完善。 |
| <p>根据上表可知，医院已建立相应的管理体系，后续应针对后装机完善操作规程制度，并将相关制度张贴上墙等。医院认真落实上述辐射安全与防护措施后，方具备从事本项目辐射活动的的能力，在验收合格后并取得辐射安全许可证后本项目方可投入正式运行。</p> | |
| <h3>12.5 辐射监测</h3> <p>根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，建设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，可以委托有资质的环境监测机构进行监测，并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便主管部门及时了解项目安全运行情况。</p> <p>医院已制定有《辐射安全和防护监测制度》，包括工作场所监测及个人剂量监测等，</p> | |

表 12 辐射安全管理

以满足相关要求。监测后做好监测记录，存档备查。

根据调查，医院委托有资质单位每季度对放射工作人员个人剂量计进行监测，监测结果远低于医院年有效剂量管理目标值；委托有资质单位每年对现有辐射工作场所进行监测，监测结果均满足相关标准的要求，现有辐射项目运行对周围环境和人员的影响满足要求。

根据相关要求，本项目涉及的具体辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。

监测方法：热释光个人剂量监测法；

监测频率：每年 4 次，周期不超过 3 个月；

监测结果处理：季度剂量超过 1.25mSv，年剂量超过 5mSv，报告发证机关，开展调查，根据调查结果改正或者调岗等。

(2) 工作场所环境监测

为保证项目辐射工作场所的安全，项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和自行监测。

①验收监测：项目建成后、辐射防护设施等发生大的变化、设备大修、换源等之后进行验收监测，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。

②例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。

③自行监测：自行监测由建设单位自行监测，按相关标准制定监测计划，做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。

本项目建成后，医院应根据要求完善《辐射防护监测制度》等制度，增加后装治疗的日常监测内容。根据《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）、《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》

（WS262-2017）、《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）及项目情况等，本项目的监测计划情况如下表 12-2。

表 12-2 项目监测计划内容一览表

表 12 辐射安全管理

| 监测地点 | | 监测项目 | 日常监测频率 | 限值要求 |
|-------|--|---------|----------------------------|--|
| 后装治疗室 | 后装治疗室屏蔽体外 30cm 处、防护门外、门缝搭接、穿墙管线等屏蔽相对薄弱处等 | 周围剂量当量率 | 每年一次， （涉及换源、设备大修等应进行监测） | 顶棚外 30cm 处周围剂量当量率不大于 1.0 μ Sv/h，其余关注点处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。 |
| | 贮源器表面 | 周围剂量当量率 | | 5cm 处不大于 50μSv/h 100cm 处不大于 5μSv/h |
| | 源容器外表面 | β表面污染 | | <4Bq/cm ² |

(3) 安全检查

为了确保后装机的安全运行，需定期对工作场所各项安全联锁设施进行检查，确保其处于正常状态，检查内容和频率见表 12-3。

表 12-3 放射治疗中心工作场所安全措施检查一览表

| 检查地点 | 检查项目 | 日常监测频率 |
|-------|---|--------|
| 后装治疗室 | 门源联锁、监控、对讲、电离辐射警告标志、工作状态指示灯、设备系统自带联锁、防护门防夹等 | 每日 |
| | 急停开关、固定式剂量报警仪、激光定位 | 每月 |

12.6 辐射事故应急

(1) 辐射事故应急预案及演练情况

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《重庆市辐射污染防治办法》要求，建设单位已建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

医院目前已制定了《重庆大学附属涪陵医院辐射（放射）事故应急处理措施》（以下简称《应急处理措施》），《应急处理措施》中医院成立了辐射（放射）事故应急处置领导小组，明确了辐射（放射）事故应急处置领导小组职责，公布辐射（放射）事故应急处置领导小组联系及报告电话。《应急处理措施》处理流程包括信息报告、现场处置等内容，并与医院总体应急预案相联动。

根据医院提供的资料，医院于 2024 年 6 月 16 日进行了辐射（放射）安全事故应急处置演练，演练目的为强化相关科室的辐射安全管理意识，明确各部门应急工作职责，建立快速反应机制，进一步规范报告和应急处置流程。

(2) 后装机典型辐射事故应急处置措施

由于各种管理不善或人误等造成卡源、源脱落以致人员的误照射，其照射方式主要是外照射。发生误照射事故时应第一时间切断装置电源（就近按下急停按钮），撤出治

表 12 辐射安全管理

| |
|---|
| <p>疗室内人员。</p> <p>（3）事故报告程序</p> <p>事故预警发现者或事故发生当事人立即向科室负责人报告，科室负责人立即向预防保健科（辐射事故应急处置办公室）报告（非上班时间先报告院总值班室），预防保健科（辐射事故应急处置办公室）立即向分管院长及院长、党委书记报告，同时组织应急小组专家成员核查，一经证实是预警或突发辐射（放射）事故，立即向区生态环境局、区卫健委等上级有关部门报告，若发生放射源丢失或被盗事故，同时报告区公安局。初判为重大或特别重大辐射（放射）事故的，按规定报告区政府办公室。</p> <p>（4）放射性事故应急处理程序</p> <p>事故发生后，当事人应立即通知工作场所的工作人员离开，并及时上报；根据辐射（放射）事故发生的实际情况，有针对性地及时采取措施。</p> <p>①发生超剂量照射引起辐射事故时</p> <p>A. 立即自动回源，终止原放射治疗操作，安排受照人员接受医学检查及相应的医疗救治。</p> <p>B. 如实记录，并根据具体情况对受照人员进行必要的医学观察。</p> <p>C. 如果是接受个人剂量监测的医护人员发生超剂量照射，应同时将个人剂量监测计送重庆市疾病预防控制中心进行检测。</p> <p>②丢失放射性物质时</p> <p>A. 保护事故现场。</p> <p>B. 协助公安及生态环境部门迅速查找，同时组织人力在院内进行排查，追回丢失的放射性物质。</p> <p>C. 借助院内局域网等媒介对丢失的放射源的名称、状态、特性、危害等进行通报，最大限度降低危害。</p> <p>12.7 竣工验收</p> <p>根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。根据《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ1326-2023），建设项目正式投产运行前，建设单位应当如实查验、监测项目环境保护设施运行情况，编制验收（调查）报告表，完成自主竣</p> |
|---|

表 12 辐射安全管理

工环保验收工作。同时，项目建成后，应及时办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事核技术利用项目。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-4。

表 12-4 环保设施竣工验收要求一览表

| 序号 | 验收内容 | 本项目验收要求 | | 备注 |
|----|-----------|--|---|---|
| 1 | 建设内容 | 在医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室安装 1 台后装机（含 ^{192}Ir 放射源，活度 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}\times 1$ 枚）。 | | 不发生重大变动 |
| 2 | 环保资料 | 项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等 | | 齐全 |
| 3 | 年有效剂量管理 | 辐射工作人员年有效剂量管理目标值 $<5\text{mSv}$ 治疗室外公众成员年有效剂量管理目标值 $<0.1\text{mSv}$ | | GB18871-2002、 HJ1198-2021 及医院管理要求 |
| 4 | 人员要求 | 配备放疗医师、技师、物理师等辐射工作人员，参加放疗辐射安全与防护培训并考核合格，按要求复训。 | | 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等 |
| 5 | 剂量率控制 | 顶棚外 30cm 处周围剂量当量率不大于 $1.0\mu\text{Sv/h}$ ，其余关注点处周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。 | | 根据 GBZ/T201、 HJ1198-2021、 GBZ121-2020 核算后 综合取值 |
| 6 | 后装机设备要求 | 贮源器表面泄漏辐射所致周围剂量当量率 5cm 处不大于 $50\mu\text{Sv/h}$ ，100cm 处不大于 $5\mu\text{Sv/h}$ 。 | | WS262-2017 |
| 7 | 表面污染 | 后专辑源容器外表面 β 污染水平应低于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。 | | GBZ114-2006 |
| 8 | 放射源储存 | 距离装有活度为 $3.7\times 10^{10}\text{Bq}$ 以上的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 $0.2\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。 | | GBZ114-2006 |
| 9 | 防护用品 | 每名辐射工作人员均配置 1 枚个人剂量计，根据工作场所配置适宜数量的个人剂量报警仪。 | | 按要求配置 |
| | | 后装治疗室设置固定式剂量警报仪等。 | | 按要求配置 |
| 10 | 辐射防护与安全措施 | ①治疗室的屏蔽能力能满足要求，治疗室内各类穿墙管线应不削弱屏蔽防护能力。 ②治疗室内设置急停开关、固定式辐射剂量监测报警仪、紧急开门按钮、视频监控系统与对讲系统，防护门处设置红外防挤压装置； ③后装机自带多重安全联锁装置，如施源器联锁等，并设置门源联锁装置； ④治疗室防护门外张贴电离辐射警示标志，安装工作状态指示灯； ⑤治疗室设置机械通风系统，换气次数应不小于 $4\text{次}/\text{h}$ 。 | | |
| 11 | 管理 | 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估制度、辐射事故应急预案等。 | | 按要求制定、完善制度 |
| 12 | 废物排放 | 废气 | 依托现有排风口排放，治疗室内通风换气次数应不小于 $4\text{次}/\text{h}$ 。 | HJ1198-2021、 GBZ121-2020 |

表 12 辐射安全管理

| | | | |
|--|--|----|---|
| | | 废水 | 生活污水和医疗废水一起排入医院西北侧的污水处理站（设计处理能力 850m ³ /d）处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）中的预处理标准后由市政污水管网排入涪陵污水处理厂集中处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）一级 A 标准后，最终排入长江。 |
| | | 固废 | 生活垃圾收集点位于医技楼东侧，交环卫部门处理；医疗废物贮存点紧邻生活垃圾，最后交有医疗废物处置资质的单位处置；含铅防护用品报废后，由医院按有关规定收集、暂存，交危险废物处置资质单位，做好相应记录；根据协议废源由厂家回收处理。 |

表 13 结论及建议

13.1 项目概况

重庆大学附属涪陵医院拟在重庆大学附属涪陵医院医技楼 1 楼放疗中心预留后装治疗室实施重庆大学附属涪陵医院放疗中心建设项目（后装机部分），建设内容为在预留后装治疗室安装 1 台后装机，含 1 枚 ^{192}Ir 放射源（III 类源，活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ ）开展近距离放射治疗。

建设项目拟投资约 50 万元，环保投资约元。

13.2 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，项目使用的后装机属于高端放射治疗设备，属于产业结构调整指导目录中的鼓励类。项目建设符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家的相关产业政策。

13.3 实践正当性分析

项目的建设对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《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）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.4 辐射环境现状

项目所在位置的环境 γ 辐射剂量率监测值在 $76\text{nGy/h}\sim 106\text{nGy/h}$ （未扣除宇宙射线的响应值），本项目拟建址及周边环境的辐射水平在重庆市天然辐射本底水平正常涨落范围内，未见辐射异常。

13.5 选址可行性及布局合理性分析

（1）选址可行性

本项目选址位于医院医技楼一楼放疗中心预留后装治疗室，即布置在医技楼人流不密集的建筑物底层，便于治疗室的辐射防护与安全，能更好地保护患者、医护人员以及公众的安全；楼下为实土层，楼上为核医学科，该区域独立成一个区域，无关人流相对较少，远离其他非放疗中心如儿科病房、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，对公众的辐射影响小，且拟建场址的辐射环境质量现状良好，能满足项目的建设需求。

因此，项目选址符合标准规定的选址原则，选址可行。

（2）布局合理性

续表 13 结论及建议

后装机设有独立的治疗室，并拟设配套的控制室和准备间，辅助用房功能齐全，能确保后装治疗室放疗活动的正常运作，满足项目使用要求；后装治疗室位于放疗中心，靠近大孔径 CT 模拟定位机，方便依托放疗中心 CT 模拟定位，有利于项目的开展；后装机房设置迷道，减少防护门的防护压力，能有效提高防护门的使用寿命；项目功能分区明确，自成一区，远离人流密集区；后装机房设置了足够厚度的屏蔽墙体进行防护，减少对周围公众的影响。因此，项目平面布局满足《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）的要求，布局合理。

13.6 辐射安全与防护分析结论

（1）辐射工作场所分区管理

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将辐射工作场所划分为控制区和监督区，将后装治疗室划设为控制区，控制室、设备间、配电房、过道、楼上护士站和过道划为本项目监督区，并拟采取相应的分区管理措施。

（2）治疗室屏蔽防护

本项目治疗室设计了足够厚度的屏蔽体，四周墙体、顶棚以及防护门屏蔽防护均满足《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）等屏蔽防护厚度要求。

（3）安全联锁装置及其他措施

拟配置的后装机自带多重安全联锁装置，如施源器联锁、门源联锁装置等；治疗室内拟设置急停开关、固定式辐射剂量监测报警仪、紧急开门按钮、视频监控系统与对讲系统，防护门处设置红外防挤压装置；治疗室防护门外张贴电离辐射警示标志，安装工作状态指示灯。

辐射工作人员均佩戴个人剂量计、放射工作场所配备个人剂量报警仪等。

（4）通风系统

依托现有的通风系统，治疗室内设置进风口和排风口各 1 个，排风口位于机房北墙处，离地高度约 0.1m；进风口位于机房南侧吊顶；进排风口呈对角线布设，且排风口位于机房内部深处，呈“上进风，下排风”，便于废气的排出，废气经收集后引至放疗中心东侧外墙排放口排放，通风换气约 4.2 次/h（考虑迷路），满足《放射治疗放射防护

续表 13 结论及建议

要求》（GBZ121-2020）等的要求。

（5）其他措施

依托医院已配置个人剂量报警仪、X- γ 辐射检测仪等监测仪器，保证设备、辐射工作人员、公众成员的安全。

综上，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足辐射防护的要求。

13.7 环境影响分析

（1）辐射剂量水平：根据核算，本项目后装治疗室屏蔽体外周围剂量当量率均满足剂量率控制水平值。

（2）剂量估算：根据医院工作负荷，通过估算，本项目辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量管理限值的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），符合《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）及相关标准的要求。

（3）环境保护目标影响：通过估算可知治疗室外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率满足相应要求。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的辐射影响甚微，对环境的辐射影响可以接受。

（4）“三废”影响：项目运行时产生臭氧和氮氧化物量较少，依托现有通风系统，所产生废气经排风管道收集引至医技楼三楼东侧外墙排放口排放，排放后废气经大气扩散和分解后，浓度将进一步降低。项目辐射工作人员等产生的生活废水与医疗废水一起，依托医院污水处理站处理。医疗废物依托医院医疗废物贮存点暂存后交有医疗废物处置资质的单位处理；生活垃圾交环卫部门处理；废弃铅防护用品由医院收集妥善暂存，并做好相应记录，交由有危险废物处置资质的单位处理；退役的 ^{192}Ir 放射源由生产厂家及时回收处理。

（5）事故风险结论及防范措施：项目运行期间因为管理不善，发生后装源（III类）丢失、被盗，属于较大辐射事故。通过落实撤离治疗室时应清点人数、在设备上及控制台设置有紧急停机按钮、加强医院管理、辐射工作人员须加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备稳定性检测和质控检测、加强设备维护、使设备始终保持在最佳状态下工作、正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，辐射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目

续表 13 结论及建议

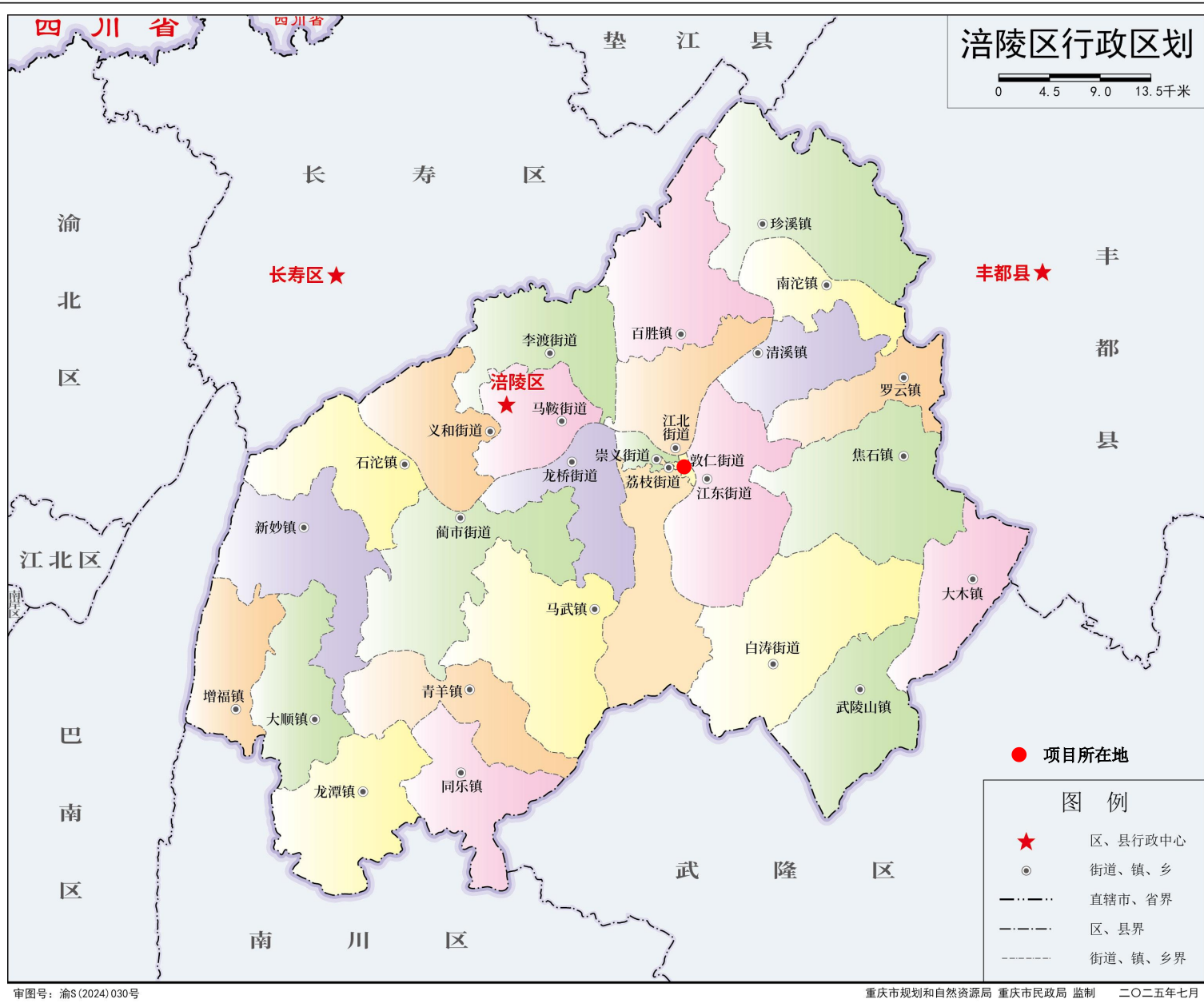
辐射事故风险可防可控。

13.8 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，制订和完善了各项规章制度，应急处理措施健全、具有可操作性。本项目建成后，将本项目纳入辐射管理，并结合本项目情况完善应急处理措施，补充操作规程、设备维修保养制度等相关制度。辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排职业健康体检。医院还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，严格执行各项规章制度，杜绝辐射事故的发生。

13.9 综合结论

综上所述，重庆大学附属涪陵医院拟开展的“重庆大学附属涪陵医院放疗中心建设项目（后装机部分）”，符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家的相关产业政策，选址可行，布局合理，在完善相应的污染防治措施和管理措施后，环境风险可防可控，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。在项目运行中，严格落实各项污染防治措施和环境保护措施，按照有关法规和安全操作的要求进行，对公众造成影响很小。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。



附图一 项目地理位置图