

核技术利用建设项目

隆昌通康医院

新增医用直线加速器及后装机项目

环境影响报告表

(脱密公示本)



生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

隆昌通康医院

新增医用直线加速器及后装机项目

环境影响报告表

建设单位名称：隆昌通康医院

建设单位法人代表（签字或盖章）：院

通讯地址：隆昌县人民中路 C3 段

邮政编码：642150 联系人：

电子邮箱： 联系电话：

## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	13
表 3 非密封放射性物质 .....	13
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 .....	15
表 7 保护目标与评价标准 .....	19
表 8 环境质量和辐射现状 .....	23
表 9 项目工程分析与源项 .....	30
表 10 辐射安全与防护 .....	40
表 11 环境影响分析 .....	55
表 12 辐射安全管理 .....	88
表 13 结论与建议 .....	95
表 14 审批 .....	101

表 1 项目基本情况

建设项目名称		隆昌通康医院新增医用直线加速器及后装机项目				
建设单位		隆昌通康医院				
法人代表		■■■■■	联系人	■■■■■	联系电话	■■■■■
注册地址		四川省隆昌市人民中路 C3 段				
建设项目地点		四川省隆昌市人民中路 C3 段隆昌通康医院负一层加速器治疗室、后装治疗室				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		■■■■■	项目环保投资 (万元)	■■■■■	投资比例(环保 投资/总投资)	■■■■■
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m <sup>2</sup> )	■■■■■
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
	其他	/				
	<b>项目概述：</b> <b>一、建设单位基本情况</b> <p>隆昌通康医院位于隆昌市经济开发新区，由内江市卫生局于 2014 年 5 月 12 日批准四川省隆昌聚能医疗投资有限公司邵山同志设置医疗机构，经营性质为非政府非营利性医疗机构，是一所二级综合性医院。一期设计病床 300 张，占地 40 亩，建筑一期面积 2 万平方米，卫技人员编制 600 名，总投资为 3 亿元人民币。</p> <p>通康医院按照“总体规划、分期实施”的思路进行建设。隆昌通康医院始建于 2015 年，该项目建设分两期进行：一期工程为门诊楼 7 层（含地下车库）、医技楼 5</p>					

层（含地下车库）和地下室，建筑面积为 20022.62 平方米，一期建设于 2018 年元月完工并试营业。

医院一期开放使用预计住院接待量达到每天 380 人，门诊接待量达到每天达到 685 人，隆昌通康医院开设有急诊科、消化内科、呼吸内科、神经内科、内分泌科、心血管内科、普外科、泌尿外科、神经外科、骨科、妇产科、中医科、康复理疗等 51 个医疗科室。并开设先进的微创手术、腹腔手术等。地面建筑有：医技楼 1 栋，地上 4 层，地下 1 层，高 19.45m；食堂 1 栋，地上 4 层，地下 1 层，高 20.05m；门诊楼 1 栋，地上 6 层，地下 1 层，高 25.6m；二期住院楼地上为平台（未建设）；建设有医废暂存和污水处理等辅助用房。

隆昌通康医院民办非企业单位登记证书登记证号为 [REDACTED]，证书见附件 3。现已开展核技术利用项目，且已取得辐射安全许可证，编号为“川环辐证 [REDACTED] 种类和范围为“使用Ⅲ类射线装置”，有效期至：2026 年 07 月 29 日。原有辐射安全许可证正副本复印件见附件 4。

## 二、项目由来

为更好地为周边居民提供多层次的医疗服务，拓宽医疗服务范围，提高服务水平和区域医疗服务能力，隆昌通康医院拟在医院负一层后装治疗室内新增一台后装机，同时使用 3 枚<sup>60</sup>Co放射源；拟在负一层加速器治疗室内新增一台医用直线加速器，为满足医用直线加速器与后装治疗室日常治疗需求，因此在医院负一层模拟定位室新增一台模拟定位机（CT）作为医用直线加速器项目和后装治疗项目的配套设备（模拟定位机待型号确定后建设单位将在建设项目环境影响登记表备案系统备案登记）。

项目开展后，隆昌通康医院拟为加速器治疗室配备 7 名辐射工作人员（医师 2 名、技师 2 名、物理师 1 名、2 名护师），用于开展放射治疗项目；拟为后装机治疗室配备 7 名辐射工作人员（医师 2 名、技师 2 名、物理师 1 名、2 名护师），用于开展放射治疗项目。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目应编制环境影响报告表。受隆昌通康医院的委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场查

勘、现场监测（委托四川省永坤环境监测有限公司，单位在四川省生态环境厅环境监测业务公开系统中资质编号：510106001405）、评价分析，编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，承诺书见附件 2。

### 三、项目概况

#### （一）项目名称、性质、建设地点

（1）项目名称：隆昌通康医院新增医用直线加速器及后装机项目

（2）建设单位：隆昌通康医院

（3）建设性质：新建

（4）建设地点：四川省隆昌市人民中路 C3 段隆昌通康医院负一层加速器治疗室、后装治疗室

项目地理位置见附图 1。

#### （二）项目建设内容与建设规模

##### 1.加速器治疗室

医院拟在负 1 楼地下停车场东侧（现在为停车位，不涉及墙体拆除）建设加速器治疗室，并在加速器治疗室内新增一台医用直线加速器（II类射线装置，厂家型号：利尼科 AccStar，X 射线最大能量：10MV，电子线最大能量：14MeV，X 射线最大空气吸收剂量率：14Gy/min，电子线最大空气吸收剂量率：9Gy/min）。项目开展后，每台医用直线加速器预计每天治疗约 40 人次，每次治疗时间最多 5min，每年工作 250 天，年治疗 10000 人次，则医用直线加速器每年出束治疗时间最长约 833.34h。

加速器治疗室有效使用面积为 50.1m<sup>2</sup>（不包含迷道，长 9.2m×宽 6.8m），净高 3.6m。加速器治疗室配套用房为 1 间控制室（24.5m<sup>2</sup>）、1 间水冷及辅助机房（20.5m<sup>2</sup>）。

本项目加速器治疗室主射线方向为：西面、东面、顶部、地面。加速器治疗室采用的屏蔽设计条件：加速器治疗室整体采用不低于 2.35t/m<sup>3</sup>的钢筋混凝土连续浇筑，东侧和西侧主屏蔽墙体为 3.0m 混凝土，主屏蔽墙体宽度为 4.0m，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体均为 1.5m 混凝土；北侧侧屏蔽墙为 1.5m 混凝土；南侧迷道长 10.4m，宽 2.0m，迷道内墙为 1.2m 混凝土，迷道外墙为 1.5m 混凝土；屋顶主屏蔽墙体为 3.0m 混凝土，主屏蔽墙体宽度为 4.0m，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 1.5m 混凝土。加速器治疗室防护大门为 12mmPb 的铅钢防护门。机房楼下无建筑，为土质层，不考虑地面防护。加速器治疗室修建完成后将突出地面，突出部分占地面积 159m<sup>2</sup>，其中 48.8m<sup>2</sup>高出地

面 1.8m，其余部分的面积高出地面 0.3m。

## 2.后装治疗室

医院拟在负 1 楼地下停车场东侧建设后装治疗室，在后装治疗室内新增使用 1 台后装机（型号：GZP3 型  $^{60}\text{Co}$  后装治疗机，据院方采购意向，预计使用 3 枚  $^{60}\text{Co}$  放射源，III类密封源，单枚源活度为： $6.66 \times 10^{10}\text{Bq}$ ）。项目开展后，后装治疗室预计每天治疗约 10 人次，每次治疗时间最多 10min，每年工作 250 天，年治疗 2500 人次，则后装机每年出束治疗时间最长约 416.67h。

后装治疗室有效使用面积为  $20\text{m}^2$ （不包含迷道，长 5.0m×宽 4.0m），净高 3.0m。后装机房配套功能用房为 1 间控制室（ $16.4\text{m}^2$ ）。

后装治疗室屏蔽设计条件：后装机房整体采用不低于  $2.35\text{t/m}^3$  的钢筋混凝土连续浇筑，北侧迷道长 6.0m，宽 1.3m，迷道内墙为 1.0m 混凝土，迷道外墙为 1.0m 混凝土；西侧屏蔽墙体为 1.0m 混凝土，东侧为 0.8m 混凝土，南侧为 1.5m 混凝土（与加速器治疗室部分共用）；屋顶屏蔽墙体为 1.0m 混凝土；后装治疗室防护门采用 10mmPb 的铅钢防护门。机房楼下无房间，不考虑地面防护。

加速器治疗室与后装治疗室共用辅助用房：技师办公室 1 间，面积  $14.3\text{m}^2$ ；物理师办公室 1 间，面积  $14.3\text{m}^2$ ；医生办公室 1 间，面积  $14.3\text{m}^2$ ；CT 模拟定位机房 1 间，面积  $30.3\text{m}^2$ ；CT 模拟定位机房控制室 1 间，面积  $14.2\text{m}^2$ ；库房 1 间，面积  $18.3\text{m}^2$ ；登记室 1 间，面积  $18.3\text{m}^2$ ；制模室 1 间，面积  $18.3\text{m}^2$ 。

## 四、项目组成及主要环境影响

项目组成及主要环境影响见表 1-1。

表 1-1 项目组成及主要的环境影响一览表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境影响	
		施工期	运营期

主体工程	加速器项目	加速器治疗室	加速器治疗室有效使用面积均为 50.1m <sup>2</sup> (不包含迷道,长 9.2m×宽 6.8m),净高 3.6m。 加速器治疗室采用的屏蔽设计条件:加速器治疗室整体采用不低于 2.35t/m <sup>3</sup> 的钢筋混凝土连续浇筑,东侧和西侧主屏蔽墙体为 3.0m 混凝土,主屏蔽墙体宽度为 4.0m,与主屏蔽相连的次屏蔽墙体均为 1.5m 混凝土;北侧屏蔽墙为 1.5m 混凝土;迷道长 10.4m,宽 2.0m,迷道内墙为 1.2m 混凝土,迷道外墙为 1.5m 混凝土;屋顶主屏蔽墙体为 3.0m 混凝土,主屏蔽墙体宽度为 4.0m,与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 1.5m 混凝土。加速器治疗室防护大门为 12mmPb 的铅钢防护门。机房楼下无房间,不考虑地面防护。	施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	/
		医用直线加速器	拟在加速器治疗室内新增一台医用直线加速器(Ⅱ类射线装置,厂家型号:利尼科 AccStar, X 射线最大能量:10MV,电子线最大能量:14MeV, X 射线最大空气吸收剂量率:14Gy/min,电子线最大空气吸收剂量率:9Gy/min),项目开展后,每台医用直线加速器预计每天治疗约 40 人次,每次治疗时间最多 5min,每年工作 250 天,年治疗 10000 人次,则每台医用直线加速器每年出束治疗时间最长约 833.34h。	X 射线、电子、臭氧、氮氧化物、噪声(调试过程中)	X 射线、电子、臭氧及氮氧化物、噪声、废靶
	后装项目	后装治疗室	后装治疗室有效使用面积为 20m <sup>2</sup> (不包含迷道,长 5.0m×宽 4.0m),净高 3.0m。后装机房整体采用不低于 2.35t/m <sup>3</sup> 的钢筋混凝土连续浇筑,北侧迷道长 6.0m,宽 1.3m,迷道内墙为 1.0m 混凝土,迷道外墙为 1.0m 混凝土;西侧屏蔽墙体均为 1.0m 混凝土,东侧为 0.8m 混凝土,南侧为 1.5m 混凝土(与加速器治疗室部分共用);屋顶屏蔽墙体为 1.0m 混凝土;后装治疗室防护门采用 10mmPb 的铅钢防护门。机房楼下无房间,不考虑地面防护。	施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	/
		放射源	3 枚 <sup>60</sup> Co 放射源,Ⅲ类密封源,单枚源活度为:6.66×10 <sup>10</sup> Bq。后装治疗室预计每天治疗约 10 人次,每次治疗时间最多 10min,每年工作 250 天,年治疗 2500 人次,则后装机每年出束治疗时间最长约 416.67h。	安装调试阶段产生废弃包装、γ 射线、β 射线、臭氧及氮氧化物、噪声、医疗废物	γ射线、β 射线臭氧及氮氧化物、退役放射源
辅助	加速器治疗室	1 间控制室(24.5m <sup>2</sup> )、1 间设备机房(20.5m <sup>2</sup> )、与后装机共用的 1 间 CT 室(29.4m <sup>2</sup> )、库房 1 间	施工噪声、施	/	



工程		(18.3m <sup>2</sup> )、登记室 1 间 (18.3m <sup>2</sup> )、制模室 1 间 (18.3m <sup>2</sup> )。	工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	
	后装治疗室	1 间控制室 (16.4m <sup>2</sup> )、与医用直线加速器共用的 1 间 CT 室 (29.4m <sup>2</sup> )、库房 1 间 (18.3m <sup>2</sup> )、登记室 1 间 (18.3m <sup>2</sup> )、制模室 1 间 (18.3m <sup>2</sup> )。		
公用工程	给排水、配电、供电和通讯系统等。			
办公及生活设施	加速器治疗室、后装治疗室设计有技师办公室、物理师办公室、医生办公室、库房等。			
环保工程	加速器治疗室、后装治疗室	废气处理依托院区拟建的通排风系统，加速器治疗室和后装治疗室废弃经排风管道引至加速器治疗室南侧风井，由风井引至门诊楼楼顶排放，排口离地 25.6m；医疗废物依托院区已建的医暂存间收集进行处理；办公、生活垃圾依托院区已建的生活垃圾收集系统进行处理。	施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	医疗废物、废气、噪声

## 五、主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 本项目主要原辅材料及能耗情况

类别	名称		数量	来源	用途	备注
能源	电		5000kW·h/a	城市电网	用电	/
水	生活用水		100m <sup>3</sup> /a	城市生活用水管网	生活用水	/
医疗/手术耗材	后装治疗室	手套	480kg/a	每年供应商招标	放射治疗	/
		纱布	240kg/a			
		药棉	480kg/a			
后装治疗室	<sup>60</sup> Co放射源		3枚	/	放射治疗	后装机使用

## 六、工作人员及工作制度

工作制度：本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天，实行 8 小时工作制。

### 加速器治疗室

医院拟为本项目加速器治疗室配备 7 名辐射工作人员，包括 2 名医生、1 名护师、

1 名物理师、2 名技师。根据医院提供资料，每台医用直线加速器预计每天治疗约 40 人次，每次治疗时间最多 5min，每年工作 250 天，年治疗 10000 人次，则辐射工作人员年受照时长最长为 833.34h。参考其他医院资料，所有新增病人首次治疗及计划更改首次治疗物理师、医生要参与摆位（护师不参与，护师仅在特殊病人或紧急情况会前往控制室，护师受照时间可忽略不计），摆位完成后在控制室内观察患者治疗，按每日新增 3 名患者计算，则病人首次治疗及计划更改首次治疗时，每名物理师、医生受照时间为 62.5h。同时物理师还需对医用直线加速器进行质控，对病人的计划进行计划验证，每周质控和计划验证时医用直线加速器出束时间为 2h，则每年物理师质控、计划验证受照时间为 100h，则加速器年曝光时长不超过 933.34h，技师年收照时长不超过 466.67h（两名技师均分时间），物理师年受照时长不超过 162.5h，医生年受照时长不超过 62.5h。

### 后装治疗室

医院拟为本项目后装治疗室配备 7 名辐射工作人员，包括 2 名医生、1 名护师、1 名物理师、2 名技师。根据医院提供资料，后装治疗室预计每天治疗约 10 人次，每次治疗时间最多 10min，每年工作 250 天，年治疗 2500 人次，则辐射工作人员年受照时长最长为 416.67h。参考其他医院资料，医生需要对病人进行摆位（5min）和插管（1min）操作，操作时间为 6min，操作完成后退到控制室和护师、物理师一起观察患者治疗，则医生的年受照时间为 250.3h，护师、物理师、技师受照时间为 416.67h。

本项目加速器治疗室、后装治疗室拟配备的上述辐射工作人员除操作使用本项目射线装置外，不兼顾其他核技术利用项目相关岗位。

## 七、产业政策符合性

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录》（2021 年修订，国家发展改革委 2021 年第 49 号令）中的“鼓励类”第三十六条“教育、文化、卫生、体育服务业”第 29 款“医疗卫生服务设施建设”，其建设符合国家现行产业政策。

## 八、项目外环境关系、选址合理性及实践正当性分析

### （一）项目外环境关系

#### 加速器治疗室、后装治疗室

本项目加速器治疗室及后装治疗室均位于医院负 1 层，这两个场所位置集中，因此综合考虑其 50m 范围。

本项目地面以上东侧 0m-11m 为院区绿化，11m-20m 为院区道路，20m-50m 为商业街（目前正在建设中）；东北侧 0m-11m 为供氧室；南侧 0m-12m 为院区绿化及道路，12m-31m 为门诊楼，31m-50m 为院区道路及绿化；西侧 0m-50m 为院区绿化及停车位；北侧 0m-9m 为院区道路及绿化，9m-26m 为住院楼，26m-40m 为院区道路及绿化，40m-50m 为商业街（目前正在建设中）。本项目 50m 外环境见附图 2。

## （二）项目选址合理性分析

本项目加速器治疗室、后装治疗室均位于四川省隆昌市人民中路 C3 段隆昌通康医院负一层。根据原隆昌县住房和城乡建设局颁发的《建设用地规划许可证》（地字第 511028201400040，见附件 6），院区用地属于“医疗用地”，因此本项目建设符合院区总体规划要求。根据原隆昌县国土资源局颁布的《土地证》（隆国用（2016）第 03692 号，见附件 5）本项目隆昌通康医院属于医卫慈善用地，符合城市相关规划要求，隆昌通康医院已获得原隆昌县环境保护局文件《关于四川省隆昌聚能医疗投资有限公司隆昌通康医院新建项目环境影响报告书的批复》（隆环建〔2015〕58 号，见附件 7）。

隆昌通康医院位于隆昌市人民中路 C3 段，院区交通便捷，有利于医院和外界的联系。项目选址城市基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。

### 加速器治疗室、后装治疗室

本项目加速器治疗室及后装治疗室均位于医院负一层，位于整个院区地下室的东侧，远离门诊、急诊、医技楼等人流量较大的区域。放疗场所位置相对集中，其 50m 范围除东侧和北侧部分外其余均在院区内。放疗场所北侧为氧气库房等辅助用房，东侧为土质层，南侧为消防水泵房、风机房等辅助用房，西侧为地下停车场，楼上为院区绿化和为道路。因此本项目放疗场所的选址均满足相关法律法规的要求。

本项目 50m 范围内环境无居民区，拟建设的加速器治疗室、后装治疗室为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

## （三）实践正当性分析

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

项目的实践是必要的。

医院在放射诊断、放射治疗过程中，对放射源、射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对放射源、射线装置的安全管理在建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理放射源、射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性。**符合辐射防护“实践的正当性”原则。**

#### 九、与周边环境的兼容性分析

根据《关于四川省隆昌聚能医疗投资有限公司隆昌通康医院新建项目环境影响报告书的批复》（隆环建〔2015〕58号）：医疗废水、生活污水经管道收集后进入医院污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的预处理标准后，通过城市污水管网排入隆昌县城市生活污水处理厂处理，对周围的水环境影响较小。

本项目加速器室投入运营后，金属靶件更换时会有废靶产生，本项目后装机内放射源衰变至其活度不能满足放射治疗需要时，将更换放射源，从而产生退役放射源，废靶与退役放射源均属于放射性废物，由生产厂家回收处置，若生产厂家不能回收，则应交有收贮资质的单位回收处置。后装机治疗过程中产生的医疗废物采用专门的收集容器集中处理后，先转移至院区医疗废物暂存间内暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。生活垃圾则分类收集后交由市政环卫部门统一清运。综上，本项目产生的医疗废物和生活垃圾经妥善处理对周围环境影响较小。

本项目产噪设备主要为通排风系统，排风系统声级较小，噪声影响不大。且风机等设备均位于送风房内，噪声源通过使用合理布局、使用低噪声设备、安装减震垫、建筑物隔声等措施降噪，对周围环境影响较小。

**因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。**

#### 十、与本项目相关的原有污染情况及主要环境问题

##### 1、辐射安全许可证及主体建筑环评审批情况

目前，隆昌通康医院已取得辐射安全许可证，编号为“川环辐证[11230]”，种类和

范围为“使用Ⅲ类射线装置”，有效期至：2026年7月29日。原有辐射安全许可证正副本复印件见附件4。

本项目所在的主体建筑所在院区已获得原隆昌县环境保护局文件《关于四川省隆昌聚能医疗投资有限公司隆昌通康医院新建项目环境影响报告书的批复》（隆环建〔2015〕58号，见附件7），在已审批的该项目整体环评中，有严格的污染控制措施要求以及完善的处理设施。本项目将依托院区在建的污染控制处理措施的处理系统。

## 2、原有核技术利用项目

隆昌通康医院获得许可使用4台Ⅲ类射线装置。原有核技术利用项目均已履行许可手续。

经核查建设单位《2022年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，未发现有辐射环境遗留问题，不存在辐射安全及辐射环境保护问题。同时，经建设单位证实，医院开展放射诊断工作截至目前未发生过辐射安全事故。医院原有核技术利用情况见表1-3。

表 1-3 隆昌通康医院辐射安全许可证登记的现有核技术利用项目一览表

射线装置										
序号	射线装置名称、型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	备注
1	X射线装置(DT570)	1	150	650	Ⅲ	隆昌通康医院医技楼放射科DR室	使用	已备案	已许可	/
2	CT (NeuViz 16 Platnum)	1	140	380	Ⅲ	隆昌通康医院医技楼放射科CT室1	使用	已备案	已许可	/
3	高频移动式C型臂X射线机(KP5000E)	1	120	78	Ⅲ	隆昌通康医院医技楼4楼	使用	已备案	已许可	/
4	16排螺旋CT机(N16AFV210016)	1	140	380	Ⅲ	隆昌通康医院医技楼放射科CT室2	使用	已备案	已许可	/

## 3、原有辐射场所环境监测

根据医院2022年度例行委托有资质单位进行的场所防护检测报告可知，目前医院

各辐射场所辐射控制水平符合国家标准的剂量率要求，机器符合仪器相关质控评价标准。建设单位已配备有便携式辐射监测仪及足够数量的个人剂量报警仪。

#### 4、原有辐射工作人员情况

隆昌通康医院原有登记在册的辐射工作人员8名，针对原有从事Ⅲ类射线装置使用工作的未持证辐射工作人员，医院已组织人员集中学习相关课件与视频课程，并从国家核技术利用辐射安全与防护培训平台题库中抽取对应科目考题编写试卷，组织未持证人员进行闭卷考核，考核结果存档。

建设单位对于所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并建档管理，目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。所有辐射工作人员最新四个季度个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值情况。

#### 十、环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据原国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》(试行)的规定：医院在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息；各级环保主管部门在受理建设项目环境影响报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

根据以上要求，2023年9月18日~2023年9月22日，在隆昌通康医院官网上公示了《隆昌通康医院新增医用直线加速器及后装机项目》全本信息，以征求公众意见，公示网址为：<http://www.tongkangyiyuan.cn/plus/view.php?aid=193>

公 示 截 图 如 下 :



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	<sup>60</sup> Co	6.66E+10Bq×3 枚	III	使用	放射治疗	隆昌通康医院负一层 后装机治疗室	隆昌通康医院负一层后 装机内	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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)	年最大操作 量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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



表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II	1	利尼科 AccStar	电子	X 射线： 10MV 电子线： 14MeV	X 射线：14Gy/min 电子线：9Gy/min	放射治疗	隆昌通康医院负 一层加速器治疗 室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序 号	名称	类 别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 ( $\mu$ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氡靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接进入大气,常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 50 分钟,可自动分解为氧气
废靶件 (医用直线加速器)	固态	/	/	/	/	/	不暂存	放置铅废物桶内,若厂家能够回收废靶,则医院应与厂家签订废靶回收协议,交由厂家回收处置;若厂家无法回收,则交有收贮资质的单位回收处置
退役放射源 (后装机)	固态	$^{60}\text{Co}$	/	/	/	/	不暂存	采用专门的容器集中收集后,委托有资质单位定期处置。
医疗废物 (后装治疗室)	固态	/	/	/	少量	/	暂存至院区医疗废物暂存间	由医院进行统一集中收集后,由当地环卫部门统一清运
生活垃圾	液态	/	/	少量	少量	/	暂存至院区生活垃圾暂存间	经院区污水处理站处理达到预处理标准后经城市管网排入隆昌县城市生活污水处理厂处理
医疗废水、生活废水	液态	/	/	少量	少量	/	不暂存	

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/l或Bq/kg或Bq/m<sup>3</sup>)和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>1) 《中华人民共和国环境保护法》，主席令第9号，2014年4月24日修订，2015年1月1日起实施；</p> <p>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修订本），中华人民共和国主席令第二十四号，2018年12月29日修订；</p> <p>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起实施；</p> <p>4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第四49号，2019年3月2日修订，2005年12月1日起施行；</p> <p>5) 《建设项目环境保护管理条例》（修订本），国务院令第六82号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修订本），中华人民共和国生态环境部2021年部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</p> <p>7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部2020年部令第16号，自2021年1月1日起施行；</p> <p>8) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函〔2016〕1400号；</p> <p>9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第十八号公布，自2011年5月1日起施行；</p> <p>10) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，2017年12月5日起实施；</p> <p>11) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第63号，2016年6月1日实施；</p> <p>12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；</p> <p>13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>14) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部部令第九号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019</p>
------------------	---

	<p>年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</p> <p>15) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行）；</p> <p>16) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》中华人民共和国生态环境部2021年第9号公告，2021年3月15日起实施；</p> <p>17) 《国家危险废物名录》（2021年版），生态环境部令第15号，2020年11月5日通过，自2021年1月1日起施行；</p> <p>18) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本），中华人民共和国2020年主席令第43号，自2020年9月1日起施行；</p> <p>19) 《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005年 第62号）；</p> <p>20) 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》，中华人民共和国环境保护部环办〔2013〕103号，2014年1月1日试行；</p> <p>21) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》，2012年3月发布实施；</p> <p>22) 《核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》生态环境部（国家核安全局）2017年9月26日发布；</p>
技 术 标 准	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>7) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）；</p> <p>8) 《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>9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）；</p> <p>10) 《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》</p>

	<p>(GBZ/T201.3-2014) ;</p> <p>11) 《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ 1198-2021) ;</p> <p>12) 《放射性废物管理规定》 (GB14500-2002) 。</p> <p>13) 《密封放射源及密封<math>\gamma</math>放射源容器的放射卫生防护标准》 (GBZ114-2006)</p>
其他	<p><b>参考资料:</b></p> <p>1) 《2022 年全国辐射环境质量报告》，中华人民共和国生态环境部；</p> <p>2) 《辐射安全手册》（潘自强主编，科学出版社）；</p> <p>3) 《X 射线工作场所臭氧氮氧化物浓度监测》（郝海鹰、刘容、王玉海编著）；</p> <p>4) 《X 射线工作场所空气中臭氧氮氧化物浓度调查》（张紫薇编著）；</p> <p>5) 《放射医学中的辐射防护》（Radiation Protection in Medical Radiography, Mary Alice Statkiewicz Sherer, 6th Edition. Mosby, 032010）；</p> <p>6) 《STRUCTURAL SHIELDING DESIGN FOR MEDICAL X-RAY IMAGING FACILITIES》NCRP REPORT NO.147;</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

本项目为Ⅲ类放射源、Ⅱ类射线装置项目，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）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，确定本项目评价范围为加速器治疗室、后装治疗室各实体屏蔽物边界外50m的范围。具体50m范围区域见附图2。

**保护目标**

本项目加速器治疗室、后装治疗室拟建址周围50m范围内环境保护目标为：

1. 本项目加速器治疗室、后装治疗室操作及相关的辐射工作人员；
2. 隆昌通康医院住院楼（二期建设）、门诊楼、供氧室、院区道路、院区绿化、商业街的周围公众。

本项目50m内环境保护目标见表7-1所示。

**表7-1 本项目环境保护目标情况一览表**

名称	保护对象	方位与最近距离	规模	剂量约束值 (mSv/a)
<b>加速器治疗室周围</b>				
加速器治疗室	加速器辐射工作人员	/	7名辐射工作人员	5.0
控制室		南侧 紧邻		
水冷及辅助机房		南侧 紧邻		
后装治疗室	后装治疗室辐射工作人员	北侧 紧邻	7名辐射工作人员	5.0
后装治疗室控制室				
病人通道	周围公众	西侧 紧邻	60名/d	0.1
院区绿化	周围公众	楼顶 紧邻	200名/d	0.1
<b>后装治疗室周围</b>				
后装治疗室	后装治疗室辐射工作人员	/	7名辐射工作人员	5.0
控制室		西侧 紧邻		
加速器治疗室	加速器治疗室辐射工作人员	南侧 紧邻	7名辐射工作人员	5.0
库房	周围公众	北侧 紧邻	5名/d	0.1
病人通道	周围公众	西侧 紧邻	60名/d	0.1
院区绿化	周围公众	楼顶 紧邻	200名/d	0.1
<b>加速器治疗室、后装治疗室50m范围</b>				
门诊楼	周围公众	南侧 最近约12m	50m范围内预计300人/d	0.1
住院楼（二期建设）	周围公众	北侧 最近约9m	50m范围内预计100人/d	0.1
院区道路	周围公众	四周 最近距顶部约1m	50m范围内预计100人/d	0.1
院区绿化	周围公众	四周 最近为顶部紧邻	50m范围内预计200人/d	0.1
商业街（正在建设）	周围公众	东侧、北侧 最近	50m范围内预计	0.1

中)		为东侧约20m	300人/d	
供氧室	周围公众	东北侧 最近约 11m	50m范围内预计 5人/d	0.1

## 评价标准

### 1. 电离辐射标准

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

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	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： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

#### 4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

4.3.2.2 应对个人所受到的潜在照射危险加以限制，使来自各项获准实践的所有潜在照射所致的个人危险与正常照射剂量限值所相应的健康危险处于同一数量级水平。

#### 1.2 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

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 $\dot{H}_c$ ：

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 $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

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： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

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 $\dot{H}_c, \max (\mu\text{Sv}/\text{h})$ ：

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

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

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 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制。

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

### 本项目管理目标

医院综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），结合开展诊疗项目后预计收治病人量，执业人员年有效剂量按上述标准规定的约束限值的1/4执行：即辐射工作人员剂量约束值不超过 $5\text{mSv}$ ；公众年有效剂量约束限值按照上述标准的1/10执行，即不超过 $0.1\text{mSv}$ 。

### 辐射场所剂量率控制水平：

加速器室治疗室和后装治疗室周围30cm处的周围剂量当量率不超过 $2.50 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

### 辐射剂量控制水平：

辐射工作人员剂量约束值不超过 $5\text{mSv}$

辐射工作人员单季度剂量约束值为 $1.25\text{mSv}$

公众剂量约束值不超过 $0.1\text{mSv}$

对偶尔达到加速器治疗室顶的人员以年剂量 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制；

## 2.环境保护标准

根据已获得批复《关于四川省隆昌聚能医疗投资有限公司隆昌通康医院新建项目环境影响报告书的批复》（隆环建〔2015〕58号），结合现行最新国家标准，本项目应执行的环境保护标准如下：

### 2.1.环境质量标准

(1) 地表水执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准；

(2) 环境空气执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准；



(3) 声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准。

## 2.2.污染物排放标准

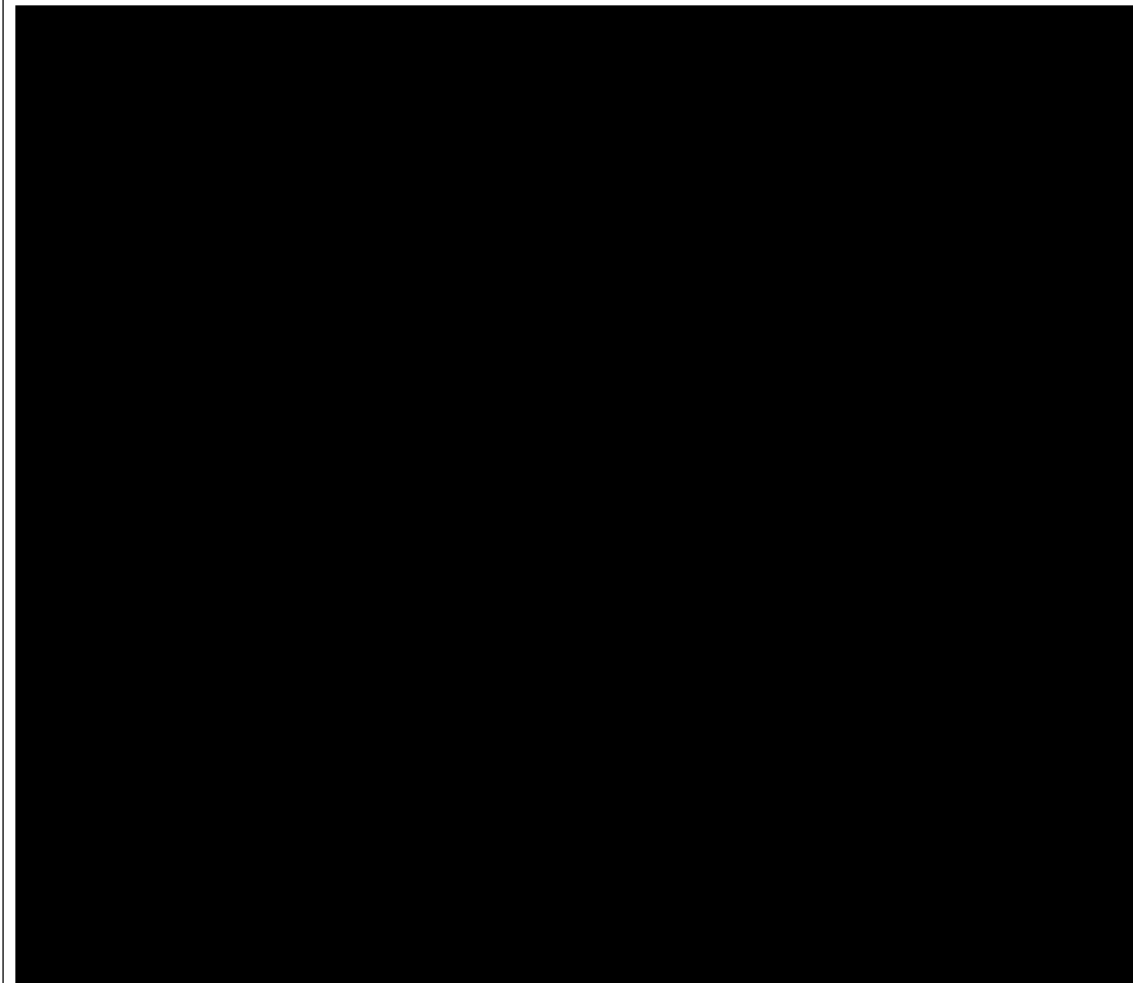
(1) 医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中的预处理排放标准;

(2) 废气排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级标准;恶臭气体排放执行《恶臭污染物排放标准》(GB14551-93)二级标准。

(3) 医疗废物的贮存和处理执行《医疗废物管理条例》(国务院令308号)《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB39707-2020);

(4) 施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)运营期噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中2类标准。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状						
一、项目地理和场所位置						
本项目所在的隆昌通康医院西侧为望城路，南侧为人民中路 C3 段，东侧和北侧为正在建设中的商业街。院区周边环境概况图见附图 2。						
表 8-1 本项目辐射工作场所周边情况						
辐射工作场所名称	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
加速器治疗室	土质层	加速器治疗室控制室、水冷及辅助机房	病人通道	后装治疗室	院区绿化	/
后装治疗室	土质层	加速器治疗室	病人通道	库房	院区绿化	/
						

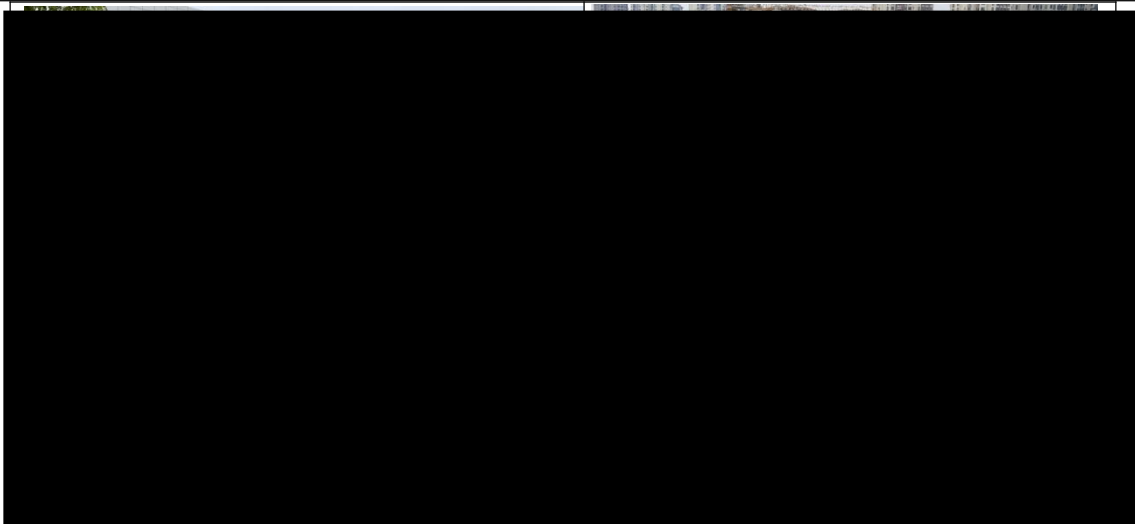


图8-1 本项目拟建址现状图

## 二、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- 评价对象：本项目隆昌通康医院新增医用直线加速器及后装机项目拟建址周围辐射环境。

- 监测因子：本项目隆昌通康医院新增医用直线加速器及后装机项目拟建址周围天然贯穿辐射剂量率。

- 监测点位：在加速器治疗、后装治疗室拟建址区域均匀布置 6 个点位。在 50m 范围内其他建筑最近处各布置 1 个点位。

- 布点原则：

原则上在屏蔽体周围紧邻的房间内距离屏蔽体表面 30cm 处距离处以及机头拟设置位置进行布点，六面墙取距离机头拟设置位置最近的方位进行布点。在建筑物内测量，考虑建筑物的类型与层次，在室内中央距地面 1m 高度处进行。另在保护目标处设置监测点位。

## 三、监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）及《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）在隆昌通康医院负一层楼本项目辐射工作场所周围及内部布设监测点位，测量隆昌通康医院负一层本项目辐射工作场所周围及内部天然贯穿辐射剂量率。

质量保证措施：委托的检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定

期参加省厅组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行二级审核。

四、监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：四川省永坤环境监测有限公司

四川省生态环境监测业务系统单位资质编号：510106001405

四川省生态环境监测业务系统项目编号：SCSYKHJJCYXGS1123-0001

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系：

（1）计量认证

四川省永坤环境监测有限公司于 2018 年 1 月通过了原四川省质量技术监督局的计量认证，证书编号为：182312050067，有效期至 2024 年 1 月 28 日，在有效期内。

（2）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（3）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

表8-3 监测仪器及监测环境

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	测量范围	检定/校准情况	
环境 X-γ辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 编号： YKJC/YQ-40	1nGy/h~1.2mGy/h 20keV~3.0MeV	检定/校准单位： 中国测试技术研究院 证书编号： 202210005087 检定/校准有效期： 2022.10.24~2023.10.23 校准因子：1.06（使用 137Cs 校准源）	天气：晴 温度： 22.4~28.3℃ 湿度： 56.1~61.2%

监测结果：本项目新增医用核技术利用项目拟建址周围 X-γ辐射剂量率监测结果见表 8-4，监测点位见下图（报告见附件 8）。

表 8-4 新建核技术利用项目拟建址周围环境 X-γ辐射剂量率监测结果 单位：

点 位	监测位置	环境 X-γ辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
加速器治疗室及后装治疗室等放疗区域				

隆昌通康医院新增医用直线加速器及后装机项目

1	加速器治疗室与后装治疗室拟建址西北部	87	1.7	监测布点图 见图 8-2
2	加速器治疗室与后装治疗室拟建址西部	92	1.1	
3	加速器治疗室与后装治疗室拟建址西南部	102	1.1	
4	加速器治疗室与后装治疗室拟建址东南部	88	1.7	
5	加速器治疗室与后装治疗室拟建址东部	93	1.6	
6	加速器治疗室与后装治疗室拟建址东北部	85	1.4	
院区 50m 范围内区域				
7	隆昌通康医院院区道路及绿化	97	1.2	监测布点图 见图 8-3
8	隆昌通康医院门诊楼	88	1.1	
9	隆昌通康医院住院楼拟建址	94	1.1	
10	隆昌通康医院东侧商业街	91	1.2	
11	隆昌通康医院北侧商业街	84	1.7	
12	隆昌通康医院供氧室	75	1.6	

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

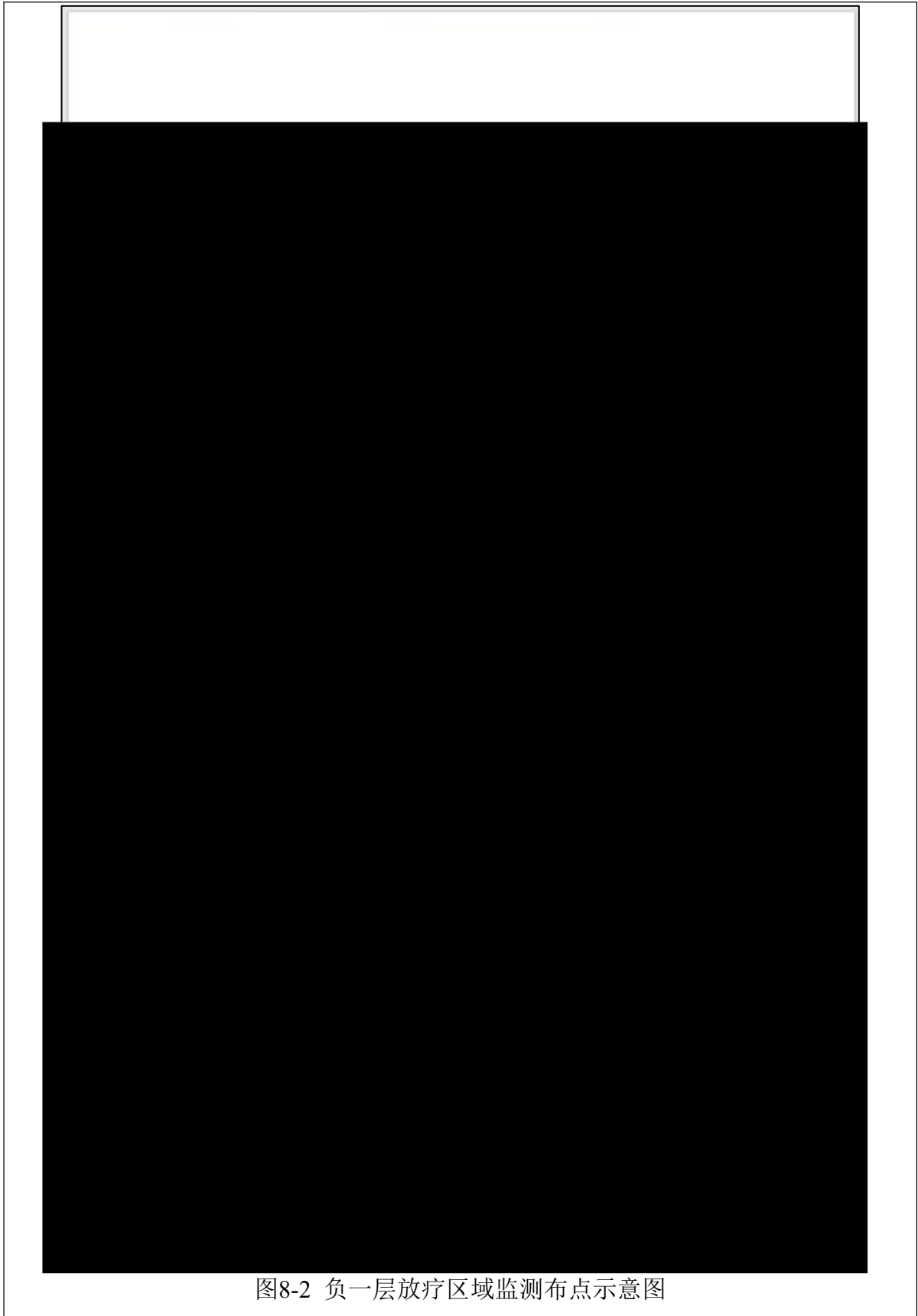


图8-2 负一层放疗区域监测布点示意图

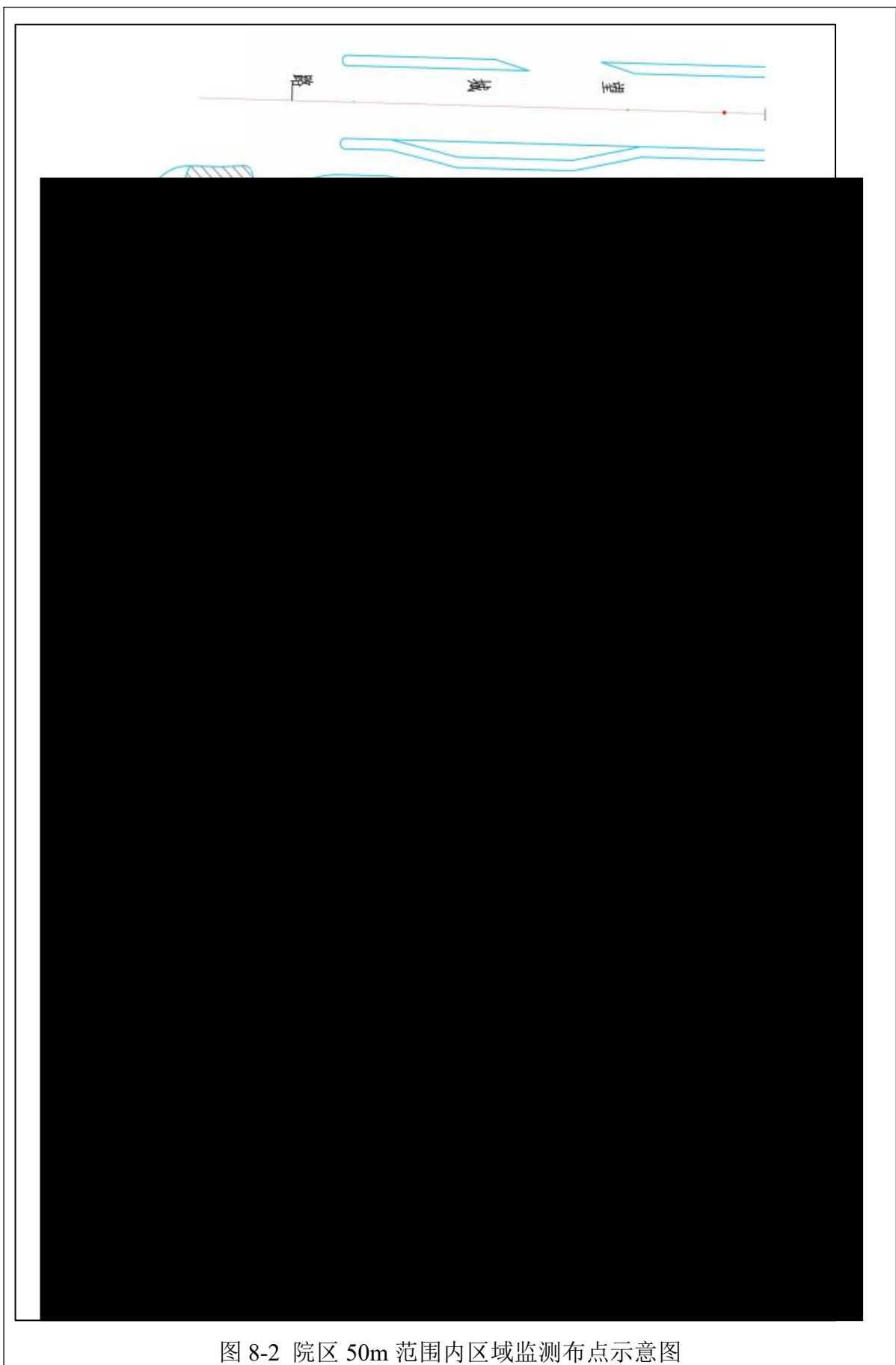


图 8-2 院区 50m 范围内区域监测布点示意图

根据中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境 X- $\gamma$ 空气吸收剂量率为 61.9nGy/h~151.8nGy/h。根据监测结果可知：在当前检测工况下（本底检测），隆昌通康医院新增医用直线加速器及后装机项目拟建址及周围环境辐射周围空气吸收剂量率经换算后为 75nGy/h~102nGy/h，各监测点位的 X- $\gamma$ 空气吸收剂量率低于当地天然本底涨落水平。



表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

## 一、施工期工艺分析

通过现场勘查核实可知，隆昌通康医院一期已建成，本项目在隆昌通康医院负一层地下停车场东侧改造新修建加速器治疗室和后装治疗室，主体建筑工程在已获得批复的院区环评中已进行分析。本项目施工期主要为主体建筑的修筑、防护工程、表面装修、射线装置安装和电路铺设，因此本次评价对于施工期仅进行简要分析。施工期环境影响示意图见图 9-1。

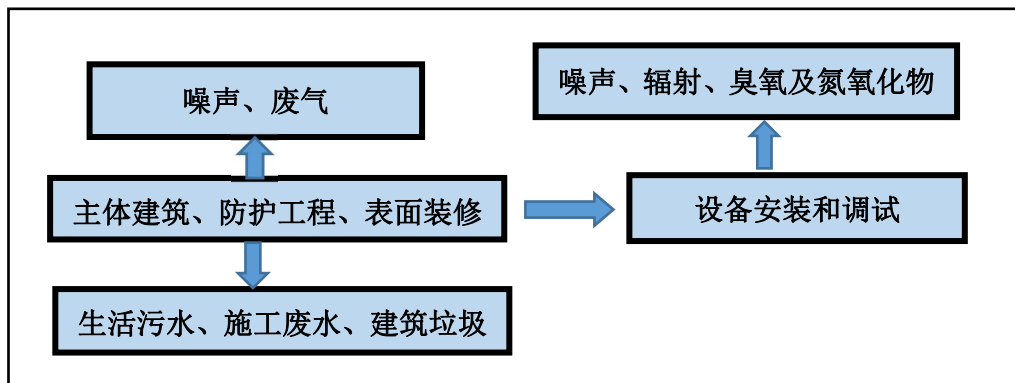


图9-1 本项目核技术利用项目施工期环境影响示意图

施工过程以施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主。施工期间的主要污染因素有废气、建筑垃圾、噪声和废水，会对周围声环境质量产生一定影响。以上污染因素将随建设期的结束而消除。

本项目加速器治疗室内拟配置的加速器的X射线能量最大能量为10MV，后装治疗室内拟使用3枚<sup>60</sup>Co放射源，2间机房均使用普通混凝土作为施工材料，但密度不得低于2.35g/cm<sup>3</sup>，且需连续浇筑，一次成型。

电缆线及风管穿孔位置均采用铅橡胶套（4mm 厚铅当量）进行封堵并加盖不锈钢盖板，避免漏射产生；另外，为防止辐射泄漏，防护门与墙的重叠宽度应至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，铅板与铅板之间的搭接不小于 10mm。所有防护门窗均在施工单位处定制组装完成后送现场安装至预留门洞和窗洞。

本项目设备的安装和调试阶段会产生一定的辐射影响，本项目放射源、射线装置的运输，射线装置的安装与调试均由设备厂家安排的专业人员进行。在运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近，人员离开时，运

输设备与放射源的车辆和机房上锁并派人看守。在设备的调试过程中，设备开关钥匙应安排专人看管，或由操作人员随身携带，并在机房入口等处设置醒目的警示牌，工作结束后，确认各安全联锁装置正常后才能启用射线装置。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处理，不得随意丢弃。

二、运营期工作流程及产物环节分析

(一) 医用直线加速器

1.工程设备

本项目加速器治疗室辐射工作场所包括加速器治疗室及其控制室和设备机房。本项目加速器以磁控管为微波功率源的驻波型加速器，它的结构单元为：加速管、微波系统、调制器、束流传输系统、准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。



图 9-2 利尼科 AccStar 医用直线加速器实物图

表 9-1 本项目医用直线加速器主要技术参数表

使用场所	设备名称	主要技术参数			辐射角	照射角	备注
		厂家型号	最大能量	1m 处最大输出剂量率			
加速器治疗室	医用直线加速器	利尼科 AccStar	X 射线：10MV 电子线：14MeV	最大 X 射线剂量率为 1400cGy/min 最大电子线剂量率 900cGy/min	28°	14°	拟购

## 2.设备原理

加速器是使电子在高真空场中受磁场力控制、电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。电子从电子枪发射出来，以一定的初始速度进入加速管，由磁控管或速调管来的微波电磁场同时输入到加速。电子在微波电场作用下，得到不断加速。加速后的电子经过偏转磁铁或消色差偏转磁铁，射向金属靶，当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线。X 射线经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。加速器按电子束治疗时，被加速的电子不被引导到 X 射线转换靶转换成 X 射线，而是被引导到散射箔，然后通过电离室、准直器、照射筒射向患者的病灶部位，达到治愈疾病的目的。

加速器是以磁控管为微波功率源的驻波型加速器，它的结构单元为：加速管、微波系统、调制器、束流传输系统、准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由行波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过2cm左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能X线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的X线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。典型的加速器机构图见下图。

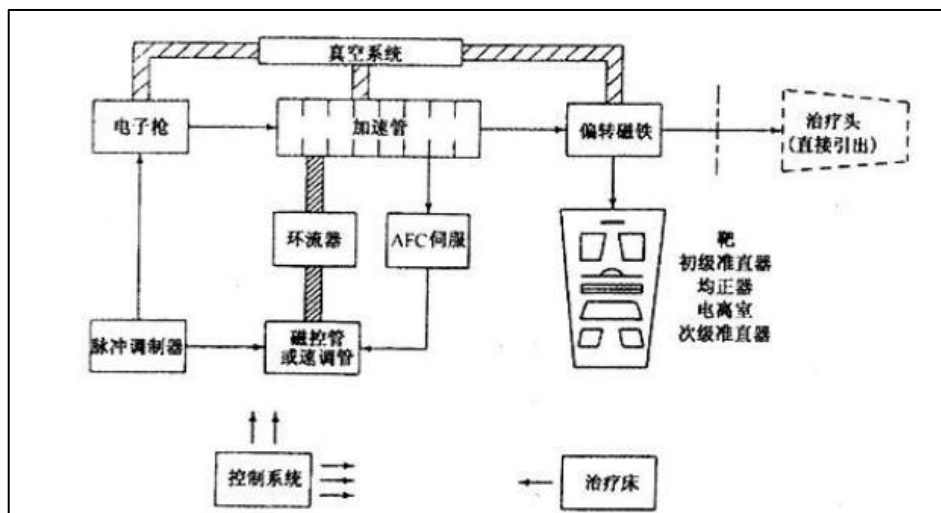


图9-3 典型加速器机构图

## 3.工作流程及产污环节

(1) 根据医生指导意见，需要接受治疗的病人提前预约登记，以确定治疗时间，候诊准备。

(2) 进行定位：先采用加速器治疗室西南侧的模拟定位机（CT）对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位；

**产污：**模拟定位机开机过程中将产生X射线；X射线电离空气产生臭氧和氮氧化物；

(3) 制定治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间，在计划治疗室内完成，物理师采用模具验证治疗计划；

(4) 固定患者体位：利用医用直线加速器进行治疗时，医师对患者进行定位、标记、调整照射角度和照射野。

(5) 医师离开加速器治疗室回到控制室内，技师关上防护门，技师在控制室设置参数，开机治疗（本项目加速器拟设两种治疗模式，一种是电子治疗模式，一般用于浅表部位病灶照射；一种是X射线治疗模式，用于深部病灶照射），医师在控制室内通过监控观察。

**产污：**加速器治疗过程中将产生X射线和电子线；X射线和电子束电离空气产生臭氧和氮氧化物；废靶件。

(6) 治疗完毕，停止出束，患者离开机房。

本项目加速器工作流程及产污环节如图所示：

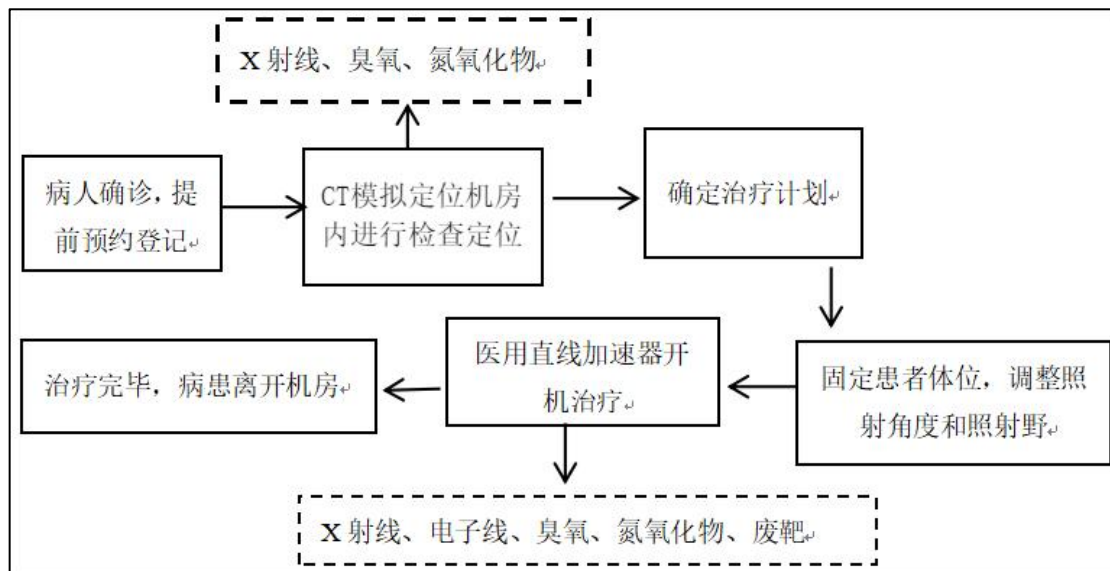


图9-4 本项目加速器工作流程及产污环节示意图

#### 4.人流物流路径规划

**人流：**

医护人员：医师、技师、物理师每日可通过加速器治疗室西南侧的医护电梯

进入负1层，物理师进入登记室开展TPS计划工作；技师经走道进入相应控制室进行治疗前的准备操作；医师经走道进入患者等候区，带领患者进入加速器治疗室内，准备开始放疗工作。工作结束后，医护人员原路返回离开负1层。

**患者：**患者通常由加速器治疗室西南侧的电梯进入负1楼，通过病人通道到达患者候诊区。患者先在制模室中拿取带有自己名字的模具，进入模拟定位CT室对病变部位进行定位，当物理师制定完成放疗计划后，患者拿取模具在患者等候区由医护人员引领开始诊疗环节，结束后原路离开负1层。

**物流：**

本项目加速器治疗室运营后产生辐射工作人员和患者的少量生活垃圾在一天的工作结束后，由清洁人员统一收集，通过放疗区域北侧的污梯运至医院的垃圾收集点，交由环卫部门进行统一清运。

**（二）后装治疗项目**

**1.工程设备**

本项目后装治疗辐射场所由后装治疗室、控制室组成。后装机的结构组成为：施源主机、放射源、控制系统、监视系统、附属安全设备和施源器、治疗床。本项目后装机内拟配备 $^{60}\text{Co}$ 放射源，单枚源最大活度为 $6.66 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。

（1）施源主机：主要由分度头，储源罐，送丝组件和升降结构组成。分度头可连接多个输源管、施源器，储源罐内的放射源通过分度头的引导控制，放射源可依次通过相应管道达到治疗区，按计划实施治疗。

（2）放射源：主要产生治疗所需射线或粒子。

（3）控制系统：后装机的控制系统采用计算机与可编程逻辑控制器或计算机与单片机之间的串行通讯，遵循自由通讯协议。控制系统主要包括电机驱动系统、制动器和离合器。

（4）监视系统：主要包括摄像头和监视器，主要用于监视治疗室后装机工作状态和治疗室患者的情况。

（5）附属安全设备：实时检测治疗室内的放射性活度，从而提示工作人员放射源的运行或存储状态。

（6）施源器：后装机的施源器是插入人体的部分，临床需求及放射源特性



## 2.设备原理

后装治疗就是先将空载的源容器插入组织内或放置于体腔内，当源容器的位置被证实为最合适以后，再把放射源通过遥控操作输入容器中进行照射治疗，后装治疗属于近距离治疗方式。

通过治疗计划系统确定治疗方案，将施源器插入肿瘤照射位置。确认施源器位置正确后，控制系统发出指令，驱动机构将储源库中的放射源送至照射位置，放射源发出的 $\gamma$ 射线使病灶产生生化反应，杀死肿瘤细胞，达到治疗的效果。治疗完毕后，计算机系统发出收源指令，放射源驱动装置将放射源自动收回贮源器。

## 3.工作流程及产污环节

①对病人进行确诊，告知辐射危害，需要接受治疗的病人提前预约登记，确定模拟定位时间和治疗时间。

②进行定位：先采用模拟定位机对病变部位进行详细检查，确认肿瘤的具体位置和形状，确定治疗中心。

**产污：X射线、臭氧、氮氧化物。**

③根据患者肿瘤位置和形状，物理师根据医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划。

④治疗计划制定后，肿瘤病人进入后装治疗室，医师对患者进行摆位，依据计划在治疗床上进行连接施源器，该过程在治疗机房内完成。

⑤医师离开后装机房回到后装机房控制室内，利用假源穿过施源器检查所联接点，检查运输通路。

⑥放射源运输路径检查完成后，确定所有安全措施到位后，关闭防护门。技师在后装机房控制室设置参数，开机治疗，医师在后装机房控制室内通过监控观察。

⑦治疗完毕，放射源经导管由治疗机收回贮源器，关闭后装机，病患离开机房。

**产污： $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线、臭氧、氮氧化物、退役放射源**  
其治疗流程及产污环节如下图所示：



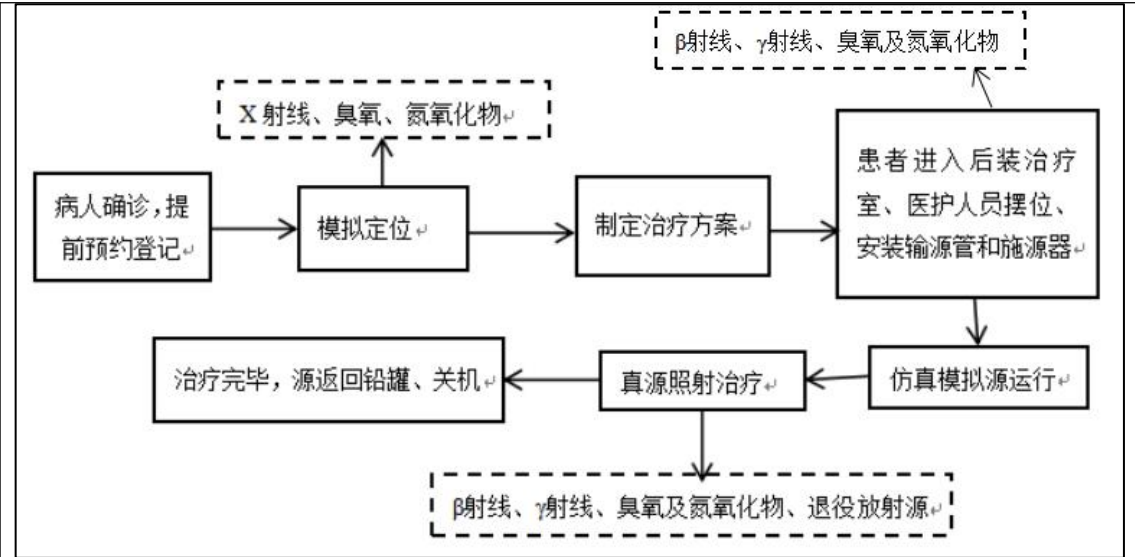


图 9-7 后装机诊疗流程及产物流程环节图

4.人流物流路径规划

人流：

医护人员：医师、技师、物理师每日可通过后装治疗室西南侧的医护电梯进入负1层，物理师进入登记室开展TPS计划工作；技师经病人通道进入控制室进行治疗前的准备操作；医师经走道进入后装治疗室内，准备开始放疗工作。工作结束后，医护人员原路返回离开负1层。

患者：患者通常由后装治疗室西南侧的电梯进入负1层，通过病人通道到达患者候诊区排队等待。依照秩序进入后装治疗室准备开始放疗工作。结束后患者原路离开负1层。

物流：

本项目后装治疗室运营后产生医疗废物及辐射工作人员和患者的少量生活垃圾，在一天的工作结束后，由清洁人员统一收集，医疗废物通过放疗区与北侧的污梯运至医院的医疗废物暂存间内，定期委托有资质单位外运处置，生活垃圾运至医院的垃圾收集点，交由环卫部门进行统一清运。

污染源项描述

一、施工期污染源项分析

本项目辐射工作场所基建内容已在项目所在的环境影响评价中进行了评价，本次建设涉主体工程修建、防护工程、表面装修、射线装置安装和电路铺设等施工期工作。在施工过程中，主要环境问题表现为扬尘、废水、噪声、废渣和装修



废气等。通过作业时间控制，合理安排好各种噪声施工机具的使用时间，加强施工现场的管理等手段，对周围声环境影响较小，且该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消除。施工所产生的少量生活废水经原有废水收集系统排入专用排污管道，在建设施工中采取湿法作业，尽量降低扬尘对周围环境的影响。建设施工所产生的施工废渣送指定的建筑垃圾处置场。

在安装调试阶段，主要环境影响为 $\beta$ 、 $\gamma$ 射线（放射源）、X射线（射线装置）和包装固体废物影响。

## 二、运营期污染源项分析

### 加速器治疗室

#### 1.辐射污染源分析

由医用直线加速器工作原理可知，本项目加速器可以提供2种射线（X射线和电子线）用于肿瘤治疗，最大X射线能量10MV，最大电子线能量为14MeV，对于浅表肿瘤用电子线进行治疗，对于人体深层肿瘤则需X射线进行治疗。因此加速器在开机时，用X射线治疗时主要污染物为X射线，用电子线治疗时主要污染物为电子。加速器在运行时产生的高能电子束，其贯穿力远弱于X射线。

废靶件：医用直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，暂存至隆昌通康医院西侧医疗废物暂存间内的铅废物桶，若厂家能够回收废靶，则医院应与厂家签订废靶回收协议，交由厂家回收处置；若厂家无法回收，则交有收贮资质的单位回收处置，不在医院储存。

#### 2.非辐射污染源分析

废气：本项目医用直线加速器在工作过程中会使周围空气电离并产生极少的臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。

废水：本项目医用直线加速器工作过程中不产生放射性废水，产生辐射工作人员和患者的少量生活污水。

固体废物：本项目医用直线加速器的固体废物主要为辐射工作人员和患者产生的生活垃圾和办公垃圾。

### 后装治疗室

#### 1.辐射污染源分析

由后装机工作原理可知，后装机使用 $^{60}\text{Co}$ 放射源，为密封源，活度为

$6.66 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。 $^{60}\text{Co}$ 的衰变方式主要是 $\beta$ -衰变，半衰期为5.27年，同时在衰变时伴随发射 $\gamma$ 射线。

后装机未使用时，放射源处于储源器，少量的 $\gamma$ 射线会穿透屏蔽体，对进入治疗机房的人员及室外公众等产生照射。后装机在治疗过程中，治疗机房内来自放射源的主射、散射和漏射 $\gamma$ 射线会穿透屏蔽墙及防护门，对治疗机房外的工作人员和公众产生外照射影响。

退役放射源：在放射源使用一定年限后，放射源衰变至其活度不能满足放射治疗需要时，将更换放射源，从而产生退役的废 $^{60}\text{Co}$ 放射源，暂存至隆昌通康医院西侧医疗废物暂存间的铅废物桶，交由厂家回收处置，则医院应与厂家签订回收协议，若厂家无法回收，则交有收贮资质的单位回收处置，不在医院储存。

## 2.非辐射污染源分析

废气：本项目后装机在工作过程中会使周围空气电离并产生极少的臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。

废水：本项目后装机工作过程中会产生少量的医疗废水。

固体废物：本项目后装机工作过程中产生的固体废物为少量的医疗废物、辐射工作人员和患者产生的生活垃圾和办公垃圾。

### （五）噪声影响

本项目产噪设备不多（主要为通风系统），声级较小。

表 10 辐射安全与防护

## 项目安全措施

## 一、工作场所布局及分区

## 加速器治疗室、后装治疗室

## 1.工作场所布局

本项目加速器治疗室和后装治疗室拟建设于隆昌通康医院负1层地下室东侧，辐射工作场所均有实体墙体隔断。加速器治疗室拟建址东侧为土质层，南侧自西向东依次是加速期治疗室控制室、水冷及辅助机房，西侧为病人通道，北侧为后装治疗室和后装治疗室控制室。加速器治疗室地面以下没有建筑，楼上为院区绿化。

后装治疗室拟建址东侧为土质层，南侧是加速期治疗室，西侧是后装治疗室控制室，北侧为库房。后装治疗室地面以下没有建筑，楼上为院区绿化。

## 2.布局合理性分析

表10-1 本项目加速器治疗室、后装治疗室布局对照分析表

对照依据		建设内容	是否满足标准要求
《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020)	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。	本项目加速器治疗室及后装治疗室均拟设置在隆昌通康医院负1层，加速器治疗室拟配1间控制室、1间设备机房，后装治疗室拟配1间控制室，均与机房同步设计和建造。	满足
	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，凡是可与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	加速器治疗室及后装治疗室的辅房均与机房分开设置，且均设置在治疗机房外。	满足
	6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	本项目加速器有用线束朝向加速器治疗室西侧、东侧、顶部和地面，控制室均避开有用线束直接照射。	满足
	6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； $\gamma$ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	本项目加速器治疗室、后装治疗室均设置有迷路。	满足

	6.1.7 使用移动式电子加速器的手术室应设在医院手术区的一端，并和相关工作用房（如控制室或专用于加速器调试、维修的储存室）形成一个相对独立区域，移动式电子加速器的控制台应与移动式电子加速器治疗室分离，实行隔室操作。	本项目加速器治疗室、后装治疗室均设置有独立的控制室，能够使控制台与加速器治疗室分离，实行隔室操作。	满足
《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）	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。	本项目加速器治疗室及后装治疗室均拟设置在隆昌通康医院负1层，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。	满足
	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。	本项目加速器治疗室及后装治疗室均拟设置在隆昌通康医院负1层，其上方为院区绿化，无儿科病房、产房等场所。	满足
	5.1.3 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房（如控制室或专用于手术中放射治疗设备调试、维修的房间）形成一个相对独立区域；术中控制台应与治疗设备分离，实行隔室操作，控制台可设在控制室或走廊内。	本项目加速器治疗室及后装治疗室均采用混凝土浇筑，有良好的屏蔽防护，设置有控制室、设备机房，均是独立区域，与机房分离，实行隔室操作。	满足

### 3.控制区监督区分区原则

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中的分区原则：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，加速器治疗室、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，放射治疗室应确定为临时**控制区**。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**。

### 4.控制区监督区两区划分

本项目加速器治疗室、后装治疗室（均含迷道）作为放疗场所的**控制区**，而与机房相邻的2间控制室、1间设备机房，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，因此属《放射治疗辐射安全

与防护要求》（HJ1198-2021）定义的**监督区**。同时，在放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；在监督区入口的控制室门口设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线。

表10-2 本项目放疗场所“两区”划分一览表

工作场所	控制区	监督区	备注
加速器治疗室	加速器治疗室（含迷道）	控制室、水冷及辅助机房	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。 监督区范围内应限制无关人员进入。
后装治疗室	后装治疗室（含迷道）	控制室	

本项目加速器治疗室两区划分示意图见附图 9。

## 二、工作场所污染防治措施

### （一）加速器治疗室

#### 1.设备固有安全防护措施

①加速器只有在开机状态时才有 X 射线或电子线产生，通过多叶准直器定向出来，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽，断电停机即停止出束。

②控制台上有关辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行状况。

③条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

④控制台上有关蜂鸣器，在加速器工作时发出声音以提醒人员防止误入。

⑤时间控制联锁：当预选照射时间选定时，定时器能独立地使照射停止。

⑥加速器设置有密码，操作密码只有具体操作人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改。

⑦剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

⑧急停按钮：医用直线加速器设备操作台和床体上均自带 1 个急停按钮。急停开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断加速器主电源。

⑨钥匙开关：加速器控制台上设电源钥匙开关，只有当加速器一切都处于安

全状态，并且要是就位后，加速器才能启动工作，一旦钥匙被取走，加速器将无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

## 2.人员的安全与防护

人员包括辐射工作人员、患者及机房周边评价范围内的公众。在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。主要从以下几方面采取防护措施：

### （1）辐射工作人员的安全与防护

本项目辐射工作人员指从事医用直线加速器的医师、护师、技师及物理师。

本项目拟购所有防护用品和辅助防护设施的铅当量为0.5mmPb。考虑到可能有行动不便的极少数患者需要陪护或者事故状态，以及病人非病患部位的防护需求，医院拟为医用直线加速器项目配备1套医护防护用品。

医院拟为医用直线加速器项目配备2个人剂量报警仪；每名医师、护师、技师、物理师各配备1个人剂量计，并要求上班期间必须正确佩戴。医院应定期（每季度一次）将辐射工作人员的个人剂量计送有资质单位进行检测，并将检测报告存档。医院承诺，在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，在岗期间应按相关规定定期组织健康体检。

### （2）患者的安全与防护

①医师会根据肿瘤定位结果来判断病情状况，针对不同的病人会制定不同的放疗计划（包括放疗时间和放疗剂量），并通过可调限束装置进行参数设置，选择能达到诊疗要求最低的射线照射参数，使射线强度最小化，尽量避免不必要的照射，有效进行源项控制。

②时间防护：在满足放射诊疗要求的前提下，制定最优化的诊疗方案，使照射时间最小化。

③其他安全防护：

a) 放射治疗前实行病人告知制度：在放疗诊断前应向病人告知放射治疗的方法、适应症、预期疗效、风险、费用构成及注意事项和可能对病人家属的辐射影响等，并请病人在说明书下方签字，由医患双方各执一份。

b) 医院拟为患者配置1套0.5mmPb的防护用品。建设单位应确保今后若本项

目增加室内人员，应在实施相应诊疗工作前增加足够套数防护用品。

**(3) 机房周边公众的安全与防护**

主要依托加速器治疗室墙体、楼顶和防护门等屏蔽实体屏蔽射线。同时，该场所严格实行辐射防护“两区”管理，在机房防护门外张贴电离辐射警告标志和安装工作状态指示灯，禁止无关人员进入，以增加公众与射线源之间的防护距离，避免受到不必要的照射。

**3.机房辐射防护屏蔽设计**

本项目加速器治疗室采用的屏蔽设计参数见表10-3。

表 10-3 医用直线加速器治疗室屏蔽参数一览表

机房	方位	屏蔽材料及厚度
加速器治疗室	主屏蔽墙	3000mm 钢筋混凝土
	次屏蔽墙	1500mm 钢筋混凝土
	侧屏蔽墙	1500mm 钢筋混凝土（与后装治疗室共用部分）
	迷道内墙	1200mm 钢筋混凝土
	迷道外墙	1500mm 钢筋混凝土
	防护门	12mmPb 铅钢防护门

**4.辐射安全与防护措施**

(1) 门-机联锁：正常情况下，医用直线加速器在关机状态时才能打开机房防护门；防护门未完全关闭到位时，无法启动医用直线加速器进行治疗。

(2) 门-灯联锁、出束音响提示：加速器治疗室防护门外顶部均拟设置 1 个工作状态指示灯箱与出束音响提示装置。医用直线加速器处于出束状态时，指示灯为红色，灯箱醒目显示"禁止入内"，同时出束音响提示装置工作，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。治疗室门要与工作状态显示联锁（门-灯联锁）。

(3) 固定式剂量报警仪：在加速器治疗室墙上均拟安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能，且与防护门联锁-门剂量联锁）。探头拟安装在机房迷道内，只要室内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

(4) 紧急开门按钮：加速器治疗室迷道内墙人员易接触的位置（距离地面 1.2m 高处）拟安装紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。拟安装的机房门有防挤压功能，人员通过时，防止对人员造成误伤。

(5) 急停按钮：医用直线加速器设备操作台和床体上均自带 1 个急停开关。拟在加速器治疗室各墙体（拟设 4 个）及迷道外墙上（拟设 1 个）设置急停开关（位于人员易接触的位置），以使机房内的人员按动急停开关就能令医用直线加速器停机。急停开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断加速器主电源。

(6) 视频监控、对讲装置：拟在加速器治疗室内安装视频监控，控制室能通过视频监视加速器治疗室内患者治疗的情况，并通过对讲机与室内人员联系，以便医师在操作时观测患者在加速器治疗室内的状况，及时处理意外情况。

(7) 警示标识：在控制区入口处设置电离辐射警告标志及中文警示标志；在监督区入口设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线；在机房防护门外 1 米范围地上划出警戒范围。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求。

(8) 防护用品：建设单位拟为加速器治疗室配备 2 套防护用品（1 套医护人员防护用品和 1 套患者防护用品）。

(9) 废靶件处理：医用直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，暂存至医疗废物暂存间的铅废物桶中，医院应与厂家签订回收协议，交由厂家回收；若厂家无法回收，则交有收贮资质的单位回收处置。

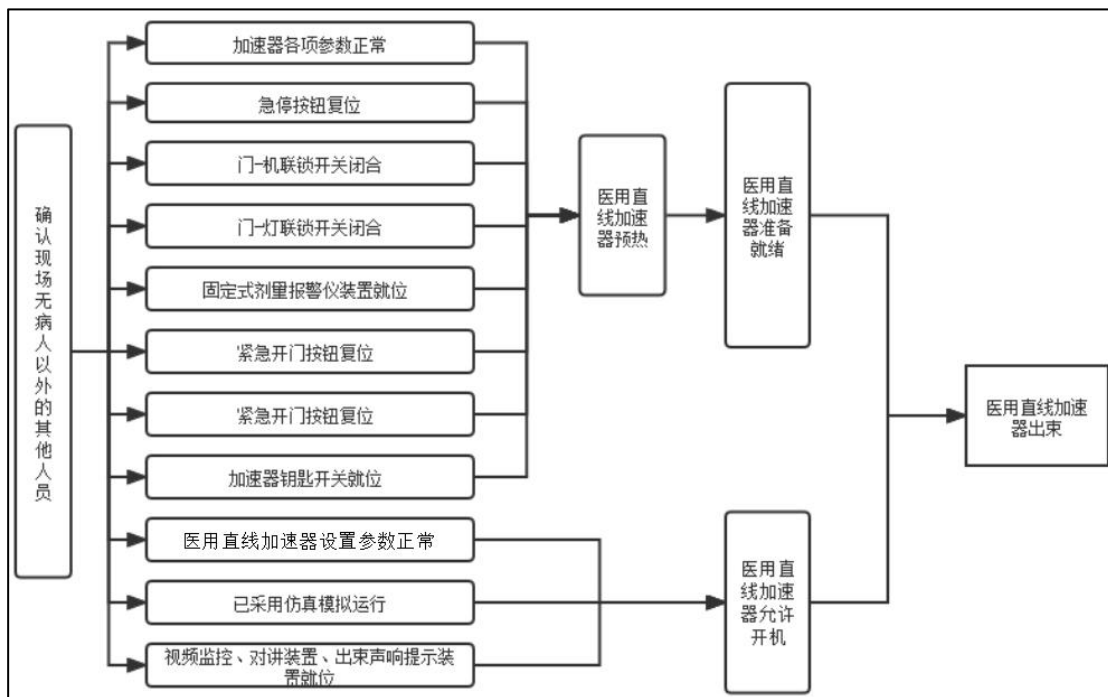


图 10-1 直线加速器辐射工作场所辐射安全联锁逻辑图

## (二) 后装治疗项目



## 1.设备固有安全防护措施

本项目拟采购 1 台后装机(型号为 GZP3 型 Co-60 后装治疗机,使用 3 枚  $^{60}\text{Co}$  放射源, III类放射源, 每枚源活度为:  $6.66 \times 10^{10}\text{Bq}$ )。

①设备购置于正规厂家,满足质检要求。设备外屏蔽体采用铸铁制造,头盔采用不锈钢制造,不易损坏,放射源经设备本身的外屏蔽体、源体、开关体、屏蔽门等的屏蔽后,关闭机器时对环境基本不产生影响。

②设备控制系统能准确地控制照射条件,有放射源启动、传输、驻留及返回工作贮源器的源位显示与治疗日期、通道、照射总时间及倒计时时间的显示。

③系统电源开关:操作台上设有一个钥匙开关用于控制设备控制系统的供电,设有钥匙时只能给电脑及监视对讲系统供电而无法给设备控制系统加电。

④启动按钮:只有完成治疗准备后(已正确输入治疗计划,屏蔽门已关闭等),才启动按钮开始治疗,如果未完成治疗准备,不能启动治疗按钮。

⑤紧急回源装置:在任何紧急情况下(如供电系统中断)放射源可自动返回到贮源位(贮、照联锁、断电联锁),主机本身有贮电电源,计算机有 UPS 系统。

⑥施源器与放射源联锁:设备自带安全联锁,施源器未插入机头的卡盘内,不能出源;施源器未锁紧,不能出源;若出现卡源,将触发紧急回源装置。

⑦密码设置:后装机设置有密码,操作密码只有具体操作人员掌握,只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改等。

⑨急停按钮:后装机及控制台表面自带 1 个急停按钮。急停开关应为红色按钮,并带有中文标识,易于辨认。当要终止放射源照射时,按紧急回源开关即可使放射源返回储源器。

⑩钥匙开关:后装机控制台上设电源钥匙开关,只有当后装机一切都处于安全状态,并且要是就位后,后装机才能启动工作,一旦钥匙被取走,后装机将无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

⑪仿真源模拟运行系统:后装机自带仿真源模拟运行系统,后装机治疗前,采用模拟源验证输源通道是否通畅。

从设备固有安全性能可以看出,后装机在防止事故发生方面,设有相应措施。只要操作人员按照说明书要求严格执行,是能够减少 $\gamma$ 射线对人员的辐射危害和

降低辐射事故的发生。

## 2.人员的安全与防护

人员包括辐射工作人员、患者及机房周边评价范围内的公众。在实施诊治之前,应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响;应注意对陪护者的防护,使其在陪护患者的全程诊治中,所受的辐射剂量做到最小化。主要从以下几方面采取防护措施:

### (1) 辐射工作人员的安全与防护

本项目辐射工作人员指从事后装机治疗的医师、护师、技师及物理师。

本项目拟购所有防护用品和辅助防护设施的铅当量为0.5mmPb。考虑到可能有行动不便的极少数患者需要陪护或者事故状态,以及病人非病患部位的防护需求,医院拟为后装治疗项目配备1套医护防护用品。

医院拟为后装治疗项目配备2个人剂量报警仪;每名医师、护师、技师、物理师各配备1个人剂量计,并要求上班期间必须正确佩戴。医院应定期(每季度一次)将辐射工作人员的个人剂量计送有资质单位进行检测,并将检测报告存档。医院承诺,在辐射工作人员上岗前,医院应组织其进行岗前职业健康检查,并建立个人健康档案,在岗期间应按相关规定定期组织健康体检。

### (2) 患者的安全与防护

①医师会根据肿瘤定位结果来判断病情状况,针对不同的病人会制定不同的放疗计划(包括放疗时间和放疗剂量),并通过可调限束装置进行参数设置,选择能达到诊疗要求最低的射线照射参数,使射线强度最小化,尽量避免不必要的照射,有效进行源项控制。

②时间防护:在满足放射诊疗要求的前提下,制定最优化的诊疗方案,使照射时间最小化。

③其他安全防护:

c) 放射治疗前实行病人告知制度:在放疗诊断前应向病人告知放射治疗的方法、适应症、预期疗效、风险、费用构成及注意事项和可能对病人家属的辐射影响等,并请病人在说明书下方签字,由医患双方各执一份。

d) 医院拟为患者配置1套0.5mmPb的防护用品。建设单位应确保今后若本项目增加室内人员,应在实施相应诊疗工作前增加足够套数防护用品。

### (3) 机房周边公众的安全与防护

主要依托加速器治疗室北侧部分墙体、楼顶、后装治疗室墙体和防护门等屏蔽实体屏蔽射线。同时，该场所严格实行辐射防护“两区”管理，在机房防护门外张贴电离辐射警告标志和安装工作状态指示灯，禁止无关人员进入，以增加公众与射线源之间的防护距离，避免受到不必要的照射。

### 3.机房辐射防护屏蔽设计

本项目后装治疗室屏蔽设计参数见下表。

表10-4 本项目后装治疗室屏蔽参数一览表

机房	方位	屏蔽材料及厚度
后装机房	西、北墙	1000mm 钢筋混凝土
	东墙	800mm 钢筋混凝土
	屋顶	1000mm 钢筋混凝土
	迷路内墙	1000mm 钢筋混凝土
	南墙	1500mm 钢筋混凝土（与加速器共用部分）
	防护门（1 扇）	10mmPb 铅钢防护门

### 4.辐射安全与防护措施

（1）门-储源器：正常情况下，源在贮存状态时才能打开治疗室防护门；防护门未完全关闭到位时，无法启动后装机进行送源；源没有回到储源器内时，防护门不能打开。

（2）门-灯联锁（含工作状态指示灯）：在后装治疗室防护门外设 1 个工作状态指示灯，具备显示开机、停机的功能，工作状态指示灯与控制台控制开关实现联锁，开机出束，机房防护门关闭良好，指示灯亮；停止出束时，指示灯熄灭，机房防护门打开。门未关闭时，不能出源，装置启动时指示灯保持常亮。

（3）固定式剂量报警仪：后装治疗室防护门处拟设有固定式剂量报警仪，固定式剂量报警装置（带剂量显示功能）安装在后装治疗室墙上，探头安装在机房迷道内，只要室内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

（4）出束音响提示：后装机处于出束状态时，出束提示装置工作，以警示人员注意安全。

（5）声光报警仪：后装机房门外设有灯光报警仪，停电或意外中断照射时，报警仪灯光亮起，并响起蜂鸣声。

（6）紧急开门按钮：拟在后装治疗室迷道内墙人员易接触的位置设置1个紧

急开门按钮，该紧急开门按钮接院区紧急电源，常年保持通电状态，在事故状态下工作人员可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。且防护门有防挤压功能。且机房内设有手动开门装置，以避免意外停电情况下，人员可通过手动开门装置离开后装机房。

（7）急停按钮：在后装治疗室内各墙体（拟设4个）及迷道外墙上（拟设1个）设置急停按钮，按下急停开关应能使放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。急停开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。

（8）视频监控：后装治疗室内拟安装摄像头，能够保证机房内无死角监控，监控系统设在控制室内，视频监控应做到无监控死角，特别应监控室内有源的位置，以便在异常情况下，可控制设备紧急回源，避免造成危害。

（9）对讲系统：后装治疗室内和控制室内设1套扩音与对讲装置，便于医师在操作室观察患者在机房内的状况、及时处理意外情况。

（10）警示标志：在控制区出入口（机房防护门）处醒目位置张贴电离辐射警告标志及中文警示标志；在监督区出入口（患者走道门外）外设置警戒线并张贴中文警示标志；在后装机主机外表面及源容器均设置电离辐射警告标志。

（11）个人剂量报警仪和个人剂量计：项目开展前，为本项目后装治疗室拟购2个人剂量报警仪以便监测操作时剂量，要求在岗期间必须正确佩戴。本项目开展后，所有辐射工作人员要求配备个人剂量计并定期送检，定期开展职业健康体检，建立个人剂量档案和个人职业健康监护档案。

（12）防护用品：建设单位拟为后装治疗室配备3套防护用品（2套医护人员防护用品和1套患者防护用品）。

（13）放射源的贮存：放射源在非使用期间贮存在后装机储源容器内，储源器置于后装机房内。

（14）后装源专用保险柜（双人双锁）：拟为后装治疗室配备1套后装源专用保险柜，以防治放射源丢失。

（15）应急贮源罐：在后装治疗室内拟配置1个备用应急贮源罐，用于非正常状况下放射源的贮存。

（16）手动回源措施：当自动回源装置功能失效时，可采用手动回源装置进行应急处理。

(17) 长柄镊子：用于自动回源装置失效时，采用长柄镊子将放射源从装置中取出后放入应急贮源罐中。

(18) 废旧放射源处理：后装机退役后产生的废放射源由放射源生产厂家回收处置；若放射源生产厂家不能回收，则应交有废源收贮资质的单位回收处置。废源回收单位安排专业技术员在后装机房内将储源器内的废旧放射源倒出之后，装入铅罐并运回，按废旧源处理规定进行相应处理。

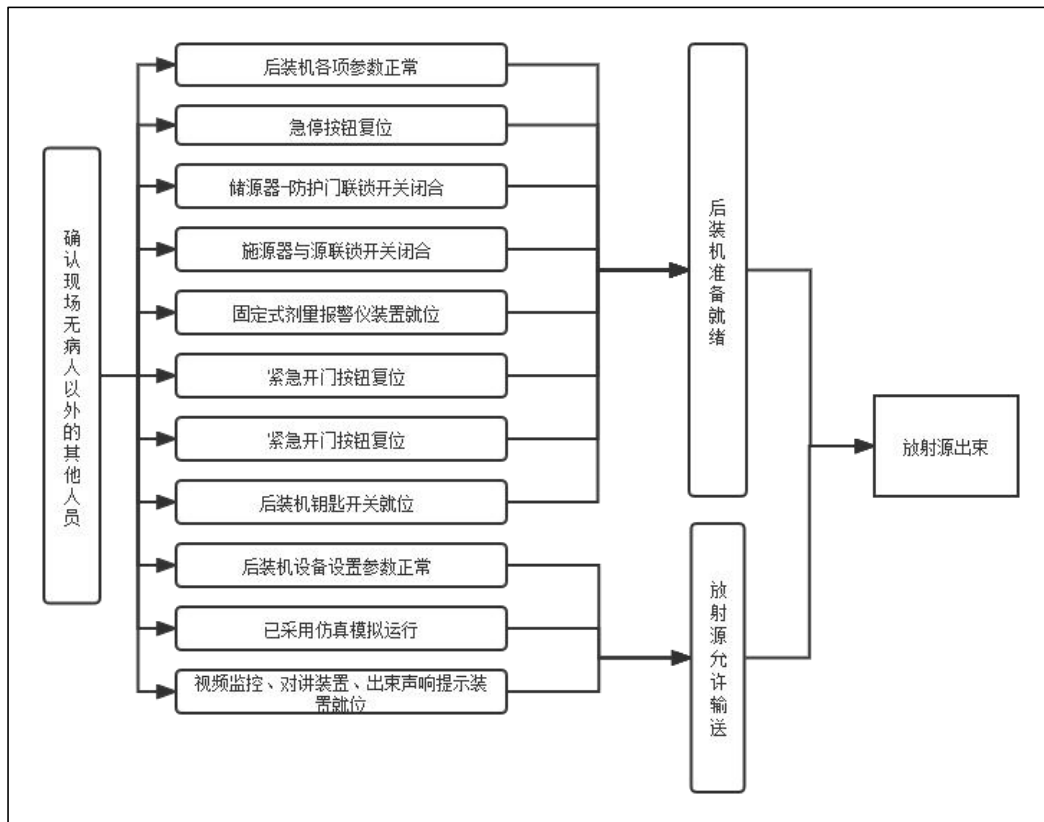


图 10-2 本项目后装机安全联锁逻辑图

### 三、辐射安全管理措施

(1) 便携式辐射监测仪器：建设单位拟为本项目配备 1 台便携式 X- $\gamma$  剂量监测仪，可用于隆昌通康医院在使用期间定期巡检。

(2) 管理机构：隆昌通康医院已建立以院领导为代表的第一责任人的安全管理机构，需根据本项目进行完善。

(3) 管理制度：本项目建设单位拟涉及使用 III 类放射源、II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第 3 号）“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-3，建设单位已按照要求制定

所有制度并下发至全院，需在运行前根据本项目完善相关辐射安全管理制度。

(4) 制度悬挂：拟在加速器治疗室及其控制室、后装治疗室及其控制室墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

### 三废的治理

#### 一、施工期三废治理

##### 1.废气

施工过程中产生的废气，属于无组织排放，主要通过施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

##### 2.噪声

施工期噪声包括铺设电路时机器碰撞以及装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。且禁止夜间施工，也尽可能选用噪音较小的施工设备。

##### 3.废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水沉淀处理后回用，生活污水产量较小，将依托医院临时污水处理设施处理。

##### 4.固体废物

施工中固体废物主要为建筑废料、装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾，施工垃圾和生活垃圾均已由医院统一收集并移交环卫部门清运。

#### 二、运营期三废治理

##### 加速器治疗室及后装治疗室

##### 1.废气

本项目加速器治疗室、后装治疗室均拟设通排风系统，通排风系统的设置、室内气流组织以及废气的排放都考虑到避免空气在建筑物内反复循环和避免各房间空气相互掺混，从而减少污染物积累和交叉污染的几率。

表 10-5 本项目加速器治疗室及后装治疗室排风设置一览表

场所	室内排口位置	室内新风口位置	是否满足上进下出、对角设置的原则	新风量(m <sup>3</sup> /h)	排风量(m <sup>3</sup> /h)	换气次数	最终排口位置
加速器治疗室	西北、东北和西南侧角	吊顶东侧、西侧	满足	2500	1800	9	门诊楼楼顶
后装治疗室	西北侧角	吊顶东南侧	满足	800	600	8	

		角					
--	--	---	--	--	--	--	--

根据上表可知，本项目加速器治疗室及后装治疗室的新风口、排风口设置符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）规定的上进下出、对角设置的原则，换气次数满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“换气次数不少于 4 次/h”的相关要求。废气经各机房排风管道引至加速器治疗室南侧的风井，再由风井引至门诊楼楼顶进行排放，排口未设置在有门、窗或人流量较大的过道等位置，排口距离地面约 25.6m。

## 2.废水

加速器治疗室、后装治疗室产生的废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水，后装治疗室会产生少量医疗废水。根据已经获得批复原隆昌县环境保护局文件《关于四川省隆昌聚能医疗投资有限公司隆昌通康医院新建项目环境影响报告书的批复》（隆环建〔2015〕58 号）中要求，生活污水经医院污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理标准后通过城市污水管网进入隆昌市城市生活污水处理厂处理。

## 3.固体废物

本项目加速器治疗室、后装治疗室投入运营后，产生的固体废物主要为辐射工作人员以及患者的生活垃圾，后装治疗室会产生少量的医疗废物。医疗废物由专门的收集容器集中收集，先转移至隆昌通康医院西侧医疗废物暂存间内暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。生活垃圾则分类收集后交由市政环卫部门统一清运。

## 4.废靶件及退役放射源处理

本项目加速器机房运营后，X 射线会使金属靶件内的物质活化，主要活化产物为  $^{196}\text{Au}$ （半衰期 9.7h）、 $^{181}\text{W}$ （半衰期 140d）、 $^{185}\text{W}$ （半衰期 75d）、 $^{62}\text{Cu}$ （半衰期 9.76min）、 $^{64}\text{Cu}$ （半衰期 12.8h），因此更换下来的废靶属于放射性废物。废靶件为直径不超过 2cm 的圆锥体，体积较小，医院拟购置铅废物桶放置更换下来的废靶和退役放射源，铅废物桶放置在隆昌通康医院西侧医疗废物暂存间内（铅废桶应放置在人员接触较少的角落，并张贴电离辐射警告标志）。若厂家能够回收废靶和退役放射源，则医院应与厂家签订回收协议，交由厂家回收处

置；若厂家无法回收，则交有收贮资质的单位回收处置。根据 IAEA188 号报告，当 X 射线能量未超过 10.55MV（对于空气）或 15.67MV（对于水），无需考虑空气和冷却水的活化问题。

### 三、噪声影响

本项目医用直线加速器、后装机的噪声主要来自于通排风系统等设备，以及进出医院的机动车辆产生的交通噪声及就诊病人及家属产生的人群活动噪声，声级较小，噪声影响不大。

### 四、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》：射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。本项目使用射线装置在进行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

### 环保设施及投资

本项目总投资投资 [REDACTED]，其中环保投资 [REDACTED]，占总投资约 [REDACTED]。

表 10-6 本项目环保投资一览表

项目	环保措施	投资（万元）
加速器治疗室		
辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程、表面装修	[REDACTED]
	铅防护门 1 扇	
通排风系统	通排风系统 1 套	[REDACTED]
安全措施	门-机联锁 1 套	[REDACTED]
	门-灯联锁（含工作状态指示灯）1 套	[REDACTED]
	固定式剂量报警仪 1 套	[REDACTED]
	钥匙开关 1 套	[REDACTED]
	出束音响提示装置 1 套	[REDACTED]
	紧急开门按钮 1 个	[REDACTED]
	急停开关个 7 个（附有中文标识） （自带：操作台、床旁各自带 1 个；增设：四面墙拟 各设 1 个、迷道外墙上拟设 1 个）	[REDACTED]
	防夹装置 1 个	[REDACTED]
	监控系统 1 套	[REDACTED]
	对讲系统 1 套	[REDACTED]
	放射防护注意事项告知栏和制度牌 1 套	[REDACTED]
	灭火装置 1 套	[REDACTED]
	火灾报警仪	[REDACTED]
防护用品	患者防护用品 1 套	[REDACTED]
	医护人员防护用品 1 套	[REDACTED]
监测用品	个人剂量报警仪 2 个	[REDACTED]
	足够个人剂量计	每个 [REDACTED]



后装治疗室		
辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程、表面装修	
	铅防护门 1 扇	
通排风系统	通排风系统 1 套	
安全措施	放射源-施源器	
	门-储源器联锁 1 套（机房防护门）	
	门-灯联锁（含工作状态指示灯）1 套（机房防护门）	
	固定式剂量报警仪 1 套	
	钥匙开关 1 套	
	出束音响提示装置 1 套	
	声光报警仪 1 个	
	紧急开门按钮 1 个（并附有中文标识）	
	急停开关共 7 个（附有中文标识） （自带：操作台、床旁各自带 1 个；增设：四面墙拟 各设 1 个、迷道外墙上拟设 1 个）	
	监控系统 1 套	
	对讲系统 1 套	
	手动回源措施	
	长柄镊子 1 个	
	应急贮源罐 3 个	
	后装源专用保险柜（双人双锁）1 套	
	紧急回源装置	
	电离辐射警告标志、控制区中文警示标志 监督区警戒线	
	灭火装置 1 套	
	火灾报警仪	
防护用品	医护人员防护用品 1 套	
	患者防护用品 1 套	
监测用品	个人剂量报警仪 2 个	
	足够个人剂量计	每年
院区		
监测用品	便携式 X-γ 剂量监测仪 1 台	
其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的考试	
	应急和救助的物资准备	
监测费用	本项目辐射工作场所监测费用	每年
合计		

表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

本项目所在建筑为隆昌通康医院负一层，所在院区环评已获得《关于四川省隆昌聚能医疗投资有限公司隆昌通康医院新建项目环境影响报告书的批复》（隆环建〔2015〕58号）。本项目所在主体建筑的施工期阶段环境影响已在院区环评中详细描述。

施工期主要为主体修建、防护工程、表面装修、设备装置安装与调试，可能的污染因素主要为常规环境要素（施工废水、施工废气、施工噪声及施工固体废弃物影响）。射线装置安装时不通电源，因此不会对周围环境产生辐射污染，但在调试时将产生一定辐射污染，设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

**一、施工期对环境产生如下影响：****（1）施工期大气环境影响分析**

建设阶段的大气污染源主要为装修阶段产生的扬尘，但影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染已（拟）采取以下措施：

- a) 及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- b) 车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；
- c) 施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

**（2）施工期废水环境影响分析**

施工期间，有一定量含有泥浆的建筑装修废水产生，项目施工期施工人员污水产生量很少。施工人员产生的少量生活废水进入建设单位原有的污水处理系统处理后进入城市污水管网，项目施工期废水对外环境影响较小。

**（3）施工期噪声环境影响分析**

施工期的噪声污染源主要为电锤、电钻等设备产生，声源强度在 65～95dB(A)，会造成局部时段边界噪声超标，因此，项目拟加强管理，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准规定，将噪声降低到最低水平；禁止夜间施工。影响将随着施工期结束消除。

**（4）施工期固体废物影响分析**

施工期的固体废物主要是装修垃圾和生活垃圾。其中生活垃圾约 5kg/d。建设单位已在施工场地出入口设置临时垃圾桶，生活垃圾经统一收集后由环卫部门

统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。建筑材料可回收利用部分重新利用后剩余的建筑垃圾集中收集，由建设单位外运至市政部门指定的垃圾堆放场。故项目施工期间产生的固废对周边环境产生影响较小。

## 二、射线装置安装调试期对环境会产生如下影响：

射线装置安装调试期对于环境主要影响为 X 射线辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目射线装置的安装与调试均要求在项目辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行。在设备安装调试阶段，建设单位应加强辐射防护管理，避免发生辐射事故。

由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应及时回收包装材料及其它固体废物，作为一般固体废物进行处置。

总之，建设项目施工期和安装调试期对环境产生的上述影响均为短期的，建设项目建成后，影响即自行消除。建设单位和施工单位在施工过程中应切实落实对施工产生的三废及噪声的管理和控制措施，施工期的环境影响将得到有效控制，建设项目施工期对周围环境影响较小。

## 运行阶段对环境的影响

### 一、辐射环境影响分析

#### 加速器治疗室辐射环境影响分析

##### 1.机房防护设计评估

根据相关文献调查，其中接受X射线治疗患者占总放疗患者的93%，接受电子线治疗者占7%，且根据GBZ/T201.2-2011 4.3.1：“治疗机房屏蔽设计与评价，应估算的辐射束为治疗装置在X射线治疗时可达到的最高MV条件下的有用线束、泄漏线束和其产生的散射辐射”。因此为保守估计，本项目评价均以开展X射线深部曝光治疗进行分析。结合建设单位提供资料，预计本项目加速器运营时间为每周运行5天，每天治疗40人，每人治疗5min，则加速器每周照射治疗时间为16.67h。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），在本项目加速器治疗室外设定关注点。从保守角度出

发，在加速器治疗室设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。由于本项目加速器治疗室下方为土质层，因此地面防护不予考虑。根据GBZ/T201.2-2011，本项目加速器治疗室关注点示意图见图11-1、图11-2。



图 11-1 本项目加速器治疗室关注点及主要照射路径示意图（平面）

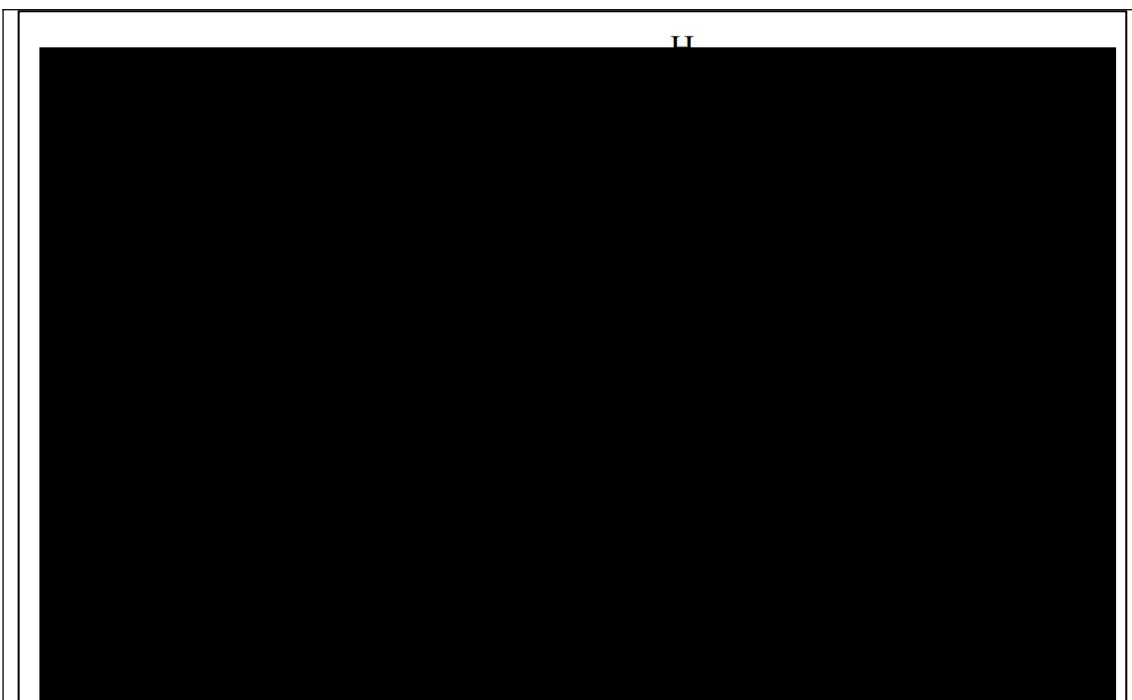


图11-2 本项目加速器治疗室关注点及主要照射路径示意图（剖面）

注：红色为主射线，紫色为散射线，蓝色为泄漏射线）

### 1.1 剂量率参考控制水平（ $H_c$ ）

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），机房外各关注点的剂量率参考控制水平 $H_c$ 由以下方法确定：

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

对于主射线束： $H_{c,d}=H_c/(t \times U \times T)$  .....（公式 11-1）

对于泄漏辐射： $H_{c,d}=H_c/(t \times T \times N)$  .....（公式 11-2）

式中： $H_c$ —周参考剂量控制水平（ $\mu\text{Sv/周}$ ）；

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

2) 放射治疗机房外非控制区的工作人员： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$

本报告提出剂量管理约束值：职业工作人员为  $100 \mu\text{Sv/周}$ ，公众为  $5 \mu\text{Sv/周}$ ；

$t$ —周治疗时间，为  $16.67\text{h}$ ；

$U$ —主射线束向关注位置的方向照射的使用因子，加速器主射线束照射时  $360^\circ$  旋转，本项目保守取1；

T—人员居留因子，本项目居留因子参考《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）附录 A 取值；

N—调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常  $N=5$ ；

b) 按照关注点人员居留因子的下列不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

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

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

c) 取 a)、b) 中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 ( $H_c$ )。

为了确保辐射安全，本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$  均取  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见表 11-1。

表 11-1 机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点位	居留因子	剂量率参考控制水平 (H <sub>c</sub> ) μSv/h			主要考虑的辐射束	射线路径
		H <sub>c,d</sub>	H <sub>c,max</sub>	H <sub>c</sub>		
加速器治疗室						
A（病人通道）	1/5	1.50	2.50	1.50	主射线束	O1→A
B2（病人通道）	1/5	1.40	2.50	1.40	泄漏辐射	O1→B2
					散射辐射	O1→O→B2
C（机房门口）	1/8	1.49	2.50	1.49	泄漏辐射	O2→C
					散射辐射	O2→O→i→C
D（加速器控制室）	1	1.20	2.50	1.20	泄漏辐射	O3→D
E（水冷及辅助机房）	1/16	19.20	2.50	2.50	泄漏辐射	O1→E
F（后装治疗室）	1/8	9.60	2.50	2.50	泄漏辐射	O3→F
G（后装治疗室控制室）	1/8	9.60	2.50	2.50	泄漏辐射	O3→G
H（顶上主屏蔽）	1/16	4.80	2.50	2.50	主射线束	O3→H
I（顶上次屏蔽）	1/16	1.73	2.50	1.73	泄漏辐射	O3→I
					散射辐射	O3→O→I

注：①加速器下方为土质层；

②加速器治疗室东侧为土质层。

③与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，需要考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射。散射辐射以本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$  ( $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ) 的一半，作为关注点的导出剂量率参考控制水平；泄漏辐射将上述 11-2 式中的  $H_c$  以  $0.5H_c$  代替，计算关注点的导出剂量率参考控

制水平。泄漏辐射和有用线束患者散射辐射在关注点的剂量率之和为该处的剂量率控制值。

## 1.2 主射线束主屏蔽区宽度计算

使用《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)的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度。

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan \theta + 0.3] \dots\dots\dots (\text{公式 11-3})$$

式中， $Y_p$ —机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD—源轴距，m；

$\theta$ —治疗束的最大张角（相对束中的轴线， $28^\circ$ ），即射线最大出射角的一半（ $14^\circ$ ）；

$a$ —等中心点至“墙”的距离，m。当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

本项目设计的加速器治疗室，主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为 $28^\circ$ ，有用线束主屏蔽区示意图见图11-1，主屏蔽宽度计算结果见表11-2。

表11-2 加速器治疗室主屏蔽范围计算表

参数	取值		
	西墙主屏蔽	东墙主屏蔽	屋顶主屏蔽
$a$ (m)	4.6	4.6	5.4
SAD (m)	1	1	1
$\theta(^{\circ})$	14	14	14
计算宽度 $Y_p$ (m)	3.39	3.39	3.89
设计宽度 (m)	4.00	4.00	4.00
评价	满足	满足	满足

## 1.3 主屏蔽墙、侧屏蔽墙厚度核算

根据GBZ/T201.2-2011相关公式，对有用线束主屏蔽墙体厚度及侧屏蔽墙体厚度进行理论计算。按式11-4计算所需的屏蔽透射因子B，按式11-5估算所需要的有效屏蔽厚度 $X_e$ ，再按照式11-6获得屏蔽厚度X，计算结果及分析比较见表11-3。

$$B = \frac{H_c}{H_0} \times \frac{R^2}{f} \dots\dots\dots (\text{公式11-4})$$

$$X_e = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots\dots (\text{公式11-5})$$

$$X = X_e \bullet \cos\theta \dots\dots\dots \text{(公式11-6)}$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

H<sub>c</sub>—剂量率参考控制水平，μSv/h；

H<sub>0</sub>—加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率，μSv·m<sup>2</sup>/h；

R—靶点至参考点的距离，m；

f—对有用束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率 0.1%；

θ—斜射角，主屏蔽墙 0°入射；

TVL<sub>1</sub>（cm）和 TVL（cm）—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明 TVL<sub>1</sub> 时，TVL<sub>1</sub>=TVL；

X<sub>e</sub>—有效屏蔽厚度；

X—墙体屏蔽厚度。

表11-3 加速器治疗室主屏蔽区和侧屏蔽墙厚度核算结果

加速器治疗室					
参数	迷路内墙+迷路外墙	迷道外墙	主屏蔽墙	侧屏蔽墙	主屏蔽墙
	D	E	A	F	H
H <sub>c</sub> (μSv/h)	1.20	2.50	1.50	2.5	2.5
R (m)	8.6	9.2	7.4	4.8	6.4
H <sub>0</sub> (μSv·m <sup>2</sup> /h)	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08
f	0.001	0.001	1	0.001	1
透射因子B	1.06E-04	2.52E-04	9.78E-08	8.05E-05	1.22E-07
TVL <sub>1</sub> (cm)	35	35	41	35	41
TVL (cm)	31	31	37	31	37
有效屏蔽厚度X <sub>e</sub> (cm)	127	116	263	133	260
屏蔽厚度X (cm)	127	100	263	133	260
设计厚度 (cm)	270	150	300	150	300
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足	满足

注：①加速器治疗室东侧为土质层，加速器治疗室东侧主屏蔽与西侧主屏蔽参数完全一致，故加速器治疗室东侧主屏蔽满足屏蔽要求。

②加速器治疗室北侧侧屏蔽墙外为后装治疗室内和后装治疗室控制室，选取距离更近的后装治疗室 F 点做为屏蔽厚度核算点位。

#### 1.4 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据GBZ/T201.2-2011中附录A中A.2.2，对于与主屏蔽相连的次屏蔽区：次



屏蔽区考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者一次散射辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。

泄漏辐射按公式11-3计算所需的屏蔽透射因子B，按式公式11-5估算所需要的有效屏蔽厚度Xe，再按照公式11-6获得屏蔽厚度X；散射辐射首先根据公式11-7计算墙的屏蔽透射因子B，再按照公式11-4和公式11-5估算墙的有效屏蔽厚度Xe和X。患者散射角度取30°保守估算，查GBZ/T201.2-2011附表B.4，患者散射辐射（患者散射角均接近30°，以30°考虑）；

$$B = \frac{H_c \times R_s^2}{H_0 \times \alpha_{ph} \times (F/400)} \dots\dots\dots \text{（公式11-7）}$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

H<sub>c</sub>—剂量率控制参考水平，μSv/h；

H<sub>0</sub>—加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶（以下简称靶）1m处的常用最高剂量率，μSv·m<sup>2</sup>/h；

R<sub>s</sub>—患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

α<sub>ph</sub>—患者400cm<sup>2</sup>面积上垂直入射X射线散射至距其1m（关注点方向）处的剂量比例，又称400cm<sup>2</sup>面积上的散射因子。根据散射线能量和考察点斜射角，查GBZ/T 201.2-2011表B.2。

F—治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积，cm<sup>2</sup>，本项目为40cm×40cm=1600cm<sup>2</sup>。

表11-4 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

加速器治疗室				
参数	B2 点		I 点	
主要考虑的辐射束	泄漏辐射	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射
射线路径	O1→B2	O1→O→B2	O3→I	O3→O→I
R（m）	8.0	7.1	5.2	4.6
H <sub>c</sub> （μSv/h）	1.40	1.40	1.73	1.73
H <sub>0</sub> (μSv·m <sup>2</sup> /h)	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08
α <sub>ph</sub>	/	3.18E-03	/	3.18E-03
F（cm <sup>2</sup> ）	/	1600	/	1600
f	0.001	/	0.001	/
斜射角	30°	30°	30°	30°
透射因子 B	1.07E-04	6.61E-06	5.57E-05	3.43E-06

TVL <sub>1</sub> (cm)	35	28	35	28
TVL (cm)	31	28	31	28
理论有效厚度 X <sub>e</sub> (cm)	127	145	136	153
屏蔽厚度 (cm)	110	126	118	133
散射和泄漏辐射所需屏蔽厚度较大值 (cm)	126		133	
设计厚度 (cm)	150		150	
是否满足要求	满足		满足	

注：加速器东侧为土质层，加速器治疗室东侧次屏蔽与西侧次屏蔽参数完全一致，故加速器治疗室东侧次屏蔽满足屏蔽要求。

### 1.5 迷道内墙厚度核算

根据GBZ/201.2-2011，4.3.2.5.1条b)款，迷路入口C点处对应的迷道内墙厚度应当满足“泄漏辐射在迷路入口C点处的H<sub>c</sub>应小于该点处的剂量率参考控制水平的1/4”的条件，评价取值0.37μSv/h作为核算依据。

表11-5 迷道内墙泄漏屏蔽厚度核算结果

点位	主要考虑的辐射束	射线路径	R(m)	H <sub>c</sub> (μSv/h)	TVL <sub>1</sub> (cm)	TVL (cm)	理论有效厚度 X <sub>e</sub> (cm)	屏蔽厚度	设计厚度(cm)	是否满足要求
C	泄漏辐射	O2→C	7.9	0.37	35	31	145	103	120	满足

### 1.6 机房防护门屏蔽厚度核算（泄漏辐射和散射线复合作用）

加速器治疗室机房入口关注点处（C点）的散射辐射剂量率H计算公式如下：

$$H = \frac{\alpha_{ph} \times (F / 400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} H_0 \dots\dots\dots \text{（公式11-8）}$$

式中：

H—关注点处的散射辐射剂量率；

H<sub>0</sub>—加速器有用线束中心轴上距靶点1m处常用最高剂量率，8.40E+08μSv/h；

α<sub>ph</sub>—患者400cm<sup>2</sup>面积上垂直入射X射线散射至距其1m（关注点方向）处的剂量比例，又称400cm<sup>2</sup>面积上的散射因子，取45°散射角的值1.35E-03；

α<sub>2</sub>—混凝土墙入射的患者散射辐射（能量见附录B 表B.6）的散射因子，取m处的入射角为45°，散射角为0°；α<sub>2</sub>值见附录B 表B.6，本项目取2.2E-02；

A—散射面积，m<sup>2</sup>；机房高度3.4m，A=18m<sup>2</sup>；

R<sub>1</sub>—第一次散射路径，8.2m；

R<sub>2</sub>—第二次散射路径，9.5m；

所需铅屏蔽透射因子B计算公式如下：

$$B = \frac{H_d - H_{od}}{H} \dots\dots\dots \text{（公式11-9）}$$

H<sub>od</sub>—O2位置穿过迷道内墙的泄漏辐射在迷道口的剂量率；

H<sub>d</sub>—迷道入口控制剂量率，μSv/h；

表11-6 机房防护门屏蔽厚度核算

散射辐射（O2→O→i→C）		泄漏辐射（O2→C）	
H <sub>0</sub> （μSv/h）	8.40E+08		
α <sub>ph</sub>	1.35E-03	主射线透射因子 B	3.81E-06
α <sub>2</sub>	2.2E-02		
R <sub>1</sub> （m）	7.4	R（m）	7.9
R <sub>2</sub> （m）	11.0		
A <sub>1</sub> （m <sup>2</sup> ）	18.0	f	0.001
H（μSv/h）	271.09	H <sub>od</sub> （μSv/h）	0.05
B	5.90E-03		
TVL（mm）	5		
理论计算值（mm）	11		

经计算，当机头出束点在O2处时，机房入口屏蔽前的散射辐射剂量率为271.09μSv/h，最大泄漏辐射剂量率为0.05μSv/h。经计算，B为5.90E-03，在机房入口处的散射辐射能量约0.2MeV，铅中的TVL为5.0mm，求出所需屏蔽为11mmPb，设计加速器治疗室防护门厚度为12mmPb，满足屏蔽要求。

小结：本项目加速器治疗室理论厚度及实际设计参数见表11-7。

表11-7 加速器治疗室各屏蔽体理论计算值与设计值综合汇总表

方位	理论计算值	实际设计值	是否满足
加速器治疗室			
主屏蔽墙	东侧主屏蔽 2.63m	东侧主屏蔽 3.00m	满足
	西侧主屏蔽 2.63m	西侧主屏蔽 3.00m	
	屋顶主屏蔽 2.60m	屋顶主屏蔽 3.00m	
侧屏蔽墙	北侧侧屏蔽 1.33m	北侧侧屏蔽 1.50m	满足
次屏蔽墙	东侧次屏蔽 1.26m	东侧次屏蔽 1.50m	满足
	西侧次屏蔽 1.26m	西侧次屏蔽 1.50m	
	顶部次屏蔽 1.33m	顶部次屏蔽 1.50m	
迷路外墙	迷道外墙 1.00m	迷道外墙 1.50m	满足
迷路内墙	迷道内墙 1.03m	迷道内墙 1.20m	满足
防护门	11mmPb	12mmPb	满足

## 1.7 电子辐射环境影响分析

本项目加速器在运行过程中产生的电离辐射包括有：电子、X射线。

由于电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质的射程，就可以将其完全吸收。根据射线能量查阅NIST estar数据库，其中电子在介质中的射程可根据公式11-10近似计算：

$$R = R_{CSRA} \div \rho \dots\dots\dots (\text{公式 11-10})$$

R——电子线射线射程（cm）；

R<sub>CSRA</sub>——质量射程(Continuous Slowing Down Approximation-Range)（g/cm<sup>2</sup>）；

ρ——材料密度（g/cm<sup>3</sup>），分别取空气、有机玻璃、混凝土、铅的密度在 NIST 数据库中对应数据。

表11-8 电子在不同介质中射程估算表

粒子	电子
能量（MeV）	14
R <sub>CSRA</sub>	3.393E-02
混凝土密度（g/cm <sup>3</sup> ）	2.35
混凝土中的射程（cm）	1.02E-02

根据表11-32，电子在混凝土中射程为1.02E-02cm，加速器治疗室墙体最小屏蔽厚度为150cm，所以本项目加速器治疗室设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线，因此加速器在运行中电子线对周围辐射环境影响很小。

## 2.理论预测分析

根据GBZ/T201.2-2011，X射线治疗时，各预测点人员可能受到的剂量按以下公式计算：

$$X_e = X / \cos \theta \dots\dots\dots (\text{公式11-11})$$

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1) / TVL} \dots\dots\dots (\text{公式11-12})$$

主束和泄漏辐射剂量估算

$$H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots (\text{公式11-13})$$

患者一次散射辐射剂量估算

$$H = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots (\text{公式11-14})$$

穿过患者或迷路内墙的有用线束再屏蔽墙的一次散射辐射剂量估算

$$H = H_0 \cdot \frac{(F / 10^4)}{R^2} \cdot \alpha_w \cdot B_p \dots\dots\dots (\text{公式11-15})$$

$$\text{泄漏一次散射辐射剂量估算 } H = \frac{H_0 \cdot f \cdot \alpha_w \cdot A}{R_L^2 \cdot R^2} \dots\dots\dots \text{ (公式11-16)}$$

估算的主屏蔽区和侧屏蔽区对各关注点剂量见表11-9，与主屏蔽区相连的次屏蔽区对各关注点产生的剂量见表11-10。

表11-9 主射线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

加速器治疗室						
参数	主屏蔽墙	迷道外墙+迷道内墙	迷道外墙	侧屏蔽墙 (后装治疗室)	主屏蔽墙(后装治疗室控制室)	主屏蔽墙
	A 点	D 点	E 点	F 点	G 点	H 点
X (cm)	300	270	150	150	150	300
Xe (cm)	300	270	170	150	170	300
TVL1 (cm)	41	35	35	41	41	41
TVL (cm)	37	31	31	37	37	37
B	1.00E-08	2.63E-09	1.95E-05	1.95E-05	4.42E-06	1.00E-08
R (m)	7.4	8.6	9.2	4.8	5.2	6.4
$H_0$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08
f	1	0.001	0.001	0.001	0.001	1
H $\mu\text{Sv}/\text{h}$	1.53E-04	2.98E-05	1.94E-01	7.11E-01	1.37E-01	2.05E-01
$\dot{H}_c$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 剂量率参考控制水平	1.50	1.20	2.50	2.50	2.50	2.50
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足

表11-10 泄漏辐射和患者一次散射对关注点的剂量估算表

加速器治疗室			
关注点参数		次屏蔽区	次屏蔽区
		B2 点	I 点
设计厚度	X (cm)	150	150
泄漏辐射	Xe (cm)	171	163
	TVL1 (cm)	35	35
	TVL (cm)	31	31
	R (m)	8.0	5.2
	B <sub>L</sub>	4.10E-06	7.43E-06
	H <sub>0</sub> ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ )	8.40E+08	8.40E+08
	H ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	5.38E-02	2.31E-01
散射辐射	Xe (cm)	178	168
	TVL (cm)	28	28
	R <sub>S</sub> (m)	7.1	4.6

	$H_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	8.40E+08	8.40E+08
	$\alpha_{\text{ph}}$	1.35E-03	1.35E-03
	$B_s$	4.39E-07	1.00E-06
	$H$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	3.95E-02	2.14E-01
泄漏辐射和散射辐射的复合作用( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		9.34E-02	4.45E-01
剂量率参考控制水平( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		1.40	1.73
评价结果		满足	满足

### 加速器治疗室入口防护门屏蔽计算 (C点)

本项目有用线束不向迷路内墙照射, 根据GBZ/T201.2-2011, 考虑的辐射照射见4.3.2.5.1,

a) 入射至迷道内墙的辐射散射至C点处的辐射中, 迷道内墙的入射辐射可能来自:

1) 泄漏辐射;

2) 散射辐射;

表11-11 泄漏辐射和患者一次散射对关注点H的剂量估算表

加速器治疗室			
散射辐射（O2→O→i→C）		泄漏辐射（O2→C）	
H <sub>0</sub> （μSv/h）	8.40E+08		
α <sub>ph</sub>	1.35E-03	主射线透射因子 B	3.81E-06
α <sub>2</sub>	2.20E-02		
R <sub>1</sub> （m）	7.4	R（m）	7.9
R <sub>2</sub> （m）	11.0		
A <sub>1</sub> （m <sup>2</sup> ）	15.6	f	0.001
H（μSv/h）	234.95	H <sub>od</sub> （μSv/h）	0.05
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)	235		

表11-12 机房入口由泄漏辐射和散射辐射产生的剂量估算表

加速器治疗室	
计算参数	机房入口C点
机房入口关注点处的剂量率H ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	235
屏蔽厚度 (mm)	12
TVL (mm)	5
B	3.98E-03
剂量当量 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	9.36E-01
剂量率参考控制水平( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	1.49
评价结果	满足

### 3.年有效剂量评估

$$E = H \times U \times T \times t \times 10^{-3} \times W_T \dots\dots\dots \text{(公式11-17)}$$

式中：

E—年有效剂量，mSv/a；

H—辐射剂量率估算值， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U—使用因子；

T—工作负荷，h/a；每台医用直线加速器工作负荷为833.34h/a；

t—居留因子，本项目居留因子参考《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）附录A取值；

$W_T$ —组织权重因子，全身取1。

由此估算加速器治疗室周围各关注点的年附加有效剂量见表11-13。

表11-13 加速器治疗室各关注点辐射影响理论估算结果汇总表

加速器治疗室周围							
关注点	居留因子	使用因子	剂量率值 (μSv/h)	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	年剂量估算值 (mSv/a)	剂量管理值 (mSv/a)	评价结论
A（病人通道）	1/5	1	1.53E-04	1.50	2.56E-05	0.1	满足
B2（病人通道）	1/5	1	9.34E-02	1.40	1.56E-02	0.1	
C（机房门口）	1/8	1	9.36E-01	1.49	9.75E-02	0.1	
D（加速器控制室）	1	1	2.98E-05	1.20	2.49E-05	5.0	
E（水冷及辅助机房）	1/16	1	1.94E-01	2.50	1.01E-02	5.0	
F（后装治疗室）	1/8	1	1.37E-01	2.50	1.43E-02	5.0	
G（后装治疗室控制室）	1/8	1	1.37E-01	2.50	1.43E-02	5.0	
H（顶上主屏蔽）	1/16	1	2.05E-01	2.50	1.07E-02	0.1	
I（顶上次屏蔽）	1/16	1	4.45E-01	1.73	2.32E-02	0.1	
50m 其他保护目标							
关注点	方位、最近距离	参考点位	关注点剂量率	居留因子	年剂量估算值 (mSv/a)	剂量管理值 (mSv/a)	评价结论

门诊楼	南侧 最近约 12m	I 点	3.09E-03	1	2.58E-03	0.1	满足
院区道路	四周 最近距顶部约 1m	I 点	4.45E-01	1/16	2.32E-02	0.1	
院区绿化	四周 最近为顶部紧邻	I 点	4.45E-01	1/16	2.32E-02	0.1	
住院楼（二期建设）	北侧 最近约 9m	I 点	5.50E-03	1	4.58E-03	0.1	
供氧室	东北侧 最近约 11m	I 点	3.68E-03	1/16	1.92E-04	0.1	
商业街	东侧 最近为东侧约 20m	I 点	1.11E-03	1	9.27E-04	0.1	

从表11-36可以看出，保守估算加速器治疗室正常运行辐射工作人员最大年有效剂量为**1.01E-02mSv/a**，所致公众人员最大年有效剂量为**9.75E-02mSv/a**，均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中的相关要求：工作人员的剂量管理限值5mSv/a，公众人员的剂量管理限值0.1mSv/a。

为保守估计，以加速器治疗室各保护目标均选择最大剂量率值所在点作为剂量率参考点，根据距离衰减可计算出加速器治疗室周围 50m 内保护目标年有效剂量最大为 **2.32E-02mSv/a**，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中对公众人员受照剂量限值的要求，并满足本项目管理目标值：公众年附加有效剂量不超过 0.1mSv。

### （三）后装治疗室辐射环境影响分析

#### 1.后装治疗室屏蔽体厚度合理性分析

根据建设单位提供的资料，运行后后装治疗项目预估每天进行10场治疗，每周工作5天，单人单次平均出束时间约10min，周治疗时间为8.34h，年工作250天，年诊疗2500人次，年有效出束时间最长为416.67h。



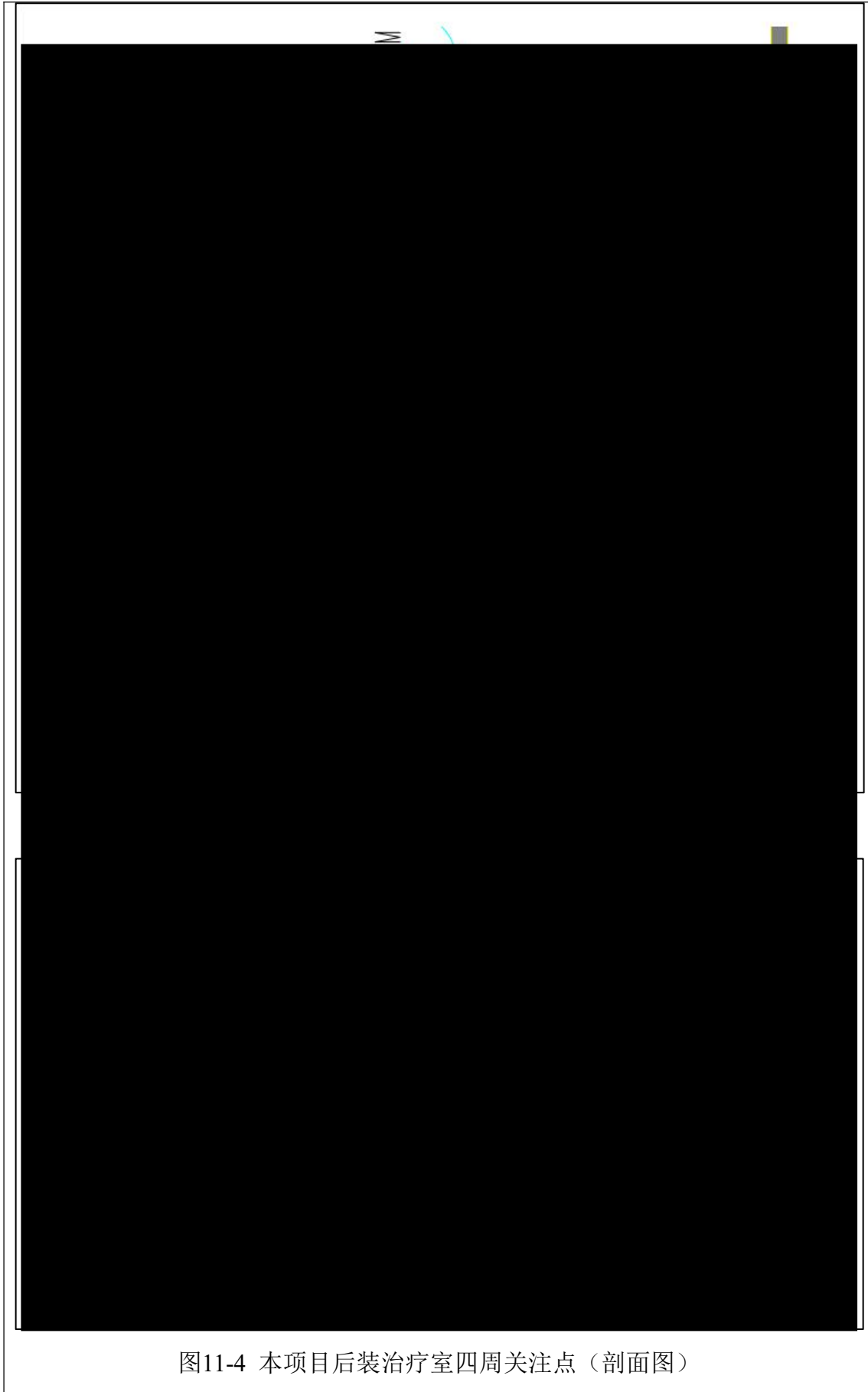


图11-4 本项目后装治疗室四周关注点（剖面图）

注：图中蓝色为初级辐射，紫色为散射辐射，红框为放射源活动范围。

### 1.1 剂量率参考控制水平（Hc）

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014），机房外各关注点的剂量率参考控制水平 Hc 由以下方法确定：

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，求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $H_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )；

$$H_{c,d}=H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots \text{公式 11-18}$$

式中：

$H_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平

$H_c$ —周剂量参考控制水平；

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

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

U—关注位置方向射线的使用因子，本项目取 1；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子参考《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）附录 A 取值；

t—周治疗照射时间，h；根据医院提供的资料，后装机年工作 50 周，预计年有效出束时间最长为 416.67h， $t=416.67\text{h/年} \div 50 \text{周}=8.34\text{h/周}$ 。

a) 关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$ ：

人员居留因子  $T \geq 1/2$  的场所， $H_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$

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

为了确保辐射安全，本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$  均取  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

取 a)、b) 中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平（Hc）。由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见下表。

表11-14 后装治疗室四周关注点剂量率参考水平和主要考虑的辐射束

关注点位	保护目标	居留因子	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )			主要考虑的辐射束	射线路径
			$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	$H_c$		
a 后装治疗室控制室	辐射工作人员	1	11.99	2.50	2.50	初级辐射	Q4→a

b(后装治疗室防护门口)	公众	1/8	4.80	2.50	2.50	初级辐射	Q1→b
						散射辐射	Q2→m→b
c(加速器治疗室)	辐射工作人员	1/8	4.80	2.50	2.50	初级辐射	Q2→c
d(库房)	公众	1/16	9.59	2.50	2.50	初级辐射	Q3→d
e(后装治疗室屋顶)	公众	1/16	9.59	2.50	2.50	初级辐射	Q1→e

## 1.2 初级射线辐射屏蔽厚度核算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014），采用什值层计算屏蔽厚度，计算公式如下：

$$H_0 = A \bullet K_\gamma \quad \text{.....公式 11-19}$$

$$B = \frac{H_c}{H_0} \times \frac{R^2}{f} \quad \text{.....公式 11-20}$$

$$X_c = TVL \times \lg B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad \text{.....公式 11-21}$$

式中：

$H_0$ —活度为A的放射源在距其1m处的剂量率，μSv/h；

A—放射源的活度，MBq；本项目为三枚放射源的总活度；

$K_\gamma$ —放射源周围空气比释动能率常数（或称  $K_\gamma$  常数），μSv/（h·MBq）；

B—屏蔽透射因子；

$H_c$ —剂量率参考控制水平，μSv/h；

R—辐射源点至关注点的距离，m；

f—透射因子，对有用线束为1；

$X_c$ —理论计算屏蔽厚度，mm.

$TVL_1$ —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，mm；

TVL—辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，mm；当未指明时  $TVL_1$  时， $TVL_1 = TVL$ （查《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）表 C.1）。

表11-15 后装治疗室四周及楼上初级辐射屏蔽厚度核算

屏蔽体	a(控制室)	d(库房)	c(加速器治疗室)	e(屋顶绿化)
剂量率参考控制水平 $H_c$ (μSv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5
R	2.3	4.8	2.8	3.3
A (MBq)	2.00E+05	2.00E+05	2.00E+05	2.00E+05

$K_{\gamma}[\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})]$	0.308	0.308	0.308	0.308
$H_0(\mu\text{Sv/h})$	6.16E+04	6.16E+04	6.16E+04	6.16E+04
B	2.15E-04	9.35E-04	3.18E-04	4.42E-04
TVL (mm)	218	218	218	218
TVL <sub>1</sub> (mm)	245	245	245	245
理论计算屏蔽厚度 $X_e(\text{mm})$	827	687	789	758
实际设计屏蔽厚度 $X(\text{mm})$	1000	1000	1000	1000
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足

### 1.3 机房入口屏蔽厚度核算

根据GBZ/T201.3-2014后装治疗按 $4\pi$ 发射的点源考虑,治疗源在 $O_1$ 点 $4\pi$ 发生的 $\gamma$ 射线(即初级辐射)通过迷道散射至机房入口产生的散射辐射剂量率 $H_1$ ,采用下式计算:

$$H = \frac{A \cdot K_{\gamma} \cdot S_w \cdot \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad \text{.....公式11-22}$$

式中:

$A$ ,  $K_{\gamma}$ —同式11-19;

$S_w$ —迷道内口墙的散射面积,  $\text{m}^2$ ;

$\alpha_w$ —散射体散射因子,  $3.39 \times 10^{-2}$  ( $45^\circ$ 入射辐射和 $0^\circ$ 反散射的因子,保守地取 $0.25\text{MeV}$ 的散射因子);

$R_1$ —辐射源至散射面中心点的距离,  $\text{m}$ ;

$R_2$ —散射面中心点至机房入口的距离,  $\text{m}$ 。

表11-16 后装治疗室防护门屏蔽厚度核算

散射辐射		初级辐射	
射线路径：Q <sub>1</sub> →b、Q <sub>1</sub> →m→b			
A（MBq）	2.00E+05	A（MBq）	2.00E+05
K <sub>γ</sub> [μSv/（h·MBq）]	0.308	K <sub>γ</sub> [μSv/（h·MBq）]	2.00E+05
S <sub>w</sub> （m <sup>2</sup> ）	4.42	R（m）	0.308
R <sub>1</sub> （m）	3.9	有效屏蔽厚度Xe （mm）	3.6
R <sub>2</sub> （m）	6.4	B	1309
H <sub>1</sub> （μSv/h）	1.48E+01	H <sub>2</sub> （μSv/h）	1.32E-06
合计H <sub>3</sub>	1.48E+01		

按公式11-21计算防护门的铅屏蔽厚度。铅的 $\text{TVL}=\text{TVL}_1=5\text{mm}$ , 求出所需屏蔽为 $4\text{mm}$ , 实际铅门设计厚度为 $10\text{mm}$ , 满足屏蔽防护要求。

本项目后装机房屏蔽厚度理论计算值与设计值综合汇总见下表。

表11-17 本项目后装治疗室各屏蔽体理论计算值与设计值综合汇总表

屏蔽区	理论计算值 (mm)	实设计值 (mm)	是否满足要求
a 后装治疗室控制室	827mm 混凝土	1000mm 混凝土	满足
c (加速期治疗室)	789mm 混凝土	1500mm 混凝土	满足
d (库房)	687mm 混凝土	2000mm 混凝土	满足
e (后装治疗室屋顶)	758mm 混凝土	1000mm 混凝土	满足

综上所述，本项目后装机房的设计参数能够满足屏蔽防护要求。

## 2.后装机房理论预测环境影响分析

### 2.1 后装机出源状态下机房屏蔽体外辐射剂量估算

各预测点（见图11-3、图11-4）人员可能受到的最大剂量可根据以下公式进行计算：

$$H_0 = A \bullet K_{\gamma} \quad \text{.....公式 11-23}$$

$$X_e = X / \cos \theta \quad \text{.....公式11-24}$$

$$B=10^{-(X_e+TVL-TV L_1) / TVL} \quad \text{.....公式11-25}$$

$$H = \frac{H_0 \times f}{R^2} \times B \quad \text{.....公式11-26}$$

$H_0$ —活度为A的放射源在距其1m处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A—放射源的活度，MBq； 本项目为三枚放射源总活度；

$K_{\gamma}$ —放射源周围空气比释动能率常数（或称  $K_{\gamma}$  常数）， $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；

$X_e$ —有效屏蔽厚度，mm；

X—实际屏蔽厚度，mm；

B—屏蔽透射因子；

$H_0$ —活度为A的放射源在距其1m处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R—辐射源点至关注点的距离，m；

f—透射因子，对有用线束为1；

$\theta$ —斜射角；

H—屏蔽体外关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$TVL_1$  (mm) 和TVL (mm) —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度（查《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： $\gamma$ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）表C.1）；

f—透射因子，对有用线束为 1

R—辐射源点至关注点的距离，m；

表11-18 后装机辐射对四周关注点的剂量估算表

屏蔽体	a（控制室）	d（库房）	c（加速器治疗室）	e（屋顶绿化）
屏蔽厚度X（mm）	1000	2000	1500	1000
有效屏蔽厚度Xe（mm）	1000	2000	1500	1000
TVL <sub>1</sub> （mm）	245	245	245	245
TVL（mm）	218	218	218	218
B	3.44E-05	8.90E-10	1.75E-07	3.44E-05
H <sub>0</sub> （μSv/h）	6.16E+04	6.16E+04	6.16E+04	6.16E+04
f	1	1	1	1
R	2.3	4.8	2.8	3.3
剂量率H（μSv/h）	4.01E-01	2.38E-06	1.38E-03	1.95E-01
剂量率参考控制水平H <sub>c</sub> （μSv/h）	2.5	2.5	2.5	2.5
是否满足要求	满足	满足	满足	满足

## 2.2 后装机房入口防护门屏蔽计算（b点）

迷道内墙的入射辐射可能来自：

1）散射辐射（Q2→m→b），由表11-16可知机房入口处的散射辐射剂量率为1.48E+01μSv/h；

2）泄漏辐射（Q1→b），由表11-16可知机房入口处的泄漏辐射剂量率为6.26E-03μSv/h；

因此泄漏辐射和散射辐射的复合作用的剂量率为 1.48E+01μSv/h。

表11-19 后装治疗室迷道入口处的辐射剂量估算表

计算参数	机房迷道入口处（防护门外、关注点A）
机房入口处关注点处的合计剂量率H <sub>3</sub> （μSv/h）	1.48E+01
屏蔽体厚度X	10mm铅
TVL	5mm铅
透射因子B	1.00E-02
剂量当量率 $\dot{H}$ （μSv/h）	1.48E-01
剂量率参考控制水平H <sub>c</sub> （μSv/h）	2.5
是否满足要求	满足

因此根据表 11-18、11-19 可知后装机房周围剂量当量率均满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）中剂量率参考控制水平的要求。

### 3.后装机房年有效剂量估算

#### 3.1 后装机未出源状态下给病患摆位时对医务人员的影响

后装机为一铸钢容器，内填充金属钨和贫化铀以及铅作防护材料，使源在其贮源容器内时泄漏辐射符合国家标准要求。参考《密封放射源及密封 $\gamma$ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）5.8中“距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以下的放射源的密封 $\gamma$ 放射源容器外表面100cm处任意一点的空气比释动能率不得超过 $0.05 \text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ ；距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以上的放射源的密封 $\gamma$ 放射源容器外表面100cm处任意一点的空气比释动能率不得超过 $0.2 \text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ ”。

当放射源处于未出源状态下，医师（穿戴0.5mm铅当量防护用品）将病患推入后装机房，由2名医师轮流对病人进行摆位（距离 $\gamma$ 放射源容器表面3.5m处，操作时间：约5min）和插管（距离 $\gamma$ 放射源容器表面1.5m处，操作时间：约1min）操作。此时后装机处于非工作状态，放射源处于 $\gamma$ 放射源容器内。医院后装治疗量预估约2500人次/年，则估算出每名医师在做治疗前的摆位及插管过程中接受的年有效剂量为 $2.83 \text{mSv/a}$ 。

#### 3.2 后装机出源状态下对各关注点的影响

本项目后装机房各关注点的年附加有效剂量见表11-20。

$$\dot{H} = H \times T \times t \times U \quad \text{-----公式11-27}$$

$\dot{H}$ —年附加年有效剂量（ $\text{mSv/a}$ ）；

$H$ —屏蔽体外关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$U$ —关注位置方向射线的使用因子，本项目取1；

$T$ —人员在相应关注点驻留的居留因子；

$t$ —年治疗照射时间， $h$ ；根据医院提供的资料，后装机预计年有效出束时长最长为500h。

表11-20 后装治疗室四周的年附加年有效剂量估算表

后装治疗室四周						
关注点位	屏蔽体外关注点处剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	居留因子	年出束时间(h)	年附加有效剂量（ $\text{mSv/a}$ ）	剂量管理值（ $\text{mSv/a}$ ）	评价结论
a（后装治疗室控制室）	4.01E-01	1	416.67	1.67E-01	5.0	满足
b（后装治疗室防	1.48E-01	1/8		7.72E-03	0.1	满足

护门口)								
c (加速器治疗室)		1.38E-03	1/8			7.16E-05	5.0	满足
d (库房)		2.38E-06	1/16			6.20E-08	0.1	满足
e (后装治疗室屋顶)		1.95E-01	1/16			5.07E-03	0.1	满足
50m 范围内								
关注点	方位、最近距离	参考点位	关注点剂量率	居留因子	年出束时间(h)	年附加有效剂量(mSv/a)	剂量管理值(mSv/a)	评价结论
门诊楼	南侧 最近约 12m	e	1.35E-03	1	416.67	5.63E-04	0.1	满足
院区道路	四周 最近距顶部约 1m	e	1.95E-01	1/16		5.07E-03	0.1	满足
院区绿化	四周 最近为顶部紧邻	e	1.95E-01	1/16		5.07E-03	0.1	满足
住院楼(二期建设)	北侧 最近约 9m	e	2.40E-03	1		1.00E-03	0.1	满足
供氧室	东北侧 最近约 11m	e	1.61E-03	1/16		4.19E-05	0.1	满足
商业街	东侧 最近为东侧约 20m	e	4.87E-04	1		2.03E-04	0.1	满足

本项目医师摆位结束后将回到控制室内对病人进行观察，因此医师将受到的叠加剂量为**3.0mSv/a**（摆位2.83mSv/a+控制室1.67E-01mSv/a）。本项目后装机房周围辐射工作人员的年附加有效剂量最大为**1.67E-01mSv/a**，周围公众的年附加有效剂量最大为**7.72E-03mSv**。

表11-21 后装治疗室及加速器治疗室剂量叠加估算表

剂量叠加								
关注点	关注点位	关注点剂量率	居留因子	年出束时间(h)	年附加有效剂量(mSv/a)	合计	剂量管理值(mSv/a)	评价结论



后装治疗室控制室	a	4.01E-01	1	416.67	1.67E-01	1.81E-01	5.0	满足
	G	1.37E-01	1/8	833.34	1.43E-02			
加速器治疗室与后装治疗室屋顶	e	1.95E-01	1/16	416.67	5.07E-03	2.83E-02	0.1	满足
	I	4.45E-01	1/16	833.34	2.32E-02			

剂量叠加后的后装治疗室控制室的年附加有效剂量最大为**1.81E-01mSv**，加速器治疗室与后装治疗室屋顶的年附加有效剂量最大为**2.83E-02mSv**。

## 二、大气环境影响分析

### 加速器治疗室

#### 1.加速器电子束产生的臭氧分析

根据《辐射防护手册》（第三分册）“4.6.1 臭氧章节”，加速器电子束所致臭氧浓度由下式计算：

$$C_{O_3} = 3.25 \left[ \frac{S_{coj} I t d}{V} \right] \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（公式11-28）}$$

$C_{O_3}$ —臭氧浓度（重量比），ppm；

$S_{coj}$ —电子在空气中的线碰撞阻止本领，keV/cm，其数值与电子能量有关，本项目取2.5keV/cm；

$d$ —器外电子束在空气中所通过的距离，取100cm；

$I$ —器外电子束流强度，取3mA；

$t$ —辐照时间，取单次最长照射时间为300s；

$V$ —加速器治疗室的体积，取170m<sup>3</sup>。

经计算，加速器治疗室运行期间，机房内电子束产生臭氧浓度（重量比）为4.3ppm，即8.44mg/m<sup>3</sup>。

#### 2.X射线电离所产生的臭氧产额

加速器治疗室空气中氧受X射线电离而产生臭氧，本次评价根据文献《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）中给出的方法和公式估算臭氧产额：

$$P_1 = 2.43D_0(1 - \cos\theta) RG \dots\dots\dots (公式11-29)$$

$P_1$ —有用线束臭氧产额, mg/h

$D_0$ —有用线束在距等中心点1m处的输出剂量率, 取14Gy/min;

$R$ —射线束中心点到屏蔽物(墙)的距离, 取4.10m;

$G$ —空气吸收100eV辐射能量产生的臭氧分子数, 根据《辐射防护手册》第三分册, 取6;

$\theta$ —有用束的半张角, 取14°。

经理论计算,  $P_1$ 有用线束的臭氧产额为25.1mg/h。

臭氧饱和浓度

考虑加速器治疗室运行时的连续排风和臭氧分解, 机房内空气中臭氧平均浓度由下式11-30计算

$$Q(t) = \frac{Q_0 T}{V} \dots\dots\dots (公式11-30)$$

$Q$ —机房内臭氧的平均浓度, mg/m<sup>3</sup>;

$Q_0$ —臭氧产生率, mg/h, 取25.1mg/h;

$V$ —加速器治疗室体积, 取170m<sup>3</sup>;

$T$ —有效清除时间, h, 计算得0.084h。

其中有效清除时间  $T = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d}$ ,  $t_v$ 为换气一次所需的时间, 取0.094h;  $t_d$ 为臭

氧的有效分解时间, 取0.83h;  $T$ 为0.084h;

经理论计算, 机房内臭氧的平均浓度为1.24E-02mg/m<sup>3</sup>。

本项目加速器治疗室拟设通排风系统, 排风系统风量设计为1800m<sup>3</sup>/h, 机房体积为170m<sup>3</sup>, 风机换气量每小时10次, 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。废气经排风系统引至机房南侧的风井, 再由风井引至门诊楼顶进行排放, 排口未设置在有门、窗或人流量较大的过道等位置, 排口距离地面25.6m。经计算, 加速器治疗室内臭氧平均浓度为1.24E-02mg/m<sup>3</sup>, 满足《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002)中臭氧1小时均值≤0.16mg/m<sup>3</sup>的标准限值。产生的O<sub>3</sub>通过离心风机抽排至大气环境中, 经自然分解和稀释, 其排放后最大浓度远低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级标准(0.2mg/m<sup>3</sup>)的要求。

### 后装治疗室

后装机运行过程中产生的 $\gamma$ 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧。运营期间产生的臭氧浓度由下式计算：

$$Q = \frac{6.33 \times 10^{-4} A G (T_v + T_d) V^{1/3}}{V(T_v \times T_d)} \quad \text{-----公式11-31}$$

式中：

Q—机房内臭氧的浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；

A—为放射源活度，Ci；

G—空气每吸收100eV辐射能力所产生的臭氧分子根据《辐射防护手册》第三分册，P63中，G一般取6；

$T_v$ —换气一次所需的时间，0.1h；

$T_d$ —臭氧的有效化学分解时间，臭氧取0.83h；

V—机房容积， $60\text{m}^3$ 。

经理论计算，后装治疗室内臭氧的平均浓度为  $1.50\text{E}-02\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本项目后装机房拟设通排风系统，采用机械进风、排风。排风系统风量设计为  $600\text{m}^3/\text{h}$ ，机房体积为  $60\text{m}^3$ ，风机换气量每小时 10 次，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。废气采用专用管道由后装治疗室南侧风井引至门诊楼楼顶进行排放，排风高度距地面 25.6m。经计算，后装治疗室内臭氧浓度为  $1.50\text{E}-02\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中臭氧 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$  的标准限值，机房内臭氧对人体危害不大产生的  $\text{O}_3$  通过离心风机抽排至大气环境中。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，其排放后最大浓度远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（ $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

### 三、水环境影响分析

#### 加速器治疗室、后装治疗室

加速器治疗室、后装治疗室产生的废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水；后装治疗室会产生少量的医疗废水产生。根据已经获得批复原隆昌县环境保护局文件《关于四川省隆昌聚能医疗投资有限公司隆昌通康医院新建项目环境影响报告书的批复》（隆环建〔2015〕58 号）中要求，生活污水经医院污水

处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理标准后通过城市污水管网进入隆昌县城市生活污水处理厂处理。

#### 四、固体废物环境影响分析

##### 加速器治疗室、后装治疗室

本项目加速器治疗室和后装治疗室运营后，X 射线会使金属靶件内的物质活化，更换下来的废靶，后装机内产生的退役放射源均属于放射性废物。废靶件为直径不超过 2cm 的圆锥体，体积较小，医院拟购置铅废物桶放置更换下来的废靶和退役放射源，铅废物桶放置在通康医院西侧医疗废物暂存间（铅废桶应放置在人员接触较少的角落并张贴电离辐射警告标志）。若厂家能够回收废靶，则医院应与厂家签订废靶回收协议，交由厂家回收处置；若厂家无法回收，则交有收贮资质的单位回收处置。根据 IAEA188 号报告，当 X 射线能量未超过 10.55MV（对于空气）或 15.67MV（对于水），无需考虑空气和冷却水的活化问题。除此之外，本项目加速器治疗室、后装治疗室投入运营后，产生的固体废物包含辐射工作人员以及患者的生活垃圾。后装治疗室产生少量医疗废物，医疗废物由专门的收集容器集中收集，先转移至隆昌通康医院西侧医疗废物暂存间内暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。生活垃圾则分类收集后交由市政环卫部门统一清运。

#### 五、声环境影响分析

本项目加速器治疗室、后装治疗室产生噪声设备主要为通排风系统，空调机组及风机进出口设软接头、水泵进出口设橡胶减振接头；通风设备及部分风管、水管吊架采用隔振吊架；通风空调系统设备选用低噪声设备，设备安装采用减振支吊架等措施，经距离衰减后声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。

#### 环境影响风险分析

##### 一、环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、

损失和环境影响达到可以接受的水平。

## 二、风险识别

### (1) 加速器

本项目加速器治疗室为II类射线装置，在装置操作过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对接触的人员造成放射性损伤和环境污染。

主要事故风险：

事故工况环境影响考虑可能发生的最大辐射事故，即：

1) 装置正常工作时，非辐射工作人员误留、误入机房，导致发生误照射；

### (2) 后装机

1) 源丢失所产生的辐射事故，造成相关接触人员受到不必要的照射。

2) 对设备进行检修及维护等工作时，检修人员或误入人员在未采取任何屏蔽防护措施下造成人员误照射。

3) 因设备故障或安全装置故障，在治疗中出现卡源，造成人员受到不必要的照射。

4) 放射源在使用或贮存期间，机房发生火灾、爆炸等事故，导致贮源容器破坏，放射源裸露等失控事故，造成相关接触人员受到不必要的照射。

## 三、源项分析及事故等级分析

本项目主要的环境风险因子为 X、 $\beta$ 、 $\gamma$ 射线。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条对于事故的分级原则，现将本项目的风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-22 中。

表 11-22 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	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	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	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	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

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表 1 的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值 4.0~6.0Gy 界定是否会产生急性重度放射病，另根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）表 2-13 急性效应与剂量关系中以 4Gy 作为重度放射病的阈值，以及表后“对低

LET 辐射，皮肤损伤的阈值量 3-5Gy，低于此剂量不会发生皮肤损伤”的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（见表 11-23），从而以是否达到 3.5Gy 界定是否会发生较大辐射事故。

表 11-23 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/ Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

#### 四、最大可能性事故分析

##### 1.加速器治疗室

本项目加速器属于Ⅱ类射线装置，当设备关机时不会产生 X 射线，不存在辐射事故，只有当设备开机时，才会产生 X 射线。本次评价事故工况下可能发生的最大辐射事故，即加速器运行时、检修维护时工作人员误操作和人员误留、误入造成有关人员被误照。

##### 事故假设：

##### （1）装置正常工作时，非辐射工作人员误留、误入机房，导致发生误照射；

假设误留、误入人员在未采取任何屏蔽防护措施下进入机房内，在位于机房内迷道口时发现设备处于开机状态，立即撤至迷道内；鉴于机房迷道内设急停开关，只要按下此按钮就可以停机。最大误照射时间为 5min（一次完整的治疗照射时间）。

##### 剂量估算：

距焦点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 14Gy/min（主射线）， $H_0=1.44E+09\mu\text{Sv/h}$ ，患者一次散射  $H_s$  为  $7.77E+06\mu\text{Sv/h}$ ，泄漏射线  $H_L$  为  $1.44E+06\mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-24 事故假设 1 情况下室内误留、误入公众受到的累计剂量

距离	各时段的射线所致辐射剂量 (Gy)					
	5s	10s	30s	60s	90s	120s
0.3	1.42E-01	2.84E-01	8.53E-01	1.71E+00	2.56E+00	3.41E+00
0.6	3.55E-02	7.11E-02	2.13E-01	4.26E-01	6.40E-01	8.53E-01
0.9	1.58E-02	3.16E-02	9.48E-02	1.90E-01	2.84E-01	3.79E-01
1.2	8.88E-03	1.78E-02	5.33E-02	1.07E-01	1.60E-01	2.13E-01
1.5	5.69E-03	1.14E-02	3.41E-02	6.82E-02	1.02E-01	1.36E-01
总结	出束时声音提示系统将发出提示音, 在听到声音提示后误入公众应能在10s内及时离开机房, 且控制室内人员能够通过室内监控发现误入人员及时停机并通过对讲装置提醒室内人员离开。因此针对公众可能会发生较大辐射事故。					

### 事故后果:

对于本项目加速器最大可信事故为较大辐射事故。针对一般辐射事故建设单位需进行超标原因调查, 并最终形成正式调查报告, 经本人签字确认后上报发证机关。发生较大辐射事故时, 事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案, 采取必要防范措施, 将受照人员及时送医, 并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》, 向当地生态环境部门和公安部门报告, 还应同时向当地卫生行政部门报告。

## 2.后装机

### 事故假设

(1) 源丢失所产生的辐射事故, 造成相关接触人员受到不必要的照射。

放射源丢失、被盗, 放射源对人员造成近距离照射。一定时间内, 可能导致人员急性重度放射病、局部器官残疾甚至死亡。

### 事故等级

对于本项目后装机项目源丢失所产生的辐射事故, 按照《放射事故管理规定》(卫生部令第16号) 第七条放射事故按人体受照剂量或者放射源活度分为: 一般事故、严重事故和重大事故, 根据附表二的丢失放射性物质事故分级的受照剂量范围来界定事故等级并列于下表中。

表 11-25 丢失放射源事故等级

放射性物质形态	放射性活度 (Bq)		
	一般事故	严重事故	重大事故
密封性	$\geq 4 \times 10^7$	$\geq 4 \times 10^9$	$\geq 4 \times 10^{12}$
总结	本项目后装机所用的 $^{60}\text{Co}$ 源放射性活度为 $6.66 \times 10^{10}\text{Bq}$ , 根据上述丢失放射源事故等级, 可能发生严重事故。		

(2) 对设备进行检修及维护等工作时, 检修人员或误入人员在未采取任何屏蔽防护措施下造成人员误照射。

### 事故假设

在机房内对设备进行检修及维护等工作时，检修、维护人员误操作，造成职业人员误照射。假设检修人员或误入人员在未采取任何屏蔽防护措施下，在发现设备处于开机出束状态，立即撤至机房迷道内。鉴于后装机房四面墙内及迷道内均设有急停开关，只要按下此开关就可以回收放射源。故假定受到误照射时间为15s。

### 剂量估算

假设后装机以满负荷（ $^{60}\text{Co}$ 放射源最大活度 $6.66 \times 10^{10}\text{Bq}$ ）运行，即距靶1m处 $\gamma$ 射线剂量率为 $2.05 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ ，可计算出误入人员受照剂量为5.125mSv。人员受到超过年剂量限值的照射，会发生一般辐射事故。

### （3）卡源事故

#### 事故假设

因设备故障或安全装置故障，在治疗中出现卡源，造成人员受到不必要的照射。

#### 剂量估算

假设辐射工作人员穿铅衣（0.5mm 铅当量）进入后装治疗室内采取手动回源措施，源与身体之间 40cm。假设处理卡源时间为 10min，可计算出辐射工作人员受照剂量为 20.78mSv，人员受到超过年剂量限值的照射，可能会发生一般辐射事故。

### （4）放射源裸露等失控事故，造成相关接触人员受到不必要的照射。

#### 事故假设

放射源在使用或贮存期间，机房发生火灾、爆炸等事故，导致贮源容器破坏，放射源裸露等失控事故，造成相关接触人员受到不必要的照射。

相关人员未穿戴防护用品停留在距离源1m处，剂量率为 $2.05 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ ：

表11-26 事故情景下不同距离人员所受到的人员剂量受到累积剂量

距离	各时段的射线所致辐射剂量（mSv）					
	30s	3min	5min	10min	30min	45min
0.5m	6.84E-01	6.84E-02	1.14E-01	2.28E-01	6.84E-01	1.03E+00
1m	1.71E-01	3.90E-04	6.49E-04	1.30E-03	3.90E-03	5.84E-03
2m	4.27E-02	5.55E-07	9.25E-07	1.85E-06	5.55E-06	8.32E-06
5m	6.84E-03	1.26E-10	2.11E-10	4.22E-10	1.26E-09	1.90E-09
10m	1.71E-03	7.21E-15	1.20E-14	2.40E-14	7.21E-14	1.08E-13



总结	在后装机10min工作过程中，针对公众在距源0.5m~5m内可能发生一般辐射事故；针对辐射工作人员在距源0.5m~1m内可能发生一般辐射事故。但考虑到人员的实际情况，源周围的辐射工作人员及公众均不可能发生较大辐射事故甚至更严重事故。
----	--

### 事故后果：

对于本项目  $^{60}\text{Co}$  放射源而言，对于对设备进行检修及维护等工作时人员发生误照射时，难以发生一般辐射事故，对于卡源事故和放射源裸露等失控事故时，均有可能发生一般辐射事故；对于放射源丢失或被盗导致等事故时，有可能会发生较大辐射事故。

### （三）事故处理方法及预防措施：

#### 加速器、后装机

##### 事故处理方法

针对以上可能发生的事故风险，该医院拟根据可能发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围完善辐射事故应急方案。

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发<2006>145号）规定，发生辐射事故时，医院应立即启动医院内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内向所在地生态环境部门（内江市生态环境局：0832-2170578）和公安部门（内江市公安局：0832-2273716）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门（内江市卫生健康委员会：0832-2170785）报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

##### 预防措施

医院严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，拟采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

#### （1）辐射安全管理措施

①医院已成立以院领导为组长的辐射安全管理委员会，负责全院辐射防护监督与检查工作。医院应继续完善各种辐射安全防护制度、防护工作计划、辐射事故应急预案并定期组织演练；全面贯彻落实辐射防护法律法规、行政规章和卫生行业标准，确保临床放射诊疗质量和医疗安全，推进放射诊疗工作的科学化、规范化、标准化、制度化、流程化管理；完善辐射安全和放射防护相关职责、制度、流程、操作技术规范及相关质量控制方案；定期检查各种制度、防护措施的贯彻

落实情况；组织实施辐射工作人员和领导小组一起定期在国家培训平台上学习关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识；定期组织对辐射工作场所、射线装置的防护效果检测，检查辐射工作人员是否按照有关规定佩戴个人剂量计并定期进行个人剂量监测结果存档，组织本院辐射工作人员进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，并分别建立辐射工作人员个人剂量监测、职业健康管理、培训管理档案。

②医院需根据法律法规继续完善辐射事故预防措施及应急处理预案，包括应急机构的设置与职责及联系电话、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等。

③医院需根据法律法规继续完善辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、操作规程等。

环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

①定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，完善各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

②建设单位已制定辐射工作设备操作规程。凡涉及对射线装置进行操作，必须按操作规程执行，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

③定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，并建立射线装置维护、维修台账；

④建设单位所有辐射工作人员需在系统学习后，报名参加生态环境部组织的辐射安全与防护考试，均需持证上岗；

⑤项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，增加医院内部应急领导小组成员电话。

## 6. 其他风险的防范

外购的造影剂均应单独密闭保存，存放于不锈钢药品柜以避免药品受到污染或药品污染周围环境；未使用完和过期的造影剂均作为医废处理；在进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车进行运送，便于清除手术污染以预防院感。

表 12 辐射安全管理

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与生态环境管理机构，或者至少有 1 名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与生态环境管理工作；辐射工作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。

隆昌通康医院已根据核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求成立了辐射安全管理领导小组负责相关辐射安全监督管理工作，领导小组职责明确，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求。管理领导小组名单如下：

组长：

副组长

成员：

**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》的要求，隆昌通康医院已制定辐射安全管理制度，制度清单及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求见表 12-1，环评要求运行本项目的隆昌通康医院在日后工作实践中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时更新、完善的制度的可操作性。
- 根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

本项目医院涉及使用III类放射源、II类射线装置项目，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”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号），医院需具备的辐射安全管理要求见

表 12-3。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	已落实，许可证在有效期内	待本项目环评工作完成，项目建设完成后向发证机关提交重新申领辐射安全许可证的申请材料
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目为首次开展II类射线装置和III类放射源项目，新增辐射工作人员以及管理人员应尽快自主学习并报名国家考试，新增辐射工作人员需持证才允许上岗	新增辐射工作人员应在上岗前一并落实
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	已落实，并设置人员专职管理各院区核技术利用项目	拟根据本项目完善
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	原有项目已落实	本项目拟按要求配备必要的辐射防护用品和监测仪器，并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录存档备查
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案制度	原有核技术利用项目已落实	需将本项目装置纳入管辖范围
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	已建立	需将本项目装置纳入管辖范围
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	原有辐射工作人员已落实	新增辐射工作人员应在上岗前一并落实
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警示标志	原有辐射工作场所均已落实	新增辐射工作场所投运前应落实
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	每年均委托有资质单位完成场所环境检测	需增加核技术利用项目（新建、改建、扩建和退役）情况和存在的安全隐患及其整改情况，按照规范格式编制评估报告，并每年按时提交至发证机关

10	辐射信息网络	原有项目已落实	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <a href="http://rr.mep.gov.cn/">http://rr.mep.gov.cn/</a> ) 中实施申报登记。申领、延续、变更许可证, 新增或注销放射源和射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报
11	应建立动态的台帐,放射性同位素与射线装置应做到帐物相符,并及时更新。	原有项目已落实	需将本项目装置纳入台账管理范围

表12-2 医院辐射安全防护设施对照分析表

规定的措施和制度	落实情况	应增加的措施
加速器治疗室		
主体建筑、防护工程、表面装修	拟建设	/
通排风系统	/	拟设置
通排风系统 1 套	/	拟设置
门-机联锁 1 套	/	拟设置
门-灯联锁(含工作状态指示灯) 1 套	/	拟设置
固定式剂量报警仪 1 套	/	拟设置 1 套
钥匙开关 1 套	设备自带	/
出束音响提示装置 1 套	/	拟设置
紧急开门按钮 1 个	/	拟设置
急停开关个 7 个	操作台、床旁各自带 1 个	四面墙拟各设 1 个、迷道外墙上拟设 1 个,带中文标识
防夹装置 1 个	/	拟设置
监控系统 1 套	/	拟设置
对讲系统 1 套	/	拟设置
放射防护注意事项告知栏和制度牌 1 套	/	拟设置
灭火装置各 1 套	/	拟配备
患者防护用品 1 套	/	拟配备
医护人员防护用品 1 套	/	拟配备
个人剂量报警仪 2 个	/	拟配备
足够个人剂量计	/	拟配备
通排风系统各 1 套	/	拟配备
后装治疗室		
主体建筑、防护工程	/	拟建设
通排风系统 1 套	/	拟设置
放射源-施源器	设备自带	/
门-储源器联锁 1 套(机房防护门)	/	拟设置
门-灯联锁(含工作状态指示灯) 1 套(机房防护门)	/	拟设置
固定式剂量报警仪 1 套	/	拟设置
钥匙开关 1 套	设备自带	/
出束音响提示装置 1 套	/	拟设置
声光报警仪 1 个	/	拟设置

紧急开门按钮 1 个（并附有中文标识）	/	拟设置
急停开关共 7 个（附有中文标识）	操作台、床旁各自带 1 个	四面墙拟各设 1 个、迷道外墙上拟设 1 个
监控系统 1 套	/	拟设置
对讲系统 1 套	/	拟设置
手动回源措施	/	拟设置
长柄镊子 1 个	/	拟设置
应急贮源罐 1 个	/	拟设置
后装源专用保险柜（双人双锁）1 套	/	拟设置
紧急回源装置	/	拟设置
电离辐射警告标志、控制区中文警示标志 监督区警戒线	/	拟设置
灭火装置 1 套	/	拟配备
火灾报警仪	/	拟配备
医护人员防护用品 1 套	/	拟配备
患者防护用品 1 套	/	拟配备
个人剂量报警仪 2 个	/	拟配备
足够个人剂量计	/	拟配备
院区		
便携式 X-γ 剂量监测仪	拟配备	1 台

表12-3 管理制度汇总对照表

序号	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	《辐射安全领导小组》	需要完善
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	《辐射工作场所安全管理要求》 《辐射安全管理规定》	/
3	辐射工作设备操作规程	《辐射工作设备操作规程》	将本项目纳入
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	《辐射防护设施设备 维护维修制度》	将本项目纳入
5	辐射工作人员岗位职责	《辐射工作人员岗位职责》	将本项目纳入
6	放射源与射线装置台账管理制度	《放射源与射线装置 台账管理制度》	将本项目纳入
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	《辐射工作场所和环境辐射水平 监测方案》	将本项目纳入
8	监测仪表使用与校验管理制度	《辐射监测仪表使用与校验管 理制度》	/
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	《辐射工作人员培训制度》	将本项目纳入
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	《辐射工作人员 健康体检及个人剂量档案管理 制度》	将本项目纳入
11	辐射事故应急预案	《辐射事故应急处理预案》《辐 射事故应急响应程序》	将本项目纳入

12	质量保证大纲和质量控制检测计划（使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位）	《质量保证大纲和质量控制检测计划》	将本项目纳入
13	其他	《放射防护注意事项告知栏》	制定本项目《放射防护注意事项告知栏》

## 辐射监测

### 1. 监测方案

1.请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，每年1~2次，请由资质单位对产生辐射的仪器设备进行防护监测，包括仪器设备防护性能的检测，每年1~2次。

2.辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（根据《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019规定，每次送检时间相隔最长不超过3个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案；

3.定期自行开展辐射监测，制定定期监测制度，监测数据存档，建议监测周期为1次/月。

### 2.监测仪器

本项目应为加速器治疗室及后装治疗室新增的所有辐射工作人员每人配备1个人剂量计，用于监控其接受的有效剂量其中。建设单位拟配置1台便携式X- $\gamma$ 剂量监测仪，鉴于放射治疗和放射诊断的特性，要求项目开展前为本项目拟购置4个人剂量报警仪。项目运行后医院应定期对机房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

本项目拟配备14名辐射工作人员（均为新增辐射工作人员，并不存在兼岗情况）。新增工作人员拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，并拟定期组织职业健康体检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中8.2.2要求，职业照射个人监测档案应终生保存。保证每名辐射工作人员的个人剂量计专人专用，每个季度及时送检。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》（川环函[2016]1400

号)要求,应加强医护人员个人剂量的监督检查,对每季度检测数据超过1.25mSv的医院要求进一步调查明确原因,并由当事人在情况调查报告上签字确认。当全年个人剂量超过5mSv时,建设单位需进行超标原因调查,并最终形成正式调查报告,经本人签字确认后上报发证机关;当连续5年的平均个人剂量超过20mSv或单年个人剂量超过50mSv时,建设单位应展开调查查明原因,确定为辐射安全事故时,应启动辐射事故应急预案。

### 3.监测内容和要求

#### 射线装置工作场所:

- (1) 监测内容: 本项目运行前环境本底、运行后X-γ辐射剂量率
- (2) 监测范围: 工作场所周围及其楼上
- (3) 监测点位和数据管理: 应监测各机房、屏蔽体外30cm处X射线剂量率;机房防护门及缝隙处、管线洞口等。委托监测每年至少1次,自行监测建议每月1次,本项目监测数据应当存档。

本项目定期监测点位见表12-4。

表 12-4 定期监测点位

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	加速器治疗室、后装治疗室	X-γ辐射剂量率	各机房、屏蔽体外 30cm 处 X 射线剂量率、机房防护门及缝隙处、管线洞口等。(开关机各测一组)	每月一次(记录监测数据存档)	X-γ辐射剂量率监测仪
委托监测	加速器治疗室、后装治疗室	X-γ辐射剂量率	各机房、手术室屏蔽体外 30cm 处 X 射线剂量率、机房防护门及缝隙处、管线洞口等。	编制辐射防护年度评估报告(每年)	X-γ辐射剂量率监测仪
	其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次(需建立个人剂量档案)	个人剂量计

**4.监测质保:** 确保执行制定的《监测仪表使用与校验管理制度》,并利用委托监测获得的监测数据进行比对并建立比对档案。监测须采用国家颁布的标准方法或



推荐方法并制定辐射环境监测管理制度。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器以及实施的监测方案能够满足相关管理要求。项目投运前，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护措施进行验收。验收报告编制完成后应依法向社会公示验收报告。

在开始运营本项目后，应密切注意辐射工作人员个人剂量数值，根据累积剂量及时调整工作量，防止个人剂量超标。

### 辐射事故应急

隆昌通康医院针对可能产生的辐射事故情况已制定事故应急预案，应急预案内容包括有：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）应急演习计划；
- （4）辐射事故分级与应急响应措施；
- （5）辐射事故调查、报告和处理程序。

开展本项目的隆昌通康医院应依据《中华人民共和国放射性污染防治法》《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号文）要求，发生辐射事故时，医院应立即启动医院内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内向所在地生态环境部门（内江市生态环境局：0832-2170578）和公安部门（内江市公安局：0832-2273716）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门（内江市卫生健康委员会：0832-2170785）报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。从而保证一旦发生辐射意外事件时，即能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理辐射事故，保护工作人员和公众的健康与安全。医院应加强管理，严格执行安全操作规程，并确认经常确认辐射工作场所周围的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

## 结论

## 1. 实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起到了十分重要的作用。隆昌通康医院新增医用直线加速器及后装机项目符合内江市医疗服务需要。因此该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

## 2. 产业政策相符性与代价利益分析

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录》（2021 年修订，国家发展改革委 2021 年第 49 号令）中的“鼓励类”第三十六条“教育、文化、卫生、体育服务业”第 29 款“医疗卫生服务设施建设”，其建设符合国家现行产业政策。

## 3. 选址、布局

## 项目地理和场所位置

本项目所在的隆昌通康医院东侧为商业街（正在建设中），南侧为人民中路 C3 段，西侧为望城路，北侧为商业街（正在建设中）。

表 13-1 本项目辐射工作场所周边情况

辐射工作场所名称	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
加速器治疗室	土质层	加速器治疗室控制室、水冷及辅助机房	病人通道	后装治疗室	院区绿化	/
后装治疗室	土质层	加速器治疗室	病人通道	库房	院区绿化	/

**加速器治疗室：**本项目医用直线加速器相关场所由加速器治疗室、控制室、水冷及辅助机房构成。

**后装治疗室：**本项目后装治疗室辐射工作场所由后装治疗室、控制室。

本项目各辐射工作场所相关场所“两区”划分一览表

表 13-2 本项目辐射工作场所两区划分一览表

工作场所	控制区	监督区
------	-----	-----

加速器治疗室	加速器治疗室（含迷道）	控制室、水冷及辅助机房
后装治疗室	后装治疗室（含迷道）	控制室

#### 4. 辐射屏蔽能力分析

表 13-3 本项目加速器治疗室屏蔽设计一览表

机房	方位	屏蔽材料及厚度
加速器治疗室	主屏蔽墙	西主屏蔽 3.0m 混凝土；东侧主屏蔽 3.0m 混凝土；顶部主屏蔽 3.0m 混凝土
	次屏蔽墙	西侧次屏蔽 1.5m 混凝土；东侧次屏蔽 1.5m 混凝土；顶部次屏蔽 1.5m 混凝土
	侧屏蔽墙	北侧 1.5m 混凝土
	迷路内墙	南侧 1.2m 混凝土
	迷路外墙	南侧 1.5m 混凝土
	防护门	12mmPb

表 13-4 本项目后装治疗室屏蔽设计一览表

机房	方位	屏蔽材料及厚度
后装治疗室	西、北墙	1000mm 混凝土
	东墙	800mm 混凝土
	屋顶	1000mm 混凝土
	迷路内墙	1000mm 混凝土
	南墙	1.5mm 混凝土（与加速器治疗室共用）
	迷路	迷路长 6.0m，宽 1.3m
	防护门（1 扇）	10mmPb

根据理论计算以及《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 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021），加速器治疗室、后装治疗室项目屏蔽墙、楼顶、地面、防护门、观察窗屏蔽厚度满足辐射防护要求。

#### 5. 保护目标剂量

根据理论计算，本项目辐射工作人员、周围公众及敏感点成员年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

#### 6. 辐射安全措施

本项目辐射工作场所建筑均设计了满足防护要求的屏蔽体厚度，对 X 射线、β射线、γ射线起到了有效地屏蔽。本项目运行后，辐射工作人员应按国家有关要

求佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案,定期进行职业健康体检并建立职业健康档案。建设单位拟为本项目辐射工作人员配备各项防护设施、防护用品和监测设施,且拟制定辐射安全与防护制度,要求规格符合有关法律法规的规定。

## 7. 辐射环境管理

1)拟委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测;

2)建设单位拟配备 1 台便携式 X- $\gamma$ 巡测仪,拟配备 4 个个人剂量报警仪,建设单位定期对工作场所辐射水平进行检测;

3)医院拟委托有资质的公司开展个人剂量监测,所有在职辐射工作人员要求佩戴个人剂量计,为机房内医护人员增加相应个人剂量计数量。医院应及时跟监测单位核实数据原因,及时发现、解决问题。医院拟根据现有核技术应用情况完善辐射环境监测方案。

隆昌通康医院拟为本项目配备辐射工作人员共计 14 名,根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射工作人员职业健康管理辦法》的要求,为保护辐射工作人员身体健康,医院拟将定期委托单位对 14 名新增辐射工作人员进行职业健康体检。医院将在本项目开展前再对相关辐射工作人员进行岗前体检,再次确认是否适合从事放射性工作。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》以及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》的要求,隆昌通康医院应不断完善相关管理制度。

## 8.辐射安全许可证重新申领

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年修订)“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位,应当依照本章规定取得许可证”;

在本项目环境影响评价文件取得四川省生态环境厅批复后,建设单位需准备以下文件并提交审管部门(四川省生态环境厅),申领辐射安全许可证。

办理流程:受理、审查、决定、制证、颁发和送达。

表 13-5 辐射安全许可证重新申领材料

序号	材料名称	材料形式		材料类型	纸质材料规格	材料必要性	来源渠道	来源渠道说明	受理标准	填报须知
		纸质	电子							
1	《辐射安全许可证申请表》1份	1份	1份	原件	A4	必要	申请人自备	—	签字处盖章、	—

									骑缝章、逐页盖章	
2	单位现存的和拟新增的放射源和射线装置明细表	1份	1份	复印件	A4	必要	申请人自备	—	—	—
3	企业法人营业执照或事业单位法人证书正、副本及法定代表人身份证	1份	1份	复印件	A4	非必要	政府部门核发	事业单位登记管理局	—	—
4	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十三条和第十六条相应规定的证明材料	1份	1份	复印件	A4	必要	申请人自备	—	—	—
5	经审批的环境影响评价文件	1份	1份	复印件	A4	非必要	政府部门核发	生态环境厅	—	—

#### 9. 项目环保竣工验收检查内容

根据《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》，工程建设执行污染治理设施应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验收暂行办法》，项目投入运行后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后3个月内进行竣工环保验收。

表 13-6 项目环保竣工验收检查一览表

项目	环保措施
加速器治疗室	
辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程
	铅防护门1扇
通排风系统	通排风系统1套
安全措施	门-机联锁1套
	门-灯联锁（含工作状态指示灯）1套
	固定式剂量报警仪1套

隆昌通康医院新增医用直线加速器及后装机项目

	钥匙开关各套
	出束音响提示装置 1 套
	紧急开门按钮各 1 个
	急停开关个 7 个（附有中文标识） （自带：操作台、床旁各自带 1 个；增设：四面墙拟各设 1 个、迷道外墙上拟设 1 个）
	防夹装置 1 个
	监控系统 1 套
	对讲系统 1 套
	放射防护注意事项告知栏和制度牌 1 套
	灭火装置 1 套
	患者防护用品 1 套
防护用品	医护人员防护用品 1 套
监测用品	个人剂量报警仪 2 个
	足够个人剂量计
后装治疗室	
辐射屏蔽措施	主体工程、防护工程、表面装修
	铅防护门 1 扇
通排风系统	通排风系统 1 套
安全措施	放射源-施源器
	门-储源器联锁 1 套（机房防护门）
	门-灯联锁（含工作状态指示灯）1 套（机房防护门）
	固定式剂量报警仪 1 套
	钥匙开关 1 套
	出束音响提示装置 1 套
	声光报警仪 1 个
	紧急开门按钮 1 个（并附有中文标识）
	急停开关共 7 个（附有中文标识） （自带：操作台、床旁各自带 1 个；增设：四面墙拟各设 1 个、迷道外墙上拟设 1 个）
	监控系统 1 套
	对讲系统 1 套
	手动回源措施
	长柄镊子 1 个
	应急贮源罐 1 个
	后装源专用保险柜（双人双锁）1 套
	紧急回源装置
	电离辐射警告标志、控制区中文警示标志
	监督区警戒线
	灭火装置 1 套
	火灾报警仪
防护用品	医护人员防护用品 1 套
	患者防护用品 1 套
监测用品	个人剂量报警仪 2 个
	足够个人剂量计
院区	
监测用品	便携式 X-γ剂量监测仪 1 台
其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的考试

	应急和救助的物资准备
监测费用	本项目辐射工作场所监测费用
<p>综上所述，隆昌通康医院新增医用直线加速器及后装机项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术</p> <p>能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。</p>	
<p><b>建议和承诺</b></p> <p>1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。</p> <p>2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。</p> <p>3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，如发现监测结果超过管理限值，应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。</p> <p>4) 加强对辐射工作人员个人剂量的管理，若发现季度监测数据超过1.25mSv，应及时进行调查、查找原因，并采取相应的干预管理措施；定期将辐射监测设备送至有检定资质的单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性；个人防护用品使用达到五年期限时，应及时更新。</p> <p>5) 医院应当对本单位的放射源和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>6) 本项目环评审批、建设完成后，医院应及时到四川省生态环境厅申领《辐射安全许可证》，办理前应登录“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施重新申领辐射安全许可证。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。建设项目正式投产运行前，建设单位应按规范进行项目竣工环保验收。</p>	

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见：	
经办人	公 章 年 月 日