

核技术利用建设项目  
新增使用医用直线加速器项目  
环境影响报告表

2019 年元月

旺苍县怡馨康养有限公司

环境保护部监制

核技术利用建设项目

新增使用医用直线加速器项目

环境影响报告表

建设单位名称：旺苍县怡馨康养有限责任公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：旺苍县东河镇兴旺大道 151 号

邮政编码：628200

联系人：邓俊

电子邮箱：763966026@qq.com

联系电话：17364772890

## 《建设项目环境影响报告表》编制说明

《建设项目环境影响报告表》由具有从事环境影响评价资质的单位编制。

1. 项目名称——指项目立项批复时的名称，应不超过 30 个字（两个英文字段作一个汉字）；
2. 建设地点——指项目所在地详细地址，公路、铁路应填写起止地点；
3. 行业类别——按国标填写；
4. 总投资——指项目投资总额；
5. 主要环境保护目标——指项目周围一定范围内集中居民住宅区、学校、医院、保护文物、风景名胜区、水源地和生态敏感点等，应尽可能给出保护目标、性质、规模和距厂界距离等；
6. 结论与建议——给出本项目清洁生产、达标排放和总量控制的分析结构，确定污染防治措施的有效性，说明本项目对环境造成的影响，给出建设项目环境可行性的明确结论。同时提出减少环境影响的其他建议；
7. 预审意见——由行业主管部门填写答复意见，无主管部门项目，可不填；
8. 审批意见——由负责审批该项目的环境保护行政主管部门批复。

# 目 录

表 1	项目基本情况 .....	- 1 -
表 2	放射源 .....	- 8 -
表 3	非密封放射性物质 .....	- 8 -
表 4	射线装置 .....	- 8 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	- 9 -
表 6	评价依据 .....	- 10 -
表 7	保护目标与评价标准 .....	- 12 -
表 8	环境质量和辐射现状 .....	- 16 -
表 9	项目工程分析与源项 .....	- 19 -
表 10	辐射安全与防护 .....	- 23 -
表 11	环境影响分析 .....	- 30 -
表 12	辐射安全管理 .....	- 45 -
表 13	结论与建议 .....	- 49 -
表 14	审批 .....	- 53 -

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		新增使用医用直线加速器项目			
建设单位		旺苍县怡馨康养有限责任公司			
法人代表姓名	石冰	联系人	邓俊	联系电话	17364772890
注册地址		旺苍县东河镇兴旺大道 151 号			
项目建设地点		旺苍县东河镇新桥村三、四组（原广旺矿务局职工总医院）			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	2000	项目环保总投资（万元）	500	投资比例（环保投资/总投资）	25%
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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input 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	/			

**项目概述**

**一、建设单位简介**

旺苍县怡馨康养有限责任公司(统一社会信用代码:91510821MA62U9Y55E)坐落于素有“女皇故里”、“蜀北重镇”、“川北门户”和“巴蜀金三角”之称的广元市,公司位于广元市旺苍县东河镇兴旺大道 151 号,于 2017 年 02 月 09 日在旺苍县工商行政管理局注册成立,注册资本为 334 万人民币,公司主要经营养老服务、医疗服务、餐饮服务、住宿服务、预包装食品零售等。

旺苍县怡馨康养有限责任公司计划在旺苍县建设一座颐养园（已完成环境影响评价，并取得旺苍县环保局的批复，批复文号“旺环审批〔2018〕42号”，见附件4）。颐养园建设项目分为两期工程实施，一期工程为旺苍康养医院建设项目。旺苍县怡馨康养有限责任公司拟在旺苍康养医院建设项目中建设1座医用直线加速器机房，配备1台医用直线加速器，用于肿瘤病人的放射治疗。

旺苍县怡馨康养有限责任公司拟建设的旺苍康养医院是一所经卫生部门同意设立的盈利性医养结合服务机构，主体工程建设完成后将整体移交给旺苍康养医院运行。建设类别为专科医院，级别为二级康复医院，医院拟设内科、外科、骨关节康复科、神经康复科、儿童康复科、老年康复科、听力视力康复科、疼痛康复科、中医科、中西医结合科、重症监护室、超声科、检验科、放射科等，拟设置床位约100张。

## 二、任务由来

旺苍康养医院为了满足医疗需求及医院的发展，提高医疗服务质量，满足患者的治疗需求，拟在医院医疗综合楼负一层放疗科新建1座医用直线加速器机房，配备1台医用直线加速器，属II类射线装置。

## 三、编制目的

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《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》和《放射性同位素与射线装置防护条例》等相关法律法规要求，建设方须对该项目进行环境影响评价。根据国家环境保护部第44号令《建设项目环境影响评价分类管理名录》、生态环境部令第1号《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》的规定，本项目应编制环境影响报告表，同时申请辐射安全许可证。为此，旺苍县怡馨康养有限责任公司委托江苏润天环境科技有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件1）。我公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

## 四、项目概况

**项目名称：**新增使用医用直线加速器项目

**建设单位：**旺苍县怡馨康养有限责任公司

**项目性质：**本项目医用直线加速器为新增设备。根据现场踏勘，本项目设备使用

场所为主体建筑修建时预留，项目新增医用直线加速器尚未安装使用。

### 1、建设内容与规模

本项目位于旺苍县东河镇新桥村三、四组（原广旺矿务局职工总医院）旺苍康养医院医疗综合楼建设时预留的医用直线加速器机房，在机房内新增 1 台医用直线加速器（属 II 类射线装置），其主要参数为：X 射线：6MV，1m 处最高剂量率：600cGy/min；电子线：4、6、8、10MeV，电子线最大剂量率 600cGy/min。

本次使用的医用直线加速器机房室内面积约为 61.25m<sup>2</sup>（不含迷道），机房净空尺寸为长 8m×宽 7m×高 4m；其主射方向朝向东侧墙体（迷路内墙）、西侧墙体和屋顶。机房防护措施详见表 1-1。

表 1-1 旺苍康养医院医用直线加速器机房防护屏蔽设计一览表

屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）		主屏蔽宽度
东墙	迷路内墙	主屏蔽	200cm 砼	430cm
		次屏蔽	150cm 砼	/
	迷路外墙	120cm 砼	/	
南墙	次屏蔽	150cm 砼	/	
西墙	主屏蔽	240cm 砼	400cm	
	次屏蔽	130cm 砼	/	
北墙	次屏蔽	150cm 砼	/	
屋顶	主屏蔽	240cm 砼	400cm	
	次屏蔽	150cm 砼	/	
防护门		12mm 铅板		

在医用直线加速器机房南侧设置有控制室、辅助机房，占地面积分别为 12.8m<sup>2</sup>、11.8m<sup>2</sup>。

本项目的主体建筑墙体等均已建成，不涉及改造，其施工期环境影响已在旺苍县颐养园建设项目中进行了评价，并取得旺苍县环境保护局的批复（见附件 4，旺环审批[2018]42 号）。本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-2。

表 1-2 新增使用医用直线加速器项目情况一览表

射线装置									
序号	射线装置名称	数量	管电压 kV	管电流 mA	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	环评情况及审批时间	备注
1	医用直线加速器	1	X 射线：6MV 1m 处最高剂量率：600cGy/min 电子线：4、6、8、10MeV 电子线最大剂量率 600cGy/min		II	医用直线加速器机房	拟购	本次环评	/

## 2、项目组成内容及环境问题

本项目设备使用场所已建成，示意图见图 1-1。

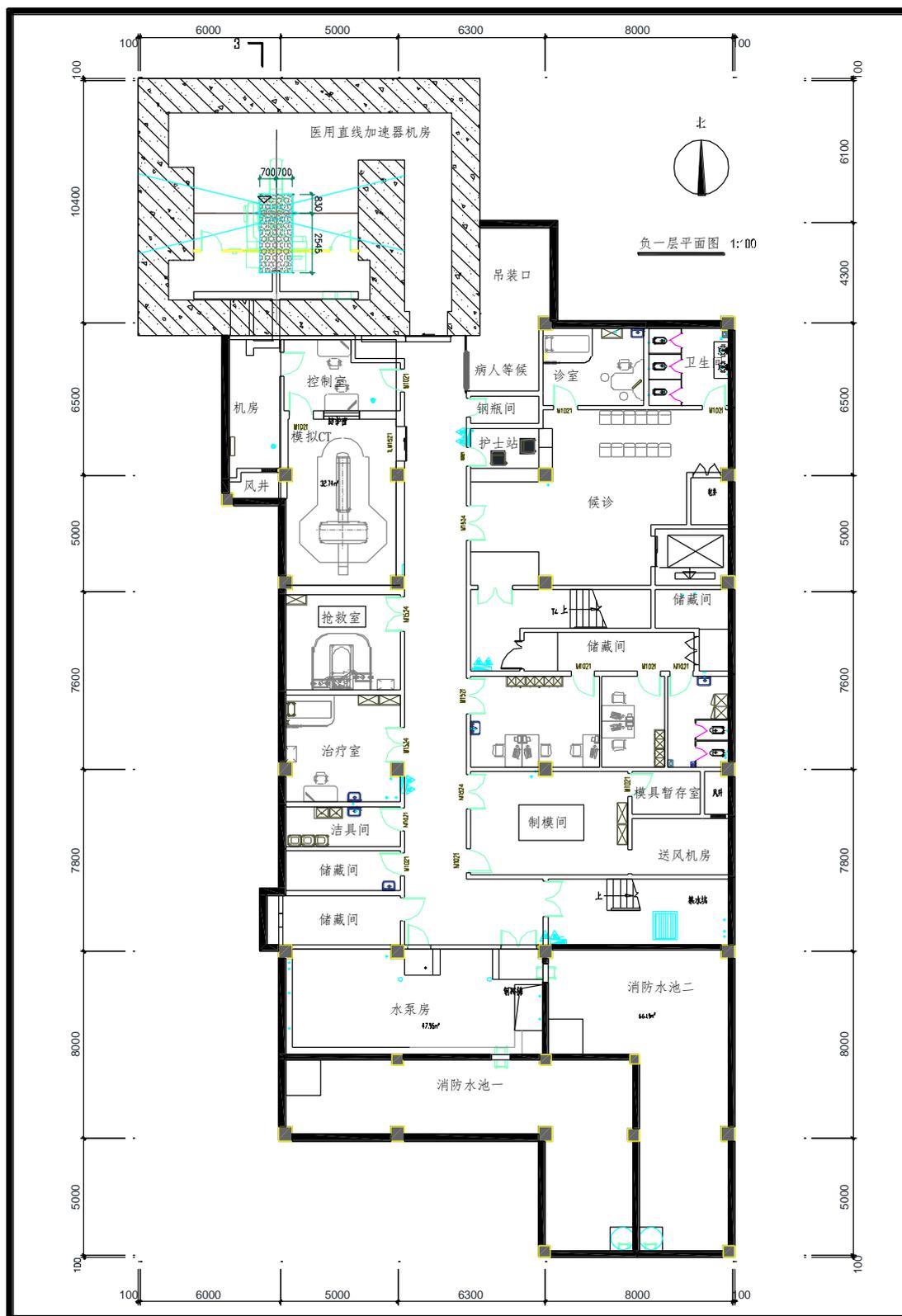


图 1-1 医用直线加速器机房周围环境示意图

本项目所用医用直线加速器不使用显、定影液和胶片，因此本项目不产生废显、

定影液和废胶片。本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-3。

表 1-3 项目组成内容及主要环境问题

名 称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	新增 1 台医用直线加速器（属 II 类射线装置），X 射线：6MV，1m 处最高剂量率：600cGy/min 电子线：4、6、8、10MeV 电子线最大剂量率 600cGy/min	\	X 射线 臭氧 噪声 生活污水 生活垃圾
辅助工程	控制室、设备间、医生办公室等。	\	\
环保设施	依托医院污水处理站、废物处理设施。	\	\
公用工程	依托医院给水、供电、通风等配套设施。	\	\
办公生活设施	医生办公室	\	生活垃圾

①依托办公设施：医生办公室依托医院医疗综合楼既有医生办公室。

②依托环保设施：医院拟建埋地式污水处理站，设计处理能力为 100m<sup>3</sup>/d，采用“厌氧+生物接触氧化+沉淀+二氧化氯消毒工艺”处理。医院废水经埋地式污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》GB18466—2005 表 2 中的排放标准后，排入市政污水管网。

院区内设有生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，由有资质的医疗废物处置单位进行统一收集、清运和处理。

## 五、本项目外环境及总图布置合理性分析

### 1、选址合理性分析

#### （1）旺苍康养医院外环境关系

旺苍康养医院位于旺苍县东河镇新桥村三、四组（原广旺矿务局职工总医院）（项目地理位置见附图 1）。医院东侧依次为院外道路、空闲厂房及变电站；南侧依次为零星住户及农田；西侧依次为零星住户及农田；北侧依次为院外道路、旺苍县人民医院康复中心及居民区。医院外环境关系图见附图 2。

#### （2）医疗综合楼外环境关系

医疗综合楼东侧为医养综合楼，南侧为院内空地及围墙，西侧为空地及围墙，北侧依次为院内空地、围墙及二期工程用地。医院平面布置图见附图 3。

#### （3）辐射工作场所外环境关系

本项目医用直线加速器机房位于医疗综合楼内负一层，该楼总共二层，其机房东

侧部分为土层（北段）及吊装井（南段），南侧为控制室，其余方向均为泥土层，上方为室外道路及停车场，下方为泥土层。医用直线加速器机房外环境关系图见附图 3。

## 2、总平面布局合理性分析

本项目辐射工作场所设有专用的候诊区域，就诊通道，医生用房独立成区，病人、医生互不交叉。医院综合考虑项目特点和对周围环境可能存在的影响，将项目建设在负一层，通过墙体的屏蔽后，项目运营对周围环境影响较小。综上所述，本项目总平面布置总体合理。

## 六、产业政策符合性

本项目利用射线装置用于放射治疗，系核技术应用项目在医学领域内的运用。属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正）中第六项核能中第六条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

## 七、实践的正当性

旺苍康养医院使用医用直线加速器的目的是为了对病人进行医学治疗。在采取了相应的辐射防护措施后，项目射线装置使用所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

## 八、工作制度与人员配置

工作制度：本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天。

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 8 人，均为医院新聘辐射工作人员，配置至本项目后，不再从事其他辐射工作。辐射工作人员分为 2 组，各组的辐射工作人员互不交叉。

## 九、项目单位核技术应用现状

医院首次开展核技术利用项目，无原有核技术利用情况。

## 十、环境影响评价报告信息公开

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环境保护主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公众参与公开力度，依据国家环境保护部关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》（试行）的通知，结合四川省环境保护厅要求，建设单位在向环境保护主管部门提交建设项目环境影响报告表前，应依法主动公开建设

项目环境影响报告表全本信息。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq)/ 活度 (Bq)×枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(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 台	医科达	电子	X 射线：6MV 1m 处最高剂量率：600cGy/min 电子线：4、6、8、10MeV 电子线最大剂量率 600cGy/min		放射治疗	放疗中心	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表5 废弃物 (重点是放射性废弃物)

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日发布施行； 2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号，2005年12月1日起施行；2014年修正，国务院令653号，2014年7月29日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017年修订版），国务院令第682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》，（2017年修正本），中华人民共和国环境保护部令第47号，2017年12月20日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，（2018年修正本），生态环境部第1号公布，自2018年4月28日起施行；</p> <p>(8) 《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日起施行；</p> <p>(9) 《射线装置分类办法》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告， 2017年第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>(10) 《四川省辐射污染防治条例》， 2016年6月1日起实施；</p> <p>(11) 《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》原国家环保总局，环发[2006]145号；</p> <p>(12) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号）。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《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) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）；</p> <p>(4) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分一般原则：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）；</p>

	<p>(5) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；</p> <p>(6) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；</p> <p>(7) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；</p> <p>(8) 《医用机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；</p> <p>(9) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；</p> <p>(10) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；</p> <p>(11) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；</p> <p>(12) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>(13) 《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>(14) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；</p> <p>(15) 《核辐射环境质量评价的一般规定》（GB11215-1989）；</p> <p>(16) 《环境地表<math>\gamma</math>辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）。</p>
其他	<p>(1) 环保部辐射安全与防护监督检查技术程序；</p> <p>(2) 工程设计图纸及相关技术资料；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）；</p> <p>(4) 四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知，川环函[2016]1400号。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**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）的要求，以及根据本项目的特点，本项目的评价范围确定为医用直线加速器机房建筑实体为边界，半径 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

**保护目标**

本次新增使用医用直线加速器项目周围 50m 范围除西侧及北侧部分位于医院围墙外，其余方向均位于医院院区内。50m 范围内除西侧 40m 处和北侧 30m 处有零星居民楼外，无学校等其他环境敏感点。本项目环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内外公众，详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内敏感保护目标情况一览表

保护目标名称		方位	最小距离	规模
医用直线加速器机房	辐射工作人员	控制室内（南侧）	约 2m	约 4~8 人
	医护人员、患者、患者家属、四周公众	机房四周	约 5m	约 20 人
		机房上方	约 6m	约 5 人
		机房下方（土层）	/	/
		机房上方西侧 40m 居民楼	约 40m	约 15 人
		机房上方北侧 30m 居民楼	约 30m	约 20 人

**评价标准**

**一、本项目执行环境保护标准如下：**

**1、环境质量标准**

地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准；

大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；

声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

**2、污染物排放标准**

废水：执行《医疗机构水污染排放标准》（GB18466-2005）表 2 排放标准。医院排污口与城市污水管网碰管并纳入城市污水处理厂处理时执行《医疗机构水污染排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理标准。

废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准以及《医疗机

构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表3要求。

噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准。

### 3、辐射防护标准

执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关规定。

## 二、相关标准内容

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

#### 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	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： 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。

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

#### 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

##### 控制区：

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

##### 监督区：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

### 2、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）：

#### 6 治疗室防护和安全操作要求

##### 6.1 治疗室的防护要求

6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合GB18871的要求，保障职业场所和周围环境安全。

6.1.2 有用线束直接投照的防护墙（包括天棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计，辐射屏蔽设计应符合GBZ/T 201.1的要求。

6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外30cm处的周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h。

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X射线能量超过10MV的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于45m<sup>2</sup>。

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。

6.1.9 相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的照射指示灯及辐射标志。

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

### 3、《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）：

#### 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

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。

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 ( $T > 1/4$ ) 的人员驻留区域见式 (1)。

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

式 (1) 中：

$\dot{H}_c$  --- 周围剂量当量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_c$  --- 周剂量控制水平 ( $\mu\text{Sv/周}$ )，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人员： $\leq 5\mu\text{Sv/周}$

$U$  --- 治疗装置向关注点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；

$t$  --- 治疗装置周最大累积照射的小时数，h/周。

3.1.2 距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处：

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

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

### 4、《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）：

#### 4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平

治疗机房墙和入口门外关注点的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：

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 ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

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： $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

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 ( $\mu\text{Sv/h}$ )；

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

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

c) 由上述 a) 中的导出剂量率参考控制水平和 b) 中的最高剂量率参考控制水平，选择其中

较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

#### 4.2.2 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) 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐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率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

b) 除 4.2.2 中 a) 的条件外, 应考虑下列情况:

1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的剂量 (率) 的总和, 应按 4.2.2 中的 a) 确定关注点的剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制;

2) 穿出治疗机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射, 以相当于机房外非控制区人员周剂量率控制指标的年剂量  $250\mu\text{Sv}$  加以控制;

3) 对不需要人员到达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)。

### 5、《医用机构水污染物排放标准》(GB18466-2005);

### 6、《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011):

#### 4 环境噪声排放限值

4.1 建筑施工过程中场界环境噪声不得超过表 1 规定的排放限值。

表 1 建筑施工场界环境噪声排放限值 单位: dB (A)

昼间	夜间
70	55

4.2 夜间噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB (A)。

4.3 当场界距噪声敏感建筑物较近, 其室外不满足测量条件时, 可在噪声敏感建筑物室内测量, 并将表 1 中相应的限值减 10dB (A) 作为评价依据。

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 确定本项目的管理目标值: 辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv, 公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

表 8 环境质量和辐射现状

### 环境质量和辐射现状

#### 一、项目位置、布局和周边环境

旺苍康养医院位于旺苍县东河镇新桥村三、四组（原广旺矿务局职工总医院）医院东侧依次为院外道路、空闲厂房及变电站；南侧依次为零星住户及农田；西侧依次为零星住户及农田；北侧依次为院外道路、旺苍县人民医院康复中心及居民区。

本项目医用直线加速器机房位于医疗综合楼内负一层，该楼总共二层，医疗综合楼东侧为医养综合楼，南侧为院内空地及围墙，西侧为空地及围墙，北侧依次为院内空地、围墙及远期预留发展用地。

本次新增使用医用直线加速器项目周围 50m 范围除西侧及北侧部分位于医院围墙外，其余方向均位于医院院区内。50m 范围内除西侧 40m 和北侧 30m 处有零星居民楼外，无学校等其他环境敏感点，项目选址可行。本项目拟建址周边环境现状见图 8-1~图 8-4。



图 8-1 医院拟建址东侧



图 8-2 医院拟建址南侧



图 8-3 医院拟建址西侧



图 8-4 医院拟建址北侧

## 二、辐射环境现状调查

### 1、本项目所在地辐射环境现状监测

为掌握项目所在地的辐射环境现状，四川瑞迪森检测技术有限公司(计量认证号：172312050082)于2018年11月29日按照规范要求对新增使用医用直线加速器项目现场及周边环境进行了 $\gamma$ 辐射剂量率的布点监测。其监测项目、分析方法及来源见表8-1（监测报告见附件5）。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源	探测限	备注
$\gamma$ 辐射剂量率	《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》	GB/T14583-1993	1nSv/h	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备		
	名称及编号	监测范围	检定情况
$\gamma$ 辐射剂量率	FH40G+FHZ672E-10 型 X- $\gamma$ 辐射剂量当量率仪 编号：SCRDS-004	0.01 $\mu$ Sv/h-1Sv/h	检定单位： 中国测试技术研究院 检定有效期： 2018.11.21-2019.11.20

### 2、质量保证措施

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，每次监测必须在有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

监测记录：现场监测过程，专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

数据处理与复核：监测报告实行二级审核制度，经校对审核，最后由授权签字人审定签发。

### 3、比较标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考《四川省环境天然放射性水平调查研究报告》（四川省环境保护科研监测所，1989.06），表 8-3 给出 1989 年广元地区天然贯穿辐射水平调查结果。

表 8-3 内江地区天然贯穿辐射水平

监测场所	$\gamma$ 辐射剂量率范围 (nGy/h)
原野	15.4~174

#### 4、环境现状监测与评价

监测所用仪器已由计量部门年检,且在有效期内;测量方法按国家标准方法实施;测量不确定度符合统计学要求;布点合理,结果可信,能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平,可以作为本次评价的科学依据。

具体监测结果如下:

表 8-4  $\gamma$  辐射剂量率监测结果 单位: nSv/h

测点编号	点位描述	$\gamma$ 辐射剂量率 (nSv/h)	备注
1	加速器机房拟建址东侧(负一层)	124	本底检测
2	加速器机房拟建址南侧(负一层)	121	
3	加速器机房拟建址(负一层)	123	
4	加速器机房拟建址上方北侧(地表)	124	
5	加速器机房拟建址上方西侧(地表)	123	
6	加速器机房拟建址上方南侧(地表)	122	
7	加速器机房拟建址上方东侧(地表)	121	

由表 8-4 中监测结果可知,本次监测测得新增使用医用直线加速器项目现场及周边环境的  $\gamma$  辐射剂量率为 (121~124) nSv/h。监测结果与广元地区天然贯穿辐射水平处在同一水平。综上所述,本项目区域辐射环境质量现状属于正常本底水平。

**表 9 项目工程分析与源项**

## **工程设备与工艺分析**

### **一、施工期工艺分析**

#### **1、土建、装修施工的工艺分析**

本项目医用直线加速器机房主体工程依托医疗综合楼同时修建，施工期环境影响已在报告表《旺苍县颐养园建设项目》中进行了评价，批复文号为（旺环审批〔2018〕42号，见附件4）。在施工期，只要严格落实上述环评报告及批复中提出的各项环保措施，并加强管理，项目建设过程中产生的废水、废气、固体废物及噪声的排放均能满足相关环保要求。

#### **2、设备安装调试期间的工艺分析**

本项目医用直线加速器的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目医用直线加速器装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、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示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

### **二、营运期工艺分析**

#### **1、工作原理**

医用直线加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。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，因此，医用电子直线加速器可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。

医用电子直线加速器可根据所诊疗癌症类型及其在体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射诊疗。

#### **2、设备组成**

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、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微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。医用直线加速器基本结构见图 9-1。

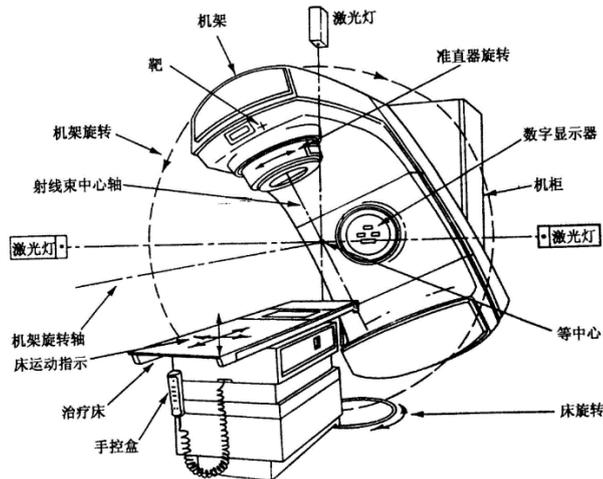


图 9-1 医用直线加速器基本结构示意图

### 3、基本参数

本项目拟建医用直线加速器主要技术参数为：

X 射线能量：6MV      电子线能量：4、6、8、10MeV      射线最大出射角：28°

1m 处输出剂量率：X 射线常用最高剂量率为 600cGy/min ( $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{h}$ )

电子线最大剂量率为 600cGy·m<sup>2</sup>/min

SSD：100cm      最大照射野：0cm×0cm~40cm×40cm

机架旋转：360°

### 4、操作流程

(1) 进行定位。

先采用模拟定位机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。

(2) 制订治疗计划。

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。

(3) 固定患者体位。

在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位、标记、调整照射角度及照射野。

(4) 在控制台设置参数，开机治疗。

(5) 治疗完毕，停止出束。

## 5、污染因子

本项目医用直线加速器提供 X 射线治疗，因此治疗时主要污染因子为 X 射线，X 射线随机器的开关而产生和消失；此外，X 射线与空气中的氧气发生作用会产生少量臭氧。由于本项目医用直线加速器使用的 X 射线能量最大为 6MV，所以不需要考虑光中子和感生放射性。

本项目使用加速器的治疗过程及其产污环节见图 9-2。

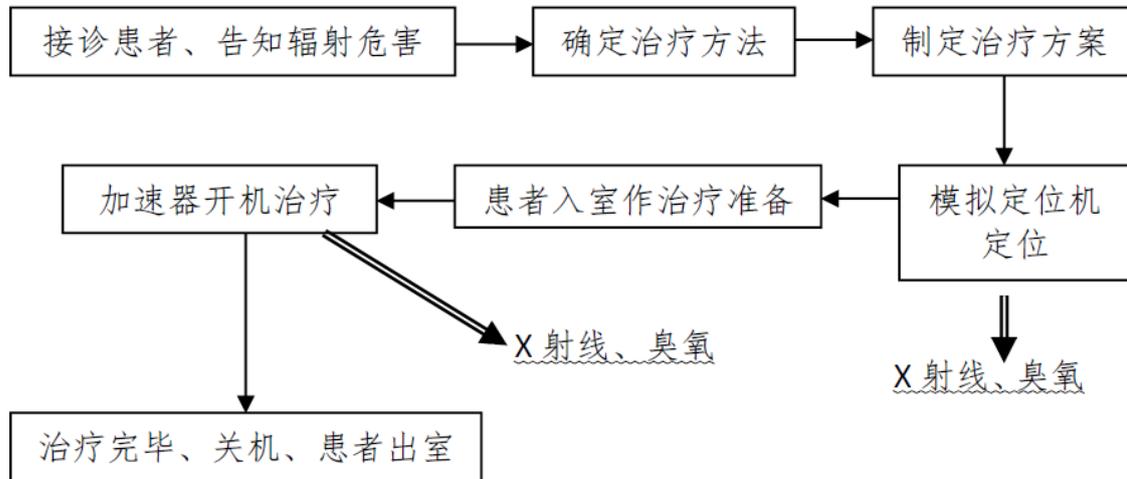


图 9-2 医用直线加速器治疗过程及产污环节示意图

## 污染源项描述

### 一、施工期污染源

#### 1、废水

施工期少量废水主要来自以下几个方面：

- ①施工场地废水；
- ②施工人员生活污水。

#### 2、扬尘

施工期的大气污染物主要是地面扬尘污染，污染因子为 TSP，为无组织排放。施工产生的地面扬尘主要来自三个方面，一是墙体装修扬尘；二是来自建筑材料包括水泥、沙子等搬运扬尘；三是来自来往运输车辆引起的二次扬尘。

#### 3、固体废物

施工期产生的固体废弃物主要包括施工人员的生活垃圾及废弃的各种建筑装饰材料等建筑垃圾，由于工程规模小，产生量较少。

#### 4、噪声

主要是使用施工机械和装修设备产生的噪声。

## 二、运营期污染源描述

#### 1、电离辐射

本项目医用直线加速器为Ⅱ类射线装置，在开机状态下主要辐射为 X 射线，关机状态不产生 X 射线。

#### 2、废气

本项目医用直线加速器在出束过程中将产生臭氧和少量氮氧化物，医用直线加速器机房设计有通排风系统。

#### 3、废水

本项目医用直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。新增的工作人员会产生少量生活废水，本项目新增人员均为医院规划的 120 名职工范围内，医院拟建地埋式污水处理站，设计处理能力为 100m<sup>3</sup>/d，采用“厌氧+生物接触氧化+沉淀+二氧化氯消毒工艺”处理。医院废水经地埋式污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》GB18466—2005 表 2 中的排放标准后，排入市政污水管网。

#### 4、固体废物

本项目医用直线加速器工作过程不产生固体废物；工作人员工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾。院区内设有生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，由有资质的医疗废物处置单位进行统一收集、清运和处理。

#### 5、噪声

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，本项目所使用的通排风系统为低噪声节能排风机，其噪声值低于 60dB(A)，噪声较小。

表 10 辐射安全与防护

## 项目安全措施

### 一、工作场所布局合理性

#### (一) 射线装置布局合理性分析

本项目医用直线加速器机房位于医疗综合楼内负一层，该楼总共二层，其机房东侧部分为土层（北段）及吊装井（南段），南侧为控制室，其余方向均为泥土层，上方为室外道路及停车场，下方为泥土层。

医用直线加速器机房控制与治疗室分离，控制室位于治疗室南侧，治疗室面积约 61.25m<sup>2</sup>（不含迷路）。治疗室入口处设置的迷路为直迷道，医用直线加速器有用线束向东西主屏蔽墙及顶部主屏蔽照射。医用直线加速器机房布局符合《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）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“治疗室入口处必须设置防护门和迷路”等规定，本项目医用直线加速器机房布局合理。

#### (二) 分区原则与区域划分

##### 1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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

监督区—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的区域。

##### 2、控制区与监督区的划分

###### (1) 区域划分

控制区-医用直线加速器治疗室划为控制区，控制区以实体为边界。

监督区- 医用直线加速器的控制室、设备间划为监督区，以实体为边界。

两区划分详见附图 10-1。

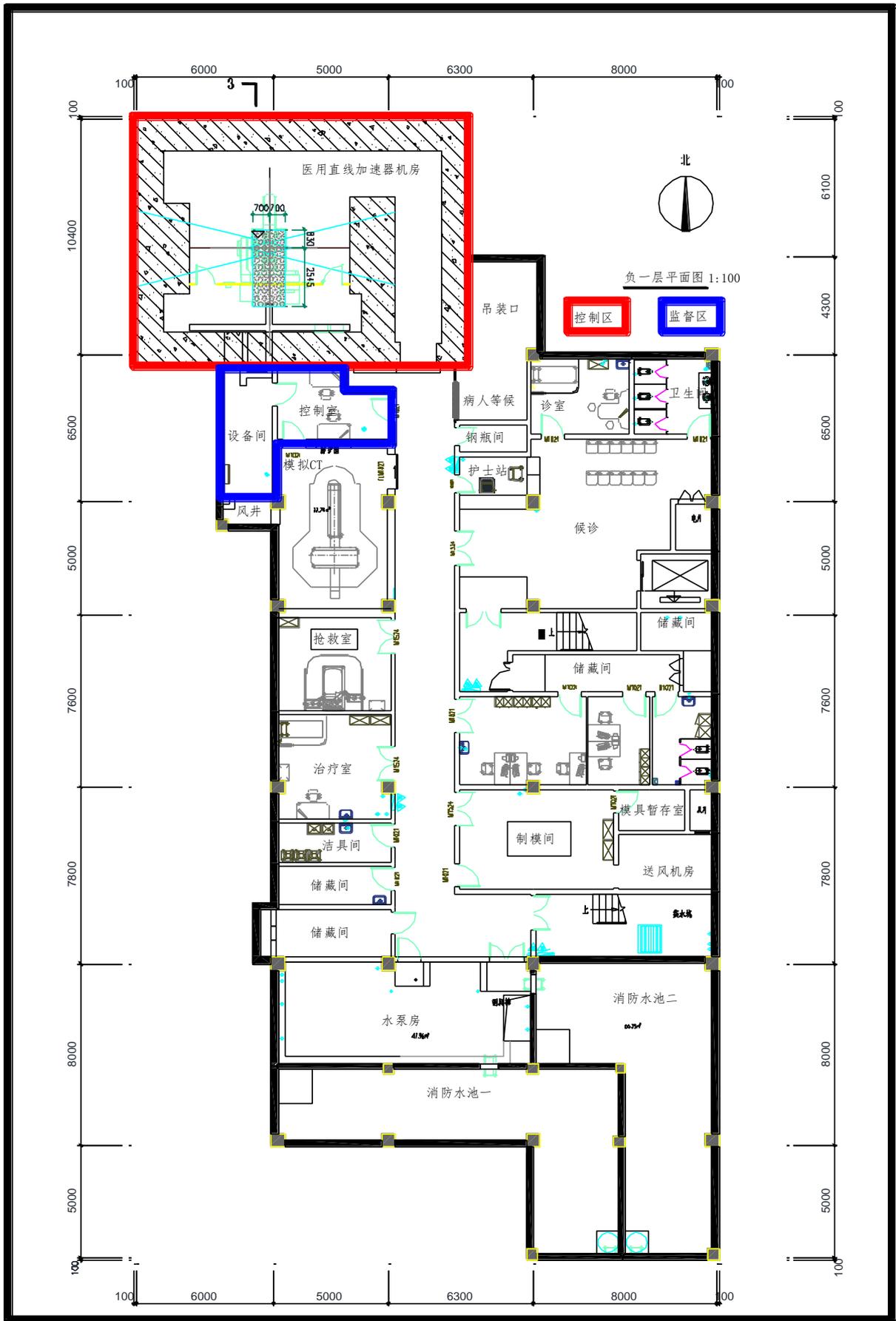


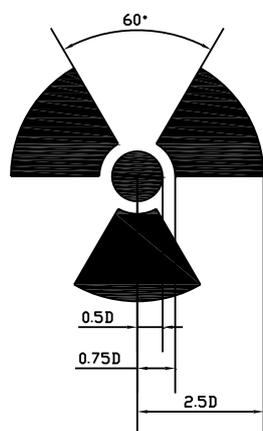
图 10-1 旺苍康养医院医用直线加速器分区示意图

## (2) 环评要求

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，项目单位应做到：

### 1) 控制区的防护手段与安全措施：

①控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（如图 10-2）。



a. 电离辐射标志



b. 电离辐射警告标志

图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制人员进、出控制区；

④定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

### 2) 监督区的防护手段与安全措施：

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

## 二、辐射安全及防护措施

本项目射线装置主要辐射为 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对 X 射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

### (一) 设备固有安全性

1、医用直线加速器只有在通电开机时才有电子束、X 射线等产生，断电停机即

停止出束；通过多叶准直器定向出束，其它方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。

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情况。

3、条件显示联锁：医用直线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，在医用直线加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

5、有剂量分布监测装置与照射终止系统联锁，当剂量超过预选值或当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

6、有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

7、有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

8、治疗床旁、医用直线加速器主机上安装紧急制动按钮。

## (二) 屏蔽防护

本项目医用直线加速器机房屏蔽设计见表 10-1。

表 10-1 医用直线加速器机房防护屏蔽设计一览表

屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）	主屏蔽宽度
东墙	迷路内墙	主屏蔽	200cm 砷
		次屏蔽	150cm 砷
	迷路外墙	120cm 砷	/
南墙	次屏蔽	150cm 砷	/
西墙	主屏蔽	240cm 砷	400cm
	次屏蔽	130cm 砷	/
北墙	次屏蔽	150cm 砷	/
屋顶	主屏蔽	240cm 砷	400cm
	次屏蔽	150cm 砷	/
防护门		12mm 铅板	

## (三) 源项控制

本项目医用直线加速器购置于正规厂家，有用线束内杂散辐射和泄漏辐射不会超过《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）规定的限值。

## (四) 距离防护

本项目治疗区域将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

### (五) 时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊疗之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

## 三、安全装置

辐射防护安全装置配备综合要求：

为防止发生辐射事故，根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400号）中对医用II射线装置辐射防护安全装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及设备进行了对照分析，具体情况见表 10-2。

表 10-2 辐射安全防护设施汇总对照分析表

序号	项目	规定的措施	落实情况	备注
1	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
2		控制台有紧急停机按钮	设备自带	/
3		电视监视与对讲系统	/	需配置
4		治疗室门与束流联锁（门-机联锁）	/	需配置
5		治疗室内准备出束音响提示	/	需配置
6	警示装置照射室紧急设备	入口电离辐射警示标志	/	需配置
7		入口有加速器工作状态显示（门-灯联锁）	/	需配置
8		迷道入口处设置紧急开门按钮并配备中文说明	/	需配置
9		治疗室及迷道有紧急停机按钮并配备中文说明	/	需配置
10		治疗床有紧急停机按钮	设备自带	/
11	监测设备	个人剂量报警仪	/	需配置
12		个人剂量计	/	需配置
13		便携式 X-γ 辐射监测仪	/	需配置

## 四、射线装置工作场所安防措施

为确保本项目射线装置的使用和储存安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-3。

表 10-3 医用直线加速器工作场所安防措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
医用直线加速器工作场所	防盗和防破坏	①医用直线加速器机房及附属设施纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ②工作场所根据需要设置监控摄像头实行 24h 实时监控； ③安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗窃事件，并立即向公安机关报案； ④机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防射线泄漏	①本项目所使用的医用直线加速器购置于正规厂家，出厂时医用直线加速器的杂散辐射和泄漏辐射不会超过《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）规定的限值； ②本项目机房已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和标准要求建设，医用直线加速器在使用过程产生的泄露辐射较少，对周围环境影响较小，机房具体屏蔽情况见表 10-1。

### 三废治理

#### 1、废水

本项目医用直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。施工废水和工作人员生活污水依托医院已有设施进行处理。

#### 2、废气

为了减少废气对人员产生的影响，医用直线加速器机房设置独立的通排风系统，设计通排风量为 2000m<sup>3</sup>/h，机房容积约为 385m<sup>3</sup>，可使医用直线加速器机房每小时换气 5 次以上。医用直线加速器在治疗过程中排风系统保持持续工作状态。医用直线加速器机房采用机械进排风，进风管道采用“Z”型管道穿墙，进风口位于迷路内墙西侧顶部，排风口位于西墙东侧距地面 0.5m 处，形成对角。进排风口位置见图 10-3。

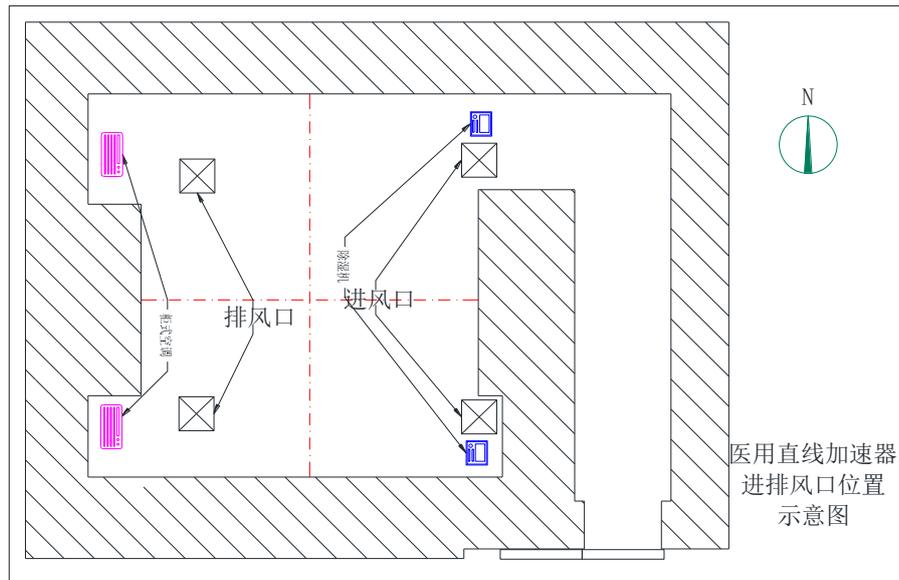


图 10-3 医用直线加速器进风口与排风口位置示意图

### 3、固体废物处理措施

施工期产生的固废依托医院固废收集设施和市政环保设施处理。

运营期本项目医用直线加速器工作过程不产生固体废物。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。

### 4、噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB(A)，噪声较小，无需采用专门的降噪措施。

### 5、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”。本项目使用的医用直线加速器在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理。

**表 11 环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响**

一、施工阶段

本项目医用直线加速器机房主体工程依托医疗综合楼同时修建，施工期环境影响已在报告表《旺苍县颐养园建设项目》中进行了评价。在施工期，只要严格落实上述环评报告及批复中提出的各项环保措施，并加强管理，项目建设过程中产生的废水、废气、固体废物及噪声的排放均能满足相关环保要求。

二、设备安装施工阶段

医用电子直线加速器的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装设备。院方应加强辐射防护管理，在调试过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时各机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。

**运行阶段对环境的影响**

一、辐射环境影响分析

根据建设单位和设备供货单位提供的资料，医院新增 1 台医用直线加速器的主要参数为 X 射线最大能量 6MV，医用直线加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率为 6Gy/min，机头周围的泄漏辐射与最大吸收剂量的比值不超过 0.1%。

设备出束射线角度： $\pm 14^\circ$ 。医用直线加速器有用束射野范围最大为 40cm×40cm。设备满负荷运行时间为 20 小时/周。

**(一) 医用直线加速器机房屏蔽设计分析**

医用直线加速器机房屏蔽措施见下表：

表 11-1 医用直线加速器屏蔽措施一览表

屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）	主屏蔽宽度
东墙	迷路内墙	主屏蔽	200cm 砼
		次屏蔽	150cm 砼
	迷路外墙	120cm 砼	/
南墙	次屏蔽	150cm 砼	/

西墙	主屏蔽	240cm 砼	400cm
	次屏蔽	130cm 砼	/
北墙	次屏蔽	150cm 砼	/
屋顶	主屏蔽	240cm 砼	400cm
	次屏蔽	150cm 砼	/
防护门		12mm 铅板	

医用直线加速器机房平面布局图见附图 4，医用直线加速器机房设计结构及预测点位分布示意图详见图 11-1（预测点取墙体或者防护门外 0.3m 处）。

### （二）机房面积符合性分析

医用直线加速器机房的可使用面积约为 61.25m<sup>2</sup>（不含迷路），能够满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m<sup>2</sup>”的规定要求。

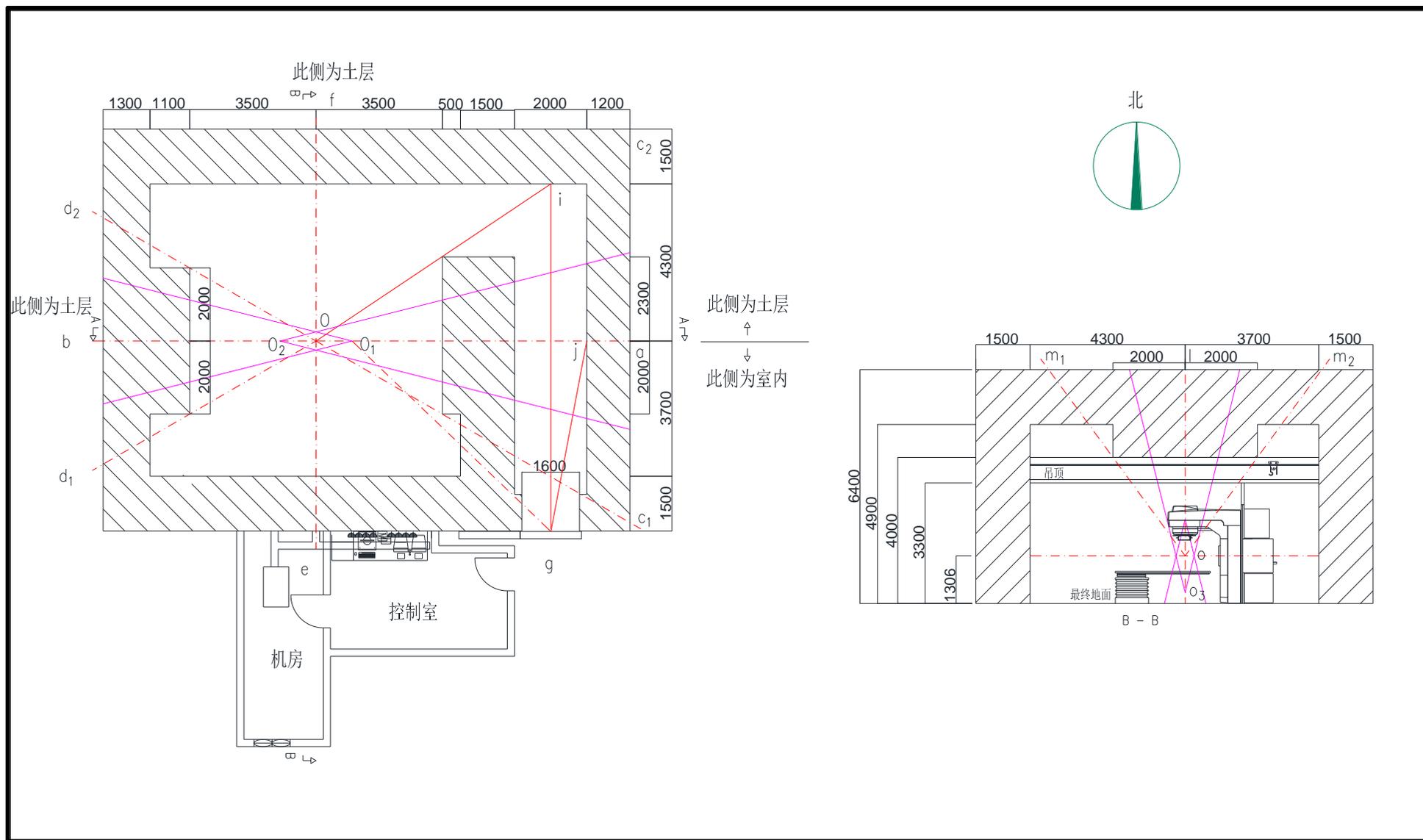


图 11-1 医用直线加速器估算点位示意图

### (三) 医用直线加速器机房的屏蔽分析

#### 1、有用线束主屏蔽区宽度核算

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。

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan\theta + 0.3] \dots \dots \text{公式 1}$$

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）；

$a$ ——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。

根据图 11-1，将各参数代入公式 1 得出本项目的主屏蔽宽度核算结果并评价如下表：

表 11-2 主屏蔽区域宽度设计评价表

参数	取值		
	东墙主屏蔽	西墙主屏蔽	屋顶主屏蔽
$a$ (m)	4.00	4.60	3.594
$SAD$ (m)	1	1	1
$\theta$ (°)	14	14	14
计算宽度 $Y_p$ (m)	3.09	3.39	2.89
设计宽度 (m)	4.30	4.00	4.00
评价	满足	满足	满足

#### 2、主屏蔽屏蔽效果预测（a 点、b 点和 l 点）

射线路径（射线类型）： $O_2 \rightarrow a$ （主射线）， $O_1 \rightarrow b$ （主射线）， $O_3 \rightarrow l$ （主射线）。使用 GBZ/T201.2-2011 的相关公式计算有用线束主屏蔽核算，在给定的屏蔽物质厚度  $X$  (cm) 时，首先计算有效厚度  $X_e$  (cm)，估算屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B$ ，再计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$X_e = X/\cos\theta = X \cdot \sec\theta \dots \dots \text{公式 2}$$

式中， $X$ ——设计屏蔽厚度，cm；

$\theta$ ——斜射角。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_l)/TVL} \dots\dots \text{公式 3}$$

式中， $TVL_l$  (cm) 和  $TVL$  (cm) 为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  $TVL_l$  时， $TVL_l = TVL$ 。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1。

本项目中， $a$  点、 $b$  点、 $l$  点相应厚度主屏蔽的  $B$  值核算见表 11-3。

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \cdot f \cdot B/R^2 \dots\dots \text{公式 4}$$

式中， $\dot{H}_0$ ——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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为  $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

$R$ ——靶点至参考点的距离，m，本项目参考点为相应屏蔽体外 30cm；

$f$ ——对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，0.1%。

将各参数代入模式计算，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )，辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-3。

表 11-3 主屏蔽区外参考点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	东墙主屏蔽 ( $a$ 点)	西墙主屏蔽 ( $b$ 点)	屋顶主屏蔽 ( $l$ 点)
$X$ (cm)	320 砵	240 砵	240 砵
$X_e$ (cm)	320 砵	240 砵	240 砵
$TVL$ (cm)	33	33	33
$TVL_l$ (cm)	37	37	37
$B$	$2.66 \times 10^{-10}$	$7.05 \times 10^{-8}$	$7.05 \times 10^{-8}$
$R$ (m)	10.0	7.20	6.394
$\dot{H}_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	$3.6 \times 10^8$	$3.6 \times 10^8$	$3.6 \times 10^8$
$f$	1	1	1
$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	0.001	0.490	0.621
$\dot{H}_e$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 剂量率参考控制水平	2.5	2.5	2.5
评价结果	满足	满足	满足

注： $X_e$  由图纸中直接测量所得。

### 3、侧屏蔽墙屏蔽效果预测 ( $e$ 点、 $f$ 点)

射线路径 (射线类型)： $O \rightarrow e$  (泄漏射线)， $O \rightarrow f$  (泄漏射线)。

泄漏辐射：估算方法类似主屏蔽区。 $TVL_l$  和  $TVL$  为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，

分别为  $TVL_l=34\text{cm}$ ,  $TVL=29\text{cm}$ 。e 点、f 点辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-4。

表 11-4 侧屏蔽泄漏射线辐射率计算参数和计算结果

参数	南侧屏蔽墙 (e 点)	北侧屏蔽墙 (f 点)
$X$ (cm)	150 砵	150 砵
$X_e$ (cm)	150 砵	150 砵
$TVL$ (cm)	29	29
$TVL_l$ (cm)	34	34
$B$	$1.00 \times 10^{-5}$	$1.00 \times 10^{-5}$
$R$ (m)	5.50	6.10
$\dot{H}_0$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ )	$3.6 \times 10^8$	$3.6 \times 10^8$
$f$	0.001	0.001
$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	0.119	0.097
$\dot{H}_e$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) (剂量率参考控制水平)	2.5	2.5
评价结果	满足	满足

注： $X_e$ 由图纸中直接测量所得。

4、与主屏蔽区相连的次屏蔽区的屏蔽效果预测 ( $c_1$  点、 $d_1$  点、 $d_2$  点及  $m_1$  点、 $m_2$  点)

①射线路径 (射线类型)： $O_2 \rightarrow O \rightarrow c_1$  (散射射线)， $O_1 \rightarrow O \rightarrow d_1$  (散射射线)， $O_1 \rightarrow O \rightarrow d_2$  (散射射线)， $O_3 \rightarrow O \rightarrow m_1$  (散射射线)， $O_3 \rightarrow O \rightarrow m_2$  (散射射线)。

$O \rightarrow c_1$  (泄漏射线)， $O \rightarrow d_1$  (泄漏射线)， $O \rightarrow d_2$  (泄漏射线)， $O \rightarrow m_1$  (泄漏射线)， $O \rightarrow m_2$  (泄漏射线)。

对于位置  $c_1$  点、 $d_1$  点、 $d_2$  点和  $m_1$  点、 $m_2$  点，考虑泄漏辐射和散射辐射的复合作用。

#### ②泄漏辐射计算

泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。 $f=0.001$  (泄漏辐射比率，根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)要求，对于 M 区域外泄漏辐射 (不包括中子)，吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%)， $TVL_l$  和  $TVL$  保守取附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，分别为  $TVL_l=34\text{cm}$ ， $TVL=29\text{cm}$ 。

#### ③散射辐射屏蔽计算

在给定的屏蔽物质厚度  $X$  (cm) 时, 首先计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度  $X_e$  (cm), 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B_s$  (其中患者散射辐射在混凝土中的什值层, 查表 B.4 知, 对于 6MV 射线, 当散射角  $30^\circ$  时, 患者散射辐射在混凝土中什值层为 26cm), 再按照公式 5 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ );

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \dots \dots \text{公式 5}$$

式中,  $\dot{H}_0$ : 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,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ , 本项目为  $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ;

$\alpha_{ph}$ : 患者  $400\text{cm}^2$  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  $400\text{cm}^2$  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。本项目按 6MV 取值, 保守取  $2.77 \times 10^{-3}$ 。

$F$ : 治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积,  $\text{cm}^2$ , 本项目为  $40\text{cm} \times 40\text{cm} = 1600\text{cm}^2$ 。

$R_s$ : 患者 (位于等中心点) 至关注点的距离, m。

叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量率值, 将其与本项目确定的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_e$  相比, 判断机房屏蔽设计是否满足标准要求, 计算结果见表 11-5。

表 11-5 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数		东墙次屏蔽 ( $c_1$ 点)	西墙次屏蔽 ( $d_1$ 、 $d_2$ 点)	屋顶次屏蔽 ( $m_1$ 、 $m_2$ 点)
$X$ (cm)		150 砵+120 砵	130 砵	150 砵
$X_e$ (cm)		328.3 砵	149.7 砵	186.8 砵
$\dot{H}_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )		$3.6 \times 10^8$	$3.6 \times 10^8$	$3.6 \times 10^8$
泄漏辐射	$TVL_1$ (cm)	34	34	34
	$TVL$ (cm)	29	29	29
	$B$	$7.11 \times 10^{-12}$	$1.02 \times 10^{-5}$	$5.38 \times 10^{-7}$
	$R$ (m)	10.3	7.14	6.71
	$f$	0.001	0.001	0.001

	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	<0.001	0.072	0.004
散射辐射	$TVL_l$ (cm)	26	26	26
	$TVL$ (cm)	26	26	26
	$R_s$ (m)	10.3	7.14	6.71
	$\alpha_{ph}$	$2.77 \times 10^{-3}$	$2.77 \times 10^{-3}$	$2.77 \times 10^{-3}$
	$B$	$2.36 \times 10^{-13}$	$1.75 \times 10^{-6}$	$6.54 \times 10^{-8}$
	$F$	1600	1600	1600
	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	<0.001	0.137	0.006
$\dot{H}$ 泄漏辐射和散射辐射的 复合作用 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		<0.001	0.209	0.010
$\dot{H}_e$ 剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足

注： $X_e$ 由图纸中直接测量所得。

#### 5、迷道内墙屏蔽设计核算 (g 点)

(1) 射线路径 (射线类型)： $O_l \rightarrow g$  (泄漏射线)。

(2) 计算模式及参数选择：

$g$  点泄漏辐射剂量核算方法同  $e$  点。

$O_l$  至  $g$  点的距离  $R=7.58\text{m}$ ，取泄漏因子  $f=0.001$ ，公式 4 的  $TVL_l$  和  $TVL$  为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，分别为  $TVL_l=34\text{cm}$ ， $TVL=29\text{cm}$ 。

(3) 预测计算结果

表 11-6 穿过迷路内墙在  $g$  点的泄露辐射剂量率估算值

参数	机房入口门外 (g 点)
$X$ (cm)	150 砵
$X_e$ (cm)	234 砵
$TVL_l$	34
$TVL$	29
$B$	$1.27 \times 10^{-8}$
$R$ (m)	7.58

$\dot{H}_0$	$3.6 \times 10^8$
$f$	0.001
$\dot{H}$	$< 0.001 \mu\text{Sv/h}$
$\dot{H}_e$ (剂量率参考控制水平)	$0.5 \mu\text{Sv/h}$
评价	满足

注： $X_e$ 由图纸中直接测量所得。

### 6、穿过迷路内墙的有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

射线路径（射线类型）： $O_2 \rightarrow j \rightarrow g$ （散射射线）。

有用线束穿过迷路内墙，垂直射入屏蔽墙并散射至计算点的辐射剂量率按公式 6 计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \cdot \frac{(F/10^4)}{R^2} \cdot \alpha_w \cdot B_p \dots \dots \text{公式 6}$$

$\dot{H}$  — 计算点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$  — 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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为  $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

$F$  — 治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ，本项目为  $40\text{cm} \times 40\text{cm} = 1600\text{cm}^2$ ；

$R$  — 散射体中心点（有用线束在屏蔽墙上的投影点）与计算点的距离，m；

$\alpha_w$  — 散射因子，单位面积（ $1\text{m}^2$ ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

$B_p$  — 有用线束射入散射体（屏蔽墙）前的屏蔽透射因子。

表 11-7 g 处的穿过迷路内墙散射辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	g 点
$\dot{H}_0$	$3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$
$F$	$1600\text{cm}^2$
$\alpha_w$	$2.7 \times 10^{-3}$
$B_p$	$1.15 \times 10^{-6}$
$R$	5.30m

g 点剂量率 (估算值)	$6.4 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$
--------------	-------------------------------------

7、机房入口防护门屏蔽核算

射线路径 (射线类型) :  $O_2 \rightarrow O \rightarrow i \rightarrow g$  (散射射线)。

g 点处的散射辐射剂量率按照公式 6 计算, g 点辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-7。

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot \left(\frac{F}{400}\right)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A_2}{R_2^2} \cdot \dot{H}_0 \dots \dots \text{公式 7}$$

式中,  $\dot{H}_0$ 、 $\alpha_{ph}$ 、 $F$  意义同前文;

$\alpha_2$ —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子, 本项目  $e$  处的入射角取  $45^\circ$ , 散射角取  $0^\circ$ , 具体取值见 GBZ/T201.2-2011 附录表 B.6, 通常使用其 0.5MeV 栏内的值;

$A_2$ — $i$  处的散射面积,  $\text{m}^2$ ;

$R_1$ —等中心点到  $i$  之间的距离 (由 CAD 图纸上读出),  $\text{m}$ ;

$R_2$ — $i$  到  $g$  之间的距离 (由 CAD 图纸上读出),  $\text{m}$ 。

表 11-8 g 处的散射辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	g 点
$\dot{H}_0$	$3.60 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$
$\alpha_{ph}$	$1.39 \times 10^{-3}$
$F$	$1600 \text{ cm}^2$
$\alpha_2$	$22.0 \times 10^{-3}$
$R_1$	$7.79\text{m}$
$R_2$	$9.44\text{m}$
$A_2$	$9.80 \text{ m}^2$
g 点剂量率 (估算值)	$79.8 \mu\text{Sv/h}$

入口门外的总辐射剂量率按公式 8 计算, 入口门外辐射量率计算参数和计算结果见表 11-9。

$$\dot{H} = \dot{H}_{\text{散}} \cdot 10^{-\left(\frac{X}{TVL}\right)} + \dot{H}_{og} \dots \dots \text{公式 8}$$

式中  $\dot{H}_{\text{散}}$  是 g 处的散射辐射剂量率,  $\dot{H}_{\text{泄}}$  是 g 处的泄漏辐射剂量率;

$X$ —防护门铅屏蔽厚度, cm;

$TVL$ —辐射在铅中的什值层, cm, 取 0.5cm

表 11-9 入口门外的总辐射剂量率计算参数和计算结果

参数		g 点
$\dot{H}_{散}$		79.8 $\mu$ Sv/h
$X$		12mm 铅
$TVL$		5mm
$\dot{H}_{og}$		<0.001 $\mu$ Sv/h
入口门外关注点总辐射剂量 $\dot{H}$	估算值	0.317 $\mu$ Sv/h
	控制值	2.5 $\mu$ Sv/h
	评价结果	满足

### 7、预测计算汇总及评价

综上所述, 医用直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-10。

$$D_{Eff} = \dot{K}_{\alpha} \cdot t \cdot T \cdot U \quad \dots\dots\text{公式 9}$$

上式中:  $D_{Eff}$ —考察点人员有效剂量 (Sv);

$\dot{K}_{\alpha}$ —考察点的空气比释动能率 (Gy/h);

$t$ —考察点处受放射性核素影响的时间 (h);

$T$ —居留因子, 全部居留  $T=1$ , 部分居留  $T=1/4$ , 偶尔居留  $T=1/16$ ;

$U$ —使用因子, 因放射性核素以点源模式估算, 而放射性衰变是持续发生的,  $U$  取 1;

简化估算: 1mGy 近似为 1mSv。

同时机房外各典型点瞬时辐射剂量率、使用因子、居留因子值代入公式 9, 按加速器年束束时间 1000h 估算来核实典型点处的人员年有效剂量值。

本项目医用直线加速器机房位于负一层, 保护目标剂量估算主要考虑医用直线加速器工作人员和周围公众的受照剂量。

考察点人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式进行估算:

表 11-10 医用直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

位置	考察点	居留因子 T*	使用因子 U	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	剂量率估算值 (μSv/h)	结论	人员可达处年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	结论
东墙主屏蔽	a	1/16	1/4	2.5	0.001	满足	<0.001	0.1	满足
屋顶主屏蔽	l	1/4	1/4	2.5	0.621	满足	0.04	0.1	满足
南墙次屏蔽	e	1/4	1	2.5	0.023	满足	0.006	5	满足
东墙次屏蔽	cl	1/4	1	2.5	<0.001	满足	<0.001	0.1	满足
屋顶次屏蔽	m1、m2	1/4	1	2.5	0.010	满足	0.025	0.1	满足
机房入口防护门	g	1/4	1	2.5	0.317	满足	0.08	0.1	满足

注：\*典型点居留因子取值见 GBZT201.1-2007 附录 A。

从保守角度出发，控制室考察点剂量率参照 e 点估算值。

根据表 11-10 结果分析知，该医用直线加速器投入运行后，医用直线加速器治疗室周围公众年有效剂量均小于 0.08mSv，工作人员年有效剂量最高为 0.006mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（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）。

## 二、大气环境影响分析

本次新增的医用直线加速器提供两种治疗模式，即 X 射线模式和电子束模式，由于 X 射线模式下产生的臭氧影响较小，故本项目只估算在医用直线加速器在运行期间电子束模式情况下产生的臭氧浓度，参照《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）中假设辐照期间靶室有通风，臭氧无分解，且在靶室内均匀分布，臭氧浓度可由下式进行估算。

$$C_0 = 2.79 \times \frac{Id}{V} (1 - e^{-\frac{v}{V}t})$$

式中：

$C_0$ —臭氧浓度， $mg/m^3$ ；

$d$ —电子束在空气中所通过的距离，cm，本项目为 100cm；

$I$ —电子束流强度，mA，本项目为 0.1mA；

$t$ —辐照时间, s, 本项目单次最长照射时间为 3min;

$v$ —排气速率,  $m^3/s$ ;

$V$ —医用直线加速器机房的容积,  $m^3$ , 本项目为  $V=385m^3$ 。

表 11-10 臭氧的浓度计算参数及结果

参数	$I$ (mA)	$d$ (cm)	$V$ ( $m^3$ )	$t$ (s)	臭氧浓度 ( $mg/m^3$ )
本项目加速器机房	0.1	100	385	180	0.017

由表 11-10, 单次照射完毕后, 机房内臭氧浓度能满足《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002) 中臭氧浓度质量标准的要求 ( $\leq 0.16mg/m^3$ )。

由于加速器开机治疗时通排风系统一直在运行, 且每小时通风量为  $2000m^3/h$ 。所以在加速器运行过程中机房内臭氧浓度能够满足《室内空气质量标准》

(GB/T18883-2002) 中臭氧 1 小时均值  $\leq 0.16mg/m^3$  的标准要求。臭氧通过通风管道引至屋顶排放, 经扩散后对机房周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》

(GB3095-2012) 中二级标准中 1 小时均值  $\leq 200\mu g/m^3$  的标准要求, 对机房周围的大气环境影响较小。

## 事故影响分析

### 一、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 449 号) 第四十条: 根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素, 从重到轻将辐射事故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, 详见表 11-11。

表 11-11 辐射事故等级划分表

事故等级	事故类型
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

根据《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲, 北京: 原子能出版社) 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 11-12。

表 11-12 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

## 二、辐射事故识别

根据污染源分析，本项目主要环境风险因子为X射线，本项目可能发生的辐射事故如下：

本项目加速器属于II类X射线装置，当设备关机时不会产生X射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生X射线等危害因素。本次评价事故工况环境影响考虑可能发生的最大可信辐射事故，即加速器运行时，检修维护时工作人员误操作和人员误入造成有关人员被误照。

本项目加速器在对病人开机治疗时，距焦点1m处X射线的最大吸收剂量率为6Gy/min，假设考虑检修人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头外1m远处的主射束方向。由于机房内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，所以受照时间取20s，则事故情况下人员距加速器机头1m处受到的辐射剂量为2.0Sv，远远超过GB18871-2002中职业人员年剂量限值（50mSv）和公众年剂量限值（1mSv）。

假设考虑误入人员在加速器启动后立即进入迷道中，根据影响分析章节中的结果，迷道内的剂量率为79.8 $\mu$ Sv/h。由于迷道内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，当受照时间取20s，则事故情况下人员在迷道内受到的辐射剂量为0.44 $\mu$ Sv，受到的影响很小。

因此医院在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，定期检查机房的门机联锁等辐射安全设施，避免辐射事故的发生。

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表11-13。

表 11-13 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
直线加速器	X 射线	超剂量照射	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。	较大辐射事故

根据分析，本项目直线加速器可能发生的事故为较大辐射事故

### 三、事故防范措施

医院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、加强辐射安全管理

医院应成立辐射安全防护领导小组，负责全院辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收集、整理、分析全院辐射防护的有关资料，掌握辐射防护的发展趋势，及时制定并采取防护措施；督促各有关科室人员采取有效的防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护守则，使个人辐射剂量保持在最低水平，并对放射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。

#### 2、制定严格的辐射工作场所工作制度

医院应制定辐射工作场所工作制度，包括安全管理制度、工作人员培训制度和放射防护等规章制度，辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度等，这些制度均适用于本项目。日常工作中应严格按照工作制度执行，注意检查考核，认真贯彻实施。在工作流程中包含在加速器机房大门关闭前进行检查，确保除病人以外人员撤离后才能关闭加速器机房大门。

#### 3、加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

4、需制定辐射工作场所各诊疗设备安全操作规程需制定详细的安全操作规程，医护人员在日常工作中严格按照操作规程进行操作。避免因误操作发生的辐射事故。

#### 5、设备固有安全设施

本项目加速器自身采取了多重安全措施，以防止辐射事故的发生，如加速器自身采取的条件显示联锁、剂量控制联锁、门机安全联锁、紧急制动装置、电视监控和对讲装置、工作状态显示装置等。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

**表 12 辐射安全管理**

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据国家环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定要求：建设单位需设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有 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。

根据上述要求，旺苍康养医院拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次新建项目制定相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。辐射工作人员拟参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，考核合格后方可上岗，同时如有辐射培训证书到期人员还应及时参加四年一次的复训。

**辐射安全管理规章制度**

本项目建设单位涉及使用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监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见表 12-1。

表 12-1 管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	落实情况
1	场所设施	辐射安全管理规定	拟制定
2		射线装置操作规程	拟制定
3		辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等）	拟制定
4		安保管理制度	拟制定
5		档案管理制度	拟制定
6	监测	监测方案	拟制定
7		监测仪表使用与校验管理制度	拟制定
8	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	拟制定
9		辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定
10		辐射相关人员岗位职责	拟制定
11	应急	辐射事故应急预案	拟制定
12	其他	质量保证大纲和质量控制检测计划	拟制定

**环评要求：**

项目单位应安排专人或兼任人员负责管理辐射安全档案。档案资料应分类管理并相应上墙。

## 1、档案分类

辐射安全档案资料可按制度文件、环评资料、许可证资料、射线装置台账、监测和

检查记录、个人剂量档案、培训档案、辐射应急资料进行分类放置。

## 2、上墙规章制度

项目竣工环保验收之前，《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》应悬挂在辐射工作场所的墙上。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。

在项目单位结合项目实际建立健全上述各项规章制度的基础上，环评认为，项目单位制定的规章制度能够符合《辐射安全许可证》发放条件、中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全防护管理办法》、环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序和川环函[2016]1400 号等相关文件要求的。

## 辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》关于“使用射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”的要求，为了保证本项目运行过程的安全，控制和评价辐射危害，需要设置相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

### 1、监测要求

辐射工作人员应按照国家规定配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备必要的监测仪器对工作场所和周围环境进行辐射监测。

个人剂量仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。

### 2、个人剂量监测

本项目拟新增 8 名辐射工作人员，共需个人剂量计 8 个，医院需将个人剂量计定期（每季度一次）送有资质的单位进行检测，并根据四川省环境保护厅四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲”（川环函[2016]1400 号）做好个人剂量管理的工作，医院

需制定个人剂量管理制度，并建立了个人剂量档案。

### 3、工作场所监测要求

#### (1) 医院自行监测

医院应在自行监测中加入本项目加速器工作场所监测。

①监测内容：**X-γ**射线空气吸收剂量率；

②监测布点及数据管理：监测布点应与验收监测布点一致。监测数据应记录完善并签字确认，将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查；

③监测频度：医院每季度自行监测一次，确保设备正常运行，屏蔽措施到位和环保措施正常运行。

④监测范围：包括加速器工作场所、机房防护门及缝隙处、控制室以及四周屏蔽墙外环境敏感点处。

⑤监测设备：便携式**X**辐射监测仪 1 台。

⑥监测质量保证：

**A:** 制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据或者有监测资质单位的监测数据与建设单位的监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；

**B:**制定辐射环境监测管理制度。

#### (2) 年度监测

医院拟委托有监测资质单位进行年度监测，在年度监测中加入本项目加速器工作场所，年度监测内容应包括所有射线装置工作场所**X-γ**射线空气吸收剂量率监测，年度监测数据应于每年 1 月 31 日前报省环保厅存档备案。

## 辐射事故应急

1、医院拟成立辐射安全防护领导小组，全面负责医院的辐射事故应急工作。

2、为了加强对辐射工作场所的安全管理，保障公众健康，保护环境，医院应制定完善的辐射事故预防措施及应急处理预案。该应急预案包括：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、条件保障以及事后处理程序等，其内容较全、措施具体，针对性较强、便于操作，在应对放射性事故和突发性事件时基本可行，环评要求将本项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，并做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备。

3、一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地环境保护主管部门及省级环境保护主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

通过以上分析，本报告认为旺苍怡馨康养有限责任公司在一一落实各项环保设施和措施后，可具备新增使用1台医用直线加速器的综合管理能力。

表 13 结论与建议

## 结论

### 一、项目概况

**项目名称：**新增使用医用直线加速器项目

**建设单位：**旺苍县怡馨康养有限责任公司

**项目性质：**本项目医用直线加速器为新增设备。根据现场踏勘，本项目设备使用场所为主体建筑修建时预留，项目新增医用直线加速器尚未安装使用。

#### **建设内容与规模：**

本项目位于旺苍县东河镇新桥村三、四组（原广旺矿务局职工总医院）旺苍康养医院医疗综合楼建设时预留的医用直线加速器机房，在机房内新增 1 台医用直线加速器（属 II 类射线装置），其主要参数为：X 射线：6MV，1m 处最高剂量率：600cGy/min；电子线：4、6、8、10MeV，电子线最大剂量率 600cGy/min。

### 二、本项目产业政策符合性分析

根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正），本项目属于第一类鼓励类（第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”）项目，符合国家现行产业政策。

### 三、本项目选址及平面布置合理性分析

本项目位于医院内，项目运营期对周围环境影响较小。本评价认为其选址和平面布置是合理的。

### 四、工程所在地区环境质量现状

旺苍县怡馨康养有限责任公司本次新增使用医用直线加速器项目拟建址周围环境辐射剂量率在 121nSv/h~124nSv/h 之间，与广元地区天然贯穿辐射水平调查结果相比较，均未见异常。

### 五、环境影响评价结论

#### 1、辐射环境影响分析

经模式预测，在正常工况下，对辐射工作人员造成的附加有效剂量低于 5mSv/a 的职业人员剂量管理限值；对公众造成的附加有效剂量低于 0.1mSv/a 的公众人员剂量管理限值。

## 2、废水的环境影响分析

本项目使用的射线装置不产生废水，不会对周围水环境造成影响。

## 3、大气的环境影响分析

本项目在采取通风换气后，不会对周围大气环境造成明显影响。

## 4、固体废物影响分析

本项目不会产生危险废物和放射性固废，对周围环境无影响。

## 5、声环境影响分析

本项目工作场所产生的噪声较小，不会对周围的声学环境产生影响。

## 6、事故风险与防范

医院应制订内容较全面、措施可行的安全规章制度，认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。医院拟制定的应急预案需按环评提出的要求进行完善。

## 7、环保设施与保护目标

医院设计的环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的保护目标所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

## 8、医院辐射安全管理的综合能力

医院需成立辐射安全管理机构，人员落实，责任明确，医技人员配置合理，考试（核）合格，建立辐射事故应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对拟建医用辐射设备和场所而言，医院在一一落实设计的环保设施和相关的法律法规的要求后，即具备辐射安全管理的综合能力。

## 项目环保可行性结论

综上所述，旺苍县怡馨康养有限责任公司新增使用医用直线加速器项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

## 建议和承诺

(1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

(2) 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。

(3) 定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报省环保厅，报送内容包括：

- ①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- ②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- ③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- ④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；
- ⑤辐射事故及应急响应情况；
- ⑥存在的安全隐患及其整改情况；
- ⑦其它有关法律、法规规定的落实情况。

(4) 一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级主管单位和四川省环保厅。

(5) 医院在更换辐射安全许可证之前，注册并登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mep.gov.cn>），对医院所用射线装置的相关信息进行填写。

## 2、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。本工程竣工环境保护验收一览表见表13-1。

表 13-1 环境保护设施验收一览表

项目		设施（措施）
医用直线加速器	辐射屏蔽措施	6MV 医用直线加速器屏蔽机房 1 座
	安全装置	治疗室门与束流联锁（门-机联锁）装置 1 套
		视频监控系统及对讲装置 1 套
		准备出束音响装置 1 套
		工作状态指示灯（门-灯联锁）1 套
		紧急开门装置 1 套
		紧急停止按钮 1 套
		入口电离辐射警告标志 1 个
个人防护用品	个人剂量计 8 个	

		个人剂量报警仪 4 台
		辐射巡测仪 1 台
	通排风系统	通进风系统 1 套

**表 14 审批**

下一级环保部门预审意见：

经办人

公章

年 月 日

审批意见

经办人

公章

年 月 日