

**核技术利用建设项目**

**福建省福州肺科医院 1 台直线加速器项目**

**环境影响报告表  
(公示本)**

**福建省福州肺科医院**

**二〇二一年五月**

**原环境保护部监制**

# **核技术利用建设项目**

## **福建省福州肺科医院 1 台直线加速器项目**

### **环境影响报告表**

建设单位名称：福建省福州肺科医院

通讯地址：福州市仓山区上渡街道湖边 2 号

邮政编码：350008

# 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	12
表 3 非密封放射性物质 .....	12
表 4 射线装置 .....	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	14
表 6 评价依据 .....	15
表 7 保护目标与评价标准 .....	17
表 8 环境质量和辐射现状 .....	25
表 9 项目工程分析与源项 .....	30
表 10 辐射安全与防护 .....	36
表 11 环境影响分析 .....	45
表 12 辐射安全管理 .....	65
表 13 结论与建议 .....	71
表 14 审批 .....	76

附件 1 委托书

附件 2 辐射安全许可证

附件 3 辐射安全管理机构

附件 4 福建省福州肺科医院放射工作相关管理制度

附件 5 辐射事故应急预案

附件 6 辐射培训合格证书（部分）

附件 7 外照射个人剂量检测年度报告

附件 8 放射工作人员职业健康检查表（部分）

附件 9 直线加速器机房辐射防护方案

附件 10 辐射环境检测报告

附件 11 建设项目环评审批基础信息表

# 表 1 项目基本情况

建设项目名称	福建省福州肺科医院 1 台直线加速器项目				
建设单位	福建省福州肺科医院				
联系人	***	联系电话	***		
注册地址	福州市仓山区上渡街道湖边 2 号				
项目建设地点	福州市仓山区上渡街道湖边 2 号福建省福州肺科医院医技大楼				
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	***%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (平方米)	97.47
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		
其它					

## 1.1 建设单位情况

福建省福州肺科医院又名福建省福州结核病防治院，创建于 1952 年，建院六十多年来，不忘初心，不懈努力，成为一所集医疗、预防、科研、教学为一体的现代化三级甲等专科医院，主要诊疗特色为呼吸系统领域常见病、多发病和疑难危重疾病及其它相关疾病的诊断和治疗。医院是全省结核病、呼吸疾病、肺部肿瘤、肺部外科等诊疗、科研与教学中心，承担福建省、福州市肺部疾病会诊任务，是福建省烈性呼吸道传染性疾病的定点收治单位。

医院占地 180 多亩，建筑面积 70000 多 m<sup>2</sup>，医疗用房 40000 多 m<sup>2</sup>，院区绿化面积占总面积 60%，院内绿树成荫、花香四溢，被福州市委、市政府授予“花园式单位”荣誉称号。医院开放床位 570 张，全院职工 639 人，其中卫技人员 478 人，高中级职称 166 人，硕士以上学历 27 人。全院设有 9 个临床科室、内外 ICU、14 个医技科室和一个综合门诊部，平均年门诊近 40 万人次，平均年住院 1.5 万人次。

## 1.2 项目建设内容与项目由来

为提高医院服务质量及服务水平，满足广大患者就医的需要，福建省福州肺科医院拟开展放射诊疗工作，计划于医技大楼地下一层新增 1 台 15MV 医用电子直线加速器。本项目配套的 CT 模拟定位机位于直线加速机房东侧（已办理环评登记表备案，尚未装机）。计划购置设备参数详见表 1.2.1。

**表 1.2.1 本项目射线装置基本情况**

序号	射线装置	型号	数量	类别	最大能量	剂量率	使用场所	备注
1	医用直线加速器	待定	1	II 类	X 射线最高能量：15MV 电子最高能量：20MeV	600cGy/min	医技大楼地下一层直线加速器机房	新建

本项目为新建项目，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》以及《建设项目环境保护管理条例》等法律法规，应对建设项目进行环境影响评价。直线加速器属于 II 类射线装置，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）的规定，本项目辐射工作的种类和范围为使用 II 类射线装置，需编制环境影响报告表。因此，福建省福州肺科医院于 2021 年 1 月委托福建省金皇环保科技有限公司对福建省福州肺科医院 1 台直线加速器项目进行环境影响评价工作。

我司接受委托后，派技术人员到现场进行调查和资料收集，在完成污染源分析等工作的基础上结合本项目的特点，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求编制完成了《福建省福州肺科医院 1 台直线加速器项目环境影响报告表》。本次环境影响评价重点是对项目在建设和运营过程中可能产生的环境影响进行分析，并在此基础上提出相应的环境保护措施，为生态环境主管部门和建设单位提供环境保护管理的依据。

### 1.3 原有核技术应用项目许可情况

福建省福州肺科医院原有核技术利用项目情况：使用 CT、数字拍片机、移动 X 线摄影机等 8 台 III 类射线装置。

医院现有辐射安全许可证内容为“使用 III 类放射源装置”，证书编号为“闽环辐证[00217]”（见附件 2）。院内射线装置均已进行环境影响登记表备案。医院核技术应用项目许可情况见表 1.3.1。

**表 1.3.1 医院已许可射线装置一览表**

序号	设备名称	机器型号	分类	数量	使用场所	活动种类	备注
1	CT	西门子 64 排	III 类射线装置	1	CT 室	使用	已环评、已许可
2	128 排双源螺旋 CT	Somatom Definition FLASH		1	CT 室		
3	数字拍片机	Multix Select		1	放射科		
4	移动 X 线摄影机	JXM300		4	病房		
5	移动 X 线摄影机	Mobilett Mira Max		1	病房		

### 1.4 原有核技术应用项目辐射安全管理及防护情况

#### (1) 辐射防护管理制度

福建省福州肺科医院成立了以副院长\*\*\*为组长的辐射安全防护管理小组，制订了《辐射事故应急预案》、《放射防护管理制度》、《放射工作人员健康监护档案管理制度》、《放射工作人员教育培训制度》、《个人剂量监测与档案管理制度》、《卫生防护知识培训与档案管理制度》、《职业健康检查与档案管理制度》等辐射防护管理制度，并严格遵守执行。

#### (2) 辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康监护档案情况

福建省福州肺科医院共计 30 名辐射工作人员，现有工作人员的培训合格证书见附件（部分辐射培训合格证书见附件 6）。

福建省福州肺科医院已为辐射工作人员配备了个人剂量计，由专人负责收集个人剂量计，并委托有资质单位承担个人剂量监测工作，监测频度为 90 天 1 次；每季度的个人剂量检测结果和每两年的个人体检报告均存档备案。

根据福建省一准医学检测科技发展有限公司提供的《外照射个人剂量检测年度报告》（2019 年 9 月至 2020 年 8 月），辐射工作人员个人剂量监测年统计结果中年总

有效剂量最大值为 0.6mSv（王洁，女），低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的辐射工作人员剂量管理值的要求。

根据福建医科大学附属福州市第一医院 2021 年 1 月出具的《放射工作人员职业健康检查表》，福建省福州肺科医院工作人员进行体检人数共 30 人，已体检人员均未检出异常，可继续从事放射工作。

### （3）辐射工作场所监测情况

在设备正常运行状态下，每年委托有监测资质的单位对工作场所及周围辐射环境剂量率进行监测，监测频次为 1 次/年，并将监测数据记录存档。根据医院已提交的 2020 年度辐射工作场所检测报告，该院辐射场所监测未出现超标情况。

### （4）辐射监测仪器和防护用品配备情况

医院现已为医护人员和受检者配备了必要的个人防护用品，包括铅衣 7 件、铅三角巾 2 件、铅帽 7 件、铅围脖 7 件等。

### （5）辐射工作管理情况

医院原有核技术利用项目为 III 类射线装置，院方已制定《辐射事故应急预案》。据调查，截止目前，福建省福州肺科医院使用的射线装置正常运行，未发生辐射事故；院方已制定本年度辐射应急演练计划，并适时开展。

## 1.5 项目地理位置和周边概况

### 1.5.1 项目地理位置

本项目位于福州市仓山区上渡街道湖边 2 号，福建省福州肺科医院医技大楼地下一层西侧，项目周边最近敏感点为东北侧 48m 处湖边村居民楼，医院地理位置及其周边环境现状分布见图 1.5-1 所示。

### 1.5.2 辐射工作场所及周边关系

福建省福州肺科医院医技大楼位于院区东南部，其北侧 6m 处为医院病人食堂，东北侧 48m 处为湖边村居民楼，南侧 24m 处为门诊大楼，西南侧 40m 处为 3 号病房楼，西侧 31m 处为 2 号病房楼，西北侧 48m 处为 6 号病房楼。

本项目直线加速器装置设置于医技大楼地下一层西侧直线加速器机房，其北侧为土壤层，东侧为工作室、控制工作室与 CT 模拟室（配套），东南侧为设备间和候诊大厅，南侧为登记处、备用间（仓库）和配电室，西南侧为楼梯道，西侧为治疗设备

室，机房顶棚上方为院内花圃，无地下二层。

本项目直线加速器项目评价范围为机房边界外 50m 范围内，其保护目标分布见图 1.5-2，医技大楼地下一层局部平面布局见图 1.5-3，现场照片见图 1.5-4。

## **1.6 项目选址及合理性分析**

本项目直线加速器机房位于医技大楼地下一层最西端，位置相对独立，设备有单独的固定机房，与周边非放射性工作场所隔开，满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）中“治疗机房一般设于单独的建筑或建筑物底层的一端”的要求。在辐射工作场所四周墙体及顶棚采用的屏蔽防护有效、机房设置通风装置正常运行的条件下，对周围环境影响不大，综上所述，项目作业与其他科室不交叉，按照设计的防护措施，项目运行时对周围环境辐射影响小。因此，项目选址是合理的。

## **1.7 项目建设必要性**

直线加速器是利用微波电场对电子进行加速，可以产生 X 辐射和（或）电子辐射束。高能 X 射线具有高穿透性、较低的皮肤剂量、较高的射线均匀度等特点，适用于治疗深部肿瘤。电子束具有一定的射程特性，穿透能力较低，用来治疗浅表肿瘤。直线加速器现已成为一些疾病的首选治疗方法，在治疗方案构成中具有其必要性和重要性。

## **1.8 实践正当性**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补可能引起的辐射危害时，该实践是正当的。

射线装置的应用在医疗诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。医用电子直线加速器具有最佳输出能量、开关方便、大照射野可调、均匀性好、半影区小、对病人产生的副作用小和疗效显著等特点，在医院治疗中广泛使用。

为提高医院服务质量及服务水平，满足广大患者就医的需要，福建省福州肺科医



院拟开展放射诊疗工作，计划购置 1 台医用直线加速器，用于开展医疗、教学、科研，提高医疗服务体系水平，为病人提供更方便、快捷、专业的治疗，更好的服务于社会。

福建省福州肺科医院 1 台直线加速器项目对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

## **1.9 国家产业政策符合性分析**

根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本）（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 29 号），本项目属于“鼓励类”中“十三、医药”中的“5、……高端放射治疗设备……”以及“三十七、卫生健康”中的“5、医疗卫生服务设施建设”项目，因此本次直线加速器项目符合国家产业政策。

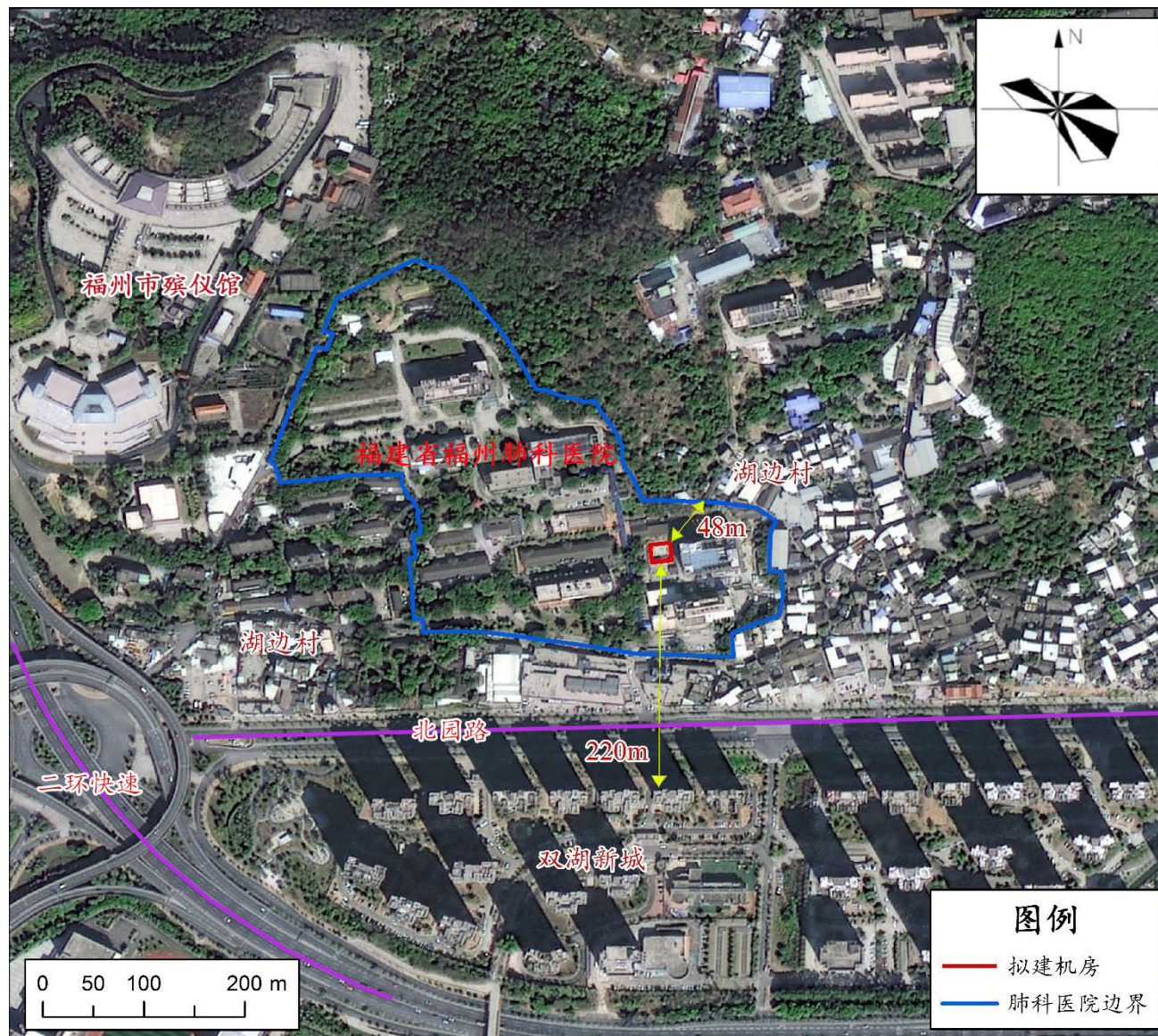


图 1.5-1 福建省福州肺科医院地理位置及其周边环境现状分布图

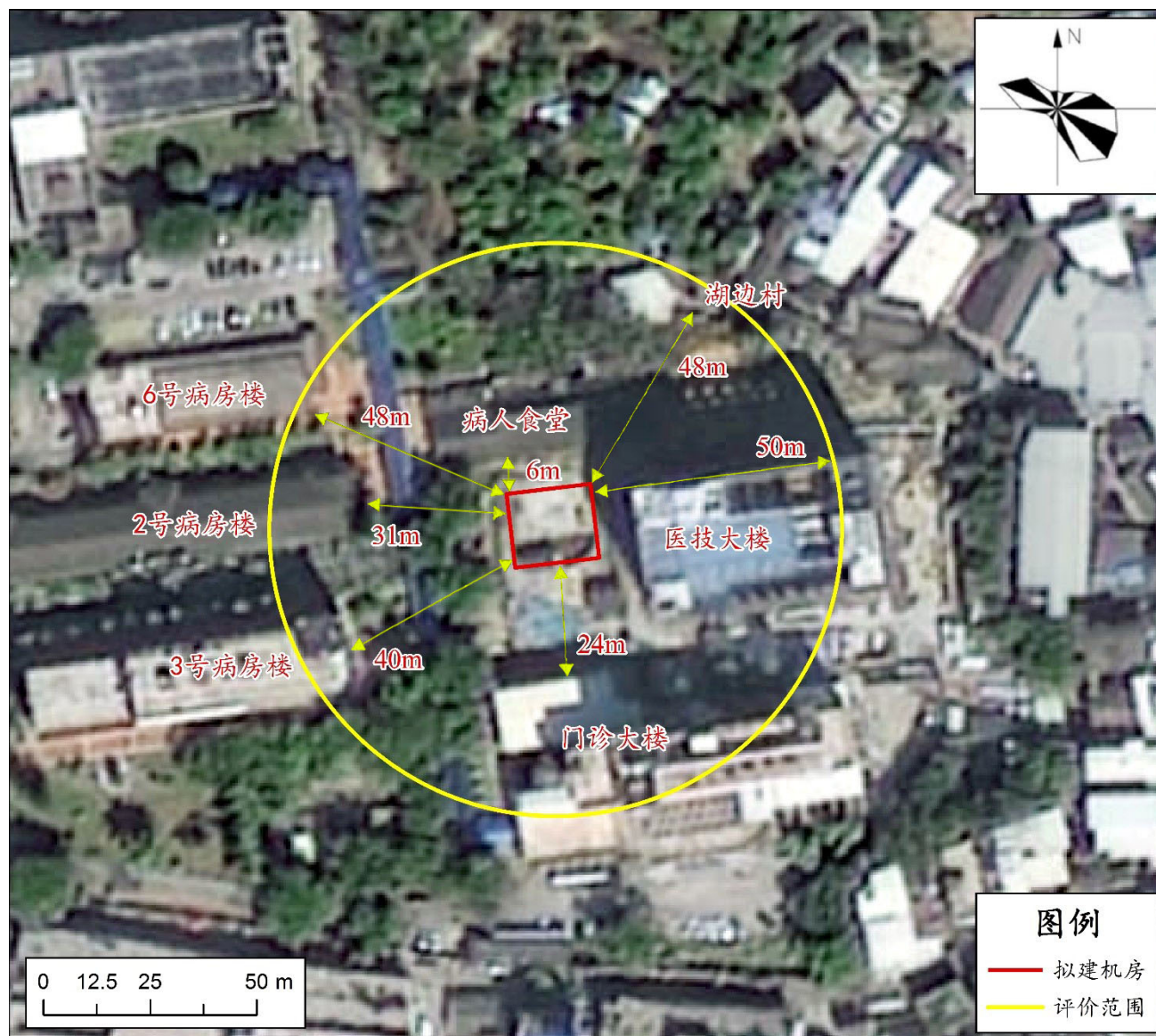
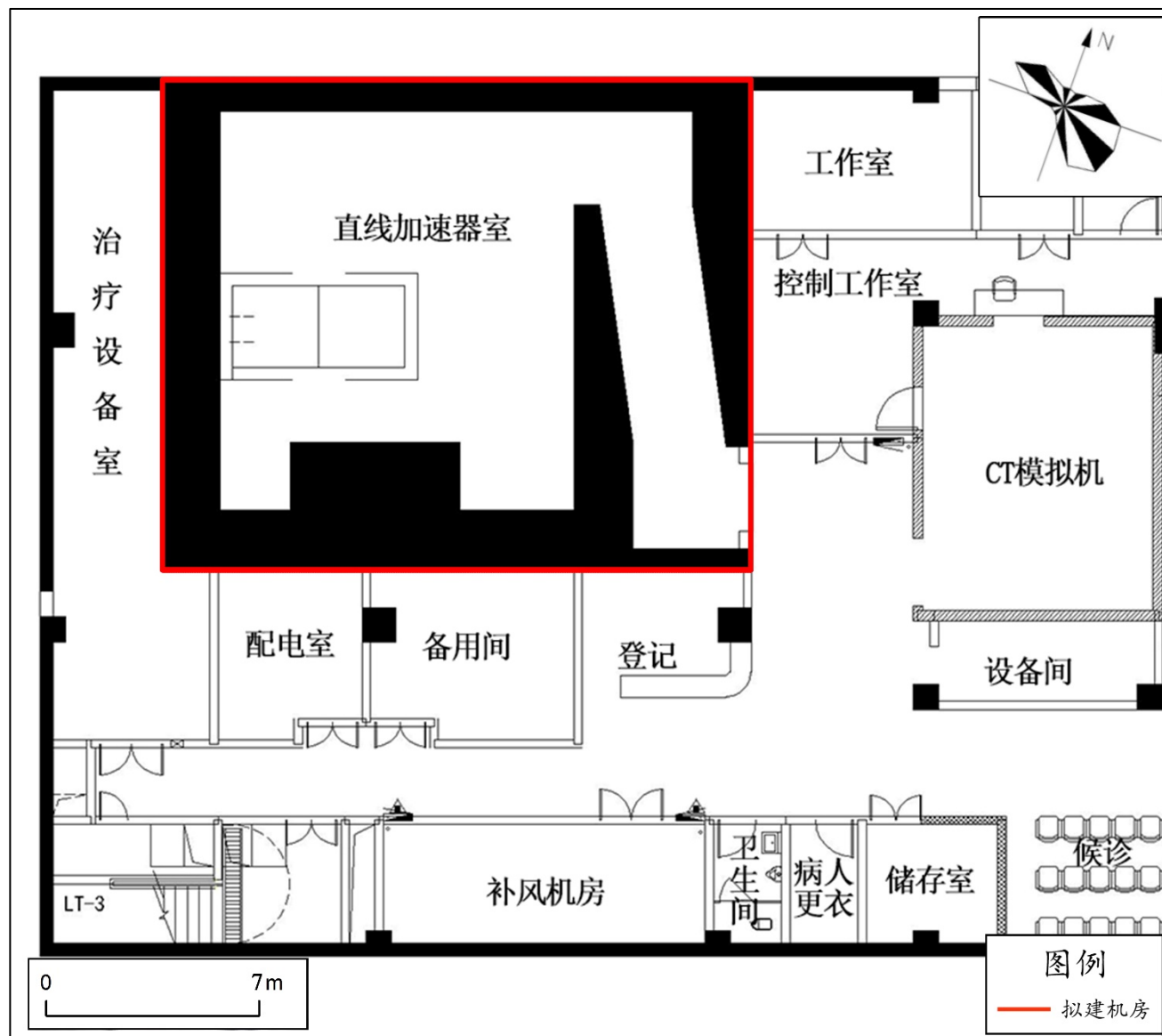


图 1.5-2 福建省福州肺科医院直线加速器项目评价范围及保护目标图



**图 1.5-3 福建省福州肺科医院医技大楼地下一层局部平面图**



**本项目直线加速器机房现状**



**配套的 CT 模拟定位机机房**

**直线加速器机房东侧**



**直线加速器机房南侧**



**直线加速器机房顶棚花园**



**医技大楼**

**机房顶棚花园**

**医技大楼**



**北侧医院病人食堂**



**南侧门诊大楼**



**西南侧3号病房楼**



**西侧2号病房楼**



**东北侧谢边村居民楼**

**图 1.5-4 福建省福州肺科医院现状照片**

**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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	医用电子直线加速器	II类	1	待定	电子	X射线最高能量： 15MV 电子最高能量： 20MeV	治疗等中心处剂量率 最大值为 360Gy/h	医疗 诊治	医技大楼地下一层直 线加速器机房	/

(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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	通过机房排风系统排入大气	排入大气，臭氧在20~30分钟左右可自动分解
直线加速器退役期（含废靶辅助过滤装置等感生放射性部件）	固体	/	/	/	/	/	/	厂家回收

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》，2015年1月1日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，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》，2003年10月1日实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019年3月2日修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，2017年10月1日实施；</p> <p>(6) 《关于发布射线装置分类》的公告，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；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2021年1月1日实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011年5月1日；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2019年8月22日修订；</p> <p>(10) 《放射工作人员职业健康管理办法》，2007年11月1日；</p> <p>(11) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》，环办函[2006]629号，2006年9月27日；</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》，环发[2006]145号，2006年9月26日；</p> <p>(13) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，中华人民共和国环境保护部办公厅，环办辐射函[2016]430号，2016年3月7日；</p> <p>(14) 《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》中华人民共和国生态环境部，2019年12月23日；</p> <p>(15) 《产业结构调整指导目录》（2019年本）；</p> <p>(16) 《福建省环境保护条例》，2012年3月31日修订；</p> <p>(17) 《福建省环保厅关于印发&lt;核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲&gt;（试行）的通知》（闽环保辐射[2013]10号）；</p>
<p>技</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p>

<p>术 标 准</p>	<p>(2) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；</p> <p>(3) 《电离辐射监测质量保证一般规定》(GB 8999-1988)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)；</p> <p>(5) 《环境地表<math>\gamma</math>辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)；</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)；</p> <p>(7) 《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/T 201.2-2011)；</p> <p>(8) 《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>(9) 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)；</p> <p>(10) 《室内空气质量标准》(GB/T 18883-2002)；</p> <p>(11) 《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)；</p> <p>(12) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 委托书；</p> <p>(2) 医院放射诊疗操作规程、辐射安全管理制度、个人剂量检测报告等相关资料；</p> <p>(3) 福建省福州肺科医院提供的加速器机房建筑结构设计图、以及与建设项目相关的技术资料；</p> <p>(4) 福建省福州肺科医院辐射安全许可证；</p> <p>(5) 辐射工作人员培训合格证书；</p> <p>(6) 福建拓普检测技术有限公司出具的检测报告。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

本项目使用 II 类射线装置，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》（HJ/T 10.1-2016）中，“射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）……”，根据本项目特点，本项目评价范围确定为：直线加速器机房实体屏蔽物外 50m 范围内，见图 1.5-2。

### 7.2 保护目标

本项目评价范围及保护目标见图 1.5-2 和 1.5-3，本项目辐射环境评价范围内最近敏感点为东北侧 48m 处湖边村居民楼，范围内无学校等敏感目标分布，评价范围内保护目标主要为辐射工作人员、医护人员及周边的公众等。

本项目直线加速器机房所在楼层平面图见图 7.2-1，直线加速器机房环境保护目标情况见表 7.2.1。

**表 7.2.1 直线加速器机房环境保护目标一览表**

序号	保护目标名称		方位	距离 (m)	规模	保护要求 (mSv/a)
1	控制室职业人员		东侧控制工作室	-	约 6 人 <sup>①</sup>	5 <sup>②</sup>
	工作室职业人员		东侧工作室	-		
2	机房四周的公众	其他医护人员、其他工作人员、病人及病人家属	东侧 CT 模拟室	4	约 5 人	0.25 <sup>②</sup>
			东南侧设备间	5	约 1 人	
			东南侧候诊大厅	-	约 10 人	
			南侧登记处	-	约 1 人	
			南侧备用间 (仓库)	-	约 1 人	
			南侧配电室	-	约 1 人	
			西南侧楼梯道	6	流动人群 约 10 人	
			西侧治疗设备室	-	约 1 人	
			顶棚院内花圃	机房顶棚上方	流动人群 约 10 人	
			北侧医院病人食堂	6	约 100 人	
			东北侧湖边村居民楼	48	约 5 人	
			东侧医技大楼	7	约 100 人	
			南侧门诊大楼	24	约 100 人	
			西南侧 3 号病房楼	40	约 50 人	
西侧 2 号病房楼	31	约 100 人				
西北侧 6 号病房楼	48	约 10 人				

注：①直线加速器机房东侧控制工作室与工作室均为本项目工作人员活动区域；

②《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 及本评价要求。

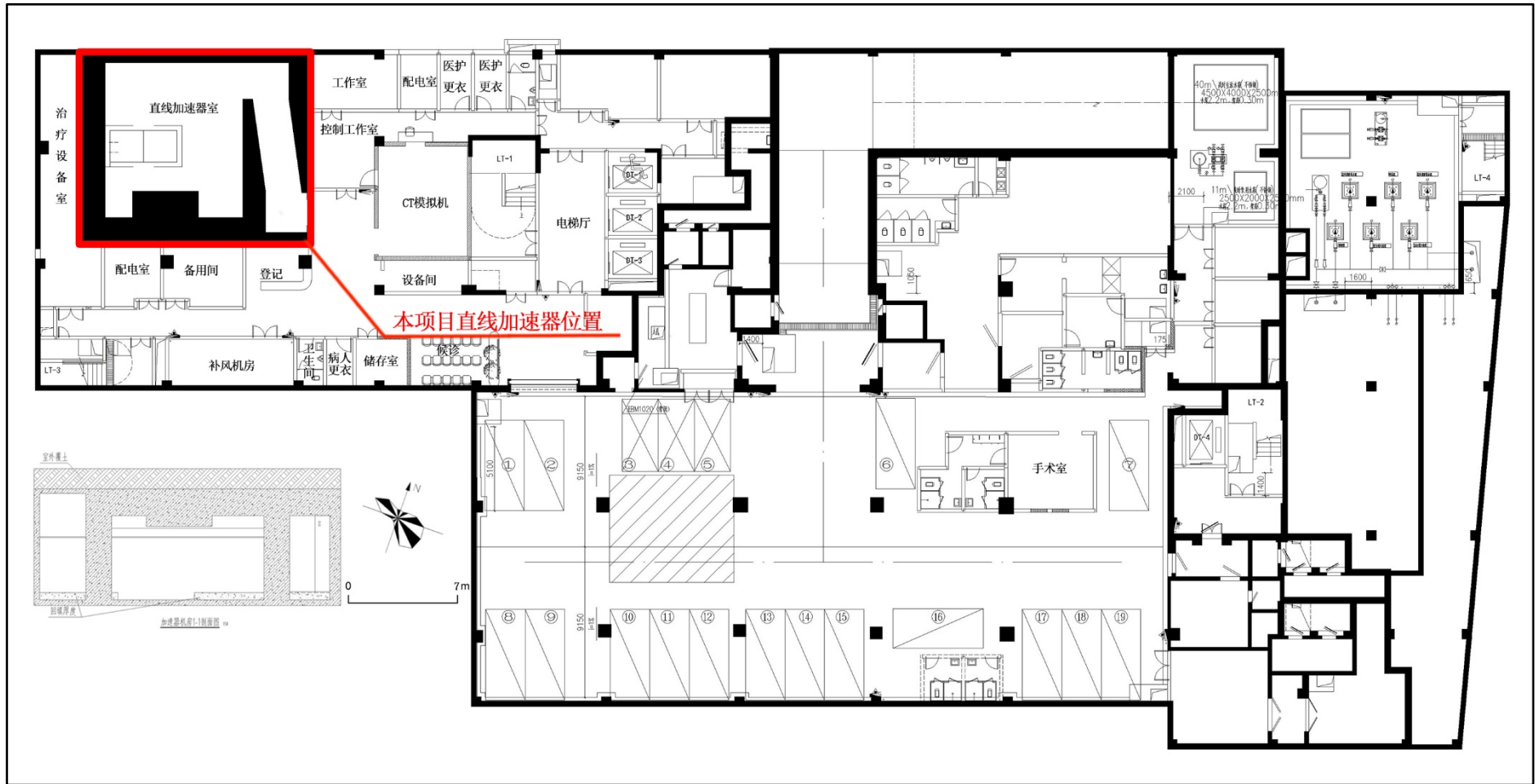


图 7.2-1 直线加速器所在楼层平面图

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

#### (1) 剂量限制

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

#### B1.1 职业照射

##### B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；本项目取其 1/4 即 5mSv 作为管理限值。

#### B1.2 公众照射

##### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

年有效剂量，1mSv；参考“第 11.4.3.2 款剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，通过综合考虑项目周边情况以及结合医院年度辐射工作场所检测报告情况，本项目取 1mSv 的 1/4，即 0.25mSv 作为管理限值。

本项目辐射环境影响评价标准具体见表 7.3.1。

**表 7.3.1 本项目辐射环境影响评价标准 单位：mSv/a**

分类	GB 18871-2002 剂量限值	剂量约束值
职业照射	20	5
公众照射	1	0.25

### 7.3.2 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）

#### 6 工作场所放射防护要求

##### 6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其



辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

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

6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

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

6.1.5 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。

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。

## 6.2 空间、通风要求

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

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

## 6.3 屏蔽要求

### 6.3.3 屏蔽材料

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

## 6.4 安全装置和警示标志要求

### 6.4.1 监测报警装置

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

### 6.4.2 联锁装置

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

### 6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

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

### 6.4.4 急停开关

6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

### 6.4.6 视频监控、对讲交流系统

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

## 7.3.3 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》

### **(1) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)**

关于治疗机房一般屏蔽要求，医院电子直线加速器机房设计应满足如下要求：

1) 治疗机房一般设于单独的建筑或建筑物底层的一端。治疗机房的坐落位置应考虑周围环境与场所的人员驻留条件及其可能的改变，并根据相应条件确定所需要的屏蔽；

2) 治疗装置控制室与治疗机房分离；

3) 直接与治疗机房相连的宽束治疗装置的控制室和其他居留因子较大的用室，应尽可能避开有用束可直接照射到的区域；

4) 治疗机房以混凝土为屏蔽体时，应一次整体浇筑并有充分的震捣，以防出现裂缝和过大的气孔；

5) 穿过治疗机房墙的管线孔（包括通风、电器、水管等）应避开控制台等人员高驻留区，并采用多折曲路，有效控制管线孔的辐射泄漏。

### **(2) 《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/T 201.2-2011)**

本项目直线加速器机房结构属于 4.3.2.1 款中的图 2（L 型迷路，有用线束不向迷路照射）类型。

#### 4.2.1 治疗机房外关注点的剂量率参考控制水平：

治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量参考控制水平应不大于下述a)、b)和c)所确定的剂量率参考控制水平  $c_c$ ：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，可以依照附录 A（标准中的附录），由下列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  $c_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

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

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

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  $c_{c,max}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

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

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

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

#### 附录 A.2.1 单一辐射

有用线束在关注点的周剂量参考控制水平为  $H_c$  时，该关注点的导出剂量率参考控制水平  $c_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 见下式：

$$c_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$$

式中： $t$  ——治疗装置周治疗照射时间，h；

$U$  ——有用线束向关注点位置的方向照射的使用因子；

$T$  ——人员在相应关注点驻留的居留因子。

#### 4.2.2 治疗机房顶的剂量控制要求

治疗机房上方已建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射原点至机房顶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的高层建筑物中人员驻留处，辐射剂量率参考控制水平同上；

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

### 7.3.4 其他相关环保标准

(1) 大气污染物排放标准

①施工期大气污染物执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）表 2 中的标准，标准限值见表 7.3.2。

**表 7.3.2 大气污染物排放限值（摘录）**

序号	污染物	无组织排放浓度限值	
		监控点	浓度（mg/m <sup>3</sup> ）
1	颗粒物	周界外浓度最高点	1.0

②运营期直线加速器治疗机房内，执行《工作场所有害因素职业接触限值第一部分化学因素》（GBZ 2.1-2019）和《室内空气质量标准》（GB/T 18883-2002）中标准，具体标准限值见表 7.3.3。

**表 7.3.3 大气污染物标准限值（摘录）**

污染物	浓度限值	标准
臭氧	最高容许浓度（MAC）0.30mg/m <sup>3</sup>	《工作场所有害因素职业接触限值第一部分化学因素》（GBZ 2.1-2019） 《室内空气质量标准》（GB/T 18883-2002）中标准
臭氧	0.16mg/m <sup>3</sup> （1 小时平均值）	
二氧化氮	0.24mg/m <sup>3</sup> （1 小时平均值）	

(2) 噪声排放标准

项目施工期场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011），标准限值见表 7.3.4。

**表 7.3.4 建筑施工场界环境噪声排放限值 单位：dB（A）**

昼间	夜间
70	55

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目的地理和场所位置

本项目位于福州市仓山区上渡街道湖边 2 号，福建省福州肺科医院医技大楼地下一层西侧直线加速器机房，其北侧 6m 处为医院病人食堂，东北侧 48m 处为湖边村居民楼，南侧 24m 处为门诊大楼，西南侧 40m 处为 3 号病房楼，西侧 31m 处为 2 号病房楼，西北侧 48m 处为 6 号病房楼。

项目地理位置见图 1.5-1，周边环境情况见图 1.5-2，机房所在楼层情况见图 1.5-3 和图 7.2-1。

### 8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

为掌握项目所在地的辐射环境质量现状，本次评价委托福建拓普检测技术有限公司（CMA 编号：171320340310）于 2021 年 1 月 22 日对本项目工作场所及其周围环境进行 X- $\gamma$ 辐射剂量率、中子辐射剂量率背景水平调查。

(1) 现状评价的对象：本项目工作场所及周围环境辐射水平。

(2) 监测因子：X- $\gamma$ 辐射剂量率、中子辐射剂量率。

(3) 监测点位：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）中有关布点原则和方法，并结合本项目的实际情况，对项目所在辐射工作场所周围布置 10 个监测点位，其中 7 个 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测点位，3 个中子辐射剂量率监测点位，监测点位见表 8.2.1 和图 8.2-1、8.2-2。

**表 8.2.1 X- $\gamma$ 辐射剂量率背景水平调查点位及检测结果一览表**

点位	位置	监测项目	检测均值 (nGy/h)
X1	本项目直线加速器机房处	X-γ辐射剂量率	***
X2	本项目直线加速器机房东侧		***
X3	本项目直线加速器机房南侧		***
X4	本项目直线加速器机房西侧		***
X5	本项目直线加速器机房上方花圃		***
X6	门诊大楼前		***
X7	2号病房楼前		***
Z1	本项目直线加速器机房东侧	中子辐射剂量率	***
Z2	本项目直线加速器机房南侧		***
Z3	本项目直线加速器机房西侧		***

注：表中检测结果均为扣除宇宙射线响应值。

#### (4) 检测方法、检测仪器及检测条件

本次检测方法依据《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)。

本次检测仪器为BG9512P型便携式多功能射线检测仪和2241-4型中子测量仪，仪器参数见表8.2.2。

**表 8.2.2 检测使用的仪器、参数及检测条件**

仪器名称	便携式多功能射线检测仪	中子测量仪
仪器型号	BG9512P型(BG7030塑料闪烁体)	2241-4
生产厂家	中广核贝谷科技股份有限公司	美国 LudLum
量程	主机：剂量当量率：0.01μSv/h~30mSv/h BG7030塑料闪烁体：吸收剂量率 (0.001μGy/h~200μGy/h)；	0~100mSv/h
能量范围	25keV~7MeV	热到 12MeV
相对基本误差	不超过±15%	不超过±20%
能量响应误差	不超过±30%	不超过±20%
工作温度	-10~50℃	-20~50℃
工作湿度	≤90%RH(40℃)	/
检定单位	中国计量科学研究院	中国计量科学研究院
检定证书编号	DLj12020-05940	DLj12020-00318
有效日期	2020.8.14至2021.8.13	2020.4.9至2021.4.8

### 8.3 质量保证

监测时质量保证措施如下：

(1) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用，本次监测仪器均

在检定有效期内；

- (2) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性，同时满足标准要求；
- (3) 每次测量前、后检查仪器的工作状态是否良好，并用检验源对仪器进行校验；
- (4) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持合格证书上岗；
- (5) 由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录；
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对校核，最后由技术总负责人审定。

## 8.4 监测结果及评价

监测结果详见表 8.2.1，检测报告见附件 10。

从表 8.2.1 可知，本项目室内的点位（Z1~Z3）中子辐射剂量率均显示未检出。位于室内的点位（X1~X4）X- $\gamma$ 辐射剂量率在 149.0~177.8nGy/h 之间，位于室外的点位（X5~X7）X- $\gamma$ 辐射剂量率在 127.6~160.1nGy/h 之间。参照《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995 年）中，福州市室外（含原野及道路）辐射环境本底范围值 30.1~161.7nGy/h，室内辐射环境本底范围值 89.9~231.0nGy/h。对比结果显示，本项目所在地及工作场所的 X- $\gamma$ 辐射剂量率处于正常环境本底水平。

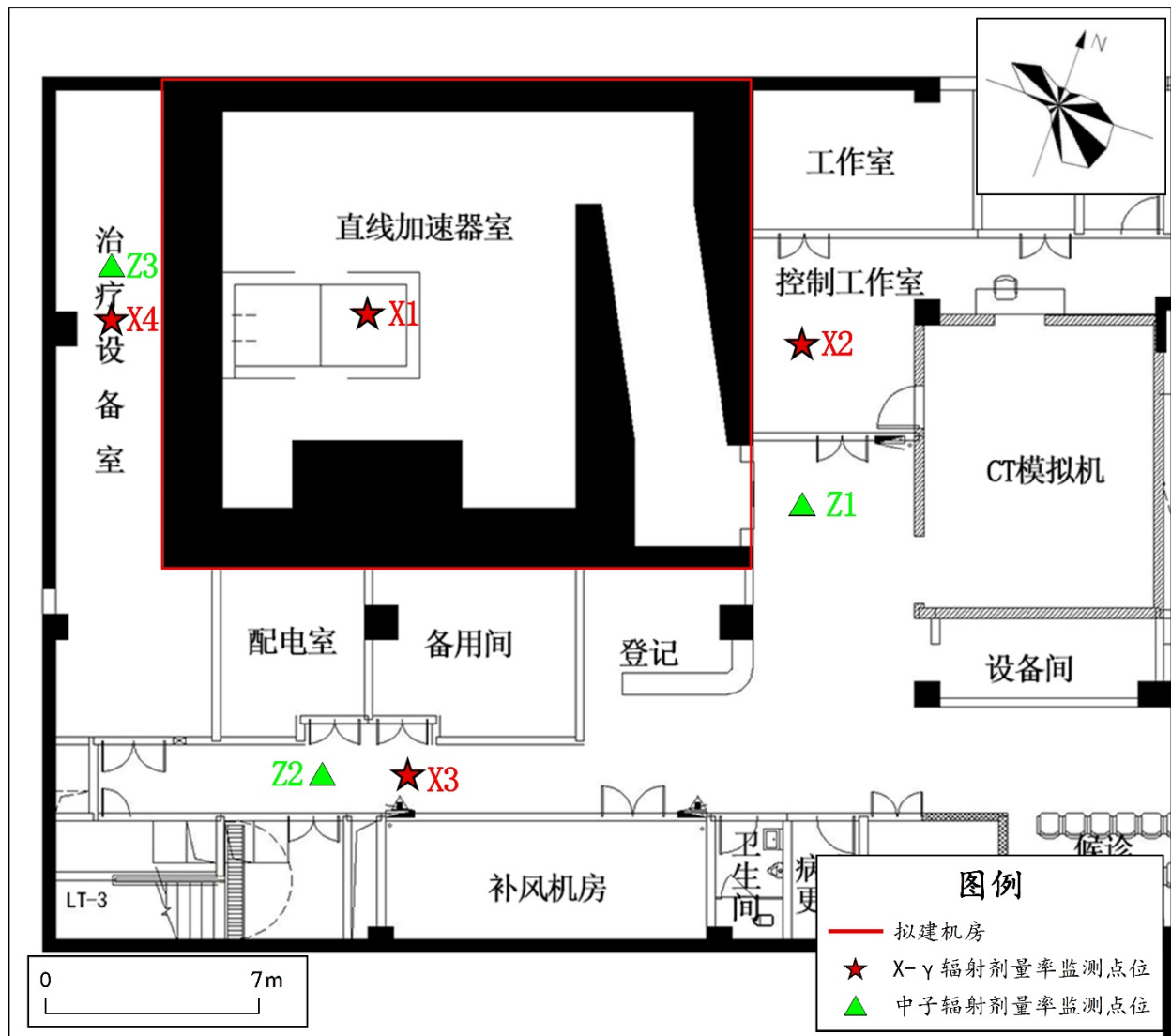


图 8.2-1 本项目背景水平调查点位分布图（直线加速器机房局部）



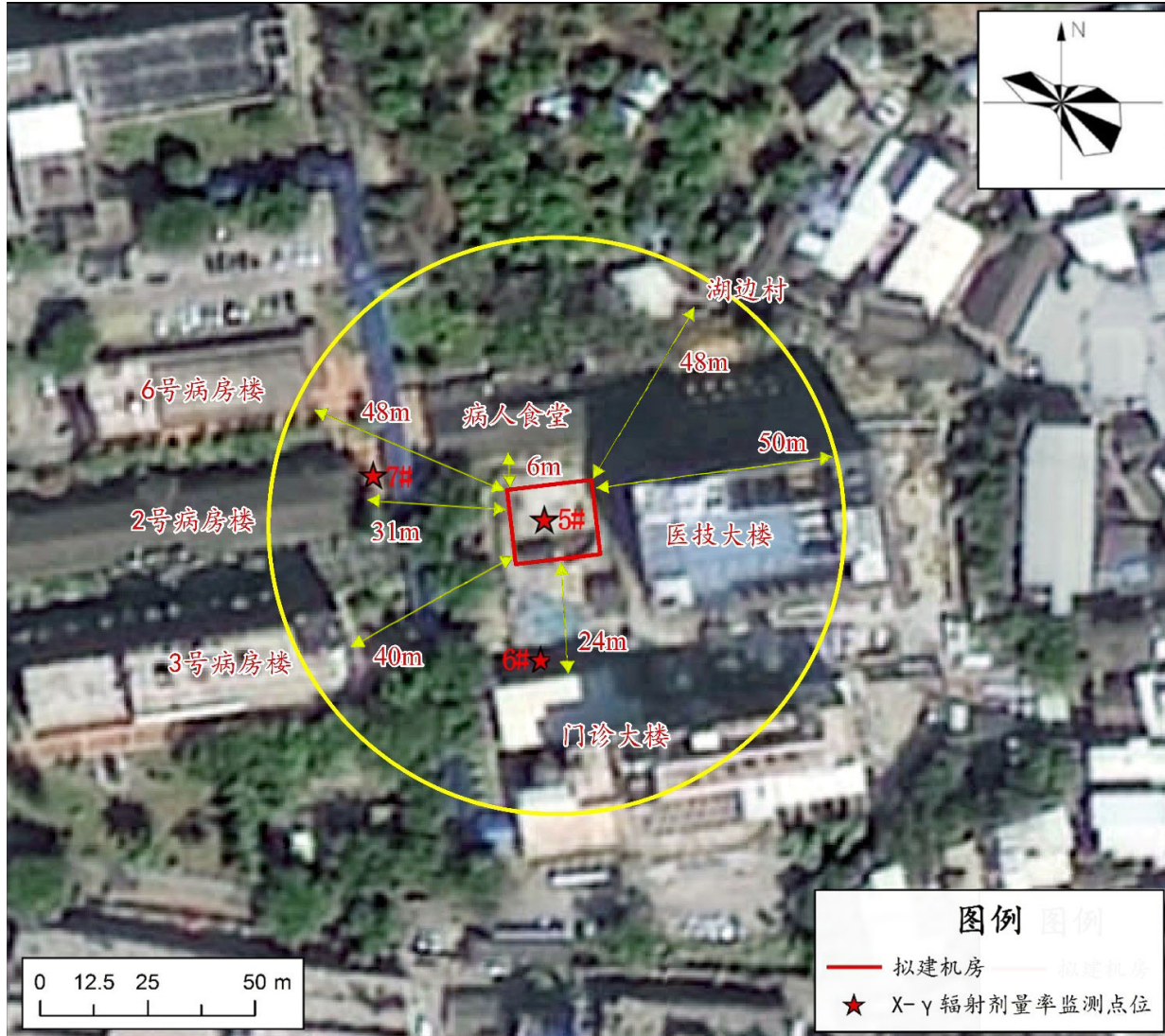


图 8.2-2 本项目背景水平调查点位分布图（外环境关系）

## 表9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### 9.1.1 直线加速器工作原理、工艺流程

##### (1) 设备结构及组成

医用电子直线加速器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。医用电子直线加速器示意图见图 9.1-1。

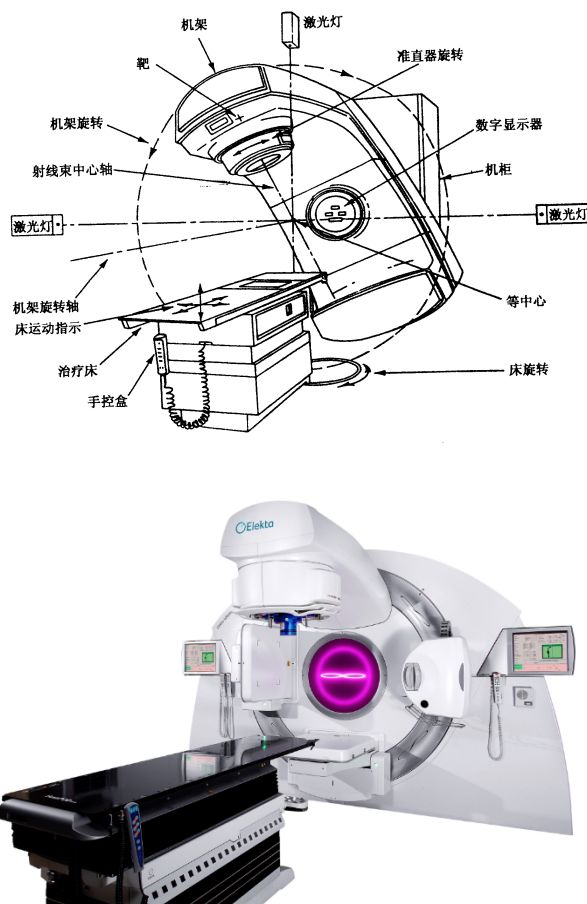


图 9.1-1 医用电子直线加速器物理结构图

##### (2) 工作原理

放射疗法是 X 射线、 $\gamma$ 射线或高能电子束等放射线照射癌组织，由于放射线的生物学作用，能大量的杀伤癌细胞，破坏癌组织，使其缩小。其原理是依据大量的放射线所带的能量可破坏细胞的染色体，使细胞停止生长，所以可用于对抗快速生长分裂的癌细胞。放射治疗最常作为直接或间接治疗癌症的方式。由于细胞对放射线的敏

感性，是在分裂期最高，在 DNA 合成期其敏感性最低，因此放射疗法可以减少损伤周围正常组织，仅是对异常增殖的癌肿给予大量的杀伤，使其缩小，同时机体又再次尽可能发挥最大的调节功能。

医用直线加速器是现实放疗的最常见的设备之一，是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。其工作原理为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，经调制、准直后射向患者病灶；或者通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线（其最大能量为电子束的最大能量），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线束，最后到达患者病灶实现治疗目的。

因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。

加速器机头可围绕等中心（肿瘤）作 360° 旋转，等中心与加速器靶（即辐射源）距离 100cm，由光阑控制照射野大小。最大照射野 40cm×40cm，实际照射野根据肿瘤大小和形状而定，一般小于 20cm×20cm。医用电子直线加速器具有最佳输出能量、开关方便、大照射野可调、均匀性好、半影区小、对患者产生的副作用小和疗效显著等特点，是目前对肿瘤进行放射治疗的主要技术手段之一。

### （3）工作流程及产污环节

#### 1) 工作流程

①进行定位：先通过 CT 模拟定位机（已进行环境影响登记表备案）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，调整照射角度及射野；

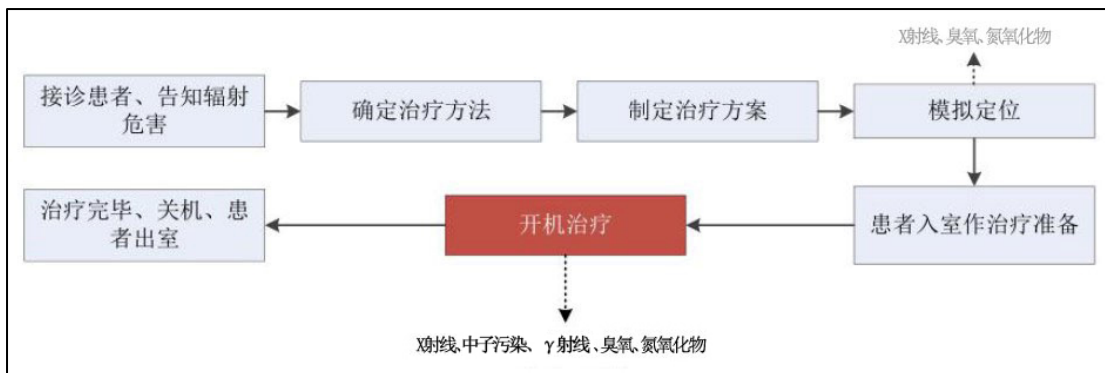
④确认无其他人员滞留：确认各类按钮工作正常后，医生退出治疗机房，关闭防护门，按照医疗方案调好出束时间、角度、剂量，开机治疗。工作流程见图 9.1-2。

#### 2) 产污环节

电子直线加速器电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶的阻止而产生高能 X 射线，贯穿能力极强，运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。当直线加速器在 10MV 以上的条件下工作时，加速器产生的 X 射线或电子线，与物质作用可

能发生光致核反应 ( $\gamma, n$ )，产生中子和感生放射性物质，中子在慢化、吸收过程中都将放出 $\gamma$ 射线，引起缓发辐射。此外，空气中的  $O_2$  和  $N_2$  分别在 X 射线的作用下生成自由基，易转化为  $O_3$  和  $NO_x$ ，它们是与辐射相关的非辐射危害因素。

本次福建省福州肺科医院使用的电子直线加速器 X 射线最大能量为 15MV，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2001) 和《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)，X 射线能量超过 10MV 的加速器，需考虑中子辐射及中子俘获 $\gamma$ 射线。因此，在开机期间，主要污染因子是 X 射线、电子线、中子污染、 $\gamma$ 射线、臭氧和氮氧化物。产污环节见图 9.1-5。



**图 9.1-2 医用电子直线加速器工作流程及产污环节**

(4) 本项目直线加速器工况

1) 设备参数

**表 9.1.1 直线加速器机房 15MV 加速器主要技术参数**

参数名称	参数值
型号	待定
能量	X 射线 $\leq$ 15MV 电子线 $\leq$ 20MeV
射线最大出射角	28° (等中心点每侧 14°)
源轴距 SAD	1m
距靶 1m 处最高剂量率	X 射线: 600cGy/min
最大照射野尺寸	40cm $\times$ 40cm
机架旋转角度	360°
等中心点离地高度	130cm
X 射线泄漏率	$\leq$ 0.1%

2) 直线加速器工作负荷

建设单位提供的工作量为每天治疗约 30 人次，每周工作 5 天，每年工作 50 周，

其中常规治疗放射量约占总放射量的 2/3，调强治疗放射量约占 1/3。常规放射治疗的患者治疗时间平均为 2min/人·次，调强放射治疗患者的治疗时间平均为 3min/人·次。加速器日治疗出束时间 70min，周治疗出束时间为 350min（5.8h），年治疗出束时间为 291.7h。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 建设阶段的污染源项

本项目辐射工作场所在建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，直线加速器机房是在福建省福州肺科医院医技大楼主体建筑上进行辐射防护改造，主要包括增加防护门，并对配套辅助用房等进行功能的分配及装修等，产生的环境影响主要是施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，有抑尘措施，施工期短，合理安排施工秩序，施工时间，本项目对周围敏感点的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

#### (1) 废气

本项目的环境空气影响主要是扬尘，由散装水泥和建筑材料运输等施工活动将产生。本项目的工程量小，产生的扬尘量很小。

#### (2) 噪声

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

#### (3) 废水

施工期有混凝土现浇工序，施工用水主要为混凝土搅拌及养护，这类生产废水量小，一般通过蒸发，不外排。其次，施工期会产生少量施工人员生活污水。

#### (4) 固体废弃物

本项目主要依托医技大楼主体建筑施工，工程量小，产生的建筑垃圾很少。

### 9.2.2 运行阶段污染源项

#### (1) 电离辐射

根据直线加速器的工作原理可知，只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线、

电子线、中子、 $\gamma$ 射线的产生，X射线、电子线、中子、 $\gamma$ 射线是本项目主要污染因子。

1) 主射线辐射：当加速器中光阑完全打开时，从辐射头靶射出的X射线为一个半角为 $14^\circ$ 的锥形线束，其能量最大为15MV。主射线是唯一用于治疗目的的射线，又称有用线束。

2) 漏射线辐射：由靶向外从各个方向上穿过辐射头泄漏出来的射线为漏射线。漏射线遍布机架各处，因此漏射线辐射源到任一点的距离会因为机架角度不同而异。

3) 散射线辐射：当主射线射入治疗台上的人体时，会产生散布于各个方向上的次级散射辐射，这种散射线只有比主射线低得多的能量和剂量率，此剂量率决定于被照区域，初级射线能量和散射角度。

4) 中子、 $\gamma$ 射线：直线加速器在10MV以上的条件下工作时，加速器产生的X射线或电子线，与物质作用可能发生光致核反应( $\gamma, n$ )，产生中子和感生放射性物质，中子在慢化、吸收过程中都将放出 $\gamma$ 射线，引起缓发辐射。

#### (2) 放射性固体废物

本项目运行过程中产生的放射性固体废物为直线加速器在退役时产生的加速器废靶、辅助过滤装置等感生放射性部件等，由厂家回收处置，总重量约为13t。

#### (3) 气体废物

由医用电子直线加速器电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物相互作用时将产生高能X射线，使周围物质电离、激发，与空气作用产生臭氧和氮氧化合物等气体对周围环境造成污染。

(4) 废水：本项目不产生医疗废水，项目废水主要为工作人员的生活污水，生活污水依托医院污水处理设施，处理达标后排入市政污水处理管网，统一纳入金山污水处理厂处理。

(5) 固废：本项目固废主要为工作人员产生的少量生活垃圾。生活垃圾分类收集后，定期交由环卫部门处置。

#### (6) 事故工况

本项目辐射工作场所可能发生的辐射事故为：

1) 工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗机房，加速器运行可能产生误照射。

2) 安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的加速器治疗机房，造成额外的照射。

3) 工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作, 控制台处操作人员误开机出束, 对工作人员造成辐射伤害。

4) 加速器控制系统出现故障, 照射不能停止, 病人受到额外照射。

5) 加速器维修期间, 设备维修工程师在检修期间误开机出束, 造成辐射伤害。

通过对可能发生的辐射事故分析, 在事故工况下 X 射线、电子线、中子及 $\gamma$ 射线是本项目主要污染因子。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 工作场所布局 and 分区

##### (1) 机房布局

本项目直线加速器装置设置于医技大楼地下一层西侧直线加速器机房，其北侧为土壤层，东侧为工作室、控制工作室与 CT 模拟室（配套），东南侧为设备间和候诊大厅，南侧为登记处、备用间（仓库）和配电室，西南侧为楼梯道，西侧为治疗设备室，机房顶棚为院内花圃，无地下二层。治疗机房内（不含迷路）使用面积 72.09m<sup>2</sup>，治疗机房入口处设置防护门和迷路。

##### (2) 工作场所分区

为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，应对项目划定控制区和监督区进行分区管理。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“6.4 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。”的要求。其定义为“控制区：需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。”

结合定义与现场实际，本次环评对控制区和监督区进行划分：

(1) 控制区：本项目直线加速器治疗机房内（含迷路）；

(2) 监督区：工作室、控制工作室、防护门外区域、登记室、备用间（仓库）、配电室以及治疗设备室，辐射工作场所分区示意图 10.1-1。

机房防护门上方安装射线装置工作状态指示灯，监督区和控制区外设置明显的放射性警告标识，机房、控制室采用钥匙和密码进出，以保证控制区内只有工作人员可以进入，监督区内限制无关人员进入，避免不必要的照射。

本项目直线加速器机房与医院其他各单元间分隔明确，不相互穿插、干扰。机房内设有迷路，设备有用线束不朝向防护门照射，射线通过有效屏蔽，对外环境人员影响很小。从满足安全诊疗和辐射安全与防护的角度来看，本项目辐射工作场所的平面布局和分区是合理的。



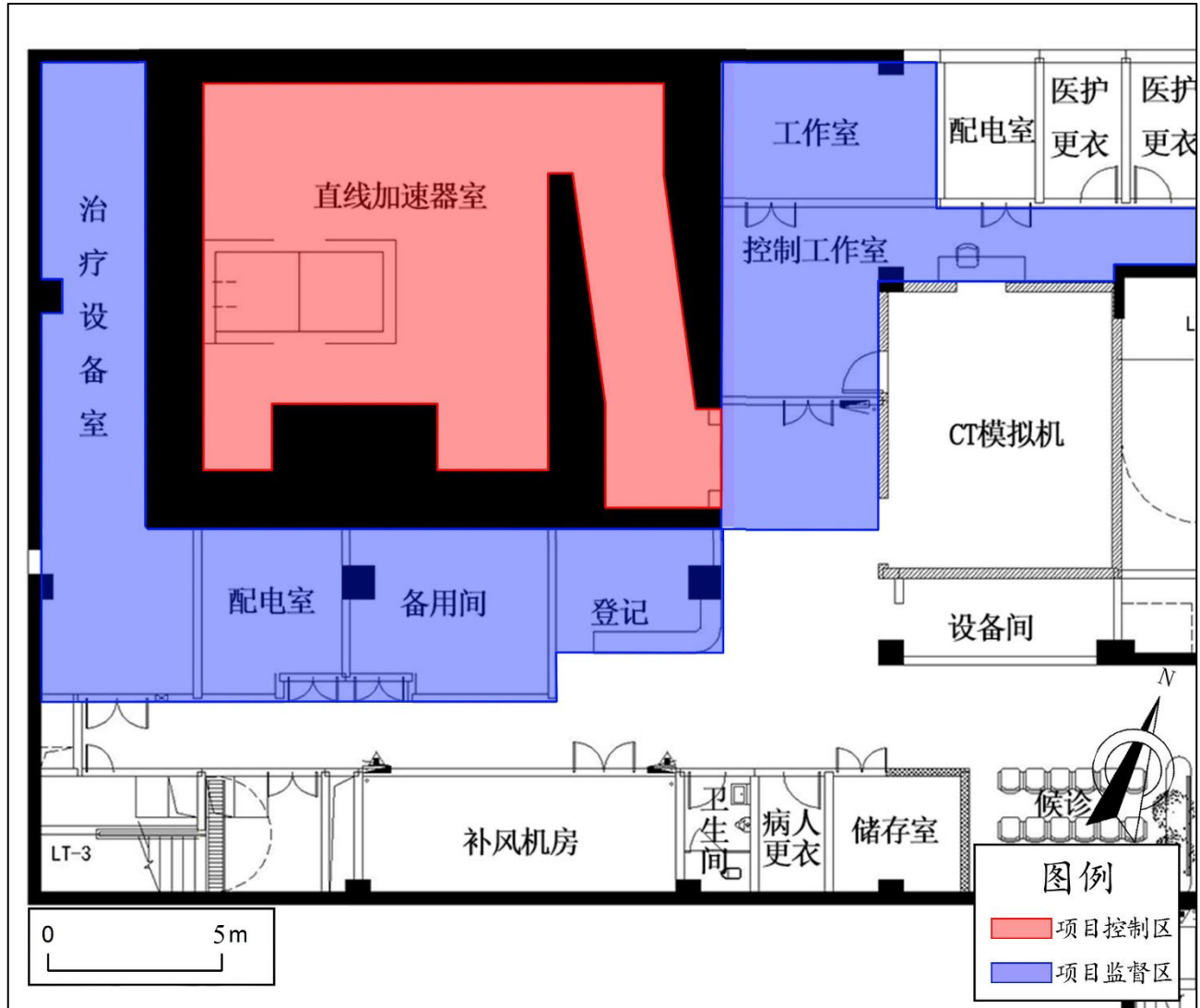


图 10.1-1 本项目分区情况示意图

## 10.2 工作场所辐射安全和防护

### 10.2.1 直线加速器机房结构

本项目直线加速器南北方向为主线束方向。治疗机房（不含迷路）南北内径长 9.40m（主防护墙之间的距离），东西内径宽 8.35m，使用面积 72.09m<sup>2</sup>。

治疗机房（含迷路）南北长 11.30m，东西宽 13.95m，机房占地面积 97.47m<sup>2</sup>，高 4.25m，容积约为 401.77m<sup>3</sup>。

在迷路设置排风系统，新风口位置位于在机房西侧吊顶内；机房内设置独立恒温湿空调，室内工作温度：21℃，湿度 50%，无冷凝水；排风次数 12~13 次/h。

直线加速器机房的屏蔽防护设计详见表 10.2.1。机房平面图见 10.2-1，机房剖面图见图 10.2-2。

**表 10.2.1 直线加速器机房的辐射防护屏蔽设计一览表**

辐射项目	屏蔽主体	主屏蔽防护情况	次屏蔽防护情况	
直线加速器	南墙	3000mm 混凝土	1400mm 混凝土	
	北墙	600mm 混凝土	/	
	西墙	/	1400mm 混凝土	
	东墙	迷路内墙	/	600~1400mm 混凝土
		迷路外墙	/	600~1400mm 混凝土
	顶棚	2050mm 混凝土+1100mm 覆土	1450mm 混凝土+1100mm 覆土	
	防护门	9mm 铅+100mm 含硼聚乙烯+9mm 铅		

注：混凝土密度为 2350kg/m<sup>3</sup>，夯实的覆土密度为 1600kg/m<sup>3</sup>。

### 10.2.2 主屏蔽墙及主防护顶宽度设计

依据《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/T 201.2-2011）初始束（等中心线）至屏蔽墙的宽度估算原则，主射束屏蔽宽度应为最大射野对角线长度再在每边各增加 30cm。

本项目医用直线加速器半张角为 14°，经计算，该加速器南、北主屏蔽墙宽度应大于 3.04m、3.34m，顶棚主防护顶宽度应大于 2.25m，本项目南、北主屏蔽墙宽度为 4.00m 和 8.35m，顶棚主防护顶宽度为 3.60m，因此可满足机房主屏蔽墙及主防护顶宽度设计要求。

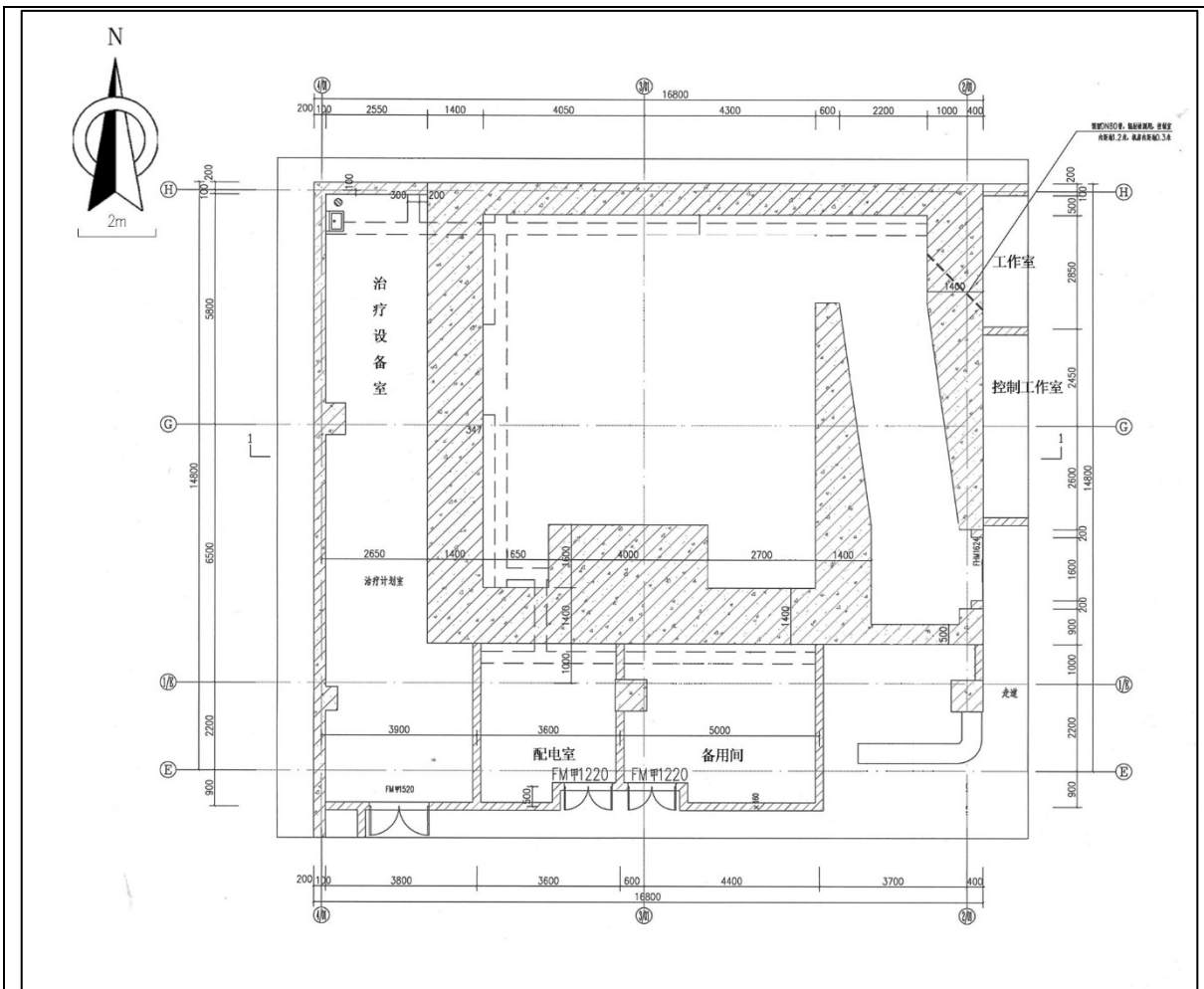


图 10.2-1 机房平面设计图

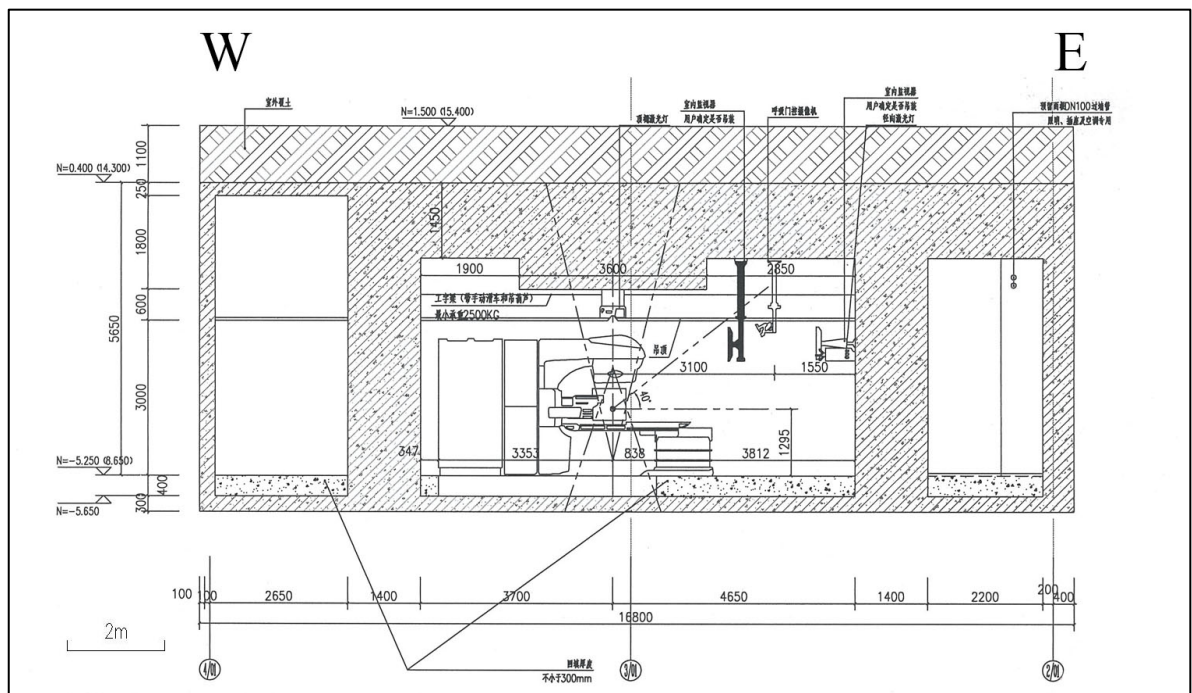


图 10.2-2 机房剖面设计图

### 10.2.3 直线加速器机房辐射安全防护措施

为保障电子直线加速器的安全运行，以及对工作人员和病人的辐射防护，本项目电子直线加速器机房设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

(1) 机房防护门上方设置工作状态指示灯，直线加速器开机使用时，指示灯亮起，并伴有音响提示；防护门上显著位置张贴电离辐射警示标志，以警示人员注意安全。

(2) 机房设置门—灯联动装置、门—机联动装置，只有在防护门关闭状态下且警示灯亮时才可进行照射，设备在出束过程中若防护门打开，设备自动停止出束。

(3) 机房和控制室内安装紧急停机按钮，分别设置在控制室的操作台上（1个）、加速器设备及治疗床上（2个）、治疗机房墙面（1个）和迷路墙面（1个），并有明显的标志，在人员误入机房或遇紧急情况时，按动紧急停机开关设备立即停止出束。紧急停止开关必须采用手动方式才能复位。控制室采用钥匙和密码进出，以防止非工作人员进入操作。

(4) 机房内安装视频监控系统，便于控制台前工作人员观察治疗机房、迷路内病人及医护人员的情况。

(5) 控制室与机房之间设置语音对讲装置，便于工作人员与机房内人员沟通。

(6) 机房内设置了排风和新风装置。机房内新风口设置在机房西北侧，管道尺寸为 500mm×250mm，进风量可达 2000m<sup>3</sup>/h。机房内排风口设置在机房东南侧，风管管道尺寸为 500mm×250mm，排风口距地面 300mm，排风引至医技大楼楼顶，通风量可达 2800m<sup>3</sup>/h。治疗机房内将设置独立恒温湿空调，位于西墙。通风系统每小时通风次数为 12~13 次。

机房内的管道包括送风排风管道以及电缆沟等，所有管道均设计为“斜 45 度”形管道或采用“Z”形埋管进入治疗机房，并采用与同侧墙体防护铅当量相同的材料进行封堵。对于在治疗机房内、外墙上嵌入式安装的电器（如配电箱、激光定位灯等）部位，嵌入式安装与同侧墙具有同等屏蔽效果的材料进行屏蔽补偿。直线加速器风管、电缆防护大样图见图 10.2-3。

(7) 治疗机房内安装 1 台固定式剂量报警仪，探头安装于迷路口，显示器安装于控制室内，同时配备 1 台便携式辐射监测仪和 1 台个人剂量报警仪。固定式剂量报警仪可对治疗机房内辐射空气吸收剂量率进行实时监测，报警仪设置安全阈值，当治

疗机房内的辐射空气吸收剂量率监测值超过设置阈值时进行报警。

(8) 电动防护门具有防夹人功能，停电时能够手动开启，使病人安全转移；治疗机房安装应急照明装置，设火灾自动报警装置和干粉灭火器等。

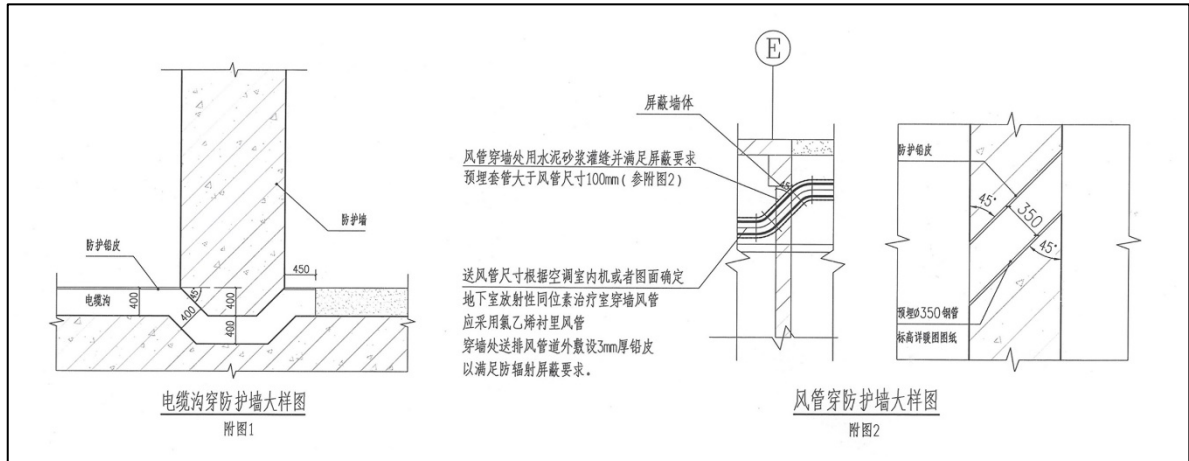


图 10.2-3 直线加速器风管、电缆防护大样图

#### 10.2.4 直线加速器机房人员的辐射安全和防护

##### (1) 时间防护

控制室内操作人员采取隔室操作方式，医务人员以及公众要尽可能的减少与辐射源的接触时间，通过限定辐射工作人员的工作时间、轮岗工作，降低在辐射场所的停留时间，减少不必要的辐射照射。

加强辐射工作人员的培训，严格按照治疗计划对病患进行照射，避免患者受到不必要的辐射照射。

##### (2) 配备防护用品

直线加速器在对病人进行照射时，将对病人病灶以外的部位用防护用品进行遮盖，避免病人受到不必要的辐射照射。

辐射工作人员进入加速器机房及控制室将佩戴个人剂量计，并携带个人剂量报警仪。此外，医院为直线加速器工作人员及患者配备个人防护用品，配备铅衣、铅帽、铅围脖、铅围裙、铅背心等辐射防护用品各 2 套、儿童用个人防护用品 1 套，能够有效降低工作人员和患者的辐射剂量。

##### (3) 直线加速器操作规程及防护制度

已制定相关直线加速器操作规程及防护制度，要求工作人员严格遵守操作规程进行操作。

### 10.3 辐射防护措施符合性分析

本项目直线加速器机房辐射防护措施，按环保部辐射安全与防护监督检查技术程序进行分析，并与《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中对直线加速器机房的防护设施的技术要求对照，均符合该标准要求，符合性分析情况见表 10.3.1 和表 10.3.2。

**表 10.3.1 直线加速器机房安全与防护设施设计要求**

序号	项目	检查内容	设计建造	备注
1*	A 控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	√	钥匙和密码
2*		控制台有紧急停机按钮	√	1 个
3*		电视监控与对讲系统	√	1 套
4*		治疗机房门与束流联锁	√	门机联锁
5		治疗机房内准备出束音响提示	√	蜂鸣音
6*	B 警示装置	入口电离辐射警告标志	√	标准电离辐射警告标志
7*		入口有加速器工作状态显示	√	工作状态指示灯
8	C 照射室 紧急设施	紧急开门按钮	√	迷道门内侧
9		紧急照明或独立通道照明系统	√	应急照明
10*		治疗机房内有紧急停机按钮	√	墙壁设 1 个
11*		治疗床有紧急停机按钮	√	治疗床 2 个
12	D 监测设备	治疗机房内有固定式剂量率仪	√	配置 1 台固定式剂量率仪
13*		便携式辐射监测仪器	√	配置 1 台便携式辐射监测仪
14*		个人剂量报警仪	√	配置 1 台个人剂量报警仪
15*		个人剂量计	√	每人 1 枚
16	E 其它	治疗机房内防夹人装置	√	电动防护门具有防夹功能
17		通风系统	√	设置了动力排风装置
18		火灾报警仪	√	屋顶火灾报警器
19		灭火器材	√	干粉灭火器

**表 10.3.2 直线加速器机房辐射防护措施符合性分析**

标准防护要求	本项目方案	符合性
治疗机房选址、场所布局和防护设计应符合 GB 18871 的要求，保障职业场所和周围环境安全。	医院直线加速器治疗机房位于医技大楼地下一层直线加速器主射线方向避开了控制室方向，机房由专业设计单位进行了设计。	符合
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 GBZT 201.1 的要求。	机房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进行了设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求进行了设计，辐射屏蔽设计符合 GBZT 201.1 的相关要求。	符合
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宜不大于 2.5 μSvh。	理论估算表明，医院直线加速器运行后，机房周边墙外 30cm 处的剂量率低于标准 2.5 μSvh 的要求。	符合
穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。	加速器机房在控制室侧墙体设有电缆沟，电缆沟位置避开了控制室操作台，出口处无人员长期停留。电缆沟采用下穿方式穿越侧屏蔽墙体，不影响其屏蔽防护效果。	符合
治疗机房和控制室之间应安装监视和对讲设备。	治疗机房和控制室之间设置监视和对讲设备。	符合
治疗机房应有足够的使用面积，新建治疗机房不应小于 45m <sup>2</sup> 。	本项目直线加速器机房治疗机房面积为 72.09m <sup>2</sup> 。	符合
治疗机房入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。	治疗机房入口设计了防护门和迷路，防护门与加速器将设置安全联锁装置。	符合
相关位置（例如治疗机房入口处上方等）应安装醒目的指示灯及辐射标志	机房防护门外将设置电离辐射警告标志和工作指示灯。	符合
治疗机房通风换气次数应不小于 4 次/h。	机房拟设置的空调机排风量为 2800m <sup>3</sup> /h（治疗机房体积 401.77m <sup>3</sup> ，含迷路），可保障治疗机房通风换气次数不低于 4 次/h。	符合

## 10.4 三废的治理

### 10.4.1 固体废物

本项目固废主要为加速器废靶件和工作人员产生的少量生活垃圾，生活垃圾经医院垃圾桶分类收集后定期清运；加速器靶物质（件）以及机头等金属部件由于受电子的轰击会产生较强的感生放射性，更换靶会产生含放射性废靶件，属于放射性废物，使用寿命与加速器寿命相当，由厂家回收处置。

### 10.4.2 氮氧化物及臭氧等废气

当医用直线加速器运行时会产生少量的废气，其主要成分为臭氧 O<sub>3</sub> 和氮氧化物 NO<sub>x</sub>，为了防止机房内的臭氧 O<sub>3</sub> 和氮氧化物 NO<sub>x</sub> 超标，建设单位拟在治疗机房内设置通风系统，通风量为 2800m<sup>3</sup>/h，并在迷路设置排风系统，通风量可达 2000m<sup>3</sup>/h。机

房的有效容积（含迷路）约 401.77m<sup>3</sup>，机房内的通风次数为 12~13 次/h，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。产生的臭氧 O<sub>3</sub> 和氮氧化物 NO<sub>x</sub> 通过机房的通风系统引至医技大楼楼顶排出，很快被空气对流、扩散作用稀释，对大气环境影响较小。

### 10.4.3 废水治理措施

本项目不产生医疗废水，项目废水主要为工作人员的生活污水。根据《福建省福州结核病防治院医技大楼环境影响报告书》，医技大楼的生活污水经化粪池后，接入院区门诊楼西侧 1#污水站处理。污水站采用“格栅集水池+厌氧调节池+兼氧反应池+好氧反应池+二沉池+消毒（过滤）池”工艺，处理规模为 500t/d。经污水处理站处理后的污水符合《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表 1 传染病、结核病医疗机构水污染物排放限值，并符合金山污水处理厂的进水水质要求后，排入市政污水处理管网，统一纳入金山污水处理厂处理。

## 10.5 环保投资

本项目总投资\*\*\*万元，环境保护投资共计\*\*\*万元，占本项目总投资额的\*\*\*%。详见表 10.5.1。

**表 10.5.1 医院直线加速器项目辐射防护措施符合性分析表**

类别	环保措施	投资估算（万元）
辐射防护设计施工	墙体及管道辐射防护处理	***
专用防护	直线加速器各分区防护门	***
	个人剂量计、便携式辐射监测仪、个人剂量报警仪、固定式剂量报警仪、个人防护用品等	***
通风设备	空气净化器、中央空调	***
合计		***



## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目拟在福建省福州肺科医院医技大楼地下一层新增 1 台 15MV 医用电子直线加速器。项目是在医技大楼主体建筑上进行辐射防护改造，主要包括增加防护门，并对配套辅助用房等进行功能的分配及装修等，以满足各工作场所的辐射屏蔽防护要求。项目施工期产生的环境影响主要是施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等。

本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，施工期短，约为 1 个月。施工期主要环境影响为噪声、扬尘、废水、固体废物等。

#### 11.1.1 施工噪声环境影响分析

机房装修电钻作业、设备安装等施工时产生间歇性噪声和振动，最大噪声级可达 85dB，医技大楼为新建，周边科室目前尚未启用，因此对其他科室影响较小。

为了降低施工噪声对周围环境的影响，满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的要求，本项目应通过文明施工，合理安排施工时间，加快施工进度；选择噪声级尽可能低的施工机械进行施工，对施工机械采取消声降噪措施；施工场所采取消声减振等措施，尽量将环境影响降低到最小。

#### 11.1.2 施工期扬尘影响分析

本项目位于医技大楼地下一层，施工过程中会产生少量的扬尘，其施工扬尘影响局限在医技大楼范围内，因此，要求合理安排施工时间，加快施工进度，通过缩短施工时间、封闭施工、洒水等相关措施，将对外环境扬尘影响降至最低。

#### 11.1.3 施工期废水影响分析

施工期污水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。

施工废水主要为混凝土搅拌及养护，这类生产废水量小，一般通过蒸发，不外排。

项目施工期间施工人员约 5 人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水 80L 计算，施工时间按 30 天计算，则施工期总用水量约为 12t（0.4t/d），污水排放量按用水量的 90% 计算，则生活污水总排放量约 10.8t。项目施工生活污水主要是依托现有设施

(卫生间)，通过下水管道排入医院污水处理设施处理达标后排放，对周围环境影响较小。

#### 11.1.4 施工期固体废物影响分析

本项目工程量小，项目施工期间固废主要为施工人员生活垃圾、少量建筑垃圾及施工废物料。施工期间，施工人员按 5 人计，生活垃圾量按 0.5kg/人·d 计算，则施工期内产生生活垃圾约 75kg (2.5kg/d)。生活垃圾分类收集至相应的垃圾箱，后交由环卫部门清运。

机房装修及设备安装过程将产生少量建筑装修垃圾、包装纸箱、泡沫填充物和废胶桶等。建筑装修垃圾由施工方统一交由有资质的渣土运输公司处置，包装纸箱等可回收利用的施工废物料应予以回收利用，废胶桶等由厂家回收，其他部分分类收集后交由环卫部门清运。

项目施工期环境影响只是一个短期效应，其影响将随着施工期停止而结束，施工过程中采取抑尘措施、合理安排施工秩序、施工时间等措施，尽量将环境影响降低到最小。因此，总体来说，本项目施工期对周围环境影响较小。

### 11.2 运营阶段对环境的影响

直线加速器运行阶段影响评价采用《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/T 201.2-2011) 标准中的相关计算公式进行理论估算。理论计算时，选取直线加速器机房四周墙壁（北侧土壤层不计）、顶棚外表面 30cm 处及迷路入口处作为预测点位。

治疗机房内加速器等中心点位置与机房主屏蔽范围内几何中心点位置 O 重合。参考 GBZ/T 201.2-2011 推荐方法设置的关注点位置示意图见图 11.2-1 和图 11.2-2。

#### 11.2.1 理论计算

(1) 有用线束主屏蔽区半宽度核算

$$Y_p=2[(a+SAD) \cdot \tan\theta+0.3] \quad \text{式 (11-1)}$$

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），即射线最大出射角的一半；

$a$ ——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出时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

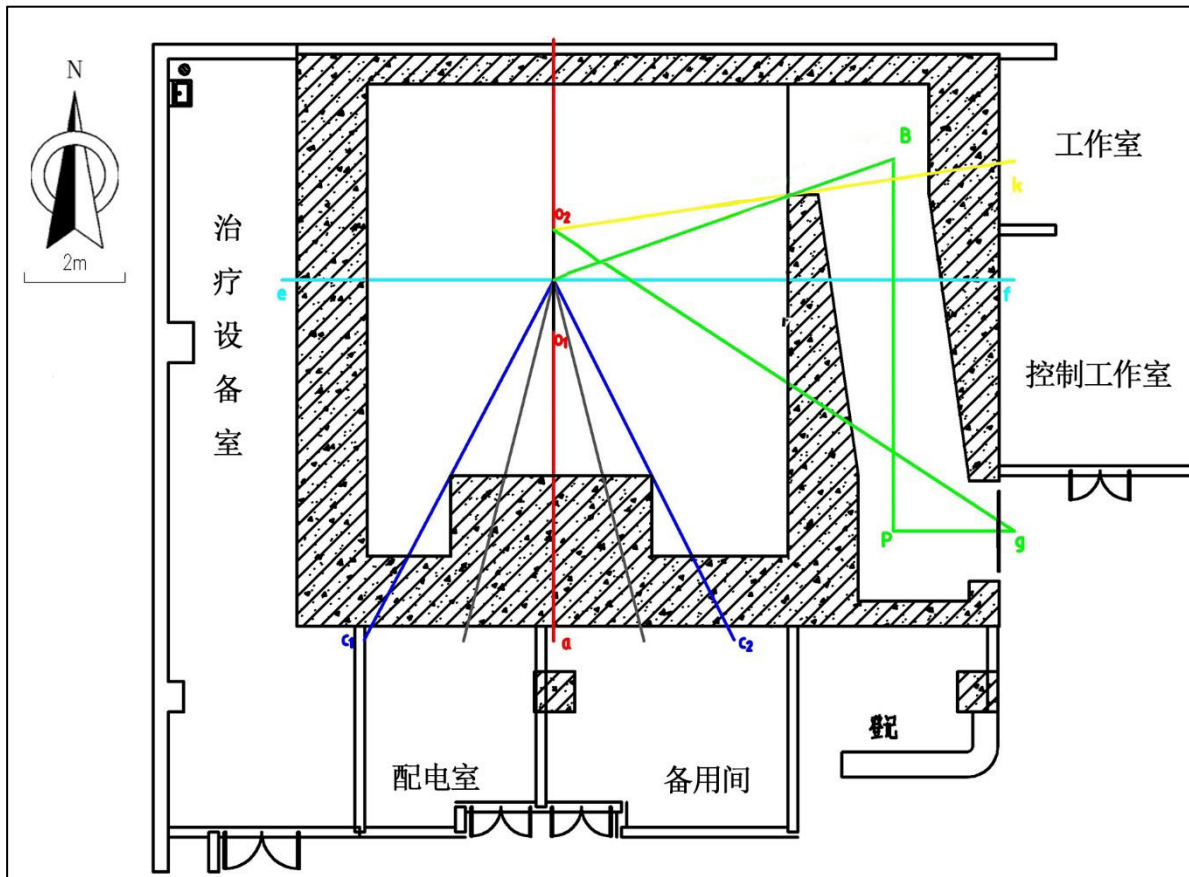
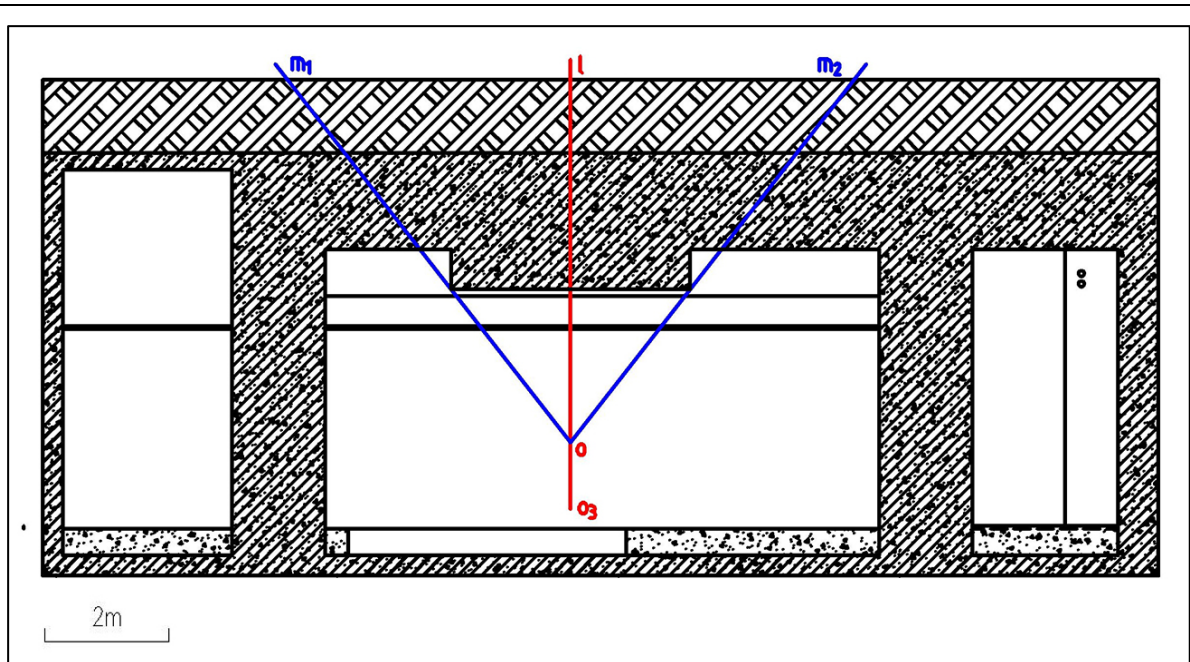


图 11.2-1 直线加速器机房关注点分布图（四周）



**图 11.2-2 直线加速器机房关注点分布图（顶棚）**

将各参数代入公式（11-1）得出本项目的主屏蔽宽度核算结果，结果见表11.2.1。

**表 11.2.1 直线加速器机房主屏蔽宽度计算参数及计算结果**

主屏蔽区	南墙主屏蔽区	顶棚主屏蔽区
SAD (m)	1	1
$\theta$ ( $^{\circ}$ )	14	14
a (m)	3.90	2.30
$Y_p$ 计算值	3.04	2.25
$Y_p$ 设计值	4.00	3.60
评价结果	满足	满足

从表 11.2.1 的预测结果可以看出，直线加速器机房主屏蔽区的实际设计宽度均大于理论计算值，有用线束主屏蔽区的宽度设计满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）的相关要求。

#### （2）剂量控制要求

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/T 201.2-2011）中“4.2 剂量控制要求”，计算治疗机房墙外、房顶和入口门外关注点的剂量率参考控制水平，详见 7.3.3 节。

单一辐射有用线束计算公式为：

$$H_{c,d} = \frac{H_c}{t \cdot U \cdot T} \quad \text{式 (11-2)}$$

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

$U$  —— 关注位置方向照射的使用因子；

$T$  —— 人员在相应关注点驻留的居留因子；

$t$  —— 治疗装置周治疗时间，h。

单一辐射泄漏辐射计算公式为：

$$H_{c,d} = \frac{H_c}{N \cdot t \cdot T} \quad \text{式 (11-3)}$$

式中： $N$  —— 强调治疗时用于泄漏辐射的调强因子，本项目  $N=5$ ；

其他因子同上式。分别估算主侧屏蔽区和次屏蔽区墙外剂量率参考控制水平，见表 11.2.2 和表 11.2.3。

**表 11.2.2 主、侧屏蔽区墙外剂量率参考控制水平**

关注点	南墙主屏蔽 (a 点)	屋顶主屏蔽 (1 点)	西墙侧屏蔽 (e 点)	东墙侧屏蔽 (f 点)	迷路外墙 外关注点 (k 点)	迷路口防 护门外 (g 点)
周剂量参考控制水平 $H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	5	5	5	5	5	5
治疗照射时间 $t$ (h)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
使用因子 $U$	0.25	0.25	/	/	/	/
调强因子 $N$	/	/	5	5	5	5
居留因子 $T$	1/16	1/8	1/16	1	1	1/8
导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	55.17	26.53	2.76	0.17	0.17	1.38
关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	10	2.5*	10	2.5	2.5	10
剂量率参考控制水平 $H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	10	2.5	2.76	0.17	0.17	1.38

注：北墙外为土壤层，故不计北墙外剂量率控制值；

\*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/T 201.2-2011) 第 4.2.2a) 中，本项目治疗机房旁医技大楼主楼的高度超过自然辐射源点到机顶内表面边缘所张立体角区域，距治疗机房顶外表面 30cm 处的最高剂量率可根据  $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  对关注点的剂量率参考控制水平  $H_c$  加以控制。

**表 11.2.3 次屏蔽区墙外剂量率参考控制水平**

关注点	南墙次屏蔽墙 (c <sub>1</sub> 、c <sub>2</sub> 点)	屋顶次屏蔽墙 (m <sub>1</sub> 、m <sub>2</sub> 点)
周剂量参考控制水平 H <sub>c</sub> (μSv/周)	2.5	2.5
治疗照射时间 t (h)	5.8	5.8
使用因子	0.25	0.25
调强因子 N	5	5
居留因子 T	1/16	1/8
散射辐射导出剂量率参考控制水平 H <sub>c, d</sub> (μSv/h)	28.74	27.59
泄漏辐射导出剂量率参考控制水平 H <sub>c, d</sub> (μSv/h)	1.44	0.66
关注点的最高剂量率参考控制水平 H <sub>c, max</sub> (μSv/h)	10	10
复合辐射剂量率参考控制水平 H <sub>c</sub> (μSv/h)	1.44	0.66

注：北墙外为土壤层，故不计北墙外剂量率控制值。

结合表 11.2.2、表 11.2.3 计算结果与《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/T 201.2-2011) 中“4.2.1 治疗机房外关注点的剂量率参考控制水平”的要求，从偏保守和安全考虑，本项目剂量率参考控制水平取较小值。其中，北墙外为土壤层，故不计北墙外剂量率控制值。

## 11.2.2 辐射环境影响分析

### 11.2.2.1 辐射工作场所辐射屏蔽预测分析

#### 1) 主屏蔽墙屏蔽效果预测 (a、l 点)

本项目加速器机房北墙外为土壤层，故本评价对北墙处的辐射屏蔽不进行预测分析。加速器机房主屏蔽区为有用线束照射方向，路径为 O<sub>2</sub>→a、O<sub>3</sub>→l，利用下列公式对初级辐射进行屏蔽计算：

$$H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{式 (11-4)}$$

$$B = 10^{-(X_c + TVL - TVL_1)/TVL} \quad \text{式 (11-5)}$$

式中：H——屏蔽体外关注点的剂量率，μSv/h；

H<sub>0</sub>——加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，3.6×10<sup>8</sup>μSv·m<sup>2</sup>/h (最大剂量率 600cGy/min 换算得，下同)；

$R$ ——辐射源点（靶点）至关注点的距离；

$f$ ——对有用束为 1，下同；

$X_e$ ——有效屏蔽层厚度，m， $X_e = X \cdot \sec\theta$ ；

$TVL_l$ （砼）——混凝土第一个什值层厚度（查 GBZ/T 201.2-2011，附录B，表 B.1），下同；

$TVL$ （砼）——混凝土平衡时的什值层厚度（查 GBZ/T 201.2-2011，附录B，表 B.1）；

根据院方提供的屏蔽材料和厚度，计算可得各计算点有效屏蔽层厚度，主屏蔽墙及屋顶计算参数及结果见表 11.2.4。

**表 11.2.4 主屏蔽墙及屋顶外辐射剂量率计算参数及结果**

参数名称	单位	关注点 a（南墙）	关注点 1（顶棚）
$H_0$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	$3.6\times 10^8$	$3.6\times 10^8$
$f$	/	1	1
$R$	m	***	***
$TVL_l$ （砼）	m	0.44	0.44
$TVL$ （砼）	m	0.41	0.41
$X_e$	m	***	***
$B$	/	***	***
$H$	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	***	***

## 2) 侧屏蔽墙屏蔽效果预测（e 点、f 点）

该区考虑泄漏辐射屏蔽，以位置 O 点为中心，路径为 O→e、O→f。泄漏辐射剂量率一般按初级辐射束的 0.1% 计，可利用公式（11-4）和公式（11-5）对 e、f 点泄漏辐射进行屏蔽计算。

侧屏蔽墙漏射辐射计算参数及结果见表 11.2.5。

**表 11.2.5 侧屏蔽墙泄漏辐射计算参数及结果**

参数名称	单位	关注点 e（西墙）	关注点 f（东墙）
$H_0$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	$3.6\times 10^8$	$3.6\times 10^8$
$f$	/	0.001	0.001
$R$	m	***	***
$TVL_l$ （砼）	m	0.36	0.36
$TVL$ （砼）	m	0.33	0.33
$X_e$	m	***	***
$B$	/	***	***
$H'$	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	***	***

3) 与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区屏蔽效果预测 (c、m 点)

由于 c、m 点为主屏蔽区与次屏蔽区直接相连区域的所受泄漏辐射和散射辐射剂量最大处，因此选取 c、m 点位参照点，初级辐射束不直接到达该屏蔽墙，屏蔽计算只考虑加速器装置头的泄漏辐射和来自患者体表的散射辐射。

① 散射辐射 (O<sub>2</sub>→O→c<sub>1</sub>、c<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>→O→m<sub>1</sub>、m<sub>2</sub>)

利用下列公式对患者体表的散射辐射进行屏蔽计算：

$$H_e = \frac{H_o \cdot a_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad \text{式 (11-6)}$$

式中：H<sub>e</sub>——屏蔽体外关注点的剂量率，μSv/h；

X<sub>e</sub>——次屏蔽墙的实际厚度，cm；

B——相应辐射屏蔽因子，参考公式 (11-5)；

F——治疗装置有用束在等中心点处的最大治疗野面积，本项目为1600cm<sup>2</sup>，下同；

a<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 处的剂量比例 (查 GBZ/T 201.2-2011 附录 B，表 B.2)，下同；

TVL (砼) ——混凝土平衡时的什值层厚度 (查 GBZ/T 201.2-2011，附录 B，表 B.4)；

R<sub>s</sub>——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，m。

与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽区散射辐射计算参数及结果见下表 11.2.6。

**表 11.2.6 散射辐射计算参数及结果**

参数名称	单位	关注点 c <sub>1</sub> 、c <sub>2</sub> (南墙)	关注点 m <sub>1</sub> 、m <sub>2</sub> (屋顶)
H <sub>0</sub>	μSv·m <sup>2</sup> /h	3.6×10 <sup>8</sup>	3.6×10 <sup>8</sup>
a <sub>ph</sub>	/	2.53×10 <sup>-4</sup>	2.53×10 <sup>-4</sup>
R <sub>s</sub>	m	***	***
F	cm <sup>2</sup>	1600	1600
TVL <sub>1</sub> (砼)	m	0.44	0.44
TVL (砼)	m	0.41	0.41
X <sub>e</sub>	m	***	***
B	/	***	***
H <sub>e</sub>	μSv/h	***	***

② 泄漏辐射 (O→c<sub>1</sub>、c<sub>2</sub>, O→m<sub>1</sub>、m<sub>2</sub>)

泄漏辐射剂量率一般按初级辐射束的 0.1%计，可利用公式 (11-4) 和公式 (11-



5) 对与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽区泄漏辐射进行屏蔽计算。

与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽区漏射辐射计算参数及结果见表 11.2.7。

**表 11.2.7 泄漏辐射计算参数及结果**

参数名称	单位	关注点 $c_1$ 、 $c_2$ (南墙)	关注点 $m_1$ 、 $m_2$ (屋顶)
$H_0$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	$3.6\times 10^8$	$3.6\times 10^8$
$f$	/	0.001	0.001
$R$	m	***	7.22
$TVL_1$ (砼)	m	0.36	0.36
$TVL$ (砼)	m	0.33	0.33
$X_e$	m	***	***
$B$	/	***	***
$H_e'$	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	***	***

③c、d、m 点屏蔽效果

c、d、m 点屏蔽效果见表 11.2.8。

**表 11.2.8 c、d、m 点复合辐射计算结果**

参数名称	单位	关注点 $c_1$ 、 $c_2$ (南墙)	关注点 $m_1$ 、 $m_2$ (屋顶)
$H_e$	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	***	***
$H_e'$	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	***	***
$H$	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	***	***

4) 迷路屏蔽效果预测 (k 点)

迷路外 k 点的泄漏辐射可利用公式 (11-4) 和公式 (11-5) 进行屏蔽计算, 计算参数及结果见表 11.2.9。

**表 11.2.9 泄漏辐射计算参数及结果**

参数名称	单位	关注点 k
$H_0$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	$3.6\times 10^8$
$f$	/	0.001
$R$	m	***
$TVL_1$ (砼)	m	0.36
$TVL$ (砼)	m	0.33
$X_e$	m	***
$B$	/	***
$H_k$	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	***

5) 防护门屏蔽效果预测 (g 点)

① X 射线泄漏辐射 ( $O_1 \rightarrow g$ )

该部分射线为泄漏辐射穿过迷路内墙在防护门处的剂量率，计算方法同公式（11-4）和公式（11-5）。迷路入口处（g点）泄漏辐射计算参数及结果见表 11.2.10。

**表 11.2.10 迷路入口处（g点）泄漏辐射计算参数及结果**

参数名称	单位	关注点 g（迷路入口）
		O <sub>2</sub> →g
$H_0$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	$3.6\times 10^8$
f	/	0.001
$R_d$	m	***
TVL <sub>l</sub> （砼）	m	0.36
TVL（砼）	m	0.33
$X_e$	m	***
B	/	***
$H_{og}$	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	***

② 入口 g 处的 X 射线散射辐射

根据《放射治疗机房辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）中 4.2.2.6，加速器（>10MV）机房迷路入口 g 处的 X 射线散射辐射能量相对中子俘获 $\gamma$ 射线能量较低，在防护中子俘获 $\gamma$ 射线的屏蔽门外，此部分剂量往往可以忽略的。因此，本项目入口 g 处的 X 射线散射辐射  $H_g \approx 0\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

③ 防护门外（g 点）X 射线辐射剂量率

本项目防护门外的辐射剂量率采用以下公式计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \quad \text{式 (11-7)}$$

式中： $H$  —— 防护门外的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$H_g$  —— 入口处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

TVL —— 铅的什值层，0.5cm（引用 GBZ/T 201.2-2011 中第 9 页，迷路防护门外处散射辐射能量约为 0.2MeV，铅中的 TVL 值为 0.5cm）。

本项目入口 g 处的 X 射线散射辐射  $H_g \approx 0\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，因此防护门外（g 点）X 射线辐射剂量率  $H=H_{og}=***\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6) 机房屏蔽电子线效果预测

根据《辐射防护手册》第三分册 4.1.5 加速器的辐射源（P95）提供，对于电子，在能量为 2~20MeV 范围内，最大射程（单位为  $\text{g}/\text{cm}^2$ ）约为能量（单位为 MeV）的 0.6 倍。本项目以电子档工作时最大电子线能量为 20MeV，射程为  $20 \times 0.6 = 12\text{g}/\text{cm}^2$ ，

穿过混凝土（密度为  $2.35\text{g/cm}^3$ ）深度为  $51\text{mm}$ 。本项目直线加速机房使用混凝土（密度为  $2.35\text{g/cm}^3$ ）厚度均在  $600\text{mm}$  以上，故加速器机房使用的材料和厚度足以满足屏蔽电子线的要求。

#### 7) 机房屏蔽中子效果预测

对于电子束能量不大于  $25\text{MeV}$  的医用直线加速器，运行中所产生光中子的最大平均能量为  $2.3\text{MeV}$ ，远低于相应的电子束和 X 线的能量。根据《放射治疗机房辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）中附录 C.1，“治疗机房采用混凝土屏蔽墙时，墙的屏蔽只需考虑对 X 射线的屏蔽”。因此，本评价仅对机房防护门屏蔽中子的效果进行预测。

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/T 201.2-2011），对大于  $10\text{MV}$  直线加速器机房，防护门所需的屏蔽防护厚度计算详见 5.2.7 节。

①总中子注量的计算公式为：

$$\varnothing B = Q_n 4\pi d_1^2 + 5.4 Q_n 2\pi S + 1.26 Q_n 2\pi S \quad \text{式 (11-8)}$$

式中： $\varnothing B$ ——等中心处  $1\text{Gy}$  治疗照射时 B 处的总中子注量，（中子数/ $\text{m}^2$ ）/ $\text{Gy}$ ；

$Q_n$ ——在等中心处每  $1\text{Gy}$  治疗照射时射出加速器机头的总中子数，中子数/ $\text{Gy}$ ，根据 NCRP No.151 的表 B.9 得知  $Q_n = 0.46 \times 10^{12}$ （中子数/ $\text{Gy}$ ）；

$d_1$ ——等中心点 O 至 B 点的距离， $\text{m}$ ；

$S$ ——治疗机房的总内表面积（ $\text{m}^2$ ），包括四壁墙、顶面和底面，不包括迷路内各面积。

②机房入口中子剂量率的计算公式为：

$$H_n = 2.4 \times 10^{-15} \cdot \varnothing B \cdot S_0 S_1 \cdot 1.64 \times 10^{-1} \cdot (d_2/1.9) + 10^{-1} \cdot (d_2/T_n) \cdot H_0 \quad \text{式 (11-9)}$$

式中： $H_n$ ——机房内的中子经迷路散射后在机房入口门外  $30\text{cm}$ （g）处无防护门时的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$2.4 \times 10^{-15}$ ——该计算方法中的经验因子， $\text{Sv/}$ （中子数/ $\text{m}^2$ ）；

$S_0$ ——迷路内口的面积， $\text{m}^2$ ；

$S_1$ ——迷路横截面积， $\text{m}^2$ ；

$d_2$ ——B 点到迷路入口（g）的距离， $\text{m}$ ；

$T_n$ ——迷路中能量相对高的中子剂量组分式（11-9）方括号中的第二项衰减至十分之一行径的距离（ $\text{m}$ ），称为什值距离。 $T_n$  是一个经验值，与迷路横截面积

有关,  $T_n$  按式 (11-10) 计算:

$$T_n = 2.06S_1 \quad \text{式 (11-10)}$$

③ 机房入口中子俘获  $\gamma$  射线剂量率的计算公式为:

$$H_\gamma = 6.9 \times 10^{-16} \cdot \varnothing B \cdot 10^{-d_2} \text{TVD} \cdot H_0 \quad \text{式 (11-11)}$$

式中:  $H_\gamma$  —— 无防护门时的中子俘获  $\gamma$  射线的剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$6.9 \times 10^{-16}$  —— 该计算方法中的经验因子,  $\text{Sv}/(\text{中子数}/\text{m}^2)$ ;

$\varnothing B$  —— 等中心处  $1\text{Gy}$  治疗照射时  $B$  处的总中子注量,  $(\text{中子数}/\text{m}^2)/\text{Gy}$ ;

$d_2$  ——  $B$  点到迷路入口 ( $g$ ) 的距离,  $\text{m}$ ;

$\text{TVD}$  —— 将  $\gamma$  辐射剂量减至其十分之一的距离 (称为什值距离), 对于  $15\text{MV}$  加速器为  $3.9\text{m}$ ;

$H_0$  —— 等中心点处治疗  $X$  射线剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ 。

④ 入口处防护门所需屏蔽厚度的计算公式为:

$$X_\gamma = \text{TVL}_\gamma \cdot \log_2 H_\gamma / H_c - H_{og} \quad \text{式 (11-12)}$$

$$X_n = \text{TVL}_n \cdot \log_2 H_n / H_c - H_{og} \quad \text{式 (11-13)}$$

式中:  $X_\gamma$  —— 为铅屏蔽所需材料的厚度,  $\text{cm}$ ;

$\text{TVL}_\gamma$ 、 $\text{TVL}_n$  —— 为中子俘获  $\gamma$  射线和中子在上述两种屏蔽材料中的什值层,  $\text{cm}$ ;

$H_c$  —— 确定的剂量率参考控制水平,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$H_{og}$  ——  $O_2$  位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在  $g$  处的剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ 。

防护门所需的屏蔽防护厚度计算参数及结果见表 11.2.11。

**表 11.2.11 防护门所需的屏蔽防护厚度计算参数及结果**

参数名称	单位	数值
$Q_n$	中子数/Gy	$0.46 \times 10^{12}$

d1	m	7.35
S	m <sup>2</sup>	295.20
ØB	(中子数/m <sup>2</sup> )/Gy	***
S0	m <sup>2</sup>	9.24
S1	m <sup>2</sup>	9.20
d2	m	10.32
Tn	/	6.25
H <sub>0</sub>	μSv·m <sup>2</sup> /h	3.6×10 <sup>8</sup>
Hn	μSv/h	***
TVD	m	3.9
Hγ	μSv/h	***
TVLγ	cm	3.1
TVLn	cm	4.5
Hc	μSv/h	***
Hog	μSv/h	***
Xγ	cm	***
Xn	cm	***

根据表 11.2.11 结果所示，本项目防护门所需铅的屏蔽防护厚度为\*\*\*mm，所需含硼聚乙烯的屏蔽防护厚度为\*\*\*mm。建设单位拟采用防护门为：9mm 铅+100mm 含硼聚乙烯+9mm 铅，满足屏蔽防护厚度计算值所要求。

#### 8) 辐射环境影响预测分析结论

通过预测分析，机房外各关注点剂量水平满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中，关于治疗机房和入口门外关注点剂量率参考控制限值。各关注点当量剂量率见表 11.2.12 所示。

**表 11.2.12 治疗状态下机房外各关注点剂量当量**

关注点	关注点描述	预测关注点剂量率 (μSv/h)	导出剂量率参考控制水平 (μSv/h)	评价结果
-----	-------	------------------	---------------------	------

a	南墙主屏蔽	***	10	满足
l	房顶主屏蔽	***	10	满足
e	西墙侧屏蔽	***	2.76	满足
f	东墙侧屏蔽	***	0.17	满足
c <sub>1</sub> 、c <sub>2</sub>	与南主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙	***	1.44	满足
m <sub>1</sub> 、m <sub>2</sub>	与屋顶主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙	***	0.66	满足
k	迷路外墙	***	0.17	满足
g	迷路口防护门外	***	1.38	满足

注：北墙外为土壤层，故本评价对北墙处的辐射屏蔽不进行预测分析。

由表 11.2.12 可知，本项目直线加速器房墙体（四周和顶棚）及防护门外 30cm 处各关注点的辐射剂量率均满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗机房辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）的相关要求。其中，本项目直线加速器房北墙外为土壤层，故本评价对北墙处的辐射屏蔽不进行预测分析。此外，建设单位拟采用防护门为：9mm 铅+100mm 含硼聚乙烯+9mm 铅，满足屏蔽防护厚度计算值（铅：\*\*\*mm，含硼聚乙烯：\*\*\*mm）的要求。

### 11.2.2.2 年有效剂量估算

根据《放射治疗机房辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）中附表 A.1 不同场所的居留因子的描述，确定项目不同场所的居留因子。其中，加速器控制室、设备间列为控制区，将公众可达到的防护门外、通道列为非控制区。本项目不同场所的居留因子详见表 11.2.13。

**表 11.2.13 居留因子**

人员	居留因子	场所描述
职业人员、周边建筑中的驻留区人员	1	东侧控制工作室、东侧工作室、南侧登记处、东北侧湖边村居民楼
公众人员	1/8	防护门外、上方花圃
	1/16	南侧备用间（仓库）、南侧配电室、西侧治疗设备室

项目致人员辐射剂量，按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 公式计算。

$$H_E = D_r \times t \times 1 \times 10^{-6} \quad \text{式 (11-14)}$$

式中： $H_E$  ——  $\gamma$ 射线外照射人均有效剂量当量，mSv/a；

$D_r$  ——  $\gamma$ 射线空气吸收剂量率，nGy/h；

$t$  ——  $\gamma$ 射线年照射时间，小时；

$1$  —— 剂量换算系数，Sv/Gy。

本评价选取机房东南侧辐射剂量率最高值（关注点  $c_1$ 、 $c_2$ ）作为南侧登记处预测剂量率进行计算，选取东北侧辐射剂量率最高值（关注点  $k$ ）作为东北侧湖边村居民楼预测剂量率进行计算。经计算，辐射工作人员及公众成员年有效剂量见表11.2.14。

**表 11.2.14 年有效剂量估算结果**

关注点	关注点描述	预测关注点剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留因子	调强因子	工作时间 (h/a)	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )		目标管理值 ( $\text{mSv/a}$ )	评价结果
a	南墙主屏蔽 (备用间)	***	1/16	/	291.7	***	***	0.25	满足
l	屋顶主屏蔽 (院内花圃)	***	1/8	/	291.7	***	***	0.25	满足
e	西墙侧屏蔽* (治疗设备室)	***	1/16	5	291.7	***	***	0.25	满足
						***			
f	东墙侧屏蔽* (控制工作室)	***	1	5	291.7	***	***	5	满足
						***			
$c_1$ 、 $c_2$	与南主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙* (备用间)	***	1/16	5	291.7	***	***	0.25	满足
						***			
$m_1$ 、 $m_2$	屋顶与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙* (院内花圃)	***	1/8	5	291.7	***	***	0.25	满足
						***			
k	迷路外墙外关注点* (工作室)	***	1	5	291.7	***	***	5	满足
						***			
g	迷路防护门外*	***	1/8	5	291.7	***	***	0.25	满足
						***			
南侧登记处*		***	1	5	291.7	***	***	5	满足
东北侧湖边村居民楼*		***	1	5	291.7	***	***	0.25	满足

注：\*按照公式 11-9 计算，泄漏辐射时考虑常规治疗放射量和调强治疗放射量的比值为 2:1，调强模式时需计算调强因子，调强因子为 5。

根据表 11.2.14 估算得，本项目辐射工作人员年有效剂量为\*\*\*~\*\*\*mSv，公众人员年有效剂量为\*\*\*~\*\*\*mSv，东北侧湖边村居民楼人员年有效剂量为\*\*\*mSv，分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值（职业人员 5mSv/a，公众人员 0.25mSv/a）。

直线加速器摆位工作人员在摆位操作过程中，会受到加速器机房内的感生放射性的照射。本项目直线加速器在射线关闭后，将会对机房内部进行持续 2min 以上的通风换气，而后做好个人防护措施的工作人员再进入机房内。根据安海军等人关于《关于高能医用直线加速器的感生放射性辐射场特点及其防护措施探讨》的研究，通过以上措施能够有效的做好感生放射性对人体所产生的危害。因此，项目运行对周围环境及人员活动的辐射影响有限。

### 11.2.2.3 三废治理措施

#### (1) 放射性固体废物

本项目运行过程中产生的放射性固体废物为直线加速器在退役时产生的加速器废靶、辅助过滤装置等感生放射性部件等。在加速器装置需要更换时产生，换下的废靶、感生放射性部件等应交由生产厂家回收，总重量约为 13t。

#### (2) 氟氧化物及臭氧等气体废物

本项目运行过程中，产生的臭氧浓度较低，建设单位拟设置通风系统来保证室内的臭氧浓度达标。

##### ①臭氧产生估算方法

##### 1) 臭氧的产生

加速器治疗机房内的臭氧辐射化学产额由下式估算：

$$Q_0=0.39 \times D_0 \times S \times R \times G \quad \text{式 (11-15)}$$

式中： $Q_0$  ——  $O_3$  的辐射化学产额，mg/h；

$D_0$  —— 表示距靶 1m 处的比释动能率， $6\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ；

$S$  —— 表示照射野面积， $0.16\text{m}^2$ ；

$R$  —— 表示靶距屏蔽室壁的距离，取距西侧防护墙 2.70m，为本项目靶距屏蔽物（墙）的最小距离；

$G$  —— 表示每吸收 100eV 辐射能量产生的臭氧分子数，一般为 6~10，为留安全系数，取 10。

假设出束率为 1/3，臭氧产额为：\*\*\*mg/h。

##### 2) 臭氧的平衡浓度

辐射所致有害气体以  $O_3$  为主，在考虑通风情况下，空气中的  $O_3$  平衡浓度由下式估算：



$$Q = \frac{P \times T}{V} \quad \text{式 (11-16)}$$

式中： $Q$  —— 加速器治疗机房内  $O_3$  平衡浓度， $mg/m^3$ ；

$T$  —— 有效清洗时间，h；

$V$  —— 治疗机房体积， $m^3$ 。

其中，有效清洗时间  $T$  由下式计算：

$$T = \frac{T_v \cdot T_d}{T_v + T_d} \quad \text{式 (11-17)}$$

式中： $T_v$  —— 换气一次所需时间，h；

$T_d$  ——  $O_3$  有效分解时间，取 0.83h。

根据公式 (11-16) 和公式 (11-17) 式得出不同换气次数时的  $O_3$  平衡浓度见表 11.2.15。

**表 11.2.15 加速器机房不同换气次数时的臭氧浓度**

参数	换气 1 次/h	换气 2 次/h	换气 5 次/h	换气 10 次/h	换气 12 次/h
$T_v$ (h)	1.00	0.50	0.20	0.10	0.08
$T$ (h)	0.45	0.31	0.16	0.09	0.08
$Q$ ( $mg/m^3$ )	0.0087	0.0060	0.0032	0.0018	0.0014

按照表 11.2.15，换气 5 次/h 治疗机房内臭氧的平衡浓度为  $0.0032mg/m^3$ ，即能够满足《室内空气质量标准》(GB/T 18883-2002) 中臭氧浓度限值要求 ( $0.16mg/m^3$ 、1 小时平均值)。

此外，根据 NCRP151 号报告 5.5 节，对于正常的电子束治疗，治疗机房每小时换气次数大约在 3 次以上，从健康保护的角度而言是足够的。本项目设计排风次数 12~13 次/h，可满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 中通风次数的要求和 NCRP151 号报告 5.5 节的要求，将不会影响健康。

### ②氮氧化物对环境的影响

在多种氮氧化物 ( $NO_x$ ) 中，以  $NO_2$  为主，其产额约为  $O_3$  的二分之一，工作场所中  $NO_2$  的限值 ( $5mg/m^3$ ) 大于  $O_3$  的限值。因而工作场所中  $O_3$  浓度达到《工作场所所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019) 要求时， $NO_x$  的浓度也会满足要求。

### (3) 废水

本项目不产生医疗废水，项目废水主要为工作人员的生活污水。生活污水依托医技大楼污水处理系统，经化粪池后，接入院区门诊楼西侧 1#污水站处理，经污水处理站处理后的污水符合《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)中表 1 传染病、结核病医疗机构水污染物排放限值，并符合金山污水处理厂的进水水质要求后，排入市政污水处理管网，统一纳入金山污水处理厂处理。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 可能发生的辐射事故

本项目辐射工作场所可能发生的辐射事故为：

- ① 工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗机房，且联锁装置失效时，加速器运行可能产生误照射。
- ② 安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的加速器治疗机房，造成额外的照射。
- ③ 工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，对工作人员造成辐射伤害。
- ④ 加速器控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到额外照射。
- ⑤ 加速器维修期间，设备维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。

### 11.3.2 事故处理原则及应急措施

#### (1) 处理原则

根据上述分析，本项目 X 射线治疗项目可能发生的辐射事故及风险的发生主要是在管理上出问题，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求穿戴好个人剂量计，并定期检查机房的性能、固定式剂量报警仪以及有关的安全警示标志是否正常工作，避免无关人员误入正在使用 X 射线装置的治疗机房。

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

- ①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。
- ②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

④在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

⑤事故处理后应累计资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点、所有涉及的事故责任人和受害者名单、对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果、所做的任何医学检查及结果、采取的任何纠正措施、事故的可能原因、为防止类似事件再次发生所采取的措施。

⑥对可能发生的放射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理，同时及时上报生态环境部门和卫生部门。

## (2) 应急措施

医院应按照《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>(试行)的通知》(闽环保辐射[2013]10号)要求，修订放射事故应急预案，并更新本项目设备的情况及应急措施。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》(原国家环境保护总局 环发<2006>145号文件)等相关规定，发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。针对可能发生的辐射事故，本项目采取的预防措施如表 11.3.1。

**表 11.3.1 本项目拟采取预防措施**

辐射工作场所	环境风险因子	可能产生的辐射事故	采取的预防措施
直线加速器机房	X 射线	工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗机房，加速器运行可能产生误照射。	①本项目直线加速器机房总图布置和建筑安全等设计要求应严格按照《建筑设计防火规范》(GB

		安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的加速器治疗机房，造成额外的照射。	50016-2006)等国家有关的法规、标准执行。
		工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，对工作人员造成辐射伤害。	②本项目加速器防护门上方设置工作状态指示灯、电离辐射警告标识及中文说明。加速器室设置了门机联锁，紧急停机按钮、固定式报警仪、视频监控系统等一系列安全联锁系统，可有效防止事故的发生。
		加速器控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到额外照射。	③已为辐射工作人员配置个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式剂量报警仪、便携式辐射监测仪、铅防护服等辐射防护用品。
		加速器维修期间，设备维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。	④已制定《操作规程》等辐射安全管理相关制度，辐射工作人员经培训后上岗，严格按照操作规程操作。
		工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗机房，加速器运行可能产生误照射。	

## 11.4 退役期环境影响

直线加速器达到设备使用年限时，将产生的废旧加速器以及废靶、辅助过滤装置等感生放射性部件。医院可按照一般设备报废的相关规定进行处置，由厂家回收处置，不得随意废弃。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

#### 12.1.1 机构设置

本项目使用 II 类射线装置，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》中规定，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责。为此，医院已设立以副院长\*\*为组长的辐射安全防护管理小组，负责医院日常辐射安全防护管理工作。

(1) 福建省福州肺科医院辐射安全防护管理小组

(2) 辐射安全防护管理小组职责：

①起草并制定医院辐射安全管理制度；

②负责全院辐射防护工作的安全检查、监督管理；

③负责医院辐射安全许可证的申请、变更等工作；

④负责《福建省放射性同位素与射线装置辐射安全和防护状态年度评估报告》编写。

#### 12.1.2 辐射工作人员配备及培训情况

依据《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》的规定，使用射线装置操作人员与辐射防护负责人应进行辐射安全培训，并持证上岗，对应本项目的辐射工作人员应接受初级辐射安全培训。

本项目拟安排的辐射工作人员 6 人，均为新增人员，新进的辐射工作人员应及时在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训，经考核合格后方可上岗。

新录用或调入的拟从事放射诊疗的人员必须进行上岗前职业健康检查，符合《放射工作人员健康标准》的方可从事放射诊疗工作。放射工作人员在工作期间必须按规定佩戴个人剂量元件，每 3 个月检测一次，一年四次，按时定期送检。检测结果抄录在《放射工作人员证》中。所有放射工作人员上岗后需进行职业健康检查，检查时间间隔不超过两年。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

福建省福州肺科医院严格遵守《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安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，已成立了放射防护管理小组，制定一系列辐射安全管理制度。

(1) 为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了以副院长\*\*\*为组长的辐射安全防护管理小组，负责医院日常辐射安全防护管理工作。

(2) 医院已建立《放射防护管理制度》、《放射工作人员教育培训制度》、《个人剂量监测与档案管理制度》、《卫生防护知识培训与档案管理制度》，对放射科人员的防护意识、资质、技术操作等作出规定；要求严格按照操作说明书及维护保养手册，检修和维护保养射线装置。

(3) 医院制订了《放射工作人员健康监护档案管理制度》，要求放射工作人员上岗前，应当进行上岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；医院组织上岗后的放射工作人员定期进行在岗期间的职业健康检查，周期间隔不超过两年；并为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

(4) 制定管理制度，安排专人及时更新射线装置台账，专人负责编制年度的辐射安全评估报告。

医院在上述管理制度的基础上，制订了《职业健康检查与档案管理制度》等配套制度，以完善医院放射工作管理体系。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 监测设备配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用 II、III 类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

福建省福州肺科医院拟配置 1 台便携式个人剂量监测仪（具有报警功能）、6 枚个人剂量计、1 台固定式剂量报警仪以及铅衣、铅帽、铅围脖、铅围裙、铅背心等辐射防护用品各 2 套、儿童用个人防护用品 1 套，项目运行后医院应定期对医用直线加速器机房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

### 12.3.2 辐射工作场所监测

#### (1) 日常监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测，并将监测结果及时上报生态环境部门，以便了解和监护防护设施的运行情况，为下一步辐射防护决策提供科学技术依据。

具体监测方案如下：

① 每年委托有资质的单位对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

② 监测项目：X- $\gamma$ 辐射剂量率、中子辐射剂量率。

③ 监测频度：每年委托有资质单位进行一次年度监测。

④ 监测范围：主要对辐射工作场所及周围进行监测，重点对机房周围、防护门及缝隙处、控制室等处进行监测。

⑤ 定期检查医用直线加速器机房的安全性能，防止射线泄漏，周期：每年1~2次。

#### (2) 验收监测计划

项目直线加速器工作场所建成后，及时组织开展竣工环保验收工作，并根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中相关规定对辐射工作场所开展竣工环保验收监测。本项目竣工环境保护验收辐射监测计划见表 12.3.1。

### 12.3.3 个人剂量监测

所有从事辐射工作的人员均需佩戴个人剂量计，按每季度1次的频率送相关单位进行个人剂量监测，并按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，建立个人剂量档案。医院应关注工作人员每一次的累积剂量监测结果，对监测结果超过剂量管理限值的原因进行调查和分析，优化实践行为，并向生态环境部门和卫生行政部门报告。

本项目工作人员也将委托有资质的第三方检测机构对个人剂量进行持续监测，并做好档案管理。

### 12.3.4 项目辐射监测计划汇总

福建省福州肺科医院针对本次核技术应用项目制定相应的辐射监测计划汇总见表 12.3.1。

**表 12.3.1 本项目辐射监测计划**

监测对象	监测点位	监测方案	监测项目	年度监测频率	备注
辐射工作场所	加速器防护门及门缝隙处、控制工作室、顶棚院内花圃、加速器机房墙外 30cm 处	实测	X-γ辐射空气吸收剂量率、中子辐射剂量率	每年 1 次委托有资质单位监测；每月 1 次设备科巡测	加速器正常运行时（15MV 工作条件下）
项目敏感点	院内敏感点：北侧医院病人食堂东侧医技大楼主楼、南侧门诊大楼、西南侧 3 号病房楼、西侧 2 号病房楼、西北侧 6 号病房楼；外环境敏感点：东北侧湖边村居民楼（参考图 8.2-2）	实测		每年 1 次	
辐射工作人员	佩戴个人辐射剂量计	实测	累计计量	每年 4 次	/
竣工环境保护验收监测	加速器防护门及门缝隙处、控制工作室、顶棚院内花圃、加速器机房墙外 30cm 处和项目敏感点	实测	X-γ辐射剂量率、中子辐射剂量率	本项目运行后	/

### 12.4 辐射事故应急处置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备”的规定。

福建省福州肺科医院已结合本项目重新修订了《福建省福州肺科医院辐射事故应急预案》。根据应急预案，医院成立了以副院长\*\*\*为组长的放射事件应急处理领导小组，组织、开展放射事件应急救援工作。

#### （1）应急处理领导小组职责

- ①定期组织对放射诊疗场所、设备和人员进行放射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报上级并落实整改措施；
- ②发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；
- ③事故发生后立即组织有关人员进行放射性事故应急处理；
- ④负责向生态环境部门和卫生行政部门及时报告事故情况；
- ⑤负责放射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；



⑥放射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

⑦负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

### (2) 应急事故报告

①发生事故的科室必须立即将发生事故的性质、时间、地点上报科室负责人；科室负责人立即将情况向放射事件应急处理领导小组汇报，并做好应急准备；

②向放射事件应急处理领导小组报告后，立即按要求启动应急预案，应急领导成员迅速赶赴现场，开展救援工作；

③放射事件应急处理领导小组根据事故的情况和性质，尽快将事故情况电话告知福州市仓山生态环境局，并在两个小时内填写《辐射事故初始报告表》，同时还应向公安部门和卫生行政部门报告。

### (3) 预案管理

定期安排本机构相关医疗人员进行放射事故应急知识的普及教育，提高放射从业人员的应急处理能力。通过定期组织放射事故应急演练，切实提高医疗从业人员在应对突发性放射事故中的应急处理能力。

本项目建成运行后，还应做好以下工作：

(1) 放射事件应急处理领导小组根据应急程序内容，每年制定培训计划，对医疗人员进行培训；根据辐射事故专项应急内容，每年制定相应的培训计划，采取多种形式对医务人员进行培训。

(2) 使用科室每年组织一次专项应急预案演习；放射事件应急处理领导小组每年组织不少于一次的应急程序演习。演习前要制定演习计划，并实时记录，做好应急演习评价、总结和追踪。

(3) 医院应定期修改完善应急预案等相关规章制度。

## 12.5 建设项目竣工环境保护验收一览表

建设项目竣工环境保护验收一览表见表 12.5.1。

**表 12.5.1 辐射环境保护“三同时”验收清单**

污染源或保护源	主要环保措施	验收标准
---------	--------	------

辐射防护措施	单个机房（不含迷路）面积约 72.09m <sup>2</sup> 。 南墙主防护墙为 3000mm 混凝土结构； 南墙次防护墙为 1400mm 混凝土结构； 北墙为 600mm 混凝土结构； 西墙为 1400mm 混凝土结构； 东墙迷路内墙为 600~1400mm 混凝土结构； 东墙迷路外墙为 600~1400mm 混凝土结构； 顶棚主防护墙为 2050mm 混凝土+1100mm 覆土结构； 顶棚次防护墙为 1450mm 混凝土+1100mm 覆土结构。 设置电动防护门，材料厚度为 9mm 铅+100mm 含硼聚乙烯+9mm 铅结构。		1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB 18871-2002) 2、《放射治疗放射防护要求》 (GBZ 121-2020)
	机房门外设置安全指示灯及电离辐射警告标志并与加速器联锁。		
	机房和控制室设有紧急停机按钮。		
	配备个人剂量计（所有辐射工作人员）、个人剂量报警仪、固定式剂量报警仪、铅衣、铅帽等辐射监测仪器与防护用品。		
	在直线加速器机房内设置通风管道，安装动力通风装置。		
管理措施	机房和控制室间安装监控和对讲系统。		
	辐射工作人员佩带个人剂量计并建立个人剂量档案。		
	制定相应的规章制度和应急预案，规章制度应张贴在相关操作室。		
	建立完善的射线装置台帐。		
	医院辐射工作人员参加了电离辐射安全与防护培训，并通过考核。		
废物处置措施	固废	所有辐射工作人员均应参加职业健康体检，周期间隔不超过两年。	验收措施落实情况
		本项目直线加速器退役后产生的废靶、放射性感生部件等由厂家回收处置。	
	废气	生活垃圾经医院垃圾桶分类收集后定期清运。 产生的臭氧 O <sub>3</sub> 和氮氧化物 NO <sub>x</sub> 通过机房的通风系统引至医技大楼楼顶排出。	
废水	生活污水依托医技大楼污水处理系统，通过下水管道排入医院污水处理设施处理达标后排放。		

## **表 13 结论与建议**

### **13.1 结论**

#### **13.1.1 项目概况**

福建省福州肺科医院位于福州市仓山区上渡街道湖边 2 号，医技大楼位于院区东南部。为提高医院服务质量及服务水平，满足广大患者就医的需要，福建省福州肺科医院拟开展放射诊疗工作，计划于医技大楼地下一层新增 1 台 15MV 医用电子直线加速器。项目是在医技大楼主体建筑上进行辐射防护改造，主要包括增加防护门，并对配套辅助用房等进行功能的分配及装修等，以满足各工作场所的辐射屏蔽防护要求。本项目涉及的模拟定位机位于本项目直线加速机房东侧（已备案）。本项目辐射工作的种类和范围为使用 II 类射线装置。

#### **13.1.2 选址合理性分析**

本项目直线加速器机房位置相对独立，机房位于医技大楼地下一层西侧，设备有单独的固定机房，与周边非放射性工作场所隔开，且机房大小、屏蔽防护等符合相关标准要求。在各辐射工作场所四周墙体及顶棚采用的屏蔽防护有效、机房设置通风装置正常运行的条件下，对周围环境辐射影响不大，综上所述，项目作业与其他科室不交叉，按照设计的防护措施，项目运行时对周围环境辐射影响小；因此，项目选址基本是合理的。

#### **13.1.3 辐射安全与防护分析结论**

医用直线加速器应用是一门成熟的技术，它在医学治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。本次医用直线加速器项目将为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益。结合定义与现场实际，本次环评对控制区和监督区进行划分，治疗机房出入口内的所有区域为控制区，控制工作室和工作室为监督区。同时医院医用直线加速器机房按相关要求对屏蔽防护进行了设计，并设置动力排风装置进行通风换气，防护措施满足标准要求。此外，医院严格遵守相关放射性法律、法规，已制定成立了放射防护管理小组，制定一系列辐射安全管理制度。因此，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

### 13.1.4 环境影响评价结论

本项目主要是在医技大楼主体建筑上进行辐射防护改造，主要包括增加防护门，并对配套辅助用房等进行功能的分配及装修等。施工期工程量小，通过加强施工管理、采取抑尘、合理安排施工秩序等措施，对环境的影响较小。

直线加速器机房经过改造后，单个机房（不含迷路）面积约 72.09m<sup>2</sup>，四周及屋顶防护情况分别为：

(1) 南墙主防护墙为 3000mm 混凝土结构；南墙次防护墙为 1400mm 混凝土结构；

(2) 北墙为 600mm 混凝土结构；

(3) 西墙为 1400mm 混凝土结构；

(4) 东墙迷路内墙为 600~1400mm 混凝土结构；东墙迷路外墙为 600~1400mm 混凝土结构；

(5) 顶棚主防护墙为 2050mm 混凝土+1100mm 覆土结构；顶棚次防护墙为 1450mm 混凝土+1100mm 覆土结构。

(6) 设置电动防护门，材料厚度为 9mm 铅+100mm 含硼聚乙烯+9mm 铅结构。

此外，采取了机房防护门上方设置工作状态指示灯，设有门—灯联动装置、门—机联动装置，防护门上显著位置张贴电离辐射警示标志；在机房和控制室设有紧急停机按钮、监控和对讲系统；设置排风和新风装置进行通风换气；辐射工作人员进入加速器机房及控制室时佩戴个人剂量计，并携带个人剂量报警仪；为直线加速器工作人员及患者配备个人防护用品等措施，有效降低工作人员和患者的吸收剂量。同时，医院成立了辐射安全防护管理小组，建立《放射防护管理制度》、《放射工作人员健康监护档案管理制度》、《放射工作人员教育培训制度》、《个人剂量监测与档案管理制度》、《卫生防护知识培训与档案管理制度》、《职业健康检查与档案管理制度》等相应的规章制度和辐射事故应急预案。

在上述工程防护和管理措施基础上，本评价对直线加速器的影响进行了预测。根据理论计算可知，本项目医用直线加速器正常运行时，机房防护门及墙体（四周和顶棚）外 30cm 处的剂量率在  $8.69 \times 10^{-4} \sim 1.24 \mu\text{Sv/h}$  之间，均符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）、《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/T 201.2-2011）、《放射治疗

放射防护要求》（GBZ 121-2020）等相关要求。

本项目辐射工作人员年有效剂量为\*\*\*~\*\*\*mSv，公众人员年有效剂量为\*\*~\*\*\*mSv，东北侧湖边村居民楼人员年有效剂量为\*\*\*mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值（职业人员 5mSv/a，公众人员 0.25mSv/a）。

### 13.1.5 “三废”处置措施

#### （1）施工期

项目施工期环境影响主要是施工噪声、扬尘、废水、固体废物等，拟采取以下措施：

①合理安排施工时间，采取消声降噪等措施，降低施工噪声影响。

②通过缩短施工时间、封闭施工、洒水等相关措施，降低施工扬尘影响。

③施工废水主要为混凝土养护水，产生量小，一般通过蒸发，不外排；施工人员生活污水主要是依托现有方式处理，经化粪池后，送入院区门诊楼西侧 1#污水站处理。

④建筑装饰垃圾由施工方统一交由有资质的渣土运输公司处置，包装纸箱等可回收利用的施工废物料予以回收利用，其他部分分类收集后交由环卫部门清运；施工人员生活垃圾分类收集至相应的垃圾箱后交由环卫部门清运。

#### （2）运营期

正常运行时，直线加速器不产生放射性废气和医疗废水，在射线装置作用下仅有少量的臭氧和氮氧化物和加速器废靶件，以及工作人员的生活污水和生活垃圾。

##### ①固体废物

本项目运行过程中产生的放射性固体废物为直线加速器在退役时产生的加速器废靶、辅助过滤装置等感生放射性部件等，由生产厂家回收，总重量约为 13t。生活垃圾经医院垃圾桶分类收集后定期清运。

##### ②废气

直线加速器机房设置排风和新风装置进行通风换气，进风口与排风口设置在机房西南侧，通风量可达 2800m<sup>3</sup>/h，通风次数为 12~13 次/h，机房内产生的臭氧 O<sub>3</sub> 和氮氧化物 NO<sub>x</sub> 被引至医技大楼楼顶排出。

##### ③废水

工作人员生活污水依托医技大楼污水处理系统，经化粪池后，送入院区门诊楼西

侧 1#污水站处理，符合《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)中表 1 传染病、结核病医疗机构水污染物排放限值，并符合金山污水处理厂的进水水质要求后，排入市政污水处理管网，统一纳入金山污水处理厂处理。

### **13.1.6 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》符合性**

医院已设立以副院长\*\*\*为组长的辐射安全防护管理小组，负责医院日常辐射安全防护管理工作，并重新修订了《福建省福州肺科医院辐射事故应急预案》。医院为本项目拟配置 1 台便携式个人剂量监测仪（具有报警功能）、6 枚个人剂量计、1 台固定式剂量报警仪、1 台个人剂量报警仪以及铅衣、铅帽、铅围脖、铅围裙、铅背心等辐射防护用品各 2 套。本项目拟安排的辐射工作人员 6 人，均为新增人员，新进的辐射工作人员将及时在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训，经考核合格后上岗。本项目运行后医院将定期对医用直线加速器机房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。因此，本项目基本符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关规定。

### **13.1.7 产业政策符合性**

根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本）（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 29 号），本项目属于“鼓励类”中“十三、医药”中的“5、……高端放射治疗设备……”以及“三十七、卫生健康”中的“5、医疗卫生服务设施建设”项目，因此本次福建省福州肺科医院 1 台直线加速器项目符合国家产业政策。

### **13.1.8 总结论**

福建省福州肺科医院 1 台直线加速器项目旨在改善患者就医环境，建设方案中已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程严格按照设计方案进行施工，在建筑施工质量能达到设计要求，并且落实本次评价对该项目提出的各项辐射防护要求及措施，则本项目正常运行时，对周围环境的影响能够达到辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该项目是可行的。

## **13.2 建设和要求**

(1) 本环评获批后，医院应及时在全国核技术利用辐射安全申报系统中更新射线装置台账，更新辐射安全许可证副本内容。

(2) 在设备安装的同时，应确保辐射防护设施和管理措施的建设，切实做到环境保护设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

(3) 根据《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定，项目建成后，按照规定程序开展竣工环境保护验收。

(4) 医院操作人员的流动性，工作性质的交叉性使管理工作难度加大，因此应加强个人剂量及职业健康体检的管理，完善辐射工作人员职业健康监护档案。

(5) 医院应每年安排 1~2 次应急预案模拟演练，强化避险救治常识，以培训、演练相结合，提高合作、协同的应急能力。

(6) 不断加强医院的辐射安全管理工作，持续完善辐射安全管理制度，落实辐射安全管理责任。

## **表 14 审批**

**下一级环保部门预审意见**

经办人

盖章

年 月 日

**审批意见**

经办人

盖章

年 月 日