

核技术利用建设项目

福建医科大学附属第一医院
1 台直线加速器项目

环境影响报告表
(公开本)

福建医科大学附属第一医院
2019 年 8 月

环境保护部监制

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	15
表 3	非密封放射性物质	15
表 4	射线装置	16
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	17
表 6	评价依据	18
表 7	保护目标与评价标准	20
表 8	环境质量和辐射现状	21
表 9	项目工程分析与源项	28
表 10	辐射安全与防护	34
表 11	环境影响分析	44
表 12	辐射安全管理	56
表 13	结论与建议	64

表 1 项目基本情况

建设项目名称		福建医科大学附属第一医院 1 台直线加速器项目					
建设单位		福建医科大学附属第一医院					
法人代表		**	联系人	**	联系电话	**	
注册地址		福州市台江区茶中路 20 号					
项目建设地点		福州市台江区茶中路 20 号 福建医科大学附属第一医院放疗中心一层					
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		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它				占地面积 (m ²)	***
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类				
		☐ 使用	☐ I 类 (医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类				
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物				
		☐ 销售	/				
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙				
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类				
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类				
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类				
	其它						

1.1 建设单位情况

福建医科大学附属第一医院位于福建省福州市台江区茶中路 20 号，创建于 1937 年，是福建省首家公立西医医院，1993 年被国家卫生部、世界卫生组织授予“爱婴医院”，1995 年被国家卫生部评为福建省首批“三级甲等医院”，现在已发展为一所集医疗、教学、科研于一体的专业技术人才高度密集的大型综合性三级甲等医院。

医院设有心血管内科、呼吸与危重症医学科、消化内科、放疗科、病理科、超声影像科、核医学科、介入医学科等 50 余个科室，拥有 PET/CT、复合线路 SPECT、640 层螺旋 CT、3.0T 超导 MRI、数字减影心血管造影装置（DSA）、多功能全数字化 X 光机等多套先进医疗设备，医院（本项目所在地）核定床位 2500 张，职工总数 3000 多人，2018 年年门急诊量 218 万多人次、出院病人数 9.7 万多人次、年手术量 5 万 5 千多台。

1.2 建设内容和任务由来

福建医科大学附属第一医院现有放疗中心位于院区南部，为独栋二层建筑物。放疗中心一楼东侧直线加速器机房（2）已于 2005 年委托福建省辐射环境监督站开展了环境影响评价工作，编制了《福建医大附一医用直线加速器环境影响报告表》并取得了原福建省环保局批复。

放疗科直线加速器机房（2）原有设备为 1 台瓦里安 Trilogy 型直线加速器，该设备于 2005 年投入运行，设备参数详见表 1.2.1。现因设备使用时间较长，导致故障频发且治疗精度降低，设备及机房均不满足现在医疗业务要求。为了更好服务于患者，医院计划购置 1 台 6MV 医用直线加速器替换老设备用于医疗诊治，拟购设备参数详见表 1.2.1。同时，对放疗中心一楼东侧原有直线加速器机房（2）进行改造，在原有机房墙体厚度基础上采用混凝土现回填、重晶石混凝土涂抹、铅砖（或铅板）加厚等方式对墙体增加防护，对防护门增加防护，并对原有配套辅助用房等进行功能的重新分配及装修等，本项目涉及的模拟定位机仍用原有模拟定位机（已获得辐射安全许可）。

表 1.2.1 本项目射线装置基本情况

序号	射线装置	型号	类别	数量	最大能量	剂量率	使用场所	备注
原有	医用直线加速器	瓦里安 Trilogy	II 类	1	电子束：6~22 MeV 六档； 光子束：6MeV 和 10MeV	/	医用直线加速器机房（2）	老化故障，本项目替代
拟建	医用直线加速器	医科达 Infinity	II 类	1	X 射线最高能量：6MV 电子能量：最高 15MeV	3F 模式最大 1400MU/min 600cGy/min		拟购

本项目为改扩建项目，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》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，福建医科大学附属第一医院于 2019 年 8 月委托对其 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《福建医科大学附属第一医院 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运营中存在的环境影响因素和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，为环境管理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

福建医科大学附属第一医院原有核技术利用项目情况：使用 1 枚 III 类放射源、15 枚 V 类放射源；使用 2 台医用直线加速器、3 台 DSA 和 36 台 III 类射线装置；乙级非密封放射性物质工作场所为核医学科使用 I-125（粒子源）、Sm-153、Sr-89、Ge-68（Ga-68）、F-18、I-125、I-131 及 Tc-99m 等核素开展核素诊疗工作。

该院原有核技术利用项目均已取得辐射安全许可，于 2018 年 10 月 30 日重新申领了辐射安全许可证（许可证编号：闽环辐证[00174]号），许可证有效期至 2020 年 2 月 12 日，许可种类和范围为：使用 III、V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；乙级非密封放射性物质工作场所。

1.3.1 放射源

福建医科大学附属第一医院在用放射源为 1 枚 III 类放射源、15 枚 V 类放射源。放射源情况及环保手续情况见表 1.3.1。

表 1.3.1 医院原有放射源使用情况

序号	核素	类别	活度（贝可）	数量	环评手续办理情况	验收手续办理情况	备注
1	Ir-192	III	3.7×10^{11}	1	2016 年办理环评手续，已取得批复“闽环辐评[2016]22 号”	2019 年开展了自主验收，并通过了验收，于 2019 年 4 月出具了“福建医科大学附属第	已获得许可
2	Sr-90	V	4×10^8	1			
3	Co-57	V	1.85×10^6	2			
4	Co-57	V	1.2×10^8	2			
5	Co-57	V	3.7×10^8	2			
6	Gd-153	V	3.7×10^8	2			
7	Ge-68	V	9.25×10^7	2			

8	Ge-68	V	4.63×10^7	4	2013 年办理环评手续，已取得批复“闽环辐评[2014]1 号”	一医院核技术利用项目竣工环境保护验收意见”	
---	-------	---	--------------------	---	-----------------------------------	-----------------------	--

1.3.2 射线装置

福建医科大学附属第一医院在用射线装置有 2 台医用直线加速器、3 台 DSA 和 36 台 III 类射线装置。射线装置情况及环保手续情况见表 1.3.2。

表 1.3.2 医院原有射线装置使用情况

序号	设备名称	数量	环评手续办理情况	验收手续办理情况	类别	备注				
1	医用直线加速器（6Mev）	1	2005 年办理了环评取得表附批复	2010 年办理了验收手续“闽环辐[2010]验收号 79 号”	Ⅱ类	本项目拟替换设备				
2	模拟定位机	1			Ⅲ类					
3	医用直线加速器（10Mev）	1	2014 年办理了环评，取得批复“闽环辐评[2015]1 号”	2019 年开展了自主验收，并通过了验收，于 2019 年 4 月出具了“福建医科大学附属第一医院核技术利用项目竣工环境保护验收意见”	Ⅱ类	已获得许可				
4	床边移动 X 射线机	6			Ⅲ类					
5	CT 模拟定位机	1								
6	CT 机	4	2016 年办理环评手续，已取得批复“闽环辐评[2016]22 号”							
7	骨密度仪	2								
8	SPECT-CT	1								
9	PET/CT	1	2013 年办理环评手续，已取得批复“闽环辐评[2014]1 号”		Ⅲ类					
10	体外振波碎石机	1	2008 年 12 月办理了环评取得了表附批复		Ⅲ类					
11	普通 X 射线机	13								
12	口腔 X 光机	2	办理 2011 年 11 月办理了环评取得了批复	2013 年办理了验收手续“闽环辐验[2013]12 号”						
13	乳腺 X 光机	2								
14	胃肠 X 光机	2								
15	DSA	3		Ⅱ类						

1.3.3 非密封放射性物质

医院已许可的放射性同位素为：I-125（粒子源）、Sm-153、Sr-89、Ge-68（Ga-68）、F-18、I-125、I-131 及 Tc-99m。射线装置情况及环保手续情况见表 1.3.3。

表 1.3.3 医院原有非密封放射性物质使用情况

序号	核素	场所	场所级别	日等效最大操作量（贝可）	年最大使用量（贝可）	环评手续办理情况	验收手续办理情况	备注
1	I-125（粒子源）	核医学科	乙级	7.4×10 ⁸	2.13×10 ¹²	2016 年办理环评手续，已取得批复“闽环辐评[2016]22 号”	2019 年开展了自主验收，并通过了验收，于 2019 年 4 月出具了“福建医科大学附属第一医院核技术利用项目竣工环境保护验收意见”	已获得许可
2	Sm-153		乙级	1.85×10 ⁸	4.44×10 ¹⁰			
3	Sr-89		乙级	2.96×10 ⁷	7.4×10 ¹⁰			
4	Ge-68（Ga-68）		乙级	7.4×10 ⁷	9.6×10 ¹⁰			
5	I-125		乙级	5.0×10 ⁴	2×10 ¹⁰			
6	I-131		乙级	2.37×10 ⁹	6.82×10 ¹²			
7	F -18		乙级	1.11×10 ⁸	3.2×10 ¹²	2013 年办理环评手续，已取得批复“闽环辐评[2014]1 号”；2016 年扩建办理了环评手续，取得批复“闽环辐评[2016]22 号”		
8	Tc-99m		乙级	4.44×10 ⁸	1.15×10 ¹³			

1.3.4 辐射安全管理及防护情况

（1）辐射防护管理制度

福建医科大学附属第一医院成立了辐射安全与环境保护管理委员会，制定了《福建医科大学附属第一医院放射事故（事件）应急处理预案》、《辐射防护和安全管理规定》、《辐射工作人员培训制度》、《职业健康管理规定》、《放射诊疗设备个人防护用品配置使用及维护管理制度》、《放射诊疗工作场所管理制度》等辐射安全管理制度，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

福建医科大学附属第一医院现有 252 名直接从事辐射工作的人员，据 2019 年 4 月统计，已有 104 人参加了有资质单位组织的辐射安全与防护培训，并取得合格证书，未培训人员医院已制定培训计划，后续分批参加有资质单位组织的辐射安全与防护培训。

福建医科大学附属第一医院已为 252 名辐射工作配备了个人剂量计，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年度的个人体检报告均存档备案。

根据福建医科大学附属第一医院提供的 2018 年辐射工作人员个人剂量计监测报告（2018 年 1 月 1 日至 2018 年 12 月 31 日）结果得辐射工作人员个人剂量监测年统计结果最大值为 1.95mSv（林燕敏，个人剂量计编号为 02016），低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均值 20mSv，也满足本项目辐射工作人员剂量管理值 5mSv/a 的要求。

根据福建省职业防治院 2018 年 5 月出具的职业健康检查结果总结报告“2017 闽职健检第 044 号”等，福建医科大学附属第一医院辐射工作人员进行体检人数共 213 人，共 53 人出现异常，其中 29 个处理意见为暂时脱离放射工作。医院已于 2018 年 8 月对异常人员进行体检复查，其中复查报告中的辐射工作人员钱鸥，编号为 132，处理意见仍为暂时脱离放射工作，其余结果均已显示正常。

（3）辐射环境监测情况

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。根据医院提供的 2018 年度评估报告，该院辐射场所监测未出现超标情况，据调查截止目前，福建医科大学附属第一医院使用的放射性同位素与射线装置正常运行，未发生辐射事故。

（4）辐射监测仪器和防护用品配备情况

医院设置现有门式放射检测器、便携式辐射监测仪等辐射监测仪器设备，医院为医护人员和受检者配备了必要的个人防护用品。

- ① 介入手术室：每个机房 3 套铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅帽子。
- ② DR 机房：每间一套铅衣、铅三角巾、铅围脖、X 线防护架。
- ③ 数字胃肠 X 线机房：每间一件铅衣。
- ④ 移动 DR：一件铅衣。
- ⑤ 口腔 X 线机房：每间一件铅衣、一件铅围脖。
- ⑥ CT 机房：每间一套铅衣、铅三角巾、铅围脖。

1.5 项目地理位置和周边概况

1.5.1 项目地理位置

拟改造的直线加速器装置位于福建省福州市台江区茶中路 20 号福建医科大学附属第一医院。医院地理位置见图 1.5-1 所示，医院平面布局见图 1.5-2 所示。

1.5.2 辐射工作场所及周边关系

拟改造的直线加速器装置设置于放疗中心一层直线加速器机房（2），放疗中心位于院区南部，其东侧 5m 处为居民楼（闲置）及下河里道路，东侧 20m 处为医院职工住宅楼（怡欣楼），南侧 12m 处为下河里居民区，西侧 10m 处为体检中心，北侧 15m 处为门诊综合楼，西北侧 30m 处为外科综合楼、急诊库房以及 5m 处为停车场。

放疗中心一层平面图见图 1.5-3，直线加速器装置项目周边环境见图 1.5-4，现场照片见图 1.5-5。

1.5.3 项目选址合理性分析

本工作场所利用原直线加速器机房（2）改造，位置相对独立，其他无关人员较少进入该楼层，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、屏蔽物质厚度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是可控制的，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。

1.5.3 项目周边保护目标

本项目的周边保护目标主要是辐射工作场所的辐射工作人员、医护人员及周边的公众。

1.6 项目建设必要性

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，故在等级医院中有其必要性和重要性。医院由于已有直线加速器设备年代久远，导致故障频发且治疗精度降低，计划购置 1 台医用直线加速器替换老设备，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。

因此，本项目建设是必要的。

1.7 国家产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 21 号），本项目属于“鼓励类”中“三十六、教育、文化、卫生、体育服务业”中的“29、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 福建医科大学附属第一医院地理位置图



图 1.5-2 福建医科大学附属第一医院平面布局示意图



图 1.5-3 福建医科大学附属第一医院直线加速器项目外环境关系图及评价范围图

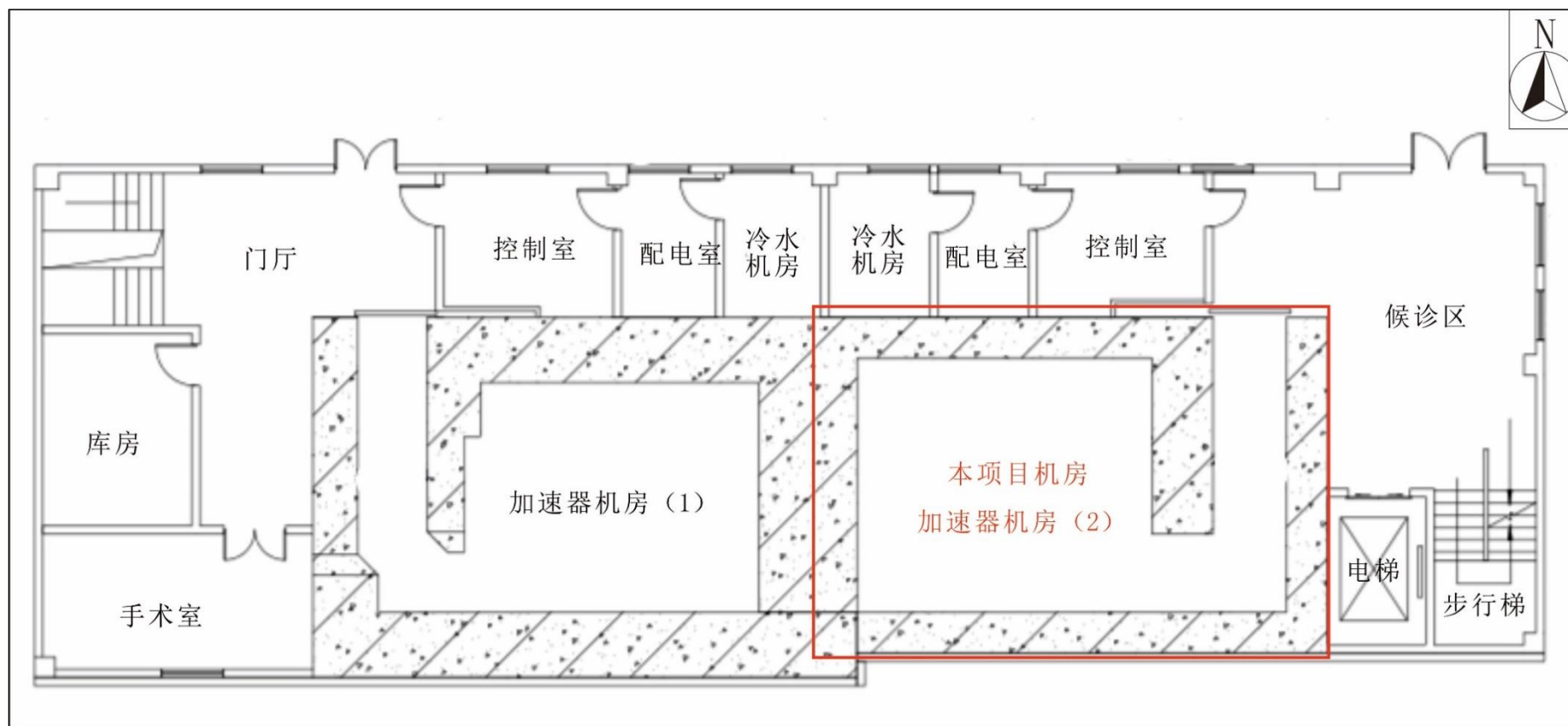


图 1.5-4 放疗中心一层楼层平面布置图



直线加速器机房（2）原貌



直线加速器机房（2）原貌



直线加速器机房（2）原貌



直线加速器机房上方（后装机房）



直线加速器机房（1）



放疗中心



东侧居民楼（闲置）



东侧医院职工住宅楼（怡欣楼）



南侧居民楼



西侧体检中心、急诊科库房、停车场



外科综合楼



门诊综合楼

图 1.5-5 项目周边环境现状照片

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	医用直线 加速器	II 类	1	Infinity	电子	X 射线最高能 量：6MV 电子能量：最高 15MeV	X 射线：3F 模式最 大 1400MU/min 电子线：600cGy/min	医疗诊治	放疗中心直线 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 （μA）	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
放射性废水	液态	¹⁵ O、 ¹³ N	/	微量	微量	极低浓度	/	冷却水循环使用，不外排
直线加速器退役期照射头、辅助过滤装置等感生放射性部件	固体	/	/	/	/	/	/	厂家回收或送至福建省放射性废物库贮存

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

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； (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； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日实施； (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； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国生态环境部，2017 年 6 月 29 日； (8) 《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》，中华人民共和国生态环境部，2018 年 4 月 28 日修订； (9) 《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； (10) 《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》，2017 年 12 月 12 日； (11) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，2007 年 11 月 1 日； (12) 《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； (13) 《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； (14) 《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； (15) 《产业结构调整指导目录》（2011 年本，2013 年修订）； (16) 《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）。
------------------	---

技 术 标 准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (2) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）； (3) 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB 8999-1988）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）； (5) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）； (6) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）。 (7) 《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）。 (8) 《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）。 (9) 《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）； (10) 《放射工作人员健康要求》（GBZ 98-2017）； (11) 《放射工作人员职业健康监护技术规范》（GBZ 235-2011）； (12) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2016）； (13) 《工作场所有害因素职业接触限值第一部分化学因素》（GBZ 2.1-2007）； (14) 《室内空气质量标准》（GB/T 18883-2002）； (15) 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）； (16) 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）； (17) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）； (18) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）； (19) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）。
其 他	(1) 委托书； (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。 (3) 福建医科大学附属第一医院提供的加速器机房建筑设计图、以及与建设项目相关的技术资料； (4) 福建医科大学附属第一医院辐射安全许可证； (5) 辐射工作人员培训合格证书； (6) 湖北君邦环境技术有限责任公司武汉环境检测分公司出具的监测报告，编号为（2019）环监（辐）字第（024）号。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为使用 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，本项目辐射环境评价范围确定为直线加速器机房实体屏蔽物外 50m 区域，见图 1.5-3。

7.2 保护目标

区内保护目标主要是辐射工作场所的辐射工作人员、医护人员及周边的公众。本项目辐射环境评价范围内最近居民楼距离为 12m，范围内无学校等敏感目标分布。

本项目直线加速器机房（2）环境保护目标情况见表 7.2.1。放疗中心以外环境保护目标分布图见图 1.5-3。直线加速器机房（2）所在楼层（一层）环境保护目标分布见图 1.5-4；上方楼层（二层）环境保护目标分布图见图 7.2-1，放疗中心立面剖面图见图 7.2-2。

表 7.2.1 环境保护目标一览表

序号	位置描述	环境保护目标	距离 (m)	人数	年有效剂量 限值 (mSv)
1	北侧控制室	辐射工作人员	毗邻	约 5 人	5
2	北侧配电室	检修工作人员		约 1 人	0.25
3	东北侧等候区	其他医护人员、其他工作人员、病人及病人家属	毗邻	约 10 人	
4	东侧电梯		毗邻	流动人群	
5	东侧楼梯道		毗邻	流动人群	
6	楼上候诊室、模具室、控制室（后装机）、治疗计划室、物理室等		毗邻	约 20 人	
7	东侧居民楼（闲置）、下河里道路及医院职工住宅楼（怡欣楼）	公众成员	5~50m	约 100 人	
8	南侧下河里居民区		12~50m	约 100 人	
9	西侧体检中心	其他医护人员、其他工作人员、病人及病人家属等	10~50m	约 150 人	
10	北侧门诊综合楼		15~50m	约 250 人	
11	西北侧外科综合楼、急诊科库房及停车场		5~50m	约 200 人	

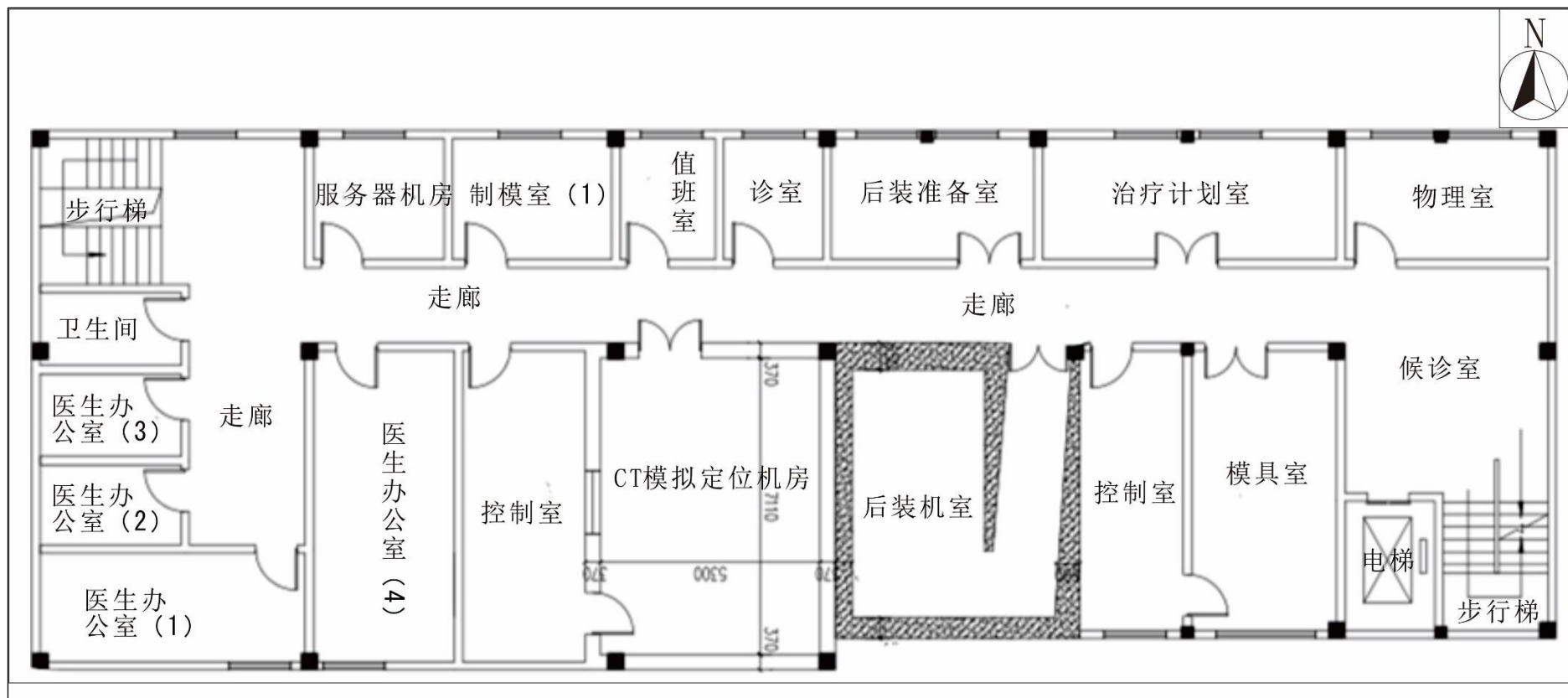


图 7.2-1 直线加速器机房 (2) 上方楼层 (二层) 平面图

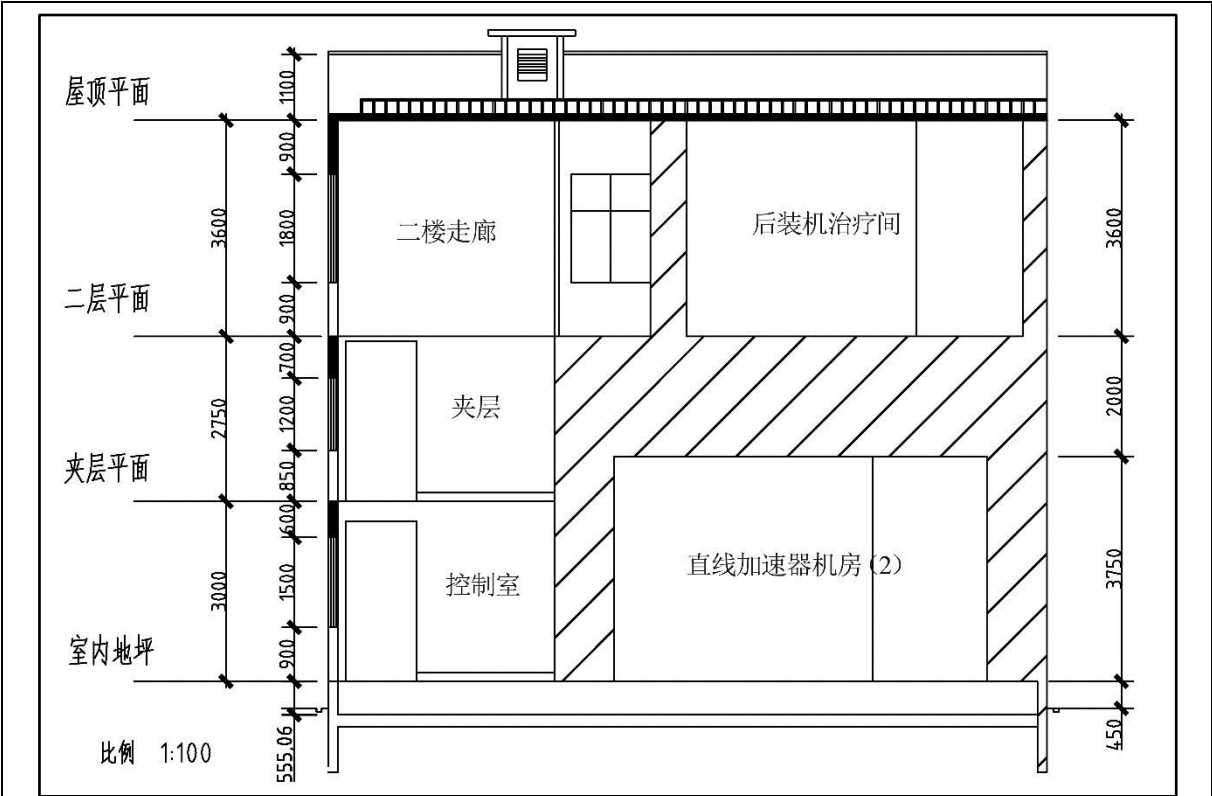


图 7.2-2 放疗中心立面剖面图（北——南）

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）

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关规定，在实践过程中，工作人员所受的剂量限值为连续 5 年的年平均有效剂量不超过 20mSv/a；公众所受有效剂量不超过 1mSv/a。

在环境评价中，出于“防护与安全的最优化”原则，对于某单一项目的剂量控制，可以取剂量限值的几分之一进行管理，本项目辐射工作人员的剂量约束值取其四分之一，即不超过 5mSv/a。对于单个伴有辐射的“实践”项目，其对公众照射的剂量约束值取剂量限值的若干分之一，《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）建议取值范围在每年 0.1~0.3mSv。根据项目及周围环境状况，本项目对公众照射的剂量约束值取每年 0.25mSv。

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 《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）

依据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中针对加速器机房防护设施的技术要求（6.1 治疗室的防护要求），具体如下：

（1）治疗室选址、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。

（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。

（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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

（4）穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

（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）治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

（7）治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m^2 。

（8）治疗室人口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。

（9）相关位置例如治疗室人口处上方等应安装醒目的辐射指示灯及辐射标志。

（10）治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

7.3.3 《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）

宽束辐射有用束对应的机房屏蔽为主屏蔽区，其范围应略大于有用束在机房屏蔽墙（或顶）的投影区，可按下列式确定：

$$Y_p = 2[a + SAD] \cdot \tan \theta + 0.3$$

式中： Y_p —— 机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD —— 源轴距，m；

θ —— 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时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

7.3.3 其他环保相关排放标准

(1) 大气排放标准

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 7.3.5。

表 7.3.5 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 ³ ）
1	颗粒物	周界外浓度最高点	1.0

(2) 废水

本项目废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中表 2 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放预处理标准。

表 7.3.5 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）

序号	控制项目	预处理标准
1	粪大肠菌群数（MPN/L）	5000
2	pH	6~9
3	化学需氧量（COD）浓度（mg/L） 最高允许排放负荷（g/床位）	250 250
4	氨氮（mg/L）	—
5	动植物油（mg/L）	20

(3) 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 7.3.6。运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 2 类标准，标准限值见表 7.3.7。

表 7.3.6 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 7.3.7 工业企业厂界环境噪声排放标准 单位：dB

厂界外声环境功能区类别	昼间	夜间
0	50	40
1	55	45
2	60	50
3	65	55
4	70	55

表 8 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在地的辐射环境质量现状，福建医科大学附属第一医院委托湖北君邦环境技术有限责任公司武汉环境监测分公司，于 2019 年 4 月 19 日对本项目工作场所及周围环境进行了 X- γ 辐射剂量率背景水平调查。

8.1 项目的地理和场所位置

福建医科大学附属第一医院位于福州市茶中路 20 号，本项目位于院区南部的放疗中心一楼，其东侧 5m 处为居民楼（闲置）及下河里道路，东侧 20m 处为医院职工住宅楼（怡欣楼），南侧 12m 处为下河里居民区，西侧 10m 处为体检中心，北侧 15m 处为门诊综合楼，西北侧为外科综合楼以及急症活动房。

项目地理位置见图 1.6-1，周边环境情况见图 1.6-2。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

（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- γ 辐射空气吸收剂量率。

（3）监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》（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，监测点位见表 8.2.1 和图 8.2-1。

表 8.2.1 X- γ 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	检测均值 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	拟改建直线加速器机房处（室内）	**
2#	楼上走廊（室内）	**
3#	放疗楼楼前（室外）	**
4#	东侧下河里道路（室外）	**
5#	东南侧社区道路（室外）	**
6#	南侧下河里居民区（室外）	**
7#	西侧体检中心楼前（室外）	**
8#	西北侧停车场（室外）	**
9#	北侧外科综合楼东南角（室外）	**

10#	东北侧门诊综合楼前（室外）	**
-----	---------------	----

注：表中检测结果均未扣除宇宙射线响应值。

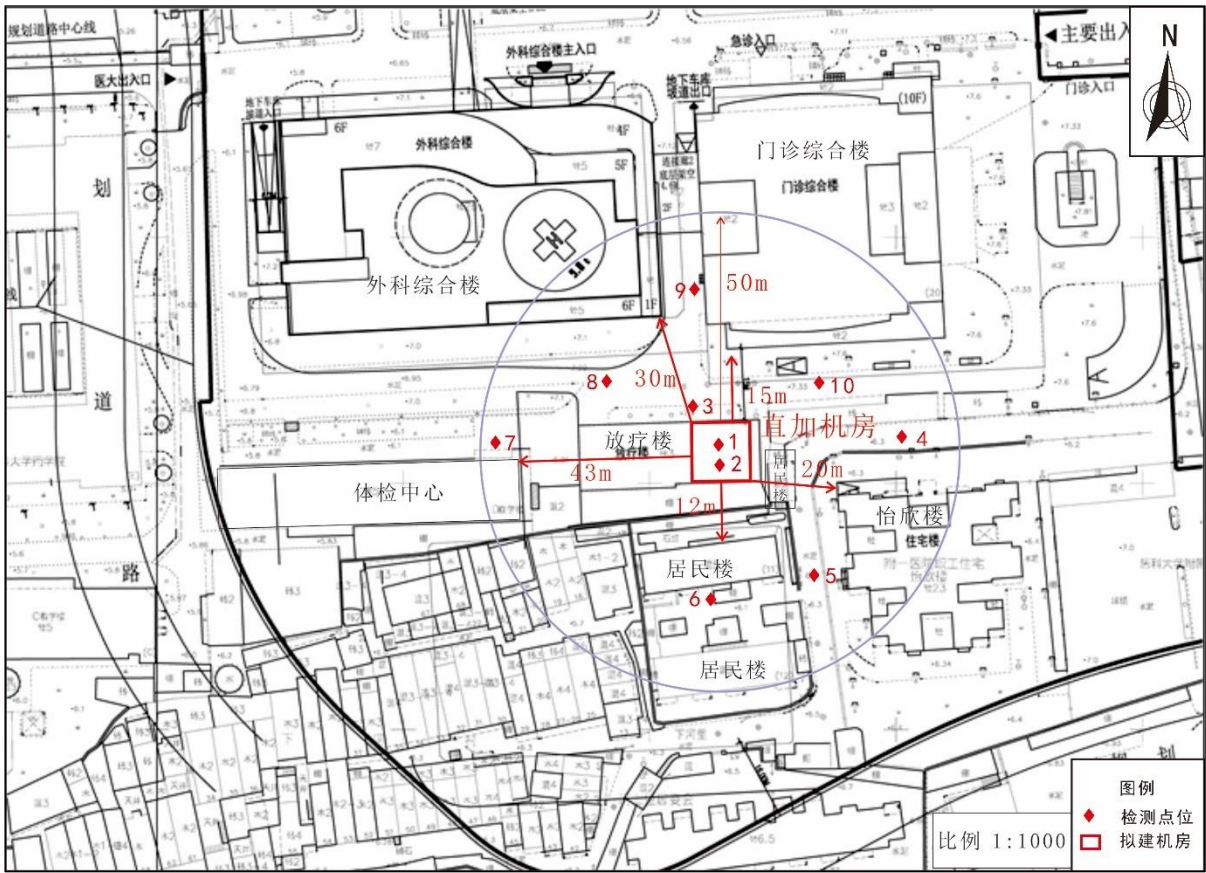


图 8.2-1 X-γ 辐射剂量率背景水平调查点位分布图

(2) 检测方法及检测仪器

本次检测方法依据 GB/T 14583-93《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》。

本次监测仪器为 X、γ 射线巡测仪，仪器的参数见表 8.2.2。

表 8.2.2 环境现状监测仪器及参数一览表

监测项目	监测仪器			使用环境
	名称及型号	技术指标	检定情况	
X-γ 辐射空气吸收剂量率	名称：X、γ 射线巡测仪 型号：451P	能响范围：>25keV，范围内误差-10%~10% 测量范围：0.01 μ Sv/h~50.00mSv/h（剂量率）	检定单位：上海市剂量测试技术研究院·东华国家计量测试中心 检定有效期：2019 年 1 月 16 日-2020 年 1 月 15 日	符合仪器使用条件

8.2 质量保证

监测时质量保证措施如下：

(1) 监测仪器于 2019 年 1 月 16 日通过上海市计量测试研究院检定，检定有效期一年，监测期间监测仪器处于有效期内；

(2) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；

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

(4) 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；

(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。

8.3 监测结果及评价

监测结果详见表 8.2.1，检测报告见附件 3。本次环评项目所在地及周边的 γ 辐射剂量率处于正常环境本底水平。

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 医用电子直线加速器

1) 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，内部结构见图 9.1-2。

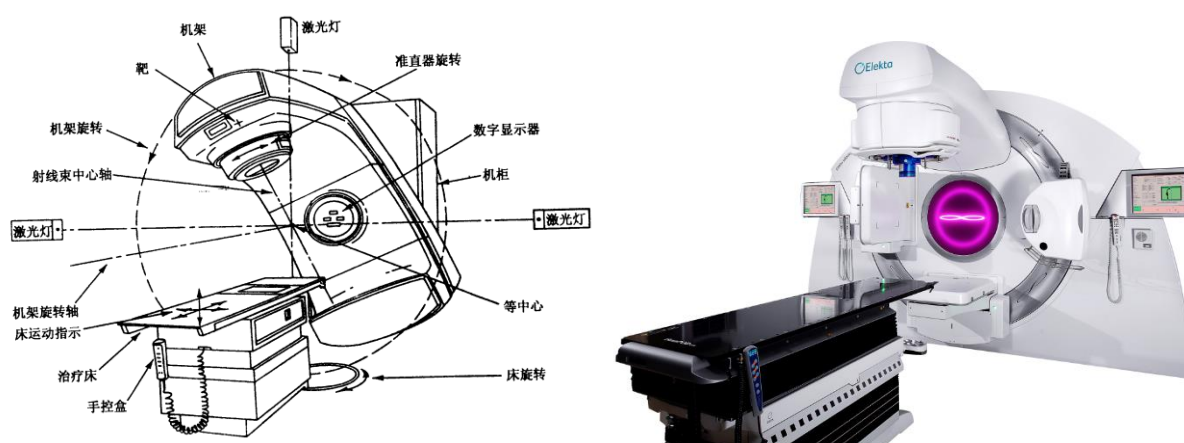


图 9.1-1 直线加速器物理结构图

2) 工作原理

放射疗法是 X 射线、 γ 射线或高能电子束等放射线照射在癌组织，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辅助治疗癌症的方式。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。医用电子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。

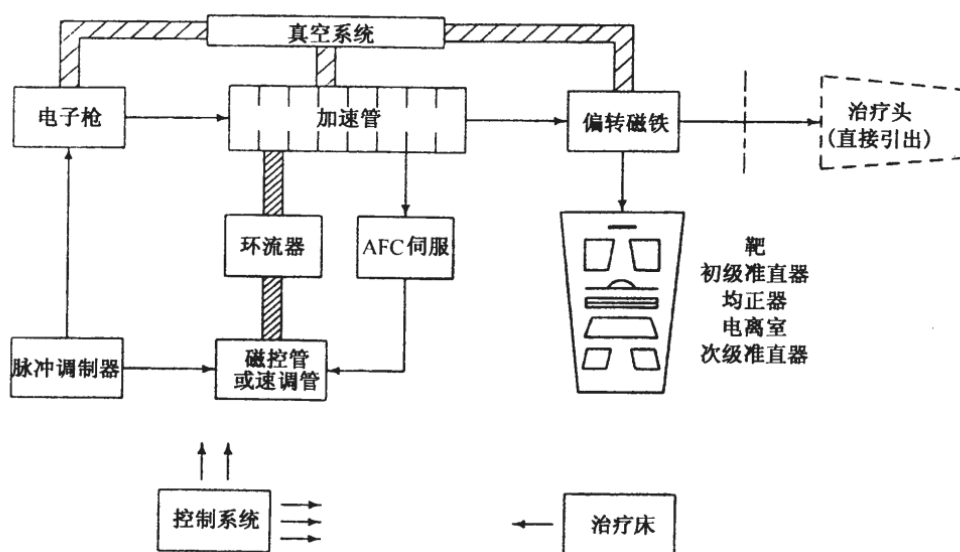


图 9.1-2 典型医用电子直线加速器内部结构图

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限束，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、对病人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) 操作流程

- (1) 进行定位：先通过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，再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, 医生退出治疗室, 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。

9.1.2 产污环节简述

医院使用的直线加速器能量为 6MV, 根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2001) 和《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011), X 射线能量低于 10MV 的加速器, 无需考虑中子辐射及中子俘获 γ 射线。因此, 在开机期间, X 射线成为加速器污染环境的主要因子, 其次为感生放射性、臭氧和氮氧化合物。

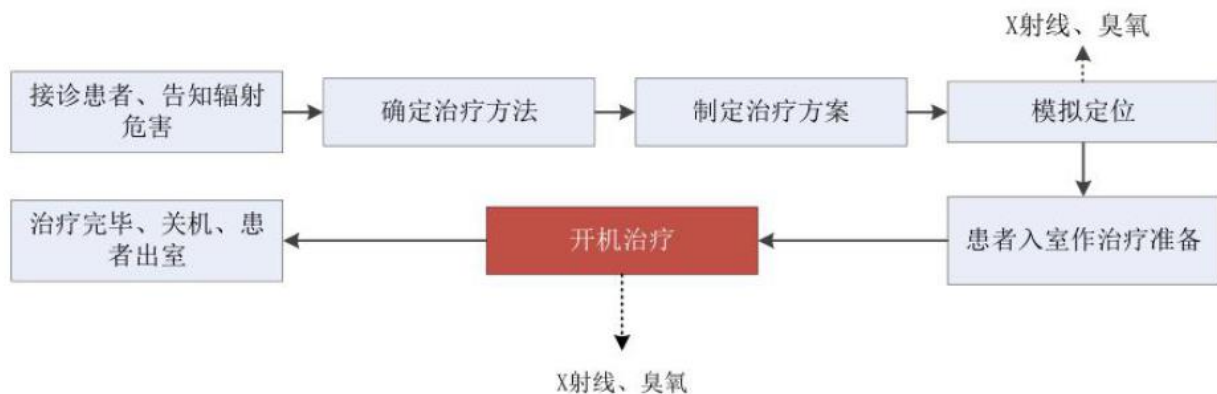


图 9.1-3 电子直线加速器工作流程及产污环节

(1) 电子束

加速器在运行时产生的高能电子束, 因其贯穿能力远弱于 X 射线, 在 X 射线得到充分屏蔽的条件下, 电子束亦能得到足够的屏蔽。然而被加速器加速的电子束穿过薄膜窗从加速器中引出后, 成为能量较高的外电子束, 它在空气中的射程较长, 这时要绝对禁止非治疗人员在加速器开机时误入治疗室, 以防被电子束或散射电子照射造成事故。

(2) X 射线

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, 但运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。在加速器开机的时间内, X 射线为主要污染因子。

(3) 臭氧、氮氧化物

空气中的 O_2 和 N_2 分别在 X 射线的作用下, 生成自由基, 与空气中的 O_2 和 N_2 结合, 生成 O_3 和 NO_x , 它们是与辐射相关的非辐射危害因素。

9.1.3 本项目工况

(1) 直线加速器参数

表 9.1.1 直线加速器机房 (2) 6MV 加速器主要技术参数

参数名称	参数值
能量	X 射线 $\leq 6\text{MV}$ 电子线 $\leq 15\text{MeV}$
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: 3F 模式最大 1400 MU/min 电子线: 600cGy/min
泄漏 X 射线	
最大照射野尺寸	40cm $\times$ 40cm
机架旋转	360°
等中心点离地高度	124cm

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, 直线加速器机房改造主要为在原有机房墙体厚度基础上采用混凝土现浇(回填)、重晶石混凝土涂抹、铅砖(或铅板)加厚等方式对墙体增加防护, 对防护门增加防护, 并对原有配套辅助用房等进行功能的重新分配及装修等, 产生的环境影响主要是施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。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、混凝土浇注及现场处理等。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。

（4）固体废弃物

本项目为改建项目，需将原有直线加速器拆除，拆除后的设备交由厂家回收。直线加速器机房改造工程量小，产生的生活垃圾、建筑垃圾、土石方很少。

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 射线的产生，X 射线及电子束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° 的锥形线束，其能量为 10MV。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成为漏射线。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。

（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使用一定年限（一般约 4~5 年）或退役时产生的加速器废靶。

（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和放射性废水，只产生少量生活污水，依托医院污水处理设施处置。

（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）事故工况下的污染源项

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室，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室，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 射线及电子束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 工作场所布局和分区

(1) 工作场所布局

本项目位于放疗中心一楼东侧直线加速器（2）内，放疗中心为独立建筑，机房东侧为候诊区、电梯，北侧为控制室、配电室和水冷机房，西侧紧邻直线加速器机房（1），机房上方为后装机治疗室等，无楼下。治疗室内（不含迷路）使用面积 47m²，治疗室入口处设置防护门和迷路，防护门与加速器联锁，符合《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中“新建治疗室不应小于 45m²”的规定、“治疗室入口处必须设置防护门和迷路”的规定。

(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，治疗机房出入口内的所有区域为控制区，控制室、配电室和水冷机房为监督区。在监督区和控制区门口设置明显的放射性警告标识，在出入口处安装射线装置工作状态指示灯。控制区内只有工作人员可以进入，以避免不必要的照射；监督区内严格限制无关人员进入。

辐射工作场所分区示意图见图 10.1-1。

本项目拟改建的直线加速器机房（2）与医院其他各单元间分隔明确，不相互穿插、干扰。机房设置了迷路和防护门，设备有用线束方向为东侧、西侧及上方，有用线束不朝向防护门照射，辐射场所通过辐射工作场所屏蔽实体的有效屏蔽，不会对外环境人员造成影响。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。

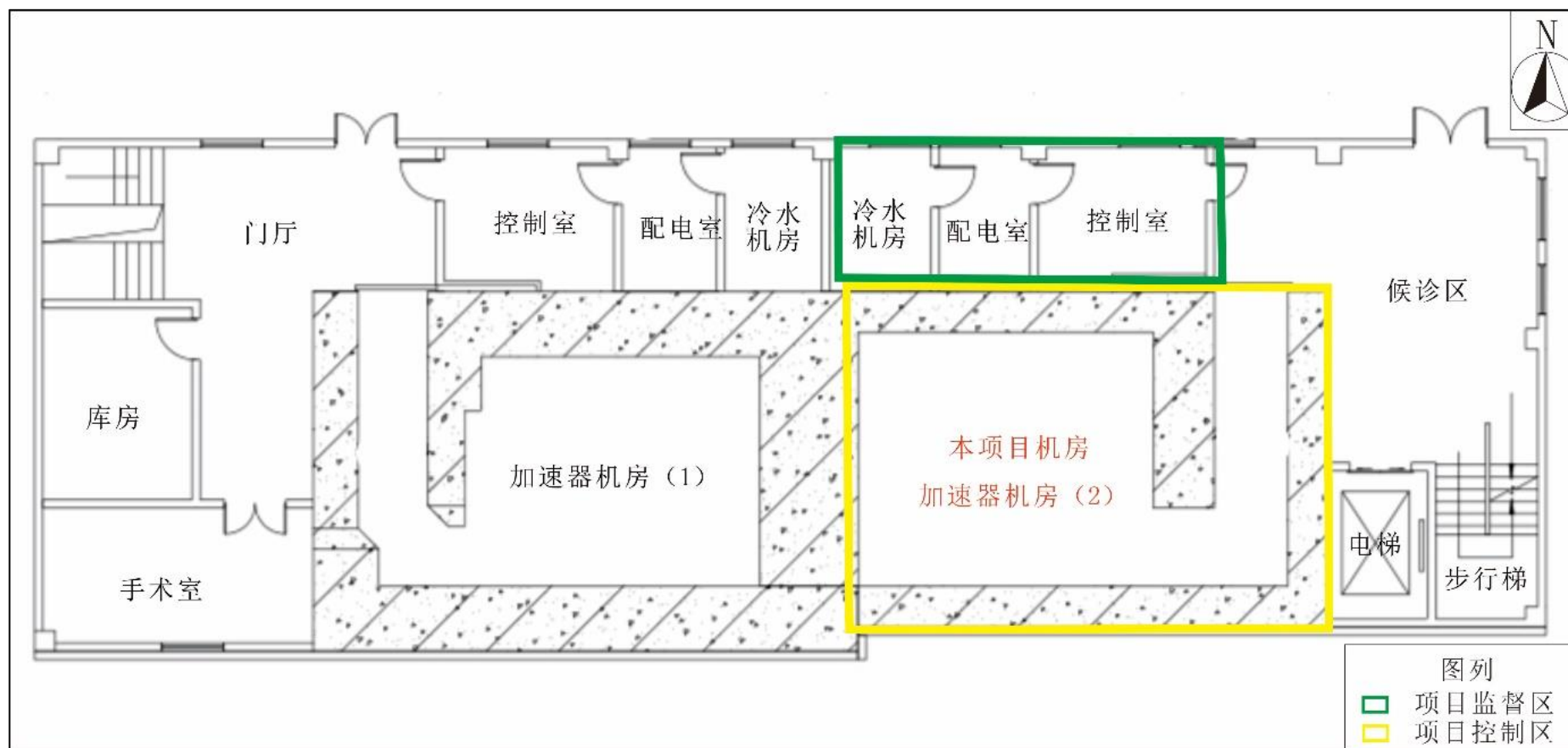


图 10.1-1 本项目分区情况示意图

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

本项目直线加速器东西方向为主线束方向。治疗室（不含迷路）东西内径长 7.45m，南北内径宽 6.33m（主防护墙之间的距离），高 3.25m，使用面积 47m²。

治疗室（含迷路）东西长 12.45m，南北宽 12.10m，机房占地面积 150.65m²，容积约为 220m³。

机房新风口位置位于治疗室吊顶内，排风口距地 30cm；在迷路增加排风系统，新风口设置在机房西侧顶棚；机房内设置独立恒温湿空调，室内工作温度：21 摄氏度，湿度 50%，无冷凝水；排风次数 12~13 次/小时。

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，墙体改造示意图见图 10.2-2，机房剖面图见图 10.2-3。

表 10.2.1 直线加速器机房的辐射防护屏蔽设计一览表

序号	位置			屏蔽防护设计		
				原墙材料及厚度	增加材料及厚度	规格
1	直线加速器机房	顶棚	主防护墙	采用 2450mm 厚混凝土现浇	150mm 厚混凝土现浇回填	机房内径（不含迷路）东西长约 7.45m、南北宽约 6.33m、高约 3.25m，面积约 47m ²
2			次防护墙	采用 1150mm 厚混凝土现浇	150mm 厚混凝土现浇回填	
3		东侧墙（迷路内墙）	主防护墙	1500mm 混凝土现浇	50mm 铅砖（宽度 354cm，高 320cm）	
			次防护墙	1500mm 混凝土现浇	/	
4		东侧墙（迷路外墙）	与迷路内墙重叠部分	700mm 混凝土	90mm 铅砖（宽度 4100mm，高 3.2）	
			不与迷路内墙重叠部分	700mm 混凝土	90mm 铅砖（宽度 1920mm，高 3.2）	
5		北墙		1000mm 混凝土	350mm 重晶石混凝土	
6		南墙		981mm 混凝土	300mm 重晶石混凝土	
7		西墙	主防护墙	2200mm 混凝土现浇	50mm 铅砖（宽度 354cm，高 320cm）	
	次防护墙		2200mm 混凝土现浇	/		
8	防护门		16mmPb	/		

注：混凝土密度为 2350kg/m³，重晶石密度为 3500kg/m³。

10.2.2 主屏蔽墙及主防护顶宽度设计

依据初始束（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，该加速器东、西主屏蔽墙宽度应分别大于 2.7m、3.2m，主防护顶宽度应大于 2.1m，本项目主屏蔽墙宽度为 3.4m，主防护顶宽度为 2.8m，因此可满足机房主屏蔽墙及主防护顶宽度设计要求。

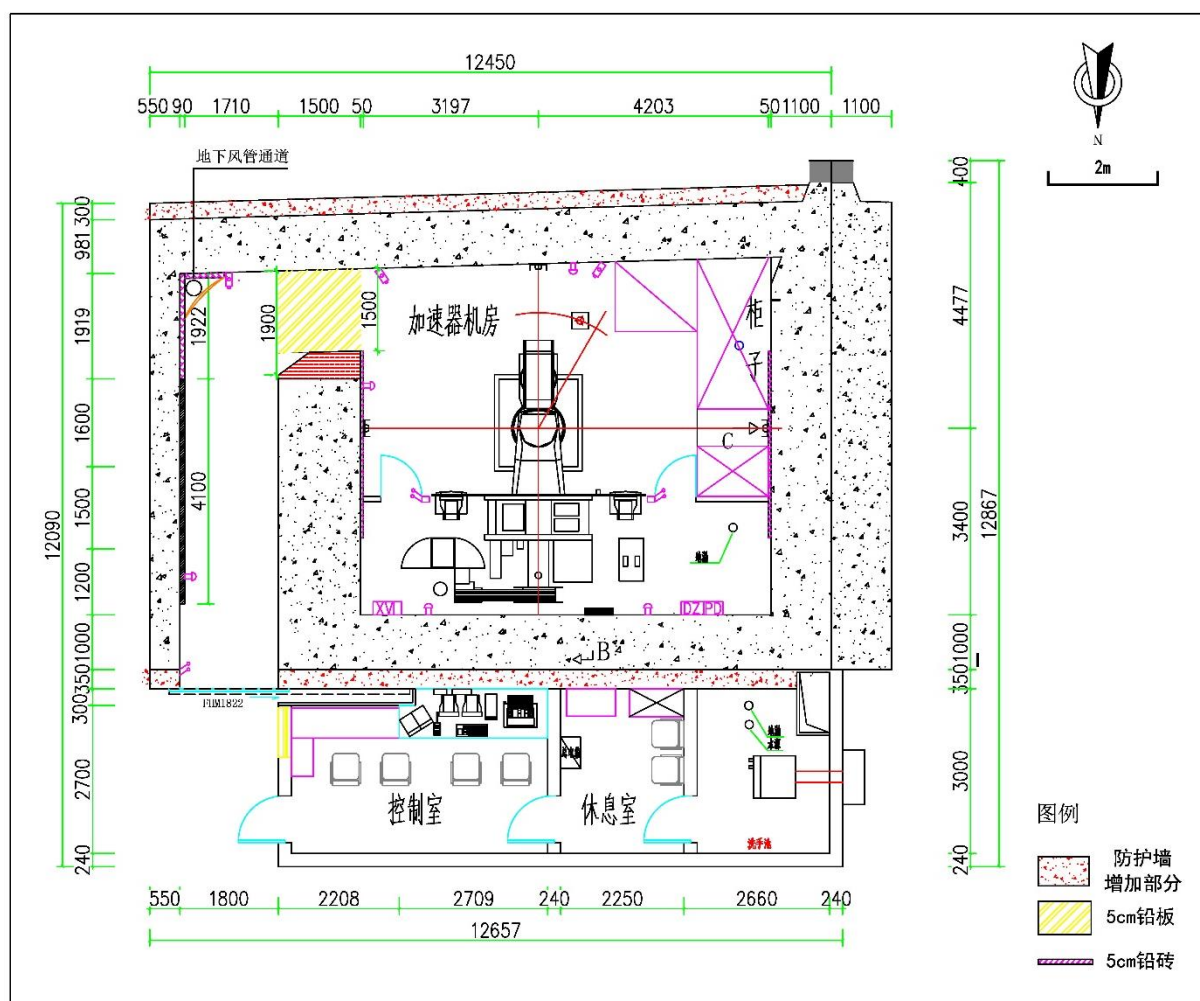


图 10.1-2 机房平面设计图

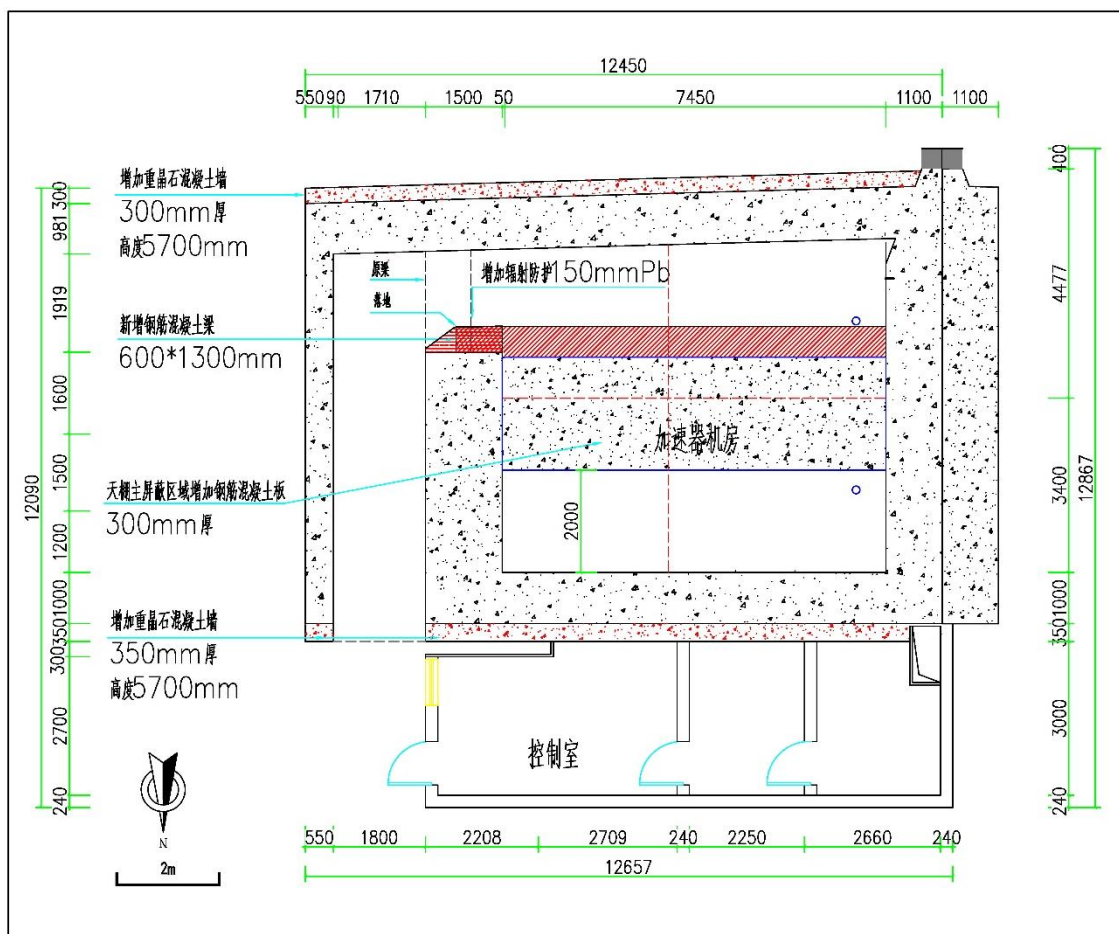


图 10.1-3 机房墙体改造示意图

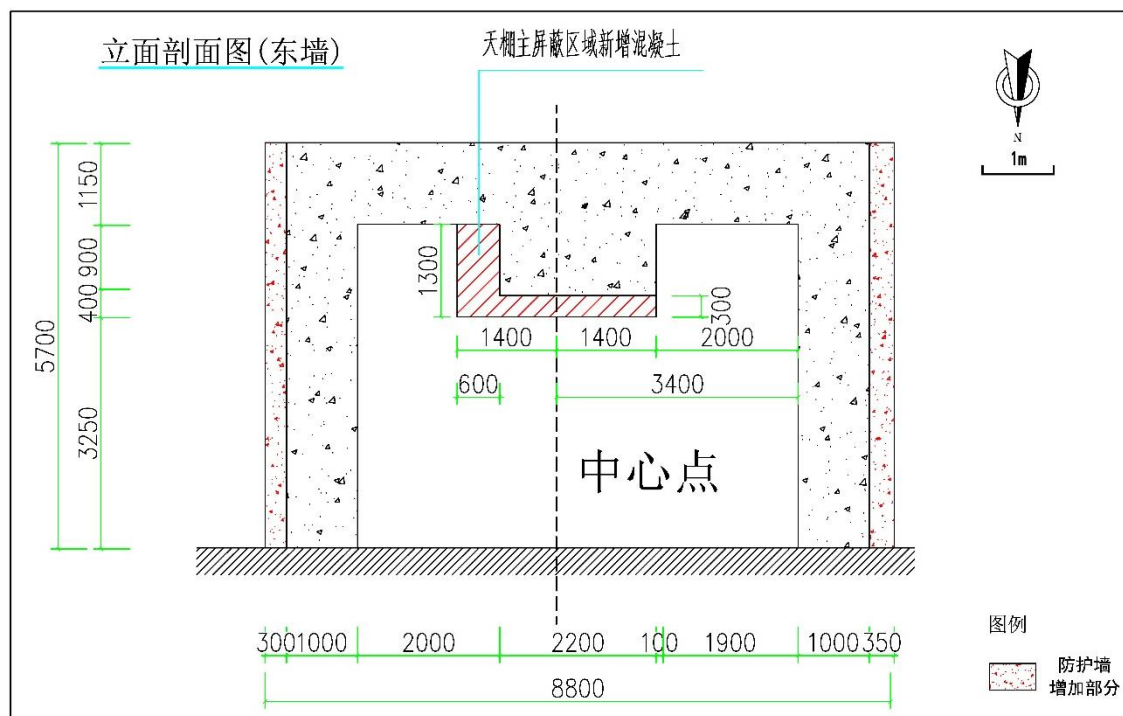


图 10.1-3 机房剖面设计图

(3) 辐射工作场所设置安全防护措施，具体如下：

① 警示标志

直线加速器机房防护门门外顶部拟设置工作状态指示灯，直线加速器开机使用时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；在防护门门外拟张贴电离辐射警示标识并附中文说明。

② 联动装置

直线加速器机房拟设置门-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 紧急停机装置

直线加速器机房内拟安装紧急停机开关，分别设置于治疗室墙面、迷路墙面及控制室内操作位，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，安装高度约为 1.2m。

④ 视频监控系统

直线加速器机房内拟安装视频监控系统，便于控制台前工作人员观察治疗室、迷路内病人及医护人员的情况。

⑤ 对讲装置

直线加速器控制室与治疗室之间拟安装语音对讲装置，便于与机房内人员沟通。

⑥ 报警装置

拟安装 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，同时拟配备 2 台个人剂量报警仪。剂量报警装置可对监测点辐射空气吸收剂量率进行实时监测，且报警仪设置安全阈值，当监测点的辐射空气吸收剂量率监测值超过设置阈值时进行报警。

⑦ 监测装置

医院拟配备 1 台辐射监测仪，用于医院辐射工作场所日常监测。

本项目配备的辐射工作人员均为医院放疗中心原有辐射工作人员，共 8 人，现均已配备了个人剂量计。8 人均只开展放疗中心涉及核技术利用项目（二楼后装治疗机、一楼直线加速器）。

⑧ 通风系统、机房管道设计

机房内设置了排风和新风装置，机房内进风口设置在机房东侧，排风口设置在机房西侧，风管管道尺寸为 400mm×400mm，排风口距地面 300mm，排风引至楼顶，通风量

可达 2800m³/h。加速器机房内有效容积（包含迷路）为 220m³。在迷路增加排风系统，新风口设置在机房西侧顶棚，管道尺寸为 400mm×400mm，进风量可达 2000m³/h。治疗机房内将设置独立恒温湿空调，位于西墙。本项目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、空调管道、除湿管道以及电缆沟等，所有管道均拟采用“U”型管道进入治疗室，并在施工时进行预留。通风系统管道布置见图 10.1-4，电缆沟布置见图 10.1-5。

⑨ 人员防护措施

控制室内操作人员采取隔室操作方式，辐射工作人员及机房周边的其他人员通过控制室与各机房之间的墙体、铅门等屏蔽射线。同时为辐射工作人员配备铅衣、铅帽、铅围脖、铅围裙等辐射防护用品各 1 套。

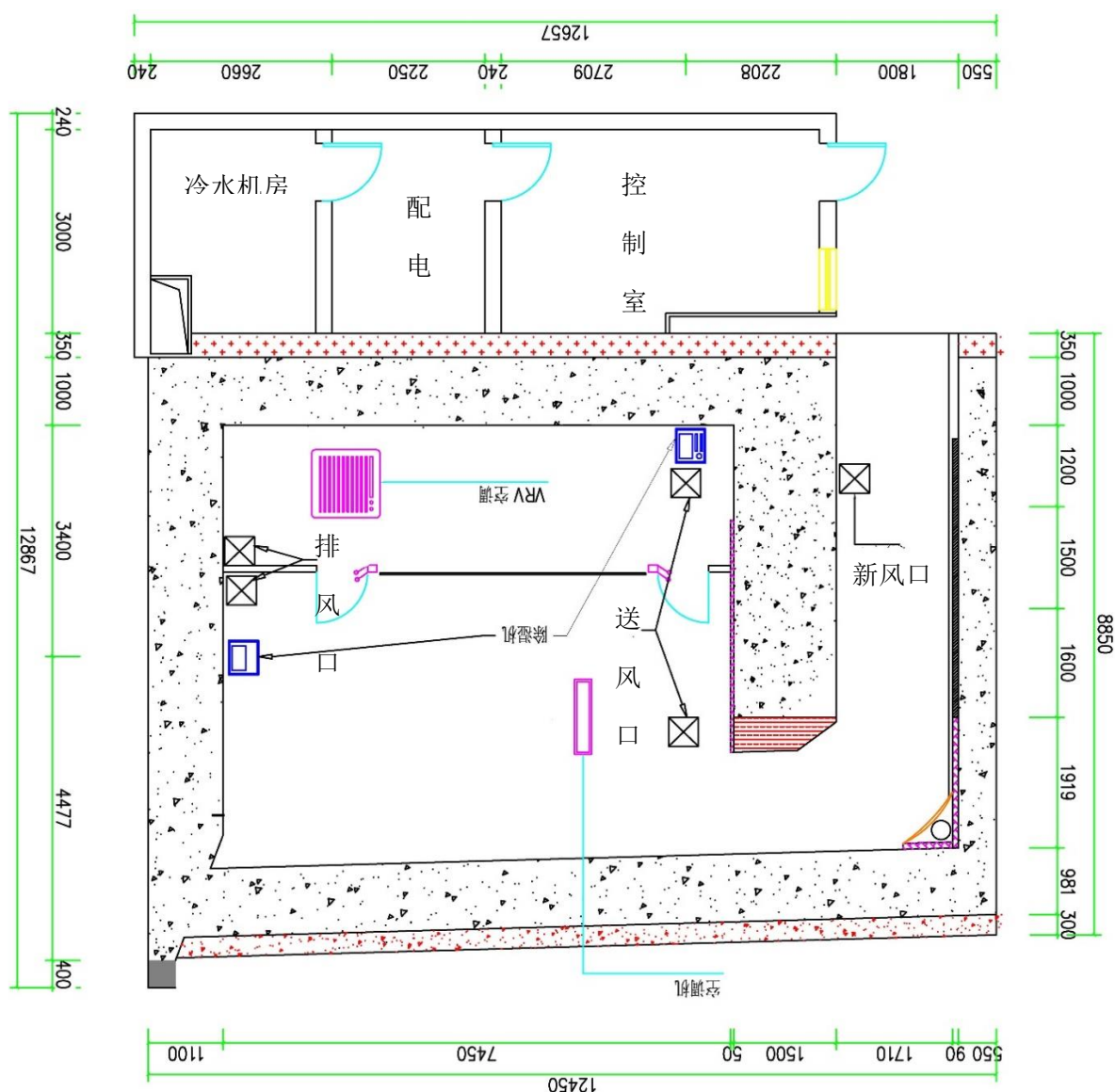


图 10.1-4 通风系统示意图

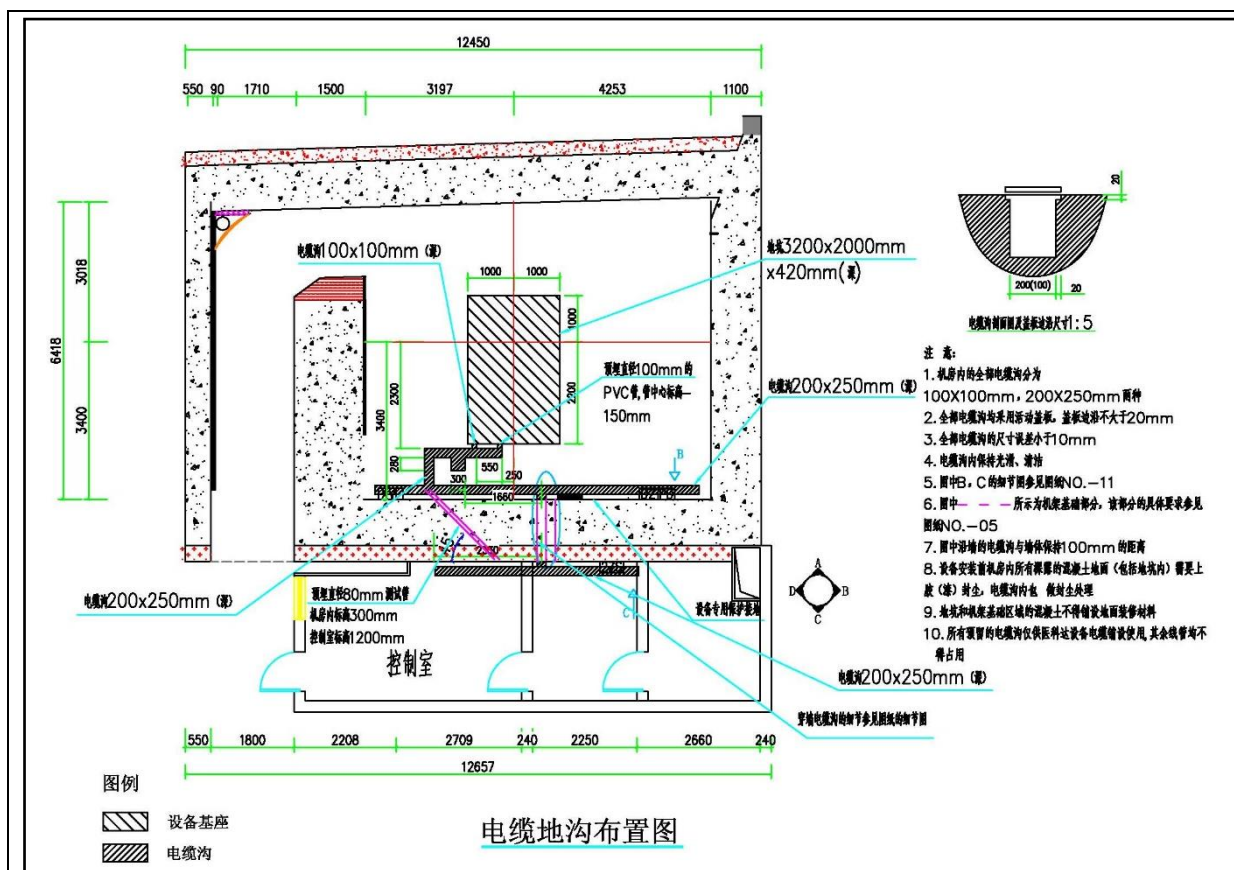


图 10.1-5 电缆布置示意图

10.3 辐射防护措施符合性分析

本项目直线加速器机房（2）辐射防护措施，与《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中要求对比，均符合该标准要求，符合性分析情况见表 10.3.1。

表 10.3.1 拟改建直线加速器机房（2）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
治疗室选址、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室位于放疗中心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 GBZ/T 201.1 的要求	机房有用线束直接投照的防护墙（包括顶棚）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 GBZ/T 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 $2.5 \mu\text{Svh}$ 。	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 $2.5 \mu\text{Svh}$ 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。电缆沟剖面图见图 10.1-5。	符合

治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。	治疗室和控制室之间设置监视和对讲设备	符合
治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m ² 。	本项目直线加速器机房治疗室面积为 47m ² （7.45m×6.33m）。	符合
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。	治疗室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（例如治疗室入口处上方等）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
治疗室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 ³ /h（治疗室体积 220m ³ ，含迷路），可保障治疗室通风换气次数不低于 4 次/h。	符合

10.3 辐射安全防护及其相关的环保设施

本项目有固定的辐射工作场所，且场所均设有相应的辐射安全和防护措施。本项目辐射工作场所设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目辐射工作场所采用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽其辐射源产生的 X 射线，对辐射工作场所采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

10.4 三废的治理

10.4.1 放射性固体废物

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，交由厂家拆除并回收处置。

10.4.2 气体废物及臭氧等氮氧化物

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 O₃ 和氮氧化物 NO_x，为了防止机房内的臭氧 O₃ 和氮氧化物 NO_x 超标，建设单位拟在治疗室内设置通风系统，通风量为 2800m³/h，并在迷路增加排风系统，通风量可达 2000m³/h。机房的有效容积（含迷路）约 220m³，因此机房内的通风次数为 12~13 次/h，满足《电子加速器

放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。臭氧 O₃ 和氮氧化物 NO_x 通过机房的通风系统排出后,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

本项目直线加速器不产生医疗废水和放射性废水,只产生少量生活污水,依托医院污水处理设施处置。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响分析

本项目直线加速器机房改造主要为在原有机房墙体厚度基础上采用混凝土现浇（回填）、重晶石混凝土涂抹、铅砖（或铅板）加厚等方式对墙体增加防护，对防护门增加防护，并对原有配套辅助用房等进行功能的重新分配及装修等，产生的环境影响主要是施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。

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，本项目对周围环境保护目标的影响在可接受的范围内。

1、施工噪声

本项目产生噪声影响的主要是施工机械、运输、混凝土浇注及现场处理等。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。

为了降低施工噪声对周围环境的影响，施工时应文明施工，合理安排施工时间，加快施工进度；同时应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，施工场所应采取消声减震措施，避免对放射科其他科室产生影响。

2、施工扬尘

本项目位于放疗中心楼内，对现有直线加速器机房进行改造，施工过程中由于散装水泥和建筑材料运输等活动会产生少量的扬尘，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。

3、施工废水

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。

施工废水主要为清洗废水，除含有少量油污和泥沙外，基本没有其他污染因子，具有产生量小且成分相对简单的特性，可依托医院现有污水处理设施进行处理。

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，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放疗中心现有设施（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。

4、施工固体废弃物

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，则施工期内每天产生生活垃圾约 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。

机房装修及设备拆除、安装过程将产生少量建筑装修垃圾及包装纸箱、泡沫填充物等。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，对包装纸箱等可回收利用的施工废物料应予以回收利用，其他部分分类收集后交由环卫部门清运

综上所述，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，在采取相应的污染防治措施后，项目施工期环境影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目医用直线加速器机房位于放疗中心一层，北侧为控制室、配电室和水冷机房，东侧为电梯井和候诊区、西侧为直线加速器机房（1），南侧为医院外墙，墙外连居民楼，机房顶棚为后装治疗机房及控制室，无地下室。本项目使用的医用电子直线加速器 X 射线最高能量为 6MV，根据直线加速器工艺流程及产污环节，本项目主要污染因子为 X 射线、电子线及臭氧，不产生中子及感生放射性气体。

本项目运行阶段影响评价采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规第 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面墙壁、顶棚外表面 30cm 处及迷路入口处作为预测点位。

治疗室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 GBZT 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。

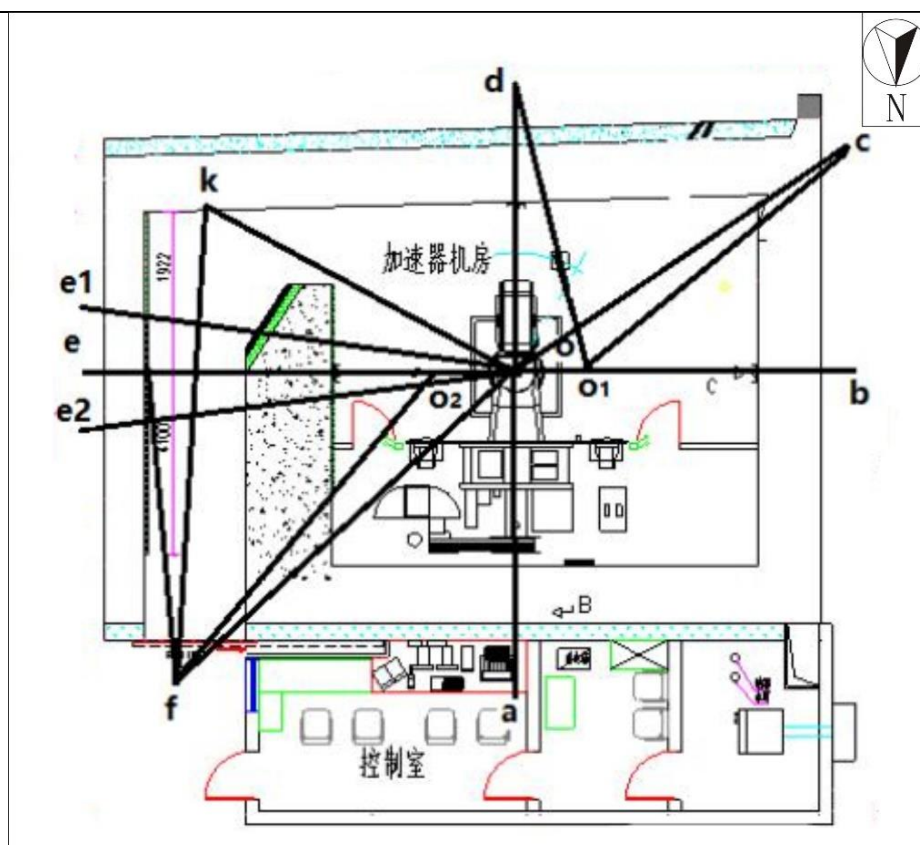


图 11-1 关注点示意图

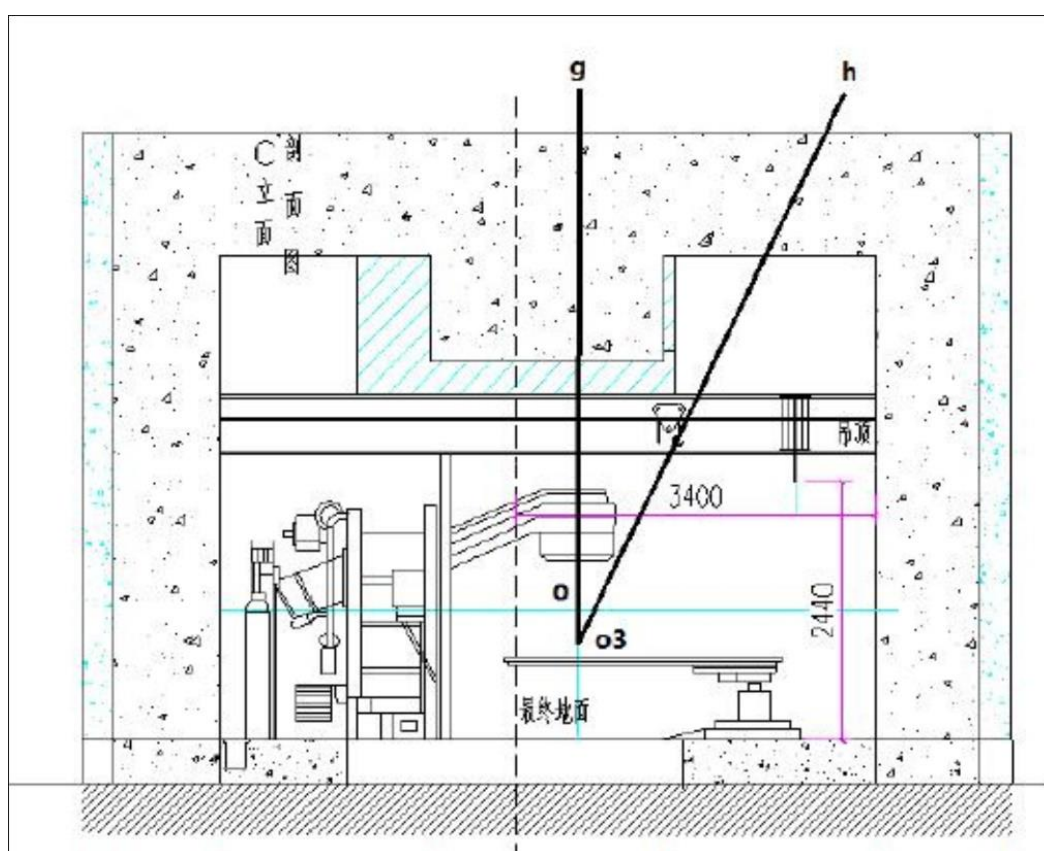


图 11-2 顶棚关注点示意图

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;

θ —— 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时, “墙”指主屏蔽区墙(或顶)的外表面。

根据图 11.2-1, 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(2)主屏蔽宽度计算参数及计算结果

主屏蔽区	东墙主屏蔽区	西墙主屏蔽区	屋顶主屏蔽区
SAD (m)	**	**	**
$\theta (^{\circ})$	**	**	**
a (m)	**	**	**
Y_p 计算值	**	**	**
Y_p 设计值	**	**	**
评价结果	满足	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(2)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 201.2-2007)的相关要求。

11.2.2 辐射环境影响分析

(1) 辐射工作场所辐射屏蔽预测分析

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”, 本项目各关注点剂量率参考控制水平见表 11.2.2。

根据医院提供信息及本项目机房四周情况, 机房正上方为后装机机房, 西侧为直线加速器机房(1), 南侧为院墙无人到达, 因此, 机房上方、西侧、南侧等关注点公众人员无法到达, 人员驻留时间为零, 人员居留因子可取 1/8 (此处为偏保守取值); 北侧为控制室, 东侧为候诊区及电梯, 为辐射工作人员及公众驻留区域, 人员驻留时间可等于直线加速器照

射时间，因此北侧及东侧的关注点人员居留因子可取 1。直线加速器照射辐射主要为东侧、西侧及正上方，其他方向几乎没有照射时间，因此，东侧、西侧及正上方关注点使用因子可取 1，其余关注点可取 1/4。

表 11.2.2 各关注点剂量率参考控制水平

编号	关注点名称	周治疗照射时间 t (h)	使用因子 U	居留因子 T	调强因子 N	关注射线种类	周剂量控制水平 Hc (μ Sv/周)	导出剂量率参考控制水平 Hc,d (μ Sv/h)	最高剂量率参考控制水平 Hc,max (μ Sv/h)	剂量率参考控制水平 H (μ Sv/h)
a	北墙	13.3	1/4	1	5	泄漏辐射	5	**	**	**
b	西墙		1	1/8	/	主射线		**	**	**
c	西南墙（西次级防护墙）		1/4	1/8	5	泄漏辐射、散射辐射		**	**	**
d	南墙		1/4	1/8	5	泄漏辐射		**	**	**
e	东墙		1	1	/	主射线		**	**	**
e1	东南墙		1	1	/	泄漏辐射、散射辐射		**	**	**
e2	东北墙		1	1	/			**	**	**
f	防护门		1	1	/			**	**	**
g	顶棚主墙		1	1/8	/	主射线		**	**	**
h	顶棚副墙		1	1/8	/	泄漏辐射、散射辐射		**	**	**

注：《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）中“A.2.2 复合辐射”要求计算。

③X 射线治疗期间环境参考点剂量估算

A) 有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

屏蔽墙外 30cm 处参考点的剂量率 H ：

$$H = H_0 \cdot f \cdot B / R^2$$

其中： $X_e = X \cdot \sec \theta$, $B = 10^{-(X+TVL-TV L_0) / TVL}$

H ——关注点辐射空气吸收剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 ——距靶 1m 处常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

f ——对有用束线为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率；

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源（靶点）至关注点的距离，m；

X 、 X_e ——分别为屏蔽物质厚度和有效屏蔽厚度，cm；

TVL 、 TVL_1 —分别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, cm, 当未指明 TVL_1 时, $TVL_1=TVL$, 取值详见表 11.2.3;

表 11.2.3 什值层厚度和平衡什值层厚度取值

序号	屏蔽材料	有用束		90° 泄漏辐射		患者散射辐射 TVL (30°) (cm)
		TVL1 (cm)	TVL (cm)	TVL1 (cm)	TVL (cm)	
1	混凝土	**	**	**	**	**

θ —为 X 射线斜射角, 。

B) 患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

屏蔽墙外 30cm 处参考点的剂量率 H :

$$H = \frac{H_0 \cdot a_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B$$

式中:

F —治疗装置有用束在等中心处最大治疗野面积, cm^2 ;

R_s —患者至关注点的距离, m;

a_{ph} — 400cm^2 面积上的散射因子。

表 11.2.4 直线加速器机房周围各关注点的辐射空气吸收剂量率估算结果

编号	关注点名称	距离 R (m)	墙体材料及厚度	有用线束 辐射剂量 率 (μ Sv/h)	泄漏辐射 剂量率 (μ Sv/h)	散射辐射 剂量率 (μ Sv/h)	总剂量 率 (μ Sv/h)
a	北墙	5.05	1000mm 混凝土+350mm 重晶石混凝土	**	**	**	**
b	西墙	6.75	2200mm 混凝土现浇+50mm 铅砖	**	**	**	**
c	西南墙	9.70	2200mm 混凝土现浇	**	**	**	**
d	南墙	4.80	981mm 混凝土+300mm 重晶石混凝土	**	**	**	**
e	东墙 (迷路内外墙, 主防护墙)	8.60	1500mm 混凝土现浇+50mm 铅砖+700mm 混凝土+90mm 铅板	**	**	**	**
e1	东南墙 (次级防护墙)	9.50	1500mm 混凝土现浇+700mm 混凝土+90mm 铅砖	**	**	**	**
e2	东北墙 (次级防护墙)	9.50	(宽度	**	**	**	**

			1920mm, 高 3.2)				
f	防护门 (经过迷 路内墙屏 蔽后)	9.70	16mmPb	**	**	**	**
g	顶棚主墙	5.70	采用 2450mm 厚混凝土现浇 +150mm 厚混 凝土现浇回填	**	**	**	**
h	顶棚副墙	5.84	采用 1150mm 厚混凝土现浇 +150mm 厚混 凝土现浇回填	**	**	**	**

注：混凝土密度为2350kg/m³，重晶石密度为3500kg/m³。

根据计算结果可知，直线加速器机房改建后，在正常工况下，机房四周参考点的剂量率计算值在 9.78E-06~0.182μSv/h 之间，顶棚参考点的剂量率计算值在 0.502~1.894μSv/h，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）“4.2 剂量控制要求”中提出的“在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处空气比释动能率不大于 2.5μSv/h”以及《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）中提出的“人员居留因子 T≥1/2 的场所，关注点最高剂量率参考控制水平≤2.5μSv/h；人员居留因子 T<1/2 的场所，关注点最高剂量率参考控制水平≤10μSv/h”的要求，各关注点均满足本项目表 11-1 要求的关注点剂量率参考控制水平 H，故加速器机房的屏蔽防护符合国家环保的要求。

④机房所需屏蔽厚度的估算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中提出的计算方法对机房所需的屏蔽厚度进行估算

对于给定的关注点剂量率控制水平，设计的屏蔽所需厚度要的透射因子 B 按照公式以下计算，从而计算出有效屏蔽厚度 X_e最后推算出所需的屏蔽层厚度：

$$I_{\text{P}} = \frac{I_0 \cdot f}{R^2} \cdot B$$

$$B = 10^{-(x_e + TVL - TVL_1)/TVL}$$

$$X_e = X \cdot \sec \theta$$

式中：

I_{P} —关注点剂量率，μSv/h；

I_0 —距靶 1m 处常用最高剂量率，μSv·m²/h；

f —对有用束线为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率；

B —透射因子；

R —辐射源（靶点）至关注点的距离，m；

X 、 X_e —分别为屏蔽物质厚度和有效屏蔽厚度，cm；

TVL 、 TVL_1 —分别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，cm，取值见表 11.2.3；

θ —为 X 射线斜射角。

本项目的拟建加速器机房屏蔽层所需厚度见表 11.2.5，机房设计的墙体厚度均满足辐射屏蔽防护的要求，但从经济、施工等方面考虑，建议施工单位在满足墙体防护要求的情况下，减小墙体的施工厚度，避免材料的浪费，同时也避免因墙体太厚而产生裂缝等施工方面的问题。

表 11.2.5 机房所需屏蔽厚度与设计厚度对比

墙体位置	关注点剂量率 (μ Sv/h)	至关注点 距离 R (m)	入射角 θ (度)	有效屏蔽层厚度 X_e (mm)	所需墙体厚度 $X=X_e/\text{scs}_\theta$ (mm)	设计的墙体厚度 (mm)	设计 符合 情况
北侧墙体	0.08	5.05	30	主射线：—	1457 混凝土	1000mm 混凝土 +350mm 重晶石混凝土	符合
				泄漏辐射：1679			
				散射辐射：—			
西侧墙体	2.5	6.75	0	主射线：2502	2502 混凝土	2200mm 混凝土现浇+50mmPb	符合
				泄漏辐射：—			
				散射辐射：—			
西南侧墙体	0.60	9.7	30	主射线：—	1094 混凝土	2200mm 混凝土现浇	符合
				泄漏辐射：1260			
				散射辐射：—			
南侧墙体	0.60	4.8	30	主射线：—	1248 混凝土	1530 混凝土	符合
				泄漏辐射：1438			
				散射辐射：—			
东墙（迷路内外墙，主防护墙）	0.38	8.6	0	主射线：2726	2726 混凝土	1500mm 混凝土现浇 +50mmPb+700mm 混凝土+90mm 混凝土	符合
				泄漏辐射：—			
				散射辐射：—			
东南墙（次级防护墙）	0.38	9.5	30	主射线：—	1148 混凝土	1500mm 混凝土现浇+700mm 混凝土+90mm 铅砖	符合
				泄漏辐射：1323			
				散射辐射：1142			
东北墙（次级防护墙）	0.38	9.5	30	主射线：—	1148 混凝土	1500mm 混凝土现浇+700mm 混凝土+90mm 铅砖	符合
				泄漏辐射：1323			
				散射辐射：1142			
防护门	0.38	9.7	30	主射线：—	1144 混凝土	（此处经过迷路内墙屏蔽） 16mmPb	符合
				泄漏辐射：1318			
				散射辐射：1137			

顶棚主墙	2.5	5.7	0	主射线：2556	2556 混凝土	采用 2450mm 厚 混凝土现浇 +150mm 厚混凝土 现浇回填	符合
				泄漏辐射：—			
				散射辐射：—			
顶棚副墙	1.25	5.84	30	主射线：—	1125 混凝土	采用 1150mm 厚 混凝土现浇 +150mm 厚混	符合
				泄漏辐射：1296			
				散射辐射：1117			

(2) 年附加有效剂量估算

对在各辐射工作场所周边活动的公众，按辐射工作人员年受照射时间的 1/4 计算。辐射工作人员和公众成员辐射空气吸收剂量率取值见表 11-3，因机房上方为后装机机房，因此取机房四周人员可以到达关注点最大估算值 0.182 μ Sv/h，进行计算。

本评价采用 $H=D \times T/1000$ 进行估算；

式中：

H——年受外照的剂量，mSv；

D——照射剂量率， μ Sv/h；

T——工作时间，h/a·人。

计算出辐射工作人员及公众成员年有效剂量见表 11.2.6。

表 11.2.6 辐射剂量估算结果

场所	对象	吸收剂量率 (μ Sv/h)	工作时间 (h/a)	剂量估算 (mSv/a)
直线加速器机房	辐射工作人员	***	666.7	**
	公众人员		166.7	**

根据表 11-5 估算得，本项目辐射工作人员年附加剂量为 0.122mSv，公众人员年附加有效剂量为 0.031mSv；因此本项目各辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年附加有效剂量分别低于《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的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求，同时满足辐射工作人员的管理限值 5mSv/a 和公众人员管理限值 0.25mSv/a 的要求。

11.2.3 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使用一定年限（一般约 4~5 年）或退役时产生的加速器废靶。在加速器装置需要更换金属钨靶时产生，换下的废靶应交由生产厂家回收或送福建省城市低放废物库贮存。

（2）气体废物及臭氧等氮氧化物

本项目运行过程中，产生的臭氧及氮氧化物等有害气体气体浓度较少，建设单位拟设置的通风系统排风量 2800m³/h，机房内的通风次数为 12~13 次/h，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

加速器在开机运行过程中因射线强辐射作用，在空气中会产生少量感生放射性气体、臭氧 O₃ 和微量氮氧化物 NO_x 等有害气体。根据《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）附录 E 提供的臭氧计算公式：假设治疗期间治疗室内有通风、臭氧无分解，且在治疗室内均匀分布，则浓度为：

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

式中：c_o —— 机房内的臭氧浓度，mg/m³；

I —— 电子束流强度，mA；

d —— 电子束在空气中的径迹长度，cm；

t —— 辐照时间，s；

V —— 治疗室体积，m³；

v —— 排气速率，m³/s；

算得治疗 3min 后，治疗室内的臭氧浓度为 1.68mg/m³；加速器停机后，靶室内 t 时刻的臭氧浓度 c 为

$$c = c_o \times e^{-\frac{v}{V}t}$$

式中：t —— 等待时间，s；

停止出束后 t 时刻的臭氧浓度计算结果见表 11.2.7。

表 11.2.7 停止出束后 t 时刻的臭氧浓度

通风时间	0	60	120	180	240	300	360
臭氧浓度 mg/m ³	**	**	**	**	**	**	**

由上表可知，加速器停机 5min 后，治疗室内的臭氧饱和浓度为 0.27mg/m³，低于臭氧浓度限值为 0.3mg/m³ 的要求，因此建议医院医用直线加速器辐射工作人员在停机至少 5min 后进入治疗室内。

在多种氮氧化物（NO_x）中，以 NO₂ 为主，其产额约为 O₃ 的一半，工作场所中 NO₂ 的限值（5mg/m³）大于 O₃ 的限值。因而工作场所中 O₃ 浓度达到《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》要求时，NO_x 的浓度也会满足要求。

（3）废水

本项目直线加速器不产生医疗废水和放射性废水，只产生少量生活污水，依托医院污水处理设施处置

11.3.事故影响分析

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室，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室，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。

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，并立即向当地环境保护主管部门、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

序号	辐射工作场所	可能产生的辐射事故	采取的预防措施
----	--------	-----------	---------

1	直线加速器机房	工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗室，加速器运行可能产生误照射。 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室，造成额外的照射。	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》（GB50016-2006）等国家有关的法规、标准执行。 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。 ③已为辐射工作人员配置个人剂量计、铅防护服等辐射防护用品。 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。
2		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。	
3		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。	
4		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。	
5		工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗室，加速器运行可能产生误照射。	

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 辐射安全管理机构

为了做好放射防护的管理工作，保证设备正常运行，遵照国务院颁发的相关管理办法的规定，福建医科大学附属第一医院已成立了辐射安全与环境保护管理委员会，全面负责对辐射工作的安全管理，贯彻国家、省有关法律规定，制定有关管理制度。

(1) 辐射安全与环境保护管理委员会

主任委员：***

副主任委员：**

成员：**

该委员会下设办公室，挂靠设备管理处，办公室主任为**，副主任为**，秘书为**，成员为**。

辐射安全与环境保护管理委员会工作职责：

- (一) 起草并制定医院辐射安全管理制度。
- (二) 负责全院辐射防护工作的安全检查、监督管理。
- (三) 负责医院辐射安全许可证的核发、变更等工作。
- (四) 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。

医院成立辐射安全与环境保护管理委员会负责辐射安全与环境保护管理工作，满足《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）中规定的：“使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。”

12.1.2 辐射工作人员配置

(1) 放射工作人员的配置及培训情况

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条之规定，从事辐射活动应具备相应的条件。本项目辐射工作人员拟配置 8 人，其中已有 6 人取得培训合格证书（见

附件 4），其余 2 人后续分批次组织进行辐射安全与防护相关培训，培训合格后方可上岗，保证 100%持证上岗。

辐射工作人员熟悉专业技术，能胜任各项工作，对安全防护与相关法规知识了解，实际操作能按安全操作规程行事，自觉遵守规章制度，确保做好各项安全工作。

（2）职业人员的辐射安全与防护再培训计划要求

根据环境保护部令第 3 号第十五条的规定：从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。环境保护部令第 18 号第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。医院制定了相应的培训计划。

在此基础上，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

12.2 辐射安全管理规章制度

依据《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）、《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号）及《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）相关规定，福建医科大学附属第一医院制定了《辐射事故应急预案》、《岗位职责》、《辐射防护和安全管理规章制度》、《辐射工作人员培训制度》、《职业健康管理规定》等辐射安全管理制度，相关制度见表 12.2.1。

表 12.2.1 福建医科大学附属第一医院已建立的管理制度

序号	医院成立的管理制度	可行性分析	是否可行
1	辐射防护和安全管理规章制度	医院制定了《辐射安全和防护管理制度》对医院辐射工作人员职责、工作程序和个人防护做出要求。	可行
2	辐射事故应急预案	医院制定了《辐射事件应急处理预案》，规定了发生辐射事故时医院相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小。	可行
3	岗位职责	医院制定的《岗位职责》明确了辐射工作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任。	可行
4	监测计划	医院制定的《监测计划》中规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对监测结果存档保留。	可行
5	培训计划	医院制定的《辐射工作人员培训制度》中规定了辐射工作人员必须参加环保部门组织的辐射安全与防护培训，持证上岗，并对内部培训做了要求。	可行
6	操作规程	医院制定的相应的《操作规程》中规定了辐射工作人员操作射线装置、药品使用等的详细流程，能减少辐射事故的发生。	可行
7	设备检修维护制度	医院制定的《维修保养制度》等中提出了对机房安全防护设备和射线装置的定期检修和维护要求，能防止因设备损坏造成辐射事故。	可行
8	职业健康监护		可行

	制度	医院制定的《职业健康管理规定》中提出对辐射工作人员个人剂量监测和体检的要求，并要求如辐射工作人员未一直从事辐射工作，档案终身保存，如辐射工作人员一直从事辐射工作，档案终身保存。	
9	辐射工作人员个人剂量档案制度		

医院应严格执行辐射安全管理规章制度，并根据医院的发展，及时对辐射安全管理规章制度进行补充完善，在此基础上医院的辐射安全管理规章制度符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等管理规定。

12.3 辐射监测

12.3.1 场所辐射防护监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 3 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 18 号）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。并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便了解和监护防护设施的运行情况，为主管部门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 委托有资质的单位定期对医院射辐射工作场所四周环境进行常规监测，并建立监测技术档案。监测数据每年年底向审批部门上报备案。

② 监测项目：X- γ 辐射空气吸收剂量率。

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、操作台等处进行监测。

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。

12.3.2 个人剂量监测

医院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 次的频度进行个人剂量监测，并按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2016）、《辐射工作人员职业健康管理规定》（卫生部令第 55 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部 18 号令）的要求，建立个人剂量档案。

医院目前的放射工作人员已经委托北京蓝道尔辐射监测技术有限公司进行每季度一次的个人剂量监测，医院未曾发生过超剂量照射事故，每年汇总的工作人员累积剂量远小于本项目工作人员剂量限值 5mSv/a。

医院现有核技术利用项目辐射监测情况正常，个人年剂量满足限值要求，医院的日常监测工作落实较好。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岗前、在岗、岗后的持续监测，并做好档案管理。

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
直线加速器机房	加速器迷路防护门及四周门缝隙处、控制室、操作台、加速器机房墙外 30cm 处和各电缆管道口	实测	X- γ 辐射空气吸收剂量率	每年 1 次	加速器正常运行时（6MV 和 15MeV 工作条件下）
外环境	辐射工作场所周围的环境，人员流动较多的地方	实测		每年 1 次	
辐射工作人员	个人剂量计	实测	累积剂量	每年 4 次	/

12.3.3 监测仪器

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 类放射源及 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。

医院拟为本项目配置 1 台固定式辐射剂量监测仪（兼具报警功能）和 2 台便携式个人剂量监测仪（具有报警功能），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。同时，医院拟配备 1 台辐射监测仪，用于医院辐射工作场所日常监测。

医院本项目拟配备 8 名辐射工作人员，均为现有工作人员。医院已定期对这些辐射工作人员开展个人剂量检测，并组织职业健康体检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

严格落实以上措施后，本项目所配备的监测仪器能够满足相关管理要求。

12.4 辐射事故应急

针对可能发生的事故风险，该单位已根据发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，制定辐射事故应急方案。依照国家环保总局的《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号文）中的有关要求，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大事故、较大事故和一般辐射事故。

根据原国家环总局《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》，在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。省级生态环境部门在接到辐射事故报告后，确认该辐射事故属特别重大辐射事故和重大辐射事故时，还应及时通报省级公安部门和卫生行政部门，并在 2 小时内上报国家生态环境部。国家生态环境部在接到事故报告后，立即组织核实、确认事故类型，在 2 小时内上报国务院，并通报公安部和卫生部。

1、辐射事件应急处理机构与职责

（一）该院成立了辐射事件应急处理领导小组，组织、开展辐射事件的应急处理救援工作

（二）医院辐射事故（事件）应急处理领导小组下设办公室，挂靠设备管理处。

（三）挂靠办公室主要职责

（1）在接到辐射安全事故发生的报告后，立即启动应急预案。组织人员成立事件处理小组。

（2）做好现场决策、指挥和组织协调工作，调度人员、设备、物质等。

（3）向上级相关主管部门（生态环境、卫生、公安）报告辐射安全事故情况，配合上级相关主管部门进行检测、现场处理及事故调查等工作。

（4）责成医务部组织协调专业救护人员对伤员进行现场救治，并及时运送伤员到指定地点进行进一步检查和救治。

（5）责成保卫处组织警卫人员保护现场，维持秩序，防止事态进一步扩大。

（6）责成涉源科室迅速了解事故发生地的实际情况，采取必要措施防止人员受到进一步辐射和放射性物质污染扩散。

（7）事故处理完毕后，恢复正常秩序。

(8) 做好情况通报工作。

(二) 应急处理领导小组职责：

①定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至中心领导层并落实整改措施；

②事故发生后立即组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理；

③负责向医院及时报告事故情况；

④负责辐射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

⑤辐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。

⑥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、应急人员组织

该院辐射事故（事件）应急处理领导小组下设办公室，并已明确该办公室负责组织协调工作、调度人员、设备、物质等。

已明确提出医务部负责组织协调专业救护人员对伤员进行现场救治，及运送伤员到指定地点。

3、福建医科大学附属第一医院辐射事故（事件）自我分析

该院制定的《放射事故（事件）应急处理预案》对其可能发生的辐射事故进行了自我分析，内容如下：

(1) 超剂量照射：射线装置在使用过程中，由于人员误入控制区内或设备故障或辐射工作人员操作不当等原因，导致辐射工作人员或公众受到超过国家规定的年剂量限值（工作人员 20mSv，公众 1mSv）的照射。

(2) 个人剂量监测异常：射线装置在使用过程中，由于人员误入控制区内或设备故障或辐射工作人员操作不当等原因，导致辐射工作人员或公众受到超过环评报告批复所规定的剂量约束值（职业人员 5mSv/年，公众 0.25mSv/年）的照射。

(3) 一般同位素辐射事故：本院所用放射性同位素的丢失、被盗、失控，或非密封放射性物质因事故导致人员受到超剂量照射或造成环境污染。

(4) 工作场所放射性同位素污染。

(5) 辐射引发的公众事件：射线装置和非密封放射性物质使用过程中，因各种原因使公众受到不必要的照射，从而引发的公众投诉或群体性事件。

4、应急处置

该院制定的《放射事故（事件）应急处理预案》中提出“在发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告”，并根据可能发生的辐射事故（事件）制定了相应应急处理措施。

5、预案管理

（1）应急培训

每年年初由辐射领导管理小组制订该院的辐射安全知识培训计划，一季度培训一次，以集中授课的方式。要求：各成员均要参加培训。培训内容应包括：辐射安全知识的培训和辐射事故/事件应急措施的培训。

（2）演练计划

根据院情，每年开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前由辐射事故管理领导小组编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景；演练参与人员等。

（3）预案修订

应急预案修订、变更、改进时，必须由辐射事件/事故领导小组组长牵头，召集组员讨论决定，并做好会议记录，遇以下项目改动的须加以说明：应急预案修订、变更、改进的基本要求 and 时限，以及采取的方式等。如遇领导小组机构设置和人员变动时应及时修订和完善预案。

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 12.6.1。

表 12.6.1 辐射环境保护“三同时”验收清单

验收监测重点内容	按照环保验收相关规范，测量在不同透照方向条件下，直线加速器机房（2）控制室、迷路门处、四周墙外 30cm 处及上方环境的 X- γ 辐射剂量率。
验证环评文件中的评价分析结论	（1）在正常工况下，本次评价的 1 台直线加速器项目周围环境公众人员和职业人员的年有效剂量率均能满足评价标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的公众及职业人员照射剂量限值及剂量约束值。 （2）本项目加速器控制室、迷路防护门处和加速器机房外 30cm 处的剂量当量率均不大于 2.5 μ Sv/h，符合《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中的相关限值要求。
验收调查内容	（1）检查项目在验收监测期间的运行工况是否符合建设项目竣工环保验收监测要求。

	(2) 调查项目建设内容、规模及项目平面布置和周围环境目标等是否与环评文件相同。 (3) 根据项目环评文件及其审批意见中的要求，检查落实本项目的辐射安全防护设施建设、运行情况及其效果和污染防治措施情况及其效果。 (4) 根据项目环评文件及其审批意见中的要求，检查项目建设、运行期间的环境管理情况。 (5) 调查个人剂量监测档案，核实各放射性工作人员的个人剂量监测结果是否满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)规定的职业人员照射剂量限值及剂量约束值。 (6) 检查相应辐射安全防护规章制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施。各项规章制度管理制度应张贴上墙，严格执行。 (7) 本项目辐射工作人员均需参加环保部门组织的辐射防护安全培训，考核合格方能上岗。	
--	---	--

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

福建医科大学附属第一医院位于福建省福州市台江区茶中路 20 号，医院现有放疗中心位于院区南部，为独栋二层建筑物，放疗中心一楼东侧直线加速器机房（2）内设 1 台 6MeV 瓦里安 Trilogy 直线加速器，现因设备使用时间较长，已不满足需求，医院拟购 1 台 6MV 医用直线加速器以替换老设备用于医疗诊治，同时对直线加速器机房（2）进行改造，主要为在原有机房墙体厚度基础上采用混凝土现回填、重晶石混凝土涂抹、铅砖（或铅板）加厚等方式对墙体增加防护，对防护门增加防护，并对原有配套辅助用房等进行功能的重新分配及装修等，本项目涉及的模拟定位机仍用原有模拟定位机（已获得辐射安全许可）。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 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。龙岩人民医院拟建设的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，同时医院医用直线加速器机房按相关要求进行了设计，防护措施满足标准要求。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》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.3 环境影响评价结论

根据理论计算可知，本项目医用直线加速器正常运行时，机房防护门及墙体外 30cm 处的剂量率均符合《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）、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）、《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）等相关要求。医院辐射工作人员职业照射的最大年有效剂量值符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于管理限值 5mSv。公众受照

的最大年有效剂量值符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，也低于管理限值 0.25mSv。

13.1.4 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录》（2011 年本，2013 修订版），本项目属于“鼓励类”中“三十六、教育、文化、卫生、体育服务业”中的“29、医疗卫生服务设施建设”项目，因此本项目的建设符合国家当前产业政策。

13.1.5 总结论

福建医科大学附属第一医院 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，建筑施工质量能达到要求，并且完善本次评价对该项目提出的各项要求及措施，则本项目正常运行时，对周围环境的影响能够符合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 建议和要求

- （1）本环评获批后，福建省立金山医院应及时向相关部门申请辐射安全许可证。
- （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，项目建成并试运行后，按照规定程序开展竣工环境保护验收。
- （4）医院应及时安排全院辐射工作人员（管理人员和操作人员）参加有关部门举办的辐射防护相关知识的培训学习，并做好已取得合格证书人员的复训工作。
- （5）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，建立并完善辐射工作人员职业健康监护档案。
- （6）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。
- （7）医院应每年对射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证的机关提交上一年的年度评估报告。