

核技术利用建设项目
台州市博爱医院
医用直线加速器迁建项目
环境影响报告表
(公示版)

台州市博爱医院

2018年6月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

台州市博爱医院 医用直线加速器迁建项目

环境影响报告表

建设单位名称：台州市博爱医院

建设单位法人代表（签名或签章）：孙捷

通讯地址：台州市路桥区商海南街 609 号

邮政编码：318050

联系人：张萍

电子邮箱：bo-ai@bo-ai.com

联系电话：136*****

目 录

表 1 项目基本概况.....	1
表 2 放射源.....	5
表 3 非密封放射性物质.....	7
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物.....	8
表 6 评价依据.....	9
表 7 保护目标与评价标准.....	11
表 8 环境质量和辐射现状.....	14
表 9 项目工程分析与源项.....	17
表 10 辐射安全与防护.....	21
表 11 环境影响分析.....	27
表 12 辐射安全管理.....	44
表 13 结论与建议.....	44
表 14 审批.....	51

表 1 项目基本情况

建设项目名称	台州市博爱医院医用直线加速器迁建项目				
建设单位	台州市博爱医院				
法人代表	孙*	联系人	张*	联系电话	136*****
注册地址	台州市路桥区商海南街 609 号				
项目建设地点	台州市路桥区商海南街 609 号医院扩建门诊住院部大楼地下一层 LA 机房				
立项审批部门	台州路桥区发改委	批准文号	路发改投资（2014）72 号		
建设项目总投资	1000	项目环保投资（万元）	150	投资比例（环保投资/总投资）	15%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新、 <input type="checkbox"/> 改、 <input checked="" type="checkbox"/> 迁扩建、 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积	84m ²
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"/> VI 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"/> VI 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其他	/				

1.1 项目建设单位情况

台州市博爱医院（以下简称“医院”）位于台州市路桥区商海南街 609 号，于 1996 年 8 月建院，为二级甲等综合性医院，已取得医疗机构执业许可证，登记号：PDY00005-033100413，见附件 3。医院现有职工 540 余人，其中中高级人员 93 人，核定床位 350 张，辖 8 个病区和 1 个重症监护病房。医院总投资 2.32 亿，建筑面积 2.6 万 m²，设有骨科（浙江省县级龙头学科）、显微外科（浙江省特色学科）、内科、外科、重症医学科等 30 多个临床科室，拥有 GE1.5T 核磁共振、西门子螺旋 CT、GE、DR、医用直线加速器、超声聚焦刀、四维彩超等国内领先的先进设备。医院先后荣获全国民办非企业单位自律与诚信建设先进单位、全国百姓放心示范医院、浙江省文明单位、“浙江慈善奖·志愿服务奖”、浙江省“无烟医院”、台州市首届慈善集体贡献奖等称号。

为满足服务病人需要，医院拟再投资 1.2 亿元，拆除原有的 5 号综合楼（5F）和 3 号综合楼南侧的加速器房（1F），在拆除后平整的基地内扩建一幢门诊住院部大楼。新建门诊住院部大楼包括地下 1 层和地上 18 层，总建筑面积 20885m²，其中地上建筑面积 19689m²，地下建筑面积 1196m²，改扩建后医院总用地面积 11549m²，总建筑面积 35843m²。医院委托浙江东天虹环保工程有限公司编制了《台州市博爱医院门诊住院部扩建项目环境影响报告书》，于 2014 年 10 月 24 日通过了台州市环境保护局路桥分局的环保审批，批复文号：台路环建〔2014〕103 号，见附件 4。

1.2 任务由来

因治疗与诊断的需要，医院需更新升级直线加速器，原直线加速器（型号：XHA600）报废处理，更新后的设备从原 3 号综合楼南侧的加速器机房（1F）迁至新建门诊住院部大楼地下一层的 LA 机房；并将位于 3 号综合楼一层的肿瘤治疗中心的原模拟机机房改建成介入机房，于该机房开展 ¹²⁵I 粒子植入项目（借助 C 臂机引导开展粒子源植入术）；新增 III 类射线装置 1 台，即在改建后的介入机房内新增一台 C 臂机（型号：PLX7000），原模拟定位机（型号：SL-IC）进行报废处理；另外更新 III 类射线装置 4 台，包括位于门诊楼二层放射科 X 光机房的一台高频 X 光机（型号：ZKXZ-50P）、CT 机房的一台 CT 机（型号：SomATom Emotion 6）、一台移动式 X 光机（型号：PLX-100）、手术室一台 C 臂机（型号：PLX112B）等 4 台设备，更新后设备工作场所位置不变，原设备进行报废处理（详见表 1-1）。以上工程内容中涉及到的 5 台 III 类射线装置及 ¹²⁵I 粒子植入项目，不在本次评价范围内，已采用环境影响登记表形式进行备案。

对照中华人民共和国生态环境部部令第 1 号《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，本项目属于五十、核与辐射：191、核技术利用建设项目，本次申报的辐射内容主要为使用 II 类射线装置，应编制辐射环境影响报告表，并在环评批复后及时向浙江省环境保护厅换领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，台州市博爱医院于 2017 年 9 月 1 日正式委托浙江问鼎环境工程有限公司对本项目进行辐射环境影响评价，环评委托书见附件 1。

评价单位在现场踏勘、监测和收集有关资料的基础上，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关要求，编制完成该项目的辐射环境影响报告表。

1.3 评价目的:

(1) 对各辐射装置拟安装场所进行辐射环境质量背景监测,以掌握所建场所的辐射环境质量背景水平;

(2) 根据类比监测及理论计算分析方法,对医院拟配置的辐射装置进行辐射环境影响预测评价;

(3) 对不利影响和存在的问题提出防治措施,把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”;

(4) 满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求,为该医院运行期辐射环境保护管理提供科学依据。

1.4 项目建设内容与规模

经与医院核实,本次辐射环评内容为:射线装置:II类射线装置一台,即更新一台直线加速器,型号为 SPACO CMX6,最大能量 6MeV。

1.5 项目地理位置及周边保护目标关系

1.5.1 医院地理位置

台州市博爱医院位于台州市路桥区商海南街 609 号,医院东侧为丁岙村,南侧紧邻山水泾小河,小河对面为刚泰臻品花园住宅区,西侧隔商海南街为东方理想学校宿舍,北侧隔文化路为新安小区东区。医院地理位置图见附图 1,周边环境关系图,附图 2。

1.5.2 本次评价辐射工作场所位置

本次环评所涉及的拟更新医用电子直线加速器位于门诊住院部大楼地下一层 LA 机房。门诊住院部大楼位于院内东部,大楼东侧紧邻医院围墙,南侧为 6 号综合楼(5F),西南侧为病房楼,西侧紧邻门诊楼,北侧为 3 号综合楼(5F)(见附图 3)。LA 机房布置于门诊住院部大楼地下一层西南角,北侧为辅助机房、水冷机房、控制室和候诊大厅;东侧为储藏室及通道;楼上为室外停车场,西侧和南侧均无其它功能房间。LA 机房周围 50m 范围内均为医院内部,无学校和居民区等环境保护敏感点(见附图 2)。

1.5.3 选址合理性分析

本项目用地均属于医疗卫生用地,周围无环境制约因素,医用直线加速器运营过程产生的电离辐射,经采取一定的防护治理措施后不会对周围环境与公众造成危害,故本项目的选址是合理的。

1.6 医院原有核技术利用项目许可情况

16.1 环评情况

医院现配备有 1 台直线加速器、9 台 III 类射线装置（清单见表 1-1），最早于 2007 年 4 月委托国家环境保护总局辐射环境监测技术中心编制了《台州市博爱医院直线加速器等医用辐射设备建设项目（已建）环境影响报告表》，浙江省环境保护局（现浙江省环境保护厅）于 2007 年 9 月 20 日以浙环辐[2007]312 号进行批复；于 2012 年 12 月委托台州市环境监测中心站填报了《台州市博爱医院 X 光机建设项目（改扩建）辐射环境影响登记表》，台州市环境保护局路桥分局于 2013 年 8 月 7 日以台路环保[2013]44 号进行批复；最近一次于 2014 年 7 月委托浙江国辐环保科技中心编制了《台州市博爱医院磁共振仪应用项目（扩建）辐射环境影响报告表》，台州市环境保护局于 2014 年 9 月 16 日进行批复（详见附件 5）。

另外，本次申报的辐射内容涉及到的 5 台更新及新增的 III 类射线装置及 ^{125}I 粒子植入项目，分别于 2017 年 9 月 14 日、2017 年 12 月 22 日及 2018 年 6 月 4 日采用了环境影响登记表形式在台州市环境保护局路桥分局进行了网上备案，备案号分别为：201733100400000112、201733100400000273 及 201833100400000127，备案表见附件 6。

1.6.2 许可情况

医院已取得了浙江省环境保护厅颁发的《辐射安全许可证》（有效期至 2018 年 11 月 28 日），证书编号：浙环辐证 [J0026]（00623）（见附件 2），使用种类和范围为：使用 II 类、III 类射线装置。原有项目均未进行验收。

1.6.3 安全管理情况

在历年运行中，医院成立了辐射防护管理小组，制定了《质量控制方案》、《放射工作人员的健康管理制度》、《辐射防护和安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射事故报告应急处理措施》、《加速器各种应急措施》、《加速器操作规程》、《设备检修维护制度》等规章制度。

同时，医院 23 名辐射工作人员取得了上岗证，建立了辐射工作人员个人剂量档案和职业健康档案。并委托有资质的单位对工作场所进行检测，保存检测记录。同时，医院每年均填写《辐射安全与防护状况年度评估报告》，根据上年度的年度评估报告，并无辐射事故发生。

表 1-1 医院现有及新增射线装置清单

序号	名称	数量	规格型号	类别	环评情况	许可情况	验收情况	工作场所	备注
1	直线加速器	1	XHA600(6MeV)	II类	2007年4月编制报告表,浙江省环境保护局于2007年9月20日以浙环辐[2007]312号进行批复	浙环辐证[J0026](00623)	未验收	3号综合楼南侧原直线加速器机房	设备拟更新,拟更新的规格型号:SPACO CMX6(6MeV),原加速器机房已拆,原设备已做报废处理
2	模拟定位机	1	SL-IC(125kV,500mA)	III类				3号综合楼一层原模拟机机房	设备拟报废,原机房改建成介入机房
3	CT	1	SomATom Emotion6(130kV,240mA)	III类				门诊楼二层放射科CT机房	原型号:SomATom Emotion6(130kV,240mA),于2017年12月进行更新并已备案,最终规格型号:uCT760(140kV667mA)
4	DR	1	2800(150kV,650mA)	III类	2012年12月已填报登记表,台州市环境保护局路桥分局于2013年8月7日以台路环保[2013]44号进行批复			门诊楼二层放射科X射线机房	/
5	高频X光机	1	ZKXZ-50P(150kV,800mA)	III类				门诊楼二层放射科X射线机房	原型号:ZKXZ-50P(150kV,800mA),于2017年9月进行更新并已备案,最终规格型号:Definium 6000(150kV630mA)
6	数字肠胃机	1	TU-51DR(150kV,800mA)	III类				门诊楼二层放射科X射线机房	/

7	移动式 X 光机	1	PLX-100 (100kV,50mA)	III类					病房楼及门诊楼 各病房	原型号: PLX-100 (100kV,50mA), 于 2017 年 9 月进行更新并已备案, 最终规 格型号: 200Mate (125kV200mA)
8	C 臂机	1	PLX112B (50kV,20mA)	III类					门诊楼四层手术 室	原型号: PLX112B (50kV,20mA), 于 2017 年 9 月进行更新并已备案, 最终规 格型号: Brivo OEC 715 (105kV20mA)
9	C 臂机	1	BV-Libra (105kV,80mA)	III类					门诊楼四层手术 室	/
10	牙科全景机	1	JY-OK (86kV,10mA)	III类					门诊楼二层口腔 科全景机房	/
11	C 臂机	1	PLX-7000C, 125kV100mA	III类					于 2017 年 9 月进行更新 并已备案	未许可

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	---	---	---	---	---	---	---	---

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大使用量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大使用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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	SPACO CMX6	电子	X 射线能量: 6MeV	X 射线最大剂量率: 300CG/min	诊疗	门诊住院部大 楼地下一层 LA 机房	拟购, 本 次环评

(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	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ 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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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 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
O ₃ 、NO _x	气态	——	——	极少量	极少量	极低浓度	——	经大气扩散稀释，其影响可不考虑

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

<p>法律文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（2014 年修订）》，2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2016 年修订）》，2016 年 9 月 1 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2014 年修订）》，国务院令第 449 号，2014 年 7 月 29 日；</p> <p>(6) 《放射性物品运输安全监督管理办法》，环境保护部令第 38 号，2016 年 5 月 1 日；</p> <p>(7) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2017 年 12 月 12 日环境保护部第五次部务会议通过的《环境保护部关于修改部分规章的决定》第二次修正；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日；</p> <p>(10) 《关于发布〈射线装置分类〉办法的公告》，环境保护部公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2018 年修订）》，2018 年 4 月 28 日；</p> <p>(12) 《浙江省人民政府关于修改〈浙江省建设项目环境保护管理办法〉的决定》，浙江省人民政府令第 364 号，2018 年 3 月 1 日；</p> <p>(13) 《浙江省辐射环境管理办法》，浙江省人民政府令第 289 号，2012 年 2 月 1 日；</p> <p>(14) 关于发布《省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2015 年本)》及《设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）》的通知，浙环发[2015]38 号，浙江省环境保护厅，2015 年 10 月 23 日；</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《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)，2016 年 4 月 1 日；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），2003 年 4 月 1 日；</p> <p>(3) 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006），2007 年 4 月 1 日；</p> <p>(4) 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009），2010 年 2 月 1 日；</p>

	<p>(5) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011），2012年6月1日；</p> <p>(6)《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)，2012年6月1日；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001），2001年8月1日；</p>
其他	<p>(1) 环评委托书，见附件1</p> <p>(2) 《辐射安全许可证》，（浙环辐证 [J0026]（00623）），见附件2；</p> <p>(3) 法人登记证书及医疗机构职业许可证，见附件3；</p> <p>(4) 一般建设项目环评批复，见附件4；</p> <p>(5) 辐射类环评批复及验收批复，见附件5</p> <p>(6) 环境影响登记表备案表，见附件6；</p> <p>(7) 关于调整放射防护管理小组成员等相关文件，见附件7</p> <p>(8) 辐射安全培训合格证，见附件9；</p> <p>(9) 个人剂量检测报告，见附件10；</p> <p>(10) 职业健康检查报告，见附件11；</p> <p>(11) 院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ/T 10.1-2016）的相关规定：“以项目实体为中心，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和放射性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）”，结合本项目辐射污染特点及射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定本项目的评价范围为相关辐射工作场所周围 50m 区域，评价范围示意图见附图 2。

7.2 保护目标

据医院总平面布置图及现场踏勘，确定本项目主要环境保护目标为机房辐射工作人员、机房附近的其他工作人员及周围公众人员。为保障工作人员和周围公众的安全，确保项目运行所致工作人员和周围公众的年受照射剂量低于本报告提出的剂量约束值。

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.1.1，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其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。对于不具有正当性的实践及该实践中的源，不应予以批准。

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剂量当量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

4.3.3.1，对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束的潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

6.4.1，控制区

6.4.1.1，注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定

为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2, 监督区

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

B1.1., 职业照射

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

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），**20mSv**；
本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。

2、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）

本标准适用于标称能量在 50MeV 以下的医用电子直线加速器的生产和使用。

6 治疗室防护和安全操作要求

6.1 治疗室的防护要求

6.1.1 治疗室选址，场所布局 and 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。

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

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

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X 射线能量超过 10 MV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m²。

6.1.8 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。

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

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

3、《室内空气质量标准》（GBT 18883-2002）

4.2 室内空气质量标准件表 1：

表 1 室内空气质量标准

序号	参数类别	参数	单位	标准值	备注
6	化学性	二氧化氮（NO ₂ ）	mg/m ³	0.24	一小时均值
10		臭氧（Q ₃ ）	mg/m ³	0.16	一小时均值

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 辐射环境现状监测

(1) 监测目的

掌握该医院拟搬迁的医用电子直线加速器所在的 LA 机房周围的辐射环境质量背景水平，为预测评价提供基础数据。

(2) 监测内容

根据污染因子分析，评价单位于 2017 年 9 月 7 日对本项目机房周围进行辐射剂量率背景水平监测。

(3) 监测点位

监测点位布点详见图 8-1。

(4) 监测仪器与规范

监测仪器的参数与规范见表 8-1。

(5) 质量保证措施

- a 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- b 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。
- c 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验。
- e 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

表 8-1 X-γ射线剂量率监测仪器参数与规范

项目	内 容
仪器名称	多功能手持式核素识别仪
仪器型号	HDS-101G
生产厂家	法国 MGPI
能量响应	30keV~3MeV
量程	10nSv/h-100μSv/h (137Cs)
检定证书	上海市计量测试技术研究院检定证书 (检定证书编号: 2017H00-10-1298871001-01) 有效期: 2017 年 11 月 28 日~2018 年 11 月 27 日
监测规范	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993) 《辐射环境检测技术规范》(HJ/T 61-2001)

(6) 监测结果

台州市博爱医院本次评价医用直线加速器迁建项目所在 LA 机房周围 X-γ辐射剂量率背景水平监测结果见表 8-2，监测点位见图 8-1。

表 8-2 拟建 LA 机房地址 X-γ辐射环境水平监测结果

检测地址	台州市路桥区商海南街 609 号		
检测点编号	检测点位置	辐射剂量率 (μSv/h)	
		平均值	标准偏差
☆1	LA机房拟建址北侧	0.11	0.01
☆2	LA机房拟建址东侧	0.10	0.01
☆3	LA机房拟建址南侧	0.11	0.01
☆4	LA机房拟建址西侧	0.10	0.01
☆5	LA机房拟建址内部	0.12	0.01

备注：检测值未扣除宇宙射线响应

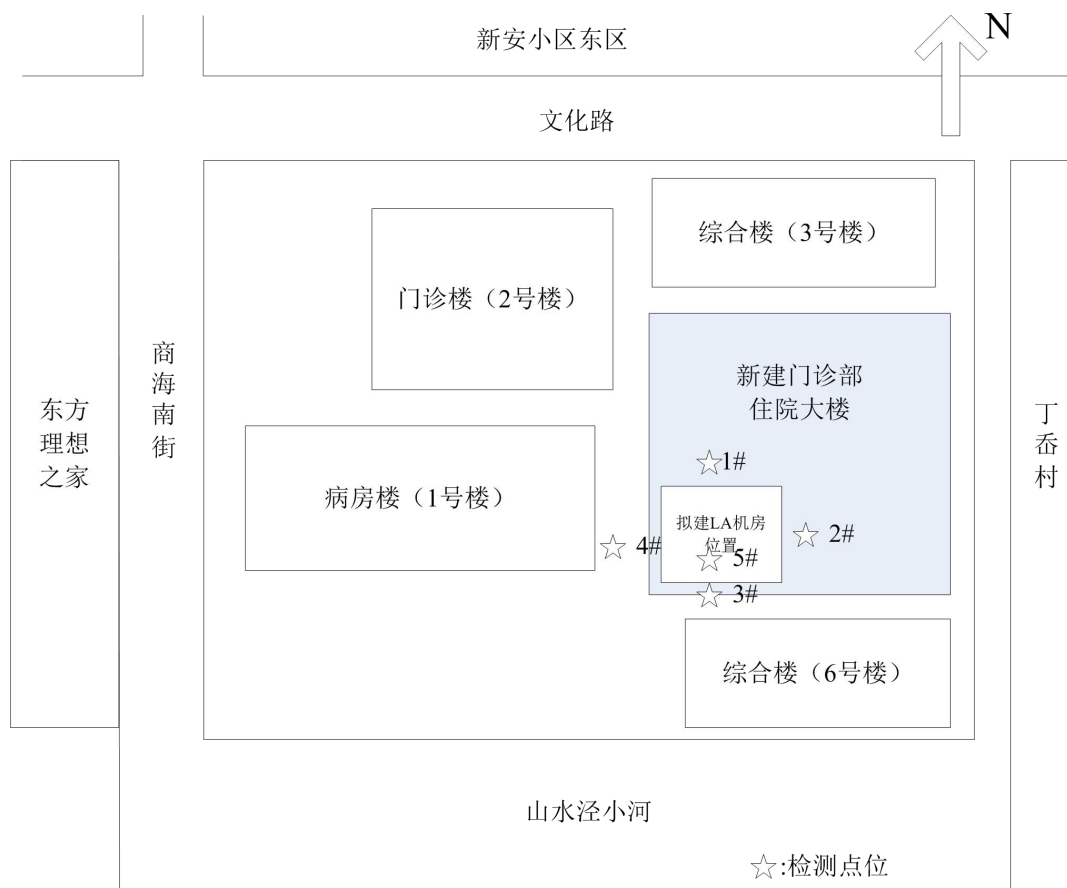


图 1 拟建 LA 机房检测点位图

由表 8-2 的监测结果可知：本项目各机房周围的 X- γ 辐射剂量测量值在 0.08~0.13 μ Sv/h 之间，由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，台州市路桥地区的 γ 辐射剂量率在 59~200nGy/h 之间。可见，该拟建址的 γ 辐射剂量率水平未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 医用直线加速器工作原理

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。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 射线，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。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。

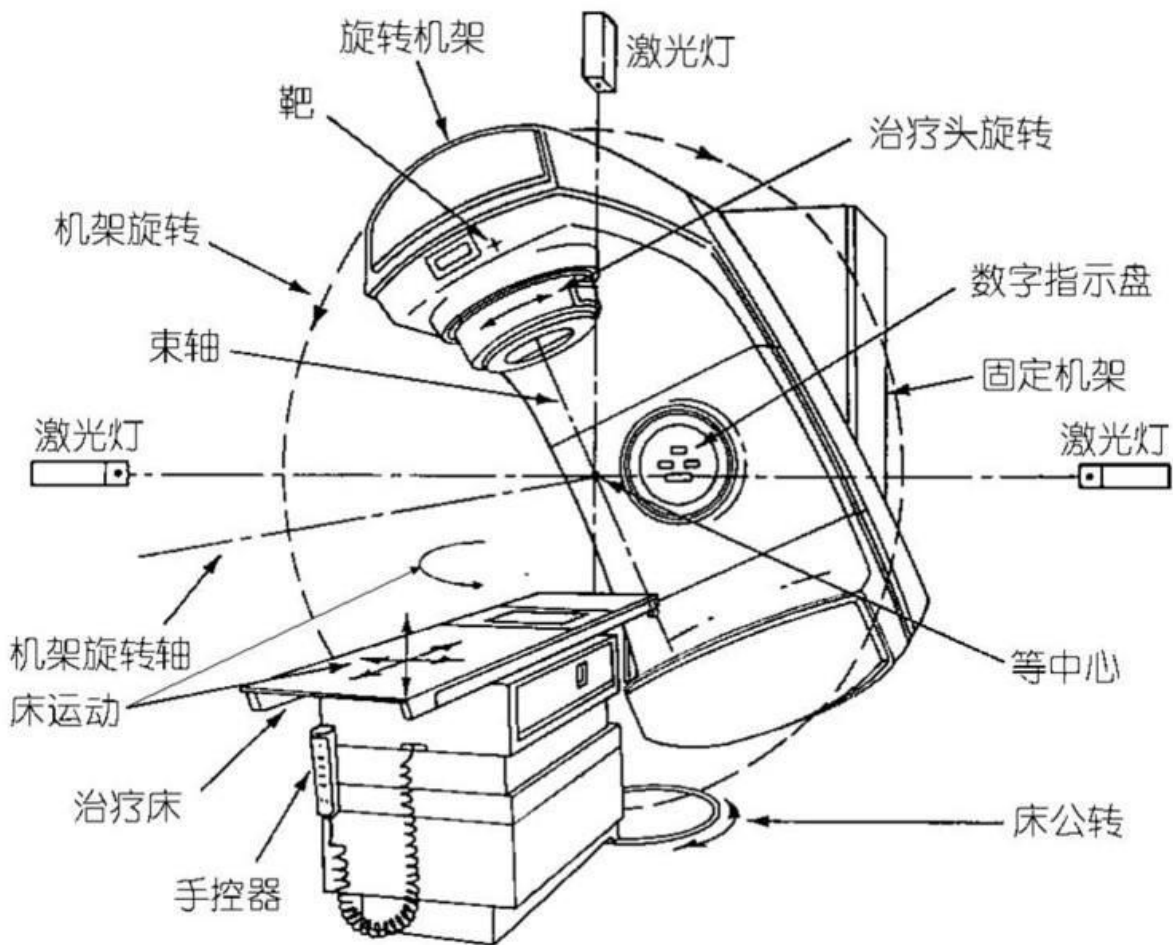


图 9-1 典型医用直线加速器示意图

9.2 设备组成

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。医用直线加速器内部结构见图 9-4。

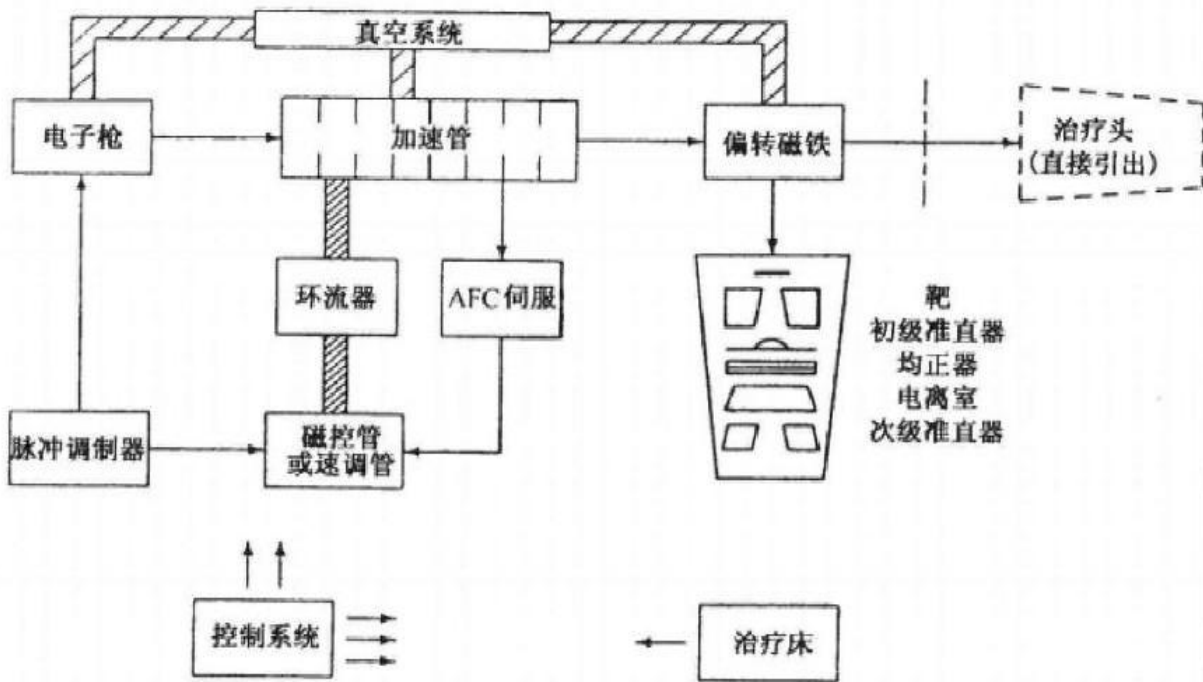


图 9-2 典型医用直线加速器内部结构框图

9.3 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) 制定治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间；
- (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) 开机治疗。

9.4 污染因子

由加速器的工作原理可知，医用直线加速器用于 X 射线治疗时，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质及其他加速器结构材料相互作用时将产生高能 X 射线，其可能对工作人员及公众造成一定危害。这种 X 射线随机器的开、关而产生或消失。氧气分子受到 X 射线束照射时，会分解成原子。氧原子的不稳定性极强，与氧气、氮气反应时，就形成了臭氧和氮氧化物。

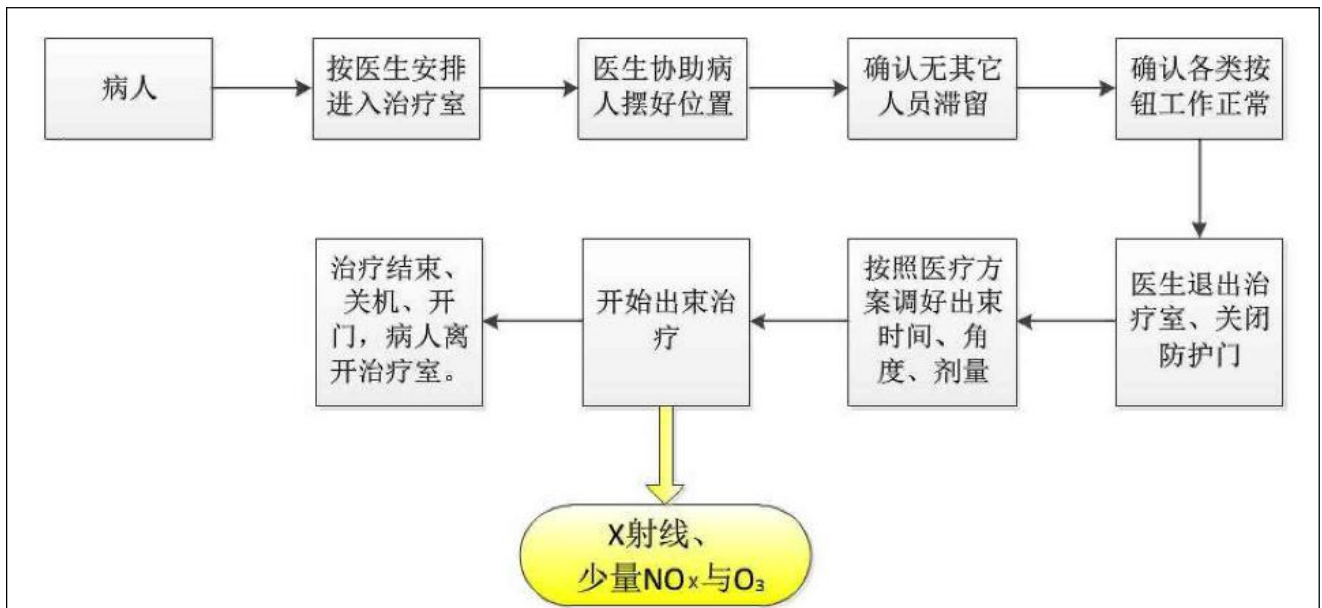


图 9-3 典型医用直线加速器工作流程及产污环节图

污染源项描述：

(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

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) 中子

在加速器工作时，高能电子束与靶物质相互作用而产生的韧致辐射，与加速器部件以及空气等物质作用形成放射性核，而会发生光核反应，放出中子。根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中“6.1.5X 射线能量超过 10MV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护”，本项目拟建的医用直线加速器能量为 6MV，故可不考虑中子辐射，仅考虑 X 射线的防护问题。

(3) 臭氧、氮氧化物

空气中的 O₂ 和 N₂ 分别在 x 射线的作用下，生成自由基，与空气中的 O₂ 和 N₂ 结合，生

成 O₃ 和 NO_x，他们是与辐射相关的非辐射危害因素。

综上所述，本项目直线加速器在开机运行期间，主要放射性污染因子为 X 射线；其他非放射性污染因子为臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射安全及污染防治措施

(1) LA 机房平面布局及分区

本项目拟建直线加速器机房位于医院门诊住院部大楼地下一层的 LA 机房，医院总平面布置图、机房所在地下一层平面布置图见附图 3、附图 5 所示，加速器工作场所位置及六面布局见表 10-1。

表 10-1 加速器工作场所位置及六面布局一览表

序号	所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
1	门诊住院部大楼 地下一层	直线加速器	东	储藏室
			南	无房间
			西	无房间
			北	辅助房间、水冷室及控制室
			楼上	停车场

(2) 辐射工作场所分区管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求在辐射性工作场所内划出控制区和监督区。本环评根据国际放射防护委员会第 103 号出版社对控制区和监督区的定义，结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点，将射线装置所在直线加速器机房划为控制区，而射线装置机房北侧的控制室、水冷室、辅助房间及机房防护门外 1m 划为监督区。控制区（包括机房防护门外 1 米处）设置黄色警戒标志，本项目控制区和监督区划分情况见表 10-2 和附图 6-2。

表 10-2 项目控制区和监督区的划分情况

序号	场所名称	控制区	监督区
1	LA 机房	机房治疗室	LA 机房北侧的控制室、水冷室、辅助房间及机房防护门外 1m

控制区：在正常工作情况下，控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确

认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

电离辐射标志和电离辐射警告标志如图 10-1 所示：

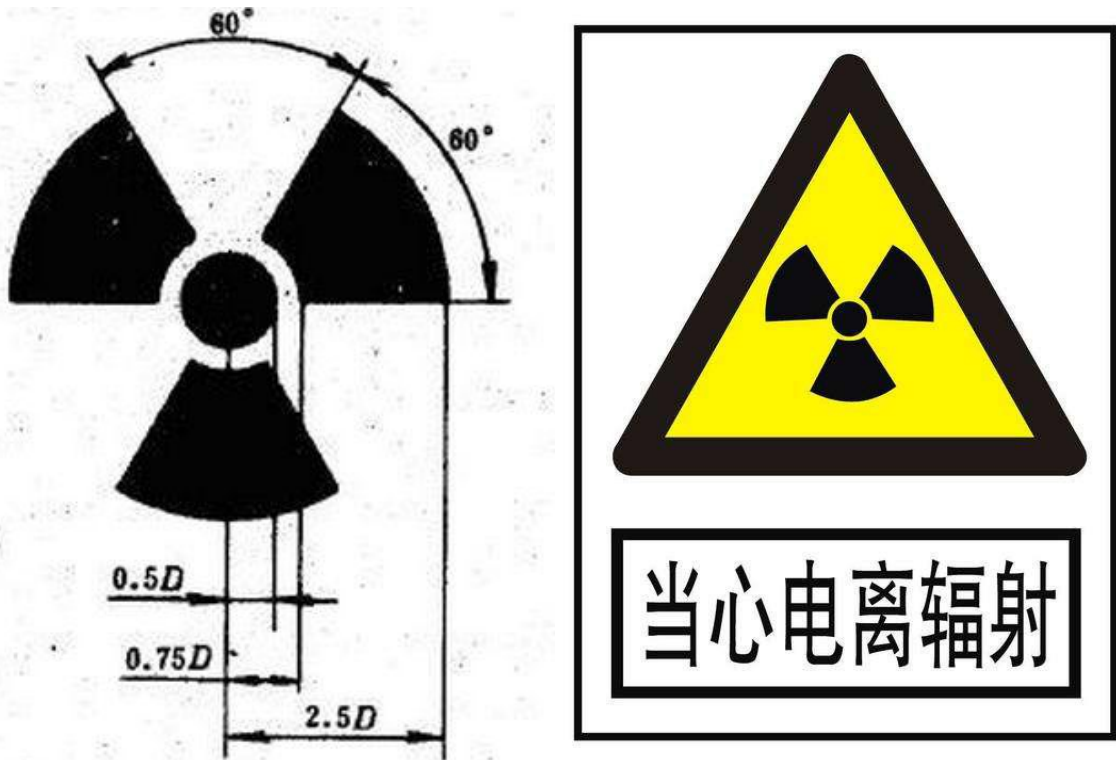


图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

(3) LA 机房辐射安全及防护措施

①屏蔽防护设计

直线加速器机房位于医院门诊住院部大楼地下一层，治疗机房与其他辅助设施分离，迷道位于机房东侧，机房北侧为辅助房间、水冷室及控制室，东侧为储藏室，西侧和南侧为泥土，无其他功能房间和公众居留点。有用束照射方向为东、西方向。机房治疗室净面积约 84m^2 ，治疗室内部净高 3.8m ，设计采用密度 $\geq 2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 的混凝土一次浇筑。加速器机房屏蔽防护措施详见表 10-3。加速器治疗室平面及剖面图见图 10-2 及 10-3。

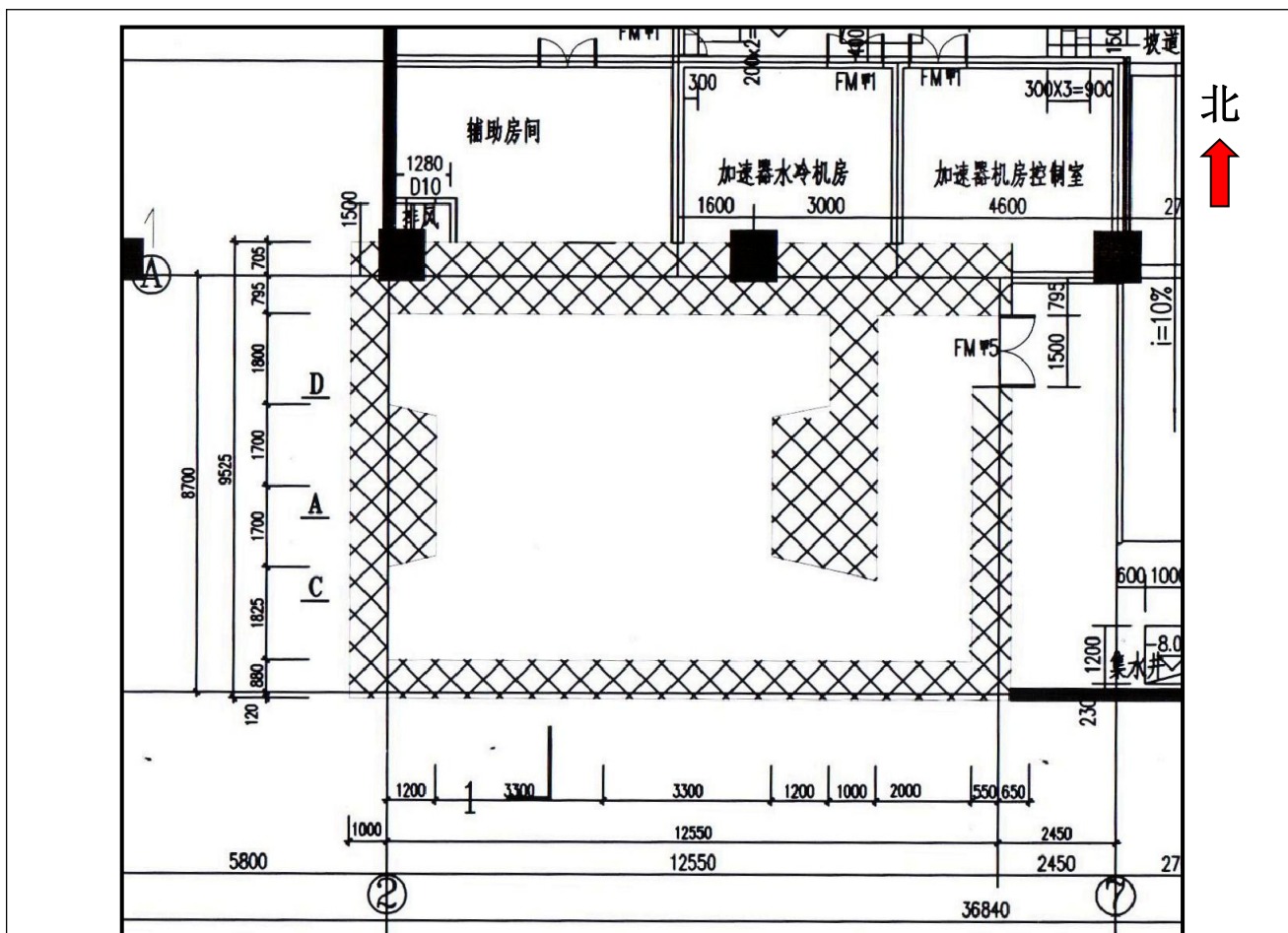


图 10-2 加速器治疗室平面图

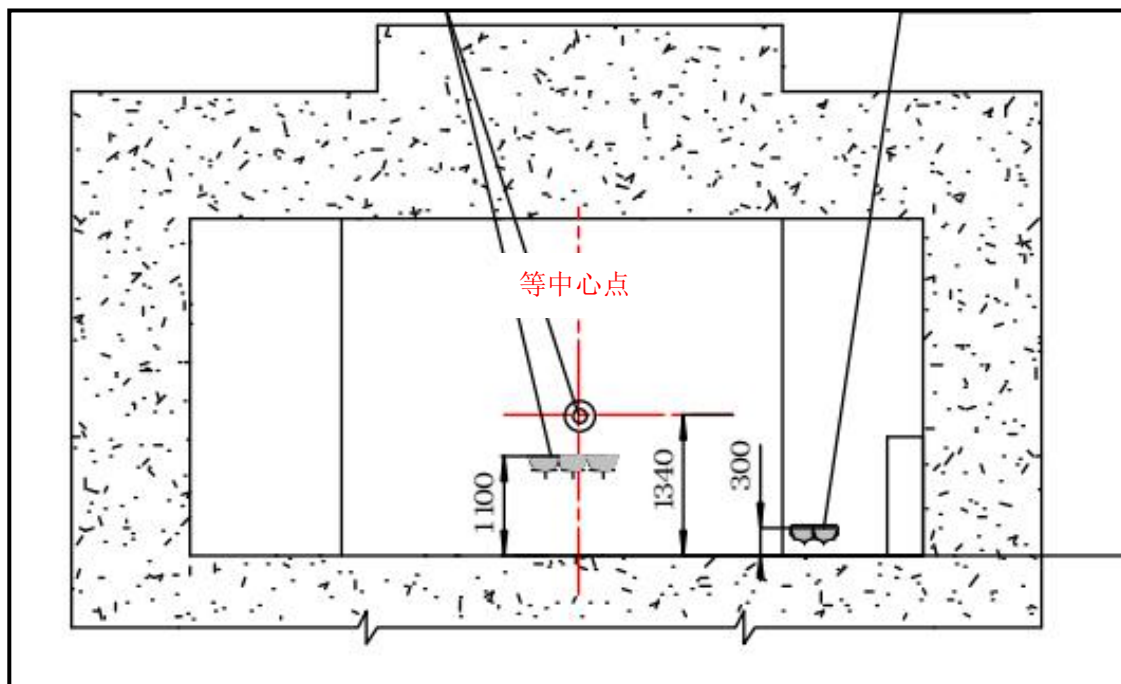


图 10-3 加速器治疗室剖面图

表 10-3 加速器机房屏蔽防护措施一览表

防护措施		防护参数	标准要求	符合性评价
尺寸	有效使用面积 (m ²)	84	45	符合
辐射屏蔽		屏蔽材料及厚度		
	迷道内主屏蔽墙	2200mm 混凝土	有用线束直接照射的防护墙（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/T201.1 的要求；加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h	符合
	迷道内次屏蔽墙	1000mm 混凝土		
	迷道外墙（东侧）	1000mm 混凝土		
	西侧主屏蔽墙	2200mm 混凝土		
	西侧次屏蔽墙	1000mm 混凝土		
	北侧墙体	1500mm 混凝土		
	南侧墙体	1000mm 混凝土		
	顶棚次屏蔽墙	1450mm 混凝土		
	顶棚主屏蔽墙	2750mm 混凝土		
	迷道外防护门	12mm 铅板		
	地坪	地下无建筑，按建筑结构要求		
警示标志	联锁装置	已设置		
	工作状态指示灯	已设置		
	电离辐射警告标志	已设置		
	控制室设置照射监控系统	已设置		
通风	新风口	1 个	治疗室通风换气数不低于 4 次/h	符合
	排风口	1 个		
	换气次数	4 次/h		
防护用品	个人剂量 6 个、个人剂量报警仪 2 台		直线加速器机房应至少配置 2 台个人剂量报警仪	符合

②辐射安全措施

除治疗机房的建筑屏蔽外，其它的辐射安全措施还有：

A、治疗机房迷道外口防护门设置电离辐射警告标志及中文警示说明。

B、防护门信号与加速器高压联锁。在门打开的情况下，加速器不能启动工作；在加速器高压启动后，打开防护门后加速器自动断电停机防止误照事故的发生。

C、加速器启动与工作时，在防护门外设计有警灯、警铃提示信号，加速器运行中警灯指示灯闪烁。

D、控制室、迷道、治疗机房、治疗床下设置紧急停机按钮与加速器高压联锁，触动紧急停机按钮，加速器自动断电停机防止误照事故的发生。

F、水冷系统与加速器高压联锁，系统故障触动加速器高压切断，防止误照事故的发生。

G、治疗机房和控制室安装声像监控系统，监控治疗机房、及迷道内情况，防止误照射事故发生。

H、控制台上仅有供授权人专用的钥匙，只有经过授权的医务人员才能使用钥匙开关开启控制台。

I、加速器控制台设置复位确认按钮，联锁触动停机后须人工复位才能重启加速器。

J、职业人员配备个人剂量卡及辐射防护用品。

此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局第 31 号令及环境保护部第 3 号令对其所做的修改决定）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）以及《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》的规定，项目还需要补充、落实和实施以下辐射安全措施：

I、治疗机房内安装火灾自动报警装置，配备灭火器材，火灾报警装置与通风联锁。设置必要的应急照明设备和紧急出口标志；

II、清场巡更系统；

III、安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射职业人员个人剂量档案。个人剂量档案应当保存至辐射职业人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

10.2 三废的治理

电子直线加速器在运行中产生的 X 射线造成空气电离而产生的少量臭氧和氮氧化物，可通过机房排风系统排入室外空气中。本项目电子直线加速器所在 LA 机房拟采用的排风方案如下：

1、抽风口布置在治疗室内远离迷路处，由于臭氧等比重大，抽风口应尽量靠近地面，排风管道为迷宫式结构，预留面积 300*300mm。治疗室墙外侧排风口装风机，风机排风量应保证正常时治疗室内应每小时换气 4 次。应在防护上考虑由于排风管路引起的水泥墙体（或屋顶）的减弱，作适当的补偿。洞口加装防鼠金属网。

2、进风口在迷路内靠近门上方的墙上。为了使有人的区域尽量少受辐射，进风口布置得越高越好。在进风口和排风口设计上，应尽量减少穿过墙的面积，预留口为 300*300mm，进风口为迷宫式结构。应在防护上考虑由于进风口引起的水泥墙体（或屋顶）的减弱，作适当的补偿。

3、进风口处放过滤网，对进入的空气进行过滤，滤掉大部分直径大于 10 μ m 的粒子。

由于臭氧产生量小、容易分解为氧气，故本项目直线加速器运行时产生的废气不会对大气造成影响。建议风口和通风管均应采用铅皮防护，确保满足防护要求。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

医院已委托浙江东天虹环保工程有限公司编制了《台州市博爱医院门诊住院部扩建项目环境影响报告书》，于 2014 年 10 月 24 日通过了台州市环境保护局路桥分局的环保审批，批复文号：台路环建[2014]103 号，见附件 4。有关主体工程施工期环境影响内容详见《台州市博爱医院门诊住院部扩建项目环境影响报告书》有关章节，本环评不再评价。

11.2 运行阶段对环境的影响

为了预测直线加速器机房运行后的辐射环境影响，本次环评采用理论计算和类比监测相结合的方法进行评价。

11.2.1 理论计算

1、医用电子直线加速器技术参数及机房设计情况

本项目拟更新的 1 台医用电子直线加速器型号为 SPACO CMX6，X 射线最大能量为 6MeV，最大剂量率 300cGy/min，最大照射野：40*40cm，SSD：100cm，等中心高度 1.34m，X 射线泄漏率 $\leq 0.1\%$ 。加速器机房采用 L 型迷路，有用线束为东、西和顶方向，东向为迷路照射。

机房使用空间几何尺寸：治疗室面积约 84m²，净高 3.8m。机房顶主屏蔽区向机房外凸。机房防护迷道长 7.025m、宽 2m，内口宽度 1.675m、外出宽度 1.5m。加速器治疗室辐射防护屏蔽设计参数见表 10-3。

2、医用电子直线加速器机房屏蔽计算

加速器机房的屏蔽评价应估算的辐射束为治疗装置在 X 射线治疗时可达到的最高 MV 条件下的有用线束、泄漏辐射和其产生的散射辐射。评价报告对电子直线加速器机房屏蔽效果评价，引用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范--第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中相应的计算模式及相关参数。

由于机房位于地下一层，其西侧、南侧和下方没有其他功能房间和公众居留点，因此该侧墙体的防护不予考虑。结合图纸，选取东侧及顶部有用线束照射方向主屏蔽墙外（C、I 点）、与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙外（M 点）、侧屏蔽墙外（A 点）、迷道内墙（b 点）、迷道外墙外（D 点）、迷道入口防护门外（B 点）作为关注点，做出预测分析。电子直线加速器治疗室各关注点及主要照射路径示意图见图 11-1 和图 11-2。

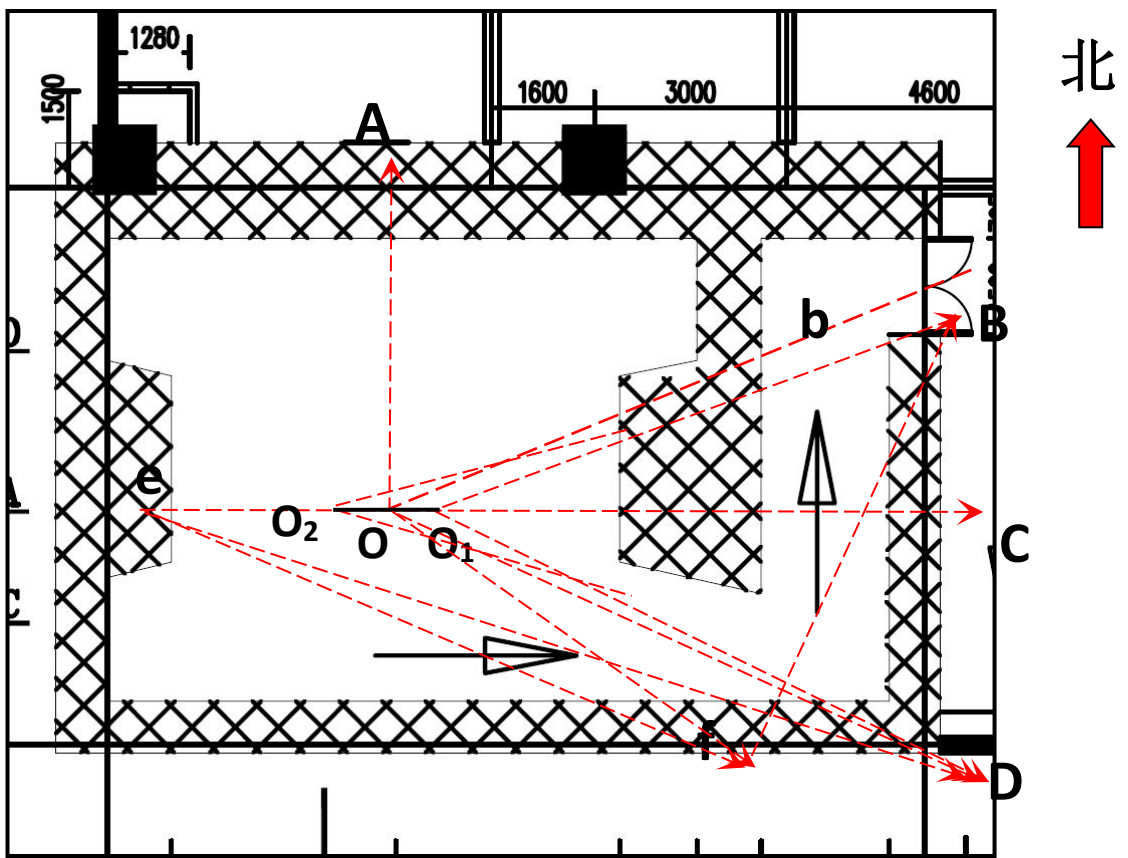


图 11-1 直线加速器机房平面图

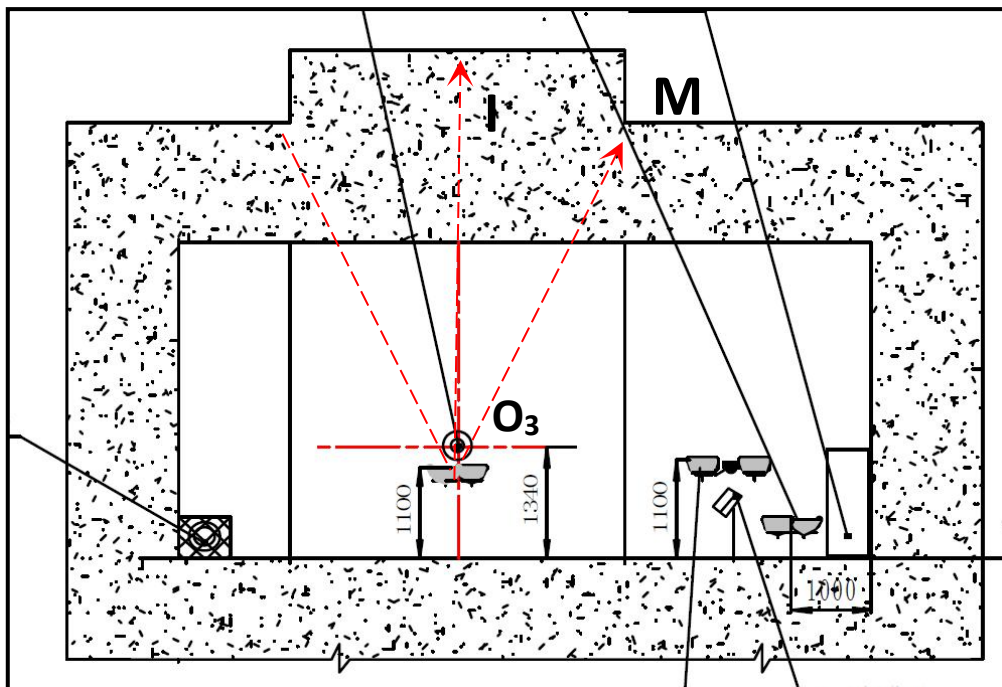


图 11-2 直线加速器机房剖面图

(1)、计算点剂量率参考控制水平

参考 GBZ/T201.2-2011, 机房墙外 30cm 处各计算点的剂量率参考控制水平 H_e 由以下

方法确定:

①使用放射治疗年工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子,求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d}$:

$$\text{对于主射线束: } H_{e,d} = H_a / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots (11-1)$$

式中:

$H_{e,d}$ ---导出剂量率参考控制水平;

H_a ---年剂量参考控制水平; 职业人员取 $5000\mu\text{Sv/a}$, 公众取 $100\mu\text{Sv/a}$;

U ---主射线束向关注位置的方向照射的使用因子; 根据医院实际治疗情况,射线投向地而的比例约占 40%, 每面墙体各占 25%, 屋顶占 10%; 对于漏射线使用因子取 1。

T ---常有人员停留的地方取 1, 有部分时间有人员停留的地方取 1/4, 偶然有人员经过的地方取 1/16;

t ---年治疗照射时间, 根据医院提供资料, 平均每人治疗时间为 1min, 年病人数约为 300 人, 计算得年工作时间 5h。

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{e,max}$:

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

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

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 (H_e)。

由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见表 11-3。

表 11-1 机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点位	剂量参考控制水平 (H_e) $\mu\text{Sv/a}$			主要考虑的辐射束	射线路径
	$H_{e,d}$	$H_{e,max}$	H_e		
A (辅助房间)	320	10	10	泄漏辐射	O-A
B (过道)	80	10	10	泄漏辐射	O ₁ -B
				人体的一次散射辐射	O ₁ -O-B
				主射线二次散射辐射	O ₁ -e-f-B
C (储藏室)	320	10	10	主射线辐射	O ₂ -C
D (储藏室)	320	10	10	主射线一次散射辐射	O ₁ -e-D
				泄漏辐射	O ₁ -D
I (顶部停车场)	800	10	10	主射线辐射	O ₃ -I
M (顶部停车场)	800	10	10	人体的一次散射辐射	O ₃ -O-F
				泄漏辐射	O-F

(2)、有用线束主屏蔽区半宽度计算

依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第一部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007)中

相应的计算模式及相关参数：

$$Y_{\text{墙}} = (1 + \alpha + X_2) \operatorname{tg}\theta + 0.3 \dots\dots\dots (11-2)$$

$$Y_{\text{顶}} = (1 + \alpha + X_1 + X_2) \operatorname{tg}\theta + 0.3 \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：Y----有用线束主屏蔽区半宽度，m；

θ ----治疗束的最大张角（相对束中的轴线）；

X_1 ---与主屏蔽墙加厚带相接的次屏蔽墙厚度，m；

X_2 ---主屏蔽墙加厚带厚度，m；

α ----等中心点至主屏蔽墙距离，m；

主屏蔽墙及顶棚计算参数及结果见下表 11-4。

表 11-2 有用线束主屏蔽墙及顶棚半宽度计算参数及结果 单位 cm

机房	α	X_1	X_2	θ	$Y_{\text{墙}}$	$Y_{\text{顶}}$	设计半宽度	屏蔽要求
屏蔽墙体	330	/	120	14°	167	/	170	满足
顶棚	246	145	130	14°	/	185	190	满足

计算显示，有用线束主屏蔽区半宽度分别为 167cm、185cm，小于机房实际设计宽度 170cm 及 190cm，因此，治疗室主投影区半宽度满足有用线束屏蔽要求。

(3)、主屏蔽墙、侧屏蔽墙及内墙核算（关注点：A、C、I、b 点）

直线加速器机房主屏蔽墙外（C 点）、顶部外（I 点）、侧屏蔽墙外（A 点）及迷道内墙（b 点）的辐射剂量率 H ，采用下列公式对初级辐射进行屏蔽计算：

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

$$X_e = \operatorname{TVL} \times \log B^{-1} + (\operatorname{TVL}_1 - \operatorname{TVL}) \dots\dots\dots (11-5)$$

$$X = X_e \cos\theta \dots\dots\dots (11-6)$$

式中：

X_e -----有效屏蔽厚度，cm；

X -----屏蔽物质厚度，cm；

θ -----斜射角，入射角与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

B -----屏蔽透射因子；

TVL_1 -----辐射在混凝土中第一个什值层厚度；

TVL-----辐射在混凝土中的平衡什值层厚度；
 H_e-----剂量率参考控制水平， μSv/h；
 H₀-----加速器有用线束中心轴上距产生质量 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率，1.8×10⁸μSv
 •m²/h（最大剂量率 300cGy/min 换算得，下同）；
 f-----比例因子，对有用线束为 1，对泄漏辐射为主射射线比率（0.1%）；
 R-----辐射源点（靶点）至关注点的距离， m；
 各关注点辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-5：

表 11-3 有用线束主屏蔽外关注点辐射剂量率计算参数及结果

参数	主屏蔽区(墙体 C 点)	主屏蔽区（顶部 I 点）	迷道内墙（b 点）	侧屏蔽墙（A 点）
H _e (μSv/h)	10	10	2.5	10
R (m)	8.8	5.51	8.05	5.3
H ₀ (μSv•m ² /h)	1.8×10 ⁸	1.8×10 ⁸	1.8×10 ⁸	1.8×10 ⁸
f	1	1	10 ⁻³	10 ⁻³
透射因子 B	4.30×10 ⁻⁶	1.68×10 ⁻⁶	9.00×10 ⁻⁴	1.56×10 ⁻³
TVL ₁ (cm)	37	37	34	34
TVL (cm)	33	33	29	29
有效屏蔽厚度 X _e (cm)	181.1	194.6	93.4	86.4
斜射角θ	0	0	25	0
屏蔽厚度 X (cm)	181.1	194.6	84.7	86.4
设计屏蔽厚度 (cm)	220	275	100	150
是否满足屏蔽要求	是	是	是	是

注：①TVL₁和 TVL 查 GBZ/201.2-2011 中表 B.1；

②根据 GBZ/201.2-2011，对于“迷道内墙泄漏辐射所需屏蔽厚度”核算时，剂量率参考控制水平应小于 H_{e,d} 的 1/4。

(4)、与主屏蔽相连的次屏蔽区计算（关注点：M 点）

根据 GB2/201.2-2011，对于与主屏蔽相连的次屏蔽区（关注点 M），应考虑人体一次散射辐射和泄漏辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式 11-4、11-5、11-6 进行计算，病人一次散射所需屏蔽厚度按式 11-5、11-6、11-7 进行计算。

$$B = \frac{H_e \times R^2}{H_0 \times \alpha_{ph} \times (F/400)} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中：

α_{ph} ----患者 400cm² 面积上垂直入射 X 射线散射至距离其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm² 面积上的散射因子；

F----治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm²。

表 11-4 与主屏蔽相连的次屏蔽区计算参数及结果

泄漏辐射计算参数	关注点 M	病人一次散射辐射计算参数	关注点 M
H_e (μSv/h)	5	H_e (μSv/h)	5
R (m)	4.26	R (m)	4.26
H_0 (μSv·m ² /h)	1.8×10^8	H_0 (μSv·m ² /h)	1.8×10^8
f	10^{-3}	α_{ph}	2.77×10^{-3}
透射因子 B	5.04×10^{-4}	F	1600
TVL ₁ (cm)	34	透射因子 B	4.55×10^{-5}
TVL (cm)	29	TVL (cm)	26
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	112.8	有效屏蔽厚度 X_e (cm)	123.9
斜射角θ	23.5°	斜射角θ	23.5°
屏蔽厚度 X (cm)	103.5	屏蔽厚度 X (cm)	113.6
设计屏蔽厚度 (cm)	145	设计屏蔽厚度 (cm)	145
是否满足屏蔽要求	是	是否满足屏蔽要求	是

(5)、迷道外墙厚度核算（关注点：D 点）

对于迷道外墙（关注点 D 点）应考虑主射线透过人体的照射到 e 点的一次散射辐射和泄漏辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式 11-4、11-5、11-6 进行计算，穿过病人的有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量率按式 11-8 计算。

$$H = \frac{H_0 \times (F/10^4) \times \alpha_w \times B_p}{R^2} \dots\dots\dots (11-8)$$

$$B = 10^{-X_e/TVL_s} \dots\dots\dots (11-9)$$

式中：

α_w ----散射因子，单位面积散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比，根据表 B.5 查得散射因子为 5.2×10^{-3} ；

B_p ----有用线束射入散射体铅的屏蔽投射因子, 对于患者取 0.34;

R ----散射体中心点与计算点的距离, 取 9.67m;

TVL_s ----患者散射辐射在混凝土中的什值层, 6MV X 射线散射角 30° 为 26cm。

经计算, 穿过病人的有用线束在 D 点的一次散射辐射剂量率为 544.5 μ Sv/h。根据式 11-4、11-5、11-6 计算迷道外墙厚度参数取值见表 11-7。

表 11-5 迷道外墙屏蔽区计算参数取值及计算表

穿过病人的有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射计算参数	关注点 D 点	泄漏辐射计算参数	关注点 D 点
H_e (μ Sv/h)	5	H_e (μ Sv/h)	5
R (m)	9.67	R (m)	9.67
H (μ Sv \cdot m ² /h)	544.5	H_0 (μ Sv \cdot m ² /h)	1.8×10^8
f	/	f	10^{-3}
透射因子 B	0.016	透射因子 B	2.6×10^{-3}
TVL_1 (cm)	/	TVL_1 (cm)	34
TVL (cm)	26	TVL (cm)	29
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	46.7	有效屏蔽厚度 X_e (cm)	78.7
斜射角 θ	21°	斜射角 θ	21°
屏蔽厚度 X (cm)	40.5	屏蔽厚度 X (cm)	68.2
设计屏蔽厚度 (cm)	100	设计屏蔽厚度 (cm)	100
是否满足屏蔽要求	是	是否满足屏蔽要求	是

注: 根据 GBZ/201.2-2011, 核算时, 剂量率参考控制水平取 $H_{e,d}$ 的一半。

(6)、机房防护门屏蔽厚度核算(关注点: B 点)

对于防护门(关注点: B 点)考虑主射线透过人体照射到 e 点和 f 点的一次、二次散射辐射和人体一次散射辐射以及泄漏辐射的复合影响, 其中 O_1 -e-f-B 路径由于经过两次散射, 其最终能量较小, 对剂量贡献较小, 本次评价可忽略不计, 因此本次评价主要考虑人体一次散射辐射以及泄漏辐射影响。

机房入口关注点处(B 点)的散射辐射剂量率 H 计算公式如下:

$$H = \frac{\alpha_{ph} \times (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \dots\dots\dots (11-10)$$

式中:

H----计算点 B 处的迷道散射辐射剂量率, μ Sv/h;

α_{ph} ----400cm² 面积上的散射因子, 取 45° 散射角的值 1.39×10^{-3} (查附录 B 表 B2);
 α_2 ----墙入射的患者散射辐射因子, 患者一次散射角为 45°, 墙入射角为 45°, 墙散射角近似按 0° 计算, 查得墙体 45° 入射、0° 散射、1m² 的散射因子 $\alpha_2 = 6.4 \times 10^{-3}$ (查附录 B 表 B6);

A----散射面积, m²; 散射面积为 $2.0m \times 5.0m = 10.0m^2$;

R₁----第一次散射路径; R₁=6.53m;

R₂----第二次散射路径; R₂=6.6m;

经计算, 迷道入口关注点 B 点处的散射辐射剂量率 H 为 34.48μSv/h。

所需的铅屏蔽透射因子 B 计算公式如下:

$$B = \frac{H_e - H_{oe}}{H} \dots\dots\dots (11-11)$$

式中:

H_{oe}----O₁ 位置穿过迷道内墙的泄漏辐射在迷道口 B 点的剂量率, 经计算为 $7.56 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$;

H_e----迷道入口 B 点控制剂量率, 取 10μSv/h;

入口处散射辐射平均能量约为 0.2MeV, 铅的 TVL 为 5mm, 相应 B=0.268 的铅厚度 X=TVL·logB⁻¹=2.9mm, 由于有用线束边缘靠近迷道入口, 并且还存在于迷道内墙的杂散辐射, 本次考虑 2 倍安全系数, 因此迷道防护门铅当量厚度应为 5.8mm。

(7)、医用电子直线加速器机房屏蔽合理性综合分析

本项目医用电子直线加速器机房理论厚度及实际设计参数见表 11-8。

表 11-6 医用电子直线加速器机房各屏蔽体理论计算值与设计值综合汇总表

屏蔽区	理论计算值		实际设计值	是否满足要求
注射线束主屏蔽区	屏蔽宽度	墙体: 334cm	墙体: 390cm	满足
		屋顶: 370cm	屋顶: 380cm	满足
	屏蔽体厚度 (混凝土)	墙体: 181.1cm	墙体: 220cm	满足
		屋顶: 194.6cm	屋顶: 275cm	满足
与主屏蔽区相连的次屏蔽区	屏蔽体厚度 (混凝土)	屋顶: 113.6cm	屋顶: 145cm	满足
侧屏蔽墙	屏蔽体厚度 (混凝土)	86.4cm	150cm	满足
迷道	屏蔽体厚度 (混凝土)	迷道内墙: 84.7cm	迷道内墙: 100cm	满足
		迷道外墙: 68.2cm	迷道外墙: 100cm	满足
防护门	屏蔽体厚度 (铅)	5.8mm	12mm	满足

综上所述，本项目 6MV 医用电子直线加速器机房的设计参数能满足屏蔽防护要求。

3、医用电子直线加速器辐射环境影响分析

根据 GBZ/T201.2-2011，X 射线治疗时，各预测点（见图 11-1 和图 11-2）人员可能受到的最大剂量可根据以下公式进行计算：

主射线束和泄露辐射剂量估算：

$$H = \frac{H_0 \times f}{R^2} \times B \dots\dots\dots (11-12)$$

$$B = 10^{-(X_c + TVL - TVL_1)/TVL} \dots\dots\dots (11-13)$$

$$X_e = X/\cos\theta \dots\dots\dots (11-14)$$

患者一次散射辐射剂量估算：

$$H = \frac{H_0 \times \alpha_{ph} \times (F/400)}{R_s^2} \times B \dots\dots\dots (11-15)$$

机房迷道入口处 X 射线散射辐射剂量估算

$$H = \frac{\alpha_{ph} \times (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \dots\dots\dots (11-16)$$

式中各符号含义与上文相同。

由此估算的主射线束和泄露辐射对各关注点产生的剂量率水平见表 11-9。

表 11-7 有用线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	主屏蔽区(墙体 C 点)	主屏蔽区(顶部 I 点)	侧屏蔽墙(A 点)	与主屏蔽区相连的次屏蔽区(M 点)	迷道外墙(D 点)
屏蔽厚度 X (cm)	220	275	150	145	100
斜射角θ	0	0	0	23.5	21
有效屏蔽厚度 X _e (cm)	220	275	150	158	107
TVL ₁ (cm)	37	37	34	34	34
TVL (cm)	33	33	29	29	29
透射因子 B	2.85×10 ⁻⁷	6.14×10 ⁻⁹	1.00×10 ⁻⁵	5.30×10 ⁻⁶	3.04×10 ⁻⁴
H ₀ (μSv/h)	1.8×10 ⁸	1.8×10 ⁸	1.8×10 ⁸	1.8×10 ⁸	1.8×10 ⁸
f	1	1	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
R (m)	8.8	5.51	5.3	4.26	9.67
剂量当量率 H (μSv/h)	0.66	0.04	0.064	0.053	0.59

M 点及 D 点的人体一次散射辐射对关注点产生的剂量率水平见表 11-10:

表 11-8 患者一次散射辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区 (顶部 M 点)	迷道外墙 (D 点)
屏蔽厚度 X (cm)	145	100
斜射角θ	23.5	21
有效屏蔽厚度 X _e (cm)	158	107
TVL (cm)	26	26
透射因子 B	8.38×10^{-7}	7.67×10^{-5}
H ₀ (μSv/h)	1.8×10^8	544.5
α _{ph}	6.73×10^{-3}	6.73×10^{-3}
F	1600	1600
R (m)	4.26	9.67
剂量当量率 H (μSv/h)	0.22	1.2×10^{-5}

防护门外的辐射剂量率计算公式如下:

$$H = H_b \times 10^{-(X/TVL)} + H_{ob} \dots\dots\dots (11-17)$$

式中:

H----防护门外的辐射剂量率, μSv/h;

H_b----入口处的散射辐射剂量率(未经防护门屏蔽), 已计算得 34.48μSv/h;

TVL---迷道入口处散射射线在铅的半值层厚度, cm, 一般取 0.5cm;

H_{ob}---装置头泄漏辐射在迷道入口处的剂量率, 可由公式(11-12)计算取得, μSv/h;

带入相关参数计算得防护门外 B 点剂量率水平估算见表 11-11:

表 11-9 防护门外经铅门屏蔽后辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	防护门外经铅门屏蔽后 (B 点)
铅门厚度 X (cm)	1.2
TVL (cm)	0.5
未经防护门屏蔽入口处剂量 H _b (μSv/h)	544.5
泄漏辐射在迷道入口处的剂量率 H _{ob} (μSv/h)	0.87
经防护门屏蔽入口处剂量率 H (μSv/h)	1.007

综上所述，LA 机房墙体、顶棚及防护门外关注点的剂量率情况如下表：

表 11-10 LA 机房墙体、顶棚及防护门外关注点的剂量率情况统计表（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

位置		主射线方向	与屏蔽区直接相连的次屏蔽区	侧墙泄漏辐射	防护门
LA 机房	东墙	0.66	/	/	/
	北墙	/	/	0.064	/
	迷道外墙	/	/	/	/
	顶棚	0.04	0.273	/	/
	防护门	/	/	/	1.007

由表 11-12 的估算结果可知，医院拟建的 LA 机房各墙体及防护门外的辐射剂量率范围值为 $0.04\sim 1.007\mu\text{Sv/h}$ 之间，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的相关要求，即“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”。

11.2.2、类比监测

1、类比可行性分析：

（1）类别对象的选取

为更直观分析了解该项目建成投入运行后对周围环境所造成的辐射影响，本次评价选取台州市博爱医院原加速器机房作为类比对象，类比分析本项目设备机房投入运行后对周围环境产生的影响。

（类比数据来源：国家环境保护总局辐射环境监测技术中心编制的《台州市博爱医院直线加速器等医用辐射设备建设项目（已建）》，浙环辐〔2007〕312号。）

（2）类比分析

表 11-11 直线加速器机房类比分析对比一览表

内容		类别对象原加速器机房	本项目 LA 机房
技术参数		X 射线最大能量 6MeV	X 射线最大能量 6MeV
面积		49m ²	84m ²
防护设施	防护门	12mm 厚铅板	12mm 铅板
	主防护墙厚	2600mm 混凝土	2200mm+1000mm 混凝土
	次防护墙	1200mm 混凝土	1500mm 混凝土
	顶棚	/	主屏蔽区：2750mm 混凝土 与主屏蔽区相连次屏蔽区：1450mm

由上表可知，本项目设备技术参数与类比对象一致，机房屏蔽防护水平高于类比对象，因此两个项目有很好的可比性，通过对类比对象的监测，可预测本项目运行后的辐射环境影响。

(3) 类比监测

台州市博爱医院原加速器机房的类比监测点位图见图 11-3，监测结果见表 11-14。

表 11-12 类比项目原加速器机房周围 X-γ辐射剂量率监测结果 单位 nGy/h

机房名称	点位序号	测点描述		辐射剂量率	
				平均值	标准差
加速器治疗室	▲1	病人出入口外 1m	关机	159.9	3.0
			开机	164.0	/
	▲2	医生操作室操 作位	关机	164.4	2.9
			开机	167.0	/
	▲3	机房南侧墙外 1m	关机	155.1	3.1
			开机	156.0	/
	▲4	机房西侧墙外 1m	关机	156.1	2.4
			开机	158.0	/
	▲5	胃镜室内	关机	168.9	2.9
			开机	173.0	/

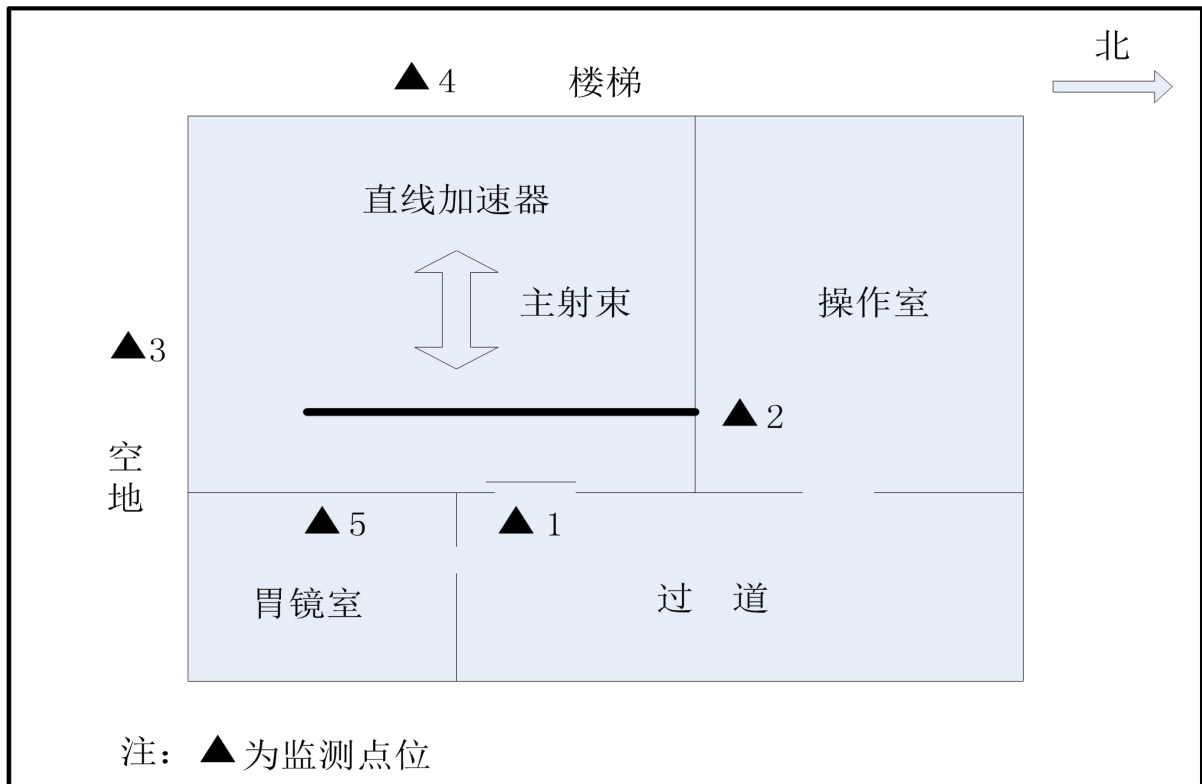


图 11-3 类比项目原加速器机房监测点位图

由表 11-14 的监测结果可知,台州市博爱医院原加速器机房周围的 X- γ 辐射剂量测量值,开机时在 156.1~173.0nGy/h 之间,关机时在 155.1~168.9nGy/h 之间,相差不大,且其 X- γ 辐射剂量率水平处于台州市路桥地区 γ 辐射剂量率正常范围内(59~200nGy/h 之间)。

综上,本评价认为本项目直线加速器机房屏蔽措施能满足辐射防护要求,设计基本可行。

11.2.3 年有效剂量预测分析

根据医院提供预期工作负荷,年病人数约为 300 人,每例病人治疗时间约为 1min,则年出束时间约为 5h。医院拟为加速器配备工作人员为 4 名,则年有效剂量预测分析如下:

1、职业人员年有效剂量

职业工作人员的受照,主要考虑控制室操作人员,即操作人员在控制室接受的剂量。操作人员的工作位即控制室参考 LA 机房北墙外 A 点处,该点剂量率估算最大值为 0.064 μ Sv/h。为留定的安全系数,居留因子均取 1。

则附加有效剂量为:

$$H_1=H_0 \times T=0.064 \times 5=0.32\mu\text{Sv/a}=0.00032\text{mSv/a}$$

因此,加速器在最大工作负荷运行时,能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求:职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a。

2、公众年有效剂量

公众年有效剂量主要考虑加速器治疗室刷同公共场所的影响。公众年有效剂量取公众剂量率最大值 1.007 μ Sv/h(防护门外 30cm 处)进行估算。为留定的安全系数,居留因子取 1/4。

$$H=1.007 \times 5 \times 1/4=1.259\mu\text{Sv/a} \approx 0.00126\text{mSv/a}$$

上述估算表明,加速器在最大工作负荷运行时,治疗室周围公众的年有效剂量最大为 0.00126mSv/a,能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求:公众年有效剂量不超过 0.25mSv。

11.2.4 有害气体对环境的影响分析

空气中的 O₂ 和 N₂ 分别在 X 射线的作用下,生成自由基,进而生成 O₃ 和 NO_x,它们是与辐射相关的非辐射危害因素。O₃ 对粘膜有很强的刺激作用,中毒症状为肺功能下降,呼吸道感染、鼻炎等。

1、治疗室通风设计

根据建设单位提供资料，加速器治疗室迷路内靠近门上方的墙上设一个 $300 \times 300\text{mm}$ 的方形新风入口；治疗室内远离迷路处设一个 $300 \times 300\text{mm}$ 的方形排风口，其位置应尽量靠近地面，设计排风次数为 4 次 / 小时。加速器治疗室通风设计平面图见图 11-4。

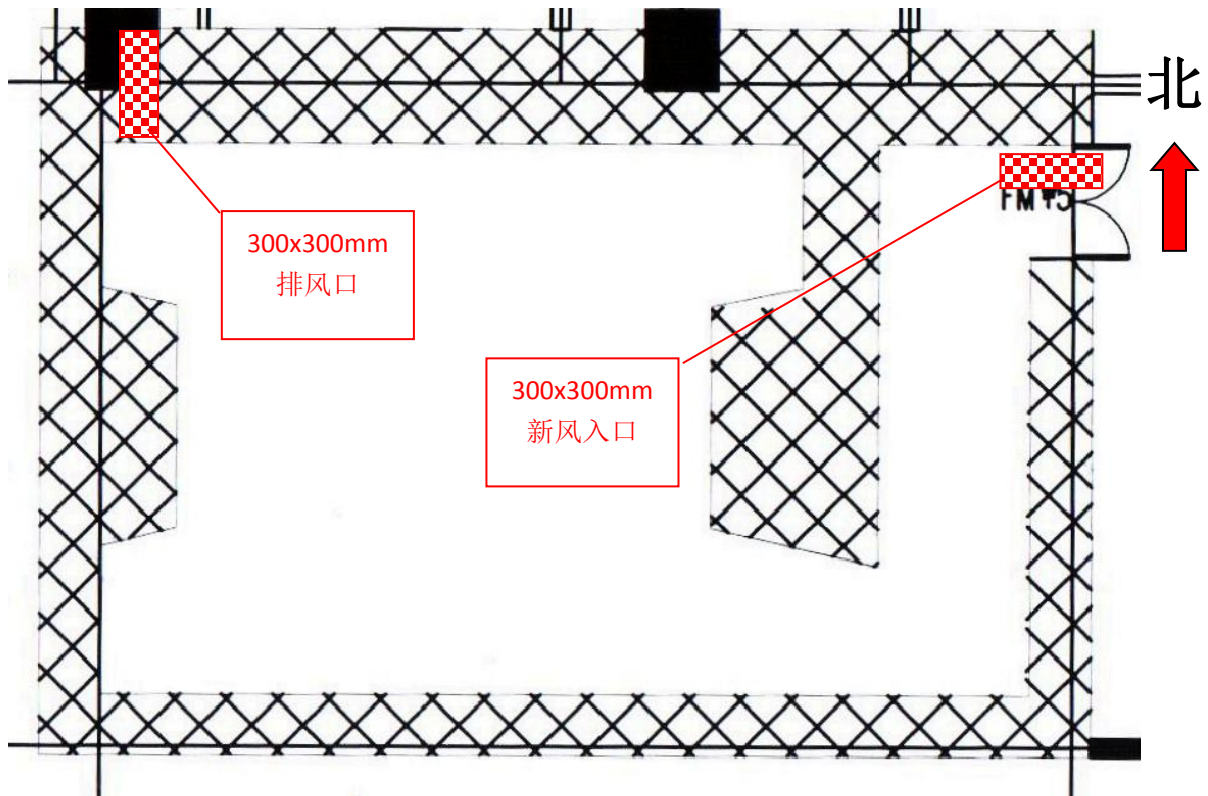


图 11-4 直线加速器治疗室通风设计平面图

2、臭氧环境影响分析

①臭氧的产额

加速器的 X 射线和电子束是扩展辐射束，依 IAEA188《电子直线加速器工作的辐射安全问题》和《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志 Vol14, 2, P101, 1994），加速器辐射所致 O_3 的产额估算方法如下：

a) 有用线束的 O_3 产额

$$P = 2.43D_0 (1 - \cos\theta) \cdot RG \dots \dots \dots (11-18)$$

式中：

P---- O_3 的产量，mg/h；

D_0 ----有用线束在距靶 1m 处的输出量，本项目为 $3\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{min}$ ；

R----靶到屏蔽物（墙）的距离，本项目为 3.3m；

G----空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数(G=6);

θ----有用线束的半张角，本项目为 14°。

有用线束的 O₃ 产额 P₁=2.43×3×(1-cos14°)×3.3×6=4.33mg/h。

b) 泄漏辐射的 O₃ 产额

将泄漏辐射看为 4π方向均匀分布的点源（包括有用束区限定的空间区），J 并考虑机房壁的散射线使室内的 O₃ 产额增加 10%，O₃ 的产额 P（mg/h）为：

$$P = 3.32 \times 10^{-3} \times D_0 \times (GV)^{1/3} \dots\dots\dots (11-19)$$

式中：

V----加速器治疗室的体积，m³，其余符合公式(11-18)。

泄漏辐射的 O₃ 产额：P₂=3.32×10⁻³×6×(84×3.8)^{1/3}=0.14mg/h。

本项目的臭氧的产额为 P=P₁+P₂=4.33+0.14=5.47mg/h。

②臭氧的浓度

辐射所致有害气体以 O₃ 为主，在考虑通风情况下，空气中 O₃ 的平衡浓度由下式估算：

$$Q = \frac{P \times T}{V} \dots\dots\dots (11-20)$$

式中：

Q----加速器治疗室内平衡浓度，mg/m³；

P----O₃ 的辐射产额，mg/h；

T----有效清洗时间，h；

V----加速器治疗室体积，m³。

有效清洗时间 T 由下式计算：

$$T = \frac{T_v \cdot T_d}{T_v + T_d} \dots\dots\dots (11-21)$$

式中：

T_v----换气一次所需时间，h；

T_d----O₃ 有效分解时间，取 0.83h。

根据（11-20）和（11-21）式得出不同换气次数时的 O₃ 平衡浓度见表 11-15。

表 11-13 加速器治疗室不同换气次数时的 O₃ 平衡浓度

参数	换气 1 次/h	换气 2 次/h	换气 4 次/h	换气 5 次/h	换气 10 次/h
T _v (h)	1	0.5	0.25	0.2	0.1
T (h)	0.45	0.31	0.19	0.16	0.09
Q (mg/m ³)	0.029	0.020	0.012	0.010	0.0059

按照设计要求排风次数为 4 次/小时，治疗室内臭氧的平衡浓度为 0.012mg/m³，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/小时的要求，以及《室内空气质量标准》（GBT18883-2002）中 0.16mg/m³（1 小时平均值）的臭氧浓度限值要求。

3、氮氧化物环境影响分析

在多种氮氧化物（NO_x）中，以 NO₂ 为主，其产额约为 O₃ 的 1/2，排风次数达到 4 次/小时可满足《室内空气质量标准》（GBT18883-2002）中 0.24mg/m³（1 小时平均值）的 NO₂ 浓度限值要求。所以，在加速器运行中应时刻保持良好的通风。

11.3 事故影响分析

1、风险分析

医用电子直线加速器主要用于肿瘤放射治疗，加速器只有在治疗期间时才会产生 X 射线等，因此，该项目辐射事故多为人员误留或误入加速器治疗机房产生的误照射事故，主要有：

- （1）辐射工作人员违反操作规程或误操作，造成意外照射；
- （2）加速器治疗期间，工作人员或其他人员误留在照射室内，致使其受到大剂量辐照；
- （3）由于加速器安全联锁装置、工作状态指示灯或其他安生装置失灵，治疗期间人员误入加速器机房内受到误照射；
- （4）加速器维修调试过程中，因维修人员误操作导致加速器出束，可能发生误照射；
- （5）加速器维修调试过程中，虽关闭了加速器高压，但未切断加速器电源，由于暗电流而造成的误照射。

2、应急方案与措施

医用电子直线加速器在正常运行过程由于采取相应的屏蔽防护和辐射安全措施，不会对其他人员造成照射，但遇到特殊意外情况亦可能会发生误照射而造成人员损伤，故应对这种潜在照射危害采取应急措施。

为了防止误照射事故发生，对加速器治疗工作采取了门机联锁，照射现场电视监控，

对讲传话以及工作人员进入照射室携带个人报警器等措施，对人员误入辐照现场接受不必要照射，提供了有效的预防。

此外，当发生以下意外照射事件，可采取相应应急措施。

(1) 工作人员进入加速器房进行摆位或其占照射前准备工作时，控制台前操作人员疏忽失职误将加速器开机出束，会发生工作人员误照射事件。工作人员发现加速器已经出束（照射红灯点亮），可就近住治疗床边、加速器立柱或迷道内人口等处，按红色标志的急停开关，切断电源，迫使加速器关机停止出束；

(2) 加速器维修调试过程，目检修人员误操作，导致加速器出束，发生人员误照射事件，室内人员发现加速器意外出束，可立即就近按红色急停开关，切断加速器电源；

(3) 治疗病人陪伴者或其它人员误留机房内，在加速器停止出束后，操作人员从监控器内发现，可立即在控制台上按急停开关，切断加速器电源；

(4) 加速器治疗过程发生意外停电，加速器停止出束，操作人员应将加速器处于关机状态，记录已照射剂量和已照射时间。以便加速器正常运行后继续完成应照射剂量。操作人员可用手动方式开启机房大门，将治疗病人按应急灯指引，引导离开机房；

(5) 当发生上述加速器意外出束，人员受照事故后，应迅速将受照人员撤离现场，并估算人员受照剂量。如受照人员未携带个人剂量计，则可根据人员所在部位，加速器照射条件，初步估算人员受照剂量。根据初步剂量估算结果确定受照人员是否要进行医学观察及治疗。

(6) 当发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。医院应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，并在规定时间内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告。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。

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

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》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，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，并以文件形式明确管理人员职责。

台州市博爱医院成立了放射防护管理小组，明确以王会军为组长，张萍、郑泽霞、周军辉为副组长，小组成员共 11 名，负责全院辐射安全与防护监督管理、知识普及宣传，制度落实，工作联系以及事故应急处理等辐射工作。该管理机构的基本组成涵盖各射线装置各使用部门，在框架上基本符合要求。

12.2 辐射安全管理规章制度

1、辐射工作制度

医院现已制定《辐射防护和安全管理制制度》、《辐射事故报告应急处理措施》、《质量控制方案》、《放射工作人员职业健康管理制制度》、《辐射防护和安全保卫制制度》、《加速器各种应急措施》、《加速器操作规程》、《设备检修维护制制度》等规章制度。其中《质量控制方案》、《放射工作人员职业健康管理制制度》、《辐射防护和安全保卫制制度》、《加速器各种应急措施》、《加速器操作规程》、《设备检修维护制制度》等规章制度为 2007 年制定，医院应按照最新法律法规，根据项目开展特点，重新制定相应的工作制制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制制度、台账管理制制度等，并落实执行。

2、医院应组织所有辐射工作人员参加由环保部门组织的辐射安全和防护知识培训，经考核合格后方可持证上岗工作。医院应安排取得培训合格证书的辐射工作人员每 4 年复训一次。

本项目辐射人员是从现有人员中调配，均已取得培训合格证书（见附件 9）。

3、个人剂量检定情况

医院应为所有辐射工作人员配备个人剂量计，且每 3 个月到有资质单位检测一次，并建立个人剂量档案。

医院现有的辐射工作人员均已配备了个人剂量计，个人剂量计每 3 个月到相关部门检测一次，并建立了个人剂量档案，个人累计剂量均未超过标准限值要求，剂量报告见附件 10。

4、职业健康体检情况

辐射工作人员在上岗前和离职后都必须到有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每 2 年进行一次职业病健康体检，并建立完整的个人健康档案，档案保存时限为工作人员年满 75 周岁或工作人员停止辐射工作后 30 年。

医院已经开展职业健康体检工作，职业健康检查报告书见附件 11，辐射工作人员在岗期间的职业健康检查结果：受检人员未见职业健康损害，可继续从事放射工作。

5、年度评估制度

台州市博爱医院计划对辐射防护工作进行年度评估，尽量避免辐射事故的发生。

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管理条例》等法律法规要求，台州市博爱医院应对其制定的系列相关管理制度进行补充完善，本次环评对各项制度的要点提出以下建议：

(1) 完善并补充制定《操作规程》、《岗位职责》、《人员培训计划》及《设备检修维护制度》。

《操作规程》内容包括：明确辐射工作人员的资质条件要求，操作过程中采取的具体防护措施及步骤。

《岗位职责》内容包括：明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

《人员培训计划》内容包括：明确培训人员，培训周期，培训形式，培训内容，频次等，培训记录建立档案，做到有据可查。

《设备检修维护制度》内容包括：明确设备及监测仪器在日常使用过程中在维护保养以及发生事故时采取的措施，剂量报警仪及监测仪器必须保持良好的工作状态。

(2) 补充其他辐射相关的管理制度。如《自行检查和年度评估制度》、《监测方案》、《变更及注销制度》；以及其他相关的管理制度，如《订购、转让、运输及退役处理制度》、《放射性废物登记、排放制度》等。

(3) 要求组织所有新增的辐射工作人员参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并按每 4 年一次的要求进行复训，同时应为辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案。

(4) 环评报批后，医院需及时向相关部门申请更换许可证，并更改副本内容。

(5) 医院须在本项目投入试运行 3 个月内自主开展建设项目环境保护验收。

12.3 辐射监测

1、辐射工作场所相关建筑物外场所辐射水平监测：

医院须委托有监测资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据、年度评估报告及年度辐射工作总结每年年底须向当地环境保护部门上报备案。

- （1）监测项目：X- γ 射线辐射剂量率；
- （2）监测范围：LA 机房屏蔽墙外，防护门及缝隙处等；
- （3）监测频度：每年常规监测一次；
- （4）监测记录应清晰，准确，完整并纳入档案进行保存。

2、个人剂量监测：

医院应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对从事辐射工作的工作人员进行个人剂量监测，建立个人剂量档案，并保存职业照射记录。

3、辐射工作场所自我监测：

- （1）监测项目：X- γ 射线辐射剂量率；
- （2）监测范围：LA 机房防护门及缝隙处、观察窗和控制室以及四周邻近房间；
- （3）监测频度：对于自我检测建设单位应定期（1 次/月）或不定期进行监测；
- （4）监测记录应清晰，准确，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

4、设备配备：

医院应自行配备一台 X- γ 剂量率测量仪。

5、原有项目监测计划执行情况：

医院已为 23 名辐射工作人员进行了个人剂量监测，现有辐射工作人员均可继续原辐射工作。医院按要求为工作人员建立了完整的个人剂量档案，定期进行职业健康检查，医院较好的执行了原有辐射类项目相关的环境监测计划，本次评价要求院方及时将本项目建设内容列入监测计划。

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条的规定，须完善辐射事故应急方案，主要包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

- (3) 可能发生辐射事故类别与应急响应措施；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 做好定期应急演练。

发生辐射事故时，事故单位应立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取应急措施，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。

12.5 对拟报废的射线装置环境保护管理要求

根据《浙江省辐射环境管理办法》第十八条规定：需要报废 X 射线装置的，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的环境保护部门核销。

医院应委托有资质的单位对拟报废的射线装置内的高压射线管进行拆解，并及时报颁发辐射安全许可证的环境保护部门核销。

表 13 结论与建议

结论

13.1 实践正当性分析

台州市博爱医院拟开展医用直线加速器迁建项目，目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

13.2 选址合理性分析

台州市博爱医院位于台州市路桥区商海南街 609 号，医院东侧为丁岙村，南侧紧邻山水泾小河，小河对面为刚泰臻品花园住宅区，西侧隔商海南街为东方理想学校宿舍，北侧隔文化路为新安小区东区。医院地理位置图见附图 1，周边环境关系图见附图 2。

本次环评所涉及的拟更新医用电子直线加速器位于新建门诊住院部大楼地下一层 LA 机房，其周围 50m 范围内无环境保护敏感点，不会对周围环境产生辐射影响。

综上，本项目的选址合理可行。

13.3 布局合理性分析

本项目医用直线加速器 LA 机房控制室与治疗室分离，治疗室设置“L”型迷路，迷路口设有防护门，符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）及《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中的相关要求，项目布局基本合理。

13.4 辐射环境影响评价

由分析可知，本项目辐射工作人员和公众成员的附加年有效剂量当量均低于本项目的剂量管理限值(5mSv 和 0.25mSv)，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。

13.4 辐射安全措施评价

台州市博爱医院拟迁建医用直线加速器产生辐射的主要控制系统用开关钥匙进行控制，直线加速器治疗室迷道门应设计安装门机联锁装置，迷道门外需设置“当心电离辐射”警告标志、工作状态指示灯，治疗室和控制室内设计安装紧急停机开关，治疗室内需设计安装实时监控装置，并配备对讲装置。

在落实以上措施后，本项目的辐射安全措施能够满足安全防护要求。

13.5 辐射环境管理制度

医院已成立放射防护安全与防护管理领导小组，制定了《射线装置安全操作规程》、《放射诊疗安全防护管理制度》、《放射性工作场所管理制度》、《放射诊疗安全防护管理制度》、《放射工作人员职业健康管理制

度》、《医用 X 线机操作管理制度》、《工作质量保证制度》、《岗位职责》等，同时做好了《放射性事故应急预案》。

本项目建成后，还须补充制定《操作规程》、《岗位职责》、《人员培训计划》及《设备检修维护制度》等。补充建立相关台帐制度。

13.6 安全培训及健康管理

医院现有辐射工作人员 23 名，均取得了上岗证，建立了辐射工作人员个人剂量档案和职业健康档案。

本项目建成后，要求组织所有新增的辐射工作人员参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并按每 4 年一次的要求进行复训，同时应为辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案。

13.7 结论

综上所述，台州市博爱医院在落实报告提出的各项污染防治措施后，医院将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，本次拟开展的医用直线加速器迁建项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

本评价根据项目情况提出以下建议：

1、医院承若将根据报告表的要求和环保部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求；

2、环评报批后，医院需及时向相关部门申请更换许可证，并更改副本内容，按照辐射安全许可证的类别从事放射工作，若医院射线装置及其他辐射工作场所发生变更应重新进行辐射环境影响评价，做好辐射类设备登记工作；

3、建立健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生；

4、建立健全辐射防护工作档案，对辐射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分类保管并长期保存，严格执行辐射监测计划，发现问题及时

整改：

- 5、做好职业工作人员的个人剂量监测和健康管理；
- 6、按照辐射事故应急预案和报告制度的要求，定期进行熟练演习；
- 7、定期检查机房工作警示灯，确保工作警示灯正常工作，避免无关人员误入机房；
- 8、做好辐射工作人员培训和再培训；
- 9、结合本院工作实际情况对辐射安全管理制度进行修改和完善。

为保护环境，保障人员健康，台州市博爱医院承诺：

1、及时完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行，接受环保部门的监督检查并及时整改检查中发现的问题；

2、按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（环保部 18 号令）要求开展个人剂量监测、工作场所监测和环境监测工作；

3、在本项目投入试运行 3 个月内自主开展建设项目竣工环境保护验收。

表 14 审批

下一级环保部门意见:

公章

经办人

年 月 日

审批意见:

公章

经办人

年 月 日

