

前 言

1.项目背景

西安交通大学第二附属医院位于西安市新城区西五路157号，是国家教育部、卫生部直属的一所集医疗、教学、科研、预防保健为一体的现代化大型综合医院，国家三级甲等医院。为了满足患者的需求及医院医疗技术水平的提高和发展，医院拟购一台用于放射治疗的10MeV 医用直线加速器，放置于肿瘤放疗科内原有的6MeV 医用直线加速器机房内。原有的6MeV 医用直线加速器因为年代已久，设备零部件寿命已到，医院需要更新设备，购买更先进、更高端的设备来满足患者和医院诊疗的需求，更换的6MeV 医用直线加速器将按照医院固定资产回收处理。

2.建设项目特点

本项目为改扩建项目，就是对原有放置 6MeV 医用直线加速器的机房进行改建，对机房的四周屏蔽墙、屋顶及防护门均增加了防护能力，改建完成后放置拟购 10MeV 医用直线加速器。

本项目主要是以直线加速器在运行过程中产生的电子束和 X 射线对外环境和操作人员造成放射性影响为主，属于典型的核技术应用项目。

3.环境影响评价关注的主要环境问题

- (1)辐射工作人员和公众的年剂量管理限值是否符合相关管理限值；
- (2)机房四周屏蔽墙、防护门和屋顶是否达到相关防护要求；
- (3)明确该医院针对环境影响所采取的防治措施。

4.环境影响评价工作过程

依据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等有关规定，西安交通大学第二附属医院射线装置核技术应用项目应进行环境影响评价，并编制环境影响报告表。2016年11月21日西安交通大学第二附属医院正式委托陕西中圣环境科技发展有限公司承担该项目的环境影响评价工作。

接受委托后，我公司组织专业技术人员对项目拟建地进行了踏勘，收集了相关基础资料，并咨询了环境保护行政主管部门等相关管理部门。在污染因素分析、环境现状调查、环境影响预测等主要工作的基础上，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）的基本要求，2016年11月30日编制完成了《西安交通大学第二附属医院 10MeV 直线加速器核技术应用项目环境影响报告表》（送审稿）。

5 报告表主要结论

西安交通大学第二附属医院 10MeV 直线加速器核技术应用项目采取的各项污染防治措施可行，在认真执行国家和地方相关法律法规和单位各项规章制度，切实落实本报告表提出的各项防护措施的前提下，对环境的影响可以接受，从环境保护角度分析，项目建设可行。

6 致谢

在报告编制过程中，评价工作得到了陕西省环境保护厅、西安市环境保护局、陕西省辐射监督管理站等单位和个人的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西安交通大学第二附属医院 10MeV 直线加速器核技术应用项目				
建设单位		西安交通大学第二附属医院				
法人代表	李宗芳	联系人	魏凯	联系电话	18192086738	
注册地址		西安市新城区西五路 157 号				
项目建设地点		医院肿瘤放疗科				
立项审批部门		/		批准文号		
建设项目总投资 (万元)	3000	项目环保 投资	500	投资比例 (环保 投资/总投资)	16.7%	
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			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			
	其他	/				
	项目概述 1.单位简介、建设规模、目的和任务 (1)单位简介 西安交通大学第二附属医院原名西安交通大学医学院第二附属医院。位于陕西省西安市新城区西五路 157 号 (见图 1.1-1), 是国家教育部、卫生部直属的一所集医疗、教学、科研、预防保健为一体的现代化大型综合医院, 国家三级甲等医院。并被卫生部、国家药品监督管理局指定为国家药物临床实验机构, 卫生部国际紧急救援中心网络					

医院，世界卫生组织及卫生部爱婴医院等。

(2)建设规模

该医院拟购一台用于放射治疗 10MeV 医用直线加速器，放置于肿瘤放疗科。具体评价内容见表 1.1-1。

表 1.1-1 评价内容

评价内容		数量	现状
设备	机房		
10MeV 医用直线加速器	改建机房	1 台	拟购

(3)评价目的和任务

①对医院拟购的 10MeV 医用直线加速器在运行期间产生的辐射影响进行环境影响评价，分析是否满足国家相关标准要求；

②通过现场的调查分析，分析工作人员、公众所接受辐射剂量是否低于管理剂量限值；

③对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响降低到“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的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

2.保护目标及机房选址

根据现场踏勘结果，机房是一层建筑，机房南侧是两层建筑：一层是候诊大厅、水冷机房和控制室、二层是模具室、维修室、值班室和计算机室（见照片 1.1-1），机房东侧是目前正在运行的 21EX 型医用直线加速器机房，西侧和北侧是过道。保护目标见表 1.1-2，保护目标图和平面布局图见图 1.1-2 和 1.1-3。

表 1.1-2 主要环境保护目标一览表

序号	保护对象	方位	数量（人）
1	辐射工作人员	南侧控制室	4
2	公众	西侧和北侧过道，南侧一层候诊室和水冷机房、二层模具室、维修室、值班室和计算机室	不定

本项目拟购的 10MeV 医用直线加速器放置于肿瘤放疗科内西侧机房内，肿瘤放疗科西侧与医院南北通行道路相隔为西二楼，北侧隔一宽约 5m 的过道为肿瘤五病区，东侧为停车场，南侧为门诊综合楼，四邻关系见图 1.1-3。四周再无其他居民区等环境敏感目标，选址合理。

3.项目回顾

2012 年 7 月，陕西中圣环境科技发展有限公司对其新增在用的医用射线装置（包

括上述的 21EX 型医用直线加速器)、密封放射源和放射性药物进行了环境影响评价,编制环境影响报告表,并于 2014 年 2 月 19 日经陕西省环境保护厅审批,批准文号为陕环批复[2014]100 号(附件 1)。

西安交通大学第二附属医院于 2014 年 6 月 5 日取得陕西省环境保护厅核发的辐射安全许可证(附件 2),证书编号为陕环辐证[00125],核准的种类和范围有:使用 V 类密封放射源,使用 II 类和 III 类射线装置,乙级、丙级非密封放射性物质工作场所,核准核技术应用项目内容见表 1.1-3。

表 1.1-3 陕环辐证[00125]核准的核技术应用项目内容一览表

类别	序号	核素	总活度/活度（Bq）×枚数			活动种类
V	1	90Sr	3.0×10 ⁸ Bq/3.0×10 ⁸ Bq×1			使用
	2		4.0×10 ⁸ Bq/2.0×10 ¹¹ Bq×2			
工作场所	序号	场所等级	核素	日等效操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	
核医学科	1	乙级	99mTc	5.55×10 ⁸	1.48×10 ¹³	
	2		131I	1.11×10 ⁹	3.33×10 ¹²	
	3		32P	3.7×10 ⁷	3.7×10 ⁹	
	4		153Sm	3.7×10 ⁸	3.7×10 ¹¹	
	5		89Sr	7.4×10 ⁷	1.48×10 ¹⁰	
	6		18F	7.4×10 ⁸	7.4×10 ¹¹	
	7	丙级	125I	3.7×10 ⁴	7.4×10 ⁸	
	8		3H	1.85×10 ⁴	1.85×10 ⁸	
类别	序号	装置名称			装置数量（台）	
II	1	直线加速器			2	
	2	数字减影血管造影 X 线机			2	
III	3	16 排 CT			1	
	4	64 排 CT			1	
	5	岛津胃肠机			1	
	6	乳腺机			1	
	7	DR 机			2	
	8	岛津拍片机			1	
	9	移动拍片机			2	

2014 年 9 月,陕西中圣环境科技发展有限公司对其新增射线装置(见表 1.1-4)的医学实践进行环境影响评价,编制环境影响报告表,并于 2015 年 1 月 6 日经陕西省环境保护厅审批,批准文号为陕环批复[2015]11 号(附件 3)。

表 1.1-4 射线装置明细表

序号	射线装置名称	类别	备注
1	ALura3000 型 全数字心血管造影系统	II	运行
2	Radnex50A8 DR-X 光拍片机	III	运行
3	OEC9900 EliteC 型臂	III	运行
4	SOMATOM Definition Flash CT 机	III	运行
5	Medilink MeDIX90 骨密度仪	III	运行

2015 年 8 月陕西省辐射环境监督管理站对《西安交通大学医学院第二附属医院 X

射线装置应用项目》进行了竣工环境保护验收监测，编制了《核技术应用项目竣工环境保护验收监测报告》，报告编号：陕辐环验字（2015）第 045 号。

2015年9月陕西省辐射环境监督管理站对《西安交通大学医学院第二附属医院新增射线装置和放射性同位素核技术应用项目》进行了竣工环境保护验收监测，编制了《核技术应用项目竣工环境保护验收监测报告》，报告编号：陕辐环验字（2015）第50号。

2016 年 1 月 4 日，陕西省环境保护厅同意以上两个项目通过竣工环境保护验收，批准文号：陕环批复（2016）3 号。

现辐射安全许可证中不包含 2014 年 9 月以后委托的环境影响评价中涉及的内容。目前辐射安全许可证中涉及的放射源、同位素和射线装置和 2014 年 9 月委托的环境影响评价中涉及的射线装置都在正常运行。目前新的辐射安全许可证正在办理当中。

西安交通大学第二附属医院10MeV直线加速器核技术应用项目



图 1.1-1 交通大学第二附属医院地理位置图



照片 1.1-1 机房四周实景

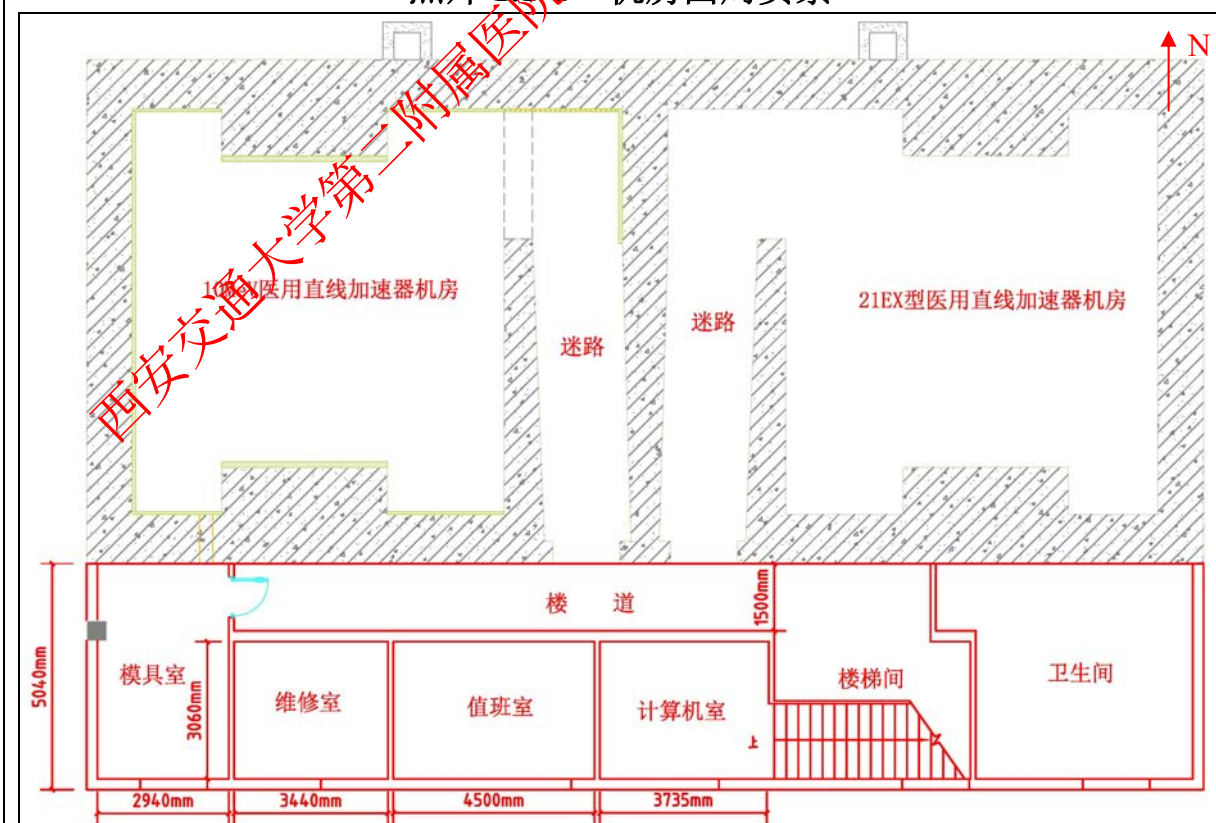


图 1.1-2 二层保护目标图和布局图

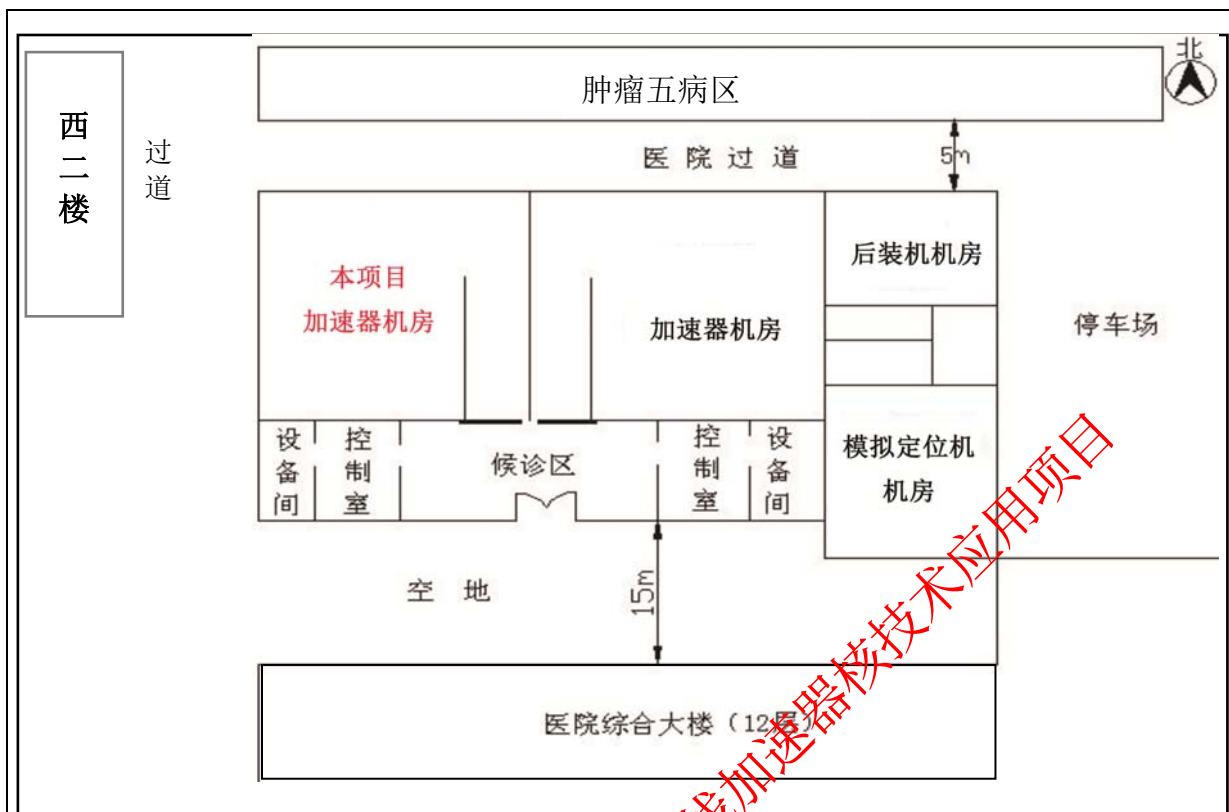


图 1.1-3 四邻关系图

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：1、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
/	该项目不使用非密封放射性物质	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（GB18871-2002）

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	直线加速器	II	1	/	电子	10	600cGy/min	放射治疗	原有的 6 MeV 直线加速器机房内	拟购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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）

废弃物名称	状态	排放口浓度	年排放总量	暂存情况	最终去向
固定体位热塑模	固体	/	每次 1kg	机房内	有环卫单位处置
/	/	/	/	/	/

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（修订）》，2015.1.1； (2)《中华人民共和国环境影响评价法》，2016.9.1； (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003.10.1； (4)国务院《建设项目环境保护管理条例》(国令第 253 号)，1998.11.29； (5)国务院《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国令第 449 号)，2005.12.1； (6)国务院《放射性废物安全管理条例》(国令第 612 号)，2012.3.1； (7)环境保护部《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(部令第 18 号)，2011.5.1； (8)环境保护部《建设项目环境影响评价分类管理名录（修订）》(部令第 33 号)，2015.6.1； (9)陕西省人民代表大会《陕西省放射性污染防治条例》，2014.10.1。
技术标准	(1)《核辐射环境质量评价的一般规定》（GB11215-89）； (2)《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002； (4)《电子加速器放射治疗放射防护要求》GBZ126-2011 相关条款； (5)《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。
其他	(1)西安交通大学第二附属医院《环境影响评价委托书》，2016.11.21。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目的污染为 X 射线和电子，根据其传播与距离相关的特性，确定评价范围为直线加速器机房所在的肿瘤放疗科整个区域。

保护目标

西安交通大学第二附属医院 10MeV 直线加速器核技术应用项目主要环境保护对象见表 7.1-1。

表 7.1-1 10MeV 医用直线加速器环境保护目标一览表

保护对象	方位	管理限值	备注
辐射工作人员	南侧控制室	2.5mSv	操作人员
公众	西侧和北侧过道，南侧一层候诊室和水冷机房、二层模具室、维修室、值班室和计算机室	0.25mSv	陪同人员

评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 的相关条款

本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。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%的范围之内。

附录 B1.1.1.1 条规定：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：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 作为工作人员的年剂量管理限值）。

B1.2.1 规定：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……（本项目取 0.25mSv 作为公众的年剂量管理限值）。

(2) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》GBZ126-2011 相关条款

6.1 治疗室的防护要求：

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

6.1.2 有用线束直接投照的防护墙（包括天棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计，辐射屏蔽设计应符合 GBZ/T201.1 的要求；

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

6.1.4 穿越防护墙的导线，导管等不得影响其屏蔽防护效果；

- 6.1.5 X 射线能量超过 10MV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护；
- 6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备
- 6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m²。
- 6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。
- 6.1.9 相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的照射指示灯及辐射标志。
- 6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

6.2 安全操作要求：

- 6.2.1 加速器使用单位应配备工作剂量仪，水箱等计量测量设备，并应配备扫描剂量仪、模拟定位机等放射治疗质量保证设备。
- 6.2.2 使用单位应有合格的放射治疗医生、医学物理人员及操作技术人员；医学物理人员和操作技术人员应经过防护和加速器专业知识培训，并经过考核合格后方可上岗。
- 6.2.3 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全联锁的情况下开机。
- 6.2.6 加速器辐射安全、电气、机械安全技术要求及测试方法应符合 GB9706.5 的有关规定。

(3)《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 相关条款

4 治疗机房一般屏蔽要求

4.1 屏蔽所考虑的环境条件：

- 4.1.1 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改变，并根据相应条件确定所需要的屏蔽。
- 4.1.2 在设计和评价治疗机房顶屏蔽时，应充分考虑“天空散射辐射”和“侧散射辐射”对治疗机房临近场所中驻留人员的照射。

4.2 治疗机房布局要求：

- 4.2.1 治疗装置控制室应与治疗机房分离。治疗装置辅助机械、电气、水冷设备，凡是可以与治疗装置分离的，应尽可能设置于治疗机房外。
- 4.2.2 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。
- 4.2.3 小射线管治疗装置的治疗机房可不设迷路。γ 刀治疗装置的治疗机房，根据场所空

间和环境条件，确定是否选用迷路。除此而外，其他治疗机房应设置迷路。

4.2.4 应根据治疗要求给定治疗装置源点的位置（它可能偏离机房的对称中心）或后装治疗源可能应用的源点的位置与范围。

4.6 缝隙、管孔和可能的薄弱环节的屏蔽考虑因素：

4.6.1 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。

4.6.2 当治疗机房预留治疗装置安装口或主、次屏蔽墙采用不同密度的混凝土时，交接处应采用阶梯式衔接。

4.6.3 当 X 射线管治疗机房设有观察窗时，带有屏蔽的观察窗应略大于窗口并镶嵌在所衔接的屏蔽墙内。

4.6.4 在治疗机房内、外墙上的电器部分（如配电箱、激光定位灯等）的部分，应与同侧墙具有同等的屏蔽。对嵌入式安装造成局部屏蔽减弱的地方，应进行屏蔽补偿。

4.6.5 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露。

西安交通大学第二附属医院10MeV直线加速器技术应用项目

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

西安交通大学第二附属医院位于西安市新城区西五路，根据该单位提供的资料及现场实际情况，10MeV 医用直线加速器机房是在原有的 6MeV 直线加速器机房的基础上改扩建完成。机房位于肿瘤放疗科一楼（一层建筑），机房东侧是 21EX 型医用直线加速器机房，南侧一层是控制室、候诊大厅和水冷机房、二层是模具室、维修室、值班室和计算机室，西侧和北侧均是人行道，地下是车库。（详见图 1.1-2）。

2016 年 1 月，陕西省辐射环境监督管理站对西安交通大学第二附属医院 X 射线装置应用项目进行了年度监测，并编制了《西安交通大学第二附属医院 X 射线装置应用项目年度监测》（陕辐环监字〔2016〕第 016 号）（附件 4），根据监测报告中的监测数据，医院室外环境本底值为 88.0~91.7nGy/h，与西安市 1988 年环境 γ 辐射剂量率（79.0~130.0nGy/h，数据来自于《陕西省环境伽玛辐射剂量水平现状研究》）基本在同一水平，说明医院周围辐射环境现状质量良好。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

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), 该医院拟购的 10MeV 医用直线加速器, 属于Ⅱ类射线装置, Ⅱ类射线装置为中危险射线装置, 事故时可以使受照人员产生较严重放射损伤, 大剂量照射甚至导致死亡。

(1)工作原理

医用直线加速器是利用超高频电磁场在波导管中的行波或者利用谐振腔内电磁场的驻波使带电粒子获得高能量, 当高能电子束与加速器部件相互作用时, 就会产生X射线。因此医用直线加速器即可利用电子束对患者病灶进行照射, 也可利用X射线束对患者病灶进行照射。医用直线加速器可根据所诊疗肿瘤类型及其在体内的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔, 确定最佳输出能量并人体肿瘤进行照射治疗。

(2)工艺流程

直线加速器工艺流程详见图9.1-1, 产物环节图详见图9.1-2。

(3)污染途径

1) 正常工况

通常医用直线加速器运行时可能遇到的辐射种类有X射线、电子、感生放射性等。

2) 事故工况

①安全联锁系统故障或失效, 机房的防护门未关好即开机导致射线泄漏, 造成机房防护门外活动人员受到意外照射;

②安全连锁系统故障或失效, 医用直线加速器运行中人员闯入受到意外照射;

③辐射工作人员或无关人员在医用直线加速器运行过程中滞留机房, 受到意外照射。

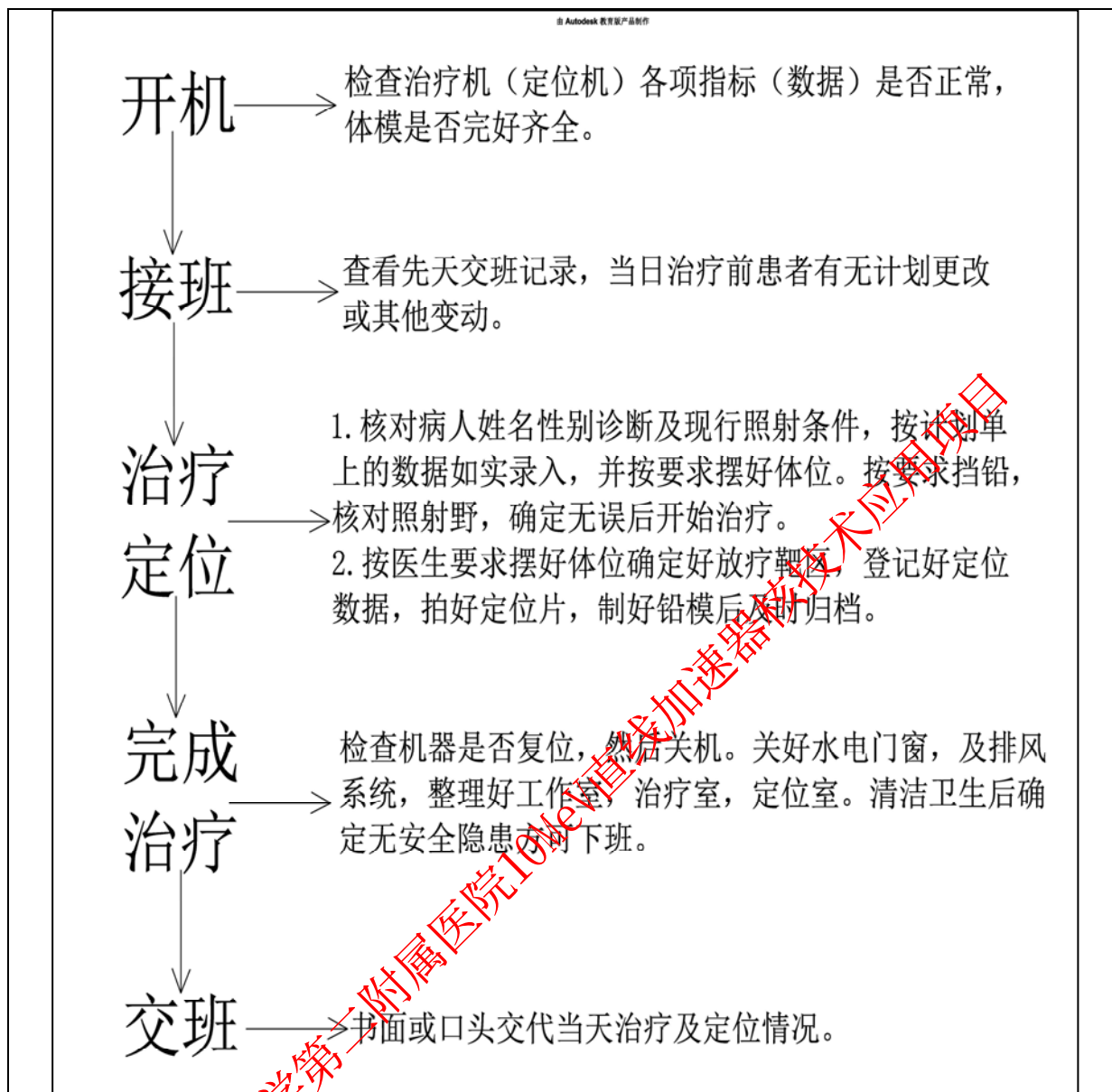


图 9.1-1 直线加速器工艺流程图

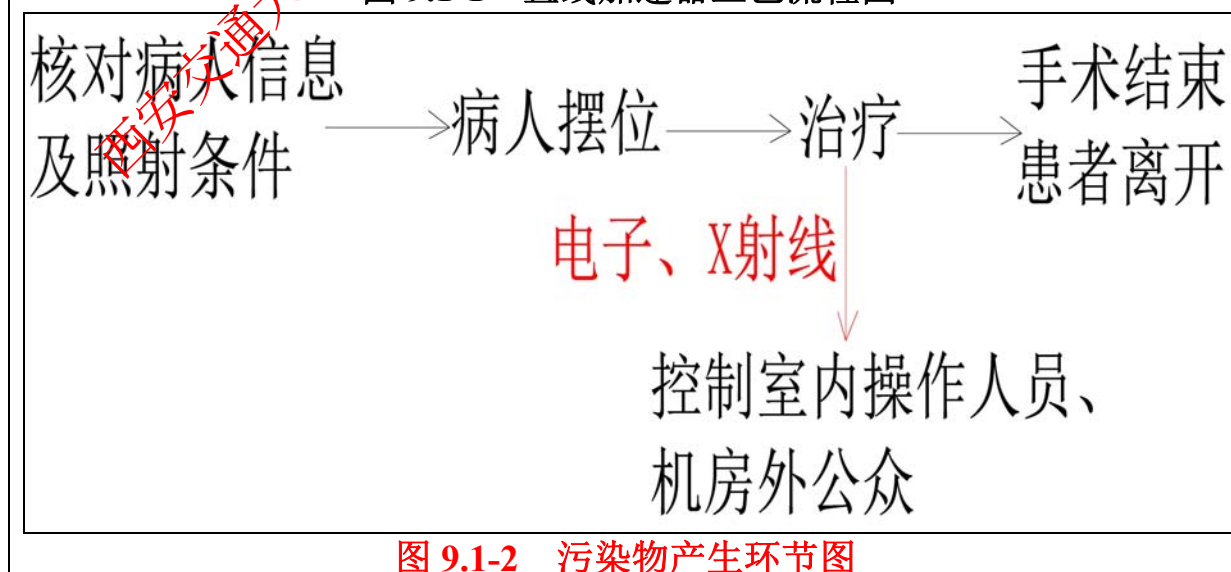


图 9.1-2 污染物产生环节图

污染源项描述

(1)放射性污染物

由医用直线加速器工作原理可知，本项目拟购的医用直线加速器在开机运行期间，X射线和电子成为污染环境的主要污染因子；关机期间，感生放射性成为污染环境的主要污染因子。医用直线加速器的技术参数见表 9.1-1。

表 9.1-1 医用直线加速器技术参数表

X 射线能量	等中心最大剂量率	最大照射野	等中心位置到地面距离
10MeV	600 cGy/min	40cm×40cm	1280mm

①X射线辐射

医用直线加速器由调速管提供微波功率。调速管工作时脉冲电压和峰值电流一般都很高，因此产生X射线，X射线对人体产生外照射影响。

②漏射线辐射

由靶向外从各个方向穿过辐射头泄露出来的射线为漏射线，从辐射头射出的漏射线，遍布机头各处，所以从辐射源到任一点的距离会因为机架的角度不同而异，为了简化漏射线辐射计算，漏射线也通常被假定为与主射线具有相同的能量。

③散射线辐射

当主射线射入某种物质（如人体组织）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。因为散射线能量比漏射线能量小，所以在计算屏蔽厚度时通常可以忽略，只有在计算迷路走廊外墙和屏蔽门除外。

④感生放射性气体

医用直线加速器运行时与空气相互作用，产生感生放射性气体。开放真空系统时，被吸附在管道内的某些放射性物质（如氚）通过解吸可能进入大气，产生的感生放射性核素主要是 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{41}Ar ，它们的半衰期在 7.3s~1.83h。

为了控制感生放射性气体，应设置通风系统。通风系统的排风口应安装在建筑物外面，并远离进气口；通风设计应保证存在感生放射性气体的区域空气压力略低于周围其他区域的压力，以免有害气体扩散到其他区域；排风速率一般要求每小时换气3~5次。

⑤冷却水的感生放射性

如果医用直线加速器使用冷水循环，特别是靶的部分，水中可能会有较强的放射性。在医用直线加速器运行期间，循环水系统的某一部分可能使附近的操作人员受到照射，

因此，循环水系尽量避开可能使工作人员受到照射的地方，或置于屏蔽区域内。对人员进入的这些区域应进行辐射监测，必要时，在循环泵、热交换器和储水箱的周围采取屏蔽措施。

⑥电子束

医用直线加速器产生的电子束贯穿能力，相对X射线而言弱得多，即使是高能电子束，空气中的射程也只有2~3米。因此在X射线得到充分屏蔽的情况下，电子束也就得到了足够的屏蔽。

(2)非放射性污染物

医用直线加速器运行时会产生臭氧和氮氧化物。加速器输出的能量愈高，臭氧和氮氧化物的产额就愈多；它们不仅对呼吸道的健康有影响，而且臭氧能促进橡胶材料老化，氮氧化物与空气中水分接触生成的硝酸会腐蚀设备。

西安交通大学第二附属医院10MeV直线加速器核技术应用项目

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1.已有防护措施

(1)机房屏蔽防护:

根据该单位提供的机房设计资料,拟购的 10MeV 医用直线加速器专用机房的防护参数见表 10.1-1。

表 10.1-1 10MeV 医用直线加速器专用机房的防护参数

项目	防护厚度 (cm)			材料
机房	现有措施 (砼)	增加措施 (钢板)	等效	/
机房南主防护墙	215	12	260	钢筋混凝土+钢板
机房南次防护墙	110	6	132	钢筋混凝土+钢板
机房北主防护墙	215	12	260	钢筋混凝土+钢板
机房北次防护墙	110	6	132	钢筋混凝土+钢板
屋顶主防护	225	6	247	钢筋混凝土+钢板
屋顶次防护	125	4	140	钢筋混凝土+钢板
侧屏蔽区	102	10	140	钢筋混凝土+钢板
防护门	18mmPb		18mmPb	铅+钢板
迷路外墙被遮挡部分	63~102	-	63~102	钢筋混凝土
未被遮挡部分	102	8	132	钢筋混凝土+钢板

(2)警示标志和指示灯

机房门口安装警示灯;机房正前醒目位置张贴有符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 要求的电离辐射警示标志,提醒在机房附近活动的人员当心电离辐射。

(3)辐射安全防护与门-机联锁

治疗室入口处设置有迷道,机房防护门采用门-机联锁装置;机房安装有 2 个应急按钮;控制台和治疗室内分别安装紧急停机开关;机房和控制室之间安装有监视和对讲设备。

加速器机房管线孔在南墙的次屏蔽区,排风管线在北墙,穿墙方式见图 10.1-1 和 10.1-2。机房的管线沟和排风沟均采用多折曲路设置,送风管采用斜向穿墙管路,因此穿越机房屏蔽墙的导线、导管及排风管道均不影响屏蔽墙的屏蔽防护效果。

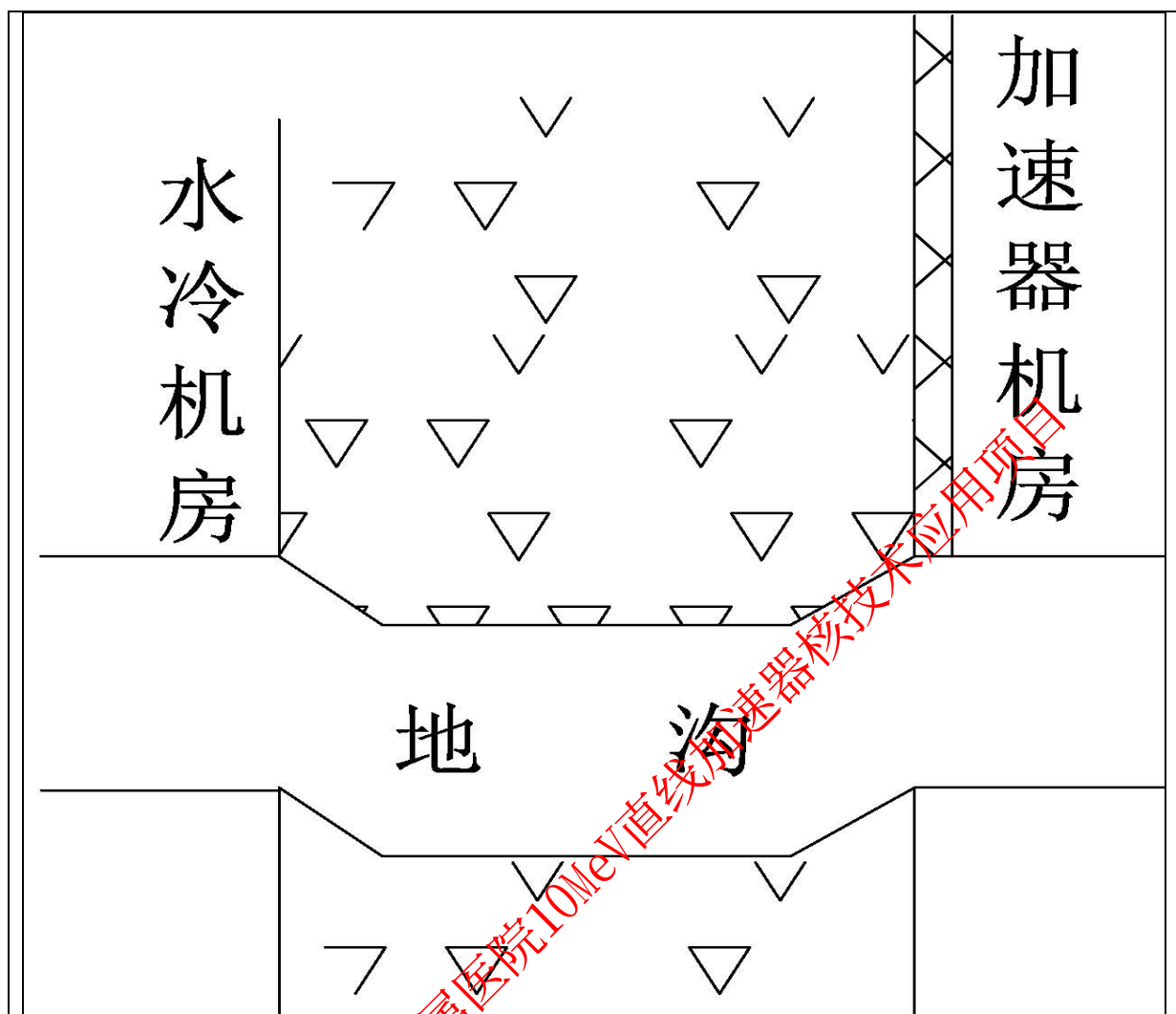


图 10.1-1 穿越地沟管线图

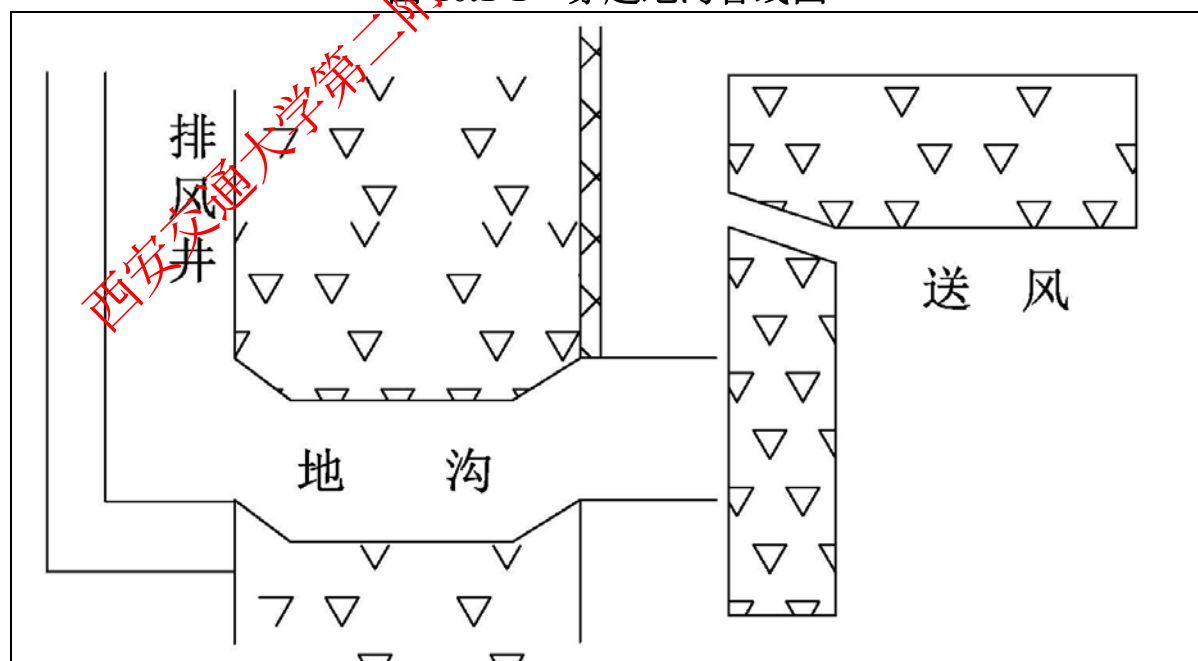


图 10.1-2 通风管道穿墙图

(4)通风

根据该单位提供的设计资料，机房通风系统见图 10.1-3。

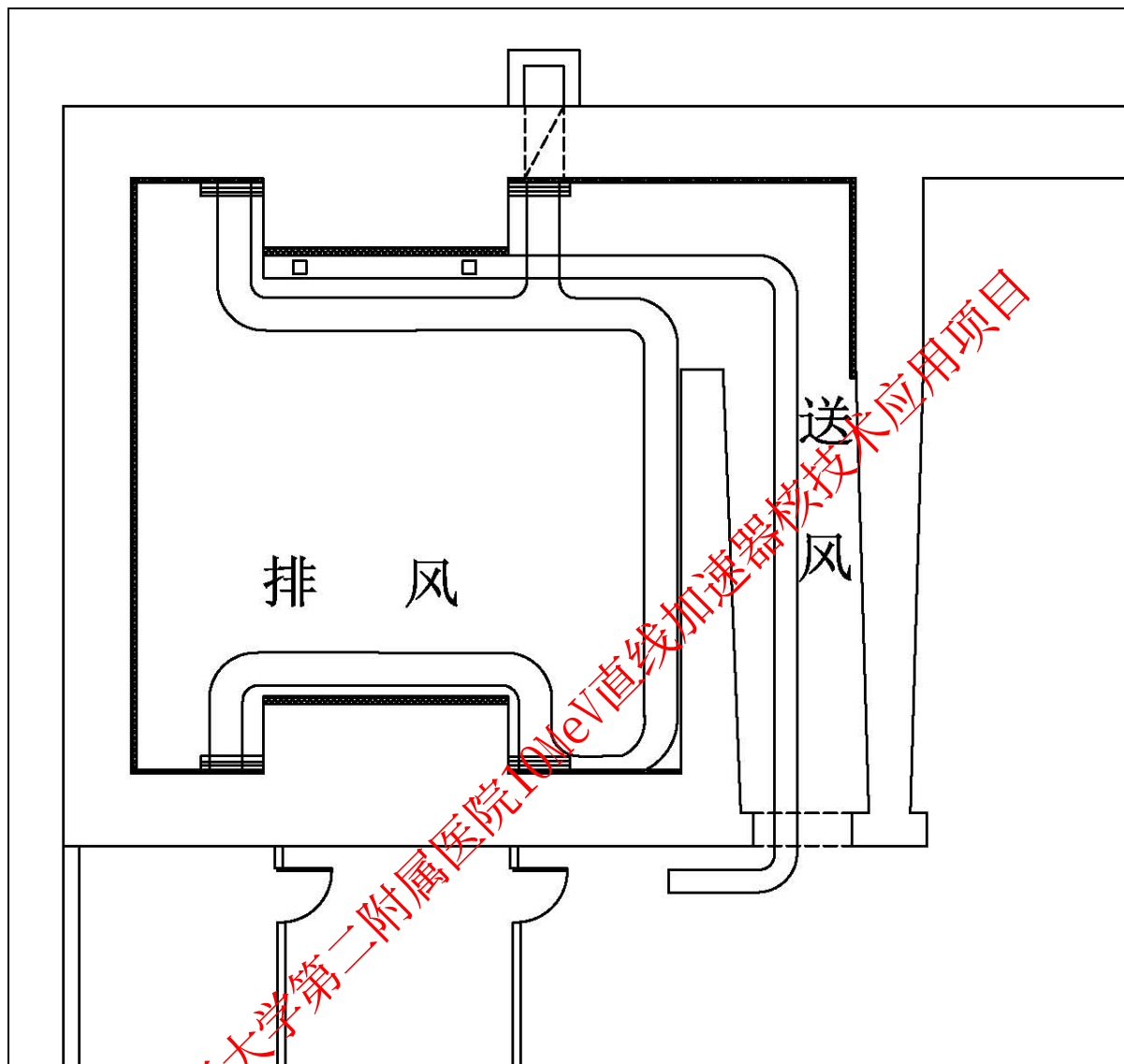


图 10.1-3 通风管道图

排风口和送风口的规格见表 10.1-2

表 10.1-2 通风口设计规格

通风口	数量	规格 cm
排风	4	2 个 32×20, 2 个 40×20
送风	2	均接至空调回风

本项目机房设置有独立的通风系统，两个排风口位于机房南侧，距离底部 300mm 安装，风口尺寸均为 320mm×200mm；两个排风口位于机房北墙，风口尺寸均为 400mm×200mm，排风管道为地沟式穿墙设计，采用多折曲路设计。送风管道从防护门上方倾斜穿过防护墙。机房设计的总排风量为 2000m³/h，采用动力吸气通风。通风次数不小于 10 次/h，排风口的风速不小于 1.7m/s。

(5)机房的布局

10MeV 医用直线加速器机房四周的布局见平面布局图 1.1-2；10MeV 医用直线加速器专用机房是一层建筑，楼下是车库；机房和控制室分开设置；机房的面积为 74.49m²。

(6)防护用品

医院给辐射工作人员配备有防护能力均为 0.5mmPb 铅衣 2 件、铅围裙、围脖 2 套、铅眼镜 2 副。

(7)个人剂量计

医院给辐射工作人员配备有个人剂量计，辐射工作人员工作时，必须按要求佩戴。

2.还需完善的防护措施

1.治疗室内应设 2 个紧急开关按钮。

2.治疗室内应安装 1 台固定式剂量报警仪。

3 控制台应设有 X 射线管电压及其通或断状态的显示装置。应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

4.门-机联锁装置的设置应方便机房内部的人员在紧急情况下离开机房。

5.该单位应给辐射工作人员配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，工作人员或者患者应立即离开机房，同时阻止其他人进入机房，并立即向辐射防护负责人报告。

6.还需配备合格的放射治疗医师和放射治疗技术人员。除应具备相应学历外，还须经过放射治疗专业和放射防护知识培训和资格考试，才能上岗。同时应对现有的 8 名辐射工作人员进行专业培训，并且在其专业技术能力满足放射诊疗要求的情况下，才能上岗。

7.医院应定期检查直线加速器机房所有线路、开关和安全联锁，一旦发现问题，应立即终止治疗，并及时组织专业人员对其进行检查和维修，待其完好后，在进行开机治疗，尽量做到降低辐射事故的风险。

三废

10MeV 医用直线加速器在运行过程中，在病人的身体上会敷上固定体位热塑模，固定体位热塑模一人一用，当病人治疗完毕以后，固定体位热塑模会暂时放在机房内，然后直接交给有环卫单位处理。整个运行过程中不产生放射性三废。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目属于改建项目，10MeV 医用直线加速器机房在改造阶段对环境的主要影响是废气、噪声和建筑垃圾。

废气属于无组织排放，会对局部环境空气质量产生短期不利影响，主要污染物是施工扬尘、施工机械废气及装修废气；噪声主要为施工机械噪声和运输噪声对机房周围声环境会产生短期的不利影响；固体废弃物主要来自施工期建筑垃圾。

运行阶段对环境的影响

射线装置

直线加速器

(1)运行工况

根据该医院提供的资料，在机房运行后，平均每天治疗 80 个病人，治疗每个病人平均出束时间为 2 分钟。医院给拟购的直线加速器配备有 8 名辐射工作人员，实行两班倒。直线加速器年运行 255 天，则全年最大接受射线治疗时间约为 680h。

(2)环境影响分析

该医院拟购的医用直线加速器的技术参数见表 9.1-1，机房的防护参数见表 10.1-1，医用直线加速器计算点位及参数见图 11.1-1、图 11.1-2 和图 11.1-3。

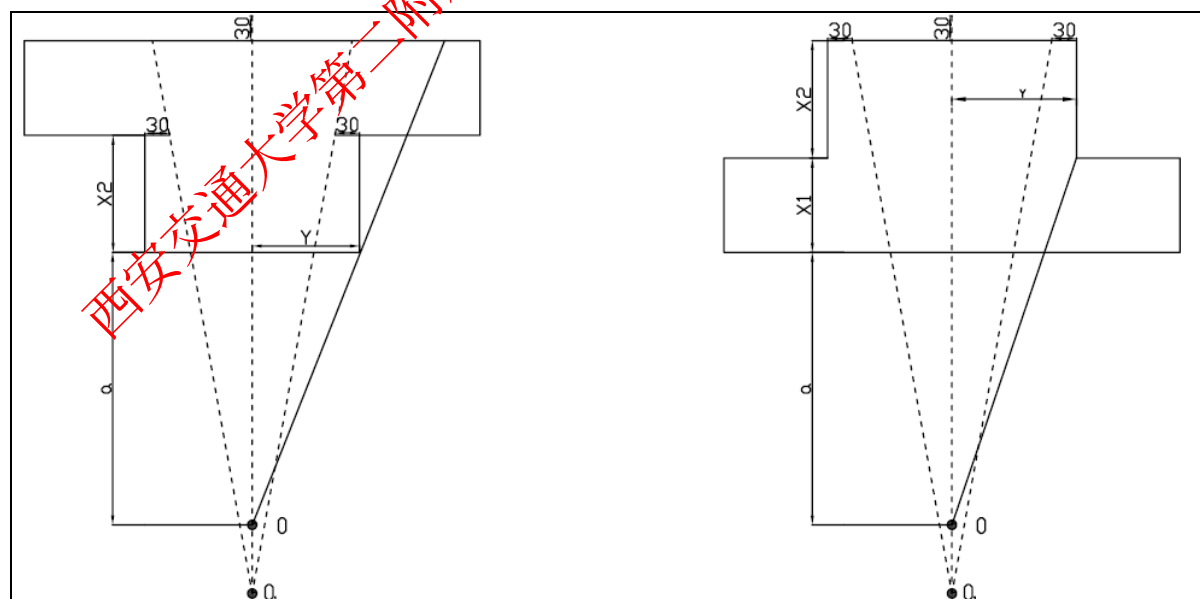


图 11.1-1 有用线束主屏蔽区半宽度计算示意图

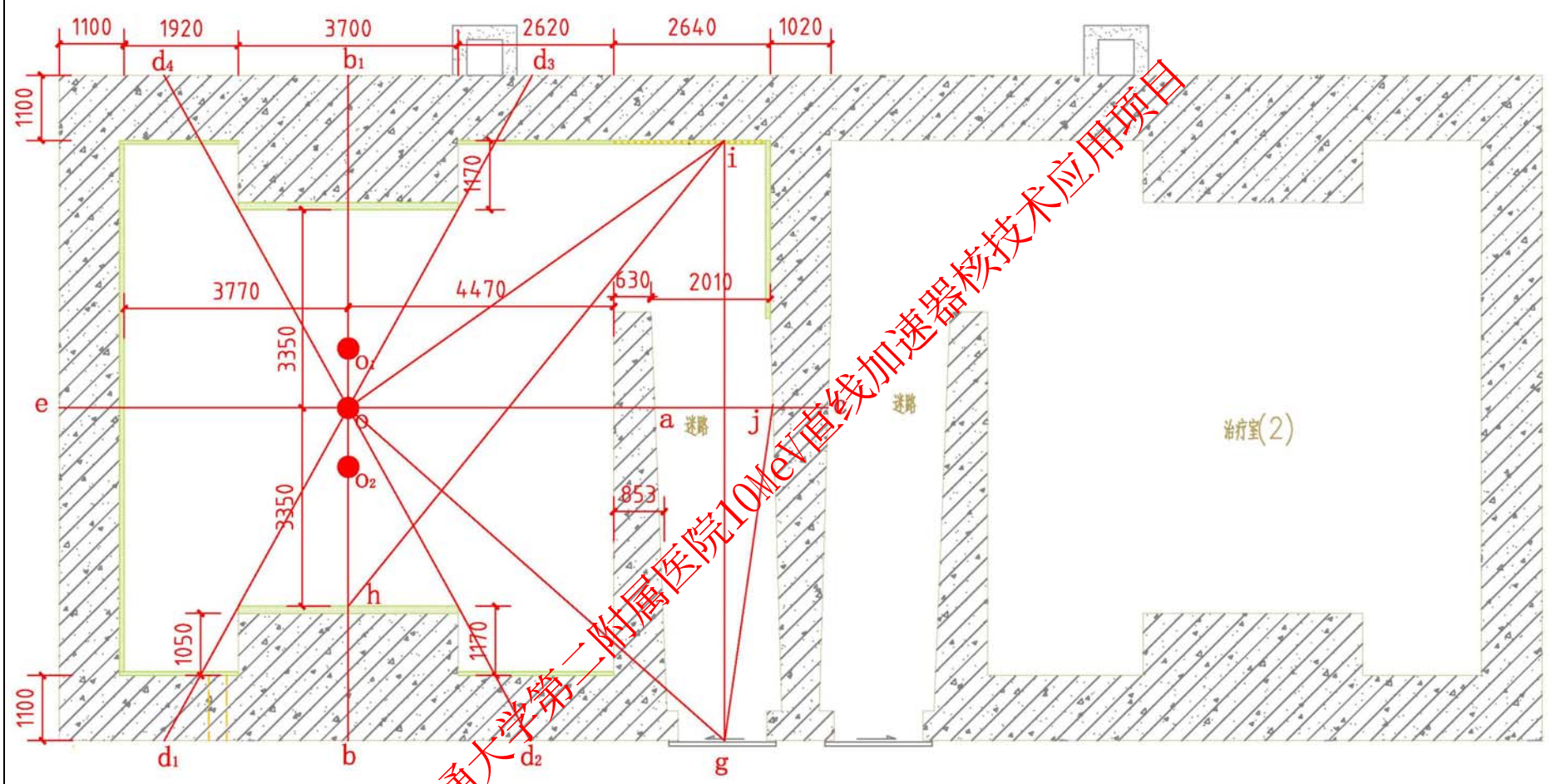


图 11.1-2 机房主屏蔽区墙面向机房内凸的相关点位和参数

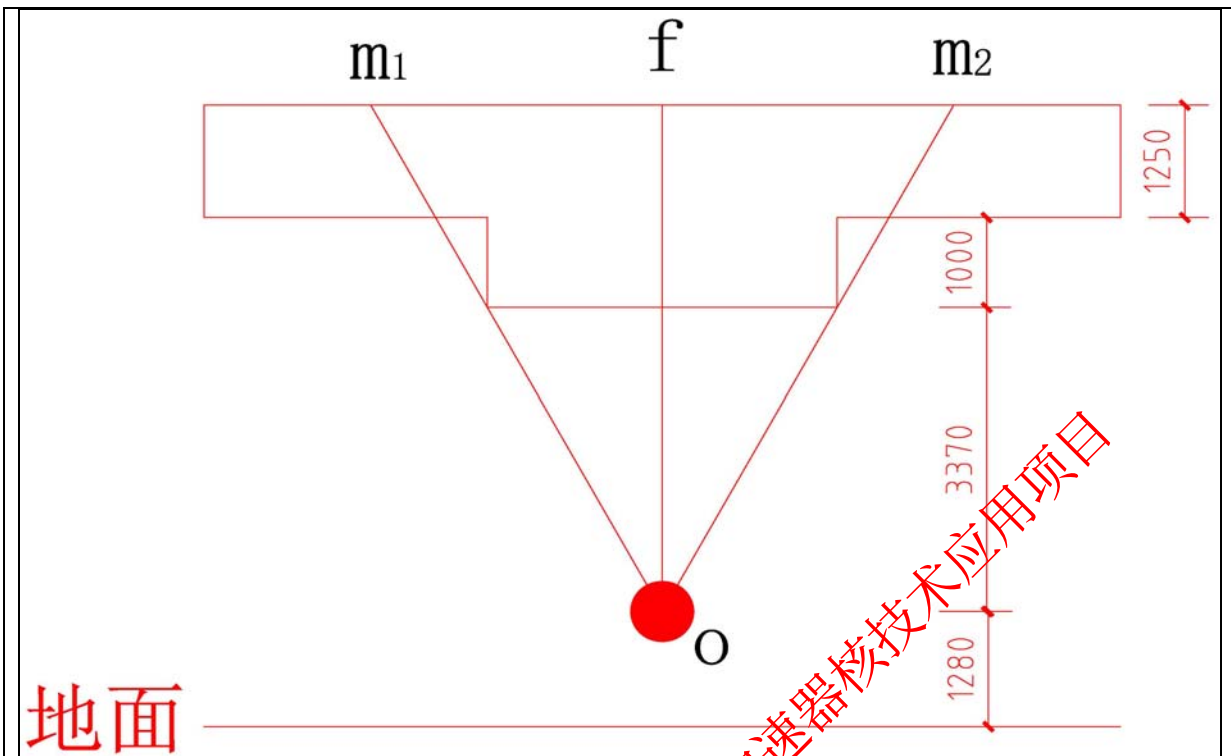


图 11.1-3 机房屋顶主屏蔽墙剖面图相关点位和参数

①有用线束主屏蔽区宽度计算（参数的选取依据图 11.1-2 和图 11.1-3）

使用 GBZ/T201.1 的公式计算有用线束主屏蔽区的宽度 Y_p 。本项目墙面主屏蔽区向机房内凸（见图 11.1-2），屋顶主屏蔽区向机房内凸（见图 11.1-3），分别对主屏蔽区宽度进行计算：

$$Y_p = 2[(\alpha + SAD) \lg(\theta) + 0.3]$$

式中： Y_p —机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD—源轴距，本项目取 1；

θ —治疗束的最大张角（相对束中的轴线），本项目取 14° ；

α —等中心点至“墙”的距离，m。

当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面。

对北墙面主屏蔽区宽度计算：

$$\begin{aligned} Y_p &= 2[(\alpha + SAD) \lg(\theta) + 0.3] \\ &= 2[(3.35 + 1.17 + 1) \lg(14) + 0.3] = 3.35\text{m} \end{aligned}$$

对南墙面主屏蔽区宽度计算：

$$\begin{aligned} Y_p &= 2[(\alpha + SAD) \lg(\theta) + 0.3] \\ &= 2[(3.35 + 1.17 + 1) \lg(14) + 0.3] = 3.35\text{m} \end{aligned}$$

对屋顶主屏蔽区宽度计算：

$$Y_p=2[(\alpha+SAD)\lg(\theta)+0.3]$$

$$=2[(3.37+1.0+1)\lg(14)+0.3]=3.28\text{m}$$

根据上述计算结果，机房北主防护墙的宽度为 3.35m，机房实际防护墙宽度为 370cm，符合防护要求；机房南主防护墙的宽度为 3.35m，机房实际防护墙宽度为 370cm，符合防护要求；机房屋顶主防护墙的宽度为 3.28cm，机房实际屋顶主防护墙的宽度为 370cm；符合防护要求。

以下②~④中公式的选取均根据《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）。

②主屏蔽区（即 b、b₁、f 计算点的处的剂量率计算）和侧屏蔽墙（即 e、c 计算点的处的剂量率计算）防护能力核算（参数的选取依据图 11.1-2 和图 11.1-3）。

本项目给定屏蔽墙厚度，按 GBZ/T201.2-2011 公式计算辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}$ （μSv/h）：

$$\dot{H}=\frac{\dot{H}_0 \bullet f}{R^2} \bullet B \quad (1)$$

式中： $\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m²/h；

R—辐射源点（靶点）到关注点的距离，m；

f—对有用束为 1，对泄漏辐射为泄露辐射比率，通常取 1.0×10^{-3} ；

B—屏蔽因子；

$$B=10^{-(X_p+TVL-TVL_1)/TVL} \quad (2)$$

$$X_p=X_e \sec \theta \quad (3)$$

X_e —有效屏蔽厚度，m；

TVL、TVL₁ 为混凝土中的什值层，本项目有用束在混凝土中的什值层为 TVL₁=41cm，TVL=37cm，90°泄漏辐射在混凝土中的什值层为 TVL₁=35cm，TVL=31 cm；

θ—入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

计算得：墙面主屏蔽区外 b 和 b₁ 计算点的剂量率分别为 0.95μSv/h 和 0.95μSv/h；屋顶主屏蔽区外 f 计算点的剂量率为 1.88μSv/h；侧屏蔽区 e、c 计算点的剂量率分别为 0.55μSv/h 和 0.03μSv/h。

③与主屏蔽区相连的次屏蔽区防护能力核算（即 d₁、d₂、d₃、d₄、m₁、m₂ 计算点的

处的剂量率计算) (参数的选取依据图 11.1-2 和图 11.1-3), 按照公式(3)计算有效屏蔽物质厚度, 再按公式(2)计算屏蔽物质的屏蔽投射因子, 并按(4)式计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \bullet \alpha_{ph} \bullet (F / 400)}{R_s^2} \bullet B \quad (4)$$

式中: $\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距靶1m处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$;

α_{ph} —患者400 cm^2 面积上垂直入射X射线散射至距其1m(关注点方向)处的剂量比例, 又称400 cm^2 面积上的散射因子, α_{ph} 与X射线的MV值及散射角有关, 根据GBZ/T 201.2-2011表B.2, 本项目 α_{ph} 取 3.18×10^{-3} ;

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 。

R_s —患者(位于等中心点)至关注点的距离, m;

次屏蔽区外关注点的剂量率由泄漏辐射和患者的散射辐射经屏蔽后在关注点的剂量率共同组成, 即由公式(1)、(4)计算得出剂量率之和为次屏蔽外关注点的总剂量率。

计算点 d_1 、 d_2 (R 为 6.8m) 的剂量率为 $0.39\mu\text{Sv/h}$; 计算点 d_3 、 d_4 (R 为 6.8m) 的剂量率为 $0.39\mu\text{Sv/h}$; 计算点 m_1 、 m_2 (R 为 6.81m) 的剂量率为 $0.18\mu\text{Sv/h}$ 。

机房南侧二层关注点(模具室、维修室和值班室)的剂量率由公式(4)计算得: 模具室的剂量率为 $0.32\mu\text{Sv/h}$; 维修室的剂量率为 $0.26\mu\text{Sv/h}$; 值班室的剂量率为 $0.20\mu\text{Sv/h}$ 。

④有用线束向迷路内墙照射时的迷路入口 g 处的辐射剂量率 (参数的选取依据图 11.1-2)

a)入射至 i 墙的辐射散射至 g 处的辐射中, i 墙的入射辐射可能来自:

1) 泄露辐射

射入屏蔽墙上的泄露辐射被散射至计算点的辐射剂量率按式(5)计算:

$$\dot{H} = \frac{f \bullet \dot{H}_0 \bullet A \bullet \alpha_w}{R_L^2 \bullet R^2} \quad (5)$$

式中: f—加速器的泄露辐射比率, 通常取 10^{-3} ;

A—散射面积 m^2 , 为自泄露辐射始点和计算点共同共同可见得散射区域的

面积;

$\alpha_{\text{#}}$ —散射体的散射因子, 见附录 B 表 B.6, 本项目取 6.4×10^{-3} ;

R_L —泄露辐射始点至散射体中心点的距离, m;

R —散射体中心点至计算点的距离, m。

经过估算得出入射至 i 墙的辐射散射至 g 处的辐射剂量率为 $9.10 \mu\text{Sv/h}$ 。

2) 患者散射

患者一次散射辐射在屏蔽体外关注点的剂量率按式(6)计算:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \alpha_{ph} \bullet (F / 400)}{R^2 s} \bullet B \quad (6)$$

式中: R_s —患者至关注点的距离, m;

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 3m 处的剂量比例, 又称 400cm^2 面积上的散射因子; 见附录 B 表 B.2, 取 45° 散射角的值 3.18×10^{-3} ;

经过估算得出患者一次散射辐射在屏蔽体外关注点的剂量率为 $2.5 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。

3) 向 b 处照射的有用线束穿过患者身体并射入屏蔽墙内表面 h 处的散射辐射。

有用线束穿过患者, 垂直射入屏蔽墙并散射至计算点的辐射剂量率按式(7)计算:

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \bullet \frac{(F / 10^4)}{R^2} \bullet \alpha_w \bullet B_p \quad (7)$$

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

α_w —散射因子, 见附录 B 表 B.5, 取 30° 散射角的值 4.1×10^{-3} 。

B_p —有用线束射入散射体前的屏蔽透射因子, 对于患者, 保守取 1。

经过计算得出有用线束穿过患者垂直射入屏蔽墙并散射至 g 处的辐射剂量率为 $21.21 \mu\text{Sv/h}$ 。

b) 穿过迷路内墙的有用线束受迷路外墙散射至 g 处的辐射剂量。

有用线束穿过迷路内墙, 垂直射入屏蔽墙并散射至计算点的辐射剂量率按式(7)计算:

式中: α_w —散射因子, 见附录 B 表 B.5, 取 0° 散射角的值 4.3×10^{-3} 。

R —散射体中心点与计算点的距离, m。

经过计算得出有用线束穿过迷路内墙, 垂直射入屏蔽墙并散射至 g 处的辐射剂量率为 $36.43 \mu\text{Sv/h}$ 。

c) g 处需核算泄露辐射在 g 处的剂量。

有用线束直接穿过迷路内墙至 g 处的辐射剂量率按式(1)计算：

经过计算得出有用线束直接穿过迷路内墙至 g 处的辐射剂量率为 10.05uSv/h。

根据以上的理论估算：在 g 处的剂量率为 $9.10 \text{ uSv/h} + 2.5 \times 10^{-3} \text{ uSv/h} + 21.21 \text{ uSv/h} + 36.43 \text{ uSv/h} + 10.05 \text{ uSv/h} \approx 76.79 \text{ uSv/h}$ 。

根据医院提供的机房防护门的防护参数为 18mmPb，在防护门外的辐射剂量率按式(8)计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \bullet 10^{-(X+TVL)} + \dot{H}_{og} \quad (8)$$

式中： $\dot{H}_g$ —g 处的辐射剂量率，uSv/h；

X—防护门的防护厚度 18mmPb；

TVL=0.5cm（铅）；

$\dot{H}_{og}$ —穿过迷路内墙的泄露辐射在 g 处的剂量率。

经过计算得出防护门外的辐射剂量率为 0.02uSv/h，满足防护要求。防护门最终防护设计应以专业设计单位设计为准。

⑤机房屋顶防护效果估算

屋顶厚度计算条件取公众有效剂量控制目标值 0.25mSv/a，地面的天空散射辐射剂量率参照 GBZ/T220.2-2009 《建设项目职业病危害放射防护评价规范第二部分放射治疗装置》附录 C 提供的方法计算：

$$\dot{H}_S = \frac{2.5 \times 10^{-2} \dot{H}_1 \Omega^{1.3}}{X^2} \quad (7)$$

式中： $\dot{H}_S$ —地面的天空散射辐射剂量率，(μGy/h)

$\dot{H}_1$ —机房屋顶上方 2m 处的剂量率，(μGy/h)

Ω —与等中心点和屋顶尺寸有关的立体角，(Sr)

X—地面某点与射束中心轴的水平距离(m)，根据调试机房周围环境状况取水平距离为 5m 处的北侧的洗衣机房及辅助用房。该机房净高为 5.65m，等中心点到的屋顶距离按 5.62m 计，立体角按式(8)：

$$\Omega = 4 \arctan \frac{ab}{\sqrt{c^2(a^2 + b^2 + c^2)}} \quad (8)$$

式中： Ω —与等中心点和屋顶尺寸有关的立体角（Sr）

a —机房 1/2 宽度（m），4.12m；

b —机房 1/2 长度（m），4.52 m；

c —等中心点距屋顶的距离（m），5.62m，

把机房相关参数代入（8）式得出：铅房 Ω 为 1.48（Sr）。直线加速器运行时，在机房屋顶上 2m 处（机房屋顶上 2m 距等中心点的距离按 7.62m 计）产生的剂量率按式（1）计算得：直线加速器机房屋顶 2m 处辐射剂量率为 1.63 μ Gy/h。把以上数据代入式（7）计算出在距等中心点水平距离约 5m 处北侧肿瘤五病区，由天空散射产生的剂量

当量率 $\dot{H}_S$ 为 $2.7 \times 10^{-3} \mu$ Gy/h。

通过以上的分析和理论计算，本项目医用直线加速器机房四周屏蔽墙、防护门和屋顶的防护厚度均满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》GBZ126-2011 中“6.1.3 在加速器迷宫门外、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量应不大于 2.5 μ Sv/h。”的防护要求（防护门最终防护设计应以专业设计单位设计为准）。

(3)估算结果

根据以上计算数据，估算医用直线加速器机房外空气吸收剂量率、辐射工作人员和公众的年有效剂量，结果见表 11.1-1。

表 11.1-1 医用直线加速器机房外的年有效剂量

位置	对象	防护墙厚度 (m)	距加速器等中心点距离 (m)	空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)	居留因子	年有效剂量 (mSv)
机房南主屏蔽墙外 30m 处	公众	2.6	6.25	0.95	1	3.2×10^{-5}
机房北主屏蔽墙外 30m 处					1/4	7.9×10^{-6}
机房西屏蔽墙外 30m 处		1.4	5.17	0.55	1/4	4.6×10^{-6}
机房南侧医用直线加速器控制室	辐射工作人员	2.6	6.25	0.95	1	0.3
机房北侧 5m 处肿瘤五病区	公众	2.6	10.62	2.7×10^{-3}	1	1.8×10^{-3}
机房屋顶屏蔽墙外 30m 处		2.47	5.92	1.88	1/16	3.9×10^{-6}
防护门外 30m 处		18mmPb	8.67	0.02	1	6.67×10^{-7}
次屏蔽区点 d_1 、 d_2 (与 b 点相连的次屏蔽)		1.32	6.8	0.36	1	1.2×10^{-5}
次屏蔽区点 d_3 、 d_4 (与 b_1 点相连的次屏蔽)		1.32	6.8	0.36	1/4	3.0×10^{-6}
次屏蔽区点 m_1 、 m_2 (与 f 点相连的次屏蔽)		1.4	6.81	0.77	1/16	1.6×10^{-6}

根据以上分析及表 11.1-1 的估算结果可知：机房外辐射工作人员的年有效剂量为 0.3mSv；公众最大的年有效剂量为 1.8×10^{-3} mSv，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 中辐射工作人员和公众的年有效剂量 5mSv 和 0.25mSv 剂量管理限值。

事故影响分析

直线加速器

医用直线加速器机房使用的设备因线路老化短路或其他原因造成火灾事故可能使医用直线加速器处于失控状态，因此对环境造成不利影响。

对于火灾事故的防范措施主要有：在相关场所安装火灾报警装置、喷淋装置和灭火器等消防系统。发生此类事故应立即启动事故应急预案，及时上报监管部门。

本项目医用直线加速器的输出剂量率为 600cGy/min，本项目所导致的最大概率风险事故为医用直线加速器运行过程中，安全联锁系统失效，致使防护门未完全关闭，导致 X 射线大量泄漏到机房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；辐射工作人员或其他人员滞留机房或有人误闯入机房造成意外照射。在距等中心点不同距离、不同接触时间所产生的有效剂量见表 11.1-2 和表 11.1-3。

表 11.1-2 不同距离、不同接触时间的有效剂量（单位：mSv）

距离 时间	1m	1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
1min	6000	2667	1500	960	667	490	375
2min	12000	5334	3000	1920	1334	980	750
3min	18000	8001	4500	2880	2001	1470	1125
4min	24000	10668	6000	3840	2668	1960	1500
5min	30000	13335	7500	4800	3335	2450	1875

表 11.1-3 距等中心点不同距离受到 20mSv 剂量当量照射的所需时间

距离 (m)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
时间	0.003min	0.007min	0.01min	0.02min	0.03min	0.04min	0.05min

从表 11.1-2 和表 11.1-3 可以看出：在近距离受照的情况下，医用直线加速器工作 0.003min 即可超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 附录 B1.1.1.1 条规定：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不再作任何追溯性平均），20mSv（本项目取其四分之一即 5mSv 作为工作人员的年剂量管理限值），并可对人体产生损伤。因此医院应经常检查医用直线加速器机房安全联锁系统，发现故障立即修复。安全联锁系统存在故障时，医院直线加速器严禁使用。发生此类事故应立即启动事故应急预案，及时上报监管部门，受照射人员立即送指定医院救治。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

领导小组

根据法律法规要求，结合医院实际，为了更好的做好辐射防护安全工作，特成立以院长为组长、以各职能部门负责人为成员的放射防护管理委员会，职责如下：

- (1)在主任委员的领导下，负责本院的辐射和放射设备安全防护的管理工作。
- (2)辐射和放射防护管理员应热爱本职工作，勤政廉政，并具备专业知识和技能，刻苦钻研，不断掌握和更新知识，努力提高管理和业务水平。
- (3)严格按照放射卫生法律法规、核安全与辐射环境监督管理相关法律法规管理工作和宣传工作
- (4)负责《辐射安全许可证》与《放射诊疗许可证》的申报与年度检验的相关管理工作。
- (5)对含放射性同位素设备及射线装置、放射工作场所及其周围环境、放射防护设施性能等进行年度检测，对放射工作人员进行个人剂量监测、评价，并建立档案。
- (6)负责辐射和放射防护安全培训、操作人员健康检查等管理工作。
- (7)负责放射性同位素、射线装置的安全检查与定期维护保养的管理工作。
- (8)负责放射性同位素、射线装置出现故障与人员伤害应及时上报，并按规定要求及时处理工作。
- (9)辐射和放射诊疗设备和场所设置规定的警示标志检查与管理工作。
- (10)配备与使用场所相适应的防护设施、设备及个人防护用品检查与管理工作。
- (11)负责所有辐射和放射防护记录与资料妥善保管，及时归档。

辐射工作人员

医院给拟购的直线加速器配备有 8 名辐射工作人员，8 名辐射工作人员当中从事直线加速器时间最长的是 31 年，从事直线加速器时间最短的是 5 年，8 名辐射工作人员从事放射诊疗行业详见表 12.1-1。而且均参加了由陕西辐射协会组织的陕西省辐射工作人员辐射安全培训，并取得了合格证书。

表 12.1-1 辐射工作人员个人信息表

序号	姓名	工作岗位	工作时间
1	贾 X	技师	2001.07
2	罗 X	技师	2005.12
3	孟 X	技师	2007.10
4	潘 XX	技师	2007.07
5	宋 X	技师	1986.12
6	吴 XX	技师	1985.03
7	安 X	技师	2009.07
8	寇 XX	技师	2011.08

剂量档案和健康档案

建立了辐射工作人员个人剂量档案，并按期进行监测，查阅 8 名辐射工作人员 2015 年 9 月-2016 年 8 月的个人剂量档案（见表 12.1-2）：8 名辐射工作人员的个人剂量均小于工作人员的年有效剂量 5mSv 的管理限值，说明该医院在辐射工作人员个人防护、个人剂量档案及个人剂量计的管理方面做的较到位。

建立了辐射工作人员健康档案，并按要求每两年组织辐射工作人员进行 1 次健康体检。查阅 8 名辐射工作人员 2014 年度健康体检报告：辐射工作人员均未发现明显的放射性损伤。针对辐射工作人员健康体检报告和复查报告，该单位应进行存档，并加强档案管理，保持健康档案的连续性和有效性。

表 12.1-2 辐射工作人员年有效剂量信息表

姓名	岗位	2015.9.1~2016.8.31 的个人剂量档案(mSv)				年有效剂量(mSv)
		9.1~11.30	12.1~2.29	3.1~5.31	6.1~8.31	
贾 X	技师	0.02	0.21	0.26	0.03	0.52
罗 X	技师	0.05	0.05	0.03	0.03	0.16
孟 X	技师	0.02	0.04	0.08	0.10	0.24
潘 XX	技师	0.02	0.02	0.10	0.03	0.17
宋 X	技师	0.11	0.12	0.03	0.03	0.29
吴 XX	技师	0.02	0.12	0.15	0.03	0.32
安 X	技师	0.02	0.02	0.15	0.03	0.22
寇 XX	技师	0.24	0.17	0.40	0.04	0.85

辐射安全管理规章制度

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，该医院制定了相关辐射安全与环境管理规章制度：《放射防护安全规定》、《辐射工作场所及个人监测制度》、《放射事故应急预案》、《加速器技术人员工作职责》、《辐射工作场所监测制度》、《辐射人员培训制度》、《辐射设备维护、维修制度》、《书写报告及查对制度》等辐射环境管理规章制度；在取得《辐射安全许可证》，且通过项目竣工环境保护验收合格后方可正式投入使用，运行过程中

应严格按照监测计划对辐射环境进行监测，每年 1 月 31 日前向陕西省辐射环境管理部门报送上一年辐射安全年度评估报告。

目前，该单位严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，严格执行并不断完善各项辐射管理制度，并且把各项规章制度落到实处。按照《陕西省放射性污染防治条例》等法律要求，坚持对辐射工作人员进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，做到持证上岗，并且辐射工作人员在工作时，严格按照相关规章制度进行操作。不断完善应急措施，确保辐射安全。

辐射监测

目前该单位配备了一台 RJ38-3602 型智能化 X- γ 辐射仪，制定了监测计划，用于该单位日常的 X- γ 辐射剂量率测量。

按照国家法律、法规及标准的要求，结合西安交通大学第二附属医院实际情况，制定辐射环境监测方案如表 12.1-3。监测记录应清晰、完整，并纳入档案管理。

表 12.1-3 医用直线加速器机房辐射环境监测方案

序号	监测内容	监测区域及点位	监测频次	备注
1	X- γ 剂量率	通过巡测，发现辐射水平异常高的位置	每月进行自检	每年由有资质单位监测一次
2		机房门外 30cm 处，门缝四周		
3		四周屏蔽墙面左、中、右 3 个点		
4		人员可能到达的机房屋顶外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点		
5		人员经常活动的位置		
6		安全联锁系统、警示灯		
7	个人剂量	送有资质单位检测	每三个月监测一次	/

辐射事故应急

为了有效预防、及时控制和消除突发性放射事故的危害，最大限度地减少放射事故造成的损失，维护本院医疗设备的正常运转，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，结合本院实际情况，制定放射事故应急预案，具体如下：

(1) 发生放射性同位素（源）丢失、被盗、射线装置失控和放射性污染等事故后，均必须立即向院方与保卫科报告，经现场调查确属放射事故后，应在不超过 2 小时内，向省、市环保、卫生和公安等部门报告。并在 24 小时内以书面报告形式向各行政主管部门报告。

(2) 发生工作场所或人员放射性污染事故时，应立即封锁现场，撤离有关工作人员，切断一切可能扩大污染范围的各环节。对受放射性污染的人员，应立即采取暂时隔离和

应急救援措施，在采取有效的个人防护措施下组织人员尽快对污染人员进行清洗处理，并按需要将放射损伤人员送专门医疗单位进行进一步去污处理与医学救治。

(3)辐射安全管理委员会领导小组人员，必须尽职尽责，对付突发事件要认真、果断、对日常工作要时刻时刻监督，院保卫科对放疗中心、核医学科，影像中心等科室不定时巡查，确保放射设施安全。

该项目项目竣工环境保护验收清单见表 12.1-4。

表 12.1-4 项目竣工环境保护验收清单

序号	验收内容	验收方法	效果和环境预期目标
1	机房防护	警告标志、警示灯、防护门、门机连锁、监控、通风、紧急停机、出口处紧急开门按钮、准备出束声光提示。	掌握辐射环境状况、保护人员免受不必要的辐射。
2	控制室	控制台有防止非工作人员操作的锁定开关、控制台上紧急停机按钮。	掌握辐射环境状况、保护人员免受不必要的辐射。
3	辐射环境监测仪器	配备 1 台 X- γ 辐射剂量率仪，对辐射工作场所及其周围环境进行监测。	掌握辐射环境状况、保护人员免受不必要的辐射。
4	管理机构	设立以医院主管领导为组长、相关科室负责人参加的辐射安全与环境管理领导小组。	负责整个项目辐射安全与环境管理工作。
5	建立健全规章制度	制定直线加速器相关规章制度。	保障项目污染防治设施及射线装置和放射源正常运行。
6	个人剂量档案及健康档案	每个辐射工作人员配备热释光个人剂量计，工作时按要求佩戴，建立辐射工作人员个人剂量和健康档案，并加强管理。	确保放射性工作人员安全。
7	培训	组织所有辐射工作人员参加有资质单位组织的辐射安全知识培训，经考核合格并取得相应资格证书，同时取得专业技术从业资格证书后方可上岗。	确保人员素质。

表 13 辐射安全管理

结论

1.西安交通大学第二附属医院为了满足患者的需求及医院医疗水平的提高和技术的发展,医院拟购一台 10MeV 医用直线加速器(用于放射治疗),放置于肿瘤放疗科内原有的 6MeV 医用直线加速器机房内。

2.拟购直线加速器机房东侧是目前正在运行的 21EX 型医用直线加速器机房(2012 年已做过环评),西侧和北侧是过道,南侧是候诊室和控制室。保护目标见表 1.1-2,保护目标图见图 1.1-2。

拟购的直线加速器放置于肿瘤放疗科内西侧机房内,肿瘤放疗科西侧与医院南北通行道路相隔为西二楼,北侧隔一宽约 5m 的过道为医院洗衣房等辅助用房,东侧为广场,南侧为门诊综合楼。四周再无其他居民区等环境敏感目标,选址合理

3.根据表 11.1-1 的计算结果分析说明:机房四周屏蔽墙、防护门及屋顶均满足屏蔽墙体外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 防护要求。

4.根据表 11.1-1 的计算结果分析说明:10MeV 医用直线加速器运行时,辐射工作人员所接受的年最大有效剂量均小于职业工作人员年剂量控制限制 5mSv;机房外公众接受的年最大有效剂量均小于公众的年剂量控制限值 0.25 mSv。

综上所述,该医院只要严格按照国家有关辐射防护规定执行,制定相关管理规章制度、应急措施,并切实落实本报告表中提出污染防治措施和要求,该项目对辐射工作人员和公众产生的辐射影响就可以控制在国家标准允许的范围之内。因此从辐射环境保护角度认为该项目可行。

建议和承诺

1.还应制定以下规章制度:《直线加速器放射防护安全制度》、《直线加速器工作人员防护制度》、《直线加速器质量管理制度》、《加速器技术要求与注意事项》。

2.交接班或当班使用剂量仪前,应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作,则不应开始操作。

3.工作人员应正确使用配备的辐射防护装置,把潜在的辐射降到最低。

4.在每一次照射前,操作人员都应该确认机房内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下,才能开始工作。

5.辐射工作人员上岗前应先进行身体检查,体检合格后方能上岗,上岗后要根据国

家标准的相关规定定期体检。针对辐射工作人员健康体检报告和复查报告，该单位应进行存档，保持健康档案的连续性和有效性。个人剂量和健康档案应至少保存 30 年或保存之至辐射工作人员年龄满 75 周岁。

6. 针对直线加速器失控，导致大剂量照射的辐射事故的处理还应做到：

①对受照人员要及时估算受照剂量。

②污染现场未达到安全水平之前，不得解除封锁，将事故的后果和影响控制在最低限度。

西安交通大学第二附属医院10MeV直线加速器核技术应用项目

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日

西安交通大学第二附属医院10MeV直线加速器技术应用项目

陕西省环境保护厅

陕环批复〔2014〕100号

陕西省环境保护厅
关于西安交通大学医学院第二附属医院
新增射线装置和放射性同位素核技术应用项目
环境影响报告表的批复

西安交通大学医学院第二附属医院：

你院《关于射线装置和放射性核素增量核技术应用项目审批的申请》（西交二院〔2014〕4号）收悉。经研究，现批复如下：

一、你院位于西安市新城区西五路，新增使用医用加速器、血管造影系统、模拟定位机、后装机（含源）等放射性医疗设备，新增使用放射性同位素 ^{18}F ，并增加 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{153}Sm 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I 、 ^3H 等放射性同位素用量，用于医疗诊断和医学实验。

二、该项目环境影响评价报告表编制规范，内容较全面，项目建设内容叙述基本清楚，主要污染源的确定以及辐射环境影响评价及剂量估算基本准确，辐射防护措施总体可行，评价结论可信。从环境保护角度分析，我厅同意你院按照报告表中所列内容、方案及环境保护措施实施项目建设。

三、该项目在竣工环境保护验收合格和办理辐射安全许可证

后方可正式投入运营。

四、你院应在接到本批复后 20 个工作日内，将批准后的报告表分别送省辐射环境监督管理站、西安市环境保护局，并按规定接受各级环境保护行政主管部门的监督检查。

陕西省环境保护厅

2014 年 2 月 19 日

西安交通大学第二附属医院10MeV直线加速器技术应用项目

抄送：省辐射环境监督管理站，西安市环境保护局。



辐射安全许可证

根据《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》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称：西安交通大学医学院第二附属医院

地址：陕西省西安市西五路 157 号

法定代表人：贺西京

种类和范围：使用 V 类密封放射源，使用 II 类、III 类射线装置，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所

证书编号：陕环辐证〔00125〕

有效期至：2019 年 06 月 04 日

发证机关：陕西省环境保护厅

发证日期：2014 年 06 月 05 日

陕西省环境保护厅

陕环批复〔2015〕11号

陕西省环境保护厅 关于西安交通大学医学院第二附属医院 新增射线装置核技术应用项目环境影响报告表的批复

西安交通大学医学院第二附属医院：

你院《关于新增射线装置核技术应用项目的请示》（西交二院〔2014〕105号）收悉，经研究，现批复如下：

一、该项目建设内容为新增1台Ⅱ类射线装置、4台Ⅲ类射线装置。环评报告表结论显示项目建设符合辐射实践正当性原则，在采取环评提出的防护措施后，对项目作业人员和公众产生的辐射影响小，满足辐射剂量限值约束要求。因此，从环境保护角度分析，我厅同意你公司按照报告表中所列内容、方案及环境保护措施实施项目建设。

你院应严格执行环境保护“三同时”制度，经环保竣工验收合格并取得辐射安全许可证后，该项目方可正式投入运营。

三、项目建设和运行期间，要严格落实报告表中提出的污染防治措施，加强核安全文化建设，采取有效措施维持并不断提升辐射安全管理能力。

四、你院应在接到本批复后 20 个工作日内，将批准后的报告表分别送省辐射环境监督管理站、西安市环境保护局，并按规定接受各级环境保护行政主管部门的监督检查。



陕西省环境保护厅

2015 年 1 月 6 日

西安交通大学第二附属医院10MeV直线加速器技术应用项目

监 测 报 告

陕辐环监字〔2016〕第 016 号

项目名称: 西安交通大学医学院第二附属医院

X 射线装置应用项目年度监测

委托单位: 西安交通大学医学院第二附属医院

监测类别: 委托监测

报告日期: 2016 年 1 月 20 日

陕西省辐射环境监督管理站



监测报告

一、监测内容

受西安交通大学医学院第二附属医院委托,对其密封放射源、核医学科乙级非密封放射性物质工作场所、14 台射线装置周围辐射环境进行年度监测。

二、监测时间、地点

监测时间:2016 年 1 月 20 日

监测地点:西安市新城区西五路 157 号

三、监测项目

- 1、空气吸收剂量率
- 2、 β 表面污染

四、监测方法及仪器

表 1 监测方法、监测仪器及检出限

项目	监测方法	监测仪器名称、型号及编号	检出限	检定单位及证书编号	检定有效期
空气吸收剂量率	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)	FH40G 型 X、 γ 辐射仪、FSZ-YQ-B100	10 μ Sv/h-18v/h	国防科技工业电离辐射一级计量站 GFJGL1003150000440	2015.3.23-2016.3.22
		FH40G 型 X、 γ 辐射仪、FSZ-YQ-B014	10 μ Sv/h-18v/h	国防科技工业电离辐射一级计量站 GFJGL1003150000440	2015.3.23-2016.3.22
β 表面污染	《表面污染测定 第 1 部分: β 发射体 ($E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ 和 α 发射体)》(GB/T14056.1-2008)	QX-200 α 、 β 表面污染测量仪、FSZ-YQ-B088	α : 0.0000004Bq β : 0.0000004Bq	国防科技工业电离辐射一级计量站 GFJGL1003150000430	2015.3.23-2016.3.22

五、监测标准

- 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表 5-1 表面污染控制水平

表面污染控制水平 (Bq/cm ²)		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10^4
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10^4
	监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^4

2、《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》(GBZ165-2012)；

3、《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ10-2013)；

4、《医用电子加速器卫生防护标准》(GBZ126-2002)；

5、《放射性核素敷贴治疗卫生防护标准》GBZ134-2002；

6、陕西省西安市 γ 辐射空气吸收剂量率水平 (见《陕西省环境伽玛辐射剂量水平现状研究》) 详见表 5-2。

表 5-2 陕西省西安市环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果 (nGy/h)

	原 野	道 路	室 内
范围	50~117	52~121	79~130
均值	71	76	111
标准差	1.7	2.0	1.7

六 监测结果

直线加速器、DSA、CT 等医用射线装置在工作条件时，开放性同位素在正常使用过程中，放射性工作场所及其周围 X、 γ 空气吸收剂量率、 β 表面污染监测结果见详见表 6-2、6-3、6-4、6-5、6-6、6-7。

表 6-1 周围辐射环境空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位描述	空气吸收剂量率 (nGy/h)	备注
1	室外本底 (医院草坪)	88.0~91.7	1m
2	室内本底 (门诊大厅)	141~152	1m

备注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线响应值。

表 6-2 2300CD 直线加速器周围 X、 γ 空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位描述	开机 (6M)	备注
		X、 γ 空气吸收剂量率 (nGy/h)	
1	操作室巡测	205~344	1m
2	控制台位置	314~390	/
3	机房南墙外巡测	547~704	表面 30 cm
4	机房防护门表面及门缝四周	92.4~107	表面 30 cm
5	候诊大厅巡测	104~135	1m
6	机房西墙外巡测	119~133	表面 30 cm
7	机房北墙外巡测	708~814	表面 30 cm

备注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线响应值。

根据监测结果可以看出，2300CD 型直线加速器机房防护门及门缝外 30cm 处 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 107nGy/h，机房西墙外 30cm 处 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 133nGy/h，候诊大厅 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 135nGy/h，机房南墙外 30cm 处 X、 γ 空气吸收剂量率为 704nGy/h，机房北墙外 30cm 处 X、 γ 空气吸收剂量率为 814nGy/h，其余监测点位 X、 γ 空气吸收剂量率为 205~390nGy/h，属于辐射环境本底水平。

表 6-3 21EX 直线加速器周围 X、 γ 空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位描述	开机 (6M)	备注
		X、 γ 空气吸收剂量率 (nGy/h)	
1	操作室巡测	156~169	1m
2	控制台位置	104~115	/
3	机房南墙外巡测	103~112	表面 30 cm
4	机房防护门表面及门缝四周	93.1~124	表面 30 cm
5	候诊大厅巡测	98.8~109	1m
6	机房东墙外巡测	98.6~110	表面 30 cm
7	机房北墙外巡测	110~117	表面 30 cm

备注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线响应值。

根据监测结果可以看出，21EX 型直线加速器机房防护门及门缝

外 30cm 处 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 124nGy/h, 机房南墙外 30cm 处 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 112nGy/h, 候诊大厅 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 109nGy/h, 机房东墙外 30cm 处 X、 γ 空气吸收剂量率为 110nGy/h, 机房北墙外 30cm 处 X、 γ 空气吸收剂量率为 117nGy/h, 其余监测点位 X、 γ 空气吸收剂量率为 104~169nGy/h, 属于辐射环境本底水平。

表 6-4 西一楼 心血管 DSA 周围 X、 γ 空气吸收剂量率监测结果

序号	型号	监测点位描述	空气吸收剂量率 (nGy/h)	备注
			DSA 机	
1	飞利浦 Alura3000 型 DSA	控制台位置	103~111	/
2		控制室巡测	103~109	1m
3		观察窗口处	101~109	/
4		控制室进出防护门处	93.9~105	表面 30cm
5		医生进出防护门处	100~140	表面 30cm
6		患者进出防护门处	100~116	表面 30cm

备注: 监测结果未扣除本底对宇宙射线响应值。

根据监测结果可以看出, DSA 机房防护门及门缝外 30cm 处 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 140nGy/h, 其余监测点位 X、 γ 空气吸收剂量率为 101~111nGy/h, 属于辐射环境本底水平。

表 6-5 综合大楼负一层西侧射线装置机房周围 X、 γ 空气吸收剂量率监测结果

序号	型号	监测点位	X、 γ 空气吸收剂量率 (nGy/h)	备注
1	西门子 DR (125kV, 1.5mA)	控制台位置	99.5~103	/
		观察窗口处	86.1~88.6	
		工作人员进出防护门外 0.3m 处	84.5~94.6	
		患者进出防护门外 0.3m 处	113~120	
2	新东方 1000 型 DR (55kV, 400mA)	控制台位置	85.1~86.5	/
		观察窗口处	72.1~76.5	

		工作人员进出防护门外 0.3m 处	83.2~86.7	
		患者进出防护门外 0.3m 处	96.5~99.4	
3	64 型 CT	观察窗口处	94.7~96.2	/
		控制台位置	91.4~93.1	
		工作人员进出防护门外 0.3m 处	111~467	
		患者进出防护门外 0.3m 处	152~218	
4	乳腺机 (27.5kV, 160mA)	控制台位置	97.6~99.9	/
		观察窗口处	86.8~96.5	
		工作人员进出防护门外 0.3m 处	90.8~91.7	
		患者进出防护门外 0.3m 处	91.4~93.7	
5	GE Innova DSA (91kV, 133mA)	控制台位置	92.0~95.1	/
		观察窗口处	94.8~96.2	
		工作人员进出防护门外 0.3m 处	90.5~93.1	
		患者进出防护门外 0.3m 处	101~180	
6	16 型 CT (120kV, 190mA)	控制台位置	98.9~112	/
		观察窗口处	85.4~91.6	
		患者进出防护门外 0.3m 处	146~159	
		工作人员进出防护门外 0.3m 处	93.5~97.8	
7	胃肠机 (113kV, 220mA)	控制台位置	87.5~88.6	/
		观察窗口处	87.1~93.7	
		工作人员进出防护门外 0.3m 处	98.3~101	
		患者进出防护门外 0.3m 处	109~156	
8	移动拍片机 (5 楼手术室)	手术室北防护门外 0.3m 处	89.2~94.2	/
		手术室南防护门外 0.3m 处	70.3~81.2	

备注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线响应值。

根据监测结果可以看出，64 型 CT 机房周围 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 467nGy/h；16 型 CT 机房周围 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 159nGy/h，均低于 2.5 μ Sv/h，均满足《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012）限值要求。

西门子 DR 机房周围 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 120nGy/h;
 新东方 1000 型 DR 机房周围 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 99.4nGy/h;
 乳腺机机房周围 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 99.9nGy/h; 胃肠机机
 房周围 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 156nGy/h; 移动拍片机防护门
 外周围 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 94.2nGy/h; 均满足《医用 X
 射线诊断卫生防护标准》(GBZ130-2013) 限值要求。

表 6-6 综合大楼负一楼东侧核医学科 X、 γ 空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位	X、 γ 空气吸收剂量率 (nGy/h)	备注
1	核医学科入口走廊	106~136	/
2	候诊大厅	107~156	/
3	放免实验室内工作台	80.3~89.6	/
	放免实验室水池	83.2~92.1	/
	放免测量室内	80.3~89.6	/
4	ECT 控制台	82.2~89.4	/
	ECT 操作室巡测	90.3~91.7	/
	ECT 机房观察窗	84.2~87.5	/
	ECT 机房医生进出防护门	69.3~85.5	/
	ECT 机房患者进出防护门	89.3~110	/
	^{99m}Tc 注射室内	110~178	/
	^{99m}Tc 注射室放射性废物桶表面	410~610	/
5	ECT 患者专用卫生间	184~223	/
	甲功检查室内	88.3~121	/
	甲功检查操作台	118~132	/
6	^{90}Sr 贮源箱表面 5cm 处	2.01~2.15	源编号: 0197SRD70515
	^{90}Sr 贮源箱表面 100cm 处	216~230	
	^{90}Sr 贮源箱表面 5cm 处	3.49~3.61	源编号: 0197SRD70525
	^{90}Sr 贮源箱表面 100cm 处	314~358	
	^{90}Sr 贮源箱表面 5cm 处	7.25~8.22	源编号: 0189SRD70505
	^{90}Sr 贮源箱表面 100cm 处	394~476	

	敷贴治疗室巡测	126~436	/
	^{89}Sr 注射位	80.7~92.3	/
7	高活 2 室	81.4~250	/
	高活 2 室放射性废物桶表面	100~131	/
	^{131}I 工作人员位置	285~574	/
8	高活 1 室	139~502	/
	高活 1 室放射性废物桶表面	364~845	/
9	放射性废物仓库内	136~1.17	/
10	核医学科出口走廊	102~123	/

备注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线响应值。

根据监测结果可以看出， ^{90}Sr 敷贴器贮源箱表面 5cm、100cm 处 X、 γ 空气吸收剂量率最大值分别为 8.22 $\mu\text{Gy/h}$ 、476nGy/h，均可以满足《放射性核素敷贴治疗卫生防护标准》GBZ134-2002 中要求“距离贮源箱表面 5cm 和 100cm 处的辐射的空气吸收剂量率分别不得超过 10 $\mu\text{Gy/h}$ 和 1 $\mu\text{Gy/h}$ ”。

开放性同位素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 药物注射时工作人员位置 X、 γ 空气吸收剂量率最大值分别为 178nGy/h、92.3nGy/h， ^{131}I 工作人员位置 X、 γ 空气吸收剂量率最大值为 574nGy/h； ^{125}I 放免分析工作场所 X、 γ 空气吸收剂量率为 80.3~92.1nGy/h，公众（主要为候诊大厅）活动区域（监督区）X、 γ 空气吸收剂量率为 107~156nGy/h，ECT 显像过程 ECT 机房周围 X、 γ 空气吸收剂量率为 69.3~110nGy/h，甲功检查室 X、 γ 空气吸收剂量率为 88.3~132nGy/h，均属于辐射环境本底波动水平。

表 6-7 核医学科 β 表面污染水平监测结果

序号	监测点位	β 表面污染 (Bq/cm ²)	区域	备注
1	核医学科入口走廊地面	0.28~0.37	监督区	直接测量
2	抽血室外走廊	0.23~0.27		直接测量
3	候诊大厅	0.24~0.257		直接测量

4	放疗实验室地面	0.217~0.243	控制区	直接测量
	放疗实验室操作台面	0.164~0.18		直接测量
5	ECT 控制室操作台面	0.174~0.19		直接测量
	ECT 控制室地面	0.15~0.20		
	ECT 候诊室地面	0.23~0.28		擦拭测量
	ECT 注射室地面	0.233~0.258		
	ECT 注射室操作台面	0.24~0.28		
	ECT 患者专用卫生间	0.259~0.28		
7	甲功检查室地面	0.178~0.187		直接测量
	甲功检查室操作台面	0.170~0.177		
8	高活1室 (^{131}I 分装室) 操作台面	0.25~0.33		擦拭测量
	高活1室 (^{131}I 分装室) 地面	0.233~0.258		
9	高活2室 (注射室) 地面	0.86~0.89		擦拭测量
	高活2室 (注射室) 操作台面	0.77~0.79		
	敷贴室地面	0.18~0.24		
	敷贴室操作台面	0.28~0.37		
10	放射性废物库地面	0.60~0.65		直接测量

备注: 监测结果未扣除仪器对背景的本底值。

根据核医学科 β 表面污染监测结果可以看出, 控制区 β 表面污染为 $0.15 \sim 0.97 \text{ Bq/cm}^2$, 监督区 β 表面污染为 $0.23 \sim 0.37 \text{ Bq/cm}^2$, 均可以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 限值要求。

编制人: 刘明 主任: 张铭 审核人: 王 签发人: 常志刚
 2016年1月21日 2016年1月25日 2016年1月28日 2016年1月26日

表 5-1 表面污染控制水平

表面污染控制水平 (Bq/cm ²)		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10^4
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^4

2、《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》(GBZ165-2012);

3、《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013);

4、《医用电子加速器卫生防护标准》GBZ126-2002;

5、《放射性核素敷贴治疗卫生防护标准》GBZ134-2002;

6、陕西省西安市 γ 辐射空气吸收剂量率水平 (见《陕西省环境伽玛辐射剂量水平现状研究》), 详见表 5-2。

表 5-2 陕西省西安市环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果 (nGy/h)

	原 野	道 路	室 内
范围	50 ~ 117	52 ~ 121	79 ~ 130
均值	71	76	111
标准差	1.7	2.0	1.7

六、监测结果

直线加速器、DSA、CT 等医用射线装置在工作条件时, 开放性同位素在正常使用过程中, 放射性工作场所及其周围 X、 γ 空气吸收剂量率、 β 表面污染监测结果见详见表 6-2、6-3、6-4、6-5、6-6、6-7。

表 6-1 周围辐射环境空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位描述	空气吸收剂量率 (nGy/h)	备注
1	室外本底 (医院草坪)	88.0~91.7	1m
2	室内本底 (门诊大厅)	141~152	1m

备注: 监测结果未扣除仪器对宇宙射线响应值。