

核技术利用建设项目
改建 1 座医用直线加速器机房项目
环境影响报告表
(公示版)

淮安市第一人民医院
2020 年 12 月

生态环境部监制

表 1 项目基本情况

建设项目名称		改建 1 座医用直线加速器机房项目			
建设单位		淮安市第一人民医院			
法人代表姓名		联系人		联系电话	
注册地址					
项目建设地点					
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		项目环保总投资 (万元)		投资比例(环保 投资/总投资)	
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m 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"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
	<p>项目概述:</p> <p>一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来</p> <p>淮安市第一人民医院是一所集医、教、研、防为一体的三级甲等综合医院，医院（本部，位于淮安市淮阴区北京西路 3 号）总院占地面积为 13.25 万平方米，建筑总面积为 20.4 万平方米。核定床位数 1429 张，开放床位 2800 张。</p> <p>医院另设有六个分院，分别为一分院（淮安市耳鼻咽喉医院，位于北京南路 25 号），二分院（位于解放东路、新淮阴中学对面）、三分院（位于市政府西大院东侧）、</p>				

四分院（位于清河新区白鹭湖社区）、淮安工业园区分院和生态新城分院，形成布局合理的既有高精尖技术又直接服务社区的医疗改革新格局。

淮安市第一人民医院于淮安市淮阴区北京西路3号的本部放疗楼一层1号加速器机房内配备有1台PRIMUS型医用直线加速器（X射线能量：6MV），该项目已于2004年6月9日取得原江苏省环境保护厅的批复文件，并于2010年1月4日通过竣工环保验收（编号：苏环核验[2009]175号）。

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，淮安市第一人民医院拟将PRIMUS型医用直线加速器（X射线能量：6MV，1m处输出剂量率最高为200cGy/min）淘汰，重新配备1台医科达Infinity型医用直线加速器（X射线能量：6、10MV，电子线：4、6、8、10、12、15MeV），用于肿瘤的放射治疗。为使其屏蔽防护效果满足医科达Infinity型医用直线加速器的使用要求，医院拟使用混凝土对1号加速器机房进行改造。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，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》、《建设项目环境保护管理条例》、《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》等法律法规的规定，淮安市第一人民医院改建1座医用直线加速器机房项目需进行环境影响评价；受淮安市第一人民医院的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位改建1座医用直线加速器机房项目的环境影响评价工作。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本项目为改建1座医用直线加速器机房项目，属于“172核技术利用建设项目”中的“使用II类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。我公司通过资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。该医院改建1座医用直线加速器机房项目情况见下表：

表 1-1 淮安市第一人民医院改建 1 座医用直线加速器机房项目情况一览表

射线装置									
序号	射线装置名称型号	数量	管电压(kV)	管电流(mA)	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	环评情况	备注
1	医用直线加速器（医科达Infinity型）	1	X射线能量：6、10MV 电子线能量：4、6、8、10、12、15MeV		II类	放疗楼一层1号加速器机房	拟购	本次环评	/

二、项目选址情况

淮安市第一人民医院本部位于淮安市淮阴区北京西路3号,院区东侧为淮海北路,南侧为黄河西路,西侧为荷花公园、淮阴区体育公园及淮阴区体育训练中心,北侧为北京西路。医院拟将位于淮安市淮阴区北京西路3号的本部放疗楼一层1号加速器机房内的PRIMUS型医用直线加速器更换为医科达Infinity型医用直线加速器,并对该1号加速器机房进行改造。放疗楼东侧为院内绿化及院区围墙,南侧为院内绿化及停车场,西侧、北侧为院内道路,本项目地理位置示意图见附图1,淮安市第一人民医院周围环境示意图及总平面图见附图2。

放疗楼一层1号加速器机房东侧为院内绿化,南侧为水冷机房,西侧为控制室及候诊厅,北侧为走廊及CT机房控制室,下方为土层,上方无建筑。放疗楼一层1号加速器机房平面布置及周围环境示意图见附图3。

本次放疗楼一层1号加速器机房周围50m评价范围除东侧部分超出院区围墙外(机房东侧约10m处为淮海北路),南侧、西侧、北侧均位于医院边界内,评价范围内无居民区、学校等环境敏感点,项目运行后的环境保护目标主要是辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患及陪同家属和其它公众等。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》(苏政发〔2018〕74号)、《江苏省生态空间管控区域规划》(苏政发〔2020〕1号),本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》(苏政发〔2020〕49号),本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图见附图4。

三、原有核技术利用项目履行环保手续情况

淮安市第一人民医院目前已取得辐射安全许可证,证书编号为苏环辐证(00188),种类和范围为“使用III类、V类放射源;使用II类、III类射线装置;使用非密封放射性物质,乙级非密封放射性物质工作场所”,有效期至:2022年7月16日。医院原有辐射安全许可证正本见附件4。

四、实践正当性分析

本项目的运行,可为病人提供放射治疗服务,并可提高当地医疗卫生水平,具有良好的社会效益和经济效益,经辐射防护屏蔽和安全管理后,其获得的利益远大于对环境的影响,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)“实

践的正当性”的原则。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II类	1	医科达 Infinity 型	电子	X 射线能量：6、10MV 电子线能量：4、6、8、10、12、15MeV	X 线：10MV 时 600cGy·m ² /min 6MV 时 1400cGy·m ² /min (3F 束流模式) 电子线：1000cGy·m ² /min	放射治疗	放疗楼一层 1号加速器机房	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧常温下自动分解为氧气，对环境影响较小。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），中华人民共和国主席令 第9号，2015年1月1日起实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），中华人民共和国主席令 第48号，2018年12月29日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令 第六号，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第449号，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令 第709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（修订版），国务院令 第682号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年修正本），生态环境部部令 第7号，2019年8月22日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019年 第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>(10) 《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日起施行；</p> <p>(11) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议，2018年5月1日起实施；</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日起施行；</p> <p>(13) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告2019年 第38号，2019年11月1日起施行；</p>
-------------	---

	<p>(14) 《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年 第39号，2019年11月1日起启用；</p> <p>(15) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令 第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(16) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日发布；</p> <p>(17) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日发布；</p> <p>(18) 《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日发布。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）；</p> <p>(3) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）；</p> <p>(4) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）；</p> <p>(5) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(7) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；</p> <p>(9) 《核辐射环境质量评价的一般规定》（GB11215-1989）；</p> <p>(10) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）。</p>
<p>其他</p>	<p>附图：</p> <p>(1) 淮安市第一人民医院改建1座医用直线加速器机房项目地理位置示意图（见附图1）；</p> <p>(2) 淮安市第一人民医院总平面及周围环境示意图（见附图2）；</p> <p>(3) 淮安市第一人民医院放疗楼一层1号加速器机房平面布置及周围环境</p>

示意图（见附图 3）；

（4）本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系示意图（见附图 4）。

附件：

（1）项目委托书（见附件 1）；

（2）射线装置使用承诺书（见附件 2）；

（3）医用直线加速器机房防护设计情况（见附件 3）；

（4）辐射安全许可证正副本复印件（见附件 4）；

（5）本项目辐射环境现状监测报告（见附件 5）；

（6）1 号加速器机房原有环保手续（见附件 6）；

（7）建设项目环评审批基础信息表（见附件 7）。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，以及本项目辐射特性，确定本项目评价范围为本次改建 1 座医用直线加速器机房项目机房实体屏蔽墙体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

保护目标

本次改建 1 座医用直线加速器机房项目周围 50m 评价范围除东侧部分超出院区围墙外（1 号加速器机房东侧约 10m 处为淮海北路），南侧、西侧、北侧均位于医院边界内，评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，项目选址可行。本项目环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患及陪同家属和其它公众。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

编号	周边点位描述	环境保护目标	方位	距离	人口规模
1	放疗楼一层	辐射工作人员	/	/	约 6 人
2	放疗楼	其他医务人员	/	0~50m	约 30 人
	2 号住院楼		西侧	最近约 42m	约 20 人
3	放疗楼	病患、周围公众	/	0~50m	流动人口
	2 号住院楼		西侧	最近约 42m	流动人口
4	淮海北路	院外公众	东侧	最近约 10m	流动人口

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图见附图 4。

评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	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： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

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

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

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

监督区：

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

2、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）：

6 治疗室防护和安全操作要求

6.1 治疗室的防护要求

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

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

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

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

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

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 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。

3、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）：

4.2 治疗机房布置要求

4.2.1 治疗装置控制室应与治疗机分离。治疗装置辅助机械、电器、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。

4.2.3X 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、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）：

4.2 剂量控制要求

4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平

治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的剂量率参考控制水平：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，可以依照附录 A，由以下周剂量参考控制水平 (\dot{H}_c) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)：

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

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

b) 按照关注点人员居留因子的下列不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)：

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

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

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

4.2.2 治疗机房顶的剂量控制要求：

治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b) 两种情况控制：

a) 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，可以根据机房外周剂量率参考控制水平 $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 和最高剂量率 $\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，按照 4.2.1 求得关注点的剂量率参考水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

b) 除 4.2.2 中 a) 的条件外，应考虑下列情况：

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

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

3) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，考虑上述 1) 和 2) 之后，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100\mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应处设置辐射告示牌）。

5、《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；

4.1 建筑施工过程中场界环境噪声不得超过表 1 规定的排放限值。

表 1 建筑施工场界环境噪声排放限值 单位：dB (A)

昼间	夜间
70	55

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《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）及《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）确定本项目的管理目标，本项目剂量约束值为：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv；机房四侧及顶部屏蔽墙外 30cm 处辐射剂量率目标控制值为 2.5 μ Sv/h。

6、参考资料：

(1) 《辐射防护导论》，方杰主编。

(2) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

江苏省室内、室外天然贯穿辐射所致（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

	室外剂量率	室内剂量率
均值	79.5	115.1
标准差 (s)	7.0	16.3
(均值 \pm 3s) *	58.5~100.5	66.2~164.0

*：评价时参考数值

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

淮安市第一人民医院本部位于淮安市淮阴区北京西路 3 号,院区东侧为淮海北路,南侧为黄河西路,西侧为荷花公园、淮阴区体育公园及淮阴区体育训练中心,北侧为北京西路。

淮安市第一人民医院拟将位于淮安市淮阴区北京西路 3 号的本部放疗楼一层 1 号加速器机房内的 PRIMUS 型医用直线加速器更换为医科达 Infinity 型医用直线加速器(X 射线能量: 6、10MV, 电子线: 4、6、8、10、12、15MeV), 并对该 1 号加速器机房进行改造, 使其屏蔽防护效果满足医科达 Infinity 型医用直线加速器的使用要求。放疗楼一层 1 号加速器机房东侧为院内绿化, 南侧为水冷机房, 西侧为控制室及候诊厅, 北侧为走廊及 CT 机房控制室, 下方为土层, 上方无建筑。

医院本次改建 1 座医用直线加速器机房项目周围 50m 评价范围除东侧部分超出院区围墙外(1 号加速器机房东侧约 10m 处为淮海北路), 南侧、西侧、北侧均位于医院边界内, 评价范围内无居民区、学校等环境敏感点, 项目选址可行。本项目改建址周边环境现状见图 8-1~图 8-4。



图 8-1 1 号加速器机房改建址东侧



图 8-2 1 号加速器机房改建址南侧



图 8-3 1 号加速器机房改建址西侧

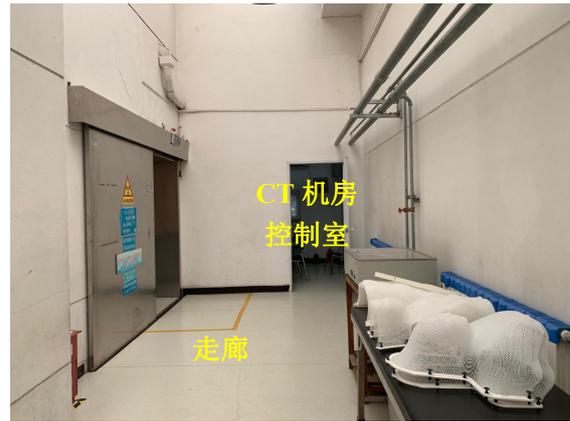


图 8-4 1 号加速器机房改建址北侧

二、辐射环境现状调查

根据《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本次改建 1 座医用直线加速器机房项目改建址及周围环境进行布点，测量辐射剂量率现状。监测结果见表 8-1，监测点位示意图见图 8-5。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测仪器：6150AD6/H+6150AD-b/H 型 X- γ 辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，检定有效期：2019 年 11 月 13 日~2020 年 11 月 12 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2019-0101472）

能量范围：60keV~1.3MeV

剂量率范围：1nSv/h~99.9 μ Sv/h

监测日期：2020 年 9 月 17 日

天气：阴

温度：23℃

湿度：88%RH

监测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过计量认证（证书编号：161012050353，检测资质见附件 5），具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）的要求，实施全过程质量控制。

监测人员、监测仪器及监测结果：监测人员均经过考核并持有合格证书，所有监

测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检验，监测报告实行二级审核。

评价方法：参照江苏省天然贯穿辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

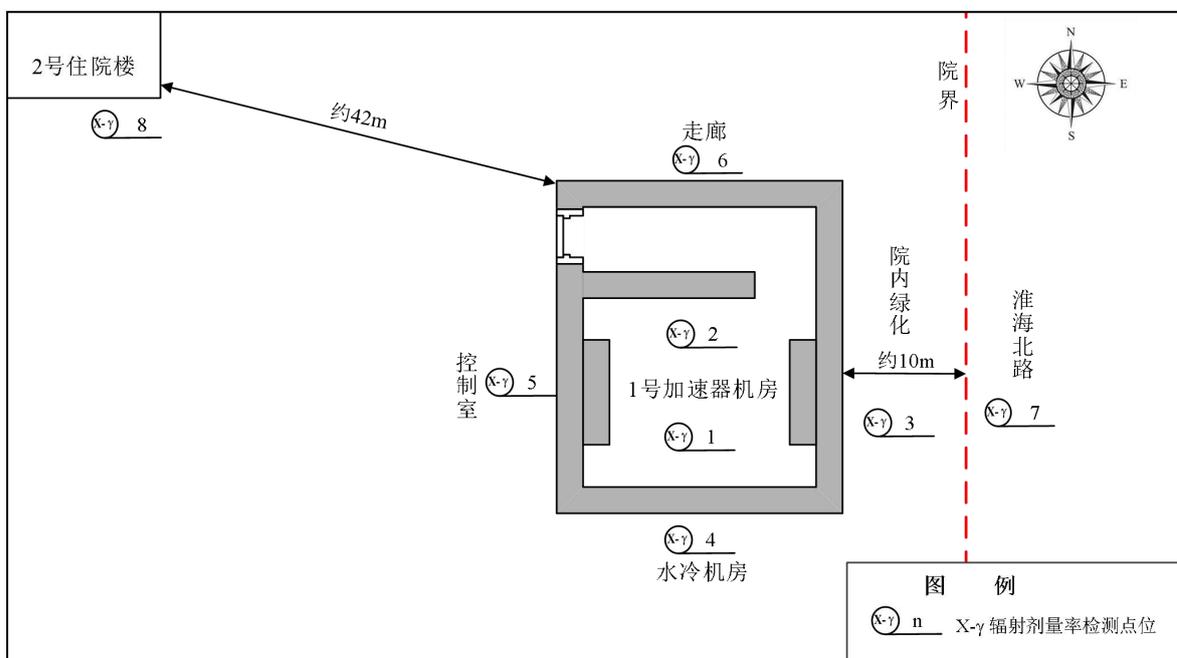


图 8-5 改建 1 座医用直线加速器机房项目改建址周围环境 X、γ 辐射监测点位示意图

表 8-1 1 号加速器机房改建址周围 X-γ 辐射剂量率

测点编号	测点描述	测量结果 (nSv/h)
1	1 号加速器机房南部	129
2	1 号加速器机房北部	130
3	1 号加速器机房东侧	112
4	1 号加速器机房南侧	118
5	1 号加速器机房西侧	112
6	1 号加速器机房北侧	119
7	1 号加速器机房东侧淮海北路	104
8	1 号加速器机房西侧 2 号住院楼	114

注：测量数据未扣宇宙响应值。

由表 8-1 监测结果可知，淮安市第一人民医院改建 1 座医用直线加速器机房项目改建址周围环境贯穿辐射剂量率在 104nSv/h~130nSv/h 之间，位于江苏省环境天然贯穿辐射水平涨落区间，属江苏省环境天然贯穿辐射本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

淮安市第一人民医院拟将位于淮安市淮阴区北京西路 3 号的本部放疗楼一层 1 号加速器机房进行改造，并更换 1 台医科达 Infinity 型医用直线加速器（X 射线能量：6、10MV，电子线：4、6、8、10、12、15MeV），用于肿瘤的放射治疗。本项目医用直线加速器外观见图 9-1，放疗楼一层 1 号加速器机房平面布置及周围环境示意图详见附件 3。



图 9-1 医科达 Infinity 型医用直线加速器外观图

医用直线加速器至少要包括，一个加速场所（加速管），一个大功率微波源和波导系统，控制系统，射线均整和防护系统。医用直线加速器按照微波传输的特点分为行波和驻波两类，其基本结构和系统包括电子枪、微波功率源（磁控管或者速调管）、波导管（隔离器、RF（射频微波源）监测器、移相器、RF 吸收负载、RF 窗等）、DC 直流电源（射频发生器、脉冲调制器、电子枪发射延时电路等）、真空系统（真空泵）、伺服系统（聚焦线圈、对中线圈）、偏转系统（偏转室、偏转磁铁）、剂量监测系统、均整系统、射野形成系统等，分别安装于治疗头、固定机架、旋转机架、治疗床、控制台等处。医用直线加速器系统结构示意图见图 9-2。

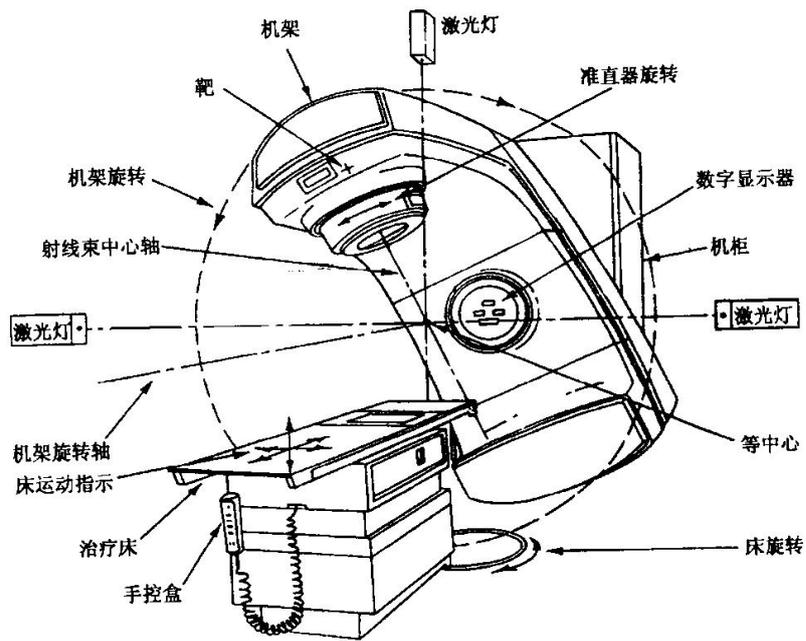


图 9-2 医用直线加速器基本结构示意图

医院拟引进的医科达 Infinity 型医用电子直线加速器，该加速器提供两种治疗模式，即 X 射线模式和电子束模式，本项目拟购置的医用直线加速器主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目医用直线加速器技术参数情况一览表

型号	医科达 Infinity 型
位置	放疗楼一层 1 号加速器机房
主要技术指标	X 射线能量 (MV) : 6、10 电子线能量 (MeV) : 4、6、8、10、12、15
射线最大出射角	28° (等中心点每侧 14°)
源轴距 SAD	1m
等中心点至机房地坪的高度	1.24m
距靶 1m 处 X 辐射剂量率	10MV 时 600cGy·m ² /min 6MV 时 1400cGy·m ² /min (3F 束流模式)
最大照射野大小	40cm×40cm
机架旋转	360°
靶材料	钨合金
用途	放射治疗

二、工作原理及工作流程

1、工作原理

放疗是癌症三大治疗手段之一。是用各种不同能量的射线照射肿瘤，以抑制和杀灭癌细胞的一种治疗方法。放疗可单独使用，也可与手术、化疗等配合，作为综合治疗的一部分，以提高癌症的治愈率。放疗的基本目的是努力提高放疗的治疗增益比，即最大限度地将放射线的剂量集中到病变（靶区）内，而使周围的正常组织和器官少受或免受不必要的照射。

医用直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，医用直线加速器是利用具有一定能量的高能电子与大功率微波的微波电场相互作用，从而获得更高的能量。这时电子的速度增加不大，主要是质量不断变大。电子直接引出，可作电子线治疗，电子打击重金属靶，产生韧致辐射发射 X 射线，作 X 线治疗。

淮安市第一人民医院拟配备的 1 台医用直线加速器，X 射线能量 $\leq 10\text{MV}$ ，电子线能量 $\leq 15\text{MeV}$ 。依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）规定（§4.3.2.5），当加速器 X 射线 $\leq 10\text{MV}$ 时，中子的影响可忽略，对外环境的影响主要考虑韧致辐射发射的 X 射线。医用电子直线加速器系统示意图见图 9-3。

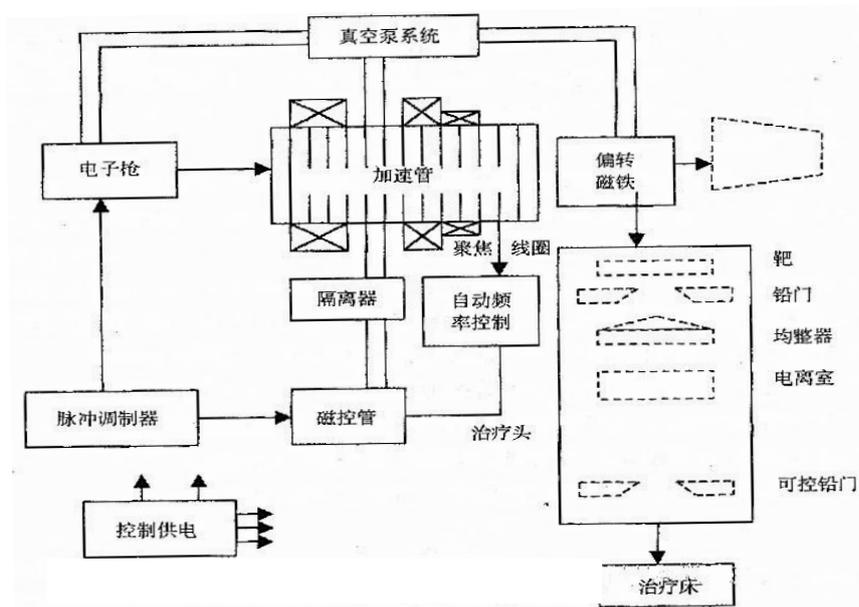


图 9-3 医用直线加速器系统示意图

2、工作流程

医用直线加速器放疗工作一般流程见图 9-4。

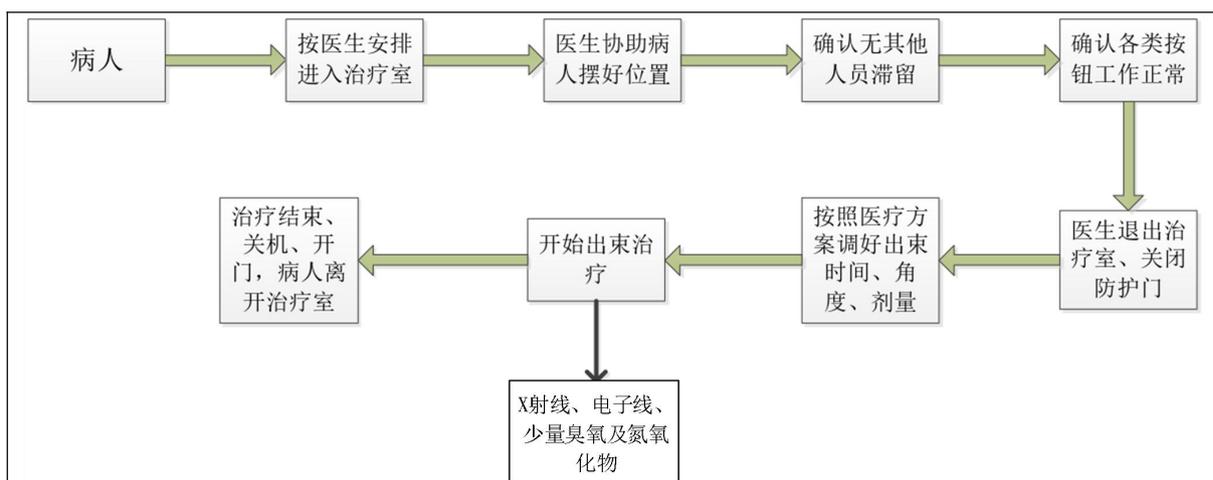


图 9-4 医用直线加速器放疗工作流程及产污环节示意图

污染源项描述

一、放射性污染

①X 射线外照射：医用直线加速器以 X 射线模式运行时，从加速器电子枪里发出来的电子束，在加速管内经加速电压加速，轰击到钨金靶上，产生 X 射线。发射出来的 X 射线主要用于治疗，治疗剂量与剂量率的大小、加速器电子能量、受照射的靶体材料、电子束流强度、电子入射方向、考察点到源的距离等因素有关。

医院拟将位于本部放疗楼一层 1 号加速器机房内的 PRIMUS 型医用直线加速器更换为医科达 Infinity 型医用直线加速器，X 射线能量为 6、10MV，1m 处输出剂量率 6MV 时最高为 1400cGy/min、10MV 时最高为 600cGy/min，电子线能量为 4、6、8、10、12、15MeV，1m 处输出剂量率最高为 1000cGy/min，由于 X 射线的贯穿能力极强，将对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染。

②电子束：当医用直线加速器按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速管引出用于治疗病人。产生的电子属初级辐射，贯穿物质时受物质库仑场的影响，贯穿深度有限。

医用直线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。因此，在医用直线加速器电子束治疗时间时，电子线对周围环境辐射影响小于 X 射线治疗，可忽略对外环境的影响。

③中子：依据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）规定：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。淮安市第一人民医院

放疗楼一层 1 号加速器机房拟配备的医用直线加速器，X 射线能量为 6、10MV，其中子及其影响可忽略。

因此，本项目医用直线加速器开机期间，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。

二、非放射性污染

①废气：医用电子直线加速器在工作状态时，会使治疗室内的空气产生电离，产生臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排出治疗室，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

②废水：主要是工作人员产生的生活污水，将进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

③固体废物：主要是工作人员产生的一般生活垃圾，收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局及分区

淮安市第一人民医院拟将位于淮安市淮阴区北京西路 3 号的本部放疗楼一层 1 号加速器机房进行改造，并更换 1 台医科达 Infinity 型医用直线加速器（X 射线能量：6、10MV，电子线：4、6、8、10、12、15MeV），用于肿瘤的放射治疗。1 号加速器机房控制室与治疗室分离，机房治疗室面积为 45m²（不含迷路）；加速器机房设置直迷路，迷路口设有防护门；有用线束仅向东墙、西墙、地面及屋顶照射。该医用直线加速器机房布局符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中“治疗室入口处必须设置防护门和迷路”等规定，布局合理。

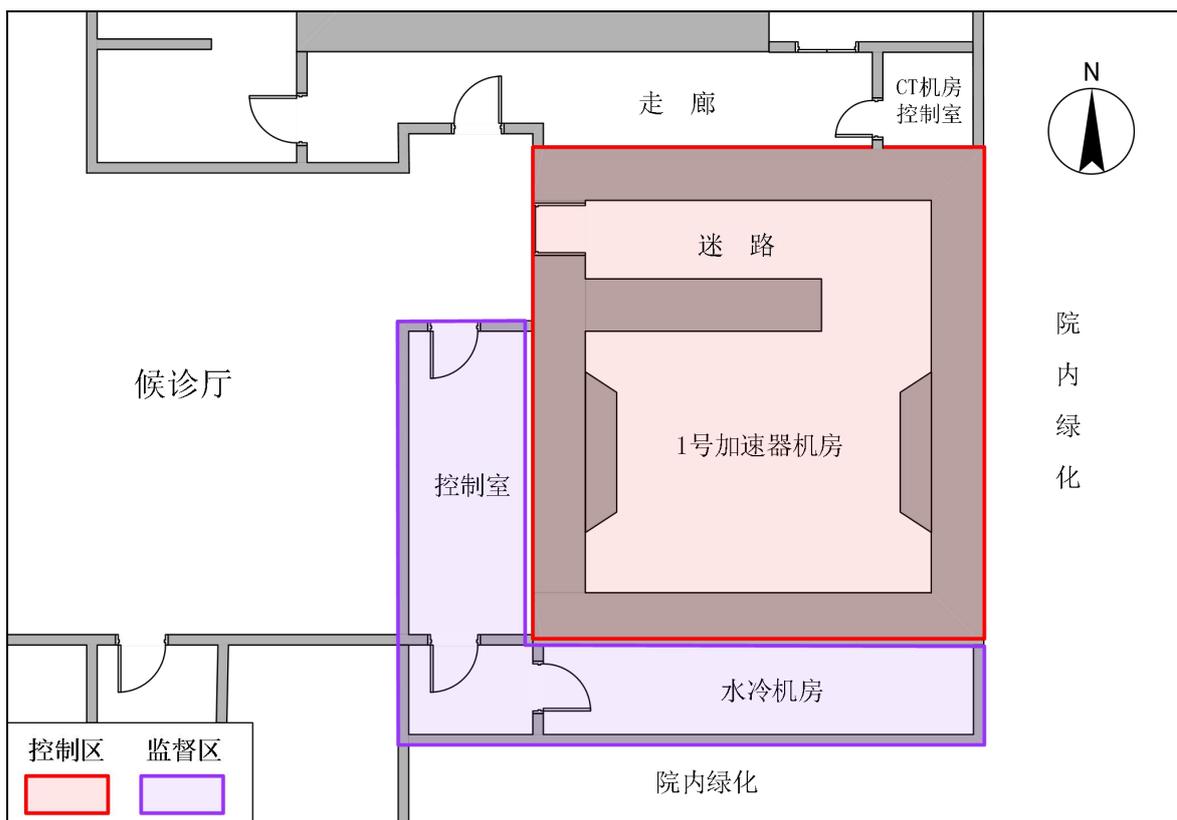


图 10-1 放疗楼一层 1 号加速器机房平面布置及分区示意图

为加强辐射防护管理和职业照射控制，本项目拟将 1 号加速器机房及迷路作为辐射防护控制区，严格控制人员进出，并在机房入口处设置电离辐射警告标志；拟将控

制室、水冷机房等需要关注职业照射条件的区域作为辐射防护监督区。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定要求。放疗楼一层1号加速器机房平面布置及分区见图10-1。

二、辐射防护屏蔽设计

本项目1号加速器机房位于放疗楼一层，采用混凝土浇筑结构，迷路入口设铅防护门。医用直线加速器机房具体屏蔽设计参数见表10-1，屏蔽设计图见图10-2。

表 10-1 1号加速器机房屏蔽设计参数

屏蔽防护设计		屏蔽设计（厚度及材质）*	
		改造前	改造后
东墙	主屏蔽区	263cm 砷（宽度为 410cm）	263cm 砷（宽度为 433cm）
	次屏蔽区	130cm 砷	130cm 砷
南墙	侧屏蔽区	130cm 砷	130cm 砷
西墙	主屏蔽区	237cm 砷（宽度为 410cm）	261cm 砷（宽度为 430.7cm）
	次屏蔽区	南段 107cm 砷， 北段 72~107cm 砷	南段 131cm 砷， 北段 132~191cm 砷
北墙	迷路内墙	东段 55cm 砷（长度为 280cm）， 西段 102cm 砷	东段 55cm 砷（长度为 280cm）， 西段 102cm 砷
	迷路外墙	东段 129cm 砷（长度为 275cm）， 西段 80cm 砷	东段 129cm 砷（长度为 275cm）+5cm 硫酸钡涂料（长度为 40cm），西段 80cm 砷
屋顶	主屏蔽区	300cm 砷（宽度为 340cm）	310cm 砷（宽度为 394cm）
	次屏蔽区	180cm 砷	180cm 砷
防护门		10mm 铅板	15mm 铅板+100mm 含硼石蜡

注：*混凝土密度为 2.35g/cm³，铅板密度为 11.3g/cm³，硫酸钡涂料密度为 3.2g/cm³。

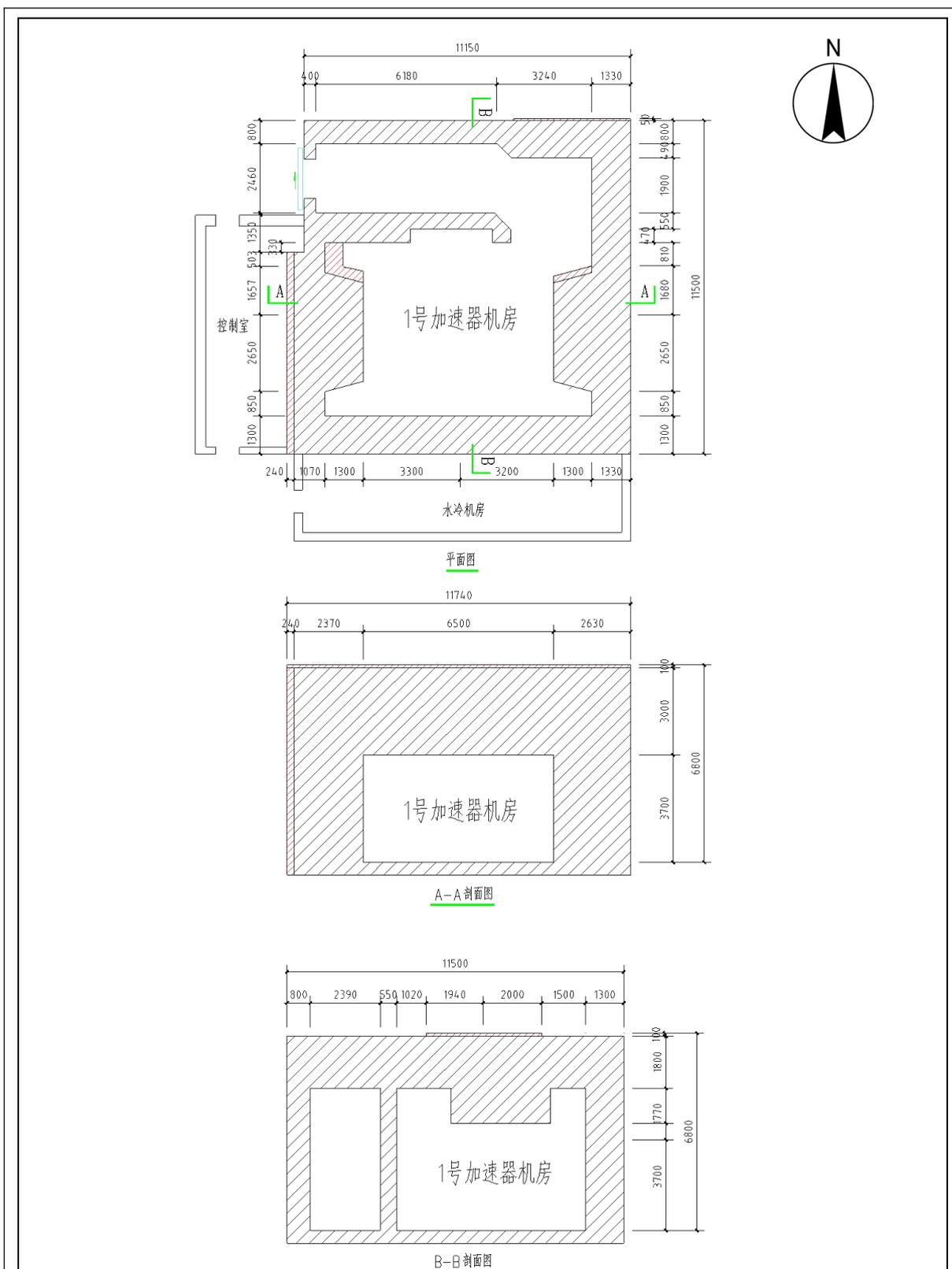


图 10-2 1 号加速器机房屏蔽设计图

三、辐射安全和防护措施

1、电线电缆布设：1 号加速器机房电缆线穿墙方式（见图 10-3）拟采用倒“U”

型穿墙管道，电缆沟不会破坏治疗室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

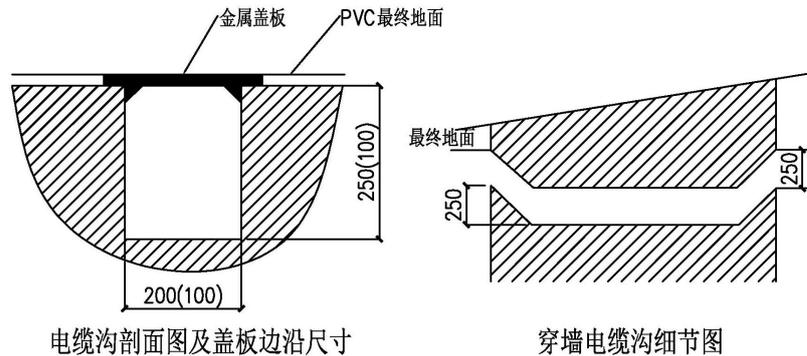


图 10-3 1 号加速器机房电缆沟示意图

2、防护门搭接方式：机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，拟考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。根据经验，建议门与墙之间的间隙小于 1cm，门四周与墙体及地槽的重叠宽度应大于门缝的 10 倍，方能有效避免门缝处的射线泄漏。

3、本项目 1 号加速器机房拟设计有通风装置，加速器治疗室内拟采用机械进、出风，通风换气频率为不低于 4 次/h。1 号加速器机房采用上进下出的通风系统，医用直线加速器机房进风口与排风口各两个，进风口分别位于治疗室顶部东部北段、南段，排风口下沿距地面 0.3m 高，分别位于治疗室西部北段、南段，形成对角通风。1 号加速器机房进出风管道避开主射线方向，射线经多次散射后，进出风管道进出口处辐射剂量将在控制范围内。

4、1 号加速器机房入口拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，防止无关人员逗留和误入。

5、安全联锁装置：除医用直线加速器自身所带的安全联锁外，机房拟设置门-机联锁，只有在机房门关闭时加速器才能出束进行治疗；正常开机状态下，意外打开防护门，加速器立即停止出束。医用直线加速器机房内拟设置开门开关，能从机房内开启加速器机房防护门，防护门应有防挤压功能。

6、紧急停机装置：除医用直线加速器上拟设急停按钮外，治疗室靠近迷路位置、防护门内迷路入口处和控制室控制台上均拟设置急停按钮，以避免医用直线加速器机房内人员尚未完全清空的情况下开机，产生误照射。

7、监视和对讲装置：本项目 1 号加速器机房拟设计安装监控系统和对讲装置，

实时观察机房内的动态。

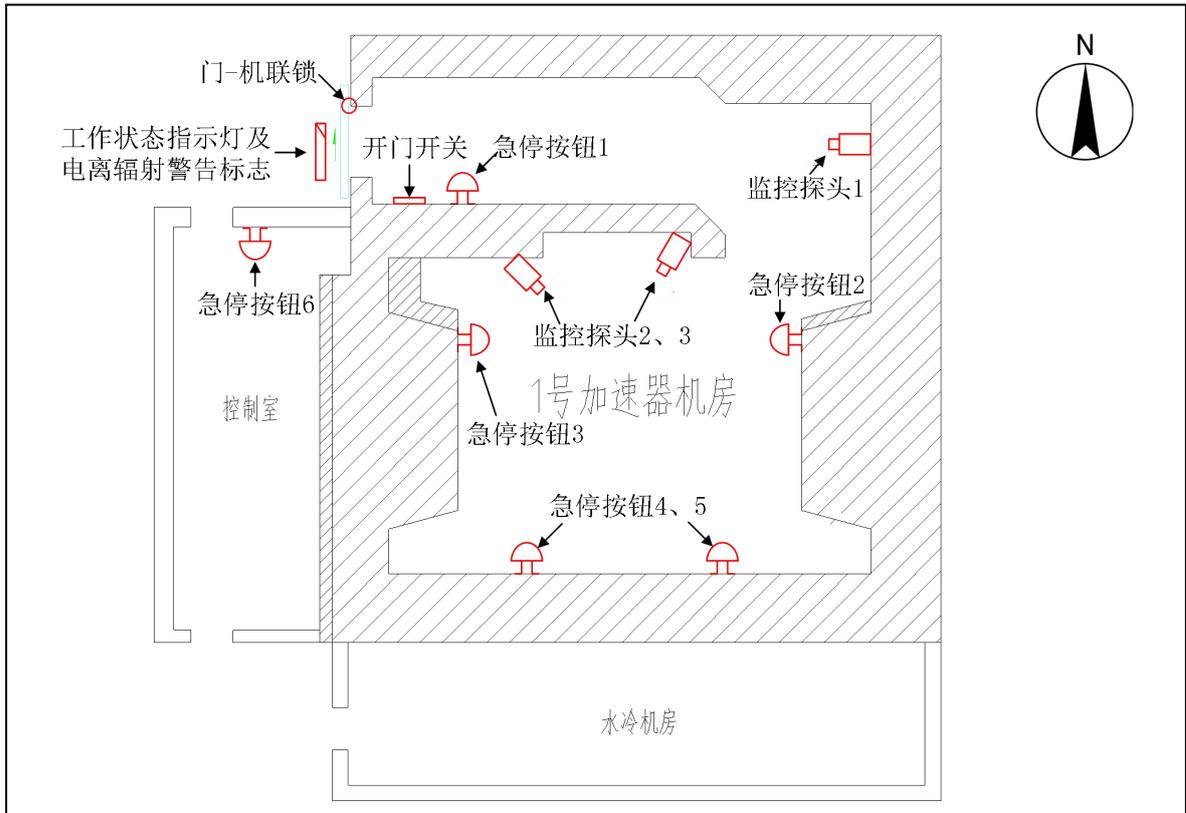


图 10-4 1 号加速器机房主要安全设施位置示意图

四、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展放射诊疗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。

淮安市第一人民医院已为配备辐射巡测仪 1 台及个人剂量报警仪 2 台。辐射工作人员工作时将佩带个人剂量计，以监测累积受照情况。医院拟定期组织放射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立放射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

三废的治理

一、废水

工作人员和部分病人产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理。

二、废气

医用直线加速器机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等

有害气体，通过动力排风装置排入大气。臭氧半衰期约 50 分钟，常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

1 号加速器机房通风设计示意图详见图 10-5。

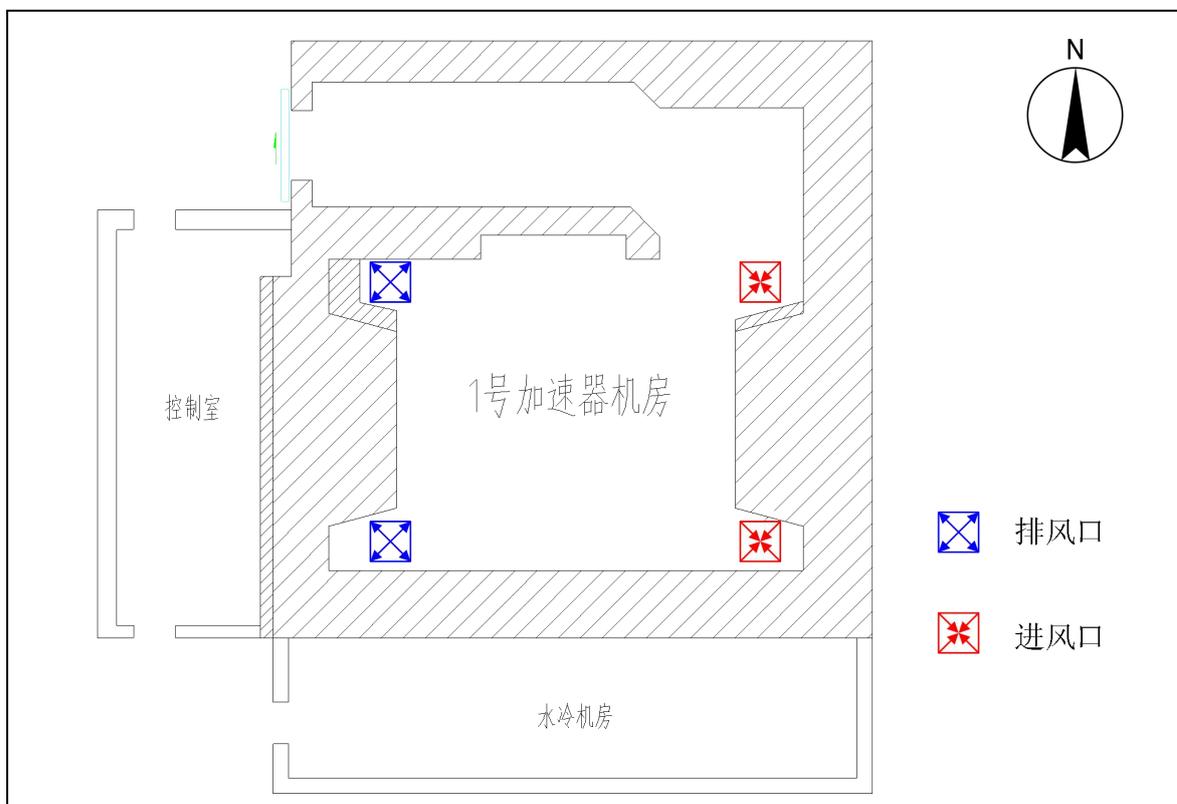


图 10-5 1 号加速器机房通风设计示意图

本项目 1 号加速器机房内设有通风装置，采用机械排风方式。1 号加速器机房采用上进下出的通风系统，医用直线加速器机房进风口与排风口各两个，进风口分别位于治疗室顶部东部北段、南段，排风口下沿距地面 0.3m 高，分别位于治疗室西部北段、南段，形成对角通风。为满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011) 中要求“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”，本项目 1 号加速器治疗室容积为 310.8m³(包括迷路)，则 1 号加速器机房内拟设风机的通风量要求应不低于 1244m³/h。

三、固体废物

工作人员产生的一般生活垃圾，收集后，将交由城市环卫部门处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 1 号加速器机房改建是在原有机房的基础上进行，不涉及土木工程，仅需对部分墙体进行加厚、进行少量的开槽施工、装修与装饰工作，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

1、大气：本项目在建设施工期需进行的墙体改造、装饰等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

2、噪声：整个建筑施工阶段，如墙体拆除、墙体连接等施工中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

3、固体废物：项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托由有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

4、废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院院内局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

根据建设单位提供的资料，医院拟将位于淮安市淮阴区北京西路 3 号的本部放疗楼一层 1 号加速器机房内的 PRIMUS 型医用直线加速器更换为医科达 Infinity 型医用直线加速器，并对该 1 号加速器机房进行改造，使其屏蔽防护效果满足医科达 Infinity 型医用直线加速器的使用要求。医科达 Infinity 型医用直线加速器主要参数为：X 射线能量：6、10MV，电子线：4、6、8、10、12、15MeV，射线最大出射角：28°，1m 处输出剂量率：10MV 时最高剂量率为 600cGy /min，6MV 时最高剂量率为 1400cGy

/min (3F 束流模式)，故本项目以 X 射线能量为 10MV、6MV 的情况下分别进行辐射影响分析。

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/T201.2-2011) 的要求，在本项目医用直线加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在医用直线加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。

1、有用线束主屏蔽区的宽度核算

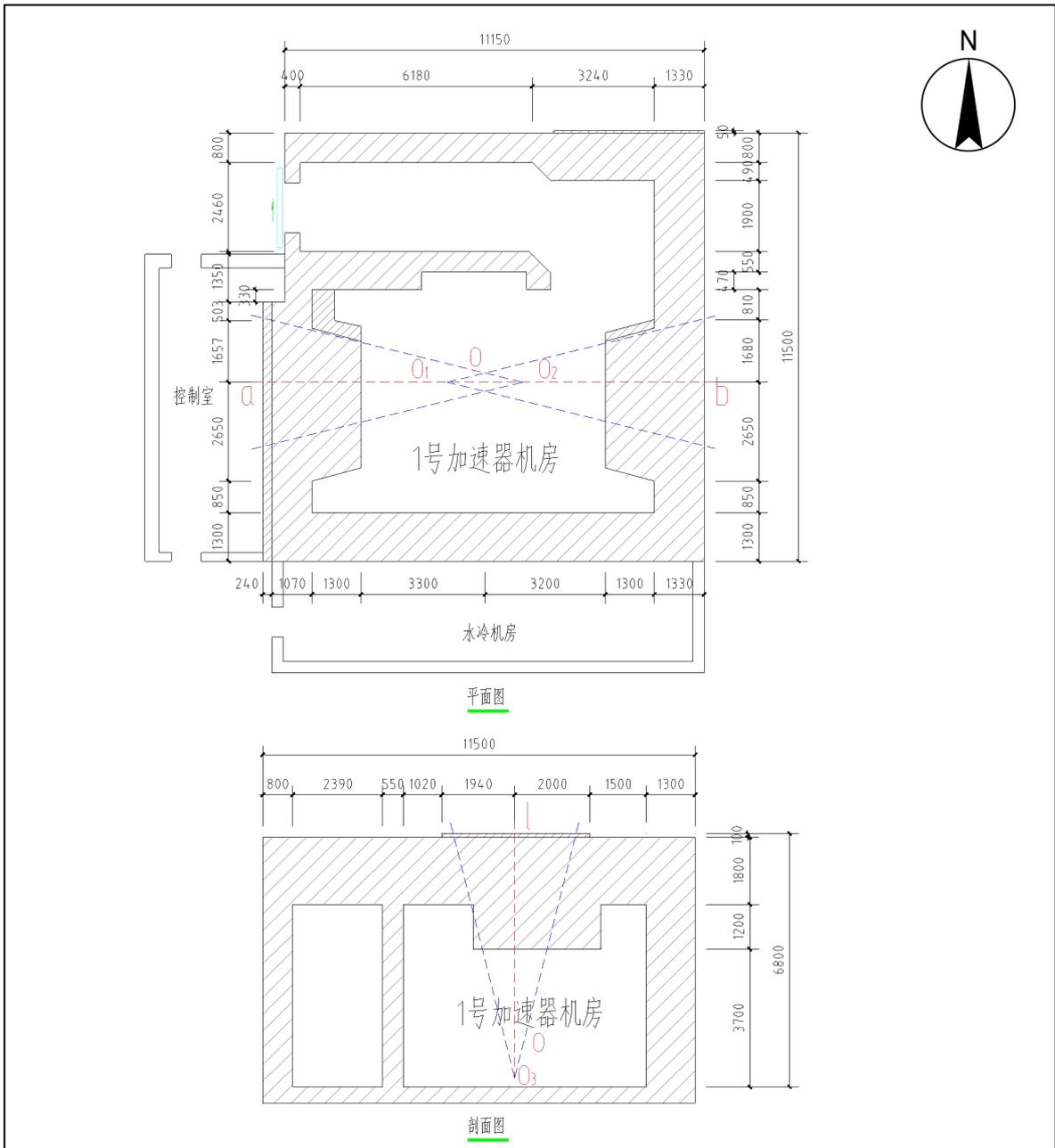


图 11-1 1 号加速器机房主屏蔽宽度示意图

使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度：

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

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。

因主屏蔽两侧不对称，故分别对东墙、西墙、顶部主屏蔽两侧半宽度进行核算，将各参数代入公式 11-1，可估算出本项目的主屏蔽宽度核算结果并评价如表 11-1：

表 11-1 1 号加速器机房主屏蔽区的宽度设计评价表

参数	东墙主屏蔽		西墙主屏蔽		顶部主屏蔽	
	南侧	北侧	南侧	北侧	南侧	北侧
SAD (m)	1	1	1	1	1	1
θ (°)	14	14	14	14	14	14
a (m)	4.5	4.5	4.6	4.0	5.56	5.56
1/2 Y_p 计算值 (m)	1.671	1.671	1.696	1.547	1.936	1.936
1/2 Y_p 设计值 (m)	2.65	1.68	2.65	1.657	2.0	1.94
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足

2、当 X 射线能量为 10MV，1m 处输出剂量率为 600cGy/min 情况下，机房屏蔽能力分析

本项目 1 号加速器机房的关注点设定如图 11-2。

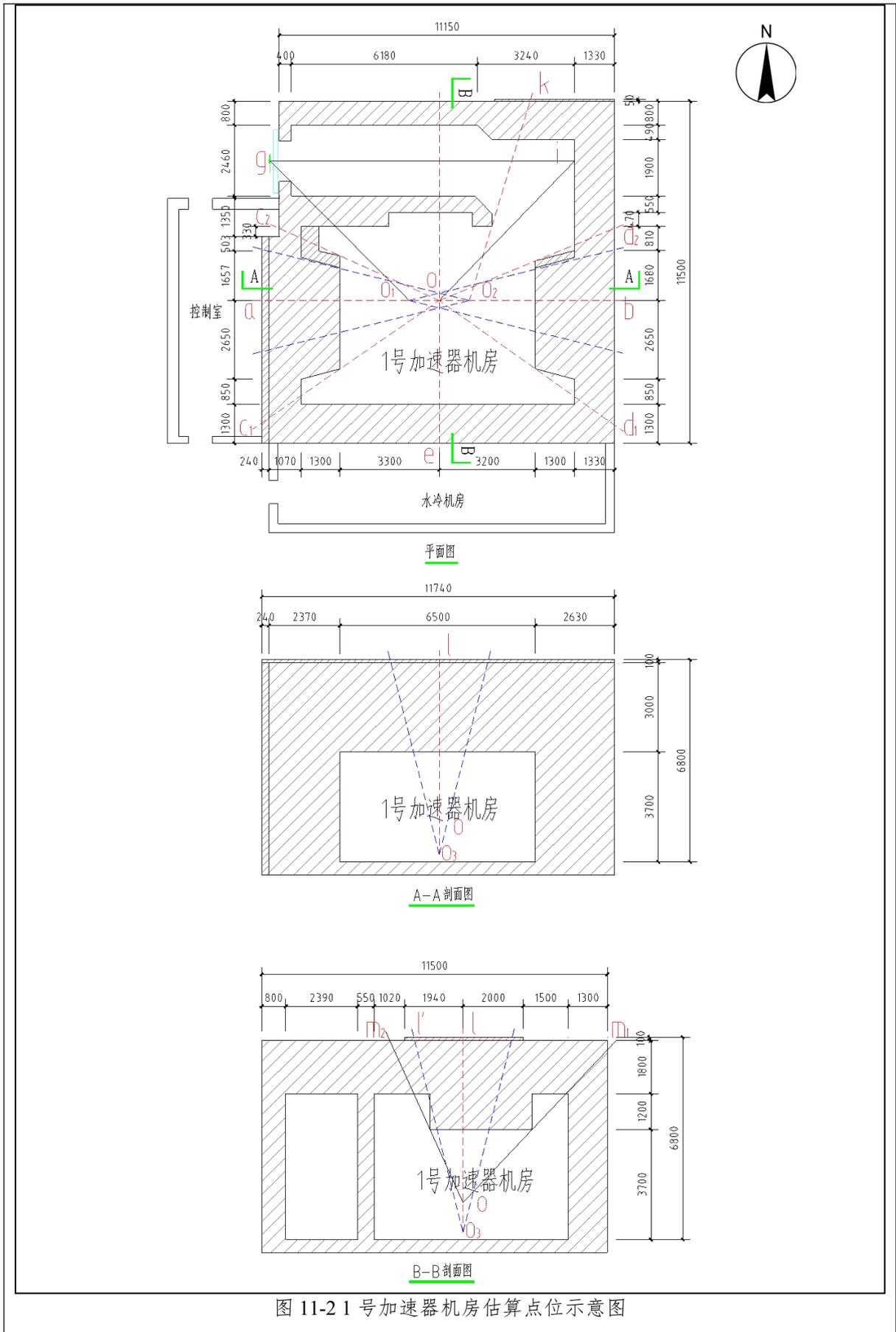


图 11-2 1 号加速器机房估算点位示意图

(1) 有用线束主屏蔽设计核算（西墙 a 点、东墙 b 点和屋顶 l 点、 l' 点）

①主射线路径：西墙 $o_2 \rightarrow a$ ，东墙 $o_1 \rightarrow b$ ，屋顶 $o_3 \rightarrow l$ ， $o_3 \rightarrow l'$ 。

②计算模式及参数选择

使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的相关公式进行有用线束主屏蔽设计核算，在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先按照公式 11-2 计算有效厚度 X_e (cm)，按照公式 11-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再按照公式 11-4 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$X_e = X/\cos\theta = X \cdot \sec\theta \quad \text{公式 11-2}$$

式中： X —设计屏蔽厚度，cm；

θ —斜射角。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad \text{公式 11-3}$$

式中， TVL_1 (cm) 和 TVL (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明 TVL_1 时， $TVL_1 = TVL$ 。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1。本项目中，对应 10MV 的 X 射线能量，混凝土 TVL_1 为 41cm， TVL 为 37cm。本项目中， a 点、 b 点、 l 点、 l' 点相应厚度主屏蔽的 B 值核算见表 11-2。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{公式 11-4}$$

式中： \dot{H}_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为 $3.60 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

R —靶点至参考点的距离，m，本项目参考点均为相应墙外 30cm；

f —对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比 0.1%。

③预测计算结果

将相应主屏蔽厚度得出的辐射屏蔽透射因子 B 值代入，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 相比，判断机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表 11-2。

表 11-2 1 号加速器机房主屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数	西墙主屏蔽 (a 点)	东墙主屏蔽 (b 点)	屋顶主屏蔽 (l 点)	屋顶主屏蔽 (l' 点)
X (cm)	130 砵+107 砵+24 砵	130 砵+133 砵	120 砵+180 砵+10 砵	90 砵+180 砵+10 砵
X_e (cm)	261 砵	263 砵	310 砵	280 砵
TVL_l (cm)	41	41	41	41
TVL (cm)	37	37	37	37
B	1.13×10^{-7}	1.00×10^{-7}	5.37×10^{-9}	3.47×10^{-8}
R (m)	7.21	7.13	6.86	6.86
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8
f	1	1	1	1
\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.784	0.708	0.041	0.266
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) (剂量率参考控制水平)	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足

(2) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽设计核算 (西墙 c_1 点、 c_2 点、东墙 d_1 点、 d_2 点及屋顶 m_1 点、 m_2 点)

①射线路径(射线类型): $o_2 \rightarrow o \rightarrow c_1$ (散射射线), $o_2 \rightarrow o \rightarrow c_2$ (散射射线), $o_1 \rightarrow o \rightarrow d_1$ (散射射线), $o_1 \rightarrow o \rightarrow d_2$ (散射射线), $o_3 \rightarrow o \rightarrow m_1$ (散射射线), $o_3 \rightarrow o \rightarrow m_2$ (散射射线)。

$o \rightarrow c_1$ (泄漏射线), $o \rightarrow c_2$ (泄漏射线), $o \rightarrow d_1$ (泄漏射线), $o \rightarrow d_2$ (泄漏射线), $o \rightarrow m_1$ (泄漏射线), $o \rightarrow m_2$ (泄漏射线)。

对于位置 c_1 点、 c_2 点、 d_1 点、 d_2 点和 m_1 点、 m_2 点, 考虑泄漏辐射和散射辐射的复合作用。

②泄漏辐射计算模式及参数

泄漏辐射屏蔽, 估算方法类似主屏蔽区。 $f=0.001$ (泄漏辐射比率, 根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 要求, 对于 M 区域外泄漏辐射 (不包括中子), 吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%), 公式 11-3 的 TVL_l 和 TVL 保守取附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_l=35\text{cm}$, $TVL=31\text{cm}$ 。

③散射辐射屏蔽计算

在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时, 首先用公式 11-2 计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度 X_e (cm), 按照公式 11-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B_s (其中患者散射辐射在混凝土中的什值层, 查表 B.4 知, 对于 10MeV 射线, 当散射角 30° 时, 患者散射辐射在混凝土中什值层为 28cm), 再按照公式 11-5 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$);

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad \text{公式 11-5}$$

式中: \dot{H}_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 (以下简称靶) 1m 处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, 本项目为 $3.60 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$;

α_{ph} —患者 400cm^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 400cm^2 面积上的散射因子。根据散射线能量和考察点斜射角, 查 GBZ/T 201.2-2011 表 B.2。本项目按 10MeV、 30° 取值, 为 3.18×10^{-3} 。

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

R_s —患者 (位于等中心点) 至关注点的距离, m。

④预测计算结果

叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量率值, 将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 相比, 判断机房屏蔽设计是否满足标准要求, 计算结果见表 11-3, 其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-3 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数	西墙次屏蔽 (c_1 点)	西墙次屏蔽 (c_2 点)	东墙次屏蔽 (d_1 点)	东墙次屏蔽 (d_2 点)	屋顶次屏蔽 (m_1 点)	屋顶次屏蔽 (m_2 点)	
X (cm)	107 砵+24 砵	60 砵+72 砵	133 砵	133 砵	180 砵	180 砵	
X_e (cm)	159.7 砵	145 砵	163.8 砵	144 砵	201.8 砵	197.2 砵	
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8	
泄漏辐射	TVL_1 (cm)	35	35	35	35	35	
	TVL (cm)	31	31	31	31	31	
	B	9.49×10^{-6}	2.83×10^{-5}	7.00×10^{-6}	3.05×10^{-5}	4.16×10^{-7}	5.86×10^{-7}
	R (m)	7.569	6.175	7.549	6.638	7.468	6.310
	f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	0.060	0.267	0.044	0.249	0.003	0.005
散射 辐射	TVL_l (cm)	28	28	28	28	28	28
	TVL (cm)	28	28	28	28	28	28
	R_s (m)	7.569	6.175	7.549	6.638	7.468	6.310
	α_{ph}	3.18×10^{-3}					
	B	1.98×10^{-6}	6.63×10^{-6}	1.41×10^{-6}	7.20×10^{-6}	6.21×10^{-8}	9.06×10^{-8}
	F (cm^2)	1600	1600	1600	1600	1600	1600
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	0.158	0.796	0.114	0.748	0.005	0.010
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 泄漏辐射和散射辐射的复合作用	0.218	1.063	0.158	0.997	0.008	0.015	
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 剂量率参考控制水平	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足	

(3) 侧屏蔽墙屏蔽设计核算 (迷路墙外 f 点、南墙 e 点)

①射线路径 (射线类型): $o \rightarrow f$ (泄漏射线), $o \rightarrow e$ (泄漏射线)。

②计算模式及参数选择

该区考虑泄漏辐射屏蔽, 估算方法类似主屏蔽区。公式 11-4 中, $f=0.001$ (泄漏辐射比率, 根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 要求, 对于 M 区域外泄漏辐射 (不包括中子), 吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%)。公式 11-3 的 TVL_l 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_l=35\text{cm}$, $TVL=31\text{cm}$ 。

③预测计算结果

f 点、 e 点的辐射剂量率预测结果见下表 11-4, 其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-4 1 号加速器机房迷路墙外、北墙外泄漏辐射剂量率核算值

参数	迷路墙外 (f 点)	南墙 (e 点)
X (cm)	55 砧 (迷路内墙)+80 砧 (迷路外墙)	130 砧
X_e (cm)	135 砧	130 砧
TVL_l (cm)	35	35
TVL (cm)	31	31
B	5.95×10^{-5}	8.62×10^{-5}

R (m)	7.0	5.1
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	3.60×10^8	3.60×10^8
f	0.001	0.001
\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.437	1.193
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 剂量率参考控制水平	2.5	2.5
评价	满足	满足

(4) 迷路外墙屏蔽设计核算 (迷路外墙 k 点)

①射线路径 (射线类型): $o_2 \rightarrow k$ (泄漏射线)。

②计算模式及参数选择

本项目有用线束不向迷路内墙照射, 该区考虑泄漏辐射屏蔽, 估算方法类似主屏蔽区。公式 11-4 中, $f=0.001$ (泄漏辐射比率, 根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 要求, 对于 M 区域外泄漏辐射 (不包括中子), 吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%)。公式 11-3 的 TVL_l 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_l=35\text{cm}$, $TVL=31\text{cm}$ 。

③预测计算结果

k 点的辐射剂量率预测结果见下表 11-5, o_2 至 k 的泄漏辐射的斜射角较小, 通常以 0° 垂直入射保守估算, 其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-5 迷路外墙泄漏辐射剂量率核算值

参数	迷路外墙 (k 点)
X (cm)	129 砵+5 硫酸钡涂料
X_e (cm)	141.8 砵
TVL_l (cm)	35
TVL (cm)	31
B	3.59×10^{-5}
R (m)	7.363
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	3.60×10^8
f	0.001
\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.238
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 剂量率参考控制水平	2.5
评价	满足

(5) 迷路入口处辐射水平核算 (g 点)

根据 GBZ/T201.2-2011, g 点处同时受到迷道内散射辐射 ($o_l \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$) 及加速器的泄漏辐射 o_l 经迷道内墙屏蔽后在迷路入口 g 点的辐射剂量。

①射线路径 (射线类型): $o_l \rightarrow g$ (泄漏射线), $o_l \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$ (散射射线)。

②泄漏辐射计算模式及参数选择

g 点泄漏辐射剂量核算方法同 f 点。

其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读出, 取泄漏因子 $f=0.001$, 公式 11-4 的 TVL_l 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_l=35\text{cm}$, $TVL=31\text{cm}$ 。计算结果见表 11-6。

表 11-6 迷路入口处的泄漏辐射剂量率核算值

参数	迷路入口处 (g 点)
X (cm)	102 砵
X_e (cm)	143.3 砵
TVL_l (cm)	35
TVL (cm)	31
B	3.21×10^{-5}
R (m)	6.58
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	3.60×10^8
f	0.001
\dot{H}_{og} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.267
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 剂量率参考控制水平	0.5
评价	满足

③散射辐射计算模式及参数选择

根据 GBZ/T201.2-2011, 入口 g 点处的散射辐射剂量率 \dot{H}_g 按公式 11-10 计算。

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \dot{H}_0 \quad \text{公式 11-10}$$

式中: \dot{H}_g —g 处的散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子, 见附录 B 表 B.2, 通常取 45° 散射角的值;

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 ;

α_2 —砧墙入射的患者散射辐射(能量见附录 B 表 B.6)的散射因子, 通常取 i 处的入射角为 45° , 散射角为 0° ; α_2 值见附录 B 表 B.6, 通常使用其 0.5MeV 栏内的值;

A — i 处的散射面积, m^2 ;

R_1 —“ $o \rightarrow i$ ”之间的距离, m ;

R_2 —“ $i \rightarrow g$ ”之间的距离, m ;

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

表 11-7 迷路入口处的散射辐射剂量率核算值

参数	迷路入口处 (g 点)
α_{ph}	1.35×10^{-3}
F (cm^2)	1600
α_2	22×10^{-3}
R_1 (m)	6.496
R_2 (m)	10.12
A (m^2)	13.88
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	3.60×10^8
\dot{H}_g ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	137.36

④预测计算结果

在给定防护门的铅屏蔽厚度 X (cm) 时, 防护门外 g 点处的辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按公式 11-11 计算, 预测结果见下表 11-8。

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

式中: \dot{H}_{og} — g 处的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

\dot{H}_g — g 处的散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

TVL —辐射在铅中的什值层, cm 。

表 11-8 迷路入口防护门外的辐射剂量率核算值

参数	机房入口防护门外 (g 点)
\dot{H}_{og} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.270
\dot{H}_g ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	137.36

X (cm)	1.5 (铅)
TVL (cm)	0.5 (铅)
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 防护门外的辐射剂量率	0.404
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 剂量率参考控制水平	2.5
评价	满足

3、当 X 射线能量为 6MV，1m 处输出剂量率为 1400cGy/min 情况下，机房屏蔽能力分析

本项目 1 号加速器机房的关注点设定如图 11-2。

(1) 有用线束主屏蔽设计核算（西墙 a 点、东墙 b 点和屋顶 l 点、 l' 点）

①主射线路径：西墙 $o_2 \rightarrow a$ ，东墙 $o_1 \rightarrow b$ ，屋顶 $o_3 \rightarrow l$ ，屋顶 $o_3 \rightarrow l'$ 。

②计算模式及参数选择

使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的相关公式进行有用线束主屏蔽设计核算，在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先按照公式 11-2 计算有效厚度 X_e (cm)，按照公式 11-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再按照公式 11-4 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$X_e = X/\cos\theta = X \cdot \sec\theta \quad \text{公式 11-2}$$

式中： X —设计屏蔽厚度，cm；

θ —斜射角。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad \text{公式 11-3}$$

式中， TVL_1 (cm) 和 TVL (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明 TVL_1 时， $TVL_1 = TVL$ 。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1。本项目中，对应 6MV 的 X 射线能量，混凝土 TVL_1 为 37cm， TVL 为 33cm。本项目中， a 点、 b 点、 l 点、 l' 点相应厚度主屏蔽的 B 值核算见表 11-2。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{公式 11-4}$$

式中： \dot{H}_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）

1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为 $8.40\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

R —靶点至参考点的距离，m，本项目参考点均为相应墙外 30cm；

f —对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比 0.1%。

③预测计算结果

将相应主屏蔽厚度得出的辐射屏蔽透射因子 B 值代入，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 相比，判断机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表 11-9。

表 11-9 1 号加速器机房主屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数	西墙主屏蔽 (a 点)	东墙主屏蔽 (b 点)	屋顶主屏蔽 (l 点)	屋顶主屏蔽 (l' 点)
X (cm)	130 砙+107 砙+24 砙	130 砙+133 砙	120 砙+180 砙+10 砙	90 砙+180 砙+10 砙
X_e (cm)	261 砙	263 砙	310 砙	280 砙
TVL_l (cm)	37	37	37	37
TVL (cm)	33	33	33	33
B	1.63×10^{-8}	1.42×10^{-8}	5.34×10^{-10}	4.33×10^{-9}
R (m)	7.21	7.13	6.86	6.86
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8
f	1	1	1	1
\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.263	0.234	0.010	0.077
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) (剂量率参考 控制水平)	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足

(2) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽设计核算 (西墙 c_1 点、 c_2 点、东墙 d_1 点、 d_2 点及屋顶 m_1 点、 m_2 点)

①射线路径(射线类型): $o_2\rightarrow o\rightarrow c_1$ (散射射线), $o_2\rightarrow o\rightarrow c_2$ (散射射线), $o_1\rightarrow o\rightarrow d_1$ (散射射线), $o_1\rightarrow o\rightarrow d_2$ (散射射线), $o_3\rightarrow o\rightarrow m_1$ (散射射线), $o_3\rightarrow o\rightarrow m_2$ (散射射线)。

$o\rightarrow c_1$ (泄漏射线), $o\rightarrow c_2$ (泄漏射线), $o\rightarrow d_1$ (泄漏射线), $o\rightarrow d_2$ (泄漏射线), $o\rightarrow m_1$ (泄漏射线), $o\rightarrow m_2$ (泄漏射线)。

对于位置 c_1 点、 c_2 点、 d_1 点、 d_2 点和 m_1 点、 m_2 点, 考虑泄漏辐射和散射辐射的复合作用。

② 泄漏辐射计算模式及参数

泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。 $f=0.001$ （泄漏辐射比率，根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）要求，对于M区域外泄漏辐射（不包括中子），吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过0.1%），公式11-3的 TVL_I 和 TVL 保守取附录B表B.1的泄漏辐射值，分别为 $TVL_I=34\text{cm}$ ， $TVL=29\text{cm}$ 。

③ 散射辐射屏蔽计算

在给定的屏蔽物质厚度 X （cm）时，首先用公式11-2计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度 X_e （cm），按照公式11-3估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B_s （其中患者散射辐射在混凝土中的什值层，查表B.4知，对于6MeV射线，当散射角 30° 时，患者散射辐射在混凝土中什值层为26cm），再按照公式11-5计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad \text{公式 11-5}$$

式中： \dot{H}_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶（以下简称靶）1m处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为 $8.40 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

α_{ph} —患者 400cm^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 400cm^2 面积上的散射因子。根据散射线能量和考察点斜射角，查GBZ/T 201.2-2011表B.2。本项目按6MeV、 30° 取值，为 2.77×10^{-3} 。

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

R_s —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m。

④ 预测计算结果

叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量率值，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 相比，判断机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表11-10，其中 X_e 、 R 的取值由CAD图纸上读取。

表 11-10 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数	西墙次屏蔽 (c_1 点)	西墙次屏蔽 (c_2 点)	东墙次屏蔽 (d_1 点)	东墙次屏蔽 (d_2 点)	屋顶次屏蔽 (m_1 点)	屋顶次屏蔽 (m_2 点)
X (cm)	107 砵+24 砵	60 砵+72 砵	133 砵	133 砵	180 砵	180 砵

X_e (cm)	159.7 砵	145 砵	163.8 砵	144 砵	201.8 砵	197.2 砵	
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8	
泄漏 辐射	TVL_l (cm)	34	34	34	34	34	
	TVL (cm)	29	29	29	29	29	
	B	4.63×10^{-6}	1.49×10^{-5}	3.34×10^{-6}	1.61×10^{-5}	1.64×10^{-7}	2.36×10^{-7}
	R (m)	7.569	6.175	7.549	6.638	7.468	6.310
	f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.068	0.328	0.049	0.307	0.002	0.005
散射 辐射	TVL_l (cm)	26	26	26	26	26	
	TVL (cm)	26	26	26	26	26	
	R_s (m)	7.569	6.175	7.549	6.638	7.468	6.310
	α_{ph}	2.77×10^{-3}					
	B	7.21×10^{-7}	2.65×10^{-6}	5.01×10^{-7}	2.89×10^{-6}	1.73×10^{-8}	2.60×10^{-8}
	F (cm^2)	1600	1600	1600	1600	1600	1600
	\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.117	0.647	0.082	0.611	0.003	0.006
\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 泄漏辐射和散射辐射的复合作用	0.185	0.975	0.131	0.918	0.005	0.011	
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 剂量率参考控制水平	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足	

(3) 侧屏蔽墙屏蔽设计核算 (迷路墙外 f 点、北墙 e 点)

①射线路径 (射线类型): $o\rightarrow f$ (泄漏射线), $o\rightarrow e$ (泄漏射线)。

②计算模式及参数选择

该区考虑泄漏辐射屏蔽, 估算方法类似主屏蔽区。公式 11-4 中, $f=0.001$ (泄漏辐射比率, 根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 要求, 对于 M 区域外泄漏辐射 (不包括中子), 吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%)。公式 11-3 的 TVL_l 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_l=34\text{cm}$, $TVL=29\text{cm}$ 。

③预测计算结果

f 点、 e 点的辐射剂量率预测结果见下表 11-11, 其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-11 1 号加速器机房迷路墙外、北墙外泄漏辐射剂量率核算值

参数	迷路墙外 (<i>f</i> 点)	北墙 (<i>e</i> 点)
X (cm)	55 砵(迷路内墙)+80 砵(迷路外墙)	130 砵
X_e (cm)	135 砵	130 砵
TVL_l (cm)	34	34
TVL (cm)	29	29
B	3.29×10^{-5}	4.89×10^{-5}
R (m)	7.0	5.1
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	8.40×10^8	8.40×10^8
f	0.001	0.001
\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.564	1.580
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 剂量率参考控制水平	2.5	2.5
评价	满足	满足

(4) 迷路外墙屏蔽设计核算 (迷路外墙 *k* 点)

①射线路径 (射线类型): $o_2 \rightarrow k$ (泄漏射线)。

②计算模式及参数选择

本项目有用线束不向迷路内墙照射, 该区考虑泄漏辐射屏蔽, 估算方法类似主屏蔽区。公式 11-4 中, $f=0.001$ (泄漏辐射比率, 根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 要求, 对于 M 区域外泄漏辐射 (不包括中子), 吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%)。公式 11-3 的 TVL_l 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_l=34\text{cm}$, $TVL=29\text{cm}$ 。

③预测计算结果

k 点的辐射剂量率预测结果见下表 11-12, o_2 至 *k* 的泄漏辐射的斜射角较小, 通常以 0° 垂直入射保守估算, 其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-12 迷路外墙泄漏辐射剂量率核算值

参数	迷路外墙 (<i>k</i> 点)
X (cm)	129 砵+5 硫酸钡涂料
X_e (cm)	141.8 砵
TVL_l (cm)	34
TVL (cm)	29

B	1.92×10^{-5}
R (m)	7.363
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	8.40×10^8
f	0.001
\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.297
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 剂量率参考控制水平	2.5
评价	满足

(5) 迷路入口处辐射水平核算 (g 点)

根据 GBZ/T201.2-2011, g 点处同时受到迷道内散射辐射 ($o_1 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$) 及加速器的泄漏辐射 o_1 经迷路内墙屏蔽后在迷路入口 g 点的辐射剂量。

①射线路径 (射线类型): $o_1 \rightarrow g$ (泄漏射线), $o_1 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$ (散射射线)。

②泄漏辐射计算模式及参数选择

g 点泄漏辐射剂量核算方法同 f 点。

其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读出, 取泄漏因子 $f=0.001$, 公式 11-4 的 TVL_l 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_l=34\text{cm}$, $TVL=29\text{cm}$ 。计算结果见表 11-13。

表 11-13 迷路入口处的泄漏辐射剂量率核算值

参数	迷路入口处 (g 点)
X (cm)	102 砵
X_e (cm)	143.3 砵
TVL_l (cm)	34
TVL (cm)	29
B	1.70×10^{-5}
R (m)	6.58
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	8.40×10^8
f	0.001
\dot{H}_{og} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.330
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 剂量率参考控制水平	0.5
评价	满足

③散射辐射计算模式及参数选择

根据 GBZ/T201.2-2011, 入口 g 点处的散射辐射剂量率 \dot{H}_g 按公式 11-10 计算。

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \dot{H}_0 \quad \text{公式 11-10}$$

式中: \dot{H}_g — g 处的散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子, 见附录 B 表 B.2, 通常取 45° 散射角的值;

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 ;

α_2 —砼墙入射的患者散射辐射(能量见附录 B 表 B.6)的散射因子, 通常取 i 处的入射角为 45° , 散射角为 0° ; α_2 值见附录 B 表 B.6, 通常使用其 0.5MeV 栏内的值;

A — i 处的散射面积, m^2 ;

R_1 —“ $o \rightarrow i$ ”之间的距离, m ;

R_2 —“ $i \rightarrow g$ ”之间的距离, m ;

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

表 11-14 迷路入口处的散射辐射剂量率核算值

参数	迷路入口处 (g 点)
α_{ph}	1.39×10^{-3}
F (cm^2)	1600
α_2	22×10^{-3}
R_1 (m)	6.496
R_2 (m)	10.12
A (m^2)	13.88
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	8.40×10^8
\dot{H}_g ($\mu\text{Sv/h}$)	330.00

④预测计算结果

在给定防护门的铅屏蔽厚度 $X(\text{cm})$ 时, 防护门外 g 点处的辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 11-11 计算, 预测结果见下表 11-8。

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

式中： \dot{H}_{og} —g 处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_g —g 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

TVL —辐射在铅中的什值层， cm 。

表 11-15 迷路入口防护门外的辐射剂量率核算值

参数	机房入口防护门外 (g 点)
\dot{H}_{og} ($\mu\text{Sv/h}$)	0.330
\dot{H}_g ($\mu\text{Sv/h}$)	330.00
X (cm)	1.5 (铅)
TVL (cm)	0.5 (铅)
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 防护门外的辐射剂量率	0.660
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 剂量率参考控制水平	2.5
评价	满足

4、预测计算结果汇总及评价

综上所述，1 号加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-16。

表 11-16 1 号加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

参考点	剂量率估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)		剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	结论	
	10MV	6MV			
主屏蔽	a 点	0.784	0.263	2.5	满足
	b 点	0.708	0.234	2.5	满足
	l 点	0.041	0.010	2.5	满足
	l' 点	0.266	0.077	2.5	满足
次屏蔽	c ₁ 点	0.218	0.185	2.5	满足
	c ₂ 点	1.063	0.975	2.5	满足
	d ₁ 点	0.158	0.131	2.5	满足
	d ₂ 点	0.997	0.918	2.5	满足
	m ₁ 点	0.008	0.005	2.5	满足
	m ₂ 点	0.015	0.011	2.5	满足
迷路墙外 (f 点)		0.437	0.564	2.5	满足
南墙 (e 点)		1.193	1.580	2.5	满足
迷路外墙 (k 点)		0.238	0.297	2.5	满足
迷路入口防护门 (g 点)		0.404	0.660	2.5	满足

由表 11-16 可知，1 号加速器机房屏蔽设计能够满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）“在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处人员可达位置的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h”的限值要求。

二、保护目标有效剂量评价

考察点人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式进行估算：

$$D_{Eff} = \dot{K}_a \cdot t \cdot T \cdot U \quad \text{公式 11-12}$$

式中： D_{Eff} —考察点人员有效剂量（Sv）；

\dot{K}_a —考察点的周围空气比释动能率（Gy/h）；

t —考察点处年受照时间（h）；

T —居留因子；

U —使用因子；

简化估算：1mGy 近似为 1mSv。

将表 11-16 中 1 号加速器机房外各典型参考点处的辐射剂量率估算值代入公式 11-12。本项目医用直线加速器年出束运行时间约 800h，考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，根据公式 11-12 估算公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算结果列于表 11-17。

表 11-17 1 号加速器机房周围人员年有效剂量

参考点	参考点所在场所	居留因子 $T^{\text{①}}$	使用因子 U	剂量率估算值 ^② (μ Sv/h)	人员可达处年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	结论
西墙主屏蔽 (a 点)	控制室	1	1/4	0.784	0.157	5.0	满足
东墙主屏蔽 (b 点)	院内绿化	1/16	1/4	0.708	0.009	0.25	满足
屋顶主屏蔽 (l 点)	无建筑	1/20	1/4	0.041	<0.001	0.25	满足
屋顶主屏蔽 (l' 点)	无建筑	1/20	1/4	0.266	0.003	0.25	满足
西墙次屏蔽 (c ₁ 点)	控制室	1	1	0.218	0.174	5.0	满足
西墙次屏蔽 (c ₂ 点)	控制室	1	1	1.063	0.850	5.0	满足
东墙次屏蔽 (d ₁ 点)	院内绿化	1/16	1	0.158	0.008	0.25	满足

东墙次屏蔽 (d_2 点)	院内绿化	1/16	1	0.997	0.050	0.25	满足
屋顶次屏蔽 (m_1 点)	无建筑	1/20	1	0.008	<0.001	0.25	满足
屋顶次屏蔽 (m_2 点)	无建筑	1/20	1	0.015	<0.001	0.25	满足
迷路墙外 (f 点)	走廊	1/5	1	0.564	0.090	0.25	满足
南墙外 (e 点)	水冷机房	1/16	1	1.580	0.079	5.0	满足
迷路外墙 (k 点)	CT 机房 控制室	1	1	0.297	0.238	0.25	满足
迷路入口防护 门 (g 点)	防护门外	1/16	1	0.660	0.033	0.25	满足
东侧淮海北路 ③ (敏感点)	院外道路	1/16	1	0.159	0.008	0.25	满足
西侧2号住院 楼④ (敏感点)	2号住院楼	1	1	0.017	0.014	0.25	满足

注：1、居留因子取值见 GBZT201.1-2007 附录 A；

2、剂量率估算值取 10MV 和 6MV 两种工况下的较大值；

3、机房东侧淮海北路（距 1 号加速器机房约 10m）处辐射剂量参照 d_2 点。根据辐射剂量率与距离的平方成反比的关系，淮海北路处辐射剂量率为 $0.159\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 1/16；

4、机房西侧 2 号住院楼（距 1 号加速器机房约 42m）处辐射剂量参照 c_2 点。根据辐射剂量率与距离的平方成反比的关系，淮海北路处辐射剂量率为 $0.017\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子保守取 1。

根据表 11-17 结果分析知，该项目医用直线加速器投入运行后，辐射工作人员有效剂量小于 0.850mSv ，周围公众年有效剂量最高为 0.238mSv ，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，公众年有效剂量不超过 0.25mSv ）。

三、三废影响分析

1、废水

工作人员和部分病人产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理。

2、废气

1 号加速器机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧半衰期 50 分钟，常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

3、固体废物

工作人员产生的一般生活垃圾，收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

事故状态下影响分析

本项目拟配置的医用直线加速器为 II 类射线装置。医院在开展放射治疗过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对误入机房的受照人员产生较严重放射损伤。因此本项目主要事故风险为：

(1) 医用直线加速器工作状态下，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射。

(2) 1 号加速器机房门机联锁失效，导致防护门无法自动关闭，开机时防护门外工作人员或公众受到误照射。

(3) 操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

(1) 发生误照射（人员误留、误入机房内；操作人员违反操作规程或误操作；机房闭门装置失效，导致防护门无法自动关闭），应立即按下急停开关，确保医用直线加速器停止工作。

(2) 迅速安排受照人员接受医学检查和救治；

(3) 事故发生后，积极配合生态环境等管理部门做好事故调查和善后处理工作；

(4) 对发生事故的射线装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见。

医院应根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》（原国家环保总局，环发[2006]145 号）和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急预案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生和健康部门报告；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

淮安市第一人民医院拟将位于淮安市淮阴区北京西路 3 号的本部放疗楼一层 1 号加速器机房内的 PRIMUS 型医用直线加速器淘汰，重新配备 1 台医科达 Infinity 型医用直线加速器（X 射线能量：6、10MV，电子线：4、6、8、10、12、15MeV），用于肿瘤的放射治疗。为使其屏蔽防护效果满足医科达 Infinity 型医用直线加速器的使用要求，医院拟使用混凝土对 1 号加速器机房进行改造。根据《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。从事辐射工作的人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核。

目前，淮安市第一人民医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次改建 1 座医用直线加速器机房项目修订相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，考核合格后方可上岗；同时如有辐射培训证书到期人员还应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。

辐射安全管理规章制度

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。目前淮安市第一人民医院已制定相关制度。2019 年医院已委托检测单位对现有射线装置进行了辐射防护检测，执行了委托外部有资质的检测单位进行检测的要求，医院已配备相应的检测仪器，内部常规检测正常进行。医院已将 2019 年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统。建议根据改建 1 座医用直线加速器机房项目的特点

及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

1) 操作规程：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。重点是：

①确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

②从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

③在工作场所严禁吸烟、进食。

2) 岗位职责：明确管理人员、射线装置操作人员、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，并层层落实。

3) 辐射防护和安全保卫制度：根据医用直线加速器的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是：

①定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；

②工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

4) 设备维修制度：明确医用直线加速器和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线检测装置、安全措施（急停按钮、联锁装置、电离辐射警告标志、工作状态指示灯）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

5) 人员培训计划和健康管理制：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据18号令及《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。

6) 监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保II类射线装置的辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：

①明确监测项目和频次；

②辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采

取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理；

③对发生辐射事故处理进行全程监测；

④医院应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

⑤委托有资质监测单位对本单位的放射源和射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年1月31日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

根据辐射管理要求，淮安市第一人民医院已配备1台辐射巡测仪及个人剂量报警仪2台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，拟制定如下监测计划：

1) 委托有资质的单位定期对项目周围环境 X- γ 辐射剂量率进行监测，周期：1~2次/年；

2) 辐射工作人员开展个人剂量监测（1次/季），建立个人剂量档案；

3) 定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录；

4) 出现外照射事故，立即采取应急措施，并在1小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

淮安市第一人民医院须根据上述监测计划，明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。

辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，建立辐射事故应急方案，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

①应急机构和职责分工；

②应急的具体人员和联系电话；

③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；

④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生部门报告。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预案，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》，向当地人民政府生态环境主管部门报告。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

淮安市第一人民医院拟将位于淮安市淮阴区北京西路 3 号的本部放疗楼一层 1 号加速器机房内的 PRIMUS 型医用直线加速器（X 射线能量：6MV，1m 处输出剂量率最高为 200cGy/min）淘汰，重新配备 1 台医科达 Infinity 型医用直线加速器（X 射线能量：6、10MV，电子线：4、6、8、10、12、15MeV），用于肿瘤的放射治疗。为使其屏蔽防护效果满足医科达 Infinity 型医用直线加速器的使用要求，医院拟使用混凝土对 1 号加速器机房进行改造。

二、实践正当性

本项目的运行，可为病人提供放射治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，其获得的利益远大于对环境的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

三、选址合理性

淮安市第一人民医院位于淮安市淮阴区北京西路 3 号，院区东侧为淮海北路，南侧为黄河西路，西侧为荷花公园、淮阴区体育公园及淮阴区体育训练中心，北侧为北京西路。本次改建 1 座医用直线加速器机房项目周围 50m 评价范围除东侧部分超出院区围墙外（机房东侧约 10m 处为淮海北路），南侧、西侧、北侧均位于医院边界内，评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，项目选址可行。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。

本项目 1 号加速器机房划分了控制区及监督区，机房与控制室分开，区域划分明确，布局合理。

四、辐射环境现状评价

淮安市第一人民医院本次改建 1 座医用直线加速器机房项目改建址周围环境辐射剂量率在 104nSv/h~130nSv/h 之间,与江苏省环境天然贯穿辐射水平调查结果相比较,均未见异常。

五、环境影响评价

根据理论估算结果,淮安市第一人民医院改建 1 座医用直线加速器机房项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下,项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求(职业人员年有效剂量不超过 5mSv,公众年有效剂量不超过 0.25mSv)。

本项目工作人员和部分患者产生的普通生活污水,由院内污水处理站统一处理;1 号加速器机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体,通过动力排风装置(通风量要求应不低于 1244m³/h)排入大气;工作人员产生的一般生活垃圾,收集后交由城市环卫部门处理,对周围环境影响较小。

六、辐射安全措施评价

淮安市第一人民 1 号加速器机房入口处拟设置“当心电离辐射”警示标识、工作状态灯和门机联锁装置,机房内外均设置有急停按钮及监控装置,操作室通过监视器与对讲机与治疗室联络,符合《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)的安全管理要求。

七、辐射安全管理评价

淮安市第一人民医院已设立辐射安全与环境保护管理机构,指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作,并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院已制定辐射安全管理制度,建议根据本报告的要求,对照《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》,增补相应内容,建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度,并在日常工作中落实。

淮安市第一人民医院已配备辐射巡测仪 1 台及个人剂量报警仪 2 台。医院需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计,定期送有资质部门监测个人剂量,建立个人剂量档案;定期进行健康体检,建立个人职业健康监护档案。

综上所述,淮安市第一人民医院改建 1 座医用直线加速器机房项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后,该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技

术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2、各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

4、医院取得本项目环评批复后，应及时申请辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过3个月。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	已满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：医用直线加速器机房四侧墙体及顶部采用混凝土进行辐射防护，防护门采用铅防护门。详见表10-1。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求。	50
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）：1号加速器机房设置门机联锁装置，并设置急停按钮、视频监控系统及对讲装置，防护门外设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员参加辐射安全与防护学习，考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	/
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立放射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪1台。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	/
	已配备个人剂量报警仪2台。		
辐射安全管理制度	制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。	/
总计	/	/	50

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

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