

核技术利用建设项目
医用直线加速器及 DSA 应用项目
环境影响报告表
(公示稿)

杭州英慈科谊医院有限公司

二〇二〇年四月

环境保护部监制

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.....	5
表 4	射线装置.....	6
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	7
表 6	评价依据.....	8
表 7	保护目标与评价标准.....	10
表 8	环境质量及辐射现状.....	11
表 9	项目工程分析与源项.....	20
表 10	辐射安全与防护.....	26
表 11	环境影响分析.....	29
表 12	辐射安全管理.....	45
表 13	结论与建议.....	50
表 14	审批.....	52

表 1 项目基本情况

建设项目名称	医用直线加速器及 DSA 应用项目				
建设单位	杭州英慈科谊医院有限公司				
法人代表	陈*	联系人	罗**	联系电话	1*****
注册地址	杭州市萧山区萧山经济技术开发区科技城区块平澜路 3185 号				
项目建设地点	萧山区萧山经济技术开发区科技城区块平澜路 3185 号 (QJ0504-09 区块)				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	1000	项目环保投资 (万元)	100	投资比例 (环保投资/总投资)	10%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input 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	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<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

萧政储出[2016]29 号地块位于杭州萧山科技城，宗地四至范围为东至 A22 路、西至抢险河、南至钱江二路、北至滨江一路。根据萧山科技城用地规划可知，其中 QJ0504-09 区块土地性质为医院用地，杭州科谊房地产开发有限公司拟对该地块进行开发，建设一个国际化医疗机构——杭州英慈科谊医院有限公司（与杭州英慈科谊医院为同一单位，以下称医院，详见附件 2）。医院规模：床位 226 个；主要建设内容：门诊（3 层）、医技楼（3 层，局部 4 层）、妇幼中心（5 层）、住院楼（10 层）等，地下室设置地下二层，主要功能为非机动车及机动车、放射肿瘤科（包括 2 间加速器机房，详见附图 5）、后勤用房、储藏、设备用房，6 级人员掩护用房等；主要经济技术指标为：用地面积 25670m²，总建筑面积 60439m²，其中地上建筑面积 38505m²，地下总建筑面积 22834m²，建筑占地面积 7698m²，建筑密度 29.97%，

容积率 1.5，绿地率 30.7%，机动车停车位 360 个。

杭州科谊房地产开发有限公司委托浙江省工业环保设计研究院有限公司编制了《杭州科谊房地产开发有限公司萧政储出【2016】29 号地块 QJ0504-09 区块项目环境影响报告表》，于 2019 年 6 月 25 日通过了杭州市萧山区环境保护局的环保审批，批复文号：萧环建[2019]196 号，见附件 3。医院目前正在筹建中。

1.2 建设目的和任务由来

因治疗与诊断的需要，建设单位拟在医院住院楼地下二层新增 2 台医用直线加速器（II 类射线装置）；在医技楼三层新增 2 台 DSA（II 类射线装置）。

对照中华人民共和国原环境保护部令第 44 号《建设项目环境影响评价分类管理名录》及生态环境部令第 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，本次评价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有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，建设单位于 2019 年 8 月 6 日正式委托浙江问鼎环境工程有限公司（证书编号：国环评证乙字 2053 号）对本项目进行辐射环境影响评价，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、监测、收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《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 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的辐射环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.3 评价目的

（1）对医院辐射工作场所拟建址及周围环境进行辐射环境本底水平检测，以掌握该拟建地的辐射环境背景水平；

（2）通过类比监测的方法进行环境影响评价，预测辐射项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据；

（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）提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目运行期辐射环境保护管理提供科学依据。

1.4 建设内容与规模

经与建设单位核实，本次辐射环评内容为：

- (1) 新增 2 台直线加速器（用途：诊疗），最大 X 射线能量 15MV，属于 II 类射线装置；
- (2) 新增 2 台 DSA（用途：诊疗），最大管电压 150kV，最大管电流 1250mA，属于 II 类射线装置。

1.5 项目选址和周边环境保护目标

1.5.1 医院地理位置

拟建医院位于杭州萧山科技城区块 QJ0504-09 区块（经度：120.33865，纬度：30.24264），本项目地块周边：东至支四路，隔路为规划文化设施用地；南至钱江二路，隔路为规划住宅用地；西至高新九路，隔路为规划商业用地；北接规划养老地块。其地理位置见附图 1，周围环境关系见附图 2。

1.5.2 本次环评辐射工作场所位置

本次评价的辐射设备所在的辐射工作场所分布情况如下：

(1) 拟建住院楼地下二层东北侧：直线加速器机房 2 间，所在楼层平面布局见附图 5。本项目 2 间直线加速器机房紧密相连，呈左右对称布置，相关机房东、西、北侧均为地下土层，南侧为控制室、直加设备间、模拟定位 CT 机房（该 CT 机及其他三类射线装置由建设单位另行备案，不在本次评价范围内）及各诊室，顶棚上为土层，土层上为医院绿化带和院内道路，楼下为地坪。

(2) 拟建医技楼三层中部：DSA 机房 2 间，所在楼层平面布局见附图 10。本项目 2 间 DSA 机房紧密相连，呈南北分布，其中 1#DSA 机房东侧为洁净通道，南侧紧邻 2#DSA 机房的导管室、污物暂存间，西侧为导管室和 1#DSA 机房设备间，北侧为设备间和控制间，楼下为牙科诊室，楼上无房间；2#DSA 机房位于医技楼三层南部，其东侧和南侧为污物通道，西侧为控制间和洁净通道，北侧为设备间、导管室和污物暂存间，楼下为候诊室，楼上为其他科室设备间。

1.5.3 相关规划及选址合理性分析

本项目为射线装置应用，其相关规划及选址合理性分析如下：

- 1、主体功能区规划、土地利用总体规划及城乡规划符合性

本项目位于杭州萧山科技城区块 QJ0504-09 区块拟建杭州英慈科谊医院有限公司内，用地性质为医疗卫生用地，杭州市规划局已出具规划设计条件通知书（杭规条萧字第（2016）152 号），因此，项目符合控制性详细规划的相关要求，符合当地土地利用规划的要求。

2、环境功能区划符合性

根据《杭州市萧山区环境功能区划》，本项目属于“萧山城区人居环境保障区（0109-IV-0-1）”，为人居环境保障区。本项目为射线装置应用项目，不属于所在环境功能区负面清单中禁止类建设项目，也不属于管控措施中禁止新建、扩建项目，符合杭州市环境功能区划要求。

3、产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域内的运用，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目，符合国家当前的产业政策；根据杭州市发展和改革委员会杭发改产业〔2019〕330 号《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引（2019 年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目，符合杭州市当前的产业政策；根据杭州市萧山区人民政府办公室《杭州市萧山区产业发展导向目录和空间布局指引（2014 年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目，符合杭州市萧山区当前的产业政策。

4、达标排放符合性分析

经辐射环境影响预测，本项目经营过程中产生的电离辐射，经采取定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，可以做到达标排放。

5、选址合理性分析

本项目评价范围 50m 内除北侧为规划养老地块，其余各侧主要为地下土层和各功能用房，无居民区和学校等环境敏感点（见附图 2）。同时本项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素，因此，本项目的选址是合理可行的。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

医院目前尚未实施过核技术利用建设项目，亦未申领过辐射安全许可证。

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
本项目不涉及								

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
本项目不涉及										

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	直线 加速器	II类	2台	待定	电子	X射线能量：15MV； 电子线能量：22MeV	X射线最大剂量率： 10Gy/min	诊疗	住院部地下二层 直线加速器机房	新增， 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
1	DSA	II类	2台	待定	150	1250	诊疗	医技楼三层 DSA 机房	新增，本次环评
本项目不涉及									

(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 (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	
本项目不涉及													

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

法律文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（2014 年修订）》，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行；</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 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2019 年修改）》，生态环境部令第 7 号，2019 年 8 月 22 日修改；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发（2006）145 号，原国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(10) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函（2016）430 号，原环境保护部办公厅，2016 年 3 月 7 日起施行；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，原环境保护部令第 44 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》，生态环境部 1 号令，2018 年 4 月 28 日起施行；</p> <p>(12) 《浙江省建设项目环境保护管理办法（2018 年修改）》，浙江省人民政府令第 364 号，2018 年 3 月 1 日起施行；</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 日起施行；</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，原浙江省环境保护厅，2015 年 10 月 23 日起施行；</p> <p>(15) 关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2019</p>
------	--

	<p>年本)》的通知,浙环发[2019] 22号,浙江省生态环境厅,2019年12月20日起施行;</p> <p>(16)《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》浙环函[2019] 248号 浙江省生态环境厅、浙江省卫生健康委员会,2019年7月18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日实施;</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002),2003年4月1日实施;</p> <p>(3)《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011),2012年6月1日实施;</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/T 201.2-2011),2012年6月1日实施;</p> <p>(5)《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013),2014年5月1日实施;</p> <p>(6)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001),2001年8月1日实施;</p> <p>(7)《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993),1994年4月1日实施;</p> <p>(8)《环境空气质量标准》(GB3095-2012),2016年1月1日实施。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 环评委托书,见附件1;</p> <p>(2) 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 10.1-2016）的规定：“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。放射源和射线装置的评价范围，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）”，结合本项目的辐射污染特点（II 类射线装置），确定本项目的评价范围为加速器和 DSA 机房的实体边界外 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，本项目 2 间加速器机房边界及 2 间 DSA 机房外 50m 评价范围内无学校、幼儿园、居民区等环境敏感目标。本项目主要环境保护目标为机房辐射工作人员、机房附近的非辐射工作人员及工作场所内外的普通公众人员。为保障工作人员和周围公众的安全，须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。详见表 7-1。

表 7-1 项目环评范围内环境保护目标一览表

序号	照射类型	环境保护目标	规模	方位	最近距离	年剂量约束值
1	职业	医院辐射工作人员	约 20 人	辐射工作场所	/	5mSv
3	公众	加速器和 DSA 机房周边及上下层其他医院工作人员	约 30 人	加速器和 DSA 机房周边及上下层	30cm	0.25mSv
4	公众	加速器和 DSA 机房周边及上下层的普通公众	流动	加速器和 DSA 机房周边及上下层	30cm	0.25mSv

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值。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 作为年剂量管理约束值。

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 作为年剂量管理约束值。

7.3.2 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）

本部分适用于 30MeV 以下的加速器放射治疗机房。

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

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

$H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$):

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

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

7.3.3 《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。

6.1 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 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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

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 45m^2 。

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。

7.3.4 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）

本标准适用于医用诊断放射学、牙科放射学和介入放射学实践。模拟定位设备参照本标准执行。

5.1 X 射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护

与安全。

5.2 每台 X 射线机（不含移动式 and 携带式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-5 要求。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5

5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 7-6 要求。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
介入 X 射线设备机房	2	2

b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。

c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

d) 带有自屏蔽防护或距 X 射线设备表面 1m 处辐射剂量水平不大于 2.5μGy/h 时，可不使用带有屏蔽防护的机房。

5.5 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

5.6 机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

5.7 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

5.8 患者和受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

5.9 根据工作内容现场应配备不少于表 7-4 基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅防护衣；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.25mmPb；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.5mmPb。

表 7-7 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

场所类型	工作人员		患者和受检者
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品
1#、2#DSA 机房	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、 铅橡胶帽子、铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、 床侧防护帘、床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形） 或方巾、铅橡胶颈套、铅橡 胶帽子、阴影屏蔽器具

表 8 环境质量及辐射现状

8.1 环境现状评价对象

拟建项目区域及周边环境

8.2 监测因子

X- γ 辐射剂量率、中子

8.3 监测点位

根据《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/T 61-2001）等要求，结合现场条件，对本项目 2 间直线加速器预留机房处和 2 间 DSA 预留机房处进行监测布点，共布设 12 个监测点位，布点情况见图 8-1 和图 8-2，监测报告见附件 8。

8.4 监测方案

- (1) 监测单位：浙江鼎清环境检测技术有限公司
- (2) 监测时间：2019 年 8 月 6 日、2020 年 4 月 10 日
- (3) 监测方式：现场检测
- (4) 监测依据：《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-1993）等
- (5) 监测频次：依据 GB/T 14583-1993 标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境本底
- (7) 天气环境条件：详见附件 8
- (8) 监测仪器

表 8-1 监测仪器的参数与规范（便携式多功能射线检测仪）

仪器型号	BG9512（内置探头：BG9512；外置探头：BG7030）
生产厂家	贝谷科技股份有限公司
仪器编号	DQ2015-XJ37
能量范围	内置探头：50keV~1.3MeV $\leq\pm 30\%$ （相对于 ^{137}Cs 661keV）；外置探头：25KeV~3MeV $\leq\pm 30\%$ （相对于 ^{137}Cs 661keV）；
量程	内置探头：0.05 $\mu\text{Sv/h}$ -30mSv/h，外置探头：30nGy/h-200 $\mu\text{Gy/h}$
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书	2018H21-20-1565849001
检定有效期	2018 年 8 月 28 日~2019 年 8 月 27 日

表 8-2 监测仪器的参数与规范（中子伽马巡测仪）

仪器型号	NG3010
生产厂家	上海新漫传感技术研究发展有限公司
仪器编号	SG2012-XJ17
探测范围	中子计数率：1~999CPS 伽马计数率：1~9999CPS 中子剂量率：1μSv/h~2mSv/h 伽马剂量率：0.01μSv/h~100nSv/h
出厂编号	01611030
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书	2019H21-10-2039561001
检定有效期	2019年9月19日~2020年9月18日

8.5 质量保证措施

- (1) 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，同时满足标准要求。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

8.6 监测结果及评价

监测结果见表8-3和8-4。

表 8-3 辐射工作场所 X-γ环境辐射剂量率背景水平检测结果

拟建辐射场所名称	检测点位编号	监测点位置	辐射剂量率 (nGy/h)	
			平均值	标准偏差
DSA 工作场所	★1	拟建 1#DSA 机房北侧	76	1
	★2	拟建 1#DSA 机房西侧	73	1
	★3	拟建 2#DSA 机房西侧	81	2
	★4	拟建 2#DSA 机房南侧	67	1
	★5	拟建 2#DSA 机房东侧	73	1
	★6	拟建 1#DSA 机房东侧	72	2
	★7	拟建 1#DSA 机房中部	76	1
	★8	拟建 2#DSA 机房中部	71	1
直线加速器 工作场所	▲1	拟建 1#直线加速器机房南侧	71	2
	▲2	拟建 2#直线加速器机房南侧	63	2
	▲3	拟建 1#直线加速器机房中部	76	1
	▲4	拟建 2#直线加速器机房中部	71	1

备注：1、上表所列检测值均未扣除宇宙射线响应；

2、检测点位见图 8-1 和图 8-2。

表 8-4 辐射工作场所中子辐射剂量当量率背景监测结果

拟建辐射场所名称	检测点位编号	监测点位置	辐射剂量当量率 (μSv/h)
直线加速器 工作场所	▲1	拟建 1#直线加速器机房南侧	<LLD
	▲2	拟建 2#直线加速器机房南侧	<LLD
	▲3	拟建 1#直线加速器机房中部	<LLD
	▲4	拟建 2#直线加速器机房中部	<LLD

备注：1、上表所列检测值均未扣除宇宙射线响应；

2、检测点位见图 8-2。

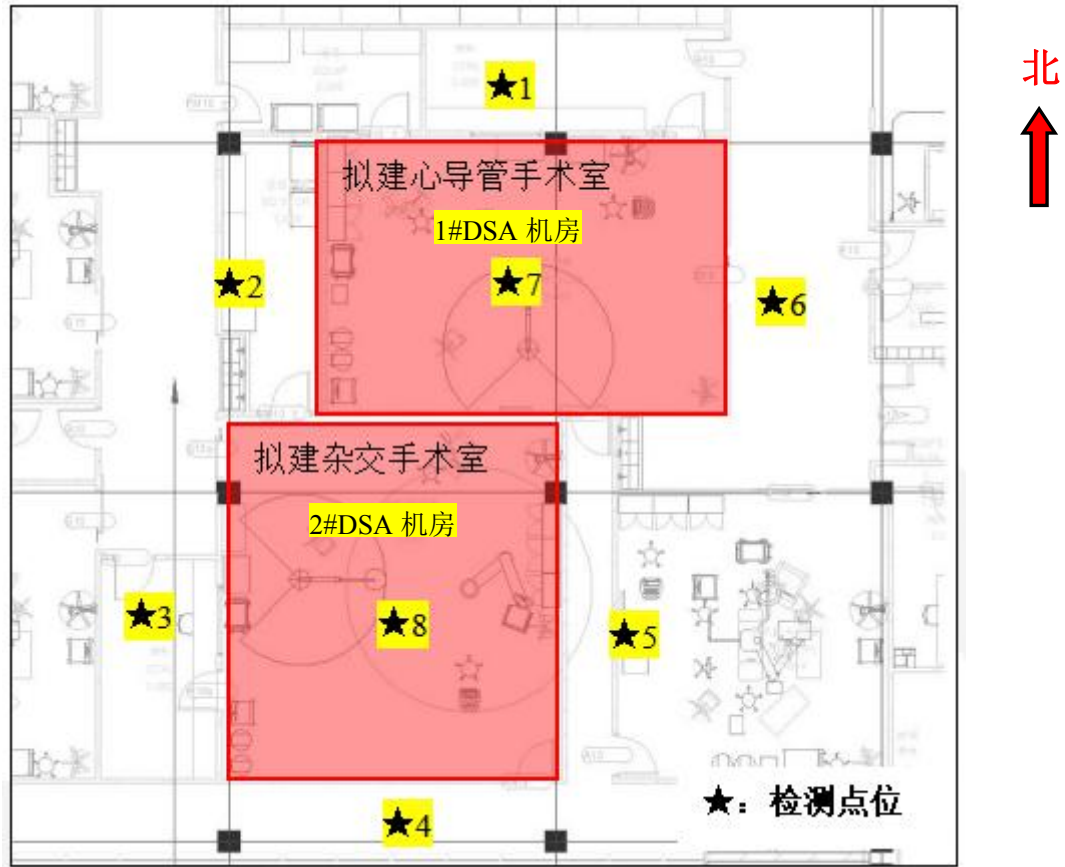


图8-1 DSA工作场所检测点位图

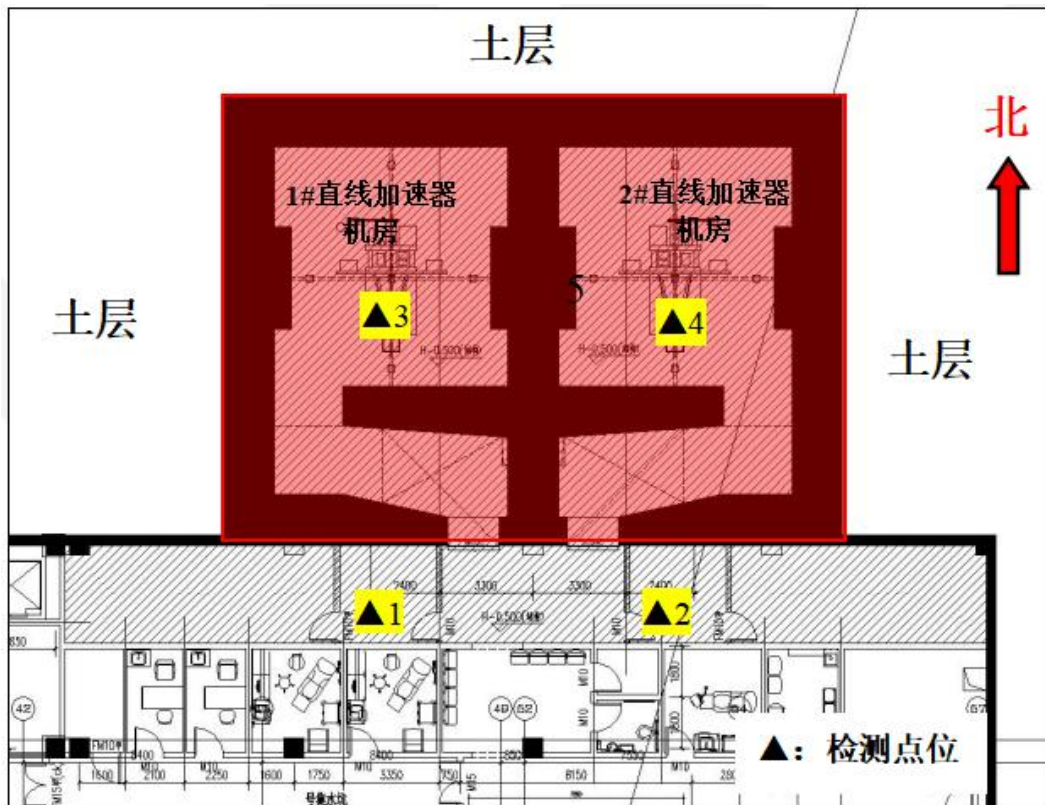


图 8-2 直线加速器工作场所检测点位图

由表8-3和8-4的监测结果可知：本项目拟建址的辐射剂量率在63~81nGy/h之间，由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，杭州市区室内的辐射剂量率在56.0~443.0nGy/h之间，可见本项目相关辐射工作场所拟建址的辐射剂量率处于一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工艺设备和工艺分析

9.1.1 医用直线加速器

1、工作原理

医用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。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即X射线，其最大能量为电子束的最大能量。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用X射线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。

2、设备组成

医用电子直线加速器通常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。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，通过2cm左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能X线，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的目的。

医院典型医用直线加速器见图9-1，直线加速器内部结构见图9-2。

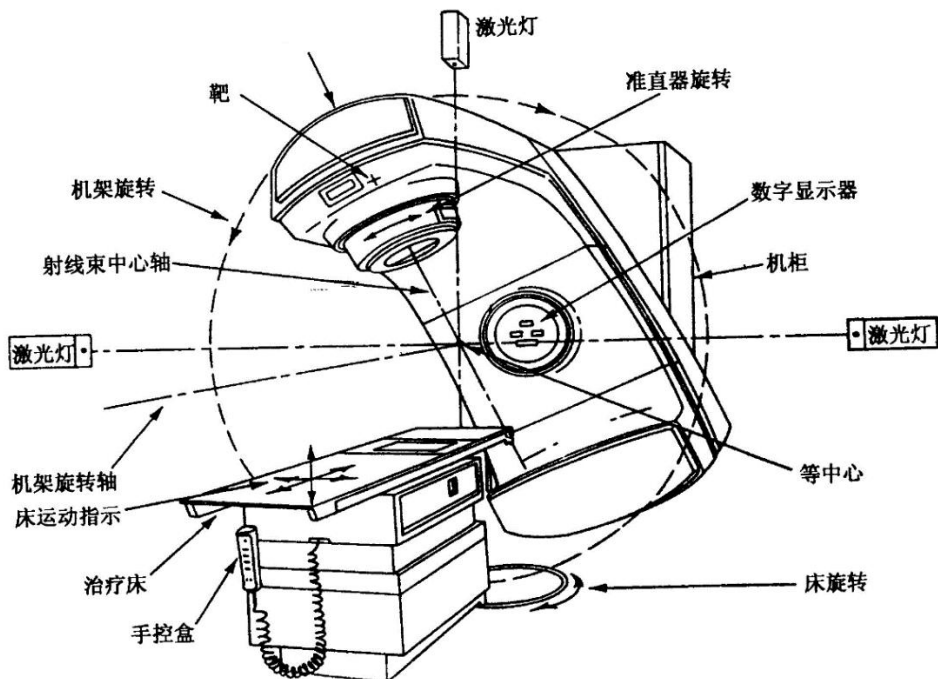


图9-1 医院典型医用直线加速器

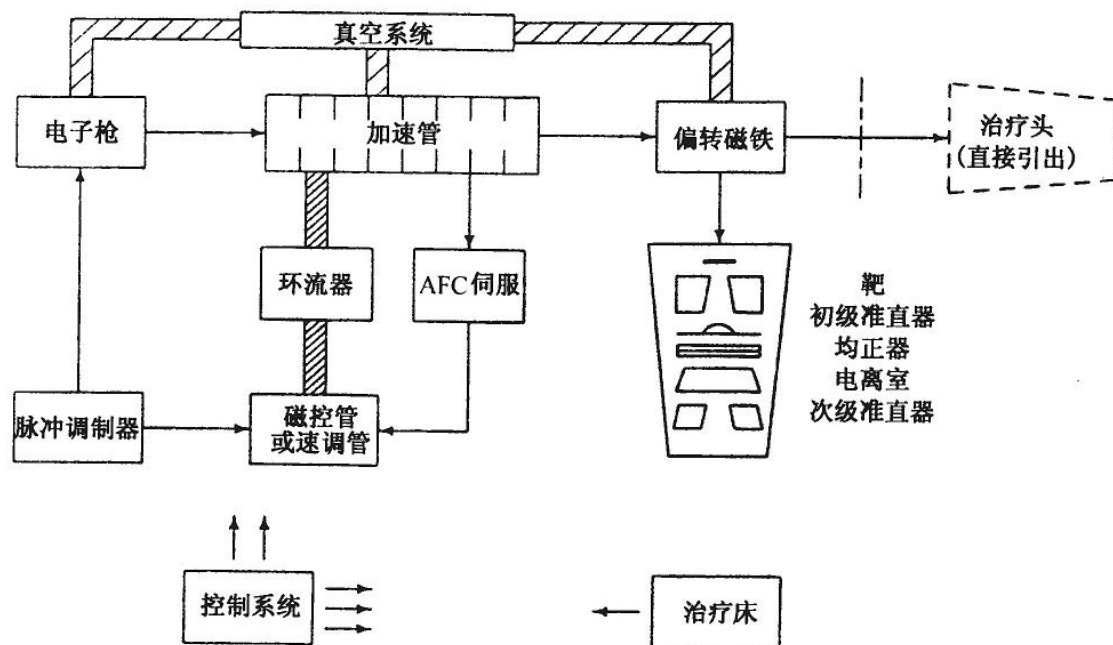


图9-2 典型医用直线加速器内部结构框图

3、操作流程

a、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。

b、制订治疗计划。根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

c、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。

d、开机治疗。

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。

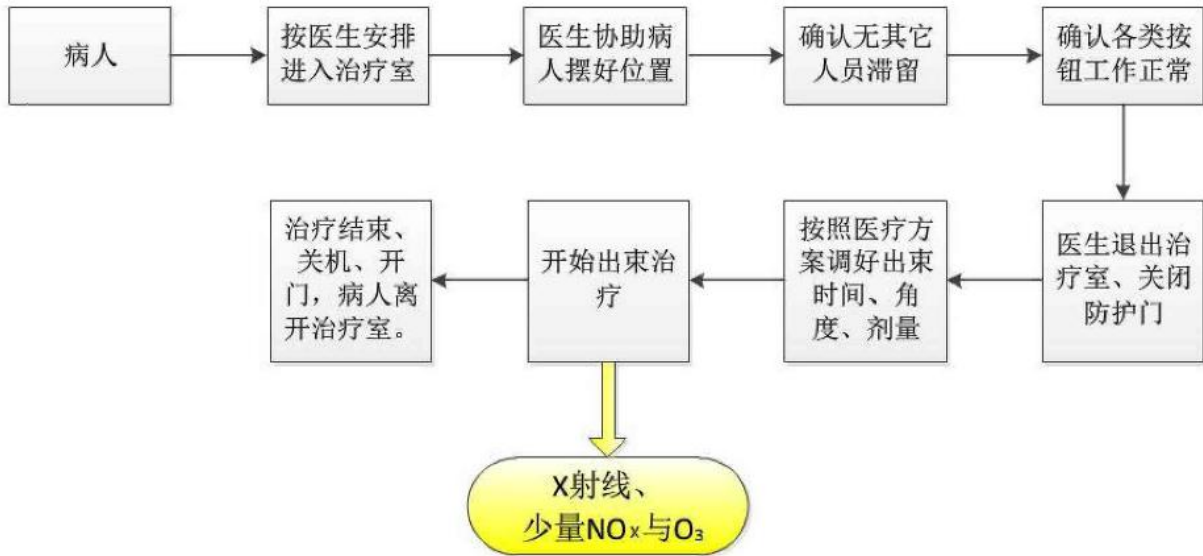


图 9-3 典型医用直线加速器工作流程及产污环节图

污染源项描述：

(1) 电子束

电子直线加速器在运行时，电子枪产生大量的电子，电子被加速后聚焦为一股束流。电子束虽然占据的体积小，但是能量非常集中。电子束的贯穿能力相当于X射线比较弱，加速器四周的混凝土墙可将其完全屏蔽。

(2) X射线

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线。这种 X 射线随机器的开、关而产生和消失。

(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“6.1.5 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”，本项目拟建的医用直线加速器能量为 15MV，需考虑中子辐射防护。

(4) 有害气体

在开机期间X射线与空气作用将产生臭氧、氮氧化物等有害气体。

因此，本项目直线加速器在开机期间X射线为主要污染因子，其次为臭氧、氮氧化物。

(5) 感生放射性

当治疗过程中用的X射线的能量超过（ γ , n）反应的阈能量时，中子活化作用使治疗室空气中产生¹¹C、¹³N、¹⁵O等放射性气体。其衰变过程中产生正电子，即 β^+ 射线， β^+ 射线在空

气中的射程只有几米。放射性气体产额很低，半衰期较短，通过合理的通风系统可使其浓度降低。

9.1.2 DSA

1、工作原理

DSA是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全；节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影X射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

2、设备组成

DSA主要组成部分：带有影像增强器电视系统的X射线诊断机、高压注射器、电子计算机图象处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机、多幅照相机。

3、操作流程

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在X线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留X线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

DSA在进行曝光时分为两种情况：

①第一种情况，操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

②第二种情况，医生需进行手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅屏风后并身着铅服、戴铅眼镜等防护用品，在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

DSA治疗流程及产污环节示意图见图9-4。

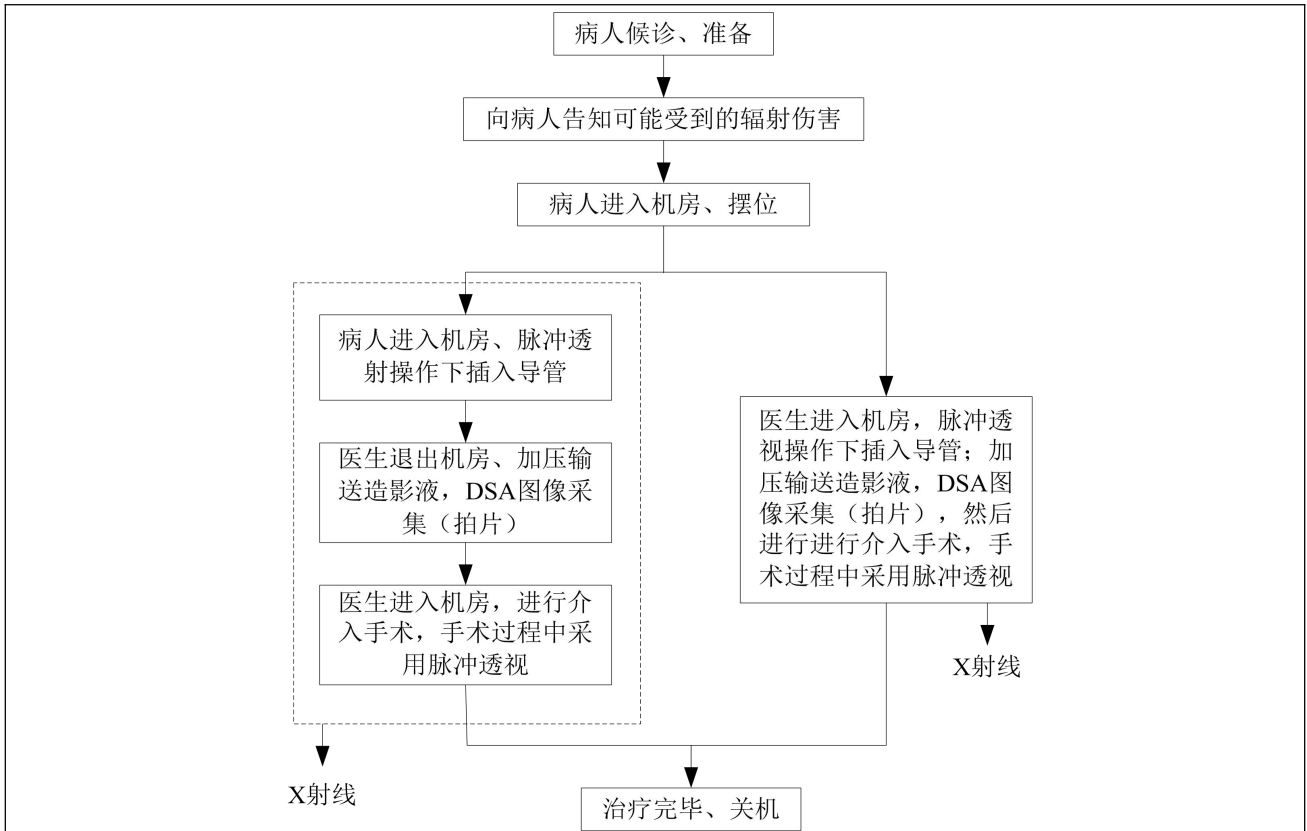


图 9-4 DSA 治疗流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 直线加速器

(1) 电子束

电子直线加速器在运行时，电子枪产生大量的电子，电子被加速后聚焦为一股束流。电子束虽然占据的体积小，但是能量非常集中。电子束的贯穿能力相当于 X 射线比较弱，加速器四周的混凝土墙可将其完全屏蔽。

(2) X射线

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线。这种 X 射线随机器的开、关而产生和消失。

(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“6.1.5 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”，本项目拟建的医用直线加速器能量为 15MV，需考虑中子辐射。

(4) 有害气体

在开机期间X射线与空气作用将产生臭氧、氮氧化物等有害气体。

因此，本项目直线加速器在开机期间X射线为主要污染因子，其次为臭氧、氮氧化物。

(5) 感生放射性

当治疗过程中用的X射线的能量超过 (γ, n) 反应的阈能量时，中子活化作用使治疗室空气中产生 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 等放射性气体。其衰变过程中产生正电子，即 β^+ 射线， β^+ 射线在空气中的射程只有几米。放射性气体产额很低，半衰期较短，通过合理的通风系统可使其浓度降低。

9.2.2 DSA

DSA的X射线诊断机曝光时产生X射线。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

因此，DSA在开机状态下，产生的污染因子有主要是X射线。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

为减少辐射危害，以及避免辐射事故的发生，医院针对不同的辐射源拟采取相应的辐射安全防护设施。

10.1.1 辐射工作场所布局

1、直线加速器

本项目拟建的 2 间直线加速器机房并列呈左右对称布置，位于医院住院部地下二层东北角（为方便描述，以下称左侧机房为 1#直线加速器机房，右侧机房为 2#直线加速器机房），治疗机房与其他辅助设施分离，迷道位于机房的南部，有用束照射方向为东、西方向。机房的东、西、北侧均为地下土层，南侧为控制室、直加设备间、模拟定位 CT 机房及各诊室，顶棚上为土层，土层上为医院绿化带和院内道路，楼下为地坪，无地下层。

平面布局见附图 6。

2、DSA

本项目拟建 2 间 DSA 机房紧密相连，呈南北分布，其中 1#DSA 机房东侧为洁净通道，南侧紧邻 2#DSA 机房的导管室、污物暂存间，西侧为导管室和 1#DSA 机房设备间，北侧为设备间和控制间，楼下为牙科诊室，楼上无房间；2#DSA 机房位于医技楼三层南部，其东侧和南侧为污物通道，西侧为控制间和洁净通道，北侧为设备间、导管室和污物暂存间，楼下为候诊室，楼上为其他科室设备间。

平面布局见附图 11。

10.1.2 分区管理

1、分区依据和原则

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》（GB 18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

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。在控制区的进出口及其他适当位置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：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。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。

2、项目区域划分

结合辐射防护和环境情况特点，本项目直线加速器和DSA工作场所的控制区和监督区划分如下。

表10-1 本项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
直线加速器	直线加速器机房治疗室	直线加速器机房控制室、直加设备间及机房防护门外 1m
DSA	DSA机房	DSA机房控制室、设备间、导管室、污物暂存间、污物通道、洁净通道及缓冲间等

电离辐射标志和电离辐射警告标志如图 10-1 所示：

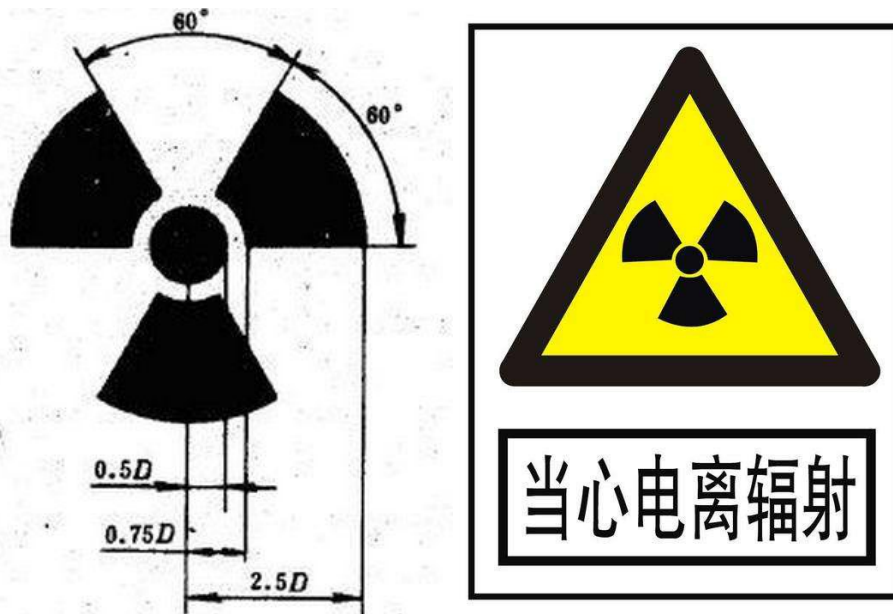


图10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

10.1.3 辐射工作场所屏蔽设计

1、直线加速器

本项目 2 间直线加速器有用束照射方向均为东、西方向，2 间机房呈左右对称布置，机房治疗室净面积均约 63.48m²，治疗室内部净高均为 4.2m，设计采用密度 2.35t/m³ 的混凝土浇筑。加速器机房屏蔽防护措施详见表 10-2。

表10-2 直线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
		拟建 1#加速器机房	拟建 2#加速器机房		
屏蔽材料及厚度	有效使用面积	约 63.48m ²	约 63.48m ²	45	符合
	东侧主屏蔽墙	3000mm 普通混凝土 (与 2#加速器机房共用)	3000mm 普通混凝土	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,其余墙体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;加速器迷道门处、操作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
	东侧次屏蔽墙	1800mm 普通混凝土 (与 2#加速器机房共用)	1800mm 普通混凝土		
	迷道外墙(南侧)	1000~1800mm 普通混凝土	1000~1800mm 普通混凝土		
	西侧主屏蔽墙	3000mm 普通混凝土 (与 1#加速器机房共用)	3000mm 普通混凝土 (与 1#加速器机房共用)		
	西侧次屏蔽墙	1800mm 普通混凝土 (与 1#加速器机房共用)	1800mm 普通混凝土 (与 1#加速器机房共用)		
	北侧墙体	1800mm 普通混凝土	1800mm 普通混凝土		
	迷道内墙(南侧)	1400~1800mm 普通混凝土	1400~1800mm 普通混凝土		
	顶棚次屏蔽墙	1800mm 普通混凝土	1800mm 普通混凝土		
	顶棚主屏蔽墙	3000mm 普通混凝土	3000mm 普通混凝土		
	迷道外防护门	20mm 铅板+100mm5%含硼聚乙烯	20mm 铅板+100mm5%含硼聚乙烯		
	地坪	800mm 普通混凝土	800mm 普通混凝土		
警示标志	联锁装置	已设置	已设置		
	工作状态指示灯	已设置	已设置		
	电离辐射警告标志	已设置	已设置		
	控制室设置照射监控系统	已设置	已设置		
通风	新风口	1 个	1 个	治疗室通风换气数不低于 4 次/h	符合
	排风口	1 个	1 个		
	风量及换气次数	风量为 4000m ³ /h, 换气次数约 10 次/h	风量为 4000m ³ /h, 换气次数约 10 次/h		

备注: 1、1#直线加速器机房东墙与 2#直线加速器机房西墙共用;
2、混凝土密度≥2.79g/mm³。

2、DSA

表 10-3 DSA 机房屏蔽设计情况

机房名称	机房位置	分类	机房有效使用面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	辐射屏蔽材料及厚度						符合性
					四侧墙体	顶棚	地坪	工作人员防护门	受检者防护门	观察窗	
1#DSA 机房	医技楼三层中部	设计值	68.54	6.76	24cm 实心砖+3mmpb 重混涂料	15cm 砼+3mmpb 重混涂料	15cm 砼+3mmpb 重混涂料	4mmpb 铅当量	4mmpb 铅当量	4mmpb 铅当量	符合
		折算值	—	—	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	
		标准	30	4.5	2	2	2	2	2	2	
2#DSA 机房	医技楼三层南部	设计值	55.96	6.63	24cm 实心砖+3mmpb 重混涂料	15cm 砼+3mmpb 重混涂料	15cm 砼+3mmpb 重混涂料	4mmpb 铅当量	4mmpb 铅当量	4mmpb 铅当量	符合
		折算值	—	—	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	
		标准	30	4.5	2	2	2	2	2	2	

注：重混涂料为重晶石防辐射混凝土涂料（密度 $\geq 2.79\text{g/mm}^3$ ，15mm 为 1mmpb；铅玻璃密度 $\geq 4.68\text{g/cm}^3$ ；铅板密度 $\geq 11.3\text{g/cm}^3$ ；实心砖密度 $\geq 1.65\text{g/cm}^3$ 。）

10.1.4 污染防治措施

10.1.4.1 直线加速器应采取的污染防治措施

- 1、穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果；
- 2、治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备；
- 3、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；
- 4、相关位置（例如治疗室人口处上方等）立安装醒目的射指示灯及辐射标志；
- 5、治疗室通风换气次数应不小于4次/h，排风出口应高出本建筑物至少1m；
- 6、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；
- 7、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；
- 8、控制台上仅有授权人专用的钥匙，只有经过授权的医务人员才能使用钥匙开关开启控制台；
- 9、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；
- 10、治疗室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；
- 11、为了降低感生放射性对人员的影响，应该关机后半小时再进行下一位的治疗；
- 12、人员安全防护：应购置铅衣、铅手套、铅眼镜、铅围脖、铅帘等防护用品，配置个人剂量报警仪、便携式中子剂量测量仪、便携式X- γ 辐射巡测仪、固定式辐射剂量监测仪（安装于电子直线加速器机房）等监测仪器；
- 13、个人剂量监测：辐射工作人员均应配有 γ 和中子个人剂量计，在上班期间必须佩戴。医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，建立个人剂量档案，并建立个人职业健康监护档案，检测结果存入个人剂量档案；
- 14、人员培训：要求相关放射工作人员必须取得相应的培训检测资质证，进行放射防护知识培训及考核，持证上岗。上岗后，医院应按组织其定期进行职业健康体检，建立个人健康档案。定期组织放射工作人员的再培训，以保证放射工作人员达到所需要的水平；
- 15、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；
- 16、每间控制室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等；
- 17、机房顶棚为绿化带和院内道路，建议设置警示牌，告诫行人勿长时间停留；机房受

检者出入口门外应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近；

18、在各机房墙体合适位置和防护门上张贴电离辐射警示标识，在控制区墙体合适位置张贴警示标识；

19、建立清场巡更系统。

10.1.4.2 DSA应采取的污染防治措施

1、各机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。在控制室与治疗室之间应设观察窗（或监视器）与对讲机；

2、各机房应设置醒目的工作指示灯，机房门均有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动；

5、各机房门外应张贴电离辐射或电磁辐射警告标志及其中文警示说明；

6、控制室应张贴相应的操作规程；

7、各机房出入口门外1m处应设置警戒线，告诫无关人员请勿靠近；

8、应对每位辐射工作人员配备个人剂量计；

9、医院应每日对门外工作状态指示灯、机房门的闭门装置进行检查，对其余防护设施应进行定期检查；

10、各机房电缆敷设时应采用U形电缆管；

11、应设有专用的DSA候诊区，不应在机房内候诊；

12、应为DSA机房工作场所的工作人员、患者和受检者配置的个人防护用品和辅助防护设施，须全部新购，其防护用品的种类、数量、防护厚度须按照《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的要求执行。DSA机房需配备相应的防护用品见表10-4：

表 10-4 拟新增 DSA 设备应配备的辐射防护用品一览表

场所类型	工作人员		患者和受检者
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品
1#、2#DSA 机房	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、 铅橡胶帽子、铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、 床侧防护帘、床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形） 或方巾、铅橡胶颈套、铅橡 胶帽子、阴影屏蔽器具

10.2 三废的治理

10.2.1 直线加速器

1、医用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 2 间直线加速器机房拟各设 1 套机械排风系统，要求排风量不小于 4000m³/h，采用“上送、下排”的通风方式，其排风方案如下：

①每间机房均设置进风管道和排风管道，进风管道从相应新风机房引出，从迷道外侧墙体上方以 45°穿进入机房，沿着迷道走向到达机房内治疗室，进风和排风预留口为 470mm（宽）*550mm（高）。在进风口和排风口设计上，应尽量减少穿过墙的面积，为了使有人的区域尽量少受辐射，风口布置得越高越好。在防护上应考虑由于进风口和排风口引起的水泥墙体的减弱，作适当的补偿。

②每间机房拟设 4 个抽风口，设计尺寸 400mm×160mm，分别位于机房治疗室四个角落；2 个送风口，设计尺寸 400mm×320mm，分别位于机房迷道内侧顶部的东西两端。送风口布排在装饰天花板上合适位置；抽风口布置在治疗室内远离迷路处，由于臭氧等比重大，抽风口设在距离地面约 300mm 位置，再沿墙体内壁向上接近顶板处，沿迷道走向从迷道外侧墙体上方以 45°穿出机房通往室外。根据《电子加速器放射治疗防护要求》（GBZ126-2011），加速器治疗室的通风换气次数应不小于 4 次/小时，本项目设计采用机械通风换气，设计换气次数约为 10 次/小时。

③洞口加装防鼠金属网，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 10μm 的粒子。

由于臭氧产生量小、且臭氧半衰期为 22-25 分钟，常温下可自行分解为氧气，故本项目加速器运行时产生的废气对大气造成影响较小。建议风口和通风管均应采用铅皮防护，确保满足防护要求。

2、放射性气体：感生放射性核素在空气中射程只有几米，且放射性气体产额很低，半衰期较短。由于放射性气体的半衰期短，且通过机房足够的通风，工作人员适当延缓进入治疗室，可以明显降低感生放射性的影响。

加速器治疗室通风设计方案图见附图 8。

10.2.2 DSA

本项目的 DSA 装置使用过程中不产生放射性废水、废气，整个过程亦无放射性固体废物产生。DSA 在开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧和氮氧化物。DSA 机房内部设有动力排风装置，排风系统按照标准手术间设计，废气可及时排出室外并得到充分稀释扩散，臭氧在常温下可自行分解成氧气，对环境影响较小。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工阶段

建设单位已委托浙江省工业环保设计研究院有限公司编制了《杭州科谊房地产开发有限公司萧政储出【2016】29号地块 QJ0504-09 区块项目环境影响报告表》，于 2019 年 6 月 25 日通过了杭州市萧山区环境保护局的环保审批，批复文号：萧环建[2019]196号，见附件 4。有关主体工程施工期环境影响内容详见《杭州科谊房地产开发有限公司萧政储出【2016】29号地块 QJ0504-09 区块项目环境影响报告表》有关章节，本环评不再评价。

11.1.2 设备安装调试阶段

本环评要求设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目采用类比监测的评价方法预测直线加速器工作场所运行后产生的辐射环境影响。

11.2.1 直线加速器

1、类别对象的选取：

本次评价选取瑞安市人民医院本部医院目前已投入运行15MV直线加速器机房作为类比对象，对其运行时产生的辐射环境影响水平进行监测，模拟类比分析本项目拟新增直线加速器机房投入运行后对周围环境产生的影响。

（数据来源：来源于浙江省辐射环境监测站编制的《瑞安市人民医院医用电子加速器建设项目竣工环境保护验收监测表》，详见附件9）

2、类比可比性分析

表11-1 设备技术参数对比一览表

序号	本项目设备规格		类比对象设备规格	
	设备	技术参数	设备	技术参数
1	拟新增直线加速器（1#和2#直线加速器机房）	15MV、22MeV	运行中直线加速器（瑞安市人民医院本部医院直线加速器机房）	15MV、22MeV

表11-2 本项目及类比对象机房屏蔽防护参数一览表

项目	本项目 15MV 直线加速器	类比对象瑞安市人民医院本部医院 现有 15MV 直线加速器（设计防护， 最终防护见本表下方注明）	
机房地理位置	医院住院部地下二层东北角，东、西、 北侧及顶棚上均为土层	/	
主射束方向	东西向	南北向	
防护设施	迷道	1400mm~1800mm 标准混凝土	1200mm 标准混凝土
	防护墙	1、东、西侧主防护墙：3000mm 标准混凝土； 2、东、西侧副防护墙 1800mm 标准混凝土； 3、南侧为迷道外墙，1000mm~1800mm 标准混凝土、北侧副防护墙厚度为 1800mm 混凝土。	1、东、西侧主防护墙：2800mm 标准混凝土； 2、东侧副防护墙 1600mm 标准混凝土，西侧副防护墙 1200mm 标准混凝土； 3、南、北侧副防护墙厚度均为 1500mm 混凝土。
	顶棚	顶棚为 1800mm 标准混凝土，加速器正对房顶为 3000mm 标准混凝土	顶棚为 1600mm 标准混凝土，加速器正对房顶为 2800mm 标准混凝土
	防护门	20mm 铅板+100mm5%含硼聚乙烯	18mm 铅板+石蜡（含硼）

注：类比项目竣工验收时候的最终防护如下：主射束方向由东西改为南北，根据浙江省技术咨询中心的辐射防护评估，将加速器机房南墙外侧主防护墙加厚 250mm 标准混凝土，在加速器机房北侧外墙而主防护相应部位敷衬 30mm 厚铅板和厚 120mm 的实砌黏土砖墙，在顶盖上方主防护屏蔽体相应部分加厚 350mm 的标准混凝土。

由表11-1和表11-2可知：本项目拟建的直线加速器和类比项目技术参数相当，且防护水平略高于类比项目，具有很好的类比性，故可用瑞安市人民医院现有的15MV直线加速器运行情况来说明本项目建成后对周围环境的辐射影响。

3、类比监测

类比结果见表 11-3 和表 11-4，类比监测点位图见图 11-1 和图 11-2。

表 11-3 类比直线加速器机房周围 X-γ 辐射剂量率监测结果

序号	检测点位	辐射剂量率 (nGy/h)			
		设备停机状态		设备运行状态	
		平均	标准差	平均	标准差
1	治疗控制室北部 (15MV的X射线)	114	3	132	6
	治疗控制室北部 (6MV的X射线)			112	4
2	治疗控制室东部 (15MV的X射线)	86	2	136	3
	治疗控制室东部 (6MV的X射线)			94	2
3	治疗控制室中央 (15MV的X射线)	118	4	145	2
	治疗控制室中央 (6MV的X射线)			118	5
4	泵房 (15MV的X射线)	106	4	117	4
5	电气辅房 (15MV的X射线)	119	5	137	3
6	治疗控制室门口 (15MV的X射线)	127	3	191	11
7	治疗室门口 (15MV的X射线)	82	2	686	30
	治疗室门口 (6MV的X射线)			80	1
8	治疗室北边走廊 (15MV的X射线)	91	4	250	5
9	治疗室南边 (15MV的X射线)	117	4	137	3
10	治疗室东边制氧房 (15MV的X射线)	85	1	105	4
11 (1)	治疗室顶层废品库 (15MV的X射线)	114	3	129	2
11 (2)	治疗室距设备表面1m处	775	62	—	—

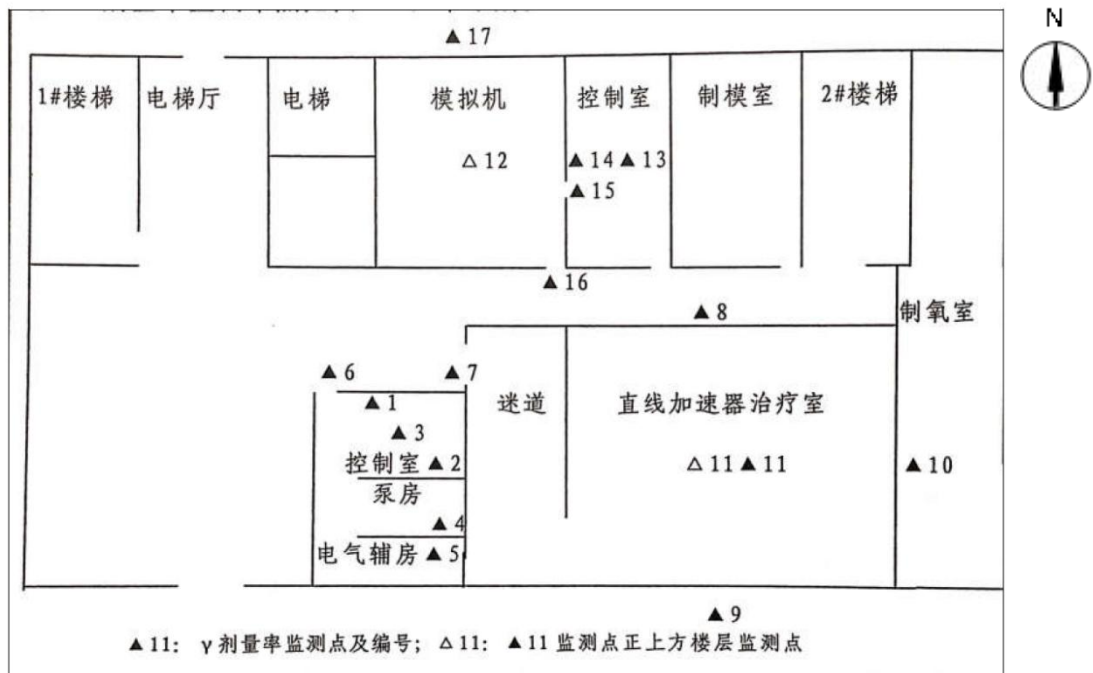
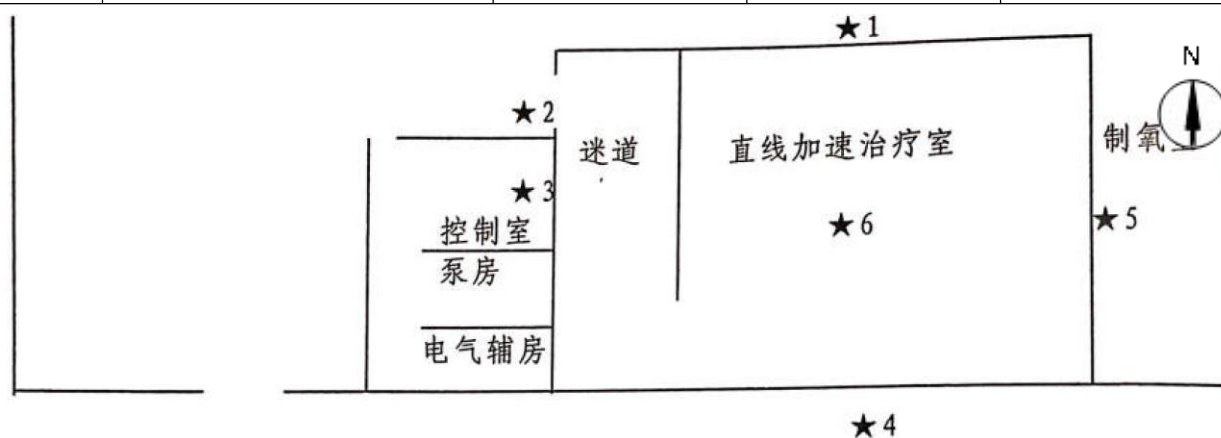


图 11-1 类比直线加速器机房监测点位图

表11-4 类比项目中子辐射剂量当量率监测结果表

序号	检测点位置	关机	剂量当量率 (μSv/h)	
			开机	
			6MV的X射线	15MV的X射线
1	直线加速器治疗室北边走廊	<LLD	<LLD	0.1
2	直线加速器治疗室门口	<LLD	<LLD	0.9
3	直线加速器控制室	<LLD	<LLD	0.1
4	直线加速器治疗室南边	<LLD	<LLD	0.1
5	直线加速器治疗室东边	<LLD	<LLD	0.1
6	直线加速器治疗室顶楼内	<LLD	<LLD	0.1



★4: 中子剂量当量率监测点及编号

图 11-2 类比项目中子辐射剂量当量率监测布点示意图

根据表11-3的监测结果可知, 瑞安市人民医院现有15MV直线加速器在常规运行工况(发射6MV的X射线)下, 监测点位X射线剂量率与关机时监测结果比较, 在仪器正常涨落水平范围内, 未见升高; 在15MV工况下, 除治疗室门口X射线剂量率明显升高外, 其他监测点X射线剂量率与关机时的监测结果比较, 未有明显变化, 各关注点处辐射剂量率均满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)的相关要求, 即“在加速器迷宫口处、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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”, 符合屏蔽要求。机房周围环境及工作人员操作位的X- γ 辐射剂量率未见明显异常(杭州市区的 γ 辐射剂量率在 $56.0 \sim 443.0 \text{nGy/h}$ 之间), 且开机工作时, 辐射工作人员均位于操作位, 故辐射工作人员和公众成员均不会受到额外的辐射照射。

治疗室距设备表面1m处辐射剂量率为 775nGy/h , 满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)中“感生放射性的周围剂量当量率在离外壳表面1m处不得超过 $20 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

由表11-4的监测结果可知, 各监测点位中子剂量当量率在直线加速器常规运行工程工况

(发射6MV的X射线)下,与关机时监测结果比较未见升高;在15MV工况下,符合周围剂量当量率控制要求(2.5μSv/h)。

因此,由瑞安市人民医院现有15MV直线加速器的竣工验收监测结果可知,本项目直线加速器治疗室的屏蔽防护设计能够满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)的要求。

4、人员所受辐照剂量估算

①计算公式: X射线和中子产生的外照射人均年有效剂量当量按式(11-1)计算:

$$H = 0.7 \cdot D_r \cdot T \cdot t \cdot U \dots \dots \dots \text{(式 11 - 1)}$$

其中: 0.7: 转换系数;

H: 年有效剂量当量, μSv/a;

D_r: 空气吸收剂量率, μGy/h;

t: 年受照时间, h/a;

T: 居留因子;

U: 使用因子, 本项目取 1。

②根据医院提供的工作负荷:

- a) 每台直线加速器检查患者人数为 50 人次/天;
- b) 曝光时长时间为 1.5min/人;
- c) 全年工作 250 个工作日(5 天/周, 50 周/年);

偏安全考虑,均按 15MV X 射线估算工作人员年有效剂量,2 间加速器机房工作人员不交叉工作,则加速器机房外的辐射工作人员及公众成员的附加年有效剂量(包括 X 射线和中子)估算结果见表 11-5(各关注点的空气吸收剂量率取对应位置的最大值)。

表 11-5 加速器外所致个人群组年有效剂量估算结果

估算对象	位置编号	对应场所位置	居留因子	年照射时间	空气吸收剂量率(μSv/h)		年有效剂量(mSv)
					X-γ辐射剂量率	中子辐射剂量当量率	
辐射工作人员	▲3	控制室内	1	312.5h	0.145	0.1	0.054
	▲8	加速器治疗室内	1		0.250	0.1	0.077
公众	▲6	控制室门口	1/4		0.191	0.1	0.016
	▲11	顶棚上	1/4		0.129	0.1	0.013
	▲7	防护门外	1/4		0.686	0.9	0.088

表 11-6 2 间机房同时运行时叠加后年有效剂量估算结果

估算对象	位置编号	场所位置	空气吸收剂量率 (μSv/h)		年有效剂量 (mSv)	叠加后年有效剂量 (mSv)
			X-γ辐射剂量率	中子辐射剂量当量率		
辐射工作人员	▲3	控制室内	0.145	0.1	0.054	0.108
公众	▲6	控制室门口	0.191	0.1	0.016	0.032
	▲11	顶棚上	0.129	0.1	0.013	0.026
	▲7	防护门外	0.686	0.9	0.088	0.176

注：偏保守考虑，各关注点叠加后年有效剂量按 2 倍计算。

由表 11-5 和表 11-6 可知，电子直线加速器工作场所辐射工作人员附加年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)辐射工作人员年剂量管理约束值 5mSv 的要求。

公众成员附加年有效剂量最大值为 0.176mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对公众成员年剂量管理约束值 0.25mSv 的要求。

5、加速器“三废”影响分析

加速器运行过程，辐射会与空气发生电离作用，产生臭氧和氮氧化物等。

1)臭氧

依据王时进等人发表的“辐射所致臭氧的估算与分析”(中华放射医学与防护杂志, 1994 年4月第14卷第2期)给出的公式，估算加速器X射线所致臭氧的产额和浓度。

①有用线束的O₃产额

计算有用射线束所致O₃产额的公式如下：

$$P = 2.43 \times D_0 \times (1 - \cos \theta) \times R \times G \quad (\text{式11-2})$$

式中：

P ：为O₃的产额；

D_0 ：为有用线束在距1m处的输出量，Gy/min；

R ：为射线束中心点到屏蔽物（墙）的距离，m；

G ：为空气吸收100eV辐射能量产生的O₃分子数，文献估算时取值为10；

θ ：为有用束的半张角。

②泄漏辐射的O₃产额

将泄漏辐射看成为4π方向均匀分布的点源（包括有用束区限定的空间区），并考虑治疗

室墙壁的散射线使室内的O₃产额增加10%，O₃的产额P(mg/h)为：

$$P = 3.32 \times 10^{-3} \times D_0 \times G \times V^{1/3} \quad (\text{式11-3})$$

式中：

V ：资料室容积（含迷道），m³。

本评价选取加速器有关参数如下： $D_0=10$ Gy/min（最大值）； $R=7.1$ m（最大值）； $\theta=+14^\circ/-14^\circ$ ； $G=10$ ；治疗室容积（含迷道） $V=425\text{m}^3$ 。

根据（式11-2）得出有用线束 $P=51.8\text{mg/h}$ 。根据（式11-3）得出泄漏辐射的 $P=2.5\text{mg/h}$ 。二项合计， $P_{\text{总}}=54.3\text{mg/h}$ 。保守估计加速器治疗人数250人次/周，12500人次/年，年出束时间312.5h，则臭氧的年产量约为17g。

③臭氧浓度

治疗室内的产生臭氧部分由通风系统排到室外，另一部分自然分解。空气中臭氧的平均浓度可用（式11-4）计算：

$$Q(t) = \frac{Q_0 \times T}{V} \times (1 - e^{-t/T}) \quad (\text{式11-4})$$

式中：

$Q(t)$ ：为治疗室内 t 时刻臭氧的平均浓度，mg/m³；

Q_0 ：为臭氧的辐射化学产额，mg/h；

V ：为治疗室的体积，m³；

T ：为有效清除时间，h。

如果照射时间很长（ $t \gg T$ ），则：

$$Q(t) = \frac{Q_0 \times t}{V} \quad (\text{式 11-5})$$

若以 t_v 表示换气一次所需时间 h； t_d 表示臭氧的有效分解时间（取 0.83h），则有效清除时间为：

$$t = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \quad (\text{式 11-6})$$

保守按通风时治疗室的换气次数 4 次/h 计算，即 $t_v=0.25\text{h/次}$ 。由（式 11-6）计算得 T 为 0.19h。当 $t \gg T$ 时，臭氧达饱和浓度，由（式 11-5）得到在正常排风时治疗室内的臭氧浓度为 0.024mg/m^3 ，低于工作场所中 O₃ 浓度限值《工作场所有害因素职业接触限值—化学

有害因素》(GB22.1-2007)，浓度限值为 0.3mg/m³。

治疗室内产生的臭氧通过排风系统高空排放(排风出口应高出所在建筑物至少 1m)，经过大气的稀释和扩散作用其浓度逐步降低，远低于大气环境质量标准中 O₃ 浓度限值(《环境空气质量标准》(GB3095-2012)，1h 平均浓度为 0.2mg/m³)，对周围大气环境的影响十分轻微。

2) 氮氧化物

在多种氮氧化物(NO_x)中，以NO₂为主，其产额约为O₃的一半。工作场所中NO₂的浓度限值(GBZ2.1-2007，浓度限值为5mg/m³)超出O₃的10多倍，环境空气中其浓度限值(《环境空气质量标准》GB 3095-2012)，1h平均浓度为0.2mg/m³)与O₃的浓度限值相同。因而，NO₂的产生和排放对周围大气环境的影响很小。

本项目加速器治疗室设计采用机械通风，换气次数达每小时约10次，能够满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)中“治疗室通风换气次数应不小于4次/h”的要求。加速器机房进出风管道避开主射线方向，射线经几次散射后，进出风管道进出口处辐射剂量将在控制范围内。在工作中要保证通风设施完好和正常工作，在此前提下臭氧和氮氧化物等有害气体将不会对人员和设备产生危害。

3) 感生放射性气体

当治疗过程中用的X射线的能量超过(γ, n)反应的阈能量时，中子活化作用使治疗室空气中产生¹¹C、¹³N、¹⁵O等放射性气体。其衰变过程中产生正电子，即β⁺射线，β⁺射线在空气中的射程只有几米。放射性气体产额很低，半衰期较短，本项目加速器治疗室设计采用机械通风，换气次数每小时不小于4次。由于放射性气体的半衰期较短，且通过机房足够的通风，工作人员适当延缓进入治疗室，可以明显降低感生放射性的影响。

11.2.2 DSA

1、类比对象选取

为分析了解本项目建成投入运行后对周围环境所造成的辐射影响，本次评价选取浙江大学医学院附属第二医院目前已投入运行的DSA设备机房作为类比对象，对其运行时产生的辐射环境影响水平进行监测，模拟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。

2、类比可行性分析

表 11-7 DSA 机房类比分析可比性对比一览表

内容	类比对象 DSA 机房	本项目 DSA 机房		
		1#DSA 机房	2#DSA 机房	
技术参数	150kV, 1250mA	150kV, 1250mA	150kV, 1250mA	
防护设施	防护门	2mm 铅板	4mm 铅板	4mm 铅板
	观察窗	2~2.5mmpb 铅玻璃	4mmpb 铅玻璃	4mmpb 铅玻璃
	四侧墙体	28cm 混凝土 (4.0mm 铅当量)	24cm 粘土砖+3mmpb 重混涂料 (5.0mm 铅当量)	24cm 粘土砖+3mmpb 重混涂料 (5.0mm 铅当量)
	顶棚	16cm 混凝土 (2.0mm 铅当量)	15cm 砧+3mmpb 重混涂料 (5.0mm 铅当量)	15cm 砧+3mmpb 重混涂料 (5.0mm 铅当量)
	地坪	16cm 混凝土 (2.0mm 铅当量)	15cm 砧+3mmpb 重混涂料 (5.0mm 铅当量)	15cm 砧+3mmpb 重混涂料 (5.0mm 铅当量)

由上表可知，本项目设备技术参数低于类比对象，机房屏蔽防护水平略高于类比对象，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

浙江大学医学院附属第二医院 DSA 机房类比监测点位见图 11-3，监测结果见表 11-8。

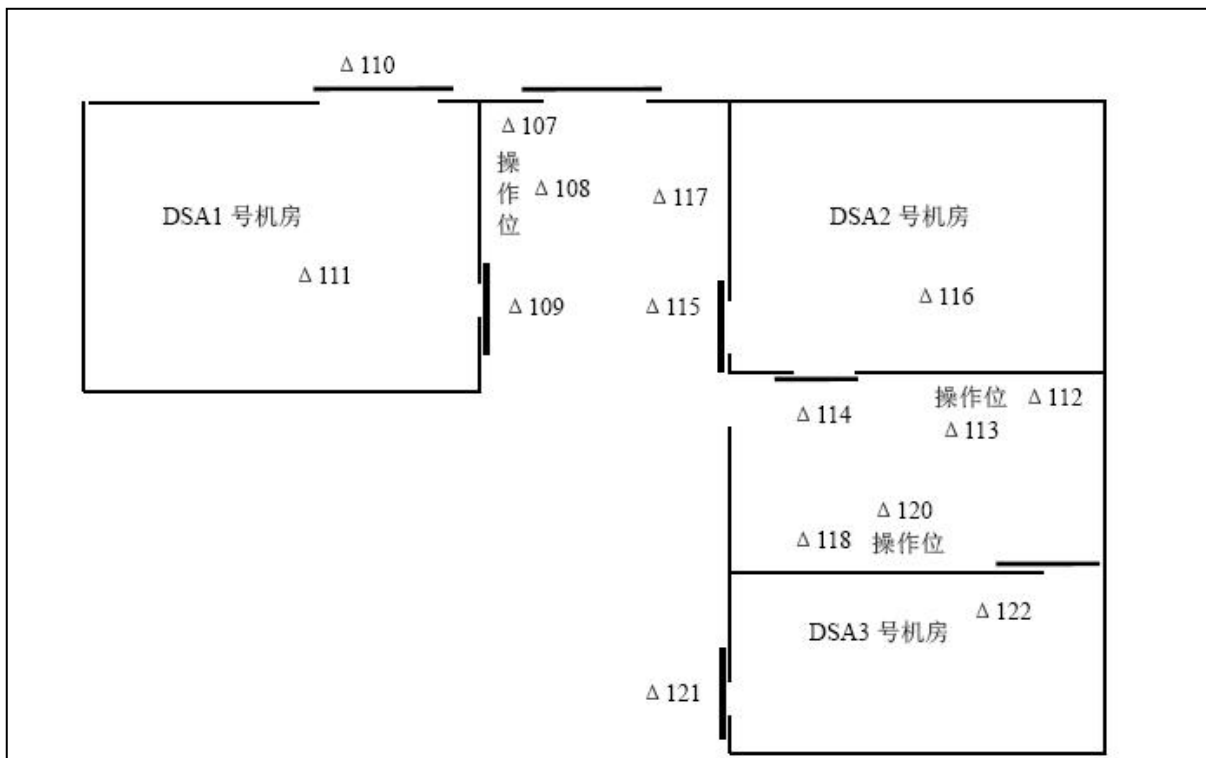


图 11-3 类比项目 DSA 机房监测点位图

表 11-8 类比项目 DSA 机房周围 X- γ 辐射剂量率监测结果

点位序号	点位描述	γ 剂量当量率 (nGy/h)	
		未运行	运行时
脑科中心 DSA 1 号机房 (116kV/8.1mA)			
△107	观察窗	141	137
△108	工作位	144	140
△109	医生门右门缝外 30cm 处	116	113
	医生门左门缝外 30cm 处	118	113
△110	病人门左门缝外 30cm 处	135	139
	病人门右门缝外 30cm 处	141	142
△111	医生工作位处 (铅衣后)	--	8927
脑科中心 DSA 2 号机房 (70kV/18mA)			
△112	观察窗	132	137
△113	工作位	122	118
△114	医生门右门缝外 30cm 处	104	96
	医生门左门缝外 30cm 处	117	190
△115	病人门左门缝外 30cm 处	104	108
	病人门右门缝外 30cm 处	116	116
△116	医生工作位处 (铅衣后)	--	904
△117	南墙外 30cm 处	150	155
脑科中心 DSA 3 号机房 (80kV/680mA)			
△118	观察窗	116	117
△119	工作位	121	212
△120	医生门右门缝外 30cm 处	92.4	98
	医生门左门缝外 30cm 处	94.7	98
△121	病人门左门缝外 30cm 处	118	120
	病人门前窗口	122	123
	病人门右门缝外 30cm 处	125	128
△122	医生工作位处 (铅衣后)	--	2260

类比数据来源：浙江省辐射环境监测站编制的《浙江大学医学院附属第二医院医用放射性同位素及射线装置建设项目（扩建）竣工环境保护验收监测表》，浙环辐验〔2015〕120号。

由类比分析可知，类比DSA装置运行时机房外辐射剂量率未显著提高，尚在本底范围内。本项目DSA机房屏蔽设计与类比设备相当，机房屏蔽设计能够符合《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）的要求。

4、人员所受辐照剂量估算

①预测参数选取

根据医院预计最大工作量保守假设，每台DSA拟配备1~2名医生，2~3名护士，每年手术台数预计为500例，每台手术拍片曝光时间为0.5min，即4.2h/a；透视曝光时间为20min，即166.7h/a；工作人员介入操作过程穿戴好辐射防护用品。为简化评价过程，本评价保守假设单个医生年操作手术为500例。

②估算公式

X射线产生的外照射人均年有效剂量当量按式（11-1）计算。

③职业剂量估算

(1)控制室职业剂量估算

根据类比项目DSA装置工作人员操作台的辐射剂量率监测结果，操作台辐射剂量率与未开机时相比未明显升高，表明辐射工作人员位于室外拍片操作时不会受到额外的辐射照射。辐射贡献主要为室内介入时操作所致。

(2)机房内职业剂量估算

根据式（11-1），居留因子取1，保守取类比项目医生工作位处（铅衣后）的最大辐射剂量率 $8.927\mu\text{Sv/h}$ ，可计算该医生工作位接受的附加年有效剂量约为 1.04mSv 。

(3)职业剂量估算小结

由上述类比分析及剂量估算可知，本项目DSA工作人员年附加剂量均低于 5mSv 的剂量约束值，符合《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

④公众剂量估算

由类比项目监测数据可知，在正常使用条件下，DSA机房周围公众成员活动范围内辐射剂量率最高为 $0.19\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 $1/4$ ，则公众接受的附加年有效剂量约为 0.006mSv ，远低于 0.25mSv/a 的公众年附加剂量约束值，符合《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

11.3 事故影响分析

直线加速器和 DSA 均属于 II 类射线装置，为中危险射线装置，事故可能引起急性放射性损伤。长时间、大剂量照射甚至导致死亡。本项目辐射事故多为人员误留或误入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由于射线装置安全联锁装置、工作状态指示灯或其他安全装置失灵，治疗期间人员误入机房内受到误照射；

④射线装置维修调试过程中，因维修人员误操作导致误照射；

应急方案与准备：

①医务人员必须严格按照 X 射线装置操作程序进行诊断，防止事故照射的发生，避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射；

②机房门外应有电离辐射警告标志、辐射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动；

③工作人员每次上班时首先要检查防护门上的灯光警示装置等是否正常。如果失灵，应立即修理，恢复正常；

④当发生上述意外事故，人员受照事件后，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，射线装置照射条件，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。

总之，医院应加强管理，建立健全相关的操作规程和辐射安全管理制度，并在实际工作中不断完善；加强安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门（以下简称“发证机关”），经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构设置

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》等法律法规要求，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；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

医院拟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。医院辐射工作人员须参加辐射安全与防护培训，考核合格后方可上岗。辐射培训证书到期人员还须及时参加四年一次的复训。

12.1.2 辐射人员管理

1、辐射安全和防护知识培训

医院辐射工作人员均应参加辐射安全和防护知识培训，考核合格后持证上岗，辐射培训证书到期人员还须及时参加四年一次的复训。

2、个人剂量检测

医院须为全部辐射工作人员配备个人剂量计，并委托有资质单位每三个月进行个人剂量监测，建立个人剂量档案。

3、职业健康体检

医院须每一年或两年委托相关资质单位对放射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗后的职业健康体检，并建立职业健康监护档案，档案保存时限为终身保存。

12.2 辐射安全管理规章制度

本项目为新建项目，医院应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2019 年修改）》（生态环境部令 7 号，2019 年 8 月 22 日修改）针对本项目制定一系列完善的辐射安全管理制度，包括操作规程、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、事故应急制度等，在实际工作中公司还应不断对其进行补充和完善，使其具有较

强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

1、射线装置操作规程：明确相关辐射人员的资质条件要求，操作过程中应采取的具体防护措施和步骤，重点是工作前的安全检查工作，工作人员佩带个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生；

2、岗位职责：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；

3、辐射防护和安全保卫制度：根据医院的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是对射线装置的安全防护和维修要落实到个人；

4、设备维修制度：明确加速器各项安全联锁装置、照射信号指示器在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态；

5、人员培训计划：制定人员培训计划，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；辐射工作人员应进行辐射安全培训并考核合格后方能上岗，同时应定期进行职业健康体检及个人剂量监测；

6、监测方案：根据本报告表 12.4 监测方案内容制定监测方案，方案中应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；

7、事故应急预案：根据本报告表 12.5 建立《辐射事故应急预案》，应急预案内容应包括：应急机构和职责分工、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、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序等；

8、台账管理制度：根据本项目情况，制定射线装置使用登记台账制度，并在日常工作中落实到位，对公司使用射线装置的时间、值班人员等均需记录在台账上，做到有据可查；

9、自行检查和年度评估制度：

(1) 定期对各射线装置的安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。如每天进行门-机联锁安全装置、工作指示灯和电离辐射标志检查，每月核实规章制度执行情况，每季度进行个人剂量档案归档及检查，每两年进行身体健康档案归档及检查等；

(2) 应当编写射线装置使用的安全和防护状况年度评估报告，其中年度评估报告需包括每年的常规检测报告，于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告，接受行政机

10、需要上墙的规章制度：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度及事故应急制度等应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，加强日常辐射安全管理，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度制定，使之符合相应环保要求。只要项目建设单位能够结合项目实际，建立、健全上述各项规章制度，本次环评认为，项目建设单位的辐射安全管理制度符合《辐射安全许可证》发放条件的要求。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，公司需建立辐射剂量监测制度，包括个人剂量监测和工作场所监测。

12.3.1 辐射监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，医院每间加速器机房和DSA机房均拟配备1台X- γ 辐射剂量监测仪，每名辐射工作人员均应配备个人剂量计和个人剂量报警仪。

12.3.2 监测计划

1、个人剂量监测和职业健康检查

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季（每季度将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测）。辐射工作人员职业健康检查应至少每2年进行1次，并建立职业健康监护档案且长期保存。

环评要求：

(1) 如果在单个季度出现个人剂量超过1.25mSv时需进行干预，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字。年剂量超过5mSv的管理限制时，暂停该辐射工作人员继续从事放射性作业，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字，并上报当地生态环境主管部门。单年剂量超过20mSv标准时，构成辐射事故，按事故应急预案处理，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门。同时上报公安部门，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。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。医院须

建立个人剂量档案,个人剂量档案要保存30年,如果辐射工作人员一直从事辐射工作到退休,个人剂量档案要保存到75岁。

(2) 个人剂量检测报告(连续四个季度)应当连同年度评估报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案保存至辐射工作人员年满七十五周岁,或停止辐射工作三十年。

2、辐射工作场所及周围环境监测

1) 年度常规监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测,监测周期为1次/年;年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2) 日常自我监测

定期自行开展或委托有资质的单位进行辐射监测,制定各工作场所的定期监测制度,监测数据应存档备案,监测周期为1次/季。

3) 监测内容和要求

①监测内容: X- γ 空气吸收剂量率、加速器机房还应监测中子。

②监测布点及数据管理: 监测布点应参考本环评提出的监测计划(见表12-1)或验收监测布点方案。监测数据应记录完善,并将数据实时汇总,建立好监测数据台账以便核查。

③监测范围: 控制区和监督区域及周围环境

表12-1 辐射工作场所监测计划建议

场所名称	监测内容	监测项目	监测点位	监测周期
直线加速器	X- γ 空气吸收剂量率、中子	年度监测	各机房防护门外、四周门缝处、控制室、直加设备间、过道和加速器机房墙外30cm处(包括顶棚上)和各电缆管道口及人员常驻留位置	1次/年
		自主监测		1次/季
		验收监测		竣工验收
DSA	X- γ 空气吸收剂量率	年度监测	各机房防护门外、四周门缝处、控制室、导管室、污物暂存间、污物通道、洁净通道、机房墙外30cm处(包括楼上、楼下)和各电缆管道口及人员常驻留位置	1次/年
		自主监测		1次/季
		验收监测		竣工验收

(4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度,并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的

监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用的国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

12.4 辐射事故应急

医院必须建立《辐射事故应急预案》。根据《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）第四十三条规定，结合医院的实际情况和事故工况分析，应急预案应当包括下列内容：

- （一）应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）；
- （二）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；
- （三）辐射事故分级与应急响应措施；
- （四）辐射事故的调查、报告和处理程序；
- （五）辐射事故信息公开、公众宣传方案；
- （六）生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话；
- （七）编写事故总结报告，上报环保部门归档；
- （八）应至少每年举行一次事故应急演练，演习报告存盘。

医院应急方案应建立辐射事故报告框图，明确人员及联系电话，以保证事故报告的可操作。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 实践正当性分析

建设单位拟开展的医用直线加速器及 DSA 应用项目，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。

13.1.2 选址合理性分析

本项目拟建辐射工作场所实体边界外50m评价范围内无环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目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。

13.1.3 辐射安全与防护结论

（1）辐射安全防护措施

①医院拟建辐射机房的防护设计已考虑了其周边工作人员和公众的辐射安全，其防护性能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。

②项目拟采取的污染防治措施详见本报告10.1.4章节。

（2）辐射安全管理

①医院拟成立辐射安全和防护管理领导委员会，负责辐射安全与环境保护管理工作。医院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

②医院应组织所有辐射工作人员参加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，取得培训合格证书后，每四年复训一次。

③医院应为所有辐射工作人员配备个人剂量计，且每3个月到有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案。辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的个人健康档案，档案保存时限为终生保存。

（3）事故风险与防范

医院应按本报告提出的要求制定辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.4 环境影响分析结论

(1) 主要污染因子

直线加速器及DSA的污染因子主要考虑X射线。

(2) 辐射环境影响预测

根据类比监测结果分析表明：在正常工况下，医院相关辐射工作人员所受的附加年有效剂量，低于职业人员的年剂量管理约束值（5mSv/a），公众人员所受的附加年有效剂量，低于公众人员的年剂量管理约束值（0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

13.1.5 环保可行性结论

综上所述，建设单位在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求，医院将具备相应从事的辐射活动的技术能力。根据报告表分析结果，杭州英慈科谊医院有限公司的辐射工作人员、其他非辐射工作人员、公众成员受到的额外照射剂量限值均能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年有效剂量管理限值的相关要求，本次评价的直线加速器及DSA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。

13.2 建议和承诺

- 1、医院承诺将根据报告表和环保主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求；
- 2、环评报批后并建成，医院需及时向生态环境主管部门换领辐射安全许可证；
- 3、建设项目竣工后，医院应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定的程序和标准组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见

公章

经办人（签字）：

年 月 日

审批意见

公章

经办人（签字）：

年 月 日