

核技术利用项目

安庆市立医院
新院区使用 II 类射线装置项目

环境影响报告表

安庆市立医院（盖章）

2017 年 11 月

环境保护部监制

核技术利用项目

安庆市立医院
新院区使用 II 类射线装置项目

环境影响报告表

项目建设单位：安庆市立医院

建设单位法人代表（签名或签章）：洪长星

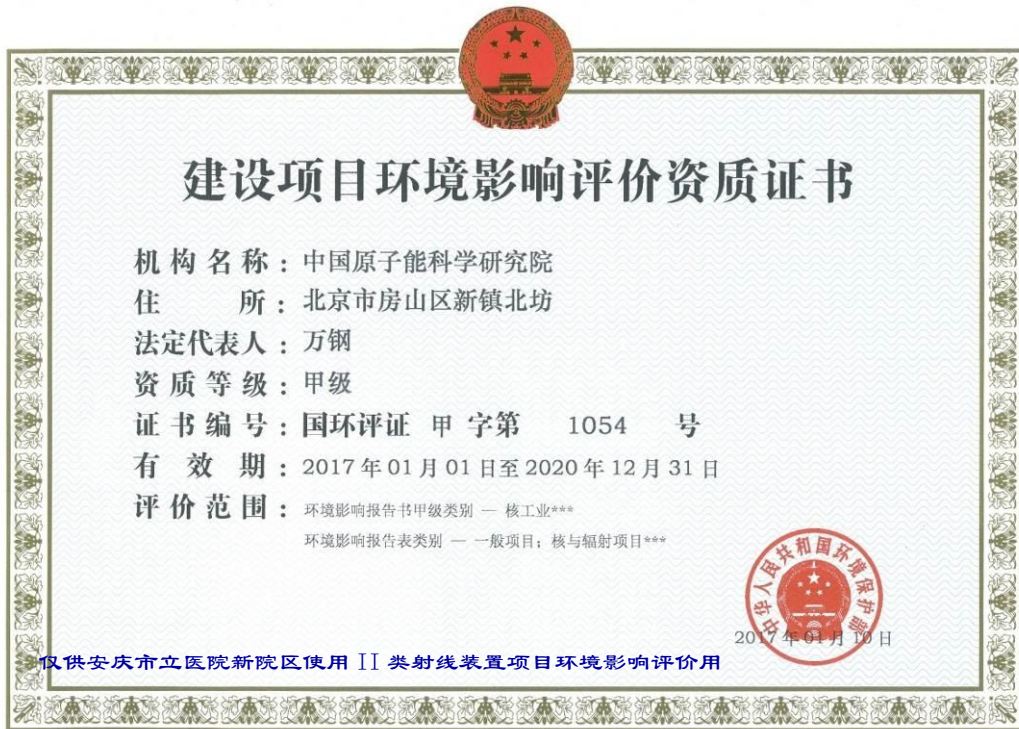
通讯地址：安庆市人民路 352 号

邮政编码：246001

联系人：汪俊虎

电子邮箱：841560692@qq.com

联系电话：0556-5223825



项目名称：_____新院区使用 II 类射线装置项目_____

文件类型：_____环境影响报告表_____

适用的评价范围：_____核与辐射项目_____

法定代表人：_____万 钢_____（签章）

主持编制机构：_____中国原子能科学研究院_____（签章）

项目负责人：_____伏亚萍_____

新院区使用 II 类射线装置项目

环境影响报告表编制人员名单表

编制主持人		姓名	职业资格证书编号	登记编号	专业类别	本人签名
		伏亚萍	HP00011567	A105401810	输变电及广电通讯	
主要编制人员情况	序号	姓名	职业资格证书编号	登记编号	编制内容	本人签名
	1	伏亚萍	HP00011567	A105401810	表 1、2、3、4、5、6、7、9、13	
	2	陈春燕	HP0009129	A105403011	表 8、10、11、12	
	3	陈超	/	/	审核	
	4	严源	/	/	审定	

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	7
表 3 非密封放射性物质	7
表 4 射线装置	8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	9
表 6 评价依据	10
表 7 保护目标和评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	18
表 9 项目工程分析和源项	20
表 10 辐射安全与防护	28
表 11 环境影响分析	31
表 12 辐射安全管理	56
表 13 结论与建议	59
表 14 审批	61
附图 1 安庆市立医院地理位置图	62
附图 2 医院周围环境示意图	63
附图 3 医院总平面布置及 50m 评价范围图	64
附图 4 病房楼 A 座一楼 DSA 机房位置示意图	65
附图 5 DSA 机房平面布局图	66
附图 6 病房楼地下一层直线加速器机房位置示意图	67
附图 7 直线加速器机房平面图	68
附图 8 CT 模拟机房平面图	69
附件 1 辐射安全许可证	错误!未定义书签。
附件 2 辐射工作人员登记表	错误!未定义书签。
附件 3 2016 年度个人剂量监测结果	错误!未定义书签。
附件 4 委托函	错误!未定义书签。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新院区使用 II 类射线装置项目			
建设单位		安庆市立医院			
法人代表	洪长星	联系人	汪俊虎	联系电话	0556-5223825
注册地址		安庆市人民路 352 号			
项目建设地点		安庆市立医院新院区			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	4200	项目环保投资 (万元)	800	环保投资比例	19.05
项目性质		新建 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 其他		占地面积(m ²)	1720
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 <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"/>		
		<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 checked="" type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
	<p>项目概述</p> <p>1.1 单位概况</p> <p>安庆市立医院是皖西南地区医疗、预防、教学和科研的中心。创建于 1938 年，1997 年被批准为三级甲等医院，2007 年 2 月被省政府批准为安徽医科大学附属安庆医院，2011 年被批准为中央财政支持的全科医生临床培养基地，2011 年 9 月被批准为安徽省市级区域医疗中心，2014 年 10 月被批准为安徽省住院医师规范化培训基地。</p> <p>医院总资产 8.47 亿元，医疗设备总价值 2.25 亿元。拥有 PET-CT、3.0T 核</p>				

磁共振、1.5T 核磁共振、双源 CT、64 层螺旋 CT、GE16 排 CT、双光子高能直线加速器、单光子发射计算机断层扫描系统（SPECT）、DR、CR、DSA、彩色多谱勒超声诊断仪、流式细胞仪、全自动生化分析仪等大型先进的医疗设备。

老院区拥有环境优美、配套设施齐全的内科住院大楼、外科住院大楼、干部病房楼、综合住院楼和神甫楼等 5 幢住院楼。2009 年，医院正式接管安庆市传染病医院（北院区），设置床位 350 张，设有肝炎门诊、发热门诊、结核病门诊及普通门诊等；2011 年，经市卫生局批准，筹建安庆市儿童医院，并获国家发改委立项资助，同时，组建了区域协同医疗网络，通过扶贫帮困、卫生支农、牵手社区、市民健康教育等平台延伸“三甲”医院的医疗服务功能；规划床位 1000 张，位于东部新城的新院区正在建设，一期工程将于 2017 年底完工。

1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

1.2.1 核技术利用现状

安庆市立医院于 2017 年 5 月重新申领了辐射安全许可证(皖环辐证[00190]，见附件 1)，其种类和范围为：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源，Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

（1）密封源

目前，安庆市立医院申请使用的密封源及使用场所在放疗科和核医学科，具体情况见表 1-1。

表 1-1 安庆市立医院申请使用密封源明细

序号	核素名称	总活度(贝可)×枚数	类别	用途
1	Ir-192	3.7E+11Bq×1 枚	Ⅲ	放疗科
2	Sr-90	7.4E+8Bq×1 枚	Ⅴ	放疗科
3	Cs-137	3.33E+6Bq×1 枚	Ⅴ	放疗科
4	I-125 粒子源	3.7E+7Bq/a（400 粒）	Ⅴ	核医学科
5	Ge-68（棒源）	4.625E+7Bq×2 枚	Ⅴ	核医学科
6	Ge-68（桶源）	9.25 E+7Bq×1 枚	Ⅴ	核医学科

（2）非密封源

安庆市立医院申请使用的非密封源的情况见表 1-2，有乙级和丙级非密封源工作场所。

表 1-2 安庆市立医院申请使用的非密封源明细

序号	场所等级	核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类
1	乙	F-18	7.4E+7	2.22E+12	使用
2	乙	^{99m} Tc	6.6E+7	4.44E+11	使用
3	乙	I-131	1.24E+6	4.44E+9	使用
4	丙	Sr-89	1.48E+7	--	使用
5	丙	I-131	1.86E+6	--	使用

(3) 射线装置

目前, 安庆市立医院使用的射线装置明细见表 1-3。

表 1-3 安庆市立医院使用的射线装置明细

序号	装置名称	规格型号	类别	用途
1	医用直线加速器	PRMIUS 15MeV	II	放射治疗
2	医用直线加速器	/	II	放射治疗
3	DSA	FD20	II	医学影像检查
4	C 形臂	SIREMOBIL COMPACT L9	III	医学影像检查
5	C 形臂	ARCADIS Varic	III	医学影像检查
6	C 形臂	EVERVIEW 7500	III	医学影像检查
7	数字胃肠机	RD2000	III	医学影像检查
8	DR	IEC-60601-1	III	医学影像检查
9	DR	IEC-60601-1	III	医学影像检查
10	乳腺钼靶机	I. A. EXM12	III	医学影像检查
11	X 射线机	KX0-15R	III	医学影像检查
12	X 射线机	BSX-100	III	医学影像检查
13	X 射线机	OC100-4-1-2	III	医学影像检查
14	CT 机	GE Bright speed 16	III	医学影像检查
15	CT 机	Siemens Sensation64	III	医学影像检查
16	骨密度仪	DPX-NT	III	医学影像检查
17	碎石机	HK. ESWL-V	III	医学影像检查
18	牙片机	MSD-III	III	医学影像检查
19	模拟定位机	SL-IE	III	医学影像检查
20	DR	/	III	医学影像检查

1.2.2 环保审批的履行情况

安庆市立医院近三年的环保审批情况表 1-4。

表 1-4 安庆市立医院近三年履行环保审批情况

序号	项目名称	环评批复文号	验收文号
1	PET-CT 应用等项目	皖辐射报告表（2014）38 号	皖环函[2015]1456 号

1.2.3 辐射安全管理现状

1.2.3.1 辐射管理机构

安庆市立医院设放射防护领导小组，由院长任组长、相关科室主任、副主任组成，下设专职辐射防护人员，见表 1-5。

表 1-5 辐射安全与环境保护管理机构

机构名称	安庆市立医院放射防护领导小组 (门诊部办公室)			电话	0556-5223825
序号	姓 名	性别	职务	职责	专/兼职
1	洪长星	男	院长	组长	兼职
2	刘 建	男	副院长	副组长	分管领导
3	汪桂芳	女	门诊部主任	成员	兼职
4	汪俊虎	男	门诊部副主任	成员	专职
5	胡汉金	男	放射科主任	成员	兼职
6	华灯海	男	放射科副主任	成员	兼职
7	史恒丰	男	CT 室主任	成员	兼职
8	段爱雄	女	放疗科主任	成员	兼职
9	徐 青	男	核医学科主任	成员	兼职

1.2.3.2 规章制度建设及落实

安庆市立医院已经制定了《放射防护工作制度》、《放射性核素安全操作制度》、《DSA 机房岗位职责》、《骨科 C 形臂操作规程》、《骨密度仪器操作规程》、《螺旋 CT 操作规程》、《骨科 C 形臂手术室岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射设备检修维护制度》、《放射性废物处理制度》、《放射性事故应急预案》、

《放射防护知识培训计划》、《个人剂量监测制度》等安全管理制度，并严格按照规章制度执行。

1.2.3.3 人员培训

安庆市立医院规定所有辐射工作人员，在上岗前必须接受环保部认可培训机构组织的辐射防护与安全培训，并考试合格上岗。每 4 年参加复训，并制定了辐射工作人员培训计划。目前，安庆市立医院共有辐射工作人员 113 人，全部接受了辐射安全防护培训，并取得了合格证书，辐射工作人员情况见附件 2。

1.2.3.4 个人剂量监测

安庆市立医院安排所有辐射工作人员进行个人剂量监测，监测频度为每 3 个月检测一次。在岗的辐射工作人员均已按照规范佩戴了个人剂量计，并将每季度的个人剂量检测结果和每年度的个人剂量检测报告存档备案。医院 2016 年度个人剂量检测结果见附件 3，根据个人剂量统计结果，2016 年度辐射工作人员年个人剂量值范围（0.005~0.65）mSv/a，低于该医院辐射项目的剂量约束值 6mSv/a。辐射工作人员的受照剂量满足剂量约束值的有关要求，说明安庆市立医院采取的辐射防护和安全管理措施是可行的。

1.2.3.5 工作场所及辐射环境监测

辐射监测器材设备配备齐全，设备状态良好，按时完成了设备的校准检测，检测设备均定期校准并取得检测合格证。

1.2.3.6 辐射事故应急管理

安庆市立医院制定了《放射性事故应急预案》，预案中明确了应急指挥机构、人员组成及分工、应急部门及人员职责、应急器材，发生辐射事故时的报告、通讯联络方式、应急处置方式等。

1.2.3.7 监测仪器和防护用品

截至 2017 年 3 月份，安庆市立医院实际放射操作人员有 113 名，都配有个人剂量计。安庆市立医院配置的辐射监测仪器和防护用品情况见表 1-6，能够满足现在工作的需要。

表 1-6 现有辐射监测仪器和仪表

序号	仪器名称	仪器状态	数量
1	个人剂量报警仪	正常	1
2	辐射巡测仪	正常	1
3	表面污染仪	正常	1
辐射防护用品			
名 称	数 量	名 称	数 量
铅围裙	20	铅帽	20
铅手套	10	铅眼镜	20
铅围脖	20	铅屏风	8
防护吊帘	8	个人剂量计	113

1.3 本次评价内容

为了满足患者的需求，提供优质的医疗服务，按照安庆市“十二五”区域卫生发展规划要求，安庆市立医院分阶段建设医院新院区。本项目新建放疗科，拟新增 4 台 II 类医用射线装置和 2 台 III 类医用射线装置，是医院新院区的重要组成部分，具体情况如下：

表 1-7 本项目拟配置放射诊疗设备明细

序号	名称	数量, 台	额定参数		类型
			管电压 kV	管电流 mA	
1	血管造影 X 射线机 (DSA)	2	125	1250	II 类
2	医用电子直线加速器	2	10MV X 射线		
3	模拟定位 CT 机	2	140	500	III 类

本项目新增的加速器、DSA 属于 II 类射线装置，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2017)，需编制环境影响报告表。中国原子能科学研究院受安庆市立医院委托，对新院区使用 II 类射线装置项目进行评价，见附件 4。

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	贮存方式和地点	备注
无								

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明何种核素及产生的中子流强度

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	贮存方式和地点
无										

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、教学等用途的各类加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用电子直线加速器	II	1 台	Elekta Synergy	电子	10MV	60000/360	放疗	新院区病房楼 A 座地下一层放疗科	
2	医用电子直线加速器	II	1 台	Elekta Synergy	电子	10MV	60000/360	放疗	新院区病房楼 A 座地下一层放疗科	仪器型号仅作参考
/										

(二) X 射线机，报告工业探伤、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	血管造影x射线机 (DSA)	II	1台	待定	125	1250	心血管摄影	新院区病房楼A座一楼	
2	血管造影x射线机 (DSA)	II	1台	待定	125	1250	心血管摄影	新院区病房楼A座一楼	
3	模拟定位CT	III	1台	新华医疗SL-IE型	140	500	医用摄影	新院区病房楼A座地下一层放疗科	
4	模拟定位CT	III	1台	新华医疗SL-IE型	140	500	医用摄影	新院区病房楼A座地下一层放疗科	
/									

(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	贮存情况	数量	
无													

表 6 评价依据

<p>法规</p> <p>文件</p>	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》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》2016 年 9 月 1 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)《中华人民共和国水污染防治法》，2008 年 6 月 1 日起施行；</p> <p>(5)《中华人民共和国大气污染防治法》，2000 年 9 月 1 日起施行；</p> <p>(6)《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，1997 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(7)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016 年 11 月 7 日实施；</p> <p>(8)《中华人民共和国水污染法实施细则》，2000 年 3 月 20 日发布，自公布之日起施行；</p> <p>(9)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修改本）国务院令 第 653 号，2014 年 7 月 29 日起施行；</p> <p>(10)《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>(11)《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》，环境保护部令 第 3 号，2008 年 12 月 6 日；</p> <p>(12)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(13)《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部第 44 号令，2017 年 9 月 1 日起施行；</p> <p>(14)《关于发布射线装置分类办法的公告》，国家环保总局公告 2006 年第 26 号，2006 年 5 月 30 日；</p> <p>(15)《大气污染防治行动计划》国发〔2013〕37 号，2013 年 9 月 10 日施行；</p> <p>(16)《关于印发<医疗废物分类名录的通知>》，卫生部、国家环保总局文件，卫医发[2003]287 号，2003 年 10 月 10 日发布；</p> <p>(17)《卫生部关于明确医疗废物分类有关问题的通知》，卫办医发（2005）292 号；</p>
---------------------	--

	<p>(18)《安徽省放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，安徽省环保厅 2008 年 9 月 18 日颁布；</p> <p>(19) 安徽省人民政府《关于印发安徽省大气污染防治行动计划实施方案的通知》（皖政〔2013〕89 号），2013 年 12 月 30 日；</p> <p>(20)《安徽省大气污染防治条例》，2015 年 1 月 31 日安徽省第十二届人民代表大会第四次会议通过，2015 年 3 月 1 日实施；</p> <p>(21)《安徽省人民政府办公厅关于加强建设项目环境影响评价工作的通知》，安徽省人民政府办公厅环评函〔2012〕946 号，2011 年 4 月 12 日发布；</p> <p>(22)《安徽省环境保护条例》，安徽省人民代表大会常务委员会[2010] 24 号，2010 年 11 月 1 日发布。</p>
技术标准	<p>(1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(2)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)；</p> <p>(3)《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)；</p> <p>(4)《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)；</p> <p>(5)《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)；</p> <p>(6)《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>(7)《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>(8) NCRP REPORT No.151 《Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities》；</p> <p>(9)《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T180-2006)；</p> <p>(10)《医用 X 射线诊断卫生防护标准》(GBZ130-2013)；</p> <p>(11)《医用电气设备 第 2-43 部分：介入操作 X 射线设备安全专用要求》(GB9706.23-2005)；</p> <p>(12)《环境空气质量标准》(GB3095-2012)；</p> <p>(13)《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)；</p>

	<p>(14)《污水综合排放标准》(GB8978-1996);</p> <p>(15)《声环境质量标准》(GB3096-2008);</p> <p>(16)《工业企业厂界噪声排放标准》(GB12348-2008);</p> <p>(17)《建筑施工场界噪声排放标准》(GB12523-2011)。</p>
其他	<p>医院提供的相关技术资料。</p>

表 7 保护目标和评价标准

7.1 评价范围

根据《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) 中的规定, 以及《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)的要求, 确定本次辐射环境评价范围为 II 类射线装置机房外 50m 的区域。

本次项目场址为正在建设的新院区, 建设期的环境影响已在《安庆市立医院东院区建设工程环境影响报告书》中进行了评价。本次项目运行期间会对声环境等产生一定的影响, 根据 HJ 2.4-2009《环境影响评价技术导则 声环境》, 确定声环境评价范围为本次新增的 II 类射线装置机房周围 200m 的区域。

7.2 评价目的

通过对本项目内容进行分析和估算, 以期达到以下目的:

- (1) 对建设项目环境辐射现状进行调查及辐射环境现状进行监测;
- (2) 评价项目在运行过程中对工作人员及可能受影响周围公众所造成的辐射影响;
- (3) 评价辐射防护措施效果, 提出减少辐射危害的措施。

7.3 保护目标

安庆市立医院的地理位置见附图 1, 结合周边环境现状和工程特点, 本项目新建 DSA 机房采用病房楼 A 座统一通风设备, 不单独通风, 因此本项目声环境运行期评价范围为加速器机房周围 200m 的区域, 以加速器机房通风口位置为中心点 200m 范围不包含南厂界和东厂界, 评价范围内无居民楼、学校等敏感目标, 见附图 2。本项目辐射环境的评价范围为 DSA 和加速器机房周围 50m 的区域, 见附图 3。评价范围都在医院内, 周围没有公众。

本项目的辐射工作场所共有 6 个机房, 分别是位于病房楼 A 座一层的 2 个 DSA 机房和病房楼 A 座地下一层的 2 个加速器机房和 2 个模拟定位 CT 机房。各机房布局图见附图 7~附图 8, 其周围情况及保护目标分布见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

序号	辐射工作场所	方位	周围场所	人员类别
1	DSA 机房（西侧）	东侧	控制室、设备间	工作人员
		南侧	医院道路	公众
		西侧	消防控制中心	无
		北侧	走廊	公众
		楼上	药房	工作人员
		楼下	核医学科（预留）	工作人员
2	DSA 机房（东侧）	东侧	过道	公众
		南侧	楼梯	公众
		西侧	控制室、设备间	工作人员
		北侧	走廊	公众
		楼上	药房	工作人员
		楼下	核医学科（预留）	工作人员
3	直线加速器机房（西侧）	东侧	东侧加速器机房	病人
		南侧	控制室	工作人员
		西侧	设备机房	无
		北侧	车库	公众
		楼上	道路	公众
		楼下	土层	无
4	直线加速器机房（东侧）	东侧	土层	无
		南侧	控制室	工作人员
		西侧	西侧加速器机房	病人
		北侧	车库	公众
		楼上	道路	公众
		楼下	土层	无
5	模拟定位 CT 机房（南侧）	东侧	控制室	工作人员
		南侧	登记室	工作人员
		西侧	配电室	无
		北侧	模拟定位机房（北侧）	无
		楼上	道路	公众
		楼下	土层	无
6	模拟定位 CT 机房（北	东侧	控制室	工作人员

	侧)	南侧	模拟定位机房（南侧）	工作人员
		西侧	配电室	无
		北侧	走廊	无
		楼上	道路	公众
		楼下	土层	无

7.4 评价标准

7.4.1 剂量限值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，工作人员的**职业照射**和**公众照射**的剂量限值如下。

（1）职业照射

应对任何工作人员职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

审管部门决定连续 5 年的平均有效剂量（但不可作为任何追溯性平均），
20mSv。

（2）公众照射

实践使公众中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。

7.4.2 剂量约束值

综合考虑到核技术利用现状和将来的辐射工作留有余地，对本项目工作人员的剂量约束值取 6mSv/a，公众的剂量约束取 0.1mSv/a。

7.4.3 剂量率控制水平

本项目涉及的 DSA 机房、加速器机房、模拟定位 CT 机房四周墙外和入口门外 30cm 处附加辐射剂量率均采用 2.5μSv/h 的剂量率控制值。

7.4.4 非放环境质量标准

7.4.4.1 环境空气

本项目位于环境空气功能二类区，大气环境质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准，具体浓度限值见表 7-2。

表 7-2 环境空气质量标准

污染物	平均时间	浓度限值		单位
		一级	二级	
NO _x	年平均	50	50	μg/m ³
	24 小时平均	100	100	
	1 小时平均	250	250	
O ₃	日最大 8 小时平均	100	160	μg/m ³
	1 小时平均	160	200	

7.4.4.2 声环境

项目所在区域声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 2 类标准,具体限值见表 7-3。

表 7-3 声环境质量标准

声环境功能区类别	标准限值 (dB(A))	
	昼间	夜间
2 类	60	50

7.4.5 非放污染物排放标准

7.4.5.1 大气污染物

废气排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中新污染源二级标准,具体排放标准限值见表 7-4。

表 7-4 大气污染物综合排放标准

污染物	最高允许 排放浓度 (mg/m ³)	最高允许排放速率 (kg/h)		无组织排放监控浓度限值 (mg/m ³)	
		排气筒 高度()	二级	监控点	浓度
颗粒物	120	15	3.5	周界外浓度最 高点	1.0
NO _x	240	15	0.77		0.12

7.4.5.2 噪声

本项目施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)中环境噪声排放限值;运行期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》

(GB12348-2008) 中 2 类标准。具体见表 7-6。

表 7-6 施工期环境噪声排放限值, dB (A)

运营期		施工期	
昼间	夜间	昼间	夜间
60	50	70	55

7.4.5.3 固体废物

本项目产生的附固体废物执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001) 中的有关规定, 危险废物处理执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

8.1 辐射环境质量现状

2017 年 11 月 3 日，天气晴，20℃。评价单位对安庆市立医院新院区病房楼 A 座一层和地下一层的拟建辐射工作场所进行了运行前辐射水平监测，仪器仪表的性能参数见表 8-1，检定日期：2016 年 12 月 2 日。监测内容为 γ 剂量率，监测数据见表 8-2。

表 8-1 使用的仪表及性能指标

仪器名称	型号	主要技术性能指标
χ - γ 剂量率仪	FHZ672 E-1	测量范围：1nGy/h~100 μ Gy/h； 能量响应：48keV~6MV； 能量相对响应之差：< \pm 15%(相对于 Cs-137)； 准确度：<20% (针对 Cs-137，剂量率大于 100nGy/h)； 灵敏度：2000s ⁻¹ / μ Gy/h (Cs-137) nGy。

表 8-2 本项目辐射工作场所辐射水平监测结果 (单位：nGy/h)

监测场所	点位及相关描述	γ 剂量率(单位:nGy/h)
病房楼 A 座一层西侧 DSA 机房	南门外	107.1 \pm 1.4
	房间内	103.3 \pm 1.0
	东墙外	117.9 \pm 1.7
病房楼 A 座一层东侧 DSA 机房	西墙外	114.1 \pm 1.8
	房间内	90.8 \pm 0.7
	南墙外	104.0 \pm 2.2
病房楼 A 座地下一层西侧加速器机房 (西侧)	机房内	86.9 \pm 0.6
	迷道内	88.8 \pm 0.96
	西墙外	101.1 \pm 0.6
	北墙外	96.2 \pm 0.6
病房楼 A 座地下一层西侧加速器机房 (东侧)	机房内	88.0 \pm 2.4
	迷道内	92.8 \pm 5.9
	西墙外	100.2 \pm 1.1
模定位 CT 机房 (西侧)	北墙外	99.4 \pm 2.1
	机房内	101.3 \pm 2.1
模定位 CT 机房 (东侧)	北墙外	99.4 \pm 2.1
	机房内	92.6 \pm 4.3
安徽省范围 ^[1]		75.9~319.5

注[1]：《安徽省环境天然贯穿辐射水平调查研究》“表 7 全省 室内 γ 辐射剂量率(46.4~290.0nGy/h)”加宇宙射线 29.5 nGy/h 得到。

辐射工作场所辐射水平监测监测结果表明：拟建场所的 γ 剂量率现状为（86.9~117.9）nGy/h，处于安徽省室内 γ 辐射剂量率正常本底水平（75.9~319.5）nGy/h 范围内。

8.2 声环境质量现状

2017 年 11 月 3 日，天气晴，20℃。评价单位对安庆市立医院新院区病房楼 A 座一层的拟建辐射工作场所进行了声环境质量现状监测，声环境监测因子是连续等效 A 声级，参照《环境影响评价技术导则 声环境》（GB3096-2008）的要求布设监测点，根据本项目周边声环境现状和项目特点，监测点位选取项目四周及敏感点，本项目 DSA 机房 200m 范围涉及西厂界和北场界；DSA 机房 200m 范围涉及东厂界和北场界，因此监测点位设置见附图 2。

本项目不涉及测量设备是 AWA6228 型噪声振动分析仪，灵敏度：35~125dB。声环境现状监测结果见表 8-3。

表 8-3 声环境现状监测结果 单位：dB(A)

测点号	测点位置	昼间	夜间
1	加速器机房外延东侧院围墙 1m	53.1	46.8
2	加速器机房外延北侧院围墙 1m	55.2	47.5
3	DSA 机房外延北侧墙外 1m	54.8	48.2
4	DSA 机房外延西侧墙外 1m	51.7	43.0

由表 8-3 可知，对安庆市立医院新院区昼间厂界噪声在 51.7-55.2dB(A) 范围内，夜间厂界噪声在 43.0-48.2dB(A) 范围内，项目厂界现状噪声值能够满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类区标准的要求。

表 9 项目工程分析和源项

<div>9.1 工程设备和工艺分析</div> <div>9.1.1 工作原理</div> <div><p>(1) 血管造影机(DSA)</p><p>介入治疗是利用 X 射线图像指导在血管和器官内放置导管支架等,以修正或者治疗患者状况。数字减影血管造影技术 (Digital Subtraction Angiography, DSA) 是一种 X 线检查新技术,是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。</p><p>DSA 是将检查时身体“阴性”数字荧光图像与血管注入造影剂时的数字荧光图像相结合,最终图像(实时或数字记录图像)能够显示出可能阻塞血管的解剖构造。普通血管造影图像具有很多的解剖结构信息,例如骨骼、肌肉、血管及含气腔隙等等,彼此相互重叠影响,若要想单纯对某一结构或组织进行细微观察就较为困难。</p><p>DSA 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。两次数值相减,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。通过 DSA 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。</p><p>DSA 外观见图 9-1,其主要结构见图 9-2。</p></div>

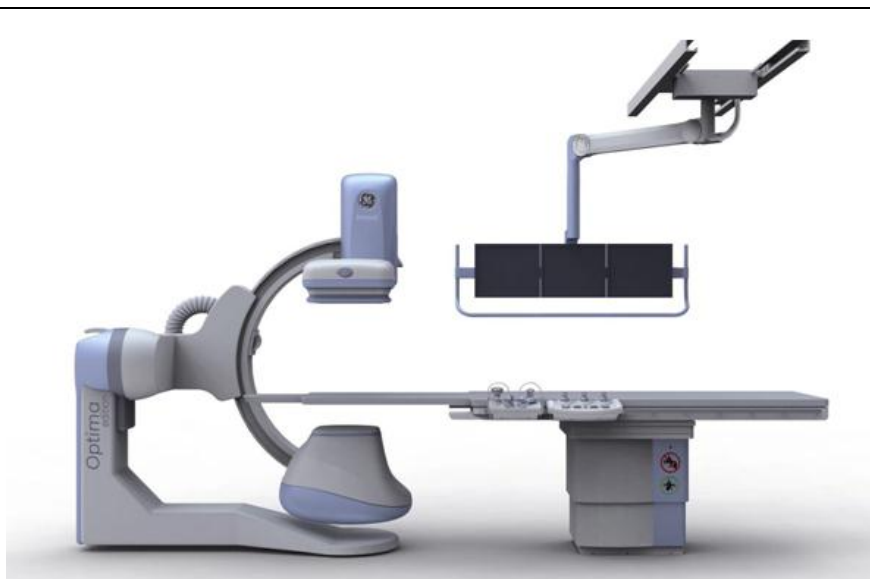
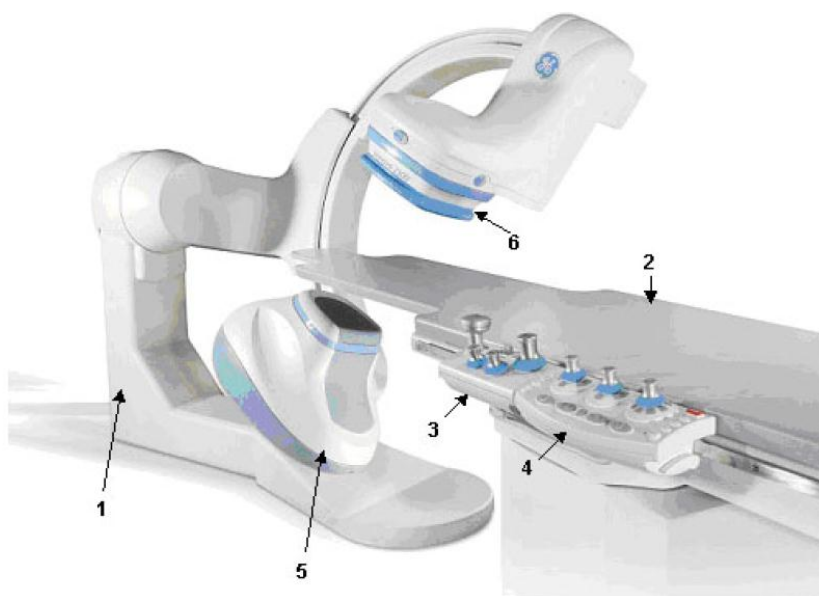


图 9-1 数字减影血管造影装置（DSA）外观图



1 机架 2 检查床 3 Smart Box（智能盒）

4 诊断床系统控制（TSSC） 5 X 射线管 6 数字探测器

图 9-2 DSA 构造图

（2）医用电子直线加速器

医用电子直线加速器由电子枪、加速管和束流控制三个主要部分及辅助设备组成。由主控制台的触发器将调制器触发，产生系列脉冲，加到磁控管阴极及电子枪的阳极，因而磁控管发生震荡，产生微波功率，同时电子枪发射的电子也从轴向进入加速管，在加速管中微波与电子相互作用，使电子从微波电磁场中不断

获得能量，最后由加速管终端输出至偏转盒，作为电子线输出，或者打靶作为 X 射线输出。靶的下面是均整器，其下面有平板电离室。平板电离室一方面将电子或 X 射线在其中的电离电流信号输送至剂量监测仪，以确定治疗剂量，另一方面将束流强度变化的信号输送至束流控制系统，通过前后驱动线圈来控制电子的运动轨道和输出量。医用电子直线加速器运行原理方框图见图 9-3，结构图见图 9-4。

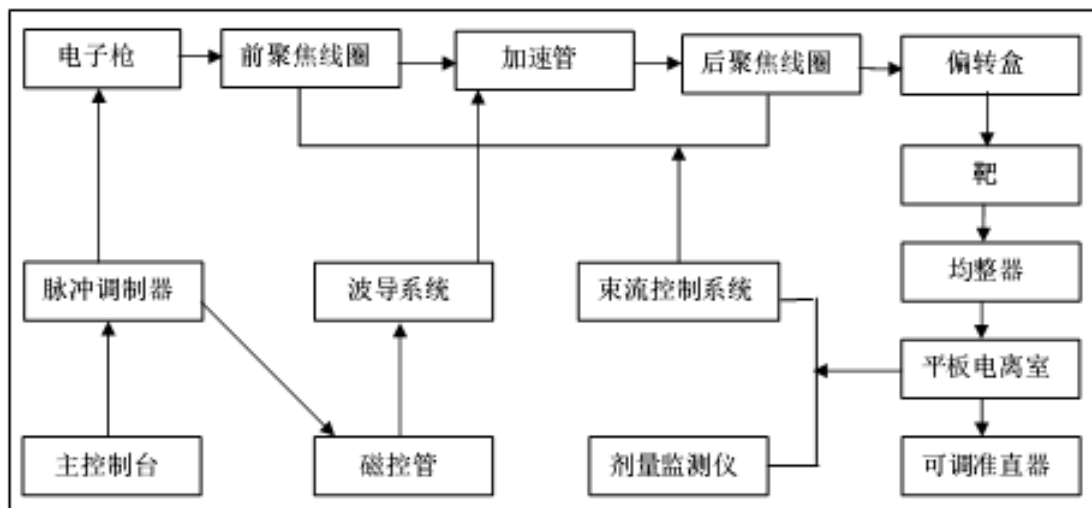


图 9-3 医用电子直线加速器原理方框图

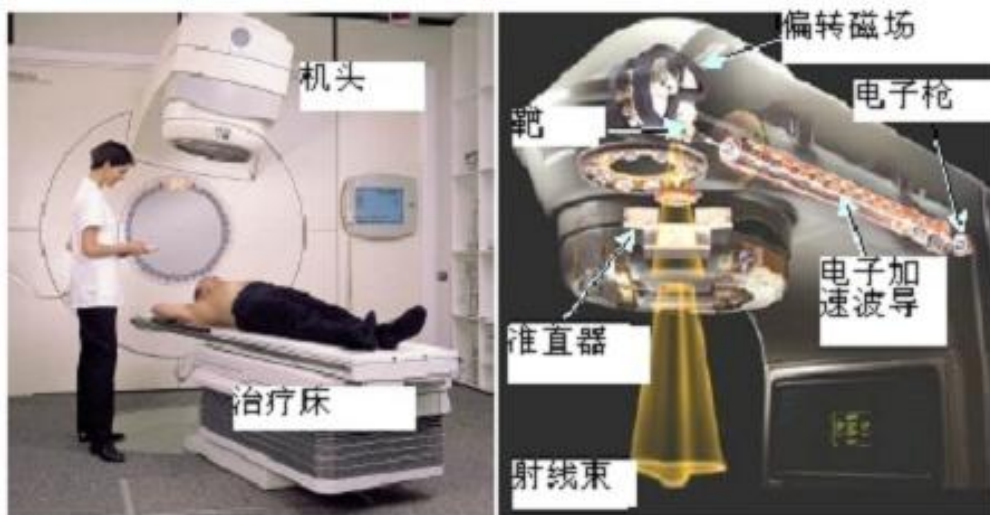


图 9-4 医用电子直线加速器结构图

(3) 模拟定位 CT 机

X 射线影像诊断设备产生射线的原理如下：设备由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶

则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属(如钨、钼、金、钽等，乳腺机使用钼作为靶材料)制成。当灯丝通电加热时，电子则从阴极逸出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡由于韧致辐射产生 X 射线。管电压越高，电子流速度亦随之增高，产生 X 射线的能量也越高。典型的 X 射线管结构图见图 9-5。

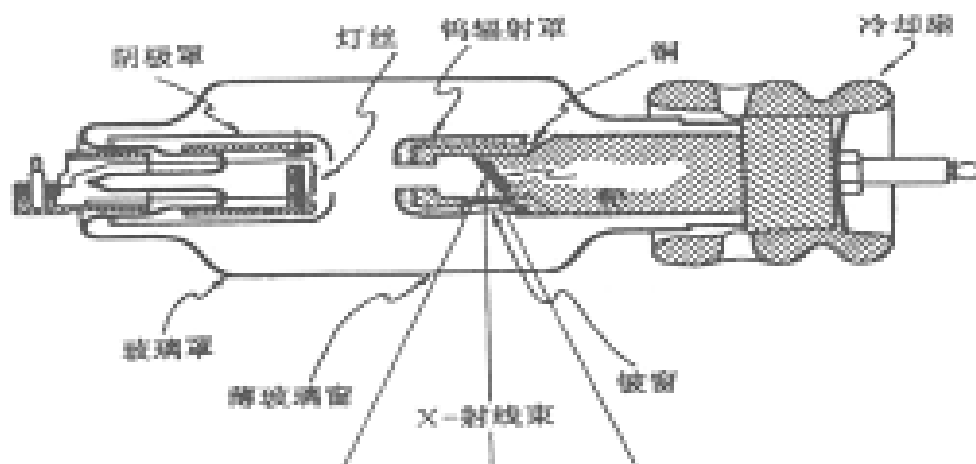


图 9-5 X 射线管结构图

模拟定位 CT 机主要由 X 射线管、高压发生器及探测器组成，其部件见图 9-6。

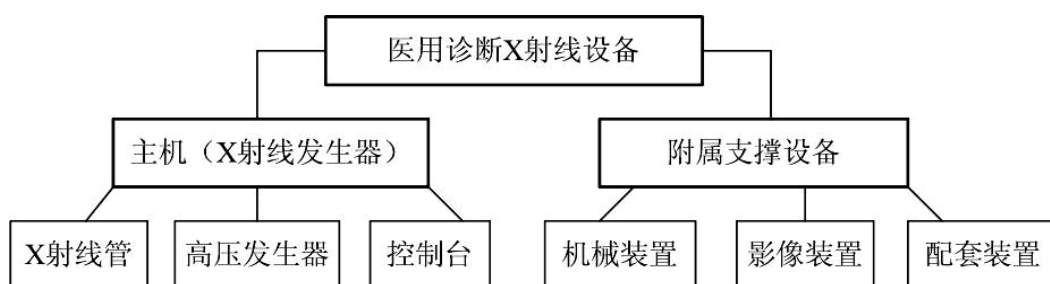


图 9-6 医用 X 光机基本结构框图

9.1.2 操作流程

(1) 血管造影机(DSA) 操作流程

放射介入是利用 X 射线透视导向下进行的手术，介入手术者在 X 射线透视下站在诊视床边进行，距患者照射区不足 0.5m，其全身暴露于 X 射线散射线的辐射场内，受到 X 射线外照射。介入手术的基本流程如图 9-7。



图 9-7 血管造影机的操作流程

(2) 医用电子直线加速器治疗工艺过程

放射治疗是利用电离辐射的生物效应杀死肿瘤细胞，本项目的医用直线加速器是利用直线加速器产生的高能电子射线或 X 射线进行治疗，进行照射前需要采用模拟定位机对肿瘤位置定位，确定肿瘤的具体位置和形状，放射治疗的流程如下，见图 9-8。

①病人治疗前需预约登记，以确定治疗时间。

②预约病人先在模拟定位机上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，模拟定位机通常采用 X 射线机，也有采用 CT 进行模拟定位，本项目的模拟定位机就是 CT 机。模拟定位操作过程类似于 X 射线影像诊断，工作人员隔室操作。

③确定肿瘤位置和形状后，物理师根据治疗剂量，通过治疗计划系统(TPS)制定治疗计划，该过程通常在电脑上完成。

④治疗计划制定后，肿瘤病人在技术人员的协助下，依据计划在治疗床上进行摆位，确定照射位置和面积，该过程在治疗机房内完成。

⑤摆好位后，技术人员进入操作室，确定所有安全措施到位后，启动治疗机进行照射。

⑥照射完毕后，技术人员协助病人离开机房，并为下次照射做准备。



图 9-8 放射治疗流程图

（3）模拟定位 CT 机操作流程

进行 X 射线影像诊断时，在放射科医生的指导下正确摆位后，医生进行隔室操作，利用各种 X 射线影像诊断设备取得病灶部位、形状及体积。X 射线影像诊断流程如图 9-9。

操作流程中的曝光拍摄过程将产生 X 射线，污染途径为外照射。

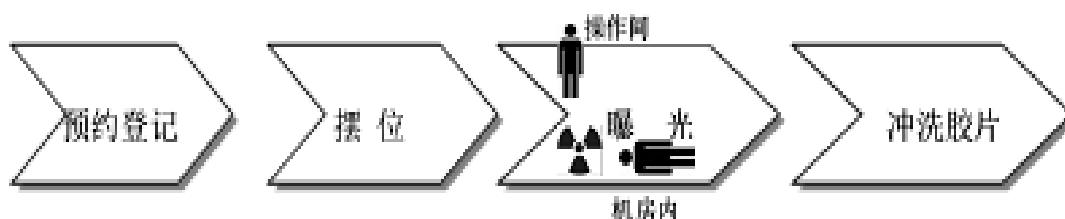


图 9-9 X 射线影像诊断流程图

9.2 污染源项描述

本项目污染源分析主要按施工期和运行期两方面进行分析。

9.2.1 施工期污染源分析

本项目非放部分的环评已批复，本项目涉及的施工期污染主要来自于装修工程阶段，包括室内装修、设备安装等。

（1）废气：主要来自装修中使用的大量涂料、胶、石材、地砖、木材等材料，废气中含有甲醛、苯等物质，为无组织面源；

（2）废水：主要是施工人员的生活污水；

（3）噪声：项目使用现有厂房，施工期噪声主要来源于内部装修过程中的设备噪声；

（4）固体废物：主要是装修过程中产生的废材料，如人造板、地板、密封

膏、建筑涂料等。

9.2.2 运行期污染源分析

9.2.2.1 正常工况

(1) 血管造影机(DSA)和模拟定位 CT 机污染源分析

工作人员在调试 DSA 或 X 光机的过程中,会受到 X 射线的直接外照射。当电子轰击靶时,与靶物质发生作用产生韧致辐射 X 射线,X 射线有用主束、泄漏辐射或散射辐射对职业人员的外照射,以及上述辐射产生的贯穿辐射对周围环境和人员可能产生的外照射影响。

使用射线装置不产生放射性三废。

(2) 医用电子直线加速器污染源分析

医用直线加速器在正常运行时,产生的放射性污染有:

①带电粒子:被加速的电子一般情况下是定向的,只要选择的屏蔽物质厚度大于电子在该物质中的射程就可以将其吸收。在本项目中,被加速的电子能够被完全屏蔽在放疗大厅机房内,不会对外部环境造成污染。

②X 射线:医疗用电子直线加速器产生的 X 射线会产生外照射。

③中子:当电子和光子的能量超过 10MeV 时,会产生中子,污染途径为外照射。

④感生放射性:加速器结构部件、冷却水、加速器大厅的空气受到辐射的照射会产生感生放射性,主要污染途径为外照射和吸入内照射。

⑤有害气体:加速器运行过程中,空气在中子、 γ 射线照射下产生臭氧 O_3 和氮氧化物 NO_x 。

9.2.2.2 事故工况

本项目在运行时,可能发生的主要事故、主要放射性污染物和污染途径如下:

调试 DSA 或 X 光机时,由于管理的疏忽,人员可能误入机房内未被发觉,造成人员受到不必要的 X 射线外照射。发生人员误照事故时,污染途径是 X 射

线的直接外照射。当发现误照时，迅速通知误入人员离开。

加速器运行时，门机联锁装置发生故障，人员误入大厅，造成人员辐照事故。这种事故对人员构成的危害较大，严重地损害工作人员的健康，甚至危及人员生命。本项目两台加速器都有比较完备的安全联锁和警告装置，可以提醒和防止人员进入加速器大厅。在加速器大厅设有紧急按钮，可以使人员及时摆脱危险。为了防止这类事故的发生，加速器的安全联锁装置应经常保持良好的工作状态，并且应该制定严格的规章制度和操作规程，对工作人员进行辐射安全教育和进行培训。

9.2.2.3 非放射性污染物

根据本项目的性质和特点，运营期主要非放射性污染源分析如下：

（1）废水：运行期间废水主要是医务人员和病人生活污水，水污染物主要为 COD_{Cr} 、 BOD_5 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等。

（2）噪声：本项目运营期噪声源是风机运行产生的噪声。

（3）固废：本项目建成运行后，主要为工作人员的生活垃圾和 DSA 机房产生的医疗废物。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区

依据管理的需要，将各辐射工作场所分为控制区和监督区。

控制区：射线机房； 监督区：控制室。

将机房出入口内的所有区域为控制区,操作间及与控制区直接相连的区域为监督区。

10.1.2 辐射屏蔽设计

(1) DSA 机房屏蔽设计

本项目新增2个DSA机房的四周防护墙体均采用3mm铅防护当量硫酸钡涂料，屋顶采用设计3mm铅防护当量硫酸钡涂料，其辐射防护屏蔽设计方案见表10-1。

表 10-1 DSA 机房设计方案一览表

位置	屏蔽材料及 厚度（mm）
北墙	3mm 铅防护当量硫酸钡涂料
南墙	3mm 铅防护当量硫酸钡涂料
西墙	3mm 铅防护当量硫酸钡涂料
东墙	3mm 铅防护当量硫酸钡涂料
地面、屋顶	3mm 铅防护当量硫酸钡涂料
观察窗	4.5mmPb 铅玻璃
病人通道门	4.5mm 铅
医务人员通道门	4.5mm 铅

在《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）表 3 中给出介入 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求：“有用束方向铅当量和非有用束方向铅当量为 2mm”。本项目 DSA 机房有用束和非有用束方向的铅当量均不小于 2mm，符合上述要求。

(2) 加速器机房

本项目新增 2 个加速器机房的四周防护墙体均采用标准混凝土、顶盖采用水

泥浇注而成，防护门采用铅板料制作，2 台加速器机房的设计方案相同。加速器机房设计详情见表 10-2。

表 10-2 医用加速器机房屏蔽设计情况

位置	屏蔽材料及厚度		与等中心点的距离 (m)
迷道内墙	左宽 840mm、右宽 1200mm、长 6200m 的楔形普通混凝土		/
两加速器中间墙（迷道外墙）	1300mm 普通混凝土		8.62
北墙	主屏蔽墙	2600mm 普通混凝土（宽 3800mm）	4.88
	副屏蔽墙	1300mm 普通混凝土	
南墙	主屏蔽墙	2600mm 重晶石混凝土（宽 3800mm）	6.20
	副屏蔽墙	1300mm 重晶石混凝土	
西墙	1300mm 普通混凝土		3.85
东墙	1000mm 普通混凝土和实土墙		3.85
屋顶	2600mm 重晶石混凝土（宽 3800mm）		1.22
	1300mm 重晶石混凝土		3.82
机房门	12mm 铅		/

（3）模拟定位机房

本项目的 2 个模拟定位 CT 机房的四周防护墙体和机房顶均采用 3mmPb 铅当量进行防护，控制室观察窗采用 5mmPb 铅玻璃进行防护，病人通道门和医务人员通道门设计 5mmPb 铅当量进行防护。

10.1.3 安全联锁与控制系统

（1）DSA 的安全联锁与控制系统

1) 门机联锁：机房屏蔽门和 DSA 联锁，只有当屏蔽门关闭后才能出束，门一旦打开，立即停止出束；

2) 门口标识、声光报警：防护门上设置电离辐射工作警示标识，并设工作信号指示灯，表明加速器的停机和出束状态；

3) 配置通风、配电和消防设施；

4) 每个 DSA 机房配备足够的铅衣、铅屏风、铅围脖、铅手套、铅眼镜、铅围裙等防护用品, 以备工作人员使用。

(2) 加速器机房的安全联锁与控制系统

1) 门机联锁: 机房屏蔽门和加速器联锁, 只有当屏蔽门关闭后加速器才能出束, 门一旦打开, 立即停止出束;

2) 控制台-装置连锁: 通过硬件限位和软件防碰撞二种方式, 确保病人和操作人员的安全;

3) 门口标识、声光报警: 防护门上设置电离辐射工作警示标识, 并设工作信号指示灯, 表明加速器的停机和出束状态;

4) 机房监控: 设置照射监控及对讲系统, 对治疗室全景及治疗病员的状况进行实时监控, 治疗室和控制室安装对讲系统, 指导患者配合治疗;

5) 故障系统:

故障自动停机系统: 全数字化控制系统, 专用诊断、校正和设备纠错工具, 设备运行过程出现错误具备自动停机功能。

故障显示系统与报警系统: 全数字化控制系统, 专用诊断、校正和设备纠错工具, 设备运行过程出现错误后具备故障显示与报警功能。

6) 急停按钮: 治疗室内多处设置急停开关, 当遇到意外情况, 可不必穿越主射线束随时按动急停开关, 切断设备电源, 停止出束。

7) 设备开关联锁: 操作台有操纵钥匙开关, 只有当钥匙开关插入钥匙孔打开锁定, 加速器各项功能才能启动。

8) 通风系统: 本项目加速器机房装有通风系统, 室内通风系统进风口需要有除尘过滤装置, 治疗室通风次数不低于 4 次。

10.2 三废的治理

根据射线装置工作原理可知, 电子直线加速器和医用 X 射线装置产生的 X 射线贯穿辐射, 随着设备开机、关机而相应产生和消失。使用射线装置在运行中不产生放射性三废。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

安庆市立医院东院区建设工程已开展了非放环境影响评价，并获得批复。本项目涉及的施工期环境影响主要来自于加速器和 DSA 机房装修和设备安装过程的装修废气、废水、施工噪声以及施工固废对环境产生的影响。

11.1.1 装修废气环境影响分析

项目框架结构建成后，需要对建筑物地面、墙体进行装修。在此过程中，废气主要来自装修中使用的大量涂料、胶、石材、地砖、木材等材料，污染源性质属于无组织面源。这些废气含有甲醛、苯等物质，向环境中释放，污染源性质为无组织面源，对周围环境产生一定影响。建议采取以下防治措施：

(1) 选用优质的建筑材料，材料标准达到《天然石材产品放射性防护分类控制标准》；

(2) 装修工程提倡绿色装修，采用符合国家标准的室内装饰和装修材料，从根本上降低装修废气对周围大气的污染；

(3) 涂料和涂料喷涂产生的废气，对近距离接触的人体有一定危害，施工期的污染对象主要是施工人员，应采取必要的安全防护措施，如防护面具或口罩等。

通过采取上述措施，可以减低工程装修阶段的废气对周围大气环境的影响。

11.1.2 废水环境影响分析

施工期的废水主要来自施工人员产生的生活污水，主要污染物 COD、BOD₅、SS。本项目施工人员按 20 人计算，人均生活用水量按 80L/d 计，生活污水按用水量的 80%计，则生活污水的排放量为 1.28m³/d。本项目施工周期约 2 个月，以 50 日计，则施工期共排放生活污水 64m³。

应管理好施工队伍生活污水的排放，施工场地设置化粪池，施工人员产生的生活污水经化粪池处理后经管道引入城市污水管网。

11.1.3 噪声环境影响分析

项目施工期的噪声主要可分为机械噪声、施工作业噪声和施工车辆噪声。机械噪声主要由施工机械所造成，多为点声源；施工作业噪声主要指一些零星的敲

打声、装卸车辆的撞击声、人员活动噪声等，多为瞬间噪声；施工车辆的噪声属于交通噪声。在这些施工噪声中对声环境影响最大的是机械噪声。主要噪声设备源强见下表。

表 11-1 常用施工设备噪声源不同距离声压级 单位：dB（A）

施工阶段	主要噪声源	噪声级 dB（A）	距离
土石方、结构	运输车辆	85	5m
	塔式吊车	81	5m
	振捣器	95	5m
装修、设备安装	木工电锯	99	5m
	空压机	92	5m
	电锤	105	5m
	角磨机	96	5m

注：以上数据来自《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）附录 A.2。

在施工噪声预测计算中，施工机械除各种运输车辆外，一般均为固定声源。其中的木工电锯、切割机等机械因位移不大，也视为固定源。将施工机械噪声作点声源处理，施工机械噪声衰减模式如下：

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 20 \lg(r_2/r_1)$$

式中： ΔL ——距离增加产生的噪声衰减值(dB)；

L_1 ——距点声源 r_1 处的噪声值(dB)；

L_2 ——距点声源 r_2 处的噪声值(dB)。

根据预测距主要施工机械不同距离的噪声值见下表。

表 11-2 施工机械噪声随距离衰减情况 单位：dB(A)

施工阶段	施 机械	距机械 r (m)处声压级 (dB)							建筑施工场界噪声限值 (dB)	
		5	20	60	100	200	300	500	昼间	夜间
土石方、结构	运输车辆	85	73	63	59	53	49	45	70	55
	塔式吊车	81	69	59	55	49	45	41		
	振捣器	95	83	73	69	63	59	55		
装修、设备安装	木工电锯	99	87	77	73	67	63	59		
	空压机	92	80	70	66	60	56	52		
	电锤	105	93	83	79	73	69	65		
	角磨机	96	84	73	69	63	59	55		

多个机械同时作业的总等效连续 A 声级计算公式为：

$$L_{eqg} = 10\lg\left(\frac{1}{T} \sum_i t_i 10^{0.1L_{Ai}}\right)$$

式中，

L_{Ai} 为 i 声源在预测点产生的 A 声级，dB(A)；

T 为预测计算的时间段，s；

t_i 为 i 声源在 T 时间段内的运行时间，s。

装修阶段主要在室内进行，墙体隔声量按 20dB(A)计，DSA 机房距离西厂界约 120m，距离北厂界约 91m；加速器机房距离东厂界约 93m，距离北厂界约 95m；多机械同时作业时厂界噪声预测结果见下表。

表 11-3 多机械同时作业时噪声预测结果

预测点		预测结果 昼间 dB(A)	预测结果 夜间 dB(A)	标准值 dB(A)
加速器机房外延东侧院 围墙 1m	土石 方、结 构	70.3	70.2	场界执行《建筑施工场 界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011) 昼 间：70，夜间：55。
加速器机房外延北侧院 围墙 1m		70.1	70.0	
DSA 机房外延北侧墙外 1m		70.5	70.4	
DSA 机房外延西侧墙外 1m		68.1	68.0	
加速器机房外延东侧院 围墙 1m	装修、 设备安 装	81.2	81.2	
加速器机房外延北侧院 围墙 1m		81.0	81.0	
DSA 机房外延北侧墙外 1m		81.3	81.3	
DSA 机房外延西侧墙外 1m		78.9	78.9	

由以上分析可知，设备使用过程中会使场界昼夜均不能满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523—2011)标准值。根据项目建设和所在区域特点，评价建议采取以下措施：

(1) 合理安排施工时间，尽量缩短施工期，尽量避免多台噪声设备同一地点同时使用，且夜间（22 时至凌晨 6 时）禁止施工；

- (2) 在施工机械上尽可能采用先进、低噪声设备，并加强管理和维护；
- (3) 在高噪声设备周围设置掩蔽物，以从源头控制噪声影响；
- (4) 对施工期运输车辆产生的交通噪声，应搞好施工管理，减轻对周边声环境产生的影响，对运输车辆限速，禁止车辆高速行驶和禁鸣喇叭。
- (5) 在施工厂界处设置临时围墙，选择具有低噪声的施工设备和具有一定环境管理水平的建筑单位进行施工。

本项目施工期较短，施工期的噪声影响具有局部性和时限性，随着整个施工期的结束，施工期噪声对周围环境的影响也随之消失。如需进行夜间施工作业，需征得当地环保部门的同意，并告知周围受影响人群，取得当地居民的谅解和支持。

11.1.4 固废环境影响分析

施工期的固废主要包括：

(1) 生活垃圾

施工周期约 2 个月，以 50 日计。施工人员 20 人，人均生活垃圾的产生量按 1kg/d 计算，则施工现场的生活垃圾产生量大约为 20kg/d，施工期间共产生生活垃圾 1t。生活垃圾设置集中收运设备，由环卫部门统一送往安庆市生活垃圾填埋场处理。

(2) 建筑垃圾

本项目建筑垃圾包括装修工程中产生的废材料（人造板、地板、密封膏、建筑涂料等）。对这一部分废料应遵照安庆市建筑垃圾管理办法进行处置，分类管理，集中堆放，严禁乱堆乱放。对有回收价值的人造板、地板等进行回收利用，无再利用价值的废料外运至合法堆放场地。另外，按照《国家危险废物名录》中的规定，废涂料属于HW12（染料、涂料废物类），必须对其妥善收集，委托有资质的单位处理。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 一般环境影响分析

本项目在运行期非放环境影响因素主要为生活污水、噪声、生活垃圾和医疗垃圾，产生量较小且影响范围小，考虑到《安庆市立医院东院区建设工程环境影响报告书》已对相应内容进行了评价，本次评价仅做简单分析。

(1) 水环境影响分析

运行期间废水主要是医务人员和病人的生活污水。生活污水比重较大，主要成分为有机物、悬浮物等与常见的生活污水相似，但还包括沾染病人血、尿、便等排泄物而具有传染性，或含有有毒化学物质和多种致病菌、病毒和寄生虫卵，因此必须经消毒灭菌后方可排放。本次项目产生的废水包含在《安庆市立医院东院区建设工程环境影响报告书》的评价范围内，本报告不再重复计算废水产生量。

本项目产生的废水经医院的格栅+调节池+CASS 池+接触消毒池的二级处理工艺处理，达到 GB18466-2005《医疗机构水污染物排放标准》中的排放限值要求后，由管网排入长江安庆段。本工程产生的污水处理系统处理达标后排放，对水环境的影响较小。

(2) 噪声环境影响分析

本项目新建 DSA 机房采用病房楼 A 座统一通风设备，不单独通风，其噪声环境影响分析包含在《安庆市立医院东院区建设工程环境影响报告书》的评价范围内。因加速器机房设置独立通风系统，因此本报告运行期加速器机房周围 200m 的区域噪声环境影响进行分析评价。以加速器机房通风口位置为中心点 200m 范围不包含南厂界和西厂界，距离东厂界约 93m，距离北厂界约 95m，评价范围内无居民楼、学校等敏感目标。

本次噪声影响评价噪声的预测模式参考《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）中推荐的半自由场无指向性点源的几何发散衰减模式，预测点为东西南北四面厂界。

1) 户外声传播衰减计算

$$L_A(r) = L_{AW} - 20\lg(r) - 8$$

式中，

$L_A(r)$ —预测点 r 处的 A 声级，dB(A)；

L_{Aw} —A 声功率级，dB(A)；

r —预测点与噪声源的距离，m。

2) 预测点的叠加等效声级 (L_{eq}) 计算公式：

式中：

L_{eqg} —建设项目声源在预测点的等效声级贡献值，dB(A)；

L_{eqb} —预测点的背景值，dB(A)。

由于本次项目中的排风机型号尚未确定，假设排风机型号一样，根据声环境《声环境质量标准》（GB3096-2008）和《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中对 2 类区的要求，本项目不涉及声环境保护目标，仅考虑建设项目对厂界的影响，反推出对排风机噪声源强的要求。

表 11-4 噪声源强计算结果

预测点	排放限值 dB(A)		本底值 dB(A)		噪声源与预测 点距离 (m)	噪声源强 dB(A)	
	昼间	夜间	昼间	夜间		昼间	夜间
加速器侧北院围墙 1m	60	50	53.1	46.8	95	107.6	97.6
加速器侧东院围墙 1m	60	50	55.2	47.5	93	107.4	97.4

由计算结果可以看出，为了使项目的厂界达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类区的排放限值要求，噪声源强的声功率级应不大于 97.4dB(A)。

本项目排风机安装在机房内，加速器机房四周防护墙体均采用标准混凝土、顶盖采用水泥浇注而成，具有很好的隔声效果（约 30dB(A)），因此，按照保守计算，本项目不再考虑其他的消声降噪因素，仅考虑距离衰减和加速器机房墙体隔声后，所采购的风机设备声功率级不大于 127.4dB(A)即可确保厂界噪声达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类区的要求。

（3）固废环境影响分析

本项目建成运行后，产生的一般固体废物主要为医务人员和病人的生活垃圾，

以及 DSA 机房产生的医疗垃圾。本次项目产生的固废包含在《安庆市立医院东院区建设工程环境影响报告书》的评价范围内,本报告不再重复计算固废产生量。

本项目设置分类垃圾收集箱,安排专人定时清理,生活垃圾并由环卫部门运至垃圾处理厂集中统一处理。DSA 机房产生的医疗垃圾经分类收集后,暂存医院医疗废物暂时贮存库房,委托安庆市医疗废物处置中心定期处置。因此项目产生的固体废物可全部得到妥善处理,对周围环境影响较小。

11.2.2 辐射环境影响分析

11.2.2.1 DSA

(1) 源项

本项目新增 2 台 DSA 主要用于冠状动脉造影、脑血管造影,椎动脉造影、颈动脉造影、肾动脉造影,锁骨下动脉造影,髂总动脉造影,颈动脉支架植入术、锁骨下动脉支架植入术、肾动脉支架植入术、外周动静脉造影、胆总管造影、腹腔动脉造影等。DSA 的最大管电压为 125kV,管电流为 1250mA。据了解实际手术时的管电压完成 1 例冠状动脉造影的总出束时间约 20min,其中透视 17.5min,摄影约 2.5min,根据院方提供资料,每台 DSA 的年手术量不超过 800 例,表 11-5 估算出每台 DSA 的年运行情况。

表 11-5 1 台血管造影 x 射线机年出束时间预计

工作状态	管电压 kV	管电流 mA	平均出束时间/例	年治疗人数	累计出束时间,h
透视	90	10	17.5min	800	233
摄影	90	500	2.5min	800	33

(2) 周围辐射水平估算

手术中设备运行分透视和摄影(采集)两种模式,由于血管造影x射线机配备剂量检测系统,能根据患者条件等差异,自动调节曝光参数和X射线出射剂量。本项目保守取透视或摄影最大运行工况的参数来进行估算,见表11-6。

表 11-6 设备运行典型工况及相关参数

工作状态	管电压 kV	管电流 mA	1m 处的剂量率 mGy/h
透视	90	10	3.3E+03
摄影	90	500	1.65E+05
备注：参考NCRP NO.33p57图2，查得：X射线机的管电压为90kV时，离靶1m处的剂量率为5.5mGy/mA•min。			

DSA 图像增强器对X 射线主束有屏蔽作用，NCRP147 号报告“Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities”4.1.6 节（P42）指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射，故本项目重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。散射辐射的剂量率水平与泄漏辐射水平相当（ $\sim 10^{-3}$ ），但其穿透能力较弱，故计算周围剂量率水平时，保守以泄漏辐射水平的2 倍作为周围的附加剂量率水平。参照《电离辐射工业应用的防护与安全》第32 页（2.4）式，屏蔽后辐射剂量率可由式11-1计算得到，透视和摄影状态下的计算结果分别见表11-7和表11-8。

$$D=D_0 \times B/R^2 \quad (11-1)$$

式中：D：估算点附加剂量率，mGy/h；

D_0 ：距源1m处的剂量率，mGy/h；

B：衰减因子； $B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}}$ 依据GBZ130-2013附录D计算；

R：X射线靶到计算点的距离，m；

表 11-7 透视状态下（西侧）DSA 机房周围的剂量率

点 位	计算点 位置	距离 (m)	屏蔽材料 与厚度	衰减因子 (B)	射线束 类型	屏蔽前 1m 处剂量 (mGy/h)	屏蔽后计 算点剂量 率(μGy/h)
1	北墙外走廊	3.5	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	3.3E+03	2.60E-03
2	南墙外医院道路	3.5	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	3.3E+03	2.60E-03
3	西墙外消防控制中心	3.4	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	3.3E+03	2.75E-03
	东墙外 制室	3.4	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	3.3E+03	2.75E-03
5	机房顶	3	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	3.3E+03	3.54E-03
6	楼下	3	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散	3.3E+03	3.54E-03

注：每台 DSA 设备使用时，机头位置不固定，会在床旁一定范围内移动。医院给出参考值为：到四周墙体距离 3.4、3.5m，到楼上楼下距离 3m。

表 11-8 摄影状态下 DSA 机房周围的剂量率

点 位	计算点位置	距离 (m)	屏蔽材料 与厚度	衰 因子 (B)	射线束 类型	屏 前 1m 处剂 量 (mGy/ h)	屏蔽后计 算点剂量 率(μGy/h)
1	北墙外走廊	3.5	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	1.65E+05	1.3 E-01
2	南墙外医院道路	3.5	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	1.65E+05	1.30E-01
3	西墙外消防控制中心	3.4	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	1.65E+05	1.38E-01
4	东墙外控制室	3.4	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	1.65E+05	1. 8E 01
5	机房顶	3	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	1.65E+05	1.77E-01
6	楼下	3	3mm 铅	9.65E-06	泄漏+散射	1.65E+05	1.77E-01

由表11-7、11-8的计算结果可知，DSA透视和摄影状态下机房周围的最大剂量率为0.177μGy/h，辐射水平均低于2.5μSv/h，符合机房外附加辐射剂量率的控

制值。

(3) 人员附加年有效剂量估算及评价

工作人员及公众所受年剂量计算如下：

$$E=H_0 \times t \times T \times K \quad (11-2)$$

式中：E：年有效剂量，mSv/a；

H_0 ：工作人员或公众所在位置的剂量率，mSv/h

t：受照时间，h/a；

K：有效剂量与吸收剂量换算系数，取 $K=1$ ，Sv/Gy；

T：居留因子。

①控制室工作人员的年受照剂量

根据表 11-3、11-4 的数据、以及 2 台 DSA 机房的平面布局，控制室内的剂量率考虑 2 台 DSA 同时运行的叠加值来计算本项目 DSA 操作人员的年受照剂量，计算参数和结果见表 11-9。

表 11-9 控制室内工作人员的年受照剂量

工作状态	计算点位置	屏蔽后计算点剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	居留因子 $T^{[1]}$	受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
透视	控制室	5.5E-03	1	233	1.28E-03
摄影	控制室	1.77E-01	1	33	9.11E-03
总计	——	——	——	——	1.04E-02

注：[1] 居留因子 T 按三种情况取值：(1) 全居留因子 $T=1$ ，(2) 部分居留 $T=1/4$ ，(3) 偶然居留 $T=1/16$ ；

由上表可以看出，本项目控制室内工作人员的年受照剂量为 1.04E-02mSv，低于为工作人员设定的 6mSv/a 的剂量约束值。

②公众的年受照剂量

根据表 11-7、11-8 可知机房顶和楼下的公众受到的剂量最大。计算参数和结果见表 11-10。

表 11-10 公众的年附加有效剂量

工作状态	计算点位置	屏蔽后计算点剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	居留因子 T[1]	受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
透视	机房顶 (楼下)	3.54E-03	1	233	8.25E-04
摄影	机房顶 (楼下)	7.63E-01	1	33	2.52E-02
总计	——	——	——	——	2.60E-02

由上表可以看出,本项目公众的年受照剂量为 0.026mSv/a, 低于为公众设定的 0.1 mSv/a 的剂量约束值。

③DSA 正常工况下所致医护人员的年附加有效剂量

类比同型号DSA的现场监测结果,在进行介入治疗的透视时,医生手术位置的剂量率水平可高达 $19\mu\text{Sv/h}$;在进行介入治疗的摄影时,医生所在位置的剂量率水平可高达 $55\mu\text{Sv/h}$,正常手术时医生佩戴0.5mm铅衣。

由于每台DSA机房都配备2名医生和2名护师,因此保守按医生一年全负荷工作、完成800例手术进行估算,透视工况下工作时间为233h,摄影工况下工作时间为33h。每组工作人员的年受照最大剂量按照公式(11-2)计算,计算参数和结果见表11-11。可见,手术室医生的年受照剂量为1.5 mSv/a,低于设定的6mSv的年剂量约束值。

表 11-11 手术医生的附加年有效剂量

工作状态	手术位的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	衰减因子 (B)	居留因子 T	受时间(h)	年有效剂量 (mSv)
透视	19	0.24	1	233	1.1
摄影	55	0.24	1	33	0.4
总计	——	——	——	——	1.5

备注: 参考 NCRP NO. 33p74 表 3, 查得: X 射线机的管电压为 90kV 时, 铅的十分之一减弱层厚度为 0.8mm

11.2.2.2 医用电子加速器

11.2.2.2.1 源项

本项目新增的医用加速器在 X 射线治疗时最高可达 10MV, 本报告保守按照 10MV 加速器进行评价。加速器运行能量为 10MV 时 (剂量率为 600cGy/min , 照射野为最大 $40\text{cm}\times 40\text{cm}$), 屏蔽设计见表 10-2。

11.2.2.2.2 计算模式

本次医用加速器的屏蔽计算依据 NCRP REPORT No.151《Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities》进行，可用于低能（≤10MV）及高能（>10MV）医用电子直线加速器的屏蔽计算。本项目加速器 X 射线最大能量 10MV，屏蔽计算不考虑中子和感生放射性。

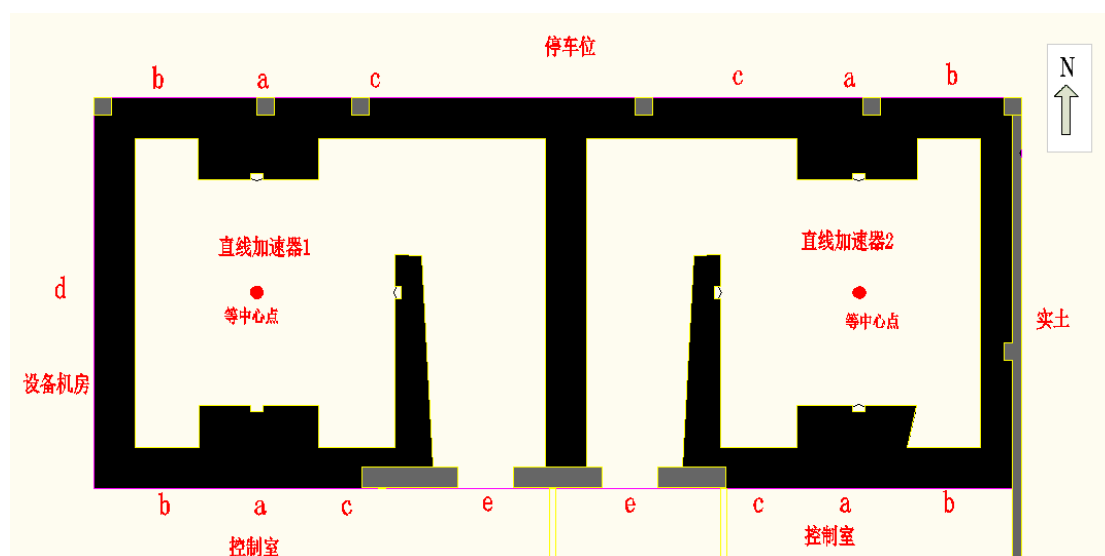


图 11-1 加速器机房屏蔽计算点位示意图

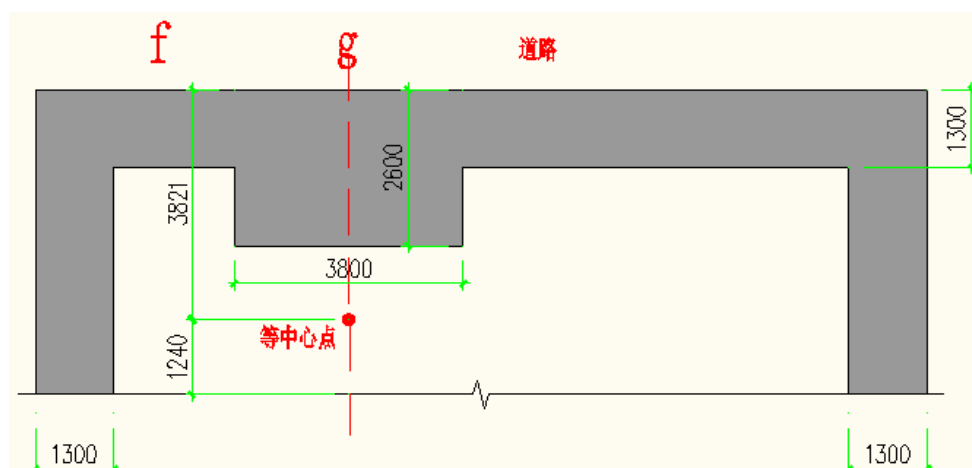


图 11-2 加速器机房剖面图及计算点位示意图

(1) 主屏蔽墙 (Primary barriers) (a、g 点)

利用下列公式对初级辐射进行屏蔽计算：

$$H_{pri} = \frac{B_{pri} W}{d_{pri}^2} \quad (11-3)$$

$$B_{pri} = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{barrier} - TVL_1}{TVL_e} \right] \right\}} \quad (11-4)$$

式中：H_{pri}—距离加速器等中心点（isocenter）d_{pri} 米处，屏蔽条件下的剂量当量率（Sv/a 或者 Sv/week 或者 Sv/h）。加速器中，各种运动的基准轴线围绕一个公共中心点运动，辐射束以此为最小球体内通过，此点即为等中心。

B_{pri}—主屏蔽墙的厚度对应的透射因子；

t_{barrier}—主屏蔽墙混凝土的厚度，m；

TVL₁—第一个十分之一值层厚度，cm；

TVL_e—平衡时的十分之一值层厚度，cm；

W—工作负荷，Gy/a 或者 Gy/week 或者 Sv/h；

（2）次屏蔽墙（Secondary barriers）（b、c、d、f 点）

初级辐射束不直接到达该屏蔽墙，屏蔽计算只考虑加速器装置头的泄漏辐射和来自患者体表的散射辐射，

①泄漏辐射

泄漏辐射剂量率一般按初级辐射束的 0.1% 计，可利用下列公式对泄漏辐射进行屏蔽计算：

$$H_L = \frac{B_L W}{1000 d_L^2} \quad (11-5)$$

$$B_L = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{barrier} - TVL_1}{TVL_e} \right] \right\}} \quad (11-6)$$

式中：H_L—距离加速器等中心点（isocenter）

d_L—靶点距计算点的距离；

B_L—次屏蔽墙的厚度对应的透射因子；

TVL₁—第一个十分之一值层厚度，cm；

TVL_e—平衡时的十分之一值层厚度，cm；

② 病人体表的散射辐射

$$H_P = \frac{B_{PS} \alpha W T \frac{F}{400}}{d_{sca}^2 d_{sec}^2} \quad (11-7)$$

$$B_{PS} = 10^{-\frac{t_{barrier}}{TVL_{sca}}} \quad (11-8)$$

式中：H_{PS}—计算点的散射剂量率，Gy/h。

B_{PS}—屏蔽墙的厚度对应的透射因子；

d_{sca}—源至患者的距离，取 1m；

d_{sec}—计算点至散射点的距离，m；

α—患者体表对初级辐射束的散射比，由入射的 X 射线能量及散射的角度决定；

F—患者处最大照射野面积，取 40×40cm²；

T_{barrier}—一次屏蔽墙混凝土的厚度

TVL_{sca}—十分之一层厚度，cm；

(3) 迷路入口处 (Maze Entrance) (e 点)

迷路入口处的剂量包括：①主束通过墙 G 散射到迷路入口处的剂量当量率 H_s；②主束通过患者体表散射产生的剂量当量率 H_{PS}；③穿过迷路内墙的机头泄漏辐射剂量当量率 H_{LT}，④穿过迷路内墙的初级辐射剂量当量率 H_{PT}。各部分的剂量当量率计算如下：

①、主束通过墙G散射到迷路入口处的剂量当量率H_s

$$H_s = \frac{W \alpha_0 A_0 \alpha_z A_z}{(d_h d_r d_z)^2} \quad (11-9)$$

式中：W—工作负荷；

α₀—主束散射面A0的反射系数；

A₀—等中心1m处最大照射野投影在墙G上的面积，m²；

α_z —主束经迷路表面 A_z 第二次散射时的反射系数；

A_z —主束散射面 A_0 的散射线经过迷路内口发散到迷路外墙内表面的散射面积， m^2 。

d_h —靶至G墙的距离，m；

d_r —G墙中线与迷路墙交点的距离，m；

d_z —迷路墙交点到门的垂直距离，m。

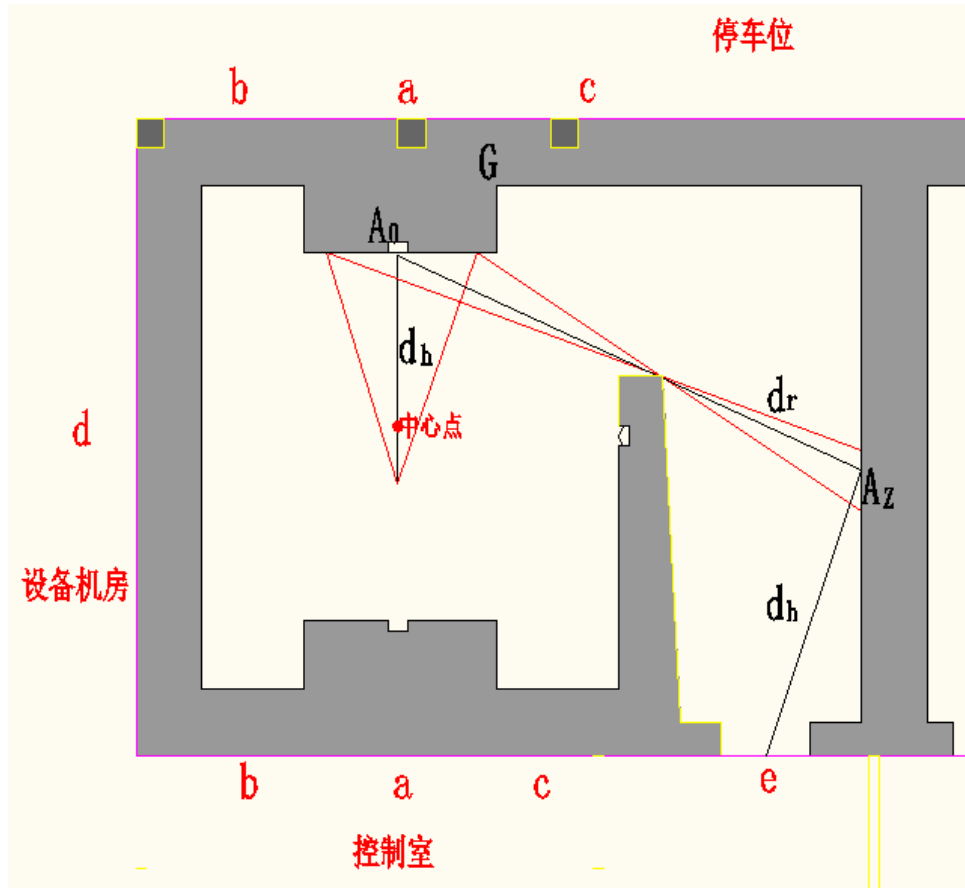


图11-3 主束通过墙G散射到迷路入口处的示意图

②、主束通过患者体表散射产生的剂量当量率 H_{ps}

$$H_{ps} = \frac{\alpha(\theta)W(F/400)\alpha_1A_1}{(d_{sca}d_{sec}d_{zz})^2} \quad (11-10)$$

式中：W—工作负荷；

$\alpha(\theta)$ —患者散射的初级辐射以一定角度入射到墙体的散射比；

F—患者等中心1m处照射野面积，取 $40 \times 40 cm^2$ ；

α_1 —墙体对患者散射辐射的反射系数；

A_1 —患者散射到墙体的面积，单位： m^2 ；

d_{sca} —靶至患者的距离，取1m；

d_{sec} —患者至迷路中线与迷路墙交点的距离，m；

d_{zz} —迷路中从散射表面A1到门的垂直距离，m。

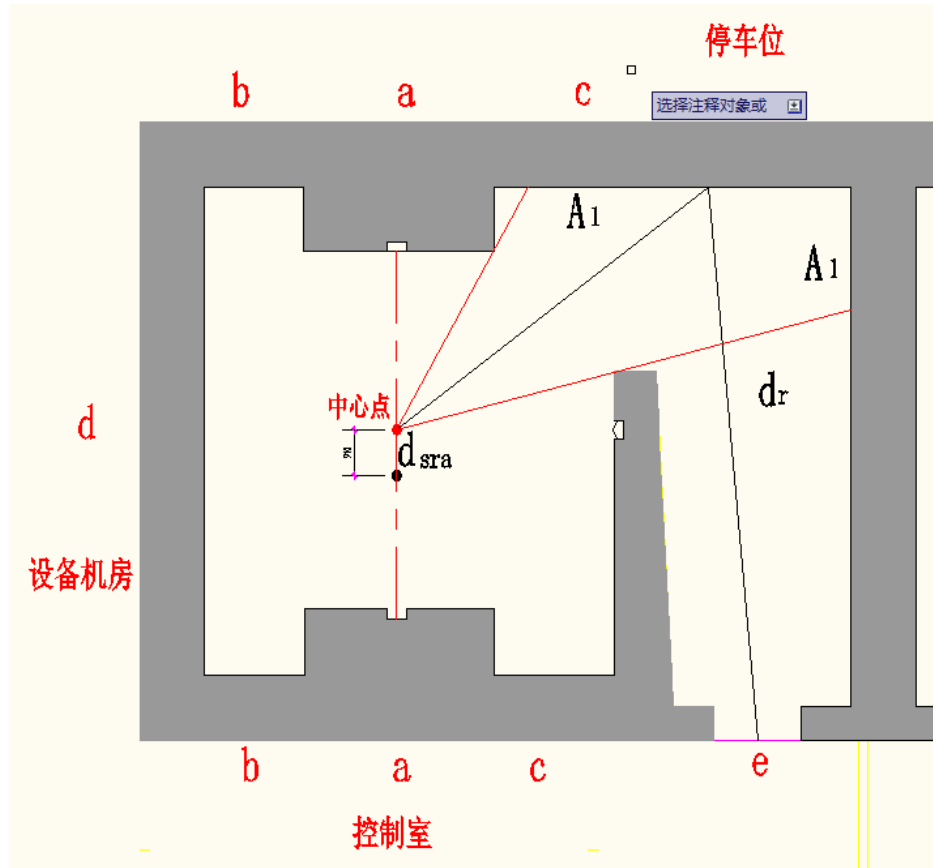


图11-4 主束通过患者体表散射到迷路入口处的示意图

③、机头泄漏辐射在墙体上的散射剂量当量率 H_{LS}

$$H_{LS} = L_f \frac{W \alpha_1 A_1}{(d_{sec} d_{zz})^2} \quad (11-11)$$

式中： α_1 —散射墙体对泄漏辐射的反射系数；

A_1 —从迷道门可以看到散射墙体的面积，单位： m^2 ；

d_{sec} —从靶到墙体上迷道中心线的距离，m；

d_{zz} —迷道的中心线长度，m；

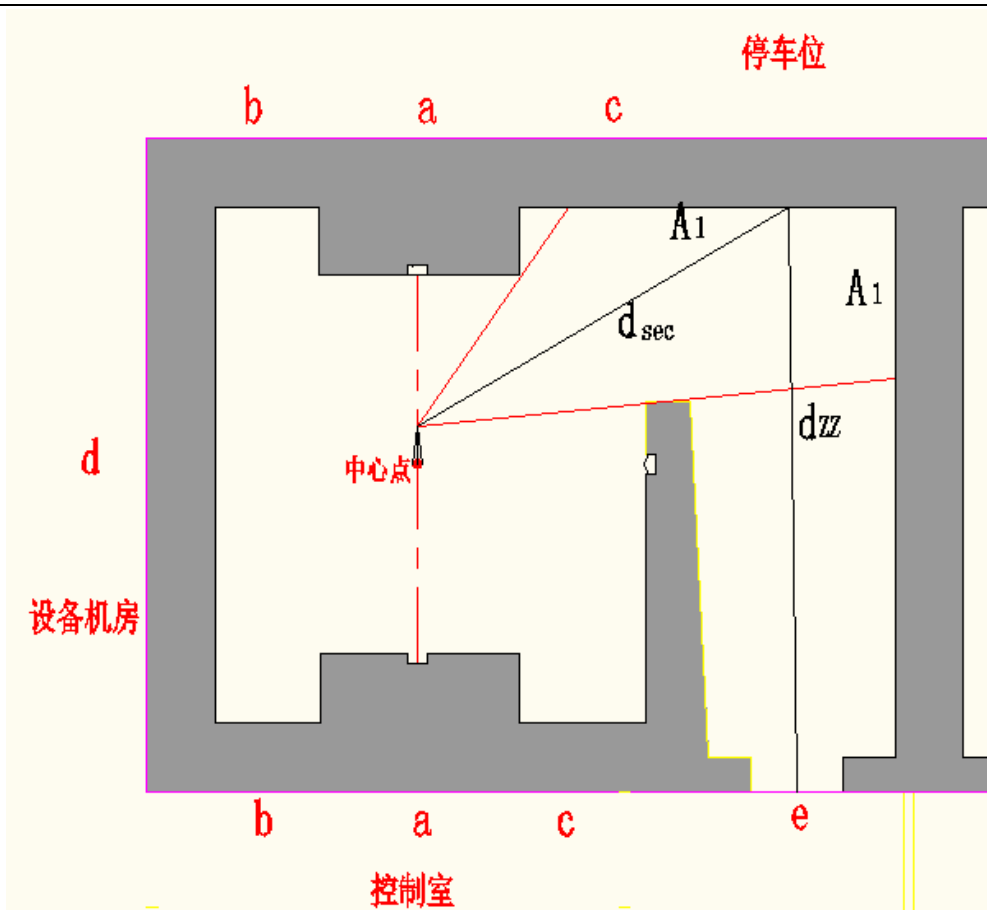


图 11-5 机头泄漏辐射通过墙 G 散射到迷路入口处的示意图

④、穿过迷路内墙的泄漏辐射剂量当量率 H_{LT}

$$H_{LT} = \frac{L_f W B_L}{d_L^2} \quad (11-12)$$

$$B_L = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{\text{barrier}} - TVL_1}{TVL_e} \right] \right\}} \quad (11-13)$$

式中：

L_f —距靶1m处装置头泄漏辐射率，取0.1%；

W —工作负荷；

B_L —迷路内墙对装置头泄漏辐射的透射因子；

d_L —靶经迷路内墙至迷路入口处的距离，m；

t_{barrier} —泄漏辐射沿着 d_L 在迷道内墙中穿过的距离，m；

TVL_1 —第一个十分之一值层厚度，cm；

TVL_e —平衡时的十分之一值层厚度，cm。

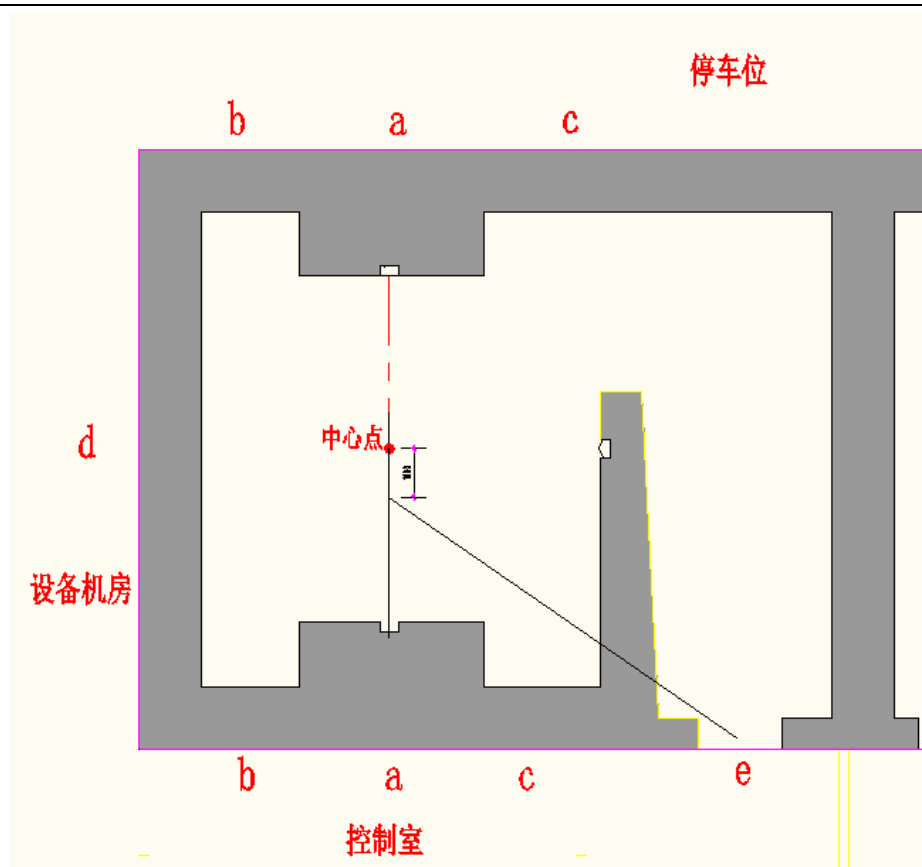


图11-6 穿过迷路内墙的泄漏辐射到迷路入口处的示意图

⑤、 H_{Tot} 的计算

$$H_{Tot} = fH_S + H_{PS} + H_{LS} + H_{LT} \quad (11-14)$$

式中：f—修正因子。

经防护门屏蔽后的 $H_{Tot-shield}$ 计算如下：

$$H_{Tot-shield} = H_{Tot} \times 10^{-\frac{t_{barrier}}{TVL_{pb}}} \quad (11-15)$$

式中：

$t_{barrier}$ —防护门的铅当量，mm；

TVL_{pb} —取5mm，The TVL for scattered and leakage photons (H_{Tot}) varies between 3 and 6 mm of lead depending on the maze length (McGinley, 2002)。

(4) 工作人员及公众所受附加剂量

工作人员及公众所受年剂量计算如下：

$$E = H_0 \times t \times T \times K \quad (11-16)$$

式中：E：年有效剂量，mSv/a；

H_0 ：工作人员或公众所在位置的剂量率，mSv/h

t：受照时间，h/a；

K : 有效剂量与吸收剂量换算系数, 取 $K=1$, Sv/Gy;

T : 居留因子。

11.2.2.2.3 计算结果

剂量率的计算参数及计算结果见表11-12~表11-16。

表 11-12 加速器机房主屏蔽墙 (a、g 点) 剂量率的计算参数及结果

点 位	W(Gy/h)	B_{pri}	d_{pri} (m)	$t_{barrier}$ (m)	TVL_1 (m)	TVL_e (m)	$H_{pri}(\mu\text{Gy/h})$
a	360	1.21E-07	3.9	2.6混凝土	0.41	0.37	7.13E-01
g	360	1.21E-07	1.8	2.6混凝土	0.41	0.37	8.37E-01

注: 参数取自NCRP REPORT No.151和设计资料

表 11-13 加速器机房次屏蔽墙 (b、c、d、f 点) 泄漏剂量率的计算参数及结果

点 位	W(Gy/h)	B_L	d_L (m)	$t_{barrier}$ (m)	TVL_1 (m)	TVL_e (m)	H_{pri} ($\mu\text{Gy/h}$)
b	360	5.91E-05	6.01	1.48混凝土	0.35	0.31	1.47E-01
c	360	5.91E-05	6.01	1.48混凝土	0.35	0.31	1.47E-01
d	360	1.93E-04	4.13	1.3混凝土	0.35	0.31	2.55E-01
f	360	1.34E-07	4.66	2.41混凝土	0.35	0.31	3.45E-05

注: 参数取自NCRP REPORT No.151和设计资料

表 11-14 加速器机房次屏蔽墙 (b、c、d、f 点) 散射剂量率计算参数及结果

点 位	W (Gy/h)	B_{PS}	d_{sec} (m)	$t_{barrier}$ (m)	散射角 度(度)	α	TVL_{sec} (m)	H_{sec} ($\mu\text{Gy/h}$)
b	360	5.91E-05	6.01	1.48混凝土	30	3.18E-03	0.35	1.87E+00
c	360	5.91E-05	6.01	1.48混凝土	30	3.18E-03	0.35	1.87E+00
d	360	1.93E-04	4.13	1.3混凝土	90	3.81E-04	0.35	3.88E-01
f	360	1.34E-07	4.66	2.41混凝土	135	3.02E-04	0.35	1.04E-05

注: 参数取自NCRP REPORT No.151和设计资料

表 11-15 加速器机房次屏蔽墙（b、c、d、f 点）剂量率计算结果

点位	辐射类型	剂量率($\mu\text{Gy/h}$)	计算点位总的剂量率($\mu\text{Gy/h}$)
b	泄漏辐射	1.47E-01	2.02E+00
	病人散射辐射	1.87E+00	
c	泄漏辐射	1.47E-01	2.02E+00
	病人散射辐射	1.87E+00	
d	泄漏辐射	2.55E-02	6.43E-01
	病人散射辐射	3.88E-01	
f	泄漏辐射	3.45E-05	4.50E-05
	病人散射辐射	1.04E-05	

表 11-16 加速器迷路入口处（e 点）剂量率的计算参数及结果

Hs的计算	参数	取值
	W(Gy/h)	360
	a_0	3.10E-03
	A_0 (m^2)	6.87
	a_z	6.00E-03
	A_z (m^2)	7.2
	d_h (m)	2.7
	d_r (m)	9.1
	d_z (m)	9.75
	Hs($\mu\text{Gy/h}$)	1.80E-01
Hps的计算	W(Gy/h)	360
	a (°)	5.0E-03
	F (m^2)	1600
	a_1	4.41E-03
	A_1	5.25
	dsc	1
	dsec	5.26
	dzz	12.25
	Hps($\mu\text{Gy/h}$)	1.25E+00
H_{LS} 的计算	W(Gy/h)	360
	a_1	4.11E-03

	A1	7.5
	dsec(m)	5.26
	dzz(m)	12.25
	H _{LS} (μGy/h)	8.35E-02
H _{LT} 的计算	W(Gy/h)	360
	B _L	1.73E-04
	d _L (m)	8.0
	t _{barrier} (m)	1.58
	TVL1 (m)	0.41
	TVLe (m)	0.37
	H _{LT} (μGy/h)	1.21E-02
$H_{Tot-shield}$	f	0.25
	H _{hot} (μGy/h)	270.5
	t _{barrier} (mm)	12
	TVL _{pb} (mm)	57
	$H_{Tot-shield}$ (μGy/h)	2.27
注：参数取自NCRP REPORT No.151和设计资料。		

由表 11-12~11-16 的计算结果可知，机房外剂量率最大的点位是 e 点，为 2.27μGy/h，低于 2.5μSv/h 的剂量率约束值。

根据医院提供资料，每台加速器常规放疗模式约占 50%，每次治疗照射 2min；调强适形放疗（IMRT）模式约占 50%，每次治疗照射 10min。每台加速器预计每天最多治疗 30 人次，年工作量为 7500 人次，年累计出束时间约 750h。

（1）工作人员受照剂量情况

机房控制室工作人员所在位置为图 11-1 中的 a、c、e 点，最大剂量率为 2.27μGy/h，根据医院提供资料，每台加速器的年出束时间不超过 750h，工作人员工作时间保守取 750h。根据公式 11-2 计算，迷路入口处工作人员所受剂量为 1.70mSv/a。

（2）公众受照剂量情况

根据公式 11-2 计算，加速器机房周围公众所受年剂量的计算结果及参数见表 11-17，年受照剂量最大为 g 点的公众，为 0.04mSv/a，低于 0.1mSv/a 的公众剂量约束值。

表 11-17 加速器机房周围公众所受年剂量的计算参数及结果

点位	a	b	c	d	e	f	g
位置描述	控制室	控制室	控制室	控制室	病员准备 区	马路	马路
停留人员	工作人员	工作人员	工作人员	工作人员	工作人员	公众	公众
剂量率, μGy/h	7.13E-01	2.02E+00	2.02E+00	6.43E-01	2.27E+00	4.50E-05	8.37E-01
年工作 时间, h/a	750	750	750	750	750	750	750
居留因子	1	1	1	1	1	1/16	1/16
年剂量, mSv/a	5.35E-01	1.52E+00	1.52E+00	4.82E-01	1.70E+00	3.38E-05	3.92E-02

11.2.2.2.4 有害气体的环境影响

辐射产生的有害气体主要是臭氧。加速器机房设有通风系统,换气次数为每小时 10~12 次。

(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 O₃ 产额

采用下式计算有用射线束所致 O₃ 产额的公式:

$$Q_0 = 2.43D_0 \times (1 - \cos\theta)RG \quad (11-17)$$

式中: Q₀—O₃ 的产额;

D₀—有用线束在距 1m 处的输出量, 6Gy/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, 估算时取值为 10;

θ—为有用束的半张角, +14°、-14°。

② 臭氧浓度

治疗室内的产生臭氧一部分由通风系统排到室外，另一部分自然分解。按照射时间很长($t \gg T$)考虑，空气中臭氧的平均浓度可用下式计算：

$$Q = \frac{Q_0 \times T}{V} \tag{11-18}$$

$$T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \tag{11-19}$$

T—有效清除时间，h；
 t_v—表示换气一次所需时间，0.25h；
 t_d—表示臭氧的有效分解时间（取 0.83h）。

依据公式11-17、11-18、11-19 计算10MV 加速器机房内有害气体浓度，参数及计算结果见表11-18。当加速器正常运行时，机房内臭氧的浓度为0.04mg/m³，该值均远小于《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2007）中臭氧的浓度限值，对工作人员和病人是安全的。

表11-18 10MeV加速器机房内有害气体浓度的计算参数及结果

名称	Q mg/m ³	Q ₀ mg/h	t _d h	t _d h	T h	V m ³	D ₀ Gy/min	R m	G
参数	0.07	15.6	0.83	0.1	0.19	211	6	3.6	10

（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，因而，NO_x 的产生和排放对周围大气环境的影响很小。

（3）感生放射性

医用加速器的感生放射性多数是由它产生的污染中子引起的，空气受照射后，感生放射性核素主要有 N-16 和 Ar-41、O-15、N-13 等，它们的半衰期分别为 7.4s、1.83h、3.1min 和 10min。只需放置较短的时间其活度就可衰减到可忽略的水平，不会对环境造成影响。

11.2.2.2.5 小结

本项目使用的 2 台电子直线加速器运行后对工作人员的年最大个人剂量为 2.27E-01mSv/a；对公众的最大个人剂量为 1.14E-02 mSv/a。产生的感生放射性、臭氧和氮氧化物都很少，不会对环境造成影响。

11.2.2.3 模拟定位 CT 机

本项目使用的 2 台模拟定位 CT 机，属于Ⅲ类射线装置，机房设计满足《医

用 X 射线诊断卫生防护标准》(GBZ130-2013) 的要求, 其防护性能能够满足 X 光机安全运行的要求, 对工作人员和环境的辐射影响很小。

11.2.2.4 评价

本项目电子直线加速器运行对工作人员的年剂量为 1.7mSv/a, DSA 运行对工作人员的年剂量为 1.5mSv/a, 低于工作人员 6mSv/a 的剂量约束值; 电子直线加速器运行对公众年剂量为 0.04mSv/a, DSA 运行对公众年剂量为 2.6E-02mSv/a, 低于为公众设定的 0.1mSv/a 的剂量约束值。

事故影响分析

11.3 事件(故)分析

(1) 加速器

加速器可能发生的最严重的放射性事故是人员误入高辐射区而造成的人身伤害事故, 对这种事故, 该装置设有联锁系统防止其发生, 事故本身不会对环境造成任何影响。

(2) X 射线机

X 射线机发生大剂量照射事故的几率极小, 可能发生以下事件:

人员误入机房受到不必要的照射; 工作状态下, 没有关闭防护门, 对附近经过或停留人员产生误照射。

11.4 事件(故)防范措施建议

(1) 加速器

加速器设备、机房和控制室具有良好的屏蔽设计和联锁系统, 以保证正常的运行安全, 但仍不能排除可能发生的紧急情况。医院制定有《辐射事故(件)应急预案》, 其中包括了急停开关失灵的应急、出束不能停止时的应急、事故出束应急、人员误入应急以及人员受到超剂量照射应急等内容。

1) 当急停开关失灵后, 要采取以下措施: 立即断开主电路器, 即关掉整机动力电源; 操作人员不能再开机, 直到维修人员确保机器能够正常工作和急停开关正常。

2) 出束不能停止时: 按下专用键盘“停束”键, 如果加速器继续出束, 则将专用键盘“出束钥匙开关”扳至“禁止”位。如继续出束, 则按下控制台“急

停”开关。在维修人员确保机器能够正常运行之前，操作人员不得试图再次开机。

3) 电源故障：如果有病人在治疗床上，将病人从治疗床上移开，并纪录正在治疗病人已经接受的累积治疗剂量。

4) 事故性出束：工作人员在治疗室内为患者摆位或其它准备工作，控制台处操作人员误开机出束。为防止或减缓治疗病人的陪护人员的或其他人员误留在加速机房的误照射，加速器在每次出束的时候必须进机房进行检查，确认无误后，方可进行加速器出束。

5) 维修期间的事故：加速器维修工程师在检修期间误开机出束。在维修加速器时应携带个人剂量报警仪，一旦有紧急情况，应及时撤离现场。

6) 加速器放疗工作人员须佩戴个人剂量报警仪和个人剂量计。

针对人员误入机房受到照射的防范措施是：机房防护门上设置辐射警告标识和中文警示说明。防护门上方设置工作状态指示灯，并且和防护门联锁。当防护门关闭准备出束时，警示灯自动点亮，以警示人员别误入机房。

针对没有关闭防护门出束的防范措施是：规范工作秩序，严格执行加速器的操作规程。此外，辐射防护管理小组定期检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正。如果出现上述事件，迅速启动辐射应急预案，依照应急预案人员和职责、事故处理原则和处理程序等进行处理。

(2) X 射线机

针对人员误入机房受到照射的防范措施是：机房防护门上设置辐射警告标识和中文警示说明。防护门上方设置工作状态指示灯，并且和防护门联锁。当防护门关闭准备出束时，警示灯自动点亮，以警示人员别误入机房。

针对没有关闭防护门出束的防范措施是：规范工作秩序，严格执行各种射线装置操作规程。此外，辐射防护管理小组定期检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正。

如果出现上述事件，迅速启动辐射应急预案，依照应急预案人员和职责、事故处理原则和处理程序等进行处理。

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

安庆市立医院已设有辐射安全管理机构，并成立放射防护领导小组，由医院院长任组长，下设专职辐射防护人员，见表 1-5，现有的辐射安全管理机构能够满足本项目的要求。

12.2 人员培训

安庆市立医院目前有 113 名辐射工作工作人员参加了环境保护部认可的培训机构组织的辐射安全与防护知识培训，并通过了考核，基本情况见附件 2。本项目实施前，医院将组织新增的辐射工作人员进行辐射安全与防护知识培训。

12.3 辐射安全管理规章制度

安庆市立医院辐射安全管理严格遵循国家的各项相关规定，结合安庆市立医院的具体情况，认真贯彻辐射安全和防护的相关制度。针对本项目，安庆市立医院将使用目前现行的《DSA 机房岗位职责》、《医用直线加速器操作规程》、《直线加速器机房制度》、《模拟定位机操作规程》、《模拟定位机机房制度》等制度，补充相关辐射安全管理制度后，安庆市立医院的辐射安全管理制度能够满足本项目的要求。

制定的应急预案中明确了应急指挥机构、人员组成及分工、应急部门及人员职责、应急器材，发生辐射事故时的报告、通讯联络方式、应急处置方式等。

12.4 辐射监测

医院现已制定了监测制度，包含个人剂量监测、工作场所监测、辐射环境监测，监测结果存档。新增的辐射工作场所应纳入原有的工作场所和辐射环境监测计划中。

对新增辐射工作人员的个人剂量监测，监测频度为每季度一次。辐射工作人员均按规范佩戴个人剂量计，按照监测频度定期送检，监测结果和每年度个人剂量检测报告存档备案。

新增工作场所的监测计划如下：射线装置机房：利用便携式 X-γ 辐射巡测仪

对 DSA、加速器、模拟定位 CT 机房屏蔽墙外四周、防护门外以及控制室进行定期巡测，监测项目为 X- γ 空气吸收剂量率，监测频次为 1 次/半年。

12.5 辐射监测仪表

本项目拟新增个人剂量报警仪 6 个，辐射工作场所配备的防护监测设备见表 12-2。

表 12-2 本项目拟配辐射监测仪器

设备名称	型号	数量	使用场所	状态
个人剂量报警仪	YT0608	2	DSA 机房	拟配
X- γ 剂量率仪	FJ-347A	1	介入室	拟配
个人剂量报警仪	DP802i	4	加速器机房 4 个	拟配
注：型号仅作参考，以实际配备的型号为准。				

12.6 辐射事故应急

安庆市立医院制定了《放射性事故应急预案》，包括组织机构、应急程序等。

12.7 与环境保护部第 18 号令的对照

根据环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》使用射线装置的单位应具备的条件与法规的符合情况见表 12-3。对照结果表明，该项目采取的安全措施和辐射安全管理能够满足管理办法的要求。

表 12-3 项目执行“18 号令”要求对照表

序号	18 号令要求	项目单位情况	检查结果
1	应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	加速器、DSA、模拟定位 CT 机房门外标有电离辐射警示标志，机房门上设有工作状态指示灯，机房门设有门机联锁。	符合
2	应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责。	委托有资质的单位对各辐射工作场所进行年度监测。	符合
3	应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机	承诺每年 1 月 31 日前向北京市环保局提交年度评估报告。	符合

	关提交上一年度的评估报告。		
4	应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	已有113名辐射工作人员通过了环保部门认可的培训机构组织的辐射安全培训。新增人员将安排参加培训并取得合格证书后，方能上岗。	符合
5	应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	工作人员都配有个人剂量计，委托有资质的单位对放射性工作人员的剂量每季度都测量1次。	符合

12.8 与环境保护部第3号令的对照

根据环保部第3号令《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》使用放射性同位素应具备的条件与法规的符合情况见表12-4。对照结果表明，该项目单位能够满足管理办法的要求。

表12-4 项目执行“3号令”要求对照表

环保部令第3号	项目单位情况	结论
使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	安庆市立医院成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构。	符合
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。	从事辐射工作的工作人员已取得辐射安全防护培训上岗证，本项目实施后，新增辐射工作人员须取得培训证书后再进行辐射相关工作。	符合
放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	加速器、DSA、模拟定位CT机房门口显著位置处设置放射性警告标识和中文警示说明，以及在防护门上方设置工作状态指示灯。	符合
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。	配备有个人剂量计若干、X-γ剂量巡测仪，拟配备4台个人剂量报警仪。	符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	制定了各种管理制度，对设备有定期检修维护的规定，有人员培训计划和监测方案。	符合
有完善的辐射事故应急措施	对事故情况制定了《放射性事故应急预案》。	符合

表 13 结论与建议

结论

本报告通过对安庆市立医院新院区新增 II 类射线装置项目的工程分析和环境影响评价，得出如下结论：

（1）安庆市立医院拟申请新院区使用 II 类射线装置项目用于放射治疗，计划使用 2 台 DSA、2 台电子直线加速器和 2 台模拟定位 CT 机，符合实践正当性的要求。

（2）本项目主要的环境问题是电离辐射。本项目的射线装置机房及周围的 γ 辐射剂量率在本底辐射水平范围内，属于环境正常水平。

（3）在正常情况下，本项目工作人员的最大个人年剂量为 1.7mSv/a，小于剂量约束值 6 mSv/a。对公众所致的最大个人年剂量是 0.04mSv/a，小于剂量约束值 0.1mSv/a。项目运行后，在采取各种噪声防治措施后，医院厂界都能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类排放限值的要求。本项目对环境的影响是可以接受的。

（4）安庆市立医院建立了辐射安全管理小组，其相应的安全管理制度能够保证本项目的安全运行，相应的应急预案和应急措施也能够有效执行，其安全管理制度满足要求。

（5）医院已制定了辐射工作人员培训、剂量监测和健康体检制度，现有的辐射工作人员都进行辐射安全与防护知识的培训，本项目实施前，拟对本项目涉及的相关辐射工作人员进行培训后方可参与辐射相关工作。

（6）本项目的各射线装置的工作场所装有安全联锁装置，对辐射工作场所进行了分区，制定了工作规程并严格执行，这些安全措施能够保证安庆市立医院辐射工作的安全运行。

（7）本项目使用医用射线装置不产生放射性三废。

（8）本项目基本符合国家环境保护总局令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和环境保护部令第 3 号《关于修改“放射性同位素与

射线装置安全许可管理办法”》的要求。

综上所述，项目的辐射防护和环境保护措施是可行的，对环境和公众的安全是有保障的，影响是可以接受的，故从环保角度考虑，该项目的是可行的。

建议和承诺

为了保护环境，保障人员健康，安庆市立医院承诺：

- （1）严格执行已有的辐射防护与安全管理制度。
- （2）按照监测计划定期进行监测。
- （3）合理分配辐射工作人员的工作时间。
- （4）完善规章制度并保证各规章制度和操作规程的有效执行，接受环保部门的监督检查，及时整改检查中发现的问题。
- （5）在项目运行过程中不违规操作和不弄虚作假。

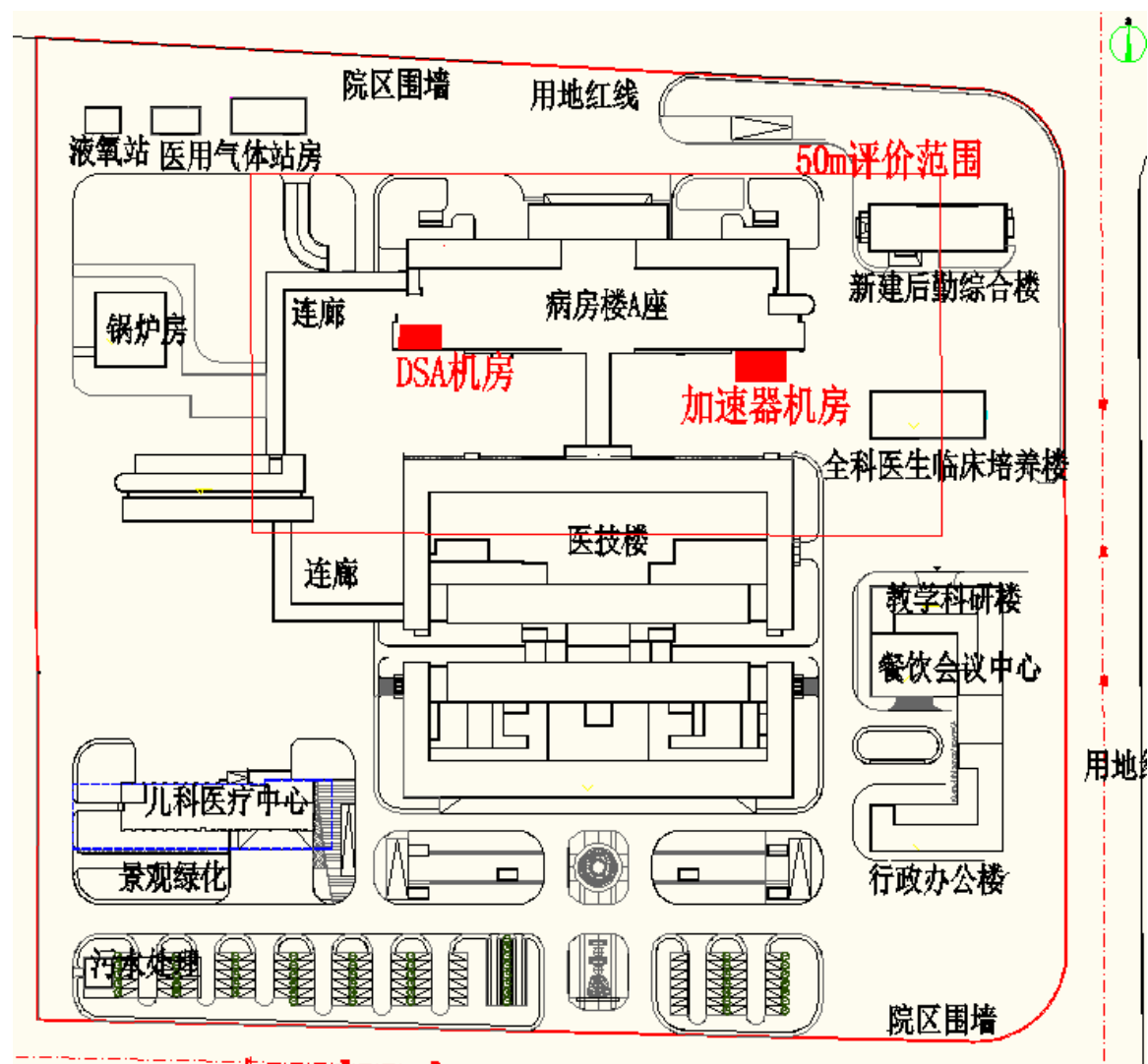
表 14 审批

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

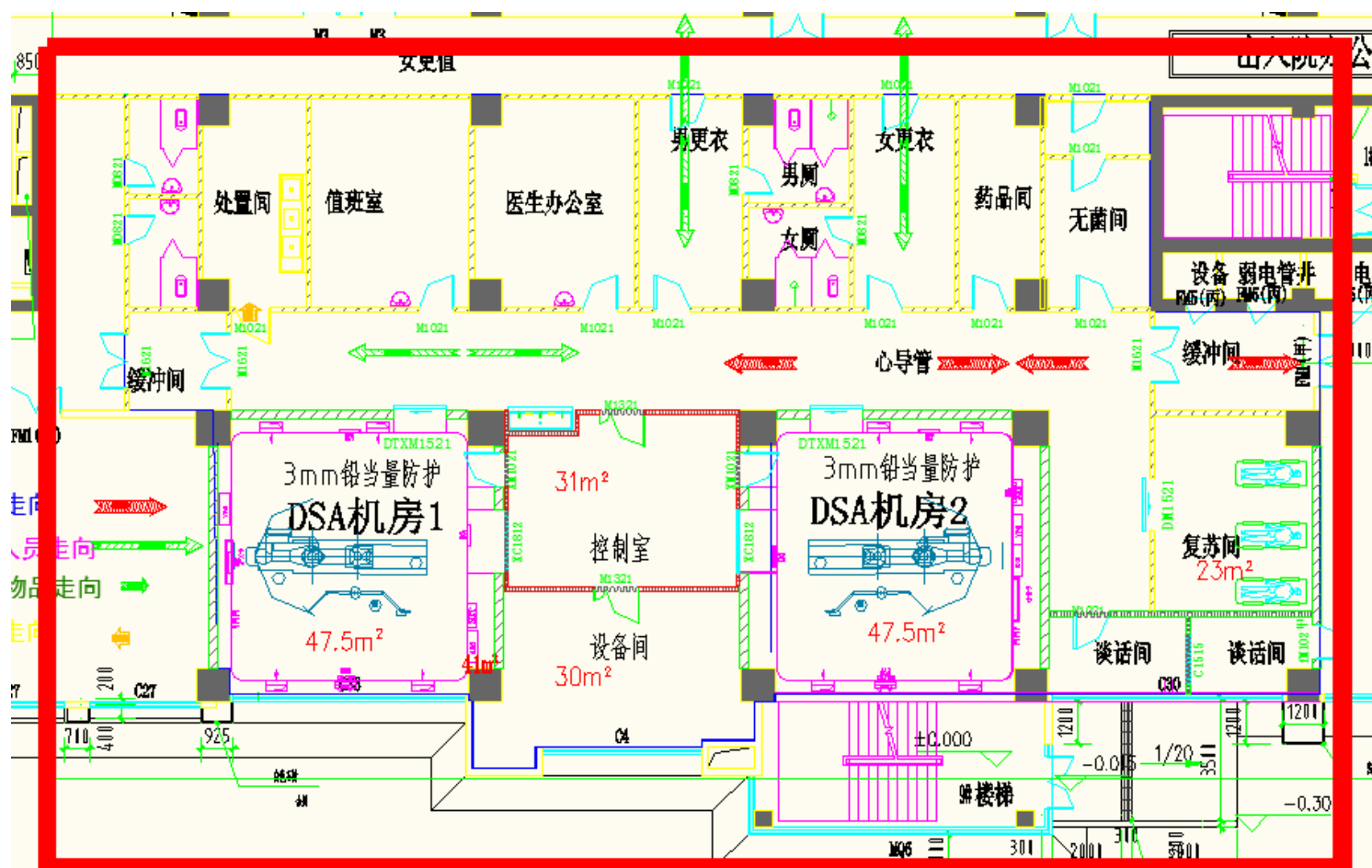


附图 2 医院周围环境示意图

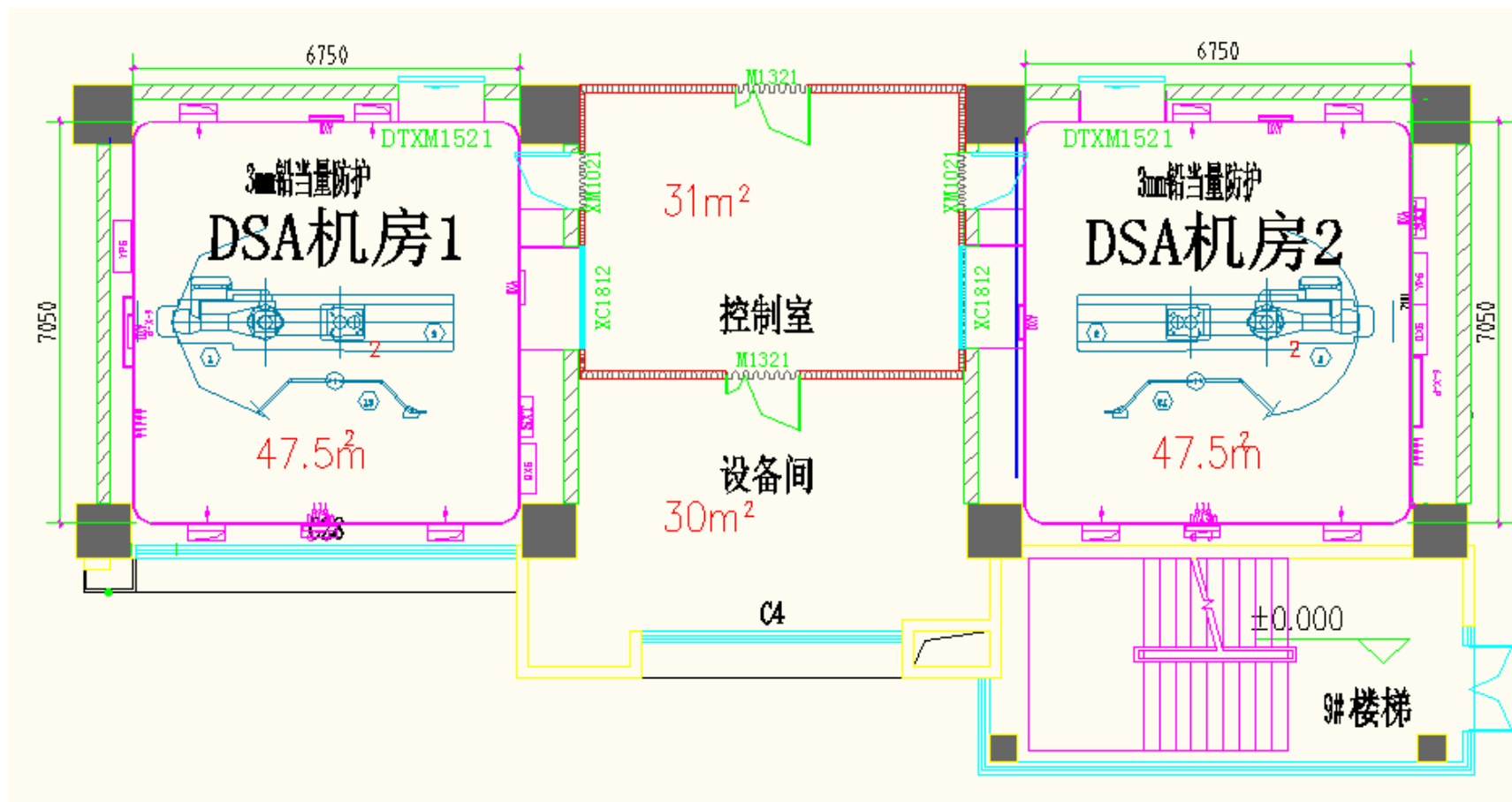
(注：蓝色区域为医院厂界，红色区域为声环境评价范围，红点为声环境质量现状监测点位)



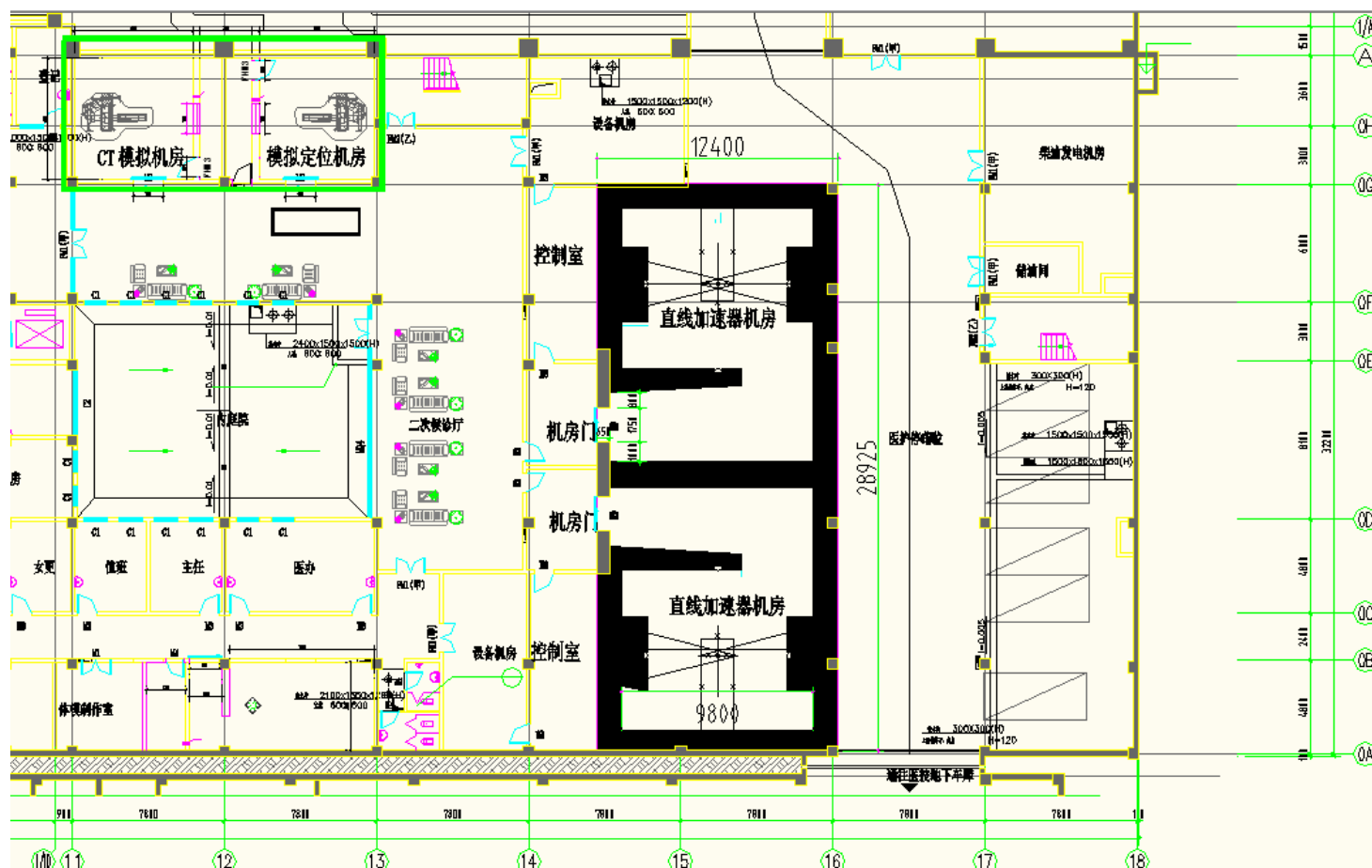
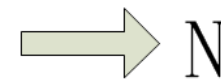
附图 3 医院总平面布置及 50m 评价范围图



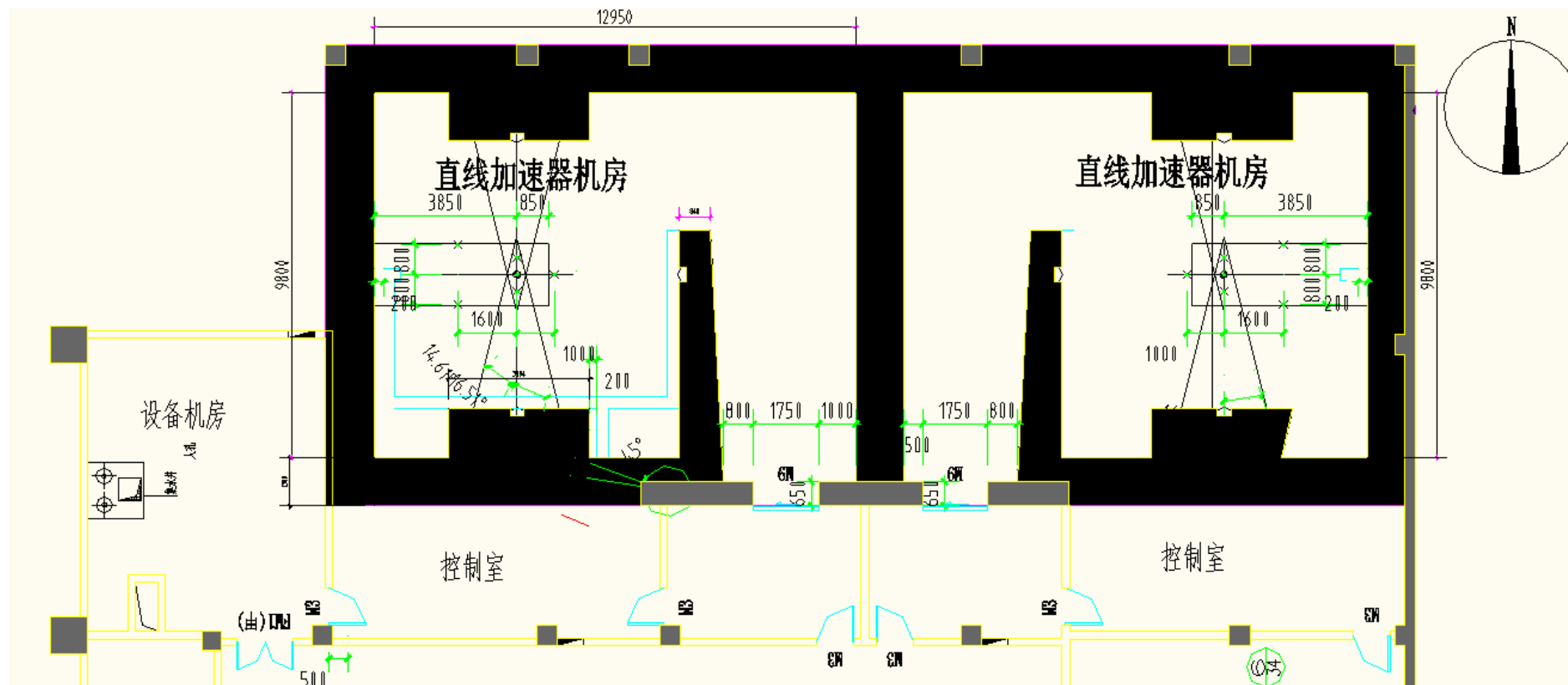
附图 4 病房楼 A 座一楼 DSA 机房位置示意图



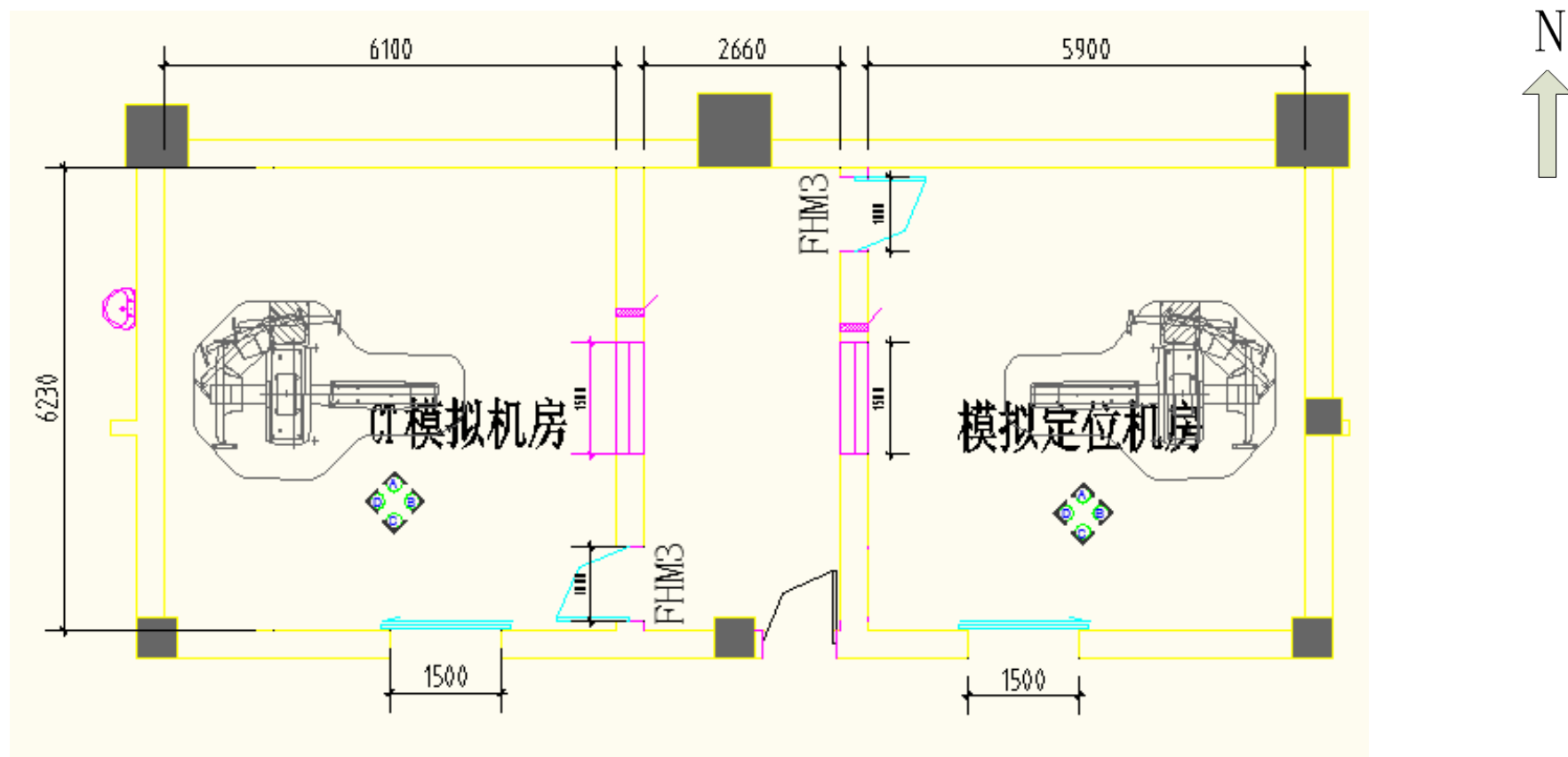
附图 5 DSA 机房平面布局图



附图 6 病房楼地下一层直线加速器机房位置示意图



附图 7 直线加速器机房平面图



附图 8 CT 模拟机房平面图