

核技术利用建设项目
安徽省海慈人民医院有限公司
医疗放射性设备采购项目
环境影响报告表

安徽省海慈人民医院有限公司

编制日期：2020年7月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

安徽省海慈人民医院有限公司

医疗放射性设备采购项目

环境影响报告表

建设单位名称：安徽省海慈人民医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：砀山县经济开发区陇海路西侧领秀城小区办公楼

编码：235300

联系人：赵振华

电子邮箱：

联系电话：18669782899

填表说明

1、此环境影响报告表按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求进行编制；

2、以下核技术利用建设项目需填报此环境影响报告表：

- 1) 制备 PET 用放射性药物的；
- 2) 医疗使用 I 类放射源的；销售 I 类、II 类、III 类放射源的；
- 3) 使用 II 类、III 类放射源的；
- 4) 生产、使用 II 类射线装置的；
- 5) 乙、丙级非密封放射性物质工作场所；
- 6) 在野外进行放射性同位素示踪试验的。

放射源分类见《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号），射线装置的分类见《关于发布射线装置分类的公告》（环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）。

3、此环境影响报告表中当量剂量与有效剂量等效使用。

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	8
表 3 非密封放射性物质.....	8
表 4 射线装置.....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	11
表 6 评价依据.....	12
表 7 保护目标与评价标准.....	15
表 8 环境质量和辐射现状.....	33
表 9 项目工程分析与源项.....	39
表 10 辐射安全与防护.....	55
表 11 环境影响分析.....	65
表 12 辐射安全管理.....	117
表 13 “三同时”验收.....	122
表 14 结论与建议.....	127

附图附件附表

附图：附图 1 项目地理位置图

附图 2 医院总平面布置图

附图 3 医院平面布置及评价范围图

附图 4 核医学科、放射影像科 50m 范围图

附图 5 医院核技术利用科室上下楼层平面布置图

附图 6 直线加速器机房设计图

附图 7 核医学科工作场所分区示意图

附图 8 核医学科通道设置示意图

附图 9 核医学科通风系统图

附件：附件 1 环评委托书

附件 2 发改委备案

附件 3 砀山县卫健委医疗机构设置复函

附件 4 安徽省卫健委行政许可决定书（安徽海慈医院放射诊疗建设项目）

附件 5 安徽省海慈人民医院有限公司砀山经济开发区医养综合体项目

（一、二期）环评批复

附件 6 辐射剂量率现状监测报告

附件 7 DSA 类比监测报告

附件 8 砀山海慈医院辐射防护设计

附件 9 基础资料真实有效说明

附件 10 营业执照

附表：建设项目环评审批基础信息表

表 1 项目基本情况

建设项目名称	医疗放射性设备采购项目				
建设单位	安徽省海慈人民医院有限公司（安徽海慈医院）				
法人代表	王厚君	联系人	赵振华	联系电话	18669782899
注册地址	砀山县经济开发区陇海路西侧领秀城小区办公楼				
项目建设地点	安徽省海慈人民医院有限公司砀山经济开发区医养综合体（安徽海慈医院）医技楼和病房楼内				
立项审批部门	砀山县发改委		批准文号	砀发改备案[2020]30号	
建设项目总投资(万元)	8000	项目环保投资(万元)	352	投资比例(环保投资/总投资)	4.40%
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	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" 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	/				
1.1 项目概述					
1.1.1 安徽省海慈人民医院有限公司（安徽海慈医院）简介					
安徽省海慈人民医院有限公司拟建砀山经济开发区医养综合体项目位于砀山县经济开发区生态大道以南、陇海路北段以东、梨花路以北，是三级综合医院。					
根据砀山县卫生健康委员会“关于安徽省海慈人民医院有限公司拟设置安徽海慈医院的函复”（附件 3）和安徽省卫健委行政许可决定书（附件 4），安徽省海慈人民医院有限公					

司砀山经济开发区医养综合体项目即安徽海慈医院。

安徽省海慈人民医院有限公司（安徽海慈医院）医疗放射性设备采购项目建设用房均位于医院一期主体工程（医技楼和病房楼）；安徽海慈医院一期投资 16000 万元，用地 100 亩，总建筑面积 101951 平方米，预计日门诊量 1600 人次。一期主要建设内容包括门诊楼、医技楼、病房楼（床位 960 床）；主要科室包括内科、外科、妇科、骨科、中医科、眼耳鼻喉科皮肤科、预防保健科、口腔科、医学影像科、医学检验科等。

1.1.2 项目建设规模及周边情况

为了更好的为患者服务，安徽海慈医院根据建设规划拟购置 1 台医用电子直线加速器、1 台数字化减影血管造影机（DSA）、1 台 SPECT/CT 机、1 台模拟定位 CT 机、1 台 CT 机、1 台 DR 机、1 台数字胃肠机、1 台口腔全景机、1 台乳腺钼靶机、1 台 C 臂机，并建设核医学科（属于乙级非密封放射性物质工作场所），核医学科涉及使用的非密封放射性物质包括铊-99m、碘-131 和碘-125。2020 年 4 月 2 日，砀山县发展和改革委员会以“关于安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目备案的通知”（砀发改备案[2020]30 号）同意本项目建设，项目代码 2020-340000-84-03-011677，总投资 8000 万元，备案文件见附件 2。

安徽省海慈人民医院有限公司（安徽海慈医院）医疗放射性设备采购项目建设内容详见表 1-1。

表 1-1 安徽海慈医院医疗放射性设备采购项目建设内容一览表

射线装置								
序号	名称	型号	数量	主要技术参数		类别	用途	科室
1	医用电子直线加速器	待定	1 台	X 射线能量 6MV、10MV 两档，等中心处最大剂量率 $3.6 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ ；电子线最高能量均为 22MeV		II	肿瘤治疗	放疗科
2	DSA	待定	1 台	管电压 125kV	管电流 1000mA	II	显像诊断 介入治疗	放射影像科
3	SPECT/CT	待定	1 台	管电压 150kV	管电压 800mA	III	显像诊断	核医学科
4	模拟定位 CT	待定	1 台	管电压 150kV	管电压 800mA	III	肿瘤定位	放疗科
5	CT	待定	1 台	管电压 140kV	管电压 500mA	III	影像诊断	放射影像科
6	DR 直接数字成像系统	待定	1 台	管电压 150kV	管电压 1000mA	III	影像诊断	
7	数字肠胃机	待定	1 台	管电压 150kV	管电压 1000mA	III	影像诊断	
8	口腔全景机	待定	1 台	管电压 90kV	管电压 20mA	III	影像诊断	
9	乳腺钼靶机	待定	1 台	管电压 49kV	管电压 100mA	III	影像诊断	
10	C 臂机	待定	1 台	管电压 110kV	管电压 20mA	III	辅助手术	手术室
非密封放射性物质								
序号	工作场所等级	核素名称	半衰期	计划最大日操作量 (Bq)	计划日等效最大操作量	计划最大年操作量 (Bq)	用途	科室
1	乙级	铊-99m	6.02h	2.75×10^{10}	2.775×10^7	6.94×10^{12}	显像诊断	核医学科
2		碘-131	8.04d	3.70×10^9	3.70×10^8	3.7×10^{11}	甲亢治疗	
3		碘-125	59.4d	$<1.0 \times 10^6$	/	/	放免分析	

1.1.3 目的和任务的由来

根据《安徽省海慈人民医院有限公司砀山经济开发区医养综合体项目（一、二期）环境影响报告书》（以下简称《报告书》），医院拟设置的医疗放射性设备共 10 台，均为 III 类射线装置，仅需在投用前编制环评登记表；本项目拟配备的辐射设备共 10 台，对比分析见表 1-2。另外，《报告书》编制阶段医院拟设置核医学科，并预估其放射性废水产生量、预留了放射性废水处置能力；《报告书》获得批复后，本项目编制前，医院确定增加 2 台 II 类

射线装置（DSA 和医用直线加速器），确定了拟建核医学科核素类型及计划用量。2020 年 4 月 2 日，砀山县发改委以《关于安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目备案的通知》（砀发改备案[2020]30 号）同意本项目备案。

表 1-2 医院拟设置的医疗放射性设备对比分析表

序号	《报告书》编制阶段			本项目			
	射线装置类型	名称	数量（台）	射线装置类型	名称	数量（台）	
1	II类	/	/	II类	医用直线加速器	1	
2	II类	/	/	II类	DSA	1	
3	III类	/	/	III类	SPECT/CT	1	
4	III类	CT	4	III类	模拟定位 CT、CT	2	
5	III类	DR	2	III类	DR 直接数字成像系统	1	
6	III类	数字胃肠机	1	III类	数字肠胃机	1	
7	III类	口腔全景机	1	III类	口腔全景机	1	
8	III类	乳腺钼靶机	1	III类	乳腺钼靶机	1	
9	III类	C 臂机	1	III类	C 臂机	1	
医疗放射性设备数量合计			10	医疗放射性设备数量合计			10

医院项目于 2020 年 3 月 9 日取得砀山县生态环境分局的批复（详见附件 5:《关于安徽省海慈人民医院有限公司砀山经济开发区医养综合体项目（一、二期）环境影响报告书的审批意见的函》砀环建函[2020]09 号）。

安徽海慈医院拟建设的医疗放射性设备用房（除医用直线加速器所在住院楼地下二层外）均为医院建设内容的组成部分，随医院整体施工完成并投入使用，其施工期环境影响分析、运营期主要的非辐射环境影响评价已纳入《报告书》之中；医用直线加速器所在住院楼地下二层未包含在《报告书》评价范围内，本项目结合《报告书》另行评价。

本环评报告表辐射环境影响评价内容包括：1 台医用电子直线加速器、1 台数字化减影血管造影机（DSA）、1 台 SPECT/CT 机、1 台模拟定位 CT 机、1 台 CT 机、1 台 DR 机、1 台数字胃肠机、1 台口腔全景机、1 台乳腺钼靶机、1 台 C 臂机和乙级非密封放射性物质工作场所，涉及使用的非密封放射性物质包括镅-99m、碘-131 和碘-125；另外对医用直线加速器

所在住院楼地下二层施工期非辐射环境影响、核技术利用项目开展过程中产生的非辐射环境影响进行评价。

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》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《关于发布射线装置分类办法的公告》等法律法规的规定，对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》，本项目属于“五十、核与辐射”中“191、核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置；乙、丙级非密封放射性物质工作场所”，环评类别为环境影响报告表，安徽海慈医院应当委托环境影响评价单位编制环境影响报告表。受安徽省海慈人民医院有限公司委托，安徽全方环境科技工程股份有限公司承担该项目的环境影响评价工作（委托函见附件1）。接受委托后，我公司在进行现场调查与核实、辐射环境检测、收集和分析有关资料等基础上，按照《辐射防护管理导则-核技术利用建设项目环境影响文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），编制完成了《安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目环境影响报告表》。

1、产业政策符合性

对照《国家产业结构调整指导目录》（2019年本）中“鼓励类”第三十七项“卫生健康”中第6条“全科医疗设施建设与服务”，本项目建设符合国家产业政策。

2、实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学在诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。安徽省海慈人民医院有限公司（安徽海慈医院）医疗放射性设备采购项目符合所在地区医疗服务需要。因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

3、代价利益分析

安徽省海慈人民医院有限公司（安徽海慈医院）医疗放射性设备采购项目符合所在地区医疗服务需要，有利于提高疾病的诊断正确率和有效治疗方案的提出，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

4、选址合理性

该项目放疗科位于住院楼，核医学科、放射影像科均位于医技楼。项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。项目周边 50m 范围内处于院区地块范围，周边 200m 范围无声环境敏感目标。项目运营过程产生的电离辐射，经采取辐射防护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。

2.1 项目选址及项目周边保护目标

2.1.1 项目选址

本环评报告涉及射线装置及乙类非密封放射性物质工作场所位于医院医技楼、住院楼，具体位置见下表。

表 1-3 射线装置及乙类非密封放射性物质工作场所位置表

序号	类型	名称	工作场所		
			楼层	科室	机房名
1	II类射线装置	医用电子直线加速器	住院楼地下 二层	放疗科	加速机房
2	III类射线装置	模拟定位 CT		放疗科	模拟定位 CT 机房
3	II类射线装置	DSA	医技楼一层	放射影像 科	DSA 机房
4	III类射线装置	CT			1号 CT 机房
5		DR 直接数字成像系统			1号 DR 机房
6		数字肠胃机			数字肠胃机房
7		口腔全景机			口腔全景机房
8		乳腺钼靶机			乳腺钼靶机房
9		C 臂机			医技楼三层
10	III类射线装置	SPECT/CT	医技楼一层	核医学科	SPECT/CT 机房
11	非密封放射性 物质（乙类非 密封工作场 所）	铊-99m		核医学科	/
12		碘-131		核医学科	/
13		碘-125		核医学科	/

该项目在海慈医院院区的分布情况及周边关系详见附图 3 医院总平面布置和附图 5 医院核技术利用科室及上下楼层平面布置图。

2.2.2 项目周边环保目标

根据本项目特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，确定以本项目边界外周围 50m 的范围作为评价范围。根据现场调查可知，本次评价项目位于安徽海慈医院院区内，周围 50m 范围内无学校、居民区等环境敏感点，无其他环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标为辐射工作人员及医院一般工作人员，工作场所内、外的普通公众。

按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）的规定，声环境影响评价范围为加速器机房风机周围 200m 的区域，声环境保护目标主要为医院拟建住院楼、门诊楼、医技楼、科研楼、疾控中心、120 指挥中心（兼医院办公楼）、医护倒班宿舍、养老公寓内的医护人员、病人和普通公众。

1.3 原有核技术利用项目许可情况

安徽海慈医院为新设医疗机构，医院主体工程尚未建成，暂无许可的核技术利用项目。

表 2 放射源

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

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素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	活动类别	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	^{99m} Tc	液态	使用	2.75×10^{10}	2.775×10^7	6.94×10^{12}	显像诊断	淋洗、分装、注射	医技楼一层核医学科	医技楼一层核医学科
2	¹³¹ I	液态	使用	3.70×10^9	3.70×10^8	3.7×10^{11}	甲亢治疗	自动分装		
3	¹²⁵ I	液态	使用	$< 1.0 \times 10^6$	/	/	放免分析	/		

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量	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类	1台	待定	电子	X线: $\leq 10\text{MV}$ 电子线: $\leq 22\text{MeV}$	X线 $\leq 360\text{Gy/h}$	肿瘤治疗	住院楼地下二层	

(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	数字化减影血管造影机(DSA)	II类	1台	待定	125	1000	显像诊断及介入治疗	门诊楼一层 DSA 机房	
2	SPECT/CT	III类	1台	待定	150	800	显像诊断	门诊楼一层核医学科 SPECT/CT 机房	
3	模拟定位 CT	III类	1台	待定	150	800	肿瘤定位	住院楼地下二层放疗科模拟定位 CT 机房	
4	CT	III类	1台	待定	140	500	影像诊断	门诊楼一层 1 号 CT 机房	
5	DR 直接数字成像系统	III类	1台	待定	150	1000	影像诊断	门诊楼一层 1 号 DR 机房	

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

6	数字肠胃机	Ⅲ类	1台	待定	150	1000	影像诊断	门诊楼一层数字肠胃机房	
7	口腔全景机	Ⅲ类	1台	待定	90	20	影像诊断	门诊楼一层口腔全景机房	
8	乳腺钼靶机	Ⅲ类	1台	待定	49	100	影像诊断	门诊楼一层乳腺钼靶机房	
9	C臂机	Ⅲ类	1台	待定	110	20	手术辅助	门诊楼三层14号手术室	

(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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向	
⁹⁹ Mo- ^{99m} Tc 发生器	固态	^{99m} Tc ⁹⁹ Mo	/	/	50 只	/	放射性废物储存室的放射性固废衰变桶	厂家回收	
试剂瓶	固态	^{99m} Tc ¹³¹ I ¹²⁵ I	/	/	2000 个	/		经十个半衰期后作医疗废物处置	
一次性注射器	固态		/	/	6000 个	/			
移液器吸头	固态		/	/	2000 个	/			
棉签	固态		/	/	6000 个	/			
手套、口罩	固态		/	/	2000 副	/			
纸巾	固态		/	/	2000 张	/			
活性炭	固态		/	/	10kg	/			
放射性废水	液态		/	/	65m ³	/			衰变池
放射性废气	气态		/	少量	少量	/	/		经排风系统活性炭吸附后排入外环境
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	/	经排风系统排入大气	

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.含油放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日起施行； 2. 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令第 48 号，2016 年 9 月 1 日起施行； 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 6 号；2003 年 10 月 1 日起施行； 4. 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月 28 日修订； 5. 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》主席令第 24 号，2018 年 12 月 29 日起施行； 6. 《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； 7. 《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，2014 年 7 月 29 日起施行； 8. 《放射性废物品安全管理条例》国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行； 9. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，国家环境保护部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日起施行； 10. 《关于发布射线装置分类办法的公告》，环境保护部、卫计委，公告 2017 年第 66 号； 11. 《关于实施碘-125 放射免疫体外诊断试剂使用有条件豁免管理的公告》，环境保护部，公告 2013 年 第 74 号； 12. 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 3 月 23 日经卫生部部务会议讨论通过，自 2007 年 11 月 1 日起施行； 13. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》，环境保护部令第 3 号，2008 年 12 月 6 日起施行； 14. 《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，
------	---

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

	<p>2011年5月1日起施行；</p> <p>15. 《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》，国家环保总局环发[2006]145号；</p> <p>16. 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环境保护部，环办辐射函[2016]430号；</p> <p>17. 《放射性物品运输安全许可管理办法》，中华人民共和国环境保护部第11号令，2010年11月1日起施行；</p> <p>18. 《关于加强放射性物品运输监督检查的通知》，中华人民共和国环境保护部，环办[2010]158号；</p> <p>19. 《安徽省环境保护条例》，安徽省人民代表大会常务委员会第66号，自2018年1月1日起施行；</p> <p>20. 《安徽省放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，安徽省环保局2008年9月18日颁布。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1. 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>2. 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>3. 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；</p> <p>4. 《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）；</p> <p>5. 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；</p> <p>6. 《环境地表γ空气吸收剂量率测定规范》（GB/T14583-93）</p> <p>7. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>8. 《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>9. 《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>10. 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T</p>

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

	<p>201.3-2014) ;</p> <ol style="list-style-type: none"> 11. 《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）； 12. 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 13. 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）； 14. 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； 15. 《医用 X 射线治疗放射防护要求》（GBZ131-2017）； 16. 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）； 17. 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）； 18. 《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ 165-2012）； 19. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）； 20. 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）； 21. 《声环境质量标准》（GB3096-2008）； 22. 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）。
其他	<ol style="list-style-type: none"> 1. 《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）； 2. 院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料； 3. NCRP REPOERT No.151。 4. 其他资料

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价内容及目的

- 1) 在院区环评结论的基础上，补充本项目辐射环境影响评价。
- 2) 对项目拟建地址及周围进行环境质量本底现状监测，以掌握环境质量本底现状水平，并对运行后的环境影响进行预测评价。
- 3) 对不利影响提出防治措施，把环境影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”。
- 4) 满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

7.2 评价原则

此次评价遵循《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的辐射防护“三原则”：

- 1) 实践的正当性；
- 2) 剂量限制和潜在照射危险限制；
- 3) 防护与安全的最优化。

7.3 评价重点与评价范围

7.3.1 辐射环境

评价重点：此次评价重点为医用直线加速器和 DSA 机房的屏蔽措施评价，核医学科工作场所分级分区、放射性废物处置措施评价，辐射工作人员和公众所受附加剂量评价。

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）中 1.5 的规定，并结合项目特点，确定辐射环境评价范围为该项目核技术应用场所周围 50m 的区域，评价范围见附图 3。

7.3.2 非辐射环境

评价重点：该项目产生的废水和固废均依托医院处理措施处理（放射性废水经衰变池储存衰变超过 10 个半衰期后接入医院污水处理站；放射性废物在放射性废物库内储存衰变超过 10 个半衰期后与一般医疗废物一同收集处理），此次评价对废水和固废仅分析说明依托院区处理措施处理的可行性；加速器机房只要达到标准要求的通风换气次数，加速器运行产生的

臭氧和氮氧化物对环境空气影响很小，此次评价仅对加速器的通风换气次数进行达标性分析。因此，此次非辐射环境影响评价的重点为加速器机房排风机产生的噪声影响。

声环境影响评价范围：

该项目所在区域为《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类区，项目投入运行前后敏感目标噪声级增量在3dB(A)以下，受影响人口数量变化不大，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）规定，声环境影响评价工作等级确定为二级。

按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）的规定，并结合项目实际情况，确定声环境影响评价范围为加速器机房排风口周围200m的区域，评价范围见附图3。

7.4 保护目标

按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）的规定，声环境影响评价范围为加速器机房风机周围200m的区域，声环境保护目标见表7-1。

表 7-1 本项目声环境保护目标一览表

声源设备*	环境保护目标		数量	方位及距离	备注
直线加速器机房风机	拟建住院楼	医护人员、工作人员和病患及家属	约 1000 人	南，西南，东南，0~100m	风机房位置见图 4-1；医院规划见附图 2
	拟建门诊楼、		约 800 人	南，西南，东南，44~135m	
	拟建医技楼		约 800 人	南，西南，东南，105~175m	
	拟建科研楼		约 150 人	东，56~100m	
	拟建发热门诊		约 50 人	西北偏西，75-110m	
	拟建疾控中心、120 指挥中心（兼医院办公楼）		约 200 人	西北，120~182m	
	拟建妇产医院		约 300 人	北，75~110m	
	拟建二期住院楼		约 600 人	北，75~110m	
	拟建医护倒班宿舍医护人员		约 1000 人	北，160-200m	
	拟建三期养老公寓楼内工作人员、老人及家属		约 1000 人	东，东南，东北，105-200m	

*注：仅对《报告书》未分析的声源设备进行声环境影响分析。

根据本项目特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，确定以本项目边界外周围 50m 的范围作为评价范围。根据现场调查可知，本次评价项目位于安徽海慈医院院区内，周围 50m 范围内无学校、居民区等环境敏感点，无其他环境敏感目标。本项目环境保护目标为辐射工作人员及医院一般工作人员，工作场所内、外的普通公众，辐射环境保护目标见表 7-2。

表 7-2 本项目辐射环境保护目标一览表

科室	放射设备	环境保护目标	类型	数量	方位及距离	备注
放疗科 (住院楼, 地下二层)	医用直线加速器	控制室、办公室, 辐射工作人员	职业人员	约 8 人	S, 0-30m	附图 5-1
		放疗中心一般工作人员、病患及家属	公众人员	约 150 人	S, 0-30m	
		楼上(土壤层), 无地下三层	公众人员	约 100 人	上方, 0-2m	
	模拟定位 CT	控制室	职业人员	约 2 人	E, 0-3m	附图 5-2
		放疗中心一般工作人员、病患及家属	公众人员	约 150 人	S, 0-8m; N, 0-10m; W, 0-25m; E, 0-35m	
		楼上(预留)、无地下三层	/	/	楼上, 0-5m	
放射科、核医学科 (医技楼, 一层)	DSA、牙科全景、数字肠胃造影、CT、DR、钼靶; 核医学科(含 SPECT/CT)	控制室、办公室, 辐射工作人员	职业人员	约 18 人	/	附图 3 和附图 5-3
		住院楼一层; 住院楼与医技楼之间地面; 医技楼一层; 医院一般工作人员、病患及家属	公众人员	约 500 人	N、S、W, E, 0~50m;	
		楼上, 内窥镜中心, 功能检查科、检验中心、病理科医院一般工作人员、病患及家属	公众人员	约 50 人	楼上, 0-5m	附图 5-4
		楼下, 停车场	公众人员	约 100 人	楼下, 0-6m	附图 5-2
手术室 (医技楼, 三层)	C 臂机	手术室医生	职业人员	约 3 人	/	附图 5-5
		手术中心、办公室、会议室医院一般工作人员、病患及家属	公众人员	约 60 人	S, 0-8m; N, 0-30m; W, 0-50m; E, 0-6m	
		楼下, 停车场	公众人员	约 100 人	楼下, 0-6m	附图 5-4
		楼上, 多媒体室医院一般工作人员	公众人员	约 30 人	楼上, 0-5m	附图 5-6

7.5 评价标准

7.5.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）重点引用：

1、剂量限值

工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值详见表 7-3。

表 7-3 工作人员职业照射和公众照射剂量限值（附录 B1）

	剂量限值
职业照射	<p>工作场所人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值：</p> <p>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；</p> <p>b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；</p> <p>c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；</p> <p>d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。</p>
公众照射	<p>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：</p> <p>a) 年有效剂量，1mSv；</p> <p>b) 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；</p> <p>c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；</p> <p>d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。</p>

注：表中剂量限值不包括医疗照射和天然本底照射

管理目标：此次评价 DSA 介入手术医生取 GB18871-2002 中连续 5 年的年平均有效剂量限值的 1/2 作为剂量约束值，其他辐射工作人员和公众成员取国家标准的 1/4 作为剂量约束值（即：DSA 介入手术医生年有效剂量不超过 10mSv，其他辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv；公众成员年有效剂量不超过 0.25mSv）。

2、分区

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。

3、表面污染控制水平

表面污染控制水平见表 7-4。

表 7-4 表面污染控制水平（附录 B2）

表面类型		α 放射性物质 (Bq/cm ²)		β 放射性物质 (Bq/cm ²)
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区（高污染子区除外）	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹

4、工作场所分级

非密封放射性物质工作场所分级见表 7-5。

表 7-5 非密封放射性物质工作场所的分级（附录 C）

级别	日等效最大操作量/ (Bq)
甲	>4×10 ⁹
乙	2×10 ⁷ ~>4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上~2.0×10 ⁷

根据中华人民共和国环境保护部办公厅文件《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），满足以下3个特点的放射性药物使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：A、有相对独立、明确的监督区和控制区划分；B、工艺流程连续完整；C、有相对独立的辐射防护措施。

根据本项目布局特点，本次将核医学科整体做为一个非密封放射性物质工作场所进行评价。

5、放射性废液向环境排放的控制

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大

于 10 倍排放流的普通下水道，并应对每次排放做好记录：

a) 每月排放的总活度不超过 10ALImin；

b) 每一次排放的活度不超过 1ALImin，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

ALImin 是相应职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得。

7.5.2 《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）重点引用：

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 GB18871 的要求，保障职业场所和周围环境安全。

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

6.1.3 在加速器迷宫门处、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 μ Sv/h；

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X 射线能量超过 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 45 m²；

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器连锁；

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。

7.5.3 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部份：一般原则》（GBZ/T 201.1—2007）重点引用：

居留因子参照《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）选取，具体数值选取见表 7-6。

表 7-6 居留因子的选取

场所	居留因子 (T)		停留位置
	典型值	范围	
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室房门; 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室; 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场, 车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯。

7.5.4 《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）重点引用：

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

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 (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： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

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

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

$\dot{H}_{c,\max} (\mu\text{Sv}/h)$ ：

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

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

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

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参考控制水平 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 和最高剂量率 $\dot{H}_{c,\max} (\mu\text{Sv}/\text{h}) \leq 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，按照 4.2.1 求得关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c (\mu\text{Sv}/\text{h})$ 加以控制。

7.5.5 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）重点引用：

4.7 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护性能的专用要求。

4.7.5 X 射线设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下，按附录 B 中 B.1.2 的要求，在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 $400 \mu\text{Gy}/\text{h}$ （按附录 C 图 C.3 的要求）。

5 X 射线设备机房防护设施的技术要求

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在 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 7-7 要求。

表 7-7 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
CT 机	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机 a	30	4.5
单管头 X 射线机 b	20	3.5
透视专用机、碎石定位机、口腔 CT 卧位扫描	15	3
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5
牙科全景机、局部骨密度仪、口腔 CT 坐位扫描/站位扫描	5	2
口内牙片	3	1.5

a 双管头或多管头 X 射线机的所有管球安装在同一间机房内。

b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。

c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线机。

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 7-8 要求。

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 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 时，可不使用带有屏蔽防护的机房。

表 7-8 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
标称 150KV 以上的摄影机房	3	2
标称 150KV 及以下的摄影机房、口腔 CT、牙科全景机房（有头颅摄影）	2	1
透视机房、全身骨密度仪机房、口内牙片机房、牙科全景机房（无头颅摄影）、乳腺机房	1	1
介入 X 射线设备机房	2	2
CT 机房	2（一般工作量）a；2.5（较大工作量）a	

a 按 GBZ/T 180 的要求

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求（其检测方法按 7.2 和附录 B 中 B.6 的要求）：

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线机连续出束事件应大于仪器响应时间。

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。

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容，现场配备不少于表 7-9 基本种类要求的工作人员、患者和受检防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要。

表 7-9 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	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	辅助防护设施
放射诊断用 X 射线设备隔室透视、摄影	/	/	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	或可调节防护窗口的立位防护屏；固定特殊受检者体位的各种设备
CT 体层扫描（隔室）	/	/	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	/
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅橡胶眼镜 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、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	/

注：/表示不需要要求

6.7 介入放射学和近台同时操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护安全操作要求。

6.7.1 介入放射学用 X 射线设备应具有可准确记录受检者受照射剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后患者受照剂量记录在病例中。

6.7.2 借助 X 射线透视进行骨科整复、取异物等诊疗活动时，不应连续曝光，应尽可能缩短累计曝光时间。

7.5.6 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）重点引用：

《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）于 2020 年 4 月 3 日发布，2020 年 10 月 1 日起实施。本项目建设需同时满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

重点引用：

4.3.5 医疗机构应当为受检者配备必要的放射防护用品，对临近照射的敏感器官或组织采取必要的屏蔽防护措施。建议在 CT 扫描中对受检者采用包裹式屏蔽防护措施。

4.3.7 在施行 X 射线诊断检查时，除受检者以外其他人员不应滞留在机房内。受检者需要人员协助时，应对陪检者采取必要的防护措施。

5.8 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护性能的专用要求。

5.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

5.8.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄像功能的控制键。

5.8.4 介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7-10 的规定。

表 7-10 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 d m ²	机房内最小单边长度 e m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机 a（含 C 型臂）	30	4.5
单管头 X 射线机 b（含 C 型臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
透视专用机 c、碎石定位机、口腔 CBCT 卧位扫描	15	3.0
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5
牙科全景机、局部骨密度仪、口腔 CBCT 坐位扫描/站位扫描	5	2.0
口内牙片	3	1.5

a 双管头或多管头 X 射线机的所有管球安装在同一间机房内。

b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。

c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线机。

d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不小于表 7-8 的规定。

6.2.2 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 C 中表 C.4~表 C.7。

6.2.3 机房的门和窗和关闭时应满足表 7-11 的要求。

6.2.4 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 时且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。

表 7-11 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 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
标称 125kV 下的摄影机房	2.0	1.0
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
口腔 CBCT、牙科全景机房（有头颅摄影）	2.0	1.0
透视机房、骨密度仪机房、口内牙片机房、牙科全景机房（无头颅摄影）、碎石机房、模拟定位机房、乳腺摄影机房、乳腺 CBCT 机房	1.0	1.0
CT 机房（不含头颅移动 CT）、CT 模拟定位机房	2.5	

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 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受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害，灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯和与机房门有效联动。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 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。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-12 基本种类要求的工作人

员、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求，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

表 7-12 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	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	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅橡胶眼镜 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏/铅防护帘、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 选配：铅橡胶帽子	/

注：/表示不需要要求

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配套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小于 0.5mmPb。

7 X 射线设备操作的防护安全要求

7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求。

7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者受照射剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病例中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。

8 X 射线设备机房防护检测要求

8.1 X 射线设备机房防护设施和机房周围剂量率检测应满足下列要求：

a) X 射线设备机房防护检测指标和要求应符合 6.3 的规定；

b) X射线设备机房的防护检测应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。关注点应包括：四面墙体、地板、顶棚、机房门、操作室门、观察窗、采光窗/窗体、传片箱、管线洞口、工作人员操作位等，点位选取应具有代表性；

8.2 X射线设备机房放射防护安全设施应进行竣工验收，在使用过程中，应定期检查和检测，定期检测的周期为一年。

8.3 在正常使用中，医疗机构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。

7.5.7 《X射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012）重点引用：

5 CT机房的防护要求

5.1 CT机房的设置应充分考虑邻室及周围场所的人员驻留条件，一般应设在建筑物的一端。

5.2 CT机房应有足够的使用空间，面积应不小于 30 m²，单边长度不小于 4m。机房内不应堆放无关杂物。

5.3 CT机房的墙壁应有足够的防护厚度，机房外人员可能受到照射的年有效剂量小于 0.25mSv（相应的周有效剂量小于 5μSv），距机房外表面 0.3m 处空气比释动能率应 < 2.5μGy/h。

5.4 CT机房门外明显处应设置电离辐射警告标志，并安装醒目的工作状态指示灯。

5.5 CT机房应有良好的通风。

7.5.8 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）重点引用：

4 临床核医学工作场所的放射防护要求

4.1 临床核医学的工作场所应按照 GB18871-2002 非密封源工作场所规定进行分级，并采取相应的放射防护措施。

4.2 针对临床核医学实践的具体情况，可依据操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为 I、II、III 三类（分类原则见表 7-13）。

表 7-13 临床核医学工作场所分类

分类	操作最大量放射性核素的加权活度/MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

4.5 合成和操作放射性药物所用的通风柜，工作中应有足够风速（一般风速不小于1m/s），排气口应高于本建筑屋脊，并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

4.7 临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。

4.8 临床核医学诊断及治疗工作场所（包括通道）应注意合理安排与布局。其布局应有利于实施工作程序，如一端为放射性物质贮存室，依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且应避免无关人员通过。

4.9 临床核医学诊断用给药室与检查室应分开。如必须在检查室给药，应具有相应的放射防护设备。

4.10 临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室，宜有受检者专用厕所。

7.5.9 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）重点引用：

5.1 放射性废液

5.1.1 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防渗漏措施。

5.1.3 经审管部门确认的下列低放废液可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道；每月排放总活度或每一次排放活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限制要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应做记录并存档。

5.2 注射或服用过放射性药物的患者排泄物

5.2.1 使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位，应为住院患者治疗提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。规定患者住院治疗期间不得使用其他厕所。

5.2.2 专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲洗入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

5.2.3 专用化粪池内排泄物在贮存衰变后，经审管部门核准方可排入下水道系统。池内残渣如难于排出，可进行酸化预处理后再排入下水道系统。

5.2.4 对不可设置专用厕所和专用化粪池的单位，应为注射或服用放射性药物（如 ^{131}I 、 ^{32}P 等）的住院治疗患者提供具有辐射防护性能的尿液、粪便收集器和呕吐物收集器。收集器内的排泄物在贮存衰变后，经审管部门批准可作免管废物处理。

6 固体废物的管理

6.1 废物收集

6.1.2 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域。

6.1.3 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用容器中贮存。

6.1.5 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h ，重量不超过 20kg 。

7 气载废物的管理

7.1 操作放射性碘化物等具有挥发性的放射性物质时，应在备有活性炭过滤或其他专用过滤装置的通风柜内进行。

7.5.10 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）重点引用：

4.1.2 县级及县级以上或 20 张床位及以上的综合医疗机构和其他医疗机构污水排放执行表 2 的规定。直接或间接排入地表水体和海域的污水执行排放标准，排入终端已建有正常运行城镇污水处理厂的下水道的污水，执行预处理标准。

5.4 医疗机构的各种特殊排水应单独收集并进行处理后，再排入医院污水处理站。

5.4.1 低放废水应经衰变池处理。

表 7-14 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值

序号	总控制项目	排放标准	预处理标准
1	总 α / (Bq/L)	1	1
2	总 β (Bq/L)	10	10

7.5.11 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）重点引用：

12.2.3.1 医院、学校、研究所和其他放射性同位素应用单位产生的少量放射性废物（包括

废放射源），经审管部门批准可以临时贮存在许可的场所和专用容器中。贮存时间和总活度不得超过审管部门批准的限值。

12.2.3.2 应采用安全可靠的贮存容器，建立必要的管理办法，并配备管理人员，防止废物丢失或污染周围环境。

7.5.12 《关于实施碘-125 放射免疫体外诊断试剂使用有条件豁免管理的公告》重点引用：

符合豁免管理条件的单位应规范放免药盒的使用，并于每年 1 月 31 日前将放免药盒使用情况年度报表报当地设区的市级以上环保部门。各使用单位应将残留有碘-125 放免试剂的试管等固体废物以月为单位集中贮存，衰变 20 个月或满足相关法规标准后方可按一般医疗废物处理，不得随意丢弃。

7.5.13 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）；

7.5.14 《声环境质量标准》（GB3096-2008）：

本项目执行 2 类标准要求；

7.5.15 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）

本项目执行 2 类标准要求。

7.6 参考资料

（1）根据《安徽省环境状况公报》（2019 年），全省伽玛辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线贡献值）年均值为 101 纳戈瑞/小时，范围为 60~130 纳戈瑞/小时。

（2）《辐射防护手册》第一、三分册，李德平、潘自强主编。

（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）《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）；

（5）NCRP REPOERT No.151。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置、布局及周边环境

安徽省海慈人民医院有限公司拟建砀山经济开发区医养综合体项目（安徽海慈医院）位于砀山县经济开发区，是三级综合医院。拟建医院北侧为生态大道，西侧为陇海路，南侧为梨花路，东侧为空地。

本环评报告涉及射线装置及乙类非密封放射性物质工作场所均位于医院医技楼、住院楼，具体位置见表 8-1。该项目在院区的分布情况及周边关系详见附图 3 医院总平面布置及评价范围图和附图 5 医院医疗放射性设备及上下楼层平面布置图。

表 8-1 项目与周围区域毗邻关系一览表

序号	名称	工作场所	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下	
1	医用电子直线加速器	住院楼地下二层放疗科	东侧隔水冷机房为土壤层	控制室、诊室、机房	土壤层	土壤层	上方隔土壤层为绿化地面	/	
2	模拟定位CT		CT控制室	通道	放免中心大厅	通道	上方为备用房	/	
3	数字化减影血管造影机(DSA)	医技楼一层放射影像科	通道	医院办公室和缓冲苏醒室	控制室和更衣室	机房和污物通道	内窥镜中心(走廊,胃镜室,库房)	地下一层停车场	
4	CT		走廊	更衣室、机房	走廊	更衣室、钼靶室	彩超、B超,超声介入	地下一层停车场	
5	DR直接数字成像系统		走廊	更衣室、值班室	走廊	更衣室、机房	彩超、超声介入	地下一层停车场	
6	数字肠胃机		走廊	更衣室、机房	走廊	控制室	内窥镜中心(库房、医生走廊、病人登记室)	地下一层停车场	
7	口腔全景机		通道	更衣室	医生办公室	控制室	内窥镜中心(走廊、电子喉镜、气管镜, ERCP)	地下一层停车场	
8	乳腺钼靶机		操作走廊	更衣室	走廊	走廊	走廊、B超室	地下一层停车场	
9	C臂机		医技楼三层14号手术室	走廊	无菌器械室	走廊	13号手术室	4楼多媒体室	库房、脱水及冰冻纸片室,走廊
10	SPECT/CT		医技楼一层核医学科(乙类非密封放射性物质工作场所)	医技楼东墙外医院内通道	医技楼南门厅,医技楼门诊楼间通道	医技楼通道、消防控制室	医技楼中心供应(更衣室、会议室、洗衣房等)	病理科,检验中心	地下一层停车场,排烟机房,送风机房,除尘室,楼梯间
11	钨-99m								
12	碘-131								
13	碘-125								

8.2 环境现状评价

本项目对辐射环境进行现状监测，环境噪声现状引用院区环评中的监测数据（监测时间为2019年9月）。

8.2.1 监测方案、质量保证措施及监测结果

1、监测方案

监测项目：X- γ 辐射剂量率

监测布点：在拟建核技术利用科室周围布置监测点位，共计9个监测点位

监测工况：该项目均为拟建项目，未运行，为辐射环境本底监测。

监测时间：2020年3月20日和2020年6月8日（补测）

监测方法：《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-1993）

数据记录及处理：每个点位读取10个数据，读取间隔不小于20s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。

依据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）的要求，对医技楼一层拟建核技术利用科室周围环境 γ 空气吸收剂量率现状值进行监测：共布设9个监测点（其中7个监测点位为补测），监测点位示意图见图8-1。

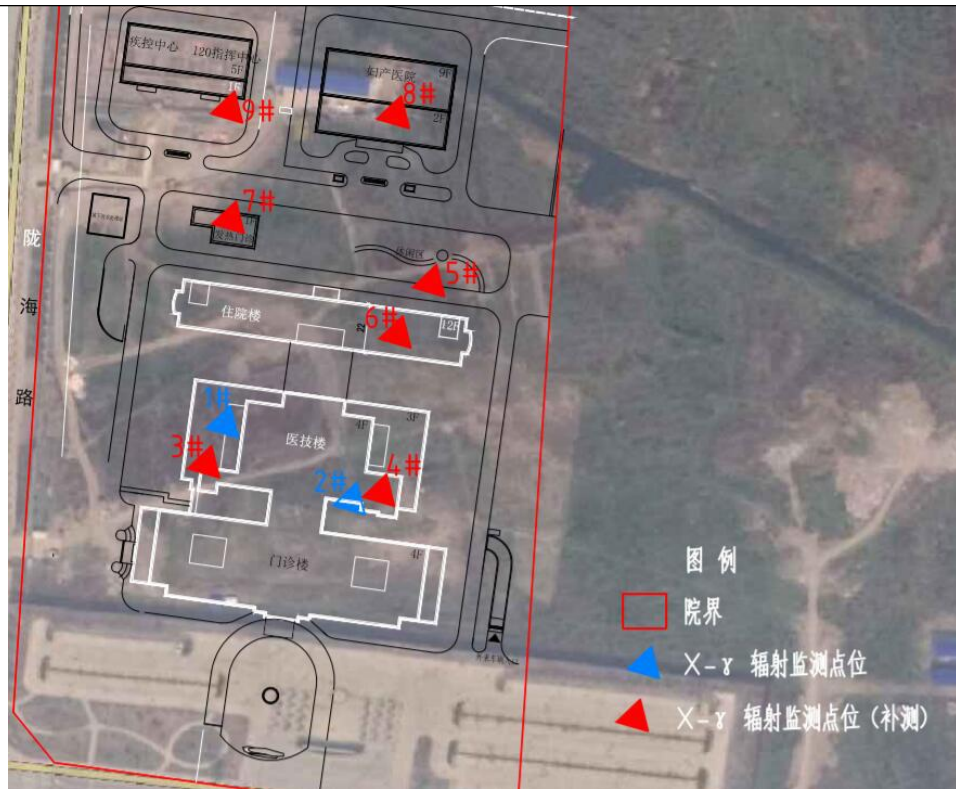


图 8-1 X- γ 辐射监测点位示意图

2、质量保证措施

监测单位：安徽溯测分析检测科技有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定监测布点质量保证：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。

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《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质量保证：监测人员均经过考核并持有检测上岗证，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校准或检验，监测报告实行三级审核。

3、监测仪器主要参数及鉴定情况

检测仪器：R500 多功能核辐射仪（仪器编号：R1601007，检定有效期：2019年08月20日~2020年08月19日）。

检测仪器主要技术参数见表 8-2。

表 8-2 R500 多功能核辐射仪主要技术参数表

序号	项目	测量结果
1	测量射线种类	α 、 β 、X 和 γ 射线
2	测量量程	辐射剂量率: 0.01 μ Sv/h~1000 μ Sv/h; 辐射剂量累计值: 0.001 μ Sv~999Sv
3	传感器	大型 GM 管, 有效直径 45mm, 云母窗密度 1.5-2.0mg/cm ²
4	本底值稳定度	$\pm 0.02\mu$ Sv/h (8 小时)
5	响应时间	5 秒 (从本底移动到 50 μ Sv/h 环境下)
6	效率	Pu239(α 源)约 40%; Am-241(5.5MeV α)约 36%; Sr-90(546KeV, 2.3MeV β max)约 65%; C-14(156KeV β max)约 8%; Bi-210(1.2MeV β max)约 64%
7	校正	可根据通过设定校正参数调整示值误差
8	抗饱和	在超过最大读数达 100 倍的情况下, 读数保持在满刻度
9	精度	$\pm 15\%$
10	外界电磁波影响	可忽略
11	工作环境	温度-10 $^{\circ}$ C~+60 $^{\circ}$ C; 湿度 <90%R.H (非冷凝); 大气压 75kPa~110kPa

4、监测结果

辐射环境、声环境质量现状监测结果分别见表 8-3 和表 8-4, 详细检测结果见附件 6。

表 8-3 X- γ 辐射剂量率测量结果 单位 μ Gy/h

测点编号	测点位置描述	测量结果	监测日期	备注
1	医技楼西	0.12	2020-03-20	/
2	医技楼东	0.11		/
3	拟建 DSA	0.10	2020-06-08	补测
4	拟建核医学科	0.11		补测
5	拟建医用直线加速器	0.11		补测
6	拟建住院楼	0.11		补测
7	拟建发热门诊	0.11		补测
8	拟建妇产医院	0.11		补测
9	120 指挥中心 (已建)	0.11		补测

注: Sv=Gy \times 辐射权重因子, 辐射权重因子取 1.0

表 8-4 声环境质量现状测量结果 单位 dB (A)

时间	N1 东厂界	N2 南厂界	N3 西厂界	N4 北厂界	监测日期
昼间	52.3	50.1	50.3	51.9	2019-08-19
夜间	42.5	41.3	41.3	42.4	
昼间	51.8	49.7	50.2	51.4	2019-08-20
夜间	43.2	40.7	41.1	44.6	

8.2.2 环境现状调查结果评价

由表 8-3 可知，安徽海慈医院拟建核技术利用科室周围 X- γ 辐射剂量率在 0.11~0.12 μ Gy/h 之间。根据《安徽省环境状况公报》（2019 年）中数据显示，全省伽玛辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线贡献值）年均值为 101 纳戈瑞/小时，范围为 60~130 纳戈瑞/小时。由此可知，本项目建设位置周围环境监测值与安徽省天然贯穿辐射水平相当，属于正常本底范围。

由表 8-4 可知，安徽海慈医院拟建地昼间声环境质量：昼间 49.7~52.3dB(A)，夜间 40.7~44.6dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求（昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)）。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 电子直线加速器

1、设备组成

医用电子直线加速器主要由三大部分组成：电子发射单元，电子加速单元和电子束引出单元。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。电子治疗子系统基本组成部件主要包括初级准直器、散射箔、托盘、均整器、电离室、光阑、附件接口、限光筒。

典型直线加速器外部结构示意图如 9-1 所示，内部结构示意图如 9-2 所示。

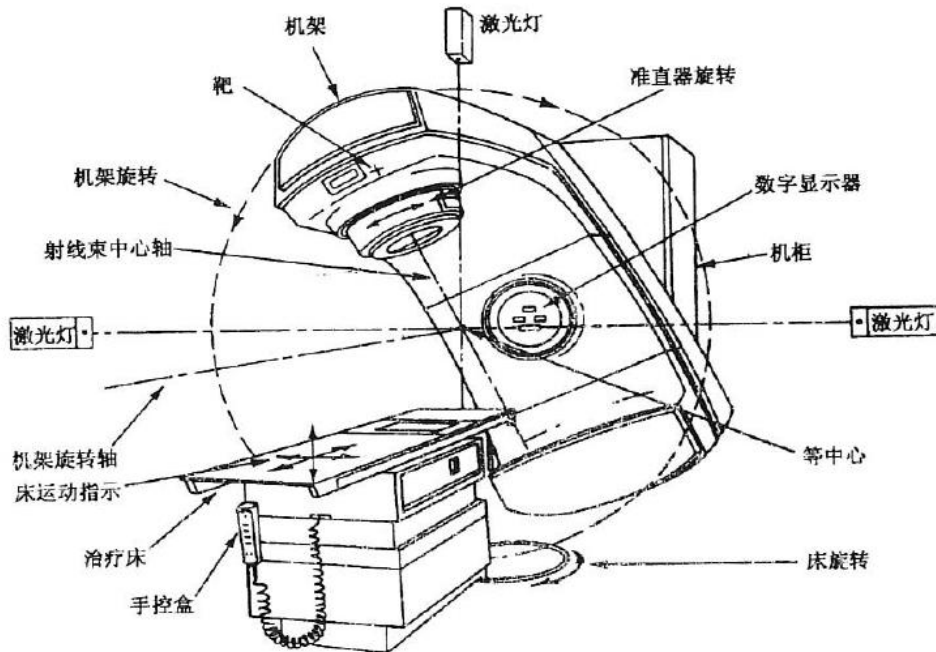


图 9-1 典型医用直线加速器机外部结构示意图

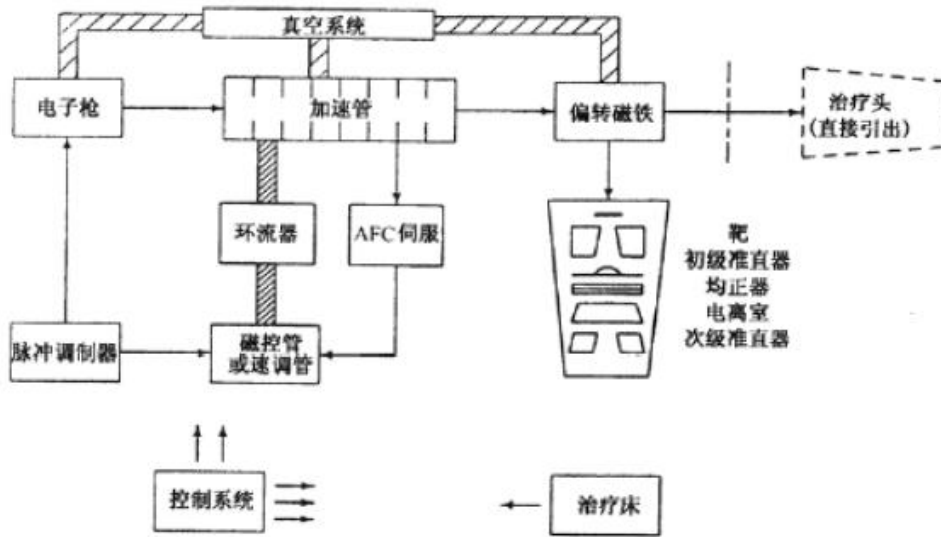


图 9-2 典型医用直线加速器机内部结构示意图

本项目电子直线加速器 X 射线最大能量为 10MV，有电子和 X 射线两种治疗模式，示意图如 9-3 所示。

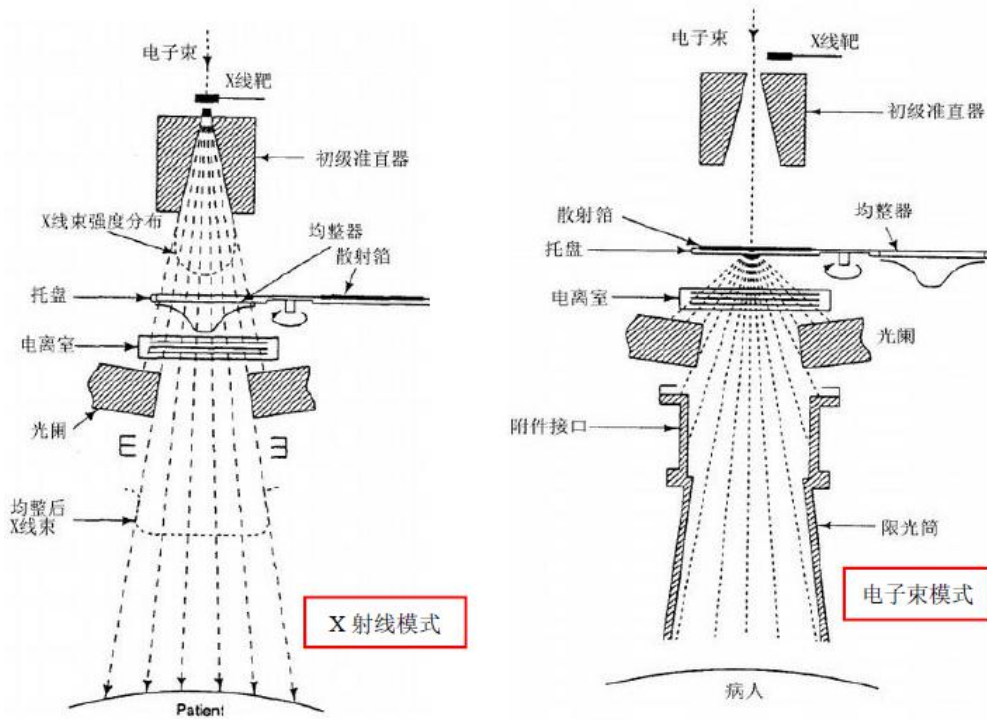


图 9-3 X 射线和电子束治疗模式结构示意图

2、工作原理

电子直线加速器根据被加速的高能电子轰击重金属靶而产生高能 X 射线的原理，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射治疗；同时也能直接利用初始电子束进行治疗，属 II 类射线装置。

电子线束治疗工作原理：电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向（一般为 90° 或 270° ），电子扩散箔使电子均匀射出，形成电子线束。经散射箔扩大射束直径，再通过光阑提高电子野的均整性，最后由输出窗射出达到患者病灶实现治疗的目的，即初始电子束直接引出并经散射、均整后用于患者的治疗。

X 线束治疗工作原理：电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向射向高原子序数的金属靶，电子同金属靶的原子核相撞，速度骤减并损失部分能量转换为 X 射线，经平板滤片过滤不必要的射线，剩余有用线束经二次准直射出。

3、操作流程

治疗前先确认治疗方案，包括确定照射时间和剂量，定位患者照射部位，调整照射角度和视野，再开机进行治疗。在加速器治疗过程中，除病人外其他人员均不在治疗室内，医护人员通过闭路电视系统观察病人情况。放疗流程及产污环节如图 9-4 所示。

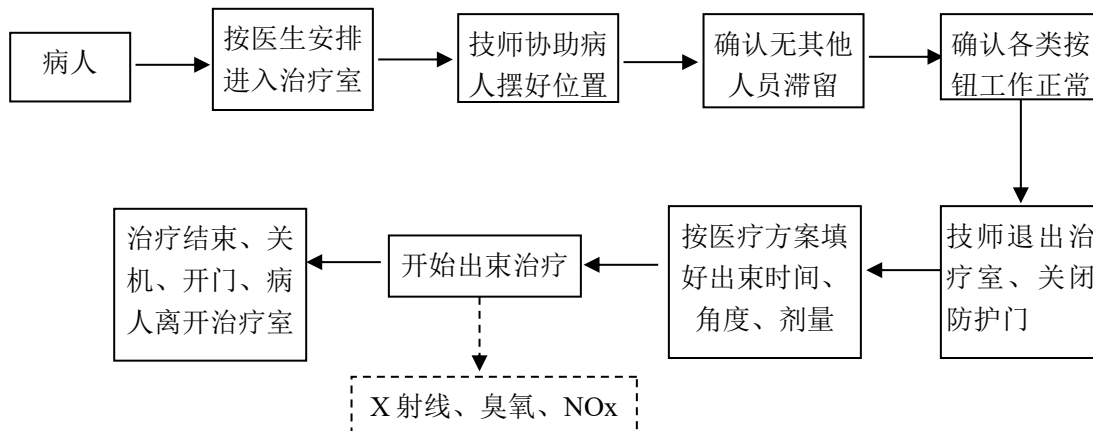


图 9-4 加速器放疗流程及产污环节示意图

操作流程为：

- ①根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前预约登记，以确定治疗时间；
- ②预约病人首先在模拟定位 CT 机上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状；

- ③物理师通过医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划；
- ④肿瘤患者在技师协助下躺上治疗床，进行摆位，根据 TPS 确定照射位置和面积；
- ⑤技师离开治疗室，进入控制室，根据 TPS 计划进行出束治疗；
- ⑥治疗结束后，关机，打开治疗室防护门，患者离开治疗室。

4、产污环节

正常工况的瞬时辐射：开机状态下，加速器会产生 X 射线；一旦切断电源，X 射线就会消失。故正常工况时，加速器治疗出束时污染源主要为开机状态下产生的 X 射线；另外，当采用电子模式治疗时，会有电子产生。

在电子直线加速器开机过程中会产生臭氧、NO_x 等有害气体；另有放射性固废（循环水系统中使用离子交换树脂）产生。

9.1.2 DSA

1、设备组成

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 设备主要由 X 射线发生系统、影像增强接收器和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统、防护屏及防护铅帘等构成。数字减影血管造影（DSA）是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是 70 年代以来用于临床的一种崭新的 X 射线检查技术，是应用计算机程序两次成像完成。常见数字减影血管造影机(DSA)外观见图 9-5。

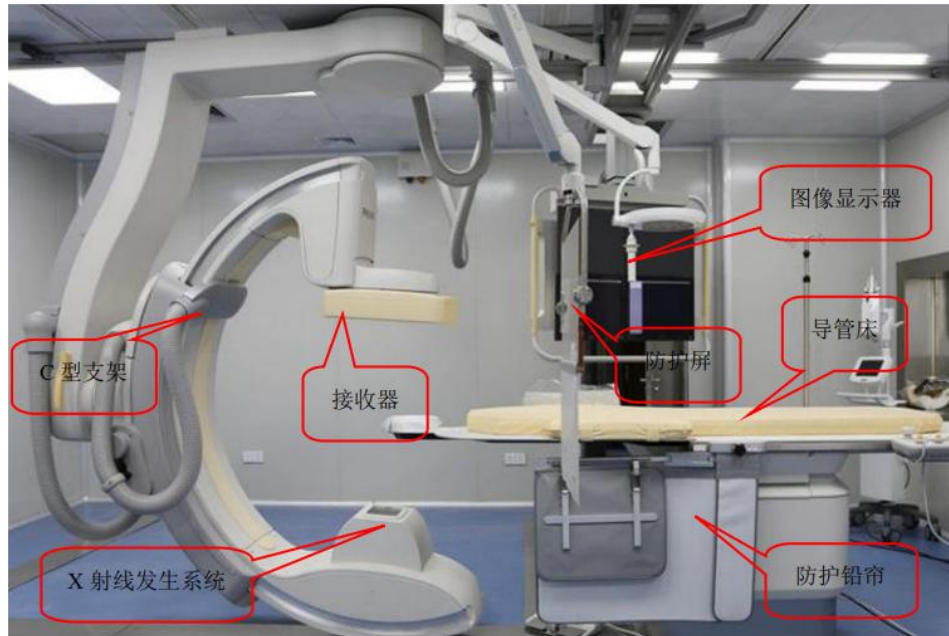


图 9-5 常见数字减影血管造影机（DSA）外观图

2、工作原理

数字减影血管造影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。DSA 的成像基本原理为：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。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。DSA 示意图见图 9-6。

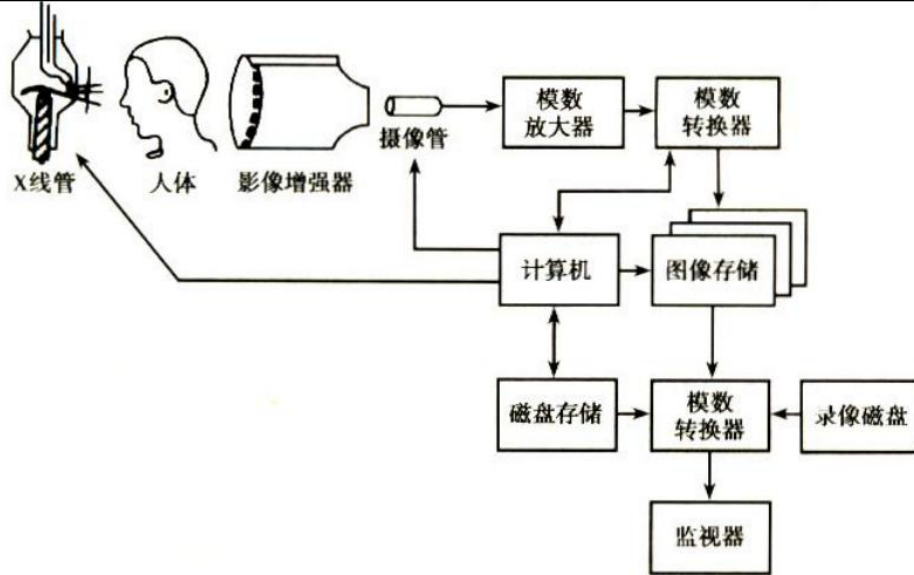


图 9-6 DSA 结构示意图

3、治疗流程

DSA 在进行曝光时分为 DSA 检查和介入治疗两种情况，对应的治疗流程及产污图见图 9-7。

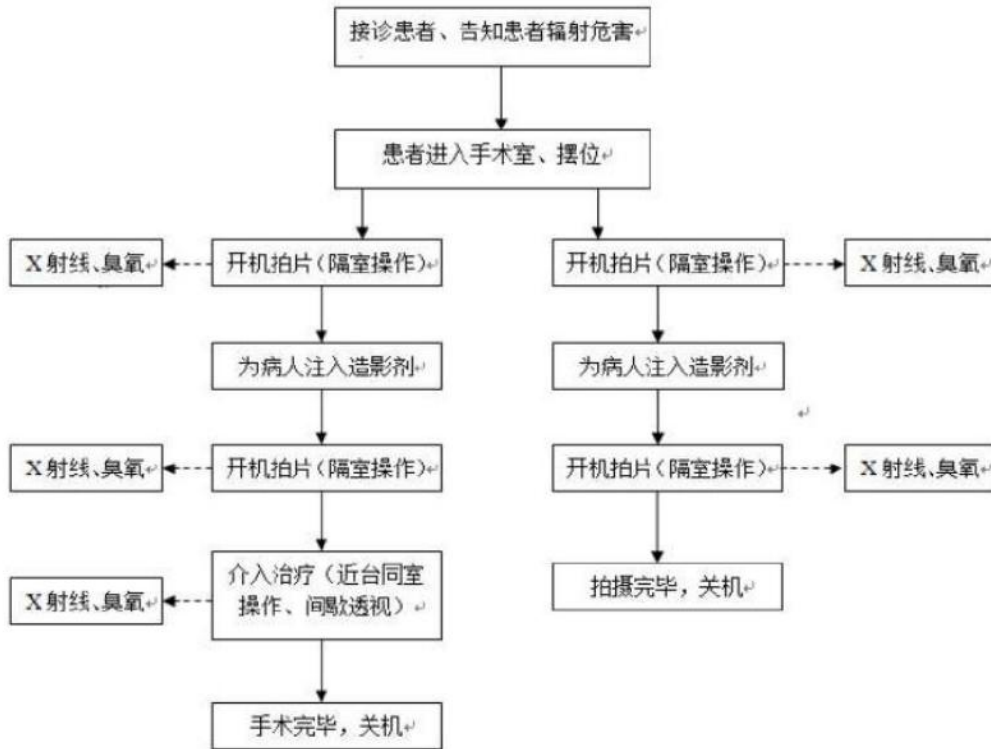


图 9-7 DSA 检查、治疗流程及产污环节示意图

(1) DSA 检查

DSA 检查采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入控制室，关好防护门。医师、操作人员通过控制室的电子计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

(2) DSA 介入治疗

DSA 介入治疗采用近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床一旁，距 DSA 的 X 线管 0.2~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅橡胶衣、铅围脖、铅眼镜、铅手套等）。同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中，医师根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。

每台手术 DSA 系统的 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完后关机，病人离开介入室。医院 DSA 的年工作量最大为 500 例，单次手术时间约 0.5~1.5h，每次手术累计出束时间为 5~30min。

4、产污环节

正常工况的瞬时辐射：本项目使用的 DSA 只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线，关机 X 射线消失。因此，在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。

DSA 工作时，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。

9.1.3 SPECT/CT

1、SPECT/CT 设备组成

SPECT/CT 即单光子发射型计算机断层显像（Single Photon emission computed tomography，简称 SPECT/CT）。SPECT/CT 由探头及电子学线路、可做断层显像的机架、病人检查床、计算机采集和处理工作站组成，SPECT/CT 是单光子发射型计算机断层显像仪和 CT 一体化组合的影像诊断设备。常见 SPECT/CT 外观图见图 9-8。

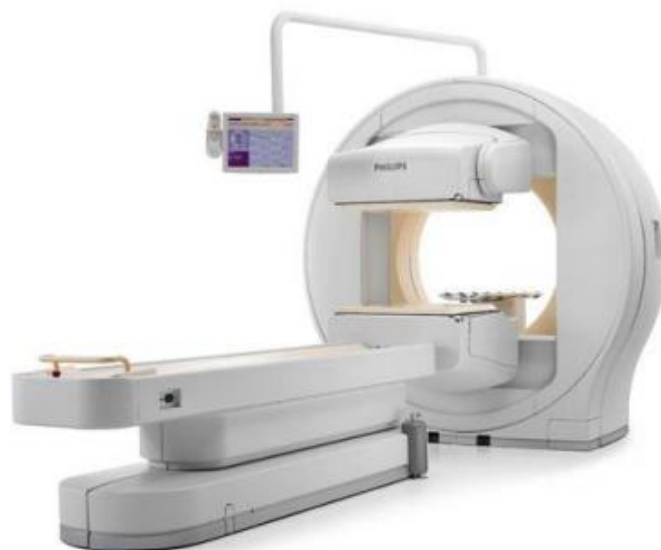


图 9-8 常见 SPECT/CT 外观图

2、SPECT/CT 工作原理

当某种放射性核素或其标记物通过注射，口服等方式进入体内后，依其化学及生物学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。

SPECT/CT 工作原理是利用仪器探测人体内同位素（本项目使用 ^{99m}Tc ）的动态分布而成像，特点是可做功能、代谢方面的影像观察。利用 SPECT/CT 不仅能显示二维平面图像，还能给出脏器的断层图像。它实际上就是一个探头可以围绕病人某一脏器进行 360° 旋转的 γ 相机，在旋转时每隔一定角度（ 3° 或 6° ）采集一帧图片，然后经电子计算机自动处理，将图像叠加，并重建为该脏器的横断面、冠状面、矢状面或任何需要的不同方位的断层和切面图像，利用专用的核医学应用软件，对断层图像和数据做进一步的分析 and 处理，为核医学医生提供更多更精确的信息和定量分析的数据，从而极大地提高了诊断的灵敏度和正确性。

3、工艺流程及污染因子

- (1) 医护人员给病人注射放射性药物（ ^{99m}Tc ）；
- (2) 病人按不同检查目的等待相应时间；
- (3) 病人进入 SPECT/CT 机房，躺在扫描床上，接受 SPECT/CT 扫描检查；

(4) 得到最终的 SPECT/CT 扫描图像。

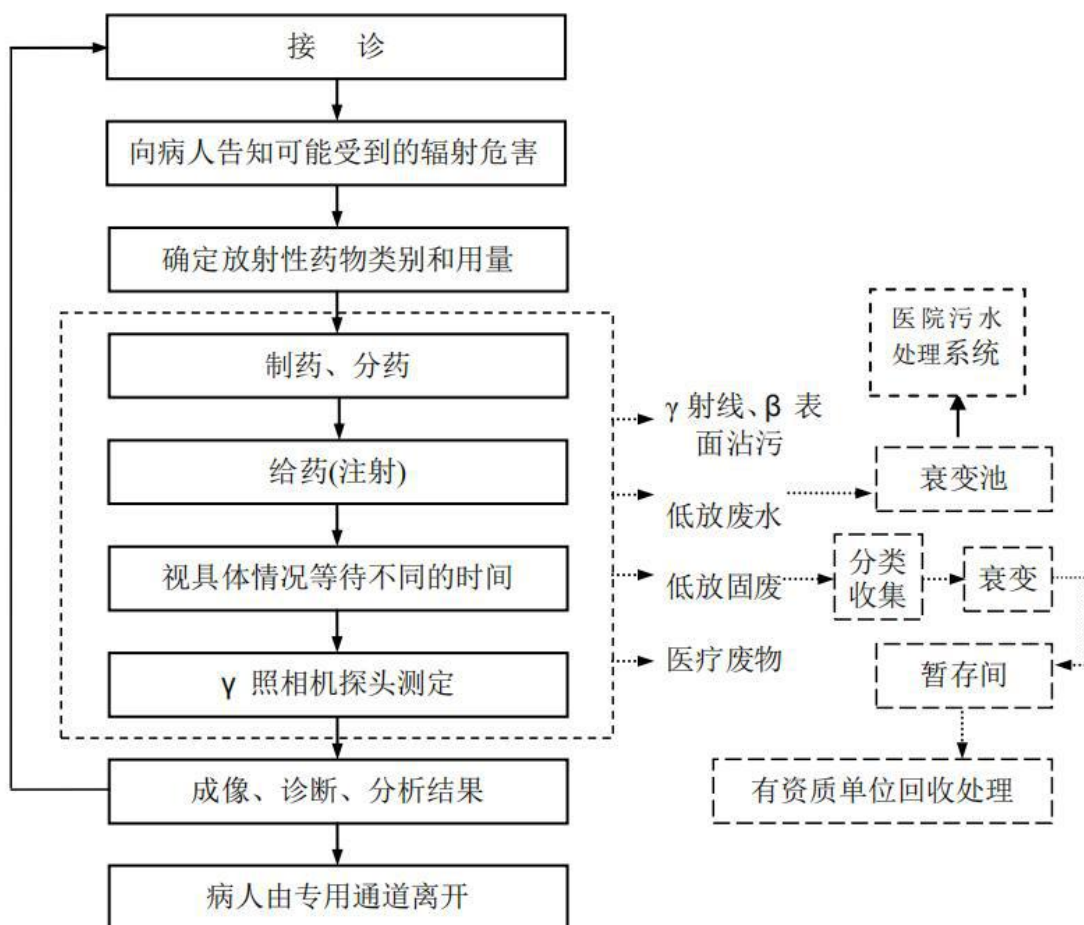


图 9-9 SPECT/CT 系统诊断工艺流程及产污环节示意图

9.1.4 非密封放射性物质 ^{99m}Tc , ^{131}I , ^{125}I

非密封放射性物质 ^{99m}Tc 用于 SPECT/CT 显像诊断, ^{131}I 用于甲亢治疗; ^{125}I 用于放免分析。

1、 ^{99m}Tc

^{99m}Tc 由 ^{99}Mo 衰变产生, ^{99}Mo 衰变发射 β 射线和 γ 射线; ^{99m}Tc 主要衰变方式是同质异能跃迁, 发射 γ 射线。本项目使用 ^{99}Mo 淋洗制备 ^{99m}Tc (^{99m}Tc 衰变成 ^{99}Tc , ^{99}Tc 半衰期达 2.13×10^5 年, 且相对或度量极小, 如 $1\text{Ci}=3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ 的 ^{99m}Tc 99% 衰变成 ^{99}Tc , ^{99}Tc 活度仅为 120Bq , 因此 ^{99}Tc 放射性可忽略不计), 淋洗过程在通风橱中进行。

^{99m}Tc 制备、注射流程如下:

淋洗: 把生理盐水瓶插入发生器的双针, 一分钟后整体拔下外有防护罐的负压瓶, 即得到淋洗液。淋洗液过程约需 2 分钟。

测量活度：工作人员使用注射器吸取少量淋洗液，使用活度计测量其放射性活度，得出该瓶淋洗液的比活度，同时可测量淋洗液的纯度。

标记：用注射器将已测量好活度的淋洗液迅速转移至冻干盒，并充分摇匀，稀释到预设体积。标记过程约持续 0.5h。

注射：病人采用注射方式给药。工作人员（做好防护措施）注射药物时从铅罐内吸取药物进行注射。

等待：病人注射完药物后进行注射后按医嘱等待相应时间。

等待结束后病人进入 SPECT/CT 机房进行显像诊断。

^{99m}Tc 工艺流程及污染环节见图 9-9.

2、 ^{131}I 甲亢治疗

（1）工作原理

碘是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转运子（NIS）克服电学梯度从血液循环中浓聚碘-131。碘-131 在甲状腺组织内的有效半衰期约为 3.4~3.5d，碘-131 衰变发射的 β 射线在组织内平均射程为 1mm，所以 β 粒子携带的能量几乎全部释放在甲状腺组织内，对甲状腺周围的组织和器官影响较小。由于 β 射线在组织内有一定的射程，将产生“交叉火力”作用，使甲状腺组织不是均匀地接受辐射，腺体中心的组织接受来自四周的辐射，而表面的甲状腺组织则只接受来自甲状腺体内的辐射，甲状腺周围的组织不摄取碘-131，不会对甲状腺表面的组织形成空间的辐射。因此，甲状腺中心部分接受的辐射剂量大于腺体表面，如给予适当剂量的碘 ^{131}I 化钠，利用放射性“切除”部分甲状腺组织的同时保留一定量的甲状腺组织，使甲亢状态消失，达到治疗甲亢的目的。

（2）工艺流程及污染因子

医院根据病人预约情况提前向厂家订购，厂家用专车将核素运抵医院，通过泵吸（分装机自带）将铅罐中的 ^{131}I 注入自动分装仪中（自动分装仪自带铅屏蔽）；医生通过电脑控制将蒸馏水注入自动分装仪稀释 ^{131}I 液态核素。操作者可以在本机界面或远程计算机设定样品的分配活度、体积和计划使用时间，系统会自动完成将放射性原料（母液）进行稀释处理、定量分配和样品体积配比的全部工作，测试合格的溶液可用于病人服用。医生通过电脑控制从全自动分装仪（见图 9-10）内放出适量的溶液，并通过视频、对讲设施指导病人进行取药

和服用，病人服药后停留约 30 分钟即可离开。



图 9-10 ^{131}I 自动分装仪实物图

本项目购买现成的碘 ^{131}I 化钠溶液，根据甲功检测结果确定服药剂量，在分装室通过分装仪自动稀释分装，分药后供患者口服。治疗程序有接诊、告知辐射危害、确定所用核素用量、分药、服药、结束治疗。

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）， ^{131}I 门诊给药量不超过 400MBq 的无需住院。本项目单次口服剂量平均为 10mCi（370MBq），病人可以在口服 ^{131}I 药物后直接离开医院；少数病人给药量大于 400MBq，可通过大量饮水、加快核素代谢、增加停留时间的方式使病人体内药量降低到 400MBq 以下后离开医院。

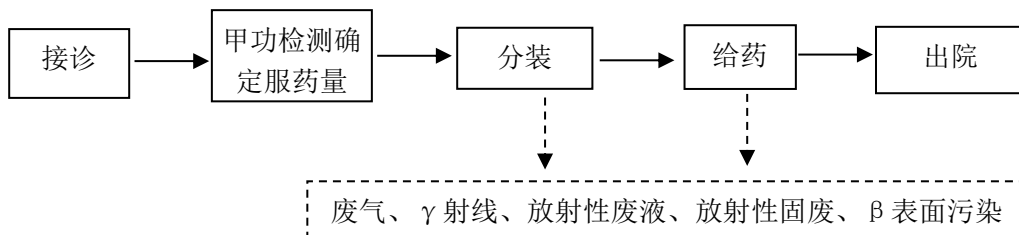


图 9-11 甲亢治疗工艺流程及产污环节示意图

^{131}I 属于易挥发性核素，在使用过程中会产生一定量的 ^{131}I 气载性流出物。

3、碘-125 放免分析

本项目购买含放射性药品 ^{125}I 的放免药盒用于放免诊断。

根据《关于实施碘-125 放射免疫体外诊断试剂使用有条件豁免管理的公告》（环境保护

部公告 2013 年 第 74 号)：自本公告发布之日起，对放免药盒的最大日使用量不超过 $1.0E+6$ 贝可 ($1.48E+5$ 贝可规格的 7 盒) 的医院及专业体检机构实行豁免管理。本项目放免药盒最大日用量 $<1.0 \times 10^6 \text{Bq}$ ，属于豁免管理范围，仅进行简单分析。

放射性免疫分析 (RIA) 是基于免疫分析的特异性与放射性测量的高灵敏性而建立的、利用放射性核素示踪技术和免疫学抗原抗体特异性相结合的一种超微量分析方法。能够定量检测生物体内成百上千种活性物质如激素、肿瘤相关抗原、病毒及维生素等。放免诊断工艺流程及产污环节见图 9-12。

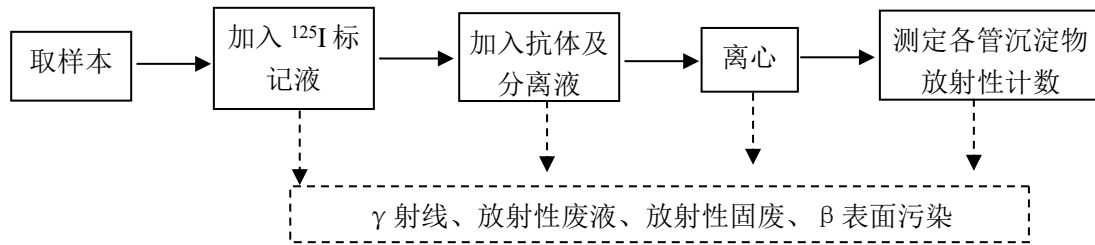


图 9-12 放免诊断工艺流程及产污环节示意图

9.1.5 III 类射线装置

医院其他 III 类射线装置 (胃肠机、DR 机、钼靶机、CT、模拟定位 CT、口腔全景、C 臂机)，均为采用 X 射线进行摄影或诊断的技术设备。

本项目 C 臂机位于三楼手术室，主要用于辅助手术。

1、X 射线机基本原理

胃肠机、DR 机、钼靶机、CT、模拟定位 CT、口腔全景、C 臂机均为采用 X 射线进行摄影或透视的技术设备。上述设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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从而产生 X 射线。

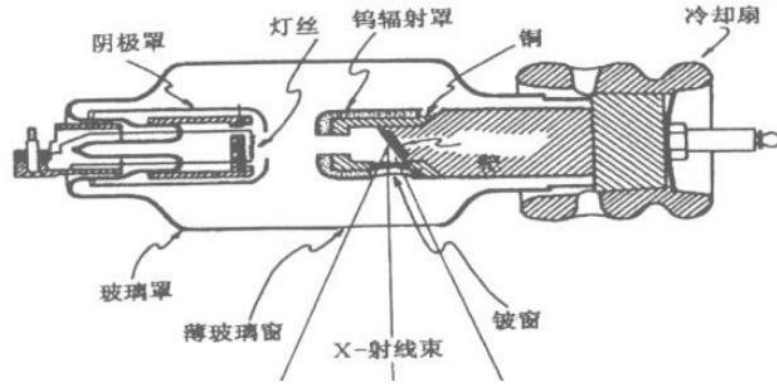


图 9-13 典型 X 射线管示意图

2、工艺流程及产污环节

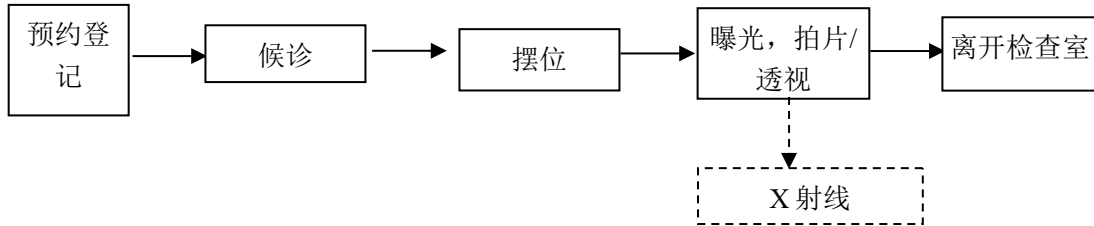


图 9-14 其他 III 类射线装置工艺流程及产污环节图

- (1) 病人经医生诊断、诊断正当性判断后，确定需要 X 射线影像诊断的病人与放射科预约登记；
- (2) 受检者按约定时间在候诊区准备和等待；
- (3) 检查室内在放射科医生的指导下正确摆位；
- (4) 医生进行隔室操作，利用各种 X 射线影像诊断设备进行拍片/透视；
- (5) 检查结束后离开检查室。

9.2 营运期污染源项描述

9.2.1 正常工况污染源项描述

1、电子直线加速器

(1) X 射线、电子线

医用直线加速器电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶的阻止而产生韧致辐射 X 射

线，其辐射可分为瞬发辐射和感生辐射两类。瞬发辐射包括初级辐射（被加速的电子）及其与靶材料或加速器的结构材料相互作用产生的次级辐射 X 射线等。瞬发辐射在加速器运行时产生，关机后即消失。剩余是指加速器的初级电子束和次级辐射在加速器结构材料及环境介质（包括空气、屏蔽物等）中诱发生成的感生放射性。剩余辐射在加速器关机后仍存在。而且随加速器的运行时间的增加而积累，随加速器关机时间的增加而减弱。但只有当粒子的能量大于核反应的阈能时，才会产生感生放射性。另外，当采用电子模式治疗时，会有电子产生。

本项目医用直线加速器的 X 射线最高能量为 10MV，电子与靶物质作用产生韧致辐射 X 射线，1m 处输出量剂量率 $\leq 3.6 \times 10^8 \mu \text{Gy/h}$ 。由于 X 射线的贯穿能力极强，对周围环境可能造成辐射污染，但运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。加速器在运行时产生的高能电子束（ $\leq 22\text{MeV}$ ），1m 处输出量剂量率 $\leq 3.6 \times 10^8 \mu \text{Gy/h}$ ，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。在加速器开机的时间内，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。

《电子加速器放射治疗放射防护要求》GBZ126-2011 中规定，X 射线标称能量大于 10MV 的加速器对感生放射性应加以限制，并在屏蔽设计（主要是防护门的设计）时考虑中子的防护。本项目加速器的 X 射线最大能量为 10MV，因此，加速器开机工作时不考虑感生放射性和中子辐射的防护。

（2）臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x , NO_2 ）

加速器在开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x , NO_2 ）。机房设有排风系统，通风次数大于 4 次/h，可明显降低其浓度。

（3）放射性固废

医用直线加速器所产生的放射性固体废物，主要来源于两个方面：一是加速器内循环水系统中使用离子交换树脂，吸附极少量较长半衰期的放射性核素，长期积累后，更换的树脂具有一定的放射性。树脂的更换周期一般 3~5 年，放射性水平相对较低。

本项目医用直线加速器的放射性污染因子主要为 X 射线、放射性固废（废离子交换树脂），非放射性污染因子为臭氧和氮氧化物。

2、DSA 及 III 类射线装置

(1) X 射线

DSA 及 III 类射线装置产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，在 DSA 及 III 类射线装置开机出束期间，X 射线是主要污染因子。

(2) 非放射性污染源分析

DSA 及 III 类射线装置工作时，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。

3、核医学科（SPECT/CT 及非密封放射性物质 ^{99m}Tc ， ^{131}I ， ^{125}I ）

(1) 电离辐射（X 射线和 γ 射线）

SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线； ^{99m}Tc 原子核在退激或跃迁过程中会发射出 γ 射线； ^{131}I 发生 β 衰变时伴随发射 0.364MeV 的 γ 射线； ^{125}I 的衰变方式是轨道电子俘获，主要发射 27.5KeV 的 X 射线（79.4%）和 35.5KeV 的退激 γ 射线（6.8%）。因此，放射性核素 ^{99m}Tc 和 ^{131}I 在取药、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生 γ 射线，会造成医务人员和公众的外照射。

(2) β 放射性表面污染

医生在对含有放射性同位素 ^{131}I 和 ^{125}I 的种种操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。

(3) 放射性废水

本项目核医学科各项诊疗均为门诊治疗，病人在核医学科停留时间短，采用节水型洁具。每日门诊按最大检查病人量 40 人计（注射病人 30 人+甲亢治疗病人 10 人），病人在核医学科时间均值为 1h，假设在诊治过程中病人均在检查期间排泄 1 次计算，每次按照最大用水量 4L 计，病厕废水量约为 160L，清洗废水每天约为 100L，每天产生的放射性废水最大约为 260L。

(4) 废气

^{131}I 属于易挥发性核素，在使用过程中会产生一定量的 ^{131}I 气载性流出物。

(5) 固体废物

使用放射性同位素 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 和 ^{125}I 操作过程中产生的如 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器、注射器、药

杯、一次性手套、棉签、擦拭废纸、滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物，污染途径为操作过程中及收集固废过程中和贮存衰变时对医务人员产生的外照射。

9.2.2 非正常工况污染源项描述

1、电子直线加速器

(1) 安全联锁失效，人员可能在防护门未关闭时误入机房，如果这时运行加速器，则可能造成误照射事故。

(2) 除受治疗患者以外，机房中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格按照操作规程确认机房中环境便运行加速器，则会造成机房中人员误照射。

2、SPECT/CT 及非密封放射性物质 ^{99m}Tc , ^{131}I , ^{125}I

主要考虑电离辐射损伤、放射源和药物失控对环境及公众的影响。

(1) SPECT/CT 机房安全联锁装置发生故障时，人员误入正在运行的射线装置机房，对人员造成误照射。

(2) 含 ^{99m}Tc , ^{131}I , ^{125}I 试剂在操作使用过程中发生意外洒漏时，会对周围环境及人员造成辐射影响。

(3) 储源分装室内通风柜通风设备失效，导致放射性废气在储源分装室聚集，工作人员吸入后，造成内照射。

(4) 患者用药后未经允许离开核医学科，尤其是在用药初期离开候诊区或病房，可能对接近患者的人员造成额外照射剂量。

事故工况下的污染因子主要为：表面污染、 β 射线、 γ 射线、X 射线；事故工况下的污染物：放射性废液、废水、废气、固体废弃物。

3、DSA 及 III 类射线装置

1) 设备运行时，无关人员若误入机房，因机房为高辐射区，人员会受到不必要照射。

2) 当控制设备出现故障或工作人员操作失误，装置出束过大，病人可能接受额外照射。

事故工况下的污染因子和污染途径与正常工况下基本相同，主要为 X 射线对辐射工作人员及周围公众造成外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所分区

该项目放疗科（医用直线加速器、模拟定位 CT）位于住院楼地下二层北侧；放射影像科（DSA、CT、DR、数字肠胃机、口腔全景机、乳腺钼靶机）位于医技楼一层西北侧；核医学科（SPECT/CT，乙级非密封放射性物质工作场所）位于医技楼一层东南侧；C 臂机位于医技楼三层手术中心 14 号手术室。该项目在院区的分布情况及周边关系详见附图 2、附图 4 和表 8-1。

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB18871-2002）中的要求应将辐射工作场所划分控制区和监督区，结合该项目核技术利用的特点，该项目重点关注非密封放射性物质工作场所——核医学科的分区管理，其他不属于非密封放射性物质工作场所的放疗科、放射影像科、手术中心 14 号手术室，则将射线装置机房划为控制区，控制室、辅助设备间及射线装置机房防护门外 1m 宽范围划分监督区，并建议在防护门外地面以黄色警示色进行标识，提醒无关人员不要靠近。

按照《临床核医学卫生防护标准》（GBZ120-2006）的要求，核医学科设置在医技楼一层东南角，所处区域相对独立，有独立出入口。核医学科按照控制区、监督区进行分区管理。①淋洗分装室、储源室、注射室、SPECT/CT 候诊室、SPECT/CT 机房等划为控制区。②核医学科其他区域划为监督区。安徽海慈医院核医学科工作场所分区见图 10-1 和附图 7。



图 10-1 核医学科分区图

10.1.2 核医学科人流、物流

为了避免交叉影响，保证患者沿单方向流通，核医学科控制区的患者进入门（门1、门2）、出门（门3）设置单向门禁系统；核医学科南侧室外电梯、楼梯与核医学科不连通；医生进出门（门5、门4）、放射性药物和污物运送楼梯门（门4）设置双向刷卡门禁系统。通过设置门禁系统，最大限度减少了患者的流动，仅在过道内可能存在短时间的交叉，且可通过叫号进入采用时间隔离的方式避免相互影响；患者与医务人员通道分开设置，能做到完全分离。因此，安徽海慈医院医技楼核医学科布局基本合理（详见图 10-2 和附图 7）。

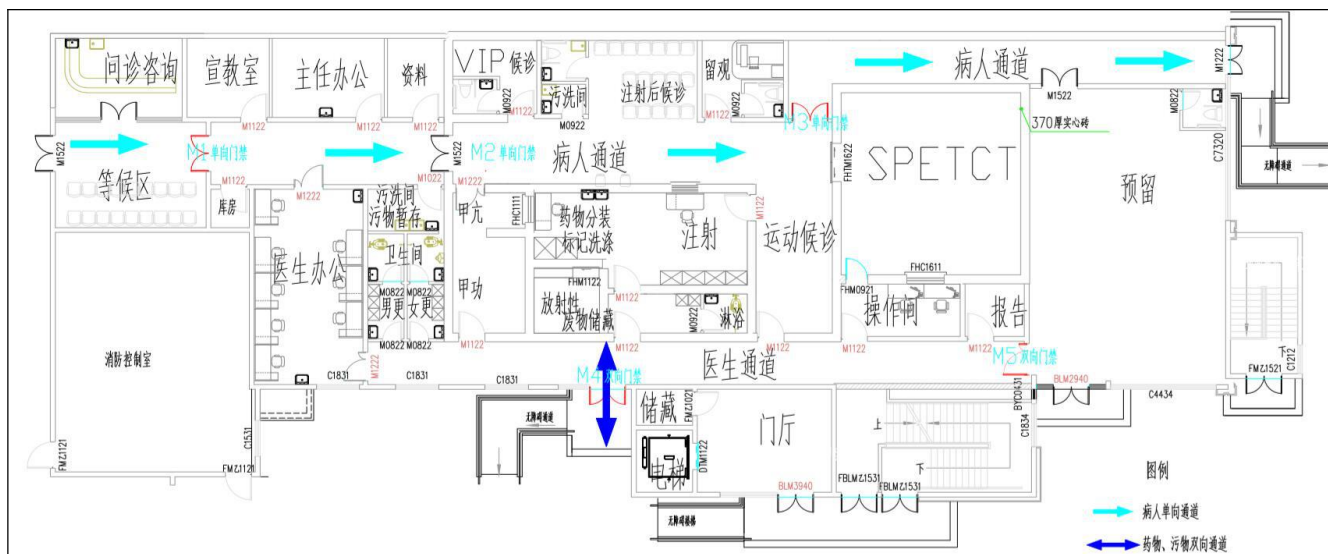


图 10-2 核医学科人流、物流通道设置图

10.2 安全防护措施

《安徽海慈医院放射诊疗建设项目放射性职业病危害预评价报告书》于 2020 年 5 月 26 日取得安徽省卫健委行政许可，见附件 4。根据建设单位提供的《安徽海慈医院放射诊疗建设项目放射性职业病危害预评价报告书》，安徽省海慈人民医院有限公司（安徽海慈医院）放射机房屏蔽防护方案见表 10-1。

表 10-1 放射机房屏蔽防护方案-职业病危害预评价报告

名称	屏蔽体	采取的屏蔽措施	等效铅当量 mmPb	标准要求 mmPb
模拟 CT 定位机房	四周墙体	37cm 实心红砖	3.0	2.5
	顶棚	18cm 现浇混凝土+3cm 硫酸钡涂层	4.0	2.5
	防护门	内衬 4.0mm 铅板	4.0	2.5
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.5
DSA	四周墙体	24cm 实心红砖+2cm 硫酸钡涂层	3.0	2.0
	顶棚	18cm 现浇混凝土+1mm 铅板	3.0	2.0
	地板	180mm 厚的混凝土+2cm 厚硫酸钡涂料	3.0	2.0
	防护门	内衬 3.0mm 铅板	3.0	2.0
	观察窗	3.0mmPb 铅玻璃	3.0	2.0
CT 机房	四周墙体	24cm 实心红砖+3cm 硫酸钡涂层	4.0	2.5

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

	顶棚	18cm 现浇混凝土+2mm 铅板	4.0	2.5
	地板	18cm 现浇混凝土+3cm 厚硫酸钡涂料	4.0	2.5
	防护门	内衬 4.0mm 铅板	4.0	2.5
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.5
口腔全景机房	四周墙体	24cm 实心红砖+2cm 硫酸钡涂层	3.0	2.0
	顶棚	18cm 现浇混凝土	2.0	1.0
	地板	18cm 现浇混凝土	2.0	1.0
	防护门	内衬 3.0mm 铅板	3.0	2.0
	观察窗	3.0mmPb 铅玻璃	3.0	2.0
胃肠机房	四周墙体	24cm 实心红砖+4cm 硫酸钡涂层	4.5	3.0/2.0*
	顶棚	18cm 现浇混凝土+2mm 铅板	4.0	2
	地板	18cm 现浇混凝土+3cm 厚硫酸钡涂料	4.0	2
	防护门	内衬 3.5mm 铅板	3.5	2
	观察窗	3.5mmPb 铅玻璃	3.5	2
C 臂机机房	四周墙体	钢骨架+2mm 铅板	2.0	1.0
	顶棚	10cm 现浇混凝土	1.0	1.0
	地板	10cm 现浇混凝土	1.0	1.0
	防护门	内衬 2.0mm 铅板	2.0	1.0
	观察窗	2.0mmPb 铅玻璃	2.0	1.0
DR 机房	四周墙体	24cm 实心红砖+4cm 硫酸钡涂层	4.5	3.0/2.0*
	顶棚	18cm 现浇混凝土+2mm 铅板	4.0	2
	地板	18cm 现浇混凝土+3cm 厚硫酸钡涂料	4.0	3
	防护门	内衬 3.5mm 铅板	3.5	2
	观察窗	3.5mmPb 铅玻璃	3.5	2
乳腺机房	四周墙体	24cm 实心红砖	2.0	1
	顶棚	18cm 现浇混凝土	2.0	1
	地板	18cm 现浇混凝土	2.0	1
	防护门	内衬 2.0mm 铅板	2.0	1
	观察窗	2.0mmPb 铅玻璃	2.0	1

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

核医学科 (含SPECT/CT)	SPECT/CT 机房	四周墙体	37cm 实心红砖	3.0	2.5
		顶棚	18cm 现浇混凝土+2mm 铅板	4.0	2.5
		地板	18cm 现浇混凝土+3cm 厚硫酸钡涂料	4.0	2.5
		防护门	内衬 4.0mm 铅板	4.0	2.5
		观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.5
	放射性废物储存室	东、西墙	37cm 砖	/	/
		南墙	37cm 砖		
		顶棚、地板	18cm 砼		
	甲亢室	西墙	37cm 砖	/	/
		南、北墙	37cm 砖		
		顶棚、地板	18cm 砼		
	分装注射室	东墙	24cm 砖	/	/
		西墙	37cm 砖		
		南墙	24cm 砖		
		顶棚、地板	18cm 砼		
	注射后候诊室	北墙	37cm 砖	/	/
		顶棚、地板	18cm 砼		
	留观室	北墙	37cm 砖	/	/
		顶棚、地板	18cm 砼		
	运动候诊区	南墙	37cm 砖	/	/
		东墙	37cm 砖		
		西墙	24cm 砖		
		顶棚、地板	18cm 砼		
	VIP 候诊室	西墙	37cm 砖	/	/
		南墙、北墙	37cm 砖		
		顶棚、地板	18cm 砼		
	甲功室	西墙	37cm 砖	/	/

	南墙	37cm 砖	
	顶棚、地板	18cm 砼	

注：有用线束朝向 3.0mmPb，非有用线束朝向 2.0mmPb；实心红砖密度约为 1.65t/m³，混凝土密度为 2.35t/m³，硫酸钡涂料密度为 2.7 t/m³

安徽省海慈人民医院有限公司（安徽海慈医院）医疗放射性设备采购项目在取得安徽省卫健委行政许可（附件 4）后，委托合肥四达环境系统工程科技有限公司对项目机房屏蔽进行了设计，见附件 8。设计采取的安全防治措施见表 10-2。

表 10-2 安全防护措施

名称		采取的污染防治措施		
屏蔽措施	医用电子直线加速器	①机房采用密度为 2.35g/cm ³ 混凝土浇筑。机房使用空间几何尺寸：长（主束墙间距）8.2m×宽 8.1m×高 3.7m（机房顶主屏蔽区内表面至地面的距离）。机房顶主屏蔽区外凸。等中心距离地面高度 1.25m。迷路横宽 2.2m，迷路内口宽度 2.5m。②加速器机房东主屏蔽墙厚为 2.8m，次屏蔽墙厚为 1.6m；南侧 L 型迷道，迷道内墙厚度为 1.3m，外墙厚度为 1.4m；西侧、北侧外为土壤层，西墙厚 1.0m，北墙厚 0.8m；顶棚主屏蔽厚为 2.7m，次屏蔽厚为 1.0m。拟安装含硼聚乙烯防护门（铅当量 12mm，硼聚乙烯 BPE 厚度 100mm）。通风管道等穿墙管道均采用迷道式设计。		
	DSA	①DSA 机房内空尺寸为：8.06m×7.68m。②DSA 四周墙体为 370mm 厚实心砖墙+1.5cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚的混凝土+1.5cm 厚硫酸钡水泥；防护门为 4mmPb 板；观察窗 4mm 铅玻璃。		
	核医学科（含 SPECT/CT）	SPECT/CT 机房	内空尺寸为：7.6m×7.5m。四周墙体为 370mm 实心砖墙+2.5cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚的混凝土+2.5cm 厚硫酸钡水泥；防护门为 5mm 铅板；观察窗 5mm 铅玻璃。	
		放射性废物储存室	四周墙体为 370mm 实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土	
		甲亢室	西墙 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；东墙、北墙、南墙为 370mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥	
	甲功室	四周墙体为 370mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土		

	分装注射室	北墙为 370mm 厚实心砖墙+5cm 厚硫酸钡水泥；其他墙体为 370mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥；通风橱 20mm 铅当量；注射器防护盒 10mm 铅当量；铅衣 0.5mm 铅当量；注射窗 20mm 铅当量
	VIP 候诊室	北墙、西墙、南墙 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；东墙为 240mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥
	注射后候诊室	北墙 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；东墙、西墙为 240mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥
	留观室	北墙 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；东墙、西墙、南墙为 240mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥
	运动候诊区	南墙 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；东墙（SPECT/CT 控制室西墙）370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；西墙（分装注射室东墙）370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥
III类射线装置	放疗科模拟定位 CT 机房内空尺寸为 7.8m×6.8m；四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃	
	放射影像科 CT 机房内空尺寸为 9.0m×5.3m；四周墙体为 370mm 实心砖墙+1.5cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1.5cm 厚硫酸钡水泥；防护门 4mm 铅板、观察窗 4mm 铅玻璃	
	放射影像科数字肠胃机房内空尺寸为 7.5m×5.46m；四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃	
	放射影像科 DR 机房内空尺寸为 9.0m×5.3m；四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃	
	口腔全景机房放射影像科内空尺寸为 4.96m×3.9m；四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃	
	放射影像科乳腺钼靶机房内空尺寸为 5.64m×4.64m；四周墙体为 370mm 实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 混凝土；防护门 2mm 铅板、观察窗 2mm 铅玻璃	

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

		14号手术室（C臂机）净尺寸7.8m×6.7m；四周墙体为钢骨架+2mm铅板；顶棚、底板为100mm厚混凝土；防护门2mm铅板、观察窗2mm铅玻璃
安全措施	机房外均拟张贴警示标志、安装工作状态指示灯；医用直线加速器设置视频监控，对讲系统，机房内设急停按钮，并设置设置门机连锁连锁；其他射线装置机房设置通风，并设置门灯连锁；放射性废物桶拟张贴电离辐射标志；岗位职责和操作规程等工作制度张贴上墙	
监测仪器	医用直线加速器机房配置辐射巡测仪，核医学科配置表面污染仪。2台辐射剂量报警仪	
个人防护	配置防护衣、防护围脖、铅屏风、铅围裙、铅背心、铅眼镜等防护用品；辐射工作人员均须参加辐射安全与防护培训取得培训合格证；辐射工作人员均须佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测和职业健康体检；DSA工作人员配置2个累积剂量计	
管理措施	核医学科及医疗放射设备使用科室开展工作前，建立以院领导为第一责任人的辐射安全与防护管理领导小组构架，并拟定辐射事故应急预案、辐射防护与安全保卫制度、辐射工作场所监测制度、个人剂量管理制度、培训和职业健康体检计划、操作规程、岗位职责、辐射设备维修保养制度等各项辐射安全管理制度	

10.3 三废的治理

10.3.1 医用直线加速器

X射线、电子线：在加速器开机产生X射线（X射线模式治疗）、电子线（电子模式治疗），其中X射线为主要辐射环境污染因素。X射线和电子线主要采取机房屏蔽措施。

废气：医用直线加速器机房内的空气受到射线照射会产生一定量的臭氧和氮氧化物，若在机房内聚集，对机房的人员和设施均具有一定的危害。根据医院提供的设计材料，直线加速机房设新风和排风管道，分别配备新风机和排风机，设计风量 2500m³/h（直线加速机房内体积约 400m³，每小时换气次数 6 次），满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“治疗室通风换气次数不应小于 4 次/h”的要求，臭氧及氮氧化物可得到有效扩散，环境影响不大。

固废：加速器内循环水系统产生的废离子交换树脂具有一定放射性，由厂家负责调换、运输、处置，医院负责日常安全管理。

10.3.2 DSA 及 III 类射线装置

X 射线：在 DSA 及 III 类射线装置开机出束期间，X 射线是主要污染因子。X 射线主要采取机房屏蔽措施。

废气：DSA 机房及 III 类射线装置机房内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。机房内设置排风装置，保持机房内良好的通风，能够有效减少放射性废气对工作人员的影响。臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。

10.2.3 核医学科

电离辐射（X 射线和γ射线）：SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线；^{99m}Tc 原子核在退激或跃迁过程中会发射出 γ 射线；¹³¹I 发生 β 衰变时伴随发射 0.364MeV 的 γ 射线；¹²⁵I 衰变产生 X 射线和 γ 射线。X 射线和γ射线主要采取屏蔽措施。

废水：核医学科放射性废水（平均 0.26m³/d）设独立管道收集，经衰变池处理后排入医院污水处理站。医院拟在医技楼东侧约 17m 设置衰变池，核医学科废水通过智能化提升设备将放射性废水提升至衰变池，放射性废水在衰变池内储存超过 10 个半衰期后，依托医院污水处理站处理后接入市政污水管网。

废气：该项目在在淋洗分装室设置一个防护为 20mmPb 的通风柜，淋洗、分装操作均在

通风柜内进行，通风柜设有独立通风管道，引至医技楼楼顶排放，能够有效减少放射性废气对工作人员的影响。核医学科其他房间则通过空调系统进行通风换气。

固废：使用放射性同位素 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 和 ^{125}I 操作过程中产生 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器由供源厂家回收，其他放射性固废注射器、药杯、一次性手套、棉签、擦拭废纸、滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物储存 10 个半衰期后作为医疗废物暂存，委托有资质单位处置。

10.4 事故预防措施

辐射工作人员必须严格按照操作程序进行，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，工作人员每次上班时首先要检查防护措施是否正常，若存在安全隐患，应立即修理，恢复正常。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和原国家环境保护总局环发[2006]145号文件之规定，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》，向当地生态环境部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

安徽海慈医院拟建设的医疗放射性设备用房（除医用直线加速器所在住院楼地下二层外）均为医院建设内容的组成部分，随医院整体施工完成并投入使用，其施工期环境影响分析、运营期主要的非辐射环境影响评价已纳入之中；医用直线加速器所在住院楼地下二层未包含在《报告书》评价范围内，应医院主体工程尚未开工建设，本项目结合《报告书》对住院楼地下二层施工期环境影响另行评价。

安徽省海慈人民医院有限公司放疗科（含医用电子直线加速器和模拟定位 CT）原设计位于住院楼地下一层，现调整至住院楼地下二层，仍与医院主体工程一体施工。医院施工期整体施工工艺、产污环节及污染种类均不发生变化，施工期较《报告书》会增加约 2 个月，相应的土石方挖方量、施工期废水、施工噪声影响等均相应增加或影响事件延长。

11.1.1 施工期工艺流程及简述

医院施工期会产生一定的噪声污染和扬尘，同时会产生一定的废水、废气和建筑垃圾等，工艺流程见图 11-1。

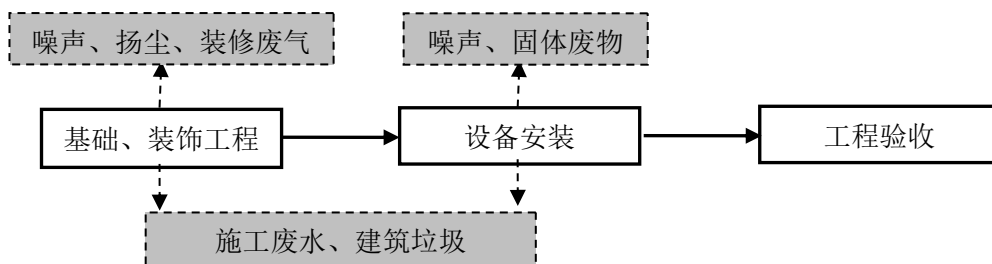


图 11-1 施工工艺流程及产污节点图

11.1.2 施工期污染源分析

1、废气

大气污染主要来自于施工场地的扬尘、施工机械的尾气。这些废气的影是局部的、暂时的，影响的程度及范围有限，随着施工期的结束而逐渐消失。

为减少和防止扬尘，尽量减轻其污染程度，缩小其影响范围，最大程度降低施工扬尘对区域环境的影响，建设单位和施工单位应落实以下措施：

① 明确建设单位扬尘污染防治责任并监督落实；将扬尘污染防治费用列入工程安全文明施工措施费，并在开工前及时足额支付给施工单位。

② 施工单位依照合同约定，具体承担建筑工程施工扬尘的污染防治工作，施工总承包

单位对分包单位的扬尘污染防治负总责。

③监理单位对建筑工程施工扬尘污染防治工作负监理责任，具体负责监督施工单位扬尘污染防治措施建立、防治费用使用、防治工作责任落实等情况。

④施工现场实行围挡封闭。主要路段施工现场围挡高度不得低于 2.5m，一般路段施工现场围挡高度不得低于 1.8m。围挡底边应当封闭并设置防溢沉淀井，不得有泥浆外漏。

⑤施工现场出入口道路实施混凝土硬化并配备车辆冲洗设施。对驶出施工现场的机动车辆冲洗干净，方可上路。

⑥施工现场内道路、加工区实施混凝土硬化。硬化后的地面，不得有浮土、积土，裸露场地应当采取覆盖或绿化措施。

⑦施工现场设置洒水降尘设施，安排专人定时洒水降尘。

⑧施工现场土方开挖后尽快完成回填，不能及时回填的场地，采取覆盖等防尘措施；砂石等散体材料集中堆放并覆盖。

⑨渣土等建筑垃圾集中、分类堆放，严密遮盖，采用封闭式管道或装袋清运，严禁高处抛洒。需要运输、处理的，按照市、县（区）政府市容环境卫生行政主管部门规定的时间、线路和要求，清运到指定的场所处理。

⑩外脚手架应当设置悬挂密目式安全网封闭，并保持严密整洁。

⑪施工现场禁止焚烧沥青、油毡、橡胶、塑料、皮革、垃圾以及其他产生有毒有害烟尘和恶臭气体的物质。

⑫施工现场使用商品混凝土和预拌砂浆，搅拌混凝土和砂浆采取封闭、降尘措施。

⑬运进或运出工地的土方、砂石、建筑垃圾等易产生扬尘的材料，应采取封闭运输。

⑭根据《安徽省重污染天气应急预案》启动Ⅲ级（黄色）预警以上或气象预报风速达到五级及以上时，不得进行土方挖填和转运、拆除、道路路面鼓风机吹灰等易产生扬尘的作业。

各部分废气在采取相应措施后，均可以得到较好的控制，同时施工期的影响是暂时性的，随着施工作业结束，影响将随之消失。

2、废水

建设期的废水排放主要来自于建筑职工的生活污水和施工废水等。

①生活污水

生活污水：根据该项目建设规模，预计高峰期施工人员 100 人，生活用水量按 40 L/

人·d计，则日生活用水量为 $4\text{m}^3/\text{d}$ 。生活污水的排放量按用水量的85%计算，则生活污水的日排放量为 $3.4\text{m}^3/\text{d}$ 。施工人员日常生活排放的生活废水，若处置不当，会对附近的水体造成污染，应设置临时厕所和化粪池，并对化粪池废水进行处理，对食堂废水预先进行隔油处理，处理后接管入砀山经济开发区工业污水处理厂。

②施工废水

本项目采取异地搅拌、现场施工的作业方式，因此施工废水主要产生于混凝土养护及墙面冲洗，构件与建筑材料的保湿，废水中主要污染物为泥沙等。产生的施工废水经沉淀处理后用作冲洗用水或场地抑尘洒水。

在采取上述措施后，可以有效减少废水对周边环境的影响。

3、噪声

建设期噪声主要来自施工机械噪声、施工作业噪声和运输车辆噪声。施工机械噪声由施工机械所造成，如挖土机械、打桩机械、混凝土搅拌机、升降机等，多为点声源；施工作业噪声主要指一些零星的敲打声、装卸建材的撞击声、施职工员的吆喝声、拆装模板的撞击声等，多为瞬间噪声；运输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施工机械噪声。

建设期主要施工机械设备的噪声源强见表 11-1，当多台机械设备同时作业时，产生噪声叠加，根据类比调查，叠加后的噪声增加 3-8dB(A)，一般不会超过 10dB(A)。

表 11-1 施工期施工机械设备噪声声源强度表

施工阶段	声源	声源强度 [dB (A)]	施工阶段	声源	声源强度 [dB (A)]
土石方阶段	挖土机	78-96	装修、安 装 阶段	电钻	100-105
	冲击机	95		电锤	100-105
	空压机	75-85		手工钻	100-105
	打桩机	95-105		无齿锯	105
	卷扬机	90-105		多功能木工刨	90-100
	压缩机	75-88		混凝土搅拌	100-110
底板与结 构阶段	混凝土输送泵	90-100		云石机	100-110
	振捣器	100-105		角向磨光机	100-115
	电锯	100-105		/	/
	电焊机	90-95		/	/

物料运输车辆类型及其声级值见表 11-2。

表 11-2 施工期交通运输车辆噪声

施工阶段	运输内容	车辆类型	声源强度[dB(A)]
基础工程	弃土外运	大型载重车	84-89
主体工程	钢筋、商品混凝土	混凝土罐车、载重车	80-85
装饰工程	各种装修材料及必备设备	轻型载重卡车	75-80

对此，在建筑施工期间向周围排放噪声必须按照《中华人民共和国环境噪声污染防治法》规定，严格按《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）进行控制。施工期高噪声设备应合理安排施工时间，夜间禁止使用高噪声机械设备，杜绝深夜施工噪声扰民，另外，对施工场地平面布局时应将施工机械产噪设备尽量置于场地中央，进行合理布设，减少施工噪声对民众的污染影响。对因工艺要求和其它特殊需要，确需在夜间进行超过噪声标准施工的，施工前建设单位应向有关部门申请，经批准后方可进行夜间施工。

结合该项目实际情况，须采取的噪声防治措施如下：

1) 施工采取封闭作业的方式进行，即施工场界建设围墙或彩钢板围栏，减轻噪声对周围环境的影响。

2) 加强施工管理，合理安排作业时间，避免强噪声设备同时施工、持续作业，严格按照施工噪声管理的有关规定，严禁夜间施工，施工中高噪声机械设备的使用尽量限制在7:00~12:00、14:00~22:00时间范围内。

3) 在不影响施工质量的前提下，尽量选用低噪声、低振动的施工机械与施工方式，并注意施工机械的维修保养，避免因设备性能减退而使噪声增强的现象发生。

4) 使用商品混凝土，不在施工场地内设置混凝土搅拌机。

5) 加强对运输车辆的管理。

6) 优化施工方案，在降低环境噪声污染的措施列为施工组织设计内容。

只要严格落实上述措施并加以科学管理，施工期噪声对声环境的影响是可以得到控制的，同时施工期的影响是暂时性的，随着施工作业结束，影响随之消失。

4、固废

施工过程中产生的固体废物主要为建筑施工垃圾、弃土及施职工员的生活垃圾。

建筑垃圾：项目施工期碎砖、过剩混凝土等建筑垃圾产生定额为 $2\text{kg}/\text{m}^2$ ，地下负二层建筑面积 1780.13m^2 ，整个施工过程中，约产生 3.56t 建筑施工垃圾，主要由碎砖头、石块、混凝土和砂土组成，无有机成份，更无有毒有害物质。只要施工单位清扫及时、综合利用，不会对环境造成影响。

弃土：本项目放疗科位于新建住院楼地下二层，新增挖方量 5874.43m³，该部分土方由施工单位运送至建筑管理部门指定弃土点妥善处置，不得随意倾倒、丢弃。本项目住院楼地下二层土石方平衡见下表。

表 11-3 项目地下二层土石方平衡表 单位：m³

挖方量	填方量	弃方	弃方去向
5874.43 (1780.13 m ² ×3.3m)	0	5874.43	建筑管理部门指定弃土点

施工人员生活垃圾：施工期间施职工员还将产生一定量的生活垃圾，按 0.5kg/人·d 计，施工期职工按 100 人计，生活垃圾产生量为 50kg/d，由环卫部门统一清运。

综上所述，住院楼地下二层施工将使医院主体工程施工期延长约 2 个月，施工期将对区域环境会造成一定影响，建设单位和施工单位在施工过程中应严格落实对施工产生的噪声、扬尘、废水、固体废物的管理和控制措施，将这类影响降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 非辐射环境影响分析

1、大气环境影响分析

医用直线加速器机房、DSA 机房内的空气受到射线照射会产生一定量的臭氧和氮氧化物，若在机房内聚集，对机房的人员和设施均具有一定的危害。根据医院提供的设计图纸和参数，加速器机房通风管道以 Z 型穿屏蔽墙（见图 11-7 和附图 6-2）；直线加速机房设新风和排风管道，分别配备新风机和排风机，设计风量 2500m³/h；新风机型号 BMF-D70，总风量 7000m³/h，设备声功率级不大于 62dB（A）；排风机型号 BMF-D60，总风量 6000m³/h，设备声功率级不大于 56dB（A）；风机均位于住院楼地下二层风机房。

根据设计院提供的设计方案，本项目医用直线加速器机房容积约为 400m³，设计风量 2500m³/h，则每小时换气次数能够达到 6 次，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中关于通风换气次数的要求（治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h）。

2、声环境影响分析

根据医院提供的设计图纸和设备参数，医用直线加速器房新风机、排风机采取合理选型、吸声降噪措施后，设备声功率级分别不大于 62B（A）和 56B（A）。

新风机、排风机均位于放疗科（住院楼地下二层）风机房，属于室内声源。根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009），室内声源可采用等效室外声源声功率级法

进行计算。

本项目噪声设备声功率级较低，多层维护结构降噪效果保守按照 10dB (A) 计算，则等效地面声功率压级近似为 52B (A) 和 46B (A)，二者等效点声源声功率级为 52dB (A)。地面为半自由声场，采用如下公式：

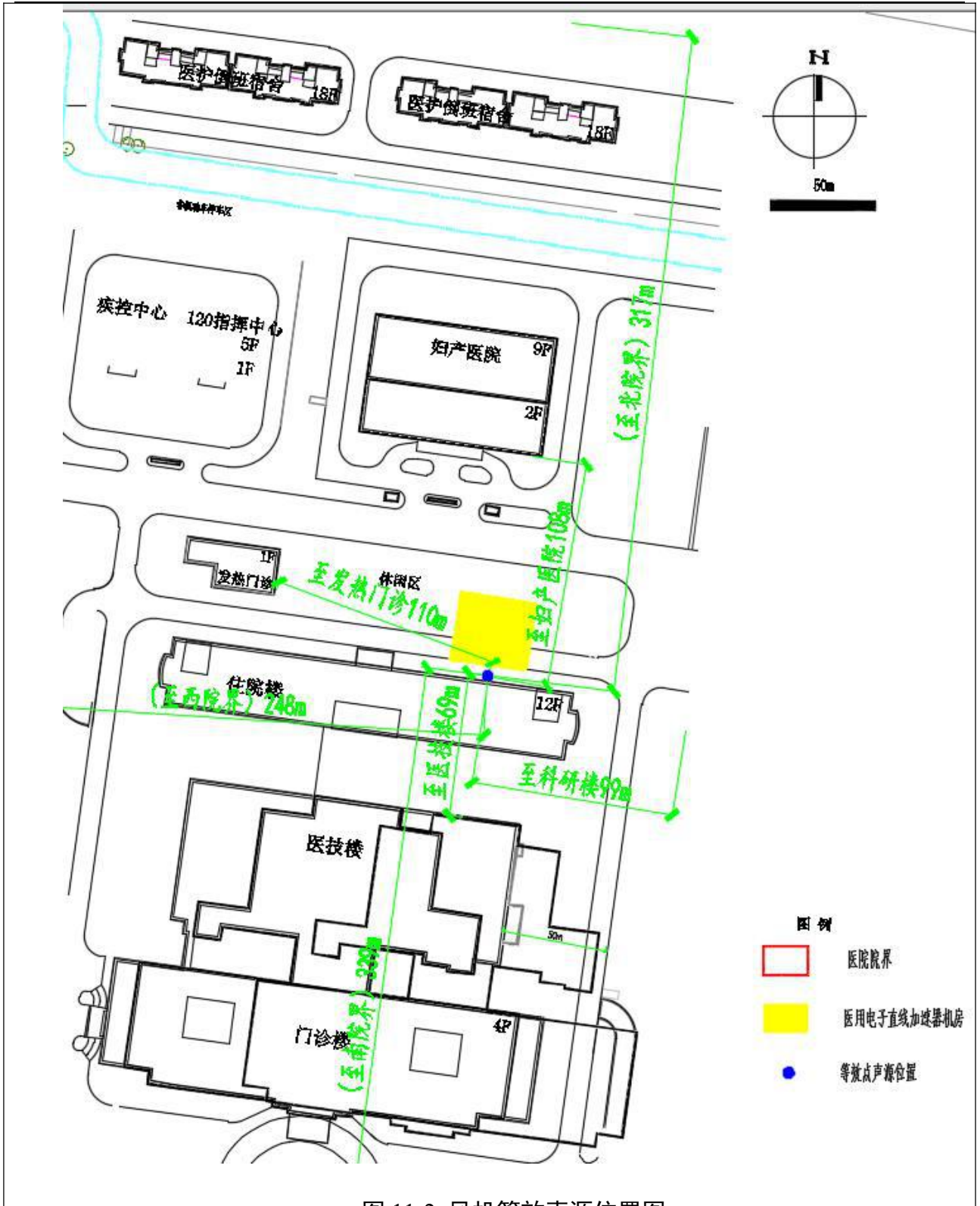
$$L_A=L_{AW}-20lgr-8..... (11-1)$$

式中：L_A 为 A 声压级，dB(A)；

L_{AW} 为噪声源 A 声功率级，dB(A)；

r 为噪声源距预测点距离，m。

根据医院提供的设计材料，新风机、排风机等效地面点声源距离院区南、北、西边界距离较远，分别为 339m、317m 和 248m，见图 11-2。



风机等效声源位置距离南、北、西边界距离较远；因此重点关注风机对院区内敏感建筑的影响。风机距离南侧住院楼约 1m，距离北侧妇产医院 108m，距离西北发热门诊约 110m，距离东侧科研楼约 99m。医用直线加速器机房风机噪声影响预测结果见表 11-4。

表 11-4 风机噪声影响预测结果表

预测点位	L_{AW} (dB(A))	r (m)	贡献值 (dB(A))	背景值* (dB(A))	预测值 (dB(A))	噪声增量 (dB(A))
住院楼	52	1	44	52.3	52.3	0
门诊楼*		69	7.2	52.3	52.3	0
妇产医院		108	3.3	52.3	52.3	0
发热门诊		110	3.2	52.3	52.3	0

注：*门诊楼噪声贡献值未考虑住院楼阻隔；背景值取《报告书》编制阶段声环境质量现状最大值。

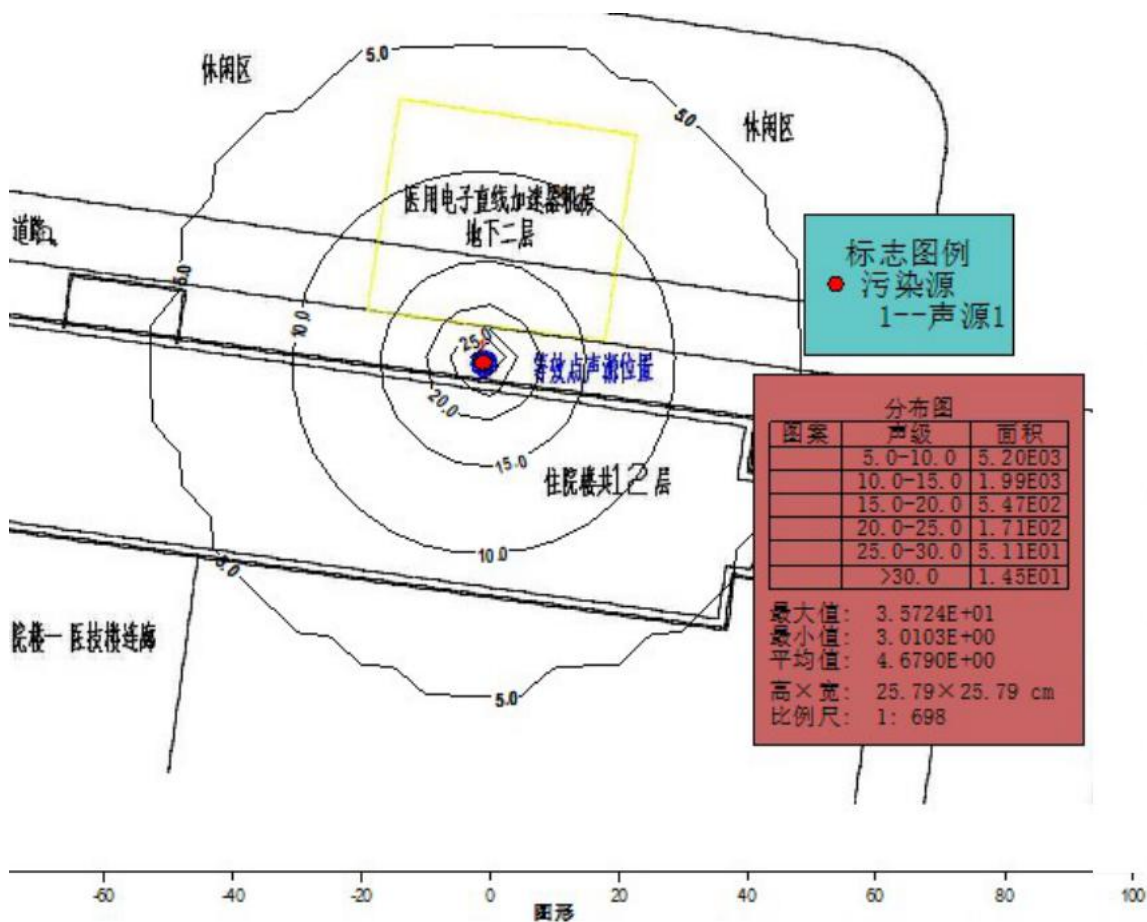


图 11-3 噪声衰减分布图

由噪声影响分析和预测可知，直线加速器机房新风机、排风机噪声源强较低，对拟建院区内敏感建筑声环境预测值为 52.3dB(A)，与声环境现状相比基本无增加，能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

3、废水和固废处理措施依托可行性分析

(1) 放射性废水

根据建设单位提供的《报告书》，《报告书》编制阶段已考虑核医学科放射性废水产

生（预估放射性废水 $0.29\text{m}^3/\text{d}$ ），院区废水产生量为 $671.41\text{m}^3/\text{d}$ ，院区污水处理站设计规模为 $900\text{m}^3/\text{d}$ 。根据本报告估算，核医学科产生放射性废水量约为 $0.26\text{m}^3/\text{d}$ ，不超过《报告书》估算的放射性废水产生量。因此，放射性废水经衰变池储存衰变后达标接入院区污水处理站是可行的。

（2）固废

根据建设单位提供的《报告书》，《报告书》编制阶段拟设置 10 台类医疗放射性设备（均 III 类射线装置），本项目设置 10 台医疗放射性设备（其中 II 类射线装置 2 台，III 类射线装置 8 台），具体见表 1-2。

由于医用直线加速器（不产生医疗废物）、DSA 未包含在《报告书》影响评价范围内，本项目单独分析 DSA 介入手术产生的医疗废物（不含放射性）依托医院医疗废物暂存间可行性。医院拟开展 DSA 介入手术 500 例/年，每例手术废物产生量按照 0.4kg 估算，则 DSA 手术医疗废物年产生量为 200kg ，即 0.2t/a 。

由院区环评《报告书》，院区医疗废物产生量为 429.40t/a （设 80m^2 医疗废物暂存间，位于地下负一层，具体位置见附图 3），本项目新增医疗废物占原医疗废物产生量的 0.05% ，医院原拟设置的医疗废物暂存间（ 80m^2 ）能满足新增少量医疗废物的暂存需要。

（3）生活废水、生活垃圾

由于《报告书》未考虑放疗科医用直线加速器和 DSA 的设置，因此放疗科和 DSA 工作人员生活废水、生活垃圾未纳入医院环评。

放疗科和 DSA 拟增加医护人员约 40 人，仅白班；医护人员用水定额参考《报告书》按 $50\text{L}/\text{人}\cdot\text{班}$ ，排水系数 0.8，则新增生活废水 $1.6\text{m}^3/\text{d}$ 。根据《报告书》，院区废水产生量为 $671.41\text{m}^3/\text{d}$ ，院区污水处理站设计规模为 $900\text{m}^3/\text{d}$ ；本项目新增废水仅为原计算值的 0.23% ，本项目依托医院污水处理设施可行。

放疗科和 DSA 拟增加医护人员约 40 人，医护人员生活垃圾产生定额参考《报告书》按 $0.5\text{kg}/\text{d}\cdot\text{人}$ 计，新增生活垃圾量为 $20\text{kg}/\text{d}$ 。根据《报告书》，院区生活垃圾产生量为 91.25t/a ；本项目新增生活垃圾量为原计算值的 0.02% ，原医院生活垃圾暂存能力仍满足要求。

综上，医院废水、固废依托医院原处理设施是可行的。

11.2.2 辐射环境影响

11.2.2.1 医用直线加速器辐射环境影响分析

本项目电子线的穿透能力弱于 X 射线，一般情况下，满足屏蔽 X 射线防护要求时即可满足屏蔽电子线的防护需要。加速器最大 X 射线能量为 10MV，因此不考虑对中子和感生放射性的屏蔽。加速器机房的屏蔽评价应估算的辐射束为治疗装置在 X 射线治疗时可达到的最高 MV 条件下的有用线束、泄漏辐射和其产生的散射辐射。评价报告对电子直线加速器机房屏蔽效果评价，引用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中相应的计算模式及相关参数。

1、医用直线加速器主要技术参数

表 11-5 医用直线加速器主要技术参数表

机型	靶材料	辐射强度		输出剂量率 $\mu\text{Gy/h}$	等中心距地面高度	机架旋转	最大均整区	射线最大出线角
		X 射线	电子束					
待定	钨合金	10MV、6MV	22MeV	3.6×10^8	1.25m	$\pm 180^\circ$	$40 \times 40 \text{cm}^2$	28°

2、医用直线加速器机房屏蔽设计分析

（1）医用直线加速器机房屏蔽设计

医用直线加速器机房位于地下二层北侧放疗科，采用密度为 2.35g/cm^3 混凝土浇筑。机房使用空间几何尺寸：长（主束墙间距） $8.2 \text{m} \times$ 宽 $8.1 \text{m} \times$ 高 3.7m （机房顶主屏蔽区内表面至地面的距离）。机房顶主屏蔽区外凸。等中心距离地面高度 1.25m 。迷路横宽 2.2m ，迷路内口宽度 2.5m 。

加速器机房东主屏蔽墙厚为 2.8m ，次屏蔽墙厚为 1.6m ；南侧 L 型迷道，迷道内墙厚度为 1.3m ，外墙厚度为 1.4m ；西侧、北侧外为土壤层，西墙厚 1.0m ，北墙厚 0.8m ；顶棚主屏蔽厚为 2.7m ，次屏蔽厚为 1.0m 。拟安装含硼聚乙烯防护门（铅当量 12mm ，硼聚乙烯 BPE 厚度 100mm ）。通风管道等穿墙管道均采用迷道式设计。医用直线加速器机房楼顶主屏蔽覆土厚 800mm ，次屏蔽区覆土厚度 2500mm ，上方为绿化；东侧隔水冷机房为土壤层；西侧、北侧为土壤层，南面为控制室和准备室等。

医用电子直线加速器机房屏蔽结构见附图 6。

（2）主屏蔽宽度符合性分析

依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范—第一部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中相应的计算模式及相关参数。

$$Y = (1 + a + X_2) \operatorname{tg} \theta + 0.3 \quad \dots\dots\dots (11-2)$$

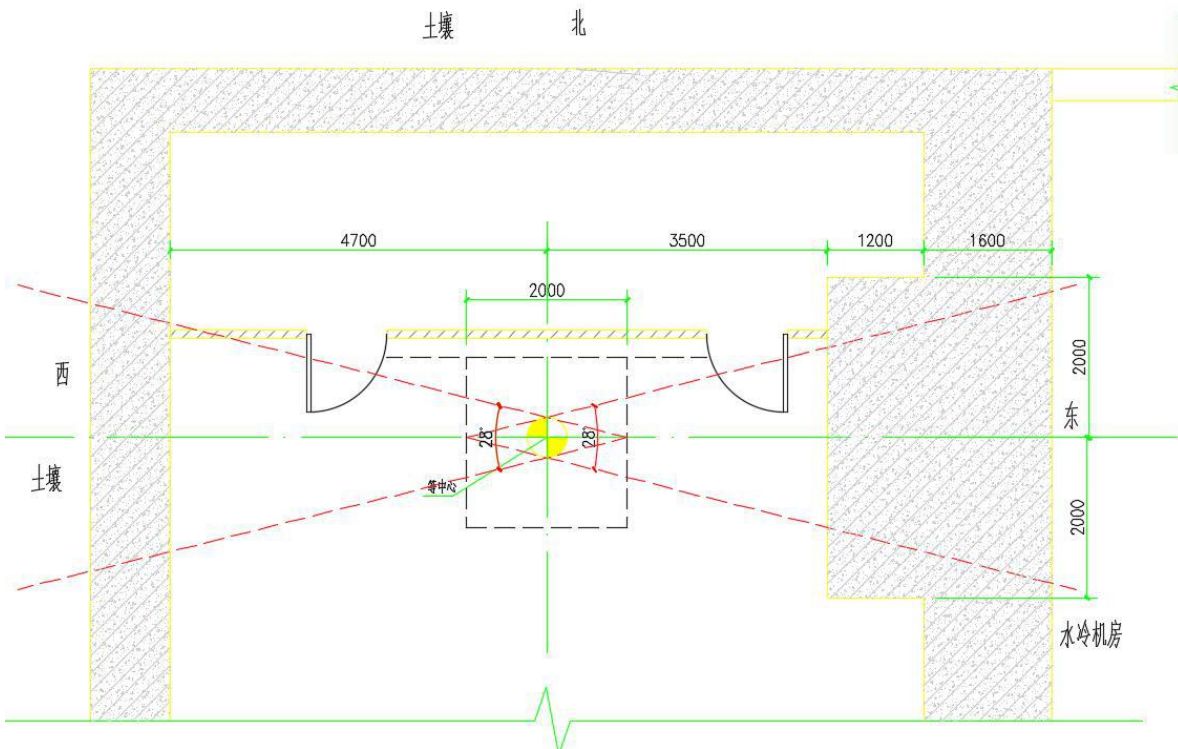
式中： Y —有用线束主屏蔽区半宽度， m；

θ —治疗束的最大张角（相对束中的轴线）；

X_2 —主屏蔽墙加厚带厚度， m；

a —等中心点至主屏蔽墙距离， m；

主屏蔽墙及顶棚计算参数及结果见图11-3和表11-5。



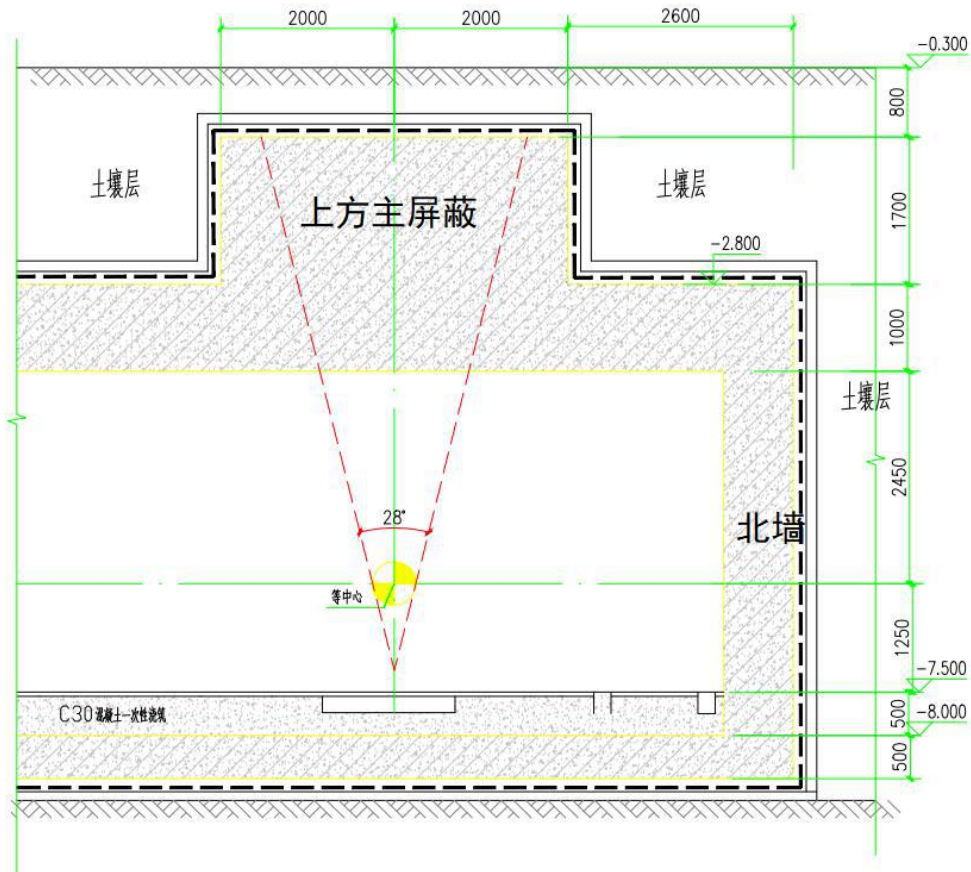


图 11-4 主屏蔽宽度符合性分析图

表 11-6 有用线束主屏蔽区及顶棚半宽度计算参数及结果

参数 (m)	α	X_2	θ	Y	设计半宽度	是否满足要求
项目 东主屏蔽墙	3.5	1.2	14°	1.72	2	满足
顶棚	2.45	2.7	14°	1.83	2	满足

计算显示，有用线束主屏蔽区半宽度要求东墙、顶棚分别不少于 1.72m 和 1.83m，均小于机房实际设计宽度 2.0m，满足主屏蔽有用线束的要求。

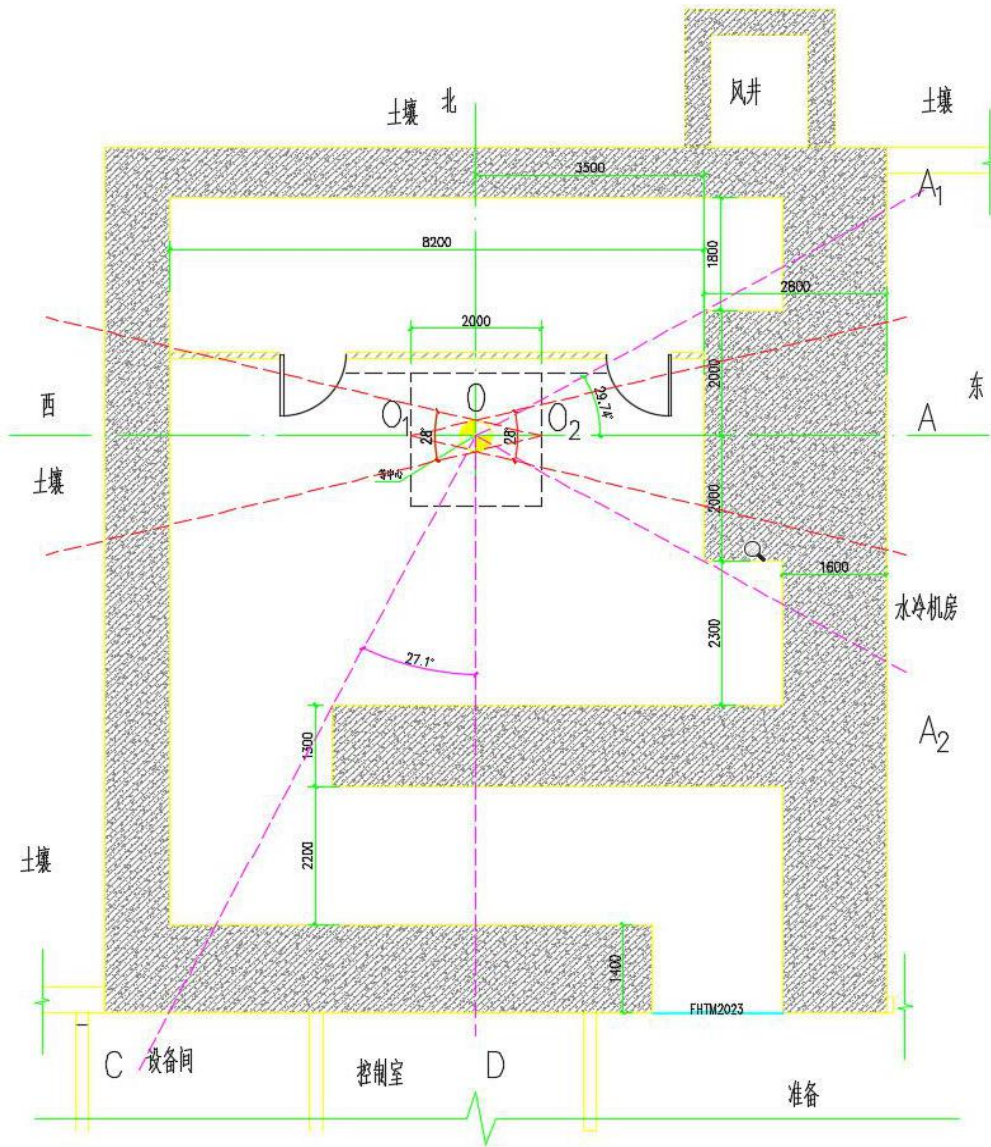
(3) 机房面积符合性分析

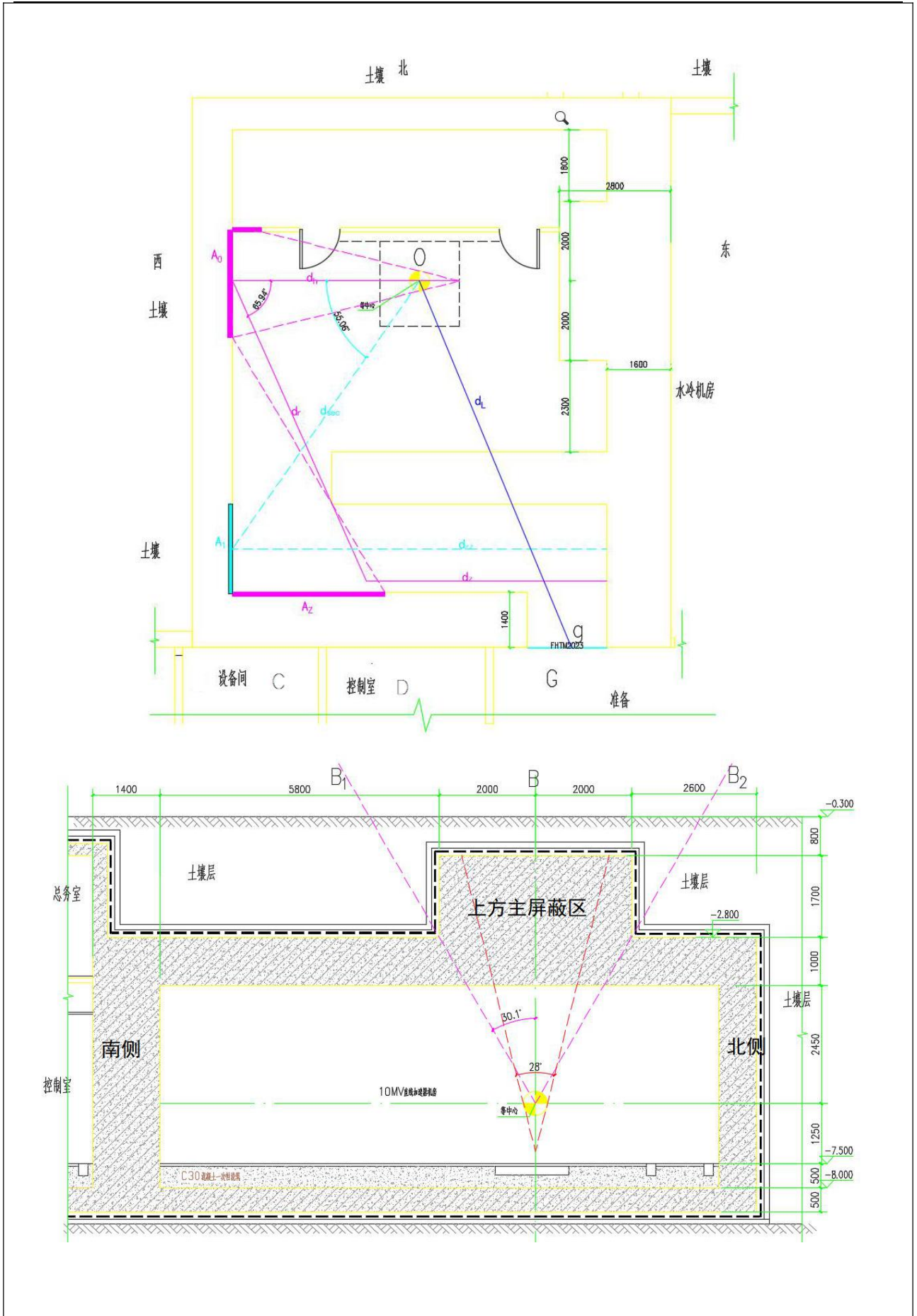
加速器机房的有效使用面积约为 66.42m²，能够满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m²”的规定要求。

3、医用直线加速器机房屏蔽效果分析

采用 NCRP REPORT No.151 《Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities》中推荐的计算模式及相关参数，对医用直线加速器机房屏蔽效果进行评价。

医用直线加速器机房设计结构及预测点位示意图详见图 11-4 和表 11-7（预测点取墙体或者防护门外 0.3m 处，顶棚取距离地面高 0.3m 处）。





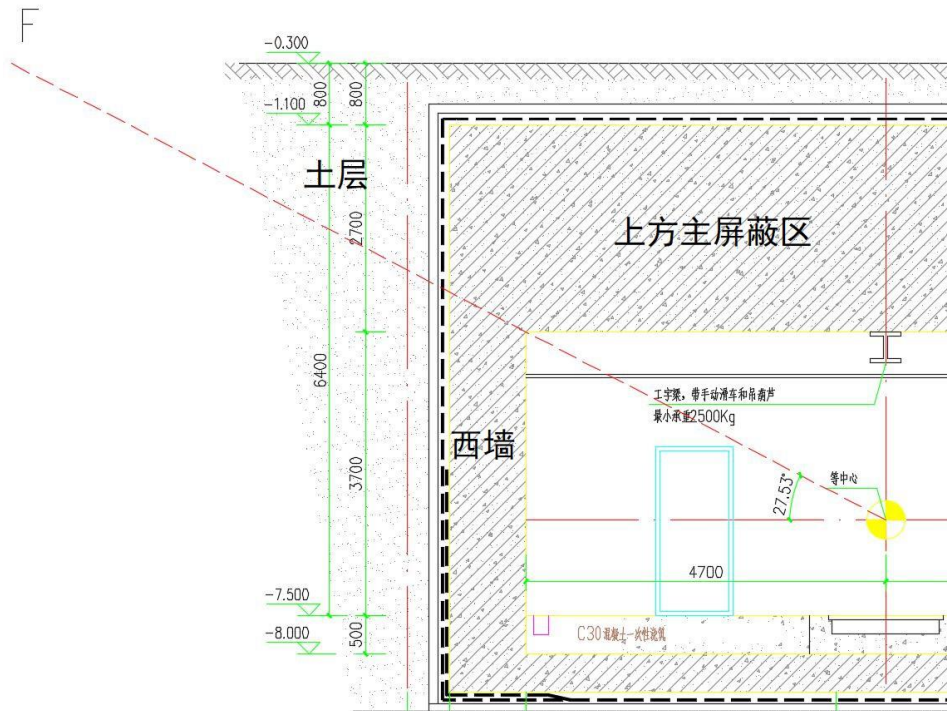


图 11-5 医用直线加速器机房设计结构及预测点位示意图

表 11-7 关注点描述

点位	关注点描述		考虑辐射类型
A	机房东侧主屏蔽墙外 30cm 处	水冷机房	初级辐射
B	机房顶棚主屏蔽外 30cm 处	室外绿化空地	
A1/A2	机房东侧与主屏蔽区直接相连的次屏蔽墙外 30cm 处	水冷机房	病人散射+泄漏辐射
B1/B2	机房顶棚与主屏蔽区直接相连的次屏蔽外 30cm 处	室外绿化空地	
C	机房南侧屏蔽墙外 30cm 处	设备间	
D	机房迷路外墙外 30cm 处	控制室	
F	机房西侧屏蔽墙+土壤层外 30cm 处	室外绿化空地	
g	迷道入口 (机房防护门内)		散射+泄漏辐射
G	机房防护门外 30cm 处	准备间	/

(1) 主屏蔽墙 (A、B 点)

直线加速器机房主屏蔽墙外 (A 点)、顶部外 (B 点) 的辐射剂量率 H_{pri} , 采用下列公式对初级辐射进行屏蔽计算:

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

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

中： H_{pri} ---距离加速器靶 d_{pri} 米处，屏蔽条件下的当量剂量率，Sv/a 或 Sv/week；

B_{pri} ---主屏蔽墙对应的透射因子；

$t_{barrier}$ ---主屏蔽墙的厚度，m；

TVL_1 ---第一个什值层厚度，取值参考 Table B.2，对 10MV X 射线为 0.41m；

TVL_e ---平衡什值层厚度，取值参考 Table B.2，对 10MV X 射线为 0.37m；

W ---工作负荷，Gy/a 或者 Gy/week。

NCPR 建议：对于低能 ($\leq 10MV$) 加速器 W 可取 1000Gy/week，对于高能 ($> 10MV$) 加速器 W 可取 500Gy/week。医院根据设计规模和周边功能进行了预测：医院直线加速器每天诊疗 100 人，年运行 200 天，平均每个病人每野次照射 1.5Gy，平均每人治疗照射 3 野次，则年使用剂量 $W=90000Gy$ ；等中心处最大剂量率 $3.6 \times 10^8 \mu Gy/h$ ，年出束时间为 250h。综合调强因子取 5。

U ---使用因子，即初级辐射束（有用线束）向某有用束屏蔽方向照射的时间占总照射时间的份额，取 1/4；

T ---居留因子，即在辐射源开束时间内，在区域内最大受照人员驻留的平均时间占开束时间的份额。

主屏蔽墙及顶棚外辐射剂量率计算参数及结果见表 11-8。

表 11-8 主屏蔽墙及顶部外辐射剂量率计算参数及结果

参数名称	W	U	T	d_{pri}	B_{pri}	TVL_1	TVL	$t_{barrier}$	H_{pri}
单位	Gy/a	/	/	m	/	m	m	m	mSv/a
关注点 A	90000	1/4	1/16	7.6	3.47×10^{-8}	0.41	0.37	2.8	8.45×10^{-4}
关注点 B		1/4	1/4	7.15	6.47×10^{-8}			2.7	7.12×10^{-3}

注：土壤层密度按 $1.5g/cm^3$ 计，混凝土密度 $2.35g/cm^3$

(2) 次屏蔽墙外剂量率（关注点：A1/A2、B1/B2，C，D，F）

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 患者体表的散射辐射

利用下列公式对患者体表的散射辐射进行屏蔽计算：

$$H_{ps} = \frac{B_{ps} \alpha W T F / 400}{d_{sca}^2 d_{sec}^2} \dots\dots\dots (11-5)$$

$$B_{ps} = 10^{-\frac{t_{\text{barrier}}}{TVL_{\text{sca}}}} \dots\dots\dots (11-6)$$

式中:

H_{ps} ----距离患者 d_{sec} 米处, 屏蔽条件下的当量剂量率, Sv/a 或 Sv/week;

B_{ps} ----次屏蔽对应的透射因子;

d_{sca} ---加速器靶至患者的距离, 取 1m;

d_{sec} --患者至关注点的距离, 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, 取值参考 Table B.4 (A1/A2, B1/B2, F 的散射角取 30°, C 的散射角取 60°, D 的散射角取 90°);

F ---治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 ;

t_{barrier} ----次屏蔽墙的厚度, m;

TVL_{sca} ----半值层厚度, m, 取值参考 Table B.5a (A1/A2, B1/B2, F 的散射角为 30°, TVL_{sca} 取 0.28m; C 的散射角为 60°, TVL_{sca} 取 0.22m; D 的散射角为 90°, TVL_{sca} 取 0.18m);

次屏蔽墙患者体表散射辐射计算参数及结果见下表 11-9。

表 11-9 患者体表散射辐射计算参数及结果

参数名称	W	T	d_{sca}	d_{sec}	TVL_{sca}	α	t_{barrier}	F	B_{ps}	H_{ps}
单位	Gy/a	/	m	m	m	/	m	cm^2	/	mSv/a
关注点 A1/A2	90000	1/16	1	7.62	0.28	3.18×10^{-3}	1.85	1600	2.47×10^{-7}	3.04×10^{-4}
关注点 B1/B2*		1/4		6.29	0.28		2.31		5.62×10^{-9}	4.07×10^{-5}
关注点 F*		1/4		13.52	0.28		4.13		1.78×10^{-15}	2.78×10^{-12}
关注点 C		1/16		10.67	0.22	7.46×10^{-4}	1.62		4.33×10^{-8}	6.38×10^{-6}
关注点 D		1		9.5	0.18	3.18×10^{-4}	2.7		1.0×10^{-15}	1.27×10^{-12}

*注: 加速器机房顶部次屏蔽墙上方为 2.5m 厚土壤层, 土壤密度 $1.5 \sim 2.0 \text{g/cm}^3$ (混凝土密度 2.35g/cm^3), 土层保守折合混凝土厚度 1.0m; 加速器西墙外土层为 6.4m 厚土层, 土层保守折合混凝土厚度 3m。

② 泄漏辐射

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

$$H_L = \frac{B_L WT}{1000d_L^2} \dots\dots\dots (11-7)$$

$$B_L = 10 \left\{ 1 + \left[\frac{t_{\text{barrier}} - TVL_L}{TVL_e} \right] \right\} \dots\dots\dots (11-8)$$

式中:

H_L ----距离加速器等中心点 d_L 米处, 屏蔽条件下的当量剂量率, Sv/a 或 Sv/week;

B_L ----次屏蔽墙的厚度对应的透射因子;

TVL_L ---第一个什值层厚度, 取值参考 Table B.7, 对 10MV X 射线为 0.35m;

TVL_e ---平衡什值层厚度, 取值参考 Table B.7, 对 10MV X 射线为 0.31m;

关注点泄漏辐射计算参数及结果见表 11-10。

表 11-10 次屏蔽墙泄漏辐射计算参数及结果

参数名称	W	T	d_L	t_{barrier}	TVL_L	TVL_e	B_L	H_L
单位	Gy/a	/	m	m	m	m	/	mSv/a
关注点 A1A2	90000×5	1/16	7.62	1.85	0.35	0.31	1.45×10^{-6}	7.02×10^{-4}
关注点 B1B2		1/4	6.29	2.31			4.76×10^{-8}	1.35×10^{-4}
关注点 F		1/4	13.52	4.13			6.40×10^{-14}	3.94×10^{-11}
关注点 C		1/16	10.67	1.62			8.0×10^{-6}	3.16×10^{-2}
关注点 D		1	9.5	2.7			2.63×10^{-9}	8.18×10^{-7}

注: 上表已考虑调强影响, 综合调强因子取 5; 漏射线折合至等中心点处。

(3) 迷路入口 (关注点 g)

对于低能 ($\leq 10\text{MV}$) 加速器仅需考虑 X 射线, 所以该项目医用直线加速器机房仅需考虑 X 射线。

本项目加速器有用线束不向迷路照射, X 射线 H_{Tot} 包括①主束通过屏蔽墙散射到迷道入口处的当量剂量率 H_s ; ②装置头泄漏辐射通过屏蔽墙散射到迷道入口处的当量剂量率 H_{LS} ; ③主束通过患者体表散射产生的当量剂量率 H_{ps} ; ④穿过迷道内墙的机头泄漏辐射当量剂量 H_{LT} 。

该加速器机房迷道 L 型, 各部分的当量剂量率计算如下:

① 主束通过屏蔽墙散射到迷道入口处的当量剂量率 H_s

$$H_s = \frac{WU_G \alpha_0 A_0 \alpha_Z A_Z}{(d_h d_r d_z)^2} \dots\dots\dots (11-9)$$

式中:

U_G ---屏蔽墙的使用因子，取 0.25；

α_0 ---主束散射面 A_0 的反射系数， A_0 ---等中心 1m 处最大照射野投影在屏蔽墙上的面积， m^2 ；

α_z ---主束散射线经过迷道内口在迷道外墙内表取值参考 Table B.8a（散射角度取 60° ， $\alpha_0=3.10 \times 10^{-3}$ ）；

面 A_z 上第二次散射时的反射系数，取值参考 Table B.8a（散射角度取 75° ， $\alpha_z=8.0 \times 10^{-3}$ ）；

A_z ---主束散射线经过迷道内口在迷道外墙第二次散射时的散射面积， m^2 ；

d_h 、 d_r 、 d_z ---分别为主束、一次散射线、二次散射线所经过的直线距离；

表 11-11 H_s 主要计算参数取值及计算结果

参数名称	W	U_G	α_0	A_0	α_z	A_z	d_h	d_r	d_z	H_s
单位	Gy/a	/	/	m^2	/	m^2	m	m	m	mSv/a
关注点 g	90000	0.25	3.1×10^{-3}	9.75	8.0×10^{-3}	14.12	5.7	8.54	5.92	0.925

② 装置头泄漏辐射通过屏蔽墙散射到迷道入口处的当量剂量率 H_{LS}

$$H_{LS} = \frac{L_f W U_G \alpha_1 A_1}{(d_{sec} d_{zz})^2} \dots\dots\dots (11-10)$$

式中：

L_f ---距靶1m处装置头泄漏辐射率，取0.1%；

α_1 ---屏蔽墙对装置头漏射辐射的反射系数，取值参考 Table B.8b（散射角度取 45° ， $\alpha_1=5.80 \times 10^{-3}$ ）；

A_1 ---从门入口处可见的屏蔽墙面积， m^2 ；

d_{sec} 、 d_{zz} ---漏射线和散射线所经过的直线距离，m；

表 11-12 H_{LS} 主要计算参数取值及计算结果

参数名称	W	U_G	α_1	A_1	L_f	d_{sec}	d_{zz}	H_{LS}
单位	Gy/a	/	/	m^2	/	m	m	mSv/a
关注点 g	90000×5	0.25	5.8×10^{-3}	8.14	1.0×10^{-3}	8.2	9.4	0.894

注：上表已考虑调强影响，综合调强因子取5；

③ 主束通过患者体表散射产生的当量剂量率 H_{PS}

$$H_{PS} = \frac{\alpha(\theta) W U_G (F/400) \alpha_1 A_1}{(d_{sca} d_{sec} d_{zz})^2} \dots\dots\dots (11-11)$$

式中：

$\alpha(\theta)$ ---患者散射的初级辐射以一定角度入射到屏蔽墙的散射比，取值参考TalbeB.4
(散射角度取 45° ， $\alpha_1=1.35 \times 10^{-3}$)；

表 11-13 H_{PS} 主要计算参数取值及计算结果

参数名称	W	U _G	$\alpha(\theta)$	α_1	A ₁	F	d _{sca}	d _{sec}	d _{zz}	H _{PS}
单位	Gy/a	/	/	/	m ²	cm ²	m	m	m	mSv/a
关注点 g	90000	0.25	1.35×10^{-3}	5.8×10^{-3}	8.14	1600	1	8.2	9.4	0.965

④穿过迷道内墙的机头泄漏辐射当量剂量 H_{LT}

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

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

式中：

B_L---迷道内墙对装置头泄漏辐射的透射因子；

d_L---漏射线经迷道内墙至迷道入口的距离，m；

表 11-14 H_{LT} 主要计算参数取值及计算结果

参数名称	W	U _G	L _f	B _L	d _L	t _{barrier}	TVL ₁	TVL _e	H _{LT}
单位	Gy/a	/	/	/	m	m	m	m	mSv/a
关注点 g	90000×5	0.25	0.001		8.14	1.4	0.35	0.31	6.96×10^{-2}

注：上表已考虑调强影响，综合调强因子取 5；

⑤迷路入口 (g) 总剂量

$$H_{Tot} = 2.64 H_g = 2.64 (f H_S + H_{LS} + H_{PS} + H_{LT}) \dots\dots\dots (11-13)$$

式中：

f---取值参考NCRP REPORT No.151 (对10MV的加速器，取f=0.28)

表 11-15 H_{Tot} 主要计算参数取值及计算结果

参数名称	f	H _S	H _{LS}	H _{PS}	H _{LT}	H _{Tot}
单位	/	mSv/a	mSv/a	mSv/a	mSv/a	mSv/a
关注点 g	0.28	0.925	0.894	0.965	0.0696	5.775

(4) 防护门外30cm处剂量率 (关注点：G)

医院加速器机房防护门为12mm铅板，防护门外剂量按下式计算：

$$H_{Tot-shield} = H_{Tot} \times 10^{-\left(\frac{t_{barrier}}{TVL_{Pb}}\right)} \dots\dots\dots (11-15)$$

式中:

$t_{barrier}$ ----防护门铅当量, 根据医院提供的资料, 医院加速器机房防护门的铅当量厚度为 12mm;

TVL_{Pb} ----铅的什值层, 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)。

表 11-16 防护门外总剂量率计算参数及计算结果

参数名称	H_{Tot}	$t_{barrier}$	TVL_{Pb}	$H_{Tot-shield}$
单位	mSv /a	mm	mm	mSv/a
防护门外(关注点G)	5.775	12	5	0.023

(5) 各预测点当量剂量率

医院直线加速器每天诊疗100人, 年运行250天, 平均每个病人每野次照射 1.5Gy, 平均每人治疗照射 3 野次, 则年使用剂量 $W=112500Gy$; 等中心处最大剂量率 $3.6 \times 10^8 \mu Gy/h$, 年出束时间为312.5h。

表 11-17 各预测点当量剂量率计算结果汇总

关注人群	点位名称	关注点描述	预测年剂量率 mSv/a	剂量管理限值 mSv/a	平均剂量率 $\mu Sv/h$	最高剂量率 $\mu Sv/h$
职业	D	加速器机房控制室	8.18×10^{-7}	5	2.62×10^{-6}	2.5
公众人员	A	水冷机房	8.45×10^{-4}	0.25	2.70×10^{-3}	10
	A1/A2		1.02×10^{-3}		3.22×10^{-3}	
	B	加速器机房顶棚室	7.12×10^{-3}		0.028	2.5
	B1/B2	外绿化空地	1.76×10^{-3}		5.63×10^{-4}	
	F	加速器机西墙外 5.6m 处绿化空地	4.22×10^{-11}		1.35×10^{-10}	2.5
	C	设备间	3.16×10^{-3}		0.464	10
G	准备间	0.023	0.074			

由上表可知, 加速器正常运行时, 加速器机房外关注点平均剂量率最大值 $0.464 \mu Sv/h$, 满足《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) 要求; 控制室职业工作人员的年有效剂量最大值为 $8.18 \times 10^{-7} mSv$; 机房周围公众人员的年有效剂量最大值为 $0.023 mSv$, 均满足《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(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) 要求。

因此，本项目直线加速器机房辐射防护能力满足要求，加速器正常运行对周围环境及人员活动的辐射影响有限。

4、医用直线加速器机房安全联锁系统

该项目医用直线加速器机房拟在下述地方均设置紧急按钮开关：

- a. 控制室内的操作盒上；治疗床前侧；
- b. 固定机座两侧；机房内墙壁上；
- c. 设备室内的高压脉冲调制器门上

当遇到任何紧急情况需要立即停止辐照，只要按动以上开关中的任何一个，除控制库和真空电源外的大部分高、低压供电同时被切断，照射立即结束。所有应急按钮开关均设有自锁机构，按下后不会自动恢复，必须释放紧急按钮开关后才能恢复供电进入正常工作状态。

防护门和医用直线加速器实现门机联锁控制。防护门装有常开式开关，用于确保加速器运行时防护门始终处于关闭状态。防护门处于开启状态，加速器无法启动；加速器运行时，防护门意外打开，设备自动停机。

所有紧急按钮开关和防护门均设双路供电系统，在停电状态下由医院应急电源供电，以确保在停电状态下能正常开启防护门。

综上所述，该项目医用直线加速器机房屏蔽墙效果良好，配置了完善的安全联锁装置，对周围环境影响较小。

5、臭氧及氮氧化物影响分析

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

根据医院提供的设计资料，加速器机房通风系统拟采用上送下排，封闭回路形式，直线加速器机房通风系统图见图 11-6。机房的新风管道拟由防护门上方近顶盖处进入机房，穿墙部分拟采用“Z”型，在治疗室吊顶处西侧中部和西侧北部置风口送风；加速器机房排风管道吸风口拟设置机房的东北端和东侧中部，距地面高度约 30cm，吸风口尺寸为 40cm×40cm，排风管依次经治疗室、迷道上方案后由防护门上方穿墙而出，穿墙部分拟采用“Z”型，见图 11-7。

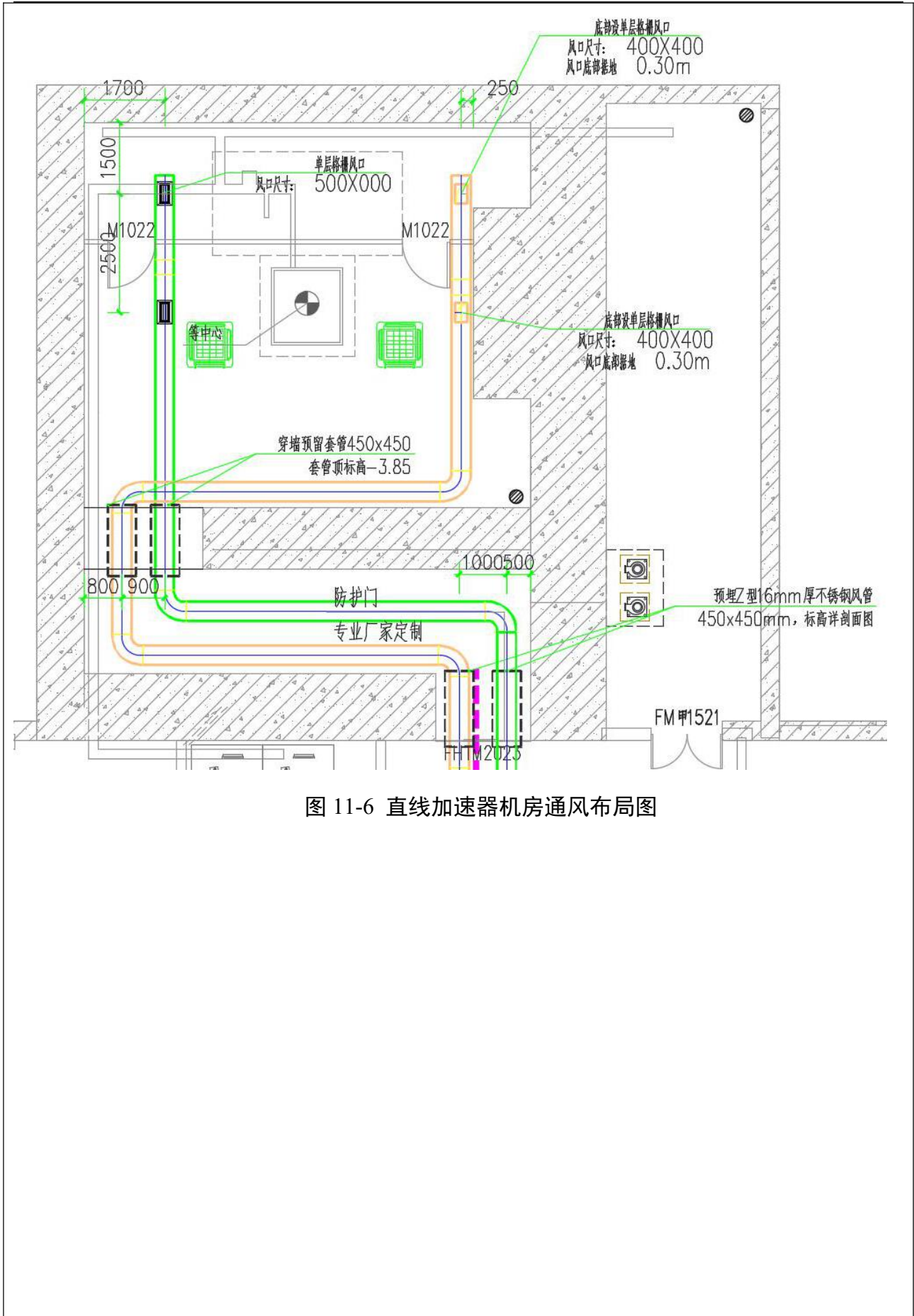


图 11-6 直线加速器机房通风布局图

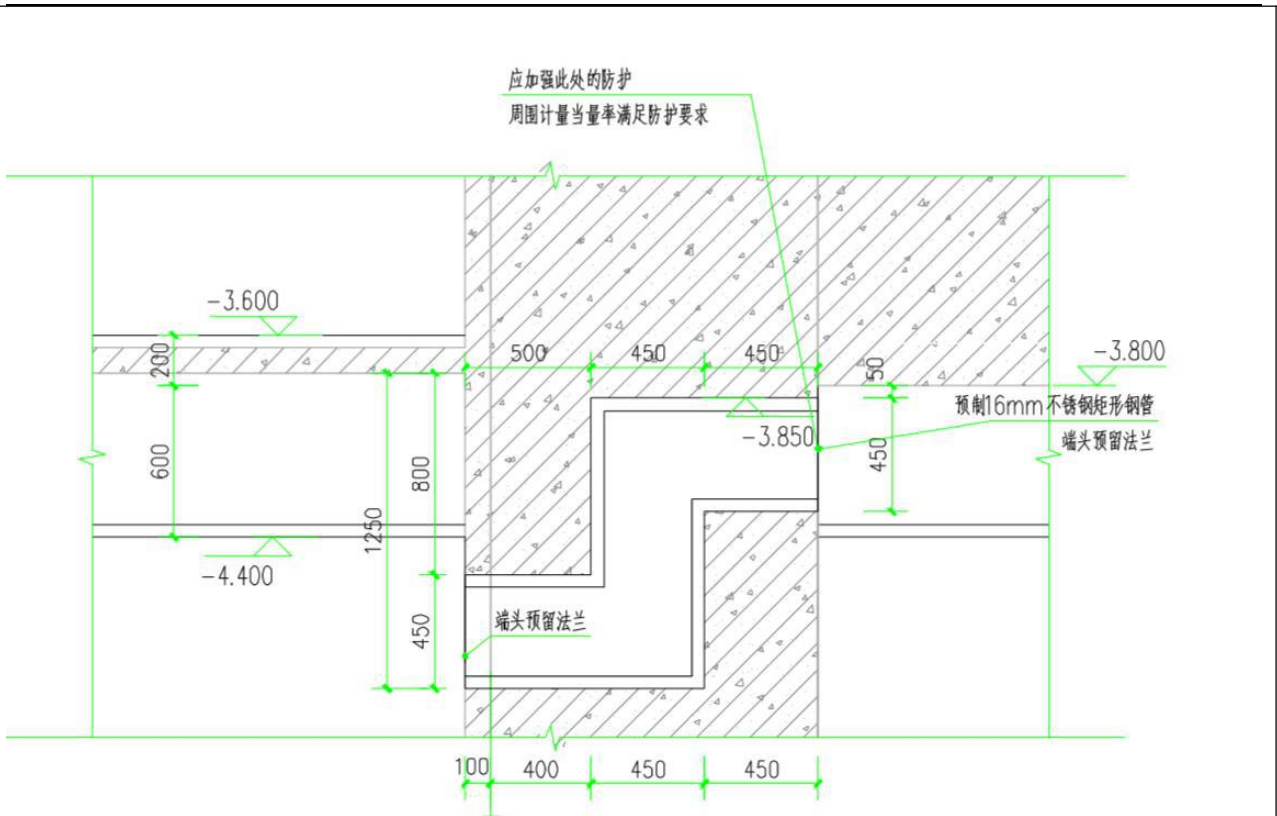


图 11-7 直线加速器机房风管穿墙图

根据设计院提供的设计方案，本项目医用直线加速器机房容积约为 400m³，设计风量 2500m³/h，则每小时换气次数能够达到 6 次，满足《电子加速器放射治疗放射 防护要求》（GBZ126-2011）中“治疗室通风换气次数不应小于 4 次/h”的要求，臭氧及氮氧化物可得到有效扩散，环境影响不大。

6、放射性固废影响分析

本项目加速器所产生的放射性固废为废树脂，将全部由厂家负责回收，因而正常情况下不会对环境造成明显影响。

11.2.2.2 核医学科辐射环境影响分析

根据《关于实施碘-125 放射免疫体外诊断试剂使用有条件豁免管理的公告》（环境保护部公告 2013 年 第 74 号）：自本公告发布之日起，对豁免药盒的最大日使用量不超过 1.0E+6 贝可（1.48E+5 贝可规格的 7 盒）的医院及专业体检机构实行豁免管理。本项目豁免药盒最大日用量 < 1.0×10⁶Bq，属于豁免管理范围，本项目不进行分析。

1、放射性废水、废气、固废辐射防护措施

（1）放射性废水

①放射性废水来源

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）5.1.1 款规定，使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防渗漏措施。

偏安全考虑，本次放射性废水的评价内容为：来自清洗（主要为分装室）室内地面、工作台和少量带有微量核素的清洗水，病人专用排放废水。

②放射性废水排放方式

根据 GB18871-2002 的排放要求：每月排放总活度 $< 10 \text{ALImin}$ ，每次排放活度 $< 1 \text{ALImin}$ ，本次评价根据实际日最大操作量进行了保守的估算，以对设计衰变池作出评价，具体如下：

本项目衰变池拟设置于医技楼的东侧约 17m 处，衰变池上方为空地，选址合理。放射性废水衰变池组合含 1 个专用化粪池、1 个溢流池和 3 个衰变池，每个衰变池容积为 8m^3 。利用 3 个衰变池对放射性废水（放射性诊疗病人用厕废水和分装给药场所放射性废水）采取交替轮流收集、贮存、排放的办法进行处理，从工作场所排出的放射性废水由专用下水道（放射性废水管道见图 11-8）先排入化粪池沉淀池，再经过溢流池，通过阀门切换，首先进入第一水池，待第一水池储满，关闭该水池进水口阀门，同时打开第二水池的进水口阀门，使工作场所排出的放射性废水进入第二水池，让第一池中废水的放射性物质自行衰变。当第二水池即将储满时，关闭该水池进水口阀门，同时打开第三水池的进水口阀门，使工作场所排出的放射性废水进入第三水池，让第一池、第二池中废水的放射性物质自行衰变。待第三水池接满后，即将该阀门关闭，同时将第一水池底部放水阀门打开，将经过衰变后的废水排入医院污水管网。在衰变池排放出口与连接医院总下水管道之间设置采样监测系统，任意一衰变池经衰变后的废水需经采样监测符合排放标准后（应委托有资质的单位，监测指标为：总 $\alpha < 1 \text{Bq/L}$ 、总 $\beta < 10 \text{Bq/L}$ ），方可排入医院污水管网，最后进入院区的总废水处理站，经处理达标后排放。三个衰变池按照上述程序，依次轮流反复交替使用。设计单位提供的衰变池设计图见图 11-9。

最大用水量 4L 计，病厕废水量约为 160L，清洗废水每天约为 100L，每天产生的放射性废水最大约为 260L，核医学科年工作 250d，则放射性废水产生量 $65\text{m}^3/\text{a}$ 。

该项目核医学科放射性废水的收集均采用铸铁管道，具有一定的防护效果，且大多为铺设在地下，放射性废水的辐射影响很少，应重点关注的跨楼层管道。该项目核医学科位于地下一层，而衰变池位于地面，可能存在暴露的跨楼层管道，正常情况下垂直管道中无放射性废水滞留，其辐射影响很小。医院应定期对暴露的跨楼层管道进行查漏检修并监测，若周围辐射剂量较高，则须采取屏蔽措施对管道进行包裹。

④预测分析和排放情况

医院每日平均产生放射性废水总量为 260L，第一个衰变池存储满后，废水开始注入第二个衰变池，待第二个衰变池注满时，废水开始注入第三个衰变池，忽略废水在化粪池沉淀池的时间。第一个衰变池最后进入的废水存储时间为： $8000\text{L} \times 3 / 260\text{L} \approx 92$ 天（即为第三个衰变池注满的时间），即可存放 92 天。本项目的放射性废水可以在衰变池内暂 92 天，根据各放射性核素的半衰期（见表 11-18），核素 ^{131}I 半衰期最长，为 8.04d，10 个半衰期为 80.4d，本项目衰变池容积满足要求。

表 11-18 放射性废水排放方式及达标估算表

核素名称	半衰期	计划日最大操作量 (Bq)	日排入衰变池核素量 (Bq)	ALI_{\min} (Bq)	衰变池暂存后排放量 (Bq)	达标情况
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	2.775×10^{10}	5.55×10^9	6.9×10^8	0	达标
^{131}I	8.04d	3.7×10^9	3.7×10^7	9.1×10^5	2.26×10^3	达标

注： $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素检查的受检者需要候诊、扫描等操作，在给药后候诊区停留时间较长且需要上厕所，保守按核素使用量的 20% 排入衰变池考虑（病人服药 2h 内 15%-20% 放射性核素转移至膀胱）；甲亢治疗（ ^{131}I ）患者给药结束后一般稍作观察即离开，核医学区域停留时间很短，排入衰变池的核素主要为工作人员操作中产生的废液和清洗用水，按核素使用量的 1% 排入衰变池考虑。

(2) 放射性废气

由污染源分析可知，核医学科使用的放射性同位素除 ^{131}I 外为非挥发性核素，使用过程介质均为液体，操作比较简单，不需加热。核医学科分装室拟安装专用通风柜，经风道由风机抽吸排出，根据标准要求当通风柜柜门半开情况下，通风柜排气速率应达到 1m/s ；偏安全考虑，本项目放射性药物分装、取用均利用原铅罐包装，在通风柜内操作。防止工作人员受放射性废气食入、吸入等内照射影响。

核医学工作场所拟采用机械通风系统，加强相关场所空气流通，保持场所空气清新。通风系统送、排风流向应从低放射性水平区域通向高放射性水平区域，排风机设置楼顶管道末端，用抽排风形式，使整个管道处于负压状态，排风管道排出口应高于场所所在大楼

顶部 3 米以上；另外，为防止 ^{131}I 沉积，核医学科整体设置排风系统，具体见图 11-10 和附图 9。

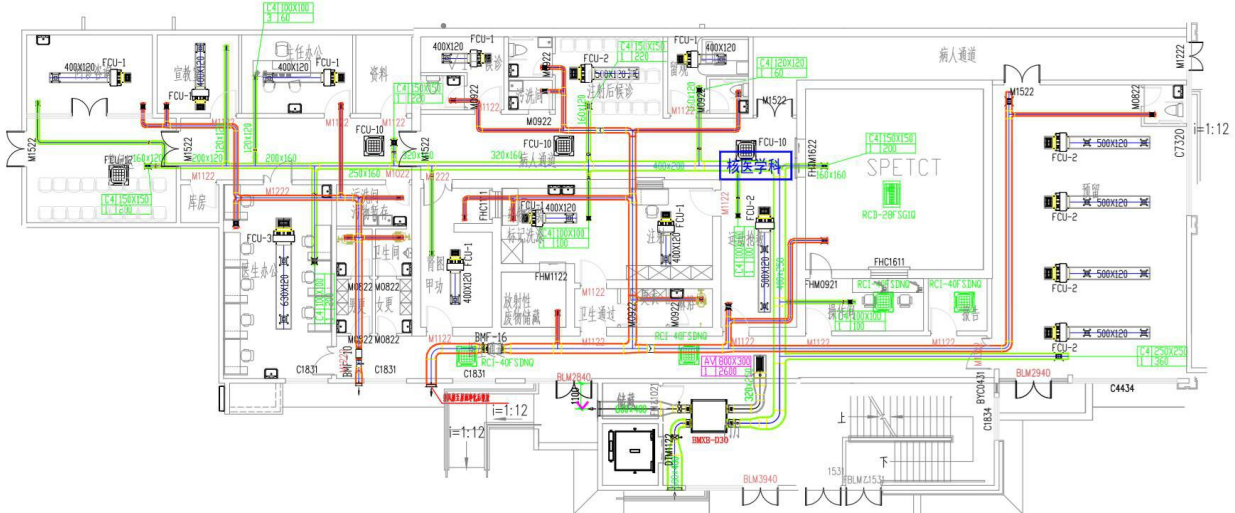


图 11-10 核医学科通风系统图

衰变池应设置专用的通风管道（另行委托设计、施工），废气经由通风管道接入核医学科的通排风口，并统一经由活性炭处理装置处理后排放。

（3）放射性固废

由污染源分析可知，放射性固体废弃物主要包括一次性注射器、药杯、手套、擦拭废纸和棉花等物品。核医学科相关工作场所的放射性固废收集在专用污物桶内，再将污物桶内的固体废弃物连同垃圾袋存放到放射性废物储存室暂存，集中收储 10 个半衰期后，经检测满足清洁解控水平（GBZ133-2009 附录 B），作为医疗废物由医院相关部门统一处理。用来收集放射性固体废弃物的专用污物桶须贴上电离辐射标志，并把受不同核素污染的固体废物分开收储，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间。

放射性固废管理还应做到：

- a. 医院及核医学科应对放射性固体废弃物应制定严格的管理措施，并严格管理。
- b. 严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理，应力求控制和减少放射性废物产生量。
- c. 用完的核素容器应由厂家及时回收。
- d. 内装注射器及碎玻璃等物品的废物袋应附加不易刺破的外套（如硬牛皮纸外套）。
- e. 污物桶应放置于废物贮存室内，避开工作人员作业和经常走动的地方。

2、非密封放射性物质工作场所分级、分类、分区

(1) 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日最大等效操作量计算方法，可以计算得出放射性核素的日等效最大操作量。

表 11-19 放射性核素毒性组别修正因子

毒性级别	极毒	高毒	中毒	低毒
毒性级别修正因子	10	1	0.1	0.01

表 11-20 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较 低的固体	液体，溶液 和悬浮液	表面有污染 的固体	气体，蒸汽，粉末，压力 很高的液体、固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}}$$

表 11-21 本项目非密封放射性核素使用情况

核素名称	物理化学 性性状	液体，溶液和悬浮液	操作方式	贮存方式与地点
⁹⁹ Mo- ^{99m} Tc	液态，高 锝酸钠	每人每次用量 $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ (25mCi)，日诊疗 30 人次，年诊断 250 天，年诊疗 7500 人次	淋洗、分装、 注射（简 单）	贮存在核医学科的 储源室
¹³¹ I	液态，碘 化钠	甲功检测，单人服碘量 $7.4 \times 10^4 \text{Bq}$ (2 μ Ci)，日诊疗人数 25 人，年诊断 250 天，年诊疗 6250 人次	分装（简单）	病人付费后订购， 暂存于核医学科甲 亢室
		甲亢治疗，单人平均服碘量为 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ (10mCi)，日诊疗人数 10 人，年诊断 250 天，年诊疗 2500 人次		

表 11-22 非密封放射性核素日等效操作量核算

核素 名称	日最大操 作量(Bq)	毒性	毒性组别 修正因子	操作方式	操作方式 修正因子	计划日等效最 大操作量(Bq)	备注
⁹⁹ Mo	2.775×10^{10}	中毒	0.1	贮存	1000	2.775×10^6	/
^{99m} Tc	2.775×10^{10}	低毒	0.01	很简单操作	10	2.775×10^7	/

^{131}I	3.7×10^9	中毒	0.1	简单操作	1	3.7×10^8	甲亢治疗
	7.4×10^4					7.4×10^3	甲功检测
合计						4.01×10^8	

所有非密封放射性同位素操作集中在核医学科，可视为同一工作场所，日最大等效操作量为 $4.01 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封源工作场所（日等效最大操作量范围 $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。

（2）核医学工作场所分类

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006），对核医学工作场所进行分类。

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划的日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}}$$

具体计算结果详见下表。

表 11-23 核医学科工作场所分类计算

核素名称	日最大操作量 (Bq)	毒性权重因子	操作性质修正因子	操作最大量放射性核素的加权活度 (MBq)	场所分类
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2.775×10^{10}	1	1	27750	II
^{131}I	3.7×10^9	100	1	3700	II

核医学工作场所属于 II 类工作场所。

表 11-24 II 类工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求

场所分类	地面	表面	通风橱	室内通风	管道	清洗及去污设备
II	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好的通风	一般要求	需要

3、SPECT/CT 机房屏蔽防护措施

SPECT/CT 机房屏蔽措施达标分析见表 11-25。

表 11-25 SPECT/CT 机房符合性分析

-	本项目 SPECT/CT 机房	标准要求	是否满足要求
机房尺寸	空尺寸为：7.6m×7.5m（面积 57m ² ）	机房内最小有效使用面积≥30m ² ， 机房内最小单边长度≥4.5m	满足
屏蔽设计	四周墙体为 370mm 厚实心砖墙+2.5cm 厚硫酸钡水泥，相当于 5.0mmPb 当量	≥2mmPb	满足
	顶棚和底板为 180mm 厚的混凝土+2.5cm 厚硫酸钡水泥，相当于 4.5mmPb 当量	≥2mmPb	满足
	防护门 5mm 铅板	≥2mmPb	满足

观察窗 5mm 铅玻璃	≥2mmPb	满足
-------------	--------	----

注:实心砖密度按 1.6g/cm³ 计, 混凝土密度 2.35g/cm³, 硫酸钡水泥密度按 2.84g/cm³ 计

从机房达标分析可知, SPECT/CT 机房拟采取的屏蔽措施、机房面积及最小单边长度均能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)的要求。在投入使用之前, 医院还应在控制室适当位置张贴岗位职责和操作规程, 防护门外应张贴电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯和警示语句; 防护门应有闭门装置, 且工作状态指示灯与防护门能有效联动。

4、放射性核素剂量预测及屏蔽措施

医院预计本项目 SPECT/CT 一天检查患者 30 人次, 每人使用放射性核素 ^{99m}Tc 平均活度为 9.25×10⁸Bq (25mCi), 每日最大用量为 2.775×10¹⁰ Bq, 一年工作 250 天(双休日及节假日不工作)。⁹⁹Mo-^{99m}Tc 发生器在贮源室贮存, 每天淋洗分装后注射使用。

甲功检测每天诊疗患者 25 人次, 单人服碘量为 7.4×10⁴Bq (2μCi), 一年工作 250 天; 甲亢治疗每天治疗患者 10 人次, 单人平均服碘量为 3.7×10⁸Bq (10mCi), 每日最大用量为 3.7×10⁹Bq, 一年工作 250 天。本项目所用放射性核素 ¹³¹I 由医院提前订购, 运输到医院后当日在分装室使用(¹³¹I 自动分装仪分装), 不贮存。

(1) 计算公式及参数

γ辐射剂量率率可按如下公式进行计算:

无屏蔽状态下:

进行辐射环境影响预测时, 将药物及已服药的病人简化为点源, 无屏蔽状态下距源 R 处的剂量当量率为(引用《辐射防护手册》(第三分册)(潘自强等, 原子能出版社, 1990 年))

$$H = f \times A \Gamma / R^2 \dots\dots\dots (11-20)$$

式中:

- H---γ辐射剂量率, Gy/h;
- f---转换系数 8.69×10⁻³Gy/R;
- A----放射源的预期最大放射性活度, Ci;
- Γ ----空气吸收剂量率常数, R·m²/(h·Ci);
- R----距放射源的距离, m。

屏蔽状态下:

$$H_0 = H \times K = H \times 2^{-(h/HVL)} \dots\dots\dots (11-21)$$

式中：

H_0 ----参考点的辐射剂量率，Gy/h；

K ----衰减倍数，无量纲；

h ----屏蔽层的厚度，mm；

HVL ----半值层厚度，mm。

外照射辐射剂量率估算：

$$H_r = H_0 \times T \times U \times t \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-22)$$

式中：

H_r ----附加年有效剂量，mSv；

H_0 ----参考点的辐射剂量率，Gy/h；

T ----居留因子；

U ----使用因子，放射性核素以点源考虑， U 取1；

t ----年工作时间；

放射源衰变活度：

$$A = A_0^{-\lambda t} \dots\dots\dots (11-23)$$

式中：

A ----放射源衰变后活度，Bq；

A_0 ---放射源初始活度，Bq；

λ ----衰变常数， $0.693/T_{1/2}d^{-1}$ ；

t ----衰变天数，d；

简化估算：1Gy 近似为 1Sv。

表 11-26 相关核素计算中使用的参数

核素	γ 照射剂量率常数 $^a \Gamma(R \cdot m^2) / (h \cdot Ci)$	γ 射线能量	半值层厚度 HVL		
			0.7mmPb	33mm 混凝土	49mm 实心砖
^{99m}Tc	0.060	140keV	0.7mmPb	33mm 混凝土	49mm 实心砖
^{131}I	0.22	364keV	3.0mmPb	55mm 混凝土	84mm 实心砖

^a注： Γ 依据《辐射防护手册 第一分册》（李德平 潘自强 主编/原子能出版社/1987）查表得到；

(2) 工作场所辐射水平分析及预测

核医学科使用核素 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 和 ^{125}I （豁免）。

①无屏蔽状态下各核素 γ 空气吸收剂量率

根据公式（11-20），无屏蔽状态下各核素 γ 空气吸收剂量率见表 11-27。

表 11-27 各核素裸源 γ 空气吸收剂量率 $\mu\text{Gy/h}$

核素	核素活度	不同距离 γ 空气吸收剂量率				
		1m	2m	3m	5m	10m
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ (25mCi)	13.035	3.259	1.448	0.521	0.130
^{131}I	$3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ (10mCi)	19.118	4.780	2.124	0.765	0.191

②放射性废物储存室：污物贮存室四周墙体为 370mm 厚的实心砖；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土。放射性废物储存室配备放射性固废衰变桶，用于暂存放射性固废，对周围辐射环境影响很小。

③淋洗分装注射给药室：医院根据与受检者/患者预约情况向药物供应商订购 $^{99\text{m}}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器，由药物供应商将 $^{99\text{m}}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器存放于通风橱内待用。淋洗、分装、标记工作均在通风橱内进行；标记好的药物置于 10mm 当量注射器防护盒内，由工作人员取至注射给药位。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射前医护人员在 20mmPb 的通风橱内直接从铅罐内拿出带有防护套的注射器，注射需穿戴有 0.5mmPb 防护衣。淋洗、分装、标记时间按照 1h，工作人员距离药物 0.5m；注射时间 20s，工作人员距离药物 0.3m。

淋洗分装注射给药室四周墙体为 370mm 厚的实心砖，北墙+3cm 厚硫酸钡水泥，顶棚、底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥。通风柜防护当量为 20mmPb， ^{131}I 自动分装仪自屏蔽为 40mmPb 防护当量；分装后 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射器防护盒采用 10mmPb 防护当量；放射性药物注射有专用防护针筒为 2mmPb 防护当量。

④甲亢室：碘-131 药物提前预约，药物罐装至 ^{131}I 自动分装仪内并存放至甲亢室；医生位于淋洗分装注射给药室，操作电脑控制 ^{131}I 自动分装仪给药，并通过对讲系统指导病人取药、服药。甲亢病人服药后等候室稍作观察（停留时间约 30min）后可自行离开（按照 1 名甲亢病人停留考虑）。

甲亢室四周墙体为 370mm 厚的实心砖，西墙+3cm 厚硫酸钡水泥，顶棚、底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥。

④注射后候诊区、运动候诊区

SPECT/CT 每次仅能扫描一个病人， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射药物经过一段时间的等待，药物活度已经小于 $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ (25mCi)，偏保守的角度仍按单个病人 $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ (25mCi) 点源计

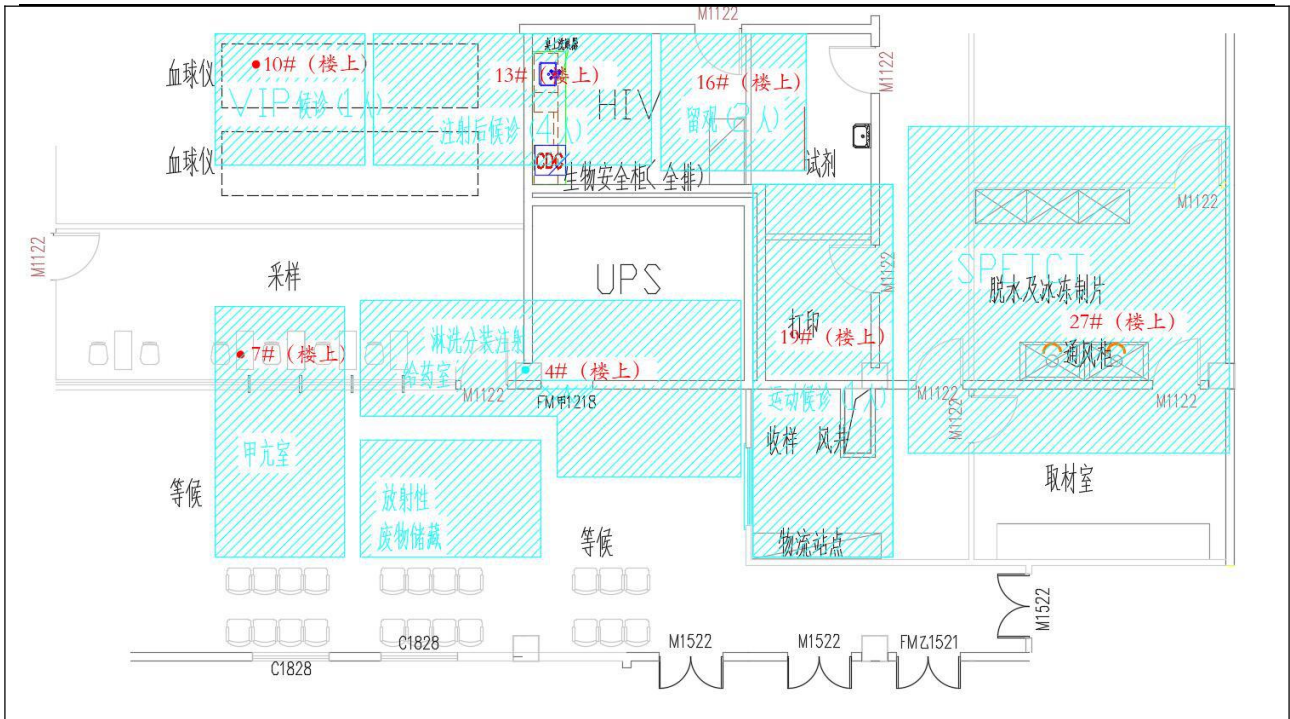


图 11-12 关注点点位图（二层，核医学科楼上）

表 11-28 核医学科辐射工作场所辐射剂量率计算结果

关注点编号	关注点位置	受照者类型	源强	与源的距离 (m)	屏蔽材料及厚度	关注点辐射水平 ($\mu\text{Gy/h}$)	瞬时剂量率控制值 ($\mu\text{Gy/h}$)
1#	淋洗分装标记位	职业照射	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 750mCi	0.5	通风橱 20mmPb+0.5mm 铅防护衣	2.39×10^{-6}	/
2#	药物淋洗分装标记位-注射位	职业照射	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 750mCi	0.3	10mmPb 注射器防护盒 +2mmPb 针筒+0.5mm 铅防护衣	1.83×10^{-2}	/
3#	注射位	职业照射	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 25mCi	0.3	注射窗 20mmPb 玻璃 +2mmPb 针筒+0.5mm 铅防护衣	3.05×10^{-8}	/
4#	注射位楼上 UPS 室距地面 1m 处	公众照射	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 25mCi	4.8	2mmPb 针筒; 顶棚 180mm 厚混凝土	1.78×10^{-3}	2.5
5#	注射位楼下停车场距地面 1m 处	公众照射	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 25mCi	4.7	2mmPb 针筒; 底板 180mm 厚混凝土	1.86×10^{-3}	2.5
6#	甲亢室西墙外 30cm 处 (更衣室、卫生间、污洗间)	公众照射	^{131}I 10mCi	0.9	370mm 实心砖+3mm 铅当量硫酸钡水泥	0.557	2.5

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

7#	甲亢室楼上 采样时距地 面 1m 处	公众 照射	¹³¹ I 10mCi	4.80	180mm 厚混凝土+3mm 铅当量硫酸钡水泥	4.29×10^{-2}	2.5
8#	甲亢室楼下 停车场距地 面 1m 处	公众 照射	¹³¹ I 10mCi	4.70	180mm 厚混凝土+3mm 铅当量硫酸钡水泥	4.48×10^{-2}	2.5
9#	VIP 候诊室 东墙外 30cm (资 料室)	公众 照射	^{99m} Tc 25mCi	0.9	370mm 实心砖+3mm 铅 当量钡水泥	4.40×10^{-3}	2.5
10#	VIP 候诊室 楼上分析室 距地面 1m 处	公众 照射	^{99m} Tc 25mCi	4.8	180mm 厚混凝土+3mm 铅当量钡水泥	6.61×10^{-4}	2.5
11#	VIP 候诊室 楼下停车场 距地面 1m 处	公众 照射	^{99m} Tc 25mCi	4.7	180mm 厚混凝土+3mm 铅当量钡水泥	6.90×10^{-4}	2.5
12#	注射后候诊 室北墙外 30cm (中 心供应)	公众 照射	^{99m} Tc 100mCi	0.9	370mm 实心砖+3mm 铅 当量钡水泥	1.76×10^{-2}	2.5
13#	注射后候诊 室楼上分析 室距地面 1m 处	公众 照射	^{99m} Tc 100mCi	4.8	180mm 厚混凝土+3mm 铅当量钡水泥	2.65×10^{-3}	2.5
14#	注射后候诊 室楼下停车 场距地面 1m 处	公众 照射	^{99m} Tc 100mCi	4.7	180mm 厚混凝土+3mm 铅当量钡水泥	2.76×10^{-3}	2.5
15#	留观室北墙 外 30cm (中心供 应)	公众 照射	^{99m} Tc 50mCi	0.9	370mm 实心砖+3mm 铅 当量钡水泥	8.80×10^{-3}	2.5
16#	留观室楼上 分析室距地 面 1m 处	公众 照射	^{99m} Tc 50mCi	4.8	180mm 厚混凝土+3mm 铅当量钡水泥	1.32×10^{-3}	2.5
17#	留观室楼下 停车场距地 面 1m 处	公众 照射	^{99m} Tc 50mCi	4.7	180mm 厚混凝土+3mm 铅当量钡水泥	1.38×10^{-3}	2.5
18#	运动候诊区 南墙外 30cm (医 生通道)	职业 照射	^{99m} Tc 25mCi	0.9	370mm 实心砖+3mm 铅 当量钡水泥	4.40×10^{-3}	2.5

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

19#	运动候诊区 楼上打印室 距地面 1m 处	公众 照射	^{99m}Tc 25mCi	4.8	180mm 厚混凝土+3mm 铅当量钡水泥	6.61×10^{-4}	2.5
20#	运动候诊区 楼下停车场 距地面 1m 处	公众 照射	^{99m}Tc 25mCi	4.7	180mm 厚混凝土+3mm 铅当量钡水泥	6.90×10^{-4}	2.5
21#	SPECT/CT 机房摆位	职业 照射	^{99m}Tc 25mCi	1m	0.5mm 铅衣	7.945	/
22#	SPECT/CT 机房操作位	职业 照射	^{99m}Tc 25mCi	5.2	观察窗铅玻璃厚度相当 于 5mm 铅当量	3.41×10^{-3}	/
23#	SPECT/CT 机房报告室	职业 照射	^{99m}Tc 25mCi	5.2	屏蔽墙相当于 5mm 铅当 量	3.41×10^{-3}	/
24#	SPECT/CT 机房操作室 防护门外 30cm 处	职业 照射	^{99m}Tc 25mCi	4.9	5mm 铅板	3.84×10^{-3}	/
25#	SPECT/CT 机房病人防 护门外 30cm 处	公众 照射	^{99m}Tc 25mCi	4.0	5mm 铅板	5.76×10^{-3}	2.5
26#	SPECT/CT 机房东墙外 30cm	公众 照射	^{99m}Tc 25mCi	4.5	屏蔽墙相当于 5mm 铅当 量	4.55×10^{-3}	2.5
27#	SPECT/CT 机房楼上分 析室距地面 1m 处	公众 照射	^{99m}Tc 25mCi	4.8	相当于 4.5mm 铅当量	6.57×10^{-3}	2.5
28#	SPECT/CT 机房楼下停 车场距地面 1m 处	公众 照射	^{99m}Tc 25mCi	4.7	相当于 4.5mm 铅当量	6.85×10^{-3}	2.5

从表 11-28 可以看出，核医学科辐射工作场所四周（控制区外部）的辐射剂量率小于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，屏蔽设计满足要求，对周围辐射环境影响较小。

实际病人在注射后候诊室等待过程中，由于核素衰变的作用受检者体内核素的活度不断减少，因而对墙外或门外的辐射影响也不断降低。

（3）年有效剂量预测分析

根据表 11-28 预测的各关注点处辐射剂量率，结合年工作时间，关注点处人员居留因子等参数，由式（11-22）计算即可得到关注点处保护目标的年有效剂量，见表 11-29。

表 11-29 核医学科辐射工作场所职业人员及公众年有效剂量估算结果

关注点位编号	关注区域	核素	受照射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	居留因子	年工作时间 (h)	人员类别	年有效剂量 (mSv)
1#	淋洗分装位	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2.39×10^{-6}	1	250h (每天淋洗时间1h)	职业人员	5.98×10^{-7}
2#	取药至注射位	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.83×10^{-2}	1	2.08h (30s自药物淋洗分装标记位取药至注射位)		3.81×10^{-5}
3#	注射位	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.05×10^{-8}	1	62.5h(每年7500人次, 注射时间30s)		1.91×10^{-9}
4#	淋洗分装标记位距顶棚 1m 处、注射位距顶棚 1m 处	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.78×10^{-3}	1/40	250h (每天淋洗时间1h)	公众	1.11×10^{-5}
5#	淋洗分装标记位、注射位楼下 (停车场)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.86×10^{-3}	1/16	250h (每天淋洗时间1h)	公众	2.90×10^{-5}
6#	甲亢室西墙外 30cm 处 (更衣室、卫生间、污洗间)	^{131}I	5.57×10^{-1}	1/20	250h(每年2500人次, 每人等候约6min)	公众	6.96×10^{-3}
7#	甲亢室顶棚 1m 处 (采样室)	^{131}I	4.29×10^{-2}	1	1250h(每年2500人次, 每人等候约30min)	公众	5.37×10^{-2}
8#	甲亢室楼下 (停车场)	^{131}I	4.48×10^{-2}	1/16	1250h(每年2500人次, 每人等候约30min)	公众	3.50×10^{-3}
9#	VIP 候诊室东墙外 30cm (资料室)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	4.40×10^{-3}	1	500(每年250位受检者, 等候约2h)	公众	2.20×10^{-3}
10#	VIP 候诊室顶棚 1m 处 (分析室)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.61×10^{-4}	1	500(每年250位受检者, 等候约2h)	公众	3.31×10^{-4}
11#	VIP 候诊室楼下 (停车场)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.90×10^{-4}	1/16	500(每年250位受检者, 等候约2h)	公众	2.16×10^{-5}
12#	注射后候诊室北墙外 30cm (中心供应)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.76×10^{-2}	1/4	1000(年工作 250 天, 四人同时候诊每天最多 4h)	公众	4.40×10^{-3}
13#	注射后候诊室顶棚 1m 处 (分析室)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2.65×10^{-3}	1	1000(年工作 250 天, 四人同时候诊每天最多 4h)	公众	2.65×10^{-3}
14#	注射后候诊室楼下 (停车场)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2.76×10^{-3}	1/16	1000(年工作 250 天, 四人同时候诊每天最多 4h)	公众	1.72×10^{-4}
15#	留观室北墙外 30cm (中心供	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	8.80×10^{-3}	1/4	1000(年工作 250 天, 2 人同时留观每天最多 4h)	公众	2.20×10^{-3}

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

	应)						
16#	留观室楼上分析室 距地面 1m 处	^{99m} Tc	1.32×10^{-3}	1	1000(年工作 250 天, 2 人同时留 观每天最多 4h)	公众	1.32×10^{-3}
17#	留观室楼下停车场 距地面 1m 处	^{99m} Tc	1.38×10^{-3}	1/16	1000(年工作 250 天, 2 人同时留 观每天最多 4h)	公众	8.62×10^{-5}
18#	运动候诊区南墙外 30cm (医生通 道)	^{99m} Tc	4.40×10^{-3}	1/4	250(年工作 250 天, 每天 1h)	公众	2.75×10^{-4}
19#	运动候诊区楼上打 印室距地面 1m 处	^{99m} Tc	6.61×10^{-4}	1	250(年工作 250 天, 每天 1h)	公众	1.65×10^{-4}
20#	运动候诊区停车场 距地面 1m 处	^{99m} Tc	6.90×10^{-4}	1/16	250(年工作 250 天, 每天 1h)	公众	1.08×10^{-5}
21#	SPECT/CT 机房摆 位	^{99m} Tc	7.94	1	62.5(每年7500位 受检者, 每人 30s)	职业 人员	4.97×10^{-1}
22#	SPECT/CT 机房操 作位	^{99m} Tc	3.41×10^{-3}	1	1875(每年 7500 位受检者, 每人 15min)	职业 人员	6.40×10^{-3}
23#	SPECT/CT 机房报 告室	^{99m} Tc	3.42×10^{-3}	1	1875(每年 7500 位受检者, 每人 15min)	职业 人员	6.40×10^{-3}
24#	SPECT/CT 机房操 作室防护门外 30cm 处	^{99m} Tc	3.84×10^{-3}	1/4	1875(每年 7500 位受检者, 每人 15min)	职业 人员	1.80×10^{-3}
25#	SPECT/CT 机房病 人防护门外 30cm 处	^{99m} Tc	5.76×10^{-3}	1/4	1875(每年 7500 位受检者, 每人 15min)	公众	2.70×10^{-3}
26#	SPECT/CT 机房东 墙外 30cm	^{99m} Tc	4.55×10^{-3}	1/4	1875(每年 7500 位受检者, 每人 15min)	公众	2.14×10^{-3}
27#	SPECT/CT 机房顶 棚 1m 处 (分析 室)	^{99m} Tc	6.57×10^{-3}	1	1875(每年 7500 位受检者, 每人 15min)	公众	1.23×10^{-2}
28#	SPECT/CT 机房楼 下停车场距地面 1m 处	^{99m} Tc	6.85×10^{-3}	1/16	1875(每年 7500 位受检者, 每人 15min)	公众	8.03×10^{-4}

根据医院规划, SPECT/CT辐射工作场所分装注射工作人员2人, SPECT/CT操作及阅片单台设备配置辐射工作人员6名(其中3人轮流参与摆位), 以上人员为单班制, 人员各司其职, 人员无交叉。各工作岗位安排人员计划及有效剂量详见表11-30。

表 11-30 核医学科职业人员年均有效剂量

岗位	总年有效剂量 (mSv)	人数	人均年有效剂量 (mSv)
淋洗分装注射人员	3.87×10^{-5}	2	1.94×10^{-5}
SPECT/CT机房工作人员	0.536	6	0.179

根据上述估算结果可知：根据预测结果可知，在正常工作状态下，核医学科辐射工作人员所受最大附加剂量为 0.179mSv/a，公众所受最大附加剂量为 0.068mSv/a，均低于管理限值（辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB188 71-2002）中关于“剂量限值”的要求。实际上由于病人身体对放射性药物也有一定的屏蔽作用，且随着时间有一定衰减，辐射剂量也随之降低。

（4）患者离开医院对环境的影响

^{99m}Tc 的半衰期为 6.02h，接受检查的患者回家后，体内所滞留的 ^{99m}Tc 也仅只有给药量的一半，病人使用的核素平均活度为 925MBq(25mCi)，回家后体内的 ^{99m}Tc 为 $4.6 \times 10^8 \text{Bq}$ ，距患者 1m 处剂量率约 $6.77 \mu\text{Gy/h}$ ，在 10 个半衰期内公众近距离接触患者时间为 4h，保守估算距病人 1m 处受到的剂量则仅为 0.027mSv。

因此医院应对患者离院做出书面指导，短期内禁止到公共场活动，避免与家人亲密接触，则患者离院后对周围环境影响不大。在患者回家后，家中任何成员不可能始终与其保持同一距离上，所以，实际上家庭中的成员所受到的剂量要比估算值小得多。因此，对于接受检查的患者，回家后无需采取特殊防护措施，均不会给家庭成员造成明显的辐射影响。但对于幼儿和婴孩由于其吸收剂量系数较大，患者返家后的二日内不宜近距离接触他们。

（5） β 表面污染控制影响分析

β 表面沾污的影响主要来源于医护人员操作时，放射性物质逸出或飞散在操作台、地板、墙壁、个人防护用品等表面，对职业人员和公众造成辐射影响。根据本项目的辐射环境现状监测可知：现有临床核医学科的分装注射室，源库等相关辐射工作区域 β 放射性物质表面污染检测结果小于 40Bq/cm^2 ，达到 GB 18871-2002 规定的要求。

本项目运行后，医院还应严格按照流程操作，并做到以下防护措施：

- a. 使用、操作放射性同位素的人员应经过培训，具备相应的技能与防护知识；
- b. 易产生放射性物质逸出或飞散的操作，其操作须在通风橱内进行；
- c. 操作液体放射性物质应在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水

性好的材料；

- d. 吸取液体的操作必须用合适的器具，严禁用口吸取；
- e. 不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件操作；
- f. 放射性操作之后应对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查、清洗、去污；工作人员应进行淋浴；
- g. 放射性药品用后应及时存放在专用柜内，需防盗、防水、防火、柜外应有电离辐射标志；
- h. 做好就诊病人的管理，严格划定好控制区和监督区，禁止无关人员随处走动；
- i. 如 β 表面污染水平超过 GB 18871-2002 规定值，医院应暂停开展核医学活性区的相关业务，去污染经监测符合标准后方可重新开展业务。

11.2.2.3 DSA 项目辐射环境影响分析

1、机房符合性分析

本项目 DSA 机房辐射防护屏蔽设计参数与标准对比见表 11-31：

表 11-31 屏蔽设计参数

-	本项目 DSA 机房	标准要求 (DSA)	是否满足要求
机房尺寸	机房内空之尺寸 8.06m×7.68m (面积 61.9 m ²)	参照单管头医用射线装置≥20 m ²	满足
	最小单边长度：7.68m	≥3.5m	满足
屏蔽设计	四周墙体为 370mm 厚实心砖墙+1.5cm 厚硫酸钡水泥，相当于 4mm 铅当量	≥2mmPb	满足
	顶棚、底板为 180mm 厚混凝土+1.5cm 厚硫酸钡水泥，相当于 3.5mmPb 当量	≥2mmPb	满足
	防护门：钢骨架+4mmPb 铅板	≥2mmPb	满足
	观察窗 4mm 铅当量	≥2mmPb	满足

注：①混凝土密度为 2.35g/cm³，硫酸钡水泥密度 2.84g/cm³。

根据表 11-31 可知，本项目 DSA 机房屏蔽设计铅当量均大于 2.0mm，机房的有效使用面积、最小单边长度及屏蔽防护均能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 中介入 X 射线机机房的相关要求。

2、DSA 机房平面布局

本项目 DSA 机房位于医技楼一楼放射影像科 (见附图 5-3)，DSA 机房布置见图 11-

13。



图 11-13 DSA 机房平面布置图

DSA 机房与控制室隔墙设置工作人员防护门和铅玻璃观察窗，DSA 机房在北墙设置污物通道防护门，在南墙设置患者防护门。受检者（患者）防护门为电动推拉式铅防护门。DSA 机房西侧设置更衣室和刷手间，工作人员经更衣室更衣后进入刷手间消毒，消毒后经控制室进入机房，病人经东侧病人通道进入机房南侧缓冲间后从患者防护门进入机房，污物通道门设置在机房北侧，机房平面布局合理。

3、DSA 环境影响分析

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

①造影拍片过程：操作人员采取隔室操作的方式，医生通过控制室铅玻璃观察窗机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中，医生位于控制室内，经机房各屏蔽体屏蔽后，对机房外的公众和工作人员基本没有影响。

②脉冲透视过程：为更清楚的了解病人情况，医生需进入 DSA 机房进行治疗时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师身着铅橡胶衣、戴铅眼镜等在机房内对病人进行直接的手术操作。第二种情况是本次评价的重点。

4、类比分析

(1) 类比可行性分析

为了进一步评价 DSA 机房的辐射防护效果，选用与本项目屏蔽设计相当的太和县中医院在用 DSA 项目进行类比分析。本项目 DSA 与太和县中医院 DSA 项目类比条件参数见表 11-32。

表 11-32 屏蔽参数类比一览表

--	本项目	类比对象	类比分析
项目地点	安徽省海慈人民医院有限公司	太和县中医院	/
机房尺寸	8.06m×7.68m（面积 61.9 m ² ）	7.4m×7.35m=54.39m ²	机房尺寸、最小单边长度均大于类比项目
	最小单边长度：7.68m	最小单边长度：7.35m	
型号	待定	FD20	不同
管电压/管电流	125kV/1000mA	125kV/1000mA	相同
屏蔽墙体	370mm 实心砖墙（密度为 1.6g/cm ³ ）+1.5cm 厚硫酸钡水泥，相当于 4mm 铅当量	24cm 实心砖墙（密度为 1.6g/cm ³ ），2.2mm 铅当量	铅当量大于类比项目
顶板底板	180mm 厚混凝土+1.5cm 厚硫酸钡水泥，3.5mm 铅当量	12cm 混凝土+2mm 铅板防护，3.5mm 铅当量	铅当量与类比项目相同
防护门	4mm 铅板	3mm 铅板	铅当量大于类比项目
观察窗	4mm 铅当量的铅玻璃	3mm 铅当量的铅玻璃	铅当量大于类比项目

从类比条件对照分析可知：该项目 DSA 管电压管电流与太和县中医院 DSA 一样；该项目机房尺寸和机房最小单边长度均大于类比机房；机房屏蔽措施比类比源效果好，所以具有一定的可比性。

(2) 类比监测结果

类比监测结果引用太和县中医院 DSA 项目竣工环境保护验收监测报告（核工业二七〇所，所环监字[2017]第 163 号，见附件 7），在正常最大工况下，该 DSA 机房周围辐射剂量率在 0.09~0.19μSv/h 范围内，均处于或略高于本底辐射水平，机房外均无明显附加剂量，项目运行过程中对机房外环境影响较小。

太和县中医院 DSA 验收监测（监测工况 110kV，580mA）结果见表 11-33。

表 11-33 类比监测结果

编号	监测点描述	测量结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	编号	监测点描述	测量结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	控制台铅玻璃左侧 30cm	0.11	12	病人防护门左上 30cm	0.12
2	控制台铅玻璃右侧 30cm	0.12	13	病人防护门左中 30cm	0.12
3	控制台铅玻璃上侧 30cm	0.10	14	病人防护门左下 30cm	0.11
4	控制台铅玻璃下侧 30cm	0.10	15	病人防护门右上 30cm	0.19
5	医生控制台	0.09	16	病人防护门右中 30cm	0.12
6	医生防护门左上 30cm	0.12	17	病人防护门右下 30cm	0.13
7	医生防护门左中 30cm	0.11	18	机房西侧外墙 30cm	0.11
8	医生防护门左下 30cm	0.10	19	机房南侧外墙 30cm	0.10
9	医生防护门右上 30cm	0.13	20	机房北侧外墙 30cm	0.12
10	医生防护门右中 30cm	0.13	21	机房楼上手术间距地板 1m	0.12
11	医生防护门右下 30cm	0.11	22	机房楼下大厅距楼上 1.7m	0.10

由监测结果可知，太和县中医院 DSA 在正常工作状态下，机房周围辐射剂量率在 $0.09\sim 0.19\mu\text{Sv/h}$ 范围内，能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的要求。本项目 DSA 采用辐射防护均不低于太和县中医院已运行的 DSA 项目，可以保守认为太和县中医院已运行的 DSA 项目验收监测结果基本反映了本项目 DSA 运行后的实际辐射环境影响。

5、辐射工作人员和公众年有效剂量评价

(1) 辐射工作人员年有效剂量评价

在 DSA 发射 X 射线透视下近台为病人做介入手术的医生，因暴露在辐射场下会受到较大剂量照射。《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）规定，介入手术透视区工作人员位置空气比释动能率最大限值为 $400\mu\text{Gy/h}$ ，以此值对介入手术医生所受年有效剂量进行保守估算。该项目介入手术医生在做手术时拟使用防护厚度不小于 0.25mmPb 的个人防护用品（包括防护铅橡胶衣、铅帽、铅围脖、铅手套），总衰减倍数至少可达 5 倍。医院 DSA 的年工作量最大为 500 例，单次手术时间约 $0.5\sim 1.5\text{h}$ ，每次手术累计出束时间为 $5\sim 30\text{min}$ （按照 $30\text{min}/\text{台}$ 估算），安徽海慈医院 DSA 手术拟配备医生 6

人，按照每位医生平均 167 例手术，则医生所受年有效剂量为 6.68mSv，能满足项目剂量管理限值 10mSv 的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作人员剂量限值（20mSv）的要求。

由于本项目介入治疗手术过程中辐射工作人员的受照剂量受多种不确定因素的影响，工作人员的受照射情况复杂多变难以准确估算其年有效剂量。因此上述理论估算结果只能大致反映出工作人员受辐射照射程度。本项目参与介入手术的医务人员手术过程中均应佩戴个人剂量计。医院应根据个人剂量检测结果及时对工作人员工作岗位进行调整。确保其年有效剂量满足本项目的目标管理值要求。

（2）公众人员年有效剂量评价

本项目 DSA 的屏蔽设计能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)中介入 X 射线机机房的屏蔽防护铅当量为 2mm 的厚度要求，由类比太和县中医院 DSA 机房外瞬时剂量监测结果可知，在经过机房屏蔽，和经过距离的进一步衰减后，机房外周围公众年受照剂量能够满足 GB18871-2002 中对公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求（不超过 0.25mSv）。

6、介入治疗其他注意事项

介入放射需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员来说辐射剂量较高，因此在评估介入的效应和操作时，其辐射损伤必须要加以考虑。由于需要医务人员在机房内，X 线球管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，为此医院为工作人员配备了铅橡胶衣、铅帽、铅手套、铅围脖、铅眼镜等防护用品。医院除应加强对从事介入手术医务人员个人剂量管理工作，确保每名医生年有效剂量不超过 10mSv 的目标管理限值，还应在以下方面加强对介入放射的防护工作：

- a. 操作中减少透视时间和次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入人员在操作时应尽量远离检查床。
- b. 一般说来，降低病人的剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括放射防护的培训，参与介入的人员应技术熟练，以减少病人和介入人员的剂量。
- c. 所有在介入放射手术室内的工作人员都应开展个人剂量监测，医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，不断减少工作人员的受照剂量。
- d. 设备必须符合国际或者国家标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，尽可能提高图像质量。

- e. 加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其它相关设备应该定期进行检测。
- f. 从事手术操作的临床医生防护服、其他的防护用品的铅当量不应低于 0.25mm（手套除外）。
- g. 介入人员应该结合设备的特点，了解一些降低剂量的方法，加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其它相关设备应该定期进行检测。
- h. 介入操作医生进行双剂量片管理，用以检测估算放射工作人员的全身有效剂量，佩戴方式：在腰部位置铅橡胶衣内侧和颈部（衣领位置）铅橡胶衣外侧各佩戴一个，颈部（衣领位置）铅橡胶衣外侧各佩戴的剂量计可用来估算甲状腺和眼晶体的受照剂量。有条件的可在手部和眼晶状体部位佩带个人剂量计。有效剂量计算公式为（出自 IAEA2006 年出版的《诊断放射学和介入程序用 X 射线的应用辐射安全标准》）

$$E = 0.5 H_w + 0.025 H_n$$

其中，E：有效剂量；H_w：腰部铅橡胶衣下测量剂量；H_n：颈部铅橡胶衣外测量剂量。

- i. 介入放射学工作人员个人剂量监测值当年累积达到 10mSv 或超过时，该年度剩余时间内不得从事介入放射学工作。

11.2.2.4 III 类射线装置

医院其他 III 类射线装置（胃肠机、DR 机、钼靶机、CT、模拟定位 CT、口腔全景、C 型臂 X 光机），管电压均不超过 150kV，其中 1 台乳腺钼靶机的管电压 49kV，口腔全景机管电压 90kV。

1、机房符合性分析

表 11-34 III 类射线装置机房符合性分析表

本项目 III 类射线装置设计		标准要求	是否满足要求
机房尺寸	放疗科模拟定位 CT 机房，内空尺寸为 7.8m×6.8m	最小有效使用面积≥30m ² ， 最小单边长度≥4.5m	满足
	放射影像科 CT 机房内空尺寸为 9.0m×5.3m		满足
	放射影像科 DR 机房内空尺寸为 9.0m×5.3m	最小有效使用面积≥20m ² ， 最小单边长度≥3.5m	满足
	放射影像科数字肠胃机房内空尺寸为 7.5m×5.46m		

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

	放射影像科乳腺钼靶机房内空尺寸为 5.64m×4.64m	最小有效使用面积≥10m ² ， 最小单边长度≥2.5m	满足	
	放射影像口腔全景机房内空尺寸为 4.96m×3.9m	最小有效使用面积≥5m ² ， 最小单边长度≥2m	满足	
	14号手术室（C臂机）净尺寸 7.8m× 6.7m			
屏蔽设计	模拟定位 CT 机房	四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃	≥2.0（2.5*）mmPb	满足
	CT 机房	四周墙体为 370mm 实心砖墙+1.5cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1.5cm 厚硫酸钡水泥；防护门 4mm 铅板、观察窗 4mm 铅玻璃	≥2.0（2.5*）mmPb	满足
	数字肠胃机房	四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥，相当于 4mm 铅当量；	≥3.0mmPb	满足
		顶棚和底板为 180mm 厚的混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥，相当于 3mm 铅当量；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃	≥2.0mmPb	
	DR 机房	四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥，相当于 4mm 铅当量；底板为 180mm 厚的混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥，相当于 3mm 铅当量	≥3.0mmPb	满足
		顶棚为 180mm 厚的混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥，相当于 3mm 铅当量；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃	≥2.0mmPb	
	口腔全景机房	四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥，相当于 4mm 铅当量；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃	≥2.0mmPb	满足
		顶棚和底板为 180mm 厚的混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥，相当于 3mm 铅当量；	≥1mmPb	
	钼靶机房	周墙体为 370mm 实心砖墙，相当于 3mm 铅当量；顶棚和底板为 180mm 混凝土，相当于 2mm 铅当量；防护门 2mm 铅板、观察窗 2mm 铅玻璃	≥1mmPb	满足
	C 臂机房	四周墙体为钢骨架+2mm 铅板；顶棚、底板为 100mm 厚混凝土；防护门 2mm 铅板、观察窗 2mm 铅玻璃	≥1mmPb	满足

*按照 GB/Z180 规定属于“较大工作量”时取 2.5mmPb 防护当量

从机房符合性分析可知，医院上述 7 台射线装置机房拟采取的屏蔽措施、机房面积及最小单边长度均能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）的要求。

2、管理措施

在射线装置投入使用之前，医院应在控制室适当位置张贴岗位职责和操作规程，防护门外张贴电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯和警示语；防护门应有闭门装置，且工作状态指示灯与防护门能有效联动。

3、工作人员及公众剂量分析

14号手术室C臂机主要用于手术辅助，工作人员直接站在手术床旁进行手术操作，其手部可能直接暴露在照射野内，而躯干距离X线球管照射野也非常近。难以准确估算介入工作人员受到的准确照射剂量，只能依靠其佩戴的个人剂量计进行跟踪性检测。其余III类射线装置辐射工作人员均位于控制室，不受X射线直接照射，

C臂机协助手术时应按照《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）穿戴铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等，同时应设置铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等，辐射工作人员均应配备个人剂量计，医院应根据个人剂量检测结果及时对工作人员工作岗位进行调整，确保其年有效剂量满足GB18871-2002中对职业人员受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求。

通过采取机房防护、个人防护、辐射管理等措施，控制室辐射工作人员，机房外的公众以及使用C臂机协助操作手术医生所受附加年剂量不会超过项目剂量管理限值（辐射工作人员不超过5mSv，公众不超过0.25mSv）的要求，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于剂量限值的要求。

11.2.3 产业政策符合性

对照《国家产业结构调整指导目录》（2019年本）中“鼓励类”第三十七项“卫生健康”中第6条“全科医疗设施建设与服务”，本项目建设符合国家产业政策。

11.2.4 选址合理性分析

该项目放疗科位于住院楼，核医学科、放射影像科均位于医技楼。项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。项目周边50m范围内基本全处于院区地块范围，周边200m范围无环境敏感目标。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护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。

11.2.5 实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学在诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。安徽海慈医院医疗放

射性设备采购项目符合所在地区医疗服务需要。因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

11.2.6 代价利益分析

安徽海慈医院医疗放射性设备采购项目符合所在地区医疗服务需要，有利于提高疾病的诊断正确率和有效治疗方案的提出，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故等级判定

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-35。

表 11-35 辐射事故等级划分表

事故等级	危害后果
特别重大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

11.3.2 辐射事故影响分析

1、核医学科事故分析

该项目可能产生的事故情况多样，但最值得关注是核医学科操作人员由于操作不慎打翻放射性药物，从而导致操作台面、地面或仪器设备受到放射性沾污，并伴随着产生较多的放射性废水和废物。

情景假设：本次以核素单日最大操作量计算，事故持续过程按照点源计算，受照人员不考虑防护；事故持续时间按照 10min 计。

根据公式（11-20），无屏蔽状态下各核素 γ 空气吸收剂量率见表 11-36。

表 11-36 事故状态各核素裸源不同距离年等效剂量率 mSv

核素	日最大操作量	0.5m	1m	2m	5m
^{99m}Tc	$2.775 \times 10^{10}\text{Bq}$ (30×25mCi)	0.261	0.065	0.016	0.003
^{131}I	$3.7 \times 10^9\text{Bq}$ (10×10mCi)	0.127	0.032	0.008	0.001

根据表 11-34，核医学科一次放射性药物打翻事故，可导致 0.5m 距离内年等效剂量达到 0.26mSv，超过本项目管理限值（公众年有效剂量 0.25mSv）。

2、射线装置事故

射线装置可能发生电子直线加速器误照射事故、DSA 及 III 类射线装置意外照射事

故。

(1) 医用电子直线加速器事故后果分析

医用电子直线加速器对病人开机治疗时，距焦点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 6Gy/min，假设考虑加速器运行时人员误入机房，人员在无其他屏蔽的情况下处于加速器机头外 1m 远处的主射束方向。由于机房内设置有“紧急止动”按钮，只要误入人员按下此按钮就可以停机，所以受照时间取 10s，则事故情况下误入人员距加速器机头 1m 处受到的辐射剂量为 1.0Sv，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 20mSv/a 剂量限值。根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系。本项目加速器事故状态下急性放射病发生率超过 99%，可导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病，属于较大辐射事故。

(2) DSA 及 III 类射线装置事故后果定性分析

根据经验判断，DSA 在事故状态下极短时间内可导致未防护状态下的职业人员和公众受照射剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年受照射剂量限值，并构成一般辐射事故；III 类射线装置事故状态下对职业人员和公众受照射剂量略小于 DSA，当仍可能导致职业人员和公众受照射剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年受照射剂量限值，并构成一般辐射事故。

11.3.3 辐射事故应急措施

(1) 由于操作不慎，有少量的液态药物溅洒。发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。最后用表面沾污仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到解控标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区表面污染小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。

(2) 因不慎造成放射性核素污染了地面或台面时，应先用吸收滤纸将其吸干，以防扩散，并立即标记污染范围，注明放射性核素名称、日期。根据污染程度及时报告上级领导和有关部门。人体溅污放射性核素时，应先用吸水纸吸干体表，避免污染面积扩大。之后根据不同核素分别去污。

(3) 若发生放射性药物丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（环保、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，

根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

（4）放射性废物处置或管理不当造成污染时，立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，由专业人员处理，经监测满足解控要求后再解除警戒。

（5）如果出现人员误入射线装置机房或射线装置失控，应立即启动“紧急止动”开关，停止射线装置的出束，并立即向医院领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

（6）发生辐射事故后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

安徽海慈医院拟开展项目尚未建成，核技术利用项目人员尚未到岗。医院拟购直线加速器、DSA 属于 II 类射线装置，SPECT /CT、模拟定位 CT 等属于 III 类射线装置，新建的核医学科应用项目属于非密封源操作场所属于乙级非密封源操作场所，根据《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 号规定，在申请领取许可证时应当设立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。

12.1 辐射安全管理规定

- 1、《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）
- 2、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2006 年 3 月 1 日施行，2017 年修正）
- 3、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日）

表 12-1 辐射安全管理规定（部分）

安全管理文件	序号	安全管理规定
放射性同位素与射线装置安全和防护条例	1	第二十八条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。
	2	第二十九条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。
	3	第三十条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素、射线装置的安全和防护状况进行年度评估。发现安全隐患的，应当立即进行整改。

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

	4	<p>第三十四条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素和射线装置的场所，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。射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。</p> <p>放射性同位素的包装容器、含放射性同位素的设备和射线装置，应当设置明显的放射性标识和中文警示说明；放射源上能够设置放射性标识的，应当一并设置。运输放射性同位素和含放射源的射线装置的工具，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志或者显示危险信号。</p>
	5	<p>第四十二条 发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。</p> <p>禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。</p>
	6	<p>第四十五条 发生辐射事故的单位应当立即将可能受到辐射伤害的人员送至当地卫生主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。</p>
放射性同位素与射线装置安全许可管理办法	1	<p>第十六条 使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：</p>
	1.1	<p>（一）使用 I 类、II 类、III 类放射源，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；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。</p>
	1.2	<p>（二）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。</p>
	1.3	<p>（四）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。</p>
	1.4	<p>（五）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。</p>
	1.5	<p>（六）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。</p>
	1.6	<p>（七）有完善的辐射事故应急措施。</p>

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目

放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法	1	<p>生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，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连锁、报警装置或者工作信号。</p> <p>射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。</p> <p>放射性同位素的包装容器、含放射性同位素的设备和射线装置，应当设置明显的放射性标识和中文警示说明；放射源上能够设置放射性标识的，应当一并设置。运输放射性同位素和含放射源的射线装置的工具，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志或者显示危险信号。</p>
	2	<p>第六条 生产、使用放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定采取有效措施，防止运行故障，并避免故障导致次生危害。</p>
	3	<p>第七条 对放射源还应当根据其潜在危害的大小，建立相应的多重防护和防护措施，并对可移动的放射源定期进行盘存，确保其处于指定位置，具有可靠的安全保障。</p>
	4	<p>第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，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；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府生态环境主管部门认定的环境监测机构进行监测。</p>
	5	<p>第十一条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当加强对本单位放射性同位素与射线装置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生态环境主管部门（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。</p>
	6	<p>第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，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日前向发证机关提交上一年度的评估报告。</p>
	7	<p>第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照生态环境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。</p>
	8	<p>第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，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。</p>
<p>核医学科及医疗放射设备使用科室开展工作前，安徽省海慈人民医院有限公司建立以院领导为第一责任人的辐射安全与防护管理领导小组构架，并拟定辐射事故应急预案、辐射防护与安全保卫制度、辐射工作场所监测制度、个人剂量管理制度、培训和职业健康体检计划、操作规程、岗位职责、辐射设备维修保养制度等各项辐射安全管理制度。</p>		

12.2 监测计划和监测仪器

1、日常监测

核医学科及医疗放射设备使用科室开展工作前，安徽省海慈人民医院有限公司应制定完善的监测方案，明确监测点位、监测项目和频次，并购置相应的监测仪器（应至少购置1台活度计、1台表面污染仪、1台剂量巡测仪和2台剂量报警仪），其能量响应范围应满足医院核技术利用项目监测需要，并按监测方案对核技术应用场所及周围辐射水平进行监测，同时做好记录分析工作。

建议医院日常监测计划详见表 12-2。

表 12-2 日常监测计划

监测场所及点位		监测项目	评价指标	监测频次
加速器、DSA等射线装置机房	控制室、防护门和屏蔽墙外	X- γ 剂量率	参考验收监测结果，不应明显升高	每季度 1 次，出现异常时适当增加监测频次
核医学科	储源室、淋洗分装室和候诊室、控制室和办公室等	X- γ 剂量率		
		工作台、设备和墙壁、地面、工作人员衣物	表面沾污	满足 GB18871-2002 附录 B2 要求

2、委托监测

- (1) 委托有资质单位对项目周围环境辐射剂量见验收监测；
- (2) 委托有资质单位定期对项目周围环境辐射剂量进行监测，频率1次/年；
- (3) 委托有资质单位定期对产生辐射的仪器设备进行防护监测，包括仪器设备防护性能监测；
- (4) 委托有资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，上岗前、脱岗后均应进行职业健康检查；在岗期间两次检查的时间间隔不应超过2年。
- (5) 出现放射事故，及时上报生态环境主管部门和相关部门，进行现场监测。
- (6) 该项目退役后，委托有资质单位应进行退役监测。

12.3 辐射安全与防护培训

安徽省海慈人民医院有限公司放疗科拟配置 8 名辐射工作人员，核医学科拟配置 8 名辐射工作人员，放射影像科拟配置 15 名辐射工作人员。医院应制定完善的辐射安全与防护培训计划，明确培训对象、周期和要求，并按计划组织辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）进行培训学习并参加考核，考核不合

格的不得上岗。在取的培训合格证后每四年还应组织安排一次再培训，考核不合格的不得继续从事辐射相关工作。

12.4 个人剂量监测

安徽省海慈人民医院有限公司委托有资质单位对个人累计剂量进行监测，监测周期一般为 30 天，最长不应超过 3 个月；医院做好档案管理工作。对于个人剂量异常情况应做到自查自纠，及时采取补救措施，自查自纠结果当事人、相关管理人员应签字、医院盖章后存档，对于个人剂量超标的情况医院还应立即向生态环境部门报告。

12.5 职业健康体检

安徽省海慈人民医院有限公司应制定完善的职业健康体检计划，明确体检对象、体检周期和指标，并按计划组织辐射工作人员开展岗前、岗中（每 2 年安排一次再体检）和退岗职业健康体检，对于体检结果出现异常的，不得安排从事辐射相关工作。

12.6 年度安全状况评估

安徽省海慈人民医院有限公司核医学科及医疗放射设备使用科室开展工作后，应在每年 1 月 31 日前向安徽省生态环境厅和宿州市生态环境局上报上一年度评估报告。年度评估报告应当包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射性同位素、射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；核技术利用项目新建、改扩建和退役情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况等方面的内容。

表 13 “三同时” 验收

13.1 “三同时” 验收一览表

针对安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目，提出以下“三同时”验收一览表，具体详见表 13-1。

表 13-1 “三同时” 验收一览表

项目		“三同时” 验收内容		验收要求	
防护措施	医用电子直线加速器	①机房采用密度为 2.35g/cm ³ 混凝土浇筑。机房使用空间几何尺寸：长（主束墙间距）8.2m×宽 8.1m×高 3.7m（机房顶主屏蔽区内表面至地面的距离）。机房顶主屏蔽区外凸。等中心距离地面高度 1.25m。迷路横宽 2.2m，迷路内口宽度 2.5m。②加速器机房东主屏蔽墙厚为 2.8m，次屏蔽墙厚为 1.6m；南侧 L 型迷道，迷道内墙厚度为 1.3m，外墙厚度为 1.4m；西侧、北侧外为土壤层，西墙厚 1.0m，北墙厚 0.8m；顶棚主屏蔽厚为 2.7m，次屏蔽厚为 1.0m。拟安装含硼聚乙烯防护门（铅当量 12mm，硼聚乙烯 BPE 厚度 100mm）。		瞬时剂量率不超过 2.5μSv/h 辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv	
		通风管道等穿墙管道均采用迷道式设计，设计风量 2500m ³ /h。风机设减震基础、通风管道均采用软性接头，极大减少风机产生的噪声。		每小时通风换气不小于 4 次；院区敏感建筑及东侧边界达到 2 类区标准要求	
		本项目加速器所产生的放射性固废为废树脂，将全部由生产厂家负责回收		厂家回收	
	核医学科	SPECT/CT 机房	内空尺寸为：7.6m×7.5m。四周墙体为 370mm 实心砖墙+2.5cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚的混凝土+2.5cm 厚硫酸钡水泥；防护门为 5mm 铅板；观察窗 5mm 铅玻璃。		瞬时剂量率不超过 2.5μSv/h；辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv
		放射性废物储存室	四周墙体为 370mm 实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土		
		甲亢室	西墙 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；东墙、北墙、南墙为 370mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥		

	甲功室	四周墙体为 370mm 实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土	
	分装注射室	北墙为 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；其他墙体为 370mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥；通风橱 20mm 铅当量；注射器防护盒 10mm 铅当量；铅衣 0.5mm 铅当量；注射窗 20mm 铅当量	
	VIP 候诊室	北墙、西墙、南墙 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；东墙为 240mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥	
	注射后候诊室	北墙 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；东墙、西墙为 240mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥	
	留观室	北墙 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；东墙、西墙、南墙为 240mm 厚实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥	
	运动候诊区	南墙 370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；东墙（SPECT/CT 控制室西墙）370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；西墙（分装注射室东墙）370mm 厚实心砖墙+3cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+3cm 厚硫酸钡水泥	
	<p>废水：放射性废水单独收集，经衰变池处理后排入医院污水处理站。医院拟在核医学科东侧地下设置衰变池，衰变池由化粪池、溢流池和 3 衰变池组成，衰变池总容积为 24m³。</p>		<p>超过 10 个半衰期接入医院污水处理站（总 $\alpha < 1\text{Bq/L}$、总 $\beta < 10\text{Bq/L}$）</p>
	<p>废气：该项目在在淋洗分装室设置一个防护为 20mmPb 的通风柜，淋洗、分装和测试操作均在通风柜内进行，通风柜设有独立通风管道，引至医技楼楼顶排放；为防止 ¹³¹I 沉积，核医学科整体设置排风系统。</p>		<p>减少放射性废气对工作人员的影响</p>

	<p>固废：使用放射性同位素 ^{99m}Tc、^{131}I 和 ^{125}I 操作过程中产生的如注射器、药杯、一次性手套、棉签、擦拭废纸、滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物储存 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置；放射性废物储存室设置放射性废物衰变桶，用于暂存放射性固废。</p> <p>吸附放射性废气产生的废活性炭作为危废处置</p>	不产生二次污染，废（物袋表面剂量小于 0.1mSv/h ，重量不超过 20kg ）
DSA	<p>①DSA 机房内空尺寸为：$8.06\text{m}\times 7.68\text{m}$。②DSA 四周墙体为 370mm 厚实心砖墙+1.5cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚的混凝土+1.5cm 厚硫酸钡水泥；防护门为 4mmPb 板；观察窗 4mm 铅玻璃。</p>	<p>瞬时剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$；辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv</p>
	设置动力排风装置	保持良好的通风
III类射线装置	<p>放疗科模拟定位 CT 机房内空尺寸为 $7.8\text{m}\times 6.8\text{m}$；四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃</p>	<p>瞬时剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$；辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv</p>
	<p>放射影像科 CT 机房内空尺寸为 $9.0\text{m}\times 5.3\text{m}$；四周墙体为 370mm 实心砖墙+1.5cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1.5cm 厚硫酸钡水泥；防护门 4mm 铅板、观察窗 4mm 铅玻璃</p>	
	<p>放射影像科数字肠胃机房内空尺寸为 $7.5\text{m}\times 5.46\text{m}$；四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃</p>	
	<p>放射影像科 DR 机房内空尺寸为 $9.0\text{m}\times 5.3\text{m}$；四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃</p>	
	<p>口腔全景机房放射影像科内空尺寸为 $4.96\text{m}\times 3.9\text{m}$；四周墙体为 370mm 实心砖墙+1cm 厚硫酸钡水泥；顶棚和底板为 180mm 厚混凝土+1cm 厚硫酸钡水泥；防护门 3.5mm 铅板、观察窗 3.5mm 铅玻璃</p>	
	<p>放射影像科乳腺钼靶机房内空尺寸为 $5.64\text{m}\times 4.64\text{m}$；四周墙体为 370mm 实心砖墙；顶棚和底板为 180mm 混凝土；防护门 2mm 铅板、观察窗 2mm 铅玻璃</p>	

		14号手术室（C臂机）净尺寸7.8m×6.7m；四周墙体为钢骨架+2mm铅板；顶棚、底板为100mm厚混凝土；防护门2mm铅板、观察窗2mm铅玻璃	
安全措施		机房外均拟张贴警示标志、安装工作状态指示灯；	按要求设置、张贴
		医用直线加速器设置视频监控，对讲系统，机房内设急停按钮，并设置设置门机联锁连锁；	
		其他射线装置机房设置通风，并设置门灯连锁；	
		放射性废物桶拟张贴电离辐射标志	
		岗位职责和操作规程等工作制度张贴上墙	
个人防护	防护设施	配置防护衣、防护围脖、铅屏风、铅围裙、铅背心、铅眼镜等防护用品	按要求配置/佩带
	监测仪器配备	配置1表面沾污仪、1台辐射剂量巡测仪、2台辐射剂量报警仪	配备；按要求送检，并确保运行正常
	辐射防护与安全培训	辐射工作人员参加辐射安全与防护培训取得培训合格证	辐射工作人员均取得培训合格证
	个人剂量监测	辐射工作人员均佩戴个人剂量计（介入操作医生进行双剂量片管理），委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案；DSA工作人员配置2个累积剂量计	按要求佩带/送检、建立档案
	职业健康	委托有资质的单位对辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案	按要求体检并建立档案
管理措施	管理机构	核医学科及医疗放射设备使用科室开展工作前，建立以院领导为第一责任人的辐射安全与防护管理领导小组构架辐射安全负责人应取得辐射安全与防护培训合格证	根据要求制定并执行
	管理制度	核医学科及医疗放射设备使用科室开展工作前，拟定辐射事故应急预案、辐射防护与安全保卫制度、辐射工作场所监测制度、个人剂量管理制度、培训和职业健康体检计划、操作规程、岗位职责、辐射设备维修保养制度等各项辐射安全管理制度	
以上措施应在项目投入使用前落实到位。			

13.2 环保投资

该项目总投资 8000 万元主要用于射线装置采购以及机房防护（机房建设投资已纳入院区建设项目投资估算）和防护用品采购，其中用于环境保护方面的投资约 352 万元，占项目总投资的 4.40%。该项目具体环保投资估算详见表 13-2。

表 13-2 项目环保投资估算表

序号	环保措施	环保投资（万元）
1	机房防护（硫酸钡水泥、铅门、铅玻璃等）、防护门及门机连锁系统；门灯连锁；工作指示灯及警示标志	240
2	防护设施（防护衣、防护围脖、铅屏风、铅围裙、铅背心等）、监测仪器	30
3	机房、核医学科通风排气（含降噪措施）	20
4	衰变池及独立管道系统、衰变池排风	30
5	放射废物桶若干	2
6	环境影响评价及竣工环保验收	30
7	合计	352

表 14 结论与建议

14.1 结论

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目主要建设内容包括：1 台医用电子直线加速器、1 台数字化减影血管造影机（DSA）、1 台 SPECT/CT 机、1 台模拟定位 CT 机、1 台 CT 机、1 台 DR 机、1 台数字胃肠机、1 台口腔全景机、1 台乳腺钼靶机、1 台 C 臂机，并建设核医学科（属于乙级非密封放射性物质工作场所），核医学科涉及使用的非密封放射性物质包括钨-99m、碘-131 和碘-125。该项目已获得砀山县发改委备案（见附件 2）。

14.1.1 可行性分析结论

1、产业政策符合性

对照《国家产业结构调整指导目录》（2019 年本）中“鼓励类”第三十七项“卫生健康”中第 6 条“全科医疗设施建设与服务”，本项目建设符合国家产业政策。

2、实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学在诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目符合所在地区医疗服务需要。因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

3、代价利益分析

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目符合所在地区医疗服务需要，有利于提高疾病的诊断正确率和有效治疗方案的提出，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

4、选址合理性

该项目放疗科位于住院楼，核医学科、放射影像科均位于医技楼。项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。项目周边 50m 范围内基本全处于院区地块范围，周边 200m 范围无环境敏感目标。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护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。

5、环境现状评价

安徽省海慈人民医院有限公司拟建核技术利用科室周围 X- γ 辐射剂量率在 0.11~0.12 μ Gy/h 之间。根据《安徽省环境状况公报》（2019 年）中数据显示，全省伽玛辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线贡献值）年均值为 101 纳戈瑞/小时，范围为 60~130 纳戈瑞/小时。由此可知，本项目建设位置周围环境监测值与安徽省天然贯穿辐射水平相当，属于正常本底范围。

安徽省海慈人民医院有限公司拟建地厂界昼间噪声在 49.7~52.3dB(A) 范围内，夜间噪声在 40.7~44.6dB(A) 范围内，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求（昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)）。

14.1.2 环境影响评价

14.1.2.1 非辐射环境影响

1、大气环境影响

医用直线加速器机房内的空气受到射线照射会产生一定量的臭氧和氮氧化物，若在机房内聚集，对机房的人员和设施均具有一定的危害。根据医院提供的设计材料，直线加速器机房设新风和排风管道，分别配备新风机和排风机，通风管道以 Z 型穿屏蔽墙。医用直线加速器机房容积约为 400m³，设计风量 2500m³/h，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“治疗室通风换气次数不应小于 4 次/h”的要求，臭氧及氮氧化物可得到有效扩散，环境影响不大。

2、声环境影响

由噪声影响分析和预测可知，直线加速器机房新风机、排风机均位于住院楼地下二层风机房，噪声源强较低，对医院东侧院区边界和院区内敏感建筑外（南侧住院楼）声环境预测值为 52.3dB(A)，与声环境现状相比基本无增加，能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

3、废水和固废处理措施依托可行性

本项目放射性废水已在医院院区环评《报告书》中予以考虑，放射性废水经衰变池储存衰变后达标接入院区污水处理站是可行的；DSA 介入手术新增医疗废物 0.2t/a，新增医疗废物占原医疗废物产生量 429.40t/a 的 0.05%，医院原拟设置的医疗废物暂存间（80

m²)能满足新增少量医疗废物的暂存需要;本项目拟新增工作人员约40人,新增生活污水1.6t/d,占医院《报告书》核算的废水量671.41m³/d的0.23%,医院污水处理站设计处理能力900m³/d,本项目依托医院污水处理设施可行;本项目拟新增工作人员约40人,新增生活垃圾20kg/d,占《报告书》核算的活垃圾产生量为91.25t/a的0.02%,原医院生活垃圾处置能力设计仍满足要求。

14.1.2.2 辐射环境影响

安徽省海慈人民医院有限公司医疗放射性设备采购项目采取的辐射安全和防护措施适当,能满足标准的屏蔽防护要求。

医用直线加速器:加速器正常运行时,加速器机房外关注点平均剂量率最大值0.464μSv/h,满足《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)要求;控制室职业工作人员的年有效剂量最大值为8.18×10⁻⁷mSv;机房周围公众人员的年有效剂量最大值为0.023mSv,均满足《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(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)要求。

核医学科:根据预测结果可知,在正常工作状态下,核医学科辐射工作人员所受最大附加剂量为0.179mSv/a,公众所受最大附加剂量为0.068mSv/a,均低于管理限值(辐射工作人员年有效剂量不超过5mSv,公众年有效剂量不超过0.25mSv),符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB188 71-2002)中关于“剂量限值”的要求。实际上由于病人身体对放射性药物也有一定的屏蔽作用,且随着时间有一定衰减,辐射剂量也随之降低。

DSA及III类射线装置:从机房符合性分析可知,机房屏蔽防护措施、面积及最小单边长度均能够满足《医用X射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)的要求。根据类比分析,DSA正常工作状态下机房周围辐射剂量率能够满足《医用X射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)的要求,对机房周围环境影响较小。

14.1.3 总结论

综上所述,安徽省海慈人民医院有限公司(安徽海慈医院)医疗放射性设备采购项目符合实践正当性原则,采取的辐射安全和防护措施适当,辐射工作人员及周围公众受到的

年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，在认真落实环评提出的要求，项目建成前需完善辐射安全与环境保护管理机构 and 各项制度的前提下，从辐射安全和环境影响的角度而言，安徽省海慈人民医院有限公司（安徽海慈医院）医疗放射性设备采购项目的建设 and 运行是可行的。

14.2 建议与承诺

- （1）医院实际建设内容与本报告不符需按照要求进行变更或重新报批。
- （2）按照本报告提出的环保措施进行项目建设并配置环保设施。
- （3）及时向宿州市生态环境局申领辐射安全许可证，未取得辐射安全许可证相关设备不得投入使用。
- （4）项目建成后及时进行竣工环保验收
- （5）加强运营过程中的辐射安全管理。

下一级环保部门意见

经办人签字

公章

年 月 日

审批意见

经办人签字

公章

年 月 日