

核技术利用建设项目

蚌埠市第三人民医院  
急救医学中心外科大楼核技术应用项目  
环境影响报告表  
(公示本)

蚌埠市第三人民医院

2020年6月

环境保护部监制

# 核技术利用建设项目

## 蚌埠市第三人民医院

### 急救医学中心外科大楼核技术应用项目

#### 环境影响报告表

(公示本)

建设单位名称：蚌埠市第三人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：\*\*\*

通讯地址：蚌埠市胜利中路 38 号

邮政编码：233099

联系人：\*\*\*

电子邮箱：\*\*\*

联系电话：\*\*\*

## 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	10
表 3 非密封放射性物质.....	10
表 4 射线装置.....	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	12
表 6 评价依据.....	13
表 7 保护目标与评价标准.....	15
表 8 环境质量和辐射现状.....	24
表 9 项目工程分析与源项.....	28
表 10 辐射安全与防护.....	44
表 11 环境影响分析.....	63
表 12 辐射安全管理.....	108
表 13 结论与建议.....	116
表 14 审批.....	119

## 附图

项目地理位置图

医院总平面布局示意图

项目拟建场址周边关系示意图

项目拟建地及四周环境现状照片

## 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		蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼核技术应用项目			
建设单位		蚌埠市第三人民医院			
法人代表	余汉峰	联系人	邱菊	联系电话	***
注册地址		蚌埠市胜利中路 38 号			
项目建设地点		蚌埠市胜利中路 38 号蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼			
立项审批部门		蚌埠市发展和改革委员会	批准文号	蚌发改社会[2018]74 号	
建设项目总投资（万元）	4200	项目环保投资（万元）	300	投资比例（环保投资/总投资）	7.14%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		建筑面积(m <sup>2</sup> )	/
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
<p><b>1.1 建设单位简介</b></p> <p>蚌埠市第三人民医院成立于 1953 年 11 月 3 日，2004 年经市政府批准增名“蚌埠市中心医院”，1996 年被国家原卫生部授予三级甲等医院，是安徽省首批集医、教、研、防为一体的地市级三甲医院。医院现有职工 1379 人，其中高级专业技术人员 216 人，博士、硕士生 152 人，硕士研究生导师 42 人，江淮名医 6 人，安徽省名中医 1 名，省市级专业学会主委、副主委、常委 89 人。拥有国家级救治中心 1 个，区域救治中心 1 个，省级重点学科 5 个，市级重点学科和 11 个，市级质控中心 24 个、市项目管理办公室 1 个。目前医院开放床位 1112 张，专科设置齐全，设有临床科室 31 个，医技科室 9 个。</p> <p>医院为适应发展，满足广大患者就医需要，在现有院区西侧，健康路西侧、中山街</p>					

以东、体育路北侧建设急救医学中心外科大楼，为一栋地下 2 层、地上 22 层、裙房 7 层的建筑物。急救医学中心外科大楼已取得原蚌埠市环境保护局的环评批复，批复文号为蚌环经许[2018]5 号（批复见附件 4）。

## 1.2 建设内容及规模

医院为了开辟新的诊疗手段，改善病人诊疗条件，并提高医疗机构的放射诊断和治疗技术能力和服务水平，拟在急救医学中心外科大楼地下二层放疗中心配置一台头部多源 $\gamma$  射束立体定向放射治疗系统（以下简称“伽玛刀（头部）”）和一台直线加速器，四层手术中心杂交手术室配置一台 DSA 装置。本项目伽玛刀（头部）安装于放疗中心伽玛刀机房内，用于头部肿瘤的治疗，型号为医科达 Perflexion 型，伽玛刀内含 192 枚  $^{60}\text{Co}$  放射源，单枚源初始活度为  $1.21 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，总初始装源活度为  $2.33 \times 10^{14}\text{Bq}$ （6300Ci），单枚为 II 类放射源，整体为 I 类放射源。直线加速器安装于放疗中心直线加速器机房内，用于肿瘤放射治疗，型号待定，最大 X 射线能量 10MV，最大电子线能量 20MeV，为 II 类射线装置。DSA 装置安装于四层手术中心杂交手术室内，用于介入治疗，型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，为 II 类射线装置。

本项目组成及主要环境问题详见表 1.2-1。

表 1.2-1 项目组成及主要环境问题一览表

建设内容	工程名称	组成	主要环境问题	
			施工期	运行期
伽玛刀	主体工程	伽玛刀机房 1 间，有效使用面积为 $53.25\text{m}^2$ （不含迷路，其中迷路面积为 $16.5\text{m}^2$ ），机房尺寸为 $7.5\text{m} \times 7.1\text{m} \times 4.0\text{m}$ ，迷路为直迷路。	施工废水、扬尘，建筑垃圾、噪声等以及伽玛刀安装调试中的 $\gamma$ 射线、臭氧。	$\gamma$ 射线，臭氧及氮氧化物和废放射源。
	辅助工程	控制室 1 间（ $23.24\text{m}^2$ ），伽玛刀定位计划室 1 间（ $23.97\text{m}^2$ ）。	施工废水、扬尘，建筑垃圾，施工机械噪声。	/
	环保工程	设置独立的通排风系统，排风量为 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，通风换气次数均为 6 次/h。	/	/
	依托工程	生活污水和办公垃圾依托医院的公共污水处理设施和固废储存库等设施。	施工废水、扬尘，建筑垃圾，施工机械噪声。	生活污水、办公垃圾
直线加速器	主体工程	加速器机房 1 间，有效使用面积为 $51.06\text{m}^2$ （不含迷路，其中迷路面积为 $19.35\text{m}^2$ ），机房尺寸为 $7.4\text{m} \times 6.9\text{m} \times 3.9\text{m}$ ；加速器主射束照射方向为东墙、西墙、顶棚和地面；迷路为直迷路。	施工废水、扬尘，建筑垃圾，施工机械噪声等以及安装调试中的 X 射线、臭氧。	X 射线、电子线，臭氧及氮氧化物等。
	辅助工程	控制室 1 间（ $53.22\text{m}^2$ ，和模拟定位机共用）；体模室（ $18.63\text{m}^2$ ）和水冷机房（ $15.87\text{m}^2$ ）各 1 间。	施工废水、扬尘，建筑垃圾，施工机械噪声。	/

	环保工程	直线加速器机房设置新风系统和排风系统，排风量均为 1500m <sup>3</sup> /h；治疗室通风换气次数均为 6 次/h。	/	/
	依托工程	依托放疗中心拟新增模拟定位机(另行办理环境影响登记备案)，位于直线加速器机房北侧；直线加速器生活污水和办公垃圾依托医院的公共污水处理设施和固废储存库等设施。	施工废水、扬尘，建筑垃圾，施工机械噪声。	生活污水、办公垃圾
DSA 装置	主体工程	DSA 机房 1 间，机房有效使用面积为 69.51m <sup>2</sup> ，机房尺寸为 7.1m×9.8m×4.0m。	施工废水、扬尘，建筑垃圾，施工机械噪声等以及安装调试中的X射线、臭氧。	X射线，臭氧及氮氧化物等。
	辅助工程	DSA 控制室 1 间 (21.14m <sup>2</sup> )、设备间 1 间 (14.75m <sup>2</sup> )。	施工废水、扬尘，建筑垃圾，施工机械噪声。	/
	环保工程	机房内设置排风系统，排风量为 400m <sup>3</sup> /h。	/	/
	依托工程	生活污水和办公垃圾依托医院的公共污水处理设施和固废储存库等设施。	施工废水、扬尘，建筑垃圾，施工机械噪声。	生活污水、办公垃圾

本项目使用放射源情况见表 1.2-2，射线装置情况见表 1.2-3。

表 1.2-2 本项目使用放射源情况一览表

序号	设备名称	设备型号	放射源名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	活动种类	分类级别	工作场所名称	备注
1	伽玛刀 (头部)	医科达 Perfexion	<sup>60</sup> Co	2.33×10 <sup>14</sup> Bq / 1.21×10 <sup>12</sup> Bq×192	使用	II类放射源，整体参照 I 类放射源管理	放疗中心伽玛刀机房	新增

表 1.2-3 本项目射线装置情况

序号	装置名称	射线装置类别	数量	参数	活动种类	工作场所名称	备注
1	10MV 直线加速器	II类	1 台	X 最大射线能量:10MV/有用线束距靶 1m 处的最大治疗剂量率:6Gy/min	使用	放疗中心直线加速器机房	新增
2	DSA	II类	1 台	最大管电压:125kV/最大管电流:1000mA	使用	手术中心杂交手术室	新增

### 1.3 项目劳动定员与工作制度

#### 1.3.1 劳动定员

本项目伽玛刀治疗系统拟配备辐射工作人员 4 名，直线加速器配备辐射工作人员 5 名，DSA 装置由多个具有介入手术指征的科室共同使用，辐射工作人员人数待定。根据医院计划，部分辐射工作人员为内部调配，部分为新聘，医院确保从事本项目辐射工作后不再从事其他辐射岗位的工作。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部

公告 2019 年第 57 号)，本项目新增的辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗，现有人员调配的在辐射安全与防护培训合格证书到期后按时接受再培训。

### **1.3.2 工作制度**

本项目辐射工作人员每年工作 250 天，每天工作 8 小时，实行白班单班制。

## **1.4 任务由来和目的**

### **1.4.1 任务由来**

为加强辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保放射源和射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《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》和《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号）及《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》（生态环境部令第 1 号），本项目需编制环境影响评价报告表。为保护环境，保障公众健康，蚌埠市第三人民医院特委托中辐环境科技有限公司对该项目进行辐射环境影响评价。评价单位接受委托后，组织了工程技术人员现场踏勘与调查，充分收集相关资料，依照有关法律法规编制完成了该项目辐射环境影响报告表。

### **1.4.2 评价目的**

对项目拟建地及周围进行辐射环境质量现状监测，了解辐射环境现状水平，并对拟开展的核技术应用项目运行后的环境影响进行预测评价，掌握其运行后项目周围的辐射水平，对不利影响和存在的问题提出防治措施，把环境影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”，为该项目的辐射环境管理提供科学依据，最终满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求。

## **1.5 项目选址及周边环境概述**

### **1.5.1 地理位置**

蚌埠市第三人民医院地址位于蚌埠市胜利中路 38 号，本项目辐射活动场所位于蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼内，位于现有院区西侧。医院地理位置见附图 1。

### **1.5.2 项目平面布局及周边环境关系**



本项目辐射活动场所位于蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼内，大楼东侧为医院现有院区；南侧为体育路，隔路为公交场站；西侧为中山街，隔街为金地阳光小区；北侧为中国移动和蚌埠市邮政局大楼。

本项目伽玛刀（头部）位于地下二层中部偏北位置，直线加速器位于地下二层东部中间位置，DSA 装置位于四层北部位置。伽玛刀工作区域主要包括伽玛刀机房、控制室、登记预约室、候诊大厅、伽玛刀定位计划室等，该区域东面为粒子植入室、铅膜室、走廊、模拟定位机及直线加速器相关区域，北面为走廊、值班更衣室和排风机房，南面为卫生间、走廊、物理室、计划治疗室和诊室，西侧为地下车库，楼上为地下一层车库和空调机房，楼下为基土层。直线加速器工作区域主要包括直线加速器机房、控制室、水冷机房、准备室及配套的模拟定位机、候诊大厅等，该区域东面为土层，北面为模拟定位机和控制室，南面为新风机房、电梯和电梯厅，西侧为候诊大厅，楼上为库房和高压氧候诊区，楼下为基土层。DSA 装置工作区域主要包括杂交手术室、控制室和设备间，该区域东面为相邻手术室和一次性物品间，北面为污物廊，南面为洁净内走廊，西侧为无菌物品间、洁净内走廊和污物廊，楼上为手术室净化机房，楼下为数字胃肠机房。

本项目各辐射工作场所离西侧的金地阳光小区的最近距离为 70m，离北侧的中国移动和蚌埠市邮政局大楼的最近距离为 30m，离东南侧的蚌埠市财税楼 71m。

医院地理位置图见附图 1，医院总平面布置图见附图 2，周围外环境关系图见附图 3。伽玛刀和直线加速器所在地下二层平面布置图见附图 4，楼上地下一层平面布置图见附图 5，DSA 装置所在四层及楼下、楼上平面布置图见附图 6~8。

## 1.6 选址合理性分析

本项目位于蚌埠市第三人民医院院区内，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地，本项目伽玛刀（头部）、直线加速器和 DSA 装置机房均有相应的屏蔽设计，通过后文环境影响分析可知，经辐射屏蔽措施后，本项目的运行对周围环境的影响是可接受的。

本项目避开了医院内人流较大的区域，通过后文环境影响分析对周围环境的影响是可接受的。

根据《安徽省生态保护红线》本项目不在生态红线范围内，与最近的生态红线（淮河蚌埠段四大家鱼长春鳊省级水产种质资源保护区）相距 7 公里。因此，本项目的建设符合《安徽省生态保护红线》的要求。

综上所述，本项目的选址是合理的。

## 1.7 产业政策符合性分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019年本）》中第六项“核能”中第6款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”和第十三项“医药”中第5款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

## 1.8 “三线一单”相符性分析

### （1）与生态保护红线相符性分析

本项目选址位于蚌埠市第三人民医院院内，不新增占地，无生态环境破坏，医院已建成多年，项目用地为医疗卫生用地，根据《安徽省生态保护红线》本项目不在生态红线范围内，与最近的生态红线（淮河蚌埠段四大家鱼长春鳊省级水产种质资源保护区）相距7公里。因此，本项目的建设符合《安徽省生态保护红线》的要求。

### （2）环境质量底线

本项目废水排放、固体废物处置依托急救医学中心外科大楼建设，根据外科大楼环评及批复文件，废水排入医院新建的污水处理站处理后排入蚌埠市第二污水处理厂。医疗废物属危险废物，委托有危险废物处置资质的单位处置，生活垃圾、废弃医药包装材料等一般固体废物交当地环卫部门清运处置。本项目伽玛刀（头部）、直线加速器和 DSA 装置均为医疗用放射治疗装置，设备成熟，运行时产生的噪声很小，且均位于机房内部，经机房有效屏蔽后对外界不造成噪声影响，所依托的排风风机、空调系统等公建配套设施均采用低噪声设备，对有振动的设备进行隔振处理，高噪声设备设置在机房内，安装减震器等降噪措施后，项目噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类和 4 类标准的限制要求。本项目伽玛刀和直线加速器机房产生的臭氧等均通过排风管道引至楼顶高空排放，高出屋脊 2m，排放口周围扩散条件较好。

本项目在严格落实环境保护及管理措施情况下，产生的废气、废水、噪声、固废均可做到达标排放或者有效处置，不会降低区域环境质量功能等级。项目在落实各项屏蔽措施和辐射安全管理设施和措施前提下，对所在区域的辐射环境影响甚微，均可满足相

关限值要求和管理规定。

综上所述，本项目建设不会突破环境质量底线。

### (3) 资源利用上线

本项目运营期间，消耗一定量的电源、水资源，该项目涉及的职工食堂、给排水、应急电源等相关公、辅工程均利用依托设施，项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，基本不会增加资源的利用量，符合资源利用上线要求。

### (4) 环境准入负面清单

对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，该项目属于国家鼓励类项目，符合当前国家产业政策要求，故不属于环境准入负面清单内的项目。

综上所述，本项目建设满足生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，且不在环境准入负面清单中，符合“三线一单”环保要求。

## 1.9 原有核技术应用项目许可情况

蚌埠市第三人民医院于 2011 年 9 月申请获得辐射安全许可证，发证单位为原安徽省环境保护厅，证书编号为皖环辐证【01548】，许可使用 1 台 II 类射线装置和 12 台 III 类射线装置。2018 年 1 月由原蚌埠市环境保护局重新核发，有效期至 2022 年 9 月 27 日，活动种类和范围为：使用 II、III 类射线装置。医院目前共许可使用 18 台射线装置（1 台 II 类、17 台 III 类）。

2014 年 11 月蚌埠市第三人民医院委托安徽省公共气象服务中心对新增 DSA 等医用射线装置项目进行了环境影响评价，于 2015 年 4 月取得了原安徽省环境保护厅的批复，批复号为皖环函[2015]462 号。2019 年 6 月蚌埠市第三人民医院委托核工业二七 0 研究所对 1 台数字减影血管造影机进行了验收，并经验收评审后出具了同意通过环境保护验收的意见（附件 5）。

医院原有核技术利用项目许可情况见表 1.9-1。

表 1.9-1 现有已许可的射线装置明细表

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	许可时间
1	西门子 CIOS SELECT	CIOS SELECT	III 类	手术室	2018 年
2	DSA	FD-20	II 类	介入室	2015 年
3	DR	SEDECAL	III 类	一机房	2015 年
4	X 射线机	F50	III 类	放射科二楼	2011 年
5	DR	SEDECAL	III 类	二机房	2015 年
6	CT	TSX-101A	III 类	CT 一楼	2015 年

7	移动 X 射线机	30MA	III 类	放射科二楼	2011 年
8	X 射线机	F30	III 类	放射科二楼	2011 年
9	X 射线机	F30	III 类	放射科二楼	2011 年
10	口腔全景机	0C100	III 类	原 DSA 机房	2011 年
11	数字胃肠机	PS800	III 类	三机房	2011 年
12	移动牙片机	MSD-III	III 类	口腔科五楼	2011 年
13	DR	OPTRMUS65	III 类	四机房	2011 年
14	C 臂	SIREMOBIL	III 类	手术室	2011 年
15	X 射线机	PLD8800	III 类	妇儿楼二楼	2011 年
16	移动 X 射线机	30MA	III 类	放射科二楼	2011 年
17	移动 X 射线机	F30	III 类	放射科二楼	2011 年
18	CT 机	Light speed	III 类	CT 一楼	2011 年

### 1.10 医院辐射管理现状

(1) 目前，医院已有辐射工作人员 81 人，全部参加了辐射安全与防护培训并取得了合格证书。

(3) 医院现有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，并定期委托中国建材检验认证集团安徽有限公司开展个人剂量检测。2019 年度全年四季度辐射工作人员个人剂量检测报告统计结果显示辐射工作人员年有效剂量最大值为 3.9243mSv，满足 GB18871-2002 中职业人员相关剂量限值 and 年有效剂量管理约束值的要求。2019 年 12 月新入职的 11 名辐射工作人员于 2019 年 12 月 15 日方才取得从事辐射安全与防护培训合格，尚未开展辐射工作，未进行个人剂量监测，医院应及时为辐射工作人员配备个人剂量计，按期送检，并建立个人剂量档案。

(4) 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射工作人员职业健康管理暂行办法》的要求，医院为保护辐射工作人员身体健康，于 2018 年对辐射工作人员进行了上岗前和在岗期间职业健康体检，其体检结果均未发现异常，可以继续从事放射性工作。医院承诺为未参加职业健康体检的辐射工作人员及近一两年新增辐射工作人员尽快安排体检。

(5) 2019 年医院已委托安徽祥源科技股份有限公司对医院现有辐射工作场所进行了监测，辐射工作场所的剂量率均能满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》的要求。

(6) 医院已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规的要求，设立了放射安全管理组织。放射

安全管理组织成立了领导小组，组长由张旭（副院长）担任，另有副组长 1 人，成员 7 人，领导小组统筹协调全院放射安全管理工作，领导小组下设办公室，办公室主任具体负责全院放射安全日常管理工作，各成员职责明确，分工清晰，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。

（7）医院制定了相关辐射管理规章制度，包括《个人剂量监测制度》、《个人剂量计佩戴管理规定》、《受检者告知制度》、《工作场所防护及性能监测制度》、《放射性废物处理的规定》、《质量控制与安全防护管理制度》、《仪器设备维修制度》、《辐射安全防护自行检查和评估制度》、《放射源台账管理制度》、《放射诊疗质量保证大纲和质量检测计划》、《DSA 操作规程》、《辐射安全培训制度》和《突发性放射安全事件应急预案》，医院制定的辐射安全管理制度具有一定的针对性和可操作性，可以满足原有项目运行的管理需求。

（8）医院制定了辐射事故应急预案，成立了突发放射安全事件应急指挥部，明确了突发放射安全事件应急指挥部的工作职责，规定了应急处理程序，平时需做好放射事故应急准备工作，一旦有事故发生时能按照程序启动应急方案。

（9）蚌埠市第三人民医院开展放射工作至今，未发生过辐射安全事故（件）。

**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
1	<sup>60</sup> Co	2.33×10 <sup>14</sup> Bq /1.21×10 <sup>12</sup> Bq×192	II类放射源, 整体参照 I类放射源管理	使用	放射治疗	外科大楼地下二层放 疗中心伽玛刀机房内	储存方式: 密封安装在治 疗机头内。 地点: 放疗中心伽玛刀机 房内	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

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

**表 4 射线装置**

**(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器**

序号	装置名称	类别	数量	型号	加速 粒籽	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	直线加速器	II	1	待定	电子	X 射线能量：10MV 最大电子线能量： 20MeV	有用线束距靶 1m 处的最大 治疗剂量率为 6Gy/min	放射 治疗	外科大楼地下二层放疗 中心直线加速器机房内	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

**(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	装置名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	待定	125	1000	影像诊断和介 入治疗	外科大楼四层手术中心杂交手术室 内	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

**(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 (Bq)	年排放总量 (Bq)	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废弃放射源	固体	<sup>60</sup> Co	—	—	使用 6 年左右更换新源	—	伽玛刀机房内	厂家回收
臭氧、二氧化氮	气态	—	—	少量	少量	—	不暂存	通过排风系统排入外环境
加速器废靶	固态	<sup>54</sup> Mn	$\leq 1 \times 10^6 \text{Bq}$	/	/	—	直线加速器机房内	委托有资质单位检测，如满足清洁解控要求，按一般固体废物处理，反之，按放射性废物由直线加速器厂家负责回收。

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/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度 (Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>) 和活度 (Bq)。



**表 6 评价依据**

<p>法 规 文 件</p>	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2015 年 1 月 1 日起施行);</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第 24 号 2018 年修订, 2018 年 12 月 29 日起施行);</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号, 2003 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(5)《关于修改&lt;建设项目环境影响评价分类管理名录&gt;部分内容的决定》(生态环境部令第 1 号, 2018 年 4 月 28 日起施行);</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号, 2005 年 12 月 1 日起施行, 2014 年 7 月 29 日第一次修订, 2019 年 3 月 2 日第二次修订);</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(生态环境部部令第 7 号修正, 自 2019 年 8 月 22 日起施行);</p> <p>(8)《突发环境事件应急管理办法》(环境保护部令第 34 号, 2015 年 6 月 5 日起施行);</p> <p>(9)《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, 2011 年 5 月 1 日起施行);</p> <p>(10)《关于发布放射源分类办法的公告》(原国家环境保护总局公告, 2005 年第 62 号, 2006 年 12 月 23 日起实施);</p> <p>(11)《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》(环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 5 日起施行);</p> <p>(12)《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>(13)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(中华人民共和国环境保护部, 环办辐射函〔2016〕430 号);</p> <p>(14)《安徽省环境保护条例》(安徽省人大常委会公告第 66 号, 自 2018 年 1</p>
----------------------------	--

	<p>月 1 日起施行);</p> <p>(15)《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>
技 术 标 准	<p>(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001);</p> <p>(4)《环境地表 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93);</p> <p>(5)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(6)《医疗照射防护基本要求》(GB179-2006);</p> <p>(7)《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013);</p> <p>(8)《医用 <math>\gamma</math> 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ 161-2004);</p> <p>(9)《密封放射源及密封 <math>\gamma</math> 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006);</p> <p>(10)《X, <math>\gamma</math> 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ168-2005);</p> <p>(11)《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009);</p> <p>(12)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T 201.1-2007);</p> <p>(13)《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);</p> <p>(14)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: <math>\gamma</math> 射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014);</p> <p>(15)《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)。</p>
其 他	<p>(1) 蚌埠市第三人民医院环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 项目设计图纸;</p> <p>(3) 蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼环境影响报告书及批复;</p> <p>(4) 发改委立项批复;</p> <p>(5) 医院提供的与本项目有关的各种资料;</p> <p>(6) 《安徽省环境状况公报》(2018 年)。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

**辐射环境：**根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定，结合项目特点，确定本项目评价范围为该项目核技术应用辐射工作场所实体屏蔽墙体外周围 50m 的区域，具体范围见附图 3。

**声环境：**本项目各医疗设备均采用先进的医疗设备，噪声级较小，且都位于室内，医疗设备运行产生的噪声很小。辐射设备运行时空气被电离产生臭氧和氮氧化物等有害气体，需通过通排风系统排出，因本项目各辐射设备只在白天使用，所以用于机房通排风的排风风机只在白天运行，结合项目实际情况，确定本项目主要声源为排风风机。本项目伽玛刀和直线加速器机房排风管道排风机位于地下二层的排风机房内，DSA 机房排放管道排风机位于四层的排风机房内，为防止风机对医院医疗环境等造成噪声影响，医院所有排风机设备在采购时均采购低噪声设备，采取地下或室内安装、基础减振措施，通风管道均采用软性接头，噪声对周围声环境的影响很小。本项目南侧为体育路、西侧为中山街、北侧隔中国移动和邮政局大楼为胜利路，体育路、中山街均为城市次干道，胜利路为城市主干道，项目周围道路交通噪声较大，项目所在区域属 2 类/4a 类声环境功能区，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2009）的要求，确定本项目声环境影响评价范围为以室内排风风机为中心的半径 50m 的区域。

### 7.2 保护目标

**辐射环境：**根据现场踏勘及项目周边环境调查分析，本项目 50m 评价范围除北侧外涉及部分院外区域，主要建筑物为中国移动和邮政局大楼，其他区域均为医院内部区域。确定本项目辐射环境保护目标为本项目的辐射工作人员及评价范围内的医院医务人员、公众人员。

**声环境：**声环境评价范围内的医院区域。

本项目评价范围内环境保护目标信息详见表 7.2-1。

表7.2-1 环境保护目标一览表

项目	保护目标	性质	位置	距离辐射源最近距离 (m)	规模
辐射环境	伽玛刀辐射工作人员	职业人员	伽玛刀机房、控制室、伽玛刀定位计划室	紧邻	4 人

	直线加速器辐射工作人员	职业人员	控制室、水冷机房、体膜室等	7.6	5人
	DSA装置辐射工作人员	职业人员	杂交手术室、控制室、设备间和走廊等	紧邻	待定
	医院非本项目辐射工作人员	职业人员	外科大楼、病房楼、门诊楼等院内区域	9	约81人
	医院非辐射工作人员	公众	外科大楼、病房楼、门诊楼等院内区域	4	>1300人
	地下二层公众	公众	候诊大厅、诊室、工程配套设备用房、电梯、楼梯和地下车库	5	流动人员
	地下二层楼上公众	公众	外科大楼地下二层以上区域	4	流动人员
	病房楼公众	公众	东南侧病房楼	20	流动人员
	门诊楼公众	公众	东北侧门诊楼	16	流动人员
	院内道路、空地公众	公众	外科大楼四周	6	流动人员
	中国移动和邮政局大楼公众	公众	北侧30m处	30	约200人
声环境	蚌埠市第三人民医院	公众	院内	50m评价范围内	>1500人

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

#### (1) 防护与安全的最优化

**4.3.3.1 款** 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

#### (2) 剂量限值

##### ① 职业照射

**4.3.2.1 款** 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

**B1.1.1.1 款** 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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;

- b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv;
- c) 眼晶体的年当量剂量, 150mSv;
- d) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv;
- e) 其中, 对于年龄为16到18岁徒工或学生年有效剂量, 6mSv。

本项目取其四分之一即不超过 5mSv 作为剂量约束值。

## ②公众照射

**B1.2.1 款** 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

- a) 年有效剂量, 1mSv;

本项目取其四分之一即不超过 0.25mSv 作为剂量约束值。

## (3) 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。

## 7.3.2 《X、 $\gamma$ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005)

6.1  $\gamma$ -刀或 X-刀治疗室应独立建筑或设置在建筑物底层的一端, 面积应不小于 30m<sup>2</sup>, 层高应不低于 3.5m。

6.2 治疗室建筑应有满足防护要求的屏蔽厚度, 保证在距治疗墙体外 30cm 可达界面处停留的医务人员(不含放射工作人员)或其他公众成员所受到的平均年有效剂量不超过 1mSv, 该处因透射产生的空气比释动能率一般应不大于 2.5 $\mu$ Gy/h。必要时治疗室入口处采用迷路形式。

6.3 控制室操作台与防护门至少应有两种以上安全连锁装置。治疗室内应安装能紧急终止照射的应急开关。入口处应设置显示治疗源工作状态的讯号灯。

6.4 控制室与治疗室应设有观察患者状态的影像监控装置和与患者交流的对讲装置。

6.5  $\gamma$ -刀治疗室应配置固定式剂量监测报警装置。

6.6 治疗室内应有良好的通风，机械通风换气次数一般为每小时 3~4 次。

### 7.3.3 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)

#### 6 治疗室防护和安全操作要求

6.1.1 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 $\mu$ 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 45m<sup>2</sup>。

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。

6.1.9 相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的照射指示灯及辐射标志。

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

### 7.3.4 《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)

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 7.3-1。

表 7.3-1 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。
------	------	----------	---

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

#### 4.2 剂量控制要求

##### 4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平

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

治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b) 两种情况控制:

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

b)除 4.2.2 中 a)的条件外,应考虑下列情况:

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

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

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

### 7.3.6 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: $\gamma$ 射线源放射治疗机房》 (GBZ/T 201.3-2014)

本项目伽玛刀预测方法主要依据 GBZ/T 201.3-2014。另外:

#### 4.1 剂量控制要求

##### 4.2.1 治疗机房墙外和入口门外关注点的剂量率参考控制水平

a) 使用放射治疗年工作负荷、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  $H_c(\mu\text{Sv}/\text{周})$ 求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $H_{c,d}(\mu\text{Sv}/h)$ :

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

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

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

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

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

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

##### 4.1.2 治疗机房顶的剂量控制要求

治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b)两种情况控制:

a) 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立角区域时,距治疗机房顶外表面 30cm 处和(或)在该立角区域内的高层建筑物中人员驻留处,可以根据机房外周围剂量参考控制水平



$H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 和最高剂量率  $H_{c,\text{max}} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，按照 4.1.1 求得关注点的剂量率参考控制水平  $H_c$  加以控制。

b) 除 4.1.2 中 a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的剂量（率）的总和，应按 4.1.2 中的 a) 确定关注点的剂量率参考控制水平  $H_c$  加以控制；

2) 穿出治疗机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量  $250\mu\text{Sv}$  加以控制；

3) 对无人员停留并只有借助工具才能进入的机房顶，考虑上述 1) 和 2) 之后，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$  加以控制。

### 7.3.7 《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ130-2013）

(1) 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  $400\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

(2) 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。

(3) 每台 X 射线机（不含移动式或便携式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积，最小单边长度应不小于表 7.3-2 要求。

表 7.3-2 X 射线机机房使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面 $\text{m}^2$	机房内最小单边长 $\text{m}$
单管头 X 射线机 <sup>b</sup>	20	3.5

(4) X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求

① 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 7.3-3 要求。

表 7.3-3 X 射线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 $\text{mm}$	非有用线束方向铅当 $\text{mm}$
介入 X 射线设备机房	2	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 D。

③ 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。

(5) 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：

①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 $\mu$ Sv/h；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

②CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h，其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv，测量时，测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

(6) 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。

(7) 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。

(8) 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。

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

(10) 根据工作内容现场应配备不少于表 7.3-4 基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅防护服；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.25mmPb；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.5mmPb。

表 7.3-4 个人防护用品好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、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护屏、床侧防护帘 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：“——”表示不要求。

### **7.3.8 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)**

4.1.2 款 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。

### **7.3.9 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)**

第 12.2.3.1 款 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。

第 12.2.3.2 款 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。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和辐射工作场所概况

本项目辐射活动场所位于蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼内，大楼东侧为医院现有院区；南侧为体育路，隔路为公交场站；西侧为中山街，隔街为金地阳光小区；北侧为中国移动和蚌埠市邮政局大楼。

本项目伽玛刀（头部）位于地下二层中部偏北位置，直线加速器位于地下二层东部中间位置，DSA 装置位于四层北部位置。伽玛刀工作区域主要包括伽玛刀机房、控制室、登记预约室、候诊大厅、伽玛刀定位计划室等，该区域东面为粒子植入室、铅膜室、走廊、模拟定位机及直线加速器相关区域，北面为走廊、值班更衣室和排风机房，南面为卫生间、走廊、物理室、计划治疗室和诊室，西侧为地下车库，楼上为地下一层车库和空调机房，楼下为基土层。直线加速器工作区域主要包括直线加速器机房、控制室、水冷机房、准备室及配套的模拟定位机、候诊大厅等，该区域东面为土层，北面为模拟定位机和控制室，南面为新风机房、电梯和电梯厅，西侧为候诊大厅，楼上为库房和高压氧候诊区，楼下为基土层。DSA 装置工作区域主要包括杂交手术室、控制室和设备间，该区域东面为相邻手术室和一次性物品间，北面为污物廊，南面为洁净内走廊，西侧为无菌物品间、洁净内走廊和污物廊，楼上为手术室净化机房，楼下为数字胃肠机房。

本项目各辐射工作场所离西侧的金地阳光小区的最近距离为 70m，离北侧的中国移动和蚌埠市邮政局大楼的最近距离为 30m，离东南侧的蚌埠市财税楼 71m。

医院地理位置图见附图 1，医院总平面布置图见附图 2，周围外环境关系图见附图 3。伽玛刀和直线加速器所在地下二层平面布置图见附图 4，楼上地下一层平面布置图见附图 5，DSA 装置所在四层及楼下、楼上平面布置图见附图 6~8。

根据《安徽省生态保护红线》本项目不在生态红线范围内，与最近的生态红线（淮河蚌埠段四大家鱼长春鳊省级水产种质资源保护区）相距 7 公里。因此，本项目的建设符合《安徽省生态保护红线》的要求。

### 8.2 辐射环境现状评价

为了解项目拟建位置周围的 X- $\gamma$  辐射环境现状水平，环评单位委托浙江建安检测研究院有限公司于 2019 年 12 月 30 日对拟建地的辐射环境本底进行了监测。

#### （1）监测目的

本次监测目的为了解项目拟建地周围辐射环境背景水平。

(2) 监测项目

$\gamma$  射线吸收剂量率

(3) 监测方法

依据《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93)、《辐射环境检测技术规范》(HJ/T61-2001) 的要求和方法进行现场监测。

(4) 监测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布设监测点。监测点位图详见图 8.2-1。

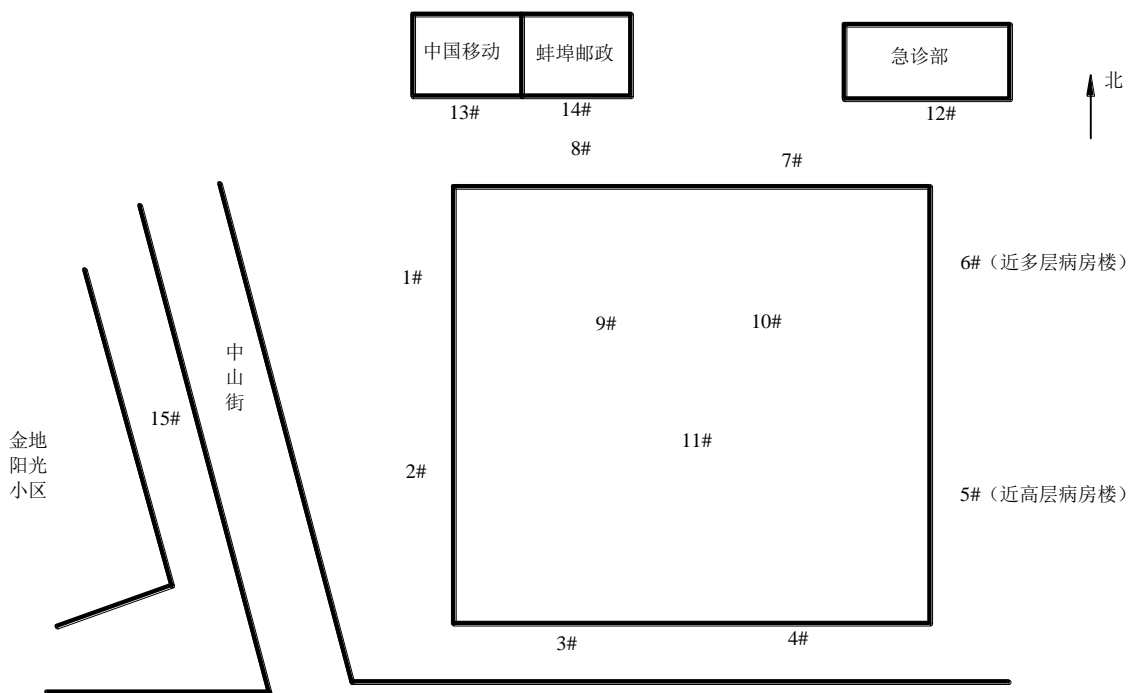


图 8.2-1 辐射环境现状监测布点示意图

(5) 监测仪器

监测仪器的参数详见表 8.2-1。

表 8.2-1 监测仪器参数

仪器名称	X、 $\gamma$ 辐射剂量当量率仪
仪器型号	AT1123
生产厂家	ATOMTEX
仪器编号	05036240
能量范围	15keV~10MeV ( $\pm 15\%$ )

量 程	50nSv/h~10Sv/h, 10nSv~10Sv
检定单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
检定证书	2019H21-20-2043059001
检定日期	2019年09月23日~2020年09月22日

(6) 监测单位

浙江建安检测研究院有限公司（检验检测机构资质认定证书编号：161101060970，有效期至2022年5月4日）。

(7) 监测时间

2019年12月30日。

(8) 质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- ②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- ③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- ④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术总负责人审定。

(9) 监测结果

本项目辐射环境现状监测结果详见表 8.2-2。

表 8.2-2 本项目辐射环境现状监测结果

检测点编号	检测点位置	检测结果 (nSv/h)	
		平均值	标准差
1#	拟建外科大楼场地西侧 1	96.3	1.0
2#	拟建外科大楼场地西侧 2	97.9	0.8
3#	拟建外科大楼场地南侧 1	96.0	0.8
4#	拟建外科大楼场地南侧 2	97.3	1.0
5#	拟建外科大楼场地东侧 1（近高层病房楼）	101.1	1.0
6#	拟建外科大楼场地东侧 2（近多层病房楼）	99.6	0.7
7#	拟建外科大楼场地北侧 1	97.9	0.7
8#	拟建外科大楼场地北侧 2	95.6	0.5
9#	拟建外科大楼场地内 1	90.8	0.8
10#	拟建外科大楼场地内 2	92.5	1.4
11#	拟建外科大楼场地内 3	95.6	0.8
12#	急诊部	94.6	1.0

13#	北侧中国移动大楼	96.5	0.8
14#	北侧邮政局大楼	93.1	0.8
15#	西侧金地阳光小区	92.3	1.1

注：1、测量时探头距离地面约 1m；2、所有测量值均未扣除宇宙射线，每个监测点测量 5 个数据取平均；3、测量值经校准因子修正。

由表 8.2-2 可知，本项目拟建场址周围的 $\gamma$  射线吸收剂量率在 92.3nGy/h~101.1nGy/h 之间，对照《安徽省环境状况公报》（2018 年）中数据，全省伽玛辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线贡献值）均值为 97nGy/h，范围为 58~138nGy/h，本项目与安徽省全省辐射环境现状水平基本保持一致，辐射水平未见明显异常。

### 8.3 声环境现状评价

项目所在外科大楼目前处于建设阶段，因此本项目噪声环境现状值引用《蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼建设项目环境影响报告书》（批复文号为蚌环经许[2018]5 号）中声环境现状监测值。监测单位：合肥诚鑫环境检测有限公司，检测日期：2017.12.16 和 2017.12.17，检测报告编号：CXJC20171225-38（附件 16）。

表 8-3 噪声现状监测结果

测点编号	2017.12.16		2017.12.17	
	昼间 Leq (A)	夜间 Leq (A)	昼间 Leq (A)	夜间 Leq (A)
1#厂界东侧	50.7	43.6	50.4	44.2
2#厂界南侧	53.8	45.3	54.2	44.8
3#厂界西侧	52.9	45.0	53.1	44.5
4#厂界北侧	50.2	43.9	50.6	44.0

由表 8-4 可以看出，区域昼间噪声在 50.2~54.2(A) 范围内，夜间噪声在 43.6~45.3dB(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)）及 4a 类标准要求（昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A)）。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工艺设备和工艺分析

#### 9.1.1 伽玛刀（头部）治疗系统

##### （一）设备组成

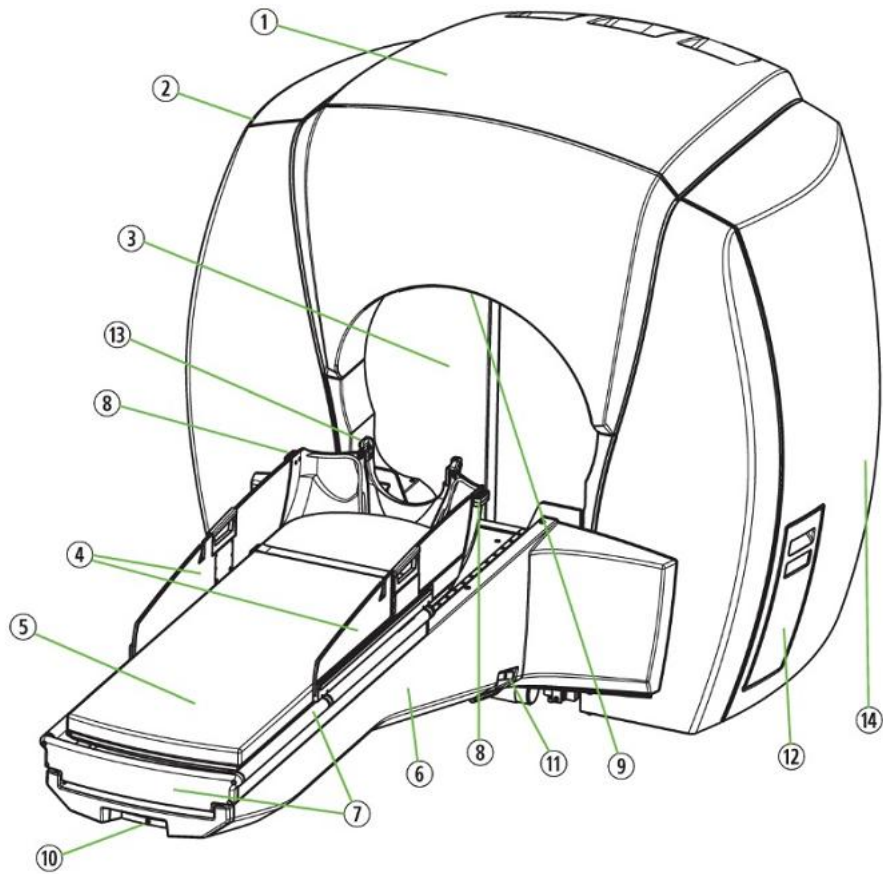
医院拟新购一台医科达的 Perfexion 型伽玛刀，该伽玛刀为旋转式头部伽玛刀，治疗头内含 192 枚  $^{60}\text{Co}$  放射源，为集聚源，初始总装源活度为  $2.33 \times 10^{14}\text{Bq}$ 。第六代伽玛刀放射外科 Perfexion 系统，是瑞典医科达公司于 2006 年 5 月在全球推出的具有革命创新意义的第六代伽玛刀，为目前世界上最先进的立体定向放射外科治疗设备之一，准直器系统由原来的半球形改良为圆柱锥形状，圆柱内的治疗空间增大近 3 倍，治疗范围从颅内扩大到颅底、颅外的头颈部、颈部脊髓和鼻咽部。其治疗床在计算机的控制下也可进行上、下、左、右移动以及前进和后退。伽玛刀的准直器全部安装在伽玛刀的内部，无需人工更换准直器头盔。治疗过程中的自动化程度进一步提高，精确度和安全性也得到了进一步提升。



图 9.1-1 Perfexion 型头部伽玛刀外观图



Perfexion 型  $\gamma$  刀结构见图 9.1-2，其中放射单元的结构见图 9.1-3。



- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| ① 放射单元（机盖内）        | ⑧ 手动控制（每侧一个）      |
| ② 放射单元机盖           | ⑨ 患者对讲系统（麦克风和扬声器） |
| ③ 放射屏蔽门            | ⑩ Z 向移动的病床释放手柄    |
| ④ 侧面保护面板（每侧一个）     | ⑪ X 向移动的病床释放手柄    |
| ⑤ 床垫               | ⑫ 门机械舱盖           |
| ⑥ 患者定位系统           | ⑬ 患者导入设备          |
| ⑦ 患者病床（患者定位系统的一部分） | ⑭ 医疗用机柜（在后端机盖内）   |

图 9.1-2 本项目 Perfexion 型  $\gamma$  刀结构示意图

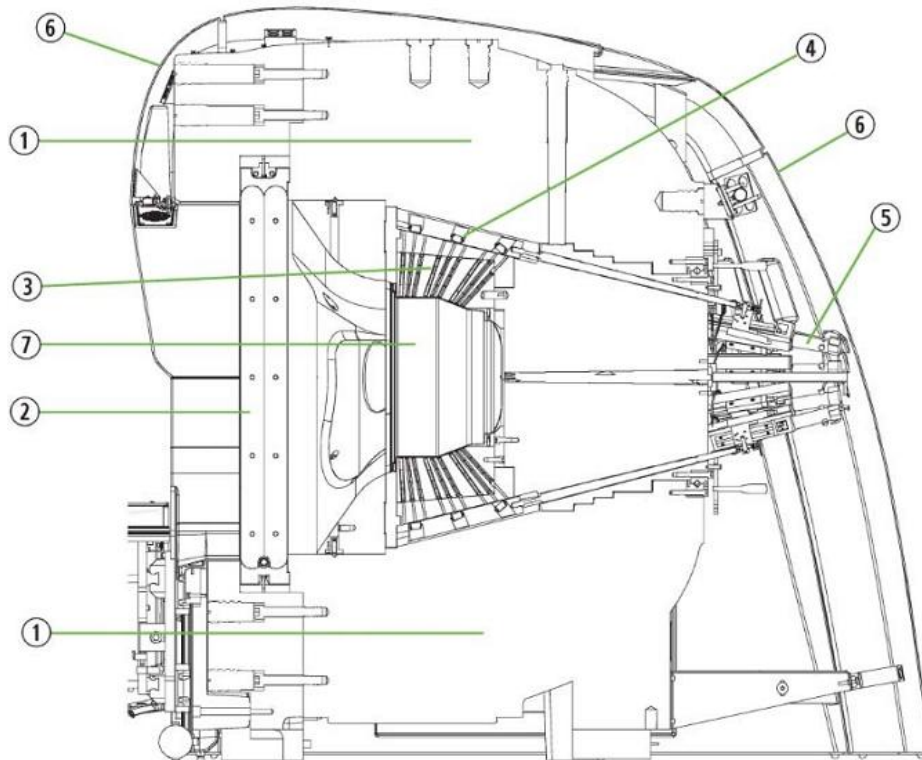


图 3.5 放射单元的横截面

放射单元的主要零件包括：

- 放射体 ①
- 屏蔽门 ②
- 含 4 mm、8 mm 和 16 mm 准直仪 ③ 的准直仪体
- 含放射源的扇区 ④
- 配备电机的扇区机构 ⑤
- 放射单元机盖 ⑥
- 准直仪帽 ⑦

图 9.1-3 本项目 Perfexion 型  $\gamma$  刀放射单元结构示意图

本项目 Perfexion 型  $\gamma$  刀主要技术参数见表 9.1-1。

表 9.1-1 Perfexion 型头部伽玛刀主要性能指标

设备主要性能指标	参数值
放射源种类	$^{60}\text{Co}$
$^{60}\text{Co}$ 初始总装源活度	$2.33 \times 10^{14} \text{Bq}$
$^{60}\text{Co}$ 放射源个数	192 枚
初始源焦点剂量率	$>3.0 \text{Gy/min}$
聚焦方式	动态旋转等轴距聚焦
初装源时额定焦点剂量率	$3.0 \text{Gy/min}$
最大准直器直径	16mm
源焦距	386.5mm

泄漏辐射率	治疗状态下，焦点外 1 米处漏射剂量小于焦点剂量的 0.1%
自屏蔽材料及厚度	射线屏蔽棒为钨合金，外屏蔽材料为铸铁
贮源状态下距源 1m 处的空气比释动能率	贮源状态下距源 1m 处由于杂散辐射引起的吸收剂量率不超过 13 $\mu$ Sv/h。

该设备主机为双层防护设计，大大减少了工作中对医护人员和患者的辐射作用。根据厂家提供资料，在长 8000mm×宽 5000mm 的治疗室内，设备周围的辐射剂量率分布如下：

(1) 在穿过设备中心轴垂直平面、测量长度间隔 0.5m、高度间隔 0.5m 的矩阵点进行监测，在射线束关闭时，每个矩阵点的辐射剂量率监测值见图 9.1-4；在使用  $\Phi 16$  准直仪、射线束打开时、并且打开屏蔽门时，每个矩阵点的辐射剂量率监测值见图 9.1-5；

(2) 在地面上方 1m 处、间隔 0.5m 的矩阵点进行监测（该水平面的剂量率水平高于其它水平面内垂直对应点的剂量水平），在射线束关闭时，每个矩阵点的辐射剂量率监测值见图 9.1-6；在使用  $\Phi 16$  准直仪、射线束打开时、并且打开屏蔽门时，每个矩阵点的辐射剂量率监测值见图 9.1-7；

(3) 红色监测数值表示的辐射剂量率为推测值。

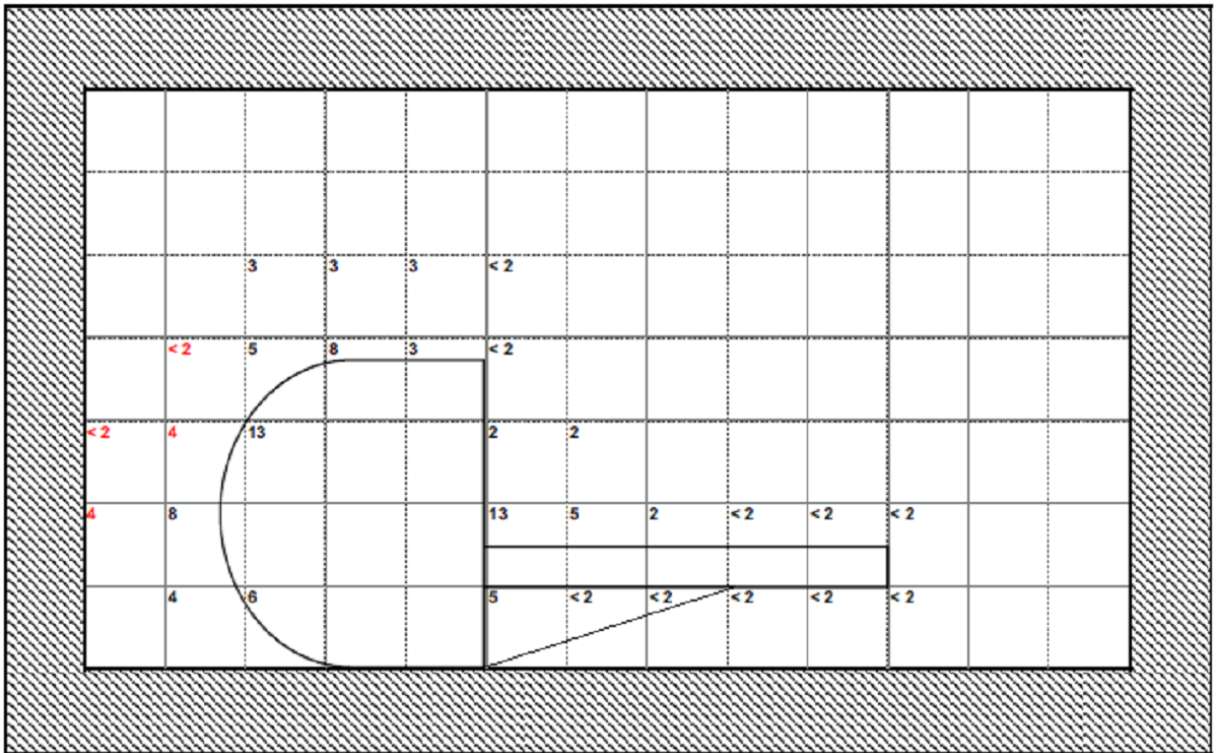


图 9.1-4 射线束关闭时设备中心轴垂直平面辐射剂量率分布（单位： $\mu$ Sv/h）

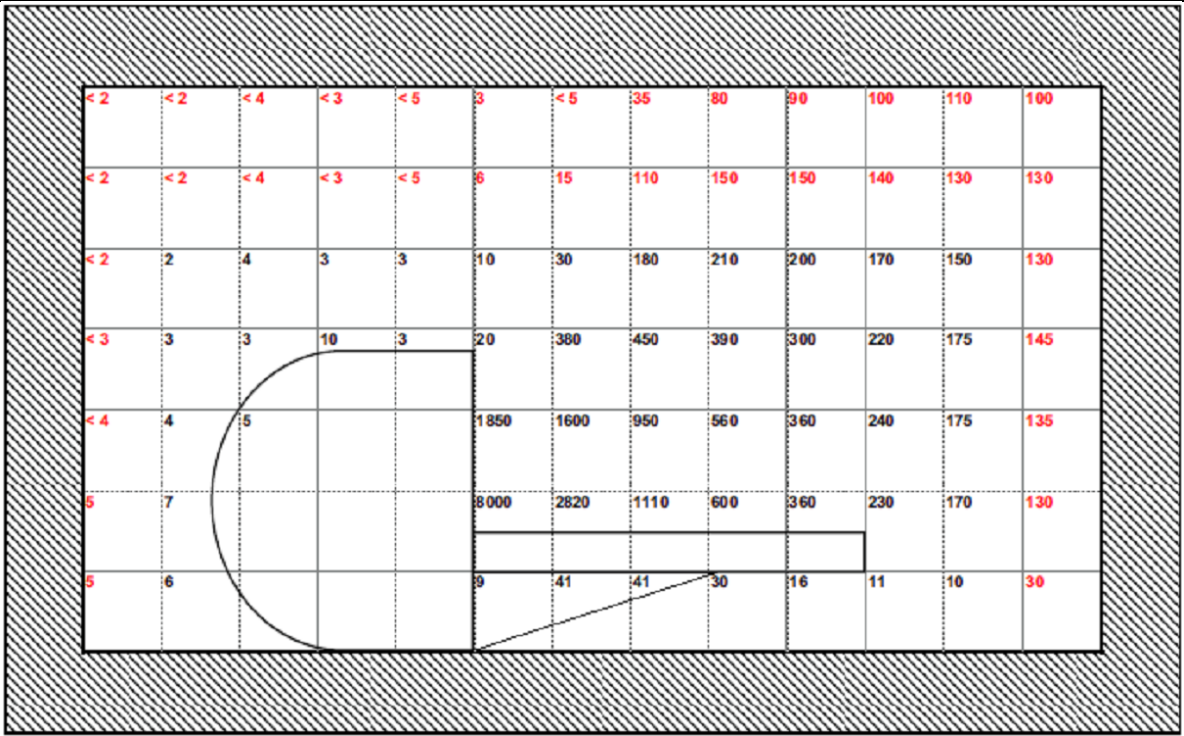


图 9.1-5 射线束出束时设备中心轴垂直平面辐射剂量率分布（单位： $\mu\text{Sv/h}$ ）

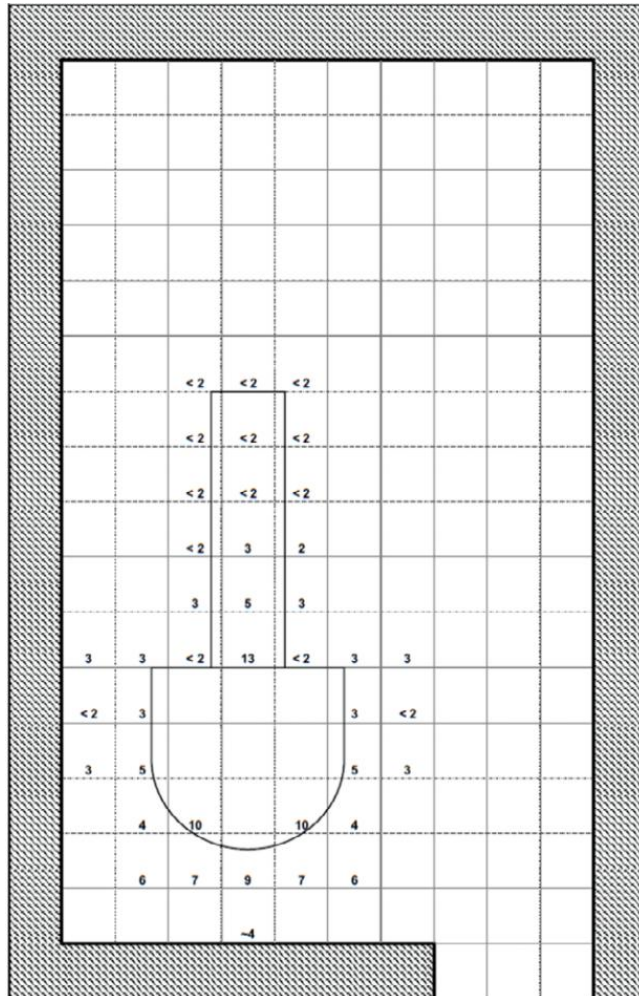


图 9.1-6 射线束关闭时 1m 高度水平面辐射剂量分布（单位： $\mu\text{Sv/h}$ ）

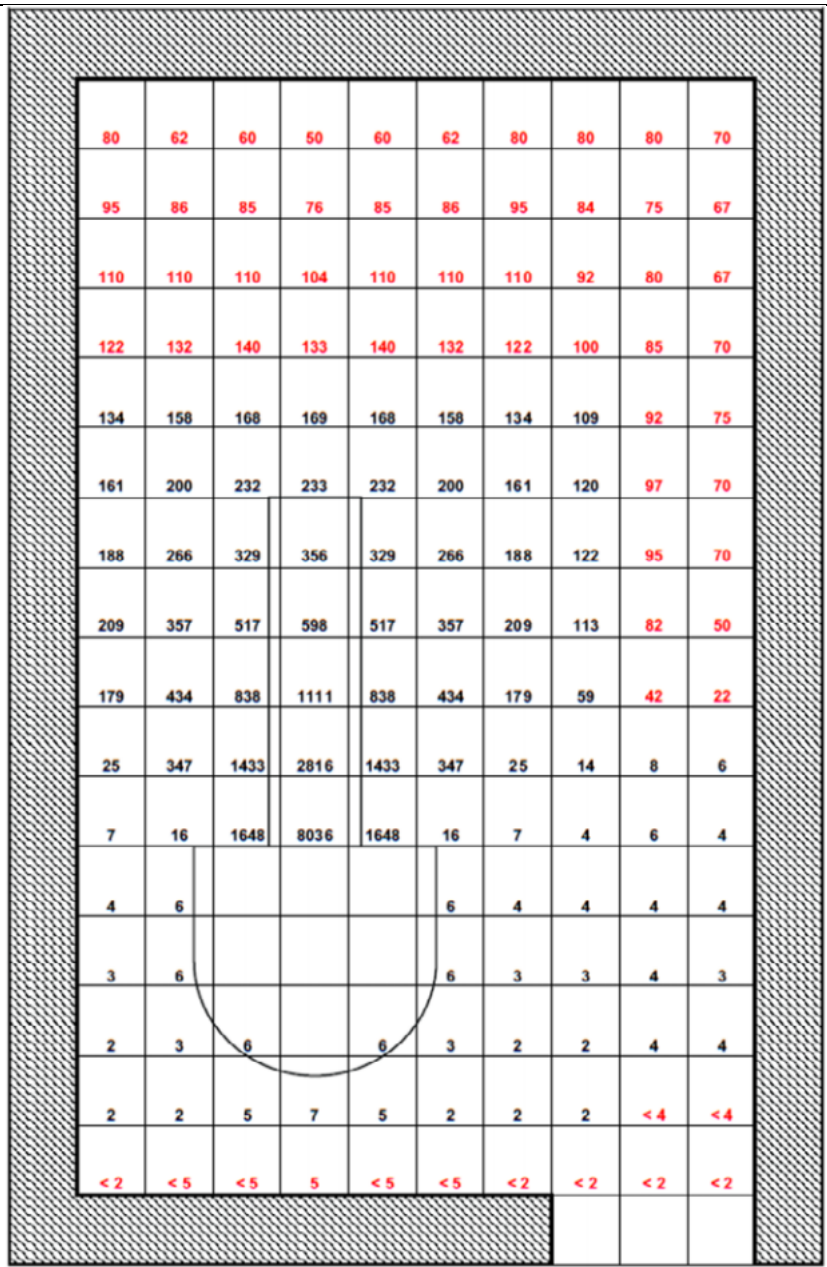


图 9.1-7 射线束出束时 1m 高度水平面辐射剂量分布 (单位:  $\mu\text{Sv/h}$ )

(二) 工作原理

伽玛刀, 学名为多源  $\gamma$  射线立体定向治疗系统, 是一种融合现代计算机技术、立体定向技术和放射外科技术于一体的治疗性设备, 它采用伽玛射线几何聚集的方式, 通过精确的立体定向将经过规划的一定剂量的伽玛射线集中照射于体内的预选靶点 (即病灶), 一次性、致死性的摧毁靶点内的组织, 以达到外科手术切除或损毁的效果。由射线采用旋转聚焦的方式, 使射线经过人体正常组织时只受到瞬间、几乎无伤害的照射, 并且靶点外射线量锐减, 因此其治疗时照射范围与正常组织分界非常明显, 边缘如刀割一样整齐, 所以人们形象地称之为“伽玛刀”。

头部伽玛刀是将多个钴源安装在一个球型头盔内，使之聚焦于颅内的某一点，形成一窄束边缘锐利的锥形伽马射线，经源体的初准直器、开关体、准直体上的次准直器和终准直器准直后会聚于焦点，以达到对颅内小肿瘤和功能性疾病的治疗。

$\gamma$  射线剂量的调整：本项目头部伽玛刀安装有 192 枚钴源，分成不同组分布在锥形源体上，每组射线束开关独立控制，每组源体均配备有 1 个准直体，每个准直体上安置有多个准直器，通过控制射线出束组数和每一组出束的准直器个数，从而形成不同规格的焦点，以适合病灶形状大小不同的需要。

焦点与病灶的重合调整：头部伽玛刀放射源分组置于球型头盔内，工作时形成一窄束边缘锐利的锥形  $\gamma$  射线，所以使得其焦点位置始终位于头盔中央。由于头盔设计大于头体，治疗前，通过调整病人所在的三维床坐标以达到病灶与焦点的重合(图 9.1-8 所示)。

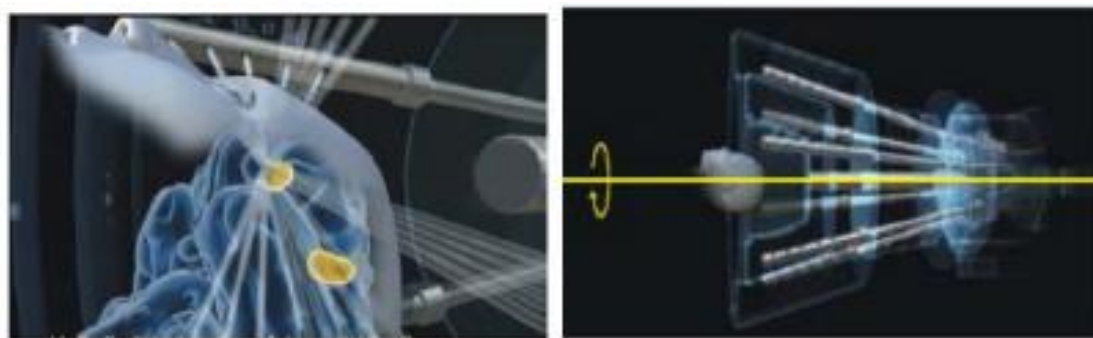


图 9.1-8 头部伽玛刀治疗示意图

### (三) 工作流程及产污环节

医生需要在 Leksell GammaPlan 上设计好治疗计划，并将治疗计划传输到控制伽玛刀的计算机，然后将病人安放在治疗床上，头架固定在治疗床的卡坐上，最后按动治疗按钮，治疗的全过程自动完成。

#### (1) 术前准备

操作人员进入机房，确认设备的物品都放在正确的位置，开启通风设备及空气调节装置，退出机房，关闭机房门。

#### (2) 上电开机

治疗前进行设备初始化和检验等工作，就绪后，可进行治疗病人。

#### (3) 治疗数据输入

对病人实施治疗之前，对病人进行 CT 检查，在放射治疗计划系统计算机上完成治疗计划，打印治疗计划单，核对治疗计划单上患者 ID 是否正确以及是否与本人相符。打

开治疗室的防护门，操作人员用小车将病人推入治疗室，再将病人安放到治疗床上，根据辐照治疗单，设定病人当前靶点的治疗坐标。按要求将病人固定好后，检查所有医疗设备是否已正确且牢固的连接，操作人员最后一个退出治疗室，关闭防护门。操作人员根据放射治疗计划系统输出的治疗单，进行模拟治疗操作。

#### （4）启动辐照治疗过程

治疗数据模拟之后，选择工作方式为治疗模式，然后按压“启动”治疗按钮启动治疗过程，在治疗过程中，操作人员应通过监控系统对患者进行全程监视。

#### （5）进行辐射治疗、治疗结束

在接受到治疗计划系统的有关数据后，电气控制系统控制治疗床依次将各靶点送到焦点，并打开相应的准直器进行定量的辐照，一次性、致死性的摧毁靶点内的组织，达到治疗肿瘤的目的。治疗结束，源自动退回屏蔽位、屏蔽门自动关闭。

#### （6）解除定位

操作人员进入治疗室，释放患者的定位装置。

#### （7）系统的关闭

辐照治疗结束后，病人退出治疗室，操作人员将设备的各部件放回至正确的位置，关闭通风设备及空气调节装置，关闭治疗室门，关闭操作面板上的电源，关闭监视系统，关闭对讲系统，关闭 UPS 输出，关闭 UPS 电池开关，关闭主控电源。辐照治疗操作完毕。

### （四）产污环节

伽玛刀使用  $^{60}\text{Co}$  密封源，在正常运行条件下，不会产生放射性液体和气体。但放射源在自身衰变过程中产生高能量的 $\gamma$ 射线，可能影响外环境的辐射水平。关机状态下，由于立体定向伽玛射线全身治疗系统（SGS-I）具有较好的自屏蔽装置，使用的  $^{60}\text{Co}$  密封源产生的 $\gamma$ 射线大部分已经被屏蔽掉，机身表面存在散漏射线剂量很小。散漏射线经屏蔽墙屏蔽后，到达屏蔽墙外的剂量更小，能够满足环境保护的要求。因此，开机状态下所发出的 $\gamma$ 射线经过屏蔽后对环境造成影响是否满足环境保护的要求是评价的重点。

在初装源和换源流程中可能会对周围环境产生一定影响。放射源的放射活度衰减到一定程度，满足不了治疗要求而退役成为放射性废源时，放射性废源对环境有潜在的影响。

伽玛刀治疗室  $^{60}\text{Co}$  密封源产生的 $\gamma$ 射线使空气电离产生少量有害气体，主要为臭氧。根据该公司的已知同类产品，其使用时产生的有害气体（ $\text{O}_3$ ）量少浓度很低。只要

确保每小时排风 3~4 次，产生的臭氧和氮氧化物对机房内外环境影响较小。

伽玛刀治疗的工作流程及产污环节见图 9.1-9。

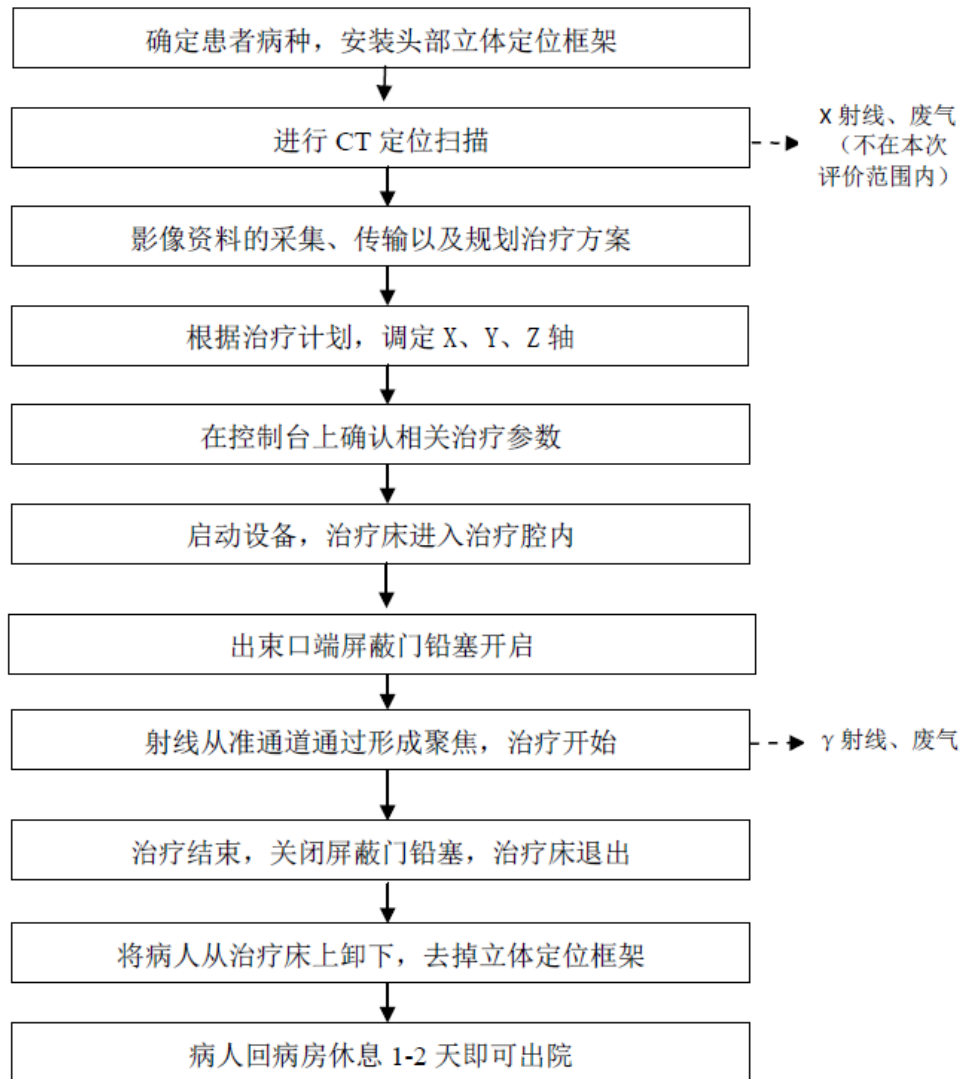


图 9.1-9 伽玛刀工作流程及产污环节

### 9.1.2 直线加速器

#### (一) 设备组成

医用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如 9.1-10 所示，内部结构示意图如 9.1-11 所示。本项目直线加速器有电子束和 X 射线两种治疗模式，示意图如 9.1-12 所示。



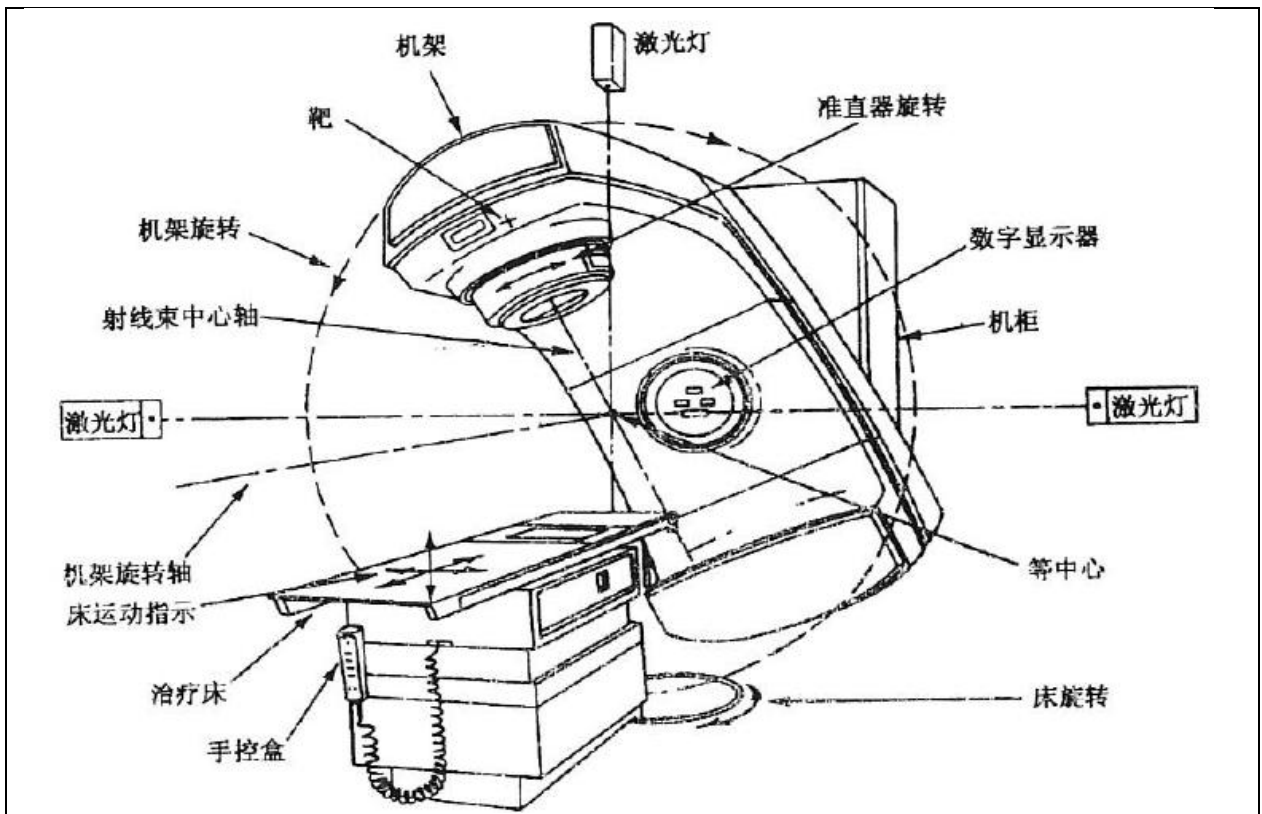


图 9.1-10 典型医用直线加速器机外部结构示意图

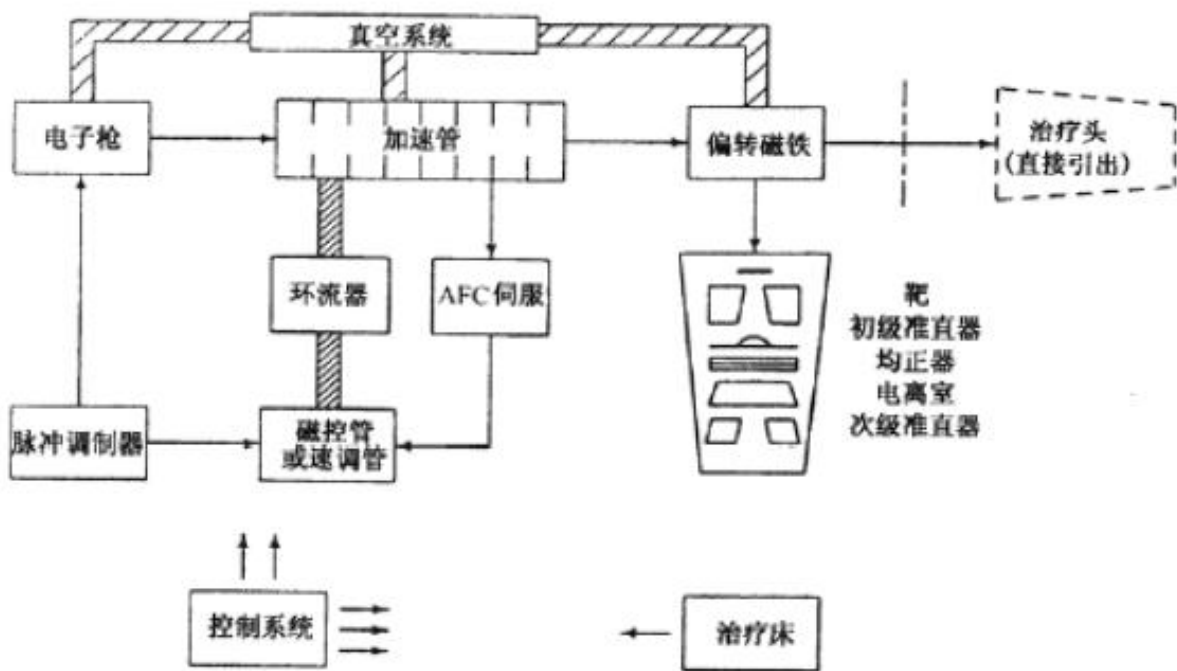


图 9.1-11 典型医用直线加速器机内部结构示意图

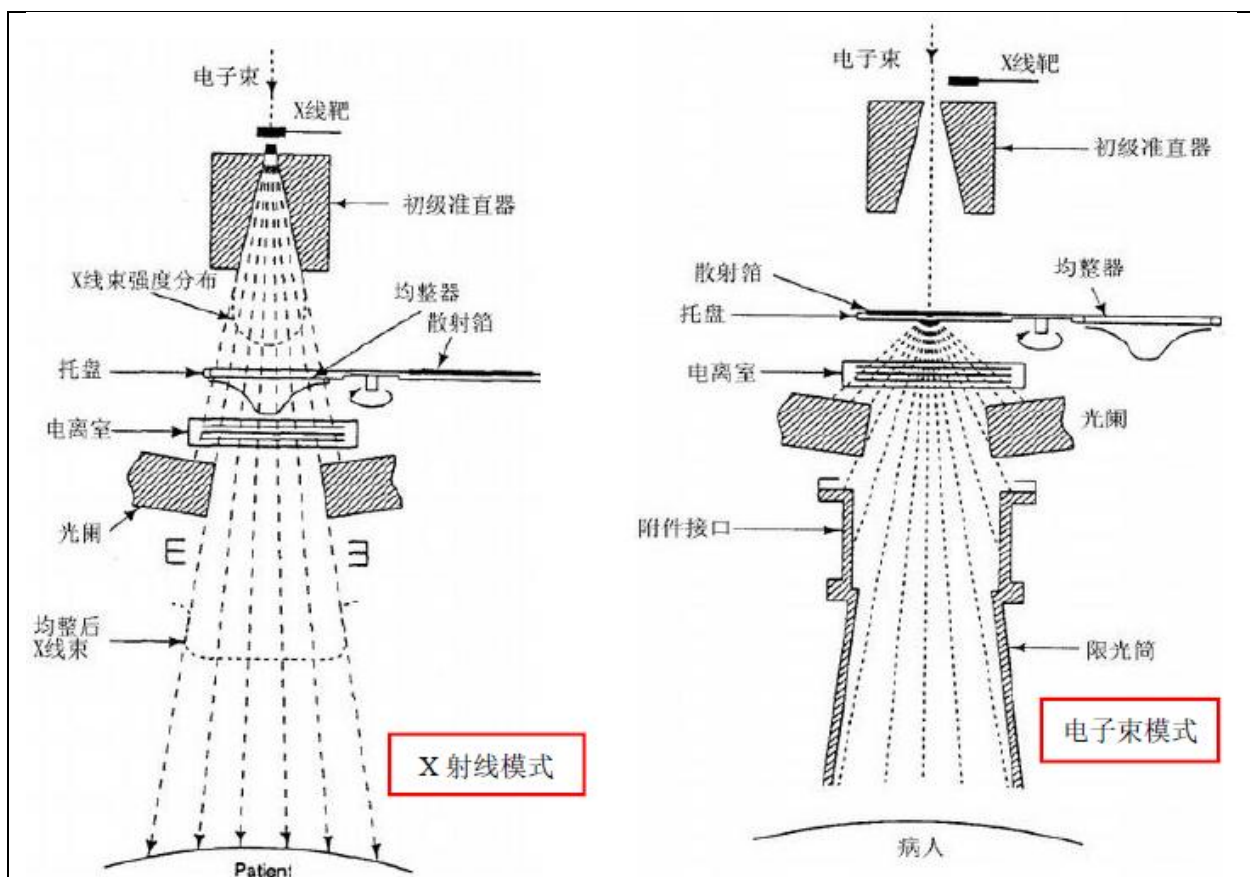


图 9.1-12 X 射线和电子束治疗模式结构示意图

## (二) 工作原理

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。

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  $90^\circ$  或  $270^\circ$ ），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。

## (三) 工作流程

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，除患者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患者情况。

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预约患者首先在模拟定位机上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状（依托的模拟定位机医院另行备案，不属于此次评价范围）；
- 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，技师进入治疗室卸载患者。

#### （四）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，会有电子线产生。

在直线加速器开机出束过程中会产生臭氧等有害气体。

直线加速器工作流程及产污环节如图 9.1-13 所示。

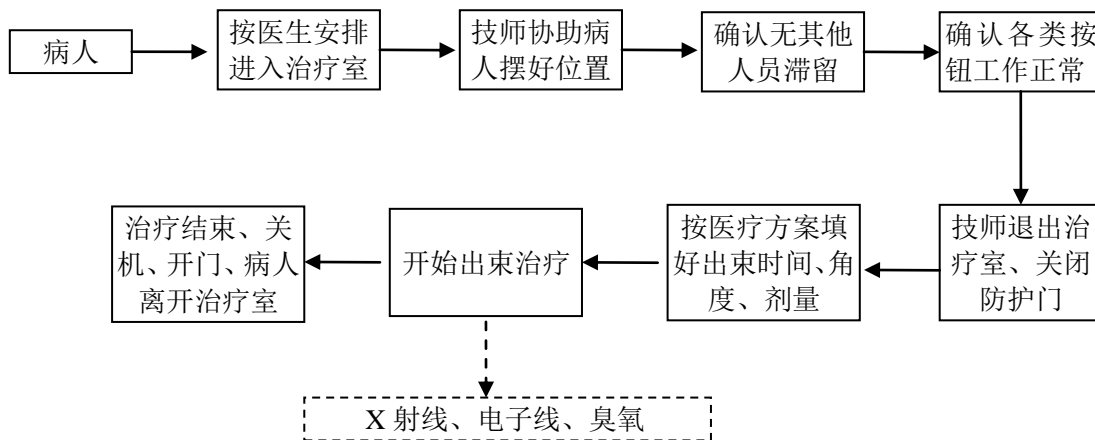


图 9.1-13 直线加速器工作流程及产污环节示意图

### 9.1.3 DSA 装置

#### （一）设备组成

数字减影血管造影机（DSA 装置）因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型 X 光机。其主要组成部分：X 射线发生装置、图像检测系统、图像显示/处理系统、检查床等部件组成。其中，X 射线发生装置包括 X 射线球管及其附件、高压发生器、X 射线控制器等。DSA 靶头位于 C 型臂上，C 型臂可自由全角度旋转，手术时主射方向为由下往上。

## （二）工作原理

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得到只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示，在进行介入手术时更为安全。

## （三）操作流程

接诊患者后根据其病情确认诊疗方法，告知患者及家属采用 DSA 治疗的辐射危害。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。开启 DSA 设备，技师在控制室内首次拍片初步确认病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品进入机房，在透视操作下插入导管，输入造影剂，之后离开机房，技师在控制室内再次拍片，当确诊病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品后再次进入机房进行介入治疗直到治疗结束，关机。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，透视。进行介入手术治疗时，为更清楚的了解患者情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在曝光室内对患者进行直接的介入手术操作。该情况在实际运行中占绝大多数，是本次评价的重点。

第二种情况，拍片。操作人员采取隔室操作的方式（即技师在控制室内对患者进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内患者情况。

## （四）产污环节

本项目 DSA 装置为 II 类射线装置，其在开机状态下主要辐射为 X 射线，在不开机状态下不产生 X 射线。空气被电离产生少量臭氧等。

DSA 装置工作流程及产污环节如图 9.1-14 所示。

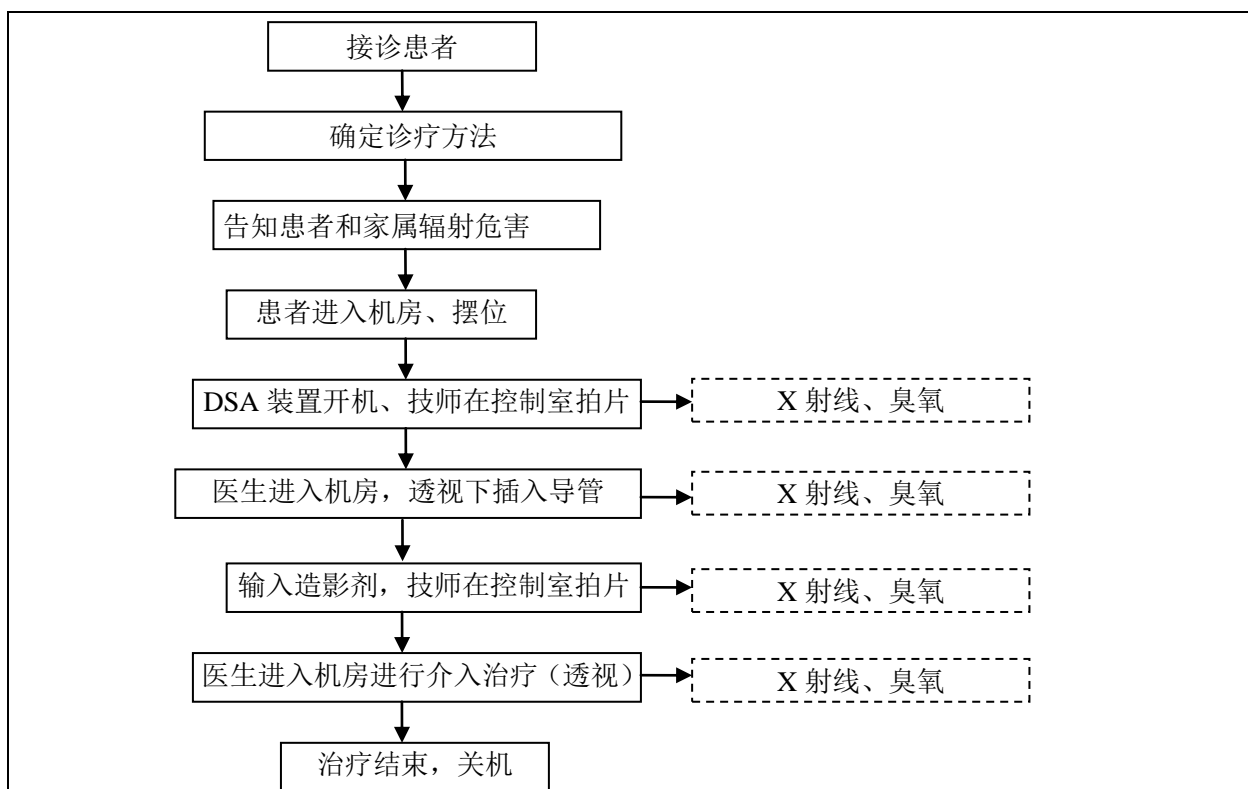


图 9.1-14 DSA 装置工作流程及产污环节示意图

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 正常工况

#### (一) 伽玛刀

##### (1) $\gamma$ 射线

本项目头部伽玛刀使用  $^{60}\text{Co}$  密封源，其辐射类型为  $\gamma$ 、 $\beta$  射线，其中  $\gamma$  射线占 99.86%， $\beta$  射线仅为 0.14%，故  $\gamma$  射线是主要污染物。

##### (2) 退役放射源

本项目  $^{60}\text{Co}$  放射源每 6 年左右一次性全部更换，每次更换产生 192 枚退役放射源，该退役放射源由厂家负责回收。

##### (3) 非放射性废气

伽玛刀放射源衰变产生的电离辐射还可使空气中的气体分子或原子电离、分解重组，从而产生臭氧和氮氧化物等有害废气。

#### (二) 直线加速器

##### (1) X 射线

由加速器的工作原理可知，医用直线加速器用于 X 线治疗时，电子枪产生的电子经

过加速后，高能电子束与靶物质及其他加速器结构材料相互作用时将产生高能 X 射线（10MV），1m 处最大输出量为每分钟 600cGy，其可能对工作人员和公众造成危害。这种 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。

本项目直线加速器最大 X 射线能量为 10MV，根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）6.1.5 条要求，可不考虑中子。

### （2）电子线

加速器用电子束（20MeV）治疗时，最大束流强度为每分钟 1000cGy。电子束的屏蔽要求远低于高能 X 线，故在机房屏蔽墙厚度计算时不用考虑，但由于电子束的强度高，若发生人员意外照射，会造成伤害。

### （3）非放射性污染源

医用直线加速器机房内的空气受到 X 线及电子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。由类似工程可知，只要确保每小时排风不小于 4 次，产生的臭氧和氮氧化物对机房内外环境影响较小。

## （三）DSA 装置

### （1）X 射线

DSA 装置为 II 类射线装置，其 X 射线诊断机曝光时产生 X 射线。X 射线是随机器的开关而产生和消失。因此，在非诊疗状态下不产生 X 射线，只有在开机处于出线状态时才会发出 X 射线。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。因此，DSA 在开机状态下，X 射线为污染环境的主要因子。

## 9.2.2 事故工况

### （一）伽玛刀

- （1）联锁装置失效，人员误入等；
- （2）安装调试过程中出现卡源事故；
- （3）治疗过程中出现卡源事故；
- （4）装源、换源过程中放射源掉落事故；
- （5）储源器泄漏；
- （6）放射源丢失、被盗。

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  $\gamma$  射线对辐射工作

人员及周围公众造成外照射。

## （二）直线加速器

加速器辐射最大可信事故通常在联锁系统失效，而加速器仍然处在工作状态时发生。此时如果医务人员或其他病人误入机房，或者当医务人员或病人陪护人员尚未离开机房时，可能会造成这些人员受到不必要的射线照射。

从理论上讲，发生上述这种事故的几率极小，为防止事故的发生，在购置设备时要注意安全联锁设施的可靠性与稳定性的设计水平，使用过程中要经常定期检查和维护联锁系统及安全保障系统，仪器操作人员应严格按照操作规程进行运行操作，每次开机前必须要确认机房内无人员时，才能进行开机运行。

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。

## （三）DSA 装置

1) 由于管理不善，设备运行时，机房内人员未穿戴个人防护用品，因为机房内为高辐射区，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。

3) 设备进行维修时，若发生意外出束，可导致维修人员受到不必要的照射。

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 伽玛刀**

**10.1.1.1 工作场所布局**

本项目伽玛刀（头部）位于地下二层中部偏北位置。伽玛刀工作区域主要包括伽玛刀机房、控制室、登记预约室、候诊大厅、伽玛刀定位计划室等，该区域东面为粒子植入室、铅膜室、走廊、模拟定位机及直线加速器相关区域，北面为走廊、值班更衣室和排风机房，南面为卫生间、走廊、物理室、计划治疗室和诊室，西侧为地下车库，楼上为地下一层车库和空调机房，楼下为基土层。伽玛刀机房平面及剖面布局如附图 9 所示。

**10.1.1.2 辐射分区管理**

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。本项目伽玛刀（头部）控制区和监督区划分如下：

控制区：治疗室；

监督区：控制室，防护门外 1m 处；

控制区和监督区的分布如附图11所示。

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

（1）控制区防护手段与安全措施

1)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合 GB 18871-2002 附录 F(标准的附录)规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；

2) 制定辐射防护与安全措施，包括适用于控制区的规则和程序；

3) 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；

4) 在进入控制区有个人防护用品、工作服、个人剂量报警仪等；

5) 定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

（2）监督区防护手段与安全措施

1) 以黄线警示监督区的边界；

2) 在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；



3) 定期检查该区的条件, 以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定, 或是否需要更改监督区的边界。

此外, 还应将防护门外、南侧卫生间、伽玛刀定位计划室、北侧走廊, 西侧和楼上地下车库等作为辐射环境影响关注区, 医院在运行期间应加强对上述辐射环境影响关注区的定期监测、年度监测和验收监测, 如发现问题应及时处理。

### 10.1.1.3 场所屏蔽设计

#### (1) 机房墙体屏蔽设计

本项目伽玛刀机房屏蔽设计参数表见表 10.1.1-1。

表 10.1.1-1 伽玛刀机房屏蔽设计方案

机房	方位或位置	屏蔽材料	厚度 (mm)
头部伽玛刀机房	东墙	混凝土	800
	南墙	混凝土	800
	西墙	混凝土	800
	北墙	混凝土	800
	顶棚	混凝土	800
	迷道 (内墙)	混凝土	800
	防护门	铅板	10mm 铅板

注: 本项目铅密度为  $11.34\text{g/cm}^3$ 、混凝土密度为  $2.35\text{g/cm}^3$ 。

#### (2) 电缆敷设设计

机房电缆管线以电缆沟形式布设在地坪以下, 以“L”型方式穿越, 电缆采用 DN160 镀锌铁管桥架包裹, 电缆沟上方采用 80mm 钢筋混凝土和 40mm 装饰盖板覆盖。电缆沟位置及穿墙方式分别见图 10.1.1-1 和 10.1.1-2。

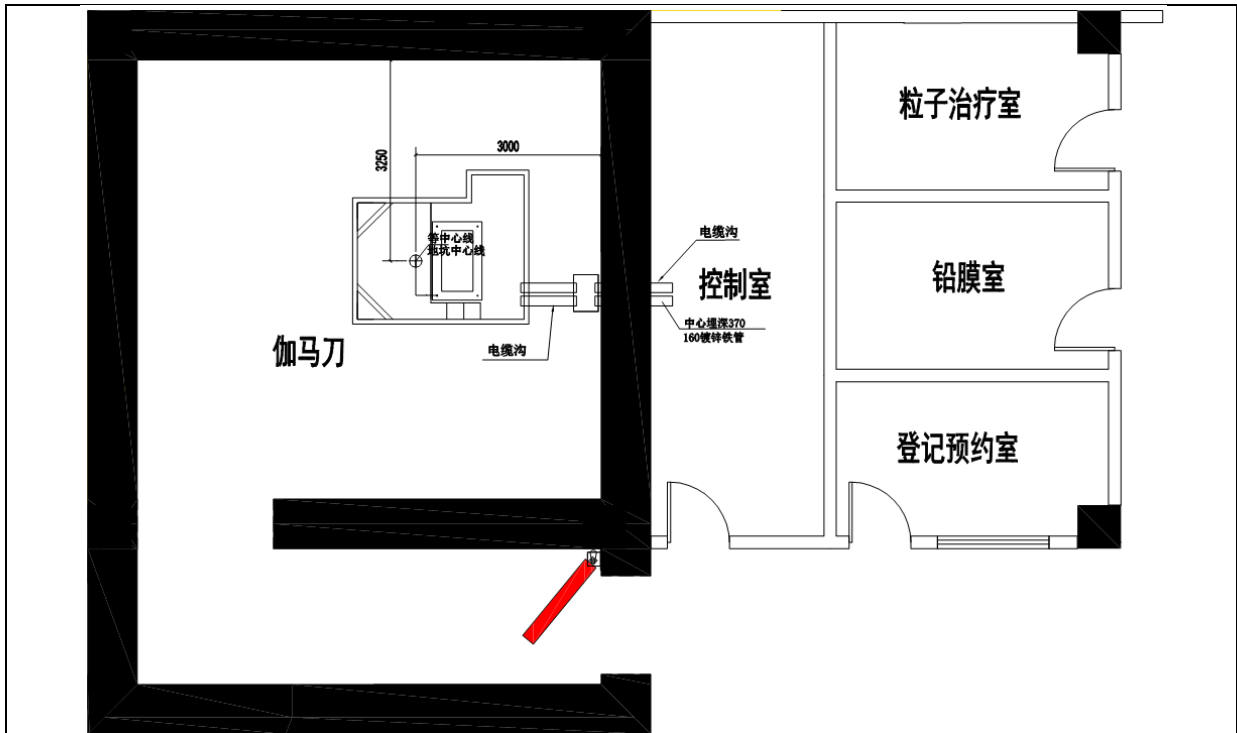


图 10.1.1-1 伽马刀机房电缆沟穿墙位置图（图中尺寸单位为 mm）

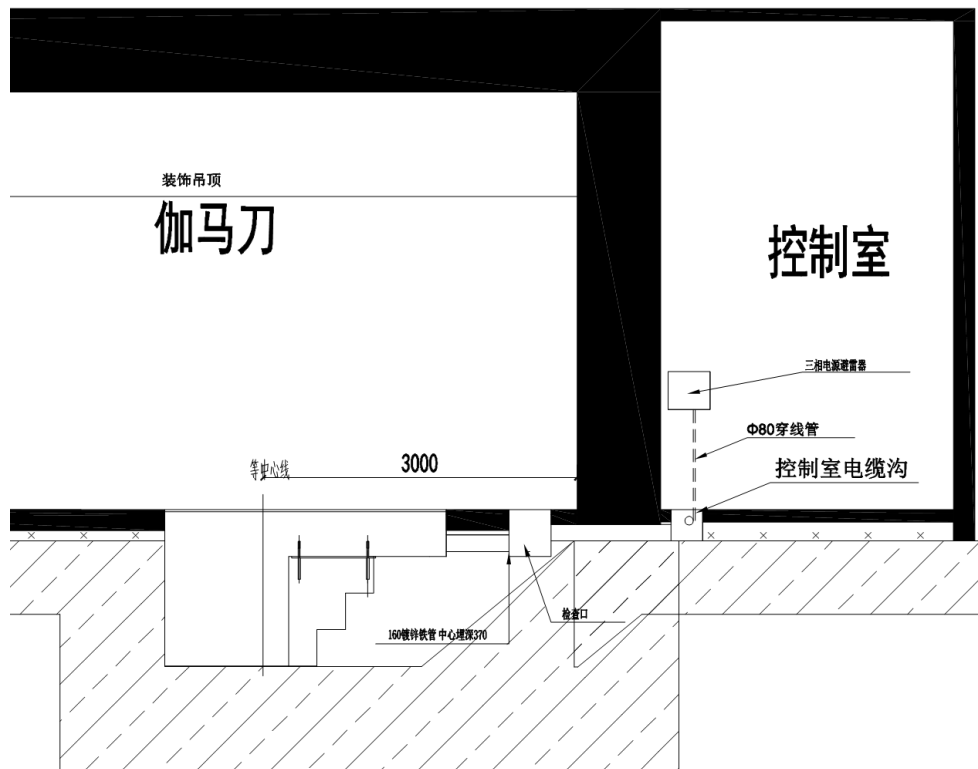


图 10.1.1-2 伽马刀电缆沟穿墙方式示意图（图中尺寸单位为 mm）

### (3) 通排风管道设计

本项目伽马刀机房设置通排风装置，机房西北、西南角吊顶处各设 1 个进风口，机房东北、东南角各设置 1 个排风口，排风口底边距地面 200mm，排风量  $500\text{m}^3/\text{h}$ ，通

风次数不低于 6 次/小时，符合《X、 $\gamma$  射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》（GBZ 168-2005）中“治疗室内应有良好的通风，机械通风换气次数一般为每小时 3~4 次”的要求。

风管在防护门上方混凝土中以“L”型方式穿越，机房外管道口均位于多次散射辐射区域以外，屏蔽体设计厚度满足要求，风管的建设不会影响机房的屏蔽效能，能保证治疗室的屏蔽能力，不需要额外的补偿。本项目伽玛刀机房通风管道布设见图 10.1.1-3，通风管道穿墙方式见图 10.1.1-4。

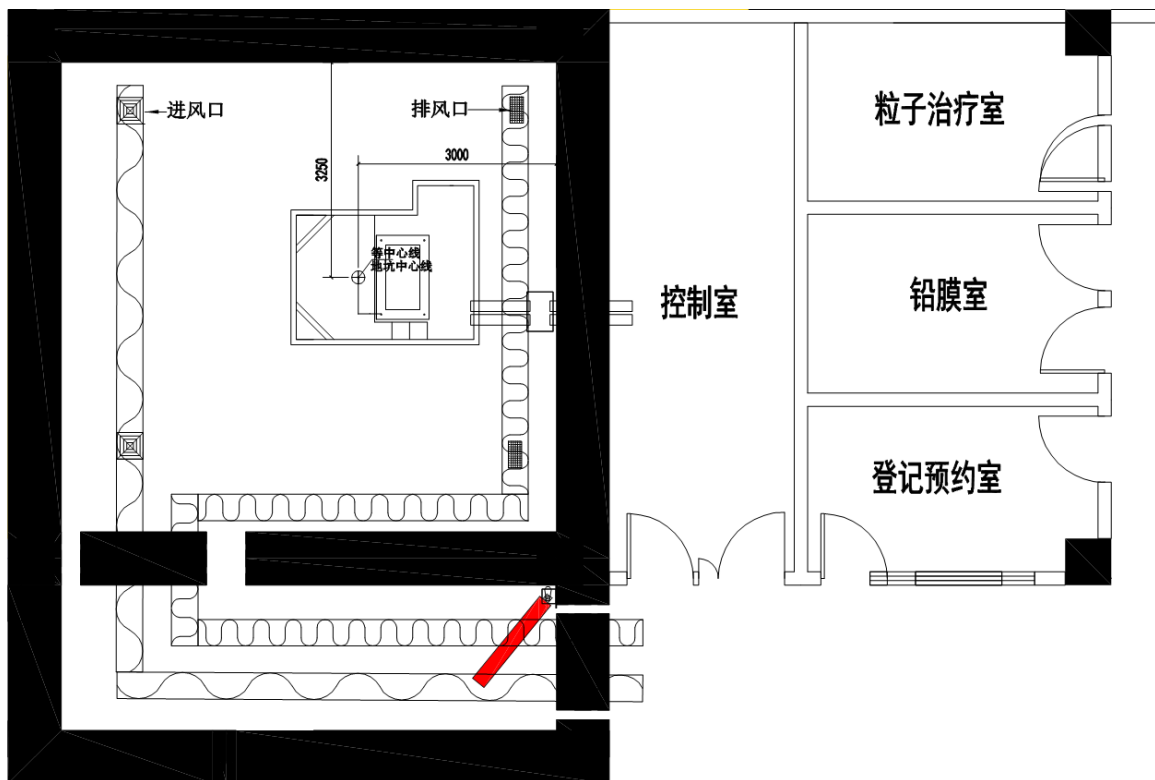


图 10.1.1-3 伽玛刀机房通风管道布设示意图

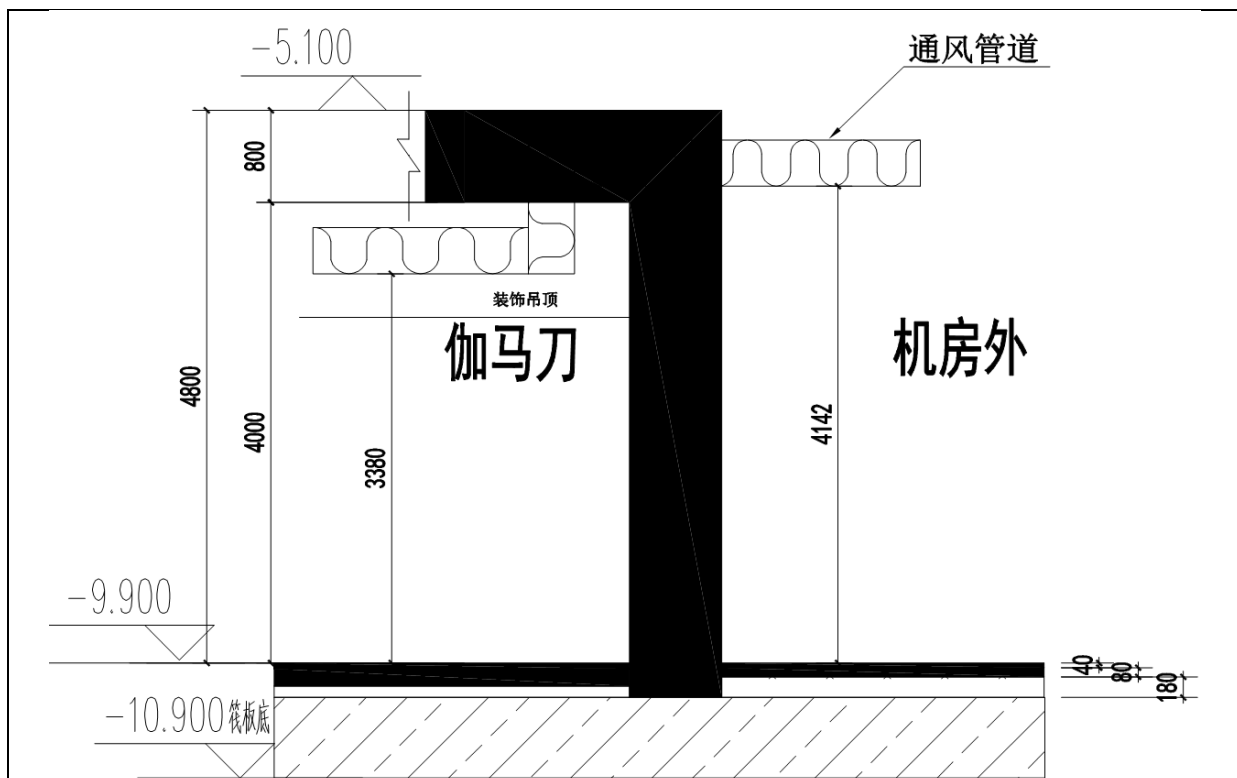


图 10.1.1-4 伽玛刀机房通风管道穿越方式示意图

#### 10.1.1.4 辐射安全与防护措施

##### (1) 设施设备安全分析

①伽玛刀使用的每枚放射源在制源工厂事先准备，经检验合格后，装入专用吊篮，由标准钴源屏蔽封装，并附《放射源产品合格证》和《密封放射源证书》，提供相关质量保证，从源头上确保了放射源的辐射安全。

##### ②伽玛刀辐射屏蔽结构

伽玛刀辐射屏蔽结构主要包括准直器、屏蔽门、外屏蔽体（射线屏蔽棒为钨合金，外屏蔽材料为铸铁），通过上述装置的屏蔽可有效的减少设备在未工作期间的外辐射剂量，减少对医务人员和病人的误照射。

##### ③放射源防盗

伽玛刀  $^{60}\text{Co}$  放射源贮存于主源机内，取出放射源需要由设备方的专业技术人员通过一定的工具方可取出，且伽玛刀机房内安装有摄像系统，可有效防止放射源被盗丢失。

##### ④回源装置

设备在其主机背后设置有手动回源装置，在系统联锁出现故障时，通过人工手动启动，让放射源返回储源位置。

##### ⑤设备配有 UPS 电源装置，一旦出现停电故障，UPS 能够供电并保持设备正常运

转 30 分钟以上，以确保正在进行治疗过程不至于因外界突然断电而中止。

## (2) 辐射安全联锁

参照《医用 $\gamma$  射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ 161-2004)， $\gamma$  射束远距治疗设备及工作场所的安全防护联锁系统的设计应遵循多重性、多样性和独立性。本项目伽玛刀治疗系统拟采用以下安全联锁，满足其多重性、多样性和独立性。

①门机联锁：防护门采用轨道电动式与无电状态下的手动式相结合，与伽玛刀启动电路实行门机联锁方式，即防护门未关闭之前，伽玛刀无法启动。

②系统联锁：当控制台计算机出现故障等伽玛刀会自动出现系统联锁，放射源返回储源位置。

## (3) 视频监控、对讲系统、紧急停机开关

①参照《医用 $\gamma$  射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ 161-2004)，治疗控制室应有在实施治疗过程中观察患者状态的监视装置和与患者进行信息联络的对讲装置。本项目伽玛刀机房和控制室之间拟安装监控和对讲系统各 1 套。

②参照《医用 $\gamma$  射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ 161-2004)，治疗室的入口处及治疗室内靠治疗机较近的适当位置应安装有能紧急停止放射源照射的应急开关。本项目机房入口处设置防护门，并实行门机联锁，机房内拟设置急停按钮，分别位于主机外壳、机房内防护门旁、控制室内控制盒上各 1 个，离地高度 100cm。

③根据《X、 $\gamma$  射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005)，伽玛刀治疗室应配置固定式剂量监测报警系统，本项目伽玛刀机房内拟安装固定式剂量报警仪（位于屏蔽墙上设备中心位置正前方，离地高度 90cm）。其中剂量监测值在控制室控制台上显示，超过剂量控制值后有剂量报警装置报警。

④防护大门拟设置应急手摇装置。

## (4) 伽玛刀机房出束警告灯、警示标志

机房室外醒目处安装工作状态指示灯和中文电离辐射警告标志，并设警示语。

## (5) 密码设置

设置有密码，操作密码只有具体操作人员掌握，只有输入正确的密码后才能进行操作和参数的修改等。

## (6) 其他防护措施

①每个辐射工作人员均配备 1 台直读式个人剂量报警仪和 1 枚 TLD 个人剂量计；

②辐射工作人员在伽玛刀机房内操作时注意个人防护，如穿好铅衣、戴好铅颈套、

铅帽子等，以减少个人受照剂量；为患者准备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、阴影屏蔽器具，不小于 0.5mmPb；

③治疗室内安装固定式辐射剂量报警仪，配备便携式辐射剂量巡检仪；

④机房出入口防护门外设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。

## 10.1.2 直线加速器

### 10.1.2.1 工作场所布局

本项目直线加速器工作区域主要包括直线加速器机房、控制室、水冷机房、准备室及配套的模拟定位机、候诊大厅等，该区域东面为土层，北面为模拟定位机和控制室，南面为新风机房、电梯和电梯厅，西侧为候诊大厅，楼上为库房和高压氧候诊区，楼下为基土层。直线加速器机房平面图及剖面图见附图 10。

### 10.1.2.2 辐射分区管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。本项目直线加速器控制区和监督区划分如下：

控制区：治疗室；

监督区：控制室、准备室、体模室和水冷机房；

控制区和监督区的分布如附图11所示。

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

#### （1）控制区防护手段与安全措施

1)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合 GB 18871-2002 附录 F(标准的附录)规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；

2) 制定辐射防护与安全措施，包括适用于控制区的规则和程序；

3) 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；

4) 在进入控制区有个人防护用品、工作服、个人剂量报警仪等；

5) 定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

#### （2）监督区防护手段与安全措施

1) 以黄线警示监督区的边界；

2) 在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌;

3) 定期检查该区的条件, 以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定, 或是否需要更改监督区的边界。

此外, 还应将南侧电梯厅、新风机房和下沉庭院等作为辐射环境影响关注区, 医院在运行期间应加强对上述辐射环境影响关注区的定期监测、年度监测和验收监测, 如发现问题应及时处理。

### 10.1.2.3 场所屏蔽设计

#### (1) 机房墙体屏蔽设计

本项目直线加速器机房治疗室有效使用面积分别为  $51.06\text{m}^2$ , 满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)中“新建治疗室不应小  $45\text{m}^2$ ”的要求。直线加速器治疗室屏蔽防护参数见表 10.1.2-1。

表 10.1.2-1 直线加速器机房屏蔽防护情况一览表

分类	设计厚度 (mm 混凝土)		宽度 (mm 混凝土)	
直线加速器治疗室	西墙	主屏蔽	2900	4600, 等中心点两侧各 2300
		次屏蔽	1700	-
	南墙		1700	-
	东墙		800	
	北墙		1600	
	迷路内墙		650~1300	
	顶棚	主屏蔽	2900	4600, 等中心点两侧各 2300
		次屏蔽	1600	-
	防护门	4mmFe+10mm 铅+70mm5%含硼聚乙烯		
备注: 混凝土密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ , 铅密度为 $11.34\text{g}/\text{cm}^3$ 。				

#### (2) 电缆敷设设计

机房电缆管线采用电缆沟布设, 水冷机房电缆沟从机房西侧次屏蔽墙南端的地下穿墙进入机房内, 控制室从机房北侧屏蔽墙东端的地下穿墙进入机房内, 穿墙部位均不在直线加速器的主射范围内, 穿墙管道呈“ $\sim$ ”型穿墙, 电缆沟上方采用 5mm 铅板+50mm 装修板进行屏蔽, 均能够满足辐射屏蔽需要。电缆沟位置及穿墙方式分别见图 10.1.2-1 和 10.1.2-2。

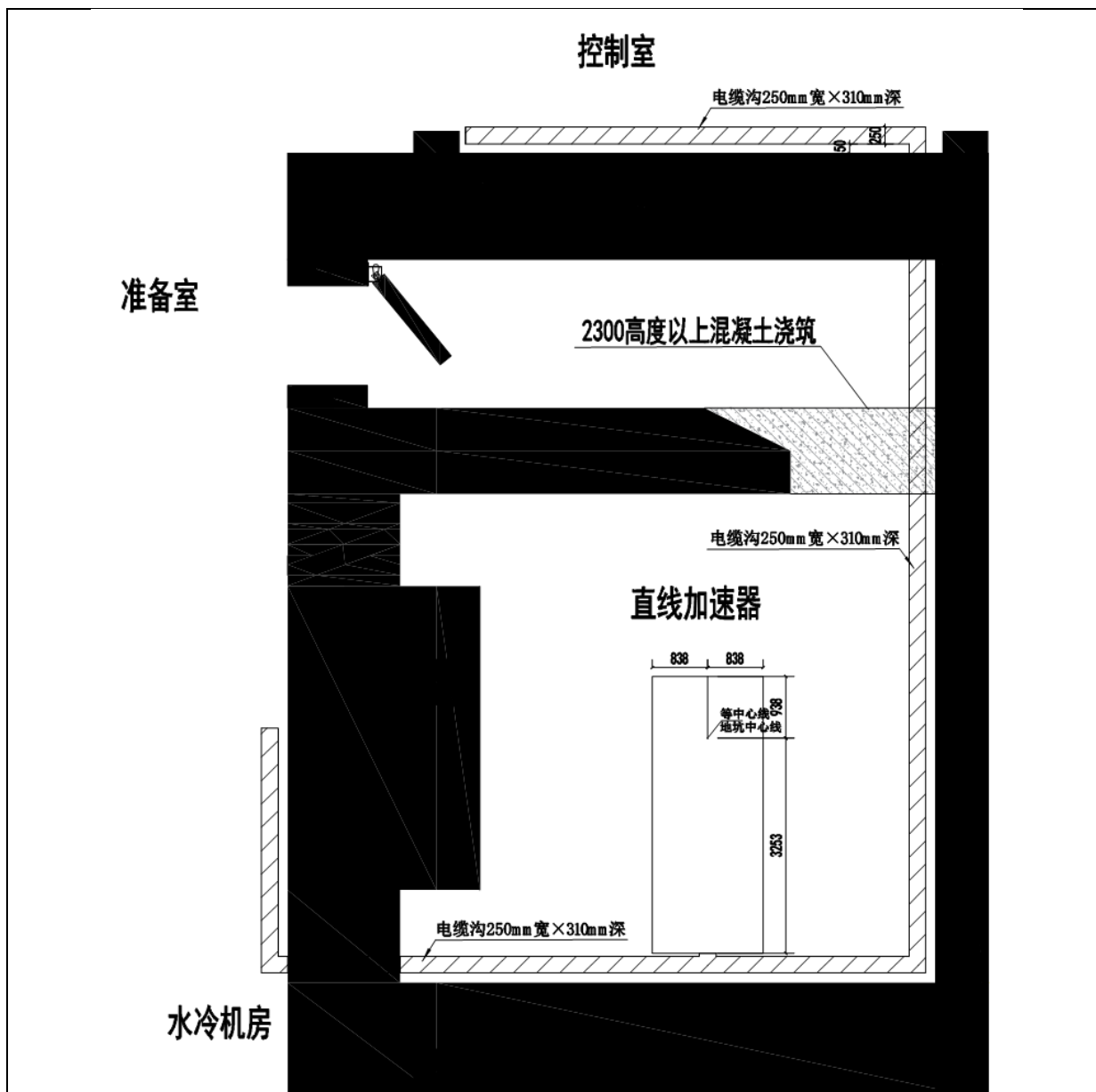
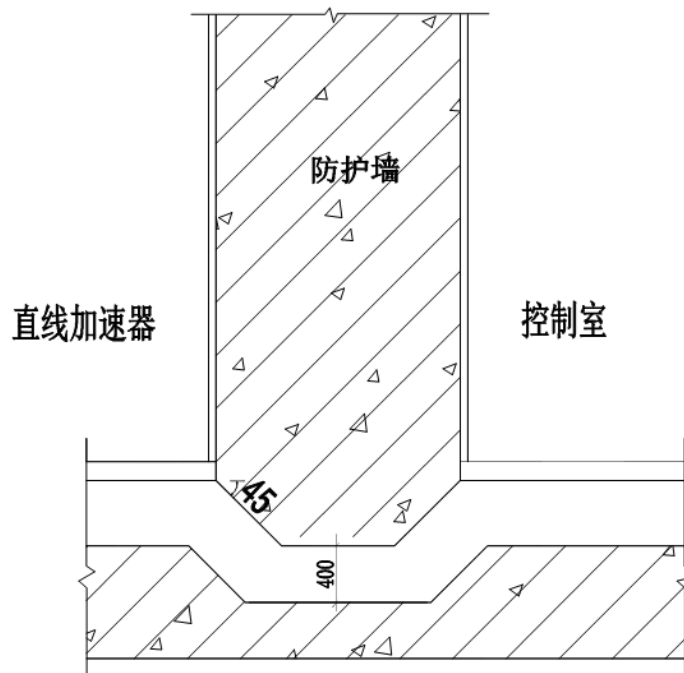


图 10.1.2-1 直线加速器机房电缆沟穿墙位置图（图中尺寸单位为 mm）





## 直线加速器机房电缆沟穿墙大样

穿墙部分沟深均为400mm

图 10.1.2-2 直线加速器机房电缆沟穿墙方式图（图中尺寸单位为 mm）

### （3）新风和排风管道设计

直线加速器机房设计新风和排风管道。管道均在迷道防护门上方混凝土中预埋，新风管道沿迷道上方吊顶内通至东侧屏蔽墙，沿东侧屏蔽墙设置 2 个进风口，进风风量为  $1300\text{m}^3/\text{h}$ ；排风管道以“U”型方式沿迷道上方吊顶内通至迷道内墙内侧，在靠近西侧次屏蔽墙处设置 2 个排风口，排风口距离地面高度为 200mm，排风风量为  $1500\text{m}^3/\text{h}$ ，通风换气次数不低于 6 次/小时，能满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h）的要求。送风口与排风口呈“上进下出”设置，利于密度相对大的臭氧排出。直线加速器机房新风管道和排风管道布设位置图见图 10.1.2-3。

新风、排风管道从防护门顶部墙体以“Z”型方式穿越，穿墙管道采用 6mm 厚钢板焊制而成，穿墙管道与墙体间隙用混凝土填充，穿墙管道位于防护门上方，为人员不可到达区域，穿墙方式均可满足辐射屏蔽需要。直线加速器机房管道穿墙方式图见图 10.1.2-4。

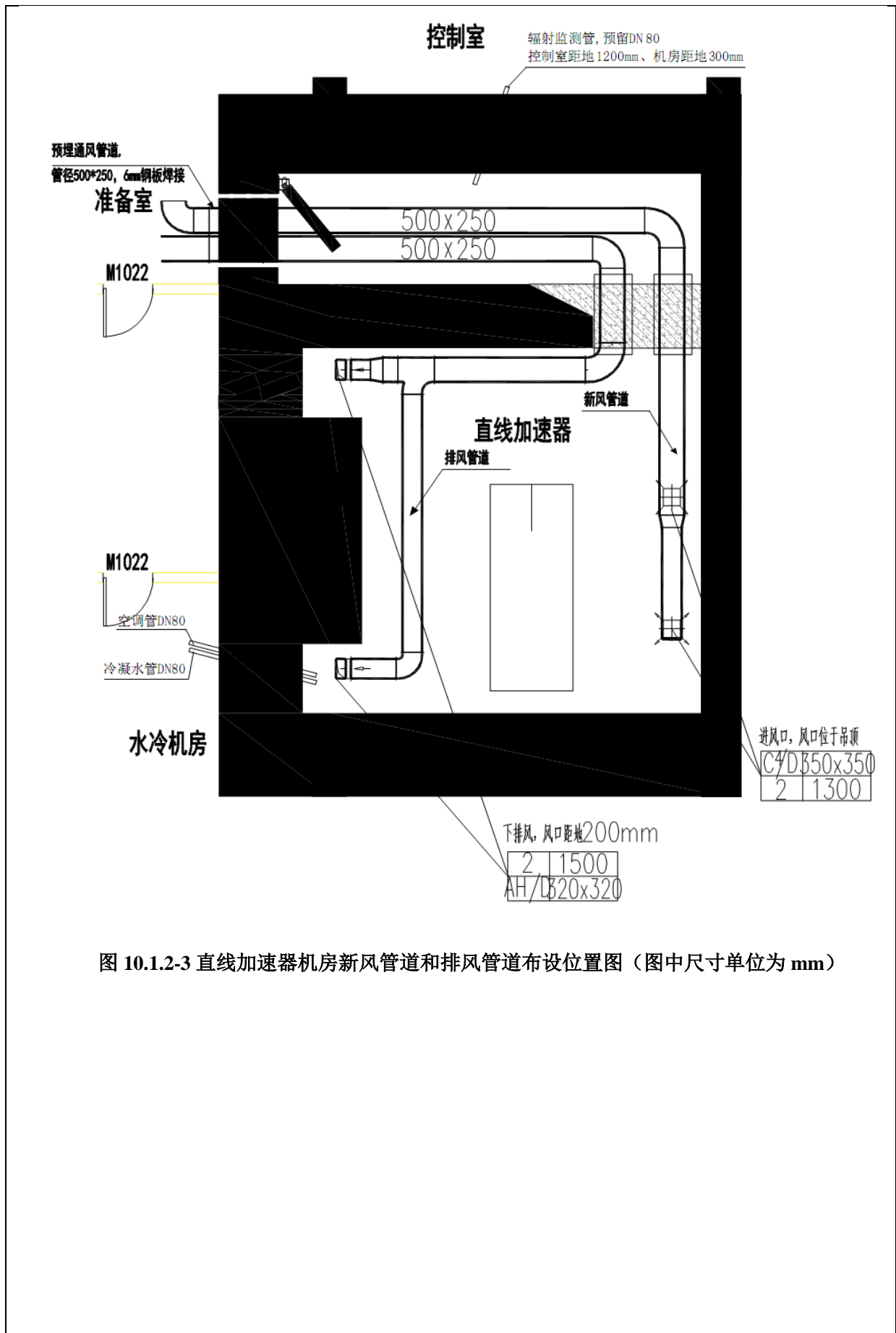
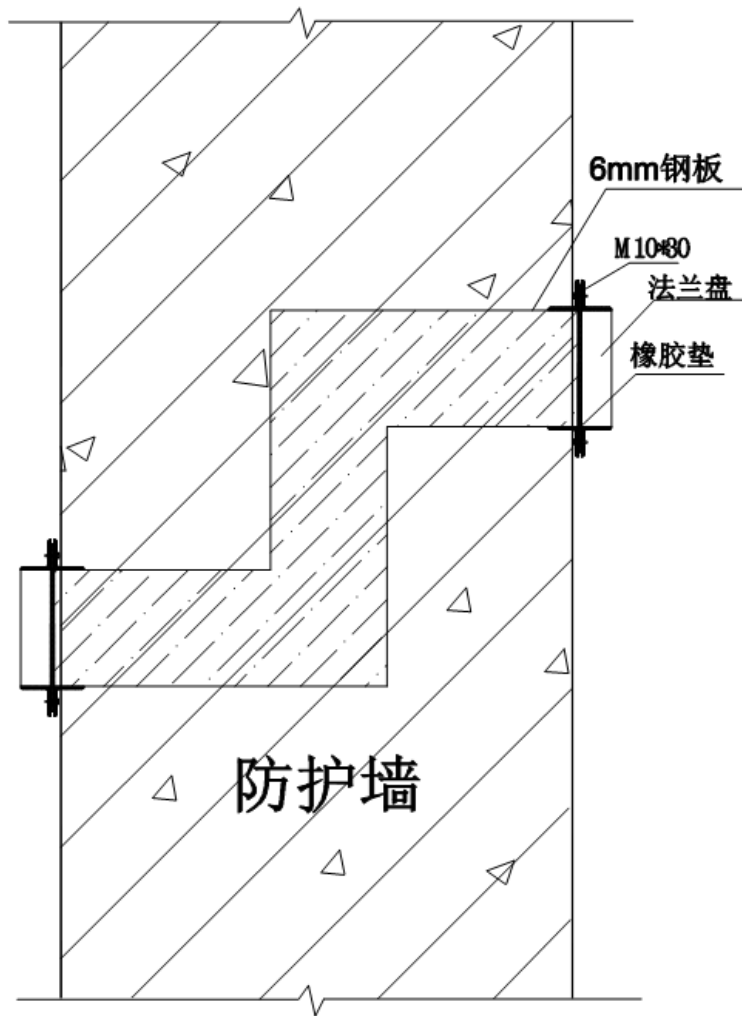


图 10.1.2-3 直线加速器机房新风管道和排风管道布设位置图 (图中尺寸单位为 mm)



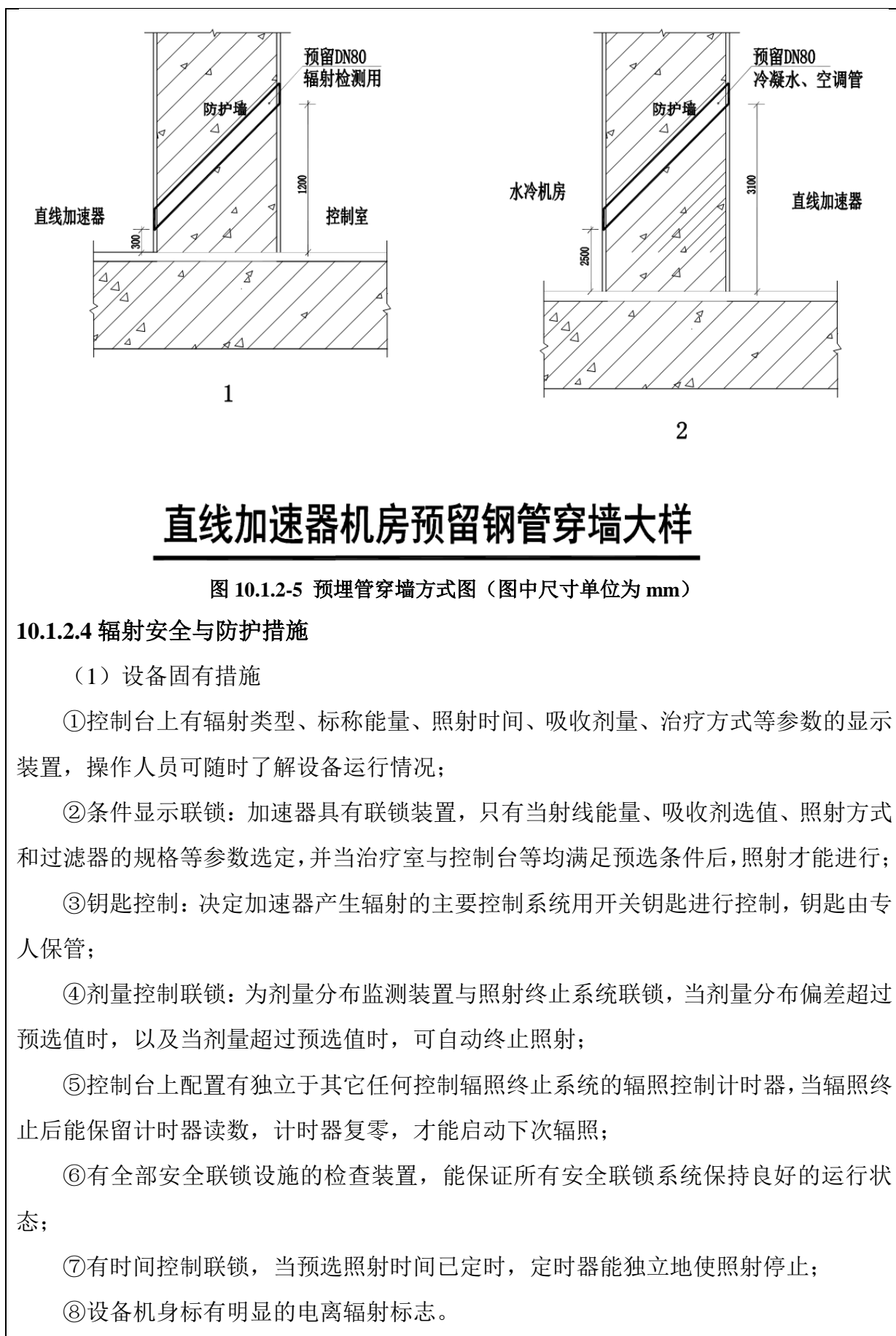
**直线加速器机房通风管道穿墙大样**

图 10.1.2-4 直线加速器机房管道穿墙方式图（图中尺寸单位为 mm）

#### （4）预埋钢管设计

直线加速器机房与控制室之间预埋辐射监测管，与水冷机房之间预埋空调管和冷凝水管，管道内径为 80mm。预埋管均采用垂直 45° 方式穿墙，穿墙部分间隙混凝土封堵填实，45° 穿墙方式和防护措施处理后，能够有效防止射线直接从预埋管照射出机房，因此穿墙部分不影响墙体整体的防护性能和机房外的辐射水平。

预埋管穿墙方式见图 10.1.2-5。



## 直线加速器机房预留钢管穿墙大样

图 10.1.2-5 预埋管穿墙方式图（图中尺寸单位为 mm）

### 10.1.2.4 辐射安全与防护措施

#### （1）设备固有措施

①控制台上显示有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况；

②条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行；

③钥匙控制：决定加速器产生辐射的主要控制系统用开关钥匙进行控制，钥匙由专人保管；

④剂量控制联锁：为剂量分布监测装置与照射终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，以及当剂量超过预选值时，可自动终止照射；

⑤控制台上配置有独立于其它任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照；

⑥有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态；

⑦有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止；

⑧设备机身标有明显的电离辐射标志。

(2) 场所设计安全措施

①直线加速器治疗室入口处拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，防止无关人员逗留和误入；并设置直线加速器治疗室防护门与工作状态指示灯联锁装置。

②直线加速器治疗室防护门拟设置门机联锁装置，只有当防护门完全关闭后才能开启加速器，在加速器出束状态下意外打开防护门，立即停止出束，关上门不能自动开始束。

③治疗床、治疗室墙上以及控制室的操作台上均拟设置紧急停机按钮，便于操作人员及误入人员在发生紧急情况时能及时切断系统电源。

④直线加速器治疗室配备电视监控及对讲系统，在治疗过程中医务人员可以及时观察患者情况，与患者交流，防止意外情况的发生。

⑤治疗室设置手动开门装置，门内设（应急）开门按钮，由辐射工作人员管理，公众不可触及，用于事故状态下，机房电动门不可开启，手动开启，开展事故应急。

⑥治疗室内拟设置固定式辐射剂量监测仪并有报警功能，其显示单元设置在控制室内，可实时监测机房内辐射水平。

(3) 《电子直线加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）防护要求

表 10.1.2-2 直线加速器机房设计采取措施与标准对照一览表

机房名称	标准名称	防护要求	本项目	是否满足要求
直线加速器机房	《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）	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。	本项目直线加速器机房位于急救医学中心外科大楼地下二层东部中间位置，位于放疗中心内部，下方为基土层，选址、场所布局和防护设计均符合GB18871的要求。	满足
		有用线束直接照射的防护墙（包括天棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙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。	本项目直线加速器机房已委托专业单位进行屏蔽防护设计，防护墙设计均按 GBZ/T201.1的要求实行。	满足
		在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。	经预测，直线加速器机房迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h。	满足
		穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。	已按要求设计，施工过程严格按照要求施工。	满足

	X 射线能量超过 10MV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。	本项目直线加速器X射线最大能量为10MV，屏蔽设计不用考虑中子辐射防护。	满足
	治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。	拟按要求设置。	满足
	治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m <sup>2</sup> 。	直线加速器治疗室有效使用面积51.06 m <sup>2</sup> 。	满足
	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。	拟设置治疗室入口防护门和迷路，防护门与加速器连锁。	满足
	相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的辐射指示灯及辐射标志。	拟在治疗室入口上方等位置安装醒目指示灯和辐射标志。	满足
	治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。	治疗室采用新风系统和排风系统，排风量为1500m <sup>3</sup> /h，通风换气次数为6次/h。	满足

对照表 10.1.2-2 表明，本项目直线加速器机房设计采取的措施满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的防护要求。

### 10.1.3 DSA 装置

#### 10.1.3.1 工作场所布局

DSA 装置工作区域主要包括杂交手术室、控制室和设备间，该区域东面为相邻手术室和一次性物品间，北面为污物廊，南面为洁净内走廊，西侧为无菌物品间、洁净内走廊和污物廊，楼上为手术室净化机房，楼下为数字胃肠机房。DSA 辐射工作场所平面布局见附图 12 所示。

#### 10.1.3.2 辐射分区管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。本项目 DSA 装置控制区和监督区划分如下：

控制区：杂交手术室；

监督区：控制室、设备间、防护门外 1m 处；

控制区和监督区的分布如附图13所示。

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

##### （1）控制区防护手段与安全措施

1)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合 GB 18871-2002 附录 F(标准的附录)规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；

2) 制定辐射防护与安全措施，包括适用于控制区的规则和程序；

3) 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；

4) 在进入控制区有个人防护用品、工作服、个人剂量报警仪等；

5) 定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

(2) 监督区防护手段与安全措施

1) 以黄线警示监督区的边界；

2) 在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

3) 定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

此外，还应将各防护门外、无菌物品间、北侧污物廊、南侧洁净内走廊、OP17 手术室、一次性物品间、楼上手术室净化机房、楼下数字胃肠机房等作为辐射环境影响关注区，医院在运行期间应加强对上述辐射环境影响关注区的定期监测、年度监测和验收监测，如发现问题应及时处理。

**10.1.3.3 场所屏蔽设计**

(1) 机房屏蔽设计

本项目 DSA 机房屏蔽设计与《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ130-2013）要求符合性见表 10.1.3-1。

**表 10.1.3-1 本项目 DSA 机房屏蔽防护情况及符合性分析一览表**

防护设计	设计参数		标准要求	符合性分析
机房面积和尺寸	最小单边长度 (m)	7.1	3.5	符合
	有效使用面积 (m <sup>2</sup> )	69.51	20	符合
屏蔽防护设计	四周墙体	方钢龙骨+3.0mmPb 铅板 (折合 3.0mm 铅当量)	有用线束方向铅当量和非有用线束方向铅当量均应≥2mm 铅当量	符合
	顶棚、地板	120mm 现浇混凝土+20mm 硫酸钡水泥砂浆。(折合 3.0mm 铅当量)		符合
	防护门	嵌 3.0mmPb 铅板 (折合 3.0mm 铅当量)		符合
	观察窗	3.0mmPb 铅玻璃 (折合 3.0mm 铅当量)		符合
辅助防护设施	手术位	铅帘具有 0.5mm 铅当量防护水平，铅悬挂防护屏具有 0.5mm 铅当量防护水平。	不低于 0.25mmPb；儿童不低于 0.5mmPb。	符合

## (2) 电缆敷设设计

电缆以电缆沟形式连通 DSA 机房与控制室、设备间，电缆沟紧贴混凝土地板经铅屏蔽墙进入机房内，电缆沟上方采用不锈钢盖板覆盖，穿墙电缆的线槽用镀锌铁管桥架包裹进行辐射屏蔽补强，穿墙部分间隙用 2mm 铅皮搭接，铅皮尺寸不小于缝隙宽度 10 倍以上，能够有效防止射线泄漏。在采取上述穿墙部位屏蔽补强措施后，穿墙部分不会影响墙体整体的防护性能。

## (4) 通风设置

因 X 射线对空气的电离产生的臭氧和氮氧化物，医院拟根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 标准要求，机房内设置净化空调和排风系统，送风口设置于机房顶部吊顶，排风口设置于东侧屏蔽墙，排风口距地 20cm，排风量为 400m<sup>3</sup>/h，产生的臭氧可通过新风系统排出 DSA 机房，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 中关于“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的要求。

### 10.1.3.4 辐射安全与防护措施

#### (1) 设备固有防护措施

本项目 DSA 拟从正规厂家购买，设备本身采取了多种固有安全防护措施：

- ①设备具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；
- ②采取栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉和余辉，起到消除软 X 射线，提高有用射线品质并减少脉冲宽度；
- ③采取光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝、铜或合金过滤板，以消除软 X 射线及减少二次散射，优化有用 X 射线谱；设备提供适应射线装置不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板材料。影像增强器前配置滤线栅，以减少散射影像。
- ④采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度，可减少透视剂量；
- ⑤采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留在监视器上显示，即称之为图像冻结，此技术可缩短总透视时间，达到减少不必要的照射；
- ⑥本项目 DSA 透视开关为常断式，并配有透视限时装置；机房内具有工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键；
- ⑦配备辐射防护设施：配有 0.5mm 铅当量的悬挂式铅玻璃及床侧铅帘，在设备运



行中可用于加强对有关人员的保护。

## (2) 场所设计安全措施

①污物廊防护门和洁净走廊防护门处设计有工作状态指示灯，且工作状态指示灯与各自的防护门能有效联动，防止无关人员误入机房，导致误照射；

②各防护门表面设计有电离辐射警告标志、中文警示说明、闭门装置，可使防护门时刻处于常闭状态，并提醒人员注意射线，防止误照射；

③DSA 控制室控制台、机房内机器操作面板上处各设计有 1 个急停按钮，当设备误照射或故障时能够及时的中断照射；

④DSA 机房内将安装 1 套监控和对讲系统，可实时监控室内情况；

⑤医院拟为辐射工作人员配备铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅围裙、铅帽、铅手套等个人防护用品。拟为患者配备铅围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等个人防护用品。

## 10.2 三废的治理

### 10.2.1 放射性废物治理措施

本项目不产生放射性废气和放射性废水，产生的放射性固废主要为  $^{60}\text{Co}$  放射源使用到一定年限后产生的退役放射源，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部令第 18 号)第二十八条要求“生产、进口放射源的单位销售 I 类、II 类、III 类放射源给其他单位使用的，应当与使用放射源的单位签订废旧放射源返回协议。转让 I 类、II 类、III 类放射源的，转让双方应当签订废旧放射源返回协议。进口放射源转让时，转入单位应当取得原出口方负责回收的承诺文件副本”。因此，医院应与  $^{60}\text{Co}$  放射源销售单位或转让单位签订  $^{60}\text{Co}$  放射源返回协议。直线加速器正常运行时，无废靶产生。如果冷却水循环系统出现故障，可能造成靶体散热不畅导致靶被打穿的情况，产生废靶。此外，加速器报废时，会有废靶产生。对于更换下来的废靶和退役时拆卸下来的废靶，委托有资质单位进行检测，如满足清洁解控要求，按一般固体废物处理，反之，按放射性废物由直线加速器厂家负责回收。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2019 年修改版)第三十八条规定执行：使用 I 类、II 类、III 类放射源的单位应当按照废旧放射源返回合同规定，在放射源闲置或者废弃后 3 个月内将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。确实无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交有相应资质的放射性废物集中贮存单位贮存。使用放射源的单位应当在废旧放射源交回、返回或者送交活动完成之日起 20 日内，

向其所在地省级生态环境主管部门备案。

因此，本项目废<sup>60</sup>Co放射源将交回生产单位，并在送交活动结束后20日内到安徽省生态环境厅备案。如确实无法交回生产单位，应送交有相应资质的放射性废物集中贮存单位贮存。

#### **10.2.2 其他废物治理措施**

放射源和射线装置在出束过程中释放 $\gamma$ 射线或X射线，使治疗室内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，本项目各辐射工作场所均设置排风系统，臭氧和氮氧化物将通过排风系统排出治疗室，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目位于急救医学中心外科大楼内,急救医学中心外科大楼已取得原蚌埠市环境保护局的环评批复,批复文号为蚌环经许[2018]5号(批复见附件4)。环评阶段已对主体工程的建设在施工期施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾等作了分析评价,本次仅针对此次核技术应用项目在施工期的影响进行分析评价。核技术应用项目施工期主要是机房屏蔽墙体土建和设备安装调试。此次核技术应用项目是在急救医学中心外科大楼地下二层和四层建设,涉及到的土建施工范围较小,施工期的环境影响是短暂、可逆的,随着施工期的结束而消失。施工单位应按照规定对建设期的声环境、空气环境、水环境和固体废物进行防治,并加强监管,使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

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

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 非辐射环境影响分析

##### 11.2.1.1 大气环境影响分析

本项目伽玛刀机房设置通排风装置,机房西北、西南角吊顶处各设1个进风口,机房东北、东南角各设置1个排风口,排风口底边距地面200mm,排风量 $500\text{m}^3/\text{h}$ ,通风次数不低于6次/小时,符合《X、 $\gamma$ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005)中“治疗室内应有良好的通风,机械通风换气次数一般为每小时3~4次”的要求。直线加速器机房设计新风和排风管道。管道均在迷道防护门上方混凝土中预埋,新风管道沿迷道上方吊顶内通至东侧屏蔽墙,沿东侧屏蔽墙设置2个进风口,进风风量为 $1300\text{m}^3/\text{h}$ ;排风管道以“U”型方式沿迷道上方吊顶内通至迷道内墙内侧,在靠近西侧次

屏蔽墙处设置 2 个排风口，排风口距离地面高度为 200mm，排风风量为 1500m<sup>3</sup>/h，通风换气次数不低于 6 次/小时，能满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h）。经下文预测分析，本项目伽玛刀机房和直线加速器机房臭氧排放浓度能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准中 1 小时均值≤0.2 mg/m<sup>3</sup> 的标准限值。

#### **11.2.1.2 声环境影响分析**

本项目各医疗设备均采用先进的医疗设备，噪声级较小，且都位于室内，医疗设备运行产生的噪声很小。本项目主要声源为排风风机。本项目伽玛刀和直线加速器机房排风管道排风机位于地下二层的排风机房内，DSA 机房排放管道排风机位于四层的排风机房内，医院是需要特别保持安静的区域，为防止排风机对医院医疗诊治环境等造成噪声影响，医院所有排风机设备在采购时均采购低噪声设备，采取地下或室内安装、基础减振措施，必要时安装隔音棉，通风管道均采用软性接头，通过采取上述措施，噪声对周围医疗环境产生的声环境影响很小，对医院外围环境产生的噪声影响更小。本项目风机仅占外科大楼全部风机的很小一部分，根据主体工程环评中关于噪声的影响预测和环评批复可知，主体工程主要噪声源为各类水泵、风机和 VRV 空调系统等公建配套设施运转时产生的机械噪声以及车辆行驶出入出库产生的交通噪声。采取所有设备均采用低噪声设备，对有振动的设备进行隔振处理，高噪声设备设置在设备机房内，安装减震器等降噪措施后，厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类和 4 类标准的限值要求。

#### **11.2.1.3 废水和固废处理措施依托可行性分析**

本项目生活污水和一般医疗废水，以及生活垃圾和一般医疗废物均在主体工程环评中进行了评价分析。由主体工程环评结论和批复可知：废水来源主要有医技科室、住院病人、化验室及检验室产生的医疗废水，医护人员、食堂产生的生活污水和空调冷却塔产生的清洁排水。空调冷却塔清洁水直接排入市政污水管网。其他废水排入医院新建的污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中“预处理标准”及蚌埠市第二污水处理厂接管标准后，经市政污水管网排入蚌埠市第二污水处理厂处理达标后排入淮河。生活垃圾、废弃医药包装材料等一般固体废物交当地环卫部门清运处置。医疗废物、污水处理站污泥、废活性炭属危险废物，应按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）中规定，分类收集，规范贮存，并委托有危险废物处置资质的单位处置，签订危废处置协议，建立处置台账，并报有监管权限的生态环境行政主管部门备案。

#### **11.2.2 伽玛刀辐射环境影响分析**

### 11.2.2.1 伽玛刀机房屏蔽防护设计

本项目伽玛刀机房屏蔽设计参数表见表 10.1.1-1。

伽玛刀治疗室内空几何尺寸 7.5m（长）×7.1m（宽）×4.0m（高），伽玛刀的  $^{60}\text{Co}$  放射源的出束方向为南北上下方向。

### 11.2.2.2 伽玛刀机房屏蔽效果分析

本项目伽玛刀为头部伽玛刀，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： $\gamma$  射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）对 $\gamma$  射线源治疗装置的分类，本项目头部伽玛刀属于多源 $\gamma$  射线立体定向放射治疗装置，头部 $\gamma$  刀治疗机房一般屏蔽要求和屏蔽计算原则与注意事项如下：

①头部伽玛刀机房可不设迷路，该机房屏蔽只需考虑散射辐射，包括治疗射线和准直器的泄漏辐射的散射。自 $\gamma$  刀治疗焦点至 $\gamma$  刀可开启的治疗装置屏蔽门的张角相应的屏蔽墙区和部分屏蔽顶区域为一次散射辐射区。散射辐射与入射辐射的夹角通常为  $60^\circ \sim 120^\circ$ ，其他区域为二次散射辐射区。治疗机房入口门处于治疗装置后部二次散射辐射区，辐射能量接近 0.2MeV。门的防护还应考虑在治疗装置屏蔽门关闭的贮源状态下的泄漏辐射。

②当获得生产厂家提供的治疗装置周围的散射辐射剂量场数据时，屏蔽计算中宜尽可能利用这些实际数据。

③头部 $\gamma$  刀治疗机房不考虑有用线束的屏蔽。

④头部 $\gamma$  刀治疗机房根据厂家提供的最大准直器照射条件下的散射辐射场，以最接近机房墙内表面的散射辐射剂量按照距离平方反比关系计算机房外关注点的剂量率。

⑤对贮源状态下来自 $\gamma$  刀装置壳体的泄漏辐射，可参考厂家给出的剂量分布（特别是距机房外表面较远处的泄漏辐射剂量率数据）按照  $^{60}\text{Co}$  的 TVL 计算相应的屏蔽厚度及机房外的剂量。

结合以上规定，本次评价将采用 GBZ/T201.3-2014 所推荐的预测公式及厂家数据分别对治疗机房的屏蔽设计和剂量进行核算。

#### 一、GBZ/T201.3-2014 所推荐的模式预测机房外关注点的辐射剂量率

##### （1）公式选取

本项目采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： $\gamma$  射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）中的计算公式。

##### ①有效屏蔽厚度

$$X_e = X \times \sec \theta \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

$X$  —屏蔽物质厚度；

$X_e$ —有效屏蔽厚度；

$\theta$ —斜射角，即入射线与物质平面的法线的夹角。

②屏蔽厚度  $X$  (mm) 与屏蔽透射因子  $B$  的相应关系

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad (\text{式 11-2})$$

式中：

$B$ —辐射屏蔽透射因子；

$TVL_1$ —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度；

$TVL$ —辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度。

③有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

$$H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

$\dot{H}_0$ ——活度为  $A$  放射源在距其 1m 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；其中  $\dot{H}_0 = A \times K_r$ ， $A$ ：放射源的活度，MBq，本项目为  $2.33 \times 10^8 \text{MBq}$ ； $K_r$ ：放射源的空气比释动能率常数。

$f$ ——对有用线束为 1；对  $\gamma$  射线源远距治疗装置的泄漏辐射为泄漏辐射比率。

$R$ ——辐射源至关注点的距离，m；

④患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

$$H_p = \frac{H_0}{R_0^2} \cdot \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

$\dot{H}_0$ ——活度为  $A$  的放射源在距其 1m 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\alpha_{ph}$ ——患者  $400\text{cm}^2$  面积上垂直入射  $\gamma$  射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量相对于等中心处剂量的份额，又称  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子。

$F$ ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ；

$R_s$ ——患者(位于等中心点)至关注点的距离, m。

$R_0$ ——放射源与等中心位置之间的距离, m;

$B$ ——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

⑤ 泄漏辐射在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot S \cdot \alpha_w \cdot f}{R^2 \cdot R_L^2} \quad (\text{式 11-5})$$

式中:

$f$ —治疗装置的泄漏辐射比率, 本项目取  $10^{-3}$ ;

$\dot{H}_0$ —活度为  $A$  的放射源在距其 1m 处的剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$S$ —散射面积, 即泄漏辐射始点和计算点共同可视见的散射体区域的面积,  $\text{m}^2$ ;

$R_L$ —泄漏辐射始点至散射体中心点的距离, m;

$R$ —散射体中心点与计算点的距离, m;

$\alpha_w$ —散射因子, 单位面积 ( $1\text{m}^2$ ) 散射体散射到距离 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。 $\alpha_w$  与入射角和反散射角有关。

⑥ 二次散射辐射剂量 (有用射线不朝向迷路)

$$H_g = \frac{\alpha_{ph}(F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot S}{R_2^2} \cdot \frac{H_0}{R_0^2} \dots\dots\dots (\text{式 11-6})$$

式中:

$\alpha_{ph}$ — $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子;

$F$ —治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积,  $\text{cm}^2$ ;

$\alpha_2$ —混凝土墙对入射的患者散射辐射的散射因子;

$S$ —散射面积,  $\text{m}^2$ ;

$R_1$ —患者至屏蔽墙体内侧散射点的距离, m;

$R_2$ —散射点至关注点的距离, m;

$R_0$ —放射源与等中心位置之间的距离, m。

### (2) 核算参数的选取

核算参数的取值情况见表 11.2.2-1。

表 11.2.2-1 核算参数的取值情况

参数	单位	取值	取值依据
TVL (漏射线)	mm	混凝土 218 (TVL <sub>1</sub> : 245)	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.1

		铅 41	
TVL (散射线)	mm	混凝土 151, 铅 10.3	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.6
A	MBq	$2.33 \times 10^8$	设备参数
$K_\gamma$	$\mu\text{Sv/h} \cdot \text{MBq}$	0.308	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.1
$H_0$	$\mu\text{Sv/h}$	$7.18 \times 10^7$	计算得出
$R_0$	mm	386.5	设备参数
$\alpha_{ph}$	/	$9.1 \times 10^{-4}$ (90° 散射角) $2.2 \times 10^{-3}$ (60° 散射角)	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.3
F	cm <sup>2</sup>	4	治疗靶区截面积 (2cm×2cm)
f	/	治疗状态下治疗装置的泄 漏辐射比率: <0.1%; 准直器泄漏辐射率: ≤1%	设备参数
准直器 最大直径	mm	16	设备参数
$\alpha_w$	/	0°和 45°入射辐射在混凝土散射体上的 $\alpha_w$ , 取值参考 GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.4 与表 C.5	
$\alpha_2$	/	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.4	

### (3) 不同关注点应考虑辐射

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分:  $\gamma$  射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)对 $\gamma$ 射线源治疗装置的分类,本项目头部伽玛刀属于多源 $\gamma$ 射线立体定向放射治疗装置,头部伽玛刀机房屏蔽只需考虑散射辐射,包括治疗射线和准直器的泄漏辐射的散射。自 $\gamma$ 刀治疗焦点至 $\gamma$ 刀可开启的治疗装置屏蔽门的张角相应的屏蔽墙区和部分屏蔽顶区域为一次散射辐射区。散射辐射与入射辐射的夹角通常为 60°~120°,其他区域为二次散射辐射区。治疗机房入口门处于治疗装置后部二次散射辐射区,辐射能量接近 0.2MeV。门的防护还应考虑在治疗装置屏蔽门关闭的贮源状态下的泄漏辐射。

### (4) 关注点位选取

本项目伽玛刀治疗系统辐射影响关注点位选取如图 11.2.2-1、11.2.2-2 和表 11.2.2-2 所示。



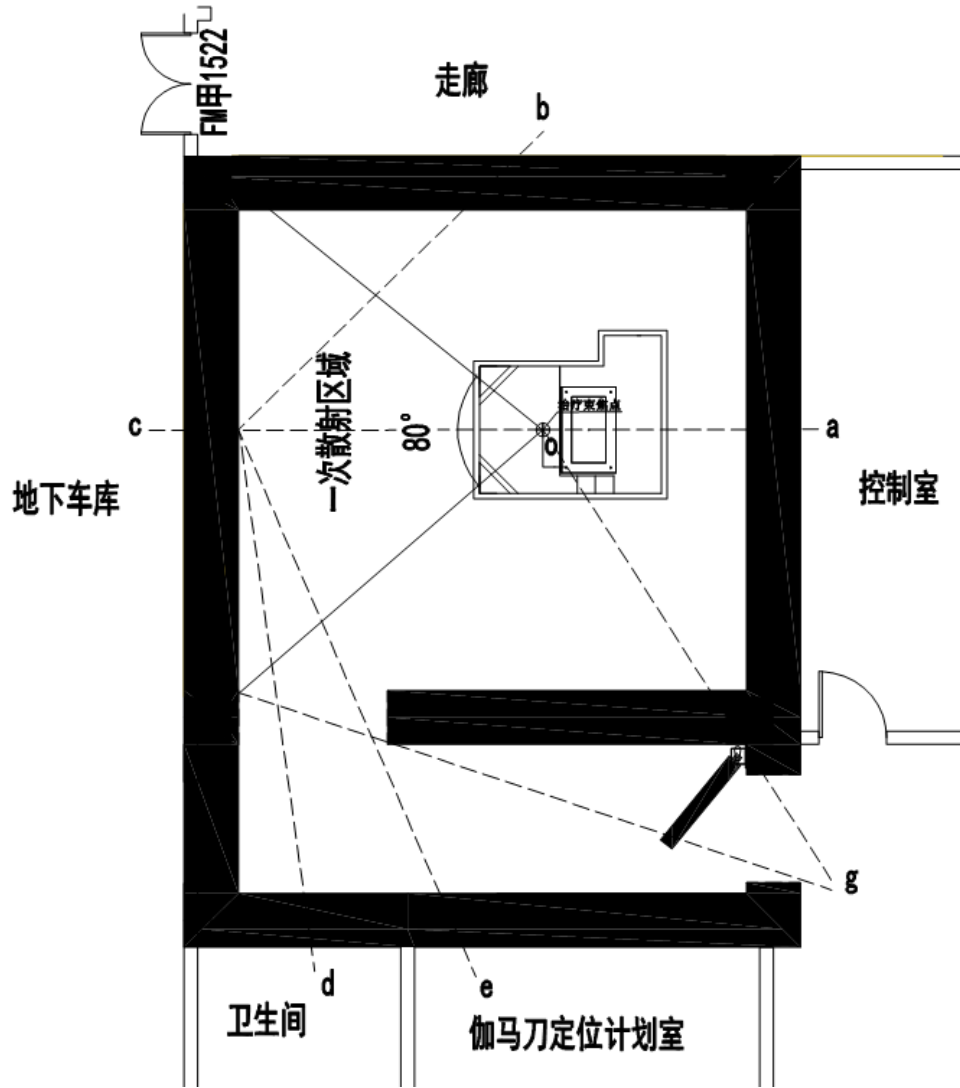


图 11.2.2-1 伽玛刀机房平面关注点位分布示意图

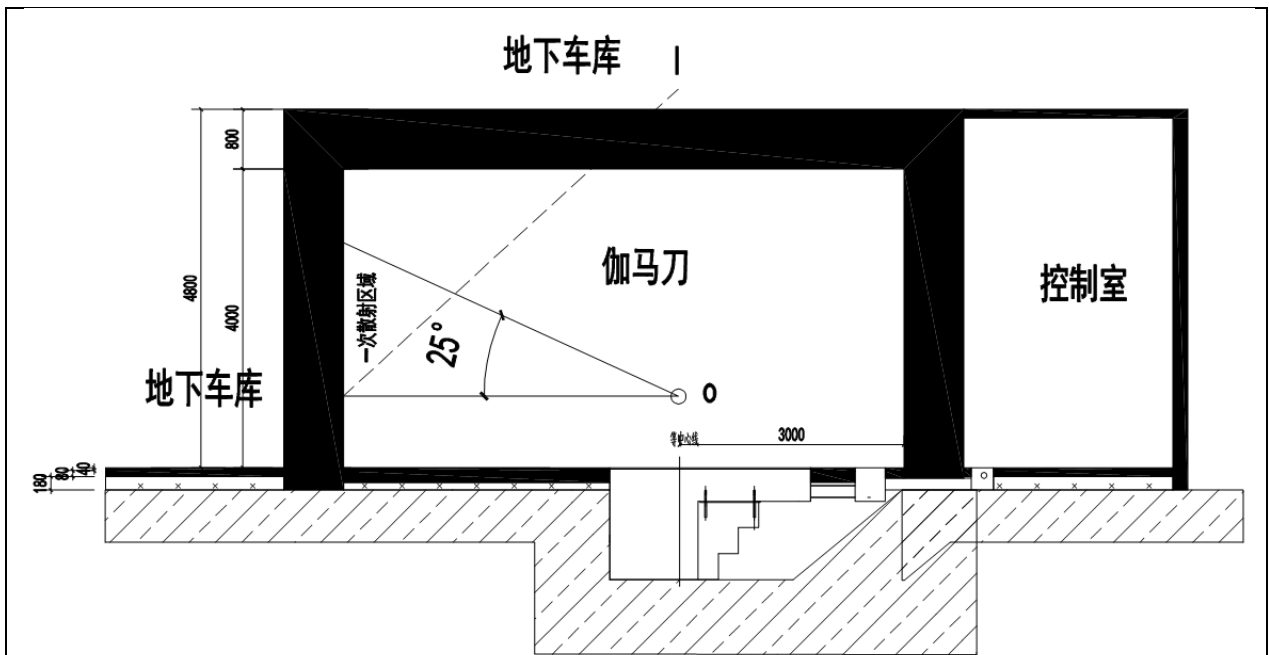


图 11.2.2-2 伽马刀机房立面关注点位分布示意图

表 11.2.2-2 关注点位一览表

序号	关注点	点位描述	居留因子	备注
1	a	东墙外 30cm 处, 控制室	1	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
2	b	北墙外 30cm 处, 走廊	1/5	
3	c	西墙外 30cm 处, 地下车库	1/40	
4	d	南墙外 30cm 处, 卫生间	1/20	
5	e	南墙外 30cm 处, 伽马刀定位计划室	1	
6	g	伽马刀机房防护门外 30cm 处	1/8	
7	l	伽马刀机房顶棚 30cm 处, 地下车库	1/40	

(5) 关注点辐射剂量率参考控制水平

《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分:  $\gamma$  射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014) 按照关注点人员居留因子的不同, 分别确定各关注点的最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}$ 。

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

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

《X、 $\gamma$  射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ168-2005) 中则规定了治疗室墙体外 30cm 可达界面处停留的医务人员 (不含放射工作人员) 或其他公众成员因透射产生的空气比释动能率一般应不大于  $2.5 \mu\text{Gy/h}$ 。

关注点位剂量率参考控制水平见表 11.2.2-3。

表 11.2.2-3 关注点位的剂量率控制水平

关注点	点位描述	人员居留因子	GBZ/T201.3-2014 中最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}(\mu\text{Sv/h})$	GBZ168-2005 中空气比释动能率限值 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
a	东墙外 30cm 处, 控制室	1	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$
b	北墙外 30cm 处, 走廊	1/5	$\leq 10$	$\leq 2.5$
c	西墙外 30cm 处, 地下车库	1/40	$\leq 10$	$\leq 2.5$
d	南墙外 30cm 处, 卫生间	1/20	$\leq 10$	$\leq 2.5$
e	南墙外 30cm 处, 伽玛刀定位计划室	1	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$
g	伽玛刀机房防护门外 30cm 处	1/8	$\leq 10$	$\leq 2.5$
l	伽玛刀机房顶棚 30cm 处, 地下车库	1/40	$\leq 10$	$\leq 2.5$

(6) 关注点位辐射剂量率的计算

①一次散射辐射估算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分:  $\gamma$  射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014) 附录 D 头部伽玛刀治疗机房参数可知, 伽玛刀治疗机房的一次散射区域为即自伽玛刀治疗焦点至伽玛刀可开启的治疗装置屏蔽门的张角相应的屏蔽墙区和部分屏蔽顶区域, 其他区域为二次散射辐射区。本项目一次散射区水平张角  $80^\circ$ , 垂直张角  $25^\circ$ ; 其它区域为二次散射区域。本项目仅有 c 点(地下车库)位于一次散射辐射区, 其余均关注点均位于二次散射辐射区。

一次散射辐射区屏蔽体外 30cm 处辐射剂量来源于治疗线束经患者一次散射辐射和准直器的泄漏辐射。估算结果分别见表 11.2.2-4 和 11.2.2-5。

表 11.2.2-4 屏蔽体外 30cm 处患者一次散射辐射剂量率计算结果表

预测点	$R_s$ (m)	X(cm)	$\theta$	$X_e$ (cm)	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\alpha_{ph}$	$TVL_1$ (cm)	TVL (cm)	B	H( $\mu\text{Sv/h}$ )
c	5.8	80	$0^\circ$	80	$7.18 \times 10^7$	$9.1 \times 10^{-4}$	15.1	15.1	$5.03 \times 10^{-6}$	$3.82 \times 10^{-3}$

表 11.2.2-5 屏蔽体外 30cm 处准直器泄漏辐射剂量率计算结果表

预测点	f	$H_0(\mu\text{Sv/h})$	R (m)	$TVL_1$ (cm)	TVL (cm)	B	H( $\mu\text{Sv/h}$ )
c	0.001	$7.18 \times 10^7$	5.8	24.5	21.8	$2.85 \times 10^{-4}$	0.61

综合上述两表计算结果, 关注点 c 点(地下车库)所受辐射剂量率为  $0.61\mu\text{Sv/h}$ , 满足最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$  的剂量率限值。

②泄漏辐射在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

按(式 11-5)核算泄漏辐射在屏蔽墙上的一次散射辐射至关注点处的辐射剂量率结果见表 11.2.2-6。

表 11.2.2-6 泄漏辐射在屏蔽墙上的一次散射辐射至关注点处的辐射剂量率计算结果表

预测点	$f$	$H_0(\mu\text{Sv/h})$	$S(\text{m}^2)$	$a_w$	$R_L(\text{m})$	$R(\text{m})$	$B$	$H(\mu\text{Sv/h})$
a	0.001	$7.18 \times 10^7$	21.6	$7.79 \times 10^{-3}$	4.5	8.6	$5.03 \times 10^{-6}$	$4.07 \times 10^{-5}$
b	0.001	$7.18 \times 10^7$	21.6	$7.00 \times 10^{-3}$	4.5	6.3	$3.24 \times 10^{-8}$	$4.38 \times 10^{-7}$
d	0.001	$7.18 \times 10^7$	21.6	$4.06 \times 10^{-3}$	4.5	8.0	$3.29 \times 10^{-6}$	$1.6 \times 10^{-5}$
e	0.001	$7.18 \times 10^7$	21.6	$5.94 \times 10^{-3}$	4.5	8.8	$2.53 \times 10^{-11}$	$1.49 \times 10^{-10}$
l	0.001	$7.18 \times 10^7$	21.6	$7.00 \times 10^{-3}$	4.5	6.1	$3.24 \times 10^{-8}$	$4.68 \times 10^{-7}$

②患者散射辐射经屏蔽体散射后二次散射辐射剂量

按（式 11-6）核算患者散射辐射经屏蔽体散射后二次散射辐射至关注点处的辐射剂量率结果见表 11.2.2-7。

表 11.2.2-7 患者散射辐射经屏蔽体散射后二次散射辐射至关注点处的辐射剂量率计算结果表

预测点	$H_0(\mu\text{Sv/h})$	$R_0(\text{m})$	$S(\text{m}^2)$	$a_{ph}$	$F(\text{cm}^2)$	$R_1(\text{m})$	$R_2(\text{m})$	$a_2$	$B$	$H(\mu\text{Sv/h})$
a	$7.18 \times 10^7$	0.3865	21.6	$9.1 \times 10^{-4}$	4	4.5	8.6	$7.79 \times 10^{-3}$	$5.03 \times 10^{-6}$	$2.47 \times 10^{-6}$
b	$7.18 \times 10^7$	0.3865	21.6	$9.1 \times 10^{-4}$	4	4.5	6.3	$7.00 \times 10^{-3}$	$3.24 \times 10^{-8}$	$2.66 \times 10^{-8}$
d	$7.18 \times 10^7$	0.3865	21.6	$9.1 \times 10^{-4}$	4	4.5	8.0	$4.06 \times 10^{-3}$	$3.29 \times 10^{-6}$	$9.72 \times 10^{-7}$
e	$7.18 \times 10^7$	0.3865	21.6	$9.1 \times 10^{-4}$	4	4.5	8.8	$5.94 \times 10^{-3}$	$2.53 \times 10^{-11}$	$9.04 \times 10^{-12}$
g	$7.18 \times 10^7$	0.3865	0.15	$9.1 \times 10^{-4}$	4	4.5	9.2	$1.19 \times 10^{-3}$	$4.28 \times 10^{-2}$	$1.95 \times 10^{-5}$
l	$7.18 \times 10^7$	0.3865	21.6	$9.1 \times 10^{-4}$	4	4.5	6.1	$7.00 \times 10^{-3}$	$3.24 \times 10^{-8}$	$2.84 \times 10^{-8}$

③关注点辐射剂量率汇总

位于一次散射辐射区屏蔽体外的 c 点（地下车库）辐射剂量来源于治疗线束经患者一次散射辐射和准直器的泄漏辐射。位于二次散射辐射区域的其他各关注点（g 点外）辐射剂量来源于泄漏辐射在屏蔽墙上的一次散射辐射和患者散射辐射经屏蔽体散射后二次散射辐射。防护门外 g 点仅受患者散射辐射经屏蔽体散射后二次散射辐射。经汇总后各关注点辐射剂量率水平及与辐射剂量率参考控制水平对照表见表 11.2.2-8。

表 11.2.2-8 各关注点辐射剂量率计算结果及符合性对照表

预测点	$H(\mu\text{Sv/h})$	GBZ/T201.3-2014 中最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}(\mu\text{Sv/h})$	GBZ168-2005 中空气比释动能率限值 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	符合性分析
a	$4.32 \times 10^{-5}$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	符合
b	$4.65 \times 10^{-7}$	$\leq 10$	$\leq 2.5$	符合
c	0.61	$\leq 10$	$\leq 2.5$	符合
d	$1.7 \times 10^{-5}$	$\leq 10$	$\leq 2.5$	符合
e	$1.58 \times 10^{-10}$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	符合
g	$1.95 \times 10^{-5}$	$\leq 10$	$\leq 2.5$	符合
l	$4.96 \times 10^{-7}$	$\leq 10$	$\leq 2.5$	符合

以上核算可知，项目头部伽玛刀机房屏蔽墙体和防护门设计符合要求，屏蔽体外的剂量率均满足《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/T201.3-2014）和《X、γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》（GBZ168-2005）中控制要求。同时，由于拟建机房室顶 30cm 处的 γ 辐射剂量率低于 100μSv/h，故不再考虑天空散射对周围环境的影响。

## 二、设备厂家数据预测机房外关注点的辐射剂量率

根据厂家提供的γ 刀出束状态的辐射测量值，以最接近本项目治疗室墙内表面的辐射剂量按照距离平方反比关系计算治疗室外关注点的剂量率：

$$\dot{H} = \dot{H}_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 \cdot B \quad (\text{式 11-7})$$

式中： $\dot{H}$ —屏蔽体外关注点的辐射剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_1$ —等中心平面上最接近治疗室墙内表面一点的辐射剂量率，μSv/h，该值为来自厂家提供资料，见图 9.1-4 和图 9.1-7；

$R_1$ —已知辐射剂量率点到等中心的距离，m；

$R_2$ —关注点到等中心的距离，m，本项目关注点为相应屏蔽体外 0.3m。

$B$ —辐射屏蔽透射因子，根据（式 11-1）和（式 11-2）计算得出。

根据本项目伽玛刀机房尺寸及平面布局，对照厂家所提供的治疗装置周围的辐射剂量场分布图，确定本项目各关注点相对于厂家辐射剂量场分布图的具体位置，得出将各关注点在机房内的辐射剂量率水平，然后根据（式 11-7）计算得出机房外关注点的辐射剂量率。本项目各关注点相对于厂家辐射剂量场分布图的具体位置见图 11.2.2-3 和图 11.2.2-4，图中红色线条代表本项目伽玛刀机房内表面，辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11.2.2-9。

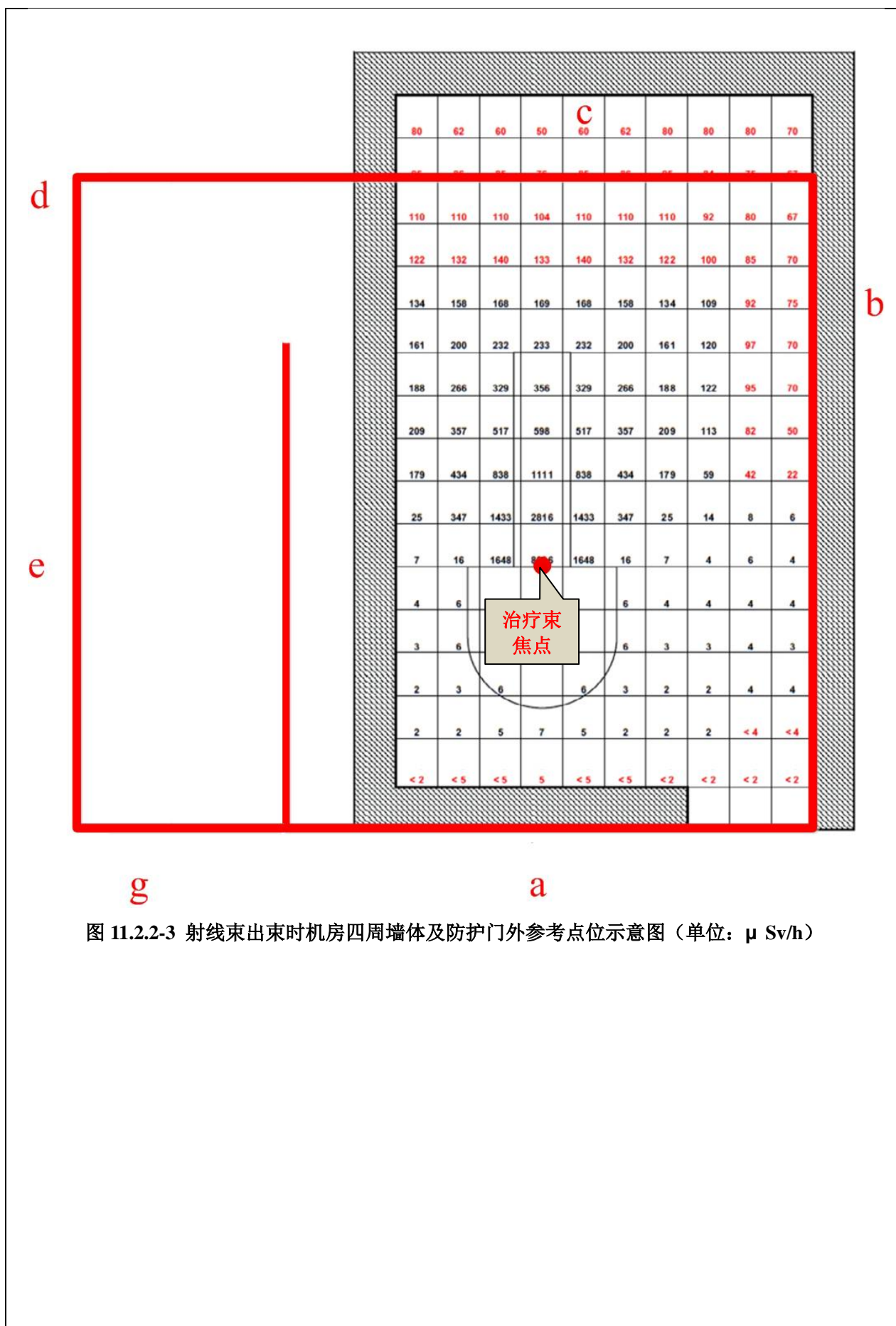


图 11.2.2-3 射线束出束时机房四周墙体及防护门外参考点位示意图（单位： $\mu\text{Sv/h}$ ）

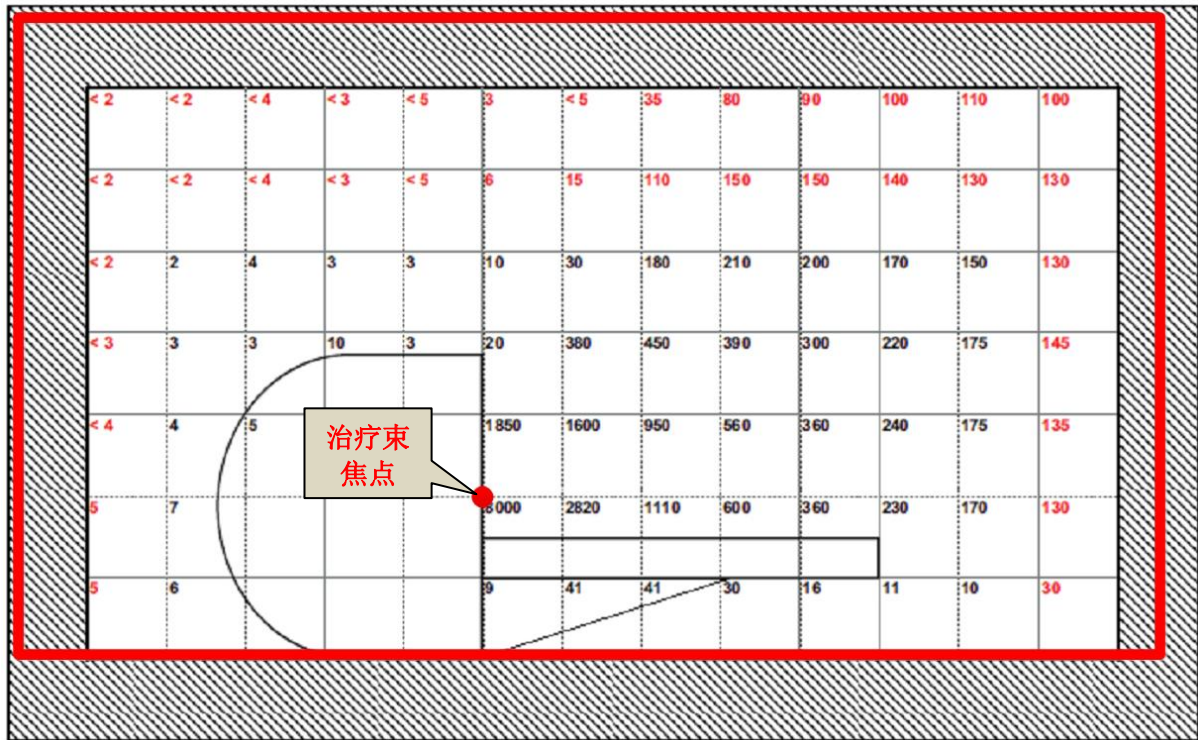


图 11.2.2-4 射线束出束时机房顶部参考点位示意图（单位：μSv/h）

表 11.2.2-9 关注点辐射剂量率计算结果

关注点 位	$X_e$ (cm)	$B$	$\dot{H}_1$ (μSv/h)	$R_1$ (m)	$R_2$ (m)	$\dot{H}$ (μSv/h)
a	800 混凝土	$5.03 \times 10^{-6}$	5	2.5	4.1	$9.35 \times 10^{-6}$
b	800 混凝土	$5.03 \times 10^{-6}$	75	3.25	4.35	$2.11 \times 10^{-4}$
c	800 混凝土	$5.03 \times 10^{-6}$	76	4.5	5.6	$2.47 \times 10^{-4}$
d	800 混凝土	$5.03 \times 10^{-6}$	209	2.3	9.3	$6.43 \times 10^{-5}$
e	800 混凝土+800 混凝土	$2.53 \times 10^{-11}$	179	2.0	8.3	$2.63 \times 10^{-10}$
g	800 混凝土+10 铅	$5.38 \times 10^{-7}$	3	2.0	7.9	$1.03 \times 10^{-7}$
l	800 混凝土	$5.03 \times 10^{-6}$	110	2.5	4.0	$2.16 \times 10^{-4}$

通过对厂家提供的辐射剂量场数据，结合本项目关注点情况进行核算可知，项目头部伽玛刀机房屏蔽墙体和防护门设计符合要求，屏蔽体外的剂量率均满足《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/T201.3-2014）规定的最高剂量率参考控制水平和《X、γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》（GBZ168-2005）中规定的空气比释动能率限值控制要求。同时，由于拟建机房室顶 30cm 处的 γ 辐射剂量率低于 100μSv/h，故不再考虑天空散射对周围环境的影响。

### 三、贮源状态泄漏辐射剂量率

当设备关机时，伽玛刀聚焦头处于关源状态，根据该型号设备资料，贮源状态下距源1m处由于杂散辐射引起的吸收剂量率不超过13 $\mu$ Sv/h。

贮源状态泄漏辐射剂量率采用以下公式进行预测计算：

$$H=H_0 \times (R_0/R)^2 \times B \quad (\text{式11-8})$$

式中：

$H_0$ —距离源 $R_0$ 米处的剂量率， $\mu$ Gy/h，本项目取 $R_0=1$ m处的 $H_0$ 即13 $\mu$ Gy/h；

$R_0$ —与放射源的距离，m，取1m；

$R$ —计算点与放射源的距离，m；

$H$ —距源 $R$ 米处的剂量率， $\mu$ Gy/h；

$B$ —屏蔽透射因子。

本项目 $^{60}\text{Co}$ 放射源 $\gamma$ 射线泄漏辐射平均能量取1.25MeV，在混凝土中 $TVL$ 值取218mm， $TVL_l$ 值取245mm，在铅中 $TVL$ 值为41mmPb。采用（式11-8）计算贮源状态下设备泄漏辐射透过屏蔽物的辐射剂量率，计算结果见表11.2.2-9。

表 11.2.2-9 贮源状态下对各关注点处泄漏辐射剂量率

预测点	X(mm) 混凝土	$\theta$	$X_e$ (mm) 混凝土	$B$	$H_0$ ( $\mu$ Sv/h)	$R$ (m)	$H(\mu$ Sv/h)
a	800	0°	800	$2.85 \times 10^{-4}$	13	8.6	$5.01 \times 10^{-5}$
b	800	0°	800	$2.85 \times 10^{-4}$	13	6.3	$9.33 \times 10^{-5}$
c	800	0°	800	$2.85 \times 10^{-4}$	13	5.6	$1.18 \times 10^{-4}$
d	1600	30°	1848	$4.43 \times 10^{-9}$	13	8.0	$9.0 \times 10^{-10}$
e	1600	15°	1656	$3.37 \times 10^{-8}$	13	8.8	$5.66 \times 10^{-9}$
g	1240	30°	1432	$3.59 \times 10^{-7}$	13	9.2	$5.51 \times 10^{-8}$
l	800	0°	800	$2.85 \times 10^{-4}$	13	6.1	$9.96 \times 10^{-5}$

以上核算可知，贮源状态下屏蔽墙体和防护门外的辐射剂量率均满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分： $\gamma$ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）、《X、 $\gamma$ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》（GBZ168-2005）中控制要求。

#### 四、换装源环境影响分析

##### A、废放射源暂存期间的辐射影响分析

本项目头部伽玛刀使用192枚放射源 $^{60}\text{Co}$ ，其半衰期为5.27年。根据医院诊疗计划，本项目放射源使用达到5.27年时需更换，192枚放射源均同时更换。根据《辐射防护实用手册》（赵兰才，张丹峰主编）P19核素活度计算公式，本项目单枚放射源的活度更换时活度为 $6.07 \times 10^{11}$ Bq/枚，总活度为 $1.16 \times 10^{14}$ Bq。根据放射源分类方法显示，单枚废放射源属



于 II 类, 192 枚废放射源总体应按 I 类管理。放射源更换之前医院应先到当地生态环境厅进行备案, 待备案完成后再联系设备厂家进行更换放射源, 由设备厂家安排换源及换源后的整机调试。废放射源通过装源机更换至专用铅罐内, 专用铅罐满足《放射性物质安全运输》(GB11806-2004) 中 B (U) 型货包的要求。根据 GB11806-2004 中 7.8.7 条, B (U) 货包应符合下述要求: “能保持足够的屏蔽能力, 保证在货包内装的放射性内容物达到所设计的最大数量时, 距货包表面 1m 处的辐射水平不会超过 10mSv/h。” 废放射源置于专用铅罐后, 在医院的暂存时间最长不超过 7 天, 并置于伽玛刀机房内, 暂存期间由专人负责安保工作。假定专用铅罐紧挨东侧屏蔽墙, 以专用铅罐表面 1m 处的辐射剂量率 10mSv/h 计, 则东侧屏蔽墙外 30cm 处控制室的辐射剂量率为:  $10 \times \frac{1^2}{2.1^2} \times 10^{-(800+21.8-24.5)/21.8} = 3.65 \times 10^{-4} \text{mSv/h}$ 。则废放射源存放期间, 控制室的工作人员所受最大剂量  $3.65 \times 10^{-4} \text{mSv/h} \times 8\text{h} \times 7\text{d} = 2.04 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 。事实上, 废放射源存放期间, 伽玛刀系统不进行治疗, 工作人员不会长时间停留在控制室, 所受剂量将小于  $2.04 \times 10^{-2} \text{mSv}$ , 因此, 废放射源暂存期间对周边人员和环境的辐射影响很小。

#### 五、换装源过程对周边环境的辐射影响分析

##### ①运输过程

根据工程分析, 放射源运输过程中, 医院工作人员在警戒线外 (距源约 4m), 停留时间约 0.5 小时 (单边运输)。根据《密封放射源及密封  $\gamma$  放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006) 中第 5.8 条: 距离装有活度为  $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$  以上的密封伽马放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 0.2mGy/h。放射源剂量随距离平方进行衰减, 因此, 在放射源容器外 4m 处, 剂量率约为 0.0125mGy/h。在单边放射源运输过程中, 医院工作人员受到的有效剂量为 0.01mSv (Gy、Sv 转换系数为 1)。

##### ②换装源过程

放射源运输设备厂家按国家相关规定将贮源容器运至医院伽玛刀机房后换装源, 整个更换过程机房门关闭, 机房内仅有设备厂家工作人员, 医院工作人员在控制室内通过监控设施进行实时监督, 保证放射源更换过程按国家相关规定有序进行。 $^{60}\text{Co}$  放射源的倒装需使用专用的装源系统 (装源热室) 完成。装源系统的主要组件由热室、机械手、铅玻璃观察窗、龙门吊、安全托盘、照明系统、屏蔽铅环和吊篮提升装置等组成。为保证作业区操作人员的安全, 热室进行了足够的辐射防护屏蔽, 根据《使用 I、II 密封源环境影响报告书》(中国原子能科学研究院) 中介绍的热室屏蔽要求, 热室外工作区的剂量率限值为  $100 \mu\text{Sv/h}$ ,

观察窗外的剂量率限值为 50 $\mu$ Sv/h。

在装源、换源过程及相关的监测等，均由放射源厂家或者专业单位技术人员操作。在此过程中，医院工作人员不会进入治疗室内。在上述剂量率范围内，医院工作人员处经过机房最薄弱处铅防护门（铅防护门 10mmPb，源与警戒线最近约 4m）的屏蔽后，机房外的剂量率约为 3.58 $\mu$ Sv/h，初装源约 5 小时，则医院工作人员受到的有效剂量约为 0.018mSv，进行倒装源时时间增加 1 倍，受到的剂量约为 0.036mSv。

根据以上核算，包含放射源院内运输和倒装源，初装源时医院工作人员受到的有效剂量约为 0.01mSv+0.018mSv=0.028mSv，倒装源时医院工作人员受到的有效剂量约为 0.01mSv+0.036mSv=0.046mSv。

#### 六、 $\beta$ 射线辐射影响分析

$^{60}\text{Co}$  在衰变过程中会产生  $\beta$  射线。 $\beta$  射线在不同介质中的最大射程见表 11.2.2-10：

表 11.2.2-10  $\beta$  射线在空气中理论最大射程

核素	$^{60}\text{Co}$
$\beta$ 射线能量(MeV)	0.315
空气密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$1.29 \times 10^{-3}$
空气中的射程 (cm)	122
混凝土( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.35
混凝土中的射程 (cm)	0.067
铅密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	11.34
铅中的射程 (cm)	0.028

由表 11.2.2-10 可以看出  $^{60}\text{Co}$  产生的  $\beta$  射线在空气中的射程是很短的，最大约为 1.22m 左右，而本项目工作场所设置了足够的空间，且有墙体和铅门进行屏蔽，同时  $\beta$  射线在混凝土的射程最大约为 0.07cm，医生在操作过程中有足够厚度混凝土墙体进行屏蔽，所以本项目  $\beta$  射线对周围辐射环境影响是很小的。

#### 11.2.2.3 有效剂量估算

根据医院提供的资料，预计伽玛刀每天治疗量最大为 4 人次，每个病人每次治疗照射时间约为 20min，每年工作 250 天，每年检查最大为 1000 人次，则伽玛刀年出束时间最大为 334h。

##### (1) 计算公式

根据《辐射防护手册（第一分册）》，工作人员和公众人员受到的 $\gamma$  射线产生的外照射所致的年有效剂量用下式进行估算：

$$E = H \times U \times T \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-9})$$

式中： $E$ ——年有效剂量，mSv/a；

$H$ ——辐射剂量率估算值， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$T$ ——工作负荷，h/a；

$U$ ——使用因子；保守计算使用因子均为 1。

$T$ ——居留因子。

## (2) 计算结果

### ①辐射工作人员

在伽玛刀日常检查和治疗时辐射工作人员给病人摆位需在治疗室内停留，治疗结束且关闭放射源后，工作人员需进入治疗机房将患者从三维治疗床上卸下的过程中将受到放射源的照射。根据该型号设备资料，贮源状态下距源 1m 处由于杂散辐射引起的吸收剂量率不超过  $13\mu\text{Sv/h}$ ，辐射工作人员为每个病人需停留在机房的总时间约为 5min，身体距离设备表面按 1m 计，医院头部伽玛刀治疗病人最大为 1000 人次/年。伽玛刀摆位时工作人员受到的年有效剂量最大为 1.08mSv。

本项目伽玛刀辐射工作人员年有效剂量估算结果见表 11.2.2-11。非工作时段工作人员不在工作区域，贮源状态泄漏对工作人员的影响可不计。

表 11.2.2-11 伽玛刀辐射工作人员年有效剂量估算表

设备	人员	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		年最大 工作时间	居留 因子	年有效剂量 (mSv/a)	年有效剂量 合计 (mSv/a)	
伽玛刀	辐射工作 人员	控制室	$6.33 \times 10^{-5}$	334h	1	$2.11 \times 10^{-5}$	1.15	
		机房内	13	83h	1	1.08		
		废源暂存所受剂量						$2.04 \times 10^{-2}$
		换装源所受最大剂量						0.046

根据表 11.2.2-11 可知，本项目辐射工作人员受到的年有效剂量为 1.15mSv，低于本评价辐射工作人员 5mSv/a 的剂量约束限值，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

### ②伽玛刀机房周围人员年有效剂量估算

周围人员年有效剂量估算，根据辐射剂量率与距离平方成反比的原理，采用屏蔽体外各方位辐射剂量率最大值处剂量率预测周围人员因伽玛刀运行所受辐射剂量，估算结果见表 11.2.2-12。

表 11.2.2-12 伽玛刀机房周围人员年有效剂量估算一览表

序号	位置描述	人员类型	预测所选取关注点	居留因子	预测辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年照射 时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
1	直线加速器辐射工作人员	职业	a	1	$3.68 \times 10^{-6}$	334	$1.23 \times 10^{-6}$
2	DSA 装置辐射工作人员	职业	l	1	$2.71 \times 10^{-8}$		$9.05 \times 10^{-9}$
3	医院非本项目辐射工作人员	职业	a	1	$1.58 \times 10^{-5}$		$5.28 \times 10^{-6}$
4	医院非辐射工作人员	公众	l	1	$7.11 \times 10^{-7}$		$2.37 \times 10^{-7}$
5	地下二层公众	公众	c	1/16	0.61		$1.27 \times 10^{-2}$
6	地下二层楼上公众	公众	l	1/4	$7.11 \times 10^{-7}$		$5.94 \times 10^{-8}$
7	病房楼公众	公众	l	1/4	$1.1 \times 10^{-8}$		$9.19 \times 10^{-10}$
8	门诊楼公众	公众	l	1/4	$7.49 \times 10^{-9}$		$6.25 \times 10^{-10}$
9	院内道路、空地公众	公众	l	1/16	$6.1 \times 10^{-8}$		$1.27 \times 10^{-9}$
10	中国移动和邮政局大楼公众	公众	l	1	$8.28 \times 10^{-9}$		$2.77 \times 10^{-9}$

注：预测点人员停留位置有两处及以上时，居留因子取较大者。

根据表 11.2.2-12 可知，本项目伽玛刀运行所致直线加速器辐射工作人员最大年有效剂量为  $1.23 \times 10^{-6} \text{mSv}$ ，DSA 装置辐射工作人员最大年有效剂量为  $9.05 \times 10^{-9} \text{mSv}$ ，其他辐射工作人员年最大年有效剂量为  $5.28 \times 10^{-6} \text{mSv}$ ，均低于职业人员的年剂量管理限值  $5 \text{mSv}$  的限值；所致公众人员最大年有效剂量为  $1.27 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，低于公众人员的年剂量管理限值  $0.25 \text{mSv}$  的限值。综上所述，本项目伽玛刀职业人员和周围公众人员年有效剂量均满足职业人员  $5 \text{mSv/a}$ ，公众人员  $0.25 \text{mSv/a}$  的剂量管理限值要求，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

#### 11.2.2.4 大气环境影响分析

本评价主要针对伽玛刀治疗系统运行期间的臭氧影响进行定量预测。根据《辐射防护手册（第三分册）》， $\gamma$  辐照室空气中臭氧的产额可由下式进行计算：

$$Q_0 = 6.33 \times 10^{-4} \times A \times G \times V^{1/3} \quad (\text{式 11-10})$$

式中：

$Q_0$ —臭氧的辐射化学产额， $\text{mg/h}$ ；

$A$ —放射源的活度， $\text{Ci}$ ，本项目  $^{60}\text{Co}$  放射源总活度为  $6300 \text{Ci}$ 。

$G$ —空气每吸收  $100 \text{eV}$  辐射能量所产生的臭氧分子数， $\gamma$  辐照室取 6；

$V$ —辐照室体积， $\text{m}^3$ ，本项目伽玛刀机房体积约为  $284 \text{m}^3$ 。

由此计算伽玛系统治疗室臭氧的产额为 71.78mg/h。

室内臭氧浓度由下式计算：

$$C=Q_0 \times T_v / V \quad (\text{式 11-11})$$

式中：

$C$ ——室内臭氧浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；

$T_v$ ——臭氧有效清除时间， $\text{h}$ ；

$V$ ——治疗室内空间体积；

$$T_v = t_v \times t_a / (t_v + t_a) \quad (\text{式 11-12})$$

式中：

$t_v$ ——换气一次所需时间， $\text{h}$ ，取 0.568h；

$t_a$ ——臭氧分解时间， $\text{h}$ ，取 0.83h。

由此计算伽玛刀机房内臭氧的浓度为  $0.085\text{mg}/\text{m}^3$ 。

综上，本项目伽玛刀机房臭氧浓度能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准中 1 小时均值  $\leq 0.2\text{mg}/\text{m}^3$  的标准限值和《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中臭氧 1 小时均值  $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$  的标准限值。实际工作中，治疗室内保持良好的通风，臭氧等有害气体能及时排除，将不会对人员产生危害。

### 11.2.3 直线加速器辐射环境影响分析

直线加速器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。本项目直线加速器 X 射线最大能量为 10MV，不需要考虑对中子的屏蔽。

#### 11.2.3.1 场所屏蔽计算

##### （1）屏蔽计算的有关参数

医院拟在外科大楼地下二层放疗中心新增 1 台医用电子直线加速器，型号待定。本项目拟建加速器的技术参数如表 11.2.3-1 所示。

表 11.2.3-1 直线加速器的技术参数

设备名称	X 射线最大能量	电子线最大能量	X 射线最高输出率	源轴距 (SAD)	等中心距地面高度	线束张角	最大照射野	射线泄漏率
电子直线加速器	10MV	20MeV	6Gy/min	1.0m	1.3m	28°	40×40cm	≤0.1%

##### （2）预测关注点位

本项目医用电子直线加速器机房位于外科大楼地下二层东部中间位置，机房东面为土

层，北面为控制室，南面为新风机房和电梯，西面为准备室、体模室和水冷机房，楼上为库房，楼下为基土层。机房设置直迷路，并于迷道出口设置防护门。机房主屏蔽墙为东、西两侧屏蔽墙体和顶棚。

结合图纸，选取西墙和顶棚有用线束照射方向主屏蔽墙外（a、l点）、与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙外（b<sub>1</sub>/b<sub>2</sub>、m<sub>1</sub>/m<sub>2</sub>点）、侧屏蔽墙外（c）、控制室（e点）、迷路外墙外（k点）、防护门外（g点）作为关注点；因机房东侧为土层，故东墙外不设关注点。

根据《放射治疗机房辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZT201.1-2007）中附表A.1不同场所的居留因子的描述，确定项目不同场所的居留因子。机房北侧控制室（关注点e、k）T=1；机房西侧准备室（关注点b<sub>1</sub>）、机房顶棚（关注点m<sub>2</sub>）、机房西侧防护门外（关注点g）T=1/4；机房西侧体模室（关注点a）、水冷机房（关注点b<sub>2</sub>）、机房南侧电梯（关注点d）、机房南侧新风机房（关注点c）及机房顶棚（关注点l、m<sub>1</sub>）T=1/16。预测关注点分布如图11.2.3-1及表11.2.3-2所示。

表 11.2.3-2 加速器机房预测关注点位基本情况汇总

机房名称	关注点	点位描述	辐射类型	使用因子 (U)	居留因子 (T)	路径/距离 R (m)
电子直线加速器机房	a	西墙主屏蔽区外 30cm (体模室)	有用线束	1/4	1/16	o <sub>2</sub> -o-a 6.65
	b <sub>1</sub>	西墙次屏蔽区外 30cm (准备室)	散射、泄漏	-	1/4	o-b <sub>1</sub> / o <sub>2</sub> -o-b <sub>1</sub> 7.93
	b <sub>2</sub>	西墙次屏蔽区外 30cm (水冷机房)	散射、泄漏	-	1/16	o-b <sub>2</sub> / o <sub>2</sub> -o-b <sub>2</sub> 7.93
	c	南墙外 30cm (新风机房)	泄漏	-	1/16	o-c 5.7
	d	南墙外 30cm (电梯)	泄漏	-	1/16	o-d 7.78
	e	北墙 (迷路外墙) 外 30cm (控制室)	泄漏	-	1	o-e 9.15
	k	北墙 (迷路外墙) 外 30cm (控制室)	泄漏	-	1	o-k 9.67
	g	防护门外 30cm (准备室)	散射、泄漏	-	1/4	o <sub>1</sub> -g/ o <sub>1</sub> -o-i-g/ o <sub>1</sub> -h-n-g 7.62
	l	顶棚主屏蔽区外 30cm 处 (库房)	有用线束	1/4	1/16	o <sub>3</sub> -l 6.6
	m <sub>1</sub>	顶棚次屏蔽区外 30cm 处 (库房)	散射、泄漏	-	1/16	o-m <sub>1</sub> / o <sub>3</sub> -o-m <sub>1</sub> 7.76
m <sub>2</sub>	顶棚次屏蔽区外 30cm 处 (高压氧舱候诊区)	散射、泄漏	-	1/4	o-m <sub>2</sub> / o <sub>3</sub> -o-m <sub>2</sub> 7.76	

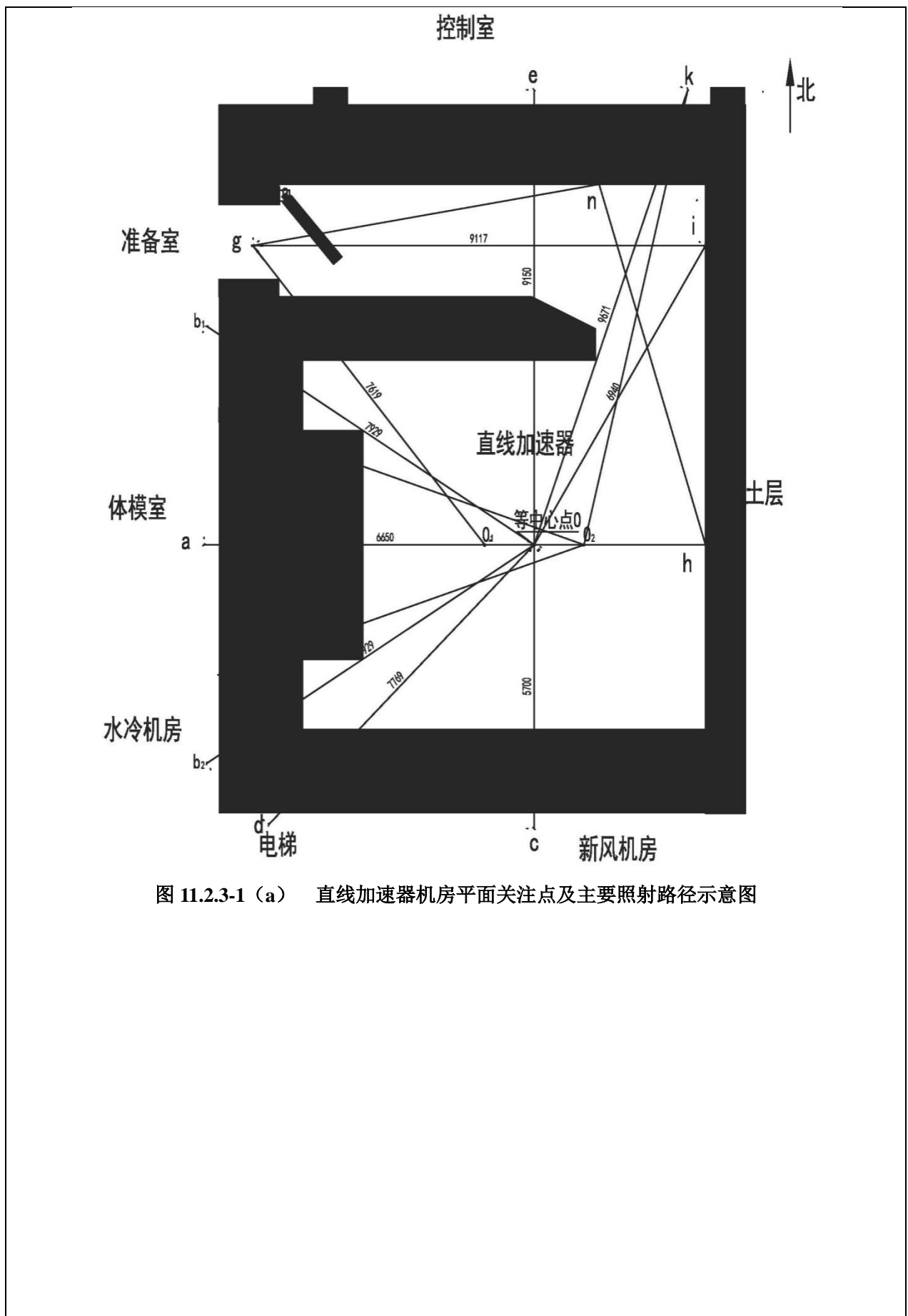


图 11.2.3-1 (a) 直线加速器机房平面关注点及主要照射路径示意图

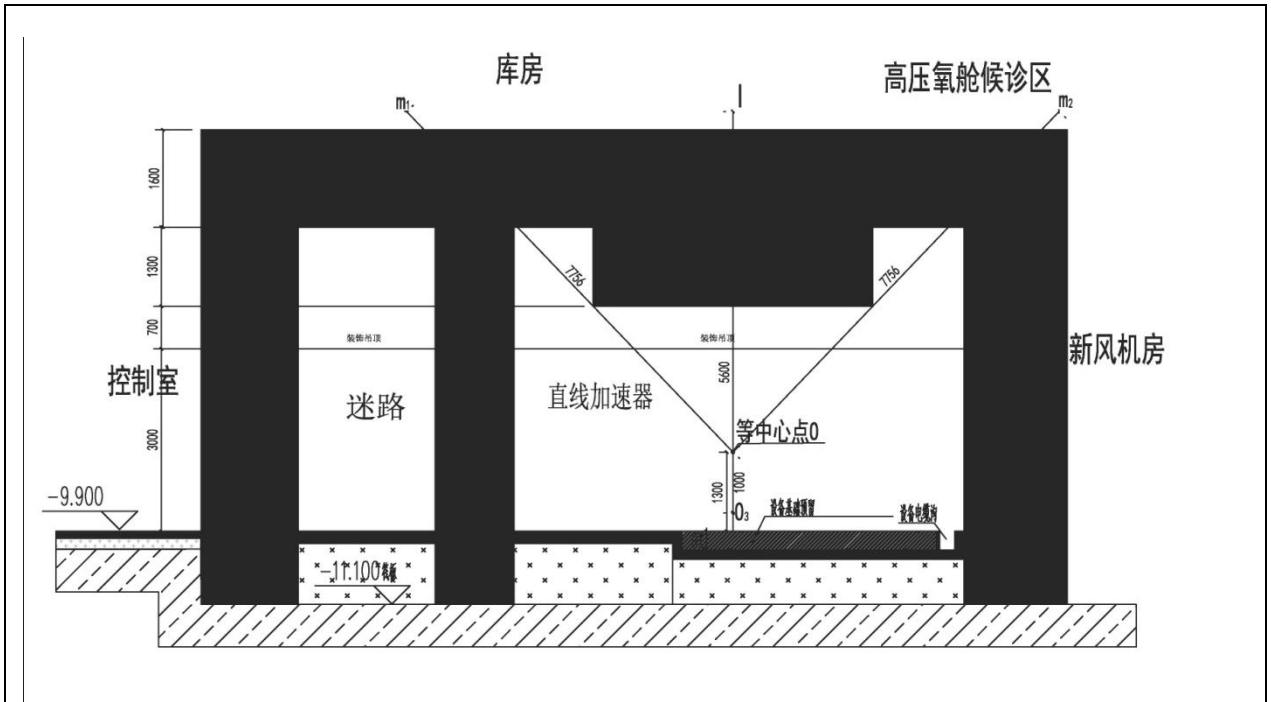


图 11.2.3-1 (b) 直线加速器机房南北向剖面关注点及主要照射路径示意图

(3) 剂量率参考控制水平 $\dot{H}_i$ 的确定

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范—第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)中4.2中要求，治疗机房和入口门外关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 由放射治疗周工作负荷、导出剂量率参考控制水平及关注点位置的使用因子和居留因子确定。

单一有用线束在关注点的导出剂量率参考控制水平可按下(式 11-13)计算。

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots \dots \dots \text{(式11-13)}$$

式中：

$H_c$ —一周参考剂量控制水平，控制区取 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，非控制区取 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；根据《放射治疗机房辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)，放射治疗机房外控制区为直接与放射治疗机房相连接的与机房内治疗装置相关的放射工作人员工作区，因此本项目放射治疗机房外控制区为控制室，即关注点e和k，其他关注点均为非控制区。

$t$ —治装置周治疗照射时间，h；根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范—第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)中附录 A 和医院提供预期工作负荷，医院拟为加速器配备工作人员为 5 名，每周工作 5 天，每年工作天数 250 天，每天治疗人数最多 50 人，平均每人每野次治疗剂量 1.5Gy，平均每人治疗 3 野次，周工作负荷



$W=50 \times 5 \times 3 \times 1.5=1125\text{Gy/周}$ ，保守取  $1200\text{Gy/周}$ 。加速器等中心处治疗模体内参考点的常用最高吸收剂量率 ( $D_0$ ) 为  $6\text{Gy/min}$ ，周治疗时间为： $t=W/D_0=1200(\text{Gy/周})/6(\text{Gy/min})=200\text{min/周}=3.33\text{h/周}$ ，即  $166.7\text{h/a}$ 。

$U$ —有用线束向关注位置的方向照射使用因子；旋转式加速器有用辐射朝向的墙和室顶  $U=1/4$ ，散射辐射和泄漏辐射  $U=1$ 。

$T$ —人员在相应关注点驻留的居留因子。

单一泄漏辐射在关注点的导出剂量率参考控制水平可按下（式 11-14）计算。

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (N \cdot t \cdot T) \dots\dots\dots \text{（式 11-14）}$$

式中：

$N$ —调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常取  $N=5$ ；

其他同（式11-12）。

上述导出的剂量率参考控制水平 与按人员居留因子确定的关注点剂量率参考控制水平（人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ ）相比较，取其较小者为关注点剂量率参考控制水平。

复合辐射：与主屏蔽区相连的次屏蔽区，剂量率参考控制水平为泄漏辐射（按式11-13中  $0.5H_c$  导出的剂量率参考控制水平）和有用线束散射辐射（ $0.5\dot{H}_{c,max}$ ）在关注点的剂量率之和。

由放射治疗周工作负荷及各关注点使用因子及居留因子确定各关注点周围导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  与最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}$ ，两者之中取较小者作为本项目关注点的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ，结果见表 11.2.3-3。

表 11.2.3-3 各关注点剂量率控制水平

关注点	辐射类型	居留因子 (T)	使用因子 (U)	调强因子 N	周治疗照射时间 (t)	$H_c$ ( $\mu\text{Sv/周}$ )	$\dot{H}_{c,d}$ 计算值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )				$\dot{H}_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$H_c^*$ ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 最终取值
							有用	泄漏	散射	合计		
a	有用	1/16	1	-	3.33	5.0	24.0	-	-	24.0	10.0	2.5
b <sub>1</sub>	复合	1/4	$U_x=1$	5	3.33	5.0	-	1.2	5.00	6.2	10.0	2.5
b <sub>2</sub>	复合	1/16	$U_x=1$	5	3.33	5.0	-	4.8	5.00	9.8	10.0	2.5
c	泄漏	1/16	1	5	3.33	5.0	-	4.8	-	4.8	10.0	2.5
d	泄漏	1/16	1	5	3.33	5.0	-	4.8	-	4.8	10.0	2.5
e	泄漏	1	1	5	3.33	100	-	6.0	-	6.0	2.50	2.5
k	泄漏	1	1	5	3.33	100	-	6.0	-	6.0	10.0	2.5

g	复合	1/4	$U_x=1$	5	3.33	5.0	-	1.2	5.00	6.2	10.0	2.5
l	有用	1/16	1	-	3.33	5.0	24.0	-	-	24.0	10.0	2.5
m <sub>1</sub>	复合	1/16	$U_x=1$	5	3.33	5.0	-	4.8	5.00	9.8	10.0	2.5
m <sub>2</sub>	复合	1/4	$U_x=1$	5	3.33	5.0	-	1.2	5.00	5.2	10.0	2.5

备注：①表中  $U_x$  表示泄漏辐射的使用因子；

②\*：根据 GBZ/T201.2-2011，关注点 a 的导出剂量率控制限值应为  $10.0\mu\text{Sv/h}$ ，但根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011) 第 6.1.3 条，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，故 a 点最终取值为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；其他关注点同理。

#### (4) 有用线束主屏蔽区宽度核算

本项目直线加速器机房主屏蔽区包括顶棚及主束方向墙体的部分位置。加速器主射线的最大出束角度为  $28^\circ$ ；有用线束主屏蔽区示意图见图 11.2.3-2，本项目加速器机房西侧主屏蔽墙和顶棚均为外凸，东侧屏蔽墙外为土层，因此不考虑东侧屏蔽墙主屏蔽区的宽度。主屏蔽宽度根据 (式 11-15) 计算。

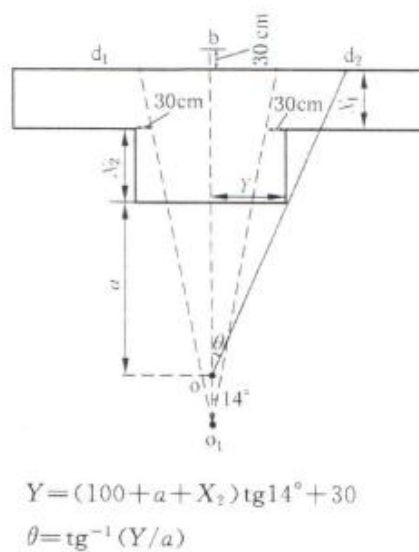


图 11.2.3-2 有用线束主屏蔽区内凸示意图

内凸半宽度计算公式：

$$Y = (100 + a + X_2) \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) + 30 \dots\dots\dots \text{(式 11-15)}$$

式中：

- Y——机房有用束主屏蔽区的半宽度，cm；
- a——等中心至主屏蔽墙的距离，cm；
- $X_1$ ——墙体厚度，cm；

$X_2$ ——凸出部分厚度，cm；

$\theta$ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线），本项目取值 28 度。

计算结果如表 11.2.3-4 所示。

表 11.2.3-4 加速器机房主屏蔽范围计算表

主屏蔽体	设计形式	a (m)	$X_1$ (m)	$X_2$ (m)	主屏蔽区计算值 (m)		设计的主屏蔽范围值 (m)	结论
					Y	2Y		
西侧主屏蔽墙	内凸	3.45	1.7	1.2	1.71	3.42	4.6	满足
顶棚		2.6	1.6	1.3	1.52	3.04	4.6	满足

由于本项目加速器机房建在地下二层层，下方为土层，所以地坪的防护不予考虑。本次评价要求：设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照既定的摆位方式进行安装，杜绝安装后主射方向超出屏蔽范围的情况出现。

(5) 有用线束和泄漏辐射影响剂量率估算

根据拟建加速器的技术参数和机房的设计方案，参考《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) 中的计算方法，预测加速器以最高 X 射线能量运行时，有用线束、泄漏辐射对治疗室外各目标点的辐射剂量率水平。

首先按 (式 11-1) 计算有效厚度  $X_e$ (cm)，接着，按 (式 11-2) 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B$ ，本项目加速器机房屏蔽材料为混凝土，其  $TVL_l$ (cm) 和  $TVL$ (cm) 值见表 11.2.3-5。

表 11.2.3-5 混凝土对 10MV 的 X 线 TVL 值表

有用线束的 $TVL_l$	410mm
有用线束的 $TVL$	370mm
90°泄漏辐射的 $TVL_l$	350mm
90°泄漏辐射的 $TVL$	310mm
患者散射辐射（散射角 30°）的 $TVL$	280mm

注：混凝土密度为  $2.35t/m^3$ ；数据源自 NCRP151 报告。

然后再按 (式 11-16) 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu Sv/h$ )。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{式 11-16})$$

式中：

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的最高剂量

率,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ , 本项目 10MV 加速器为  $6\times 60\times 10^6=3.6\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ;

$f$ ——对有用线束为 1; 对泄漏辐射为泄漏辐射比率, 取 0.001;

$R$ ——辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

$B$ ——屏蔽物质的屏蔽透射因子, 由(式 11-2)算出。

根据本项目治疗室的设计方案, 得出加速器射线源到各关注点的距离  $R$ , 使用公式计算出治疗室外各关注点的辐射剂量率水平。

计算参数和结果见表 11.2.3-6。

表 11.2.3-6 各关注点有用线束和泄漏辐射剂量率的预测结果

关注点	点位描述	辐射类型	屏蔽体设计厚度 (m)	入射角 $\theta$ (°)	距离 $R$ (m)	$f$	$TVL_1$ (cm)	$TVL$ (cm)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
a	西墙主屏蔽区外 30cm (体模室)	有用线束	2.9	0	7.65	1	41	37	1.15E-01
b <sub>1</sub>	西墙次屏蔽区外 30cm (准备室)	泄漏	1.7	30	7.93	0.001	35	31	3.59E-03
b <sub>2</sub>	西墙次屏蔽区外 30cm (水冷机房)	泄漏	1.7	30	7.93	0.001	35	31	3.59E-03
c	南墙外 30cm (新风机房)	泄漏	1.7	0	5.7	0.001	35	31	6.94E-03
d	南墙外 30cm (电梯)	泄漏	1.7	30	7.77	0.001	35	31	3.73E-03
e	北墙 (迷路外墙) 外 30cm (控制室)	泄漏	2.9	0	9.15	0.001	35	31	9.13E-08
k	北墙 (迷路外墙) 外 30cm (控制室)	泄漏	1.6	30	9.67	0.001	35	31	5.69E-03
g	防护门外 30cm (准备室)	泄漏	1.3	30	7.62	0.001	35	31	1.20E-01
l	顶棚主屏蔽区外 30cm 处 (库房)	有用线束	2.9	0	6.6	1	41	37	1.54E-01
m <sub>1</sub>	顶棚次屏蔽区外 30cm 处 (库房)	泄漏	1.6	30	7.76	0.001	35	31	8.83E-03
m <sub>2</sub>	顶棚次屏蔽区外 30cm 处 (高压氧舱候诊区)	泄漏	1.6	30	7.76	0.001	35	31	8.83E-03

#### 四、散射辐射影响剂量率估算

对于与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区 (如关注点  $d_1/d_2$ 、 $m_1/m_2$ ), 除了考虑有用线束的泄漏辐射外, 还需考虑有用线束水平或向顶部照射时, 人体散射辐射穿过次屏蔽区后的剂量影响。散射辐射主要考虑患者一次散射辐射的剂量率。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011), 患者一次散射辐射的剂量率可按(式 11-17)进行估算。

首先按(式 11-1)计算有效厚度  $X_e(\text{cm})$ , 接着, 按式(11-2)估算屏蔽物质的屏蔽透

射因子  $B$ ，再按式 (11-16) 计算患者散射辐射在屏蔽体外关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

$$\dot{H}_s = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad (\text{式 11-17})$$

式中：

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

$\alpha_{ph}$ ——患者  $400\text{cm}^2$  面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子；根据 GBZ/T201.2-2011 附录表 B.2 可查，10MV 加速器  $\alpha_{ph}$  按 10MV 保守考虑， $\alpha_{ph}=3.18 \times 10^{-3}$ 。

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

$R_s$ ——患者(位于等中心点)至关注点的距离，m；

$B$ ——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

根据上述公式和参数，可计算关注点的患者一次散射剂量率如表 11.2.3-7 所示。

表 11.2.3-7 关注点散射辐射剂量率预测结果

关注点	点位描述	屏蔽体设计厚度 (m)	入射角 $\theta$ (°)	距离 $R_s$ (m)	$F$ ( $\text{cm}^2$ )	$\alpha_{ph}$	TVL (cm)	预测值 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
$b_1$	西墙次屏蔽区外 30cm (准备室)	1.7	30	7.93	$40 \times 40$	$3.18 \times 10^{-3}$	28	7.11E-03
$b_2$	西墙次屏蔽区外 30cm (水冷机房)	1.7	30	7.93	$40 \times 40$	$3.18 \times 10^{-3}$	28	7.11E-03
$m_1$	顶棚次屏蔽区外 30cm 处 (库房)	1.6	30	7.76	$40 \times 40$	$3.18 \times 10^{-3}$	28	1.92E-02
$m_2$	顶棚次屏蔽区外 30cm 处 (高压氧舱候诊区)	1.6	30	7.76	$40 \times 40$	$3.18 \times 10^{-3}$	28	1.92E-02

#### 五、加速器机房迷路入口散射辐射屏蔽与剂量估算

本项目加速器X射线最大能量为10MV，有用线束不向迷路照射，加速器迷路入口处的散射辐射剂量  $\dot{H}_{Oig}$  主要考虑散射辐射剂量率和泄漏辐射。

①患者散射经迷路内口散射后再散射至迷路入口（路径： $o_1-o-i-g$ ）

$$\dot{H}_{Oig} = \dot{H}_0 \cdot \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \quad (\text{式 11-18})$$

式中：

$\dot{H}_{Oig}$  ----患者散射经迷路内口散射后再散射至g处的辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\dot{H}_0$  ----加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率,  $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ;

$\alpha_{ph}$  ----患者  $400\text{cm}^2$  面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m (关注点方向) 处的剂量比例。射线经人体散射后至迷路 i 点的散射角接近  $45^\circ$ , 即取患者散射角为  $45^\circ$ , 10MV、 $45^\circ$  的  $\alpha_{ph}$  取为  $1.35 \times 10^{-3}$ 。

$\alpha_2$  ----砼墙入射的患者散射辐射的散射因子, 通常取 i 处的入射角为  $45^\circ$ , 散射角为  $0^\circ$ ;  $\alpha_2$  取  $5.1 \times 10^{-3}$ 。

F ----治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积,  $\text{cm}^2$ ;

$R_1$  ----“O-i” 的距离, m;

$R_2$  ----“i-g” 的距离, m;

A ----i 处的散射面积,  $\text{m}^2$ , i 处的散射面积为自入口 g 处和等中心位置 O 共同可视区域 ( $2.25\text{m} \times 5\text{m}$ )。

患者散射经迷路内口散射后再散射至迷路入口散射辐射计算参数及计算结果见表 11.2.3-8。

表 11.2.3-8 患者散射经迷路内口再散射至迷路入口散射辐射计算参数及计算结果

关注点	$\dot{H}_0$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ )	$\alpha_{ph}$	$\alpha_2$	A ( $\text{m}^2$ )	F ( $\text{cm}^2$ )	$R_1$ (m)	$R_2$ (m)	$\dot{H}_{Oig}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
g	$3.6 \times 10^8$	$1.35 \times 10^{-3}$	$5.1 \times 10^{-3}$	11.25	1600	6.94	9.12	27.8

② 泄漏辐射经迷路内口散射后再散射至迷路入口 (路径:  $o_2$ -i-g)

泄漏辐射经迷路内口散射后再散射至迷路入口 g 处的剂量率可利用 (式 11-19) 进行计算, 泄漏辐射剂量率一般按初级辐射束的 0.1% 计。

$$\dot{H}_{Oig} = \dot{H}_0 \cdot \frac{\alpha_w \cdot A \cdot f}{R_L^2 \cdot R^2} \quad (\text{式 11-19})$$

式中:

$\dot{H}_{Oig}$  ----泄漏辐射经迷路内口散射后再散射至迷路外口 g 处的辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\dot{H}_0$  ----加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率,  $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ;

$\alpha_w$  ----砼墙入射的患者散射辐射的散射因子, 取  $5.1 \times 10^{-3}$ ;

f ----泄漏辐射比率, 取 0.001;

$R_L$ ----泄漏辐射始点至散射体中心点的距离，m；

$R$ ---- 散射体中心点  $i$  与  $g$  点的距离，m；

$A$ ---- $i$ 处的散射面积， $m^2$ ， $i$ 处的散射面积为自入口 $g$ 处和等中心位置 $O$ 共同可视区域（ $2.25m \times 5m$ ）。

泄漏辐射经迷路内口散射至迷路入口处的散射辐射计算参数及计算结果见表 11.2.3-9。

表 11.2.3-9 泄漏辐射经迷路内口散射至迷路入口散射辐射计算参数及结果

关注点	$\dot{H}_o$ ( $\mu Sv \cdot m^2/h$ )	$f$	$a_2$	$A$ ( $m^2$ )	$R_L$ (m)	$R$ (m)	$\dot{H}_{o_2g}$ ( $\mu Sv/h$ )
$g$	$3.6 \times 10^8$	0.001	$5.1 \times 10^{-3}$	11.25	6.5	9.12	5.88

③泄漏辐射经迷路内墙透射至迷路入口（路径： $O_1-g$ ）

泄漏辐射经迷路内墙透射至迷路入口  $g$  处的剂量率由表 11.2.3-6 可知， $\dot{H}_{o_2g}$  为  $0.12 \mu Sv/h$ 。

④迷路入口  $g$  点总剂量率（防护门屏蔽前）

表 11.2.3-10 机房迷路入口  $g$  点剂量率计算结果（防护门屏蔽前）

关注点	$\dot{H}_{o_1g}$ ( $\mu Sv/h$ )	$\dot{H}_{o_2g}$ ( $\mu Sv/h$ )	$\dot{H}_{o_3g}$ ( $\mu Sv/h$ )	$\dot{H}_g$ ( $\mu Sv/h$ )
$g$	27.8	5.88	0.12	33.8

⑤防护门外 30cm 处剂量率

本项目加速器机房防护门为 10mm 铅板，防护门外剂量按下式计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} \quad (\text{式 11-20})$$

式中：

$\dot{H}$ ----防护门外的辐射剂量率， $\mu Sv/h$ ；

$\dot{H}_g$  ---- $g$  点的总剂量率， $\mu Sv/h$ ；

$X$ ----防护门厚度，10mmPb；

$TVL$ ----辐射在屏蔽体中平衡什值层，铅的什值层取 5mm；

经屏蔽后防护门外总剂量率计算结果见表 11.2.3-10。

表 11.2.3-10 防护门外的辐射剂量率计算结果

关注点位置	$\dot{H}_g$ ( $\mu Sv/h$ )	$TVL_r$ (mm)	$X_n$ (mm)	$\dot{H}$ ( $\mu Sv/h$ )
防护门外 30cm 处	33.8	10	5	0.38

## 六、预测结果及评价

加速器机房外的剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较如表 11.2.3-11 所示。

表 11.2.3-11 剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较

机房名称	关注点	点位描述	剂量率预测结果 (μSv/h)			周围剂量率参考控制水平 (μSv/h)	是否符合要求
			有用线束/泄漏	散射辐射	合计		
电子直线加速器机房	a	西墙主屏蔽区外 30cm (体模室)	1.15E-01	-	1.15E-01	2.5	符合
	b <sub>1</sub>	西墙次屏蔽区外 30cm (准备室)	3.59E-03	7.11E-03	1.11E-02	2.5	符合
	b <sub>2</sub>	西墙次屏蔽区外 30cm (水冷机房)	3.59E-03	7.11E-03	1.11E-02	2.5	符合
	c	南墙外 30cm (新风机房)	6.94E-03	-	6.94E-03	2.5	符合
	d	南墙外 30cm (电梯)	3.73E-03	-	3.73E-03	2.5	符合
	e	北墙 (迷路外墙) 外 30cm (控制室)	9.13E-08	-	9.13E-08	2.5	符合
	k	北墙 (迷路外墙) 外 30cm (控制室)	5.69E-03	-	5.69E-03	2.5	符合
	g	防护门外 30cm (准备室)	1.20E-01 (防护门屏蔽前)	33.7 (防护门屏蔽前)	0.38 (防护门屏蔽后)	2.5	符合
	l	顶棚主屏蔽区外 30cm 处 (库房)	1.54E-01	-	1.54E-01	2.5	符合
	m <sub>1</sub>	顶棚次屏蔽区外 30cm 处 (库房)	8.83E-03	1.92E-02	2.8E-02	2.5	符合
m <sub>2</sub>	顶棚次屏蔽区外 30cm 处 (高压氧舱候诊区)	8.83E-03	1.92E-02	2.8E-02	2.5	符合	

通过上表可以看出，本项目加速器机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足本项目关注点的剂量率参考控制水平要求。

### 11.2.3.2 人员年有效剂量估算

项目致人员辐射剂量，按照联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) --2000 年报告附录 A 公式计算。

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-21)}$$

式中： $H_1$ ----辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_0$ ----预测关注点剂量率，μSv/h；

$T$ ----居留因子；取值参照表 11.2-3。

$t$ ----年照射时间，小时。

周围敏感目标公众年有效剂量估算，根据辐射剂量率与距离平方成反比的原理，采用屏蔽体外各方位辐射剂量率最大值处剂量率预测周围敏感目标公众人员因直线加速器运



行所受辐射剂量。

表11.2.3-12 直线加速器机房周围人员年剂量率估算表

序号	位置描述	人员类型	预测所选取关注点	居留因子	预测点位处辐射剂量率(μSv/h)	年照射时间(h)	年有效剂量(mSv)
1	西墙主屏蔽区外 30cm (体模室)	职业	a	1/16	1.15E-01	166.7	1.2E-03
2	西墙次屏蔽区外 30cm (准备室)	公众	b <sub>1</sub>	1/4	1.11E-02	166.7	4.63E-04
3	西墙次屏蔽区外 30cm(水冷机房)	职业	b <sub>2</sub>	1/16	1.11E-02	166.7	1.16E-04
4	南墙外 30cm (新风机房)	公众	c	1/16	6.94E-03	166.7	6.97E-05
5	南墙外 30cm (电梯)	公众	d	1/16	3.73E-03	166.7	3.89E-05
6	北墙(迷路外墙)外 30cm(控制室)	职业	e	1	9.13E-08	166.7	1.52E-08
7	北墙(迷路外墙)外 30cm(控制室)	职业	k	1	5.69E-03	166.7	9.49E-06
9	防护门外 30cm (准备室)	公众	g	1/4	0.38	166.7	1.58E-02
10	顶棚主屏蔽区外 30cm 处(库房)	公众	l	1/16	1.54E-01	166.7	1.6E-03
11	顶棚次屏蔽区外 30cm 处(高压氧舱候诊区)	公众	m <sub>2</sub>	1/4	2.8E-02	166.7	1.17E-03

由表 11.2.3-12 可知, 本项目直线加速器正常运行后, 所致直线加速器辐射工作人员最大年有效剂量为  $9.49 \times 10^{-6}$  mSv, 均低于职业人员的年剂量管理限值 5mSv; 所致公众人员最大年有效剂量为  $1.58 \times 10^{-2}$  mSv, 低于公众人员的年剂量管理限值 0.25mSv。因此, 机房周围各关注点人员年有效剂量均满足职业人员 5mSv/a, 公众人员 0.25mSv/a 的剂量管理限值要求, 也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

50m 评价范围内的其他保护目标均位于上述预测关注点离直线加速器机房更外的区域, 根据辐射剂量率与距离平方成反比的原理, 其所受辐射影响不大于靠近机房的预测关注点, 同样满足年有效剂量剂量管理限值要求。

### 11.2.3.3 电子束辐射影响分析

本项目将利用直线加速器电子束进行皮肤、人体浅表肿瘤的治疗(与X射线治疗肿瘤类型不同, X射线进行人体深部肿瘤的治疗)。电子线在经过散射箔、准直器、电子限光筒以及人体时发生韧致辐射, 会产生X射线。医用直线加速器电子线中X射线的污染水平与电子线的能量大小有关: 6~12MeV为0.5%~1%, 12~15MeV为1%~2%, 15~20MeV为2%~5%。本项目直线加速器的电子束最大能量为20MeV, 其产生X射线的能量约1MV, 远小于本项目直线加速器的X射线最大能量10MV。另外, 由于电子在物质中的射程是有

限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质中的射程，就可以将其完全吸收，且20MeV的电子线在混凝土中的射程很短，约3.5cm。因此，本项目加速器机房设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线，在运行过程中电子线对周围环境辐射影响很小。

#### 11.2.3.4 “三废”环境影响分析

##### (1) 废气

加速器运行过程，辐射会与空气发生电离作用，会有臭氧产生。参照《辐射防护手册（第三分册）》（P130），电子加速器运行时臭氧的产生率按下式计算：

$$C_{O_3} = 48 \left[ \frac{C_{O_2} \times G \times \varepsilon}{N_0} \right] \times S \times I \times d \dots\dots\dots \text{(式 11-22)}$$

式中：

$C_{O_3}$ ——臭氧生产率，mg/s；

$C_{O_2}$ ——空气中氧的浓度系数，0.232；

$G$ ——空气每吸收 100eV 辐射能量所产生的臭氧分子数，一般取 6；

$\varepsilon$ ——单位时间单位电子束流强度的电荷数， $6.28 \times 10^{15} \text{mA}^{-1} \text{S}^{-1}$ ；

$N_0$ ——阿伏伽德罗常数， $6.02 \times 10^{23}$  个分子数/摩尔；

$S$ ——电子在空气中的线碰撞阻止本领，与电子能量相关，20MeV 电子保守取 3.0keV/cm；

$I$ ——器外电子束流强度，mA；本项目取 0.1mA。

$d$ ——电子在空气中运行的距离（或源皮距），m；本项目取 1m。

由上式计算出本项目直线加速器运行时臭氧的生成率为： $2.01 \times 10^{-2} \text{mg/s}$ 。

在加速器运行时，治疗室内有臭氧不断生成，同时臭氧也在不断分解，治疗室的通风换气也在不断排出臭氧。当运行时间趋于无穷大时，治疗室内的臭氧量可达平衡，平衡量为（即最大量）：

$$C(p) = \frac{C_{O_3}}{\lambda + h} \dots\dots\dots \text{(式 11-23)}$$

式中：

$C(p)$ ——治疗室内臭氧的平衡量，mg；

$C_{O_3}$ ——臭氧生产率，mg/s；

$\lambda$ ——臭氧衰减的时间参数，臭氧为  $3.3 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$ ；

$h$ ——单位时间内治疗室换气次数， $s^{-1}$ 。

本项目直线加速器机房排风系统排风量为  $1500m^3/h$ ，直线加速器机房治疗室通风换气次数均为 6 次/h，即  $h_1=h_2=1.67\times 10^{-3}s^{-1}$ ，由此可计算出直线加速器治疗室内臭氧的平衡量（即最大量），即  $C(p)=10.05mg$ 。

本项目直线加速器机房体积为  $300.5m^3$ （带迷路），假设臭氧在机房内均匀分布，则机房内臭氧最大浓度均为  $3.34\times 10^{-2}mg/m^3$ ，机房内臭氧浓度满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准中 1 小时均值 $\leq 0.2 mg/m^3$  的标准限值和《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中臭氧 1 小时均值 $\leq 0.16mg/m^3$  的标准限值实际工作中，治疗室内保持良好的通风，臭氧等有害气体能及时排除，将不会对人员产生危害。

## （2）固体废物

对于更换下来的废靶和退役时拆卸下来的废靶，由厂家回收，正常情况下不会对环境造成明显影响。

综上，本项目加速器“三废”采取有效可控的措施后，周边环境影响在可接受范围内。

### 11.2.4 DSA 装置辐射环境影响分析

本此评价对 DSA 机房周围辐射环境影响评价采用类比分析结合模式预测的方法进行影影响分析。

#### （1）类比分析预测

##### 1) 类比可行性分析

本次选用浙江医院 1 台 UNIQ FD20 型 DSA 装置的竣工环保验收监测报告（报告编号：GABG-YB18705012-1）进行类比评价，类比可行性分析见表 11.2.4-1。

表 11.2.4-1 本项目 DSA 机房及类比 DSA 机房主要设计参数

项目	本项目 DSA	类比对象 DSA
参数	125kV/1000mA	150kV/1000mA
机房面积	$69.51m^2$	$38.9m^2$
四周墙体	方钢龙骨+3.0mmPb 铅板 (折合 3.0mm 铅当量)	轻质隔断+3mm 铅板 (折合 3.0mm 铅当量)
顶棚、地板	120mm 现浇混凝土+20mm 硫酸钡水泥砂浆 (折合 3.0mm 铅当量)	120mm 现浇混凝土+20mm 硫酸钡涂料 (折合 3.0mm 铅当量)
防护门	嵌 3.0mmPb 铅板 (折合 3.0mm 铅当量)	内衬 3mm 铅板 (折合 3.0mm 铅当量)
观察窗	3.0mmPb 铅玻璃 (折合 3.0mm 铅当量)	15mm 铅玻璃 (折合 3.0mm 铅当量)
医生手术位	铅帘具有 0.5mm 铅当量防护水平，铅悬挂	0.5mm 铅防护屏

防护屏具有 0.5mm 铅当量防护水平

由表 11.2.4-1 可知，本项目 DSA 最大管电压相对类比对象小，最大管电流相同，因此，本项目 DSA 对周围产生的辐射影响不大于类比对象；机房面积上本项目机房的面积比类比对象机房更大，在四侧墙体、顶棚、地板、防护门处、铅玻璃观察窗、医生手术位处的铅当量防护水平于类比 DSA 机房相当。综上，本次选用浙江医院 1 台 UNIQ FD20 型 DSA 装置作为类比对象是可行的，类比 DSA 监测数据可说明本项目 DSA 的辐射影响。

### 2) 类比监测结果分析

2019 年 3 月 9 日，浙江建安检测研究院有限公司对类比 DSA 进行了竣工环保验收监测。监测点位如图 11.2.4-1 所示，类比监测结果见表 11.2.4-2。

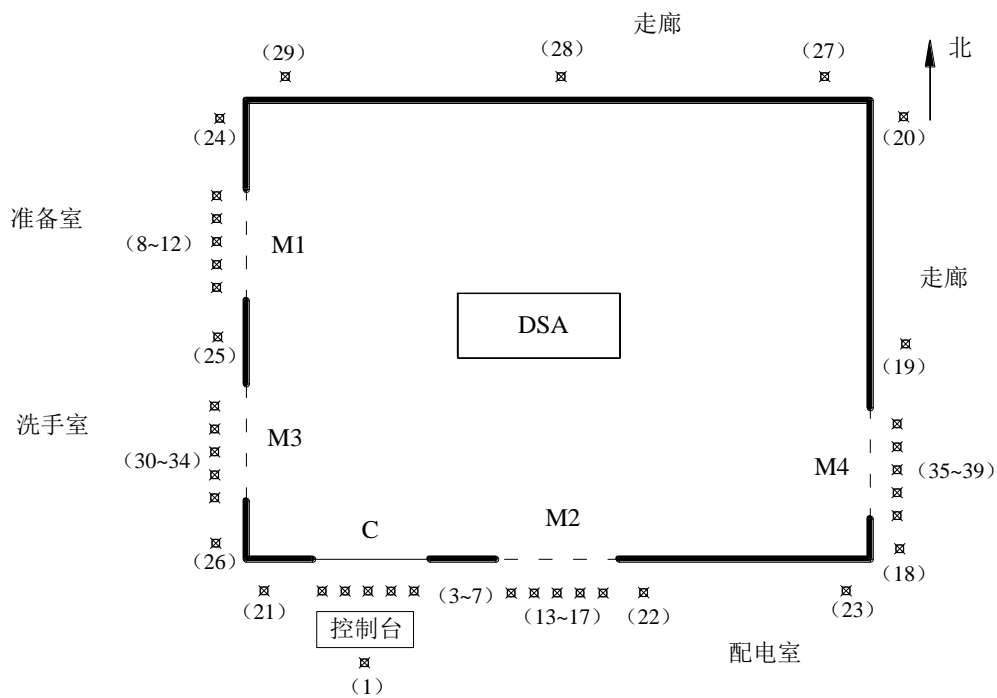


图 11.2.4-1 类比对象监测点位示意图

表 11.2.4-2 类比 DSA 正常工况下机房周围环境 X-γ 空气吸收剂量率监测结果

监测点 位序号	监测点位描述	周围剂量当量率监测结果 (nSv/h)			
		装置未运行时		装置运行时	
		平均值	标准差	平均值	标准差
检测工况：运行电压 75kV，运行电流 682mA。					
1	工作人员操作位	175	4	242	2
2	电缆地沟口外表面 30cm	177	2	240	4

3	铅玻璃观察窗外表面 30cm (左侧)	186	2	251	3
4	铅玻璃观察窗外表面 30cm (中部)	184	4	251	2
5	铅玻璃观察窗外表面 30cm (右侧)	187	3	250	3
6	铅玻璃观察窗外表面 30cm (上端)	184	4	250	2
7	铅玻璃观察窗外表面 30cm (下端)	185	4	251	3
8	防护门 M1 外表面 30cm (左侧)	177	1	243	3
9	防护门 M1 外表面 30cm (中部)	177	3	239	2
10	防护门 M1 外表面 30cm (右侧)	175	4	250	4
11	防护门 M1 外表面 30cm (上端)	178	2	248	1
12	防护门 M1 外表面 30cm (下端)	176	1	250	4
13	防护门 M2 外表面 30cm (左侧)	185	1	200	2
14	防护门 M2 外表面 30cm (中部)	184	5	199	1
15	防护门 M2 外表面 30cm (右侧)	187	3	202	5
16	防护门 M2 外表面 30cm (上端)	181	1	0.46 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	0.01 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
17	防护门 M2 外表面 30cm (下端)	188	2	0.34 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	0.02 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
18	东墙外表面 30cm (左侧)	174	4	210	2
19	东墙外表面 30cm (中部)	175	2	209	2
20	东墙外表面 30cm (右侧)	173	1	216	2
21	南墙外表面 30cm (左侧)	184	3	240	3
22	南墙外表面 30cm (中部)	185	2	238	4
23	南墙外表面 30cm (右侧)	185	4	240	4
24	西墙外表面 30cm (左侧)	185	4	190	2
25	西墙外表面 30cm (中部)	185	4	201	2
26	西墙外表面 30cm (右侧)	186	2	212	3
27	北墙外表面 30cm (左侧)	175	3	213	4
28	北墙外表面 30cm (中部)	172	2	210	2
29	北墙外表面 30cm (右侧)	177	2	211	1
30	防护门 M3 外表面 30cm (左侧)	174	4	201	1
31	防护门 M3 外表面 30cm (中部)	174	3	200	2

32	防护门 M3 外表面 30cm (右侧)	173	4	199	2
33	防护门 M3 外表面 30cm (上端)	174	3	198	2
34	防护门 M3 外表面 30cm (下端)	185	2	199	3
35	防护门 M4 外表面 30cm (左侧)	186	3	200	2
36	防护门 M4 外表面 30cm (中部)	185	5	199	3
37	防护门 M4 外表面 30cm (右侧)	187	3	199	2
38	防护门 M4 外表面 30cm (上端)	186	2	199	3
39	防护门 M4 外表面 30cm (下端)	174	3	199	3
40	机房正上方距地面 30cm	174	4	208	3
41	机房正下方距地面 170cm	174	2	199	2
检测工况：运行电压 87kV，运行电流 17.1mA。					
42	第一术者位	174	3	203 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2 ( $\mu\text{Sv/h}$ )

注：监测值未扣除宇宙射线的响应值。

从监测结果可知，类比 DSA 正常工况条件下，机房周围辐射剂量率分布在 0.2~0.46  $\mu\text{Sv/h}$  之间（含环境本底值），满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）规定的机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$  的要求，机房的屏蔽对辐射防护效果良好。

本项目 DSA 机房屏蔽设计与类比对象相当，因此，本项目 DSA 正常运行时满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）要求的 X 射线设备机房屏蔽体外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$  的要求，对周围辐射环境影响在可接受范围内。

### 3) 机房外工作人员和公众辐射影响分析

根据类比 DSA 监测报告得出 X- $\gamma$  空气吸收剂量率，并根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A 中公式，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。X- $\gamma$  射线产生的外照射人均年有效剂量当量计算公式如下：

$$H_{Er} = D_r \times t \times 10^{-3} (\text{mSv}) \dots\dots\dots (\text{式 11-24})$$

式中：

$H_{Er}$ ：X- $\gamma$  射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$D_r$ ：X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率附加值， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t: X-γ 照射时间, h。

医院根据现有门诊情况及今后发展规划, 本项目 DSA 投入使用后每年最多进行 1000 台手术, 涉及多个科室不同手术类型使用, 平均每台手术曝光时间 30min, 其中拍片 5min, 透视 25min, 年拍片出束时间为 83.3h, 年透视出束时间为 416.7h, 年总出束时间为 500h。对于机房外公众及控制室工作人员, 保守考虑, 其年有效剂量按参数较大的拍片工况来计算, 时间取年总出束时间 500h; 机房内手术医生只存在透视情况, 透视年出束时间 416.7h。

本次采用类比预测法评价 DSA 装置职业人员和机房周围公众所受年有效剂量, 预测剂量率选取人员所在相应位置点位中辐射剂量率最大值处。对于居留因子参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T 201.1-2007) 选取。预测结果如表 11.2.4-3 所示。

表 11.2.4-3 DSA 装置致机房外工作人员和公众所受年有效剂量

序号	位置描述	人员类型	居留因子	类比监测点位	X-γ 吸收剂量率贡献值 (μSv/h)	年受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
1	控制室工作人员	职业	1	16#防护门 M2 外表面 30cm (上端)	0.28	500	0.14
2	东侧手术室	公众	1/2	10#防护门 M1 外表面 30cm (右侧)	0.075		$1.88 \times 10^{-2}$
3	设备间	公众	1/16	10#防护门 M1 外表面 30cm (右侧)	0.075		$2.34 \times 10^{-3}$
4	洁净内走廊、污物走廊	公众	1/5	10#防护门 M1 外表面 30cm (右侧)	0.075		$7.5 \times 10^{-3}$
5	东侧一次性物品间、西侧无菌物品间	公众	1/16	10#防护门 M1 外表面 30cm (右侧)	0.075		$2.34 \times 10^{-3}$
6	走廊防护门外	公众	1/8	10#防护门 M1 外表面 30cm (右侧)	0.075		$4.69 \times 10^{-3}$
7	楼下数字胃肠机房	公众	1/2	41#机房正下方距地面 170cm	0.025		$6.25 \times 10^{-3}$
8	楼上净化机房	公众	1/16	40#机房正上方距地面 30cm	0.034		$1.06 \times 10^{-3}$

从表 11.2.4-3 可知, 本项目 DSA 装置正常工作时, 致控制室职业人员的年有效剂量最大为 0.14mSv/a, 致公众人员年有效剂量最大为  $1.88 \times 10^{-2}$ mSv/a, 均低于本次评价的职业人员有效剂量管理限值 5mSv/a 和公众年有效剂量管理限值 0.25mSv/a, 也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。由此可知, 经机房实体屏蔽

防护后，本项目 DSA 建成运行后对机房周围工作人员、公众的辐射影响较小。

## (2) 机房内工作人员辐射影响分析

在对病人进行介入手术时，医生近距离操作，辐射剂量率较高，从类比监测报告可知，医生手术位所受最大辐射剂量率为  $203\mu\text{Sv/h}$ 。本项目手术工作人员位于铅屏风( $0.5\text{mmPb}$ )后身着铅服、戴铅眼镜等防护用品 ( $0.5\text{mmPb}$ ) 在机房内对病人进行手术，透视模式下  $75\text{kV}$  时，铅对 X 射线的半值层为  $0.17\text{mm}$ ，则手术工作人员所受的辐射剂量率为  $203 \times (2^{-1/0.17}) = 3.44\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子 T 取 1，根据公式计算，医生手术位所受年附加剂量最大为  $1.43\text{mSv/a}$ 。在实际手术过程中，手术医生不会固定在第一术者位不动，机房内工作人员受 DSA 运行的累积剂量相比预测值应更小，另据医院介绍，届时使用 DSA 的分别来自不同的科室，分为多组，年辐射剂量会具体分摊到每组辐射工作人员上，辐射工作人员实际所受年有限剂量更能够满足评价标准要求。综上，辐射工作人员年附加有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求，也满足职业人员年有效剂量不超过  $5\text{mSv}$  的剂量管理约束值。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 伽玛刀治疗系统辐射事故影响分析

#### 11.3.1.1 可能发生的辐射事故

- (1) 伽玛刀联锁装置失效，人员误入等；
- (2) 安装调试过程中出现卡源事故；
- (3) 治疗过程中出现卡源事故；
- (4) 换源、装源过程放射源掉落事故；
- (5) 储源器泄漏；
- (6) 放射源丢失、被盗。

#### 11.3.1.2 辐射事故剂量估算

- (1) 联锁装置失效，人员误入剂量估算

假定联锁系统出现故障，工作人员或其他人员误入治疗室从而受到不必要的照射。从发现到处理完毕的时间按  $1\text{min}$  计，则近距离（距离设备  $1\text{m}$ ）接触的时间为  $0.5\text{min}$ 。根据设备厂家提供的资料显示，出束状态下距离设备  $1\text{m}$  处的最大剂量率为  $7.52 \times 10^7 \mu\text{Sv/h}$ ，则误入人员所受剂量为  $7.52 \times 10^7 \times 0.5 \div 60 = 1.008 \times 10^6 \mu\text{Sv} = 0.63\text{Sv}$ 。因此，误入人员所受剂量超过年剂量限值；如处理不及时或者设备失控，误入人员受照时间延长，则会导致急性重



度放射病、局部器官残疾；时间过长则会导致人员死亡。

### (2) 安装调试过程中出现卡源事故

本项目设备的安装调试工作由设备厂家负责完成。假定在安装调试过程中出现卡源事故，自动回源装置失效需要手动回源。辐射工作人员手动回源过程会增加人员的受照剂量。根据伽玛刀的辐射剂量和辐射防护指标，治疗状态时主机后方（300mm 的铸铁件屏蔽）180° 范围距源 1m 表面任意点泄漏射线剂量率不大于焦点的 0.5%，本项目伽玛刀额定装源活度最为  $2.33 \times 10^8 \text{MBq}$ ，则剂量率即为  $359 \text{mSv/h}$ 。辐射工作人员手动回源大概需要 1min，则完成手动操作的人员一次操作中受到的辐射剂量为  $5.98 \text{mSv}$ 。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），“除抢救生命的行动外，必须尽一切合理的努力，将工作人员所受到的剂量保持在最大单一年份剂量值的两倍以下”。本项目项目事故状态下工作人员受到的辐射剂量值低于最大单一年份剂量值的两倍以下，因此，在该事故状态下工作人员受到的辐射剂量能够满足剂量限值。

### (3) 治疗过程中出现卡源事故

治疗过程中一旦发生卡源事故，很可能造成患者超剂量照射。假定发生卡源事故时，工作人员尝自动回源失灵，紧急跑入治疗室将病人从治疗床中推出，然后紧急封锁现场，之后通知厂家，由厂家指派专人负责回源（厂家回源过程与调试过程卡源事故处理方式相同）。卡源期间，医院应密切关注固定式剂量报警仪的监测数据，同时采用便携式巡测仪对伽玛刀机房周边环境进行巡测，划定警示区域，安排安保人员维护现场安全，严禁无关人员出入警示区域。

### (4) 装源、换源过程中放射源掉落事故

装源、换源过程由设备厂家安排专业人员操作。假定在装源过程中发生机械手失灵，1 枚放射源随机械手一起被拉出装源盘，并掉落在地面，其活度为  $1.21 \times 10^{12} \text{Bq}$ 。活度为  $1.21 \times 10^{12} \text{Bq}$  钴-60 裸露可能导致的有效剂量计算结果见表 11.3.1-1。

表 11.3.1-1 事故情况下裸源可能导致的有效剂量（mSv）

距离 时间	0.1m	0.5m	1m	2m
1min	621	25	6.2	1.6
5min	3105	124	31	7.8
10min	6210	248	62	15.6

从表中可以看出，如采取措施不当，与放射源较短时间接触，会造成超过年剂量限值；如接触时间过长，则会造成急性重度放射病、局部器官残疾甚至人员急性死亡。

#### (5) 储源器泄漏

假定储源器发生破裂，辐射报警器发生故障，则会造成患者或者工作人员所受剂量超过年剂量限值，如接触时间延长，则会导致急性重度放射病、局部器官残疾甚至人员死亡。

#### (6) 放射源丢失、被盗

本项目伽玛刀治疗系统单枚放射源属于 II 类密封源，整体参照 I 类放射源（医疗使用）进行管理。

本项目放射源如果出现放射源丢失、被盗，则会出现丢失、被盗后失控导致 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，甚至造成大范围严重辐射污染后果或者失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

### 11.3.1.3 辐射事故应急处理措施

#### (1) 联锁装置失效，人员误入等

一旦发现联锁系统出现故障，应立即停止治疗工作，组织技术人员对联锁系统进行检查维修，在确认联锁系统恢复正常后，设备才能重新投入使用。同时应将避免发生这类事故的措施建立在工作制度中，严格执行设备联锁系统定期检查制度，并且将检查结果记录备案。

#### (2) 安装调试过程中出现卡源事故

安装调试过程如果出现停电或者系统故障导致卡源时，由设备厂家专业人员进行处理。首先采用自动回源，当自动回源失效时，采用手动回源。

#### (3) 治疗过程中出现卡源事故

出现这种情况放射工作人员立即按动紧急停止按钮，穿好防辐射服迅速进入治疗室，沿墙壁绕到设备后面，采用手动复位的方式关闭射线束。

#### (4) 装源、换源过程中放射源掉落事故

换源或装源由有资格的专业人员进行，医院放射工作人员不参与该项工作。做好换装源程序和一切准备工作，工作人员必须佩带辐射监测仪器，穿戴防护衣帽，疏散周围人员。装源、换源工作人员应经过专业培训，考核合格后方可上岗。

装源、换源在热室内操作，在操作过程中，下方设置安全网或安全托盘，以防跌落后污染地面和遗失。严格加强放射源的安全管理，严格按照规定的实施方案进行换装源，确保环境和人员安全，杜绝事故（事件）发生。

一旦发生跌落，使用机械手从安全网或安全托盘中重新夹取此源。

#### (5) 储源器泄漏

在放射源储存过程中发生储源器泄漏事故,医院应实时监控储源器周围的 X- $\gamma$  辐射剂量率,一旦发现储源器泄漏,应及时暂停诊疗工作,并及时联系设备厂家进行储源器的修复更换,期间封闭治疗机房,禁止医务人员或其他人员进入机房从而受到不必要的照射。储源器修复更换结束后应对现场进行详细的辐射剂量率测量。

#### (6) 放射源丢失、被盗

一旦发生放射源丢失、被盗、失控事故,采取以下处理措施:

- ①保护事故现场,紧急疏散无关人员,所有人员紧急撤离至安全区域。
- ②及时报告医院辐射应急领导小组,上报卫生行政部门、生态环境部门及公安部门。
- ③协助公安及卫生部门迅速查找,追回丢失的放射性物质。

#### 11.3.1.4 辐射事故防范措施

(1) 医院应制定  $^{60}\text{Co}$  放射源应用的管理和操作制度以及事故风险的应急预案,并对从事辐射的操作人员进行定期培训,进行考核,考核不合格的,不得上岗。加强设备运行管理,使放射源的安全管理制度规范化和制度化。

(2) 设备安装调试时必须由设备厂家专业人员负责完成,安装调试时关闭防护门,并在机房门外设立辐射警示标志。更换放射源时应对治疗室实行封闭管理,并在机房门外设立警戒线,无关人员严禁进入,更换放射源工作必须由设备厂家专业人员负责完成,换源结束后应对现场进行详细的辐射剂量率测量。

(3) 应经常检查伽玛刀治疗系统的安全装置,确保处于正常工作状态,安全装置发生故障时应及时排除,安全装置的故障未排除前,伽玛刀治疗系统不得进行开机操作。

(4) 每天开机前应检查连锁装置、报警装置的工作状态,保证其处于良好的工作状态,防止带故障开机操作。

(5) 为防止放射源丢失,设置全自动防护铅门,安装摄像头,和医院保卫科监控系统连接起来,纳入医院日常安保巡逻工作范围,并划为重点区域,加强巡视管理。一旦可能盗抢事件,立即关闭机房防护门,并立即向公安机关报案。

(6) 做好伽玛刀机房的防火、防水、防盗、防射线泄漏与防丢失和防破坏措施。

(7) 为防止  $^{60}\text{Co}$  放射源发生卡源情况,医院应定期对伽玛刀机房用便携式辐射巡测仪检测伽玛刀机房内  $\gamma$  射线的异常情况,机房内无  $\gamma$  射线的异常增大情况方可进行正常治疗工作。为确保便携式辐射巡测仪是准确工作,建议医院在对伽玛刀机房内  $\gamma$  射线进行检

测前，采用标准点源对便携式辐射巡测仪进行校验。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

### 11.3.2 直线加速器辐射事故影响分析

#### 11.3.2.1 可能发生的辐射事故

本项目直线加速器本身自带屏蔽措施及设备固有的安全联锁装置，故设备在正常使用的情况下发生事故的的概率极小，可能发生的辐射事故主要包括：

- ①加速器辐射工作场所辐射安全和联锁设施失效，人员误入正在出束的加速器机房。
- ②工作人员或病人家属还未全部撤离机房，控制室人员启动设备，造成有关人员被误照射。

本项目直线加速器属于 II 类 X 射线装置，当设备关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。本次评价事故工况：设备运行时，人员误入，造成有关人员被误照。意外事故下，人员可能受到的照射剂量按照以下方式进行估算：

本项目加速器为 10MV 加速器，事故情况下人员受到剂量与当时治疗剂量、人员所处位置有关，按 10MV 最大 X 射线剂量率 6Gy/min 计算，人员受到泄漏射线的照射按 0.1% 估算，则在与焦点不同距离上 X 射线剂量率可由式 11-25 估算：

$$H=H_0/R^2 \dots\dots\dots (11-25)$$

式中：

- $H$ ：距直线加速器焦点  $R$  处的 X 射线的吸收剂量率，Gy/min；
- $H_0$ ：距直线加速器焦点 1m 处 X 射线的吸收剂量率，6Gy/min；
- $R$ ：估算点与直线加速器焦点的距离，m。

受照人员的有效剂量可由公式 11-26 计算：

$$E=H \times W_T \times W_R \dots\dots\dots (11-26)$$

式中：

- $E$ ：受照人员的有效剂量，Sv；
- $W_T$ ：组织权重因子，取 1；
- $W_R$ ：辐射权重因子，取 1。

由于机房四侧墙体及控制室内设置有红色的“急停按钮”，误入人员及操作人员按下

此按钮即可停机，所以受照时间取 1min，则事故情况下误入人员距离加速器 1m 处所受到的辐射剂量为 6mSv，超过 GB18871-2002 中特殊情况下公众 5 个连续年的年平均剂量限值（1mSv），所以加速器机房一旦发生辐射事故，会导致误入人员受到超过年剂量限值的照射，故为一般辐射事故。

### 11.3.2.2 辐射事故预防措施

#### ①辐射事故防范措施

一旦发现有人误入直线加速器机房，工作人员应立即利用最近的紧急止动开关切断设备电源，启动医院辐射事故应急预案。为防止本项目放疗科直线加速器设备辐射事故发生，应采取多种防范措施：

1) 控制台上显示有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

2) 条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

3) 剂量控制联锁：安装有剂量监测系统，当吸收剂量未达到预选值时，照射终止。

4) 控制台上配置有独立于其他任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照。

5) 有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。

6) 有剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

7) 有全部安全联锁设施检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

8) 有门机安全联锁，机房门关闭后设备才能开机，被打开时会自动关机。

9) 有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

10) 控制台和治疗室内均安有紧急停机开关。

11) 机房门外设置有声音警示作用的工作状态指示灯和电离辐射警示标志。

12) 电视监控、对讲装置：治疗室和控制室之间安装有电视监控、对讲装置，控制室能通过电视监视治疗室内患者治疗的情况，并通过对讲机与室内人员联系，以便医师在操作时观察患者在治疗室的状态，及时处理意外情况。

#### ②机房的安全保卫措施

为确保放疗科直线加速器辐射工作场所的安全，本项目拟采用的安全保卫措施如下：

1) 防火措施: 直线加速器机房四周为混凝土结构墙体, 机房周围均没有易燃、易爆、腐蚀性等其他一切物品。

2) 防水措施: 机房四周墙体防水性强, 防水设计施工由专业施工队伍进行施工, 对容易造成局部损坏的薄弱部位设置增强层。

3) 防盗措施: 设置全自动防护铅门, 直线加速器机房拟安装摄像头, 和医院保卫科监控系统连接起来, 且有保安人员 24h 巡逻和值班。

4) 防丢失和破坏措施: 直线加速器机房设置在地下一层, 纳入医院日常安保巡逻工作范围, 并划为重点区域, 加强巡视管理, 以防遭到破坏。一旦可能盗抢事件, 立即关闭机房防护门, 并立即向公安机关报案。

5) 防射线泄漏措施: 本项目机房由具有资质的单位设计、经计算满足环保要求。本项目直线加速器固有安全性良好。

综上, 本项目加速器机房的防火、防水、防盗、防丢失和防破坏以及防射线泄漏六防措施可行。

### **11.3.3 DSA 辐射事故影响分析**

#### **11.3.3.1 可能发生的辐射事故**

(1) 人员误入正在运行的 DSA 机房;

(2) 其它医护人员还未全部撤离机房, 即进行曝光, 人员受到不必要的照射。所受到的照射剂量与其所在位置有关, 距离射线装置越近, 受照剂量越大。

(3) 在防护门未关闭的情况下即进行曝光操作, 可能给工作人员和周围活动的人员造成不必要的照射。

(4) 医护人员开展介入治疗时, 未穿防护服进行手术操作受到超剂量照射。

#### **11.3.3.2 误照射辐射事故环境影响分析**

本项目只使用 1 台 DSA 装置, 属于 II 类射线装置。对于 X 射线装置, 当设备关机时不会产生 X 射线, 不存在影响辐射环境质量事故, 只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。其 X 射线能量不大, 曝光时间都比较短, 为一般辐射事故。

#### **11.3.3.3 辐射事故防范措施**

对前述本项目 DSA 可能发生的事故情况, 为了防止其发生, 应采取多种防范措施:

①控制室操作台和机房内机器操作面板上均安装有紧急停机按钮, 当设备出现错误或故障时, 能中断照射, 并有相应故障显示;

②机房防护门外醒目位置设置电离辐射警告标志及工作指示灯；

③必须按操作规程并经控制台确认验证设置无误时，才能由“启动”键启动照射；

④手术时，医生需确认机房内无其他闲杂人等、铅防护门正常关闭后才能开启曝光；

⑤辐射工作人员在进行放射工作时必须穿戴防护用品，并佩带个人剂量计，严禁在无任何防护措施情况下进行曝光；

⑥曝光时，曝光方向严禁正对机房内医生所在位置。

上述各种安全装置，体现了《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定要求。有了以上安全防范设施、加上人员的正确操作和认真执行各种安全规章制度，即可减少或避免人员误入和超剂量照射事故的发生。

#### **11.3.4 风险应急预案**

医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，对可能发生的辐射事故，制定了《辐射事故应急预案》，内容详见附件7。

**表 12 辐射安全管理**

**12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置**

蚌埠市第三人民医院已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规的要求，设立了放射安全管理组织。放射安全管理组织成立了领导小组，组长由张旭（副院长）担任，另有副组长1人，成员7人，领导小组统筹协调全院放射安全管理工作，领导小组下设办公室，办公室主任具体负责全院放射安全日常管理工作，各成员职责明确，分工清晰，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求。

在日后的工作实践中，建设单位应根据核技术应用情况及时对已有辐射安全防护领导小组成员作相应调整，确保调整后的辐射安全工作领导小组的基本组成涵盖当时核技术应用所涉及的相关部门。

本项目伽玛刀治疗系统拟配备辐射工作人员 4 名，直线加速器配备辐射工作人员 5 名，DSA 装置由多个具有介入手术指征的科室共同使用，辐射工作人员人数待定。根据医院计划，部分辐射工作人员为内部调配，部分为新聘，医院确保从事本项目辐射工作后不再从事其他辐射岗位的工作。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），本项目新增的辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗，现有人员调配的在辐射安全与防护培训合格证书到期后按时接受再培训。

**12.2 辐射安全管理规章制度**

**（1）辐射防护管理制度**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射源、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、放射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、检测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

根据上述要求，医院制定了相关辐射管理规章制度，包括《个人剂量监测制度》、《个人剂量计佩戴管理规定》、《受检者告知制度》、《工作场所防护及性能监测制度》、《放射性废物处理的规定》、《质量控制与安全防护管理制度》、《仪器设备维修制度》、



《辐射安全防护自行检查和评估制度》、《放射源台账管理制度》、《放射诊疗质量保证大纲和质量检测计划》、《DSA 操作规程》、《辐射安全培训制度》和《突发性放射安全事件应急预案》，医院制定的辐射安全管理制度具有一定的针对性和可操作性，可以满足原有项目运行的管理需求。

针对本次核技术应用项目，医院需对现有制度进行补充、修改和完善，补充制定《伽玛刀岗位职责》、《头部伽玛刀操作规程》、《放射源更换/加装管理制度》、《直线加速器操作规程》、《放疗医师岗位职责》、《放疗物理师岗位职责》等。

同时，本环评要求医院完善辐射安全防护设施的维护与维修制度，增加机构人员，重大问题管理措施等内容。医院辐射事故应急预案应根据本次核技术利用项目实际运行需要和国家、省市新要求，及时进行修订和完善，同时加强演习。其他制度也应根据实际情况和有关新要求及时修订和调整。

## 12.3 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年修正，2019年8月22日起施行）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）及相关管理要求，医院应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时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，包括个人剂量报警仪、X-γ辐射监测仪等。

### （1）个人剂量监测和职业健康检查

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员均佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季（每季度将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测）。辐射工作人员职业健康检查每2年进行1次，并建立职业健康监护档案且长期保存。医院已有工作人员均配备了个人剂量计，并按期进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案，个人累积剂量均为超过标准限值要求，满足GB18871-2002中职业人员相关剂量限值要求。

环评要求：

①个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度评估报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

②辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或停止

辐射工作三十年。

## **(2) 辐射工作场所及周围环境监测**

### **①年度监测**

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度检测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院已有辐射工作场所，2019 年医院已委托安徽祥源科技股份有限公司对医院现有辐射工作场所进行了监测，辐射工作场所的剂量率均能满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》的要求。

### **②日常自行监测**

定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期至少 1 次/季。放疗设备维修，或更换放射源后应进行监测。

### **③监测内容和要求**

A、监测内容：X- $\gamma$  空气吸收剂量率。

B、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12.3-1）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

C、监测范围：控制区和监督区域及周围环境

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

## **(3) 竣工环境保护验收监测**

医院根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施在调试期间进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。验收意见包括工程建设基本情况、工程变动情况、环境保护设施落实情况、环境保护设施调试效果、工程建设对环境的影响、验收结论和后续要求等内容，验收结论应当明确该

建设项目环境保护设施是否验收合格。项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。验收报告公示期满后5个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

综上所述，本项目监测计划见下表12.3-1。

表 12.3-1 本项目监测计划一览表

辐射工作场所	监测类别	监测指标	监测频度	监测设备	监测范围
伽玛刀	年度监测	X-γ射线空气吸收剂量率	1次/年	便携式X-γ辐射巡测仪	整个控制区和监督区，重点机房防护门及缝隙处、过道、控制室操作台及机房屏蔽墙外
	自主监测		每季度至少1次		
直线加速器	年度监测		1次/年	便携式X-γ辐射巡测仪	整个控制区和监督区，重点机房防护门及缝隙处、过道、控制室操作台及机房屏蔽墙外
	自主监测		每季度至少1次		
DSA装置	年度监测		1次/年	便携式X-γ辐射巡测仪	DSA机房所有防护门及缝隙处、控制室、设备间、通道、操作台、铅玻璃观察窗及缝隙处、楼下及楼上区域等
	自主监测		每季度至少1次		
伽玛刀	竣工环保验收监测	X-γ射线空气吸收剂量率	项目建成运行后	便携式X-γ辐射巡测仪	本项目评价所涉及区域
直线加速器					
DSA装置					
个人剂量检测		个人剂量当量	1季度/次	个人剂量计	所有辐射工作人员

本项目污染防治措施“三同时”验收一览表见表12.3-2。

表 12.3-2 污染防治措施“三同时”验收一览表

项目	验收要求
伽玛刀	东墙混凝土800mm，南墙混凝土800mm，西墙混凝土800mm，北墙混凝土800mm，顶棚混凝土800mm，迷道（内墙）混凝土800mm，防护门铅板10mm铅板。
屏蔽措施 直线加速器	西墙主屏蔽2900mm混凝土，宽4600mm混凝土，等中心点两侧各2300mm混凝土，次屏蔽1700mm混凝土；南墙1700mm混凝土，东墙800mm混凝土，北墙1600mm混凝土，迷路内墙650~1300mm混凝土，顶棚主屏蔽2900mm混凝土，宽4600mm混凝土，等中心点两侧各2300mm混凝土，次屏蔽1600mm混凝土，防护门10mm铅。
DSA装置	四周墙体方钢龙骨+3.0mmPb铅板（折合3.0mm铅当量）；顶棚、地板120mm现浇混凝土+20mm硫酸钡水泥砂浆（折合3.0mm铅当量）；防护门嵌3.0mmPb铅板（折合3.0mm铅当量）；观察窗3.0mmPb铅玻璃（折合3.0mm铅当量）。

辐射安全措施	机房设置门机连锁装置；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；机房外均张贴警示标志、安装工作指示灯；设置剂量报警装置；设置监控和对讲系统	
个人防护	个人防护用品	所有辐射工人员配备个人防护用品
	辐射防护与安全培训	所有辐射工作人员均参加辐射安全与防护培训并取得证书，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》
	辐射工作人员的健康体检	所有工作人员及新增工作人员须按时体检，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》
	个人剂量计	所有从事辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，每三个月送检
监测仪器	购置便携式辐射巡测仪，个人剂量报警仪。	
辐射安全管理机构	建立以院领导为第一责任人的安全管理机构，配备经过相关部门培训合格的辐射防护技术人员，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	
辐射安全管理制度	制定操作规程，岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，设备检修维护制度，人员培训计划，监测方案，辐射事故应急措施。	

## 12.4 辐射事故应急

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保护部令第 18 号)第六章 第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。”辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- (一) 应急机构和职责分工；
- (二) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (三) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (四) 辐射事故的调查、报告和处理程序；
- (五) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

医院制定了辐射事故应急预案（附件 7），成立了突发放射安全事件应急指挥部，明确了突发放射安全事件应急指挥部的工作职责，规定了应急处理程序，平时需做好放射事故应急准备工作，一旦有事故发生时能按照程序启动应急方案。

一旦发生辐射事故时，须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，还应同时向当地卫健部门报告。

环评建议，针对应急预案，医院应强化应急预案的可操作性，完善应急响应程序，

在预案中应补充应急人员的培训以及应急的装备、资金、物质准备情况，辐射事故应急联系电话。随着医院的发展，开展核技术利用项目种类的增加，医院应及时对原有辐射事故应急预案进行修改、完善，增加针对新开展核技术应用项目事故应急管理方面的内容。

安全医疗，重在防范，医院必须严格遵守《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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第 449 号）等相关规定，严格按照医院的相关规章制度执行，将安全和防范措施落实到工作中的各个细节，防患于未然。

## 12.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素和射线装置的单位应具备相应的条件，对其从事辐射活动能力的评价详见表 12.5-1。

表 12.5-1 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况	报告要求
（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。	医院已根据要求成立辐射与防护管理领导小组，并配备 1 名以上符合要求的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	确保有符合要求的辐射安全与环境保护工作管理人员开展这方面的工作。
（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。	本项目所有辐射工作人员拟按规定参加培训和考核。	新增辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗。
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目放射源辐射工作场所拟按要求进行实体屏蔽。	医院按照设计单位的设计认真做好相应的防护工作，并请有资质的单位进行屏蔽施工和安装。
（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要求的安全措施。	本项目辐射工作场所拟按要求设置急停开关、监视和对讲系统，工作警示灯及电离辐射警告标志等安全措施。	辐射安全设施安装和运行时严格按照要求执行，定期维护，确保辐射安全。落实控制区、监督区的划分，设置警戒线和警示标志。
（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，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	本项目拟根据要求配备个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 辐射巡测仪等仪器。	为新增放射性工作人员配备个人剂量计，严格要求工作人员正确佩戴个人剂量计上岗，每个季度定期送检，并对检测结果及时分析，对检测结果存在超过个人剂量管理限值的情况及时上报查明原因，及时解决，个人剂量档案应终身保

		存。项目运行后每年至少委托有资质的单位进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，监测数据定期上报生态环境主管部门备案。
(六) 有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院已建立各项规章制度对，根据此次内容进一步补充和完善各项规章制度和操作规程，所有制度应张贴上墙等。	医院要严格执行相关操作规程、检修、检验工作，定期维护，确保辐射安全。医院应进一步完善各项规章制度，并落实专人负责。从事放射性诊疗的工作人员必须严格按照制定的规章制度和应急处理措施进行放射诊疗工作，所有制度应张贴上墙。
(七) 有完善的辐射事故应急措施。	医院已制定辐射事故应急预案。	应急预案还应强化应急预案的可操作性，完善应急响应程序，补充完善应急人员的培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备等，将本次工作场所纳入到应急预案中，及时对应急预案进行修订完善。
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不产生放射性废水和废气。每6年产生一次废放射源，暂存于伽玛刀机房内，设备厂家回收处置。	/
(九) 使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	医院已制定《放射诊疗质量保证制度》，并拟按要求配备医用物理师和质量控制检测设备。	/

通过对照国家有关要求对本项目从事辐射活动能力的逐项分析，依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年修订）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令），在开展核技术应用方面加强了射线装置和非密封放射性物质的使用与安全管理，各种辐射防护设施（措施）较齐全，防护效能可满足辐射防护要求，制定的各种安全管理制度较全面。综上所述，本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，蚌埠市第三人民医院从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

## 12.6 环保投资一览表

本项目总投资4200万元，主要用于医疗设备购置和辐射防护屏蔽和设施，其中安排用于环境保护方面的投资约300万元，占项目总投资的7.14%。本项目环保投资估算详见表12.6-1。

表 12.6-1 本项目环保投资概算一览表

序号	环保措施	环保投资（万元）
1	防护材料的购买及辐射工作场所的屏蔽防护等	230
2	个人防护用品	16
3	监测仪器购买和维护	8
4	联锁装置、监控和对讲装置、工作指示灯及警示标志等辐射安全设施和措施	20
5	个人剂量监测、场所监测及辐射安全培训	16
6	事故风险应急投资	10
<b>合计</b>		<b>300</b>

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

蚌埠市第三人民医院拟在急救医学中心外科大楼地下二层放疗中心配置一台头部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统（以下简称“伽玛刀（头部）”）和一台直线加速器，四层手术中心杂交手术室配置一台 DSA 装置。本项目伽玛刀（头部）安装于放疗中心伽玛刀机房内，用于头部肿瘤的治疗，型号为医科达 Perfexion 型，伽玛刀内含 192 枚  $^{60}\text{Co}$  放射源，单枚源初始活度为  $1.21 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，总初始装源活度为  $2.33 \times 10^{14}\text{Bq}$ （6300Ci），单枚为 II 类放射源，整体为 I 类放射源。直线加速器安装于放疗中心直线加速器机房内，用于肿瘤放射治疗，型号待定，最大 X 射线能量 10MV，最大电子线能量 20MeV，为 II 类射线装置。DSA 装置安装于四层手术中心杂交手术室内，用于介入治疗，型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，为 II 类射线装置。

#### 13.1.2 实践正当性

蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼核技术应用项目符合区域医疗服务需要，能有效提高区域医疗服务水平，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

#### 13.1.3 产业政策相符性与代价利益分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019年本）》中第六项“核能”中第6款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”和第十三项“医药”中第5款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼核技术应用项目符合蚌埠市市医疗服务需要，有利于早期诊断及鉴别诊断恶性肿瘤或病变并进行精确的肿瘤临床分析，帮助其指导或调整临床治疗方案，争取了宝贵的治疗时间及确定更好的治疗方案，该项目在保障病人健康的同时也未医院创造了更大的经济效益。

为保护该项目周边其他非辐射工作人员和公众，该项目采用了足够的屏蔽防护措



施，从剂量预测结果可知，该项目周围公众年所受附加剂量能满足项目管理限值 0.25mSv 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“剂量限值”的要求。

#### **13.1.4 选址合理性分析**

本项目位于蚌埠市第三人民医院院区内，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地，本项目伽玛刀（头部）、直线加速器和 DSA 装置机房均有相应的屏蔽设计，通过后文环境影响分析可知，经辐射屏蔽措施后，本项目的运行对周围环境的影响是可接受的。

本项目避开了医院内人流较大的区域，通过后文环境影响分析对周围环境的影响是可接受的。

根据《安徽省生态保护红线》本项目不在生态红线范围内，与最近的生态红线（淮河蚌埠段四大家鱼长春鳊省级水产种质资源保护区）相距 7 公里。因此，本项目的建设符合《安徽省生态保护红线》的要求。

综上所述，本项目的选址是合理的。

#### **13.1.5 辐射环境质量现状评价结论**

拟建场址周围的 $\gamma$ 射线吸收剂量率在 92.3nGy/h~101.1nGy/h 之间，对照《安徽省环境状况公报》（2018 年）中数据，全省伽玛辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线贡献值）均值为 97nGy/h，范围为 58~138nGy/h，本项目与安徽省全省辐射环境现状水平基本保持一致，辐射水平未见明显异常。

#### **13.1.6 辐射环境影响评价结论**

按照医院给出的屏蔽设计方案，通过对拟建核技术利用项目的预测分析，本次评价项目在正常运行后，辐射工作人员和公众最大年附加有效剂量均满足根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）而设定的本项目的剂量管理约束值：工作人员的年有效剂量不超过 5mSv，公众的年有效剂量不超过 0.25mSv。

#### **13.1.7 事故影响分析影响评价结论**

经分析，本项目辐射事故等级为一般辐射事故。医院制定了辐射事故应急预案，各种辐射防护措施设计较齐全，基本满足辐射防护要求。医院制定的各种辐射安全制度较全面，在发生辐射事故情况下，启动应急预案并采取相应的防护措施可有效控制辐射事故对环境的影响。

#### **13.1.9 辐射安全管理综合能力分析结论**

医院拥有专业的辐射工作人员和辐射安全管理机构,有符合国家环境保护标准和安全防护要求的场所、设施和设备;建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施,落实本评价各项措施后,具有开展本项目的综合能力。

#### **13.1.10 环保可行性结论**

综上所述,医院在落实本报告提出的各项污染防治措施后,将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施,本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求,故从辐射环境保护角度论证,该项目的建设和运行是可行的。

### **13.2 建议和承诺**

#### **13.2.1 建议**

(1) 医院应及时安排辐射工作人员参加辐射防护培训与辐射防护再培训,做到所有工作人员持证上岗。

(2) 落实环评报告表提出的各项管理措施和辐射防护措施要求,不断完善相应的辐射管理制度、岗位职责、环境监测计划和风险事故应急处理预案。

#### **13.2.2 承诺**

(1) 遵守有关法律、法规的规定,执行管理制度,落实管理责任。

(2) 项目单位承诺委托专业单位进行本项目的防护设施设计及施工改造,保证使用合格的防护材料,防护厚度及施工质量达到屏蔽设计的要求。

(3) 组织项目环境保护竣工验收,完善有关记录及档案文件。

## 表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公章

年 月 日

审批意见：

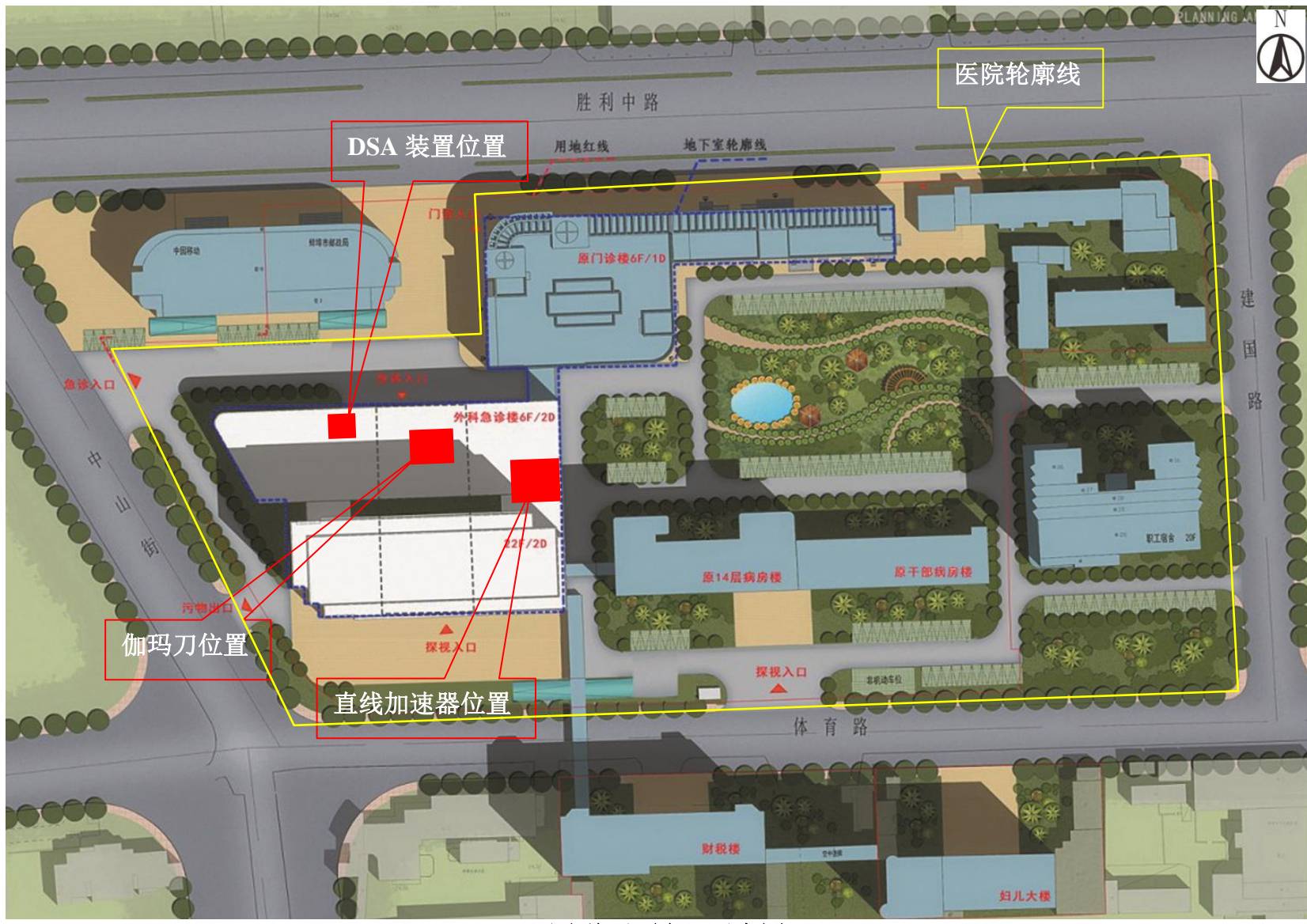
经办人：

公章

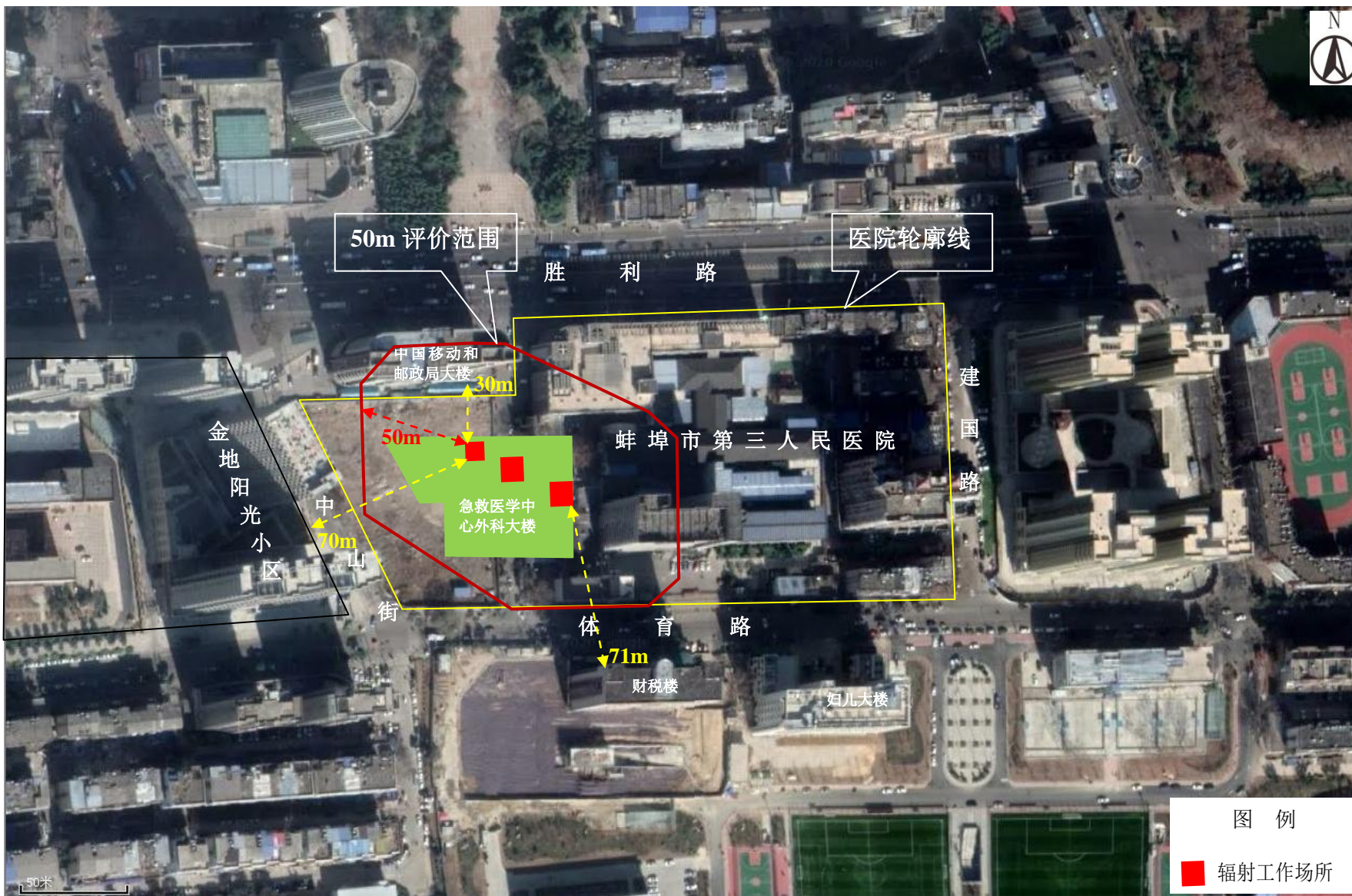
年 月 日



项目地理位置图



医院总平面布局示意图



项目拟建场址周边关系示意图



拟建急救医学中心外科大楼场地现状



东侧医院的门诊楼和急诊楼



北侧中国移动和邮政局大楼



西侧金地阳光小区



东南侧蚌埠市财税楼

项目拟建地及四周环境现状照片

建设项目环评审批基础信息表

建设单位(盖章):		蚌埠市第三人民医院			填表人(签字):		建设单位联系人(签字):			
建设项目	项目名称	蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼核技术应用项目			建设内容、规模	建设内容及规模: (1)伽玛刀(头部)1台, 安装于放疗中心伽玛机房内, 用于头部肿瘤的治疗, 型号为医科达Perfection型, 伽玛刀内含192枚60Co放射源, 单枚源初始活度为1.21×10 <sup>12</sup> Bq, 总初始装源活度为2.33×10 <sup>14</sup> Bq(6300Ci), 单枚为II类放射源, 整体为I类放射源。(2)直线加速器1台, 安装于放疗中心直线加速器机房内, 用于肿瘤放射治疗, 型号特定, 最大X射线能量10MV, 最大电子线能量20MeV, 为II类射线装置。(3)DSA装置1台, 安装于四手手术中心杂交手术室, 用于介入治疗, 型号特定, 最大管电压125kV, 最大管电流1000mA, 为II类射线装置。				
	项目代码 <sup>1</sup>	无								
	建设地点	蚌埠市胜利中路38号蚌埠市第三人民医院急救医学中心外科大楼								
	项目建设周期(月)	20.0			计划开工时间	2020年10月				
	环境影响评价行业类别	191、核技术利用建设项目(不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置)			预计投产时间	2022年5月				
	建设性质	新建(迁建)			国民经济行业类型 <sup>2</sup>	Q841 医院				
	现有工程排污许可证编号(改、扩建项目)	无			项目申请类别	新报项目				
	规划环评开展情况	不需开展			规划环评文件名					
	规划环评审查机关	无			规划环评审查意见文号					
	建设地点中心坐标 <sup>3</sup> (非线性工程)	经度	117.365832	纬度	32.938359	环境影响评价文件类别	环境影响报告表			
	建设地点坐标(线性工程)	起点经度		起点纬度		终点经度		终点纬度		工程长度(千米)
总投资(万元)	4200.00			环保投资(万元)	300.00		环保投资比例	7.14%		
建设单位	单位名称	蚌埠市第三人民医院	法人代表	余汉峰	评价单位	单位名称	中辐环境科技有限公司	证书编号	国环评证乙字第2056号	
	统一社会信用代码(组织机构代码)		技术负责人	邱菊		环评文件项目负责人	孟楠	联系电话		
	通讯地址	蚌埠市胜利中路38号	联系电话			通讯地址	浙江省杭州市江干区水墩新路8号			
污染物排放量	废水	污染物		现有工程(已建+在建)	本工程(拟建或调整变更)	总体工程(已建+在建+拟建或调整变更)			排放方式	
		①实际排放量(吨/年)	②许可排放量(吨/年)	③预测排放量(吨/年)	④“以新带老”削减量(吨/年)	⑤区域平衡替代本工程削减量 <sup>4</sup> (吨/年)	⑥预测排放总量(吨/年) <sup>5</sup>	⑦排放增减量(吨/年) <sup>5</sup>		
		废水量(万吨/年)					0.000	0.000		
		COD					0.000	0.000		
		氨氮					0.000	0.000		
	总磷					0.000	0.000			
	总氮					0.000	0.000			
	废气	废气量(万标立方米/年)					0.000	0.000		
		二氧化硫					0.000	0.000		
		氮氧化物					0.000	0.000		
颗粒物						0.000	0.000			
挥发性有机物						0.000	0.000			
项目涉及保护区与风景名胜区的情况	影响及主要措施		名称	级别	主要保护对象(目标)	工程影响情况	是否占用	占用面积(公顷)	生态防护措施	
	生态保护目标								<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)	
	自然保护区								<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)	
	饮用水水源保护区(地表)								<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)	
	饮用水水源保护区(地下)								<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)	
风景名胜保护区								<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)		

注: 1、同级经济部门审批核发的唯一项目代码  
 2、分类依据: 国民经济行业分类(GB/T 4754-2017)  
 3、对多点项目仅提供主体工程的中心坐标  
 4、指该项目所在区域通过“区域平衡”专为本工程替代削减的量  
 5、⑦=③-④-⑤; ⑧=②-④+③; 当②=0时, ⑧=①-④+③