

核技术利用建设项目

苏州九龙医院股份有限公司

改扩建放射治疗项目

生态环境影响报告表

苏州九龙医院股份有限公司

2026 年 10 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

苏州九龙医院股份有限公司

改扩建放射治疗项目

生态环境影响报告表

建设单位名称：苏州九龙医院股份有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省苏州市吴中区工业园区万盛街 118 号

邮政编码：215000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

编制单位和编制人员情况表

项目编号	f8a3h7		
建设项目名称	苏州九龙医院股份有限公司改扩建放射治疗项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	<div></div>		
统一社会信用代码	<div></div>		
法定代表人（签章）	<div></div>		
主要负责人（签字）	<div></div>		
直接负责的主管人员（签字）	<div></div>		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	南京瑞森辐射技术有限公司		
统一社会信用代码	91320106694645355K		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
陈朝晖	<div></div>	<div></div>	<div></div>
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
方圆	表1 项目基本情况 表2 放射源 表3 非密封放射性物质 表4 射线装置 表5 废弃物 表6 评价依据 表7 保护目标与评价标准 表8 环境质量与辐射现状	<div></div>	<div></div>
陈朝晖	表9 项目工程分析与源项 表10 辐射安全与防护 表11 环境影响分析 表12 辐射安全管理 表13 结论与建议	<div></div>	<div></div>

环评项目负责人职业资格证书



HP00914263

姓名: 陈朝晖

Full Name

性别: 男

Sex

出生年月: 1968年12月

Date of Birth

专业类别:

Professional Type

批准日期: 2014年05月

Approval Date

持证人签名:

Signature of the holder

管理号:

File No

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2014年09月04日

Issued on

江苏省社会保险权益记录单
(参保单位)



参保单位全称: 南京瑞森辐射技术有限公司

现参保地: 玄武区

统一社会信用代码: 91320106694645355K

查询时间: 2026年08月26日

共1页, 第1页

单位参保险种	养老保险	工伤保险	失业保险	
缴费总人数	38		38	
序号	姓名	公民身份号码(社会保障号)	缴费起止年月	缴费月数
1	陈朝晖	320106196812010062	202606 - 202608	3
2	方圆		202606 - 202608	3

说明:

1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息, 请妥善保管。

2. 本权益单为打印时参保情况。

3. 本权益单已加盖电子印章, 不再加盖物理印章。

4. 本权益单记录单出具后有效, 如需核对真伪, 请使用江苏智慧人社APP, 扫描右上方二维码进行验证(可多次验证)。



目 录

表 1	项目基本情况	- 1 -
表 2	放射源	- 5 -
表 3	非密封放射性物质	- 5 -
表 4	射线装置	- 6 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	- 7 -
表 6	评价依据	- 8 -
表 7	保护目标与评价标准	- 11 -
表 8	环境质量和辐射现状	- 17 -
表 9	项目工程分析与源项	- 25 -
表 10	辐射安全与防护	- 40 -
表 11	环境影响分析	- 50 -
表 12	辐射安全管理	- 81 -
表 13	结论与建议	- 88 -
表 14	审批	- 95 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		苏州九龙医院股份有限公司改扩建放射治疗项目			
建设单位		苏州九龙医院股份有限公司 (统一社会信用代码: ██████████)			
法人代表	██████	联系人	██████	联系电话	██████████
注册地址		江苏省苏州市吴中区工业园区万盛街 118 号			
项目建设地点		江苏省苏州市吴中区工业园区万盛街 118 号苏州九龙医院医技楼一层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	██████	项目环保总投资 (万元)	██████	投资比例(环 保投资/总投 资)	██████
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²)
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☒ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封 放射性 物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线 装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 使用	☒ II 类 ☒ III 类		
	其他	/			
	项目概述: 一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来 苏州九龙医院股份有限公司(以下简称“医院”)是苏州工业园区核心 CBD 内唯一一家三级甲等民营医院,医院服务于园区广大群众及园区内众多外资企业的外籍人士。医院投资规模超 18 万平方米,拥有苏州一流水平的医疗设备及医护人员。 为了更好地为患者服务,提高医院的医疗质量,医院拟在医技楼(一期项目,于				

2006 年竣工启用，地上一层建筑）原一层医用电子直线加速器机房内配备一台医用电子直线加速器（Primus-H 型，主要技术参数为：X 射线能量：6MV、10MV；X 射线最高剂量率：6MV 时为 300cGy/min，10MV 时为 500cGy/min）于 2005 年 11 月环评，并于 2006 年 11 月投入运行，2011 年 6 月验收。由于设备运行至今已近二十年，使用年限较长、维修率较高且无法适应目前的诊疗需求，拟报废拆除，并新购置 1 台医用电子直线加速器 [REDACTED]（以下简称“加速器”，[REDACTED]

[REDACTED]设备具有 CBCT 图像引导功能（最大管电压 150kVp，最大管电流 500mA），依托医技楼一层 12 号机房波影 CT Zeedas 开展模拟定位，已履行环保手续，详见附件 6。

医院拟在医技楼（二期项目，于 2016 年竣工启用，地上三层建筑）一层东北角预留机房（该机房从未使用过射线装置）内新增一台 SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统（以下简称“伽玛刀”，内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 [REDACTED]，为医疗使用 I 类聚集放射源）；设备具有 IGRT 图像引导功能（最大管电压 125kVp，最大管电流 300mA），用于开展肿瘤的放射治疗。配合伽玛刀使用模拟定位的 MRI（型号：[REDACTED]）位于医技楼一层 16 号机房。

原加速器（Primus-H 型）拟拆除时，医院将委托资质单位对设备机头及靶件部位表面开展辐射剂量率检测，检测结果如不能满足相关法规及标准的要求，将履行相关环保手续，医院承诺见附件 5。

由于设备运行至今已近二十年，加速器机房内原有安全防护措施存在老化、性能衰减情况，拟对安全防护措施进行更新，如：更新安全联锁、通风装置、急停装置等，除增加防护门屏蔽厚度（原 15mmPb，增加至 20mmPb）外，其余均为变动；伽玛刀机房新增安全防护措施，增加防护门（15mmPb）。

本项目投入使用后，伽玛刀项目预计日接诊量最大 10 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均约 15 min 计，年开展工作 50 周，年出束运行时间约 625h；加速器项目预计日接诊量最大 60 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均约 3min 计，质控时间按平均每周约 1h 计，年开展工作 50 周，年出束运行时间约 800h；原加速器项目配备 2 名医师、1 名物理师，拟为本项目新增 4 名技师，伽玛刀和加速器共用 1 名物理师。4 名技师固定工作岗位后（伽玛刀和加速器项目各 2 名技师、1 名医师），不从事其他辐射工作。其中医师负责制定伽玛刀、加速器的放射治疗计划，患者摆位；

物理师负责计算患者的治疗时间，配合医师制定放射治疗计划；技师负责患者摆位，操作伽玛刀、加速器设备。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国生态环境法典》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律、法规和部门规章，苏州九龙医院股份有限公司改扩建放射治疗项目需进行生态环境影响评价。受苏州九龙医院股份有限公司的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位改扩建放射治疗项目的生态环境影响评价工作[REDACTED]。本次拟配备医用电子直线加速器的输出剂量率较原环评时设备增加超过 100%，需进行生态环境影响评价；多源 γ 射束立体定向放射治疗系统为医院首次使用 I 类聚集放射源开展放射治疗，需进行生态环境影响评价；依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年版），本项目为改扩建放射治疗项目，属于“172 核技术利用建设项目”中的“医疗使用 I 类聚集放射源的；使用 II 类射线装置的”项目，确定为编制生态环境影响报告表。南京瑞森辐射技术有限公司在资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场检测等工作的基础上，编制了该项目生态环境影响报告表。医院改扩建放射治疗项目情况见下表：

表 1-1 苏州九龙医院股份有限公司改扩建放射治疗项目情况一览表

放射源								
序号	放射源名称	数量	总活度 (Bq)	放射源类别	工作场所 名称	活动 种类	环评 情况	备注
1	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	I

注：本项目伽玛刀具备 IGRT 图像引导功能，最大管电压 125kVp，最大管电流 300mA。

射线装置								
序号	射线装置名称 型号	数量	技术参数	射线装 置类别	工作场所 名称	活动 种类	环评 情况	备注
1	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

注：本项目加速器具备 CBCT 图像引导功能，最大管电压为 150kV，最大管电流为 500mA。

二、项目选址情况

苏州九龙医院股份有限公司位于江苏省苏州市吴中区工业园区万盛街 118 号，医

院东侧为园区 21 号河，南侧为九华路，西侧为万盛街，北侧为紫荆苑。本项目地理位置示意图附图 1，苏州九龙医院股份有限公司周围环境示意图及总平面图见附图 2。

本次改扩建放射治疗项目均位于医技楼一层，医技楼东侧为院内道路，南侧为门诊大楼，西侧为停车场，北侧为住院楼。本项目伽玛刀机房东侧为院内道路，南侧为走廊、办公室，西侧为伽玛刀控制室、治疗计划室、伽玛刀定位室、办公室，北侧为院内道路，上方为会议室、VIP 病房，下方为土层；加速器机房东侧为室外楼梯，南侧为院内道路，西侧为控制室、水冷机房，北侧为杂物间，上方为屋顶，下方为土层。医技楼一层~二层平面布置及周围环境示意图见附图 3~附图 4。

本次改扩建放射治疗项目周围 50m 评价范围东至园区 21 号河，其余方向均位于医院范围内，项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属、其他公众等。

本项目放射治疗机房选址于医技楼底层，机房平面布局已明确避开儿科病房、产房等特殊敏感人群区域，同时远离门诊大厅、候诊大厅等人员密集区域，周边无人员流动性大的商业活动区域。针对伽玛刀机房上方会议室、VIP 病房，项目将开展顶板屏蔽核算，保证楼上人员辐射剂量达标，项目选址与布局符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）5.1.1、5.1.2 条款要求。

三、原有核技术利用项目履行环保手续情况

苏州九龙医院股份有限公司目前已取得辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证[00122]，种类和范围为“使用Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至：2027 年 4 月 21 日。医院原有核技术利用项目情况见附件 7，辐射安全许可证正副本见附件 6。

医院已开展的核技术利用项目均已履行环保手续，无环保遗留问题。

四、实践正当性分析

本项目的运行，可为患者提供放射诊断及治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活度 种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1								
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
██████████	████	████	████████████████████	█	█	█	██████████	████████████████████
██████████████████	████	█	█	████	████	█	████	████████████████████
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。
 2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国生态环境法典》，中华人民共和国主席令第七十号，2026年3月12日公布，自2026年8月15日起施行；</p> <p>(2) 《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，2019年修改，国务院令 第709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令 第253号，根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（中华人民共和国国务院令 第682号）修订，2017年10月1日起施行；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），生态环境部令 第20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部令 第16号，2021年1月1日起施行；</p> <p>(6) 《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>(7) 《关于发布〈放射源分类办法〉的公告》，国家环境保护总局公告2005年第62号，2005年12月23日起施行；</p> <p>(8) 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告 2017年公告第65号公布，自2018年1月1日起施行；</p> <p>(9) 《江苏省辐射污染防治条例》（2026年修正本），由江苏省第十四届人民代表大会常务委员会第二十三次会议于2026年7月31日通过，自2026年8月15日起施行；</p> <p>(10) 《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019年 第38号，2019年10月25日发布；</p> <p>(11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019年 第39号，2019年10月25日发布；</p> <p>(12) 《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》，</p>
------	---

	<p>生态环境部公告 2019年 第57号，2019年12月24日发布；</p> <p>（13）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令 第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>（14）《关于印发<生态环境分区管控管理暂行规定>的通知》，生态环境部，环环评〔2024〕41号，2024年7月8日发布；</p> <p>（15）《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，自然资发〔2022〕142号，2022年8月16日起试行；</p> <p>（16）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布；</p> <p>（17）《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1号，2025年9月21日起施行；</p> <p>（18）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日发布；</p> <p>（19）《江苏省辐射事故应急预案》（2020年修订版），苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布；</p> <p>（20）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日发布；</p> <p>（21）《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告， 2017年 第66号，2017年12月5日起施行。</p>
技术标准	<p>（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>（2）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>（3）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）；</p> <p>（4）《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>（5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>（6）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>（7）《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；</p> <p>（8）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p>

	<p>(9) 《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>(10) 《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>(11) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：γ射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014)；</p> <p>(12) 《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB 5172—2025)。</p>
其他	

表 7 保护目标与评价标准

<p>评价范围</p> <p>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）中“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为改扩建放射治疗项目工作场所实体屏蔽体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。</p>							
<p>保护目标</p> <p>本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省自然资源厅关于苏州市生态空间管控区域评估优化成果的复函》苏自然资函〔2026〕487 号、《江苏省自然资源厅关于苏州市吴中区生态空间管控区域调整方案的复函》苏自然资函〔2025〕444 号的要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于苏州工业园区（含苏州工业园区综合保税区）重点管控单元（编码[REDACTED]）内，不在苏州市生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标[REDACTED]。</p> <p>本次改扩建放射治疗项目周围 50m 评价范围东至园区 21 号河，其余方向均位于医院范围内，项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属、其他公众等。详见表 7-1。</p>							
<p>表 7-1 本项目保护目标一览表</p>							
场所	保护对象类型	保护目标	方位	距本项目最近距离		人员规模	保护要求
				水平	垂直		
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	1	1	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]				

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。

b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

4.10 开展放射治疗活动的医疗机构应制定相应的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备、应急演练和应急响应，确保有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

6.1 屏蔽要求

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ (μSv/h)：

1) 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（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平 ($\dot{H}_c$) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)：

机房外辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ (μSv/h)：

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

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

b) 穿出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 250μSv 加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 100μSv/h 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

根据本项目伽玛刀周开机治疗时间，导出得到机房外 30cm 处的辐射剂量率控制水平，见表 7-3：

表 7-3 伽玛刀及加速器机房外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平

参考点 ¹⁾		居留因子 ²⁾ T	使用因子 U	周剂量控制值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	周工作时间 ³⁾ (h)	剂量率参考控制水平 ⁴⁾ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		
						$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	H_c
伽玛刀机房								
加速器机房								

--	--	--	--	--	--	--	--	--

注：1）伽玛刀机房参考点点位布设详见图 11-1；

2）速器机房参考点点位布设详见图 11-6；

3）居留因子取自《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）表 A.1；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；

4）根据医院提供的工作量，本项目伽玛刀投入使用后，预计日接诊量最大 10 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 15min 计，则周出束运行时间为 12.5h；加速器投入使用后，预计日接诊量最大 60 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 3min 计，则周出束运行时间为 15h；

5）加速器和伽玛刀项目地下均为土层；

6）加速器机房顶部人员无法可达；

7） $H_{c,d}$ 为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，由周剂量参考控制水平（机房外辐射工作人员周剂量参考控制水平 $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，机房外非辐射工作人员周剂量参考控制水平 $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）求得的关注点的导出剂量率参考控制水平； $H_{c,max}$ 为按照关注点人员居留因子的不同确定的关注点的最高剂量率参考控制水平（人员居留因子 $T>1/2$ 的场所： $H_{c,max}\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，人员居留因子 $T\leq 1/2$ 的场所： $H_{c,max}\leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）； H_c 为同时满足 $H_{c,d}$ 、 $H_{c,max}$ 所确定的剂量率参考控制水平。

四、其他标准

《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《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）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）。

五、辐射环境质量现状检测评价参考值：

根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月，江苏省环境监测站）确定本项目建设址的辐射环境质量现状检测评价参考值，见下表。

表 7-4 江苏省环境天然 γ 辐射水平（单位：nGy/h）

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：*测量值已扣除宇宙射线响应值，现状评价时，取测值范围数值：即原野为（33.1~72.6）nGy/h；道路为（18.1~102.3）nGy/h；室内为（50.7~129.4）nGy/h。

六、参考资料：

《辐射防护导论》，方杰主编

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

苏州九龙医院股份有限公司位于江苏省苏州市吴中区工业园区万盛街 118 号，医院东侧为园区 21 号河，南侧为九华路，西侧为万盛街，北侧为紫荆苑。

本次改扩建放射治疗项目位于医技楼一层，医技楼东侧为院内道路，南侧为门诊大楼，西侧为停车场，北侧为住院楼。本项目伽玛刀机房东侧为院内道路，南侧为走廊、办公室，西侧为伽玛刀控制室、治疗计划室、伽玛刀定位室、办公室，北侧为院内道路，上方为会议室、VIP 病房，下方为土层；加速器机房东侧为室外楼梯，南侧为院内道路，西侧为控制室、水冷机房，北侧为杂物间，上方为屋顶，下方为土层。

本次改扩建放射治疗项目周围 50m 评价范围东至园区 21 号河，其余方向均位于医院范围内，项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属、其他公众等。本项目周边环境见图 8-1 至图 8-16。



图 8-1 伽玛刀机房拟建址



图 8-2 伽玛刀机房东侧（室外道路）



图 8-3 伽玛刀机房南侧（办公室）



图 8-4 伽玛刀机房南侧（走廊）



图 8-5 伽玛刀机房西侧（伽玛刀定位室）



图 8-6 伽玛刀机房西侧（伽玛刀控制室、治疗计划室）



图 8-7 伽玛刀机房北侧（院内道路）



图 8-8 伽玛刀机房上方（会议室）



图 8-9 伽玛刀机房上方（VIP 病房）



图 8-10 加速器机房（原设备未拆除）



图 8-11 加速器机房东侧（室外楼梯）



图 8-12 加速器机房南侧（院内道路）



图 8-13 加速器机房西侧（控制室）



图 8-14 加速器机房西侧（水冷机房）



图 8-15 加速器机房北侧（杂物间）



图 8-16 加速器机房上方（不上人屋顶）

二、辐射环境现状调查

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本次改扩建放射治疗项目拟建址周围进行布点，测量本底辐射剂量率。检测结果见表 8-1，检测点位示意图见图 8-17。

检测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测项目： γ 辐射剂量率

检测仪器：BG9511 型环境监测用 X- γ 辐射吸收剂量率仪（设备编号：NJRS-221，检定有效期：2025 年 10 月 22 日~2026 年 10 月 21 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2025-0103723）

能量范围：35keV~3MeV

测量范围：10nGy/h~600 μ Gy/h

检测日期：2026 年 7 月 16 日

天气：多云

温度：35°C

湿度：56%RH

检测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目检测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质认定（证书编号：221020340350，检测资质见附件 11），具备相应的检测资质和检测能力，检测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）要求，实施全过程质量控制。

检测人员、检测仪器及检测结果：检测人员均经过考核，检测仪器经过检验检测部门资质检定，并在有效期内，检测仪器使用前经过检验，检测报告实行三级审核。

数据记录及处理： γ 辐射空气吸收剂量率检测每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

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

表 8-1 改扩建放射治疗项目拟建址周围 γ 辐射剂量率

测点编号	测点描述	测量结果（nGy/h）	标准差	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

10				
11				
12				

注：1.检测时毗邻场所无射线装置运行；

2.加速器机房屋顶人员无法到达；

3.上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应。环境 γ 辐射剂量率测量结果按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中公式 $D_y = k_1 \times k_2 \times R_y - k_3 \times D_c$ 计算，其中， k_1 为仪器检定/校准因子； k_2 为仪器检验源效率因子，取1； k_3 为建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取0.8，平房取0.9，原野、道路取1。本仪器的宇宙射线响应值为7nGy/h。

由表8-1检测结果可知，苏州九龙医院股份有限公司改扩建放射治疗项目拟建址室内周围环境 γ 辐射剂量率在 之间，位于江苏省建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（50.7~129.4）nGy/h 范围内；道路环境天然 γ 辐射剂量率为 nGy/h，位于江苏省道路 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1~102.3）nGy/h 范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

(一) 伽玛刀治疗项目

苏州九龙医院股份有限公司拟在医技楼一层新增一座伽玛刀机房，并配备 1 台 SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统，内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 $2.9 \times 10^{14}\text{Bq}$ ，为医疗使用 I 类聚集放射源），用于开展肿瘤的放射治疗。

苏州九龙医院股份有限公司拟使用的 SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统为头部伽玛刀，伽玛刀是利用 ^{60}Co 在衰变过程中发射 γ 射线对生物肌体的破坏作用来实现对病变细胞的杀伤功能，进而达到损毁病灶的治疗目的的一种新型立体定向放射外科治疗设备。本项目 SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统外观见图 9-1。



图 9-1 本项目 SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统外观图

本项目伽玛刀安装了 30 颗高比活度的 ^{60}Co 放射源，通过匹配一定的准直器将射线聚焦到设备等中心（即焦点）上，使得焦点处形成高剂量射线区，实现动静态聚焦。当病灶组织处于这一高剂量场时产生放射性坏死，而病灶周围以外的组织因只受到均匀小剂量射线的照射而安然无恙，从而达到无创伤治疗肿瘤的目的。伽玛刀主要由以下部分组成：放射准直系统、治疗床、立体定位系统、图像引导系统和治疗计划系统组成。SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统结构示意图见图 9-2。

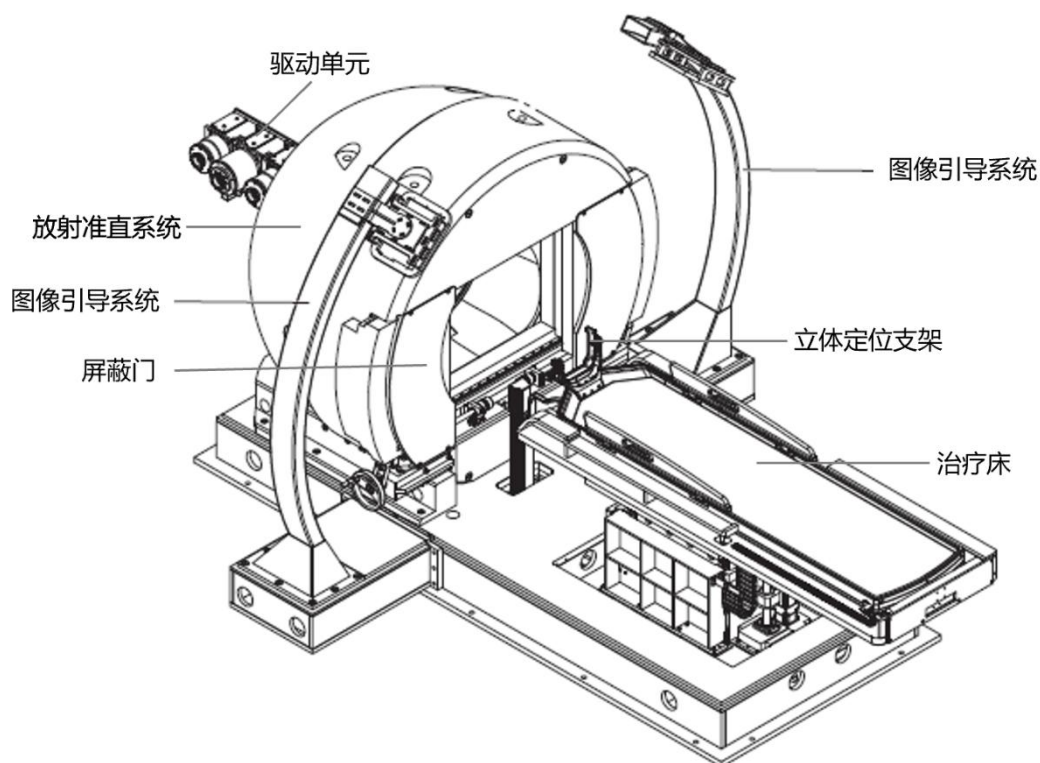


图 9-2 本项目 SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统结构示意图

放射准直系统：由钨合金制造成的安装在源体上的源体预准直器和安装在准直体上的终准直器构成，实现源的选择性打开、关闭。源体与准直体可同步旋转进行治疗，也可通过差速运动进行源开关变换和变换终准直器孔径，取得焦点剂量和辐射野大小以及辐射角度的变化。本项目伽玛刀每个源由一定数量尺寸约为 $\Phi 1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的钴粒组成，装满在内腔尺寸为 $\Phi 2.8\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的双层不锈钢圆柱形包壳内，用氩弧焊封死。屏蔽半球为由耐蚀铸铁制成的耐蚀壳体，包围着源体、准直体以及其中的治疗空腔，右端以阶梯环与屏蔽门框连接，它与屏蔽门一起最大限度地屏蔽了放射源不必要的射线，使设备的外部环境处于安全、可控范围。

治疗床：三维治疗床用于患者治疗时仰卧，并将患者治疗计划中的每个靶点送到聚焦中心。

立体定位系统：患者首先安装立体定向框架和显影图框进行 CT 和/或 MRI 检查，对病灶精确定位。将序列图像传入治疗计划系统后，医生制定治疗计划，再与伽玛刀定位支架配合精确定位于辐照中心实施治疗。立体定位框架安装固定在病人头部，提供伽玛刀治疗从影像检查到实施伽玛刀放射治疗的全过程的刚性坐标系统。在影像检查时，与显影图框和适配器配合固定于影像设备进行扫描；在辐照治疗时，与 SRRS+ 头部伽玛刀的定位支架配合固定，精确定位进行照射治疗；治疗结束后，去除立体定位框架并包扎完成整个头部伽玛刀治疗。

图像引导系统：图像引导系统与设备组合使用，利用医学成像与可视化技术，实现在治疗前的校正和验证患者在设备上的摆位误差。其操作直观可视、定位时间短，可实现快速校验摆位误差。

三维治疗计划系统：为临床医生提供交互式断层图像的三维构建工具，确定体表、靶区及危及器官的几何描述；在辅助医生和物理师制定治疗方案时，计算剂量在体内的分布并直观显示，用以评估该治疗方案的效果、提供改进治疗方案的依据；从而确定最优化的治疗计划，并打印输出治疗报告和控制文件。其中主要包括：影像设备的图像输入、病例数据管理、图像数据处理、三维重建、解剖建模、照射计划设计、计划评估、治疗计划输出和系统配置和工具等功能模块。

伽玛刀的滚筒机架是带动整个治疗头作 360° 旋转的机构，由两端面的大轴承支撑，轴承安装在轴承座上。滚筒是由伺服电机通过两级齿轮减速机经齿轮传动带动滚筒端面的齿圈进行旋转的，滚筒的两端面的大轴承确保滚筒在径向与轴向很小的窜动量。滚筒做旋转时，带动放射源绕人体转动的同时治疗头又绕垂直于滚筒轴线的轴做摆动运动而不断变换入射角度，从而实现非共面拉弧治疗。

本项目拟配备的伽玛刀主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统技术参数情况一览表

项目名称	技术参数
设备名称	
数量	
型号	
放射源名称	
放射源初装总活度	
放射源数量	

半衰期	████████
源轴距（SAD）	████████
焦点剂量率	████████
放射基本形式	████████████████
准直器规格	████████████████████
旋转速度	████████
自屏蔽体参数	████████████████
其他	██

（二）加速器

医院拟在医技楼一层原加速器机房更换 1 台加速器（██████████████████），该加速器提供两种治疗模式，即 X 射线模式和电子束模式，X 射线模式包括 6、10MV 共两档（6MV 时 X 线最大辐射剂量率：1400cGy/min、10MV 时 X 线最大辐射剂量率：600cGy/min），电子束模式包括 6、8、10、12、15MeV 五档（电子线最大剂量率：600cGy/min）。本项目加速器外观见图 9-3。

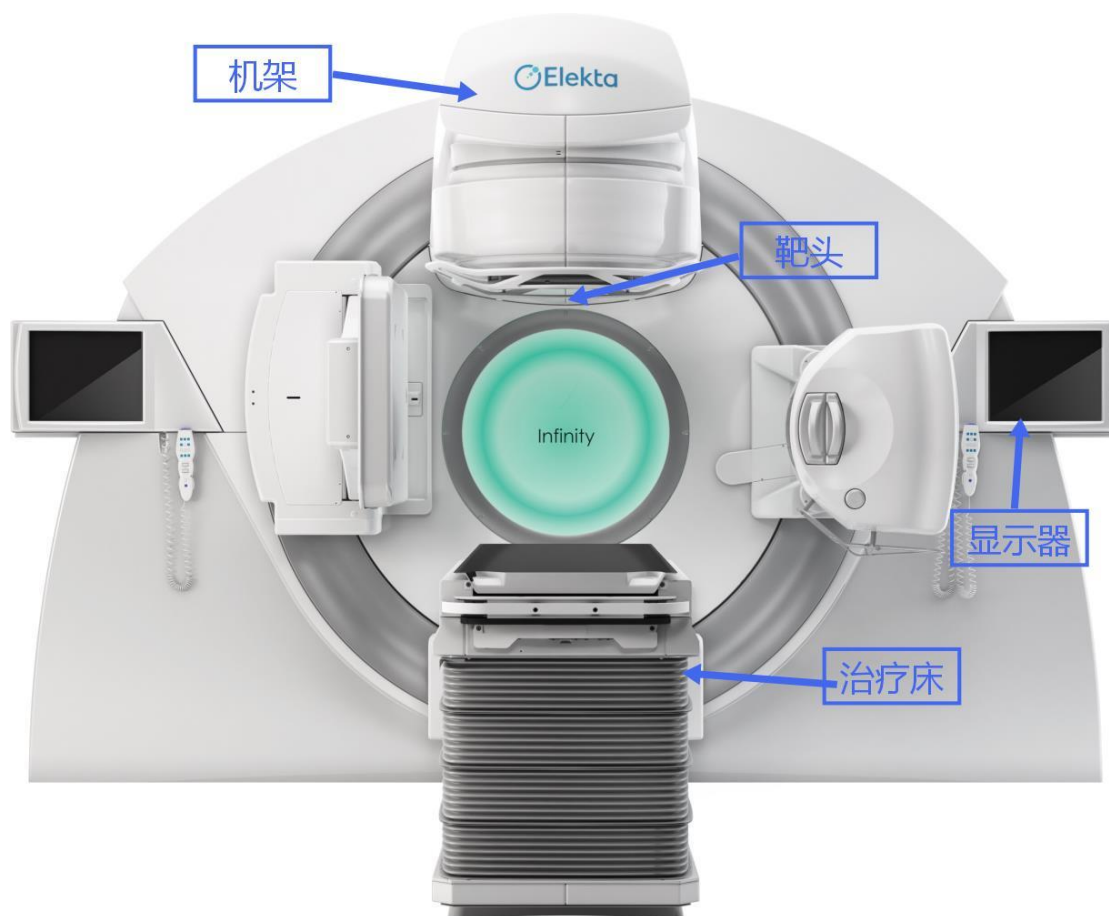


图 9-3 本项目 Elekta Infinity 型加速器外观图

加速器是产生高能 X 射线和电子束的装置，为远距离治疗机。主要由机架组件、辐射头、水冷系统、速调管、真空系统、充气系统、高压脉冲调制器、栅控电子枪电源、控制柜及操作盒、运控机箱、整机动力配电及低压电源、整机联锁保护电路等组成。从电子枪发出的同步电子束注入已建立高梯度的驻波或行波加速场中加速，在加速管末端，电子束加速到所需能量后经过漂移管进入 270° 偏转磁场。在偏转磁场中，电子束偏转 270° 后由水平入射变为垂直出射，并同时完成聚集和消除能谱色差形成直径 2mm 左右的平行束流，经过引出窗到达移动靶件处。移动靶件具有不同工位，可根据治疗需要使电子束轰击合金靶产生 X 辐射或直接穿透初级散射箔产生电子辐射。典型加速器基本结构示意图见图 9-4。

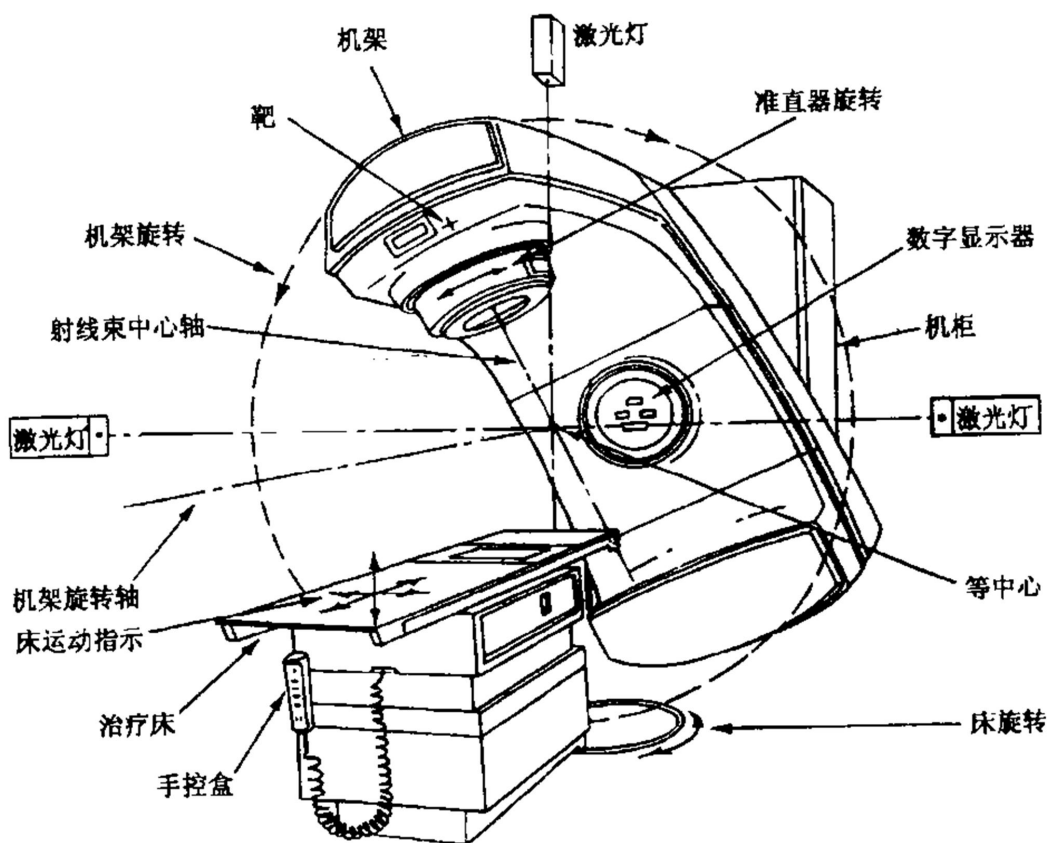


图 9-4 加速器基本结构示意图

医院拟配备的加速器主要技术参数见表 9-2。

表 9-2 本项目加速器技术参数情况一览表

项目名称	技术参数*
型号	

位置	██████████
主要技术指标	████████████████████
射线最大出射角	████████████████████
源轴距 SAD	████
等中心点至机房地坪的高度	██████
距靶 1m 处 X 辐射剂量率	████████████████████ ████████████████████
最大照射野大小	██████████
机架旋转	████
靶材料	██████
用途	██████
其他	██
	████████████████████
	██ ██████████

注：*本项目加速器技术参数由建设单位设备供货商提供。

二、工作原理及工作流程

（一）工作原理

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

1、伽玛刀治疗项目

伽玛刀（Gamma Knife）是立体定向放射外科（伽玛刀）的主要治疗手段，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。由于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”。

本项目伽玛刀共装有 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度 $2.9 \times 10^{14} \text{Bq}$ (7800Ci)，分布在形如球冠、纬度为 $14^\circ \sim 43^\circ$ 的源体上，各放射源发射的射线束经准直器引导，径向聚集于球心位置，从而在一个可控区域内形成足够强（治疗剂量）的剂量场，以损毁病灶。其中，准直体上安置有四组共 120 个准直器，形成相当于 $\Phi 4\text{mm}$ 、 $\Phi 8\text{mm}$ 、 $\Phi 14\text{mm}$ 、 $\Phi 18\text{mm}$ 四种规格的准直器形成的焦点，以适合病灶形状大小不同的需要。其周围为梯度扩散射线束，且由于源的旋转，对机体的穿透是瞬时扫描性照射，故可保证正常肌体组织仅受最小损伤，亦可及时恢复健康。

伽玛刀共放射源分 6 组置于球形头盔内，工作时形成一窄束边缘锐利的锥形 γ 射线，使得其焦点位置始终位于治疗舱头保护罩中央。由于治疗舱头保护罩设计大于头体，治疗前，通过调整患者所在的三维床坐标以达到病灶与焦点的重合。

2、加速器项目

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

当加速器加上高压后，即产生多种类型的辐射，可大致分为瞬时辐射和剩余辐射。瞬时辐射是指被加速的电子束、以及其与靶材料相互作用产生的高能 X 射线，依据《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），本项目加速器 X 射线能量不大于 10MV，因此不用考虑中子的屏蔽。加速器产生的高能电子束、高能 X 射线，可能会对工作人员和公众产生辐射危害。

剩余辐射是指由于中子活化使加速器及周围环境产生短寿命的感生放射性核素，包括固态感生放射性和气态感生放射性。加速器中产生的感生放射性从物理机制上可分为直接和间接两个过程。直接过程为轫致辐射光子与加速器部件发生的光核反应；间接过程则主要为光核反应所释放的光中子与加速器部件发生的中子俘获反应，即中子活化。由中子活化产生的放射性核素大多为丰中子核素，其衰变方式多为 β -衰变。一般停机数小时后，感生放射性即可达到可忽略的水平。加速器系统示意图见图 9-5。

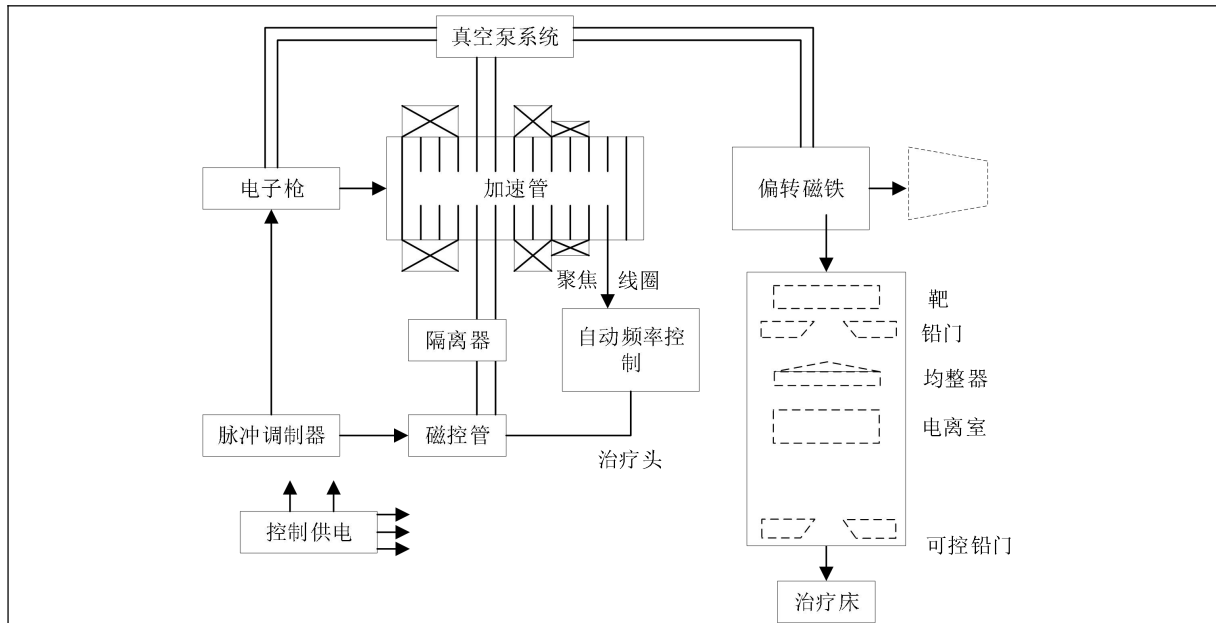


图 9-5 加速器系统示意图

（二）工作流程

1、伽玛刀治疗项目

- 1) 当病人确诊需进行伽玛刀治疗后，主治医生向病人告知可能受到的辐射危害；
- 2) 使用 MRI 对病灶位置进行模拟定位，制定放射治疗计划，确定照射位置和照射剂量；

3) 定位摆位：使用患者定位装置对患者进行固定，工作人员将病人安置在治疗床上摆位，摆位完毕后工作人员退出治疗室。

4) 工作人员在控制台上确认相关参数，使用 IGRT 图像引导系统进行图像引导系统拍摄放疗体位下的照射部位数字影像，与放疗计划系统进行对比，并校正放疗体位，开始对病人实施放疗。

5) 治疗结束：治疗结束关机，工作人员将病人从治疗床上卸下，病人离开机房。对病情比较复杂，或治疗前一般情况较差的，可以留院观察 1~2 天。

- 6) 定期随访：治疗完成后，患者应根据病情及医嘱定期复诊。

伽玛刀放疗工作流程及产污环节分析见图 9-6。

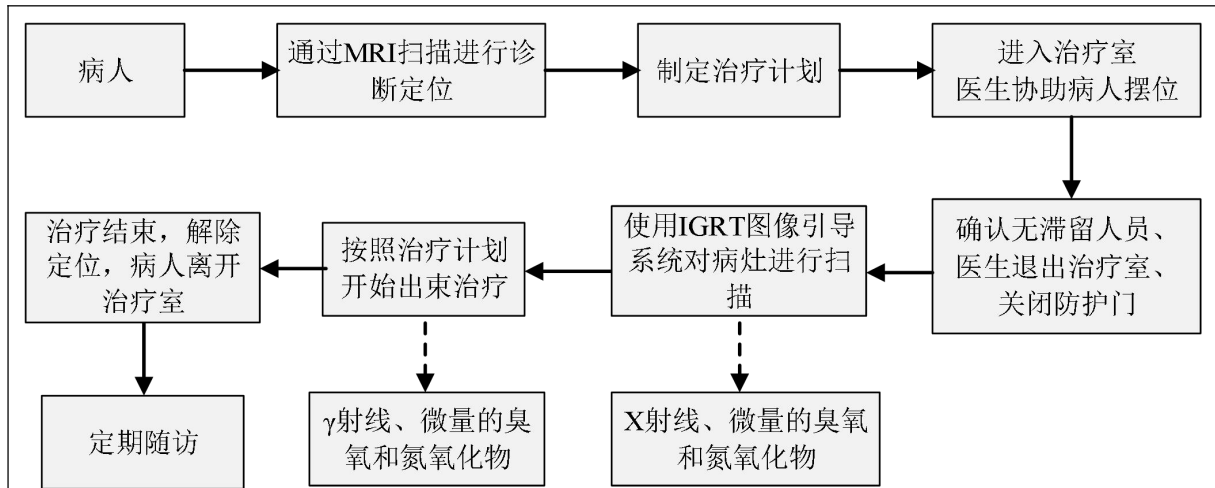


图 9-6 伽玛刀放疗工作流程及产污环节分析示意图

2、加速器项目

1) 患者在经诊断确诊需要进行放射治疗后，根据病灶的部位确定定位体位，通过 12 号机房 CT 机扫描采集影像资料，用于确定靶区位置、形状和大小；

2) 放疗医师根据医学影像临床诊断资料，提出放射治疗方案和精确治疗计划；

3) 放射治疗计划完成，并经放疗医师确认后，放疗技师领患者进入治疗室，对患者进行摆位；

4) 技师确认治疗室内无其他人员滞留，确认各类按钮工作正常后，关闭防护门；

5) 技师使用 12 号机房 CT 机对病灶扫描采集的影像资料，与加速器自带的 CBCT 图像引导功能扫描图像做对比，校准摆位精度后，按照医疗方案设置参数，调整好出束时间、角度、剂量，然后进行出束治疗。治疗过程中，会产生 X 射线、电子线，治疗室内的空气会电离产生臭氧和氮氧化物；

6) 治疗结束后，停止出束，解除定位，关闭系统，患者离开治疗室。

加速器工作流程及产污环节分析见图 9-7。

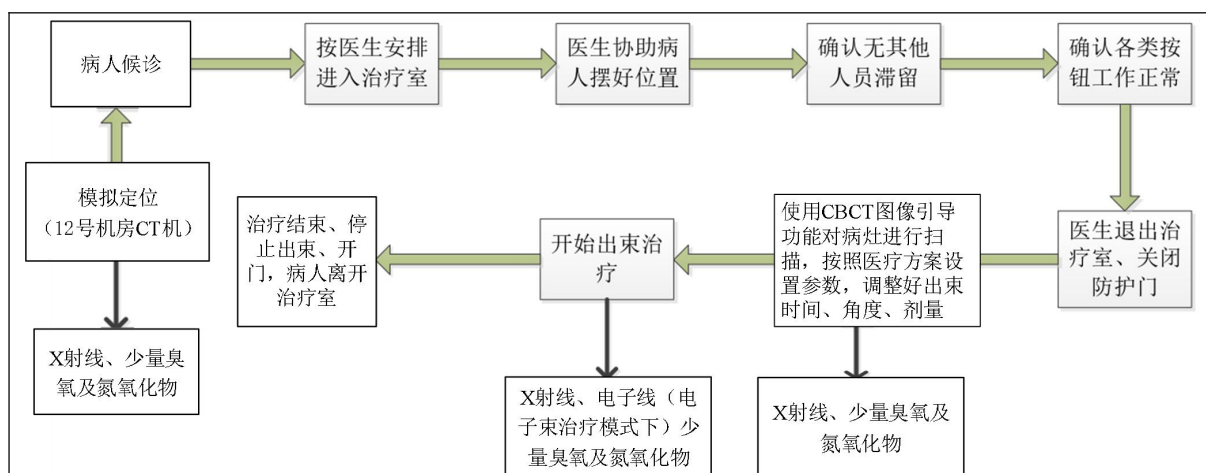


图 9-7 加速器放疗工作流程及产污环节示意图

(三) 放射源订购、使用和退役流程

本项目伽玛刀配有 30 枚 ^{60}Co 放射源，总最大装源量为 $2.9 \times 10^{14}\text{Bq}$ ，为医用 I 类放射源。因此放射源的运输和医疗使用管理均按 I 类源进行。

1、订购：医院在订购之前应向省生态环境主管部门提出申请，提交《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第十九条规定的申请材料。订购时，医院根据《辐射安全许可证》许可的范围提出订购需求，本项目伽玛刀生产厂家提供放射源的所有技术参数和文件，并跟踪放射源的生产进度（放射源生产期间工作人员所受照射不在本评价范围内）。订购完成后，医院应当在完成之日起 20 日内，向省级生态环境主管部门备案。

2、使用：设备正常使用时，由医院负责放射源的安保工作，期间安全由医院负责。

3、退役：由放射源生产厂家负责回收退役放射源，退役手续由医院办理，回收后安全由放射源生产厂家负责。

(四) 倒源流程

本项目伽玛刀所用 ^{60}Co 放射源约 6~8 年更换一次。医院在换源前应于当地公安部门、生态环境主管部门、卫生主管部门备案，取得他们的协助、监督和认可。 ^{60}Co 放射源的生产、运输均由放射源生产厂家负责，每次医院申购放射源后由放射源生产厂家运输至机房，装源工作由设备生产厂家委派的工程师在机房内完成（所受照射不在本评价范围内），医院辐射工作人员不进入机房参与装源、换源工作，倒源操作完毕后，退役放射源交由放射源生产厂家回收处理。倒装工作应由有相应能力且通过辐射安全考核的专业人员进行，其他任何单位和个人不得私自进行倒源。倒装放射源时应对倒装热室周围和含源设备表面进行辐射监测，关注倒源屏蔽体的辐射防护效果和含源设

备的表面污染情况，做好安装和更换的放射源清点并记录；倒源结束后对含放射源的放射治疗设备、场所与周围环境进行辐射监测。源退役时，倒源期间由医院承担安全主体责任，源办理完成转移手续后、源由倒源单位运输离开建设单位后，责任由放射源生产厂家负责。

（五）人员配备情况

本项目伽玛刀预计日接诊量最大 10 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 15min 计，质控时间按平均每周约 1h 计，年开展工作 50 周；加速器项目预计日接诊量最大 60 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 3min 计，年开展工作 50 周。原加速器项目配备 2 名医师、1 名物理师，拟为本项目新增 4 名技师，伽马刀和加速器共用 1 名物理师。4 名技师固定工作岗位后（伽玛刀和加速器项目各 2 名技师、1 名医师），不从事其他辐射工作。其中医师负责制定伽玛刀、加速器的放射治疗计划，患者摆位；物理师负责计算患者的治疗时间，配合医师制定放射治疗计划；负责患者摆位，操作伽玛刀、加速器设备。工作人员隔室操作，年接触射线不超过 800h/人。

三、原有工艺不足及改进情况

医院原医用电子直线加速器运行至今已近二十年，使用年限较长、维修率较高且无法适应目前的诊疗需求。本次拟配备医用电子直线加速器的输出剂量率较原环评时设备增加超过 100%，并配套搭载 CBCT 图像引导功能，可实现治疗前靶区精准定位，提升放疗精度；同步新增⁶⁰Co 伽玛刀治疗设备，丰富立体定向放疗设备种类，满足医院日益增加的肿瘤就诊需求，提升接诊效率，使患者的放射治疗更为精准高效。

医院已建立完善的辐射安全与防护规章制度，且在日常工作中严格按照规章制度执行。本次更换的医用电子直线加速器及新增伽玛刀设备，将统一纳入医院射线装置、密封放射源登记管理，沿用医院现有辐射安全管理体系。医院将结合本次项目新增 I 类密封源（⁶⁰Co 伽玛刀源）与更新射线装置的实际工况，修订、完善辐射安全管理制度，补充针对性的源项管理、设备运维、出入管控及退役管理相关条款，确保管理制度具备针对性、可操作性，保障各项辐射安全管理要求落实于日常工作全过程。

污染源项描述

一、放射性污染

（一）伽玛刀项目

1、辐射

伽玛刀未使用时，放射源处于屏蔽位，少量的 γ 射线会穿透屏蔽体，对进入伽玛刀机房的人员及室外公众等产生照射。

本项目 SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统配备 IGRT 机载 X 射线图像引导系统，设备 IGRT 最大管电压 125kVp，最大管电流 300mA；治疗前可在机房内完成 X 射线影像扫描，实现图像引导定位。伽玛刀在治疗过程中，机房治疗室内来自放射源的直射、散射和漏射 γ 射线、IGRT 图像引导系统扫描时产生的 X 射线会穿透屏蔽墙及防护门，对机房外的工作人员和公众产生外照射影响。治疗时伽玛刀和 IGRT 不同时出束。

本项目拟配备的头部 γ 刀内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 $2.9 \times 10^{14} \text{Bq}$ 。核素 ^{60}Co 是一种人工生产的放射性核素，主要由 ^{59}Co 在核反应堆中经中子轰击后生成，半衰期为 5.27 年。 ^{60}Co 核素衰变过程中发射出 0.315MeV 的 β 射线和能量分别为 1.173MeV 和 1.332MeV 的两种 γ 射线，平均能量为 1.25MeV。 ^{60}Co 放射源特性见表 9-3，衰变纲图见图 9-8。

表 9-3 ^{60}Co 放射性核素特性

核素名称	半衰期	衰变类型及分支比 (%)	主要 α 、 β 辐射能量 (keV) 与绝对强度 (%)	主要 γ 、X 射线能量 (keV) 与绝对强度 (%)	空气比释动能率常数 ($\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)
^{60}Co	5.27a	β^- (99.74%)	β^- : 0.315 (99.74%)	γ : 1.173 (99.87%) γ : 1.332 (99.98%)	0.308

注：空气比释动能率常数取自《发射光子的放射性核素各向同性点源的剂量学常数-李士骏》（辐射防护第 19 卷第 4 期，1999 年 7 月）。

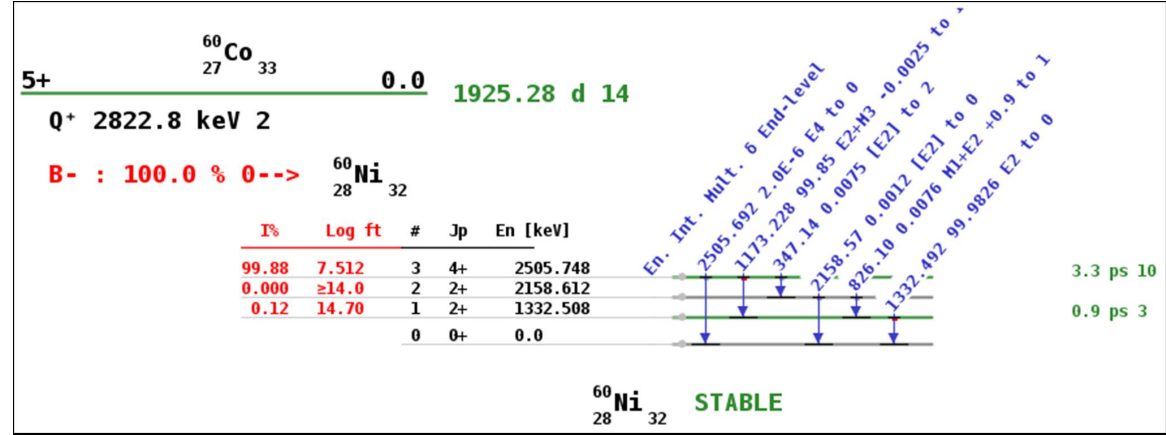


图 9-8 ^{60}Co 衰变纲图

治疗状态下距地面 0.8m 的水平面剂量率分布图（单位： $\mu\text{Gy}/\text{min}$ ）如下图所示。纵向 3~11 间隔 0.5m，其他间隔 1m，横向 c~m 间隔 0.5m，其他间隔 1m。钴源个数

30 枚（由厂家提供，见附件 8）。

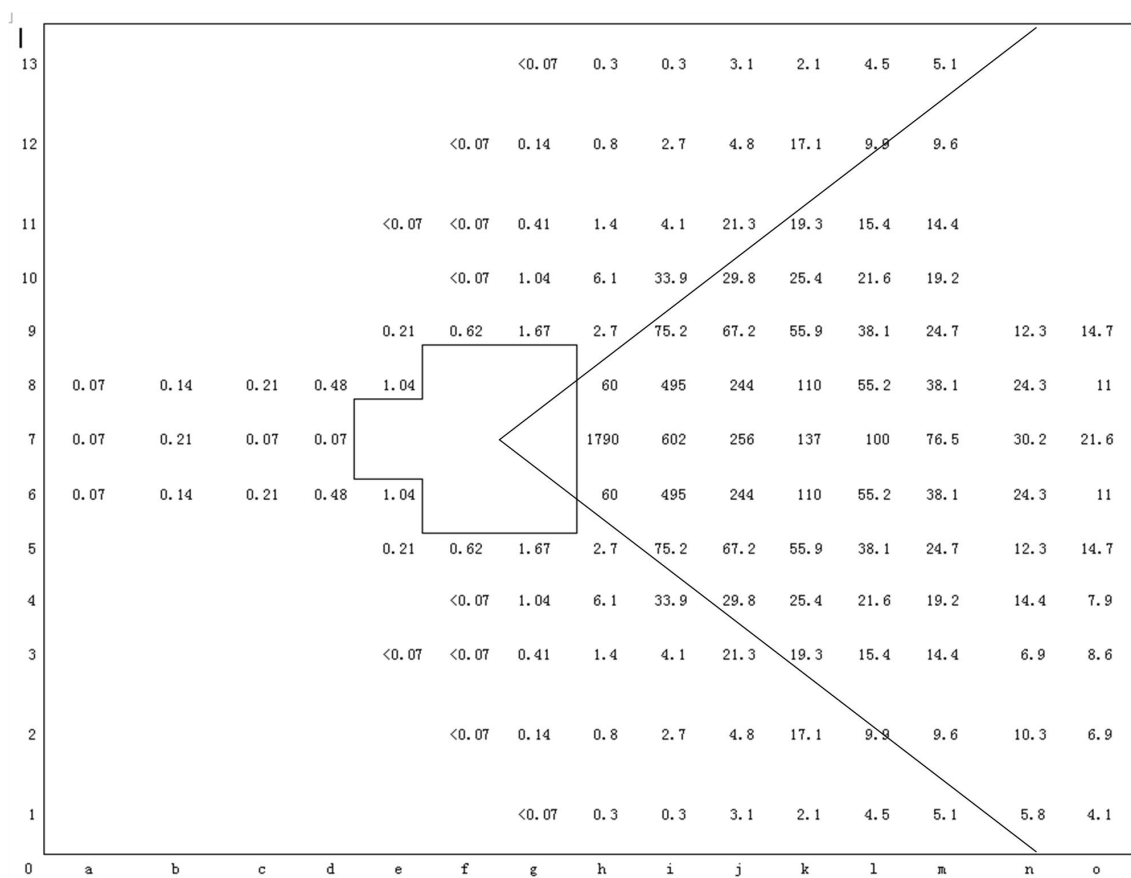


图 9-9 治疗状态下距地面 0.8m 的水平面剂量率分布图（单位：μGy/min）

最大准直器治疗状态下，过焦点的垂直面剂量分布图（单位：μGy/min）（由厂家提供，见附件 8）如下图所示：

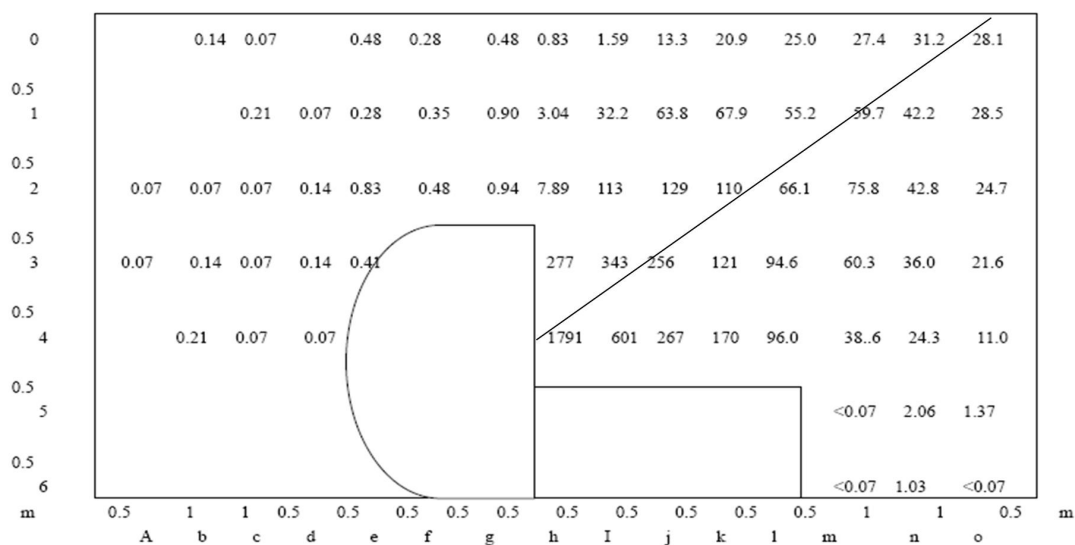


图 9-10 最大准直器治疗状态下，过焦点的垂直面剂量分布图（单位：μGy/min）

2、放射性固体废物

^{60}Co 放射源使用到一定年限后产生退役的放射源，可能会对周围环境产生一定的危害。

（二）医用电子直线加速器项目

1、X 射线外照射

本项目更换的 Elekta Infinity 医用电子直线加速器辐射源项主要包括治疗 X 射线、治疗电子线、机载 CBCT 图像引导 X 射线。

医用电子直线加速器电子枪产生电子束，经加速管加速后轰击钨靶，通过韧致辐射产生高能 X 射线用于肿瘤治疗。本项目加速器治疗 X 射线能量为 6MV、10MV，其中 6MV（3F 束流模式）最高剂量率 1400 cGy/min，10MV 最高剂量率 600 cGy/min。高能 X 射线穿透能力强，治疗过程中存在直射、散射、漏射辐射，是机房外职业人员及公众的主要外照射来源。

本次更新的 Elekta Infinity 加速器硬件具备完整电子线治疗功能，可输出 6 MeV、8 MeV、10 MeV、12 MeV、15 MeV 多档电子束。电子治疗模式下钨靶移出束流通道，高能电子直接引出用于浅表肿瘤治疗。电子线在空气中射程短、穿透弱，对机房外公众剂量贡献极小，不作为屏蔽控制因素，但仍属于本项目合法辐射源项，纳入辐射管理体系。

本加速器配合 CBCT 图像引导定位系统，为设备自带辐射成像装置。CBCT 工作时产生 X 射线，属于电离辐射源项；成像扫描与治疗出束不同时进行。CBCT 的 X 射线剂量水平低于治疗主束，故本项目加速器防护条件下在满足加速器屏蔽要求的情况下，机房屏蔽体完全可以满足对 CBCT 开机产生 X 射线的防护。

3、电子束

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

本项目拟配备的医用直线加速器电子线能量为 6、8、10、12、15MeV，电子线最高输出剂量率为 600cGy/min。医用直线加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因

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

4、中子

本项目拟配备的 1 台医用直线加速器 X 射线能量为 6MV、10MV，X 射线最高剂量率：6MV（3F 束流模式）1400cGy/min，10MV 为 600cGy/min；电子线能量：6、8、10、12、15MeV，电子线最高剂量率 600cGy/min，依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）规定（§4.3.2.5），当加速器 X 射线≤10MV 时，中子的影响可忽略。

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

二、非放射性污染

（一）废气：伽玛刀 IGRT 图像引导产生的 X 射线及治疗过程中发射的 γ 射线、加速器 CBCT 图像引导及治疗过程中产生的 X 射线，会使机房内的空气产生电离，产生臭氧和氮氧化物。

（二）废水：主要是工作人员产生的生活污水。

（三）固体废物：主要是工作人员产生的生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局及分区

本次改扩建放射治疗项目位于医技楼一层，医技楼东侧为院内道路，南侧为门诊大楼，西侧为停车场，北侧为住院楼。本项目伽玛刀机房东侧为院内道路，南侧为走廊、办公室，西侧为伽玛刀控制室、治疗计划室、伽玛刀定位室、办公室，北侧为院内道路，上方为会议室、VIP 病房，下方为土层；加速器机房东侧为室外楼梯，南侧为院内道路，西侧为控制室、水冷机房，北侧为杂物间，上方为屋顶，下方为土层。

本项目放射治疗机房选址于医技楼底层，机房平面布局已明确避开儿科病房、产房等特殊敏感人群区域，同时远离门诊大厅、候诊大厅等人员密集区域，周边无人员流动性大的商业活动区域。治疗室与控制室相互分离，便于开展屏蔽设计与人流管控；针对伽玛刀机房上方会议室、VIP 病房，项目将开展顶板屏蔽核算，保证楼上人员辐射剂量达标。满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中关于选址与布局的规定。

医院拟对机房进行分区管理，将伽玛刀机房、加速器机房划为控制区，与机房相邻的伽玛刀控制室、治疗计划室、伽玛刀定位室、办公室、控制室、水冷机房划为监督区，并在控制区边界张贴电离辐射警告标志。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目伽玛刀机房周围布置及分区示意图见图 10-1。

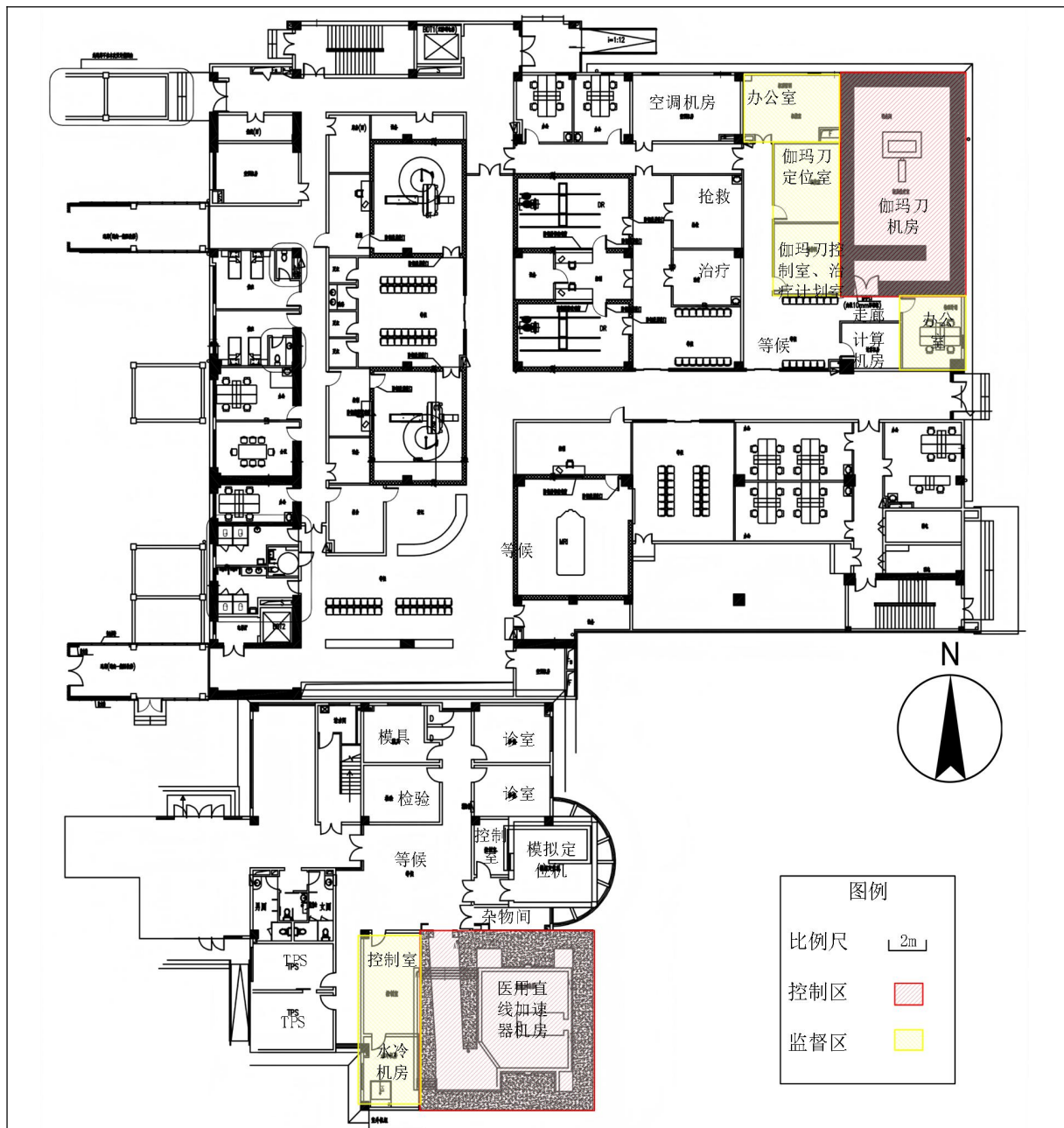


图 10-1 本项目伽玛刀、加速器机房平面布置及分区示意图

二、辐射工作场所分区管理

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：

(一) 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) 运用行政管理程序和实体屏障 (包括门锁和联锁装置) 限制进出控制区；
- (3) 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；

(4) 在进入控制区有个人防护用品、工作服等；

(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。

(二) 监督区防护手段与安全措施

(1) 在监督区的入口处的适当地点设立监督区标识或电离辐射警告标志；

(2) 无实体边界的监督区应采用适当的手段（如警示线）划出监督区的边界；

(3) 定期检查该区的条件，运行期间应加强对该区域的验收检测、日常检测和年度检测，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。

三、辐射防护屏蔽设计

(一) 伽玛刀治疗项目

伽玛刀机房采用混凝土浇筑结构，治疗室东西长 7.0m、南北长 11.2m，机房顶部屏蔽内表面至地面约 3.8m。本项目伽玛刀机房具体屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 本项目伽玛刀机房屏蔽设计一览表

屏蔽防护设计	屏蔽设计参数（厚度及材质） ¹⁾
东墙	
南墙	
西墙	
北墙	
屋顶	
防护门	

注：本次屏蔽参数未发生改变，混凝土密度为 2.35g/cm³，铅密度为 11.3g/cm³。

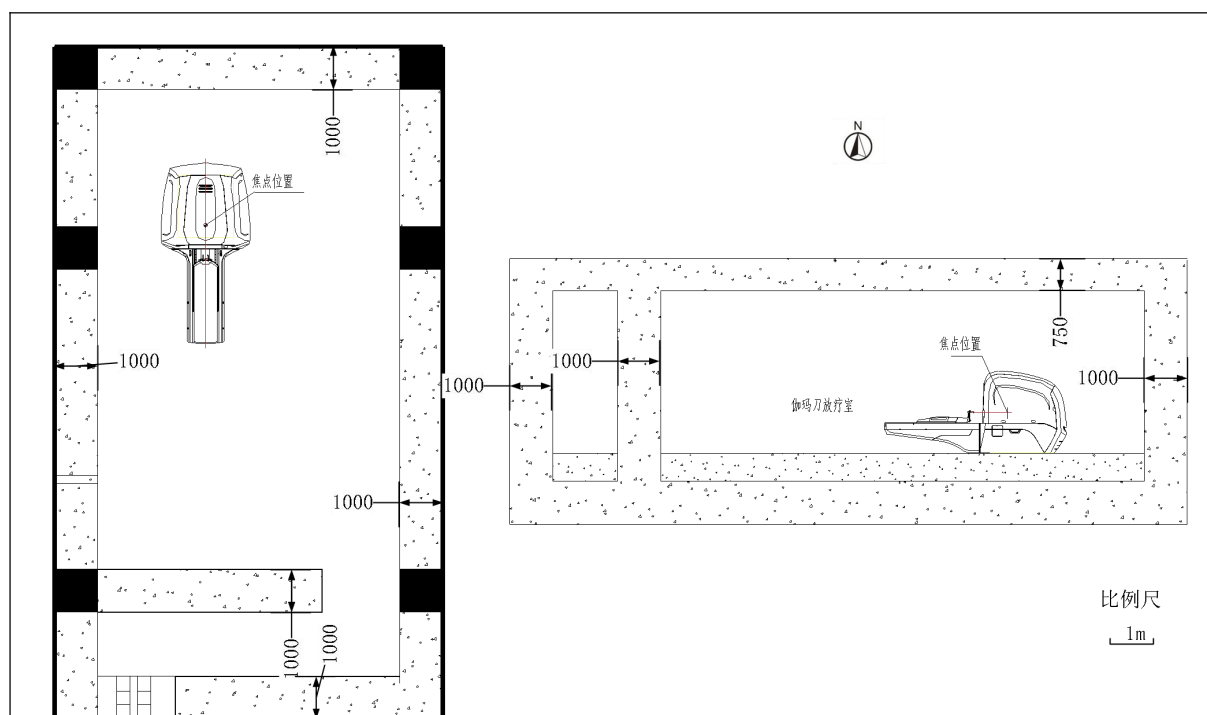


图 10-2 本项目伽玛刀机房平面布置及剖面图

(二) 加速器项目

加速器项目原址更换 1 台加速器，原机房采用混凝土浇筑结构，治疗室东西长 9.9m、南北长 10.0m、净 6 为 81.09m²（含迷道），机房顶部屏蔽内表面至地面约 3.5m，设置迷路，迷道宽 0.5m-1.2m，迷道口设有防护门。本项目加速器机房具体屏蔽设计参数见表 10-2，除增加防护门屏蔽厚度（原 15mmPb，增加至 20mmPb）外，其余屏蔽参数未发生改变。

表 10-2 本项目加速器机房防护屏蔽变化一览表

场所名称	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质） ¹⁾
加速器机房	东墙	次屏蔽区	
	南墙	主屏蔽墙	
		次屏蔽区	
	西墙	迷道内墙	
		迷道外墙	
	北墙	主屏蔽墙	

		次屏蔽区	
	屋顶	主屏蔽区	
		次屏蔽区	
		迷道屋顶	
	防护门 ²⁾		

注：1.混凝土密度不低于 2.35g/cm³，铅密度为 11.3g/cm³；
2.原加速器机房防护门屏蔽为 15mmPb。

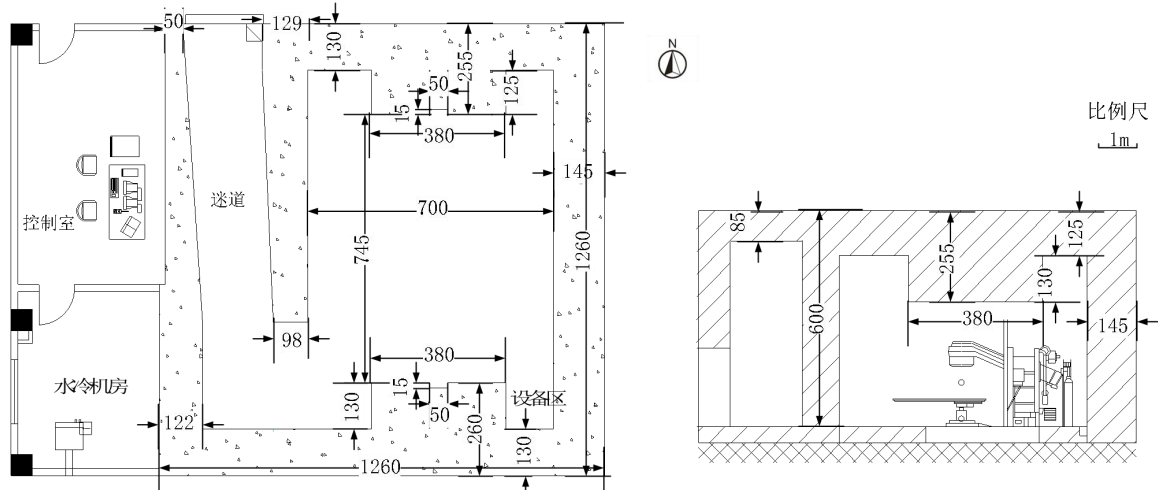


图 10-3 本项目加速器机房平面布置及剖面图

四、辐射安全和防护措施

由于设备运行至今已近二十年，加速器机房内原有安全防护措施存在老化、性能衰减情况，拟对安全防护措施进行更新，如：更新安全联锁、通风装置、急停装置等，增加防护门屏蔽厚度（原 15mmPb，增加至 20mmPb），其余均为变动；伽玛刀机房新增安全防护措施，增加防护门（15mmPb）。

（一）伽玛刀项目

1、电线电缆布设

医用直线加速器机房电缆线穿墙方式采用“U”型穿墙管道，电缆沟上设置金属盖板，电缆沟不会破坏治疗室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

2、防护门搭接方式

机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，还需要考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目医用直线加速器机房门与墙之间的间隙小于 1cm，防护门（平开门）与墙之间的搭接不小于 10cm，可有效防止门

缝处射线泄漏。

3、通风要求

本项目伽玛刀机房内设计有通风装置，伽玛刀治疗室内拟采用机械进、出风。进风管道及排风管道并排从迷路门上方的横梁穿墙进出，通风管道已通过“Z”型穿过屏蔽墙体，于本建筑屋顶排放。通风量为 1600m³/h，治疗室容积约 343m³（包括迷道），通风换气频率约为 4.6 次/h，能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121—2020）中“通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

4、门机联锁装置

伽玛刀机房拟设置门-机联锁装置、紧急开门装置、防护门防夹装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束。联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过医院辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。

5、电离辐射警告标志和工作状态指示灯

在伽玛刀主机外壳、控制台、治疗室防护门外均设计安装与伽玛刀出束联锁的具备“预备”、“照射”工作状态指示灯，门外设置醒目、规范的电离辐射警告标志和中文警示。

6、紧急停机装置

拟在伽玛刀控制台、机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧及伽玛刀主机外壳上、加速器机房迷道内分别设计安装紧急停止按钮，紧急情况下，按紧急停止按钮后，设备自动启动关源程序、快速中止辐射，保证辐射安全。所有急停按钮设置醒目标识。

7、固定式辐射剂量监测仪

拟在伽玛刀机房迷道的内入口处设计安装固定式辐射剂量监测仪。该报警装置数字显示装置安装在控制室内，剂量检测探头安装在治疗室内东墙、西墙处，医务人员可在控制室内实时了解治疗室内的辐射水平。当辐射剂量超过预定水平时，系统的音响和（或）灯光警告装置发出警告信号。

8、视频装置和双向交流对讲装置

在伽玛刀机房控制室内设计安装摄像头，并配备对讲装置，在治疗过程中工作人

员可以在控制室内通过实时监控装置及时观察患者情况，与患者交流，防止意外情况的发生。

9、其他

伽玛刀系统设计配备 UPS，断电情况下可持续供电 30 分钟以上，保证关源步骤的完成，确保患者和技术人员的辐射安全；控制室操作台上配置紧急情况下的快速手动关源装置，当自动关源系统出现故障时，可通过该装置将放射源迅速关闭，保证安全。

(二) 医用电子直线加速器项目

1、电线电缆布设

加速器机房机房电缆线穿墙方式均采用“U”形穿墙管道，电缆沟上设置金属盖板，电缆沟不会破坏治疗室墙体的屏蔽效果，射线经多次散射后，能够满足辐射防护要求。

2、防护门搭接方式

机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，拟考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目伽玛刀、加速器机房门与墙之间的间隙均小于 1cm，门与墙之间间隙与搭接比值均小于 1/10，可有效防止门缝处射线泄漏。

3、通风要求

本项目加速器机房内设计有通风装置，加速器治疗室内拟采用机械进、出风。进风管道及排风管道并排从迷路门上方的横梁穿墙进出，通风管道已通过“Z”型穿过屏蔽墙体，于本建筑屋顶排放。通风量为 1400m³/h，治疗室容积约 286.65m³（含迷道），通风换气频率约为 4.8 次/h，能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121—2020）中“通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

4、门-机联锁装置

医用直线加速器机房拟设置门-机联锁装置、紧急开门装置、防护门防夹装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束。联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过医院辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联

锁恢复及功能测试。

5、电离辐射警告标志和工作状态指示灯

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

6、紧急停止按钮

在医用直线加速器机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧、防护门内迷道入口处、控制室控制台及设备壳体上均拟设置急停按钮，急停按钮拟设有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发，按下急停按钮，即可停止医用直线加速器出束。

7、固定式辐射剂量监测仪

医用直线加速器机房治疗室迷道的内入口处拟设置固定式辐射剂量监测仪并拟有异常情况下报警功能，其显示单元拟设置在控制室内。

8、视频监控和对讲系统

本项目医用直线加速器机房控制室拟设置在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，摄像头位于机房内，显示器位于控制室内，以便控制室内辐射工作人员能观察到受检者状态及防护门开闭情况，控制室与机房内设置双向交流对讲系统，实时观察机房内的动态。

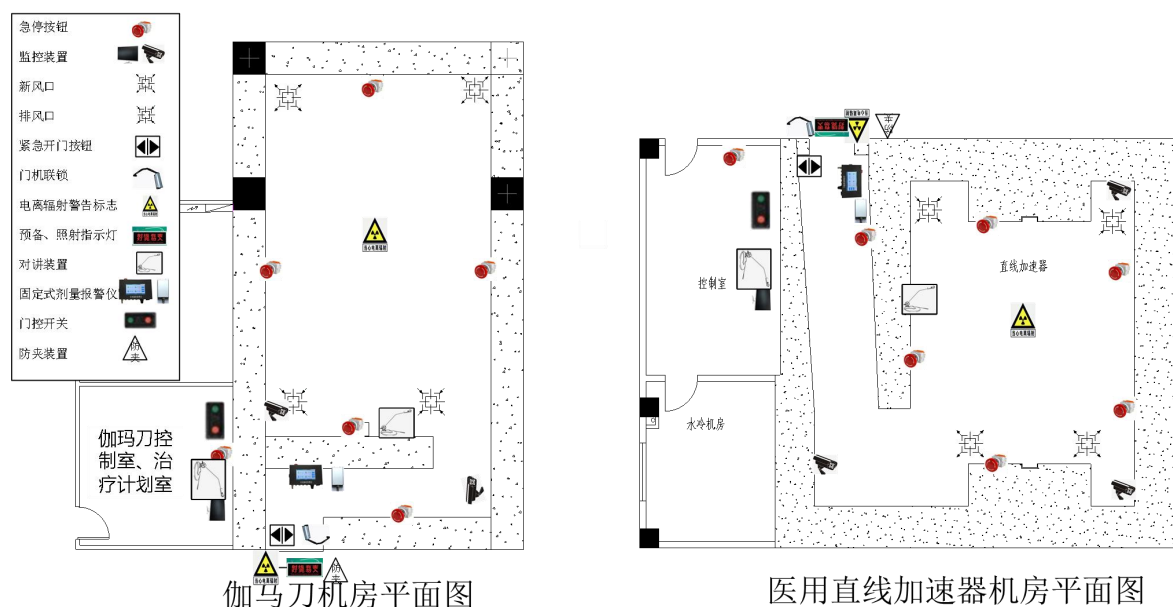


图 10-4 本项目伽玛刀机房、加速器机房辐射安全设施布设示意图

本项目配套辐射安全防护设施，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-

2021)、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《江苏省辐射污染防治条例》等相关法规标准要求。

五、检测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求,开展放射诊疗的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和检测仪器,包括个人剂量测量报警、辐射检测等仪器。

苏州九龙医院股份有限公司已配备辐射巡测仪 1 台、拟为伽玛刀治疗项目配备固定式辐射剂量监测仪 1 套、个人剂量报警仪 2 台;拟为加速器项目配备固定式辐射剂量监测仪 1 套、个人剂量报警仪 2 台。辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计,以检测累积受照情况。医院拟定期组织放射工作人员进行健康体检,并将按相关要求建立辐射工作人员个人剂量检测档案和职业健康监护档案。

三废的治理

一、放射性“三废”

放射性固体废物: ^{60}Co 放射源使用到一定年限后产生退役的放射源,医院已承诺在设备购销合同中签订废旧放射源的返回厂家的协议,将退役 ^{60}Co 放射源交由放射源生产厂家回收处理(见附件 5)。

二、非放射性“三废”

(一) 废水、固体废物

工作人员和部分患者产生的生活污水,由医院污水处理系统统一处理。工作人员产生的生活垃圾,分类收集后,将交由城市环卫部门处理。

(二) 废气

伽玛刀 IGRT 图像引导产生的 X 射线及治疗过程中发射的 γ 射线、加速器 CBCT 图像引导及治疗过程中产生的 X 射线,会使机房内的空气产生电离,产生臭氧和氮氧化物。产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体,通过动力排风装置排入大气。本项目伽玛刀机房内设有通风装置,采用机械排风方式。伽玛刀机房采用上进下出的通风系统,进风口与排风口各两个,进风口位于治疗室东北角、西北角吊顶处,排风口位于治疗室东南角、西南角,距机房地面 30cm;加速器机房采用上进下出的通风系统,进风口与排风口各两个,进风口位于治疗室东南角、西南角吊顶处,排风口位于治疗室

东北角、西北角，距机房地面 30cm。风管采用“Z”形穿墙设计，未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。本项目伽玛刀机房容积约 344.39m³（含迷道）、加速器机房容积约 286.65m³（含迷道），每小时通风换气次数不小于 4 次/h，能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本次改扩建放射治疗项目机房建设时主要工作为内饰装潢，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

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

二、噪声：整个内饰装潢阶段，施工中都产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

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

四、废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放或回收用于施工场地洒水降尘。

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

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

（一）伽玛刀治疗项目

苏州九龙医院股份有限公司拟在预留伽玛刀机房内配备 1 台 SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统（内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 $2.9 \times 10^{14}\text{Bq}$ (7800Ci)，为医疗使用 I 类聚集放射源）；该设备具有 IGRT 图像引导功能（管电压 125kVp，管电流 300mA），产生的射线能量远小于伽玛刀治疗 γ 射线能量，且治疗时伽玛刀和 IGRT 不同时出束，故本项目伽玛刀机房防护条件下 IGRT 运行对周围环境和辐射工作人员、周围公众的影响较小。在满足伽玛刀屏蔽要求的情况下，机房屏蔽体完全可以满足对 IGRT 产生 X 射线的防护，故本项目以伽玛刀治疗进行辐射影响分析。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）中“4.2.3 c）伽玛刀治疗机房可不设迷路，参考图见附录D。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 γ 刀治疗焦点至 γ 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。治疗室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”、“7 c）伽玛刀治疗机房依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走廊外关注点的剂量率”。

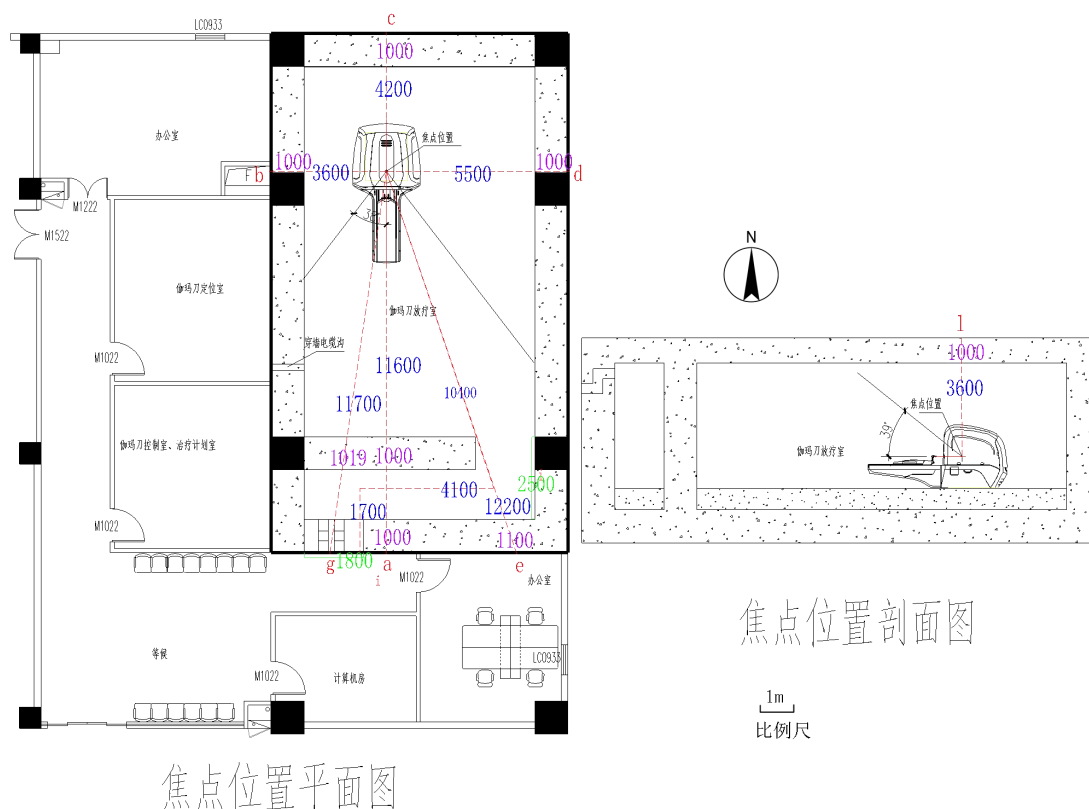


图 11-1 伽玛刀机房估算点位示意图

依据设备厂家提供的设备机房内的辐射剂量分布图，本项目采用该辐射剂量分布图来预测机房治疗室屏蔽防护能力。辐射屏蔽防护及估算点位示意图见图 11-1（预测点位取墙体或者防护门外 30cm 处）。

1、计算模式

根据《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)，在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先按照公式 11-1 计算有效厚度 X_e (cm)，按照公式 11-2 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取最靠近机房墙内表面的最大剂量率考虑距离衰减后再按照公式 11-3 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$X_e = X/\cos\theta = X \cdot \sec\theta \quad \text{公式 11-1}$$

式中： X —设计屏蔽厚度，cm；

θ —斜射角。

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

式中， TVL_I (cm) 和 TVL (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明 TVL_I 时， $TVL_I = TVL$ 。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_{\text{图}} \cdot R_{\text{图}}^2}{R^2} \cdot B \quad \text{公式 11-3}$$

式中： $\dot{H}_{\text{图}}$ —依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取最接近机房墙内表面的最大辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R_{\text{图}}$ —依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取的点距辐射源点的距离，单位为米 (m)；

R —辐射源点至关注点的距离，单位为米 (m)，本项目参考点均为相应墙外 30cm。

2、参数选取

依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取最接近机房墙体内表面、距地面 0.8m 高度处的辐射水平最大值预测四侧墙体及防护门外关注点的剂量率（东墙辐射水平最大值为 $5.1\mu\text{Gy/min}$ ，南墙辐射水平最大值为 $19.2\mu\text{Gy/min}$ ，西墙辐射水平最大值为 19.3Gy/min ，北墙辐射水平最大值为 0.07Gy/min ，防护门辐射水平最大值为 21.6Gy/min ），选取距地面 2.0m 高度处的辐射水平最大值（为 66.1Gy/min ）预测顶部墙体外关注点的剂量率。

查 GBZ/T 201.3-2014 的附录 C 表 C.1， ^{60}Co 放射源 γ 射线在混凝土中的 TVL_I 为 245mm、 TVL 为 218mm，在铅中的 TVL_I 和 TVL 均为 41mm。

治疗状态下距地面 0.8m 的水平面剂量率分布图（单位： $\mu\text{Gy/min}$ ）如下图所示。纵向 3~11 间隔 0.5m，其他间隔 1m，横向 c~m 间隔 0.5m，其他间隔 1m。钴源个数

30 枚（由厂家提供，见附件 8）。

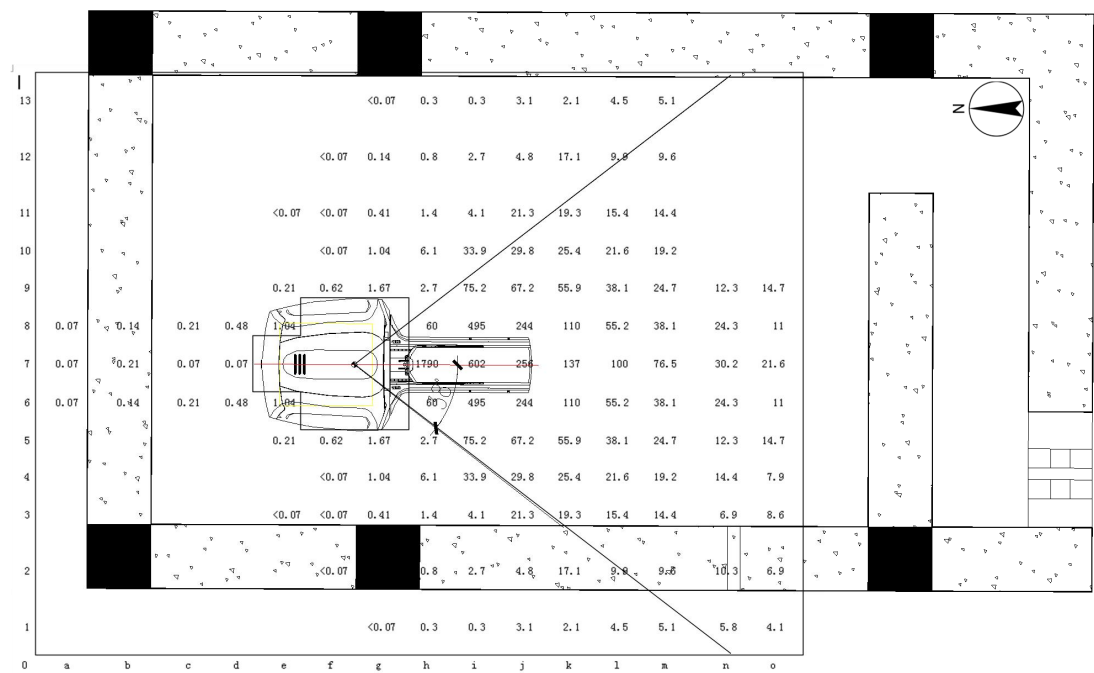


图 11-2 治疗状态下距地面 0.8m 的水平面剂量率分布图（单位： $\mu\text{Gy/min}$ ）

最大准直器治疗状态下，过焦点的垂直面剂量分布图（单位： $\mu\text{Gy/min}$ ）（由厂家提供，见附件 8）如下图所示：

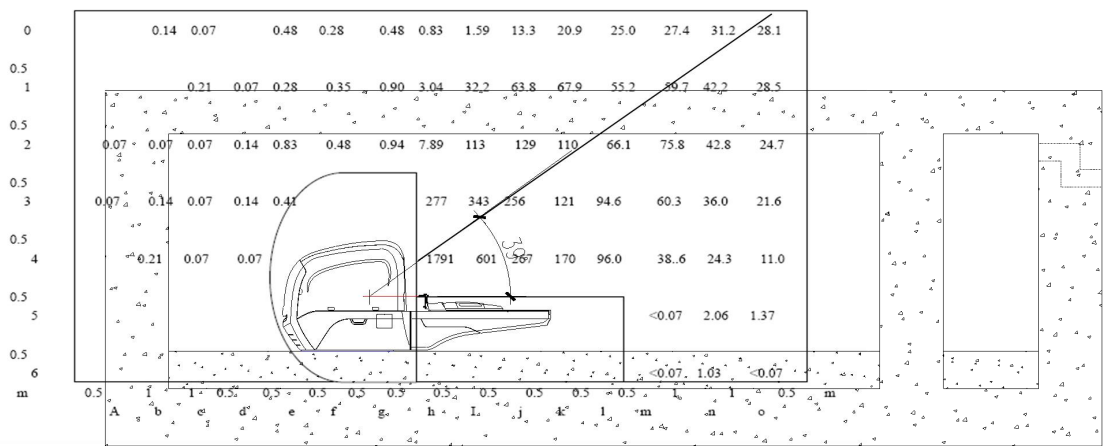


图 11-3 最大准直器治疗状态下，过焦点的垂直面剂量分布图（单位： $\mu\text{Gy/min}$ ）

3、预测计算结果

依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取最靠近机房墙内表面的最大剂量率再考虑距离衰减后，将相应屏蔽厚度得出的辐射屏蔽透射因子 B 值代入，按照公式 11-3 得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ），计算结果见表 11-1，其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-1 伽玛刀机房出束状态下参考点处的辐射剂量率预测值								
预测位置	参考距离 R (m)	厂家提供机房内表面辐射剂量 $\dot{H}_{\text{图}}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	厂家剂量选取点距源点距离 $R_{\text{图}}$ (m)	屏蔽厚度 X (mm)	等效厚度 X_e (mm)	辐射屏蔽透射因子 B	剂量率估算值 H ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足
██████████	██	██	1	██████	██████	██████	██████	██
██████████	██	██	██	██████	██████	██████	██████	██
██████████	██	██	██	██████	██████	██████	██████	██
██████████	██	██	██	██████	██████	██████	██████	██
██████████	██	██	██	██████	██████	██████	██████	██
██████████	██	██	██	██████	██████	██████	██████	██
██████████	██	██	██	██████	██████	██████	██████	██
██████████	██	██	1	██████	██████	██████	██████	██

注：预测点位 R 值为 CAD 图纸测量结果加 30cm 距离。

计算结果表明，治疗装置正常运行工况下，机房四周墙体、顶部及防护门处的辐射剂量率为（5.99E-09~2.12E-01） $\mu\text{Sv/h}$ ，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/T 201.3-2014）的要求。

依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014），本设备贮源状态下距源 1m 处的空气比释动能率不超过 20 $\mu\text{Gy/h}$ ，则贮源状态下屏蔽体外关注点的剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）计算结果见表 11-2。

表 11-2 伽玛刀机房贮源状态下参考点处的辐射剂量率预测值							
预测位置	参考距离 R (m)	贮源状态下距源 1m 处的空气比释动能率 ($\mu\text{Sv/h}$)	屏蔽厚度 X (mm)	等效厚度 X_e (mm)	辐射屏蔽透射因子 B	剂量率估算值 H ($\mu\text{Sv/h}$)	是否符合
██████████	██	██	██████	██████	██████	██████	██
██████████	██	██	██████	██████	██████	██████	██
██████████	██	██	██████	██████	██████	██████	██
██████████	██	██	██████	██████	██████	██████	██

████████	██	█	██████	██████	██████	██████	██
████████	██	█	██████	██████	██████	██████	██
████████	██	█	██████	██████	██████	██████	██

4、防护门辐射防护设计核算

本项目伽玛刀机房入口设有“L”形迷路，迷路口用 15mmPb 防护当量的防护门屏蔽散射至迷路入口处的散射线。

入口 g 处的散射辐射剂量采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）中公式计算：

$$H_s = \frac{A \cdot K_\gamma \cdot S_w \cdot a_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad \text{公式 11-4}$$

式中： A —放射源的活度，MBq；

K_γ —放射源的空气比释动能率常数，在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气比释动能的近似，此时， K_γ 的单位记为 $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ，查自（GBZ/T 201.3-2014）附录 C，本项目为 $0.308\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；

S_w —迷路内口墙的散射面积，其为辐射源和机房入口共同可视见的墙区面积， m^2 ；

a_w —散射体的散射因子，本项目取 1.07×10^{-2} （取值参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）表 C.4，保守取 1.25MeV 的 45° 入射辐射和 15° 反散射的散射因子）；

R_1 —辐射源至散射体中心点的距离，m；

R_2 —散射体中心点至计算点的距离，m。

表 11- 3 伽玛刀机房入口 g 点处辐射剂量率计算结果

参数	取值
█	████████
████████	██
████████	██
████████████████	████████

██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
████████████████████	██████████

注：本项目 $A \cdot K$ 选取设备厂家提供的辐射剂量率分布情况表中治疗状态下最大的辐射剂量率数值 $31.2\mu\text{Gy}/\text{min}$ ，作为源强参数。

根据公式 11-3 计算得机房入口前的散射辐射剂量率为 $7.14\text{E-}02\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，伽玛刀机房迷路设有铅当量为 15mm 的防护门，保守取 ^{60}Co 产生的 γ 射线经过散射后至迷路入口 g 处的能量约为 1.25MeV ，铅中的 TVL 值为 41mm ，因此，经过机房入口防护门的屏蔽， g 点处的辐射剂量率为 $3.08\text{E-}02\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。叠加直接透过迷路内墙和防护门的剂量 ($4.96\text{E-}6\mu\text{Sv}/\text{h}$)，合计 g 点处的辐射剂量率为 $3.08\text{E-}02\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

5、首次装源、换源辐射环境影响分析

本项目 ^{60}Co 放射源半衰期为 5.27 年，SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统的换源周期约为 6~8 年，根据医院的实际使用需求，可能提前或延后。换源时，首先由放射源生产厂家将新源运入伽玛刀机房内，由 SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统生产厂家的工程师在机房内进行换源、调试，本项目辐射工作人员仅在机房外负责辅助协调工作。换源过程大约需要 5 小时，SRRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统伽玛刀聚焦治疗头在治疗状态下和非治疗状态下机房外各关注点处辐射剂量率最大为 $2.12\text{E-}01\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，则换源过程所致机房外人员年受照剂量不超过 0.01mSv （居留因子保守取 1），对机房周围环境辐射影响很小，该过程所致本项目 3# 放疗机房辐射工作人员和周围公众的年有效剂量可忽略不计。

6、门缝、通风系统及电缆沟辐射防护评价

机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，拟考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目伽玛刀机房门与墙之间的间隙小于 1cm ，门与墙之间间隙与搭接比值小于 $1/10$ ，可有效防止门缝处射线泄漏。

本项目伽玛刀机房采用上进下出的通风系统，进风口与排风口各两个，进风口位于治疗室东北角、西北角吊顶处，排风口位于治疗室东南角、西南角，距机房地面 30cm ，风管采用“Z”形穿墙设计，未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，射线经多次散射后于本建筑屋顶排放，风管穿墙口处辐射剂量率将在控制范围内，满足《放射治疗辐射安全与

防护要求》（HJ 1198-2021）8.4.1 “放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次 /h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置” 的要求。伽玛刀机房容积约 344.39m³（含迷道），其排风机的设计排风量不小于 1600m³/h，每小时通风换气次数不小于 4 次/h，能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h” 的要求，

医院在伽玛刀机房已经预留地埋式沟槽，伽玛刀机房的控制电缆均拟布设于电缆沟内。电缆沟埋设在地下，经伽玛刀西墙穿出，未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，射线经多次散射后，电缆进出口处辐射剂量率将在控制范围内。

伽玛刀机房上方辐射剂量率较小，再加上距离衰减，本项目伽玛刀运行时对机房上方会议室产生的辐射影响较小。

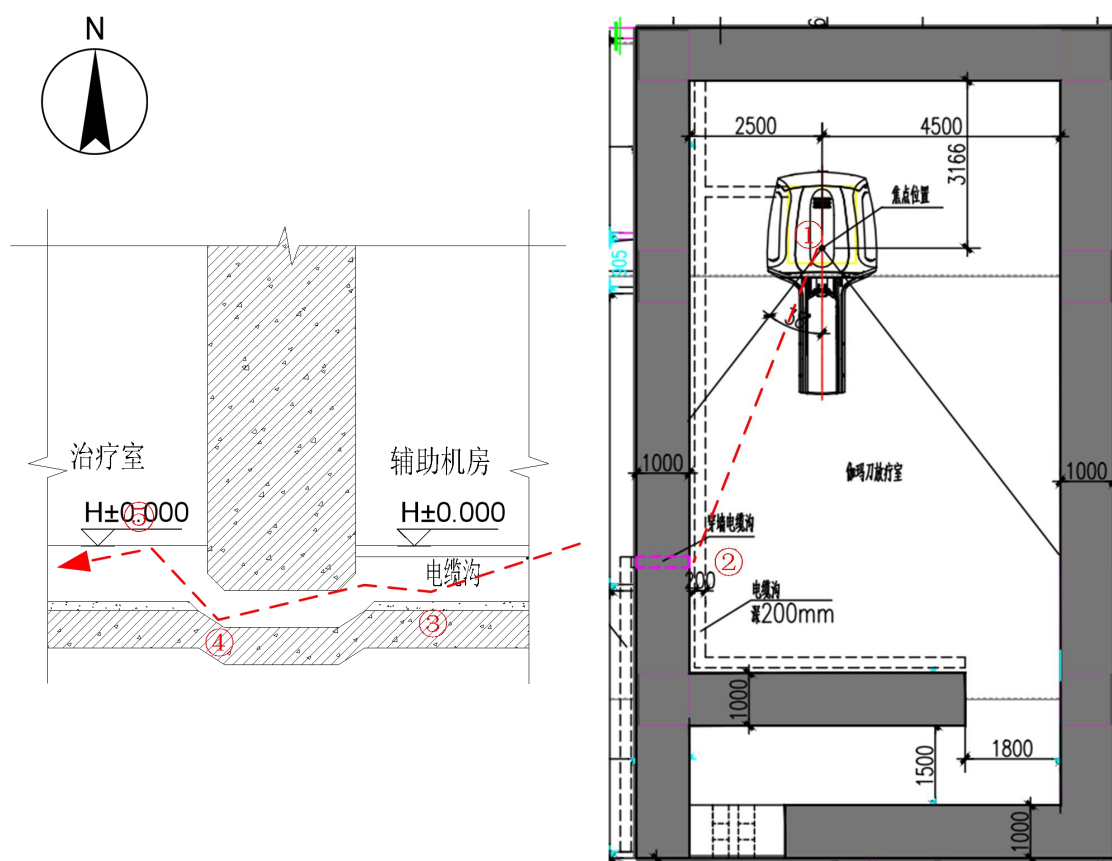


图 11-4 电缆穿墙示意图

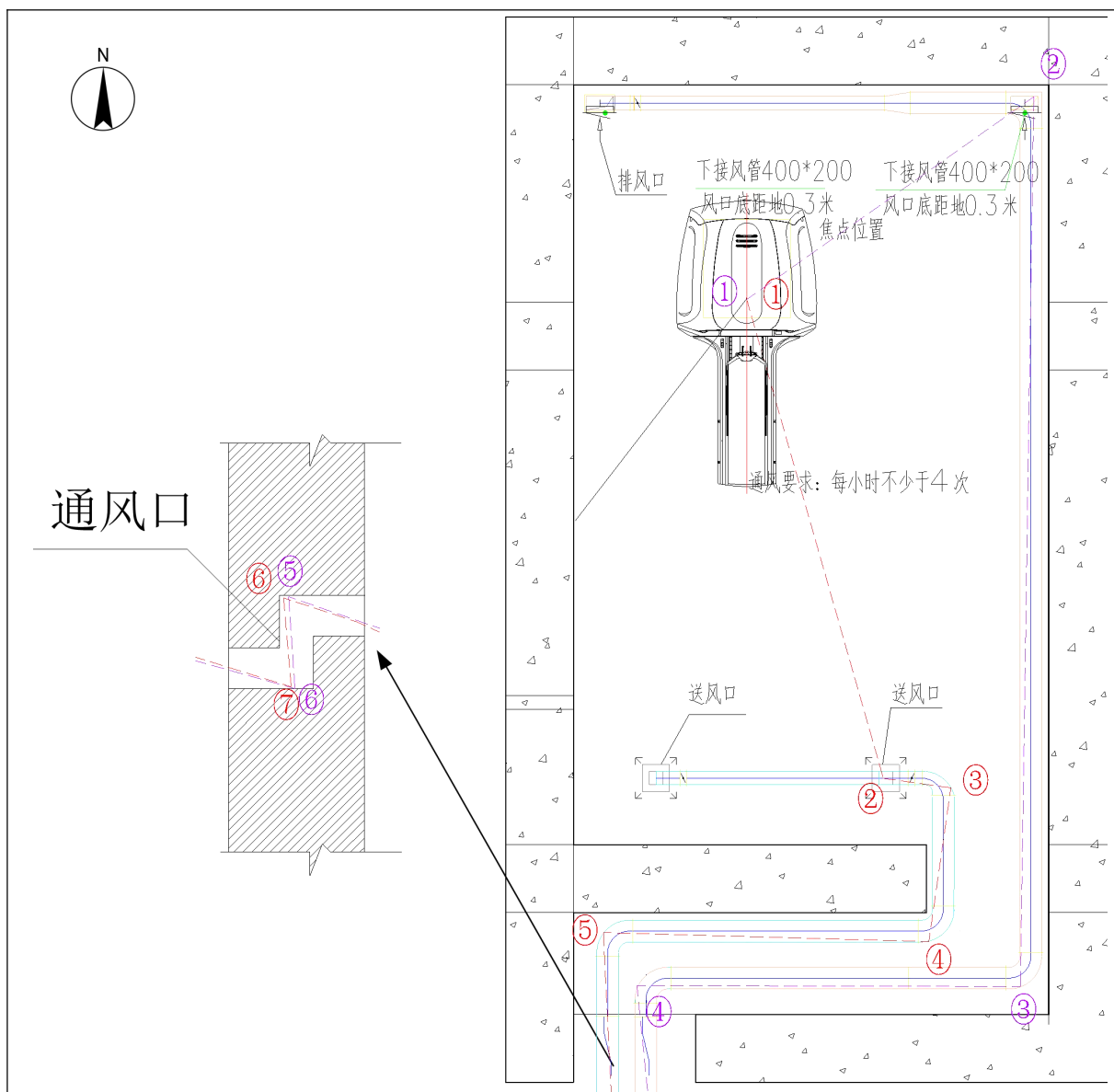


图 11-5 进风、排风管道穿墙示意图

5、预测计算结果汇总及评价

综上所述，伽玛刀机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-4。

表 11-4 伽玛刀机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

关注点	南墙 (a 点) 走廊	西墙 (b 点) 办公室	北墙 (c 点) 院内道路	东墙 (d 点) 院内道路	南墙 (e 点) 办公室	顶部 (l 点) 会议室	防护门 (g 点) 走廊
■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■

6、保护目标有效剂量评价

考察点人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式进行估算：

$$D_{Eff} = H \cdot t \cdot T \cdot U \quad \text{公式 11-5}$$

式中： D_{Eff} —考察点人员有效剂量（Sv）；

H —考察点的周围空气比释动能率（Gy/h）；

t —考察点处年受照时间（h）；

T —居留因子；

U —使用因子；

简化估算：1mGy 近似为 1mSv。

将表 11-4 伽玛刀机房外各典型参考点处的辐射剂量率估算值代入公式 11-5，伽玛刀周治疗时间约为 12.5h，年运行时间约 625h，根据各考察点处年受照时间，并考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，则伽玛刀机房外辐射剂量预测结果见表 11-5。

表 11-5 伽玛刀机房外辐射剂量预测结果

预测位置	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	使用 因子	居留 因子*	年有效剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	是否符合
████████	████████	█	█	████████	████████	█
████████	████████	█	█	████████	████████	█
████████	████████	█	█	████████	████████	█
████████	████████	█	█	████████	████████	█
████████	████████	█	█	████████	████████	█
████████	████████	█	█	████████	████████	█
████████	████████	█	█	████████	████████	█

注：*居留因子取自《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）表 A.1。

在进行放射治疗前，工作人员需进入机房对患者进行摆位，此时放射源处于贮存状态，依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014），本设备贮源状态下距源 1m 处的空气比释动能率不超过 $20\mu\text{Gy/h}$ ，贮源状态摆位处的辐射剂量率保守取 $20\mu\text{Gy/h}$ （简化估算：1mGy 近似为

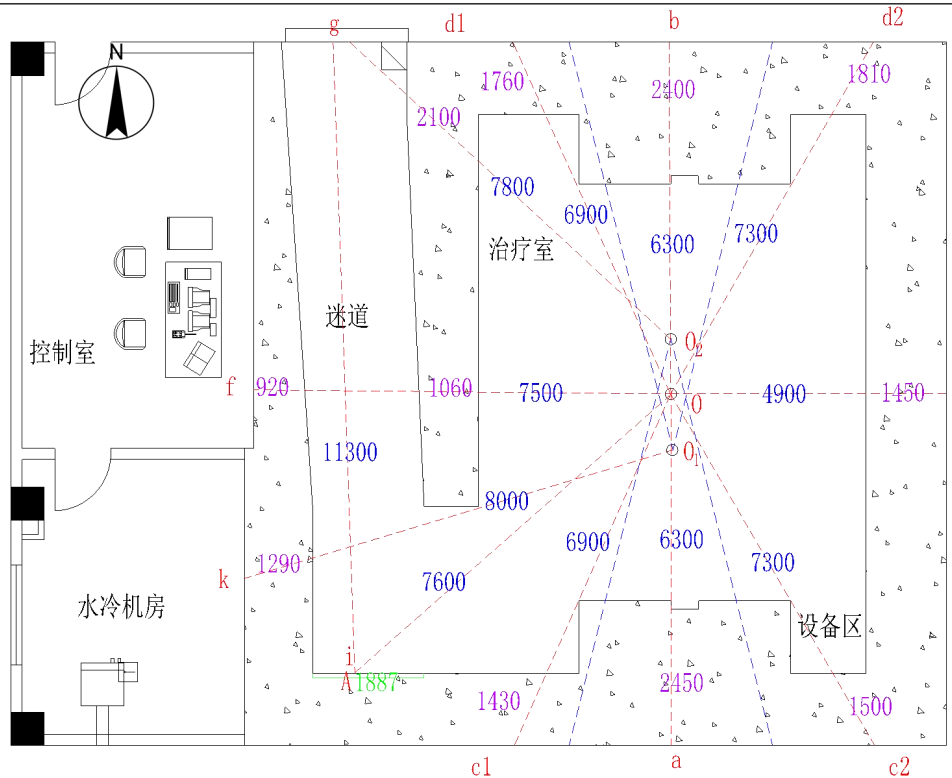
1mSv)，平均每位患者摆位/解除摆位合计约 2min，年门诊量最大 2500 人次，则辐射工作人员摆位过程中年最大有效剂量为 1.67E-00mSv。根据表 11-5 理论计算结果，控制室辐射工作人员年剂量估算值 7.79E-04mSv，叠加后本项目伽玛刀辐射工作人员年最大有效剂量为 1.68E-00mSv；根据表 11-5 结果分析知，本项目伽玛刀运行后周围公众年有效剂量最大值为 2.65E-02mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

（二）加速器项目

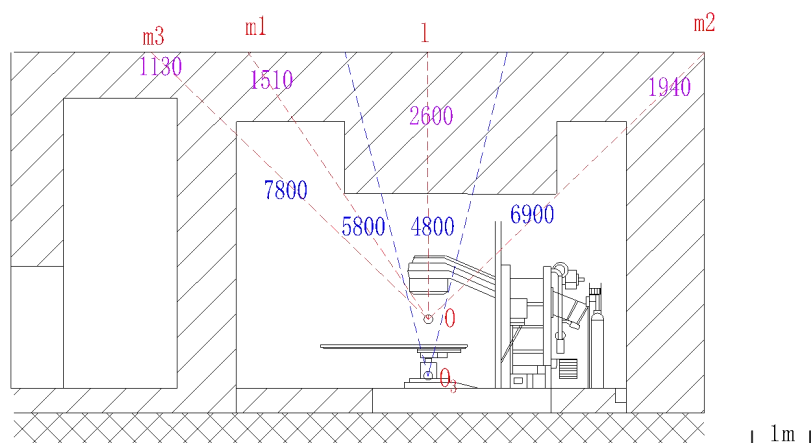
根据建设单位提供的资料，本项目配备的 1 台加速器（Elekta Infinity 型），X 射线能量：6MV、10MV；X 射线最高剂量率：6MV（3F 束流模式）1400cGy/min，10MV 为 600cGy/min；电子线能量：6、8、10、12、15MeV，电子线最高剂量率 600cGy/min；设备具有 CBCT 图像引导功能（管电压 150kVp，管电流 500mA），产生的射线能量远小于 X 射线能量最大为 10MV 的加速器治疗，且治疗时加速器和 CBCT 不同时出束，故本项目加速器防护条件下在满足加速器屏蔽要求的情况下，机房屏蔽体完全可以满足对 CBCT 开机产生 X 射线的防护，故本项目以 X 射线能量为 10MV、6MV 的情况下分别进行辐射影响分析。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）的要求，在本项目加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行计算，据此进行保守分析可以包括其他运行工况下的辐射环境影响。

本项目加速器机房的关注点设定如图 11-6。



加速器机房平面图



加速器机房剖面图

图 11-6 加速器机房预测点位示意图

1、有用线束主屏蔽区的宽度核算

使用《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）中的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度：

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan\theta + 0.3] \quad \text{公式 11-6}$$

式中： Y_p —机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD—源轴距，m；

θ —治疗束的最大张角（相对束中的轴线），即射线最大出射角的一半；

a —等中心点至“墙”的距离，m。当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

将各参数代入公式 11-6，可估算出本项目加速器机房的主屏蔽宽度核算结果并评价如下表 11-6：

表 11-6 加速器机房主屏蔽区的宽度设计评价表

参数	南墙主屏蔽	北墙主屏蔽	顶部主屏蔽
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■

根据表 11-6 计算结果可知，本项目加速器机房南墙、北墙、顶部主屏蔽区域屏蔽宽度能够满足加速器的有用射线束的防护宽度要求，满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）相关要求。

2、辐射防护效果预测

（1）有用线束主屏蔽设计核算（南墙 a 点、北墙 b 点、屋顶 l 点）

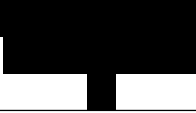
①主射线路径：南墙 $o_2 \rightarrow a$ ，北墙 $o_1 \rightarrow b$ ，屋顶 $o_3 \rightarrow l$ 。

②计算模式及参数选择

使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）的相关公式进行有用线束主屏蔽设计核算，在给定的屏蔽物质厚度 X （cm）时，直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度 X_e （cm），按照公式 11-2 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再按照公式 11-2 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{公式 11-7}$$

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

注：本项目南墙主屏蔽保守取最小值 245cm，北墙主屏蔽保守取最小值 240cm 计算。

(2) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽设计核算（南墙 c_1 、 c_2 点，北墙 d_1 、 d_2 ，屋顶 m_1 、 m_2 点）

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

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

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

根据图 11-6 可知，本部分预测计算时 c_1 、 c_2 、 d_1 、 d_2 的各项参数数值相等。因此，仅需预测 c_1 、 c_2 、 m_1 、 m_2 四个点即可代表该部分的屏蔽效果预测。

②泄漏辐射计算模式及参数

泄漏辐射屏蔽，计算方法类似主屏蔽区。 $f=0.001$ （泄漏辐射比率，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/T 201.2-2011），加速器的泄漏辐射比率通常取 10^{-3} ），公式 11-2 的 TVL_1 和 TVL 保守取附录

B 表 B.1 的泄漏辐射值，对应 6MV 的 X 射线能量，混凝土 TVL₁=34cm，TVL=29cm，对应 10MV 的 X 射线能量，混凝土 TVL₁=35cm，TVL=31cm。

③ 散射辐射屏蔽计算

在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先用公式 11-1 计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度 X_e (cm)，按照公式 11-2 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B_s (其中患者散射辐射在混凝土中的什值层，查表 B.4 知，当散射角 30° 时，对于 6MV 射线，患者散射辐射在混凝土中什值层为 26cm；对于 10MV 射线，患者散射辐射在混凝土中什值层为 28cm)，再按照公式 11-8 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 (μSv/h)；

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad \text{公式 11-8}$$

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，μSv·m²/h，本项目中，对应 6MV 的 X 射线能量，1m 处的常用最高剂量率为 8.40E+08μSv·m²/h；对应 10MV 的 X 射线能量，1m 处的常用最高剂量率为 3.60E+08μSv·m²/h；

α_{ph} —患者 400cm² 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 400cm² 面积上的散射因子。根据散射线能量和考察点斜射角，查 GBZ/T 201.2-2011 表 B.2。本项目按 6MV、30° 取值，为 2.77×10⁻³；10MV、30° 取值，为 3.18×10⁻³。

F—治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积，cm²，本项目为 40cm×40cm=1600cm²。

R_s—患者 (位于等中心点) 至关注点的距离，m。

④ 预测计算结果

叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量率值，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 相比，判断机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表 11-8，其中 X_e、R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-8 (a) 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值 (6MV)

参数		南墙次屏蔽		屋顶次屏蔽	
		(c ₁ 点)	(c ₂ 点)	(m ₁ 点)	(m ₂ 点)
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

注：表格中参考点核算考虑射线在铅屏蔽块外的漏射与散射剂量。

表 11-8 (b) 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值 (10MV)

参数	南墙次屏蔽		屋顶次屏蔽	
	(c ₁ 点)	(c ₂ 点)	(m ₁ 点)	(m ₂ 点)
██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
██████████	██████████	██████████	██████████	██████████

读取。

表 11-9（a）加速器机房侧屏蔽墙泄漏辐射剂量率核算值（6MV）

参数	东墙（e 点）	迷路墙外（f 点）
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■

表 11-9（b）加速器机房侧屏蔽墙泄漏辐射剂量率核算值（10MV）

参数	东墙（e 点）	迷路墙外（f 点）
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■

（4）迷路外墙屏蔽设计核算（迷路外墙 k 点）

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

②计算模式及参数选择

本项目有用线束不向迷道内墙照射，该区考虑泄漏辐射屏蔽，计算方法类似主屏蔽区。公式 11-5 中， $f=0.001$ （泄漏辐射比率，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/T 201.2-2011），加速器的泄漏辐射比率通常取 10^{-3} ）。公式 11-2 的 TVL_1 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，对应 6MV 的 X 射线能量，混凝土 $TVL_1=34cm$ ， $TVL=29cm$ ，对应 10MV 的 X 射线能量，混凝土 $TVL_1=35cm$ ， $TVL=31cm$ 。

③预测计算结果

k 点的辐射剂量率预测结果见下表 11-10， o_1 至 k 的泄漏辐射的斜射角较小，通常以 0° 垂直入射保守计算，其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-10（a）迷路外墙泄漏辐射剂量率核算值(6MV)

参数	迷路外墙（k 点）	迷道屋顶（m3 点）
████████	████████	████████
████████	████████	████████
██████████	██	██
██████████	██	██
██	████████	████████
████████	██	██
██████████████	████████	████████
██	████████	████████
██████████	████████	████████
████████████████████	██	██
██████	████████	████████

表 11-10（b）迷路外墙泄漏辐射剂量率核算值(10MV)

参数	迷路外墙（k 点）	迷道屋顶（m3 点）
████████	████████	████████
████████	████████	████████
██████████	██	██

████████	█	█
█	██████	██████
██████	█	█
██████████	██████	██████
█	██████	██████
████████	██████	██████
██████████████████	█	█
████	██████	██████

(5) 迷路入口处辐射水平核算 (g 点)

根据 GBZ/T201.2-2011, g 点处同时受到迷道内散射辐射 ($o_2 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$) 及加速器的泄漏辐射 o_2 经迷道内墙屏蔽后在迷道入口 g 点的辐射剂量。

①射线路径 (射线类型): $o_2 \rightarrow g$ (泄漏射线), $o \rightarrow i \rightarrow g$ (散射射线)。

②泄漏辐射计算模式及参数选择

g 点泄漏辐射剂量核算方法同 f 点。

其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读出, 计算结果见表 11-11。

表 11-11 (a) 加速器机房迷路入口处的泄漏辐射剂量率核算值 (6MV)

参数	迷路入口处 (g 点)
████████	██████
████████	██████
██████████	█
██████████	█
█	██████
██████	█
██████████	██████
█	██████
██████████	██████
██████████████████	█
████	██████

表 11-11 (b) 加速器机房迷路入口处的泄漏辐射剂量率核算值 (10MV)

参数	迷路入口处 (g 点)
████████	████████
████████	████████
████████	██
████████	██
██	████████
████████	██
████████	████████
██	████████
████████	████████
████████████████████	██
██	████████

③ 散射辐射计算模式及参数选择

根据 GBZ/T201.2-2011, 入口 g 点处的散射辐射剂量率 $\dot{H}_g$ 按公式 11-9 计算。

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

公式 11-9

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

α_{ph} —患者 400cm² 面积上的散射因子, 见附录 B 表 B.2, 通常取 45° 散射角
的值;

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm²;

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

A—i 处的散射面积, m²;

R₁—“o→i” 之间的距离, m;

R₂—“i→g” 之间的距离, m;

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

表 11-12 迷路入口处的散射辐射剂量率核算值

参数	迷路入口处 (g 点)	
	6MV	10MV
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■

④预测计算结果

在给定防护门的铅屏蔽厚度 $X(\text{cm})$ 时, 防护门外 g 点处的辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$ 按公式 11-10 计算, 预测结果见下表 11-13。

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

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

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

TVL—辐射在铅中的什值层, cm 。

表 11-13 迷路入口防护门外的辐射剂量率核算值

参数	机房入口防护门外 (g 点)	
	6MV	10MV
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■

(6) 预测计算结果汇总及评价

综上所述，加速器机房墙、顶、门外理论计算结果汇总见表 11-14。

表 11-14 加速器机房墙、顶、门外理论计算结果汇总

参考点		剂量率计算值 ($\mu\text{Sv/h}$)		剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	结论
		6MV	10MV		

注：剂量率参考控制水平详见表 7-3。

由表 11-14 可知，本项目 1 座加速器机房屏蔽防护设计能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。

(7) 门缝、通风系统及电缆沟辐射防护评价

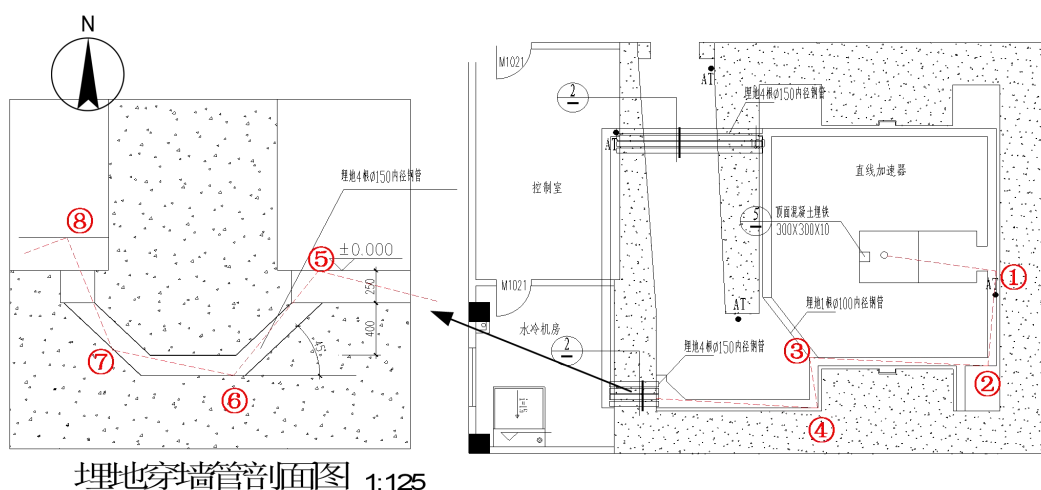
本项目加速器机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，拟考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目加速器机房门与墙之间的间隙小于 1cm，防护门与墙之间的搭接不小于 10cm，可有效防止门缝处射线泄漏。

根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 指出：“迷道的屏蔽计算是比较复杂的。一种简易的安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上散射才能到达出口处。”

本项目加速器机房采用上进下出的通风系统，进风口与排风口各两个，进风口位

于加速器机房东角、西南角吊顶处，排风口位于加速器机房东角、西北角，距机房地面 30cm。风管采用“Z”形穿墙设计，未破坏加速器机房墙体的屏蔽效果，射线经多次散射后于本建筑屋顶排放，风管穿墙口处辐射剂量率将在控制范围内，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）8.4.1“放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次 /h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置”的要求。加速器机房容积约 286.65m³（含迷道），其排风机的设计排风量不小于 1400m³/h，每小时通风换气次数不小于 4 次/h，能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

电缆沟埋设在地下，电缆线布设采用地下“U”形穿墙管道，未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，射线至少经过三次散射才能到达电缆沟出口，能够满足辐射防护要求。



埋地穿墙管剖面图 1:125

电缆沟

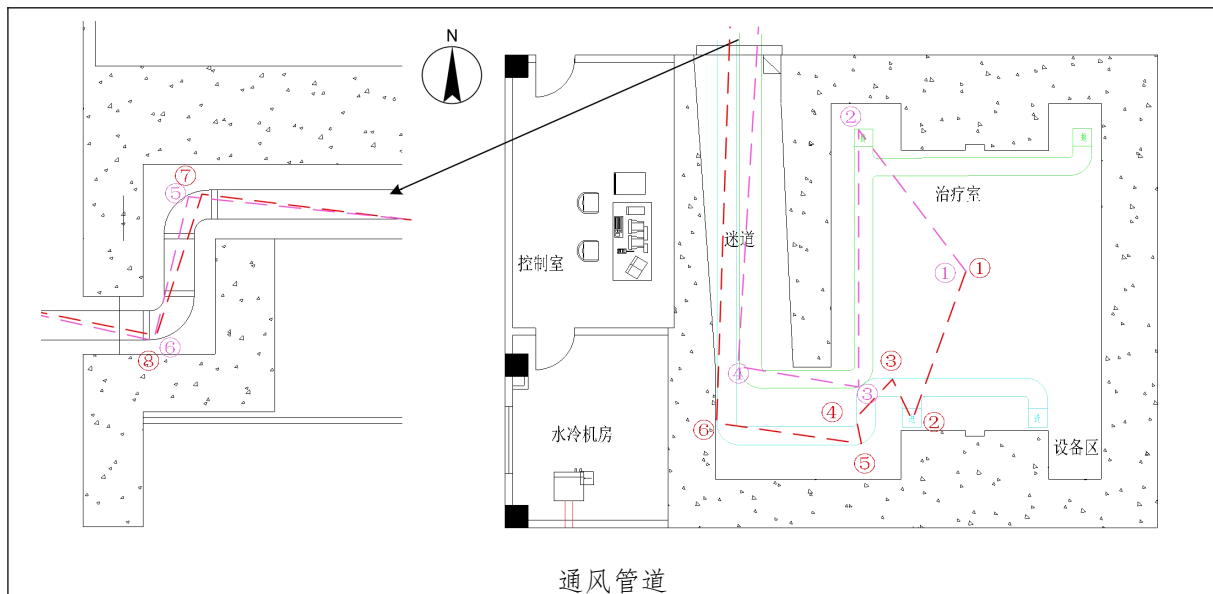


图 11-7 加速器机房通风管道、电缆沟散射路径示意图

6、保护目标有效剂量评价

将表 11-14 加速器机房外各典型参考点处的辐射剂量率估算值代入公式 11-5，加速器周治疗时间约为 15h，质控时间按平均每周约 1h 计，年运行时间约 800h，质控根据各考察点处年受照时间，并考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，则加速器机房外辐射剂量预测结果见表 11-15。

表 11-15 加速器机房外辐射剂量预测结果

预测位置	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	使用 因子	居留 因子*	年有效剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	是否 符合

注：*居留因子取自《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）表 A.1。

根据医院提供的近一年个人剂量监测报告（详见附件 11），辐射工作人员个人累积剂量监测结果见表 11-16。

表 11-16 本项目辐射工作人员个人累积剂量监测结果

姓名	2025 年第三季度（mSv）	2025 年第四季度（mSv）	2026 年第一季度（mSv）	2026 年第二季度（mSv）	累积结果（mSv）

注：1、本次检测最低探测水平（MDL）为 0.04mSv；
2、当工作人员的外照射个人监测结果小于 MDL 值时，报告中的监测结果表述为 <MDL。为便于职业照射统计，在相应的剂量档案中记录为 MDL 值的一半。

根据表 11-15 结果分析，加速器项目加速器投入运行后，本项目辐射工作人员有效剂量最大为 2.61E-03mSv，因伽玛刀和加速器共用 1 名物理师，故叠加伽玛刀控制室辐射工作人员年剂量估算值 7.79E-04mSv，合计本项目辐射工作人员有效剂量最大为 3.39E-03mSv，周围公众的年有效剂量最大为 9.98E-02mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员、公众的剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

7、电子线治疗时辐射防护评价

医用直线加速器处于电子束模式下使用初始电子线进行浅层治疗时，会产生电子线。本项目医用直线加速器最大 X 射线能量为 10MV，电子线最大能量为 15MeV，由于电子束的穿透能力远小于 X 射线，对治疗 X 射线的屏蔽机房完全满足屏蔽电子束的要求。电子束治疗时，平均束流为 nA 量级，X 射线治疗时平均束流为 μA 量级，治疗电子束所产生的韧致辐射远小于 X 射线治疗时的辐射，即使电子线能量大于 X

射线最大能量，对屏蔽电子束的韧致辐射所需要的厚度也低于对于 MV 级 X 射线的屏蔽要求。

二、放射性“三废”影响分析

医院已承诺在设备购销合同中签订废旧放射源的返回厂家的协议，将退役 ^{60}Co 放射源交由放射源生产厂家回收处理（见附件 5）。

三、非放射性“三废”影响分析

伽玛刀机房内的空气在 γ 射线及加速器机房内的空气在 X 射线，分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

工作人员和部分患者产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理，对周围环境影响较小。

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

事故影响分析

本项目拟配备的伽玛刀内配备的 ^{60}Co 放射源（最大装源活度为 $2.9 \times 10^{14}\text{Bq}$ ）为医疗使用 I 类聚集放射源，医院在开展放射治疗和诊断过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射；本项目拟配备的加速器为 II 类射线装置。医院在开展放射治疗过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。

一、主要事故风险分析

（一）伽玛刀治疗项目

本项目伽玛刀在出源治疗期间及放射源处于裸源状态下时，会释放出较强的 γ 射线，因此，新增伽玛刀治疗项目辐射事故多为人员误留或误入机房产生的误照射事故，主要有：

- 1、操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；
- 2、设备工作过程中，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射；
- 3、伽玛刀机房门-机/源联锁失效，导致防护门无法自动关闭，开机时防护门外工作人员或公众受到误照射；

4、设备实施治疗期间因电气故障、机械故障，伽玛刀聚焦治疗头自动回源装置及手动回源应急措施均失效的情况下，源体不能回归安全位，工作人员须进入治疗机房迅速将患者转移出机房，会对患者及进入机房的辐射工作人员造成意外超剂量照射；

5、 ^{60}Co 放射源在倒装过程中，因操作不当，导致工作人员受到误照射；

6、放射源泄漏；

7、停机维修期间，因操作不当，导致工作人员受到误照射；

8、设备年久或更换部件和维修、检修后，未进行质量控制检测，设备性能指标发生变化，有可能在诊疗过程中使患者可能受到较大剂量的照射。

（二）加速器治疗项目

1、操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；

2、加速器工作过程中，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射；

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、停机维修期间，因操作不当，导致工作人员受到误照射；

5、加速器年久或更换部件和维修、检修后，未进行质量控制检测，设备性能指标发生变化，有可能在诊疗过程中使患者可能受到较大剂量的照射。

二、辐射事故处置方法及预防措施

辐射事故预防措施

（一）伽玛刀治疗项目

1、辐射工作人员在每日开展放射治疗前，应对伽玛刀机房的安全和防护措施的安全防护效果进行检查、检测，严格执行门-机/源联锁、紧急停机按钮、工作状态指示灯等辐射安全措施定期检查制度，并将检查结果记录备案。

2、医院应定期对伽玛刀机房辐射安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，并建立维护、维修台账；医院应加强日常工作的监管，在维修停机期间严格按照规程操作，确保有专人看守，能有效降低辐射事故发生的概率；

3、医院应加强辐射安全管理，在项目运行前应制定相关操作规程和辐射安全管理制度，并在实际工作中不断对其完善；医院还应在平时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

4、当 SSRS+型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统使用时间较长或因外力使放射源包壳出现破损时，会发生放射源泄漏事件；设备更换部件和维修、检修后，未进行质量控制检测，导致性能指标发生变化，发生误照射。在日常工作中，使用辐射巡测仪等仪器对机房周围辐射剂量进行监测并按标准要求定期开展质量控制检测的情况下，此类事件发生概率较低。

5、 ^{60}Co 放射源的倒装工作由设备生产厂家完成，倒源工作由有相应能力且通过辐射安全考核的专业人员进行，严格按照辐射防护要求进行操作，建设单位负责协助工作并承担安全主体责任，医院辐射工作人员不进入机房参与装源、换源工作。

（二）加速器治疗项目

1、辐射工作人员在每日开展放射治疗前，应对机房的联锁装置等安全防护设施进行检查，确保其运行正常。

2、设备工作时，应定期使用辐射巡测仪进行巡检，发生异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，做好记录。

3、医院应加强日常工作的监管，在维修停机期间严格按照规程操作，确保有专人看守，能有效降低辐射事故发生的几率。

4、医院应定期对加速器机房辐射安全措施进行检查、维护，发现问题及时维修；每次工作前均应检查相应辐射安全装置的有效性，定期对工作场所进行检测。

医院还应在平时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

辐射事故应急处置方法

（一）伽玛刀治疗项目

1、当发现门机联锁系统、紧急停机按钮或工作状态指示灯等存在故障，应立即停止工作，组织技术人员对其进行检查维修，只有在确认门-机/源联锁系统、紧急停机按钮、工作状态指示灯等辐射安全措施恢复正常后，设备方能重新投入使用；

2、迅速安排受照人员接受医学检查和救治；

3、对发生事故的装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见。4、当发生放射源丢失、被盗情况，医院应立即启动辐射事故应急措施，采取必要的防范措施。根据《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时

内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告；积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

5、本项目伽玛刀所指的卡源是指同轴旋转的准直体和源体不能回归零位，即治疗结束后源始终处于照射状态。出现这种情况是由于控制系统失控或同轴旋转的源体和准直体之间出现故障。这种故障的出现与机器的磨损、维护、检修以及质量有关系。在这种情况下，工作人员可立即用控制室的手动系统将源摇回准直体屏蔽位置，人员可不必进入治疗机房，若手摇也无法将源回归零位，则工作人员在佩戴个人剂量报警仪、个人剂量计，携带辐射巡测仪的情况下，迅速进入治疗机房将病人撤离，然后手动将屏蔽门关闭，再找专业人员或厂家修理。（二）加速器治疗项目

1、当发生误照射时，应立即按下急停开关，确保设备停止工作。

2、对发生事故的设备或其他设备故障，请设备厂家或相关单位进行维修，分析事故发生原因，不得擅自进行维修。

3、对辐射工作人员造成额外照射时，应及时检测个人剂量计，剂量超标则人员应及时就医检查并调岗。

4、医院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

苏州九龙医院股份有限公司拟在院区内医技楼一层新增一座伽玛刀机房，并配备 1 台 SRRS+型（带有 IGRT 图像引导系统，最大管电压 125kVp，最大管电流 300mA）伽玛刀，内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 $2.9 \times 10^{14}\text{Bq}$ ），用于开展肿瘤的放射治疗。配合伽玛刀使用的 MRI（型号：飞利浦 3.0T MR，Ingenia Elition）位于医技楼 16 号机房。拟在医技楼一层加速器机房（Primus-H 型）原址更换 1 台加速器（Elekta Infinity 型），该加速器提供两种治疗模式，即 X 射线模式和电子束模式，X 射线模式包括 6、10MV 共两档（X 线最大辐射剂量率：1400cGy/min），电子束模式包括 6、8、10、12、15MeV 五档（电子线最大剂量率：600cGy/min），依托医技楼一层 12 号机房波影 CT Zeedas 开展模拟定位。原加速器项目配备 2 名医师、1 名物理师，拟为本项目新增 4 名技师，伽玛刀和加速器共用 1 名物理师。4 名技师固定工作岗位后（伽玛刀和加速器项目各 2 名技师、1 名医师），不从事其他辐射工作。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用 I 类聚集放射源的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核。

目前，苏州九龙医院股份有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次改扩建放射治疗项目修订相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，本项目辐射工作人员为原有辐射工作人员及新聘人员，原有辐射工作人员已参加“放射治疗”辐射安全与防护考核并取得合格证书，拟新增人员需参加“放射治疗”辐射安全与防护考核，辐射防护管理人员需参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗，辐射培训证书到期人员需及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射源的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。苏州九龙医院股份有限公司已制定《放射事故应急预案》《放射治疗防护和安全管理》《岗位职责》《放射治疗安全操作规程》《放射诊疗工作人员培训管理制度》《放射诊疗工作人员个人剂量监测管理制度》《设备维修制度》《放射诊疗工作人员职业健康检查管理制度》《关于调整辐射安全管理委员会成员的通知》等相关制度。

医院已建立辐射安全管理组织架构，明确辐射安全管理委员会职责与各岗位辐射安全责任人，配套制定的放射诊疗管理制度、操作规程、应急预案等文件体系完整，覆盖辐射安全管理全流程。医院能够落实制度执行工作：定期组织放射诊疗工作人员开展辐射防护、设备操作及辐射事故应急培训；按规定开展工作人员个人剂量监测、职业健康体检，建立个人剂量档案与职业健康监护档案；按计划开展放射治疗设备日常检查、定期维护维修与状态检测；落实场所辐射环境监测方案，定期对机房及周边区域开展辐射水平监测；定期组织辐射事故应急演练，检验应急处置能力。

综上，本项目配套的辐射安全管理制度、操作规程、应急文件等内容符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法规要求，制度条款贴合加速器放射治疗的工作实际，岗位职责清晰、管控节点完整，制度具备可行性；医院具备相应人员与管理条件，能够保障各项辐射安全管理制度在项目运行期间有效落地执行。

医院本次拟修订的辐射安全管理制度的应重点关注：

一、操作规程

拟修订《放射治疗安全操作规程》，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是：

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

（二）从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

（三）在工作场所严禁吸烟、进食。

二、岗位职责

医院拟修订岗位职责，应针对本项目放射源、射线装置进行完善，明确放射源、射线装置使用工作人员、台账管理人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

三、辐射防护和安全保卫制度

医院拟根据放射源、射线装置操作的具体情况修订相应的辐射防护和安全保卫制度，重点是：

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

（二）工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

四、设备维修制度

医院拟修订设备检修维护制度，明确放射源、射线装置、辐射检测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保放射源、射线装置、安全措施（联锁装置、警示标志、工作状态指示灯、急停按钮）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

五、放射源、射线装置使用登记制度

医院拟修订《放射源、射线装置使用登记、台账管理制度》，应针对本项目进行完善，重点是：规范放射源、射线装置台账使用登记记录，对购入的放射源、射线装置进行登记和跟踪记录。

六、人员培训计划和健康管理制

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

七、监测方案

医院拟修订相应的检测设备，明确检测频次和检测项目。检测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保放射源、射线装置的辐射安全，该单位应制定检测方案，重点是：

（一）明确检测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量检测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2026年修正本），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到检测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理；

（三）医院应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行检测或者委托有资质的机构进行检测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在1小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

（四）委托有资质检测单位对本单位的放射源、射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

根据辐射管理要求，苏州九龙医院股份有限公司已配备辐射巡测仪1台，拟为伽玛刀治疗项目配备固定式辐射剂量监测仪1套、个人剂量报警仪2台；拟为加速器项目配备固定式辐射剂量监测仪1套、个人剂量报警仪2台。用于辐射防护检测和报警，同时结合本项目实际情况，拟制定并完善如下检测计划：

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

二、辐射工作人员配备个人剂量计检测累积剂量，定期（不少于1次/季）送有资质机构进行个人剂量检测，建立个人剂量档案；

三、定期使用辐射检测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录；

四、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），并建立个人职业健康档案；

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

医院辐射工作场所检测计划一览表见表 12-1。

表 12-1 工作场所检测计划一览表

检测项目	检测类型	检测因子	检测单位和检测频次	检测点位	控制要求
伽玛刀及加速器	竣工环保验收检测	X- γ 辐射剂量率	请有资质单位检测，建设项目竣工后 3 个月内	机房四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、防护门缝隙和中央、操作位、通风口外、电缆口外	见评价标准中辐射剂量率控制水平
	年度检测	X- γ 辐射剂量率	请有资质单位检测，不少于 1~2 次/年		
	日常检测	X- γ 辐射剂量率	自主检测，不少于 1 次/季		
个人剂量检测	/	职业性外照射个人剂量	定期送有资质部门进行检测，不少于 1 次/三个月	/	年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$

医院拟根据上述检测计划，明确检测项目，定期（不少于 1 次/季）使用辐射检测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录，每年委托有资质的单位定期对项目周围环境 X- γ 辐射剂量率进行检测，检测结果上报生态环境行政主管部门。医院已委托资质单位开展了 2025 年度辐射工作场所的辐射安全与防护年度检测，检测结果均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等国家相关标准要求，均未出现剂量率超标的情况。

医院已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，组织辐射工作人员进行个人剂量检测（1 次/季）和职业健康体检（1 次/2 年），已指定专人负责全院辐射工作人员个人剂量的收发和管理以及职业健康监护、个人剂量检测档案的存放保管。医院已委托资质单位完成了 2025 年度辐射工作人员的个人剂量检测，所有辐射工作人员检测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等国家相关标准要求，均未出现异常。

医院每年编写射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

根据医院《2025 年度安全和防护状况年度评估报告》显示，2025 年度医院未发生辐射事故，医院辐射安全和防护设施运行良好，定期开展维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；医院已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，各

项制度和措施得到了落实。医院自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故，暂无需要改进完善的情况。

辐射事故应急

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

- 一、应急机构和职责分工；
- 二、应急的具体人员和联系电话；
- 三、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；
- 四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- 五、辐射事故调查、报告和处理程序。

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效地采取以下应急措施：

一、一旦发现有其他无关人员误入机房内，辐射工作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向医院的辐射事故应急处理领导小组及上级领导报告。辐射事故应急处理领导小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

二、对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境部门、卫生健康行政部门等主管部门。

三、迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，组织专业技术人员，尽快排除故障。

四、事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

对于在医院定期检测或委托检测时发现异常情况时，应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在1小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生健康部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，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，同时向当地卫生

健康行政部门报告。

苏州九龙医院股份有限公司已制定辐射事故应急处理方案，该预案包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急预案领导小组的职责、放射性事故应急处理的责任划分、放射性事故应急处理程序和放射性事故的调查等内容。由辐射事故应急处理领导小组组织辐射工作人员，定期（1次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

医院拟在医技楼一层新增一座伽玛刀机房，并配备 1 台 [REDACTED]（带有 IGRT 图像引导系统，最大管电压 125kVp，最大管电流 300mA）头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统（内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 [REDACTED]），用于开展肿瘤的放射治疗。配合伽玛刀使用模拟定位的 MRI（型号：[REDACTED]）位于医技楼 16 号机房。拟在医技楼一层加速器机房（Primus-H 型）原址更换 1 台加速器（Elekta Infinity 型），该加速器提供两种治疗模式，即 X 射线模式和电子束模式，X 射线模式包括 [REDACTED]

[REDACTED]，依托医技楼一层 12 号机房波影 CT Zeedas 开展模拟定位。本项目投入使用后，伽玛刀项目预计日接诊量最大 10 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 15min 计，年开展工作 50 周；加速器项目预计日接诊量最大 60 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 3min 计，质控时间按平均每周约 1h 计，年开展工作 50 周；原加速器项目配备 2 名医师、1 名物理师，拟为本项目新增 4 名技师，伽玛刀和加速器共用 1 名物理师。4 名技师固定工作岗位后（伽玛刀和加速器项目各 2 名技师、1 名医师），不从事其他辐射工作。

由于设备运行至今已近二十年，加速器机房内原有安全防护措施存在老化、性能衰减情况，拟对安全防护措施进行更新，如：更新安全联锁、通风装置、急停装置等，除增加防护门屏蔽厚度（原 15mmPb，增加至 20mmPb）外，其余均为变动；伽玛刀机房新增安全防护措施，增加防护门（15mmPb）。

二、项目建设的必要性与项目产业政策符合性分析

本项目的建设，可为医院提供多种诊断、治疗手段，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改）中“限制类”、“淘汰类”项目，项目符合国家产业政策。

三、实践正当性

本项目的运行,具有良好的社会效益和经济效益,经辐射防护屏蔽和安全管理后,本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)“实践的正当性”的原则。

四、选址合理性

苏州九龙医院股份有限公司位于江苏省苏州市吴中区工业园区万盛街 118 号,医院东侧为园区 21 号河,南侧为九华路,西侧为万盛街,北侧为紫荆苑。

本次改扩建放射治疗项目位于医技楼一层,医技楼东侧为院内道路,南侧为门诊大楼,西侧为停车场,北侧为住院楼。本项目伽玛刀机房东侧为院内道路,南侧为走廊、办公室,西侧为伽玛刀控制室、治疗计划室、伽玛刀定位室、办公室,北侧为院内道路,上方为会议室、VIP 病房,下方为土层;加速器机房东侧为室外楼梯,南侧为院内道路,西侧为控制室、水冷机房,北侧为杂物间,上方为屋顶,下方为土层。本次改扩建放射治疗项目周围 50m 评价范围东至园区 21 号河,其余方向均位于医院范围内,项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属、其他公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》(苏政发〔2018〕74 号)、《江苏省生态空间管控区域规划》(苏政发〔2020〕1 号)的要求,经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询,本项目所在地块位于苏州工业园区(含苏州工业园区综合保税区)重点管控单元(编码:)内,不在苏州市生态保护红线内,评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。

本项目伽玛刀及加速器机房控制室与治疗室分离,区域划分明确;有用线束不直接朝控制室和其他居留因子较大的用室照射。本项目选址与布局符合《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)的要求。

五、辐射环境现状评价

苏州九龙医院股份有限公司改扩建放射治疗项目拟建址室内周围环境 γ 辐射剂量率在() nGy/h 之间,位于江苏省建筑物室内 γ 辐射(空气吸收)剂量率本底水平(50.7~129.4) nGy/h 范围内;道路环境天然 γ 辐射剂量率为() nGy/h,位于

江苏省道路 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1~102.3）nGy/h 范围内。

六、环境影响评价

根据理论估算结果，苏州九龙医院股份有限公司改扩建放射治疗项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

七、“三废”的处理处置

^{60}Co 放射源使用到一定年限后产生退役的放射源，医院已承诺在设备购销合同中签订废旧放射源的返回厂家的协议，将退役 ^{60}Co 放射源交由放射源生产厂家回收处理。

伽玛刀机房内的空气在 γ 射线及加速器机房内的空气在 X 射线，分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气；工作人员和部分患者产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理；工作人员产生的生活垃圾，收集后，将交由城市环卫部门处理。对周围环境影响较小。

八、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

苏州九龙医院股份有限公司拟配备的 SRRS+型伽玛刀（带有 IGRT 图像引导系统，最大管电压 125kVp，最大管电流 300mA）内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 $2.9 \times 10^{14}\text{Bq}$ ；拟在医技楼一层加速器机房（Primus-H 型）原址更换 1 台加速器（Elekta Infinity 型），该加速器提供两种治疗模式，即 X 射线模式和电子束模式，X 射线模式包括 6、10MV 共两档（X 线最大辐射剂量率：1400cGy/min），电子束模式包括 6、8、10、12、15MeV 五档（电子线最大剂量率：600cGy/min）。伽玛刀在治疗及储源过程中，机房治疗室内来自放射源的直射、散射和漏射 γ 射线及加速器机房内的空气在 X 射线会穿透屏蔽墙及防护门，对机房外的工作人员和公众产生外照射影响。

伽玛刀及加速器入口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志，工作状态灯和门机联锁装置，机房内外均拟设置有急停按钮及监控装置，控制室通过监视器与对讲机与治疗室联络，在伽玛刀及加速器机房迷道内入口处均拟设置固定式辐射剂量监测仪并拟有报警功能，其显示单元拟设置在控制室内，伽玛刀及加速器机房均拟设置从室内开

启治疗机房门的装置，防护门均拟设有防挤压功能，开门状态下不能出源照射，出源照射状态下若开门放射源自动回到伽玛刀治疗设备的安全位置，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的相关要求。医院⁶⁰Co放射源由生产厂家负责放射源运输、换装。医院承诺退役⁶⁰Co放射源委托原厂家回收处理，符合放射源安全管理要求。

九、辐射安全管理评价

苏州九龙医院股份有限公司已设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院已制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，增补相应内容，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

苏州九龙医院股份有限公司需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门检测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。苏州九龙医院股份有限公司已配备辐射巡测仪1台、拟为伽玛刀治疗项目配备固定式辐射剂量监测仪1套、个人剂量报警仪2台；拟为加速器项目配备固定式辐射剂量监测仪1套、个人剂量报警仪2台。

综上所述，苏州九龙医院股份有限公司改扩建放射治疗项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

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

二、定期进行辐射工作场所的检查及检测，及时排除事故隐患。

三、医院取得本项目环评批复后，应及时重新申领辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过3个月，最长不超过12个月。

四、本项目原有医用电子直线加速器报废处置时，严格按照放射性同位素与射线

装置安全许可管理相关规定履行设备报废审批、备案等手续，完整留存设备报废技术资料、拆除记录、源项核查、监测报告等文件并长期存档备查；设备拆除过程落实辐射防护与安全管控要求，拆除后开展场所辐射水平监测，确保场地满足相关标准要求。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施		预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。		满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	1
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：伽玛刀及加速器机房四侧墙体、顶部采用混凝土结构进行辐射防护，防护门采用铅防护门。详见表10-1、10-2。		满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求。	1
	安全措施	伽玛刀及加速器机房防护门均拟设置门机联锁，开门状态下不能出源照射，出源照射状态若开门放射源自动回到伽玛刀设备的安全位置。伽玛刀及加速器机房外防护门上方均拟设置工作状态显示，机房入口均拟设置电离辐射警告标志，机房内及控制室内均拟安装急停按钮，配备监视器及对讲装置，伽玛刀机房拟设置从室内开启治疗机房门的装置，防护门均拟设有防挤压功能，在机房迷道内入口处内均拟设置固定式辐射剂量监测仪。	满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。		满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	1
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次检测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量检测，建立个人剂量档案。			
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立放射工作人员职业健康档案。			
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪1台。		满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	1
	拟为伽玛刀项目配备固定式辐射剂量监测仪1套；拟为加速器项目配备固定式辐射剂量监测仪1套。			
	拟为伽玛刀项目配备个人剂量报警仪2台；拟为加速器项目配备个人剂量报警仪2台。			

辐射安全管理制度	修订操作规程、岗位职责、放射源、射线装置使用登记、台账管理制度、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。	I
总计	/	/	

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公 章
年 月 日

审批意见

经办人

公 章
年 月 日