

核技术利用建设项目

新增使用医用电子直线加速器项目
环境影响报告表

北京市平谷区医院

2020年7月

环境保护部监制

核技术利用项目

新增使用医用电子直线加速器项目 环境影响报告表

建设单位名称：北京市平谷区医院

建设单位法人代表：

通讯地址：北京市平谷区平谷镇新平北路 59 号

邮政编码：101200

联系人：李龙舞

电子邮箱：yxgck2013@163.com 联系电话：010-89992262

目录

表 1	项目概况	1
表 2	放射源	8
表 3	非密封放射性物质	9
表 4	射线装置	10
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6	评价依据	12
表 7	保护目标与评价标准	14
表 8	环境质量和辐射现状	18
表 9	项目工程分析与源项	21
表 10	辐射安全与防护	25
表 11	环境影响分析	33
表 12	辐射安全管理	48
表 13	结论与建议	52
表 14	审批	54
附图 1	平谷区医院地理位置示意图	55
附图 2	平谷区医院平面布局图	56
附图 3	病房楼地下二层平面布局图	57
附图 4	病房楼地下一层平面布局图	58
附图 5	病房楼一层平面布局图	59
附图 6	加速器室平面布局图	60
附图 7	加速器室剖面图	61
附件 1	辐射安全许可证	62
附件 2	最近一年度个人剂量监测报告	67
附件 3	医疗机构执业许可证	71
附件 4	大型医用设备配置许可证	72
附件 5	建设工程规划许可证	73

表 1 项目概况

建设项目名称		新增使用医用电子直线加速器			
建设单位		北京市平谷区医院			
法人代表	曹邦伟	联系人	李龙舞	联系电话	010-89992262
注册地址		北京市平谷区平谷镇新平北路 59 号			
项目建设地点		北京市平谷区平谷镇新平北路 59 号病房楼地下二层			
立项审批部门		无		批准文号	无
建设项目总投资(万元)	1500	项目环保投资(万元)	300	投资比例（环保投资/总投资）	20%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m ²)	150
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input 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					
1.1 单位概况					
<p>北京市平谷区医院（以下简称“平谷区医院”），是一所集医、教、研、防为一体的三级综合公立医院，为京津冀基层医疗协同发展中心，是首都医科大学教学医院、国家消化疾病临床研究中心(北京友谊医院平谷院区)、国家药物临床试验机构、国家外科和全科住院医师规范化培训基地，同时也是平谷地区病理诊断中心、影像诊断中心、脑卒中防治中心、耳聋防治中心、胸部肿瘤诊治中心、胸痛中心。医院始建于 1950 年，占地面积 6.17 万平方米，院内建筑面积 12 万平方米。编制病床位 960 张，其中，病房楼建筑面积 5.2 万平方米，根据需要床位可达 1200 张。医院设置临床、医技、职能科室共 68 个；现有职工 1527 人，高级职称人员 212 人，中级职称人员 653 人；拥有博士生导师 1 人，硕士生导师 5 人，知名专家 19 人；博士 5 人，硕士 135 人。2016 年 4 月 8 日，</p>					

平谷区政府、北京市医管局与首都医科大学附属北京友谊医院正式签订协议，开启“区办市管，两院一科”模式，通过完善制度、优化流程、调整布局、绩效改革、推进专科化建设等快速提升行政管理和医疗技术服务水平。

平谷区医院已取得《辐射安全许可证》，涉及辐射工作的内容包括使用 CT、DSA、普通 X 射线机等辐射诊疗设备。

1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

1.2.1 核技术利用现状情况

平谷区医院已于 2019 年 11 月 26 日取得了北京市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（京环辐证[M0011]，有效期至 2024 年 11 月 25 日，见附件 1），许可的种类和范围是：使用 II 类、III 类射线装置。平谷区医院已许可的射线装置情况见表 1-1。

表 1-1 平谷区医院已许可的射线装置情况

名称	类别	数量	工作场所名称	备注
放射诊断用普通 X 射线机（移动式）	III	3	放射科	
放射诊断用普通 X 射线机（移动 C 形臂）	III	4	手术室	
医用 X 射线 CT 机	III	3	放射科	
放射诊断用普通 X 射线机	III	7	放射科	
乳腺 X 射线机	III	1	放射科	
数字减影血管造影装置（DSA）	II	2	导管室	
体外碎石	III	1	放射科	
牙科 X 射线机（CR）	III	1	口腔科	
合计		22		

1.2.2 近几年履行环保审批情况

平谷区医院近几年共有 2 个环评登记表项目，均已重新办理了辐射安全许可证，具体落实情况见表 1-2。

表 1-2 建设项目竣工验收落实情况

序号	环评批复文号	项目名称	类别	竣工验收文	备注
----	--------	------	----	-------	----

				号	
1	201811011700 000339	北京市平谷区医院改建射线装置应用项目	登记表	/	已登记证
2	201911011700 000200	北京市平谷区医院更新、搬迁射线装置应用项目	登记表	/	已登记证

1.2.3 辐射安全管理情况

为了加强辐射安全和防护管理工作，促进射线装置的安全使用，平谷区医院专门成立了辐射防护领导小组，由院长担任组长，院长助理担任副组长，感染疾病科、医工科、保卫科、放射科、导管室等部门的相关人员担任组员，并指定医工科李龙舞专职负责辐射安全管理工作，辐射防护领导小组成员名单见表 1-3。

表 1-3 平谷区医院辐射防护领导小组成员名单

职位	姓名	职务或职称	专业	工作部门	专/兼职
组长	曹邦伟	院长	肿瘤科	院长办公室	兼职
副组长	周自广	院长助理	外科	院长办公室	兼职
成员	常秀兰	感控处主任	临床	感染疾病科	兼职
	刘会中	医工科科长	中药	医工科	兼职
	李根	保卫科科长	/	保卫科	兼职
	徐国生	放射科主任	放射医学	放射科	兼职
	杨海芳	肿瘤科主任	肿瘤科	肿瘤科	兼职
	闫国星	护士长	护理	导管室	兼职
	胡艳阳	科员	管理	感染疾病科	兼职
	李龙舞	科员	医学工程	医工科	专职

1.2.3.2 规章制度建设及落实

平谷区医院制定了多项辐射安全管理制度，包括辐射防护和安全保卫制度、操作规程、射线装置检修和质量保证制度、辐射监测制度、辐射工作人员管理制度、受检者放射防护管理制度、射线装置台帐管理制度、辐射安全培训

制度、辐射事故（件）应急预案等，能够满足实际工作需要。

1.2.3.3 工作人员培训情况

单位制定有辐射工作人员培训计划。目前，医院从事辐射相关工作人员有178人，分别于2017年8月、10月、11月、2018年3月、11月和2019年10月、12月参加辐射安全和防护培训，并通过了考核，取得了培训证书。

1.2.3.4 个人剂量监测情况

平谷区医院的个人剂量监测工作已委托北京市疾病预防控制中心承担，监测频度为每3个月检测一次。根据最近一次年度个人剂量报告（附件2）显示，医院年度个人剂量检测结果为0.034mSv~2.45mSv，均未超过医院年剂量管理目标值5mSv。

1.2.3.5 工作场所及辐射环境监测情况

平谷区医院已制定工作场所监测方案，监测方案内容含有工作场所辐射水平监测和环境辐射水平监测，监测方案中包括实施部门、监测项目、点位及频次、监测部门等。

单位已建立辐射环境自行监测记录或报告档案，并妥善保存，接受生态环境行政主管部门的监督检查。监测记录或报告记载监测数据、测量条件、测量方法和仪器、测量时间和测量人员等信息，辐射工作单位的辐射环境自行监测记录或报告，随本单位辐射安全和防护年度评估报告一并提交北京市生态环境局。医院现有的监测方案能够满足相关标准要求，内容具体如下。

（1）每年委托有资质的第三方机构（具有CMA证书）进行一次工作场所监测，剂量率自行监测频次为1次/年，监测点位包括机房外毗邻东、南、西、北、上、下区域、防护门外、操作人员位和其他人员可达位置，监测范围和方法参照国家标准的相关要求，监测数据将记录存档。

（2）如果场所辐射水平监测结果异常，应立即停止辐射活动，及时查找原因，采取有效措施，及时消除辐射安全隐患，隐患未消除前不得继续开展辐射工作。医院已配备必要的辐射监测仪器，详细清单见表1-4。

表 1-4 医院现配有辐射监测仪器清单

仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	使用场所	备注
电离室巡检仪	451B	2008年7月	正常	导管室	1台

1.2.3.6 辐射事故应急管理情况

平谷区医院依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，制定了关于本单位辐射项目的《平谷区医院辐射事故（件）应急预案》，以保证本单位一旦发生辐射意外事件时，即能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理放射事故，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在预案中进一步明确规定本单位有关意外放射事件处理的组织机构及其职责、事故报告、信息发布和应急处理程序等内容。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报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

1.2.3.8 其他情况

2019 年度，平谷区医院较圆满地完成了各项辐射安全防护工作，依据相关法律法规对单位放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行了年度评估，编写了年度评估报告。

1.3 项目概况

1.3.1 项目背景和必要性

目前癌症的发病呈现增长趋势，而在所有肿瘤患者中约有 65%~75% 在治疗中需要不同程度的采用放疗（单独放疗或结合手术、化疗的综合治疗）。近 5 年来平谷区医院年收治肿瘤病人近 2000 余例，大多需要配合放疗。而平谷区医院肿瘤科一直缺少放疗手段，导致某些肿瘤的治疗不完善，影响了疗效，也使需要放疗的患者不得不到北京市区的大医院进行治疗，而相比较通州、顺义、昌平、大兴、良乡都已配备放疗设备，平谷区医院作为平谷区唯一一家大型综合性医院和区域医疗中心，急需购置一套放疗设备，以满足肿瘤患者的就医需求。因此为促进医院放射治疗的发展，医院现拟新增一台医用电子直线加速器。

平谷区医院早在 2004 年就曾计划建立肿瘤放疗中心，并相继派送人员到北京协和医院进修放疗专业，2008 年以来准备晋升三级医院，而拥有肿瘤放疗专业是晋升三级医院必备条件之一。考虑到医院将来放射治疗的发展需求，在 2010 年病房楼建设时预留了加速器机房主体结构及配套用房。本次根据拟新增加速器设备的技术性能指标及现有辐射屏蔽要求，对加速器室进行辐射防护升

级改造，以满足加速器安全使用的要求。

1.3.2 本项目环境影响评价内容

平谷区医院拟在病房楼地下二层加速器室新增使用 1 台医用电子直线加速器，设备情况见表 1-5。

表 1-5 本项目医用电子直线加速器信息表

序号	工作场所	型号及名称	生产厂家	射线最高能量	类别
1	加速器室	Synergy型 医用电子直线加速器	医科达	X射线：10MV 电子线：最高15MeV	II类

本项目拟使用 1 台医用 CT 模拟定位机，将另行备案。

根据《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求，平谷区医院委托环评单位开展“新增医用电子直线加速器”项目的环境影响评价工作。评价单位在现场查看、调查、收集资料以及现场监测的基础上，编制了该建设项目的辐射环境影响报告表。

1.3.3 开展新项目的技术能力

(1) 医疗机构的执业范围

平谷区医院的诊疗科目包括：X 线诊断专业、CT 诊断专业、磁共振成像诊断专业、超声诊断专业、心电诊断专业、放射治疗专业等，详见附件 3。本项目新增使用 1 台医用电子直线加速器用于放射治疗，包括在设置诊疗科目批准文件中，符合当前医疗执业范围要求。

本项目医用电子直线加速器已取得北京市卫生健康委员会的大型医用设备配置许可证，详见附件 4。

(2) 人员配备

根据《放射诊疗管理规定》和 2019 年《北京市卫生健康委员会关于印发乙类大型医用设备配置准入标准的通知》的要求，放疗科项目的辐射工作人员配置计划见表 1-6 所示。

表 1-6 放疗科工作人员要求及配置计划

序号	相关要求	本项目人员配置计划
1	至少具有医师 3 名、技师 4 名、物理师 2 名、护士 1 名。	已配置相应资质的医师 9 名（其中 4 名为高级职称）和护士 1 名，拟

	<p>首次配置的，应配备至少 1 名拥有副高级或以上本专业技术职务任职资格，且具有 5 年或以上放射治疗专业临床工作经验的放疗医师；至少 1 名拥有中级或以上本专业技术职务任职资格，或者具有 5 年或以上医学物理工作经验的物理师；至少 2 名具有 2 年或以上放疗工作经验的技师；至少 1 名护士。</p>	<p>配置技师 2 名（均具备两年以上经验）和物理师 1 名（中级职称）。</p>
--	---	---

医院已配置 9 名医师和 1 名护师，拟新配置 2 名技师和 1 名物理师，共计 13 名放射治疗工作人员。平谷区医院与首都医科大学附属北京友谊医院采取“区办市管，两院一科”的合作模式，为保障放射治疗技术服务水平，本项目拟安排放射治疗人员在友谊医院放疗科进行过相应的规范化培训，并定期聘请友谊医院放疗科技术人员进行定期的现场指导。医院已制定了辐射工作人员管理制度，拟配置的辐射工作人员将统一纳入医院的辐射安全管理体系，按照辐射工作人员进行管理。放射治疗人员分工如下：

- 1) 2 名放射技师负责加速器设备操作、受检者摆位。
- 2) 1 名物理师负责剂量测量与校准、治疗计划的设计与监督实施、设备的质量保证和质量控制以及辐射安全与防护管理。
- 3) 9 名医师负责放疗科临床检查与诊断，放疗前的工作准备，放射治疗目标的确认和方法的选择，诊断报告编写等。
- 4) 1 名护士负责患者的登记等。

(3) 检测仪器配备

加速器室拟安装 1 台固定式剂量率仪，拟新增 1 台便携式 X- γ 剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪。医院为每位辐射工作人员配备个人剂量计 1 套。

1.3.4 项目选址与周围环境

平谷区医院位于平谷区平谷镇新平北路59号，本项目加速器室位于医院内病房楼地下二层的西北侧，选址充分考虑了周围场所的防护与安全，以及患者就诊和临床应用的便利性，50m评价范围内均为医院内部，无居民区、学校或其他商业区等敏感目标。

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
无								

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
无										

注：日等效最大操作量和操作方式见国家标准《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	医用电子直线加速器	II	1	Synergy	电子	10MV (X 线) 15MeV (电子束)	X 线: 600cGy/min 电子束: 1000cGy/min	放射治疗	病房楼地下二层加速器室	医科达

(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
废靶	固体	活化成份					暂存	优先清洁解控处置,活化程度较高的废靶送北京市城市放射性废物库。
有害气体 O ₃ 等	气体	/					直接排放	经通风系统直接排入环境大气

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m³；年排放总量用kg。

2. 含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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日。</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日。</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日。</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日。</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日。</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2018 年 4 月 28 日。</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2019 年 8 月 22。</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 4 月 18 日。</p> <p>(9) 《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；</p> <p>(10) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生计生委公告第 66 号，2017 年 12 月 5 日。</p> <p>(11) 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，原环保部，2012 年 3 月；</p> <p>(12) 《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日。</p> <p>(13) 《北京市环保局办公室关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》，京环办[2018]24 号，2018 年 1 月 25 日。</p> <p>(14) 《北京市禁止违法建设若干规定》，北京市政府第 228 号令，2011 年 4 月 1 日。</p> <p>(15) 《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。</p> <p>(16) 北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行），京环发[2011]347 号，2012 年 1 月 1 日。</p>
-------------	---

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001);</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2016);</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007);</p> <p>(7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011);</p> <p>(8) 《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>(9) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011);</p> <p>(10) 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分:化学有害因素》(GBZ2.1-2019);</p> <p>(11) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2012);</p>
<p>其他</p>	<p>(1) NCRP Report No.151: Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities, 2005;</p> <p>(2) NCRP Report No.144: Radiation Protection for Particle Accelerator Facilities, 2003;</p> <p>(3) IAEA TECHNICAL REPORTS SERIES No.188: Radiological Safety Aspects of the Operation of electron linear accelerators, 1979;</p> <p>(4) IAEA SAFETY REPORTS SERIES No.47: Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities, 2006;</p> <p>(5) 平谷区医院提供的建筑结构设计图以及与建设项目相关的其他技术资料, 2020年06月。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

7.1.1 评价内容

本项目评价内容为在病房楼地下二层加速器室新增使用 1 台医用电子直线加速器。

7.1.2 关注问题

(1) 使用的放射治疗装置辐射防护屏蔽设计是否满足国家相关标准的要求。

(2) 辐射安全管理情况及污染防治措施是否满足国家法律法规及相关标准的要求。

7.1.3 评价因子

主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物等。

7.1.4 评价目的

(1) 评价建设项目在运行过程中对辐射工作人员及公众成员所造成的辐射影响；

(2) 评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为生态环境行政主管部门管理提供依据；

(3) 通过项目辐射环境影响评价，为使用单位保护环境和公众利益给予技术支持；

(4) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“合理可行、尽量低的水平”；

(5) 为医院的辐射环境保护管理提供科学依据。

7.1.5 评价范围

按照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1—2016)的规定，并结合该项目辐射为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定本项目评价范围加速器室实体屏蔽外周界向外围扩展 50m 的区域。

7.2 保护目标

本项目加速器室位于病房楼地下二层西北侧，病房楼南侧为院内道路和停

车场，西侧、北侧为院内道路，西南侧为门急诊综合楼。放射治疗机房实体屏蔽外周围 50m 范围内主要保护目标见图 7-1 和表 7-1。加速器位于病房楼地下二层，东侧为控制室、设备间和配电间，西侧为土层，南侧为滤毒室和送风机房，北侧为水冷机房和走廊，因此本项目保护目标主要为加速器室工作人员以及场所周围可能停留的公众。直线加速器室所处位置见图 7-2 所示。

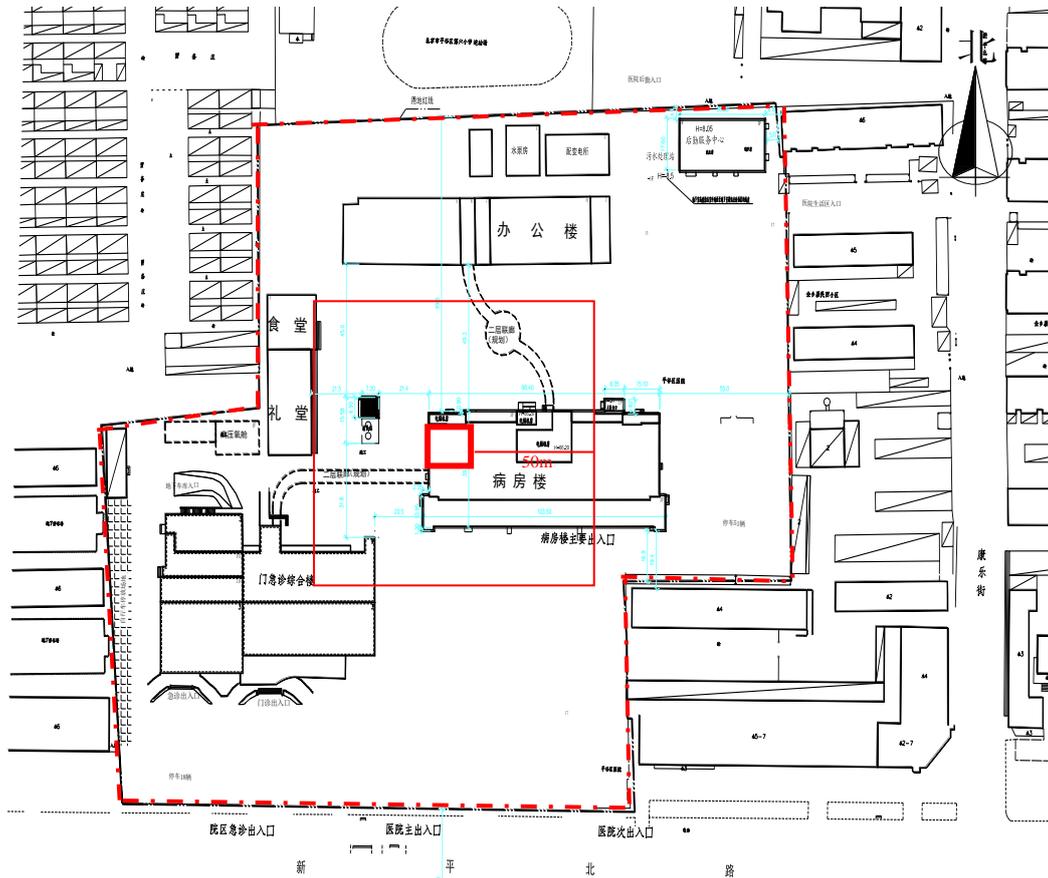


图 7-1 本项目评价范围示意图

表 7-1 本项目场所周围 50m 范围内主要保护目标

项目	保护目标	距离 (m)	数量 (人)	方位	周围 50m 范围内主要场所或建筑物
加速器室	本项目工作人员	紧邻	2	东侧	控制室、设备间、配电室
	其他工作人员	5~50	15	东侧	肿瘤科其它诊室或办公室
	公众	0~50	15	南侧	滤毒室、送风机房、消防水泵房，院内道路，停车场
	公众	5~50	50	西侧	院内道路，停车场，门急诊楼
	公众	紧邻	2	北侧	院内道路
	公众	10~50	5	楼上	地下一层闲置房间，一层清洗室



图 7-2 病房楼地下二层平面布局图

7.3 剂量限值及剂量约束值

7.3.1 基本剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的剂量限值列于表 7-3。

表 7-3 个人剂量限值 (GB18871-2002)

辐射工作人员	公众
连续五年平均有效剂量 20mSv, 且任何一年有效剂量 50mSv	年有效剂量 1mSv; 但连续五年平均值不超过 1mSv 时, 某一单一年可为 5mSv
眼晶体的当量剂量 150mSv/a 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a	眼晶体的当量剂量 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a

GB18871-2002 规定了剂量约束值: 对于职业照射, 剂量约束是一种与源相关的个人剂量值, 用于限制最优化过程所考虑的选择范围。对于公众照射, 剂量约束是公众成员从一个受控源的计划运行中接受的年剂量的上界。剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1~0.3mSv/a) 的范围之内。

7.3.2 剂量约束值

对本项目辐射工作人员, 取 2mSv/a 作为剂量约束值 (医院剂量管理目标值为 5mSv/a); 对公众 (除本项目辐射工作人员外, 包含周围 50m 区域内的其他工作人员和非工作人员), 本项目取 0.1mSv/a 作为剂量约束值。

7.3.3 剂量率控制水平

根据《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), 各类放射治疗机房周边墙体 (含防护门) 和屋顶外 30cm 处辐射剂量率均不大于 2.5 μ Sv/h。

7.3.4 非放射性控制值

根据《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》(GBZ2.1-2019), 工作场所空气中 O₃ 和 NO₂ 的浓度限值分别为 0.3mg/m³ 和 5mg/m³。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 地理位置

平谷区医院位于北京市平谷区平谷镇新平北路 59 号，医院地理位置见附图 1 所示。医院东面是金乡西小区，北面是平谷区第六小学，南面是新平北路，西面是新平北路 63 号院，医院平面布局见附图 2 所示。

8.1.2 场所位置

本项目加速器室位于病房楼地下二层西北侧，其东侧为控制室、设备间和配电间，西侧为土层，南侧为滤毒室和送风机房，北侧为水冷机房和走廊，上方为闲置房间，下方为土层，平面布局详见附图 3。

8.2 辐射环境现状监测

(1) 监测目的

掌握该项目辐射工作场所的辐射环境质量现状水平，为评价提供基础数据。

(2) 监测内容

根据污染因子分析，对该项目的辐射工作场所周围进行 X、 γ 辐射剂量率水平监测。

(3) 监测点位

选取加速器室场所及周围进行监测。

(4) 监测仪器与规范

监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 X- γ 射线剂量率监测仪器参数与监测规范

仪器名称	辐射检测仪
型号/编号	AT1121/44091
生产厂家	白俄罗斯 ATOMTEX
能量响应	15keV ~ 10MeV 不超过对 ^{137}Cs , γ 辐射响应的 $\pm 30\%$
量程	X- γ : 50nSv/h~10Sv/h

检定证书	中国计量科学研究院 (检定证书编号: DLjl2019-00959) 有效期: 2019年11月26日~2020年11月25日
监测规范	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)

(5) 现状监测结果及评价

2020年6月10日评价单位对建设项目场所及周围环境辐射水平进行了检测, 监测点位见图8-1, 评价区 γ 辐射水平调查结果见表8-2。



图 8-1 加速器室现状监测点位

表 8-2 加速器室辐射环境水平监测结果

场所名称	点位序号	测点描述	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
加速器室	1	加速器室	0.10
	2	控制室	0.11
	3	更衣间	0.11

	4	配电室	0.10
	5	机房北侧走廊	0.11
	6	水冷机房	0.10
	7	机房入口	0.10
	8	送风机房	0.11
	9	滤毒室	0.11
	/	机房上方地下一层闲置房间	0.10
北京市范围 ^[1]			42.3~151.6nGy/h

注：检测结果含宇宙射线响应值；^[1]：辐射安全手册，2011.11。

由表 8-2 中检测结果可知，加速器室及周围的 X-γ 辐射剂量率为 0.10~0.11μGy/h，为北京市的天然本底范围之内，未发现异常高值。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 医用电子直线加速器

9.1.1 工作原理

电子直线加速器是产生高能电子束的装置。电子枪发射电子，在由磁控管或速调管为功率源的加速管中加速，当达到所需能量时，经散射箔和准直器得到治疗电子束。在 X 射线工作时，电子束射到金属靶上产生轫致辐射（X 射线），经准直得到治疗 X 射线。加速器放射治疗的工作方式为：以一个或几个治疗野定向照射，获得计划所需的治疗剂量。典型医用直线加速器示意图见图 9-1。

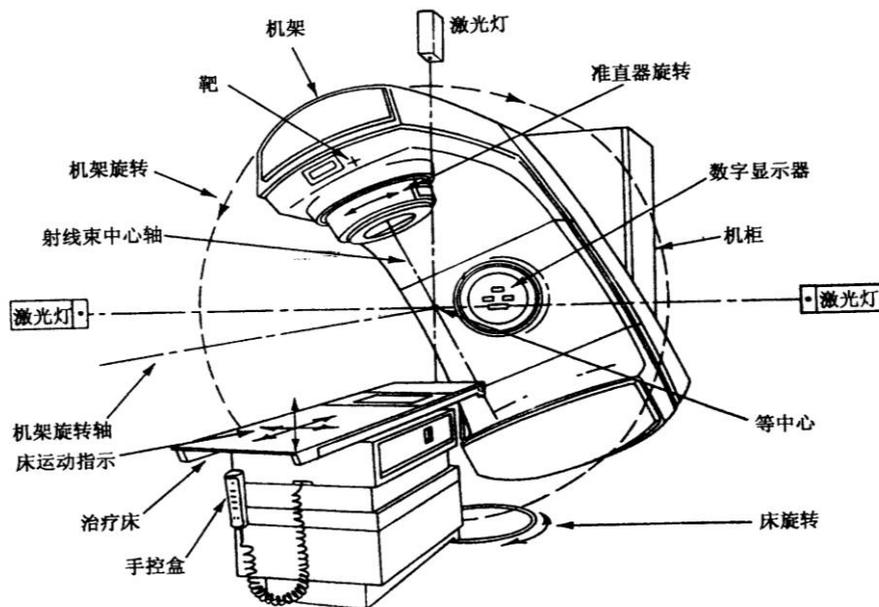


图 9-1 电子直线加速器示意图

9.1.2 设备组成

电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 射线，经初级准直器和均整器形成剂量均匀的 X 射线束，再通过监测电离室和次级准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。医用电子直线加速器内部结构见图 9-2。

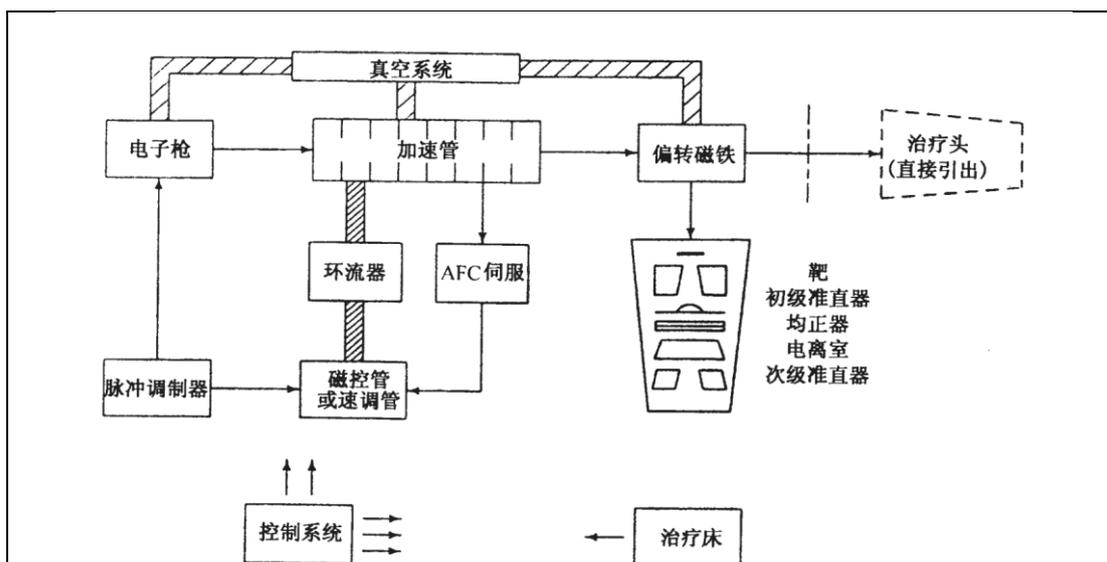


图 9-2 典型医用电子直线加速器内部结构图

9.1.3 工作流程

(1) 接收病人：对病人进行登记，进行临床检查，经医生诊断和治疗正当性判定后，根据肿瘤分期、分型确定治疗方针，与放疗科预约登记，确定模拟定位治疗的时间。

(2) 制模：为方便患者治疗定位，用热塑体模在相应治疗部位按照病人身体轮廓进行塑形；

(3) 模拟定位：使用模拟定位机对患者的肿瘤进行定位检查，确定肿瘤的具体位置和形状，工作人员隔室操作；

(4) 勾画靶区 TPS 制定治疗计划：勾画病变靶区和正常器官，根据患者瘤体的类型、部位和大小等初步确定照射剂量和照射时间，并进一步制定相应的常规放疗、适形放疗及调强放疗的治疗计划；

(5) 治疗计划确认：再次确认靶区剂量，核实正常器官、热点和冷点是否在允许的范围之内，加速器是否有相应的转床、碰床等机械限值，移床等坐标设置是否正确；

(6) 病人摆位：摆位前认真查对病人信息、照射条件及摆位要求，调整治疗床高度，严格按照摆位要求实施摆位；摆位结束，摆位人员等非患者均离开治疗室，关闭防护门；

(7) 实施治疗：根据放疗计划，运用有关技术实施精确照射；

(8) 结束治疗：病人离开治疗室，摆位人员进行下一个患者摆位准备。

医用电子直线加速器放射治疗工作流程见图 9-3。

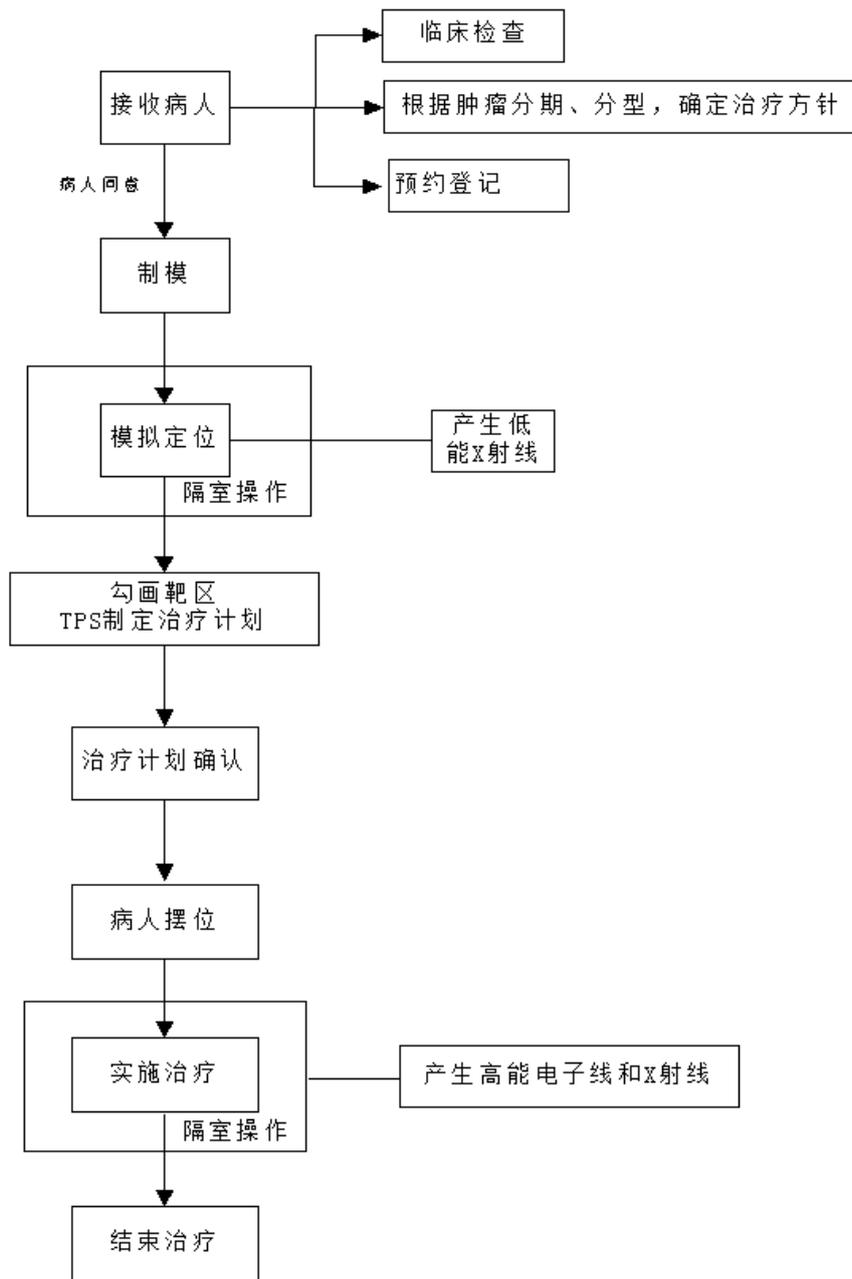


图 9-3 医用电子直线加速器放射治疗工作流程

9.1.4 污染源项描述

9.1.4.1 主要放射性污染物

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线。这种 X 射线随机器的开、关而产生和消失。本项目拟使用的医用直线加速器最高输出的是 10MV 的 X 射线，因此，直线加速器在开机期间 X 射线为主要污染因子，其次为臭氧和氮氧化物等。

9.1.4.2 正常工况的污染途径

(1) 医用直线加速器产生的韧致辐射 X 射线，X 射线经透射、漏射和散射，对工作场所及其周围环境产生辐射影响；

(2) 空气在加速器 X 射线的强辐射下，吸收能量并通过电离作用产生 O₃ 和氮氧化合物等有害气体。

9.1.4.3 事故工况的污染途径

发生的事故工况主要有以下两种情况：

(1) 门机联锁失效，工作人员误入加速器室，受到额外的照射。

(2) 射线装置正常工况下，门机联锁失效，铅防护门未完全关闭的情况下射线装置就能出束，致使 X 射线泄漏到加速器室外面，给周围活动的人员造成额外的照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 选址与布局

本项目加速器室位于病房楼地下二层西北侧，病房楼地下二层平面布局见图 10-1 及附图 3 所示。加速器室东侧为控制室、设备间和配电间，西侧为土层，南侧为滤毒室和送风机房，北侧为水冷机房和走廊，选址充分考虑了周围场所的防护与安全，以及患者就诊和临床应用的便利性，对公众影响较小。



图 10-1 病房楼地下二层平面布局图

10.1.2 机房屏蔽设计

表 10-1 机房屏蔽设计情况一览表

序号	场所名称	机房面积 (m ²)	屏蔽墙体方向	屏蔽材料及厚度
1	加速器室	65 (不含迷路)	东墙	主束区: 250cm 砼+375mm 防护砖, 内凸宽 445cm 非主束区: 120cm 砼+375mm 防护砖
			南墙	迷路内墙: 65~130cm 砼+125mm 防护砖 迷路外墙: 65~130cm 砼+250mm 防护砖
			西墙	主束区: 220cm 砼+土层, 内凸宽 445cm 非主束区: 100cm 砼+土层

		北墙	130cm 砼+250mm 防护砖
		顶	主束区: 250cm 砼+340mm 防护砖, 外凸宽 445cm 非主束区: 130cm 砼+340mm 防护砖
		防护门	15mm 铅

说明: 砼和防护砖密度 2.35 t/m³。

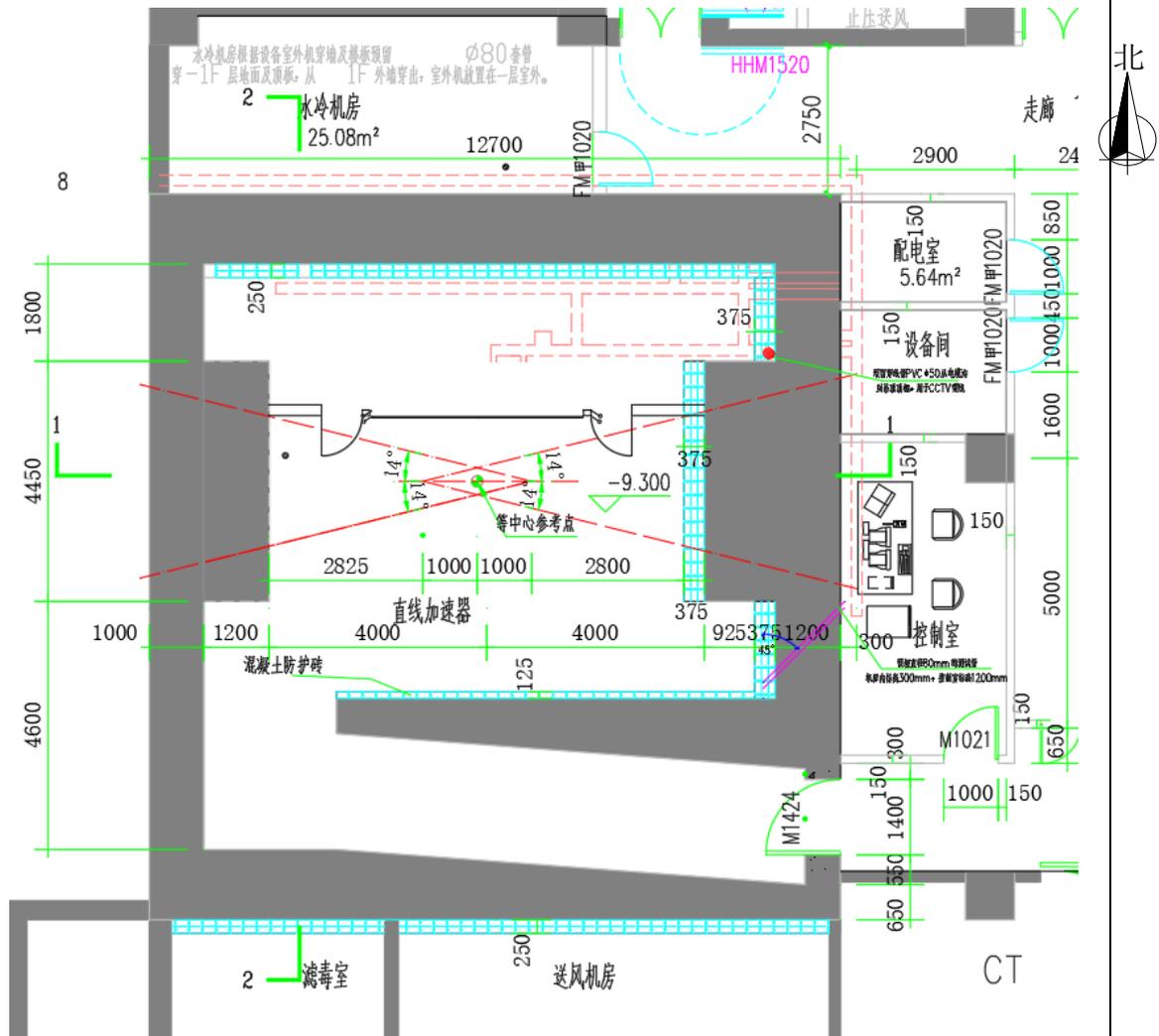


图 10-2 加速器室布局及屏蔽设计图

10.1.3 辐射安全与防护措施

1) 加速器机房(包括防护门)采用实体屏蔽措施,能够保证机房周围墙体、屋顶外和防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h,辐射工作人员和公众的受照剂量满足剂量约束要求。

2) 加速器放射工作场所实行分区管理:加速器机房为控制区,控制室和配套设备间为监督区。

3) 在加速器防护门外设立电离辐射警告标志和中文警示说明。安装工作状

态指示灯，并和设备出束关联。

4) 安装电视监控、对讲系统，在治疗过程中能够观察病人状况，此外，也可以观察治疗室是否有人员滞留。

5) 工作人员进入机房时佩戴个人剂量报警仪，一旦超标，会发出警告（报警值为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ）。

6) 电动防护门具有防夹人功能，停电时能够手动开启，使病人安全转移。

7) 治疗系统采用数字密码或者专用钥匙启动，有专人操作设备。

8) 门机联锁：机房门、加速器室内设备隔断间两道门均设置门机联锁，只有当所有门关闭，设备才能出束；反之，如果照射过程中门打开，系统将自动停止出束。

9) 紧急停机按钮：紧急停机按钮安装在控制室的操作台上（1个）、加速器设备上（2个）、加速器治疗室的墙壁上（4个）和迷道内1个，并有明显的标志，当遇到意外情况，可随时按动急停开关，切断设备高压，停止出束。紧急停止开关必须采用手动方式才能复位。

10) 门控按钮设置：在防护门外旁侧安装关门按钮，在防护门内侧迷道墙壁上安装紧急开门按钮，在控制室内设开门按钮。

11) 治疗室内安装通风换气系统。换气次数不低于4次/h。送风口设置在机房顶部，排风口设置在机房墙体下侧30cm处，呈对角线布置。

12) 机房内安装固定式辐射剂量监测报警仪器，用于监测机房内的辐射水平并帮助辐射工作人员判断设备的工作状态。加速器场所配置2台个人剂量报警仪。

13) 排风管道由迷道并在防护门上方采用“Z”方式穿出机房。线缆采用“U”型方式穿过屏蔽墙，测试用线缆管道斜 45° 穿过屏蔽墙。

14) 其他要求：治疗室安装应急照明装置，设火灾自动报警装置等。机房正上方房间闲置不用且门上锁，张贴电离辐射警示标识。

加速器联锁和警示系统的设计见图10-3所示，加速器机房联锁和安全设施布置见图10-4。

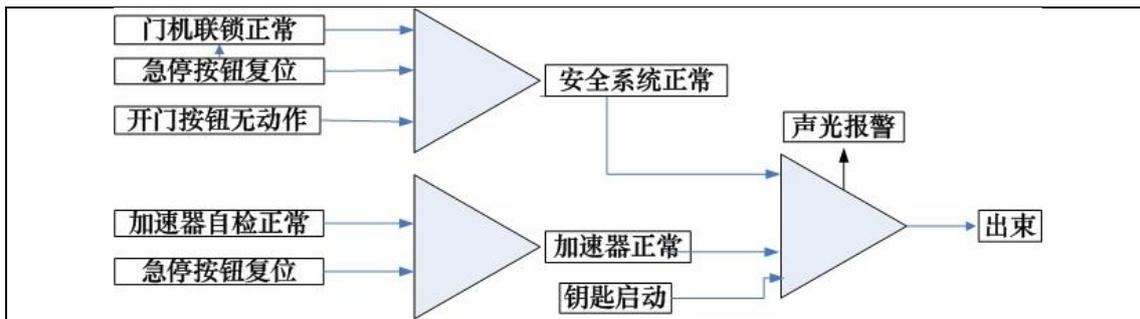


图 10-3 加速器机房联锁系统逻辑图

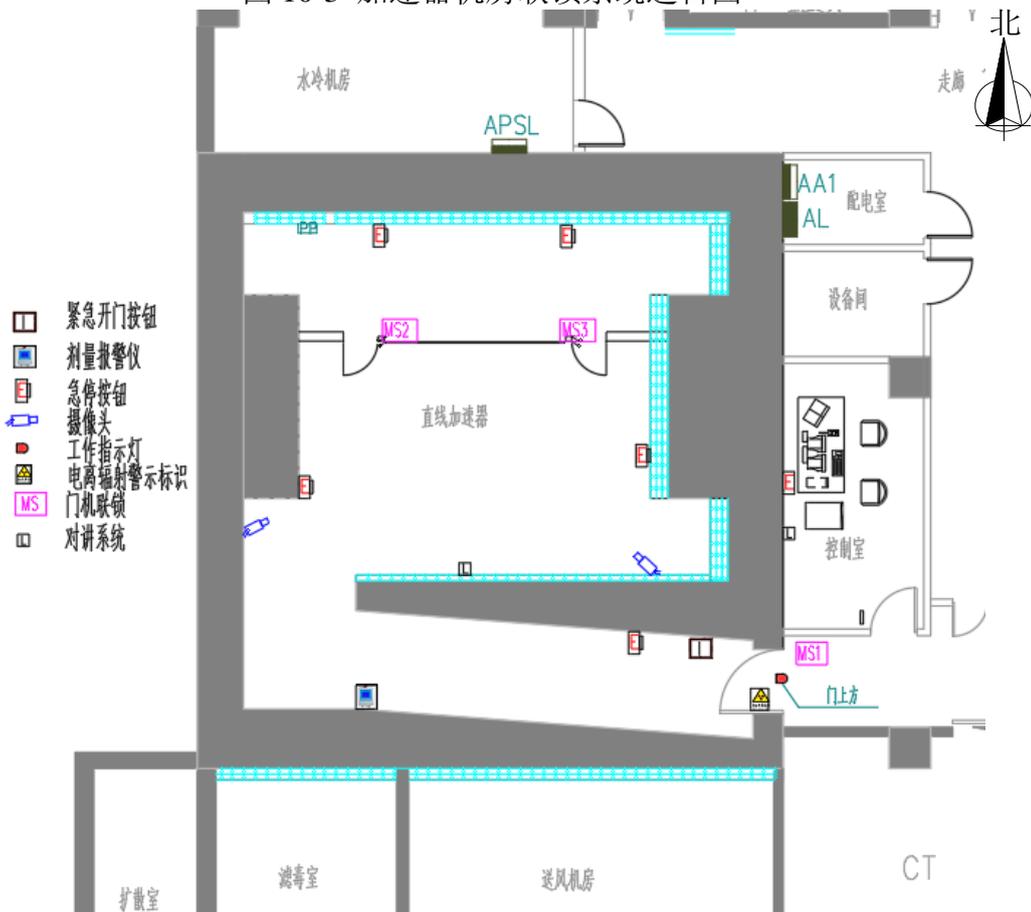


图 10-4 加速器机房联锁和防护措施布置图

表 10-2 列出了本项目加速器机房拟采取的安全与防护设施设计方案。

表 10-2 加速器机房安全与防护设施设计要求

序号	项目	检查内容	本项目	备注
1*	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	√	钥匙或密码
2*		控制台有紧急停机按钮	√	1 个
3*		电视监控与对讲系统	√	1 套
4*		治疗室门与束流联锁	√	门机联锁
5		治疗室内准备出束音响提示	√	蜂鸣音

6*	B	入口电离辐射警告标志	√	标准电离辐射警告标志
7*	警示装置	入口有加速器工作状态显示	√	工作状态指示灯
8	C 照射室 紧急设施	紧急开门按钮	√	迷道门内侧
9		紧急照明或独立通道照明系统	√	应急照明
10*		治疗室内有紧急停机按钮	√	机房四周墙壁 4 个，迷路 1 个
11*		治疗床有紧急停机按钮	√	治疗床 2 个
12	D 监测设备	治疗室内有固定式剂量率仪	√	1 台，型号待定
13*		便携式辐射监测仪器仪表	√	1 台，型号待定
14*		个人剂量报警仪	√	2 台，型号待定
15*		个人剂量计	√	每人 1 个
16	E 其它	治疗室门防夹人装置	√	具有防夹功能和停电手 动开启功能
17		通风系统	√	设风机 1 台
18		火灾报警仪	√	屋顶火灾报警器
19		灭火器材	√	

10.5 法规符合情况

依据《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》规定，现对平谷区医院从事本项目辐射活动能力评价列于表 10-3 和表 10-4。

10.5.1 对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

表 10-3 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对使用放射性同位素和射线装置单位承诺的对应检查情况。

表 10-3 执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求对照表

序号	应具备条件	落实情况	符合情况
1	使用放射性同位素、射线装置的单位，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或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	成立了辐射安全防护管理小组，全面负责医院的辐射防护监督和管理，下设专职人员具体处理各项事务，各相关部门内部职责明确。	符合
2	从事辐射工作的人员必须	新增辐射工作人员上岗前将在	近期

	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。	生态环境部培训平台报名参加并通过辐射安全和防护考核。	符合
3	放射性同位素与射线装置，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	加速器室门口显著位置处拟张贴有电离辐射警告标识和中文警示说明，并在机房门口设置有工作状态指示灯。设置门机联锁，紧急停止按钮等。	近期符合
4	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	拟配备相应的防护用品和监测仪器。本项目投入运行前，新增配置1台固定式剂量率仪，2台个人剂量报警仪，1台便携式剂量率仪，能够满足拟开展项目辐射监测的需要。	近期符合
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	进一步完善人员辐射安全考核制度、各项操作规程、设备检修维护制度、辐射防护和安全保卫制度、台帐管理制度、环境监测及个人剂量监测制度、放射性事故应急预案等，涵盖本次申请项目的辐射安全管理要求。	近期符合
6	有完善的辐射事故应急措施。	在现有事故应急措施上，根据新建项目的需要，拟制定更为完善的辐射事故应急处理预案。	近期符合

10.5.2 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的满足情况

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的对照检查如表 10-4 所示。

表 10-4 执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对照表

序号	安全和防护管理办法要求	落实情况	是否符合要求
1	第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	本项目加速器室机房门口显著位置处拟张贴有电离辐射警告标识和中文警示说明，并设置有工作状态指示灯。设置门机联锁，紧急停止按钮等。	近期符合
2	第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并	医院将委托有辐射水平监测资质单位每年对放射工作场所周围的辐射水平进行一次监测。医院将每年使用辐射剂量仪，对工	近期符合

	对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	作场所内和控制区周边环境进行自行监测，做好监测记录并妥善保存监测报告。	
3	第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	医院在每年1月31日前向生态环境部门提交年度评估报告。	符合
4	第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	新增辐射工作人员上岗前将在生态环境部培训平台报名参加并通过辐射安全和防护考核。	近期符合
5	第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	将为所有从事放射性工作的人员配备个人剂量计，并委托有资质单位进行个人剂量监测（每季度1次）。	符合
6	第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	已委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。	符合

10.2 三废的治理

NCRP151报告指出，对于10MVX射线能量的加速器不需考虑中子辐射影响及其产生的感生放射性问题。根据IAEA188号技术报告，当X射线能量未超过10.55MeV（对于空气）或15.67MeV（对于水），不需考虑活化问题。本项目拟使用的加速器最大能量为10MeV，不考虑机房内空气活化和冷却水的活化。此外，放射治疗设备X射线与空气作用会产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，经机房内的排风系统，排放到大气环境中。

加速器在运行过程中可能产生加速器废靶。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，将请有资质单位检测，如满足清洁解控要求，按普通物品处理，反之，按放射性废物送往北京市城市放射性废物库暂存。

表 11 环境影响分析

11.1 建设期环境影响

对于本项目而言，将会在建好的病房楼内进行简单的室内施工活动，对室外环境和周围人群的影响较小，故不再进行详细评价。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 放射治疗设备参数和使用规划

(一) 直线加速器室

(1) 设备参数

拟使用的医用电子直线加速器技术指标如表 11-1 所示。

表 11-1 拟使用直线加速器技术指标一览表

型号	电子线能量 (MeV)	X 线能量和最大输出剂量率	SSD	照射野	机架旋转范围	泄漏率
Synergy	最大能量：15MeV	10MV：600 cGy/min	100cm	最大照射野 40cm×40cm；等中心点高度 1.3m	360°	X 线：≤0.1%

(2) 使用规划

平谷区医院既开展常规放射治疗，也开展适形调强放射治疗，根据医院提供资料，预期每天最多治疗 60 人次，300 人次/周。常规放射治疗在常用的 600cGy/min 照射条件下，平均每人待照射区照射 2Gy，用时 0.33min，加速器日治疗 60 人时出束时间为 20min/d，周照射时间 1.67h/周，年总照射时间 83.3h/a；适形调强放射治疗（IMRT）与普通放疗相比给予患者的吸收剂量是相同的，但调强放射治疗使用非常小的照射野需要更多的出束时间，每个病人每次约为 1000MU，IMRT 因子为 5，保守按 60 人全部进行 IMRT 治疗，计算出平均每人待照射区照射 1.67min，日出束时间为 100min/d，周照射时间 8.3h/周，年总照射时间 416.7h/a。

加速器采用的最高输出量模式为 10MV、600cGy/min 照射模式。除向下治疗照射外，其他方向治疗照射的使用因子 $U=0.25$ 。

11.2.2 加速器机房安全分析

(一) 有用束屏蔽墙宽度安全性分析

《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) 第 4.3.3 条款给出了主束屏蔽层宽度的计算方法,加速器最大照射野为 40×40cm 时,有用束最大张角为 28°,加速器主射线区宽度 d 按 11-1 式估算:

$$d \geq 2[(1+R) \times \tan 14^\circ + 0.3] \quad (11-1)$$

加速器机房屏蔽结构设计平剖面见图 11-1 和图 11-2。加速器等中心点距东墙内表面距离为 3.8m,距机房顶外表面距离为 5.2m。根据公式(11-1)计算,求得治疗室东侧主束防护墙内凸部分所需的宽度应 $\geq 300\text{cm}$,机房顶外凸部分所需的宽度应 $\geq 370\text{cm}$,机房东侧主束墙实际宽度和机房顶主束墙实际宽度均为 445cm,满足主束防护屏蔽的要求。

(二) 电子线和中子辐射分析

考虑到电子束使用次数有限(工作负荷不足 X 射线的 1%),且电子束出束过程中,电子线与机头、床、人体组织等作用产生韧致辐射的能量和强度均低于电子束撞击钨靶产生的治疗 X 射线的能量和强度,所以,如果机房及其防护门能够满足 X 治疗束的屏蔽防护要求,一定能够满足电子束治疗中产生的韧致辐射的防护要求,故本评价对电子束的环境影响不做具体评价。

NCRP151 报告指出,对于 10MVX 射线能量的加速器不需考虑中子辐射影响及其产生的感生放射性问题。

11.2.3 各机房外辐射剂量率估算与分析

(一) 不同关注点应考虑辐射

主束区:仅考虑有用束的直接照射,忽略进入该区的泄漏辐射和散射辐射;

与主束区直接相连的次屏蔽区:考虑泄漏辐射和主射线束水平方向的散射辐射;

其他区:仅考虑泄漏辐射。

入口门:考虑有用束、患者散射和机头泄漏射线的散射辐射、穿过迷路内墙的泄漏辐射。

(二) 剂量率估算方法与结果

(1) 剂量率估算方法

采用 NCRP151 号报告、IAEA47 号报告和 GBZ201 系列标准推荐的估算模式分别对加速器室外关注点的辐射剂量率进行计算。

1) 主束贯穿辐射对机房周围环境的剂量率

利用下列公式对有用束屏蔽墙外剂量率进行估算：

$$H = H_0 \times B_{pri} / R^2 \quad (11-2)$$

$$B_{pri} = 10^{-\left[1 + \frac{t - TVL_l}{TVL_e}\right]} \quad (11-3)$$

式中： H_0 —距靶或源 1m 处的最大剂量率；

t —屏蔽厚度，cm；

B_{pri} —屏蔽厚度对应的衰减因子；

R —参考点至靶或源点的距离；

TVL_e 、 TVL_l —平衡什值层和第一什值层厚度，单位 cm；详见表 11-2。

表 11-2 10MV 能量 X 射线束在砷和铅中的 TVL 值

射线束		初级束		泄漏辐射		30° 人体散射
十分之一衰减厚度		TVL1	TVLe	TVL1	TVLe	TVL
砷厚度， cm	10MV	41	37	35	31	28
铅，cm	10MV	5.7	5.7	5.7	5.7	/

2) 次束贯穿辐射对机房周围环境的剂量率

与主束相连的次屏蔽墙的散射辐射利用下列公式进行屏蔽估算，其它仅考虑泄漏辐射：

$$H_{ps} = \frac{H_0 B_{ps} \alpha \frac{F}{400}}{(d_{sca} \times d_{sec})^2} \quad (11-4)$$

$$B_{ps} = 10^{-\frac{t}{TVL_{sca}}} \quad (11-5)$$

式中： H_{ps} —距散射体 d_{sec} m 处的辐射剂量率；

B_{ps} —次屏蔽墙厚度对应的衰减因子；

α —散射系数；

F —被照射物体等中心 1m 处照射野面积，取 $40 \times 40 \text{cm}^2$ ；

TVL_{sca} —什值层厚度，cm，详见表 11-2；

H_0 、 t 同公式 (11-2) 和 (11-3)。

泄漏辐射利用下列公式进行屏蔽估算：

$$H_L = \frac{H_0 B_L}{1000 d_L^2} \quad (11-6)$$

$$B_L = 10^{-\left[1 + \frac{t-TVL_l}{TVL_e}\right]} \quad (11-7)$$

式中： H_L —距靶点 d_L m 处的辐射剂量率；

B_L —一次屏蔽墙厚度对应的衰减因子；

H_0 、 t 、 TVL_e 、 TVL_l 同公式 (11-2) 和 (11-3)。

(2) 剂量率估算结果

剂量率估算中关注点位置见图 11-1 和图 11-2，所用参数与估算结果见表 11-2。

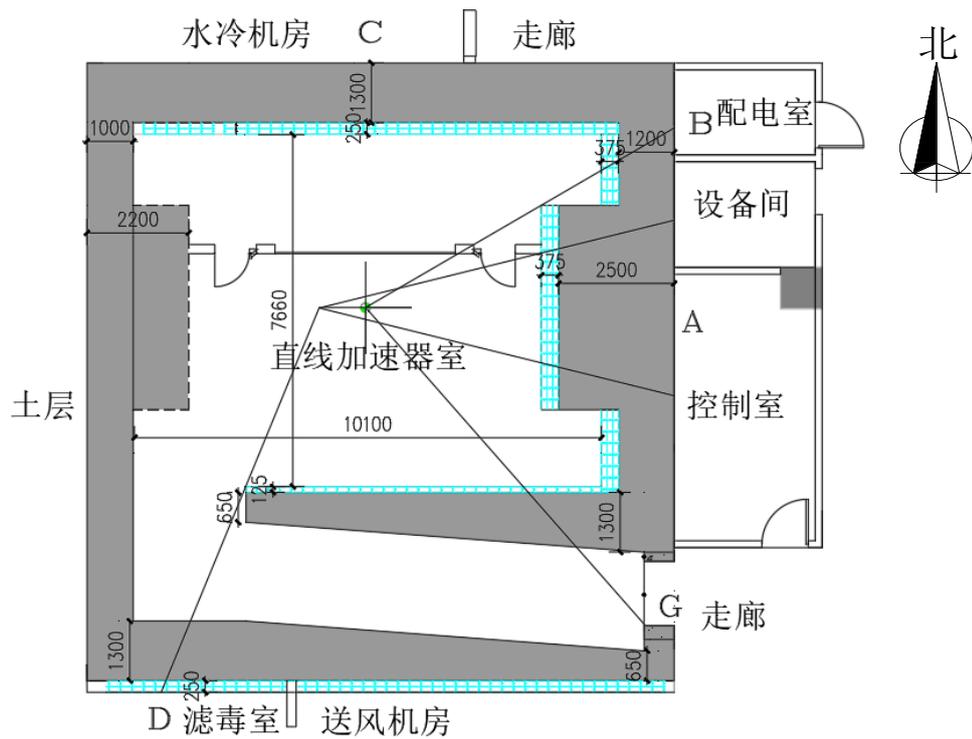


图 11-1 加速器室平面图及剂量评估点 (A~D、G)

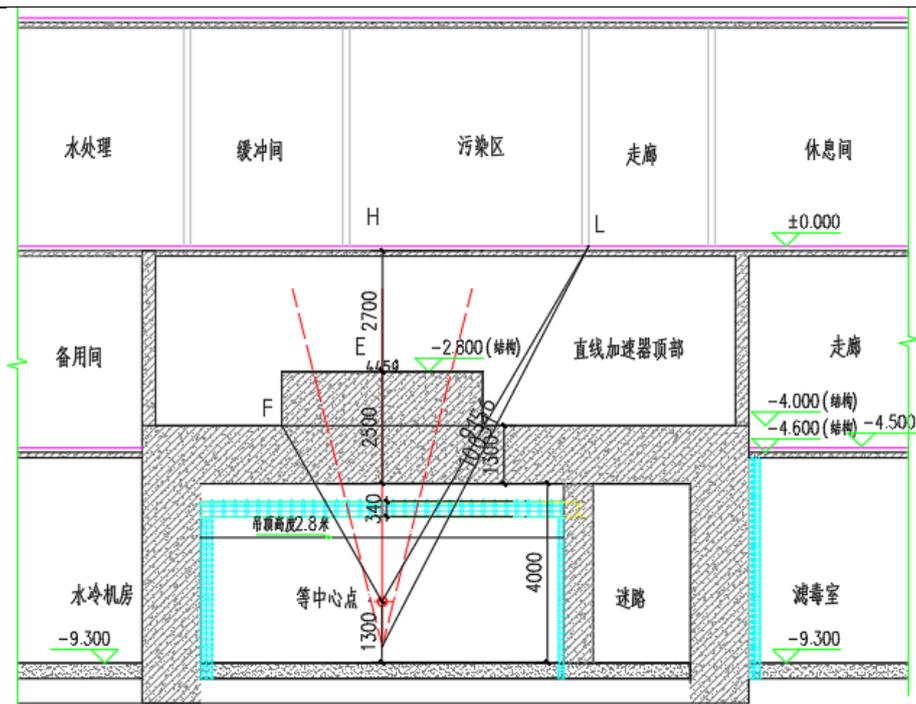


图 11-2 加速器室剖面图及剂量评估点 (E、F、H、L)

表 11-2 加速器室关注点剂量率估算结果

位置	距离 (m)	射线束	辐射屏蔽		剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		位置描述
			厚度, cm	衰减因子	屏蔽前	屏蔽后	
A	8.0	主束	250 (砼)+37.5 防护砖	2.18E-08	5.63E+06	0.12	控制室
B	8.9	次束 (漏射)	135 (砼)+42 防护砖	2.63E-06	4.54E+03	0.01	配电间
	8.0	次束 (散射)	139 (砼)+44 防护砖	2.91E-07	7.16E+04	0.02	
C	5.6	次束 (漏射)	130 (砼)+25 防护砖	1.35E-05	1.15E+04	0.15	水冷机房
D	9.3	次束 (漏射)	140 (砼)+26 防护砖	4.42E-06	4.16E+03	0.02	滤毒室
E	6.5	主束	250 (砼)+34 防护砖	2.71E-08	8.52E+06	0.23	闲置不用房间
F	5.7	次束 (漏射)	141 (砼)+36 防护砖	2.63E-06	1.11E+04	0.03	闲置不用房间
	4.8	次束 (散射)	148 (砼)+39 防护砖	2.10E-07	1.99E+05	0.04	
G	9.4	次束 (漏射)	158 (砼)+17 防护砖+1.5 铅	1.66E-06	4.07E+03	0.01	防护门入口
H	9.9	主束	262 (砼)+34 防护砖	1.28E-08	8.79E+06	0.05	一层清洗间污染区
L	11	次束 (漏射)	154 (砼)+36 防护砖	1.00E-06	2.98E+03	2.98E-03	走廊
	10.2	次束 (散射)	161 (砼)+39 防护砖	7.20E-08	4.40E+04	3.17E-03	

注: (1) 砼和混凝土防护砖密度为 2.35t/m^3 ;

- (2) 10MV X 射线有用束距靶 1m 的等中心处的最大剂量率为 360Sv/h;
- (3) 10MV X 射线 30° 方向散射系数为 3.18×10^{-3} ;
- (4) 表中防护门处仅考虑了机头的泄漏辐射。

根据直线加速器室墙外关注点的剂量估算结果可知, 机房外关注点(除防护门入口处)的最大辐射剂量率为 $0.23 \mu\text{Sv/h}$, 均满足本报告设定的剂量率控制水平 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 迷道口辐射水平的估算

按照 NCRP No.151 和 IAEA47 号报告, 10MVX 射线的加速器机房入口屏蔽主要考虑患者散射辐射以及来自 X 射线主射线束和泄漏辐射的散射辐射, 不需考虑中子及其相关的中子俘获 γ 射线。防护门附近贯穿 X 射线包括:

- a) 主束墙表面的二次散射 (H_S);
- b) 加速器机头泄漏辐射经屏蔽墙的一次散射 (H_{L_S});
- c) 散射辐射的二次散射 (H_{P_S});
- d) 穿过迷路内墙的泄漏辐射。

$$H_G = H_S + H_{L_S} + H_{P_S} + H_{L_T} \quad (11-8)$$

入口门散射平面图见 11-3。

(11-8) 式剂量计算的具体参数如下:

- ① 主束墙表面的二次散射 (H_S) 剂量率贡献

$$H_S = \frac{H_0}{d_h^2} \times \frac{\alpha_0 A_0 \alpha_z A_z}{d_r^2 \times d_z^2} \quad (11-9)$$

式中: H_0 —距靶 1m 处的辐射剂量率, 10MV 为 $360 \text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$;

α_0 —主束散射面 A_0 的散射系数, 取 3.1×10^{-3} (反射角取 60° , 系数取值由 NCRP REPORT 151 TableB.8c);

A_0 —等中心 1m 处最大照射野投影在西墙上的面积, 取 3.7m^2 ($193 \text{cm} \times 193 \text{cm}$);

α_z —主束经迷路表面 A_z 第二次反散射的反散射系数, 取 1.8×10^{-2} (反射角取 75° , 系数取值由 NCRP REPORT 151 TableB.8b, 能量为 0.5MeV);

A_z —主束散射面 A_0 的散射线经过迷路内口发散到迷路外墙内表面的散射面积, 7.0m^2 ($174 \text{cm} \times 400 \text{cm}$);

d_h —从靶点至散射面 A_0 的距离取 4.8m ;

d_r —主束散射面中心点经迷道内口至迷路散射面的距离, 6.8m ;

d_z —迷路散射面至防护门入口 G 点处的距离, 9.0m 。

$$H_s = (360 \times 10^6 \times 3.1 \times 10^{-3} \times 3.7 \times 18.0 \times 10^{-3} \times 7.0) / (4.8 \times 6.9 \times 9.0)^2 = 6.0 \mu\text{Sv/h}$$

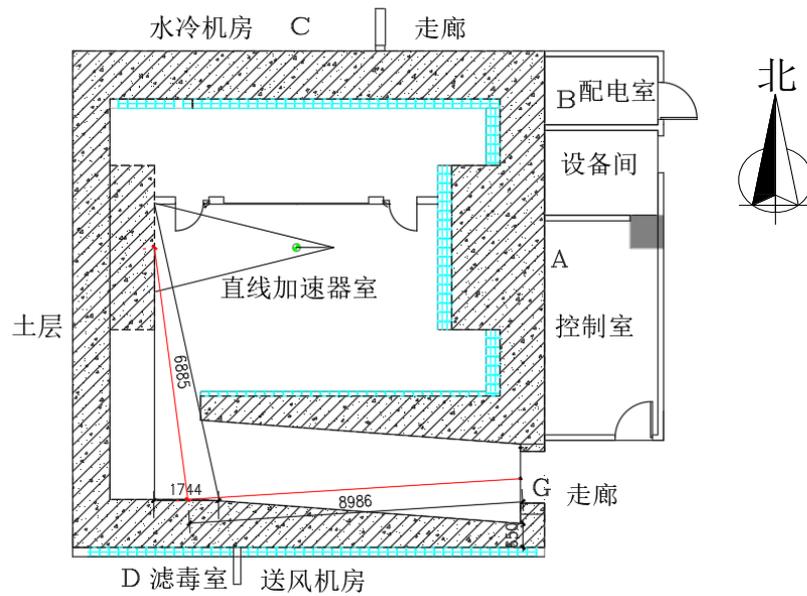


图11-3 主束散射路径图

② 加速器机头泄漏辐射经屏蔽墙的一次散射 (H_{LS}) 剂量率贡献

$$H_{LS} = \frac{L_f H_0 \alpha_{LS} A_1}{(d_{LS} d_{ZZ})^2} \quad (11-10)$$

式中: L_f —距靶 1m 处装置头泄漏辐射率, 取 0.1%;

H_0 —距靶 1m 处的辐射剂量率为 $360\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$;

α_{LS} —西墙对机头漏射辐射的反散射系数, 取 5.7×10^{-3} (入射角取 45° , 反射角取 30° , 系数取值查 NCRP REPORT 151 Table B.8b);

A_1 —从门入口处可见墙的面积, 取 11.0m^2 ($274\text{cm} \times 400\text{cm}$);

d_{LS} —靶至西墙迷路中心线的距离, 取 7.0m;

d_{ZZ} —从西墙与迷路中心线交点至入口 M 点的距离, 取 11.1m。

$$H_{LS} = (360 \times 10^6 \times 1.0 \times 10^{-3} \times 5.7 \times 10^{-3} \times 11.0) / (8.1 \times 11.1)^2 = 2.8 \mu\text{Sv/h}。$$

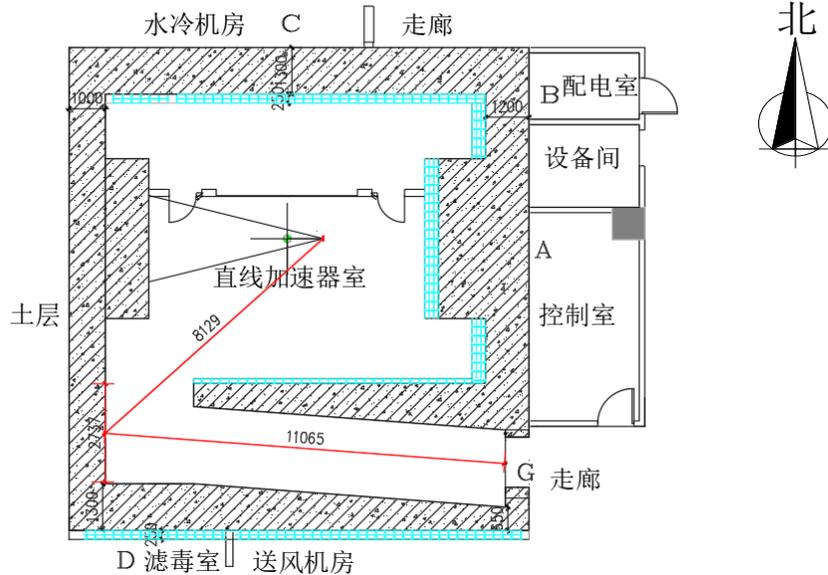


图 11-4 泄漏辐射散射路径图

③ 散射辐射的二次散射 (H_{PS}) 剂量率贡献

$$H_{PS} = \frac{\alpha(\theta)H_0\left(\frac{F}{400}\right)(\alpha_{PS}A_1)}{(d_{sca} \times d_{sec} \times d_{ZZ})^2} \quad (11-11)$$

式中： $\alpha(\theta)$ ——有用束的散射辐射以 $\theta=45^\circ$ 的散射角入射到西墙的散射因子 $\alpha(45^\circ)$ 为 1.35×10^{-3} (系数取值查 NCRP REPORT 151 TableB.4)；

H_0 ——距靶 1m 处的辐射剂量率为 $360\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

F ——被照射物体等中心 1m 处照射野面积，取 1600cm^2 ($40\text{cm} \times 40\text{cm}$)；

α_{PS} ——西墙对散射辐射的反散射系数 α_{PS} 为 22.5×10^{-3} (取值查 NCRP REPORT 151 TableB.8b，散射能量为 0.5MeV ，患者散射辐射的入射角为 45° ，反射角为 30°)；

A_1 ——从门入口处可见墙的面积，取 11.0m^2 ($274\text{cm} \times 400\text{cm}$)；

d_{sca} ——靶至被照射物体的距离，取 1m；

d_{sec} ——等中心点到西墙与迷路中心线交点的距离，取 7.3m；

d_{ZZ} ——从西墙与迷路中心线交点至入口 M 点的距离，取 11.1m。

$$H_{PS} = [360 \times 10^6 \times 1.35 \times 10^{-3} \times (1600/400) \times 22.5 \times 10^{-3} \times 11.0] / (1.0 \times 7.4 \times 11.1)^2 = 71.3 \mu\text{Sv/h}$$

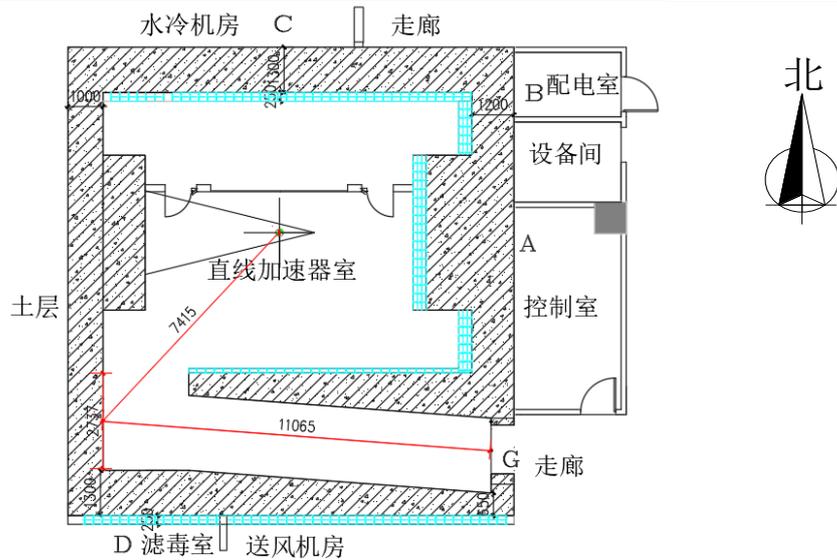


图 11-5 患者散射路径图

④ 穿过迷路内墙的泄漏辐射剂量率贡献

由表 11-8 的估算结果可知,机头泄漏射线穿迷道内墙和防护门的辐射贡献值为 $0.02\mu\text{Sv/h}$ 。

⑤ 防护门附近贯穿辐射分析

加速器运行时机房迷道入口处X射线辐射剂量率的估算结果汇总列于表 11-3中。防护门附近X射线主要来自患者散射线经迷道内口墙的二次散射辐射。

表11-3迷道入口辐射剂量率估算汇总分析表

序号	主要辐射来源	剂量率贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	主束墙表面的二次散射	6.0
2	加速器机头泄漏辐射经屏蔽墙的一次散射	2.8
3	散射辐射的二次散射	71.3
4	穿过迷路内墙和防护门 (15mm 铅) 的泄漏辐射	0.01 (防护门外)

NCRP No.151 报告给出,迷道入口来自有用束和机头泄漏射线的散射辐射,其能量较低,平均值约为 0.2MeV , $TVL_{0.2\text{MeV}, Pb}$ 为 5mm ,机房防护门为 15mmPb 。机房迷道入口附近泄漏和杂散 X 射线经过防护门屏蔽后,门外 30cm 处 X 射线辐射剂量率预计为: $(6.0+2.8+71.3) \times 10^{-(15/5)} + 0.02 = 0.10\mu\text{Sv/h}$ 。

综上所述,迷道口防护门外的辐射剂量率为 $0.10\mu\text{Sv/h}$,计算中未考虑散

射辐射斜穿屏蔽门时等效厚度的增加，实际运行时机房门外的剂量率要小于 0.10 μ Sv/h，满足 2.5 μ Sv/h 的剂量率控制水平要求。

11.2.4 工作人员与公众所受附加剂量

(1) 工作人员年附加剂量

根据上述剂量率估算结果，可进一步估算出各治疗室工作人员年附加有效剂量，详见表 11-4 所示。其中场所居留因子根据 GBZ201.1-2007 附录 A.1 取值。对于加速器除向下治疗照射外，其他方向治疗照射的使用因子 $U=0.25$ ；对于漏射辐射关注点，使用因子为 1。

表 11-4 工作人员年附加有效剂量估算结果

估算对象	位置编号	场所位置	T	U	年受照时间, h	剂量率 (μ Sv/h)	年有效剂量, μ Sv
直线加速器室工作人员	A	控制室	1	1/4	83.3	0.12	2.5
	C	水冷机房	1/40	1	416.7	0.15	1.6
	G	机房入口	1/4	1	416.7	0.10	10.4

根据放射治疗工作流程和设备运行产生电离辐射的情况分析，工作人员受到的辐射照射来自：机房外受到贯穿屏蔽墙或防护门的外照射。综上所述，工作人员年附加剂量最大为 10.4 μ Sv，低于本报告提出的剂量约束值 2mSv/a。

(2) 公众年附加剂量

治疗室周围停留的公众主要有院内非放射工作人员、患者陪护人员、来访者等。表 11-5 汇总了直线加速器室附近公众可能居留的场所及其年附加剂量。根据估算结果，公众年附加剂量不超过 3.1 μ Sv，低于本报告提出的剂量约束值 0.1mSv/a。根据剂量与距离平方成反比以及其它固有建筑物的屏蔽，50m 评价范围内的公众的年剂量远小于 3.1 μ Sv。

表 11-5 公众年附加有效剂量估算结果

位置编号	场所位置		T	U	年受照时间, h	剂量率 (μ Sv/h)	年有效剂量, μ Sv
B	配电间	散射辐射	1/40	1/4	83.3	0.02	0.01
		泄漏辐射	1/40	1	416.7	0.01	0.10
D	滤毒室		1/40	1	416.7	0.02	0.21

/	机房北侧走廊		1/20	1	416.7	0.15	3.1
G	机房入口		1/20	1	416.7	0.10	2.1
E	楼上闲置不用房间		1/40	1/4	83.3	0.23	0.1
F	楼上闲置 不用房间	散射辐射	1/40	1/4	83.3	0.04	0.02
		泄漏辐射	1/40	1	416.7	0.03	0.3
H	一层清洗间		1	1/4	83.3	0.05	1.0

11.2.6O₃和NO_x分析

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

IAEA188《电子直线加速器工作的辐射安全问题》和《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志 VoL14, 2, P101, 1994），给出了扩展射线束和点状γ放射源所致臭氧产额的估算方法，对于本项目加速器的有用束为扩展束，其泄漏辐射看为4π方向均匀分布的点源。

其中电子直线加速器具有提供X射线和电子线两种模式，X射线最高能量为10MV，电子线最高能量为15MeV。使用电子束模式时，X射线靶和均整器从电子射线束范围内移去，产生电子线的电子束流强度比打靶产生临床X射线所需的电子束流强度小2~3个数量级（《放射肿瘤物理学：教学手册》IAEA, 2005），故仅需考虑X射线所致O₃的产额。

（1）O₃的产额

加速器的有用束所致O₃的产额估算方法如下：

① 有用线束的O₃产额

$$P = 2.43 \dot{D}_o (1 - \cos \theta) RG \quad (11-12)$$

式中：P为O₃产额，mg/h；

\dot{D}_o 为辐射有用束在距源或靶1m处的输出量，Gy·m²/min；

R为靶到屏蔽物（墙）的距离，m；

G为空气吸收100eV辐射能量产生的O₃分子数（G=10）；

θ为有用束的半张角。

② 点源的 O₃ 产额

将加速器泄漏辐射视同 4π 方向均匀分布的点源（包括有用束区限定的空间区），并考虑机房壁的散射线使室内的 O₃ 产额增加 10%，O₃ 的产额 P (mg/h) 为：

$$P = 3.32 \times 10^{-3} \dot{D}_o GV^{1/3} \quad (11-13)$$

式中：V 为加速器室的体积，m³；其余符号同公式 (11-12)。

(2) O₃ 的浓度

设：O₃ 的有效分解时间为 t_d（常取为 0.83h），机房通风换气周期为平均每次换气需通风 t_V 小时（h）。

机房最高饱和 O₃ 浓度（mg/h）为：

$$Q = \frac{P}{V} \bar{T} \quad (11-14)$$

式中：V 为机房的体积，m³；

\bar{T} 为 O₃ 的有效清除时间（h）：

$$\bar{T} = \frac{t_V \cdot t_d}{t_V + t_d} \quad (11-15)$$

机房通风换气率应不小于 4 次/h，按 4 次/h 则 t_V=0.25h，t_d=0.83h，得出 \bar{T} =0.192h。

(3) 参数与结果

① O₃ 产额

直线加速器室相关参数与 O₃ 产额计算结果如表 11-6 所示。

表 11-6 直线加速器室相关参数与 O₃ 产额计算结果

场所名称	\dot{D}_o (Gy·m ² /min)	θ (°)	R (m)	V (m ³)	P (mg/h)	Q (mg/m ³)
直线加速器室	6	14	4.8	456	14.9	5.0E-02

根据上述估算结果，直线加速器室 O₃ 浓度为 5.0×10⁻²mg/m³，远低于浓度限值 0.3mg/m³，说明臭氧的影响是较轻微的。这样的 O₃ 排放浓度对周围公众的影响可忽略不计。

在多种氮氧化物（NO_x）中，以 NO₂ 为主，其产额约为 O₃ 的一半，工作场所中的限值为 O₃ 浓度的 16.7 倍，GB3095-2012 中规定的外部环境中 NO₂ 的

浓度限值与 O₃ 相近。可见，NO_x 是安全的。

11.3 事故影响分析

11.3.1 加速器事故影响分析

(1) 人员误入加速器室并发生误照事故

加速器可能发生的最严重的放射性事故是门机联锁失效，人员误入加速器室而受到意外照射。事故情景假设：加速器在以 10MV 治疗患者过程中，人员误入机房后到达迷道内口处，发现有病人正在治疗，急速返回。保守假设在迷道内口处停留时间 10s，据此估算误入人员的最大受照剂量。

迷道口的剂量贡献为有用束和机头泄漏射线的散射辐射等，根据表 11-3 数值，可推算出迷道口处（防护门内）的剂量率，见表 11-7 所示。

表 11-7 加速器 10MV 运行时迷道口内剂量率水平（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

编号	剂量来源	迷道口内
1	主束墙表面的二次散射	6.0
2	泄漏辐射经屏蔽墙的一次散射	2.8
3	散射辐射的二次散射	71.3
4	穿过迷路内墙的泄漏辐射	0.01
合计		80

保守假设在迷道口内停留 10s，最大受照剂量约为 0.2 μSv ，对误入人员健康不会造成影响。

该装置设有门机安全联锁系统，以及在治疗室和迷道内设置有闭路监视系统，可有效防止该事故发生。此外，加速器放疗工作人员须佩戴个人剂量报警仪进入治疗室。一旦出现误入情况，报警仪会提醒工作人员，立即撤出。

(2) 其它异常运行事件和防范措施

①出束不能停止时：按下专用键盘“停束”键，如继续出束，则按下控制台“急停”开关。在维修人员确保机器能够正常运行之前，操作人员不得试图再次开机。

②停电故障：工作人员采用手动方式打开防护门，迅速将病人从治疗床上移出，UPS 系统给电脑自动供电，记录正在治疗病人已经接受的累积治疗剂量。

③事故性出束：工作人员在治疗室内为患者摆位或开展其它准备工作，控

制台处操作人员误开机出束。医护人员进入治疗室，要保持防护门开启，由于有门机连锁系统，加速器无法启动。为防止陪护人员或其他人员误留在加速器机房内受到误照射，要求加速器在每次出束前，工作人员必须进机房进行检查，确认无误后，方可出束。

④维修期间的事故：加速器维修工程师在检修期间误开机出束。在维修加速器时，按下急停开关，或保持防护门开启，这种情况下，加速器无法启动。此外，维修人员携带有个人剂量报警仪，一旦有紧急情况，马上按下墙上的急停按钮，并迅速撤离现场。

⑤工作人员误入：加速器放疗工作人员须佩戴个人剂量报警仪进入治疗室。一旦出现误入情况，报警仪会提醒工作人员，立即撤出。

11.5 项目环保验收内容建议

根据项目建设和运行情况，评价单位建议本项目竣工环境保护验收的内容见表11-8。

表11-8 项目环保验收内容建议表

验收内容	验收要求
剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和环评报告预测，公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 2mSv/a。
剂量当量率	直线加速器室外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。
电离辐射标志和中文警示	机房防护门口设置放射性警告标志和中文警示说明，设置工作状态指示灯。
布局和屏蔽设计	辐射工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。屏蔽墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。
辐射安全设施	设备由密码或者钥匙启动；直线加速器室辐射安全与防护措施有分区管理、实体屏蔽、放射性警告标识和中文警示说明、工作状态指示灯、急停按钮、门机安全连锁系统、辐射剂量监测和报警系统等，可有效防止职业和公众受到意外照射。
监测仪器	配置 1 台固定式剂量率仪，配置 2 台个人剂量报警仪和 1 台便携式 X- γ 剂量率仪。每位辐射工作人员配备个人剂量计 1 套。
规章制度	已经制定有各项安全管理制度、操作规程、工作人员考核计划等。辐射安全管理制度和操作规程得到宣贯和落实。
人员培训	辐射工作人员在生态环境部培训平台报名参加并通过辐射安全和防护考核。

应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了应急处理组织机构及职责、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案等。配备必要的应急器材、设备。针对使用放射性同位素过程可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备。进行过辐射事故（件）应急演练。
------	--

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 辐射安全管理小组

医院已经设置了辐射安全防护管理小组作为专门管理机构，并指定了专人负责辐射安全与环境保护管理工作。人员构成具体情况见表 1-4 所示。辐射安全防护管理小组的职责：

1. 严格执行《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等辐射安全防护和环境保护方面的法律、法规、标准。对医院的辐射安全工作实行统一管理，并接受生态环境行政主管部门的监管。

2. 依法办理环境影响审批、验收、辐射安全许可证等环境保护相关手续。严格按照辐射安全许可证规定许可种类、范围和许可条件从事辐射工作。

3. 按照相关法规要求，建立辐射安全和防护工作管理体系，落实安全责任，单位法人对本单位辐射工作的安全和防护负总责，并依法对造成的放射性危害承担责任。

4. 建立、健全辐射安全管理制度，制定辐射防护和安全保卫管理制度、辐射防护措施、操作规程、台帐管理制度、放射诊疗设备检修和质量保证制度、放射诊疗场所辐射防护监测制度、培训制度、个人剂量监测和健康监护管理制度、辐射事故（件）应急预案，并做好落实工作。辐射工作场所和个人剂量监测结果、职业健康检查结果履行告知义务。

5. 定期开展辐射应急培训，组织应急演练，有效应对辐射事故（件）。

6. 编制年度辐射安全评估报告，并按时上报。

7. 根据有关规定、主管部门的要求和经验反馈及时修订本单位的规章制度及应急预案。

12.1.2 辐射工作人员

肿瘤科直线加速器室拟置的 13 名辐射工作人员上岗前将在生态环境部培训平台报名参加并通过辐射安全和防护考核，经过考核合格后持证上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

平谷区医院依照《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》，结合医院实际情况，已制定一套相对完善的管理制度、操作规程和应急预案。

本项目实施后，医院将结合加速器项目的开展组织相关人员完善相关制度，如操作规程、监测方案、辐射突发环境事件应急预案等，确保全部辐射工作有章可循。同时，组织科室人员进行学习，确保依照规定安全使用射线装置。

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

平谷区医院制订了有关辐射工作人员个人剂量监测的管理要求，并将辐射工作人员个人剂量监测工作作为全院辐射监测计划体系的管理目标之一，要求全院辐射工作人员接受个人剂量监测，并建立相应的个人剂量监测档案。

全院现有的辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托北京市疾病预防控制中心承担，监测频度为每3个月检测一次。医院严格要求辐射工作人员按照规范佩戴个人剂量计，规定在个人剂量计佩戴时间届满一个监测周期时，由专人负责收集剂量计送检更换，确定好送检剂量计的时间为每年2、5、8、11月的前三个工作日，医院严格按照国家法规和相关标准进行个人剂量监测和相关的防护管理工作。

本项目投入使用后，所涉及辐射工作人员将进行个人剂量监测。

12.3.2 工作场所监测

平谷区医院已建立辐射环境自行监测记录档案，并妥善保存，接受生态环境行政主管部门的监督检查。监测记录记载监测数据、测量条件、测量方法和仪器、测量时间和测量人员等信息，辐射工作单位的辐射环境自行监测记录，随本单位辐射安全和防护年度评估报告一并提交北京市生态环境局。医院对于已配备的和今后拟配置的防护监测设备，将定期送计量检定部门进行检定，保证仪器可靠的功能状态。

平谷区医院已制定本项目工作场所监测方案，监测方案内容含有工作场所辐射水平监测和环境辐射水平监测，实施部门为肿瘤科直线加速器室，监测项目为X/γ射线外照射剂量率，点位及频次设置见表12-1，监测点位见图12-1。

表 12-1 病房楼直线加速器室监测计划

场所	测点编号	位置描述	检测频次
加速器室	1	控制室	1次/年
	2	设备间	1次/年
	3	配电室	1次/年
	4	走廊	1次/年
	5	水冷机房	1次/年
	6	机房入口门	1次/年
	7	送风机房	1次/年
	8	滤毒室	1次/年
	9~10	机房顶闲置房间	1次/年
	11	机房上方地下一层走廊	1次/年
	12	机房上方一层清洗间	1次/年



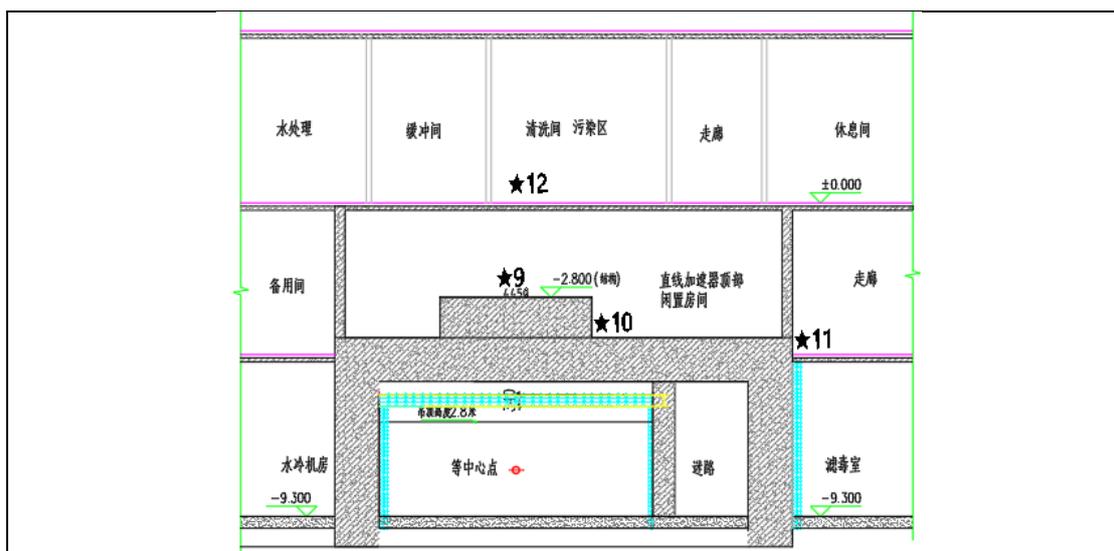


图 12-1 监测点位图

12.4 辐射事故应急管理

平谷区医院制定了《平谷区医院辐射事故（件）应急预案》，依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在应急预案中进一步明确规定处理的组织机构及其职责分工、事故分级、应急措施、报告程序、联系方式等内容，能够满足医院实际辐射工作的需要。

本项目实施后，平谷区医院将严格依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，在原有辐射应急预案的基础上，补充与本项目相关的职责分工、事故分级、应急措施、报告程序、联系方式等内容。

发生辐射事故时，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报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。医院将每年至少组织一次应急演练。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

平谷区医院持有北京市生态环境局颁发的辐射安全许可证（京环辐证[M0011]），其种类和范围为：使用 II 类、III 类射线装置。

为促进医院放射治疗的发展，满足平谷区肿瘤患者的就医需求，医院现拟在病房楼地下二层加速器室新增一台医用电子直线加速器。

13.1.2 正当性分析

本项目的目的是为了放射治疗工作需要，提高医疗服务水平，满足患者就医需要，具有良好的社会效益和经济效益，其获得的利益远大于辐射效应可能造成的损害，符合辐射实践正当性原则的要求。

13.1.3 辐射屏蔽能力分析

医院在设置辐射工作场所时已充分考虑了设备性能和运行特点、周围工作场所的防护与安全，对辐射工作场所选址和布局设计进行了综合考虑，辐射工作场所屏蔽设计符合辐射工作场所使用和辐射防护安全的要求。

13.1.4 辐射安全与防护措施

加速器机房辐射安全与防护措施有分区管理、实体屏蔽、放射性警告标识和中文警示说明、工作状态指示灯、急停按钮、门机安全联锁系统、辐射剂量监测和报警系统等，可有效防止职业人员和公众受到意外照射。

13.1.5 辐射环境影响评价

本项目直线加速器室周围 30cm 处的附加剂量率水平均低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，设备运行后，预计工作人员和公众的年受照剂量均低于相应剂量约束限值（ 2mSv/a 、 0.1mSv/a ），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。

13.1.6 放射性“三废”排放

本项目为 10MVX 射线能量的加速器，不需考虑中子辐射影响及其产生的感生放射性问题。可能产生的加速器废靶经有资质单位检测，如低于清洁解控水平，按普通物品处理，反之，按放射性废物送交北京市城市放射性废物暂存库，对环境影响十分轻微。

13.1.7 辐射安全防护管理

医院设有辐射安全与环境保护管理机构，负责全院的辐射安全管理和监督工作。医院将根据本次所申请项目种类制定健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员考核计划、健康体检制度、辐射事故应急预案和设备检修维护制度等，以满足辐射安全管理的要求。

与原环保部《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》提出的具体要求进行对照评估，环评报告中描述的辐射安全和防护措施如果得到落实，能够满足运行的要求。

13.1.8 结论

综上所述，北京市平谷区院新增医用电子直线加速器项目，相应的辐射安全制度和辐射防护措施基本可行，在落实项目实施方案和本报告表提出的污染防治措施及建议前提下，其运行对周围环境产生的辐射影响，符合环境保护的要求。故从辐射环境保护角度考虑，该建设项目是可行的。

13.2 承诺

为了保护环境，保障人员健康，北京市平谷区医院承诺：

(1) 在项目运行过程中，绝不容许弄虚作假、绝不容许违规操作等违反相关环保法律法规要求的行为。

(2) 不断加强全院的辐射安全(包括射线装置和同位素)管理工作,进一步完善辐射安全管理规章制度，落实辐射安全管理责任。

(3) 严格按照辐射监测方案定期对辐射工作场所和参与辐射工作的工作人员进行监测，并将监测记录保存留档。

(4) 加强辐射工作人员管理，对新增和需再考核的辐射工作人员进行生态环境部培训平台报名参加并通过辐射安全和防护考核，考核合格后，持证上岗。

(5) 及时办理辐射安全许可证变更手续。项目竣工后，及时自行组织开展竣工环境保护验收。运行期间接受生态环境管理部门的监督检查。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：	公章
经办人年月日	
审批意见：	公章
经办人年月日	