2025-TKFSHP-006

核技术利用建设项目

徐州市中心医院新增 2 台医用直线加速器项目环境影响报告表

（公示稿）

徐州市中心医院

2025 年 4 月

生态环境部监制

编制主持人职业资格证书



江苏省社会保险权益记录单

（参保单位）

请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称： 南京泰坤环境检测有限公司　　**现参保地：** 江北新区

统一社会信用代码： 91320111589445415Q　　**查询时间：** 202501-202503

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			

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	徐钦华	37048 44276	202501 - 202503	3
2	张智	34242 04016	202501 - 202503	3

说明：
1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），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）。

江苏省社会保险 电子专用章

打印时间：2025年3月17日

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 ..... - 15 -
表 9 项目工程分析与源项 ..... - 19 -
表 10 辐射安全与防护 ..... - 26 -
表 11 环境影响分析 ..... - 35 -
表 12 辐射安全管理 ..... - 56 -
表 13 结论与建议 ..... - 60 -
表 14 审批 ..... - 65 -

附图：

1.徐州市中心医院新增 2 台医用直线加速器项目地理位置示意图（附图 1）；
2.徐州市中心医院新城院区平面布置和本项目周围环境示意图（附图 2）；
3.本项目所在楼层（门诊楼负 1 层）平面布置示意图（附图 3）；
4.本项目楼上（门诊楼 1 层）平面布置示意图（附图 4）；
5.本项目楼下（门诊楼负 2 层）平面布置示意图（附图 5）；
6.本项目加速器机房通风管道布置示意图（附图 6）；
7.本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系示意图（附图 7）。

附件：

1. 环评委托书（附件 1）；
2. 射线装置使用情况承诺书（附件 2）；
3. 屏蔽设计情况承诺书（附件 3）；
4. 辐射安全许可证（附件 4）；
5. 医院现有辐射安全管理机构和制度（附件 5）；
6. 本次环评项目辐射环境本底检测报告及检测单位资质（附件 6）；
7. 新城院区建设项目及现有核技术利用项目环评手续（附件 7）。

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="8">徐州市中心医院新增 2 台医用直线加速器项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="8">徐州市中心医院
（统一社会信用代码：12320300466504550Y）</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td colspan="2">王培安</td><td>联系人</td><td>魏勇</td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="8">江苏省徐州市泉山区解放南路 199 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="8">江苏省徐州市云龙区太行路 29 号
徐州市中心医院门诊楼负 1 层</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>5500</td><td colspan="2">项目环保投资（万元）</td><td>325</td><td colspan="2">投资比例（环保投资/总投资）</td><td>5.9%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☐新建 ☐改建 ☑ 扩建 ☐其他</td><td colspan="2">占地面积（m^2）</td><td>360</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="7">☐I类 ☐II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="7">☐I类（医疗使用） ☐II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="7">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="7">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="7">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="7">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="7">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="7">☑II类 ☑III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="8">/</td></tr>
</table>

项目概述：

一、建设单位情况、项目建设规模、目的和任务的由来

1、建设单位基本情况

徐州市中心医院（以下简称“医院”）始建于 1953 年，是一家综合性三级甲等医院。医院共有徐州市中心医院本部及新城院区两个院区。医院本部位于江苏省徐州市泉山区解放南路 199 号，新城院区位于江苏省徐州市云龙区太行路 29 号，本项目位于新城院区。新城院区于 2010 年 2 月 21 日取得了徐州市环境保护局《关于对徐州

市中心医院新城区分院建设项目环境影响报告书的批复》(徐环项书[2010]006 号)。徐州市中心医院新城于 2015 年 12 月完成一期工程建设并投入使用。

2、项目建设规模

徐州市中心医院拟在新城院区门诊楼负 1 层西南部预留的 2 座医用直线加速器机房（自南向北分别为 1#、 2#加速器机房）中各配备 1 台医用直线加速器（型号均为 Infinity，X 射线能量均为：6、10MV），在预留的模拟 CT 机房内配备 1 台模拟定位 CT（型号为 SOMATOM go Sim，最大管电压：140kV，最大管电流：625mA），用于开展放射治疗。

本项目射线装置技术参数及主要情况见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置技术参数及主要情况一览表

射线装置名称	型号	设备主要参数	射线装置类别	工作场所名称	活动种类
医用直线加速器	Infinity	X 射线能量：6、10MV 电子线能量：4、6、8、10、12、15MeV 剂量率：10MV 时 600cGy·m^2/min 6MV 时 600cGy·m^2/min，6MV FFF 模式 1400cGy·m^2/min 电子束：600 cGy·m^2/min	II	1#加速器机房	使用
医用直线加速器	Infinity	X 射线能量：6、10MV 电子线能量：4、6、8、10、12、15MeV 剂量率：10MV 时 600cGy·m^2/min 6MV 时 600cGy·m^2/min，6MV FFF 模式 1400cGy·m^2/min 电子束：600 cGy·m^2/min	II	2#加速器机房	使用
模拟定位 CT	SOMATOM go Sim	最大管电压：140kV 最大管电流：625mA	III	模拟 CT 机房	使用

医院拟为本项目新配 17 名辐射工作人员，其中加速器项目 16 人，包括 6 名放疗医师，6 名放疗技师，2 名医学影像学专业技术人员，2 名物理师；模拟定位 CT 项目 1 名医学影像医师， 放射技师为放疗技师兼任。

3、目的和任务的由来

医院拟使用本项目医用直线加速器对患者进行放射治疗，放射治疗过程可能对周围人员和环境造成一定影响，为保护环境和公众，减少或避免辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，该项目需进行环境影响评价工作。徐州市中心医院委托南京泰坤环境检测有限公司对医院新建 2 台医用直线加速器项目进行环境影响评价工作。

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目医用直线加速器属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用II类射线装置”的项目，确定为编制环境影响报告表。南京泰坤环境检测有限公司通过现场踏勘和监测、资料调研及项目工程分析等工作，编制了该项目的环境影响报告表。

二、项目场址选址及周边保护目标

1、项目场址选址

徐州市中心医院新城院区位于江苏省徐州市云龙区太行路 29 号，医院东侧为拟建徐州市中心医院康复医院新院，南侧为太行路，西侧为特来电汽车充电站、市机关加油站及 G104 国道，北侧为峨眉路。本项目地理位置示意见附图 1，医院平面布置见附图 2。

门诊楼东侧、南侧及西侧均为院内道路及停车场，北侧为住院部。预留的加速器机房位于门诊楼负 1 层西南部。

本项目加速器机房周围环境情况见表 1-2。本项目机房所在楼层及楼上、楼下所在楼层平面布置及周围环境示意图见附图 3~附图 5。

表 1-2 本项目周围情况一览表

机房名称	机房东侧	机房南侧	机房西侧	机房北侧	机房上方	机房下方
1#加速器机房	控制室、水冷机房	土层	土层	2#加速器机房	停车场	土层
2#加速器机房	控制室、水冷机房	1#加速器机房	土层	3#加速器机房	停车场	土层
模拟 CT 机房	室内过道	室内过道	室内过道	模拟定位 CT 控制室	心电室、注射室、大厅	地下停车场

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），本项目机房评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目机房评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条（一）中的 “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。本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图见附图 7。

2、项目周边保护目标

本项目西侧为特来电汽车充电站区域（距本项目最近距离约 40m），其余各方向

50m 范围内为医院内部，无学校、居民区等环境敏感目标（详见附图 2）；本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，不涉及 HJ 19-2022 中 3.4 定义的“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。运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患及周围公众等。

三、实践正当性分析

本项目的投入使用能更好地满足患者的就诊需求，并可提高当地医疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，在做好辐射防护措施和管理的基础上，其所带来的效益远大于可能对环境造成的影响，因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”原则。

四、原有核技术利用项目许可情况

医院已取得辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证[00249]，种类和范围为“使用III类、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、丙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至 2027 年 11 月 06 日。

新城院区现有 4 台II类射线装置（DSA）和 11 台III类射线装置，均已履行环保手续，DSA 项目环评批复见附件 7。医院现有辐射安全许可证正、副本见附件 4。

新城院区已成立放射防护委员会并明确了职责，制定了辐射工作管理制度，包括操作规程、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、监测方案事故应急预案等，制度具有可行性并得到落实；现有辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训和考核，成绩合格，并在有效期内，已建立个人剂量监测档案及职业健康监护档案。

表 2 放射源

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

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素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	额定电流/剂量率	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II类	1	Infinity	电子	X 射线能量：6MV、10MV 电子线能量：15MeV	剂量率： 10MV 时 600cGy·m^2/min 6MV 时 600cGy·m^2/min 6MV FFF 模式 1400cGy·m^2/min 电子束：600 cGy·m^2/min	放射治疗	1#加速器机房	/
2	医用直线加速器	II类	1						2#加速器机房	/

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	模拟定位 CT	III类	1	SOMATOM go Sim	140	625	模拟定位	模拟 CT 机房	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧常温下约 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法规文件	1.《中华人民共和国环境保护法》（修订版），中华人民共和国主席令第9号，2015年1月1日起实施； 2.《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），中华人民共和国主席令第24号，2018年12月29日发布施行； 3.《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施； 4.《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号，2005年12月1日起施行；2019年修订，国务院令709号，2019年3月2日施行； 5.《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行； 6.《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； 7.《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； 8.《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第18号，2011年5月1日起施行； 9.《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施； 10.《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； 11.《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》，国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日起施行； 12.《关于进一步做好建设项目环境影响评价报告书（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； 13.《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部第 57 号公告，2020 年 1 月 1 日起施行； 14.《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 11 月 1 日起施

	行； 15.《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令 第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行； 16.《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； 17.《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； 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； 19.《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日； 20.《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。
技术标准	1.《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 2.《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； 3.《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； 4.《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 5.《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）； 6.《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）； 7.《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； 8.《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）； 9.《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； 10.《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； 11.《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。
其他	**附图：** 1.徐州市中心医院新增 2 台医用直线加速器项目地理位置示意图（附图

	1）； 2.徐州市中心医院新城院区平面布置和本项目周围环境示意图（附图 2）； 3.本项目所在楼层（门诊楼负 1 层）平面布置示意图（附图 3）； 4.本项目楼上（门诊楼 1 层）平面布置示意图（附图 4）； 5.本项目楼下（门诊楼负 2 层）平面布置示意图（附图 5）； 6.本项目加速器机房通风管道布置示意图（附图 6）； 7.本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系示意图（附图 7）。 **附件：** 1.环评委托书（附件 1）； 2.射线装置使用情况承诺书（附件 2）； 3.屏蔽设计情况承诺书（附件 3）； 4.辐射安全许可证（附件 4）； 5.医院现有辐射安全管理机构和制度（附件 5）； 6.本次环评项目辐射环境本底检测报告及检测单位资质（附件 6）； 7.新城院区建设项目及现有核技术利用项目环评手续（附件 7）。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）“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”的要求，结合本项目的特点，本项目确定以本项目机房的屏蔽墙为边界周围 50m 范围内的区域作为评价范围，详见附图 2。

保护目标

本项目西侧为特来电汽车充电站区域（距本项目最近距离约 40m），其余各方向 50m 范围内为医院内部，无学校、居民区等环境敏感目标（详见附图 2）；本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，不涉及 HJ 19-2022 中 3.4 定义的“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。运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患及周围公众等。本项目保护目标详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

序号	保护目标名称	方位及最近距离	性质	规模	剂量约束值（mSv/a）
1	1-2#加速器控制室、水冷机房等工作人员	东，紧邻	辐射工作人员	16 名	5
2	模拟 CT 机房控制室	北，紧邻	辐射工作人员	1 名	
3	室内通道流动人员	东，4m	公众	流动人员	0.1
4	模拟定位室、模拟 CT、热疗室等及其辅房、冲洗室其他工作人员、病患和公众	东，12m	公众	约 15 人	
5	冲洗室工作人员	东，12m	公众	约 2 人	
6	楼梯间流动人员	东，20m	公众	流动人员	
7	空调机房、维修室及设备室等工作人员	东，28m	公众	约 2 人	
8	库房、诊室其他工作人员	东，46m	公众	约 3 人	
9	配电间、阅片区、更衣室等其他工作人员及病患等	东，49m	公众	约 5 人	
10	临时观察室其他工作人员、病患及公众	东，49m	公众	约 5 人	
11	预留后装机房、回旋加速器室等其他工作人员	东南，8m	公众	约 15 人	
12	预留 3#加速器机房	北，紧邻	公众	约 5 人	

13	诊室、更衣室等其他工作人员	东北，18m	公众	约 8 人	
14	办公区其他工作人员	东北，25m	公众	约 10 人	
15	设备区其他工作人员	东北，35m	公众	约 10 人	
16	楼上停车场流动人员	上方，2m	公众	流动人员	

评价标准

1、剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目辐射工作人员及公众的年照射剂量限值，见表 7-2。

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对 象	剂量限值
职业照射剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，lmSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2、剂量约束值

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），制定本项目剂量约束值：

职业人员年有效剂量约束值不超过 5mSv，公众年有效剂量约束值不超过 0.1mSv；

3、辐射剂量率控制水平

（1）医用直线加速器

1）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

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 30 cm 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 30 cm 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$\dot{H}_c$：

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：$\dot{H}_c$≤100μSv/周；

机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤5 μSv/周。

2）按照关注点居留因子的不同，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：$\dot{H}_{c,max}$≤2.5 μSv/h；

人员居留因子 T≤12 的场所：$\dot{H}_{c,max}$≤10 μSv/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 250 μ Sv 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 30 cm 处的剂量率参考控制水平可按 100 μSv/h 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

2）其他评价标准

①《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）

②《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）

③《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）

④《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020），通过计算、比较确定辐射工作人员及公众关注点的剂量率参考控制水平（$\dot{H}_c$）。计算比较结果见表 7-3，点位示意图见图 11-1、图 11-2。

表 7-3 机房外关注点的周围剂量当量率参考控制水平核算值

机房名称	放射治疗机房外人员类别	参考点	居留因子 T	使用因子 U	周剂量参考控制水平（μSv/周）	周工作时间 t（h）	剂量率参考控制水平（μSv/h）		
							$\dot{H}_{c,d}$	$\dot{H}_{c,\ max}$	$\dot{H}_c$
1#加速器机房	控制区的工作人员	东墙外 e 点（控制室）	1	1	100	12.5	8	2.5	2.5
		东墙外 k_1 点（水冷机房）	1/16	1	100	12.5	128	10	10
		北墙外 a_1 点（2#加速器机房）	1/2	1/4	100	12.5	64	10	10
		北墙外 $c_{1\text{-}1}$、$c_{1\text{-}2}$ 点（2#加速器机房）	1/2	1	100	12.5	16	10	10
	非控制区的人员	防护门外 g_1 点	1/8	1	5	12.5	3.2	10	3.2
		楼上 l_1（停车场）	1/40	1/4	5	12.5	64	10	10
2#加速器机房	控制区的工作人员	东墙外 f 点（控制室）	1	1	100	12.5	8	2.5	2.5
		东墙外 k_2 点（水冷机房）	1/16	1	100	12.5	128	10	10
		南墙外 a_2 点（1#加速器机房）	1/2	1/4	100	12.5	64	10	10
		南墙外 $c_{2\text{-}1}$、$c_{2\text{-}2}$ 点（1#加速器机房）	1/2	1	100	12.5	16	10	10
		北墙外 b_2 点（3#加速器机房）	1/2	1/4	100	12.5	64	10	10
		北墙外 $d_{2\text{-}1}$、$d_{2\text{-}2}$ 点（3#加速器机房）	1/2	1	100	12.5	16	10	10
	非控制区的人员	防护门外 g_2 点	1/8	1	5	12.5	3.2	10	3.2
		楼上 l_2（停车场）	1/40	1/4	5	12.5	64	10	10

（2） 模拟定位 CT

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩

建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7-4 的规定。

表 7-4 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

机房类型	机房内最小有效使用面积 m2	机房内最小单边长度 m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 7-5 的规定。

表 7-5 C 形臂 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

b）CT 机机房外的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。

4、辐射环境质量现状检测评价参考值

《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。

表 7-6 江苏省环境天然γ辐射剂量率（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
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：1.测量值已扣除宇宙射线响应值；

2. 现状评价时, 取测值范围为其评价参考范围，即原野天然γ辐射水平参考范围取（33.1-72.6）nGy/h，道路天然γ辐射水平参考范围取（18.1-102.3）nGy/h，室内天然γ辐射水平参考范围取（50.7-129.4）nGy/h。

5、参考材料

（1）《辐射防护导论》（方杰主编）

（2）《辐射防护手册》（李德平、潘自强主编）

（3）《医用电子直线加速器感生放射性的测量和分析》（贾斌等，中国辐射卫生，2021 年 10 月第 30 卷第 5 期）

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理位置和场所位置

徐州市中心医院新城院区位于江苏省徐州市云龙区太行路 29 号，医院东侧为拟建徐州市中心医院康复医院新院，南侧为太行路，西侧为特来电汽车充电站、市机关加油站及 G104 国道，北侧为峨眉路。

门诊楼东侧、南侧及西侧均为院内道路及停车场，北侧为住院部。预留的加速器机房位于门诊楼负 1 层西南部。本项目周围环境情况见表 1-2。

本项目西侧为特来电汽车充电站区域（距本项目最近距离约 40m），其余各方向 50m 范围内为医院内部，无学校、居民区等环境敏感目标（详见附图 2）；本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，不涉及 HJ 19-2022 中 3.4 定义的“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。运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患及周围公众等。本项目周边环境见图 8-1~图 8-6。



图 8-1 本项目东侧



图 8-2 本项目东侧



图 8-3 本项目北侧



图 8-4 本项目楼上

	
图 8-5 1#加速器拟建址现状	图 8-6 2#加速器拟建址现状

二、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

环境现状评价的对象：本项目拟建址周围辐射环境

监测因子：γ辐射空气吸收剂量率。

监测点位：在本项目拟建址周围进行布点。

三、监测方案、质量保证措施及监测结果

1、监测方案

监测单位：南京泰坤环境检测有限公司

检测仪器：

监测仪器	X-γ辐射监测仪
型号	FH40G-L10+FHZ672E-10 型
设备编号	NJTK/YQ041
能量响应范围	40keV~4.4MeV
测量范围	1nSv/h~100μSv/h
检定有效期	2024.8.28~2025.8.27
检定证书编号	Y2024-0089043
检定单位	江苏省计量科学研究院

监测时间： 2024 年 11 月 22 日

监测布点：根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

监测方法：根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关方法和要求，在环境现场调查时，于本项目拟建址周围进行辐射现状的测量，监测结果见表 8-1，监测点位示意图见图 8-7。

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）5.5 中公式（1）对数据进行处理。其中，测量仪器无检验源，检验源效率因子取 1；测量仪器校准参考源为 ^{137}Cs，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数取 1.20Sv/Gy；各监测点所在建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子按楼房 0.8、道路 1.0 进行取值。

2、质量保证措施

本项目监测按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的要求，实施全过程质量控制。监测单位（南京泰坤环境检测有限公司）具有相应检测资质（见附件 6），监测人员均经过培训和能力确认，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过核查，监测报告实行三级审核。

3、监测结果

本项目环境现状监测结果见表 8-1，检测点位见图 8-7，监测报告见附件 6。

表 8-1 徐州市中心医院新增 2 台医用直线加速器项目拟建址周围 X-γ 辐射剂量率

编号	检测点位	检测结果（nGy/h）	
		报告值	标准差
1	1#加速器机房东侧控制室（室内）（楼房）	74.5	1.4
2	1#加速器机房（室内）（楼房）	71.4	2.6
3	2#加速器机房东侧控制室（室内）（楼房）	78.5	1.9
4	2#加速器机房北侧机房（室内）（楼房）	72.3	2.8
5	2#加速器机房（室内）（楼房）	72.6	1.4
6	加速器机房楼上停车场（室外）（道路）	78.0	2.6

注：测量结果已依据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）扣除宇宙射线响应值；仪器宇宙射线响应值为 7.56nGy/h。

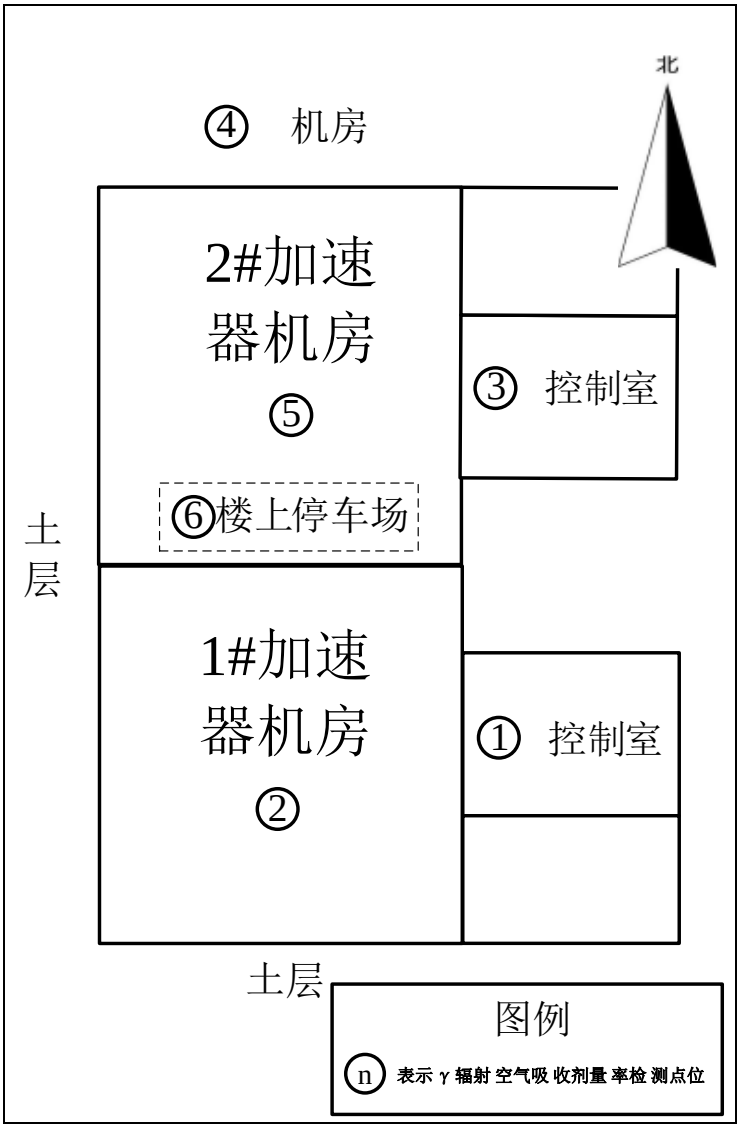


图 8-7 新增 2 台医用直线加速器项目拟建址周围环境辐射监测点位示意图

4、环境现状调查结果评价

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

由表 8-1 监测结果可知，徐州市中心医院新增 2 台医用直线加速器项目室内检测点位 γ 辐射空气吸收剂量率为（71.4~78.5）nGy/h，均位于江苏省室内环境天然γ辐射水平评价参考范围内；道路检测点位γ辐射空气吸收剂量率为 78.0 nGy/h，位于江苏省道路环境天然γ辐射水平评价参考范围内；测量结果均已扣除宇宙射线响应值，属江苏省天然γ辐射正常水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、设备组成及工作方式

1、医用直线加速器

医用直线加速器至少要包括，一个加速场所（加速管），一个大功率微波源和波导系统，控制系统，射线均整和防护系统。医用直线加速器按照微波传输的特点分为行波和驻波两类，其基本结构和系统包括电子枪、微波功率源（磁控管或者速调管）、波导管（隔离器、RF（射频微波源）监测器、移相器、RF 吸收负载、RF 窗等）、DC 直流电源（射频发生器、脉冲调制器、电子枪发射延时电路等）、真空系统（真空泵）、伺服系统（聚焦线圈、对中线圈）、偏转系统（偏转室、偏转磁铁）、剂量监测系统、均整系统、射野形成系统等，分别安装于治疗头、固定机架、旋转机架、治疗床、控制台等处。医用直线加速器系统结构示意图见图 9-1。

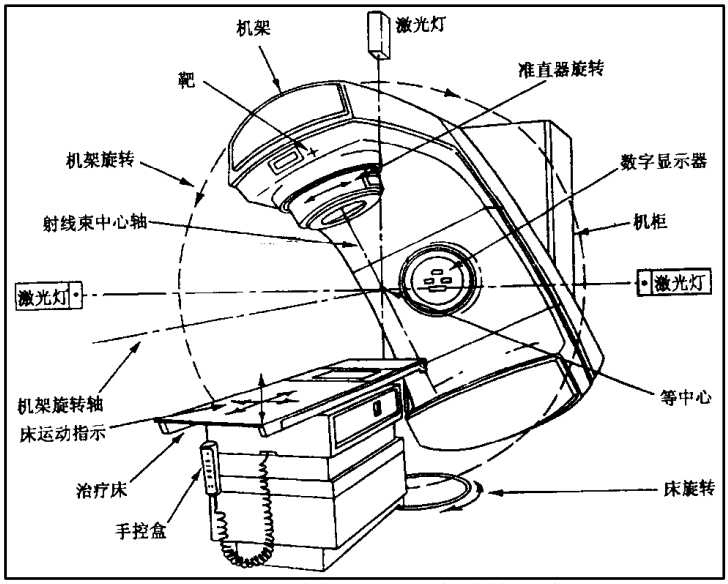


图 9-1 医用直线加速器基本结构示意图

根据医院提供的资料，本项目医用直线加速器主要技术参数见表 9-1，Infinity 型医用直线加速器外观见图 9-2。

表 9-1 本项目直线加速器技术参数一览表

参数名称	参数值
型号	Infinity
数量	2
能量	X 射线能量：6、10MV 最大电子线能量： 15MeV

射线最大出射角	28°（等中心点每侧 14°）
源轴距 SAD	1m
距靶 1m 处最高剂量率	6MV 时 1400cGy·m^2/min 10MV 时 600cGy·m^2/min 电子线：600cGy·m^2/min
泄漏 X 射线	在所有的方向上，距离电子加速路径 1 m 处的 X 线吸收剂量，将不超过等中心处吸收剂量的 0.1%
最大照射野尺寸	40cm×40cm
机架旋转	365°
靶材料	钨合金
等中心点离地高度	1250mm

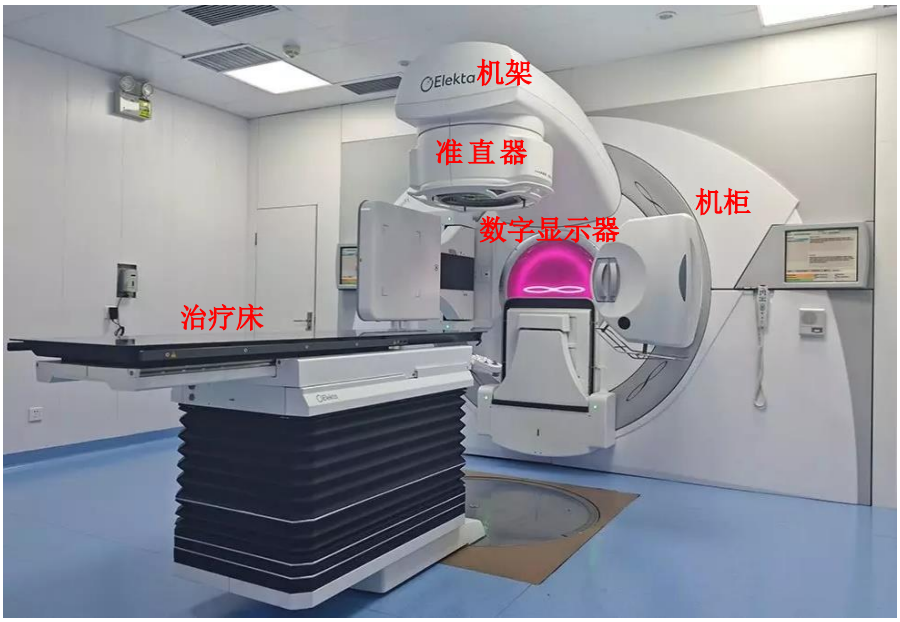


图 9-2　Infinity 型医用直线加速器外观图

2、模拟定位 CT

模拟定位 CT 主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束而，靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。本项目拟建的模拟定位 CT 主要技术参数见表 9-2。

表 9-2 本项目模拟定位 CT 主要设备技术参数

指标	技术参数
	模拟定位 CT
型号	SOMATOM go Sim
使用场所	模拟 CT 机房

额定管电压	140kV
额定管电流	625mA

二、工作原理及工作流程

（一）医用直线加速器

1、工作原理

医用直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，它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。电子直接引出，可作电子线治疗，电子打击重金属靶，产生韧致辐射发射 X 射线，作 X 线治疗。医用直线加速器原理示意图见图 9-3。

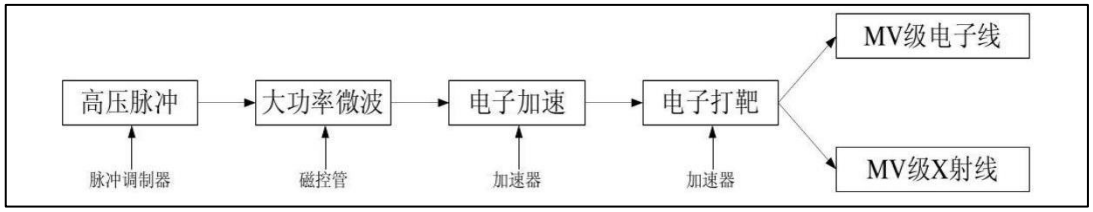


图 9-3 医用直线加速器原理示意图

医用直线加速器有两种治疗模式：①电子束治疗模式，当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病人，电子线到达预定部位后能量迅速下降，因而能大大减少射线对病变后面正常组织的危害，特别适于体表或靠近体表的各种肿瘤，例如，采用电子线治疗乳腺癌，肺部及心脏；②X 线治疗模式，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 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。

2、工作流程及产污环节

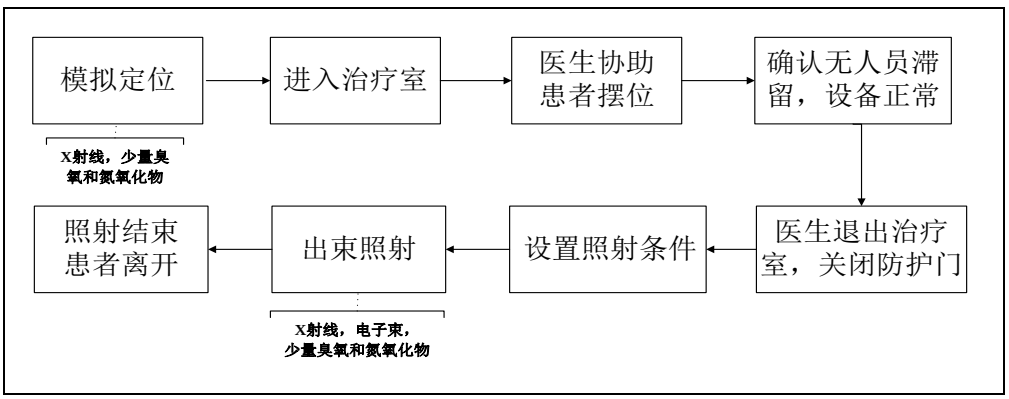


图 9-4 医用直线加速器放疗工作流程及产污环节示意图

医用直线加速器放射治疗工作一般流程及产污环节见图 9-4。

医用电子直线加速器进行肿瘤放射治疗的基本流程为：

（1）模拟定位

先采用模拟定位 CT 对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，摄影定位；在此过程中，模拟定位 CT 产生的 X 射线会对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染；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。

（2）制订治疗计划。

根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

（3）对患者进行摆位。

在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位、标记、调整照射角度及照射野。

（4）在控制台设置参数，开机治疗；在此过程中加速器产生的高能 X 射线或高能电子束，直线加速器产生的高能电子束、高能 X 射线会对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染；医用直线加速器在工作状态时，会使加速器机房内的空气产生电离，产生臭氧和氮氧化物。

（5）治疗完毕，停止出束。

在加速器放射治疗工作中，工作人员将产生一定量的生活污水和生活垃圾。

（二）模拟定位 CT

1、工作原理

模拟定位 CT 是在肿瘤放射治疗中制定放疗计划的关键设备之一。常用作放射治疗之前的需放射部位的定位。当病人被诊断患有肿瘤并决定施行放射治疗时，在放射治疗前要制定周密的放疗计划，然后在定位机上定出要照射的部位，并做好标记后才能到医用加速器上去执行放疗。

高电压加在模拟定位 CT　X 射线管的阴极和阳极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

2、工作流程及产污环节

本项目使用的模拟定位 CT 工作流程及产污环节如图 9-5。

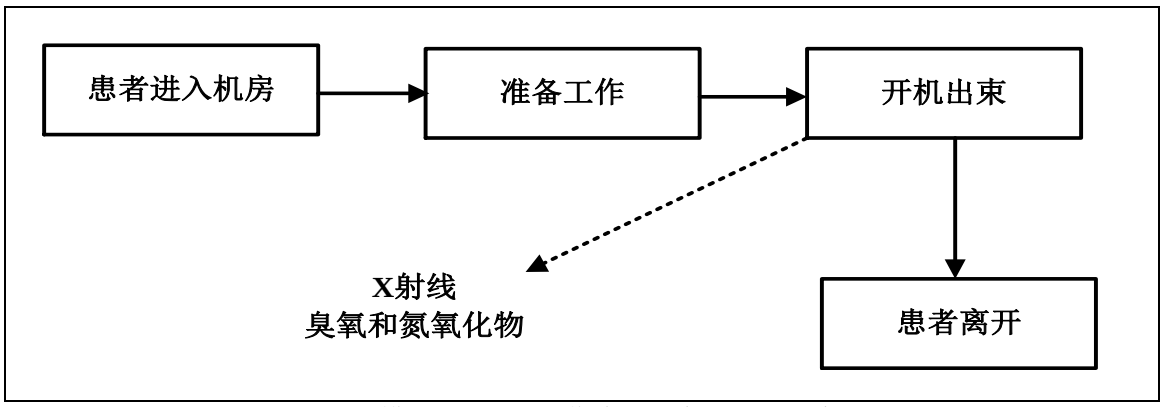


图 9-5 模拟定位 CT 工作流程及产污环节示意图

本项目模拟定位 CT 工作流程及产污环节为：

（1）病人按照医生要求进入机房，帮助病人戴好体膜，摆好位置；

（2）医生调整好病人位置，确认无人滞留后，关闭防护门；

（3）开机准备开始扫描，确定肿瘤位置。

（4）保存图像，为物理师提供计划方案基础。

（5）扫描结束，病人离开机房。

（三） 原有工艺不足及改进情况分析

新城院区现有 II 类射线装置 4 台，均为 DSA； III 类射线装置 11 台。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；医院已按照国家标准要求配备了相应的辐射安全设施和个人防护用品；医院现有辐射工作人员均已建立个人剂量监测档案及职业健康监护档案，现有辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训和考核，成绩合格，并在有效期内。

医院拟根据本项目特点，在规章制度中补充放射治疗相关岗位职责、操作规程等制度；医院拟将本项目新配 17 名辐射工作人员纳入放射管理，并加强现有辐射工作人员管理。

污染源项描述

一、辐射污染源

1、医用直线加速器

（1）X 射线外照射：医用直线加速器以 X 射线模式运行时，从加速器电子枪里

发出来的电子束，在加速管内经加速电压加速，轰击到钨金靶上，产生 X 射线。发射出来的 X 射线主要用于治疗，治疗剂量与剂量率的大小、加速器电子能量、受照射的靶体材料、电子束流强度、电子入射方向、考察点到源的距离等因素有关。

本项目医用直线加速器 X 射线能量为 6、10MV，1m 处输出剂量率：6MV 时最高为 1400cGy·m^2/min，10MV 时最高为 600cGy·m^2/min。由于 X 射线的贯穿能力极强，将对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染。

（2）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病人。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。

本项目加速器电子线能量最高为 15MeV，1m 处输出剂量率最高为 600cGy·m^2/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射线，在X射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。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。

（3）中子：本项目拟配置的加速器型号、参数一致（X 射线最大能量为 10MV、电子线最大能量为 15MeV），根据《辐射防护手册》（第三分册）图 4.27（P125），当加速器入射电子能量超过 8MeV 时会产生中子，本项目加速器在出束时会产生一定的中子，但产额不高，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020），本项目无需考虑中子屏蔽。

（4）感生放射性：根据《辐射防护手册》（第三分册）图 4.27（P125），当加速器入射电子能量超过8MeV时，它发射的强电离辐射照射在机房内的各种设备、器械以及墙壁等物质上时，都可能使它们活化而产生感生放射性。

根据《医用电子直线加速器感生放射性的测量和分析》，X 射线能量为 10MV 的直线加速器在停止出束后，加速器机头和摆位处辐射剂量会对停机后进入机房摆位的医生产生一定的辐射影响，该辐射剂量逐渐减弱，约在 5min 左右回到本底水平；加速器机房内空气活化产生的放射性核素大部分半衰期都小于 1 分钟，这些放射性气体在空气中存在的时间较短，且本项目加速器X射线能量不超过10MV，机房内活化产生的放射性气体较少，感生放射性气体影响可忽略不计；加速器冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用，冷却水中被活化而形成的放射性核素主要 ^{15}O 和 ^{13}N，它们的半衰期分别为2.1min和10min，很短的时间其活度就可衰减到可忽略的水平，且

本项目加速器X射线能量不超过10MV，冷却水被活化产生的放射性核素活度较低，感生放射性废水影响可忽略不计。

综上，本项目仅考虑加速器结构部件产生的感生放射性对停机后进入机房摆位的医生的辐射影响。

综上所述，本项目产生的X射线为主要辐射环境污染因素。

工作负荷：根据医院提供的资料，每台加速器平均每天治疗 30 人，每周工作 5 天，每名患者治疗照射时间不超过5min，则周治疗出束时间不超过12.5h，年治疗出束时间不超过625h。

2、模拟定位CT

本项目模拟定位 CT 在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出X射线。因此，在开机诊断期间，X射线为影响辐射环境的主要因素。

二、非辐射污染源

（1）废气

放射诊疗过程中发射的 X 射线会使机房内的空气产生电离，产生臭氧和氮氧化物。

（2）废水

本项目辐射工作人员在工作过程中会产生一定量的生活污水。

（3）固体废物

本项目放射治疗过程中会产生的定位体膜和一次性床单等医疗废物。工作人员在工作过程中会产生一定量的生活垃圾和办公垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1、工作场所布局

本项目医用直线加速器机房及模拟 CT 机房均位于门诊楼负 1 层西南角，加速器机房西、南侧、下方均为土层，东、北侧邻近区域均为放射治疗辅助用房，机房楼上为停车场，工作场所较独立；模拟 CT 机房东、南、西侧均为室内通道，北侧为。门诊楼内无居民、写字楼和商住两用建筑物，无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，亦无人员流动性大的商业活动区域，项目选址合理。

项目所在区域由加速器机房、控制室、水冷机房等组成，机房与控制室、水冷机房等区域分开单独布置，加速器机房东侧均设有迷路。2 台加速器有用线束均未朝向控制室。该放射治疗场所布局符合《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）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中关于放射治疗场所选址与布局的规定，布局合理。本项目加速器工作场所平面布置见图 10-1-1。

图 10-1 本项目加速器工作场所分区图

2、工作场所分区

为加强辐射防护管理和职业照射控制，医院拟将 2 个加速器机房的治疗室和迷道、模拟 CT 机房作为项目辐射防护控制区，在机房进出口防护门上设置电离辐射警告标志、中文警示说明及注意事项，在防护门上方设置工作状态指示灯，正常工作过程中，禁止无关人员进入；拟将与 2 个加速器机房相邻的控制室、水冷机房，模拟 CT 机房控制室作为本项目辐射防护监督区，拟在监督区的入口处设立表明监督区的标牌，限制无关人员进入，并定期进行辐射剂量率检测。本项目辐射防护分区的划分符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中关于放射治疗工作场所的分区规定要求。本项目工作场所分区见图 10-1。

3、辐射防护屏蔽设计

本项目放射治疗机房采用混凝土浇筑结构，迷道入口设铅防护门。根据医院提供的资料，加速器机房具体屏蔽设计参数见表 10-1，屏蔽设计图见图 10-2~图 10-3。本项目模拟 CT 机房辐射防护屏蔽设计情况见表 10-2。

表 10-1 加速器机房屏蔽设计参数

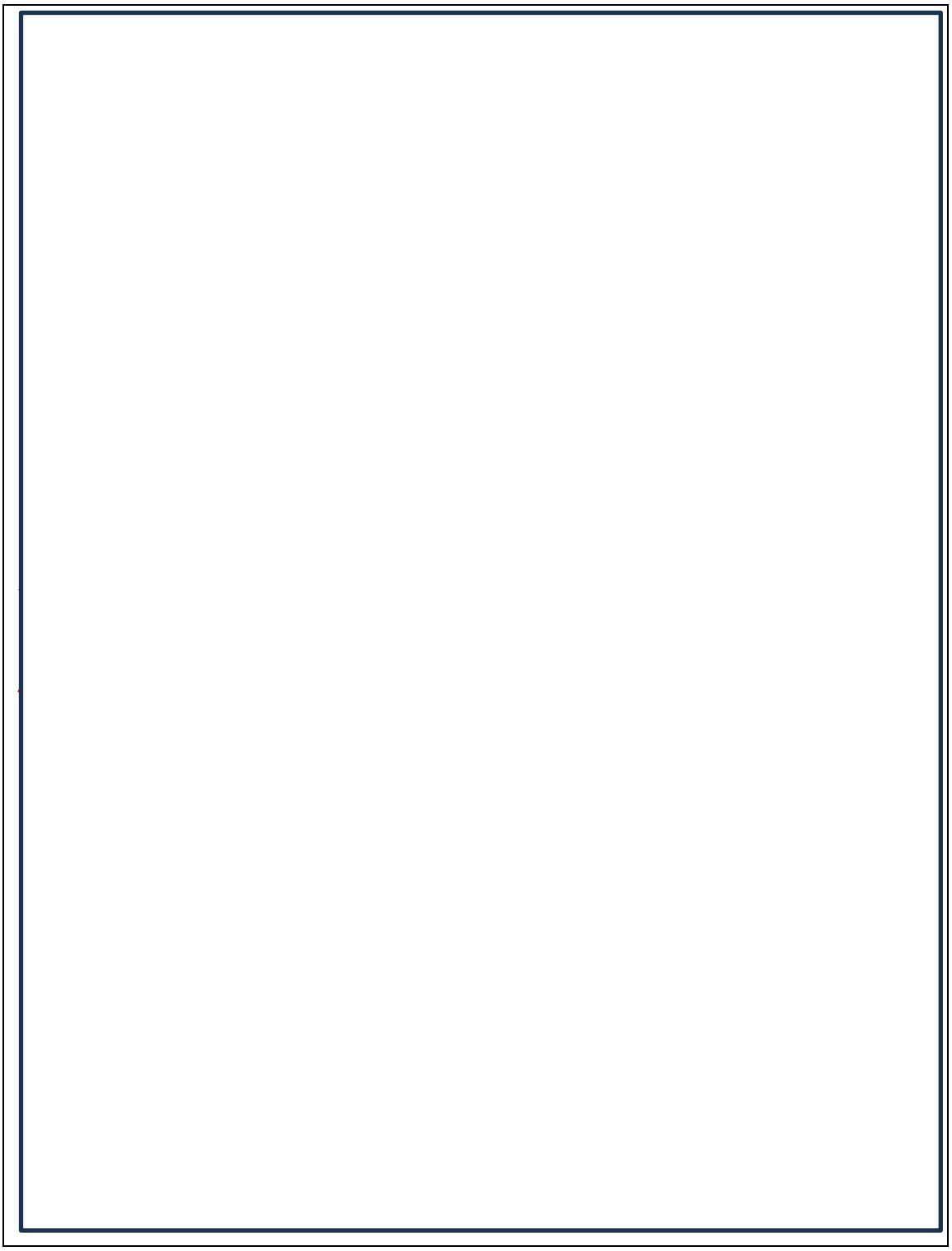


图 10-2　放射治疗机房屏蔽设计图（平面图）



图 10-3-1 1#加速器机房屏蔽设计图（剖面图）



图 10-3-2 2#加速器机房屏蔽设计图（剖面图）

表 10-2 本项目模拟 CT 机房屏蔽设计一览表



注
g/

4、辐射安全和防护措施

（1）医用直线加速器

本项目加速器机房辐射安全防护措施主要有：

1）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。本项目防护门与墙之间的间隙小于 1cm，门四周与墙体及地槽的重叠宽度拟大于 10 cm。

2）通风装置：2 个机房均设计有通风装置，治疗室内拟采用机械进、出风，通风换气频率为不低于 4 次/h。机房进出风管道避开主射线方向，新风管道、排风管道均设计从治疗室防护门上方竖向斜穿墙，射线经多次散射后，进出风管道进出口处辐射剂量将在控制范围内。2 个加速器机房内拟各设置两个进风口和两个排风口，进风口拟设置在天花板上方，1#加速器机房进风口拟位于机房西南侧和南侧中部，排风口拟设置在治疗室西北角（北墙上）和东北角（北墙上）靠近地面处；2#加速器机房进风口拟位于机房西北侧和北侧中部，排风口拟设置在治疗室西南角（南墙上）和东南角（南墙上）靠近地面处；2 个机房通风上进下出，对角设计。通风设计示意图见附图 6。

3）指示标志：机房入口处均拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，防止无关人员逗留和误入。

4）急停开关：医院拟在设备表面、控制室、迷道入口门内旁侧、加速器机房内四侧墙壁等处设置急停按钮；同时，医院拟在急停按钮处设置醒目标识及文字显示，能让在机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。

5）视频监控和对讲交流装置：控制室和机房之间拟设计安装视频监控系统和对

讲装置，可覆盖整个机房和迷道，在治疗过程中医务人员可以及时观察病人情况，与病人交流，防止意外情况的发生。

6）开门按钮：机房内迷道入口处人员易接触的位置拟设置紧急开门按钮，在事故状态下人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸，防护门设有防挤压功能。

7）监测报警装置：医院拟在机房内东侧墙壁处设置固定式辐射剂量监测仪并确保在异常情况下能报警，其显示单元拟设置在控制室内。

8）安全联锁系统：除设备自身所带的安全联锁外，加速器机房均拟设置门-机联锁，只有在机房门关闭时加速器才能出束进行治疗，正常开机状态下，意外打开防护门，立即停止出束。

9）辐射工作人员应进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案；辐射工作人员进入治疗室前拟认真检查安全联锁是否正常运行，拟佩戴个人剂量报警仪；实施治疗期间拟安排两名及以上操作人员协同操作，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。

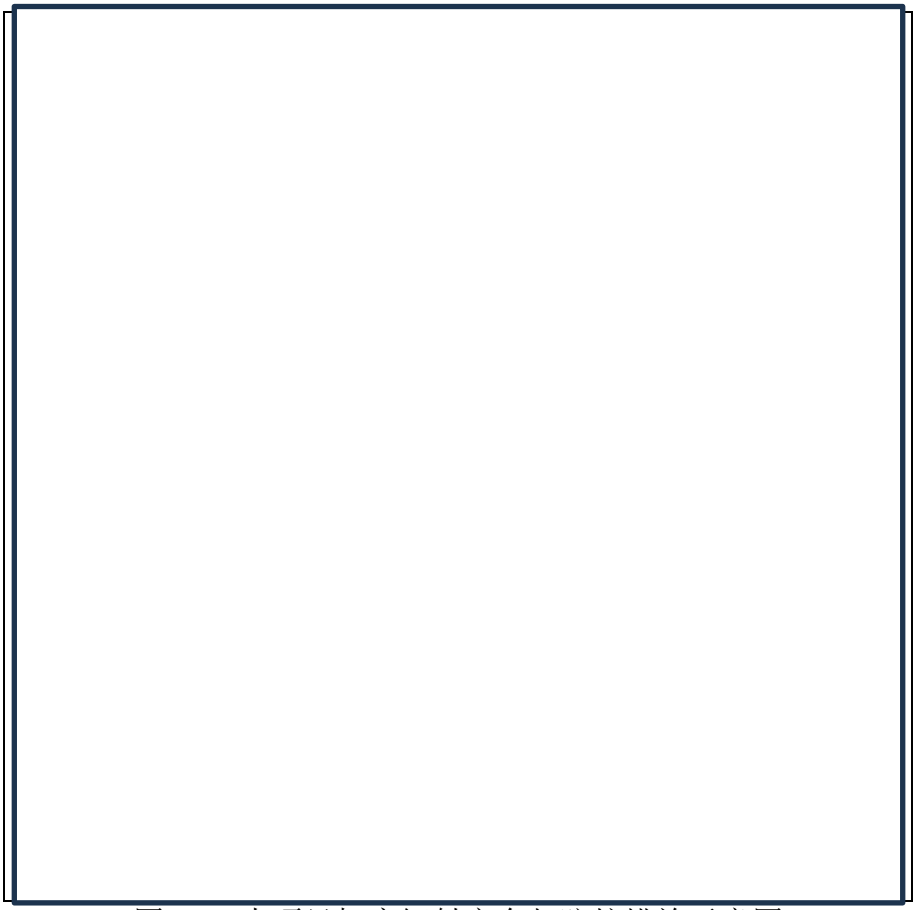


图 10-4 本项目机房辐射安全与防护措施示意图

本项目加速器机房辐射安全与防护措施示意图见图 10-4。

（2）模拟定位 CT

1）机房防护门外拟设置电离辐射警告标志，机房进出口地面画出醒目的警戒标志并配文字说明。

2）患者入口防护门上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且工作状态指示灯和射线装置应能有效联动。

3）工作人员入口防护门为平开门，拟设置闭门装置，患者入口防护门为推拉门，拟设置防夹装置。

4）控制室操作台上拟设置对讲装置，CT 装置及操作台上拟设置急停按钮。

本项目模拟 CT 机房辐射安全与防护措施示意图见图 10-6。

图 10-6 本项目机房辐射安全与防护措施示意图

5、监测仪器和防护用品

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监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。医院拟为模拟定位 CT 项目配备铅围裙、铅围脖等个人防护用品。

新城院区原有 1 台辐射巡检仪，拟为本项目增配 5 台个人剂量报警仪，其中 1#、2#加速器各 2 台，模拟定位 CT 1 台，用于辐射防护监测和报警。所有辐射工作人员工作时均拟佩戴个人剂量计，以监测累积受照情况。医院拟按相关要求建立放射工作人员个人剂量监测档案。

6、人员监护

医院拟为本项目新配 17 名辐射工作人员，其中加速器项目 16 人，包括 6 名放疗医师，6 名放疗技师，2 名医学影像学专业技术人员，2 名物理师；模拟定位 CT 项目 1 名医学影像医师， 放射技师为放疗技师兼任。

三废治理

一、放射性废物

加速器运行若干年后，检修更换下来的靶物质及其他强感生放射性部件均拟作为放射性废物处理，不得随意丢弃。医院拟将退役废靶交由有资质的公司进行回收处理。本项目加速器冷却系统采用去离子蒸馏水，可能会产生感生放射性废水，内循环使用不外排，对环境影响较小。当冷却系统发生事故或者维修时，将冷却水收集贮存于专用容器中，暂存衰变至低于豁免水平后作为普通废液进行处理，并做好存档记录。

二、非放射性废物

1、废水

工作人员和部分病人产生的生活污水，由院内污水处理站统一处理。

2、废气

本项目医用直线加速器及 CT 产生的射线电离治疗室内空气会产生少量臭氧和氮氧化物，其中臭氧毒性最大，产生量也最高，此外氮氧化物还会与室内水汽作用形成酸雾腐蚀机房内设备。

本项目医用直线加速器机房采用机械通风系统，机房采用上进下出的通风系

统，通风系统的新风管道设计从治疗室防护门上方竖向斜穿墙，沿迷道天花板上方进入加速器机房，排风管道设计从治疗室防护门上方竖向斜穿墙至排风洞。通风管道穿墙孔均避开初级射线直接照射，射线至少经过3次散射才能到达治疗室外，通风管道穿墙孔外侧的辐射剂量将在控制范围内。

《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中要求“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。”本项目加速器机房采用机械通风系统，治疗室内拟设置两个进风口和两个排风口，2 个机房进风口和排风口形成对角设置。1#机房（包括迷道）容积约为 376m^3，设计风机的通风量拟高于 2000m^3/h，则机房内通风换气次数约为 5.3 次/h；2#机房（包括迷道）容积约为364m^3，设计风机的通风量拟高于2000m^3/h，则机房内通风换气次数约为 5.5 次/h；2 个机房每小时换气次数均大于 4 次，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》中对放射治疗室通风换气次数的要求。

模拟 CT 机房拟设置动力通风装置，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.4.3：机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风的相关要求。

3、固体废物

本项目放射治疗过程中产生的定位体膜、一次性床单等医疗废物交医院现有医疗废物贮存点集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。工作人员产生的生活垃圾分类和工作垃圾收集后，将交由城市环卫部门处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目主体工程已完成，主要是对现有建筑改造装修，施工时将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

(1)大气：本项目在建设施工期需进行的建筑装修等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆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：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛酒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(2)噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声对周围住院病人、医护人员等人群造成一定的影响。因此，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时在施工过程中，避免在中午休息时间施工，另外考虑夜间医院住院病人较多，严禁夜间进行噪声作业。

(3)固体废物：施工期间，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。

(4)废水：项目施工期间，会有少量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水不可随意外排，统一收集后由医院进行处理。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

根据建设单位提供的资料，医院拟在门诊楼（负 1 层）预留的 2 座加速器机房中各配备 1 台医用直线加速器（型号为 Infinity， X 射线能量：6、10MV），根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）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预测

计算。本项目模拟定位 CT 最大管电压 140 kV，最大管电流 625mA。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）对模拟 CT 机房屏蔽防护效果进行分析。

二、辐射防护效果预测

（一）加速器项目

本项目医用直线加速器机房的关注点设定见图 11-1~11-2。

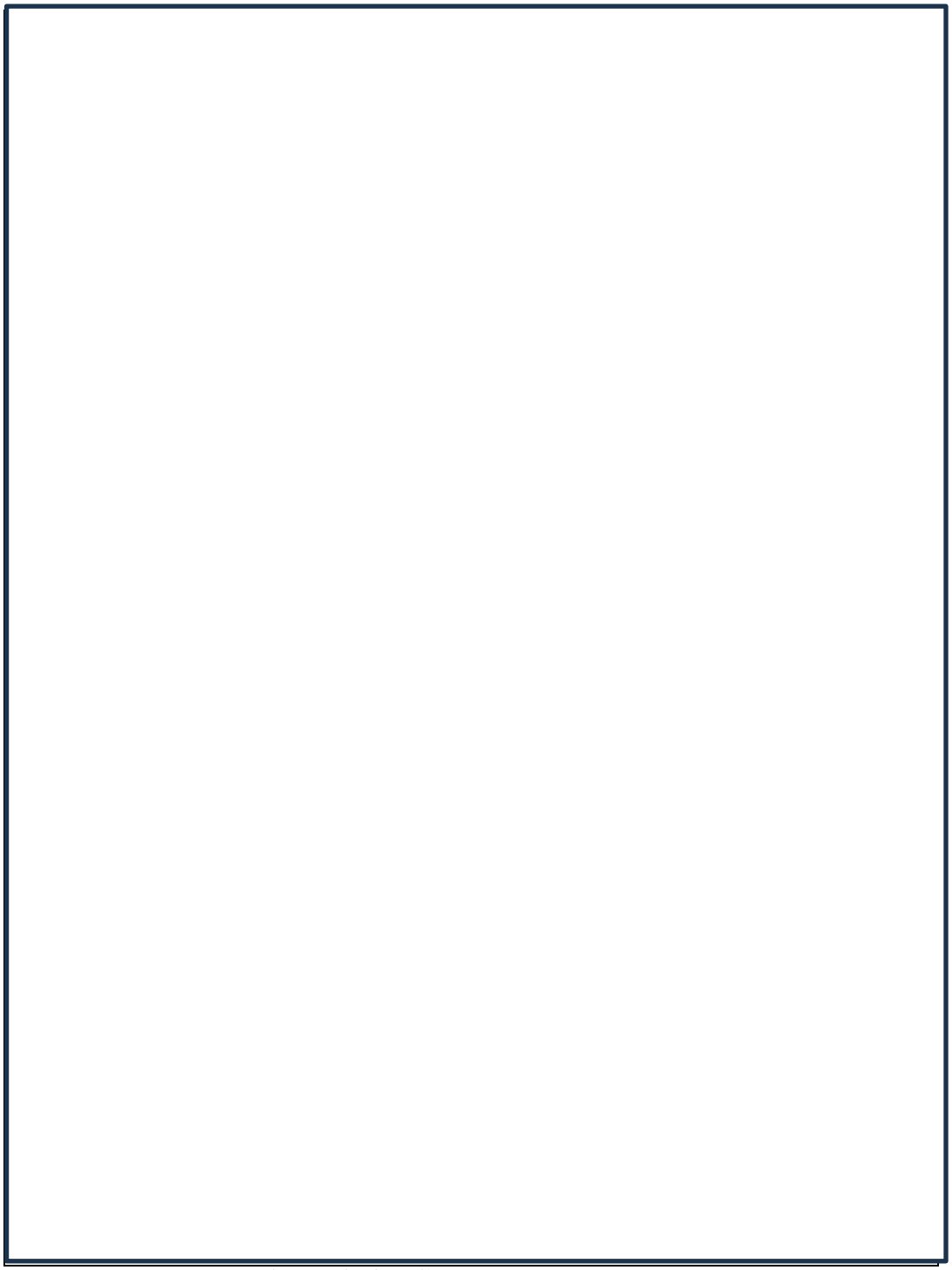


图 11-1 加速器机房屏蔽设计和关注点位图（平面图）

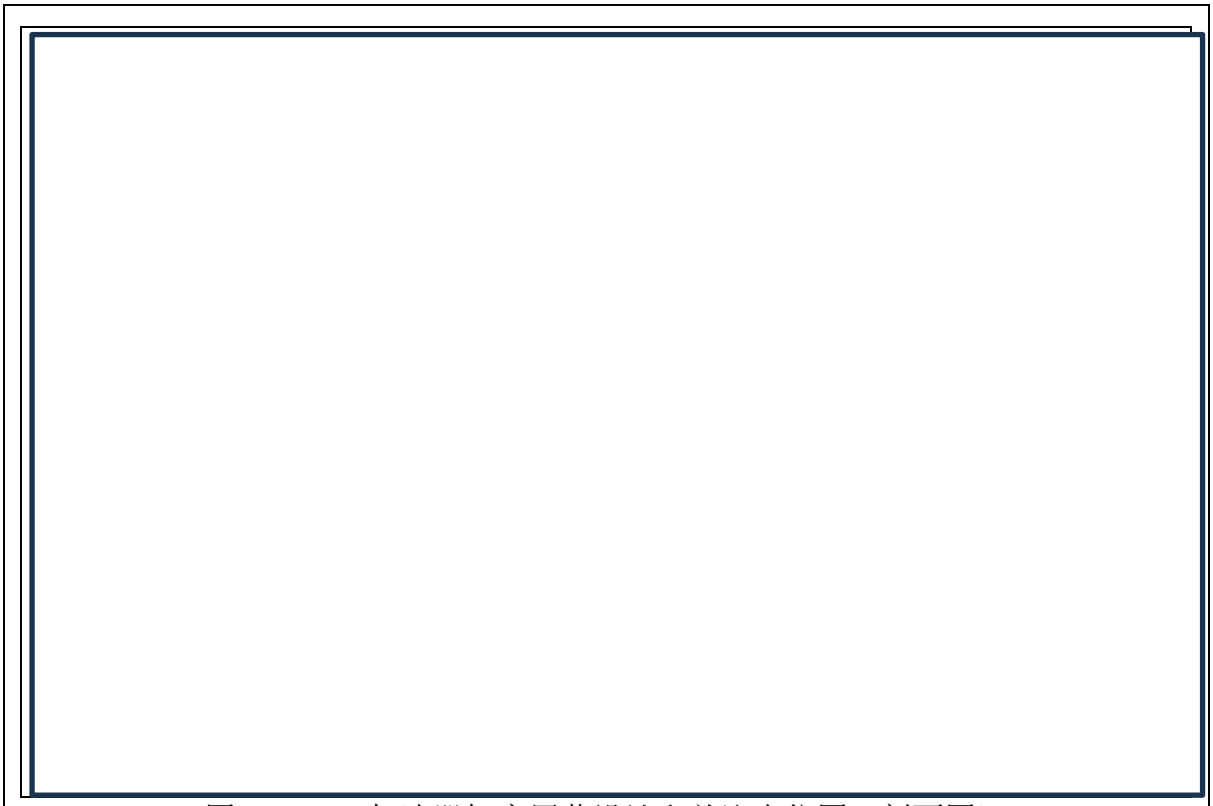


图 11-2-1 1#加速器机房屏蔽设计和关注点位图（剖面图）



图 11-2-2 2#加速器机房屏蔽设计和关注点位图（剖面图）

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/T201.1-2007）中的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度：

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot tan\theta + 0.3] \quad \text{公式 11-1}$$

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。

将各参数代入公式 11-1，可估算出本项目主屏蔽宽度核算结果并评价如表 11-1：

表 11-1 本项目直线加速器机房主屏蔽区的宽度设计评价表

加速器机房名称	屏蔽区	*SAD*（m）	θ（°）	*a*（m）	Y_p 计算值（m）	Y_p 设计值（m）	评价结果
1#	北墙主屏蔽	1	14	4.8 [1)]	3.49	4.0	满足
	南墙主屏蔽	1	14	5.3[1)]	3.74	4.0	满足
2#	北墙主屏蔽	1	14	4.8 [2)]	3.49	4.0	满足
	南墙主屏蔽	1	14	4.8[2)]	3.49	4.0	满足

注：1）北墙 a=4.15+0.65=4.8m；南墙 a=4.15+1.15=5.3m；

2）北墙、南墙 a=4.15+0.65=4.8m。

2、机房外关注点辐射剂量率估算

本项目 2 台直线加速器 X 线能量 10MV 时 1m 处输出剂量率为 600cGy·m^2/min，6MV 时 1m 处输出剂量率最大为 1400cGy·m^2/min，本次理论预测分别按“6MV、1400cGy·m^2/min” 和“10MV 、600cGy·m^2/min ”进行计算。

（1）有用线束主屏蔽设计核算（*a* 点、*b* 点、屋顶 *l* 点）

①主射线路径：$o_{1\text{-}1}\rightarrow a_1$，$o_{2\text{-}2}\rightarrow a_2$，$o_{2\text{-}1}\rightarrow b_2$，屋顶 $o_{1\text{-}3}\rightarrow l_1$，$o_{2\text{-}3}\rightarrow l_2$。

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/T201.2-2011）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，首先按照公式 11-2 计算有效厚度 X_e（cm），按照公式 11-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 *B*，再按照公式 11-4 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的

剂量率（μSv/h）。

$$X_e = X/cos\theta = X \cdot sec\theta \qquad \text{公式 11-2}$$

式中：*X*—设计屏蔽厚度，cm；

θ—斜射角。

$$B = 10^{-(X_e+TVL-TVL_1)/TVL} \qquad \text{公式 11-3}$$

式中：TVL_1（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_1 时，TVL_1=*TVL*。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1。本项目中，对应 6MV 的 X 射线能量，混凝土 TVL_1 为 37cm，*TVL* 为 33cm；对 10MV：TVL_1=41cm，*TVL*=37cm。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \qquad \text{公式 11-4}$$

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（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率，μSv·m^2/h；

R—靶点至参考点的距离，m，本项目参考点均为相应墙外 30cm；

f—对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比 0.1%。

③预测计算结果

将相应主屏蔽厚度得出的辐射屏蔽透射因子 *B* 值代入，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（μSv/h），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 11-2。

表 11-2 医用直线加速器机房主屏蔽外参考点辐射剂量率核算值



注 为
2

（2）与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽设计核算（*c*、*d*、*m* 点）

①射线路径（射线类型）：$o_{1\text{-}1}\rightarrow o_1\rightarrow c_{1\text{-}1}$、$c_{1\text{-}2}$（散射射线），$o_{2\text{-}2}\rightarrow o_2\rightarrow c_{2\text{-}1}$、$c_{2\text{-}2}$（散射射线），$o_{2\text{-}1}\rightarrow o_2\rightarrow d_{2\text{-}1}$、$d_{2\text{-}2}$（散射射线）。

$o_1\rightarrow c_{1\text{-}1}$、$c_{1\text{-}2}$（泄漏射线），$o_2\rightarrow c_{2\text{-}1}$、$c_{2\text{-}2}$（泄漏射线），$o_2\rightarrow d_{2\text{-}1}$、$d_{2\text{-}2}$（泄漏射线）。

对于位置 *c*、*d* 点，考虑泄漏辐射和散射辐射的复合作用。

②泄漏辐射计算模式及参数

泄漏辐射屏蔽，估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》（GBZT201.2-2011）要求，对于 M 区域外泄漏辐射（不包括中子），吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%），公式 11-3 的 TVL_1 和 *TVL* 保守取附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，对于 6MV：TVL_1=34cm，*TVL*=29cm ，对 10MV：TVL_1=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 估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，患者散射辐射在混凝土中什值层对于 6MV 射线为 26cm，对于 10MV 射线为 28cm），再按照公式 11-5 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（μSv/h）；

$$\dot{H}=\frac{\dot{H}_0\cdot\alpha_{ph}\cdot(F/400)}{{R_S}^2}\cdot B \qquad \text{公式 11-5}$$

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（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率，μSv·m²/h，本项目 6MV 时为 8.4×10⁸μSv·m²/h，10MV 时为

$3.6\times10^{8}\mu Sv\cdot m^{2}/h$。

α_{ph}—患者 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm^2 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 30°取值，对于 6MV，为 2.77×10^{-3}，对于 10MV，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，cm^2，本项目为 40cm×40cm=1600cm^2。

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 11-3，其中 X_e、R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-3 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

辐					

（3）迷道墙外屏蔽设计核算（*e*、*f* 点）

①射线路径（射线类型）：$o_1 \rightarrow e$（泄漏射线）、**$o_2 \rightarrow f$**（泄漏射线）。

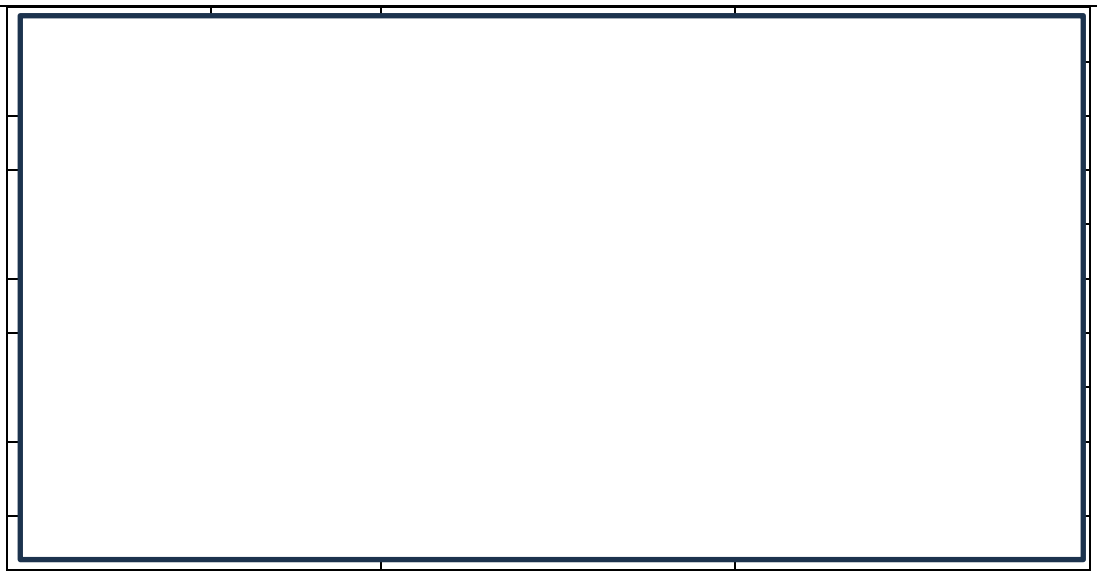
②计算模式及参数选择

该区考虑泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。公式 11-4 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》（GBZT201.2-2011）要求，对于 M 区域外泄漏辐射（不包括中子），吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%）。

③预测计算结果

辐射剂量率预测结果见表 11-4，其中 X_e 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-4 医用直线加速器机房迷道墙外泄漏辐射剂量率核算值



（4）侧屏蔽墙屏蔽设计核算（*k* 点）

①射线路径（射线类型）：$o_{1\text{-}1}$→k_1，$o_{2\text{-}2}$→k_2（泄漏射线）。

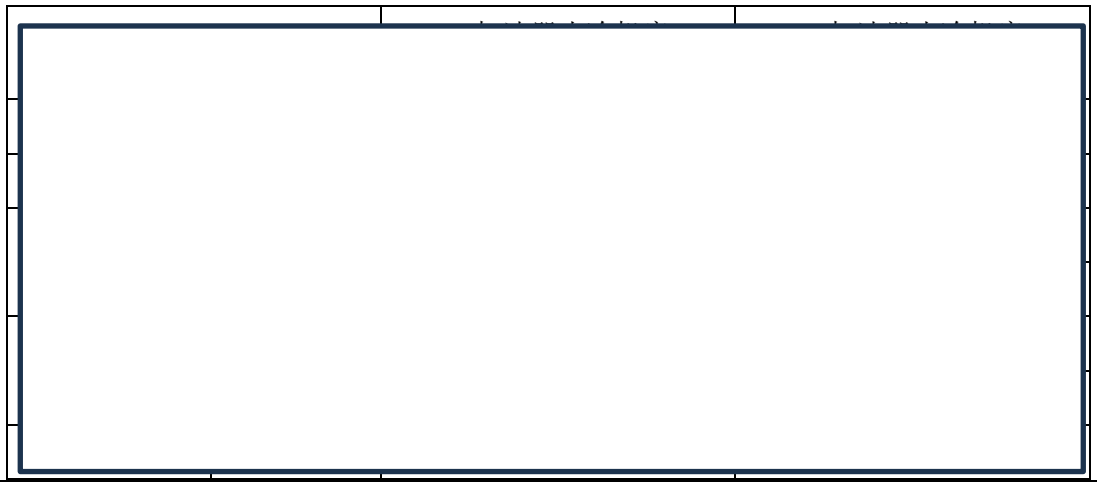
②计算模式及参数选择

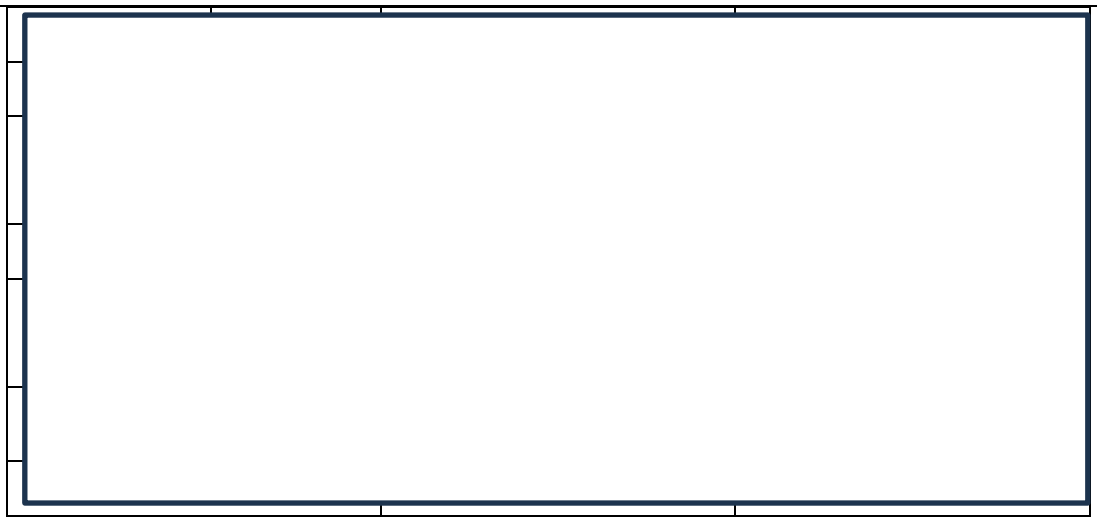
本项目有用线束不向迷路内墙照射，该区考虑泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。公式 11-4 中，f=0.001（泄漏辐射比率，根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）要求，对于 M 区域外泄漏辐射（不包括中子），吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%）。公式 11-3 的 TVL_1 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，分别为 TVL_1=34cm，TVL=29cm。

③预测计算结果

k_1、k_2 点的辐射剂量率预测结果见下表 11-5，o_2 至 k 的泄漏辐射的斜射角较小，通常以 0°垂直入射保守估算，其中 X_e、R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-5 迷道外墙泄漏辐射剂量率核算值





（5）迷路入口处辐射水平核算（*g* 点）

根据 GBZ/T201.2-2011，*g* 点处同时受到加速器的泄漏辐射及迷道内散射辐射。

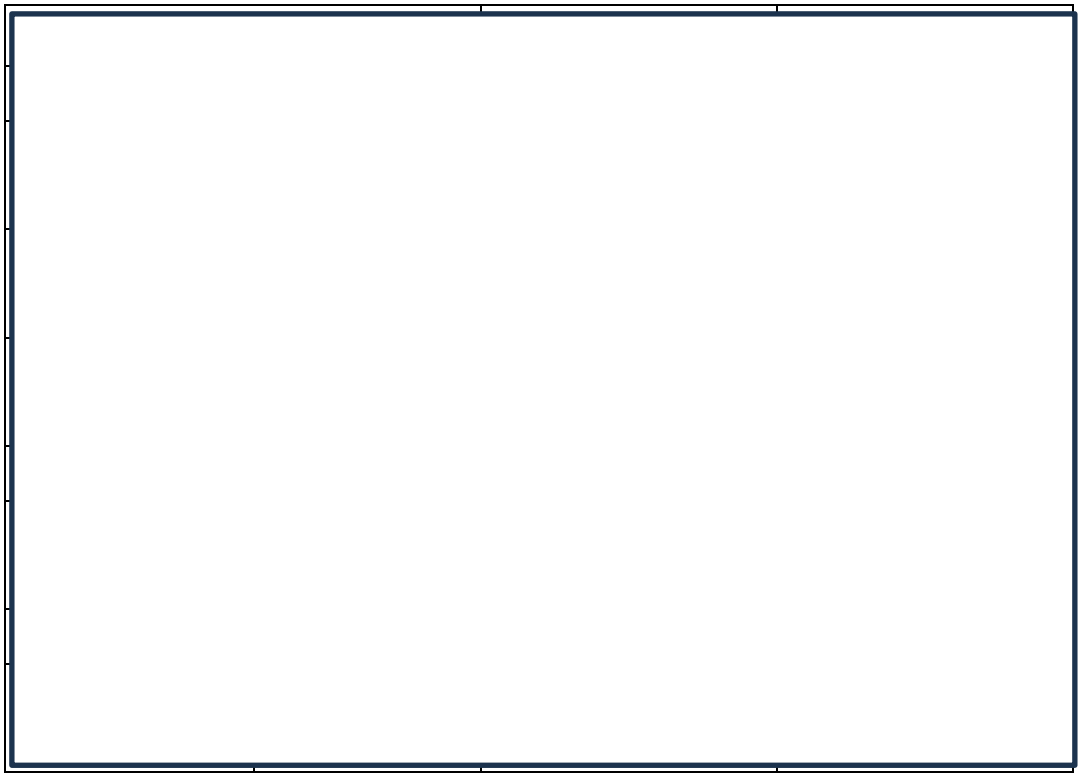
①射线路径（射线类型）

$o_{1\text{-}2}\rightarrow g_1$，$o_{2\text{-}1}\rightarrow g_2$（泄漏射线）$o_{1\text{-}2}\rightarrow o_1\rightarrow j\rightarrow g_1$，$o_{2\text{-}1}\rightarrow o_2\rightarrow j\rightarrow g_2$（散射射线）。

②泄漏辐射计算模式及参数选择

g_1、g_2 点泄漏辐射剂量核算方法同 *f* 点，计算结果见表 11-6。

表 11-6 迷路入口处的泄漏辐射剂量率核算值



③机房入口防护门屏蔽设计核算

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 11-6 计算。计算结果见表 11-7。

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph}\cdot(F/400)}{R_1^2}\cdot\frac{\alpha_2\cdot A}{R_2^2}\dot{H}_0 \qquad \text{公式 11-6}$$

式中：$\dot{H}_g$—g 处的散射辐射剂量率，μSv/h；

α_{ph}—患者 400cm^2 面积上的散射因子，见附录 B 表 B.2，通常取 45°散射角的值，根据GBZ/T201.2-2011表B.2，本项目6MV时，α_{ph}为1.39×10^{-3}，10MV时，α_{ph}为 1.35×10^{-3}；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm^2；

α_2—砼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 j 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；

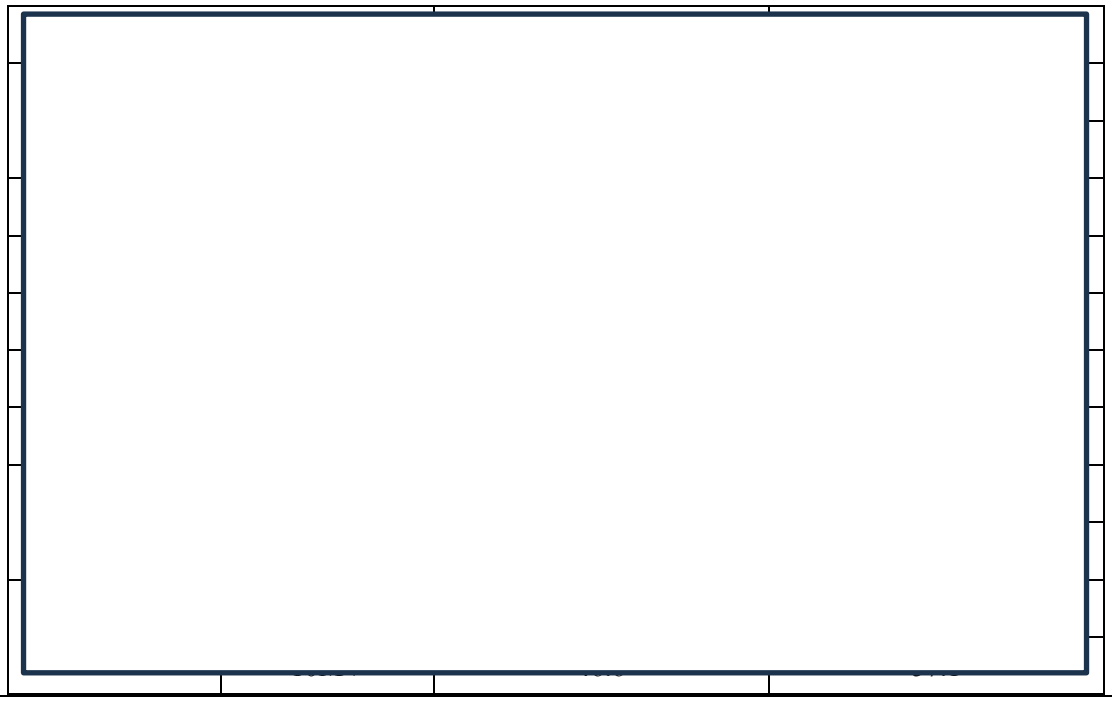
A—j 处的散射面积，m^2；

R_1—“o→j”之间的距离，m；

R_2—“j→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，μSv·m^2/h。

表 11-7 迷路入口处的散射辐射剂量率核算值



在给定防护门的铅屏蔽厚度 X（cm）时，防护门外 g 点处的辐射剂量率$\dot{H}$（μSv/h）按公式 11-7 计算，预测结果见表 11-8。

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \qquad \text{公式 11-7}$$

式中：$\dot{H}_{og}$—g 处的泄漏辐射剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_g$—g 处的散射辐射剂量率，μSv/h；

TVL—辐射在铅中的什值层，cm。

表 11-8 迷路入口防护门外的辐射剂量率核算值

评价	满足	满足

3、预测计算结果汇总及评价

医用直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-9。

表 11-9 医用直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

（g1点）				

由表 11-9 可知，本项目医用直线加速器机房屏蔽设计能够满足相应位置周围剂量当量率的限值要求。

4、电子线辐射环境影响分析

本项目医用直线加速器在运行过程中产生的电离辐射包括：电子、X 射线。由于电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质的射程，就可以将其完全吸收。根据《辐射防护手册》（第三分册），（李德平、潘自强著）p22，其中电子在介质中的射程可根据公式 11-8 近似计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{Max} \qquad \text{公式 11-8}$$

式中：E_{Max}-电子最大能量，本项目直线加速器最大电子能量为 15MeV；

d-最大射程，cm；

ρ-屏蔽材料密度，本项目屏蔽材料为混凝土，混凝土密度为 2.35g/cm³ 。

根据上述公式可计算出电子在混凝土中射程为 3.19cm，加速器机房墙体最小屏蔽厚度为 150cm，所以本项目加速器机房设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线，因此加速器在运行中电子线对周围辐射环境影响很小。

5、感生放射性辐射环境影响分析

根据《医用电子直线加速器感生放射性的测量和分析》，X 射线能量为 10MV 的直线加速器在停止出束 10s 后，摆位处的辐射剂量率为（0.21~0.52）μSv/h，本项目加速器日门诊量不超过 30 人次，年工作 250 天，平均每位患者摆位时间取 2min，则年摆位时间不超过 250h，摆位处的辐射剂量率保守取最大值 0.52μSv/h，则摆位所致加速器辐射工作人员年有效剂量为 0.13mSv。

6、电缆及通风管道、门缝辐射补偿措施的效果评价

（1）电缆及通风管道

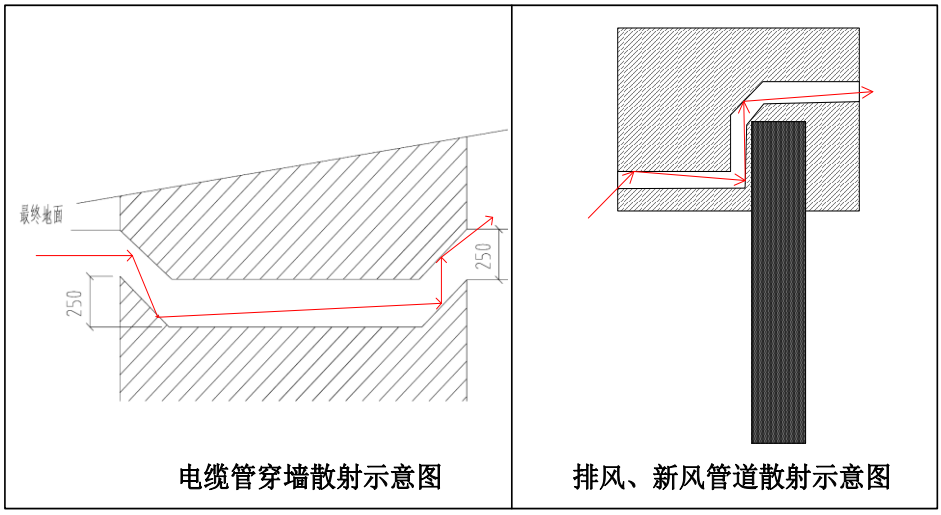


图 11-4 加速器机房电缆及通风管道散射示意图

本项目放射治疗机房通风管道从治疗室防护门上方竖向斜穿墙，避开主射线方向，射线至少经过 3 次散射才能到达治疗室外，通风管道穿墙孔外侧的辐射剂量将在控制范围内。通风管道内 X 射线散射示意图见图 11-4。

（2）门缝

本项目房防护门设计时拟考虑防护门与墙壁及地面的重叠搭接，间隙拟小于 1cm，搭接不小于 10cm，满足重叠宽度大于缝隙十倍的要求。

7、保护目标有效剂量评价

关注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：

$$D_{Eff} = H \cdot t \cdot T \cdot U \qquad \text{公式 11-9}$$

式中：D_{Eff}—关注点人员有效剂量（Sv）；

H—关注点的辐射剂量率（Sv/h）；

t—关注点处年受照时间（h），本项目加速器年出束运行时间不超过

625h；

T—居留因子；

U—使用因子；

本项目医用直线加速器年出束运行时间约 625h，考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子。

将表 11-9 中辐射剂量率估算值代入公式 11-8，估算公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算结果列于表 11-10。

表 11-10 医用直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

根据表 11-9 结果分析可知，该项目医用直线加速器投入运行后，辐射工作人员和周围公众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》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（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）模拟定位 CT

1、机房的辐射防护设计与标准要求的相符性分析评价

本项目模拟 CT 机最大管电压为 140kV，根据公式 11-10、公式 11-11 对本项目模拟 CT 机房各屏蔽材料的等效铅当量厚度进行核算和评价。相关参数及计算结果见表 11-11~表 11-13。

按照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 b)给出的计算公式进行计算：

$$X=\frac{1}{\alpha\gamma}In\left(\frac{B^{-\gamma}+\frac{\beta}{\alpha}}{1+\frac{\beta}{\alpha}}\right)$$ 公式 11-10

式中：

X—给定屏蔽物质的铅厚度；

α、*β*、*γ*—铅对对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B—给定屏蔽物质的屏蔽透射因子，给定铅厚度的屏蔽透射因子 B 值对照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 a）相应要求采用给出的计算公式进行计算：

$$B=\left[\left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right)e^{\alpha\gamma X}-\frac{\beta}{\alpha}\right]^{-\frac{1}{\gamma}}$$ 公式 11-11

式中：

B—给定屏蔽物质的屏蔽透射因子；

X—不同屏蔽物质的厚度；

α、*β*、*γ*—给定屏蔽物质对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，见下表：

表 11-11 不同管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	α	β	γ

表 11-12 屏蔽透射因子 B、铅当量厚度计算结果

表 11-13 模拟 CT 机房屏蔽体等效铅当量厚度核算及评价结果

机房	屏蔽体	屏蔽设计参数	等效铅当量（mm）	标准要求（铅当量）	评价结果
		240mm 实心砖			

由表 11-13 可知，本项目模拟 CT 机房的屏蔽设计、最小单边长度及有效使用面积均满足 GBZ 130-2020 的要求。

三、叠加辐射影响

2 台加速器和模拟 CT 同时运行时，需考虑其叠加辐射影响，由于模拟定位 CT 距离加速较远，且具有良好的屏蔽，因此本项目仅考虑 2 台加速器同时运行时的叠加影响。按公式 11-9、年出束运行时间 625h 计算叠加年有效剂量，结果见表 11-14。

表 11-14 参考点位叠加辐射影响

预测点位所在场所	辐射源	居留因子 T	使用因子 U	剂量率估算值（μSv/h）	年有效剂量（mSv/a）	叠加年有效剂量（mSv/a）	剂量约束值 (mSv/a)	结论

注：2）预测点位处的剂量率保守取所在方向屏蔽体外最大剂量率。

由表 11-4 可知，该项目 2 台医用直线加速器同时运行时，辐射工作人员和周围公众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》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（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）。

四、三废影响分析

1、废水

工作人员和部分病人产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理。

2、废气

本项目放射治疗机房均采用机械通风系统，进风口设在放射治疗机房上部，排风口设在治疗机房下部，通风量的设计拟保证机房内通风换气次数均大于 4 次/h，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）中对放射治疗机房通风的要求。机房内产生的臭氧和氮氧化物通过通风系统排至外环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。本项目加速器机房本项目医用直线加速器机房通风设计示意图详见附图 6。

模拟 CT 机房拟设置动力通风装置，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.4.3：机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风的相关要求。

3、固体废物

本项目放射治疗过程中产生的定位体膜、一次性床单等医疗废物交医院现有医疗废物贮存点集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。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。

事故影响分析

一、可能产生的辐射事故

本项目直线加速器为II类射线装置，医院在开展放射治疗过程中，可能发生的辐射事故主要为：

1、人员未全部撤离治疗室即进行出束治疗，导致发生误照射。

2、门机联锁装置失效，在防护门未关闭的情况下即开始出束治疗，对工作人员和周围公众造成不必要的照射。

3、操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。

4、由于机房防护门漏射线造成不必要的照射。

二、事故预防措施

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

1、严格按照相应规章制度与操作规范，在放射治疗前，检查治疗室内无病患以外的人员停留；

2、定期进行辐射防护设施的检测与维修，杜绝因设施问题造成人员误照射；

3、加强人员培训，定期组织工作人员内部学习与考核，强化人员素质，明确操作流程，尽可能降低因人员操作失误产生事故的可能性；

4、定期对铅房周围环境进行监测，保证铅房周围环境辐射水平处于正常范围之内；

5、辐射工作人员在工作时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪。

三、事故处理措施

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

1、发生误照射（人员误留、误入机房内；操作人员违反操作规程或误操作；机房闭门装置失效，导致防护门无法自动关闭），立即按下急停开关，确保医用直线加速器停止工作。

2、立即向领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入。迅速安排受照人员接受医学检查和救治。

3、事故发生后，积极配合生态环境等管理部门做好事故调查和善后处理工作。

4、对发生事故的射线装置，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。

依照《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目运行期间的最大可信事故为射线装置或放射源失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，属于一般辐射事故。

医院拟根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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，并在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可

能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康行政主管部门报告；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主管部门报告。

医院拟严格执行射线装置的操作规程及工作场所分区管理要求，定期监测辐射工作场所的辐射环境剂量率等，确保辐射工作场所安全。当发生或发现辐射事故后，当事人应立即向所在单位的辐射安全负责人报告，启动辐射事故应急方案。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目医用直线加速器属于II类射线装置，模拟定位 CT 属于III类射线装置。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II类射线装置单位，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。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，应对直接从事生产、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。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部第 57 号公告）的要求，从事辐射工作的人员及辐射防护负责人均应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。对于原来已取得培训合格证且在有效期内的仍然有效。

医院已成立放射防护委员会（文件见附件 5）。其中，设 1 名主任委员、21 名委员。医院拟根据本项目特点修订相关文件，明确与本项目相关的辐射安全与环境保护管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。

根据医院提供的资料，医院目前已取得辐射安全许可证，种类和范围为“使用III类、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、丙级非密封放射性物质工作场所”，本次为使用II类、III类射线装置。

医院拟为本项目新配 17 名辐射工作人员，其中 16 名加速器辐射工作人员拟进行辐射防护培训并通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台取得 “放射治疗”类别考核合格证书，模拟定位 CT 辐射工作人员拟参加医院自主培训。

辐射安全管理规章制度

医院已制定《操作规程》《辐射安全岗位职责》《辐射防护与安全保卫制度》《设施设备维护与维修制度》《使用登记制度》《台账管理制度》《人员教育培训管理制度》《辐射环境监测、个人剂量监测方案》《辐射事故应急方案》等。上述规章制度均得到有效执行和落实，规章制度具有一定的针对性和可操作性，能够满足现有核技术利用项目管理需求。

医院拟根据本项目具体情况完善《操作规程》《辐射安全岗位职责》，并根据以

下内容完善相关制度：

1）操作规程：补充放射治疗相关的操作规程，明确本项目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。

2）岗位职责：明确管理人员、射线装置操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

3）辐射防护和安全保卫制度：定期检查辐射安全装置及检测仪器，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。

4）设备维修制度：明确本项目辐射监测设备维修计划、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。确保辐射检测装置、报警装置及急停按钮、联动装置、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等安全措施保持良好工作状态。

5）人员培训计划和健康管理制度：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，辐射安全管理人员、辐射安全防护负责人及所有辐射工作人员均应通过辐射安全防护考核，并应强调对培训档案的管理，做到有据可查。医院拟对辐射工作人员开展职业健康监护，定期安排其在有相应资质单位进行职业健康体检，并建立职业健康档案。

6）监测方案：

①明确监测项目和频次；

②辐射工作人员个人剂量监测数据拟建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，拟对有关人员采取保护措施，并在接到监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；

③对发生辐射事故处理进行全程监测；

④定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的单位进行监测，发现异常情况的，拟立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

⑤委托有资质监测单位对本单位的放射源和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

1、辐射监测方案

徐州市中心医院已制定如下辐射监测方案，辐射监测计划见表 12-1：

1）委托有资质的单位对项目所在场所周围环境 X-γ 辐射剂量率进行 1 次竣工验收监测；

2）委托有资质的单位对项目所在场所周围环境 X-γ 辐射剂量率进行年度监测，监测频次：1～2 次/年；

3）定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录，监测频次：1 次/3 个月；

4）委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量监测（1 次/3 个月），建立个人剂量档案。

表 12-1 辐射工作场所监测计划表

监测项目		监测频次	监测点位	结果评价
X-γ 辐射剂量率	竣工验收监测	1 次	机房屏蔽体外、防护门外、门缝隙处、操作位、通风口、电缆线口外及楼上。	《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中 6.3.1.1 的规定 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
	场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年		
	定期自行开展辐射监测	每 3 个月 1 次		
个人剂量监测	委托有资质的单位进行	每 3 个月 1 次	/	年有效剂量不超过 5mSv。

徐州市中心医院在项目运行过程中拟结合本项目特点，完善监测计划的频次及监测内容。同时拟对医院的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 日前向全国核技术利用辐射安全申报系统上传评估报告，年度评估发现安全隐患的，立即整改。

2、监测仪器情况

新城院区原有 1 台辐射巡检仪，拟为本项目增配 5 台个人剂量报警仪，其中 1#、2#加速器各 2 台，模拟定位 CT 1 台，用于辐射防护监测和报警。医院已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作时随身佩戴。

已有项目运行情况

新城院区现有 II 类射线装置 4 台，均为 DSA； III 类射线装置 11 台。现有项目工作状态良好，按照国家标准要求配备了相应的辐射安全设施和个人防护用品，各项辐射安全措施安全有效，日常使用中未发生辐射事故。

医院现有辐射工作人员均已参加辐射防护与安全培训和考核，成绩合格且在有效期内，已建立个人剂量监测档案及职业健康监护档案。本项目辐射工作人员均为新聘，不会影响原有核技术利用项目的运行。

辐射事故应急

医院已制定《辐射事故应急方案》，成立了辐射事故应急处置领导小组，并明确机构的职责、联系方式等内容。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第18 号）等相关规定，制定辐射事故应急预案并明确以下几个方面：

①应急机构和职责分工；

②应急的具体人员和联系电话；

③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；

④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

发生辐射事故后，医院立即向当地公安、生态环境部门报告，同时拟按应急预案采取相应措施。

医院每年进行1次应急演练，应急预案的相关措施得到落实。医院现有核技术利用项目开展以来，未发生过辐射事故。医院拟根据本项目的特点，在本项目运行过程中不断完善辐射事故应急处理预案，明确人员职责和应急响应措施。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

徐州市中心医院拟在新城院区门诊楼负 1 层西南部预留的 2 座医用直线加速器机房（1#、2#加速器机房）中各配备 1 台医用直线加速器（型号均为 Infinity，X 射线能量均为：6、10MV），在预留的模拟 CT 机房内配备 1 台模拟定位 CT（型号为 SOMATOM go Sim，最大管电压：140kV，最大管电流：625mA），用于开展放射治疗。

二、实践正当性评价

本项目用于肿瘤的放射治疗，项目的运行能为病人提供放射诊疗服务，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，其获得的利益远大于对环境的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践正当性”原则。

三、项目选址及布局合理性评价

徐州市中心医院新城院区位于江苏省徐州市云龙区太行路 29 号，医院东侧为拟建徐州市中心医院康复医院新院，南侧为太行路，西侧为特来电汽车充电站、市机关加油站及 G104 国道，北侧为峨眉路。

本项目位于门诊楼负 1 层西南部，项目周围环境见表 1-1。本项目工作场所均划分了控制区及监督区，控制室、设备间等辅助设施与机房分开，区域划分明确，布局合理。

本项目西侧为特来电汽车充电站区域（距本项目最近距离约 40m），其余各方向 50m 范围内为医院内部，无学校、居民区等环境敏感目标（详见附图 2）；本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，不涉及 HJ 19-2022 中 3.4 定义的“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。运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患及周围公众等。

四、辐射环境现状评价

徐州市中心医院新增 2 台医用直线加速器项目室内检测点位 γ 辐射空气吸收剂量

率为（71.4~78.5）nGy/h，均位于江苏省室内环境天然γ辐射水平评价参考范围内；道路检测点位γ辐射空气吸收剂量率为 78.0 nGy/h，位于江苏省道路环境天然γ辐射水平评价参考范围内；测量结果均已扣除宇宙射线响应值，属江苏省天然γ辐射正常水平。

五、环境影响分析评价

根据预测结果，在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，本项目投入运行后辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《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年有效剂量限值要求以及本项目管理目标限值要求（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）。

本项目加速器机房内均设置有通风系统，通风换气次数均能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的相关要求；机房内通风管道穿墙孔外侧的辐射剂量率在控制范围内。模拟 CT 机房拟设置动力通风装置，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

本项目工作人员和部分患者产生的生活污水，由院内污水处理站统一处理；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

六、辐射安全措施评价

本项目机房入口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；机房内外均设计有急停按钮；加速器机房设计有门-机联锁装置和对讲监控装置；加速器机房设有从室内开启治疗机房门的装置，防护门设计有防挤压功能；加速器机房拟安装固定式辐射剂量监测仪并有报警功能。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

七、辐射安全管理评价

徐州市中心医院已设定专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人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。医院拟根据本项目特点完善相应的辐射安全管理制度。本项目拟配备的辐射工作人员及辐射防护负责人在上岗前拟参加并通过辐射安全与防护知识的考核，公司拟安排辐射工作人员进行职业健康体检和个人剂量监测，并建立职业健康档案和个人剂量档案。

九、辐射防护监测仪器评价

新城院区原有 1 台辐射巡检仪，拟为本项目增配 5 台个人剂量报警仪，其中 1#、2#加速器各 2 台，模拟定位 CT 1 台，用于辐射防护监测和报警；所有辐射工作人员均配备个人剂量计，工作时随身佩戴。医院拟定期开展辐射工作场所辐射剂量率的巡测，值班人员佩带个人剂量报警仪，辐射工作人员均拟按要求佩带个人剂量计，定期进行个 人剂量监测，并建立健康档案。符合要求。

综上所述，本项目选址及布局合理，拟采取的辐射安全与防护措施适当，在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该项目的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，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1、该项目运行中，辐射工作人员应严格遵守操作规程等辐射安全制度，医院应加强对辐射工作人员的操作技能培训和辐射防护安全的宣教。

2、保证各项安全措施及辐射防护设施正常运行，严格按国家有关规定及要求进行操作，确保项目运行安全可靠。

3、定期对辐射工作场所进行检查和监测，及时发现并排除事故隐患。

4、加强对控制室辐射水平的监测。

5、按照江苏省生态环境厅发布的《医疗单位辐射安全管理标准化建设指南(第二版)》对医院辐射安全状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统。

6、取得本项目环评批复、项目建成后，应及时重新申领辐射安全许可证，并按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，在 3 个月内完成竣工环境保护验收工作，需对环境保护设施进行调试或整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。

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	管理机构：医院已设立放射防护委员会。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对管理机构和辐射工作人员上岗的要求。	/
	管理制度：已制定《操作规程》《辐射安全岗位职责》《辐射防护与安全保卫制度》《设施设备修护与维修制度》《使用登记制度》《台账管理制度》《人员教育培训管理制度》《辐射环境监测、个人剂量监测方案》《辐射事故应急方案》等。拟根据本项目特点进一步细化和完善。	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。	
辐射防护措施	屏蔽措施：本项目加速器机房四侧墙体及顶部采用混凝土进行辐射防护，防护门采用含铅的防护门。工作人员和周围公众的年有效剂量符合项目剂量约束值要求。 模拟 CT 机房四侧墙体采用实心砖+硫酸钡，楼上采用混凝土+硫酸钡，楼下采用混凝土进行辐射防护，防护门采用含铅的防护门。屏蔽体防护铅当量均满足GBZ130-2020 中的要求。	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目标管理值要求。	200
辐射安全措施	本项目机房入口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；机房内外均设计有急停按钮；加速器机房设计有门-机联锁装置和对讲监控装置；加速器机房设有从室内开启治疗机房门的装置，防护门设计有防挤压功能；加速器机房拟安装固定式辐射剂量监测仪并有报警功能。	满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）相关辐射安全管理的要求。	44
	监测仪器：新城院区原有1台辐射巡检仪，拟为本项目增配5台个人剂量报警仪，其中1#、2#加速器各2台，模拟定位CT 1台，用于辐射防护监测和报警；所有辐射工作人员均配备个人剂量计，工作时随身佩戴。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对辐射监测仪器的配备要求。	17
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员拟参加辐射安全与防护培训，考核合格。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	24
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（1 次/季），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期（不少于 2 年 1 次）进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。		

三废治理措施	加速器机房拟设置强制排风系统，进风口设在加速器机房上部，排风口设在加速器机房下部，通风换气次数不小于 4 次/h，工作时候开启确保机房内臭氧和氮氧化物能及时排出。 模拟 CT 机房拟设置动力通风装置，满足 GBZ130-2020，要求。	满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）相关通风要求。	40
总计	/	/	325

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。