核技术利用建设项目

南京国际医院二次改造项目

生态环境影响报告表

（公示版）

南京国际医院有限公司

2026 年 9 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

南京国际医院二次改造项目

生态环境影响报告表

（公示版）

南京国际医院有限公司

2026 年 9 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

南京国际医院二次改造项目

生态环境影响报告表

建设单位名称：南京国际医院有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省南京市建邺区宜悦街16号

邮政编码：210017　　联系人：

电子邮箱：　　联系电话：

目 录

表 1　项目基本情况 ..... - 1 -
表 2　放射源 ..... - 6 -
表 3　非密封放射性物质 ..... - 6 -
表 4　射线装置 ..... - 7 -
表 5　废弃物（重点是放射性废弃物） ..... - 8 -
表 6　评价依据 ..... - 9 -
表 7　保护目标与评价标准 ..... - 12 -
表 8　环境质量和辐射现状 ..... - 16 -
表 9　项目工程分析与源项 ..... - 20 -
表 10　辐射安全与防护 ..... - 26 -
表 11　环境影响分析 ..... - 34 -
表 12　辐射安全管理 ..... - 53 -
表 13　结论与建议 ..... - 59 -
表 14　审批 ..... - 64 -
附图 1 南京国际医院二次改造项目地理位置示意图 ..... - 65 -
附图 2 南京国际医院有限公司总平面及周围环境示意图 ..... - 66 -
附图 3 南京国际医院有限公司病房楼负三层放疗科平面布置及分区示意图 ..... - 67 -
附图 4 南京国际医院有限公司病房楼负二层平面布置示意图 ..... - 68 -
附图 5 南京国际医院有限公司病房楼负一层平面布置示意图 ..... - 69 -
附图 6 南京国际医院有限公司病房楼负三层放疗科通风管道布设示意图 ..... - 70 -
附图 7 南京国际医院有限公司综合医疗楼顶部医用直线加速器机房排风口位置示意图 ..... - 71 -
附件 1 项目委托书 ..... - 72 -
附件 2 射线装置使用承诺书及情况说明 ..... - 73 -
附件 3 射线机房防护设计情况 ..... - 75 -
附件 4 辐射安全许可证正副本和营业执照 ..... - 76 -
附件 5 原有核技术利用项目基本情况一览表及情况说明 ..... - 80 -
附件 6 本项目辐射环境现状监测报告 ..... - 83 -
附件 7 本项目江苏省投资项目备案证 ..... - 93 -
附件 8 公司准予变更登记通知书 ..... - 94 -
附件 9 《关于河西南部 8-7-2 地块项目环境影响报告书的批复》及《南京国际医院有限公司河西南部 8-7-2 地块项目（第一阶段）竣工环境保护验收意见》 ..... - 95 -
附件 10 本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书 ..... - 101 -
附件 11 医用直线加速器机房施工图 ..... - 104 -

打印编号：1791614172000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	73423u
建设项目名称	南京国际医院二次改造项目
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）	南京国际医院有限公司
统一社会信用代码	91320100302329733O
法定代表人（签章）	董正东
主要负责人（签字）	董正东
直接负责的主管人员（签字）	宫超
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	2014035320352013321405000117	BH019830	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘彧妤	表8 环境质量与辐射现状 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	BH015157	
陈朝晖	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	BH019830	

环评项目负责人I

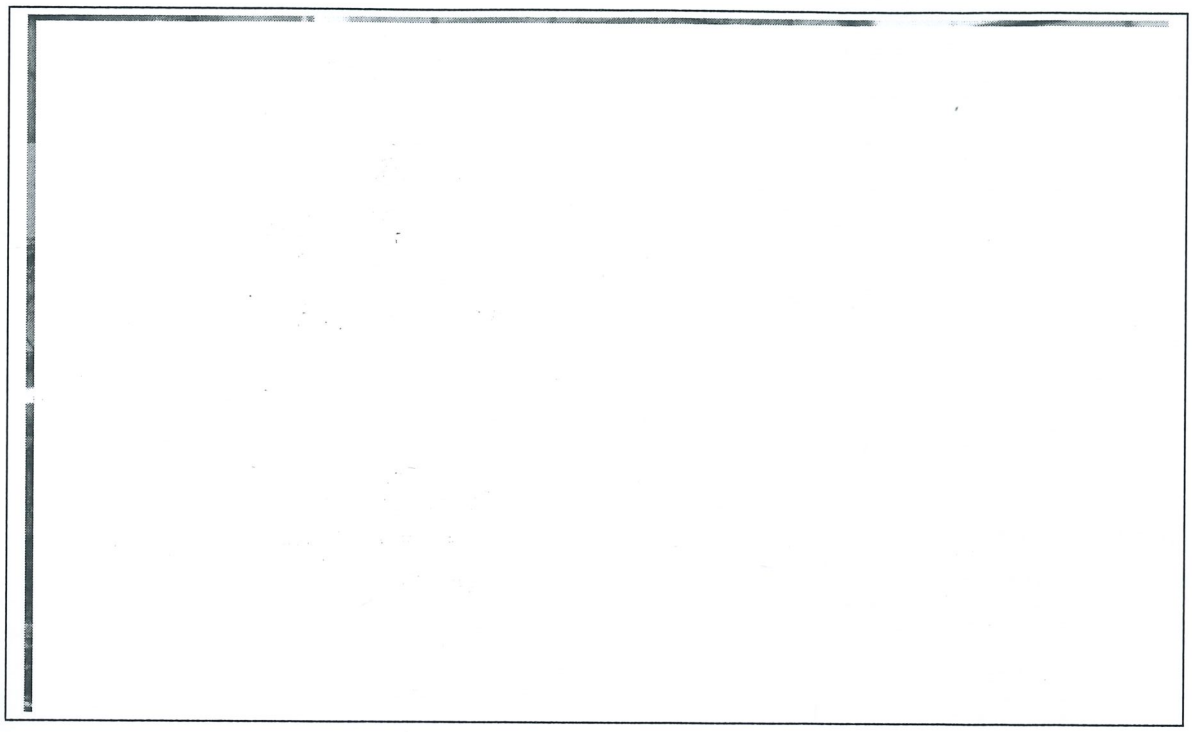


持证人签名：
Signature of the Bearer

仅供南京国际医院二

管理号：
File No.

本项目负责人现场勘查照片



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：　　**查询时间：** 202604-202609

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	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	刘彧妤		202604 - 202609	6
2	陈朝晖		202604 - 202609	6

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：2026年10月9日

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">南京国际医院二次改造项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">南京国际医院有限公司
（统一社会信用代码：　　）</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td colspan="2"></td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">江苏省南京市建邺区宜悦街 16 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">江苏省南京市建邺区宜悦街 16 号院区病房楼负三层放疗科</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">建邺区发展和改革委员会</td><td>批准文号</td><td colspan="2">备案证号：建邺发改备〔2026〕129 号，
项目代码：2604-320105-04-01-250119</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td></td><td colspan="2">项目环保总投资（万元）</td><td></td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☑新建 ☐改建 ☐扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>251</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="6">☐Ⅰ类 ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="6">☐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="6">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="6">☐乙　　☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="6">☑Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="7">/</td></tr>
</table>

项目概述：

一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来

南京国际医院有限公司（原企业名称：港卓江苏医院投资管理有限公司，公司准予变更登记通知书见附件 8）与国际优质资源合作，在建邺区建设一所国际先进医院管理理念和服务流程为主导、以高中端医疗服务及聚中外医疗优势为特色、以属地大

众医疗需求服务为基础的三级甲等综合性医院。院区选址位于南京河西西南部8-7-2号地块上，项目规划用地面积为22133.87平方米，总建筑面积约为14万平方米，总投资约为14亿元，设计床位540张。该项目《港卓江苏医院投资管理有限公司“河西南部8-7-2地块项目”环境影响报告书》由南京亘屹环保科技有限公司编制，已于2017年6月28日取得原南京市建邺区环境保护局关于该项目的批复文件（见附件9，文号：建环书复〔2017〕004号）。

南京国际医院有限公司于2024年1月开始试运营并于2024年10月28日完成项目（第一阶段）竣工环境保护验收（验收意见见附件9），院区位于南京市建邺区宜悦街16号，项目用地面积为2.2万平方米，总建筑面积约为15.9万平方米，主体建筑为1栋二十层高的主楼（病房楼）、1栋十七层高的主楼（多学科中心）、1栋七层高的主楼（综合医疗楼）和三层地下室（预留放疗科工作场所），设计床位数540张。

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，根据规划，南京国际医院有限公司拟在院区病房楼负三层放疗科预留医用直线加速器机房内配备1台KylinRay-MELAC型医用直线加速器（X射线能量：6MV），兼具医用直线加速器（X射线能量：6MV）治疗和CBCT（最大管电压为150kV，最大管电流为160mA）图像引导功能，用于肿瘤的放射治疗；依托放射科现有1台Revolution型CT（最大管电压为140kV，最大管电流为1000mA）进行模拟定位。该项目已取得建邺区发展和改革委员会赋予的江苏省投资项目备案证（备案证号：建邺发改备〔2026〕129号，项目代码：2604-320105-04-01-250119，见附件7）。

南京国际医院有限公司拟新聘用共计5名辐射工作人员承担病房楼负三层放疗科的辐射工作，其中医师2人、技师2人、物理师1人，不兼职其他辐射工作，能够满足本项目辐射工作人员配备需求。辐射工作人员年工作250天，本项目日接诊量最大50人次，患者治疗照射时间平均按4min计，每周质控出束时间约1h，故医用直线加速器年出束运行时间为883.3h。

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，南京国际医院二次改造项目需进行生态环境影响评价。受南京国际医院有限公司的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了南京国际医院二次改造项目的生态环境影响评价工作（见附件1）。根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（国务院生态环境主管部门、国家卫

生和计划生育委员会，公告2017年 第66号），本项目医用直线加速器属于粒子能量小于100兆电子伏的医用加速器，为Ⅱ类射线装置。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、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了项目生态环境影响报告表。南京国际医院二次改造项目情况见表1-1：

表1-1 南京国际医院二次改造项目情况一览表

射线装置

序号	射线装置名称型号	数量	最大能量（MeV）	射线装置类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	医用直线加速器（KylinRay-MELAC型）	1	X射线：6MV	Ⅱ类	病房楼负三层放疗科医用直线加速器机房	使用	本次环评	/

注：本项目医用直线加速器具备CBCT图像引导功能，最大管电压为150kV，最大管电流为160mA。

二、项目选址情况

南京国际医院有限公司位于南京市建邺区宜悦街16号，院区东侧为宜悦街，南侧为江东南路，西侧、北侧为南京儿童医院河西分院。本项目地理位置示意见附图1，南京国际医院有限公司总平面及周围环境示意图见附图2。

本次二次改造项目位于南京国际医院有限公司病房楼负三层北部，医用直线加速器机房东侧为医疗设备用房（预留）和走廊，南侧为控制室、辅助机房和走廊，西侧为闲置机房，北侧和下方均为土层，上方为污水处理站。南京国际医院有限公司病房楼负三层放疗科平面布置示意图见附图3。

本次二次改造项目医用直线加速器机房周围50m评价范围除北至南京儿童医院河西分院感染楼（最近约20m）和综合楼（最近约27m）外，其余方向均位于南京国际医院有限公司院区边界内。项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患及陪同家属和南京儿童医院河西分院处其他公众等。

本项目医用直线加速器机房位于南京国际医院有限公司病房楼负三层北部，由于机房屏蔽体、地下土层和距离的衰减作用，医用直线加速器对地上建筑的环境保护目标影响较小。本项目机房位于建筑物底部，周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员

密集区域，或人员流动性大的商业活动区域，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）中关于选址的规定。

三、原有核技术利用项目许可情况

南京国际医院有限公司持有南京市建邺生态环境局核发的辐射安全许可证（苏环辐证[A3574]），有效期至：2028 年 11 月 2 日，许可种类和范围为“使用III类射线装置”。医院辐射安全许可证正副本见附件 4，原有核技术利用项目情况见附件 5。

医院已使用的 DR、CT 等III类射线装置均已履行环保手续，无环保遗留问题。现有核技术应用项目基本情况见表 1-2。

表 1-2 现有核技术应用项目基本情况一览表

射线装置

序号	辐射活动场所名称	装置名称	规格型号	类别	活动种类	环评、许可及验收情况	备注
1	放射科	CT	Revolution CT	III类	使用	已备案（备案号：202332010500000143）、已许可、已监测	/
		CT	uCT 960+		使用	已备案（备案号：202432010500000031）、已许可、已监测	/
2		DR	uDR 780i	III类	使用	已备案（备案号：202332010500000143）、已许可、已监测	/
3		透视摄影 X 射线机*	ProxiDiagnost N90	III类	使用	已备案（备案号：202432010500000031）、已许可、已监测	/
4		移动 DR	uDR 380i Pro	III类	使用	已备案（备案号：202432010500000031）、已许可、已监测	/
5	口腔科	牙片机	x-mind dc	III类	使用	已备案（备案号：202432010500000031）、已许可、已监测	/
		口腔 CT	NewTom G1ANO HR		使用	已备案（备案号：202432010500000031）、已许可、已监测	/

注：医院已配备 1 台 ProxiDiagnost N90 型透视摄影 X 射线机，主要用于骨骼、肺部、软组织的 X 射线检查，不进行血管造影和介入治疗，相关情况说明见附件 5。

四、实践正当性分析

本项目的运行，可为患者提供放射治疗服务，并可提高医疗卫生水平，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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	医用直线加速器	Ⅱ类	1 台	KylinRay-MELAC 型	电子	X 射线能量：6MV	X 射线最高剂量率：1600cGy/min（FFF 模式）、600cGy/min（FF 模式）	放射治疗	病房楼负三层放疗科医用直线加速器机房	具备 CBCT（最大管电压为 150kV，最大管电流为 160mA）图像引导功能
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/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）《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日由十四届全国人大四次会议审议通过，2026 年 8 月 15 日起施行； （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，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行； （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，1998 年 11 月 29 日发布，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； （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； （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； （6）《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； （7）《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，国务院生态环境主管部门、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； （8）《江苏省辐射污染防治条例》（2026 年修正本），2026 年 7 月 31 日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审议通过，2026 年 8 月 15 日起实施； （9）《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； （10）《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； （11）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生

	态环境部公告 2019 年 第 57 号，2019 年 12 月 24 日发布； （12）《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； （13）《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； （14）《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； （15）《市政府关于南京市建邺区国土空间分区规划（2021-2035 年）的批复》，宁政复〔2025〕28 号，2025 年 3 月 4 日发布； （16）《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》（GB 18871-2002）； （2）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （3）《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）； （4）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）； （5）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （6）《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）； （7）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （8）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （9）《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）； （10）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （11）《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）； （12）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （13）《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）； （14）《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）。

其他	附图： （1）南京国际医院二次改造项目地理位置示意图； （2）南京国际医院有限公司总平面及周围环境示意图； （3）南京国际医院有限公司病房楼负三层放疗科平面布置及分区示意图； （4）南京国际医院有限公司病房楼负二层平面布置示意图； （5）南京国际医院有限公司病房楼负一层平面布置示意图； （6）南京国际医院有限公司病房楼负三层放疗科通风管道布设示意图； （7）南京国际医院有限公司综合医疗楼顶部医用直线加速器机房排风口位置示意图。 附件： （1）项目委托书； （2）射线装置使用承诺书及情况说明； （3）射线机房防护设计情况； （4）辐射安全许可证正副本和营业执照； （5）原有核技术利用项目基本情况一览表及情况说明； （6）本项目辐射环境现状监测报告； （7）本项目江苏省投资项目备案证； （8）公司准予变更登记通知书 （9）《关于河西南部8-7-2地块项目环境影响报告书的批复》及《南京国际医院有限公司河西南部8-7-2地块项目（第一阶段）竣工环境保护验收意见》； （10）本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书； （11）医用直线加速器机房施工图。

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》（HJ 10.1-2016）中“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本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。

保护目标

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；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。对照《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《南京市生态空间管控区域评估优化方案》《南京市建邺区国土空间分区规划（2021-2035 年）》（宁政复〔2025〕28 号）要求，本项目建设址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（详见附件 10）。

本项目主要考虑医用直线加速器工作时可能对周围环境产生的辐射影响。本项目医用直线加速器机房周围 50m 评价范围除北至南京儿童医院河西分院感染楼（最近约 20m）和综合楼（最近约 27m）外，其余方向均位于南京国际医院有限公司院区边界内。项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患及陪同家属和南京儿童医院河西分院处其他公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

序号	环境保护目标		方位	最近距离	保护对象类别	人口规模	剂量约束值要求
1	病房楼负三层放疗科医用直线加速器机房	医师、技师、物理师	机房内和南侧控制室	紧邻	辐射工作人员	5 人	5mSv/a（职业人员）
2	病房楼、综合医疗楼负三层~负一层	周围公众	工作场所四周及上方	紧邻	公众	流动人员	0.1mSv/a（公众）
3	病房楼一层~十一层	其他医务人员	南侧	水平：约 6m，垂直：约 6m	公众	约 50 人	

		其他患者、周围公众				约215张床位（规划），其余为流动人员	
4	综合医疗楼一层~七层	其他医务人员	南侧	水平：约9m，垂直：约6m	公众	约20人	
		其他患者、周围公众				流动人员	
5	院内道路公众		上方	约6m	公众	流动人员	
6	南京儿童医院河西分院感染楼公众		北侧	水平：约20m，垂直：约6m	公众	约60名工作人员，其余为流动人员	
7	南京儿童医院河西分院综合楼公众		北侧	水平：约27m，垂直：约6m	公众	约60名工作人员，其余为流动人员	

评价标准

一、工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中个人剂量限值，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	要求
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。

二、剂量约束值：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求，确定本项目剂量约束值为：职业照射的剂量约束值为5mSv/a，公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

三、机房外的周围剂量当量率参考控制水平：

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）“6.1 屏蔽要求”、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）“6.3 屏蔽要求”中相关规定及本项目医用直线加速器周开机治疗时间，估算得到医用直线加速器机房外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平 H_c，见表 7-3。

表 7-3 医用直线加速器机房外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平

参考点[1]			居留因子 T[2]	使用因子 U	周剂量控制值（μSv/周）	周工作时间（h）[3]	剂量率参考控制水平（μSv/h）[4]		
							$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	**H_c**
医用直线加速器机房	西墙主屏蔽（*a* 点、*a'*点）	闲置机房	1/2	1/4	5	17.7	2.26	10	**2.26**
	东墙主屏蔽（*b* 点）	医疗设备用房（预留）	1	1/4	5		1.13	2.5	**1.13**
	屋顶屏蔽（*l* 点）	污水处理站设备层	1/16	1/4	5		18.1	10	**10**
	西墙次屏蔽（c_1 点、c_2 点）	闲置机房	1/8	1	5		2.26	10	**2.26**
	东墙次屏蔽（d_1 点、d_2 点）	医疗设备用房（预留）/土层	1	1	5		0.28	2.5	**0.28**
	迷路墙外（*f* 点）	控制室	1	1	100		5.66	2.5	**2.5**
	迷路外墙（*k* 点）	辅助机房	1/16	1	5		4.53	10	**4.53**
	迷路入口防护门（*g* 点）		1/8	1	5		2.26	10	**2.26**

注：1、医用直线加速器机房参考点点位布设详见图 11-1，北侧和下方均为土层，人员不可达；

2、关注点位置的居留因子依据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）附录 A 选取；

3、根据医院提供的工作量，本项目医用直线加速器投入使用后，预计日接诊量最大 50 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 4min 计，每周质控出束时间约 1h，则周出束运行时间为 17.7h；

4、$H_{c,d}$ 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≤100μSv/周，机房外非辐射工作人员周剂量参考控制水平≤5μSv/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：$H_{c,max}$≤2.5μSv/h，人员居留因子 T≤1/2 的场所：$H_{c,max}$≤10μSv/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、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，

见表 7-4。

表 7-4 江苏省全省环境天然γ辐射水平调查结果（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。

五、参考资料：

（一）《辐射防护导论》，方杰主编；

（二）《辐射防护手册（第三分册）》，李德平、潘自强主编。

器机房东侧为医疗设备用房（预留）和走廊，南侧为控制室、辅助机房和走廊，四侧

处理站。

范围除北至南京儿童医院河西分院感染

其余方向均位于南京国际医院有限公司

医院辐射工作人员、院区内的其他医护

述其他公众等。本项目拟建址周边环境

图 8-1 医用直线加速器机房内

图 8-2 医用直线加速器机房东侧

图 8-3 医用直线加速器机房南侧

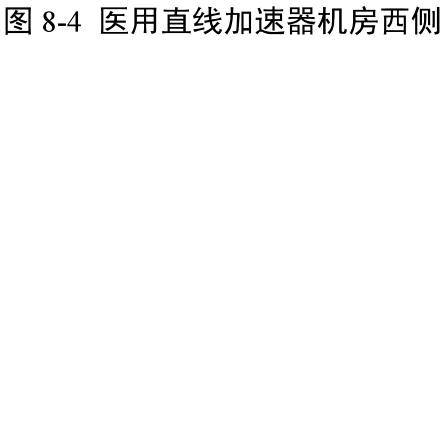


图 8-4 医用直线加速器机房西侧

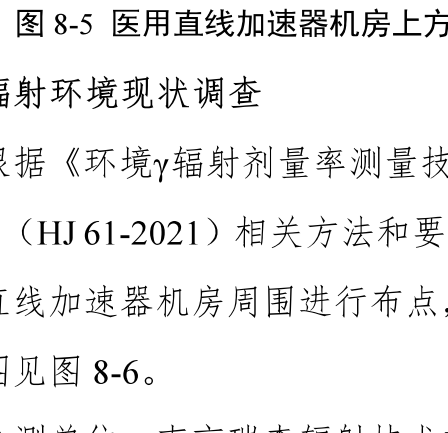


图 8-5 医用直线加速器机房上方

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，于本次二次改造项目医用直线加速器机房周围进行布点，测量γ辐射剂量率。检测结果见表 8-1，检测点位示意图见图 8-6。

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：6150AD6/H+6150AD-b/H 型 X-γ辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，检定有效期：2025 年 10 月 29 日～2026 年 10 月 28 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2025-0105091）

能量范围：20keV～7MeV

剂量率范围：1nSv/h～99.9μSv/h

检测日期：2026 年 8 月 21 日

天气：多云

温度：36℃

湿度：59%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 6），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，检测仪器经过计量部门检定，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 南京国际医院二次改造项目周围γ辐射水平

测点编号	测点描述	测量结果（nGy/h）[1)]	标准差	备注
1	医用直线加速器机房内	52	1	楼房
2	医用直线加速器机房东侧	64	1	楼房
3	医用直线加速器机房南侧	53	1	楼房
4	医用直线加速器机房西侧	56	1	楼房
5	医用直线加速器机房上方 [2)]	47	1	道路
6	病房楼北侧道路	37	1	道路
7	综合医疗楼北侧道路	39	1	道路
8	南京儿童医院河西分院感染楼南侧道路	41	1	道路
9	南京儿童医院河西分院综合楼南侧道路	39	1	道路

注：1、上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应值。环境γ辐射剂量率测量结果按照《辐射环

境监测技术规范》（HJ 61-2021）中公式$\dot{D} = C_f\left(E_f\dot{X} - \mu_c\dot{X_c}'\right)$计算，其中，$C_f$为仪器量程检定/校准因子，本项目为 1.05；$E_f$为仪器检验源效率因子；$\dot{X}$为现场检测时仪器 n 次读数的平均值；μ_c为建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1；$\dot{X_c}'$为测点处仪器对宇宙射线的响应值，本仪器的宇宙射线响应值为 24nGy/h（宇响检测点位：高邮湖湿地公园离岸一公里湖面，119.399296°E、33.000684°N。本项目测点位于 118.70°E、31.99°N，海拔高度、经纬度与宇响检测点相差不大，无需进行修正）；检测期间，各测点周围无射线装置出束；

2、本项目医用直线加速器机房上方为污水处理站污水池，人员不可达，机房上方点位取在污水处理站污水池上方道路。

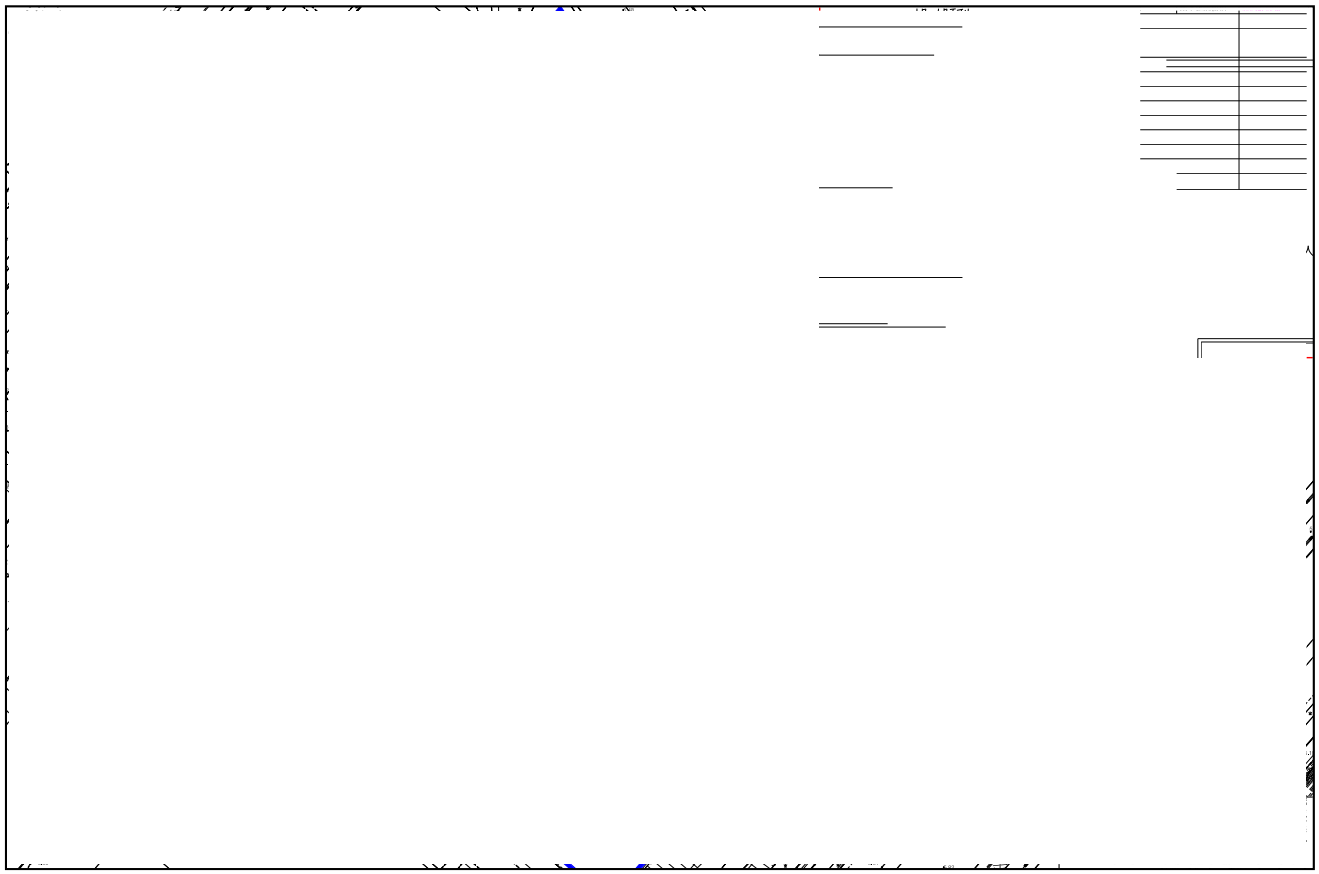


图 8-6 南京国际医院二次改造项目周围环境监测点位示意图

由表 8-1 检测结果可知，南京国际医院二次改造项目拟建址室内周围环境γ辐射剂量率为（52~64）nGy/h，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；室外点位周围环境γ辐射剂量率为（37~47）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

南京国际医院有限公司拟在院区病房楼负三层放疗科预留医用直线加速器机房内配备 1 台 KylinRay-MELAC 型医用直线加速器（X 射线能量：6MV），兼具医用直线加速器（X 射线能量：6MV）治疗和 CBCT（最大管电压为 150kV，最大管电流为 160mA）图像引导功能，用于肿瘤的放射治疗。

KylinRay-MELAC 型医用直线加速器机房外观图见图 9-1。



图 9-1 KylinRay-MELAC 型医用直线加速器外观图

医用直线加速器至少要包括：1 个加速场所（加速管）、1 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 9-2。

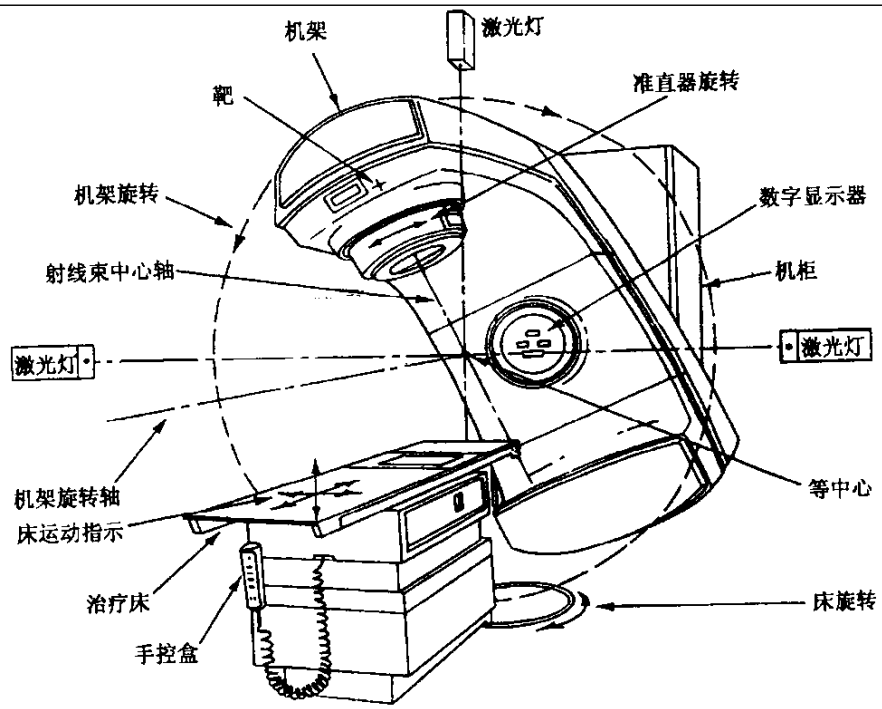
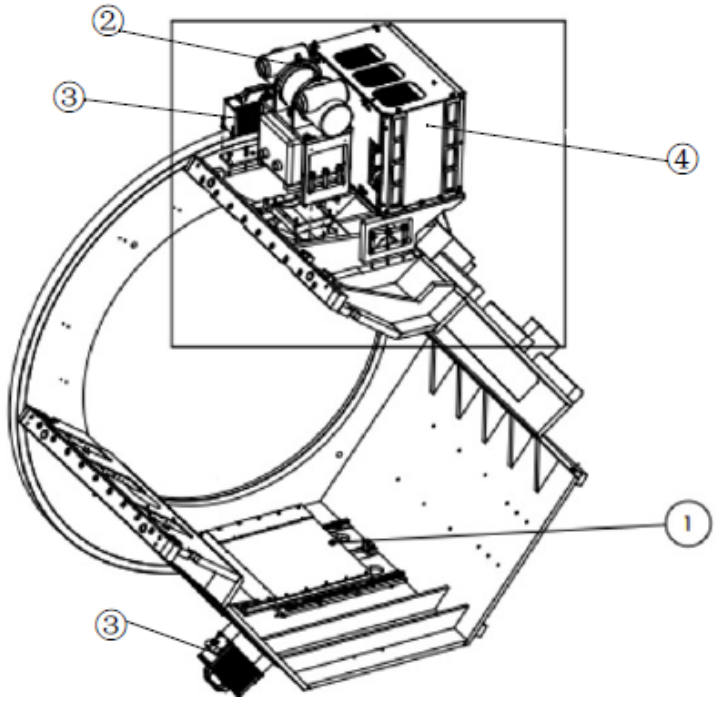


图 9-2 医用直线加速器基本结构示意图

CBCT 图像引导系统采用治疗床，将患者固定，用十字激光灯对患者位置进行初始定位，确定治疗床坐标，将 CT 图像中病灶的坐标转换到本系统的坐标系中。在治疗前，通过图像引导定位装置进行摆位验证，和治疗床各轴的微动来调整患者的姿态，以确保放射治疗前靶区的准确性。CBCT 图像引导系统主要部件包括：kV 级影像平板、X 射线球管、影像光阑、高压发生器。CBCT 图像引导系统示意图见图 9-3。



（1）kV 级影像平板及其驱动组件 （2）X 射线球管组件 （3）平板探测器电源模块 （4）高压发生器组件

图 9-3 CBCT 图像引导系统示意图

医院拟引进的1台医用直线加速器，提供X射线治疗模式，本项目拟配备的医用直线加速器主要技术参数见表9-1。

表9-1 本项目医用直线加速器技术参数情况一览表

项目名称	技术参数*
型号	KylinRay-MELAC型
位置	病房楼负三层放疗科医用直线加速器机房
主要技术指标	X射线：6MV
射线最大出射角	28°（等中心点每侧14°）
源轴距SAD	1m
等中心点至机房地坪的高度	1.100m
距靶1m处X射线最高剂量率	
最大照射野大小	40cm×40cm
机架旋转	±185°
靶材料	钨合金
用途	放射治疗

注：根据建设单位医疗需求及设备厂家确定医用直线加速器参数。

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，而使周围的正常组织和器官少受或免受不必要的照射。

医用直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，医用直线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。电子直接引出，可作电子线治疗，电子打击重金属

靶，产生轫致辐射发射 X 射线，作 X 射线治疗。医用直线加速器系统示意图见图 9-4。

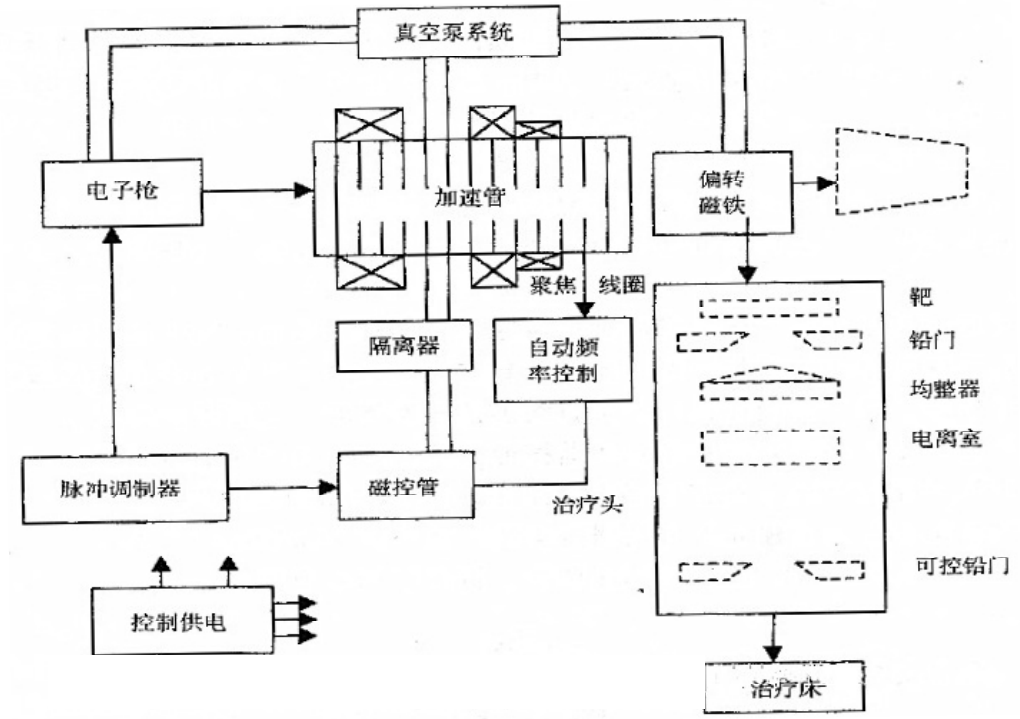


图 9-4 医用直线加速器系统示意图

（二）工作流程

医用直线加速器放疗工作流程及产污环节分析见图 9-5，其工作流程如下：

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 CT 模拟定位机（依托放射科现有 1 台 Revolution 型 CT）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、物理师根据医师要求设计放射治疗计划，并经放疗医师确认后，放疗技师领患者进入机房，对患者进行摆位；

4、技师确认机房内无其他人员滞留，确认各类按钮工作正常后，离开机房，关闭防护门；

5、技师在控制室内使用 CBCT 图像引导系统模块对病灶进行扫描，并与 CT 模拟定位机扫描图像做对比，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（医用直线加速器治疗和 CBCT 图像引导功能不同时开启）。治疗过程中，会产生 X 射线，机房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，患者离开机房。

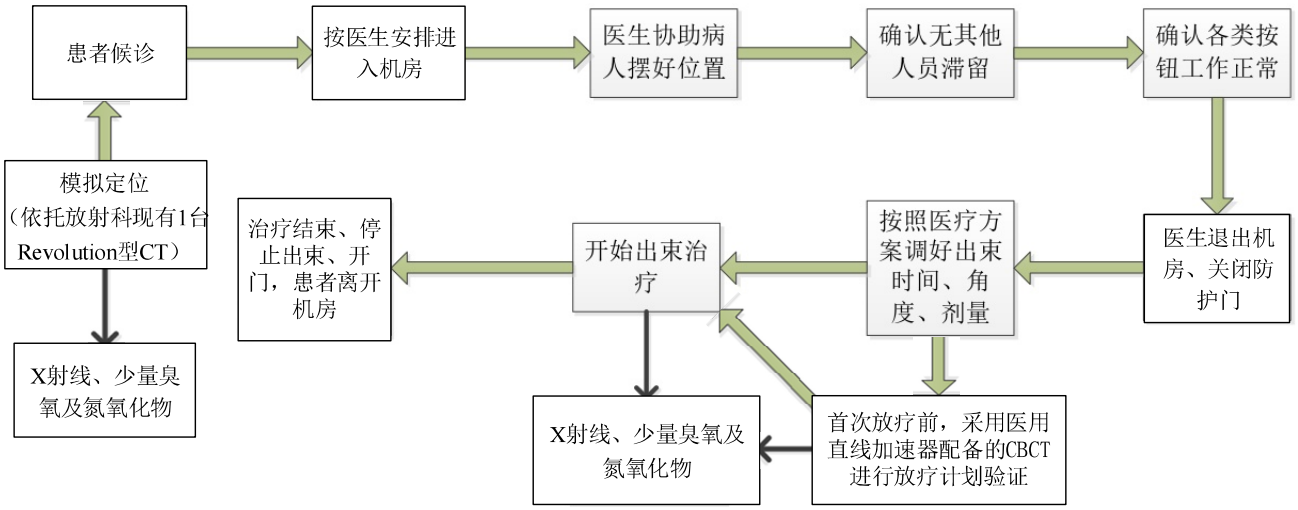


图 9-5 医用直线加速器放疗工作流程及产污环节示意图

三、工作负荷

南京国际医院有限公司拟新聘用共计 5 名辐射工作人员承担病房楼负三层放疗科的辐射工作，其中医师 2 人、技师 2 人、物理师 1 人，不兼职其他辐射工作，能够满足本项目辐射工作人员配备需求。辐射工作人员年工作 250 天，本项目日接诊量最大 50 人次，患者治疗照射时间平均按 4min 计，每周质控出束时间约 1h，故医用直线加速器年出束运行时间为 883.3h。

污染源项描述

一、放射性污染

（一）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。

南京国际医院有限公司拟在院区病房楼负三层预留医用直线加速器机房内配备 1 台 KylinRay-MELAC 型医用直线加速器，X 射线能量为 6MV，具有 FFF（无均整过滤器）和 FF（有均整过滤器）两种运行模式，1m 处输出剂量率最高分别为 1600cGy/min（FFF 模式）、600cGy/min（FF 模式），医生可根据放射治疗计划，选用 FFF 模式或 FF 模式开展放射诊疗，两种模式使用频次各占 50%，治疗时间分别为 3min、5min，患者治疗照射时间平均约 4min。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。

CBCT 图像引导系统在工作状态下会发出X射线，最大管电压为 150kV、最大管电流为 160mA。CBCT 产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失，在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。

本项目医用直线加速器机房位于南京国际医院有限公司病房楼负三层，不存在天空反射和侧散射。

（二）中子

本项目拟配备的医用直线加速器的 X 射线能量为 6MV，根据《辐射防护手册》（第三分册）图 4.27，当医用直线加速器入射电子能量超过 8MeV 时会产生中子，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/T 201.2-2011）规定（§4.3.2.5），当加速器 X 射线≤10MV 时，中子及其影响可忽略。

（三）感生放射性

感生放射性核素主要是中子与加速器结构材料发生的（n，γ）俘获反应产生的，仅适用于电子能量超过 10MeV 的设备。本项目拟配备的医用直线加速器的 X 射线能量为 6MV，感生放射性废水影响可忽略不计。

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

医用直线加速器在工作状态时，会使机房内的空气产生电离，产生臭氧和氮氧化物等气体。

（二）废水

主要是辐射工作人员产生的生活污水。

（三）固体废物

主要是辐射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

本项目医用直线加速器机房位于南京国际医院有限公司病房楼负三层北部，由于机房屏蔽体、地下土层和距离的衰减作用，医用直线加速器对地上建筑的环境保护目标影响较小。机房位于建筑物底部，周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域，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）中关于选址与布局的规定。

本项目医用直线加速器机房东侧为医疗设备用房（预留）和走廊，南侧为控制室、辅助机房和走廊，西侧为闲置机房，北侧和下方均为土层，上方为污水处理站。医用直线加速器机房与控制室分离，控制室位于机房南侧；设置“L”型迷路，迷路口设有防护门。机房周围除控制室外无其他居留因子较大的用室。医用直线加速器机房布局符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需求”“治疗机房均应设置迷路”“应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避免被有用线束直接照射”等规定，本项目医用直线加速器机房布局合理。

为加强辐射防护管理和职业照射控制，本项目拟将屏蔽产生射线的医用直线加速器机房作为辐射防护控制区，在机房入口处设置电离辐射警告标志，出束期间除患者外禁止任何人员进入；拟将医用直线加速器机房控制室、辅助机房及相邻走廊作为辐射防护监督区，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌，出束期间禁止无关人员进入。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）、《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要求。南京国际医院有限公司病房楼负三层放疗科平面布置及分区示意图见图 10-1。

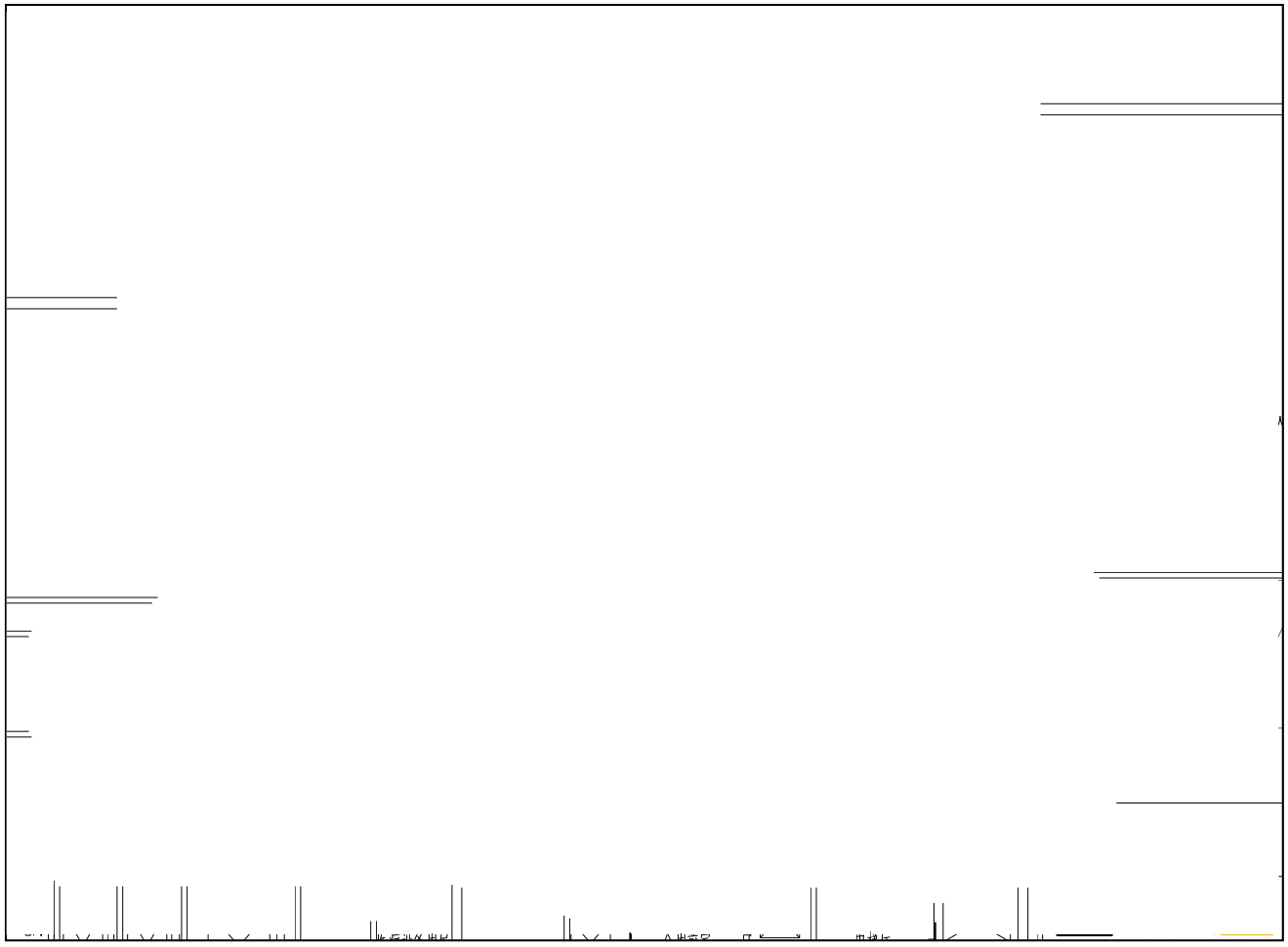


图 10-1 病房楼负三层放疗科平面布置及分区示意图

二、辐射防护屏蔽设计

本项目医用直线加速器机房采用混凝土浇筑结构，东西长 8.65m、南北长 8.00m、净面积为 76.22m^2（不含迷路），机房顶部屏蔽内表面至地面约 6.55m（装饰面层下机房高 3.2m），设置“L”型迷路，迷路横宽 2.634m，迷路内口宽 2.50m，迷路口设有防护门。具体屏蔽设计参数见表 10-1，屏蔽设计图见图 10-2。

表 10-1 医用直线加速器机房屏蔽设计参数

场所名称	屏蔽防护设计 1)		屏蔽设计（厚度及材质）2)
医用直线加速器机房	东墙	主屏蔽区	300cm 混凝土（宽度为 4.4m）
		次屏蔽区	170cm 混凝土
	南墙	迷路内墙	100~170cm 混凝土
		迷路外墙	100~170cm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	235cm 混凝土（宽度为 4.4m）
		次屏蔽区	170cm 混凝土

	北墙	侧屏蔽区	170cm 混凝土
	顶部屏蔽区		200cm 混凝土
	防护门		15mm 铅板

注：1、医用直线加速器机房北侧和下方均为土层，人员不可达；

2、混凝土密度为 2.35g/cm^3，铅板密度为 11.3g/cm^3。

图 10-2 医用直线加速器机房屏蔽设计示意图

三、辐射安全措施

为保障本项目医用直线加速器的安全运行，避免在出束期间人员误留或误入机房

内而发生误照射事故，医院根据国家相关标准要求设计了相应的辐射安全措施，主要有：

（一）电线电缆布设

医用直线加速器机房电缆线穿墙方式拟采用“U”型穿墙管道，穿墙处埋地深度为0.40m，电缆沟不会破坏机房墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

（二）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。本项目医用直线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。

（三）通风要求

本项目医用直线加速器机房拟设计有通风装置，机房内拟采用机械进、出风，通风换气频率为不低于4次/h。医用直线加速器机房进风口拟设在机房东北部吊顶处，排风口拟设在机房西南角，下沿距机房地面0.18m高，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“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，排风口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道灯位置”和《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”的要求。医用直线加速器机房进排风管道避开主射线方向，射线经多次散射后，进、排风管道进出口处辐射剂量将在控制范围内。废气经排风管道于综合医疗楼顶部排至室外，排气口位置不设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

（四）电离辐射警告标志和工作状态指示灯

医用直线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。

（五）紧急停机装置

在医用直线加速器机房内不同方向的墙面、迷路内、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。

（六）紧急开门装置

医用直线加速器机房拟在迷路内设置从室内开启治疗机房门的紧急开门装置，防护门拟设有防挤压功能。

（七）安全联锁装置

医用直线加速器机房拟设置门-机联锁装置，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。安全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。

（八）视频装置和双向交流对讲装置

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、治疗床和迷路区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统，实时观察机房内的动态。

（九）固定式辐射剂量监测仪

本项目医用直线加速器机房迷路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。

在落实以上辐射安全措施后，医用直线加速器机房辐射安全措施将满足《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）中的相关标准要求。

图 10-3 医用电子直线加速器安全联锁逻辑示意图

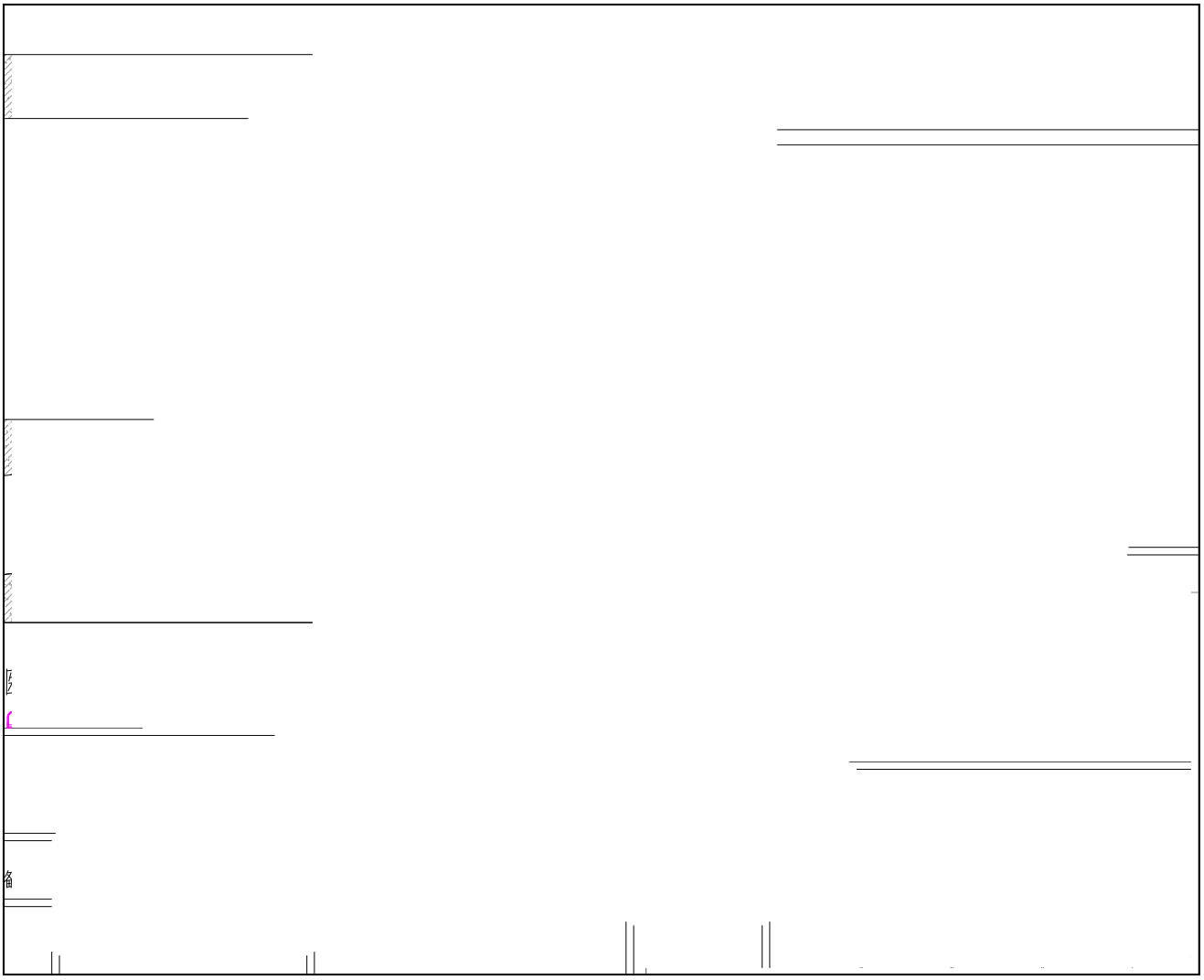


图 10-4 医用直线加速器机房主要安全设施位置示意图

四、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，包括个人剂量报警、辐射监测等仪器。

南京国际医院有限公司拟为本项目配备固定式剂量监测报警装置 1 套、辐射巡测仪 1 台和个人剂量报警仪 2 台，满足本项目辐射防护监测和报警需求。辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计，以监测累积受照情况。医院拟定期组织辐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监测档案和职业健康监护档案。

三废的治理

一、废气

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）第 8.4.1 条款和《放射治

疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）第 6.2.2 条款的要求：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。

本项目医用直线加速器机房内设有通风装置，采用机械排风方式。医用直线加速器机房采用上进下出的通风系统，进风口与排风口位置拟对角设置，医用直线加速器机房进风口拟设在机房东北部吊顶处，排风口拟设在机房西南角，下沿距机房地面 0.18m 高；进、排风管道从防护门上方至机房内，废气经排风管道于综合医疗楼顶部排至室外，排气口位置不设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。南京国际医院有限公司综合医疗楼顶部医用直线加速器机房排风口位置示意图见附图 7。

本项目医用直线加速器机房容积约 713m^3（包括迷路），其排风机的设计通风量为 4000m^3/h，每小时通风换气次数约为 5.6 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“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”的相关要求。

二、废水

工作人员和部分患者产生的生活污水，将进入医院污水处理站，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

三、固体废物

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，对周围环境影响较小。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本次二次改造项目机房及工作场所建设属于整个院区基础建设的部分工程，医用直线加速器机房建设时主要工作为辐射防护工程施工与内饰装潢，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的辐射防护工程施工与内饰装潢等作业，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

整个建筑施工阶段，如辐射防护工程施工与内饰装潢等施工中都将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）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。

建设单位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院区内局部区域，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

南京国际医院有限公司拟在院区病房楼负三层放疗科预留医用直线加速器机房内配备 1 台 KylinRay-MELAC 型医用直线加速器，主要参数为：X 射线能量：6MV；

射线最大出射角：28°；1m 处最高输出剂量率：1600cGy/min（FFF 模式）、600cGy/min（FF 模式）；本项目医用直线加速器具有 CBCT 图像引导功能，主要用于三维成像，其最大管电压为 150kV、最大管电流为 160mA，产生的射线能量远小于 X 射线能量最大为 6MV 的医用直线加速器，故本项目医用直线加速器机房防护条件在满足医用直线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 6MV、FFF 模式的情况下进行辐射影响分析。

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，在本项目医用直线加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在医用直线加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定医用直线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。

（一）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：

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

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；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

图 11-1 医用直线加速器机房主屏蔽宽度核算示意图

本项目医用直线加速器机房西侧主屏蔽按内凸考虑，主屏蔽宽度核算示意图见图11-1，将各参数代入公式11-1，可估算出本项目医用直线加速器机房的主屏蔽宽度核算结果并评价见表11-1。

表 11-1 医用直线加速器机房主屏蔽区的宽度设计评价表

参数	东墙主屏蔽（内凸）	西墙主屏蔽（内凸）
SAD（m）	1	1
θ（°）	14	14
a（m）	5.625	4.975
Y_p计算值（m）	3.904	3.579
Y_p设计值（m）	4.40	4.40
评价结果	满足	满足

注：本项目医用直线加速器机房顶部为污水处理站污水池，该处人员不可达，故顶部未设置有主屏蔽。

根据表 11-1 计算结果可知，医用直线加速器机房东墙、西墙主屏蔽区域屏蔽宽度能够满足医用直线加速器的有用射线束的防护宽度要求。

图 11-2 医用直线加速器机房估算点位示意图

（二）辐射防护效果预测

本项目医用直线加速器机房的关注点设定如图 11-2。

1、有用线束主屏蔽设计核算（西墙 *a* 点、*a'*点、东墙 *b* 点和屋顶 *l* 点）

（1）主射线路径：西墙 $o_2 \rightarrow a$，$o_2 \rightarrow a'$，东墙 $o_1 \rightarrow b$，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/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=37cm，TVL=33cm。本项目中，a 点、a'点、b 点、l 点相应厚度主屏蔽的 B 值核算见表 11-2。

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

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，本项目中，1m 处的常用最高剂量率为 9.60E+08μSv·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，其中 X_e、R 的取值由 CAD 图纸上读取。

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

参数	西墙主屏蔽（a 点）	西墙主屏蔽（a'点）	东墙主屏蔽（b 点）	屋顶主屏蔽（l 点）
X（cm）[1)]	65 混凝土+170 混凝土+65 混凝土	170 混凝土+65 混凝土	170 混凝土+130 混凝土	200 混凝土+40 混凝土+30 混凝土 [2)]
X_e（cm）	300 混凝土	244.5 混凝土	300 混凝土	270 混凝土
TVL_1（cm）	37			
TVL（cm）	33			
B	1.07E-09	5.15E-08	1.07E-09	8.70E-09
R（m）	8.625	8.295	8.625	13.500
$\dot{H}_0$（μSv·m²/h）	9.60E+08			
f	1			
$\dot{H}$（μSv/h）	0.014	0.719	0.014	0.046
$\dot{H}_c$（μSv/h）剂量率参考控制水平	2.26		1.13	10
评价	满足		满足	满足

注：1、混凝土密度为 2.35g/cm³；

2、医用直线加速器机房上方污水处理站污水池人员不可达，故顶部关注点设置在污水池顶板上方 30cm 处。污水池底部采用 400mm 混凝土、顶部采用 300mm 混凝土浇筑，因储水量不定，保守未考虑水体的屏蔽防护效果。

2、与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽设计核算（西墙 c_1 点、c_2 点、东墙 d_1 点、d_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）。

$o \rightarrow c_1$（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）。

对于位置 c_1 点、c_2 点和 d_1 点、d_2 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选择

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》（GBZ/T 201.2-2011），加速器的泄漏辐射比率通常取10^{-3}），公式11-3的TVL_1和TVL保守取附录B表B.1的泄漏辐射值，对应6MV的X射线能量，混凝土TVL_1=34cm，TVL=29cm。

（3）散射辐射计算模式及参数选择

在给定的屏蔽物质厚度X（cm）时，首先用公式11-2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11-3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，对于6MV射线，患者散射辐射在混凝土中什值层为26cm），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，本项目中，1m处的常用最高剂量率为9.60E+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}。

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11-3，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

参数		西墙次屏蔽（c_1 点、c_2 点）	东墙次屏蔽（d_1 点、d_2 点）
X（cm）		170 混凝土	170 混凝土
X_e（cm）		190.7 混凝土	190.7 混凝土
$\dot{H}_0$（μSv·m²/h）		9.60E+08	
泄漏辐射	TVL_1（cm）	34	
	TVL（cm）	29	
	B	3.95E-07	3.95E-07
	R（m）	7.825	8.555
	f	0.001	
	$\dot{H}$（μSv/h）	0.006	0.005
散射辐射	TVL_1（cm）	26	
	TVL（cm）	26	
	R_s（m）	7.825	8.555
	α_{ph}	2.77E-03	
	B	4.63E-08	4.63E-08
	F（cm²）	1600	
	$\dot{H}$（μSv/h）	0.008	0.007
$\dot{H}$（μSv/h） 泄漏辐射和散射辐射的复合作用		0.014	0.012
$\dot{H}_c$（μSv/h） 剂量率参考控制水平		2.26	0.28
评价		满足	满足

注：混凝土密度为 2.35g/cm³。

3、侧屏蔽墙屏蔽设计核算（南侧迷路墙外 *f* 点）

（1）射线路径（射线类型）： $o \rightarrow f$（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》（GBZ/T 201.2-2011），加速器的泄漏辐射比率通常取10^{-3}）。公式11-3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。

（3）预测计算结果

f点的辐射剂量率预测结果见下表11-4，其中X_e、R的取值由CAD图纸上读取。

表11-4 医用直线加速器机房迷路墙外泄漏辐射剂量率核算值

参数	南侧迷路墙外（f点）
X（cm）	137.1混凝土（迷路内墙）+137.6混凝土（迷路外墙）
X_e（cm）	274.7混凝土
TVL_1（cm）	34
TVL（cm）	29
B	5.01E-10
R（m）	9.700
$\dot{H}_0$（μSv·m²/h）	9.60E+08
f	0.001
$\dot{H}$（μSv/h）	5.11E-06
剂量率参考控制水平$\dot{H}_c$（μSv/h）	2.5
评价	满足

4、迷路外墙屏蔽设计核算（南侧迷路外墙*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《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11-3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。

（3）预测计算结果

k 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 迷路外墙泄漏辐射剂量率核算值

参数	迷路外墙（*k* 点）
X（cm）	170 混凝土
X_e（cm）	192.5 混凝土
TVL_1（cm）	34
TVL（cm）	29
B	3.42E-07
R（m）	10.983
$\dot{H}_0$（μSv·m²/h）	9.60E+08
f	0.001
$\dot{H}$（μSv/h）	0.003
剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$（μSv/h）	4.53
评价	满足

5、迷路入口处辐射水平核算（*g* 点）

本项目医用直线加速器机房迷路内墙屏蔽厚度不一致，故对医用直线加速器机头（靶）位于 o_1、o_2 位置情况下，分别计算 *g* 点处的泄漏辐射剂量。

根据 GBZ/T201.2-2011，*g* 点处同时受到迷路内散射辐射（$o_1 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$，$o_2 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$）及加速器的泄漏辐射 o_1、o_2 经迷路内墙屏蔽后在迷路入口 *g* 点的辐射剂量。

（1）射线路径（射线类型）：$o_1 \rightarrow g$（泄漏射线），$o_2 \rightarrow g$（泄漏射线），$o_1 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$（散射射线），$o_2 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$（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，取泄漏因子 f=0.001，公式 11-4 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。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

参数	迷路入口处（*g* 点）	
	$o_1 \rightarrow g$	$o_2 \rightarrow g$
X（cm）[1)]	100~170 混凝土	
X_e（cm）	171.8 混凝土	176.6 混凝土
TVL_1（cm）	34	
TVL（cm）	29	
B	1.77E-06	1.21E-06
R（m）	10.020	10.832
$\dot{H}_0$（μSv·m²/h）	9.60E+08	
f	0.001	
$\dot{H}_{og}$（μSv/h）	0.017	0.010
剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$（μSv/h）[2)]	0.5	
评价	满足	

注：1、混凝土密度为 2.35g/cm³；

2、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）中 4.3.2.5.1b），“核算加速器的泄漏辐射（以偏离 *o* 的位置 o_1 为中心）经迷路内墙屏蔽后在迷路入口 *g* 的辐射剂量。……核算结果应为 *g* 处的参考控制水平的一个分数（应小于 1/4）”，故本项目取 0.5μSv/h。

（3）散射辐射计算模式及参数选择

根据 GBZ/T 201.2-2011，入口 *g* 点处的散射辐射剂量率 $\dot{H}_g$ 按公式 11-6 计算。

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

式中：$\dot{H}_g$—*g* 处的散射辐射剂量率，μSv/h；

α_{ph}—患者 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，cm^2；

α_2—混凝土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，m^2；

R_1—“$o \rightarrow i$”之间的距离，m；

R_2—“$i \rightarrow g$”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

参数	迷路入口处（g 点）
α_{ph}	1.39E-03
F（cm^2）	1600
α_2	22E-03
R_1（m）	7.820
R_2（m）	10.991（8.378+2.613）
A（m^2）	24.24（3.70×6.55）
$\dot{H}_0$（μSv·m^2/h）	9.60E+08
$\dot{H}_g$（μSv/h）	385.2

（4）预测计算结果

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，预测结果见下表 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

参数	机房入口防护门外（g 点）
$\dot{H}_{og}$（μSv/h）*	0.017
$\dot{H}_{g}$（μSv/h）	385.2
X（cm）	1.5（铅）
TVL（cm）	0.5（铅）
防护门外的辐射剂量率 $\dot{H}$（μSv/h）	0.402
剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c}$（μSv/h）	2.26
评价	满足

注：$\dot{H}_{og}$取表 11-6 中泄漏辐射较大值。

6、预测计算结果汇总及评价

综上所述，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

参考点		剂量率估算值（μSv/h）	剂量率参考控制水平（μSv/h）	结论
主屏蔽	西墙（a 点）	0.014	2.26	满足
	西墙（a'点）	0.719		
	东墙（b 点）	0.014	1.13	满足
	屋顶（l 点）	0.046	10	满足
次屏蔽	西墙（c_1 点、c_2 点）	0.014	2.26	满足
	东墙（d_1 点、d_2 点）	0.012	0.28	满足
迷路墙外（f 点）		5.11E-06	2.5	满足
迷路外墙（k 点）		0.003	4.53	满足
迷路入口防护门（g 点）		0.402	2.26	满足

由表 11-9 可知，本项目医用直线加速器机房屏蔽防护设计能够满足《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）的要求。

（三）门缝、通风系统及电缆沟辐射防护评价

本项目医用直线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。本项目医用直线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”。

电缆沟埋设在地下，电缆线布设采用地下“U”型穿墙管道，穿墙处埋地深度为 400mm，未破坏机房墙体的屏蔽效果，射线至少经过三次散射才能到达电缆沟出口，电缆沟内外管道口均覆盖 8mm 铅板进行屏蔽防护，能够满足辐射防护要求。

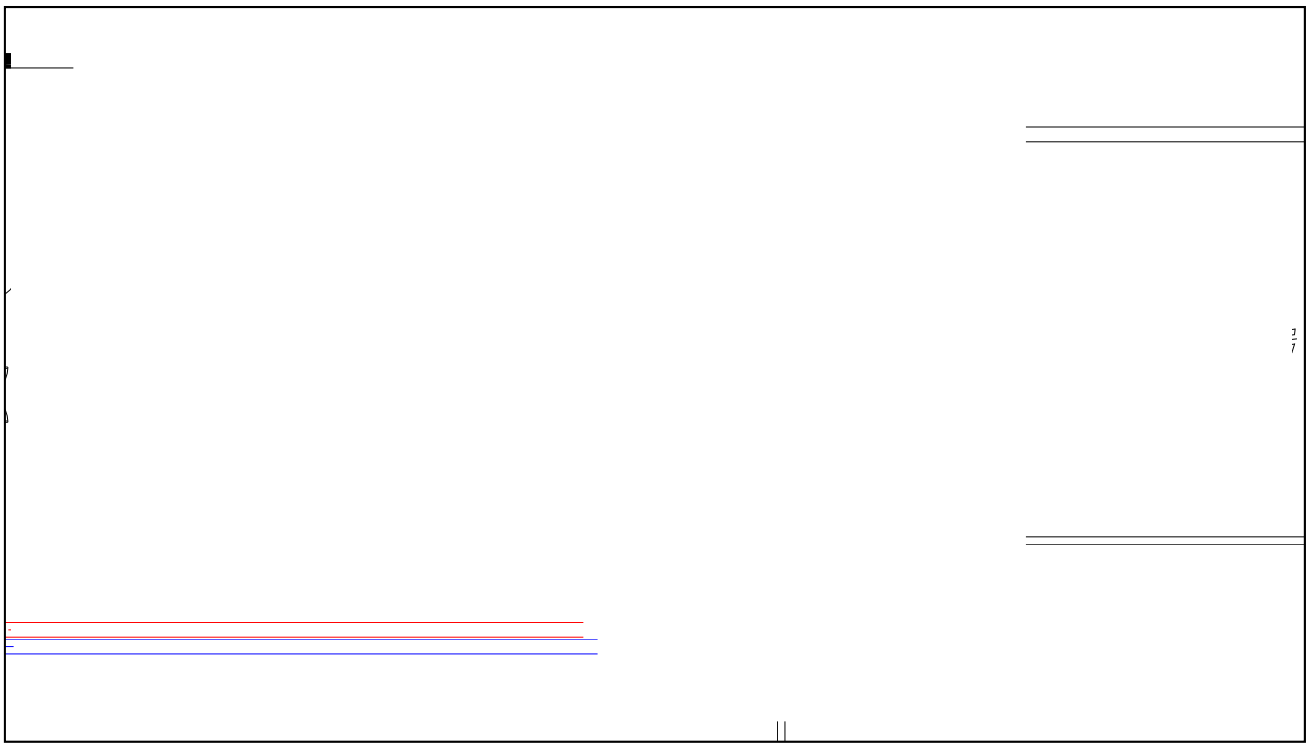


图 11-3 医用直线加速器机房通风管道、预留电缆管道示意图

（四）保护目标有效剂量评价

医用直线加速器机房周围参考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：

$$D_{Eff}=K_a\cdot t\cdot T\cdot U \qquad \text{公式 11-8}$$

式中：D_{Eff} —参考点人员有效剂量，Sv；

K_α—参考点的周围剂量当量率，Sv/h；

t—参考点处受照时间，h；

T—居留因子；

U—使用因子。

本项目医用直线加速器带有 CBCT 影像功能，其最大管电压为 150kV，产生的射线能量远小于医用直线加速器，且治疗时医用直线加速器和 CBCT 不同时出束，故 CBCT 运行对周围环境和辐射工作人员、周围公众的影响较小。

本项目医用直线加速器年出束运行时间约 883.3h（日接诊量最大 50 人次，周工作 5 天，每年工作 50 周，患者治疗照射时间平均按 4min 计，每周质控出束时间约 1h），考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，将表 11-9 中医用直线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 11-8，估算周围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周围人员年有效剂量

参考点		参考点所在场所	居留因子 T^*	使用因子 U	剂量率估算值（μSv/h）	人员可达处年有效剂量（mSv/a）	保护对象类型	剂量约束值要求（mSv/a）	结论
医用直线加速器机房	西墙主屏蔽（a 点、a'点）	闲置机房	1/2	1/4	0.719	0.08	公众	0.1	满足
	东墙主屏蔽（b 点）	医疗设备用房（预留）	1	1/4	0.014	＜0.01	公众	0.1	满足
	屋顶屏蔽（l 点）	污水处理站设备层	1/16	1/4	0.046	＜0.01	公众	0.1	满足
	西墙次屏蔽（c_1 点、c_2 点）	闲置机房	1/8	1	0.014	＜0.01	公众	0.1	满足
	东墙次屏蔽（d_1 点、d_2 点）	医疗设备用房（预留）/土层	1	1	0.012	0.01	公众	0.1	满足

迷路墙外（*f* 点）	控制室	1	1	5.11E-06	＜0.01	辐射工作人员	5	满足
迷路外墙（*k* 点）	辅助机房	1/16	1	0.003	＜0.01	公众	0.1	满足
迷路入口防护门（*g* 点）		1/8	1	0.402	0.04	公众	0.1	满足

注：居留因子取值见 HJ 1198-2021 附录 A。

1、辐射工作人员年有效剂量估算

根据表 11-10 结果分析可知，该项目医用直线加速器投入运行后，致控制室内辐射工作人员年有效剂量不超过 0.01mSv。

本项目投入运行后，南京国际医院有限公司拟为医用直线加速器项目新聘用共计 5 名辐射工作人员，其中医师 2 人、技师 2 人、物理师 1 人，不兼职其他辐射工作。假设本项目辐射工作人员分为 2 组平摊工作量，则单名辐射工作人员年有效剂量将更低。

2、公众年有效剂量估算

根据表 11-10 结果分析知，该项目医用直线加速器投入运行后，致周围公众年有效剂量最大为 0.08mSv。

医用直线加速器项目周围 50m 评价范围内院外南京儿童医院河西分院感染楼和综合楼等其他保护目标位置由于辐射影响的距离平方反比衰减规律以及墙体、楼体结构的屏蔽作用，该处辐射剂量率及公众年受照剂量见表 11-11。

表 11-11 本项目周围 50m 评价范围内环境保护目标处辐射剂量率及公众年有效剂量

环境保护目标	计算模式	距离 *R*（m）	*X*（cm）	*B*	居留因子 *T**	使用因子 *U*	剂量率估算值（μSv/h）	人员可达处年有效剂量（mSv/a）	保护对象类型	剂量约束值要求（mSv/a）	结论
南京儿童医院河西分院感染楼	同 *f* 点	5.700+20	170 混凝土	2.04E-06	1	1	0.021	0.02	公众	0.1	满足
南京儿童医院河西分院综合楼	同 c_1 点	7.825+27	190.7 混凝土	漏射：3.95E-07 散射：4.63E-08	1	1	0.001	＜0.01	公众	0.1	满足

注：居留因子保守取 1。

由表 11-11 计算结果可知，医用直线加速器项目周围 50m 评价范围内环境保护目标处公众年受照剂量最大为 0.02mSv。

根据上述理论估算结果，本项目辐射工作人员和公众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、“三废”影响分析

（一）废气

医用直线加速器机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体，通过动力排风装置排至室外，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

（二）废水

工作人员和部分患者产生的生活污水，将进入医院污水处理站，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

（三）固体废物

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，对周围环境影响较小。

事故影响分析

本项目拟配备的医用直线加速器为 II 类射线装置，南京国际医院有限公司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

（一）操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；

（二）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；

（三）医用直线加速器机房门机联锁失效，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；

（四）停机维修期间，因操作不当，导致工作人员受到误照射；

（五）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、事故预防措施

（一）辐射工作人员在每日开展放射诊疗前，应对医用直线加速器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。一旦发现门机联锁系统、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；

（二）定期对医用直线加速器的安全装置进行维护、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；医院应加强对日常工作的监管，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；

（三）加强对工作人员安全教育，严格按操作规程操作，每次开机运行前均确认机房内无其他无关人员时，才能开机出束；

（四）医用直线加速器工作时，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。

医院应定期对医用直线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。

三、应急处理措施

（一）当发生误照射时，应立即按下急停开关，确保射线装置停止工作；

（二）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（三）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；

（四）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检测或维修，分析事故发生原因，不得擅自进行维修。

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主管部门和公安机关报告，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

生健康主管部门报告；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

南京国际医院有限公司拟在病房楼负三层放疗科预留医用直线加速器机房内配备 1 台 KylinRay-MELAC 型医用直线加速器（X 射线能量：6MV），兼具医用直线加速器（X 射线能量：6MV）治疗和 CBCT（最大管电压为 150kV，最大管电流为 160mA）图像引导功能，用于肿瘤的放射治疗。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。

南京国际医院有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，负责全院的辐射安全管理工作，由院长任组长，组员覆盖各辐射科室，指定专人（已计划安排其参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核）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。医院应根据本项目修订相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将本项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。南京国际医院有限公司拟为本项目新聘用 5 名辐射工作人员，不兼职其他辐射工作，新进的辐射工作人员，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，参加“放射治疗”辐射安全与防护考核，合格后方可上岗。医院应及时关注辐射工作人员辐射安全和防护专业知识的培训时间，辐射安全与防护考核快到期（有效期五年）人员应当及时通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名，重新学习并通过相应考核后，方能继续从事辐射工作。

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，使用射线装置的单位要“有健全操作规程、放射诊疗工作职责、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”。目前南京国际医院有限公司已针对现有核技术利用项目制定了相关辐射安全与防护管理制度，如《操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射设备检修维护制度》《射线装置及放射性同位素使用登记、台账管理制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射工作人员健康管理制度》《个人剂量和辐射环境监测方案》《辐射事故应急预案》等。医院现有管理制度内容较为全面，具有一定的针对性和可操作性，基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院拟根据本项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

一、操作规程

医院拟制定医用直线加速器操作规程，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

医院已制定《辐射工作人员岗位职责》，应针对本项目射线装置进行完善，明确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

医院已根据射线装置操作的具体情况制定相应的《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更换，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监测和职业健康监护。

四、设备维修制度

医院已制定《辐射设备检修维护制度》，应针对本项目射线装置进行完善，明确射线装置和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、人员培训计划和健康管理制度

医院已制定《辐射工作人员培训计划》，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，熟练掌握辐射防护知识、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。医院应组织新进辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于1次/2年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

六、监测方案

医院拟购置相应的监测设备，明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境主管部门。为了确保II类射线装置的辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：

（一）明确监测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量监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），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，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境主管部门、卫生健康主管部门调查处理；

（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监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在1小时内向生态环境主管部门报告；

（四）医院应当对本单位的放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于次年1月31日前向发证的生态环境主管部门报告，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。

本项目辐射工作人员应在医院辐射安全与环境保护管理机构的领导下，继续明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的辐射安全措施进行检查。医院在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各项管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。

辐射监测

根据辐射管理要求，南京国际医院有限公司拟为本项目配备固定式剂量监测报警装置1套、辐射巡测仪1台和个人剂量报警仪2台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，拟制定并完善如下监测计划：

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

二、辐射工作人员配备个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于1次/3个月）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

三、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；

四、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，符合辐射工作人员健康要求的，方可参加相应的辐射工作。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小时之内向生态环境主管部门报告。

医院辐射工作场所监测计划一览表见表12-1。

表12-1 本项目辐射监测计划

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
医用直线加速器机房工作场所检测	竣工环保验收检测	X-γ辐射剂量率	委托资质单位检测，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	委托资质单位检测，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/月		
	竣工环保验收监测	通风口通风速率	委托资质单位监测，建设项目竣工后3个月内	通风口	每小时通风换气次数不小于4次*

南京国际医院有限公司拟根据上述监测计划，明确监测项目，定期（不少于1次

/季）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，每年委托有资质的单位定期对项目周围环境X-γ辐射剂量率进行监测，监测结果上报生态环境主管部门。2025年度医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司开展了辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，监测结果均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等国家相关标准要求，均未出现剂量率超标的情况。

南京国际医院有限公司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监测（1次/3个月）和职业健康体检（1次/2年），辐射安全与环境保护管理机构负责全医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、个人剂量监测档案的存放保管。2025年度医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司完成了辐射工作人员的个人剂量监测，所有辐射工作人员监测结果均符合《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。

南京国际医院有限公司每年编写放射性同位素与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，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，对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所在地生态环境主管部门、卫生健康主管部门等。

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。

对于在医院定期监测或委托监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主管部门和公安机关报告，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主管部门报告。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》，向当地生态环境主管部门和公安机关报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向所在地卫生健康主管部门报告。

南京国际医院有限公司已经制定了《辐射事故应急预案》，该预案已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

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，根据规划，南京国际医院有限公司拟在院区病房楼负三层放疗科预留医用直线加速器机房内配备 1 台 KylinRay-MELAC 型医用直线加速器（X 射线能量：6MV），兼具医用直线加速器（X 射线能量：6MV）治疗和 CBCT（最大管电压为 150kV，最大管电流为 160mA）图像引导功能，用于肿瘤的放射治疗；依托放射科现有 1 台 Revolution 型 CT（最大管电压为 140kV，最大管电流为 1000mA）进行模拟定位。

二、项目建设的必要性

本项目的建设，可为医院提供多种治疗手段，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。

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、项目产业政策符合性分析

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。

五、选址合理性

南京国际医院有限公司位于南京市建邺区宜悦街 16 号，院区东侧为宜悦街，南侧为江东南路，西侧、北侧为南京儿童医院河西分院。

本项目医用直线加速器机房周围 50m 评价范围除北至南京儿童医院河西分院感染楼（最近约 20m）和综合楼（最近约 27m）外，其余方向均位于南京国际医院有限公司院区边界内。项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患及陪同家属和南京儿童医院河西分院处其他公众等。

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；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。

本项目医用直线加速器机房位于南京国际医院有限公司病房楼负三层北部，机房位于建筑物底部，周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。医用直线加速器机房与控制室分离，区域划分明确；设置“L”型迷路，迷路口设有铅防护门。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）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的要求。

六、辐射环境现状评价

南京国际医院二次改造项目拟建址室内周围环境γ辐射剂量率为（52~64）nGy/h，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；室外点位周围环境γ辐射剂量率为（37~47）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。

七、环境影响评价

本项目机房及工作场所建设属于整个院区基础建设的部分工程，医用直线加速器机房建设时主要工作为辐射防护工程施工与内饰装潢，建设阶段影响可控制在医院院内局部区域，对周围环境影响较小。

根据理论估算结果，建设单位在做好个人防护措施和安全措施的情况下，本项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量最大分别约为 0.01mSv/a、0.08mSv/a，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）。

八、“三废”的处理处置

医用直线加速器机房内的空气在 X 射线作用下分解，产生臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排入大气。医用直线加速器机房拟设计有机械通风装置，进风口与排风口位置拟对角设置，进风口拟设在机房东北部吊顶处，排风口拟设在机房西南角；工作人员和部分患者产生的生活污水，由医院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，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

九、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

南京国际医院有限公司拟配备的医用直线加速器的X射线最大能量为6MV，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。本项目医用直线加速器机房入口处拟设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯和门机联锁装置，机房内外均设置有急停按钮及监控装置，控制室与机房内设有视频装置和对讲交流系统，医用直线加速器机房拟设置从室内开启治疗机房门的紧急开门装置，防护门拟设有防挤压功能，医用直线加速器机房迷路的内入口处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，符合《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）的安全管理要求。

十、辐射安全管理评价

南京国际医院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。

南京国际医院有限公司拟为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，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。南京国际医院有限公司拟为本项目配备固定式剂量监测报警装置1套、辐射巡测仪1台和个人剂量报警仪2台，用于辐射防护监测和报警。

综上所述，南京国际医院二次改造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，该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、严格执行国家有关法律法规。项目运行中，各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，确保其安全可靠。

二、医院取得本项目环评批复后，应及时申请辐射安全许可证，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。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

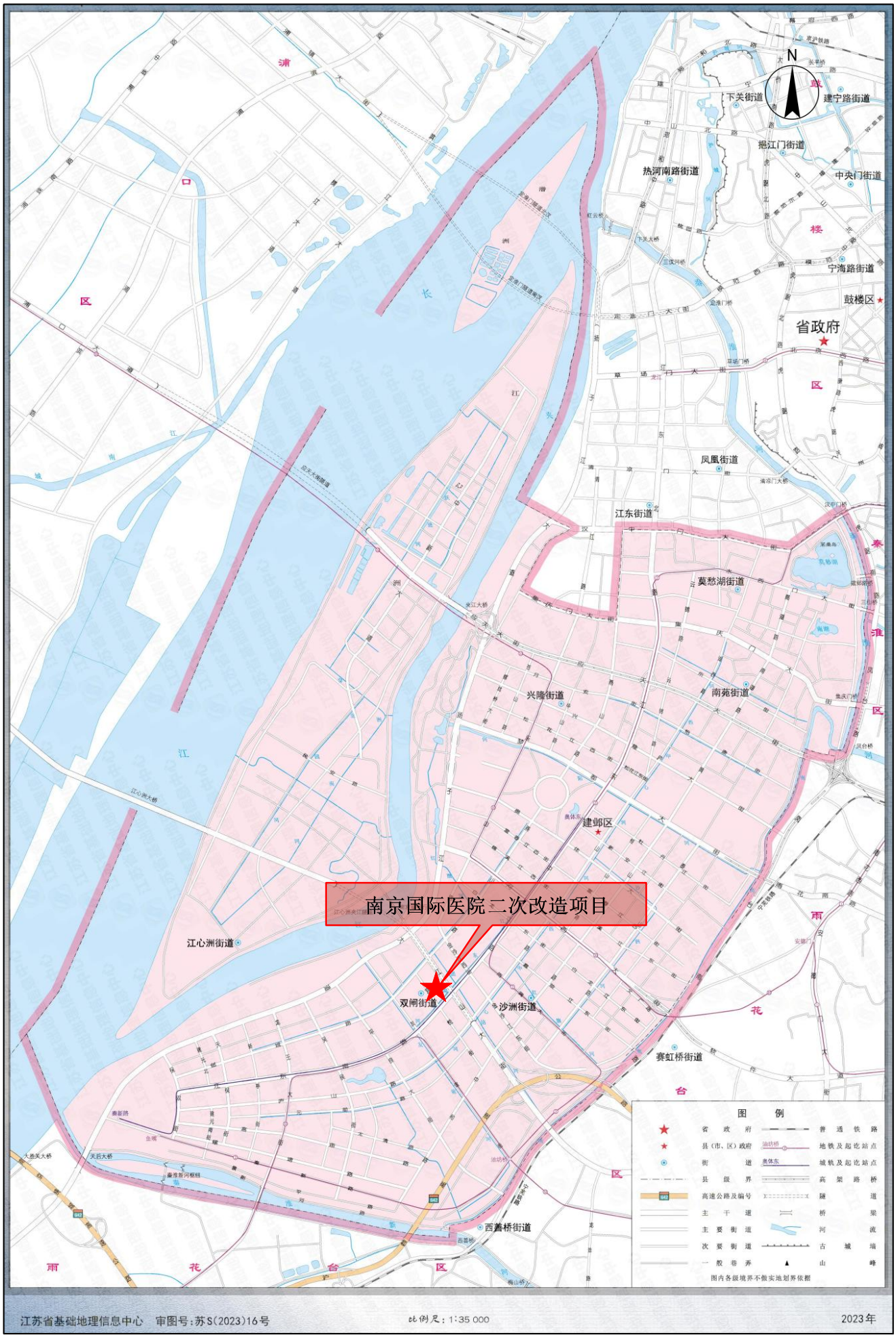
项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：医用直线加速器机房四侧墙体及顶面采用混凝土结构、防护门采用铅防护门进行辐射防护。详见表10-1。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求。	
	安全措施：医用直线加速器机房设置门机联锁装置，并设置急停按钮、视频监控系统及对讲装置，防护门外设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，医用直线加速器机房拟设置从室内开启治疗机房门的紧急开门装置，防护门拟设有防挤压功能。在机房内设置固定式剂量监测报警装置。医用直线加速器机房内拟设置强制排风系统，进风口拟设在放射治疗机房上部，排风口拟设在治疗机房下部，进风口与排风口位置拟对角设置，通风换气次数拟不小于4次/h。	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》（GBZ121-2020）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。	
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，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），并建立辐射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	拟配备辐射巡测仪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。	
	拟配备固定式剂量监测报警装置1套。		
	拟配备个人剂量报警仪2台。		

辐射安全管理制度	制定操作规程、放射诊疗工作职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：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。	/
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：   公 章 经办人　　年　月　日
审批意见   公 章 经办人　　年　月　日



附图 1 南京国际医院二次改造项目地理位置示意图