

如东县人民医院
扩建1座医用直线加速器机房项
目竣工环境保护验收监测表

报告编号：瑞森（验）字（2023）第033号

建设单位： 如东县人民医院

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二三年八月

建设单位： 如东县人民医院

法人代表（签字）： 张建新

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

法人代表（签字）： 王爱强

项目负责人：

填表人：

建设单位（盖章）： 如东县人民医院 编制单位（盖章）： 南京瑞森辐射技

术有限公司

电话： 0513-84118777

电话： 025-86633196

传真：

传真：

邮编： 226400

邮编： 210003

地址： 江苏省南通市如东县掘港镇江
海西路2号

地址： 南京市鼓楼区建宁路61号中央
金地广场1幢1317室

目 录

表一 建设项目基本情况	1
表二 建设项目工程分析	9
表三 辐射安全与防护设施/措施	16
表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定	28
表五 验收监测质量保证及质量控制	35
表六 验收监测内容	37
表七 验收监测期间生产工况	38
表八 验收监测结论	46
附件1：项目委托书	48
附件2：项目环境影响报告表主要内容	49
附件3：项目环境影响报告表批复文件	62
附件4：辐射安全许可证	65
附件5：辐射安全管理机构及制度	71
附件6：辐射工作人员培训证书及健康证明	96
附件7：个人剂量监测报告	116
附件8：工作场所屏蔽建设情况说明	137
附件9：竣工环保验收监测报告	138
附件10：验收监测单位CMA资质证书	147

表一 建设项目基本情况

建设项目名称	如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目 竣工环境保护验收监测			
建设单位名称	如东县人民医院 (统一社会信用代码: 123206234676866087)			
建设项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 退役			
建设地点	江苏省南通市如东县掘港镇江海西路2号			
源项	放射源(类别)	非密封放射性物质 (场所等级)	射线装置 (类别)	退役项目
	/	/	II类	/
建设项目 环评批复时间	2023年5月6日	开工建设时间	2023年5月	
重新申领辐射 安全许可证时间	2023年06月25日	项目投入运行时间	2023年6月	
退役污染治理 完成时间	/	验收现场监测时间	2023年5月11日	
环评报告表 审批部门	南通市生态环境局	环评报告表 编制单位	南京瑞森辐射技术 有限公司	
辐射安全与防护 设施设计单位	/	辐射安全与防护设 施施工单位	/	
投资总概算		辐射安全与防护设 施投资总概算	比例	
实际总概算		辐射安全与防护设 施实际总概算	比例	
验收依据	建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度: (1) 《中华人民共和国环境保护法》(修订版), 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), 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日起施行; (4) 《建设项目环境保护管理条例》(修订版), 国务院令第682号, 2017年10月1日发布施行;			

<p>(5) 《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 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；</p> <p>(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），生态环境部部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环境保护总局（环发〔2006〕145 号文）；</p> <p>(10) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(11) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正本），2018 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(12) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日起施行；</p> <p>(13) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，中华人民共和国卫生部令 第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(14) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》生态环保部公告[2018]第 9 号，2018 年 5 月 15 日印发；</p> <p>建设项目竣工环境保护验收技术规范：</p> <p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(2) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(3) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(5) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；</p>
--

	<p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ 128-2019) ;</p> <p>(7) 《放射工作人员健康要求及监护规范》 (GBZ 98-2020) ;</p> <p>(8) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则》 (GBZ/T201.1-2007) ;</p> <p>(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》 (GBZ/T 201.2-2011) ;</p> <p>(10) 《公共场所集中空调通风系统卫生规范》 (WS 394-2012) 。</p> <p>建设项目环境影响报告书(表)及其审批部门审批文件:</p> <p>(1) 《如东县人民医院扩建 1 座医用直线加速器机房项目环境影响报告表》, 南京瑞森辐射技术有限公司, 2023 年 3 月, 见附件 2;</p> <p>(2) 《关于如东县人民医院扩建 1 座医用直线加速器机房项目环境影响报告表的批复》, 审批文号: 通环核评〔2023〕14 号, 南通市生态环境局, 2023 年 5 月 6 日, 见附件 3。</p>								
<p>验收监测 执行标准</p>	<p>人员年受照剂量限值:</p> <p>(1) 人员年有限剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中所规定的职业照射和公众照射剂量限值:</p> <p style="text-align: center;">表1-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="text-align: center;">剂量限值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">职业照射</td> <td> 工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv。 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">公众照射</td> <td> 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, 1mSv; ②特殊情况下, 如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。 </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv/a~0.3mSv/a) 的范围之内。 </td> </tr> </tbody> </table>		剂量限值	职业照射	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv。	公众照射	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, 1mSv; ②特殊情况下, 如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。	剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv/a~0.3mSv/a) 的范围之内。	
	剂量限值								
职业照射	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv。								
公众照射	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, 1mSv; ②特殊情况下, 如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。								
剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv/a~0.3mSv/a) 的范围之内。									

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求，本项目个人剂量监测应遵循下述要求：核医学放射工作人员应按GBZ 128的要求进行外照射个人监测，同时对于近距离操作放射性药物的工作人员，宜进行手部剂量和眼晶状体剂量监测，保证眼晶状体连续5年期间，年平均当量剂量不超过20mSv，任何1年中的当量剂量不超过50mSv。

（2）根据本项目环评及批复文件确定本项目个人剂量管理目标值，本项目管理目标值见表1-2。

表1-2 工作人员职业照射和公众照射剂量管理目标值

项目名称	适用范围	管理目标值
如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目	职业照射有效剂量	5mSv/a
	公众有效剂量	0.1mSv/a

辐射管理分区：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

1) 控制区

注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限值潜在照射的范围。

2) 监督区

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

工作场所布局要求：

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求，本项目医用直线加速器工作场所布局应遵循下述要求：

5.1 选址与布局

	<p>5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。</p> <p>5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、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。</p> <p>5.1.3 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房（如控制室或专用于术中放射治疗设备调试、维修的房间）形成一个相对独立区域；术中控制台应与治疗设备分离，实行隔室操作，控制台可设在控制室或走廊内。</p> <p>5.2 分区原则</p> <p>5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。</p> <p>5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。</p> <p>8.4 气态废物管理要求</p> <p>8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于4次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。</p> <p>工作场所放射防护安全要求：</p> <p>根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021），本项目医用直线加速器机房应满足下述要求。</p> <p>6 放射治疗场所辐射安全与防护要求</p> <p>6.1 屏蔽要求</p> <p>6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、</p>
--	--

最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。

6.1.2放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于10MV的X射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。

6.1.3管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

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

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 $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$ ：

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

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

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

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

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

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250\mu\text{Sv}$ 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30cm处的剂量率参考控制水平可按 $100\mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

6.2 安全防护设施和措施要求

6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施：

a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施；

b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应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；

f) 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单位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。

安全管理要求及环评要求：

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及环评报告、环评批复中的相关要求。

表二 建设项目工程分析

项目建设内容:

如东县人民医院成立于1949年，是一所集急救、医疗、科研、教学、康复于一体的三级综合性医院。

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，根据规划，如东县人民医院在位于南通市如东县掘港镇江海西路2号院区内现有肿瘤中心南侧空地扩建1座医用直线加速器机房及相关辅助用房（该建筑为地上一层独立结构），并配备1台瓦里安VitalBeam型医用直线加速器（X射线能量：6、10MV，电子线：6、9、12、16、20MeV），用于肿瘤的放射治疗。肿瘤定位工作依托肿瘤中心现有1台SL-ID型X线模拟定位机（已许可）进行。本项目环评报告表详见附件2，环评批复文件详见附件3。

表2-1 扩建1座医用直线加速器机房项目射线装置及核素使用情况

射线装置					
名称	数量	最大能量	额定电流（mA）/ 剂量率（Gy/h）	射线装置类别	工作场所名称
医用直线加速器 （瓦里安 VitalBeam 型）	1	X射线能量： 6、10MV 电子线能量： 6、9、12、16、 20MeV	X线最高剂量率： 10MV时1400cGy/min （3F束流模式）、 6MV时1400cGy/min （3F束流模式） 电子线最高剂量率： 1000cGy/min	II类	扩建肿瘤中心 医用直线加速器 机房

截至验收监测时，1座医用直线加速器机房及相关辅助用房已建设完成，机房内1台瓦里安VitalBeam型医用直线加速器（X射线能量：6、10MV，电子线：6、9、12、16、20MeV）已安装并调试完毕，用于肿瘤的放射治疗。

如东县人民医院于2023年06月25日重新申领了辐射安全许可证（证书编号：苏环辐证[F0604]），活动种类和范围为：使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所，有效期至2024年02月15日。辐射安全许可证见附件4。

本次扩建1台医用直线加速器机房项目环评审批及实际建设情况见表2-2。

表2-2 扩建1座医用直线加速器机房项目环评审批及实际建设情况一览表

项目建设地点及其周围环境											
项目内容		环评规划情况				实际建设情况				备注	
建设地点		南通市如东县掘港镇江海西路2号				南通市如东县掘港镇江海西路2号				与环评一致	
医用直线加速器机房		东侧	控制室、水冷机房和辅助机房			控制室、水冷机房和辅助机房				与环评一致	
		南侧	院内道路			院内道路				与环评一致	
		西侧	院内道路			院内道路				与环评一致	
		北侧	院内道路			院内道路				与环评一致	
		下方	土层			土层				与环评一致	
		上方	无建筑			无建筑				与环评一致	
射线装置											
射线装置名称		环评建设规模					实际建设规模				
		型号	数量	技术参数	类别	使用场所	型号	数量	技术参数	类别	使用场所

如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目竣工环境保护验收监测表

医用直线 加速器	瓦里安 VitalBeam 型	1 台	X 射线能量：6、10MV 电子线能量：6、9、12、16、 20MeV X 线最高剂量率：10MV 时 1400cGy/min（3F 束流模式）、 6MV 时 1400cGy/min （3F 束流模式） 电子线最高剂量率： 1000cGy/min				II类	扩建肿瘤中 心医用直线 加速器机房	瓦里安 VitalBeam 型	1 台	X 射线能量：6、10MV 电子线能量：6、9、 12、16、20MeV X 线最高剂量率： 6MV 时，1400cGy /min （FFF 模式） 10MV 时，600cGy /min 电子线最高剂量率： 1000cGy/min				II类	扩建肿瘤中 心医用直线 加速器机房
废弃物																
名称	环评建设规模														实际建设规模	
	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，对 环境影响较小。				与环评一 致				

污染源项描述:**一、放射性污染**

由本项目工作原理和 workflow 可知，本项目新增 1 台医用直线加速器主要产生以下污染：

（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。该院配备的 1 台瓦里安 VitalBeam 型医用直线加速器，X 射线能量为 6、10MV，6MV 时 1m 处输出剂量率最高为 1400cGy/min（3F 束流模式），电子线能量为 6、9、12、16、20MeV，1m 处输出剂量率最高为 1000cGy/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。

（二）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。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，可忽略对外环境的影响。

（三）中子：该院配备的 1 台瓦里安 VitalBeam 型医用直线加速器，X 射线能量为 6、10MV。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 $\leq 10\text{MV}$ 时，中子及其影响可忽略。对于 $>10\text{MV}$ 加速器的机房，需考虑中子在迷路入口出的辐射剂量。

故本项目医用直线加速器运行时产生的放射性污染主要为 X 射线和中子。

二、非放射性污染

（一）废气：医用直线加速器机房治疗过程中发射的 X 射线，会使治疗室内的空气产生电离，产生臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系

统排出治疗室，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

（二）废水：主要是工作人员产生的生活污水，将进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。本项目医用直线加速器运行冷却水循环使用，不外排。

（三）固体废物：主要是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。加速器退役时会产生废旧金属靶件等器件。

（四）噪声：本项目医用直线加速器运行期间通风装置为主要噪声源，经过墙体和距离衰减，其对周围环境影响较小。

工程设备与工艺分析：

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，产生韧致辐射发射 X 射线，作 X 线治疗。

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。

本项目医用直线加速器设备外观见图 2-1。



图 2-1 本项目医用直线加速器设备外观图

二、工作流程及产污环节

医用直线加速器放疗工作一般流程见图 2-2，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，通过模拟定位机（依托肿瘤中心现有 1 台 SL-ID 型 X 线模拟定位机）扫描采集影像资料，用于确定靶区位置、形状和大小；
- 2) 放疗医师根据医学影像临床诊断资料，提出放射治疗方案和精确治疗计划；
- 3) 放射治疗计划完成，并经放疗医师确认后，放疗技师领患者进入治疗室，对患者进行摆位；
- 4) 技师确认治疗室内无其他人员滞留，确认各类按钮工作正常后，关闭防护门；
- 5) 技师在控制室内设置参数，按照医疗方案调整好出束时间、角度、剂量，然后进行出束治疗。治疗过程，会产生 X 射线、电子线，治疗室内的空气会电离产生臭氧和氮氧化物；

6) 治疗结束后，停止出束，解除定位，关闭系统，患者离开治疗室。

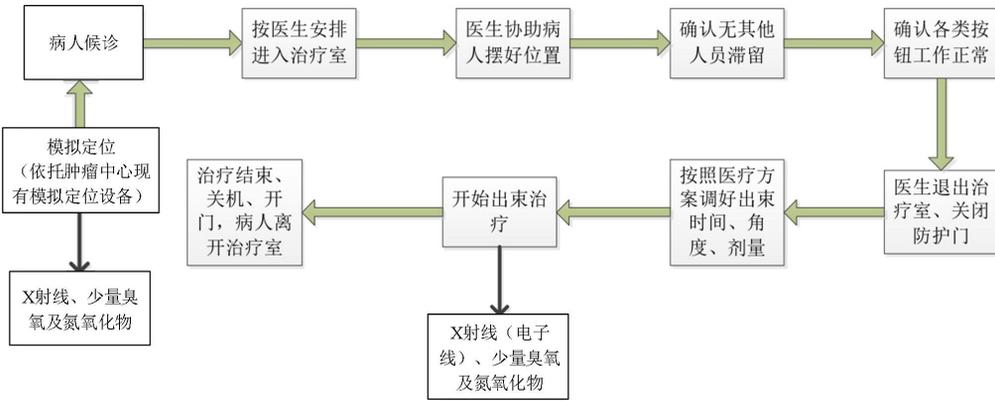


图 2-2 医用直线加速器放疗工作流程及产污环节示意图

表三 辐射安全与防护设施/措施

辐射安全与防护设施/措施**一、工作场所布局**

选址：本项目医用直线加速器机房位于扩建肿瘤中心西部，扩建肿瘤中心为地上一层单体建筑，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。

布局：医用直线加速器机房东侧为控制室、水冷机房和辅助机房，南侧、西侧、北侧均为院内道路，上方无建筑，下方为土层。医用直线加速器机房控制室与治疗室分离，控制室位于治疗室北侧，有用线束不直接朝控制室和其他居留因子较大的用室照射；设置“L”型迷路，迷路口设有铅防护门。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”等规定，本项目医用直线加速器机房布局合理。

辐射防护分区：本项目将屏蔽产生射线的医用直线加速器机房治疗室、迷路作为辐射防护控制区，严格控制人员进出，并在治疗室入口处设置电离辐射警告标志；将控制室、水冷机房、辅助机房、护士站及治疗室入口过道作为辐射防护监督区，在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定要求。本项目医用直线加速器机房平面布置及分区示意图见图3-1。

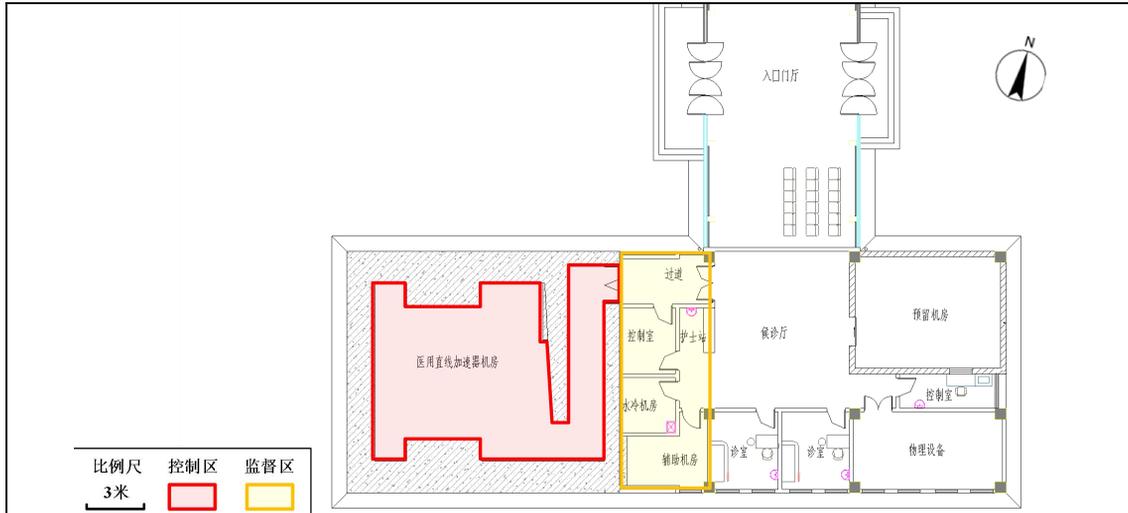


图3-1 本项目医用直线加速器机房平面布置及分区示意图

二、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目医用直线加速器机房屏蔽设施建设情况见表3-1。

表3-1 医用直线加速器机房屏蔽防护设计及落实情况一览表

参数		环评要求防护设计	落实情况	备注
东墙	迷道内墙	80cm砼~130cm砼 (北段厚度130cm砼屏蔽墙体长度为300cm)	80~120cm 混凝土，整体增加 6cm 的硫酸钡板和 6mm 铅板	已落实
	迷道外墙	80cm砼~120cm砼 (南段厚度120cm砼屏蔽墙体长度为260cm)	80cm 混凝土，南段增加 4.5cm 硫酸钡板和 4mm 铅板 (长度 150cm)	已落实
南墙	主屏蔽区	290cm砼 (宽度为4.0m)	290cm砼 (宽度为4.0m)	已落实
	次屏蔽区	170cm砼	170cm砼	已落实
西墙	侧屏蔽区	150cm砼	150cm砼	已落实
北墙	主屏蔽区	290cm砼 (宽度为4.0m)	290cm砼 (宽度为4.0m)	已落实
	次屏蔽区	170cm砼	170cm砼	已落实
屋顶	主屏蔽区	290cm砼 (宽度为4.0m)	290cm砼 (宽度为4.0m)	已落实
	次屏蔽区	170cm砼	170cm砼	已落实
防护门		15mm铅板+120mm含硼石蜡	15mm铅板+120mm含硼石蜡	已落实

注：混凝土密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅板密度为 $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，硫酸钡板密度为 $4.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。

三、辐射安全与防护措施

(一) 工作状态指示灯和电离辐射警告标志

本项目医用直线加速器机房防护门处均粘贴电离辐射警告标志和中文警示说明，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规范的电离辐射警告标志的要求。工作状态指示灯和电离辐射警告标志见图3-2。患者防护门设有防夹装置，操作间防护门设有自动闭门装置。



图3-2 医用直线加速器机房工作状态指示灯和电离辐射标志现场照片

(二) 门机联锁或门灯联锁

本项目医用直线加速器机房防护门设置有门灯连动装置，防护大门闭合时工作状态指示灯亮。现场检查门灯连动装置运行正常。

(三) 观察和对讲系统

医院在医用直线加速器机房与其控制室内设置监控装置和对讲装置，在诊断过程中医务人员可以及时观察病人情况或与病人交流，保证诊断质量和防止意外情况的发生。医用直线加速器机房内共设置了7个监控摄像头（部分监控摄像头可旋转），监控装置做到了全方位无死角，监控视频终端设置在控制室内；控制室与医用直线加速器机房之间设置了对讲系统，对讲装置分别设置在治疗室迷道内墙上和控制室内操作台上。

经现场验证检查，医用直线加速器机房的监控及对讲装置均运行正常有效，医用直线加速器机房观察和对讲装置设置位置见图3-3。

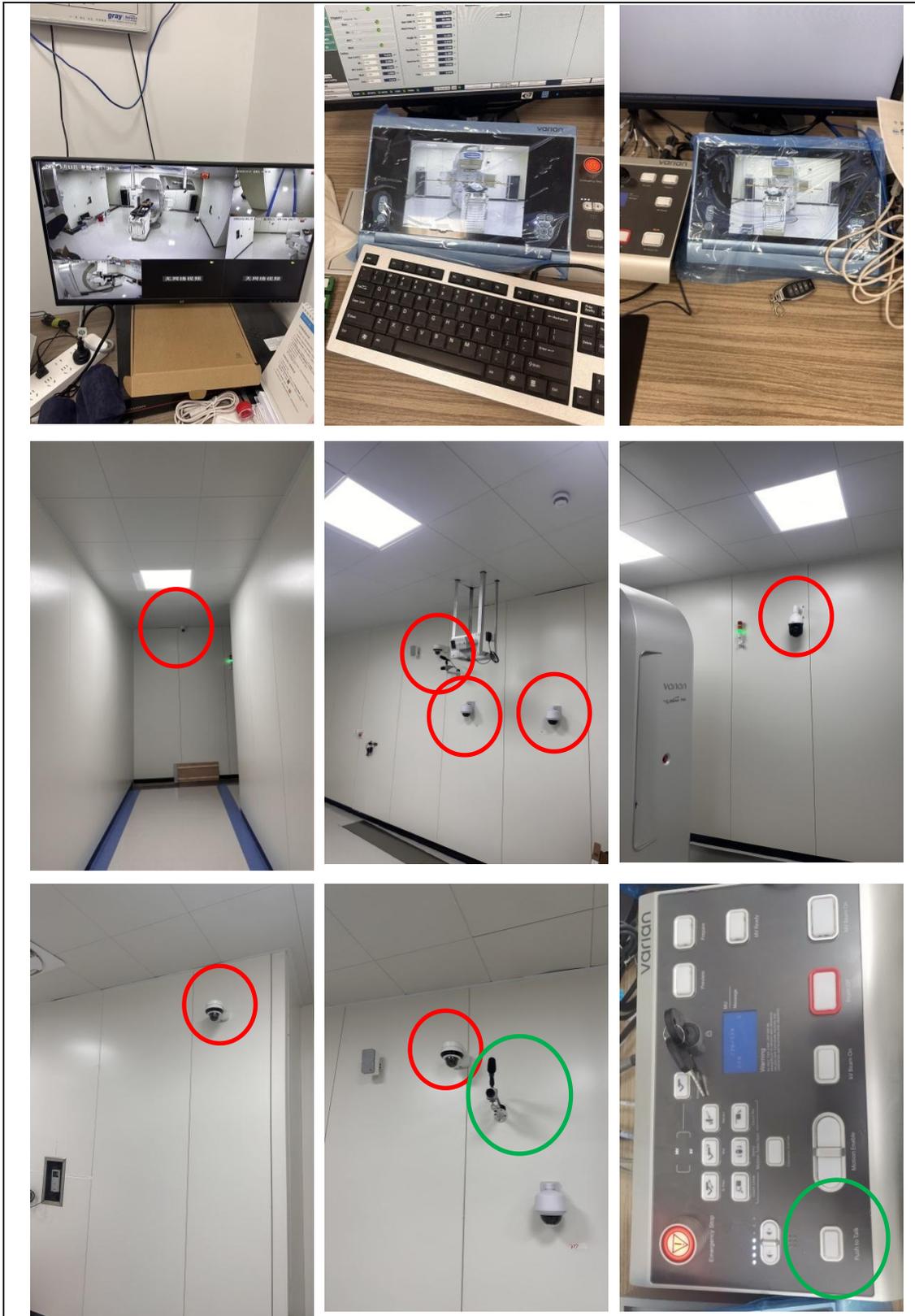


图3-3 监控（红圈）及对讲装置（绿圈）

（四）急停按钮

本项目医用直线加速器机房和控制室内设有急停开关共12个，控制室设有2

个急停开关，分别位于控制室墙上和操作台上，机房迷道内墙北部和迷道尽头南墙上各设有1个急停开关，机房主屏蔽北墙和南墙上各设有1个急停开关，机房西墙和东墙（迷道内墙）上各设有1个急停开关，治疗床下方设有2个急停开关，加速器设备两侧设有2个急停开关。急停开关均已设置防护罩，防止误触。当出现紧急情况时，按下任意急停开关即可关停设备。经现场验证检查，按下控制室操作台上的急停开关，医用直线加速器设备可以停止出束，需要复位后方可重新出束，控制室内的急停开关经检验有效。急停按钮见图3-4。



图3-4 急停按钮

（五）人员监护

如东县人民医院已开展放射治疗项目多年，配备了相关放射治疗医技人员，医院肿瘤中心现有放射工作人员14名，医院从肿瘤中心现有放射工作人员中调配相关人员从事本项目工作（14名放射工作人员排班轮流从事本项目放射工作，同时兼顾原有医用直线加速器的放射治疗等相关工作，详细名单见表3-2），并对其进行健康体检及个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。本项目14名放射工作人员已参加南通泰康健康体检中心（体检资质编号：苏卫职检备字〔2020〕第（0156）号）组织的职业健康检查，体检均合格，并取得了放射工作人员职业健康证明或职业健康体检合格报告（详见附件6），体检有效期2年，符合相关标准要求。医院已委托江苏金诺环境检测技术有限公司（个人剂量资质编号：苏放卫技字〔2021〕第046号）对全院放射工作人员开展个人剂量监测，监测周期为3个月，近一年度个人剂量监测报告详见附件6，符合《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的标准要求。

表3-2 本项目配备的职业人员名单

姓名	性别	学历	工种	培训合格证书编号	工作场所	备注
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/

					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/
					医用直线加速器机房	/

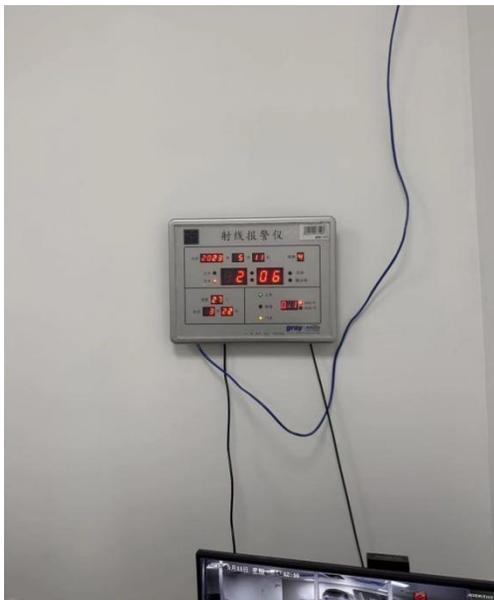
医院配备有固定式剂量报警仪1套、辐射巡测仪1台及个人剂量报警仪5台，本项目配备的辐射监测仪器见图3-5，清单见表3-3。工作人员均配备了个人剂量计，均参加了职业健康检查及辐射安全与防护知识培训后上岗操作。



(a) 辐射巡测仪



(b) 个人剂量报警仪



(c) 固定式剂量报警仪显示终端



(d) 固定式剂量报警仪探头

图3-5 辐射监测仪器

表3-3 本项目配备的辐射监测仪器清单

仪器名称/型号	数量	型号	生产厂家	性能状态	备注
固定式剂量报警仪	3	GY-S-X型	GRAY	良好	探头位于机房内，显示终端位于控制室内
辐射巡检仪	1	GY-3013H	上海思沃科学仪器有限公司	良好	物理室内
个人剂量报警仪	12	FJ3200	山西中辐核仪器有限责任公司	良好	人员随身携带

四、“三废”治理情况

（一）放射性污染

本项目医用直线加速器开机期间，产生的 X 射线经过墙体的屏蔽作用，一般不会造成放射工作人员放射性损伤，机房屏蔽建设见表 3-1。

（二）非放射性污染

①废气

本项目医用直线加速器机房通过新风系统、排风系统和吸顶式中央空调进行通风换气和温度调节，进风和排风管道采用“Z”型穿墙方式从防护门上方墙体经过迷道至治疗室内，采用上进风下出风的方式，2个进风口分别位于治疗室东北侧和东南侧吊顶天花板上，2个排风口分别位于治疗室西北角北墙和西南角南墙下方，2个排风口下沿距地面约48cm，2个排风口尺寸均为28cm×28cm，医用直线加速器机房2个排风口排风速率分别为2.13m/s（西北角）和2.18m/s（西南角），治疗室容积（包含迷道）为275.64m³，由此可知治疗室内空气每小时交换次数为4.41次。符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中放射治疗机房通风换气次数应不小于4次/h的要求。

医用直线加速器机房通风装置见图 3-6。



本项目工作人员产生的生活污水，进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网。

④噪声

本项目医用直线加速器运行期间通风装置产生的噪声，经过墙体和距离衰减，其对周围环境影响较小。

本项目废物的产生及治理情况属于环评及其批复的建设范围内，无变动情况。

表3-4 扩建1座医用直线加速器机房项目项目环评及批复落实情况一览表

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
辐射安全管理	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。医院已成立辐射防护与安全管理领导小组，由院长做小组组长，组员覆盖各辐射科室，并以文件形式明确管理人员职责。	建立辐射安全防护与环保管理机构或指定一名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。	已设有辐射安全工作领导小组，见附件5。	已落实
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：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。	严格执行辐射防护和安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度，确保辐射工作人员和公众的年受照有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应的剂量限值要求。	屏蔽措施：东墙（迷路内墙）：80~120cm混凝土，整体增加6cm的硫酸钡板和6mm铅板；东墙（迷路外墙）：80cm混凝土，南段增加4.5cm硫酸钡板和4mm铅板（长度150cm）；南墙（主屏蔽区）：290cm砼（宽度为4.0m）；南墙（次屏蔽区）：170cm砼；西墙（侧屏蔽区）：150cm砼；北墙（主屏蔽区）：290cm砼（宽度为4.0m）；北墙（次屏蔽区）：170cm砼；屋顶（主屏蔽区）：290cm砼（宽度为4.0m）；屋顶（次屏蔽区）：170cm砼；防护门：15mm铅板+120mm含硼石蜡。	已落实
	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装置，防护门拟设有防挤压功能。在治疗室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	定期检查辐射工作场所门禁系统、门机联锁、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。	机房入口处设有电离辐射警告标志； 机房防护门上方设置工作指示灯； 控制室及机房内上设有急停按钮； 控制室与机房房间设置视频监控及对讲装置； 已配备1套固定式剂量报警仪； 已设置新风系统、排风系统，进风口与排风	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	与排风口位置拟对角设置，通风换气次数拟不小于4次/h。		口位置呈对角设置，通风换气次数不小于4次/h。	
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。	对辐射工作人员进行岗位技能和辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后方可上岗。建立个人剂量档案和职业健康档案，辐射工作人员工作时须随身携带个人剂量计。	本项目配备的14名辐射工作人员均参加辐射安全培训，考核合格后持证上岗；取得辐射安全合格证书的人员，定期接受一次再培训，详见附件6；	已落实
	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。		医院已委托江苏金诺环境检测技术有限公司对辐射工作人员进行个人剂量监测，详见附件7。	
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立放射工作人员职业健康档案。		医院已组织辐射工作人员定期进行职业健康体检，体检合格后上岗操作。已建立职业健康档案。体检报告或健康证明详见附件6。	
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪1台。	配备环境辐射剂量巡测仪和表面沾污仪器，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。辐射工作人员工作时须随身携带辐射报警仪。	医院已配备1台辐射巡测仪、1套固定式剂量报警仪及5台个人剂量报警仪。	已落实
	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、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度；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。	建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。	已建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度，详见附件5。	已落实

表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定：

1、环境影响报告书（表）主要结论与建议

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，如东县人民医院拟在院区内现有肿瘤中心南侧空地扩建1座医用直线加速器机房并配备1台瓦里安VitalBeam型医用直线加速器（X射线能量：6、10MV，电子线：6、9、12、16、20MeV），用于肿瘤的放射治疗。

二、项目建设的必要性

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

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（2019年本）》（2021年修改）中“限制类”、“淘汰类”项目，项目符合国家和地方产业政策。

五、选址合理性

如东县人民医院位于南通市如东县掘港镇江海西路2号，医院东侧为居民小区和通海路，东南侧为江海西路，西南侧为南通如东供电公司和停车场，西侧为兴华路，北侧为建材支河、停车场及居民小区。

本次医用直线加速器机房周围50m评价范围内，东侧为院内道路和外科综合楼（最近约41m处）、南侧为院内道路和南通如东供电公司（最近约42m处）、西侧为院内道路和公共卫生中心（最近约22m处）、北侧为院内道路和现有肿瘤中心（最近约20m处）。项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、

医院内的其他医护人员、病患及陪同家属、院外南通如东供电公司等其他公众。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），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。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），本项目建设址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元；根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

本次本项目医用直线加速器机房位于扩建肿瘤中心西部，扩建肿瘤中心为地上一层单体建筑，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控制室与治疗室分离，区域划分明确；有用线束朝南墙、北墙、地面及屋顶照射，不直接朝控制室和其他居留因子较大的用室照射；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

如东县人民医院本次扩建1座医用直线加速器机房项目建设址周围环境辐射剂量率在41.1nGy/h~64.8nGy/h之间，位于江苏省环境天然 γ 辐射水平涨落区间。

七、环境影响评价

根据理论估算结果，如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求（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少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气，常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小；本项目医用直线加速器运行冷却水循环使用，不外排；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，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小；本项目医用直线加速器运行期间通风装置产生的噪声，经过墙体和距离衰减，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

如东县人民医院拟配备的1台瓦里安VitalBeam型医用直线加速器机房的X射线最大能量为10MV，医用直线加速器机房开机期间，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“当心电离辐射”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，控制室通过监视器与对讲机与治疗室联络，医用直线加速器机房拟设置从室内开启治疗机房门的装置，防护门拟设有防挤压功能，机房治疗室迷道的内入口处拟设置固定式辐射剂量监测仪并拟有报警功能，其显示单元拟设置在控制室内，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的安全管理要求。

十、辐射安全管理评价

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

如东县人民医院需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，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。如东县人民医院已配备有辐射巡测仪1台，还需为本项目配备固定式剂量监测报警装置1套和个人剂量报警仪5台。

综上所述，如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目在落实本报告

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

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

2、各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

4、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。

2、审批部门审批决定

南通市生态环境局

通环核评〔2023〕14号

关于如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目环境影响报告表的批复

如东县人民医院：

你单位报送的由南京瑞森辐射技术有限公司编制的《如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目环境影响报告表》（以下简称《报告表》）收悉。经研究，批复如下：

一、根据《报告表》评价结论，在落实《报告表》提出的各项环境保护措施后，项目建设具备环境可行性。同意你单位在位于南通市如东县掘港镇江海西路2号院区内现有肿瘤中心南侧空地扩建1座医用直线加速器机房及相关辅助用房（该建筑为地上一层独立结构），并配备1台瓦里安VitalBeam型医用直线加速器（X射线能量：6、10MV，电子线：6、9、12、16、20MeV），用于肿瘤的放射治疗。

本项目建设地点为江苏省南通市如东县掘港镇江海西路2号该医院内。

二、在工程设计、建设和运行中应认真落实《报告表》所提出的辐射污染防治和安全管理措施，并做好以下工作：

(一) 严格执行辐射防护和安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度，确保辐射工作人员和公众的年受照有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中相应的剂量限值要求。

(二) 定期检查辐射工作场所门机联锁装置、工作状态指示灯等安全设施，确保正常工作。

(三) 建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。建立辐射安全防护与环保管理机构或指定一名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。

(四) 对辐射工作人员进行岗位技能和辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后方可上岗，建立个人剂量档案和职业健康档案，配备必要的个人防护用品。辐射工作人员工作时须随身携带辐射报警仪和个人剂量计。

(五) 配备环境辐射剂量巡测仪，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。每年请有资质的单位对项目周围辐射水平监测1~2次。

三、项目建成后你公司须按照要求及时申领辐射安全许可证，同时做好环境保护竣工验收，在验收合格并取得辐射安全许可证后方可投入运行。项目日常监督管理由南通市如东生态环境局负责。

四、本批复自下达之日起五年内建设有效。项目的性质、规模、地点、拟采取的环保措施发生重大变动的，应重新报

批项目的环境影响评价文件。



抄送：南通市如东生态环境局

表五 验收监测质量保证及质量控制

验收监测质量保证及质量控制：

一、监测单位资质

验收监测单位获得 CMA 资质认证（221020340350），见附件 10。

二、监测人员能力

参与本次验收监测人员均符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求：验收监测人员已通过上岗培训。检测人员资质见表 5-1。

表 5-1 检测人员资质

序号	姓名	证书编号	取证时间
1	马坚飞	苏放卫技2023094	2023.3.30
2	张凌云	苏放卫技2023095	2023.3.30

三、监测仪器

本次监测使用仪器符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，监测所用设备通过检定并在有效期内，满足监测要求。

监测仪器见表 5-2。

表 5-2 检测使用仪器

序号	仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
1	X- γ 剂量率仪	AT1123	NJRS-106	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2023-0033118 检定有效期限：2023.03.03~2024.03.02
2	中子周围剂量当量仪	FH40G/FHT762	NJRS-022	能量响应：0.025eV~5GeV 测量范围：1nSv/h~100mSv/h 检定证书编号：DLjs2023-00990 检定有效期限：2023.03.31~2024.03.30
3	风速仪	AR886A	NJRS-156	检定证书编号：H2022-0126246 检定有效期限：2022.12.28~2023.12.27
4	固体水模	/	NJRS-084	/

四、质量控制

本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过计量认证（证书编号：

221020340350，检测资质见附件10），具备有相应的检测资质和检测能力，监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）的要求，实施全过程质量控制。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为1m。仪器读数稳定后，读取间隔不小于10s。

五、监测报告

监测报告的编制、审核、出具严格执行南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，出具报告前进行三级审核。

表六 验收监测内容

验收监测内容:

一、监测期间项目工况

2023年5月11日，南京瑞森辐射技术有限公司对如东县人民医院肿瘤中心南侧加速器机房进行了现场核查和验收监测，监测期间工作场所的运行工况见表6-1。

表6-1 验收监测工况

设备名称型号	技术参数	验收监测工况	使用场所
医用直线加速器 (瓦里安 VitalBeam)	X射线能量: 6、 10MV; 电子线: 6、9、12、16MeV	6MV (FFF), 剂量率: 1400cGy/min, 照射野: 40cm×40cm	医技楼负一层 直线加速器 2号机房
		10MV, 剂量率: 600cGy/min, 照射野: 40cm ×40cm	

二、验收监测因子

根据项目污染源特征，本次竣工验收监测因子为医用直线加速器机房X-γ辐射剂量率、中子辐射剂量率及机房通风速率。

三、监测点位

对医用直线加速器机房工作场所周围环境布设监测点，特别关注防护门及屏蔽墙外30cm处，监测医用直线加速器运行状态、非运行状态下的X-γ辐射剂量率、中子剂量率和机房内通风风速。

四、监测分析方法

本次监测按照《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)和《公共场所集中空调通风系统卫生规范》(WS 394-2012)的要求进行监测、分析。

表七 验收监测期间生产工况

验收监测结果:

一、辐射防护监测结果

本次监测结果详见附件9。本项目医用直线加速器机房外周围环境X- γ 辐射剂量率、中子剂量率和通风风速结果见表7-1~表7-4，监测点位见图7-1和图7-2。

表 7-1 本项目医用直线加速器机房外周围 X- γ 辐射剂量率检测结果（6MV）

测点编号	点位描述	测量结果(nSv/h)	备注
1	防护门外 30cm 处（左缝）	12	射线朝南，等中心处放置模体
2	防护门外 30cm 处（中间）	5	
3	防护门外 30cm 处（右缝）	5	
4	防护门外 30cm 处（上缝）	<MDL	
5	防护门外 30cm 处（下缝）	8	
6	操作位	<MDL	射线朝北，等中心处放置模体
7	东墙外 30cm 处	27	
8	东墙外 30cm 处	29	
9	东墙外 30cm 处	30	
10	东墙外 30cm 处	34	
11	管线洞口外 30cm 处	30	
12	检测管线口外 30cm 处	28	射线朝北，准直器 45°，无模体
13	北墙外 30cm 处	8	
14	北墙外 30cm 处	<MDL	射线朝北，等中心处放置模体
15	北墙外 30cm 处	6	
16	北墙外 30cm 处	<MDL	
17	南墙外 30cm 处	8	射线朝南，准直器 45°，无模体

18	南墙外 30cm 处	5	射线朝南，等中心处放置模体
19	南墙外 30cm 处	6	
20	南墙外 30cm 处	<MDL	
21	西墙外 30cm 处	<MDL	射线朝下，等中心处放置模体
22	西墙外 30cm 处	9	
23	西墙外 30cm 处	7	
24	机房北墙外约 6m 处 (室外草坪和室外过道)	<MDL	射线朝上，无模体
25	机房南墙外约 5m 处 (室外过道)	7	
26	机房西墙外约 5m 处 (室外过道)	<MDL	
27	肿瘤中心东侧室外过道 (距机房东墙约 17m)	<MDL	

注：1.测量结果已扣除本底值，本底值为98 nSv/h，最低探测水平（MDL）为5nSv/h；

- 2.机房上方和下方人员无法到达；
- 3.检测点位见图7-1。

由表7-1检测结果可知，本项目医用直线加速器（型号：VitalBeam）正常工作（检测工况为：6MV（FFF）X射线，照射野40cm×40cm，输出剂量率：1400cGy/min）时，机房外的周围剂量当量率为（<MDL~34）nSv/h，符合《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》（HJ 1198-2021）标准要求。

表 7-2 本项目医用直线加速器机房外周围 X-γ辐射剂量率检测结果（10MV）

测点编号	点位描述	测量结果(nSv/h)	备注
1	防护门外 30cm 处（左缝）	20	射线朝南，等中心处放置模体，照射野：40cm×40cm
		17	射线朝北 照射野：0.5cm×0.5cm
2	防护门外 30cm 处（中间）	15	射线朝南，等中心处放置模体，照射野：40cm×40cm
		16	射线朝北 照射野：0.5cm×0.5cm
3	防护门外 30cm 处（右缝）	18	射线朝南，等中心处放置模体，照射野：40cm×40cm

		18	射线朝北 照射野：0.5cm×0.5cm
4	防护门外 30cm 处（上缝）	17	射线朝南，等中心处放置模体，照射野：40cm×40cm
		15	射线朝北 照射野：0.5cm×0.5cm
5	防护门外 30cm 处（下缝）	19	射线朝南，等中心处放置模体，照射野：40cm×40cm
		20	射线朝北 照射野：0.5cm×0.5cm
6	操作位	5	射线朝北，等中心处放置模体，照射野：40cm×40cm
7	东墙外 30cm 处	107	
8	东墙外 30cm 处	105	
9	东墙外 30cm 处	118	
10	东墙外 30cm 处	119	
11	管线洞口外 30cm 处	143	
12	检测管线口外 30cm 处	106	
13	北墙外 30cm 处	14	
14	北墙外 30cm 处	11	射线朝北，等中心处放置模体，照射野：40cm×40cm
15	北墙外 30cm 处	10	
16	北墙外 30cm 处	9	
17	南墙外 30cm 处	14	射线朝南，准直器 45°，无模体，照射野：40cm×40cm
18	南墙外 30cm 处	10	射线朝南，等中心处放置模体，照射野：40cm×40cm
19	南墙外 30cm 处	11	
20	南墙外 30cm 处	9	
21	西墙外 30cm 处	11	射线朝下，等中心处放置模体，照射野：40cm×40cm
22	西墙外 30cm 处	6	

23	西墙外 30cm 处	9	射线朝上，无模体， 照射野：40cm×40cm
24	机房北墙外约 6m 处 (室外草坪和室外过道)	5	
25	机房南墙外约 5m 处 (室外过道)	8	
26	机房西墙外约 5m 处 (室外过道)	5	
27	机房东墙外约 17m 处 (肿瘤中心东侧室外过道)	<MDL	

注：1. 测量结果已扣除本底值，本底值为98nSv/h，最低探测水平（MDL）为5nSv/h；
2. 机房上方和下方人员无法到达；
3. 检测点位见图7-1。

表 7-3 本项目医用直线加速器机房外中子剂量率检测结果（10MV）

测点 编号	点位描述	测量结果(nSv/h)	备注
1	防护门外 30cm 处（左缝）	<LLD	射线朝北 照射野：0.5cm×0.5cm
2	防护门外 30cm 处（中间）	<LLD	
3	防护门外 30cm 处（右缝）	<LLD	
4	防护门外 30cm 处（上缝）	<LLD	
5	防护门外 30cm 处（下缝）	<LLD	

注：1. 仪器探测下限（LLD）为1nSv/h；
2. 机房上方和下方人员无法到达；
3. 检测点位见图7-2。

本项目医用直线加速器（型号：VitalBeam）检测工况为 10MV X 射线，照射野 40cm×40cm，输出剂量率：600cGy/min 时，机房外的周围剂量当量率为（<MDL~143）nSv/h；检测工况为 10MV X 射线，照射野 0.5cm×0.5cm，输出剂量率：600cGy/min 时，机房防护门外的周围剂量当量率为（15~20）nSv/h，中子剂量当量率为<LLD，均符合《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》（HJ 1198-2021）标准要求。

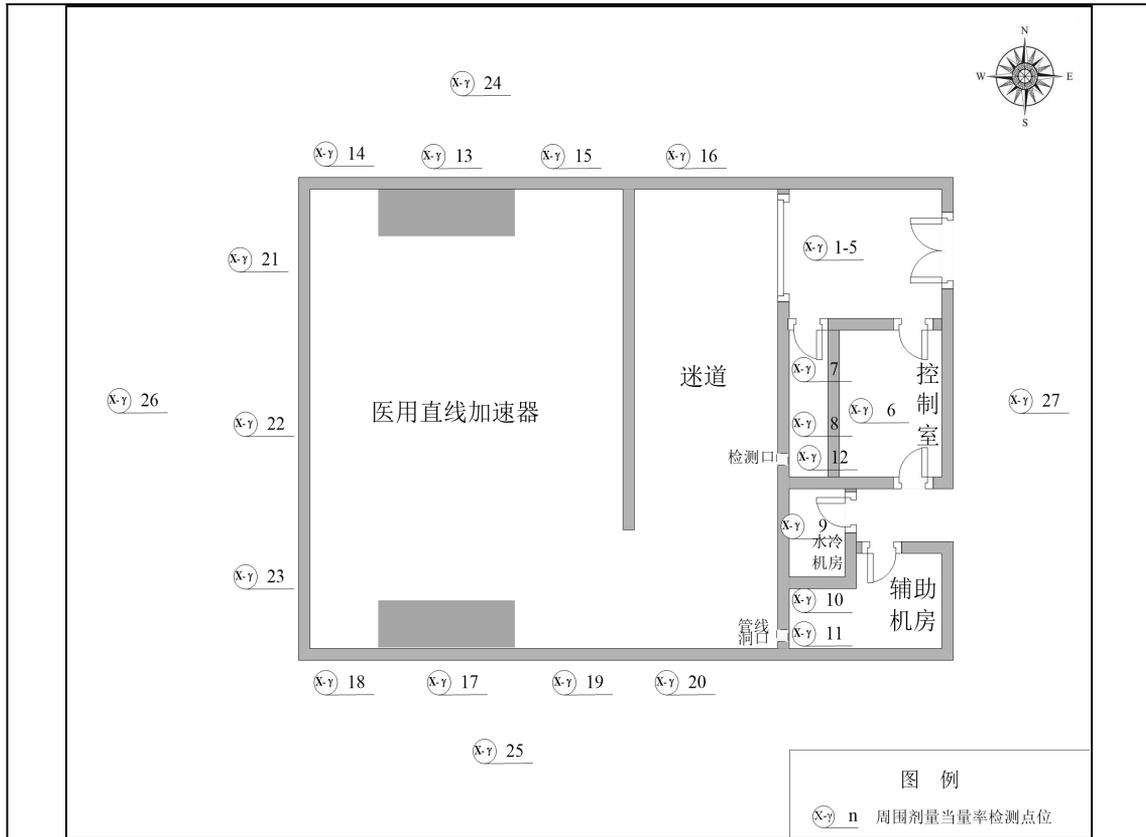


图7-1 医用直线加速器机房外周围X-γ辐射剂量率监测布点图



图7-2 医用直线加速器机房外中子剂量率监测布点图

表7-4 本项目医用直线加速器机房内通风口风速检测结果

点位描述		测量结果 (m/s)
医用直线加速器机房	排风口 (西北角)	2.13
	排风口 (西南角)	2.18

经现场检测，本项目医用直线加速器机房 2 个排风口排风速率分别为 2.13m/s（西北角）和 2.18m/s（西南角），治疗室容积（包含迷道）为 275.64m³，由此可知治疗室内空气每小时交换次数为 4.41 次。符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中放射治疗机房通风换气次数应不小于 4 次/h 的要求。

二、辐射工作人员和公众年有效剂量分析

根据本项目现场监测结果，对项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行计算分析，计算已扣除环境本底剂量率。

（一）辐射工作人员

目前如东县人民医院为本项目配备 14 名辐射工作人员，满足本项目目前的配置要求。本项目辐射工作人员采用个人累计剂量监测结果计算其年有效剂量。根据建设单位提供的近一年度个人累计剂量监测报告（2021 年 5 月-2022 年 5 月，报告编号为：金诺（剂）字（2022）615 号、金诺（剂）字（2022）618 号、金诺（剂）字（2022）896 号、金诺（剂）字（2023）0251 号、金诺（剂）字（2023）0516 号，其辐射工作人员个人累积剂量监测及预算结果见表 7-5。

表 7-5 辐射工作人员个人累积剂量监测结果

姓名	岗位	2021年			2023年	截止验收监测 人员年受照剂量 (mSv/a)	管理 目标值 (mSv/a)
		4~6月	7~9月	10~12月	1~3月		
	放射治疗 医师	0.045	0.048	0.030	0.024	0.147	5
	放射治疗 医师	0.053	0.048	0.030	0.024	0.155	5
	放射治疗 医师	0.045	0.048	0.030	0.024	0.147	5
	放射治疗 医师	0.045	0.048	0.030	0.024	0.147	5

	放射治疗 医师	0.045	0.048	0.030	0.024	0.147	5
	放射治疗 医师	0.045	0.048	0.030	0.024	0.147	5
	物理师、维 修人员	0.045	0.1004	0.030	0.049	0.224	5
	放射治疗 技师	0.098	0.048	0.087	0.060	0.293	5
	放射治疗 技师	0.045	0.048	0.106	0.060	0.259	5
	放射治疗 技师	0.045	0.048	0.030	0.052	0.175	5
	放射治疗 技师	0.045	0.098	0.030	0.053	0.226	5
	放射治疗 技师	0.045	0.048	0.107	0.053	0.253	5
	放射治疗 技师	0.101	0.048	0.107	0.065	0.321	5
	物理师	0.045	0.048	0.090	0.024	0.207	5

根据医院提供的工作量情况，在不考虑设备维修维护时以及假定工作人员不轮班不休假的情况下，医用直线加速器日接诊量最大 50 人（次）/天，平均每个患者单次治疗出束用时约 3 分钟，一年 250 个工作日，年出束时间 625h。根据本项目医用直线加速器机房现场监测结果，对项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行估算，结果见表 7-6。

表 7-6 本项目周围公众及辐射工作人员年有效剂量分析

关注点位	最大监测值 (nSv/h)	人员 性质	居留 因子	使用 因子	年工作 时间 (h)	人员年有效 剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
防护门外 30cm处	20	公众	1/8	1	625	0.002	5
操作位（控制 室）	5	职业 人员	1	1	625	0.003	5
东墙外30cm处 （过道）	107	公众	1/16	1	625	0.004	0.1
东墙外30cm处 （水冷机房）	118	公众	1/16	1	625	0.005	0.1
东墙外30cm处 （辅助机房）	119	公众	1/16	1	625	0.005	0.1
南墙外30cm处 （室外草坪）	14	公众	1/16	1/4	625	<0.001	0.1
西墙外30cm处 （室外草坪）	11	公众	1/16	1	625	<0.001	0.1
北墙外30cm处 （室外草坪）	14	公众	1/16	1/4	625	<0.001	0.1

注：1、最大监测值已扣除环境本底剂量；

2、工作人员的年有效剂量由公式 $E_{\text{eff}} = D \cdot t \cdot T \cdot U$ 进行估算，式中： E_{eff} 为年有效剂量， D 为关注点处剂量率， t 为年工作时间（日接诊量最大50人（次）/天，平均每个患者单次治疗出束用时约3分钟，一年250个工作日，年出束时间625h）， T 为居留因子， U 为使用因子（ T 和 U 取值均参照环评文件）。

由表7-5可知，根据如东县人民医院提供的个人累积剂量监测报告，结果显示本项目辐射工作人员原有个人累积剂量最大为0.321mSv/a。由表7-6可知，根据现场实际监测结果显示，本项目辐射工作人员有效剂量最大为0.003mSv/a（已扣除环境本底剂量），则本项目运行后，叠加本项目产生的辐射影响，辐射工作人员的有效剂量最大为0.324mSv/a，低于本项目辐射工作人员个人剂量管理目标值。

（二）公众

本项目评价的公众为辐射工作场所周围的非辐射工作人员，计算方法同辐射工作人员。计算结果见表7-6。由表可知，公众年有效剂量最大为0.005mSv/a（已扣除环境本底剂量），低于本项目周围公众个人剂量管理目标值。

综上所述，本项目周围辐射工作人员和公众年最大有效剂量根据实际监测及个人剂量监测受照剂量预算结果计算为：辐射工作人员有效剂量最大为0.324mSv/a，周围公众年有效剂量最大为0.005mSv/a（未扣除环境本底剂量）。辐射工作人员和公众年有效剂量能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值的要求（职业人员20mSv/a，公众1mSv/a），并低于本项目管理目标值（职业人员5mSv/a，公众0.1mSv/a），与环评文件一致。

表八 验收监测结论

验收监测结论:

如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目已按照环评及批复要求落实辐射防护和安全管理措施,经现场监测和核查表明:

1) 如东县人民医院在院区内现有肿瘤中心南侧空地已扩建1座医用直线加速器机房并配备1台瓦里安 VitalBeam 型医用直线加速器(X射线能量:6、10MV,电子线:6、9、12、16、20MeV),用于肿瘤的放射治疗。

本项目实际建设规模及主要技术参数均在《新建放射诊疗项目环境影响报告表》及其环评批复范围内;

2) 本次如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目工作场所屏蔽和防护措施已按照环评及批复要求落实。在正常工作条件下运行时,工作场所周围所有监测点位的X- γ 辐射剂量率、中子剂量率和机房内通风口风速均能满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的要求;

3) 本项目辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中人员剂量限值要求及本项目剂量管理目标值的要求;

4) 本项目医用直线加速器机房项目工作场所设置有电离辐射警告标志,加速器机房防护门与工作状态指示灯联动,加速器设备与防护门设置了门机连锁;在加速器操作台安装了视频监控系统;加速器机房设置了动力排风装置满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)及环评和环评批复的要求;

5) 医院为本项目共配备了1台辐射巡检仪、1台固定式剂量报警仪、5台个人剂量报警仪等辐射监测仪器,满足环评和环评批复的要求。

6) 非放射性三废处置情况:本项目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、氮氧化物等有害气体,通过动力排风装置排入大气;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;加速器退役时,报废的废旧金属靶件等器件同加速器一起被厂家回收;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；

7) 本项目辐射工作人员均已通过辐射防护安全与防护知识培训考核，并获得培训合格证书；本项目辐射工作人员已开展个人剂量监测和个人职业健康体检，并建立个人剂量和职业健康档案；医院具有辐射安全管理机构，并建立内部辐射安全管理规章制度，满足环评和环评批复的要求。

综上所述，如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目与环评报告内容及批复要求一致。本次验收如东县人民医院扩建1座医用直线加速器机房项目环境保护设施满足辐射防护与安全的要求，监测结果符合国家标准，满足《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定要求，建议通过竣工环境保护验收。

建议：

1) 认真学习《中华人民共和国放射性污染防治法》等有关法律法规，不断提高核安全文化素养和安全意识；

2) 积极配合环保部门的日常监督核查，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，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。每年请有资质单位对项目周围辐射环境水平监测1~2次，监测结果上报生态环境保护主管部门。