

扬州大学附属医院  
医用直线加速器改造项目竣工环  
境保护验收监测报告表

报告编号：瑞森（验）字（2023）第038号

建设单位：扬州大学附属医院

编制单位：南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二三年十月

建设单位：扬州大学附属医院

法人代表（签字）：殷旭东

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）：扬州大学附属医  
院

电话：0514-82981199

传真：

邮编：225100

地址：江苏省扬州市邗江中路368号

编制单位（盖章）：南京瑞森辐射技  
术有限公司

电话：025-86633196

传真：

邮编：210003

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.....	8
表三 辐射安全与防护设施/措施 .....	14
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.....	24
表五 验收监测质量保证及质量控制.....	30
表六 验收监测内容.....	31
表七 验收监测期间生产工况.....	32
表八 验收监测结论.....	36

表一 建设项目基本情况

建设项目名称	扬州大学附属医院医用直线加速器改造项目				
建设单位名称	扬州大学附属医院 (统一社会信用代码: 12321000468830552G)				
建设项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 退役				
建设地点	江苏省扬州市邗江中路368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3月27日	开工建设时间	2023年3月28日		
取得辐射安全许可证时间	2023年4月4日	项目投入运行时间	2023年4月		
退役污染治理完成时间(退役项)	/	验收现场监测时间	2023年7月14日		
环评报告表审批部门	江苏省生态环境厅	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	无锡市鑫盾辐射防护器材有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	无锡市鑫盾辐射防护器材有限公司		
投资总概算	810万	辐射安全与防护设施投资总概算	10万	比例	1.2%
实际总概算	810万	辐射安全与防护设施实际总概算	10万	比例	1.2%
验收依据	<p><b>建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度:</b></p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014年修订), 2015年1月1日起实施;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(修正版), 2018年12月29日发布施行;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 全国人大常委会, 2003年10月1日起施行;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017年修改), 国务院令</p>				

	<p>第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行；</p> <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》，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 年修改，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办法》，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><b>建设项目竣工环境保护验收技术规范：</b></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) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(6) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>(7) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；</p> <p>(8) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；</p> <p>(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)；</p> <p>(10) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011)。</p> <p><b>建设项目环境影响报告书(表)及其审批部门审批文件：</b></p> <p>(1) 《扬州大学附属医院医用直线加速器改造项目环境影响报告表》，南京瑞森辐射技术有限公司，2023年2月，见附件2；</p> <p>(2) 《扬州大学附属医院医用直线加速器改造项目环境影响报告表的批复》，江苏省生态环境厅，审批文号：苏环辐(表)审〔2023〕15号，2023年3月27日。</p>												
<p>验收监测 执行标准</p>	<p><b>人员年受照剂量限值：</b></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;"><b>表1-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：</b></p> <table border="1" data-bbox="404 1182 1320 1697"> <thead> <tr> <th></th> <th>剂量限值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>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；                      ③眼睛体的年当量剂量，150mSv；                      ④四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量，500mSv。                 </td> </tr> <tr> <td>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> </tbody> </table> <p>(2) 根据本项目环评及批复文件确定本项目个人剂量约束值，本个人剂量约束值见表1-2。</p> <p style="text-align: center;"><b>表 1-2 工作人员职业照射和公众照射个人剂量约束值</b></p> <table border="1" data-bbox="404 1877 1320 2027"> <thead> <tr> <th>项目名称</th> <th>适用范围</th> <th>剂量约束值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>医用直线加速器改造项目</td> <td>职业照射有效剂量</td> <td>5mSv/a</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； ③眼睛体的年当量剂量，150mSv； ④四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量，500mSv。	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。	项目名称	适用范围	剂量约束值	医用直线加速器改造项目	职业照射有效剂量	5mSv/a
	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； ③眼睛体的年当量剂量，150mSv； ④四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量，500mSv。												
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。												
项目名称	适用范围	剂量约束值											
医用直线加速器改造项目	职业照射有效剂量	5mSv/a											

	公众有效剂量	0.1mSv/a
<p><b>注：</b>本项目环评时公众个人剂量约束值为0.25mSv/a，根据HJ 1198-2021等最新管理要求，公众个人剂量约束值取0.1mSv/a。</p>		
<p><b>辐射管理分区：</b></p>		
<p>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。</p>		
<p>（1）控制区</p>		
<p>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。</p>		
<p>（2）监督区</p>		
<p>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。</p>		
<p>根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021），医用直线加速器工作场所分区应遵循以下原则：</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、束流运输通道和治疗室，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><b>工作场所布局要求：</b></p>		
<p>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选址及布局应遵循下述要求：</p>		
<p>5.1 选址与布局</p>		
<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</p>		

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。

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。

#### 工作场所放射防护安全要求：

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的辐射安全与防护设施应满足下述要求：

#### 6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

##### 6.1 屏蔽要求要求

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、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： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

	<p>人员居留因子 <math>T \leq 1/2</math> 的场所：<math>\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}</math>。</p> <p>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 <math>250 \mu\text{Sv}</math> 加以控制。</p> <p>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 <math>30\text{cm}</math> 处的剂量率参考控制水平可按 <math>100 \mu\text{Sv/h}</math> 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。</p> <p>6.1.5 使用中子源开展后装治疗的治疗室内应配备符合需要的应急贮源水池或聚乙烯罐等满足中子屏蔽的措施，保障放射源的安全暂存，并实行双人双锁管理。</p> <p>6.2 安全防护设施和措施要求</p> <p>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：</p> <p>a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；</p> <p>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；</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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：</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>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；</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>d) 质子/重离子治疗装置安全联锁系统还应包括清场巡检系统、门钥匙开关（身份识别系统）。质子/重离子治疗室、加速器大厅和束流输运通道应建立分区清场巡检和束流控制的逻辑关系，清场巡检系统应考虑清场巡检的最长响应时间和分区调试情况的联锁设置。日常清场巡检时，如超出设定的清场巡检响应时间，需重新进行清场巡检；</p> <p>e) 质子/重离子治疗装置应考虑建立调试、检修、运行维护人员的人身安全联锁系统，将调试、检修、运行维护人员的受照剂量与进入控制区的权限实施联锁管控；</p> <p>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。</p> <p>本项目还应满足《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）、《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）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）等标准的相关要求。</p> <p><b>安全管理要求及环评要求：</b></p> <p>《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。</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 表二 建设项目工程分析

## 项目建设内容:

为了适应医院发展要求，服务患者，医院将西区医技楼负一楼直线加速器室1内更换1台医用直线加速器（型号为：HM-J-16-I，X射线能量最大为12MV，电子线能量最大为12MeV），原有医用直线加速器（型号：23EX，X射线能量6MV、18MV）报废，并由江苏海明医疗器械有限公司回收。

扬州大学附属医院医用直线加速器改造项目验收情况见表2-1。

表2-1扬州大学附属医院医用直线加速器改造项目射线装置使用情况

序号	射线装置名称型号	数量	电子线能量	X射线能量	射线装置类别	工作场所名称	备注
1	医用直线加速器（HM-J-16-I）	1	6、8、10、12MeV（最大输出剂量率450cGy/min）	8、12MV（最大输出剂量率320cGy/min）	II	医院西区负一楼直线加速器室1	已环评、已许可，本次验收

扬州大学附属医院医用直线加速器改造项目实际建设情况与环评及其批复一致，无变动情况。

截止验收时，本项目已建设完成，相关配套设施与防护设施同步建设完成，具备竣工环境保护验收条件。

扬州大学附属医院于2023年4月4日取得关于本项目医用直线加速器的辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证〔00613〕，种类和范围为“使用III类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至：2024年03月02日（见附件3）。

本次验收项目总投资为810万元，辐射安全与防护设施总投资为10万元，项目环评审批及实际建设情况见表2-2。

表2-2 扬州大学附属医院医用直线加速器改造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	江苏省扬州市邗江中路368号			江苏省扬州市邗江中路368号	与环评一致	
周围环境	医用直线加速器改造项目		东侧	水冷机房	水冷机房	与环评一致
			南侧	土层	土层	与环评一致
			西侧	直线加速器室 2	直线加速器室 2	与环评一致
			北侧	准备室、控制室、储物间	准备室、控制室、储物间	与环评一致
			上方	输液室、办公室	输液室、办公室	与环评一致
			下方	土层	土层	与环评一致
		50m 范围	四周及上方	医技楼	医技楼	与环评一致
			南侧	门诊楼	门诊楼	与环评一致
			四周	院内道路	院内道路	与环评一致
<b>射线装置</b>						

射线装置名称	环评建设规模						实际建设规模					
	型号	数量	最大能量	剂量率	类别	使用场所	型号	数量	最大能量	剂量率	类别	使用场所
医用直线加速器	HM-J-16-I	1台	X射线能量： 8、12MV 电子线能量： 6、8、10、 12MeV（最大 照射野： 40cm×40cm）	X线最大输出剂量 率320cGy/min 电子线最大输出剂 量率450cGy/min	II类	医院西区 负一楼直 线加速器 室1	HM-J-16-I	1台	X射线能量： 8、12MV 电子线能量： 6、8、10、 12MeV（最大 照射野： 30cm×30cm）	X线最大输出剂 量率 320cGy/min 电子线最大输 出剂量率 450cGy/min	II类	医院西区负 一楼直线加 速器室1
<b>废弃物</b>												
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 大气，臭氧常温下 约50分钟可自然分 解为氧气	与环评一致			

**污染源项分析:****1、辐射污染源项**

由本项目工程分析和产污环节可知，医用直线加速器项目主要产生以下放射性污染:

**X 射线:** 当加速器以 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。该院购置的直线加速器 X 射线最大能量为 12MV，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。

**电子束:** 当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器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伦场的影响，贯穿深度有限。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，在加速器电子束治疗时，电子线对周围环境辐射影响小于 X 射线治疗。

**中子:** 当医用直线加速器的 X 射线能量高于 10MV 时，高能光子会与 X 射线靶、一级准直器、X 射线均整器和治疗准直器多种高原子序数的材料如铅、钨等发生 ( $\gamma$ 、n) 光核反应，产生中子辐射。

由治疗机头中产生的中子分为两部分：一部分是混在 X 射线野内的原射快中子和经治疗机头衰减漏射出来的漏射中子组成的直射中子，另一部分是由治疗室墙壁、天花板、地板多次散射后的散射中子，散射中子其能量较低。上述中子是放射治疗工作中不需要的，所以又统称为污染中子。

中子的辐射生物效应远高于 X、 $\gamma$  射线，按中子能量高低其辐射权重因子 ( $W_R$ ) 为 5~20，因此在高能医用电子加速器的防护设计中需要考虑中子的防护。一般情况下，治疗室墙体、天花板的屏蔽厚度满足了对 X 射线的防护要求时也能够满足对污染中子的防护要求，但要特别注意散射中子的防护，散射中子的影响主要考虑其对防护门的影响。

**放射性固废:** 医用直线加速器靶物质 (件) 以及机头等金属部件由于受电子的轰击会产生较强的感生放射性，机器退役 (约使用 10 年) 后更换下来的废靶件等应作为放射性废物处理。

## 2、非辐射污染源项

**废气：**本项目医用直线加速器出束过程中产生的X射线，会使机房内的空气电离，产生少量臭氧和氮氧化物。

**固体废物：**本项目医用直线加速器工作过程不产生固体废物；工作人员及病人会产生少量生活垃圾。

**废水：**本项目医用直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不产生废水；工作人员及病人会产生少量的生活废水。

## 工程设备与工艺分析：

### 1、工程设备及工作原理

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。

电子直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，电子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。

电子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。

当医用电子直线加速器加上高压后，即产生多种类型的辐射，可大致分为瞬时辐射和剩余辐射。瞬时辐射是指被加速的电子束、以及其与靶材料相互作用产生的高能X射线，此外，当电子束打靶能量 $\geq 10\text{MeV}$ 时，其韧致辐射产生

的高能X射线能量还将与直线加速器的高Z重金属靶材产生 ( $\gamma$ 、n) 反应, 产生中子。直线加速器产生的高能电子束、高能X射线和中子, 可能会对工作人员和公众产生辐射危害。

剩余辐射是指由于中子活化使加速器及周围环境产生短寿命的感生放射性核素, 包括固态感生放射性和气态感生放射性。电子直线加速器中产生的感生放射性从物理机制上可分为直接和间接两个过程。直接过程为韧致辐射光子与加速器部件发生的光核反应; 间接过程则主要为光核反应所释放的光中子与加速器部件发生的中子俘获反应, 即中子活化。由中子活化产生的放射性核素大多为丰中子核素, 其衰变方式多为 $\beta$ -衰变。一般停机数小时后, 感生放射性即可达到可忽略的水平。本项目医用直线加速器X射线能量为12MV, 需考虑中子对外环境的影响。

## 2、工作流程及产污环节

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。因此, 本项目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。

气体: 在加速器开机运行时, 产生的X射线与空气中氧气相互作用可产生少量臭氧和氮氧化物。

医用直线加速器放疗流程见图2-1。

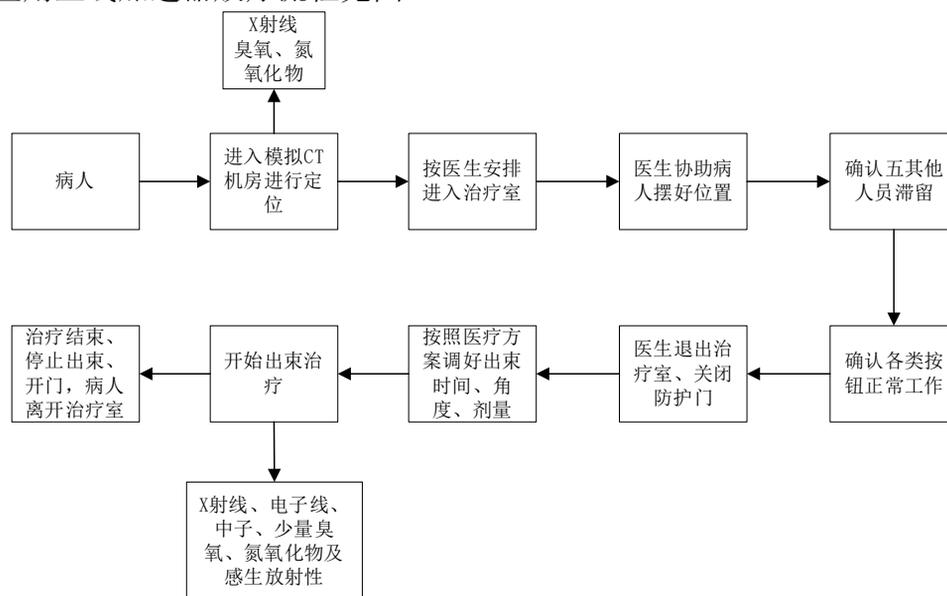


图2-1 本项目医用直线加速器工作流程及产污环节示意图

表三 辐射安全与防护设施/措施

辐射安全与防护设施/措施

1、工作场所布局

**布局：**医院将西区医技楼负一楼直线加速器室1内更换1台医用直线加速器（型号为：HM-J-16-I，X射线能量最大为12MV，电子线能量最大为12MeV），用于肿瘤的放射治疗。加速器机房控制室与治疗室分离，治疗室面积约92.8m<sup>2</sup>（不含迷道）；加速器机房设置直迷路，迷路口设有防护门；有用线束仅向南墙、北墙、地面及屋顶照射。本项目加速器机房布局符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的标准要求，布局合理。

**辐射防护分区：**为加强辐射防护管理和职业照射控制，本项目将屏蔽产生射线的医用直线加速器治疗室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、储物间、水冷机房作为辐射防护监督区。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》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定要求，与环评文件一致。

本项目加速器机房平面布置及分区见图3-1，四周现场图见图3-2。

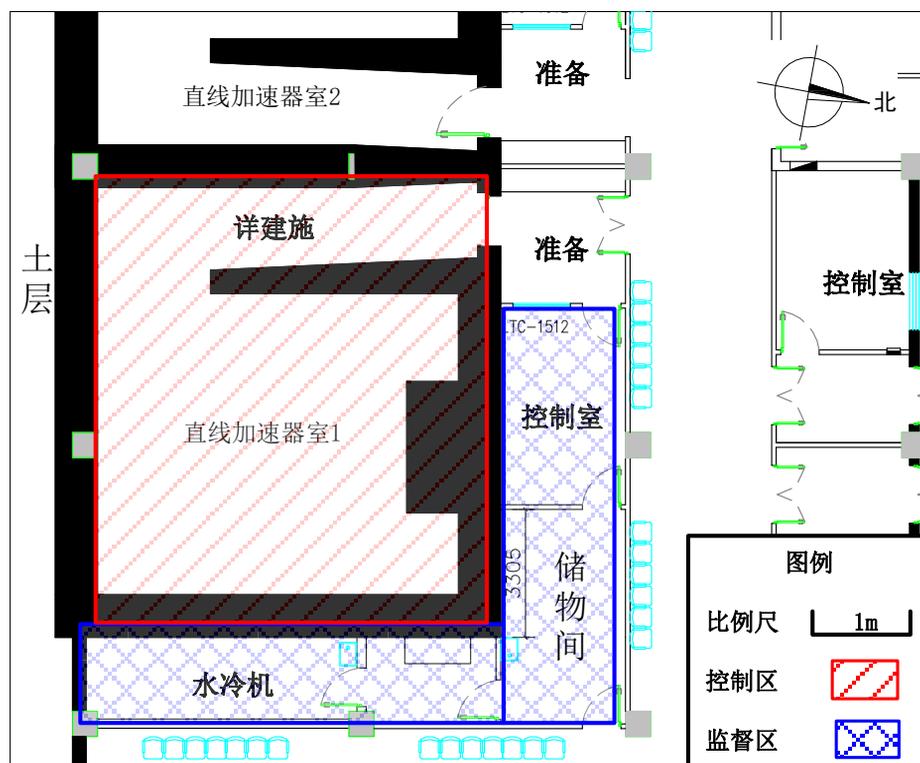


图3-1 本项目工作场所平面布置及两区划分示意图



东侧水冷机房



西侧直线加速器室2



北侧控制室



上方输液室

图3-2本项目加速器机房周围环境图

## 2、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目加速器机房位于医技楼负1楼，采用混凝土浇筑结构，迷路入口设铅防护门。医用直线加速器机房具体屏蔽设计参数见表3-1。

表3-1 医用直线加速器机房屏蔽设计参数

屏蔽体		屏蔽设计（屏蔽体厚度及材质）		落实情况
		环评设计情况	实际建设情况	
东墙	侧屏蔽墙	130cm混凝土	130cm混凝土	已落实
南墙	次屏蔽区	110cm混凝土	110cm混凝土	
西墙	迷道内墙	61cm~92.5cm混凝土	61cm~92.5cm混凝土	
	迷道外墙	80cm~110cm混凝土	80cm~110cm混凝土	
北墙	主屏蔽区	140cm+130cm=270cm混凝土（宽度340cm）	140cm+130cm=270cm混凝土（宽度340cm）	
	次屏蔽区	130cm混凝土	130cm混凝土	
屋顶	主屏蔽区	140cm+145cm=285cm混凝土（宽度370cm）	140cm+145cm=285cm混凝土（宽度370cm）	
	次屏蔽区	140cm混凝土	140cm混凝土	
防护门		15mmPb+20cm含硼石蜡	15mmPb+20cm含硼石蜡	

注：1、本项目机房线路敷设采用电缆沟设计，穿墙U型管道，电缆沟不会破坏治疗室墙体屏蔽效果。

2、混凝土密度为 $2.35\text{cm}^3/\text{g}$ ，铅密度为 $11.3\text{cm}^3/\text{g}$ 。

## 3、辐射安全与防护措施

### （1）工作状态指示灯和电离辐射警告标志

本项目加速器机房入口处设置有电离辐射警告标志及醒目的工作状态指示灯，灯箱处设警示语句，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。防护门为电动门且带防夹功能，工作状态指示灯与防护门、加速器均进行连锁，现场核查连锁装置运行正常。本项目工作状态指示灯及电离辐射警告标志见图3-2。



图3-2 工作状态指示灯和电离辐射警告标志

### (2) 视频监控及对讲装置

医院为防止治疗过程中的误操作、防止工作人员和公众受到意外照射，在加速器机房控制室与治疗室设置双向语音对讲装置，治疗室内设置多处视频监控探头，监视器设于控制室。工作人员可在控制室观察治疗室内情况，并通过语音对讲装置与治疗室内患者、指导摆位工作人员交流。经现场核查，对讲系统、监控系统运行正常。加速器监控和对讲装置现场照片见图3-3。



图3-3 加速器机房视频监控和对讲系统

### (3) 紧急停机和开门按钮

本项目加速器机房控制室、治疗室内及设备上均设有急停按钮，当出现紧急情况时，按下急停按钮即可关闭设备。加速器机房迷道口内侧墙壁上设置一处紧急开门按钮，加速器出束治疗时，若有人员误留在机房内，可按下紧急开门按钮打开防护门；而由于防护门与加速器设置联锁，因此当此按钮被按下时，加速器也随即停机。现场核查联锁装置运行有效。本项目加速器机房内及控制台急停按钮见图3-4。

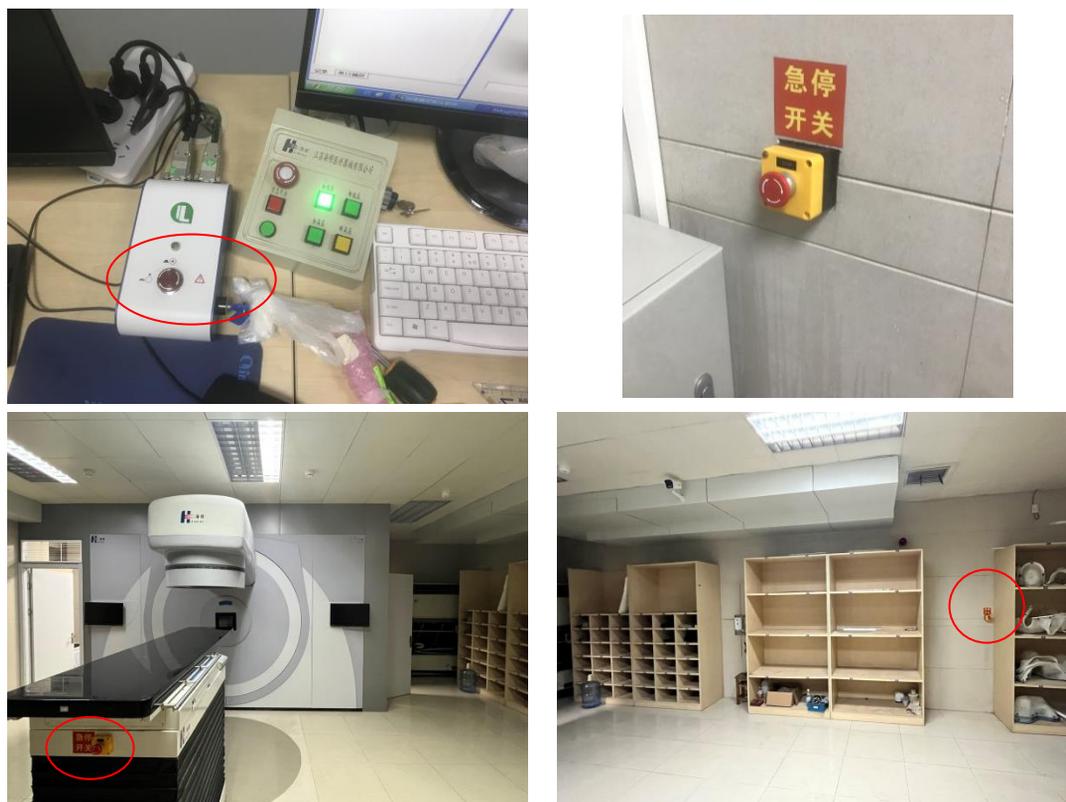


图3-4 加速器治疗室和控制室急停按钮

### (4) 固定式辐射监测仪

本项目医用直线加速器工作场所安装固定式辐射剂量监测仪，监测探头设于迷道内墙上方，显示面板安装在控制室，工作人员可在控制室实时监测治疗室内辐射剂量水平。固定式辐射监测仪见图3-5。

### (5) 人员监护

医院为本项目配备4名辐射工作人员，均已参加辐射安全与防护培训并且考核合格。辐射工作人员培训证书见附件6，名单见表3-4。

表3-4 本项目配备的职业人员名单

姓名	性别	学历	工种/岗位	培训合格证书编号	工作场所
----	----	----	-------	----------	------

████	█	████	████	██████████	放疗科
████	█	████	████	██████████	
████	█	████	████	██████████	
████	█	████	████	██████████	
████	█	████	████	██████████	

医院已安排工作人员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，详见附件6、附件7。医院已为本项目配备1台辐射巡测仪和2台个人剂量报警仪，为工作人员均配备了个人剂量计。本项目监测仪器实物图详见图3-6，现场核查各仪器正常可用。



探头



显示面板

图3-5 固定式辐射监测仪



辐射巡测仪



个人剂量报警仪

图3-6 本项目配备剂量检测仪器

#### 4、其它环境保护设施

直线加速器机房内空气在X射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体，本项目机房采用动力排风装置将臭氧及氮氧化物排入大气，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。根据《放射治疗辐射安全与防护要

求》（HJ 1198-2021）第8.4条款的要求：放射治疗机房设置强制排风系统，进风口设在放射治疗机房上部，排风口设在治疗机房下部，进风口与排风口位置对角设置，以确保室内空气充分交换。本项目通风系统见图3-7。



加速器治疗室进风口



加速器治疗室排风口

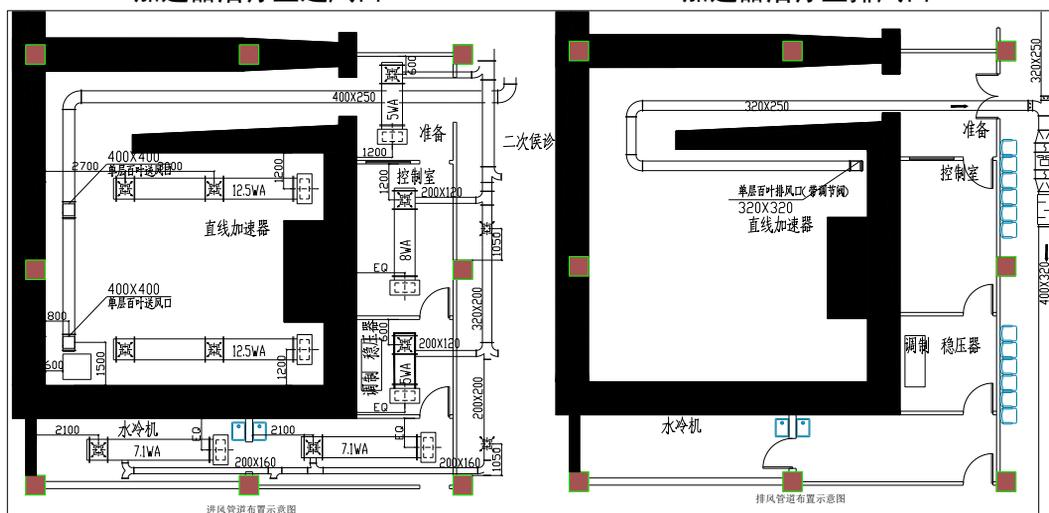


图3-7 本项目通风系统

## 5、辐射安全管理制度

医院根据《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》，针对所开展的放射性诊疗活动制定了相应的辐射安全与防护管理制度，清单如下：

- 1) 《中共扬州大学附属医院委员会文件》
- 2) 《扬州大学附属医院辐射安全与防护领导小组》
- 3) 《扬州大学附属医院放射治疗安全制度》
- 4) 《扬州大学附属医院医用加速器安全防护制度》
- 5) 《扬州大学附属医院放疗科主任工作职责》

- 6) 《扬州大学附属医院放射治疗医师工作职责》
- 7) 《扬州大学附属医院放射治疗物理师、维修工程师职责》
- 8) 《扬州大学附属医院放射治疗技师职责》
- 9) 《扬州大学附属医院放射治疗机房直线加速器使用基本程序》
- 10) 《扬州大学附属医院放射治疗机房模拟定位机使用基本程序》
- 11) 《扬州大学附属医院放射治疗机房事故性射线出束应急预案》
- 12) 《扬州大学附属医院辐射防护监测方案》
- 13) 《扬州大学附属医院仪器管理、操作、保养、维修制度》

以上辐射安全与防护管理制度满足《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》的相关要求。医院已落实环境保护部令第3号、环境保护部令第18号、环评及批复提出的要求，医院具备从事医用直线加速器等技术应用项目工作的能力。

辐射安全管理机构及规章制度详见附件5。

表3-6 医用直线加速器改造项目环评及批复落实情况一览表

检查项目	“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。	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构	医院已成立辐射安全管理组织机构，以文件形式明确人员职责。详见附件 5。	已落实
辐射安全和防护措施	辐射防护屏蔽建设： 东墙 侧屏蔽墙 130cm混凝土 南墙 次屏蔽区 110cm混凝土 西墙 迷道内墙 61cm~92.5cm混凝土 迷道外墙 80cm~110cm混凝土 北墙 主屏蔽区 140cm+130cm=270cm混凝土 （宽度340cm） 次屏蔽区 130cm混凝土 屋顶 主屏蔽区 140cm+145cm=285cm混凝土 （宽度370cm） 次屏蔽区 140cm混凝土 防护门 15mmPb+20cm含硼石蜡	项目的建设和运行，必须严格执行国家有关法律、法规、标准及环评批复中的要求，确保实验室工作场所周围环境辐射剂量能满足辐射防护的要求。	辐射防护屏蔽建设： 东墙 侧屏蔽墙 130cm混凝土 南墙 次屏蔽区 110cm混凝土 西墙 迷道内墙 61cm~92.5cm混凝土 迷道外墙 80cm~110cm混凝土 北墙 主屏蔽区 140cm+130cm=270cm混凝土 （宽度340cm） 次屏蔽区 130cm混凝土 屋顶 主屏蔽区 140cm+145cm=285cm混凝土 （宽度370cm） 次屏蔽区 140cm混凝土 防护门 15mmPb+20cm含硼石蜡	已落实
	辐射安全措施：1、设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；2、机房设计通风装置，通风换气频率为不低于 4 次/h，加速器机房进风管道避开主射线方向；3、加速器机房电缆线布设拟采用“U”型穿墙管道，电缆沟不会破坏治疗室墙体的屏蔽效果；4、防护门搭接方式：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应大于门缝的 10 倍；5、安全连锁装置：除直线加速器自身所带的安全连锁外，机房应设置门-机连锁；6、紧急	认真落实报告表中提出的环保措施，确保辐射安全。	辐射安全措施：1、设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；2、机房设计通风装置，通风换气频率为不低于 4 次/h，加速器机房进风管道避开主射线方向；3、加速器机房电缆线布设采用“U”型穿墙管道，电缆沟不会破坏治疗室墙体的屏蔽效果；4、防护门搭接方式：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应大于门缝的 10 倍；5、安全连锁装置：除直线加速器自身所带的安全连锁外，机房应设置门-机连锁；6、紧急停机装置；7、监视和对讲	已落实

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	停机装置；7、监视和对讲装置；8、固定式剂量报警仪。		装置；8、固定式剂量报警仪。	
辐射安全管理	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管理规章制度。	医院已制定相应操作规程、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，见附件5。	已落实
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	要妥善保管辐射工作人员个人剂量与职业健康档案，定期对辐射工作人员进行辐射安全与法律、法规等方面的培训，提高核安全文化意识。	本项目4名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护知识培训并取得培训合格证书，目前均在有效期内。	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，加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		辐射工作人员均进行个人剂量监测，医院为工作人员建立个人剂量监测档案。	已落实
	辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。		辐射工作人员均进行职业健康体检，医院为工作人员建立职业健康档案。	已落实
监测仪器	配备1台辐射巡测仪、2台个人剂量报警仪、1套固定式辐射剂量监测仪	/	已配备1台辐射巡测仪、2台个人剂量报警仪、1套固定式辐射剂量监测仪	已落实
辐射监测	/	每年委托有资质的单位对项目周围环境辐射剂量进行1-2次监测，并出具监测报告。	每年请有资质单位对辐射工作场所进行监测。医院定期对场所周围环境辐射剂量率进行监测。	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

医院拟将西区医技楼负一楼直线加速器室 1 内更换 1 台医用直线加速器（型号为：HM-J-16-I，X 射线能量 $\leq 12\text{MV}$ ，电子线能量 $\leq 12\text{MeV}$ ），用于开展放射治疗。

## 二、项目建设的必要性及产业政策符合性

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，可为患者提供放射诊断及治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修正）和《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012 年本）》（2013 年修订），不属于“限制类”或“淘汰类”项目，符合国家和江苏省现行的产业政策。

## 三、实践正当性

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

## 四、选址合理性

扬州大学附属医院西院区位于扬州市邗江中路 368 号，西院区东侧为邗江中路，南侧为三盛国际广场、扬州市邗江区妇幼保健所，西侧为引潮河、引潮河公园、新港名仕花园，北侧为山姆月城明珠园小区。

本项目位于医院西区医技楼负一楼，医技楼位于院内东侧，其东侧为院内道路，南侧为门诊楼，西侧为院内道路、病房楼（住院部），北侧为住院部入口。

本项目医用直线加速器机房东侧为水冷机房，南侧为土层，西侧为医用直线加速器室 2，北侧为准备室、控制室、储物间，上方为输液室、办公

室，下方为土层。

本项目医用直线加速器机房周围 50m 评价范围内均位于医院边界内，50m 评价范围主要为院内建筑，项目运行后的环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员、院内的其他医务人员、病患和院内公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建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。因此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。

本项目射线装置机房与控制室分开，控制区、监督区划分明确，选址及布局合理。

## 五、辐射环境现状评价

扬州大学附属医院本次改建医用加速器项目拟建址周围本底辐射剂量率在 57nGy/h~97nGy/h 之间，与江苏省环境天然  $\gamma$  辐射水平调查结果相比较，未见异常。机房周围中子剂量当量率低于仪器探测下限。

## 六、环境影响评价

根据预测估算结果，扬州大学附属医院医用直线加速器改造项目在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，项目投入运行后对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）。

## 七、“三废”的处理处置

医用直线加速器运行约 10 年后，检修更换下来的靶物质及其他强感生放射性部件，医院已承诺将退役废靶交由有资质单位回收处理（见附件 3）。

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，臭氧常温下 50 分钟可自行分解为氧气；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；工作人员和病人产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理。

#### 八、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

扬州大学附属医院拟配备的 1 台医用直线加速器的 X 射线最大能量为 12MV，电子线最大能量为 12MeV，医用直线加速器开机期间，产生的 X 射线、中子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，治疗室迷道口拟设置固定式剂量报警仪，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。

#### 九、辐射安全管理评价

扬州大学附属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。

扬州大学附属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。扬州大学附属医院已为本项目配备辐射巡测仪 1 台及个人剂量报警仪 2 台。

综上所述，扬州大学附属医院医用直线加速器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

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、根据防护与安全的最优化原则，进一步优化完善辐射工作场所屏蔽措施。

3、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。

4、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

5、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

# 江苏省生态环境厅

苏环辐(表)审〔2023〕15号

### 关于扬州大学附属医院医用直线加速器改造项目 环境影响报告表的批复

扬州大学附属医院：

你单位报送的《扬州大学附属医院医用直线加速器改造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，项目建设具备环境可行性。从环境保护角度考虑，我厅同意你单位该项目建设。项目地点位于扬州市邗江中路368号医院医技楼负一层，项目内容：医院对原加速器机房1进行改造，淘汰原有1台23EX型医用直线加速器，重新配备1台医用直线加速器（X射线最大能量12MV、电子线最大能量12MeV，属Ⅱ类射线装置）用于肿瘤治疗。详见《报告表》。

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、急停按钮、工作指示灯、辐射警告标志等安全设施，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。每年委托有资质的单位对项目周围辐射水平监测1~2次。

(六) 项目建成后建设单位应及时向我厅申办环保相关手续,依法取得辐射安全许可证并经验收合格后,方可投入正式运行。你单位应在收到本批复后20个工作日内,将批准后的环境影响报告表送扬州市生态环境局,并接受其监督检查。

三、本批复只适用于以上核技术应用项目,其它如涉及非放射性污染项目须按有关规定另行报批。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:省核管中心、扬州市生态环境局,南京瑞森辐射技术有限公司。

### 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：**

**1、监测单位资质**

验收监测单位获得 CMA 资质认证（221020340350），见附件 9。

**2、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 5-1。

表5-1检测使用仪器

序号	仪器名称/型号	仪器编号	主要技术参数
1	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
3	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
4	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

**3、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9），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，每个点位读取数据，读取间隔不小于10s。

**4、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:

#### 1、监测期间项目工况

2023年7月14日，南京瑞森辐射技术有限公司对扬州大学附属医院医用直线加速器项目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 (HM-J-16-I)	X射线: 6、12MV 电子线: 6、8、10、12MeV	12MV X射线, 300cGy/min, 30cm×30cm射野	医院西区负 一楼直线加 速器室1

注：监测工况为加速器额定最大工况、最大剂量率模式。

#### 2、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工作场所X- $\gamma$ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和排风口风速。

#### 3、监测点位

对医用直线加速器工作场所周围环境布设监测点，特别关注控制区、监督区边界，监测医用直线加速器运行状态、非运行状态下的X- $\gamma$ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和医用直线加速器机房内通风风速。

#### 4、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）、《辐射防护仪器中子周围剂量当量（率）仪》（GB/T 14318-2019）的要求进行监测、分析。

表七 验收监测期间生产工况

<p><b>验收监测期间生产工况记录：</b></p> <p>被检单位：扬州大学附属医院</p> <p>监测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司</p> <p>监测日期：2022年7月14日</p> <p>天气：阴，31℃，79%RH</p> <p>监测因子：X-γ辐射剂量率、中子辐射剂量率和排风口风速</p> <p>验收监测期间生产工况见表6-1。</p>																																																				
<p><b>验收监测结果：</b></p> <p><b>1、辐射防护监测结果</b></p> <p>本次监测结果详见附件 8。本项目工作场所周围环境 X-γ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和排风口风速监测结果见表 7-1~表 7-3，监测点位见图 7-1。</p> <p style="text-align: center;">表7-1 医用直线加速器机房周围X-γ辐射剂量率检测结果</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">#</th> <th style="width: 35%;">位置</th> <th style="width: 10%;">单位</th> <th style="width: 50%;">检测结果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>██████████</td><td>█</td><td>██████████</td></tr> <tr><td>2</td><td>██████████</td><td>█</td><td>██████████</td></tr> <tr><td>3</td><td>██████████</td><td>█</td><td>██████████</td></tr> <tr><td>4</td><td>██████████</td><td>█</td><td>██████████</td></tr> <tr><td>5</td><td>██████████</td><td>█</td><td>██████████</td></tr> <tr><td>6</td><td>██████████</td><td>█</td><td rowspan="3">██████████</td></tr> <tr><td>7</td><td>██████████</td><td>█</td></tr> <tr><td>8</td><td>██████████</td><td>█</td></tr> <tr><td>9</td><td>██████████</td><td>█</td><td rowspan="2">██████████</td></tr> <tr><td>10</td><td>██████████</td><td>█</td></tr> <tr><td>11</td><td>██████████</td><td>█</td><td>██████████</td></tr> <tr><td>12</td><td>██████████</td><td>█</td><td>██████████</td></tr> </tbody> </table>				#	位置	单位	检测结果	1	██████████	█	██████████	2	██████████	█	██████████	3	██████████	█	██████████	4	██████████	█	██████████	5	██████████	█	██████████	6	██████████	█	██████████	7	██████████	█	8	██████████	█	9	██████████	█	██████████	10	██████████	█	11	██████████	█	██████████	12	██████████	█	██████████
#	位置	单位	检测结果																																																	
1	██████████	█	██████████																																																	
2	██████████	█	██████████																																																	
3	██████████	█	██████████																																																	
4	██████████	█	██████████																																																	
5	██████████	█	██████████																																																	
6	██████████	█	██████████																																																	
7	██████████	█																																																		
8	██████████	█																																																		
9	██████████	█	██████████																																																	
10	██████████	█																																																		
11	██████████	█	██████████																																																	
12	██████████	█	██████████																																																	

■	■■■■■■■■■■	■	■■■■■■■■■■
■	■■■■■■■■■■	■	
■	■■■■■■■■■■	■	
■	■■■■■■■■■■	■	■■■■■■■■■■
■	■■■■■■■■■■	■	■■■■■■■■■■
■	■■■■■■■■■■	■	

注：1、测量结果已扣除本底值，本底值为121nSv/h，最低探测水平（MDL）为8nSv/h；  
2、机房下方及南侧均为土层。

表7-2 医用直线加速器周围中子辐射剂量率检测结果

■	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	■
■	■■■■■■■■■■	■■■■	■■■■■■■■■■
■	■■■■■■■■■■	■■■■	
■	■■■■■■■■■■	■■■■	
■	■■■■■■■■■■	■■■■	
■	■■■■■■■■■■	■■■■	

由表7-1、表7-2可知，本次检测，医用直线加速器（型号：HM-J-16-I）检测工况为：12MV X射线，照射野30cm×30cm，输出剂量率：300cGy/min时，机房外的X-γ周围剂量当量率为（41~815）nSv/h；检测工况为：12MV X射线，照射野0.5cm×0.5cm，输出剂量率：300cGy/min时，机房防护门外的X-γ周围剂量当量率为（253~493）nSv/h，中子剂量当量率为<LLD，均符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）标准要求。

表 7-3 医用直线加速器机房通风口风速检测结果

■■■■■■■■■■		■■■■■■■■■■	
■■■■■■■■■■	■■■■	■	
	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	

经现场核查，加速器机房排风口尺寸为30cm×30cm，通风口速率为

4.5m/s。本项目治疗室容积为334m<sup>3</sup>（含迷路），则治疗室内每小时换气次数约为4.4次，换气次数满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。

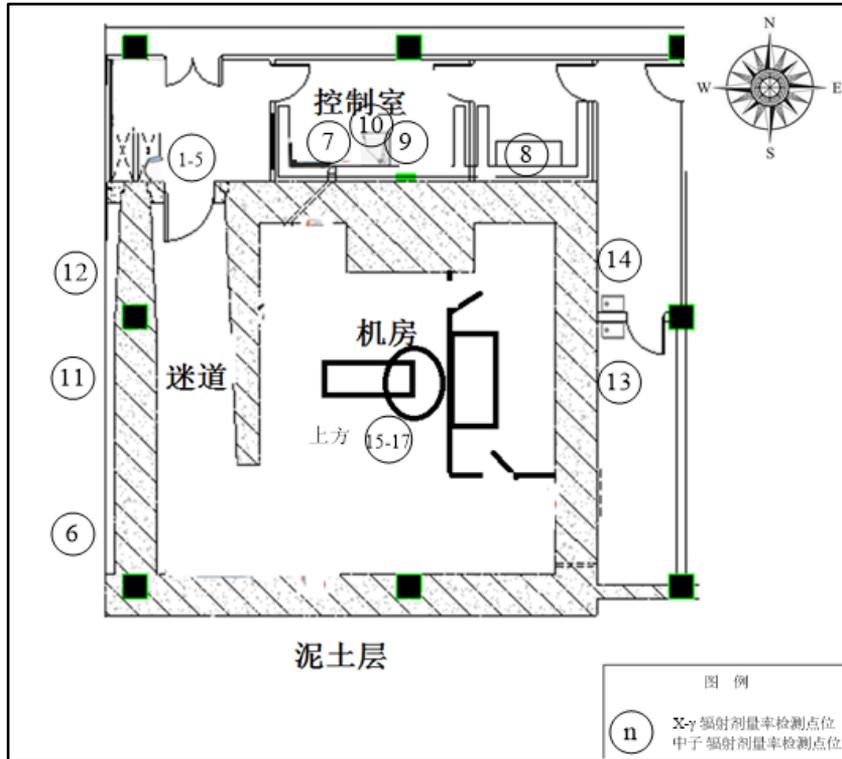


图 7-1 监测点位示意图

## 2、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。

### （1）辐射工作人员

目前扬州大学附属医院为本项目配备5名辐射工作人员，已进行个人剂量监测并建立个人剂量档案，满足医用直线加速器日常工作的配置要求。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2023年第一季度、第二季度个人累计剂量监测报告（报告编号为：瑞森（剂）字（2023）第1171号，瑞森（剂）字（2023）第1984号，见附件6），其辐射工作人员个人累积剂量监测及预算结果见表7-4。

表 7-4 辐射工作人员个人累积剂量监测结果（mSv）

姓名	岗位	编号	2023年第二季度	剂量约束值 <sup>2)</sup>

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

注：剂量约束值由 5mSv/a 的年剂量约束值根据个人累积剂量监测天数（三个月）折算求得。

**(2) 公众**

本项目评价的公众为本项目辐射工作场所周围50m范围内的非辐射工作人员。根据本项目实际监测结果，结合周围公众居留情况，对公众人员年有效剂量进行计算分析，结果见表7-5。

表 7-5 本项目周围公众人员年有效剂量分析

场所或关注点位	最大监测值 (nSv/h)	人员性质	居留因子	年工作时间 (h)	人员年有效剂量 (mSv/a)	个人剂量约束值 (mSv/a)
████	██	████	█	██	████	█
████	██	██	██	██	████	██
████	█	██	█	██	████	██

由表 7-4 可知，本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 0.407mSv，周围公众年有效剂量最大不超过 0.031mSv，均低于本项目剂量约束值要求。

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：截止验收时，本项目辐射工作人员个人监测 2023 年第二季度累积剂量最大为 0.1148mSv；根据现场实际监测结果，本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 0.407mSv，周围公众年有效剂量最大为 0.031mSv。本项目周围辐射工作人员和公众年最大有效剂量能满足《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），并低于本项目剂量约束值（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:

扬州大学附属医院医用直线加速器改造项目的医用直线加速器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) 扬州大学附属医院于院区西区医技楼负1楼更换1台医用直线加速器（HM-J-16-I型，X射线最大能量12MV，电子线最大能量12MeV，属II类射线装置），用于开展放射治疗。该项目已于2023年3月27日取得了江苏省生态环境厅关于本项目的环评批复文件(苏环辐（表）审[2023]15号)。

本项目医用直线加速器设备技术参数与环评一致。项目其余建设情况与环评及其批复要求一致，无变动情况。

2) 本项目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- $\gamma$ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和治疗室通风换气次数等均能满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《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均能满足《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约束值要求；

4) 本项目加速器机房防护门上设置电离辐射警告及中文警示说明、工作状态指示灯、与加速器出束联锁的照射信号指示器；防护门设置门机连锁；加速器治疗室、控制室均设置急停按钮，治疗室与控制室之间设置双向语音对讲装置；加速器机房内设置多个视频监控，监视器设于控制室操作台上；控制室操作台上设置加速器物理钥匙开关；加速器治疗室内设置强制排风系统；加速器治疗室与控制室之间设置U型穿墙线管，不破坏机房墙体的整体屏蔽效果。本项目医用直线加速器机房辐射安全措施符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、环评报告及批复的要求。

5) 医院为本项目配备了1台辐射巡测仪、2台个人剂量报警仪，用于辐射监测和报警，满足环评及批复的要求。

6) 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职业健康体检，

并建立个人剂量档案和职业健康档案；医院设立了辐射安全领导小组，以文件形式明确了管理人员职责，并建立内部辐射安全管理规章制度，满足环评及批复的要求。

综上所述，扬州大学附属医院医用直线加速器改造项目建设情况在环评报告内容及批复范围内。辐射安全保护措施及环境保护设施满足辐射安全防护与环境保护的要求，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。