

如皋市人民医院
新增 1 台医用电子直线加速器项
目竣工环境保护验收监测报告

报告编号：瑞森（验）字（2022）第060号

建设单位： 如皋市人民医院

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二二年十二月

建设单位： 如皋市人民医院

法人代表（签字）： 石国平

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）： 如皋市人民医院

电话：

传真：

邮编：

地址：江苏省如皋市宁海路278号

编制单位（盖章）： 南京瑞森辐射技术有限公司

电话：

传真：

邮编：

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	33
表六 验收监测内容	35
表七 验收监测期间生产工况	36
表八 验收监测结论	43
附件1: 项目委托书	45
附件2: 本项目加速器机房屏蔽建设情况	46
附件3: 项目环境影响报告表主要内容	47
附件4: 项目环境影响报告表批复文件	57
附件5: 辐射安全许可证正副本复印件	59
附件6: 辐射安全管理机构及制度	64
附件7: 辐射工作人员培训证书及健康证明	85
附件8: 个人剂量监测报告	106
附件9: 竣工环保验收监测报告	116
附件10: 验收监测单位CMA资质证书	126
建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表	130

表一 建设项目基本情况

建设项目名称	如皋市人民医院新增1台医用电子直线加速器项目竣工环境保护验收				
建设单位名称	如皋市人民医院 (统一社会信用代码:)				
建设项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 退役				
建设地点	如皋市宁海路278号如皋市人民医院高压氧舱楼一层				
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		开工建设时间			
取得辐射安全 许可证时间		项目投入运行时间			
退役污染治理 完成时间 (退役项)	/	验收现场监测时间			
环评报告表 审批部门		环评报告表 编制单位			
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》(2014年修订), 2015年1月1日起实施; (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; (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; (4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017年修改), 国务院令				

<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》（2019 年修正本），生态环境部部令 第 7 号，2019 年 8 月 22 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) 《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>(4) 《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>(5) 《公共场所集中空调通风系统卫生规范》(WS 394-2012)；</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) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；</p> <p>(9) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)。</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) 《新增 1 台医用电子直线加速器项目环境影响报告表》，南京瑞森辐射技术有限公司，2022 年 1 月。见附件 3；</p> <p>(2) 《关于如皋市人民医院新增 1 台医用电子直线加速器项目环境影响报告表的批复》，南通市生态环境局，审批文号：(通环核评〔2022〕8 号，2022 年 3 月 29 日。见附件 4；</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" data-bbox="401 1131 1318 1686"> <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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。</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管理目标值，本项目管理目标值见表1-2。</p> <p style="text-align: center;">表 1-2 工作人员职业照射和公众照射剂量管理目标值</p> <table border="1" data-bbox="401 1861 1318 2018"> <thead> <tr> <th>项目名称</th> <th>适用范围</th> <th>管理目标值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>新增 1 台医用电子直线加速器项目</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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。	项目名称	适用范围	管理目标值	新增 1 台医用电子直线加速器项目	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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。												
项目名称	适用范围	管理目标值											
新增 1 台医用电子直线加速器项目	职业照射有效剂量	5mSv/a											

	公众有效剂量	0.1mSv/a
<p>辐射管理分区：</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>工作场所布局要求：</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</p>		

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。

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）。

8.4 气态废物管理要求

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。

工作场所放射防护安全要求：

（1）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。

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

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)。

6.1.5 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。

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:

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;

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运输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；

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、加速器大厅和束流运输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；

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；

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。

(2) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）。

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

	<p>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:

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，如皋市人民医院环评规划在院内西侧新建高压氧舱综合楼，并在高压氧舱综合楼一楼新建一座医用电子直线加速器机房，配备一台医用电子直线加速器（型号为瓦里安Vital Beam，X射线 $\leq 10\text{MV}$ ：10MV时1m处X辐射剂量率最大为 $600\text{cGy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ ，6MV时1m处X辐射剂量率最大为 $1400\text{cGy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ ；电子线 $\leq 20\text{MeV}$ ），用于肿瘤的放射治疗。该项目已于2022年1月完成项目的环境影响评价，于2022年3月29日取得了南通市生态环境局关于本项目的环评批复文件(通环核评[2022]8号)。

实际建设情况：在高压氧舱综合楼一楼新建一座医用电子直线加速器机房，配备一台医用电子直线加速器（型号为瓦里安Vital Beam，X射线能量：6、10MV；电子线能量：6、9、12、16、20MeV），用于肿瘤的放射治疗。

经现场核查本项目实际建设规模及主要技术参数与其环评及其批复一致。本项目环评报告表详见附件3，环评批文件详见附件4。

表2-1 本次验收项目环评审批及实际建设情况一览表

环评报告表名称	环评审批情况及批复时间	实际建设情况	备注
《新增1台医用电子直线加速器项目环境影响报告表》	建设地点：江苏省如皋市宁海路278号。 项目内容：拟在院内西侧新建高压氧舱综合楼，并在高压氧舱综合楼一楼新建一座医用电子直线加速器机房，配备一台医用电子直线加速器（型号为瓦里安Vital Beam，X射线 $\leq 10\text{MV}$ ：10MV时1m处X辐射剂量率最大为 $600\text{cGy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ ，6MV时1m处X辐射剂量率最大为 $1400\text{cGy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ ；电子线 $\leq 20\text{MeV}$ ），用于肿瘤的放射治疗。 批复时间：2022年3月29日。	建设地点：江苏省如皋市宁海路278号。 项目内容：在院内西侧新建高压氧舱综合楼，并在高压氧舱综合楼一楼新建一座医用电子直线加速器机房，配备一台医用电子直线加速器（型号为瓦里安Vital Beam，X射线能量：6、10MV；电子线能量：6、9、12、16、20MeV），用于肿瘤的放射治疗。	本次新增1台医用电子直线加速器项目实际建设规模及主要技术参数与其环评及批复一致。

如皋市人民医院于2022年07月11日重新申领了辐射安全许可证（证书编号：苏环辐证[F0483]），活动种类和范围为：使用III类放射源；使用II类、III类射线装置，有效期至2022年12月21日。辐射安全许可证见附件5。

本次新增1台医用电子直线加速器项目环评审批及实际建设情况见表2-2。

表2-2 新增1台医用电子直线加速器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	江苏省如皋市宁海路278号				江苏省如皋市宁海路278号			与环评一致
周围环境	加速器机房	东侧	室外空地		室外空地		与环评一致	
		南侧	室外空地		室外空地		与环评一致	
		西侧	楼梯		楼梯		与环评一致	
		北侧	控制室及大厅		控制室及大厅		与环评一致	
		下层	土层		土层		与环评一致	
		上层	会议室		会议室		与环评一致	
放射源								
核素名称	环评建设规模				实际建设规模			
	数量（枚）	单枚活度（Bq）	放射源类别	使用场所	数量（枚）	单枚活度（Bq）	放射源类别	使用场所

/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
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	管电压、管电流	类别	使用场所	型号	数量	管电压、管电流	类别	使用场所
医用直线加速器	瓦里安 VitalBeam	1台	X射线≤10MV, 电子线≤20MeV	II类	高压氧舱综合楼一楼直线加速器机房	瓦里安 VitalBeam	1台	X射线: 6、10MV, 电子线: 6、9、12、16、20MeV	II类	高压氧舱综合楼一楼直线加速器机房
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	直接进入大气, 臭氧在常温常压下稳定性较差, 可自行分解为氧气		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:

1) 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10MV，由于X射线的贯穿能力极强，将对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染。

2) 电子束: 当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。

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: 主要是工作人员的办公和生活垃圾。

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，不产生医疗废水; 工作人员及病人会产生少量的生活废水。

工作人员和部分病人产生的生活污水和生活垃圾，由院内污水处理站和垃圾处理站分类收集后统一处理。

工程设备与工艺分析:

1、医用直线加速器工作原理

医用直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，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。

本项目直线加速器现场实物图见图2-1。



图2-1 本项目医用直线加速器现场实物图

2、医用直线加速器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。

有害气体：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。由于正常情况下氮氧化物的产额约为臭氧的1/10，因此主要考虑臭氧的环境影响。

工作流程：

1) 进行定位：先通过模拟定位机（东区放疗科一楼模拟定位室）对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

2) 制订治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

3) 固定患者体位：在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位，标记，调整照射角度及射野。

4) 技师离开治疗室，进入控制室，根据TPS计划进行出束治疗；

5) 治疗结束后，关机，打开治疗室防护门，患者离开治疗室。

医用直线加速器放疗流程见图2-2。

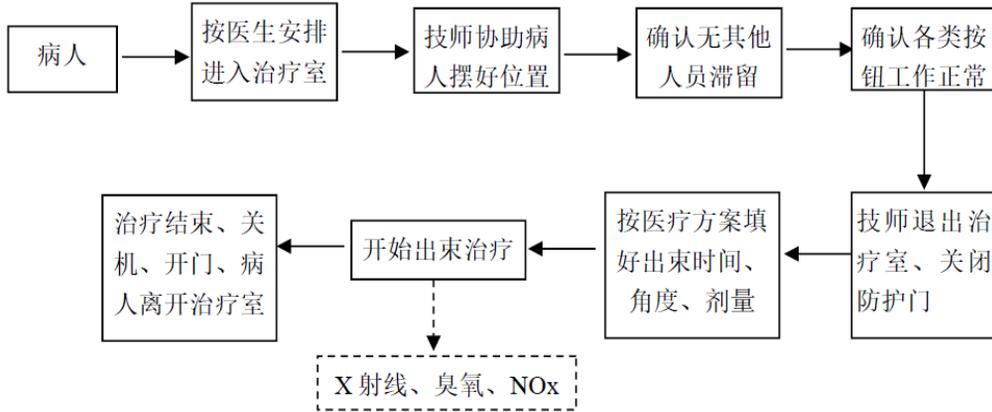


图2-2 本项目医用直线加速器工作流程及产污环节示意图

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：本项目在院内西侧新建高压氧舱综合楼，并在高压氧舱综合楼一楼新建一座医用电子直线加速器机房，配备一台医用电子直线加速器（型号为瓦里安Vital Beam，X射线能量：6、10MV；电子线能量：6、9、12、16、20MeV），加速器机房东侧、南侧为室外空地，西侧为楼梯，北侧为控制室及大厅，机房下方为土层，上方为会议室。

辐射防护分区：本项目将加速器治疗室、迷道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当心电离辐射警告标志及中文警示说明；将加速器控制室和相邻辅助机房作为辐射防护监督区。本项目加速器机房平面布置及分区见图3-1，候诊大厅现场图见图3-2。

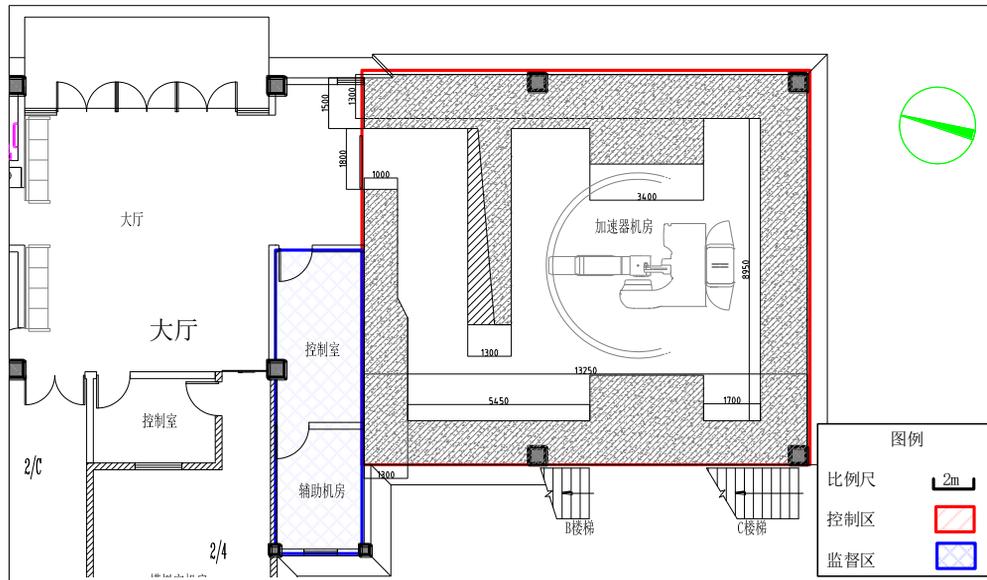


图3-1 本项目医用直线加速器机房平面布置及分区示意图

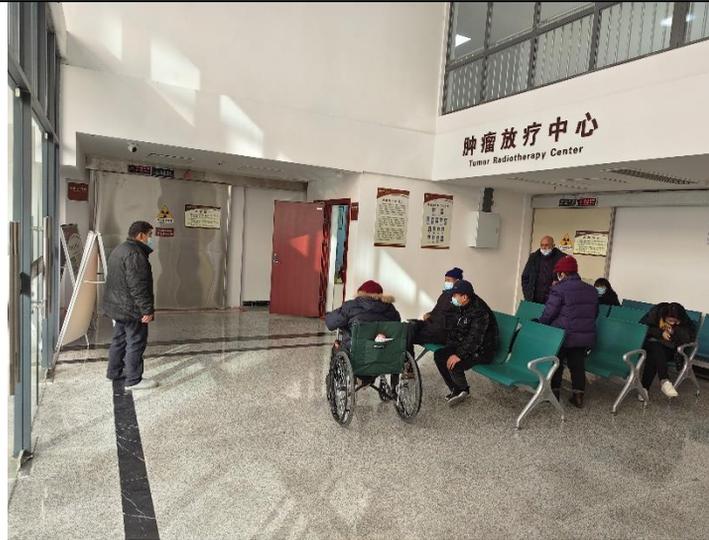


图3-2 本项目医用直线加速器候诊大厅图

2、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目加速器机房位于高压氧舱综合楼一楼，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医用加速器机房屏蔽设计参数

屏蔽防护设计		屏蔽设计（厚度及材质）*		
		环评要求防护设计	落实情况	备注
东墙	主屏蔽	265cm砼（宽度为340cm）	265cm砼（宽度为340cm）	已落实
	次屏蔽	南段：130cm砼	南段：130cm砼	已落实
		北段：160cm砼	北段：160cm砼	已落实
南墙	次屏蔽	140cm砼	140cm砼	已落实
西墙	主屏蔽	265cm砼（宽度为340cm）	265cm砼（宽度为340cm）	已落实
	次屏蔽	130cm砼	130cm砼	已落实
北墙	外墙	东段100cm砼，西段130cm砼 （长度为304cm）	东段100cm砼，西段130cm 砼（长度为304cm）	已落实
	内墙	120cm砼（长度为580cm）	120cm砼（长度为580cm）	已落实
屋顶	主屏蔽	280cm砼（宽度为340cm）	280cm砼（宽度为340cm）	已落实
	次屏蔽	140cm砼	140cm砼	已落实
防护门		15mm铅板+150mm含硼石 蜡，门外包裹有钢结构	15mm铅板+150mm含硼石 蜡，门外包裹有钢结构	已落实

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、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句，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。本项目工作状态指示灯及电离辐射警告标志见图3-3。



图 3-3 医用直线加速器机房电离辐射警告标志和工作状态指示灯

(2) 门机联锁及防夹装置

本项目加速器机房防护门（电动防护门）上方设置有工作状态指示灯，工作状态指示灯、防护门和加速器设备组成联锁。现场检测联锁有效。

本项目加速器机房防护门设置有防夹装置和紧急开门装置，现场检测有效。本项目防夹装置见图 3-4，紧急开门装置见图 3-5。

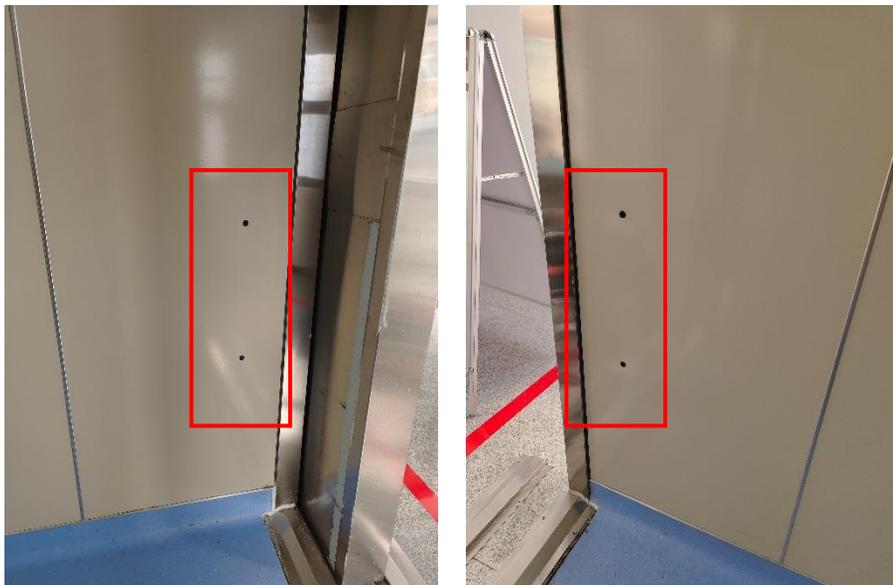


图 3-4 本项目设置防夹装置



图 3-5 本项目紧急开门装置

(3) 视频监控装置及对讲装置

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，已在加速器操作台上配备了对讲装置和视频监控装置。通过视频监控装置可以监视机房内患者的情况，经现场核查，对讲系统运行正常。加速器监控装置和对讲装置设置位置见图3-6，现场照片见图3-7。

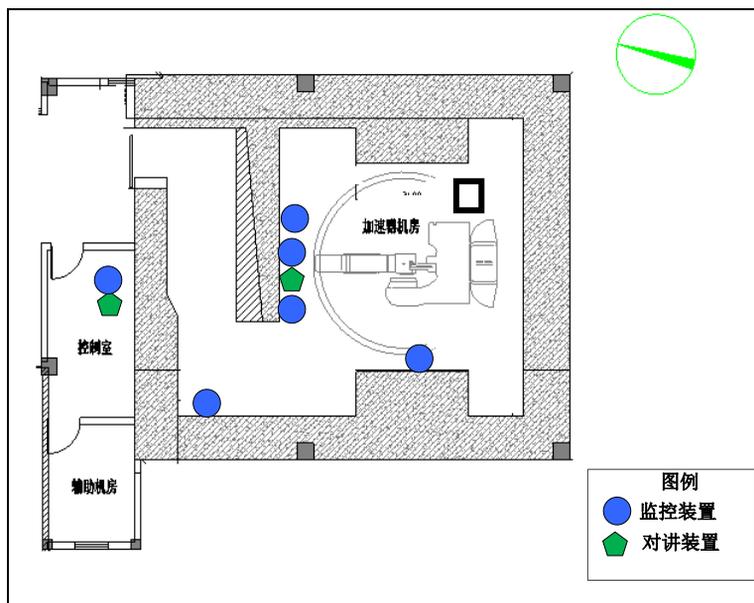


图 3-6 加速器治疗室对讲装置和监控装置设置位置示意图



图3-7 本项目加速器机房视频监控和对讲系统

(4) 急停按钮

本项目加速器控制室、机房内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，现场已核实。本项目加速器机房内及控制台急停按钮设置位置见图3-8，现场照片见图3-9。

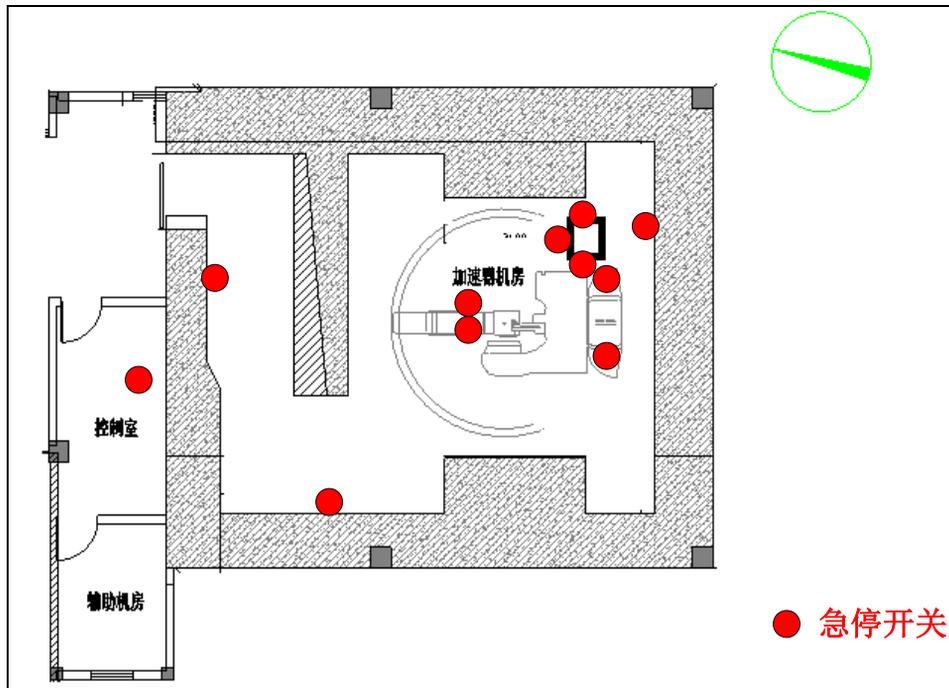


图3-8 本项目急停按钮设置位置平面图



图3-9 本项目加速器治疗室和控制室急停开关

(5) 非放污染物防治

经验证检查，本项目加速器机房通过新风系统和排风机进行通风换气，新风口设置于机房天花板上，排风口设置于治疗室东南角和西南角，排风口下沿距地面约30cm处，排风口使用强排风通向医院排烟风管道最后排向室外。2个排风口尺寸均为37cm×28cm，放射治疗室排风口排风速率东南角为5.5m/s和西南角为6.2m/s，治疗室容积为320m³，由此可知治疗室内空气每小时交换次数为13.6，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。本项目加速器机房通风设施平面布局见图3-10，通风设施现场验证照片见图3-11。

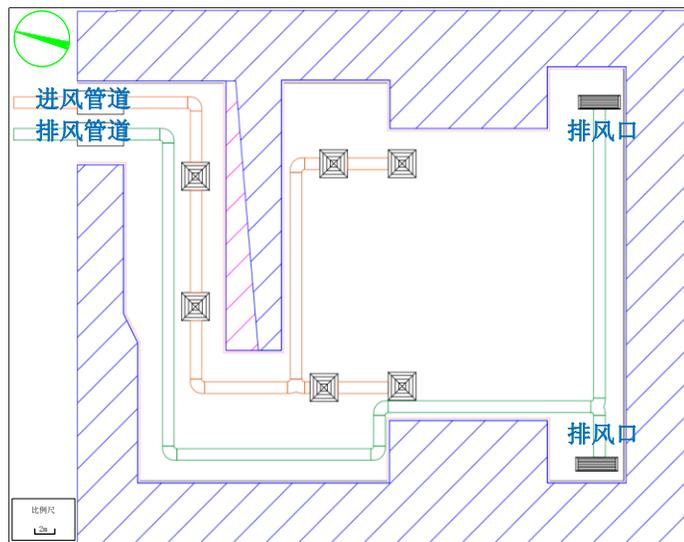


图 3-10 进风口和排风口设置位置示意图



图 3-11 加速器治疗室进风口和排风口现场照片

(6) 人员监护

医院为本项目配备9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，另培训证书均在有效期内。辐射工作人员培训证书见附件7，名单见表3-2。

表3-2 本项目配备的职业人员名单

姓名	性别	学历	工种	科室	培训合格证书编号	证书有效期	工作场所
戴美云	女	本科	医师	放疗科	苏环辐1959042	5年	加速器机房
刘加玉	男	本科	物理师	放疗科	苏环辐1959035	5年	加速器机房
彭康明	男	本科	医师	放疗科	苏环辐1959033	5年	加速器机房
周江云	男	本科	医师	放疗科	苏环辐1959041	5年	加速器机房
王斌	男	本科	医师	放疗科	苏环辐1959040	5年	加速器机房
董阳	男	本科	医师	放疗科	苏辐培201801481	5年	加速器机房
刘红	女	本科	技师	放疗科	苏环辐1959037	5年	加速器机房

杨惠玲	女	本科	技师	放疗科	苏环辐 1959039	5年	加速器机房
吴海平	女	本科	技师	放疗科	苏环辐1959038	5年	加速器机房

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7、附件8。医院已为本项目配备1台辐射巡检仪，1台固定式辐射监测仪和5台个人剂量报警仪见图3-12，配备的防护监测仪器详情见表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。

表 3-3 本项目配备的防护监测仪器一览表

序号	仪器名称	规格型号	数量	生产厂家	配置地点
1	辐射巡检仪	Inspector	1台	南京双源高通	医生办公室
2	个人剂量报警仪	SG-16A	5台	北京中康联	人员随身携带
3	固定式报警仪	SB-1	1台	北京中康联	探头在迷路外墙上方，显示器位于控制室



图3-12 本项目配备剂量检测仪器

4、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》，针对所开展的放射治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) 《如皋市人民医院放射事故应急措施预案》
- 2) 《关于成立辐射安全领导小组的通知》
- 3) 《放射诊疗治疗保证方案》

- 4) 《直线加速器操作规程》
- 5) 《放射治疗科工作制度》
- 6) 《放射治疗的质量保证措施和质控制度》
- 7) 《放射事故应急处理措施》
- 8) 《直线加速器事故应急处理方案》
- 9) 《射线装置使用登记、台账管理制度》
- 10) 《放射工作人员培训计划》
- 11) 《放射工作人员个人剂量管理制度》
- 12) 《放射工作人员培训制度》

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6。

表3-6 新增1台医用电子直线加速器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。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。	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 6。	已落实
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：医用电子直线加速器机房四侧墙体、顶部采用混凝土结构进行辐射防护，防护门采用 15mm 铅板+150mm 含硼石蜡进行防护	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（主屏蔽）：265cm 砼（宽度为 340cm）；东墙（次屏蔽南段）：130cm 砼；东墙（次屏蔽北段）：160cm 砼；南墙：140cm 砼；西墙（主屏蔽）：265cm 砼（宽度为 340cm）；西墙（次屏蔽）：130cm 砼；北墙（外墙）：东段 100cm 砼，西段 130cm 砼（长度为 304cm）；北墙（内墙）：120cm 砼（长度为 580cm）；屋顶（主屏蔽）：280cm 砼（宽 340cm）；屋顶（次屏蔽）：140cm 砼；防护门：15mm 铅板+150mm 含硼石蜡，门外包裹有钢结构。	已落实
	安全措施（急停按钮、门机联锁装置、警告标志、工作状态指示灯等）：医用电子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，控制室通过监视器与对讲机与治疗室联络。医院拟配备 1 台固定式剂量报警仪。	定期检查辐射工作场所工作指示灯、电离辐射警告标志等安全设施，以及个人剂量报警仪等辐射监测设备，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；操作室及机房内上设有急停按钮；操作室与机房房间设置视频监控及对讲装置；已配备 1 台固定式剂量报警仪。	已落实

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
辐射安全管理制度	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。	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。	已制定《如皋市人民医院放射事故应急措施预案》《关于成立辐射安全领导小组的通知》《放射诊疗治疗保证方案》《直线加速器操作规程》《放射治疗科工作制度》《放射治疗的质量保证措施和质控制度》《放射事故应急处理措施》《直线加速器事故应急处理方案》《射线装置使用登记、台账管理制度》《放射工作人员培训计划》《放射工作人员个人剂量管理制度》《放射工作人员培训制度》等规章制度。	已落实
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员按照《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》的要求参加辐射安全与防护培训，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，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。	本项目配备的 9 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。	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。		医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司对 9 名辐射工作人员进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案，检测报告见附件 8。	已落实
	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。		9 名辐射工作人员在上岗前进行职业健康体检，体检结论均为“可继续从事原放射工作”，并已建立职业健康档案。	已落实
监测仪器和防护用品	配备辐射巡测仪 1 台，配备个人剂量报警仪 2 台。		已配备 1 台巡测仪，定期对项目周围辐射水平进行监测，1 台固定式辐射检测仪，5 台个人剂量报警仪，辐射工作人员工作时随身携带。	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

1) **实践正当性：**如皋市人民医院为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，医院拟在高压氧舱综合楼一楼新建一座医用电子直线加速器机房，并配备一台医用电子直线加速器（型号为瓦里安Vital Beam，X射线 $\leq 10\text{MV}$ ：10MV时1m处X辐射剂量率最大为 $600\text{cGy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ ，6MV时1m处X辐射剂量率最大为 $1400\text{cGy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ ；电子线 $\leq 20\text{MeV}$ ），用于肿瘤的放射治疗。

以上项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）辐射防护“实践正当性”原则。

2) **项目建设的必要性及产业政策符合性：**本项目新增1台医用电子直线加速器，对照《产业结构调整指导目录（2021年本）》、《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012年本）》（2013年修正），均不属于“限制类”或“淘汰类”项目，符合国家和江苏省现行的产业政策。

3) **实践正当性分析：**本项目的运行，可为病人提供放射治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，其获得的利益远大于对环境的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

4) **选址合理性：**如皋市人民医院位于如皋市宁海路278号，医院东侧为健康路，南侧为宁海路，西侧为健康西村小区，北侧为健康西路及商业街。

医院拟在院内西侧新建高压氧舱综合楼，并在高压氧舱综合楼一楼新建一座医用电子直线加速器机房，配备一台医用电子直线加速器。拟建高压氧舱综合楼东侧为后勤楼、病房楼，南侧为院内道路，西侧为健康西村，北侧为院史陈列馆。本项目地理位置示意图附图1，如皋市人民医院平面布置和周围环境示意图见附图2。

本次新增1台医用电子直线加速器项目位于医院拟建高压氧舱综合楼一楼

南部，拟建医用电子直线加速器机房东侧、南侧为室外空地，西侧为楼梯，北侧为控制室及大厅，机房下方为土层，上方为会议室，拟建高压氧舱综合楼一楼医用电子直线加速器机房平面布置及周围环境示意图见附图3。

本次拟新增的医用电子直线加速器机房东、南、北侧周围50m评价范围均位于医院边界内，西侧约30m为健康西村小区居民楼，由于西侧健康西村的建筑老旧，从安全方面考虑拟将加速器机房建于地面一层，医院已对本项目加速器机房选址情况进行了说明，详见附件6。项目运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患、周围公众和西侧健康西村小区居民等。

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《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。

本项目医用电子直线加速器机房拟设置控制区及监督区，治疗室与控制室分开，区域划分明确，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，布局合理。

5) 辐射环境现状：如皋市人民医院新增1台医用电子直线加速器项目周围本底辐射剂量率在89nGy/h~94nGy/h之间，与江苏省环境天然贯穿辐射水平调查结果相比较，均未见异常。

6) 环境影响评价：根据理论估算结果，如皋市人民医院新增1台医用电子直线加速器项目在采取辐射防护和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围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）。

7) 主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施：本项目加速器机房入

口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；加速器机房设有闭门装置，射线装置机房内外均设置有急停按钮。加速器机房防护门设置紧急开门按钮，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的相关要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

8) 辐射安全管理评价：如皋市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。医院已制定较为完善的辐射安全管理制度，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》，增补相应内容，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。

如皋市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。如皋市人民医院拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪及 2 台个人剂量报警仪。

综上所述，如皋市人民医院新增1台医用电子直线加速器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，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1、该项目运行中，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，项目建成投运前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

如皋市人民医院：

你单位报送的由南京瑞森辐射技术有限公司编制的《如皋市人民医院新增1台医用电子直线加速器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。同意你单位新建一座医用电子直线加速器机房，配备一台医用电子直线加速器（型号为瓦里安Vital Beam，X射线 $\leq 10\text{MV}$ ；10MV时1m处X辐射剂量率最大为 $600\text{cGy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ，6MV时1m处X辐射剂量率最大为 $1400\text{cGy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ；电子线 $\leq 20\text{MeV}$ ），用于肿瘤的放射治疗。

项目建设地址位于如皋市宁海路278号如皋市人民医院高压氧舱楼一层。

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》(GB 18871-2002)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、电离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。

三、项目建成后你单位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。

四、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。

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 10。

2、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	刘彧好	SHFSJ0583（电离类）	2019.11.28
2	张晋	SHFSJ0743（电离类）	2020.9.30

3、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/型号	仪器编号	主要技术参数
1	X-γ 辐射巡测仪 (AT1123)	NJRS-125	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 校准证书编号：Y2021-0106295 校准有效期限：2021.11.11~2022.11.10
2	智能风速仪（F30J）	NJRS-065	校准证书编号：H2021-0118791 校准有效期限：2021.12.13~2022.12.12
3	水模	NJRS-084	/

4、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，手持仪器或将仪器固定在三脚架上。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10个数据，读取间隔不小于10s。

5、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

2022年7月7日，南京瑞森辐射技术有限公司对如皋市人民医院新增1台医用电子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 (瓦里安 Vital Beam)	X射线: 6、10MV; 电子线: 6、9、 12、16、20MeV	10MV X射线 600cGy/min 40cm×40cm; 6MV X射线 1400cGy/min 40cm×40cm	高压氧舱综合 楼1楼直线加 速器机房

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-γ辐射剂量率、中子辐射剂量率及机房通风速率。

3、监测点位

对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-γ辐射剂量率和医用直线加速器机房内通风风速，每个点位监测5个数据。

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）的要求进行监测、分析。

表七 验收监测期间生产工况

验收监测期间生产工况记录:

被检单位: 如皋市人民医院

监测实施单位: 南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期: 2022年7月7日

天气: 小雨, 33°C, 63%RH

监测因子: X-γ辐射剂量率, 中子辐射剂量率

验收监测期间生产工况见表6-1。

验收监测结果:

1、辐射防护监测结果

本次监测结果详见附件 9。本项目工作场所周围环境 X-γ 辐射剂量率和通风风速结果见表 7-1~表 7-3, 监测点位见图 7-1。

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(6MV)

测点编号	点位描述	测量结果(μSv/h)	备注
1	防护门外30cm处(左缝)	0.13	射线朝西, 等中心处放置模体
		0.13	射线朝东 照射野: 0.5cm×0.5cm
2	防护门外30cm处(中间)	0.14	射线朝西, 等中心处放置模体
		0.14	射线朝东 照射野: 0.5cm×0.5cm
3	防护门外30cm处(右缝)	0.13	射线朝西, 等中心处放置模体
		0.13	射线朝东 照射野: 0.5cm×0.5cm
4	防护门外30cm处(上缝)	0.14	射线朝西, 等中心处放置模体
		0.14	射线朝东 照射野: 0.5cm×0.5cm
5	防护门外30cm处(下缝)	0.13	射线朝西, 等中心处放置模体
		0.13	射线朝东 照射野: 0.5cm×0.5cm

6	北墙外30cm处（穿线孔）	0.12	射线朝东，等中心处 放置模体
7	北墙外30cm处	0.12	
8	北墙外30cm处	0.12	
9	操作位	0.12	
10	东墙外30cm处	0.14	射线朝东，等中心处 放置模体
11	东墙外30cm处	0.13	射线朝东，准直器角45°，有 用线束方向无模体
12	东墙外30cm处	0.13	射线朝东，等中心处 放置模体
13	西墙外30cm处	0.14	射线朝西，等中心处 放置模体
14	西墙外30cm处	0.16	射线朝西，准直器角45°，有 用线束方向无模体
15	西墙外30cm处	0.16	射线朝西，等中心处 放置模体
16	南墙外30cm处	0.13	射线朝下，等中心处 放置模体
17	南墙外30cm处	0.13	
18	南墙外30cm处	0.13	
19	距机房楼上地面100cm处	0.12	射线朝上，等中心处 放置模体
20	距机房楼上地面100cm处	0.12	射线朝上，准直器角45°，有 用线束方向无模体
21	距机房楼上地面100cm处	0.13	射线朝上，等中心处 放置模体
22	控制室内	0.11	关机

注：1.测量结果未扣除本底值；

2.6MV，1400cGy/min，40cm×40cm。

表7-2医用直线加速器机房周围X-γ辐射剂量率检测结果（10MV）

测点 编号	点位描述	测量结果 (μ Sv/h)	备注
1	防护门外30cm处（左缝）	0.15	射线朝西，等中心处 放置模体

		0.14	射线朝东 照射野：0.5cm×0.5cm
2	防护门外30cm处（中间）	0.17	射线朝西，等中心处 放置模体
		0.15	射线朝东 照射野：0.5cm×0.5cm
3	防护门外30cm处（右缝）	0.16	射线朝西，等中心处 放置模体
		0.15	射线朝东 照射野：0.5cm×0.5cm
4	防护门外30cm处（上缝）	0.16	射线朝西，等中心处 放置模体
		0.15	射线朝东 照射野：0.5cm×0.5cm
5	防护门外30cm处（下缝）	0.15	射线朝西，等中心处 放置模体
		0.16	射线朝东 照射野：0.5cm×0.5cm
6	北墙外30cm处（穿线孔）	0.16	射线朝东，等中心处 放置模体
7	北墙外30cm处	0.16	
8	北墙外30cm处	0.16	
9	操作位	0.11	
10	东墙外30cm处	0.60	
11	东墙外30cm处	2.01	射线朝东，准直器角45°，有 用线束方向无模体
12	东墙外30cm处	0.64	射线朝东，等中心处 放置模体
13	西墙外30cm处	0.42	射线朝西，等中心处 放置模体
14	西墙外30cm处	2.09	射线朝西，准直器角45°，有 用线束方向无模体
15	西墙外30cm处	0.47	射线朝西，等中心处 放置模体
16	南墙外30cm处	0.16	射线朝下，等中心处 放置模体
17	南墙外30cm处	0.16	

18	南墙外30cm处	0.16	
19	距机房楼上地面100cm处	0.13	射线朝上，等中心处放置模体
20	距机房楼上地面100cm处	0.13	射线朝上，准直器角45°，有用线束方向无模体
21	距机房楼上地面100cm处	0.14	射线朝上，等中心处放置模体
22	控制室	0.12	关机

注：1.测量结果未扣除本底值；

2.6MV，1400cGy/min，40cm×40cm。

表7-3医用直线加速器机房通风口风速检测结果

检测点位描述		通风口风速 (m/s)
医用直线加速器机房	排风口 (东南角)	5.5
	排风口 (西南角)	6.2

注：排风口面积均为 0.28m×0.37m。

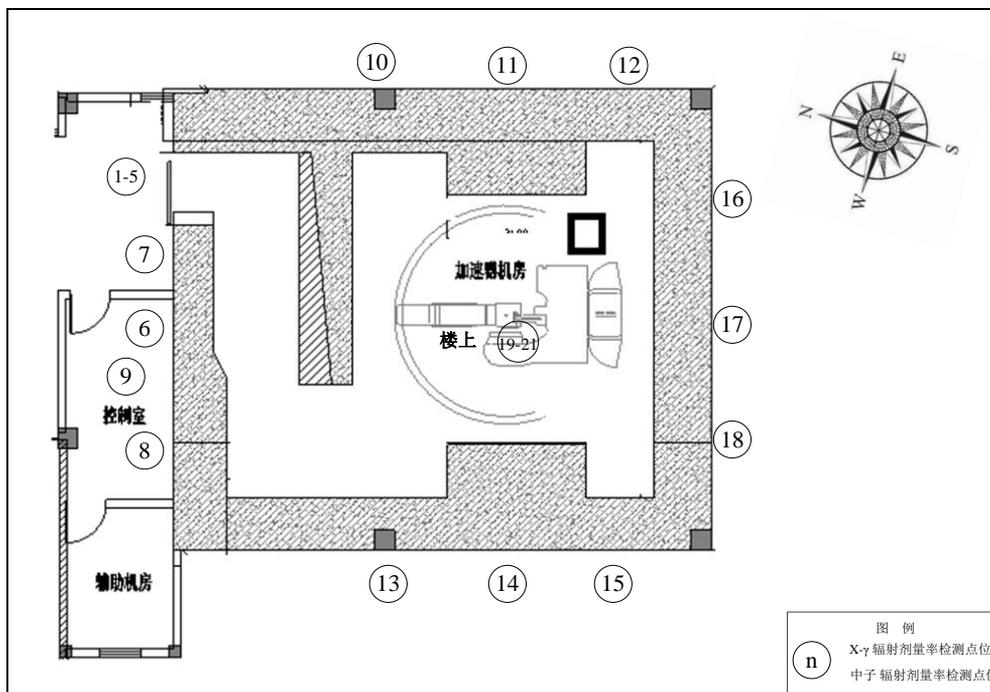


图7-1 医用直线加速器机房周围监测布点图

由表7-1、表7-2可知，本项目医用加速器机房（型号：Vital Beam）正常工作（检测工况：10MV X射线、600cGy/min、40cm×40cm和6MV，1400cGy/min，40cm×40cm）时，机房周围的X-γ辐射剂量当量率为（0.11～

2.09) $\mu\text{Sv/h}$ 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)的标准要求。

由表7-3可知,本项目放射治疗室排风口排风速率东南角为5.5m/s和西南角为6.2m/s,治疗室容积为320m³,由此可知治疗室内空气每小时交换次数为13.6,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。

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,计算未扣除环境本底剂量率。

1) 辐射工作人员

目前如皋市人民医院为本项目配备9名辐射工作人员,满足医用直线加速器日常工作的配置要求。采用个人累计剂量监测结果计算其年有效剂量。根据医院提供的2022年第二、第三季度个人剂量监测报告,报告编号为:瑞森(剂)字(2022)第2028号和瑞森(剂)字(2022)第2925号,其辐射工作人员个人累积剂量监测结果见表7-4。

表 7-4 辐射工作人员个人累积剂量监测结果

姓名	工种	2022年	
		第二季度	第三季度
戴美云	医师	0.02	0.02
刘加玉	物理师	0.02	0.02
彭康明	医师	0.02	0.02
周江云	医师	0.02	0.02
王斌	医师	0.02	0.02
董阳	医师	0.02	0.02
刘红	技师	0.02	0.02

杨惠玲	技师	0.02	0.02
吴海平	技师	0.02	0.05

根据本项目现场监测结果，对医用直线加速器运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行估算，根据医院提供资料（见附件9），本项目医用直线加速器设备年出束时间按500h进行计算，计算结果见表7-5。

表7-5 本项目医用加速器机房周围公众及辐射工作人员年有效剂量分析

场所	关注点位	最大监测值 ($\mu\text{Sv/h}$)	人员性质	居留因子	年工作时间 (h)	人员年有效剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
医用 直线 加速器 机房	防护门外	0.17	公众	1/16	500	0.01	0.1
	北墙外 (穿线孔)	0.16	职业人员	1	500	0.08	5.0
	北墙外	0.16	职业人员	1	500	0.08	5.0
	操作位	0.12	职业人员	1	500	0.06	5.0
	东墙外	2.01	公众	1/16	500	0.06	0.1
	西墙外	2.09	公众	1/16	500	0.07	0.1
	南墙外	0.16	公众	1/16	500	0.01	0.1
	楼上	0.10	公众	1/16	500	<0.01	0.1

注：1.计算时未扣除环境本底剂量；

2.工作人员的年有效剂量由公式 $E_{eff} = \dot{D} \cdot t \cdot T \cdot U$ 进行估算，式中： E_{eff} 为年有效剂量， \dot{D} 为关注点处剂量率， t 为年工作时间， T 为居留因子（取值参照环评文件）， U 为使用因子（保守取1）。

由表7-4可知，根据如皋市人民医院提供的个人累积剂量监测结果显示未见异常。由表7-5可知，本项目加速器工作场所中辐射工作人员年有效剂量最大0.08mSv/a，本验收项目辐射工作人员年有效剂量均在职业人员20mSv/a和医院制定的个人剂量管理目标值（5.0mSv/a）范围以内。

2) 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，由表7-7可知，医用加速器项目周围公众的年有效剂量公众年有效剂量最大为0.07mSv/a。本项目西侧约30m处为居民小区，根据距离平方反比定律，该居民小区公众年有效

剂量远小于0.07mSv/a。本验收项目周围公众年有效剂量均在公众要求1mSv/a和医院制定的公众剂量管理目标值（0.1mSv/a）范围以内。

综上所述，医用加速器机房周围辐射工作人员和公众年最大有效剂量根据实际监测结果，医用加速器辐射工作人员年有效剂量最大为0.08mSv/a；周围公众的年有效剂量公众年有效剂量最大为0.07mSv/a。辐射工作人员和公众年有效剂量能满足职业人员20mSv/a，公众1mSv/a的要求，并低于本项目管理目标值（职业人员5mSv/a，公众0.1mSv/a）。

表八 验收监测结论

验收监测结论:

如皋市人民能医院新增1台医用电子直线加速器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) 本项目环评规划建设内容:在院内西侧新建高压氧舱综合楼,并在高压氧舱综合楼一楼新建一座医用电子直线加速器机房,配备一台医用电子直线加速器(型号为瓦里安Vital Beam, X射线 $\leq 10\text{MV}$: 10MV 时 1m 处X辐射剂量率最大为 $600\text{cGy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$, 6MV 时 1m 处X辐射剂量率最大为 $1400\text{cGy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$; 电子线 $\leq 20\text{MeV}$),用于肿瘤的放射治疗。该项目已于2022年1月完成项目的环境影响评价,于2022年3月29日取得了南通市生态环境局关于本项目的环评批复文件(通环核评[2022]8号)。

实际建设情况:在高压氧舱综合楼一楼新建一座医用电子直线加速器机房,配备一台医用电子直线加速器(型号为瓦里安Vital Beam, X射线能量: 6 、 10MV , 电子线能量: 6 、 9 、 12 、 16 、 20MeV),用于肿瘤的放射治疗。

经现场核查本项目实际建设规模及主要技术参数与其环评及其批复一致。

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- γ 辐射剂量率和通风风速等均能满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)中的要求和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对工作人员和公众年有效剂量限值的要求。

3) 本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场所指示灯联动,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,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)及环评报告和环评批复的要求。

5) 医院为本项目共配备了1台巡检仪、1台固定式辐射检测仪、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) 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，如皋市人民医院新增1台医用电子直线加速器项目满足环评及批复中有关辐射管理的要求，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，建议通过验收。

建议：

- 1) 本项目运行后，应按照标准要求定期开展工作场所辐射水平监测。
- 2) 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；
- 3) 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。