

目 录

表一 建设项目基本情况	1
表二 建设项目工程分析	14
表三 辐射安全与防护设施/措施	28
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	52
表五 验收监测质量保证及质量控制	60
表六 验收监测内容	62
表七 验收监测期间生产工况	64
表八 验收监测结论	85
附图1： 本项目于安徽省生态红线区位置关系	87
附图2： 本项目相关图纸	88
附件1： 项目委托书	95
附件2： 项目环境影响报告表主要内容	96
附件3： 辐射安全许可证正副本复印件	113
附件4： 屏蔽防护施工材料及厚度	122
附件5： 辐射安全管理机构及制度	124
附件6： 辐射工作人员培训证书及健康证明	146
附件7： 个人剂量监测报告	172
附件8： 医院及检测单位辐射检测仪器鉴定证书	192
附件9： 竣工环保验收监测报告	213
附件10： 验收监测单位CMA资质证书	233
建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表	234

表一 建设项目基本情况

建设项目名称	马鞍山十七冶医院新建放疗中心（含PET/CT用房建设）项目竣工环境保护验收			
建设单位名称	马鞍山十七冶医院 (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	安徽省马鞍山市雨山区湖南西路828号医院内			
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
	V类	乙级、丙级	II类 III类	/
建设项目环评批复时间		开工建设时间		
重新申领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	/	验收现场监测时间		
环评报告表审批部门	安徽省生态环境厅	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	中国十七冶集团有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	中国十七冶集团有限公司	
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	
本项目环评规划校准源为3枚 ⁶⁸ Ge放射源，现实际使用为7枚 ²² Na放射源，且7枚 ²² Na放射源已完成登记备案（备案号：20223405040000043），并取得安徽省生态环境厅关于重新核发辐射安全许可证的函（皖环函[2022]1068号）。				
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；			

	<p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修改），国务院令第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) 《关于印发〈建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）〉的通知》，环办〔2013〕103号，2014年1月1日起施行；</p> <p>(12) 《安徽省放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2015年8月12日施行；</p> <p>(13) 《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>(14) 《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>(15) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》生态环境部公告[2018]第9号，2018年5月15日印发；</p> <p>(16) 《安徽省环境保护条例》，2017年11月17日安徽省第十二届人民代表大会常务委员会第四十一次会议修订，2018年1月1日起施行。</p>
--	--

建设项目竣工环境保护验收技术规范：

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；
- (2) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)；
- (3) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010)；
- (4) 《表面污染测定 第一部分 β 发射体 ($E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008)；
- (5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；
- (6) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)；
- (7) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；
- (8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；
- (9) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020)；
- (10) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；
- (11) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；
- (12) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)；
- (13) 《公共场所集中空调通风系统卫生规范》(WS 394-2012)；

建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批文件：

(1) 《马鞍山十七冶医院新建放疗中心（含 PET/CT 用房建设）项目环境影响报告表》，南京瑞森辐射技术有限公司，2021 年 8 月。

见附件 2；

(2) 《安徽省生态环境厅关于马鞍山十七冶医院新建放疗中心（含 PET/CT 用房建设）项目环境影响报告表审批意见的函》，安徽省生态环境厅，审批文号：（皖环函〔2021〕703 号，2021 年 8 月 22 日。

见表四；

其他相关文件：

- (1) 《安徽省生态环境状况公报》（2021 年）。

验收监测 执行标准	<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: 20%;"></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> </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约束值</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">项目名称</th> <th style="width: 30%;">适用范围</th> <th style="width: 30%;">剂量约束值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">马鞍山十七冶医院新建放疗中心（含 PET/CT 用房建设）项目</td> <td style="text-align: center;">职业照射有效剂量</td> <td style="text-align: center;">5mSv/a</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">公众有效剂量</td> <td style="text-align: center;">0.25mSv/a*</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：*依据GB 18871-2002、HJ 1188-2021和HJ 1198-2021要求，本项目验收时公众年有效剂量约束值取0.1 mSv/a。</p> <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>		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。	项目名称	适用范围	剂量约束值	马鞍山十七冶医院新建放疗中心（含 PET/CT 用房建设）项目	职业照射有效剂量	5mSv/a	公众有效剂量	0.25mSv/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。														
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													
马鞍山十七冶医院新建放疗中心（含 PET/CT 用房建设）项目	职业照射有效剂量	5mSv/a													
	公众有效剂量	0.25mSv/a*													

	<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>（1）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</p>
--	---

	<p>流较大的过道等位置。</p> <p>(2) 根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 的要求, 本项目核医学工作场所布局应遵循下述要求:</p> <p>5.2 布局</p> <p>5.2.1 核医学工作场所应合理布局, 住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置; 同一工作场所内 应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局, 控制区应相对集中, 高活室集中在一端, 防止交叉污染。 尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围, 限制给药后患者的活动空间。</p> <p>5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员 通道和患者通道分开, 减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前 患者不交叉, 人员与放射性药物通道不交叉, 放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。</p> <p>5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施, 控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动, 避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区, 为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。</p> <p>工作场所放射防护安全要求:</p> <p>(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。</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、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。</p> <p>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</p>
--	---

	<p>器或大于10MV的X射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。</p> <p>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。</p> <p>6.1.4 剂量控制应符合以下要求：</p> <p>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H_c：</p> <p>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$\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$：</p> <p>机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$；</p> <p>机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$。</p> <p>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$\dot{H}_{c,max}(\mu\text{Sv/h})$：</p> <p>人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$；</p> <p>人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$。</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$250 \mu\text{Sv}$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）。</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</p>
--	--

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。

核医学工作场所分级：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录C规定的非密封源工作场所的分级，应按表1-3将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 1-3 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表1-4和表1-5。

表 1-4 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 1-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	修正因子			
	表面污染水平较低的固体	液体，溶液，悬浮液	表面有污染的固体	气体，蒸汽，粉末，压力很高的液体，固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

核医学辐射工作场所表面污染控制水平要求：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中表11的规定，对于工作场所的放射性表面污染，应满足表1-6的控制水平。

表 1-6 工作场所放射性表面污染控制水平（单位：Bq/cm²）

表面类型		α 放射性物质	
		极毒性	其他
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	40
	监督区	0.4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	0.4	0.4
	监督区		
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04

工作场所放射防护安全要求：

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，本项目PET/CT机房应满足下述要求：

5 X射线设备防护性能的技术要求

5.4.1在扫描程序开始之前，应指明某一扫描程序期间所使用的CT运行条件。

5.4.2对于任意一种CT扫描程序，都应在操作者控制台上显示剂量信息。

5.4.3应设置急停按钮，以便在CT扫描过程中发生意外时可以及时停止出束。

5.8.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

5.8.3 X射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于20cm的装置。

6 X射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式X射线设备和车载式诊断X射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的X射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表2的规定。

表 1-7 X 射线设备（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积(m ²)	机房内最小单边长度(m)
CT 机	30	4.5
单管头 X 射线设备	20	3.5

6.2 X射线设备机房屏蔽

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

表 1-8 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

6.3 X射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

b) CT机、乳腺摄影、乳腺CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄

	<p>影、牙科全景头颅摄影、口腔CBCT和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于$2.5\mu\text{Sv/h}$;</p> <p>6.4 X射线设备工作场所防护</p> <p>6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。</p> <p>6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。</p> <p>6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。</p> <p>6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。</p> <p>6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。</p> <p>6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。</p> <p>6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。</p> <p>6.4.9 CT装置的安放应利于操作者观察受检者。</p> <p>6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。</p> <p>6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求</p> <p>6.5.1 每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表4基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。</p> <p>6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2mmPb。</p> <p>6.5.4 应为儿童的X射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.5mmPb。</p> <p>放射性固废暂存及清洁解控的要求：</p> <p>根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的规定，</p>
--	--

	<p>本项目放射性固废在放射性固废贮存设施中暂存衰变，在满足以下条件，方能作为医疗废物处理。</p> <p>7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于0.08 Bq/cm^2、β表面污染小于0.8 Bq/cm^2的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：</p> <p>a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天；</p> <p>b) 所含核素半衰期大于24小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10倍；</p> <p>安全管理要求及环评要求：</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:

为了配合医疗临床科室发展，马鞍山十七冶医院在医院5号楼（CT及同位素室）南侧空地新建放疗中心（含PET/CT用房建设），在新建的放疗中心负一层内建设1座医用电子直线加速器机房，配备1台医用电子加速器用于肿瘤的放射治疗；同时，在放疗中心一层新建1处丙级非密封放射性物质工作场所（PET/CT影像中心），于场所内使用非密封放射性物质¹⁸F开展PET/CT核素显像诊断工作。该项目已于2021年8月完成项目的环境影响评价，于2021年8月22日取得了安徽省生态环境厅关于该项目的环评批复文件（皖环函[2021]703号）。实际建设内容主要技术参数在其环评及批复范围内。本项目环评报告表详见附件2，环评批复文件详见表四。

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
《马鞍山十七冶医院新建放疗中心（含PET/CT用房建设）项目环境影响报告表》	建设地点：安徽省马鞍山市雨山区湖南西路 828 号院内放疗中心。 项目内容：在新建的放疗中心负一层内建设 1 座医用电子直线加速器机房，配备 1 台医用电子加速器用于肿瘤的放射治疗；同时，在放疗中心一层新建 1 处丙级非密封放射性物质工作场所（PET/CT 影像中心），于场所内使用非密封放射性物质 ¹⁸ F开展PET/CT核素显像诊断工作。 批复时间：2021年8月22日	建设地点：安徽省马鞍山市雨山区湖南西路 828 号院内放疗中心。 项目内容：在新建的放疗中心负一层内建设 1 座医用电子直线加速器机房，配备 1 台医用电子加速器用于肿瘤的放射治疗；同时，在放疗中心一层新建 1 处丙级非密封放射性物质工作场所（PET/CT 影像中心），于场所内使用非密封放射性物质 ¹⁸ F开展PET/CT核素显像诊断工作。	本次验收项目实际建设规模及主要技术参数在其环评及批复范围内。

本项目环评规划校准源为3枚⁶⁸Ge放射源，现实际使用为7枚²²Na放射源，均属于V类放射源。马鞍山十七冶医院变更的7枚²²Na放射源已完成登记备案（备案号：202234050400000043），并取得安徽省生态环境厅关于重新核发辐射安全许可证的函（皖环函[2022]1068号），见附件2。

马鞍山十七冶医院于2022年12月5日重新申领了辐射安全许可证（证书编号：皖环辐证[00145]），活动种类和范围为：使用V类放射源；使用II类、III类

射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所，有效期至2024年1月13日。辐射安全许可证见附件3。

表2-2 新建放疗中心（含PET/CT用房建设）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	安徽省马鞍山市雨山区湖南西路828号院内放疗中心			安徽省马鞍山市雨山区湖南西路828号院内放疗中心		与环评一致
周围环境	马鞍山十七冶医院	东侧	雨山六村居民区	雨山六村居民区		与环评一致
		南侧	湖南西路	湖南西路		与环评一致
		西侧	康复路及马鞍山钢铁股份有限公司	康复路及马鞍山钢铁股份有限公司		与环评一致
		北侧	雨山六村居民区	雨山六村居民区		与环评一致
	放疗中心（地上二层，地下一层建筑）	东侧	医院地面停车场	医院地面停车场		与环评一致
		南侧	理疗口腔门诊（二层建筑）	理疗口腔门诊（二层建筑）		与环评一致
		西侧	医院围墙	医院围墙		与环评一致
		北侧	5号楼（CT及同位素室）	5号楼（CT及同位素室）		与环评一致
放射源						
核素名称	环评建设规模			核素名称	实际建设规模	

	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点		总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点
⁶⁸ Ge	9.25×10 ⁷ ×1 4.62×10 ⁷ ×2	V	使用	校准源	PET/CT 影像中心	校准源储藏室内	²² Na	1.48×10 ⁷ ×1 3.7×10 ⁵ ×6	V	使用	校准源	PET/CT 影像中心	校准源储藏室内
注：校准源变更已履行变更手续，见附件2。													
非密封放射性物质													
核素名称	环评建设规模					实际建设规模							
	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	使用场所	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	使用场所			
¹⁸ F	7.4×10 ⁹	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹²	丙级	PET/CT 影像中心	7.4×10 ⁹	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹²	丙级	PET/CT 影像中心			
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			
PET/CT	飞利浦 Vereos	1 台	管电压：140kV， 管电流：667mA	III类	PET/CT 影像中心	飞利浦 Vereos	1 台	管电压：140kV， 管电流：667mA	III类	PET/CT 影像中心			
医用电子直线加速器	瓦里安 Vital Beam	1 台	X 射线：6、10MV 电子线 ≤ 20 MeV	II类	放疗中心负一层	瓦里安 Vital Beam	1 台	X 射线：6、10MV； 电子线：6、9、12、16、20MeV	II类	放疗中心负一层			

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，臭氧在常温常压约50min可自行分解为氧气	与环评一致
含放射性同位素的卫生间下水及含有放射性同位素的清洗废水	液体	¹⁸ F	/	约7.8m ³	约93.6m ³	总β<10 Bq/L	流入衰变池中	衰变池内暂存，超过30后科直接解控排放	满足环评要求
¹⁸ F液态放射性药物分装时挥发的微量气溶胶	气体	¹⁸ F	/	微量	微量	微量	不暂存	在通风橱中操作，过滤后排至室外	满足环评要求
含有 ¹⁸ F放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸及废活性炭等	固体	¹⁸ F	/	/	/	小于各核素清洁解控水平	存放于废物间或废物桶内	废物间内暂存，α表面污染小于0.08Bq/cm ² 、β表面污染小于0.8Bq/cm ² ，由医院统一作为普通医疗废物处理	满足环评要求

污染源项分析：

1、辐射污染源项

医用电子直线加速器项目

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。

PET/CT 影像诊断项目

由本项目工程分析和产污环节可知，核医学项目主要产生以下放射性污染：

辐射：PET/CT 扫描时产生的 X 射线；正电子药物在取药、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线。以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

废气：注射时药物在针筒内，无开放液面，空气中挥发散逸的放射性同位素几乎没有，因此放射性气溶胶极少，其对医务人员和公众呼吸入体内造成的内照射影响可以忽略。

废水：体内含有放射性核素的病人排泄物等；工作场所清洗废水等。

固体废物：放射性同位素操作过程中产生的如注射器、一次性手套、棉签、滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物。

2、非辐射污染源项

本项目医用直线加速器出束过程中和 PET/CT 机房 CT 扫描时产生 X 射线，X

射线与空气相互作用可产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)等有害气体。

本项目一般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河水管网，对周围环境影响较小；固体废物主要是工作人员产生的生活垃圾。收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

工程设备与工艺分析：

一、医用电子直线加速器项目

1、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。

医用电子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。

马鞍山十七冶医院拟配备的医用电子直线加速器，X射线能量 $\leq 10\text{MV}$ ，电子线能量 $\leq 20\text{MeV}$ 。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/T201.2-2011）规定（§4.3.2.5），当加速器X射线 $\leq 10\text{MV}$ 时，中子的影响可忽略，对外环境的影响主要考虑韧致辐射发射的X射线。本项目医用电子直线加速器示意图见图2-1。



图2-2 本项目医用直线加速器示意图

2、工作流程及产污环节

1) 进行定位：先通过模拟定位机（5号楼CT室，已许可）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。医用直线加速器放疗流程及产污环节如图2-2所示。

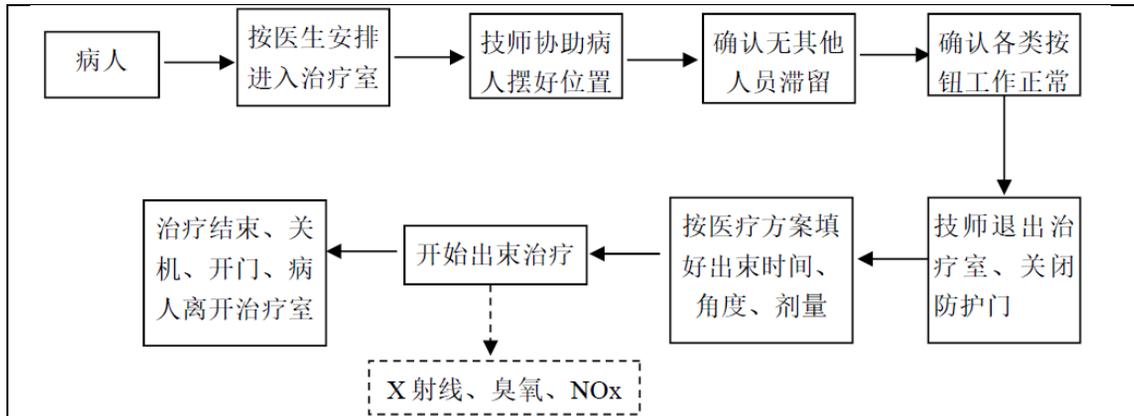


图2-2医用直线加速器放疗流程及产污环节示意图

3、项目人流和物流的路径规划

本项目医用电子直线加速器机房位于放疗中心负一层，医用电子直线加速器项目的人流路径规划具体如下：

（1）工作人员路径：

工作场所的技师由南侧的电梯进入负一层医用电子直线加速器工作区域，随后向北进入控制室。

（2）患者路径：

患者按预约日期首先到一层候诊室，随后由南侧的电梯进入负一层医用电子直线加速器工作区域，随后向北进入机房内接受放射治疗，治疗完成按照原路径返回。

医用电子直线加速器项目病人、医护人员流动路线见图2-3。

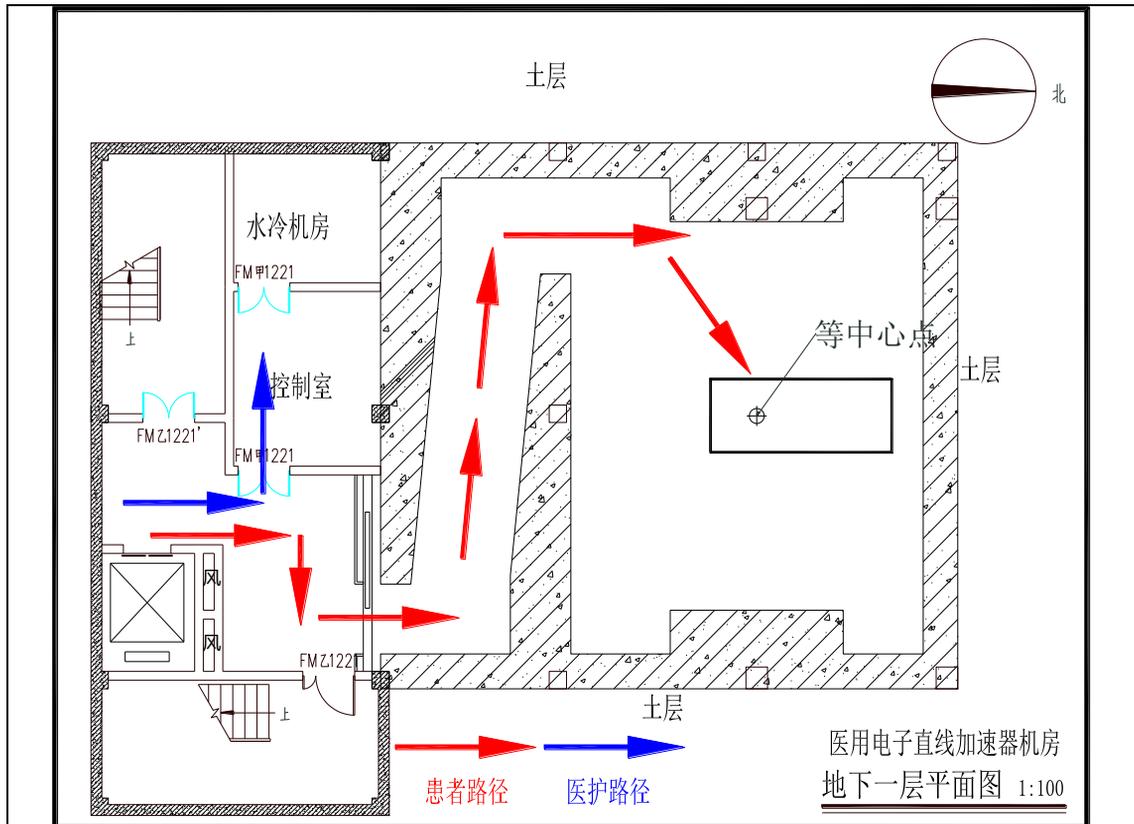


图2-3 医用电子直线加速器项目人员路径示意图

二、PET/CT项目

1、工作原理

医院本次新建的非密封放射性物质工作场所（PET/CT 影像中心）内使用 1 台 PET/CT（属Ⅲ类射线装置）。PET/CT 是将 PET 与 CT 融为一体，由 PET 提供病灶详尽的功能与代谢等分子信息，而 CT 提供病灶的精确解剖定位。PET 系统的主要部件包括机架、环形探测器、符合电路、检查床及工作站等。探测系统是整个正电子发射显像系统中的主要部分，它采用的块状探测结构有利于消除散射、提高计数率。CT 主要有扫描部分、计算机系统、图像显示和存储系统组成，其中扫描部分由 X 线管、探测器和扫描架组成。本项目 PET/CT 现场图见图 2-4。



图 2-4 本项目 PET/CT 现场图

PET是使用正电子衰变的核素而成像的设备。正电子发射是放射性核素衰变的方式之一。这类核素在自发的从不稳定状态向基态衰变过程中，从核内释放出与普通电子一样但电荷相反的粒籽，即正电子。正电子是一种反物质，从核内放出后很快与环境中自由电子碰撞湮灭，转化为一对方向相反、能量为 0.511MeV 的 γ 光子。如果在这对光子飞行方向上对置一对探测器，便可以几乎同时接受到这两个光子，并可推定光子发源（即正电子发射）点在两探头间连线上。通过环绕 360° 排列的多组配对探头，经探头对之间符合线路检验判定每只探头信号时间耦合性，排除其他来源射线的干扰，得到探头对连线上的一维信息，再用滤波反投射方式，将信号按探头对的空间位置向中心点反投射，便可形成与探头组连线轴平行的断层面正电子发射示踪剂分布图像。这种探测方式一次只反映一个层面的信息。实际中常用多层排列的探头对，配合层间符合线路，以利探测并重建更多层面的图像。

PET/CT（Positron Emission Tomography and Computer Tomography），全称正电子发射断层与计算机断层诊断技术，是在PET（Positron Emission Tomography）和CT（Computer Tomography）的基础上发展起来的新设备，充分结合了PET 高灵敏度和CT 高分辨率的优势。其原理是通过正电子核素或其标记的示踪剂，示踪人体内特定生物物质的生物活动，采用多层、环形排列于发射体周围的探头，由体外探测正电子示踪剂湮灭辐射所产生的光子，然后将获得的信息，通过计算机处理，以解剖影像的形式及其相应的生理参数，显示靶器官或病变组织的状况，藉此诊断疾病，又称为生化显像或功能分子显像，是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术；同时结合应用高档多排CT技术进行精确定位，可精确地提供靶器官的解剖和功能双重信

息，并能够独立完成多排螺旋CT的临床显像，大大提高临床使用价值。

本项目拟使用的放射性核素种类及其特性见表2-3。

表 2-3 放射性核素特性一览表

核素名称	半衰期	衰变模式	α/β 最大能量 (MeV)	光子能量 (MeV)	周围剂量当量率常数（裸源） ^① ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)
¹⁸ F	109.8min	β^+ , EC	0.63 (+)	0.511	0.143

注：①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。

2、工作流程及产污环节

马鞍山十七冶医院本次新建的非密封放射性物质工作场所项目将根据患者预约情况提前向专业供应商订购正电子药物，正电子药物送达工作场所的放射性药物贮存室。医护人员再从铅罐中取出，放入铅通风橱内。¹⁸F到货时为装入铅罐内的整罐药液，需要由医护人员按病人所需活度进行分装（在分装给药室通风橱内进行分装），每次最多 $7.4\times 10^9\text{Bq}$ （20人量，放置于40mmPb 的铅罐内，单日人数较多时，将分上下午两次订购药物并分装）。

病人在注射前会提前在处置室安放留置针，病人到达注射窗口后，注射护士手持带铅套的注射器，在注射铅玻璃屏的屏蔽下为病人注射。注射完毕后，注射器放入专用废物铅桶内。每次分装过程中近距离接触正电子药物的时间保守按2min、注射过程按1min 估算。

鉴于本项目的平面布局的特点，医院安排患者接受检查时，避免患者之间产生交叉，规定第一名受检者在注射完放射性药物后直至其进入给药后患者等候室后，才开始第二名受检者的药物注射，以此类推，以避免患者之间的相互影响。

患者根据注入的正电子药物特性，在给药后患者候诊室内静坐或静躺候诊（一般注射¹⁸F-FDG 后需等待约45min），待药物代谢至靶器官，进入PET/CT机房，经医护人员摆位后，接受PET/CT的扫描，每次扫描约10~20 分钟。扫描完成后，患者在留观室休息等待一段时间后，若无其他情况，从患者专用通道离开。核素显像诊断项目工作流程及产污环节分析见图2-5。

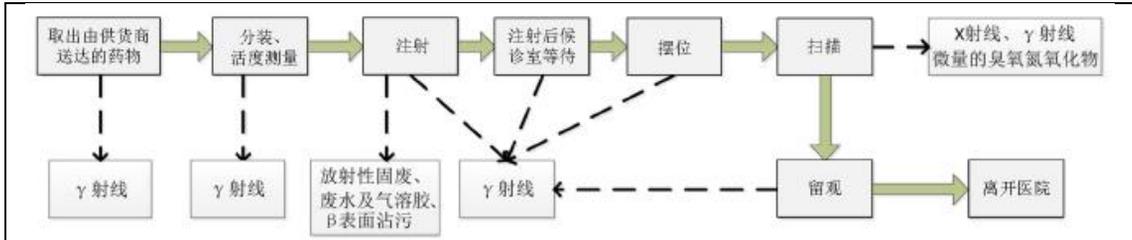


图 2-5 本项目工作流程及产污环节示意图

3、项目人流和物流的路径规划

本项目非密封放射性物质工作场所（PET/CT影像中心）位于放疗中心一层，PET/CT影像中心东侧为室外，南侧为病人候诊区域，西侧为医生及护士活动区域，北侧为5号楼。结合本项目的工艺流程，本次新增的非密封放射性物质工作场所人流、物流路径规划具体如下：

（1）工作人员路径：

工作场所的护士及技师由护士站南侧的医生通道进入工作区域，注射药物的护士通过卫生通过间进入分装给药室，在通风橱内完成分装活度测量等操作，最后在注射窗口给患者施药。该路径上卫生间内配置有表面污染监测设备，设置有感应式洗手池和淋浴设施，注射过程产生的固体废弃物暂存于废物桶内，随后转移至PET/CT影像中心的放射性废物储藏室内；技师通过医生通道经阅片室进入控制室。

（2）患者路径：

患者按预约日期首先到一层护士站，随后在护士站登记进入东侧的处置室安置留置针，登记后的患者随后通过南侧带有门禁装置的防护门进入诊断区域，首先到达注射室，在注射窗口注射放射性药物后，在给药后患者候诊室休息等待，一般等待大约45min，再进入PET/CT机房进行显像检查，检查完毕后在留观室休息约10min后离开。该路径上，患者入口和患者出口处均设置为单向门禁，仅允许患者单向通行。该诊断区域内设有专用卫生间，患者在专用卫生间内如厕，不随意走动，诊断期间，各自根据叫号系统提示到相应的位置进行诊断检查。

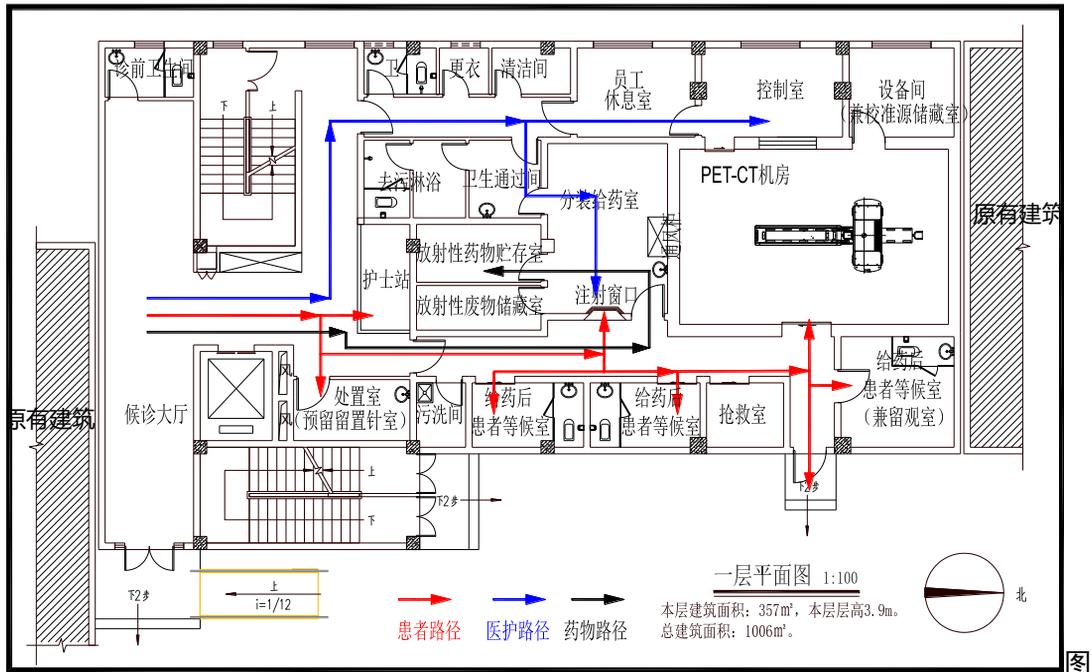
（3）工作场所拟使用的药物运送路径：

本项目所使用的放射性药物会提前向有资质的供应商提前预定，供货单位会在病人就诊前将放射性药物通过PET/CT影像中心南侧的通道进入分装给药室

再进入放射性药物贮存室，将放射性药物暂存至放射性药物贮存室内。

本次扩建的工作场所区域划分及病人、医护人员流动路线见图2-6。

新建非密封放射性物质工作场所相关配套布局能够保证各项工作程序沿着相关房间单向开展，最大限度的减少了人员的流动性，有助于实施工作程序；医护人员与病患有各自独立的通道，本次丙级非密封放射性物质工作场所布局满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中关于临床核医学工作场所的要求。



2-6 本项目 PET/CT 人流及物流路径示意图

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

(1) 医用电子直线加速器项目

布局：马鞍山十七冶医院新建医用电子直线加速器机房位于放疗中心负一层，于机房内配备1台医用直线加速器（型号：VitalBeam，X射线能量为6、10MV，电子线能量为6、9、12、16、20MeV），用于肿瘤的放射治疗。

医用电子直线加速器机房设置有“L”型迷路，迷路口设有防护门，治疗室面积约80.7m²（不含迷路）；医用直线加速器机房东侧、西侧、北侧和下方均为土壤层，南侧为候诊大厅、控制室、及水冷机房，上方为覆土层及PET/CT影像中心。

辐射防护分区：本项目将屏蔽产生射线的医用电子直线加速器机房作为辐射防护控制区，严格控制人员进出，并在机房入口处设置电离辐射警告标志；拟将控制室、水冷机房等与机房相邻的区域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。

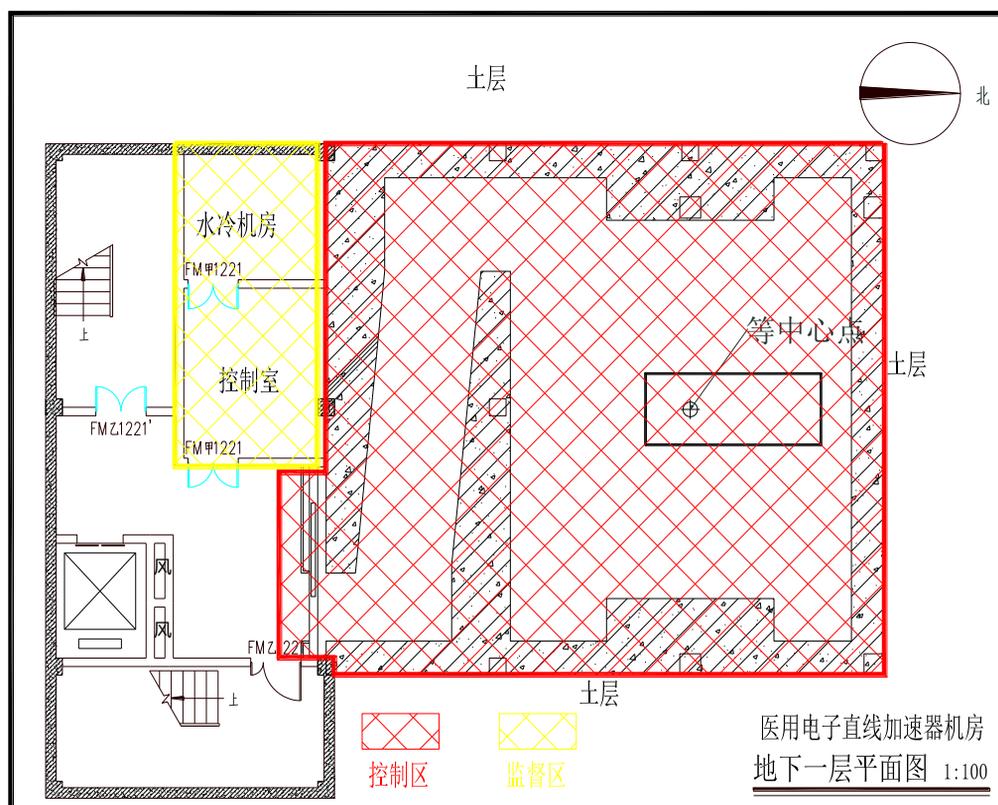


图3-1 医用电子直线加速器工作场所分区示意图

（2）PET/CT项目

布局：马鞍山十七冶医院本次新建的PET/CT影像中心为丙级非密封放射性物质工作场所，该场所位于医院新建的放疗中心一层。新建的场所东侧为室外停车场，南侧为护士站、处置室（预留留置针室）及候诊大厅等，西侧为更衣室、清洁间及员工休息室等，北侧为医院5号楼（CT及同位素室），下方为医用电子直线加速器机房，上方为办公室和资料室等。

本次新建的PET/CT影像中心主要包括以下房间：分装给药室、放射性药物贮存室、放射性废物暂存间、卫生通过间、去污淋浴间、给药后患者候诊室、抢救室、PET/CT机房、控制室、设备间（兼校准源储藏室）、留观室等。

辐射防护分区：医院将分装给药室、放射性废物储藏室、放射性药物贮存室、给药后患者候诊室、PET/CT机房、留观室、抢救室和设备间（兼校准源储藏室）等划分为控制区，该区域涉及放射性同位素操作，是药物分装及带药病人的主要活动区域，设置有病人专用通道供带药病人行走，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室及医生通道等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的监督区。控制区和监督区内病人及医护人员均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射。本项目分区示意图见图3-2。

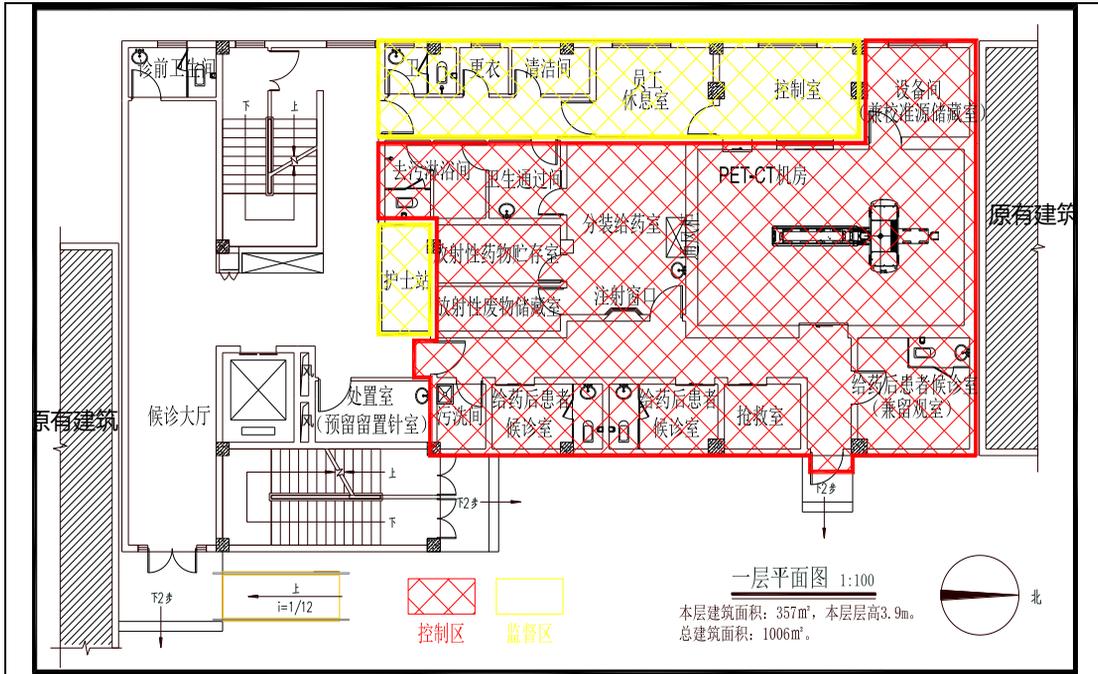


图3-2本项目PET/CT影像中心分区示意图

2、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目医用电子直线加速器机房屏蔽设计见表3-1，PET/CT影像中心屏蔽设计参数见表3-2，屏蔽施工方案见附件4。

表 3-1 医用电子直线加速器机房屏蔽防护落实情况一览表

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	180cm 砼 (宽度为 400cm)	180cm 砼 (宽度为 400cm)	已落实
	次屏蔽	80cm 砼	80cm 砼	已落实
南墙	迷道内墙	70cm~140cm 砼	70cm~140cm 砼	已落实
	迷道外墙	140cm~70cm 砼	140cm~70cm 砼	
西墙	主屏蔽	180cm 砼 (宽度为 400cm)	180cm 砼 (宽度为 400cm)	已落实
	次屏蔽	80cm 砼	80cm 砼	已落实
北墙	次屏蔽	80cm 砼	80cm 砼	已落实
屋顶	主屏蔽	290cm 砼 (宽度为 400cm)	290cm 砼 (宽度为 400cm)	已落实
	次屏蔽	150cm 砼	150cm 砼	已落实
防护门		10mm 铅板+8cm 含硼石蜡，门外包裹有钢结构	10mm 铅板+8cm 含硼石蜡，门外包裹有钢结构	已落实

表 3-2 PET/CT 影像中心屏蔽防护落实情况一览表

场所名称		环评要求防护设计	实际建设情况	备注
注射室	四面墙体	四周墙体均为 240mm 实心砖	四周墙体均为 240mm 实心砖	满足环评要求
	顶棚	300mm 厚混凝土	300mm 厚混凝土	
	地面	100mm 厚混凝土+1700mm 土层+1500mm 厚混凝土	100mm 厚混凝土+1700mm 土层+1500mm 厚混凝土	
	通风橱	50mmPb (¹⁸ F 用)	50mmPb (¹⁸ F 用)	
	防护门	东侧防护门为 8mmPb，南侧防护门为 10mmPb	东侧防护门为 8mmPb，南侧防护门为 10mmPb	
	注射窗	15mmPb	15mmPb	
放射性药物贮存室及放射性废物暂存间	四面墙体	240mm 实心砖	240mm 实心砖	满足环评要求
	顶棚	300mm 厚混凝土	300mm 厚混凝土	
	地面	100mm 厚混凝土+1700mm 土层+1500mm 厚混凝土	100mm 厚混凝土+1700mm 土层+1500mm 厚混凝土	
	防护门	8mmPb 铅门	8mmPb 铅门	

注射后候诊室 1（含污洗间）	四面墙体	东侧墙体为 370mm 实心砖+2cm 厚硫酸钡涂料，南、西、北侧为 240mm 实心砖	东侧墙体为 370mm 实心砖+2cm 厚硫酸钡涂料，南、西、北侧为 240mm 实心砖	满足环评要求
	顶棚	300mm 厚混凝土	300mm 厚混凝土	
	地面	100mm 厚混凝土+1700mm 土层+1500mm 厚混凝土	100mm 厚混凝土+1700mm 土层+1500mm 厚混凝土	
	防护门	8mmPb 铅门	8mmPb 铅门	
注射后候诊室 2（含抢救室）	四面墙体	东侧墙体为 370mm 实心砖+2cm 厚硫酸钡涂料，南、西、北侧为 240mm 实心砖	东侧墙体为 370mm 实心砖+2cm 厚硫酸钡涂料，南、西、北侧为 240mm 实心砖	满足环评要求
	顶棚	300mm 厚混凝土	300mm 厚混凝土	
	地面	100mm 厚混凝土+1700mm 土层+1500mm 厚混凝土	100mm 厚混凝土+1700mm 土层+1500mm 厚混凝土	
	防护门	8mmPb 铅门	8mmPb 铅门	
PET/CT 机房	四面墙体	370mm 实心砖	370mm 实心砖	满足环评要求
	顶棚	300mm 厚混凝土	300mm 厚混凝土	
	地面	100mm 厚混凝土+300mm 土层+2900mm 厚混凝土	100mm 厚混凝土+300mm 土层+2900mm 厚混凝土	
	防护门	东侧防护门为 8mmPb，西侧防护门为 12mmPb	东侧防护门为 8mmPb，西侧防护门为 12mmPb	
	观察窗	12mmPb 铅玻璃	12mmPb 铅玻璃	
	铅屏风	5mmPb	5mmPb	
留观室	四面墙体	东、西侧为 370mm 实心砖，南、北侧为 240mm 实心砖	东、西侧为 370mm 实心砖，南、北侧为 240mm 实心砖	满足环评要求
	顶棚	250mm 厚混凝土	250mm 厚混凝土	
	地面	100mm 厚混凝土+1700mm 土层+1500mm 厚混凝土	100mm 厚混凝土+1700mm 土层+1500mm 厚混凝土	
	防护门	8mmPb 铅门	8mmPb 铅门	
其他		核医学入口防护门为 10mmPb	核医学入口防护门为 10mmPb	满足环评要求
		核医学出口防护门为 10mmPb	核医学出口防护门为 10mmPb	

	通道顶部为 300mm 厚混凝土； 地面为 100mm 厚混凝土+300mm 土层+1500mm 厚混凝土	通道顶部为 300mm 厚混凝土； 地面为 100mm 厚混凝土+300mm 土层+1500mm 厚混凝土	
--	--	--	--

现场验收时对机房面积和最小单边长度进行测量，核实情况如表3-3所示。由表可以看出，PET/CT 机房规格符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的“CT机房的有效使用面积不小于30m²，最小单边长度不小于4.5m”的要求。

表 3-3 本项目 PET/CT 机房最小面积及单边长度一览表

设备机房	机房实际面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	最小有效面积要求 (m ²)	最小单边长度要求 (m)	评价
PET/CT 机房	43.5	5.3	30	4.5	满足

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

本项目PET/CT影像中心在患者进出控制区的防护门、抢救室、分装注射室、观察室、储源室、PET/CT扫描室的防护门、储源罐、药物转运防护罐、手提式屏蔽箱和废物桶上均设置了电离辐射警告标志。在PET/CT机房患者入口处的的大门和控制区进出口防护门上方设置了工作状态指示灯，指示灯设有“射线有害 灯亮勿入”的警示语句。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3-4。





（2）门灯联锁及相关设置

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。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 PET/CT 机房的患者入口防护门设置有工作状态指示灯，工作状态指示灯与机房门设有联锁装置，用于提示机房内设备运行状态。现场检测门灯联动有效。

3）影像监控装置及对讲系统

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系统。通过影像监控系统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。加速器影像监控装置和对讲装置现场照片见图3-5。

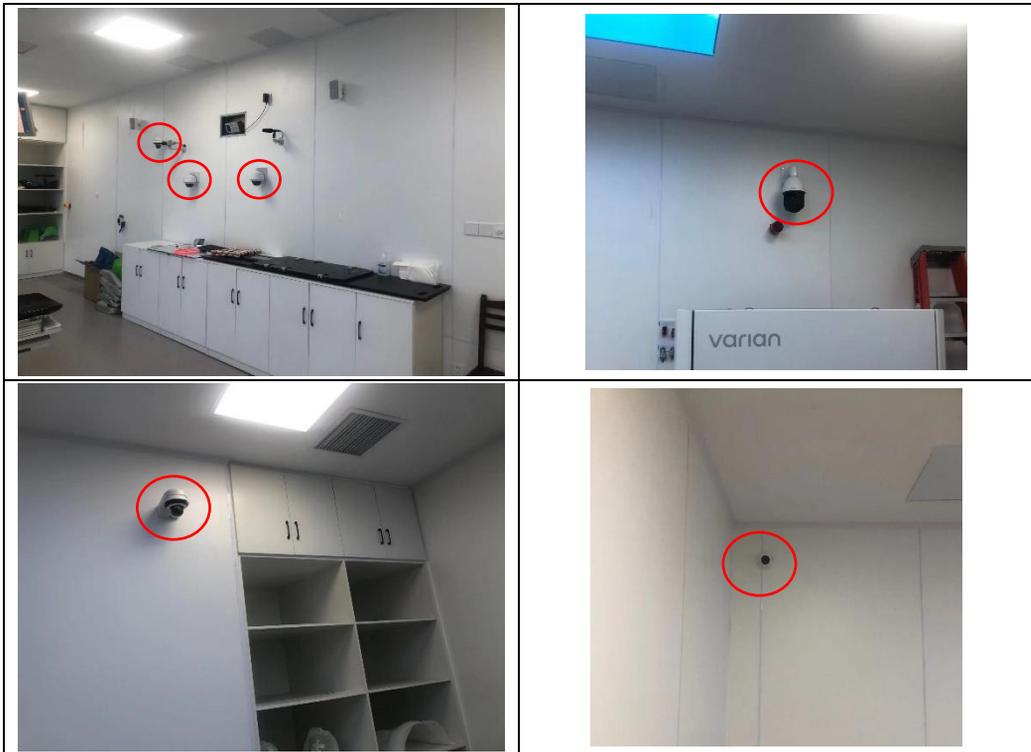
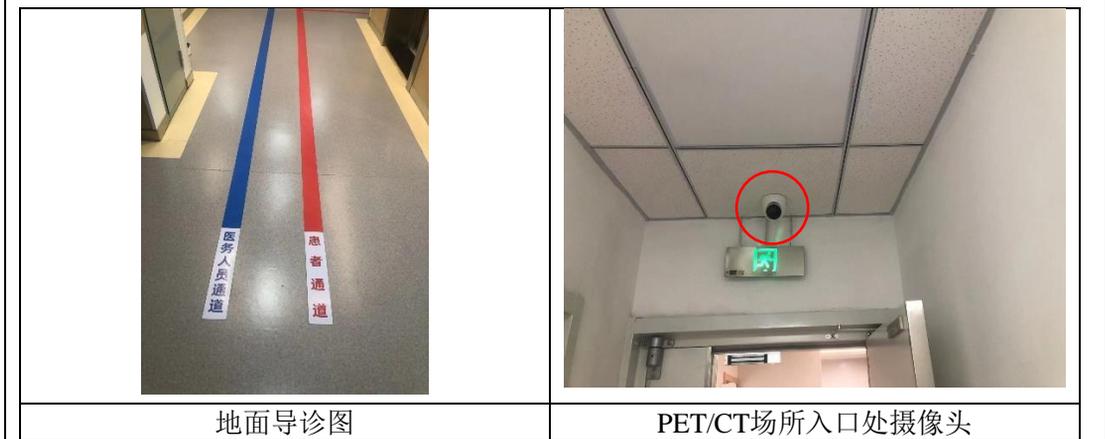




图3-5 本项目加速器机房影像监控装置及对讲系统

医院已在 PET/CT 影像中心安了摄像监控和语音对讲系统以及粘贴温馨告示和地面导诊图标，指导患者错时通行等，减少患者间的交叉照射。本项目影像监控装置、摄像头及对讲系统见图 3-6。



	
PET/CT机房上方摄像头	PET/CT机房内摄像头
	
PET/CT机房内摄像头	注射候诊室内摄像头
	
留观室内摄像头	分装注射室摄像头



图3-6 本项目PET/CT影像中心地面导诊图、影像监控装置、摄像头及对讲系统

（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现场照片见图3-7。





图3-7 本项目加速器治疗室和控制室急停开关

本项目PET/CT控制室操作台上、设备上均设有急停按钮，紧急情况时，按下急停按钮即可关闭设备。经现场核查有效。见图3-8。



操作台对讲和急停开关

设备上急停开关

图3-8 本项目PET/CT工作场急停开关

(5) 辅助用品

医院为本项目PET/CT影像中心配备辅助用品，清单见表3-4。

表 3-4 本项目配备的辅助用品清单

防护用品	数量	使用场所
托盘	2 个	PET/CT 影像中心
长柄镊子	2 把	PET/CT 影像中心
放射性污染防护服	若干	PET/CT 影像中心

(6) 放射性“三废”处置

①放射性废水

本项目临床核医学分装和注射时均采用一次性器皿，无需洗消，可减少放射性废水的产生。该临床核医学项目中涉及的液体废物包括被放射性核素

污染的液体、清洗液、病人排泄的放射性废物及不用的放射性药剂，工作人员如在取药操作不慎可能会造成局部表面污染，需要清洗去污。

医院在门诊大楼西侧新建一组三级溢流式衰变池，该衰变池由一个沉淀池（1m³）加三个容积均为5m³的小池组成，PET/CT影像中心产生的放射性废水先进入沉淀池进行初级沉淀后排入第一个衰变池中，待第一个衰变池的废水装满后关闭第一个衰变池的进水阀门，打开第二个衰变池的进水阀门，核医学科的废水通过沉淀池会排入第二衰变池内，此时第一个衰变池不外排放射性废水，待第二个衰变池的废水装满后，关闭第二个衰变池的进水阀门，打开第三个衰变池的进水阀门，此时核医学科产生的放射性废水均进入第三个衰变池内，待第三个衰变池即将装满放射性废水时，此时打开第一个衰变池的排水阀门，将放射性废水排至医院污水处理站。三个衰变池以此往复运行。衰变池设计图见3-9。

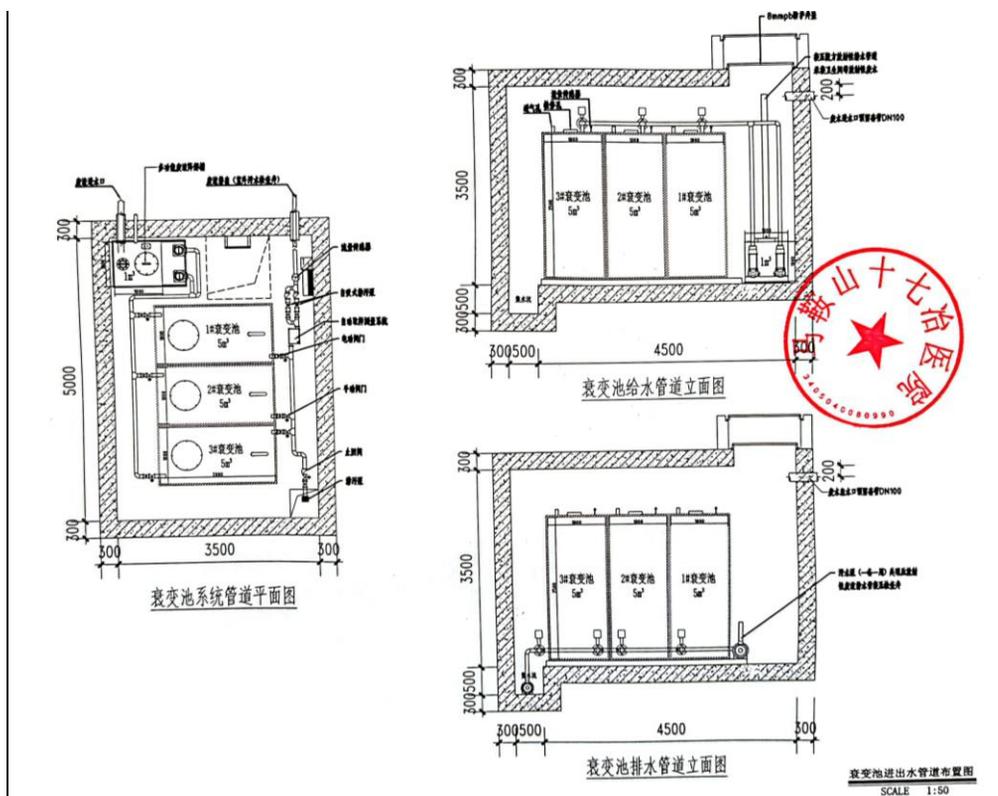


图 3-9 衰变池设计示意图

经与医院核实，本项目核医学科工作场所中，使用¹⁸F核素日接诊量最大为15人次，检查患者保守按每检查一人次平均产生2L废水估算，工作场所清洁用水150L/天，工作人员80L/天，则放射性废水排放量为260L/天。放射性废

水存储时间按31天计算，则31天总废水量为8060L，即8.06 m³。该衰变池容量（约15m³）能够满足放射性废水贮存超30天的要求。

②含放射性的固体废物

核医学项目诊疗过程中，放射性药物的操作会产生少量受放射性污染的固体废物，如一次性注射器、一次性手套、绷带、敷料、滤纸等带有微量放射性同位素的医疗固体废弃物。

经与医院核实，本项目显像检查放射性废物产生量按0.02kg/人次计算，本项目产生的放射性废物不超过2kg/周，年产生量约为100kg，产生的放射性固废暂存在放射性废物筒内的专用塑料袋中，放射性废物每袋重量不超过20kg，装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存，暂存时间超过30天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。本项目工作场所铅废物桶均设置有电离辐射警告标志（见图3-10）。



图 3-10 本项目 PET/CT 影像中心放射性废物桶

③废气处理措施

PET/CT诊断项目本身在使用放射性同位素过程中不产生放射性气体，但核素在操作过程中会有极少量放射性核素挥发产生放射性气溶胶。本项目中放射性药物暂存在通风橱（见图3-11）内，通风橱内设专用通风管道，排风方向为低放射性活性区至高活性区，然后排至放疗中心楼顶，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中的要求。医院应定期检查通风橱的通风

量。



图 3-11PET/CT 影像中心现场通风橱示意图

（7）非放污染防治

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，新风口设置于机房西北角天花板上，排风口设置于治疗室东北角和东南角，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个排风口尺寸均约为35cm×35cm，放射治疗室排风口排风速率东北角为2.4m/s和东南角为2.2m/s，治疗室容积约为434m³，由此可知治疗室内空气每小时交换次数为4.67次/h，符合《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和进风口与排风口成对角设置要求。本项目加速器机房通风口照片见图3-12。



图 3-12 本项目加速器机房通风口照片

本项目机房内空气在X射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，PET/CT机房通过机械排风装置将室内有害气体排入大气。

本项目医用电子直线加速器和PET/CT运行时不产生噪音，但机房和场所内安装有排风机用于排出项目少量的臭氧及氮氧化物及放射性废气，其中医用电子直线加速器机房的排风风机位于负一层顶部，PET/CT影像中心的排风风机位于放疗中心二层楼顶，两处排风风机在安装过程均采用弹簧减震吊架，在采取隔声、减震等措施后，对周围敏感目标没有影响。

(8) 人员监护

医院为本项目配备17名辐射工作人员（名单见表3-4），满足本项目放射治疗及PET/CT影像诊断配置要求。本项目辐射工作人员均已参加相关部门组织的辐射安全与防护培训，并且考核均为合格。本项目辐射工作人员培训证书及健康证明见附件6。

表3-5 本项目配备的职业人员名单

姓名	性别	工种	岗位	培训合格证书编号	有效期	工作场所
姚文菲	女	诊断	核医学医师	FS22AH0300092	2027.8.8	核医学
刘虎	男	技术	核医学技师	FS20JS0300039	2025.7.21	核医学
李江妹	男	诊断	核医学医师	FS22AH0300064	2027.7.20	核医学
陈传新	男	诊断	核医学医师	FS22AH0300091	2027.8.8	核医学
丁俊莲	女	医辅	核医学护士	FS22AH0300066	2027.7.20	核医学
黄帅	男	技术	核医学技师	FS23AH0300004	2028.1.11	核医学
陆文路	男	技术	核医学技师	FS23AH0300005	2028.1.11	核医学
刘玮	女	医辅	核医学护士	FS23AH0300006	2028.1.11	核医学
赵倩倩	女	医辅	核医学护士	FS23AH0300007	2028.1.11	核医学
焦丽娜	女	技术	放疗技师	FS22AH0200249	2027.8.16	核医学
白光平	男	诊断	放疗医师	FS22SN0200127	2027.8.1	放疗科

蔡元春	男	诊断	放疗医师	皖环辐培 B1950038	2023.12.27	放疗科
程蓉	女	诊断	放疗医师	FS21AH0200103	2026.4.21	放疗科
黄峻	男	技术	物理师	FS21AH0200230	2026.7.6	放疗科
杨婧	女	技术	放疗技师	FS22AH0200272	2027.9.8	放疗科
张太安	男	技术	维修工程师	FS21AH0200120	2026.4.23	放疗科
朱玉玲	女	技术	放疗物理师	FS22AH0200183	2027.7.20	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，1台表面污染检测仪，1套活度计及1台固定式辐射报警仪，见图3-13。医院为本项目工作人员配备了个人剂量计，辐射工作人员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。

	
辐射巡测仪和	表面污染检测仪



固定式辐射报警仪探头及显示终端
图 3-13 本项目配备辐射剂量检测仪器

(9) 非密封放射性物质工作场所其他防护措施

医院已在储源废物室设置有储源保险箱和放射性废物储存桶，在注射分装室设置有通风橱、分装用翻转铅罐、注射器转运盒及注射器防护套，在注射候诊室和留观室设置铅防护屏。各类设施详情见表3-6，各类设施实物图见图3-14。

表3-6 本项目各类设施一览表

防护用品					
序号	防护用品名称	铅当量 (mmPb)	数量	设置场所	
1	通风橱	50	1个	注射室	
2	储源铅罐	40	2个	注射室	
3	手提式屏蔽箱	5	1个	注射室	
4	注射器转运盒	40	1个	注射室	
5	注射器屏蔽套	10	4个	注射室	
6	铅防护屏	10	1个	注射室	
7	放射性废物储存桶	20	2个	注射室和废物储藏室	
8	放射源存储保险箱	20	1	药物贮存室	
监测仪器					
序号	设备名称	规格及型号	数量	生产厂家	设备状态
1	辐射巡检仪	BG9521	1台	中广核贝谷有限公司	正常使用
2	表面污染检测仪	IA-V2	1台	International Medom公司	正常使用
3	固定式辐射报警仪	SB-1	1套	北京中康联	正常使用
4	活度计	CRC-55tR	1套	美国 CAPINTEC	正常使用



图 3-14 本项目各类设施实物图

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》，针对所开展的放射性诊疗及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) 《关于调整医院辐射安全与防护管理领导小组的通知》
- 2) 《关于印发马鞍山十七冶医院辐射事故应急预案的通知》
- 3) 《辐射防护档案管理规定》
- 4) 《辐射人员健康管理规定》
- 5) 《个人剂量牌佩戴规定》
- 6) 《受检者放射防护制度》
- 7) 《放射性药品管理规定》
- 8) 《放射源管理规定》
- 9) 《放射性医疗废物的处理方案》
- 10) 《核医学科场所监测方案》
- 11) 《Vitalbeam 操作规程》
- 12) 《放疗技师及技术员职责》
- 13) 《放疗物理师职责》
- 14) 《放射治疗的流程》
- 15) 《放射资料应急预案》
- 16) 《加速器 QA》

以上辐射安全与防护管理制度能够满足《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。辐射安全规章制度管理机构及制度详见附件5。

4.4 辐射安全应急措施

医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，已建立相应的放射安全事故应急预案，对医院放射事故应急处理小组的职责、事故应急处理方案、事故调查及信息公开、以及应急保障、人员培训和演练等方面进行了规定，可以满足放射安全事故应急要求。

表3-7 放射性同位素实验室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	已建立辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式下发。	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。	已设有辐射安全与防护管理领导小组，见附件 5。	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主要采用混凝土及铅防护门进行屏蔽，PET/CT 诊断中心主要采用混凝土、实心砖、铅防护门及铅玻璃等材料进行防护具体防护参数见表 10-2。	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：本项目医用电子直线加速器机房及 PET/CT 诊断中心采用辐射防护屏蔽措施均满足环评要求，见表 3-1 和表 3-2。	已落实
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）： 设置动力排风装置，设有闭门装置工作状态指示灯能与防护门有效联动；新增 1 组衰变池，总容积为 3m ³ ，位于场所东侧；防护门上粘贴有当心电离辐射警告标志及其他注意事项；配备对讲装置，急停按钮，视频监控等。	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。	医用电子直线加速器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。PET/CT 诊断中心控制区入口处（包括核素显像区工作场所的 PET/CT 机房、注射室、废物库、注射后候诊室、留观室门口）、放射性废物桶表面设置电离辐射警告标志，同时在 PET/CT 机房防护门处设置工作状态指示灯及闭门装置，并设置急停按钮及对讲装置；医院在工作场所的控制区患者走廊内安装监控装置，通过监控装置对控制区内用药后患者进行有序管理，以减少患者因聚集或者误入导致额外增加对周围的辐射影响。	已落实

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
			设置放射性废水衰变池，其总容积为 15m ³ 。配备 1 套对讲装置，1 套监控系统，门禁系统等。	
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。	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 17 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，并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，加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		医院已委托德驭医疗马鞍山总医院对 17 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 7。	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。		17 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	已配备辐射巡检仪2台，本次拟新配1台辐射巡检仪（能量响应满足加速器检测要求），表面污染仪1台。		已新配备 1 台巡检仪，1 台表面玷污仪定期对项目周围辐射水平进行监测。	已落实
	护士配铅围裙、铅围脖、铅眼镜、铅帽等个人用品；患者配备铅三角巾，至少1套。		已配备铅围裙、铅围脖、铅眼镜、铅帽等个人用品等。	已落实
辐射安全管理制度	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。	已制定辐射安全制度：《关于调整医院辐射安全与防护管理领导小组的通知》、《关于印发马鞍山十七冶医院辐射事故应急预案的通知》、《辐射防护档案管理规定》、《辐射人员健康管理规定》、《个人剂量牌佩戴规定》、《受检者放射防护制度》、《放射性药品管理规定》、《放射源管理规定》、《放射性医疗废物的处理方案》、《核医学	已落实

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
			<p>科场所监测方案》、《Vitalbeam 操作规程》、《放疗技师及技术员职责》、《放疗物理师职责》、《放射治疗的流程》、《放射资料应急预案》、《加速器 QA》。详见附件 5。</p>	