

滨州医学院附属医院

回旋加速器应用项目 竣工环境保护验收监测报告表

建设单位： 滨州医学院附属医院

编制单位： 山东博瑞达环保科技有限公司

二〇二四年十一月

建设单位法人代表：李建民

编制单位法人代表：陈波

项目负责人：（签字）

填 表 人：（签字）

建设单位：滨州医学院附属医院

电话：18366827211

邮编：256600

地址：滨州市滨城区黄河二路 661 号

编制单位：山东博瑞达环保科技有限公司

电话：（0531）88686860/55691707

邮编：250101

地址：山东省济南市天辰路 2177 号联合财富广场 1 号楼 17 层

目录

表 1 项目基本情况	3
表 2 项目建设概况	17
表 3 辐射安全与防护设施/措施	37
表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定	51
表 5 验收监测质量保证及质量控制	57
表 6 验收监测内容	60
表 7 验收监测	71
表 8 验收监测结论	82
附件 1: 委托书	85
附件 2: 环评批复	86
附件 3: 辐射安全与防护考核情况	89
附件 4: 辐射安全许可证	91
附件 5: 辐射工作安全责任书	95
附件 6: 辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组	97
附件 7: 辐射事故应急预案	100
附件 8: 应急演练记录	104
附件 9: 一人一档示例	106
附件 10: 相关规章制度	107
附件 11: 年度评估报告	121
附件 12: 监测报告	125
附图 1: 医院地理位置图	146
附图 2: 医院平面布置图	147
附图 3: 肿瘤防治中心地下二层平面布置图	148
附图 4: 工作场所平面布置图	149
附图 5: 场所分区管理图	150
附图 6: 场所药物传输路线示意图	151
附图 7: 场所人员路线示意图	152
附图 8: 回旋加速器工作场所辐射安全设施布局图	153
附图 9: 场所放射性废水收集管线示意图	154
附图 10: 场所放射性废气收集管线示意图	155

表 1 项目基本情况

建设项目名称	回旋加速器应用项目				
建设单位名称	滨州医学院附属医院				
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建				
建设地点	滨州市滨城区黄河二路 661 号肿瘤防治中心地下二层				
源 项	放射源			/	
	非密封放射性物质	^{18}F	年最大用量 $1.85 \times 10^{13}\text{Bq}$		
		^{11}C	年最大用量 $1.85 \times 10^{12}\text{Bq}$		
		^{13}N	年最大用量 $1.85 \times 10^{11}\text{Bq}$		
		^{15}O	年最大用量 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$		
射线装置			1 台回旋加速器		
建设项目环评时间	2021 年 8 月	环评报告表编制单位	山东博瑞达环保科技有限公司		
环评报告表审批部门	滨州市生态环境局	批复文号	滨环辐表审(2021)47 号		
建设项目环评批复时间	2021 年 12 月 28 日	变更辐射安全许可证时间	2024 年 4 月 8 日		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2024 年 4 月	验收现场监测时间	2024 年 4 月 24 日~ 2024 年 4 月 25 日		
环评报告表审批部门	滨州市生态环境局	验收监测单位	山东鲁环检测科技有限公司		
投资总概算(万元)	1500	辐射安全与防护设施投资总概算(万元)	100	比例	6.67%
实际总概算(万元)	1500	辐射安全与防护设施实际总概算(万元)	273	比例	18.2%
验收依据	<p>一、法律法规</p> <p>1、《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行；</p> <p>2、《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p>				

<p>3、《建设项目环境保护管理条例》，2017年10月1日施行；</p> <p>4、《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》，2019年3月2日第二次修订；</p> <p>5、《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第66号，2017年12月6日起施行；</p> <p>6、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》国家环境保护总局令第31号，2006年3月1日起施行，2008年12月第一次修订，2017年12月第二次修订，2019年8月第三次修订，2021年1月第四次修订；</p> <p>7、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部第18号令，2011年5月1日施行；</p> <p>8、《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，2006年9月26日；</p> <p>9、《国家危险废物名录（2021年版）》（生态环境部令第15号，2021.1.1施行）；</p> <p>10、《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会第37号，2014年5月1日起施行；</p> <p>11、关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告（国环规环评[2017]4号）。</p> <p>二、技术标准</p> <p>1、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326—2023）</p> <p>2、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>3、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>4、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p>
--

	<p>5、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>6、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>7、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>8、《职业性内照射个人监测规范》（GBZ 129-2016）。</p> <p>三、环境影响报告表及其审批部门审批决定</p> <p>（1）《滨州医学院附属医院回旋加速器应用项目环境影响报告表》，山东博瑞达环保科技有限公司，2021年8月；</p> <p>（3）滨州市生态环境局关于《滨州医学院附属医院回旋加速器应用项目环境影响报告表》审批意见，（滨环辐表审〔2021〕47号），2021年12月28日；</p> <p>四、其他文件资料</p> <p>（1）滨州医学院附属医院关于回旋加速器应用项目竣工环境保护验收监测委托书；</p> <p>（2）医院辐射安全许可证、辐射安全管理规章制度等支持性资料。</p>
<p>验收执行标准</p>	<p>1.《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B规定：</p> <p>B1 剂量限值：</p> <p>B1.1 职业照射</p> <p>B1.1.1 剂量限值</p> <p>B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：</p> <p>a) 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；</p> <p>b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；</p> <p>c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；</p>

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 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；

c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

6.3.3 表面放射性污染的控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B规定：

工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限值要求。

B2 表面污染控制水平

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如下表所列。

表 1-1 工作场所的放射性表面污染控制水平 Bq/cm²

表面类型		α放射性物质		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹

注：1) 该区内的高污染子区除外

2. 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

	<p>本标准规定了医疗机构利用放射性药物开展临床核医学诊疗、实验研究以及放射性药物制备活动中的辐射防护与安全要求。</p> <p>本标准适用于于医疗机构核医学工作场所的设计、建设及开展核医学相关活动的辐射防护与安全管理。</p> <p>4.3 辐射工作场所分区</p> <p>4.3.1 应按照 GB 18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。</p> <p>4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。</p> <p>4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。</p> <p>4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。</p> <p>4.4.1 核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.1 的相关规定，核医学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。</p> <p>4.4.2 剂量约束值</p> <p>4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5 mSv/a；</p> <p>4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1 mSv/a。</p> <p>4.4.3 放射性表面污染控制水平</p> <p>核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB 18871 执行。</p> <p>5.1 选址</p> <p>5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的</p>
--	---

<p>人员、物流通道。</p> <p>5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。</p> <p>5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。</p> <p>5.2 布局</p> <p>5.2.1 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。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>6 工作场所的辐射安全与防护</p> <p>6.1 屏蔽要求</p> <p>6.1.3 回旋加速器机房的建造应避免采用富含铁矿物质的混凝土，避免混凝土中采用重晶石或铁作为骨料；不带自屏蔽的回旋加速器应有单独的设备间，机房选择不易中子活化的混凝土材料。</p> <p>6.1.4 回旋加速器机房的电缆管沟、通风管道等穿过屏蔽体时，应采用地沟或 S 型、V 型、Z 型穿过墙壁，并进行屏蔽补偿，确保满足屏蔽体墙外的防护要求。防护门与墙体连接处应进行有效搭接，避免出现防护薄弱环节。</p>

	<p>6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$。</p> <p>6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$。</p> <p>6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$。</p> <p>6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。</p> <p>6.2 场所安全措施要求</p> <p>6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。</p> <p>6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。</p> <p>6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。</p> <p>6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。</p> <p>6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。</p>
--	---

	<p>6.2.8 回旋加速器机房应设置门机联锁装置和延时开门措施, 机房内应设置紧急停机开关、紧急开门按钮及清场措施, 并安装固定式剂量率报警仪。机房门口应有声光报警装置和工作状态指示灯, 并与加速器联锁。</p> <p>6.3 密闭和通风要求</p> <p>6.3.1 核医学工作场所应保持有良好的通风, 工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计, 保持工作场所的负压和各区之间的压差, 以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。</p> <p>6.3.2 使用回旋加速器制备放射性药物的工作场所应设有单独的通风系统, 加速器自屏蔽区内应有单独排气管道, 并相对加速器室呈负压状态。</p> <p>6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行, 防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统, 并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。</p> <p>6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131 治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶, 尽可能远离邻近的高层建筑。</p> <p>7 放射性废物的管理</p> <p>7.2 固体放射性废物的管理</p> <p>7.2.1 固体放射性废物收集</p> <p>7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。</p> <p>7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物, 应预先进行包装处理, 再装入废物桶, 防止刺破废物袋。</p>
--	---

	<p>7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过 20 kg。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。</p> <p>7.2.2 固体放射性废物贮存</p> <p>7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。</p> <p>7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。</p> <p>7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。</p> <p>7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。</p> <p>7.2.3 固体放射性废物处理</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>7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。</p> <p>7.3 液态放射性废物的管理</p> <p>7.3.1 放射性废液收集</p> <p>7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器，收集放射性药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生</p>
--	---

间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。

7.3.1.2 核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。

7.3.2 放射性废液贮存

7.3.2.1 经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

7.3.3 放射性废液排放

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

7.4 气态放射性废物的管理

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

	<p>7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。</p> <p>8 辐射监测要求</p> <p>8.2 工作场所监测</p> <p>8.2.1 应根据使用放射性核素种类、数量和操作方式，对核医学工作场所的外照射剂量率水平和表面放射性污染水平进行监测。</p> <p>8.3 环境监测</p> <p>开展核医学相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。</p> <p>8.4 个人剂量监测</p> <p>8.4.1 核医学工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。</p> <p>8.4.2 对于操作大量气态和挥发性放射性物质的工作人员，应根据场所的放射性气溶胶浓度开展内照射评价，当怀疑其体内受到放射性污染时，应进行体内放射性监测。</p> <p>8.4.3 个人剂量档案应按要求妥善保存，监测数据异常时，及时进行调查。</p> <p>3.《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）</p> <p>5 工作场所的放射防护要求</p> <p>5.1 工作场所平面布局和分区</p> <p>5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。</p> <p>5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作</p>
--	--

场所。其功能设置要求如下：

e) 正电子药物制备工作场所至少应包括回旋加速器机房工作区、药物制备区、药物分装区及质控区等。

5.1.8 正电子药物制备场所，应按相关的药物生产管理规定，合理规划工作流程，使放射性物质的传输运送最佳化，减少对工作人员的照射。回旋加速器室、药物制备室及分装区域的设置应便于放射性核素及药物的传输，并便于放射性药物从分装热室至注射室间的运送。

5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为 I、II、III 三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 1-2。

表 1-2 不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	I 类	II 类	III 类
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆和去污设备	洗手盆和去污设备	洗手盆
a 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。			
b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。			

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，

遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

5.2.11 回旋加速器机房内、药物制备室应安装固定式剂量率报警仪。

5.2.12 回旋加速器机房应设置门机联锁装置，机房内应设置紧急停机开关和紧急开门按键。

5.2.13 回旋加速器机房的建造应避免采用富含铁矿物质的混凝土，避免混凝土中采用重晶石或铁作为骨料。

5.2.14 回旋加速器机房电缆、管道等应采用 S 型或折型穿过墙壁；在地沟中水沟和电缆沟应分开。不带自屏蔽的回旋加速器应有单独的设备间。

依照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、环评及批复要求：本次验收以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为工作场所外屏蔽剂量率目标控制值，工作场所控制区内仅有工作人员停留，按 $25\mu\text{Sv/h}$ 进行控制。以 5.0mSv/a 作为职业人员的年管理剂量约束值、 0.25mSv/a 作为公众人员的年管理剂量约束值， 125mSv/a 作为职业工作人员手部的年管理剂量约束值。

4.惠民地区环境天然辐射水平

本项目环境天然辐射水平参考《山东省环境天然放射性水平调查报告》，该报告于 1989 年发布，1989 年滨州属于惠民地区，惠民地区于 1992 年更名为滨州地区，惠民地区环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 1-3。

表 1-3 惠民地区环境天然 γ 空气吸收剂量率 单位: ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)

监测内容	范围	平均值	标准差
原野	3.59~7.22	5.49	0.90
道路	2.03~7.23	4.66	1.17
室内	4.35-12.65	9.8	1.34

注:表中数据摘自 1989 年《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》,山东省环境监测中心站 1989 年。

表 2 项目建设概况

2.1 项目建设内容

2.1.1 建设单位情况

滨州医学院附属医院开诊于 1977 年 10 月；1995 年 5 月被确认为三级甲等医院，成为第一轮次评审全国最年轻的三甲综合医院，也是当时鲁北地区唯一的三级甲等医院；2015 年 12 月成为山东省首批 7 家省级区域医疗中心之一；2020 年 7 月与滨州医学院第一临床医学院合署。2021 年 12 月医院以优异成绩通过新一轮医院等级评审。建院以来坚持医疗、教学、科研并重，各项事业实现了又好又快发展，牢固确立了在黄河三角洲地区的医疗、教学、科研、康复和急救中心地位。

医院坚持社会公益性质，以精湛的医术、规范的管理、良好的形象赢得了社会广泛赞誉，连续十年荣登中国医院竞争力地级城市医院百强榜，先后获全国卫生计生系统先进集体、全国百姓放心示范医院、中国人文爱心医院、山东省文明单位、山东省教育系统先进基层党组织等多项荣誉称号。

滨州医学院附属医院现持有山东省生态环境厅于 2024 年 4 月 8 日颁发的辐射安全许可证，证书编号为：鲁环辐证〔16028〕，种类和范围为：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；生产、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：2027 年 6 月 15 日。

2.1.2 建设内容和规模

本项目位于滨州市滨城区黄河二路 661 号肿瘤防治中心地下二层，2013 年 12 月 31 日取得原山东省环境保护厅关于医院肿瘤防治中心《医用电子直线加速器、核医学工作场所及 III 类射线装置环境影响报告表》项目批复，批复文号鲁环辐表审[2013]213 号。原项目包括在地下二层安装 1 台 GE 产回旋加速器，生产放射性药物 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O ，为乙级非密封放射性物质工作场所。

由于当时回旋加速器建设部分未建成，且自批复起已超过 5 年，2019 年滨州医学院附属医院重新建设回旋加速器工作场所，使用回旋加速器 1 台。此时回旋加速器场所布局、使用回旋加速器型号等与原环评比较均发生变化，具体变化情况有：①布局：原

加速器机房位置作为设备间、向北为回旋加速器机房，药物合成室、质控室区域建设热室，原备用区域建设更衣室、清洁间等及质控区；②回旋加速器厂家型号：由一台 GE 生产的 MINItrace 型回旋加速器改为一台住友重机生产的 HM-10HC+型回旋加速器；③核素生产量：生产核素种类不变，但使用量均有不同程度的增加。故 2021 年 8 月由山东博瑞达环保科技有限公司重新编制环评文件，并于 2021 年 12 月 28 日取得由滨州市生态环境局《滨州医学院附属医院回旋加速器应用项目环境影响报告表批复》，批复文号为滨环辐表审〔2021〕47 号。

本次验收项目为回旋加速器工作场所，设置 1 台回旋加速器，用于生产核素 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O ，射线装置及放射性同位素信息见表 2-1。

表 2-1 本次验收射线装置及放射性同位素一览表

放射性同位素					
序号	核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	场所等级	场所位置
1	^{18}F	7.4×10^8	1.85×10^{13}	乙级	回旋加速器工作场所
2	^{11}C	3.7×10^8	1.85×10^{12}		
3	^{13}N	3.7×10^7	1.85×10^{11}		
4	^{15}O	7.4×10^7	3.7×10^{11}		
合计		1.221×10^9	/		
射线装置					
名称	型号/厂家	类别	加速粒子/能量	位置	
回旋加速器	HM-10HC+ 住友重机机械工业株式会社	II 类	质子 10MeV	回旋加速器机房	

2.1.3. 项目总平面图布置、建设地点和周围环境敏感目标

滨州医学院附属医院位于滨州市滨城区黄河二路 661 号，项目建设地址位于滨州市滨城区黄河二路 661 号肿瘤防治中心地下二层。医院地理位置图见附图 1，医院平面布置图见附图 2，肿瘤防治中心地下二层平面布置见附图 3，工作场所平面布置见附图 4。本项目回旋加速器工作场所相关建设情况与环评阶段保持一致。

本项目验收范围内共存在 5 处环境保护目标，与环评阶段保持一致，本次验收项目 50m 范围内环境保护目标情况见表 2-2。

表 2-2 环境保护目标一览表

保护目标名称	人员	位置	距离	特征
放疗楼	职业人员及公众成员	所在建筑	紧邻	地下二层、地上三层楼房
内科病房楼	公众成员	东侧	35m	地上十二层楼房
门诊楼	公众成员	东南侧	40m	地上四层楼房
原木材小区	公众成员	南侧	30m	已拆除，现为施工工地，医院已征地规划建楼
原金属小区	公众成员	北侧	35m	已拆除，现为停车场

本项目现场勘探情况照片见表 2-3。

表 2-3 本项目现场勘探情况照片表

	
<p>1、回旋设备</p>	<p>2、回旋设备操作位</p>
	
<p>3、回旋机房防护门</p>	<p>4、防护门内急停</p>



5、钷药及运输



6、机房内排风

7、衰变箱

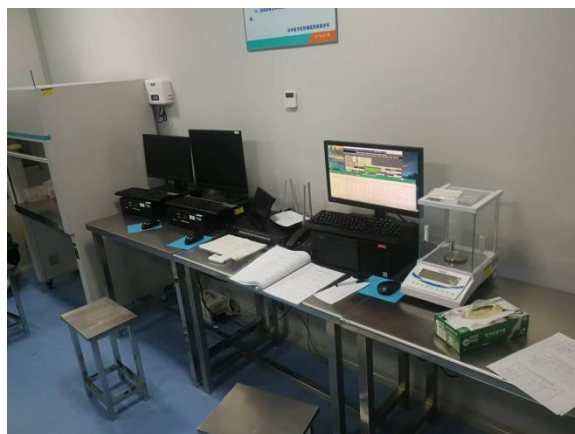


8、设备间

9、气瓶间



10、合成、分装热室



11、高活区操作台



12、传递窗



13、转运罐



14、废物箱


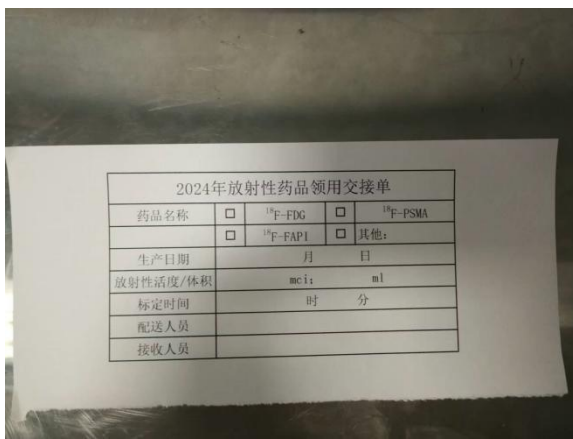
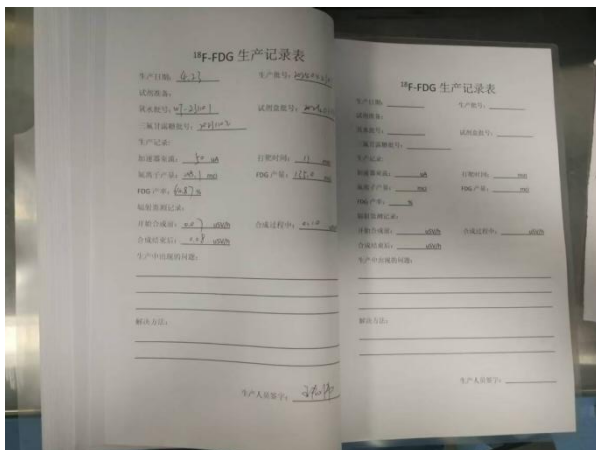

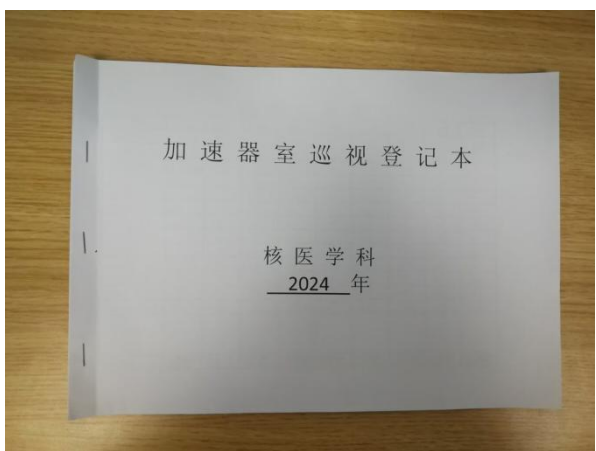



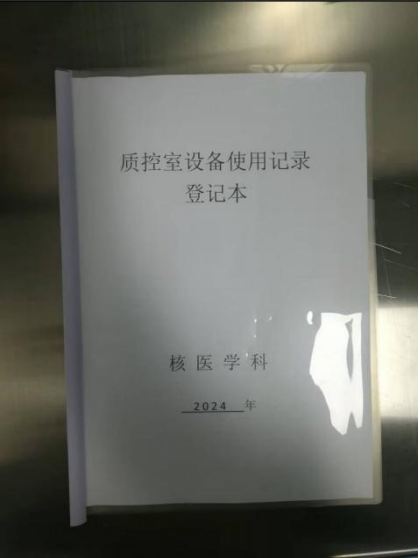

15、个人铅防制品

 <p>更衣室</p>	 <p>消毒间</p>
<p>16、更衣室、消毒间等辅助用房区域</p>	
 <p>质控室</p>	
<p>17、质控区</p>	<p>18、质控区操作台</p>
 <p>阳性对照室</p>	 <p>阴性对照室</p>
<p>19、阳性对照室</p>	<p>20、阴性对照室</p>

 <p>A photograph of a room with a blue door and a blue frame. Above the door is a sign that reads "微限检查室" (Micro-limit check room). Inside the room, there is a desk with a computer monitor and a printer.</p>	 <p>A photograph of a doorway leading to a dark area. Above the doorway is a green "EXIT" sign with a running figure icon.</p>
<p>21、微限检查室</p>	<p>22、药物传输通道</p>
 <p>A photograph of a radiation survey meter in its carrying case. The meter is white and has "ling zuo" written on it. A manual is visible in the background.</p>	 <p>A photograph of a surface contamination monitor in its carrying case. The monitor is white and has "oing duni" written on it. A manual is visible in the background.</p>
<p>23、辐射巡测仪</p>	<p>24、表面污染监测仪</p>
 <p>A photograph of a personal dose alarm device. It is white and has a digital display showing "009". Below the display, it says "个人剂量报警仪 QD100E".</p>	 <p>A photograph of a person wearing a white lab coat. They are holding two blue personal dosimeters. One has "2023 王春伟(外)" written on it, and the other has "2023 王春伟(内)".</p>
<p>25、个人剂量报警仪</p>	<p>26、双个人剂量计</p>

	
<p>27、固定剂量监测仪</p>	<p>28、药物接收柜</p>
	
<p>29、楼上区域</p>	<p>30、室外排气管道</p>
	
<p>31、东南侧门诊二部楼</p>	<p>32、回旋所在放疗楼</p>

	
<p>33、东侧住院二部楼</p>	<p>34、药品交接单</p>
	
<p>35、药物生产记录表</p>	<p>36、气体使用台账</p>
	
<p>37、加速器巡检台账</p>	<p>38、设备维修台账</p>

	
39、质控设备使用台账	40、上墙制度

2.1.4 环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容与实际建设内容情况说明

本项目环境影响报告表建设内容与现场验收情况对比见表 2-4，环境影响报告表批复建设内容与现场验收情况对比见表 2-5。

表 2-4 本项目环境影响报告表建设内容与验收情况对比表

名称	环评内容		现场状况		备注
回旋加速器工作场所	机房、热室、全检质控区及相关辅助用房		机房、热室、全检质控区及相关辅助用房		与环评一致
设备数量	1 台		1 台		与环评一致
回旋加速器主要参数及型号	型号	加速粒子/能量	型号	加速粒子/能量	与环评一致
	HM-10HC+型	质子 10MeV	HM-10HC+型	质子 10MeV	

表 2-5 本项目环境影响报告表批复建设内容与验收情况对比表

环境影响报告表批复意见	验收时落实情况	备注
<p>滨州医学院附属医院位于滨州市滨城区黄河二路 661 号，医院拟在肿瘤防治中心地下二层新建回旋加速器工作场所，使用一台住友重机生产的 HM-10HC+型回旋加速器，制备 PET 用放射性药物 ¹⁸F、¹¹C、¹³N，日等效最大操作量为 1.221×10⁹Bq，属于乙级非密封放射性物质</p>	<p>滨州医学院附属医院位于滨州市滨城区黄河二路 661 号，医院已在肿瘤防治中心地下二层新建回旋加速器工作场所，使用一台住友重机生产的 HM-10HC+型回旋加速器，制备 PET 用放射性药物 ¹⁸F、¹¹C、¹⁵O、¹³N，日等效最大操作量为 1.221×10⁹Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所（乙级：2×10⁷Bq~4×10⁹Bq），目</p>	与批复一致

工作场所（乙级： $2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。	前已全部安装调试完毕。
--	-------------

2.2 源项情况

本次验收的 1 台回旋加速器型号为住友重机生产的 HM-10HC+型，现已于在回旋加速器机房内安装调试完成。

表 2-6 本次验收源项情况表

型号：住友 HM-10HC+型回旋加速器					
尺寸：长 3610mm×宽 2040mm×高 2100mm					
回旋加速器机体技术参数		技术参数	^{18}F -靶	^{13}N -靶	^{11}C -靶
屏蔽情况	自屏蔽	靶体外部尺寸	45mmx54mmx90mm	45mmx54mmx90mm	60mmx60mmx140mm
束流粒子	负氢离子	靶总体积	1.2ML	1.2ML	2.4ML
束流能量	10MeV	靶体材料	铍靶	铍靶	铝靶
加速器粒子	负氢	靶材料	富集 H_2^{18}O	5mmol 乙醇+水	$^{14}\text{N}_2+0.5\%\text{O}_2$
粒子源	氢气	靶冷却	水冷加氢冷却方式	水冷加氢冷却方式	水冷加氢冷却方式
靶位数	3 个	核反应	$^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})^{18}\text{F}$	$^{16}\text{O}(\text{p}, \alpha)^{13}\text{N}$	$^{14}\text{N}(\text{p}, \alpha)^{11}\text{C}$
主磁体类型	径向扇形	最大中子能	7.4MeV ⁽¹⁾	不产生 ⁽²⁾	不产生 ⁽²⁾

		量			
真空系统	二级	最大产额	2900mCi/1 小时	110mCi, 单靶, EOB(10min)	1320mCi, 单靶, EOB(30min)
真空度	运行状态 $\leq 1 \times 10^{-5}$ Torr(待机状态 1×10^{-6} Torr)	最大 γ 射线能量	12MeV ⁽¹⁾	无	无
重量	53 吨	同时引出束流数	2	2	2
		中子产率	$1.18E+10n/sec/\mu A$ ⁽³⁾	无 ⁽²⁾	无 ⁽²⁾

说明:

- 1、最高的中子/伽马能量从 MCNPX 测算获得。
- 2、由于 C-11 和 N-13 是(p, α)式核反应, 不产生瞬发中子。来自于伴随反应、核级联反应等的中子产生几乎极低或不存在, 因此, 作为一个保守的评估, 住友的屏蔽计算只考虑 $^{18}O(p,n)^{18}F$ 反应。
- 3、计算使用 MCNPX。

2.3 工程设备与工艺分析

2.3.1 设备组成、工作原理和工作流程

1、HM-10HC+型回旋加速器系统组成

本项目拟新增的回旋加速器是一套完整的全自动的、带有自屏蔽的正电子药物生产系统。本系统主要由磁场系统、高频系统、离子源系统、真空系统、引出系统、靶系统、冷却系统、控制系统等组成。系统基本组成见下图。

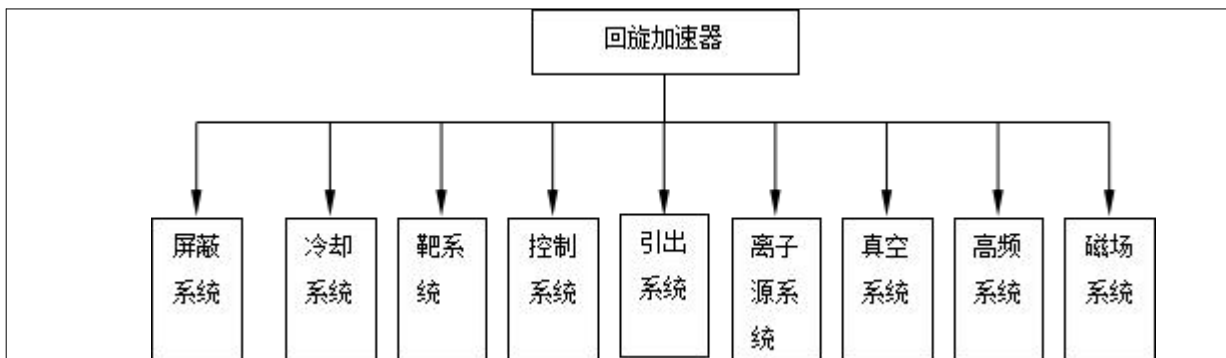


图 2-1 系统基本组成

(1) 磁场系统

磁场系统包括上下磁轭、磁场线圈、磁场电源等。在维修时，上磁轭可以用液压装置将其打开。磁场靠安装在上下磁轭之间线圈上的电流获得能量。线圈由连续的铜片组成，线圈的这种组成方法使得线圈内产生的热量可通过线圈外冷却水的传导而排出，这样就不必要应用中通冷却水的磁场线圈。每一磁场极含有 4 个磁峰，临近磁峰之间的区域称之为磁谷，加速的束流在到达提取半径的路径中交替经过磁峰与磁谷确定的强和弱的磁场。当束流通过每一次磁峰区域时，由于强磁场的影响，束流轨迹近似为圆形；然而在磁谷区域时，束流轨迹接近于笔直的路径向下一个磁峰区。这交替的磁场（方位角变化的）对束流粒子在加速的中心层面提供了强的聚焦力，这些强的聚焦力引导粒子返回中心层面，产生高的束流引出效率。

(2) 高频（RF）系统

高频系统作用是对“D”盒结构提供一个交替的高电压用以加速 H-离子。“D”盒结构为径向的扇形小腔体，束流每一圈经过 2 个“D”盒各一次，得到 2 次加速。束流以这种方式得到能量，其轨道半径也逐渐增加。因此，当向提取半径方向加速时，束流的轨迹被描述为准螺旋形。当束流提取到达提取半径时，其能量也将达到预定能量。射频系统包括初级放大器、中级放大器、末级放大器、频率合成器、耦合器，以及相应的控制和检测电路，随着温度的变化，频率也不断且自动地受 RF 控制元件调整以维持共振。

(3) 离子源系统

回旋加速器的离子源系统是垂直安装在真空内部的潘宁离子源（PIG 离子源）。离

子源的机械安装与更换仅在维修中进行，在正常操作中不需要进行调试或干预性操作。离子源有2个位于中心层面上下的钽电极，1个中空的位于两个阴极之间圆柱型阳极。氢气分子电离子产生等离子体，偏压下提取出氢负离子，进入加速区域，不断得到能量，直到达到需要的能量并被引出。

(4) 真空系统

真空系统包括磁辄之间的真空仓，用于抽气的泵，仪表和控制部分。真空仪表和控制部分用于监测仓室的压力及在系统出现故障时对仪器起到保护作用。真空仓连续不断的抽取以排除来源于离子源及真空室内表面的气体。真空系统通常要求每天 24 小时不停的工作以保证真空仓内残留的气体达到最小，加速器的性能最优化，这将有利于提高离子的提取效率，减少加速器内部的活化。真空泵分为两种：机械泵用于初级真空的获得，扩散泵用于高真空的获得。当维修时或有提前通知停电时，需要手动关闭真空系统，此时需要先关闭扩散泵，等冷却后才能关机械泵。

(5) 束流引出系统

引出系统的作用主要是将加速器加速到一定能量的束流靶体上，与相应原料发生核反应。现代很多回旋加速器都使用 H⁻离子源，因此，引出系统相对简单。这种引出系统仅使用一块很薄的碳膜（微米量级），当 H⁻经过碳膜时，H⁻中 2 个电子被剥离，是束流从负离子变成正离子 H⁺，结果使其受到的磁场作用力相反，带正电荷的束流偏向预定的出口并轰击靶体。

(6) 靶系统

回旋加速器的靶系统包括准直器、装靶接口和对应靶体支持单元。循环的冷却水和氦气，通过换靶装置流动，用于排除靶内的热量。靶支持单元模块安装在加速器旁的橱柜内，这些模块含有使用每个靶所必需的控制与检测仪器、用于轰击的原材料传输、阀门等。

(7) 冷却系统

加速器运行中产生的热量有三种方式加以排出，第一种是用 He 冷，第二种是水冷，第三种是风冷。在回旋加速器中，对靶窗的冷却采用 He 冷却，而对其他很多系统产生

的热量，如：磁体、D 盒、真空泵、离子源等，则采用水冷却。风冷则主要使用在一些不方便或者不能使用水冷却的系统，如高频以及集成电路板等。

2、工作原理

回旋加速器工作原理如下图所示。它由一个具有高度真空的对称分成两侧的 D 型盒组成。D 型盒放入高场强的直流磁极之间，两侧 D 型盒加上交流高频高压。被加速带电离子如质子和氦核从两侧 D 型盒中心注入，在磁场作用下，带电离子作圆周运动。当离子在一侧加速到最大速度时改变磁场方向使离子到磁场另一侧 D 型盒中被加速。离子每通过两侧 D 型盒一次，能量得到增加，同时运动轨道半径随之加大。经过许多圈的加速离子达到所要求的能量并被处理后去轰击靶产生放射性同位素。回旋加速器经特殊设计，粒子在运行一周中被加速四次。

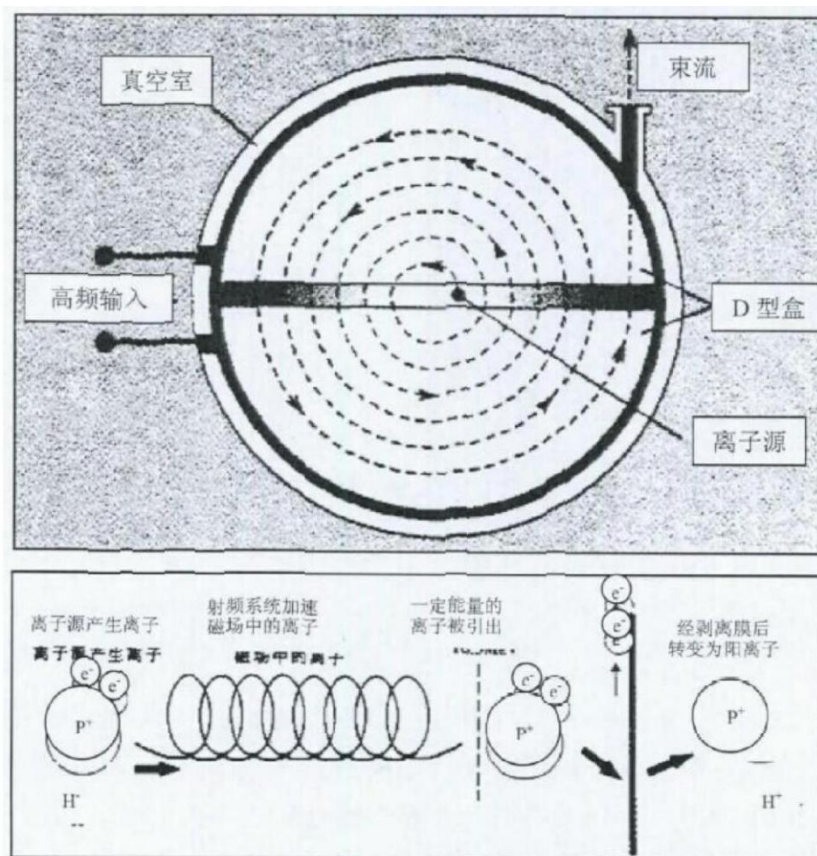


图 2-2 回旋加速器工作原理

3、工作流程

(1) 核素离子的生产

回旋加速器使用采购的靶材料，通过自动装靶系统装载靶腔内，回旋加速器打靶产生的放射性靶子通过氦气吹扫，由屏蔽输送管道直接输送到合成热室内的容纳合成装置，合成装置内有合成模块盒，提前将氢氧化钠和盐酸及收集瓶装入 DG 模块盒中。合成柜和分装柜为有自屏蔽设施和观察窗的密闭工作箱，内设有负压并带高效过滤器的通风系统，在计算机控制下自动化地完成药物的合成和分装。

(2) 加速器药物的化学合成和分装

回旋加速器机房的核素离子生产完成后，会通过地沟压力管道以液态形式传输到热室的模块箱中，工作人员会预先在热室内设置药物的合成和分装参数。药物合成为自动进行，药物合成过程中，工作人员不在热室内停留。

热室中的模块箱一般包括两个部分，分别为洁净合成箱和分装箱。

核素在模块箱中的洁净合成模块中合成过程中，计算机自动设置的步骤主要包括以下内容（以 ^{18}F -FDG 为例，其他药物合成步骤较为相似）：

捕获淋洗：从加速器传输过来的核素离子经过 QMA 柱，其中核素离子被附着在 QMA 柱上，废水及其中的杂质离子流到废水瓶中收集，单次产生量为 2.5mL/次，进入衰变池处理。用溶液淋洗 QMA 柱，将上面的核素离子带入反应管。

除水：淋洗结束后加热反应管使乙腈与水共沸进行除水。乙腈每次使用 3-5mL。

亲核反应：待冷却完毕后向反应管中加入三氟甘露糖溶液进行亲核反应， ^{18}F 取代三氟甘露糖上的一个羟基。

水解：相反应管中加强氧化钠溶液进行水解后，加入酸中和。

精制：粗产品经过树脂柱中和过量的盐酸，分类提纯，经过无菌滤膜过滤获得最终产品。

核素药品在洁净合成模块合成完成后，进入同一模块箱的药物分装模块，药物分装过程也采用全自动控制，无需人工干预。药物在自动分装模块中将根据预先设定的程序，将放射性核素分装到各个试剂瓶中，分装程序结束后，模块箱提示工作人员，此时工作人员进入热室，使用机械手将分装完成的药物装载到专用的铅屏蔽容器中。

工作人员对合成的放射性药物进行质检，质控项目如下：

①测活度

在自动分装过程中直接测定。

②质量控制

每次制药在分装前进行的质控项目有：观察药物的澄明度，测量其pH值，再检测其放射化学纯度。

③细菌内毒素实验

将菌检药液放置 10 个半衰期，待活性降低到可忽略的程度后，送质控室做菌检，15 天出结果。

药物制备工艺流程及产污环节如 2-3 所示。

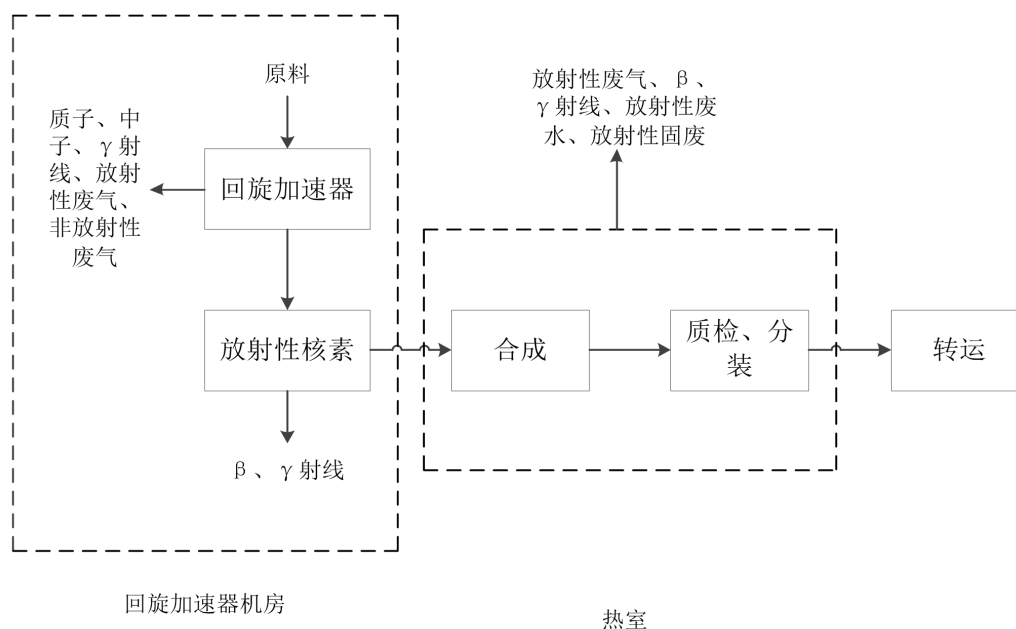


图 2-3 放射性核素制工艺流程

2.3.2 人员配备及工作时间

本项目回旋加速器工作场所工作由医院核医学科 2 名工作人员负责，2 人轮岗。

根据医院提供的资料，该院启动回旋加速器生产核素 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 和 ^{15}O ，本项目主要应用核素 ^{18}F （半衰期为 1.83h），其他核素 ^{11}C （半衰期为 20.33min）和 ^{13}N （半衰期为 10.0min）、 ^{15}O （半衰期为 122S）应用较少，几种核素半衰期较短，且 γ 射线照射量常数相近，故本次验收以 ^{18}F 进行分析核算。回旋加速器全年最多开机 550 次，每

次时间最长 2h。

2.3.3 污染源分析及评价因子

本项目使用回旋加速器生产核素 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O ，制备、分装过程中产生的污染物主要有质子、中子、 γ 射线、 β 射线、 β 表面污、放射性废气、非放射性废气、放射性废水及放射性固废。

(1) 质子

回旋加速器将 H 离子加速，到达末端时经过靶膜后成为能量为 11MeV 的质子 (p)，被聚焦为直径不大于 0.6mm 的一股束流射向靶，在空间所占体积很小，质子的穿透性很弱（在物质中的射程很短，仅为同等能量电子射程的几十分之一到百分之一），很易被物质所阻挡。因此，对这种作为内束应用的质子束，其外照射的防护不必考虑。

(2) 中子

当质子的能量大于 10MeV 时，作用于任何一种物质均可引起核反应而释放出中子。中子具有很强的穿透能力，对加速器周围环境产生辐射影响。以制备 ^{18}F 为例，当质子的能量为 11MeV 时， $^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})^{18}\text{F}$ 反应所释放中子的最大能量为 5MeV，中子的散率为 $1.2 \times 10^{11} \text{ n/s}$ 。中子的强穿透能力使其可能穿过屏蔽体，对加速器周围环境产生辐射影响。

(3) γ 射线

回旋加速器生产放射性核素 (p, n) 反应所释放的大量中子与靶周围部件、准直器、自屏蔽体等物质相互作用将释放出平均能量为 8MeV 的 γ 射线。俘获反应有 (n, γ)、(n, α)、(n, p) 等，但以释放 γ 射线为主。大多数核素俘获 γ 射线的最高能量多在 7~10MeV 的范围内分布，如水泥中的主要成份硅的俘获 γ 辐射最高能量达 10.6MeV、铁达 10.16MeV、钙达 7.83MeV、铝达 7.72MeV 等，只有少数元素的俘获 γ 射线的能量较低。

(4) β 或 β^+

如上所述，回旋加速器运行过程中产生的感生放射性核素多为 β 或 (β^+) 衰变，由于 β 或 (β^+) 穿透能力较弱，影响范围仅限于回旋加速器机房，对外环境不会产生明显的影响。

本评价项目的回旋加速器生产的药物 (^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O) 为 β^+ 衰变, β^+ 射线在水中和人体组织之中的射程很短, 较容易防护, 在生产过程中, 不会对环境产生明显影响。

(5) 表面污染

工作人员在操作非密封放射性物质 (^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O) 时, 不可避免地会引起工作台、地面等放射性沾污, 造成 β 放射性表面污染。

(6) 放射性固体废物

主要有以下几种:

- ①放射性药物制取时, 更换的放射性残留物如硅胶、树脂、氧化铝、碳柱、滤膜等;
- ②放射性药物常规操作和药物质检等产生的注射器、针头、一次性手套等;
- ③回旋加速器产生的放射性固体废物, 包括过滤网、靶膜等, 以及放射性废气处理设施产生的废活性炭。
- ④质控后的质控样品。

(7) 放射性废水

回旋加速器的生产运行过程中不产生废水, 只有在设备维护的过程中冲洗靶才会产生冲靶后的废水, 一年最多维护两次, 每次的水量大约 2L。定期对相关仪器进行清洗也会产生一定的废水, 场地规划设计专用的洁具间 (水池), 另外, 核素制备过程中会产生少量放射性废水, 单次产生量为 2.5mL/次。无菌检测、阳性对照及工作人员卫生通过间也会产生少量的放射性废水。上述废水进入医院新建的回旋加速器工作场所专用衰变池, 衰减达标后进入医院污水处理站处理后外排。

(8) 放射性废气

回旋加速器运行过程中, 室内空气受中子照射后生成放射性活化气体, 主要含 ^{15}O (2.1min)、 ^{13}N (10min)、 ^{11}C (20.4min), 半衰期较短; 在放射性药物制备、药物合成及质检过程中, 其自屏蔽体内产生微量含 ^{18}F 等的放射性气体。本项目回旋加速器中心建设放射性废气处理系统, 该系统采用负压排风方式, 于回旋加速器室、热室、质检室设置集气口, 并与自屏蔽箱上的放射性气体排放管道相连, 可有效

收集回旋加速器室内放射性活化气体及自屏蔽体内产生的放射性气体，经收集的放射性废气通过系统尾部配置的放射性气体高效过滤装置进行过滤处理，处理后废气再汇入放射性废气专用管道外排，总排风口末端位于屋顶上方，高于屋脊。放射性废气处理系统的运行可有效降低外排放射性气体浓度，对环境影响较小。

综合上述分析，本项目的污染因素主要是为中子、 γ 射线、表面污染、放射性废水、放射性废气、放射性固体废物对环境的影响。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1 辐射防护设施/措施落实情况

3.1.1 场所布局

本项目所在放疗楼位于医院西部，为地上三层地下二层建筑，本项目回旋加速器工作场所位于滨州医学院附属医院肿瘤防治中心地下二层西部，属于建筑底层的一端。回旋加速器工作场所上方为土壤层，土壤层上方为医院道路，西侧、南侧、北侧下方均为土层；东侧为医用电子加速器机房等。回旋加速器工作用房主要包括回旋加速器机房及其控制室、设备间、气瓶间、净化机房、全检质控室、热室合成室等配套设施。

回旋加速器工作场所四周环境详见表 3-1。

表 3-1 周围环境一览表

名称	方向	场所名称
回旋加速器工作场所	楼 上	医院道路
	北 面	地下土壤层
	东 面	医用电子加速器机房
	南 面	地下土壤层
	西 面	地下土壤层

3.1.2 分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对辐射工作场所的划分规定，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。根据该规定要求，本项目将工作场所各房间划分为“控制区”和“监督区”两区管理。

本项目分区情况如下。

控制区：回旋加速器机房、热室、全检质控室、更衣室、洁净走廊、缓冲室等区域及衰变池所在房间，禁止无关人员进入，并安装电离辐射警告标志或工作状态指示灯。

监督区：设备间、气瓶间、控制室、净化机房、值班室等控制区紧邻的区域。

本项目分区管理图见附图 5。

3.1.3 动线分析

工作流程包括通过回旋加速器生产核素离子，加速器药物的化学合成、质检和分装，合成药物转运等过程。

(1) 药物运输路线

依据建设单位提供的资料，本项目核医学科提前一天按患者预约情况制定计划给药量，并通知回旋加速器中心。回旋加速器中心当天生产出的相应活度的核素， ^{18}F 等正电子放射性药物由医用回旋加速器生产出来后经药物传输通道气动推送至热室合成模块箱的化学合成系统合成 ^{18}F -FDG等放射性药物，在热室分装模块内进行自动分装。

现设有两种转运方式，目前以第二种运输方式为主：

一是放射性药物在热室分装成单支的药量，钨合金注射器防护套+铅罐防护，放在传输柜里的传输仓内，通过气动传输管道传至负一层注射室内的接收柜，然后拿出进行注射操作，传输管道通过公众区的部分加 3mmPb 当量铅板防护处理，并使用专用承重吊架支撑。通过的路径：负二层热室、净化区、走廊、放疗区的候诊区、传至负一层注射室。

二是放射性药物在合成分装完成后，工作人员将放射性药物转移至 40mmPb 当量铅罐内，铅罐置于推杆箱内，由工作人员将药物通过专用电梯转移至负一层注射室，待药物交接完成后将空的铅罐带回热室区域。

本项目药物传输路线见附图 6。

2) 医护人员工作路线

本项目工作人员乘电梯下至地下二层，然后前往控制室、热室、全检质控室，工作结束后原路返回。

本项目医护人员工作路线图详见附图 7。

3.1.4 防护屏蔽措施设置情况

(1) 回旋加速器自屏蔽

回旋加速器采用完全自屏蔽技术，自屏蔽材料使用了含有对 γ 射线有效阻挡的高效材料，同时在离子源部位周边增加了吸收中子的防辐射材料，与环评阶段一致。

屏蔽材料及厚度见表 3-2。

表 3-2 回旋加速器自屏蔽材料及厚度

层	材料	厚度 (cm)					
		前侧	右侧	左侧	后侧	上侧	下侧
第一层	聚乙烯	20.6	11.5	11.5	23.8	23.9	0
第二层	铁	0.45	0.45	0.45	0.45	0.4	0
第三层	铅	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	0
第四层	铁	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0
第五层	重晶石混凝土	62.2	56.4	56.4	59.3	59.4	0
第六层	铁	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0

(2) 场所实体屏蔽

本项目包含在肿瘤治疗中心项目中，与肿瘤防治中心中其他项目同时设计并同时取得环评批复，由于楼体建设结构需要，医院在建设肿瘤防治中心楼时，对本项目的主要墙体进行了建设，包含项目的北墙、西墙、南墙、室顶及中间部分的楔形墙，并对衰变池进行了预留。

现回旋加速器工作场所主要房间屏的实际建设情况见表 3-3，与环评阶段一致。

表 3-3 回旋加速器工作场所实际建设相关屏蔽参数

序号	项目	机房尺寸 (南北长× 东西长×高) m	四周墙壁	室顶	防护门	传递窗
1	回旋加速器机房	7.7×5.8×5.1	东墙、南墙 600mm 混凝土，北墙 796-1600mm 混凝土，西墙 800mm 混凝土	1500mm 混凝土 +1400mm 覆土层	15mmPb+150mm 含硼聚乙烯	/

2	热室	6.8×6.1×5.1	北墙 300mm 混凝土，东墙、西墙 400mm 混凝土，南墙 796-1600mm 混凝土	300mm 混凝土	6mmPb	15mmPb (2 个)
3	全检质控区	7.8×6.1×5.1	东墙、北墙、西墙 400mm 混凝土、南墙 240mm 实心砖	300mm 混凝土	/	10mmPb (2 个)

(3) 合成与分装装置的屏蔽

热室位于回旋加速器机房北侧，热室内放置合成工作柜与分装工作柜，合成工作柜与分装工作柜相连。

合成工作柜：

现配置 3 个，合成工作柜外尺寸：1200mm (w) × 1100mm (d) × 2400mm (h)。负压式设计，-20~-50pa，压力可调，通风系统 100%外排，合成柜正面屏蔽铅当量 80mmPb，其余五面屏蔽铅当量 60mmPb，设有与箱体相同防护能力的 ZF7 (5.2g/cm³) 等级高铅玻璃视窗。

分装工作柜：

现配置 1 个，分装工作柜外尺寸：1200mm (w) × 1100mm (d) × 2400mm (h)。垂直层流通风 0.3m/s~0.5m/s 可调，洁净度 Class100，前孔层流≥1m/S，通风系统 100%外排，匹配专用放射性气体过滤器及高效 ULPA 超过滤器 (> 99.999%)。分装柜正面屏蔽铅当量 80mmPb，其余五面屏蔽铅当量 60mmPb，设有与箱体相同防护能力的 ZF7 (5.2g/cm³) 等级高铅玻璃视窗。

自动传输柜：

现配置 1 个，自动传输柜外尺寸：1200mm (w) × 1100mm (d) × 2400mm (h)。正面屏蔽铅当量 60mmPb，其余五面屏蔽铅当量 50mmPb，设有与箱体相同防护能力的 ZF7 (5.2g/cm³) 等级高铅玻璃视窗。

(4) 传输管道的屏蔽

加速器制备的放射性同位素经管道自动传输到合成柜中，此管道设置在地沟内，地沟两侧及上方设置放射性药物传输产品管线的屏蔽防护。合成柜和分装柜之间地沟两侧及上方也设置放射性药物传输产品管线的屏蔽防护。传药管线防护

为 50mmPb 铅砖。

3.1.5 其他防护设施

(1) 安全联锁系统

回旋加速器本身有一套完整的安全联锁装置，只有当靶、离子源、D 型盒、磁铁线圈、冷水系统达到一定流量时，束流才能达到靶上；只有当自屏蔽体封闭、离子源射频屏蔽箱盖关闭、射频电源箱柜的门关闭才能出束。同时，加速器机房设置门机联锁装置。

加速器机房防护门与加速器的高压设置联锁，当防护门未关闭到位时，加速器无法开启高压出束；当加速器工作过程中误操作打开防护门时，加速器立即停止出束；控制台设钥匙开关，辐射报警灯和声音报警与加速器准备状态联锁，准备出束时发出警示；辐射剂量监测与防护门联锁。加速器联锁装置逻辑如下表所示。

表 3-4 加速器安全联锁及功能验证表

序号	联锁/功能	逻辑
1	门机联锁	1-1 门开启状态加速器不能启动 1-2 供束时门不能开启
2	剂量联锁	2-1 剂量率超过设定阈值时，剂量探头发出报警，此时防护门不能开启，加速器停止供束，联锁界面显示红色。
3	通风联锁	3-1 供束时通风系统开启 3-2 停机后通风系统延迟十五分钟关闭
4	巡视	4-1 未巡视时加速器不能启动
5	钥匙开关，声光指示	5-1 无钥匙开关，加速器不能启动
6	急停按钮	6-1 按下急停按钮，停止高压
7	厅内紧急开门按钮	7-1 应急时，人可在加速器内部紧急开门 7-2 开门瞬间停止供束
8	加速器传靶联锁	8-1 当合成热室门未关闭时，加速器 UNLOAD 为灰色，不能进行操作

(2) 工作状态指示灯

加速器防护门外设置红黄绿三色工作状态指示灯，红灯亮起表示加速器正在

出束工作，黄灯亮起表示加速器已停机，但机房内剂量较高，人员不能进入，绿灯亮起表示机房内剂量率处于较低水平，人员可安全进入机房。热室防护门上方也设置工作状态指示灯。经现场查验，均运行有效。

(3) 电离辐射警告标志

回旋加速器防护门、热室防护门、放射性药物运输装置、衰变箱及工作场所入口等处醒目位置设置电离辐射警告标志。

(4) 急停按钮

加速器机房进防护门内、防护门外、控制台操作位及机房内均设有急停按钮。人员滞留在机房内或发生事故等特殊情况下按下按钮，加速器停止出束。

(5) 固定式剂量监测

在机房内、热室、全检质控区内等处设置固定式剂量监测仪(HA100Med-G)，当探测到剂量率超过设置的值时，加速器防护门外有声光报警，在操作台处设置固定式剂量监测仪终端，剂量率实时显示。

(6) 检测设备：医院已配备 X- γ 射线辐射检测仪和表面污染检测仪各 1 台，已在回旋加速器工作场所新增表面污染监测仪（型号：IA-V2）1 台，用于本项目场所及人员表面污染监测，已配备个人剂量报警仪（型号：QD100E）2 个。

(7) 质控设备：现于热室配置活度计（型号 CRC-25R）1 台。

(8) 门禁系统：设门禁系统，入口处张贴标牌，禁止无关公众人员进入，场所边界等处设计有电离辐射警告标志。

(9) 视频监控：加速器机房内安装视频监控，监视器设置于控制室内，工作人员可及时掌握回旋加速器机房内部情况。

(10) 个人防护用品：医院为工作人员配备防护用品，包括铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜、铅手套各 1 套，均为 0.5mm 铅当量，并为每位工作人员配备个人剂量计（人手 2 支，由合作的个人剂量检测机构配发，每季度检测 1 次）。

本项目防护设施布局见附图 8。

3.1.6 环境影响报告表批复与现场验收情况对比

本项目环境影响报告表批复与现场验收情况对比表见表 3-5。

表 3-5 本项目环境影响报告表批复建设内容与验收情况对比表

环境影响报告表批复意见（综述）		验收时落实情况
<p>滨州医学院附属医院位于滨州市滨城区黄河二路 661 号，医院拟在肿瘤防治中心地下二层新建回旋加速器工作场所，使用一台住友重机生产的 HM-10HC+型回旋加速器，制备 PET 用放射性药物 ^{18}F、^{11}C、^{13}N，日等效最大操作量为 $1.221 \times 10^9 \text{Bq}$，属于乙级非密封放射性物质工作场所（乙级：$2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$）。</p>		<p>滨州医学院附属医院位于滨州市滨城区黄河二路 661 号，医院已在肿瘤防治中心地下二层新建回旋加速器工作场所，使用一台住友重机生产的 HM-10HC+型回旋加速器，制备 PET 用放射性药物 ^{18}F、^{11}C、^{15}O、^{13}N，日等效最大操作量为 $1.221 \times 10^9 \text{Bq}$，属于乙级非密封放射性物质工作场所（乙级：$2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$），目前已全部安装调试完毕。</p>
严格执行辐射安全管理	<p>落实辐射安全管理责任制。医院法人代表为辐射安全工作第一责任人，分管负责人为直接责任人。设置辐射安全与环境保护管理机构，指定 1 名本科以上学历的专职技术人员负责辐射安全管理工作，落实岗位职责。辐射工作场所应安排技术人员负责各自的辐射安全管理工作。制定放射性同位素使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、培训计划和监测方案等，建立辐射安全管理档案。</p>	<p>经核实，医院已签订辐射工作安全责任书，确定辐射安全管理责任制，滨州医学院附属医院签订了《辐射工作安全责任书》，法人代表为辐射工作安全责任人，设置专职机构环境辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组并指定专人负责放射性同位素与射线装置的安全和防护工作（本科学历），指定专人负责放射性同位素的保管工作。辐射工作场所安排各科室技术人员负责各自的辐射安全管理工作。现已制定辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、工作人员培训考核计划、辐射监测方案、回旋设备操作规程等制度，建立辐射安全管理档案。</p>
加强辐射工作人员的安全和防护工作	<p>制定培训计划，组织辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，经考核合格后方可上岗；考核不合格的，不得从事辐射工作。按照《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）的要求建立辐射工作人员个人剂量档案，做到 1 人 1 档。辐射工作人员应规范佩戴个人剂量计，每 3 个月进行 1 次个人剂量监测。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，及时向生态环境部门报告。</p>	<p>经核实，医院现已制定《辐射工作人员培训考核计划》，组织辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，本项目工作人员均已通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，参加考核并取得合格成绩，均在有效期内。</p> <p>按照《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）的要求，已建立辐射工作人员个人剂量档案，做到 1 人 1 档。已安排专人负责个人剂量监测管理，当发现个人剂量监测结果异常时立即核实和调查，及时向生态环境部门报告。</p>
做好辐射	<p>回旋加速器工作场所划分为控制区和监督区，落实工作场所的实</p>	<p>经现场踏勘，回旋加速器工作场所划分为控制区和监督区，已落实环评报告要求的</p>

工作场所的安全和防护工作	体屏蔽措施，确保控制区外空气比释动能率不大于 2.5 μ Sv/h。	工作场所实体屏蔽措施。根据现场检测结果，工作状态下，回旋加速器工作场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果最大值为 502nSv/h，中子剂量当量率最大值为 0.3 μ Sv/h，总周围剂量当量率约不大于 0.8 μ Sv/h，低于环评批复、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及本次验收所规定的 2.5 μ Sv/h 的标准限值。
	工作场所醒目位置设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准(GB18871-2002)》要求的电离辐射警告标志。	经现场核实，工作场所醒目位置现场均已设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求的电离辐射警告标志。
	落实放射性药品出入库登记制度，建立使用台账，定期盘存。做好安保工作，明确专人负责保管，确保放射性药品安全。	经核实，医院现已制定《核医学科规章制度》、《回旋加速器室规章制度》等制度，建立使用台账，定期盘存。已做好安保工作，已指定专人负责保管，可确保放射性药品安全。
	应采取有效措施控制放射性核素进入废水，减少放射性废水的产生。放射性废水须经专门的废水收集系统排放至专门的衰变池内，至少衰变 30 天后方可排入污水处理系统，同时确保向环境排放的放射性核素满足排放限值的要求；项目产生的放射性固体废物应收集到符合规范的放射性废物衰变箱内，放射性固体废物暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm ² 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm ² 的，方可对废物清洁解控并作为医疗废物处理；合成分装柜内设置专门的排风管道，场所控制区内主要房间设置专门的排风管道。	经核实，本项目回旋加速器工作场所设置 1 套放射性废水衰变系统，由 2 个衰变池并联构成，单个衰变池容积为 13.8m ³ ，放射性废水衰变系统总有效容积为 27.6m ³ 。放射性废水须经专门的废水收集系统排放至专门的衰变池内，至少衰变 30 天后方可排入污水处理系统，同时确保向环境排放的放射性核素满足排放限值的要求。购置 ¹⁸ F、 ¹¹ C、 ¹³ N、 ¹⁵ O 共用 5L 污物桶（10mmPb）2 个、20L 衰变箱（40mmPb）2 个、靶防护储存箱 1 个，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 0.08Bq/cm ² 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm ² 后，对废物清洁解控并作为医疗废物处理；合成分装柜内设置了专门的排风管道，场所控制区内主要房间设置专门的排风管道。
	配置必要的辐射监测设备。严格执行辐射环境监测计划，并及时向环保部门上报监测数据	经现场核实，医院已配备 X- γ 射线辐射检测仪和表面污染检测仪各 1 台，已在回旋加速器工作场所新增表面污染监测仪（型号：IA-V2）1 台，用于本项目场所及人员表面污染监测，已配备个人剂量报警仪（型号：QD100E）2 个。
开展本单位辐射安全和防护状况的年度评估，每年 1 月 31 日前向我局提交年度评估报告。		经核实，医院按时开展本单位辐射安全和防护状况的年度评估，《滨州医学院附属医院 2023 年放射性同位素与射线装置安全和防护状况评估报告》已于 2023 年 12 月

	27日按时限要求通过申报系统上传提交。
制定并定期修订辐射事故应急预案，组织开展应急演练。若发生辐射事故，应及时向生态环境、公安和卫生健康委等部门报告。	经核实，医院编制了《辐射事故应急预案》，并于2024年06月21日组织开展了放射性同位素环境污染的辐射安全事故应急演练。当发生辐射事故时，医院及时向生态环境、公安和卫生健康委等部门报告。

3.2 三废的处理

(1) 放射性废水

回旋加速器工作场所在制备药物时产生少量的放射性废水，单次产生量为2.5mL/次。同时在设备维护的过程中冲洗靶才会产生冲靶后的废水，一年最多维护两次，根据建设单位提供资料，每次的水量大约2L。定期对相关仪器进行清洗也会产生一定的废水，配有专用的洁具间（水池）。另外，工作人员进出高活区冲淋间等也会产生少量的放射性废水。以上废水产生点均设有专用下水道通往建衰变池。本项目放射性废水收集管道进行了辐射防护，对周围环境影响较小。衰变池池底和池壁采用防渗透和耐酸碱腐蚀的混凝土，厚度均为300mm。放射性废水管道在经过公众成员经过走廊时表面设2mmPb进行防护。放射性废水收集管线示意图见附图9。

本项目衰变池现建于肿瘤防治中心地下二层北端预留泵房下方，衰变池上方区域为泵房，项目建成后在该房间除检修等情况外均锁闭，并悬挂电离辐射警示标志。设置1套放射性废水衰变系统，用于处理回旋加速器放射性废水。放射性废水衰变系统由2个衰变池并联构成，单个衰变池容积为13.8m³，放射性废水衰变系统总有效容积为27.6m³。

医院放射性衰变系统使用计算机控制系统自动控制衰变池进出水口。衰变池1用于收集废水，衰变池2用于衰变，放射性废水由衰变池1进水口进入衰变池1，待池1排满前排空池2中废水，将池1中废水排入池2进行衰变。各个闸阀均为远程控制。衰变池池底和池壁采用防渗透和耐酸碱腐蚀的材料，池壁使用混凝土浇筑，池顶盖为不锈钢内衬铅板（10mmPb当量）结构。

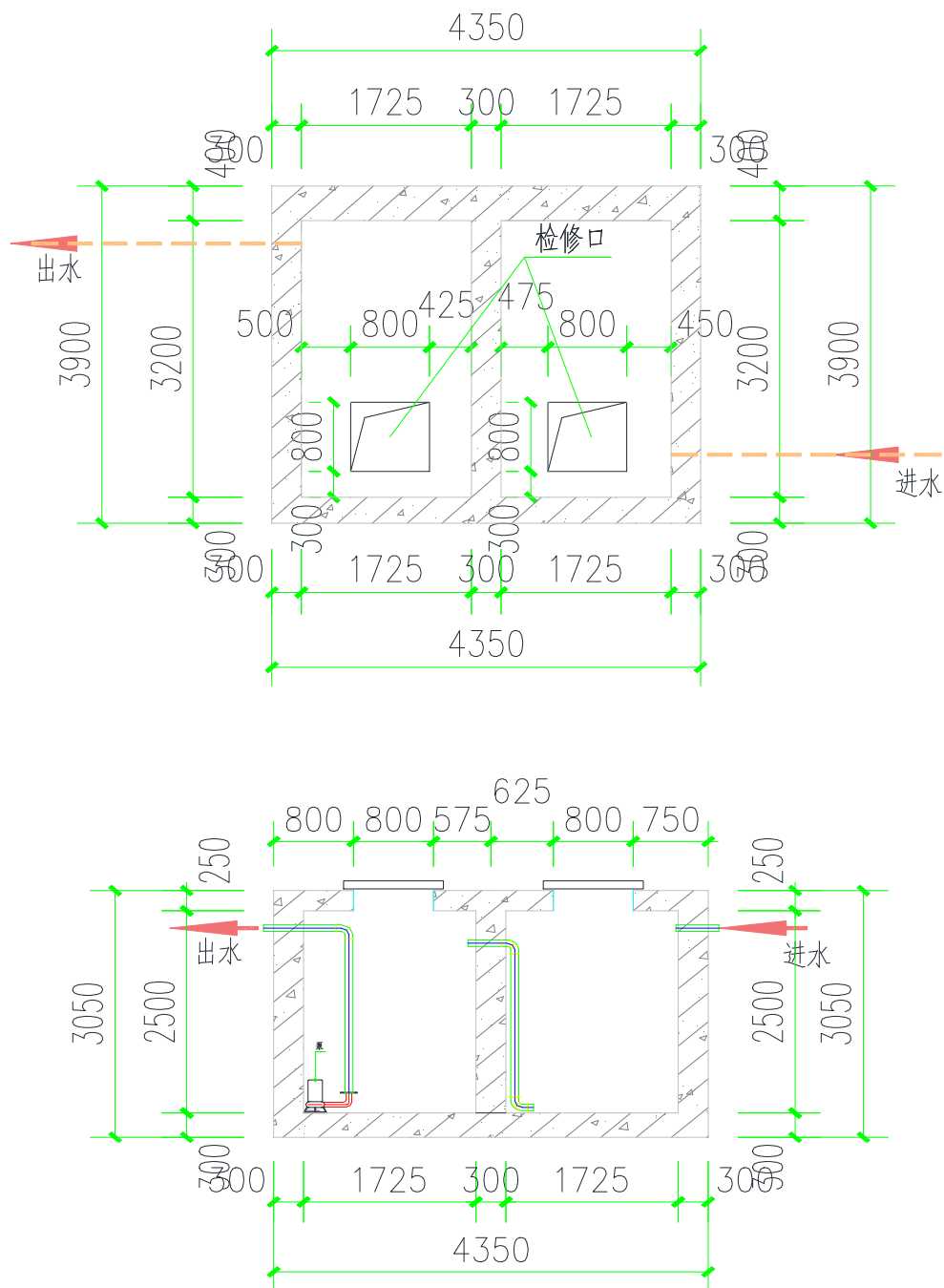


图 3-1 衰变池平面布置示意图

(2) 放射性废气

本项目放射性废气产生环节主要为放射性制备、合成、分装、质检等工序。产生放射性废气的区域有三个，回旋加速器机房采用机械通风，上进下出，通风次数大于 4 次/h，回旋加速器机房内放射性废气经相应放射性废气收集管道收集

后,经高效过滤装置过滤引至肿瘤防治中心北端的专用通风管道直通本楼顶高于本建筑 3m 排放 (P1);热室设置专门管道和风机,合成分装模块废气由引风机引至活性炭过滤装置处理后,肿瘤防治中心北端的专用通风管道直通本楼顶,高于本建筑 3m 排放 (P2);热室房间内放射性废气收集管道收集后经的高效过滤装置过滤后由专用通风管道直通本楼顶排放,排气筒高出楼顶 3m (P3);质检区域经相应放射性废气收集管道收集后经的高效过滤装置过滤后由专用通风管道直通本楼顶排放,排气筒高出楼顶 3m (P4)。

本项目回旋加速器工作场所的有关控制区房间均采用有梯度的微负压通风,监督区均采用正压通风,以保证监督区的气流由清洁区进入污染控制区,并且污染控制区的气流由低活区流向高活区,以保证高污染区的气流不流入低污染区、污染区的气流不进入清洁区。排风管道设有止回阀,防止排风反流。

屋顶设置抽风机与过滤装置联动控制,根据设计参数,风机运行后管道风速也不低于 1.0m/s。排风管道设止回阀,防止排风反流。回旋加速器工作场所通风示意图见附图 10。

(3) 放射性固废

回旋加速器工作场所放射性固体废物主要来源于放射性药物制取时,更换的放射性残留物如硅胶、树脂、氧化铝、碳柱、滤膜等;放射性药物常规操作和药物质检、使用等产生的注射器、针头、一次性手套等;回旋加速器产生的放射性固体废物,包括过滤网、靶膜,以及放射性废气吸附装置产生的废活性炭。本项目产生的放射性固体废物主要分为两类,第一类为质控后的质控样、特殊情况下产生的剩余核素和废活性炭;第二类为被污染的手套、棉签、注射器、药棉和滤纸等物品。

医院现已在回旋加速器工作场所购置 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 共用 5L 污物桶 (10mmPb) 2 个、20L 衰变箱 (40mmPb) 2 个、靶防护储存箱 1 个,回旋加速器工作场热室、质检区产生的含 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 固废每天清理一次,将其转移至衰变箱内。

表 3-6 衰变箱（污物桶）配备情况一览表

固废含核素种类	类型	单个容积 (L)	数量 (个)	放置位置
^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O	污物桶	5	2	热室、质检区各 1 个
	衰变箱	20	2	热室 2 个
	靶防护储存箱	40	1	回旋加速器机房 1 个

放射性药物制取时，回旋加速器产生的放射性固体废物，包括过滤网、靶膜等，以及放射性废气处理设施产生的废活性炭。医院配置 1 个靶防护储存衰变箱（40mmPb 当量），用于收集回旋加速器产生过滤网、靶膜以及排风系统产生的废活性炭。在箱体外表面张贴电离辐射警告标志，衰变箱内设置专用塑料袋直接收纳废物。

本项目所用放射性废物衰变箱均按照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）等相关规定，于衰变箱上设置放射性标志并在显著位置设置标签，标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。此外，在衰变箱内放置有专用塑料袋直接收纳废物，对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后在装入专用塑料袋内。衰变箱内的放射性废物经设定周期存放后可达到解控水平，经监管部门确认或批准，可按免管废物处理

3.3 辐射安全管理情况

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部第 3 号令）及生态环境主管部门的要求，核技术利用单位应落实环评文件及环评批复中要求的各项管理制度和安全防护措施。为此对该医院的辐射环境管理和安全防护措施进行了检查。

1、组织机构

滨州医学院附属医院签订了《辐射工作安全责任书》，法人代表为辐射工作安全责任人，设置专职机构环境辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组并指

定专人负责放射性同位素与射线装置的安全和防护工作，指定专人负责放射性同位素的保管工作。

2、安全管理制度

该医院制定了辐射安全防护管理制度。所制定的制度包括：

1.工作制度

制定了《辐射防护与安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《放射质控设备检修维护制度》、《辐射监测方案》、《辐射工作人员专职职责》、《辐射工作人员培训考核计划》、《设备使用登记制度》、《放射源台账登记制度》、《回旋加速器操作规范》、《回旋加速器室规章制度》、《 $^{18}\text{F-FDG}$ 合成操作规范》等核医学科规章制度及相关辐射防护管理制度。

2.操作规程

制定了《回旋加速器操作规范》。

3.应急程序

编制了《辐射事故应急预案》，并于 2024 年 06 月 21 日组织开展了放射性同位素环境污染的辐射安全事故应急演练。

4.年度评估

医院按时开展本单位辐射安全和防护状况的年度评估，《滨州医学院附属医院 2023 年放射性同位素与射线装置安全和防护状况评估报告》已于 2023 年 12 月 27 日按时限要求通过申报系统上传提交。

(5) 监测方案

制定了《辐射监测方案》。

3、环保措施的落实情况

(1) 从事放射性工作人员的教育培训

制定了《辐射工作人员培训考核计划》。本项目 2 名辐射工作人员均已在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习，参加核技术利用辐射安全与防护考核并取得合格成绩报告单，均在有效期内。

(2) 个人剂量

本项目辐射工作人员配备了 2 枚个人剂量计, 并委托有资质单位负责对个人剂量定期进行监测并出具监测报告, 已建立 1 人 1 档。

(3) 警告标志

回旋加速器工作场所内各区域设置有明显的“当心电离辐射”警告标志; 防护门上方设置工作状态指示灯, 工作正常。

(4) 安全防护情况

根据环评报告和现场查验, 各辐射工作场所屏蔽情况与要求一致, 已按要求配置急停开关、门机联锁、监控对讲及电离辐射警告标志等防护装置与措施。

(5) 辐射防护用品

医院为本项目职业人员配备了铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜、铅手套等个人防护制品, 为辐射工作场所配备了固定式辐射剂量监测仪、个人剂量报警仪、表面污染检测仪及便携式辐射监测仪等监测设备和活度计等质控设备。

(6) 对全国核技术利用辐射安全申报系统单位信息进行及时维护。

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 环境影响报告表结论

1、项目概况

滨州医学院附属医院位于滨州市滨城区黄河二路 661 号，医院开诊于 1977 年 10 月，1995 年 5 月被确认为三级甲等医院，成为第一轮次评审全国最年轻的三甲综合医院，也是当时鲁北地区唯一的三级甲等医院。

医院已取得由山东省环保厅颁发的《辐射安全许可证》，证书编号：鲁环辐证（16028），经延续、变更后许可种类和范围为“使用 V 类放射源、使用 II 类、III 类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所”。有效期至 2024 年 12 月 02 日

为满足放射诊疗发展需求，医院拟在肿瘤防治中心地下二层新建回旋加速器工作场所，回旋加速器制备放射性药物工作场所，利用回旋加速器制备 PET 用放射性药物 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（中华人民共和国环境保护部办公厅，环办辐射函〔2016〕430 号）：

①回旋加速器工作场所生产核素 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O ，日等效最大操作量为 $1.221 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所（乙级： $2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。

②根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部公告 2017 年第 66 号）分类办法，该项目回旋加速器属 II 类射线装置。

2、项目选址合理性

项目选址充分考虑了周围场所的安全，不临近产科、儿科、食堂等部门，独立布置，设有单独的出、入口，出口不设置在门诊大厅、收费处等人群稠密处，所在建筑辐射项目集中，周围少有人经过，另外场所所在位置有利于回旋加速器工作场所近距离向医院现有核医学工作场所供药，减少工作人员分装及运送药物时的照射，同时减少药物运送过程对公众成员的照射，选址合理。

3、现状监测

根据现状本底监测，拟建场址环境 γ 空气吸收剂量率现状值为（40.5~134） $\times 10^{-8}$ Sv/h，处于惠民地区环境 γ 辐射空气吸收剂量率范围内（室内 4.35-12.65 $\times 10^{-8}$ Gy/h，道路 2.03~7.23 $\times 10^{-8}$ Gy/h）。场所拟建场址 α 表面污染检测结果为未检出， β 表面污染检测结果在（11.4-32.4）CPS 之间，对照监测时本底值，场所 β 表面污染为本底水平。

4、回旋加速器项目评价结论

①回旋加速器工作场所拟建于肿瘤防治中心地下二层，主要包括回旋加速器机房及其控制室、设备间、气瓶间、缓冲室、排风机房、全检质控室、热室、衰变池间等配套设施。其中回旋加速器机房、热室、全检质控室、更衣室、洁净走廊、缓冲室、衰变池间等区域划为控制区，设备间、气瓶间、控制室、净化机房等控制区紧邻的区域划为监督区，药物运输通道划分为临时控制区，布局、分区基本合理。

②本项目回旋加速器工作场所拟使用一台住友重机械工业株式会社生产的 HM-10HC+型回旋加速器，回旋加速器采用完全自屏蔽技术，回旋加速器四周墙壁及室顶采用混凝土、铅板等材料进行实体屏蔽。回旋加速器机房设有安全联锁装置、工作状态指示灯、固定式剂量监测、急停按钮、电离辐射警示标志等。屏蔽计算校核表明，相关工作场所屏蔽墙体、室顶、防护门的设计厚度均能满足场所外考察点相应的剂量率目标控制值。

③热室内设合成工作柜及分装工作柜，屏蔽计算校核表明，相关工作场所屏蔽墙体、室顶、防护门的设计厚度均能满足场所外考察点相应的剂量率目标控制值。

④经计算，工作人员身体年有效剂量最大为 1.214mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的工作人员 20mSv 的年有效剂量限值，同时低于本评价提出的 5.0mSv 的年管理剂量约束值。手部剂量当量最大为 1.609mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的工作人员手部 500mSv/a 限值，也低于本评价提出的 125mSv 的年管理剂量约束限值。公众成员年有效剂量最大为 0.0074mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的公众 1mSv 的年有效剂量限值，同时低于本评价提出的 0.25mSv 的公众成员年管理剂量约束值。

⑤放射性废气处理：本项目放射性废气产生环节主要为回旋加速器工作场所放射

性制备、合成、分装、质检等工序。产生放射性废气的区域有三个，回旋加速器机房、热室及质检区域，分别经相应放射性废气收集管道收集后经过滤装置过滤后由专用通风管道直通本楼顶排放，排气筒高出楼顶 3m。热室合成模块及分装模块箱设置专用通风管道，经相应放射性废气收集管道收集后经过滤装置过滤后由专用通风管道直通本楼顶排放，排气筒高出楼顶 3m。上述通风系统不与其他公共通风道混用，屋顶设置抽风机与过滤装置联动控制，根据设计参数，风机运行后管道风速也不低于 1.0m/s。本项目通风系统将回旋加速器工作场所各房间与普通通风管道分开设计，气流各自经风道通向楼顶，通风设计可满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

⑥放射性废水处理：本项目拟建一套放射性废水衰变系统，用于处理回旋加速器工作场所产生的放射性废水，废水在衰变池至少停留 55 天。放射性废水经 55 天衰变后，衰变时长大于 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 的十个半衰期，衰变后废水中核素含量极小，可忽略不计，外排废水中核素浓度均能满足《山东省医疗机构污染物排放控制标准》（DB37/596-2020）表 1 放射性衰变池出口总 β 排放标限值 10Bq/L。同时远低于《电离辐射防护与辐射源基本安全标准》（GB 18871-2002）规定的放射性废液月排放限值和一次排放限值。

放射性废水由衰变池排放后进入医院污水处理总站作进一步处理后外排。

⑦医院计划配置 2 个衰变箱和 1 个靶防护储存衰变箱，用于收集回旋加速器工作场所产生放射性固体废物。经停留衰变后，废物中的核素活度小于清洁解控水平推荐值，作为免管固体废物处理。放射性固体废物处置措施适当，不会对环境造成放射性污染。

⑧工作场所拟设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯、安全监测与报警装置、紧急停机开关等安全措施。拟配备药物转运防护罐、衰变箱、铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜、个人剂量报警仪等，并确保每名放射工作人员均配备个人剂量计。满足监管部门的有关辐射防护要求。

5、人员培训及健康管理

本项目涉及工作人员 10 名，均已参加了放射性同位素与射线装置工作人员辐射

安全与防护培训，并考试合格，取得了合格证书。取得了合格证书的工作人员，应按照国家《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第18号）的规定，定期培训保持培训合格证书在有效期内。

医院已为现有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，并定期委托有资质的单位每3个月监测一次，建有个人剂量档案。

6、监测设备和仪器

医院已配备1台X、 γ 射线辐射检测仪、1台表面污染监测仪共全院使用，本项目拟在两个工作场所各增设个人剂量报警仪2个。可满足本项目使用需求。

12.1.7 辐射安全防护管理

医院现有的辐射环境管理组织、规章制度内容祥全，符合相应环保规定。建议按本环评要求补充制定《回旋加速器安全操作规程》、《放射性药物质量检验操作规程》等规章制度。

综上所述，在滨州医学院附属医院认真落实各项污染防治措施和辐射环境管理计划的基础上，该单位将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，从辐射环境保护的角度分析，该项目的运行是安全可行的。

4.2 审批部门审批决定（节选）

经研究，对《滨州医学院附属医院回旋加速器应用项目环境影响报告表》提出审批意见如下：

一、滨州医学院附属医院位于滨州市滨城区黄河二路661号，医院拟在肿瘤防治中心地下二层新建回旋加速器工作场所，使用一台住友重机生产的HM-10HC+型回旋加速器，制备PET用放射性药物 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N ，日等效最大操作量为 $1.221 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所（乙级： $2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。

二、该项目在设计、建设和运营中，应严格落实环境影响报告表提出的辐射安全与防护措施和以下要求：

（一）严格执行辐射安全管理制度。落实辐射安全管理责任制。医院法人代表为辐射安全工作第一责任人，分管负责人为直接责任人。设置辐射安全与环境保护管理

机构,指定1名本科以上学历的专职技术人员负责辐射安全管理工作,落实岗位职责。辐射工作场所应安排技术人员负责各自的辐射安全管理工作。制定放射性同位素使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、培训计划和监测方案等,建立辐射安全管理档案。

(二) 加强辐射工作人员的安全和防护工作。

制定培训计划,组织辐射工作人员参加辐射安全与防护考核,经考核合格后方可上岗;考核不合格的,不得从事辐射工作。按照《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)的要求建立辐射工作人员个人剂量档案,做到1人1档。辐射工作人员应规范佩戴个人剂量计,每3个月进行1次个人剂量监测。安排专人负责个人剂量监测管理,发现个人剂量监测结果异常的,应当立即核实和调查,及时向生态环境部门报告。

(三) 做好辐射工作场所的安全和防护工作。

1.回旋加速器工作场所划分为控制区和监督区,落实工作场所的实体屏蔽措施,确保控制区外空气比释动能率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

2.工作场所醒目位置设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准(GB18871-2002)》要求的电离辐射警告标志。

3.落实放射性药品出入库登记制度,建立使用台账,定期盘存。做好安保工作,明确专人负责保管,确保放射性药品安全。

4.应采取有效措施控制放射性核素进入废水,减少放射性废水的产生。放射性废水须经专门的废水收集系统排放至专门的衰变池内,至少衰变30天后方可排入污水处理系统,同时确保向环境排放的放射性核素满足排放限值的要求;项目产生的放射性固体废物应收集到符合规范的放射性废物衰变箱内,放射性固体废物暂存时间超过30天,经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平, α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的,方可对废物清洁解控并作为医疗废物处理;合成分装柜内设置专门的排风管道,场所控制区内主要房间设置专门的排风管道。

5.配置必要的辐射监测设备。严格执行辐射环境监测计划,并及时向环保部门上

报监测数据。

（四）开展本单位辐射安全和防护状况的年度评估，每年 1 月 31 日前向我局提交年度评估报告。

（五）制定并定期修订辐射事故应急预案，组织开展应急演练。若发生辐射事故，应及时向生态环境、公安和卫生健康委等部门报告。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

现场监测

为掌握该医院各工作场所正常运行情况下周围的辐射环境水平,为环境管理污染源控制、环境规划等提供科学依据,本次验收监测在严格执行国家相关要求及监测规范规定的前提下,通过对回旋加速器辐射工作场所周围进行了现场监测和检查,根据现场条件和相关监测标准、规范的要求合理布点。

5.1 监测单位

本次验收委托具备相关检测资质的山东鲁环检测科技有限公司开展检测。

5.2 监测方法

环境 γ 辐射空气吸收剂量率:现场布点监测,首先进行巡测,以发现可能出现的高辐射水平区域,在巡测的基础上对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。每个监测点读取 10 个测量值为一组,计算其平均值,扣除宇宙射线响应值后为最终测量结果。

中子剂量率:现场布点监测,首先进行巡测,以发现可能出现的高辐射水平区域,在巡测的基础上对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。每个监测点读取 10 个测量值为一组,计算其平均值。

α 、 β 表面污染:现场布点监测,每个监测点读取 5 个测量值为一组,计算其平均值作为最终测量结果。

土壤总放射性:在场所附近、主导风向上风向、主导风向下风向各取 1 个土壤表层样,1 次/天。

5.3 监测分析仪器

本次使用环境监测 X- γ 辐射空气吸收剂量率仪、 α 、 β 表面污染测量仪、中子剂量率仪、低本底 $\alpha\beta$ 测量仪,具体参数见下表 5-1~5-4。

表 5-1 X- γ 辐射空气吸收剂量率仪监测仪器参数一览表

仪器名称	环境监测 X- γ 辐射空气吸收剂量率仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10

能量响应	33KeV~3MeV, 变化的限值为±15%
量程	10nSv/h~1Sv/h
检定单位	山东省计量科学研究院
检定证书编号	Y16-20210491
检定有效期	2025年3月14日
剂量率指示的固有误差	不大于5.0%
使用环境温度	(-30~+55℃) 温度依赖性<20%

表 5-2 表面污染监测仪器参数一览表

仪器名称	α、β表面污染测量仪
仪器型号	Como170
表面活度响应(R)	Rα=41.62(s ⁻¹ .Bq ⁻¹ .cm ²)(对 Am-241) Rβ=59.02(s ⁻¹ .Bq ⁻¹ .cm ²)(对 Tl-204)
检定单位	中国计量科学研究院
检定证书编号	DLhd2022-02852
检定有效期	2024年8月9日
探测器尺寸	170cm ²
探测器类型	ZnS 涂层、薄膜塑料闪烁体探测器

表 5-3 中子周围剂量当量率仪参数一览表

仪器名称	中子周围剂量当量率仪
仪器型号	BH3105E
检定单位	中国计量科学研究院
检定证书编号	DLjs2023-02311
检定有效期	2024年8月9日
中子灵敏度	5cps/(μSv/h)
测量范围	0.1 μSv/h~999.9 mSv/h
能量响应范围	热中子~14MeV

表 5-4 低本底αβ测量仪器参数一览表

仪器名称	低本底αβ测量仪
仪器型号	WIN-8A
检定单位	山东省计量科学研究院

检定证书编号	Y15-20220163
检定有效期	2024年06月28日
α/β 交叉性能	3%的 α 进入 β 道, 0.5%的 β 进入 α 道
效率稳定性	仪器连续通电8小时, 探测器效率变化小于10%

5.4 监测技术规范

1. 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）
2. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
3. 《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/T14056.1-2008）

5.5 其他保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测, 由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好记录。检测时获取足够的数量, 以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料、仪器校准(测试)证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留, 以备复查。检测报告严格实行三级审核制度, 经过校对、审核, 最后由技术负责人审定。

表 6 验收监测内容

为掌握本项目正常运行情况下周围的辐射环境水平，本次验收委托山东鲁环检测科技有限公司对本次验收的相关场所及周围环境进行了现场监测。

6.1 监测项目

环境 γ 辐射空气吸收剂量率、中子剂量率、 α 、 β 表面污染、土壤总放射性。

6.2 监测仪器

使用环境监测 X- γ 辐射空气吸收剂量率仪、 α 、 β 表面污染测量仪、中子剂量率仪、低本底 $\alpha\beta$ 测量仪，具体参数见下表 6-1~6-4。

表 6-1 X- γ 辐射空气吸收剂量率仪监测仪器参数一览表

仪器名称	环境监测 X- γ 辐射空气吸收剂量率仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
能量响应	33KeV~3MeV，变化的限值为 $\pm 15\%$
量程	10nSv/h~1Sv/h
检定单位	山东省计量科学研究院
检定证书编号	Y16-20210491
检定有效期	2025 年 3 月 14 日
剂量率指示的固有误差	不大于 5.0%
使用环境温度	(-30~+55 $^{\circ}$ C) 温度依赖性 <20%

表 6-2 表面污染监测仪器参数一览表

仪器名称	α 、 β 表面污染测量仪
仪器型号	Como170
表面活度响应(R)	$R\alpha=41.62(s^{-1}.Bq^{-1}.cm^2)$ (对 Am-241) $R\beta=59.02(s^{-1}.Bq^{-1}.cm^2)$ (对 Tl-204)
检定单位	中国计量科学研究院
检定证书编号	DLhd2022-02852
检定有效期	2024 年 8 月 9 日
探测器尺寸	170cm ²
探测器类型	ZnS 涂层、薄膜塑料闪烁体探测器

表 6-3 中子周围剂量当量率仪参数一览表

仪器名称	中子周围剂量当量率仪
仪器型号	BH3105E
检定单位	中国计量科学研究院
检定证书编号	DLjs2023-02311
检定有效期	2024 年 8 月 9 日
中子灵敏度	5cps/(μ Sv/h)
测量范围	0.1 μ Sv/h~999.9 mSv/h
能量响应范围	热中子~14MeV

表 6-4 低本底 $\alpha\beta$ 测量仪器参数一览表

仪器名称	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
仪器型号	WIN-8A
检定单位	山东省计量科学研究院
检定证书编号	Y15-20220163
检定有效期	2024 年 06 月 28 日
α/β 交叉性能	3%的 α 进入 β 道, 0.5%的 β 进入 α 道
效率稳定性	仪器连续通电 8 小时, 探测器效率变化小于 10%

6.3 监测分析方法

由两名检测人员共同进行现场监测, 依据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)的要求和方法, 现场布点监测。

环境 γ 辐射空气吸收剂量率: 现场布点监测, 首先进行巡测, 以发现可能出现的高辐射水平区域, 在巡测的基础上对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。每个监测点读取 10 个测量值为一组, 计算其平均值, 扣除宇宙射线响应值后为最终测量结果。

中子剂量率: 现场布点监测, 首先进行巡测, 以发现可能出现的高辐射水平区域, 在巡测的基础上对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。每个监测点读取 10 个测量值为一组, 计算其平均值。

α 、 β 表面污染: 现场布点监测, 每个监测点读取 5 个测量值为一组, 计算其平均值作为最终测量结果。

土壤总放射性：在场所附近、主导风向上风向、主导风向下风向各取 1 个土壤表层样，1 次/天。

6.4 监测布点

本次验收监测对回旋加速器工作场所周围进行了现场监测，具体布点情况见表 6-5~表 6-9，监测布点情况见图 6-1-6-3。

表 6-5 未运行时回旋加速器周围 X-γ 辐射空气吸收剂量率监测点位

序号	监测点位	监测状态	监测因子	频次
a1	回旋加速器机房内	回旋加速器未运行	X-γ辐射空气吸收剂量率	1 次/天，监测 1 天
a2	回旋加速器机房防护门外			
a3	回旋加速器机房东侧控制室			
a4	回旋加速器机房南侧辅助用房			
a5	回旋加速器机房北侧热室房间			
a6	回旋加速器机房上方			
a7	监督区内			
a8	质控区内			

表 6-6 运行时回旋加速器机房周围 X-γ 辐射空气吸收剂量率监测点位

序号	监测点位	监测状态	监测因子	频次
A1	回旋加速器机房东墙外 30cm 处	回旋加速器质子能量： 10MeV 出束时间：连续	X-γ辐射空气吸收剂	1 次/天，监测 1 天，巡逻找出最大剂量点
A2	回旋加速器机房北墙外 30cm 处			
A3	回旋加速器机房南墙西侧外 30cm 处			
A4	回旋加速器机房南墙东侧外 30cm 处			
A5	回旋加速器机房防护门中部外 30cm 处			
A6	回旋加速器机房防护门上门缝外 30cm 处			
A7	回旋加速器机房防护门下门缝外 30cm 处			
A8	回旋加速器机房防护门左门缝外 30cm 处			
A9	回旋加速器机房防护门右门缝外 30cm 处			
A10	回旋加速器机房室顶上			

	方 1m 处			
A11	北侧地沟穿墙管线洞口			
A12	东侧电线穿墙管线洞口			
A13	控制室操作位			
A14	库房			
A15	净化空调机房			
A16	值班监控室			
A17	回旋加速器工作区域防护门			
A18	热室房间操作位	热室房间内 ^{18}F : mCi		
A19	合成热室表面			
A20	分装热室表面			
A21	转运用热室表面			
A22	热室房间东墙外 30cm 处			
A23	热室房间北墙外 30cm 处			
A24	热室房间西侧传递窗外 30cm 处			
A25	热室房间东侧传递窗外 30cm 处			
A26	热室房间北侧门外 30cm 处			
A27	热室房间室顶上方 1m 处			
A28	缓冲间	/		
A29	消毒间			
A30	洁具间			
A31	洁净走廊			
A32	整衣洗衣间			
A33	一更			
A34	二更			
A35	冲淋间			
A36	更衣区			
A37	质控区走廊防护门外 30cm 处			
A38	质控区走廊东墙外 30cm 处			
A39	距药液 50cm0.5mmPb 当量防护衣后	全检质控区内 ^{18}F : 0.2mCi		
A40	距药液 5cm 处			

A41	全检质控间东墙外 30cm 处			
A42	全检质控区北传递窗外 30cm 处			
A43	全检质控区南传递窗外 30cm 处			
A44	全检质控区室顶上方 1m 处			
A45	上脱衣洗手穿衣手消间			
A46	上阳性对照间操作位			
A47	下脱衣洗手穿衣手消间			
A48	下阳性对照间操作位			
A49	内毒素间			
A50	距 40mmPb 当量铅罐 5cm 处	^{18}F : mCi		
A51	距 40mmPb 当量铅罐 50cm 处			
A52	放疗楼一楼距地 100cm 处	回旋加速器质子能量: 10MeV 出束时间: 连续		
A53	住院二部一楼距地 100cm 处			
A54	门诊二部一楼距地 100cm 处			
A55	木材小区内距地 100cm 处			
A56	金属小区内距地 100cm 处			

表 6-7 回旋加速器机房周围中子剂量当量率监测点位

序号	监测点位	监测状态	监测因子	频次
C1	回旋加速器机房东墙外 30cm 处	质子能量: 18MeV 出束时间: 连续	中子剂量率	1 次/天, 监测 1 天, 巡测找出最大剂量点
C2	回旋加速器机房北墙外 30cm 处			
C3	回旋加速器机房南墙西侧外 30cm 处			
C4	回旋加速器机房南墙东侧外 30cm 处			
C5	回旋加速器机房防护门中部外 30cm 处			
C6	回旋加速器机房防护门上门缝外 30cm 处			
C7	回旋加速器机房防护门下门缝外 30cm 处			
C8	回旋加速器机房防护门左门缝外 30cm 处			
C9	回旋加速器机房防护门右门缝外 30cm 处			
C10	回旋加速器机房室顶上方 30cm 处			
C11	北侧地沟穿墙管线洞口			

C12	东侧电线穿墙管线洞口			
C13	控制室操作位			

表 6-8 回旋加速器机房周围 β 表面污染活度监测点位

序号	监测点位	监测因子	频次
B1	控制室地面	β 表面污染水平	1次/天, 监测1天巡测 找出表面污染最大点
B2	控制室墙面		
B3	控制室操作台表面		
B4	控制室门把手		
B5	设备间地面		
B6	设备间墙面		
B7	设备间门把手		
B8	气瓶间地面		
B9	气瓶间墙面		
B10	气瓶间门把手		
B11	库房地面		
B12	库房墙面		
B13	库房门把手		
B14	热室房间地面		
B15	热室房间墙面		
B16	热室房间操作台表面		
B17	热室房间门把手		
B18	分装热室表面		
B19	合成热室表面		
B20	转运用热室表面		
B21	热室房间西侧传递窗表面		
B22	热室房间东侧传递窗表面		
B23	缓冲间墙面		
B24	缓冲间地面		
B25	缓冲间门把手		
B26	消毒间地面		
B27	消毒间墙面		
B28	消毒间门把手		
B29	洁具间地面		
B30	洁具间墙面		

B31	洁具间门把手		
B32	洁净走廊地面		
B33	洁净走廊墙面		
B34	洗衣整衣间地面		
B35	洗衣整衣间墙面		
B36	洗衣整衣间门把手		
B37	一更地面		
B38	一更墙面		
B39	一更门把手		
B40	二更地面		
B41	二更墙面		
B42	二更门把手		
B43	冲淋间地面		
B44	冲淋间墙面		
B45	冲淋间门把手		
B46	更衣室地面		
B47	更衣室墙面		
B48	更衣室门把手		
B49	质控区走廊地面		
B50	质控区走廊墙面		
B51	质控区走廊门把手		
B52	质控室房间地面		
B53	质控室房间墙面		
B54	质控室房间操作台表面		
B55	质控室房间门把手		
B56	质控室北传递窗表面		
B57	质控室南传递窗表面		
B58	上脱衣洗手穿衣手消间地面		
B59	上脱衣洗手穿衣手消间墙面		
B60	上脱衣洗手穿衣手消间门把手		
B61	上阳性对照间地面		
B62	上阳性对照间墙面		
B63	上阳性对照间操作台表面		
B64	上阳性对照间门把手		

B65	下脱衣洗手穿衣手消间地面		
B66	下脱衣洗手穿衣手消间墙面		
B67	下脱衣洗手穿衣手消间门把手		
B68	下阳性对照间地面		
B69	下阳性对照间墙面		
B70	下阳性对照间操作台表面		
B71	下阳性对照间门把手		
B72	内毒素间地面		
B73	内毒素间墙面		
B74	内毒素间门把手		
B75	净化空调机房地面		
B76	净化空调机房墙面		
B77	净化空调机房门把手		
B78	值班监控室地面		
B79	值班监控室墙面		
B80	值班监控室门把手		
B81	监督区走廊地面		
B82	监督区走廊墙面		
B83	回旋加速器工作区域防护门把手		
B84	污物桶表面		
B85	衰变箱表面		
B86	靶防护储存箱		

表 6-9 土壤放射性监测点位

序号	监测点位	监测因子	频次
D1	回旋工作场所上风向绿化带（表层样）	总 α 放射性、总 β 放射性	1次/天，监测1天
D2	回旋工作场所附近绿化带（表层样）		
D3	回旋工作场所下风向绿化带（表层样）		

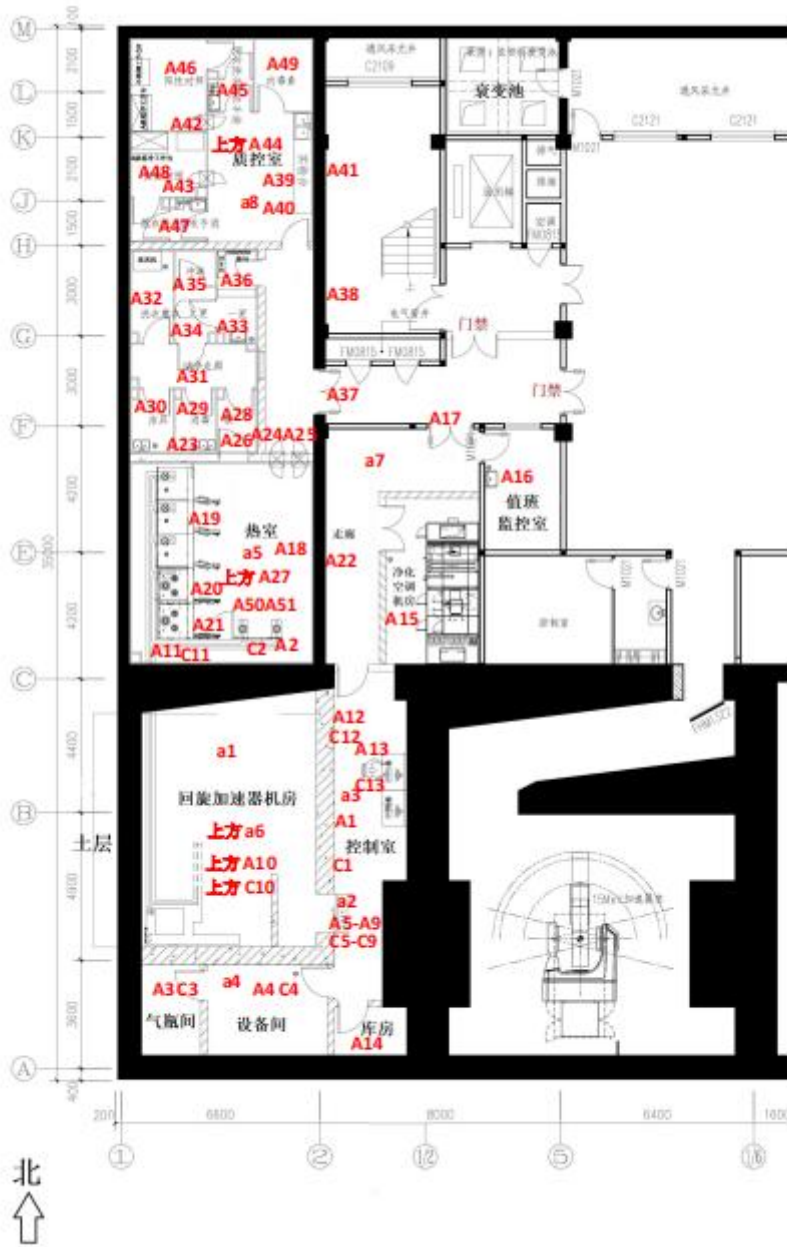


图 6-1 回旋加速器应用项目监测点位图 1

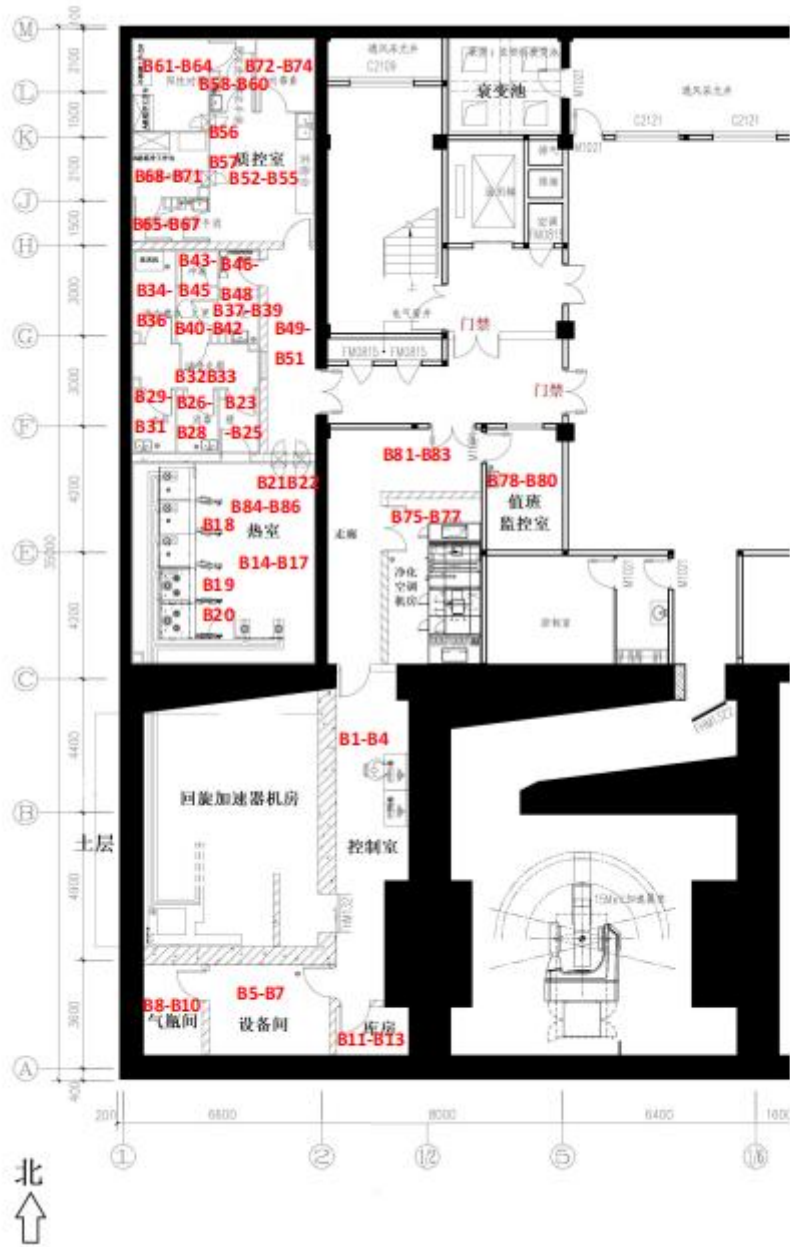


图 6-2 回旋加速器应用项目监测点位图 2



图 6-3 回旋加速器应用项目监测点位图 3

表 7 验收监测

7.1 验收监测期间运行工况

本项目回旋加速器相关工作场所的监测工况如表 7-1 所示。

监测时间：2024 年 4 月 24 日 天气：晴 温度：22~24℃ 湿度：37~42%

监测时间：2024 年 4 月 25 日 天气：晴 温度：21~23℃ 湿度：38~42%

表 7-1 监测工况表

型号	数量	额定参数	监测时工况
		加速粒子/能量	加速粒子/能量
HM-10HC+	1 台	质子 10MeV	质子 10MeV

7.2 验收监测结果

本项目回旋加速器应用项目竣工环境保护验收监测结果，见表 7-1~表 7-4。

表 7-1 回旋加速器周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果

序号	点位描述	检测状态	监测结果 (nSv/h)	
			平均值	标准差
a1	回旋加速器机房内	关机状态	109	2.6
a2	回旋加速器机房防护门外		80.4	0.6
a3	回旋加速器机房东侧控制室		91.1	0.5
a4	回旋加速器机房南侧辅助用房		90.8	0.5
a5	回旋加速器机房北侧热室房间		65.0	1.1
a6	回旋加速器机房上方		80.3	0.6
a7	监督区内		93.3	0.6
a8	控制区内		70.2	0.6
A1	回旋加速器机房东墙外 30cm 处	回旋加速器质子能量：10MeV 出束时间：连续	158	2.5
A2	回旋加速器机房北墙外 30cm 处		129	2.6
A3	回旋加速器机房南墙西侧外 30cm 处		112	2.4
A4	回旋加速器机房南墙东侧外 30cm 处		105	0.7
A5	回旋加速器机房防护门中部外 30cm 处		502	4.0
A6	回旋加速器机房防护门上门缝外 30cm 处		298	3.1
A7	回旋加速器机房防护门下门缝外 30cm 处		417	2.7

A8	回旋加速器机房防护门左门缝外 30cm 处		167	1.8
A9	回旋加速器机房防护门右门缝外 30cm 处		184	1.8
A10	回旋加速器机房室顶上方 1m 处		91.7	1.1
A11	北侧地沟穿墙管线洞口		137	1.5
A12	东侧电线穿墙管线洞口		154	3.4
A13	控制室操作位		119	1.8
A14	库房		102	0.8
A15	净化空调机房		113	1.8
A16	值班监控室		115	1.6
A17	回旋加速器工作区域防护门		107	0.9
A18	热室房间操作位	热室房间 内 ^{18}F : 256mCi	79.2	0.6
A19	合成热室表面		82.5	0.6
A20	分装热室表面		82.0	0.8
A21	转运用热室表面		88.4	1.4
A22	热室房间东墙外 30cm 处		103	0.6
A23	热室房间北墙外 30cm 处		72.0	0.5
A24	热室房间西侧传递窗外 30cm 处		126	2.0
A25	热室房间东侧传递窗外 30cm 处		130	1.2
A26	热室房间北侧门外 30cm 处		74.8	0.5
A27	热室房间室顶上方 1m 处		87.1	0.7
A28	缓冲间	/	70.9	0.4
A29	消毒间		70.3	0.6
A30	洁具间		71.0	0.4
A31	洁净走廊		70.8	0.5
A32	整衣洗衣间		71.1	0.4
A33	一更		71.3	0.4
A34	二更		71.0	0.4
A35	冲淋间		71.1	0.6
A36	更衣区		71.1	0.6
A37	质控区走廊防护门外 30cm 处		107	1.2

A38	质控区走廊东墙外 30cm 处		128	1.2
A39	距药液 50cm 0.5mmPb 当量防护衣后	全检质控区内 ^{18}F : 0.2mCi	75.0	0.4
A40	距药液 5cm 处		654	4.0
A41	全检质控区东墙外 30cm 处		133	0.8
A42	全检质控区北传递窗外 30cm 处		70.9	0.3
A43	全检质控区南传递窗外 30cm 处		71.1	0.4
A44	全检质控区室顶上方 1m 处		86.7	0.3
A45	上脱衣洗手穿衣手消间		70.7	0.5
A46	上阳性对照间操作位		70.7	0.5
A47	下脱衣洗手穿衣手消间		70.4	0.3
A48	下阳性对照间操作位		70.1	0.6
A49	内毒素间		70.4	0.4
A50	距 40mmPb 当量铅罐 5cm 处	铅罐内 ^{18}F : 110mCi	1.83×10^4	0.3
A51	距 40mmPb 当量铅罐 50cm 处		1.85×10^3	<0.1
A52	放疗楼一楼距地 100cm 处	回旋加速器质子能 量: 10MeV 出束时间: 连续	90.1	0.8
A53	住院二部一楼距地 100cm 处		133	1.4
A54	门诊二部一楼距地 100cm 处		123	2.3
A55	原木材小区内距地 100cm 处		79.1	0.5
A56	原金属小区内距地 100cm 处		74.4	0.7

注：检测结果已扣除宇宙射线响应值。

表 7-2 回旋加速器机房周围 β 表面污染水平检测结果

序号	点位描述	β 表面污染检测结果 (Bq/cm ²)	区域
B1	控制室地面	0.07	监督区
B2	控制室墙面	0.06	监督区
B3	控制室操作台表面	0.04	监督区
B4	控制室门把手	0.04	监督区
B5	设备间地面	0.07	监督区
B6	设备间墙面	0.06	监督区
B7	设备间门把手	0.04	监督区
B8	气瓶间地面	0.07	监督区

B9	气瓶间墙面	0.07	监督区
B10	气瓶间门把手	0.06	监督区
B11	库房地面	0.08	监督区
B12	库房墙面	0.07	监督区
B13	库房门把手	0.04	监督区
B14	热室房间地面	0.07	控制区
B15	热室房间墙面	0.05	控制区
B16	热室房间操作台表面	0.01	控制区
B17	热室房间门把手	0.03	控制区
B18	分装热室表面	0.34	控制区
B19	合成热室表面	0.10	控制区
B20	转运用热室表面	0.15	控制区
B21	热室房间西侧传递窗表面	0.40	控制区
B22	热室房间东侧传递窗表面	0.40	控制区
B23	缓冲间墙面	0.05	控制区
B24	缓冲间地面	0.05	控制区
B25	缓冲间门把手	0.03	控制区
B26	消毒间地面	0.05	控制区
B27	消毒间墙面	0.03	控制区
B28	消毒间门把手	0.03	控制区
B29	洁具间地面	0.05	控制区
B30	洁具间墙面	0.02	控制区
B31	洁具间门把手	0.02	控制区
B32	洁净走廊地面	0.05	控制区
B33	洁净走廊墙面	0.03	控制区
B34	洗衣整衣间地面	0.05	控制区
B35	洗衣整衣间墙面	0.03	控制区
B36	洗衣整衣间门把手	0.03	控制区
B37	一更地面	0.06	控制区
B38	一更墙面	0.04	控制区

B39	一更门把手	0.03	控制区
B40	二更地面	0.06	控制区
B41	二更墙面	0.03	控制区
B42	二更门把手	0.03	控制区
B43	冲淋间地面	0.06	控制区
B44	冲淋间墙面	0.03	控制区
B45	冲淋间门把手	0.03	控制区
B46	更衣室地面	0.06	控制区
B47	更衣室墙面	0.04	控制区
B48	更衣室门把手	0.03	控制区
B49	质控区走廊地面	0.08	控制区
B50	质控区走廊墙面	0.02	控制区
B51	质控区走廊门把手	0.03	控制区
B52	质控室房间地面	0.06	控制区
B53	质控室房间墙面	0.05	控制区
B54	质控室房间操作台表面	0.03	控制区
B55	质控室房间门把手	0.02	控制区
B56	质控室北传递窗表面	0.05	控制区
B57	质控室南传递窗表面	0.04	控制区
B58	上脱衣洗手穿衣手消间地面	0.07	控制区
B59	上脱衣洗手穿衣手消间墙面	0.05	控制区
B60	上脱衣洗手穿衣手消间门把手	0.03	控制区
B61	上阳性对照间地面	0.07	控制区
B62	上阳性对照间墙面	0.05	控制区
B63	上阳性对照间操作台表面	0.03	控制区
B64	上阳性对照间门把手	0.03	控制区
B65	下脱衣洗手穿衣手消间地面	0.07	控制区
B66	下脱衣洗手穿衣手消间墙面	0.05	控制区
B67	下脱衣洗手穿衣手消间门把手	0.03	控制区
B68	下阴性对照间地面	0.07	控制区

B69	下阴性对照间墙面	0.05	控制区
B70	下阴性对照间操作台表面	0.03	控制区
B71	下阴性对照间门把手	0.03	控制区
B72	内毒素间地面	0.07	控制区
B73	内毒素间墙面	0.05	控制区
B74	内毒素间门把手	0.04	控制区
B75	净化空调机房地面	0.08	监督区
B76	净化空调机房墙面	0.09	监督区
B77	净化空调机房门把手	0.04	监督区
B78	值班监控室地面	0.08	监督区
B79	值班监控室墙面	0.07	监督区
B80	值班监控室门把手	0.05	监督区
B81	监督区走廊地面	0.09	监督区
B82	监督区走廊墙面	0.06	监督区
B83	回旋加速器工作区域防护门把手	0.05	监督区
B84	污物桶表面	0.05	控制区
B85	衰变箱表面	0.06	控制区
B86	靶防护储存箱	0.35	控制区

注：以上点位 α 表面污染检测结果为未检出。

表 7-3 开机状态回旋加速器机房周围中子剂量率检测结果

序号	点位描述	监测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
		平均值
C1	回旋加速器机房东墙外 30cm 处	<0.1
C2	回旋加速器机房北墙外 30cm 处	<0.1
C3	回旋加速器机房南墙西侧外 30cm 处	<0.1
C4	回旋加速器机房南墙东侧外 30cm 处	<0.1
C5	回旋加速器机房防护门中部外 30cm 处	0.3
C6	回旋加速器机房防护门上门缝外 30cm 处	<0.1
C7	回旋加速器机房防护门下门缝外 30cm 处	0.1
C8	回旋加速器机房防护门左门缝外 30cm 处	<0.1

C9	回旋加速器机房防护门右门缝外 30cm 处	<0.1
C10	回旋加速器机房室顶上方 30cm 处	<0.1
C11	北侧地沟穿墙管线洞口	<0.1
C12	东侧电线穿墙管线洞口	<0.1
C13	控制室操作位	<0.1

表 7-4 土壤放射性检测结果

编号	点位描述	总 α 放射性检测结果 (Bq/kg)	总 β 放射性检测结果(Bq/kg)
D1	回旋工作场所上风向绿化带	225	265
D2	回旋工作场所附近绿化带	255	292
D3	回旋工作场所下风向绿化带	290	315

监测结果分析：由表 7-1~表 7-4 可知：

非工作状态下，回旋加速器工作场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 65.0~109nSv/h，按照《环境 γ 剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）5.5 条款换算为 5.42~9.08 $\times 10^{-8}$ nGy/h。对照表 1-3，本项目工作场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率处于滨州市（惠民地区）环境天然辐射水平的正常波动范围内。

工作状态下，回旋加速器工作场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果最大值为 502nSv/h，中子剂量当量率最大值为 0.3 μ Sv/h，总周围剂量当量率约不大于 0.8 μ Sv/h，低于环评批复、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及本次验收所规定的 2.5 μ Sv/h 的标准限值。

控制区表面污染监测结果最大值为 0.40Bq/cm²，监督区表面污染监测结果最大值为 0.09Bq/cm²，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的放射性表面污染控制水平要求。

土壤放射性总 α 放射性为 290Bq/kg，总 β 放射性为 315Bq/kg，参考《南水北调山东段沿线土壤的放射性水平》（邓大平等，中国辐射卫生 Dec 2006，Vol15，No4），处于本底水平范围内。

7.3 职业人员与公众成员受照剂量

1.年有效剂量估算公式

$$H=0.7 \times Dr \times T \quad (7-1)$$

式中：H——年有效剂量，Sv/a；

0.7——吸收剂量对有效剂量的换算系数，Sv/Gy；

Dr——X 剂量率，Gy/h；

T——年受照时间，h。

2.居留因子

居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）选取，见下表 7-5。

表 7-5 居留因子的选取

场所	居留因子 (T)		停留位置	本项目
	典型值	范围		
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区域	1: 控制室、热室、全检质控区、周围环境保护目标
部分居留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室	
偶然居留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯	1/40: 全检质控间东墙外

3.照射时间

根据医院提供的资料，该院启动回旋加速器生产核素 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 和 ^{15}O ，本项目主要应用核素 ^{18}F （半衰期为 1.83h），其他核素 ^{11}C （半衰期为 20.33min）和 ^{13}N （半衰期为 10.0min）、 ^{15}O （半衰期为 122S）应用较少，几种核素半衰期较短，且 γ 射线照射量常数相近，故本次验收以 ^{18}F 进行分析核算。

回旋加速器全年最多开机 550 次，每次时间最长 2h。本项目回旋加速器工作场所工作由医院核医学科 2 名工作人员负责，2 人轮岗。

4.职业工作人员受照剂量

从事回旋加速器制药工作的辐射工作人员受照射环节主要为：制药、质控、分装、

维护、药物运输等。

1、回旋加速器运转制药

本项目生产放射性同位素及药物合成为自动化工艺，生产过程中，工作人员位于回旋加速器控制室内。根据本次监测结果，回旋加速器连续出束时控制室操作位处 γ 辐射空气吸收剂量率为119nSv/h，中子剂量率为 $<0.1\mu\text{Sv/h}$ ，保守综合按229nSv/h考虑。单次操作时间一般不超过60min，年操作时间为550h。

该阶段职业工作人员身体和手部的年受照剂量为 $229 \times 550 \times 10^{-6} \times 1 = 0.126\text{mSv/a}$ 。

药物制备合成过程中，工作人员位于热室房间内，药物合成过程工作人员不长时间在合成操作间内停留，本次验收保守考虑居留因子按1。根据本次监测结果，制备合成过程中热室操作位的剂量率为79.2nSv/h。单次操作时间一般不超过40min，年操作时间为366.7h。

该阶段职业工作人员身体和手部的年受照剂量为 $79.2 \times 366.7 \times 10^{-6} \times 1 = 0.029\text{mSv/a}$ 。

2、质控

质控时，取药液0.2mCi，由工作人员对药物进行外观、pH、放化纯度、化学纯度、热源检查或细菌内毒素实验等项目的质控检测。质控过程工作人员穿0.5mmPb当量防护衣，药物距离手部约5cm，距离身体约为50cm。根据本次监测结果，距0.2mCi药液5cm处剂量率为654nSv/h，距0.2mCi药液50cm0.5mmPb当量防护衣后剂量率为75.0nSv/h。单次操作时间一般不超过20min，年操作时间为188.3h。

该阶段职业工作人员身体年受照剂量为 $75.0 \times 188.3 \times 10^{-6} \times 1 = 0.014\text{mSv/a}$ ，手部的年受照剂量为 $654 \times 188.3 \times 10^{-6} \times 1 = 0.123\text{mSv/a}$ 。

3、从回旋加速器内卸下靶盒和过滤膜

在停机2~3天后卸靶，根据设备厂商提供的资料，靶前（即卸靶人手部）剂量率约为 $400\mu\text{Gy/h}$ ，距靶50cm（即卸靶人身体）剂量率约为 $30\mu\text{Gy/h}$ 。每次用时5min，全年最多卸8次，共用40min（0.67h）。

该阶段职业工作人员身体年受照剂量 $0.7 \times 30 \times 0.67 \times 10^{-3} \times 1 = 0.014\text{mSv/a}$ ，手部

的年受照剂量为 $0.7 \times 400 \times 0.67 \times 10^{-3} \times 1 = 0.188 \text{mSv/a}$ 。

4、洗靶

本项目回旋加速器采用全自动洗靶，洗靶过程中无需靠近，工作人员基本不接受附加剂量。

5、药物转运

根据现在的第二种转运情况考虑，放射性药物在合成分装完成后，工作人员将放射性药物转移至 40mmPb 当量铅罐内，铅罐置于推杆箱内，距离手部约 5cm，距离身体约为 50cm，由工作人员将药物通过专用电梯转移至负一层注射室，待药物交接完成后将空的铅罐带回热室区域。根据本次监测结果，铅罐内放置 110mCi¹⁸F 时，距 40mmPb 当量铅罐 5cm 处剂量率为 18.3 μ Sv/h，距 40mmPb 当量铅罐 50cm 处剂量率为 1.85 μ Sv/h。单次操作时间一般不超过 1min，年操作次数按 250 天考虑，则年操作时间为 250min（4.17h）。

该阶段职业工作人员身体年受照剂量 $1.85 \times 4.17 \times 10^{-3} \times 1 = 0.008 \text{mSv/a}$ ，手部的年受照剂量为 $18.3 \times 4.17 \times 10^{-3} \times 1 = 0.076 \text{mSv/a}$ 。

表 7-6 职业人员剂量核算

过程	制药	合成分装	质控	维护	转运	总和
手部(mSv/a)	0.126	0.029	0.123	0.188	0.076	0.542
身体(mSv/a)	0.126	0.029	0.014	0.014	0.008	0.191

综上所述，本项目每名职业工作人员身体年受照剂量约为 $0.191/2 = 0.096 \text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的工作人员 20mSv 的年有效剂量限值，也低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中要求的一般情况下职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a，环评及本次验收提出的 5.0mSv 的年管理剂量约束值。职业工作人员手部年受照剂量约为 $0.542/2 = 0.271 \text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的工作人员手部 500mSv/a 限值，也低于环评、批复及本次验收提出的 125mSv 的年管理剂量约束限值。

5.公众成员受照剂量

根据医院提供资料，回旋加速器全年最多开机 550 次，每次时间最长 2h，则本项

目公众成员的年受照时间为 1100h。

表 7-6 公众成员剂量核算

关注点	剂量率(nSv/h)	居留因子	时间 (h/a)	最大年有效剂量 (mSv/a)
全检质控区 东墙外	133	1/40	1100	3.66×10^{-3}
放疗楼	90.1	1		0.099
内科病房楼	133	1		0.146
门诊楼	123	1		0.135
原木材小区	79.1	1		0.087
原金属小区	74.4	1		0.082

综上所述，本项目公众成员年受照剂量最大值为 0.146mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评及本次验收采用的公众年剂量管理目标值不超过 0.25mSv/a 的管理要求。

表 8 验收监测结论

按照国家有关环境保护的法律法规，该项目进行了环境影响评价，履行了建设项目环境影响审批手续，项目配套建设环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

8.1 项目概况

滨州医学院附属医院位于滨州市滨城区黄河二路 661 号，医院已在肿瘤防治中心地下二层新建回旋加速器工作场所，使用一台住友重机生产的 HM-10HC+型回旋加速器，制备 PET 用放射性药物 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N ，日等效最大操作量为 $1.221 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所（乙级： $2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。

8.2 现场监测结果

非工作状态下，回旋加速器工作场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 $65.0 \sim 109 \text{nSv/h}$ ，按照《环境 γ 剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）5.5 条款换算为 $5.42 \sim 9.08 \times 10^{-8} \text{nGy/h}$ 。对照表 4-3，本项目工作场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率处于滨州市环境天然辐射水平的正常波动范围内。

工作状态下，回旋加速器工作场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果最大值为 502nSv/h ，中子剂量当量率最大值为 $0.3 \mu \text{Sv/h}$ ，总周围剂量当量率约不大于 $0.8 \mu \text{Sv/h}$ ，低于环评批复、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及本次验收所规定的 $2.5 \mu \text{Sv/h}$ 的标准限值。

控制区表面污染监测结果最大值为 0.40Bq/cm^2 ，监督区表面污染监测结果最大值为 0.09Bq/cm^2 ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的放射性表面污染控制水平要求。

土壤放射性总 α 放射性为 290Bq/kg ，总 β 放射性为 315Bq/kg ，参考《南水北调山东段沿线土壤的放射性水平》（邓大平等，中国辐射卫生 Dec 2006，Vol15，No4），处于本底水平范围内。

8.3 职业人员与公众受照剂量结果

1. 职业人员受照剂量结果

根据本次验收监测结果估算得知，本项目职业工作人员身体年受照剂量约为0.096mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的工作人员20mSv的年平均有效剂量限值，也低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中要求的一般情况下职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a，环评及本次验收提出的5.0mSv的年平均管理剂量约束值。职业工作人员手部年受照剂量约为0.271mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的工作人员手部500mSv/a限值，也低于环评、批复及本次验收提出的125mSv的年平均管理剂量约束限值。

2. 公众受照剂量结果

根据本次验收监测结果估算得知，本项目公众成员年受照剂量最大值为0.146mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定1mSv/a的剂量限值，也低于环评及本次验收采用的公众年剂量管理目标值不超过0.25mSv/a的管理要求。

8.4 现场检查结果

回旋加速器相关工作场所由回旋加速器机房、热室、全检质控区及相关辅助用房组成。工作场所布局、分区管理及动线合理、各防护屏蔽措施（回旋加速器自屏蔽、场所实体屏蔽、合成与分装装置的屏蔽、传输管道的屏蔽）设置及其他防护设施（安全联锁系统、工作状态指示灯、电离辐射警告标志、急停按钮、固定式剂量监测、检测设备、门禁系统、视频监控、个人防护用品等）的配置均能正常工作且有效，能够满足辐射安全防护的要求。

8.5 环境管理

滨州医学院附属医院签订了《辐射工作安全责任书》，法人代表为辐射工作安全责任人，设置专职机构环境辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组并指定专人负责放射性同位素与射线装置的安全和防护工作，指定专人负责放射性同位素的保管工作。

制定了《辐射防护与安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《放射质控设备检修维护制度》、《辐射监测方案》、《辐射工作人员专职职责》、《辐射工作人员培训考核计划》、《设备使用登记制度》、《放射源台账登记制度》、《回旋加速器操作规

范》、《回旋加速器室规章制度》、《 ^{18}F -FDG合成操作规范》等核医学科规章制度及相关辐射防护管理制度，建立了辐射安全管理档案。编制了《辐射事故应急预案》，按计划组织开展了辐射事故应急演练，按规定编制辐射安全和防护状况年度评估报告并在规定时间内提报全国核技术利用辐射安全申报系统。

配置了2名辐射工作人员，均已通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，参加考核并取得合格成绩，处于有效期内。每人配备了2枚个人剂量计，并委托有资质单位负责对个人剂量定期进行监测并出具监测报告，已建立1人1档。

配备了铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜、铅手套等个人防护制品，为辐射工作场所配备了固定式辐射剂量监测仪、个人剂量报警仪、表面污染检测仪及便携式辐射监测仪等监测设备和活度计等质控设备。

综上所述，滨州医学院附属医院的回旋加速器工作场所应用项目基本落实了辐射安全管理制度和辐射安全防护各项措施，辐射安全与防护措施有效，辐射安全管理制度齐全，编制了辐射事故应急预案并进行了应急演练，验收监测结果满足要求，本项目对辐射工作人员和公众成员是安全的，具备建设项目竣工环境保护验收条件。

8.6 要求与建议

结合工作实际，不断完善辐射安全管理制度，定期做好辐射工作人员再培训，加强辐射事故应急演练。

附件 1：委托书

委托书

山东博瑞达环保科技有限公司：

我单位 回旋加速器应用项目 已建成调试运行。该项目已按照生态环境部门的审批要求，严格落实各项环境保护措施，污染防治措施和主体工程同时投入调试运行。根据《建设项目环境管理条例》、《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》（国环规环评[2017]4号）等有关规定，委托你单位对本项目进行环境保护竣工验收。

滨州医学院附属医院

2024年4月11日



附件 2：环评批复

生态环境部门审批意见

滨环辐表审〔2021〕47号

经研究，对《滨州医学院附属医院回旋加速器应用项目环境影响报告表》提出审批意见如下：

一、滨州医学院附属医院位于滨州市滨城区黄河二路 661 号，医院拟在肿瘤防治中心地下二层新建回旋加速器工作场所，使用一台住友重机生产的 HM-10HC+型回旋加速器，制备 PET 用放射性药物 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N ，日等效最大操作量为 $1.221 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所（乙级： $2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。

该项目在落实环境影响报告表提出的环境保护措施及本审批意见的要求后，对环境的影响符合国家有关规定和标准，从环境保护角度，我局同意该项目按照环境影响报告表中所列的项目性质、规模、地点和采取的环境保护措施进行运营。

二、该项目在设计、建设和运营中，应严格落实环境影响报告表提出的辐射安全与防护措施和以下要求：

（一）严格执行辐射安全管理制度。落实辐射安全管理责任制。医院法人代表为辐射安全工作第一责任人，分管负责人为直接责任人。设置辐射安全与环境保护管理机构，指定 1 名本科以上学历的专职技术人员负责辐射安全管理工作，落实岗位职责。辐射工作场所应安排技术人员负责各自的辐射安全管理工作。制定放射性同位素使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、培训计划和监测方案等，建立辐射安全管理档案。

该项目在落实环境影响报告表提出的环境保护措施及本审批意见的要求后，对环境的影响符合国家有关规定和标准，从环境保护角度，我局同意该项目按照环境影响报告表中所列的项目性质、规模、地点和采取的环境保护措施进行运营。

二、该项目在设计、建设和运营中，应严格落实环境影响报告表提出的辐射安全与防护措施和以下要求：

(一) 严格执行辐射安全管理制度。落实辐射安全管理责任制。医院法人代表为辐射安全工作第一责任人，分管负责人为直接责任人。设置辐射安全与环境保护管理机构，指定 1 名本科以上学历的专业技术人员负责辐射安全管理工作，落实岗位职责。辐射工作场所应安排技术人员负责各自的辐射安全管理工作。制定放射性同位素使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、培训计划和监测方案等，建立辐射安全管理档案。

(二) 加强辐射工作人员的安全和防护工作。制定培训计划，组织辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，经考核合格后方可上岗；考核不合格的，不得从事辐射工作。按照《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）的要求建立辐射工作人员个人剂量档案，做到 1 人 1 档。辐射工作人员应规范佩戴个人剂量计，每 3 个月进行 1 次个人剂量监测。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，及时向生态环境部门报告。

(三) 做好辐射工作场所的安全和防护工作。

1. 回旋加速器工作场所划分为控制区和监督区，落实工作场所的实体屏蔽措施，确保控制区外空气比释动能率不大于 2.5 μ Sv/h。

2. 工作场所醒目位置设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准(GB18871-2002)》要求的电离辐射警告标志。

3. 落实放射性药品出入库登记制度，建立使用台账，定期盘存。做好安保工作，明确专人负责保管，确保放射性药品安全。

4. 应采取有效措施控制放射性核素进入废水，减少放射性废水的产生。放射性废水须经专门的废水收集系统排放至专门的衰变池内，至少衰变 30 天后方可排入污水处理系统，同时确保向环境排放的放射性核素满足排放限值的要求；项目产生的放射性固体废物应收集到符合规范的

放射性废物衰变箱内，放射性固体废物暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，方可对废物清洁解控并作为医疗废物处理；合成分装柜内设置专门的排风管道，场所控制区内主要房间设置专门的排风管道。

5. 配置必要的辐射监测设备。严格执行辐射环境监测计划，并及时向环保部门上报监测数据。

(四) 开展本单位辐射安全和防护状况的年度评估，每年 1 月 31 日前向我局提交年度评估报告。

(五) 制定并定期修订辐射事故应急预案，组织开展应急演练。若发生辐射事故，应及时向生态环境、公安和卫生健康委等部门报告。

三、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度，落实各项辐射安全与防护设施。该项目竣工后，须按规定程序开展竣工环境保护验收，并依法向社会公开验收报告。经验收合格后，项目方可投入运行。

四、环境影响报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或采取的辐射安全与防护设施发生重大变动的，应当按要求重新报批环境影响报告表。项目自审批之日起五年后开工建设的，其环境影响评价文件应当报我局重新审核。

五、由滨州市生态环境局滨城分局，负责该项目“三同时”日常监督管理工作，并对其监督检查。



附件 3：辐射安全与防护考核情况

序号	人员	岗位	成绩报告单编号
1	王春伟	操作人员	FS20SD0300007
2	朱凯	操作人员	FS23SD0300156

各人员核技术利用辐射安全与防护考核成绩单：

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩单



王春伟，男，1983年10月17日生，身份证：372325198310171610，于2020年06月参加核医学辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS20SD0300007 有效期：2020年06月至 2025年06月

报告单查询网址：www.fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩单



朱凯，男，1992年02月21日生，身份证：372301199202210313，于2023年06月参加核医学辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS23SD0300156 有效期：2023年06月10日至 2028年06月10日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



附件 4：辐射安全许可证





根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	滨州医学院附属医院			
统一社会信用代码	12370000494582759L			
地 址	山东省滨州市滨城区黄河二路 661 号			
法定代表人	姓 名	王玉玖	联系方式 0543-3256506	
辐射活动场所	名 称	场所地址	负责人	
	第二介入导管室	山东省滨州市滨城区影像楼四楼	张梅	
	综合楼手术室	山东省滨州市滨城区新门诊医技病房综合楼 4 楼	张全意	
	门诊 2 部口腔科	山东省滨州市滨城区滨州市黄河二路 661 号门诊 2 部口腔科	姜兴岳	
	新门诊医技病房综合楼放射科	山东省滨州市滨城区新门诊医技病房综合楼 1 楼	姜兴岳	
	ERCP 室	山东省滨州市滨城区滨州市黄河二路 661 号综合楼内锦室 ERCP 室	高桃	
	影像楼核医学科	山东省滨州市滨城区黄河二路 661 号影像楼三楼	王旭	
	查体中心 1 楼	山东省滨州市滨城区滨州市黄河二路 661 号查体中心 1 楼	姜兴岳	
	肿瘤放疗楼核医学科	山东省滨州市滨城区黄河二路 661 号肿瘤放疗楼负一、负二楼	王旭	
	肿瘤放疗科	山东省滨州市滨城区新肿瘤放疗楼二楼、三楼、负二楼	王峰	
	影像楼放射科	山东省滨州市滨城区影像楼 1 楼、2 楼	姜兴岳	
	发热门诊	山东省滨州市滨城区滨州市黄河二路 661 号发热门诊	姜兴岳	
	证书编号	鲁环辐证160281		
	有效期至	2027 年 06 月 15 日		
发证机关	山东省生态环境厅		(盖章)	
发证日期	2024 年 04 月 08 日			



(二) 非密封放射性物质

证书编号: 鲁环辐证[16028]

序号	辐射活动场所名称	场所等级	活动种类和范围						备注		
			核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	申请单位	监管部门
1	影像楼核医学科	乙级	Tc-99m	液态	使用	放射性药物诊断	1.11E+10	1.11E+7	2.96E+11		
2			I-131	液态	使用	放射性药物治疗	1.85E+9	1.85E+8	5.55E+10		
3			Mo-99	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+10	1.85E+7	9.25E+11		
4			I-125	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+3	1.85E+4	5.55E+5		
5			Sr-89	液态	使用	放射性药物治疗	2.96E+8	2.96E+7	2.96E+9		
6			Sr-153	液态	使用	放射性药物治疗	2.96E+9	2.96E+8	2.96E+10		
7	肿瘤放疗楼核医学科	乙级	F-18	液态	生产、使用	放射性药物诊断	7.4E+10	7.4E+8	1.85E+13		
8			I-125(粒子源)	固态	使用	放射性药物治疗	1.55E+10	1.55E+9	5.68E+11		
9			C-11	液态	生产、使用	放射性药物诊断	3.7E+10	3.7E+8	1.85E+12		

4 / 17



(二) 非密封放射性物质

证书编号: 鲁环辐证[16028]

序号	辐射活动场所名称	场所等级	活动种类和范围						备注		
			核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	申请单位	监管部门
10			N-13	液态	生产、使用	放射性药物诊断	3.7E+9	3.7E+7	1.85E+11		

5 / 17



(三) 射线装置

证书编号：鲁环辐证[16028]

序号	活动种类和范围				使用台账				备注			
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
20	科	速器				器			MeV			
		医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	大口径CT	Brilliance	75015	管电压 140 kV 管电流 500 mA	大口径CT		
		放射治疗模拟定位装置	III类	使用	1							
21		医用直线加速器				23EX	5946	粒子能量 10 MeV	瓦里安公司			
22	肿瘤放疗核医学科	制备正电子发射计算机断层显像装置(PET)	II类	使用	1	回旋加速器	HM-10HC+	WWCA0300	粒子能量 10 MeV	住友重机械工业株式会社		
23		放射治疗用的加速器										
		医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	PET/CT	Biograph mCT	10529161	管电压 140 kV 管电流 666 mA	西门子公司		

11 / 17



(五) 许可证申领、变更和延续记录

证书编号：鲁环辐证[16028]

序号	业务类型	批准时间	内容事由	申领、变更和延续前许可证号
1	重新申请	2024-04-08	许可证重新申领	鲁环辐证[16028]
2	变更	2023-07-25	变更, 批准时间: 2023-07-25	鲁环辐证[16028]
3	重新申请	2022-06-16	重新申请, 批准时间: 2022-06-16	鲁环辐证[16028]
4	重新申请	2020-06-16	重新申请, 批准时间: 2020-06-16	鲁环辐证[16028]
5	变更	2020-03-20	变更, 批准时间: 2020-03-20	鲁环辐证[16028]
6	重新申请	2019-12-03	重新申请, 批准时间: 2019-12-03	鲁环辐证[16028]
7	变更	2017-12-25	变更, 批准时间: 2017-12-25	鲁环辐证[16028]
8	变更		变更	鲁环辐证[16028]
9	变更		变更	鲁环辐证[16028]
10	申请	2014-06-18	申请, 批准时间: 2014-06-18	鲁环辐证[16028]
11	申请	2009-07-01	申请, 批准时间: 2009-07-01	鲁环辐证[16028]

16 / 17

附件 5：辐射工作安全责任书

附件 4：

辐射工作安全责任书

为防治放射性污染，保护环境，保障人体健康，落实辐射工作安全责任，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》有关规定，滨州医学院附属医院承诺：

一、法定代表人王玉玖为辐射工作安全责任人。

二、设置专职机构环境辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组并指定专人张志龙负责放射性同位素与射线装置的安全和防护工作。

三、在许可规定的范围内从事辐射工作。

四、健全安全、保安和防护管理规章制度，制定辐射事故应急预案，并采取措施防止辐射事故的发生。一旦发生事故将立即报告当地环保部门。

五、建立放射性同位素的档案，并定期清点。

六、指定专人王旭负责放射性同位素保管工作。放射性同位素单独存放，不与易燃、易爆、腐蚀性等物品混存。确保贮存场所具有有效防火、防水、防盗、防丢失、防泄漏的安全措施。贮存、领取、使用、归还放射性同位素时及时进行登记、检查，做到账物相符。

七、保证其辐射工作场所安全、防护和污染防治设施符合国家有关要求，并确保这些设施正常运行。



八、发生任何涉及放射性同位素的转让、购买行为时，在规

定时间内办理备案登记手续。

九、在运输或委托其他单位运输放射性同位素时，遵守有关法律法规，制定突发事件的应急方案，并有专人押运。

十、按有关规定妥善处置放射性废物或及时送城市放射性废物库贮存。



十一、对本单位辐射工作人员进行有关法律、法规、规章、专业技术、安全防护和应急响应等知识的培训教育，持证上岗。

十二、每年对本单位辐射工作安全与防护状况进行一次自我安全评估，对存在的安全隐患提出整改方案，安全评估报告报省级环保部门备案。

十三、建立辐射工作人员健康和个人剂量档案。

十四、认真履行上述责任，如有违反，造成不良后果的，将依法承担有关法律及经济责任。

单位：滨州医学院附属医院

法定代表人：  辐射安全负责人： 

联系人：张志龙 电话：18366827211

日期：2024.01.03



附件 6：辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组

滨州医学院附属医院

滨附行字〔2021〕41号

关于调整环境辐射安全与 放射卫生防护安全管理领导小组的通知

各部门、单位、科室：

为了更好地贯彻国家执行《环境保护法》、《职业病防治法》、《放射诊疗管理规定》等法律法规，落实国家生态环境部、国家卫计委颁布的放射安全管理的文件精神，强化责任意识、安全意识，根据工作需要和领导分工，对环境辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组进行调整，人员组成如下：

组 长：王玉玖

成 员：马新江 王文明 王 旭 王 峰 邓国志
田秀娥 刘长梅 刘志刚 刘泉源 张全意
张 梅 姜兴岳 马振滨 孙长华 郝延璋
高立波

放射防护专职工作人员：张志龙

滨州医学院附属医院

2021年5月10日

附件 1

环境辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组人员职责

一、贯彻执行《环境保护法》、《职业病防治法》、《放射诊疗管理规定》等法律法规及综合管理日常安全工作。

二、组织制定或修订放射安全管理制度及放射安全技术操作规范，并对这些规章制度的贯彻执行进行监督检查。

三、定期组织对放射诊疗工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查。

四、协助制定完善本院突发性放射事故应急预案并组织演练，参与事故调查工作，及时上报上级卫生行政及环保部门。

五、负责本院放射防护教育工作，组织本单位相关工作人员参加专业技术、放射防护知识及有关规定的培训和健康检查。

六、协助有关部门研究制定放射职业危害的措施并监督执行情况。

环境辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组人员分工

组 长：王玉玖：负责放射防护总体工作，放射卫生应急事件发生后的医疗救护工作事宜。

成员分工：

邓国志：总体负责医院放射防护管理工作。

高立波：负责放射应急事件发生后的人员工伤鉴定补偿等。

姜兴岳：具体负责放射科、放射诊断组的放射防护管理工作。

刘泉源：具体负责放射科技术组的放射防护管理工作。

韩新强：具体负责介入血管外科的放射防护管理工作。

张 梅：具体负责第二介入导管室的放射防护管理工作。

田秀娥：具体负责第一介入导管室的放射防护管理工作。

郝延璋：具体负责肿瘤科的放射防护管理工作。

马隆波：具体负责肿瘤放疗科的放射防护管理工作。

王 旭：具体负责核医学科的放射防护管理工作。

张全意：具体负责手术室的放射防护管理工作。

张 勇：具体负责健康体检管理部的放射防护管理工作。

刘长梅：负责本科室使用核素的放射防护管理工作。

马新江：负责放射性废水的管理工作。

王 伟：负责放射诊疗设备的购置、维修、保养等工作。

王洪福：负责放射性同位素和射线装置的安全保卫工作。

放射防护专职工作人员：

张志龙：具体负责《放射诊疗许可证》、《辐射安全许可证》的新增、变更、换证等工作，负责改建项目的评价验收、性能及防护检测。负责放射工作人员的培训、个人剂量、查体等。

附件 7：辐射事故应急预案

滨州医学院附属医院辐射事故应急预案

为规范和强化应对突发辐射事故的应急处置能力，提高工作人员对辐射事故应急防范的意识，将放射事故造成的损失和污染后果降低到最小程度，最大限度地保障放射工作人员与公众的安全，维护正常和谐的放射诊疗秩序，做到对放射事故早发现、速报告、快处理，建立快速反应机制。根据上级卫生部门与环保部门要求，依据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》、《职业病防治法》及《放射诊疗管理规定》等相关法律法规，制定本辐射事故应急预案。

一、组织机构

（一）成立辐射事故应急工作领导小组

医院成立放射事故应急处理工作领导小组，组长为本单位法人代表，副组长为分管领导及放射诊疗科负责人，成员各有关人员组成，领导小组成员名单如下：

组 长：王玉玖

副组长：张晓敏 李洪波 徐宁

成 员：邓国志 姜兴岳 郝延璋 韩新强 王旭 王洪福

主要职责：监督检查放射安全工作，防止放射事故的发生；针对防范措施失效和未落实防范措施的单位提出整改意见；对已发生放射事故的现场进行组织协调、安排救助、并向放射工作人员与公众通报；负责向上级行政主管部门报告放射事故发生和应急救援情况，负责恢复正常秩序、稳定受照人员情绪等方面的工作。

（二）领导小组下设工作组，成员及职责如下：

1. 应急指挥中心

总指挥：王玉玖

成 员：张晓敏 李洪波 徐宁 邓国志 姜兴岳 郝延璋 韩新强 王旭
孙斌 任 瑞

主要职责：

（1）负责组织应急准备工作，调度人员、设备、物资等，指挥其他各应急小组迅速赶赴现场，开展工作；

(2) 对放射事故的现场进行组织协调、安排救助，指挥放射事故应急救援行动；

(3) 负责向上级行政主管部门报告放射污染事件应急救援情况；

(4) 负责恢复本单位正常秩序。

2. 现场处置组：

组长：张晓敏

成员：邓国志 姜兴岳 郝延璋 韩新强 王旭 刘泉源

王洪福 任 瑞 张志龙

主要职责：

(1) 接到放射事故发生的报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；

(2) 负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；

(3) 迅速、正确判断事件性质，将事故情况报告应急指挥中心；

(4) 配合上级相关主管部门（卫生、环保、公安）进行检测和现场处理等各项工作。

3. 现场救护组：

组长：李洪波

成员：邓国志 张金英 徐会圃 陈艳 吴福玲 马蕾

主要职责：

(1) 接到指挥中心命令后，迅速赶赴现场；

(2) 现场进行伤员救助，并根据现场情况向指挥中心报告人员损伤情况；

(3) 联系相关医院，跟随救治；

(4) 将人员恢复情况随时报指挥中心。

4. 后勤保障组：

组长：李洪利

成员：王洪福 石金昌 李福忠 马新江 刘志刚

主要职责：

(1) 接到指挥中心命令后，立即启动应急人员和设施；

(2) 保证水、电供应，交通运输；

(3) 保证食物用餐。

二、应急处置程序

本单位一旦发生放射事故，必须立即采取措施防止事故继续发生和蔓延而扩大危害范围，并在第一时间向本单位领导小组报告，同时启动应急指挥系统，具体程序如下：

1. 迅速报告

发生事故的单位必须立即将发生事故的性质、时间、地点、科室名称、联系人、电话等报告给放射事故应急领导小组办公室（电话：3258829），办公室立即将情况向放射事故应急领导指挥中心汇报，并做好准备。

2. 现场控制

现场处置小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；迅速、正确判断事件性质，将事故情况报告应急指挥中心。

3. 启动应急系统

放射事故应急指挥中心接到现场报告后，立即启动应急指挥系统，指挥其他各应急小组迅速赶赴现场，开展工作；后勤保障组同时进行物资准备。

4. 现场报告

根据现场情况，由本单位应急指挥中心将事故发生时间、地点、造成事故的核素、核素现有活度、危害程度和范围及射线装置的名称等主要情况报告卫生局、环保局、公安局等相关部门以及上级行政主管部门。

5. 现场处置

等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。

若是发生放射性同位素与射线装置失控导致大剂量 X 线误照，应立即进行现场救助，采取措施，以使人员损伤、环境污染降到最小，组织人力将受照人员送往医院，并同时就近请具备相应资质的主管部门过来进行检测。

若是放射性同位素丢失、被盗，可以组织人力在单位内进行排查，并放射源的名称、状态、特性、危害及射线装置等进行通告，广泛引起本单位职工与公众的重视，最大限度降低危害。

6. 查找事故原因

配合上级有关部门对现场进行勘查以及环保安全技术处理，检测等工作，查找事故发生的原因，进行调查处理。将事故处理结果及时报上级卫生行政主管部门。

7. 警报解除

总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常环境安全管理，杜绝类似事故发生。

三、放射事故等级划分

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

1. 特别重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

2. 重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人（含 10 人）以上急性重度放射病、局部器官残疾。

3. 较大辐射事故，是指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

4. 一般辐射事故，是指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限制的照射。

四、附则

本应急预案适用于本单位的辐射事故的发生，发生辐射事故时，2 小时内上报当地市级环保局，并填写《辐射事故初始报告表》，自公布之日起生效。

滨州市环保局辐射事故应急电话：0543-3185774

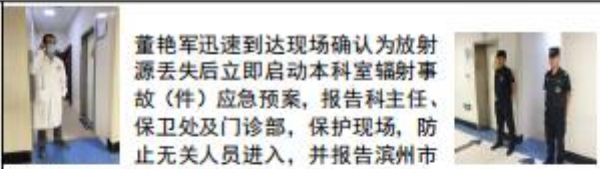
滨州市公安局事故报警应急电话：0543-110

滨州市卫生监督所事故应急电话：0543-3323049


附件 8：应急演练记录

应急演练总结记录表

演练内容	放射性事件应急预案演练		
演练时间	2024. 06. 21	演练地点	放疗楼负一楼
参加人员/科室	核医学科全体人员		
演练过程	<p>演练场景及记录</p> <p>1、放射性同位素环境污染</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;">  </div> <div style="width: 40%;"> <p>2024 年 06 月 21 日下午 16: 00, 值班人员王春伟在高活室运送药时不慎将 F18 药液洒落地面</p> </div> <div style="width: 25%;">  <p>立即报告科室放射防护管理员董艳军</p> </div> </div> <p>董艳军迅速到达现场通过表面污染沾污仪监测确认为辐射事件后, 立即启动本科室辐射事故(件)应急预案, 由董艳军报告科主任、保卫处及门诊部。同时, 在科主任王旭协调下, 董艳军首先控制事故现场, 作粗略现场受照剂量剂量评估。</p> <p>迅速划出放射性污染区, 关闭现场, 放置放射性污染警示牌。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;">  </div> <div style="width: 40%;"> <p>值班人员马波德组织放射性污染区内的患者和患者家属按疏散通道有序撤离。</p> </div> <div style="width: 25%;">  </div> </div> <p>保卫处负责保护现场, 防止无关人员进入。门诊部负责上报主管院领导, 报告滨州市卫生局、滨州市环保局。董艳军在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;">  </div> </div> <p>2、放射源丢失</p> <p>2024 年 09 月 05 日下午 16:30, 值班人员马波德发现 PET/CT 校验放射源储存室防盗门被打开, 校验放射源储存铅桶内无校准源, 立即报告放射防护管理员董艳军</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;">  </div> </div>		

<p>演练过程</p>	 <p>董艳军迅速到达现场确认为放射源丢失后立即启动本科室辐射事故（件）应急预案，报告科主任、保卫处及门诊部，保护现场，防止无关人员进入，并报告滨州市公安局，配合公安机关调查。</p> <p>值班人员马波德组织放射性污染区内的患者和患者家属按疏散通道有序撤离。门诊部负责上报主管院领导，报告滨州市卫生局、滨州市环保局。董艳军在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。</p> <p>附件1：滨州医学院附属医院辐射事故初始报告表（放射性同位素环境污染应急演练）</p> <p>附件2：滨州医学院附属医院辐射事故初始报告表（放射源丢失应急演练）</p>
<p>演练总结</p>	<p>通过演练，让各位工作人员，进一步加强安全防范意识，进一步清晰应急处理流程，在演练中，进一步发现自身不足，使全员应急能力得到了提升。</p>
<p>存在问题</p>	<p>放射性同位素环境污染处理过程中，污染源处理方法有待进一步优化；放射源丢失处理过程中，工作人员分工及各部门协作有待进一步优化。</p>
<p>整改措施</p>	<p>放射性同位素环境污染处理过程中，熟练规范处理污染源；放射源丢失处理过程中，优化人员分工及各部门协作方案。</p>
<p>记录人</p>	<p>董艳军</p>

附件 9：一人一档示例

辐射工作人员个人剂量档案表					
姓名	王春伟	性别	男		
出生年月	1983.10	政治面貌	群众		
参加工作时间	2008.10	职务职称	技师		
部门、岗位	核医学科 核医学				
毕业院校及专业	滨州医学院 临床医学				
固定电话		手机	13563078340		
个人剂量监测情况					
序号	监测时间	监测结果	本人签字	年度累计	本人签字
1	2022.4.20-2022.7.6	0.17	王春伟	0.9	王春伟
2	2022.7.6-2022.9.29	0.19	王春伟		
3	2022.9.29-2022.12.27	0.42	王春伟		
4	2022.12.27-2023.3.23	0.12	王春伟		
5	2023.3.23-2023.6.19	0.3	王春伟	0.95	王春伟
6	2023.6.19-2023.9.15	0.17	王春伟		
7	2023.9.15-2023.12.12	0.29	王春伟		
8	2023.12.12-2024.2.27	0.19	王春伟		
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

附件 10：相关规章制度

辐射防护与安全保卫制度

第一章总则

一、根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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和防护条例》等法律法规，结合我院实际制订本规定。

二、医院成立辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组负责辐射安全和防护规范管理及技术指导，开展辐射安全和防护相关的教育、培训和评价工作，并定期对相关科室执行法律、法规和国家标准的情况进行监督检查。

三、辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组每年对辐射工作人员及从事辐射相关工作人员进行辐射安全和防护相关的法律、法规和规范的教育与培训，并做好记录。

第二章场所安全和防护

一、我院按照国家有关规定在使用放射性同位素和射线装置的场所设置明显的放射性标志，其入口处按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全连锁、报警装置或者工作信号。

二、使用射线装置的场所，均设有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

放射性同位素的包装容器、含放射性同位素的设备和射线装置，均设置明显的放射性标识和中文警示说明。

三、使用放射性同位素和射线装置的场所，按照国家有关规定采取有效措施，防止运行故障，并避免故障导致次生危害。

四、贮存、领取、使用、归还放射性同位素时，应当进行登记、检查，做到账物相符。对放射性同位素贮存场所应当采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施。

五、我院按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责。

六、我院成立辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组负责放射性同位素和射线装置安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患，立即整改；安全隐患

有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，立即停止辐射作业并报告滨州市生态环境局，经滨州市生态环境检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

七、辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组每年对本院的放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估。并于每年1月31日前向滨州市生态环境局提交上一年度的评估报告。年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

第三章人员安全和防护

一、我院辐射工作人员严格按照生态环境部审定的辐射安全培训和考试大纲，进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

二、取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。

三、医院对新入院医护人员和其他从事辐射相关辅助工作的专门人员进行辐射安全和防护培训，培训时间不得少于2学时。

四、医学生、进修人员（辐射相关专业人员）入院教育培训必须包括辐射安全和防护知识，并在带教教师指导下从事辐射相关工作。

五、我院严格按照国家关于个人剂量监测的规定，委托滨州市疾病预防控制中心对辐射工作人员进行个人剂量监测，建立个人剂量档案。相关工作人员应严格按照个人剂量检测卡佩戴要求佩戴个人剂量检测卡。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告滨州市生态环境局。

我院安排专人负责个人剂量监测管理，并建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

六、辐射工作人员对患者和受检者进行辐射相关检查时，应按照医疗照射正当化和辐射防护最优化的原则，避免一切不必要的照射，并事先告知患者和受检者辐射对健康的潜在影响。

第四章监督检查

辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组应定期对辐射安全和防护工作情况评价，评价结果纳入科室和个人绩效考核管理，并作为辐射工作人员定期考核的必需内容。

设备检修维护制度

射线装置的运行安全关系着患者以及工作人员的身体健康,为保障射线装置的检修维护质量特制定本工作制度。

1、所有射线装置的检修与维护工作由国有资产管理处负责,其他任何工作人员不得私自维修拆解设备。

2、国有资产管理处维修工程师需确保所有设备处于良好的工作状态,及时处置故障,设备不得带病运行。

3、定期对仪器设备进行维修保养,各种仪器设备均建立维修记录本,并记录维修后应及时记录。

4、严格按照设备厂家要求对设备进行维护保养,消除故障隐患。

5、维修工程师需在每次保养维护时检查急停开关等安全保障措施,确保设备万一发生故障时,可以立即切断电源,保障人员健康安全。

6、维修工程师在检修设备时需严格按照设备手册要求进行,不得私自改装原有设计。尤其是安全回路的部件,不得强行跳过安全检查。

7、所有辐射工作场所的防护门、窗,辐射警告灯需及时维修,不能满足防护条件时,通知科室停机。

放射质控设备检修维护制度

一、日常维护和保养

- 1、每日工作前，先检查各类质控设备工作是否正常，发现异常，立即检修，及时排除故障。
- 2、开机前确保机房环境条件（温度、湿度）要符合设备要求。
- 3、严格遵守机器操作规程，使用中遇到异常情况应及时切断电源，请检修人员检查维修。
- 4、对放射质控设备进行定期检查和维修，及时发现并排除潜在故障，降低设备故障率。
- 5、每日工作完毕，需清理机器上的脏物和血迹等。

二、仪器设备检查维修

- 1、医院应定期对放射质控设备进行检测与校准，确保设备在最佳状态下运行。这包括对设备的硬件和软件进行检查，以及对设备的性能进行评估。只有通过严格的检测和校准，才能确保设备在临床应用中的准确性和可靠性。
- 2、定期对仪器设备进行维修保养，各种仪器设备均建立维修记录本，并记录维修后应及时记录。
- 3、维修工程师在检修设备时需严格按照设备手册要求进行，不得私自改装原有设计。尤其是安全回路的部件，不得强行跳过安全检查。

辐射监测方案

(1) 工作场所监测

医院委托山东省医学科学院放射防护研究所定期（不少于 1 次/年）对辐射工作场所辐射水平进行监测、并定期使用单位自配的辐射监测仪对辐射工作场所进行检测。

监测项目： α （ γ ）空气吸收剂量率、中子辐射周围剂量当量率、核医学工作场所外照射剂量率水平、表面放射性污染

监测频次：1 次/年；核医学工作场所的外照射剂量率水平不少于 1 次/月，表面放射性污染应在每次工作结束监测（出现放射性药物洒落应及时进行监测）；应急状况随时监测。

监测点位：

α （ γ ）空气吸收剂量率监测、中子辐射周围剂量当量率：在出线状态下，对控制室内及操作位，距墙体、门、窗表面 30 cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100 cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170 cm，带有自屏蔽的设备一般选取工作人员操作位、屏蔽体外 5 cm 处和 100 cm 处；其它可能受到辐射影响的位置进行巡测。中子源治疗装置、质子/重离子加速器治疗装置、大于 10 MV 的 X 射线放射治疗设备还应对前述位置开展中子剂量当量率监测。在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测，关注点包括：地面墙体、地板、顶棚、机房的门、观察窗、传片箱、采光窗/窗体、管线洞口、工作人员操作位等。

核医学工作场所外照射剂量率水平：控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面。

表面放射性污染：放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。

(2) 个人剂量监测

放射工作人员佩戴个人剂量计并委托山东省医学科学院放射防护研究所定

期进行检测，定期检查和评估工作人员的个人剂量，监测周期为三个月，每年 4 次，建立个人剂量档案。对相关人员进行定期查体，建立个人健康档案。

(3) 其他

在正常使用中，每日对门外工作状态指示灯、机房门的闭门装置进行检查，对其余防护设施定期检查。

辐射工作人员专职职责

一、确保科室的辐射安全和合规性:

- 1.正确使用所提供的监测设备和个人防护设备;熟悉设备,安全和警报系统。
确保所有辐射设备、仪器和程序符合国家和地方的法规、标准和规定。
- 2.遵守防护和安全规定及程序;定期检查辐射设备、仪器和程序,确保其正常运行和准确度。
- 3.制定辐射安全和合规性的培训计划,并确保所有相关人员都接受了适当的培训。
- 4.必须履行其义务并执行其防护和安全职责,及时报告任何与辐射安全和合规性有关的问题或事故,并采取适当的措施解决或减轻问题。
- 5.与其他部门合作,确保医院的所有活动都符合辐射安全和合规性的要求。
- 6.保持对辐射技术和相关法规的更新,并根据需要进行调整或改进。
在防护和安全、工作人员健康监护和剂量评价方面配合管理者的安排。

二、提高工作效率和进度

- 1.制定详细的工作计划,并确保所有任务都按时完成。
- 2.优化工作流程,减少不必要的步骤和时间。
- 3.使用现代化的工具和技术,提高您的工作效率和质量。
- 4.与其他部门建立良好的沟通和合作关系,避免重复工作或任务。
- 5.及时报告任何工作进度或任务完成情况的问题,并寻求解决方案。

辐射工作人员培训考核计划

1、辐射工作人员上岗前应当接受辐射防护和有关法律知识的培训，考核合格后方可参加相应的工作。培训时间不少于 4 天。

2、辐射工作单位应当定期组织本单位的辐射工作人员接受辐射防护和有关法律知识的培训。辐射工作人员两次培训的时间间隔不超过 2 年，每次培训时间不少于 2 天。

3、从事医用 X 射线诊断、介入放射学的辐射工作人员在岗期间应定期接受再培训。

4、医疗机构应当配备专（兼）职的管理人员，负责辐射诊疗工作的质量保证和安全防护。组织本机构辐射诊疗工作人员接受专业技术、辐射防护知识及有关规定的培训和健康检查。

5、所有辐射工作人员必须参加辐射安全与防护培训，确保所有工作人员 100% 持证有效。培训周期每 4 年一次。

6、科主任需合理调配人力资源，确保本科室工作人员均有合适的机会参加辐射安全与防护培训。

7、科室工作人员需在辐射安全与防护培训证书到期前 3 个月向科主任提出复训申请，由科主任协调复训报名等工作。

HM-10HC+回旋加速器操作规范

- 1、确认气瓶间的 He 气瓶、N2 气瓶、H2 气瓶、N2+O2 混合气瓶已打开且压力在设定范围。
- 2、确认配套空压机、水冷机工作正常。
- 3、在 MAIN 界面确认显示 READY 处于待机状态，选择需要照射的靶。
- 4、选择照射靶对应的填充界面，例如 1 号氟靶对应填充界面 LTF-S：
 - (1) 在 LTF-S 界面上点击 AUTO，确定处于 READY 状态。
 - (2) 在 LTF-S 界面上点击 FILLING，观察并拷屏纪录填靶过程中靶压上升情况。
 - (3) 填靶完毕，确认 LTF-S 界面上显示 FILLING COMPLETE，靶压为 1.20MPa 或以上。
- 5、在 MAIN 界面上设定照射束流和照射时间，照射过程中也可以修改。
- 6、点击 MAIN 界面 CYCLOTRON ALL 区域的 START，自动启动加速器。
- 7、等待 5 分钟左右，MAIN 界面 CYCLOTRON ALL 区域显示 ON。
- 8、确认 MAIN 界面 IRRAD 区域显示 READY。
- 9、点击 MAIN 界面的 IRRAD，等待 3 分钟左右，当显示 IRRAD 时，加速器开始打靶。
- 10、观察在照射过程中，照射靶位的靶压增加情况，拷屏保存各界面。
- 11、设定照射时间结束，或者手动 STOP 照射，MAIN 界面 IRRAD 区域显示 IRRAD FINISH。
- 12、在照射靶对应填充界面选择 COLLECT 传靶，在活度计处观察核素活度，等待回收结束。
- 13、点击 MAIN 界面 CYCLOTRON ALL 区域 STOP，停止加速器运行。
- 14、MAIN 界面 CYCLOTR ALL 区域显示 READY，加速器运行停止，进入待机状态。

设备使用登记制度

- 一、医院内所有仪器设备均建立账目，每年清点一次，账物相符。
- 二、所有仪器设备的使用责任到人，专科仪器设备尽量专科使用。
- 三、每台仪器设备上均挂使用流程和完好牌，所有人员必须按操作流程使用。
- 四、各种仪器均建立使用记录本，每日工作结束后，将设备恢复至初始位状态,并做好设备的使用记录。
- 五、工作结束后，清点机房内的防护用品及辅助用品。做好设备和机房的清洁工作。
- 六、科内所有仪器设备，均须对操作人员进行培训、考核合格后方可使用，并建立考核培训档案。
- 七、仪器设备使用过程中，注意做好保护，如系操作不当造成的损坏，须按相关规定进行赔偿。
- 八、仪器设备如需外借，须做好登记并签名。

放射源台账登记制度

一、放射源的采购

1.1 所有放射源的采购必须符合国家和地方的法律法规要求，确保采购的放射源是合法和安全的。

1.2 在采购放射源时，应充分了解供应商的资质、产品质量和售后服务，确保采购的放射源能够满足实际需求。

1.3 采购的放射源应按照相关规定进行验收，确保产品质量和安全性能符合要求。

二、放射源的验收

2.1 放射源到货后，应由专业人员对产品进行验收，包括产品的外观、性能和安全性能等方面的检查。

2.2 验收过程中，应详细记录产品的各项参数和性能指标，确保产品符合使用要求。

2.3 对于不合格的产品，应及时退货或更换，避免使用不安全的产品。

三、放射源的使用与保管

3.1 使用放射源时，应严格遵守国家和地方的安全规定，确保工作人员的人身安全和环境安全。

3.2 放射源的保管应遵循专人专管的原则，确保放射源的安全和保密性。

3.3 在使用和保管过程中，应定期进行安全检查和维护，确保放射源的正常运行和使用安全。

四、放射源的更换与报废

4.1 对于活度不足的放射源，应及时进行更换，确保放射源的正常使用。

4.2 对于拟回收的放射源，应按照国家 and 地方的规定进行处置，确保环境安全和社会公共利益。

4.3 在回收过程中，应详细记录处理过程和结果，确保符合相关法规要求。

五、台账的更新与维护

5.1 放射源台账应及时更新，包括新增、报废、数量、活度等情况的记录。

5.2 台账应由专人负责管理，定期进行核对和审查，确保数据的准确性和完整性。

放射源暂时存放场所要采取有效的放火、防盗、防泄露的安全防护措施，实行双人双锁，严格登记。发现放射源丢失、被盗立即向环保、公安部门报告，不得迟报、瞒报。

五、建立放射源巡视制度，班组每天巡视，车间每周巡视，公司(厂)每月巡视一次，填写巡视记录。为确保放射性作业人员每年接受的照射剂量低于国家标准限值，相关作业人员每年在放射源附近工作不超过 280 天，每天不超过 8 小时。

回旋加速器室规章制度

1.回旋加速器是大型仪器设备，机器运行会有辐射产生，必须由专人管理和运行，操作人员须取得卫生部大型仪器上岗证物理师资格，且需加强学习，不断提高自身知识水平和工作能力。

2.操作人员按照许可的同位素种类和数量生产放射性同位素。

3.生产放射性同位素的工作人员必须经过辐射防护培训、通过考核，并取得上岗证。

4.凡进入回旋加速器生产场所的工作人员，应根据放射性核素的毒性分组及操作性质，穿戴相应的个人防护用品。

5.从事放射操作的人员，应做好放射事故的预案，熟悉事故处理的程序与要求，准备好进行事故处理的必要器材。

6.应妥善收集和处置放射性废物。放射性废物应分类存放在指定的地点，固体放射性废物应用塑料袋包装，液体放射性废物应转入容器内。废物及废液应注明同位素种类、收集时间等。

7.放射性废气经过二级高效过滤装置处理后，在高空稀释排放。

^{18}F -FDG 合成操作规范

一、打开合成热室空气净化系统和净化工作台，在工作台中按照合成模块说明书要求分别用 1.0mol/L NaHCO₃、无菌注射用水活化处理 QMA 柱、纯化柱备用。注意每次冲洗后必须排干。

二、在净化工作台内配制三氟甘露糖溶液，注意要现用现配。

三、打开铅屏蔽模块箱，检查照明、抽风、紫外等系统是否正常。必要时探测模块箱内辐射剂量。

四、取出上次合成所用试剂瓶、纯化柱、废液瓶。检查卡套使用次数，10 次时更换新卡套。

五、打开合成模块 F300E 控制系统，检查气体单元，进行合成模块自检。

六、安装试剂瓶、QMA 柱、纯化柱、产品瓶。

七、再次检查安装位置是否正确无误，所有管线接头有无松动、泄露。

八、关闭铅屏蔽箱，观察负压指示是否正常。

九、待加速器将打靶结束后，启动 F300E 自动合成操作程序。

最终产品收集结束后，启动 F300E 自动清洗程序，清洗结束后关闭系统，做好相应记录。

附件 11：年度评估报告

滨州医学院附属医院 2023 年 放射性同位素与射线装置安全和防护状况评估报告

(一)基本情况

单位地址、经营范围、生产或经营情况、放射性同位素与射线装置使用场所和情况(数量多的可列表,放射源须填报 12 位编码)。

医院位于滨州市黄河二路 661 号,辐射安全许可种类和范围:使用 V 类放射源,使用 II 类、III 类射线装置,乙级非密封放射性物质工作场所。医院现有 3 枚 V 类 GE68 放射源 (TR23GE003405、TR23GE003415、TR23GE003425),医用 X 射线装置 49 台,其中 II 类射线装置 10 台,III 类射线装置 39 台,乙级非密封源工作场所 (ECT)、(PET/CT),主要用于医疗 X 线影像诊断和放射治疗。医院的辐射场所主要分布在新门诊医技病房综合楼、影像楼、放疗中心楼、手术室,其中新门诊医技病房综合楼一楼有 3 台 CT、3 台 DR,负一楼 2 台 DSA,3 层 ERCP 室有 1 台 DSA,4 楼手术室有 2 台 DSA,7 台 C 臂 X 光机,7 台移动 DR;影像楼一层有 3 台 CT 机、1 台 DR,二层有 2 台 X 射线拍片机、1 台胃肠机、1 台乳腺 X 线机,3 层有 ECT 室,四层有 3 台 DSA;新建放疗中心楼有 1 台大口径 CT 和 2 台医用直线加速器及 1 台 PET/CT,3 枚 V 类 GE68 放射源位于 PET/CT 放射源;查体中心有 1 台 CT,1 台 DR,1 台骨密度仪。以上设备均已做了环境影响评价。

(二)辐射管理自查情况

1、辐射安全防护制度建立情况

包括:辐射安全防护体系(辐射安全防护设施的运行和维护情况)、辐射安全操作规程、辐射事故应急预案、台账及使用保管

登记。

(1) 本年度医院在主管部门的监管下，所有的射线装置及辐射场所运行及维护情况良好。医院放射工作场所由专业防护公司进行屏蔽设计，暗室及外门均为铅门，投照窗口为铅玻璃。门外设有“当心电离辐射”“孕妇请申明”“禁止停留”等警示标识。门外设有红色工作指示灯，工作时红灯亮。工作人员配有铅眼镜，铅手套，铅衣等防护设备，工作时隔室操作；为患者备有防护铅衣，以减少不必要的照射。医院同时配备了 γ -计数器、活度计、 γ 表面测污仪、放疗剂量仪、个人剂量报警仪等监测设备，定期对放射场所及周边环境进行监测。

(2) 建立健全了严格的辐射安全管理规章制度及操作规程，~~本单位~~辐射安全管理现有相关制度包括：

①放射防护操作规程②放射防护安全管理制度③废弃放射源安全处理方案④辐射事故应急预案⑤放射工作人员体检制度⑥放射科相关制度⑦放疗科相关制度⑧介入导管室相关制度⑨核医学科相关制度。

(3) 辐射事故应急预案。为及时、有效、安全地处理院内发生的各种辐射事故，提高应对事故的能力，保障工作人员健康和公众安全，结合我院放射性同位素与射线装置的使用情况，医院制定了辐射事故应急预案。放射科、核医学科、介入医学科、肿瘤放疗科也根据科室特色，制定本科室的应急预案并定期组织演练。

(4) 台账及使用保管登记。本年度，医院辐射工作管理人员严格执行国家相关辐射制度，定期检查防护设施，防止放射源被盗、丢失。医院所有放射工作人员认真执行岗位职责和设备的使用操作规程，严格按照规程操作，并做好使用维护保养登记。

2、辐射安全防护责任制落实情况

医院成立了“环境辐射安全与放射卫生防护安全管理领导小组”，并指定张志龙为放射防护管理员。放射安全管理小组定期对辐射工作场所进行检查，督导放射诊疗科室落实辐射安全各项规章制度。

3、辐射工作行政审批和备案情况

具体包括：辐射安全许可证办理、新扩改辐射项目建设环保审批及竣工环保验收、辐射安全许可证变更、放射源和射线装置备案等情况。

2023年6月医院更换辐射安全许可证法人，2023年更换3枚Ge-68放射源。

4、辐射工作人员年度培训情况

医院定期组织辐射工作人员参加省厅组织的环保知识培训。医院不断加强安全教育和培训，贯彻落实国家、地方政府和上级部门有关放射性同位素与射线装置安全和防护法律法规、标准和规章制度，定期组织职工学习，提高防护意识。

5、辐射监测器材设备配备、使用和工作场所监测情况

医院联系山东省医学科学院放射医学研究所进行设备辐射年度检测，并出具年度检测报告。

6、闲置放射源(废物)及报废射线装置处置情况

报废射线装置，拆除后按报废品处理。

7、应急演练情况

放射科、核医学科、介入医学科、肿瘤放疗科均根据科室情况，组织进行本科室辐射应急演练，并行成演练记录留存。

8、辐射事故(事件)及处理情况

本年度医院未发生辐射事故(事件)



9、年度内限期整改落实情况

医院根据市生态环境局检查意见，医院进一步完善了辐射档案。

10、辐射档案管理情况

严格执行国家对放射工作人员的个人剂量监测和健康档案管理制度的规定，建立了辐射安全管理档案，放射工作人员工作期间佩带个人剂量计，每季度送滨州市疾控中心进行监测，由滨州市疾控出具检测报告，并建立了个人剂量监测档案，一人一档。

(三) 存在的问题

1. 仍有个别放射工作人员不能随时佩戴个人剂量仪，将个人剂量仪遗落在检测室内，医院将进一步加强培训教育，落实奖惩措施。
2. 辐射工作人员培训需要进一步加强管理。

(四) 下一步打算

1. 2024 年医院拟购置，医院将按要求做好新增设备及工作场所的验收、辐射安全许可证的重新申领工作。
2. 医院将对照年度工作计划，继续完善相关的制度，严格按照规章制度要求开展辐射诊疗工作，定期组织演练，提高应急处置能力。
3. 进一步加强工作人员的培训和教育，组织职工到济南考取辐射工作人员合格证，定期对放射工作人员进行健康体检。

联系人：张志龙 18366822214 0543-3258829

滨州医学院附属医院(盖章)

2023 年 12 月 27 日

附件 12：监测报告

报告编号：鲁环辐检（2024）WT-0411 号



FS-24006-02

检 测 报 告

鲁环辐检（2024）WT-0411 号

委托单位： 滨州医学院附属医院

受检单位： 滨州医学院附属医院

项目名称： 回旋加速器应用项目


报告日期： 2024 年 04 月 29 日

山东鲁环检测科技有限公司

（检测专用章）

报告编号：鲁环辐检（2024）WT-0411号

说 明

1. 报告无本单位检测专用章、骑缝章及  章无效。
2. 报告内容需填写齐全，无本单位授权签字人的签字无效。
3. 部分复制报告未重新加盖本单位检测专用章不得作为对外发布的依据。
4. 报告涂改或以其它任何形式篡改的均属无效。
5. 自送样品的委托检测，委托单位对来样的代表性和资料的真实性负责，检测结果仅对来样负责。
6. 对不可复现、复检和不可重复性试验的项目（参数），结果仅对采样（或检测）时所代表的时间和空间负责。
7. 未经本单位同意，不得复制本报告（全部复印除外）。
8. 对检测报告（结果）如有异议，请于收到报告之日起一个月内以书面形式向本公司提出，逾期视为自动放弃申诉的权利。
9. 本单位保证检测的客观公正性，对委托单位的商业信息、技术文件、检测报告等商业秘密履行保密义务。

名 称：山东鲁环检测科技有限公司

地 址：济南市天辰路 2177 号联合财富广场 1 号楼 17 层

电 话：0531 -88886181

传 真：0531 -88886181

E-mail: lh88886181@126.com

邮 编：250000

报告编号：鲁环辐检(2024)WT-0411号

检测 报 告

委托单位	滨州医学院附属医院		
受检单位	滨州医学院附属医院		
检测地点	滨州市滨城区黄河二路661号肿瘤防治中心地下二层		
联系人	张志龙	联系方式	18366827211
委托日期	2024.4.19	检测日期	2024.4.24~4.25
检测项目	γ辐射空气吸收剂量率、中子剂量率、放射性表面污染		
环境条件	4.24 天气：晴 温度：22~24℃ 湿度：37~42%		
	4.25 天气：晴 温度：21~23℃ 湿度：38~42%		
检测方法 及依据	1. HJ 61-2021 辐射环境监测技术规范 2. HJ 1157-2021 环境γ辐射剂量率测量技术规范 3. GB/T 14056.1-2008 表面污染测定 第1部分：β发射体（Eβmax>0.15MeV）和α发射体		
检测布点	依据相关标准对滨州医学院附属医院回旋加速器应用项目工作场所及周围进行布点检测。		
检测结论	本报告仅提供检测数据，结果不予评价。		
备 注	/		

编制：李红梅
日期：2024.4.29

校核：梁姗姗
日期：2024.4.29

批准：王宏伟
日期：2024.4.29



报告编号：鲁环辐检（2023）WT-0411号

检测报告

主要检测 仪器设备	<p>名称：环境监测 X-γ 辐射空气吸收剂量率仪</p> <p>型号：FH40G+FHZ672E-10 编号：031576+11309</p> <p>检定单位：中国计量科学研究院</p> <p>检定证书编号：DLj12024-02567 有效期至：2025 年 3 月 14 日</p> <p>环境 γ 剂量率测量系统主机（FH40G）</p> <p>量程范围：10nSv/h~1Sv/h</p> <p>能量响应：33KeV~3MeV，变化的限值为±15%</p> <p>剂量率指示的固有误差：不大于 5.0%</p> <p>天然本底扣除(NBR)探测器（FHZ672E-10）：</p> <p>量程范围：1nSv/h~100 μSv/h</p> <p>能量响应：8keV~4.4MeV 相对响应之差<15%(相对于 ¹³⁷Cs 参考 γ 辐射源)</p> <p>使用环境温度：(-30~+55℃) 温度依赖性<20%</p>
	<p>名称：α、β 表面污染测量仪</p> <p>型号：Como170 出厂编号：4270</p> <p>检定单位：中国计量科学研究院</p> <p>检定证书编号：DLhd2023-03825 有效期至：2024 年 8 月 9 日</p> <p>探测器类型：ZnS 涂层、薄膜塑料闪烁体探测器</p> <p>探测器尺寸：170cm²；报警方式：声光报警</p> <p>表面活度响应(Ra)：Ra(α)=41.62(s⁻¹·Bq⁻¹·cm²) (对 Am-241)</p> <p style="text-align: center;">Ra(β)=68.51(s⁻¹·Bq⁻¹·cm²) (对 Tl-204)</p> <p>单位：cps、Bq 或 Bq/cm²，当外接剂量率探头时显示 nSv/h、μSv/h 或 mSv/h</p>
	<p>名称：中子周围剂量当量率仪</p> <p>型号：BH3105E 出厂编号：016</p> <p>检定单位：中国计量科学研究院</p> <p>检定证书编号：DLjs2023-02311 有效期至：2024 年 8 月 9 日</p> <p>中子灵敏度：5cps/(μSv/h)</p> <p>测量范围：0.1 μSv/h~999.9 mSv/h</p> <p>能量响应范围：热中子~14MeV</p>

第 2 页 共 14 页

报告编号：鲁环辐检（2023）WT-0411号

检测报告

表1 关机状态回旋加速器周围 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果

序号	点位描述	监测结果 (nSv/h)	
		平均值	标准差
a1	回旋加速器机房内	109	2.6
a2	回旋加速器机房防护门外	80.4	0.6
a3	回旋加速器机房东侧控制室	91.1	0.5
a4	回旋加速器机房南侧辅助用房	90.8	0.5
a5	回旋加速器机房北侧热室房间	65.0	1.1
a6	回旋加速器机房上方	80.3	0.6
a7	监督区内	93.3	0.6
a8	质控区内	70.2	0.6

注：检测结果已扣除宇宙射线响应值。

表2 开机状态回旋加速器机房周围 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果

序号	点位描述	监测状态	监测结果 (nSv/h)	
			平均值	标准差
A1	回旋加速器机房东墙外30cm处	回旋加速器质子能量：10MeV 出来时间：连续	158	2.5
A2	回旋加速器机房北墙外30cm处		129	2.6
A3	回旋加速器机房南墙西侧外30cm处		112	2.4
A4	回旋加速器机房南墙东侧外30cm处		105	0.7
A5	回旋加速器机房防护门中部外30cm处		502	4.0
A6	回旋加速器机房防护门上门缝外30cm处		298	3.1
A7	回旋加速器机房防护门下门缝外30cm处		417	2.7

第3页共14页

报告编号：鲁环辐检（2023）WT-0411号

序号	点位描述	监测状态	监测结果（nSv/h）		
			平均值	标准差	
A8	回旋加速器机房防护门左门缝外30cm处		167	1.8	
A9	回旋加速器机房防护门右门缝外30cm处		184	1.8	
A10	回旋加速器机房室顶上方1m处		91.7	1.1	
A11	北侧地沟穿墙管线洞口		137	1.5	
A12	东侧电线穿墙管线洞口		154	3.4	
A13	控制室操作位		119	1.8	
A14	库房		102	0.8	
A15	净化空调机房		113	1.8	
A16	值班监控室		115	1.6	
A17	回旋加速器工作区域防护门		107	0.9	
A18	热室房间操作位		热室房间 内 ¹⁸ F： 256mCi	79.2	0.6
A19	合成热室表面			82.5	0.6
A20	分装热室表面			82.0	0.8
A21	转运用热室表面	88.4		1.4	
A22	热室房间东墙外30cm处	103		0.6	
A23	热室房间北墙外30cm处	72.0		0.5	
A24	热室房间西侧传递窗外30cm处	126		2.0	
A25	热室房间东侧传递窗外30cm处	130		1.2	
A26	热室房间北侧门外30cm处	74.8		0.5	

报告编号：鲁环辐检（2023）WT-0411号

序号	点位描述	监测状态	监测结果 (nSv/h)		
			平均值	标准差	
A27	热室房间室顶上方 1m 处		87.1	0.7	
A28	缓冲间	/	70.9	0.4	
A29	消毒间		70.3	0.6	
A30	洁具间		71.0	0.4	
A31	洁净走廊		70.8	0.5	
A32	整衣洗衣间		71.1	0.4	
A33	一更		71.3	0.4	
A34	二更		71.0	0.4	
A35	冲淋间		71.1	0.6	
A36	更衣区		71.1	0.6	
A37	质控区走廊防护门外 30cm 处		107	1.2	
A38	质控区走廊东墙外 30cm 处		128	1.2	
A39	距药液 50cm0.5mmPb 当量防护衣后		全检质控 区内 ¹⁸ F: 0.2mCi	75.0	0.4
A40	距药液 5cm 处			654	4.0
A41	全检质控间东墙外 30cm 处			133	0.8
A42	全检质控区北传递窗外 30cm 处	70.9		0.3	
A43	全检质控区南传递窗外 30cm 处	71.1		0.4	
A44	全检质控区室顶上方 1m 处	86.7		0.3	
A45	上脱衣洗手穿衣手消间	70.7		0.5	

报告编号：鲁环辐检（2023）WT-0411号

序号	点位描述	监测状态	监测结果（nSv/h）	
			平均值	标准差
A46	阳性对照间操作位		70.7	0.5
A47	下脱衣洗手穿衣手消间		70.4	0.3
A48	阳性对照间操作位		70.1	0.6
A49	内毒素间		70.4	0.4
A50	距40mmPb当量铅罐5cm处（ μ Sv/h）	^{18}F ; ^{110m}Cd	18.3	0.3
A51	距40mmPb当量铅罐50cm处（ μ Sv/h）		1.85	<0.1
A52	放疗楼一楼距地100cm处	回旋加速器质子能量：10MeV 出来时间：连续	90.1	0.8
A53	住院二部一楼距地100cm处		133	1.4
A54	门诊二部一楼距地100cm处		123	2.3
A55	木材小区内距地100cm处		79.1	0.5
A56	金属小区内距地100cm处		74.4	0.7

注：检测结果已扣除宇宙射线响应值。

表3 开机状态回旋加速器机房周围中子剂量率检测结果

序号	点位描述	监测结果（ μ Sv/h）
		平均值
C1	回旋加速器机房东墙外30cm处	<0.1
C2	回旋加速器机房北墙外30cm处	<0.1
C3	回旋加速器机房南墙西侧外30cm处	<0.1
C4	回旋加速器机房南墙东侧外30cm处	<0.1
C5	回旋加速器机房防护门中部外30cm处	0.3

报告编号：鲁环辐检（2023）WT-0411号

序号	点位描述	监测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
		平均值
C6	回旋加速器机房防护门上门缝外 30cm 处	<0.1
C7	回旋加速器机房防护门下门缝外 30cm 处	0.1
C8	回旋加速器机房防护门左门缝外 30cm 处	<0.1
C9	回旋加速器机房防护门右门缝外 30cm 处	<0.1
C10	回旋加速器机房室顶上方 30cm 处	<0.1
C11	北侧地沟穿墙管线洞口	<0.1
C12	东侧电线穿墙管线洞口	<0.1
C13	控制室操作位	<0.1

表 4 回旋加速器机房周围 β 表面污染水平检测结果

序号	点位描述	β 表面污染检测结果 (Bq/cm^2)
B1	控制室地面	0.07
B2	控制室墙面	0.06
B3	控制室操作台表面	0.04
B4	控制室门把手	0.04
B5	设备间地面	0.07
B6	设备间墙面	0.06
B7	设备间门把手	0.04
B8	气瓶间地面	0.07
B9	气瓶间墙面	0.07
B10	气瓶间门把手	0.06

报告编号：鲁环辐检（2023）WT-0411号

序号	点位描述	β 表面污染检测结果 (Bq/cm ²)
B11	库房地面	0.08
B12	库房墙面	0.07
B13	库房门把手	0.04
B14	热室房地面	0.07
B15	热室房间墙面	0.05
B16	热室房间操作台表面	0.01
B17	热室房间门把手	0.03
B18	分装热室表面	0.34
B19	合成热室表面	0.10
B20	转运用热室表面	0.15
B21	热室房间西侧传递窗表面	0.40
B22	热室房间东侧传递窗表面	0.40
B23	缓冲间墙面	0.05
B24	缓冲间地面	0.05
B25	缓冲间门把手	0.03
B26	消毒间地面	0.05
B27	消毒间墙面	0.03
B28	消毒间门把手	0.03
B29	洁具间地面	0.05
B30	洁具间墙面	0.02
B31	洁具间门把手	0.02
B32	洁净走廊地面	0.05
B33	洁净走廊墙面	0.03

第 8 页 共 14 页

报告编号：鲁环辐检（2023）WT-0411号

序号	点位描述	β 表面污染检测结果 (Bq/cm ²)
B34	洗衣整衣间地面	0.05
B35	洗衣整衣间墙面	0.03
B36	洗衣整衣间门把手	0.03
B37	一更地面	0.06
B38	一更墙面	0.04
B39	一更门把手	0.03
B40	二更地面	0.06
B41	二更墙面	0.03
B42	二更门把手	0.03
B43	冲淋间地面	0.06
B44	冲淋间墙面	0.03
B45	冲淋间门把手	0.03
B46	更衣室地面	0.06
B47	更衣室墙面	0.04
B48	更衣室门把手	0.03
B49	质控区走廊地面	0.08
B50	质控区走廊墙面	0.02
B51	质控区走廊门把手	0.03
B52	质控室房地面	0.06
B53	质控室房间墙面	0.05
B54	质控室房间操作台表面	0.03
B55	质控室房间门把手	0.02
B56	质控室北传递窗表面	0.05

第9页共14页

报告编号：鲁环辐检（2023）WT-0411号

序号	点位描述	β 表面污染检测结果 (Bq/cm ²)
B57	质控室南传递窗表面	0.04
B58	上更衣洗手穿衣手消间地面	0.07
B59	上更衣洗手穿衣手消间墙面	0.05
B60	上更衣洗手穿衣手消间门把手	0.03
B61	阳性对照间地面	0.07
B62	阳性对照间墙面	0.05
B63	阳性对照间操作台表面	0.03
B64	阳性对照间门把手	0.03
B65	下更衣洗手穿衣手消间地面	0.07
B66	下更衣洗手穿衣手消间墙面	0.05
B67	下更衣洗手穿衣手消间门把手	0.03
B68	阴性对照间地面	0.07
B69	阴性对照间墙面	0.05
B70	阴性对照间操作台表面	0.03
B71	阴性对照间门把手	0.03
B72	内毒素间地面	0.07
B73	内毒素间墙面	0.05
B74	内毒素间门把手	0.04
B75	净化空调机房地面	0.08
B76	净化空调机房墙面	0.09
B77	净化空调机房门把手	0.04
B78	值班监控室地面	0.08
B79	值班监控室墙面	0.07

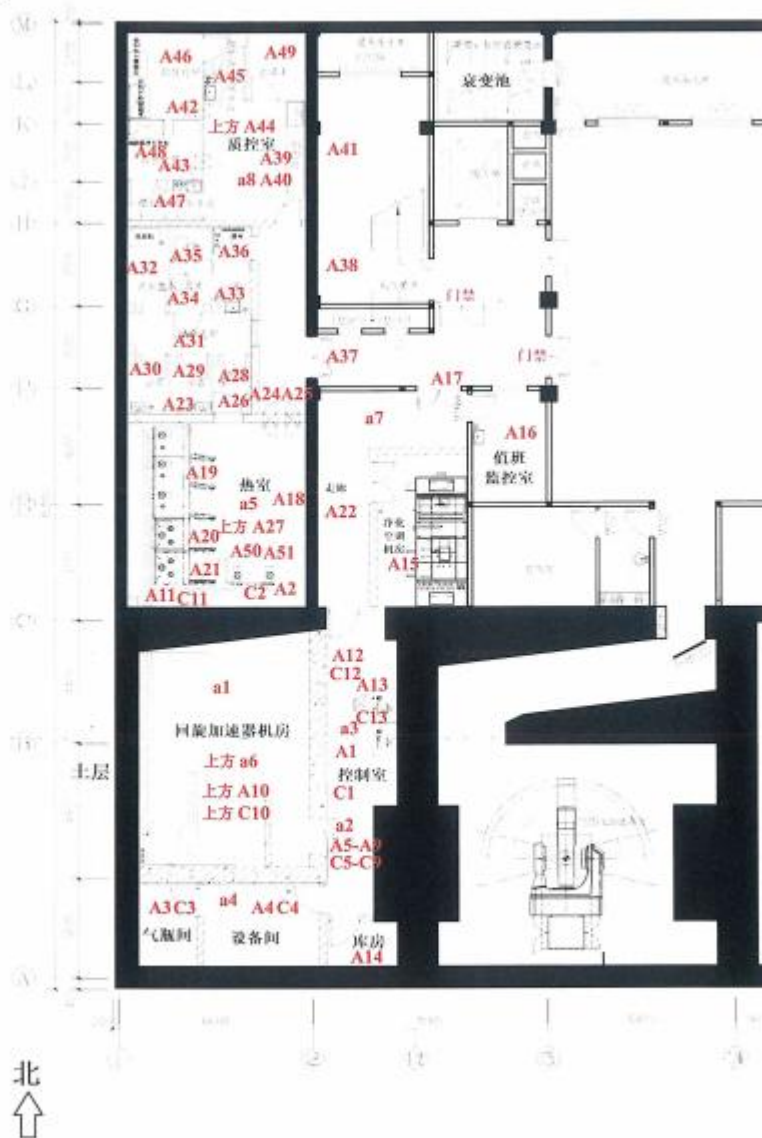
第 10 页 共 14 页

报告编号：鲁环辐检（2023）WT-0411号

序号	点位描述	β 表面污染检测结果 (Bq/cm ²)
B80	值班监控室门把手	0.05
B81	监督区走廊地面	0.09
B82	监督区走廊墙面	0.06
B83	回旋加速器工作区域防护门把手	0.05
B84	污物桶表面	0.05
B85	衰变箱表面	0.06
B86	靶防护储存箱	0.35

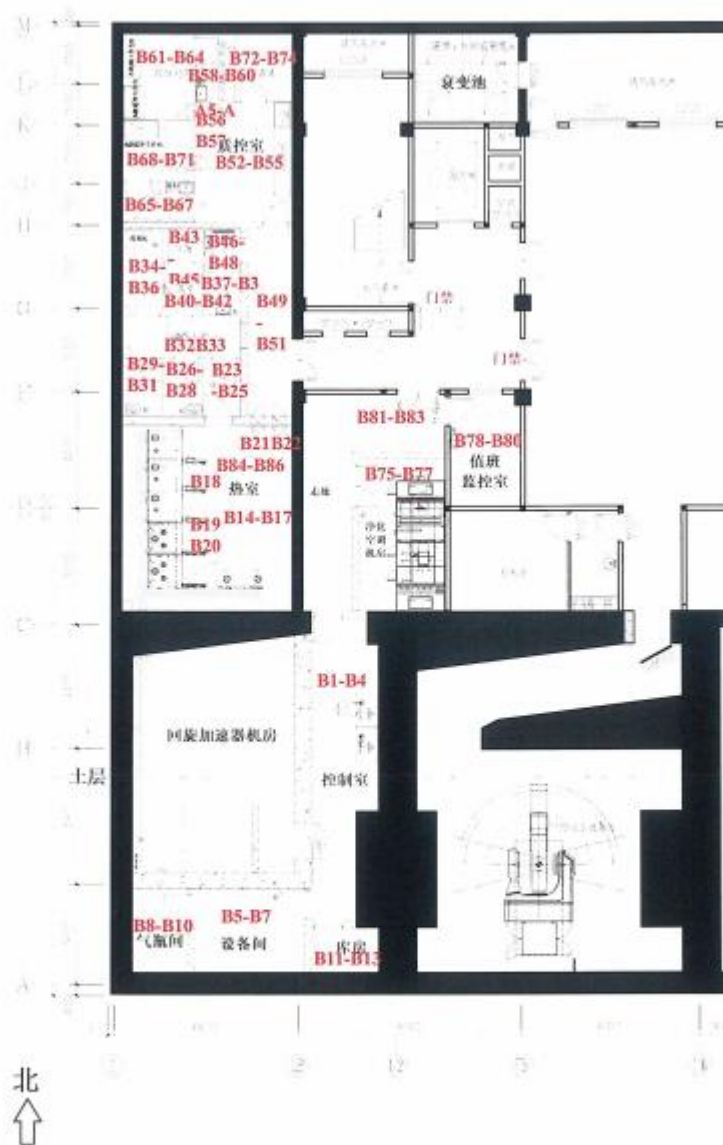
注：以上点位 α 表面污染检测结果为未检出。
本页以下空白。

附图：



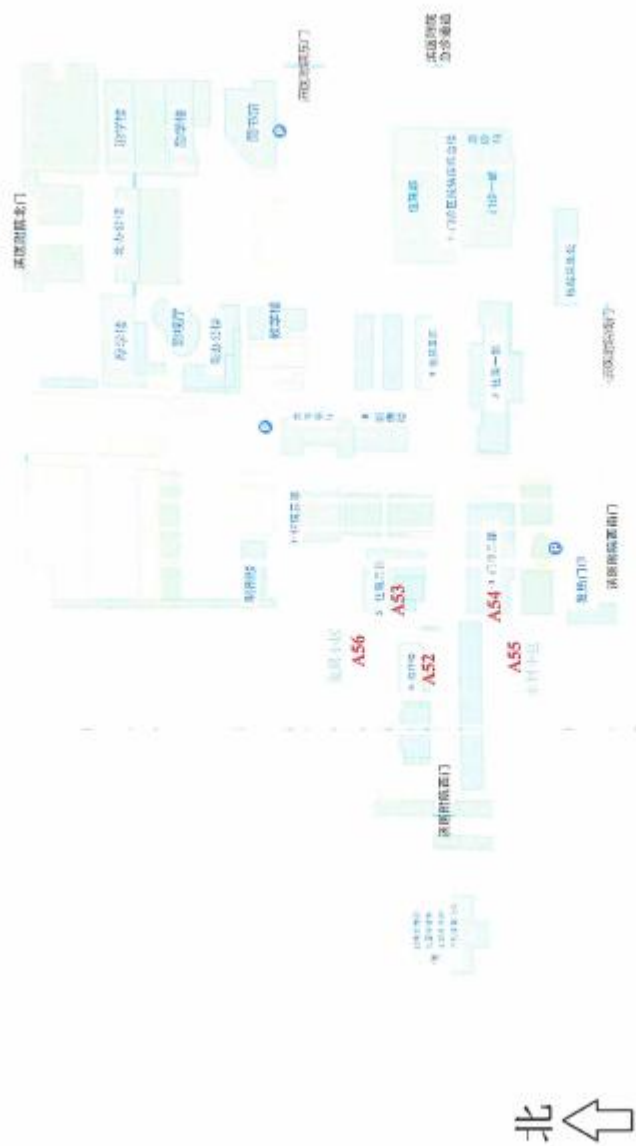
附图 1 回旋加速器应用项目检测布点图（1）

报告编号：鲁环辐检（2023）VT-0411号



附图2 回旋加速器应用项目检测布点图（2）

报告编号：鲁环辐总（2023）WT-0411号



附图3 回旋加速器应用项目检测布点图(3)

*****报告结束*****



检测 报 告

鲁环辐检（2024）第 S0404 号

委托单位： 滨州医学院附属医院

受检单位： 滨州医学院附属医院

项目名称： 回旋加速器应用项目

报告日期： 2024 年 04 月 29 日

山东鲁环检测科技有限公司

（检测专用章）

报告编号：鲁环辐检（2024）第 S0404 号

说 明

1. 报告无本单位检测专用章、骑缝章及 **CMA** 章无效。
2. 报告内容需填写齐全，无本单位授权签字人的签字无效。
3. 部分复制报告未重新加盖本单位检测专用章不得作为对外发布的依据。
4. 报告涂改或以其它任何形式篡改的均属无效。
5. 自送样品的委托检测，委托单位对来样的代表性和资料的真实性负责，检测结果仅对来样负责。
6. 对不可复现、复检和不可重复性试验的项目（参数），结果仅对采样（或检测）时所代表的时间和空间负责。
7. 未经本单位同意，不得复制本报告（全部复印除外）。
8. 对检测报告（结果）如有异议，请于收到报告之日起一个月内以书面形式向本公司提出，逾期视为自动放弃申诉的权利。
9. 本单位保证检测的客观公正性，对委托单位的商业信息、技术文件、检测报告等商业秘密履行保密义务。

名 称：山东鲁环检测科技有限公司

地 址：济南市天辰路 2177 号联合财富广场 1 号楼 17 层

电 话：0531 -88886181

传 真：0531 -88886181

E-mail: lh88886181@126.com

邮 编：250000

报告编号：鲁环辐检（2024）第 S0404 号

检测报告

委托单位	滨州医学院附属医院		
受检单位	滨州医学院附属医院		
检测地点	滨州市滨城区黄河二路 661 号肿瘤防治中心		
联系人	张志龙	联系方式	18366827211
委托日期	2024.4.19	检测日期	2024.4.25
检测项目	土壤中总 α 、总 β 放射性		
环境条件	天气：晴 温度：23℃ 湿度：42%		
检测方法及依据	HJ 61-2021 辐射环境监测技术规范		
主要设备仪器 以及型号/规格	低本底 α β 测量仪 WIN-8A		
出厂编号	180701		
检测结论	本报告仅提供检测数据，结果不予评价。		
备注	/		

编制：安红梅
日期：2024.4.29

校核：梁珊珊
日期：2024.4.29

批准：王宏伟
日期：2024.4.29

第 1 页 共 3 页

报告编号：鲁环辐检（2024）第 S0404 号

检测报告

表 1 土壤放射性检测结果

测点编号	点位描述	总 α 放射性检测结果 (Bq/kg)	总 β 放射性检测结果 (Bq/kg)
D1	回旋工作场所上风向绿化带	225	265
D2	回旋工作场所附近绿化带	255	292
D3	回旋工作场所下风向绿化带	290	315

本页以下空白。

报告编号：鲁环辐检（2024）第 S0404 号

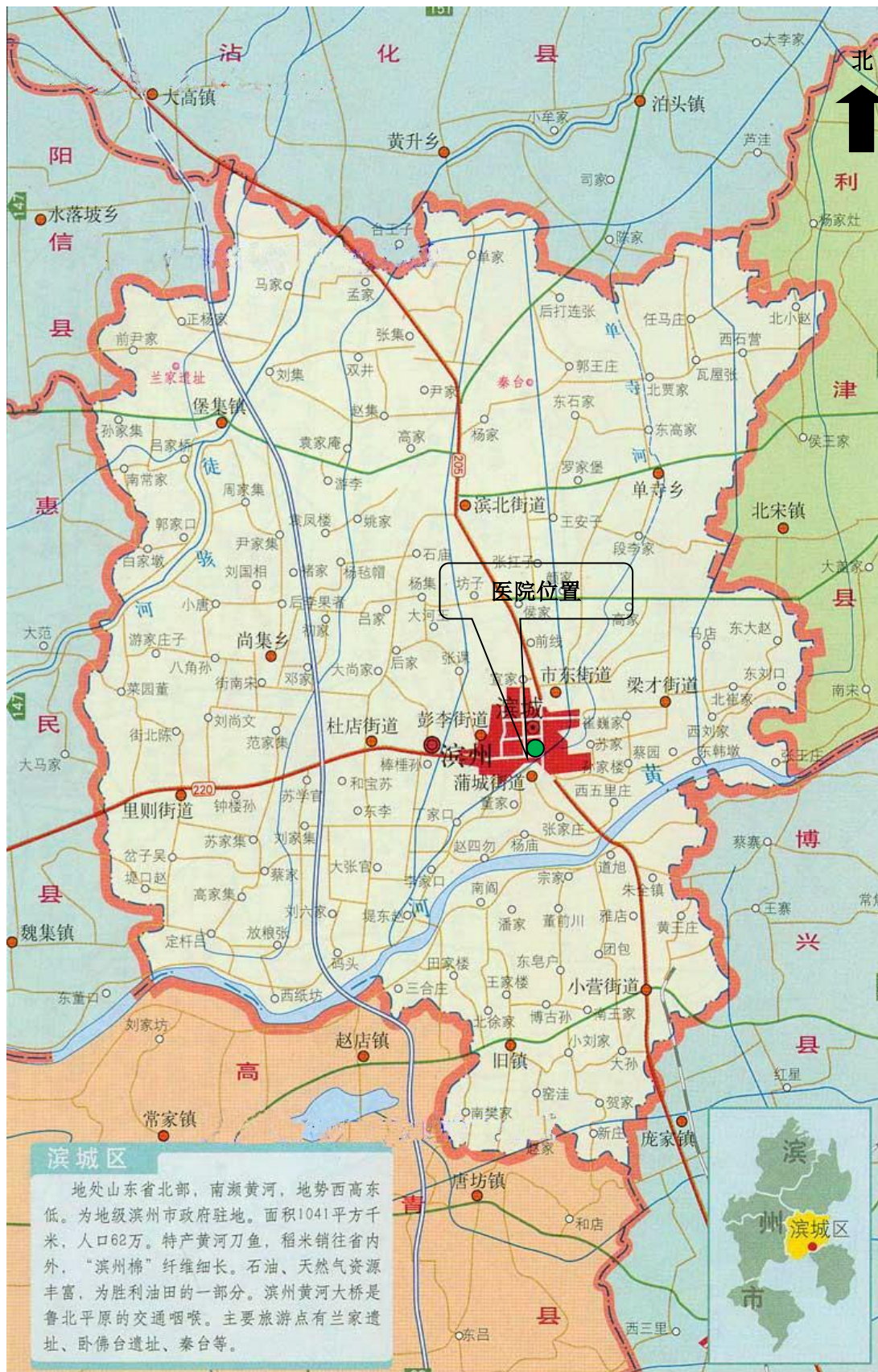
附图：



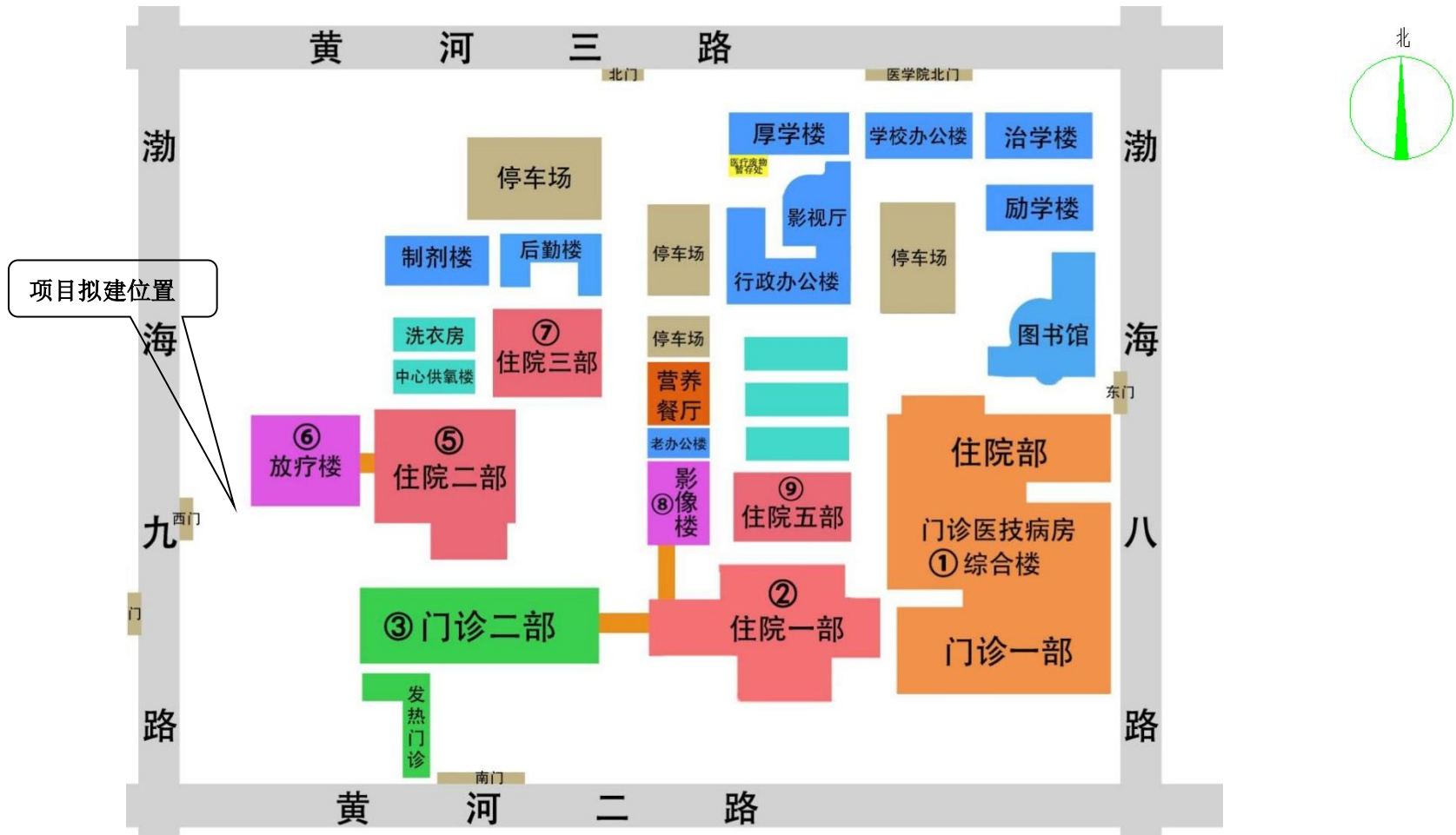
附图 1 土壤放射性检测布点图

*****报告结束*****

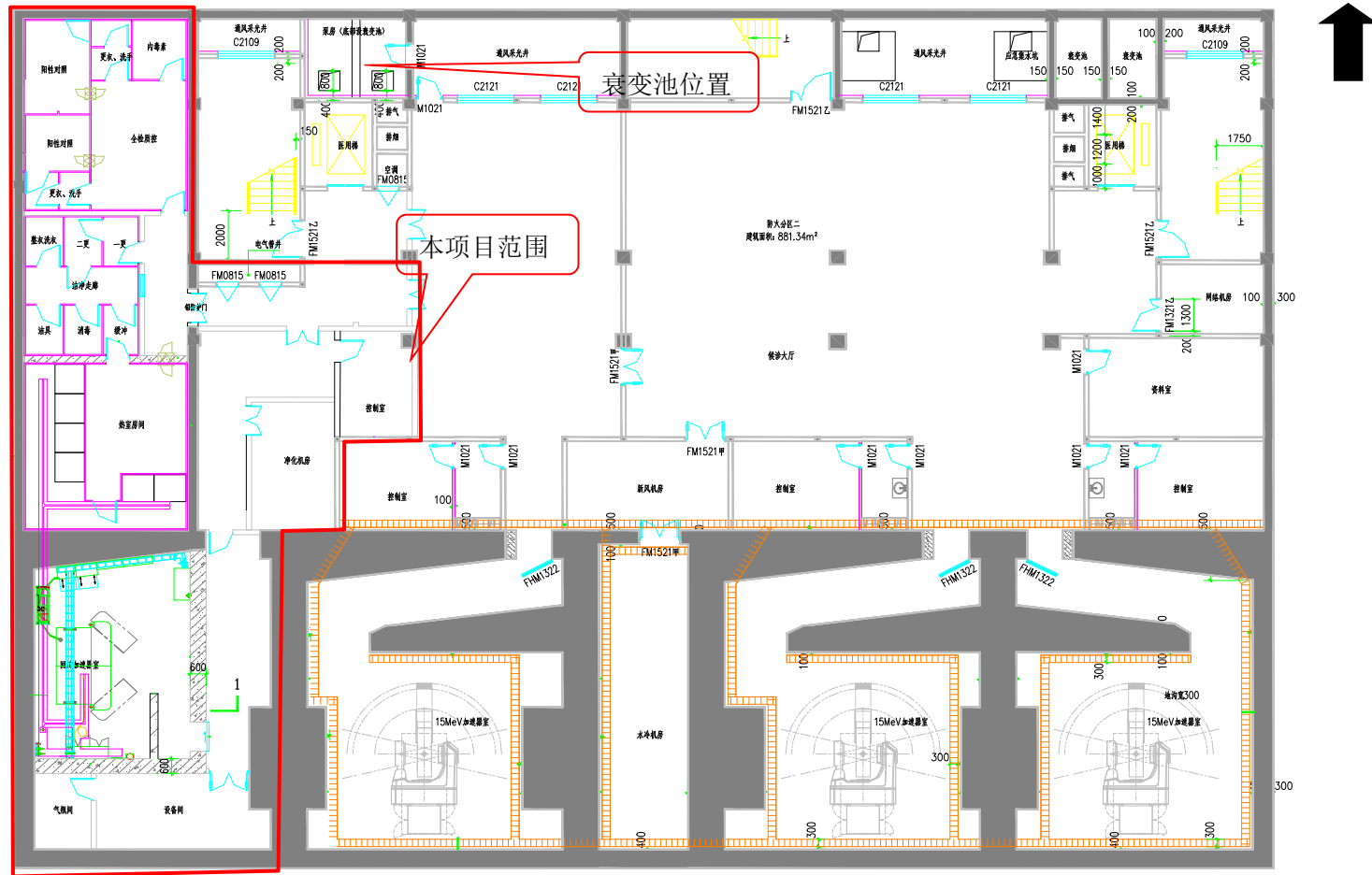
附图 1：医院地理位置图



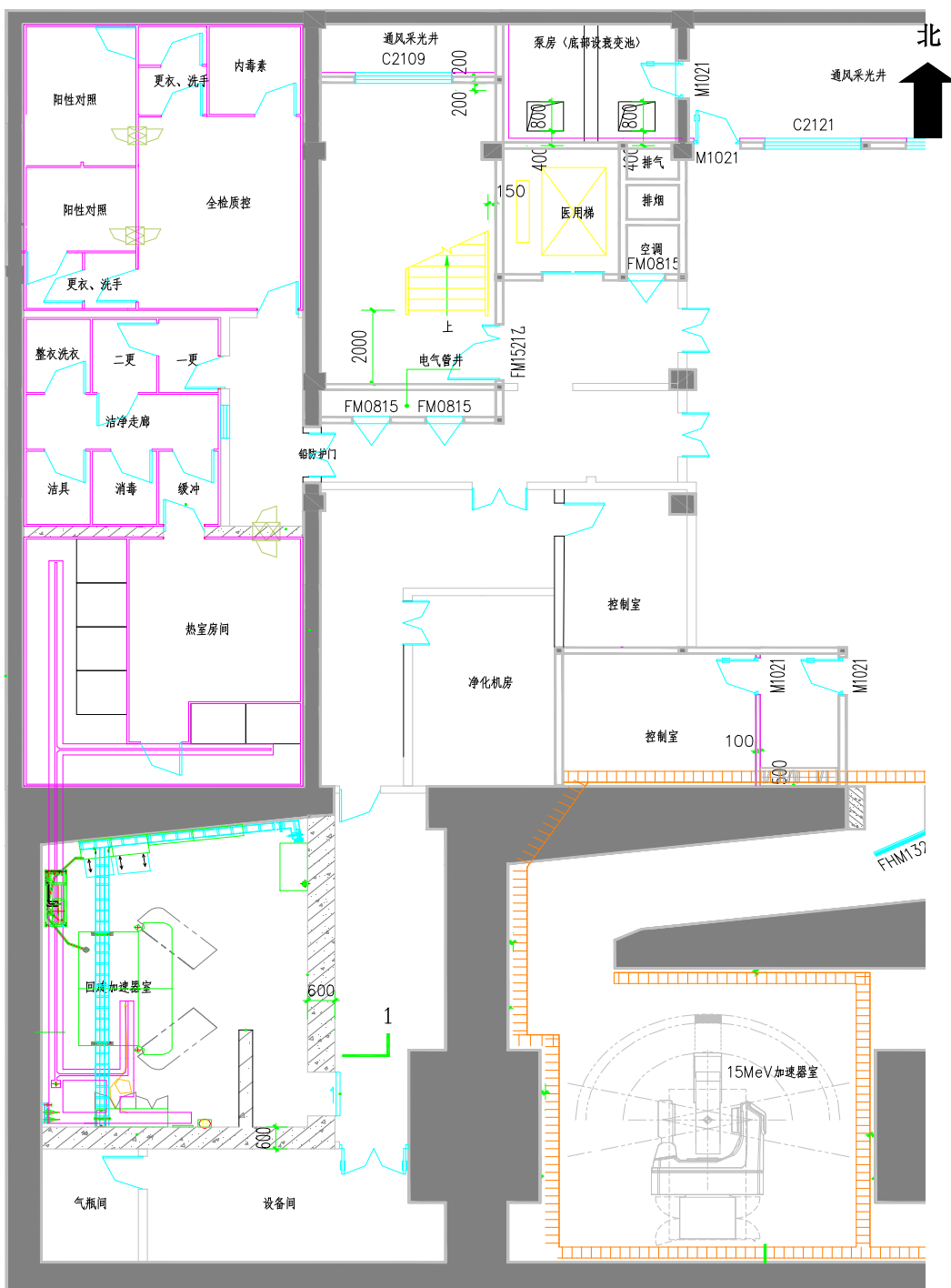
附图 2：医院平面布置图



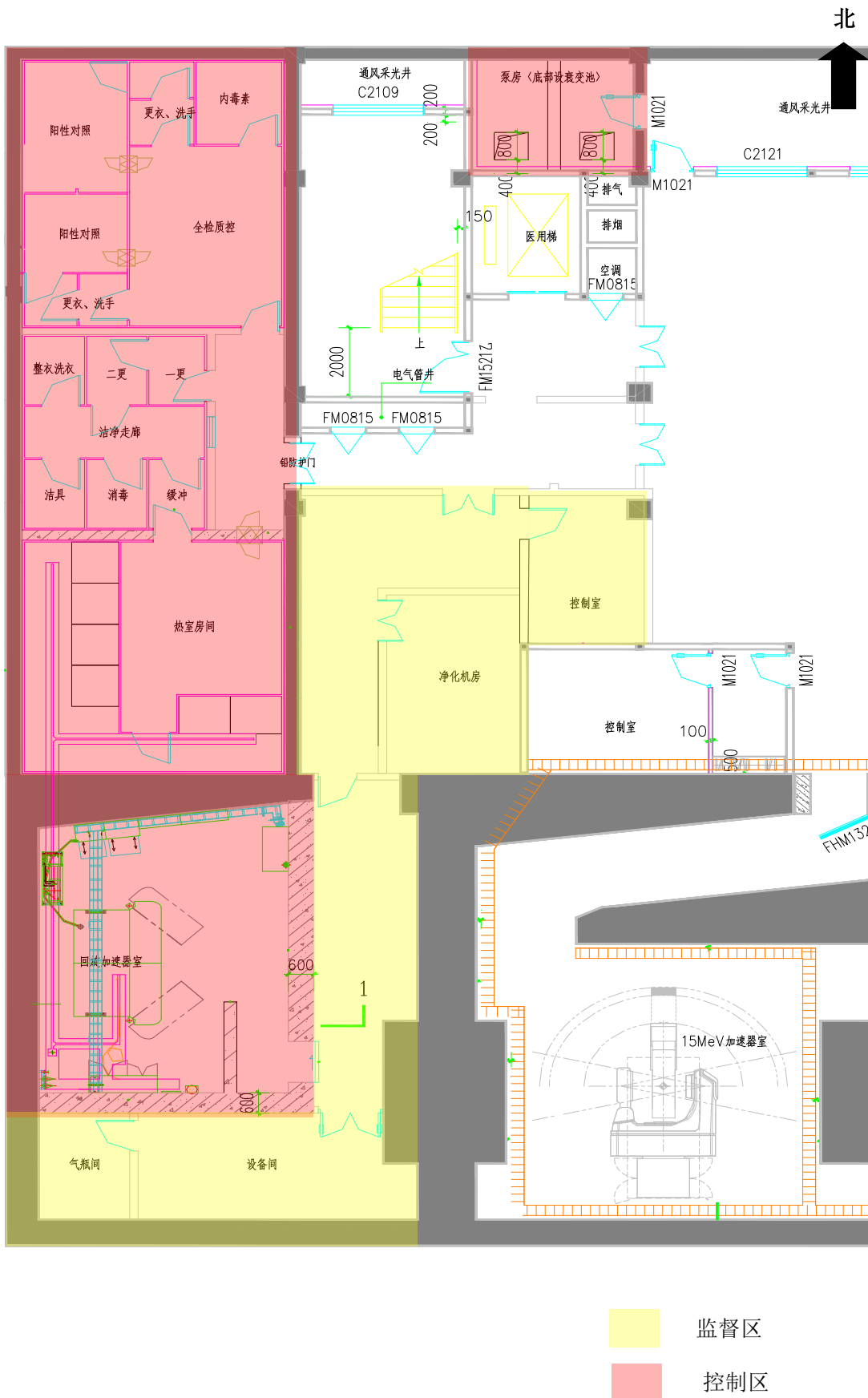
附图 3：肿瘤防治中心地下二层平面布置图



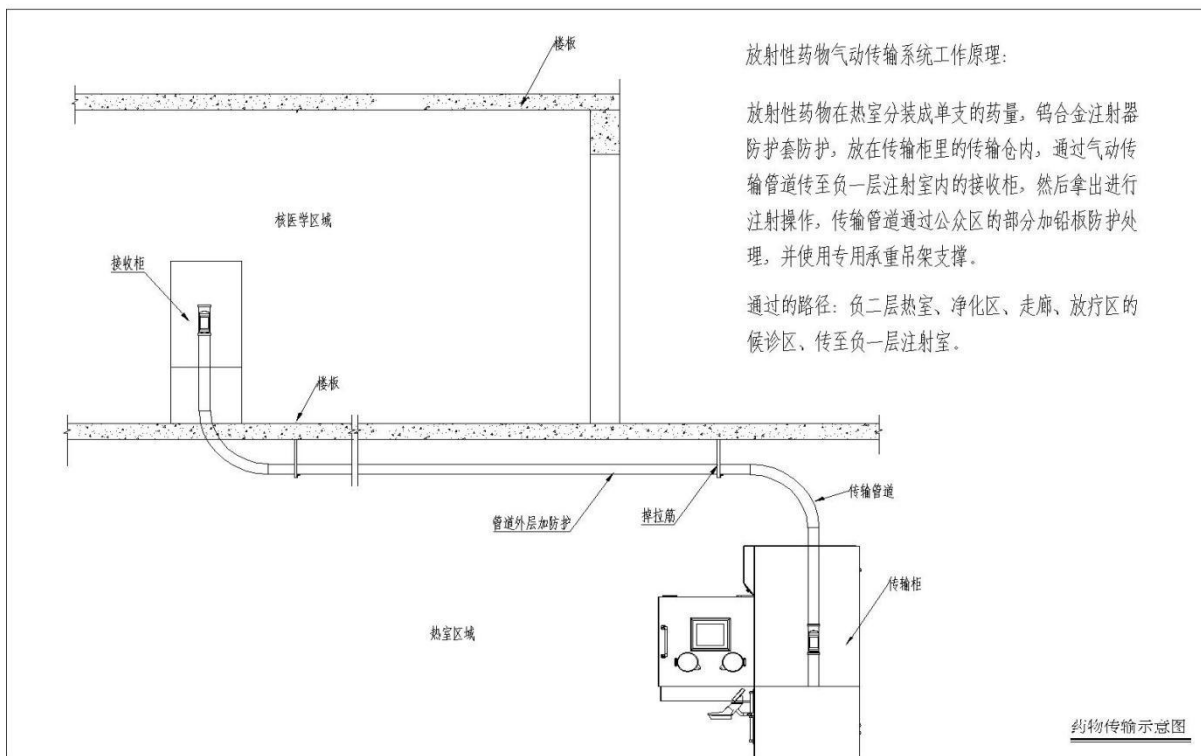
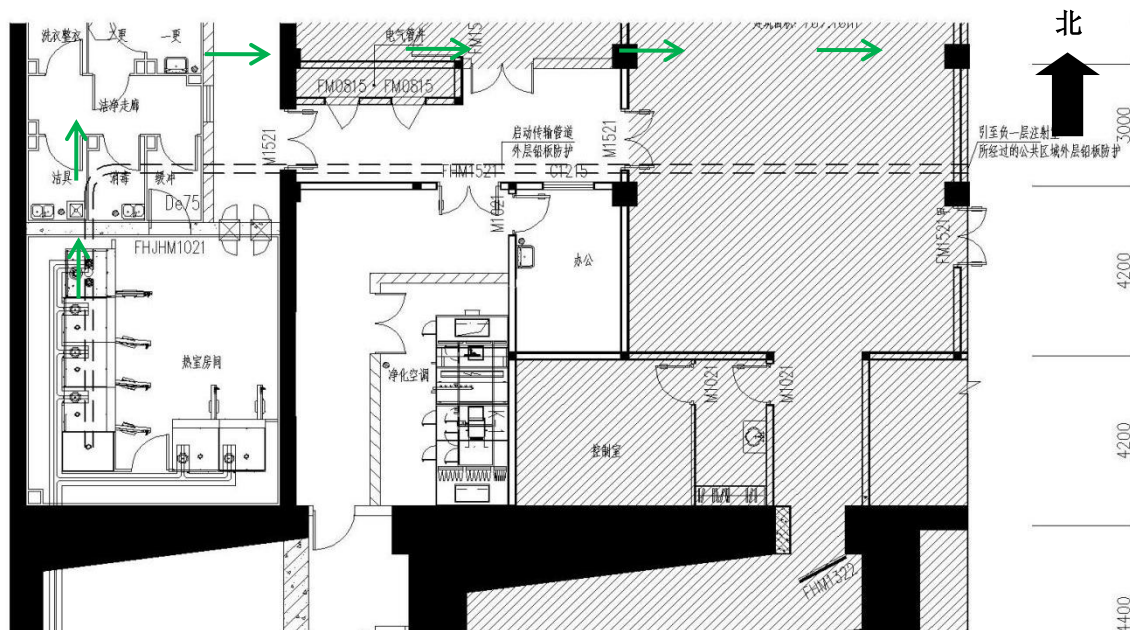
附图 4：工作场所平面布置图



附图 5：场所分区管理图

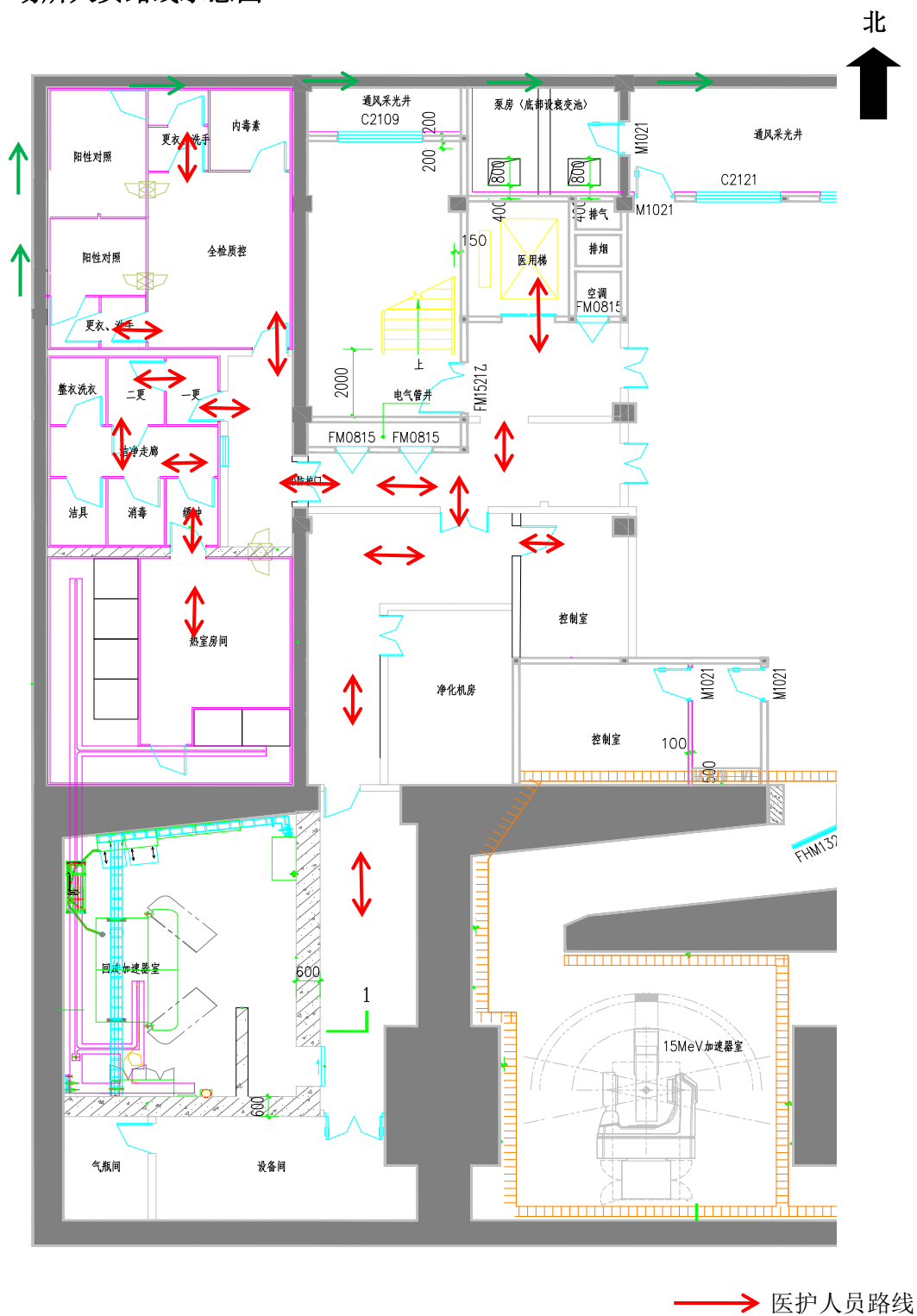


附图 6：场所药物传输路线示意图

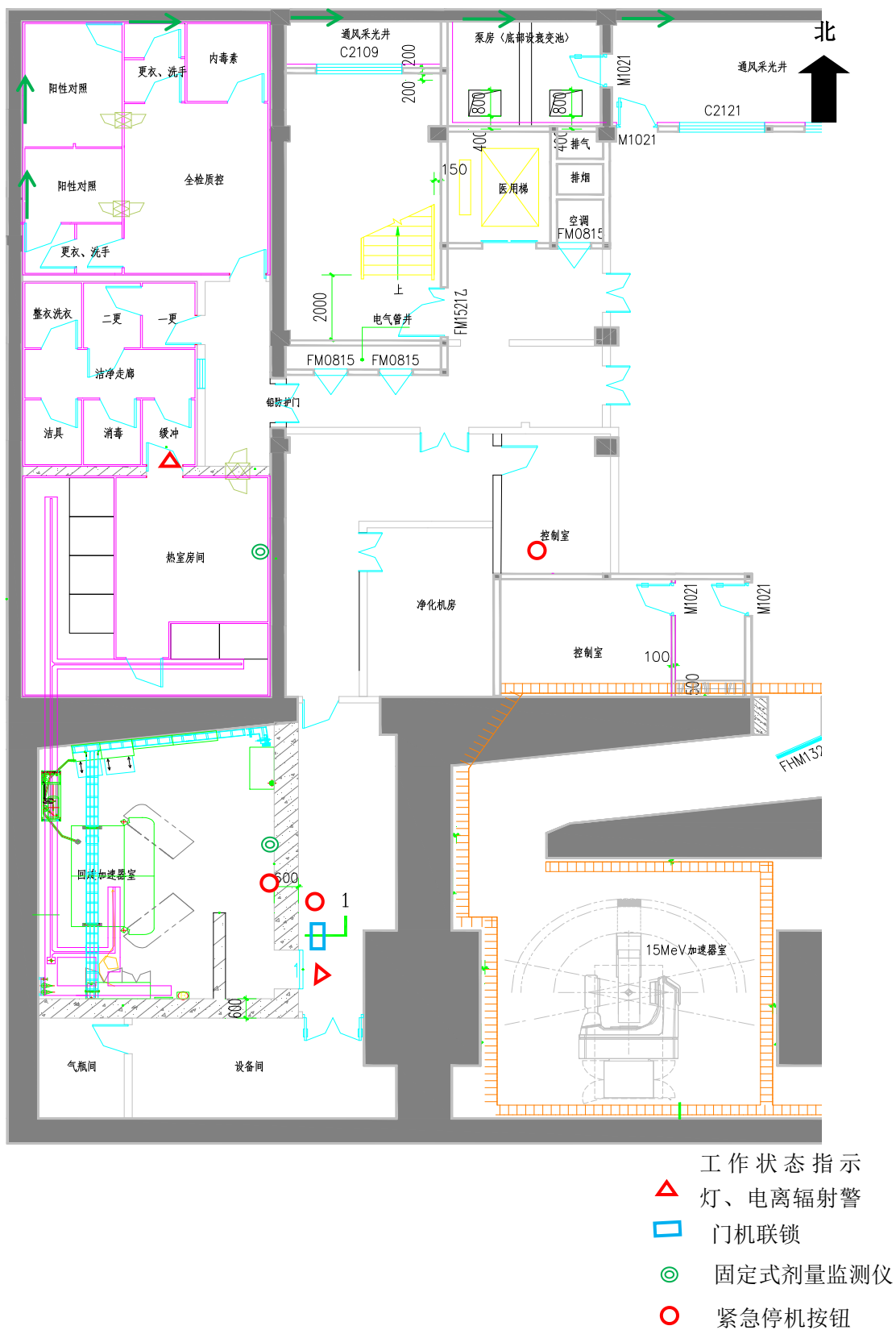


→ 药物传输路线

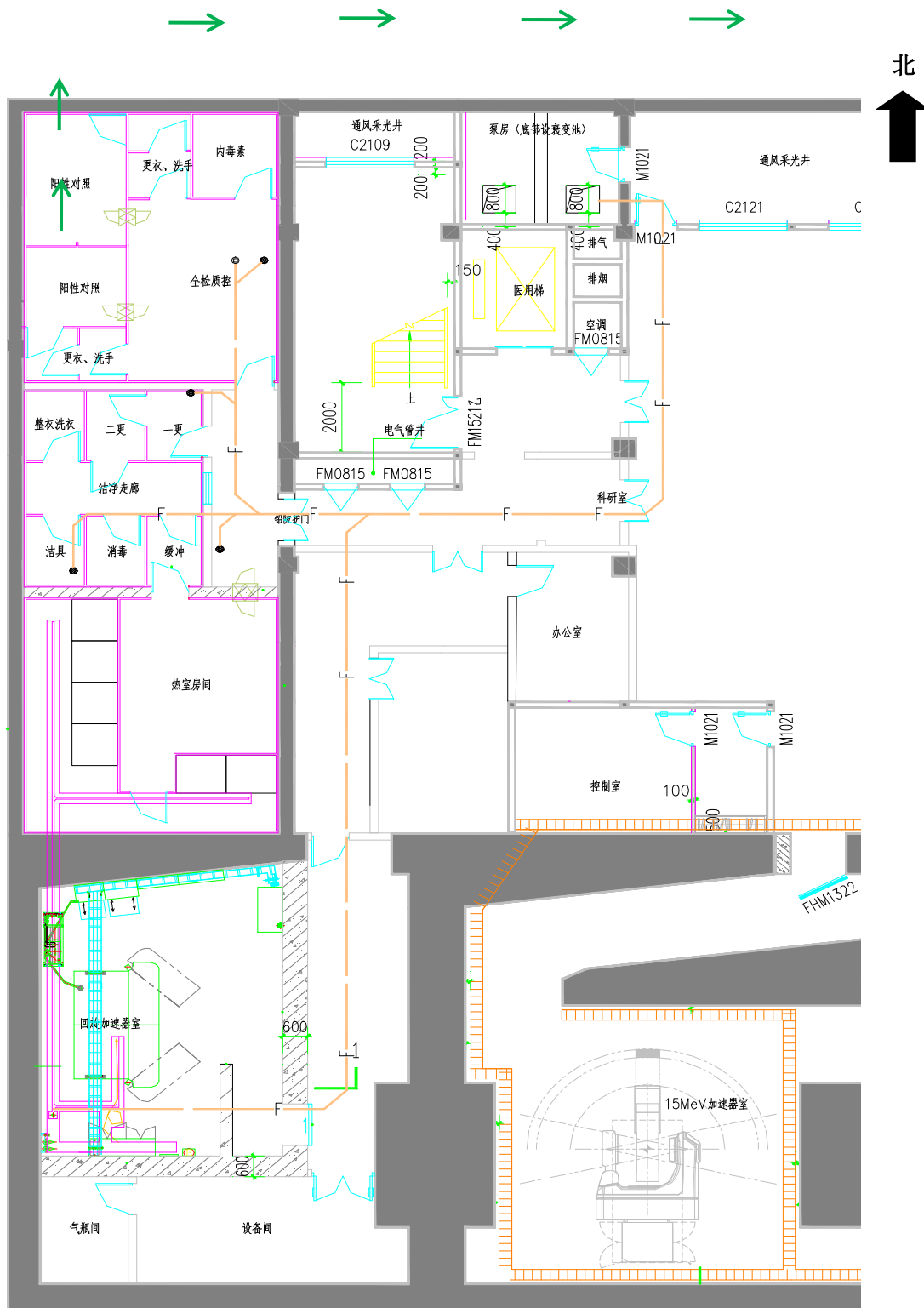
附图 7：场所人员路线示意图



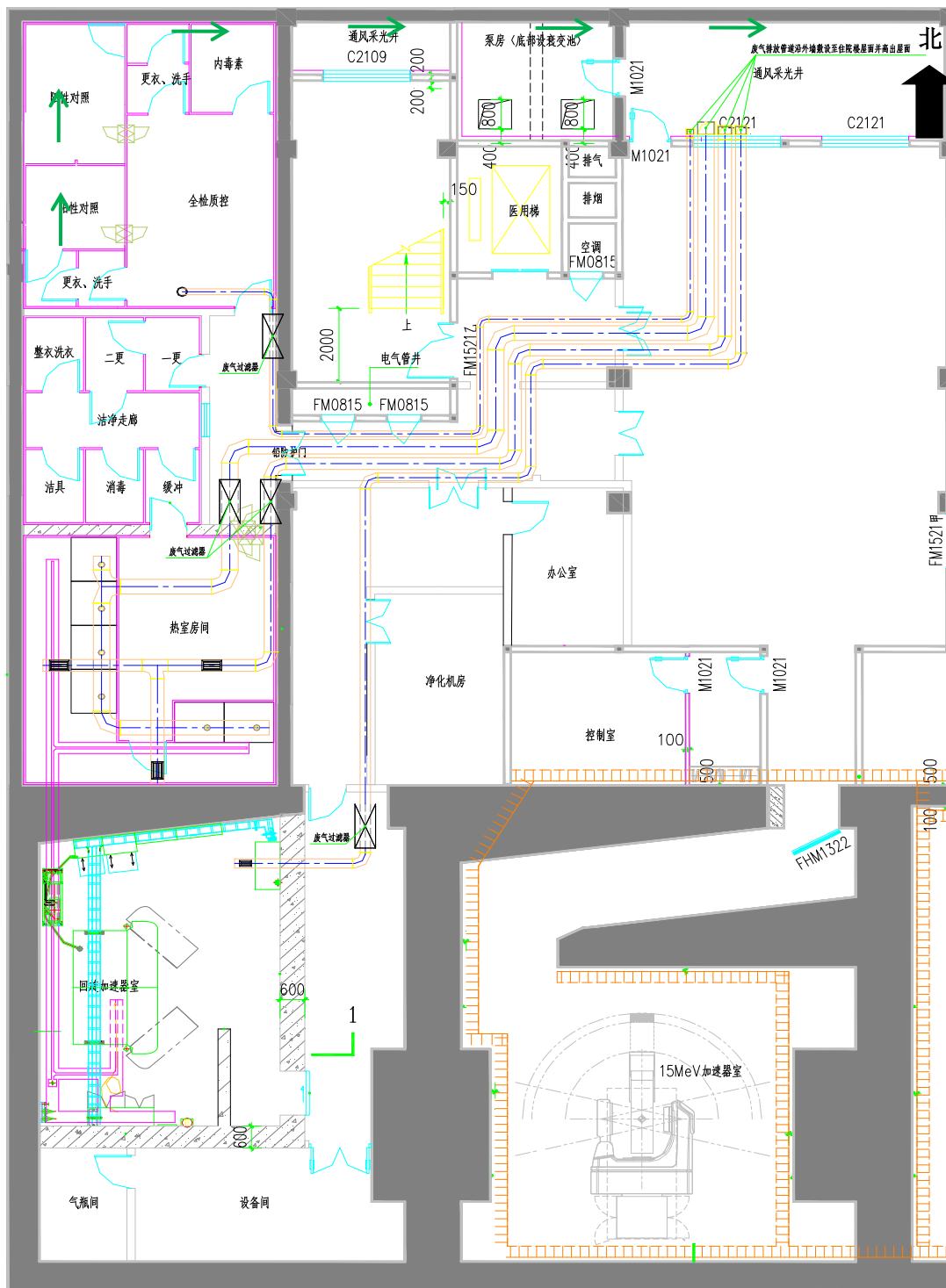
附图 8：回旋加速器工作场所辐射安全设施布局图



附图 9：场所放射性废水收集管线示意图



附图 10：场所放射性废气收集管线示意图



建设项目工程竣工环境保护“三同时”验收登记表

填表单位（盖章）： 山东博瑞达环保科技有限公司

填表人（签字）：

项目经办人（签字）：

建设单位	项目名称		回旋加速器应用项目				项目代码		建设地点		滨州市滨城区黄河二路 661 号肿瘤防治中心地下二层			
	行业类别		综合医院				建设性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造					
	设计生产能力		1 台回旋加速器				实际生产能力		1 台回旋加速器		环评单位		山东博瑞达环保科技有限公司	
	环评文件审批机关						审批文号				环评文件类型		环境影响报告表	
	开工日期						竣工日期				排污许可证申领时间			
	环保设施设计单位						环保设施施工单位				本工程排污许可证编号			
	验收单位		滨州医学院附属医院				环保设施监测单位		山东鲁环检测科技有限公司		验收监测时工况		10MeV 连续出束	
	投资总概算（万元）		1500				环保投资总概算（万元）		100		所占比例（%）		6.67	
	实际总投资		1500				实际环保投资（万元）		273		所占比例（%）		18.2	
	废水治理（万元）		废气治理（万元）		噪声治理（万元）		固体废物治理（万元）				绿化及生态（万元）		其他（万元）	
	新增废水处理设施能力						新增废气处理设施能力				年平均工作时间			
	运营单位		滨州医学院附属医院				运营单位社会统一信用代码				12370000494582759L		验收时间	
污染物排放达标与总量控制（工业建设项目详填）	污染物		原有排放量（1）	本期工程实际排浓度（2）	本期工程允许排浓度（3）	本期工程产生量（4）	本期工程自身削减量（5）	本期工程实际排放量（6）	本期工程核定排放量（7）	本期工程“以新代老”削减量（8）	全厂实际排放总量（9）	全厂核定排放总量（10）	区域平衡替代削减量（11）	排放增减量（12）
	废水													
	化学与氧量													
	氨氮													
	石油类													
	废气													
	二氧化硫													
	烟尘													
	工业粉尘													
	氮氧化物													
	工业固体废物													
	与项目有关的其他特征污染物													

注：1、排放增减量：（+）表示增加，（-）表示减少 2、(12)=(6)-(8)-(11)，（9）=（4）-(5)-(8)-(11)+（1） 3、计量单位：废水排放量——万吨/年；废气排放量——万标立方米/年；工业固体废物排放量——万吨/年；水污染物排放浓度——毫克/升；大气污染物排放浓度——毫克/立方米；水污染物排放量——吨/年；大气污染物排放量——吨/年