

赤峰学院附属医院新增医用电子直线
加速器、后装机、使用非密封放射性
药物应用项目竣工环境保护
验收监测报告表

建设单位：赤峰学院附属医院

编制单位：北京森馥科技股份有限公司

二零二五年九月

建设单位法人代表： （签字）

编制单位法人代表： （签字）

项 目 负 责 人： （签字）

填 表 人： （签字）

建设单位：赤峰学院附属医院
 （盖章）

电话：

传真：

邮编：

地址：

编制单位：北京森馥科技股份有限公司
 （盖章）

电话：400-668-6776

传真：400-668-6776 转 818

邮编：102209

地址：北京市昌平区北七家镇宏福大厦 12
层

目录

一、项目基本情况.....	1
二、项目建设情况.....	32
三、辐射安全与防护设施/措施.....	49
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	90
五、验收监测质量保证及质量控制.....	99
六、验收监测内容.....	101
七、验收监测.....	104
八、验收监测结论.....	109

附件：

- 1、辐射安全许可证正副本
- 2、环境影响评价批复
- 3、辐射工作人员成绩报告单
- 4、竣工环境保护验收检测报告
- 5、辐射工作人员个人剂量检测报告
- 6、赤峰学院附属医院规章制度汇总
- 7、建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表
- 8、委托书
- 9、建设项目环境保护验收公示证明

一、项目基本情况

建设项目名称	赤峰学院附属医院新增医用电子直线加速器、后装机、使用非密封放射性药物应用项目竣工环境保护验收监测报告表					
建设单位名称	赤峰学院附属医院					
项目性质	新建 ☒ 改扩建 技改 迁建					
建设地点	赤峰市新城区王府大街 42 号赤峰学院附属医院					
源项	放射源		放射源 1 枚			
	非密封放射物质		工作场所 1 处			
	射线装置		1 台Ⅱ类射线装置 1 台Ⅲ类射线装置			
建设项目环评批复时间	2023 年 4 月 18 日		开工建设时间		2023 年 5 月	
取得辐射安全许可证时间	2024 年 11 月 18 日 (重新申领)		项目投入运行时间		2025 年 5 月	
辐射安全与防护设施投入运行时间	2025 年 5 月		验收现场监测时间		2025 年 06 月 23 日	
环评报告表审批部门	内蒙古自治区生态环境厅 内辐环审 [2023]008 号		环评报告表 编制单位		内蒙古博海环境科技有限责任公司	
辐射安全与防护设施设计单位	山东大华医特环保工程有限公司		辐射安全与防护设施 施工单位		深圳市威大医疗系统工程有限公司	
投资总概算 (万元)	****		辐射安全与防护设施 投资总概算 (万元)		****	比例 21.1%
实际总概算 (万元)	****		辐射安全与防护设施 实际总概算 (万元)		****	比例 27.52%

验收依据	1、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》(1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过 2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2015 年 1 月 1 日起施行)； (2)《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 6 月 28 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过，2003 年 10 月 1 日起施行)； (3)《建设项目环境保护管理条例》(1998 年 11 月 29 日国务院令 第 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日国务院令 第 682 号修订,2017 年 10 月 1 日起施行)； (4)《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(环境保护部 国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日)； (5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005 年 9 月 14 日中华人民共和国国务院令 第 449 号公布 根据 2014 年 7 月 29 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第一次修订 根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订)； (6)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日环境保护总局令 第 31 号公布 2008 年 12 月 6 日环境保护部令 第 3 号第一次修正 根据 2017 年 12 月 20 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》第二次修正 根据 2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》第三次修正 根据 2021 年 1 月 4 日《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》第四次修正)； (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 号发布，2011 年 5 月 1 日实施)。
------	---

验收依据	2、建设项目竣工环境保护验收技术规范： (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)； (2)《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 年第 9 号)； (3)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)； (4)《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)； (5)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分：γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)； (6)《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)； (7)《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)； (5)《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)； (6)《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)； (7)《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)； (8)《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)； (9)《表面污染测定 第 1 部分：β 发射体 ($E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008)。 3、建设项目环境影响报告表及其审批部门的审批决定： (1)《核技术利用建设项目 赤峰学院附属医院新增医用电子直线加速器、后装机、回旋加速器及生产、使用非密封放射性药物应用项目环境影响报告表》(2023 年 1 月)； (2)内蒙古自治区生态环境厅审批意见(内辐环审【2023】008 号)。 4、其他相关文件： (1)《建设项目竣工环境保护验收技术服务合同书》；
------	---

(2)《委托书》;

(3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);

(4)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。

5、依据环境影响评价文件中采用的各种标准和审批部门审批决定列出验收执行的标准名称、标准号、标准限值等。

依据本项目已批复的环评文件中相应的适用标准,本次验收工作的标准如下:

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);

1、剂量限值

☐职业照射

a) 应对任何工作人员的照射水平进行控制,使之不超过下述限值: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。

b) 任何一年中的有效剂量的管理限值为50mSv。

本项目取其四分之一即5mSv/a作为职业工作人员的剂量管理限值。

☐公众照射

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:年有效剂量为1mSv;本项目取其10%,即0.1mSv/a作为公众人员的剂量约束值。

2、表面污染控制水平

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录B中规定工作场所表面污染控制水平如表B11所列:

表B11 工作场所的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		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 监督区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹
1) 该区内的污染子区除外。				

(2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

6.1 X 射线设备机房布局

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和、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 2 X 射线设备机房(照射室)使用面积及单边长度的要求

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(不含头颅移动 CT)	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机 (含 C 型臂)	30	4.5
单管头 X 射线设备 (含 C 型臂、乳腺 CBCT)	20	3.5
透视专用机、碎石定位机、口腔 CBCT 卧位扫描	15	3.0
乳腺、全身骨密度	10	2.5
牙科全景机、局部骨密度仪、口腔 C T 坐 位扫描 / 站位扫描	5	2
口内牙片机	3	1.5

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表 3 的规定。

表 3 不同类型 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
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
标称 125kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
口腔 CBCT、牙科全景机房(有头颅摄影)	2.0	1.0
透视机房、骨密度仪机房、口内牙片机房、牙科全 景机房、碎石机房、模拟定位机房、乳腺摄影机房、 乳腺 CBCT 机房	1.0	1.0
CT 机房(不含头颅移动 CT)、CT 模拟定位机房	2.5	

	6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。 6.2.4 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$；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 $2.5\mu\text{Sv/h}$； 6.4 X 射线设备工作场所防护 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。 6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。 6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。 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。 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。 6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。 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。 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求 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。 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。 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。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
CT 体层扫描 (隔离)	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
	---	---	铅橡胶性腺防护围裙（方形） 或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅 橡胶帽子	---

(3) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)

6 工作场所放射防护要求

6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。

6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

6.2 空间、通风要求

6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。

6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应

设在治疗机房下部,进风口与排风口位置应对角设置,以确保室内空气充分交换;通风换气次数应不小于 4 次/h。

6.3 屏蔽要求

6.3.1 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平

6.3.1.1 治疗机房(不包括移动式电子加速器治疗机房)墙和入口门外 30cm 处(关注点)的周围剂量当量率应不大于下述 a)、b)和 c)所确定的周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$:

a)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,由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$,见式(1):

$$\dot{H}_c \leq H_e / (t \times U \times T) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$\dot{H}_c$ ---周围剂量当量率参考控制水平,单位为微希沃特每小时($\mu\text{Sv/h}$);

H_e ---周剂量参考控制水平,单位为微希沃特每周($\mu\text{Sv/周}$),其值按如下方式取值:放射治疗机房外控制区的工作人员: $\leq 100\mu\text{Sv/周}$;放射治疗机房外非控制区的人员: $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

t ---设备周最大累积照射的小时数,单位为小时每周(h/周);

U ---治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子;

T ---人员在关注点位置的居留因子,取值方法参见附录 A。

b)按照关注点人员居留因子的不同,分别确定关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$:

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

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

c)由上述 a)中的导出周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 和 b)中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$ 选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 。

6.3.2 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平

6.3.2.1 在治疗机房上方已建、拟建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至机房顶内表面边缘所张立体角区域时,距治疗机房顶外表面 30cm

	处，或在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，周围剂量当量率参考控制水平同 6.3.1。 6.3.2.2 除 6.3.2.1 的条件外，若存在天空反射和侧散射，并对治疗机房墙外关注点位置照射时，该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的周围剂量当量率的总和，按 6.3.1 确定关注点的周围剂量当量率作为参考控制水平。 6.3.3 屏蔽材料 屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素，符合最优化要求，新建机房一般选用普通混凝土。 6.4 安全装置和警示标志要求 6.4.1 监测报警装置 含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。 6.4.2 联锁装置 放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。 6.4.3 标志 医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志： - a)放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志； - b)放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。 6.4.4 急停开关 6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。 6.4.4.2 放射源后装近距离治疗工作场所，应在控制台、后装机设备表面人员易触及位置以及治疗机房内墙面各设置一个急停开关。 6.4.5 应急储存设施 6.4.5.1 γ 源后装治疗设施应配备应急储源器。 6.4.5.2 中子源后装治疗设施应配备符合需要的应急储源水池。
--	---

	6.4.6 视频监控、对讲交流系统 控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。 7 放射治疗操作中的放射防护要求 7.1 对于高于 10MV X 射线治疗束和质子重离子治疗束的放射治疗，除考虑中子放射防护外，在日常操作中还应考虑感生放射线的放射防护。 7.2 后装放射治疗操作中，当自动回源装置功能失效时，应有手动回源的应急处理措施 7.3 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，应保障安全联锁正常运行。 7.4 工作人员进入涉放射源的放射治疗机房时应佩戴个人剂量报警仪。 7.5 实施治疗期间，应有两名及以上操作人员协同操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度，密切注视控制台仪器及患者状况，发现异常及时处理，操作人员不应擅自离开岗位。 （4）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021） 4.8 辐射工作人员和公众成员的辐射照射应符合 GB18871-2002 中剂量限值相关规定。 4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求： a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5 mSv/a。 b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1 mSv/a。 5 选址、布局与分区要求 5.1 选址与布局 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。 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。 5.2 分区原则 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。 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）。 6 放射治疗场所辐射安全与防护要求 6.1 屏蔽要求 6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。 6.1.4 剂量控制应符合以下要求： a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或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 30 cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$： 1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（$\dot{H}_c$）求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$： 机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$； 机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$。 2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}(\mu\text{Sv/h})$： 人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$； 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$。 b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250\mu\text{Sv}$ 加以控制。 c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100\mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。
--	--

	6.1.5 使用中子源开展后装治疗的治疗室内应配备符合需要的应急贮源水池或聚乙烯罐等满足中子屏蔽的措施，保障放射源的安全暂存，并实行双人双锁管理。 6.2 安全防护设施和措施要求 6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等： a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明； b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯； c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。 6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施： a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门—机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施； b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能； c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发； f) 安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。 6.2.4 后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。 7 操作的辐射安全与防护要求 7.4 应加强放射源倒装活动的辐射安全管理，倒装工作应由有相应能力且通过辐射安全考核的专业人员进行；应制定放射源倒装活动方案，对辐射监测与报警仪器的有效性、操作场所分区隔离设置、倒源屏蔽体搭建进行确认；倒装放射源时应对倒装热室周围和含源设备表面进行辐射监测，关注倒源屏蔽体的辐射防护效果和含源
--	--

	设备的表面污染情况，做好安装和更换的放射源清点并记录；倒源结束后对含放射源的放射治疗设备、场所与周围环境进行辐射监测。 8 放射性废物管理要求 8.2 固体废物管理要求 8.2.1 废旧放射源应按法律法规要求返回放射源生产厂家或原出口方。确定无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交有相应资质的单位收贮，并承担相关费用。 8.4 气态废物管理要求 8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。 (5) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 6.1 治疗室的防护要求 6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合 GB18871 的要求，保障职业场所和周围环境安全。 6.1.2 有用线束直接投照的防护墙（包括天棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计，辐射屏蔽设计应符合 GBZ/T201.1 的要求。 6.1.3 再加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。 6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。 6.1.5 X 射线能量超过 10MV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。 6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。 6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45 m²。 6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。 6.1.9 相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的辐射指示灯及辐射标志。 6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。 (6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007) 4 治疗机房一般屏蔽要求 4.1 屏蔽所考虑的环境条件 4.1.1 治疗机房一般设于单独的建筑或建筑物底层的一端。治疗机房的坐落位置应
--	---

	考虑周围环境与场所的人员驻留条件及其可能的改变，并根据相应条件确定所需要的屏蔽。 4.1.2 在设计和评价治疗机房顶屏蔽时，应充分考虑“天空散射辐射”和“侧散射辐射”对治疗机房邻近场所中驻留人员的照射。 4.2 治疗机房布局要求 4.2.1 治疗装置控制室应与治疗机房分离。治疗装置辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗装置分离的，应尽可能设置于治疗机房外。 4.2.2 直接与治疗机房相连的宽束治疗装置的控制室和其他居留因子较大的用室，应尽可能避开有用束可直接照射到的区域。 4.2.3 X 射线管治疗装置的治疗机房可不设迷路。γ 刀治疗装置的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路。除此而外，其他治疗机房应设置迷路。 (7)《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 (GBZ/T201.2-2011) 4.2 剂量控制要求 4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的剂量率参考控制水平： a) 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，可以依照附录 A，由以下周剂量参考控制水平 (H_c) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)： 1) 放射治疗机房外控制区的工作人员：$H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$； 2) 放射治疗机房外非控制区的工作人员：$H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$。 b) 按照关注点人员居留因子的下列不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)： 1) 人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c, \max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$； 2) 人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c, \max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$。 c) 由上述 a) 中的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$，选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)。 4.2.2 治疗机房顶的剂量控制要求：
--	---

	治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b) 两种情况控制: a) 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时, 距治疗机房顶外表面 30cm 处和 (或) 在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 可以根据机房外周剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 和最高剂量率 $\dot{H}_{c, \max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$, 按照 4.2.1 求得关注点的剂量率参考水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。 b) 除 4.2.2 中 a) 的条件外, 应考虑下列情况: 1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的剂量 (率) 的总和, 应按 4.2.2 中的 a) 确定关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制; 2) 穿出治疗机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射, 以相当于机房外非控制区人员周剂量率控制指标的年剂量 $250\mu\text{Sv}$ 加以控制; 3) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶, 考虑上述 1) 和 2) 之后, 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 (可在相应处设置辐射告示牌)。 (8)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014) 4.1 剂量控制要求 4.1.1 治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率参考控制水平 治疗机房墙和入口门外关注点的周围剂量当量率(以下简称剂量率)应不大于下述 a)、b)和 c)所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$: a)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,可以依照附录 A,由以下周剂量参考控制水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv/周})$求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$): 放射治疗机房外控制区的工作人员: $\dot{H}_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$; 放射治疗机房外非控制区的人员: $\dot{H}_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$。 b)按照关注点人员居留因子(T)的不同,确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}(\mu\text{Sv/h})$: 人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所: $\dot{H}_{c, \max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$;
--	---

	人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所: $\dot{H}_{c, \max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$。 c)由上述 a)中的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, d}$ 和 b)中的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$, 选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c (\mu\text{Sv/h})$。 4.1.2 治疗机房顶的剂量控制要求 治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b)两种情况控制: a)在治疗机房正上方有建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自放射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时,距治疗机房顶外表面 30cm 处和(或)在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处,可以根据机房外周剂量参考控制水平 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 和最高剂量率 $\dot{H}_{c, \max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$,按照 4.1.1 求得关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c (\mu\text{Sv/h})$加以控制。 b)除 4.1.2 中 a)的条件外,应考虑下列情况: 1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿透机房墙壁辐射在相应处的剂量率的总和,应按 4.1.2 中的 a)确定关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c (\mu\text{Sv/h})$加以控制; 2)穿透治疗机房屋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; 3)对无人员停留并只有借助工具才能进入的机房顶,考虑上述 1)和 2)之后,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(可在相应处设置辐射告示牌)。 (9)《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 4.1 一般要求 4.1.1 医疗机构应对所开展核医学活动的辐射防护与安全工作全面负责,实现保护辐射工作人员、公众和环境的目标。 4.1.2 医疗机构应对拟开展的核医学活动进行正当性判断,确保实施的活动都是正当的。 4.1.3 规划、设计、建设核医学工作场所和开展核医学活动的过程中,遵循辐射防护最优化原则,使得核医学活动涉及的相关个人受照剂量的大小、受到照射的人数和受到照射的可能性保持在可合理达到的尽量低的水平。 4.1.4 开展核医学活动的工作场所应实行分级管理。
--	--

	4.1.5 开展核医学活动的辐射工作场所应划分出控制区和监督区，合理布局工作场所，规划好人流、物流、气流路径，妥善收集、暂存和处理核医学活动中产生的放射性废物。 4.1.6 医疗机构应对开展核医学活动的工作场所和周围环境进行定期的辐射监测和评估，证明采取的辐射防护与安全措施的合理性。 4.1.7 开展核医学活动的医疗机构应制定恰当的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备和响应工作安排，有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。 4.3 辐射工作场所分区 4.3.1 应按照 GB18871 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。 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。 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，监督区入口应设置标明监督区标志。 4.4 剂量限值与计量约束值 4.4.1 剂量限值 核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB18871 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 GB18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。 B1.1 职业照射 B1.1.1 剂量限值 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: 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),20 mSv; b)任何一年中的有效剂量,50mSv;; c)眼晶体的年当量剂量,150mSv; d)四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量,500 mSv。 B1.1.1.2 对于年龄为 16 岁~18 岁接受涉及辐射照射就业培训的徒工和年龄为
--	---

	16 岁~18 岁在学习过程中需要使用放射源的学生,应控制其职业照射使之不超过下述限值: - a)年有效剂量,6 mSv; - b)眼晶体的年当量剂量,50 mSv;; - c)四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量,150 mSv。 B1.1.2 特殊情况 在特殊情况下,可依据第 6 章 6.2.2 所规定的要求对剂量限值进行如下临时变更: a)依照审管部门的规定,可将 B1.1.1.1 中 a)项指出的剂量平均期破例延长到 10 个连续年; 并且,在此期间内,任何工作人员所接受的年平均有效剂量不应超过 20mSv,任何单一年份不应超 50mSv; 此外,当任何一个工作人员自此延长平均期开始以来所接受的剂量累计达到 100 msv 时,应对这种情况进行审查; b)剂量限制的临时变更应遵循审管部门的规定,但任何一年内不得超过 50 mSv,临时变更的期限不得超过 5 年。 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。 B1.2.2 慰问者及探视人员的剂量限制 B1.2.1 所规定的剂量限值不适用于患者的慰问者(例如,并非是他们职责、明知会受到照射却自愿帮助护理、支持和探视、慰问正在接受医学诊断或治疗的患者的人员)。但是,应对患者的慰问者所受的照射加以约束,使他们在患者诊断或治疗期间所受的剂量不超过 5mSv。应将探视食入放射性物质的患者的儿童所受的剂量限制于 1mSv 以下。 4.4.2 剂量约束值
--	---

	4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a； 4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。 4.4.3 放射性表面污染控制水平 核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB18871 执行。 5.1 选址 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人员、物流通道。 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。 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。 5.2 布局 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。 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。 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。 工作场所的辐射安全与防护 6 工作场所的辐射安全与防护 6.1 屏蔽要求 6.1.1 核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。 6.1.2 设计核医学工作场所墙壁、地板及顶面的屏蔽层时，除应考虑室内的辐射源外，
--	--

	还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。 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。 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。 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 2.5μSvh,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 10μSv。 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 μSv,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 μSv/h。 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 μSvh。 6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内,并应有适当屏蔽。 6.2 场所安全措施要求 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。 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。放射性药物给药器应有适当的屏蔽,给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体,以减少对其他患者和医护人员的照射。 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。 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。
--	--

	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。 6.2.6 粒籽源植入场所应配备辐射监测仪器，手术结束后应对手术床及周边区域进行辐射水平监测，以排除粒籽源在手术植入过程中遗漏或丢失。 6.2.7 敷贴器治疗场所应设置专门的治疗室，治疗时严禁将敷贴源带出治疗室外。敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，对病人的正常组织应采用合适的屏蔽措施。敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面，不得将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，使用后应存放于干燥的贮源箱内。 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。 6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。 6.3 密闭和通风要求 6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，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。 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。 6.3.3 碘-131 治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压,治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。 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。 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。 7 放射性废物的管理 7.1 一般要求
--	--

	7.1.1 应根据核医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等，按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理。 7.1.2 应按照废物最小化的原则区分放射性废物与解控废物，不能混同处理，应尽量控制和减少放射性废物产生量。 7.1.3 核医学实践中产生的短寿命放射性废物，应尽量利用贮存衰变的方法进行处理，待放射性核素活度浓度满足解控水平后，实施解控。不能解控的放射性废物，应送交有资质的放射性废物收贮或处置机构进行处理。 7.1.4 应建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案。 7.2 固体放射性废物的管理 7.2.1 固体放射性废物收集 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。 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。 7.2.1.3 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。 7.2.2 固体放射性废物贮存 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。 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。 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。 7.2.2.4 含放射性的实验动物尸体或器官应装入废物袋做好防腐措施（如存放至专用冰柜内），并做好屏蔽防护。不需要特殊防护措施即可处理的尸体含放射性常用核素
--	--

	的上限值见附录 C。 7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。 7.2.3 固体放射性废物处理 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： 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； 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； c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。 7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1 mSv/h，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 4 Bq/cm^2、其他 α 发射体应小于 0.4 Bq/cm^2。 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。 7.3 液态放射性废物的管理 7.3.1 放射性废液收集 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。 7.3.1.3 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。 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。 7.3.2.2 含碘-131 治疗病房的核医学工作场所应设置槽式废液衰变池。槽式废液衰变池应由污泥池和槽式衰变池组成，衰变池本体设计为 2 组或以上槽式池体，交替贮存、衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。 7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131 治疗场所,可设置推流式放射性废液衰变池。推流式衰变池应包括污泥池、衰变池和检测池。应采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为 3-5 级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。 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； b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期(含碘-131 核素的暂存超过 180 天)，监测结果经审管部门认可后，按照 GB 18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 α 不大于 1 Bq/L、总 β 不大于 10 Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。 7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求。 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。 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。 (10)《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 5 工作场所的放射防护要求 5.1 工作场所平面布局和分区 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。 5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则: a) 使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小; b) 保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰; c) 在核医学诊疗工作区域,控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施,限制患者或受检者的随意流动,保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射; d) 在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间,进行污染检测。 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场所。其功能设置要求如下: a) 对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室(可含质控室)、给药后患者或受检者候诊室(根据放射性核素防护特性分别设置)、质控(样品测量)室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房; b) 对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房(使用非密封源治疗患者)或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房; c) 诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息室、
--	---

护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房；

d) 对于综合性的核医学工作场所，部分功能用房和辅助用房可以共同利用；

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。

5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开布置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定核医学治疗区(病房)的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。

5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。

5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。

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 放射防护措施要求

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,核医学工作场所分类的加权活度计算方法见附录 G。

表 1 不同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	II	III
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	不必要
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 ^a	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆 ^b 和去污设	洗手盆 ^b 和去污设	洗手盆 ^b
^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 0.5m/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。

5.2.4 分装药物操作宜采用自动分装方式,¹³¹I 给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。

5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。

5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。

5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。回旋加速器机房内应装备应急对外通讯设施。

5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。

5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

5.3 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3 m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5 cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。屏蔽计算中所涉及的常用放射性药物理化特性参见附录 H。PET 相关房间的辐射屏蔽计算方法和示例参见附录 I。自屏蔽回旋加速器机房的屏蔽计算方法由回旋加速器在所有工作条件下所产生中子的最大通量（取决于加速器的类型、能量、粒子类型以及使用的靶等）决定。

5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在照射的可能性和严重程度，做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容，工作场所放射防护检测方法见附录 J。开展核医学工作的医疗机构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 2。

表 2 核医学工作场所的放射性表面污染控制水平

单位为贝可每平方厘米

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}
1) 该区内的高污染子区除外。			
6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备 6.1.1 个人防护用品及去污用品 开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品（见附录 K），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服。当使用的 $^{99}\text{Tc}^m$ 活度大于 800 MBq 时，防护用品的铅当量应不小于 0.5 mmPb，个人防护用品及去污用品具体配置见附录 K；对操作 ^{68}Ga、^{18}F 等正电子放射性药物和 ^{131}I 的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。 6.1.2 辅助用品 根据工作内容及实际需要，合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。防护通风柜的典型屏蔽厚度参见附录 I。 6.2 放射性药物操作的放射防护要求 6.2.1 操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。 6.2.2 装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。 6.2.3 操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。 6.2.4 操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风柜内进行。通风柜保持良好通风，并按操作情况必要时进行气体或气溶胶放射性浓度的监测；操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体的工作人员宜使用过滤式口罩。 6.2.5 控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。 6.2.6 操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过表 2 规定值，应采取相应去污措施。 6.2.7 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 2 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。 6.2.8 为体外放射免疫分析目的而使用含 ^3H、^{14}C、^{125}I 等核素的放射免疫分析试剂盒可在一般化学实验室进行。			

	6.2.9 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的部分。 6.2.10 放射性物质贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。 6.2.11 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的固定措施。 6.2.12 贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。 6.2.13 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。 6.2.14 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用 6.1.2 和附录 K 所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。 6.2.15 核医学放射工作人员应按 GBZ128 的要求进行外照射个人监测，同时对于近距离操作放射性药物的工作人员，宜进行手部剂量和眼晶状体剂量监测，保证眼晶状体连续 5 年期间，年平均当量剂量不超过 20mSv，任何 1 年中的当量剂量不超过 50mSv；操作大量气态和挥发性物质的工作人员，例如近距离操作 ^{131}I 的工作人员，宜按照 GBZ129 的要求进行内照射个人监测。 8 医用放射性废物的放射防护管理要求 8.1 放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。核医学常用放射性核素的物理特性参见附录 H。 8.2 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。 8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。 8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。 8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。 8.6 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及
--	---

	时转送存储室，放入专用容器中存储。 8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。 8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，质量不超过 20kg。 8.9 储存场所应具有通风设施，出入处设电离辐射警告标志。 8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。 8.11 废物包装体外表面的污染控制水平：$\beta < 0.4 \text{ Bq/cm}^2$。
--	--

二、项目建设情况

2.1、项目建设内容

(1) 建设单位情况、建设内容和规模

赤峰学院附属医院始建于 1980 年。党的十八大以来，在习近平新时代中国特色社会主义思想的指引下，医院走上了高质量发展的“快车道”，现已发展成为一所以医疗和保健为中心，以医学研究和教育为重点，向社会全面开放的融医疗、教学、科研、预防保健、急诊急救和康复为一体的国家三级甲等综合性公立医院，2013 年医院新城院区投入使用，形成目前“一院两址”格局。医院现有国家临床重点建设专科 1 个，自治区卫生医疗领先学科 2 个、重点学科 2 个，赤峰市领先学科 8 个、重点学科 9 个；医院被自治区卫健委确定为病案质量控制中心和泌尿外科质量控制中心，同时承担着赤峰市 13 个卫生医疗专业质控中心的工作任务。医院现有两个院区，分别为位于赤峰市红山区园林路东三段四号的红山院区和位于新城区王府大街 42 号的新城院区，本次核技术利用项目全部位于新城院内，医院现有总建筑面积 23.5 万平方米。项目总投资 *** 万元，其中辐射安全与防护设施投资 *** 万元，占比 27.52%。详见下表建设项目及辐射安全防护投资一览表。

表 2-1 建设项目及辐射安全防护投资一览表

序号	类 目	投资类别				投资金额	
1	医用电子直线加速器	设备	Infinity 型医用电子直线加速器			***万元	
		环保投资	包括电离辐射警告标志、工作状态显示、场所分区标识、固定式剂量报警仪、便携式辐射监测仪器仪表个人剂量报警仪、个人剂量计、通风系统及铅衣等个人防护用品等。			***万元	
2	非密封放射性物质工作场所（使用区域）	设备	uMI Panorama 35S 型 PET/CT			***万元	
		环保投资	包括场所分区标识、电离辐射警示标志、卫生通过间、表面污染监测仪、便携式γ剂量监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式中子剂量测量仪、独立的放射性通风系统、分装及合成通风橱、转运铅罐、放射性下水系统、放射性固体废物暂存铅罐、铅衣、工作服、防护手套、口罩等个人防护用品等。			***万元	
3	Co-60 后装机	后装机房(1 间)及其配套防护设施(包括固定式辐射水平监测仪、电视监控对讲装置、电离辐射警示标志、工作状态显示、意外中断照射时声光报警、通风设施、个人剂量计、个人剂量报警仪、储源容器、长柄镊子等应急设备、铅衣等个人防护用品)				***万元	
总投资额		3725 万元	辐射安全防护投资		1025 万元	比例	27.52%

截止到本次验收时，赤峰学院附属医院现有射线装置 45 台，其中Ⅱ类射线装置 6 台、Ⅲ类射线装置 39 台；非密封放射性物质工作场所 2 处；医用放射源 1 枚。赤峰学院附属医院于 2024 年 11 月 18 日完成了辐射安全许可证重新申领工作，由内蒙古自治区生态环境厅核发，证书编号：蒙环辐证[00144]，种类和范围：使用Ⅲ类放射源；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所；使用Ⅱ类、Ⅱ类射线装置。有效期至 2029 年 11 月 17 日。辐射安全许可证详见附件 1，环评批复见附件 2。

赤峰学院附属医院现有核技术应用项目明细见表2-2、2-3、2-4。

表2-2 赤峰学院附属医院现有密封放射源明细表

序号	核素	出厂日期	出厂活度(Bq)	编码	用途	工作场所	环评、验收情况
1	Co-60	2023-02-03	7.4E+10	BY23CO013623	后装治疗机	院本部放疗科后装机室	2023 年 4 月 18 日取得环评批复 本次申请验收

表2-3 赤峰学院附属医院现有非密封放射性物质明细表

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	活动种类	环评、验收情况
1	院本部 ECT 室	乙级	Tc-99m	7.4E+8	1.48E+12	使用	已履行环境影响评价及竣工环境保护验收
			I-131	3.7E+9	2.96E+10		
			I-125(粒子源)	1.4E+8	4.44E+10		
2	院本部核医学科 PET/CT 室	乙级	C-11	1.48E+6	5.4E+10	使用	2023 年 4 月 18 日取得环评批复 本次申请验收
			F-18	1.11E+7	2.89E+12		
			Ga-68	1.85E+6	6.75E+10		
			N-13	1.48E+6	5.40E+10		

表2-4 赤峰学院附属医院现有射线装置明细表

序号	型号/装置名称	数量	类别	生产厂家	主要参数	环评、验收情况
1	Infinity 型直线加速器	1	Ⅱ类	医科达(北京)医疗器械有限公司	10MeV	2023 年 4 月 18 日取得环评批复 本次申请验收
2	uMI Panorama 35S 型正电子发射/X 射线计算机断层成像系统	1	Ⅲ类	上海联影医疗科技股份有限公司	140kV/833mA	
3	Artis ZeeIII Ceiling 型医用血管造影 X 射线机	1	Ⅱ类	德国西门子	125kV/1000mA	已履行环境影响评价、竣工环境保护验收及环境影响登记备案手续
4	Allura Xper FD10 型血管造影 X 射线系统 DSA	1	Ⅱ类	荷兰飞利浦	125kV/1000mA	
5	Smart3D-Xs 型口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	1	Ⅲ类	浙江朗视	100kV/10mA	
6	New Tom Vgi 型口腔 X 射线数字化体层摄影设备	1	Ⅲ类	QR SRL 美中意国际贸易(北京)有限公司	110kV/16mA	

7	Planmeca ProX 型口内成像 X 射线机	1	III类	芬兰普兰梅卡	70kV/ 8mA
8	HK ESWL-VI 型体外冲击波碎石机	1	III类	深圳慧康	150kV/500 mA
9	Uroskop omnia 型数字化泌尿检查 X 射线系统	1	III类	德国西门子	100kV/800mA
10	Bright View XCT 型单光子发射及计算机断层扫描系统 ECT	1	III类	荷兰飞利浦	120kV/20mA
11	Brilliance iCT 型 X 射线计算机断层摄影设备 256 排 CT	1	III类	荷兰飞利浦	140kV/580mA
12	Discovery CT 型全身 X 射线计算机断层扫描系统	1	III类	美国 GE	140kV/835mA
13	BrightSpeed Elite Sselect 型全身用 X 射线计算机体层摄影装置 16 排 CT	1	III类	美国 GE	140kV/350mA
14	SONLALVISION SAFIRE17 型数字化多功能 X 线透视射线系统数字胃肠机	1	III类	日本岛津	150kV/800mA
15	Mammomat inapiration 型乳腺 X 射线机	1	III类	美国 GE	35kV/710mA
16	Definium 6000 型医用 X 线诊断系统	1	III类	美国 GE	150kV/800mA
17	Discovery Xr650 型 X 射线系统	1	III类	美国 GE	150kV/800mA
18	Discovery Xr656 型数字化医用 X 射线摄影系统	1	III类	美国 GE	150kV/1000mA
19	Discovery Xr656 型数字化医用 X 射线摄影系统	1	III类	美国 GE	150kV/1000mA
20	MobileDaRt Evolution 型移动式数字摄影 X 线系统	1	III类	日本岛津	133kV/320mA
21	MobileDaRt Evolution 型移动式数字摄影 X 线系统	1	III类	日本岛津	133kV/320mA
22	Opitma XR240amx 型数字化移动式摄影 X 射线机	1	III类	美国 GE	125kV/400mA
23	MEDIX90 型骨密度仪	1	III类	法国麦迪	60kV/5mA
24	SIREMOBIL Compact L 型移动式 C 型臂 X 射线机	1	III类	德国西门子	110kV/20mA
25	SIREMOBIL Compact L 型移动式 C 型臂 X 射线机	1	III类	德国西门子	110kV/20mA
26	ACTIVO 型骨科 C 型臂	1	III类	日本岛津公司	110kV/20mA
27	Umc 560i 型移动式 C 型臂 X 射线机	1	III类	上海联影	110kV/14mA
28	Apricus-DEX100 型双能 X 线骨密度仪	1	III类	卡乐福医疗	70kV/1mA
29	Precise 型直线加速器	1	II类	医科达（上海）医疗器械有限公司	粒子能量 10MeV

30	Innova2100-IQ 型血管造影系统	1	II类	GE 美国通用电气公司	125kV/1000mA
31	InnovaIGS520 型血管造影系统	1	II类	GE 美国通用电气公司	125kV/1000mA
32	Revolution Ace 型 64 排 CT	1	III类	GE 美国通用电气公司	140kV/560mA
33	Brilliance TM CT 型 X 线断层扫描 64 排	1	III类	飞利浦医疗有限公司	120kV/750 mA
34	Ysio Max 型数字化医用 X 射线摄影系统	1	III类	德国西门子股份公司	150kV/400 mA
35	CH-200 型双板 X 射线摄影系统	1	III类	日本岛津公司	150kV/500mA
36	Senographe Pristina 型乳腺 X 射线机	1	III类	GE	40kV/560 mA
37	SONIALVISION C200 型数字胃肠机	1	III类	岛津	150kV/ 1000mA
38	MobileDaRt Evolutionn 型移动 DR	1	III类	日本岛津公司	133kV/320mA
39	MDX-13STTB1A 型口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	1	III类	合肥美亚	100kV/10mA
40	PAX-400C 型全景口腔和头颅 X 射线成像系统	1	III类	上海怡友有限公司	90kV/10mA
41	FOCUS 型口腔 X 射线机	1	III类	英迈杰	70kV/7mA
42	Smart 3D 型口腔颌面锥形束计算机体层摄影系统	1	III类	北京朗视仪器有限公司	100kV/10mA
43	MEDIX90 型双能 X 射线骨密度仪	1	III类	德国西门子公司	60kV/5mA
44	ACTIVO 型移动式 C 型臂 X 摄像机	1	III类	日本岛津公司	110kV/9mA
45	新东方 1000C 型医用 X 射线摄影系统	1	III类	华润万东	150kV/630mA

本次验收内容为：

□新增 1 台医用电子直线加速器，型号为 Infinity，安装于院区北侧临床综合楼地下二层医用电子直线加速器 1 号机房，（属II类射线装置；X 射线最大能量：10MeV）。

□将红山院区的 Co-60 后装机，搬迁至新城院区，安装于院区北侧临床综合楼地下二层后装机房，配套使用 1 枚 Co-60 密封放射源（源编码*****），属III类密封放射源。

□ 新增一处乙级非密封放射性物质使用场所位于临床综合楼地下一层，并配置 1 台 PET/CT，型号为 uMI Panorama 35S，安装于院区北侧临床综合楼地下一层 PET/CT 室，用于非密封放射性物质的显像诊断。

(2) 项目总平面布置、建设地点和周围环境敏感目标分布情况

本项目建设地点位于赤峰市新城区王府大街 42 号赤峰学院附属医院院内，医院院墙北侧为罕山街；院墙东侧为天义路，院墙南侧为王府大街，院墙西侧为阳光花园小区，阳光花园居民楼距医院西侧院墙约 20 米。地理位置图见图 2-1。



图 2-1 赤峰学院附属医院地理位置图

本项目工作场所位于赤峰学院附属医院新城院区临床综合楼地下一层、地下二层，临床综合楼位于医院内最北侧，南侧距内科楼约 50 米，临床综合楼地下一层及二层位于临床综合楼及内科楼之间，临床综合楼地下二层下方为土层，地下一层上方为医院内空地，地下二层及一层区域周围为土层。详见院区平面图 2-2。

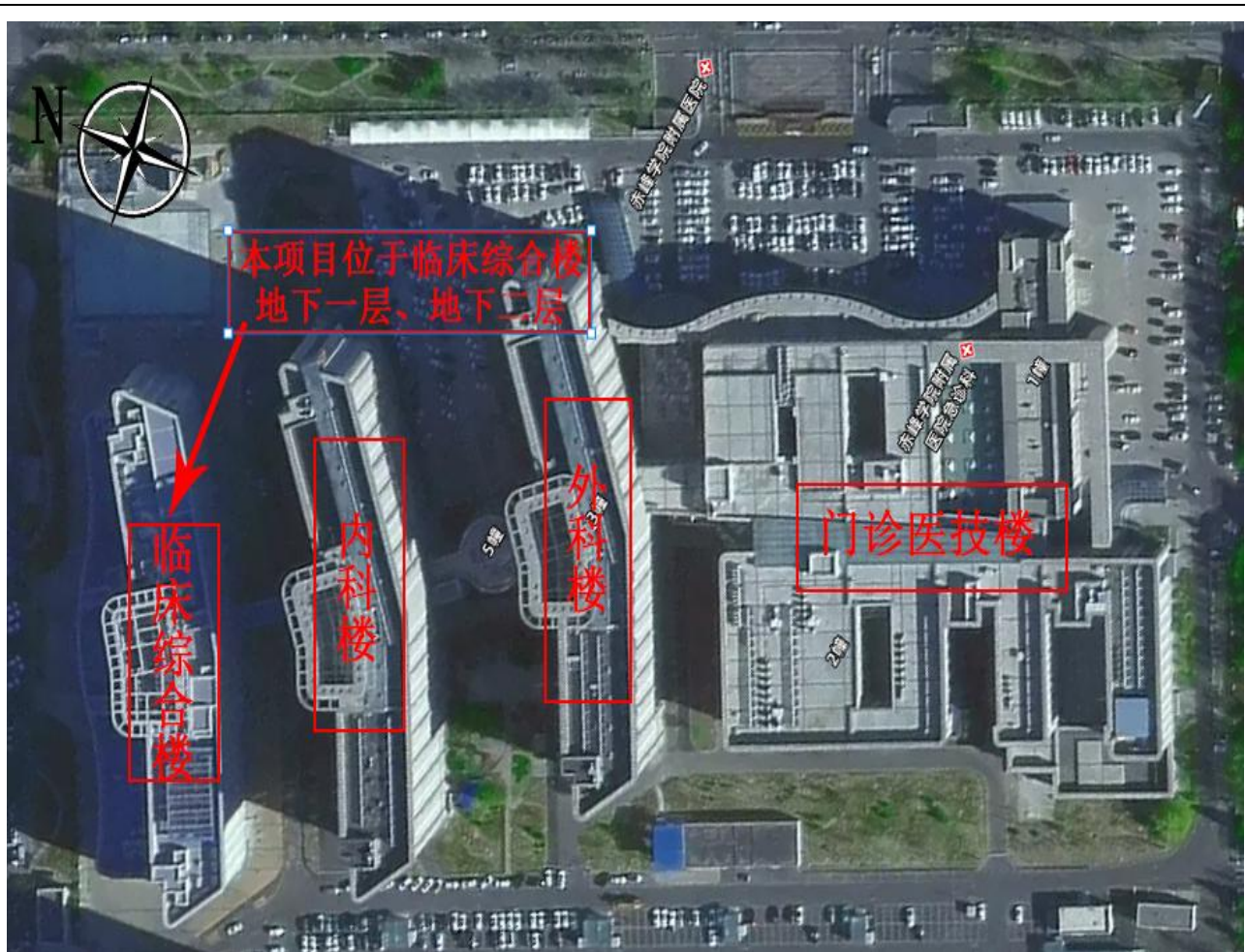


图 2-2 赤峰学院附属医院院区平面图

本项目非密封放射性物质使用场所位于临床综合楼地下一层，其中地下一层北侧为医生、技师、物理师值班室等房间；医生区域南侧为 PET/CT 机房及操作位；PET/CT 机房南侧为注射室/分装室、注射后候诊室、VIP 注射后候诊室、留观室等房间。工作场所周围环境详情见表 2-5，地下一层平面布局图见图 2-3。

表 2-5 工作场所周围环境

场所名称	方位	周围环境
PET/CT 机房	东	PET/MR 预留机房
	南	一层走廊
	西	设备间
	北	控制室
	房顶上方	地面
	机房下方	放化实验室、全检质控室
注射室/分装室	东	注射候诊室
	南	土层
	西	VIP 注射候诊室

	北	控制区内走廊
	房间上方	地面
	房间下方	缓冲间
注射候诊室	东	留观室
	南	土层
	西	注射室/分装室
	北	控制区内走廊
	房间上方	地面
	房间下方	热室
VIP 注射后候诊室	东	注射室
	南	卫生通过间
	西	医生接诊室
	北	控制区内走廊
	房间上方	地面
	房间下方	CT 室
留观室	东	土层
	南	土层
	西	注射候诊室
	北	控制区内走廊
	房间上方	地面
	房间下方	回旋加速器机房

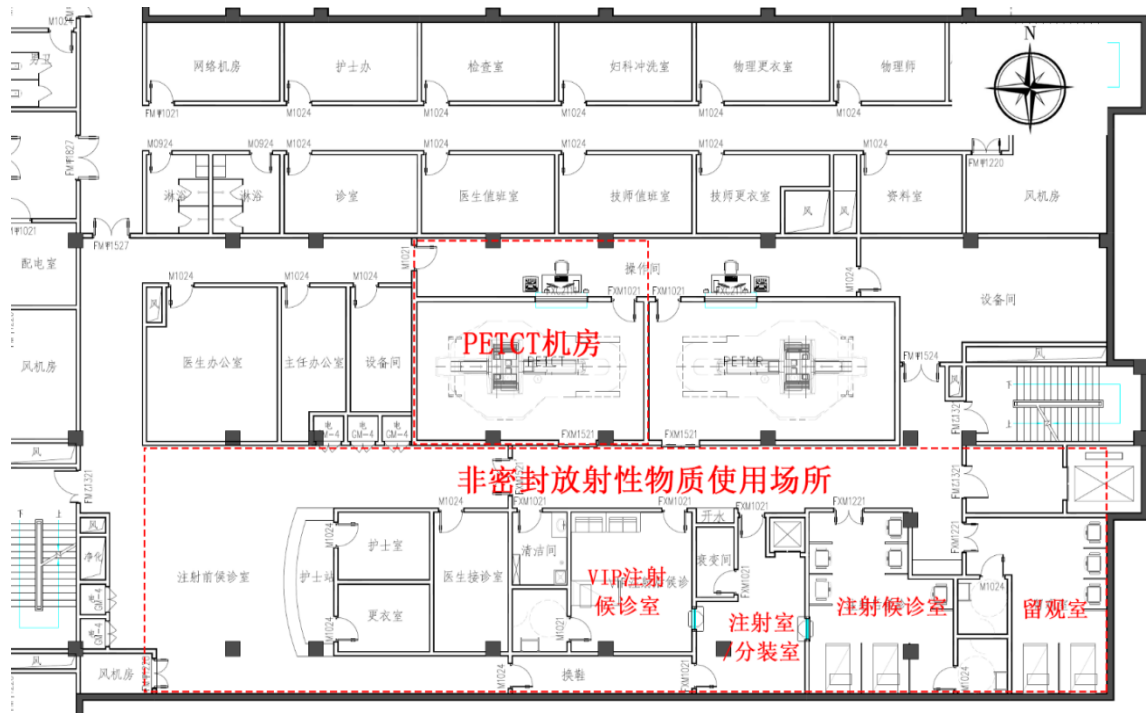


图 2-3 地下一层平面布局图

本项目医用电子直线加速器机房位于临床综合楼地下二层北侧；后装机机房位于临床综合楼地下二层东侧。机房周围环境详情见表 2-6，地下二层平面布局图见图 2-4。

表 2-6 机房周围环境

机房名称	方位	周围环境
医用电子直线加速器机房	东	土层
	南	控制室、机房防护门
	西	医用电子直线加速器 2 号机房
	北	设备间
	房顶上方	土层
	机房下方	土层
后装机机房	东	土层
	南	楼梯间
	西	放疗科走廊
	北	后装控制室
	房顶上方	设备间、风机房
	机房下方	土层

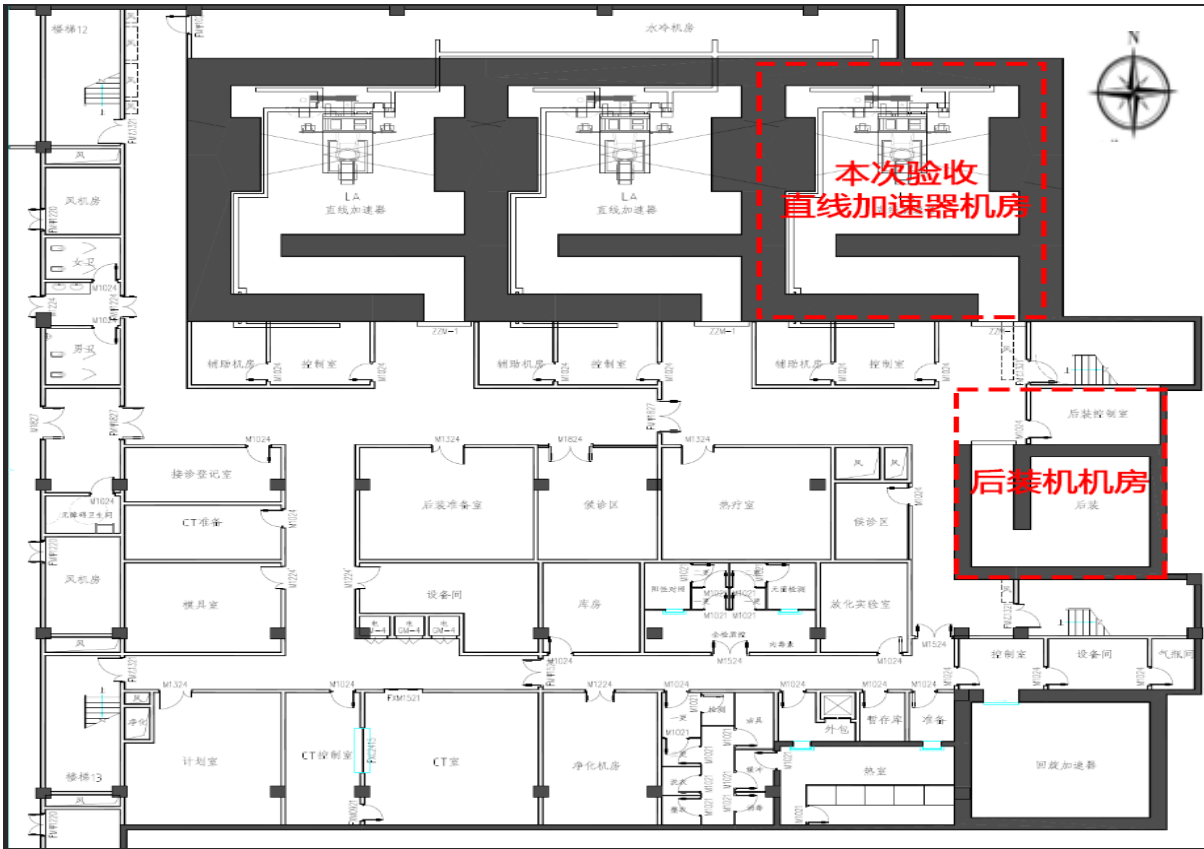


图 2-4 地下二层平面布局图

(3) 项目实际建设内容与环评批复建设内容变动情况

根据内蒙古自治区生态环境厅审批意见（内辐环审[2023]008号）中项目建设内容：1.射线装置。(1)新购1台医用电子直线加速器，属II类射线装置，安装于院区北侧临床综合楼地下二层医用电子直线加速器1号机房。(2)拟配置2台10MV医用医用电子直线加速器,属II类射线装置，安装于临床综合楼地下二层医用电子直线加速器机房2号机房、3号机房。(3)拟配置1台回旋加速器，属II类射线装置，安装于临床综合楼地下二层回旋加速器机房。2.由红山院区搬迁至新城院区的1台后装机，配套使用1枚Co-60密封放射源,属III类密封放射源，安装于临床综合楼地下二层后装机机房。3.生产及使用F-18、Ga-68、C-11、N-13四种非密封放射性物质,乙级、丙级非密封放射性物质使用场所。

由于医院的业务发展需求以及采购计划变动原因，原计划拟购的2台医用电子直线加速器（拟在直线加速器2、3号机房）和1台回旋加速器未购置，配套的生产放射性药物工作场所未建设，待后续医院完成后另行进行验收工作。

本次验收内容为：1台医用电子直线加速器（1号机房）、1台后装机和1处乙级非密封放射性物质使用场所，涉及验收部分的技术指标与环评批复一致，无变化。详情见表2-7。

表 2-7 项目环评报告及环评批复建设内容与实际建设内容一览表

表 2-7 项目环评报告及环评批复建设内容与实际建设内容一览表									
环评报告及环评批复建设内容						实际建设内容	变动情况		
装置名称及型号		射线装置类别	数量（台）	设备参数	工作场所名称			使用情况	
医用电子直线加速器 Infinity		II类	1	粒子能量：10MeV	医用电子直线加速器 1 号机房	新购	实际建设内容与批复一致	无变化	
医用电子直线加速器 （型号未定）		II类	1	粒子能量：10MeV	医用电子直线加速器 2 号机房	拟购	未实施，因医院的业务需求以及医院采购计划原因未购置，待后续医院购置并安装调试完成后再进行验收工作。		
医用电子直线加速器 （型号未定）		II类	1	粒子能量：10MeV	医用电子直线加速器 3 号机房	拟购			
回旋加速器 HM-10		II类	1	质子最大能量： 10MeV	回旋加速器机房	拟购			
核素	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数		编码		用途	使用场所	类别	实际建设内容	变动情况
Co-60	7.4E+10×1 枚		BY23CO013623		放射治疗	新城院区临床综合楼 底下二层后装机房	III类	实际建设内容与批复一致	无变化

核素	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	活动种类	工作场所名称	实际建设内容			变动情况
F-18	1.11E+08	2.89E+12	生产	新城院区临床综合楼 地下二层回旋加速器 机房	未实施，因医院的业务需求以及医院采购计划原因未投入使用，待后续医院回旋加速器购置并安装调试完成后再进行验收工作。			无变化
Ca-68	1.85E-07	9.62E+10						
C-11	1.48E+07	7.70E+10						
N-13	1.48E+07	7.70E+10						
F-18	1.11E+07	2.89E+12	使用	新城院区临床综合楼 地下一层注射室	核素	日等效最大操作量	年最大用量	辐射安全许可证审批的年最大用量比环评用量小
Ga-68	1.85E+06	9.62E+10			F-18	1.11E+7	2.89E+12	
C-11	1.48E+06	7.70E+10			Ga-68	1.85E+06	6.75E+10	
N-13	1.48E+06	7.70E+10			C-11	1.48E+06	5.4E+10	
					N-13	1.48E+6	5.4E+10	

2.2 源项情况

本次验收的设备源项情况见表 2-8 至 2-11。

表 2-8 PET/CT 源项情况

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所
1	PET/CT	III类	1	uMI Panorama 35S	140	833	影像诊断	新城院区临床综合楼地下一层 PET/CT 机房

表 2-9 医用电子直线加速器源项情况

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	用途	工作场所
1	医用电子 直线加速器	II类	1	Infinity	电子	10MeV	放射治疗	新城院区临床综合楼地下二层医 用电子直线加速器 1 号机房

表 2-10 后装机源项情况

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	放射源编码	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	Co-60	7.4E+10/1 枚	III类	*****	放射治疗	新城院区临床综合楼 地下二层后装机房	新城院区临床综合楼地 下二层后装机房铅室内	

表 2-11 非密封放射性物质工作场所源项情况

序 号	核素 名称	理化 性质	活动 种类	实际日最大 操作量 (Bq)	日等效最大 操作量 (Bq)	年最大用 量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	F-18	液态	使用	1.11E+10	1.11E+07	2.89E+12	PET/CT 影像诊 断	很简单 操作	新城院区临床 综合楼地下一 层注射室	不贮存, 由院外第三方 公司按需按时配送, 通 过注射室的货物电梯从 地下二层运输并注射
2	Ga-68			1.85E+09	1.85E+06	9.62E+10				
3	C-11			1.48E+09	1.48E+06	7.70E+10				
4	N-13			1.48E+09	1.48E+06	7.70E+10				

2.3 工程设备与工艺分析

2.3.1 PET/CT 及非密封放射性物质使用场所

(1) 结构与工作原理

PET 主要由探头、计算机数据处理系统、图像显示和断层床等组成。探头是 PET 的最重要组成部分，它由成百上千个相对排列的槽式结构晶体、光电倍增管及电子线路组成模块的 γ 闪烁探测器排列成多层的环形装置组成。

PET 的工作原理是使用发射正电子的放射性核素，引入活体后该核素及其标记化合物发射的 β^+ 在体内经湮灭辐射产生两个方向相反和能量均为 511keV 的 γ 光子，被探测器接收可得到放射性核素分布在各个角度的投影。通过置换成空间位置和能量信号，可重建出这些标记化合物在体内的三个断面的断层影像。一次断层采集可获得几个甚至几十个断层图像，可高精度的显示活体内代谢及生化活动，并提供功能代谢影像和各种定量生理参数。

本项目新购 1 台 PET/CT，应用地点为临床综合楼地下一层 PET-CT 机房，新增应用 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{11}C 、 ^{13}N 正电子核素进行医学显像。

由于 PET/CT 在使用一段时间后，其 PET 部分的均匀性会有一定程度的下降，可通过仪器自带的校准功能对 PET 进行扫描校正，可以恢复其均匀性，所以不设备不需要另外配置校验用的密封放射源。

在检查的过程中，医生应穿戴铅衣、个人剂量计等辐射防护用品，用来屏蔽射线装置及服药患者产生的额外照射。

(2) PET/CT 医学检查流程：

患者诊断→放射性药物准备→患者检查、核对患者所需药物→对患者注射药品→候诊室候诊→患者摆位→PET 核素显像→读片

注射过程：在注射室内，设有铅玻璃的注射台屏蔽防护下，打开铅屏蔽盒，取出装有药液的一次性注射器给病人注射，注射完毕，将废注射器置于注射室内铅桶中，铅屏蔽盒送回热室。

2.3.2 医用电子直线加速器

(1) 设备组成

医用直线加速器至少应包括，一个加速场所（加速管），一个大功率微波源和波导系统，控制系统，射线均整和防护系统。医用直线加速器按照微波传输的特点分为行波和驻波两类，其基本结构和系统包括电子枪、微波功率源（磁控管或者速调管）、波导管（隔离器、RF（射频微波源）监测器、移相器、RF 吸收负载、RF 窗等）、DC 直流电源（射频发生器、脉冲调制器、电子枪发射延时电路等）、真空系统（真空泵）、伺服系统（聚焦线圈、对中线圈）、偏转系统（偏转室、偏转磁铁）、剂量监测系统、均整系统、射野形成系统等，分别安装于治疗头、固定机架、旋转机架、治疗床、控制台等处。医用直线加速器系统结构示意图见图 2-5。

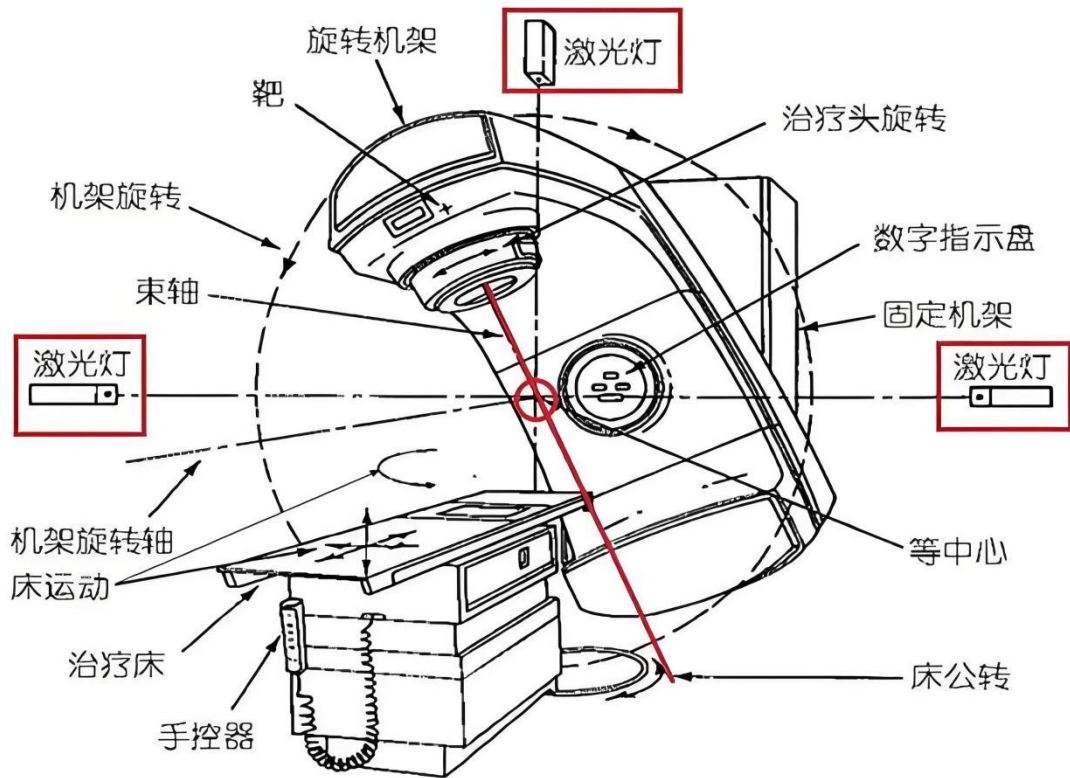


图 2-5 医用直线加速器基本结构示意图

(2) 工作原理

放疗是癌症三大治疗手段之一。是用各种不同能量的射线照射肿瘤，以抑制和杀灭癌细胞的一种治疗方法。放疗可单独使用，也可与手术、化疗等配合，作为综合治疗的一部分，以提高癌症的治愈率。放疗的基本目的是努力提高放疗的治疗增益比，即最大限度地将放射线的剂量集中到病变（靶区）内，而使周围的正常组织和器官少

受或免受不必要的照射。医用直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，医用直线加速器是利用具有一定能量的高能电子与大功率微波的微波电场相互作用，从而获得更高的能量。这时电子的速度增加不大，主要是质量不断变大。电子直接引出，可作电子线治疗，电子打击重金属靶，产生韧致辐射发射 X 射线，作 X 线治疗。本项目拟配备的 1 台医用直线加速器，X 射线能量 $\leq 10\text{MV}$ ，电子线能量 $\leq 15\text{MeV}$ 。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。医用电子直线加速器系统示意图见图 2-6。

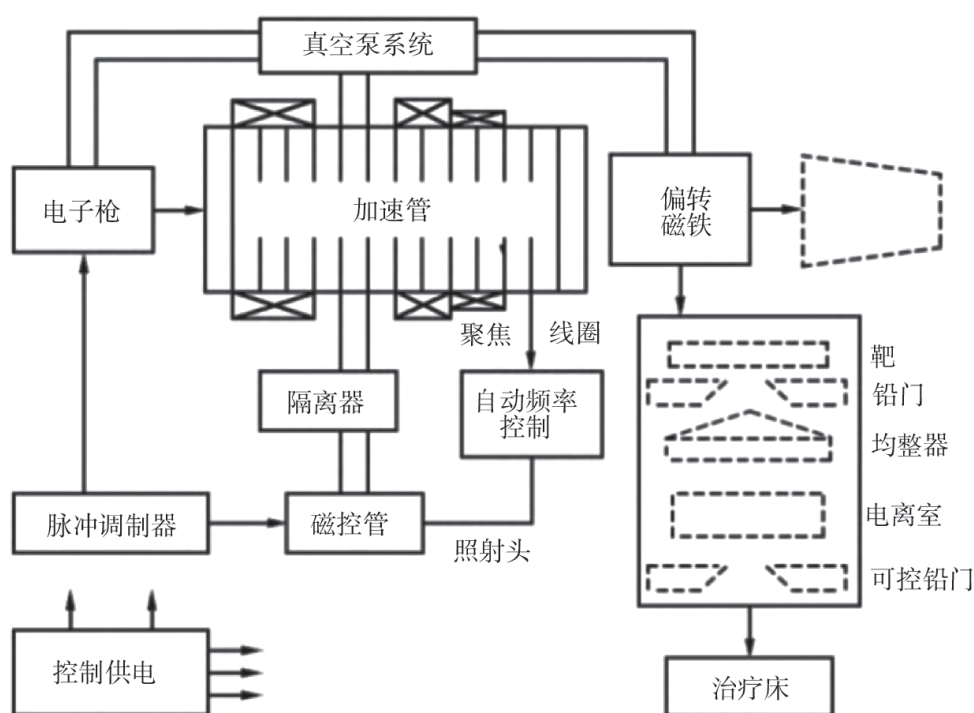


图 2-6 医用直线加速器系统示意图

（3）操作流程

定位操作：使用Ⅲ类 X 射线装置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。

制订治疗计划。根据患者所患疾病性质、部位和大小，确定照射剂量和照射时间。

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。

开机治疗。准备工作就绪后，开启加速器，对准患者病灶进行治疗。一般流程见图 2-7。

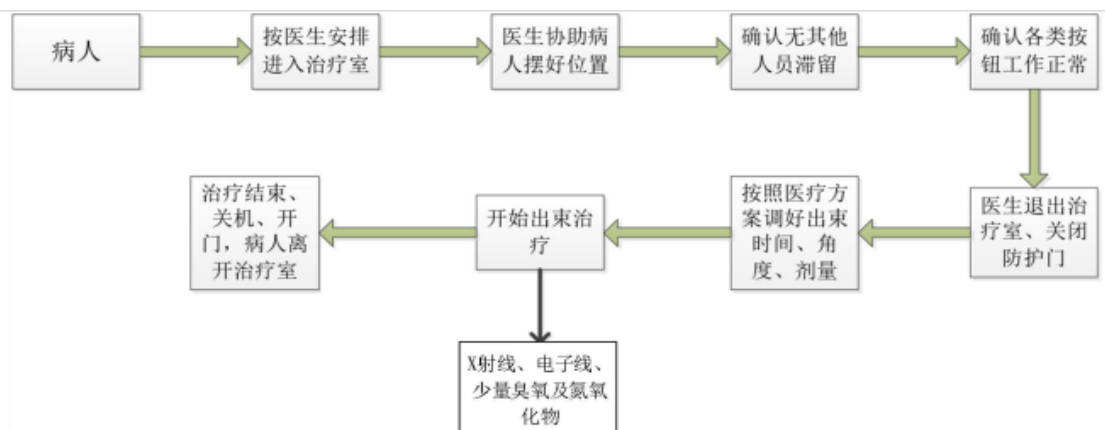


图 2-7 医用直线加速器放疗工作流程及产污环节示意图

2.3.3 后装机

(1) 后装机治疗原理

后装机采用近距离后装治疗方式，利用 ^{60}Co 放射源发出的 γ 射线束形成一高剂量率的靶区。对人体有恶性肿瘤的部位进行照射，使肿瘤组织受到不可逆损毁。可通过腔内、管内、鼻咽、支气管、前列腺、胸部等体内肿瘤和皮肤浅表肿瘤进行近距离放射治疗，主要适用于妇科肿瘤。整机由后装机及控制操作软件和放疗计划系统软件构成，可由治疗计划系统给出治疗方案，也可由医生对病变部位和体内器官的剂量要求，通过人机对话的方式输入各通道的驻留点位置及各点的驻留时间，从而精确的控制照射剂量，把对相邻正常组织的影响限制到最低水平，得到最佳的治疗效果。在非治疗状态下，放射源贮存在储源罐内。



图 2-8 后装机示意图

表 2-8 后装机主要参数

型号	MultiSource
放射源	Co-60
最大装源活度	7.4E+10Bq
放射源厂家	Eckert Ziegler
γ 射线能量平均值	1.25MeV
送源最大距离	1400mm
送源最小距离	1000mm
送源精度	<0.5mm
步长精度	<1mm
治疗头升降范围	距地面高度1.4米范围
距贮源器表面5cm处的漏射线量	$\leq 10\mu\text{Sv/h}$
距贮源器表面100cm处的漏射线量	$\leq 5\mu\text{Sv/h}$
主射束朝向	4π

(2) 治疗流程

患者先进行临床诊断，确定治疗方法和剂量，制定治疗计划。然后候诊，经模拟定位后，实时治疗照射。具体流程如下：

- ☐ 对病人进行诊断，TNM 分期，决定治疗原则方法；
- ☐ 利用定位装置拍摄定位胶片；
- ☐ 医生根据诊断结果，将施源器插入患者治疗部位中并固定好；
- ☐ 医生进入后装机机房（治疗室）进行摆位准备；
- ☐ 医生撤离后装机机房（治疗室），实施照射治疗；
- ☐ 治疗结束后，回源。医生进入后装机机房，帮助患者离开治疗床，退出机房，关闭防护门。

(3) 自屏蔽措施

Co-60 后装机主要由治疗机、控制机和治疗计划系统组成。Co-60 近距离遥控后装机具有良好的自屏蔽措施，Co-60 放射源装于机头源罐内，源罐由外而内分别为不锈钢外壳、铅防护、钨合金防护，防护性能良好。Co-60 放射源源罐结构见图 2-9。

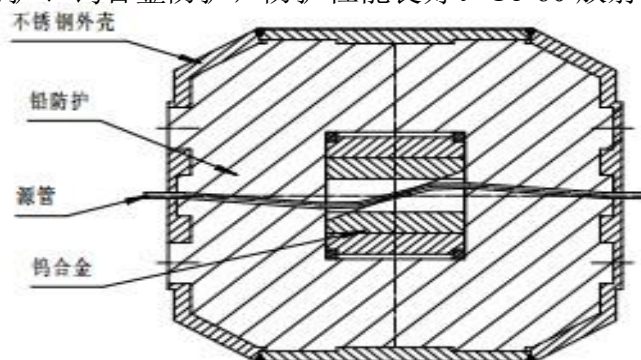


图 2-9 Co-60 放射源源罐示意图

三、辐射安全与防护设施/措施

3.1 医用电子直线加速器

3.1.1 污染源

(1) X 射线

该医用电子直线加速器输出的 X 射线最大能量为 10MeV，当电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶阻止从而产生高能 X 射线，用此 X 射线对患者的肿瘤病灶进行治疗。

因为 X 射线具有较大的贯穿能力，如果没有采取足够的辐射防护措施对其进行屏蔽，一旦泄入环境，势必对工作人员和公众造成不必要的辐射，危及人们的健康与安全。但这种 X 射线随机器的开、关而产生和消失，可见，仅在开机时，X 射线成为医用电子直线加速器污染环境的主要污染源。

(2) 电子束

相对而言，电子束的贯穿能力弱得多。即使是高能电子束，在空气中的射程也只有几十米。只要 X 射线能量得到充分屏蔽，电子束也就得到足够屏蔽，不必考虑对高能电子束的屏蔽。

(3) 臭氧

医用电子直线加速器在运行过程中，产生的 X 射线会使周围空气电离，机房室内会产生少量的臭氧 (O_3)，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，医用电子直线加速器机房内应设置通风装置以及时排出空气中的臭氧，按规定治疗室的换气次数应不小于 4 次/h。

3.1.2 屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

本项目医用电子直线加速器机房安装在临床综合楼地下二层医用电子直线加速器 1 号机房，医用电子直线加速器机房进行了有效的屏蔽防护施工，墙体及顶棚均采用混凝土浇筑，防护门均采用铅门。

通过对竣工验收现场、竣工图、环评文件及批复、防护资料等的核实，上述工作场所屏蔽设施建设情况见表 3-1。

表 3-1 医用电子直线加速器机房屏蔽落实一览表

场所名称	房间名称	环评及批复要求面积	实际建设面积	屏蔽体	环评设计参数	验收参数	符合性
放疗科	医用电子直线加速器 1 号码机房	机房内长宽 7.7m×7.0m, 治疗室占地面积为 53.9m ² , 迷道宽 2.0m, 长 9.4m, 高度 3.7m。	机房内长宽 7.7m×7.0m, 治疗室占地面积为 53.9m ² , 迷道宽 2.0m, 长 9.4m, 高度 3.7m。	东侧防护墙	180cm (主屏蔽相连的次屏蔽) 混凝土; 120cm (主屏蔽加厚) 混凝土	180cm (主屏蔽相连的次屏蔽) 混凝土 300cm (主屏蔽加厚) 混凝土	符合
				西侧防护墙	180cm (主屏蔽相连的次屏蔽) 混凝土; 120cm (主屏蔽加厚) 混凝土	180cm (主屏蔽相连的次屏蔽) 混凝土 420cm (主屏蔽加厚) 混凝土	符合
				南侧防护墙	150cm (迷道内墙) 混凝土; 150cm (迷道外墙) 混凝土	150cm (迷道内墙) 混凝土 150cm (迷道外墙) 混凝土	符合
				北侧防护墙	150cm 混凝土	150cm 混凝土	符合
				楼顶	180cm (主屏蔽相连的次屏蔽) 混凝土; 120cm (主屏蔽加厚) 混凝土	180cm (主屏蔽相连的次屏蔽) 混凝土 300cm (主屏蔽加厚) 混凝土	符合
				迷道内墙	150cm 混凝土	150cm 混凝土	符合
				迷道外墙	150cm 混凝土	150cm 混凝土	符合
				机房防护门	22mmPb 当量	22mmPb 铅门+120mm 防中子材料	符合

3.1.3 辐射工作场所的辐射安全防护措施

本项目为保障直线加速器安全运行, 避免在加速器治疗期间因工作人员及公众发生误照射事故, 对直线加速器工作场所设置了相应的辐射安全防护措施, 主要有:

(1) 直线加速器机房内安装了固定的剂量监测报警装置, 通过控制室内的显示设备, 能够实施查看机房内的辐射剂量率, 超过预设的上限值则会声光报警。

(2) 直线加速器机房防护门设置了门机连锁功能, 只有将加速器机房门完全关闭, 照射才能启动。在照射过程, 如将门开启, 闭合处脱离限位开关, 照射立即自动停止。

(3) 钥匙开关连锁: 操作台有操纵钥匙开关, 只有当钥匙开关插入钥匙孔打开锁定, 加速器各项功能才能启动。

(4) 紧急停机开关: 在控制室、治疗床侧, 治疗机房内关键部位墙面及迷道内墙面处分别安装紧急停机开关, 并设置明显的标志, 高度为 1.2m。机房迷道外入口处安装防护门应急启闭开关, 遇到紧急情况可在治疗室内开启防护门。

(5) 机房防护门上方安装工作状态指示灯, 门外设置醒目、规范的电离辐射警告标

志。工作状态指示灯与加速器、防护门联锁，机房门关闭后，装置才能启动,装置启动时工作状态指示灯亮起。

(7) 控制室设置监控及对讲系统：机房内多方位多角度安装了视频监控系统以及双向对讲系统，控制室内实时查看机房内的情况，可与患者实时沟通。

(8) 直线加速器机房配备 1 台便携式辐射监测仪器仪表、2 台个人剂量报警仪、每个辐射工作人员均配备个人剂量计。

(9) 直线加速器机房采用机械通风系统进行通风，设置进风管道和排风管道各一组，采用“上送风、下排风”的通风系统，利于密度相对大的臭氧排出。本项目加速器室体积（含迷道）约为 199.43m^3 ，排风口尺寸均为 $49\text{cm}\times 29\text{cm}$ ，排风口的平均风速分别为 1.43m/s 、 1.08m/s 。则根据上述数据，经估算（依据公式：风速 $\times$ 风口面积 $\times 3600$ 秒 $\div$ 机房容积=每小时换气次数），加速器室 1 每小时通风换气次数约为 5.8 次。满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）通风换气次数不小于 4 次/h 的要求。

3.1.4 工作场所的布局和分区管理

本项目使用的直线加速器工作场所位于赤峰学院附属医院院区北侧的临床综合楼地下二层，周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。严格按照控制区监督区划分实行“两区”管理，且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的“两区划分原则与依据，将直线加速器所在机房、迷道划为控制区，设备间、控制室划为监督区。控制区和监督区划分情况见表 3-1 和图 3-1。

表 3-2 控制区、监督区划分一览表

工作场所	控制区	监督区	管理要求
医用电子直线加速器机房	医用电子直线加速器机房及迷道	控制室、机房屏蔽墙体及机房防护门外 1m 内	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。监督区范围内应限制无关人员进入。有明显的“控制区”、“监督区”标识

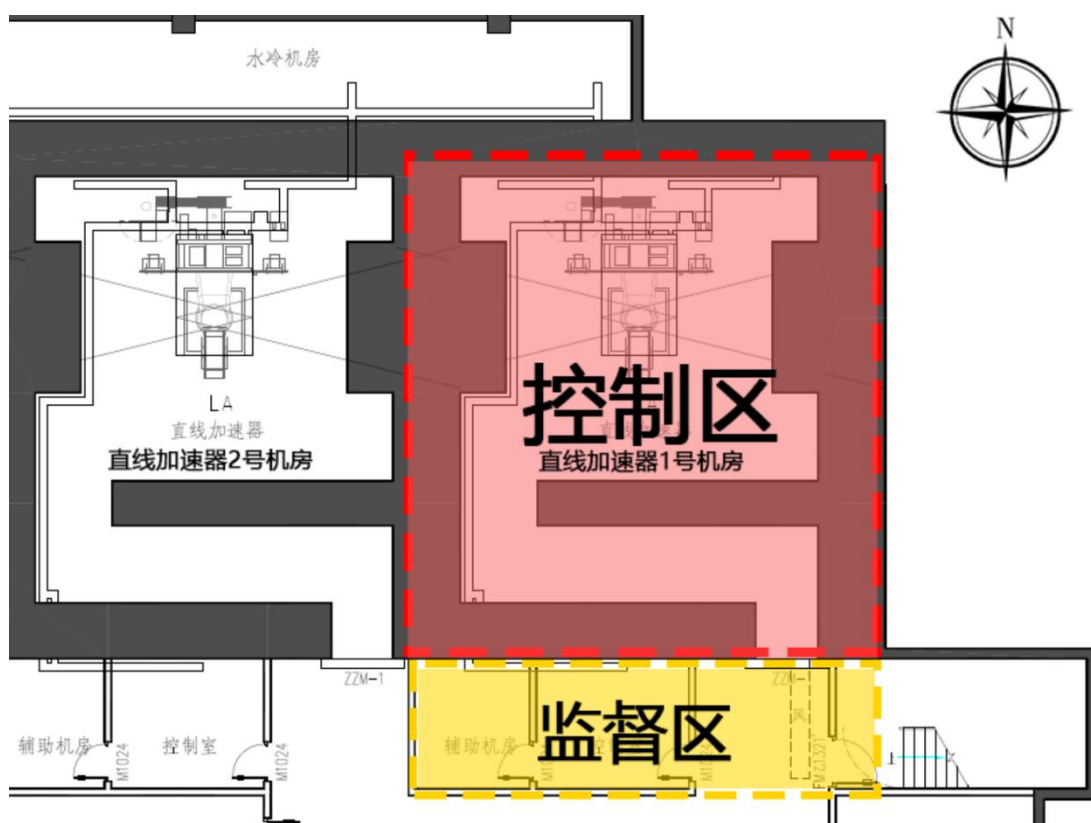


图 3-1 医用电子直线加速器机房控制区和监督区划分图

3.1.5 安全措施对照情况

参照《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》中《医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序》，本次验收对建设单位对医用电子直线加速器工作场所采取的辐射安全防护措施进行了落实情况对照，对照结果见表 3-3，现场照片见表 3-4。

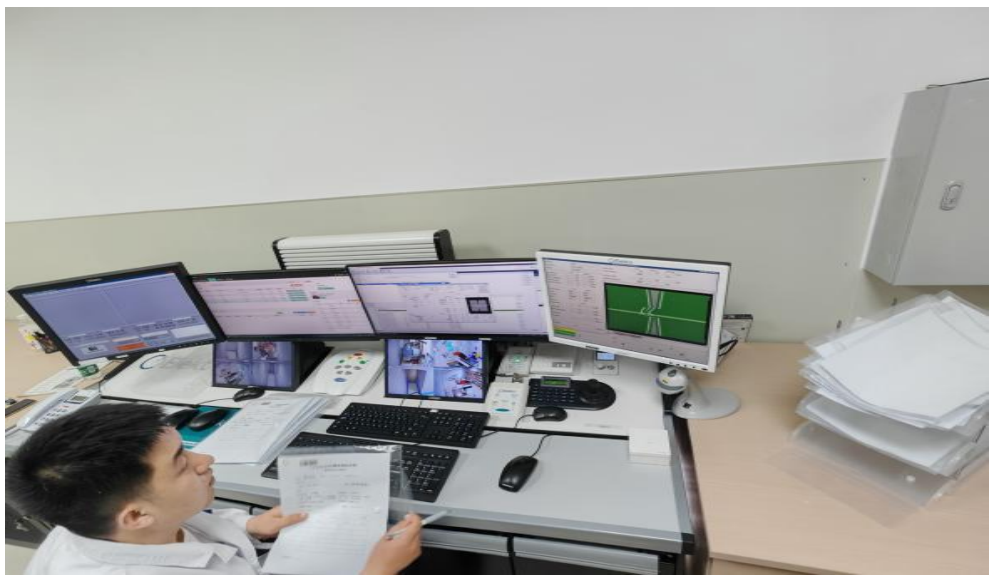
表 3-3 医用电子直线加速器使用场所辐射安全与防护检查一览表

序号	检查项目		落实情况
1*	A 控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	已落实
2*		控制台有紧急停机按钮	已落实
3*		视频监控与对讲系统	已落实
4*		治疗室门与高压联锁	已落实
5*	B 警示装置	入口电离辐射警告标志	已落实
6*		入口有加速器工作状态显示	已落实

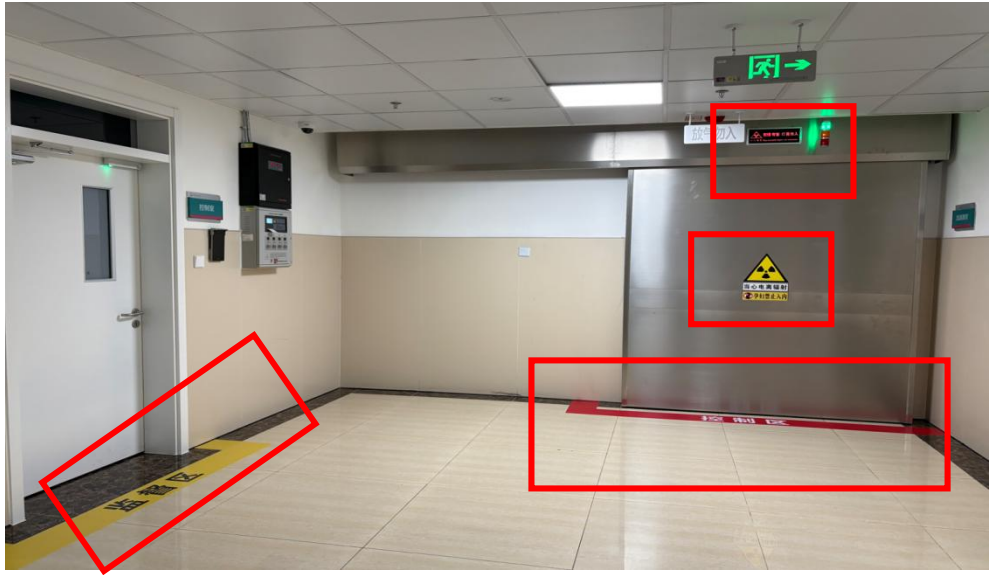
7*		工作场所分区及标识	已落实
8*	C 治疗室紧急设施	屏蔽门内开门按钮	已落实
9		治疗室门防夹人装置	已落实
10*		紧急照明或独立通道照明系统	已落实
11*		治疗室内有紧急停机按钮	已落实
12*		治疗床有紧急停机按钮	已落实
13	D 监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	配备 1 台 SB-I 型定式剂量报警仪
14*		便携式辐射监测仪器仪表	配备 1 台 FLUKE 型便携式辐射监测仪
15*		个人剂量报警仪	配备 2 台 FJ2000 型个人剂量报警仪
16*		个人剂量计	已落实
17*	E 其他	个人辐射防护用品	已落实
18		通风系统	已落实

由上可知：本项目医用电子直线加速器安装在临床综合楼地下二层医用电子直线加速器 1 号机房，通过机房的实际建设有效使用面积、屏蔽体、防护门等屏蔽措施，能够对医用电子直线加速器运行期间产生的 X 射线及电子束进行有效的屏蔽，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）、《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放射防护要求》（GBZ/T201.2-2011）对设备机房使用面积、屏蔽厚度以及防护措施的要求。

表 3-4 现场照片



控制室控制面板、监控系统
对讲系统



设备机房电离
辐射标志、指
示灯、分区标
识



控制室内急停
按钮



固定式剂量报警仪



迷道、机房内
急停按钮



机房内监控、
对讲装置



机房通风装置

3.2 后装机

3.2.1 污染源

(1) γ 射线

Co-60 所释放的 γ 射线穿透屏蔽设施会对周围人员及环境产生健康危害；Co-60 位于贮源器内时的泄漏辐射可对摆位人员产生危害；后装治疗机维修或更换密封放射源时，人员在近距离较长时间操作时可能受到较大剂量的照射或裸源的直接照射。

(2) 非放射性有害气体

空气在 γ 射线照射下，产生辐照分解现象，其主要产物是臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO 、 NO_2)。氮氧化物产额较低，放射工作场所的非辐射危害因素主要以臭氧为主。通过通风换气可有效减低臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO 、 NO_2) 浓度。

(3) 放射性废物

后装治疗产生的放射性固体废物为废旧的 Co-60 放射源，一般放射源衰变至一定程度不再使用，约 2 个半衰期左右 (10 年)，废旧的放射源由厂家负责回收。本项目运行过程中不会产生放射性废气和放射性废水。

3.2.2 屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

本项目后装机机房进行了有效的屏蔽防护施工，墙体及顶棚均采用混凝土浇筑，防护门采用铅门。通过对竣工验收现场、竣工图、环评文件及批复、防护资料等的核实，后装机工作场所屏蔽设施建设情况见表 3-5。

表 3-5 后装机机房屏蔽落实一览表

场所名称	房间名称	环评及批复要求面积	实际建设面积	屏蔽体	环评设计参数	验收参数	符合性
放疗科	后装机机房	机房内长、宽：5.7m×4.9m，治疗室占地面积：27.9m ² ，迷道宽 1.5m，长 6.7m，高度 3.25m	机房内长、宽：5.7m×4.9m，治疗室占地面积：27.9m ² ，迷道宽 1.5m，长 6.7m，高度 3.25m	东墙	70cm 混凝土	70cm 混凝土	符合
				南墙	70cm 混凝土	70cm 混凝土	符合
				北墙	100cm 混凝土	100cm 混凝土	符合
				屋顶	85cm 混凝土	85cm 混凝土	符合
				迷道内墙	80cm 混凝土	80cm 混凝土	符合
				迷道外墙	70cm 混凝土	70cm 混凝土	符合
				防护门	8mmPb	8mmPb 铅门	符合

3.2.3 辐射工作场所的辐射安全防护措施

本项目为保障后装机安全运行，避免在后装机治疗期间因工作人员及公众发生误照射事故，对后装机工作场所设置了相应的辐射安全防护措施，主要有：

（1）后装机机房防护门内侧、迷道出入口、四周墙壁及控制室设计有多处急停按钮，后装机设备表面自带急停按钮，各急停按钮处张贴醒目标识及文字显示牌，按下急停按钮，可使放射源自动退回贮源器，防止发生辐射事故。

（2）机房防护门设计有门-源联锁装置，门未完全关闭时不能出源照射，出源照射状态下若开门，放射源自动回到贮源器内；治疗室内设计有紧急开门装置，另外，防护门设计有防挤压装置，门外设有工作状态指示灯及张贴电离辐射警告标志。

（3）后装机机房与控制室之间设计有监控系统及双向交流对讲系统，机房内设多处多方位监控摄像头，方便观察治疗室内情况、患者情况及迷道内情况，并方便与患者实时沟通。

（4）后装机机房内安装了固定的剂量监测报警装置，通过控制室内的显示设备，能够实时查看机房内的辐射剂量率，超过预设的上限值则会声光报警。

（5）后装机自带安全保护系统，当发生事故或故障及断电时，放射源能够自动返回至贮源器内，并显示已照射的时间和剂量，同时控制室控制台处发出声光报警信号，起到提示辐射工作人员和避免对患者造成误照射的作用；后装机自带手动回源装置，当自动回源装置故障时，辐射工作人员可通过操控手动回源装置使放射源返回至贮源器内；此外，还配备有应急储源器和长柄镊子等应急工具，紧急状态下放射源进入应急储源器内贮存。

（6）安全联锁系统一旦被触发，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和见证，工作结束后及时进行联锁恢复及功能测试。

（7）电缆管线口由控制室东侧配电柜经过控制室与机房之间的墙体进入机房，避开控制台位置，采用地下“U”型穿墙，电缆沟坑道两侧均采用混凝土填充，并在穿墙管线入口及出口处进行屏蔽补充。防护门与四周墙壁均存在搭接，搭接宽度与缝隙比例均在 10:1 之上。

（8）后装机治疗场所入口醒目位置设置电离辐射警告标志，贮源器外表面设有电离辐射警告标志和中文警示说明。

（9）本项目后装机机房配备 1 台便携式辐射监测仪器仪表、2 台个人剂量报警仪、

每个辐射工作人员均配备个人剂量计。

(10) 本项目后装机装源后不再取出，且后装机机房只配备一扇门，机房门设置双人双锁，以达到放射源的安全储存。

(11) 后装及机房采用机械新风和排风，设置进风管道和排风管道各一组，采用“上送风、下排风”的通风系统，送风口设置于靠近迷道内墙处天花板上，排风口设置于机房东南侧墙角，距地面高 15cm；利于密度相对大的臭氧排出。根据现场测量，本项目后装治疗室（含迷道）约为 90.7m³，排风口尺寸为 79cm×39cm，排风口的平均风速为 0.93 m/s。则根据上述数据，经估算（依据公式：风速×风口面积×3600 秒÷机房容积=每小时换气次数），后装治疗室每小时通风换气次数约为 10.4 次。满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中通风换气次数不小于 4 次/h 的要求。

3.2.4 工作场所的布局和分区管理

本项目使用的后装机工作场所位于赤峰学院附属医院院区北侧的临床综合楼地下二层，周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。严格按照控制区监督区划分实行“两区”管理，且在机房防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯，限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的“两区划分原则与依据，将后装机所在机房、迷道划为控制区，设备间、控制室划为监督区。控制区和监督区划分情况见表 3-6 和图 3-2。

表 3-6 控制区、监督区划分一览表

工作场所	控制区	监督区	备注
后装机机房	后装机机房、迷道	走廊、楼梯间、控制室等	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。监督区范围内应限制无关人员进入。有明显的“控制区”、“监督区”标识

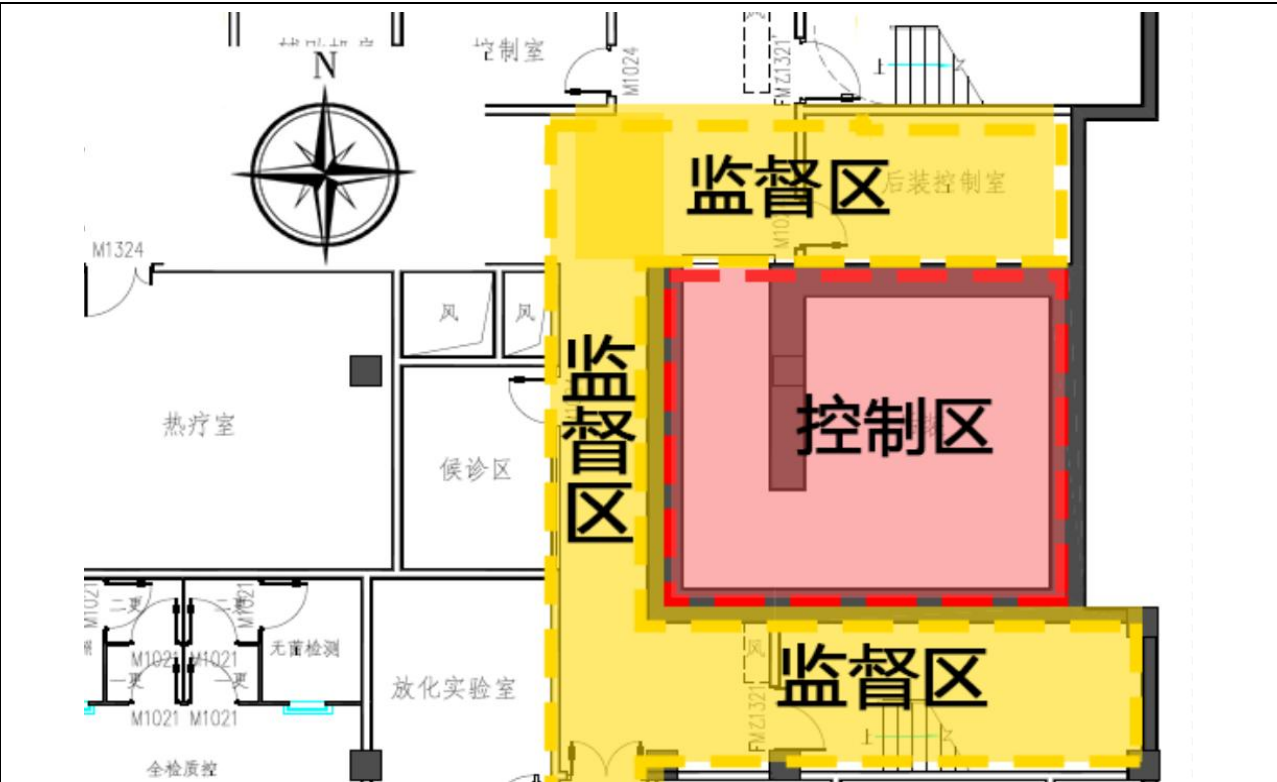


图 3-2 后装机机房控制区和监督区划分图

3.2.5 安全措施对照情况

参照《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》中《近距离 γ 射线治疗装置监督检查技术程序》，本次验收对建设单位对后装机工作场所采取的辐射安全防护措施进行了落实情况对照，对照结果见表 3-7，现场照片见表 3-8。

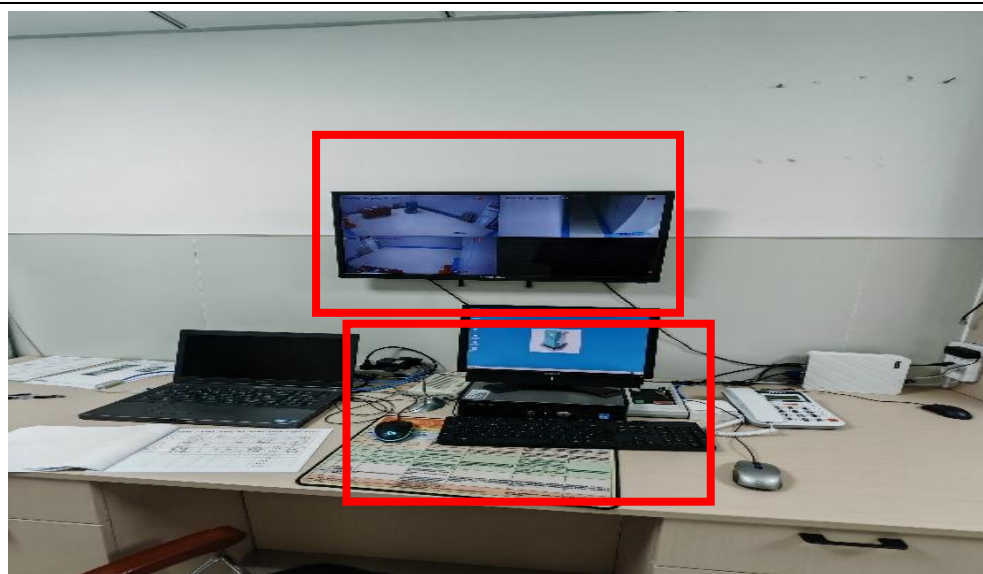
表 3-7 后装机机房辐射安全与防护检查一览表

序号	检查项目		落实情况
1*	A 装置安全设施	防止非工作人员操作的锁定开关	已落实
2*		施源器与源联锁	已落实
3*		管道遇堵自动回源	已落实
4		仿真源模拟运行	已落实
5*		主机外表面电离辐射标志	已落实
6*		控制台显示放射源位置	已落实
7*		控制台紧急停止照射按钮	已落实
8*		停电或意外中断照射时自动回源装置	已落实
9*		手动回源措施	已落实

10*	B 场所安全设施	治疗室迷道出入口处固定式辐射水平监测仪	配备 1 台 SB-I 型定式剂量报警仪
11*		治疗室有迷道	已落实
12*		治疗室门与出源联锁	已落实
13*		应急开关(放射源返回储源)	已落实
14*		治疗室视频监控对讲装置	已落实
15*		入口处电离辐射标志	已落实
16*		入口处源工作状态显示	已落实
17*		停电或意外中断照射时声光报警	已落实
18*		通风设施	已落实
19		火灾报警仪	已落实
20*		个人剂量计	已落实
21*		工作人员进入治疗室携带个人剂量报警仪	配备 2 台 FJ2000 型个人剂量报警仪
22*		治疗室内配有合适的储源容器、长柄镊子等应急设备	已落实
23*		治疗室内张贴应急处置流程	已落实
24	C 放射源贮存	后装源专用贮存室/保险柜	已落实
25		双人双锁	已落实
26		防盗门窗	无窗，配备防护门

由上可知：本项目后装机安装在临床综合楼地下二层后装机机房，后装机机房各项措施能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）对辐射安全防护措施的具体要求。

表 3-8 现场照片



控制室控
制面板、
监控系统
对讲系统



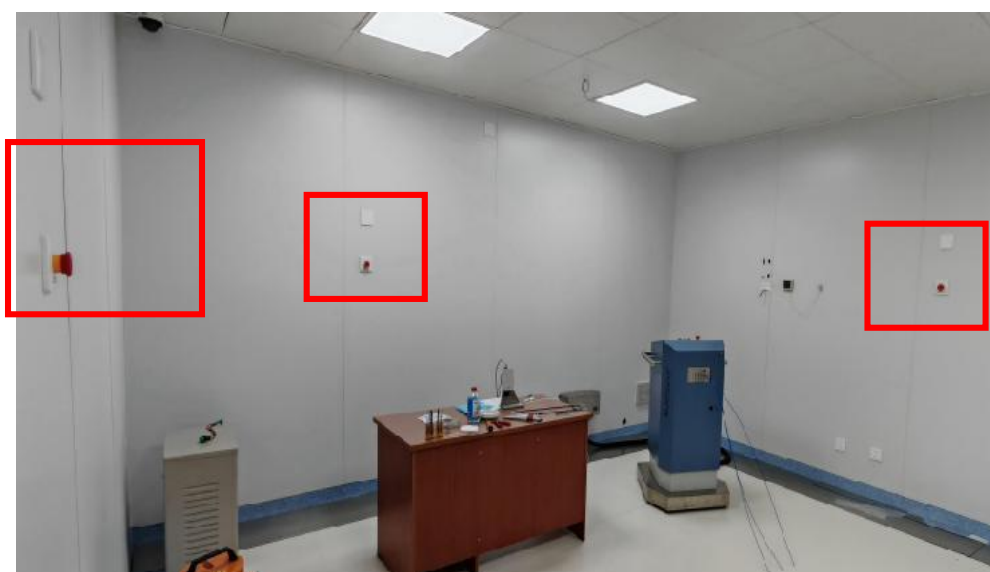
设备机房
电离辐射
标志、指
示灯、分
区标识



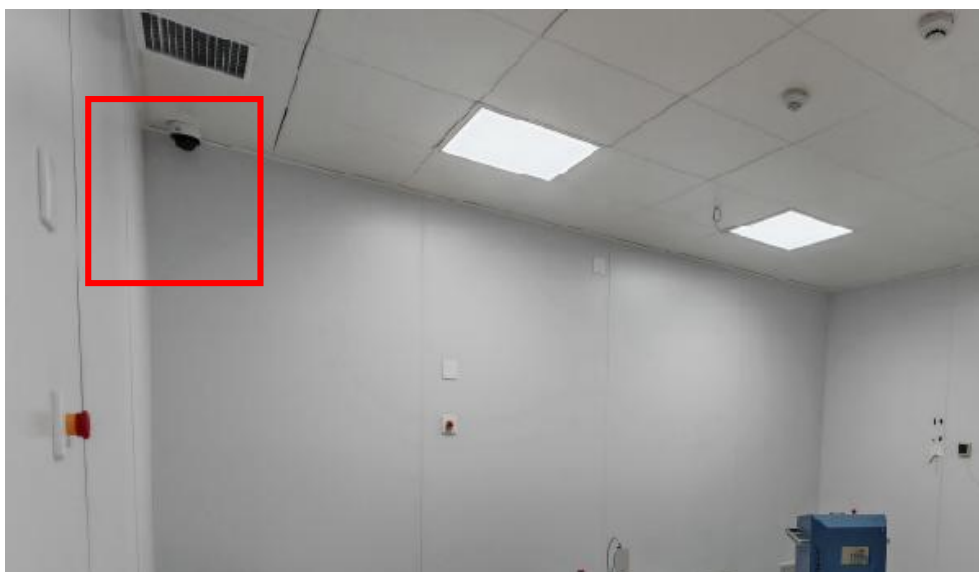
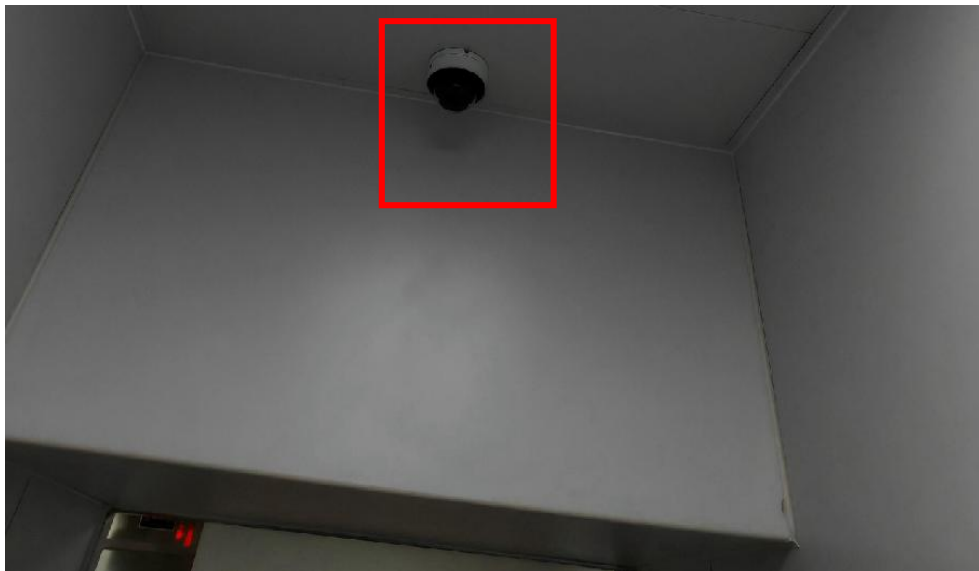
钥匙联系
装置



机房通风
装置



迷道、机
房内急停
按钮



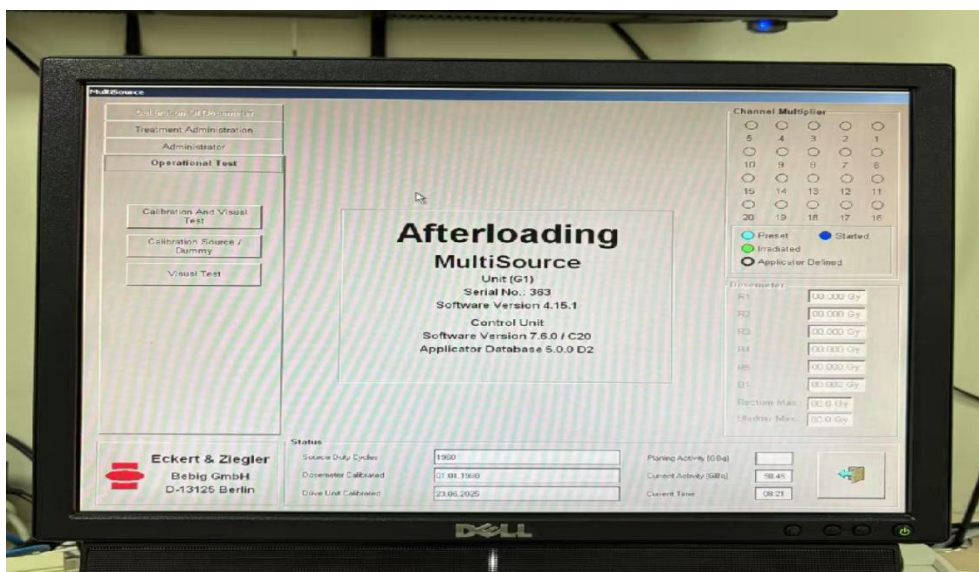
机房内监
控、对讲
装置



固定式剂
量报警仪



手动、自
动收源装
置





门机连
锁、双人
双锁装置



便携式辐
射监测仪
器、个人
剂量报警
仪、铅防
护用品

3.3 非密封放射性物质工作场所

3.3.1 污染源

本区域使用的放射性药物为 F-18、Ga-68、C-11、N-13，目前均为外购成品药物，衰变方式均为 β^+ 衰变，同时在衰变时伴随发射 γ 射线，所以， γ 射线和 PET/CT 产生的 X 射线是该项目的主要污染因子。污染源项主要分布见表 3-9。

表 3-9 本项目辐射源项的本布情况一览表。

序号	工作场所/操作过程	主要污染源项
1	分装室/注射室	分装厨、废液桶（ γ 射线、 β 射线）
2	放射性药物的转运(从通风橱到注射)	放射性药物（ γ 射线、 β 射线）
3	分装注射室(放射性药物的注射)	放射性药物（ γ 射线、 β 射线）
4	注射候诊室、VIP 候诊室、留观室	受检者及受检者排泄物（ γ 射线、 β 射线）
5	PET/CT 机房（现象检查过程）	受检者（ γ 射线、 β 射线）、PET/CT（X 射线）
6	检查后受检者离开过程	受检者（ γ 射线、 β 射线）
7	废弃物	注射用的针头和针管等（ γ 射线、 β 射线）

（1）X 射线

本项目使用的 PET/CT X 射线装置在非工作状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

（2） γ 射线

本区域放射性药物的转运也会使用带有铅屏蔽的铅罐进行，极大的减少了转运人员的照射，药物在注射室内的铅屏蔽注射窗口中进行，不会对注射人员产生的额外的照射，患者在注射完毕后，在注射候诊室休息，不可随意走动，检查完成后患者在留观室内留观，此过程均不会对工作人员及监督区的家属及公众造成额外的照射。

（3）废水

本项目非密封放射性物质使用区域产生的放射性废水主要来源是放射性药物在使用过程中手部受到微量污染或清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废液、质检及废弃药物废水以及病人冲洗排便用水等。

□ 就诊病人排泄废水：根据医院提供资料，PET 显像测定日最大病人数量为 35 人，这些病人不需要进行住院观察，只是在注射后候诊及检查后的留观，最长等待时间为 0.5h，

病人每次诊疗产生的废水主要来源于患者的排泄物及清洗废水，每位患者每次就诊按产生 2 次排泄物进行估算，排泄物及清洗废水每人每天约为 5L。

□质检及废弃药物废水：分装后的放射性药物需要抽取单支药物剂量进行质量检验，检验完成后抽检的废弃液体药物作为放射性废水；同时由于生产核素半衰期较短，单次制备的剩余药物不能二次利用，因此作为放射性废弃物，每天生产放射性药物质检产生的废弃药物及清洗废水按 1L。

□工作场所清洁废水：工作人员在完成一天的制药和注射工作后需进行污染检测，并进行去污清洗而产生放射性废水，本项目去污清洗废水每天按 10L 进行估算。

（4）废气

本项目操作的放射药品为液态，整个操作过程不涉及放射性药品的加热操作，挥发性较小，且均为短寿命核素。整个非密封放射性物质工作场所设置有强制排风装置，少量放射性废气经活性炭过滤后排放，对周围环境影响较小；注射室等非密封放射性物质使用场所的操作房间设置独立的通排风系统，该系统主要由通风橱、风管、过滤器和排风风机箱构成。在排风管道上安装有活性炭过滤器，有效的过滤及吸附废气中的各种有害微粒，达到气体排放要求。

（5）固体废物

本项目放射性同位素常规操作和药物注射产生的注射器、棉签、试管、手套等，放置于地下一层注射室衰变间。

3.3.2 屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

本项目工作场所及射线装置机房进行了有效的屏蔽防护施工，墙体及顶棚均采用混凝土浇筑并使用防护材料加以屏蔽，各房间防护门均采用铅门，观察窗均采用铅玻璃。

通过对竣工验收现场、竣工图、环评文件及批复、防护资料等的核实，上述工作场所屏蔽设施建设情况见表 3-10。

表 3-10 非密封放射性物质工作场所屏蔽落实一览表

场所名称	房间名称	环评及批复要求面积	实际建设面积	屏蔽体	环评设计参数	验收参数	符合性
非密封放射性物质使用场所	注射室	26.3m ²	26.3m ²	注射窗口	50mmPb	50mmPb 铅玻璃	符合
				防护门	10mmPb	10mmPb 铅门	符合
				北墙体	6mmPb	240mm 实心砖+6mmPb 防护涂料	符合
				东、西墙体	8mmPb	240mm 实心砖+8mmPb 防护涂料	符合
				地板	16cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	16cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	符合
	注射候诊室	37.9m ²	37.9m ²	防护门	8mmPb	8mmPb 铅门	符合
				西墙体	8mmPb	240mm 实心砖+8mmPb 防护涂料	符合
				东、南、北墙体	6mmPb	240mm 实心砖+6mmPb 防护涂料	符合
				地板	16cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	16cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	符合
	VIP 候诊室	20.2m ²	20.2m ²	防护门	5mmPb	5mmPb 铅门	符合
				北墙	6mmPb	240mm 实心砖+6mmPb 防护涂料	符合
				西、东、南墙	8mmPb	240mm 实心砖+8mmPb 防护涂料	符合
				地板	16cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	16cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	符合
	留观室	51.1m ²	51.1m ²	防护门	8mmPb	8mmPb 铅门	符合
				西墙	6mmPb	240mm 实心砖+6mmPb 防护涂料	符合
				地板	16cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	16cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	符合
	衰变间	2.5m ²	2.5m ²	防护门	9mmPb	9mmPb 铅门	符合
				北墙	6mmPb	240mm 实心砖+6mmPb 防护涂料	符合
				西墙	8mmPb	240mm 实心砖+8mmPb 防护涂料	符合
				地板	16cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	16cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	符合
	PET/CT 机房	机房内长宽 9.2m×6.5m, 机房内使用面积为 59.8m ²	机房内长宽 9.2m×6.5m, 机房内使用面积为 59.8m ²	患者防护门	8mmPb	8mmPb 铅门	符合
				医生防护门	10mmPb	10mmPb 铅门	符合
				墙体	4mmPb	240mm 实心砖+4mmPb 防护涂料	符合
				地板	25cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	25cm 混凝土+10cm 混凝土垫层	符合
				观察窗	12mmPb	12mmPb 铅玻璃	符合

3.3.3 辐射工作场所的辐射安全防护措施

本项目为了保障非密封放射物质工作场所能够正常安全运行，避免在治疗期间对工作人员及公众产生辐射安全事故，对非密封放射性物工作场所进行了相应的辐射安全防护措施，主要有：

- (1) 本项目位于临床综合楼地下一层，不接邻接产科、儿科、食堂等部门。
- (2) 核医学科工作场所独立布置，各个工作场所集中设置。
- (3) 核医学科设置了单独的出入口，附近无人群稠密区域。
- (4) 患者出入口设置了单向门禁，工作人员出入口设置了刷卡门禁。
- (5) 核医学科设置了工作人员通道、放射性药物通道、患者通道，通过空间控制互相不交叉，并设置了各区域指向性地面标识。
- (6) 辐射工作场所外设电离辐射警告标志：在核医学科入口、各功能房间门口、PET/CT 机房入口、放射性废物铅桶表面粘贴电离辐射警告标志，PET/CT 机房门口上方安装警示灯及门灯联锁装置。
- (7) PET/CT 在控制台上、机房内、治疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急止动按钮即可令 PET/CT 停止运行。
- (8) 在核医学科工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况核医学科工作场所进出/口情况；PET/CT 机房与控制室之间安装对讲装置便于工作人员通过对讲装置与扫描室内受检者联系。
- (9) 核医学科所有上水系统处配备有洗消处理设备，配备了感应水龙头。
- (10) 核医学科配备了 1 台表面沾污仪、1 台固定式辐射检测报警仪、1 台个人剂量报警仪、个人防护用品以及辐射工作人员个人剂量计。
- (11) 操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污。
- (12) 分装注射室操作台和注射室内各设置放射性废物暂时收集桶，收集桶为铅材质，上面加盖铅盖。当天收集的放射性固废需及时转移至衰变间。

3.3.4 废水

3.3.4.1 废物分类与前期收集

本项目核医学科放射性废水需严格遵循“分类收集、专项管理”原则，严禁与非放射性液体废物混合排放或处理。

本项目新建一组三格衰变池，建设地点位于临床综合楼地下一层东侧，衰变池有效总容积 51.6m^3 （单格 17.2m^3 ）；并于地下二层东侧设置放射性废水集水坑，用于收集非密封放射性物质使用场所的放射性废水，收集的放射性废水主要有：

1、患者关联类液体废物收集（排泄物、呕吐物）：

①为注射或服用放射性药物的患者配备专用卫生间，卫生间内设置淋浴、坐便器及洗手池，均采用自动感应式的开关，洗手池水龙头采用向上冲淋的方式。

②患者在用药后至放射性完全衰变前，其排泄物、呕吐物全部由患者专用卫生间排入地下二层东侧的放射性废水集水坑。

2、工作场所清洁废水：工作人员在完成一天的注射工作后进行污染检测，并进行去污清洗，从而产生放射性废水，由专用的清洁间排水管道排入地下二层东侧的放射性废水集水坑内。

3、废弃药物废水：本项目目前所注射的放射性药物均由院外购入，购入之前均提前进行注射计划，根据患者的数量、病情统计之后按标准剂量购置放射性药物，因此不会产生放射性药物废液。

以上放射性废水经集水坑集中后，使用机械抽注装置注入衰变池西侧的降解池，经降解池降解后，抽取澄清的放射性废水进入衰变池暂存，衰变池单元采用三级衰变工艺，水箱内设置混凝土隔墙将其分成3格，通过电动控制阀及水箱水位控制器分别控制进、出水量及运行周期，并配置出口水质检测装置接入衰变池之前的排水管为含铅铸铁管，架空段（非埋地段）采用防护措施，外附5mm铅皮防护，以最短路径就近将放射性废水排至衰变池。排放的放射性废水在衰变池中，在此进行为期1个月的储存，确认达到排放标准后排放至医院污水处理站，再排放至市政管网。

核医学科安排专人负责放射性废液的暂存和处理，并建立了废物暂存和处理台账，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，形成完整排放记录档案，便于后续追溯。

3.3.5 废气

本项目配备通风柜以及工作场所排风装置，通风柜排风速率不小于 0.5m/s，连接专用排风 PVC 管，经风机将放射性废气抽吸至楼顶排出，放射性废气设置过滤装置，排往屋面后高空排放，更换后的过滤器按照放射性固体废物处置。PET 中心设置 3 套独立的机械排风管线，分装注射室通风柜设置一组独立的机械系统（单独排风），分装注射室、衰变间、卫生通过间、PET/CT 机房、PET/MR 机房（预留）、第一候诊室、留观抢救室、第二候诊室（预留）、患者通道等区域设置 2 组机械通风系统，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，将室内空气经单独通风管道由风机抽吸至楼顶排出。该项目核医学科放射性区域各房间设置有新风系统，医院应降低新风系统风量或者关闭新风系统，保持负压以防止放射性气体交叉污染。

3.3.6 固体废物

1、废物分类与前期收集要求

固体放射性废物主要涵盖带放射性核素的废注射器、试管、手套、安培瓶、棉签、注射针筒及针头等，需严格按照“分类收集、单独存放”原则处理，严禁与非放射性废物混合：

①容器：配备 20mmPb 的放射性废物桶作为专用收集容器，容器外清晰张贴电离辐射标记，确保视觉警示明确，废物桶使用专用塑料袋直接收纳废物。

②每袋废物的表面剂量不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。

③信息标注：在放射性废物桶显著位置，用不易脱落的标识标注关键信息，包括核素种类、比活度范围、存放日期等，便于后续跟踪与管理。

④放射性固废要求：含尖刺及棱角的放射性废物，如注射针筒与针头用红色塑料袋单独包装处理后再装入废物桶。

⑤放射性固体废物标记：在包装袋上必须贴上专用标签，实现精准分类标识，避免后续处理混淆。

2、暂存处理

①本项目非密封放射性物质使用场所所使用的放射性物质最长半衰期为 109.7min，工作中所产生的放射性固废集中收集后转移至衰变间分类存放 24 小时，进行衰变处置，24 小时后转入后续处理环节。

②衰变间安装铅防护门，防护门外张贴电离辐射警告标志，衰变间采用专人专锁形式，

可有效达到防丢失、防射线泄露的措施。

3、固废处理

①对于已达到非放射性标准的废物，统一移至综合楼负二层放射性垃圾暂存间，放置一个月后，由第三方物业公司转移、处理，确保转移过程中无泄漏、无散落。

②暂存间安装铅防护门，防护门外张贴电离辐射警告标志，衰变间采用专人专锁形式，可有效达到防丢失、防射线泄露的措施。

③暂存间内配备专用放射性废物垃圾桶，将放射性固废分类储存，垃圾桶表面标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。

④固体放射性废物的存储和处理由专人负责，并建立了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。

⑤交接责任：由相关工作人员与物业公司进行交接，明确告知废物类别及处理注意事项，后续由物业公司按照非放射性废物或医用垃圾处理规范进行最终处置，完成整个处理流程。

3.3.6 工作场所的布局和分区管理

本项目非密封放射性物质工作场所位于赤峰学院附属医院院区北侧的临床综合楼地下一层，周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。严格按照控制区监督区划分实行“两区”管理，且在各防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志和安装工作状态指示灯，限制无关人员进入。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的“两区划分原则与依据，将 PET/CT 机房、注射室、注射候诊室、VIP 注射候诊室等敏感区域划为控制区，控制室、候诊区、护士室、医生接诊室、PET/CT 控制室等划为监督区。控制区和监督区划分情况见表 3-11 和图 3-3。

表 3-11 控制区、监督区划分一览表

工作场所	分区	分区管理
PET/CT 检查区 (使用场所)	控制区:	PET/CT 机房、注射室、注射候诊室、VIP 注射候诊室、清洁间、留观室、患者专用卫生间、衰变间等
	监督区	控制室、候诊区、护士室、医生接诊室、PET/CT 控制室等

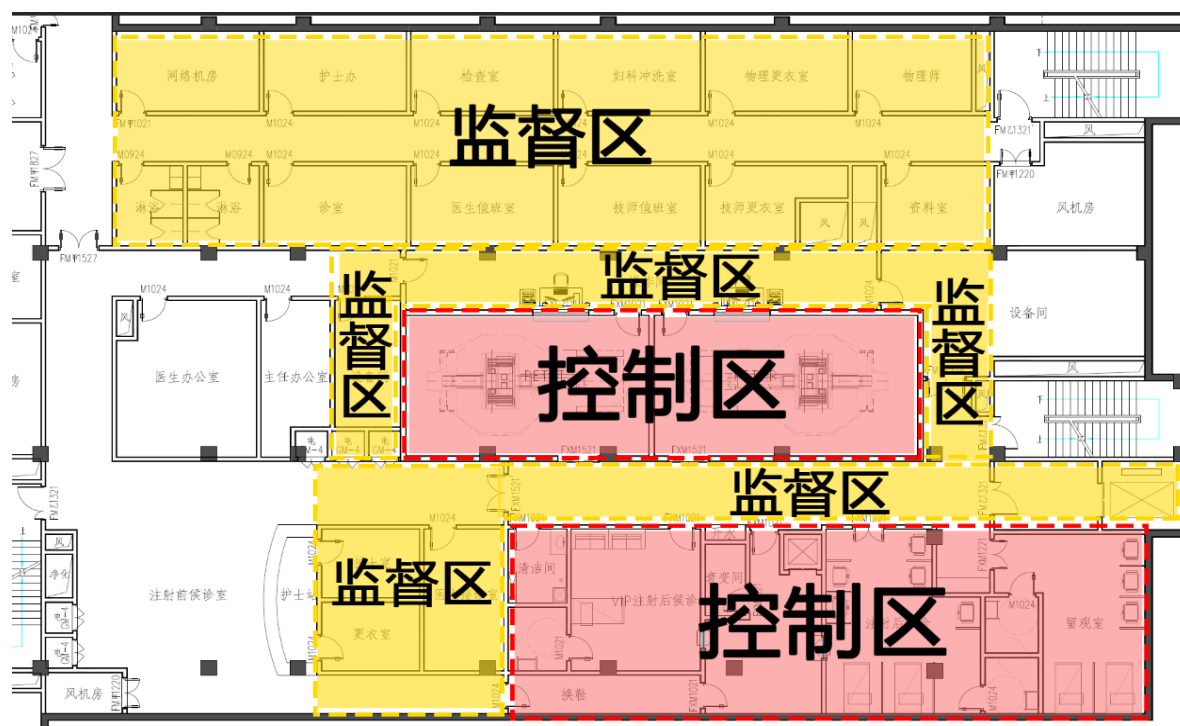


图 3-3 非密封放射物质工作场所控制区和监督区划分图

3.3.7 安全措施对照情况

参照《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》中《乙级非密封放射性物质操作场所监督检查技术程序》，本次验收对建设单位对非密封放射性物质工作场所采取的辐射安全防护措施进行了落实情况对照，对照结果见表 3-12，现场照片见表 3-13。

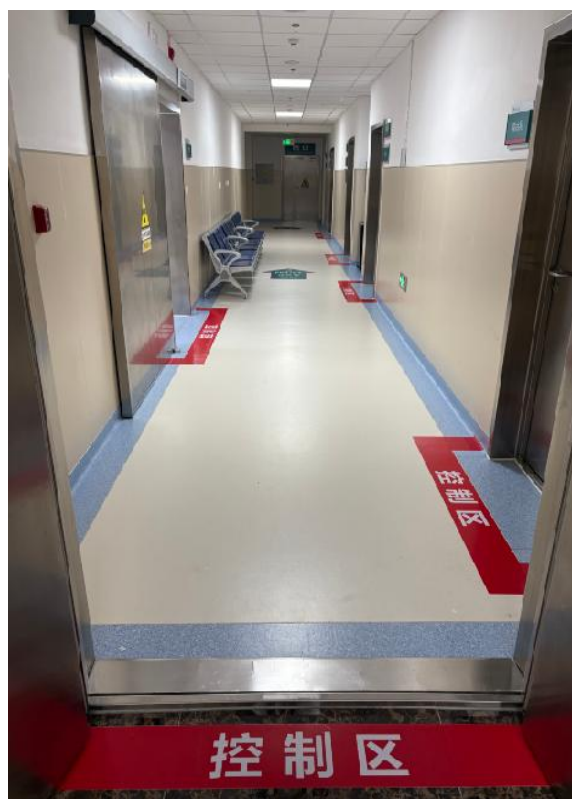
表 3-12 非密封放射性物质工作场所辐射安全与防护检查一览表

序号	检查项目		落实情况
1*	A 场所设施	工作场所功能、设置及分区布局	核医学科设置了注射室、候诊室、留观室、PET/CT 机房等场所，并规划了控制区和监督区
2*		场所分区的管控措施及标识	进行了场所分区，并在各管控区设置相应标识
3*		电离辐射警告标志	已落实
4*		卫生通过间	已落实
5*		通风系统完整性及效能	独立的放射性通风系统，配备分装通风橱
6*		密封箱室	已落实
7*		屏蔽防护设施	已落实
8		防过热或超压保护	已落实
9*		防止放射性液体操作造成污染的措施	放射性物质合成、分装以及挥发性放射性核素的操作均在手套箱、通风橱等密闭设备中进行
10*		机械手或其它远距离操作工具	已落实
11*		火灾报警仪	已落实
12*		放射性废水处理系统及标识	已落实
13*		放射性物料与成品暂存场所或设施	已落实
14*		放射性固体废物暂存场所或设施	已落实
15*		安保设施	已落实
16		防火设备、应急出口	已落实
17*	B 监测设备	人员出口污染检测仪	配备 1 台 Inspector Alert 型表面沾污仪
18*		固定式辐射监测报警仪	已落实
19*		固定式或移动式气溶胶取样监测设	已落实
20*		便携式辐射监测仪	配备 1 台 45IP 型便携式 X-γ 电离室巡测仪
21*		个人剂量计	已落实
22		个人剂量报警仪	配备 1 台 RadTarge-Mini 型个人剂量报警仪
23*	C 防护用品	个人辐射防护用品	配备铅衣、工作服、防护手套、口罩等个人防护用品
24*	D 应急物资	去污用品和应急物资	已落实
25		合适的灭火器材	配置有干粉式灭火器
26*		放射性同位素应急容器	已落实

由上可知：本项目非密封放射性物质工作场所位于临床综合楼地下一层核医学科，通过工作场所的实际建设有效使用面积、屏蔽体、防护门等屏蔽措施，能够对运行期间产生的 X 射线、β 射线及放射性有害气体进行有效的屏蔽，满足《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）、《表面污染测定 第 1 部分：β 发射体（ $E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）对工作场所使用面积、屏蔽厚度以及防护措施的要求。

表 3-13 现场照片

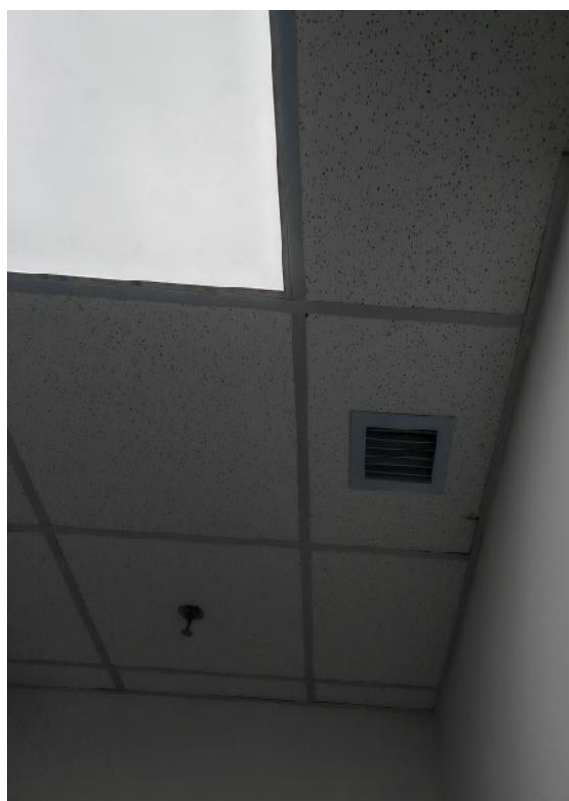
工作场所分区、指向标志电离辐射标识



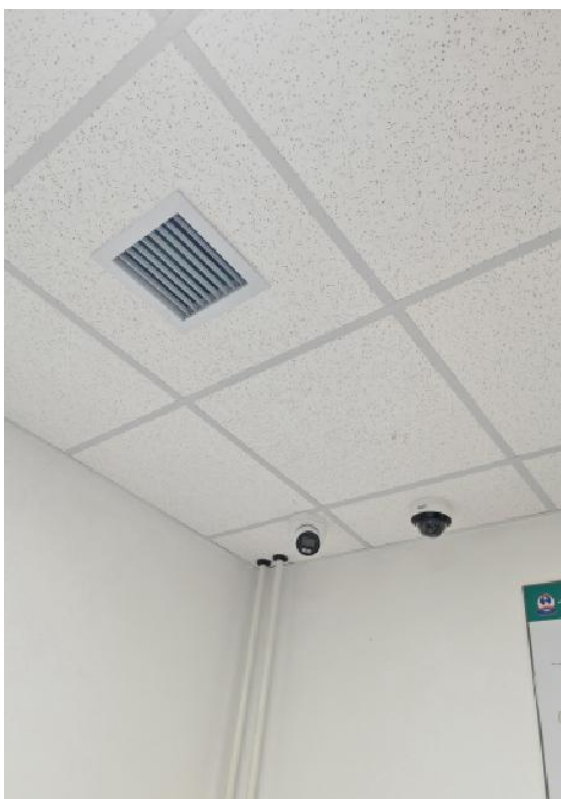


分装注射室





候诊室



PET/CT 机房



固废收集装置、衰变池



3.4 环评报告及环评批复落实情况

本项目环评报告及环评批复落实情况见表 3-14。

表 3-14 环评报告及环评批复落实情况一览表

序号	环评报告及批复要求	落实情况
1	该项目运行中，应严格遵守操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，避免意外事故的发生。	医院各科室制定了设备操作规程和制度，从事辐射工作的人员参加了核技术利用辐射安全与防护培训并通过了考核，成绩报告单均在有效期内，保证了工作人员能对设备操作的熟练性、专业性。
2	定期开展场所和环境的辐射监测及自查，据此编写核技术利用项目辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并按时上报主管生态环境部门	医院每季度对辐射工作场所和周围环境例行监测，并记录保存，每年按照要求制订了年度自查评估报告，均已上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。
3	各项环保设施及辐射防护设施应经常对其安全性、可靠性进行检查。	医院制定了《辐射安全管理检查制度》，落实相关科室严格执行，定期对各个防护设施和装备定期进行维修维护。
4	一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级主管单位和生态环境部门。	已制定辐射事故应急预案，预案组织机构及人员分工明确，紧急事故处理流程及应急保障措施。
5	医院在环评审批后应尽快进行辐射安全许可证副本的增项工作；登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址： http://rr.mee.gov.cn ），补充医院所用射线装置的相关信息。	医院已经办理了新增核技术应用项目的辐射安全许可证重新申领手续，并于 2024 年 11 月 18 日由内蒙古自治区生态环境厅审批核发。
6	根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。	本次验收工作已经委托有资质的单位进行建设项目竣工环境保护验收工作，保证验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性。验收工作结束后在医院官网对本次验收进行为期 20 个工作日的公开展示。
7	医院应在工作中严格按照制定的监测计划对辐射工作场所进行日常监测，并将监测结果进行记录、归档。	医院制定了详细的《辐射工作人员及工作场所监测方案》制度，并严格落实与执行，相关监测报告、检测记录全部归档保存。
8	严格按照相关要求制定个人剂量的监测，监测频次不得少于每年四次，在日常的工作中应加强对工作人员的相关培训，提高相关人员的自我防护意识，避免发生额外照射的情况。	委托内蒙古瑞宇放射卫生技术有限公司给该院所有辐射工作人员每年进行 4 次个人剂量检测，保证符合标准 5mSv/a 的要求。

9	项目建设单位要依据报告中提出的要求，在射线装置使用过程中，认真执行辐射安全许可证制度，许可证活动种类和范围发生变化，需按要求办理许可证重新申领手续，严格落实环评报告表提出的辐射防护措施和安全设施，确保辐射安全与防护满足有关要求。	根据现场检查和监测，辐射安全与防护满足有关要求，并且已经办理了新增射线装置的辐射安全许可证重新申领。
10	加强对辐射工作人员进行安全培训教育，辐射工作人员要做到持证上岗。	本项目共配备辐射工作人员 21 名，全部参加了生态环境部核与辐射安全中心组织的辐射防护知识培训，并取得了核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单，报告单均在有效期内。
11	加强对射线装置的管理，建立健全射线装置台账管理制度、辐射事故应急预案及各项规章制度，落实安全保卫与防护责任，杜绝辐射污染事故发生。	已制定辐射事故应急预案以及相关管理制度。
12	按照国家有关规定配备必要的防护用品和辐射监测仪器，设置规范的电离辐射标志。	各科室配备了个人剂量报警仪、辐射监测仪，已配备铅上衣、铅围裙、铅帽子、铅围脖、铅防护眼镜、铅屏风防护用品，设置了规范的电离辐射标志。

3.5 核技术利用建设项目重大变动调查情况

根据中华人民共和国环境部发布的《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函[2025]313 号）中属于重大变动的情形调查结果如下表 3-15。

表 3-15 核技术利用建设项目重大变动调查情况一览表

序号	《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》	环评情况	验收情况	变化情况
1	由核技术利用建设项目变更为其他类别建设项目	使用Ⅱ类射线装置、使用Ⅲ类密封放射源、使用乙级、丙级非密封放射性物质使用场所	使用Ⅱ类射线装置、使用Ⅲ类密封放射源、使用乙级、丙级非密封放射性物质使用场所	无变动
2	重新选址	赤峰学院附属医院北侧临床综合楼地下一层的非密封放射性物质工作场所和地下二层的直线加速器机房、后装机机房	赤峰学院附属医院北侧临床综合楼地下一层的非密封放射性物质工作场所和地下二层的直线加速器机房、后装机机房	无变动
3	调整辐射工作场所位置（包括总平面布置变化）导致调整后评价范围内出现新的环境保护目标。			
4	放射源类别升高	一枚 Co-60，属Ⅲ类放射源	一枚 Co-60，属Ⅲ类放射源	未升高
5	射线装置类别升高	1 台医用电子直线加速器，属Ⅱ类射线装置；1 台 PET/CT，属Ⅲ类射线装置。	1 台医用电子直线加速器，属Ⅱ类射线装置；1 台 PET/CT，属Ⅲ类射线装置。	未升高

6	非密封放射性物质工作场所级别升高	新增一处乙级、丙级非密封放射性物质使用场所	本次新增一处乙级非密封放射性物质使用场所	未升高
7	放射源的总活度或放射源数量增加 50%及以上	一枚 Co-60 放射源, 总活度 $7.4\text{E}+10\text{Bq}$	一枚 Co-60 放射源, 总活度 $7.4\text{E}+10\text{Bq}$	未增加
8	射线装置额定功率或输出剂量率或中子产生率增大 50%及以上	医用电子直线加速器最大能量 10MeV; PET/CT 最大管电压 140kV, 最大管电流 833mA。	医用电子直线加速器最大能量 10MeV; PET/CT 最大管电压 140kV, 最大管电流 833mA。	未增大
9	放射性核素活度或种类增加导致非密封放射性物质工作场所的日等效最大操作量增加 50%及以上	使用 F-18 ($1.11\text{E}+07$)、Ga-68 ($1.85\text{E}+06$)、C-11 ($1.48\text{E}+06$)、N-13 ($1.48\text{E}+06$) 注: () 内为日等效最大操作量	使用 F-18 ($1.11\text{E}+07$)、Ga-68 ($1.85\text{E}+06$)、C-11 ($1.48\text{E}+06$)、N-13 ($1.48\text{E}+06$) 注: () 内为日等效最大操作量	无变动
10	增加新的辐射工作场所	赤峰学院附属医院北侧临床综合楼地下一层的非密封放射性物质工作场所和地下二层的直线加速器机房、后装机机房	无新增	无变动
11	生产工艺或使用方式变化导致不利影响加重, 含主要工艺装置、配套设备及放射性三废处理设施任何一项变化	环评与验收一致		无变化
12	辐射防护措施改变导致不利影响加重	环评与验收一致		无变动
13	辐射安全联锁系统的联锁方式、联锁逻辑发生改变导致联锁功能减弱	环评与验收一致		无变动
14	非密封放射性物质工作场所功能和布局变化导致增加控制区	环评与验收一致		无变动
15	新增放射性液态流出物排放口或气载流出物排放口	环评与验收一致		无变动

根据《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函[2025]313 号），对本项目验收阶段建设内容及规模进行核查，本项目主体工程、建设内容、性质、规模、地点、工艺流程和辐射安全防护措施无变动，与《环评报告表》保持一致，不涉及重大变动。

3.6 辐射安全管理情况

3.6.1 辐射安全管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，生产、销售、使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

建设单位按规定已成立了辐射安全管理领导小组，负责医院辐射安全与环境保护管理领导工作，指导和督促人员做好辐射安全和放射防护工作。其成员组成情况见表3-16。

表3-16 辐射安全管理领导小组成员一览表

序号	职务	人员
1	组长	韩旭晨（院长）
2	副组长	李金龙（副院长）、苏志勇（副院长）、王忠军（主任）
3	成员	彭向东、王艳艳、张广民、岳云鹏、吕文丽、王志强、王玉花、迟玥琪、陈景轩、南晓北、赵玉东、刘达、孙秀川、高伟华、孙海燕、耿云涛、李淑君、张新春、邹红丽、郭轶敏、宋段、端大力、王瑞梅、赵海东、齐振平、孙瑞玲、于志远、王朋、李秀艳、李向红、孙伟、于智

3.6.2 辐射工作人员管理

本次验收项目所配备的辐射工作人员为医院原科室及其他科室调配，工作人员配备情况满足现有工作需求，本项目辐射工作人员均参加了核技术利用辐射安全与防护考核并取得了成绩报告单，成绩报告单均在有效期内。本项目工作人员详细配置情况见下表3-17。辐射工作人员成绩报告单见附件3。

表3-17 辐射工作人员配置情况一览表

序号	姓名	科室	证书编号	证书有效期
1	柴*萌	放疗科	FS20NM020****	2025.11.17
2	陈*龙		FS25NM020****	2030.05.29
3	陈*彦		FS25NM020****	2030.05.29
4	高*琪		FS20NM020****	2025.09.15
5	高*岩		FS20NM020****	2025.11.17
6	李*桑		FS25NM020****	2030.05.29
7	马*姝		FS25NM020****	2030.05.29
8	苏*畅		FS25NM020****	2025.11.17
9	孙*玲		FS25NM020****	2030.05.29
10	王*磊		FS25NM020****	2026.05.26

11	王*华	核医学科	FS25NM020****	2030.05.29
12	辛*静		FS25NM020****	2025.11.17
13	于*远		FS25NM020****	2030.05.29
14	姜伟*		FS25NM020****	2029.04.18
15	宋*旭		FS25NM020****	2028.10.20
16	相*洋		FS25NM020****	2028.03.30
17	鲁*甦		FS25NM020****	2028.10.20
18	周*楠		FS25NM020****	2029.04.18
19	孙*雪		FS25NM020****	2029.04.18
20	刘*韬		FS25NM020****	2028.03.30
21	张*宇		FS24BJ030****	2029.08.08

3.6.3 辐射安全防护管理制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定，生产、销售和使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

建设单位目前已经制定了一系列的辐射安全管理制度，并装订成册下发落实执行，制度包括《预防意外辐射的安全措施》、《辐射场所及环境监测方案》、《辐射安全和防护设施的维护与维修制度》、《辐射类医疗设备定期自查及隐患整改规范》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射类医疗设备台账管理制度》、《辐射工作人员个人剂量监测管理制度》、《辐射工作人员培训/再培训管理制度》、《辐射安全保卫制度》、《场所及环境检查制度》、《放射性三废的处理制度》、《辐射事故应急预案及应急措施》、《核医学科辐射安全管理制度》、《放射性药物管理制度》、《放射性同位素的储存场所制度》、《分区管理制度》、《PET/CT 的操作规程》、《加速器室工作制度》、《加速器安全操作规程》、《后装治疗机机房工作制度》、《后装治疗机操作规程》、《密封放射源辐射防护和安全保卫制度》、《后装治疗机操作规程》、《后装治疗操作规程》、《放射源安全管理制度》、《自主监测方案》、《分装仪的操作规程》、《核医学科辐射安全管理制度》、《辐射安全事故医疗救治工作制度》。由此可知，医院制定的规章制度具有较强的操作性，在日常工作中按照这些规章进行操作，能满足现有核技术应用项目的管理需要。各规章制度详情见附件 6。

3.6.4 法规执行情况

1、辐射安全许可证

医院重新申领了辐射安全许可证，由内蒙古自治区生态环境厅于 2024 年 11 月 18 日核发，有效期至 2029 年 11 月 17 日。证书编号蒙环辐证[00144]，使用种类和范围：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工

作场所。

2、环境影响评价

赤峰学院附属医院委托内蒙古博海环境科技有限公司于 2023 年 2 月编制完成《核技术利用建设项目赤峰学院附属医院新增医用电子直线加速器、后装机、回旋加速器及生产、使用非密封放射性药物应用项目环境影响报告表》。内蒙古自治区生态环境厅于 2023 年 04 月 18 日对该项目环评报告进行了批复，批复文号内辐环审[2023]008 号。

3.6.5 “三同时”执行情况

根据核查情况，建设单位辐射防护措施与设施做到了同时设计、同时施工、同时投入使用，满足三同时要求。详见附件 7

四、建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

赤峰学院附属医院委托内蒙古博海环境科技有限公司编制了《核技术利用建设项目赤峰学院附属医院新增医用电子直线加速器、后装机、回旋加速器及生产、使用非密封放射性药物应用项目环境影响报告表》。

由内蒙古自治区生态环境厅于 2023 年 04 月 18 日对该项目环评报告进行了批复，批复文号内辐环审[2023]008 号。

4.1 环境影响报告摘录

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：赤峰学院附属医院新增医用电子直线加速器、后装机、回旋加速器及生产、使用非密封放射性药物应用项目

建设单位：赤峰学院附属医院

建设性质：新建

建设地点：赤峰市新城区王府大街 42 号赤峰学院附属医院新城院区

本次评价内容及规模为：1 台医用电子直线加速器，安装于临床综合楼地下二层医用电子直线加速器机房，属于Ⅱ类射线装置；由红山院区搬迁 1 台 Co-60 后装机，安装于临床综合楼地下二层后装机机房，使用 1 枚Ⅲ类 Co-60 密封放射源；1 台 10MeV 回旋加速器，安装于临床综合楼地下二层回旋加速器机房，属于Ⅱ类射线装置，生产 F-18、Ga-68、C-11、N-13 非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质场所；1 台 PET/CT，属于Ⅲ类射线装置，安装于临床综合楼地下一层 PET/CT 室，使用 F-18、Ga-68、C-11、N-13 非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质场所。

13.1.2 本项目产业政策符合性分析

项目属于核技术在医学领域内的运用，根据国家发展和改革委员会第 9 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》相关规定，属于该指导目录中允许类第三十六项“教育、文化、卫生、体育服务业”中第 1 条“全科医疗服务”，符合国家当前的产业政策。

13.1.3 本项目选址合理性分析

本项目完全位于赤峰学院附属医院院区内，项目运营期对环境影响较小，周围无环境制约因素，选址合理。

13.1.4 工程所在地区环境质量现状

由监测结果分析可知，本项目区域周围 X- γ 辐射剂量率检测值在 102.7-107.3 nSv/h，与对照点 101.9nSv/h 处于同一水平。

13.1.5 环境影响评价结论

医院射线装置、后装机及非密封放射性物质工作场所的使用房间均采用混凝土及铅等材料对射线进行了有效的屏蔽，根据理论分析及估算，本项目回旋加速器机房、医用电子直线加速器机房、后装机机房及非密封放射性药物使用房间墙体周围各关注点的辐射剂量率均低于 2.5 μ Sv/h 的标准限值要求。在正常工况下，对辐射工作人员造成的附加有效剂量低于 5mSv/a 的职业人员剂量管理限值；对公众造成的附加有效剂量低于 0.1mSv/a 的公众人员剂量管理限值。

非密封放射性物质生产及使用场所产生的含放射性废水经衰变池收集存放 10 半衰期后排入医院污水处理站，最终排入市政污水管网，对周围水环境影响较小。

含放射性固废，经暂存间及衰变间分类收集后，放置十个半衰期以上后作为医疗废物统一交由有资质的单位进行处理，不外排，对周围环境影响较小。

回旋加速器运行过程及非密封放射性药物的使用过程中会产生一定量的放射性废气，废气通过独立的通风系统及合成柜、分装柜终端的活性炭盒吸附后，经排风管道进入环境中，不会对周围环境产生影响。

废旧放射源应按法律法规要求返回放射源生产厂家或原出口方。确定无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交有相应资质的单位收贮，并承担相关费用，并在内蒙古自治区生态环境厅备案，放射源得到妥善处置，不会对环境造成影响。

本项目医用电子直线加速器、PET/CT 机房及 Co-60 后装机机房设置有机机械通风系统，通风次数大于 4 次/h，满足通风要求，对周围环境造影响较小，机房按照相关标准的要求配置了工作状态指示灯、门机连锁、紧急停机按钮、视频监控系统、固定式辐射剂量报警仪及电离辐射警示标识等辐射防护措施，对周围环境影响较小。

非密封放射性物质生产、使用场所按照相关标准的要求进行了监督区及控制区的划分，患者、医生、药物及废物的流动合理，醒目的位置设置有电离辐射警示标识，配备有个人剂量计、铅衣等个人防护用品，安装有独立的通风系统，工作场所的气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向，放射性物质的合成、分装操作在通风橱中进行，通风橱等设备的顶壁安装了活性炭过滤装置。非密封放射性物质工作场所的独立排

风系统的排气口位于临床综合楼楼顶距屋顶 1.5 米处排放，排口周围没有高大建筑物，满足相关标准要求。

13.1.6 事故风险与防范

医院制订的辐射事故应急预案和安全规章制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻落实，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.7 环保设施与保护目标

建设单位设计的环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的保护目标所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平，且低于相关标准。

13.1.8 辐射安全管理的综合能力

医院安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，医技人员配置合理，有辐射事故应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对现有医用辐射设备和场所而言，医院已具备辐射安全管理的综合能力。

13.1.9 项目环保可行性结论

本项目工作场所布局合理，按照标准要求 in 放射工作场所内划出控制区和监督区，非密封放射性物质生产及使用场所的人流、物流路线合理，配置了个人防护用品、辅助防护设施和检测设备，配置有满足标准要求的放射性废液、固废、废气的暂存处理措施。

本项目回旋加速器机房、医用电子直线加速器机房、后装机机房及 PET/CT 机房各屏蔽墙体的防护厚度大于理论计算厚度，机房外辐射剂量率满足相关标准的限值要求，对环境的影响较小，机房安装有固定式辐射剂量报警仪、急停按钮、紧急开门按钮、固定的辐射警示标志和工作状态指示灯等辐射防护措施，避免医护人员及周围公众受到额外的照射。

综上所述，本医院回旋加速器、医用电子直线加速器、后装机、及生产、使用非密封放射性药物应用项目，符合实践的正当性原则，工作人员及公众受到的年有效剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。医院在进一步完善辐射安全与环境保护管理机构 and 各项制度的前提下，该项目对工作人员、公众和周围环境的辐射影响就可以控制在国家允许的标准范围之内。因此，从辐射安全和环境保护的角度而言，本核技术应用项目是可行的。

建议和承诺

1、该项目运行中，应严格遵守操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，避免意外事故的发生。

2、定期开展场所和环境的辐射监测及自查，据此编写核技术利用项目辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并按时上报主管生态环境部门，报送内容应包括：☐辐射安全和防护设施的运行与维护情况；☐辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；☐辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；☐放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射性同位素、射线装置台账；☐场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；☐辐射事故及应急响应情况；☐核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；☐存在的安全隐患及其整改情况；☐其他有关法律、法规规定的落实情况。

3、各项环保设施及辐射防护设施应经常对其安全性、可靠性进行检查。

4、一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级主管单位和生态环境部门。

5、医院在环评审批后应尽快进行辐射安全许可证副本的增项工作；登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），补充医院所用射线装置的相关信息。

6、根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

7、医院应在工作中严格按照制定的监测计划对辐射工作场所进行日常监测，并将监测结果进行记录、归档。

8、严格按照相关要求制定个人剂量的监测，监测频次不得少于每年四次，在日常的工作中应加强对工作人员的相关培训，提高相关人员的自我防护意识，避免发生额外照射的情况。

4.2 环评批复摘录

自治区生态环境厅审批意见：

内辐环审[2023]008 号

赤峰学院附属医院位于内蒙古自治区赤峰市红山区园林路东三段四号/新城区王府大街 42 号。已取得辐射安全许可证,证书编号为：蒙环辐证[00144],许可种类和范围为：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ、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 2027 年 5 月 24 日。医院现有 43 台射线装置，其中Ⅱ类 5 台，Ⅲ类 38 台。详见表 1-1、表 1-2、表 1-3。

表 1-1 赤峰学院附属医院在用射线装置情况

序号	名称	类别	数量	型号	工作场所	管电压 (kV)	管电流 (mA)
1	ECT	Ⅲ类	1 台	Bright View XCT	新城院区核医学科	/	/
2	血管造影 X 射线系统	Ⅱ类	1 台	Allura Xper FD10	新城院区导管室一室	150	1250
3	医院血管造影 X 射线机	Ⅱ类	1 台	Artis zee III ceiling	新城院区导管室二室	160	/
4	256 排 CT	Ⅲ类	1 台	Brilliance iCT	新城院区 CT 室一室	150	1250
5	16 排 CT	Ⅲ类	1 台	BrightSpeed Elite Select	新城院区 CT 室二室	130	180
6	全身 X 射线计算机断层扫描系统	Ⅲ类	1 台	DISCOVERY GSI	新城院区 CT 室三室	/	/
7	医用 X 线诊断系统	Ⅲ类	1 台	Discovery Xr656	新城院区放射科四室	150	630
8	数字化医用 X 射线摄影系统	Ⅲ类	1 台	Discovery Xr656	新城院区放射科三室	150	630
9	医用 X 线诊断系统	Ⅲ类	1 台	Definium 6000	新城院区放射科二室	150	1000
10	X 射线系统	Ⅲ类	1 台	Discovery Xr650	新城院区放射科一室	150	630
11	数字胃肠机	Ⅲ类	1 台	SONLALVISION SAF IRE17	新城院区放射科数字胃肠机房	150	800
12	乳腺 X 射线机	Ⅲ类	1 台	Mammomat	新城院区放射科乳腺机房	35	630
13	移动式数字摄影 X 射线系统	Ⅲ类	1 台	Mobiledart Evolutionn	新城院区放射科	133	320
14	移动式数字摄影 X 射线系统	Ⅲ类	1 台	Mobiledart Evolutionn	新城院区放射科	133	320
15	数字化移动式摄影 X 射线机	Ⅲ类	1 台	Optima Xr240amx	新城院区放射科	150	400

16	移动式 C 型臂 X 射线机	Ⅲ类	1 台	SIREMOB-IL-C-OMPACT-L	新城院区手术室 17 间	4	125
17	移动式 C 型臂 X 射线机	Ⅲ类	1 台	SirEM081L Compact.L	新城院区手术室 18 间	4	125
18	骨科 C 型臂	Ⅲ类	1 台	ACTIVO	新城院区手术室 20 间	110	20
19	体外冲击波碎石机	Ⅲ类	1 台	HK ESWL-VI	新城院区医技楼 碎石中心	50	130
20	数字化泌尿检查 X 射线系统	Ⅲ类	1 台	Uroskop omnia	新城院区医技楼 碎石中心	100	800
21	骨密度仪	Ⅲ类	1 台	MEDIX90	新城院区功检科	/	60
22	全景 X 射线系统	Ⅲ类	1 台	ProMax 3D	新城院区口腔放射	90	18
23	口腔 X 射线数字化体层摄影	Ⅲ类	1 台	NEW Tom vgi	新城院区口腔放射	120	20
24	口内成像 X 射线机	Ⅲ类	1 台	PLANMeca ProX	新城院区口腔放射	70	/
25	骨密度仪	Ⅲ类	1 台		体检中心	/	/
26	直线加速器	Ⅱ类	1 台	Precise	红山院区放疗中心	电子：15MeV	
27	X 线断层扫描 64 排	Ⅲ类	1 台	Brilliance	红山院区 CT 一室	120	50
28	64 排 CT	Ⅲ类	1 台	Revolution Ace	红山院区 CT 二室	100	2000
29	血管造影系统	Ⅱ类	1 台	IGS520	红山院区导管一室	120	1000
30	血管造影系统	Ⅱ类	1 台	Innova2100-IQ	红山院区导管二室	125	1000
31	医用 X 射线摄影系统	Ⅲ类	1 台	FX PLUS	红山院区放射科	/	800
32	双板 DR	Ⅲ类	1 台	Rad speed plus	红山院区放射科	150	800
33	数字乳腺摄像系统	Ⅲ类	1 台	pristina	红山院区放射科	49	100
34	数字胃肠机	Ⅲ类	1 台	SONIALVISION C200	红山院区放射科	150	800
35	移动 DR	Ⅲ类	1 台	MobileDaRt Evolutionn	红山院区放射科	133	400
36	骨密度仪	Ⅲ类	1 台	MEDIX90	红山院区体检中心二楼	/	125
37	骨密度分析仪	Ⅲ类	1 台	MetriScan	红山院区体检中心二楼	/	1000
38	移动式 C 型臂 X 摄像机	Ⅲ类	1 台	ACTivo	红山院区手术室 一间	110	20
39	全景口腔和头颅 X 射线成像系统	Ⅲ类	1 台	PAX-400C	红山院区口腔放射科	/	220
40	口腔 CT	Ⅲ类	1 台	MCT-1	红山院区口腔放射三室	120	15

41	口腔内成像 X 射线机	III类	1 台	Planmeca ProX	红山院区口腔放射一室	70	700
42	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	III类	1 台	Smart3D	红山院区口腔放射科	100	6
43	口内 X 射线机	III类	1 台	FOCUS	红山院区口腔放射科	/	/

表 1-2 赤峰学院附属医院在用放射源情况

序号	核素	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	编码	用途	使用场所	类别	备注
1	Co-60	7.4E+10×1 枚	*****	放射治疗	新城院区临床综合楼地下二层后装机房	III类	搬迁

表 1-3 赤峰学院附属医院非密封放射性物质情况

序号	使用场所	场所等级	核素	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	活动种类
1	核医学科	乙级	I-125 (粒子)	2.22E+09	4.44E+10	使用
2			Tc-99m	7.4E+08	1.48E+12	使用
3			I-131	3.7E+09	2.96E+10	使用

本次评价内容为：1.射线装置。(1)新购 1 台医用电子直线加速器属II类射线装置，安装于院区北侧临床综合楼地下二层医用电子直线加速器 1 号机房。(2)拟配置 2 台 10MV 医用医用电子直线加速器,属II类射线装置，安装于临床综合楼地下二层医用电子直线加速器机房 2 号机房、3 号机房。(3)拟配置 1 台回旋加速器,属II类射线装置，安装于临床综合楼地下二层回旋加速器机房。2.由红山院区搬迁至新城院区的 1 台后装机，配套使用 1 枚 Co-60 密封放射源,属III类密封放射源，安装于临床综合楼地下二层后装机机房。3.生产及使用 F-18、Ga-68C-11、N-13 四种非密封放射性物质,乙级、丙级非密封放射性物质使用场所。内容详见表 2-1、2-2、2-3、2-4。

表 2-1 赤峰学院附属医院医用电子直线加速器建设内容表

序号	名称	类别	数量	型号	X 射线最大能量 (MV)	工作场所	使用情况
1	医用电子直线加速器	II	1	Infinity	10	医用电子直线加速器 1 号机房	新购
2	医用电子直线加速器	II	1	未定	10	医用电子直线加速器 2 号机房	拟购
3	医用电子直线加速器	II	1	未定	10	医用电子直线加速器 3 号机房	拟购

表 2-2 赤峰学院附属医院回旋加速器建设内容表

序号	名称	类别	数量	型号	X 射线最大能量 (MV)	工作场所	使用情况
1	回旋加速器	II	1	HM-10	10	回旋加速器机房	拟购

表 2-3 赤峰学院附属医院后装机 Co-60 密封放射源建设内容表

序号	核素	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	编码	用途	使用场所	类别	备注
1	Co-60	7.4E+10×1 枚	BY15C000541 3	放射治疗	新城院区临床综合楼 地下二层后装机房	III类	搬迁

表 2-4 赤峰学院附属医院非密封放射性物质建设内容表

序号	核素	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	活动种类	工作场所名称
1	F-18	1.11E+08	2.89E+12	生产	新城院区临床综合楼地下 二层回旋加速器机房
2	Ga-68	1.85E+07	9.62E+10		
3	C-11	1.48E+07	7.70E+10		
4	N-13	1.48E+07	7.70E+10		
5	F-18	1.11E+07	2.89E+12	使用	新城院区临床综合楼地下 一层注射室
6	Ga-68	1.85E+06	9.62E+10		
7	C-11	1.48E+06	7.70E+10		
8	N-13	1.48E+06	7.70E+10		

该环境影响报告表编制规范、内容较全面：标准使用正确，保护目标明确；环境影响分析清楚、全面；提出的各项污染防治对策、措施可行，可以作为该项目建设环境保护设计和管理的依据。

项目建设单位要依据报告表中提出的要求，在射线装置使用过程中，认真执行辐射安全许可证制度，许可证活动种类和范围发生变化，需按要求办理许可证重新申领手续，严格落实环评报告表提出的辐射防护措施和安全设施，确保辐射安全与防护满足有关要求。加强对辐射工作人员安全培训教育，辐射工作人员要做到持证上岗。建设单位应加强对射线装置管理，完善安全使用操作规程、辐射事故应急预案及各项规章制度，落实安全保卫与防护责任，杜绝辐射污染事故发生。按照国家有关规定配备必要的防护用品和辐射监测仪器，设置规范的电离辐射标志

项目竣工后你单位要尽快进行竣工环境保护验收，验收合格后，方可正式投入运营。

内蒙古自治区生态环境厅

2023 年 4 月 18 日

五、验收监测质量保证及质量控制

5.1 检测质量保证

为保证检测数据和信息的质量，满足代表性、准确性、完整性和可靠性的要求，在检测质量保证方面，重点做了以下工作：

1、检测人员

按照质量管理体系的要求，检测技术人员均经过岗前培训、考核，掌握相关的知识和专业技能，持有检测上岗证；现场检测至少要有两名检测人员参加。

2、检测仪器几设备

公司所配备的仪器设备符合有关标准规范的要求，所检测的能量及频率范围均满足项目检测精度的要求。

(1)建立仪器设备使用管理程序，确保仪器设备处于正常完好状态。

(2)依法定期将检测仪器、设备送往有资质的计量检定机构进行检定或校准。

(3)公司所配备的仪器设备符合有关检测标准、规范的要求，并在检定或校准有效期内使用。

3、检测分析方法采用国家标准(GB)方法、环境保护行业标准(HJ)方法或国家职业卫生标准(GBZ)方法，保证本次检测应用的标准方法，在公司资质认定批准的方法范围内。检测布点、数据处理、报告编制等检测工作全过程按照体系文件实施。

5.2 质量控制

公司建立了完整的质量控制体系，将质量控制运用到检测全过程中，并严格按照体系要求执行。

1、检测布点

具有代表性、完整性和可比性，点位和点数能够满足检测和分析的需要，符合国家相关要求。

2、检测过程

确保工况正常运行的情况下，严格按照检测方法和操作规程执行。

3、数据处理

(1)检测结果的表达采用法定计量单位，数值修约按照作业指导书中的规定执行。检测人员在现场做好完整的、可复原现场检测状况的原始记录；报告编写人员要对数据的计算过程和结果进行核对；审核人员要对上述记录和计算结果进行校对和审核。

当利用计算机、网络对监测数据进行采集、处理、记录、报告、存储、检索传输时，确保数据的完整性和保密性。

(2)检测数据上报时均严格执行“三级审核”制度。

4、检测结果

客观、公正、准确地表达检测结果，保证检测结果和检验检测报告不受来自外界压力的影响和干预。

5、档案留存

所有检测记录及报告均按照国家相关规定时限要求存档保存，以便查阅。

6、计量认证

从事委托检测的单位，北京科环世纪电磁兼容技术有限责任公司于 2022 年 02 月 25 日通过北京市市场监督管理局资质认定，证书编号为：220112051090，有效期至 2028 年 02 月 24 日。

六、验收监测内容

6.1 检测依据

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

《表面污染测定 第 1 部分： β 发射体 ($E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》
(GB/T14056.1-2008)

6.2 检测项目/参数

X- γ 剂量率、 α 、 β 表面污染

6.3 检测频次

正常运行工况下，检测一次。

6.4 检测单位

北京科环世纪电磁兼容技术有限责任公司

6.5 检测时间及环境条件

验收检测时间：2025 年 6 月 23 日

环境条件：温度 24℃（室内）；湿度 41%RH

6.6 监测布点

1、直线加速器机房的机房防护门、操作室医生操作位、管线洞口、机房东南西北墙、停机 30s 后机房内迷道及医生操作位等机房周围环境设置监测点位，进行 X- γ 剂量率的现场检测，并布设对照点位。

2、后装机机房的机房防护门、操作室医生操作位、管线洞口、机房南西北墙、机房楼上、停机 30s 后机房内迷道及医生操作位等机房周围环境设置监测点位，进行 X- γ 剂量率的现场检测，并布设对照点位。

3、非密封放射性物质工作场所的注射室注射窗口、注射室地面、注射室操作台、分装厨观察窗、分装厨左右操作口、分装厨入药箱、VIP 注射候诊室地面、注射候诊室地面、留观室地面、卫生间地面、卫生间便池、卫生间洗手池、患者通道地面等工作场所周围环境设置监测点位，进行 α 、 β 表面污染检测，设置对照点位；PET/CT 机房防护门、PET/CT 机房东南西北墙、PET/CT 机房楼下、PET/CT 操作室防护门、PET/CT 观察窗、PET/CT 医生操作位、PET/CT 管线洞口等 PET/CT 机房周围环境设置监测点位，进行 X 射线剂量率检测，设置对照点位。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，以上监测布点能够科学地反

映该射线装置工作场所周围的辐射水平及人员受照射情况，点位布设符合技术规范要求，监测点位示意图见图 6-1、6-2、6-3。

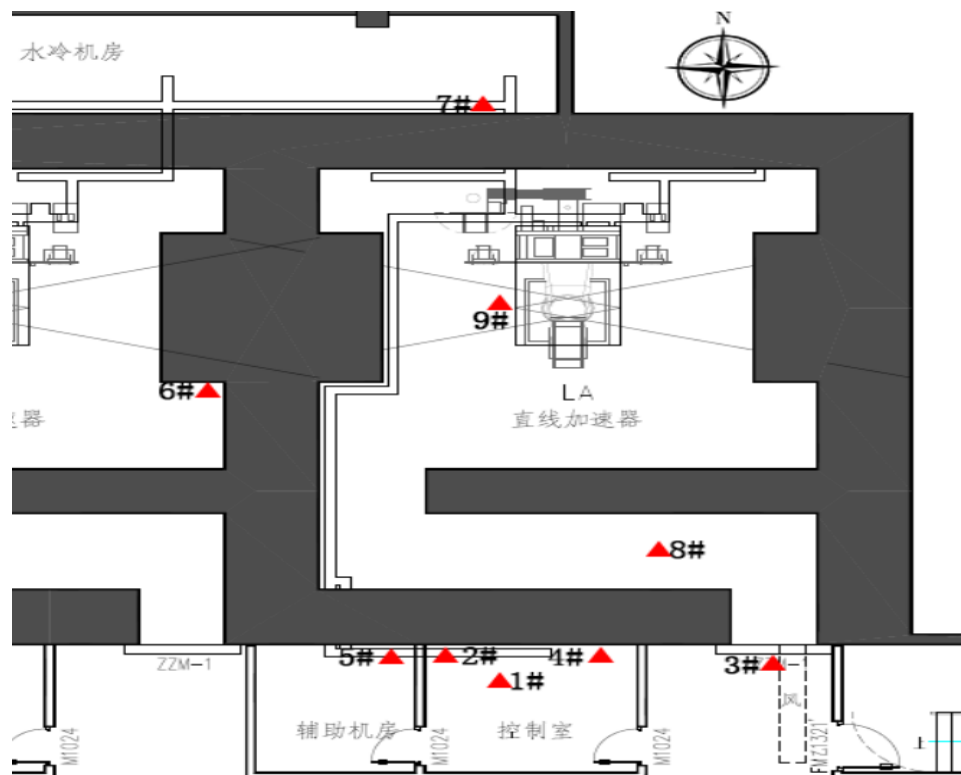


图 6-1 Infinity 型医用电子直线加速器监测点位示意图

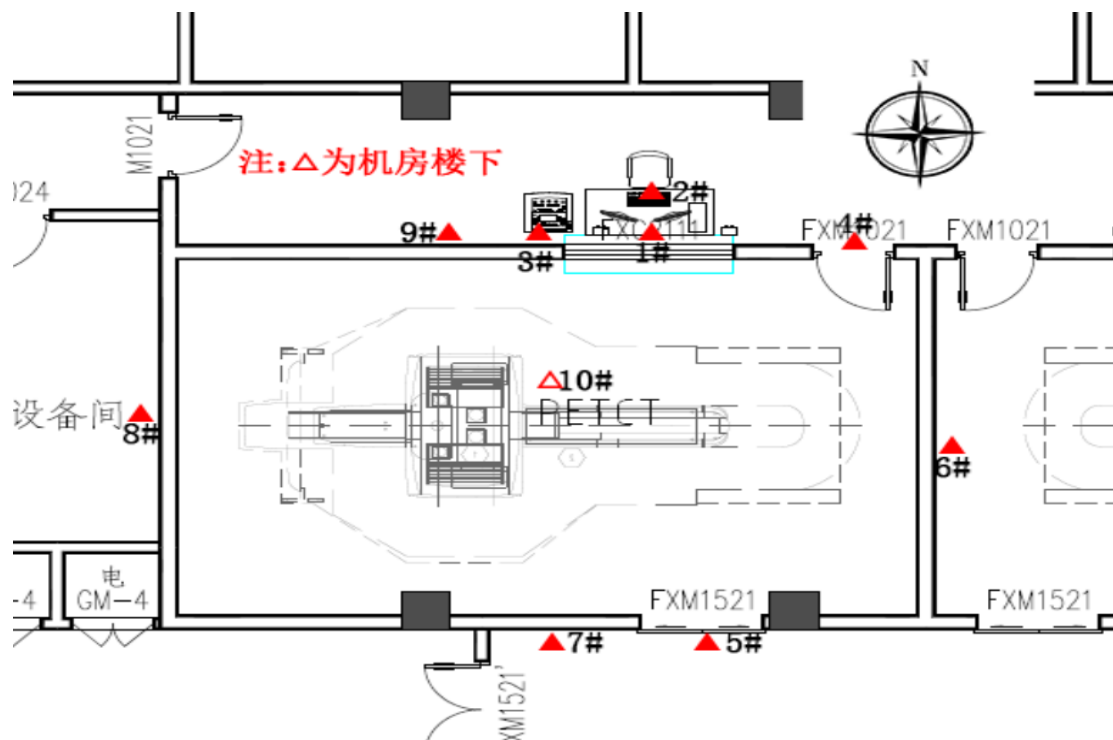


图 6-2 uMI Panorama 35S 型 PET/CT 监测点位示意图

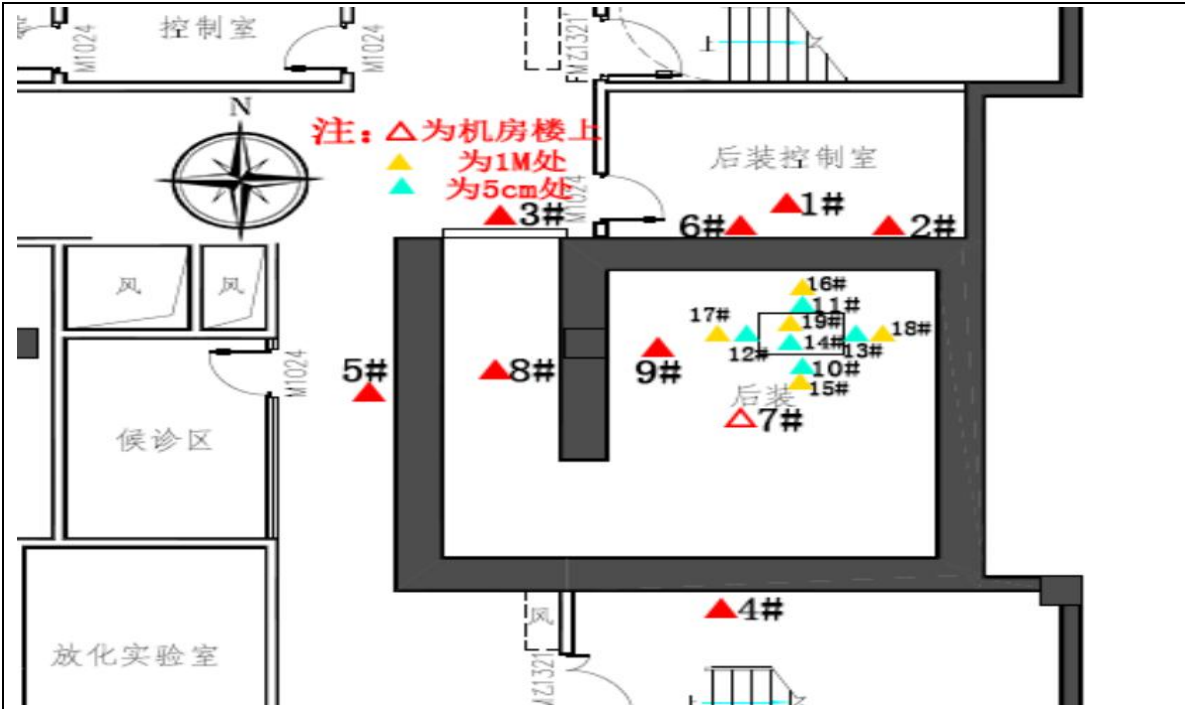


图 6-3 后装机机房监测点位示意图

6.7 检测仪器

检测仪器	规格型号	性能参数	仪器编号	溯源方式及有效期
X、 γ 剂量率仪	AT1121	剂量率范围： 50nSv/h-10Sv/h 能量范围： 15keV-10MeV	KHC-YQ- 26	校准有效期至： 2026 年 03 月 17 日
α 、 β 表面污染仪	PAM- 170C	0~1×10 ⁵ cps	KHC-YQ- 20	检定有效期至： 2025 年 09 月 17 日

七、验收监测

7.1 监测工况

本项目的各项辐射防护措施均已按要求落实到位，工作条件达到设计预期要求，符合竣工环境保护验收检测的条件。

2025 年 06 月 23 日，北京科环世纪电磁兼容技术有限责任公司对赤峰学院附属医的新建核技术应用项目进行了辐射水平监测。本次针对该院新增的 1 台Ⅱ类射线装置、1 处非密封放射性物质工作场所及 1 台后装机（含 1 枚 Co-60 放射源），检测工况见表 7-1。详见附件 4。

表 7-1 验收监测工况一览表

工作场所	检测内容	设备型号	监测工况
直线加速器机房	X- γ 剂量率	Infinity	6MV
后装机房	γ 剂量率	Co-60	出厂日期：2023.2.3 出厂活度 7.4E+10
非密封放射性物质 工作场所	α 、 β 表面污染	/	/
	PET/CT 机房 X 射线剂量率	uMI Panorama 35S	管电压：120kV；管电流： 200mA

7.2 监测结果

本项目辐射水平监测结果见表 7-2 至表 7-5。

表 7-2 Infinity 型医用电子直线加速器检测结果

序号	测点位置	X、 γ 辐射剂量率* (nSv/h)		备注
		开机状态	关机状态	
1	操作室医生操作位	119.8 $\pm$ 1.9	112.0 $\pm$ 0.8	
2	管线洞口	118.9 $\pm$ 0.5	110.9 $\pm$ 0.5	
3	机房防护门外 30cm	122.9 $\pm$ 1.1	112.5 $\pm$ 1.1	
4	机房南墙外 30cm（操作室）	123.8 $\pm$ 0.8	112.5 $\pm$ 1.1	
5	机房南墙外 30cm（设备间）	122.2 $\pm$ 1.5	113.6 $\pm$ 0.5	
6	机房西墙外 30cm（机房）	123.2 $\pm$ 1.2	113.4 $\pm$ 1.1	
7	机房北墙外 30cm（设备间）	123.5 $\pm$ 1.1	111.1 $\pm$ 0.8	
8	停机 30s 后迷道	124.5 $\pm$ 1.8	110.2 $\pm$ 0.8	
9	停机 30s 后机房内操作位	122.9 $\pm$ 0.9	110.7 $\pm$ 0.5	

注：检测工况为：6MV *检测结果含宇宙射线响应值且未扣除环境本底值。

由表 7-2 可知：该院的 Infinity 型医用电子直线加速器在正常工作状态下，工作场所周围剂量率监测结果满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 中在加速器迷宫门外、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h 的限值要求。

表 7-3 后装机机房检测结果

序号	测点位置	X、γ 辐射剂量率* (nSv/h)		备注
		开机状态	关机状态	
1	操作室医生操作位	124.5±0.9	110.0±1.1	
2	管线洞口	124.8±1.7	111.1±0.4	
3	机房防护门外 30cm	123.7±1.1	110.5±1.3	
4	机房南墙外 30cm (楼梯间)	122.0±1.1	111.8±0.5	
5	机房西墙外 30cm (走廊)	122.0±1.8	112.1±1.6	
6	机房北墙外 30cm (操作室)	122.9±1.8	110.5±1.5	
7	机房楼上 (设备间)	122.0±0.9	112.1±1.6	
8	停机 30s 后迷道	121.2±0.5	111.8±0.5	
9	停机 30s 后机房内操作位	127.0±1.8	113.7±0.4	
10	源在后装机内前表面 5cm 处	-	1.14±0.04 (μSv/h)	
11	源在后装机内后表面 5cm 处	-	0.46±0.03 (μSv/h)	
12	源在后装机内左表面 5cm 处	-	0.55±0.01 (μSv/h)	
13	源在后装机内右表面 5cm 处	-	0.57±0.03 (μSv/h)	
14	源在后装机内上表面 5cm 处	-	1.96±0.08 (μSv/h)	
15	源在后装机内前表面 1m 处	-	0.47±0.02 (μSv/h)	
16	源在后装机内后表面 1m 处	-	211.8±3.4	
17	源在后装机内左表面 1m 处	-	0.27±0.02 (μSv/h)	
18	源在后装机内右表面 1m 处	-	0.26±0.02 (μSv/h)	
19	源在后装机内上表面 1m 处	-	0.64±0.03 (μSv/h)	

*检测结果含宇宙射线响应值且未扣除环境本底值。

由表 7-3 可知：后装机在出源状态下，机房四周辐射剂量率检测结果满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 中屏蔽防护 2.5μSv/h 限值要求。

表 7-4 非密封放射性物质使用场所检测结果

序号	测点位置	γ 辐射剂量率 * (nSv/h)	α 表面污染水平 (Bq/ cm ²)	β 表面污染水平 (Bq/ cm ²)
1	医生注射口铅玻璃表面	200.6±2.1	< LLD α	0.59
2	医生注射口表面 (左)	192.6±2.6	< LLD α	0.47
3	医生注射口表面 (右)	191.7±3.0	< LLD α	0.24
4	医生操作台表面	227.1±1.9	< LLD α	0.33
5	医生移动操作台表面	201.3±1.9	< LLD α	0.23
6	废物桶表面	189.7±1.3	< LLD α	0.67
7	医生注射室地面	181.7±1.9	< LLD α	0.16
8	患者注射口表面 (左)	180.8±2.3	< LLD α	0.16
9	患者注射口表面 (右)	181.2±1.1	< LLD α	0.12
10	患者注射室地面	178.2±2.4	< LLD α	0.16
11	注射后候诊室床表面	195.4±1.5	< LLD α	0.18
12	注射后候诊室地面	197.8±1.9	< LLD α	0.20
13	VIP 注射候诊室地面	180.1±1.7	< LLD α	0.17
14	分装箱观察窗表面	187.1±1.6	< LLD α	0.31
15	分装箱操作口表面 (左)	192.6±1.1	< LLD α	0.15
16	分装箱操作口表面 (右)	197.8±1.3	< LLD α	0.26
17	卫生间洗手池表面	185.5±0.9	< LLD α	0.22
18	卫生间地面	190.6±0.8	< LLD α	0.20
19	卫生间便池表面	185.1±1.2	< LLD α	0.37
20	环境背景值 (一楼大厅)	102.9±0.9	< LLD α	0.20

注：LLD α =0.01 Bq/cm²， β 表面污染检测结果已扣除环境背景值。

由表 7-4 可知：非密封放射性物质工作场所表面污染检测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 附录 B11 以及《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 中核医学工作场所放射性表面污染控制水平控制区： α ：40Bq/cm²； β ：40 Bq/cm² 的限值要求。

非密封放射性物质工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处，放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗设有屏蔽结构设备的外表面 30cm 处周围剂量当量率检测结果满足《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 和《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中 2.5 μ Sv/h 的限值要求。

表 7-5 uMI Panorama 35S 型 PET/CT 检测结果

序号	测点位置	X、 γ 辐射剂量率* (nSv/h)		备注
		开机状态	关机状态	
1	观察窗外 30cm	136.4±2.5	136.9±1.3	
2	医生操作位	133.2±0.5	134.6±0.4	
3	管线洞口	137.1±1.1	136.2±0.7	
4	操作室防护门外 30cm	134.5±0.4	136.7±1.1	
5	机房防护门外 30cm	152.8±2.1	163.8±1.2	
6	机房东墙外 30cm (备用机房)	137.5±1.2	136.2±1	
7	机房南墙外 30cm (走廊)	154.2±1.9	163.8±0.7	
8	机房西墙外 30cm (设备间)	129.7±0.4	136.7±1.1	
9	机房北墙外 30cm (操作室)	135.7±0.8	135.5±1.9	
10	机房楼下 (实验室)	117.6±0.4	131.7±0.7	

注：检测工况为：管电压:120kV、管电流:200mA

*检测结果含宇宙射线响应值且未扣除环境本底值。

由表 7-5 可知，uMI Panorama 35S 型 PET/CT (III类射线装置) 在正常工作状态下，工作场所周围剂量当量率检测结果满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中机房外的周围剂量当量率不应大于 2.5 μ Sv/h 的限值要求。

7.3 个人剂量监测

本项目为辐射工作人员均配备了个人剂量计，医院定期对辐射工作人员进行了职业健康体检，并委托第三方检验检测机构进行个人剂量检测，并出具个人剂量检测报告，辐射工作人员个人剂量按照每 90 天一次进行监测，每年共进行 4 次个人剂量监测，本次验收统计周期为 2025 年 1 月 1 日至 2025 年 6 月 30 日的个人剂量监测结果，详见表 7-6，个人剂量检测报告见附件 5。

表 7-6 辐射工作人员个人剂量监测结果

序号	科室	姓名	性别	职业类别	证书编号	个人剂量结果 (2025.1.1~2025.6.30)
1	放疗科	柴*萌	男	2D	FS25NM020****	0.14mSv
2		陈*龙	男	2D	FS25NM020****	0.15mSv
3		陈*彦	女	2D	FS25NM020****	0.14mSv
4		高*琪	女	2D	FS25NM020****	0.095mSv
5		高*岩	男	2D	FS25NM020****	0.015mSv
6		李*燊	男	2D	FS25NM020****	0.12mSv
7		马*姝	女	2D	FS25NM020****	0.05mSv
8		苏*畅	女	2D	FS25NM020****	0.035mSv
9		孙*玲	女	2D	FS25NM020****	0.11mSv
10		王*磊	男	2D	FS25NM020****	0.08mSv
11		王*华	女	2D	FS25NM020****	0.14mSv
12		辛*静	女	2D	FS25NM020****	0.025mSv
13		于*远	男	2D	FS25NM020****	0.13mSv
14	核医学科	姜*伟	男	2C	FS25NM020****	0.09mSv
15		宋*旭	男	2C	FS25NM020****	0.075mSv
16		相*洋	男	2C	FS25NM020****	0.095mSv
17		鲁*甦	男	2C	FS25NM020****	0.39mSv
18		周*楠	女	2C	FS25NM020****	0.01mSv
19		孙*雪	女	2C	FS25NM020****	0.07mSv
20		刘*韬	男	2C	FS25NM020****	0.035mSv
21		张*宇	男	2C	FS24BJ030****	0.14mSv

由表 7-6 可知，并根据内蒙古宇瑞放射卫生技术有限公司出具的赤峰附属医院 2025 年度第一季度和第二季度个人剂量检测报告，辐射工作人员个人剂量检测结果为 0.01mSv~0.39mSv，预计全年的个人剂量检测值为 0.02mSv~0.78mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目对职业人员有效剂量 5mSv/a 的剂量约束值，公众不会出现在辐射工作场所附近，公众有效剂量能够满足 0.1mSv/a 的剂量约束值的要求。

八、验收监测结论

8.1 验收监测结论

本次验收赤峰学院附属医院新增医用电子直线加速器、后装机、使用非密封放射性药物应用项目，内容及规模为：

新增 1 台医用电子直线加速器（型号：Infinity 最大粒子能量 10MeV），安装于新城院区临床综合楼地下二层医用电子直线加速器 1 号机房，属于Ⅱ类射线装置；

搬迁 1 台 Co-60 后装机，由红山院区搬迁至新城院区，安装于临床综合楼地下二层后装机机房，使用 1 枚Ⅲ类 Co-60 密封放射源（放射源编码：BY23CO013623，出厂活度：7.4E+10）；

新增 1 处乙级非密封放射性物质使用场所，使用 F-18、Ga-68、C-11、N-13 放射性药物，位于新城院区临床综合楼地下一层，并配置 1 台Ⅲ类射线装置 PET/CT（型号：uMI Panorama 35S 最大管电压 140kV，最大管电流 833mA），安装于新城院区北侧临床综合楼地下一层 PET/CT 室，用于非密封放射性物质的显像诊断。

本项目建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量的就诊需求，同时可以提高医院对疾病的诊治能力，保障人民群众身体健康、对拯救生命将起到十分重要的作用，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践正当性”的要求。验收监测结论如下：

8.1.1 辐射防护

（1）直线加速器和后装机机房按照相关标准的要求进行了监督区及控制区的划分，各机房均配备机房防护门、防护门外设置“当心电离辐射”标志、指示灯、机器工作状态显示、门机连锁、监控视频和对讲装置、通风系统、急停按钮、配备固定式和便携式剂量率仪、个人剂量报警仪、个人剂量计等措施均已落实。

（2）非密封放射性物质工作场按照相关标准的要求进行了监督区及控制区的划分，醒目的位置设置有“当心电离辐射”标志，配备有固定式和便携式剂量率仪、表面污染仪、个人剂量计、铅衣等个人防护用品，安装有独立的通风系统，配置有满足标准要求的放射性废液、固废、废气的暂存处理措施。PET/CT 机房配备有门机连锁、对讲系统、工作状态指示灯等辐射防护设备。

经核实，项目竣工验收阶段，各机房及适用场所房屋屏蔽情况与环评文件、环评批复一致。

8.1.2 监测结果

(1) 根据辐射工作场所和周围环境辐射水平监测结果可知，本次竣工环境保护验收的直线加速器和后装机机房周围 X- γ 剂量率监测结果符合《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)、《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 (GBZ/T201.2-2011) 中规定的剂量率约束值。

(2) 根据辐射工作场所和周围环境辐射水平监测结果可知，本次竣工环境保护验收的非密封放射性物质工作场所的 α 、 β 表面污染和 X 射线剂量率监测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的工作场所控制区放射性表面污染控制水平及《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 中规定的剂量率约束值。

(3) 根据 2025 年 1 月~6 月的个人剂量监测报告结果估算可知：辐射工作人员 1 年的个人剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求的辐射工作人员的年照射剂量约束值 (不超过 5mSv/a) 的要求。

8.1.3 辐射安全管理

(1) 赤峰学院附属医院成立了辐射安全管理领导小组，作为该院辐射安全与防护管理的领导机构，并明确了辐射管理职责。

(2) 赤峰学院附属医院辐射安全管理机构健全，辐射安全与防护管理制度基本完善，辐射安全防护工作基本规范，相关法规要求基本落实。

8.1.4 辐射工作人员管理

(1) 本项目配备的辐射工作人员参加了核技术利用辐射安全与防护培训并通过了考核，成绩报告单均在有效期内。

(2) 医院规定了个人剂量监测的频率，建立个人剂量监测档案，个人剂量档案应包括常规监测的方法和结果、应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料。医院已委托内蒙古瑞宇放射卫生技术有限公司对本项目辐射工作人员定期进行个人剂量监测。

8.1.5 监测方案

赤峰学院附属医院已制定《辐射场所及环境监测方案》和《辐射工作人员个人剂量监测管理制度》。

(1) 为了满足日常辐射防护与监测工作需要，赤峰学院附属医院配备了辐射

监测仪器、表面污染仪，定期对辐射工作场所进行辐射监测，并记录存档。

(2) 赤峰学院附属医院所有从事放射性工作的医护人员均佩戴个人剂量计,并将个人剂量的检测工作委托于有资质的单位进行检测，每季度检测 1 次，未出现超剂量、超周期情况。

(3) 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环保部第 18 号令)的要求，赤峰学院附属医院每年委托有资质的单位对放射源、射线装置、非密封放射性物质工作现场进行辐射水平监测。

8.1.6 辐射安全事故应急措施

为应对辐射事故和突发事件，赤峰学院附属医院已制定了《辐射事故应急预案及应急措施》，成立了辐射事故应急领导小组，明确了小组职责，以方便组织、开展辐射时间的应急处理救援工作，医院每年按计划开展辐射安全事故应急演练。

8.2 结论

综上所述，赤峰学院附属医院已落实环评及环评批复要求，项目环保设施建设规范、规章制度较完善，具备所需要安全防护措施条件，其运行对周围环境产生的影响符合辐射防护和环境保护的要求。满足《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国家环境保护总局第 13 号)的有关规定，具备竣工验收条件。建议本项目通过竣工环境保护验收。

8.3 建议

1、进一步细化、完善辐射相关制度，按时提交辐射安全和防护状况年度评估报告。部分辐射工作人员培训即将到期，建议及时组织辐射工作人员培训并参加考试，取得培训合格证书。

2、认真学习《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等有关法律法规，进行标准化管理，不断提高医院核安全文化素养和安全意识，确保射线装置的使用安全。