

天津华兴医院
扩建使用 II 类射线装置（直线加速器）项目
竣工环境保护验收监测报告表（第一阶段）

建设单位：天津华兴医院

编制单位：天津华兴医院

2025 年 04 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：天津华兴医院（盖章） 编制单位：天津华兴医院（盖章）

电话：

电话：

传真：/

传真：/

邮编：300270

邮编：300270

地址：天津市滨海新区大港世纪大道180号

地址：天津市滨海新区大港世纪大道180号

表 1 项目基本情况

建设项目名称	天津华兴医院扩建使用 II 类射线装置（直线加速器）项目（第一阶段）				
建设单位名称	天津华兴医院				
项目性质	☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它				
建设地点	天津华兴医院体检中心 C 楼西南部放射诊疗中心楼				
源项	放射源	/			
	非密封放射性物质	/			
	射线装置	医用电子直线加速器			
建设项目环评批复时间	2024 年 09 月 11 日	开工建设时间	2024 年 09 月		
取得辐射安全许可证时间	2025 年 02 月 06 日	项目投入运行时间	2025 年 02 月		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2025 年 02 月	验收现场监测时间	2025 年 02 月		
环评报告表审批部门	天津市生态环境局	环评报告表编制单位	津滨绿意（天津）技术咨询有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	/	辐射安全与防护设施施工单位	天津凯信环保设备有限公司		
投资总概算（万元）	3500	辐射安全与防护设施投资总概算（万元）	433	比例	12.4%
实际总概算（万元）	2482	辐射安全与防护设施实际总概算（万元）	209.4	比例	8.44%

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) 中华人民共和国主席令[2014]第九号《中华人民共和国环境保护法》，（2014年4月24日修订，2015年1月1日施行）； (2) 中华人民共和国主席令[2003]第六号《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日施行）； (3) 中华人民共和国生态环境部令第16号《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021版）（2021年1月1日施行）； (4) 中华人民共和国国务院令第682号《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（2017年10月1日）； (5) 中华人民共和国国务院令第449号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005年9月14日发布，2005年12月1日施行,2014年7月29日第一次修订,2019年3月2日第二次修订）； (6) 原国家环境保护总局令第31号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006年1月18日发布，2006年3月1日起施行,2008年12月6日第一次修订,2017年12月20日第二次修订,2019年8月22日第三次修订，2021年1月4日生态环境部令第20号修订并施行）； (7) 原环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011年4月18日公布，2011年5月1日起施行）； (8) 国环规环评[2017]4号《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》（2017年11月20日）； (9) 生态环境部公告[2018]第9号《关于发布<建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类>的公告》（2018年5月16日）。 2.建设项目竣工环境保护验收技术规范 (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (4) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；
------	---

	(5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)； (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)； (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疗机房》GBZ/T 201.2-2011)； (8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)； (9) 《放射性工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020)； (10) 《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)。 3.建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定 (1)《中国核与辐射安全管理体系现场监督检查和执法程序》(2020版)； (2)《天津华兴医院扩建使用 II 类射线装置(直线加速器)项目环境影响报告表》，津滨绿意(天津)技术咨询有限公司，2024年09月； (3)天津市生态环境局关于“天津华兴医院扩建使用 II 类射线装置(直线加速器)项目环境影响报告表的批复”，津环辐许可表〔2024〕050号，2024年09月11日； (4)该单位提供的其他与本项目有关的资料。
验收执行标准	根据相关技术规范，本次验收时采用项目环评报告及环评批复中提出的环境保护标准作为验收标准。 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准6.2.2规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B)中规定的相应剂量限值，不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。 附录 B (1) 职业照射的剂量限值

	B1.1 职业照射 B1.1.1 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），20mSv； (2) 公众照射的剂量限值 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。 2. 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020） 本标准适用于利用医用电子加速器、X 射线立体定向放射治疗系统等设备开展放射治疗的防护要求。 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。 6.2 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$\dot{H}_c$： 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）： $\dot{H}_c \leq H_e / (t \times U \times T)$ 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：
--	---

	$\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$；放射治疗机房外非控制区的人员：$\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$； 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。 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$\dot{H}_{c,\text{max}}$： 1) 人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,\text{max}} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$； 2) 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,\text{max}} \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$； 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$\dot{H}_{c,\text{max}}$，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。 6.4.6 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。 3. 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021） 4 一般要求 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 5mSv/a。 b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/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/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 6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。 6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。使用大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。 6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。 6.1.4 剂量控制应符合以下要求： a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、
--	---

	治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平$\dot{H}_c$： 1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（$\dot{H}_c$）求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$（$\mu\text{Sv/h}$）： 机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$； 机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$。 2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,\max}$（$\mu\text{Sv/h}$）： 人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$； 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,\max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$； b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制。 c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100 \mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。 6.2 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； 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； 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； 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。 6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治
--	--

	疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。 6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施： a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门—机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施； b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能； c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流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； d) 加速器大厅和束流输运通道应建立分区清场巡检和束流控制的逻辑关系，清场巡检系统应考虑清场巡检的最长响应时间和分区调试情况的联锁设置。日常清场巡检时，如超出设定的清场巡检响应时间，需重新进行清场巡检； 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。 7 操作的辐射安全与防护要求 7.1 医疗机构应对辐射工作场所的安全联锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全联锁的正常有效运行。 7.2 治疗期间，应有两名及以上人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度；加速器试用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守。
--	--

	7.3 任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室，进入含放射源或质子/重离子装置的治疗室前须携带个人剂量报警仪。检修人员进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道区域前，应先进行工作场所辐射监测，在单位辐射安全管理机构批准后方可进入。进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道区域的参观人员须在辐射工作人员带领下进入。 8 放射性废物管理要求 8.2.2 其他固体废物管理要求 8.2.2.1 直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如活化后的回旋加速器、准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。 8.2.2.2 低水平的活化部件如质子/重离子加速器治疗头器件、磁铁等，以及处理质子/重离子加速器冷却水的废树脂，集中放置在固体废物暂存间暂存衰变，经衰变后仍超出清洁解控水平的（放射性废物豁免的活度、活度浓度见附录 B）送交有资质的单位收贮。 8.2.2.3 建立放射性固体废物台账，存放及处置前进行监测，记录部件名称、质量、辐射类别、监测设备、监测结果（剂量当量率）、监测日期、去向等相关信息，低于清洁解控水平的可作为一般固体废物处置，并做好存档记录。 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。 9 辐射监测要求 9.2 放射治疗工作场所监测 9.2.1 应根据使用放射治疗设备种类、能量和使用方式配备相应的辐射监测设备，对辐射工作场所的辐射水平（X-γ辐射周围剂
--	--

	量当量率、中子辐射周围剂量当量率等）进行监测。 9.2.2 应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注处点开展 X-γ辐射周围剂量当量率监测；中子源治疗装置、质子/重离子加速器治疗装置、大于 10MV 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。 9.2.3 放射治疗设备安装调试阶段，应在最大工况下，由辐射工作人员进行全面的辐射监测，评估辐射安全状况，确保辐射水平达标。 9.3 环境监测 9.3.1 开展放射治疗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运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。 9.4 个人剂量监测 9.4.1 放射治疗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。同时应根据射线类型选择合适的个人剂量计。临时工作人员、实习人员应纳入个人剂量监测范围。 9.4.2 个人剂量档案应妥善保存，监测数据异常时，应及时查明原因并报告生态环境主管部门。 5、剂量约束值 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），辐射工作人员所受职业照射的剂量限值为连续 5 年内平均年有效剂量不超过 20mSv，关键组公众成员的年有效剂量限值为 1mSv。 根据以上标准和辐射防护最优化原则并结合本项目特点，为确保辐射工作人员和公众成员的安全，本项目将 2mSv/a 作为辐射工作人员的年剂量约束值，将 0.1mSv/a 作为公众成员的年剂量约束值。
--	---

表 2 项目建设情况

项目建设内容

1、项目由来

天津华兴医院始建于 1971 年，是一所集医疗、预防、保健、急救、康复为一体的二级乙等综合医院，设临床科室 18 个、医技科室 9 个、外设门诊部 4 个，行政职能科室 8 个。经过多年的发展，医院目前已形成了心血管、内分泌、消化内科、肾内科（血透室）、外科、骨科、妇产科、康复医学科、医学美容科为代表的重点学科。

为提升综合医疗服务水平，天津华兴医院租赁位于体检中心 C 楼西南部区域的中石化第四建设有限公司房屋土地建设放射诊疗中心楼，放射诊疗中心楼为单层建筑，并在放射诊疗中心楼内西南部建设 2 间加速器室，在 2 间加速器室内分别安装使用 1 台 Elekta Infinity 型医用电子直线加速器（最大能量：X 射线 10MV，电子线 15MeV）（以下统称“加速器”），用于肿瘤放射治疗。

天津华兴医院委托津滨绿意（天津）技术咨询有限公司编制了《天津华兴医院扩建使用 II 类射线装置（直线加速器）项目环境影响评价报告表》，于 2024 年 9 月 11 日取得天津市生态环境局批复（津环辐许可表[2024]050 号，见附件 2）。

目前，医院建设完成 2 间加速器室的建设，环评阶段 2 间加速器室名称分别为加速器室一、加速器室二，现更名为加速器治疗室(1)、加速器治疗室(2)。现已在加速器治疗室(1)购置安装 1 台 Elekta Infinity 型加速器（最大能量：X 射线 10MV，电子线 15MeV），加速器治疗室(2)已建设完成，未购置设备，本次预留。故本次为“天津华兴医院扩建使用 II 类射线装置（直线加速器）项目”第一阶段验收，验收内容为已建加速器治疗室(1)及配置的加速器。

2024 年 02 月 06 日，医院已重新申领了辐射安全许可证（证书编号：津环辐证[00823]，见附件 3），许可种类和范围：使用 II、III 类射线装置；有效期至 2028 年 08 月 17 日。

天津华兴医院已根据环评报告要求和环评批复意见落实了相应的环保措施，目前各项环境保护措施和安全措施运行正常，已具备了环保设施“三同时”验收监测条件。

2、项目建设情况

天津华兴医院已在放射诊疗中心楼建设加速器机房(1)并购置安装 1 台 Elekta Infinity 型加速器（最大能量：X 射线 10MV，电子线 15MeV），用于肿瘤放射治疗。

3、项目选址及周边环境情况

天津华兴医院位于天津市滨海新区大港世纪大道 180 号，医院中心坐标：
E117°26'48.143"，N38°50'52.501"，医院四至情况：东侧、南侧为建安里居民区，西侧
为大港务实第三幼儿园、天津华信工程检测有限公司，北侧为闲置厂房、建安里居民
区。天津华兴医院体检中心 C 楼位于大港务实第三幼儿园南侧，体检中心 C 楼西侧为
中石化第四建设有限公司第三工程公司，南侧为中石化第四建设有限公司职工宿舍、
中石化第四建设有限公司体育中心，东侧为建安里居民区。

天津华兴医院放射诊疗中心楼位于医院体检中心 C 楼西南部区域，加速器治疗机
房(1)位于放射诊疗中心楼西南部，中心坐标：E117°26'23.812"，N38°50'43.396"。加速
器治疗机房(1)东侧为医生护士办公室、库房、网络机房、配电间，南侧为院内道路，
西侧为预留加速器治疗机房(2)，北侧为控制室、水冷机房。放射诊疗中心为单层建筑，
楼上、楼下无建筑物。项目周边照片如下。



加速器治疗室(1)



加速器治疗室(1)东侧网络机房



加速器治疗室(1)南侧院内道路



图 2-1 本项目周边环境图

4、环境敏感目标

本项目以加速器治疗机房(1)屏蔽边界为中心，半径 50m 范围的区域为评价范围，评价范围内主要环境敏感点为控制室和评价范围内医院其他科室、院内道路以及医院周边居民区、周边单位，涉及人员为辐射工作人员和公众。其中辐射工作人员为 DSA 操作人员（包括医师、护师、技师）、放射科科室 DR、CT 辐射工作人员，公众为评价范围内医院其他场所工作人员、病患及家属，以及周边居民、周边单位人员和途经公众。周边情况见图 2-2，环境保护目标见表 2-1。

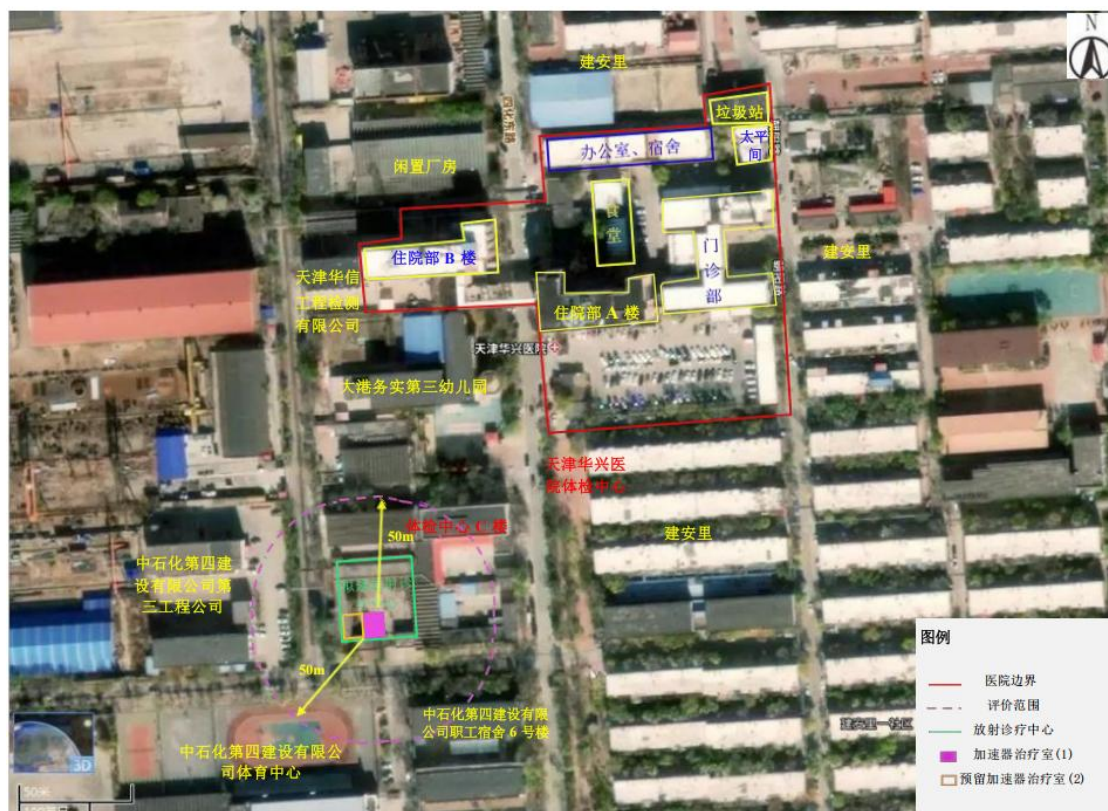


图 2-2 本项目周边关系及评价范围示意图

表 2-1 本项目主要环境保护目标

序号	环境保护目标	方位	距离	人数（人）	性质
1	加速器治疗室控制室工作人员	北侧	紧邻	约 2~4 人	辐射工作人员
2	模拟定位室辐射工作人员	北侧	约 13m	约 2 人	辐射工作人员
3	体检中心其他科室辐射工作人员（C 楼 X 光照像室、CT 室）	东侧	约 25m	约 4 人	其他科室辐射工作人员
4	库房、网络机房、配电间	东侧	紧邻	约 0~2 人	公众
5	放射诊疗中心楼内医生护士办公室、候诊区、诊室、休息室、走廊等	东侧、北侧	紧邻~15m	约 50 人	公众
6	体检中心其他科室人员	东侧、北侧、东北侧	20~50m	约 60 人	公众
7	中石化第四建设有限公司第三工程公司	西侧	约 30m	约 50 人	公众
8	中石化第四建设有限公司体育中心	西南侧	约 30m	约 50 人	公众
9	中石化第四建设有限公司职工宿舍 6 号楼	南侧	约 36m	约 50 人	公众
10	评价范围内的医院病患及途径公众	各侧	50m 范围内	/	公众

注：表中位置及距离均以加速器治疗机房(1)屏蔽体边界为起点。

5、环评审批及实际建设情况

本项目环评审批及实际建设情况见表 2-2。

表 2-2 本项目环评阶段及实际建设情况一览表

项目内容	环评建设情况					实际建设情况			备注	
建设性质										
性质	扩建					扩建			与环评一致	
建设地点										
建设地点	天津市滨海新区大港世纪大道 180 号天津华兴医院体检中心 C 楼西南部放射诊疗中心楼内加速器室					天津市滨海新区大港世纪大道 180 号天津华兴医院体检中心 C 楼西南部放射诊疗中心楼内加速器治疗室			与环评一致；机房名称更名为加速器治疗室(1)、加速器治疗室(2)，2 间加速器治疗室均建设完成，其中加速器治疗室(1)已安装设备，加速器治疗室(2)预留	
环境保护目标										
评价及验收范围	加速器室实体屏蔽边界外 50m 范围内的区域					加速器治疗室(1)实体屏蔽边界外 50m 范围内的区域			与环评一致	
环境保护目标	辐射工作人员及周边其他区域工作人员、病人、途径公众					辐射工作人员及周边其他区域工作人员、病人、途径公众			与环评一致	
设备参数										
装置名称	型号	加速粒子	最大能量	最大输出量 (Gy/min)	工作场所	型号	加速粒子	最大能量	最大输出量 (Gy/min)	使用场所

医用电子直线加速器	Elekta Infinity	电子	X 射线 6MV FFF 模式	14	加速器室一	Elekta Infinity	电子	X 射线 6MV FFF 模式	14	加速器治疗室 (1)
			X 射线 10MV	6				X 射线 10MV	6	
			电子线 15MeV	6				电子束 20MeV	10	
废弃物										
名称	状态	月排放量	年排放总量		暂存情况		最终去向		备注	
臭氧、氮氧化物	气态	少量	少量		不暂存		经排风系统排入大气，臭氧常温下可自行分解为氧气		与环评一致	
加速器废靶件	固态	/	使用一定年限（一般为 5 年）或退役时产生废靶件		不暂存		由设备厂家回收（设备厂家更换靶件时，将废靶件回收，废靶件不在医院暂存）		与环评一致	
辐射安全和防护措施										
防护设施			环评建设情况			实际建设情况			备注	
实体防护	机房东侧	主屏蔽墙	2700mm 混凝土，宽度 4000mm			2700mm 混凝土，宽度 4000mm			与环评一致	
		次屏蔽墙	1500mm 混凝土			1500mm 混凝土				
	机房西侧	主屏蔽墙	3000mm 混凝土，宽度 4000mm			3000mm 混凝土，宽度 4000mm				
		次屏蔽墙	1500mm 混凝土			1500mm 混凝土				
	机房南侧（侧屏蔽墙）		1500mm 混凝土			1500mm 混凝土				

	机房北侧（迷路内墙）		1200mm 混凝土	1200mm 混凝土	
	机房北侧（迷路外墙）		1500mm 混凝土	1500mm 混凝土	
	机房屋顶	主屏蔽墙	3000mm 混凝土，宽度 4000mm	3000mm 混凝土，宽度 4000mm	
		次屏蔽墙	1500mm 混凝土	1500mm 混凝土	
	机房防护门（电动推拉门）		10mm 铅板+150mm 含硼聚乙烯	10mm 铅板+150mm 含硼聚乙烯	
			防护门门洞尺寸：长 1420mm×高 2200mm，防护门尺寸：长 1800mm×高 2350mm	防护门门洞尺寸：长 1420mm×高 2200mm，防护门尺寸：长 1800mm×高 2350mm	
	辐射安全与防护措施			加速器室防护门拟设置门-机联锁装置；防护门内、外分别设置 1 个紧急开门关门；加速器室内四侧墙壁及迷道内、控制台、加速器设备上拟设置紧急停机按钮，并设置明显标识及文字显示；防护门上张贴电离辐射警告标志和工作状态指示灯；拟在加速器室内设置监控系统，机房和控制室安装双向对讲交流系统。	与环评一致
	监测设备	名称	数量	数量	备注
		X-γ剂量率仪	新增 1 台	新增 1 台	环评阶段本项目拟配备 10 个辐射工作人员且为每名工作人员配备个人剂量计；本次验收阶段仅加速器治疗室(1)投入使用，加速器治疗室(2)
		个人剂量计	新增 10 支	新增 4 支	
		个人剂量报警仪	2 个	2 个	
		固定式辐射剂量监测仪	新增 2 套	新增 1 套	

				预留，本次加速器治疗室(1)配备 4 名辐射工作人员，故个人剂量计实际配备 4 支，固定式辐射剂量监测仪配备 1 个，其余监测设备较环评一致
根据表 2-2 内容，对照中华人民共和国生态环境部办公厅关于印发《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》的通知（环办环评函[2020]688 号），本项目第一阶段建设地点、环境保护目标、建设规模、防护措施等不存在重大变动。				

主要工艺流程及产污环节（附处理工艺流程图，标出产污节点）

1、设备组成

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪发射电子，在由磁控管或速调管为功率源的加速管中加速，当达到所需能量时，经散射箔和准直器得到治疗电子束。本项目加速器性能参数见表 2-3。

表 2-3 本项目加速器主要性能参数一览表

设备型号	Elekta Infinity		
工作模式	X 射线		电子线
	高剂量率模式	低剂量率模式	
射线最大能量	6MV	10MV	15MeV
距等中心点 1m 处最大剂量率	14Gy·m ² ·min ⁻¹	6Gy·m ² ·min ⁻¹	6Gy·m ² ·min ⁻¹
靶至等中心距离	100cm		
等中心点距机房地面高度	1245±5mm		
照射方式	等中心照射		
X 射线泄漏率	≤0.1%		
中子泄漏率	≤0.2%		
照射野大小	0×0~40cm×40cm		

2、工作原理

医用电子直线加速器为远距离放射性治疗机。工作原理为电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗射出，经调制、准直后射向患者病灶；或者通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 射线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶，对患者身体内部的肿瘤病灶进行照射，从而达到杀死肿瘤细胞，对患者实施放射治疗的目的。医用电子直线加速器可根据所诊疗癌症类型及其在体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射诊疗。



图 2-2 本项目医用电子直线加速器图片

3、工作方式

医用电子直线加速器有高能 X 射线及高能电子线两种射线束模式。一台电子直线加速器可以有 2 档、甚至 3 档能量的 X 射线和多档能量电子线供治疗选择。

X 射线治疗模式：加速管中高能电子线引出后，与靶作用产生 X 射线、经初级、次级准直器限束准直，由均整器对射线强度进行补偿吸收，在患者体表形成一定照射面积、强度均匀分布的照射野。为了显示实际照射野大小，加速器机头内部设有灯光野指示系统，该系统由光源和反射镜片组成，光源产生的可见光通过反射镜反射，经次级准直器出射后照射到患者体表，指示照射野大小。线束均整器与次级准直器之间设有射线输出剂量监测电离室，用来监测射线强度及射野内剂量分布的对称性。低能档 X 射线用于治疗头颈及四肢部位肿瘤，高能档 X 射线用于治疗胸腹部较深部位肿瘤。

电子线治疗模式：加速器内的高能电子线引出后，经偏转穿过电子窗直接引出，用于临床电子束治疗。根据电子束易于散射的特性，采用散射箔技术将射线束展宽。射线箔采用金属薄片制成，一般采用铅，其厚度要达到能够使电子束完全散射，同时韧致辐射会少量的发生。散射箔设置在 X 射线均整器的位

置，在选择电子线治疗模式时，均整器自动移开。电子束经散射箔扩展后，经次级准直器，电子束限光筒形成治疗用照射野。为了改善电子束照射野边缘剂量分布和减轻电子束限光筒重量，现代医用电子直线加速器调整格式，电子线治疗模式采用与 X 射线相同的次级准直器自动跟随系统，当插入某一大小的电子束限光筒时，次级准直器自动开到与该限光筒匹配位置。对所使用的电子束限光筒匹配位置，加速器出厂时已做调整，也可根据实际需求自行设定。除用作电子束旋转治疗以外，限光筒端面到治疗位置距离约为 3-5cm，保证电子束照射野在皮肤表面的半影最小。

4、工艺流程及产污环节

4.1 放疗前准备

（1）制定治疗方案

放射治疗前，医师根据每位患者的详细病史和体征、病理诊断、实验室和影像检查资料、全身情况等，制定最适合的个体治疗方案，确定初步的放疗原则，需要增强剂量的患者由医师处方增强造影剂并安排静脉留置针，为模拟定位做准备。

（2）体位固定及模拟定位

确定放疗原则后，医师、物理师和技师根据患者具体情况选择和制作固定模具，进行模拟定位。对患者进行模拟定位 CT 扫描，确定病灶位置。

（3）放疗靶区的确定

由物理师将图像导入计划系统，进行初步的影像数据处理，保证图像高质量，医师准确勾画靶区。影像数据经过初步的处理后，由医师勾画放疗病灶靶区和需保护的重要器官组织轮廓图，精确放疗靶区。

（4）计划设计和评估优化

放疗靶区和重要器官组织轮廓勾画完成后，由物理师根据医师要求设计精确复杂的放疗计划，进行评估并反复优化。

4.2 开机准备

（1）开机

检查相关系统是否处于正常状态，打开监控系统，打开加速器工作站电源开关，打开显示器开关，登陆控制平台、观察工作站上的功能指示灯是否全亮，机器处于预热状态进行晨检。

（2）晨检

机械检查：包括机架、机头旋转运动是否正常；准直器角度；标尺灯；等中心精度是否准确；治疗床的各个运动是否正常。

激光灯检查：必须保证其水平及垂直方向完全重合，并于等中心处交汇，如有漂移应立即调整。

设备状态检查：主要有水温、水压、气压等，水压、气压低于标准时应及时补充到标准范围内。

安全检查：包括剂量报警、门机联锁及防护门防挤压功能、急停开关、监视系统、对讲交流系统是否正常。

预热 15min 后进行各种线质能量训机，一切正常后准备治疗患者。

4.3 实施治疗

（1）新患者第一次治疗必须由医师、物理师、技师共同进行位置及剂量验证，无误后共同完成首次治疗。

（2）放射治疗一般由 1 名医师和 1 名技师共同完成。先在控制室内核对治疗参数，然后在机房内进行摆位，按照标记线摆好患者，加入挡块，楔形板等需要的辅助器材，在摆位过程中，要注意医患安全，严禁砸伤碰伤患者，机器互撞现象发生。

（3）工作人员撤出加速器室，关闭加速器室防护门。

（4）开机照射，治疗中开启视频监控系统，密切监视患者体位是否移动，如果发现患者体位移动，应立即停止治疗并做相应处理，纠正后再进行照射。

（5）治疗结束，切断高压电源，停止出束，患者离开。整个治疗过程中，除患者外其他人员均不在加速器室，医护人员在控制室内通过视频监控系统观察患者情况。

加速器放射治疗的工作流程及产污环节如图 2-3 所示。

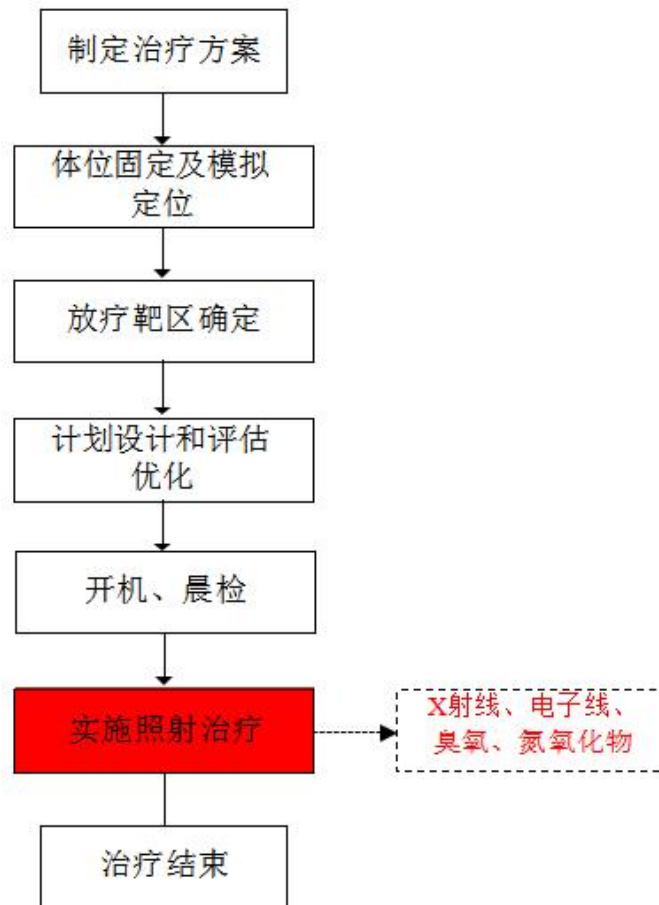


图 2-3 加速器治疗工作流程及产污环节示意图

5、劳动定员及工作制度

(1) 劳动定员

本项目第一阶段验收加速器治疗室(1)配备 4 名辐射工作人员，包括 1 名医师、1 名技师、1 名物理师和 1 名护士。

(2) 工作量

天津华兴医院实行每天 8h 工作制，每周工作 5 天，年工作 50 周。加速器运行后，加速器治疗室(1)使用 X 射线档治疗患者最多 25 人次/天，一般情况下，使用低剂量率模式即可满足诊疗要求，其中约 23 人次的患者在低剂量率模式下进行放射治疗，另外 2 人次的患者在高剂量率模式下（6MV FFF）进行放射治疗。按照每名患者进行放射治疗保守以 4 野次照射，每野次治疗剂量 1.5Gy 计，则加速器工作负荷及照射时间如下：

1) 周工作负荷: $W=25 \text{ 人次/天} \times 5 \text{ 天/周} \times 1.5\text{Gy/野次} \times 4 \text{ 野次}=750\text{Gy/周}$

2) 低剂量率模式下周照射时间: $t=750\text{Gy} \times 92\% \div 6\text{Gy/min} \div 60\text{min/h}=1.92\text{h/周}$

高剂量率模式下周照射时间: $t=750\text{Gy} \times 8\% \div 14\text{Gy/min} \div 60\text{min/h}=0.17\text{h/周}$

3) 低剂量率模式下年照射时间: $t=1.92\text{h/周} \times 50 \text{ 周/a}=96\text{h/a}$

高剂量率模式下年照射时间: $t=0.17\text{h/周} \times 50 \text{ 周/a}=8.5\text{h/a}$

加速器治疗一般使用 X 射线治疗, 使用电子线治疗的情况很少, 使用电子线治疗的患者不足 X 射线治疗量的 1%, 且电子线治疗产生的辐射影响小于 X 射线治疗。保守起见本次验收考虑 X 射线治疗最大的工况对环境的影响。

6、主要污染源、污染物处理和排放

6.1 污染源分析

(1) X 射线 (电子线)

本项目加速器在用 X 射线治疗时主要污染因子为 X 射线, 用电子线治疗时主要污染因子为电子束, 这种电子束和 X 射线是随机器的开关而产生和消失的。

(2) 放射性固体废物

本项目产生的放射性固体废物, 主要来源于医用电子直线加速器使用一定年限 (一般为 5 年) 或退役时产生的废靶件, 经长期照射后, 也可积累一定数量的感生放射性核素, 因此更换下来的靶件应作为放射性固体废物处理。

(3) 废气

加速器在开机运行时, 电离辐射与直线加速器室内的空气相互作用会产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)。

综上所述, 本项目加速器产生的主要放射性污染物包括电子束、X 射线、放射性固体废物 (废靶件), 非放射性污染为 O_3 和 NO_x 。

6.2 正常工况污染途径

正常工况下, 本项目加速器开机产生的 X 射线、电子束, 经透射、漏射和散射, 对加速器治疗室(1)及其周围环境产生辐射影响。加速器使用一定年限 (一般为 5 年) 或退役时产生的废靶件, 由设备厂家回收处理, 设备厂家为加速器

更换靶件时，将废靶件回收，废靶件不在医院暂存。同时，电子会使空气中的氧气发生电离继而产生 O_3 和 NO_x 。 O_3 和 NO_x 经加速器治疗室(1)排风系统由放射诊疗中心楼屋顶排风口排至外环境。

6.3 事故工况污染途径

(1) 辐射工作人员或患者家属尚未撤离加速器治疗室(1)，加速器开启出束造成人员误照射。

(2) 在门-机联锁装置发生故障、联锁失效的情况下，防护门尚未完全关闭时工作人员即开启加速器出束，致使 X 射线发生漏射，对周围人员造成不必要照射。

(3) 控制系统出现故障，照射治疗不能停止，患者受到超计划外照射。

(4) 在加速器进行检修的情况下，检修人员尚未撤出治疗室(1)，辐射工作人员未对机房内进行检查即开启加速器出束，致使机房内检修人员受到误照射。

(5) 机房屏蔽结构劳损，加速器出束，致使 X 射线、电子束泄漏到机房外，给周围辐射工作人员和公众造成不必要照射。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

辐射防护和安全管理措施

1、工作场所布局与分区

1.1工作场所布局

本项目加速器治疗室(1)位于放射诊疗中心楼西南部，东侧为库房、网络机房、配电间，南侧为院内道路，西侧为预留加速器治疗室(2)，北侧为控制室、水冷机房。放射诊疗中心为单层建筑，楼上、楼下无建筑物，机房四周无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区，能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）有关机房选址的相关要求。机房与控制室等其他房间分开，单独设置，区域划分明确，布局基本合理。

1.2工作场所分区

为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，应把辐射工作场所划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。

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中控制区和监督区的定义如下：“控制区为在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区为未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”。结合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的相关要求，为便于医院对辐射工作场所的管理，切实做好辐射安全防范工作，结合本项目具体情况，本项目辐射工作场所的控制区和监督区划分见表3-1。

表3-1 本项目辐射工作场所控制区和监督区的划分

分区	控制区	监督区
工作场所	加速器治疗室(1)、预留加速器治疗室(2)	控制室、水冷室、候诊区、北侧走廊及楼梯间、西侧、南侧屏蔽墙外邻近区域
管理要求	控制区内禁止外来无关人员进入，职业工作人员在进行日常工作时尽量不要在控制区内停留，以减小不必要的照射；控制区的进出口及其他适当位置设置醒目的电离辐射警告标志和中文警示说明	不采取专门的防护手段和措施，但要定期检测其辐射剂量，确保满足相关标准限值。

工作场所平面布局及分区示意图如下：

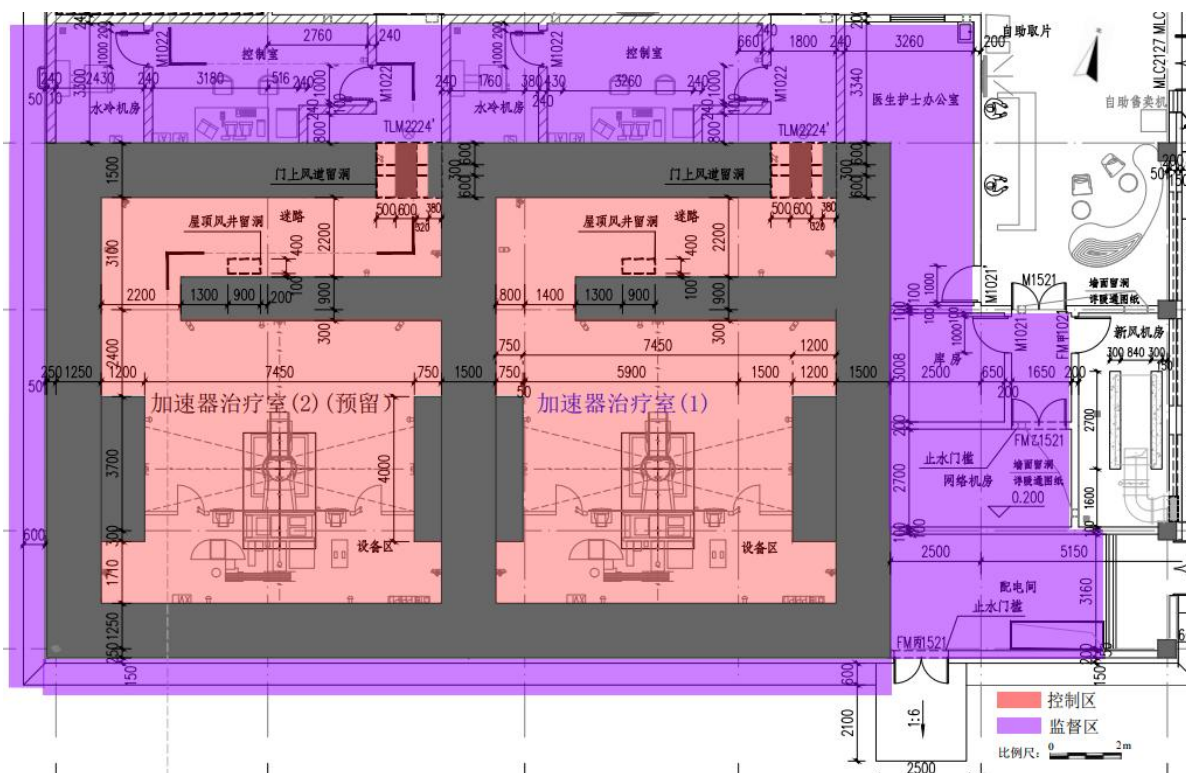


图3-1 本项目工作场所平面布局分区示意图

根据图 4-1 可知，控制区与监督区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中有关辐射工作场所的分区规定。

2、屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

2.1 工作场所屏蔽建设情况

本项目已竣工的加速器治疗室(1)内部净空间长×宽×高：9.31m×7.685m×3.002m（吊顶高度），面积约 71.547m²，有效使用容积约 214.8m³。加速器治疗室(1)的有效使用空间能够满足放射治疗设备的临床应用需要。

机房四周墙体、顶板均采用密度不小于2.35g/cm³的混凝土作为屏蔽材料，防护门采用密度为11.35g/cm³的铅板和含硼5%聚乙烯作为屏蔽材料。

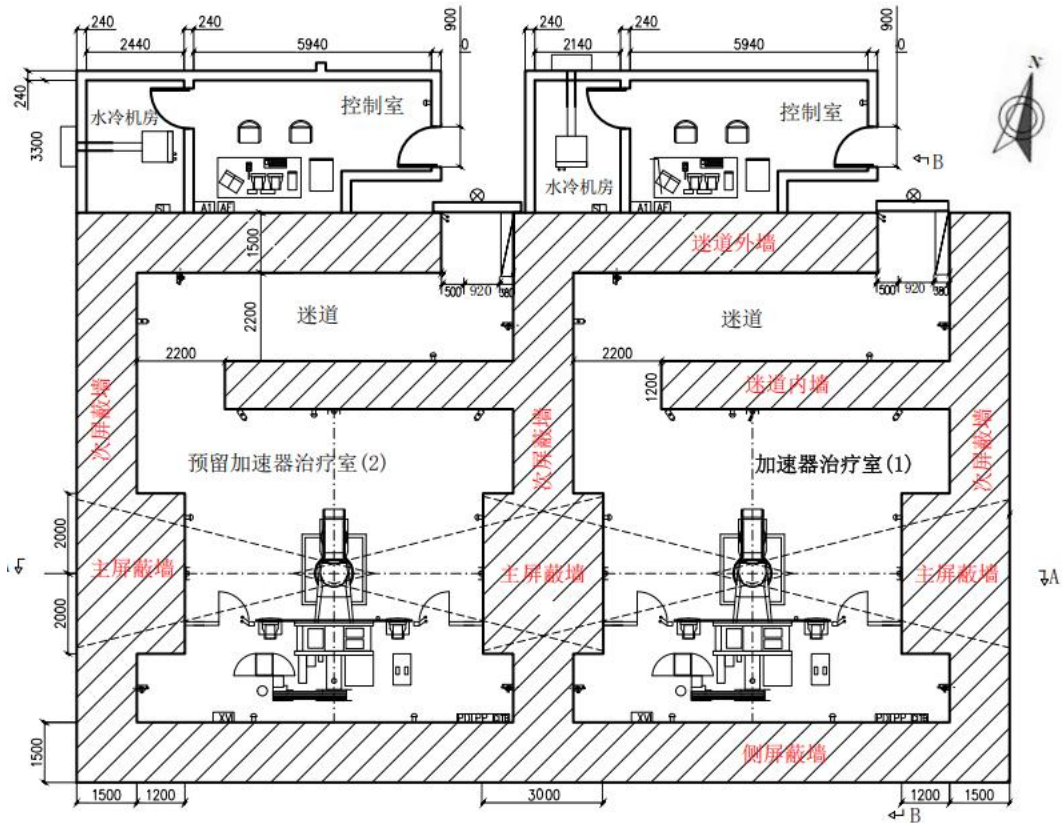
本项目辐射工作场所的防护屏蔽情况见下表。

表 3-2 本项目辐射工作场所的防护屏蔽情况

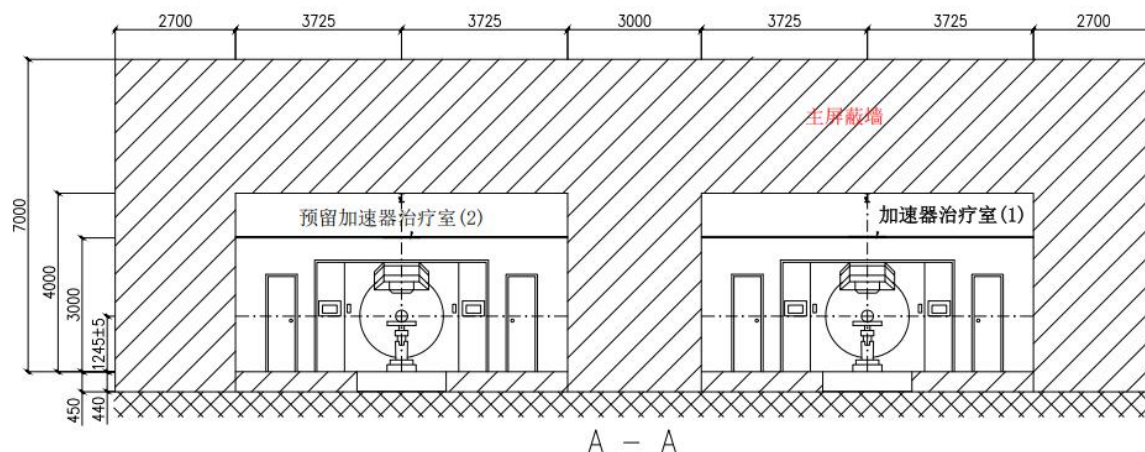
序号	位置		防护材料及厚度
1	机房东侧	主屏蔽墙凸部分	2700mm 混凝土，宽度 4000mm

		与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙	1500mm 混凝土
2	机房西侧	主屏蔽墙凸部分	3000mm 混凝土，宽度 4000mm
		与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙	1500mm 混凝土
3	机房南侧	侧屏蔽墙	1500mm 混凝土
4	机房北侧（迷路内墙）		1200mm 混凝土
	机房北侧（迷路外墙）		1500mm 混凝土
5	机房屋顶	主屏蔽墙凸部分	3000mm 混凝土，宽度 4000mm
		与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙	1500mm 混凝土
6	机房防护门（电动推拉门）		10mm 铅板+150mm 含 5%硼聚乙烯
			防护门门洞尺寸：长 1420mm×高 2200mm，防护门尺寸：长 1800mm×高 2350mm

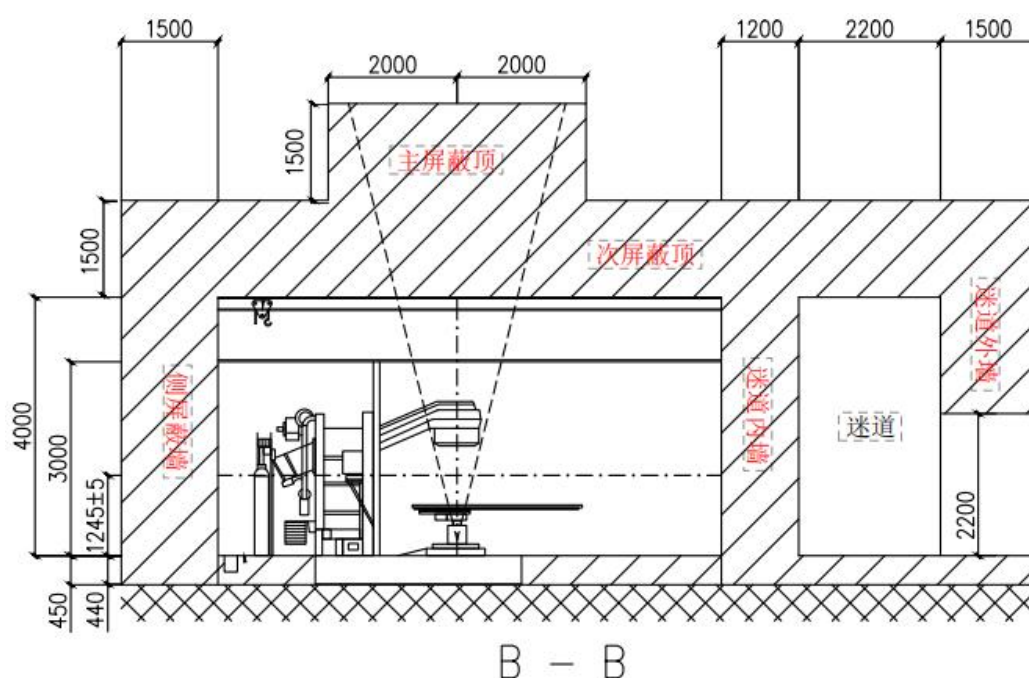
注：机房下层无建筑，故不考虑底部屏蔽。本项目机房重晶石混凝土密度为 $3.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，混凝土密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 。



(a) 加速器治疗室(1)屏蔽防护平面示意图



(b) 机房剖面图 (A-A)



(c) 机房剖面图 (B-B)

图 3-2 加速器治疗室(1)屏蔽防护示意图

2.2 电缆布线措施

缆线采用电缆沟布设，并采用埋地 U 型穿墙管道，电缆沟从机房埋地 U 型穿墙至控制室。房内的全部电缆沟尺寸分为宽 100mm×深 150mm，宽 200mm×深 250mm 两种，电缆沟盖板采用 2mm 厚钢板进行屏蔽补偿，穿墙孔避开初级射线直接照射，不会破坏机房的整体屏蔽效果。加速器治疗室电缆沟示意图见图 4-3。

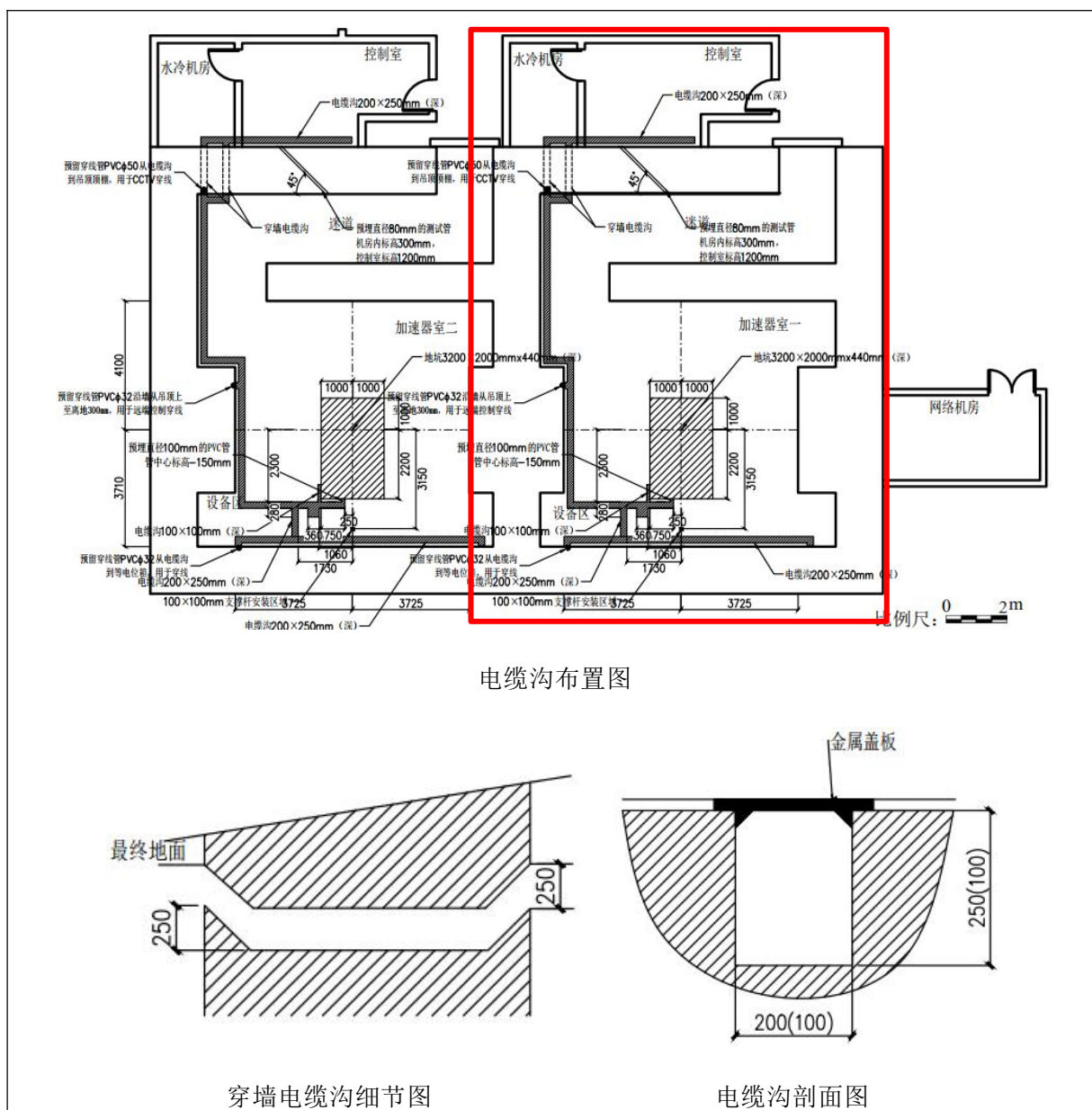


图 3-3 加速器治疗室(1)电缆沟示意图

2.3 通风系统

加速器治疗室(1)设置机械排风系统，采用上进下排的方式，将机房内的 O_3 和 NO_x 排至机房外。通风系统风机生产单位为德州中洁空调设备有限公司，风机风量 $2300m^3/h$ 。

加速器治疗室(1)西侧上方吊顶处设置 2 个送风口，在东侧次屏蔽墙南北方向下方各设置 1 个排风口，送风口和排风口呈对角设置。排风管道向东穿过东墙后向北布设，排风口末端位于放射诊疗中心楼室顶排入外环境。排风系统示意图见图 4-4。

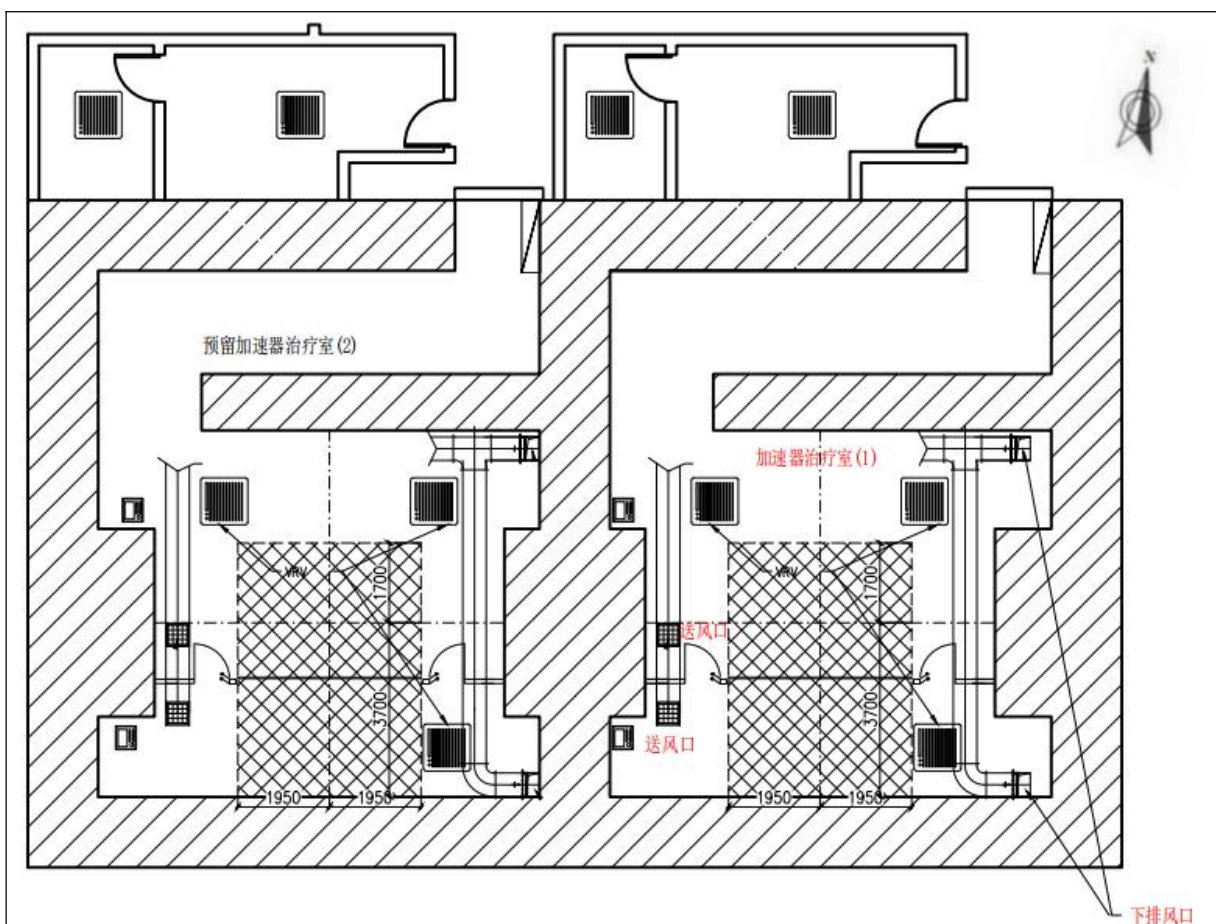


图 3-4 加速器治疗室(1)送、排风系统示意图

加速器治疗室(1)净容积约 214.6m^3 ，设置排风量约为 $2300\text{m}^3/\text{h}$ ，机房每小时通风换气次数约 10.7 次，满足 HJ 1198-2021 和 GBZ 121-2021 中“换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

3.辐射安全防护措施

3.1 加速器装置自身防护安全装置

(1) 钥匙开关：加速器控制台上设置钥匙开关控制高压电源，只有钥匙在“开”的位置，才能接通电源，启动加速器。

(2) 安全保障系统：加速器设备具有双道剂量监测系统，该系统的探测结果应能用来计算受照靶体积内某一参考点的剂量。当某道剂量监测系统发生故障时，应保障另一道能正常工作，每道剂量监测系统都能在监测剂量超过预置参数时独立终止照射。

(3) 故障系统：

①加速器设有故障自动停机系统，当加速器控制器检测到任何错误时，能够自动向系统发送信息执行紧急情况停止命令，工作人员可在控制台查阅出错信息。

②加速器设有故障手动停机系统，当控制台监视器上出现自动停机信息，但是加速器仍在运行或源开关没有闭合，那么就表示自动紧急关闭系统失灵，这时工作人员必须手动停止系统。手动停止工作按钮通常安装在治疗床边、直线加速器室墙壁和控制台上。

3.2 速器治疗室(1)安全设施和措施

加速器治疗室(1)设置安全设施和措施，具体见图 4-5。

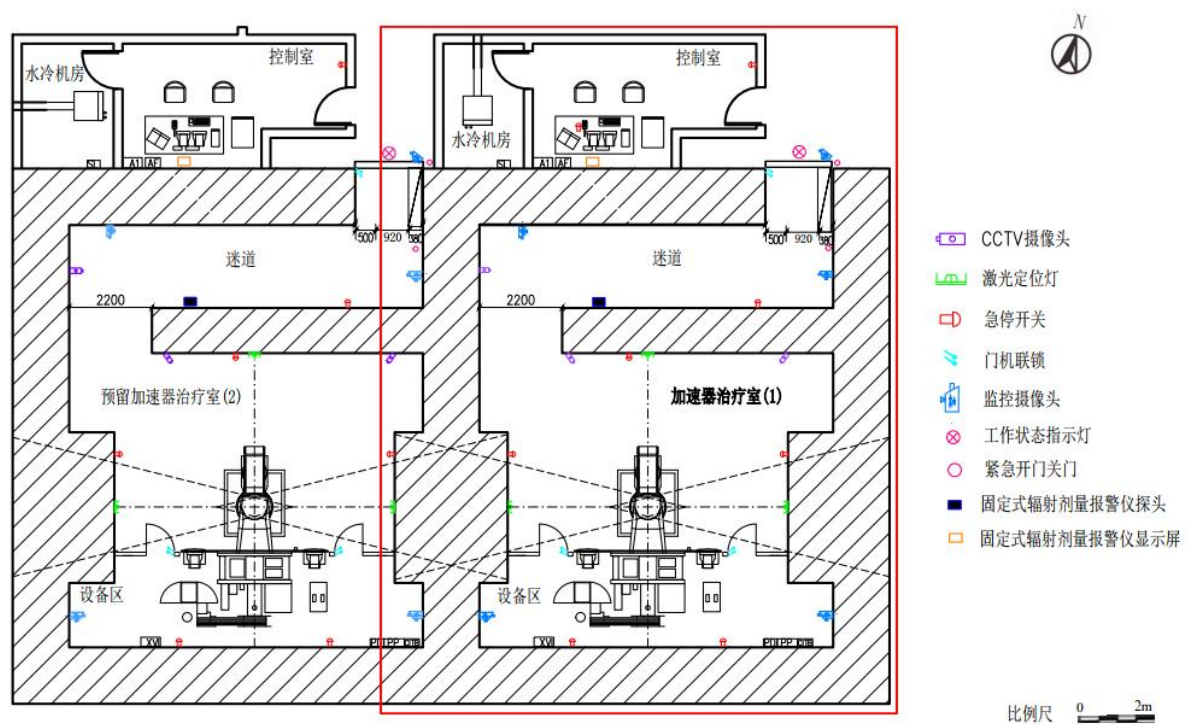


图 3-5 速器治疗室(1)设置的安全设施和措施

(1) 门机联锁

加速器治疗室(1)采用电动平开防护门，防护门与加速器启动电路设置门-机联锁装置，防护门关闭之前，加速器无法启动；反之，如果出束状态下防护门打开，系统将自动断电停止出束。

(2) 紧急开门开关

在加速器治疗室(1)防护门内、外分别设置 1 个紧急开门开关。防护门安装安全防护挤压装置。

（3）急停开关

在控制室内控制台上（1个）、加速器治疗室(1)内（6个，其中东侧屏蔽墙1个、西侧屏蔽墙1个、南侧屏蔽墙2个、迷路内墙内外各1个）、治疗床两侧（2个）、设备机架（2个）设置急停开关。急停开关设有明显的标识及文字显示，有效防止因操作失误或机器故障而造成人员误照事故。急停开关触点串联，动作时切断系统总电源，实现在紧急情况下的停机；复位紧急开关后，系统需要重新执行开机流程才能工作。

（4）电离辐射警告标志和工作状态指示灯

在防护门外张贴电离辐射警告标志和工作状态指示灯，防止无关人员逗留和误入机房。工作状态指示灯与加速器、防护门安全联锁。

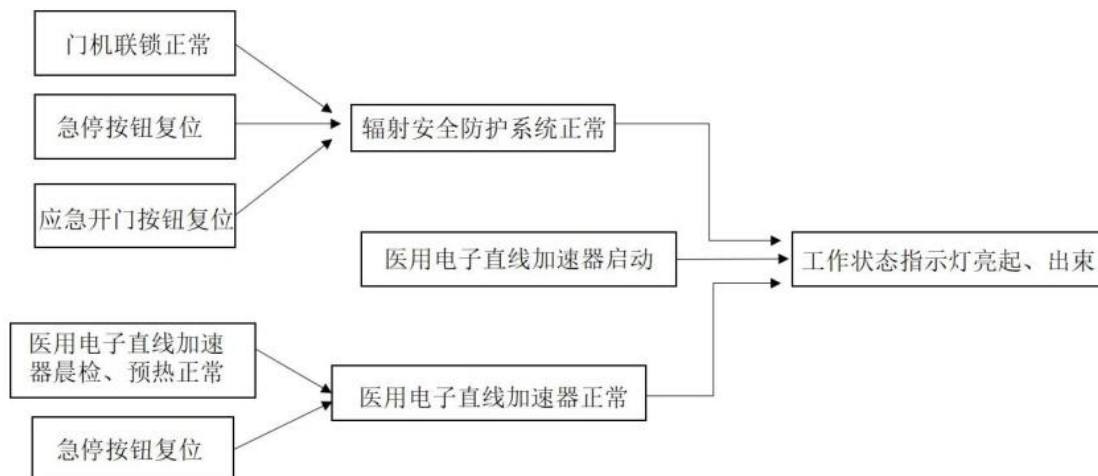


图 3-6 安全联锁装置逻辑关系图

（5）固定式辐射剂量监测仪

在加速器治疗室(1)内安装1套固定式辐射剂量监测仪，仪器探头安装在安装在迷道墙壁上，显示器安装在控制室内。固定式辐射剂量监测仪具有超阈值报警功能，对加速器治疗室(1)进行实时剂量率监测和报警，固定式辐射剂量监测仪应24h开机运行，严防辐射事故发生。

当固定式辐射剂量监测仪数据超过仪器设定的阈值时（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），表明机房内部辐射剂量率水平较高，防护门不能打开，防止无关人员进入机房。

（6）视频监控、对讲交流系统

在加速器治疗室(1)内、外设置监控摄像头，对机房内部、迷路全景及治疗患者的状况进行实时监控。机房和控制室安装双向对讲交流系统，指导患者配合治疗。

（7）治疗系统安全措施

①超时联锁

在实施治疗前，系统会根据所设定的治疗剂量和当前输出的剂量率，自动确定最长的治疗时间，如果超时，系统将自动终止治疗。

②高、低剂量率联锁

当治疗剂量率超过或低于设定剂量率时，治疗系统停止出束，以确保接受治疗患者的剂量安全。

③故障自动停机系统

在系统实施放疗期间，出现任何故障系统将会停止出束。

④水冷系统联锁

水冷系统与加速器联锁，水冷系统故障触动加速器高压切断，防止误照。

⑤激光定位系统联锁

在机房内安装激光定位系统，用于加速器等中心和患者的定位。

3.3 操作的辐射安全与防护

（1）本项目配备的辐射工作人员均经过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，考核合格后上岗。

（2）辐射工作人员严格遵守各项操作规程，对辐射工作场所的安全联锁系统定期进行检查，保证安全联锁的正常有效运行。

（3）为本项目辐射工作人员每人配备一支个人剂量计，操作加速器之前，正确佩戴个人剂量计。此外，配备 2 台个人剂量报警仪，辐射工作人员进入机房时除佩戴个人剂量计外还佩戴个人剂量报警仪。

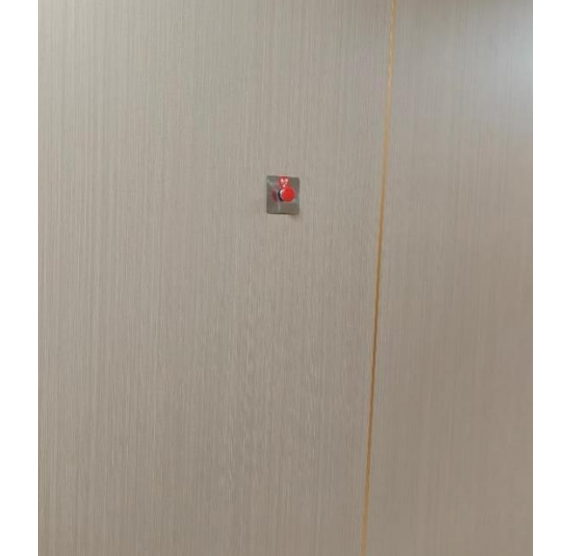
（4）新增配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，用于加速器治疗室(1)周边环境的自主监测。

（5）任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员在确认放射治疗或者

治疗室束流已经终止的情况下方可进入加速器机房。

（6）实施治疗期间，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，操作人员不能擅自离开岗位。

本项目辐射安全与防护设施见下图。

	
机房门口安全防护措施及电离辐射警告标志	门-机联锁装置
	
机房内急停按钮	



加速器设备上急停按钮



加速器遥控器及急停按钮



控制室监控及急停控制按钮



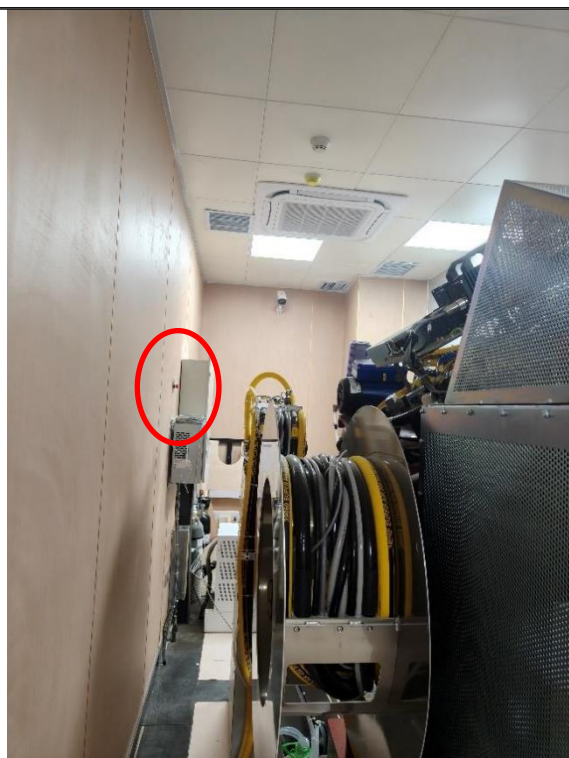
控制室的对讲系统



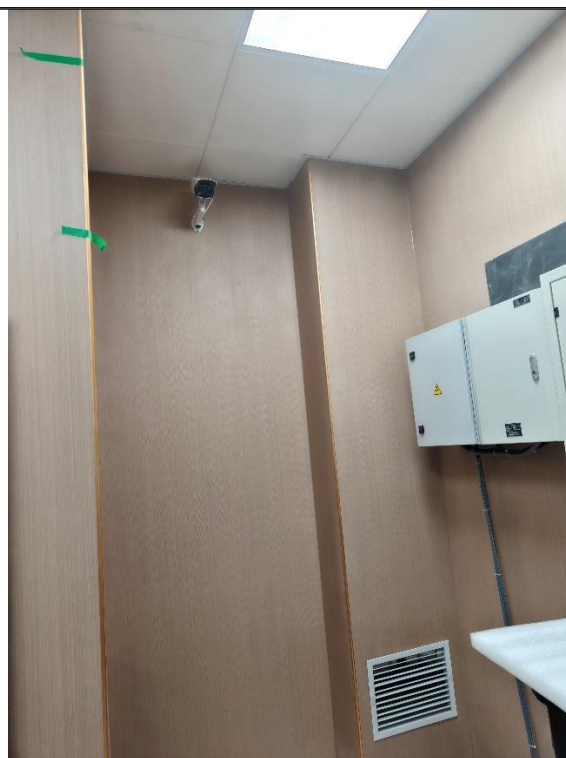
机房内迷路入口监控



机房内监控及送风口



设备间监控及急停按钮



设备间监控及排风口



加速器治疗室(1)迷道内南侧固定式辐射监测报警仪探头



控制室内南墙固定式辐射监测报警仪显示屏



电缆沟及其盖板



机房内防护门旁紧急开门关门

机房外防护门旁紧急开门关门



便携式X- γ 剂量率仪

个人剂量报警仪

	
个人剂量牌	个人防护用品（铅帽、铅围脖、铅围裙）

图3-7 本项目辐射安全与防护设施

4、三废的治理

（1）放射性固体废物

加速器使用一定年限（一般为 5 年）或退役时产生的废靶件，由设备厂家回收处理，设备厂家为加速器更换靶件时，将废靶件回收，废靶件不在医院暂存。

（2）废气

加速器治疗室(1)设置排风系统，排风量约 2300m³/h，采用上进下排的方式，设置 2 个送风口和 2 个排风口，进风口位于机房上方，排风口位于机房东侧屏蔽墙两端下方，进风口位置高于排风口且二者相距一定距离，避免了排出气体回流的问题。加速器运行时产生的少量 O₃ 和 NO_x 非放射性废气经机房内排风系统排至放射诊疗中心楼顶外的大气环境。

5、辐射安全管理

5.1 辐射安全与环境保护管理机构

天津华兴医院已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律、法规的要求成立了辐射安全与环境保护管理机构，机构名称为辐射安全与环境保护管理领导小组，负责全院辐射安全与环境保护管理工作，由医院法人担任本医院辐射工作安全第一责任人，对辐射安全工作负总责，指定赵贵玺同志为专职辐射防护

负责人，具体负责辐射安全与防护工作，成员组成情况如下表。

表3-3 辐射安全领导小组成员

序号	姓名	职务	专/兼职
1	白韧	负责人	专职
2	赵贵玺	核辐射防护负责人	专职
3	李艳霞	成员	专职

具体职责如下：

1) 严格执行国家、地方的有关法律、法规，依法对我单位辐射项目的安全和防护及管理工作负责，并对因管理不善造成的放射性危害承担责任。

2) 组织本单位辐射工作和管理人员进行有关法律、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及辐射事故应急演练，做到持证上岗。建立辐射工作人员健康和个人剂量档案。

3) 严格按照《辐射安全许可证》规定的种类和范围从事放射性同位素和射线装置的生产、销售、使用活动。

4) 负责本单位的放射性污染防治工作，依照法律法规的要求采取有效的安全与防护措施，保证辐射工作场所安全防护、安全联锁等污染防治设施符合国家的有关规定，设置明显的放射性标示、标志和中文警示说明，配备必要的防护用品和监测仪器，并确保这些设备设施的安全有效，严格防范可能导致放射性事故的发生，接受各级生态环境、公安、卫生与健康、应急等部门的监督管理。

5) 依法依规建立健全本单位各项安全管理制度和辐射事故应急预案并抓好落实。发生丢失、被盗和人员误照射事故时，立即启动本单位辐射事故应急预案，采取应急措施，减轻事故损失。并立即向所在地生态环境、公安部门、卫生与健康、应急管理部门报告。负责事故调查处理和消除污染的工作。

6) 建立完整的放射性同位素与射线装置资料档案，进行登记、检查和定期清点，做到账物相符。

7) 每年1月31日前向天津市生态环境局报送放射性同位素与射线装置安全和防护年度评估报告，并对存在的安全隐患立即进行整改。

5.2 辐射工作人员

本项目加速器治疗室(1)现配备辐射工作人员4名，均已参加辐射安全与防护培训

并考核合格，持证上岗，具体工作人员情况见下表。

表3-4 本项目辐射工作人员情况表

序号	姓名	性别	培训证号	有效期
1	巩文钊	男	FS23SD0200459	2028.06.10
2	徐月	女	FS24TJ0200055	2029.08.20
3	冯小兵	男	FS23BJ0200075	2028.01.30
4	李卓凡	男	FS24TJ0200077	2029.10.08

5.3个人剂量管理

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），医院按照国家有关标准、规范的要求，安排辐射工作人员接受个人剂量监测，外照射个人剂量监测周期最长不应超过三个月。每次的监测结果纳入辐射工作人员个人剂量监测档案永久保存。

5.4 辐射安全管理规章制度

已按照《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》和《辐射安全与防护监督检查技术程序》（生态环境部（国家核安全局）2020年）相关要求，制定了相应的辐射安全管理规章制度，主要包括

- （1）《操作规程》；
- （2）《岗位职责》；
- （3）《辐射防护和安全保卫制度》；
- （4）《辐射安全和防护设施的维护与维修制度》；
- （5）《辐射工作人员培训、再培训管理制度》；
- （6）《场所及环境监测方案》；
- （7）《监测仪表使用与校验管理制度》；
- （8）《辐射工作人员个人剂量管理制度》；
- （9）《射线装置使用登记制度》；
- （10）《辐射安全与环境保护管理机构、负责人及职责》；
- （11）《质量保证大纲和质量控制检测计划》；
- （12）《辐射事故应急预案》等辐射安全管理制度。

医院制定的辐射安全管理制度较为全面，可操作性强。在严格执行的条件下，

基本可以实现辐射设备的安全、规范管理，一旦发生辐射事故可以迅速应对，执行辐射事故应急预案，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关要求。

6、辐射活动能力落实情况

6.1与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》安全和防护能力对照检查符合情况

表3-5 安全和防护能力对照检查情况

应具备条件	落实情况	符合情况
第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当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联锁、报警装置或者工作信号。射线装置的生产测试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	辐射工作场所已设置电离辐射警告标志和中文警示说明、工作状态指示灯，且工作状态指示灯与机房门联锁。机房内、加速器设备上、控制台上容易触及处及配电箱上均设置紧急制动按钮，防止人员受到意外照射。	符合
第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对检测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	天津华兴医院已配备便携式X-γ剂量率仪，具备一定的自行监测能力，定期对辐射环境进行自行监测，每年委托有资质的单位进行辐射场所监测。	符合
第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与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日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	承诺每年提交年度评估报告。	承诺每年提交年度评估报告。
第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考	辐射工作人员均已进行辐射安全与防护培训，成绩合格后持证上岗，医院承诺组织辐射工作人员考核合格到期前接受一次再培训，再培训合格后方可继续从事辐射工作。	符合，本项目配备辐射工作人员均持证上岗

核；考核不合格的不得上岗。		
第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测，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辐射安全许可发证机关。	辐射工作人员工作时均佩戴个人剂量计，并按照国家相关规定，委托有资质单位进行个人剂量监测，建立个人剂量档案。本项目自重新申领取得辐射安全许可证试运营期间未满一个监测周期，待监测周期满后进行个人剂量监测。	符合

6.2与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的符合情况

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第20号）第十六条规定，使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可应具备相应的条件的符合情况

表3-6 从事辐射活动能力评价符合情况

应具备条件	落实情况	符合情况
（一）使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当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。	已成立了辐射安全与环境保护管理机构，全面负责辐射安全与环境保护管理工作。	符合
（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	辐射工作人员均已参加国家核技术利用辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习，并参加考核合格，持证上岗。	符合
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	本项目不涉及。	不涉及
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目加速器治疗室(1)已采取辐射防护屏蔽设施和多项安全联锁装置，并在辐射工作场所外张贴电离辐射警告标志及中文警示说明、设置工作状态指示灯，防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射。	符合
（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	已配备便携式X-γ剂量率仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式辐射剂量监测仪等监测仪器，配备铅围裙、铅帽、铅围脖等个人防护用品。	符合
（六）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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已制定健全的辐射防护相关制度。	符合
（七）有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射事故应急措施	符合

（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案；使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作	本项目加速器使用一定年限（一般为5年）或退役时产生的废靶件，由设备厂家回收，不在医院暂存。医院已制定放射治疗质量保证大纲和质量控制计划，有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	符合
---	---	----

6.3与《医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序》符合情况

本项目已设置安全防护设施和辐射安全管理制度，与《中国核与辐射安全管理体系统现场监督检查和执法程序》（2020版）的《医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-033）对比结果见下表。

表3-7 与《医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序》对照检查情况

医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序检查内容			医院落实情况	符合情况
辐射安全防护设施与运行	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	已设置	符合
		控制台有紧急停机按钮		
		视频监控与对讲系统		
		治疗室门与高压联锁		
	警示装置	入口处电离辐射警告标志	已设置	符合
		入口有加速器工作状态显示		
		工作场所分区及标识		
	治疗室紧急设施	屏蔽门内开关按钮	已设置	符合
		治疗室门防夹人装置		
		紧急照明或独立通道照明系统		
		治疗室内有紧急停机按钮		
		治疗床内有紧急停机按钮		
	监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	已设置	符合
		便携式辐射监测仪器仪表		
		个人剂量报警仪		
		个人剂量计		
	其他	个人辐射防护用品	已设置	符合
		通风系统		
管理制度与执行	场所	辐射安全防护管理规定	已设置	符合
		操作规程		
	监测	场所及环境监测方案	已设置	符合
		监测仪表使用与校验管理制度		
		校准源管理制度	不涉及	/
	人员	辐射工作人员培训/再培训制度	已制定	符合

行 情 况		辐射工作人员个人剂量管理制度		
	应急	辐射事故/事件应急预案		
	三废	放射性“三废”管理规定	已设置	符合

6.4核技术应用项目竣工环保验收主要内容

表3-8 验收主要内容一览表

验收项目	验收内容及要求	符合情况
剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和环评报告建议，公众、职业照射剂量约束值执行0.1mSv/a和2mSv/a。根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h。	符合
电离辐射标志和中文警示	加速器室(1)应有电离辐射警告标志和中文警示说明，以及工作状态指示灯。	符合
屏蔽设计	辐射工作场所及其配套用房的建设和布局与环评报告表描述内容一致。屏蔽墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。通风换气设施运转正常，通风能力满足设计要求。	符合
辐射安全设施	采用实体屏蔽，设置门-机联锁装置，防护门内、外设置紧急开门关门开关等。	符合
辐射监测	制定了满足管理要求的辐射监测制度；监测记录存档；配备X-γ剂量率仪、个人剂量报警仪、个人剂量计；辐射工作人员进行个人剂量监测，并建立健康档案。	符合
规章制度	制定的辐射安全管理制度和操作规程满足要求，且得到落实。	符合
人员培训	所有从事放射性工作的人员通过辐射安全与防护知识的培训和考核，持证上岗。	符合
应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，明确了处理组织机构及职责、处理原则信息传递程序和技术方案等，配备必要的应急器材、设备。	符合

7、辐射防护与环保投资

辐射防护与环保投资主要包括：辐射屏蔽防护措施及相关的防护用品，第一阶段实际环保投资约209.4万元。辐射防护环保投资见下表。

表3-9 本项目第一阶段辐射防护环保投资

序号	项目	实际投资额（万元）	备注
1	机房屏蔽防护	170	墙体和防护门屏蔽防护
2	便携式 X-γ剂量率仪	2.0	1 台
3	个人剂量报警仪	4.0	2 台
4	个人剂量计	0.4	4 支
5	辐射安全与防护措施	18	电离辐射警告标志，安全联锁、监控系统、工作状态指示灯、视频监控和对讲系统等
6	固定式辐射剂量监测	1.0	1 套

	仪		
7	通风措施	14	1 套通风系统
	合计	209.4	—

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

建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

1、建设项目环境影响报告表主要结论与建议

1.1 项目概况

天津华兴医院始建于 1971 年，位于天津市滨海新区大港世纪大道 180 号，是一所集医疗、预防、保健、急救、康复为一体的二级乙等综合医院。为提升综合医疗服务水平，天津华兴医院拟在体检中心 C 楼西南部建设放射诊疗中心楼，并在放射诊疗中心楼内建设 2 间加速器室，拟在加速器室一、加速器室二各安装使用 1 台 Elekta Infinity 型医用电子直线加速器（最大能量：X 射线 10MV，电子线 15MeV），用于肿瘤放射治疗。

1.2 实践的正当性

本项目建成后可为患者提供放射治疗服务，并显著提升天津华兴医院的医疗服务水平，可为周边人民提供医疗需求，具有较高的临床应用价值和社会效益。经辐射屏蔽并采取相应的辐射安全和管理措施后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害。因此，综合考虑社会、经济等方面因素，本项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”的原则。

1.3 选址、布局的合理性

天津华兴医院位于滨海新区大港世纪大道 180 号，医院东侧、南侧为建安里居民区，西侧为大港务实第三幼儿园、天津华信工程检测有限公司，北侧为闲置厂房、建安里居民区。天津华兴医院体检中心 C 楼位于大港务实第三幼儿园南侧，体检中心 C 楼西侧为中石化第四建设有限公司第三工程公司，南侧为中石化第四建设有限公司职工宿舍、中石化第四建设有限公司体育中心，东侧为建安里居民区。

天津华兴医院体检中心 C 楼西南部区域建设放射诊疗中心楼，并拟在放射诊疗中心楼内西南部建设 2 间加速器室（加速器室一、加速器室二），加速器室一东侧为库房、网络机房、配电间，南侧为院内道路，西侧为加速器室二，北侧为控制室、水冷机房；加速器室二东侧为加速器室一，南侧、西侧隔外墙为院内道路，北侧为

控制室、水冷机房。放射诊疗中心为单层建筑，楼上、楼下无建筑物。评价范围内无学校、居民区等环境敏感点。加速器室四周无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区。加速器布置在采取了屏蔽防护措施的机房内。辐射工作场所独立、固定，与周围各单元间分隔明确，充分考虑了周围场所的防护与安全以及患者就诊和临床应用的便利性，对辐射工作人员和公众的辐射影响较小，工作场所划分为控制区和监督区进行管理，综上，本项目的选址和布局基本合理。

1.4 辐射安全与防护分析结论

本项目拟建加速器室一、加速器室二均为独立机房且拟采取辐射屏蔽防护措施，机房墙体、防护门的屏蔽能力满足相应防护的要求；机房防护门外拟设置电离辐射标识及中文警示说明、工作状态指示灯、门-机联锁等；机房内拟设置视频监控及对讲交流系统、通风系统、紧急开门按钮、急停开关、辐射监测设施等防护措施。为本项目新增辐射工作人员配备个人剂量计，为工作场所配备个人剂量报警仪，医院现有 X- γ 剂量率仪，并承诺每年委托有资质单位对工作场所进行监测。在落实以上各项辐射安全与防护措施后，本项目的辐射安全满足标准要求。

1.5 环境影响分析

根据预测分析，在采取相应的辐射防护措施后，加速器运行时加速器室一、加速器室二屏蔽体外周围剂量当量率满足《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》（HJ 1198-2021）中的要求。

辐射工作人员和公众受到的年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，和本报告提出的辐射工作人员辐射剂量约束值 2mSv/a，公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

1.6 辐射安全管理

医院已成立辐射安全管理机构，负责辐射安全与环境保护管理工作，已制定一系列辐射安全管理规章制度，已制定辐射事故应急预案，本项目建设完成后将进行修改完善。

医院拟组织新增辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后持证上岗。

医院拟为新增辐射工作人员配备个人剂量计，拟新增 1 台 X- γ 剂量率仪，并为加速器室一、加速器室二各配备 1 台个人剂量报警仪。

综上，天津华兴医院在落实各项辐射安全管理措施后能够有效控制辐射风险。

1.7 结论

综上所述，在落实各项辐射安全和防护措施，加强环境管理的情况下，天津华兴医院将具备从事本项目相应辐射工作的技术能力和安全防护措施，其运行对周围环境和公众人员产生的辐射影响能够满足相关标准限值和本报告提出的约束值要求。因此，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设具备环境可行性。

2、审批部门审批决定

天津市生态环境局

20240605140907411768

津环辐许可表〔2024〕050号

市生态环境局关于天津华兴医院 扩建使用Ⅱ类射线装置（直线加速器） 项目环境影响报告表的批复

天津华兴医院：

你单位报送的《关于〈天津华兴医院扩建使用Ⅱ类射线装置（直线加速器）项目环境影响报告表〉的报批申请》及相关材料收悉。经研究，批复如下：

一、天津华兴医院位于天津市滨海新区大港世纪大道180号，拟投资3,500万元人民币（其中环保投资433万元）扩建使用Ⅱ类射线装置（直线加速器）项目。主要建设内容为：在体检中心C楼西南部放射诊疗中心楼建设2间加速器室（加速器室一、加速器室二），各使用1台Elekta Infinity型医用电子直线加速器（X射线最大能量为高剂量率模式6MV、低剂量率模式10MV；电子线最大能量为15MeV）。

2024年08月23日—08月29日，我局将该项目环境影响报告表全本在天津市生态环境局官网进行了受理公示，公示期间未

- 1 -

收到公众对该项目的意见和建议。你单位在全面落实报告表和批复提出的各项污染防治措施的前提下，我局同意该项目环境影响报告表结论。

二、加强施工期环境管理。严格落实环境影响报告表提出的各项污染防治措施，优化施工工艺，合理安排施工时间，最大限度减少施工期间扬尘、废水、噪声、固体废物对周围环境的影响。

三、你单位在项目实施和运行过程中应对照环境影响报告表，认真落实各项环境保护措施，并重点做好以下工作：

1.认真贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》、《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条例》等法律、法规的要求。

2.根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和该项目环境影响报告表预测，拟建项目辐射职业人员照射剂量约束值执行 2mSv/a，公众照射剂量约束值执行 0.1mSv/a。

3.对直接从事射线装置使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

4.依据环境影响报告表对辐射工作场所实行分区管理，划分控制区、监督区。在控制区的进出口应设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求的警告标志和中

文警示说明。加速器控制台均应设置钥匙开关、手动停机按钮；加速器机房均应设有门机联锁装置、手动停机按钮、紧急开门按钮、机械通风系统、视频监控、对讲系统；机房门口均应设有工作状态指示灯并与机房门联锁；机房内均应设置固定式场所辐射探测报警装置等，防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射。

5.设立专门的辐射安全与环境保护管理机构；建立健全操作规程、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，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划。按规定配备固定式场所辐射探测报警装置、便携式 X- γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、个人剂量计及与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品。本项目应新增配备不少于 2 套固定式场所辐射探测报警装置、1 台便携式 X- γ 剂量率仪、2 台个人剂量报警仪、10 个个人剂量计。

6.直线加速器使用一定年限（一般为 5 年）或退役时产生的废靶件等放射性固体废物不暂存，由设备厂家回收处理。

四、你单位在项目建成后投入使用前，须依法重新申领《辐射安全许可证》，禁止不按照许可证规定的种类和范围从事射线装置的使用活动。

五、本项目配套建设的环境保护设施必须与主体工程同时设

计、同时施工、同时投产使用。项目竣工后，你单位应按照《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）要求，做好项目验收工作。验收合格后，方可投入使用。

六、你单位应建立健全辐射事故应急预案，如发生辐射事故立即启动应急预案，采取应急措施，并向主管部门报告。

七、建设项目环境影响评价文件自批准之日起超过5年，项目方开工建设的，你单位应将环境影响报告表报我局重新审核。

八、你单位应在收到本批复后5个工作日内，将批准后的项目环境影响报告表分别送天津市生态环境保护综合行政执法总队和天津市滨海新区生态环境局，并依法接受各级生态环境主管部门的监督检查。

此复

（此件主动公开）



抄送：天津市生态环境保护综合行政执法总队、天津市滨海新区生态环境局

- 4 -

表 5 验收监测质量保证及质量控制

验收监测质量保证及质量控制

1、人员资质

参加本次验收监测的采样、分析人员均持证上岗。

2、质量保证和质量控制

（1）合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。本次检测在该医院测试作业的情况下进行。分别检测了四周墙体、防护门及门缝、操作位等。

（2）检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。

（3）检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

（4）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

（5）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

（6）检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

表 6 验收监测内容

验收监测内容

1、监测项目

 γ 剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)

2、监测日期

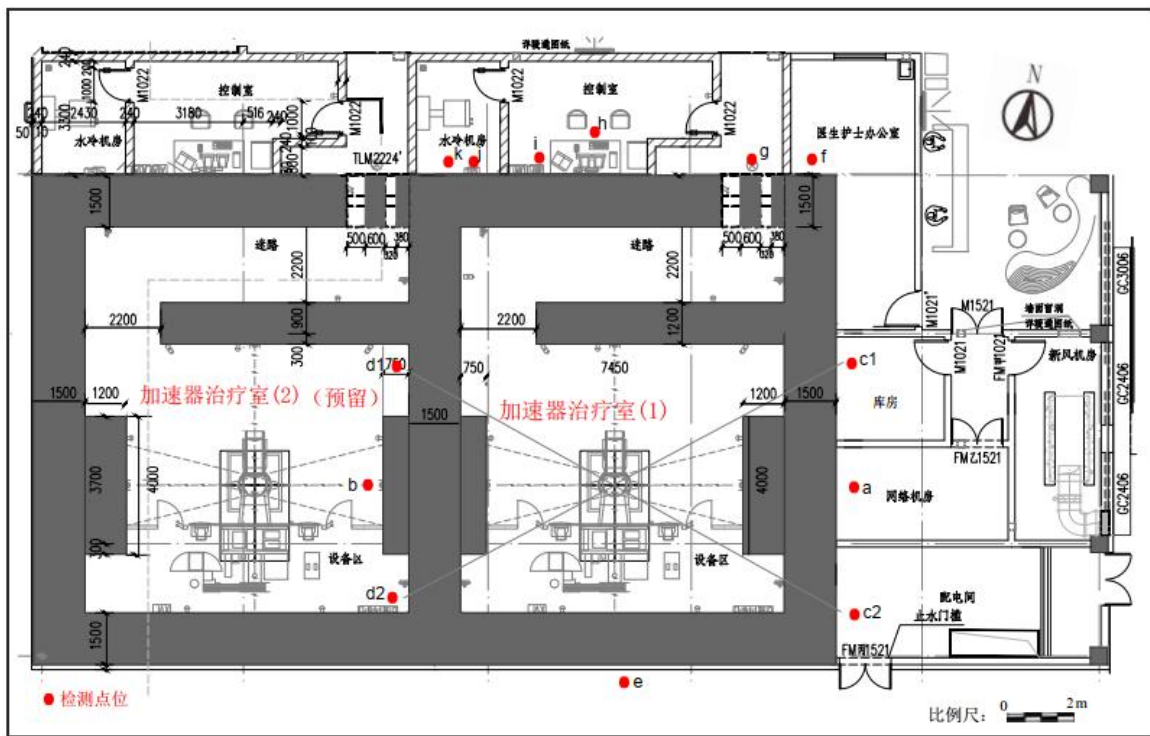
2025 年 02 月 19 日

3、监测单位

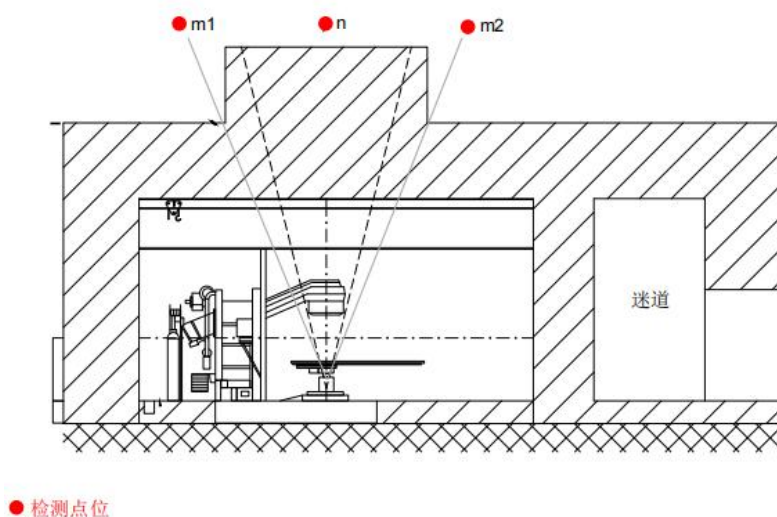
津滨环科（天津）检测技术服务有限责任公司

4、监测布点

根据本项目平面布置、项目情况和周围环境布设监测点位，监测点位示意图见图 6-1。



加速器治疗室(1)周围环境辐射监测点位示意图(平面)



加速器治疗室（1）周围环境辐射监测点位示意图（剖面）

图 6-1 加速器治疗室(1)周围环境辐射监测点位示意图

5、监测方法及监测仪器

表 6-1 监测仪器和监测规范

检测项目	分析方法及依据	检测单位	使用仪器	仪器编号
γ 剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 HJ 1157-2021	津滨环科（天津） 检测技术服务有 限责任公司	环境监测 X、 γ 辐射空气 比释动能率 仪 JB-4000	JBHK-YQ-0 62
	《辐射环境监测技术规范》 HJ 61-2021			

6、监测频次

关机状态下/工作状态下分别监测。

表 7 验收监测

验收监测结果

1、监测结果

验收监测过程中，评价范围内其他射线装置处于未运行状态，加速器治疗室(1)周围剂量当量率检测结果见下表。

表 7-1 加速器治疗室(1)周围剂量当量率检测结果一览表

射线装置、 型号		Elekta Infinity 型医用电子直线加速器	
设备参数		能量：X 射线 6、10MV，高剂量率模式 X 射线 6MV 时，等中心点最大剂量率为 14Gy/min;低剂量率模式 X 射线 10MV 时:等中心点最大剂量率为 6Gy/min;电子线最大能量为 15MeV，等中心点最大剂量率为 6Gy/min	
验收工况		X 射线：6MV，照射野 40cm×40cm，等中心点最大剂量率为 14Gy/min；X 射线：10MV，照射野 40cm×40cm，等中心点最大剂量率为 6Gy/min。	
设备所在工 作场所		医院放射诊疗中心楼加速器治疗室(1)	
检测项目		加速器治疗室(1)周围γ剂量率（μGy/h）	
加速器关机状态			
序号	检测点位	检测结果μGy/h	标准偏差
1	控制室操作位 h	0.092	0.006
2	电缆口外 30cm 处测量点 j	0.092	0.008
3	机房东侧主屏蔽区防护墙外 30cm 处测量点 a	0.091	0.008
4	机房东侧次屏蔽防护墙外 30cm 处 测量点 c1（库房）	0.094	0.007
5	机房东侧次屏蔽防护墙外 30cm 处 测量点 c2（配电间）	0.096	0.007
6	机房西侧主屏蔽区防护墙外 30cm 处测量点 b	0.097	0.007
7	机房西侧次屏蔽防护墙外 30cm 处 测量点 d1	0.099	0.007
8	机房西侧次屏蔽防护墙外 30cm 处 测量点 d2	0.094	0.008
9	机房南侧侧屏蔽防护墙外 30cm 处 测量点 e	0.094	0.008
10	机房北侧侧屏蔽防护墙外 30cm 处 测量点 i（控制室）	0.101	0.004
11	机房防护门中部外 30cm 处测量点 g	0.094	0.007

12	机房北侧迷道外墙外 30cm 处测量点 k（水冷机房）		0.096	0.008	
13	医生护士办公室 f		0.096	0.008	
14	机房顶棚主屏蔽区上方距地面 30cm 处测量点 n		0.091	0.005	
15	机房顶棚次屏蔽区 m1		0.097	0.006	
16	机房顶棚次屏蔽区 m2		0.094	0.007	
注：1、关机状态下，检测数据均未扣除宇宙射线响应值。					
工作状态（6MV，照射野 40cm×40cm，14Gy/min）					
序号	检测条件	检测点位	检测结果 μGy/h	标准偏差	剂量率参考 控制水平 μSv/h
1	主束向上	控制室操作位 h	0.115	0.007	2.5
		电缆口外 30cm 处测量点 j	0.117	0.011	10
		机房南侧侧屏蔽防护墙外 30cm 处测量点 e	0.111	0.007	10
		机房北侧侧屏蔽防护墙外 30cm 处测量点 i（控制室）	0.113	0.015	2.5
		机房北侧迷道外墙外 30cm 处测量点 k（水冷机房）	0.112	0.013	10
		机房顶棚主屏蔽区上方距地面 30cm 处测量点 n	0.106	0.012	2.5
		机房顶棚次屏蔽区 m1	0.108	0.011	10
		机房顶棚次屏蔽区 m2	0.114	0.009	10
2	主射束向东	控制室操作位 h	0.108	0.005	2.5
		电缆口外 30cm 处测量点 j	0.114	0.009	10
		机房东侧主屏蔽区防护墙外 30cm 处测量点 a	0.122	0.013	10
		机房东侧次屏蔽防护墙外 30cm 处测量点 c1(库房)	0.124	0.013	5
		机房东侧次屏蔽防护墙外 30cm 处测量点 c2(配电间)	0.131	0.007	5
		机房防护门中间位置外 30cm 处测量点 g	0.112	0.013	10
		防护门上侧门缝外 30cm 处	0.113	0.012	10
		防护门下侧门缝外 30cm 处	0.107	0.011	10

		防护门左侧门缝外 30cm 处	0.117	0.011	10
		防护门右侧门缝外 30cm 处	0.111	0.012	10
		医生护士办公室 f	0.109	0.013	2.5
3	主射束向西	控制室操作位 h	0.109	0.017	2.5
		机房北侧侧屏蔽防护墙外 30cm 处测量点 i（控制室）	0.106	0.011	2.5
		电缆口外 30cm 处测量点 j	0.106	0.009	10
		机房北侧迷道外墙外 30cm 处测量点 k（水冷机房）	0.106	0.010	10
		机房西侧主屏蔽区防护墙外 30cm 处测量点 b	0.112	0.012	10
		机房西侧次屏蔽区防护墙外 30cm 处测量点 d1	0.116	0.011	5
		机房西侧次屏蔽区防护墙外 30cm 处测量点 d2	0.113	0.012	5
		机房防护门中间位置外 30cm 处测量点 g	0.117	0.009	10
		防护门上侧门缝外 30cm 处	0.118	0.009	10
		防护门下侧门缝外 30cm 处	0.116	0.012	10
		防护门左侧门缝外 30cm 处	0.117	0.011	10
		防护门右侧门缝外 30cm 处	0.120	0.011	10
注：1、开机状态下 6MV，检测数据均未扣除宇宙射线响应值。					
工作状态（10MV，照射野 40cm×40cm，6Gy/min）					
序号	检测条件	检测点位	检测结果 μGy/h	标准偏差	剂量率参考 控制水平 μSv/h
1	主束向上	控制室操作位 h	0.122	0.010	2.08
		电缆口外 30cm 处测量点 j	0.122	0.012	8.33
		机房南侧侧屏蔽防护墙外 30cm 处测量点 e	0.119	0.009	8.33
		机房北侧侧屏蔽防护墙外 30cm 处测量点 i（控制室）	0.113	0.008	2.08
		机房北侧迷道外墙外 30cm 处测量点 k（水冷机房）	0.121	0.010	8.33
		机房顶棚主屏蔽区上方距地面 30cm 处测量点 n	0.131	0.007	2.5

		机房顶棚次屏蔽区 m1	0.113	0.008	4.17
		机房顶棚次屏蔽区 m2	0.116	0.008	4.17
2	主射束向东	控制室操作位 h	0.116	0.013	2.08
		电缆口外 30cm 处测量点 j	0.116	0.013	8.33
		机房东侧主屏蔽区防护墙外 30cm 处测量点 a	0.666	0.122	10
		机房东侧次屏蔽防护墙外 30cm 处测量点 c1(库房)	0.150	0.012	4.17
		机房东侧次屏蔽防护墙外 30cm 处测量点 c2(配电间)	0.136	0.013	4.17
		机房防护门中间位置外 30cm 处测量点 g	0.119	0.008	8.33
		防护门上侧门缝外 30cm 处	0.124	0.007	8.33
		防护门下侧门缝外 30cm 处	0.119	0.009	8.33
		防护门左侧门缝外 30cm 处	0.120	0.005	8.33
		防护门右侧门缝外 30cm 处	0.117	0.007	8.33
		医生护士办公室 f	0.127	0.015	0.26
3	主射束向西	控制室操作位 h	0.109	0.016	2.08
		机房北侧侧屏蔽防护墙外 30cm 处测量点 i (控制室)	0.116	0.010	2.08
		电缆口外 30cm 处测量点 j	0.117	0.010	8.33
		机房北侧迷道外墙外 30cm 处测量点 k (水冷机房)	0.116	0.011	8.33
		机房西侧主屏蔽区防护墙外 30cm 处测量点 b	0.164	0.040	10
		机房西侧次屏蔽区防护墙外 30cm 处测量点 d1	0.132	0.008	5
		机房西侧次屏蔽区防护墙外 30cm 处测量点 d2	0.136	0.007	5
		机房防护门中间位置外 30cm 处测量点 g	0.125	0.009	8.33
		防护门上侧门缝外 30cm 处	0.119	0.009	8.33
		防护门下侧门缝外 30cm 处	0.125	0.008	8.33
		防护门左侧门缝外 30cm 处	0.125	0.011	8.33
		防护门右侧门缝外 30cm 处	0.120	0.010	8.33

注：1、开机状态下 10MV，检测数据均未扣除宇宙射线响应值。

2、工作场所监测结果分析

根据表 7-1 监测结果可知，在工作状态下加速器治疗室(1)周围各关注点的辐射剂量当量率为 0.106~0.666μGy/h，即 0.106~0.666μSv/h（当权重因子为 1 时，1Gy/h=1Sv/h），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）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）与《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）及环评报告中关于剂量率的要求。

3、年有效剂量估算分析

（1）年有效剂量估算公式。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的要求，在本项目加速器治疗室(1)外表面 30cm 处，人员受照的剂量当量可能最大的位置设定关注点对机房的屏蔽体进行核算，关注点位见图 7-1。可由下式计算职业人员及公众受照年有效剂量当量：

$$H=\dot{H}\times t\times T\times 10^{-3}\dots\dots\dots (7.1)$$

H——关注点处的年剂量当量，mSv/a；

$\dot{H}$ ——关注点处的辐射剂量率，μSv/h；

t——年累计最长照射时间，h/a；

T：居留因子，不同场所与环境条件下的居留因子；

10⁻³：μSv 转换为 mSv 的剂量转换系数。

根据 HJ 1198-2021 附录 A 可知，不同场所的居留因子取值见表 7-2。

表 7-2 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T		示例
	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、治疗控制区、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区域
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/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯	
--	--	--	--	--

(2) 年有效剂量估算

医院已为本项目辐射工作人员配备个人剂量计, 但本项目自 2025 年 02 月 06 日重新申领取得辐射安全许可证后进行试运营, 目前未到一个监测周期, 本次验收根据现场监测情况对辐射工作人员的个人剂量进行估算。

根据表 7-1 监测结果, 辐射工作人员(操作位处)受照辐射剂量率最大值为 $0.122\mu\text{Sv/h}$; 公众受照辐射剂量率最大值为加速器治疗室(1)东侧网络机房, 剂量率值为 $0.666\mu\text{Sv/h}$ 。

表 7-3 剂量关注点辐射剂量计算参数

序号	照射对象	剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$	居留因子 T	年曝光时间 h/a	年剂量当量 mSv/a
1	职业	0.122	1	104.5	0.013
2	公众	0.666	1/16	104.5	0.0043

注: 加速器治疗室(1)东侧网络机房为偶然居留区, 居留因子取 1/16。

根据上表计算结果可知, 本项目辐射工作人员受照最大年有效剂量为 0.013mSv/a , 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职业照射剂量限值 20mSv/a 和报告中提出的职业人员剂量约束值 2mSv/a 要求; 公众的年剂量当量为 0.0043mSv/a , 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的公众照射剂量限值 1mSv/a 和环评报告提出的公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a 要求。

表 8 验收监测结论

验收监测结论：

1、工程概况

天津华兴医院为提升综合医疗服务水平，满足患者诊断治疗的需要，原计划投资 3500 万元租赁位于体检中心 C 楼西南部区域的中石化第四建设有限公司房屋土地建设放射诊疗中心楼，放射诊疗中心楼为单层建筑，并在放射诊疗中心楼内西南部建设 2 间加速器室（加速器室一、加速器室二），在 2 间加速器室内分别安装使用 1 台 Elekta Infinity 型医用电子直线加速器（最大能量：X 射线 10MV，电子线 15MeV）（以下统称“加速器”），用于肿瘤放射治疗。

目前，医院已完成 2 间加速器室的建设，加速器室名称更名为加速器治疗室(1)、加速器治疗室(2)。现已在加速器治疗室(1)购置安装 1 台 Elekta Infinity 型加速器（最大能量：X 射线 10MV，电子线 15MeV），加速器治疗室(2)未安装设备，本次预留。故本次为“天津华兴医院扩建使用 II 类射线装置（直线加速器）项目”第一阶段验收，验收内容为已建加速器治疗室(1)及配置的加速器。

2024 年 02 月 06 日，医院已重新申领了辐射安全许可证（证书编号：津环辐证[00823]，见附件 3），许可种类和范围：使用 II、III 类射线装置；有效期至 2028 年 08 月 17 日。

天津华兴医院已根据环评报告要求和环评批复意见落实了相应的环保措施，目前各项环境保护措施和安全措施运行正常，调试期间环境保护措施和措施与主体工程能够同时投入使用。

2、辐射防护措施

天津华兴医院在使用加速器过程中，严格落实《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关规定和要求。加速器治疗室(1)为独立机房且采取了辐射屏蔽防护措施，机房墙体、防护门的屏蔽能力满足相应防护的要求；机房防护门外设有电离辐射警告标志及中文警示说明、工作状态指示灯、门-机联锁等；机房内设有通风装置，紧急制动装置、剂量联锁装置、对讲装置、辐射监测设施等防护措施。同时为辐射工作人员配备个人剂量计，为工作场所配备个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪，制定了相关辐射安

全管理规章制度，落实了环评文件及批复中提出的辐射环境保护措施。

3、工作场所监测

根据现场监测结果，加速器在工作状态下加速器治疗室(1)周围各关注点的周围剂量当量率能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。

4、个人剂量估算

经计算，本项目辐射工作人员和公众所受年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射剂量限值 20mSv/a、公众照射剂量限值 1mSv/a 和环评报告中提出的职业人员剂量约束值 2mSv/a、公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

5、辐射安全管理

医院已成立辐射安全管理机构，负责辐射安全与环境保护管理工作，制定了相应的辐射安全管理规章制度，制定了辐射事故应急预案，能够有效控制辐射安全。辐射工作人员已参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，持证上岗；配备了辐射监测设备并制定了辐射监测方案，能够满足辐射安全管理要求。

综上所述，天津华兴医院采取了有效的辐射防护措施，基本上落实了环评文件及批复文件中提出的环境保护措施。