成都医投质子重离子医院管理有限公司

成都医投华西国际肿瘤治疗中心（重离子质子）项目一期

环境影响报告书

（第二次信息公开文本）

成都医投质子重离子医院管理有限公司

二零二三年四月

说明

中国原子能科学研究院受成都医投质子重离子医院管理有限公司委托开展“成都医投华西国际肿瘤治疗中心（重离子质子）项目一期”的环境影响评价。现根据国家及本市法规及规定，并经成都医投质子重离子医院管理有限公司同意向公众进行第二次信息发布，公开环评内容。

本文本内容为现阶段环评成果。下一阶段，将在听取公众、专家等各方面意见的基础上，进一步修改完善。

目录

1 建设项目概况.....1
1.1. 项目背景.....1
1.2. 建设地点.....1
1.3. 建设内容.....3
1.4. 产业政策和规划符合性分析.....3
1.4.1. 产业政策符合性.....3
1.4.2. 规划符合性分析.....3
1.5. 编制依据.....5
1.5.1. 法律、法规和规章.....5
1.5.2. 技术导则和标准.....6
1.5.3. 其他文件和资料.....7
1.6. 评价标准.....8
1.6.1. 剂量限值和剂量约束值.....8
1.6.2. 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平.....8
1.6.3. 工作场所表明污染控制水平.....9
1.6.4. 非密封放射性物质工作场所分级.....9
1.6.5. 核医学科工作场所安全措施要求.....10
1.6.6. 放射性三废控制要求.....10
1.6.7. 其它标准.....17
1.7. 评价范围和保护目标.....21

1.7.1. 评价范围.....21
1.7.2. 保护目标.....22
2. 建设项目环境影响预测及拟采取的主要措施和效果.....23
2.1. 辐射污染源.....23
2.2. 主要环境影响及其预测评价结果.....26
2.3. 辐射防护与环境保护措施.....26
2.3.1. 辐射工作场所分区.....26
2.3.2. 辐射屏蔽.....28
2.3.3. 辐射安全连锁系统.....28
2.3.4. 工作场所辐射监测.....29
2.3.5. 放射性三废处理.....29
2.4. 风险防范措施及应急预案.....32
2.5. 建设项目对环境影响的经济损益分析结果.....33
2.6. 建设单位拟采取的辐射监测计划和安全管理.....33
2.6.1. 辐射监测计划.....33
2.6.2. 辐射安全管理.....35
3. 环境影响评价结论.....36
4. 联系方式.....37

1. 建设项目概况

1.1. 项目背景

恶性肿瘤已经成为严重威胁中国人群健康的主要公共卫生问题之一，恶性肿瘤死亡占居民全部死因的 23.91%。据统计，2015 年全国估计新发恶性肿瘤病例约 392.9 万例，死亡约 233.8 万人，且近 10 多年来，恶性肿瘤发病率每年保持约 3.9%的增幅，死亡率每年保持 2.5%的增幅。当前我国癌症治疗水平与美国等国家相比还有很大差距。

随着世界各国治癌技术研究和开发的快速发展，质子治疗肿瘤技术由于具有质子布拉格峰效应带来的深度截止效应，以及更加精准的宽度方向控制，已成为新一代更加有效的放疗技术。临床结果显示，相对于其他放射治疗方法，尤其对于有重要组织器官包绕的肿瘤，质子治疗显示出较大的优势：精确度高、治愈率高、副作用小。

目前我国多地都在建设/筹建质子治疗中心。为提高成都市医疗服务保障水平，建设单位拟建华西国际肿瘤治疗中心（重离子质子）项目，是为了顺应放疗“精确诊断、精确定位、精确计划、精确治疗”的新时代，顺应政府鼓励社会办医打造多元化医疗服务的政策，顺应成都市及周边地区肿瘤患者高端治疗的迫切需求，通过引进质子治疗装置，满足成都市及周边地区的恶性肿瘤精准高端治疗的需求，提升癌症治疗水平。

项目建成后，将大大提高成都市在医疗临床研究和应用方面的科技实力，带动成都市整体医疗水平的提升，使成都市在中国高端医学科技领域占领一席之地。同时，本项目的建设将推动成都市医疗卫生健康事业发展，对提高人民群众的身体健康水平具有重要意义。

1.2. 建设地点

本项目建设地点位于成都市双流区永安镇付家坝社区 1 组，重离子质子楼位于项目用地的东南角，项目北侧为环湖路，西侧为规划路，东侧为康复路，南侧

为农田。本项目的地理位置见图 1-1，本项目周边环境见图 1-2。

图 1-1 本项目地理位置图

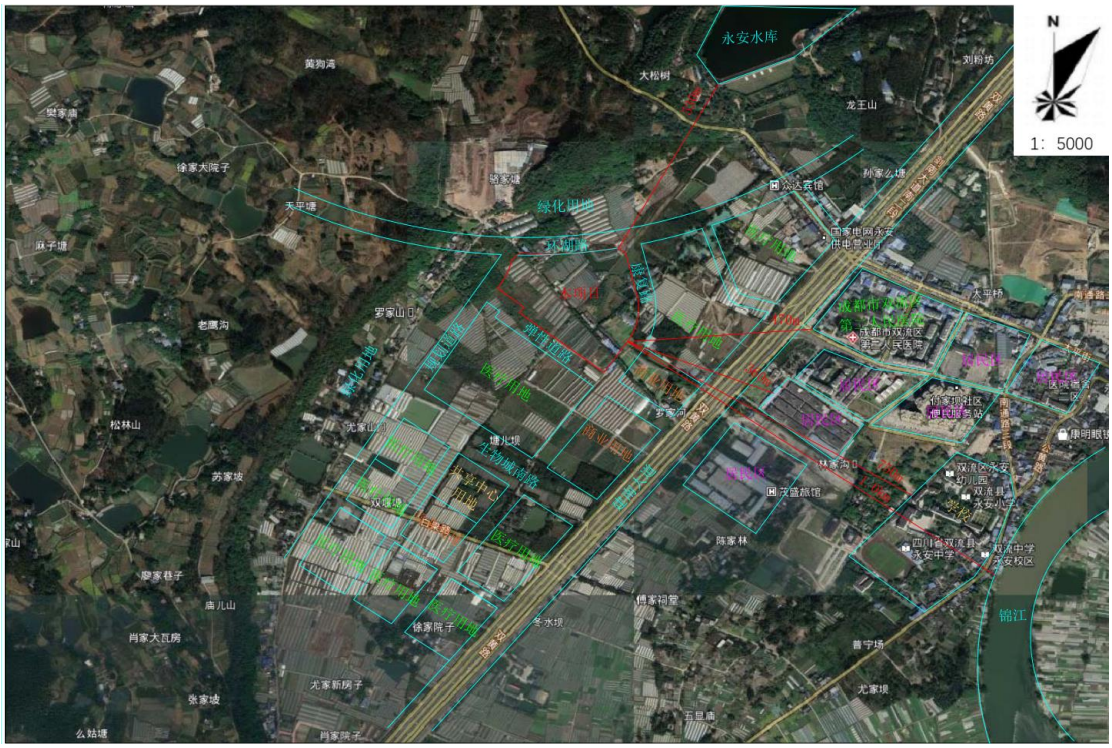

图 1-2 本项目周边关系图

1.3. 建设内容

本项目建设总用地面积 68562.52 平方米，总建筑面积约 146761.75 平方米，项目一期拟建设住院楼、医疗综合楼、重离子质子治疗楼连体建筑，开展放射诊疗和诊断工作。其中，医疗综合楼地下三层、地上五层；重离子质子治疗楼地下三层、局部地上三层；住院楼位于医疗综合楼上，分为南北两区，北区为地上六至十三层，南区为地上六至十一层。

拟使用 1 套质子治疗系统（Ⅰ类射线装置）、8 台直线加速器（Ⅱ类射线装置）、3 台 DSA（Ⅱ类射线装置）、1 台 ERCP（Ⅱ类射线装置）、1 台制备 PET 放射性药物的回旋加速器（Ⅱ类射线装置）、若干Ⅲ类医用射线装置；拟设 2 个乙级非密封放射性物质工作场所。

1.4. 产业政策和规划符合性分析

1.4.1. 产业政策符合性

本项目属于《产业政策调整目标》（发改委 2021 第 49 号令修改，2021 年 12 月 30 日）中“鼓励类”第六条第 6 项——同位素、加速器及辐照应用技术开发及第三十七条第 5 项——医疗卫生服务设施建设的范畴。因此，本项目建设符合国家产业政策。

1.4.2. 规划符合性分析

（1）与医疗卫生相关规划符合性

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要（2016-2020）》指出：加强重大疾病防治和基本公共卫生服务，完善国家基本公共卫生服务项目和重大公共卫生服务项目，提高服务质量效率和均等化水平。提升集成公共卫生服务能力，加强妇幼健康、公共卫生、肿瘤、精神疾病防控、儿科等薄弱环节能力建设。2016 年中共中央政治局会议上审议通过的《“健康中国 2030”规划纲要》中，也多次提出将重大疾病防治、癌症诊治工作作为重要目标，加强医药技术创新发展以及医药体系的完善。“十三五”时期也是成都市建立健全覆盖城市居民

的基本医疗卫生制度、创建国家医疗卫生服务中心的决胜阶段。因此，本项目的建设与国家、成都市医疗卫生事业相关规划是相符的。

（2）与土地利用规划符合性

本项目选址位于成都市双流区永安镇付家坝社区 1 组。根据规划条件（编号：成规设[2020]J0247 号），位于双流区永安镇付家坝社区 1 组（编号：SWC2019-03-010）地块，用地使用性质为其他服务设施用地（主要为医疗用途）。建设单位已于 2022 年 2 月 21 日取得该建设用地的使用权。因此，拟建项目符合土地利用规划要求。

（3）“三线一单”符合性

①生态保护红线

根据《四川省生态保护红线方案》（川府发[2018]24 号）及《关于发布生态保护红线市县级行政区汇总表和登记表的函》（川环函[2018]1201 号)，项目不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等敏感区，项目建设符合四川省生态保护红线实施意见的相关要求。

②环境质量底线

本项目可能产生的 O_3 和 NO_2 浓度均低于《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ2.1-2007）中规定的 O_3 和 NO_2 浓度限值，NO_x 排放浓度低于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中硝酸使用及其他有组织氮氧化物排放限值，因此本项目的建设不会突破环境质量底线。

③资源利用上线

本项目为新建项目，建设总用地面积 68562.52 平方米，总建筑面积约 146761.75 平方米，根据《中华人民共和国土地管理法》、《中华人民共和国城乡规划法》和国家有关规定，本项目建设工程符合国土空间规划和用途管制要求。在项目运行期间需用水、电等能源。项目的建设不会突破区域资源利用上线。

④环境准入负面清单

本项目属于《产业政策调整目标》发改委 2012 第 49 号令修改（2021 年 12 月 30 日）中“鼓励类”的范畴，不属于国家及地方产业政策的“限制类”及“禁止类”。

综上所述，本项目的建设符合相关政策和规划的要求。

1.5. 编制依据

1.5.1. 法律、法规和规章

（1） 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令 第 9 号，2015 年 1 月 1 日施行）；

（2） 《中华人民共和国环境影响评价法》（全国人民代表大会常务委员会，2018 年 12 月 29 日施行）；

（3） 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令 第 6 号，2003 年 10 月 1 日）；

（4） 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 22 日修正版）；

（5） 《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，2021 年 1 月 4 日修订版）；

（6） 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行）；

（7） 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日）；

（8） 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）；

（9） 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；

（10）《产业结构调整指导目录》（发改委 2021 年第 49 号令修改，2021 年 12 月 30 日）；

（11）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令 第 9 号，2019 年 11 月 1 日）；

（12）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 23 日）；

（13）《发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告（国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 22 日起施行）；

（14）《辐射安全与防护监督检查技术程序》（生态环境部，2020 年）；

（15）《关于明确辐射安全监管有关事项的通知》（生态环境部，环办辐射函[2016]430 号）。

1.5.2. 技术导则和标准

（1） 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；

（2） 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；

（3） 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）；

（4） 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1- 2007）；

（5） 《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）；

（6） 《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）；

（7） 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 5 部分：质子加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.5-2015）；

（8） 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；

（9） 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；

（10）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；

（11）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；

（12）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

（13）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

（14）《电离辐射工作场所监测的一般规定》（EJ 381-1989）；

（15）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；

（16）《职业性内照射个人监测规范》（GBZ 129-2016）；

（17）《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）；

（18）《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）。

1.5.3. 其他文件和资料

（1）《成都医投华西国际肿瘤治疗中心（重离子质子）项目环境影响报告书》（成都医投质子重离子医院管理有限公司，2021 年）；

（2）《成都医投华西国际肿瘤治疗中心（重离子质子）项目一期环境影响评价委托书》（成都医投质子重离子医院管理有限公司，2021 年）；

（3）NCRP. Report NO.144. Radiation Protection for Particle Accelerator Facilities. NCRP,2005；

（4）NCRP. Report NO.151. Structural shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma- Ray Radiotherapy facilities. NCRP,2005；

（5）IAEA. Safety Reports Series NO.19. Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment. IAEA,2001；

（6）成都医投质子重离子医院管理有限公司提供的与本项目相关的初步设

计资料等其他技术资料。

1.6. 评价标准

1.6.1. 剂量限值和剂量约束值

1.6.1.1. 剂量限值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值如下：

（1）职业照射

应对任何工作人员职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

审管部门决定连续 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

实践使公众中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，1mSv。

1.6.1.2. 剂量约束值

执行《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2020）：

本次评价从事放射治疗和核医学工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a，公众照射的剂量约束值为 0.1mSv/a。

1.6.2. 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《核医学辐

射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中的相关规定，本项目各辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平见表 1-1。

表 1-1 本项目各辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

场所	位置	位置描述（居留因子）	剂量率控制水平，μSv/h
质子治疗机房	机房四周屏蔽墙、入口防护门外、机房顶	居留因子 T≥1/2	≤2.5
		居留因子 T＜1/2	≤10
	机房底板外	机房底板外表面与土壤交界处*	≤5×10^3
直线加速器机房、模拟 CT 机房、DSA 机房、ERCP 机房的四周屏蔽墙、机房顶和防护门外，以及核素制备区和核医学科工作场所控制区周围墙体、防护门外			≤2.5

注：*根据文献《恒健质子治疗装置的辐射与屏蔽设计》（吴青彪等，南方能源建设，2016 年第 3 卷第 3 期），同时参考日本 J-PARC 以及中国散裂中子源的辐射防护设计，当混凝土与土壤边界处瞬发辐射剂量率低于 5mSv/h 时，可忽略土壤和地下水的感生放射性。因此，本次评价以“5mSv/h”作为各辐射工作场所地板外表面与土壤交界处的剂量率控制水平。

1.6.3.工作场所表明污染控制水平

本项目非密封源工作场所的放射性表面污染控制水平执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的有关规定，见表 1-2。

表 1-2 核医学科工作场所的表面放射性物质污染控制水平（Bq/cm^2）

表 面 类 型		α 放射性物质（极毒性）	β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4	40
	监督区	0.4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	0.4	4
	监督区		
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.4

1.6.4.非密封放射性物质工作场所分级

根据 GB18871-2002 表 C1，应按下表将非密封放射性物质工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。

表 1-3 非密封放射性物质工作场所的分级

级	日等效最大操作量/Bq
甲	＞4×10^9
乙	2×10^7~4×10^9
丙	豁免活度值以上~2×10^7

1.6.5.核医学科工作场所安全措施要求

执行《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的规定：

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。

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。

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。

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。

1.6.6.放射性三废控制要求

1.6.6.1.放射性废气控制要求

1.6.6.1.1. 放射治疗机房放射性废气控制要求

本项目射线装置放射性废气的管理按照 HJ 1198-2021 执行，具体如下：

“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，采用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。

8.4.2 质子/重离子加速器停机后，加速器大厅应加强通风排气，采取措施使人员延时进入，以降低活化空气的感生放射性水平，减少人员受照剂量。”

另外，本项目射线装置放射性废气的管理还按照 GBZ 121-2020 执行，具体如下：

“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。

1.6.6.1.2. 核医学科放射性废气控制要求

本项目核医学科放射性废气的管理按照 HJ 1188-2021 执行，具体如下：

“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。

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。

6.3.4 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。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。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。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。

7.2.2.2 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。

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。”

另外，本项目核医学科放射性废气的管理还按照 GBZ 120-2020 执行：

“5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。”

1.6.6.2.放射性废液

本项目的放射性废液主要包括质子治疗系统的活化冷却水以及核医学科排水管道及衰变池中的放射性废液。

上述放射性废液排放前需进行取样监测，满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）“表 2 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）”中总 β 的排放标准要求（列于下表），方可排放。

表 1-4 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值中总 β 的排放标准

控制项目	排放标准，Bq/L
总 β	10

此外，放射性废液需同时满足 GB 18871-2002 中的豁免水平方可排放。

1.6.6.2.1. 放射治疗机房放射性废液控制要求

本项目放射治疗机房放射性废液管理按照 HJ 1198-2021 执行，具体如下：

“8.3 液态废物管理要求

事故或检修状况下质子/重离子加速器的活化冷却水按照放射性废液管理要求妥善收集贮存，暂存衰变至低于豁免水平后可作为普通废液处理，并做好存档记录。”

1.6.6.2.2. 核医学科放射性废液控制要求

本项目核医学放射性废液管理按照 HJ 1188-2021 执行，具体如下：

“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。

7.3.3 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，监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 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 1Bq/L、总 β 不大于 10 Bq/L。

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。”

1.6.6.3.放射性固体废物控制要求

本项目的放射性固体废物主要为质子治疗系统拆卸下来的活化部件、处理活化冷却水的废树脂、加速器靶及核医学科的废注射器、通风系统更换下来的过滤器等。

1.6.6.3.1. 放射治疗机房放射性固体废物控制要求

本项目放射治疗机房放射性固体废物管理按照 HJ 1198-2021 执行，具体如下：

“8.2.2.1 质子/重离子加速器、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态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，集中放置在固态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 建立放射性固态废物台账，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态废物处置，并做好存档记录。”

HJ 1198-2021 附录 B 表 B.1 列出了对放射治疗活动中可能产生的含人工放射性核素固体物质的豁免水平和解控水平，具体见下表。

表 1-5 部分含人工放射性核素固体物质的豁免水平和解控水平

核素	活度浓度[a]（Bq/g）	活度浓度[b]（Bq/g）	活度[b]（Bq）
^{3}H	1E+02	1E+06	1E+09
^{14}C	1E+00	1E+04	1E+07
^{54}Mn	1E-01	1E+01	1E+06
^{55}Fe	1E+03	1E+04	1E+06
^{59}Fe	1E+00	1E+01	1E+06
^{58}Co	1E+00	1E+01	1E+06
^{60}Co	1E-01	1E+01	1E+05
^{59}Ni	1E+02	1E+04	1E+08
^{63}Ni	1E+02	1E+05	1E+08
a 固体物质的解控水平以及批量固体物质的解控水平。 b 小批量固体物质的豁免水平（通常适用于小规模使用放射性物质的实践，所涉及的数量最多为吨量级）。			

另外，根据 GB 18871-2002，如果存在一种以上的放射性核素，仅当各种放射性核素的活度或活度浓度与其相应的豁免活度或豁免活度浓度之比的和小于 1 时，才可能考虑给予豁免。

1.6.6.3.2. 核医学放射性固体废物控制要求

本项目核医学放射性固体废物管理按照 HJ 1188-2021 执行，具体如下：

“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。

7.2.2.5 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。

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。

7.4.2 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。”

1.6.7.其它标准

1.6.7.1.X 射线设备防护性能的技术要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），本项目 X 射线设备防护性能的技术要求具体如下：

“5.4 CT 设备防护性能的专用要求

5.4.1 在扫描程序开始之前，应指明某一扫描程序期间所使用的 CT 运行条件。

5.4.2 对于任意一种 CT 扫描程序，都应在操作者控制台上显示剂量信息。

5.4.3 应设置急停按钮，以便在 CT 扫描过程中发生意外时可以及时停止出束。”

“5.8 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备防护性能的专用要求

5.8.1 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

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

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

5.8.4 介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。”

1.6.7.2.X 射线设备机房防护设施的技术要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），本项目 X 射线设备机房防护设施的技术要求具体如下。

1.6.7.2.1. X 射线设备机房布局

“6.1 X 射线设备机房布局

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

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

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。”

1.6.7.2.2. X 射线设备机房使用面积、单边长度

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目 X 射线设备机房最小有效使用面积、最小单边长度执行标准列于下表。

表 1-6 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度执行标准

设备类型	机房内最小有效使用面积，m^2	机房内最小单边长度，m
CT 机	30	4.5
双管头或多管头 X 射线设备（含 C 形臂）	30	4.5
单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
备注：本项目 DSA、ERCP 均按双管头 X 射线设备考虑。		

1.6.7.2.3. X 射线设备机房屏蔽

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度执行标准列于下表。

表 1-7 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求

设备类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0

标称 125kV 以下的摄影机房	2.0	1.0
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
透视机房、乳腺摄影机房、乳腺 CBCT 机房	1.0	1.0
CT 机房、CT 模拟定位机房	2.5	

1.6.7.2.4. X 射线设备工作场所防护

“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。

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。”

1.6.7.2.5. 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 0.25 mmPb；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。”

1.6.7.3.X 射线设备操作的防护安全要求

对于 DSA、ERCP 设备操作的防护安全要求，按《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）执行，具体如下：

“ 7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ 128 的规定。

7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。”

1.6.7.4.O_3 和 NO_X 排放标准

本项目 NO_x 排放限值参照执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中硝酸使用及其他有组织氮氧化物排放限值，室内 O_3 和 NO_x 浓度限值参照执行《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中工作场所空气中化学物质容许浓度限值，具体标准值见下表。

表 1-8 O_3 和 NO_X 排放标准

污染物	排放标准		室内浓度限值	
	最高允许排放浓度，mg/m^3	最高允许排放速率（排气筒高度 15m），kg/h	最高容许浓度，mg/m^3	时间加权平均容许浓度，mg/m^3
O_3	——	——	0.3	——
NO_X	240	0.77	——	5

1.7. 评价范围和保护目标

1.7.1. 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）“1.5 节评价范围和保护目标”中的相关规定“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围），对于Ⅰ类放射源或Ⅰ类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”，本项目使用的质子治疗系统为Ⅰ类射线装置，其主要的辐射环境影响途径为瞬发辐射外照射以及运行期间排入环境感生放射性气体对人员造成的照射。考虑到拟使用的质子治疗严格按照我国相关法规标准的要求进行治疗机房的辐射屏蔽设计，采用混凝土作为主屏蔽材料，确保机房屏蔽体外剂量率满足要求。在考虑距离衰减后，机房屏蔽边界外 100m 处的剂量率可降低近 4 个量级。

综上所述，参照（HJ10.1-2016）的要求，并考虑到设备自身特点及其辐射污染源种类和大小，质子治疗系统的电离辐射环境影响评价范围取机房四周实体屏蔽墙向外 100m 的范围，其余Ⅱ类射线装置取机房四周实体屏蔽墙向外 50m 的范围，核素制备区及核医学科依据乙级非密封性放射性物质工作场所的评价范围，

取其工作场所四周墙体周围 50m 范围。

1.7.2.保护目标

本项目评价范围内无自然保护区、风景名胜和文物古迹等需要特殊保护的对象，无居民小区、学校等环境敏感点。评价范围内的环境保护目标以本项目相关工作人员、周边相关场所其他工作人员以及在相关场所活动的公众成员为主。

2. 建设项目环境影响预测及拟采取的主要措施和效果

2.1. 辐射污染源

本项目拟建住院楼、医疗综合楼、重离子质子治疗楼连体建筑，建设总用地面积 68562.52 平方米，总建筑面积约 146761.75 平方米，其中：

（1）医疗综合楼为地下三层、地上五层建筑，包括：

①地下三层：车库、排烟机房、补风机房、电梯厅、直线加速器结构空腔等房间；

②地下二层：库房及设备机房、垃圾房、太平间、车库、核医学科、直线加速器区、模拟定位区、质子重离子供应商功能用房等房间；

③地下一层：车库、变电所、设备机房、信息科、物料管理、病案科、药库、员工餐厅、烹饪厨房、物业库等房间；

④地上一层：消防控制室/安防室、急诊、放射科、综合服务、室外庭院、功能检查、大厅、门诊及住院药房、商业配套等房间；

⑤地上二层：门诊单元、办公区、日间化疗、配液中心、检验科等房间；

⑥地上三层：预留用房、病理科、设备物资库房、手术供应中转库、内镜中心、行政办公区等房间；

⑦地上四层：手术中心、ICU、输血科；

⑧地上五层：医院办公区、净化机房、排烟机房、AGV 自走车用房、上人屋面、设备转换层等房间。

（2）住院楼位于医疗综合楼上，分为南北两区，北区住院楼为地上六至十三层建筑，南区住院楼为地上六至十一层建筑，包括：

①北区住院楼

地上六至九层：办公区、抢救间、治疗间、处置间、标准护理单元、备餐区、

病人活动区等房间；

地上十至十三层：办公区、抢救间、治疗间、处置间、特需护理单元、备餐区、病人活动区等房间；

②南区住院楼

地上六至八层：标准护理单元、办公区、备餐区、仪器间、库房、被服库、抢救间、治疗间、处置间等房间；

地上九至十层：特需护理单元、办公区、备餐区、仪器间、库房、被服库、抢救间、治疗间、处置间等房间；

地上十一层：VIP 护理单元、办公区、备餐区、仪器间、库房、被服库、抢救间、治疗间、处置间等房间。

（3）重离子质子治疗楼为地下三层，局部地上三层建筑，包括：

①地下三层：回旋加速器基坑、机架室 1 和机架室 2；

②地下二层：质子治疗层，布置回旋加速器大厅、能量选择隧道、束流传输隧道、2 间治疗室，以及相应的控制室和配套机房等；

③地下一层：对外餐厅、质子配套用房、2 间治疗室上空、质子重离子主入口大厅；

④地上一层：东南侧为不上人屋面，西北侧为物管用房、扩大前室、走道、楼梯、电梯等房间；

⑤地上二层：西侧为与医疗综合楼相连的连廊、门厅、楼梯、排烟机房等房间，北侧和东侧布置院方功能用房；

⑥地上三层：院方功能用房、休息就餐区、开放办公区、露台等房间。

质子治疗装置运行过程中产生的辐射场，主要为装置运行时产生的“瞬发辐射场”和装置停机后依然存在的“残余辐射场”。瞬发辐射是装置运行时损失的粒子束流与结构部件和治疗室内患者等发生核反应产生，特点是能量高、辐射强，

但会随着装置的停机而完全消失；残余放射性主要来自与装置结构部件、冷却水、场所内空气等被质子束流或次级粒子轰击产生的活化产物，在装置停机后依然存在。

电子直线加速器运行期间产生的辐射污染源主要是加速器治疗时使用的 X 射线和电子线。本项目使用 X 射线最大能量为 10MV，使用电子线的最高能量为 18MeV。电子线与机头、床、人体组织等作用产生的韧致辐射的能量和强度均低于电子束撞击钨靶时产生的 X 射线的能量和强度，且电子线在混凝土中的最大射程约为 5.1cm。因此，加速器机房及其防护门若能满足 X 射线的屏蔽防护，则也能够满足电子束治疗中产生的韧致辐射的屏蔽防护。

本项目所使用的 DSA 和 ERCP 在曝光时，主要污染因子为 X 射线。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。由 DSA 及 ERCP 的工作原理可知，装置的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，本项目使用的 DSA 及 ERCP 装置在非出束状态下不产生射线，只有在开机并处于出束状态时才会发射 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。射线装置在运行时，X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，此外无其它废水和固体废弃物产生。

使用模拟定位 CT 机期间，主要的放射性污染是 X 射线，仅在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。X 射线贯穿机房的屏蔽体进入外环境中，将对工作人员和机房周围人员造成辐射影响。

核素制备区域中回旋加速器使用过程中产生的电离辐射主要有初级辐射（被加速的带电粒子）、被加速后的带电粒子与物质相互作用产生的次级辐射（中子、γ 射线、β 等）以及初级、次级辐射与周围物质相互作用产生的缓发辐射（γ 射线、β 等，即感生放射性物质）和放射性废物等。PET 药物在合、分装、质检等过程中对局部环境产生 γ 射线、β 射线，β 表面污染以及放射性废物等。

核医学科在注射、分装、给药过程的辐射源主要来自放射性核素自发衰变发射的 γ 光子或 β 电子对人体所致的直接外照射，使用放射性药物过程中会产生放

射性三废。

2.2. 主要环境影响及其预测评价结果

（1）屏蔽体外剂量率控制水平

根据屏蔽计算结果，机房屏蔽墙体外、迷道口的剂量率水平均低于其剂量率控制水平。

（2）工作人员

经分析计算，本项目各类辐射工作人员的年最大受照剂量均低于其剂量约束值 5mSv/a。

（3）公众

经分析计算，本项目运行所致周围公众的年最大受照剂量低于其剂量约束值 0.1mSv/a。

2.3. 辐射防护与环境保护措施

2.3.1. 辐射工作场所分区

为便于辐射防护管理和职业照射控制，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，应将辐射工作场所分为控制区和监督区。

对于质子治疗装置辐射工作场所，具体分区如下：

（1）控制区：回旋加速器大厅、束流输运线隧道、2 间治疗室；

（2）监督区：上述各控制区屏蔽墙体外四周紧邻的场所。

控制区管理要求：控制区入口处明显位置粘贴电离辐射警告标志，门禁列入安全联锁系统。装置运行期间禁止进入，仅经授权并解除联锁后才能进入控制区内，进入控制区的辐射工作人员必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

监督区管理要求：监督区入口处设标牌表明监督区，需经授权方可进入，进入监督区的辐射工作人员必须佩戴个人剂量计。

对于直线加速器、DSA、ERCP 和模拟 CT 机房辐射工作场所：

（1）控制区：8 间直线加速器机房（含迷道）、模拟 CT 机房内部、DSA 机房内部、ERCP 机房内部；

（2）监督区：上述各控制区屏蔽墙体外四周紧邻的场所。

控制区管理要求：控制区入口处明显位置粘贴电离辐射警告标志，入口门和装置出束状态联锁，装置运行期间禁止进入。停机后进入控制区的辐射工作人员必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

监督区管理要求：监督区入口处设标牌表明监督区，边界处设置电离辐射警告标志，防止无关人员进入受到不必要的照射。进入监督区的辐射工作人员必须佩戴个人剂量计。

对于回旋加速器制备 PET 药物辐射工作场所：

（1）控制区：回旋加速器机房、核素合成热室、质检区、外包等。控制区边界均设计辐射防护实体屏蔽，入口设置明显的电离辐射警告标志，在控制区出入口提供辐射监测设施和更衣、去污场所，进入控制区的辐射工作人员必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

（2）监督区：更换鞋、一更、二更。监督区只允许经授权的辐射工作人员进入。

对于核医学科辐射工作场所：

（1）控制区：包括储源间、放射性废物间、分装注射室、注射室、运动负荷室、运动/急救室、PET-CT 机房、SPECT-CT 机房、注射后候诊室、留观室等。在控制区入口张贴电离辐射警告标志，警示无关人员不要进入控制区或在出入口长期停留。

（2）监督区，包括控制室、缓冲间、与控制区相邻的走廊等。

2.3.2. 辐射屏蔽

2.3.2.1. 设计标准

对于射线装置机房四周墙体、顶板、地板以及防护门，考虑装置运行期间产生的辐射对工作人员和环境的影响，主要依据的设计标准如下：

（1）年剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对照射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，以职业照射剂量限值的 1/4 即 5mSv/a 作为职业人员的年剂量约束值，以公众照射剂量限值的 1/4 即 0.1mSv/a 作为公众的年剂量约束值。

（2）屏蔽体外剂量率控制水平

各场所屏蔽体剂量率控制水平按表 1-1 中所列的标准执行。

2.3.2.2. 屏蔽体外剂量率计算结果

对于质子治疗系统，采用目前国内外通用的FLUKA程序进行辐射屏蔽计算，并利用国标《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 5 部分：质子加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.5-2015）中推荐的经验公式法对设计方案进行验证计算。对于直线加速器、模拟 CT 机房、DSA 机房、ERCP 机房，根据 NCRP NO.151 号报告、GBZ201 系列卫生标准中推荐的估算模式分别对上述治疗机房屏蔽体外各关注点处的剂量率进行计算。对于本项目中的核素制备区，回旋加速器可制备 ^{18}F、^{13}N、^{11}C、^{89}Zr、^{68}Ga 等，分析预测药物制备场所周围的辐射水平。对于核医学科控制区各房间辐射屏蔽效能核算主要考虑储源间、分装注射室、运动/急救室、注射后候诊室、PET-CT 机房、SPECT-CT 机房、留观室。预测结果显示以上各个辐射工作场所屏蔽体外剂量率均能满足表 1-1 的要求。

2.3.3. 辐射安全连锁系统

为保证控制区内部的人员免受辐射危害，本项目设计了完备的辐射安全联锁

系统，严格按“最优切断”、“失效保护”及“冗余设计”等设计原则，通过门-机联锁、紧急停机、声光报警、清场搜索、视频监控等安全设施，确保当某一区域有束流时，该区域的门无法打开，工作人员不能进入该区域；当设备某一区域有人时，束流也不能被传输到该区域。防止人员误操作，保障工作人员和公众的人身安全。

人身安全联锁系统采用可编程控制技术、门禁控制技术及自动门技术、集散式控制技术、计算机网络与通讯技术、探测与数据处理技术、设备自诊断与自恢复技术等，对各安全联锁部件进行实时监测，并将信号输入安全联锁系统，只有在联锁条件全部满足的情况下，才允许束流的产生和加速。任一联锁条件被破坏都将导致安全联锁系统被破坏，从而导致束流的切断，确保人员安全。

2.3.4.工作场所辐射监测

本项目射线装置使用场所以及核素制备区内部以及上述场所屏蔽体外人员长居留场所以及周围环境均安装有固定式辐射监测仪表，用于监测上述场所内部和屏蔽体外的辐射水平，监测数据实时显示，以验证屏蔽措施的可靠性，防止辐射泄漏，保证工作人员和公众的安全。

2.3.5.放射性三废处理

2.3.5.1.质子治疗系统

（1）放射性废气

质子治疗系统运行产生的气态感生放射性核素均为短半衰期核素，经过一段时间后可自行衰变至较低水平。现有的通风系统设计能够治疗机房内的空气感生放射性核素的浓度均低于各自的导出空气浓度。

质子治疗机房的治疗室和设备区均设有排风管道，装置运行过程中产生的感生放射性气体由各区域屋面排入环境。考虑到其排入大气后的扩散和稀释，其对环境的影响很小。

（2）放射性废液

本项目产生的放射性废液主要是活化的冷却水。质子治疗系统所用冷却水为去离子水，去离子水在使用过程中，由于 ^{16}O 散裂反应可能形成的放射性核素除 ^{7}Be、^{3}H 外，其余核素的半衰期都很短，放置一段时间就基本可以衰变。

质子治疗系统使用场所设有冷却水暂存设施，用于暂存排出的活化冷却水。冷却水排放前需委托有资质的单位对其进行取样分析，满足相关排放标准要求后，方可作为一般废水排放。

（3）放射性固体废物

质子治疗系统的常规操作期间不会产生放射性固体废物。参照国外同类型质子治疗系统的运行经验，其产生的主要放射性固体废物为维护维修环节更换下来的一些易损易活化的结构部件。这些放射性固体废物的主要材料是钢、碳和镍。停机后对活化结构部件剂量率贡献较大的主要是 ^{54}Mn、^{51}Cr、^{52}Mn、^{57}Co 和 ^{58}Co 等半衰期较长的核素。

医院根据放射性固体废物的贮存情况进行集中处理，处理前需对其活度或活度浓度进行分析：

1）对于满足豁免标准的：

①可回收利用的部件，回收后复用。

②不能回收利用的部件，经审管部门认可后，豁免后按一般废物处理；

2）对于不满足豁免标准的，委托有资质单位处理。

医院需对每次放射性固体废物的处理情况进行记录并存档，具体记录内容包括每次处理的固体废物名称种类、废物量、剂量率监测结果以及最终去向等。

2.3.5.2.直线加速器

本项目使用电子直线加速器 X 射线的最高能量为 10MV，运行期间不会产生感生放射性，其运行期间也不会产生放射性三废。在开机出束时，可能会产生少量的臭氧和氮氧化物，通风系统正常运行可排出机房内的臭氧和氮氧化物。

2.3.5.3. Ⅲ类射线装置

模拟定位CT机等Ⅲ类射线装置正常运行期间主要的放射性污染物为开机出束时产生的X射线贯穿辐射，不产生放射性废水、废气和固体废物。

2.3.5.4.DSA、ERCP

DSA 和 ERCP 在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。射线装置在运行时，X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，此外无其它废水和固体废弃物产生。

2.3.5.5.核素制备

（1）放射性废气

本项目制备的放射核素主要为液态药物，对于气态药物标记及分装均在热室中进行，逸散的放射性放气体极少，产生的少量放射性气体通过专用的排风系统并经过滤后排放。

（2）放射性废液

PET 药物制备区域主要为辐射工作人员去污产生的少量放射性废水，废水排入衰变池，另 PET 药物在合成-离子俘获过程中，产生极少量放射性废液。

（3）放射性固体废物

PET 药物制备过程产生的放射性固体废物包括：

1）合成过程中产生的极少量的沾污放射性核素硅胶、树脂、氧化铝、滤膜和过滤柱等；

2）通风系统中置换下的废滤芯；

3）药物分装、质检过程中产生的废棉签、试管、一次性手套等；

4）事故情况下发生洒落，首先用吸水纸擦拭，然后用酒精棉球反复擦擦拭后直至检测数据合格，擦拭使用的吸水纸、酒精棉球等作为放射性固废处理。

放射性废物产生后暂存于热室内的废物桶内。

2.3.5.6.核医学

（1）放射性废气

本项目使用的放射性药物主要为液态，挥发性较低，核医学科设置独立的排风系统，废气经排风管道引至屋顶，经过滤后排放。

（2）放射性废液

放射性废液主要来自卫生间冲厕废水，辐射工作人员洗手废水等，放射性废水排入衰变池中暂存衰变，满足衰变时长后经有资质单位监测达标后排入医院污水处理系统。

（3）放射性固体废物

放射性固体废物主要来源于患者使用的注射器、棉棒、一次性防护用品等，放射性固废按核素、收储日期分类暂存在废物间，满足解控水平经解控后按一般医疗废物处理。

2.4. 风险防范措施及应急预案

本项目可能发生的事故包括质子治疗系统运行期间安全联锁系统失效、人员误入治疗机房内部或工作人员在机房内工作期间设备出束造成的误照射事故和冷却水泄漏事故；加速器类射线装置运行期间工作人员在机房内从事摆位、维护维修等工作期间，或病人家属等进入加速器机房内未撤离，此时加速器开机出束时造成人员误照；核医学科发生放射性药物洒落，辐射工作人员进行处理时受到照射等。

质子系统、直线加速器机房、DSA 机房、ERCP 机房、回旋加速器机房都设有安全联锁系统，确保治疗机房内部有束流时，房间门无法打开，人员不能进入房间内部；当上述房间内部有人时，束流也不能被传输到房间内部。能够保证工作人员的安全。

此外，建设单位正在建立一系列辐射安全管理制度，包括《操作规程》、《人员培训计划》、《辐射防护与安全保卫制度》等。放射工作人员需加强专业知识学习，加强辐射安全与防护培训，严格遵守操作规程和规章制度。管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。建设单位将成立事故应急管理小组并制定了《辐射事故应急预案》，规定了事故上报、应急处理、应急装备保障等方面的内容。确保在发生辐射事故时，能有序、迅速地采取正确的处理措施，缓解事故后果，控制辐射事故的发展，将事故对人员、财产和环境的损失减少到最低限度。

2.5. 建设项目对环境影响的经济损益分析结果

建设单位通过引进世界领先的质子治疗治疗系统，有利于推广和普及质子治疗技术；同时培育造就一支高素质的创新型研究队伍，提升国家整体创新能力和国际竞争力，提高我国高端医疗设备研发以及生产的国际地位，满足成都市及周边地区的恶性肿瘤精准高端治疗的需求。

本项目在创造很大的经济效益和社会效益的同时，也要付出一定的代价：少量的瞬发辐射穿过屏蔽体进入周围环境，工作人员和周围公众受到少量的辐射照射；少量的放射性气体进入大气环境；每年将有少量的放射性固体废物产生等。根据前面章节的分析，项目运行期间对环境的影响均低于国家标准中规定的限值，其影响都是可以接受的。

因此，本项目的经济效益、社会效益和环境效益能够得到很好的统一。

2.6. 建设单位拟采取的辐射监测计划和安全管理

2.6.1. 辐射监测计划

本项目辐射监测总体包括环境监测、工作场所监测和个人剂量监测。环境监测采用固定式在线区域辐射监测和巡测相结合的方式；工作场所监测采用固定式在线区域辐射监测和巡测相结合的方式；个人剂量监测采取累积式个人剂量监测计监测为主，个人剂量报警仪为辅的方式进行。

2.6.1.1.环境监测

本项目环境监测包括采用便携辐射监测仪表进行连巡测、固定在线辐射监测和环境介质取样分析三种方式。环境监测每年至少进行一次，监测数据记录存档。

辐射环境监测计划包括在本项目建筑墙体外周围环境采用便携式仪表巡测和固定式仪表监测外照射剂量率，环境介质取样分析委托有资质的单位进行，主要对建筑墙体外周围环境介质样品（主要是土壤）进行取样分析，频次至少为一年一次。

2.6.1.2.工作场所监测

本项目工作场所监测采用安装固定式监测仪表和便携式监测仪表相结合的方式。每年至少进行一次，监测数据记录存档。

辐射工作场所监测计划包括：对于质子治疗机房，采用固定式仪表和便携式仪表监测外照射剂量率（包括 γ 辐射剂量率和中子剂量当量率）；对于直线加速器机房、DSA 机房、ERCP 机房和回旋加速器机房，采用固定式仪表和便携式仪表监测外照射剂量率；对于核医学科，采用便携式仪表监测外照射剂量率和表面污染水平。

2.6.1.3.个人剂量监测

本项目辐射工作人员个人剂量监测采取累积式个人剂量计监测为主，个人剂量报警仪为辅的方式进行。质子治疗机房配备的个人剂量计和个人剂量报警仪均需具有监测 X-γ 和中子的功能。

个人剂量计用于对放射性工作人员和相关医护人员的常规个人剂量监测，医院为每名放射性工作人员配备了个人剂量计，进入辐射工作场所必须佩戴个人剂量计，委托有资质的单位监测，监测周期不超过三个月。发现个人剂量监测结果异常的，应立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

个人剂量报警仪用于工作人员在治疗机房等控制区内部工作时使用，报警仪能够实时显示工作人员该次工作的受照剂量和场所的剂量率水平，能够进行实施

剂量预警。医院安排专人负责个人剂量监测的管理，为进入控制区内工作的人员建立档案，每次在控制区内的工作结束后，由辐射安全专职管理人员负责回收个人剂量报警仪，并记录工作人员的工作时间和该次工作期间的受照剂量，统一汇总在该工作人员个人剂量档案中。

此外，医院对放射工作人员进行健康体检，两次体检的时间间隔不超过 2 年。

2.6.2. 辐射安全管理

（1）辐射安全管理机构

医院拟设置专门的辐射安全与环境保护管理小组，组长由分管安全的医院领导担任，全面负责辐射防护和安全管理的领导工作；小组成员由医务处、质子治疗科室、核医学科、放疗科等涉及核技术利用工作的科室领导和工作人员组成，具体承担辐射防护和安全管理的日常工作。本项目建成后，由该领导小组负责本项目相关的辐射安全和管理工作。

（2）辐射工作人员管理

本项目的辐射工作人员主要为辐射防护负责人、从事放射治疗的医生、物理师、技师以及核医学科的药剂师、技师、给药护士等。

建设单位制定了辐射工作人员培训计划，新从事辐射活动人员以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，必须通过生态环境部培训平台报名参加辐射安全与防护考核，考核合格后，方可上岗。

（3）辐射安全管理制度

为加强辐射安全管理，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》等法规的要求，医院目前正在建立一系列辐射安全管理制度，主要内容涵盖《辐射安全管理组织机构及岗位职责》、《辐射安全保卫制度》、《辐射监测计划》、《个人剂量监测及健康档案管理制度》、《工作人员培训制度》、《放射性废物管理规定》、《操作规程》、《设备检查与维修制度》，建成后可满足辐射安全管理要求。

3. 环境影响评价结论

成都医投华西国际肿瘤治疗中心（重离子质子）项目一期的建设符合国家相关的法律规定和国家产业政策。建设项目目的明确、理由正当，同时具备了技术、人员和经费等条件。

环境影响预测结果表明，本项目运行时对周围环境的影响满足我国法规标准的要求。本项目在认真落实本报告书中的各项污染防治措施和管理措施后，将具备从事本次申请的核技术利用活动的技术能力和辐射安全防护能力，项目建成投入运行后对环境影响符合环境保护的要求，故从环境保护角度考虑，本项目的建设是可行的。

4. 联系方式

（1）建设单位概要

建设单位名称：成都医投质子重离子医院管理有限公司

联系地址：成都市高新区泰和二街 170 号

建设单位联系人：王琨

建设单位联系方式：15811191139

E-mail：cdytzlz@126.com

（2）环评机构概要

环评机构名称：中国原子能科学研究院

环评机构地址：北京市房山区新镇北坊

环评机构联系人：刘工

环评机构联系方式：010-69359056

E-mail：1976810413@qq.com

邮编：102413