核技术利用建设项目

重庆大学超瞬态实验装置预研项目
环境影响报告书

（公示稿）

重　庆　大　学

2023 年 12 月

环境保护部监制

重庆大学关于同意对《重庆大学超瞬态实验装置预研项目环境影响报告书》（公示版）进行公示的说明

重庆市生态环境局：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等有关规定，我单位委托上海核工程研究设计院股份有限公司编制了《重庆大学超瞬态实验装置预研项目环境影响报告书》，报告书内容及附图附件均真实有效，我单位作为环境保护责任主体，愿意承担相应的责任，报告书（公示版）不涉及技术秘密和商业秘密，仅对个人隐私（个人签字）进行涂黑。我单位同意对报告书（公示版）进行公示。

特此说明。

重庆大学

2023年12月12日

核技术利用建设项目

重庆大学超瞬态实验装置预研项目
环境影响报告书

重　庆　大　学

2023 年 12 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

重庆大学超瞬态实验装置预研项目

环境影响报告书

建设单位名称：重庆大学

建设单位法人代表（签名或签章）：王树新 [redacted]

通讯地址：重庆市沙坪坝区正街 174 号

邮政编码：400030　　联系人：杨尧

电子邮箱：dkxzz@cqu.edu.cn　　联系电话：18609315565

打印编号：1684198826000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	34on0g
建设项目名称	重庆大学超瞬态实验装置预研项目
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告书
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	重庆大学
统一社会信用代码	12100000400002697C
法定代表人（签章）	王树新[redacted]
主要负责人（签字）	唐文新[redacted]
直接负责的主管人员（签字）	唐文新、向导、姜伯承、黄天林[redacted]
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	上海核工程研究设计院股份有限公司
统一社会信用代码	91310104132672722W
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
高真	2015035310352013423070000513	BH010335	[redacted]

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
高真	概述、自然环境与社会环境概况、工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、利益-代价简要分析、结论与建议	BH010335	[redacted]

重庆大学超瞬态实验装置预研项目
环境影响报告书

审核、审定人员名单

审　定：黄晓冬 [redacted]

审　核：王　雪 [redacted]

上海核工程研究设计院股份有限公司

二〇二三年十二月

目 录

1 概述 - 1 -

1.1 项目名称、地点 - 1 -

1.2 项目概况 - 1 -

1.2.1 建设单位概况及项目由来 - 1 -

1.2.2 建设内容 - 6 -

1.2.3 周边环境 - 8 -

1.2.4 核技术利用项目辐射安全许可情况 - 8 -

1.2.5 单位原有辐射项目环保情况回顾 - 9 -

1.3 产业政策及用地、规划相符性分析 - 10 -

1.3.1 产业政策相符性分析 - 10 -

1.3.2 规划相符性分析 - 12 -

1.3.3 三线一单相符性分析 - 16 -

1.4 编制依据 - 18 -

1.4.1 法律法规 - 18 -

1.4.2 标准规范、导则 - 20 -

1.4.3 规划及相关 - 21 -

1.4.4 其他技术文件 - 21 -

1.5 评价标准 - 22 -

1.5.1 剂量限值 - 22 -

1.5.2 剂量约束值 - 22 -

1.5.3 剂量率控制水平 - 22 -

1.5.4 放射性废气 - 23 -

1.5.5 放射性废液 - 24 -

1.5.6 放射性固体废物 - 24 -

1.6 非放射性相关标准 - 24 -

1.6.1 评价等级 - 24 -

1.6.2 环境质量标准 - 26 -

1.6.3 污染物排放标准 - 27 -

1.7 评价范围和保护目标 - 28 -

2 自然环境与社会环境概况 - 32 -

2.1 自然环境概况 - 32 -

2.1.1 地理位置 - 32 -

2.1.2 地形地貌及地质 - 32 -

2.1.3 气候气象 - 33 -

2.1.4 水文特征 - 33 -

2.1.5 土壤、植被 - 34 -

2.2 社会经济状况 - 34 -

2.3 西部（重庆）科学城 - 34 -

2.4 环境质量和辐射现状 - 35 -

2.4.1 大气环境质量 - 35 -

2.4.2 地表水环境质量 - 37 -

2.4.3 声环境质量评价 - 38 -

2.4.4 辐射环境现状 - 39 -

2.5 厂址适宜性评价 - 46 -

3 工程分析与源项 - 47 -

3.1 项目规模与基本参数 - 47 -

3.1.1 项目建设内容 - 47 -

3.1.2 项目主要构筑物 - 47 -

3.1.3 项目工程组成 - 47 -

3.1.4 本项目人员配置 - 49 -

3.2 设备组成与工艺分析 - 49 -

3.2.1 工程设备组成与工作方式 - 49 -

3.2.2 工作流程及产污环节 - 58 -

3.2.3 人流、物流流线 - 61 -

3.3 公用工程 - 63 -

3.3.1 给水、排水 - 63 -

3.3.2 供冷、供热 - 64 -

3.3.3 供电 - 64 -

3.3.4 供气 - 64 -

3.3.5 工艺冷却水系统 - 64 -
3.4 辐射污染源项 - 65 -
3.4.1 瞬发辐射源 - 65 -
3.4.2 感生放射性 - 68 -
3.5 放射性废弃物 - 81 -
3.5.1 废气 - 81 -
3.5.2 废水 - 85 -
3.5.3 固废 - 86 -
3.5.4 放射性污染物产、排情况一览表 - 86 -
3.6 非放射性污染源项 - 86 -
3.6.1 施工期 - 86 -
3.6.2 运行期 - 88 -
4 辐射安全与防护 - 94 -
4.1 场所布局与屏蔽 - 94 -
4.1.1 工作场所平面布局 - 94 -
4.1.2 气流组织 - 95 -
4.1.3 工作场所分区 - 95 -
4.1.4 屏蔽防护方案 - 97 -
4.2 辐射安全与防护措施 - 101 -
4.2.1 系统概述 - 101 -
4.2.2 设计原则 - 101 -
4.2.3 运行模式 - 103 -
4.2.4 组成及构成 - 104 -
4.2.5 逻辑流程 - 111 -
4.3 三废的治理 - 115 -
4.3.1 放射性废气 - 115 -
4.3.2 放射性废水 - 120 -
4.3.3 放射性固废 - 120 -
4.4 服务期满后的环境保护措施 - 125 -
4.4.1 退役流程 - 125 -

4.4.2 退役目标 - 126 -
4.4.3 退役原则 - 126 -
4.4.4 退役准备 - 126 -
4.4.5 环境影响评价文件编制 - 127 -
4.4.6 退役活动实施 - 127 -
4.4.7 退役完成 - 127 -
5 环境影响分析 - 128 -
5.1 建设阶段对环境的影响 - 128 -
5.1.1 大气环境影响分析 - 128 -
5.1.2 水环境影响分析 - 128 -
5.1.3 声环境影响分析 - 129 -
5.1.4 固体废物影响分析 - 129 -
5.1.5 水土流失 - 130 -
5.2 运行阶段对环境的影响 - 131 -
5.2.1 场所辐射水平 - 131 -
5.2.2 人员受照剂量 - 158 -
5.2.3 放射性三废的环境影响 - 164 -
5.2.4 其他非放射性环境影响 - 166 -
5.3 事故影响分析 - 173 -
5.3.1 事故分析 - 173 -
5.3.2 事故影响分析 - 174 -
6 辐射安全管理 - 177 -
6.1 机构与人员 - 177 -
6.1.1 辐射安全与环境保护管理机构设置与职能 - 177 -
6.1.2 关键岗位人员及辐射工作人员配备 - 177 -
6.2 辐射安全管理规章制度 - 178 -
6.2.1 制定管理规章制度 - 178 -
6.2.2 拟开展管理措施 - 179 -
6.3 辐射监测 - 179 -
6.3.1 自主监测 - 180 -

6.3.2 委托监测 - 182 -
6.3.3 放射性三废监测管理 - 183 -
6.4 辐射事故应急 - 184 -
6.4.1 事故类型 - 184 -
6.4.2 事故应急响应程序 - 184 -
6.4.3 事故防范与应急措施 - 186 -
6.5 建设单位从事辐射活动能力分析评价 - 187 -
6.6 竣工环保验收 - 189 -
7 利益-代价简要分析 - 191 -
7.1 利益分析 - 191 -
7.2 代价分析 - 191 -
7.3 正当性分析 - 192 -
8 结论与建议 - 193 -
8.1 项目工程概况 - 193 -
8.2 产业政策及规划选址合理性 - 194 -
8.3 环境质量现状 - 194 -
8.4 辐射安全与防护 - 195 -
8.5 三废的治理 - 195 -
8.5.1 放射性三废 - 195 -
8.5.2 非放三废 - 196 -
8.6 环境影响分析 - 197 -
8.7 辐射事故风险 - 198 -
8.8 辐射安全管理 - 198 -
8.9 公众参与 - 198 -
8.10 总结论 - 199 -
8.11 建议和承诺 - 199 -
附图 1 本项目地理位置示意图 - 200 -
附图 2 本项目周边环境图 - 201 -
附图 3-1 光源区域平面布置图（地下一层） - 202 -

附图 3-2 光源区域平面布置图（一层）..... - 203 -

附图 3-3 光源区域平面布置图（地下夹层）..... - 204 -

附图 3-4 光源区域平面布置图（A-A 剖面）..... - 205 -

附图 3-5 光源区域平面布置图（B-B 剖面）..... - 206 -

附图 3-6 光源区域平面布置图（C-C 剖面、D-D 剖面、E-E 剖面、F-F 剖面）..... - 207 -

附图 4 动力用房平面布置图..... - 208 -

附图 5-1 超瞬态科学研究楼平面布置图（1 层）..... - 209 -

附图 5-2 超瞬态科学研究楼平面布置图（2 层）..... - 210 -

附图 5-3 超瞬态科学研究楼平面布置图（3 层）.....- 211 -

附图 5-4 超瞬态科学研究楼平面布置图（4 层）..... - 212 -

附图 6 本项目主要废气、废水防治措施于总平面位置示意图..... - 213 -

附件 1 委托书..... - 214 -

附件 2 项目用地不动产权证书..... - 215 -

附件 3 建设项目用地预审与选址意见书..... - 217 -

附件 4 建设用地规划许可证..... - 220 -

附件 5 可行性研究报告批复..... - 224 -

附件 6 辐射安全许可证..... - 227 -

附件 7-1 环境本底监测报告（X、γ 剂量率、噪声）..... - 234 -

附件 7-2 环境本底监测报告..... - 238 -

附件 8 水土保持方案登记表..... - 241 -

附件 9 重庆大学辐射安全管理规章制度..... - 254 -

1 概述

1.1 项目名称、地点

项目名称：重庆大学超瞬态实验装置预研项目

建设单位：重庆大学

建设性质：新建

建设地点：重庆高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块

本项目地理位置见图 1.1。

本项目位于重庆高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块，场区中心地理坐标 E106.273102，N29.547774。

1.2 项目概况

1.2.1 建设单位概况及项目由来

重庆大学是教育部直属的全国重点大学，创办于 1929 年，是一所以工为主、多学科协调发展的高校，1998 年获批国家“211 工程”重点建设高校。

学校学科门类齐全，涵盖理工经管法文史哲医教育艺术 11 个学科分类，设 7 个学部 35 个学院，以及 7 所附属医院。学校教职工 5300 余人，在校学生 5 万余人。校园占地面积 5300 余亩，有 A 校区、B 校区、C 校区、D 校区（虎溪校区）和两江校区。

重庆大学具备机电、能源、材料、信息、生物等学科优势，形成了与工业体系配套齐全的学科体系。在高分辨、三维、超快表面动态材料表征领域，打造了具有国际一流和具有独特能力的材料微观分析表征研究平台——电子显微镜中心，自主研发世界首台三维取向透射电镜和像差纠正超快自旋低能电子显微镜等高尖端设备；在高性能机械传动及其相关领域，拥有涵盖机械传动设计分析、加工制造和测试试验的国家重点研究平台“机械传动国家重点实验室”；在材料制造、加工领域，拥有“国家镁合金材料工程技术研究中心”，具备世界一流的先进分析检测仪器；在光电信息技术领域，拥有“光电技术及系统”等教育部重点实验室。“十二五”以来，承担国家自然科学基金重点项目、国家重点研发计划项目、973 项目、863 项目、国家科技支撑计划、国防科研项目等国家及省部级科研项目 5100 余项，获国家、省部级（科技）奖 266 项。

重庆大学充分发挥自身的学科优势、专业领域优势特色，结合学校自身前期研究基础和人才团队，为实现超瞬光子和电子耦合的精微超分辨探测手段，实现多尺度多维度瞬态超微物质表征研究，创新性提出培育建设重庆市首个大科学装置“超瞬态实验装置”。

超瞬态（Far-From-Equilibrium）指物质非平衡状态（或亚稳态）的形成与演变过程，

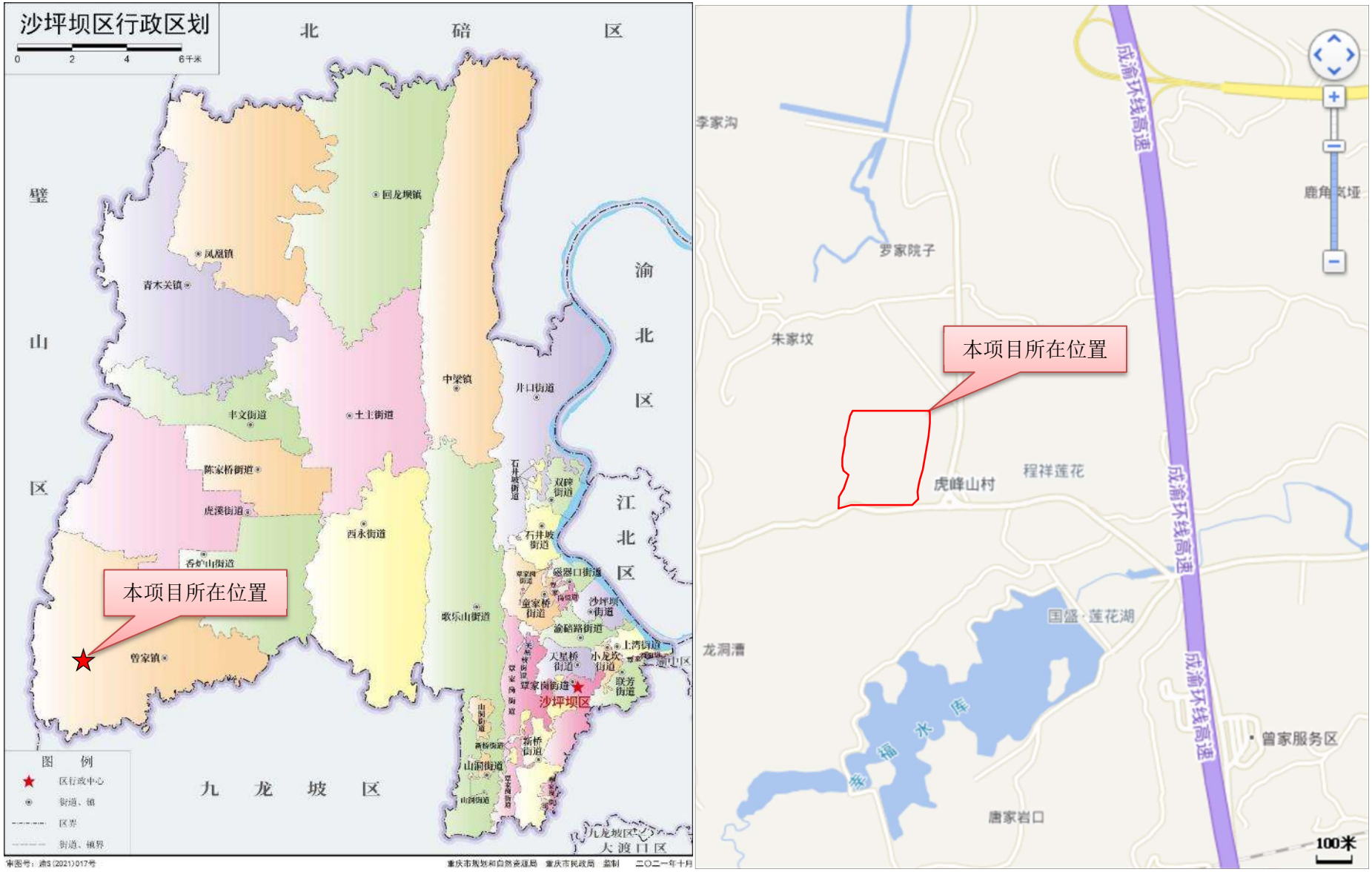


图 1.1 本项目于重庆市地理位置图

决定着物质的功能，对其开展相关研究是推动科学研究和应用研究从“结构的观察”迈向“功能的控制”的关键。超瞬态涉及时间尺度可从秒至飞秒（10^{-15} 秒），涉及的空间尺度可从米到埃米（10^{-10} 米）；在超瞬态物理变化过程中，物质的分子、原子、离子等处于高于平衡态自由能的状态，该状态广泛存在于光电转化、物理化学反应、地球物理演化、生命进化等过程中。

超瞬态科学是研究物质基本组成单元的分子/原子尺度的超快物理化学科学规律及其动态演化过程的核心科学。在原子和分子相互作用空间，其运动变化在飞秒（10^{-15} 秒）和皮秒（10^{-12} 秒）时间，运动变化范畴在纳米（10^{-9} 米）和埃（10^{-10} 米）尺度，而在这个微观尺度下，物质粒子的量子波动规律成为关键主导机制和核心，原子相互作用关系和物理化学特性不再是预期的单调变化，而是由量子波（电子，光子和准粒子）在时空的演化非平衡态规律为主导，这些新的重要现象和理论深入正是超瞬态科学的探索目标。

本项目建设超瞬态实验装置，将集成并调控超快电子与超快光子这两类先进探针，从不同维度不同尺度研究物质科学领域中各类物质和现象在远离平衡态下的动态演变规律；并重点结合成渝双城经济圈高端装备制造、先进材料、先进能源、电子信息、生物医药、航空航天、核工业技术等重点产业需求，开展量子和纳米材料、极紫外光刻、高温燃烧机理、新燃料电池、3D 打印、医学影像与早期诊断、超导等基础前沿研究，推进基础科学研究和产业技术创新融通发展，推动成渝地区建设具有全国影响力科技创新中心。

超瞬态实验装置由两大核心部分构成：一是超瞬态同步辐射装置；二是超瞬态电子显微镜集群。超瞬态实验装置项目共分两期实施，其中：一期项目为预研项目（亦即本次评价项目），核心任务是完成超瞬态电子显微集群和超瞬态同步辐射光源的核心技术验证，主要进行 0.5GeV 低能超瞬态同步辐射装置核心关键技术预研，包括：0.5GeV 直线加速器全能量注入器、强流储存环、及超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站，并建成全球第一个超瞬态电子和光子耦合集群。二期项目主要是在一期预研项目技术验证的基础上，建设 3GeV 超瞬态同步辐射光源并耦合高亮度辐射光源和超快电子显微镜。

超瞬态实验装置整个项目用地总占地面积约 333333m^2（500 亩），分两期用地，一期用地面积约 100000m^2（150 亩），用地位于整体项目地块南侧；二期用地面积约约 233333m^2（350 亩），用地位于整体项目地块北侧。

本次一期预研项目均位于一期用地，主要构筑物包括地下和地上两部分：地下区域——直线加速器装置（包括直线加速器隧道、输运线隧道、直线加速器工艺大厅等）、多用途束流平台用房、高功率测试区等。地上区域——1 栋辅助用房（1F，位于高功率测试区正上方）、储存环及其外围线站大厅（1F）、1 栋动力用房（2F）、1 栋超瞬态科学研究楼（4F）。

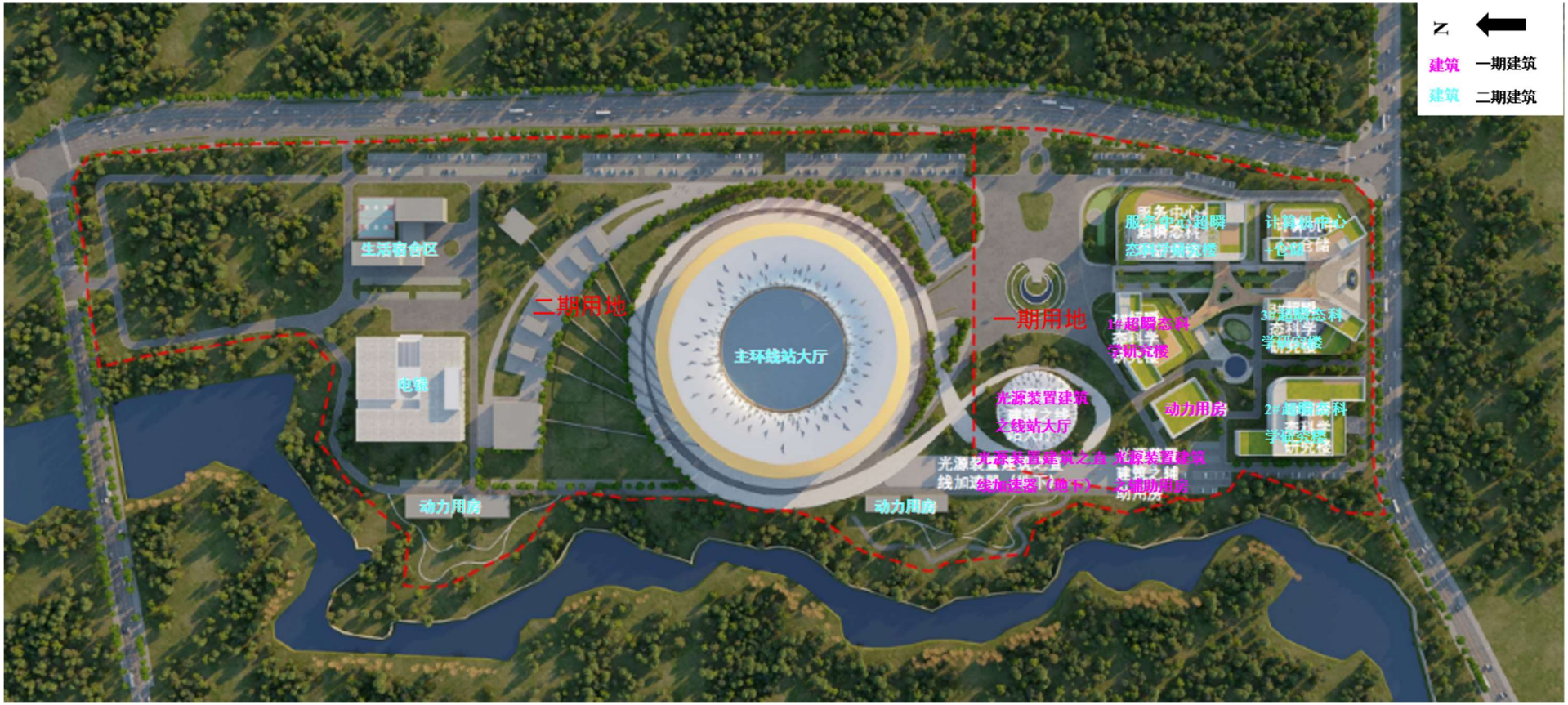


图 1.2-1 项目整体规划效果图

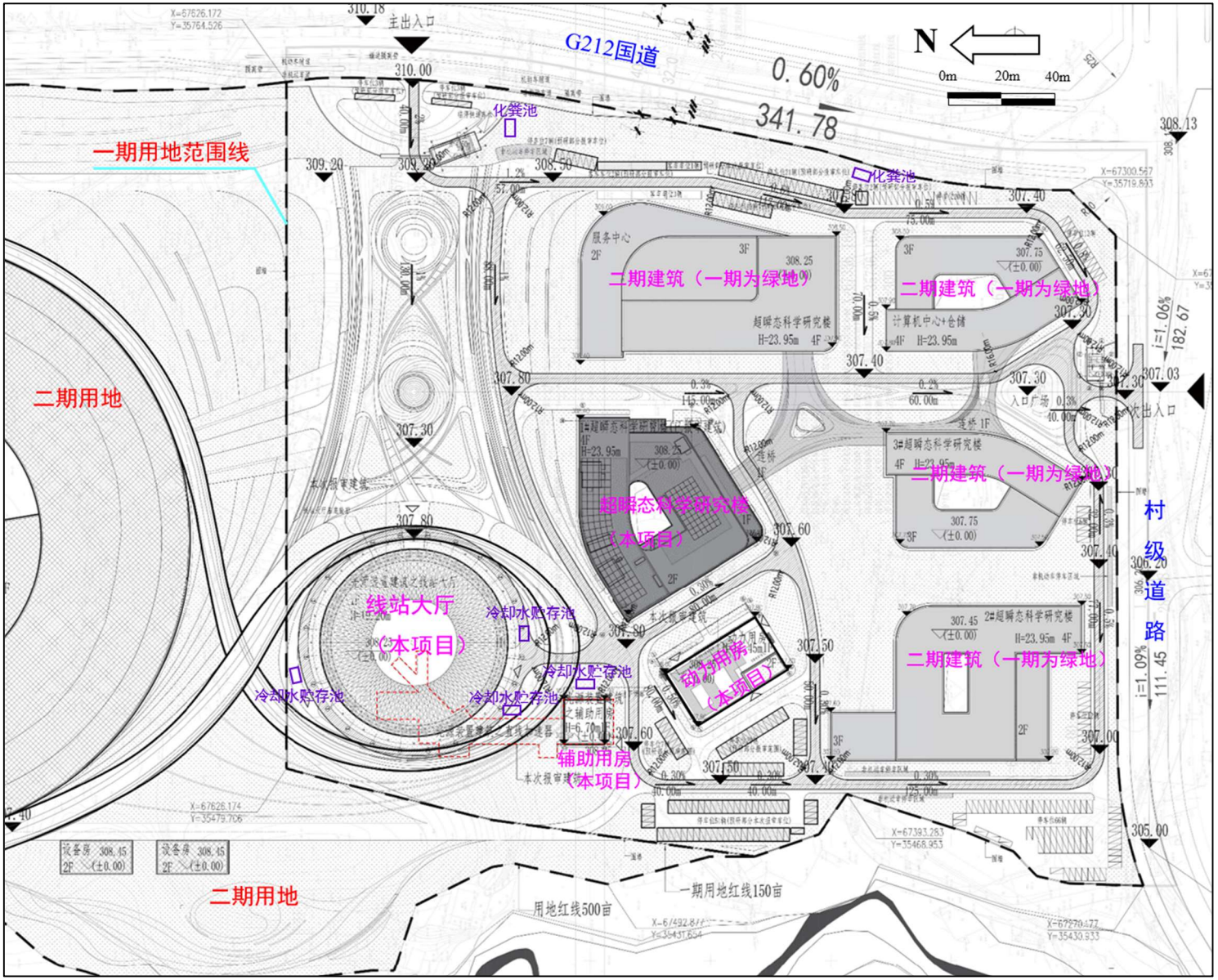


图 1.2-2 项目总平面布置图

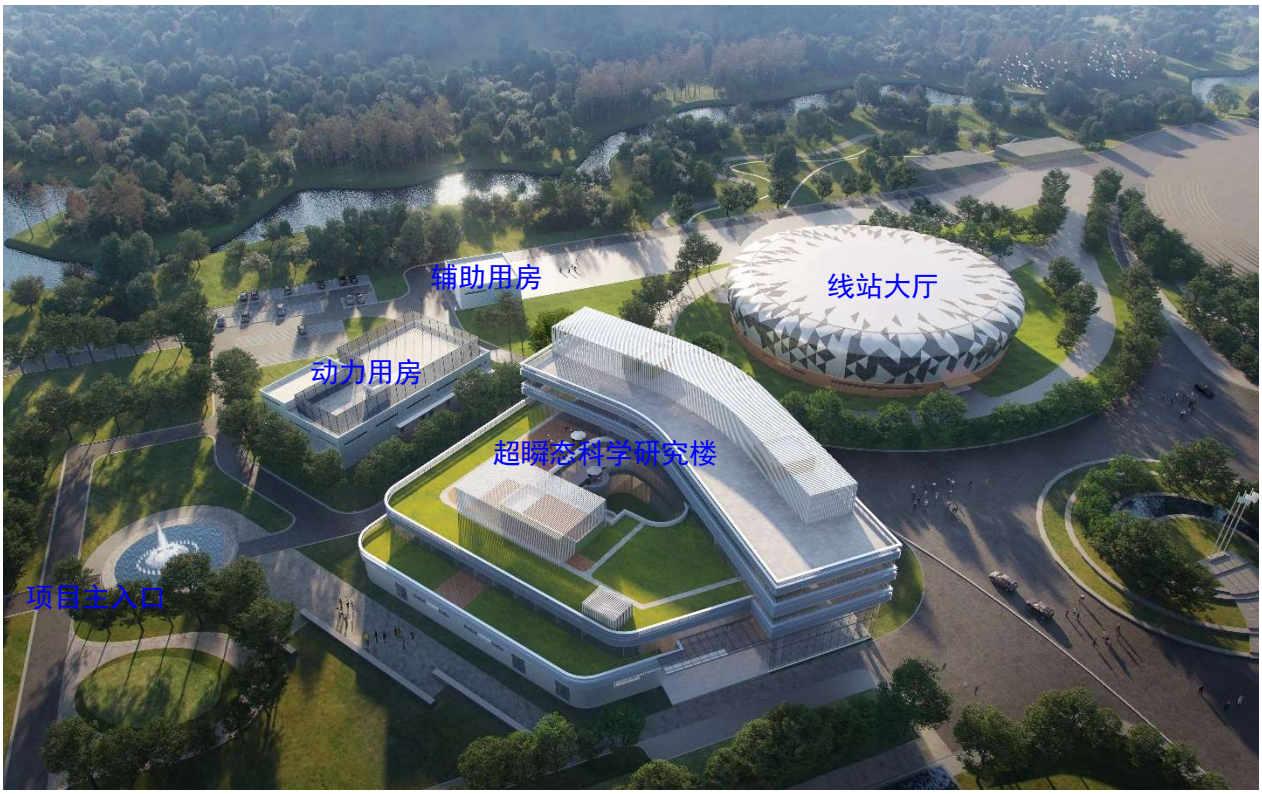


图 1.2-3 一期预研项目规划效果图

1.2.2 建设内容

重庆大学于 2021 年通过国有土地划拨的形式取得了重庆市高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块的国有建设用地使用权，2021 年 4 月 16 日取得《不动产权证书》（渝（2021）高新区不动产权第 000434386 号），拟建设超瞬态实验装置一期预研项目，用地面积 100015m^2，用地性质为教育用地。本项目总投资 79099 万元，环保投资 2590 万元。

超瞬态实验装置预研项目用地面积为 100015m^2，总建筑面积为 20031.2m^2，主要建设内容包括：

一、超瞬态同步辐射装置，主要为 500MeV 直线加速器、500MeV 强流储存环及 1 条超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站；另外，还包括多用途束流平台及高功率测试大厅。

二、超瞬态电子显微镜集群，包括超瞬态透射电子显微镜、超瞬态自旋极化低能电子显微镜、超瞬态四维 X 射线显微镜等。

项目主要构筑物包括直线加速器隧道（地下）及 1 栋 1 层的辅助用房、储存环及 1 层的线站大厅、1 栋 2 层的动力用房、1 栋 4 层的超瞬态科学研究楼。

超瞬态四维 X 射线显微镜为自屏蔽装置，设置于超瞬态科学研究楼内，为Ⅲ类射线装置，另行办理环境影响评价登记表手续，不在本项目评价范围内。

项目主要经济技术指标见表 1.2.2。

表 1.2.2 项目主要经济技术指标

序号	项目		指标	单位	说明
1	总用地面积		100015	m^2	/
2	总建筑面积		20031.2	m^2	地上建筑面积 15918.49m^2，地下建筑面积 4112.71m^2
	其中	直线加速器	2825.44	m^2	地上部分 315.5m^2，地下部分 2510.94m^2 地上部分主要为辅助用房，辅助用房地上 1 层，建筑高度 7.45m，其地下部分为高功率测试大厅。 直线加速器部分设地下一层及部分地下夹层（机电管廊），主要包括直线加速器隧道、工艺大厅、多用途束流平台，工艺大厅层高 6.7m，直线加速器隧道、多用途束流平台层高 4.5m。
		线站大厅	4190.51	m^2	1 层，高度为 19.2m。 包含储能环、线站大厅、控制室、空调兼排烟机房、电源和磁铁测试机房、真空调试机房、配电间、实验准备、线束准备、数据中心存储和计算房等。
		动力用房	2915.25	m^2	2 层，高度为 11.45m。 1 层：锅炉房、变配电房、开关站、工艺冷却水机房与热水泵房； 2 层：信息机房、压缩空气机房； 地下 1 层：消防水池、消防水泵房、冷冻机房、纯水机房、冷却塔补水机房及生活水泵房、地下管廊。
		超瞬态科学研究楼	10000	m^2	4 层，高度为 24.0m。 1 层：咖啡厅、会议室、纯水处理机房、化学制样室、制样室、离子制样室，实验室 1~17； 2 层：会议室、办公室； 3 层：报告厅、会议室； 4 层：交流空间（茶座）等。
		门卫房	100	m^2	1 层
3	停车位		130	个	均为地面停车位
4	容积率		0.47	/	数据为整体项目的指标，本项目纳入整体项目统筹考虑
5	绿化率		35	%	数据为整体项目的指标，本项目纳入整体项目统筹考虑
6	建筑密度		25	%	数据为整体项目的指标，本项目纳入整体项目统筹考虑

本项目具体建设内容如下：

（一） 超瞬态同步辐射装置

主要包括 500MeV 直线加速器、500MeV 强流储存环及 1 条超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站，为 I 类射线装置。

1、直线加速器：电子加速能量：500 MeV；束流流强：5nA；全局能散：<2%；束团长度：~20 ps；归一化发射度：≤100 mm-mrad rms，重复频率：5Hz。

2、500MeV 强流储存环：包含 4 个 4BA（4 bend achromat）的超周期和 4 个长直线节等。建设参数和主要技术指标如下：运行能量：500MeV；束流流强：1A；环周长：76.78m; 水平自然发射度：8.59nm-rad；阻尼时间（x/y/z）：59/59/29.5ms；每圈同步辐射能量损失（不考虑插入件）：4.34keV；电子在储存环中的运动周期：0.256μs。

3、超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站：光子能量可在 15~40eV 之间调谐，能量分辨率优于 0.5meV。

另外，直线加速器区域包括电子直线加速器、输运线、多用途束流平台；另外，直线加速器隧道南侧设置高功率测试大厅，主要用于加速管、高频腔等部件的测试。

（二） 超瞬态电子显微镜集群

主要指超瞬态透射电子显微镜、超瞬态极化低能电子显微镜、超瞬态四维 X 射线显微镜等。以上**显微镜中超瞬态四维 X 射线显微镜为Ⅲ类射线装置，另行办理环境影响评价手续，不在本项目评价范围内，其他均非辐射设备。**

（三） 主要建筑及配套用房

项目主要构筑物包括直线加速器隧道（地下）及 1 栋 1 层的辅助用房、储存环及 1 层的线站大厅、1 栋 2 层的动力用房、1 栋 4 层的超瞬态科学研究楼。

项目为超瞬态电子显微镜配套建设超瞬态科学实验楼，为 4 层建筑，主要设置实验室 1~17 共 17 间（超瞬态电子显微镜放置于实验室内）、制样室、会议室、报告厅等。**其中实验室第 17 为预留实验室，待具体实验内容确定后，根据具体开展的实验内容另行办理环境影响评价手续，不在本项目评价范围内。**

对照《关于发布<射线装置分类>的公告》（原国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目 1 台 500MeV 的直线加速器、500MeV 的储存环及其光束线站，属于“非医用射线装置”中的“粒子能量大于等于 100 兆电子伏的非医用加速器”，为Ⅰ类射线装置。根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，对照《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），本项目属“五十五、核与辐射-172、核技术利用建设项目-销售（含建造）、使用Ⅰ类射线装置的”，需编制环境影响报告书。

1.2.3 周边环境

本项目位于重庆高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块，项目所在地东侧为 G212 国道，隔国道以东为虎峰山村及其居委会（东侧场界距其最近约 40m）、南侧为村庄道路，隔道路以南为虎峰山村（南侧场界距其最近约 26m）及绿地，西侧为虎峰山村村办机械厂（毗邻本项目场界）、虎峰山村（西侧场界距其最近约 35m），北侧为二期用地，项目周边环境及保护目标情况见图 1.7.1-1 及 1.7.1-2。

1.2.4 核技术利用项目辐射安全许可情况

重庆大学为现有核技术利用单位，已持有重庆市生态环境局核发的辐射安全许可证，证书编号为：渝环辐证[00124]，现有证书有效期至 2028 年 10 月 11 日，许可种类和范围包括：生产、销售、使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。现有射线装置许可情况见下表。

表 1.2.4 现有射线装置许可情况一览表

序号	射线装置名称	装置类别	数量（台）	辐射活动场所名称	活动种类
1	医用 DR X 光机	III类	1	A 区放射科	使用
2	X 射线计算机断层扫描装置	III类	1	A 区校医院 CT 室	使用
3	医用车载 DR 数字 X 射线机	III类	1	A 区医院	使用
4	X 射线荧光光谱仪	III类	1	A 区综合大楼 112 室	使用
5	X 射线衍射仪	III类	1	A 区综合大楼 136 室	使用
6	医用 DR X 光机	III类	1	B 区放射科	使用
7	牙科 X 射线机	III类	1	B 区口腔科	使用
8	口腔 CT	III类	1	B 区口腔科	使用
9	X 射线衍射仪	III类	2	D 区理科楼 LC108	使用
10	X 射线能谱仪	III类	1	D 区理科楼 LC113	使用
11	单晶 X 射线衍射仪	III类	1	D 区理科楼 LF113	使用
12	微纳 CT 仪	III类	1	ICT 中心	使用
	大功率微焦 CT 仪	III类	1	ICT 中心	使用
13	非医用加速器	II类	10	ICT 中心	生产、销售
14	工业 CT	II类	20	ICT 中心	生产、销售
15	数字化 X 线摄影系统	III类	1	高压实验室 110 室	使用
16	数字化口腔全景 X 光机	III类	1	虎溪校区放射科	使用
17	X 射线摄影系统	III类	1	虎溪校区放射科	使用
18	煤岩热流固耦合 CT 试验系统	III类	1	煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室 118 室	使用

1.2.5 单位原有辐射项目环保情况回顾

1.2.5.1 环保手续履行情况

重庆大学现有辐射场所环保手续办理情况见下表。

表 1.2.5-1 重庆大学现有辐射场所环评及验收情况

项目名称	涉及内容	环评批文号及批文时间
放射源和射线装置项目环境影响报告表	生产、销售、使用II类射线装置，销售、使用II、III、IV、V类放射源	渝环（辐）证评[2006]14 号，2006 年 9 月 20 日

重庆大学现有生产、销售、使用II类射线装置项目于 2006 年完成环境影响报告表的编制。重庆大学已将该项目及现有III射线装置纳入辐射安全管理体系，每年定期监测并提交年度评估报告。

1.2.5.2 辐射工作人员受照剂量

重庆大学现有辐射工作人员 31 人，均已参加辐射安全与防护培训或考核（从事III类射线装置使用的辐射工作人员由学校自主考核，其他辐射工作人员统一参加生态环境主管部门组织的考核，并取得考核合格证书）。单位为每名辐射工作人员配备个人剂量计并定期委托资质单位对个人受照剂量进行检测。根据重庆大学出具的近一年（2022 年）个人剂量检测报告，重庆大学现有辐射工作人员个人剂量为 0.05~1.74mSv/a，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射年剂量限值（20mSv/年）和职业照射剂量约束值（5mSv/年）。

1.2.5.3 污染物排放及达标情况

（1）工作场所辐射水平

重庆大学定期委托资质单位对场所周围辐射水平进行检测，根据资质单位出具的场所检测报告（报告编号渝泉融放检字[2022]338-7 号、渝泉融放检字[2022]338-8 号等），现有辐射场所监测点位周围剂量率水平能够满足相应的标准限值要求。

（2）放射性“三废”情况

重庆大学现有核技术利用项目中无放射性“三废”产生。

1.2.5.4 辐射安全管理

重庆大学建立了较完整的辐射安全管理体系，制定了一系列规章制度，主要包括《加速器射线系统操作规程》、《450kV 射线系统操作规程》、《D-MAX-2500 射线衍射仪操作规程》、《X 射线荧光光谱操作规程》、《放射人员安全操作规程》、《X 射线衍射仪操作规程》、《Rigaku D-max 2500 X 射线衍射仪操作规程》、《PANalytical Empyrean X 射线衍射仪操作规程》、《Thermo QuanX X 射线荧光光谱仪操作规程》、《D/max-3c X 射线衍射仪操作规程》、《D/max-1200 X 射线衍射仪操作规程》、《重庆大学医院 X 光机操作规程》等。单位定期对现有辐射安全管理制度进行补充更新。

重庆大学现有辐射安全与防护管理机构设置情况见下表。

表 1.2.5-2 重庆大学辐射安全与防护管理机构情况

序号	管理人员	姓名	性别	专业	职务或职称	所在院系	学历	专/兼职
1	负责人	卢义玉	男	矿业工程	副校长	资源与安全学院	博士研究生	兼职
2	成员	钟代笛	男	生物工程	处长	实验室及设备管理处	博士研究生	兼职
3	成员	袁昌武	男	电气工程	副处长	实验室及设备管理处	硕士研究生	专职
4	成员	熊春	男	化学	科长	实验室及设备管理处	硕士研究生	专职
5	成员	陈侠宇	男	安全工程	科员	实验室及设备管理处	硕士研究生	专职

1.2.5.5 应急预案

重庆大学制定了辐射事故应急处置预案，并定期开展辐射事故应急演练。

1.2.5.6 环保投诉情况

单位运行以来，未发生过环保投诉。

1.3 产业政策及用地、规划相符性分析

1.3.1 产业政策相符性分析

本项目建设的超瞬态实验装置，是利用电子和光子作为探测手段，从不同维度不同尺度研究物质科学领域中各类物质和现象在远离平衡态下的动态演变规律。本项目已于 2021

年 12 月 23 日取得重庆市发展和改革委员会《关于超瞬态实验装置预研项目可行性研究报告的批复》（渝发改高技[2021]1753 号）。

对照《产业结构调整指导目录（2021 年修改）》，本项目属于“鼓励类——六、核能——6、同位素、**加速器**及辐照**应用技术开发**、三十一、科技服务业——10、国家级工程（技术）研究中心、国家产业创新中心、国家农业高新技术产业示范、国家农业科技园区、国家认定的企业技术中心、国家实验室、国家重点实验室、国家重大科技基础设施、高新技术创业服务中心、绿色技术创新基地平台、新产品开发设计中心、**科教基础设施**、产业集群综合公共服务平台、中试基地、**实验基地建设**”，属于国家鼓励类产业，未列入负面清单，综上，本项目符合国家产业政策。

对照《重庆市产业投资准入工作手册》（渝发改投[2018]541 号），本项目不属于不予准入类和限制准入类项目，符合《重庆市产业投资准入手册》（渝发改投[2018]541 号）的要求。

为贯彻落实《长江经济带发展负面清单指南（试行）》（推动长江经济带发展领导小组办公室文件第 89 号）、重庆市推动长江经济带发展领导小组办公室印发了《重庆市长江经济带发展负面清单实施细则（试行）》（渝推长办发[2019]40 号），本项目与渝推长办发[2019]40 号符合性分析见下表。

表 1.3.1 本项目建设与渝推长办发[2019]40 号相符性分析

序号	渝推长办发[2019]40 号的相关要求	本项目情况	是否相符
一	禁止建设不符合全国和省级港口布局规划以及港口总体规划的码头项目，禁止建设不符合《长江干线过江通道布局规划》的过长江通道项目。	本项目不属于码头、过长江通道项目	相符
二	禁止在自然保护区核心区、缓冲区的岸线和河段范围内投资建设旅游和生产经营项目。禁止在风景名胜区核心景区的岸线和河段范围内投资建设与风景名胜资源保护无关的项目。	本项目不位于自然保护区、风景名胜区内，本项目所在地块为教育用地	相符
三	禁止在饮用水水源一级保护区的岸线和河段范围内新建、改建、扩建与供水设施和保护水源无关的项目，以及网箱养殖、旅游等可能污染饮用水水体的投资建设项目。禁止在饮用水水源二级保护区的岸线和河段范围内新建、改建、扩建排放污染物的投资建设项目。	本项目用地不涉及饮用水水源保护区	相符
四	禁止在水产种质资源保护区的岸线和河段范围内新建排污口，以及围湖造田、围海造地或围填海等投资建设项目。禁止在国家湿地公园的岸线和河段范围内挖砂、采矿，以及任何不符合主体功能定位的投资建设项目。	本项目用地不涉及水产种质资源保护区、国家湿地公园	相符
五	禁止在《长江岸线保护和开发利用总体规划》划定的岸线保护区内投资建设除保障防洪安全、河势稳定、供水安全以及保护生态环境、已建重要枢纽工程以外的项目，禁止在岸线保留区内投资建设除保障防洪安全、河势稳定、供水安全、航道稳定以及保护生态环境以外的项目。禁止在《全国重要江河湖泊水功能区划》划定的河段保护区、保留区内投资建设不利于水资源及自然生态保护的项目。	本项目用地不属于文件中所述的保护区	相符
六	禁止在生态保护红线和永久基本农田范围内投资建设除国家重大战略资源勘查项目、生态保护修复和环境治理项目、重大基础设施项目、军事国防项目以及农牧民基本生产生活等必要的民生项目以外的项目。	本项目用地不涉及生态保护红线以及永久基本农田	相符

七	禁止在长江干支流 1 公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目。禁止在合规园区外新建、扩建钢铁、石化、化工、焦化、建材、有色等高污染项目。	本项目不属于工业项目	相符
八	禁止新建、扩建不符合国家石化、现代煤化工等产业布局规划的项目。	本项目不属于化工、现代煤化工等项目	相符
九	禁止新建、扩建法律法规和相关政策命令禁止的落后产能项目。	本项目不属于落后产能项目	相符
十	禁止新建、扩建不符合国家产能置换要求的严重过剩产能行业的项目。	本项目不属于落后产能项目	相符

综上，本项目建设符合《重庆市长江经济带发展负面清单实施细则（试行）》（渝推长办发[2019]40 号）的相关要求。

1.3.2 规划相符性分析

1.3.2.1 与《国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030 年）》相符性

根据《国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030 年）》：“当前，我国正处于建设创新型国家的关键时期，按照全国科技创新大会部署和深化科技体制改革要求，前瞻谋划和系统部署重大科技基础设施建设，进一步提高发展水平，对于增强我国原始创新能力、实现重点领域跨越、保障科技长远发展、实现从科技大国迈向科技强国的目标具有重要意义……把握科学技术发展的总体趋势，有机衔接现有科技资源，统筹考虑学科领域布局，加强国际合作，全面系统谋划重大科技基础设施建设与发展，形成“探索一批、预研一批、建设一批、运行一批”的发展格局……瞄准科技前沿研究和国家重大战略需求，根据重大科技基础设施发展的国际趋势和国内基础，以能源、生命、地球系统与环境、材料、粒子物理和核物理、空间和天文、工程技术等 7 个科学领域为重点，从预研、新建、推进和提升四个层面逐步完善重大科技基础设施体系。”

本项目为重庆大学超瞬态实验装置预研项目，属于重大科技基础设施建设。设施建成后将引领超瞬态物质科学领域发展，建立国际合作交流与人才培养平台，服务于物质科学前沿研究，推动物理、化学、生物、医学、材料、先进制造等领域科学技术发展。

因此，本项目建设与《国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030 年）》相符。

1.3.2.2 与《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》相符性

2020 年 1 月 3 日，习近平总书记主持召开中央财经委员会第六次会议，作出推动成渝地区双城经济圈建设、打造高质量发展重要增长极的重大决策部署。

2021 年 10 月 23 日，中共中央、国务院印发《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》，指出：“紧抓新一轮科技革命机遇，发挥科教人才和特色产业优势，推动创新环境优化，加强创新开放合作，促进创新资源集成，激发各类创新主体活力，大力推进科技和经济发展深度融合，打造全国重要的科技创新和协同创新示范区……聚焦核能、航空航天、智能制造和电子信息等领域的战略性产品开发，在四川天府新区、重庆高新区集中布局建设若干重

大科技基础设施和一批科教基础设施，引导地方、科研机构和企业建设系列交叉研究平台和科技创新基地，打造学科内涵关联、空间分布集聚的原始创新集群……依托重庆大学城、重庆高新区等，夯实智能产业、生物医学发展基础，建设西部（重庆）科学城。”

本项目位于重庆高新区西部（重庆）科学城内，主要建设内容超瞬态实验装置为重大科技基础设施建设，本项目建设与《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》相符。

1.3.2.3 与《重庆市科技创新“十四五”规划（2021—2025 年）》相符性

根据《重庆市科技创新“十四五”规划（2021—2025 年）》：“把科技创新作为高质量发展的主动力，把大数据智能化作为科技创新的主方向，把建设具有全国影响力的科技创新中心作为主目标，把产业科技创新作为主战场，把建设西部（重庆）科学城作为主平台，把科技成果产生转化应用作为主抓手，把优化创新生态作为主任务，着力打造战略科技高地，着力打好关键核心技术攻坚战，着力培育优势创新力量，着力激发人才创新活力，着力优化创新生态，着力提升区域协同创新体系整体效能，加快构建创新驱动的现代化经济体系和发展模式，奋力建设具有全国影响力的科技创新中心……围绕生命、信息、材料、空天、智能制造等重点科学领域，打造学科内涵关联、空间分布集聚的原始创新集群，夯实基础研究和原始创新支撑。以汽车软件创新研究平台等重大项目为抓手，建设中国科学院重庆科学中心，引进北京大学等建设高水平研究中心，发挥重庆大学科学中心、西南大学科学中心作用，集中布局建设一批重大科技基础设施、科教基础设施、基础学科研究中心和交叉研究平台。”

重庆大学发挥其科学中心作用，在重庆高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块建设超瞬态实验装置项目，其建设与《重庆市科技创新“十四五”规划（2021—2025 年）》相符。

1.3.2.4 与重庆高新区规划相容性相符性

根据《重庆市高新区国土空间规划》（2021-2035 年）（公示版），重庆高新区建设阶段目标为：“2027 年，初步形成具有全国影响力的科技创新中心核心区初步形成，综合性国家科学中心建设取得实质性进展，重大科技基础设施加快建设，创新资源和人才加快汇聚，科技服务业态日益丰富，创新体系基本形成，前沿科学和先进技术研究成果逐步产出，高能级产业初具规模，优质公共服务设施建成投用，基础设施支撑体系基本建立，城市功能配套日趋完善，城市品质显著提升，引领带动作用明显，“科学家的家、创业者的城”建设取得重大进展；2035 年，全面建成具有全国影响力的科技创新中心核心区，建成一批重大科技基础设施，造就一批科学领军人物和科研领先团队，科技服务业态成熟高效，创新体系深度融合，原创性成果不断涌现，高能级产业集群汇聚，公共服务体系优质均衡，新型基础设施支撑体系完备，建成宜学宜研宜业、宜居宜乐宜游的现代化城市，引领中国西部

高质量发展，成为国际知名的科学城核心区。”

本项目为重大科技基础设施建设，符合《重庆市高新区国土空间规划》（2021-2035 年）（公示版）的相关要求。

1.3.2.5 用地规划相符性分析

对照《限制用地项目目录（2012 年本）》和《禁止用地项目目录（2012 年本）》，本项目均不属于其中项目。

本项目选址位于重庆高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块。2021 年 1 月 6 日，本项目取得重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局核发的《建设项目用地预审与选址意见书》（用字第 500138202100001 号）。2021 年 1 月 12 日，本项目取得重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局核发的《建设用地规划许可证》（地字第 500138202100001 号）。

根据《建设项目用地预审与选址意见书》（用字第 500138202100001 号）及《建设用地规划许可证》（地字第 500138202100001 号），项目用地性质为 A3-教育科研用地。重庆大学拟在地块上建设超瞬态实验装置，为重大科技基础设施、科教基础设施。本项目建设性质与用地性质相符。

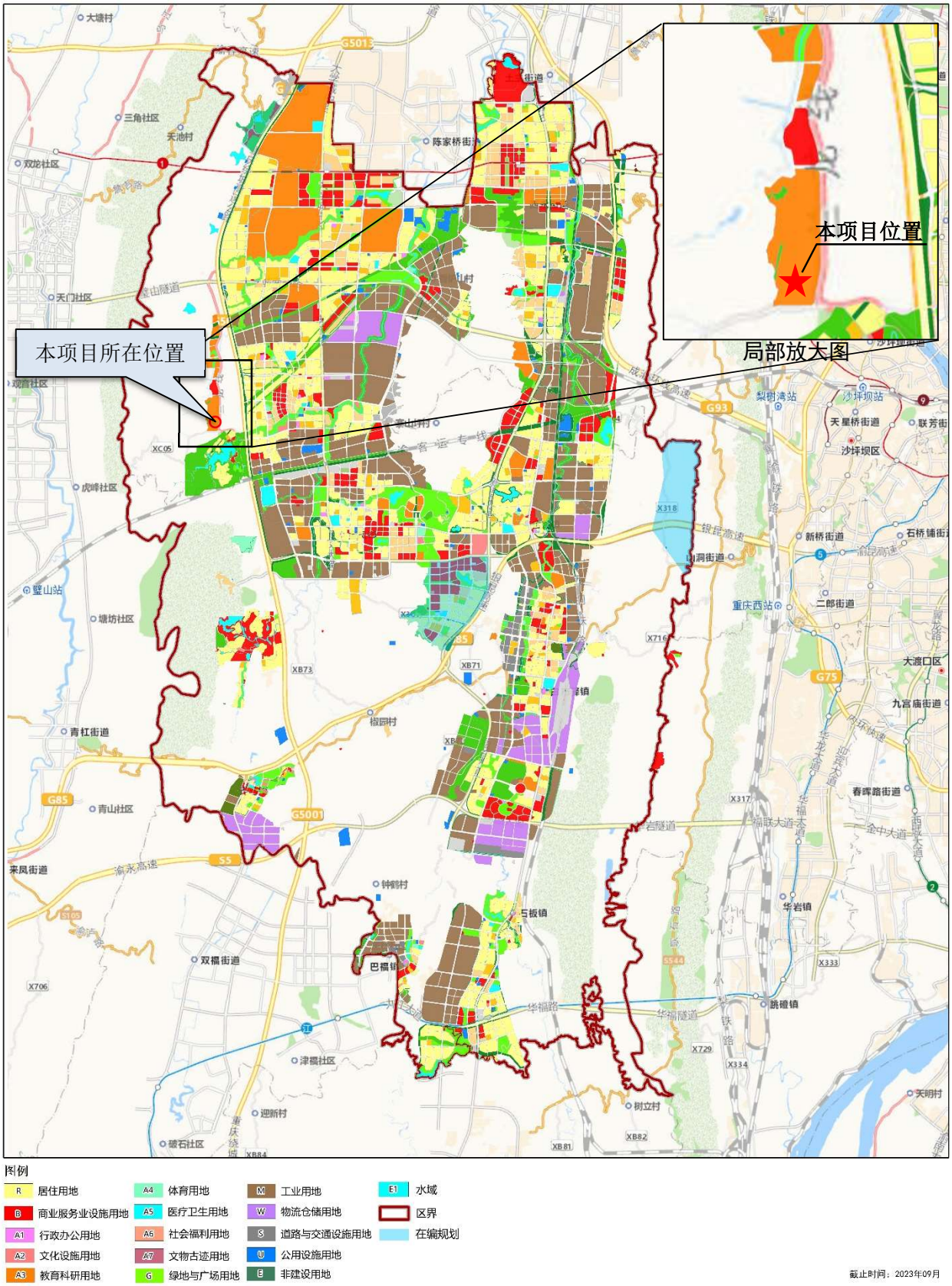


图 1.3.2 本项目所在区域土地利用规划图

1.3.3 三线一单相符性分析

（1）生态保护红线

本项目位于重庆高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块，所属地区原为重庆市沙坪坝区，对照项目所在区域生态保护红线，本项目不在生态保护红线范围内。

（2）环境质量底线

根据环境质量现状评价可知，项目所在区域空气质量满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级浓度限值要求，区域环境空气质量达标，沙坪坝区属于达标区。项目所在区域非甲烷总烃（本项目特征污染物）满足标准要求；根据重庆高新区发布的水质监测数据及评价结果，梁滩河赖家桥市控断面中监测因子均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）V 类水域水质标准要求；项目所在地昼间噪声监测结果均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中相应标准要求。项目建成后排放的污染物不会导致区域环境功能区的变化，满足环境质量底线。

（3）资源利用上线

本项目涉及水资源、天然气及用电均来自市政工程，占区域水资源、天然气及电力资源比例很小，不会突破区域资源利用上线。

（4）生态环境准入负面清单

根据《重庆市人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的实施意见》（渝府发[2020]11 号）、《重庆市生态环境局关于印发<规划环评“三线一单”符合性分析技术要点（试行）><建设项目环评“三线一单”符合性分析技术要点（试行）>的通知》（渝环函[2022]397 号）与项目所在地三线一单检测分析报告，本项目所在地环境分区管控类别属于“沙坪坝区重点管控单元-梁滩河西西桥”，编码为：“ZH50010620002”，未涉及生态保护红线。本项目与所属环境管控单元生态环境准入清单符合性分析见表 1.3.3，经分析，本项目建设符合所属环境管控单元管控要求。

表 1.3.3 生态环境准入清单相符性分析

环境管控单元编码及名称	环境管控单元分类	执行的市级总体管控要求	管控要求类别	管控要求	本项目情况	是否相符
沙坪坝区重点管控单元-梁滩河西西桥	重点管控单元 2	重点管控单元，主城区总体管控方向，沙坪坝区总体管控要求	空间布局约束	严禁引入高污染、高能耗、资源性项目。除关口村外全区禁止燃煤，禁止新建、扩建、改建使用燃煤、重油、渣油等高污染燃料设施的建设项目。关口村禁燃区禁止新增燃煤项目。青凤工业园中凤凰电镀集中加工区实施产业转型升级，现有电镀企业逐步退出，原电镀企业用地执行国家、重庆市土壤环境保护相关管控要求；将桂花水库周边工业用地调整为研发用地，发展高新技术研发和总部经济等。	本项目为实验基地，不属于高污染、高能耗、资源性及电镀项目。本项目锅炉以天然气为燃料。	不涉及
			污染物排放管控	加大工业节水力度、提倡和鼓励企业进行中水回用，发展循环经济，以减少新鲜水用量、提高工业用水重复利用率。持续推进梁滩河综合整治，主要实施主干管和二级管网工程、生态湿地景观工程。各生产企业凡是有排放挥发性有机物废气的生产工序，要在保证安全的前提下，置于防止泄漏的微负压密闭空间或设备中实施，并配备有机废气收集系统，安装高效回收净化设施。鼓励引入低能耗、低污染工业项目；按照“关停取缔一批、治理改造一批”的原则，对环境问题突出又无法彻底整治的“小散乱污”企业依法关停取缔；对符合空间规划、产业规划且具备升级改造条件的“小散乱污”企业，实施治理改造后，纳入日常监管。	本项目不属于工业项目，项目主要用水为生活用水及公辅设施等用水，建筑采用绿色节能设计	相符
			环境风险防控	无	/	相符
			资源开发效率要求	园区引进项目的水资源消耗水平应优于《重庆市工业项目环境准入规定》中的准入值及行业平均值，企业水耗应达到先进定额标准。园区引进项目的能耗水平应优于《重庆市工业项目环境准入规定》中的准入值及行业平均值，高耗能企业能耗应达到先进定额标准。	本项目不属于工业项目	相符

综上所述，项目符合重庆市“三线一单”要求。

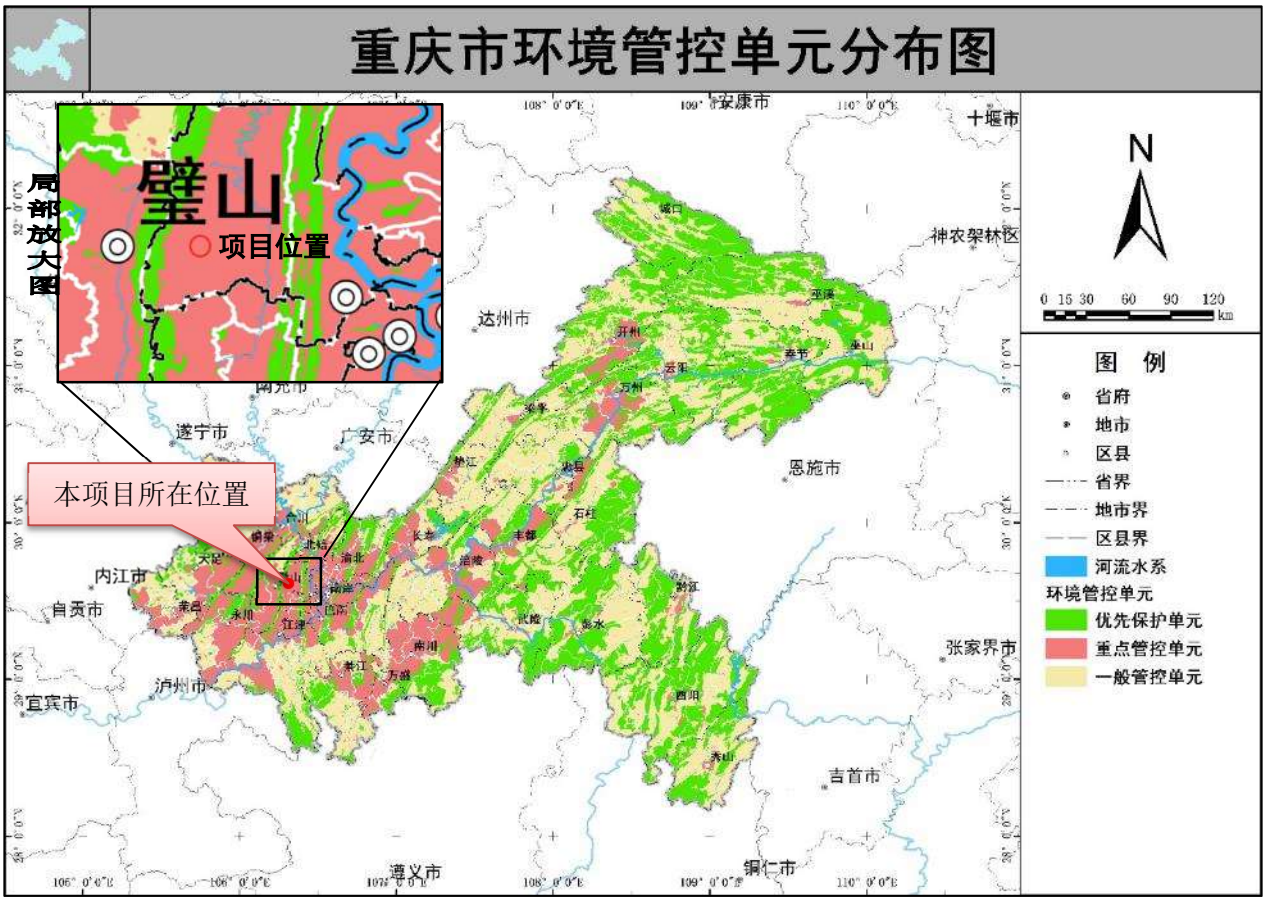


图 1.3.3 本项目于重庆市环境管控单元分布图位置

1.4 编制依据

1.4.1 法律法规

(1) 《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) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2003 年 9 月 1 日施行，2018 年 12 月 29 日第二次修订）；

(3) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日修订实施）；

(4) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日修正实施）；

(5) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月 1 日修正实施）；

(6) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月 29 日修订实施）；

(7) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（国家主席令 2003 年第 6 号，2003 年 10 月 1 日施行）；

(8) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 7 月 16 日国务院第 682 号令修订，2017 年 10 月 1 日施行）；

(9) 《环境影响评价公众参与办法》（2019 年 1 月 1 日修订实施）；

(10) 《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）；

(11) 《关于发布射线装置分类的公告》（原环境保护部、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；

(12) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 12 月 1 日施行，2019 年 3 月 2 日国务院令第 709 号修改）；

(13) 《放射性废物安全管理条例》（2011 年 12 月 20 日国务院第 612 号令发布，2012 年 3 月 1 日施行）；

(14) 《放射性固体废物贮存和处置许可管理办法》（原环保部令第 25 号，2014 年 3 月 1 日施行）；

(15) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第 31 号，2006 年 3 月 1 日施行），2021 年 1 月 4 日修改实施；

(16) 《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 日原环境保护部第 18 号令发布，2011 年 5 月 1 日施行）；

(17) 《放射性废物分类》（原环境保护部公告 2017 年 第 65 号发布，2018 年 1 月 1 日施行）；

(18) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号文）；

(19) 《关于发布<注册核安全工程师职业资格关键岗位名录>（第一批）的通知》（国核安发[2010]25 号）；

(20) 《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发[2015]40 号）；

(21) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）；

(22) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》，2018 年 5 月 16 日实施；

(23) 《国家危险废物名录（2021 年版）》（生态环境部令第 15 号）；

(24) 《限制用地项目目录（2012 年本）》；

(25) 《禁止用地项目目录（2012 年本）》；

(26) 《产业结构调整指导目录（2021 年修改）》；

(27) 《重庆市环境保护条例（修订）》（2022 年 11 月 1 日第三次修正实施）；

(28) 《重庆市大气污染防治条例》（2021 年 5 月 27 日第二次修正）；

(29) 《重庆市水污染防治条例》（2020 年 10 月 1 日起施行）；

(30) 《重庆市环境噪声污染防治办法》（渝府令第 270 号）；

(31) 《重庆市主城区尘污染防治办法》（重庆市人民政府令第 272 号）；

(32) 《重庆市产业投资准入工作手册》（渝发改投[2018]541 号）；

(33) 《长江经济带发展负面清单指南（试行）》（推动长江经济带发展领导小组办公室文件第 89 号）；

(34) 《重庆市长江经济带发展负面清单实施细则（试行）》（渝推长办发[2019]40 号）；

(35) 《重庆市人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的实施意见》（渝府发[2020]11 号）；

(36) 《重庆市生态环境局关于印发<规划环评“三线一单”符合性分析技术要点（试行）><建设项目环评“三线一单”符合性分析技术要点（试行）>的通知》（渝环函[2022]397 号）；

(37) 《重庆市环境空气质量功能区划分规定》（渝府发[2016]19 号）；

(38) 《重庆市人民政府批转重庆市地表水环境功能调整方案的通知》（渝府发[2012]4 号）；

(39) 《重庆市声环境功能区划分技术规范实施细则（试行）》（渝环[2015]429 号）；

(40) 《重庆市生态环境局关于印发<重庆市中心城区声环境功能区划分方案（2023 年）>的函》（渝环[2023]61 号）；

(41) 《重庆市辐射污染防治办法》（渝府令[2020]338 号），2021 年 1 月 1 日起施行。

1.4.2 标准规范、导则

(1) 《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）；

(2) 《环境影响评价技术导则——总纲》（HJ 2.1-2016）；

(3) 《环境影响评价技术导则——大气环境》（HJ 2.2-2018）；

(4) 《环境影响评价技术导则——地表水环境》（HJ 2.3-2018）；

(5) 《环境影响评价技术导则——声环境》（HJ 2.4-2021）；

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

(7) 《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）；

(8) 《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）；

(9) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

(10) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

(11) 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB 11928-1989）；

(12) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）；

(13) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；

(14) 《核技术利用放射性废物最小化》（HAD 401/11-2020）；

(15) 《核技术利用设施退役》（HAD 401/14-2021）；

(16) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）；

注：参考标准

(17) 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）；

(18) 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；

(19) 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

(20) 《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）；

(21) 《锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658-2016）及第 1 号修改单；

(22) 《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）；

(23) 《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）；

(24) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；

(25) 《梁滩河流域城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB50/963-2020）；

(26) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）；

(27) 《环境保护图形标志——固体废物贮存（处置）场》（GB15562-1995）及修改单（生态环境部公告 2023 年第 5 号）。

1.4.3 规划及相关

(1) 《国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030 年）》；

(2) 《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》；

(3) 《重庆市科技创新“十四五”规划（2021—2025 年）》；

(4) 《不动产权证书》（渝（2021）高新区不动产权第 000434386 号），重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局，2021 年 4 月 16 日；

(5) 《建设项目用地预审与选址意见书》（用字第 500138202100001 号），重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局，2021 年 1 月 6 日；

(6) 《建设用地规划许可证》（地字第 500138202100001 号），重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局，2021 年 1 月 12 日；

(7) 《重庆高新区生态环境保护“十四五”规划和二〇三五年远景目标》，2021 年 5 月；

(8) 《关于超瞬态实验装置预研项目可行性研究报告的批复》（渝发改高技[2021]1753 号），重庆市发展和改革委员会，2021 年 12 月 23 日。

1.4.4 其他技术文件

(1) NCRP Report No.144 Radiation Protection for Particle Accelerator Facilities, NCRP 2005；

(2) （美）帕森特（H.W.Patterson），（美）托马斯（R.H.Thomas）著；刁会昌等译. 加速器保健物理[M].北京，原子能出版社.1983 年。

1.5 评价标准

1.5.1 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，本项目辐射工作人员和公众（包括本项目内的非辐射工作人员）的年剂量限值见下表。

表 1.5.1 剂量限值

适用范围	剂量限值
职业照射有效剂量	20mSv/年
公众照射有效剂量	1mSv/年

1.5.2 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）的规定遵循辐射防护最优化原则，参考《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）、结合重庆大学对于本项目的管理要求，本项目建议的剂量约束值见下表。

表 1.5.2 剂量约束值

适用范围	剂量限值
本项目职业照射有效剂量	5mSv/年
外来科研人员有效剂量*	1mSv/年
公众照射有效剂量	0.1mSv/年
注：外来科研人员虽不属于本项目辐射工作人员，由于参与本项目超瞬态同步辐射装置的辐射操作，本项目后文将对其受照剂量进行分析计算。	

1.5.3 剂量率控制水平

借鉴其他高能电子加速器、光束线站的设计、运行经验，本项目对于装置屏蔽体外剂量率控制水平取 2.5μSv/h；光束线站周围剂量率控制水平取 1μSv/h。

本项目的剂量率控制水平见下表。

表 1.5.3 本项目剂量率控制水平

位置	剂量率 μSv/h
直线加速器隧道、高功率测试大厅、多用途束流平台、储存环屏蔽体外 30cm	2.5
光束线站周围 30cm	1.0

考虑到储存环可能发生的异常丢束情况，参照国内外同类型设备的设计及运行情况，按照在同一点处束流全部丢失，保守取屏蔽墙外最大累积剂量 0.5mSv/次作为剂量控制水平。

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，本项目对于混凝土与土壤边界的剂量率控制限值为 5mSv/h。

1.5.4 放射性废气

根据本项目年剂量约束值（工作人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a），同时考虑空气吸入内照射和浸没外照射两种照射途径，结合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、ICRP 68 号出版物表 C.1、《Federal Guidance Report No. 15：External Exposure to Radionuclides in Air，Water and Soil》表 4-6 中成年人空气浸没有效剂量转换因子给出的剂量转换参数，对气载放射性同位素工作人员及公众的导出空气浓度值（DAC）进行计算。

同时考虑吸入和空气浸没两种途径，工作人员和公众成员的 DAC_w 和 DAC_p 计算见下式：

$DAC_w=DAC_{inh,w}\cdot DAC_{sub,w}/(DAC_{inh,w}+DAC_{sub,w})$

$DAC_p=DAC_{inh,p}\cdot DAC_{sub,p}/(DAC_{inh,p}+DAC_{sub,p})$

其中：

DAC_{inh}——仅考虑吸入途径时，人员吸入空气的导出浓度，$DAC_{inh}=E\times10^{-3}/(t\cdot U_{inh}\cdot G_{inh})$；

DAC_{sub}——仅考虑空气浸没途径时，人员浸没空气的导出浓度，$DAC_{sub,w}=E\times10^{-3}/(t\cdot G_{sub})$。

式中：

E——年有效剂量约束值（mSv）；

U_{inh}——每小时吸入的空气量，根据 GBZ129 成人按 0.83m^3/h 取值；

G_{inh}——人员吸入单位放射性核素的待积有效剂量（Sv/Bq），见下表；

G_{sub}——人员空气浸没有效剂量转换因子，（Sv/s）/（Bq/m^3），具体取值见下表；

t——年照射时间，工作人员按照 5000h 计，公众按照 8760h 计。

计算过程中相关剂量转换参数见下表。

表 1.5.4-1 剂量转换系数

核素名称	工作人员 $G_{inh,w}$ Sv/Bq	公众 $G_{inh,p}$ Sv/Bq	工作人员 $G_{sub,w}$ （Sv/s）/（Bq/m^3）	公众 $G_{sub,p}$ （Sv/s）/（Bq/m^3）
^{11}C	3.20E-12	1.80E-11	4.58E-14	4.58E-14
^{13}N	/	/	4.62E-14	4.62E-14
^{15}O	/	/	4.72E-14	4.72E-14
^{41}Ar	/	/	6.20E-14	6.20E-14

根据表 1.5.4-1 的参数，本项目气载放射性同位素工作人员及公众的导出空气浓度值（DAC）计算结果见表 1.5.4-2。

表 1.5.4-2 导出空气浓度值（DAC）

核素名称	工作人员 DAC_w（Bq/m^3）	公众（DAC_p）（Bq/m^3）
^{11}C	2.39E+04	6.35E+02
^{13}N	2.41E+04	6.86E+02
^{15}O	2.35E+04	6.72E+02
^{41}Ar	1.79E+04	5.11E+02

1.5.5 放射性废液

本项目放射性废液主要为加速器及配套装置冷却水系统的检修或事故产生的放射性废液。冷却水中的放射性核素主要来自高能中子引起水中 ^{16}O 散裂反应产生的放射性核素，包括 ^{10}C、^{14}O、^{15}O、^{13}N、^{11}C、^{3}H、^{7}Be 等，其中除 ^{3}H、^{7}Be 外，其他核素半衰期均极短。

本项目放射性废液在冷却水贮存池内滞留衰变一定时期、达到解控水平后排放，在滞留衰变期间，极短寿命的放射性核素均已衰变殆尽，不会对周围环境产生影响。因此，本评价主要考虑对环境有影响的核素 ^{3}H、^{7}Be。

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的 8.6.2 条对放射性废液排放做出如下规定：

不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录；

a）每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$（ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得）；

b）每一次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$，并且每次排放后不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

根据年剂量限值（工作人员 20mSv/a）和 GB18871 中给出的剂量转换参数，求得对应剂量水平的 ALI_{min} 值，如下表所示：

表 1.5.5 放射性核素排放限值（ALI_{min}）

核素名称	每月排放限值（Bq）	一次排放限值（Bq）
^{3}H	4.76E+09	4.76E+08
^{7}Be	3.85E+09	3.85E+08

注：放射性核素排放限值（ALI）按工作人员年剂量限值/食入或吸入内照射剂量转换因子计算；食入、吸入内照射剂量转换因子根据 GB18871 的表 B3 得出，各核素的转换因子取保守值。

1.5.6 放射性固体废物

本项目运行过程中，更换或维修产生的活化部件，其清洁解控水平按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 A1 要求执行。对于多种人工放射性核素混合物的物料，应当满足各种人工放射性核素的活度浓度与各自的免管浓度值的比值之和小于 1。

1.6 非放射性相关标准

1.6.1 评价等级

（1）大气

本项目非放射性大气污染物主要包括：①锅炉天然气燃烧废气；②实验室产生的有机废气等。由于实验室产生的废气主要为配置溶液及超声波清洗机的样品清洗，频率低，且

有机溶剂用量较少，对环境空气质量影响轻微，因此本评价根据锅炉天然气燃烧废气排放因子对评价等级进行判定。

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），根据项目污染源初步调查结果，分别计算项目排放主要污染物的最大地面空气质量浓度占标率 P_i（第 i 个污染物）及第 i 个污染物的地面空气质量浓度达标限值 10%时所对应的最远距离 $D_{10\%}$。污染物占标率计算公式如下：

$$P_i=（C_i/C_{oi}）\times 100\%$$

式中：P_i——第 i 个污染物的最大地面空气质量浓度占标率，%

C_i——采用估算模式计算出第 i 个污染物的最大 1h 地面空气质量浓度，μg/m^3；

C_{oi}——第 i 个污染物的环境空气质量标准，μg/m^3。

选用 GB 3095 中 1h 平均质量浓度的二级浓度限值，PM_{10} 无小时环境空气质量标准，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）要求，C_{oi} 按日均值 3 倍取值。

评价工作等级按下表的分级判据进行划分，如果污染物数 i 大于 1，取 P 值中最大者（P_{max}）。当同一项目有多个污染源（两个及以上）时，则按各污染源分别确定评价等级，并取评价等级最高者作为项目的评价等级。

评价等级判定见表 1.6.1-1 所示。

表 1.6.1-1 大气评价等级判定表

评价工作等级	评价工作分级判据
一级评价	$P_{max}\geq 10\%$
二级评价	$1\%\leq P_{max}<10\%$
三级评价	$P_{max}<1\%$

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018），采用 Aerscreen 模型对污染物的影响程度和范围进行估算，估算模型参数见表 1.6.1-2~3。

表 1.6.1-2 Aerscreen 预测参数表

参数		取值
城市/农村选项	城市/农村	城市
	人口数（城市选项时）	30.59 万
最高环境温度/℃		42.2
最低环境温度/℃		-1.8
土地利用类型		城市
区域湿度条件		潮湿
是否考虑地形	考虑地形	是
	地形数据分辨率/m	90
是否考虑岸线熏烟	考虑岸线熏烟	否
	岸线距离	/
	岸线方向	/

表 1.6.1-3 锅炉点源参数表

排放口名称	排气筒参数					年排放小时 h	污染物排放速率 kg/h		
	底部海拔高度 m	排气筒高度 m	出口内径 m	烟气出口流速 m/s	烟气温度℃		SO_2	NO_x	颗粒物
锅炉废气排气筒	307	11.5	0.55	2.41	60	2880	0.038	0.058	0.055

估算模式计算所得废气排放最大占标率见下表。

表 1.6.1-4 估算模式锅炉废气最大占标率一览表

排放源	污染因子	最大落地浓度出现距离（m）	最大落地浓度值（μg/m³）	最大落地浓度占标率（%）
锅炉废气排气筒	SO_2	14	5.082	1.02
	NO_x		7.699	3.08
	颗粒物		7.267	1.61

计算结果显示污染物最大地面空气质量占标率 P_{max}=3.08%，1%≤P_{max}<10%，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018），本项目大气环境影响评价等级为二级。

（2）地表水

本项目产生的废水主要为生活污水及实验室器皿清洗的后道清洗水，污水经过排水管道收集、化粪池预处理后纳入市政污水管网，然后排入西永污水处理厂，经污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后（其中 COD、氨氮、总氮、总磷达《梁滩河流域城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB50/963-2020）重点控制区域标准）排入梁滩河，最终汇入嘉陵江。

本项目废水排放方式为间接排放，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），判定地表水评价等级为三级 B。

（3）声环境

项目所在地属于 2 类声环境功能区。本项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量在 3dB（A）以下（不含 3dB（A）），且受噪声影响人口数量变化不大。根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021），确定声环境评价等级定为二级。

1.6.2 环境质量标准

（1）基本污染物的环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；其他污染物执行标准具体见表 1.6.2-1。

表 1.6.2-1 环境空气质量标准限值（单位：μg/m³）

污染物名称	浓度限值（μg/m³）			标准来源
	1 小时平均	日平均	年平均	
SO_2	500	150	60	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准
NO_2	200	80	40	
PM_{10}	/	150	70	
$PM_{2.5}$	/	75	35	
O_3	200	/	/	
NOx	250	100	50	
CO	10000	4000	/	
非甲烷总烃	2000	/	/	河北省地方标准《环境空气质量非甲

				烷总烃限值》（DB13/1577-2012）

（2）根据《重庆市人民政府批转重庆市地表水环境功能调整方案的通知》（渝府发[2012]4号），梁滩河全河段属《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）V 类水域，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 V 类水域水质标准，有关项目及其标准见表 1.6.2-2。

表 1.6.2-2 地表水环境质量主要指标（单位：mg/L，pH 值无量纲）

类别	pH 值	COD_{Cr}	BOD_5	NH_3-N	DO	总磷	总氮	石油类
V 类	6-9	≤40	≤10	≤2.0	≥2	≤0.4	≤2.0	≤1.0

（3）根据《重庆市生态环境局关于印发《重庆市中心城区声环境功能区划分方案（2023年）的函》（渝环[2023]61 号），本项目所在区域属于 2 类声功能区，临街建筑（高于三层楼房以上，含三层）面向交通干线一侧至交通干线边界线的区域为 4a 类声功能区；若临街建筑为低于三层楼房，相邻区域为 2 类声功能区，35m 范围执行 4a 类标准详见表 1.6.2-3。

表 1.6.2-3 声环境质量标准（单位：等效声级 L_{eq}(A)）

适用区域	类别	昼间	夜间	标准来源
临 G212 国道边界线 35m 范围内	4a	70	55	GB3096-2008
项目其他区域	2	60	50	

1.6.3 污染物排放标准

（1）废气

本项目非放射性废气主要为锅炉天然气燃烧产生的 SO_2、NOx、颗粒物等；实验室产生的少量非甲烷总烃等。

表 1.6.3-1 废气排放执行标准

废气来源	污染因子	标准限值	标准来源
锅炉天然气燃烧	SO_2	排放浓度限值：50mg/m^3	《锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658-2016）及第 1 号修改单
	NO_x	排放浓度限值：30mg/m^3	
	颗粒物	排放浓度限值：20mg/m^3	
实验室废气	非甲烷总烃	最高允许排放浓度：120mg/m^3 最高允许排放速率：31.4kg/h（24m） 无组织排放监控点浓度限值：4.0mg/m^3	《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）

此外，本项目超瞬态同步辐射运行过程中由于射线与空气相互作用而产生的臭氧、氮氧化物等一般污染物，执行下列标准：

《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定：工作场所空气中臭氧最高容许浓度 MAC 为 0.3mg/m^3，氮氧化物短时间接触容许 PC-TWA 为 5mg/m^3。

《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定：臭氧 1 小时平均浓度限值为 0.2mg/m^3（二级标准），氮氧化物 1 小时平均浓度限值 0.25mg/m^3（二级标准）。

（2）废水

本项目非放射性废水经收集、化粪池预处理后接入市政污水管网，进入西永污水处理

厂集中处理，废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 三级标准。西永污水处理厂尾水排入梁滩河，最终排入嘉陵江，污水处理厂出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）表 1 一级 A 标准（其中 COD、氨氮、总氮、总磷达《梁滩河流域城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB 50/963-2020）重点控制区域标准），标准限值见表 1.6.3-2~1.6.3-3。

表 1.6.3-2 本项目废水接管标准（单位：mg/L，pH 无量纲）

污染物	标准值
pH 值	6~9
COD_{Cr}	500
BOD_5	300
SS	400
NH_3-N	45*
总磷	8*
总氮	70*
注：NH_3-N、总磷、总氮执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962-2015）标准	

表 1.6.3-3 污水处理厂污染物排放标准（单位：mg/L，pH 值无量纲）

污染物	标准值	标准出处
pH 值	6~9	《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）表 1 一级 A 标准
BOD_5	10	
SS	10	
动植物油	1	
石油类	1	
阴离子表面活性剂	0.5	
COD_{Cr}	30	《梁滩河流域城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB 50/963-2020）重点控制区域标准
NH_3-N	1.5（3）*	
总磷	0.3	
总氮	15	
注：限值内括号外数值为水温＞12℃时的控制指标，括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。		

（3）噪声

场界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2、4 类标准，详见表 1.6.3-4。

表 1.6.3-4 工业企业厂界噪声排放限值（单位：dB（A））

适用区域	类别	昼间	夜间	标准来源
东侧厂界	4 类	70	55	GB12348-2008
南、西、北侧厂界	2 类	60	50	

1.7 评价范围和保护目标

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），“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物边界外 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Ⅰ类射线装置应用项目，根据 HJ 10.1-2016 辐射环境影响的评价范围保守取装置实体屏蔽物周围 100m 的区域。

本项目辐射环境影响的保护目标为评价范围内从事本项目的放射工作人员、一般工作

人员、外来科研人员、普通公众等，本项目评价范围内的保护目标见下表 1.7-1，辐射环境影响评价范围见图 1.7-1。

表 1.7-1 本项目周围环境保护目标（辐射环境）一览表

项目	方位及功能		保护目标名称	最近距离（m）	常驻人员规模/人	剂量约束限值 mSv/a
装置周围	储存环隧道中心	空调机房（东、西）、机电管廊（西）	公众	紧邻	流动人员	0.1
	储存环外部	线站大厅（四周）	辐射工作人员、外来科研人员	紧邻	55（辐射工作人员）30~50（外来科研人员）	本项目辐射工作人员：5 外来科研人员：1
		控制室（北）	辐射工作人员	15	10	5
		数据中心存储计算、束线准备、实验准备、真空调试、电源和磁铁调试（四周）	辐射工作人员	15	55	5
		配电间（东）、空调兼排烟机房（西南、东南）	公众	15	流动人员	0.1
		茶房休息区（东南）	辐射工作人员	17	2~3	5
	储存环顶	可上人平台	公众	紧邻	流动人员	0.1
	储存环底	夹层机电管廊、直线加速器隧道	公众	紧邻	流动人员	0.1
	直线加速器区及高功率测试大厅四周	直线加速器工艺大厅（西、南）	辐射工作人员	紧邻	5	5
		消防排烟机房（西）、补风机房（西）	公众	5	流动人员	0.1
		楼梯间（西）	公众	紧邻	流动人员	0.1
		多用途束流平台大厅	辐射工作人员	紧邻	5	5
		楼梯间（北）	公众	紧邻	流动人员	0.1
	直线加速器区及高功率测试大厅顶	夹层管廊	公众	紧邻	流动人员	0.1
		控制室	辐射工作人员	2.8	5	5
		卸货验收区	公众	紧邻	流动人员	0.1
场区内	东南	动力用房	公众	23.7	5	0.1
	东南	超瞬态科学研究楼	公众	32.8	50	0.1
场区外	西南	村办机械厂	公众	68	4	0.1
注：直线加速器区含直线加速器隧道、多用途束流平台、输运线等						

本项目大气环境为二级评价，根据《环境影响评价技术导则——大气环境》（HJ2.2-2018），本项目大气环境影响评价范围为以厂址为中心，边长 5km 范围。

本项目地表水环境评价等级为三级 B，废水经过管道收集、化粪池预处理后纳入市政污水管网，然后进入西永污水处理厂进行集中处理，本评价对污水处理设施依托可行性进行分析。本项目对项目周围 500m 范围内的水体等作为水环境保护目标。

本项目声环境影响评价等级为二级，声环境评价范围为用地范围外 200m 区域。

本项目大气、地表水、声环境评价范围内的保护目标见下表 1.7-2，周围环境保护目标（大气、水、声）分布图见图 1.7-2。

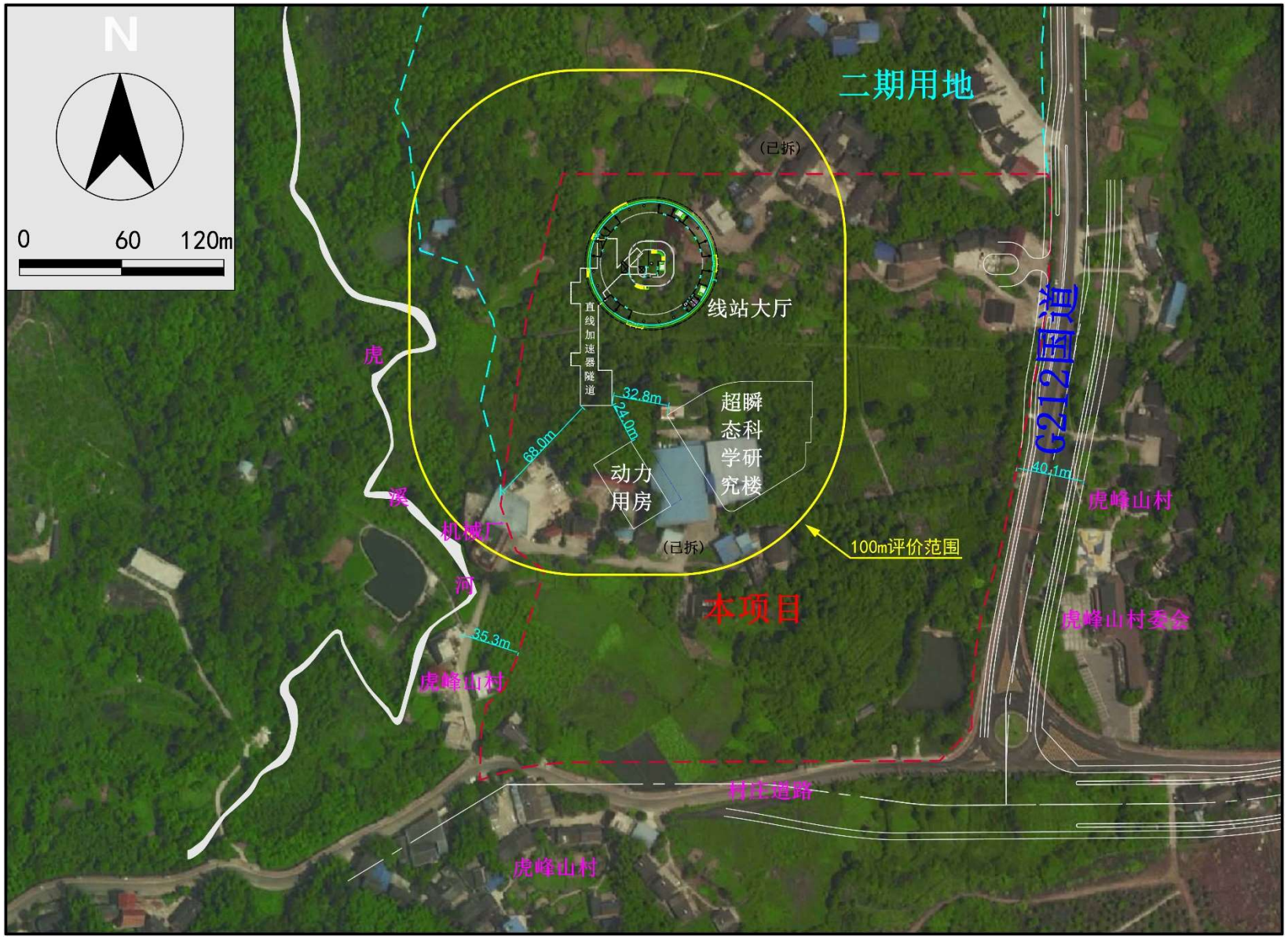


图 1.7-1 本项目辐射环境影响评价范围图

表 1.7-2 本项目周围环境保护目标（大气、水、声）一览表

位置	序号	保护目标	方位	性质	规模	与本项目最近距离	环境保护要求
距离本项目 1km 之内的敏感目标（逐一识别）	1	虎峰村	东	自然村	约 10 户	40m	大气：二级、声：二级
			西		约 5 户	35m	
			南		约 20 户	26m	
	2	虎峰山村村委会	东	行政办公	约 20 人	40m	大气：二级、声：二级
	3	程祥莲花	东	住宅	1000 户	350m	大气：二级
	4	自在莲花湖	东南	住宅	258 户	360m	大气：二级
	5	虎溪河	西	河道	/	50m	/
	6	幸福水库	南	水库	/	380m	/
距离场界 1km 至边长 5km 矩形内敏感目标（按镇、街道识别）	7	曾家镇	西	自然村、住宅、学校、医疗等	约 3500 户	1100m	大气：二级
	8	金凤镇	东南	自然村、住宅、学校、医疗等	3000 户	1300m	大气：二级

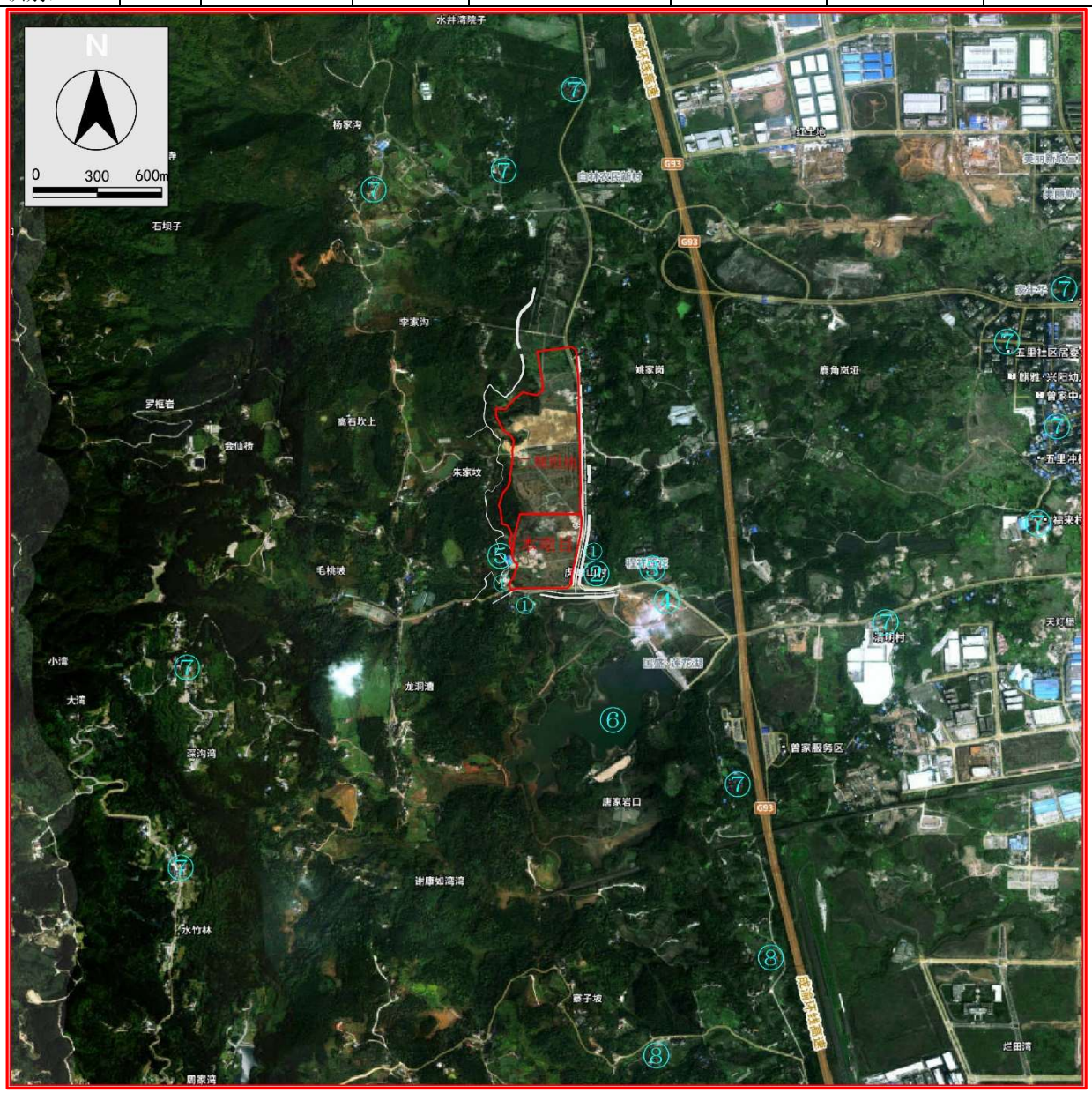


图 1.7-2 本项目周围环境保护目标（大气、水、声）分布图

图例：□ 为 5km×5km 范围；序号①~⑧与表 1.7-2 中的序号对应

2 自然环境与社会环境概况

2.1 自然环境概况

2.1.1 地理位置

本项目位于重庆市高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块，所在地原属于重庆市沙坪坝区，场区中心地理坐标 E106.273102°，N29.547774°。

重庆市沙坪坝区位于重庆主城区的西部，东隔嘉陵江与江北区、渝北区相望，东南紧邻渝中区，南接九龙坡区，西依缙云山与璧山区毗邻，北与北碚区相连，幅员面积约 396 平方千米，约占重庆市总面积的 0.48%。沙坪坝区最北端在中梁镇新发村，最南端在歌乐镇山洞村，最东端在滴水岩，最西端在曾家镇西部的青木关林区。

本项目项目所在地东侧为 G212 国道，隔国道以东为虎峰山村及其居委会（东侧场界距其最近约 40m）、南侧为村庄道路，隔道路以南为虎峰山村（南侧场界距其最近约 26m）及绿地，西侧为虎峰山村村办机械厂（毗邻本项目场界）、虎峰山村（西侧场界距其最近约 35m），北侧为二期用地。

2.1.2 地形地貌及地质

（1）地形、地貌

拟建场地原始地貌属于构造剥蚀丘陵地貌，场地现状地形整体平坦、开阔，在西侧及北侧用地红线处因场平形成土质边坡，大部分地区为填土覆盖。地面高程总体约 307.28～307.39m，仅在西侧用地红线处边坡底部高程约 300.30m，北侧用地红线处边坡顶部位置可达 308.00m。地形坡度一般在 0°，边坡位置可达 25～30°。

（2）地质

区域处于川东褶皱带铜锣峡背斜的西翼，出露地层主要为侏罗系上沙溪庙组及第四系残坡积粉质粘土、人工填土。区内未见断裂发育，裂隙不发育。区内出露的地层主要为第四系全新统人工填土（Q4ml）、残坡积层（Q4el+dl），下伏侏罗系中统沙溪庙组地层。岩土界面倾角为 5~9°；属浅丘地貌，总体地形较为开阔平坦，呈现浅丘相间，纵横浅沟槽切割，地形坡度 3~23°，一般坡度为 3~8°。

（3）地震

重庆位于我国南北地震带中段东侧，属于中等地震活动地区。重庆辖区内分布有较多规模不等的第四纪活动断裂，其中 4 条区域性基底断裂规模较大，分别为华蓥山基底断裂、七曜山一金佛山基底断裂、长寿一遵义基底断裂和彭水基底断裂，对辖区的地质构造、沉积建造、地震活动有着重要的控制作用。

重庆历史上曾发生多次破坏性地震，历史记载 4.7 级以上地震十余次，分布在重庆多个区县。其中，1855 年前后有一次时间较为集中、强度较大的 5 级地震活动。

从 1989 年渝北统景发生 5.2、5.4 级地震后，重庆区域内地震活动进入了一个相对活跃期。荣昌多次发生 5 级左右地震，最大为 1997 年 5.2 级地震，最近一次为 2016 年 4.9 级地震。

此外，重庆其他地区近年来也有 5 级左右地震发生，如 2010 年重庆潼南与四川遂宁交界 5.0 级地震，2016 年垫江 4.4 级地震和 2017 年武隆 5.0 级地震。

根据《超瞬态实验装置预研项目工程地质勘查报告》，拟建场地内无断层通过，无滑坡、危岩崩塌、现状边坡失稳等不良地质。场地内覆盖层为素填土和粉质粘土，无易液化的饱和砂土、粉土、湿陷性的黄土及易震陷的软土、高含水量的可塑黄土；拟建场地位于 6 度抗震设防区，根据本项目设计单位出具的建筑抗震等级说明，光源装置建筑为空间桁架结构，结构抗震等级为三级（局部提高为二级），动力用房、门卫为钢筋混凝土框架结构，结构抗震等级为四级，科学研究楼为装配式混凝土框架结构，结构抗震等级为四级（局部提高为三级）。

2.1.3 气候气象

该区域属亚热带气候，温暖湿润，雨量充沛。具冬暖春早，夏热秋凉，秋雨连绵，无霜期长特点。多年平均气温 17.5℃~18.5℃，夏季长达 4 个月以上。多年平均降雨量 1094.6mm，最大年降雨量 1378.3mm，最小年降雨量 783.2mm，降雨集中在 5~9 月，占全年降雨量的 2/3。年平均风速 1.3m/s，最大风速（10 分钟平均）26.7m/s，实测极大风速 27.0m/s，最大静风频率 7%（1 月份），平均风速 3.4m/s。

2.1.4 水文特征

项目所在地属嘉陵江流域。嘉陵江发源于岷山与秦岭山区，经昭化、合川、北碚、井口于重庆朝天门汇入长江，重庆境内全长 153.8km，流域面积 8146km^2。据北碚水文站资料，嘉陵江多年最大流量为 44800m^3/s，多年平均流量为 2120m^3/s，最高水位 208.17m，最低水位 176.81m，多年平均水位 179.64m。

场地用地红线西侧约 50m 为虎溪河，虎溪河发源于重庆沙坪坝区曾家镇，流经虎溪街道、陈家桥街道后汇入梁滩河，梁滩河是嘉陵江下游的一条主要支流，从南向北贯穿重庆市九龙坡、沙坪坝、北碚三个行政区，干流全长 88.7km，流域面积 510.0km^2。虎溪河是梁滩河最大的一条支流。梁滩河、虎溪河是重庆市 17 条次级河流中的两条，位于重庆主城西部片区、缙云山脉和中梁山脉之间。

2.1.5 土壤、植被

沙坪坝区土壤类型多，计 3 个土纲、6 个土类、14 个土属、40 个土种。

铝土纲：区内铁铝土纲包括红壤和黄壤两个土类，共 5 个土属、9 个土种。

初育土纲：区内初育土纲包括紫色土、石灰（岩）土和潮土等 3 个土类，共 5 个土属、18 个土种。

人为土纲（水稻土类）：区内水稻土有灰棕紫泥水稻土、暗紫泥水稻土、冷沙黄泥水稻土和黄色灰（岩）性水稻土等 4 个土属，共 13 个土种。

沙坪坝区内有维管植物 164 科、557 属、834 种、3 亚种、38 变种、7 变型。其中蕨类植物 12 科、34 属、51 种、1 变种，裸子植物 8 科、18 属、23 种、3 变种，被子植物 133 科、505 属、760 种、3 亚种、34 变种、7 变型。

沙坪坝区的地带性植被为中亚热带常绿阔叶林，目前仅有较大面积马尾松次生林和一些人工林，其余皆为灌草丛或草丛植被。区内植物的分布受岩性-土壤的制约明显，栽培植物和人工林在区内占有重要地位。据统计，人工林分布面积超过自然林的面积。

沙坪坝区天然植被主要有常绿针阔混交林、马尾松林、杉木林、竹林、灌丛和草丛。人工植被主要有香樟林、桉树林、油橄榄林、水杉林、华山松林、日本黑松林、湿地松林和刺木通林。

同时沙坪坝区还拥有水杉、水松、金钱松、福建柏和青檀等 5 种国家保护的珍稀植物。

2.2 社会经济状况

截至 2022 年末，重庆高新技术产业开发区常住人口 63.94 万人，比上年末增加 0.89 万人。其中，城镇人口 57.26 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）为 89.55%，比上年末提高 2.08 个百分点。

2022 年，重庆高新技术产业开发区实现地区生产总值 706.13 亿元，按可比价格计算比上年增长 5.9%。按产业分，第一产业增加值 4.69 亿元，增长 1.7%；第二产业增加值 455.83 亿元，增长 9.5%；第三产业增加值 245.62 亿元，下降 0.1%。三次产业结构为 0.7:64.6:34.7。三次产业对经济增长的贡献分别为 0.2%、100.5%、-0.7%。

2022 年，重庆高新技术产业开发区一般公共预算收入 29.4 亿元，扣除留抵退税因素后增长 0.3%。其中，税收收入 22.6 亿元，下降 18.6%；非税收入 6.8 亿元，增长 137%。一般公共预算支出 84.97 亿元，增长 19.9%。

2.3 西部（重庆）科学城

2020 年 1 月，习近平总书记在中央财经委员会第六次会议上对成渝地区推进科技创新提出明确要求，指出支持两地以“一城多园”模式合作共建西部科学城。《成渝地区双城经

济圈建设规划纲要》明确提出高标准建设西部（重庆）科学城。重庆市委、市政府深入贯彻党中央决策部署，以重庆高新区为战略平台，举全市之力、集全市之智，高标准高起点规划建设西部（重庆）科学城。

重庆高新技术产业开发区位于重庆中心城区西部槽谷，东衔中梁山、西揽缙云山、南接长江、北拥嘉陵江，规划区域范围 1198 平方公里，涉及重庆高新区及沙坪坝、九龙坡、北碚、江津、璧山 5 个行政区，其核心区是重庆高新区直管园、面积 313 平方公里。

重庆高新技术产业开发区拥有国家自主创新示范区、自贸试验区、西永综保区等多块“金字招牌”，中欧班列（重庆）和西部陆海新通道等多个开放通道，汇集陆军军医大学、重庆大学等 28 所高校，西永微电园、国家质检基地等 20 余个产业载体，山区桥梁与隧道工程等 7 家国家重点实验室，布局超瞬态实验装置、金凤实验室、中国科学院重庆科学中心、北京大学重庆大数据研究院等一批大装置、大平台、大院所，是创新创业创造的“沃土”。当前，正以“科学之城、创新高地”为发展定位，紧扣“五个科学”“五个科技”，聚焦科学主题“铸魂”、面向未来发展“筑城”、联动全域创新“赋能”，着力打造“科学家的家、创业者的城”，加快建设具有全国影响力的科技创新中心。

2.4 环境质量和辐射现状

2.4.1 大气环境质量

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）规定：“城市环境空气质量达标情况评价指标为 SO_2、NO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$、CO 和 O_3，六项污染物全部达标即为城市环境空气质量达标。项目所在区域达标判定，优先采用国家和地方生态环境主管部门公开发布的评价基准年环境质量公告或环境质量报告中的数据或结论”。

本次评价采用重庆市生态环境局公布的《2022 年重庆市生态环境状况公报》中沙坪坝区的环境空气质量结论进行评价，具体见表 2.4.1-1。

表 2.4.1-1 区域环境空气和质量现状评价表（单位：μg/m^3）

污染物	评价指标	浓度	标准值	占标率	达标情况
SO_2	年均值	8	60	13.3%	达标
NO_2	年均值	30	40	75%	达标
PM_{10}	年均值	48	70	68.6%	达标
$PM_{2.5}$	年均值	27	35	77.1%	达标
CO	日均值	1000	4000	25.0%	达标
O_3	8h 值	173	160	**108%**	**不达标**

根据上表，重庆市沙坪坝区 2022 年 SO_2、NO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$、CO 满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单二级标准；O_3 最大 8 小时值不能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单二级标准。沙坪坝区属于环境空气质量不达标区。

《2022 年重庆市生态环境状况公报》中“措施与行动”方案中明确减缓的方案如下：①

以柴油车整治和纯电动车推广为重点深化交通污染控制。强化新车（机）源头管控，对 55 家新车（机）生产、销售企业进行检查。加强在用车排放监管，随机检查检验机构 280 余家次，路检抽查机动车 23.4 万辆次，遥测机动车 1072.5 万辆次，查处超标车辆和冒黑烟车辆 2.7 万辆次。淘汰老旧车 9.3 万辆，新增纯电动汽车约 11.1 万辆。对 2386 台非道路移动机械开展尾气检测及环保编码检查。随机抽测加油站 796 座，储油库 32 座，完成重点区域城市建成区 92 座加油站油气回收在线监控建设，全市 1050 座加油站实施夏秋季“夜间错峰加油”优惠措施。②以工业废气深度治理为重点深化工业污染控制。争取中央、市级大气污染防治专项资金约 2.1 亿元，鼓励企业深度治理，从源头改善空气质量。完成挥发性有机物治理、重点企业深度治理、锅炉清洁能源改造和燃气锅炉低氮燃烧改造等 102 家，完成中小微企业整治 1900 余家，督促 669 家重点排污企业稳定达标运行。③以绿色示范创建和落实“十项规定”为重点深化扬尘污染控制。落实《建筑施工现场扬尘控制标准》，加强施工扬尘监管，创建和巩固示范工地（道路）860 余处，主城区主要道路机扫率稳定保持 90%以上。以餐饮油烟、露天焚烧管控为重点深化生活污染控制。④完成餐饮油烟抽测 2500 余家次，制止露天焚烧、整治露天烧烤 9000 余处，新增高污染燃料禁燃区 17 平方公里。印发《进一步加强露天焚烧整治工作改善空气质量的通知》，建设 33 个高空瞭望点，大幅提高露天焚烧处置效率。⑤以督导帮扶和区域联防联控为重点提高污染应对能力。印发冬春季大气污染防治、夏秋季臭氧污染防治攻坚方案，紧紧依靠大数据、高精尖监测设备、智能识别监控等技术手段和专业技术力量，合力精准攻坚。春季组织 36 个强化帮扶组实施为期 2 个月不间断跨区交叉检查，冬季 5 个市级部门组成综合督导帮扶组围绕突出问题进行工作指导，3 个督导帮扶组全年 365 天无休对重点区域各区开展常态化专业帮扶，现场指导企业 2300 余家次，帮扶解决问题 5600 余个。发出市级空气污染应对工作预警 9 次，发放 $PM_{2.5}$ 和臭氧污染协同控制告知书 4 万余份，人工增雨 175 次，通报曝光大气污染重点问题 130 余个。通过激光雷达扫描、走航监测等技术巡查 106 次，发现污染高值区 156 个；利用高空瞭望系统发现露天焚烧、扬尘污染 1.3 万余个，大气信息系统发送错峰生产信息 307 万余条。修订《重庆市重污染天气应急预案》，强化川渝协同，合力开展大气污染攻坚。

本项目评价区域环境空气特征因子非甲烷总烃的环境质量现状数据引用重庆开创环境监测有限公司的监测报告（开创环（检）字[2020]第 HP538 号），监测点位位于本项目所在地东南侧约 2km 的凤仪路 6 号的三号厂房南侧 220 米处，监测时间为 2020 年 12 月 23 日~2020 年 12 月 29 日，引用的监测资料满足《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）（试行）》中“引用建设项目周边 5 千米范围内近 3 年的现有监测数据”的要求。

监测因子：非甲烷总烃

监测时间：2020.12.23~2020.12.29

监测频率：按照《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的相关技术规定执行。环境空气质量现状监测及评价结果见表 2.4.1-2。

表 2.4.1-2 非甲烷总烃大气污染物现状监测一览表 单位 μg/m^3

监测点	监测项目	监测值范围	标准值	超标率%	最大浓度值占标率%
凤仪路 6 号三号厂房南侧 220 米处	非甲烷总烃	510~670	2000	0	33.5

项目所在区域环境空气中非甲烷总烃浓度满足河北省地方标准《环境空气质量标准 非甲烷总烃限值》（DB13/1577-2012）的标准要求（参考标准）。

2.4.2 地表水环境质量

2.4.2.1 监测数据来源

本项目所在区域纳污水体为梁滩河，根据《重庆市人民政府批转重庆市地表水环境功能类别调整方案的通知》（渝府发[2012]4 号），梁滩河属于Ⅴ类水域，应执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅴ类水域标准。本评价引用重庆高新区发布的水质监测数据及评价结果，监测时间为 2020 年 12 月，监测至今，区域未新增影响较大的污染源，且监测数据在 3 年的有效时间内，引用监测数据有效可行。

2.4.2.2 监测项目

pH 值、COD_{cr}、BOD_5、溶解氧、氨氮、总磷等。

2.4.2.3 评价方法

统计各断面监测项目的分析结果，对照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅴ类标准，采用单因子指数法进行评价。其计算公式如下：

①单项水质参数的标准指数计算式：

$$P_i=C_i/C_{oi}$$

式中：

P_i——i 类污染物单因子指数；

C_i——i 类污染物实测浓度；

C_{oi}——i 类污染物的评价标准值。

②pH 值的标准指数采用下列计算：

$$P_{PH,j}=\frac{7.0-PH_i}{7.0-PH_{md}} \qquad PH_i<7.0$$

$$P_{PH,j}=\frac{PH_j-7.0}{PH_{mu}-7.0} \qquad PH_j>7.0$$

式中：

P_{pH}——pH 值的标准指数

pH_j——地面水中 pH 值的监测值

pH_{md}——地面水评价标准中规定的 pH 下限

pH_{mu}——地面水评价标准中规定的 pH 上限

③DO 的标准指数采用下列计算：

$$P_{DO,j} = DO_S / DO_j \qquad DO_i \le DO_f$$

$$P_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_S} \qquad DO_j > DO_f$$

式中：

$P_{DO,j}$——溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标

DO_j——溶解氧在 j 点的实际统计代表值，mg/L

DO_s——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

DO_f——饱和溶解氧浓度，mg/L，对于河流，DO_f=468/（31.6+T）；

T——水温，℃。

2.4.2.4 监测统计及评价结果

地表水环境监测统计及评价结果见下表。

表 2.4.2 水质监测结果及标准指数表（单位：mg/L，pH 值无量纲）

断面名称	pH	溶解氧	COD	BOD5	氨氮	总磷
梁滩河赖家桥市控断面	8	7.9	12	1.3	0.27	0.34
V 类水标准限值	6~9	≥2	≤40	≤10	≤2	≤0.4
达标情况	达标	达标	达标	达标	达标	达标

由表 2.4.2 可见，梁滩河赖家桥市控断面各项因子均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅴ类标准限值的要求，地表水环境现状达标。

2.4.3 声环境质量评价

本次委托重庆市辐射技术服务中心有限公司于 2023 年 3 月 27 日对项目所在地进行了声环境环境质量现状监测。

（1）监测布点：在项目所在地四侧场界外 1m 处各布设 1 个噪声监测点，各监测点位置见监测报告；

（2）监测方法：按《声环境质量标准》（GB3096-2008）执行，采用积分声级计或具有相同功能的测量仪器测量等效连续 A 声级；

（3）监测频率：监测 1 天，分昼、夜两个时段进行；

（4）监测结果：监测统计结果见下表。

表 2.4.3 场区环境噪声监测统计结果（单位：dB（A））

监测点位	监测结果		执行标准值		是否达标	
	2023 年 3 月 27 日					
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
1#	48	42	70	55	是	是
2#	47	44	60	50	是	是
3#	49	41	60	50	是	是
4#	50	40	60	50	是	是

根据上表统计结果可知，场界各监测点位噪声值均能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2、4a 类标准要求。

2.4.4 辐射环境现状

2.4.4.1 重庆市辐射环境状况

根据《2022 年重庆市生态环境状况公报》，全市辐射环境质量状况良好，γ 辐射空气吸收剂量率和累积剂量处于重庆天然本底涨落范围内；全市空气、土壤、水体中天然放射性核素活度浓度处于本底水平，人工放射性核素未见异常。饮用水水源地取水及自来水中总 α、总 β 监测结果低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）规定指导值。

2.4.4.2 场区周边辐射环境实测

（1）监测布点

本评价辐射本底监测因子选取依据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）“表 12 应用中高能电子加速器和质子、α 粒子、重离子加速器的辐射环境监测，对于本项目所属的高能电子加速器类型，在运行前需开展针对外照射、空气/气溶胶、土壤、地表水、地下水、生物的辐射监测。

据此，本项目委托重庆市辐射技术服务中心有限公司于 2023 年 3 月 27 日对场址所在地的辐射环境现状进行监测，主要监测项目为 X、γ 剂量率；委托四川省辐射环境管理监测中心站对空气气溶胶/气体中 ^{3}H、^{14}C、^{7}Be，地表水（西侧虎溪河）中总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be，地下水中总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be、^{22}Na，土壤中总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be、^{22}Na，地表生物（草）的总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be、^{22}Na 进行监测。

根据后文分析，本项目活化冷却水中感生放射性核素（主要考虑 ^{3}H、^{7}Be）活度很低，低于豁免水平；且超瞬态同步辐射装置至屏蔽体与土壤相接处剂量率远低于 5mSv/h 时，可忽略土壤和地下水的感生放射性；空气感生放射性核素种类主要为 ^{11}C、^{13}N、^{15}O、^{41}Ar，以上均为极短半衰期核素，对环境空气的影响不具备显著意义。

基于此，本评价对地表水、地下水、土壤、环境空气等环境要素开展检测仅为超瞬态同步辐射装置运行前的辐射本底调查，为日后项目运行保留历史数据。

本次布点原则按照：辐射装置所在位置采取网格布点和针对性布点，对于场所外部的

环境保护目标采用针对性布点，具体监测点位具体见下图 2.4.4-1~2.4.4-2。

图 2.4.4-1 本项目监测点位示意图（场区周边）

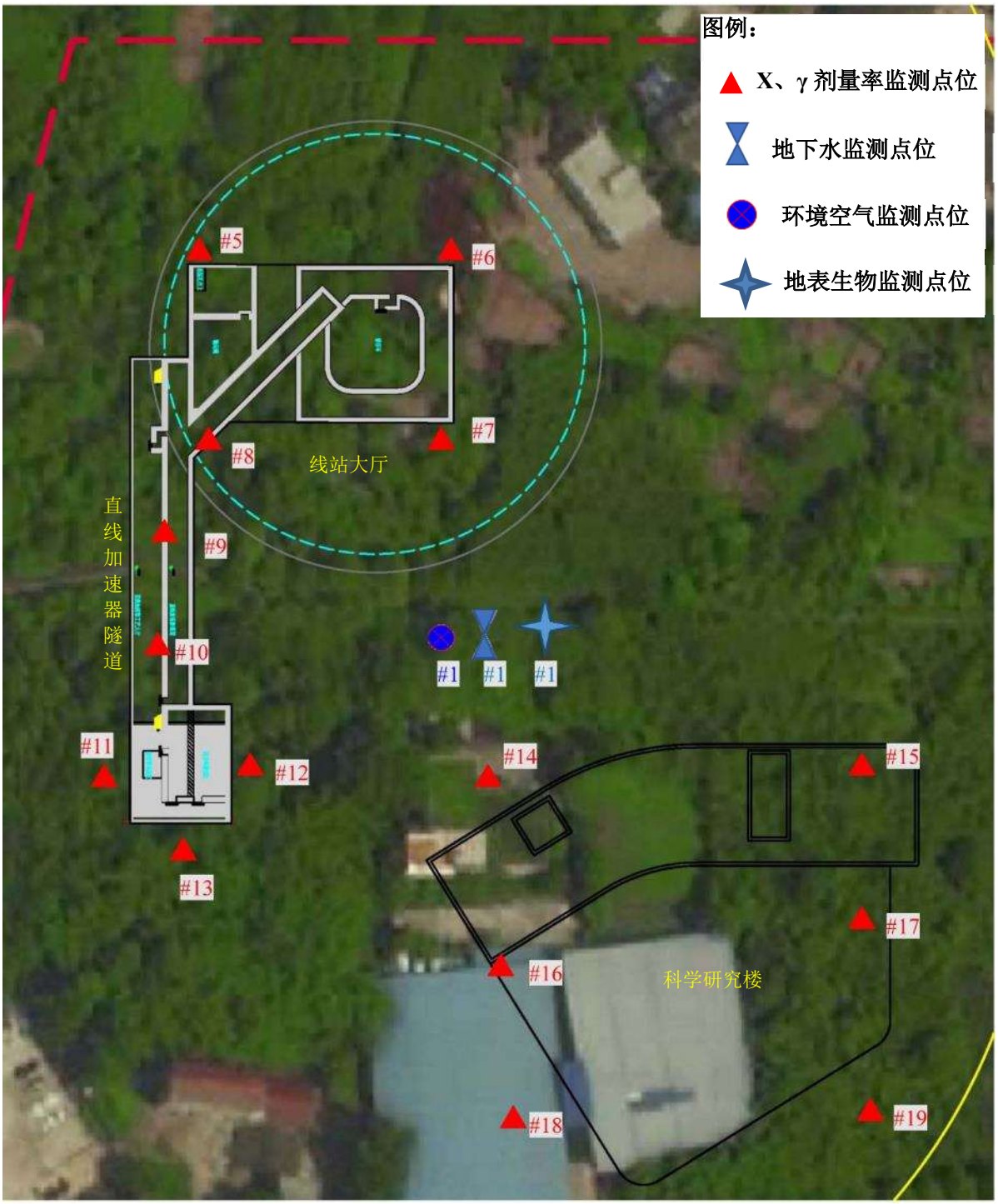


图 2.4.4-2　本项目监测点位示意图（场区内部）

本项目监测仪器、监测因子等基本情况如下表。

表 2.4.4-1 本项目监测仪器及监测因子基本情况

<table>
<tr><td>监测因子</td><td>X、γ 剂量率</td><td>地表水（总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be）</td><td>地下水（总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be、^{22}Na）</td><td>空气气溶胶（^{3}H、^{7}Be、^{14}C）</td><td>生物（总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be、^{22}Na）</td><td>土壤（总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be、^{22}Na）</td></tr>
<tr><td>监测点位</td><td>监测点位（1~19#）</td><td>监测点位（1#）</td><td>监测点位（1#）</td><td>监测点位（1#）</td><td>监测点位（1#）</td><td>监测点位（1#~4#）</td></tr>
<tr><td>布点原则</td><td>在本项目装置周围、建筑周围、场界靠近敏感点处分别设置监测点位</td><td>在西侧虎溪河（场区周边地表水）设置监测点位</td><td colr="3">在用地范围内部设置监测点位</td><td>在场界四周布设监测点位，西侧监测点位靠近敏感点机械厂</td></tr>
<tr><td>监测单位</td><td>重庆市辐射技术服务中心有限公司（CMA 资质号：232212050259）</td><td colr="5">四川省辐射环境管理监测中心站（CMA 资质号：230012052996）</td></tr>
<tr><td>检测报告编号</td><td>渝辐（监）[2023]17 号</td><td colr="5">川辐环监字（2023）第 RM0049 号</td></tr>
<tr><td>检测/采样时间</td><td>2023 年 3 月 27 日</td><td colr="5">2023 年 4 月 14 日</td></tr>
<tr><td>检测依据</td><td>《环境 γ 辐射剂量率测定技术规范》（HJ 1157-2021）</td><td colr="2">《水质 总 α 放射性的测定 厚源法》（HJ898-2017）、《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》（HJ899-2017）、《水中氚的分析方法》（HJ 1126-2020）、《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16140-2018）</td><td>《空气中 H-3（HTO）监测实施细则》（参考 HJ 1126-2020）、《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》（EJ/T 1008-1996）、《环境空气气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/γ 能谱法》</td><td>《生物样品总 α、总 β 监测实施细则》（参考 GB/T 5750.13-2006）、《生物样品中组织自由水氚监测实施细则》（参考 HJ 1126-2020）、《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2020）</td><td>《固体样品总 α、总 β 监测实施细则》（参考 GB/T 5750.13-2006）、《土壤中氚测量实施细则》（参考 HJ 1126-2020）、《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 11743-2013）</td></tr>
<tr><td>检测仪器名称</td><td>FH40G-L10
FHZ267E X、γ 辐射监测仪</td><td colr="5" rowr="2">液闪计数器 Quantulus1220（校准日期：2023.2.15）、高纯锗 γ 谱仪 BE6530（校准日期：2022.3.18*）、高纯锗 γ 谱仪 GR8023（校准日期：2023.2.14）、高纯锗 γ 谱仪 GX8021（校准日期：2022.3.18*）、高纯锗 γ 谱仪 GMX70-95-LB-C（校准日期：2023.2.14）、低本底 α、β 测量仪 MPC9604（检定有效期：2022.3.18~2024.3.17）</td></tr>
<tr><td>仪器检定有效期</td><td>2023 年 11 月 2 日</td></tr>
<tr><td colr="6">注：根据四川省辐射环境管理监测中心站提供的相关管理规定，高纯锗 γ 谱仪校准周期为每三年一次。</td></tr>
</table>

（2）质量保证措施

1）本项目委托检测单位已取得相关 CMA 资质认证，监测单位具有完整的质量保证体系。

2）在拟建厂址评价范围内选取监测点位，充分考虑点位的代表性，以保证监测结果的科学性和可比性。

3）监测方法依据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《空气中放射性核素的γ能谱分析方法》（WS/T 184-2017）、《土壤中放射性核素的γ能谱分析方法》（GB/T 11743-2013）、《水中放射性核素的γ能谱分析方法》（GB/T 16140-2018）、《水质总α放射性的测定 厚源法》（HJ 898-2017）《水质总β放射性的测定 厚源法》（HJ 899-2017）等标准的相关规定开展监测。

4）监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后在有效期内使用。

5）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

6）严格按照实验室体系文件中的《质量手册》、《程序文件》及《作业指导书》执行监测任务，监测人员经考核合格后持证上岗。

7）监测报告严格实行三级审核制度。

2.4.4.3 X、γ剂量率

监测因子：X、γ剂量率；

监测点位：共设置 19 个监测点位，分别位于本项目场界、超瞬态同步辐射装置周围、超瞬态科学研究楼周围，详见图 2.4.1~2.4.2；

监测频次：现场一次监测；

监测结果如下：

表 2.4.4-2 X、γ剂量率监测结果

序号	监测点位	监测平均值 nSv/h	标准差 nSv/h	监测结果 nGy/h
1	拟建地块东侧	84.7	0.9	76.9
2	拟建地块南侧	79.2	0.5	71.9
3	场界西侧机械厂位置	81.0	0.6	73.6
4	拟建地块北侧	65.3	0.4	59.3
5	拟建超瞬态装置上西北侧	58.5	0.4	53.1
6	拟建超瞬态装置上东北侧	71.4	0.6	64.9
7	拟建超瞬态装置上东南侧	79.2	0.5	71.9
8	拟建超瞬态装置上西南侧	81.0	0.6	73.6
9	拟建超瞬态装置中南侧	68.0	0.4	61.9
10	拟建超瞬态装置下北侧	62.0	0.3	56.3
11	拟建超瞬态装置下西侧	55.9	0.3	50.8
12	拟建超瞬态装置下东侧	53.2	0.4	48.3
13	拟建超瞬态装置下南侧	57.7	0.4	52.4
14	拟建超瞬态装置下北侧	58.7	0.5	53.3

序号	监测点位	监测平均值 nSv/h	标准差 nSv/h	监测结果 nGy/h
15	拟建超瞬态科研楼东北侧	79.2	0.5	71.9
16	拟建超瞬态科研楼西侧	81.0	0.6	73.6
17	拟建超瞬态科研楼东侧	87.4	0.9	79.4
18	拟建超瞬态科研楼西南侧	88.5	0.9	80.4
19	拟建超瞬态科研楼东南侧	92.9	1.2	84.4
20	机械厂位置	87.8	1.8	79.8
注：监测结果=监测平均值×校准因子÷单位转换系数（1.2Sv/Gy）；以上监测结果未扣除宇宙射线				

综上，本项目所在区域的 X、γ 辐射剂量率在 48.3~84.4nGy/h 之间，根据《2022 年全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部，2023 年），重庆市 2022 年环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率小时均值范围在 54.0~87.2nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），因此，本项目 X、γ 辐射剂量率处于重庆市天然本底涨落范围内。

2.4.4.4 空气/气溶胶

监测因子：^{3}H、^{14}C、^{7}Be；

监测点位：本项目场区内；

监测频次：一次监测；

监测结果如下：

表 2.4.4-3　空气/气溶胶辐射水平监测结果

序号	监测点位	空气中氚	空气中 ^{14}C	^{7}Be 活度浓度（μBq/m^{3}）
1	场区内部	23.2mBq/m^{3}	0.236Bq/g・C	未检出

本评价未收集到重庆市或周边区域空气/气溶胶空气中氚、^{14}C、^{7}Be 活度浓度历史背景情况，本评价监测结果作为运行后的环境本底对照数据。

2.4.4.5 地表水

监测因子：总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be；

监测点位：本项目西侧虎溪河；

监测频次：一次监测；

监测结果如下：

表 2.4.4-4　地表水辐射水平监测结果

序号	监测点位	总 α（Bq/L）	总 β（Bq/L）	^{3}H（Bq/L）	^{7}Be（Bq/L）
1	虎溪河	3.44E-02	6.28E-02	1.57	未检出

根据表 2.4.4-4 的监测结果，虎溪河水中总 α、总 β 水平能够达到《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）中的相应指标限值要求，本评价未收集到虎溪河或周边水体中氚、^{7}Be 活度浓度历史背景数据，本评价监测结果作为运行后的环境本底对照数据。

2.4.4.6 地下水

监测因子：总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be、^{22}Na；

监测点位：本项目场所内部；

监测频次：一次监测；

监测结果如下：

表 2.4.4-5 地下水辐射水平监测结果

序号	监测点位	总 α（Bq/L）	总 β（Bq/L）	^{3}H（Bq/L）	^{7}Be（Bq/L）	^{22}Na（Bq/L）
1	场所内	2.43E-02	5.30E-02	1.29	未检出	未检出

根据表 2.4.4-5 的监测结果，本项目地下水中总 α、总 β 水平能够达到《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）中的相应指标限值要求，本评价未收集到虎溪河或周边水体中氚、^{7}Be、^{22}Na 活度浓度历史背景数据，本评价监测结果作为运行后的环境本底对照数据。

2.4.4.7 土壤

监测因子：总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be、^{22}Na；

监测点位：本项目场所内共设置 4 个点位；

监测频次：一次监测；

监测结果如下：

表 2.4.4-6 土壤辐射水平监测结果（单位：Bq/kg）

序号	监测点位	总 α	总 β	^{3}H	^{7}Be	^{22}Na
1	场所东侧	5.50E+02	8.01E+02	1.406	未检出	未检出
2	场所南侧	5.13E+02	8.31E+02	1.380	未检出	未检出
3	场所西侧	4.58E+02	9.06E+02	1.237	未检出	未检出
4	场所北侧	4.76E+02	8.75E+02	1.502	未检出	未检出

根据《重庆市环境质量报告书（2006-2010 年）》（重庆市环境保护局，2011 年 3 月），2006 年重庆市土壤中总 α 活度浓度为 600Bq/kg，总 β 活度浓度为 1020Bq/kg。因此，本项目拟建场址土壤中总 α、总 β 活度浓度在重庆市土壤放射性本底波动范围内。本评价未收集到土壤氚、^{7}Be、^{22}Na 活度浓度历史背景数据，本评价监测结果作为运行后的环境本底对照数据。

2.4.4.8 生物（草）

监测因子：总 α、总 β、^{3}H、^{7}Be、^{22}Na；

监测点位：本项目场所内部；

监测频次：一次监测；

监测结果如下：

表 2.4.4-7 生物辐射水平监测结果（单位：Bq/kg）

序号	监测点位	总 α	总 β	^{3}H	^{7}Be	^{22}Na
1	场所内	7.36	64.0	2.06	181	未检出

本评价未收集到重庆市或周围区域生物辐射水平数据，本评价监测结果作为运行后的环境本底对照数据。

2.5 厂址适宜性评价

本项目位于重庆高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块，位于西部（重庆）科学城内，本项目项目所在地东侧为 G212 国道，隔国道以东为虎峰山村及其居委会（东侧场界距其最近约 40m）、南侧为村庄道路，隔道路以南为虎峰山村（南侧场界距其最近约 26m）及绿地，西侧为虎峰山村村办机械厂（毗邻本项目场界）、虎峰山村（西侧场界距其最近约 35m），北侧为二期用地。

本项目 100m 辐射评价范围内主要为项目一期、二期场地、村办机械厂及空地等，不存在自然保护区、风景名胜区以及需要特殊保护的区域，周边不存在人群密集场所，未发现珍稀动植物分布。

本项目拟建厂址及周围的自然环境、环境质量良好，地质和地震条件良好，根据现场辐射监测结果，本项目所在地的辐射水平无异常，可以开展项目建设。

综上，本项目的选址是合理、适宜的。

3 工程分析与源项

3.1 项目规模与基本参数

3.1.1 项目建设内容

本项目主要包括超瞬态同步辐射装置及超瞬态电子显微镜集群两大部分。

（1）超瞬态同步辐射装置

主要包括 500MeV 直线加速器、500MeV 强流储存环及 1 条超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站。另外，还包括多用途束流平台及高功率测试大厅。

1、直线加速器：建设参数和主要技术指标为电子加速能量：500 MeV；束流流强：5nA；全局能散：<2%；束团长度：~20 ps；归一化发射度：≤100 mm-mrad rms，重复频率：5Hz。直线加速器主体包括电子直线加速器、输运线、多用途束流平台、高功率测试大厅等。

2、500MeV 强流储存环：包含 4 个 4BA（4 bend achromat）的超周期和 4 个长直线节等。建设参数和主要技术指标如下：运行能量：500MeV；束流流强：1A；环周长：76.78m；水平自然发射度：8.59nm-rad；阻尼时间（x/y/z）：59/59/29.5 ms；每圈同步辐射能量损失（不考虑插入件）：4.34 keV；电子在储存环中的运动周期：0.256μs。

3、超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站：光子能量可在 15~40eV 之间调谐，能量分辨率优于 0.5meV。

（2）超瞬态电子显微镜集群

主要指超瞬态透射电子显微镜、超瞬态极化低能电子显微镜、超瞬态四维 X 射线显微镜等。

3.1.2 项目主要构筑物

超瞬态实验装置预研项目用地面积为 100015m^2，总建筑面积为 20031.2m^2，主要构筑物包括直线加速器隧道（地下）及 1 栋 1 层的辅助用房、储存环及 1 层的线站大厅、1 栋 2 层的动力用房、1 栋 4 层的超瞬态科学研究楼。

本项目超瞬态电子显微镜集群均位于超瞬态科学研究楼内，**超瞬态四维 X 射线装置为Ⅲ类射线装置，另行办理环境影响评价手续，不在本项目评价范围内，其他均非辐射设备。**

3.1.3 项目工程组成

本项目工程组成情况见下表。

表 3.1.3 本项目工程组成一览表

类型			项目内容
主体工程	超瞬态同步辐射装置	直线加速器	加速器主体：位于地下一层，设置长度为 69m 的直线加速器隧道（宽 3.5m、高 3.5m）及工艺大厅，加速器隧道底部标高为-7.69m，直线加速器主要功能部件由北向南延伸至输运线/多用途束流平台。
			高功率测试大厅：位于地下一层直线加速器隧道南端，由混凝土实心砌块分隔成两个隔间，总长 15m、宽 11.5m、净高 3.5m，底部标高为-7.69m，主要用于直线加速器部件加速管、高频腔的测试。
		多用途束流平台	位于地下一层直线加速器隧道北侧，呈梯形，底部标高为-7.69m，内设 3 个束流测试终端，通过偏转铁将直线加速器产生的电子束流引至 3 个束流测试终端开展实验。
		储存环	位于地上 1 层，线站大厅中心部分。包含 4 个 4BA（4 bend achromat）的超周期和 4 个长直线节，环周长 76.78m，储存环底部标高为±0.00m，净高 3.5m。
		输运线	连接地上 1 层储存环及地下一层直线加速器部分，长度约 35m，用于将直线加速器的电子束流注入储存环中。
		线站	位于地上 1 层线站大厅内南侧，设置 1 条超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站。
		线站大厅	线站大厅为 1 层建筑，高度为 19.2m。除储存环、线站外，线站大厅外围设置控制室、空调兼排烟机房、电源和磁铁测试机房、真空调试机房、配电间、实验准备、线束准备、数据中心存储和计算房等。
	超瞬态电子显微镜（超瞬态科学研究楼）		4 层，高度为 24.0m。 1 层：咖啡厅、会议室、纯水处理机房、化学制样室、制样室、离子制样室，实验室 1~17；2 层：会议室、办公室；3 层：报告厅、会议室；4 层：交流空间（茶座）等。
辅助工程		辅助用房	1F，高度为 7.45m，位于高功率测试大厅上方，主要为控制室、备用房等。
		动力用房	2 层，高度为 11.45m。1 层：锅炉房、变配电房、开关站、工艺冷却水机房与热水泵房；地下 1 层：消防水池、消防水泵房、冷冻机房、纯水机房、冷却塔补水机房及生活水泵房。
公辅设施		供水、电、气	依托市政供水、供电、供气系统。
		供冷、供暖	本项目在动力用房内设置 2 台 900kW 燃气热水锅炉为线站大厅及科研楼供暖；动力用房内设置 2 台电动螺杆式冷冻机为中央空调提供冷源；动力用房内设置 2 台（1 用 1 备）电动螺杆式冷冻机为工艺冷却水提供冷源。
环保工程	废气	放射性废气	主要为超瞬态同步辐射装置运行过程中由于束流损失产生的次级粒子致空气活化，主要活化产物为 ^{11}C、^{13}N、^{15}O、^{41}Ar，放射性废气经过超瞬态同步辐射装置的排风系统收集后经过线站大厅、辅助用房楼顶的排气筒排放。本项目共设置 4 根放射性废气排气筒，分别设置在辅助用房楼顶及线站大厅楼顶，排放口高度为 7.5m、12m。
		非放废气	超瞬态同步辐射装置运行过程中由于束流损失产生的次级粒子致空气电离产生 O_3、NOx，废气经收集后经过光源系统的排风系统收集、过滤装置过滤后经过线站大厅、辅助用房楼顶的排气筒排放。
			锅炉废气：锅炉天然气燃烧将产生 SO_2、NO_2、颗粒物，锅炉燃烧采用低氮燃烧器，产生的废气经过专用管道收集后引至动力用房楼顶的排气筒排放，排气筒高度约 11.5 米。
			实验室有机废气通过通风橱排风系统收集、活性炭过滤后通过超瞬态科学研究楼顶的排气筒排放，排气筒高度约 24 米。
	废水	放射性废水	主要为超瞬态同步辐射装置冷却水系统维修维护或事故泄漏产生的活化冷却水。本项目共设置 4 座冷却水贮存池，有效容积均为 $10m^3$，废冷却水经管道收集、贮存衰变，经监测达到解控水平后排放。
		非放废水	主要为生活污水及实验室器皿清洗后道清洗废水，废水经过管道收集、化粪池处理。由于目前项目东侧 G212 国道连通至城市污水处理厂的管网尚未接通，因此在项目运行前期，废水经化粪池处理后定期外运至污水处理厂；待管网接通后，项目废水经化粪池处理后排入市政污水管道，最终排入西永污水处理厂集中处理。本项目所在区域共设置 2 个化粪池，分别位于场区东侧偏北及东侧中部，容积分别为 $20m^3$、$40m^3$。
	固体废物	放射性固废	主要包括超瞬态同步辐射装置运行产生的活化部件及冷却水废离子交换树脂。本项目在装置周围区域设置 3 个放射性废物暂存间，分别位于直线加速器隧道西北侧（面积 $5.6m^2$）、输运线北侧（面积 $6.4m^2$）、储存环南侧（面积 $5.2m^2$）。活化部件、废离子交换树脂集中放在放射性废物暂存间中贮存、衰变，经衰变后满足清洁解控要求的部件回收利用，不能满足清洁解控要求的部件及废离子交换树脂委托有资质单位收贮。

		非放固废	主要包括超瞬态科学研究楼产生的一般包装材料、废纯水制备滤芯、沾染危险废物的废弃包装物实验废液、废气处理产生的废活性炭、生活垃圾等。一般包装材料、废纯水制备滤芯为一般工业固废，委托相关单位回收利用；沾染危险废物的废弃包装物、实验废液、废活性炭均属于危险废物，经分类收集后贮存于危险废物暂存间内，定期委托有相关危废资质的单位处置；生活垃圾委托委托环卫部门定期清运。项目于超瞬态科学研究楼 1 层设置 1 个危废暂存间，面积约 12.6m^2。

3.1.4 本项目人员配置

根据超瞬态实验装置预研项目的计划安排，本项目工作人员配置情况如下表 3.1.4。超瞬态实验装置设备运行（加速器、储存环等设备运营操作人员）单班放射工作人员约为 6 人，正常情况下工作人员位于线站大厅的控制室内远程操作；多用途束流平台、光束线实验人员工作过程中单班工作人员均为 2 人，位于工艺大厅/光束线站周围开展工作。此外，多用途束流平台、光束线实验人员将涉及外来科研人员，人数约 30~50 人/年。

根据学校提供的设备运行计划，结合同类型装置运行经验，本项目加速器、储存环等每年运行最高出束时间为 5000h、维修维护 200h，高功率测试大厅每年运行 360h，多用途束流平台每年运行 500h，光束线维护、操作 1000h/年。

表 3.1.4 本项目人员配置情况

场所	人员类型	人数
超瞬态同步辐射装置（辐射工作人员）	加速器、储存环等设备运营操作人员	50
	多用途束流平台实验人员	10
	光束线工作人员	5
超瞬态科学研究楼（一般工作人员）	工作人员	50

3.2 设备组成与工艺分析

3.2.1 工程设备组成与工作方式

超瞬态同步辐射装置包括直线加速器、多用途束流平台、输运线、储能环、光束线站等部分。另外，本项目设置高功率测试大厅用于加速管、高频腔的测试。

3.2.1.1 直线加速器

电子在加速管中加速至 500MeV，然后经过输运线至储存环，或经偏转至多用途束流平台开展辐照实验或电子束测试等。直线加速器出口处束流能量为 500MeV，直线加速器由以下部分组成。

电子枪：电子枪的主要功能为发射电子，本项目采用栅控热阴极电子枪注入加速器半高宽 1ns 脉冲的电子束团。电子枪系统由阴栅组件、电子枪枪体、脉冲高压电源、脉冲发生器、灯丝电源、偏压电源和控制单元等组成，电子枪枪体则主要由聚焦极、阳极及高压陶瓷筒等部分构成。

聚束系统：主要用来对电子枪产生的束流脉冲进行纵向聚束和加速，以在出口形成具有稳定时间结构且包含有多个微束团的宏束流脉冲。聚束系统由次谐波预聚束器、基波聚束器，单透镜和磁场线圈组成。另外，聚束系统下游设置一套 S 波段加速单元，由 1 根长

3m 的加速管（A1）组成。电子束在聚束段出口处的能量约为 70MeV。

主加速器：将聚束系统形成的电子束团逐段加速到 500MeV。本项目主直线加速器共采用 8 根 3m 长加速管（A2~A9），将电子束加速到 500MeV。

微波功率源：功率源提供足够峰值功率的微波功率脉冲。微波功率源系统包括脉冲调制器和速调管。脉冲调制器把 AC 功率转换成高压脉冲功率加到速调管，由速调管输出微波脉冲功率，通过波导馈送到加速管。本项目电子枪和 A1 加速管共用 1 套 S 波段 50MW 微波功率源，主加速段采用 4 套 S 波段 50MW 微波功率源。

真空系统：为束流在真空室内提供稳定可接受的真空压力，以提高束流的传输效率，同时保护波导管、加速管、电子枪等设备免受因高压打火造成损害，也避免给电子枪阴极形成真空污染。

磁铁及其电源系统：磁铁系统主要向束流施加横向聚焦力，一方面在低能端抑制因空间电荷效应而造成的束流发射度增长并控制束流尺寸，保证较高的束流传输效率；另一方面在高能端约束束流的横向分布，使束流高效率地通过直线加速器。磁铁系统主要包括二级磁铁、分析磁铁、四级磁铁和校正磁铁。二极磁铁用于电子束偏转和能谱仪；四极磁铁用于束流匹配和发射度测量；分析磁铁用于测量电子束能量；校正磁铁用于束流中心轨道校正。

水冷系统：主要为加速管、速调管、束流阻挡器提供恒温冷却水。

束测系统：对束流相关参数进行精确在线测量，包括束流位置、流强、横向截面、能量、能散和发射度的测量。

辐射防护系统：主要包括辐射屏蔽系统、辐射安全联锁系统及辐射监测系统。辐射屏蔽系统包括束流损失分析、主体墙的屏蔽计算、迷道的设计、束流阻挡器的屏蔽设计和天空散射的计算；辐射安全联锁系统主要为人身安全联锁系统；辐射监测系统，包括固定辐射监测系统、束流损失监测系统和暗电流监测系统。

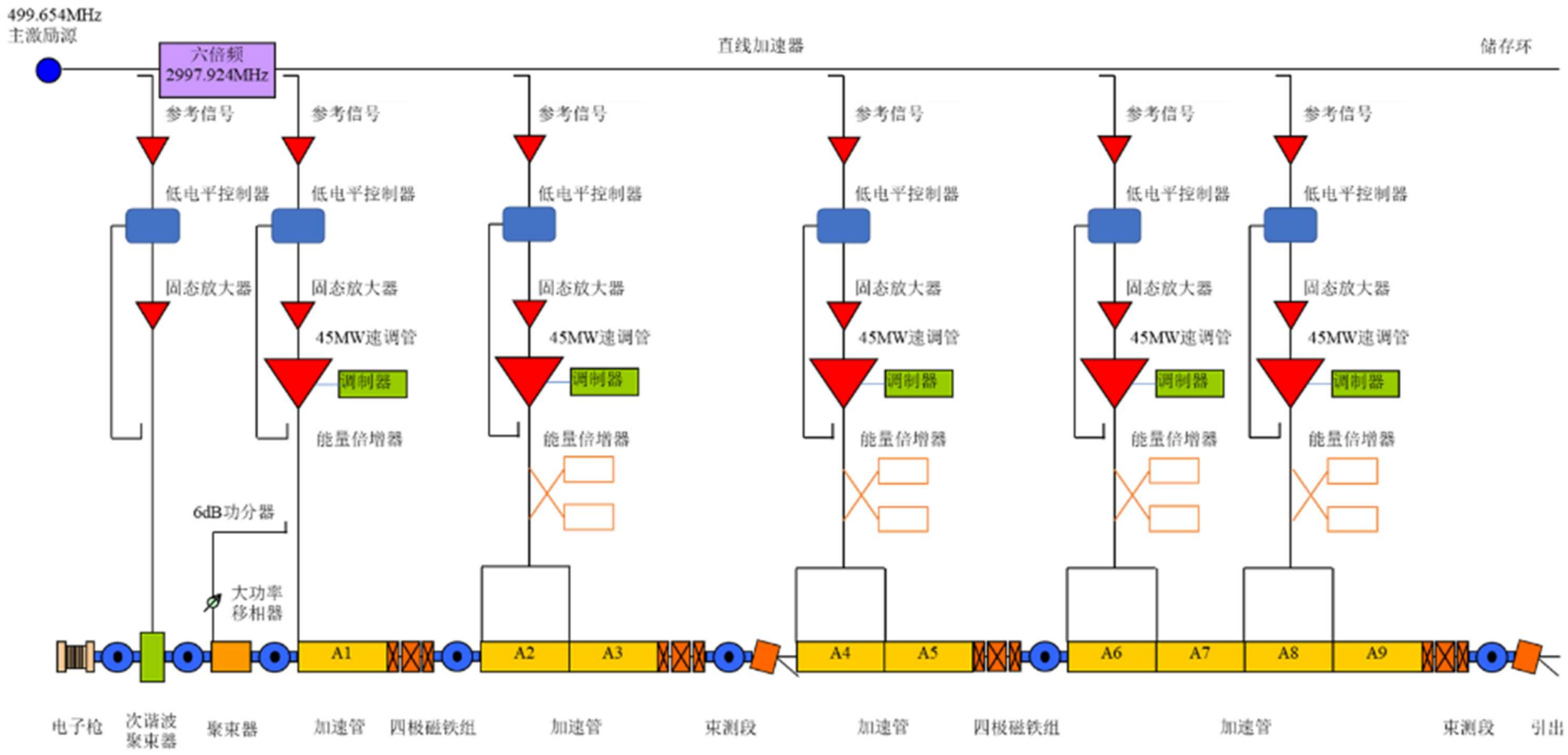


图 3.2.1-1 直线加速器组成布局示意图

3.2.1.2 多用途束流平台

多用途束流平台位于直线加速器末端，设置有 3 个实验平台，用于开展多射线辐照、中子飞行时间谱测量等研究以及核技术应用开发等。

注：基于建设单位对于建设成本等方面考虑，在项目运行前期，多用途束流平台内的设备不安装、建设，仅为其预留空间。

3.2.1.3 储存环和输运线

直线加速器产生的电子通过输运线注入至储存环内，在储存环内的电子以近乎光速在闭合轨道内运行，电子在储存环内储存并积累流强达到光学实验要求后停止注入。电子在储存环内绕环运动时产生同步辐射光，并通过光束线引出至实验站进行实验。

超瞬态同辐辐射光源的输运线长度约 35m，输运线连接位于地下一层的直线加速器隧道及地上一层的储存环。

本项目储存环采用第三代光源的方案，同时为了满足经济主战场中成像和谱学等研究的特殊需求，储存环中电子的电流较目前的同步辐射光源大 3~5 倍。

储存环包含 4 个 4BA（4 bend achromat）的超周期和 4 个长直线节等，运行能量为 500MeV，束流流强 1A，环周长 76.78m。4 个超周期主要采用四弯铁消色散结构以降低阻抗、提高电子束流强，每个周期除了 4 块梯度偏转铁以外，还有 9 块四极铁和 4 块六极铁。4 个直线节，其中一个用于注入和放置高频腔，另外 3 个直线节供光束线站使用，均将使用插入元件（目前一期预研项目仅设置 1 条光束线站）。

储存环内重要功能组成包括高频系统、插入件、真空系统、磁铁系统、束测系统等，其中：真空系统、磁铁系统、束测系统主要功能与 3.2.1.1 节直线加速器系统类似，以下主要对高频系统和插入件进行介绍。

高频系统：用来补充储存环中束流经过二极磁铁和插入件时的同步辐射损失以及寄生损耗；并提供纵向聚束电压以保证足够的能量接收度，阻止束团内电子的纵向逃逸和丢失，保证束流寿命；控制窄带阻抗，消除或降低多束团耦合不稳定性。储存环的高频系统由高频加速腔、高频功率源和低电平控制系统三部分组成。

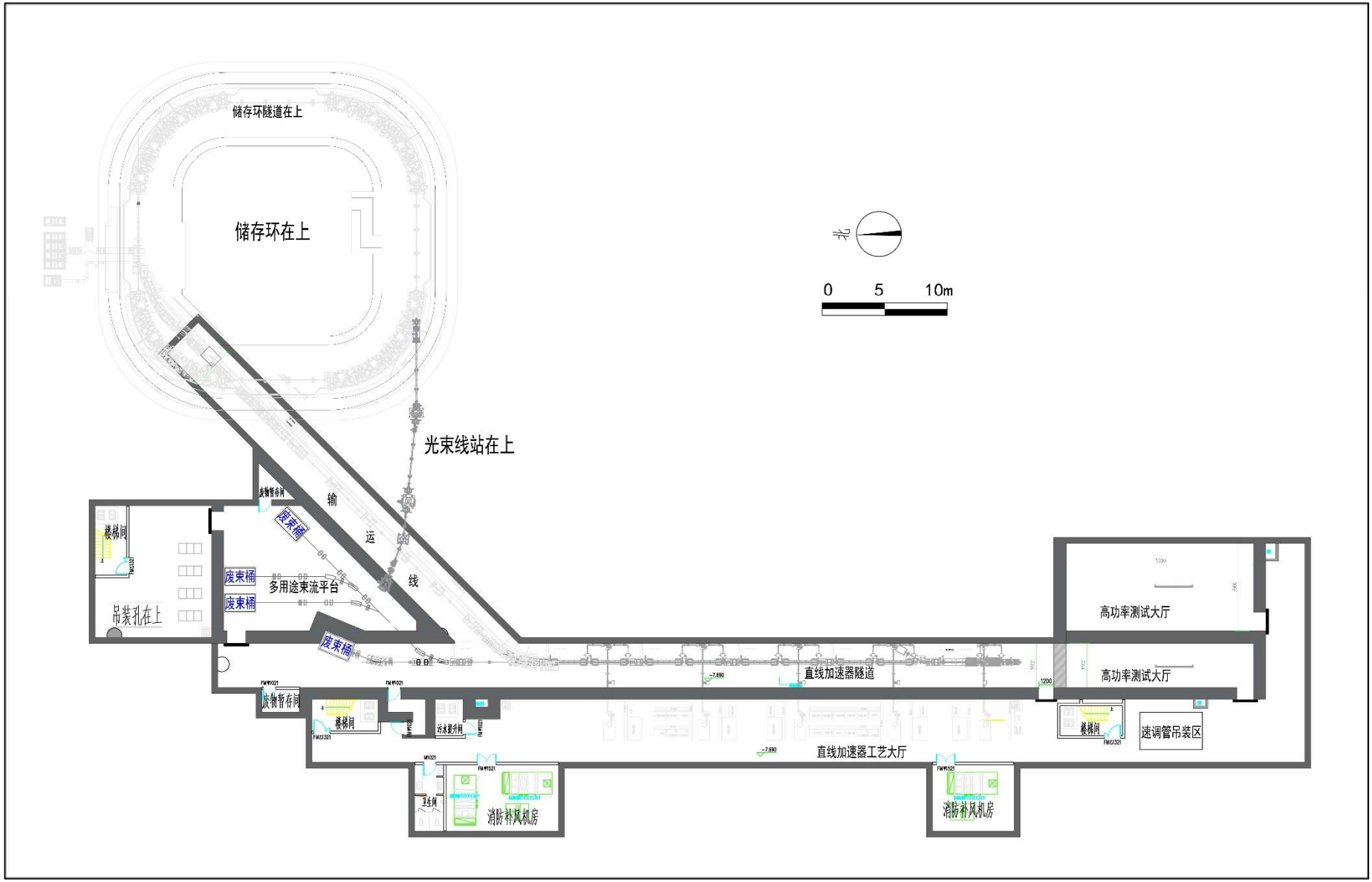


图 3.2.1-2 超瞬态同步辐射装置直线加速器区域平面布置图（地下一层）

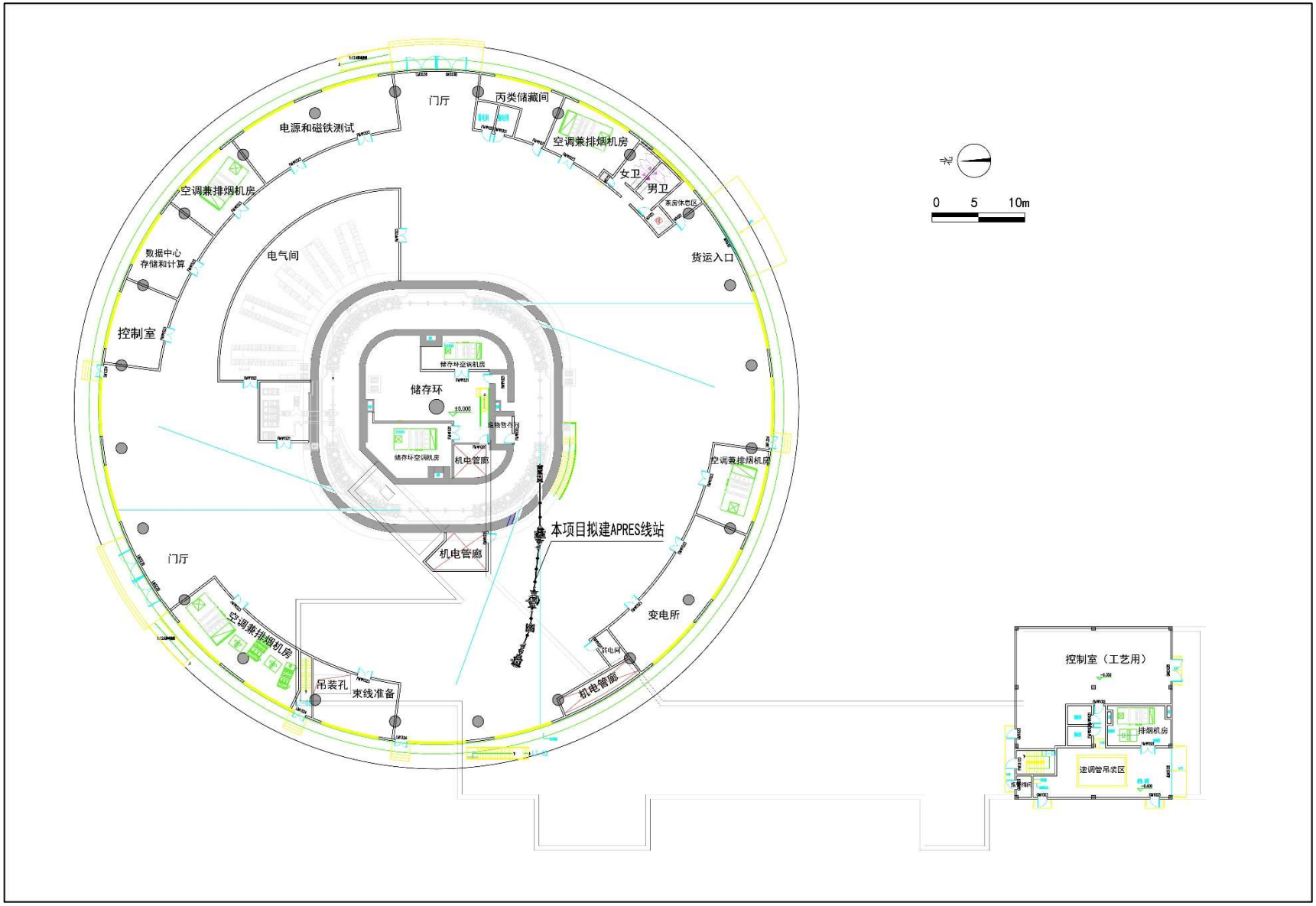


图 3.2.1-3 超瞬态同步辐射装置储存环区域平面布置图（1 层）

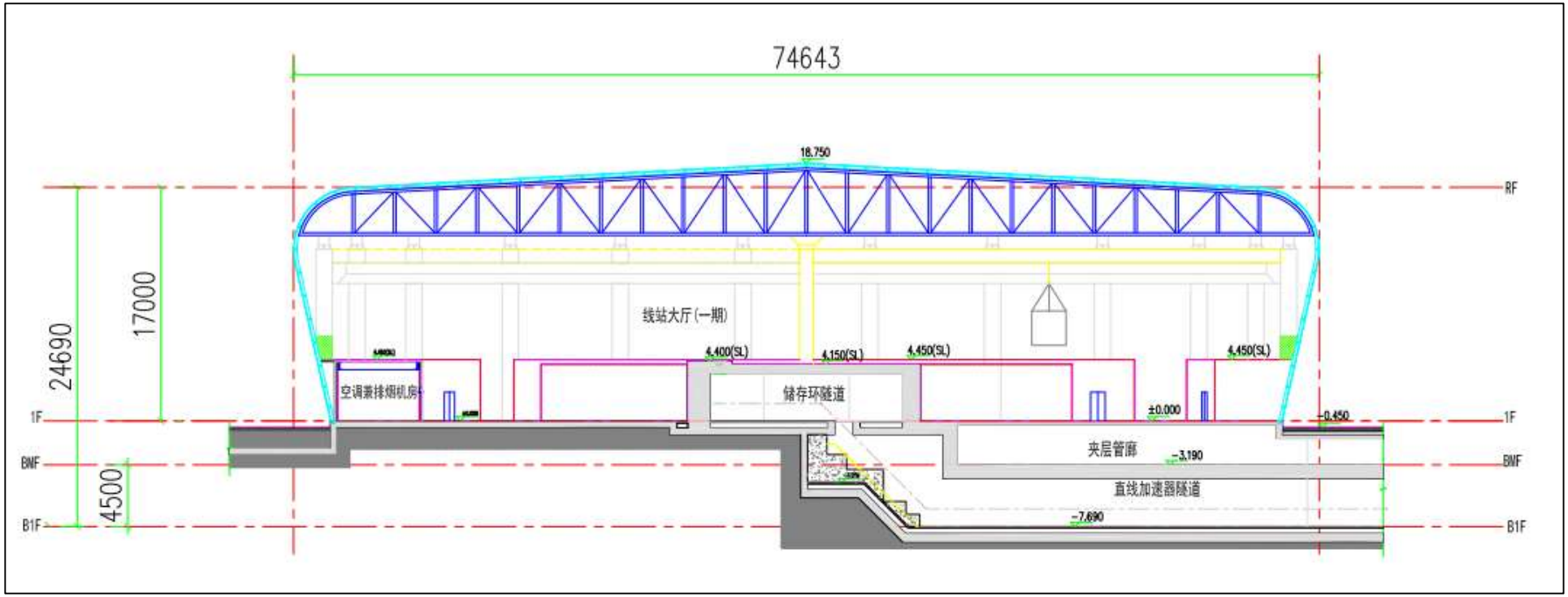


图 3.2.1-4　超瞬态同步辐射装置输运线区域剖面图

插入件：插入件是出光部件，是光源的关键部件之一。弯转磁铁产生的同步辐射具有一定的局限性，单靠弯转磁铁来提高同步辐射的亮度或将辐射光谱区扩展到很宽是较为困难的。在储存环的直线段，加上周期排列的、极性交替变化的多级磁铁，使电子在磁场中作周期性的曲线运动，而在磁场外仍保持原来的直线运动，这就可得到不同功率的更强的辐射功率源。插入件可分为两类，扭摆器和波荡器，本项目超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站采用的插入件为可变偏振波荡器，其三维模型见下图。

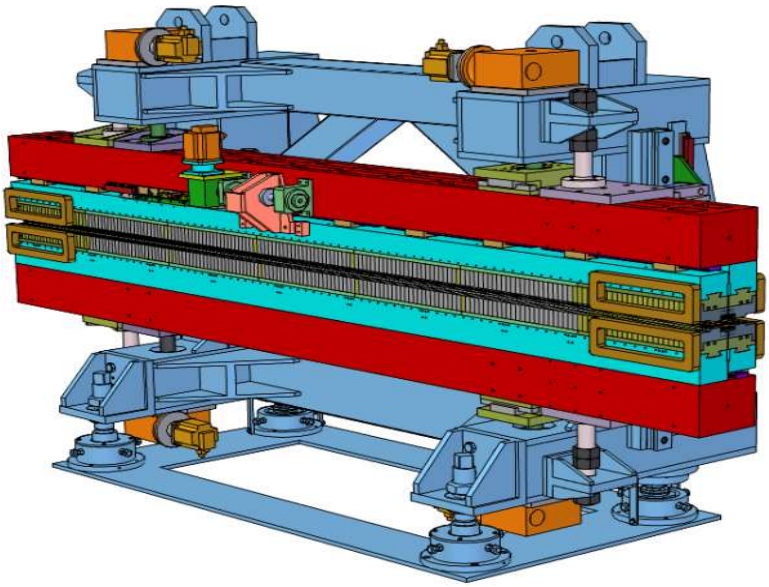


图 3.2.1-5 超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站波荡器三维模型

3.2.1.4 光束线站

本次超瞬态实验装置预研项目拟设置 1 条超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站，该线站主要用于超导和量子材料的研究，光子通量 10^{17}p/s/1%，能量范围 7~70eV，极低温（<1K），以实现 0.5meV 的超高能量分辨。线站主要包括光束线和实验站。

光束线站由前端区、光学棚屋和实验站组成。

前端区为光源点（弯铁和插入件）到锯齿墙段，位于储存环内，它是连接储存环和光束线之间的超高真空段，其作用包括为储存环提供真空保护、屏蔽优化的高能辐射、限制同步辐射出口尺寸等，主要部件为安全光闸；

光学棚屋的作用是调制并剥离出需要的同步辐射光，并且吸收和屏蔽掉不需要的白光和轫致辐射等，主要设备包括水冷狭缝、聚焦镜或反射镜、单色仪、准直吸收器、安全光闸等，准直吸收器一般安装于光束线引出墙前端，主要用于吸收；

实验站是利用前端分离得到的同步辐射光开展实验的场所，包括样品台、探测器、数据采集系统等。

光束线站的光学部分主要包括可产生 0.5meV 极窄带宽光的单色器，滤除高次谐波的

气体滤波器，以及极低温样品台和电子分析器。

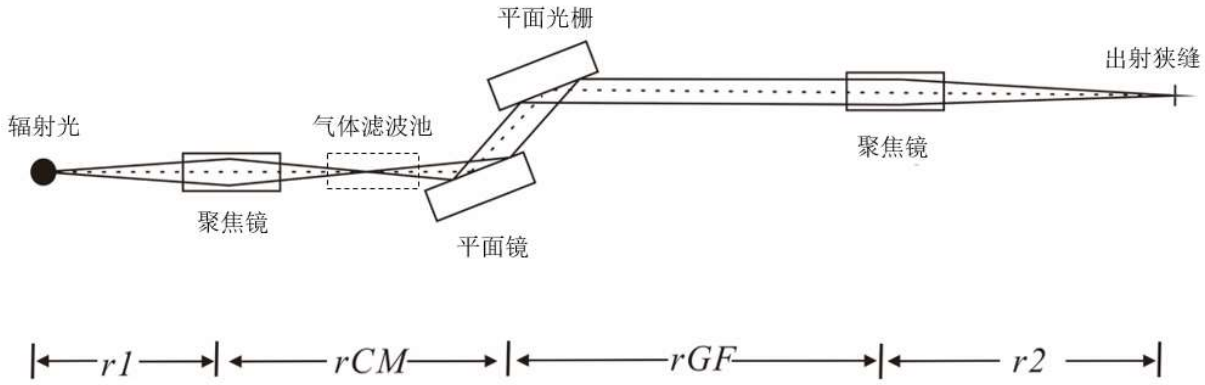


图 3.2.1-6　超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站光学系统示意图

实验站的作用是导入 0.5meV 带宽的单色辐射光，利用电子分析器测量样品电子态分布，通过降温至 1K 降低温度效应对能谱的展宽，集成极窄带宽辐射光和极高能量分辨电子分析器，对电子态测量时获得 0.5meV 的超高能量分辨率；主要包括电子分析器、极低温系统和样品操纵台、真空腔室系统以及机械支撑系统。

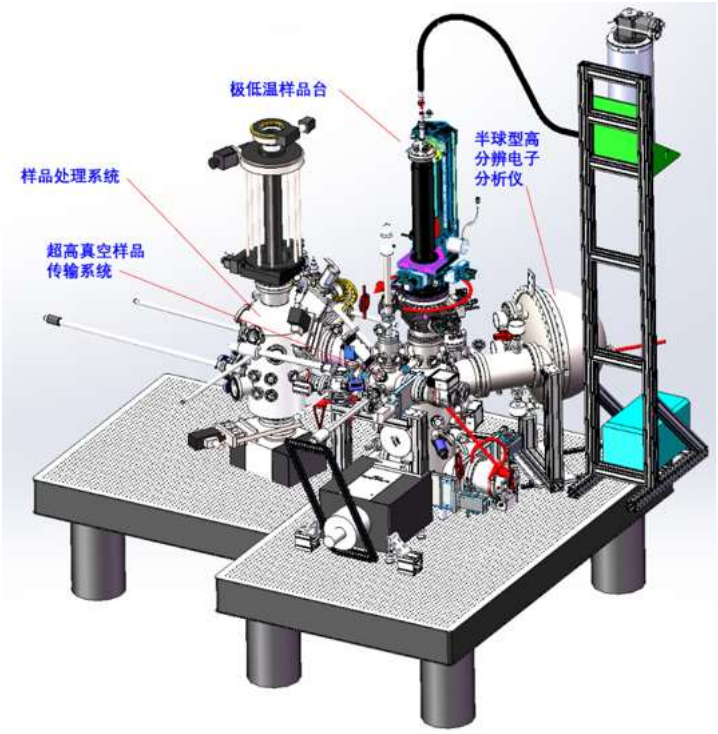


图 3.2.1-7　超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站实验站组成示意图

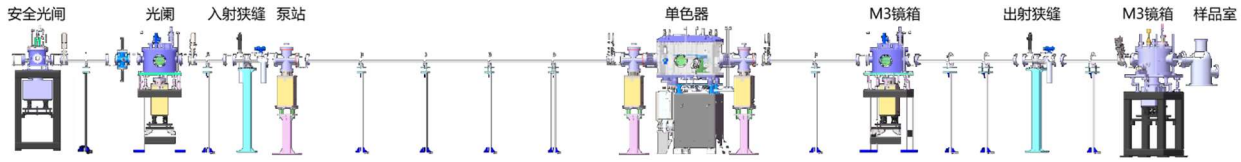


图 3.2.1-8　光束线站结构示意图

3.2.1.5 高功率测试大厅

高功率测试大厅为超瞬态同步辐射装置的辅助工程，位于直线加速器隧道南端，北侧与直线加速器工艺大厅相连，高功率测试大厅总长 15m、宽 11.5m、净高 3.5m，其功能是用于加速管、高频腔等部件的测试。

高功率测试大厅分为两个区域，中间采用混凝土隔墙隔开，隔墙与加速器屏蔽体同时施工。高功率测试大厅与直线加速器隧道之间的隔墙为可拆卸式混凝土实心砌块。一般情况下，混凝土实心砌块墙封闭，即当高功率测试大厅运行、直线加速器隧道运行时混凝土实心砌块均为封闭状态；仅当高功率测试大厅内的部件测试完成、需要转运至直线加速器隧道时，将移开混凝土实心砌块墙进行转运，转运完成后墙体重新封闭。

3.2.2 工作流程及产污环节

3.2.2.1 同步辐射光源

正常运行工况：超瞬态同步辐射装置的电子枪产生电子，通过加速管的加速作用得到能量为 500MeV 的电子束，电子束通过输运线达到并注入储存环；电子束在储存环内储存并积累流强达到光学实验要求后，经过弯转磁铁和插入件偏转后从储存环引出，通过光束线达到实验站，提供用户同步辐射光。

实验工况：超瞬态同步辐射装置加速器末端设置 1 个多用途束流平台用于辐照实验或电子束测试，电子束经过偏转磁铁偏转后至多用途束流平台，测试或实验结束后电子束引出至束流阻挡器（废束桶）。（注：基于建设单位对于建设成本等方面考虑，在项目运行前期，多用途束流平台内的设备不安装、建设，仅为其预留空间。）

调试工况：束流调试初期，装置需对直线加速器段及储存环的电子束参数、同步辐射光参数进行调试，直线加速器段设置有束流阻挡器，测试电子束最终引至束流阻挡器内。

在上述流程过程中，电子与结构部件、屏蔽体等发生核反应，产生韧致辐射、光子等；电子在储存环内绕环运动产生同步辐射光；光束线引出时产生的主要辐射为同步辐射及气体韧致辐射。

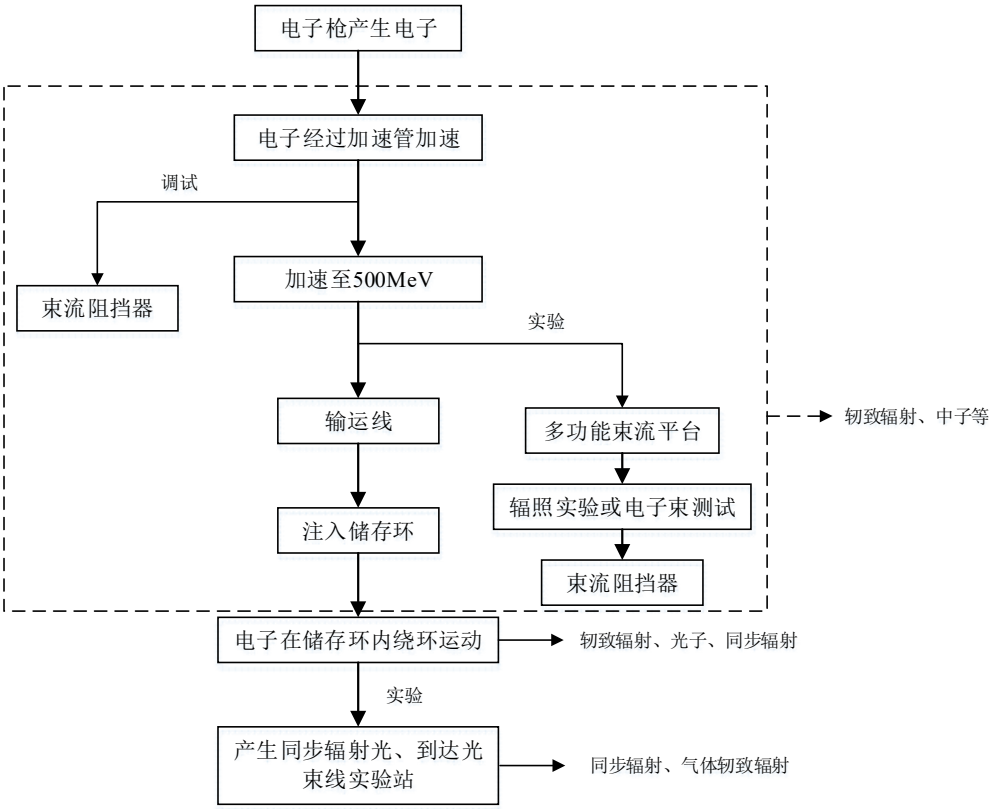


图 3.2.2-1 超瞬态同步辐射装置工艺流程及产污环节图

高功率测试大厅用于加速管、高频腔的测试，加速器管及高频腔的零部件由工作人员高功率测试大厅内安装，安装完成后检漏、抽真空；工作人员根据巡检流程完成巡检、离开通道，人身安全联锁系统建立；工作人员远程操作为加速管、高频腔馈入功率直至达到目标，馈入功率时加速器、高频腔由于产生高压场而产生暗电流。测试完成后，停止馈入功率，工作人员解除高功率测试大厅的联锁系统，然后进入大厅内拆除加速器管、高频腔，测试完成后的设备用于直线加速器、储存环内设备安装、使用。

其工作流程如下图。

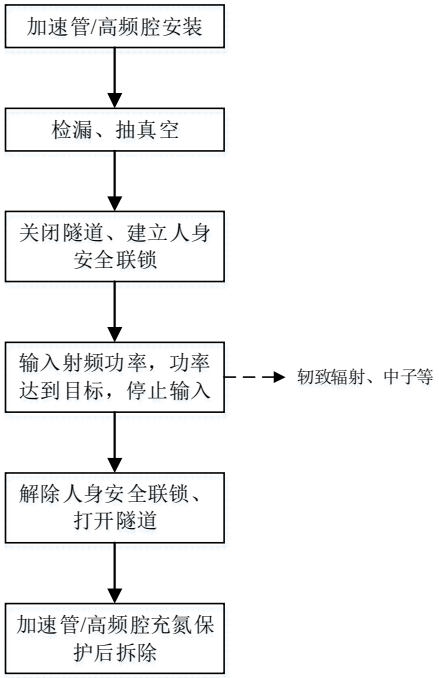


图 3.2.2-2　高功率测试大厅工作流程图

3.2.2.2 超瞬态科学实验楼（实验室）

超瞬态科学实验楼为配套超瞬态电子显微镜集群建设的实验楼，实验楼楼层功能情况详见表 1.2.1。

超瞬态科学实验楼一层共设置 17 个实验室（实验室 1~17）并配套设置化学制样室、离子制样室等配套实验用房。超瞬态电子显微镜集群的显微镜设置于一层实验室内，其中**超瞬态四维 X 射线显微镜为Ⅲ类射线装置，另行办理环境影响评价登记表手续，不在本项目评价范围内。实验室第 17 为预留实验室，不在本项目评价范围内，后期需要时应另行办理环境影响评价手续。**

本评价主要对配套实验用房化学样室所产生的非放射性工艺、产污等进行分析，其他实验室主要为物理实验。化学制样间位于超瞬态科学实验楼一层南侧，主要功能为样品电解抛光。主要流程如下：

电解液配置：将电解液配置所需化学试剂从专用试剂柜取出至化学制样间通风橱内，根据要求移取适量试剂至烧杯内，单次电解液配置所需试剂主要包括乙醇 0.7L、冰醋酸 0.05L、高氯酸 0.05L、硝酸 0.05L、丙酮 0.2L，使用液氮作为冷却介质配置电解液；

样品抛光：将直流电源阳极连接样品（大小不超过 1cm^3），阴极连接铂片或不锈钢片，调节电流参数，打开直流电源，将样品与溶液进行接触进行电解抛光；

清洗：抛光结束后，用超声波清洗仪进行样品清洗。

样品制备完成后，抛光液、清洗液循环使用，定期更换。更换的抛光液、清洗液作为危

险废物委托有相关危废资质单位处置。

实验室涉及的主要原辅材料一览表详见表 3.2.2。

表 3.2.2 实验室涉及的主要原辅材料

原辅材料名称	年用量	单次用量	贮存位置	用途
液氮	$10m^3$	200L	实验室	设备制冷
	$16m^3$	2L	储藏间	抽、卸电镜真空；电镜冷源
高纯氮气	$0.5m^3$	5L	实验室	吹洗精密零件
丙酮	20L	0.2L	实验室	超声波清洗
无水乙醇	140L	0.7L	实验室	超声波清洗、配置抛光液
冰醋酸	5L	0.05L	实验室	配置抛光液
高氯酸	5L	0.05L	实验室	配置抛光液
硝酸	5L	0.05L	实验室	配置抛光液

3.2.3 人流、物流流线

超瞬态同步辐射光源设置有高功率测试大厅及多用途束流平台 2 个功能区，2 个功能区涉及辐照或调试样品出入，工作前，放射工作人员将辐照或调试所需的样品置于实验平台上，后由场所的防护门退出至工艺大厅内。

超瞬态同步辐射光源运行前，放射工作人员须进入相应场所进行巡检，巡检完成并确认后，系统方具备供束条件，放射工作人员巡检路线详见下图。巡检完成后，超瞬态光源装置的放射工作人员返回线站大厅内的控制室远程操作设备，开展实验的实验人员在工艺大厅或线站周围开展实验活动。

高功率测试大厅（东、西）巡检路线：高功率测试大厅共分为东、西两个隔间，每个隔间各设置 1 个防护门，放射工作人员从防护门进入后，沿建筑墙体环绕一圈并依次按下巡检按钮，然后从防护门退出、分别完成高功率测试大厅（东、西）的巡检。

直线加速器隧道、输运线巡检路线：直线加速器隧道区域设置 3 个门，其中 1 个门为防护门，位于直线加速器隧道南侧，1 个门为迷宫门，位于直线加速器隧道北侧，另 1 个防护门与多用途束流平台相连通，为设备转运门（仅在设备转运时使用）；输运线区域未设置门。放射工作人员巡检时，由加速器隧道南侧的防护门进入，沿直线加速器隧道向北至输运线，依次按下沿途巡检按钮后沿输运线返回后至直线加速器末端，最后通过直线加速器隧道南侧迷宫门退出、完成直线加速器隧道、输运线巡检。

多用途束流平台巡检路线：多用途束流平台设置 1 个防护门，放射工作人员从防护门进入后，沿建筑墙体环绕一圈并依次按下巡检按钮，然后从防护门退出、完成多用途束流平台的巡检。

储存环巡检路线：储存环出入门位于储存环中心处，为 1 处迷宫门。放射工作人员从迷宫门进入后，沿储存环环绕一圈并依次按下巡检按钮，然后从迷宫门退出、完成多储存环的巡检。

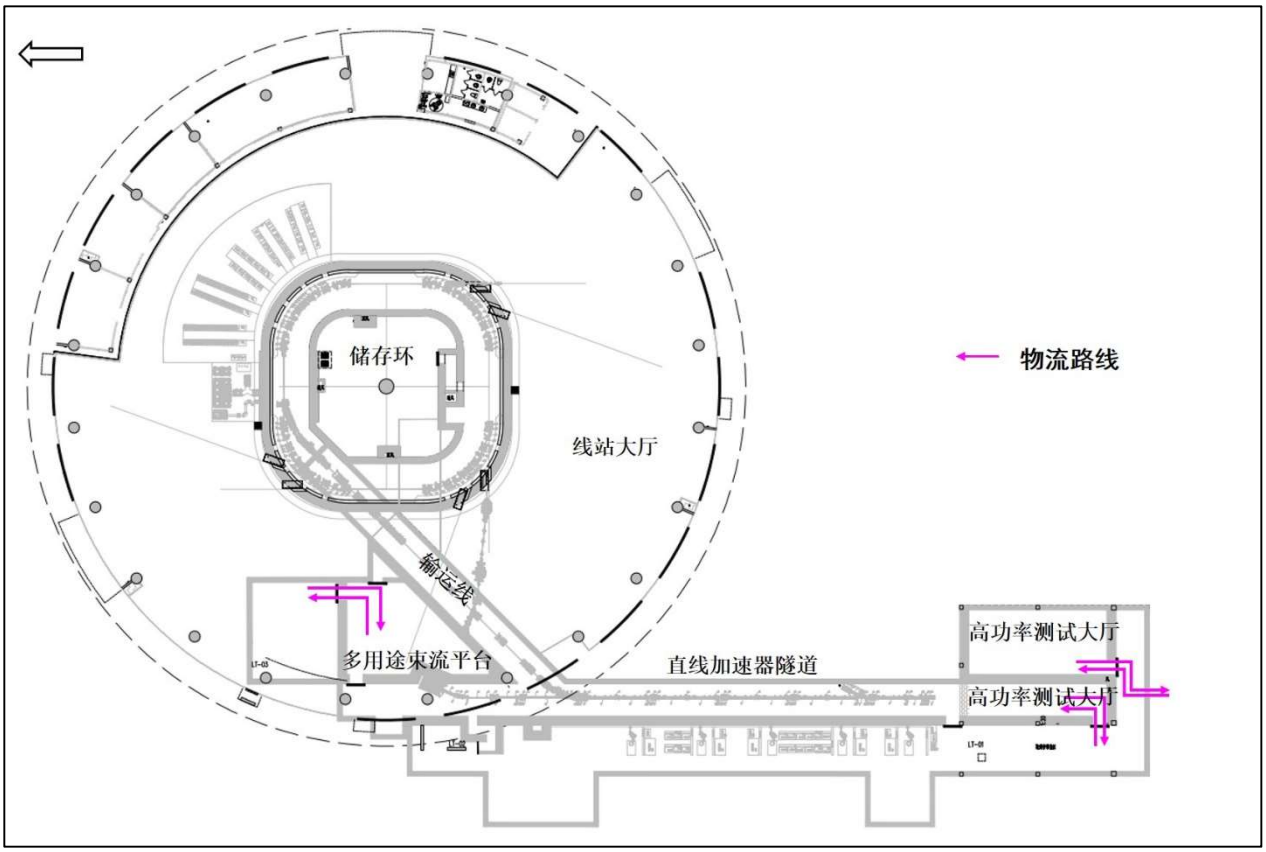


图 3.2.3-1 物流流线图

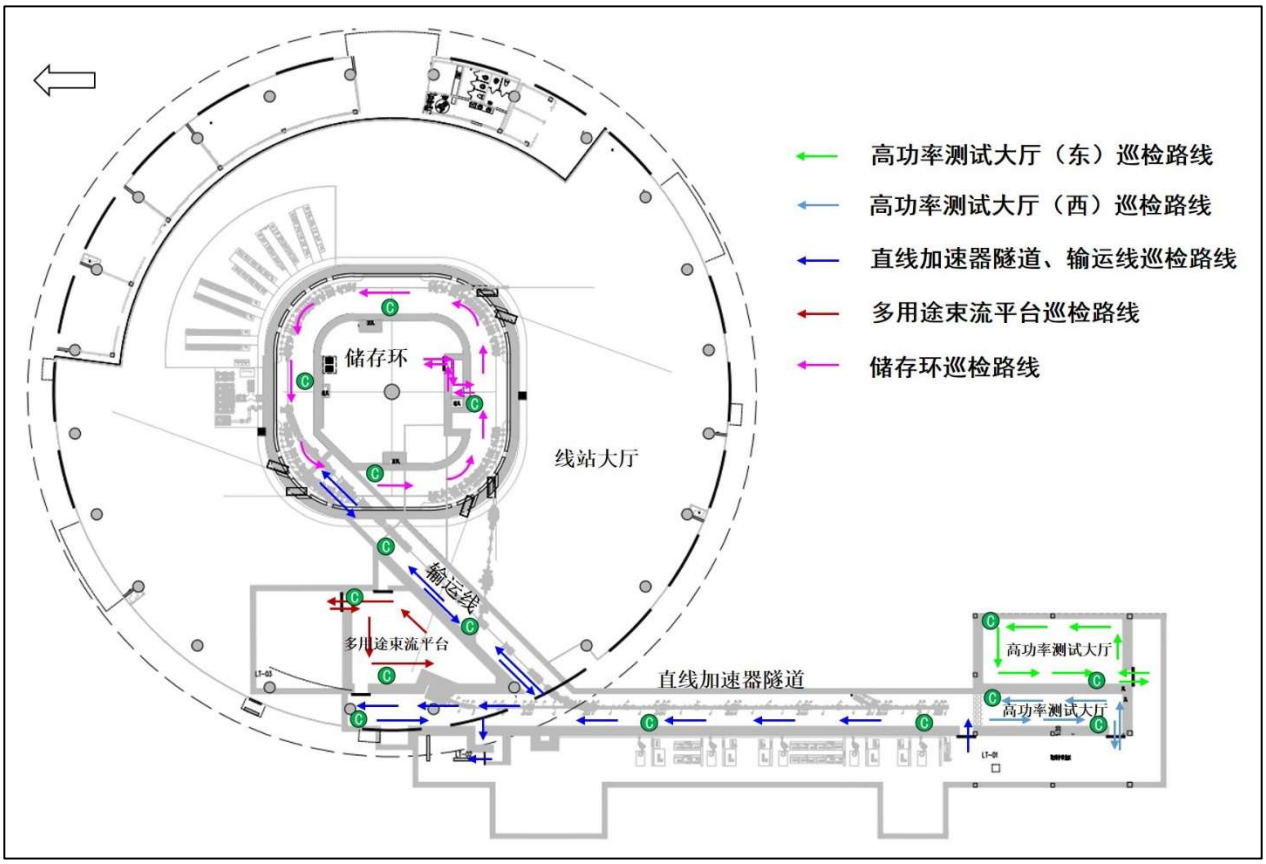


图 3.2.3-1 巡检流线图

3.3 公用工程

3.3.1 给水、排水

（1）给水

从市政给水管网引入两路 DN300 的给水管，供项目生活、工艺等用水。根据《建筑给水排水设计标准》（GB 50015-2019）及本项目设备规模，核定本项目用水量，详见以下：

①生活用水：本项目动力用房一层设置 1 个生活水泵房，内置生活水箱，有效容积为 30m^3。保守按照 200 人计（包含本项目涉及的外来科研人员），年工作 300 天。本项目选取工作人员的用水定额 50L/人次·d，则生活用水量为 10m^3/d（3000m^3/a）；

②绿地浇洒用水：绿地浇洒面积约 17090m^2，绿地浇灌用水定额为 1L/m^2·d，每周浇洒 1 次，则绿地浇洒用水量为 17.09m^3/d（854.5m^3/a）；

③空调冷却塔补水：空调系统设置冷却塔进行设备冷却，冷却塔补水量为 165m^3/d（49500m^3/a）；

④工艺系统冷却水补水：工艺系统设置冷却塔进行设备冷却，冷却塔补水量为 130m^3/d（39000m^3/a）；

⑤纯水站用水：本项目超瞬态同步辐射光源区域需使用纯水进行设备冷却水，纯水制备制水规模为 2m^3/h，制备效率约 50%。光源区域冷却水循环使用，仅在事故或维修维护时需要更换、补充，单次补充纯水量 40m^3，因此纯水站用水量为 80m^3/次（按年 12 次计，则 960m^3/a）。

本项目设置 2 台燃气热水锅炉，为真空锅炉。根据建设单位提供的相关资料，锅炉内部水循环使用不外排，内部水为系统自带，无需额外用水、排水。

综上，本项目总用水量约 402.09m^3/d（9.34 万 m^3/a）。

（2）排水

实行雨污分流制。雨水通过雨水管网排入市政雨水管道；污水主要包括生活污水、实验室器皿清洗后道清洗废水、活化冷却水以及纯水制备浓水等，活化冷却水进入冷却水贮存池贮存衰变、检测达标后与其他污水一并进入化粪池预处理后排入市政污水管网，然后排入西永污水处理厂集中处理（由于目前项目东侧 G212 国道连通至城市污水处理厂的管网尚未接通，因此在项目运行前期，废水经化粪池处理后定期外运至污水处理厂，待管网接通后，项目废水经化粪池处理后排入市政污水管道，最终排入西永污水处理厂集中处理）。按照生活废水产生量为用水量的 90%、纯水制备效率 50%计（其他用水均为损耗、不外排），则本项目污水产生量为 45m^3/d（3132m^3/a）。

注：本项目单日污水产生量包含纯水制备浓水，正常情况下由于冷却水不更换，不产

生纯水制备浓水，此时单日污水量为 $9m^3/d$。

本项目在超瞬态同步辐射装置区域地下共设置 4 座冷却水贮存池，用于收集超瞬态同步辐射装置冷却水系统废水。直线加速器区域及储存环区域各 2 座，单座冷却水贮存池有效容积均为 $10m^3$。

3.3.2 供冷、供热

本项目超瞬态同步辐射装置及科研楼区域均采用中央空调集中供冷、供暖。

（1）供冷

中央空调冷源由 4 台电动螺杆式冷冻机提供，设备位置位于动力用房地下一层。其中 2 台电动螺杆式冷冻机制冷量为 1230kW，为中央空调提供冷却水；另外 2 台（1 用 1 备）电动螺杆式冷冻机制冷量为 630kW，为工艺冷却水系统提供冷源。

制冷设备配套设置 6 台冷却塔，其中 2 台为开式横流塔，为中央空调提供冷却水，4 台（2 用 2 备）为闭式冷却塔，为工艺冷却水系统提供冷却水。冷却塔均位于动力用房屋顶。

（2）供暖

项目设置 2 台低氮燃气热水锅炉为线站大厅、科研楼提供热源。2 台锅炉制热量为 900kW，热效率为 93%，2 台锅炉总耗气量约 $192m^3/h$，年运行时间为 120 天，则年耗气量为 55.07 万 m^3/a。

锅炉房位于动力用房 1 层，锅炉房天然气燃烧废气经收集后引至动力用房楼顶排放。

3.3.3 供电

项目拟从市政引入 2 路 10kV 电源为本项目供电，每路用电量为 6600kVA。

3.3.4 供气

本项目天然气由市政供气管网提供。

3.3.5 工艺冷却水系统

工艺冷却水系统采用双循环冷却方式即：采用低电导率循环水作为传热介质与冷却对象直接接触，组成封闭式内循环冷却水回路（简称一次冷却水），带走冷却对象的热功耗，维持温度的稳定，并通过板式换热器将热量传递给外循环冷却水（简称二次冷却水），再经冷却塔将热量散发于外界大气中。

本项目工艺水冷系统主要由以下部分组成：一次冷却水（内循环回路）、二次冷却水（外循环冷却水）、补充水系统、恒温监控系统。

一次冷却水系统为封闭式机械循环回路，由水泵、板式换热器、电加热器及调功器（恒温系统）、过滤器、离子交换柱、膨胀水箱、稳压装置、供回水干管及配水管，以及流量、温度、压力、液位、水质等监测仪表、相应的动力设施和控制系统等组成。

二次冷却水系统的功能是为一次冷水系统提供冷源。二次冷水系统的主要设备有：水冷冷水机组、水泵、过滤器、定压补水装置等。水冷机组采用循环水冷却方式，主要设备有冷却塔、循环水泵等。二次水系统设备集中布置，设于动力用房 1 层冷冻机房内。

补充水系统主要是进行纯水制备，主要包括设置在动力用房 1 层冷冻机房的纯水站以及管网分配系统系统。一、二次冷却水均采用纯水。

纯水系统由以下 6 个部分组成：（a）预处理系统：由絮凝系统→砂滤器→活性炭过滤器→软化处理→微滤共五部分组成；（b）反渗透系统由一级反渗透→pH 调节→二级反渗透组成；（c）EDI 系统；（d）膜脱气系统；（e）后处理系统；（f）自动监控系统。

恒温监测系统通过调节电加热器功率和电动调节阀实现调温控制，主要仪表有温度、压力、流量、液位、电导率、pH、溶解氧等传感器。

3.4 辐射污染源项

超瞬态同步辐射装置在运行过程中产生的辐射场主要包括设备运行时产生的“瞬发辐射场”和设备停止运行后因感生放射性而依然存在的“缓发辐射场”。

“瞬发辐射场”是粒子束流与结构部件、屏蔽体等发生核反应产生，特点是能量高、辐射强，但会随着设备停止运行而完全消失；“缓发辐射场”是由于感生放射性导致的来自结构部件、设备冷却水、隧道内空气等材料被初级或次级粒子轰击产生的活化产物，在设备停止运行后依然存在的“残余辐射”。

3.4.1 瞬发辐射源

3.4.1.1 反应原理

超瞬态同步辐射装置运行过程中的瞬发辐射场根据加速器设备位置、粒子运行轨迹、结构部件、运行状态的不同而变化。

电子在直线加速器隧道内经加速后达 500MeV，通过输运线注入到储存环内，储存环中的电子绕环运动经过弯铁或插入件，放出能量较低的同步辐射（约几百 eV~几百 keV），光束线站用不同的光学元件、光束阀等部件引出不同波长的光提供给实验站。

直线加速器隧道等区域设置束流阻挡器，供束流调试、实验使用；设置多用途束流平台，利用电子线开展辐照实验、调试等；直线加速器隧道南端设置高功率测试大厅，开展高频腔、加速管测试等。

电子在加速、运输过程中，与周围介质发生反应，其部分或全部能量转化成各种形式的辐射，如轫致辐射、中子、同步辐射、π 介子等。

当电子能量较低时，通过电离损失将能量传递给靶核使其电离或激发产生轫致辐射，轫致辐射在次级粒子的辐射场中占主要地位。而对于能量大于 100MeV 的电子加速器，电

磁级联效应在辐射场的地位不可或缺。

当韧致辐射光子能量较高，达到或超过了光核反应的阈能，将产生电磁级联效应。电磁级联效应是一种复杂的随机现象，简单描述如下：1 个电子在穿行过程中与物质作用发射出 1 个同等能量的光子，光子穿行过程中产生 1 个正负电子对，正负电子对各有光子一半的能量，同时原来的电子又产生 1 个新的光子；此过程中，粒子数目加倍而能量减半（电磁级联簇射）直至电子能量低于临界反应阈能，电磁级联簇射达到高峰。

在电磁级联簇射反应中，各个能量范围的光子均存在，光核反应产生中子。不同能量的光子发生的光核反应不一样，产生的中子能量也不一样。当光子能量低于 30MeV 时，中子的产生主要来源于“巨光核共振”过程，巨共振中子的能量大约为几个 MeV。当光子能量高于 30MeV，超过巨共振区域时，发生伪氘核反应，产生伪氘核中子；当光子能量高于 150MeV 时，光介子生成的通道打开，发生反应产生高能中子。对于较薄的屏蔽体，韧致辐射光子和巨共振中子在对屏蔽体外的剂量率贡献中占主导作用；对于较厚的屏蔽体，巨共振中子和高能中子在对屏蔽体外的剂量率贡献中占主导作用。

高能电子由于磁场的作用改变方向时，产生同步辐射，这是储存环中电子损失能量的主要形式。

高功率测试大厅测试时，将高压功率源馈入加速管或高频腔，此过程将产生暗电流。

3.4.1.2 瞬发辐射源源项

（1）直线加速器及输运线（含直线加速器隧道、多用途束流平台、输运线、高功率测试大厅）

直线加速器及输运线段束流在运输过程中沿途产生束流损失，这些束流损失与加速器部件、屏蔽体等发生作用产生次级辐射。

直线加速器主要由电子枪、聚束器、加速管、磁铁等设备组成。电子自电子枪发出，经加速聚束后注入加速管，最高能量可达到 500MeV。

直线加速器及输运线与其束流损失点位主要包括：束流输运过程不可避免的在沿途输运管线发生束流损失；直线加速器、输运线段设置多处偏转磁铁，偏转磁铁处将产生束流损失；为了调试束流参数、束流平台实验需求，在聚束段、直线加速器末端、多用途束流平台等处设置束流阻挡器；为满足设备研究的要求，在输运线中安装水平和垂直方向刮束器各一套，电子在刮束器处将产生束流损失；另外，直线加速器加速管及高功能测试厅加速管/高频腔测试将产生暗电流。

（2）储存环（含储存环及光束线站）

储存环由四个直线段和四个 90°偏转段组成，储存环的束流损失主要包括；储存环在四

个 90°偏转铁处的损失；除了常规丢束外，还可能出现的储存环内突然丢失，即全环束流损失的情况；电子与真空管道中的残余气体相互作用产生的轫致辐射损失；电子束流自输运线注入至储存环内注入切割铁束流损失；储存环内电子经过偏转磁铁和插入件从储存环中引出，发出同步辐射而损失能量；同步辐射光通过光束线引出后至实验站，其主要辐射源项为气体轫致辐射和同步光辐射。

根据超瞬态同步辐射装置物理设计及屏蔽计算报告，装置束流损失情况见下表，束流损失点位见图 3.4.1-1。

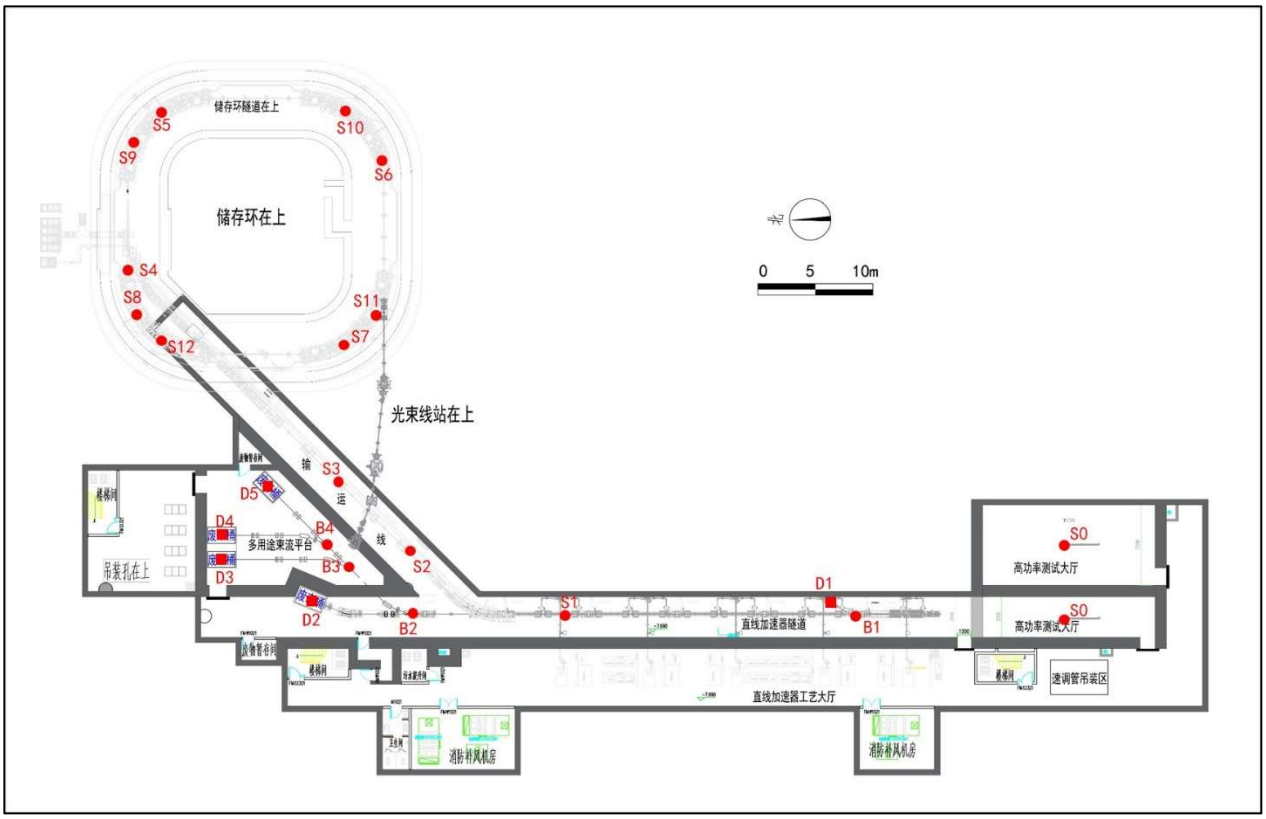


图 3.4.1-1 装置束流损失点位图

表 3.4.1-1 正常运行时束流损失参数一览表（来源：加速器物理设计数据）

区域	编号	位置	能量（MeV）	损失率（%）	流强（nA）	损失方式	靶材料
高功率测试大厅	S0	高功率测试大厅	60	95	0.095	集中损失	厚靶，铜
直线加速器	B1	聚束段末端偏转铁	70	1	0.05	集中损失	厚靶，铜
	D1	聚束段出口束流阻挡器	70	100	5	集中损失	石墨、铁
	S1	最后一根加速管出口	500	2	0.1	集中损失	厚靶，铜
	B2	往束流阻挡器 D2 偏转铁	500	1	0.05		
	D2	直线加速器末端束流阻挡器	500	100	5	集中损失	石墨、铁
输运线	S2	刮束器	500	5	0.25	集中损失	厚靶，铜
	S3	中段	500	1	0.05	集中损失	厚靶，铁
多用途束流平台	B4	偏转铁	500	1	0.05	集中损失	厚靶，铜
	B5	偏转铁	500	1	0.05		
	D3	束流阻挡器	500	100	5	集中损失	石墨、铁
	D4	束流阻挡器	500	100	5		
	D5	束流阻挡器	500	100	5		

区域	编号	位置	能量（MeV）	损失率（%）	流强（nA）	损失方式	靶材料
储存环	S4	注入切割铁	500	5	0.25	集中损失	厚靶，铁
	S5	偏转段 1	500	25	3.3E-3		
	S6	偏转段 2	500	25	3.3E-3		
	S7	偏转段 3	500	25	3.3E-3		
	S8	偏转段 4	500	25	3.3E-3		
	S9	直线段 1	直线节长度 10m，电子能量 500MeV，流强 1A			/	残余气体靶
	S10	直线段 2					
	S11	直线段 3					
	S12	直线段 4					

表 3.4.1-2 单次事故束流损失参数一览表（来源：加速器物理设计数据）

区域	每秒丢失电子数	持续时间（s）	单次损失电子数
直线加速器	3.13E+10	≤2	6.26E+10
储存环	1.60E+12	极短	1.60E+12

3.4.2 感生放射性

设备的感生放射性主要是由中子引起的，感生放射性的辐射水平取决于加速粒子的能量、种类、束流强度和加速器的运行时间等因素。装置运行过程中，中子与周围介质发生核反应，使原来物质稳定的核素转变为带有放射性的核素，使其产生感生放射性，发生活化。在设备停止运行后，有束流损失产生的瞬发辐射立即消失，但感生放射性依然存在，产生的放射性核素依然会根据自身性质，发射 β、γ 等射线。

感生放射性主要产生于装置的结构材料、冷却水、周围土壤及地下水、混凝土墙体等，与此同时还伴有放射性废物的产生。

3.4.2.1 空气感生放射性

空气的感生放射性主要由初级或次级粒子与空气分子直接发生核反应产生。反应类型主要包括光核反应、热中子捕获及高能中子散裂反应。

根据 NCRP No.144 号，空气中产生的感生放射性核素对环境污染有显著意义的主要有 ^{3}H、^{7}Be、^{11}C、^{13}N、^{15}O 和 ^{41}Ar。其主要反应类型、反应截面等参数见下表。

表 3.4.2-1 空气活化产生的主要放射性核素

放射性核素	半衰期 $T_{1/2}$	衰变常数 λ，s^{-1}	母核元素	空气中母核重量百分数	反应类型	反应截面（mb）*
^{3}H	12.33a	1.78E-09	N	0.755	散裂	30
			O	0.23	散裂	30
^{7}Be	53.6d	1.50E-07	N	0.755	散裂	10
			O	0.23	散裂	5
^{11}C	20.39min	5.66E-04	N	0.755	散裂	20
			O	0.23	散裂	20
^{13}N	10min	1.16E-03	N	0.755	散裂	10
			O	0.23	散裂	9
^{15}O	123s	5.63E-03	O	0.23	（n，2n）和（γ，n）	60
^{41}Ar	1.83h	1.05E-04	^{40}Ar	0.013	（$n_{热中子}$，γ）	610

注：*取自《加速器保健物理》（H.W.帕特森，R.H.托马斯）P297，表 7.4。

根据《加速器保健物理》（H.W.帕特森，R.H.托马斯）P296，对于长半衰期核素如 ^{3}H 和

^{7}Be，产生率很低，可不必考虑，因此，本评价下文中考虑的放射性核素主要是 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 和 ^{41}Ar 四种核素。

3.4.2.2 冷却水感生放射性

冷却水的活化主要来自加速器磁铁和高能输运线磁铁等的一次冷却水，总水量约 40m^3，该回路的冷却水闭合回路循环使用，不外排，因此正常情况下不会对外环境造成辐射影响。

根据《加速器保健物理》（H.W.帕特森，R.H.托马斯），高能中子与冷却水中的氧发生散裂反应，主要产生 ^{3}H、^{7}Be、^{11}C、^{13}N、^{15}O 等放射性核素，其核反应参数见下表。其中，^{11}C、^{13}N、^{15}O 的半衰期很短，装置停机后，这些核素将迅速衰变，浓度也会很快降低。因此，冷却水中的感生放射性核素主要考虑半衰期较长的 ^{3}H 和 ^{7}Be，其核反应参数见下表。

表 3.4.2-2 ^{16}O 散裂反应产物

核素	半衰期 $T_{1/2}$	衰变常数，s^{-1}	反应截面（mb）
^{3}H	12.33a	1.78E-09	30
^{7}Be	53.6d	1.50E-07	10
^{11}C	20.39min	5.66E-04	20
^{13}N	10min	1.16E-03	10
^{15}O	123s	5.63E-03	60

3.4.2.3 结构部件等感生放射性

结构部件的感生放射性主要是粒子直接与装置结构材料等相互作用产生，主要部位是束流损失较大的部位，如磁铁、刮束器、束流阻挡器等，主要材料为钢、铜、铝和铝合金。

结构部件的感生放射性随着加速器运行时间的增加逐渐累积；加速器停机后仍然存在，随着停机时间的增加而逐渐衰减。在加速器停机后，辐射工作人员会进入隧道完成检修、更换等操作。装置停止运行后活化结构部件中的核素主要是 ^{54}Mn、^{52}Mn、^{22}Na、^{51}Cr、^{57}Co、^{58}Co、^{60}Co 和 ^{65}Zn 等核素。这些核素大多由（γ、xn）、（n，xp）以及散裂反应等产生。

本评价采用中 FLUKA 程序（CERN 版本）对束流阻挡器、刮束器、磁铁、准直吸收器的模拟分析结果进行评价。

（1）束流阻挡器

本项目直线加速器区域共设置 5 个束流阻挡器，分别位于直线隧道前端聚束段出口（D1）、直线隧道末端（D2）以及多用途束流平台（D3、D4、D5）。模拟对象考虑能量、流强及使用时间等因素，选取多用途束流平台 D3 束流阻挡器进行典型分析。

计算模型及参数：

加速器运行工况为：电子能量 500MeV，流强 5nA，偏转角度 0°，照射时间按照连续运行 500h（年平均使用时间）保守计算。根据设计方案，束流阻挡器 D3 结构如下所示。芯部选用原子序数较低的石墨材料，侧向选用铁作为韧致辐射的屏蔽材料，最外层采用普通混凝土作为局部屏蔽材料。

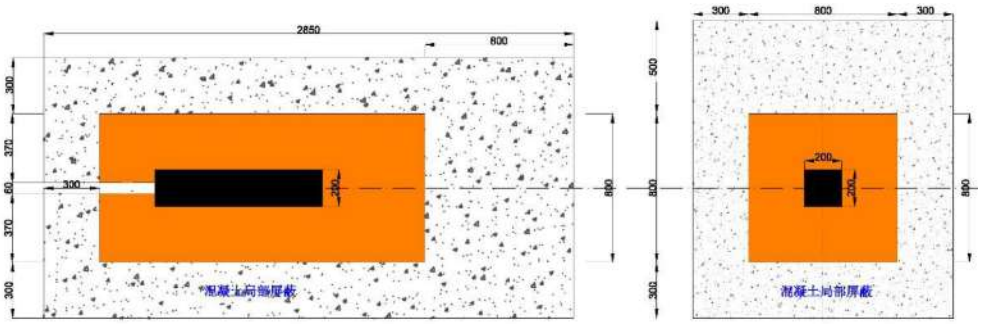


图 3.4.2-1　多用途束流平台束流阻挡器 D3 结构图

计算结果：

图 3.4.2-2 给出了束流阻挡器照射刚结束（T=0）、停机 10 min、停机 12h 和停机 1d 的剩余剂量率分布，3.4.2-3 给出了不同衰减时间下沿宽度方向（束流阻挡器侧向）的分布曲线。

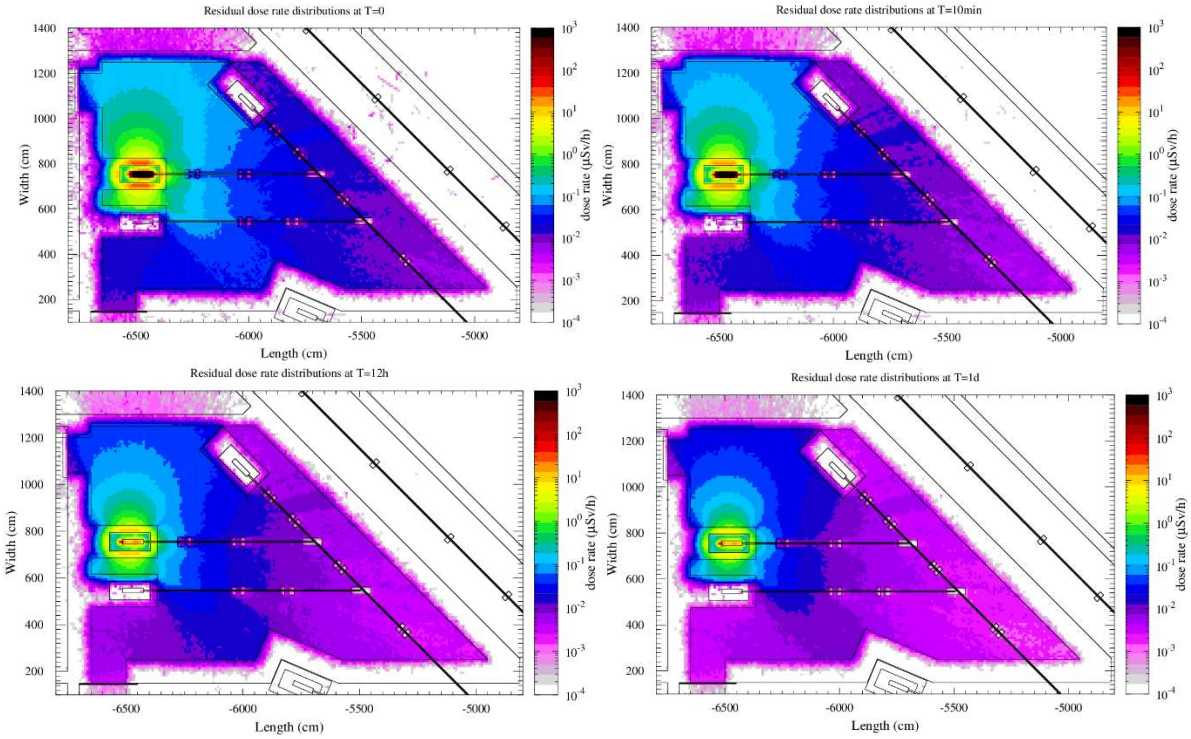


图 3.4.2-2　束流阻挡器不同衰减时间下的剩余剂量率分布

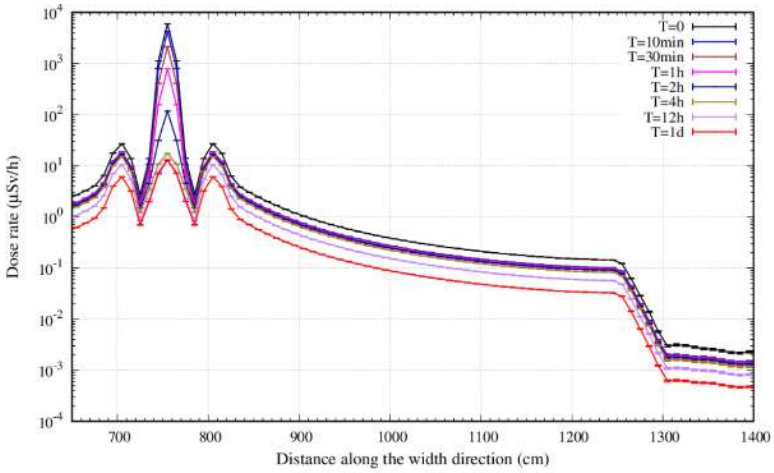


图 3.4.2-3 束流阻挡器不同衰减时间沿宽度方向的剩余剂量率分布

从图 3.4.2-2 中得出束流阻挡器在停机 10min 后，距离局部屏蔽体表面 30cm 处（X=855cm）的剩余剂量率为 1.76μSv/h，在停机 4h 内，剂量率水平显著下降，而后缓步降低，说明产生的大部分核素是短寿命核素。经过 1d 衰减后，剩余剂量率可降低到 0.56μSv/h。

图 3.4.2-4 给出了照射刚结束时束流阻挡器中不同材料的感生放射性核素分布。

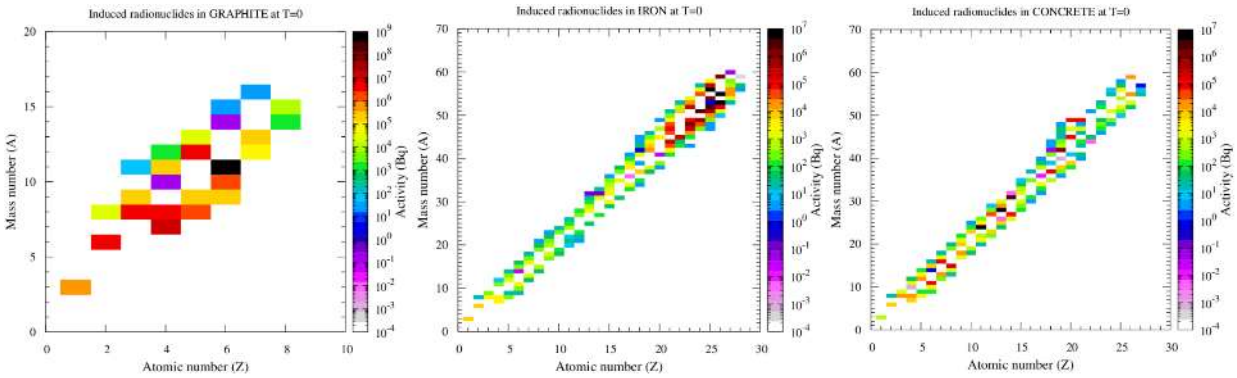


图 3.4.2-4 照射刚结束时束流阻挡器中不同材料的感生放射性核素分布

表 3.4.2-3、表 3.4.2-4 和表 3.4.2-5 分别给出了照射刚结束时束流阻挡器中石墨吸收体、铁，以及混凝土的感生放射性核素的详细信息，包括种类、活度及活度浓度。由于核素种类很多，表中给出了占比较大的核素。

表 3.4.2-3 束流阻挡器中石墨的感生放射性核素

核素	半衰期	活度（Bq）	活度浓度（Bq/g）	比例
^{11}C	20.39min	5.37E+08	6.60E+03	94.27%
^{7}Be	53.6d	1.30E+07	1.60E+02	2.29%
^{8}Be	2E-16s	4.83E+06	5.94E+01	0.85%
^{12}B	0.0203s	3.88E+06	4.77E+01	0.68%
^{8}Li	0.841s	3.22E+06	3.96E+01	0.57%
^{6}He	0.808s	2.58E+06	3.17E+01	0.45%
^{10}C	19.48s	2.33E+06	2.87E+01	0.41%
^{8}B	0.77s	1.30E+06	1.60E+01	0.23%
^{3}H	12.33a	3.79E+05	4.66E+00	0.07%
^{9}Li	0.176s	3.15E+05	3.87E+00	0.06%
^{13}N	10min	2.10E+05	2.58E+00	0.04%
^{9}B	3E-19s	1.50E+05	1.85E+00	0.03%
^{9}C	0.127s	1.50E+05	1.85E+00	0.03%
^{11}Be	13.81s	1.34E+05	1.64E+00	0.02%
^{12}N	0.011s	4.93E+04	6.06E-01	0.01%
表中核素	/	5.69E+08	7.00E+03	99.99%
所有核素	/	5.70E+08	7.00E+03	100%
半衰期>1 天的核素		1.34E+07	1.65E+02	2.36%
半衰期≤1 天的核素		5.56E+08	6.84E+03	97.65%

从表 3.4.2-3 可得束流阻挡器中石墨的活化总活度为 5.70E+08Bq，总活度浓度为 7.00E+03Bq/g；主要的贡献核素为 ^{11}C 和 ^{7}Be，比例分别为 94.27%和 2.29%；活化产物中主要为半衰期≤1 天的核素，总活度为 5.56E+08Bq，占比为 97.65%。

表 3.4.2-4 束流阻挡器中铁的感生放射性核素

核素	半衰期	活度（Bq）	活度浓度（Bq/g）	比例
^{56}Mn	2.578h	9.07E+06	1.06E+00	21.11%
^{53}Fe	8.51min	8.53E+06	1.00E+00	19.86%
^{55}Fe	2.7a	5.33E+06	6.26E-01	12.42%
^{51}Cr	27.8d	3.48E+06	4.08E-01	8.10%
^{52}Mn	5.72d	2.59E+06	3.04E-01	6.04%
^{54}Mn	312.5d	1.72E+06	2.02E-01	4.01%
^{59}Fe	45.1d	8.94E+05	1.05E-01	2.08%
^{48}V	16.2d	8.16E+05	9.57E-02	1.90%
^{51}Mn	46.23min	6.86E+05	8.05E-02	1.60%
^{49}Cr	41.7min	6.37E+05	7.47E-02	1.48%
^{44}Sc	3.92h	2.21E+05	2.59E-02	0.51%
^{52}V	3.75min	2.20E+05	2.58E-02	0.51%
^{47}V	33min	1.88E+05	2.21E-02	0.44%
^{45}Ti	3.09h	1.81E+05	2.12E-02	0.42%
^{57}Mn	1.9min	1.68E+05	1.97E-02	0.39%
^{49}V	330d	1.39E+05	1.63E-02	0.32%
^{47}Sc	3.40d	1.22E+05	1.43E-02	0.28%
^{52}Fe	8.2h	9.26E+04	1.09E-02	0.22%
^{43}Sc	3.95h	4.64E+04	5.44E-03	0.11%
^{46}Sc	83.8d	4.15E+04	4.86E-03	0.10%
^{53m}Fe	2.58min	4.27E+06	5.00E-01	9.93%
^{52m}Mn	22.1min	2.58E+06	3.02E-01	6.00%
^{45m}Sc	318ms	2.01E+05	2.35E-02	0.47%
^{46m}Sc	19.5s	1.31E+05	1.54E-02	0.30%
^{44m}Sc	2.46d	1.11E+05	1.30E-02	0.26%
^{52m}Fe	45.9s	9.26E+04	1.09E-02	0.22%
表中核素	/	4.26E+07	4.99E+00	99.07%
所有核素	/	4.30E+07	5.04E+00	100%
半衰期＞1 天的核素		1.52E+07	1.79E+00	36%
半衰期≤1 天的核素		1.83E+07	2.14E+00	43%

从表 3.4.2-4 可得铁中的感生放射性核素的总活度为 4.30E+07Bq，总活度浓度为 5.04Bq/g；占比较大的核素为 ^{56}Mn、^{53}Fe 和 ^{55}Fe，比例分别为 21.11%、19.86%、12.42%。

表 3.4.2-5 束流阻挡器中混凝土的感生放射性核素

核素	半衰期	活度（Bq）	活度浓度（Bq/g）	比例
^{24}Na	15.05h	1.93E+07	1.52E+00	38.38%
^{28}Al	2.31min	1.56E+07	1.23E+00	31.08%
^{31}Si	2.62h	2.68E+06	2.11E-01	5.33%
^{42}K	13.26h	1.71E+06	1.35E-01	3.41%
^{15}O	123s	2.21E+05	1.75E-02	0.44%
^{49}Sc	57.5min	1.16E+05	9.16E-03	0.23%
^{49}Ca	8.8min	1.16E+05	9.16E-03	0.23%
^{11}C	20.39min	1.15E+05	9.05E-03	0.23%
^{16}N	7.13 s	9.13E+04	7.20E-03	0.18%
^{45}Ca	164d	8.90E+04	7.02E-03	0.18%
^{27}Si	4.17s	7.60E+04	5.99E-03	0.15%
^{37}Ar	35.1d	6.92E+04	5.45E-03	0.14%
^{27}Mg	9.45min	4.23E+04	3.34E-03	0.08%
^{55}Fe	2.7a	2.49E+04	1.97E-03	0.05%
^{12}B	0.0203s	2.41E+04	1.90E-03	0.05%
^{29}Al	6.6min	1.81E+04	1.42E-03	0.04%
^{8}Be	2E-16s	1.48E+04	1.17E-03	0.03%
^{13}N	10min	1.35E+04	1.07E-03	0.03%
^{59}Fe	45.1d	1.22E+04	9.62E-04	0.02%
^{18}F	109.7min	1.21E+04	9.50E-04	0.02%
^{8}Li	0.841s	1.20E+04	9.47E-04	0.02%
^{7}Be	53.6d	1.06E+04	8.34E-04	0.02%
^{25}Al	7.24s	9.64E+03	7.60E-04	0.02%
^{23}Mg	12.1s	9.47E+03	7.46E-04	0.02%
^{20}F	11.56s	9.00E+03	7.10E-04	0.02%

核素	半衰期	活度（Bq）	活度浓度（Bq/g）	比例
^{39}Ca	0.87s	8.70E+03	6.86E-04	0.02%
^{24m}Na	0.0203s	9.65E+06	7.61E-01	19.19%
^{26m}Al	6.37s	1.02E+05	8.08E-03	0.20%
表中核素	/	5.02E+07	3.96E+00	99.82%
所有核素	/	5.03E+07	3.96E+00	100%
半衰期＞1 天的核素		2.06E+05	1.62E-02	0.41%
半衰期≤1 天的核素		5.00E+07	3.94E+00	99.40%

从表中可以看出混凝土中的感生放射性核素的总活度为 5.03E+07Bq，总活度浓度为 3.96Bq/g；占比较大的核素为 ^{24}Na、^{28}Al 和 ^{24m}Na，比例分别为 38.38%、31.08%和 19.19%，均为极短寿命核素。

综上所述，可以得出束流阻挡器中产生的感生放射性核素结果，如表 3.4.2-6 所示。束流阻挡器中核素的总活度为 6.63E+08Bq，活度浓度为 7.01E+03Bq/g。

表 3.4.2-6　束流阻挡器中感生放射性核素模拟分析结果

组成	总活度（Bq）	总活度浓度（Bq/g）	关键核素
石墨	5.70E+08	7.00E+03	^{11}C、^{7}Be
铁	4.30E+07	5.04E+00	^{56}Mn、^{53}Fe 和 ^{55}Fe
混凝土	5.03E+07	3.96E+00	^{24}Na、^{28}Al 和 ^{24m}Na
总计	6.63E+08	7.01E+03	/

（2）刮束器

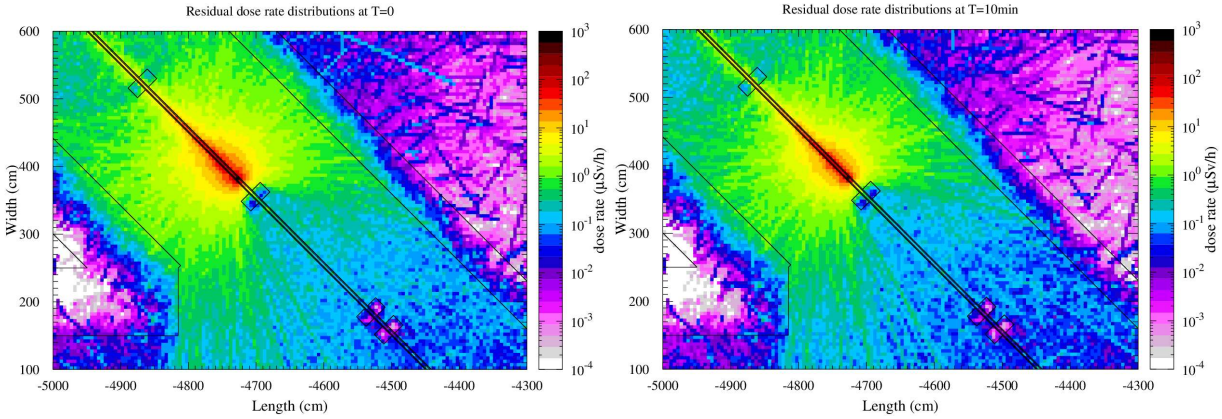
为满足设备研究要求，超瞬态光源装置输运线上安装有水平和垂直方向刮束器各 1 套，刮束器采用铜为挡块材料。

计算模型及参数：

假定束损电子全部损失在同一挡块上，挡块尺寸为长 2.0cm（束流方向）×宽 6.8cm（水平方向）×高 2.7cm（垂直方向）。加速器运行工况为：电子能量 500MeV，流强 0.25nA，按照连续运行 5000h 保守计算。

计算结果：

图 3.4.2-5 给出了刮束器照射刚结束（T=0）、停机 10min、停机 12h 和停机 1d 的剩余剂量率分布，图 3.4.2-6 给出了不同衰减时间下沿宽度方向的分布曲线。



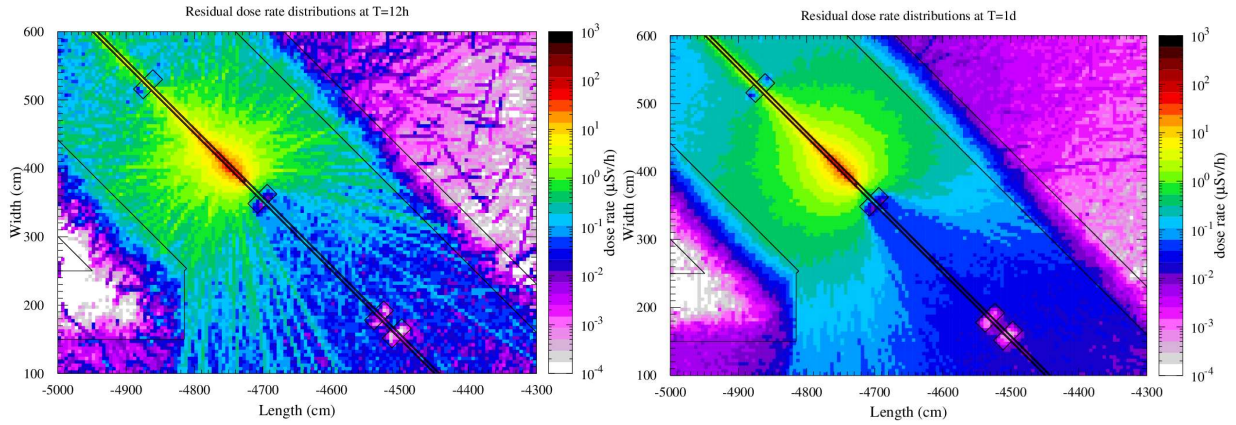


图 3.4.2-5 刮束器不同衰减时间下的剩余剂量率分布

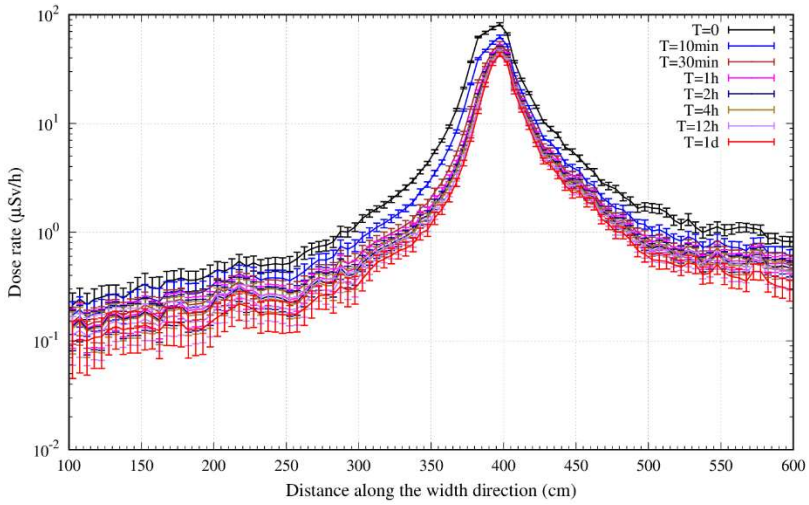


图 3.4.2-6 刮束器不同衰减时间沿宽度方向的剩余剂量率分布

从图 3.4.2-5 中得出刮束器在停机 10min 后，距离局部屏蔽体表面 30cm 处的剩余剂量率为 3.11μSv/h；在停机 2h 后，逐渐衰减至 1.61μSv/h；经过 1d 衰减后，剩余剂量率可降低到 1.19μSv/h。

图 3.4.2-7 给出了照射刚结束时刮束器中不同材料的感生放射性核素分布。

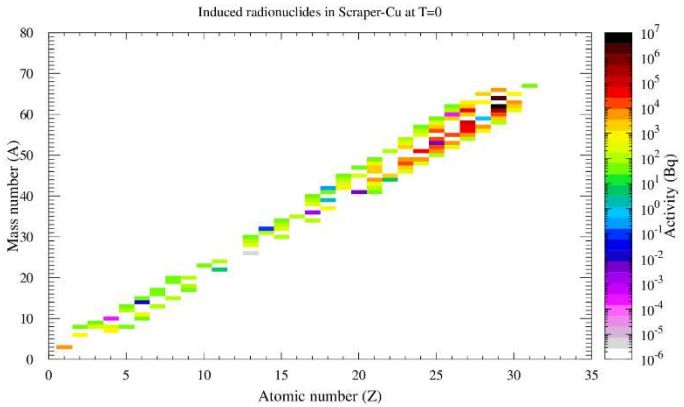


图 3.4.2-7 照射刚结束时刮束器中不同材料的感生放射性核素分布

表 3.4.2-7 给出了照射刚结束时刮束器中感生放射性核素的详细信息，包括种类、活度及活度浓度，表中给出了占比较大的核素。

表 3.4.2-7 刮束器中的感生放射性核素

核素	半衰期	活度（Bq）	活度浓度（Bq/g）	比例
^{62}Cu	9.73min	5.23E+06	1.59E+04	59.37%
^{64}Cu	12.7h	2.54E+06	7.71E+03	28.79%
^{61}Cu	3.41h	4.05E+05	1.23E+03	4.60%
^{58}Co	70.8d	1.75E+05	5.31E+02	1.98%
^{57}Co	271.23d	5.05E+04	1.53E+02	0.57%
^{51}Cr	27.8d	3.29E+04	1.00E+02	0.37%
^{56}Co	77.3d	2.95E+04	8.98E+01	0.34%
^{61}Co	100min	2.73E+04	8.29E+01	0.31%
^{60}Cu	24.4min	1.99E+04	6.05E+01	0.23%
^{54}Mn	312.5d	1.82E+04	5.54E+01	0.21%
^{48}V	16.2d	1.20E+04	3.63E+01	0.14%
^{55}Fe	2.7a	1.19E+04	3.61E+01	0.13%
^{52}Mn	5.72d	1.04E+04	3.17E+01	0.12%
^{56}Mn	2.578h	9.80E+03	2.98E+01	0.11%
^{58m}Co	9.1h	1.00E+05	3.05E+02	1.14%
^{60m}Co	10.5min	2.36E+04	7.17E+01	0.27%
^{52m}Mn	22.1min	9.42E+03	2.86E+01	0.11%
表中核素	/	8.70E+06	2.64E+04	98.78%
所有核素	/	8.81E+06	2.68E+04	100%
半衰期＞1 天的核素		3.40E+05	1.03E+03	3.86%
半衰期≤1 天的核素		8.37E+06	2.54E+04	94.93%

从表 3.4.2-7 可得刮束器中活化总活度为 8.81E+07Bq，总活度浓度为 2.68E+04Bq/g；占比最大的核素为 ^{62}Cu，比例为 59.37%，其次为 ^{64}Cu，比例为 28.79%。

（3）磁铁

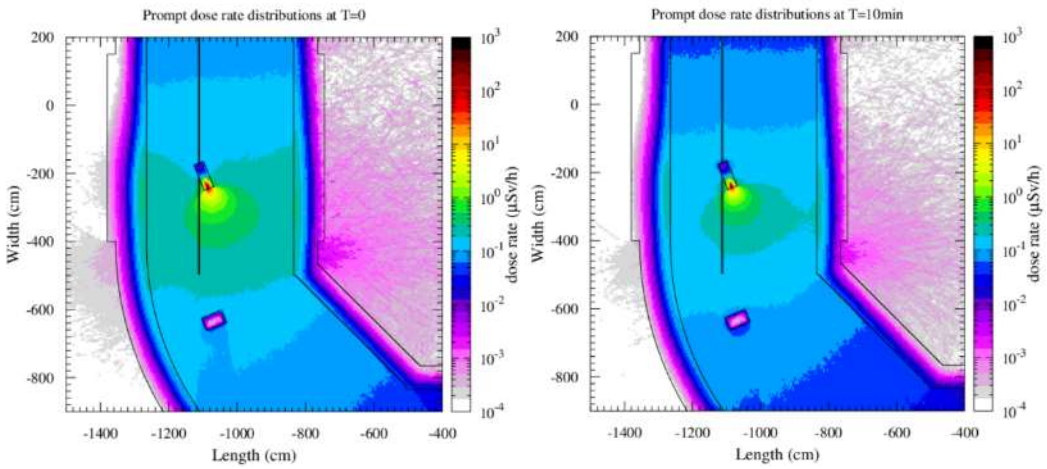
装置所用的磁铁包括偏转铁、四级磁铁、六级磁铁等，其中以储存环注入切割铁电子损失率、能量最高，因此，以注入切割铁开展模拟分析。

计算模型及参数：

假定束流全部损失在注入切割铁上，尺寸为长 80cm×宽 30cm×高 40cm。加速器运行工况为：电子能量 500MeV，流强 0.25nA，照射时间按运行 300h 计算。

计算结果：

图 3.4.2-8 给出了注入切割铁照射刚结束（T=0）、停机 10min、停机 12h 和停机 1d 的剩余剂量率分布，图 3.4.2-9 给出了不同衰减时间下沿宽度方向的分布曲线。



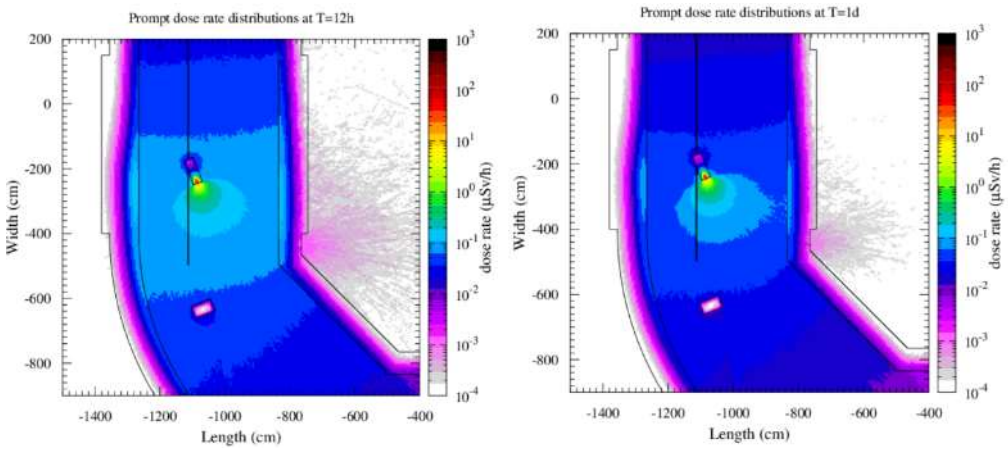


图 3.4.2-8 注入切割铁不同衰减时间下的剩余剂量率分布

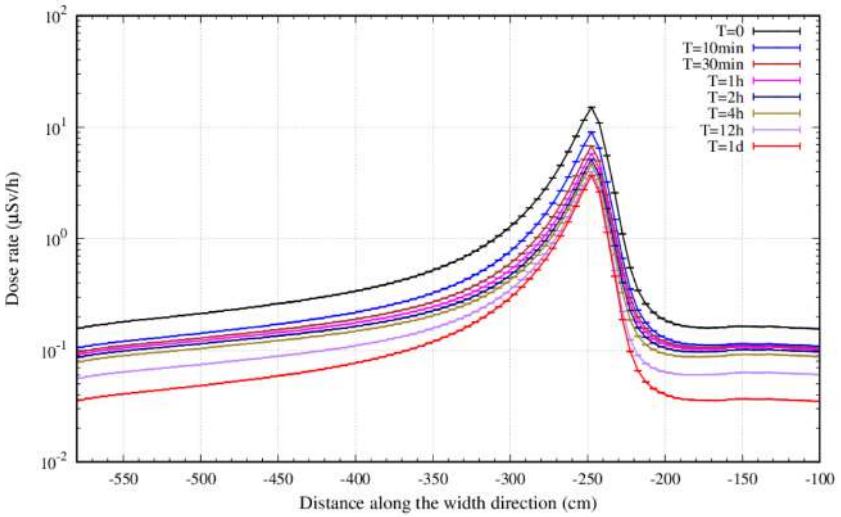


图 3.4.2-9 注入切割铁不同衰减时间沿宽度方向的剩余剂量率分布

从图 3.4.2-8 中得出注入切割铁在停机 10min 后，距离局部屏蔽体表面 30cm 处（X=-280cm）的剩余剂量率为 2.52μSv/h；在停机 2h 后，逐渐衰减至 0.88μSv/h；经过 1d 衰减后，剩余剂量率可降低到 0.59μSv/h。

图 3.4.2-10 给出了照射刚结束时注入切割铁中不同材料的感生放射性核素分布。

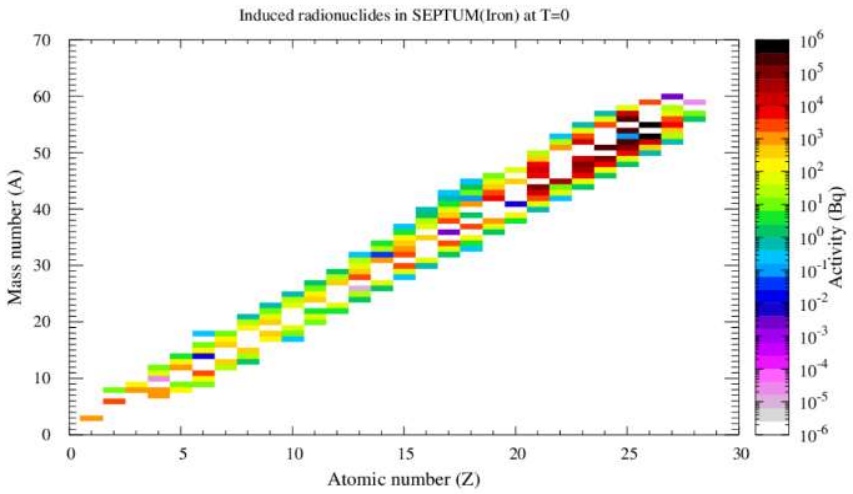


图 3.4.2-10 照射刚结束时注入切割铁中不同材料的感生放射性核素分布

表 3.4.2-8 给出了照射刚结束时注入切割铁中感生放射性核素的详细信息，包括种类、活度及活度浓度，表中给出了占比较大的核素。

表 3.4.2-8 注入切割铁中的感生放射性核素

核素	半衰期	活度（Bq）	活度浓度（Bq/g）	比例
^{53}Fe	8.51min	2.19E+06	2.90E+00	32.98%
^{55}Fe	2.7a	7.24E+05	9.58E-01	10.91%
^{52}Mn	5.72d	3.97E+05	5.25E-01	5.98%
^{56}Mn	2.578h	3.81E+05	5.05E-01	5.75%
^{51}Cr	27.8d	3.35E+05	4.43E-01	5.04%
^{54}Mn	312.5d	1.65E+05	2.18E-01	2.48%
^{49}Cr	41.7min	1.25E+05	1.66E-01	1.89%
^{51}Mn	46.23min	1.21E+05	1.61E-01	1.83%
^{48}V	16.2d	1.19E+05	1.57E-01	1.79%
^{44}Sc	3.92h	7.38E+04	9.76E-02	1.11%
^{45}Ti	3.09h	5.71E+04	7.56E-02	0.86%
^{47}V	33min	4.95E+04	6.54E-02	0.74%
^{47}Sc	3.40d	2.06E+04	2.72E-02	0.31%
^{43}Sc	3.95h	1.95E+04	2.57E-02	0.29%
^{52}Fe	8.2h	1.70E+04	2.25E-02	0.26%
^{52}V	3.75min	1.69E+04	2.23E-02	0.25%
^{49}V	330d	1.43E+04	1.89E-02	0.22%
^{57}Mn	1.9min	1.06E+04	1.40E-02	0.16%
^{48}Cr	23h	9.12E+03	1.21E-02	0.14%
^{42}K	13.26h	8.28E+03	1.09E-02	0.12%
^{55}Co	17.9h	7.32E+03	9.69E-03	0.11%
^{46}V	0.426s	6.33E+03	8.37E-03	0.10%
^{53m}Fe	2.58min	1.09E+06	1.45E+00	16.49%
^{52m}Mn	22.1min	4.62E+05	6.12E-01	6.96%
^{45m}Sc	318ms	5.31E+04	7.03E-02	0.80%
^{44m}Sc	2.46d	3.66E+04	4.84E-02	0.55%
^{46m}Sc	19.5s	2.76E+04	3.65E-02	0.42%
^{52m}Fe	45.9s	1.70E+04	2.25E-02	0.26%
表中核素	/	6.56E+06	8.68E+00	98.78%
所有核素	/	6.64E+06	8.78E+00	100%
半衰期＞1 天的核素		1.81E+06	2.40E+00	27.28%
半衰期≤1 天的核素		4.74E+06	6.29E+00	71.52%

从表 3.4.2-8 可得注入切割铁中活化总活度为 6.64E+06Bq，总活度浓度为 8.78Bq/g；占比较大的核素为 ^{53}Fe、^{55}Fe 和 ^{53m}Fe，比例分别为 32.98%、10.91%和 16.49%。

（4）准直吸收器

准直吸收器用于吸收储存环直线节中产生的气体轫致辐射，采用铅材料。本项目储存环共设置 4 个准直吸收器。

计算模型及参数：

考虑光束引出端初级轫致辐射损失在吸收器上，吸收器尺寸为 20cm×20cm×28cm。运行工况为：电子能量 500MeV，流强 1A，按照连续运行 5000h 保守计算。

计算结果：

图 3.4.2-11 给出了准直吸收器照射刚结束（T=0）、停机 10min、停机 12h 和停机 1d 的剩余剂量率分布，图 3.4.2-12 给出了不同衰减时间下沿宽度方向的分布曲线。

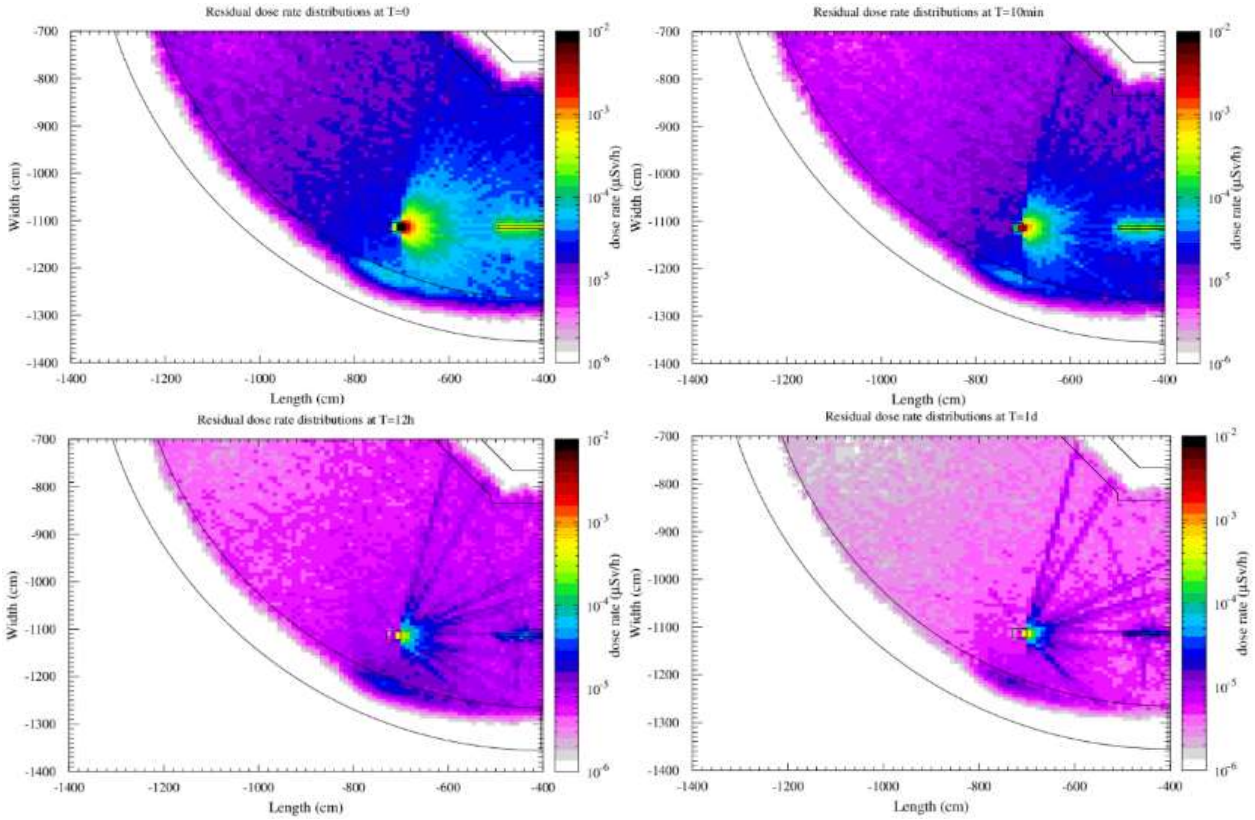


图 3.4.2-11 准直吸收器不同衰减时间下的剩余剂量率分布

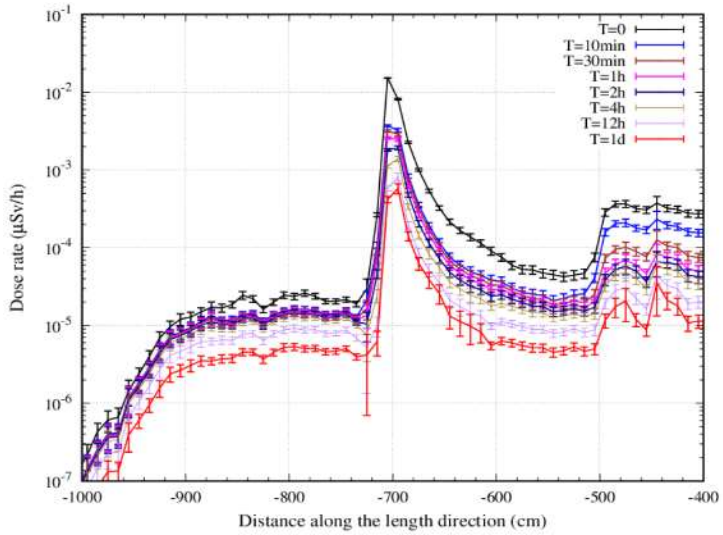


图 3.4.2-12 准直吸收器不同衰减时间沿宽度方向的剩余剂量率分布

从图 3.4.2-11 中得出准直吸收器活化水平很低，在照射刚结束时表面 30cm 处的剩余剂量率水平低于 10^{-3}μSv/h。

图 3.4.2-13 给出了照射刚结束时准直吸收器中不同材料的感生放射性核素分布。

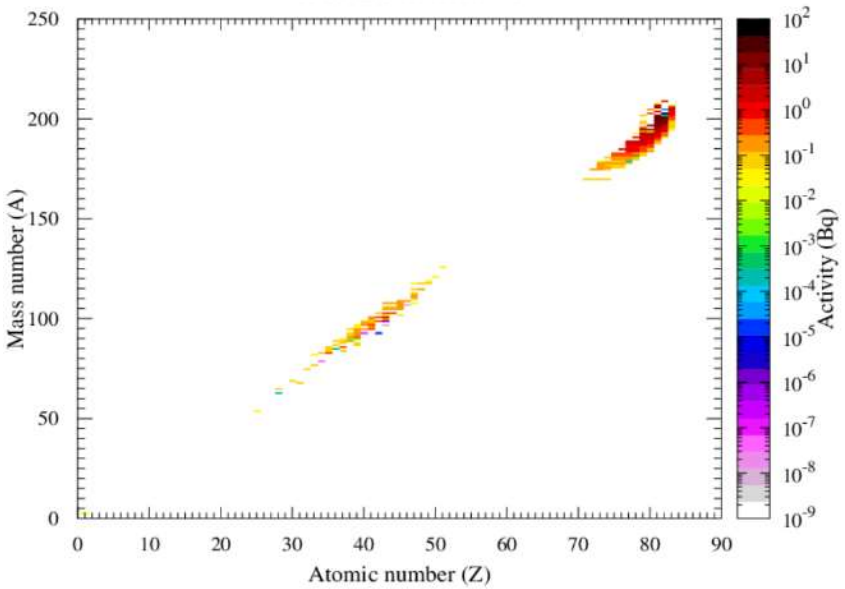


图 3.4.2-13 照射刚结束时准直吸收器中不同材料的感生放射性核素分布

表 3.4.2-9 给出了照射刚结束时准直吸收器中感生放射性核素的详细信息，包括种类、活度及活度浓度，表中给出了占比较大的核素。

表 3.4.2-9 准直吸收器中的感生放射性核素

核素	半衰期	活度（Bq）	活度浓度（Bq/g）	比例
^{203}Pb	52.1h	1.53E+02	1.21E-03	8.85%
^{201}Tl	74h	2.55E+01	2.02E-04	1.48%
^{200}Tl	26.1h	2.29E+01	1.81E-04	1.33%
^{201}Pb	9.4h	1.99E+01	1.57E-04	1.15%
^{200}Pb	21.5h	1.77E+01	1.40E-04	1.03%
^{205m}Pb	5.55ms	9.75E+02	7.71E-03	56.47%
^{204m}Pb	66.9min	1.35E+02	1.07E-03	7.83%
^{203m1}Pb	6.1s	5.07E+01	4.00E-04	2.93%
^{203m2}Pb	480ms	5.07E+01	4.00E-04	2.93%
^{202m}Pb	3.62h	1.95E+01	1.54E-04	1.13%
表中核素	/	1.47E+03	1.16E-02	85.13%
所有核素	/	1.73E+03	1.36E-02	100%
半衰期＞1 天的核素		2.01E+02	1.59E-03	11.66%
半衰期≤1 天的核素		1.27E+03	1.00E-02	73.47%

从表 3.4.2-9 可得准直吸收器中活化总活度为 1.73E+03Bq，总活度浓度为 1.36E-02Bq/g，主要为 Pb 的同位素；占比最大的核素为 ^{205m}Pb、^{203}Pb、^{204m}Pb，比例分别为 56.47%、8.85%、7.83%；均为极短寿命的核素，大部分核素半衰期不超过 1 天。

3.4.2.4 隧道混凝土感生放射性

本项目主要分析储存环混凝土的活化情况。考虑储存环电子均匀损失，照射时间按照连续运行 5000h 保守计算。计算时选取隧道内侧 10cm 厚度混凝土作为对象。

图 3.4.2-14 给出了照射刚结束时隧道混凝土感生放射性核素分布，表 3.4.2-10 给出了感生放射性核素的详细信息，包括种类、活度及活度浓度。

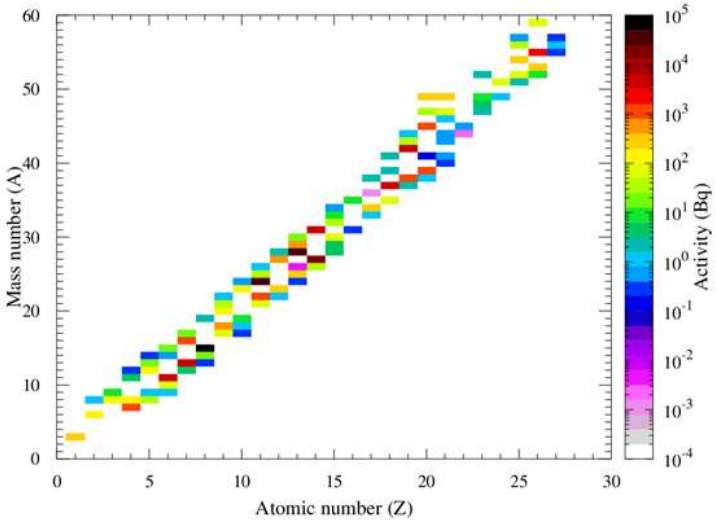


图 3.4.2-14 照射刚结束时隧道混凝土中不同材料的感生放射性核素分布

表 3.4.2-10 隧道混凝土中的感生放射性核素分布

核素	半衰期	活度（Bq）	活度浓度（Bq/g）	比例
^{15}O	123s	6.88E+04	2.14E-03	29.68%
^{28}Al	2.31min	3.93E+04	1.22E-03	16.95%
^{24}Na	15.05h	3.76E+04	1.17E-03	16.21%
^{27}Si	4.17s	1.77E+04	5.51E-04	7.65%
^{13}N	10min	5.79E+03	1.80E-04	2.50%
^{31}Si	2.62h	5.18E+03	1.61E-04	2.23%
^{11}C	20.39min	5.01E+03	1.55E-04	2.16%
^{37}Ar	35.1d	4.19E+03	1.30E-04	1.81%
^{42}K	13.26h	3.27E+03	1.01E-04	1.41%
^{55}Fe	2.7a	1.88E+03	5.82E-05	0.81%
^{39}Ca	0.87s	1.52E+03	4.73E-05	0.66%
^{7}Be	53.6d	1.31E+03	4.08E-05	0.57%
^{45}Ca	164d	1.20E+03	3.74E-05	0.52%
^{38}K	7.71min	1.06E+03	3.28E-05	0.46%
^{16}N	7.13s	9.72E+02	3.02E-05	0.42%
^{22}Na	2.62a	8.19E+02	2.54E-05	0.35%
^{18}F	109.8min	6.87E+02	2.13E-05	0.30%
^{29}Al	6.6min	5.77E+02	1.79E-05	0.25%
^{24m}Na	0.0203s	1.88E+04	5.84E-04	8.11%
^{26m}Al	6.37s	1.03E+04	3.20E-04	4.45%
^{38m}K	0.95s	1.05E+03	3.27E-05	0.45%
表中核素	/	2.27E+05	7.05E-03	97.92%
所有核素	/	2.32E+05	7.20E-03	100%
半衰期＞1 天的核素		9.40E+03	2.92E-04	4.06%
半衰期≤1 天的核素		2.18E+05	6.76E-03	93.89%

从表中可以看出，隧道混凝土中的感生放射性核素总活度为 2.32E+05Bq，总活度浓度为 7.20E-03Bq/g；占比较大的核素为 ^{15}O、^{24}Na、^{28}Al，比例分别为 29.68%、16.95%和 16.21%，均属于极短寿命核素。

3.4.2.5 土壤及地下水感生放射性

束流损失产生的中子穿过装置混凝土屏蔽层到达地下土壤，会引起土壤和地下水的活化。土壤中元素组成成分十分复杂，活化产生的放射性核素很多，综合比较放射性核素的半衰期和可溶性（渗透能力）。土壤和地下水中重点考虑的放射性核素为 ^{3}H、^{22}Na。

此外，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。根据本项目场所辐射水平分析，项目底部、四周与土壤相接处剂量率水平最大值为 39.67μSv/h（见表 5.2.1-1），因此可忽略土壤和地下水的感生放射性。

3.5 放射性废弃物

3.5.1 废气

本项目产生的放射性废气主要为装置运行产生的感生放射性废气，主要核素种类为 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 和 ^{41}Ar。

本评价主要分析装置运行产生的核素饱和活度及通风、衰减情况下的核素活度。

3.5.1.1 核反应所致空气中核素饱和活度

装置运行过程中空气中的 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 核素主要由光核反应及散裂反应产生，^{41}Ar 主要由热中子捕获反应产生。

光核反应所致核素饱和活度计算公式如下：

$$S_{pho} = S_a \cdot x \cdot W \quad \text{（公式 3-1）}$$

式中：

S_{pho}——光致作用产生的饱和活度，Bq；

S_a——路径长度上单位距离单位功率产生的饱和活度，Bq/kW/m，根据 NCRP No.144 号第 6.3 节 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 的饱和活度分别为 1.1E+07、1.1E+08、5.6E+07；

W——电子束流的损失功率，kW，根据表 3.4.1-1 中的参数计算。

x——轫致辐射在空气中穿过的路径长度，m，采用文献《Moe H J. Advanced photon source: radiological design considerations. APS-LS-141 Revised, Argonne National Laboratory, 1991.》中 P47 中的方法：

$$x = \frac{l \cdot \int_0^{\theta_0} \sec\theta d\theta}{\int_0^{\theta_0} d\theta} \quad \text{（公式 3-2）}$$

式中：

l——辐射源到屏蔽墙的垂直距离，m，本评价取辐射源可能穿行的最大值；

θ——轫致辐射与屏蔽墙垂直方向的夹角；

θ_0——轫致辐射不被周围物体阻挡的最大发射角，取 89°（=1.553rad）进行保守计算。

表 3.5.1-1 光核反应所致 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 核素饱和活度

辐射源项	^{11}C		^{13}N		^{15}O	
	距离/m	活度/Bq	距离/m	活度/Bq	距离/m	活度/Bq

高功率测试大厅	8.5	3.24E+03	8.5	3.24E+04	8.5	1.65E+04
直线加速器隧道	2	1.72E+05	2	1.72E+06	2	8.77E+05
输运线	2	1.17E+04	2	1.17E+05	2	5.96E+04
多用途束流平台	7	5.91E+05	7	5.91E+06	7	3.01E+06
储存环	2.5	1.10E+04	2.5	1.10E+05	2.5	5.60E+04

散裂反应所致核素饱和活度计算公式如下：

$$S_{neu} = S_b \cdot x \cdot (\frac{Y_{he-n}}{10^{12}} \cdot E \cdot I)$$ （公式 3-3）

式中：

S_{neu}——散裂反应产生的饱和活度，Bq；

S_b——路径长度上单位距离单位功率产生的饱和活度，Bq/m，根据 NCRP No.144 号第 6.3 节 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 的饱和活度分别为 4.5E+07、4.9E+07、4.2E+07；

x——轫致辐射在空气中穿过的路径长度，m，计算方法同公式（3-2）；

Y_{he-n}——高能中子产额，neutrons/s，需归一到 10^{12}n/s；

E——电子能量，MeV，高功率测试大厅保守按照 100MeV，其他区域按 500MeV；

I——电子流强，e/s；

Y_{tot}——总中子产额，n/electron/MeV，保守为 1.57E-04。

散裂反应所致 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 核素饱和活度计算结果见表 3.5.1-2。

表 3.5.1-2 散裂反应所致 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 核素饱和活度

辐射源项	^{11}C		^{13}N		^{15}O	
	距离/m	活度/Bq	距离/m	活度/Bq	距离/m	活度/Bq
高功率测试大厅	8.5	2.17E+04	8.5	2.36E+04	8.5	2.02E+04
直线加速器隧道	2	6.91E+05	2	7.53E+05	2	6.45E+05
输运线	2	4.70E+04	2	5.12E+04	2	4.39E+04
多用途束流平台	7	2.37E+06	7	2.58E+06	7	2.21E+06
储存环	2.5	4.42E+04	2.5	4.81E+04	2.5	4.12E+04

热中子俘获反应所致核素饱和活度计算公式如下：

$$S_{\mathrm{Ar}} = \frac{S_c}{S} \cdot V \cdot (\frac{Y_{fast-n}}{10^{12}} \cdot E \cdot I)$$ （公式 3-4）

式中:

S_{Ar}——^{41}Ar 的饱和活度，Bq；

S_c——在路径上单位距离产生的饱和活度，Bq/m，根据 NCRP No.144 号第 6.3 节 ^{41}Ar 的饱和活度为 1.9E+05；

S——隧道的内表面积，m^2；

V——隧道内空气的体积，m^3；

Y_{fast-n}——快中子产额，需归一到 10^{12}n/s，n/electron/MeV，保守为 1.57E-04；

E——电子能量，MeV，高功率测试大厅保守按照 100MeV，其他区域按 500MeV；

I——电子流强，e/s。

热中子捕获所致 ^{41}Ar 核素饱和活度计算结果见表 3.5.1-3。

表 3.5.1-3 热中子捕获反应所致 ^{41}Ar 核素饱和活度

辐射源项	^{41}Ar		
	S/m^2	V/m^3	活度/Bq
高功率测试大厅	598.5	551.3	3.26E+00
直线加速器隧道	962.5	820.8	4.09E+02
输运线	494.9	422.6	2.79E+01
多用途束流平台	390.1	385	4.65E+02
储存环	3367.9	1107.2	8.07E+00

结合表 3.5.1-1~表 3.5.1-3，本项目装置运行所致放射性气体中核素饱和浓度见表 3.5.1-4。

表 3.5.1-4 装置运行所致放射性气体中核素饱和浓度汇总

位置	^{11}C/Bq	^{13}N/Bq	^{15}O/Bq	^{41}Ar/Bq	总活度（Bq）	总活度浓度（Bq/m^3）
高功率测试大厅	2.49E+04	5.60E+04	3.67E+04	3.26E+00	1.18E+05	2.13E+02
直线加速器隧道	8.64E+05	2.47E+06	1.52E+06	4.09E+02	4.86E+06	5.92E+03
输运线	5.87E+04	1.68E+05	1.03E+05	4.09E+02	3.31E+05	7.83E+02
多用途束流平台	2.96E+06	8.49E+06	5.22E+06	2.79E+01	1.67E+07	4.33E+04
储存环	5.52E+04	1.58E+05	9.72E+04	4.65E+02	3.11E+05	2.81E+02
总活度（Bq）	3.97E+06	1.14E+07	6.98E+06	1.31E+03	2.23E+07	6.78E+03

3.5.1.2 通风状态下放射性气体核素活度

本项目分别为超瞬态同步辐射装置的直线加速器隧道及输运线、多用途束流平台、储存环区域、高功率测试大厅设置通排风系统，使装置在运行中保持一定的负压；另外，在装置停止运行后，为了便于辐射工作人员的检修及部件更换等，装置区域设置了应急排风系统，以便放射性核素尽快排出隧道。

本项目参考 NCRP No.144 号及《中国散裂中子源的感生放射性研究》（吴青彪，中国科学院大学，2014）中的相关内容对通风状态下放射性气体核素活度进行分析计算。

假定在装置运行条件下和停机后，隧道的通风速率分别 R_i 和 R_c，单位均为 m^3/s。隧道内的空气体积为 V，m^3。考虑到核素的衰减，引入类似衰变常数的丢失常数 λ_{lossi} 和 λ_{lossc}，s^{-1}，从而得到真实的衰变常数 λ_{effi} 和 λ_{effc}，s^{-1}：

$$\lambda_{effi}=\lambda_{dec}+\lambda_{lossi}=\lambda_{dec}+\frac{R_i}{V}$$
$$\lambda_{effc}=\lambda_{dec}+\lambda_{lossc}=\lambda_{dec}+\frac{R_c}{V}$$
（公式 3-5）

那么，核素的饱和活度浓度（Bq/m^3）就由静态的 S_{sat}（表 3.5.1-4）变成动态的 $S_{reduced}$：

$$S_{reduced}=S_{sat}\frac{\lambda_{dec}}{\lambda_{effi}}$$
（公式 3-6）

则可以得到运行时的活度浓度 S_{ti} 和停机后的活度浓度 S_{tc} 分别为：

$$S_{ti}=S_{reduced}\cdot(1-e^{-\lambda_{effi}t_i})=S_{sat}\cdot\frac{\lambda_{dec}}{\lambda_{effi}}\cdot(1-e^{-\lambda_{effi}t_i})$$
（公式 3-7）

$$S_{tc}=S_{reduced}(1-e^{-\lambda_{effi}t_i})e^{-\lambda_{effc}t_c}=S_{sat}\cdot\frac{\lambda_{dec}}{\lambda_{effi}}\cdot(1-e^{-\lambda_{effi}t_i})e^{-\lambda_{effc}t_c}$$ （公式 3-8）

最后可得到加速器在运行时和停机时向环境排放的总活度 Q_i 和 Q_c 分别为：

$$Q_i=\int_0^{t_i}S_{ti}R_i dt=S_{sat}\frac{\lambda_{dec}}{\lambda_{effi}}R_i(t_i-\frac{1}{\lambda_{effi}}(1-e^{-\lambda_{effi}t_i}))$$ （公式 3-9）

$$Q_c=\int_0^{t_c}S_{tc}R_c dt=S_{sat}\frac{\lambda_{dec}}{\lambda_{effi}}R_c(1-e^{-\lambda_{effi}t_i})\frac{1-e^{-\lambda_{effc}t_c}}{\lambda_{effc}}$$ （公式 3-10）

式中：

S_{ti} 为运行期间通风情况下动态的活度浓度，Bq/m^3；

S_{tc} 为停机期间通风情况下动态的活度浓度，Bq/m^3；

R_i 运行下通风速率，m^3/s；

R_c 停机时通风速率，m^3/s；

t_i 运行时间，s；

t_c 停机时间，s。

本项目超瞬态同步辐射装置运行及停机时的通风速率根据装置通风系统的设计方案确定，详见表 3.5.1-5；t_i 保守取连续运行，加速器、储存环运行时间为 5000h/年，高功率测试大厅运行时间为 360h/年，多用途束流平台运行时间为 500h/年；停机后隧道内的活化空气通风时间分别取 t_c 为 0.167h（10min）、24h。表 3.5.1-6 给出了五个区域在通风状态下空气感生放射性核素产生及年排放量。

表 3.5.1-5 装置通风系统设计

项目	高功率测试大厅	直线加速器隧道+输运线	多用途束流平台	储存环
体积（m^3）	551.3	820.8+422.6	385	1107.2
运行时通风量（m^3/h）	400	850	500	850
停机后通风量（m^3/h）	5500	12000	6100	10000

表 3.5.1-6 通风状态下装置内感生放射性核素年产生量计算结果一览表

区域	核素种类	S_{ti}（Bq/m^3）	S_{tc}（0.167h）（Bq/m^3）	S_{tc}（24h）（Bq/m^3）	Qi（Bq）	Qc（Bq）
高功率测试大厅	^{11}C	3.33E+01	4.48E+00	1.99E-124	4.79E+06	1.53E+04
	^{13}N	8.66E+01	8.14E+00	2.66E-146	1.25E+07	3.36E+04
	^{15}O	6.43E+01	3.97E-01	0.00E+00	9.26E+06	1.16E+04
	^{41}Ar	2.03E-03	3.60E-04	2.41E-111	2.91E+02	1.08E+00
直线加速器隧道+输运线	^{11}C	5.20E+02	7.38E+01	7.68E-120	2.21E+09	5.34E+05
	^{13}N	1.71E+03	1.70E+02	1.30E-141	7.27E+09	1.48E+06
	^{15}O	1.18E+03	7.73E+00	0.00E+00	5.03E+09	4.72E+05
	^{41}Ar	1.17E-01	2.20E-02	3.44E-106	4.98E+05	1.40E+02
多用途束流平台	^{11}C	5.51E+01	1.02E-04	4.36E-274	3.58E+08	2.17E+04
	^{13}N	2.28E+02	1.45E-04	9.27E-296	1.48E+09	8.30E+04
	^{15}O	2.11E+02	3.87E-08	0.00E+00	1.37E+09	4.89E+04
	^{41}Ar	1.06E-01	4.51E-07	1.66E-259	6.88E+05	4.45E+01
储存环	^{11}C	4.70E+03	2.37E+02	1.95E-183	1.17E+09	1.60E+06
	^{13}N	1.68E+04	5.94E+02	3.59E-205	4.21E+09	5.13E+06
	^{15}O	1.28E+04	2.96E+01	0.00E+00	3.19E+09	2.14E+06
	^{41}Ar	1.63E-02	1.09E-03	1.34E-171	4.07E+03	6.13E+00

表 3.5.1-7 本项目感生放射性核素产生、排放情况一览表

废气来源	放射性核素	最大排放浓度 Bq/m³	最大排放速率 Bq/s	排风量 m³/h	年排放量 Bq/a	排放高度 m	排放口管径 m
高功率测试大厅	^{11}C	3.33E+01	3.70E+00	400	4.81E+06	7.5	0.63×0.4（等效直径 0.57m）
	^{13}N	8.66E+01	9.62E+00		1.25E+07		
	^{15}O	6.43E+01	7.15E+00		9.28E+06		
	^{41}Ar	2.03E-03	2.25E-04		2.92E+02		
直线加速器隧道+输运线	^{11}C	5.20E+02	1.23E+02	850	2.21E+09	12	1.0×1.0（等效直径 1.13m）
	^{13}N	1.71E+03	4.04E+02		7.27E+09		
	^{15}O	1.18E+03	2.80E+02		5.03E+09		
	^{41}Ar	1.17E-01	2.77E-02		4.98E+05		
多用途束流平台	^{11}C	4.70E+03	6.53E+02	500	1.18E+09	12	1.0×0.5（等效直径 0.80m）
	^{13}N	1.68E+04	2.34E+03		4.21E+09		
	^{15}O	1.28E+04	1.77E+03		3.19E+09		
	^{41}Ar	1.63E-02	2.27E-03		4.08E+03		
储存环	^{11}C	3.62E+01	8.54E+00	850	1.54E+08	12	1.0×1.0（等效直径 1.13m）
	^{13}N	1.21E+02	2.85E+01		5.13E+08		
	^{15}O	8.46E+01	2.00E+01		3.60E+08		
	^{41}Ar	1.38E-01	3.27E-02		5.88E+05		

3.5.2 废水

本评价冷却水的活化采用文献《Moe H J. Advanced photon source: radiological design considerations. APS-LS-141 Revised, Argonne National Laboratory, 1991.》中 P77 的方法计算。

$$A=\frac{1.05\times10^{6}\cdot W\cdot\lambda_i}{\lambda_i+\frac{FR}{V}(1-f)}\cdot(1-e^{-(\lambda_i+\frac{FR}{V}(1-f))\cdot t})$$ （公式 3-11）

式中：

A——核素 i 的活度，Bq；

W——电子损失的功率，W，取值参数详见表 3.4.1-1；

λ_i——核素 i 的衰减常数，s^{-1}；

FR——冷却水流速，m^3/s；

V——冷却水的体积，m^3；

t——加速器运行时间，s；

f——冷却水循环一次核素 i 在系统中的滞留系数。其中 $f=e^{-\lambda_i\cdot\tau}$，$\tau$ 为冷却水的循环周期，s。

本项目冷却水系统包括直线加速器冷却水、直线加速器波导恒温水、直线加速器加速管恒温水、输运线冷却水、储存环冷却水、储存环磁铁恒温水和储存环高频腔恒温水七个子系统。每个系统的管径、流速等有所区别，这里采用保守的计算方法进行取值与分析。受照冷却水总水量为 40m³，FR/V 值为 5.00E-04/s，循环周期 τ 平均取 4min。极端保守按加速器连续运行 30 年。下表 3.5.2 给出了冷却水的感生放射性计算结果。

表 3.5.2 装置冷却水系统感生放射性计算结果（Bq）

核素	高功率测试大厅	直线加速器隧道	输运线	多用途束流平台	储存环	总活度
^{3}H	3.62E+03	1.62E+06	1.70E+06	1.60E+06	8.36E+04	5.01E+06

^{7}Be	5.65E+03	2.53E+06	2.65E+06	2.50E+06	1.30E+05	7.82E+06

3.5.3 固废

本项目放射性固废主要包括：（1）装置维修、维护过程产生的活化部件；（2）冷却水系统的废弃离子交换树脂等。

维修、维护过程产生的活化部件主要包括磁体部件、束测靶件、真空管件，主要由铜、铁、铝等材料构成，经过长时间照射后，会产生不同的感生放射性，其核素种类情况详见3.4.2.3 节；冷却水系统中的离子交换树脂，其主要的放射性核素为 ^{3}H、^{7}Be。

参照同类型装置的实际运行经验，装置产生的废弃活化部件量约为 1t/a；冷却水离子交换树脂的产生量约为 0.2t/a。

3.5.4 放射性污染物产、排情况一览表

根据前文的分析计算结果，本项目正常运行期间放射性污染物产生、排放情况详见下3.5.4。

表 3.5.4 放射性污染物产生、排放情况一览表

环境要素	污染源	污染因子	产生情况		治理措施	排放情况	
			浓度 Bq/m^3	产生量 Bq/a		浓度 Bq/m^3	排放量 Bq/a
感生放射性废气	高功率测试大厅	^{11}C	3.33E+01	6.67E+07	经专用管道收集后，通过辅助用房楼顶的排气筒排放	3.33E+01	4.81E+06
		^{13}N	8.66E+01	1.73E+08		8.66E+01	1.25E+07
		^{15}O	6.43E+01	1.29E+08		6.43E+01	9.28E+06
		^{41}Ar	2.03E-03	4.05E+03		2.03E-03	2.92E+02
	直线加速器隧道+输运线	^{11}C	5.20E+02	2.21E+09	分别经专用管道收集后，通过线站大厅楼顶的排气筒排放	5.20E+02	2.21E+09
		^{13}N	1.71E+03	7.27E+09		1.71E+03	7.27E+09
		^{15}O	1.18E+03	5.03E+09		1.18E+03	5.03E+09
		^{41}Ar	1.17E-01	4.98E+05		1.17E-01	4.98E+05
	多用途束流平台	^{11}C	4.70E+03	1.18E+10		4.70E+03	1.18E+09
		^{13}N	1.68E+04	4.21E+10		1.68E+04	4.21E+09
		^{15}O	1.28E+04	3.19E+10		1.28E+04	3.19E+09
		^{41}Ar	1.63E-02	4.08E+04		1.63E-02	4.08E+03
	储存环	^{11}C	3.62E+01	1.54E+08		3.62E+01	1.54E+08
		^{13}N	1.21E+02	5.13E+08		1.21E+02	5.13E+08
		^{15}O	8.46E+01	3.60E+08		8.46E+01	3.60E+08
		^{41}Ar	1.38E-01	5.88E+05		1.38E-01	5.88E+05
放射性固体废物	活化部件	多种感生放射性核素	3.96E+00Bq/g~2.68E+04Bq/g		放射性固体废物在废物暂存间内贮存衰变一定时间（结合同类型装置的运行经验，贮存时间为 2~5 年），对于经检测达到解控水平的可回收利用部件回收利用，不能回收利用的放射性固体废物委托有资质单位收贮		
	离子交换树脂	^{3}H、^{7}Be	/				

3.6 非放射性污染源项

3.6.1 施工期

本项目施工工艺主要为场地平整、打桩等基础工程、主体结构建筑工程、二次结构施工、装修装饰、设备安装及竣工验收。

项目施工主要包括超瞬态科学研究楼及超瞬态同步辐射光源两部分。科学研究楼部分先期施工，施工周期约 12 个月；待超瞬态科学实验楼土建、装修完成、开始内部设备安装时，进行超瞬态同步辐射光源区域施工，施工周期约 16 个月。项目总施工周期约 23 个月。

（1）废气

① 施工扬尘：施工过程采用土石方开挖产生的扬尘，建筑材料的运输和装卸过程中产生的粉尘，以及材料、土石方堆放期间由于风力吹起的扬尘。施工和汽车行驶产生的扬尘源强与施工强度、路面状况和天气情况有关，扬尘浓度随距离的增加而减小。

② 运输车辆燃料废气：各类燃油动力机械在进行场地挖方、填筑、清理、平整、运输等作业时产生的燃料废气，主要污染物为 CO、NOx 和碳氢化合物，呈无组织排放。

③ 装修废气：在进行室内装修时，将产生一定量的有机废气。

（2）废水

施工现场污水主要来源于：

① 施工人员生活污水：主要成分是氨氮、SS 和 COD_{Cr}、BOD_5。

② 施工时产生的泥浆水：主要成分是 SS。

③ 露天堆放建筑垃圾等受雨水冲刷后的污水：主要成分是 SS。

④ 工程机械设备冲洗水：主要成分是 SS 和石油类。

（3）噪声

施工期噪声主要来自施工机械噪声和运输车辆噪声。施工期噪声影响有阶段性，其中土石方阶段、基础施工阶段及建筑主体施工时较为突出。

根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）附录 A 表 A.2 可知常见施工设备噪声源不同距离声压级，噪声值见表 3.6.1。

表 3.6.1 施工器械主要噪声源源强 单位：dB（A）

建设阶段	施工设备名称	5m 处声级
土方阶段	液压挖掘机	86
	推土机	86
	轮式装载机	93
	重型运输车	86
基础施工阶段	打桩机	105
	风镐	90
	混凝土输送泵	92
	商砼搅拌车	88
	空压机	90
	移动式发电机	99
结构施工阶段	重型运输车	86
	木工电锯	96
	角磨机	93
	电锤	103

（4）固体废物

施工期的固体废物主要来源于废弃土石方、建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

1）弃方

开挖土石方主要来源于场地平整和基础、地下车库开挖等。根据主体工程设计资料，

拟建项目工程挖方量约 4 万 m^3，回填约 3 万 m^3，弃方约 1 万 m^3。弃土运往周边合法建筑垃圾弃渣场，不设置弃渣场堆放。

2）建筑垃圾

结合《重庆市建筑垃圾现状及产生量预测研究》（环境卫生，2020 年 8 月），建筑垃圾按 500t/10^4m^2 计，总建筑面积为 20031.2m^2，估算出本项目产生的建筑垃圾量约 0.1 万 t。

3）生活垃圾

拟建项目施工期产生的生活垃圾按每天 50 人计，每人每天产生生活垃圾 0.5kg，则每天产生 25kg。在施工营地设垃圾集中堆放点，由环卫部门收集后处理。

4）运输影响

施工期车辆运输建筑垃圾、弃土过程中，若不采取环保措施，可能会发生撒漏，污染沿线环境，对沿线居民造成影响。

3.6.2 运行期

3.6.2.1 废气

（1）直线加速器 O_3、NO_2

加速器运行过程中产生 O_3、二氧化氮（NO_2）等有害气体。空气中的二氧化氮（NO_2）在光子照射下形成一氧化氮（NO）和氧原子（O），氧原子与空气中的氧气（O_2）结合生成臭氧。同时，氮气（N_2）分解成氮原子（N），氮原子与氧气作用产生一氧化氮和氧原子，氧原子通过下式反应生成臭氧，而一氧化氮通过与氧气和臭氧反应生成二氧化氮。上述一系列反应导致空气中的二氧化氮和臭氧浓度升高。

$$NO_2+hv \rightarrow NO+O$$

$$O+O_2 \rightarrow O_3$$

$$N+O_2+hv \rightarrow NO+O$$

$$2NO+O_2 \rightarrow 2NO_2$$

$$NO+O_3 \rightarrow NO_2+O_2$$

根据 NCRP REPORT No. 144 和文献《Moe H J. Advanced photon source: radiological design considerations. APS-LS-141 Revised, Argonne National Laboratory, 1991.》，在长时间照射过程中，空气中臭氧的饱和浓度可采用下式计算：

$$N=\frac{P\cdot G}{\alpha+KP/V+kFR/V} \quad \text{（公式 3-12）}$$

式中：

N——场所内气体分子数，mol；

P——单位时间内空气中吸收的功率，eV/s，$P = 6.25\times10^{18} W\cdot f\cdot x/\lambda$，$W$ 为电子束损失的功率，W，f 为电子束能量转移成轫致辐射并逃逸至空气中的比例，取 0.5；x 为轫致辐射在空气中穿过的距离，m；λ 为轫致辐射在空气中的衰减长度，取 385m；

G——单位能量产生的气体分子数，对臭氧和二氧化氮分别取 0.1 和 0.048mol/eV；

α——气体分子的分解速率，2.31×10^{-4}/s；

K——气体辐照解离常数，5×10^{-24} m^3/eV；

V——空气体积，m^3；

k——不均匀系数，取 1/3；

FR——通风速率，m^3/s；

$$C = \frac{N\cdot M}{N_A\cdot V}$$ （公式 3-13）

式中：

C——气体的饱和浓度，mg/m^3；

M——气体摩尔质量，臭氧和二氧化氮分别为 48 和 46g/mol；

N_A——阿伏伽德罗常数，取 6.022×10^{23}。

表 3.6.2-1 臭氧和二氧化氮的产生浓度

废气来源	排风量 m^3/h	排放高度 m	排口直径 m	污染物	排放浓度 mg/m^3	排放速率 kg/h	年运行时间 h	年排放量 kg/a
高功率测试大厅	400	7.5	0.57	臭氧	1.16E-04	4.64E-08	360	1.67E-05
				二氧化氮	5.33E-05	2.13E-08	360	7.68E-06
直线加速器隧道+输运线	850	12	1.13	臭氧	3.55E-04	3.02E-07	5000	1.51E-03
				二氧化氮	1.63E-04	1.39E-07	5000	6.94E-04
多用途束流平台	500	12	0.80	臭氧	2.58E-02	1.29E-05	500	6.44E-03
				二氧化氮	1.18E-02	5.91E-06	500	2.96E-03
储存环	850	12	1.13	臭氧	1.93E-04	1.64E-07	5000	8.22E-04
				二氧化氮	8.90E-05	7.56E-08	5000	3.78E-04

（2）锅炉天然气燃烧废气

本项目动力用房 1 层设置 1 个锅炉房，内置 2 台供热量为 900MW 的低氮燃气热水锅炉为线站大厅、科研楼供暖，锅炉单台耗气量为 95.6m^3/h。锅炉冬季全天 24 小时运行，按照全年运行 120 天计，则全年运行时间为 2880h，2 台锅炉燃气量合计 55.07 万 m^3/a。

锅炉天然气燃烧废气产生的主要污染物为颗粒物、SO_2、NO_x 等，废气经过专用管道收集后引至动力用房楼顶排放，排气筒高度为 11.5m。本项目锅炉采用低氮燃烧器。

根据《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》（2021 年发布）-“4430 工业锅炉（热力供应）行业系数手册”中“工业锅炉（热力生产和供应行业）产污系数表-燃气工业锅炉”原料为天然气时烟气量产污系数为 107753Nm^3/万 m^3 天然气，二氧化硫产污系数为 0.02Skg/万 m^3 天然气，氮氧化物产污系数为 3.03kg/万 m^3 天然气（低氮燃烧），本项目使用

的天然气为民用天然气，含硫量为 100mg/m^3。烟尘产污系数参考《环境保护实用数据手册》中“典型气体燃料（天然气）燃烧室烟尘产生量数据”。

本项目天然气锅炉燃烧过程产生的污染物排放情况见下表 3.6.2-2。

表 3.6.2-2 锅炉天然气燃烧废气污染物排放情况一览表

项目	耗气量 Nm^3/a	污染物名称	产污系数（kg/万 m^3 天然气）	排放量（t/a）	排放速率（kg/h）	排放浓度（mg/m^3）
锅炉	55.07 万	废气量	107753 标 m^3/万 m^3 原料	593.4 万 m^3/a	2060.4m^3/h	/
		SO_2	0.02S	0.110	0.038	18.6
		NOx	3.03	0.167	0.058	28.1
		烟尘	2.86	0.044	0.015	7.4

锅炉废气经专用管道引至动力用房楼顶排放，颗粒物、SO_2、NO_x 的排放浓度能满足《锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658-2016）及其重庆市地方标准第 1 号修改单限值要求：“颗粒物：排放浓度限值 20mg/m^3；SO_2：排放浓度限值 50mg/m^3；NO_x：排放浓度限值 30mg/m^3。”

（3）实验室废气

本项目实验室废气主要为化学制样间使用挥发性物质（主要为乙醇、冰醋酸、高氯酸、硝酸、丙酮等）配置抛光液、样品清洗产生的有机废气。抛光液配置、样品清洗均在化学制样间的通风橱内进行，且配置抛光液时，采用液氮作为冷却剂，挥发量很少，评价按照 1%~5% 挥发量考虑。

项目挥发性物质产生情况见下表。

表 3.6.2-3 实验室废气污染物产生情况一览表

项目	风机风量 m^3/h	污染物名称		用量（ml/次）	年用量（L）	单次挥发量（g）	年挥发量（kg）
化学制样间通风橱废气	4000	非甲烷总烃	乙醇	700	140	27.65	5.53
			冰醋酸	50	5	0.525	0.053
			高氯酸	50	5	0.884	0.089
			硝酸	50	5	0.825	0.082
			丙酮	200	20	7.9	0.79

本项目挥发性物质使用在通风橱内进行，通风橱集气效率约 90%，有机废气经过通风橱排风系统收集、活性炭过滤后经科研楼楼顶的排气筒排放，排气筒高度约 24m，风机风量为 4000m^3/h，活性炭过滤效率按照 50%计。实验室废气污染物排放情况见下表。

表 3.6.2-4 实验室废气污染物排放、达标情况一览表

项目	污染物名称		产生情况			处置措施	排放情况		
			产生量（kg/a）	产生速率（kg/h）	产生浓度（mg/m^3）		排放量（kg/a）	排放速率（kg/h）	排放浓度（mg/m^3）
化学制样间通风橱废气	非甲烷总烃（有组织）	乙醇	4.977	0.149	37.328	通风橱排风系统收集、活性炭过滤后经科研楼楼顶的排气筒排放	2.489	0.075	18.664
		冰醋酸	0.047	0.003	0.709		0.024	0.001	0.354
		高氯酸	0.080	0.005	1.193		0.040	0.002	0.597
		硝酸	0.074	0.004	1.113		0.037	0.002	0.557
		丙酮	0.711	0.043	10.665		0.356	0.021	5.333

		小计	**5.889**	**0.204**	**51.008**		**2.945**	**0.102**	**25.504**
	非甲烷总烃（无组织）	乙醇	0.553	0.0166	/	加强通风	0.553	0.0166	/
		冰醋酸	0.005	0.0003	/		0.005	0.0003	/
		高氯酸	0.009	0.0005	/		0.009	0.0005	/
		硝酸	0.008	0.0005	/		0.008	0.0005	/
		丙酮	0.079	0.0047	/		0.079	0.0047	/
		小计	**0.654**	**0.0227**	/		**0.654**	**0.0227**	/

根据表 3.6.2-4，实验废气有组织排放浓度及排放速率均能够满足《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）标准限值要求。无组织废气通过加强通风等管理措施，确保其排放浓度能够满足《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）中无组织排放限值要求。

3.6.2.2 废水

本项目非放射性废水主要包括：生活污水、实验室试验器皿的后道清洗废水、纯水制备浓水等，废水产生量约为 45m^3/d（3132m^3/a），主要污染因子为 COD、BOD_5、SS、氨氮等，其中纯水制备浓水主要成分包括钙镁等金属离子、无机盐类等。

生活污水、实验室试验器皿的后道清洗废水、纯水制备浓水经过废水管道收集、化粪池处理后排入市政污水管道，然后排入西永污水处理厂集中处理（由于目前项目东侧 G212 国道连通至城市污水处理厂的管网尚未接通，因此在项目运行前期，废水经化粪池处理后定期外运至污水处理厂；待管网接通后，项目废水经化粪池处理后排入市政污水管道，最终排入西永污水处理厂集中处理）。本项目非放射性废水主要污染物产生、排放情况见下表。

表 3.6.2-5 非放射性污水污染物产生情况一览表

项目	污染物名称	废水量（m^3/a）	产生浓度（mg/L）	产生量（t/a）	处理措施	排放浓度（mg/L）	排放量（t/a）
生活污水（含实验室后道清洗废水、纯水制备浓水）	CODcr	3132	500	1.57	经过化粪池处理后排入市政污水管道或定期外运	350	1.10
	BOD_5		400	1.25		300	0.94
	SS		450	1.41		350	1.10
	NH_3-N		50	0.16		30	0.09

根据 3.6.2-5，本项目生活污水污染因子排放能够满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 三级标准要求。

3.6.2.3 固废

本项目中产生的非放射性固废主要包括废一般包装材料、废纯水制备滤芯、沾染毒性等危险特性的废弃包装物、实验室头道清洗废液、实验废液（超声波清洗废液、废抛光液等）、废气处理产生的废活性炭以及生活垃圾等。

表 3.6.2-6 非放射性固体废物产生情况一览表

来源	废物名称	废物类别	产生及处置量（t/a）	危废代码
实验过程	废一般包装材料	一般工业固废	0.5	/

	废纯水制备滤芯	一般工业固废	0.2	/
	沾染毒性等危险特性的废弃包装物	危险废物	0.1	HW49 其他废物 900-047-49
	实验废液（超声波清洗废液、废抛光液等）	危险废物	0.175	
	实验头道清洗废液	危险废物	0.1	
废气处理	废活性炭	危险废物	0.1	HW49 其他废物 900-039-49
办公生活	生活垃圾	一般固废	25*	/
注：含外来科研人员产生的生活垃圾量。				

3.6.2.4 噪声

本项目主要声源为空调系统、排风系统、冷却塔以及设备风机等运行产生的噪声，具体噪声排放情况见下表。

表 3.6.2-7 噪声源强一览表

设备名称	台数	噪声 dB（A）	设备位置	降噪措施及降噪值	综合降噪量 dB（A）	治理后源强 dB（A）
锅炉风机	2	90	动力用房一层锅炉房内	低噪声设备，进口设置消声器、基础减振、建筑隔声	25	65
螺杆式冷冻机	6	90	动力用房地下一层冷冻机房	低噪声设备，基础减振、建筑隔声	25	65
冷却塔	6	90	动力用房屋顶	低噪声设备，基础减振	15	75
实验室废气处理风机	1	85	科学研究楼楼顶	低噪声设备，基础减振	15	70
高功率测试大厅排风风机	2	80	辅助用房楼顶	低噪声设备，基础减振	15	65
直线、输运线隧道排风风机	2	83	线站大厅楼顶	低噪声设备，基础减振	15	68
储存环排风风机	2	83	线站大厅楼顶	低噪声设备，基础减振	15	68
多用途束流平台排风风机	2	80	线站大厅楼顶	低噪声设备，基础减振	15	65

3.6.2.5 非放射性污染物产、排情况一览表

根据前文的分析计算结果，本项目运行期间非放射性污染物产生、排放情况详见下3.6.2-8。

表 3.6.2-8 非放射性污染物产生、排放情况一览表

环境要素	污染源	污染因子	产生情况		治理措施	排放情况		治理效果
			浓度 mg/m³	产生量 t/a		浓度 mg/m³	排放量 t/a	
废气	高功率测试大厅	O_3	1.16E-04	1.67E-05	经专用管道收集后，通过辅助用房楼顶的排气筒排放	1.16E-04	1.67E-05	达到《工业场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）、《环境空气质量标准》（GB3095-2012）标准要求
		NO_2	5.33E-05	7.68E-06		5.33E-05	7.68E-06	
	直线加速器隧道+输运线	O_3	3.55E-04	1.51E-03	分别经专用管道收集后，通过线站大厅楼顶的排气筒排放	3.55E-04	1.51E-03	
		NO_2	1.63E-04	6.94E-07		1.63E-04	6.94E-07	
	多用途束流平台	O_3	2.58E-02	6.44E-03		2.58E-02	6.44E-03	
		NO_2	1.18E-02	2.96E-03		1.18E-02	2.96E-03	
	储存环	O_3	1.93E-04	8.22E-04		1.93E-04	8.22E-04	
		NO_2	8.90E-05	3.78E-07		8.90E-05	3.78E-07	
	锅炉燃烧废气	SO_2	18.6	0.110	经排风管道收集后，通过动力用房楼顶的排气筒排放，排气筒高度为 11.5 米。锅炉采用低氮燃烧器	18.6	0.110	达到《锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658-2016）及其重庆市地方标准第 1 号修改单限值
		NOx	28.1	0.167		28.1	0.167	
		烟尘	7.4	0.044		7.4	0.044	
	化学制样间通风橱废气	非甲烷总烃（有组织）	51.008	0.006	经过通风橱排风系统收集、活性炭过滤后经科研楼楼顶的排气筒排放，排气筒高度约 24m	25.504	0.003	达到《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）标准限值要求
		非甲烷总烃（无组织）	/	0.0007	加强通风	/	0.0007	
废水	生活污水（含实验室后道清洗废水、纯水制备浓水）	CODcr	500	1.59	经过化粪池处理后排入市政污水管道	350	1.11	达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 三级标准
		BOD_5	400	1.27		300	0.95	
		SS	450	1.43		350	1.11	
		NH_3-N	50	0.16		30	0.10	
固体废物	实验过程	废一般包装材料	0.5		分别委托相关单位回收	0		固体废物合理处置，不对周围环境产生二次污染
		废纯水制备滤芯	0.2			0		
		沾染毒性等危险特性的废弃包装物	0.1		委托有相关危废资质单位处置	0		
		实验废液	0.175			0		
		实验头道清洗废液	0.1			0		
	废气处理	废活性炭	0.1			0		
	办公生活	生活垃圾	25		委托环卫部门清运	0		
噪声	设备噪声	Leq(A)	/		采用低噪声设备，并采取隔声、减振等降至措施	/		满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2、4 类标准

4 辐射安全与防护

4.1 场所布局与屏蔽

4.1.1 工作场所平面布局

本项目位于重庆高新区曾家镇组团A分区A18-1地块，项目所在地东侧为G212国道，隔国道以东为虎峰山村及其居委会（东侧场界距其最近约40m）、南侧为村庄道路，隔道路以南为虎峰山村（南侧场界距其最近约 26m）及绿地，西侧为虎峰山村村办机械厂（毗邻本项目场界）、虎峰山村（西侧场界距其最近约35m），北侧为二期用地。本项目100m辐射评价范围内主要为项目一期、二期场地、村办机械厂及空地等，不存在自然保护区、风景名胜区以及需要特殊保护的区域，周边不存在人群密集场所，未发现珍稀动植物分布。

超瞬态同步辐射装置位于项目一期用地西北侧，主要包括高功率测试大厅、直线加速器区域（直线加速器隧道、多用途束流平台）、输运线及储存环（含光束线站）；主要地上构筑物包括线站大厅、辅助用房，高功率测试大厅、直线加速器区域、输运线均位于地下。超瞬态同步辐射装置周围主要为项目内道路、绿化等。

线站大厅为 1 层建筑，高度为 19.2m。线站大厅中心部分为储存环及超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站，其外围主要设置超瞬态同步辐射装置的控制室、空调兼排烟机房、电源和磁铁测试机房、真空调试机房、配电间、实验准备、线束准备、数据中心存储和计算房等；储存环中心区域主要布置为储存环空调机房及机电管廊等；辅助用房为地下 1 层、地上1层建筑，高度为7.45m，1层主要为高功率测试大厅控制室及速调管吊装区，辅助用房地下一层为高功率测试大厅，地下一层与一层之间设置有地下夹层管廊；直线加速器区域位于地下一层，底部标高为-7.69m，高度3.5m，地下一层上方区域设置有地下夹层管廊，直线加速器区域东、西侧分别为直线加速器隧道及直线加速器工艺大厅，直线加速器隧道为电子加速区域，工艺大厅为放射工作人员停留场所，该区域共设置 2 处防护门，分别位于加速器隧道的首、末两端，隧道末端防护门采用迷宫设计，放射工作人员可通过 2 处防护门进出加速器隧道，加速器工艺大厅的首、末两端设置楼梯连通地面；多用途束流平台位于地下一层直线加速器隧道末端，底部标高为-7.69m，净高度 3.5m，地下一层上方区域设置有地下夹层管廊，多用途束流平台北侧为其工艺大厅，主要为放射工作人员停留场所，工艺大厅设置人行楼梯与其相应 1 层的线站大厅相连通；输运线连接地下一层的直线加速器隧道及 1 层的储能环，通过斜穿方式相连，通过注入切割铁将电子注入储存环内；储存环位于1层线站大厅内，底部标高+0.00m，净高度3.5m，储存环周围设置有人行楼梯，检修、巡检人员可通过储存环周围人行楼梯至储存环顶部，沿储存环顶部楼梯至环中心的空

调机房、机电管廊等开展巡检、维修工作。

整体上来看，超瞬态同步辐射装置的设计综合考虑了人流、物流，设有专门的设备通道、人员通道，布局合理可行。

4.1.2 气流组织

超瞬态同步辐射装置按其内部不同功能区域，分别为直线加速器隧道及输运线区域、多用途束流平台区域、储存环区域、高功率测试大厅区域设置送、排风系统。送风口在区域内均匀布设；区域设置负压排风系统，排风系统根据装置的实际运行情况分为正常运行排风、停机/应急事故排风两种，两类型排风共用排风管道，排风管道末端分别设置正常运行及停机/应急事故两套风机，区域排风经过风机抽排后排放。

根据本项目通排风设计，超瞬态同步辐射装置内部不同功能区域均设置有送风、排风系统，送风从区域顶部送入，排风口位于下部排出，排风口与空调回风共用风道，通过一根管道接出后分成 2 根支管，一根连接排风机，一根连接空调箱，光源区域废气排风管道设计详见图 4.3.1-2~4.3.1-4。

表 4.1.2 超瞬态同步辐射光源区域排风系统设置

区域	项目	风机风量（m^3/h）	换气次数（次/h）	排气筒高度（m）
高功率测试大厅	正常排风	400	0.7	7.5
	停机/应急事故排风	5500	9	
直线加速器隧道、输运线	正常排风	850	0.6	12
	停机/应急事故排风	12000	9	
多用途束流平台	正常排风	500	1.2	12
	停机/应急事故排风	6100	15	
储存环	正常排风	850	0.7	12
	停机/应急事故排风	10000	9	

4.1.3 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，超瞬态同步辐射装置的工作场所分区如下：

控制区：指要求或可能要求采用专门的防护手段和安全措施，以便在正常工作条件下控制正常照射或防止污染扩散，以及防止潜在照射或限制其程度。

本项目划定的控制区包括：直线加速器隧道、高功率测试大厅、输运线、多用途束流平台、储存环及光束线站棚屋内区域以及冷却水贮存池内部区域。工作场所控制区受人身安全联锁系统控制，装置运行时，通过辐射安全联锁系统禁止任何人员进入。

监督区：通常不需要采取专门的防护措施或安全手段，但需要对职业照射情况进行监督、评价。

本项目划定的监督区包括：直线加速器工艺大厅、多用途束流平台工艺大厅以及线站大厅的其他区域。装置运行时，仅允许放射工作人员及相关工作人员进入。

根据 GB18871 的规定，在控制区进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；定期审查控制区，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；定期审查监督的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

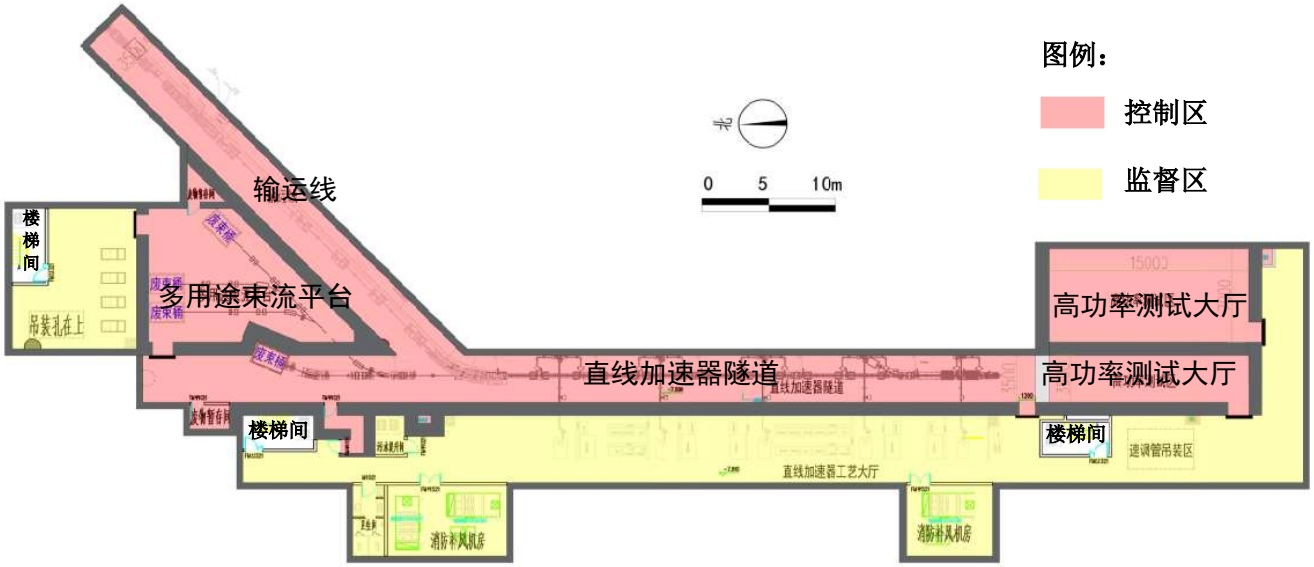


图 4.1.3-1 直线加速器区域辐射分区图

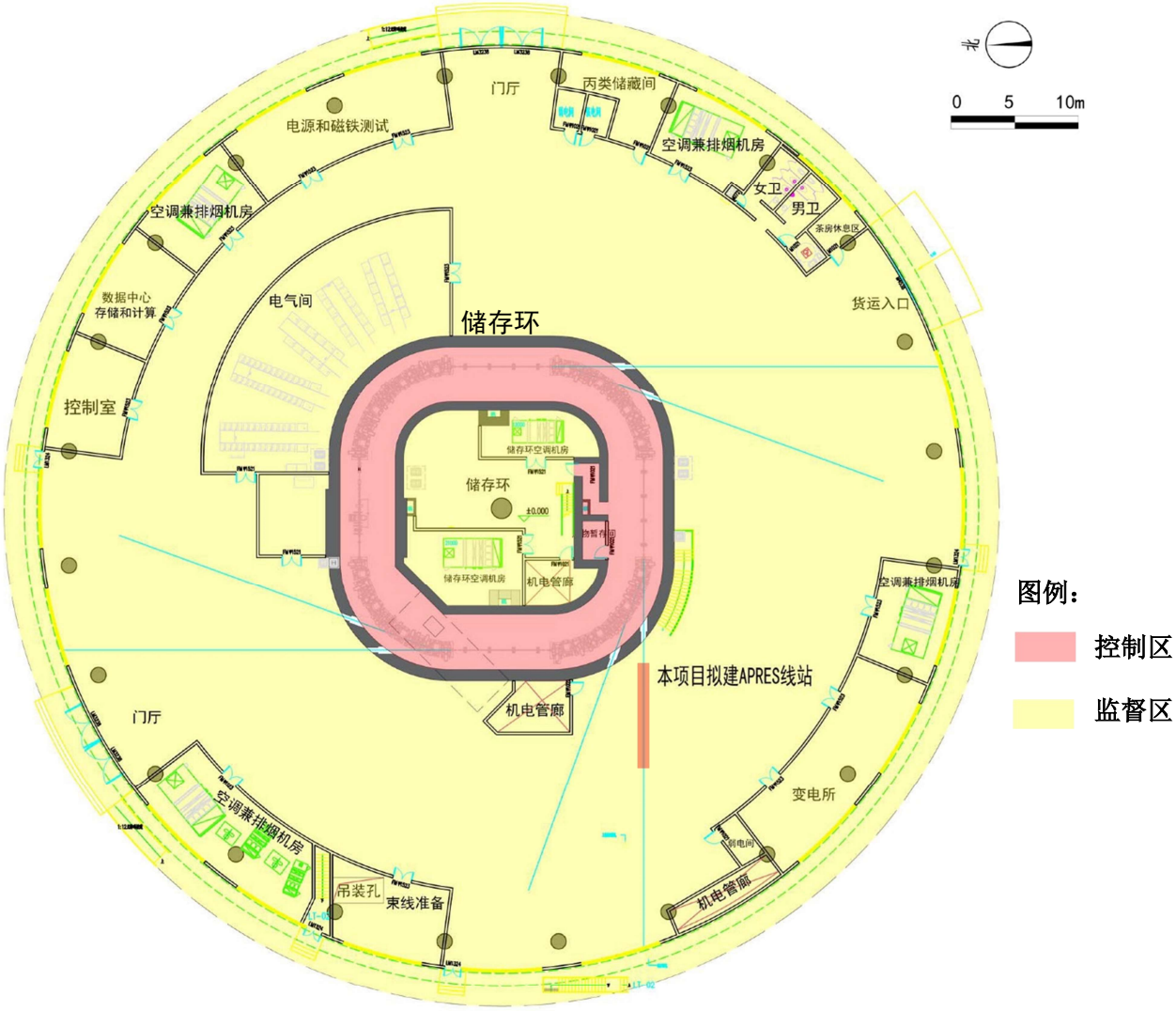


图 4.1.3-2 储存环区域辐射分区图

4.1.4 屏蔽防护方案

4.1.4.1 直线加速器隧道及高功率测试大厅

根据超瞬态同步辐射装置设计方案，直线加速器隧道及高功率测试大厅屏蔽方案如下表所示。

表 4.1.4-1 直线加速器隧道及高功率测试大厅屏蔽方案

部位及相邻环境		屏蔽方案
高功率测试大厅	东墙（土层）	50cm 混凝土
	南墙（工艺大厅）	100cm 混凝土
	南侧防护门（工艺大厅）	5cm 不锈钢+5cm 聚乙烯+5cm 不锈钢
	西墙（工艺大厅、楼梯间）	100cm 混凝土
	隔墙（高功率测试大厅）	100cm 混凝土
	北墙（土层）	100cm 混凝土
	北墙（直线加速器隧道）	100cm 混凝土实心砌块
	顶板（地下夹层管廊）	100cm 混凝土
	底板（土层）	50cm 混凝土
直线加速器隧道	东墙（土层）	50cm 混凝土实心砌块
	南墙（高功率测试大厅）	100cm 混凝土实心砌块

部位及相邻环境		屏蔽方案
	西墙（工艺大厅）	100cm 混凝土
	西侧聚束段防护门（工艺大厅）	5cm 不锈钢+5cm 聚乙烯+5cm 不锈钢
	西侧迷道（工艺大厅）	南侧、北侧、西侧均 80cm 混凝土 普通门
	西侧直线隧道末端防护门（多用途束流平台）	2cm 不锈钢+2cm 聚乙烯+2cm 不锈钢
	北墙（土层）	50cm 混凝土
	顶板（地下夹层管廊）	100cm 混凝土
	底板（土层）	50cm 混凝土

注：混凝土密度 2.35g/cm^3；混凝土实心砌块密度 1.6g/cm^3；不锈钢密度 7.87g/cm^3；聚乙烯密度 0.952g/cm^3。

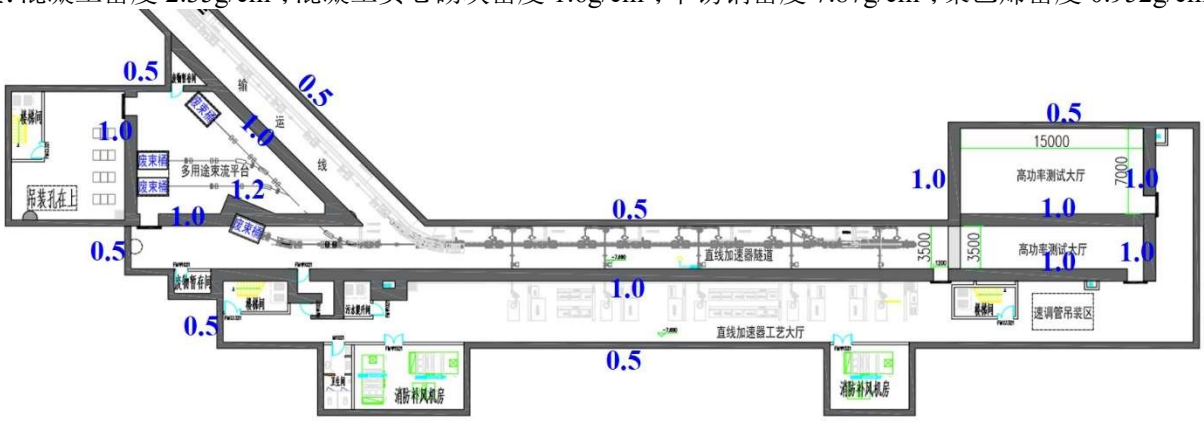


图 4.1.4-1 直线加速器隧道、高功率测试大厅、多用途束流平台屏蔽方案示意图

4.1.4.2 多用途束流平台

根据超瞬态同步辐射装置设计方案，多用途束流平台屏蔽方案如下表所示。

表 4.1.4-2 多用途束流平台屏蔽方案

部位及相邻环境		屏蔽方案
多用途束流平台	东墙（土层）	50cm 混凝土
	东南墙（输运线）	100cm 混凝土
	西墙（直线加速器隧道）	100cm 混凝土（束流阻挡器局部为 120cm 混凝土）
	北墙（工艺大厅）	100cm 混凝土
	北侧防护门（工艺大厅）	5cm 不锈钢+5cm 聚乙烯+5cm 不锈钢
	西侧防护门（直线隧道）	2cm 不锈钢+2cm 聚乙烯+2cm 不锈钢
	顶板（地下夹层管廊）	100cm 混凝土
	底板（土层）	50cm 混凝土

注：混凝土密度 2.35g/cm^3；不锈钢密度 7.87g/cm^3；聚乙烯密度 0.952g/cm^3。

4.1.4.3 输运线

根据超瞬态同步辐射装置设计方案，输运线屏蔽方案如下表所示。

表 4.1.4-3 输运线屏蔽方案

部位及相邻环境		屏蔽方案
输运线	南墙（土层）	50cm 混凝土
	北墙（多用途束流平台）	100cm 混凝土
	北墙（土层）	50cm 混凝土
	东北墙（储存环）	50cm 混凝土
	顶板（土层）	50cm 混凝土
	底板（土层）	50cm 混凝土

注：混凝土密度 2.35g/cm^3。

4.1.4.4 储存环

根据超瞬态同步辐射装置设计方案，储存环屏蔽方案如下表所示。

表 4.1.4-4 储存环屏蔽方案

部位及相邻环境		屏蔽方案
储存环	外部四侧墙体（线站大厅）	90cm 混凝土（局部 115cm 混凝土）
	内部墙体（空调机房）	70cm 混凝土（局部 90cm 混凝土）
	南侧迷道（空调机房）	南、北侧 70cm 混凝土，东、西侧 5cm 混凝土普通门
	顶板（土层）	65cm 混凝土
	底板（土层）	50cm 混凝土

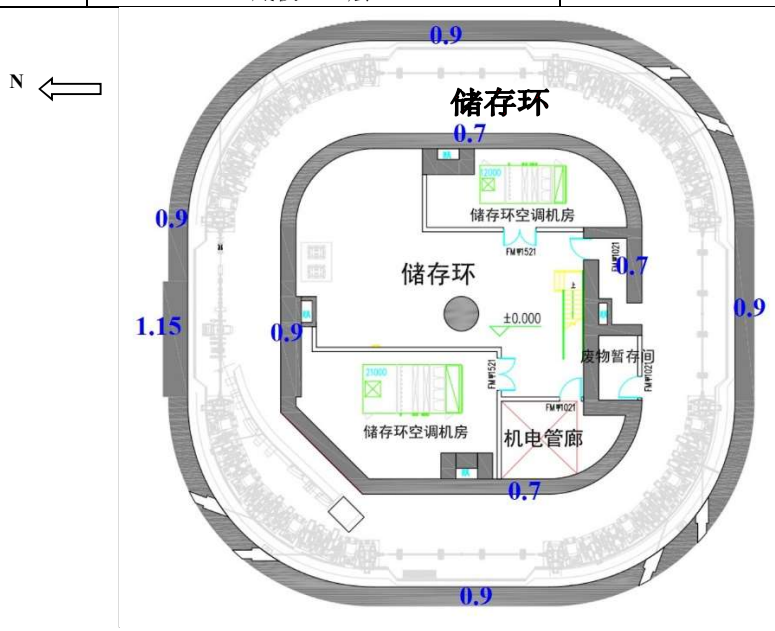


图 4.1.4-2 储存环屏蔽方案示意图

4.1.4.5 光束线

根据超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站的设计方案，线站前端安全光闸位于储存环内，光学棚屋和实验站位于储存环外。光学棚屋由于考虑气体轫致辐射影响，考虑局部增加铅屏蔽；本项目 ARPES 光束线站在光学棚屋中会屏蔽掉气体轫致辐射，所以实验站中只有单色光，本项目光束线站实验站能量范围 7~70eV，真空管道、实验腔室等均能有效阻止吸收低能光子，所以不考虑额外增加实验站屏蔽。线站安全光闸屏蔽厚度详见下表 4.1.4-5，线站光学棚屋屏蔽情况见表 4.1.4-6。

表 4.1.4-5 线站安全光闸屏蔽厚度

线站名称	安全光闸 （材料：钨） 尺寸：H×V×D（mm）
超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站	140 mm×100 mm×250 mm

表 4.1.4-6 光学棚屋屏蔽厚度

线站名称	侧向屏蔽厚度	前向屏蔽厚度	顶部屏蔽厚度
超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站	1.5cm 铅	2cm 铅	1cm 铅

4.1.4.6 其他

（1）束流阻挡器

本项目直线加速器区域共设置 5 个束流阻挡器，分别位于直线隧道前端聚束段出口、

直线隧道末端以及多用途束流平台。

束流阻挡器芯部选用原子序数较低的石墨材料，吸收初始电子，减轻轫致辐射；侧向选用铁作为轫致辐射的屏蔽材料，最外层根据需要采用普通混凝土作为局部屏蔽材料吸收电磁级联簇射产生的中子。

聚束段末端、直线加速器末端、多用途束流平台的束流阻挡器设计见下图：

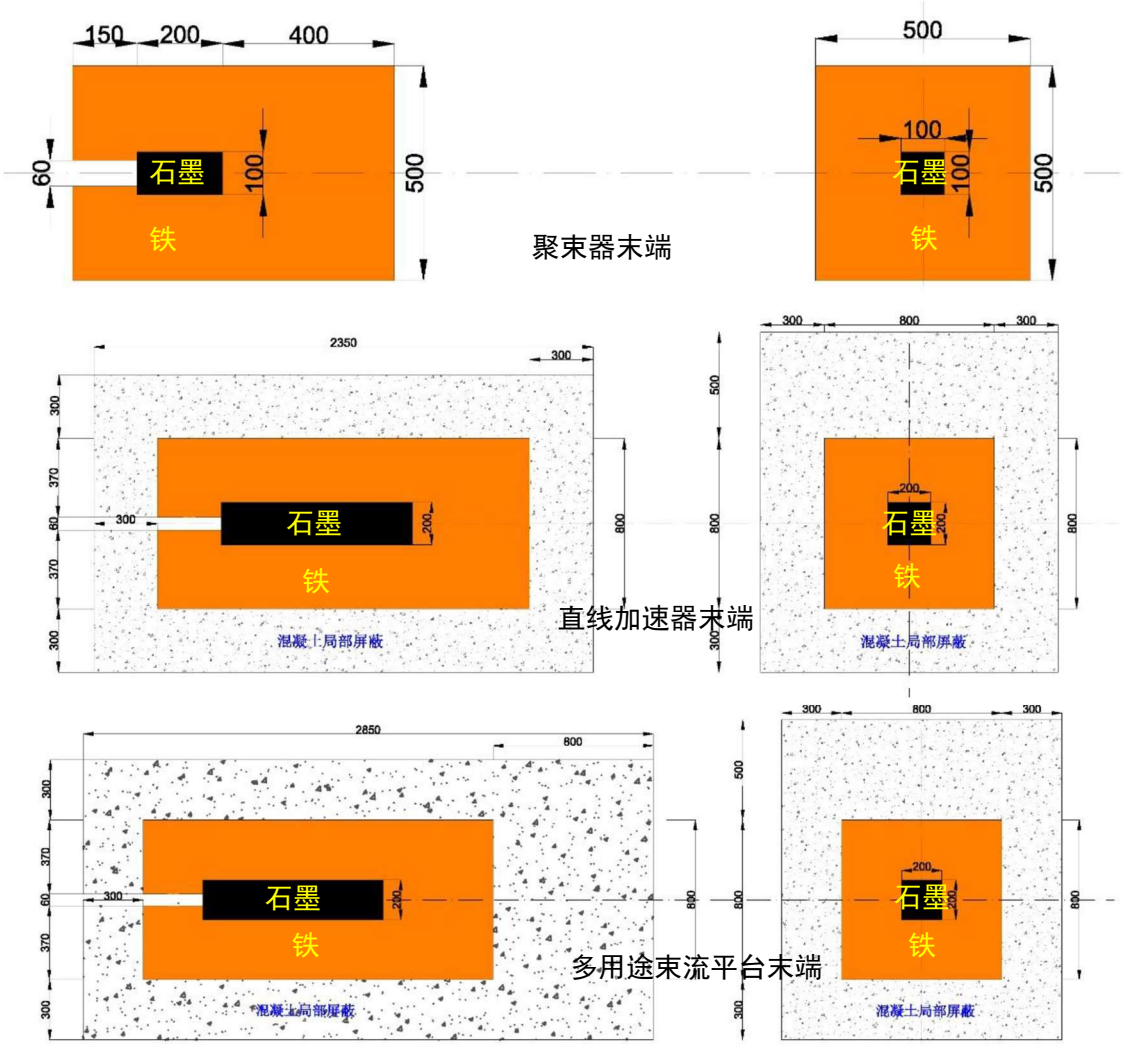


图 4.1.4-3　束流阻挡器屏蔽设计方案图

（2）放射性废物暂存间

超瞬态同步辐射装置共设置 3 个放射性废物暂存间，用于暂存检修、维护等过程产生的废弃活化部件、冷却水系统的废弃离子交换树脂等。

直线加速器隧道区域设置 1 个放射性废物暂存间，位于直线加速器隧道西北侧，面积约 5.6m^2，其南、西、北墙厚度均为 100cm 混凝土；输运线区域设置 1 个放射性废物暂存间，位于输运线北侧，面积约 6.4m^2，其东侧厚度为 50cm 混凝土、西侧厚度为 100cm 混凝土；储存环区域设置 1 个放射性废物暂存间，位于储存环南侧，面积约 5.2m^2，其东侧厚度

为 50cm 混凝土、西侧厚度为 70cm 混凝土、北侧厚度为 70cm 混凝土。放射性废物暂存间顶、底部屏蔽厚度与所在区域屏蔽厚度一致。

（3）冷却水贮存池

超瞬态同步辐射装置区域共设置 4 座地埋式冷却水贮存池，用于收集超瞬态同步辐射装置冷却水系统废水。其中直线加速器区域及储存环区域各 2 座，单座冷却水贮存池有效容积均为 $10m^3$。池壁采用 300mm 混凝土浇注，内部加敷防水材料，顶部为 200mm 混凝土盖板，盖板顶部预留检修口，同时可用于放射性废水取样口。

（4）管线、防护门

超瞬态同步辐射装置于区域地下夹层设置管线走廊，管线通过地下一层沿垂直孔洞至地下一层、储存环相关区域，垂直孔洞局部采用铅等材料进行局部封堵。本项目送、排风管、线缆沟等典型位置穿墙管线大样图见图 4.2.1-4。

超瞬态同步辐射装置区域共设置 4 扇门用于其余周围工艺大厅或设备用房等的连通，其中 2 扇门采用迷宫设计，通过粒子在迷宫内散射减小其对周围环境的辐射影响，另外 2 扇门采用 5cm 不锈钢+5cm 聚乙烯+5cm 不锈钢的防护设计，门与门洞采用搭接处理（搭接宽度为 25cm），防止射线从门缝处漏出。

4.2 辐射安全与防护措施

4.2.1 系统概述

超瞬态同步辐射装置在调试、运行过程中，损失束流与装置管件、屏蔽体等发生核反应产生大量的次级粒子，致人员和周围环境受到照射。对工作场所及环境辐射剂量进行有效监测和控制是超瞬态同步辐射装置在工程建设中以及辐射防护系统中的重要组成部分。

人身安全联锁系统（Personnel Protection System，PPS）用于保障相关人员出入加速器隧道等辐射工作场所控制区时的人身安全，避免出现辐射事故。系统以联锁 PLC 系统为主导，门禁监控系统为基础，联锁钥匙系统为辅助，以实现以下具体功能，即：避免人员误入正在运行中的联锁控制区；避免人员滞留控制区时产生瞬发辐射导致意外受照；避免控制区内的辐射不经控制地向外扩散。

人身安全联锁系统与人员及环境的辐射安全密切相关，人身安全联锁在加速器的束流控制中具有最高优先级。

4.2.2 设计原则

遵循《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）等标准的要求，以及参考其他大型粒子加速器装置设计和运行经验，本项目超瞬态装置人身安全联锁的设计遵循以下原则：

（1）纵深防御

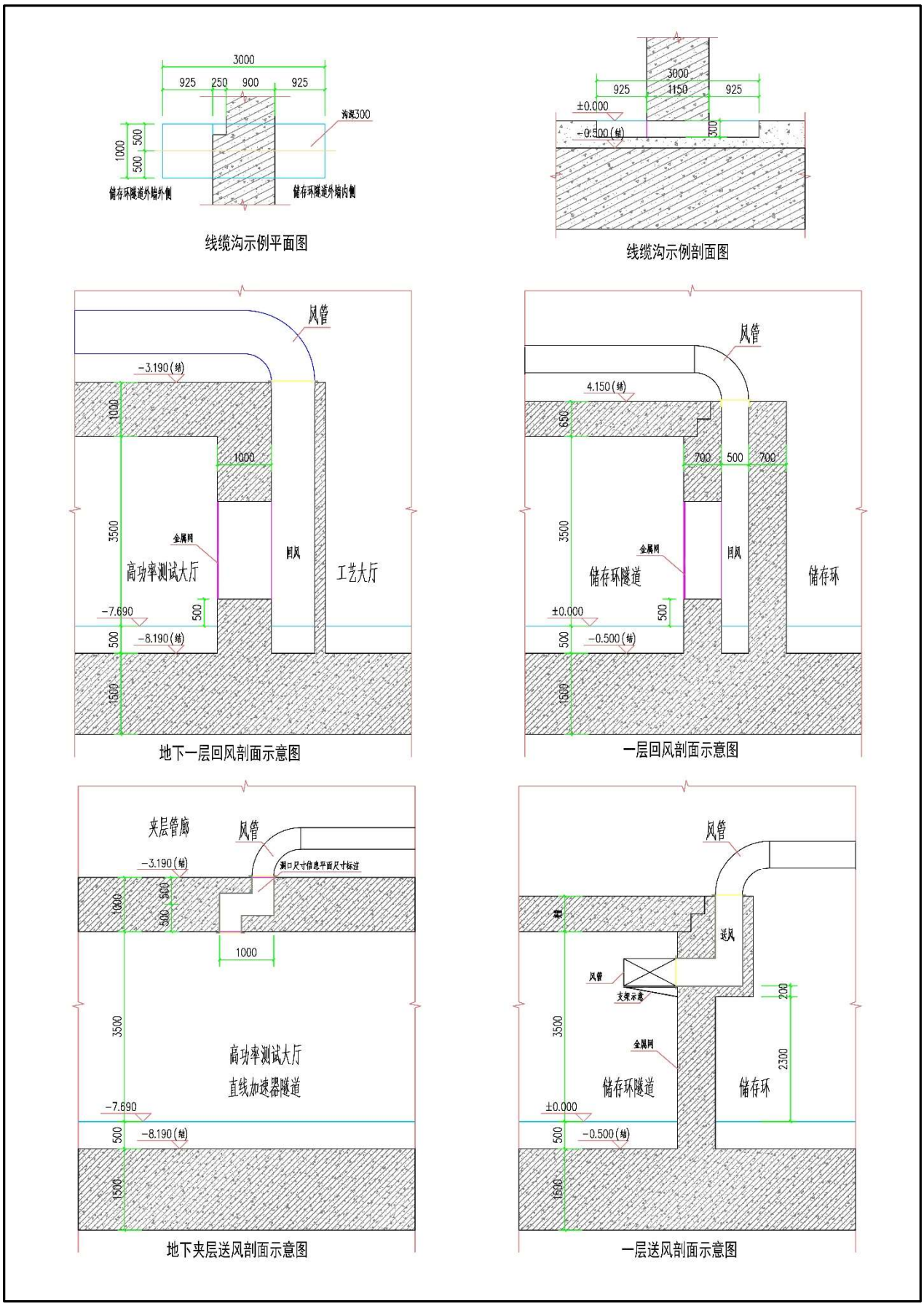


图 4.2.1-4 本项目典型位置穿墙管线大样图

系统设计时考虑多种安全防护手段，即使其中一种安全防护手段失效，仍能达到安全目标。

（2）多样性独立性

为达到安全目标，设置不同属性的多重部件或系统。

（3）简单可靠

联锁系统的设计既简洁又可以保证运行时的可靠性和稳定性。

（4）分区联锁

根据装置运行模式，利用实体屏蔽的方式对装置进行分区，严格隔离。根据不同区域的实际情况，设计子系统实现安全功能。

（5）硬件最可重要的位置把最大的信赖寄托在“硬件”上，主要应体现在对关键设备应以“硬”信号进行控制。

（6）失效保护

关键联锁部件及联锁系统失效时，相应联锁控制区域应仍处于安全状态。主要体现在失去电、气等驱动信号时，束流阻挡设备应处于束流“切断”状态。

（7）冗余及独立性

实现在同一位置、为同一目的而使用若干种联锁手段，各联锁手段间相互独立、互不干扰；使用有冗余功能的 PLC 控制器，主 PLC 发生故障时，备 PLC 可迅速切换，保障联锁系统正常运行。

4.2.3 运行模式

人身安全联锁系统的管控区域与加速器装置运行模式及光束线站的状态密切相关，根据联锁设计中的分区联锁原则，联锁系统须对整个辐射区进行划分，针对各个分区进行控制。表 4.2.3 给出了超瞬态装置的运行模式。当装置处于某一运行模式时，启动相应区域的切束联锁功能，本级区域及束流上游区域因有束流经过禁止任何人员进入控制区，同级区域及束流下游区域可不限制人员进出（通过分区联锁保障同级及下游区域不受照射）。超瞬态实验装置运行时，根据其运行模式，划分成了三个区域：直线加速器、多用途束流平台和储存环，每个区域均设置了安全联锁系统。

表 4.2.3 超瞬态装置运行模式

模式	直线加速器	多用途束流平台	储存环
模式 1	ON	OFF	OFF
模式 2	ON	ON	OFF
模式 3	ON	OFF	ON
模式 4	OFF	OFF	ON
模式 5	ON	ON	ON
模式 6	OFF	OFF	OFF

超瞬态装置运行时，根据其不同的运行模式，设置分区联锁。

模式 1：直线加速器独立调试，直线加速器隧道内存在束流，禁止进入；多用途束流平台和储存环允许进入。

模式 2：直线加速器和多用途束流平台联合调试运行，直线加速器隧道内和多用途束流平台内存在束流，两个区域均禁止进入。此时，储存环允许进入。

模式 3：直线加速器和储存环联合调试运行，直线加速器隧道内和储存环内存在束流，两个区域均禁止进入。此时，多用途束流平台允许进入。

模式 4：储存环独立运行或调试，此时存在束流（由于束流寿命）或高压发生器运行，禁止进入。此时，直线加速器隧道和多用途束流平台内允许进入。

模式 5：直线加速器、多用途束流平台和储存环同时运行或调试，三个区域均存在束流，均禁止进入。

模式 6：直线加速器、多用途束流平台和储存环均处于停机维护状态，三个区域均可进入。

高功率测试大厅用于高频腔、加速管、速调管的测试。高功率测试大厅的运行和停机独立于整个装置，不受其他区域的影响。在对加速管和高频腔测试期间，为保障人员的安全，也设置有联锁系统。

4.2.4 组成及构成

超瞬态装置人身安全联锁系统整体结构如图 4.2.4-1 所示，包括软件系统、控制系统和硬件系统三部分组成。

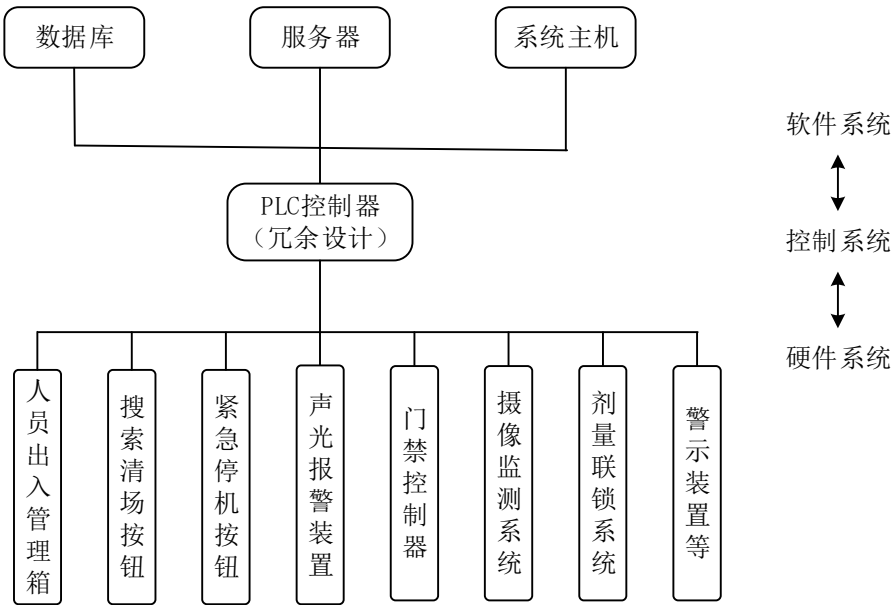


图 4.2.4-1 人身安全联锁系统组成结构

4.2.4.1 控制系统

控制系统主要采用可编程控制器即 PLC 实现，它是实现联锁逻辑控制的核心部件。PLC 系统采用成熟的可编程逻辑控制器技术，在一系列可靠的硬件设备基础之上，结合相应的管理及控制软件将门禁控制器、紧急停机按钮等设施或信号进行联锁。根据人身安全联锁各子系统的逻辑关系，在联锁动作发生时执行这些联锁关系，以此来保障加速器的安全运行及工作人员的人身安全。各个子 PLC 逻辑控制系统能够独立运行，对各安全联锁设施进行最底层的操作且具有最高优先权。当一个子系统发生问题时，不影响其他子系统。整个 PLC 控制系统包括一套冗余 CPU 和与各辐射区对应的分布式 I/O 站点，系统所有需控制、联锁的设备状态信息全部输入至 PLC 内，进行联锁判断是否满足工作允许的条件。

4.2.4.2 软件系统

软件系统包括数据库、服务器和系统主机。软件系统的任务是监测超瞬态装置人身安全联锁系统的硬件设备状态、联锁状态，及时发现设备的故障和异常情况，完成人身安全联锁系统的启动、停止等操作，并能对相关参数进行设置。它不但是一个管理平台，同时还构成了系统信息交换平台，通过对各子系统相关信息的采集和分析来完成系统信息管理工作。

4.2.4.3 硬件系统

硬件系统包括人员出入管理箱、搜索清场按钮、紧急停机按钮、声光报警装置、门禁控制器、监测系统等，这些装置通过 PLC 的控制来实现安全联锁的功能。

（1）门禁控制器。

门禁系统为联锁门禁，实现对联锁门的控制，开门条件允许时，联锁门才能打开，人员方可进入。在装置运行状态下，联锁门无法打开；出现意外事故导致门打开时，自动断开束流。

（2）人员出入管理箱，即钥匙箱。

钥匙箱为门禁系统的一部分，通过钥匙箱上主钥匙(卡)及普通卡的状态实现联锁。本项目是利用 IC 卡来作为人员出入管理钥匙，辐射工作人员一人一卡，IC 卡同时记录工作人员的基本信息。PLC 程序同时监测人员出入管理箱上的钥匙的状态，在 IC 卡没有全部归还的情况下不会出束，防止控制区内有人的情况下束流进入该区域。主卡通常为辐射安全防护组成员持有，具有更高的权限，仅当普通卡得到主卡的授权后方可刷普通卡。

超瞬态实验装置分别在高功率测试大厅防护门（2 处）、直线加速器隧道门（2 处）、多用途束流平台防护门（1 处）、储存环防护门（1 处）和 ARPES 线站棚屋门（1 处）设置人员出入管理箱，实现对人员出入与束流的联锁控制；中央控制室设置有主卡管理箱。

（3）搜索清场按钮。

搜索清场是在装置开机前必须进行的，是检查本区域内是否具备开机的必要前提条件之一。搜索按钮带有指示灯，当前等待按下的搜索按钮的指示灯会一直闪烁，当被按下时，指示灯会变成常亮。每个搜索子区设搜索时间窗限制和搜索顺序，超出搜索时间或违反搜索顺序需重新进行清场。每个搜索子区的清场按钮分布在房间内部四周沿途的墙壁上，搜索按钮的布置确保搜索路线覆盖整个子区区域。

在清场过程中，联锁门无法从区域外侧打开，搜索人员按照预定路线依次经过搜索点，确认无人员滞留后，按下对应搜索点上的清场按钮，关闭联锁门，完成清场。如果某一点上清场没有确认，则该区域不具备供束条件。

清场人员确认各个子区内所有清场按钮全部按下后，并将主卡插回控制室的控制台上，此时安全联锁系统会给控制系统发送允许开机的信号。

超瞬态实验装置主要分为高功率测试大厅、直线加速器隧道及输运线、多用途束流平台、储存环及光束线几大区域。各个区域设置分区联锁，根据其运行模式（详见表 4.2.3）激活/启动即将运行区域的联锁信号。

高功率测试大厅独立于整个装置运行，不受其他区域的影响。高功率测试大厅共设置 2 个隔室，每个隔室设置 2 组清场按钮，清场时，放射工作人员由工艺大厅高功率测试大厅入口进入后沿预定路线依次按下清场按钮后沿通过防护门退出；

直线加速器隧道区域及输运线共设置 6 组清场按钮，清场时，放射工作人员由直线加速器隧道前段防护门进入隧道内，沿隧道至输运线、返回后至直线加速器隧道末端，从迷道入口离开，巡检路线依次按下清场按钮；

多用途束流平台设置 3 组清场按钮，清场时，放射工作人员由工艺大厅多用途束流平台防护门进入后沿预定路线依次按下清场按钮；

储存环共设置 4 组清场按钮，清场时，放射工作人员由储存环外围人行楼梯至储存环顶部，沿顶部楼梯至储存环中心处的迷道防护门入口进入储存环，逆时针绕环并依次按下清场按钮后原路离开；ARPES 光束线站共设置 2 组清场按钮，清场时，放射工作人员由防护门进入沿预定路线依次按下清场按钮后离开。

在搜索清场过程中，为防止人员跟随的情况发生采取以下措施：

①清场防进入：清场过程是由专门的辐射防护值班人员完成；值班人员通过刷清场卡（或高级权限卡）进入控制区，进入后防护门关闭，沿着制定的清场路线依次按下清场按钮，清场完毕后，从指定的门离开。防护门关闭后，其他辐射工作人员无法刷卡进入。

②工作人员值守：对于直线加速器隧道及储存环区域的清场，由于区域的设计特征（储

存环为环形，直线加速器隧道区域偏长），拟采用两名辐射工作人员同时开展巡检工作，采取的防追随措施如：巡检时，工作人员一人在防护门外值守，另一名工作人员进入控制区内巡检，巡检完成后，巡检人员与值守人员汇合，通过此种方式防止人员尾随清场工作人员进入场所内。

（4）紧急停机按钮。紧急停机按钮是在控制区内部及控制室设置的，用于在紧急情况下，如人员来不及离开或在加速器开机之后仍有工作人员滞留在内，工作人员可以按该按钮来切断束流（断高压），从而保护人员。紧急停机按钮导致设备停机后必须由辐射安全管理人员本地复位后才能再次开机。

本项目在高功率测试大厅设置 4 组急停按钮；直线加速器隧道及输运线设置 5 组急停按钮；多用途束流平台设置 2 组急停按钮；储存环设置 4 组急停按钮；ARPES 光束线站设置 2 组急停按钮；线站大厅控制室设置 1 组急停按钮。

（5）声光报警装置。主要功能为在加速器开机准备期间进行声光警示，提醒区域内未离开人员迅速撤离。通常为按下清场按钮后，声光报警装置启动工作。装置在控制区入口处均设置声光报警装置，另外控制区内部设置多组声光报警装置。

本项目在高功率测试大厅设置 4 处声光报警装置；直线加速器隧道及输运线设置 5 处声光报警装置；多用途束流平台设置 3 处声光报警装置；储存环设置 2 处声光报警装置；ARPES 光束线站设置 2 处声光报警装置。

（6）摄像监测系统。利用摄像头监控辐射区内人员滞留状况，观察各种设备运行状态。

（7）警示装置。包括辐射标志牌、运行状态显示灯、广播音响、显示屏等。在各个辐射区入口处、控制室应安装剂量显示屏幕，可直观、明显地显示加速器的工作状态、束流走向和工作模式，以及各处的剂量水平等重要信息。

（8）剂量监测与联锁

装置控制区入口门内设置有剂量探头，包括中子和 γ 剂量率探测器。其辐射剂量率测量结果实时显示在控制台上，当剂量率高于预设阈值时，所有防护门均不能从外面打开。该阈值通过剂量探头的二次仪表进行设置，剂量监测系统提供给安全联锁系统两个常闭无源节点，当剂量率超过限值时，节点断开；当剂量率在限值范围内时，节点保持闭合。

同时，控制区入口门设置延时开启系统，装置停止运行后 10min 后，门方可从外部开启，从而降低检修维护人员因感生放射性受照水平。

（9）紧急出口指示、应急照明

装置内部均设置紧急出口指示标志和应急照明系统，在紧急情况下，能够引导人员按照出口指示标志尽快撤离，同时在事故断电情况下，室内应急照明系统能够自动启动。

（10）紧急开门按钮。也叫作紧急破碎按钮，即发生紧急情况时，可跳过繁琐的开门程序，打碎玻璃按下按钮，实现快速开门援救。本项目中，在每个防护门处设置 1 个紧急开门按钮，即高功率测试大厅 2 处，直线加速器隧道 2 处，多用途束流平台 1 处，储存环 1 处，ARPES 光束线站 1 处。

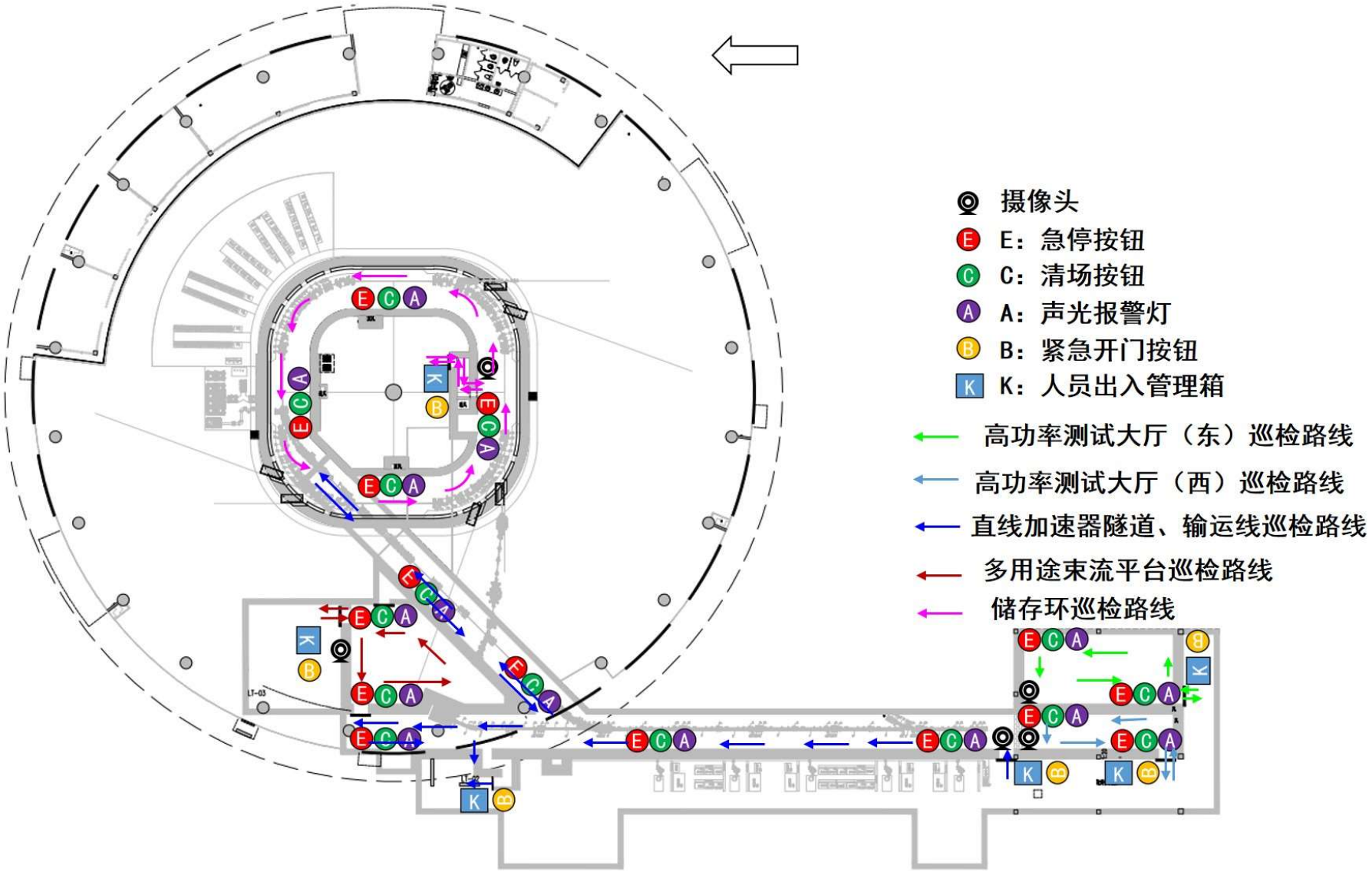
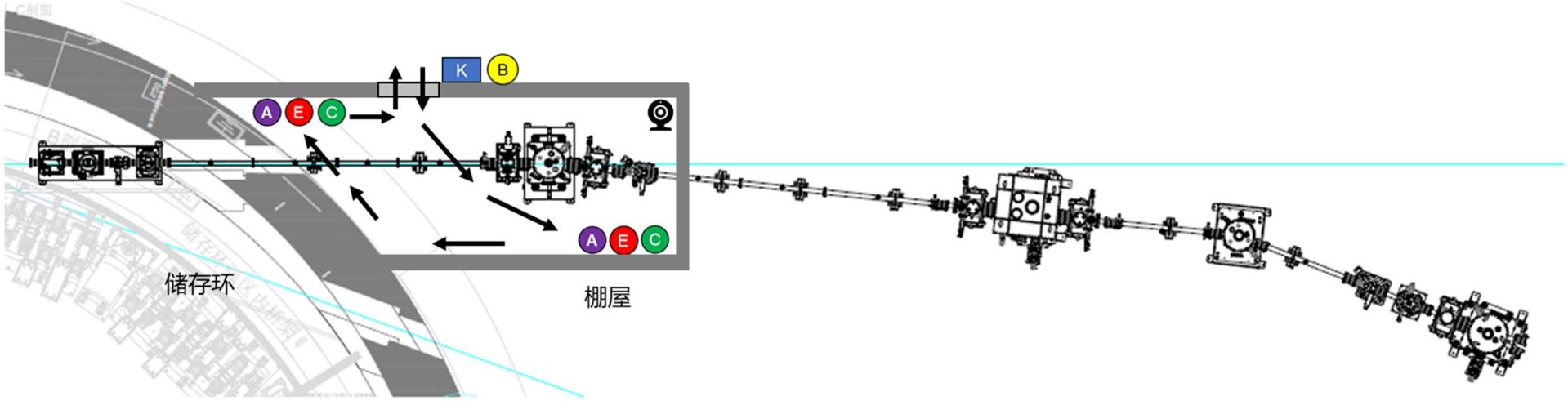


图 4.2.4-1 加速器隧道、高功率测试大厅、多用途束流平台、输运线、储存环人身安全联锁系统硬件分布



摄像头
E：急停按钮
C：清场按钮
A：声光报警灯
B：紧急开门按钮
K：人员出入管理箱
光束线站巡检路线

图 4.2.4-2 ARPES 光束线站棚屋人身安全联锁系统硬件分布

4.2.5 逻辑流程

4.2.5.1 联锁逻辑控制

本项目划定的控制区包括：直线加速器隧道、高功率测试大厅、输运线、多用途束流平台、储存环及光束线站棚屋内区域以及冷却水贮存池内部区域。工作场所控制区受人身安全联锁系统控制，装置运行时，通过辐射安全联锁系统禁止任何人员进入。

人身安全联锁系统的各控制区均为独立分区，因而每个分区之间的控制逻辑也相互独立（不含冷却水贮存池），一个区域的逻辑失效不会影响其它区域的逻辑关系。同时，每个控制区内均设置有安全联锁部件。图 4.2.5-1 给出了超瞬态同步辐射光源装置人身安全联锁系统允许供束控制逻辑。对于控制区，只有同时满足清场按钮全部确认、急停按钮全部复位、所有通道门关闭、人员出入管理箱复位及人身安全联锁系统在控制界面上相应的区域确认按钮按下，五项条件才允许供束。供束过程中若上述任一条件被破坏（如通道门意外开启、有人按下急停按钮等），则中断束流。

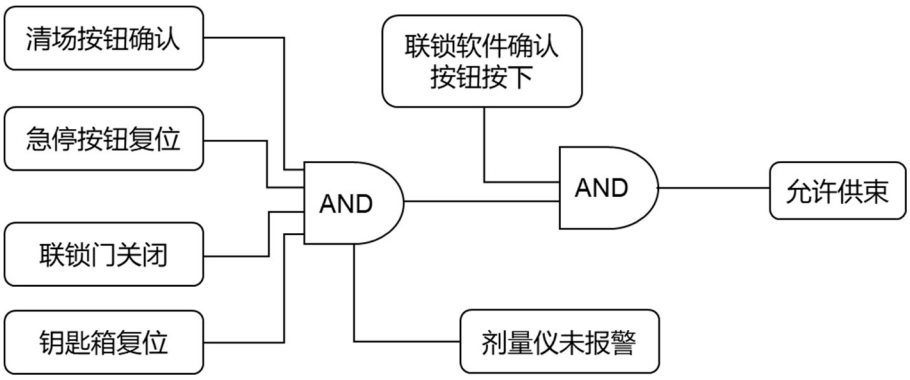


图 4.2.5-1 人身安全联锁系统允许供束控制逻辑

图 4.2.5-2 给出了超瞬态装置人身安全联锁系统紧急停机控制逻辑。紧急情况下，满足中控室急停按钮按下或区域内急停按钮按下任一项条件，均可实现紧急停机，以保护人员安全。

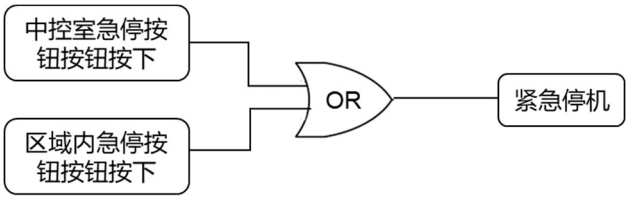


图 4.2.5-2 人身安全联锁系统紧急停机控制逻辑

4.2.5.2 装置正常运行流程

超瞬态装置人身安全联锁系统正常工作时的运行流程如图 4.2.5-3 所示。装置某一分区有供束需求时，须由辐射防护组持管理员权限卡的人员（以下简称管理员）进入该辐射区，按照规定的顺序，依次按下清场按钮，并同时将未复位的急停按钮进行复位。按下清场按钮的同时，按钮上方对应的声光报警灯显示由绿色变为红色，并发出报警声音，提醒还在

辐射区的人员离开。完成清场，并确认辐射区内无人员逗留后，管理员由该辐射区的通道门出辐射区，并在确认通道门关好的情况下，管理员退出主卡（即管理员卡）。此时，辐射区不再允许有人员进入。完成以上操作后，管理员回到控制室，管理员按下控制软件界面对应区域的“允许供束”按钮，在通过权限验证后，方可允许控制该区域束流的联锁束流阻挡器打开。需要注意的是，如果之前的操作未完成，管理员在控制室的操作无效，在巡检完成、通风设备开启、固定式剂量率报警仪正常状态下（未报警）方可出束。

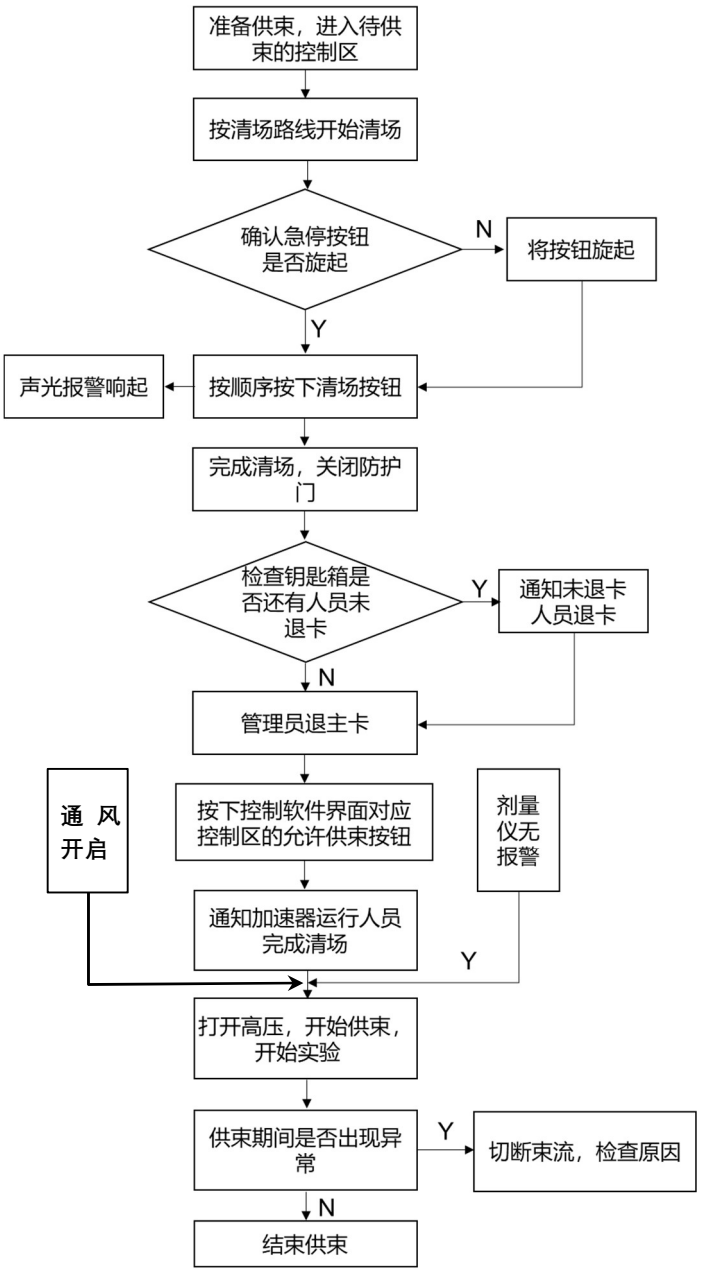


图 4.2.5-3 人身安全联锁系统正常运行流程

光束线站的联锁系统独立于加速器的联锁系统，但是受其监视。后者根据线站的联锁状态来判断是否允许打开安全光闸，同时将信号传输给线站联锁系统，并实时监测安全光闸的位置，实现中央控制室对整个加速器和线站的人身安全联锁系统的监控。

为了确保 ARPES 光束线站实验时的人身安全，线站棚屋内设置搜索清场功能，在关闭棚屋门之前完成清场确认；设置急停按钮，用于紧急情况下关闭安全光闸，防止人员误照射。在防护门和安全光闸的开关控制逻辑中，不关闭安全光闸不能开门，不执行清场关好防护门不能打开光闸的操作程序。

ARPES 光束线站人身安全联锁系统与加速器人身安全联锁系统的逻辑关系如图 4.2.5-4 所示。首先对光束线站允许实验的前提条件是储存环建立联锁，这时储存环内才有束流。接着需要完成光束线站联锁建立，确认建立后人员离开棚屋。此时，允许打开安全光闸，开始实验。

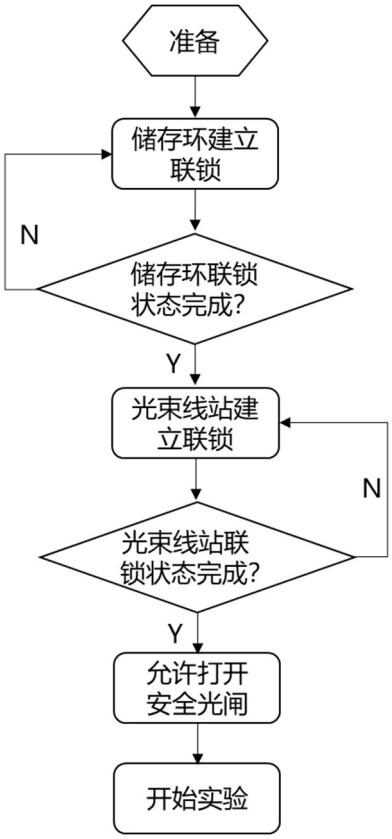


图 4.2.5-4 光束线站联锁控制逻辑

4.2.5.3 人员进入控制区流程

图 4.2.5-5 给出了装置停机后人员进入控制区的流程图。停机后，加速器某一区域需要有人员进入时，须由管理员切断束流，并在所要进入区域通道口打开人员出入管理箱主开关，即刷主卡，随后要进入的工作人员刷个人的 IC 卡，面板上随机分配的指示灯亮起，代表权限验证通过，门自动开启，此时方可允许人员进入。人员进入后，通道门自动关闭。当刷个人 IC 卡没有响应的时候，首先应检查管制状态，确定指示灯的颜色，如主卡不到位等，如若仍无响应，则可以联系防护值班人员，确认是系统故障或其他原因。

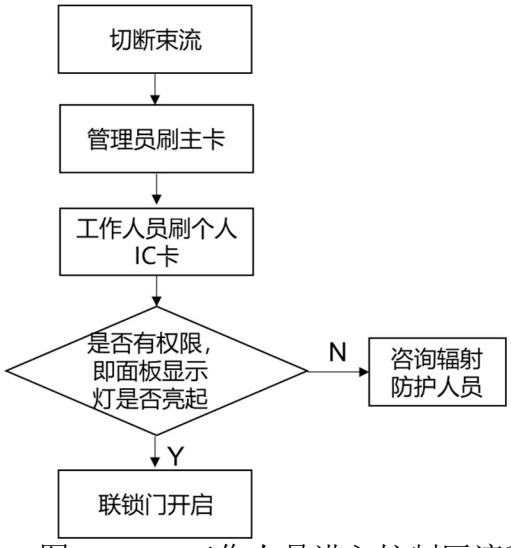


图 4.2.5-5 工作人员进入控制区流程

4.2.5.4 人员离开控制区流程

工作人员工作完毕，需离开该区域时，可在通道门内按动开门按钮，此时通道门自动打开，人员离开后，通道门自动关闭。人员离开时，需在门口的人员出入管理箱进行与进入时相反的操作，以便在系统中“离开”该区域。即离开后，在人员出入管理箱上刷个人 IC 卡，按下面板上的指示灯，此时灯灭，代表人员离开该区域。

4.2.5.5 发生紧急情况下的人员自救流程

发生紧急情况下的人员自救流程指的是在极端情况下人员误入控制区受照。人身安全联锁系统设定为运行情况下当紧急停机按钮按下或者门磁信号检测到联锁门打开时，系统将切断束流以保障人员安全。因此，当发生人员被困在控制区内而联锁门已经关闭时，自救人员应该马上按下紧急停机按钮，防止加速器开机。监督区人员发现控制区内有人误照，需要立即开展紧急救援时，也可以按下紧急开门按钮（紧急破碎按钮）推开联锁门。紧急停机按钮和紧急开门按钮实物如下图 4.2.5-6 所示。

图 4.2.5-6 紧急停机按钮和紧急开门按钮（紧急破碎按钮）实物

4.2.5.6 进入控制区的注意事项

进入控制区工作的人员必须接受辐射防护安全教育，并严格遵守以下规定：

（1）进入控制区工作的必须是放射工作人员，非放射工作人员、孕妇严禁进入控制区工作。

（2）进入控制区前应确保加速器已停机。

（3）进入控制区前，必须佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪和授权的门禁卡。

（4）严格遵守每人携带一卡进入控制区，严禁不刷本人门禁卡的人员进入，禁止尾随他人进入。

（5）控制区内存在感生放射性，进入控制区内应尽快完成相关工作，减少停留时间。

（6）严禁在控制区内进食、饮水、吸烟或从事其他与控制区无关的事情。

（7）非专业人员严禁触摸控制区设备，特别是有危险标识的设备。

（8）加速器开机前，播放清场广播，并由辐射防护值班人员进入控制区按指定路线清场，滞留人员应尽快离开。

4.3 三废的治理

4.3.1 放射性废气

本项目产生的放射性废气主要为装置运行产生的感生放射性废气，主要核素种类为 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 和 ^{41}Ar。放射性废气中核素多数半衰期很短，因此废气经过一小段时间的衰变后可衰变至较低水平。

超瞬态同步辐射装置按其内部不同功能区域，分别为直线加速器隧道及输运线区域、多用途束流平台区域、储存环区域、高功率测试大厅区域设置负压排风系统。排风系统根据装置的实际运行情况分为正常运行排风、停机或应急事故排风两种，两类型排风共用排风管道，排风管道末端分别设置正常运行及停机或应急事故两套风机，区域排风经过风机抽排后排放。本项目放射性废气排风系统图见 4.3.1-1。

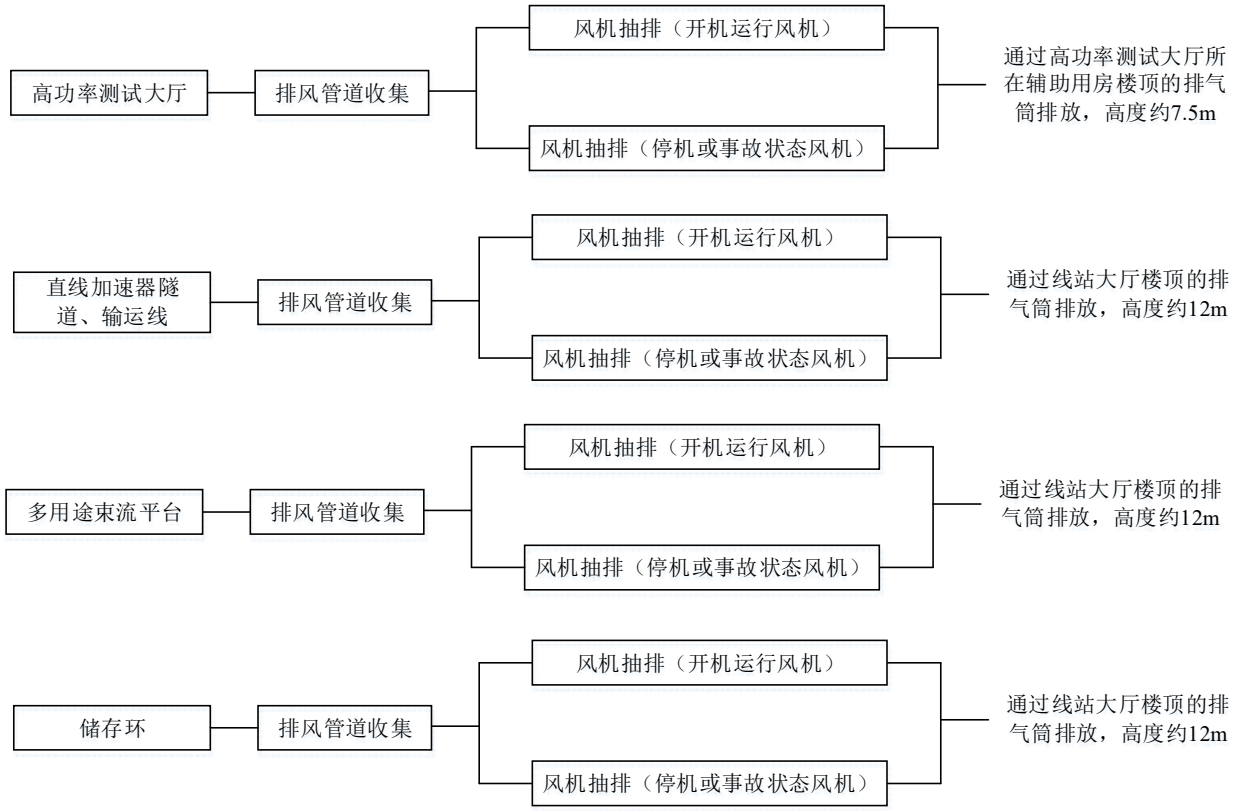


图 4.3.1-1　本项目放射性排风系统图

根据建设单位提供的设计方案，放射性废气排风口与回风共用管道，由 1 根总管道收集后分成两路支管，1 路支管连接空调箱，1 路支管连接排风风机，本项目放射性废气收集、排风管线布设详见图图 4.3.1-2~4.3.1-4。

本项目超瞬态同步辐射装置区域均配有独立排风系统，在设备运行、停机后人员进入前保持工作场所为负压状态。排气筒高于建筑楼顶，并远离门、窗和人流较大的过道位置。

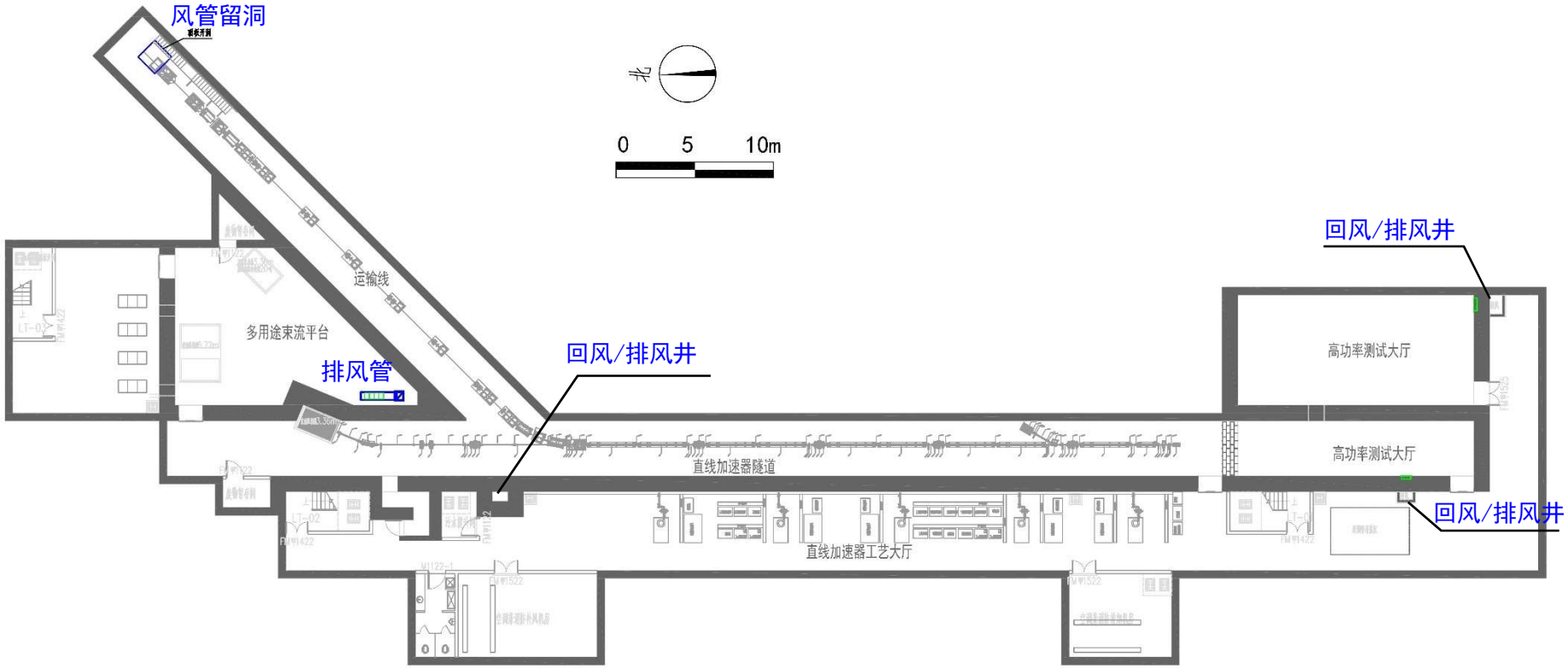


图 4.3.1-2 本项目放射性排风设计图（地下一层）

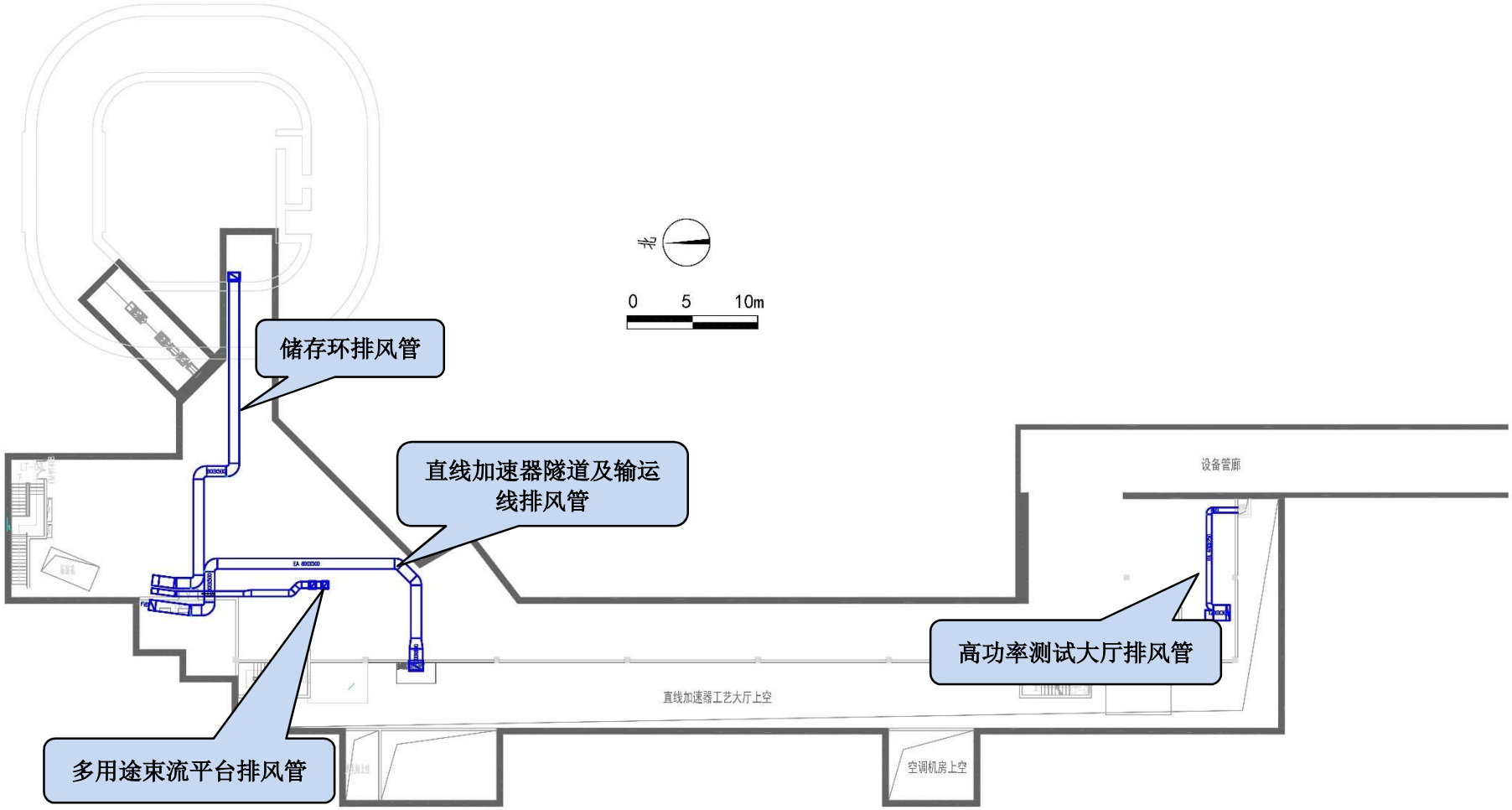


图 4.3.1-3 本项目放射性排风设计图（地下一层夹层）

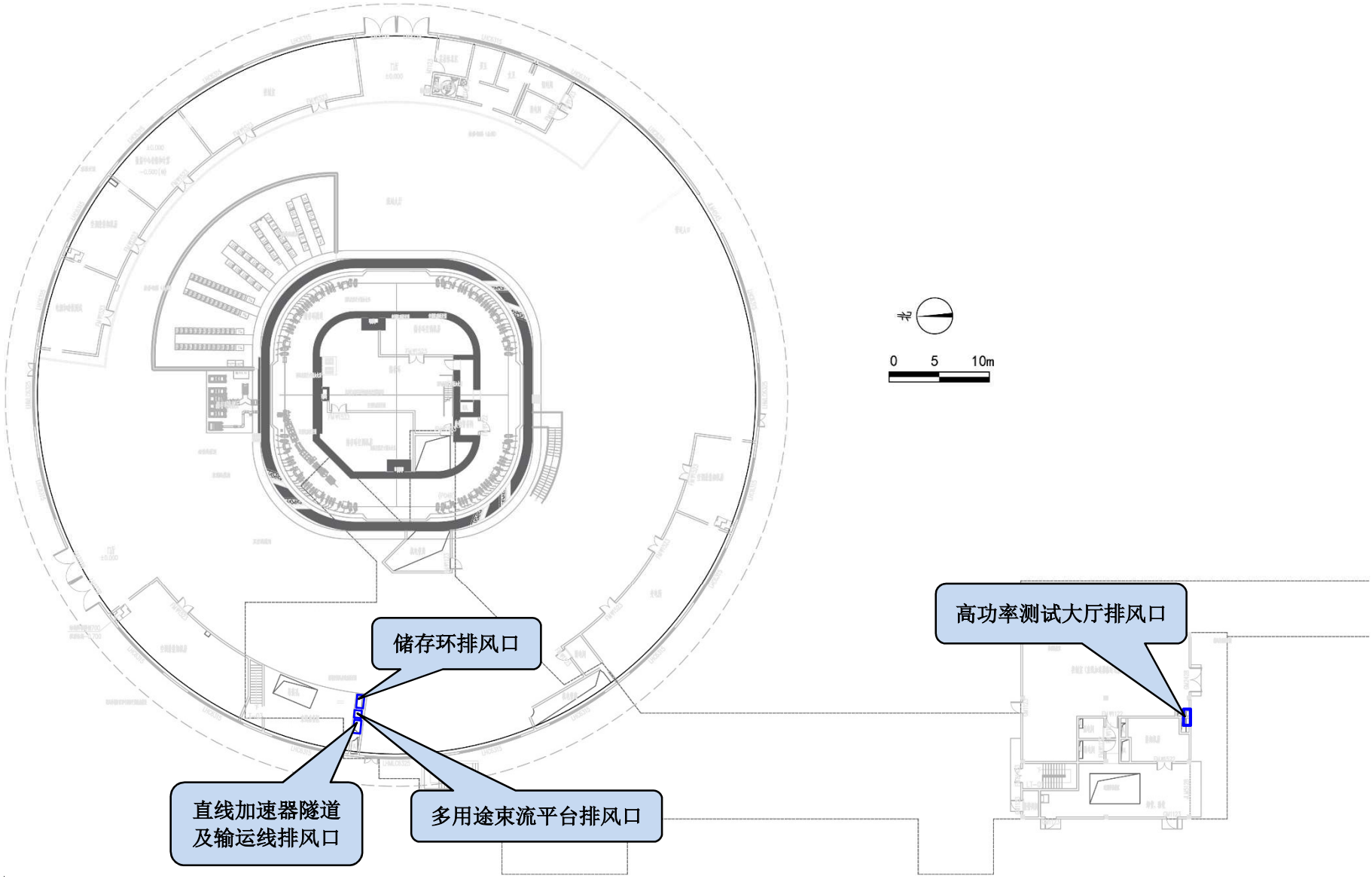


图 4.3.1-4 本项目放射性排风设计图（一层）

4.3.2 放射性废水

本项目放射性废水主要是装置一次水冷系统产生的活化冷却水。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中，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至解控水平。根据前文对于冷却水活化水平的计算分析，活化冷却水中核素活度浓度很低。

正常运行情况下，设备冷却水闭路循环不排放，只是在设备相关部位检修、维护时才需要排放，可能会产生活化的冷却水回路的最大排放量约为 $40m^3$。

为满足活化冷却水检测、排放需求，本项目为活化冷却水的排放设置专用的冷却水贮存池，用于收集、暂存检修、维护时排放的活化冷却水。超瞬态同步辐射装置区域共设置 4 座地埋式冷却水贮存池，其中直线加速器区域及储存环区域各 2 座，单座冷却水贮存池有效容积均为 $10m^3$，能够满足放射性废水排放需求；冷却水贮存池采用 300mm 混凝土现浇，顶部为 200mm 混凝土盖板，盖板上预留取样口。放射性废水经过工作区域内地漏沿放射性废水排放管线至冷却水贮存池内，在冷却水贮存池内贮存衰变一段时间，经检测达到解控水平后作为普通废液排放至项目污水管网。

冷却水贮存池周围将设置隔离措施和电离辐射警告标志，提醒无关人员远离。冷却水贮存池预留检修口和取样口。工作人员定期记录冷却水贮存池运行状态，包括进水时间、排放时间等。

4.3.3 放射性固废

本项目放射性固废主要包括：（1）装置维修、维护过程产生的活化部件（包含磁体部件、束测靶件、真空管件等）；（2）冷却水系统的废弃离子交换树脂等。

根据前文模拟分析结果，装置维修、维护过程产生的活化部件活度水平不高，其活度浓度在 3.96E+00Bq/g~2.68E+04Bq/g 之间，为低放废物。

超瞬态同步辐射装置共设置 3 个放射性废物暂存间，用于暂存检修、维护等过程产生的废弃活化部件、冷却水系统的废弃离子交换树脂等。放射性固体废物在废物暂存间内贮存衰变一定时间（结合同类型装置的运行经验，贮存时间为 2~5 年），对于经检测达到解控水平的可回收利用部件回收利用，不能回收利用的放射性固体废物委托有资质单位收贮。

本项目放射性废物库外围墙体采用混凝土浇注，废物库内设置废物收集桶，满足不同放射性废物储存要求。放射性废物暂存间设置电离辐射警告标识及监控措施；废物桶及其他存放废物的容器必须在显著位置标明存放废物类型、存放日期的说明及电离辐射警告标志；设置放射性废物出入库台账。

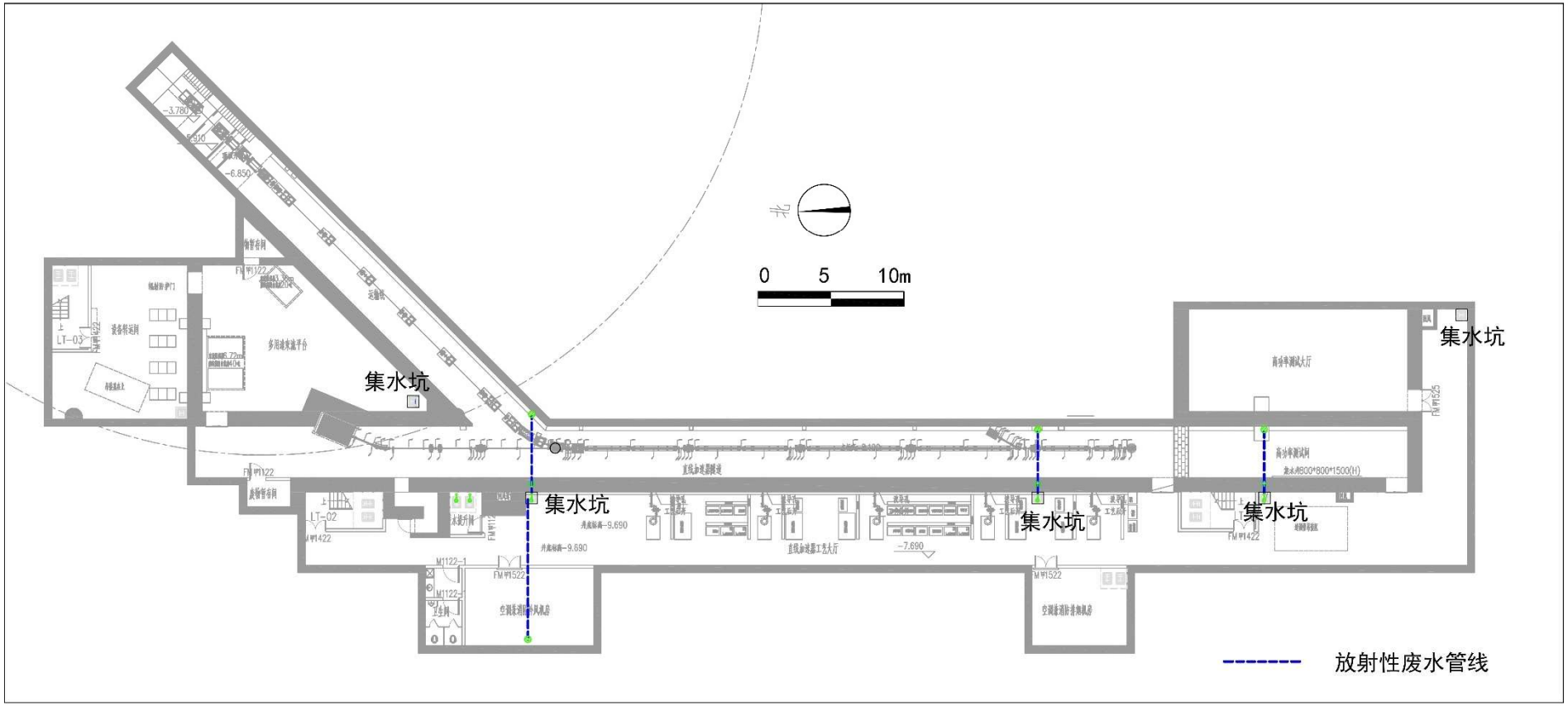


图 4.3.2-1 本项目放射性废水排水管线图（地下一层）

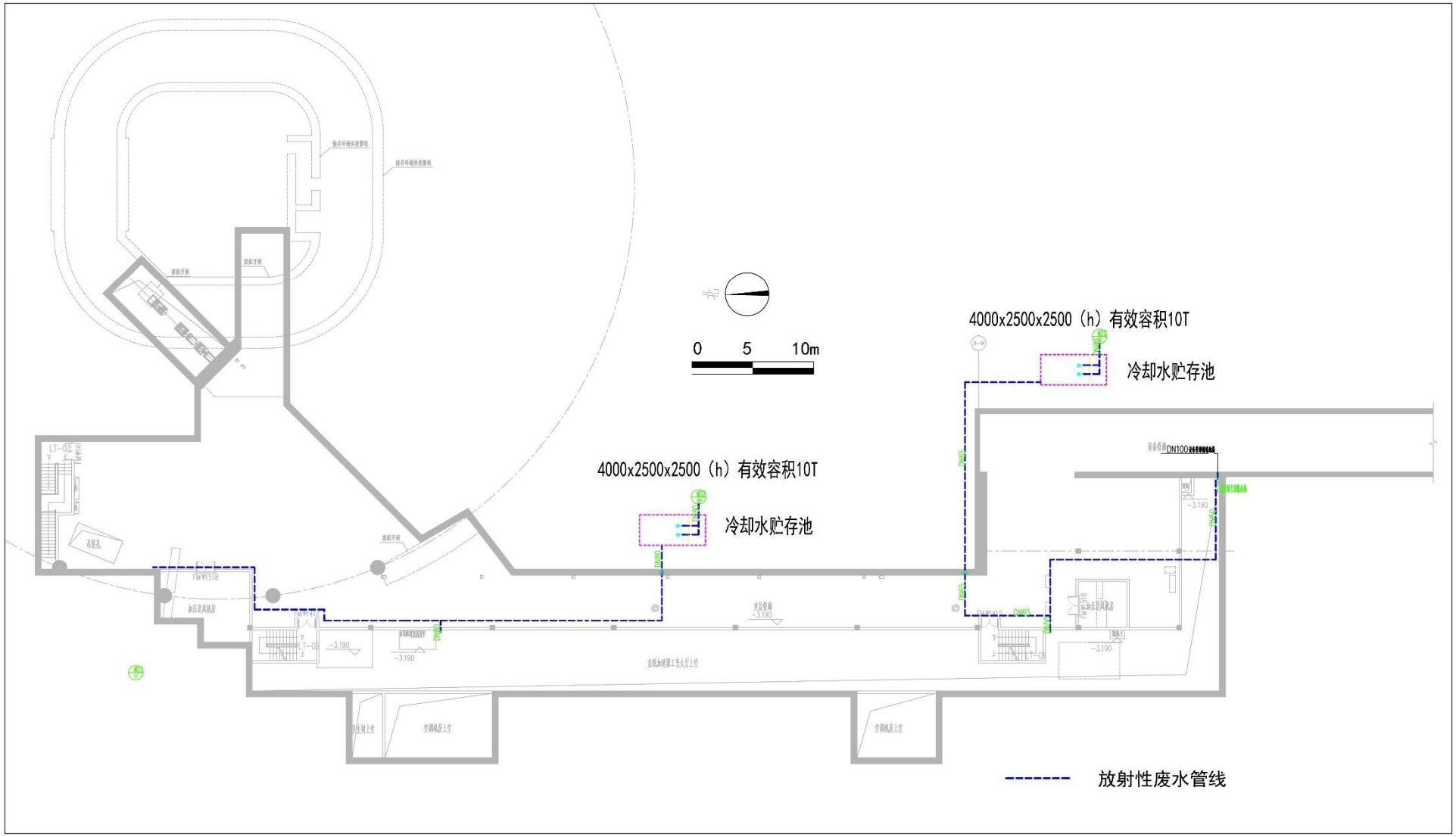


图 4.3.2-2 本项目放射性废水排水管线图（地下一层夹层）

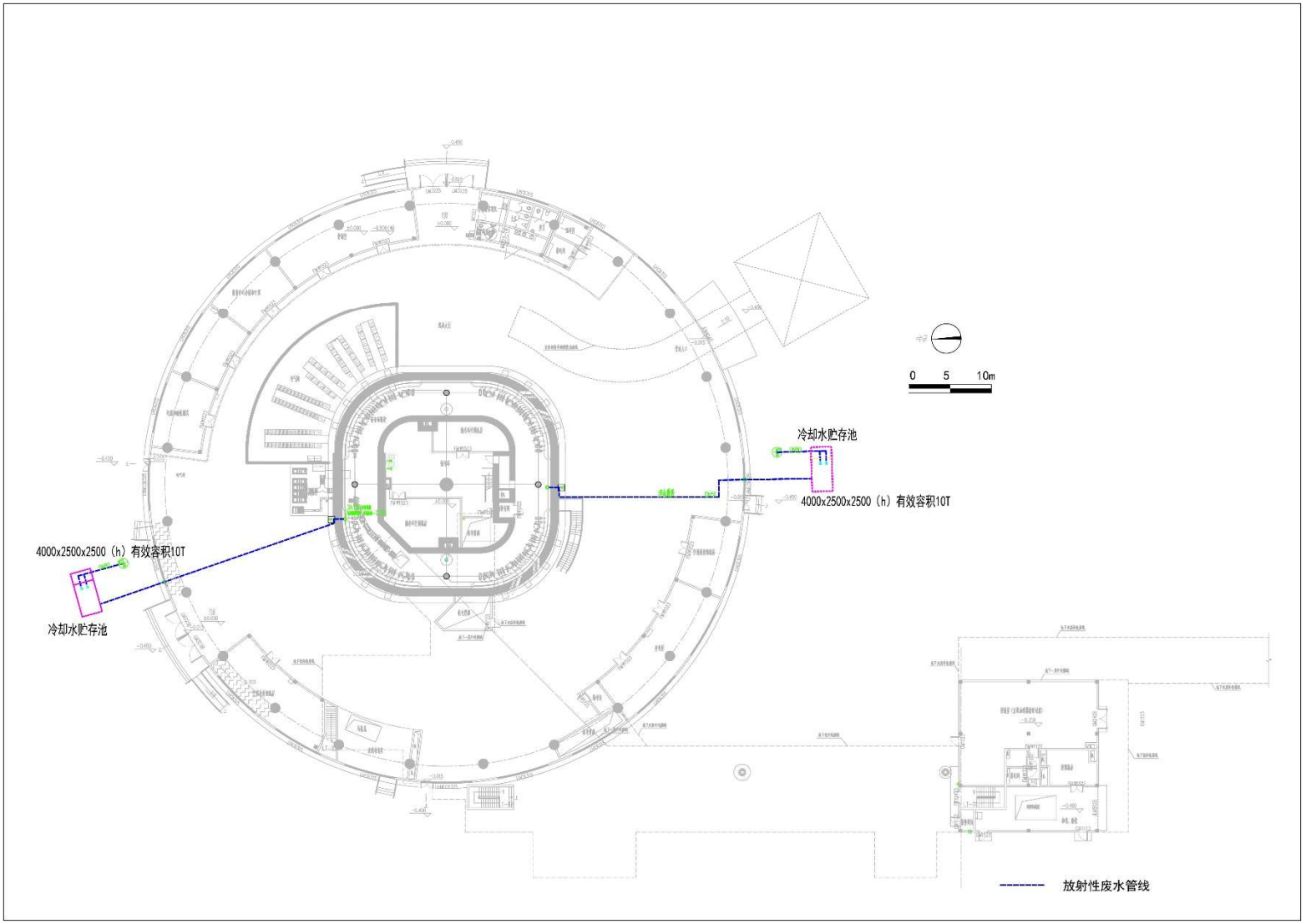


图 4.3.2-3 本项目放射性废水排水管线图（一层）

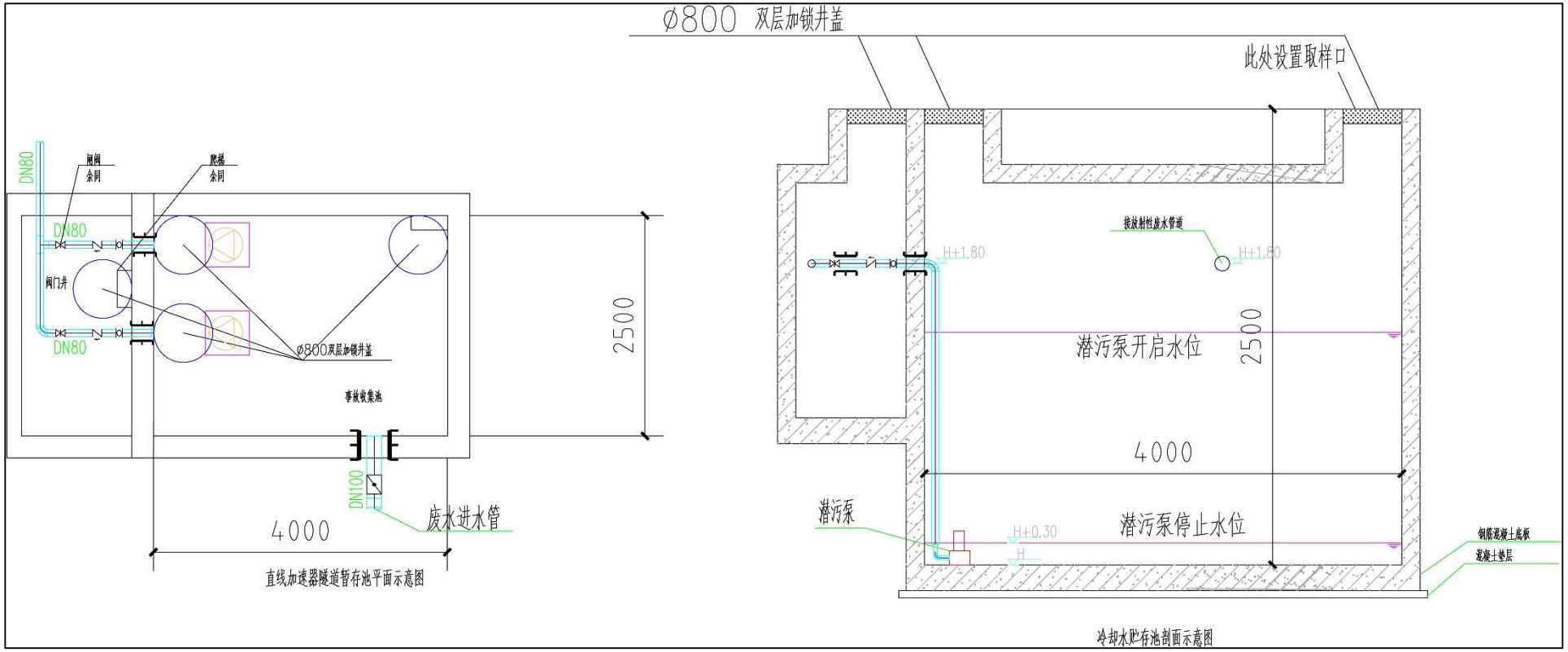


图 4.3.2-4 冷却水贮存池设计图

4.4 服务期满后的环境保护措施

4.4.1 退役流程

本项目投产后期如决定结束装置运行使用，需要按照相关规定、程序和要求开展核技术利用场所的退役工作。

根据《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）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号），使用 I 类射线装置（X 射线装置和粒子能量不高于 10 兆电子伏的电子加速器除外）存在污染的，需编制环境影响报告表，并报原辐射安全许可证发证机关审查批准。

重庆大学的辐射安全管理机构负责本项目退役前、退役中和退役后的辐射安全管理工作，为后期退役保障资金储备。重庆大学在设计时已将放射性固体废物、废水等处置考虑在设计方案内，尽量避免使用产生有害及放射性废物的物质或后期难以处理处置的物质。

退役工作流程参见下表 4.4.1 及图 4.4.1。

表 4.4.1 退役工作流程

工作阶段	工作内容
准备阶段	停止装置运行
	开展辐射水平调查和源项分析，开展辐射现状调查 制定退役方案
	根据检测结果，若存在污染，则开展退役环评并通过审批
实施阶段	按照退役环评的内容实施退役
	委托有资质单位实施退役验收监测
	注销该场所辐射安全许可

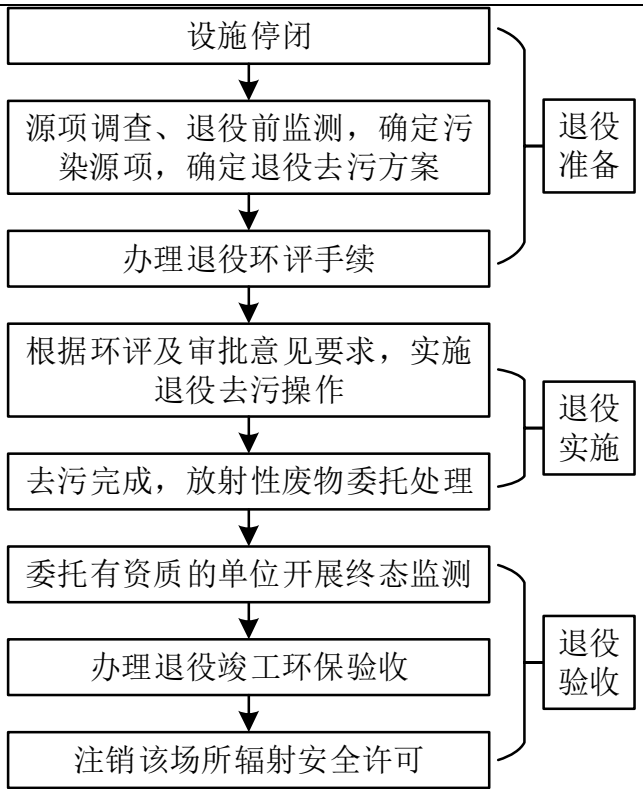


图 4.4.1 退役作业流程

4.4.2 退役目标

整个退役目标是：通过退役，使退役场所可以无限制开放使用；各类废物得到安全处理、处置。

4.4.3 退役原则

整个退役工作的总体原则是：

1）通过退役，工作场所内遗留的设备及用品应达到清洁解控标准；对于无法达到清洁解控标准的设备或用品，按照放射性固体废物委托有资质单位进行处理；

2）退役过程中尽可能实现放射性废物减量化、无害化；

3）退役过程不得造成相关退役人员和公众受照剂量超标。

4.4.4 退役准备

4.4.4.1 退役准备

退役实施前应至少完成下列工作：

（1）开展退役环境影响评价，按照《建设项目环境影响评价分类管理名录》的分类规定编制环境影响评价文件，并在文件中体现退役方案及辐射安全分析结论；

（2）编制必要的退役工艺程序文件等；

（3）维护或改造退役期间必须使用的已有系统、设备和基础设施等，如通风系统、供电系统等；

（4）配置开展去污、拆除和拆毁、废物管理、辐射防护等退役活动必需的新系统、设备和基础设施，包括建立隔离安全封闭区的屏障、实体保卫设施、人流和物流通道、废物临时贮存区以及废物包装容器等；

（5）配备退役实施必需的防护用品、工器具和材料等。

4.4.4.2 源项调查

本项目退役范围包括超瞬态同步辐射装置所涉及的所有区域，含直线加速器隧道、多用途束流平台、输运线、储存环、光束线站，以及冷却活化水暂存池及收集管道、放射性废气排风管道等。

退役实施前应确定超瞬态同步辐射装置屏蔽及附属设施设备的放射性存留量和放射性的分布分布与存量及相关危害、退役实体边界以及退役活动与周边区域的相互影响。

源项调查应特别关注场所内残留的放射性固废、放射性废水暂存池、设备冷却系统及内部残留冷却水以及冷却水净化处理系统内离子交换树脂等，屏蔽体内层混凝土和混凝土与周边实土层接壤处土壤等。

4.4.5 环境影响评价文件编制

根据《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）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号），使用 I 类射线装置（X 射线装置和粒子能量不高于 10 兆电子伏的电子加速器除外）存在污染的，需编制环境影响评价报告表，并报原辐射安全许可证发证机关审查批准。

环境影响评价文件中应以单独章节体现核技术利用设施的退役方案，主要内容包括设施概况、退役目标及范围、依据文件、设施现状及运行史、退役源项、工艺方案、条件保障、退役实施、废物管理、辐射防护与监测、退役经费及来源、终态监测、进度计划等。

4.4.6 退役活动实施

退役活动主要涉及超瞬态同步辐射装置屏蔽体建（构）筑物、系统和部件的去污、拆除和拆毁，以及退役产生放射性废物的管理和退役期间的辐射防护等。

退役活动具体实施内容应根据源项调查以及批复的环境影响评价文件中拟定的退役方案开展。

4.4.7 退役完成

退役活动实施完成后应开展终态监测，出具辐射环境终态监测文件；并出具退役总结报告。

5 环境影响分析

5.1 建设阶段对环境的影响

本项目的主要施工内容为超瞬态同步辐射装置、线站大厅、超瞬态科学研究楼、动力用房及其他配套用房的建设。施工期的主要影响包括以下几方面。

5.1.1 大气环境影响分析

根据本项目工程内容和施工特点，施工阶段对周围大气环境产生影响的主要因素有：一是运输渣土、运输建材时产生的扬尘；二是运输车辆运行时排放的燃料废气；三是装修装饰阶段的有机废气。

根据重庆市区同类工程施工作业扬尘类比监测结果，工程施工作业时，在天气晴朗、施工现场未定时洒水的情况下，当进行土方装卸、运输及现场施工作业时，在下风向（风速 2.4m/s）50～150m 范围 TSP（主要为泥土）浓度可达 5.0～19.7mg/m^3，当进行灰土装卸、运输及混合作业时，在下风向（风速 1.2m/s）50～150m 范围 TSP 浓度可达 0.8～9.0mg/m^3，表明施工对评价范围内环境空气的扬尘影响是较严重的。项目土石方开挖时设置围挡，减少了扬尘的扩散。施工过程中通过对环境保护目标区域采取降尘措施，可进一步减缓大气污染。

应加强施工期的大气污染防治工作，具体措施如下：在施工过程中，土方运输车辆行驶于施工便道，合理安排运输路线，沿途及时用水喷洒，以抑制运输扬尘；加强对所使用车辆和机械的日常维护保养工作，特别注意尾气排放情况，防止冒黑烟和黄烟；选用质量合格、通过国家质量检验的低污染建材。

室内装修环境污染控制应遵守装修工程施工规范，符合《民用建筑工程室内环境污染控制规范》的有关规定，同时设计、施工中尽量采用低毒、低污染的环保型装修材料。

为防止施工扬尘对周围敏感点造成不利影响，建设单位应根据《重庆市大气污染防治条例》等规定要求，采取防治措施。只要加强管理，施工场地扬尘对环境的影响将会大大降低，对周围环境的影响将随施工的结束而消失。

5.1.2 水环境影响分析

施工期废水主要包括施工工艺废水和生活污水两部分。

施工工艺废水主要为基坑废水、冲洗废水等。本项目采用商品混凝土和成品砂浆，不产生废水。施工场地内设置隔油池、沉砂池等，车辆冲洗废水等经过隔油、沉淀处理后回用于洒水降尘；基坑废水经沉淀、消毒后回用于洒水降尘。

施工场地内设置施工营地，由于目前周边市政污水管尚不完善，施工人员产生的生活

污水经场区内设置的成品化粪池处理后由市政污水收集车定期外运。

另外，应规范施工人员管理及规范作业，加强施工期的水污染防治工作：

① 施工期泥浆不得直接排入周边水体，应经沉淀池沉淀后用于洒水降尘。

② 如果有水泥、黄沙、散料堆放在室外，则需要在堆料四周用石块或水泥砌块围出高50cm 的防冲墙，防止散料被雨水冲刷流失。雨天应使用简易的工具对散料进行遮挡。

③ 施工机械现场检修时，应采用收集容器收集漏油，严禁漏油洒落地表随地表泾流污染环境。

5.1.3 声环境影响分析

本项目施工期噪声主要为建筑物建设阶段的机械设备作业噪声，运输车辆的交通噪声以及电钻、电锯噪声等。施工期的噪声污染是主要的环境影响因素。

应加强施工期的噪声污染防治工作，具体措施如下：

（1）高噪声设备的选型和合理布局

①选用符合国家有关标准的低噪声工艺和设备，降低源强。

②可移动的噪声源尽可能布置在远离敏感目标的区域，或者充分利用掩蔽物、屏障物理降噪。

（2）合理安排施工时间

应合理安全施工时间，减小施工噪声对周边声环境敏感点的影响，施工机具尽量往东侧、北侧布置。夜间禁止施工，施工建设中若因工艺需要，需要夜间连续作业的，施工单位应当于夜间施工前 4 日向生态环境行政主管部门办理夜间施工手续。施工单位由于材料供应、连续浇筑等临时紧急情况需要延长夜间作业时间的，应紧急向环境保护行政主管部门报告，经同意后可适当延长夜间作业时间，原则上不超过晚上 12 时。出具有关许可后，施工单位必须将夜间许可情况在施工现场提前进行公示，以取得公众谅解。

（3）运输车辆选型及运输时间路线制订

①选用符合国家有关标准的运输车辆，减低源强。

②制订运输车辆的运行线路和时间，避开噪声敏感区域和敏感时段。

③进出车辆合理调度，减少鸣号，保持施工区域内的道路畅通。

噪声经以上措施后，基本能够达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的要求，对周围声环境影响较小。

施工噪声随着施工结束而消失，施工结束后对当地声环境质量无影响。

5.1.4 固体废物影响分析

本项目施工期的固体废物主要为建筑垃圾、施工人员生活垃圾。其中建筑垃圾不仅会

占用很多施工空间，还是造成扬尘和水体污染的主要污染源。本项目应做好建筑垃圾清运工作。应加强施工期的固体废物污染防治工作，具体措施如下：

（1）建筑垃圾的管理和处置

本项目施工期产生建筑垃圾和工程渣土。施工过程中加强施工管理工作，分类并进行妥善收集，可利用部分回收利用，不可利用部分收集后堆放于指定地点，由施工方运至政府指定的建筑弃渣场处置，严禁任意堆放，避免造成二次污染。

运输车辆运输线路应考虑减少对沿路居民的影响，尽量避开人口密集区，对工程车辆的出入还应进行合理的规划，规定行驶路线，应避开交通高峰时段，车辆上路前必须将泥土清理干净，不允许车辆带泥上路。车辆装载区应密闭，不允许敞篷运输。建设单位应使用具有合法牌、证的密闭式建筑垃圾渣土运输车辆，运输车辆应在出场前做到车容整洁，严禁车辆冒装离场和带泥上路，严格按照规定时速行驶，同时禁鸣区禁止鸣笛，及时清洗车轮，车辆加盖，减少运输途中粉尘的产生，以减少施工期间交通运输对运输沿线敏感点的影响。

（2）生活垃圾的处置

施工人员生活垃圾统一收集，不随意乱丢废弃物，以确保项目所在区域周边的卫生环境，生活垃圾由环卫部门定期清运处理。

施工期过程中，固体废物经过以上措施处理后，不会对环境质量造成影响。

综上所述，施工期的废气、废水、噪声和固体废弃物等将会对环境产生一定程度的影响，但只要施工单位认真做好施工组织工作，加强管理并进行文明施工，建设单位在施工期切实落实以上环保措施后，施工期环境影响范围较轻，不会对区域环境质量和周边敏感目标产生影响。

5.1.5 水土流失

由于本项目开挖土石方，扰动损坏原地貌面积较大，若不采取侵蚀控制措施，施工期水土流失量较大。工程挖方在堆置过程中，若无防范措施，亦可能发生水土流失现象。另外，项目园林绿化配套工程常常滞后于主体工程，受扰动的空闲裸露地表遇雨易产生水土流失。

重庆大学已编制完成《超瞬态实验装置预研项目水土保持方案登记表》，详见附件 8。根据附件 8 的内容，项目拟采取工程措施（雨水管网）、植物措施（景观绿化）以及临时措施（车站清洗站、临时排水沟、临时沉沙池以及防雨布覆盖）等，减轻项目实施所造成的水土流失影响。

此外，本评价提出以下水土保持措施建议：

①按水土保持和主体工程有关要求，制定完善的施工计划，合理安排工期，减少水土流失；

②尽量缩短施工周期，减少疏松地面的裸露时间；考虑天气因素安排施工时间，场地开挖施工尽量避开雨季；选择防雨布对开挖裸露地面和填方区进行覆盖，防止雨水冲刷产生水土流失；临时土石方不得随便堆放、抛弃，必须立即运至填方区；

③科学组织施工，在施工营地设置必要的简易沉砂凼及土工布围栏。整个施工场地设置足够的排水设施。

④合理调整工序，在不影响主体工程建设的情况下，尽量对项目区进行提前硬化或同步施工。对绿化区进行同时绿化施工，减少地表裸露时间。

⑤严格控制材料运输流失。材料装载时，不要装载过满，运输途中控制车速，尽量减少材料运输过程中的流失。

通过以上水土保持措施后，能够降低水土流失量。

5.2 运行阶段对环境的影响

5.2.1 场所辐射水平

5.2.1.1 装置屏蔽体外部辐射剂量率水平

（1）FLUKA 程序

本项目采用 FLUKA 模拟软件（版本 4-2.2）对超瞬态同步辐射装置场所剂量率水平进行模拟计算。

FLUKA 程序是由 20 世纪 60 年代由欧洲核子研究中心（CERN）主导开发的，是用于计算粒子输运和与物质相互作用的通用工具。主要应用于质子和电子加速器及靶站的设计、量热学、辐射活化、辐射剂量学、探测器设计、加速器驱动系统、宇宙射线、中微子物理、高能物理模拟、放射治疗等领域。可模拟包括中子、电子、质子在内的 60 余种不同的粒子及重离子，其中子能量范围从 10-5eV 到 20TeV，光子能量范围从 100eV 到 10000TeV，电子从 1keV 到 1000TeV，带电粒子及其反粒子为 1keV 到 20TeV，重离子为＜1000TeV/n。该程序还可以传输偏振光子（如同步辐射）和光学光子，在线进行不稳定剩余核辐射的时间演化和跟踪。FLUKA 还可以处理非常复杂的几何图形，能正确跟踪带电粒子，还提供各种可视化和调试工具。

FLUKA 的数据库主要采用了美国核数据中心 NNDC 的数据，在 CERN、SLAC 等国际大型质子、电子加速器中有多年的使用经验，其采用卡片式输入与用户程序相结合的输入结构，使用较为方便。

（2）高功率测试大厅

高功率测试大厅的主要辐射源项为加速管/高频腔等测试过程中暗电流（S0），其主要束流参数详见前文表 3.4.1-1。

高功率测试大厅共包括 2 个区域，可同时开展部件测试。下图 5.2.1-1 给出了高功率测试大厅 1（西）周围剂量率模拟结果。

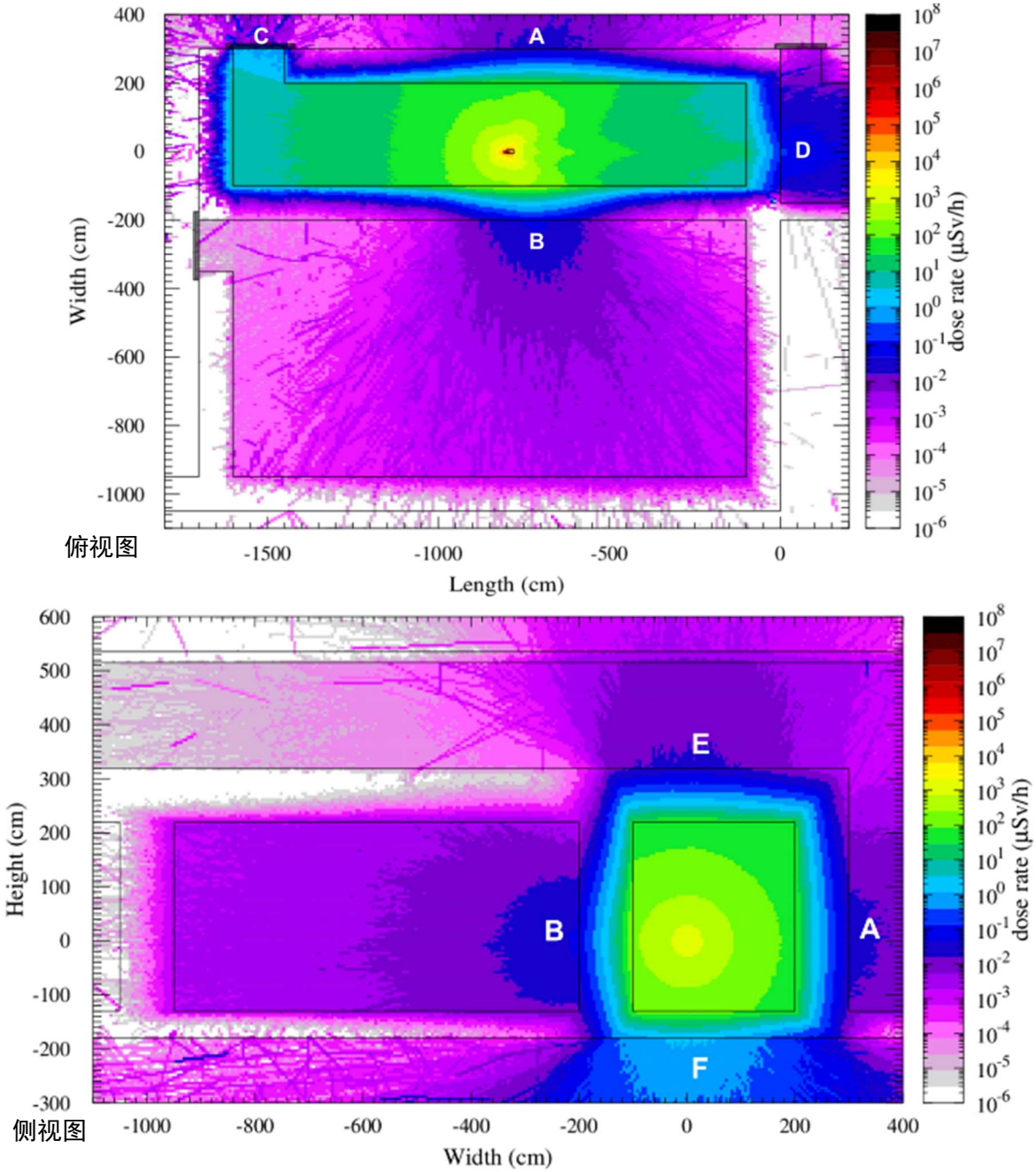


图 5.2.1-1 高功率测试大厅 1（西）周围剂量率分布

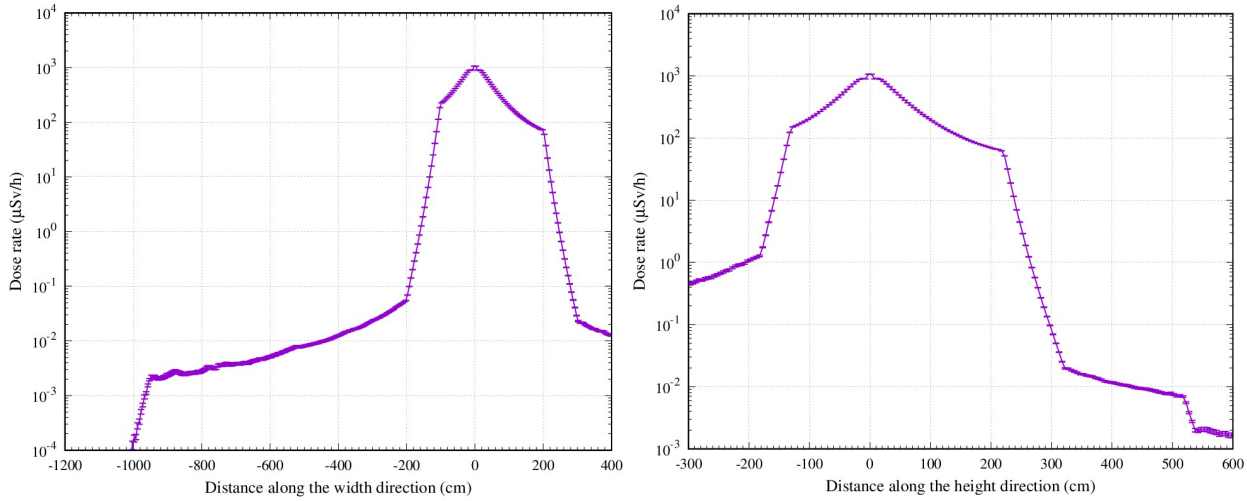
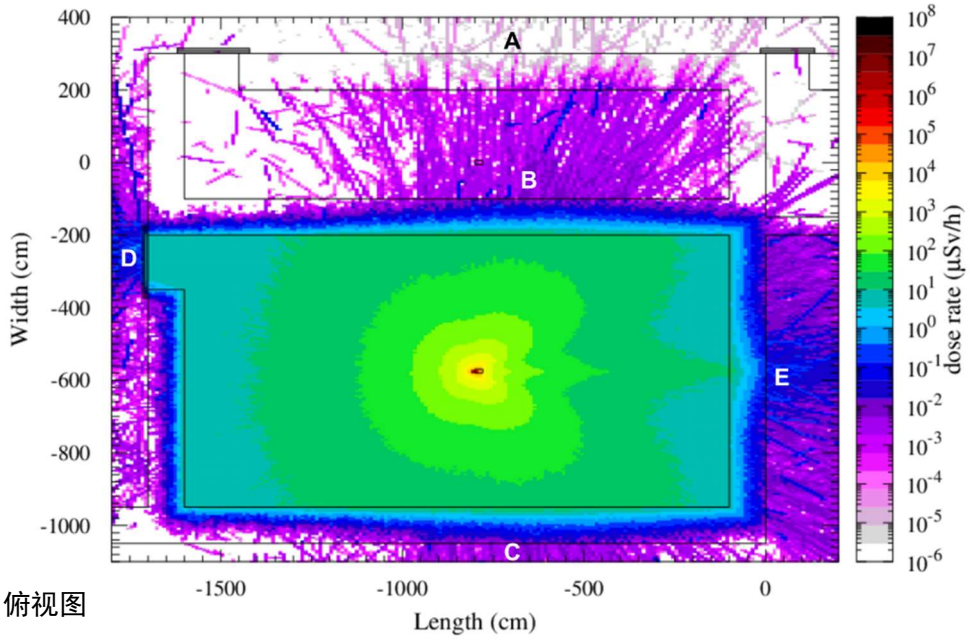


图 5.2.1-2　高功率测试大厅 1（西）不同方向剂量率衰减曲线

由图 5.2.1-1 可得出工艺大厅 A 处的剂量率为 0.023μSv/h，高功率测试大厅 2（东）B 处剂量率为 0.062μSv/h，迷宫屏蔽门 C 外 0.32μSv/h，直线加速器隧道 D 处为 0.275μSv/h，顶部屏蔽 E 处 0.022μSv/h，底部土壤 F 处 1.49μSv/h。

下图 5.2.1-3 给出了高功率测试大厅 2（东）周围剂量率模拟结果。



俯视图

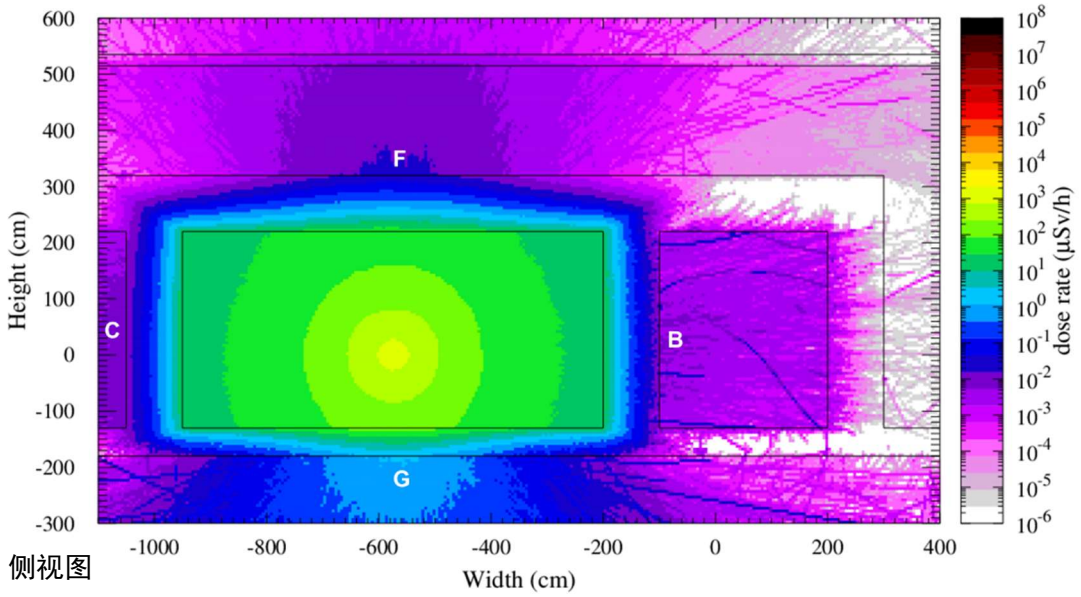


图 5.2.1-3　高功率测试大厅 2（东）周围剂量率分布

从图 5.2.1-3 中可得出工艺大厅 A 处的剂量率为 1.08E-05μSv/h，高功率测试大厅 1（西）的 B 处剂量率为 0.011μSv/h，侧向 C 土壤处的剂量率为 0.012μSv/h，迷宫屏蔽门 D 外剂量率为 0.24μSv/h，前向土壤 E 处剂量率为 0.156μSv/h，顶部屏蔽 F 处剂量率为 0.023μSv/h，底部土壤 G 处剂量率为 1.54μSv/h。

（3）直线加速器

本项目结合直线加速器不同区域束流损失点分布情况将直线加速器按照聚束段、直线加速器中段、直线加速器末段进行分析描述，各部分主要束流参数详见前文表 3.4.1-1。

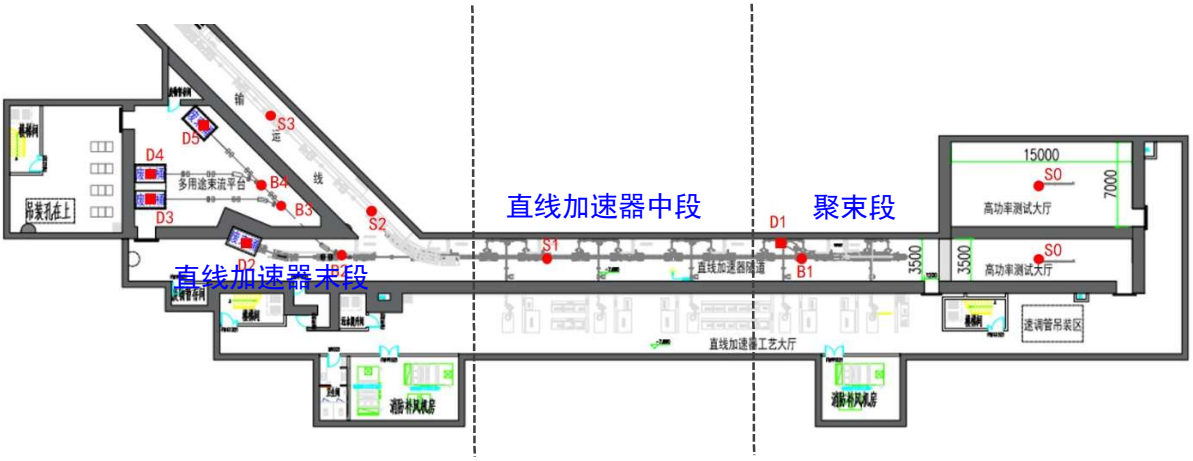
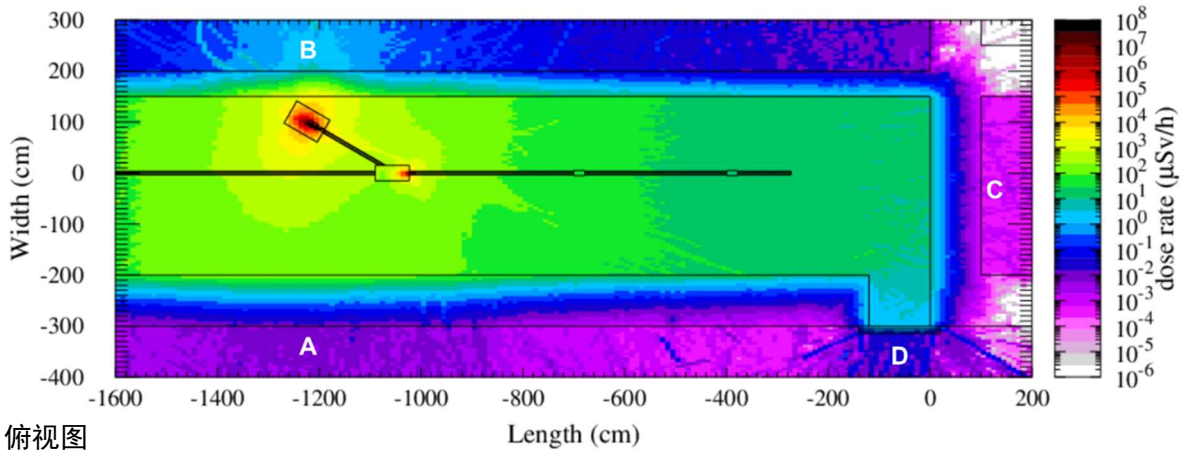


图 5.2.1-4　直线加速器分段示意图

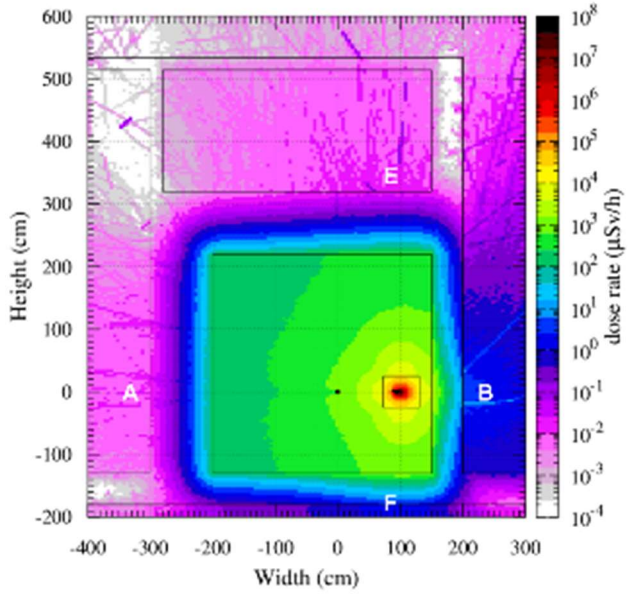
1）聚束段

聚束段位于直线加速器前端，主要考虑聚束段偏转磁铁 B1 及聚束段出口束流阻挡器 D1 两处束流损失的叠加辐射影响。

下图 5.2.1-4 给出了聚束段偏转铁及束流阻挡器周围剂量率模拟结果。



俯视图



侧视图

图 5.2.1-5 聚束段偏转铁 B1 及束流阻挡器 D1 周围剂量率分布

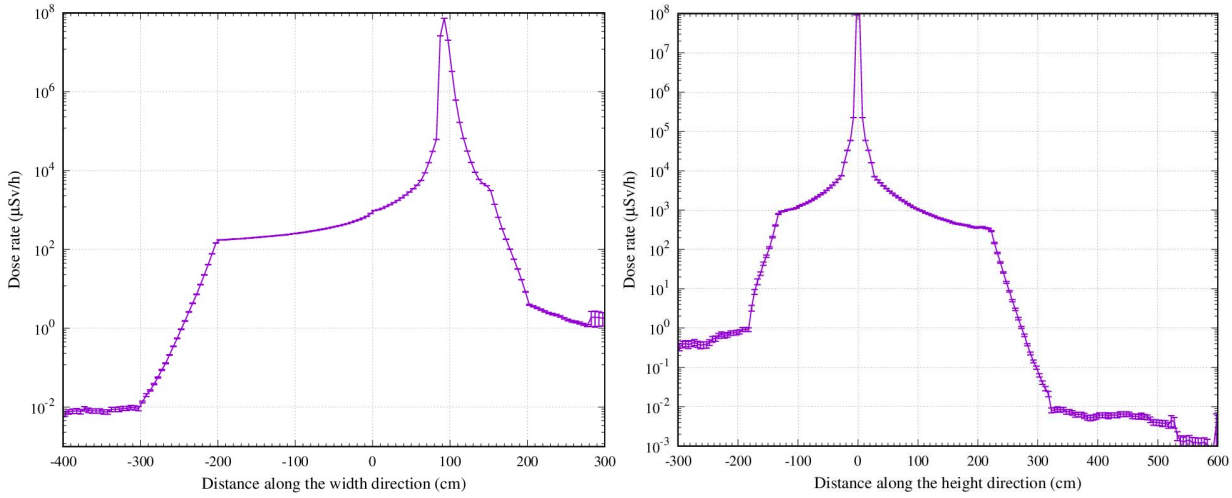
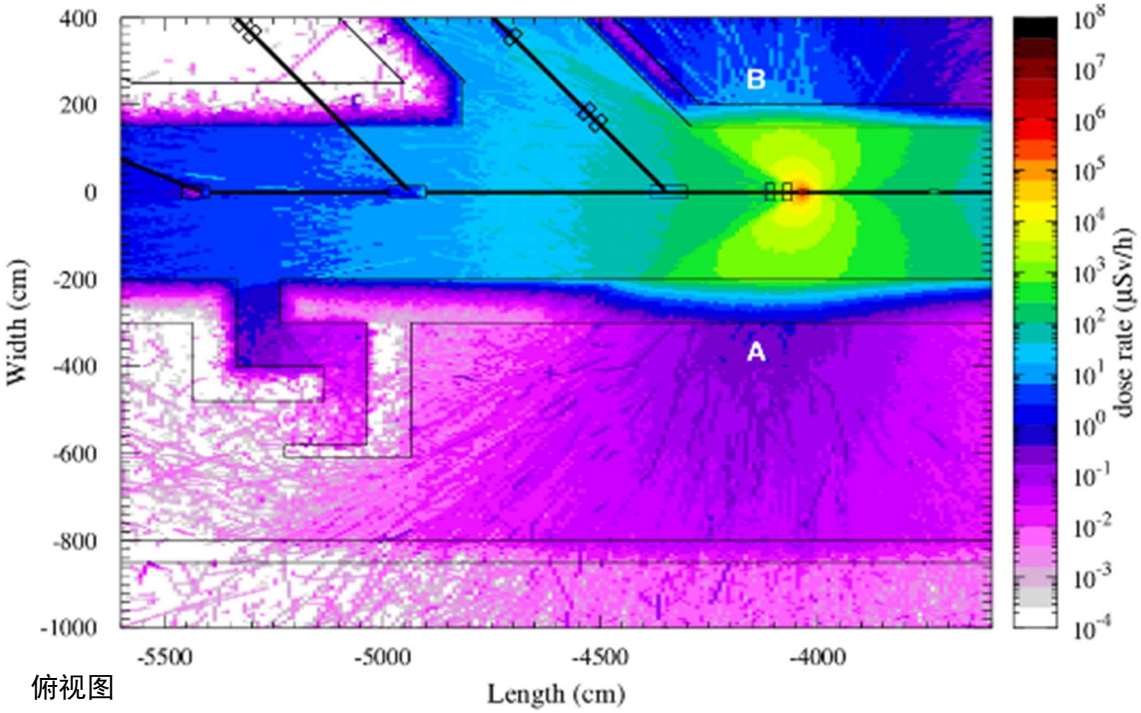


图 5.2.1-6 聚束段偏转铁及束流阻挡器不同方向剂量率衰减曲线

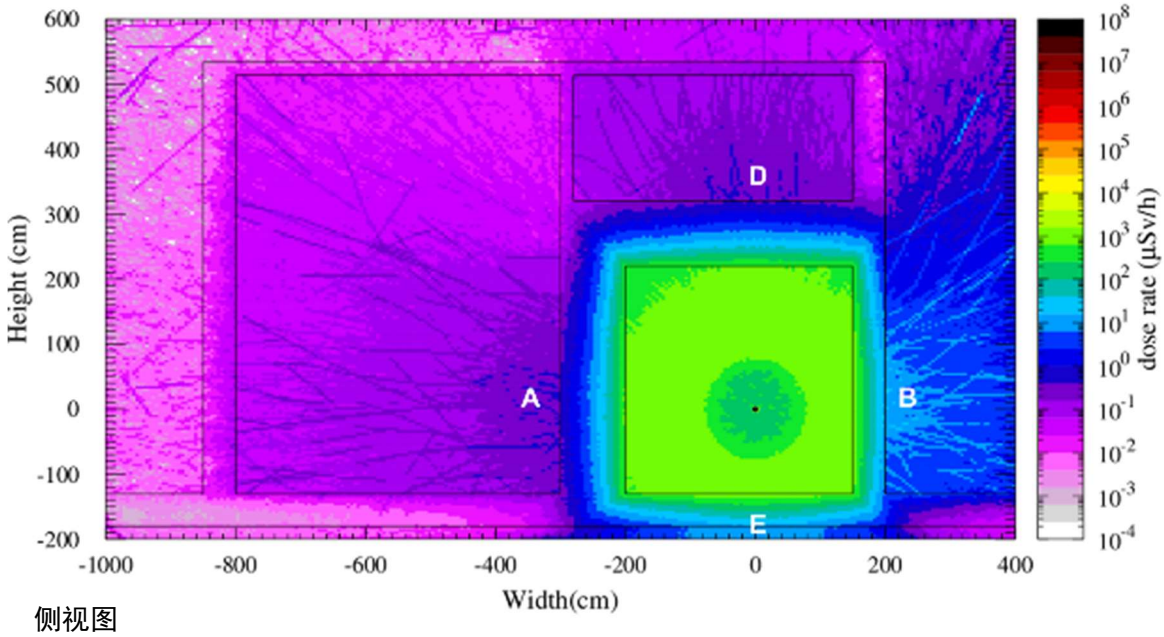
由图 5.2.1-5 可得出，工艺大厅 A 处的剂量率为 0.011μSv/h，侧墙外土壤 B 处为 5.43μSv/h，高功率测试大厅 C 为 0.00151μSv/h，屏蔽门 D 外 0.057μSv/h，顶部屏蔽 E 处 0.021μSv/h，底部土壤 F 处 0.96μSv/h。

2）直线加速器中段

直线加速器中段主要考虑最后一根加速管出口束流损失点 S1 所致周围剂量率水平。下图 5.2.1-7 给出了直线加速器最后一根加速管出口周围剂量率模拟结果。



俯视图



侧视图

图 5.2.1-7 直线加速器最后一根加速管出口周围剂量率分布

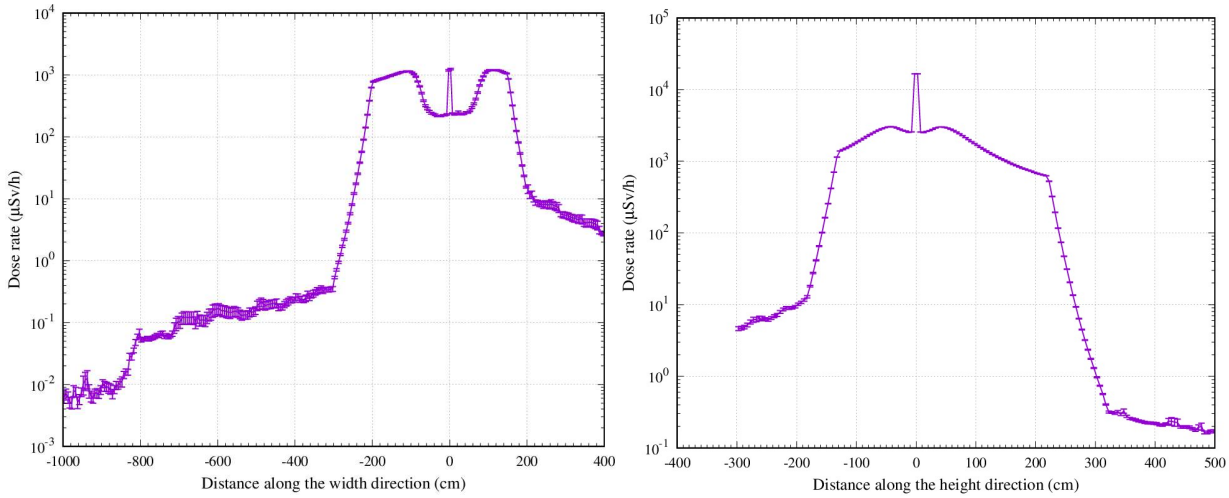


图 5.2.1-8　直线加速器最后一根加速管出口周围不同方向剂量率衰减曲线

由图 5.2.1-7 可得出，工艺大厅 A 处的剂量率为 0.44μSv/h，侧墙外土壤 B 处为 14.81μSv/h，迷宫出口 C 为 0.011μSv/h，顶部屏蔽 D 处 0.32μSv/h，底部土壤 E 处 12.98μSv/h。

此外，考虑直线加速器单次突然丢束的情况，突然丢束的原因可能是由于硬件故障，包括高频、磁铁、电源等突发故障导致束流丢失。下图 5.2.1-9 给出直线加速器单次丢束的剂量分布情况。

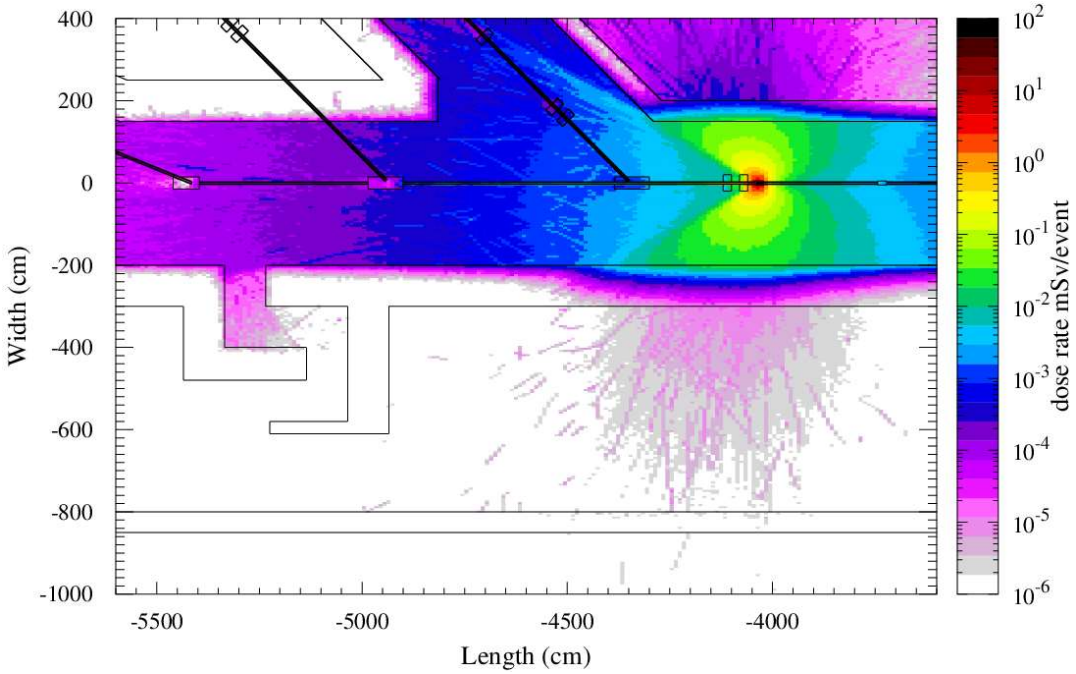


图 5.2.1-9　直线加速器单次丢束剂量分布图

由图 5.2.1-9 得出，直线直线加速器单次丢束所致最大剂量为 1.28E-05mSv/event。

3）直线加速器末段

直线加速器末端的主要束流损失点包括末端偏转铁（B2）、末端束流阻挡器（D2）。

下图 5.2.1-10 给出了直线加速器末端（B2）偏转铁叠加束流阻挡器（D2）所致直线加

速器末段周围剂量率模拟结果。

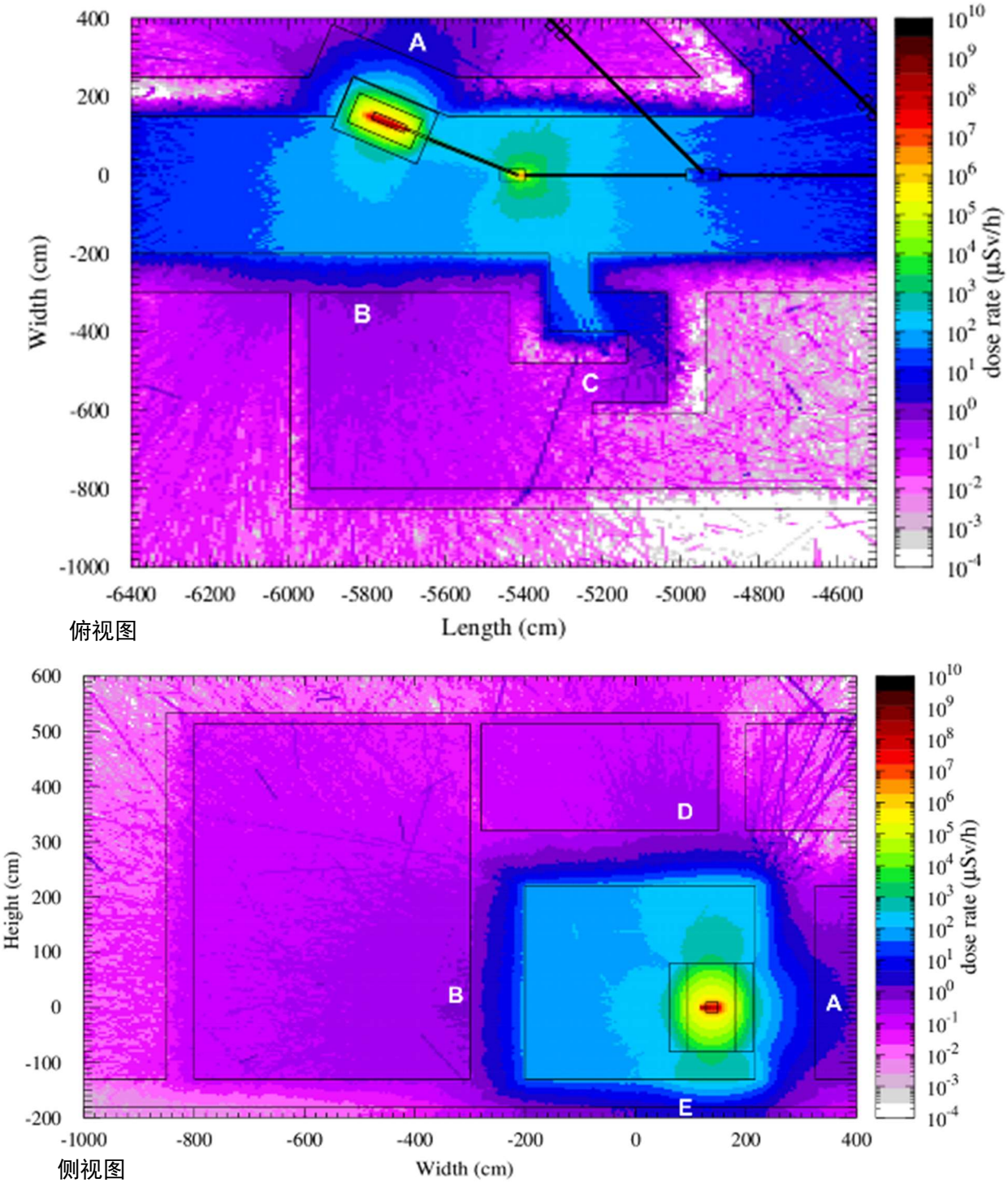


图 5.2.1-10 偏转铁叠加束流阻挡器致直线加速器末段周围剂量率分布

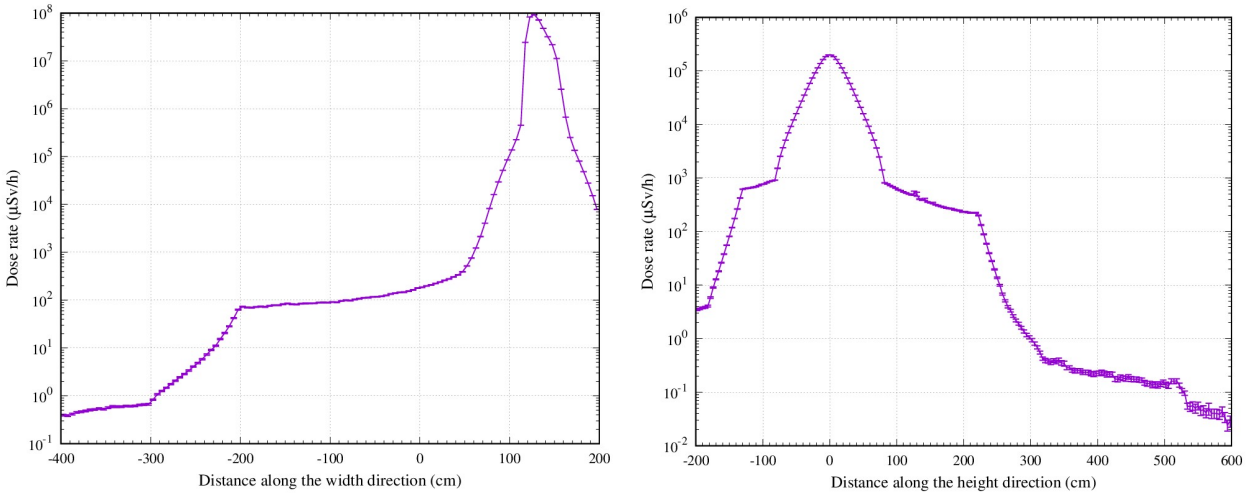


图 5.2.1-11　偏转铁叠加束流阻挡器致直线加速器末段不同方向剂量率衰减曲线

由图 5.2.1-11 可得出，多用途束流平台 A 处为 1.05μSv/h，楼梯 B 处的剂量率为 0.74μSv/h，迷宫出口 C 为 0.15μSv/h，顶部屏蔽 D 处 0.41μSv/h，底部土壤 E 处 4.13μSv/h。

考虑到输运线设备的安装，项目设计在直线加速器隧道末端设置一屏蔽门，采用 2cm 不锈钢+2cm 聚乙烯+2cm 不锈钢的屏蔽设计。屏蔽模拟主要考虑在直线加速器末端偏转铁叠加束流阻挡器产生的辐射场对多用途束流平台内的影响，详见下图 5.2.1-12。

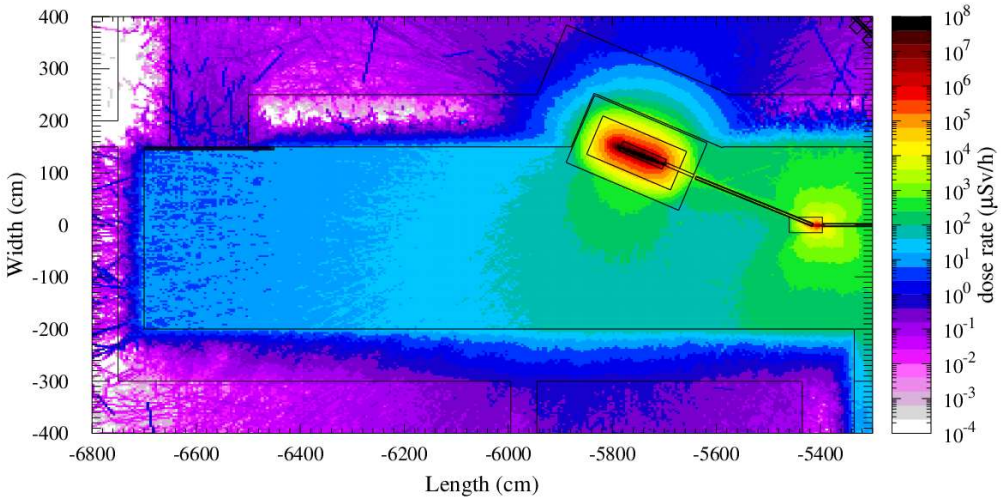


图 5.2.1-12　偏转铁叠加束流阻挡器所致直线加速器隧道末端屏蔽门剂量率水平

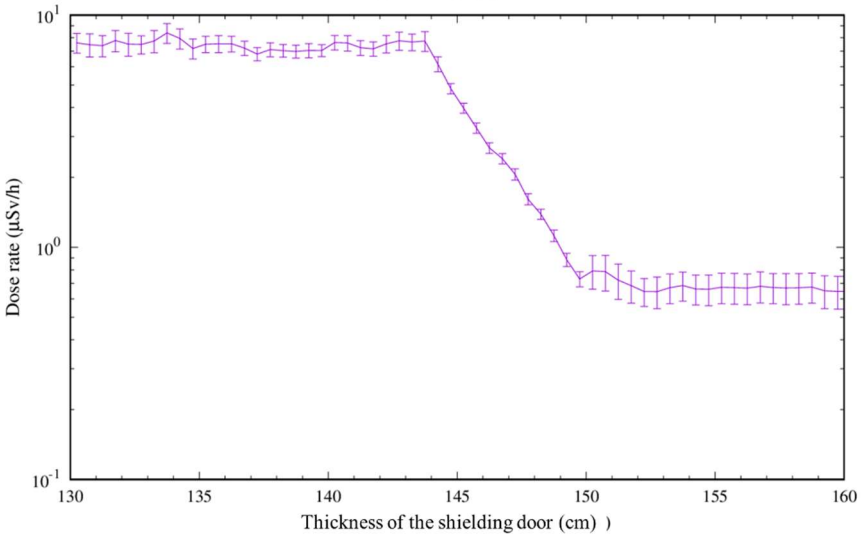


图 5.2.1-13　偏转铁叠加束流阻挡器产生的辐射场分布及在屏蔽门中剂量率衰减曲线

根据预测结果，直线加速器末端偏转铁叠加束流阻挡器所致屏蔽门外（多用途束流平台内）的剂量率为 0.82μSv/h。

（4）多用途束流平台

多用途束流平台的束流损失点包括偏转铁（B3、B4）、束流阻挡器（D3、D4、D5）。结合多用途束流平台的运行工况，其周围剂量率水平分三种情况进行分析：a. 束流通过偏转铁（B3）开展试验，最终至束流阻挡器（D3），此时多用途束流平台周围辐射环境主要受束流损失点偏转铁（B3）叠加束流阻挡器（D3）影响；b. 束流通过偏转铁（B4）开展试验，最终至束流阻挡器（D4），此时多用途束流平台周围辐射环境主要受束流损失点偏转铁（B4）叠加束流阻挡器（D4）影响；c. 束流从直线加速器隧道偏转后直接至束流阻挡器（D5），此时多用途束流平台周围辐射环境受束流阻挡器（D5）影响。

a. 偏转铁（B3）叠加束流阻挡器（D3）

下图 5.2.1-14 给出了偏转铁 B3 叠加束流阻挡器 D3 所致多用途束流平台周围剂量率模拟结果。

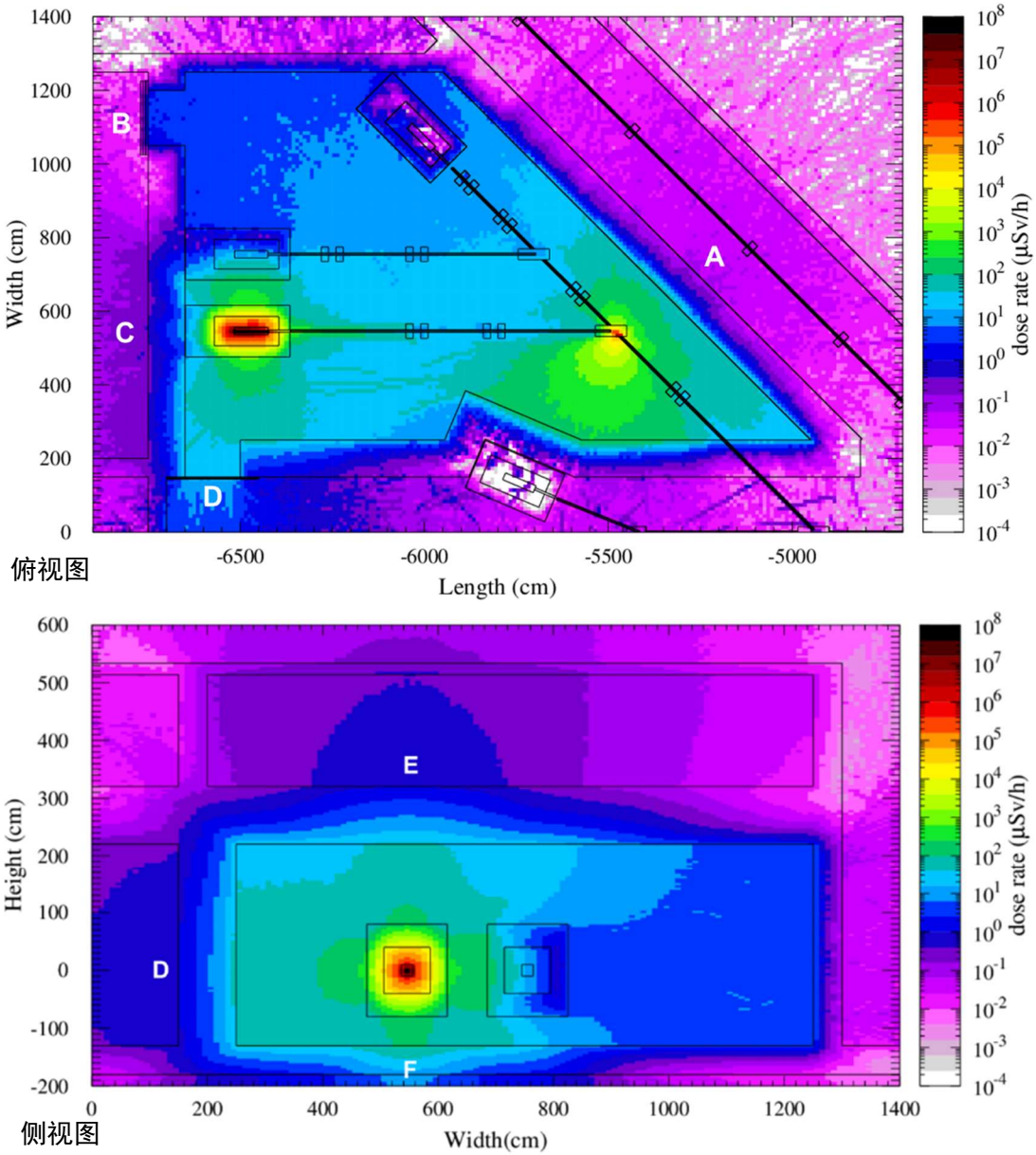


图 5.2.1-14 偏转铁 B3 叠加束流阻挡器 D3 所致多用途束流平台周围剂量率分布

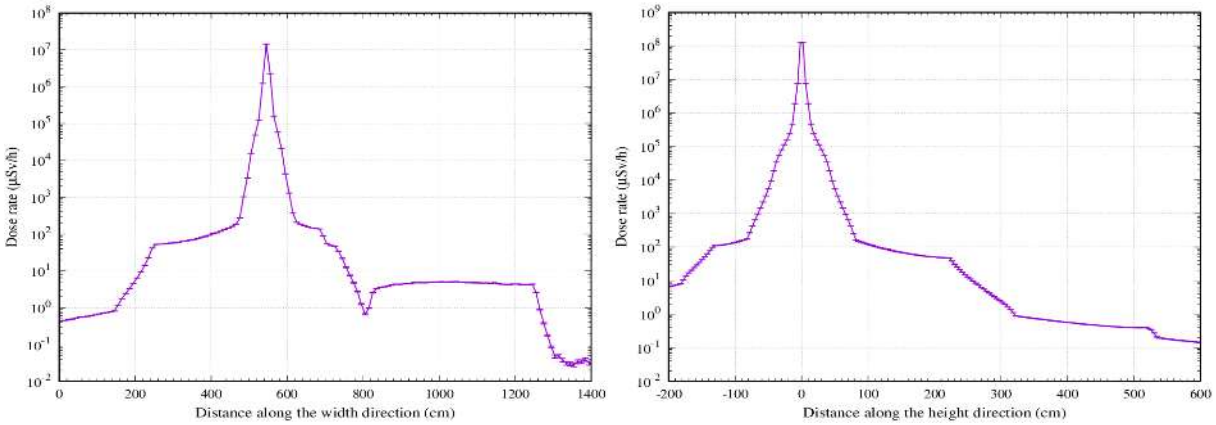


图 5.2.1-15 偏转铁 B3 叠加束流阻挡器 D3 所致多用途束流平台不同方向剂量率衰减曲线

由图 5.2.1-14 可得出，侧向 A 传输线隧道内的剂量率为 0.054μSv/h，前向屏蔽墙外 C 处的剂量率为 0.35μSv/h，侧向直线加速器隧道屏蔽门 D 处的剂量率为 15.09μSv/h（在运行

期间，人员不可达），顶部夹层管廊 E 处的剂量率为 0.87μSv/h，底部 E 土壤处的剂量率为 7.82μSv/h。

多用途束流平台防护门采用三层夹心设计，中间为 5cm 聚乙烯，内外层为 5cm 不锈钢，多用途束流平台防护门处剂量率分布见图 5.2.1-16。

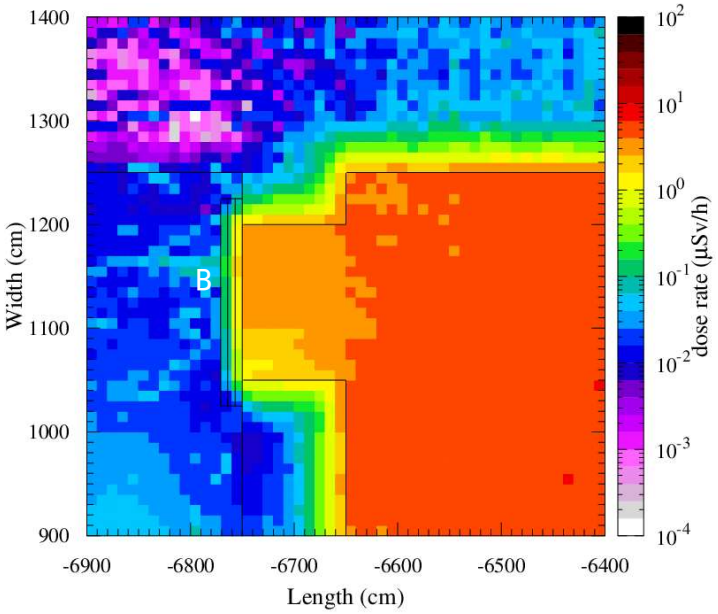


图 5.2.1-16　多用途束流平台防护门剂量率分布

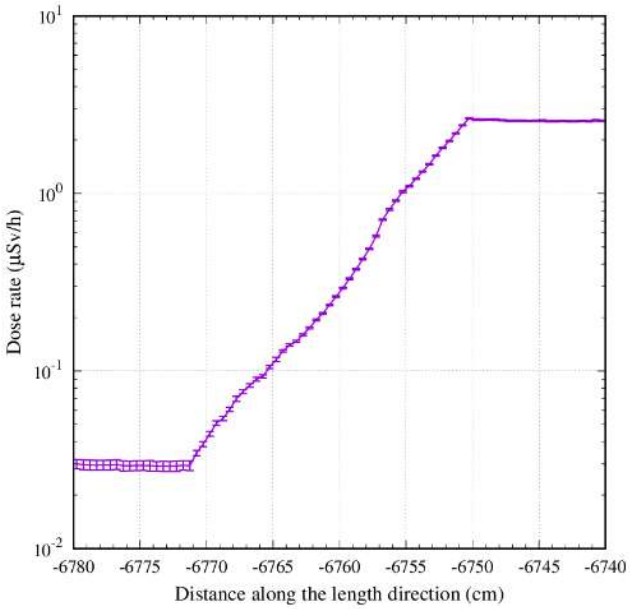


图 5.2.1-17　多用途束流平台防护门不同方向剂量率衰减曲线

由图 5.2.1-16 可得出，屏蔽门外的剂量率为 0.03μSv/h。

b. 偏转铁（B4）叠加束流阻挡器（D4）

下图 5.2.1-18~5.2.1-21 给出了偏转铁 B4 叠加束流阻挡器 D4 所致多用途束流平台周围剂量率模拟结果。

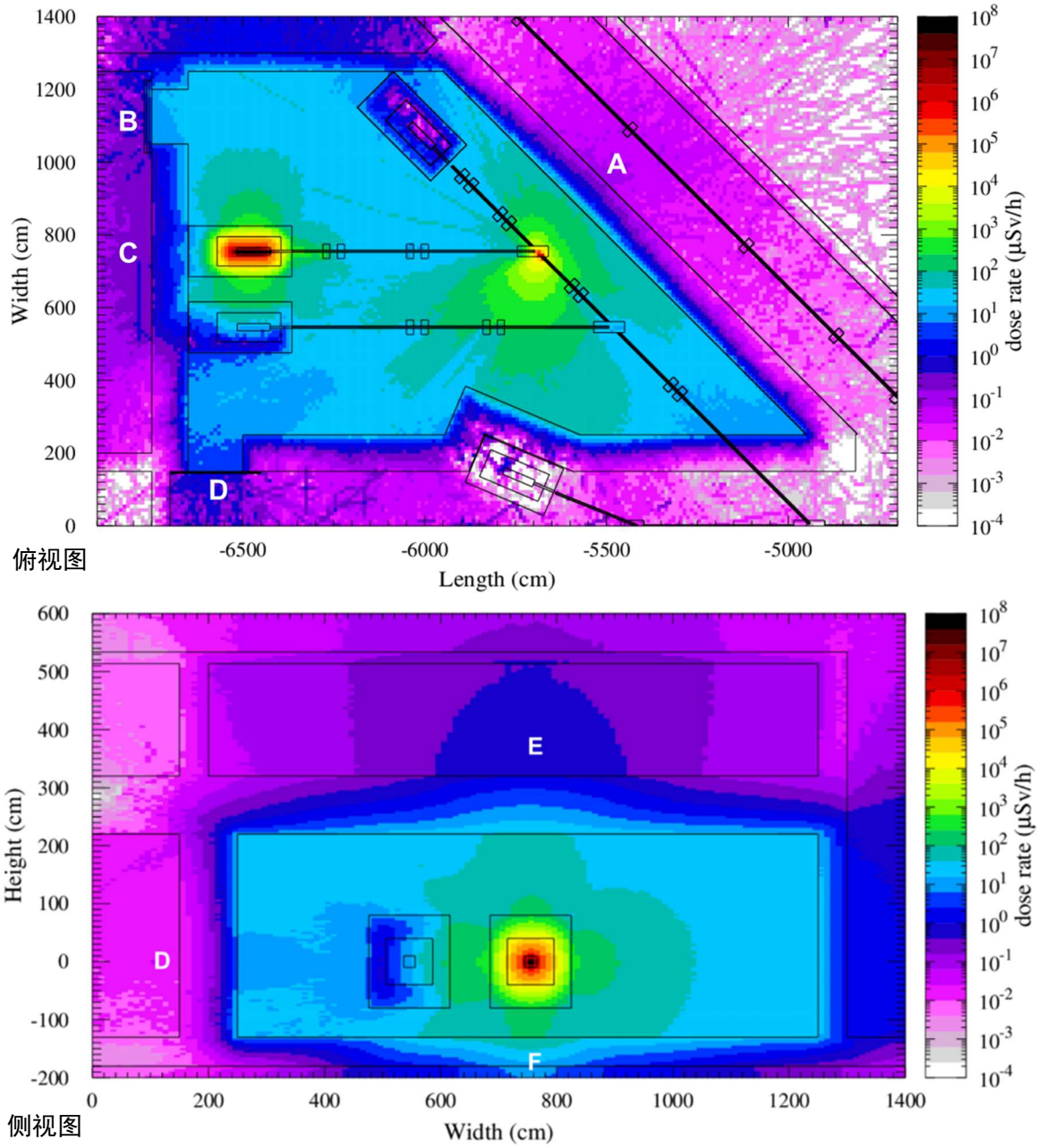


图 5.2.1-18　偏转铁 B4 叠加束流阻挡器 D4 所致多用途束流平台周围剂量率分布

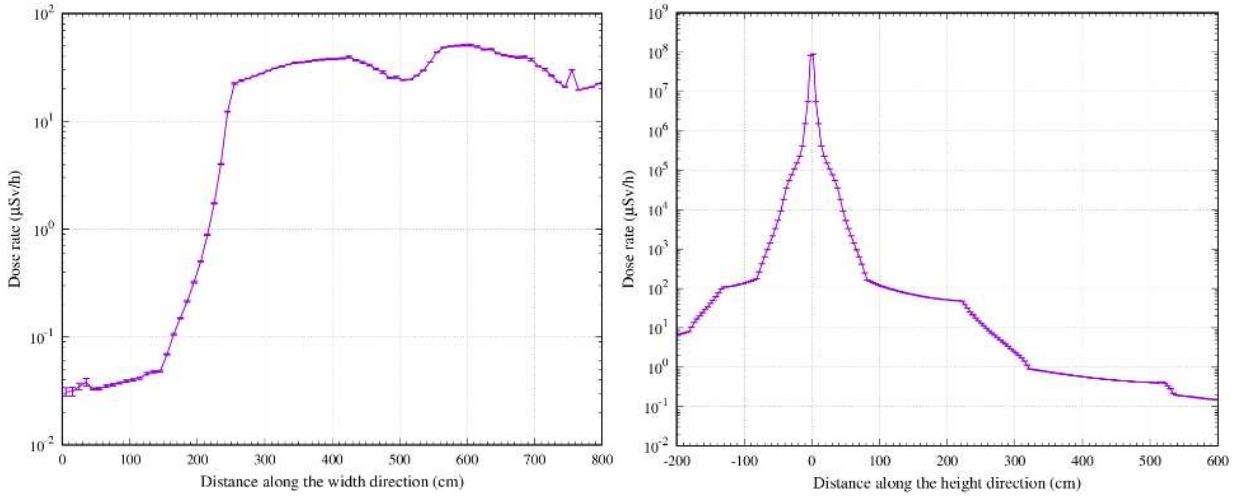


图 5.2.1-19　偏转铁 B4 叠加束流阻挡器 D4 所致多用途束流平台不同方向剂量率衰减曲线

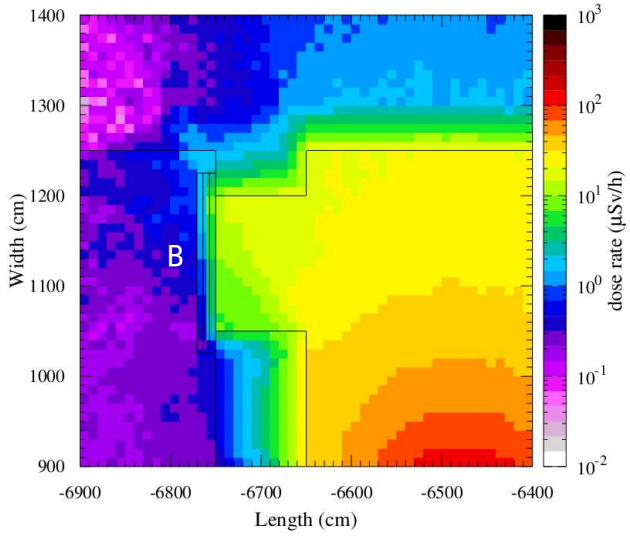


图 5.2.1-20　偏转铁 B4 叠加束流阻挡器 D4 所致防护门周围剂量率分布

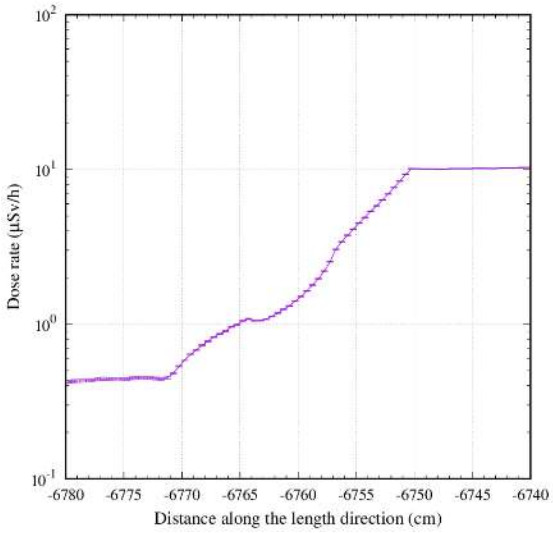


图 5.2.1-21　偏转铁 B4 叠加束流阻挡器 D4 所致防护门不同方向剂量率衰减曲线

由图 5.2.1-18 及 5.2.1-21 可得出，侧向 A 传输线隧道内的剂量率为 0.066μSv/h，屏蔽门外 B 处的剂量率为 0.47μSv/h，前向屏蔽墙外 C 处的剂量率为 0.41μSv/h，侧向直线加速器隧道内 D 处的剂量率为 1.58μSv/h，顶部夹层管廊 E 处的剂量率为 0.91μSv/h，底部 E 土壤处的剂量率为 8.16μSv/h。

c. 束流阻挡器（D5）

下图 5.2.1-22~5.2.1-25 给出了束流阻挡器 D5 所致多用途束流平台周围剂量率模拟结果。

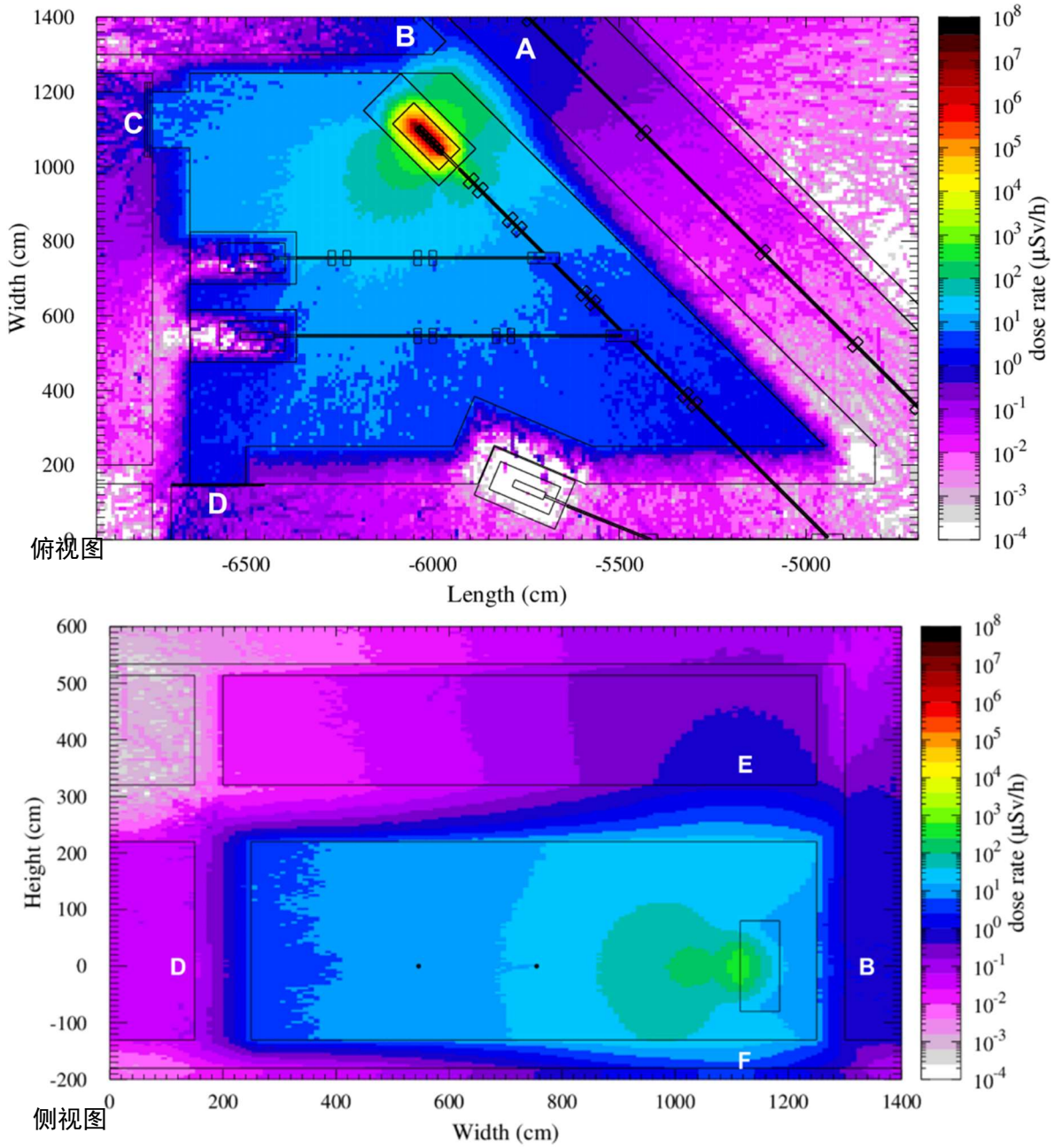


图 5.2.1-22　束流阻挡器 D5 所致多用途束流平台周围剂量率分布

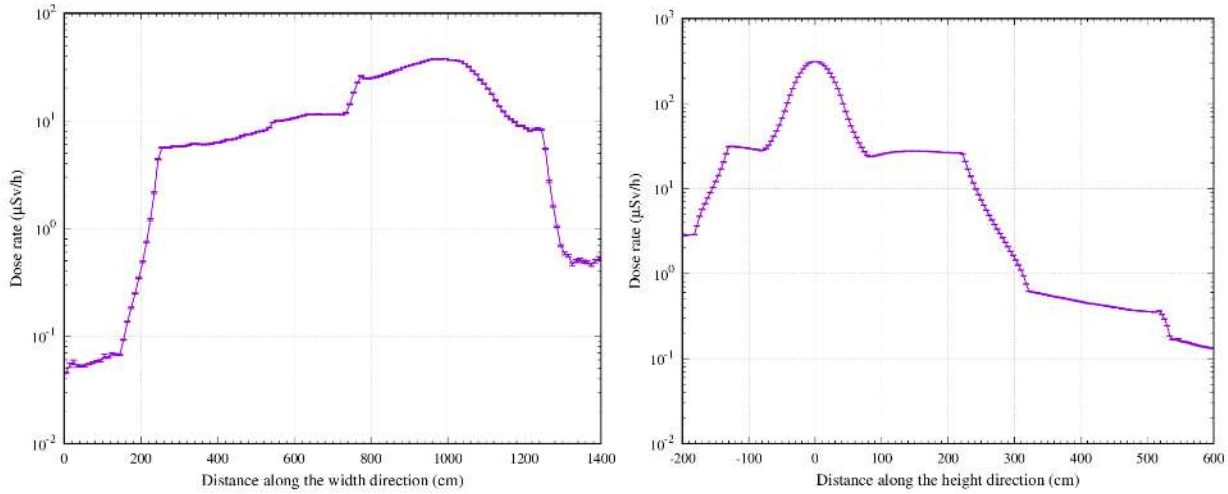


图 5.2.1-23　束流阻挡器 D5 所致多用途束流平台不同方向剂量率衰减曲线

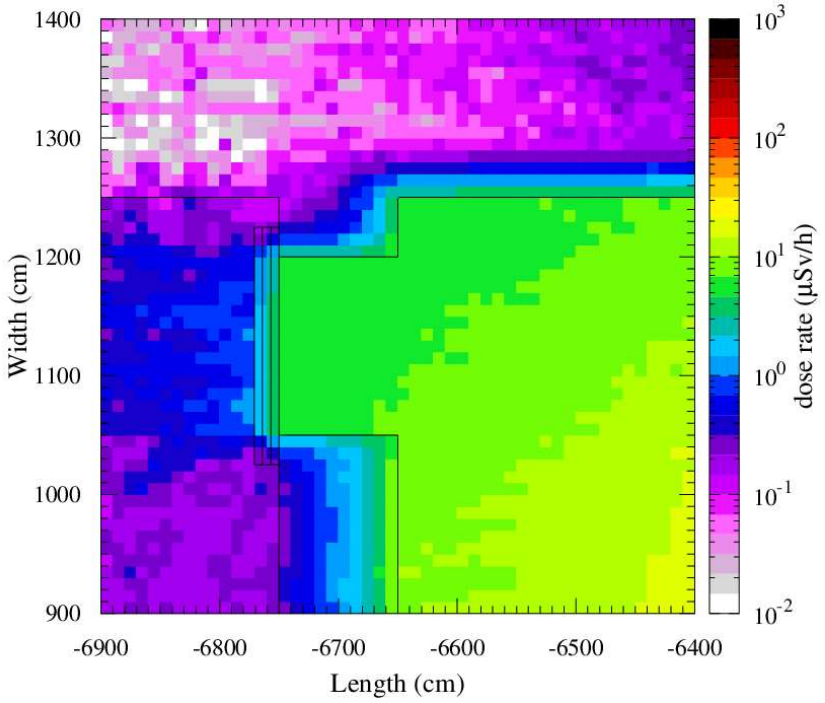


图 5.2.1-24　束流阻挡器 D5 所致多用途束流平台防护门剂量率分布

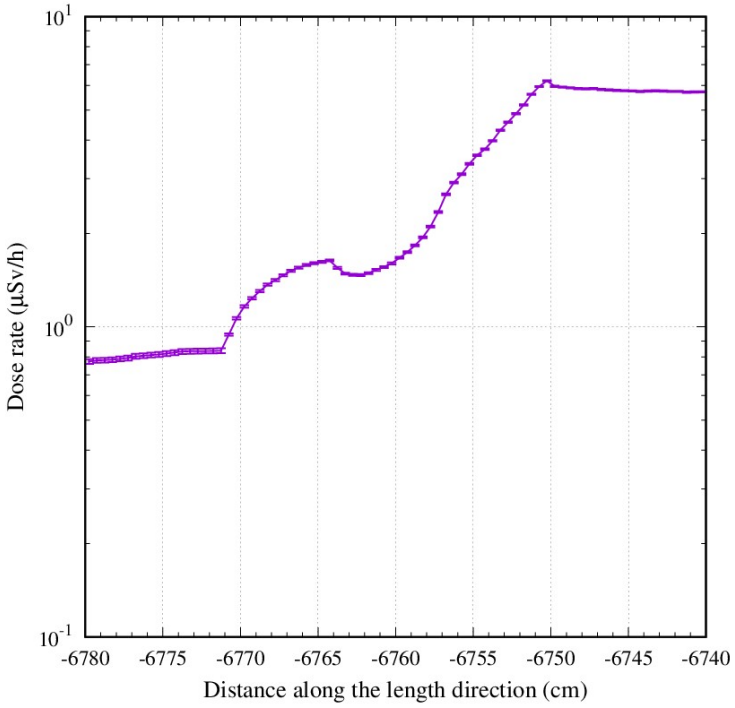


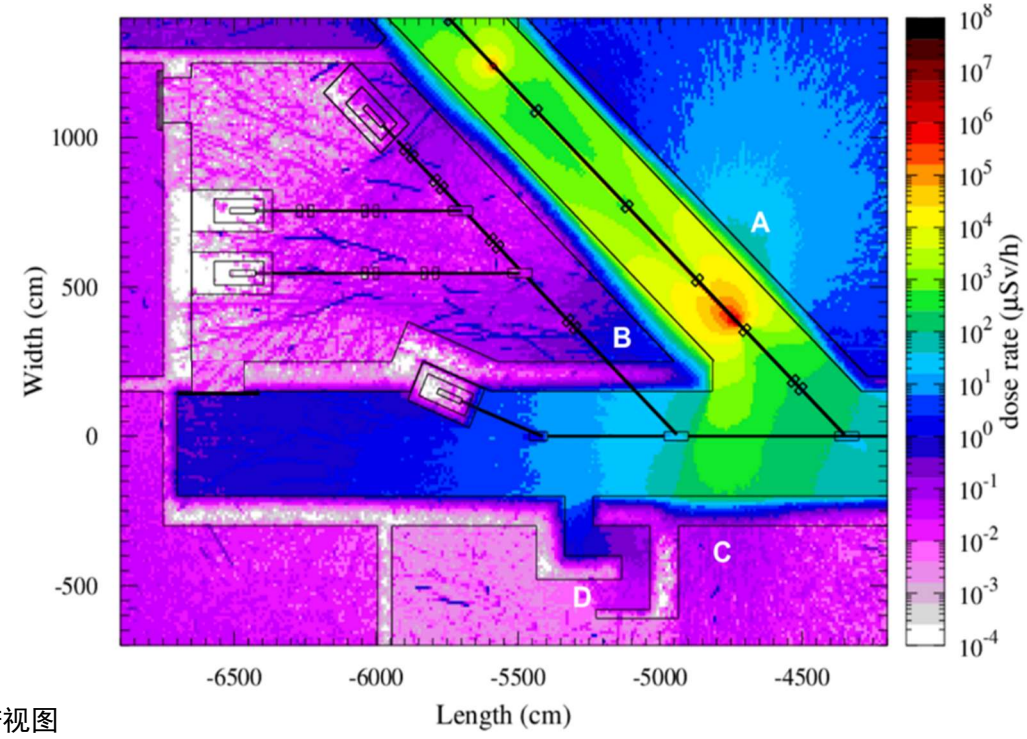
图 5.2.1-25　束流阻挡器 D5 所致多用途束流平台不同方向剂量率衰减曲线

由图 5.2.1-22 及 5.2.1-24 可得出，侧向 A 输运线隧道内的剂量率为 0.97μSv/h，前向屏蔽外土壤 B 处的剂量率为 9.87μSv/h，屏蔽门外 C 处的剂量率为 0.84μSv/h，侧向直线加速器隧道内 D 处的剂量率为 0.55μSv/h，顶部夹层管廊 E 处的剂量率为 0.68μSv/h，底部 F 土壤处的剂量率为 2.91μSv/h。

（5）输运线

输运线的束流损失点包括刮束器（S2）及输运管损失（S3）。

下图 5.2.1-26~5.2.1-27 给出了输运线周围剂量率模拟结果。



俯视图

图 5.2.1-26　输运线周围剂量率分布

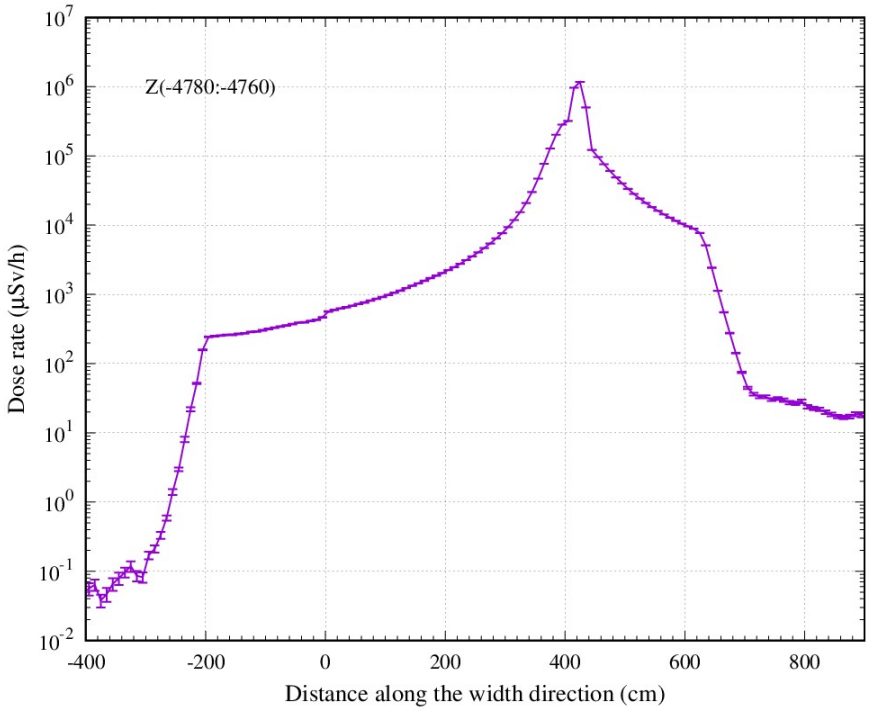


图 5.2.1-27　输运线不同方向剂量率衰减曲线

由图 5.2.1-26 可得出，侧向屏蔽外土壤 A 处的剂量率为 39.67μSv/h，多用途束流平台内 B 处的剂量率为 0.54μSv/h，直线加速器工艺大厅内 C 处的剂量率为 0.12μSv/h，迷宫出口 D 处的剂量率为 0.015μSv/h，底部土壤处的剂量率为 1.56μSv/h。

（6）储存环

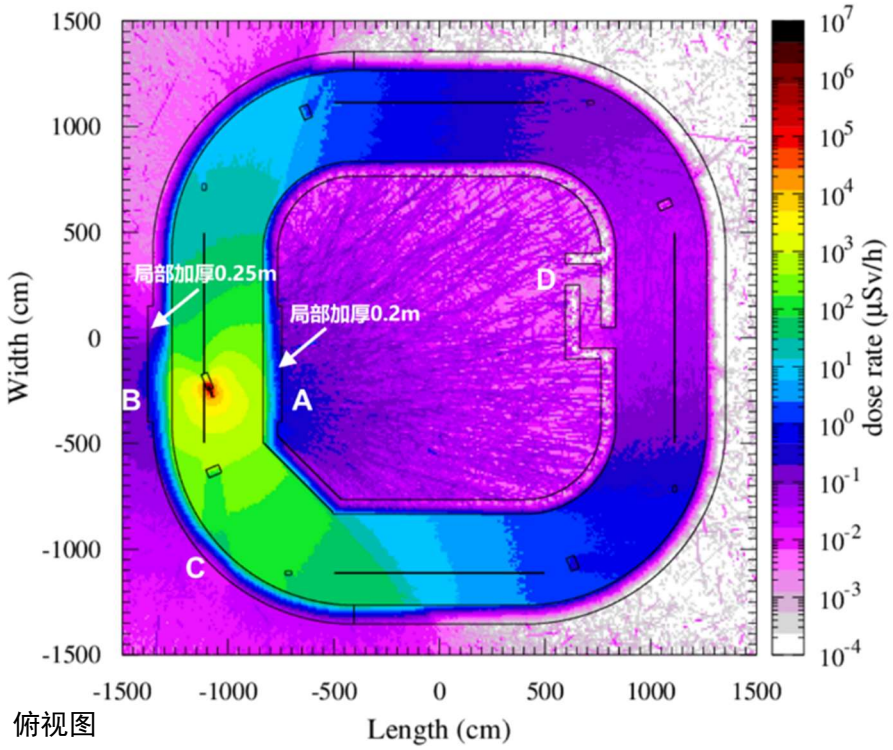
储存环的模拟分析主要考虑储存环正常运行时其束流损失致周围辐射环境的影响；另外，考虑储存环在异常丢束情况下所致辐射环境的影响。

1）正常运行

正常运行情况下，储存环辐射环境影响主要为注入切割铁处、4 个偏转铁的束流损失以及气体轫致辐射等。

a、注入切割铁

下图 5.2.1-28~5.2.1-29 给出了注入切割铁所致储存环周围剂量率模拟结果。



俯视图

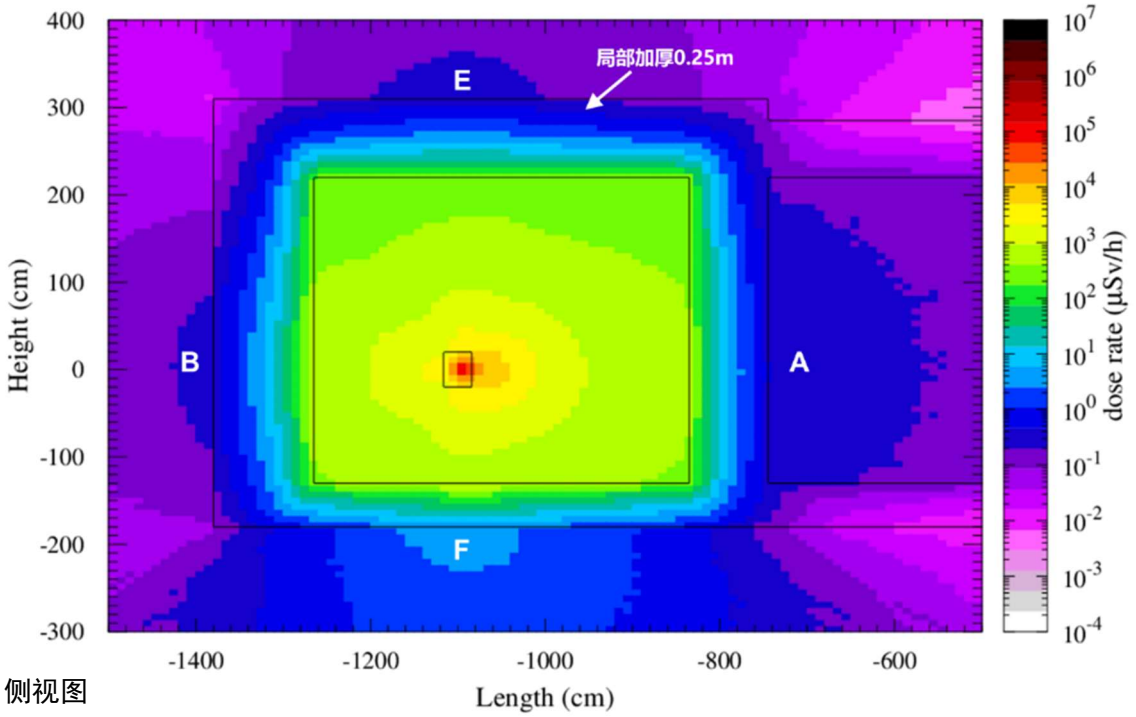


图 5.2.1-28 注入切割铁所致储存环周围剂量率分布

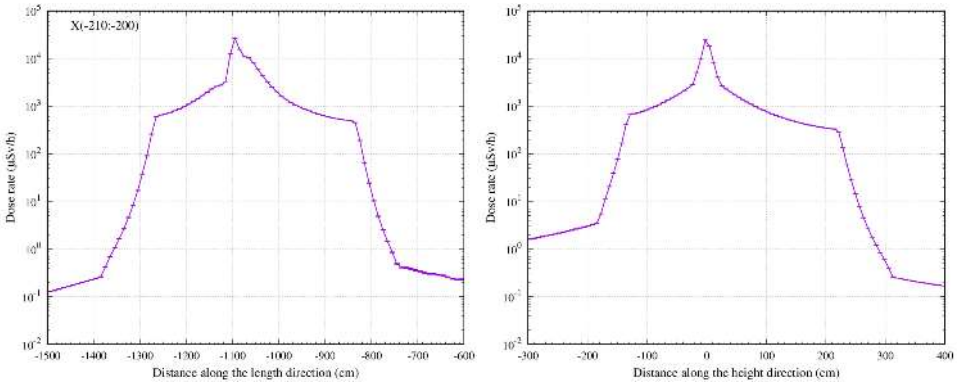
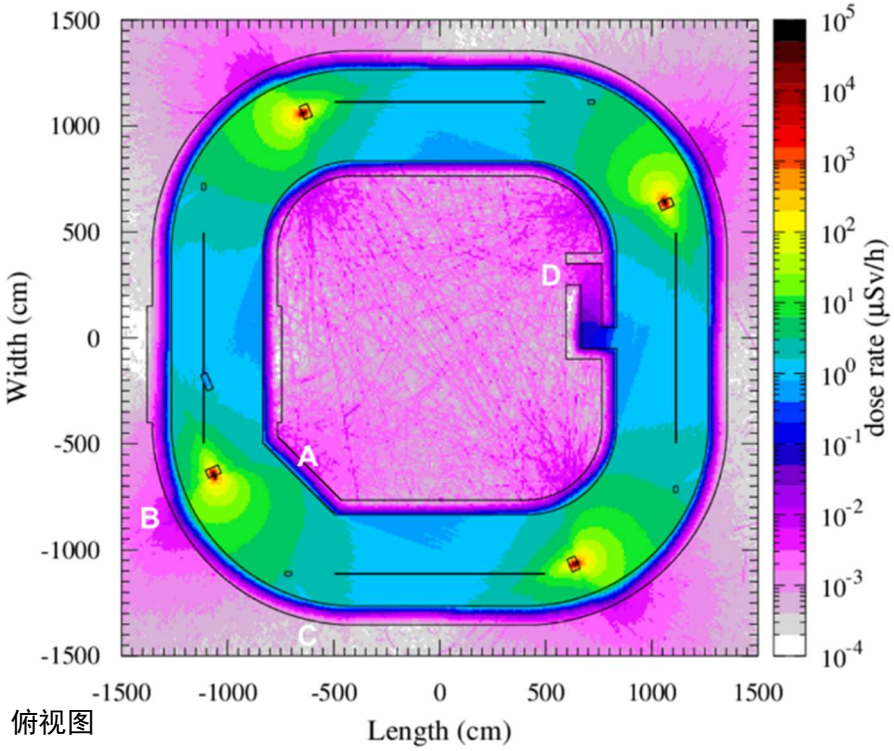


图 5.2.1-29 注入切割铁所致储存环不同方向剂量率衰减曲线

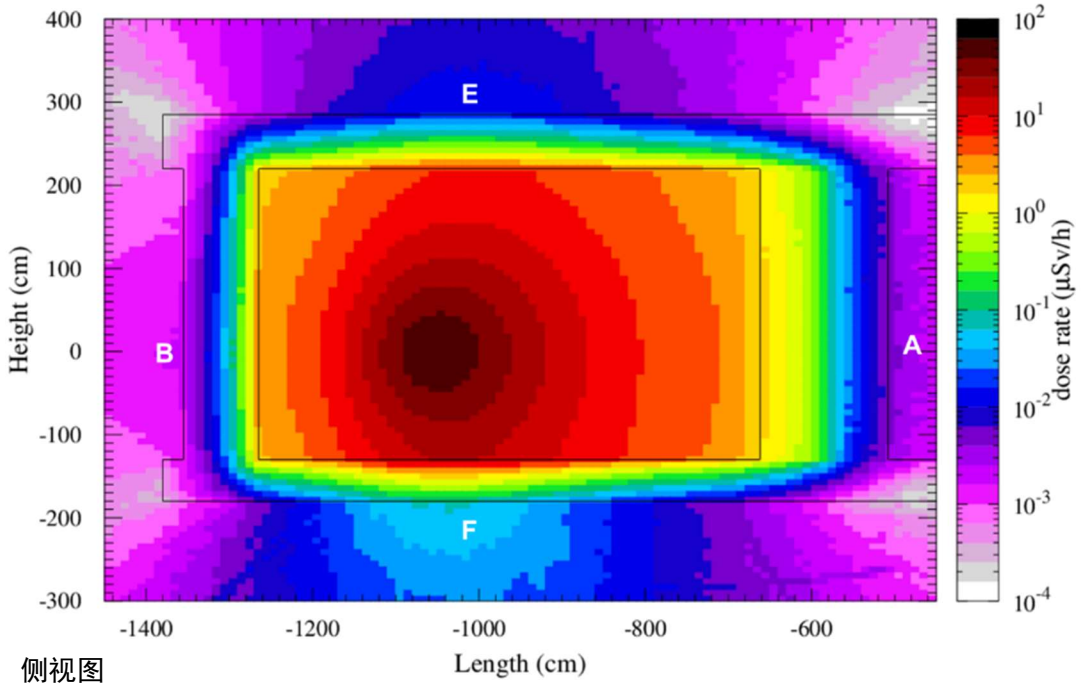
由图 5.2.1-28 可得出，侧墙外 A 处剂量率为 0.49μSv/h，侧墙外 B 处的剂量率为 0.33μSv/h，侧墙外 C 处的剂量率为 0.054μSv/h，迷宫出口 D 处的剂量率为 0.017μSv/h，顶部屏蔽墙外 E 处剂量率为 0.30μSv/h，底部 F 处的剂量率为 4.67μSv/h。

b、4 个偏转铁

下图 5.2.1-30~5.2.1-31 给出了 4 个偏转铁所致储存环周围剂量率模拟结果。



俯视图



侧视图

图 5.2.1-30 偏转铁所致储存环周围剂量率分布

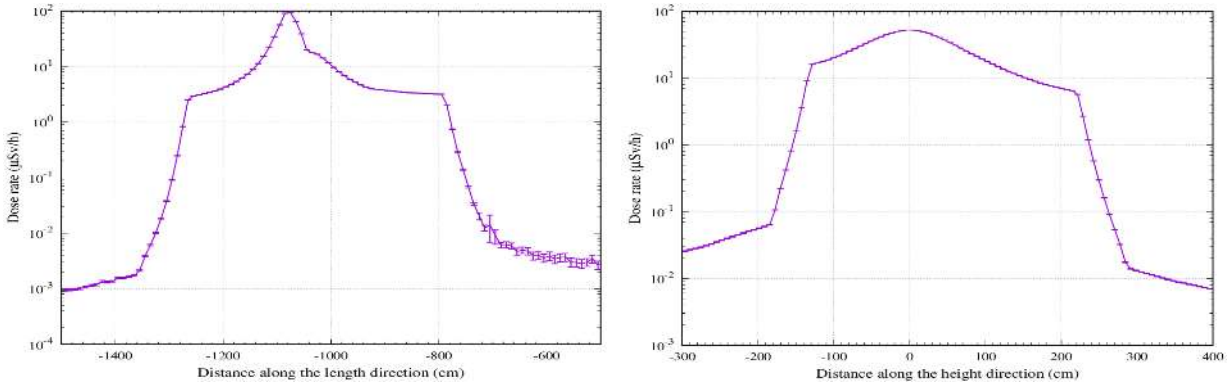


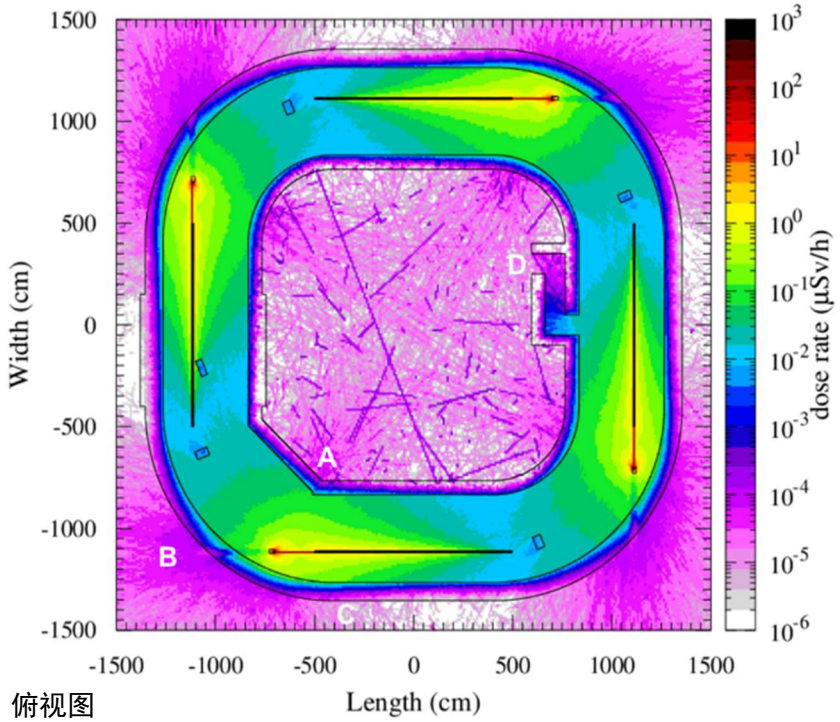
图 5.2.1-31 偏转铁所致储存环不同方向剂量率衰减曲线

由图 5.2.1-30 可得出，侧墙 A 处的剂量率为 0.013μSv/h，侧向 B 处的剂量率为 0.0022μSv/h，侧墙外 C 处的剂量率为 0.0016μSv/h，迷宫出口 D 处的剂量率为 0.0020μSv/h，顶部屏蔽墙外 E 处剂量率为 0.017μSv/h，底部 F 处的剂量率为 0.091μSv/h。

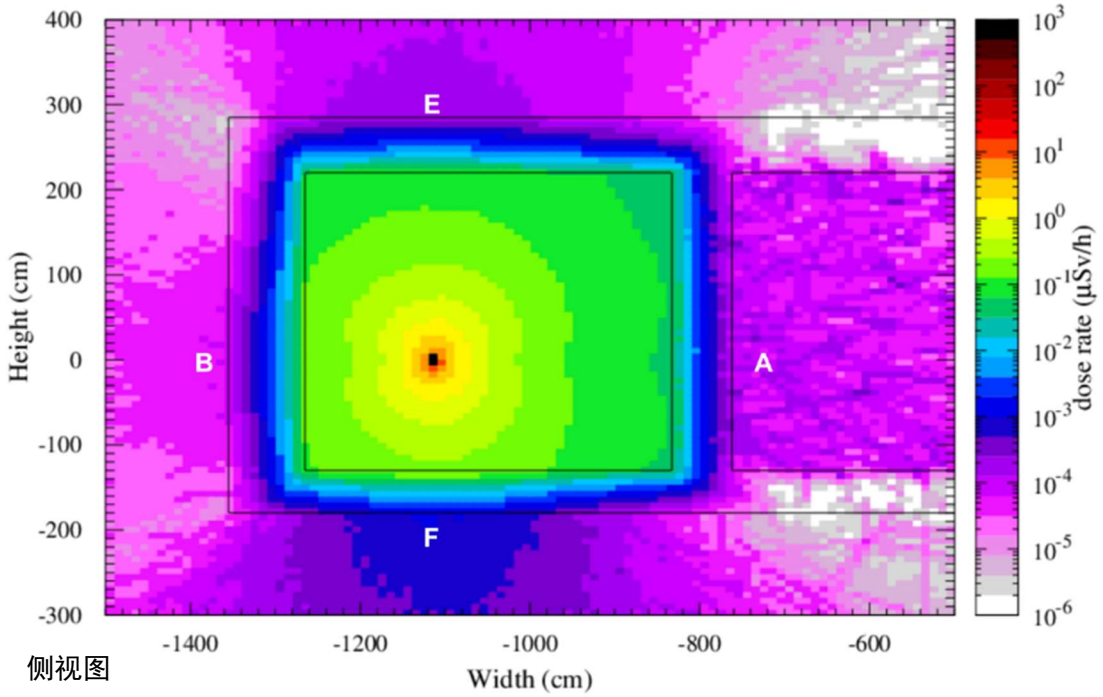
c、气体韧致辐射

气体韧致辐射主要为电子与真空管道中的残余气体相互作用产生的辐射。

下图 5.2.1-32~5.2.1-33 给出了气体韧致辐射所致储存环周围剂量率模拟结果。



俯视图



侧视图

图 5.2.1-32 气体轫致辐射所致储存环周围剂量率分布

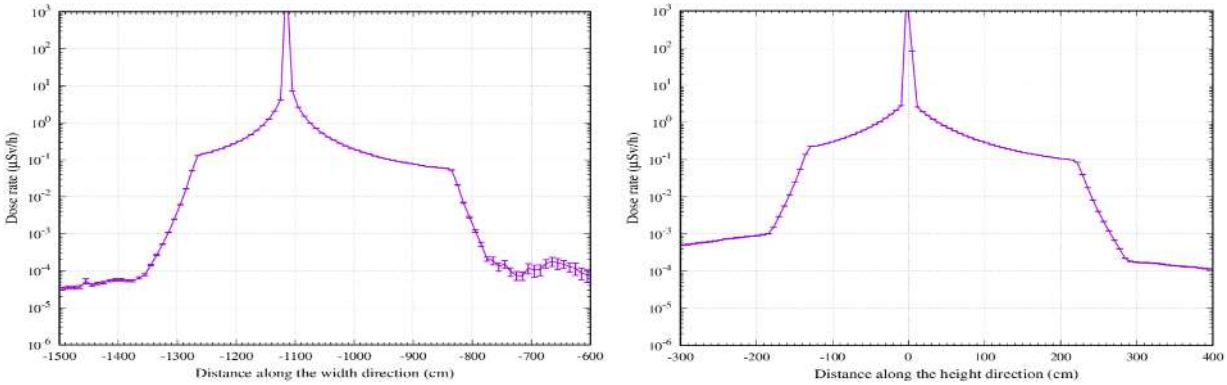


图 5.2.1-33 气体轫致辐射所致储存环不同方向剂量率衰减曲线

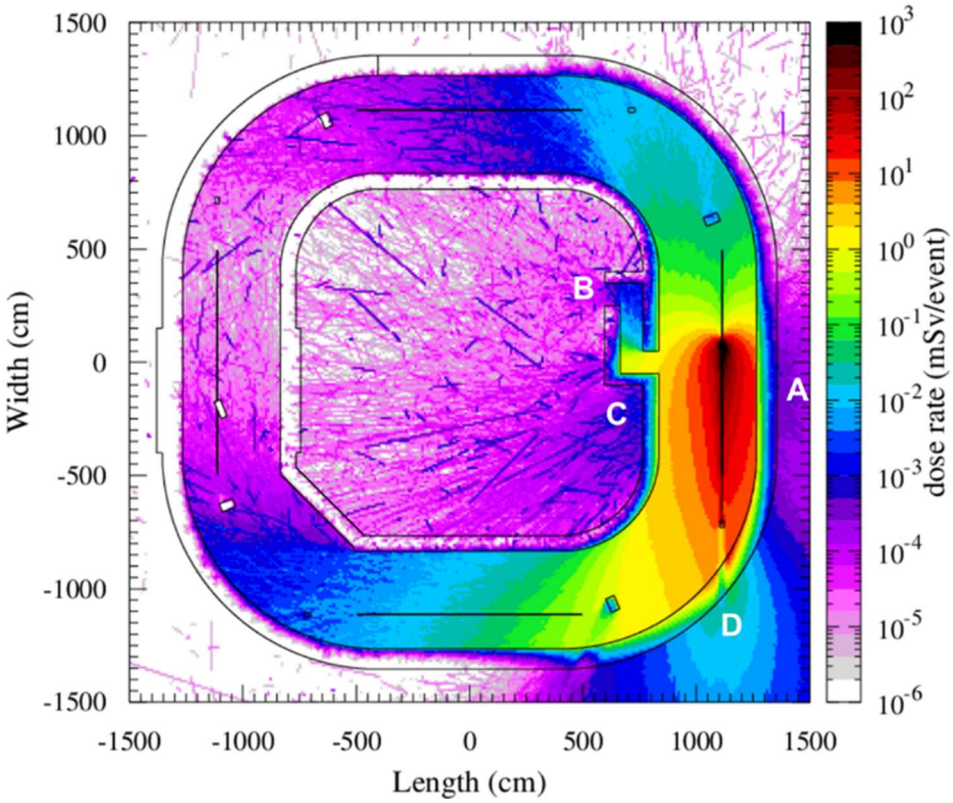
由图 5.2.1-32 可得出，侧墙外 A 处的剂量率为 1.89E-04μSv/h，前向 B 处的剂量率为 0.039μSv/h，侧墙外 C 处的剂量率为 7.94E-05μSv/h，迷宫出口 D 处的剂量率为 4.65×E-05μSv/h，顶部屏蔽墙外 E 处剂量率为 2.23E-04μSv/h，底部 F 处的剂量率为 0.00131μSv/h。

2）全环异常丢束

全环异常丢束主要考虑以下两种工况：a、设备故障引起的单次突然丢束；b、储存环真空丢失。

a、设备故障引起的单次突然丢束

下图 5.2.1-34~5.2.1-35 给出了储存环单次突然丢束周围剂量率模拟结果。



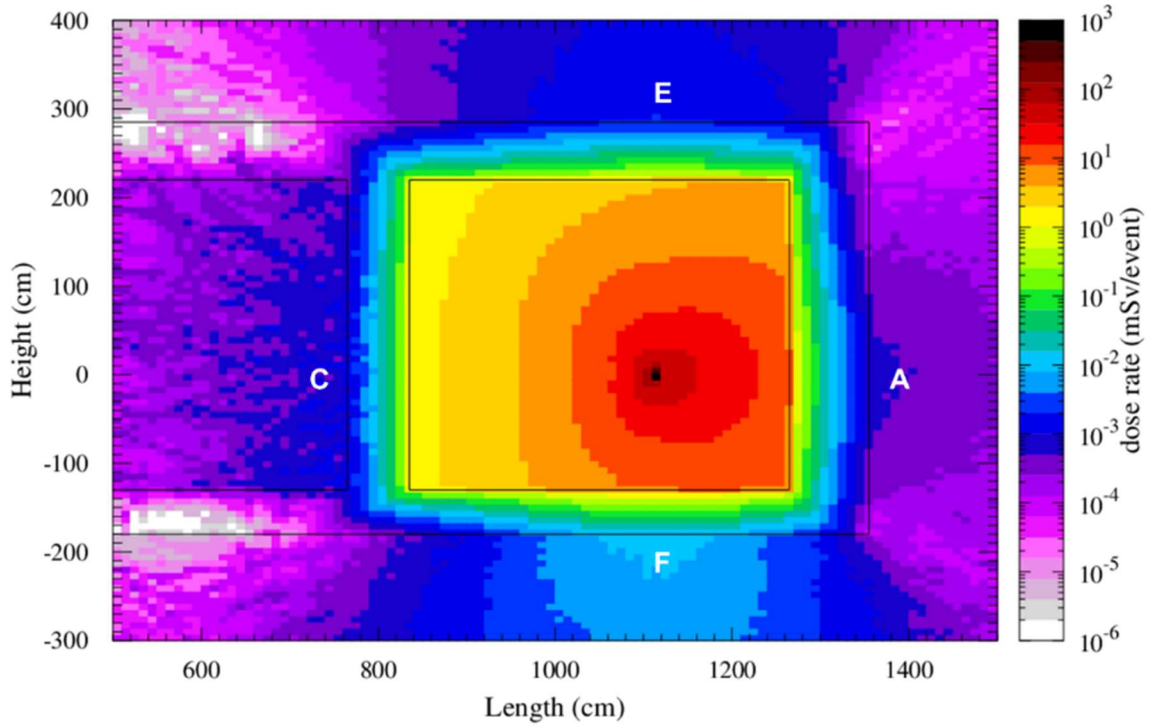


图 5.2.1-34　单次突然丢束所致储存环周围剂量率分布

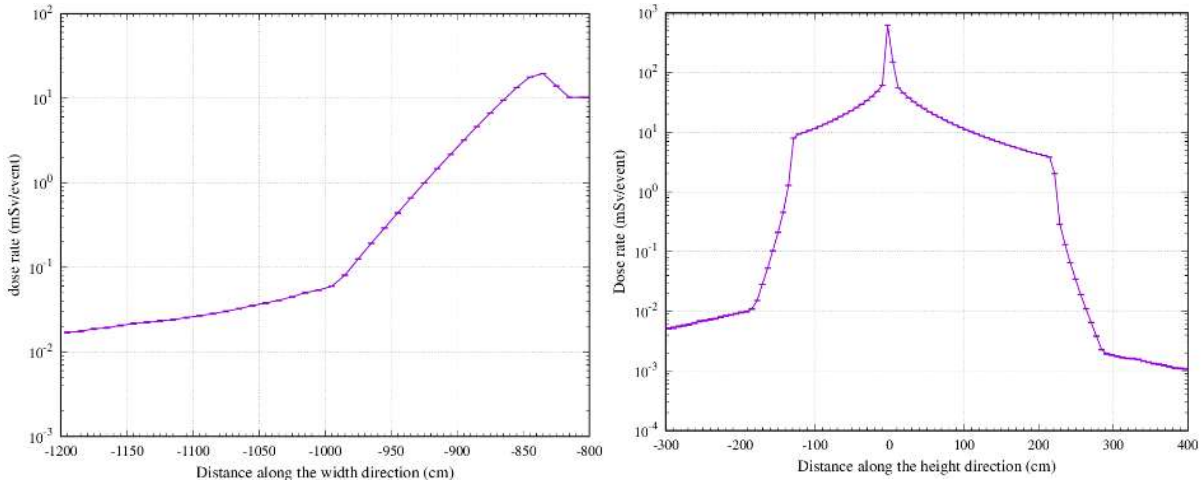


图 5.2.1-35　单次丢束所致储存环不同方向剂量率衰减曲线

由图 5.2.1-34 可得出，侧墙外 A 处的剂量率为 6.88×10^{-4}mSv/event，迷宫出口 B 处的剂量率为 3.32×10^{-4}mSv/event，侧墙外 C 处的剂量率为 1.22×10^{-3}mSv/event，前向 D 处的剂量率为 6.01×10^{-2} mSv/event，顶部屏蔽墙外 E 处剂量率为 2.29×10^{-3}mSv/event，底部 F 处的剂量率为 1.35×10^{-2}mSv/event。

b、储存环真空丢失

下图 5.2.1-36~5.2.1-37 给出了储存环单次突然丢束周围剂量率模拟结果。

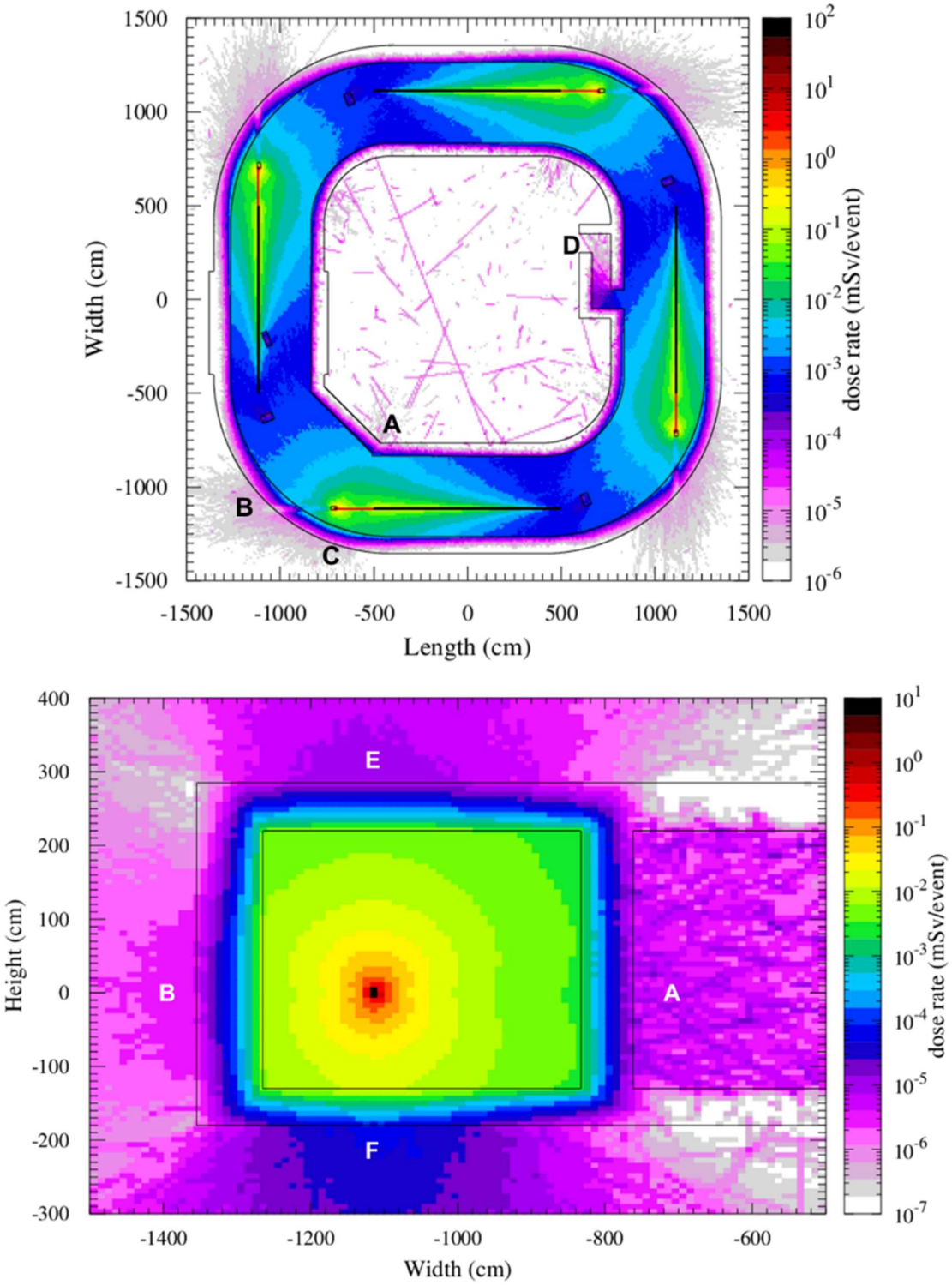


图 5.2.1-36　储存环真空丢失所致周围剂量率分布

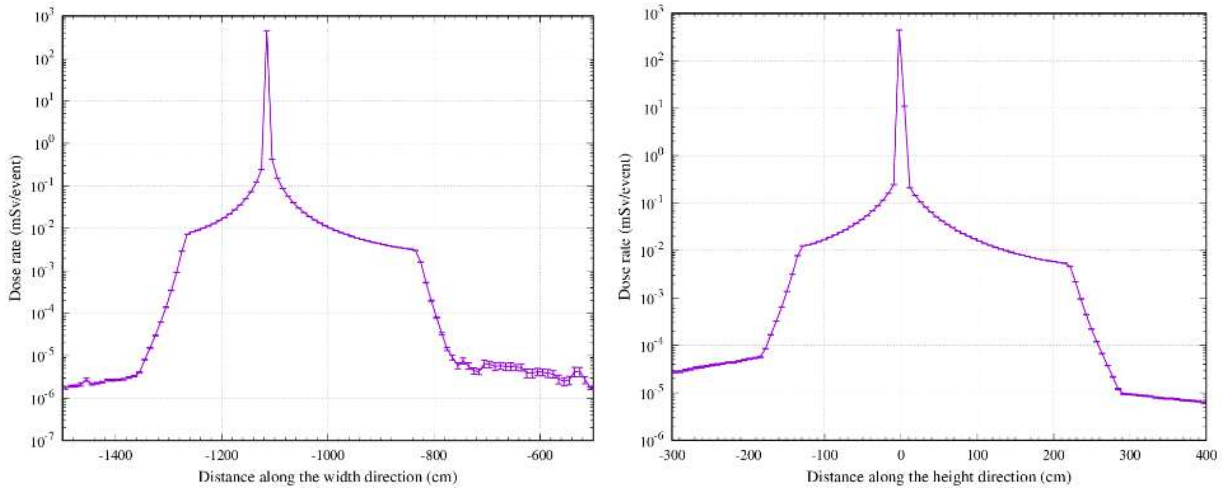


图 5.2.1-37　储存环真空丢失所致周围剂量率分布

由图 5.2.1-36 可得出，侧墙外 A 处的剂量率为 8.96E-06mSv/event，前向 B 处的剂量率为 2.95E-03mSv/event，侧墙外 C 处的剂量率为 4.04E-06mSv/event，迷宫出口 D 处的剂量率为 3.73E-06mSv/event，顶部屏蔽墙外 E 处剂量率为 1.18E-05mSv/event，底部 F 处的剂量率为 7.50 E-05mSv/event。可以看出，真空丢失引起的异常丢束时屏蔽体外的剂量率均低于 0.5mSv/event。

（7）光束线

下图 5.2.1-38 给出了光束线周围剂量率模拟结果。

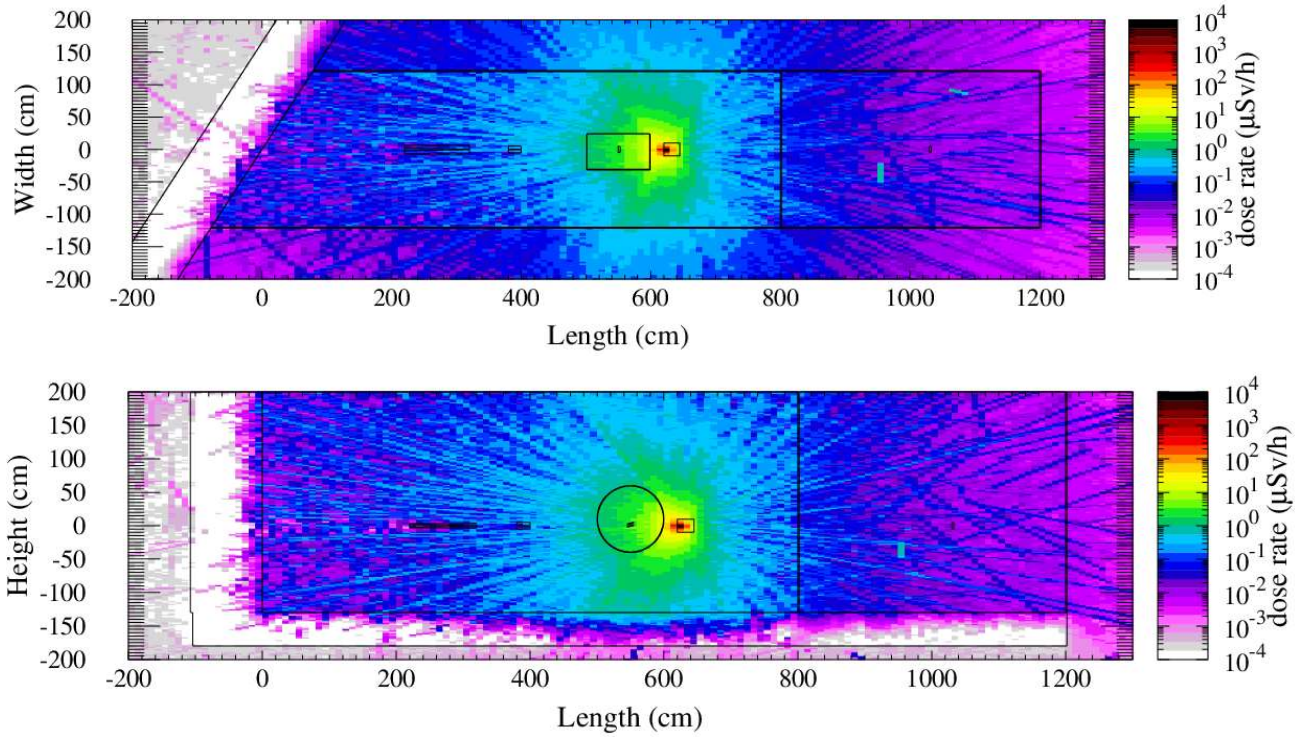


图 5.2.1-38　光束线周围剂量率分布

由图 5.2.1-38 可得出，光束线站产生的辐射所致光学棚屋前向最大剂量率为 0.18μSv/h，

侧向最大剂量率为 0.59μSv/h，顶部最大剂量率为 0.31μSv/h，底部最大剂量率为 3.25E-03μSv/h。

综合以上，超瞬态同步辐射装置运行过程中所致周围剂量率水平汇总见下表 5.2.1-1，在各个区域剂量率水平中保守考虑影响最大的工况。

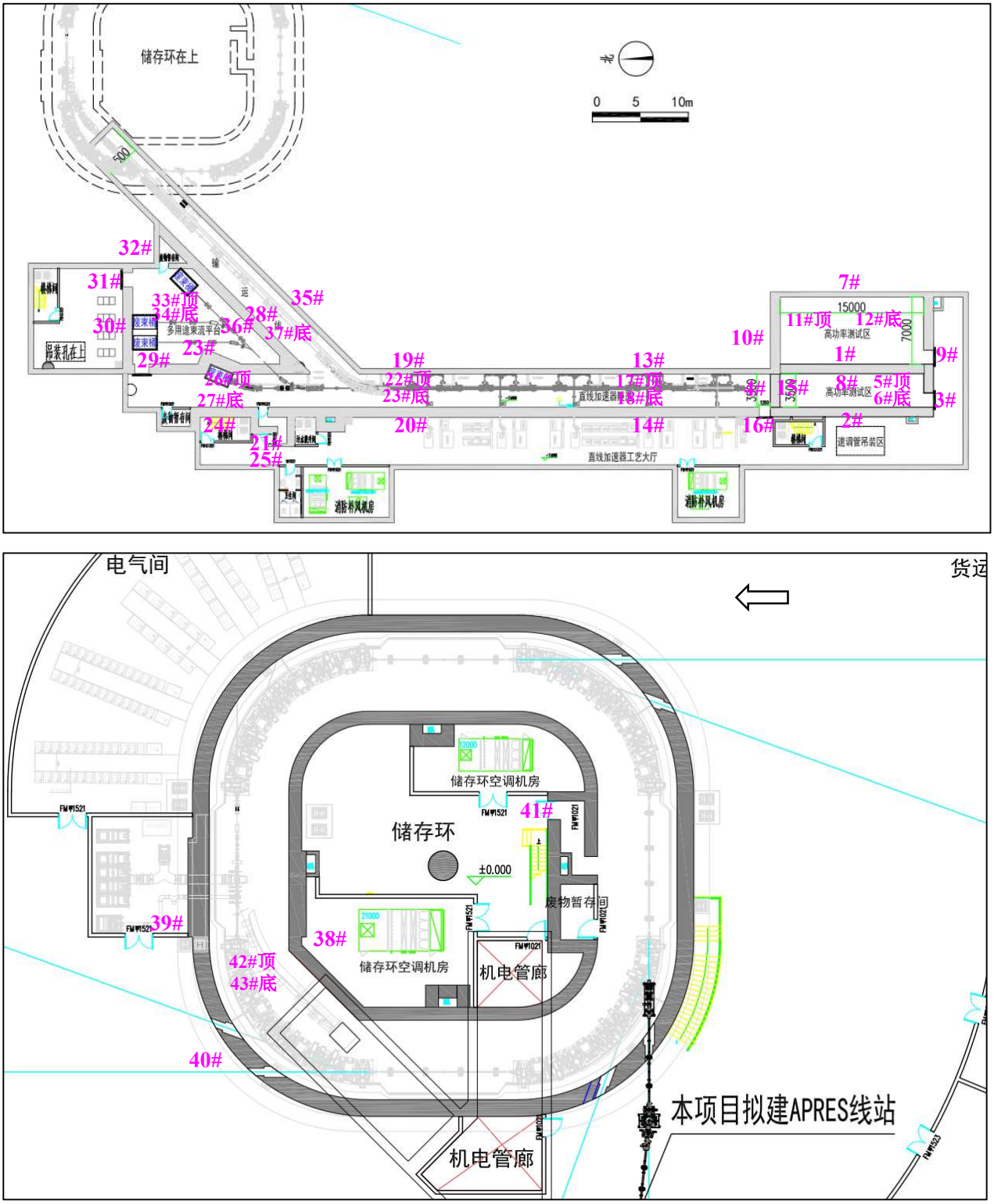


图 5.2.1-39 超瞬态同步辐射装置周围剂量率水平点位图

表 5.2.1-1 超瞬态同步辐射装置周围剂量率水平一览表

位置		关注点	方位	环境描述	屏蔽设计	剂量率（μSv/h）	备注
高功率测试大厅 1（西）		1#（B）	东	高功率测试大厅 2（东）	100cm 混凝土实心砌块	0.062	S0 暗电流
		2#（A）	西	工艺大厅	100cm 混凝土	0.023	
		3#（C）	南	工艺大厅	5cm 不锈钢+5cm 聚乙烯+5cm 不锈钢	0.32	
		4#（D）	北	直线加速器隧道	100cm 混凝土实心砌块	0.143	
		5#（E）	顶	地下夹层管廊	100cm 混凝土	0.022	
		6#（F）	底	土层	50cm 混凝土	1.49	
高功率测试大厅 2（东）		7#（C）	东	土层	50cm 混凝土	0.012	S0 暗电流
		8#（B）	西	高功率测试大厅 1（西）	100cm 混凝土实心砌块	0.011	
		9#（D）	南	工艺大厅	5cm 不锈钢+5cm 聚乙烯+5cm 不锈钢	0.24	
		10#（E）	北	土层	100cm 混凝土	0.156	
		11#（F）	顶	地下夹层管廊	100cm 混凝土	0.023	
		12#（G）	底	土层	50cm 混凝土	1.54	
直线加速器隧道	聚束段	13#（B）	东	土层	100cm 混凝土	5.43	偏转磁铁 B1+束流阻挡器 D1
		14#（A）	南	工艺大厅	100cm 混凝土	0.011	
		15#（C）	西	高功率测试大厅 1（西）	100cm 混凝土实心砌块	0.001	
		16#（D）	西	工艺大厅	5cm 不锈钢+5cm 聚乙烯+5cm 不锈钢	0.057	
		17#（E）	顶	地下夹层管廊	100cm 混凝土	0.021	
		18#（F）	底	土层	50cm 混凝土	0.96	
	中段	19#（B）	东	土层	100cm 混凝土	14.81	S1 最后一根加速管出口
		20#（A）	西	工艺大厅	100cm 混凝土	0.44	
		21#（C）	西	工艺大厅	迷道+普通门	0.011	
		21#（D）	顶	地下夹层管廊	100cm 混凝土	0.32	
		22#（E）	底	土层	50cm 混凝土	12.98	
	末段	23#（A）	东	多用途束流平台	120cm 混凝土	1.05	偏转磁铁 B2+束流阻挡器 D2
		24#（B）	西	工艺大厅	100cm 混凝土	0.74	
		25#（C）	西	工艺大厅	迷道+普通门	0.15	
		26#（D）	顶	地下夹层管廊	100cm 混凝土	0.41	
		27#（E）	底	土层	50cm 混凝土	4.13	
		29#	东	多用途束流平台	2cm 不锈钢+2cm 聚乙烯+2cm 不锈钢	0.82	
	异常丢束	/	/	/	/	1.28E-05	/
多用途束流平台		28#（A）	南	输运线	100cm 混凝土	0.97	束流阻挡器 D5
		30#（C）	北	工艺大厅	100cm 混凝土	0.41	偏转磁铁 B4+束流阻挡器 D4
		31#（C）	北	工艺大厅	5cm 不锈钢+5cm 聚乙烯+5cm 不锈钢	0.84	
		32#（B）	东	土层	100cm 混凝土	9.87	
		33#（E）	顶	地下夹层管廊	100cm 混凝土	0.91	
		34#（F）	底	土层	50cm 混凝土	8.16	
输运线		35#（A）	南	土层	100cm 混凝土	39.67	刮束器 S2 及输运管损失 S3
		36#（B）	北	多用途束流平台	100cm 混凝土	0.54	
		37#	底	土层	50cm 混凝土	1.56	
储存环	正常运行	38#（A）	西	空调机房	90cm 混凝土	0.503	注入切割铁
		39#（B）	西	线站大厅	115cm 混凝土	0.33	注入切割铁+

位置		关注点	方位	环境描述	屏蔽设计	剂量率（μSv/h）	备注
							偏转铁+气体韧致辐射
		40#（C）	西	线站大厅	90cm 混凝土	0.0952	注入切割铁+偏转铁
		41#（D）	南	储存环中心	迷道+普通门	0.019	
		42#（E）	顶	储存环上方平台	65cm 混凝土	0.317	
		43#（F）	底	土层	50cm 混凝土	4.77	
	异常丢束	/	储存环外侧	线站大厅	100cm 混凝土	6.01E-02mSv/次	单次丢束
		/	储存环内侧	储存环中心	100cm 混凝土	1.22E-03mSv/次	
		/	迷道口	储存环中心	迷道+普通门	3.32E-04mSv/次	
		/	顶	储存环上方平台	65cm 混凝土	2.29E-03mSv/次	
		/	底	土层	50cm 混凝土	1.35E-02mSv/次	
		/	储存环外侧	线站大厅	100cm 混凝土	2.95E-03 mSv/次	真空丢失
		/	储存环内侧	储存环中心	100cm 混凝土	8.96E-06mSv/次	
		/	迷道口	储存环中心	迷道+普通门	3.73E-06mSv/次	
		/	顶	储存环上方平台	65cm 混凝土	1.18E-05mSv/次	
		/	底	土层	50cm 混凝土	7.50E-05mSv/次	
光束线		/	光学棚屋前向	/	/	0.18	/
		/	光学棚屋前向	/	/	0.59	/
		/	顶	/	/	0.31	/
		/	底	/	/	3.25E-03	/

根据表 5.2.1-1 的汇总结果，超瞬态同步辐射装置在正常运行中所致周围人员可达处最大剂量率水平为 1.05μSv/h，位于多用途束流平台内；底部、四周与土壤相接处剂量率水平最大值为 39.67μSv/h，位于输运线南侧；异常丢束所致周围最大累积剂量为 0.0601mSv/次。

综上，超瞬态同步辐射装置运行过程中的辐射水平能够满足剂量率控制水平要求。

5.2.1.2 天空反散射

根据表 5.2.1-1，超瞬态同步辐射装置顶部最大剂量率 0.91μSv/h，已远小于 2.5μSv/h，该剂量率下因天空反散射所导致的周围剂量率势必更小，本项目因天空反散射所导致的周围环境影响很小。

5.2.2 人员受照剂量

5.2.2.1 计算方法

（1）外照射

外照射所致人员剂量采用下式进行计算：

$$D_{直接}=H\times T\times t/1000 \text{（公式 5-1）}$$

式中：

D——关注点处人员受照剂量，mSv/a；

H——关注点辐射剂量率水平，μSv/h；

T——关注点处人员居留因子；

t——照射时间，h

（2）空气浸没外照射

空气浸没外照射按下式计算：

$$D_{浸没外}=Ci\times Gi\times f\times t \text{——（公式 5-2）}$$

式中：

$D_{浸没外}$—年空气浸没全身剂量当量，Sv/a；

C_i—第 i 种核素空气放射性浓度，Bq/m^3；

G_i—烟云浸没照射剂量当量转换因子，Sv/（$Bq.s.m^{-3}$），取自《Federal Guidance Report No.15:External Exposure to Radionuclides in Air,Water and Soil》表 4-6 中成年人空气浸没有效剂量转换因子，其取值见下表。

f—建筑物屏蔽产生的剂量减弱因子，本次保守取 1；

t—年照射时间，s.

表 5.2.2-1 烟云浸没照射剂量当量转换因子

核素	浸没照射剂量率转换因子 Sv/（$Bq.s.m^{-3}$）
^{11}C	4.58E-14
^{13}N	4.62E-14
^{15}O	4.72E-14
^{41}Ar	6.20E-14

（3）吸入内照射

摄入放射性核素所致待积有效剂量采用下式计算：

$$E(\tau)=A_{0空}\times e(\tau)\times 1000 \text{（公式 5-3）}$$

式中：

E（τ）——待积有效剂量，mSv；

$A_{0空}$——放射性核素经呼吸道摄入量，Bq；

e（τ）——每单位摄入量引起的待积有效剂量，Sv/Bq，具体取值见下表。

$$A_{0空}=C_{空}\times B_{空}\times t \text{（公式5-4）}$$

式中：

$C_{空}$——放射性核素在空气中的活度浓度；

$B_{空}$——人的呼吸率，根据GBZ 129取成人0.83m^3/h；

t——在放射性核素场所停留时间，h。

表 5.2.2-2 吸入量照射剂量当量转换因子

核素	吸入单位摄入量所致待积有效剂量 Sv/Bq	
	工作人员	公众
^{11}C	3.20E-12	1.80E-11

5.2.2.2 辐射工作人员

（1）职业外照射

本项目职业工作人员外照射主要包括在直线加速器工艺大厅、储存环、线站大厅、高功率测试大厅工作的辐射工作人员、维修维护人员等。

根据公式（5-1），本项目辐射工作人员外照射剂量情况见下表。

表 5.2.2-3 辐射工作人员外照射剂量一览表

人员类型	受照类型	剂量率 μSv/h	年受照时长 h*	年剂量 mSv/a
加速器、储存环等设备运营操作人员	设备正常运行（含高功率测试大厅、直线加速器隧道、多用途束流平台、储存环等）	0.84（31#点位）	5000	4.2
	维修维护	3.11（刮束器感生放射性水平）	200	0.622
	直线加速器异常丢束	mSv/次	1 次	1.28E-05
	储存环异常丢束	mSv/次	1 次	6.01E-02
	小计			4.89
实验人员	多用途束流平台运行	0.84（31#）	500	0.42
光束线工作人员	维护、操作	0.59	1000	0.59
	异常丢束	6.01E-02mSv/次	1 次	6.01E-02
	小计			0.65
外来科研人员	设备正常运行（含多用途束流平台、光束线）	0.84（31#）	100	0.084
	异常丢束	6.01E-02mSv/次	1 次	6.01E-02
	小计			0.145
注：本项目年受照时长的数据主要来源于建设单位提供的资料及同类型设备的运行经验数据。加速器、储存环、光束线、多用途束流平台的运行时间均来自建设单位提供的数据；外来科研人员受照时长的选取结合国内同类型科研装置的实际运行情况，通常大型科研装置的外来科研人员通过预约方式获取实验资格，由于实验机时有限，一般情况下每人或每单位的预约次数受限，本评价按照 100 小时保守考虑。				

根据表 5.2.2-3 的计算结果，加速器、储存环等运行人员总年受照剂量最大值为4.89mSv/a，本项目拟设置 50 名加速器、储存环放射工作人员轮流操作，正常情况下，加速器、储存环工作人员在线站大厅的操作室操作，本评价保守考虑有放射工作人员在工艺大厅或储存环周围操作，每班 2 人，2 倍保守系数，则单名放射工作人员受照剂量为 4.89mSv/a÷（50 人÷2）×2=0.39mSv/a；多用途束流平台放射工作人员总年受照剂量最大值为 0.42mSv/a，本项目拟设置 10 名实验人员轮流操作，考虑每班 2 人，2 倍保守系数，则单名放射工作人员受照剂量为 0.42mSv/a÷（10 人÷2）×2=0.168mSv/a；光束线放射工作人员总年受照剂量最大值为 6.50E-01mSv/a，本项目拟设置 5 名光束线工作人员轮流操作，考虑每班 2 人，2 倍保守系数，则单名放射工作人员受照剂量为 0.65mSv/a÷（5 人÷2）×2=0.52mSv/a。

外来科研人员按照年最长工作时间 100h 计，则单名外来科研人员年受照剂量为

0.145mSv/a。

（2）吸入内照射

本项目考虑放射工作人员在装置停机 10min 后进入装置内进行维修维护工作时吸入气态放射性核素所致工作人员职业内照射。

根据公式（5-2），放射性气体所致职业吸入内照射剂量计算结果如下表所示：

表 5.2.2-4 放射性气体所致职业吸入内照射剂量

核素名称	浸没空气浓度 Bq/m^3	年吸入时长 h	个人年空气摄入量，m^3/a	剂量转换因子，Sv/Bq	年剂量 mSv/a
^{11}C	1.15E+00	200[1]	166	3.20E-12	6.11E-07
注：本评价按照放射工作人员进入场所检维修 200h 计算					

（3）空气浸没外照射

根据公式（5-3），放射性气体所致放射工作人员空气浸没外照射剂量计算结果如下表所示：

表 5.2.2-5 放射性气体所致放射工作人员空气浸没外照射剂量

核素名称	浸没空气浓度 Bq/m^3	年吸入时长 h	剂量转换因子，Sv/（Bq.s.m^{-3}）	年剂量 mSv/a
^{11}C	1.15E+00	200	4.58E-14	3.79E-05
^{13}N	1.40E+00	200	4.62E-14	4.66E-05
^{15}O	3.06E-04	200	4.72E-14	1.04E-08
^{41}Ar	6.58E-04	200	6.20E-14	2.94E-08
			小计	1.69E-05

结合表 5.2.2-3~5.2.2-5，本项目超瞬态同步辐射装置辐射工作人员受照情况汇总见下表。

表 5.2.2-6 放射工作人员外照射剂量一览表

人员类型	受照类型	年剂量 mSv/a
加速器、储存环等设备运营人员	职业外照射	0.39
	吸入内照射	6.11E-07÷（50÷2）×2=2.44E-08
	空气浸没外照射	1.69E-05÷（50÷2）×2=6.76E-07
	小计：	0.39
多用途束流平台实验人员	职业外照射	0.168
	吸入内照射	6.11E-07÷（10÷2）×2=1.22E-07
	空气浸没外照射	1.69E-05÷（10÷2）×2=3.38E-06
	小计：	0.168
光束线工作人员	职业外照射	0.065
	小计：	0.065
外来科研人员	职业外照射	0.145
	吸入内照射	6.11E-07
	空气浸没外照射	1.69E-05
	小计：	0.145
注：外来科研人员年吸入时长按照 100h 计；为了保守考虑外来科研受照剂量，此处按照单人考虑。		

根据表 5.2.2-6，本项目放射工作人员（除外来科研人员）受照剂量最大值为 0.39mSv/a，符合《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）以及本评价建议的职业照射剂量约束值（5mSv/a）要求；外来科研人员受照剂量最大值为 0.145mSv/a，符合本评价建议的职业照射剂量约束值（1mSv/a）要求。

（4）外来科研人员的管理

本项目涉及外来科研人员从事多用途束流平台及光束线站等相关工作，外来科研人员

在本项目超瞬态同步辐射光源工作期间，纳入超瞬态同步辐射光源统一的人员辐射安全管理。外来科研人员进入场所内工作，由项目管理人员为其发放个人剂量计，重庆大学为其在本项目内的个人受照剂量负主体责任，外来科研人员所在单位为其总受照剂量（除本项目受照剂量外，叠加其他场所受照剂量）负主体责任。

5.2.2.3 项目相关公众

项目相关的公众主要是指超瞬态同步辐射装置周围可达区域的公众。本项目中一般公众可能受影响的场所包括：装置周围楼梯间、地下夹层管廊、储存环屋顶等。周围公众不会进入控制区内，不考虑吸入内照射及浸没照射影响，仅考虑贯穿辐射影响。

公众在上述区域停留时的受照剂量情况见下表。

表 5.2.2-7 公众剂量计算结果

序号	场所*	剂量率（μSv/h）	年剂量（mSv/年）	备注
1	高功率测试大厅南侧楼梯间	0.32	5.76E-03	1）年工作时长按照 360h 计算； 2）居留因子取 1/20。
2	直线加速器隧道末端楼梯间	0.74	1.85E-02	1）年工作时长保守按照 500h 计算； 2）居留因子取 1/20。
3	多用途束流大厅顶部地下夹层管廊	0.91	1.14E-02	1）年工作时长保守按照 500h 计算； 2）居留因子取 1/40。
4	储存环顶部平台	0.317	3.96E-02	1）年工作时长保守按照 5000h 计算； 2）居留因子取 1/40。
5	储存环中心空调机房	0.503	6.29E-02	1）年工作时长保守按照 5000h 计算； 2）居留因子取 1/40。
注：本表格中公众剂量计算的场所主要选取与项目控制区直接相邻的位置，结合表 1.7-1 中所示环境敏感目标，除紧邻的敏感目标外，外围还分布有其他保护目标，如配电间（15m）、消防排烟机房（5m）、补风机房（5m）等，由于辐射环境影响随着距离增加衰减很快，且配电间、消防排烟机房、补风机房等区域人员停留时间很短，居留因子一般取 1/40，因此在本表场所中人员能够满足人员剂量要求的前提下，其对外围公众影响很小。				

由上表的计算结果得知，本项目贯穿辐射所致周围公众（项目相关的非放人员）的最大年剂量为 6.29E-02mSv/年。

5.2.2.4 项目周围敏感点公众

本次选用《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）AERSCREEN 估算模式对本项目排放的放射性废气污染物进行大气环境影响预测，估算模型参数见前文表 1.6.1-2。

放射性废气下风向空气浸没浓度值预测浓度情况见下表。

表 5.2.2- 8 放射性废气下风向浸没浓度预测结果

污染源	污染物	下风向最大浸没浓度值 Bq/m³
高功率测试大厅	^{11}C	2.39E-02
	^{13}N	6.21E-02
	^{15}O	4.62E-02
	^{41}Ar	1.45E-06
直线加速器隧道+输运线	^{11}C	2.60E-01
	^{13}N	8.56E-01
	^{15}O	5.93E-01
	^{41}Ar	5.87E-05
多用途束流平台	^{11}C	2.10E-02
	^{13}N	7.52E-02
	^{15}O	5.70E-02

	^{41}Ar	7.29E-08
储存环	^{11}C	2.10E-02
	^{13}N	7.00E-02
	^{15}O	4.91E-02
	^{41}Ar	8.03E-05

本次采用核素排出到外环境后的下风向最大浸没浓度值计算对周边敏感点的影响。对于项目周边敏感点处的公众，主要考虑放射性气载核素所致的外照射和内照射。

（1）放射性气体所致公众外照射剂量

根据公式（5-3），放射性气体所致周围敏感目标公众外照射剂量计算结果如下表所示：

表 5.2.2- 9 放射性气体所致周围敏感目标公众外照射剂量计算参数及结果

污染源	核素	浸没空气浓度（Bq/m³）	剂量转换因子（Sv/（Bq.s.m⁻³））	年受照时长 h	外照射剂量（mSv/a）
高功率测试大厅	^{11}C	2.39E-02	4.58E-14	360	1.42E-06
	^{13}N	6.21E-02	4.62E-14	360	3.72E-06
	^{15}O	4.62E-02	4.72E-14	360	2.83E-06
	^{41}Ar	1.45E-06	6.20E-14	360	1.17E-10
直线加速器隧道+输运线	^{11}C	2.60E-01	4.58E-14	5000	2.14E-04
	^{13}N	8.56E-01	4.62E-14	5000	7.12E-04
	^{15}O	5.93E-01	4.72E-14	5000	5.04E-04
	^{41}Ar	5.87E-05	6.20E-14	5000	6.55E-08
多用途束流平台	^{11}C	2.10E-02	4.58E-14	500	1.73E-06
	^{13}N	7.52E-02	4.62E-14	500	6.25E-06
	^{15}O	5.70E-02	4.72E-14	500	4.84E-06
	^{41}Ar	7.29E-08	6.20E-14	500	8.14E-12
储存环	^{11}C	2.10E-02	4.58E-14	5000	1.73E-05
	^{13}N	7.00E-02	4.62E-14	5000	5.82E-05
	^{15}O	4.91E-02	4.72E-14	5000	4.17E-05
	^{41}Ar	8.03E-05	6.20E-14	5000	8.96E-08
合计		/	/	/	1.57E-03

注：空气浓度保守按排出到外环境后的下风向最大浸没浓度值计算。

由上表的计算结果可知，本项目放射性气体所致周围敏感目标公众外照射剂量为1.57E-03mSv/年。

（2）放射性气体所致公众吸入内照射剂量

根据公式（5-2），放射性废气所致周围敏感目标公众吸入内照射剂量计算结果如下表所示：

表 5.2.2-10 放射性气体所致周围敏感目标公众吸入内照射剂量

污染源及核素		年龄组	地面空气浓度，Bq/m³	废气年排放时长 h	个人的年空气摄入量，m³/a	剂量转换因子，Sv/Bq	年剂量当量，mSv/a
高功率测试大厅	^{11}C	儿童	2.39E-02	360	72	1.10E-10	1.89E-07
		青年			216	2.20E-11	1.14E-07
		成人			298.8	1.80E-11	1.29E-07
直线加速器隧道+输运线	^{11}C	儿童	2.60E-01	5000	1000	1.10E-10	2.63E-06
		青年			3000	2.20E-11	1.58E-06
		成人			4150	1.80E-11	1.79E-06
多用途束流平台	^{11}C	儿童	2.10E-02	500	100	1.10E-10	2.63E-07
		青年			300	2.20E-11	1.58E-07
		成人			415	1.80E-11	1.79E-07
储存环	^{11}C	儿童	2.10E-02	5000	1000	1.10E-10	2.31E-06
		青年			3000	2.20E-11	1.39E-06
		成人			4150	1.80E-11	1.57E-06
合计		儿童	/	/	/	/	5.39E-06

	青年			/	/	3.26E-06
	成人			/	/	3.66E-06

由上表的计算结果可知，放射性气体所致公众的内照射剂量最大为 5.39E-06mSv/年。

综上，本项目所致敏感目标处公众的最大年剂量为 1.57E-03mSv/年+5.39E-06mSv/年=1.57E-03mSv/年，该剂量低于本项目规定的公众剂量约束值 0.1mSv/年。

以上计算结果敏感目标处的受照剂量基于排出到外环境后的下风向最大浸没浓度值进行估算，因此，前文表 1.7-1 中敏感目标的公众年受照剂量均低于 1.57E-03mSv/年，低于本项目规定的公众剂量约束值 0.1mSv/年。

5.2.3 放射性三废的环境影响

5.2.3.1 放射性废气

超瞬态同步辐射装置运行时产生气载感生放射性核素，主要核素种类为 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 和 ^{41}Ar。本项目分别在高功率测试大厅、直线加速器隧道及输运线、含多用途束流平台储存环设置独立的通排风系统，在装置运行时及运行后（主要为放射工作人员进入前）对放射性废气进行抽排。放射性废气经过排风系统收集通过辅助用房、线站大厅楼顶的排气筒排放。

根据放射性废气排出到外环境后的下风向最大浸没浓度值计算结果，本项目放射性气体排出到外环境后的下风向最大浸没浓度值与工作人员和公众的 DAC 值进行比较，结果如下表所示：

表 5.2.3-1 核素浓度与标准比较

污染源	核素	下风向最大浸没浓度值 Bq/m³	工作人员导出空气浓度值（Bq/m³）	公众工作人员导出空气浓度值（Bq/m³）
高功率测试大厅	^{11}C	2.39E-02	2.39E+04	6.35E+02
	^{13}N	6.21E-02	2.41E+04	6.86E+02
	^{15}O	4.62E-02	2.35E+04	6.72E+02
	^{41}Ar	1.45E-06	1.79E+04	5.11E+02
直线加速器隧道+输运线	^{11}C	2.60E-01	2.39E+04	6.35E+02
	^{13}N	8.56E-01	2.41E+04	6.86E+02
	^{15}O	5.93E-01	2.35E+04	6.72E+02
	^{41}Ar	5.87E-05	1.79E+04	5.11E+02
多用途束流平台	^{11}C	2.10E-02	2.39E+04	6.35E+02
	^{13}N	7.52E-02	2.41E+04	6.86E+02
	^{15}O	5.70E-02	2.35E+04	6.72E+02
	^{41}Ar	7.29E-08	1.79E+04	5.11E+02
储存环	^{11}C	2.10E-02	2.39E+04	6.35E+02
	^{13}N	7.00E-02	2.41E+04	6.86E+02
	^{15}O	4.91E-02	2.35E+04	6.72E+02
	^{41}Ar	8.76E-05	1.79E+04	5.11E+02

由上表的计算结果可知，本项目各个核素排出到外环境后的下风向最大浸没浓度值均低于工作人员和公众的导出浓度限值。本项目在正常运行过程中，排放到大气环境中的核素浓度相对较低，且在空气传输过程中不断衰减，对周围环境影响很小。

5.2.3.2 放射性废水

本项目放射性废水主要为超瞬态同步辐射装置一次冷却水活化产生的放射性废水。正常情况下设备冷却水闭路循环不排放，只是在设备相关部位检修时才需要排放，可能会产生活化的冷却水回路的最大排放量约为 $40m^3$。

根据前文 3.5.2 节的计算结果，装置冷却水中产生的 ^3H 的总活度为 5.01E+06Bq，^7Be 的总活度为 7.82E+06Bq，保守按照不经过贮存衰变直接排入市政管网，则 ^3H 和 ^7Be 的排放活度低于 GB18871-2002 确定的单次排放限值 $1ALI_{min}$（^3H 4.76E+08Bq、^7Be 3.85E+08Bq），能够满足单次排放的要求，参考国内同类型装置的实际运行情况，活化冷却水排放的概率极低，极端保守考虑按照每月发生两次计，则冷却水中 ^3H、^7Be 也能满足每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$（^3H 4.76E+09Bq、^7Be 3.85E+09Bq）的要求。

超瞬态同步辐射装置区域共设置 4 座地埋式冷却水贮存池，用于收集超瞬态同步辐射装置冷却水系统废水。其中直线加速器区域及储存环区域各 2 座，单座冷却水贮存池有效容积均为 $10m^3$，能够满足放射性废水排放需求。放射性废水经过一段时间的贮存衰变后，经检测达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中“总 β＜10Bq/L”的要求后与其他污水一并排放至场区化粪池预处理后排入市政污水管网。

放射性废水的暂存和处理应安排专人负责，并建立暂存和处理台账，详细记录放射性废水所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间等信息。

经过上述收集处理后，活化冷却水排放对外部的环境影响很小。

5.2.3.3 放射性固废

本项目放射性固废主要是超瞬态同步辐射装置维修维护过程中更换的活化结构部件（包含磁体部件、束测靶件、真空管件等），以及净化处理循环冷却水系统的废树脂，按每年更换一次考虑，年产生量约 1.2t/a。

为减少放射工作人员更换活化部件所受照射，每次更换活化部件前，辐射工作人员手持辐射剂量率监测仪器对活化部件周围的剂量率水平进行监测，依据监测结果，对部件活化程度、维修维护安全性和操作时间进行评估。

更换的放射性固体废物置于废物桶内，对于剂量率水平偏高的活化部件，应贮存在铅废物桶内，然后就近至于场所内的放射性废物暂存间内。经贮存衰变一段时间（一般为 2~5 年），经检测对于可回收利用的部件回收利用，不能回收利用的放射性固体废物委托有资质单位收贮。

放射性废物暂存间设置视频监控装置及电离辐射警告标志，每个废物桶外设置电离辐射标志和放射性废物标签，该标签上包括贮存日期、材料来源和性质、表面剂量率以及收

集人员签名等内容。

本项目产生的放射性固体废物从产生到最终处置的全过程均得到有效控制，不会对周围环境产生不良影响。

5.2.4 其他非放射性环境影响

5.2.4.1 废气

（1）直线加速器 O_3、NO_2

根据前文分析计算，本项目高功率测试大厅、直线加速器隧道（含多用途束流平台）及输运线、储存环区域产生的臭氧、二氧化氮浓度最大值为 2.58E-02mg/m^3、1.18E-02mg/m^3，该浓度远低于《工业场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）规定工作场所的臭氧允许浓度为 0.3mg/m^3、二氧化氮允许浓度为 5mg/m^3 限值要求，同时亦能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）臭氧 1 小时平均浓度限值为 0.2mg/m^3、氮氧化物 1 小时平均浓度限值 0.25mg/m^3 限值要求。

可以预见，超瞬态同步辐射装置运行期间，由于束流损失而产生的有害气体 O_3 和 NO_2 在空气中的落地浓度极低，对环境影响很小。

（2）锅炉天然气燃烧废气

本项目设置锅炉为线站大厅、科研楼供暖，锅炉以天然气为能源，采用低氮燃烧器，天然气燃烧将产生 SO_2、NO_x、颗粒物，锅炉废气经专用管道引至动力用房楼顶排放，排气筒高度为 11.5m。

根据前文计算结果，天然气燃烧产生的 SO_2、NO_x、颗粒物排放浓度能满足《锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658-2016）及其重庆市地方标准第 1 号修改单限值要求。

通过以上措施，锅炉废气对周边环境影响较小。

（3）实验室废气

超瞬态科学研究楼实验室在日常使用挥发性物质过程中将产生实验室有机废气，主要污染物为非甲烷总烃等。实验操作在通风橱内进行，实验产生的有机废气经通风橱收集、活性炭过滤后经过科学研究楼楼顶的排气筒排放，排气筒高度约 24m。

根据前文计算结果，实验室有组织排放浓度及排放速率均能够满足《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）标准限值要求；无组织废气通过加强实验室通风等管理措施，可使得实验室无组织废气满足《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）中无组织排放监控点的要求。

表 5.2.4-1 建设项目大气环境影响评价自查表

<table>
<tr><td colspan="2">工作内容</td><td colspan="7">自查项目</td></tr>
<tr><td rowspan="2">评价等级与范围</td><td>评价等级</td><td colspan="2">一级□</td><td colspan="2">二级☑</td><td colspan="2">三级□</td></tr>
<tr><td>评价范围</td><td colspan="2">边长=50km□</td><td colspan="2">边长 5~50km□</td><td colspan="2">边长=5km☑</td></tr>
<tr><td rowspan="2">评价因子</td><td>SO_2+NOx 排放量</td><td colspan="2">≥2000t/a□</td><td colspan="2">500~2000t/a□</td><td colspan="2">＜500t/a☑</td></tr>
<tr><td>评价因子</td><td colspan="4">基本污染物（SO_2、NO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$、CO、O_3）
其他污染物（非甲烷总烃）</td><td colspan="2">包括二次 $PM_{2.5}$□
不包括二次 $PM_{2.5}$☑</td></tr>
<tr><td>评价标准</td><td>评价标准</td><td colspan="2">国家标准□</td><td colspan="2">地方标准☑</td><td colspan="2">附录 D□ 其他标准□</td></tr>
<tr><td rowspan="4">现状评价</td><td>环境功能区</td><td colspan="2">一类区□</td><td colspan="2">二类区☑</td><td colspan="2">一类区和二类区□</td></tr>
<tr><td>评价基准年</td><td colspan="6">（2022）年</td></tr>
<tr><td>环境空气质量现状调查数据来源</td><td colspan="2">长期例行监测数据□</td><td colspan="2">主管部门发布的数据☑</td><td colspan="2">现状补充数据□</td></tr>
<tr><td>现状评价</td><td colspan="3">达标区☑</td><td colspan="3">不达标区□</td></tr>
<tr><td>污染源调查</td><td>调查内容</td><td colspan="2">本项目正常排放源☑
本项目非正常排放源☑
现有排放源□</td><td colspan="2">拟替代的污染源□</td><td colspan="2">其他在建、拟建项目污染源□ 区域污染源□</td></tr>
<tr><td rowspan="8">大气环境影响预测与评价</td><td>预测模型</td><td colspan="2">AERMOD□ ADMS□</td><td colspan="2">AUSTAL2000□ EDMS/AEDT□</td><td colspan="2">CALPUFF□ 网络模型□ 其他□</td></tr>
<tr><td>预测范围</td><td colspan="2">边长≥50km□</td><td colspan="2">边长 5~50km□</td><td colspan="2">边长=5km☑</td></tr>
<tr><td>预测因子</td><td colspan="4">预测因子（ ）</td><td colspan="2">包括二次 $PM_{2.5}$□
不包括二次 $PM_{2.5}$□</td></tr>
<tr><td>正常排放短期浓度贡献值</td><td colspan="4">$C_{本项目}$最大占标率≤100%□</td><td colspan="2">$C_{本项目}$最大占标率＞100%□</td></tr>
<tr><td rowspan="2">正常排放年均浓度贡献值</td><td>一类区</td><td colspan="2">$C_{本项目}$最大占标率≤10%□</td><td colspan="2">$C_{本项目}$最大占标率＞10%□</td></tr>
<tr><td>二类区</td><td colspan="2">$C_{本项目}$最大占标率≤10%□</td><td colspan="2">$C_{本项目}$最大占标率＞10%□</td></tr>
<tr><td>非正常排放 1h 浓度贡献值</td><td>非正常持续时长（）h</td><td colspan="3">$C_{非正常}$最大占标率≤100%□</td><td colspan="2">$C_{非正常}$最大占标率＞100%□</td></tr>
<tr><td>保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值</td><td colspan="3">$C_{叠加}$达标□</td><td colspan="3">$C_{叠加}$不达标□</td></tr>
<tr><td>区域环境质量的整体变化情况</td><td colspan="3">k≤-20%□</td><td colspan="3">k＞-20%□</td></tr>
<tr><td rowspan="2">环境监测计划</td><td>污染源监测</td><td colspan="3">监测因子（SO_2、NOx、颗粒物、非甲烷总烃）</td><td colspan="2">有组织废气检测 ☑
无组织废气监测 ☑</td><td>无监测□</td></tr>
<tr><td>环境质量监测</td><td colspan="3">监测因子（ ）</td><td colspan="2">监测点位数（ ）</td><td>无监测 ☑</td></tr>
<tr><td rowspan="3">评价结论</td><td>环境影响</td><td colspan="4">可以接受☑</td><td colspan="2">不可以接受□</td></tr>
<tr><td>大气环境防护距离</td><td colspan="6">不设大气环境防护距离</td></tr>
<tr><td>污染源年排放量</td><td colspan="2">SO_2（0.110）t/a</td><td colspan="2">NOx（0.167）t/a</td><td colspan="2">颗粒物（0.044）t/a VOCs（0.003）t/a</td></tr>
<tr><td colspan="8">注：“□”为勾选项，填“√”；“（ ）”为内容填写项</td></tr>
</table>

5.2.4.2 废水

本项目非放射性废水主要是工作人员的生活污水、实验室实验器皿的后道清洗水、纯水制备浓水等，其主要污染因子为 COD、BOD_5、SS、氨氮等。

根据本项目的排水设计，非放射性废水经过管道收集、化粪池处理后排入市政污水管道，然后排入西永污水处理厂集中处理。本项目所在区域设置 2 个化粪池，分别位于地块东侧偏北及东侧中部，容积分别为 $20m^3$、$40m^3$，位置详见图 1.2-2。

目前项目东侧 G212 国道连通至城市污水处理厂的管网尚未接通，根据《重庆高新区生态环境保护“十四五”规划和二〇三五年远景目标》（2021 年 5 月）：“完善城镇生活污染治理设施。加快实施雨污分流工程，城镇新区建设均应实行雨污分流，实施巴福、石板等老场镇雨污分流改造，难以改造的应采取截流、调蓄和治理等措施。加快推进城镇污水管网新建、改建和维护，完成莲花滩河、智能制造园区、曾家片区等区域截污管网建设和改造，

完成西永污水处理厂 C、D 线管网、虎溪主干管等扩建工程，推进现有箱涵式污水管网收集系统逐步改造，到 2025 年，力争实现污水全收集全处理。”本项目位于曾家片区，预计建成时间为 2025 年 5 月，可能存在项目建成后污水收集管网暂未建成的情况。项目运行前期，场区人员数量较少，产生的污水量较小。因此，在项目运行前期，如若污水管网尚未接通，项目产生的废水在化粪池内囤积、处理后定期外运至污水处理厂；待管网接通后，项目废水经化粪池处理后排入市政污水管道，最终排入西永污水处理厂集中处理。

表 5.2.4-2 地表水环境影响评价自查表

工作内容		自查项目		
影响识别	影响类型	水污染影响型√；水文要素影响型 □		
	水环境保护目标	饮用水水源保护区 □；饮用水取水口 □；涉水的自然保护区 □；重要湿地 □；重点保护与珍稀水生生物的栖息地 □；重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道、天然渔场等渔业水体□；涉水的风景名胜区 □；其他 □		
	影响途径	水污染影响型		水文要素影响型
		直接排放 □；间接排放 √；其他 □		水温 □；径流 □；水域面积 □
	影响因子	持久性污染物 □；有毒有害污染物 □；非持久性污染物 √；pH 值 □；热污染 □；富营养化 □；其他 □		水温 □；水位（水深） □；流速 □；流量 □；其他 □
评价等级		水污染影响型		水文要素影响型
		一级 □；二级 □；三级A □；三级B √		一级 □；二级 □；三级 □
现状调查	区域污染源	调查项目		数据来源
		已建 □；在建 □；拟建 □；其他 □	拟替代的污染源 □	排污许可证 □；环评 □；环保验收 □；既有实测 □；现场监测 □；入河排放口数据 □；其他 □
	受影响水体水环境质量	调查时期		数据来源
		丰水期 □；平水期 □；枯水期 □；冰封□；春季 □；夏季 □；秋季 □；冬季 □		生态环境保护主管部门 □；补充监测 □；其他 □
	区域水资源开发利用状况	未开发 □；开发量40%以下 □；开发量40%以上 □		
	水文情势调查	调查时期		数据来源
		丰水期 □；平水期 □；枯水期 □；冰封期 □ 春季 □；夏季 □；秋季 □；冬季 □		水行政主管部门 □；补充监测 □；其他 □
	补充监测	监测时期	监测因子	监测断面或点位
		丰水期 □；平水期 □；枯水期 □；冰封期 □ 春季 □；夏季 □；秋季 □；冬季 □	（）	监测断面或点位个数（）个
现状评价	评价范围	河流：长度（ ）km；湖库、河口及近岸海域：面积（ ）km^2		
	评价因子	（CODcr、BOD_5、SS、NH_3-N）		
	评价标准	河流、湖库、河口：Ⅰ类 □；Ⅱ类 □；Ⅲ类 □；Ⅳ类 □；Ⅴ类 □ 近岸海域：第一类 □；第二类 □；第三类 □；第四类 □ 规划年评价标准（ ）		
	评价时期	丰水期 □；平水期 □；枯水期 □；冰封期 □ 春季 □；夏季 □；秋季 □；冬季 □		
	评价结论	水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标状况 □：达标 □；不达标□ 水环境控制单元或断面水质达标状况 □：达标 □；不达标 □ 水环境保护目标质量状况 □：达标 □；不达标 □ 对照断面、控制断面等代表性断面的水质状况 □：达标 □；不达标 □ 底泥污染评价 □ 水资源与开发利用程度及其水文情势评价 □ 水环境质量回顾评价□ 流域（区域）水资源（包括水能资源）与开发利用总体状况、生态流量管理要求与现状满足程度、建设项目占用水域空间的水流状况与河湖演变状况 □		达标区 √ 不达标区 □
影响预	预测范围	河流：长度（/ ）km；湖库、河口及近岸海域：面积（/）km^2		
	预测因子	（/）		
	预测时期	丰水期 □；平水期 □；枯水期 □；冰封期 □		

<table>
<tr><th colspan="2">工作内容</th><th colspan="5">自查项目</th></tr>
<tr><td rowspan="3">测</td><td></td><td colspan="5">春季 □；夏季 □；秋季 □；冬季 □
设计水文条件 □</td></tr>
<tr><td>预测情景</td><td colspan="5">建设期 □；生产运行期 □；服务期满后 □
正常工况 □；非正常工况 □
污染控制和减缓措施方案 □
区（流）域环境质量改善目标要求情景 □</td></tr>
<tr><td>预测方法</td><td colspan="5">数值解 □：解析解 □；其他 □
导则推荐模式 □：其他 □</td></tr>
<tr><td rowspan="8">影响评价</td><td>水污染控制和水环境影响减措施有效性评价</td><td colspan="5">区（流）域水环境质量改善目标 □；替代削减源 □</td></tr>
<tr><td>水环境影响评价</td><td colspan="5">排放口混合区外满足水环境管理要求 □
水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标 □
满足水环境保护目标水域水环境质量要求 □
水环境控制单元或断面水质达标 □
满足重点水污染物排放总量控制指标要求，重点行业建设项目，主要污染物排放满足等量或减量替代要求 □
满足区（流）域水环境质量改善目标要求 □
水文要素影响型建设项目同时应包括水文情势变化评价、主要水文特征值影响评价、生态流量符合性评价 □
对于新 设或调整入河（湖库、近岸海域）排放口的建设项目，应包括排放口设置的环境合理性评价 □
满足生态保护红线、水环境质量底线、资源利用上线和环境准入清单管理要求 □</td></tr>
<tr><td rowspan="2">污染源排放量核算</td><td colspan="3">污染物名称</td><td>排放量/（t/a）</td><td>排放浓度/（mg/L）</td></tr>
<tr><td colspan="3">/</td><td>/</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="2">替代源排放情况</td><td>污染源名称</td><td>排污许可证编号</td><td>污染物名称</td><td>排放量/（t/a）</td><td>排放浓度/（mg/L）</td></tr>
<tr><td>（/）</td><td>（/）</td><td>（/）</td><td>（/）</td><td>（/）</td></tr>
<tr><td>生态流量确定</td><td colspan="5">生态流量：一般水期（ ）m^3/s；鱼类繁殖期（ ）m^3/s；其他（ ）m^3/s
生态水位：一般水期（ ）m；鱼类繁殖期（ ）m；其他（ ）m</td></tr>
<tr><td rowspan="6">防治措施</td><td>环保措施</td><td colspan="5">污水处理设施 √；水文减缓设施 □；生态流量保障设施 □；区域削减 □；依托其他工程措施 □；其他 □</td></tr>
<tr><td rowspan="4">监测计划</td><td></td><td colspan="2">环境质量</td><td colspan="2">污染源</td></tr>
<tr><td>监测方式</td><td colspan="2">手动 □；自动 □；无监测 □</td><td colspan="2">手动 √；自动 □；无监测 □</td></tr>
<tr><td>监测点位</td><td colspan="2">（/）</td><td colspan="2">总排水口</td></tr>
<tr><td>监测因子</td><td colspan="2">（/）</td><td colspan="2">pH、COD_{Cr}、BOD_5、SS、NH_3-N</td></tr>
<tr><td>污染物排放清单</td><td colspan="5">COD_{Cr}:1.10t/a、BOD_5:0.94t/a、SS:1.10t/a、NH_3-N:0.09t/a</td></tr>
<tr><td colspan="2">评价结论</td><td colspan="5">可以接受 √；不可以接受 □</td></tr>
<tr><td colspan="7">注：“□”为勾选项，可√；“（ ）”为内容填写项；“备注”为其他补充内容。</td></tr>
</table>

5.2.4.3 固废

本项目中产生的非放射性固废主要包括废一般包装材料、废纯水制备滤芯、沾染毒性等危险特性的废弃包装物、实验室头道清洗废液、实验废液（超声波清洗废液、废抛光液等）、废气处理产生的废活性炭以及生活垃圾等。

废一般包装材料产生量约为 0.5t/a，废纯水制备滤芯产生量约为 0.2t/a，分别收集后暂

存于一般固废暂存间内，定期委托相关单位回收利用。

沾染毒性等危险特性的废弃包装物、实验废液（超声波清洗废液、废抛光液等）、实验室头道清洗废液为危险废物，年产生总量为 0.375t，其废物类别为 HW49 其他废物，废物代码为 900-047-49。危险废物按照种类收集后暂存于超瞬态科学研究楼危险废物暂存间内，定期委托有相关危废资质的单位处置，危险废物暂存间位置详见附图 5-1。

废活性炭产生量约为 0.1t/a，为危险废物，其废物类别为 HW49 其他废物，废物代码为 900-039-49。废活性炭更换后暂存于超瞬态科学研究楼危险废物暂存间内，定期委托有相关危废资质的单位处置。

生活垃圾产生量为 25t/a，统一交环卫部门处理。

本项目设置一个危险废物暂存间，用于暂存本项目产生的危险废物。危废库建设和运行按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）的建设要求设置。详见以下：

（1） 贮存物质相容性要求：在常温常压下不水解、不挥发的固体危险废物可在贮存场所内分别堆放，除此之外的其他危险废物必须存放于容器中，存放用容器也需符合 GB 18597-2023 标准的相关规定；禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器中存放；无法装入常用容器的危险废物可用防漏胶袋等盛装；装载液体、半固体危险废物的容器内须留有足够空间，容器顶部与液体表面之间保留 100mm 以上的空间。

（2） 包装容器要求：危险废物贮存容器应当使用符合标准的容器盛装危险废物，装载危险废物的容器及材质要满足相应的强度要求，装载危险废物的容器必须完好无损；盛装危险废物的容器材质和衬里要与危险废物相容。

（3） 危险废物贮存场所要求：对于危险废物暂存区域应严格按照 GB 18597-2023 的相关规定，贮存场所地面需进行耐腐蚀硬化处理，且地基须防渗，地面表面无裂缝；不相容的危险废物需分类存放，并设置隔离间隔断；危险废物堆要防风、防雨、防晒，并按照《环境保护图形标志——固体废物贮存（处置）场》（GB15562-1995）及修改单（生态环境部公告 2023 年第 5 号）张贴规范的警示标志。

（4） 危废暂存间设立危险废物进出入台账登记管理制度，记录每次运送流程和处置去向，严格执行危险废物电子联单制度，实行对危险废物从源头到终端处理的全过程监管，确保危险废物 100%得到安全处置。

本项目产生的非放射性固体废物均妥善处置，不会对环境产生不良影响。

5.2.4.4 噪声

本项目主要声源为空调系统、排风系统、冷却塔以及设备风机等运行产生的噪声。本项目采取的噪声防治措施主要包括：①尽量采用低噪声设备，从源头减少噪声源强；②合

理布局，将高噪声设备远离办公区，同时，噪声设备尽量位于建筑内部，利用建筑隔声降低对外部影响；③对噪声设备等进行减振、消声等措施，同时加强设备日常维护，使之正常运转。

本项目噪声源强及各声源距场界距离见下表。

表 5.2.4-3 本项目噪声源强一览表

设备/设施	源强 dB（A）			距场界距离 m			
	降噪前	降噪量	降噪后	E	W	S	N
锅炉风机	90	25	65	220	72	173	171
螺杆式冷冻机	90	25	65	192	51	136	157
冷却塔	90	15	75	192	51	136	157
实验室废气处理风机	85	15	70	127	89	149	121
高功率测试大厅排风风机	80	15	65	249	46	227	117
直线、输运线隧道排风风机	83	15	68	259	43	271	74
储存环排风风机	83	15	68	259	43	271	74
多用途束流平台排风风机	80	15	65	259	43	271	74

选用《环境影响评价技术导则——声环境》（HJ 2.4–2021）附录 A 对场界噪声影响进行预测：

（1）点声源衰减公式

$$L_A(\mathrm{r}) = L_{\mathrm{A}}(\mathrm{r}_0) - \left(A_{div} + A_{atm} + A_{bar} + A_{gr} + A_{misc}\right)$$

式中：L_A（r_0）——距声源 r_0 距离上的 A 声压级；

A_{div}——几何发散衰减；

A_{atm}——空气吸收引起的衰减，公式：$A_{atm} = \frac{a(r-r_0)}{1000}$，其中 a 为大气吸收衰减系数；

A_{bar}——屏障引起的衰减。在单绕射（即薄屏障）情况，衰减最大取 20dB（A）；在双绕射（即厚屏障）情况，衰减最大取 25dB（A）；

A_{gr}——地面效应衰减，公式：$A_{gr} = 4.8 - (\frac{2h_m}{r})[17 + (\frac{300}{r})]$，其中 h_m 为传播路径的平均离地高度（m）；

A_{misc}——其他多方面效应引起的倍频带衰减。

（2）声级的计算

预测点的预测等效声级（L_{eq}）计算公式：

$$L_{eq} = 10\lg\left(10^{0.1L_{eqg}} + 10^{0.1L_{eqb}}\right)$$

式中：L_{eqg}——建设项目声源在预测点的等效声级贡献值，dB（A）；

L_{eqb}——预测点的背景值，dB（A）。

本项目噪声设备经建筑隔声及距离衰减后，对各场界的噪声影响值见表 5.2.4-2。

表 5.2.4-2 噪声源对各侧场界噪声影响值

声源名称	各预测点贡献值，dB（A）			
	E	W	S	N
锅炉风机	21.15	30.85	23.24	23.34
螺杆式冷冻机	20.11	31.63	23.11	21.86
冷却塔	30.11	41.63	33.11	31.86
实验室废气处理风机	27.92	31.01	26.54	28.34
高功率测试大厅排风风机	17.08	31.74	17.88	23.64
直线、输运线隧道排风风机	19.73	35.33	19.34	30.62
储存环排风风机	19.73	35.33	19.34	30.62
多用途束流平台排风风机	16.73	32.33	16.34	27.62
场界噪声贡献值	33.4	44.6	35.0	37.6
执行标准《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2、4 类标准（昼/夜）	70/55（4 类）	60/50（2 类）	60/50（2 类）	60/50（2 类）

由上表可见，本项目主要噪声设备经减振、隔声和距离衰减后，对场界噪声的贡献值最大为 44.6dB（A），可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2、4 类标准要求，因此本项目的建设对周边声环境影响较小，不会降低项目所在地原有声环境功能级别。

5.3 事故影响分析

5.3.1 事故分析

5.3.1.1 误入或误锁事故

超瞬态同步辐射装置的电离辐射源主要来自瞬发辐射场，这些辐射可能直接或通过与周围介质作用而间接影响环境，但装置一旦停机，可能造成环境影响的主要辐射源就消失，并且不会再引起空气、设备冷却水的活化。

装置运行中可能发生的最严重事故是误入和误锁在正在运行的高辐射区内，而造成的人身伤害事故。但正常情况下，由于设备运行场所（包括直线加速器隧道、多用途束流平台、储存环）和控制室、工艺大厅为隔室，设备的运行是由远端的程序进行控制，操作人员不在设备运行场所内，且无关工作人员不允许进入到装置场所内，所以发生上述事故的概率极低。一旦装置发生故障时，程序控制系统会使加速器自动停机，也可通过手动使其停机。

5.3.1.2 异常丢束事故

超瞬态同步辐射装置可能发生的重大事故包括运行中的加速器忽然断电或真空消失而导致电子束流突然改变方向，打到加速器/储存环部位的某一点上。

本项目装置设置事故联锁装置，一旦发生断电或真空丢失，响应系统将在在 1s 内关闭电子枪，使辐射源消失。此外，根据前文对储存环异常丢束的分析计算，项目屏蔽墙厚度能够满足异常丢束的一次剂量限值要求。

5.3.1.3 违规操作

由于人员违规操作，如将安全联锁机构旁路而进入高辐射区等，从而受到超剂量或大剂量的照射。

本项目辐射工作人员在上岗前均须参与生态环境部门统一组织的核与辐射安全防护知识培训，充分认识到装置的辐射特性；场所严格遵守岗位职责、操作规范等规章制度，加强人员培训，使工作人员思想意识上充分提高警惕；定期对联锁安全进行维修、维护检查，尽可能使人为事故发生的概率降至最低。

5.3.1.4 冷却水管道破裂

超瞬态同步辐射装置一旦冷却水系统发生故障，可能导致冷却水泄漏。活化的冷却水可能控制区内发生辐射污染。

本项目在超瞬态同步辐射装置控制区内部设置地漏，冷却水随地漏经专用管道排入冷却水贮存池内贮存衰变处理，随后易吸水材质吸收干净，并用棉布对沾污处之处反复清洁擦拭，并采用表面污染检测仪对进行检测，确保其 β 放射性符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中表 B11 对于控制区的要求，即 β 表面污染水平小于 40Bq/cm^2。用于擦拭和清洁的材质（如棉布等）作为放射性固体废物处理。冷却水循环系统功能恢复前不得开启加速器。

根据前文分析，活化冷却水中主要核素种类为 ^{3}H、^{7}Be、^{11}C、^{13}N、^{15}O，其中 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 的半衰期很短，根据前文的模拟结果，^{3}H、^{7}Be 核素浓度很低，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 A1 中的豁免浓度限值。一旦发生冷却水系统发生故障，放射工作人员进入控制区内擦拭和清洁所致人员剂量很小。

5.3.2 事故影响分析

超瞬态同步辐射装置的最大可信事故为：误入和误锁在正在产生运行的高辐射区内，而造成的人身伤害事故。为防止此类事故的发生，超瞬态同步辐射装置设置人身安全联锁系统，包含以下安全防护措施：

（1）人身安全联锁系统是加速器开机的必要条件。只有在人身安全联锁系统正常运行的情况下，加速器才开机。

（2）制定有多重措施防止加速器开机时人员误入控制区：

①控制区门口设置有指示灯和显示屏，提示人员了解控制区的管制状态；

②人员刷门禁卡的前提是辐射防护人员授权，刷卡确认，且人身安全联锁系统正常就绪；

③门禁开关实时监测联锁门状态，如果运行时联锁门被突然打开，门磁开关立刻将信

号传至联锁系统，切断束流，保障人员安全。

（3）制定有多重措施防止误锁人员在控制区内引发事故：

①进入控制区的人员必须佩戴个人的门禁卡（联锁钥匙），钥匙没归位（完成作业离开控制时需要钥匙箱上刷卡确认）的情况下，人身安全联锁系统无法建立；

②搜索清场期间严格按既定路线执行清场，同时设有防跟随清场流程，确保滞留在控制内的人员已全部离开。

③如果有人员被误锁在控制区，可由辐射防护值班人员按下清场按钮发出的声光报警，提示迅速离开。

（4）定期检查，确保系统正常工作：

①人身安全联锁系统选用质量可靠、经久耐用的联锁部件。

②在停机期间，还将对人身安全联锁系统进行安全性测试检查，确保在加速器开机时正常工作。

（5）制定一系列安全操作规程，并定期开展辐射安全与防护培训。

因此，人身安全联锁系统在技术上能够防止运行期间工作人员误入或被困控制区受到误照射。结合国内其他大型粒子加速器装置的运行经验，如北京正负电子对撞机（BEPC）、中国散裂中子源（CSNS）、上海光源（SSRF）、兰州重离子研究装置（HIRFL）等均已安全运行多年，至今未发生误照射事故。

为进一步了解项目事故环境影响后果分析，本评价对误入或误锁事故所致人员事故受照剂量进行理论估算。根据前文 5.2.1 模拟分析结果，超瞬态装置运行过程中控制区内辐射剂量率水平最大值约为 10^6μSv/h，控制区内设置急停按钮、指示灯和显示屏，如果有人员误锁至控制区内，极短按照 10min 可按下急停按钮，或沿途达到迷宫出口，则人员一次受照剂量为 0.17Sv。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条：

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

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

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

较大辐射事故，是指Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失

控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

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

根据《辐射防护基础》（李星洪主编），在受照剂量为 1Gy 时，临床症状可产生恶心、疲劳，受照剂量达 1.25Gy 时，有 20~25%的人可能发生呕吐，血相有显著变化，可能致轻度急性放射病；受照剂量为 0.5Gy 时，血相有轻度暂时性变化（淋巴细胞和白细胞减少），无其他可查出的临床症状，但可能有迟发效应，对个体不会发生严重的效应；受照剂量为 0~0.25Gy 时，无可检出的临床症状，可能无迟发效应。

本项目误入或误锁事故所致辐射事故为一般辐射事故，重庆大学应建立一系列辐射安全防护措施及规章制度，尽最大可能避免事故发生，将其事故影响降至最低。

6 辐射安全管理

6.1 机构与人员

6.1.1 辐射安全与环境保护管理机构设置与职能

重庆大学已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》以及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定，设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，并设置辐射安全防护负责人，负责重庆大学内的辐射安全工作。

重庆大学射线装置的安全和防护管理实行学校、二级单位、实验室三级管理体制。

（一）学校成立化学危险品及放射源管理领导小组。在领导小组领导下，保卫处负责校内射线装置安全管理工作；实验室及设备管理处负责校内射线装置技术安全管理工作。同时设立辐射安全管理技术专家组，由辐射安全防护方面技术专家及有关实验室专业技术人员组成，具体负责辐射安全管理中的业务技术指导工作。

（二）二级单位负责本单位辐射安全管理工作。二级单位分管实验室技术安全的领导为本单位辐射安全管理的负责人；设定专（兼）职辐射安全管理员负责日常管理工作，负责宣传、贯彻、执行国家和学校有关辐射安全管理的法规、制度，督促和指导操作人员安全操作，并负责建立本单位射线装置的详细台账，做到账卡物一致。

（三）相关实验室根据本单位射线装置的具体情况，制定相应的操作规程、辐射防护和安全保卫制度、人员岗位职责、辐射事故应急处理预案、辐射安全责任书等，经二级单位审核确认后报保卫处、实验室及设备管理处备案。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019 年 8 月 22 日修改）：“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。”重庆大学设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，辐射防护负责人学历为本科以上，能够满足法律法规的相关要求。

重庆大学针对本项目超瞬态同步辐射光源的设计、实施运行专门成立了重庆大学超瞬态装置实验室，由实验室负责本项目辐射安全运行管理。本项目的辐射安全管理可依托重庆大学现有辐射安全机构进行管理，另外，超瞬态装置实验室作为“实验室三级管理”的一部分，应根据实验室的实际运行情况配备相应的辐射安全管理人员。

6.1.2 关键岗位人员及辐射工作人员配备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（生态环境部第 20 号令第四次修订）》，第十六条条款要求：“（一）……依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关

键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。”

根据《关于发布<注册核安全工程师职业资格关键岗位名录>（第一批）的通知》（国核安发[2010]25 号）、《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发[2015]40 号），“（三）……使用Ⅰ类射线装置单位，辐射安全关键岗位一个，为辐射防护负责人，最少在岗人数 1 名。”

据此，本项目需配设置辐射安全关键岗位一个，为辐射防护负责人。重庆大学超瞬态装验室已配备一名注册核安全工程师拟担任辐射安全关键岗位，符合法律法规的相关要求。

参与本项目辐射操作的工作人员均应参加生态环境部统一组织的辐射安全与防护考核，并取得考核合格证书，考核合格后方可上岗。

6.2 辐射安全管理规章制度

6.2.1 制定管理规章制度

重庆大学现有辐射工作场所主要活动种类和范围为生产、销售、使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，并根据活动种类和范围制定了一系列规章制度，重庆大学现有规章制度能够满足目前的射线装置的辐射安全管理要求。本项目新增使用Ⅰ类射线装置，现有辐射安全管理规章制度不能满足Ⅰ类射线装置使用的管理要求。因此，针对本项目，重庆大学超瞬态装置实验室制定了以下规章制度：

（1）操作规程——《超瞬态装置实验室辐射安全操作规程》

（2）岗位职责——《超瞬态装置实验室辐射工作人员岗位职责》

（3）辐射防护和安全保卫管理制度——《超瞬态装置实验室辐射防护和安全保卫管理制度》

（4）监测管理制度——《超瞬态装置实验室个人剂量监测管理制度》、《超瞬态装置实验室辐射工作场所监测管理制度》、《超瞬态装置环境监测管理制度》、《超瞬态装置实验室放射性工作人员健康检查管理制度》

（5）设备检修制度——《超瞬态装置实验室活化部件检修制度》、《辐射安全防护措施检修、检查制度》

（6）人员培训制度——《超瞬态装置实验室辐射工作人员培训制度》

（7）辐射工作场所管理制度——《超瞬态装置实验室科研实验人员进出辐射控制区注意事项》

（9）辐射事故应急预案——《超瞬态装置实验室辐射事故应急预案》

（10）放射性废物管理规定——《超瞬态装置实验室放射性废物管理规定》

以上针对超瞬态实验装置补充的辐射安全管理制度较为健全，能够符合法律法规的相

关要求，重庆大学将超瞬态实验室的规章制度纳入学校现有辐射安全管理体系内。重庆大学在后续运行管理过程中应根据最新的相关法律法规、条例办法及现行标准的要求，定期更新和完善已有的规章制度及应急预案。

6.2.2 拟开展管理措施

为完善建设单位辐射管理制度，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，建设单位拟开展的辐射环境管理工作如下：

1) 项目获批后办理《辐射安全许可证》，在许可证许可的范围和有效期内从事放射相关工作。

2) 辐射工作场所均拟设置电离辐射警告标志和中文警示说明，控制区出入口上方设置工作指示灯；警告标志的张贴规范。

3) 项目在竣工验收完成后方可正式投入运行。

4) 辐射工作人员遵守各项操作规程，检查仪器安全并做好当班记录，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。

5) 定期开展安全防护措施检查并形成制度，发现问题及时解决。

6) 为每名辐射工作人员配置个人剂量计，定期组织工作人员进行个人剂量监测，进入相关机房工作人员佩带个人剂量报警仪，记录个人所受的射线剂量。

7) 对辐射工作人员每 3 个月进行个人剂量检测，每 1~2 年进行职业健康检查并形成制度。

8) 根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的相关要求进行辐射环境水平检测，并建立监测技术档案。

9) 每年对单位辐射安全和防护状况进行年度评估，于每年 01 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告并附上相关监测报告及人员监测数据。发现安全隐患需立即整改。

10) 安装、维修或更换与有关射线装置部件，向有关部门申请，进行防护监测，确定合格后方可启用，以杜绝放射事故的发生。

11) 凡需增加或拆除现有辐射设施和设备，先向生态环境部门提出申请，在重新监测评价后，方可进行。

12) 依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止前，应当确保环境辐射安全，妥善实施辐射工作场所或者设备的退役，并承担退役完成前所有的安全责任。

6.3 辐射监测

本项目辐射监测包括：工作场所监测、流出物监测、环境监测和个人剂量监测。工作场所监测采用在线区域辐射剂量监测和巡测相结合；流出物监测主要采用定期委托资质单

位取样监测；环境监测主要是定期委托资质单位对环境介质取样分析；个人剂量监测将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。

重庆大学超瞬态实验室应建立辐射监测档案记录，对工作场所、环境、个人剂量开展定期监测并留档备查。

6.3.1 自主监测

（1）工作场所监测

工作场所监测采用区域固定式辐射剂量监测和便携仪器巡测相结合。

监测项目主要包括：γ辐射剂量率、中子剂量率水平。

（2）固定式辐射剂量监测

超瞬态同步辐射装置拟在直线加速器、多用途束流平台、储存环、光束线站、高功率测试大厅及直线隧道上方的控制室（工艺）、中央控制室分别设置固定式辐射剂量监测设备。每个区域辐射监测点位配置一台中子剂量率监测仪和一台γ剂量率监测仪，监测仪通过 TCP/IP 网络连接至服务器机房和中央控制室，中央控制室的终端监视计算机可以实时查看工作场所的γ和中子剂量率。

本项目场所辐射监测点位选择在人员常驻留处，如工艺大厅、值班室，实验大厅等；以及剂量率预期可能较大处，如束流阻挡器区、注入区等。详细布置点位见下图 6.3.1-1。

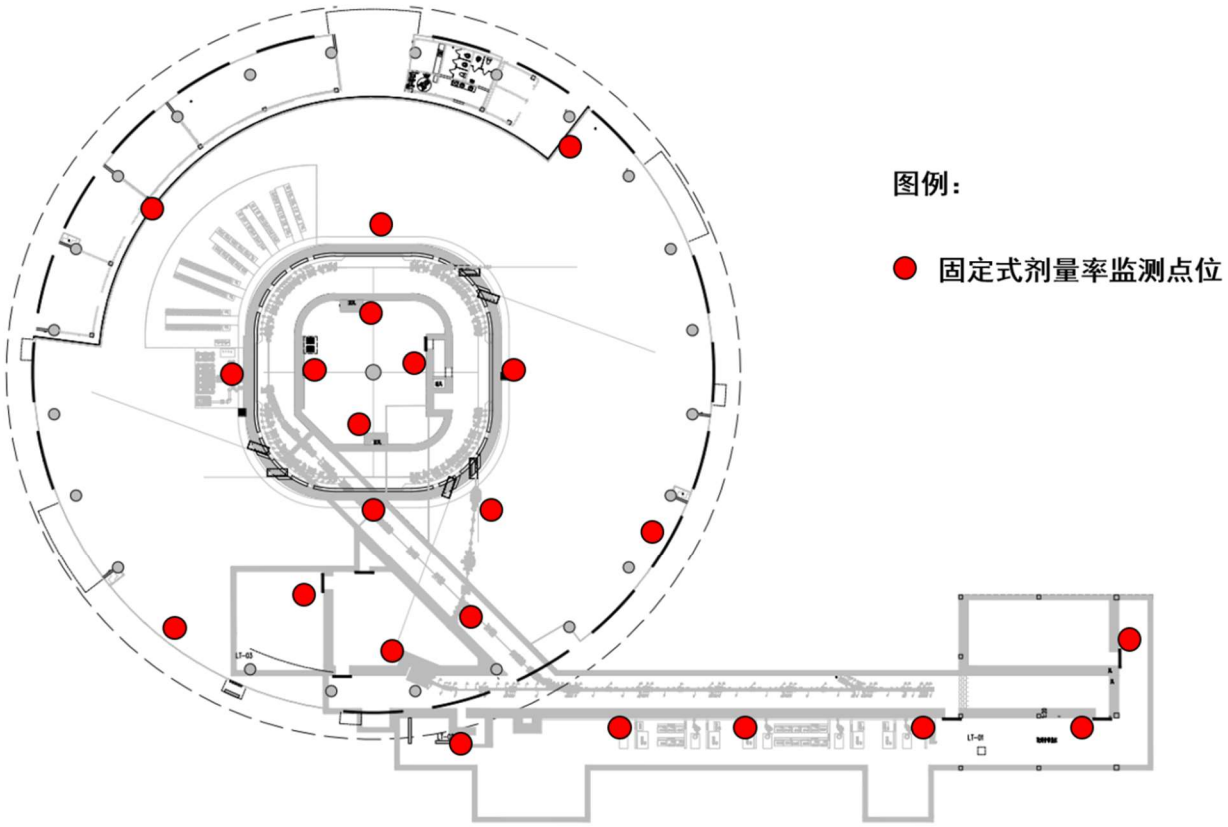


图 6.3.1-1 超瞬态同步辐射装置工作场所周围固定式剂量率仪布置点位图

除辐射工作场所周围设置固定式剂量率仪外，项目对场所外围即周围环境设置固定式剂量率仪，设置位置位于本项目一期用地范围的四个角落，详见下图 6.3.1-2。每个环境监测点位配置一台中子监测仪和一台γ监测仪，辐射监测仪通过 TCP/IP 网络连接至服务器机房和中央控制室，中央控制室的终端监视计算机可以实时监测周围环境的γ及中子剂量率水平。超瞬态同步辐射装置固定式剂量率监测仪器参数详见下表 6.3.1-1。

表 6.3.1-1 超瞬态同步辐射装置固定式辐射监测仪参数

参数	伽马探测器	中子探测器
类型	电离室	He-3 正比计数器
能量范围	50 keV~7 MeV	0.025 eV~15 MeV
测量范围	0.1 μSv/h~1 mSv/h	0.01 μSv/h~10 mSv/h
灵敏度	5×10-4 μSv/h	>1 cps/(μSv/h)
能量响应	<25%	<20%
相对误差	<20%	<20%
温度范围	5℃~40℃	5℃ ~ 40℃
湿度范围	≤85%（30℃）	≤85%（30℃）

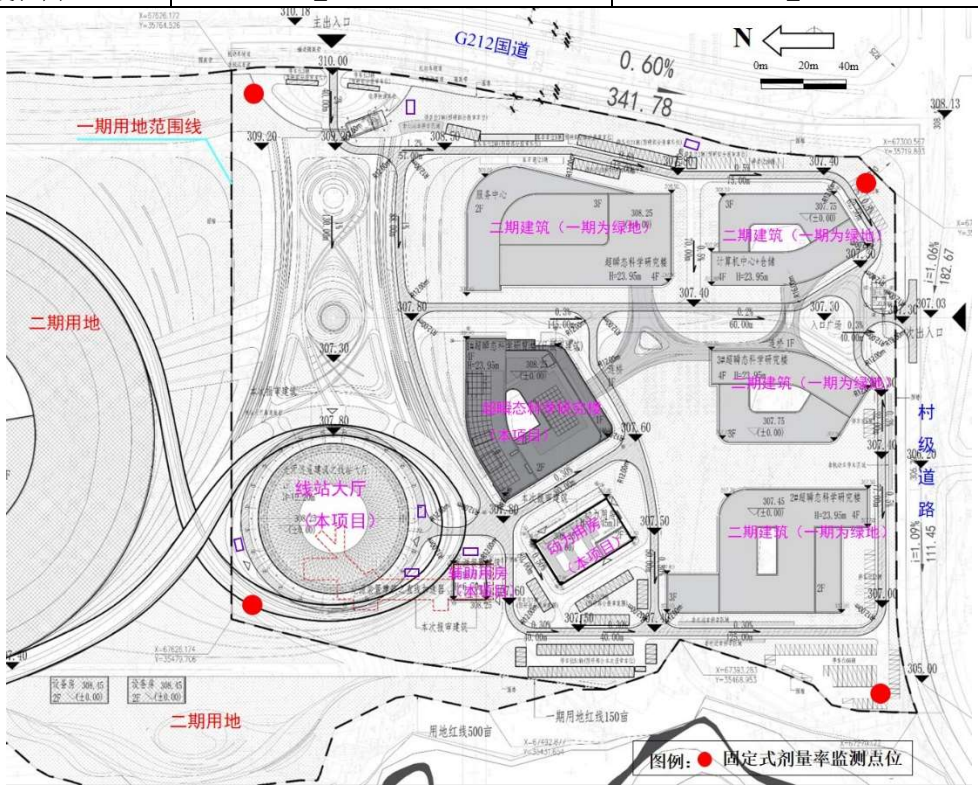


图 6.3.1-2 超瞬态同步辐射装置场所外围固定式剂量率仪布置点位图

（3）便携式监测仪器

本项目配备γ剂量率巡测仪、中子剂量率巡测仪以及表面污染仪对场所辐射环境定期监测。主要监测点位包括加速器隧道、高功率测试大厅、多用途束流平台、储存环隧道屏蔽体外、屏蔽门、迷道出口、光束线前端区锯齿墙外、控制室以及周边人员可能停留场所等。

表 6.3.1-2 便携式辐射监测仪参数

仪器名称	数量（台）	性能参数
中子剂量率巡测仪	2	探测器：He-3 正比计数管； 测量范围：30 nSv/h ~ 100 mSv/h； 能量范围：热中子~ 20 MeV
伽马剂量率巡测仪	2	探测器：电离室； 测量范围：0 ~ 50 mSv/h； 能量范围：25 keV ~ 3 MeV
表面污染测量仪	2	测量范围：可同时测量 α 和 β/γ 表面沾污； 探头类型：带硫化锌涂层的薄层闪烁体探头； 显示单位：cps、Bq 或 Bq/cm^2

同时为保证监测结果真实可信，建设单位制订了辐射监测设备定期校验制度，对所有辐射监测设备定期委托有资质单位进行检定。

6.3.2 委托监测

委托监测主要内容包含工作场所、环境及辐射工作人员个人剂量的委托监测。

（1）工作场所

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），应对本项目 γ 辐射剂量率、中子剂量率进行监测，监测频次为 1~2 次/年；冷却水贮存池废水应定期对总 β、感生放射性核素进行监测，监测频次为 1~2 次/年；放射性固体废物 γ 剂量率水平进行监测，监测频次为 1~2 次/年；放射性固体废物收集及送贮时，应对其感生放射性核素开展监测。

表 6.3.1-3 本项目工作场所监测方案

监测项目	监测因子	监测工作场所	监测位置	评价标准	监测频次
外照射辐射剂量率	γ 剂量率、中子剂量当量率	直线加速器隧道、多用途束流平台、储存环	隧道墙体外、防护门外、迷道口外、顶部 30cm 人员可达处	装置屏蔽体外 30cm：≤2.5μSv/h	1~2 次/年
		光束线	线站周围 30cm	≤1μSv/h	
		控制室	操作位	≤2.5μSv/h	
总 β、感生放射性核素		冷却水贮存池	冷却水贮存池取样口	总 β≤10Bq/L	每次排水时，每年 1~2 次
辐射剂量率、α、β 表面污染、感生放射性核素		放射性固体废物	包装容器表面、废物表面	解控要求：辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染≤0.8Bq/cm^2、β 表面污染≤0.08Bq/cm^2 收贮要求：/	每次收集及送贮时

（2）环境监测

环境监测主要是对周围敏感点 γ 辐射剂量率、中子剂量率，并对环境空气、土壤、地表水、地下水、生物等取样，由符合国家规定资质的单位进行核素分析；并将数据收集整理，与不同时期的测量数据进行比对，存档。

根据本项目涉及的放射性核素种类，本项目环境监测项目和周期见下表。

表 6.3.2 环境监测项目及监测周期

监测对象	监测内容	监测周期	采样点位
γ剂量率		1~2 次/年	设备外围东、南、西、北侧及顶部
中子剂量当量率		1~2 次/年	设备外围东、南、西、北侧及顶部
土壤	总 α、总 β、感生放射性核素、γ能谱	1~2 次/年	场界四周、西南侧机械厂所在虎峰山村
空气	^{3}H、^{14}C、感生放射性核素、γ能谱	1~2 次/年	储存环楼顶、加速器顶部、西南侧机械厂所在虎峰山村
地表水	总 α、总 β、感生放射性核素、γ能谱	1~2 次/年	西侧虎溪河

（3）个人剂量监测

个人剂量监测采用累积式个人剂量计监测为主，个人剂量报警仪为辅。个人剂量计用于对放射性工作人员的常规个人剂量监测，个人剂量报警仪用于工作人员维护、检修或应急时使用，主要为实时剂量预警。

建设单位将为辐射工作人员配备光子个人剂量计及中子剂量计，定期交送有资质单位进行检测（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月），建立个人剂量档案，做好辐射工作人员个人剂量评估工作，并定期安排辐射工作人员到指定医院进行健康检查。

个人剂量档案应妥善管理，终身保存。

6.3.3 放射性三废监测管理

在日常运营过程中，建立废气、废水、固废运行管理台账，具体包括：

1）废气处理设施运行台账

定期对场所排风系统进行检查、维护，确保场所排风顺畅。

建立排风过滤系统活性炭定期更换制度，建立更换台账，将每次更换日期及更换量进行记录并存档。

2）放射性废水冷却水贮存池运行台账

定期对冷却水贮存池池体、液位报警等进行检查、维护，确保池体及放射性排水管道完好、无泄漏，报警系统正常运行。

建立冷却水贮存池废水排放监测制度，详细记录核素名称、体积、废水贮存起始日期、责任人员、监测结果，建立排放台账。检测结果留档备查，检测记录应纳入每年年度评估报告提交辐射安全主管部门。

3）建立放射性固废产生、贮存、转移台账

将放射性固废的实际产生、贮存、外运转移等情况纳入运行记录，详细记录放射性废物的名称、重量、废物贮存起始日期、责任人员、出库时间和监测结果，建立放射性废物管理台账制度。

（4）其它要求

放射性废水、放射性固体废物的暂存、处理应由专人负责。根据生态环境主管部门的

要求，建设单位应对监测结果做好记录并妥善保存。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部 第 18 号令），建设单位应对本单位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 号前向发证机关提交上一年度的评估报告。定期监测结果应纳入射线装置和放射源安全防护年度评估报告，重庆大学已经年度评估报告的上报计划列入辐射安全管理规章制度，并严格执行。

在开展辐射监测期间，若发现监测数据超过国家标准规定的限值，应立即查找监测数据异常原因并进行相应整改，整改后应再次开展辐射监测进行确认。整改记录应在射线装置与放射源安全防护年度评估报告有所反映。

6.4 辐射事故应急

6.4.1 事故类型

本项目辐射事故主要是指超瞬态同步辐射装置安全联锁装置故障或违章操作导致人员误入或误锁事故；装置运行过程中可能出现的污染事故，如一次冷却水管道破裂等；其他可能发生的放射性突发应急事件。

针对超瞬态同步辐射装置设计有功能齐全、安全冗余的高安全等级的安全联锁系统，采用清场搜索、紧急停机、分区控制、声光报警器等安全设备和措施。通过搜索清场功能保障了人员在束流开启前及时离开控制区，防止人员被困在高辐射水平的控制区内；通过急停按钮、紧急开门等功能保障万一发生人员被困或误入正在出束的控制区内、或设备异常等情况时可以紧急关闭辐射源；声光报警和状态指示功能使工作人员了解运行情况，提示人员远离高辐射水平的区域。通过这些措施能够有效防止误入事故的发生。因此，人员误照射事故发生的概率非常小。

6.4.2 事故应急响应程序

一旦发生辐射事故，应立即启动放射突发事件应急处理预案，并根据发生突发应急事件的性质采取相应的响应程序。

（1）应急处理：事件部门应当迅速采取必要的应急处理措施，阻止事件危害程度扩大，保证受照人员及时得到监护和救治，并保护好现场；

几种辐射事件的处理措施：

a：设备运行故障或安全联锁失灵—停机—报告辐射安全管理小组—找出故障进行维修—恢复运行—辐射安全管理小组记录、备案；

b：人员误照—停机—抢救伤员保护现场—报告辐射安全管理小组—报告生态环境部门、公安部门和卫生部门；

c：其他放射突发事件—报告辐射安全管理小组—报告生态环境和公安部门；

（2）事故上报

应急小组接到事故发生报告后，立即启动应急预案，并及时向上级生态环境部门、公安部门、卫生部门等相关部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》，报生态环境主管部门。

事故报告电话：

重庆市高新区生态环境局：023-68601383

重庆市卫生健康委员会：023-6770670

重庆市辐射环境监督管理站：15998951300

公安局：110

24 小时环保投诉电话：12345

国家核安全局：010-66556387、010-66556369

（3）应急终止与后续整改

应急终止条件：事故得到控制，事故条件已消除；辐射事故放射性物质释放降至规定限值之内；采取并继续采取一切必要防护措施保护公众免受污染，使事故的长期后果可能引起的照射降至尽量低的水平。

后续整改：应急终止后，应急小组在充分听取应急事故处理小组意见的基础上，负责以下工作：

1）评价所有的应急日志、记录和书面信息等；

2）评价应急期间所采取的一切行动；

3）评价造成应急状态的事故，指导有关部门和事故责任单位查出原因，防止重复出现类似事故；

4）编制应急总结报告，并于应急终止后二周内报市生态环境局辐射应急办公室；

5）审批、管理必要的区域去污计划和因事故及去污产生的放射性废物的处理和处路计划，并监督实施；

6）根据实践经验，修改现有应急方案，报市生态环境局应急办公室备案。

（4）应急培训

凡在应急期间执行任务的辐射事故应急人员，须接受全面初始培训，辐射工作人员均参加辐射安全与防护培训并取得培训合格证，并定期进行后续复训，每年年初由辐射安全小组组长制定当年年度培训计划并严格实施。培训由应急小组具体组织实施，主要为参加建设单位内部及相关部门组织的辐射事故应急培训。应急小组根据工作需要，可邀请有关专家来建设单位培训。

（5）应急演练

建设单位将适时开展综合或单项的应急演练，演练前编制演练计划，包括演练模拟事故/事件情景、演练参与人员等。应急演练分专业性演练和综合性演练两步进行，专业性演练由应急事故处理小组成员参加，综合性演练由应急事故处理小组、各相关单位和应急人员参加。应急预案演练工作一定要注重实效，注重实战，增强应急预案演练场景的仿真程度，防止应急预案演练流于形式，停留于导演剧本阶段；在演练过程中，要有指挥机构、救援队伍，有通信、交通、技术、医疗、治安等协同配合，加强部门联动；同时，动员社会力量参与演练，普及应急知识，提高自救互救能力。演练后要认真总结、评估；针对演练中暴露的问题，及时制定整改措施、完善预案。

（6）应急预案修订

重庆大学现有辐射事故应急预案主要针对学校现有射线装置生产、销售、使用项目，重庆大学应将超瞬态实验装置应急预案纳入学校辐射事故规章制度中。

本项目运行后，建设单位应适时对应急预案内容进行评审，根据评审结果，决定是否对应急预案进行修订。评审时须注意如下问题：在脆弱性分析时发现的问题和不足是否得到充分重视；各位应急管理和响应人员是否理解各自职责；辐射安全风险有无变化；应急预案是否根据布局和工艺变化更新；场所布置图和记录是否保持最新；新成员是否经过培训；培训是否达到目的；预案中人员姓名、岗位和电话是否正确；是否逐渐将应急管理融入建设单位的整体管理。

根据《放射性污染防治法》第三十三条的要求，建设单位修订后的辐射事故应急预案应当报所在生态环境部门备案。

6.4.3 事故防范与应急措施

6.4.3.1 辐射安全装置

此外，为防止人员误照射事故的发生，可采取以下措施加强防范：

（1）为防止各项安全联锁硬件设施失效，制定了相应的规章制度，定期对安全联锁系统进行检查，确保其能够正常有效运行，检查内容和整改措施记录存档。

（2）开机前，必须按照既定的清场搜索路线和顺序对场所各区域进行清场。出束期间一旦发现有人员滞留在机房内，就近按下急停按钮。工作人员进入隧道内部工作时应随身佩戴有效的剂量报警仪，以便随时了解机房内的辐射水平并在辐射水平超出阈值时发出报警信号。

（3）辐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。

（4）定期对辐射安全防护措施进行安全检查及评估；做好设备稳定性检测和状态检测，使设备始终保持在最佳状态下工作。

6.4.3.2 辐射事故应急处理预案

建设单位制定了《辐射事故应急处理预案》，主要内容包括：辐射事故应急处理小组组成及职责，辐射事故分级，辐射事故处理流程，辐射事故上报流程，应急培训、应急演练、应急物资保障的相关内容。预案针对人员受到意外照射事故、场所剂量率异常等不同类型事故处理流程进行了规定。

建议建设单位参照本报告提出的辐射事故应急处置措施对现有辐射事故应急预案进行完善。此外，建设单位制定的辐射事故应急预案可从下述方面进行进一步完善：

1）结合后续人员、设备的具体配置情况，从（i）应急机构和职责分工；（ii）应急人员的组织、培训以及应急和救助的物资准备等方面对辐射事故应急预案进行补充。

2）依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）等相关规定，同时结合年度评估报告和本单位的具体情况，适时对应急预案进行修改和完善（包括应急机构人员组成、联系方式更新等）。

本着有备无患、万无一失的原则，建设单位必须按照以下原则加强辐射事故应急管理工作和应急措施的执行：

1）对辐射工作人员进行事故处理知识的培训和应急演练。

2）做好应急准备工作，确定应急撤离路线和紧急联络方式，并有相应的预防、处理和现场急救措施。

3）保证对外联络畅通，以确保在事故发生后能第一时间与当地生态环境部门、卫生部门、公安部门等相关部门取得联络。

6.5 建设单位从事辐射活动能力分析评价

依据《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》（环境保护部令第 3 号）、《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）规定，建设单位需具备的辐射安全管理基本要求对比分析如下表：

表 6.5 从事辐射活动能力评价

法规	序号	应具备条件	落实情况
《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》		对于**使用**放射性同位素、**射线装置**的单位	/
	1	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；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	已设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，并指定了具有本科以上学历的技术人员专职负责射线装置运行时的安全和防护工作；本项目使用Ⅰ类射线装置单位，辐射安全关键岗位一个，为辐射防护负责人，重庆大学拟配备一名注册核安全工程师承担辐射防护负责人。
	2	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。	所有辐射工作人员均将参加生态环境部统一组织的辐射安全与防护知识考核，考核合格后方可上岗。
	3	放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	超瞬态同步辐射装置设计有功能齐全、安全冗余的高安全等级的安全联锁系统，采用清场搜索、紧急停机、分区控制、声光报警器等安全设备和措施，防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射。
	4	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。	拟为辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式剂量率监测仪、γ剂量率巡测仪、中子剂量率巡测仪、表面沾污仪等，待落实后方开展辐射工作。
	5	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制度。
	6	有完善的辐射事故应急措施。	已制定《辐射事故应急预案》，并认真落实相关内容
	7	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。	根据分析，建设单位放射性废气、废液、固体废物的处理方案可行。
《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》	1	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。 射线装置的生产调试和使用场所，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。	超瞬态同步辐射装置场所设置醒目的电离辐射警告标志、钥匙控制、安全联锁装置、设置门禁系统及视频监控、声光报警装置、清场按钮、固定式剂量率报警等。场所设置人身安全联锁系统，防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射。
	2	生产、使用放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定采取有效措施，防止运行故障，并避免故障导致次生危害。	项目采取一系列安全联锁措施，防止设备运行故障进而导致次生危害。
	3	放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。	本项目为放射性固体废物专门设置放射性废物暂存间，不与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。
	2	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，并对监测数据的真实性、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。	对相关场所进行辐射监测，包括自行监测及委托环境监测机构进行监测。
	3	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1月31日前向生态环境主管部门提交年度评估报告。
	4	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，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	所有辐射工作人员均参加生态环境部统一组织的辐射安全与防护知识考核，考核合格后方可上岗。
	5	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，	拟为所有从事放射性工作的人员配备个人剂量

		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证发证机关。	计，并委托有资质单位进行个人剂量监测。

重庆大学承诺按照国家法律法规相关要求，制定相应的辐射安全管理措施、规章制度等，使之具备开展本项目辐射活动的各项条件。

6.6 竣工环保验收

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院 第 682 号令）、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）的要求，本项目需开展竣工环保验收，竣工环境保护验收责任主体为重庆大学。

本项目竣工环保验收内容建议如下：

表 6.6 本项目竣工环保验收一览表

项目类别	项目	验收内容及要求	验收标准
辐射影响	（γ、中子）剂量率水平	装置屏蔽体外 30cm 处：≤2.5μSv/h；光束线周围 30cm 的剂量率水平≤1μSv/h。	超瞬态同步辐射装置的设计及项目运行管理要求
	个人剂量约束值	职业照射剂量约束值 5mSv/年； 公众照射剂量约束值 0.1mSv/年。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-85）
	放射性废气	配备独立排风系统，放射性废气经风机抽排由屋顶排风口排放。	《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-85）
	放射性废水	放射性废水经独立管道进入冷却水贮存池贮存衰变处理，检测合格后排入与其他污水一并排入场区化粪池预处理后排至市政污水管网。本项目共设置 4 座冷却水贮存池，单座有效容积为 $10m^3$	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）
	放射性固体废物	分类收集后在放射性废物库内存放。 视废物类别分别采取委有资质单位处置或重复利用。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）
	电离辐射标志、辐射分区	划分控制区、监督区；控制区入口醒目位置处设置电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口设置标明监督区的标志。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）
	辐射安全系统	装置设置安全联锁装置，包括钥匙联锁、门机联锁、清场按钮、急停按钮、紧急开门装置、视频监控等，确保设备安全运行	《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-85）
	辐射监测仪器及个人防护用品	为辐射工作人员配备光子及中子个人剂量计并定期送检，配备个人剂量报警仪、固定式辐射监测仪、γ 剂量率巡测仪、中子剂量率巡测仪、表面污染测定仪等监测设备。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2021 年 1 月 4 日修改实施
	辐射监测	开展自主监测和委托检测。 外委有资质的检测单位对工作场所、周围环境及流出物进行监测，频率为不低于 1 次/年。	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）
	规章制度	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构； 制定操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护、人员培训、辐射监测、突发辐射事故应急处理预案等辐射安全管理制度，并对上述制度进行宣贯落实。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部第 7 号令修订）
	人员配置及培训	从事放射操作工作人员均取得辐射防护知识考核合格证书，持证上岗；配备 1 名注册核安全工程师作为辐射防护负责人	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部第 7 号令修订）
	辐射事故风险防范、	制定辐射事故应急预案，进行辐射事故（件）应	《放射性同位素与射线装置安全和

项目类别	项目	验收内容及要求	验收标准
	突发环境事件应急预案	急演练。	防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）
非辐射影响	生活污水	生活污水、实验室器皿后道清洗废水及纯水制备浓水经过管道收集、化粪池处理后排入市政污水管道，然后排入西永污水处理厂集中处理（由于目前项目东侧 G212 国道连通至城市污水处理厂的管网尚未接通，因此在项目运行前期，废水经化粪池处理后定期外运至污水处理厂；待管网接通后，项目废水经化粪池处理后排入市政污水管道，最终排入西永污水处理厂集中处理）。	《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 三级标准
	锅炉天然气燃烧废气	锅炉采用低氮燃烧器，以天然气为能源，天然气燃烧废气经过专用管道收集后引至动力用房楼顶排放，排气筒高度为 11.5m。	《锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658-2016）及第 1 号修改单
	实验室废气	实验室有机废气经过通风橱排风系统收集、活性炭过滤后经科研楼楼顶的排气筒排放，排气筒高度约 24m。	《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）
	生活垃圾	收集后，依托环卫部门统一处理	/
	一般固体废物	经收集后委托相关单位回收	/
	危险废物	设置危险废物暂存间，经收集后贮存在危险废物暂存间内，定期委托有相关危废资质单位处置	/
	噪声	减振、隔声、消声等降噪处理	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2、4 类功能区

7 利益-代价简要分析

7.1 利益分析

超瞬态实验装置是西部第一个面向国民经济主战场且具有重大科技前沿意义的重大科技基础设施，将集成并调控超快电子与超快光子这两类先进探针，从不同维度不同尺度研究物质科学领域中各类物质和现象在远离平衡态下的动态演变规律；并重点结合成渝双城经济圈高端装备制造、先进材料、先进能源、电子信息、生物医药、航空航天、核工业技术等重点产业需求，开展量子和纳米材料、极紫外光刻、高温燃烧机理、新燃料电池、3D 打印、医学影像与早期诊断、超导等基础前沿研究，推进基础科学研究和产业技术创新融通发展，推动成渝地区建设具有全国影响力科技创新中心。项目的实施对科学技术进步、经济社会发展都将起到重要推动作用。

大科学装置作为国家科技基础条件平台的重要组成部分，是为探索未知世界、发现自然规律、实现技术变革提供极限研究手段的大型复杂科学研究系统，是产生重大原始科技成果的创新高地，是实现科学技术效果的重要基础，是奠定国家创新未来的科学技术效果基石。建设打造具有全国影响力的中国（西部）科技创新中心，是党中央促进新时代区域协调发展的战略之举；习近平总书记赋予重庆新时代要发挥“三个作用”的重大使命，努力建设西部地区高质量发展的增长极，切实需要大科学装置在科技先行的创新驱动发展中发挥战略支撑作用。

超瞬态实验装置的实施，将给我国带来巨大的社会和经济效果。主要体现在：项目的实施，为国家在高科技人才培养、高技术成果孵化提供更多机会；将给区域社会、经济发展带来发展新的契机；项目的实施，将提高重庆市的研发实力，促进重庆大学相关学科发展。

重庆作为西部创新高地，在先进制造、新材料、微电子、生物医学、电子显微技术等领域具有雄厚人才和技术基础，这些优势对研制建设物质科学领域大科学装置提供了必要基础和条件。依托重庆大学，联合国内外优势，本项目创新研发以超瞬态电子和光子为核心光源的大型精密科学装置，为从原子尺度（10^{-10} 米）到宏观尺度上对固态、液态和气态物质的超瞬态变化进行研究提供最先进的技术装备和手段，产生具有国际影响的重大原创性科研成果，促进重庆大学相关学科发展，支撑重庆大学“双一流”建设，也是重庆大学建设中国特色世界一流大学的重要机遇。

7.2 代价分析

本项目总投资 79099 万元，环保投资 2590 万元。项目建成后，在推动科学技术进步、

社会经济发展的同事，也存在一些环境、社会方面的影响。主要影响包括：少量放射性核素或射线进入环境，对周围辐射环境的影响；少量放射性物质和有害气体进入大气环境；每年产生一定量的放射性废物等。根据前文可知，本项目超瞬态同步辐射装置工作场所均采取了有效的屏蔽防护措施，在安全运行的同时，不会对公众造成危害。本项目运行后，放射性液体废物产生量较少，收集后衰变处理；严格按照有关标准处置放射性废物，少量放射性固体废物贮存衰变后重新利用或委托有资质单位处置；极少量的放射性气体废物经由独立排气系统排入大气环境，对环境产生影响很小。本项目产生的非放射性污染物较少，生活废水（包含少量试验器皿后道清洗废水）经过管道收集、生化处理后排入市政污水管网；锅炉拟采用清洁能源及低氮燃烧器，其废气对周边环境影响很小；实验室有机废气产生量极少，经过收集、过滤后对排放；固体废物均妥善处置。本项目给环境带来的影响均低于相关标准限制，其影响是可接受的。

另外本项目设置了人身安全联锁系统防止放射工作人员或公众误入而造成误照射，配备必要的辐射监测仪器对周边辐射环境进行定期监测，维护工作场所正常辐射水平，通过各项目辐射安全及环境保护措施，能够有效将环境影响控制在可接受范围以内。

表 7.2　环保投资一览表

项目	金额（万元）
超瞬态同步辐射装置屏蔽防护	810
人身安全联锁系统	180
其他辐射屏蔽设施	80
辐射监测设备	650
放射性废气处理措施	200
放射性固废间、铅垃圾桶等	100
放射性废水冷却水贮存池	50
锅炉低氮燃烧装置	200
实验室废气过滤装置	300
其他	20
合计：	2590

7.3 正当性分析

本项目超瞬态实验装置建成后将引领超瞬态物质科学领域发展，成为世界领先的超瞬态物质科学研究中心，建立国际合作交流与人才培养平台，服务于全国乃至全世界物质科学前沿研究，推动物理、化学、生物、医学、材料、先进制造等领域科学技术发展。

建设单位严格执行“三同时”制度，采取切实可行的环保措施，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，可以确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。

因此，项目的建设所带来的利益远高于代价，对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

8 结论与建议

8.1 项目工程概况

项目名称：重庆大学超瞬态实验装置预研项目

建设单位：重庆大学

建设性质：新建

建设地点：重庆高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块

建设内容：

超瞬态实验装置预研项目用地面积为 100015m^2，总建筑面积为 20031.2m^2，主要建设内容包括：一、超瞬态同步辐射装置，主要为 500MeV 直线加速器、500MeV 强流储存环及 1 条超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站；二是超瞬态电子显微镜集群，包括超瞬态透射电子显微镜、超瞬态自旋极化低能电子显微镜、超瞬态四维 X 射线显微镜等。项目主要构筑物包括直线加速器隧道（地下）及 1 栋 1 层的辅助用房、储存环及 1 层的线站大厅、1 栋 2 层的动力用房、1 栋 4 层的超瞬态科学研究楼。

本项目具体建设内容如下：

（一） 超瞬态同步辐射装置

主要包括 500MeV 直线加速器、500MeV 强流储存环及 1 条超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站，为 I 类射线装置。

1、直线加速器：建设参数和主要技术指标为电子加速能量：500 MeV；束流流强：5nA；全局能散：<2%；束团长度：~20 ps；归一化发射度：≤100 mm-mrad rms，重复频率：5Hz。直线加速器区域包括电子直线加速器、输运线、多用途束流平台、高功率测试大厅等。

2、500MeV 强流储存环：包含 4 个 4BA（4 bend achromat）的超周期和 4 个长直线节等。建设参数和主要技术指标如下：运行能量：500MeV；束流流强：1A；环周长：76.78m; 水平自然发射度：8.59 nm-rad；阻尼时间（x/y/z）：59/59/29.5 ms；每圈同步辐射能量损失（不考虑插入件）：4.34 keV；电子在储存环中的运动周期：0.256 μs。

3、超高能量分辨角分辨光电子能谱束线站：光子能量可在 15~40eV 之间调谐，能量分辨率优于 0.5meV。

（二） 超瞬态电子显微镜集群

主要指超瞬态透射电子显微镜、超瞬态极化低能电子显微镜、超瞬态四维 X 射线显微镜等。

（三）、主要建筑及配套用房

项目主要构筑物包括直线加速器隧道（地下）及 1 栋 1 层的辅助用房、储存环及 1 层的线站大厅、1 栋 2 层的动力用房、1 栋 4 层的超瞬态科学研究楼。

项目为超瞬态电子显微镜配套建设超瞬态科学实验楼，为 4 层建筑，主要设置实验室 1~17 共 17 间（超瞬态电子显微镜放置于实验室内）、制样室、会议室、报告厅等。**其中实验室第 17 为预留实验室，不在本项目评价范围内，后期需要时应另行办理环境影响评价手续。**

8.2 产业政策及规划选址合理性

对照《产业结构调整指导目录（2021 年修改）》，本项目属于“鼓励类——六、核能——6、同位素、**加速器**及辐照**应用技术开发**、三十一、科技服务业——10、国家级工程（技术）研究中心、国家产业创新中心、国家农业高新技术产业示范、国家农业科技园区、国家认定的企业技术中心、国家实验室、国家重点实验室、国家重大科技基础设施、高新技术创业服务中心、绿色技术创新基地平台、新产品开发设计中心、**科教基础设施**、产业集群综合公共服务平台、中试基地、**实验基地建设**”，属于国家鼓励类产业，未列入负面清单，综上，本项目符合国家产业政策。

对照《重庆市产业投资准入工作手册》（渝发改投[2018]541 号），本项目不属于不予准入类和限制准入类项目，符合《重庆市产业投资准入手册》（渝发改投[2018]541 号）的要求。

本项目建设符合《重庆市长江经济带发展负面清单实施细则（试行）》（渝推长办发[2019]40 号）的相关要求。

本项目位于重庆高新区曾家镇组团 A 分区 A18-1 地块，项目所在地东侧为 G212 国道，隔国道以东为虎峰山村及其居委会（东侧场界距其最近约 40m）、南侧为村庄道路，隔道路以南为虎峰山村（南侧场界距其最近约 26m）及绿地，西侧为虎峰山村村办机械厂（毗邻本项目场界）、虎峰山村（西侧场界距其最近约 35m），北侧为二期用地。本项目 100m 辐射评价范围内主要为项目一期、二期场地、村办机械厂及空地等，不存在自然保护区、风景名胜区以及需要特殊保护的区域，周边不存在人群密集场所，未发现珍稀动植物分布。

综上，本项目建设符合国家和重庆市相关产业政策，其规划选址合理可行。

8.3 环境质量现状

（1）辐射环境现状

根据本项目辐射环境现状监测结果，项目所在地环境 γ 剂量率、气溶胶、地表水、地下水、土壤、生物样品监测结果均在正常本底范围内。

（2）非放环境现状

本项目所在区域为二类环境空气功能区，根据《2022 年重庆市生态环境状况公报》中沙坪坝区的数据，重重庆市沙坪坝区 2022 年 SO_2、NO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$、CO 满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单二级标准；O_3 最大 8 小时值不能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单二级标准。沙坪坝区属于环境空气质量不达标区。本项目评价区域环境空气特征因子非甲烷总烃引用项目周边的监测点位进行评价，项目所在区域环境空气中非甲烷总烃浓度满足河北省地方标准《环境空气质量标准 非甲烷总烃限值》（DB13/1577-2012）的标准要求（参考标准）。

本项目所在区域纳污水体为梁滩河，引用 2020 年 12 月份重庆高新区发布的水质监测数据，梁滩河赖家桥市控断面各项因子均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅴ类标准限值的要求，地表水环境现状达标。

项目场区边界噪声的监测结果显示，场界周边声环境质量现状满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 2、4a 类标准，声环境质量良好。

8.4 辐射安全与防护

（1）本项目超瞬态同步辐射装置布局相对集中，便于统一管理。设计综合考虑了物流人流分离，设有专门的设备通道、人员通道，布局合理可行。

（2）合理进行辐射分区。本项目划定的控制区包括：直线加速器隧道、高功率测试大厅、输运线、多用途束流平台、储存环及光束线站棚屋内区域。控制区受人身安全联锁系统控制，装置运行时，通过辐射安全联锁系统禁止任何人员进入；本项目划定的监督区包括：直线加速器工艺大厅、多用途束流平台工艺大厅以及线站大厅的其他区域。装置运行时，仅允许放射工作人员及相关工作人员进入。

（3）超瞬态同步辐射装置隧道及相关场所均采用混凝土屏蔽，确保装置外部剂量率能够满足设计要求。由辐射屏蔽措施合理性分析可知，超瞬态同步辐射装置的屏蔽能力符合辐射防护安全的要求。

（4）超瞬态同步辐射装置设置人身安全联锁系统，其中设置人员出入管理箱、搜索清场按钮、紧急停机按钮、声光报警装置、门禁控制器、监测系统等确保装置安全运行；场所周围设置固定式剂量率监测仪，并配备环境辐射巡测仪、个人剂量报警仪等，辐射工作人员配备个人剂量计等个人防护用品及监测设备，满足安全防护需求。

综上，本项目工作场所采取的屏蔽措施及其防护能力均能满足要求。

8.5 三废的治理

8.5.1 放射性三废

（1）本项目放射性废水主要为超瞬态同步辐射装置一次冷却水活化产生的放射性废水。

正常情况下设备冷却水闭路循环不排放，只是在设备相关部位检修时才需要排放。超瞬态同步辐射装置区域共设置 4 座地埋式冷却水贮存池，单座冷却水贮存池有效容积均为 $10m^3$，能够满足放射性废水排放需求。放射性废水经过一段时间的贮存衰变后，经检测达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中“总 β＜10Bq/L”的要求后与其他污水一并排入场区化粪池预处理后排至市政污水管网。

（2）超瞬态同步辐射装置运行时产生的气载感生放射性核素，主要核素种类为 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 和 ^{41}Ar。本项目分别在高功率测试大厅、直线加速器隧道（含多用途束流平台）及输运线、储存环设置独立的通排风系统，在装置运行时及运行后（主要为放射工作人员进入前）对放射性废气进行抽排。放射性废气经过排风系统收集后通过各自区域楼顶的排气筒排放。

（3）本项目放射性固废主要是超瞬态同步辐射装置维修维护过程中更换的活化结构部件，以及净化处理加速器冷却水的废树脂。更换的放射性固体废物置于废物桶内，对于剂量率水平偏高的活化部件，应贮存在铅废物桶内，然后就近至于场所内的放射性废物暂存间内。经贮存衰变一段时间（一般为 2~5 年），经检测对于可回收利用的部件回收利用，不能回收利用的放射性固体废物委托有资质单位收贮。

8.5.2 非放三废

本项目产生的废气主要包括超瞬态同步辐射装置运行产生的 O_3、NO_2；锅炉天然气燃烧废气及实验室有机废气。超瞬态同步辐射装置运行产生的 O_3、NO_2 很少，经过独立的排风系统收集、过滤后通过各自建筑楼顶的排气筒排放；锅炉采用清洁能源，并使用低氮燃烧器，锅炉废气经专用管道引至动力用房楼顶排放，排气筒高度为 11.5m；实验室有机废气经过通风橱收集、活性炭过滤后经过科学研究楼楼顶的排气筒排放，排气筒高度约 24m。

生活污水、实验室试验器皿的后道清洗废水经过废水管道收集、化粪池处理后排入市政污水管道，然后排入西永污水处理厂集中处理（由于目前项目东侧 G212 国道连通至城市污水处理厂的管网尚未接通，因此在项目运行前期，废水经化粪池处理后定期外运至污水处理厂；待管网接通后，项目废水经化粪池处理后排入市政污水管道，最终排入西永污水处理厂集中处理）。

沾染毒性等危险特性的废弃包装物、实验室头道清洗废液、实验废液（超声波清洗废液、废抛光液等）、废气处理产生的废活性炭为危险废物。危险废物按照种类收集后暂存于超瞬态科学研究楼危险废物暂存间内，定期委托有相关危废资质的单位处置。废一般包装材料、废纯水制备滤芯收集后暂存于超瞬态科学研究楼一般固废暂存间内，定期委托相关单位回收利用。生活垃圾统一交环卫部门处理。

项目主要噪声设备采用低噪声设备，并采用隔声、减振等降噪措施，确保其对周围影

响降至最低。

8.6 环境影响分析

（1）场所剂量率评价

根据分析，超瞬态同步辐射装置在正常运行中所致周围人员可达处最大剂量率水平为1.05μSv/h，位于多用途束流平台内；底部、四周与土壤相接处剂量率水平最大值为39.67μSv/h，位于输运线南侧；异常丢束所致周围最大累积剂量为0.0601mSv/次。本项目超瞬态同步辐射装置屏蔽体外的剂量率均能符合装置的设计要求及项目运行管理要求，本项目针对超瞬态同步辐射装置所采取的相关屏蔽措施是合理可行的。

（2）人员剂量评价

本项目所致（除外来科研人员）受照剂量最大值为0.39mSv/a，该剂量低于本评价建议的职业照射剂量约束值5mSv/a要求；外来科研人员受照剂量最大值为0.145mSv/a，符合本评价建议的外来科研人员职业照射剂量约束值1mSv/a要求。

本项目所致项目相关公众的最大年剂量为 6.29E-02mSv/年，该剂量低于本项目规定的公众年剂量约束值0.1mSv/年。

本项目所致敏感目标处公众的最大年剂量为 1.57E-03mSv/年，该剂量低于本项目规定的公众剂量约束值0.1mSv/年。

（3）放射性三废的环境影响

项目产生的放射性固体废物分类收集、暂存，并按照废物特点采取委托处理、重复利用的方式进行处置，不会对周围环境产生不良影响。

项目冷却水贮存池的容积能够满足项目冷却水维修维护或事故排放，放射性废水经过衰变后检测达标后与其他污水一并排入化粪池预处理后排入市政污水管网；项目气载放射性核素排出到外环境后的下风向最大浸没浓度值均低于工作人员和公众的导出浓度限值，在正常运行过程中，排放到大气环境中的核素浓度相对较低，不会对周围环境产生不良影响。

（5）非放环境影响

本项目超瞬态同步辐射装置产生的臭氧、二氧化氮浓度均低于GBZ2.1-2019规定工作场所的二氧化氮允许浓度为5mg/m^3。装置产生的臭氧、二氧化氮量很低，对周边大气环境质量影响很小；锅炉采用清洁能源，使用低氮燃烧器，锅炉天然气燃烧产生废气经专用管道引至动力用房楼顶排放，颗粒物、SO_2、NO_x的排放浓度能满足《锅炉大气污染物排放标准》（DB 50/658-2016）及其第1号修改单限值要求，对周边环境影响很小；实验室运行产生的有机废气很少，能够满足《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）标准限值要

求。

本项目所使用的主要设备无高噪声设备，经过隔声、减振措施后，对周边声环境无影响。

本项目非放射性废水（生活污水、实验室实验器皿的后道清洗水）经过管道收集、化粪池处理后排入市政污水管道，然后排入西永污水处理厂集中处理，对周围环境影响很小。

危险废物定期委托有相关危废资质单位处置；生活垃圾统一交环卫部门处理，不会对周围环境产生不良影响。

因此，本项目的非放环境影响程度较小，满足相关环保要求。

8.7 辐射事故风险

超瞬态同步辐射装置属于Ⅰ类射线装置，运行中可能发生的最严重事故是误入和误锁在运行中的加速器机房的人员受到大剂量照射；其次，运行中的加速器忽然断电或真空消失而导致激素电子束流突然改变方向，打到加速器/储存环部位的某一点上；由于人员违规操作，如将安全联锁机构旁路而进入高辐射区等，从而受到超剂量或大剂量的照射。

项目设置建设单位有功能齐全、安全冗余的高安全等级的安全联锁系统，采用清场搜索、紧急停机、分区控制、声光报警器等安全设备和措施，避免人员误入或误锁事故发生；根据报告中对储存环异常丢束的分析计算，项目屏蔽墙厚度能够满足异常丢束的一次剂量限值要求；项目设置一系列辐射安全与防护规章制度、定期对人员进行培训，对安全联锁装置进行维修、维护检查，最大限度避免辐射事故发生。

8.8 辐射安全管理

（1）建设单位已成立辐射环境安全防护领导小组指导和督促从事项目辐射安全和放射防护工作。

（2）建设单位已制定《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护措施》、《人员培训计划》、《监测方案》、《应急响应预案》、《安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《放射性三废处置制度》来加强辐射安全管理，制度制定相对完善。

（3）建设单位配置有专门的伽马剂量率检测仪、中子计量当量率仪、表面污染沾污仪、等辐射监测设备来对场所开展日常监测。

（4）建设单位已成立应急管理小组，结合本项目的特点，制定有相对完善的辐射事故应急预案，明确了辐射事故类型、事故应急响应程序、事故上报、应急终止及后续改进、应急培训演练、应急预案修订，具有较好的操作性，应急方案可行。

8.9 公众参与

建设单位按照《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号）的要求，开展了

公众参与工作。根据建设单位提供的《公众参与说明书》，本项目公众参与采用网络公示、报纸公示及现场张贴告示等方式开展，项目公众参与期间，未收到公众关于本项目环境影响和环境保护措施有关的建议和意见。

8.10 总结论

本项目符合国家产业政策，项目选址合理可行，项目采取了合理的辐射防护措施和辐射安全管理措施，项目在正常运行工况下，场所外周围剂量当量率水平能够满足装置设计要求，项目运行期间所致工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员及公众照射的要求，对周围辐射环境影响是可以接受的。在坚持“三同时”的原则时，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为，本项目的建设及运营从辐射安全和环境保护的角度是可行的。

8.11 建议和承诺

1）本项目必须在取得辐射安全许可证后才能投入使用，投产后及时开展竣工环境保护验收。

2）通过各项辐射安全防护措施，本项目对人体和环境的危害较低，但本着万无一失的原则，建议对工作人员进行辐射安全教育，使其了解辐射的危害以及超瞬态同步辐射装置内的情况，保证项目安全稳定运行。

3）根据实际运行情况不断完善辐射事故应急预案，并每年开展辐射事故应急演练。

4）加强放射性“三废”的管理，确保放射性“三废”的妥善处置。

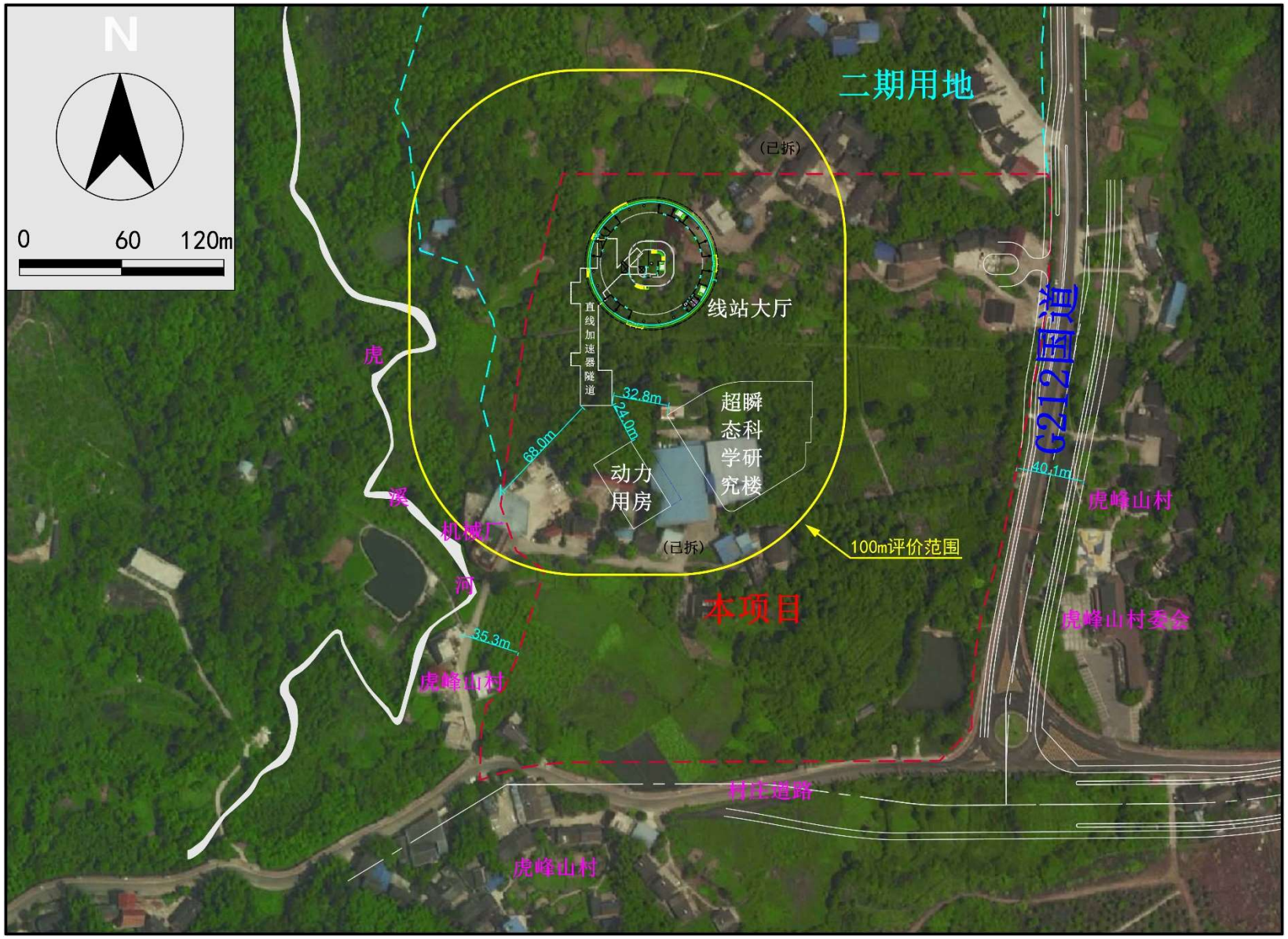
5）本项目投入运行后要加强监管监测，确保工作人员和公众安全。

6）建议建设单位在申请辐射安全许可证前，对已制定的管理制度进行核实补充完善。

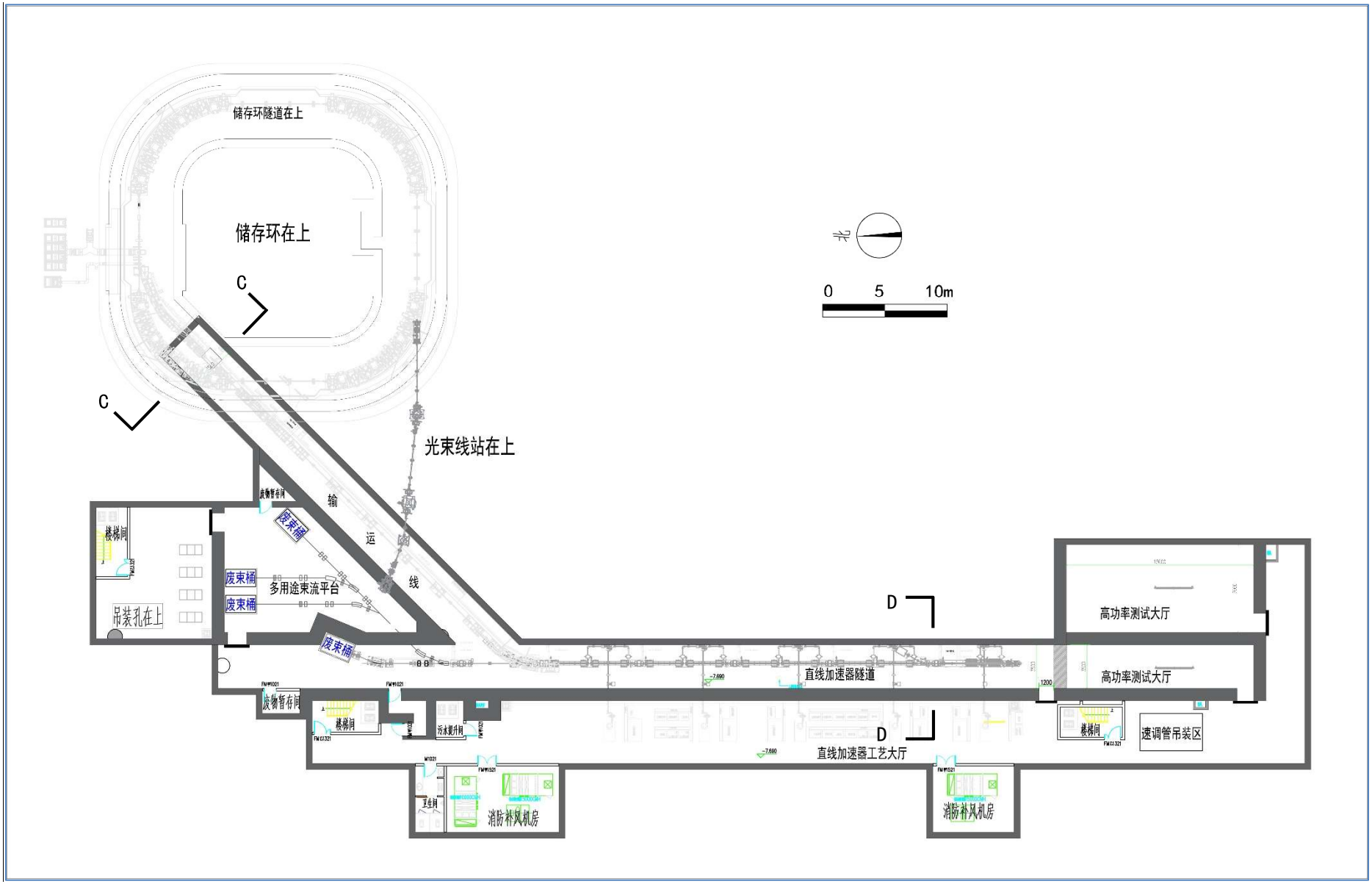
7）由于本项目东侧 G212 国道连通至城市污水处理厂的管网尚未接通，因此，建设单位应加强对施工期、运行期废水排放去向的管理，在连通至城市污水处理厂的管网接通前，应定期将产生的污水外运至污水处理厂，严禁排入周围地表水体。

8）本评价报告在建设单位所提资料的基础上编制而成，若建设单位在后期建设和经营活动中，发生内容变更，则必须向生态环境部门申报，并按要求做变更环评。

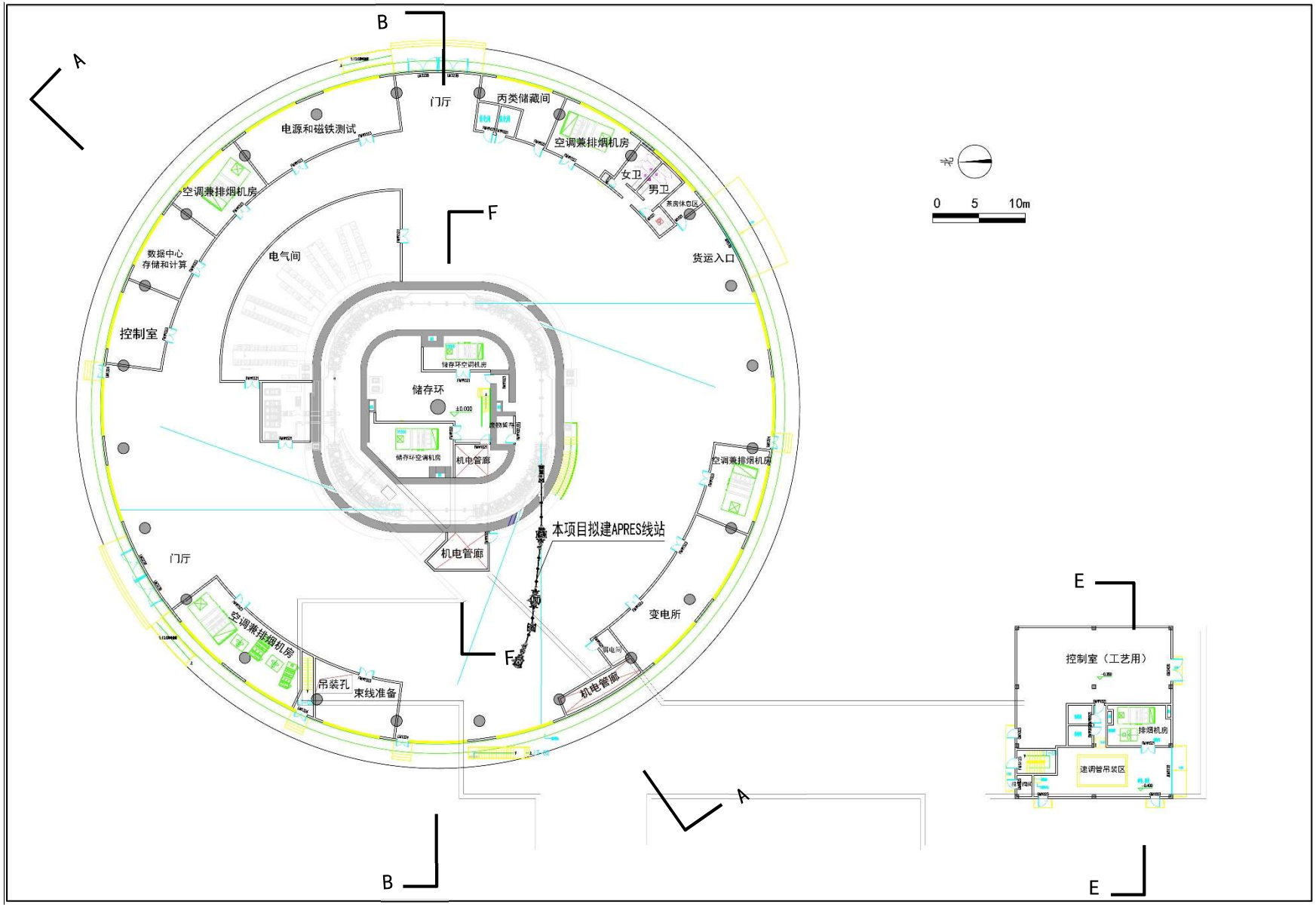
附图 1　本项目地理位置示意图



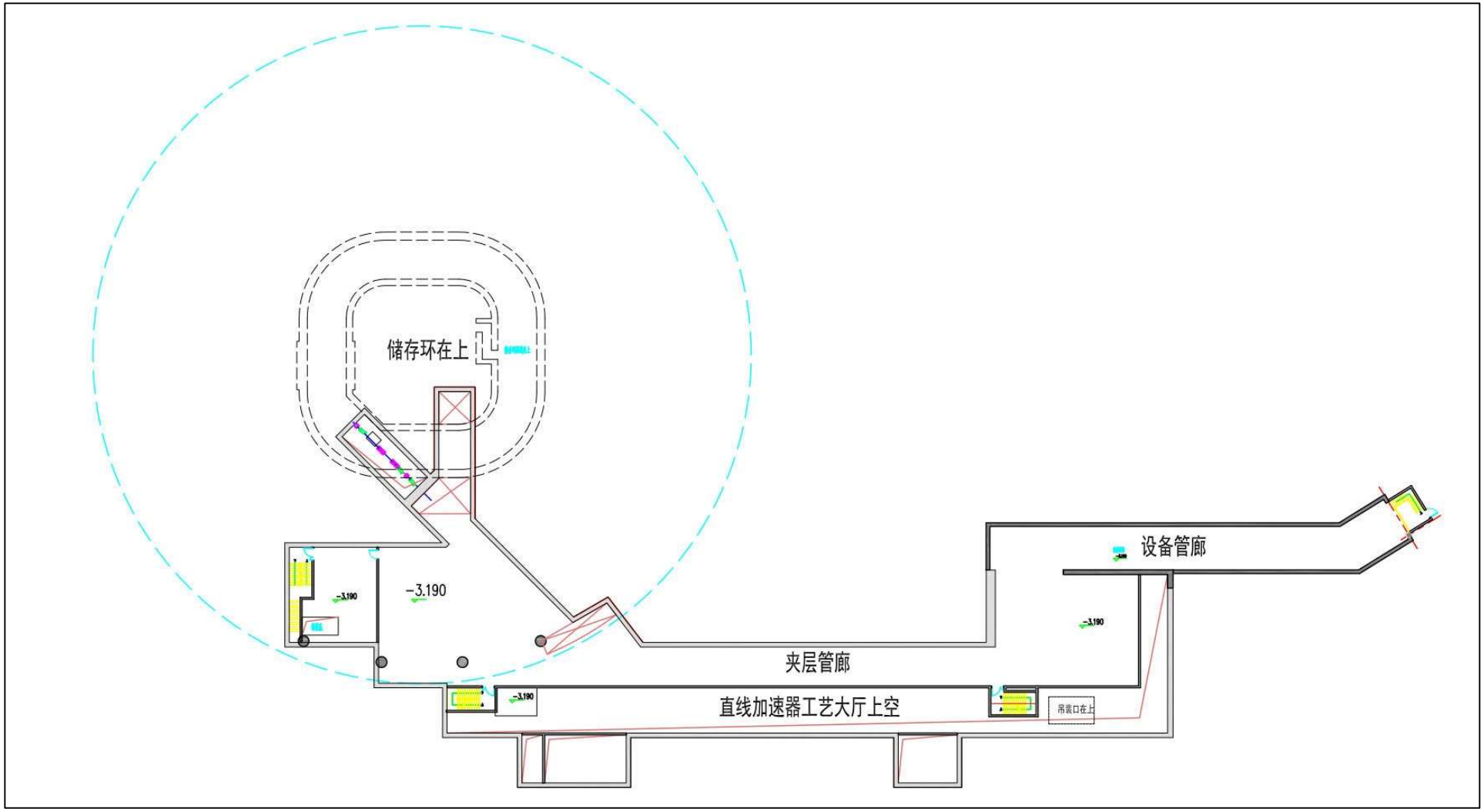
附图 2　本项目周边环境图



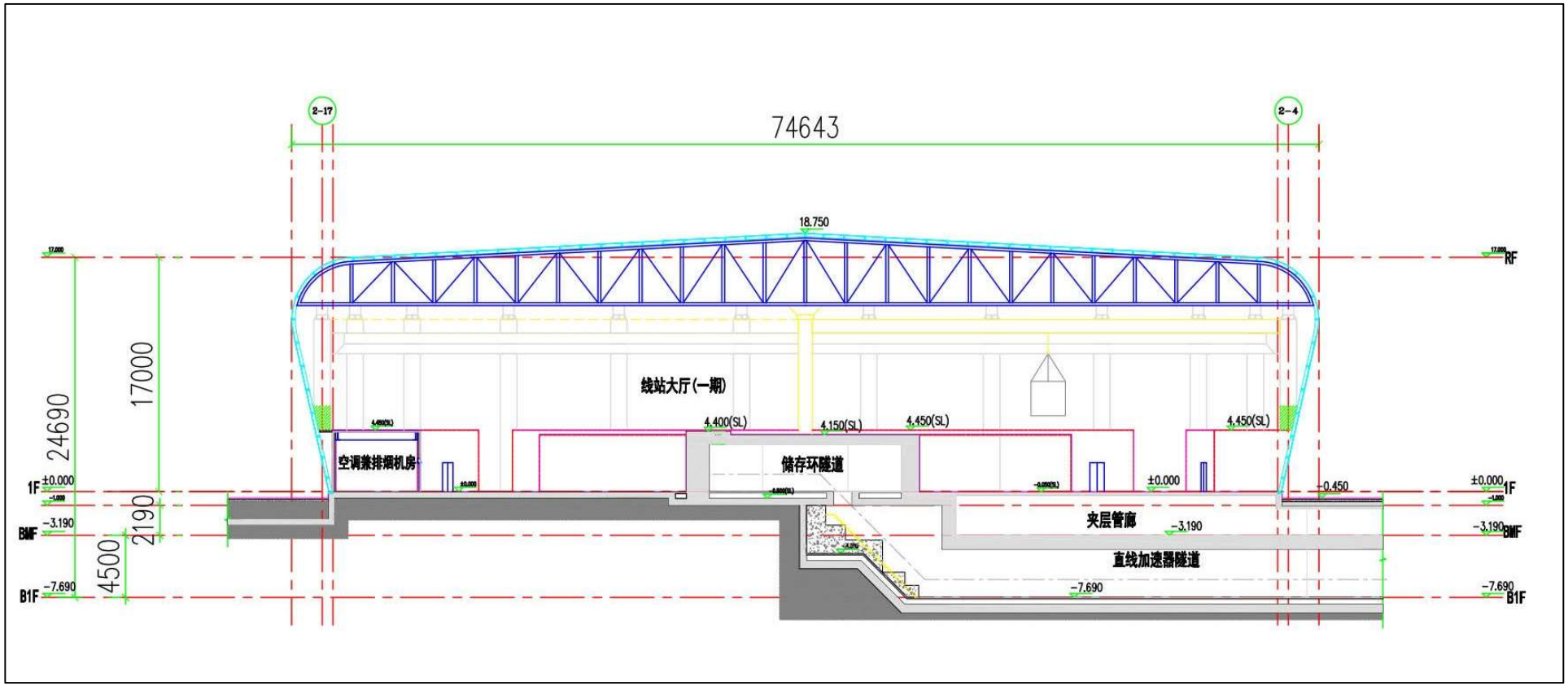
附图 3-1 光源区域平面布置图（地下一层）



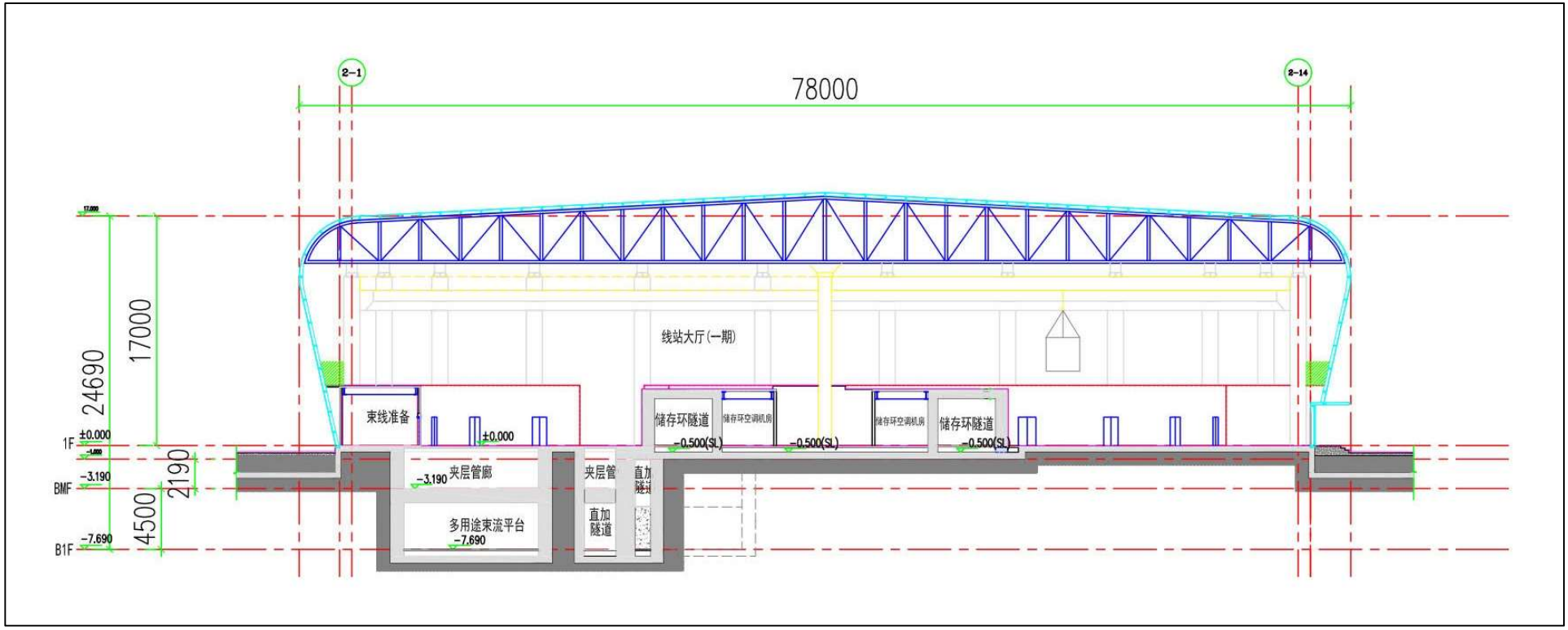
附图 3-2 光源区域平面布置图（一层）



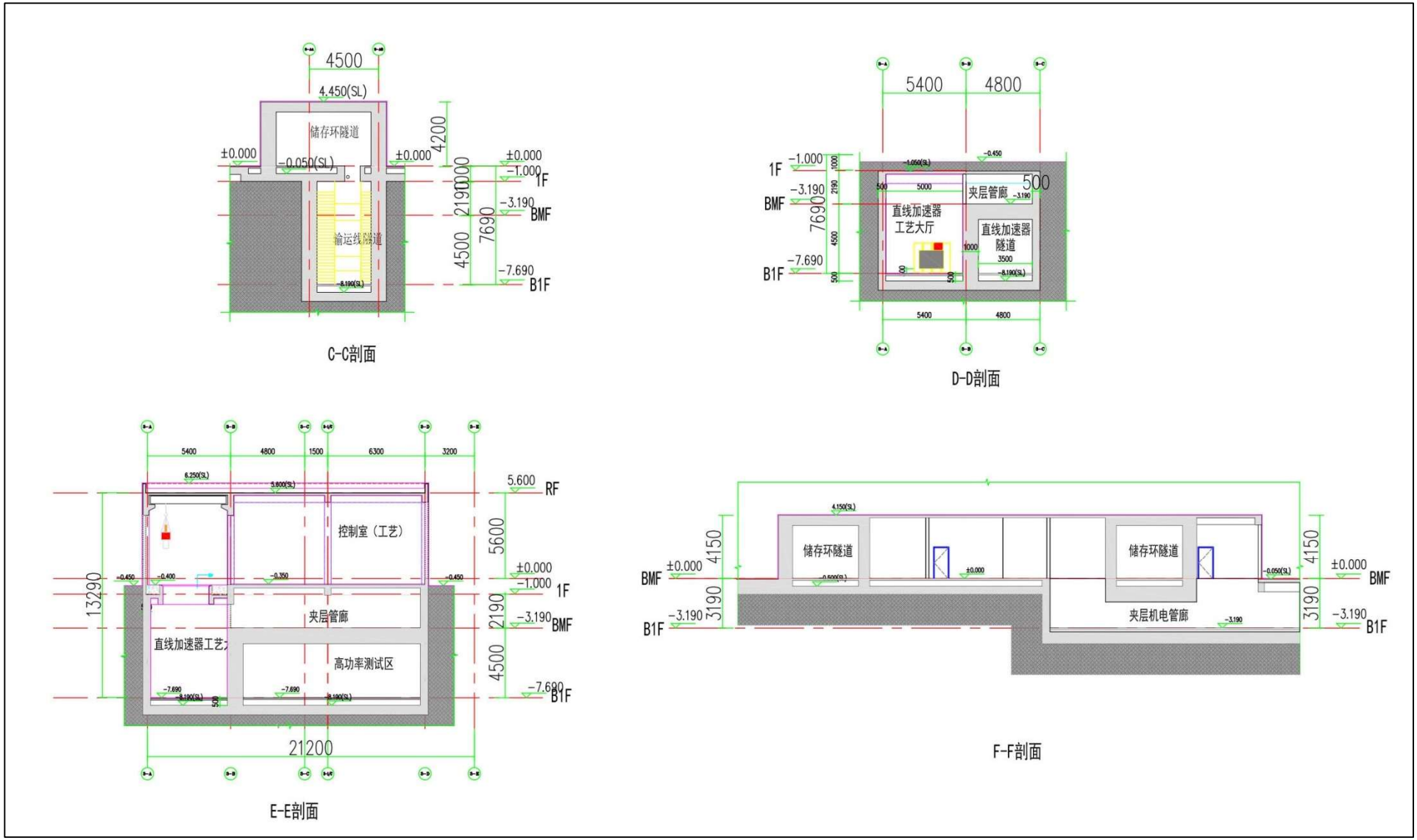
附图 3-3　光源区域平面布置图（地下夹层）



附图 3-4　光源区域平面布置图（A-A 剖面）



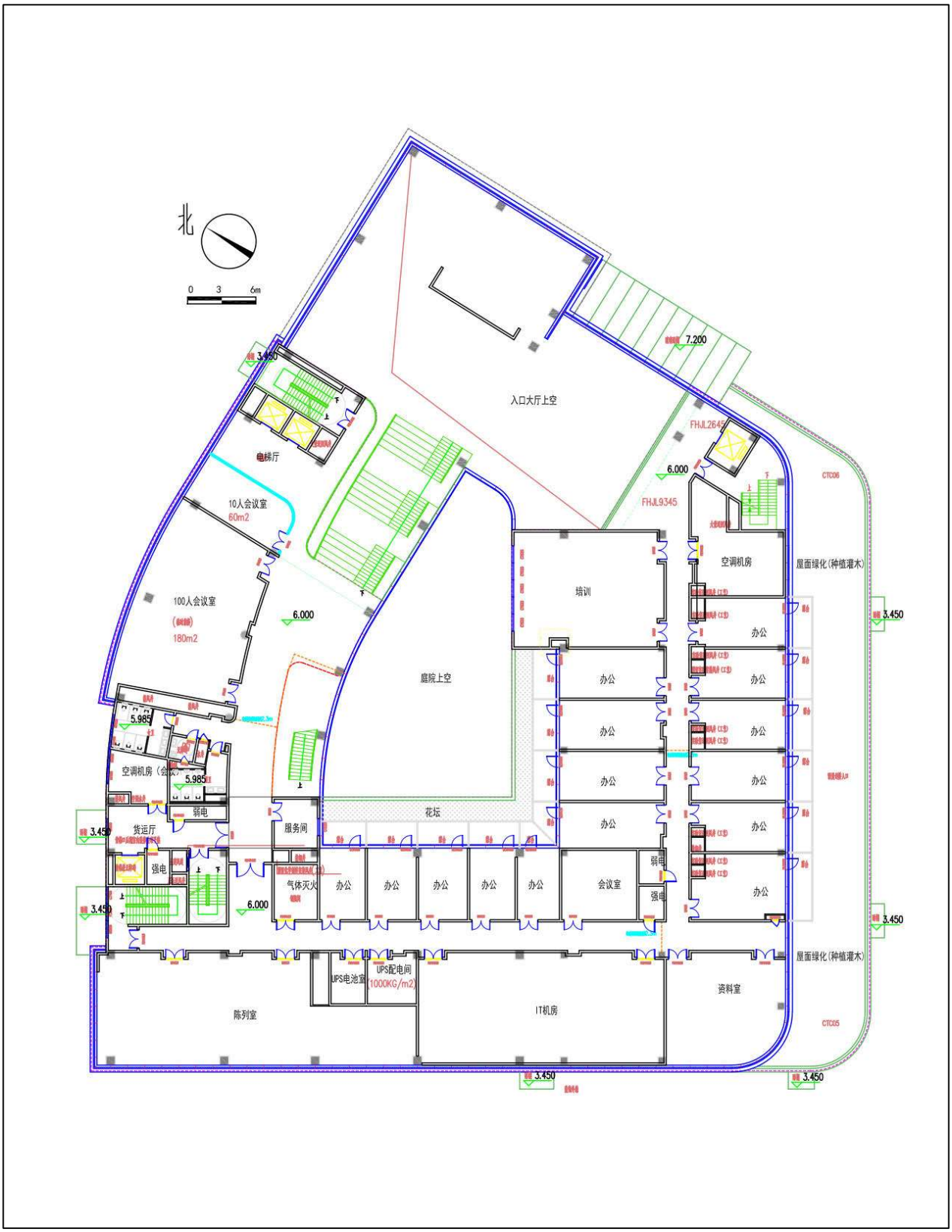
附图 3-5　光源区域平面布置图（B-B 剖面）



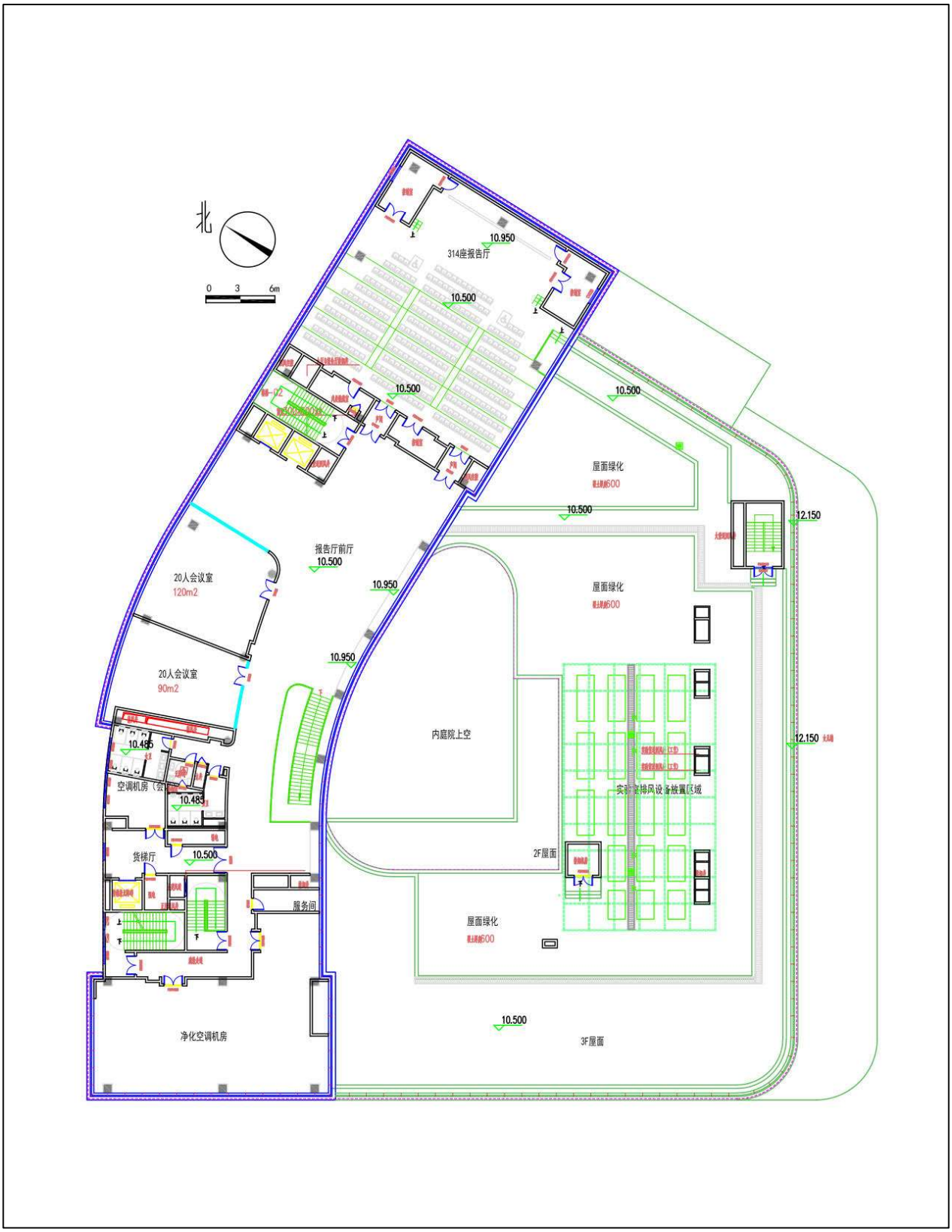
附图 3-6　光源区域平面布置图（C-C 剖面、D-D 剖面、E-E 剖面、F-F 剖面）

附图 4　动力用房平面布置图

附图 5-1 超瞬态科学研究楼平面布置图（1 层）

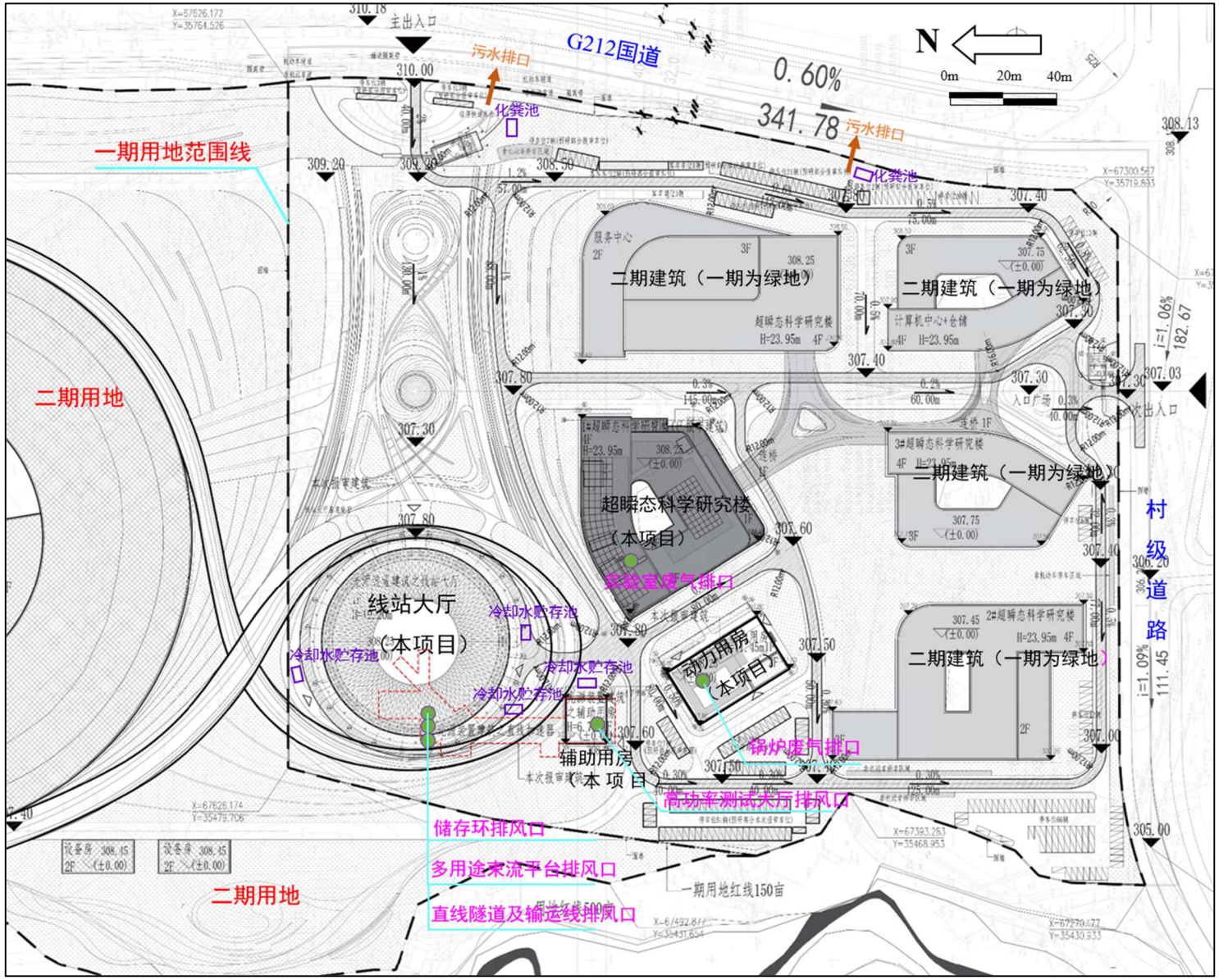


附图 5-2　超瞬态科学研究楼平面布置图（2 层）



附图 5-3　超瞬态科学研究楼平面布置图（3 层）

附图 5-4　超瞬态科学研究楼平面布置图（4 层）



附图 6　本项目主要废气、废水防治措施于总平面位置示意图

附件 1　委托书

环境影响评价委托书

上海核工程研究设计院股份有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，我单位“重庆大学超瞬态实验装置预研项目”需办理环境影响评价手续，现委托贵单位开展项目环境影响评价工作。

特此委托！

重庆大学

2022 年 9 月

附件 2　项目用地不动产权证书

根据《中华人民共和国物权法》等法律法规，为保护不动产权利人合法权益，对不动产权利人申请登记的本证所列不动产权利，经审查核实，准予登记，颁发此证。

登记机构（章）

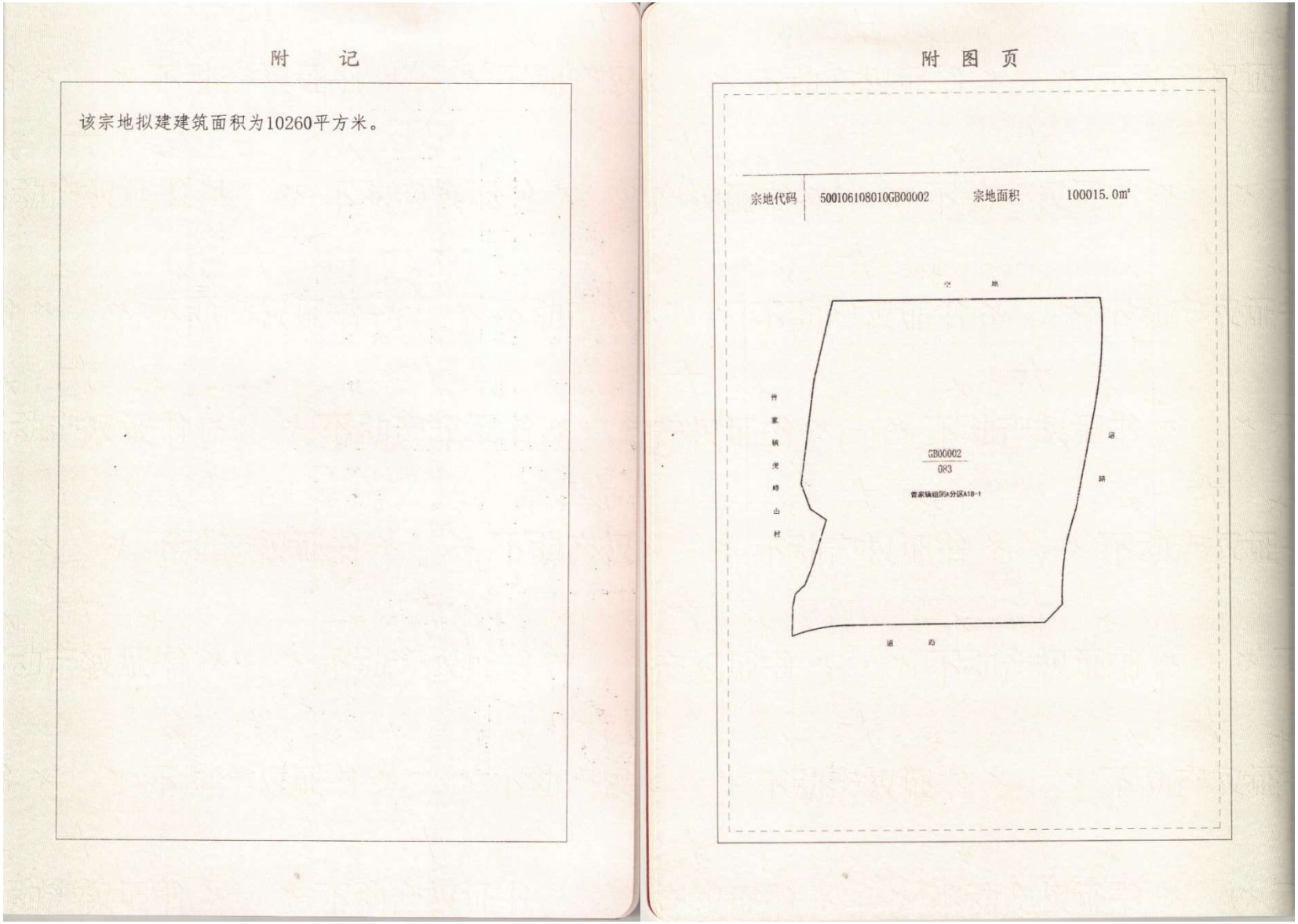
2021年 04月 16日

中华人民共和国自然资源部监制

编号№ 50007022110

渝（2021）高新区 不动产权第 000434386 号

权利人	重庆大学
共有情况	单独所有
坐落	曾家镇组团A分区A18-1
不动产单元号	500106 108010 GB00002
权利类型	国有建设用地使用权
权利性质	划拨
用途	教育用地
面积	100015 ㎡
使用期限	
权利其他状况	权利人统一社会信用代码：12100000400002697C， 业务编号：202104150480002



附　　记

该宗地拟建建筑面积为10260平方米。

附 图 页

宗地代码 500106108010GB00002　　宗地面积 100015.0m²

空　地

青家镇虎峰山村

道路

GB00002
083
青家镇组团A分区A18-1

道　路

注：不动产权证附记中的建筑面积为规划设计方案阶段拟定的建筑面积，后续可行性研究阶段根据相关需求进行了方案调整及重新设计，重新设计后的方案已取得重庆市发展和改革委员会的批复，详见附件 4.

附件 3　建设项目用地预审与选址意见书

中华人民共和国

建设项目
用地预审与选址意见书

用字第 500138202100001 号

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，经审核，本建设项目符合国土空间用途管制要求，核发此书。

核发机关 重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局

日　期 二〇二一年月六日

基本情况	项目名称	超瞬态物质科学实验装置预研 2020-500356-83-01-128945
	项目代码	
	建设单位名称	重庆大学
	项目建设依据	渝发改高技【2020】710号
	项目拟选位置	重庆市高新区
	拟用地面积（含各地类明细）	100015平方米
	拟建设规模	不得大于0平方米（总计容建筑面积）
附图及附件名称		

遵守事项

一、本书是自然资源主管部门依法审核建设项目用地预审和规划选址的法定凭据。
二、未经依法审核同意，本书的各项内容不得随意变更。
三、本书所需附图及附件由相应权限的机关依法确定，与本书具有同等法律效力，附图指项目规划选址范围图，附件指建设用地要求。
四、本书自核发起有效期三年，如对土地用途、建设项目选址等进行重大调整的，应当重新办理本书。

重庆高新区规划和自然资源局

投资项目统一代码2020-500356-83-01-128945

用字第500138202100001号

建设项目用地预审与选址意见书附件

重庆大学 ：

用字第500138202100001号《建设项目用地预审与选址意见书》批准的超瞬态物质科学实验装置预研项目位于重庆市高新区，其拟建设用地规划条件和要求及用地预审意见如下：

一、规划条件

（一）总体规划条件

用地性质	A3	强制性
建设用地总面积	100015.0平方米	
总计容建筑面积	不得大于0平方米	强制性

[曾家镇]组团[]分区[A18-1]地块		
用地性质	A3	强制性
建设用地面积	100015.0平方米	
计容建筑面积	不得大于平方米	强制性
容积率	不得大于	强制性
建筑密度	不得大于%	
住宅净密度（注：用地性质含R的时显示，必填）	不得大于%	强制性
绿地率	不得小于%	
建筑控制高度		
公共服务设施		
海绵城市规划条件	地块的年径流总量控制率不低于%，年径流污染物去除率不低于50%	
其他要求	强制性要求：1.本规划地块用地性质代码采用《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB50137-2011）。2.地块停车泊位配建按照现行相关规定执行。3.道路交叉口路缘石半径的切点向主干路延伸70米，向次干路延伸50米，向支路延伸30米范围内为限制机动车开口路段；交通、公用、消防等设施用地经批准可以开口，其它用地确需开口的，应当专题论证。4.A18-1/01地块规划建设场地应位于《高新区防洪专项规划》确定的一百年一遇洪水位以上。5.A18-1/01地块配套设施建筑限高为24米，超瞬态物质科学实验装置建筑限高以及地块容积率、建筑密度、绿地率等指标在具体建筑设计方案中确定。6.分图涉及地块的规划建设应满足《重庆市主城区海绵城市专项规划》和《重庆市海绵城市规划与设计导则》的相关要求。7.A18-1/01地块规划建设应满足《超瞬态物质科学实验装置项目用地控制性详细规划一	

	般技术性内容修改方案说明环境影响篇章》相关要求。 备注说明：1.A18-1/01地块拟建设超瞬态物质科学实验装置项目。2.A18-1/01地块相邻的0.97公顷用地（含0.91公顷永久基本农田）现阶段仍保留为非建设用地，待超瞬态科学实验装置项目纳入国家级规划，符合占用永久基本农田有关政策后，再按程序调整为教育科研用地。	

1、居住用地按1.5平方米/户的标准配置体育活动场地。(强制性)

二、说明

1、住宅计容面积应当符合《重庆市城市规划管理技术规定》要求。

2、标注为"强制性"的规划条件应严格遵循，非经法定程序，不得修改；未标注"强制性"的为非强制性规划条件，按控规一般技术性内容修改，办理程序及要求详见《重庆市关于进一步加强主城区控制性详细规划修改管理工作的通知》（渝府发〔2016〕14号）和《重庆市都市区建筑项目控规一般技术性内容修改工作细则》（渝规发〔2014〕73号）。

3、建设用地面积等具体规划条件和有关规划要求在《建设用地规划许可证》及其附件、附图中确定。

三、时效

取得本《建设项目用地预审与选址意见书》之日起至2024年1月5日(三年)期间，若未取得《建设用地规划许可证》或未取得有关部门批准、核准文件，本《建设项目用地预审与选址意见书》失效。

重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局

二〇二一年一月六日

注：项目前期名称为"超瞬态物质科学实验装置预研"，随着申报国家十四五重大科技基础设施，项目着重面向经济主战场，因此去掉了"物质科学"四个字，项目名称更改为"超瞬态实验装置预研。"

附件 4　建设用地规划许可证

中华人民共和国

建设用地规划许可证

地字第 500138202100001 号

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，经审核，本建设用地符合国土空间规划和用途管制要求，颁发此证。

发证机关 重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局

日　期 二〇二一年四月十二日

用地单位	重庆大学
项目名称	超瞬态物质科学实验装置预研
批准用地机关	
批准用地文号	
用地位置	重庆市高新区
用地面积	100015.0平方米
土地用途	
建设规模	
土地取得方式	
附图及附件名称 建设用地规划许可证附图	

遵守事项

一、本证是经自然资源主管部门依法审核，建设用地符合国土空间规划和用途管制要求，准予使用土地的法律凭证。
二、未取得本证而占用土地的，属违法行为。
三、未经发证机关审核同意，本证的各项规定不得随意变更。
四、本证所需附图及附件由发证机关依法确定，与本证具有同等法律效力。

重庆高新区规划和自然资源局

投资项目统一代码:2020-500356-83-01-128945

地字第500138202100001号

建设用地规划许可证附件

重庆大学 ：

地字第500138202100001号《建设用地规划许可证》批准的超瞬态物质科学实验装置预研项目位于重庆市高新区，其规划条件和要求如下：

一、规划条件

（一）总体规划条件

用地性质	A3	强制性
建设用地总面积	100015.02平方米	
总计容建筑面积	不得大于平方米	强制性
停车位配建指标按（2018版）《重庆市城市规划管理技术规定》执行。(强制性)		

（二）地块规划条件

曾家镇组团A分区A18-1地块		
用地性质	A3	
建设用地面积	100015.02平方米	
计容建筑面积	不得大于平方米	
容积率	不得大于	
建筑密度	不得大于%	
住宅净密度	不得大于%	强制性
绿地率	不得小于%	
建筑控制高度	配套设施建筑限高为24米.	
公共服务设施		
海绵城市规划条件	地块的年径流总量控制率不低于65%，年径流污染物去除率不低于50%	
其他要求	强制性要求： 1.本规划地块用地性质代码采用《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB50137-2011）。2.地块停车泊位配建按照现行相关规定执行。3.道路交叉口路缘石半径的切点向主干路延伸70米，向次干路延伸50米，向支路延伸30米范围内为限制机动车开口路段；交通、公用、消防等设施用地经批准可以开口，其它用地确需开口的，应当专题论证。4.A18-1/01地块规划建设场地应位于《高新区防洪专项规划》确定的一百年一遇洪水位以上。5.A18-1/01地块配套设施建筑限高为24米，超瞬态物质科学实验装置建筑限高以及地块容积率、建筑密度、绿地率等指标在具体建筑设计方案中确定。6.分图涉及地块的规划建设应满足《重庆市主城区海绵城市专项规划》和《重庆市海绵城市规划与设计导则》的相关要求。7.A18-1/01地块规划建设应满足《超瞬态物质科学实验装置项目用地控制性详细规划一般技术性内容修改方案说明环境影响篇章》相关要求。 备注说明：1.A18-1/01地块拟建设超瞬态物质科学实验装置项目。2.A18-1/01地块相邻的0.97公顷用地（含0.91公顷永久基本农田）现阶段仍保留为非建设用地，待超瞬态科学实验	

	装置项目纳入国家级规划，符合占用永久基本农田有关政策后，再按程序调整为教育科研用地。	

（三）其它规划条件

1、居住用地按1.5平方米/户的标准配置体育活动场地。(强制性)

(四)规划设计方案协办事项

建设项目园林绿地指标事项审查。

建设项目防空地下室设置事项审批。

电力保护事项审查（建筑未布局在电力设施保护范围线内的除外）。

二、其他要求

1、项目开工时间：和项目竣工时间：。

、本项目批准用地机关：，批准用地文号：。

3、本项目土地用途：，土地取得方式：。

4、承担本项目勘测、设计的机构，其资质、业务范围须符合有关规定。

5、建设工程的设计方案应符合国家和重庆有关技术规范、标准，其表达方式和设计深度应符合有关规定。

6、你单位申请建设工程规划许可时，应报送建设工程设计方案图说及其电子文件。电子文件须符合《重庆市规划局关于进一步规范建设项目报建电子文件格式的通知》的要求。

7、住宅计容面积应当符合《重庆市城市规划管理技术规定》要求。

8、建设工程设计方案文本中应包括下列附件：a．项目区位图（有关资料可在ghzrzyj.cq.gov.cn网站下载）、b．《建设用地规划许可证》及其附件（复印件）、c．设计单位资质证明（复印件）

9、你单位申请建设工程规划许可时，该建设用地应当具备放线条件。

三、说明

1、建设工程设计方案应遵循我局核发的《建设用地规划许可证》及其附件附图中明确的规划要求和我市城乡规划管理相关规定。各类规划控制线及其控制要求见附图。

2、标注为"强制性"的规划条件应严格遵循，非经法定程序，不得修改；未标注"强制性"的为非强制性规划条件，按控规一般技术性内容修改。

3、建设项目除整体转让外，其余形式的转让应征求规划和自然资源行政主管部门意见。

四、时效

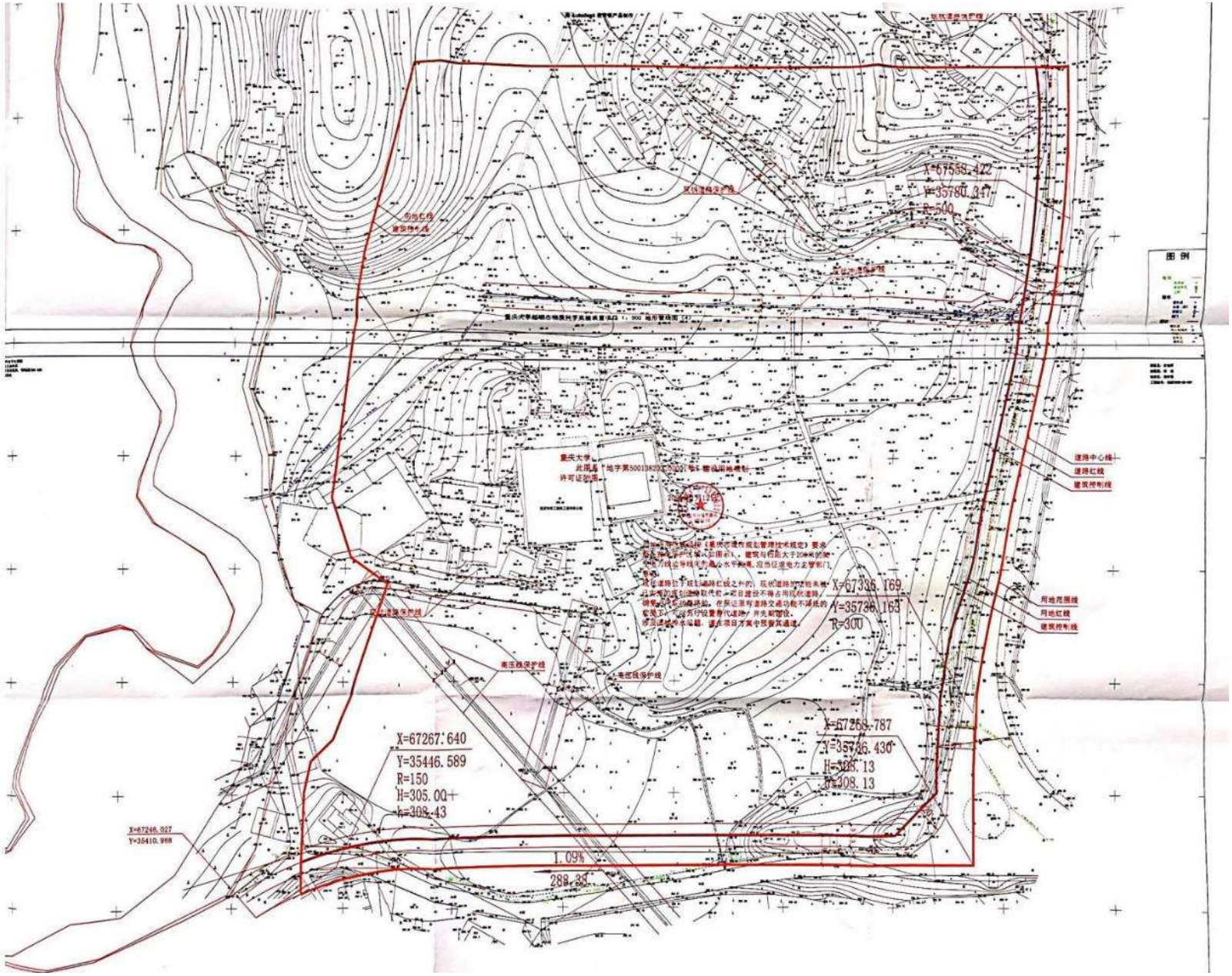
取得本《建设用地规划许可证》之日起至2023年1月11日期间，若未取得《建设工程规划许可证》，且未经批准延期的，本《建设用地规划许可证》失效。需要延期的，建设单位应在2022年12月13日前向原审批机关提出。经批准延期的，其延长期限不得超过一年。

附图及附件名称：建设用地规划许可证附图

重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局

二〇二一年[illegible]月十二日

注：项目前期名称为“超瞬态物质科学实验装置预研”，随着申报国家十四五重大科技基础设施，项目着重面向经济主战场，因此去掉了“物质科学”四个字，项目名称更改为“超瞬态实验装置预研。”


X=67588.422
Y=35780.347
R=500
图例
道路中心线
道路红线
建筑控制线
用地范围线
用地红线
建筑控制线
X=67336.169
Y=35736.163
R=300
X=67267.640
Y=35446.589
R=150
H=305.00
h=308.43
X=67268.787
Y=35736.430
H=305.13
h=308.13
X=67246.027
Y=35410.988
1.09%
288.33

附件 5　可行性研究报告批复

重庆市发展和改革委员会

渝发改高技〔2021〕1753 号

重庆市发展和改革委员会
关于超瞬态实验装置预研项目可行性研究报告的批复

重庆大学：

你校《关于重新报送超瞬态实验装置预研可行性研究报告的函》（重大校函〔2021〕154 号）收悉。结合重庆国际投资咨询集团有限公司评估意见，经请示市政府同意，原则同意所报《超瞬态实验装置预研项目可行性研究报告》，现批复如下：

一、项目代码：2020-500356-83-01-128945

二、项目法人：重庆大学。

— 1 —

三、建设地点：重庆高新区。

四、项目的科学目标。通过集成电子和光子两类探测手段，从不同维度不同尺度重点研究物理、化学、生物、医学、材料、微电子、能源、高端制造等科学应用领域中各类固、液、气态物质在超高空间分辨（10^{-10} 米）和超快时间分辨（10^{-12}–10^{-15} 秒）下的动态演化过程和调控作用，为物质科学前沿研究提供有力支撑。

五、项目的工程目标。为建设世界唯一运行在安培级流强和 X 光子通量比国际同类装置均高的同步辐射光源，并集成世界领先的超瞬态电子显微集群所需的核心关键技术开展预研，构建物质科学探测所需的高时间分辨、高空间分辨和高能量分辨的研究环境，实现从原子尺度到微观介观宏观的全覆盖。具备超瞬态光源的核心技术验证能力和电子显微集群的高时空分辨能力。推动基础研究和产业技术融通创新。

六、项目主要建设内容及建设规模

（一）开展低能超瞬态同步辐射光源和超瞬态电子显微镜核心关键技术预先研究，建设超瞬态同步辐射装置，包括 0.5GeV 直线加速器全能量注入器、强流储存环及光束线等。

（二）建设超瞬态电子显微镜集群，包括超瞬态透射电子显微镜（UTEM）、超瞬态自旋极化低能电子显微镜、（TR–SPLEEM）、超瞬态四维 X 射线显微镜（TR–XRM）等。

（三）土建工程主要包括建设线站大厅、直线加速器及其辅助用房、超瞬态科学研究楼、动力用房等。建设用地 73.25 亩，

— 2 —

建筑面积 17400 平方米。

七、项目主要验收指标

（一）超瞬态同步辐射光源

1. 500MeV 直线加速器。电子加速能量：500MeV；电荷量：0.5nC；全局能散：<2%；归一化发射度：≤100mm-mradrms，重复频率：10Hz。

2. 0.5GeV 强流储存环。运行能量：500MeV；束流流强：0.5A。

（二）超瞬态电子显微镜集群

1. 超瞬态透射电子显微镜（UTEM）。（1）飞秒超快透射电子显微镜（fs-UTEM）：时间分辨率 120fs；超瞬态模式空间分辨率优于 0.5nm；静态模式空间分辨率优于 0.28nm。（2）原子分辨超快透射电镜（Atom-UTEM）：时间分辨率 100ns；超瞬态模式空间分辨率优于 0.3nm；静态模式空间分辨率优于 0.09nm；

2. 超瞬态自旋极化低能电子显微镜（TR-SPLEEM）。自旋空间分辨率：3nm；时间分辨率：优于 12ps；PEEM 时间分辨率：125fs；

3. 超瞬态四维 X 射线显微镜（TR-XRM）。具备同时测量晶体取向和微观组织结构不均匀性的功能；空间分辨率 2—4um，数据采集速度 2—3fps。

八、总投资及资金来源：估算总投资 79099.00 万元，其中：建筑工程费 66963.00 万元，包括土建工程费和实验装置购置、研制及安装费，工程建设其他费 8619.00 万元，基本预备费 3517.00

万元。资金来源为市财政资金 37000 万元、高新区管委会财政资金 24400 万元、重庆大学自筹 17699 万元。

九、建设工期：36 个月（开工之日起计算）。

十、招标核准：招标范围为工程勘察、设计、施工、监理、建设管理代理以及与工程建设有关的重要设备、材料等的采购。建设管理代理可以采用邀请招标，其余采取公开招标。招标组织形式为委托招标。招标公告在指定媒介公开发布。

十一、其他事项。项目实行建设管理代理制。

请你校会同项目共建单位上海交通大学，严格按照项目建设管理有关规定，加强项目管理，尽快落实项目代建主体。根据本批复，结合项目可行性研究报告评估意见，按照批准的建设地点、建设规模和建设内容进一步深化初步设计等前期工作，严格控制投资，尽快将投资概算报送我委审核。此前《关于“超瞬态物质科学实验装置”预研项目可行性研究报告批复》（渝发改高技〔2020〕710 号）作废。

附件：超瞬态实验装置预研项目投资估算表

重庆市发展和改革委员会

2021 年 12 月 23 日

附件

超瞬态实验装置预研项目投资估算简表

序号	项目及费用名称	金额（万元）	备注
一	工程费用	66963.00	含土建工程和实验装置
1	土建、公用设施及室外工程部分	21113.00	
1.1	土石方工程	774.00	
1.2	线站大厅	4768.00	
1.3	直线加速器隧道及辅助用房	2128.00	含桩基、结构、地下隧道、建筑、室内装饰、外立面、机电工程（给排水、消防、电气、暖通、弱电、抗震支架、行车）等。
1.4	超瞬态科学研究楼	5810.00	
1.5	动力设备用房	617.00	
1.6	公用设施	4420.00	
1.7	室外工程	2596.00	
2	超瞬态实验装置工程部分	45850.00	超瞬态实验装置购置、研制及安装费。
2.1	超瞬态光源部分	22190.00	
2.2	超瞬态电镜部分	10460.00	
2.3	超瞬态光源及电镜部分配套设备研制费	13200.00	含人才队伍建设经费 5000 万。
二	工程建设其他费	8619.00	
1	土地费用	3764.00	土地征用成本、场地平整费用，高新区管委会实际发生。
2	技术服务费用	3066.00	
2.1	项目前期论证费	166.00	
2.2	工程勘察费	106.00	
2.3	工程设计费	739.00	
2.4	招标代理费	96.00	

序号	项目及费用名称	金额（万元）	备注
2.5	工程造价咨询服务费	618.00	
2.6	工程建设监理费	758.00	
2.7	安全生产保障费	402.00	
2.8	其他费	181.00	勘察成果审查、勘察见证、施工图审查、环评、节能评估、稳评、水土保持（方案编制、监测、补偿）、地质灾害评估、防雷工程设计等。
3	工程相关费用	81.00	易地人防费、白蚁防治费。
4	工程建设管理费	768.00	项目建设管理费（含代建费）、招标投标交易服务费。
5	调试费用	528.00	联合试运转费、辐射评估、振动测试。
6	其他费用	412.00	工程保险、场地准备及临时设施费。
三	预备费	3517.00	未经批准，不得动用
四	项目总投资	79099.00	

抄送：市财政局、市科技局，重庆高新区改发局、市规划自然资源局、市生态环境局。

重庆市发展和改革委员会办公室　　2021 年 12 月 24 日印发

附件 6　辐射安全许可证

辐射安全许可证

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

单位名称：重庆大学

统一社会信用代码：12100000400002697C

地　　址：沙正街174号

法定代表人：王树新

证书编号：渝环辐证[00124]

种类和范围：生产、销售、使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置（具体范围详见副本）。

有效期至：2028年10月11日

发证机关：重庆市生态环境局（公章）

发证日期：2023年10月12日

中华人民共和国生态环境部监制

辐射安全许可证

（副本）

中华人民共和国生态环境部监制

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

单位名称	重庆大学			
统一社会信用代码	12100000400002697C			
地　　址	沙正街 174 号			
法定代表人	姓　名	王树新	联系方式	023-65102348
辐射活动场所	名　称	场所地址		负责人
	D 区理科楼 LC113	重庆市沙坪坝区 D 区理科楼		张云怀
	D 区理科楼 LC108	重庆市沙坪坝区 D 区理科楼		张云怀
	A 区放射科	重庆市沙坪坝区重大 A、B、C、D 校区医院		孙安龙
	B 区放射科	重庆市沙坪坝区重大 A、B、C、D 校区医院		孙安龙
	B 区口腔科	重庆市沙坪坝区重大 A、B、C、D 校区医院		孙安龙
	虎溪校区放射科	重庆市沙坪坝区重大 A、B、C、D 校区医院		孙安龙
	A 区医院	重庆市沙坪坝区重大 A、B、C、D 校区医院		孙安龙
	A 区校医院 CT 室	重庆市沙坪坝区重大 A、B、C、D 校区医院		孙安龙
	D 区理科楼 LF113	重庆市沙坪坝区 D 区理科楼		周小元
	A 区综合大楼 112 室	重庆市沙坪坝区重庆大学 A 区综合大楼		王敬丰
	A 区综合大楼 136 室	重庆市沙坪坝区重庆大学 A 区综合大楼		王敬丰
证书编号	渝环辐证[00124]			
有效期至	2028 年 10 月 11 日			
发证机关	重庆市生态环境局			（盖章）
发证日期	2023 年 10 月 12 日			

1 / 11

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

单位名称	重庆大学			
统一社会信用代码	12100000400002697C			
地　　址	沙正街 174 号			
法定代表人	姓　名	王树新	联系方式	023-65102348
辐射活动场所	名　称	场所地址		负责人
	煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室 118 室	重庆市沙坪坝区 A 区采矿楼		聂百胜
	高压实验室 110 室	重庆市沙坪坝区 A 区高压实验室		胡建林
	ICT 研究中心	重庆市沙坪坝区 ICT 研究中心		王珏
证书编号	渝环辐证[00124]			
有效期至	2028 年 10 月 11 日			
发证机关	重庆市生态环境局			（盖章）
发证日期	2023 年 10 月 12 日			

2 / 11

（一）放射源

证书编号：渝环辐证[00124]

序号	活动种类和范围					使用台帐						备注	
	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度(贝可)/活度（贝可）×枚数	编码	出厂活度（贝可）	出厂日期	标号	用途	来源	申请单位	监管部门
此页无内容													

3 / 11

（二）非密封放射性物质

证书编号：渝环辐证[00124]

序号	活动种类和范围									备注	
	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量（贝可）	日等效最大操作量（贝可）	年最大用量（贝可）	申请单位	监管部门
此页无内容											

4 / 11

（三）射线装置

证书编号：渝环辐证[00124]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台（套）	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数（最大）	生产厂家	申请单位	监管部门
1	A 区放射科	医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	医用 DR X 光机	Radspeed MTFPD			北京岛津		
2	A 区校医院 CT 室	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	Ⅲ类	使用	1	X 射线计算机断层扫描装置	MAX16-Slice	-	管电压 120 kV 管电流 320 mA	飞利浦医疗(苏州)有限公司		
3	A 区医院	医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	医用车载 DR 数字 X 射线机	AKHX-50F		管电压 150 kV 管电流 630 mA	深圳艾克瑞电气公司		
4	A 区综合大楼 112 室	X 射线荧光仪	Ⅲ类	使用	1	X 射线荧光光谱仪	XRF-1800		管电压 40 kV 管电流 40 mA	日本岛津		
5	A 区综合大楼 136 室	X 射线衍射仪	Ⅲ类	使用	1	X 射线衍射仪	D-Max2500pc		管电压 120 kV 管电流 80 mA	日本理学电机株式会社		
6	B 区放射科	医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	医用 DR X 光机	Radspeed MTFPD		管电压 90 kV 管电流 8 mA	北京岛津		

5 / 11

（三）射线装置

证书编号：渝环辐证[00124]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台（套）	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数（最大）	生产厂家	申请单位	监管部门
									8 mA			
7	B 区口腔科	口腔（牙科）X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	牙科 X 射线机	RAY68(M)/HEAD	-	管电压 70 kV 管电流 7 mA	宁波蓝野医疗器械有限公司		
8		口腔（牙科）X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	口腔 CT	SS-X9010Dpro-3DE		管电压 150 kV 管电流 630 mA	合肥美亚光电技术公司		
9	D 区理科楼 LC108	X 射线衍射仪	Ⅲ类	使用	2	X 射线衍射仪	XRD-3A		管电压 管电流	日本岛津		
						X 射线衍射仪	XRD-6000		管电压 管电流	日本岛津		
10	D 区理科楼 LC113	其他各类 X 射线检测装置（测厚、称重、测孔径、测密度等）	Ⅲ类	使用	1	X 射线能谱仪	EX-CALIBUR		管电压 50 kV 管电流	美国 Jordan Valley		
11	D 区理科楼 LF113	X 射线衍射仪	Ⅲ类	使用	1	单晶 X 射线衍射仪	super nova		管电压 50 kV 管电流 1 mA	安捷伦科技有限公司		

6 / 11

（三）射线装置

证书编号：渝环辐证[00124]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台（套）	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数（最大）	生产厂家	申请单位	监管部门
12	ICT 研究中心	其他各类 X 射线检测装置（测厚、称重、测孔径、测密度等）	III 类	使用	2	微纳 CT 仪	CD-90BX/uCT		管电压 100 kV 管电流 500 mA	重庆大学		
						大功率微焦 CT 仪	CD-130BX/μCT		管电压 150 kV 管电流 0.5 mA			
13		粒子能量小于 100 兆电子伏的非医用加速器	II类	生产，销售	10							
14		工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	II类	生产，销售	20							
15	高压实验室 110 室	其他各类 X 射线检测装置（测厚、称重、测孔径、测密度等）	III 类	使用	1	数字化 X 线摄影系统	MILLENNIUM SHF-835		管电压 150 kV 管电流 500 mA	SEDECAL 公司		

7 / 11

（三）射线装置

证书编号：渝环辐证[00124]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台（套）	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数（最大）	生产厂家	申请单位	监管部门
16	虎溪校区放射科	数字化口腔全景 X 光机	III 类	使用	1	数字化口腔全景 X 光机	Pax-500ECT		管电压 90 kV 管电流 10 mA	韩国威泰股份有限公司		
17		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	X 射线摄影系统	CALYPSO，CHORUS		管电压 70 kV 管电流 1 mA	GENERAL Medical		
18	煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室 118 室	其他各类 X 射线检测装置（测厚、称重、测孔径、测密度等）	III 类	使用	1	煤岩热流固耦合 CT 实验系统	SOMATOM Scope		管电压 130 kV 管电流 345 mA	上海西门子医疗器械有限公司		

8 / 11

（四）许可证条件

证书编号：渝环辐证[00124]

此页无内容

9 / 11

（五）许可证申领、变更和延续记录

证书编号：渝环辐证[00124]

序号	业务类型	批准时间	内容事由	申领、变更和延续前许可证号
1	重新申请	2023-10-12	重新申领辐射安全许可证	渝环辐证[00124]
2	变更	2023-05-15	变更，批准时间：2023-05-15	渝环辐证[00124]
3	重新申请	2018-07-24	重新申请，批准时间：2018-07-24	渝环辐证[00124]
4	重新申请	2018-07-24	重新申请，批准时间：2018-07-24	渝环辐证[00124]
5	变更		变更	渝环辐证[00124]
6	申请	2013-04-17	申请，批准时间：2013-04-17	渝环辐证[00124]

10 / 11

（六）附件和附图

证书编号：渝环辐证[00124]

11 / 11

附件 7-1 环境本底监测报告（X、γ剂量率、噪声）

232212050259

重庆市辐射技术服务中心有限公司

监 测 报 告

渝辐（监）[2023]17 号

项目名称：重庆大学超瞬态实验装置预研项目环境地表γ剂量率及环境噪声监测

受检单位：重庆大学

委托单位：上海核工程研究设计院股份有限公司

报告日期：二〇二三年三月三十一日

（盖章）

监测报告声明

一、委托单位在委托前应说明监测目的，凡是污染事故调查，环保验收监测，仲裁及鉴定监测，需在委托书中说明，并由我单位按规范采样，监测。

由委托单位自行采样送检的样品，报告只对送检的样品负责，不作为验收、成果鉴定、评价用。

二、报告无本公司 CMA 印章及检验检测专用章无效。

三、报告出具的数据涂改无效。

四、报告无审核、签发者无效。

五、对监测报告若有异议，应于收到报告之日起十五日内向我公司提出书面意见，逾期不予受理。但对不能保存的特殊样品，本公司不予受理。

六、报告未经同意，不得用于广告宣传。

七、未经本公司批准，不得复制本报告；经批准的报告必须全文复制，复制的报告未重新加盖本公司检验检测专用章无效。

注册地址： 重庆市渝中区嘉陵江滨江路 242 号 16 层 4/5 号
办公地址： 重庆市渝北区礼环南路 102 号 8 号楼 3 楼
邮编： 401121
业务电话： (023)89136238
质量投诉电话： (023)89136238（公司）、12315（市场监管局）、12345（环保）

渝辐(监)[2023]17 号 第 1 页 共 5 页

受上海核工程研究设计院股份有限公司的委托，重庆市辐射技术服务中心有限公司于 2023 年 3 月 27 日对重庆大学超瞬态实验装置预研项目环境γ辐射剂量率及环境噪声进行了监测。

一、监测项目：环境γ辐射剂量率、环境噪声。

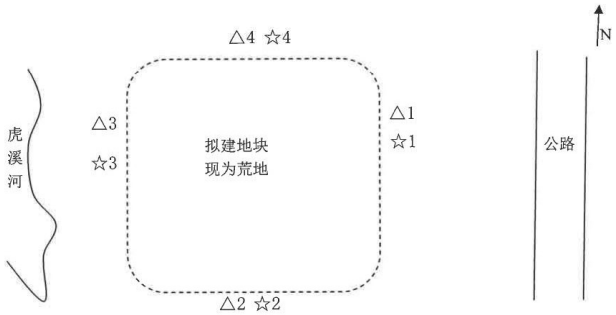
二、监测方法和依据：

监测项目	监测方法	监测依据
环境γ辐射剂量率	仪器法	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021 《声环境质量标准》GB 3096-2008

三、监测仪器及检定：

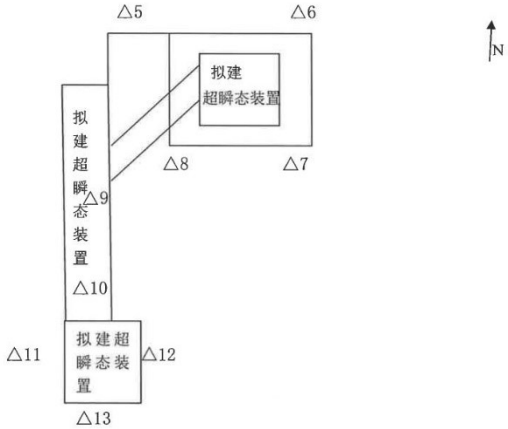
仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
X-γ辐射监测仪	FH40G-L10 FHZ267E	030923（主机） 10814（探头）	202211000464	20231102	1.09
声级计	AWA6228+	00303988	2022092605767	20231007	--
声校准器	AWA6221A	1006726	2022092605769	20231007	--

四、监测布点示意图：

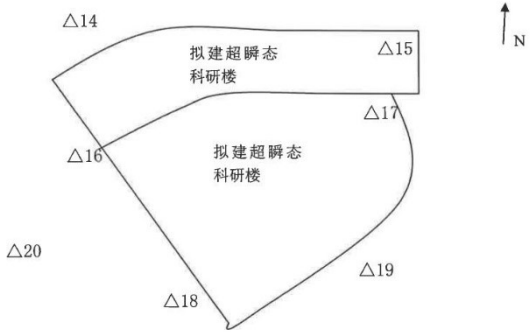


监测布点示意图①

渝辐(监)[2023]17 号 第 2 页 共 5 页



监测布点示意图②



监测布点示意图③

备注：△为环境γ辐射剂量率监测点，☆为环境噪声监测点位。

渝辐(监)[2023]17号 第 3 页 共 5 页

五、监测结果：

监测点位	监测点位描述	环境γ辐射剂量率												
		测量值（单位：nSv/h）										计算值（单位：nSv/h）		结果（nGy/h）
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	标准偏差	
Δ1	拟建地块东侧	85.1	82.5	84.3	84.7	84.1	85.8	85.6	84.8	85.0	85.3	84.7	0.9	76.9
Δ2	拟建地块南侧	79.8	78.8	78.4	79.1	79.5	78.8	78.6	79.9	79.2	79.6	79.2	0.5	71.9
Δ3	厂界西侧机械厂位置	80.2	80.9	80.1	81.1	81.4	81.8	81.7	80.6	80.9	81.2	81.0	0.6	73.6
Δ4	厂界北侧	65.3	65.1	65.4	65.7	65.8	65.1	64.9	64.6	65.2	65.7	65.3	0.4	59.3
Δ5	拟建超瞬态装置上西北侧	58.6	58.4	58.7	58.8	59.1	58.8	57.9	58.4	58.2	58.1	58.5	0.4	53.1
Δ6	拟建超瞬态装置上东北侧	71.9	72.7	71.7	70.5	70.7	70.9	71.4	71.7	71.6	71.2	71.4	0.6	64.9
Δ7	拟建超瞬态装置上东南侧	79.8	78.8	78.4	79.1	79.5	78.8	78.6	79.9	79.2	79.6	79.2	0.5	71.9
Δ8	拟建超瞬态装置上西南侧	80.2	80.9	80.1	81.1	81.4	81.8	81.7	80.6	80.9	81.2	81.0	0.6	73.6
Δ9	拟建超瞬态装置中南侧	67.4	67.5	68.9	68.0	68.1	67.8	67.7	67.9	68.1	68.4	68.0	0.4	61.8
Δ10	拟建超瞬态装置下北侧	62.3	62.1	61.7	61.8	61.6	62.1	62.3	62.4	62.3	61.5	62.0	0.3	56.3

渝辐(监)[2023]17号 第 4 页 共 5 页

Δ11	拟建超瞬态装置下西侧	55.6	55.8	55.6	55.4	56.2	56.1	55.7	55.9	56.1	56.3	55.9	0.3	50.8
Δ12	拟建超瞬态装置下东侧	53.7	53.1	53.4	53.3	52.9	52.8	52.4	53.1	53.2	53.6	53.2	0.4	48.3
Δ13	拟建超瞬态装置下南侧	58.2	58.4	58.1	57.9	57.7	57.6	57.1	57.4	57.2	57.3	57.7	0.4	52.4
Δ14	拟建超瞬态科研楼西北侧	58.8	59.1	59.3	59.4	59.3	58.8	57.9	58.4	58.2	58.1	58.7	0.5	53.3
Δ15	拟建超瞬态科研楼东北侧	79.8	78.8	78.4	79.1	79.5	78.8	78.6	79.9	79.2	79.6	79.2	0.5	71.9
Δ16	拟建超瞬态科研楼西侧	80.2	80.9	80.1	81.1	81.4	81.8	81.7	80.6	80.9	81.2	81.0	0.6	73.6
Δ17	拟建超瞬态科研楼东侧	88.3	87.4	87.7	87.9	86.3	87.8	86.7	88.9	86.1	86.4	87.4	0.9	79.4
Δ18	拟建超瞬态科研楼西南侧	89.9	88.7	89.4	89.1	88.8	88.1	87.3	87.4	87.3	88.5	88.5	0.9	80.4
Δ19	拟建超瞬态科研楼东南侧	91.9	93.8	92.6	91.4	91.2	93.1	93.7	94.9	93.1	93.3	92.9	1.2	84.4
Δ20	厂界西侧机械厂位置	89.7	88.1	89.4	87.3	87.9	88.8	83.4	89.1	86.9	87.6	87.8	1.8	79.8

备注：当仪器显示单位为nSv/h时，结果=平均值×校准因子÷单位转换系数(1.2Sv/Gy)。

渝辐(监)[2023]17 号 第 5 页 共 5 页

环境噪声监测结果 单位:dB（A）

日期	2023 年 3 月 27 日				
点位	昼间噪声（L_{eq}）		夜间噪声（L_{eq}）		
	测量值	监测结果	测量值	监测结果	夜间最大声级（L_{max}）测量值
1	47.8	48	42.4	42	57
2	47.2	47	43.7	44	59
3	49.0	49	41.3	41	54
4	50.5	50	40.5	40	58

备注：监测时风速为 0.0～0.7m/s，监测高度为 1.5m。

（以下空白）

主监测人：张宗林 审核：[illegible] 签发：吴[illegible]

2023年3月31日 2023年3月31日 2023年3月31日

重庆市辐射技术服务中心有限公司

（盖章）

附件 7-2 环境本底监测报告

四川省辐射环境管理监测中心站

CMA 230012052996

监 测 报 告

川辐环监字（2023）第 RM0049 号

项目名称：送检样品分析技术服务

委托单位：重庆市辐射技术服务中心有限公司

监测类别：委托监测

报告日期：二〇二三年六月十二日

（盖章）

四川省辐射环境管理监测中心站 检测专用章

监 测 报 告 说 明

1、报告封面无本站资质认定CMA章、监测专用章无效，报告无骑缝章无效。

2、报告内容须齐全、清晰呈现，涂改和自行增删一律无效；报告无相关责任人（编制人、审核人、签发人）签名手迹无效。

3、委托方如对本报告有异议，须于收到本报告十五日内书面向本站提出，逾期不予受理。

4、由委托方自行采集的样品，仅对送检样品的测试数据负责，不对样品来源负责，对监测结果可不作评价。

5、未经本站书面批准，不得部分复制本报告。

6、未经本站书面同意，本报告及数据不得用于商品广告，违者必究。

机构通讯资料：

机构名称：四川省辐射环境管理监测中心站

地　　址：成都市温江区花土路 689 号

邮政编码：610039

电　　话：028-87777385（304 室）

传　　真：028-87731718（304 室）

客户通讯资料：

机构名称：重庆市辐射技术服务中心有限公司

地　　址：重庆市渝中区嘉陵江滨江路 242 号 16 层 4/5 号

邮政编码：400015

电　　话：13452111574

传　　真：/

1 监测内容

受重庆市辐射技术服务中心有限公司委托，我站对该公司的送检样品进行放射性分析，报告仅对本次送检样品负责。因该公司未提供采样日期，故报告中放射性核素 ^{7}Be 活度浓度均未经过衰变校正。

2 监测项目

表 2-1 监测项目及使用设备一览表

监测项目	监测设备			使用环境	备注
	名称及编号	技术指标	检定/校准情况		
水中氚	液闪计数器 Quantulus1220（编号 TY2014000168）	^{3}H 探测效率≥59.8.%（无淬灭源）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2023.02.15	符合仪器使用要求	/
空气中氚	液闪计数器 Quantulus1220（编号 TY2014000168）	^{3}H 探测效率≥59.8.%（无淬灭源）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2023.02.15		
土壤中氚	液闪计数器 Quantulus1220（编号 TY2014000168）	^{3}H 探测效率≥59.8.%（无淬灭源）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2023.02.15		
生物中氚	液闪计数器 Quantulus1220（编号 TY2014000168）	^{3}H 探测效率≥59.8.%（无淬灭源）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2023.02.15		
空气中碳-14	液闪计数器 Quantulus1220（编号 TY2014000168）	^{14}C 探测效率≥83.6%（无淬灭源）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2023.02.15		
生物中γ核素分析	高纯锗γ谱仪 BE6530（编号 ZY2017000276）	能量范围：3~7000keV 分辨率：2.3keV（^{60}Co，1332.5kev）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2022.03.18		
气溶胶中γ核素分析	高纯锗γ谱仪 GR8023（编号 ZY2013000108）	能量范围：3~10000keV 分辨率：2.33 keV（^{60}Co，1332.5kev）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2023.02.14		
水中γ核素分析	高纯锗γ谱仪 GR8023（编号 ZY2013000108）	能量范围：3~10000keV 分辨率：2.33 keV（^{60}Co，1332.5kev）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2023.02.14		
	高纯锗γ谱仪 GX8021（编号 ZY2009000036）	能量范围：6~10000keV 分辨率：2.3 keV（^{60}Co，1332.5kev）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2022.03.18		

土壤中γ核素分析	高纯锗γ谱仪 GMX70-95-LB-C（编号 ZY2015000142）	能量范围：3~10000keV 分辨率：2.13 keV（^{60}Co，1332.5kev）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2023.02.14		
	高纯锗γ谱仪 GMX70-95-LB-C（编号 ZY2015000141）	能量范围：3~10000keV 分辨率：2.21 keV（^{60}Co，1332.5kev）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2023.02.14		
	高纯锗γ谱仪 GMX70-95-LB-C（编号 ZY2015000084）	能量范围：3~10000keV 分辨率：2.21 keV（^{60}Co，1332.5kev）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2023.02.14		
	高纯锗γ谱仪 BE6530（编号 ZY2015000276）	能量范围：3~7000keV 分辨率：2.3 keV（^{60}Co，1332.5kev）	校准单位：中国计量科学研究院 校准日期：2022.03.18		
生物中总α、总β	低本底α、β测量仪 MPC9604（编号 TY2008000258）	α本底(cpm)<0.070 β本底(cpm)<0.700 α效率（^{241}Am）≥42% β效率（^{90}Sr-^{90}Y）≥55%	检定单位：中国计量科学研究院 检定结果：合格 检定有效期：2022.03.18-2024.03.17		
固体中总α、总β	低本底α、β测量仪 MPC9604（编号 TY2008000258）	α本底(cpm)<0.070 β本底(cpm)<0.700 α效率（^{241}Am）≥42% β效率（^{90}Sr-^{90}Y）≥55%	检定单位：中国计量科学研究院 检定结果：合格 检定有效期：2022.03.18-2024.03.17		
水中总α	低本底α、β测量仪 MPC9604（编号 TY2008000258）	α本底(cpm)<0.070 β本底(cpm)<0.700 α效率（^{241}Am）≥42% β效率（^{90}Sr-^{90}Y）≥55%	检定单位：中国计量科学研究院 检定结果：合格 检定有效期：2022.03.18-2024.03.17		
水中总β	低本底α、β测量仪 MPC9604（编号 TY2008000258）	α本底(cpm)<0.070 β本底(cpm)<0.700 α效率（^{241}Am）≥42% β效率（^{90}Sr-^{90}Y）≥55%	检定单位：中国计量科学研究院 检定结果：合格 检定有效期：2022.03.18-2024.03.17		

3 监测方法及方法来源

表 3-1 监测方法、方法来源一览表

监测项目	监测方法	方法来源	探测限	备注
水中氚	水中氚的分析方法	HJ 1126-2020	0.81 Bq/L	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标
空气中氚	空气中 H-3(HTO)监测实施细则（参考 HJ 1126-2020）	REMS-ZY-XZ33-2022	10.2 mBq/m³	
土壤中氚	土壤中氚测量实施细则（参考 HJ 1126-2020）	REMS-ZYXZ55-2022	见表 4-3	
生物中氚	生物样品中组织自由水氚监测实施细则（参考 HJ 1126-2020）	REMS-ZYXZ34-2022	0.81 Bq/kg·鲜	
空气中碳-14	空气中 ^{14}C 的取样与测定方法	EJ/T1008-1996	0.205 Bq/g·C	
生物中γ核素分析	生物样品中放射性核素的γ能谱分析方法	GB/T 16145-2020	^{7}Be 探测下限为 9.67Bq/kg·鲜 ^{22}Na 探测下限为 1.17Bq/kg·鲜	
气溶胶中γ核素分析	环境空气 气溶胶中γ放射性核素的测定 滤膜压片/γ能谱法	HJ 1149-2020	^{7}Be：254 μBq/kg	
水中γ核素分析	水中放射性核素的γ能谱分析方法	GB/T 16140-2018	见表 4-1	
土壤中γ核素分析	土壤中放射性核素的γ能谱分析方法	GB/T 11743-2013	见表 4-3	
生物中总α、总β	生物样品总α、总β监测实施细则（参考 GB/T5750.13-2006）	REMS-ZY-XZ57-2022	总α探测下限为 8.78×10^{-1} Bq/kg·鲜 总β探测下限为 1.31×10^{-1} Bq/kg·鲜	
固体中总α、总β	固体样品总α、总β监测实施细则（参考 GB/T5750.13-2006）	REMS-ZY-XZ24-2022	总α探测下限为 38.0 Bq/kg 总β探测下限为 25.5 Bq/kg	
水中总α	水质 总α放射性的测定 厚源法	HJ 898-2017	1.42×10^{-2} Bq/L	
水中总β	水质 总β放射性的测定 厚源法	HJ 899-2017	5.69×10^{-2} Bq/L	

4 监测结果

表 4-1 水样监测结果 单位：Bq/L

项目/名称	水中氚	水中总α	水中总β	水中γ核素		备注
				^{7}Be	^{22}Na	
虎溪河地表水	1.57	3.44×10^{-2}	6.28×10^{-2}	<0.149	/	/
厂区内地下水	1.29	2.43×10^{-2}	5.30×10^{-2}	<0.135	$<7.83\times10^{-3}$	

注：表格中“<”符号后数值为样品中该核素的探测限值，<XX.X 表示测量结果小于或等于探测限值。

表 4-2 空气监测结果

项目/名称	空气中氚	空气中碳-14	备注
场区内部	23.2 mBq/m³	0.236 Bq/g·C	/

表 4-3 土壤监测结果 单位：Bq/kg

项目/名称	土壤中氚	土壤中总α	土壤中总β	土壤中γ核素		备注
				^{7}Be	^{22}Na	
场界东	1.406	5.50×10^{2}	8.01×10^{2}	<1.48	<0.181	土壤中氚探测下限为 0.164
场界南	1.380	5.13×10^{2}	8.31×10^{2}	<1.25	<0.159	土壤中氚探测下限为 0.159
场界西机械厂	1.237	4.58×10^{2}	9.06×10^{2}	<1.79	<0.176	土壤中氚探测下限为 0.158
场界北	1.502	4.76×10^{2}	8.75×10^{2}	<4.47	<0.413	土壤中氚探测下限为 0.169

注：表格中“<”符号后数值为样品中该核素的探测限值，<XX.X 表示测量结果小于或等于探测限值。

表 4-4 植物监测结果 单位：Bq/kg·鲜

项目/名称	植物中氚	植物中总α	植物中总β	植物中γ核素		备注
				^{7}Be	^{22}Na	
场区内部	2.06	7.36	64.0	181	<1.17	/

注：表格中“<”符号后数值为样品中该核素的探测限值，<XX.X 表示测量结果小于或等于探测限值。

表 4-5 气溶胶监测结果 单位：μBq/m³

名称	^{7}Be 活度浓度	备注
场区内部	<129	/

注：表格中“<”符号后数值为样品中该核素的探测限值，<XX.X 表示测量结果小于或等于探测限值。

（以下空白）

报告编制：李元东；审核：欧阳纺；签发：寿进

日期：2023.6.9；日期：2023.6.9；日期：2023.6.12

附件 8 水土保持方案登记表

超瞬态实验装置预研项目

水土保持方案登记表

建设单位(个 人): 重庆大学

法 定 代 表 人: 王树新

通 讯 地 址: 重庆市沙坪坝区沙正街 174 号

联 系 人: 古朝伟

电 话: 17723894550

报 备 时 间: 2023 年 4 月

重庆市水利局制

超瞬态实验装置预研项目

水土保持方案登记表

建设单位(个 人): 重庆大学

法 定 代 表 人: 王树新

通 讯 地 址: 重庆市沙坪坝区沙正街 174 号

联 系 人: 古朝伟

电 话: 17723894550

报 备 时 间: 2023 年 4 月

重庆市水利局制

告知事项

1. 根据批准的区域水土保持方案确定的防治目标和措施体系，结合本项目水土流失特点，细化水土保持措施设计，落实水土保持投资。

2. 将水土保持措施和要求纳入施工招标文件和施工合同中，督促施工单位落实水土流失防治责任。

3. 项目建设弃土弃渣需堆放至区域统一布设的堆放场地。

4. 施工过程中需做好表土剥离及防护，多余表土需堆放至园区统一布设的表土场。

5. 做好施工过程中的拦挡、排水、覆盖等临时防护措施，做到不乱堆乱弃，减少裸露面积，地表水经沉沙过滤后外排。

6. 落实并做好水土保持监理工作，确保水土保持设施建设质量和进度。

7. 项目开工前，按规定及时缴纳水土保持补偿费。

8. 项目竣工验收时应当验收水土保持设施；水土保持设施未 经验收或验收不合格，项目不得投产使用。

注：对告知内容若无异议，在以下"对告知事项的承诺意见" 一栏手写"按上述要求执行"并签章。

对告知事项的承诺意见：

建设单位：

日 期： 年 月 日

区域建设项目水土保持方案登记表

项目概况	项目名称	超瞬态实验装置预研项目		
	建设地点	重庆市高新区曾家镇		
	立项部门	重庆市发展和改革委员会	立项文号	渝发改高技[2021]1753 号
	区域水土保持方案 名称	重庆高新区区域水土保持方案	区域水土保持方案许可文号	渝高新水许可[2021]50 号
	建设性质	新建工程	工程规模	建筑总用地面积 100015m²，总建筑面积 51081.20m²
项目组成	项目组成	线站大厅、直线加速器、动力用房和超瞬态科学研究楼		
	工程总投资 （万元）	79099	建设工期	2023 年 4 月-2026 年 3 月
	总占地（m^2）	100015	其中临时用地（m^2）	-
	总挖方（万 m^3）	5.89	总填方（万 m^3）	5.89
取、弃土石方	取土石量（m^3）	-	来源	-
	弃土石量（m^3）	-	去向	-
表土利用与保护	表土剥离	剥离面积（m^2）	-	-
		剥离量（m^3）	-	-
	表土利用	覆土面积（m^2）	-	-
		覆土量（m^3）	-	-
防治责任范围	项目建设区（m^2）	100015		
防治目标	水土流失治理度（%）	97	表土保护率（%）	92
	土壤流失控制比	1.0	拦渣率（%）	94
	林草植被恢复率（%）	97	林草覆盖率（%）	17
	表土利用率（%）	-	其他	-

	措施类型	措施名称	数量	投资（万元）
水土保持措施及投资	工程措施	雨水管网	1557m	79.33
	植物措施	景观绿化	6.21hm^2	82.00
	临时措施	车辆清洗站	1 座	0.50
		临时排水沟	685m	8.21
		临时沉砂池	2 个	1.60
		防雨布覆盖	5000m^2	2.13
	独立费用		-	5.00
	基本预备费		-	1.02
	水土保持补偿费		100015m^2	14.0021
	方案总投资			193.79

建设单位(盖章)

经办人：古朝伟　　联系方式：17723894550

年　月　日

重庆高新区生态环境局(盖章)

经办人：　　联系方式：

年　月　日

重庆市发展和改革委员会

渝发改高技〔2021〕1753 号

重庆市发展和改革委员会关于超瞬态实验装置预研项目可行性研究报告的批复

重庆大学：

你校《关于重新报送超瞬态实验装置预研可行性研究报告的函》（重大校函〔2021〕154 号）收悉。结合重庆国际投资咨询集团有限公司评估意见，经请示市政府同意，原则同意所报《超瞬态实验装置预研项目可行性研究报告》，现批复如下：

一、项目代码：2020-500356-83-01-128945

二、项目法人：重庆大学。

— 1 —

三、建设地点：重庆高新区。

四、项目的科学目标。通过集成电子和光子两类探测手段，从不同维度不同尺度重点研究物理、化学、生物、医学、材料、微电子、能源、高端制造等科学应用领域中各类固、液、气态物质在超高空间分辨（10^{-10}米）和超快时间分辨（10^{-12}-10^{-15}秒）下的动态演化过程和调控作用，为物质科学前沿研究提供有力支撑。

五、项目的工程目标。为建设世界唯一运行在安培级流强和X光子通量比国际同类装置均高的同步辐射光源，并集成世界领先的超瞬态电子显微集群所需的核心关键技术开展预研，构建物质科学探测所需的高时间分辨、高空间分辨和高能量分辨的研究环境，实现从原子尺度到微观介观宏观的全覆盖。具备超瞬态光源的核心技术验证能力和电子显微集群的高时空分辨能力。推动基础研究和产业技术融通创新。

六、项目主要建设内容及建设规模

（一）开展低能超瞬态同步辐射光源和超瞬态电子显微镜核心关键技术预先研究，建设超瞬态同步辐射装置，包括0.5GeV直线加速器全能量注入器、强流储存环及光束线等。

（二）建设超瞬态电子显微镜集群，包括超瞬态透射电子显微镜（UTEM）、超瞬态自旋极化低能电子显微镜、（TR-SPLEEM）、超瞬态四维X射线显微镜（TR-XRM）等。

（三）土建工程主要包括建设线站大厅、直线加速器及其辅助用房、超瞬态科学研究楼、动力用房等。建设用地73.25亩，建筑面积17400平方米。

七、项目主要验收指标

（一）超瞬态同步辐射光源

1．500MeV直线加速器。电子加速能量：500MeV；电荷量：0.5nC；全局能散：<2%；归一化发射度：≤100mm-mradrms，重复频率：10Hz。

2．0.5GeV强流储存环。运行能量：500MeV；束流流强：0.5A。

（二）超瞬态电子显微镜集群

1．超瞬态透射电子显微镜（UTEM）。（1）飞秒超快透射电子显微镜（fs-UTEM）：时间分辨率120fs；超瞬态模式空间分辨率优于0.5nm；静态模式空间分辨率优于0.28nm。（2）原子分辨超快透射电镜（Atom-UTEM）：时间分辨率100ns；超瞬态模式空间分辨率优于0.3nm；静态模式空间分辨率优于0.09nm；

2．超瞬态自旋极化低能电子显微镜（TR-SPLEEM）。自旋空间分辨率：3nm；时间分辨率：优于12ps；PEEM时间分辨率：125fs；

3．超瞬态四维X射线显微镜（TR-XRM）。具备同时测量晶体取向和微观组织结构不均匀性的功能；空间分辨率2—4um，数据采集速度2—3fps。

八、总投资及资金来源：估算总投资79099.00万元，其中：建筑工程费66963.00万元，包括土建工程费和实验装置购置、研制及安装费，工程建设其他费8619.00万元，基本预备费3517.00

万元。资金来源为市财政资金37000万元、高新区管委会财政资金24400万元、重庆大学自筹17699万元。

九、建设工期：36个月（开工之日起计算）。

十、招标核准：招标范围为工程勘察、设计、施工、监理、建设管理代理以及与工程建设有关的重要设备、材料等的采购。建设管理代理可以采用邀请招标，其余采取公开招标。招标组织形式为委托招标。招标公告在指定媒介公开发布。

十一、其他事项。项目实行建设管理代理制。

请你校会同项目共建单位上海交通大学，严格按照项目建设管理有关规定，加强项目管理，尽快落实项目代建主体。根据本批复，结合项目可行性研究报告评估意见，按照批准的建设地点、建设规模和建设内容进一步深化初步设计等前期工作，严格控制投资，尽快将投资概算报送我委审核。此前《关于“超瞬态物质科学实验装置”预研项目可行性研究报告批复》（渝发改高技〔2020〕710号）作废。

附件：超瞬态实验装置预研项目投资估算表

重庆市发展和改革委员会

2021年12月23日

附件

超瞬态实验装置预研项目投资估算简表

序号	项目及费用名称	金额（万元）	备注
一	工程费用	66963.00	含土建工程和实验装置
1	土建、公用设施及室外工程部分	21113.00	
1.1	土石方工程	774.00	
1.2	线站大厅	4768.00	
1.3	直线加速器隧道及辅助用房	2128.00	含桩基、结构、地下隧道、建筑、室内装饰、外立面、机电工程（给排水、消防、电气、暖通、弱电、抗震支架、行车）等。
1.4	超瞬态科学研究楼	5810.00	
1.5	动力设备用房	617.00	
1.6	公用设施	4420.00	
1.7	室外工程	2596.00	
2	超瞬态实验装置工程部分	45850.00	超瞬态实验装置购置、研制及安装费。
2.1	超瞬态光源部分	22190.00	
2.2	超瞬态电镜部分	10460.00	
2.3	超瞬态光源及电镜部分配套设备研制费	13200.00	含人才队伍建设经费5000万。
二	工程建设其他费	8619.00	
1	土地费用	3764.00	土地征用成本、场地平整费用，高新区管委会实际发生。
2	技术服务费用	3066.00	
2.1	项目前期论证费	166.00	
2.2	工程勘察费	106.00	
2.3	工程设计费	739.00	
2.4	招标代理费	96.00	

序号	项目及费用名称	金额（万元）	备注
2.5	工程造价咨询服务费	618.00	
2.6	工程建设监理费	758.00	
2.7	安全生产保障费	402.00	
2.8	其他费	181.00	勘察成果审查、勘察见证、施工图审查、环评、节能评估、稳评、水土保持（方案编制、监测、补偿）、地质灾害评估、防雷工程设计等。
3	工程相关费用	81.00	易地人防费、白蚁防治费。
4	工程建设管理费	768.00	项目建设管理费（含代建费）、招标投标交易服务费。
5	调试费用	528.00	联合试运转费、辐射评估、振动测试。
6	其他费用	412.00	工程保险、场地准备及临时设施费。
三	预备费	3517.00	未经批准，不得动用
四	项目总投资	79099.00	

抄送：市财政局、市科技局，重庆高新区改发局、市规划自然资源局、市生态环境局。

重庆市发展和改革委员会办公室 2021 年 12 月 24 日印发

—6—

中华人民共和国

建设用地规划许可证

500138202100001

地字第_____号

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，经审核，本建设用地符合国土空间规划和用途管制要求，颁发此证。

发证机关 重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局

日 期 二〇二一年十二月十二日

用地单位	重庆大学
项目名称	超瞬态物质科学实验装置预研
批准用地机关	
批准用地文号	
用地位置	重庆市高新区
用地面积	100015.0平方米
土地用途	
建设规模	
土地取得方式	
附图及附件名称 建设用地规划许可证附图	

遵守事项

一、本证是经自然资源主管部门依法审核，建设用地符合国土空间规划和用途管制要求，准予使用土地的法律凭证。
二、未取得本证而占用土地的，属违法行为。
三、未经发证机关审核同意，本证的各项规定不得随意变更。
四、本证所需附图及附件由发证机关依法确定，与本证具有同等法律效力。

重庆高新区规划和自然资源局

投资项目统一代码:2020-500356-83-01-128945

地字第500138202100001号

建设用地规划许可证附件

重庆大学 ：

地字第500138202100001号《建设用地规划许可证》批准的超瞬态物质科学实验装置预研项目位于重庆市高新区，其规划条件和要求如下：

一、规划条件

（一）总体规划条件

用地性质	A3	强制性
建设用地总面积	100015.02平方米	
总计容建筑面积	不得大于平方米	强制性
停车位配建指标按（2018版）《重庆市城市规划管理技术规定》执行。(强制性)		

（二）地块规划条件

曾家镇组团A分区A18-1地块		
用地性质	A3	
建设用地面积	100015.02平方米	
计容建筑面积	不得大于平方米	
容积率	不得大于	
建筑密度	不得大于%	

住宅净密度	不得大于%	强制性
绿地率	不得小于%	
建筑控制高度	配套设施建筑限高为24米.	
公共服务设施		
海绵城市规划条件	地块的年径流总量控制率不低于65%，年径流污染物去除率不低于50%	
其他要求	强制性要求： 1.本规划地块用地性质代码采用《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB50137-2011）。2.地块停车泊位配建按照现行相关规定执行。3.道路交叉口路缘石半径的切点向主干路延伸70米，向次干路延伸50米，向支路延伸30米范围内为限制机动车开口路段；交通、公用、消防等设施用地经批准可以开口，其它用地确需开口的，应当专题论证。4.A18-1/01地块规划建设场地应位于《高新区防洪专项规划》确定的一百年一遇洪水位以上。5.A18-1/01地块配套设施建筑限高为24米，超瞬态物质科学实验装置建筑限高以及地块容积率、建筑密度、绿地率等指标在具体建筑设计方案中确定。6.分图涉及地块的规划建设应满足《重庆市主城区海绵城市专项规划》和《重庆市海绵城市规划与设计导则》的相关要求。7.A18-1/01地块规划建设应满足《超瞬态物质科学实验装置项目用地控制性详细规划一般技术性内容修改方案说明环境影响篇章》相关要求。 备注说明：1.A18-1/01地块拟建设超瞬态物质科学实验装置项目。2.A18-1/01地块相邻的0.97公顷用地（含0.91公顷永久基本农田）现阶段仍保留为非建设用地，待超瞬态科学实验装置项目纳入国家级规划，符合占用永久基本农田有关政策后，再按程序调整为教育科研用地。	

（三）其它规划条件

1、居住用地按1.5平方米/户的标准配置体育活动场地。(强制性)

(四)规划设计方案协办事项

建设项目园林绿地指标事项审查。

建设项目防空地下室设置事项审批。

电力保护事项审查（建筑未布局在电力设施保护范围线内的除外）。

二、其他要求

1、项目开工时间：和项目竣工时间：。

、本项目批准用地机关：,批准用地文号：。

3、本项目土地用途：,土地取得方式：。

4、承担本项目勘测、设计的机构，其资质、业务范围须符合有关规定。

5、建设工程的设计方案应符合国家和重庆有关技术规范、标准，其表达方式和设计深度应符合有关规定。

6、你单位申请建设工程规划许可时，应报送建设工程设计方案图说及其电子文件。电子文件须符合《重庆市规划局关于进一步规范建设项目报建电子文件格式的通知》的要求。

7、住宅计容面积应当符合《重庆市城市规划管理技术规定》要求。

8、建设工程设计方案文本中应包括下列附件：a．项目区位图（有关资料可在ghzrzyj.cq.gov.cn网站下载）、b．《建设用地规划许可证》及其附件（复印件）、c．设计单位资质证明（复印件）

9、你单位申请建设工程规划许可时，该建设用地应当具备放线条件。

三、说明

1、建设工程设计方案应遵循我局核发的《建设用地规划许可证》及其附件附图中明确的规划要求和我市城乡规划管理相关规定。各类规划控制线及其控制要求见附图。

2、标注为"强制性"的规划条件应严格遵循，非经法定程序，不得修改；未标注"强制性"的为非强制性规划条件，按控规一般技术性内容修改。

3、建设项目除整体转让外，其余形式的转让应征求规划和自然资源行政主管部门意

见。

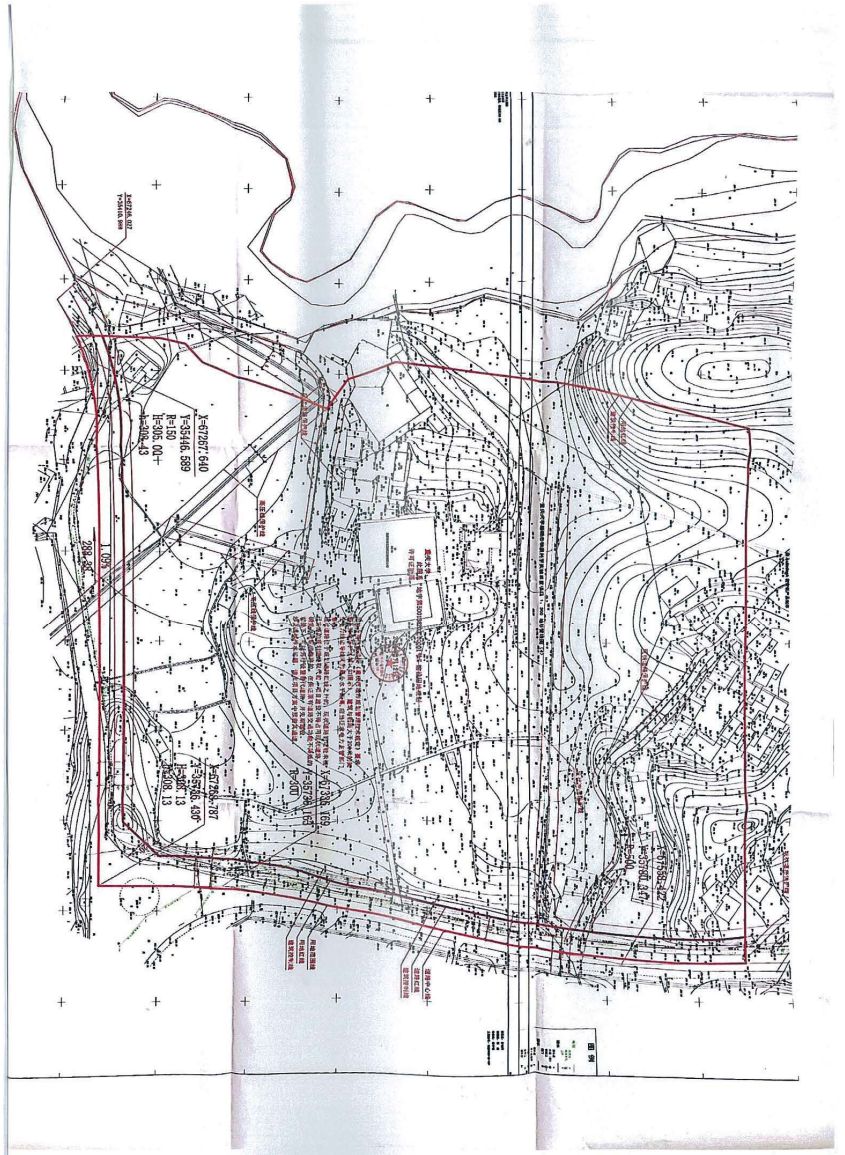
四、时效

取得本《建设用地规划许可证》之日起至2023年1月11日期间，若未取得《建设工程规划许可证》，且未经批准延期的，本《建设用地规划许可证》失效。需要延期的，建设单位应在2022年12月13日前向原审批机关提出。经批准延期的，其延长期限不得超过一年。

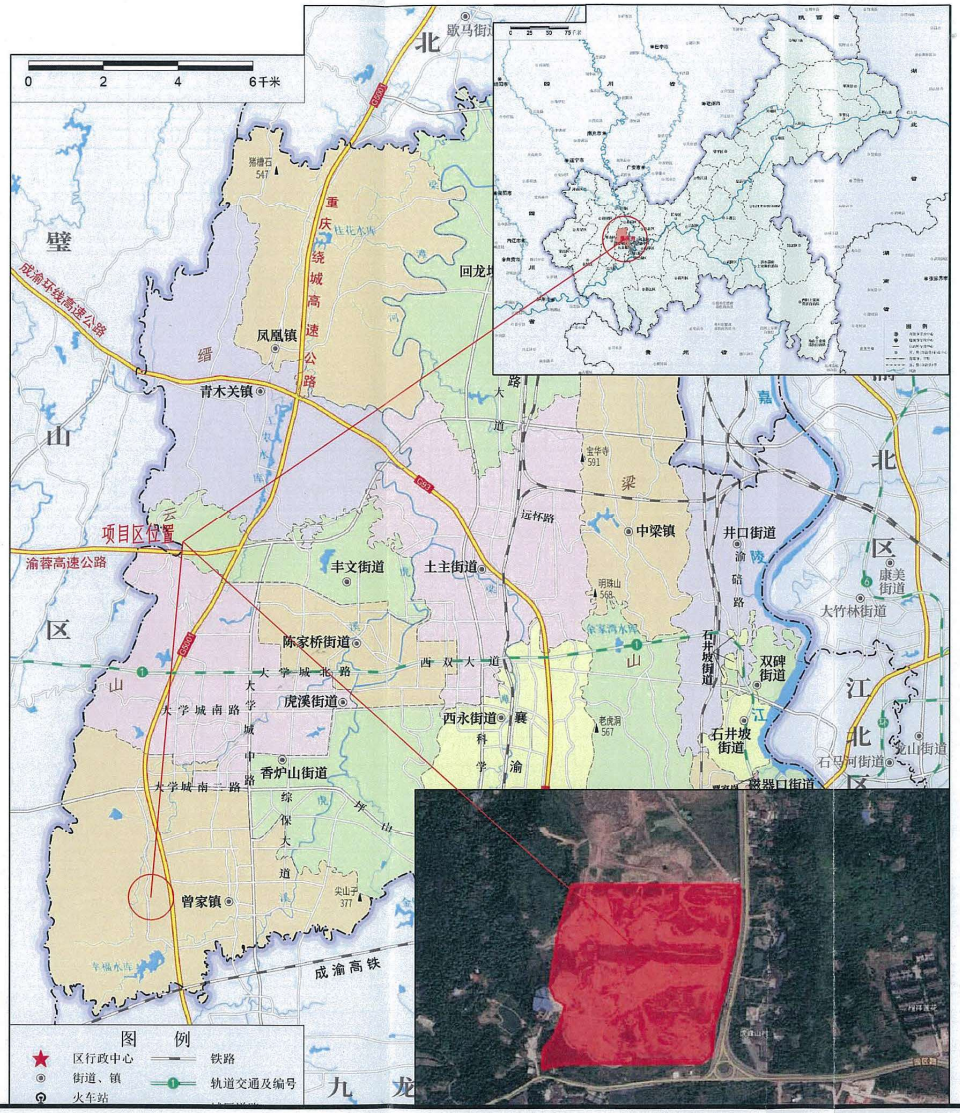
附图及附件名称：建设用地规划许可证附图

重庆高新技术产业开发区管理委员会规划和自然资源局

〇一年月十二日

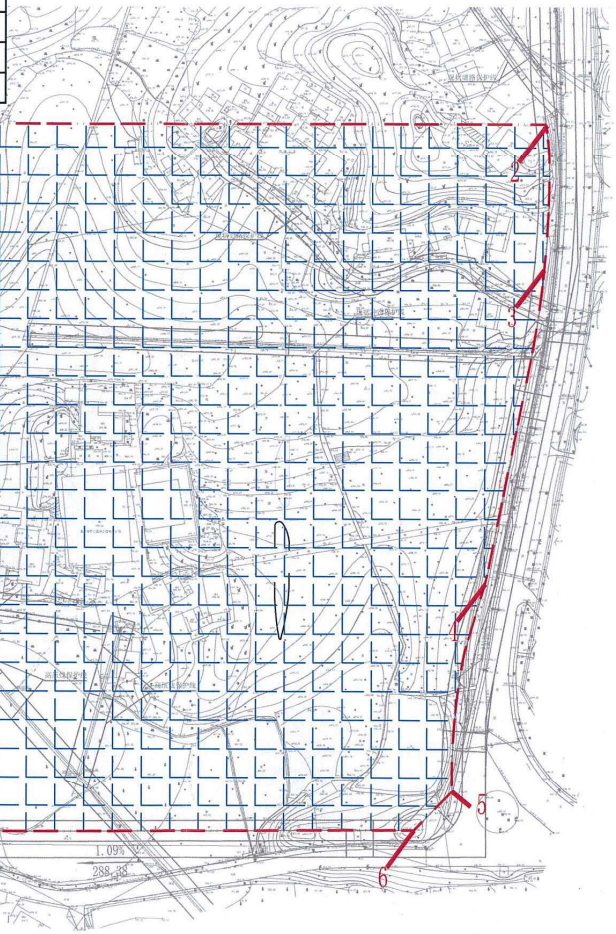


附图1 项目地理位置图


0 2 4 6千米
项目区位置
成渝环线高速公路
渝蓉高速公路
重庆绕城高速公路
凤凰镇
青木关镇
回龙坝
中梁镇
井口街道
丰文街道
土主街道
陈家桥街道
虎溪街道
西永街道
香炉山街道
曾家镇
双碑街道
石井坡街道
大竹林街道
康美街道
石马河街道
大学城北路
大学城南路
大学城中路
大学城南二路
西双大道
远怀路
成渝高铁
图 例
区行政中心
街道、镇
火车站
铁路
轨道交通及编号

附图2 水土保持防治责任范围图 1:2000

序号	项目组成	防治责任范围（hm^2）		
		永久占地	临时占地	合计
1	项目建设区	10.00		10.00
合计		10.00		10.00



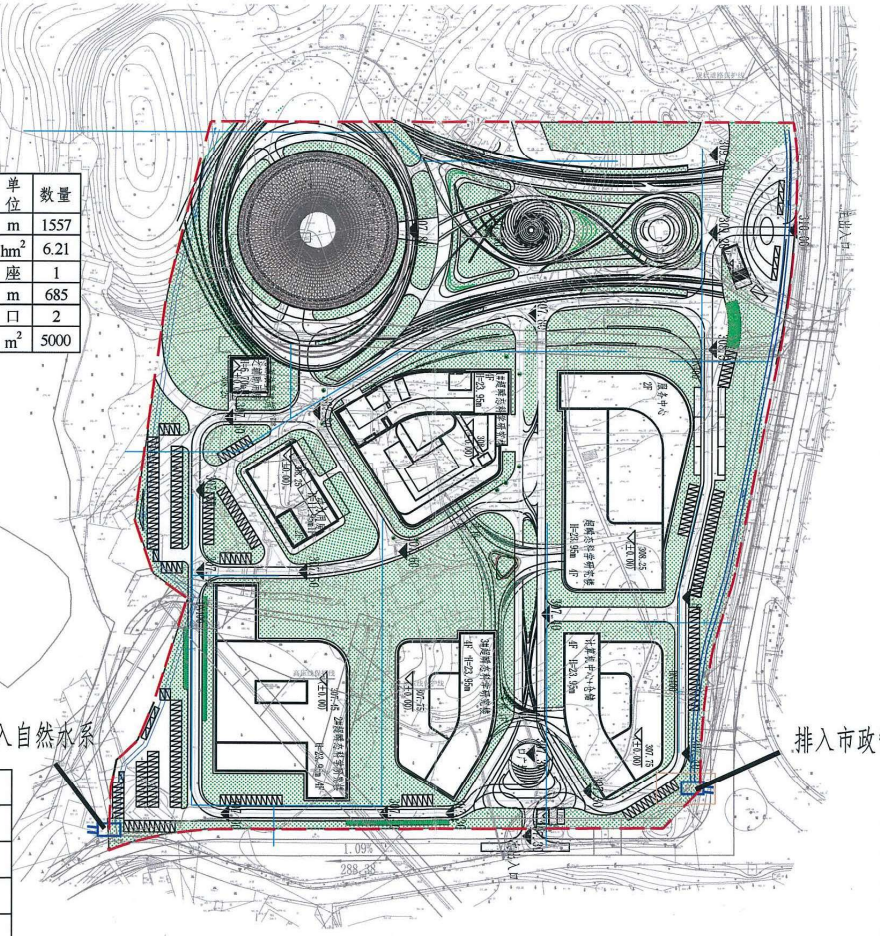
CGCS2000坐标系			
防治分区	序号	X坐标	Y坐标
项目建设区	1	623276.36159	3270849.45307
	2	623562.18939	3270852.58643
	3	623543.80142	3270670.13385
	4	623524.99012	3270588.99731
	5	623520.75871	3270526.90981
	6	623502.05952	3270507.80617
	7	623231.18836	3270493.38221
	8	623245.03919	3270547.47736
	9	623268.03859	3270616.70642
	10	623241.72304	3270654.82694

图 例	
	用地红线
	项目建设防治区
1	坐标点

重庆达源工程设计有限公司			
核定	刘涛	可研	阶段
审查	张吉	水保	部分
校核	祝发	超瞬态实验装置预研项目	
设计	胡汉		
制图	吴潇	水土保持防治责任范围图	
比例	1:2000		
设计证号		日期	2023.4
资质证号		图号	附图-2

附图3 水土保持防治措施布置图 1:2000

分区	措施类型	工程名称	单位	数量
项目建设防治区	工程措施	雨水管网	m	1557
	植物措施	景观绿化	hm^2	6.21
	临时措施	车辆清洗站	座	1
		临时排水沟	m	685
		临时沉砂池	口	2
		彩条布覆盖	m^2	5000



图例	
	用地红线
	主体工程
192.50	标高
	景观绿化
	车辆冲洗站
	临时排水沉砂
DN400	雨水管网

重庆达源工程设计有限公司			
核定	刘涛	可研	阶段
审查	张吉	水保	部分
校核	祝发	超瞬态实验装置预研项目	
设计	冉恢		
制图	吴潇	水土保持措施布置图	
比例	1:2000		
设计证号		日期	2023.4
资质证号		图号	附图-3

附图4 项目中心坐标图 1:2000

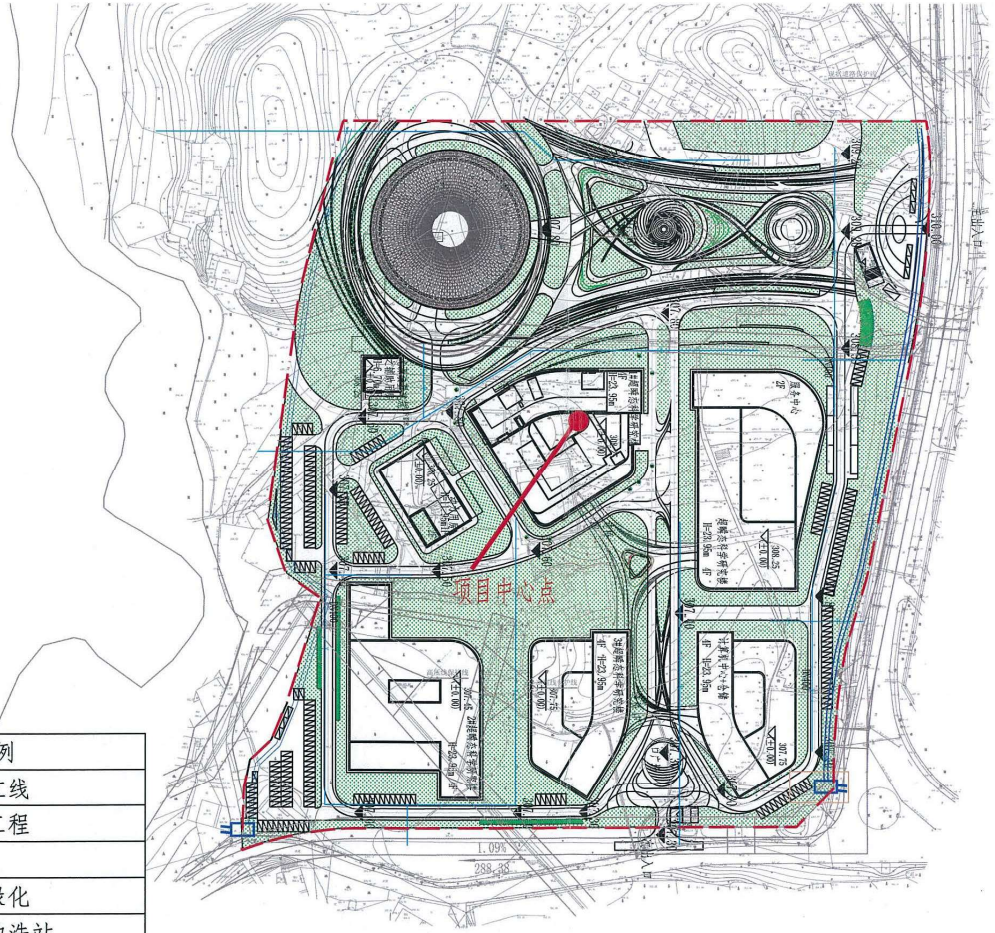


图 例	
	用地红线
	主体工程
192.50	标高
	景观绿化
	车辆冲洗站
	临时排水沉砂
DN400	雨水管网
	中心坐标点

注：本项目位于重庆市沙坪坝区曾家镇
项目中心点坐标为106° 16′ 23.51″ E，29° 32′ 53.28″ N

重庆达源工程设计有限公司			
校定	刘涛	可研	阶段
审查	张吉	水保	部分
校核	祝宏	超瞬态实验装置预研项目	
设计	胡汉		
制图	吴潇	项目中心点坐标图	
比例	1:2000		
设计证号		日期	2023.4
资质证号		图号	附图-4

附件 9 重庆大学辐射安全管理规章制度

重庆大学文件

重大校〔2012〕392 号

关于印发实验室技术安全相关五个管理制度的通知

各二级单位：

为确保实验室成为安全的工作、学习场所，防止安全事故发生，保障学校教学、科研的正常进行，并进一步规范学校实验室技术安全相关工作，依据国家相关文件规定和《重庆大学实验室技术安全管理办法》，特制定《重庆大学实验室废弃物管理办法》、《重庆大学危险化学品库房管理办法》、《重庆大学生物实验室安全管理细则》、《重庆大学实验室特种设备安全管理细则》、《重庆大学放射性同位素与射线装置安全和防护管理细则》，现印发给你们，请遵照执行。

附件：1. 重庆大学实验室废弃物管理办法

2. 重庆大学危险化学品库房管理办法

3. 重庆大学生物实验室安全管理细则

4. 重庆大学实验室特种设备安全管理细则

5. 重庆大学放射性同位素与射线装置安全和防护管理细则

重庆大学

2012 年 11 月 9 日

重庆大学校长办公室 2012 年 11 月 9 日发

附件 5

重庆大学放射性同位素与射线装置安全和防护管理细则

第一章 总 则

第一条 为加强校内放射性同位素与射线装置安全和防护的监督管理（以下简称“辐射安全管理”），保障从事放射工作人员和公众的健康与安全，保证教学、科研等工作顺利进行，保护环境，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》（主席令第 6 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环保总局第 31 号令）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部第 18 号令）等相关法律、法规，结合我校具体情况，制定本细则。

第二条 本细则适用于校内所有涉及放射性同位素与射线装置的人员和教学、科研等相关场所以及相关活动安全和防护的监督与管理。

第三条 本细则所指放射性同位素包括放射源和非密封放射性物质。放射源、非密封放射性物质及射线装置定义如下：

（一）放射源，是指除研究堆和动力堆核燃料循环范畴的材料以外，永久密封在容器中或者有严密包层并呈固态的放射性材料。

（二）非密封放射性物质，是指非永久密封在包壳里或者紧

密地固结在覆盖层里的放射性物质。

（三）射线装置，是指 X 线机、加速器、中子发生器以及含放射源的装置。

第四条 从事放射性工作的单位和个人应当严格遵守本细则的相关规定。

第二章 组织机构和许可登记

第五条 放射性同位素与射线装置的安全和防护管理实行学校、二级单位、实验室三级管理体制。

（一）学校成立化学危险品及放射源管理领导小组。在领导小组领导下，保卫处负责校内放射性同位素与射线装置安全管理工作；实验室及设备管理处负责校内放射性同位素与射线装置技术安全管理工作。同时设立辐射安全管理技术专家组，由辐射安全防护方面技术专家及有关实验室专业技术人员组成，具体负责辐射安全管理中的业务技术指导工作。

（二）二级单位负责本单位辐射安全管理工作。二级单位分管实验室技术安全的领导为本单位辐射安全管理的负责人；设定专（兼）职辐射安全管理员负责日常管理工作，负责宣传、贯彻、执行国家和学校有关辐射安全管理的法规、制度，督促和指导操作人员安全操作，并负责建立本单位放射性同位素和射线装置的详细台账，做到账卡物一致。

（三）相关实验室根据本单位放射性同位素或射线装置的具

体情况，制定相应的操作规程、辐射防护和安全保卫制度、人员岗位职责、辐射事故应急处理预案、辐射安全责任书等，经二级单位审核确认后报保卫处、实验室及设备管理处备案。

第六条 按照国家有关规定，实行辐射工作许可登记制度。

第七条 实验室及设备管理处负责统一办理学校的《辐射安全许可证》。相关二级单位购买、转让、转移以及处置放射性同位素和射线装置时，必须依法到环境保护主管部门办理申报或审批手续，待审批通过并报保卫处和实验室及设备管理处备案后方可实施。

第三章 放射工作人员管理

第八条 本细则所称放射工作是指与放射性同位素、射线装置有关的工作；放射工作人员是指从事与放射性同位素、射线装置有关工作的职业性工作人员。

第九条 全校的放射工作人员上岗前，必须进行健康检查和接受放射防护知识培训和法规教育，考核合格并获得《辐射工作安全防护培训合格证》后方可从事放射工作。取得《辐射工作安全防护培训合格证》人员，每四年须接受一次再培训。

第十条 按国家有关规定，放射工作人员在工作期间，必须佩带个人剂量计，并进行个人剂量检测（每 3 个月一次）；二级单位负责组织实施本单位个人剂量监测工作，并建立个人剂量档案，定期报实验室及设备管理处备案。

第十一条 实验室及设备管理处对上岗的放射工作人员每二

年组织一次职业健康检查，建立职业健康检查档案，并做好相关的档案管理工作。

第十二条 不得安排未经职业健康检查的工作人员、有职业禁忌的职工、未成年工或者孕期、哺乳期女职工从事放射工作。

第十三条 不得雇佣临时人员从事放射工作。临时或短期参加与放射性同位素、射线装置有关实验工作的人员在从事放射工作前要经过必要的、规范的培训，其管理可参照第九条规定执行。

第十四条 按照国家有关规定执行放射工作人员保障待遇。

第十五条 发现有职业禁忌症或者有与所从事职业相关的健康损伤的工作人员，应及时调离原工作岗位，并妥善安置。

第十六条 凡学生实验使用放射性同位素和射线装置，必须有实验室专职人员负责领用、保管。学生实验操作时，要有指导教师亲临现场指导，并作好每次使用情况的记录。

第四章 放射工作场所管理

第十七条 凡涉及新建、改建、扩建放射工作场所的项目的二级单位，应依法到环境保护主管部门办理申报或审批手续，获得有关许可证或者批准文件，并报保卫处和实验室及设备管理处备案后方可实施。

第十八条 新建、改建、扩建放射工作场所的放射防护设施，必须与主体工程同时设计审批、同时施工、同时验收投产；项目完工后须通过环保、卫生、公安等有关部门的竣工验收，获得有关许可

证或者批准文件报保卫处和实验室及设备管理处备案后方可启用。

第十九条 放射工作必须在放射工作场所进行，不得以任何理由在非放射工作场所开展放射工作。

第二十条 放射工作场所必须安装防盗、防火、防泄漏设施，保证放射性同位素和射线装置的使用安全。同位素的包装容器、含放射性同位素的设备、射线装置、放射工作场所的入口处必须设置明显的放射性标志，防止无关人员接近。工作人员进出放射工作场所必须登记。

第二十一条 各相关单位必须在放射工作场所醒目的地方张贴根据其实际工作需要编写的《放射性同位素安全操作规程》或《射线装置安全操作规程》。

第二十二条 对现有的放射工作场所，应按级别严格控制核素使用种类和操作量，确保安全。

第二十三条 二级单位须定期对各实验室使用的放射性同位素、射线装置和放射工作场所进行安全检查，并将检查结果报实验室及设备管理处和保卫处备案。

第二十四条 当放射工作场所改变工作性质不再用于放射工作时，必须申请退役；退役放射工作场所必须经专业检测单位进行污染检测，经环境保护主管部门批准，并向保卫处和实验室及设备管理处备案后方可装修、拆迁或改作它用。

第五章 放射性同位素和射线装置的申购及使用管理

第二十五条 相关二级单位拟转入、转出放射性同位素和拟购置射线装置时，应依法到环境保护主管部门办理申报及审批手续，待获得有关许可证或者批准文件，并报保卫处和实验室及设备管理处备案后，方可实施。

第二十六条 转入、转出的放射性同位素与购置射线装置要严格按照环境保护主管部门批复内容执行，不得超出范围。

第二十七条 转入的放射性同位素与购置的射线装置到货后，使用单位放射工作人员必须到现场进行认真检查、核对，确认安全无误后，应立即放入专用的保险柜、库房或工作场所内，并于 20 日内到环境保护主管部门、校保卫处和实验室及设备管理处备案，建立相应的技术档案后，方可办理财务报销。

第二十八条 放射性同位素转出后，20 日内到环境保护主管部门备案，并把备案材料交校保卫处和实验室及设备管理处存档备查。

第二十九条 禁止任何单位和个人私自购买放射性同位素与射线装置。

第三十条 相关二级单位应建立放射性同位素与射线装置台账，记载放射性同位素的核素名称、出厂时间、活度、标号、编码、来源和去向，及射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项；放射性同位素应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。同时建立健全放射性同位素保管、领用和消耗的登记制度，做到账物相符。

第三十一条 放射性同位素的提、运由二级单位指定的具有上

岗资格的放射工作人员实行；其他人员严禁提、运放射性同位素。

第三十二条 放射性同位素的转移和运输，必须妥善包装，由专用运输工具转移、运输，不得将其随身携带乘坐公共交通工具。

第三十三条 相关二级单位应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；使用非密封放射性物质的单位还应当配备表面污染监测仪。

第三十四条 相关二级单位要建立健全安全检查制度，定期对各实验室使用的放射性同位素、射线装置和辐射工作场所进行安全检查，并做好记录；在开展放射性同位素、射线装置相关工作的过程中须严格按照操作规程进行，做好安全保护工作。

第三十五条 相关二级单位应当编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，于每年 12 月提交至实验室及设备管理处。年度评估报告应当包括放射性同位素与射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

第六章 放射性同位素和射线装置报废处理

第三十六条 相关二级单位拟处置废旧放射源，应按照购置时签订的废旧放射源返回协议约定，在放射源闲置或者废弃后 3 个月内将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方；确实无法交回生产单位或者返回原出口方的，应送交有相应资质的放射性废物集中贮存、处置单位。

第三十七条 持有放射源的二级单位将废旧放射源交回生产单位、返回原出口方或者送交放射性废物集中贮存单位贮存的，应当在该活动完成之日起 20 日内向环境保护主管部门备案，并报保卫处和实验室及设备管理处备案。

第三十八条 拟对射线装置进行报废处置的二级单位，在产生放射性污染的射线装置终止运行后，应当按要求报环境保护行政主管部门审批通过后依法实施退役。退役完成后，应在 20 日内报保卫处和实验室及设备管理处备案。

第三十九条 待报废的放射性同位素和射线装置必须妥善保管，不得擅自处理。严禁随意堆放、掩埋、焚烧和丢弃。

第七章 放射事故应急救援

第四十条 相关二级单位应严格放射性同位素和射线装置的安全和防护管理，定期和不定期组织安全检查，及时排除安全隐患，杜绝事故发生。

第四十一条 相关二级单位必须制定本单位的事故应急救援预案，配备必要的应急救援器材、设备，并定期组织演练。

第四十二条 发生放射事故（如放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到意外的异常照射等事故），事故单位应当按照预定应急救援预案立即采取措施组织救援，防止事故蔓延、扩大，并立即报告保卫处、实验室及设备管理处等校内相关管理部门，同时向当地环境保护主管部门、公

安部门、卫生主管部门报告。

第四十三条 事故单位应详细记录事故的发生经过和处理情况并存档备案。

第四十四条 对发生放射事故的单位和个人，依照国家相关法规和学校有关规定进行处理。

第八章 附 则

第四十五条 在辐射安全管理方面本细则未尽事宜，按国家、重庆市的有关规定执行。

第四十六条 本细则自发布之日起施行，由学校授权实验室技术安全办公室负责解释。

重庆大学校长办公室 2012 年 11 月 9 日发

— 9 —

重庆大学文件

重大校〔2017〕347 号

关于印发《重庆大学公共卫生类突发事件应急预案》等四个专项预案的通知

各二级单位：

为进一步加强应急预案管理，完善应急预案体系建设，提升防范和应对突发事件的能力，学校组织对公共卫生类、事故灾难类、自然灾害类及实验室辐射安全事故四个专项应急预案进行了修订，并经 2017 年第 14 次校长办公会审议通过，现印发给你们，请遵照执行。

附件：1. 重庆大学公共卫生类突发事件应急预案（2017 年修订）

2. 重庆大学事故灾难类突发公共事件应急预案（2017 年修订）

- 1 -

3. 重庆大学自然灾害类突发公共事件应急预案（2017 年修订）

4. 重庆大学实验室辐射安全事故应急预案（2017 年修订）

重庆大学

2017 年 10 月 17 日

重庆大学校长办公室 2017 年 10 月 17 日印发

重庆大学实验室辐射安全事故应急预案

（2017 年修订）

1 总则

1.1 编制目的

为贯彻落实“以人为本、安全第一、预防为主”的工作方针，指导和规范辐射安全管理工作，有效预防、及时控制和消除突发辐射事故的危害，减轻辐射事故造成的损失，防止事故造成的影响进一步扩大，保障师生身体健康，维护校园正常秩序和安全稳定，结合学校实际，特制定本预案。

1.2 编制依据

本预案以《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年）、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年）、《国家突发环境事件应急预案》（2014 年）和《重庆大学实验室技术安全管理办法》等有关法律法规及规定为依据。

1.3 应急原则

1.3.1 以人为本，安全第一

将师生的人身安全和身体健康放在首位，采取必要的预防和避险措施，切实加强对师生的安全防护，预防和减少突发辐射事故的发生，最大限度地降低事故造成的损失。

1.3.2 预防为主，防救结合

辐射事故预防及应急响应与日常监督管理相结合，充分利用现有资源，建立健全突发辐射事故的预警和风险防范体系。加强辐射安全管理，做好辐射事故预防工作；积极开展培训教育，组织应急演练，提高师生员工的安全意识，做好救援物资和技术力量储备工作。

1.3.3 统一领导，分级负责

在学校的统一领导下，实行分级负责。学校各有关部门、学院、单位按照职责和权限，负责突发辐射事故的应急处置工作。

1.3.4 快速响应，果断处置

事发单位是事故应急救援的第一响应者，一旦发生辐射事故，要以最快速度、最大效能，有序地实施自救，快速、及时启动分级应急响应。在应急处置工作中，应贯彻“先控制后消除、救人第一”的原则，在避免事故扩大的前提下，首要开展抢救人员的应急处置行动，同时做好救援人员的自身安全防护，通过学校及时向政府相关部门报告，请求支援。

1.4 适用范围

本预案适用于校园内从事辐射实验场所中发生的辐射事故的应急处置工作。校医院及其他场所可根据实际情况参照执行或另行编制预案。

2 突发辐射事故分级、分类

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第449号令）中根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级（详见附件1）。

辐射安全事故分为以下四类:

（1）放射源丢失，包括放射源意外丢失和失窃;

（2）人员的意外放射性照射，指放射性工作人员或公众受到放射源或射线装置的超剂量误照射;

（3）放射性核素污染，包括人员体表、体内意外受到放射性核素的污染和对环境的污染;

（4）放射性实验室火灾。

3 组织体系与工作职责

3.1 辐射安全事故应急处理小组组成

重庆大学辐射安全事故应急处理小组由分管实验室、分管安全工作的校领导任组长，保卫处、实验室及设备管理处负责人任副组长。主要成员包括：保卫处、实验室及设备管理处分管责任人，放射性同位素及射线装置使用单位分管责任人及其他相关成员。

3.2 重庆大学辐射安全事故应急处理小组的主要职责

3.2.1 重庆大学辐射安全事故应急处理小组负责组织宣传、贯彻国家应急工作的方针、政策，负责组织应急准备工作，组织人员

参加重庆市环保局等相关单位举办的应急人员培训和应急演习、练习。

3.2.2 在接到辐射安全事故发生的报告后，立即启动应急预案。

3.2.3 做好现场决策、指挥和组织协调工作，调度人员、设备、物资等。

3.2.4 向上级相关主管部门（公安、环保、卫生）报告辐射安全事故情况，配合上级相关主管部门进行检测、现场处理及事故调查等工作。

3.2.5 组织协调相关人员对伤员进行现场救助和临时护理，并及时运送伤员到相关专业医院进行进一步检查和救治。

3.2.6 组织协调相关人员保护现场，维持秩序，防止事态进一步扩大。

3.2.7 组织协调相关人员迅速了解发生事故实验室的实际情况，采取必要措施防止人员受到进一步辐照和放射性物质污染扩散。

4 辐射安全事故应急处理

4.1 放射源丢失、被盗

4.1.1 发现放射源丢失、被盗后应立即报告，报告程序为：事发单位→校保卫处和实验室及设备管理处→校辐射安全事故应急处理小组→政府主管部门（公安部门、环保部门、卫生部门，

联系电话见附件 2）。情况严重时，现场人员可直接向公安部门报告，同时报告校保卫处和实验室及设备管理处。

4.1.2 校辐射安全事故应急处理小组在接到报告后立即启动应急预案，小组成员应迅速到达事故现场，组织保护现场，积极配合公安机关、环保部门和卫生部门开展调查和侦破工作。

4.2 人员的意外放射性照射

4.2.1 发现人员受到意外放射性照射后，应立即切断辐射源并报告，报告程序为：事发单位→保卫处和实验室及设备管理处→校辐射安全事故应急处理小组→政府主管部门（公安部门、环保部门和卫生部门）。情况紧急时，现场人员可直接向公安、环保和卫生主管部门报告，同时报告保卫处和实验室及设备管理处。

4.2.2 校辐射安全事故应急处理小组在接到报告后立即启动应急预案，小组成员迅速到达事故现场。组织相关人员采取措施对受伤害人员进行紧急护理，配合卫生部门将其送往相关专业医院进行检查和救治。

4.2.3 校辐射安全事故应急处理小组组织有关人员对事故现场采取紧急安全处理措施，积极配合公安、环保、卫生等部门处理现场，并进行事故调查。

4.3 放射性核素污染

4.3.1 发生放射性核素污染事故时，现场人员在采取有效个人安全防护措施的情况下保护现场、示警并立即报告。报告程序

为：事发单位→保卫处和实验室及设备管理处→校辐射安全事故应急处理小组→政府主管部门(公安部门、环保部门、卫生部门)。情况紧急时，现场人员可直接向公安、环保和卫生主管部门报告，同时报告保卫处和实验室及设备管理处。

4.3.2 校辐射安全事故应急处理小组在接到报告后立即启动应急预案，小组成员迅速到达事故现场，组织人员封锁现场，疏散人员，配合公安、环保等主管部门切断一切可能扩大污染范围的环节。在确保自身安全的情况下，组织相关人员对事故人员采取紧急防护处理，配合卫生主管部门将其送往相关专业医院进行污染物处理、检查和救治。

4.3.3 校辐射安全事故应急处理小组组织相关人员记录控制器、监测器和受照人员的个人剂量计上的辐射计量值，并报环保、卫生部门备案，并积极配合环保主管部门迅速确定放射性核素种类、污染程度和污染范围、并采取措施尽快清除污染。污染被清除后，被污染现场须经检测达到安全水平，方可解除封锁。

4.3.4 校辐射安全事故应急处理小组配合公安、环保、卫生等部门调查事故原因。

4.4 放射性实验室火灾

4.4.1 现场人员在确保自身能安全撤离的情况下，迅速切断电源、气源、移走放射源、压力容器等，并通知附近人员撤离。同时立即向公安消防部门报警，同时向保卫处和实验室及设备管理处报告。

4.4.2 校辐射安全事故应急处理小组在接到报告后立即启动应急预案，小组成员迅速到达事故现场，配合灭火和救护工作，组织相关成员采取必要措施尽量防止出现放射性核素泄露。若发现已发生泄露，则按放射性核素污染事故处理。

5. 辐射安全事故调查及信息公开

5.1 辐射安全事故现场应急处理完毕后，校辐射安全事故应急处理小组应积极配合公安、环保、卫生等部门立即调查事故原因。

5.2 事故原因调查清楚后，依据《重庆大学实验室技术安全工作考核及事故责任追究办法》进行追责。

5.3 辐射安全事故发生后，校辐射安全事故应急处理小组应积极配合有关部门做好信息公开工作。

6. 应急保障、人员培训和演练

6.1 应急保障。应逐级落实辐射安全事故应急所需的装备、器材和资金配备。学校应配备应急车辆、应急监测设备，涉辐二级单位应储备一定数量的防护器材（包括防护服、防护面罩、防护口罩等）、医学应急用药箱（包括稳定性碘片、放射损伤防治药和放射性核素阻吸收药等）等物资，保证应急处置需要。

6.2 人员培训。学校辐射安全事故相关应急人员须经过培训，培训内容应包括辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预

案执行步骤等。

6.3 事故应急演练。校辐射安全事故应急处理小组须定期组织应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

7. 附则

7.1 本预案由重庆大学辐射安全事故应急处理小组负责解释。

7.2 本预案自公布之日起施行，原《重庆大学辐射安全事故应急预案》（重大校〔2013〕72 号）同时废止。

附件：1. 辐射事故分级

2. 辐射事故应急联系电话

3. 辐射安全事故应急处理流程图

附件 1

辐射事故分级

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条规定：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

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

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

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

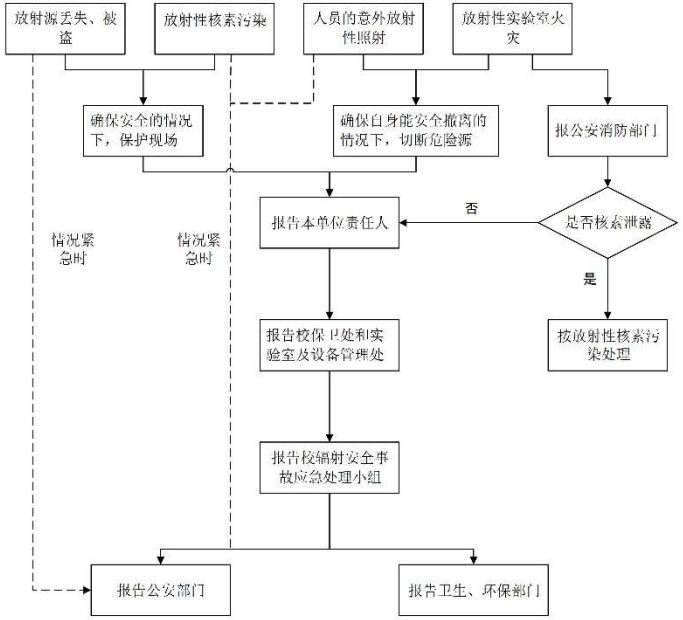
一般辐射事故，是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

附件 2

辐射事故应急联系电话

部　门		联系电话
公安部门	报警	110
	火警	119
	沙坪坝派出所	65318169
	重庆大学保卫处	65100110
环保部门	重庆市环保局	12369
		89031728
		89031730
	沙坪坝区环保局	65314510
卫生部门	沙坪坝区卫生局	65401881
重庆大学	实验室及设备管理处	65112359
		65106846

附件 3



辐射安全事故应急处理流程图