

核技术利用建设项目

准环对称仿星器项目

环境影响报告书

(公示本)



生态环境部监制

目 录

第一章 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	1
1.2.2 项目由来	2
1.2.3 建设内容与规模	3
1.2.4 区域规划与产业政策符合性	7
1.2.5 项目所在地周边环境情况	19
1.2.6 建设单位核技术利用现状	19
1.3 编制依据	21
1.3.1 国家相关法律	21
1.3.2 国家相关行政法规、地方性法规	22
1.3.3 部门规章、规范性文件	22
1.3.4 技术规范和标准	23
1.3.5 与项目有关的文件、资料	23
1.4 评价标准	24
1.4.1 辐射评价标准	24
1.4.2 非放射性评价标准	25
1.5 评价范围和保护目标	27
1.5.1 辐射环境影响评价范围	27
1.5.2 非放射性环境影响评价范围	28
1.5.3 环境保护目标	28
第二章 自然环境与社会环境状况	30
2.1 自然环境状况	30
2.1.1 地理位置	30
2.1.2 地形地貌	30
2.1.3 地质地震	31
2.1.4 水文概况	33
2.1.5 气候气象	34

2.1.6 生态环境	35
2.2 社会经济状况	35
2.2.1 人口及行政区划	35
2.2.2 社会经济发展	35
2.2.3 交通运输	36
2.2.4 自然风景、文化古迹	36
2.3 环境质量和辐射现状	36
2.3.1 非放射性环境质量现状	36
2.3.2 辐射环境质量现状	38
2.4 场址适宜性评价	38
第三章 工程分析与源项	39
3.1 项目规模与基本参数	39
3.1.1 建设内容及规模	39
3.1.2 项目组成及主要环境问题	41
3.1.3 项目工程投资及实施进度	43
3.1.4 劳动定员和工作制度	43
3.1.5 公用工程	44
3.2 工程设备与工艺分析	46
3.2.1 工程设备及主要原辅料消耗	46
3.2.2 工艺分析	50
3.2.3 人流、物流路径规划	67
3.3 污染源项	67
3.3.1 施工期污染源项	67
3.3.2 营运期污染源项	69
3.4 废弃物	74
3.5 总量控制	75
3.5.1 总量控制因子	75
3.5.2 总量计算	75
3.5.3 总量控制建议指标	76
第四章 辐射安全与防护	77
4.1 场所布局与屏蔽	77

4.1.1 场所布局	77
4.1.2 辐射工作场所分区	80
4.1.3 辐射屏蔽	81
4.2 辐射安全与防护措施	81
4.2.1 场所设施	82
4.2.2 安全联锁	83
4.2.3 监测设备	86
4.2.4 其他	87
4.2.5 电磁辐射	88
4.2.6 辐射安全防护措施符合性分析	88
4.3 三废的治理	90
4.3.1 非放射性废气处理措施	90
4.3.2 非放射性废水处理措施	91
4.3.3 非放射性固体废物处理措施	91
4.4 服务期满后的环境保护措施	92
第五章 环境影响分析	93
5.1 建设阶段对环境的影响	93
5.1.1 施工期废气环境影响分析	93
5.1.2 施工期废水及其环境影响分析	97
5.1.3 施工期噪声及其环境影响分析	97
5.1.4 施工期固体废物及其环境影响分析	99
5.1.5 施工期生态环境影响分析	100
5.2 运行阶段对环境的影响	101
5.2.1 电离辐射环境影响分析	101
5.2.2 电磁辐射环境影响分析	102
5.2.3 项目运营期非放射性环境影响分析	102
5.3 事故影响分析	106
5.3.1 辐射事故影响分析	106
5.3.2 非放射性事故影响分析	108
第六章 辐射安全管理	112
6.1 机构与人员	112

6.1.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置及职能	112
6.1.2 辐射工作人员配备计划	112
6.2 辐射安全管理规章制度	113
6.3 辐射监测	114
6.3.1 辐射工作场所及辐射环境监测	114
6.3.2 个人剂量监测	114
6.3.3 非放射性污染物排放监测	115
6.4 辐射事故应急	115
6.4.1 应急响应机构	115
6.4.2 应急响应	116
6.4.3 应急物资与保障	117
6.4.4 应急培训与演练	117
第七章 利益-代价简要分析	119
7.1 利益分析	119
7.1.1 项目建设的重要性	119
7.1.2 项目建设的必要性	119
7.2 代价分析	121
7.3 正当性分析	122
第八章 结论与建议	123
8.1 项目工程概况	123
8.2 辐射安全与防护	124
8.3 环境影响分析	124
8.4 辐射安全管理	126
8.5 公众参与	126
8.6 结论	126
8.7 建议和承诺	127
8.8 项目竣工验收检查内容及要求	127

第一章 概 述

1.1 项目名称、地点

项目名称：准环对称仿星器项目

项目性质：新建

建设单位：西南交通大学

建设地点：成渝（兴隆湖）综合性科学中心（四川天府新区科学城中路东段永兴街道）

1.2 项目概况

1.2.1 建设单位概况

西南交通大学创建于 1896 年，是我国最早的高等学府之一，是我国土木工程、交通工程、矿冶工程高等教育的发祥地。西南交通大学是国家首批“211 工程”、“特色 985 工程”和“2011 计划”重点建设的教育部直属研究型大学。在 127 年的办学历程中，培养和造就了姚桐斌、陈能宽、吴自良 3 位“两弹一星”元勋，茅以升、竺可桢、林同炎、黄万里等为代表 30 余万栋梁英才，64 位海内外院士和 38 位国家工程勘察设计大师。

目前，学校有犀浦、九里、峨眉三个校区，占地 5000 余亩。学校拥有交通运输工程、机械工程 2 个国家一级重点学科，车辆工程、桥梁与隧道工程等 10 个国家二级重点学科；18 个一级学科博士学位授权点，3 个博士专业学位授权类别，41 个一级学科硕士学位授权点，11 个博士后科研流动站；现有专任教师 2700 余人，其中，中国科学院院士 10 人（含 8 名双聘院士）、中国工程院院士 17 人（含 15 名双聘院士），国家高层次人才计划入选者 100 余人；现有全日制本科生 28914 人、硕士研究生 15053 人、博士研究生 2630 人、留学生 536 人；拥有轨道交通国家实验室（筹）、牵引动力国家重点实验室等 13 个国家级科技创新平台和 36 个省部级科研基地，包括世界上最先进的机车车辆整车滚动振动实验台、亚洲最大的边界层风洞实验台、中国最大的双台阵地震模拟振动台等一大批重大科研平台，拥有一支具有国际视野的科学家团队；面向国民经济主战场，承担了一大批国家和行业重大科技项目。获得国家科技进步奖 51 项，其中主持获得国家科技进步一等奖 3 项、

二等奖 12 项，国家技术发明二等奖 2 项，国家自然科学二等奖 1 项，参与获得国家科技进步特等奖 2 项、一等奖 11 项、二等奖 20 项，学校科技成果四次入选“中国高校十大科技进展”。

学校设有国家级大学科技园、国家级科技企业孵化器、国家技术转移中心以及产业研究院，建立了“科技—孵化—产业”全链条成果转化模式，在全国率先探索“职务科技成果权属混合所有制”改革，被誉为科技领域的“小岗村实验”。

1.2.2 项目由来

随着社会的发展，人类对能源的需求越来越大，为了维持人类社会高速的可持续发展，必须发展安全且储量丰富的清洁能源。受控核聚变能正是这样一种能源，它被公认为是解决人类能源危机的最佳途径。

目前，最有希望率先实现受控磁约束聚变的装置主要有托卡马克和仿星器两种，而我国的磁约束聚变研究主要限于托卡马克装置，至今没有开展仿星器方面的研究。

近年来，西南交通大学通过引进相关方面的高层次人才队伍，在仿星器研究领域已掌握相关核心关键技术，处于国内领先、国际一流的研究水平。为进一步提高科研技术水平，突破准环对称仿星器位形优化的关键科学和技术难点，西南交通大学拟实施准环对称仿星器项目。

2021 年 9 月 26 日，西南交通大学向四川省政府上报了《关于建设重大科技基础设施的请示》，恳请省政府支持建设“中国首台准环对称仿星器研究装置项目”。2021 年 10 月 9 日，省创建综合性国家科学中心工作领导小组办公室召开创建工作推进会第 8 次专题会议，议定将项目纳入省重大科技基础设施规划；2022 年 2 月 12 日，《四川省发展和改革委员会关于印发<2022 年四川省加快前期工作重点项目名称>的通知》（川发改项目函〔2022〕113 号）将准环对称仿星器项目列为加快前期工作重点名单。2022 年 11 月，成都西南交通大学设计研究院有限公司完成《准环对称仿星器可行性研究报告（代项目建议书）》的编制，目前，项目已完成规划选址、用地预审等前期工作，并于 2022 年 12 月取得了四川省发展和改革委员会关于本项目的可研批复（川发改创新高技〔2022〕716 号）。

西南交通大学拟建准环对称仿星器项目位于四川天府新区科学城中路东段永兴街道，项目总投资 24724 万元，新征占地 9995.55m²（约 15 亩），新建准环对称仿星器装置和配套设施工程，其中准环对称仿星器装置由线圈系统、真空系统、支

撑系统、电源系统、中央控制系统、水冷系统、加热系统和诊断系统 8 个子系统组成；配套设施工程主要为新建一栋科研用房和中央实验大厅建筑物，总建筑面积 13690m²。项目建成后将形成具有中心磁场 1.0T、大半径为 1m，等效小半径 0.25m 的准环对称仿星器装置的仿星器聚变研究实验园区，可容纳 200 名科研人员开展实验研究，为国内外先进磁场位形仿星器的研究提供一个重要的实验平台。

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《中华人民共和国放射性污染防治法》的要求，本项目应进行环境影响评价。

根据原环境保护部办公厅函（环办辐射函[2016]1670 号）“关于磁约束聚变实验装置辐射安全管理有关事项的通知”的相关要求：“一、本通知所指磁约束聚变实验装置，是指利用磁场约束等离子体，开展受控核聚变和等离子体物理研究的科研实验装置，现有装置类型包括托卡马克装置、反场箍缩装置和仿星器等。……三、磁约束聚变实验装置在建设前，应根据具体的设计参数和运行模式，分析装置的辐射安全风险，同时考虑事故工况等极端情况的影响，确定具体参照的射线装置的类别，并由所在地省级环境保护部门办理环境影响评价手续”。本项目准环对称仿星器装置属于磁约束聚变实验装置一种类型，该类装置属于大型核技术利用科研设备，技术复杂。经与生态环境主管部门咨询，本项目环境影响评价类别为环境影响报告书，参照射线装置进行管理。为此，西南交通大学委托中国核动力研究设计院承担本项目的环境影响报告书编制工作。中国核动力研究设计院接受委托后，立即组织有关技术人员进行了现场踏勘、资料收集等基础工作，并按照有关法律法规和导则标准规范等技术规范的要求，结合项目特点和区域环境特征，进行了建设项目工程分析、环境影响预测与环保措施论证等，编制完成了西南交通大学《准环对称仿星器项目环境影响报告书》。

1.2.3 建设内容与规模

1.2.3.1 项目总体规划

准环对称仿星器项目总体工程目标是建造一个中心磁场 1T、大半径 1m、等效小半径 0.25m 的准环对称仿星器装置以及相应的电源、中央控制、水冷、加热、诊断等辅助设备；建成占地面积约 9995.55m²（约 15 亩）、总体建筑面积 13690m² 的仿星器聚变研究实验园区。通过突破先进仿星器装置中一系列的关键技术难题，建成国际领先的仿星器能源研究中心。项目拟分阶段开展物理和工程研究，总体规划

如下：

①预装与测试阶段（2023.01-2024.12），通过联合国内外高校和科研院所的力量，进行仿星器物理研究与关键部件的工艺技术研发，并开展线圈、真空室、支撑等关键部件的预装与测试，以及配套与预装测试相关的电源、中控和诊断等系统。

②全面建设阶段（2025.01-2025.12），拟在成都市天府新区建成四川省重大科技基础设施——中国首台准环对称仿星器装置，装置建设具体包括线圈系统、真空系统、支撑系统、电源系统、中央控制系统、水冷系统、加热系统和诊断系统。

③位形验证阶段（2026.01-2030.12），装置建成后 5 年，全面验证仿星器准环对称磁场位形的科学先进性。

④装置参数提升阶段（2031.01-2045.12），装置建成后 5-20 年，通过提高加热功率以实现高比压、高约束稳态等离子体运行，并深入开展 CFQS 准环对称位形下关键科学问题的研究：如湍流输运、磁流体不稳定性等，以全面实现仿星器高约束稳态运行。

⑤新一代装置设计阶段（2046.01-2050.12），装置建成后 20-25 年，基于 CFQS 实验结果总结并提出下一代仿星器磁场位形的设计方案，为未来先进仿星器反应堆的设计提供依据和指导。

本项目建设内容即为全面建设阶段中所列建设内容，配套建设的一栋科研用房和中央实验大厅建筑物综合考虑装置规划的实验需要在本阶段一次建成，项目建成后可达到位形验证阶段的物理和工程研究任务，本次仅针对本项目建设内容和装置设计指标进行评价；未来装置参数提升阶段和新一代装置设计阶段则根据实际建设内容和装置运行工况另行环评。

1.2.3.2 本项目建设内容与规模

本项目新征占地 9995.55m²（约 15 亩），建设准环对称仿星器装置和配套设施工程。

（1）准环对称仿星器装置

本项目新建 1 套准环对称仿星器装置，装置由线圈系统、真空系统、支撑系统、电源系统、中央控制系统、水冷系统、加热系统和诊断系统 8 个子系统组成。建成后准环对称仿星器装置大半径为 1m，等效小半径 0.25m，环向周期数为 2，设计最大磁场为 1.0T。装置的基本信息见表 1.2-1；8 个子系统的组成、功能及相关技术参

数见表 1.2-2。

本项目准环对称仿星器装置为国内首创，所有仪器设备/系统均为自主设计，但项目涉及的部件及设备的生产制造均外购或委托第三方进行，项目准环对称仿星器装置的设备仅在现场进行部件组装、测试或调试，不涉及机加工和生产制造等活动。

准环对称仿星器装置建成后，年运行 120 天，每天 8 小时，每天放电 40 次，每次放电时间 1~2 秒，每次放电间隔时间约 10 分钟，年放电次数 4800 次。

表 1.2-1 本项目准环对称仿星器装置基本信息

序号	信息名称	基本情况	备注
1	装置名称	准环对称仿星器（英文名 Chinese First Quasi-axisymmetric Stellarator，简写 CFQS）	
2	装置建造性质	新建	
3	注入粒子种类	氢气	
4	参数类型	设计参数	
4.1	装置大半径 R (m)	1	
4.2	等离子体小半径 a (m)	0.25	等效小半径
4.3	环径比 R/a	4	
4.4	环向周期数	2	
4.5	等离子体体积 (m^3)	1	
4.6	等离子体电子密度 (m^{-3})	2×10^{19}	磁轴处
4.7	等离子体温度 (keV)	2	磁轴处
4.8	放电时间 (s)	1~2	
4.9	磁场 (T)	1.0	磁轴处磁场强度

表 1.2-2 本项目准环对称仿星器装置各系统构成、功能及技术参数表

序号	系统名称	主要设施	功能	参数指标
1	线圈系统	非平面模块化线圈（MC 线圈）、极向场线圈（PFC 线圈）、环向场线圈（TFC 线圈）、线圈工装模具	产生准环对称位形的磁面。	三维磁场分布误差小于设计值的 0.01%，线圈总安匝 ≥ 6 MAT，绝缘电阻 ≥ 100 G Ω 。
2	真空系统	真空室、法兰部件、真空室工装模具、低温泵、分子泵、检漏仪、清洗设备、烘烤设备、真空计、罗茨泵机组	为等离子体的产生提供了所需的真空环境。	系统真空度达到 10^{-6} Pa~ 10^{-5} Pa，运行中电磁力及热应力所引起的形变量 ≤ 4.0 mm。

序号	系统名称	主要设施	功能	参数指标
3	支撑系统	线圈支撑、真空室支撑、主体支撑	为准环对称仿星器装置的真空室、线圈提供必要的支撑，确保装置各部件在实验过程中不会发生过大的位移。	装配误差 $\leq 1.0\text{ mm}$ ，线圈绝缘层产生的应变 $\leq 0.1\%$ ，支撑结构承重量最高可达到 50 吨。
4	电源系统	模块化 MC 电源、TFC 电源、PFC1 电源、PFC2 电源、电源控制子系统、线圈测试电源、移动储能电站	电源系统为准环对称仿星器装置及其配套系统供电。	电源容量：100 MVA（脉冲宽度：1~2 s）；低的电流纹波 $\leq 0.5\%$ ；单次释能： $\geq 150\text{ MJ}$ 。
5	中央控制系统	数据采集子系统、中央时序控制子系统、网络存储子系统、等离子体反馈控制子系统、中央安全联锁子系统	对装置运行状态监测、数据实时测量、实验参数调控、等离子体控制、故障联动保护、高精度触发和实时数据传输、网络存储、数据访问与处理。	时钟同步误差 $\leq \pm 2\text{ }\mu\text{s}$ ，数据通讯延迟 $\leq 10.0\text{ }\mu\text{s}$ ；数据缓存服务器：100TB 光纤存储，10 GB/s 带宽。
6	水冷系统	一回路主设备、二回路主设备、水质处理设备、监测与控制设备	用于装置模块化线圈磁体、极向场线圈磁体以及电子回旋共振加热系统的冷却系统。	线圈回路冷却流量 $6\text{ m}^3/\text{h}$ ，ECRH 回路冷却流量 $15\text{ m}^3/\text{h}$ ，最大压力 2MPa；去离子水电阻率不小于 $5\text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$ ，产水量 $3\text{ m}^3/\text{h}$ 。
7	加热系统	波源子系统、传输子系统、天线子系统、辅助运行子系统	电子回旋共振加热系统，用于启动、加热等离子体	频率 54.5GHz、输出功率 500kW、脉冲宽度 1s，耦合模式为二次谐波非寻常模。
8	诊断系统	磁力线示踪成像子系统、磁测量子系统、快速扫描静电探针测量子系统、中性粒子压强测量子系统、电子回旋辐射测量子系统等	用于监测磁场位形、等离子体参数，借助反馈控制系统确保装置运行的稳定性；并通过诊断系统测量的参量研究等离子体相关物理问题。	最高时间分辨率：1 μs ；最高空间分辨率：2.0mm。

（2）配套设施工程

配套设施工程主要新建一栋科研用房和中央实验大厅建筑物，总建筑面积 13690m²。

①科研用房

科研用房地地上五层，局部设地下一层，建筑高度 23.5m，建筑面积约为 13090m²（地上建筑面积约为 11522.66m²，地下建筑面积约 1567.34m²），混凝土框架结构。主要设置准环对称仿星器装置的实验设备用房以及科研人员办公、学术交流场所等。

②中央实验大厅

中央实验大厅单层单跨结构,长 27.8m,宽 21.6m,高 17.03m,建筑面积约 600m²。四侧墙体均为 500mm 厚钢筋混凝土,其中东侧墙体设置 1 扇 6.0m(宽)×8.0m(高),500mm 厚的钢筋混凝土电动防护门(中间为 460mm 钢筋混凝土+各面表层均为 20mm 厚不锈钢板包封),作为设备出入口和运行阶段材料出入口;北侧墙体分别于标高±0.00m、+5.80m 各设置 1 扇 1.5m(宽)×2.4m(高)的 500mm 厚的钢筋混凝土电动防护门(中间为 460mm 钢筋混凝土+各面表层均为 20mm 厚不锈钢板包封),与科研用房相应的一层、二层相连,作为工作人员进出中央实验大厅的出入口;屋顶为 200mm 厚钢筋混凝土板,其上覆盖 200mm 厚聚乙烯板。

中央实验大厅内顶部设置遥控式 20t 桥式吊车,不设具体操作位,在大厅内地面遥控操作,主要用于建设阶段和运行阶段装置不放电时中央实验大厅内各设备的运输和吊装。中央实验大厅中央布置准环对称仿星器装置的线圈系统、真空系统、支撑系统、加热系统等核心实验装置,为准环对称仿星器实验装置的运行实验场所。

1.2.4 区域规划与产业政策符合性

1.2.4.1 产业政策符合性

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录(2019 年本)》,本项目属鼓励类第三十一项“科技服务业”第 10 条:“国家级工程(技术)研究中心、国家产业创新中心、国际农业高新技术产业示范、国际农业科技园区、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、高新技术产业创业服务中心、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”中所列项目,符合国家产业政策。

同时,本项目被纳入四川省重大科技基础设施项目序列,2022 年 2 月 12 日,四川省发展和改革委员会关于印发《2022 年四川省加快前期工作重点项目名单》的通知(川发改项目函[2022]113 号),将本项目列入了《2022 年四川省加快前期工作重点项目名单》。2022 年 12 月,本项目取得了四川省发展和改革委员会关于《准环对称仿星器可行性研究报告》的批复(川发改创新高技(2022)716 号)。

1.2.4.2 规划符合性分析

(1) 与国家科技发展规划的符合性

2021年3月12日,《中华人民共和国国民经济与社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确提出,要坚持“创新”在我国现代化建设全局中的核心地位,把科技自立自强作为国家发展的战略支撑,深入实施创新驱动发展战略,加强原创性引领性科技攻关,强化国家战略科技力量建设。

2021年10月24日,中共中央、国务院印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》,实现“碳达峰”(二氧化碳排放2030年前达到峰值)、“碳中和”(二氧化碳“零排放”)是党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策,是着力解决资源环境约束突出问题、实现中华民族永久发展的必然选择,是构建人类命运共同体的庄严承诺。能源是现代经济社会发展的物质基础和重要制约因素,构建清洁低碳、安全高效的能源体系事关国家战略安全,推动清洁能源发展刻不容缓。核能是低碳清洁、稳定可靠、优质高效的未来基荷能源,核聚变能被公认为彻底解决人类能源危机的最佳能源形式,规模化发展是改善能源结构、解决环境问题的最现实选择。

本项目建成后,我国将成为国际上率先拥有最先进一代磁约束位形仿星器的国家,提升我国在受控核聚变领域的原始创新能力,奠定在该领域的“领跑”地位,打造我国国家战略科技力量。支撑验证准环对称磁场位形的科学先进性,填补我国在仿星器相关研究领域的空白,并与托卡马克位形互补,为推进人类探索先进磁约束位形和受控核聚变技术做出开创性贡献。加快磁约束核聚变能技术研发和应用进程,带动和促进相关配套产业发展,形成从科学研究到成果转化的可持续发展格局,支撑国家能源高效安全战略和“双碳”战略实施。

(2) 与四川省科技发展规划的符合性

成渝地区双城经济圈肩负建设具有全国影响力的科技创新中心的战略使命。四川省第十一届九次全会《中共四川省委关于深入推进创新驱动引领高质量发展的决定》,一头抓国家战略科技力量建设,一头抓产业技术创新和全社会创新创造。四川省第十二次党代会提出,要依靠创新驱动塑造发展优势,不断开辟高质量发展新境界。成渝(兴隆湖)综合性科学中心是科技创新核心支撑,亟需并正在核能核技术应用领域集聚一批重大科技基础设施,开展关键“卡脖子”技术攻坚,进一步夯实壮大战略科技力量,打造以聚变大科学装置为核心的国际合作和引领未来核能发展的科技创新高地。

面向世界科技前沿和国家“构建清洁低碳、安全高效的能源体系”重大战略需求，西南交通大学提出建设准环对称仿星器省重大科技基础设施项目。本项目拟建设“准环对称仿星器”是目前受控核聚变领域磁场位形最先进的仿星器装置，它兼具了稳态运行和低的等离子体输运损失及高的等离子体约束性能的综合优势。项目建成后，将为四川建设具有全国影响力科技创新高地，加快建设成渝（兴隆湖）综合性科学中心，打造带动全国高质量发展的重要增长极和新的动力源，推动新时代治蜀兴川再上新台阶，全面建设社会主义现代化四川提供有力支撑。

（3）与四川省成都天府新区总体规划（2010-2030）》符合性分析

根据《四川成都天府新区总体规划（2010-2030）》（2015 版），四川天府新区的总体定位为：我国西部地区的核心增长极与科技创新高地，以现代制造业和高端服务业为主，宜业宜商宜居的国际化现代新区。其五大核心功能包括全面改革创新试验区、现代高端产业集聚区、内陆开放经济高地、宜业宜商宜居城市、统筹城乡一体化发展示范区。天府新区产业布局按照“产业高端、布局集中”的原则，有选择地发展带动性强、技术密集、能形成竞争优势的主导产业，大力发展战略新兴产业和现代制造业。

本项目属于工程和技术研究和试验发展行业类别，项目用地性质为科研用地，本项目建成后用作西南交通大学科研办公、教学、实验用房，将为国内外先进磁场位形仿星器的研究提供一个重要的实验平台，与天府新区总体规划相符。

（4）与成都科学城产业功能区的符合性分析

成都科学城规划面积 132 平方公里，准确把握“具有全国影响力的科技创新中心科学高地、西部（成都）科学城创新策源地、成渝综合性科学中心主阵地、国家实验室和天府实验室承载地”战略定位，布局“一中心两基地，一岛三园”功能组团，着力建设“功能复合、职住平衡、服务完善、宜业宜居”的新时代公园城市。

成都科学城功能组团分别为鹿溪智谷科学中心、重大科技基础设施建设基地、协同创新基地、独角兽岛、兴隆湖高新技术服务产业园、凤栖谷数字经济产业园、新兴智能制造产业园。其中重大科技基础设施建设基地规划面积 12 平方公里，集中落位国家实验室、重大科技基础设施和交叉研究平台。

本项目准环对称仿星器是电磁驱动聚变大科学装置，是四川省重大科技基础设施项目，选址位于成都科学城重大科技基础设施建设基地首开区内，符合成都科学

城的产业功能区布局。

1.2.4.3 与土地利用规划的符合性

本项目位于四川天府新区科学城中路东段永兴街道，项目建成后用于科研人员开展实验研究，为国内外先进磁场位形仿星器的研究提供一个重要的实验平台。

成都市规划和自然资源局出具了建设项目用地预审与选址意见书（用字第510199202210237），经审核，本项目符合国土空间用途管制的要求。

四川天府新区公园城市建设局出具的规划条件通知书（编号：成规设[2022]J0372），本项目用地块规划土地使用性质为科研用地。

综上所述，本项目的建设符合用地规划。

1.2.4.4 “三线一单”符合性分析

根据《成都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通知》（成府发〔2021〕8号）和《成都市生态环境局关于印发<成都市生态环境准入清单（2022年版）>的通知》（成环发〔2022〕8号），本项目与成都市生态环境准入清单的符合性分析如下。

（1）与成都市总体生态环境准入清单符合性分析

根据成府发〔2021〕8号和成环发〔2022〕8号文件可知，成都市生态环境总体管控要求如下。

表 1.2-3 成都市生态环境总体管控要求

区域	总体管控要求	本项目	是否符合
成都市	1、坚持绿色发展。针对突出生态环境问题，大力优化调整产业结构，实施严格的环境准入要求，鼓励发展节能环保产业。 2、协同减污降碳。坚决遏制“两高”项目盲目发展并推进其绿色转型，对现存企业执行最严格排放标准和总量控制要求。加大能源结构调整，逐步优化扩大高污染燃料禁燃区范围。 3、提高清洁能源占比。加大交通运输结构调整，鼓励推广新能源汽车，加大货运“公转铁”运输比例。 4、提升产业能级。对重点发展的电子信息、装备制造、新型材料、食品饮料、生物医药等产业执行最严格的资源环境绩效要求，达到国内先进水平。加快 GDP 贡献小、污染排放强度大的产业如建材、家具等产业转型升级。优化涉危涉化产业布局，严控环境风险，保障人居安全。 5、降低工业消耗。工业企业单位工业增加值能耗达到国内先进水平及以上；工业园区污染能耗物耗水耗指标对应满足国家级、省级生态工业园或更高要求等。	1、本项目准环对称仿星器装置属于磁约束聚变实验装置，是核技术利用科研设备，同时，本项目为重大科技基础设施项目，不属于“两高”项目； 2、本项目生产用水主要为冷却用水，冷却循环使用，可有效降低水资源的消耗； 3、本项目污染主要为辐射污染，包括 X 射线、电磁	符合

区域	总体检控要求	本项目	是否符合
成都市	6、强化“三水”统筹。优化水资源、水生态、水环境“三水”统筹，实行最严格水资源管理制度，严控引入水资源消耗大和水污染排放大的产业。 7、从严标准执行。全域执行岷沱江污染物排放标准及成都市锅炉大气污染物排放标准；全域执行大气污染物特别排放限值；全域落实挥发性有机物无组织排放控制标准中的特别控制要求。 8、建立完善全过程污染土壤环境管理体系。严格执行建设用地再开发利用场地调查评估、风险管控和修复制度，完善建设用地管理、准入、退出等监管流程，健全部门联动监管机制，合理确定土地用途。	辐射，通过工程措施可以得到控制。 4、本项目不产生挥发性有机物，生产废水和生活污水经天府新区第一污水处理厂处理排入鹿溪河可达到岷沱江污染物排放标准。	

由上表分析，本项目符合成都市总体生态环境准入清单。

（2）项目所在环境管控单元

根据四川省政务服务网—四川省生态环境厅“三线一单”应用平台线上查询结果以及《成都市生态环境局关于印发<成都市生态环境准入清单（2022年版）>的通知》（成环发〔2022〕8号）中“全市环境管控单元查询索引表”，本项目位于成都市天府新区，项目所在的环境管控单元名称：天府新区成都直管区中心城区；管控单元编号：ZH51012220001；管控类别：城镇重点管控单元。项目与管控单元相对位置关系见下图。

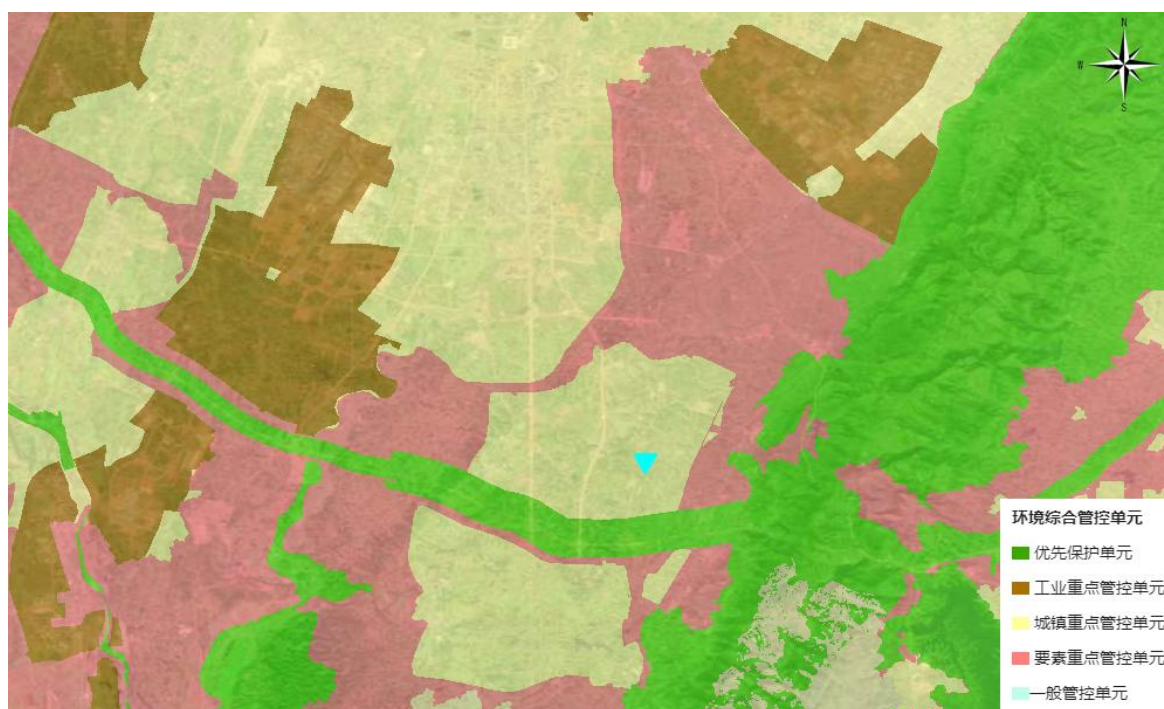


图 1-1 项目与管控单元相对位置图（线上查询结果，图中▼表示项目位置）

成都市环境管控单元分布图

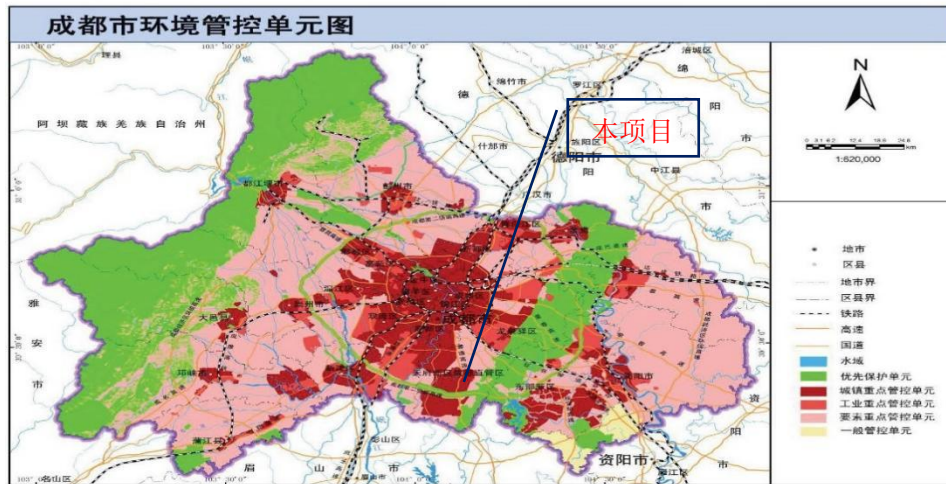


图 1-2 成都市环境管控单元分布图

同时，本项目所在地不涉及风景名胜区、饮用水水源保护区、自然保护区等生态敏感目标，与成都市生态保护红线分布位置关系见下图，本项目不在成都市已划定的生态保护红线范围内。

成都市生态保护红线分布图

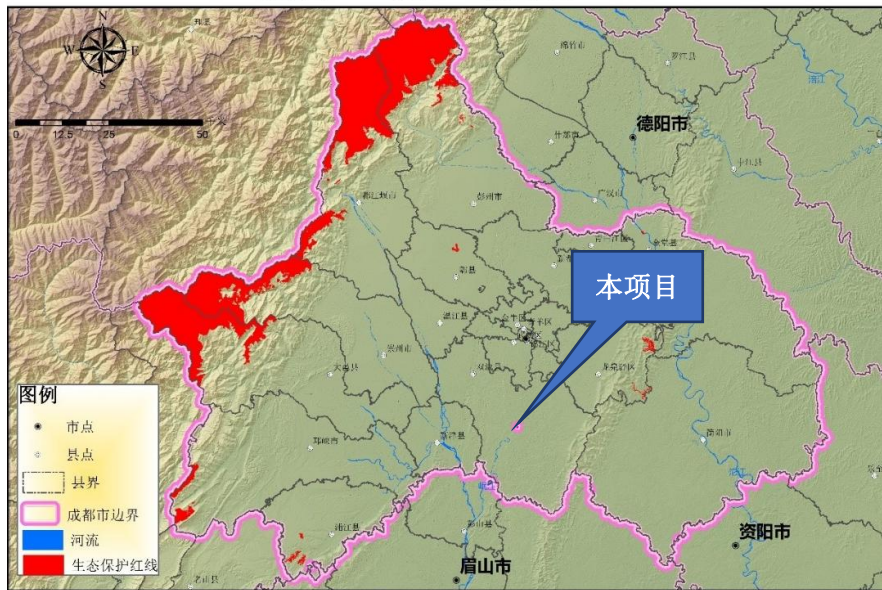


图 1-3 本项目与成都市生态保护红线分布位置关系

(3) 与成都市城镇重点管控单元总体生态环境准入清单符合性分析

根据成环发〔2022〕8号文件，本项目所在的环境管控单元的管控类别为城镇重点管控单元，本项目与成都市城镇重点管控单元总体生态环境准入清单的符合性分析如下。

表 1.2-4 成都市城镇重点管控单元总体生态环境管控要求

管控类型		普适性管控要求	本项目	符合性
维度	清单编制要求			
空间布局约束	禁止开发建设活动的要求	<p>(1) 原则上禁止新建生产性企业，除主要原材料采用本地矿产、林产资源，以及没有规划工业园区的乡镇允许适度发展农产品初加工、手工业和无污染的轻工产品制造外。</p> <p>(2) 严禁在人口聚集区新建涉及重金属排放的项目。</p> <p>(3) 城镇建设和发展不得违法违规侵占河道、湖面、滩地。</p> <p>(4) 环城生态区严格执行《成都市环城生态区保护条例》。</p> <p>(5) 禁止在本市规划已确定的通风廊道区域内新建、改建、扩建排放大气污染物的工业项目。</p> <p>(6) 禁止在居民住宅楼、未配套设立专用烟道的商住综合楼以及商住综合楼内与居住层相邻的商业楼层新建、改建、扩建产生油烟、异味、废气的餐饮服务项目。</p> <p>(7) 绕城高速公路（G4202）以内区域，禁止新建大型物流基地、物流集散中心或者商品批发市场。</p> <p>(8) 绕城高速公路（G4202）以内禁止新建、扩建混凝土（砂浆）、沥青搅拌站。</p> <p>(9) 禁止新增采用开启式干洗机的干洗经营项目。</p>	<p>1、本项目准环对称仿星器装置属于磁约束聚变实验装置，不属于生产性、工业类项目；</p> <p>2、本项目运行过程中不使用和排放重金属；</p> <p>3、本项目用地为规划的科研用地，所在地不涉及占用河道、湖面、滩地。</p>	符合
	限制开发建设活动的要求	<p>(1) 现有工业企业原则上限制发展，污染物排放只降不增，允许以提升安全、生态环境保护水平为目的的改建，引导企业退城入园，有序搬迁。</p> <p>(2) 严格控制在城镇空间范围内新布设工业园区。若新布局工业园区，应符合最新的国土空间规划，并结合区域环境特点、三线成果、园区产业类别，充分论证选址的环境合理性。</p>	本项目为新建实验装置，不属于工业类项目。	符合
	不符合空间布局要求活动的退出要求	<p>(1) 引导城市建成区内的钢铁、化工等重污染产业退出。</p> <p>(2) 现有不符合管控要求的工业企业适时进行有序退出。</p> <p>(3) 有序搬迁或依法关闭对土壤造成严重污染的现有企业。</p> <p>(4) 建立发现一起，整治一起长效机制，实现“散乱污”经营主体动态清零。</p>	本项目为新建实验装置，不属于重污染产业，不属于工业类项目。	符合

管控类型		普适性管控要求	本项目	符合性
维度	清单编制要求			
污染物 排放 管控	现有源提标升级改造	<p>(1) 持续加强汽修、加油站、干洗等作业场所有机废气防治。</p> <p>(2) 严格施工扬尘监管，开展绿色标杆工地打造。</p> <p>(3) 岷江、沱江流域现有处理规模大于 1000 吨/日的城镇生活污水处理厂执行《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）。</p> <p>(4) 全面推进在用锅炉提标改造，按期执行《成都市锅炉大气污染物排放标准》（DB51/2672-2020）要求。</p> <p>(5) 现有进水生化需氧量浓度低于 100mg/L 的污水处理厂，要围绕服务片区管网开展系统化整治，所有新建管网应雨污分流。</p>	本项目为新建项目，无现有污染源存在。	符合
	新增源等量或倍量替代	参照《关于加强重点行业建设项目区域削减措施监督管理的通知》（环办环评〔2020〕36 号）执行。	本项目为新建实验装置，属于核技术利用项目。不属于重点行业建设项目。	符合
	新增源排放标准限值	严格执行废气、废水、噪声、固体废物等国家、行业和地方污染物排放标准。	本项目 X 射线、电磁辐射；生产、生活废水、噪声、固体废物通过工程措施和管理措施，可以达标排放。	符合
	污染物排放绩效水平准入要求	<p>(1) 至 2035 年，中心城区污水处理率达到 100%；新、改、扩建规模大于 1000 吨/日的污水处理厂出水主要指标应达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）中的要求。</p> <p>(2) 生活垃圾无害化处理率不低于 95%；危险废物、医疗废物和放射性废物集中处置率达 100%；中心城区污水污泥无害化处理处置率达到 95%以上、各区（市）县达到 90%以上，全市污水污泥基本实现减量化、无害化、规范化处置；到 2035 年，全市生活垃圾分类覆盖率达 85%以上，资源化利用率达到 70%以上，无害化处置率达到 100%。</p> <p>(3) 扬尘污染管控要求：严格落实建设工地“十必须、十不准”；安装工地扬尘在线视频监控设备，建设扬尘监控平台，重点房建工程和市政工程项目工地、大型工业堆场在线视频监控覆盖率达到 100%。</p>	<p>1、本项目生产、生活污水收集后排入天府新区第一污水处理厂处理，污水处理厂排水可达（DB51/2311-2016）中的要求；</p> <p>2、环评要求建设单位在施工过程中落实“十必须、十不准”的要求，采用湿法施工并设置施工围挡、喷淋装置；施工现场设置扬尘在线监测系统。</p>	符合

管控类型		普适性管控要求	本项目	符合性
维度	清单编制要求			
污染物排放管控	污染物排放绩效水平准入要求	<p>（4）从事机动车修理、印刷、服装干洗、研发等排放挥发性有机污染物的生产作业，应当按照有关技术规范进行综合治理。推广机动车维修企业使用水性、紫外光固化涂料，喷涂和补漆工序须在密闭喷漆室内进行，禁止露天和敞开式喷漆作业；包装印刷业必须使用符合环保要求的油墨；餐饮服务业油烟必须经处理达到相应排放标准要求；新建、改建、扩建的干洗店使用配备溶剂回收制冷系统、不直接外排废气的全封闭式干洗机；道路桥梁、人行道护栏翻新、道路交通隔离栏翻新、道路标线和标识涂装作业必须使用低挥发性有机化合物含量涂料。</p> <p>（5）健全完善城乡生活垃圾分类投放、分类收集、分类转运、分类处理系统。</p> <p>（6）生活垃圾日清运量超过 300 吨的地区，要加快发展以焚烧为主的垃圾处理方式，适度超前建设与生活垃圾清运量相适应的焚烧处理设施，到 2023 年基本实现原生生活垃圾“零填埋”。</p>		
环境风险管控	企业环境风险防控要求	现有涉及五类重金属的企业，不得新增污染物排放，限期退城入园或关停。	本项目不属于涉及五类重金属企业。	符合
	用地环境风险防控要求	工业企业退出用地，须经评估、修复满足相应用地功能后，方可改变用途。	本项目用地为科研用地，未改变用途。	符合
资源利用效率	水资源利用要求	<p>（1）到 2035 年，全市用水总量控制在 71 亿 m³ 以内。</p> <p>（2）到 2035 年，中心城区、东部城市新区的污水再生利用率达到 60% 以上；区域中心城的污水再生利用率达到 50% 以上。</p> <p>（3）到 2022 年，万元国内生产总值用水量较 2015 年降低 30%。</p>	本项目生产用水主要为水冷系统，采取冷却循环使用，少量排水与生活污水经市政管网排至天府新区第一污水处理厂处理。	符合
	能源利用效率要求	<p>（1）除国电金堂电厂外，禁止贮存、使用燃煤等高污染燃料。</p> <p>（2）在禁燃区内，禁止销售、燃用高污染燃料，禁止新建、改建、扩建任何燃用高污染燃料的项目和设备，已建成使用高污染燃料的各类设备应当拆除或者改用管道天然气、页岩气、液化石油气、电或者其他清洁能源。</p>	本项目使用电能，不使用和贮存燃煤，也不涉及使用燃用高污染燃料和锅炉设备。	符合

管控类型		普适性管控要求	本项目	符合性
维度	清单编制要求			
		(3) 禁止新建、改建（已有锅炉配套治理设施升级改造除外）、扩建燃煤、生物质锅炉（含成型生物质锅炉）。 (4) 大力推进天然气、电力等清洁能源及可再生能源发展，拓宽渠道增加清洁能源供应量。 (5) 加强燃煤质量监管，逐步严化非电行业煤炭含硫量及灰分限值，严格禁止煤炭、重油、渣油、石油焦等高污染燃料的使用（除电站锅炉以外）全面清退辖区内散煤使用。		

由上表分析，本项目的建设符合成都市城镇重点管控单元总体生态环境管控要求。

(4) 与区域生态环境准入清单的符合性分析

本项目位于天府新区成都直管区，根据成环发〔2022〕8号文件可知，本项目属于“南拓”区域（南拓区域范围为：包括双流区的五环路以外部分，四川天府新区成都直管区的五环路-成自泸高速-车城大道以外部门（不含龙泉山），新津区全域以及邛崃市的羊安镇、牟礼镇、回龙镇，总面积约1205 km²）。本项目与“南拓区域”的总管控要求符合性分析如下。

表 1.2-5 区域总体生态环境管控要求

区域	管控要求	本项目	符合性
“南拓”区域	坚持“创新赋能、生态表达”，塑造疏密有致、智慧高效的创新之城。 1、加强与四川天府新区内眉山青龙、视高的区域协调，强化在轨道交通、节能环保装备、新材料等方面的产业协作，统筹交界地区用地布局，防止城镇粘连发展。 2、分区域制定产业准入清单，限制污染重、耗能高、技术落后的产业，限制不符合产业定位，达不到环境要求、土地利用低效的项目。 3、限制生态用地改变用途，促进生物多样性保护和以自然修复为主的生态建设；强化区域经济发展规模与水资源承载力相协调，保证生态用水。 4、新、改、扩建电子信息企业应参考执行成都市“三线一单”生态环境分区管控中电子信息行业资源环境绩效准入门槛。 5、建立低端低效产业限期退出机制，严格限制高污染行业、高能耗耗水产业等引入。	1、本项目准环对称仿星器装置是核技术利用科研设备，为四川省重大科技基础设施项目，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务业”第 10 条中所列项目，不属于污染重、高能耗、技术落后产业，不属于不符合产业定位，达不到环境要求、土地利用低效的项目； 2、本项目所在地用地性质为科研用地，不会改变生态用地用途。	符合

由上表分析，本项目的建设符合成都市及“南拓”区域的生态环境管控要求。

(5) 与具体管控单元生态环境准入清单的符合性分析

根据成环发〔2022〕8号文件，本项目属于四川省天府新区成都直管区的天府新区成都直管区中心城区环境管控单元，本项目与该环境管控单元的生态环境准入清单的符合性分析如下。

表 1.2-6 本项目与天府新区成都直管区中心城区生态环境准入清单符合性分析

类别	对应管控要求		本项目	符合性
四川省天府新区成都直管区	总体准入要求： (1) 位于南拓及中优区域，分区执行相应区域的总体管控要求。 (2) 以水定产，建立低端低效产业限期退出机制，严格限制劳动密集型产业、高污染产业、高能耗耗水产业、产能过剩产业等引入。 (3) 以城镇生活污水资源化利用为突破口开展中水回用。 (4) 加强岷江流域污染治理。加快城乡环保基础设施建设，完善市政管网。 (5) 严格施工扬尘、道路扬尘管控，推进餐饮行业达标排放。 (6) 涉及龙泉山城市森林公园区域严格按照《成都市龙泉山城市森林公园保护条例》要求进行保护、管理。 (7) 2025 年大气污染物允许排放量为：SO ₂ 172 吨、NO _x 6210 吨、VOCs 5296。		1、本项目位于南拓区域，根据表 1.2-6 分析，符合南拓区域的“南拓”区域的生态环境管控要求； 2、本项目准环对称仿星器装置属于磁约束聚变实验装置，是核技术利用科研设备，同时，本项目为重大科技基础设施项目，符合国家的相关产业政策，不属于“两高”和产能过剩等产业； 3、项目区已建有市政管网，项目废水可进入市政污水管网，实现达标排放； 4、本次环评要求建设单位在施工过程中落实“十必须、十不准”的要求，采用湿法施工并设置施工围挡、喷淋装置；施工现场设置扬尘在线监控设备和监控系统平台。 5、本项目不涉及龙泉山城市森林公园，运行过程中不产生 SO ₂ 、VOCs 等大气污染物。	符合
天府新区成都直管区中心城区 (ZH51012220001)	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求： 执行城镇重点管控单元普适性管控要求。	根据表 1.2-5 的分析，本项目符合城镇重点管控单元普适性管控要求	符合
		限制开发建设活动的要求： 执行城镇重点管控单元普适性管控要求。		符合
		不符合空间布局要求活动的退出要求： 1、引导污染重、耗能高、技术落后的产业企业退城入园，有序搬迁； 2、其余执行城镇重点管控单元普适性管控要求。		符合

类别	对应管控要求		本项目	符合性
天府新区成都直管区中心城区 (ZH51012220001)	污染物排放管控	新增源排放标准限值： 执行城镇重点管控单元普适性管控要求。		符合
		新增源等量或倍量替代： 执行城镇重点管控单元普适性管控要求。		符合
		现有源提标升级改造： 执行城镇重点管控单元普适性管控要求。		符合
		污染物排放绩效水平准入要求： 执行城镇重点管控单元普适性管控要求。		符合
	环境风险防控	企业环境风险防控要求： 1、涉重企业、污染地块和土壤污染重点监管企业应严格执行《中华人民共和国土壤污染防治法》《工矿用地 土壤环境管理办法（试行）》《土壤污染防治行动计划四川省工作方案》《关于加强涉重金属行业污染防控的意见》《四川省污染地块土壤环境管理办法》等要求； 2、其余执行城镇重点管控单元普适性管控要求。		符合
		用地环境风险防控要求： 执行城镇重点管控单元普适性管控要求。		符合
	资源开发利用效率	水资源利用效率要求： 执行城镇重点管控单元普适性管控要求。		符合
		能源利用效率要求： 执行城镇重点管控单元普适性管控要求。		符合

综上所述，本项目符合《成都市人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定环境准入清单实施生态环境分区管控的通知》（成府发〔2021〕8号）及《成都市生态环境局关于印发<成都市生态环境准入清单（2022年版）>的通知》（成环发〔2022〕8号）中相关要求。

1.2.5 项目所在地周边环境情况

本项目位于四川天府新区科学城中路东段永兴街道，项目拟选厂址西距离天府高铁站 3km，距离双流国际机场 22km，东距天府国际机场 33km。地块北侧已建成科学城中路东段，该项目用地已经《关于成都市双流区 2021 年第 74 批次建设用地的批复》（川府土（成）（2022）27 号）批准。

项目拟选厂址用地面积约 15 亩，地块呈梯形形状。地块两面临路，北侧临已建成的 60m 宽科学城中路东段，东西两侧临 20m 宽规划道路，北侧距用地红线 4m 有市政管线。项目用地目前北侧科学城中路东段已建设完毕，东西两侧规划道路尚未形成，拟选厂址属于城市待建区域，土地现状多为农田和果园，周边散居大树村六组居民。本项目外环境关系图（卫星图）见下图。

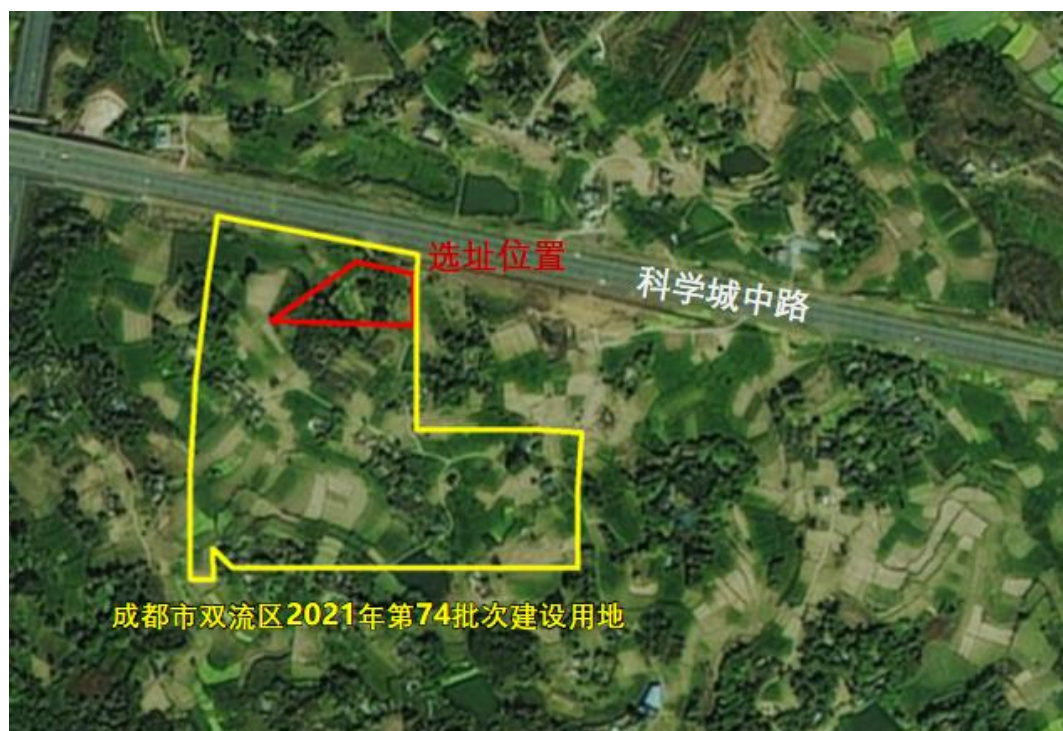


图 1-4 项目选址卫星图

1.2.6 建设单位核技术利用现状

1.2.6.1 辐射安全许可证的许可种类和范围

西南交通大学持有四川省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，许可证编号为川环辐证[01122]，有效期至2028年8月15日。许可种类和范围：使用II、III类射线装置，。本项目为新增射线装置使用的辐射安全许可。

西南交通大学已许可使用的II、III类射线装置共17台（套），见下表。

表 1.2-7 许可使用的射线装置

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1.	医用诊断 X 射线装置	III 类	1	使用
2.	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	III 类	1	使用
3.	牙科 X 射线机	III 类	1	使用
4.	数字化 X 射线摄影系统（DR）	III 类	1	使用
5.	全自动残余应力检测系统	III 类	1	使用
6.	口腔曲面体层 X 射线机	III 类	1	使用
7.	高分辨 X 射线三维显微镜系统	III 类	1	使用
8.	短波长 X 射线应力无损分析仪	II类	1	使用
9.	便携式 X 射线残余应力仪	III 类	1	使用
10.	X 射线荧光光谱仪	III 类	1	使用
11.	X 射线探伤机	II类	1	使用
12.	X 射线探伤机	II类	1	使用
13.	X 射线探伤机	II类	1	使用
14.	X 射线探伤机	II类	1	使用
15.	X 射线残余应力测试仪	III 类	1	使用
16.	X 射线残余应力测试仪	III 类	1	使用
17.	X 射线应力测定仪	III 类	1	使用

1.2.6.2 辐射安全许可管理回顾分析

2022年度，西南交通大学射线装置的辐射安全管理情况如下：

（1）辐射管理机构

西南交通大学成立辐射安全与防护管理领导小组，内容包含成员构成及工作职责，负责学校辐射安全与防护管理工作。办事机构设在资产与实验室管理处。

（2）辐射安全和规章制度

西南交通大学已建立有辐射安全和规章制度，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射事故应急响应程序》等相关制度，在各个辐射工作场所均已上墙。

（3）辐射安全培训

西南交通大学建立有辐射工作人员辐射安全培训档案，目前有14名辐射工作人员，均已进行了辐射安全培训。

（4）个人剂量管理

西南交通大学建立有辐射工作人员个人剂量档案，个人剂量每季度检测一次，检测结果存入个人剂量档案。根据西南交通大学提供的最近（2021 年 10 月~2022 年 9 月）的个人剂量检测数据可知，辐射工作人员的个人剂量检测值范围为 0.258mSv/a~0.29mSv/a，满足国家标准及学校管理限值要求。

（5）射线装置台帐

西南交通大学建立有射线装置台帐，当射线装置发生变动时，及时更新台账。

（6）场所辐射环境监测

西南交通大学定期对各辐射工作场所开展自行监测，并存有监测记录；每年委托有资质单位对各辐射工作场所开展年度监测一次，监测结果均满足国家标准要求。

（7）环保手续履行情况

2022 年，西南交通大学新增 5 台Ⅱ类射线装置（表 1.2-7 中序号 8 和序号 11~14），已经按照规定进行了环境影响评价，并取得四川省生态环境厅《关于西南交通大学Ⅱ类射线装置核技术利用项目环境影响报告表的批复》（川环审批[2022]167 号）；新增 7 台Ⅲ类射线装置（表 1.2-7 中序号 5、7、9~10 和序号 15~17），已经按照规定进行了建设项目环境影响登记。目前，新增射线装置的辐射工作场所已建设完毕，并取得许可。

（8）2022 年度辐射事故

2022 年，西南交通大学未发生辐射事故。

通过上述回顾，环评认为，2022 年度项目单位使用射线装置的安全与防护管理满足相关法规要求。

1.3 编制依据

1.3.1 国家相关法律

- （1）《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行；
- （2）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行；
- （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；
- （4）《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月 26 日施行；
- （5）《中华人民共和国水污染防治法》，2018 年 1 月 1 日施行；
- （6）《中华人民共和国噪声污染防治法》，2022 年 6 月 5 日施行；

(7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行。

1.3.2 国家相关行政法规、地方性法规

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

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

(3) 《危险化学品安全管理条例》，国务院令第 645 号，2013 年 12 月 7 日；

(4) 《四川省环境保护条例》，2018 年 1 月 1 日施行；

(5) 《四川省辐射污染防治条例》，2016 年 6 月 1 日施行；

(6) 《成都市建设施工现场管理条例》，2020 年 7 月 31 日实施。

1.3.3 部门规章、规范性文件

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

(2) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日实施；

(3) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》，环发（2006）145 号，2006 年 9 月 26 日；

(4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日）；

(5) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，2019 年 10 月 30 日国家发展和改革委员会第 29 号令公布，2021 年 12 月 27 日国家发展和改革委员会第 49 号令修订；

(6) 《环境影响评价公众参与办法》，生态环境部令第 4 号令，2019 年 1 月 1 日施行；

(7) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日施行；

(8) 《四川省打赢蓝天保卫战实施方案》，川府发[2019]4 号，2019 年 1 月 17 日。

1.3.4 技术规范和标准

(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》（HJ10.1-2016）；

(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

(3) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；

(4) 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；

(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

(6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

(7) 《建设项目环境影响评价技术导则·总纲》（HJ2.1-2016）；

(8) 《环境影响评价技术导则·大气环境》（HJ2.2-2018）；

(9) 《环境影响评价技术导则·地表水环境》（HJ2.3-2018）；

(10) 《环境影响评价技术导则·声环境》（HJ2.4-2021）；

(11) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；

(12) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；

(13) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；

(14) 《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）；

(15) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；

(16) 《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）；

(17) 《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）；

(18) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；

(19) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；

(20) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）。

1.3.5 与项目有关的文件、资料

(1) 《四川省创建综合性国家科学中心领导小组办公室第8次会议纪要》（2021年10月9日）；

(2) 《四川省发展和改革委员会关于印发<2022年四川省加快前期工作重点项目名单>的通知》（川发改项目函〔2022〕113号）；

(3) 《四川省发展和改革委员会关于准环对称仿星器项目可行性研究报告（代

项目建议书)的批复》(川发改创新高技[2022]716号)；

(4)《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关要求—磁约束聚变实验装置监督检查技术程序》；

(5)《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016])；

(6)李德平,潘自强主编,《辐射防护手册》第一分册,辐射源与屏蔽,原子能出版社,1987；

(7)《西南交通大学准环对称仿星器项目可行性研究报告》,成都西南交通大学设计院有限公司。

1.4 评价标准

1.4.1 辐射评价标准

1.4.1.1 剂量约束值

本项目正常运营期间对职业人员和公众中任何个人造成的有效剂量的约束值依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的规定:“对任何工作人员的照射的剂量限值由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)不超过20mSv,其中任何一年中的有效剂量不超过50mSv;公众照射剂量限值是公众中有关关键人群组的成员所受到的平均个人年有效剂量估计值不超过1mSv”,同时,结合本项目的实际情况,提出了严于国家标准的职业照射和公众照射的剂量约束值,见表1.4-1,以此作为本项目辐射环境影响评价标准。

表 1.4-1 辐射环境影响评价标准 单位: mSv/a

分类	GB18871-2002 基本限值标准	剂量约束值
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

1.4.1.2 场所辐射水平控制值

本项目场所辐射水平控制值参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)相关规定确定,本项目中央实验大厅屏蔽体外(墙体和门)外30cm处周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h;中央实验大厅不上人屋顶表面30cm处周围剂量当量率应不大于100μSv/h。

1.4.1.3 辐射事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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。

1.4.2 非放射性评价标准

1.4.2.1 环境质量标准

（1）环境空气质量标准

执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准，各污染物浓度标准限值见下表。

表 1.4-2 环境空气质量标准

污染物名称	平均时间	二级标准	单位
PM ₁₀	年平均	70	μg/m ³
	24 小时平均	150	
PM _{2.5}	年平均	35	
	24 小时平均	75	
TSP	年平均	200	
	24 小时平均	300	
NO ₂	年平均	40	
	24 小时平均	80	
	1 小时平均	200	
SO ₂	年平均	60	
	24 小时平均	150	
	1 小时平均	500	
CO	24 小时平均	4	mg/m ³
	1 小时平均	10	
O ₃	日最大 8 小时平均	160	μg/m ³
	1 小时平均	200	

(2) 地表水环境质量标准

执行《地表水环境质量标准》（GB38387-2002）III 类标准。各污染物浓度标准限值见下表。

表 1.4-3 地表水环境质量标准（摘录）

项目	污染物名称			
	pH（无量纲）	COD	BOD ₅	NH ₃ -N
III 类标准浓度限值	6~9	≤20mg/L	≤4mg/L	≤1.0mg/L

(3) 声环境质量标准

本项目厂界临路一侧环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 4a 类区标准，其余执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准，噪声标准限值见下表。

表 1.4-4 声环境质量标准 单位：dB（A）

声环境功能区类别	等效声级	
	昼间	夜间
2 类	60	50
4a 类	70	55

1.4.2.2 污染物排放标准

(1) 大气污染物排放标准

项目所在地成都市属于《四川省打赢蓝天保卫战实施方案》划定的省大气污染防治重点区域，施工期扬尘执行《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）特别排放限值。

运营期废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。

表 1.4-5 四川省施工场地扬尘排放标准

监测项目	区域	施工阶段	监测点排放限（μg/m ³ ）	监测时间
总悬浮颗粒物（TSP）	成都市	拆除工程/土方工程 /土方回填阶段	600	自监测起 持续 15 分钟
		其他工程阶段	250	

(2) 水污染物排放标准

本项目运营期产生的清净下水和生活污水经市政污水管网排入天府新区第一污水处理厂处理达标后排入鹿溪河。废水中污染物执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级排放标准相关限值和《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）B 等级标准，各污染物浓度标准限值见下表。

表 1.4-6 废水污染物排放标准 单位: mg/L, pH 无量纲

污染物名称	标准限值	标准来源
pH	6~9	《污水综合排放标准》 (GB8978-1996) 中的三级 排放标准
COD	500	
BOD ₅	300	
SS	400	
总 P	8	《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T31962-2015)
NH ₃ -N	45	

(3) 环境噪声排放标准

①施工期

项目建设施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 规定的排放限值, 具体指标见下表。

表 1.4-7 建筑施工场界环境噪声排放限值 单位: dB (A)

昼间	夜间
70	55

②运营期

本项目运营期临路侧厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 4 类功能区标准, 其余厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类, 具体指标见下表。

表 1.4-8 厂界环境噪声排放限值 单位: dB (A)

厂界外声环境功能区类别	厂界环境噪声排放限值	
	昼间	夜间
2 类	60	50
4 类	70	55

(4) 固体废弃物

一般固体废物执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)。

1.5 评价范围和保护目标

1.5.1 辐射环境影响评价范围

根据《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016) 的要求, 射线装置评价范围取装置所在场所实体屏蔽物边

界外 50m 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范围适当扩大，本项目准环对称仿星器装置参照射线装置管理，核心装置位于中央实验大厅内，保守将中央实验大厅实体屏蔽墙边界外 100m 的范围确定为本项目电离辐射环境影响评价范围。

1.5.2 非放射性环境影响评价范围

（1）大气环境

本项目准环对称仿星器运营期正常工况下不产生废气。

项目区仅设科研办公用房，不设置食堂等生活设施，产生的废气主要为公用设施中柴油发电机产生的燃油废气和地下车库车辆产生的汽车尾气。

配置的柴油发电机，作停电时的应急电源，项目所在地停电几率较小，故该发电机使用几率较小，且发电机使用时间较短，属于间断性排放，因此产生的燃油废气对周围环境空气影响较小；项目设置 45 个地下停车位，地下车库设置有机机械排风，且汽车启动时间较短，因此废气产生量小，对周围环境空气影响较小。因此，本项目不设置大气环境影响评价范围和保护目标。

（2）地表水环境

本项目运营期生产、生活污水经市政污水管网排入天府新区第一污水处理厂处理达标后排入鹿溪河。项目为间接排水，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本项目地表水环境影响评价等级为三级 B，可不进行地表水环境影响预测，仅对项目废水纳管可行性进行分析。

（3）声环境

本项目评价区域为《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类声环境功能区，按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）中有关规定，本项目声环境评价等级为二级。声环境影响评价范围为项目厂界周围 200m 范围内。

1.5.3 环境保护目标

根据现场调查，本项目拟建厂址周边现状为农村环境，评价范围内无医院、学校等声环境敏感目标，不涉及风景名胜区、饮用水水源保护区、自然保护区等生态敏感目标。

评价范围内厂界北侧、南侧及东南侧居民为散居的天府新区永兴街道大树村六

组居民，均为规划拆迁居民；其中南侧及东南侧居民截止 2023 年 8 月底，均已由地方政府拆迁完毕，评价范围内北侧 2 户居民尚未搬迁。

综上，本项目电离辐射环境保护目标主要为项目区内的科研工作人员，厂界外无环境保护目标；声环境保护目标为拟建厂址北侧散居的天府新区永兴街道大树村六组居民。

本项目环境保护目标见下表。

表 1.5-1 本项目环境保护目标

环境要素	敏感目标名称	位置	最近距离*	规模(人)	性质	环境保护类别
电离辐射环境	本项目辐射工作人员	计算机中央控制大厅（三层）（北）	13.6m	14	企业	职业照射剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$
		科研用房真空维修清洗间（一层）（北）	12.3m			
	本项目西南交大其它科研人员	科研用房东部配电用房（一层）（北）	28.4m	186	企业	公众照射剂量约束值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$
		科研用房中部问询服务处（一层）（西北）	29.1m			
		科研用房西部学术报告厅（一层）（西北）	39.1m			
		科研用房东部北侧的磁体电源及控制大厅（二层）（北）	28.6m			
		科研用房西部工程实验室（二层）（西北）	29.3m			
		科研用房西部实验辅助用房（三层）（西北）	30.1m			
		科研用房西部实验辅助用房（四层）（西北）	31.5m			
		科研用房西部物管用房（五层）（西北）	33.3m			
		科研用房东部（屋面）（北）	23.5m			
声环境		北侧	约 170m	2 户	居住	满足 GB3096-2008 中 2 类区标准
地表水环境	鹿溪河	项目西侧约 5.7km 自北流向南			纳污水体	GB3838-2002 IV 类标准

注：*电离辐射的工作人员最近距离为所在功能房间距装置中心的最近距离；居民最近距离为居民距厂界的最近距离。

第二章 自然环境与社会环境状况

2.1 自然环境状况

2.1.1 地理位置

成都市位于四川省中部，四川盆地西部，东北与德阳市、东南与内江市毗邻，西南与雅安地区、西北与阿坝藏族自治州接壤，南边与乐山市相连，地处东经 102°54′至 104°53′、北纬 30°05′至 31°26′之间，属内陆地带。

天府新区位于成都平原东南缘，成都市区南郊，介于东经 103°47′59″～104°15′34″，北纬 30°13′38″～30°40′23″之间。东与成都市龙泉驿区和简阳市接壤；南同仁寿县、彭山县相邻，西与新津县、崇州市毗邻，北同双流县、武侯区和锦江区相连。

本项目位于四川天府新区科学城中路东段永兴街道，北侧为已建科学城中路东段。

2.1.2 地形地貌

本项目拟建地为成都凹陷东部边缘缓丘区，体现为丘陵垄岗地貌，发育枝状沟槽，宽缓沟槽中多劈为种植果园及林地，缓坡及丘包多为灌木杂草覆盖。现状为农村区域，拟建厂址周边主要为水田、果园，拟建厂址处不涉及拆迁，地块内无高压线、周边无制约项目建设的因素。项目用地原始地貌和现状见下图。



图 2-1 项目用地原始地貌图



图 2-2 项目用地及周边现状图

2.1.3 地质地震

(1) 地层岩性

①杂填土 (Q_4^{ml})：灰褐、浅黄色等杂色，干燥~稍湿，松散~稍密，主要成分为粘土、泥岩碎块、卵石、建渣等；该层厚薄不均，均一性差，多为欠压密土。广泛分布于拟建工程地表。

②粉质黏土 (Q_4^{dl+pl})：黄色、灰黄色，含铁锰质结核及少量钙质结核。硬塑。层厚 2~8m。根据室内实验，天然含水量 $W=22.1\sim34.1\%$ ；天然孔隙比 $e=0.68\sim0.88$ ；液性指数 $I_L=0.05\sim0.94$ ；天然快剪粘聚力 $C=24.26\sim72.08\text{KP}$ ；内摩擦角 $\varphi=10.98\sim22.3^\circ$ ；压缩系数 $a_{0.1\sim0.2}=0.22\sim0.39\text{ MPa}^{-1}$ ；压缩模量 $E_s=4.27\sim9.53\text{MPa}$ 。主要分布于宽缓沟槽中。

③软土 (Q_4^{dl+pl})：褐灰色、灰黑色、褐黄色，流塑状~软塑状；土质不匀，黏性较好。呈透镜状、层状分布于宽缓沟槽及水田中，单层最大厚度小于 5m。土工实验：天然含水量 33~49%，天然孔隙比 0.904~1.346，液性 35~49.7，压缩模量 0.47~2.81MPa。属 I 级软土，E 组填料，主要分布于宽缓沟槽中。

④粉质黏土 (Q_4^{dl+cl})：灰褐色、褐红色、红棕色，硬塑状为主，局部可塑~软塑状。主要以粘、粉粒为主，土质不匀，黏性一般，干强度及韧性中等。广泛分布

于场地。层厚为 2~6m，厚度变化相对较大。属Ⅱ级普通土，D 组填料。主要分布斜坡就缓丘坡顶。

⑤全风化泥岩（ $K_{1r}\sim J_{3p}$ ）：褐红色，岩层风化剧烈，矿物组成结构已风化破坏，岩芯破碎，呈土柱状、可塑粘土状，原岩结构基本破坏、尚可辨认。广泛分布于拟建场地内。

⑥强风化泥岩（ $K_{1r}\sim J_{3p}$ ）：紫红色，泥质结构，薄-中厚层状，岩芯多呈短柱-柱状，部分呈饼状、块状、碎块状，岩质较软，浸水迅速软化。岩芯采取率约 90%。天然密度 $\rho=2.21\text{g/cm}^3$ 。广泛分布于拟建场地内。

⑦中等风化泥岩（ $K_{1r}\sim J_{3p}$ ）：紫红色，中厚层状，泥质结构，泥质胶结。岩芯多呈柱状，少量呈碎块状。岩质较软，节理裂隙发育，锤击易碎，部分地段软弱夹层或差异风化明显，易风化，遇水易软化。据附近工程勘探揭示该层，天然密度 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ，承载力特征值 500kPa。据室内岩石实验，天然单轴极限抗压强度为 0.45~24.4MPa，标准值 8.63MPa；饱和单轴极限抗压强度为 0.05~11.3MPa，标准值 4.69MPa。岩石软化系数小于 0.2~0.26，属易软化岩石。广泛分布于拟建场地内。

⑧全风化砂岩（ $K_{1r}\sim J_{3p}$ ）：灰褐色、褐红色，岩芯多呈砂土状，原岩结构基本破坏、尚可辨认。该层位多夹于泥岩中，局部与泥岩呈互层状态。

⑨强风化砂岩（ $K_{1r}\sim J_{3p}$ ）：紫红色，砂质结构，中厚层状构造。岩芯多呈碎块状，块径在 3~18cm 之间，少数呈饼状、短柱状。岩质较软，节理裂隙较发育，部分岩芯手可捏碎。在场地广泛分布。该层位多夹于泥岩中，局部与泥岩呈互层状态。

⑩中等风化砂岩（ $K_{1r}\sim J_{3p}$ ）：红褐色、浅灰色、紫红色，中厚层状。砂质结构，中厚层状构造，节理较发育，岩质较硬，锤击声脆，易击断。部分地段软弱夹层或差异风化明显，易风化，遇水易软化。岩芯多呈柱状，少量呈碎块状。该层位多夹于泥岩中，局部与泥岩呈互层状态。

（2）地震

项目所在地地势平坦属于平原地区，地质条件稳定，未发现不良地质现象。根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2001 第 1 号修改单）及成都市防震减灾局的《汶川 8.0 级地震成都市灾后重建地震评价规划用图》，项目所在区域的地震动峰值加速度为 0.1g，地震动反应谱特征周期为 0.45 秒（地震基本烈度Ⅶ度）。各项建设活动必须满足《城市抗震防灾规划标准》（GB50413-2007）的相关要求，所有建设项目应根据《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223-2004）确定抗震设

防要求。建筑物的设计要按照新颁布的《建筑抗震设计规范》（GB5011-2001）执行。项目抗震设防标准参照以上标准执行。

2.1.4 水文概况

2.1.4.1 地表水

天府新区成都直管区水系分为 4 个流域，分别为锦江流域、鹿溪河流域、落雁河流域和柴桑河流域。本项目地处其中的鹿溪河流域。

（1）锦江

锦江又名府河，源于郫县石堤堰水利枢纽锦江闸，其水源来自都江堰内江水系的柏条河与走马河。柏条河与走马河的分支徐堰河相汇后流至石堤堰枢纽分为南、北二支：北支为毗河，流经新都、青白江区，在金堂县赵镇汇入沱江；南支叫锦江，在彭山县江口镇注入岷江。

锦江干流全长 115km。其中：郫县段 23km、成都市和平乡至琉璃乡段 29km、双流县段 49km、彭山县段 14km。全河流平均纵坡为 1.4‰，流域总面积为 2090km²，望江楼水文站控制的流域面积为 505km²；正兴水文站控制锦江的流域面积为 1094km²，夏家沱水文站控制锦江的流域面积为 2013km²。

锦江的主要支流有四条：沱江河、清水河、江安河、鹿溪河。前三条均为平原河道，来水于都江堰内江水系，从锦江右岸汇入锦江。锦江左岸有两大引出水干渠：沙河及东风渠。

（2）鹿溪河

又名芦溪河，黄龙溪，为天然山溪河流，属都江堰水系府河（即锦江）左岸支流。发源于成都市龙泉驿区长松山西坡王家湾。北流经清音溪至宝狮口，折向西南经柏鹤寺入双流县境。过白沙坡、煎茶溪、石滚河，于籍田镇左纳来自东面龙泉山的赤水河（一称柴桑河，长 28km，流域面积 117.8km²）及来自东南二峨马鞍山的龙眼河（一称倒流水，长 34km，流域面积 191.8km²）。折向西流，至黄龙溪，汇入锦江。鹿溪河河长 77.9km，流域面积 675km²。鹿溪河在天府新区境内长约 63km。

（3）七里沟

七里沟是鹿溪河的一级小支流，集雨面积为 14.91km²。七里沟发源于双流县华阳镇香山村，向南流经兴隆罗家店村、保水村，汇入鹿溪河。

（4）石灰河

石灰河是鹿溪河的一级小支流，集雨面积为 15.8km²。石灰河发源于双流县万安街道大石社区，向南流经开元镇，至兴隆镇瓦窑村，汇入鹿溪河。

2.1.4.2 地下水

成都市地下水属松散堆积孔隙潜水，基础为下陷盆地构造。主要含水层为第四系全新统和上更新统冰山堆积层叠加组成的混合含水层，水量较丰沛，开采方便，增补迅速，水温适宜，水质良好。水化学类型以重碳酸盐钙型为主。

项目区的地下水主要有三种类型：一是赋存于填土层的上层滞水，二是第四系砂卵石层的孔隙水，三是基岩裂隙水。其中上层滞水呈透镜体状分布于地表，赋存于地表填土层，大气降水和附近居民的生活用水为其主要补给源。水量变化大，且不稳定；拟建场地上部覆盖粉质黏土，其间赋存有少量的孔隙水，水量、水位较稳定，大气降水和区域地表水为其主要补给源。拟建场地基岩裂隙较发育，地下水的流动，将所含石膏溶蚀，并顺溶蚀孔或裂隙形成网络状的风化带溶蚀孔和溶隙，为地下水的补给、储集、径流创造了良好的通道和空间，形成风化带含水层。但由于泥岩质软，裂隙多为微张或闭合状，且溶孔溶隙的发育深度受地下水动力条件的限制，当深度较大时，溶蚀孔洞减少，溶隙也减少，含水量下降。该含水层地下水富集规律性较差，在一定条件下，某些地方可形成富水块段。根据相关水文地质资料，渗透系数 K 一般为 0.027~2.01m/d，平均为 0.44m/d，与上部卵石含水层相比，属于弱透水层或不透水的隔水层，可视为相对隔水底板。

2.1.5 气候气象

项目所在片区域属四川盆地亚热带湿润季风气候区，气候温和，雨水充沛，四季分明，无霜期长，春早秋凉，夏无酷暑，冬无严寒。但夏季降雨集中，易洪涝；秋温速降，多绵雨；冬无严寒，云雾多。双流区气象站 1959~2010 年五十二年平均气温为 17.2℃，极端最高气温为 37.3℃，极端最低气温-4℃，最热月平均温度 26.7℃，最冷月平均温度为 6.1℃，年平均相对湿度 84%。云雾多，日照少，年平均日照 1155 小时，年平均太阳辐射总量为 90.95 千卡/平方厘米，年平均无霜期 293 天。根据双流区气象站资料，年平均降雨量为 892.4 毫米，冬春 11 月至次年 4 月降雨量 115.8 毫米，占全年平均降雨量的 13%，夏秋 5~10 月为 779.2 毫米，占年平均降雨量的 87%。主导风向为北北东；年平均风速为 1.2 米/秒，最大风速为 12 米/秒。

2.1.6 生态环境

成都市气候温和，雨量充沛，属亚热带常绿阔叶林地带，具有多种植物良好的生态环境，因而野生植物种类繁多，分布广，藏量大。据统计，成都市全市的高等植物种类达到2735种，占整个四川省种类的32%，成都市境内栖息的动物数量有293种，占整个四川省种类数量的37%。

项目所在区域评价范围内主要为果园、耕地等，主要是农作物及人工种植的桉树等。

本项目附近无已探明的矿床和珍贵动植物资源。

2.2 社会经济状况

2.2.1 人口及行政区划

成都市辖 20 个县级行政区划单位（市辖区 12，县级市 5，县 3），261 个乡镇行政区划单位（街道 161，镇 100），面积 14335 平方千米。

截至 2022 年末，常住人口 2126.8 万人，比上年末增加 7.6 万人，增长 0.4%。其中，城镇常住人口 1699.1 万人，常住人口城镇化率 79.9%，比上年末提高 0.4 个百分点。年末户籍人口 1571.6 万人，比上年末增加 15.4 万人，户籍人口城镇化率 68.8%。

2.2.2 社会经济发展

成都市 2022 年实现地区生产总值（GDP）20817.5 亿元，按可比价格计算，比上年增长 2.8%。其中，第一产业增加值 588.4 亿元，增长 3.8%；第二产业增加值 6404.1 亿元，增长 5.5%；第三产业增加值 13825.0 亿元，增长 1.5%。三次产业结构为 2.8:30.8:66.4。三次产业对经济增长的贡献率分别为 4.9%、59.6%、35.5%。按常住人口计算，人均地区生产总值 98149 元，增长 2.0%。

2022 年全社会固定资产投资比上年增长 5.0%。分产业看，第一产业投资增长 7.1%；第二产业投资下降 0.9%，其中工业投资增长 1.2%；第三产业投资增长 6.6%。分经济类型看，国有经济投资增长 13.5%；民间投资增长 5.4%。基础设施投资下降 7.2%。重点区域投资较快增长，四川天府新区成都直管区、成都高新区、成都东部新区完成投资分别增长 8.9%、8.5%、7.7%。

2.2.3 交通运输

2022 年全年实现交通运输邮政仓储业增加值 1021.4 亿元，比上年下降 1.9%。全年旅客周转量 535.0 亿人公里，下降 35.6%。其中，铁路旅客周转量 39.9 亿人公里，下降 32.9%；公路旅客周转量 31.1 亿人公里，下降 38.3%；航空旅客周转量 464.1 亿人公里，下降 35.6%。全年货物周转量 514.7 亿吨公里，增长 3.5%。其中，铁路运输货物周转量 106.0 亿吨公里，增长 3.6%；公路运输货物周转量 393.3 亿吨公里，增长 4.2%；航空运输货物周转量 15.4 亿吨公里，下降 12.1%。

2.2.4 自然风景、文化古迹

本项目位于四川天府新区科学城中路东段永兴街道。经现场踏勘，项目评价区内无需特殊保护的文物古迹及人文景点等敏感点。

2.3 环境质量和辐射现状

2.3.1 非放射性环境质量现状

2.3.1.1 环境空气质量

根据《2022 年成都生态环境质量公报》，SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、CO 年均浓度均下降。2022 年，成都市空气主要污染物 SO₂ 年均浓度为 4 微克/立方米，与上年相比下降 33.3%；NO₂ 年均浓度为 30 微克/立方米，与上年相比下降 14.3%；PM₁₀ 年均浓度为 58 微克/立方米，与上年相比下降 4.9%；PM_{2.5} 年均浓度为 39 微克/立方米，与上年相比下降 2.5%；CO 日均值第 95 百分位浓度值为 0.9 毫克/立方米，与上年相比下降 10.0%；O₃ 日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度为 181 微克/立方米，与上年相比上升 19.9%。

表 2.3-1 成都市 2022 年环境质量公报大气污染监测结果 单位：μg/m³

污染物	评价指标	污染物浓度	标准值	占标率%	达标情况
SO ₂	年平均质量浓度	4	60	6.7	达标
NO ₂	年平均质量浓度	30	40	75.0	达标
PM ₁₀	年平均质量浓度	58	70	82.9	达标
PM _{2.5}	年平均质量浓度	39	35	111.4	超标
CO	第 95 百分位数平均质量浓度	900	4000	22.5	达标
O ₃	第 90 百分位数 8h 平均质量浓度	181	160	113.1	超标

2022 年，成都市环境空气污染物基本项目中 SO₂、NO₂、PM₁₀、CO 浓度均达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准，PM_{2.5} 和 O₃ 未达标。因此，判定成都市属于大气环境质量不达标区。

根据《成都市空气质量达标规划（2018~2027 年）》（成府函[2018]120 号），该规划的范围为成都市行政区域，辖区总面积 14334 平方公里。包括锦江区、青羊区、金牛区、武侯区、成华区、龙泉驿区、青白江区、新都区、温江区、双流区、简阳市、都江堰市、彭州市、邛崃市、崇州市、金堂县、郫都区、大邑县、蒲江县、新津县，以及成都高新区和天府新区成都直管区。规划基准年为 2015 年，规划期分为 2018 年-2020 年、2021 年-2027 年两个阶段。

成都市大气环境质量达标总体战略以未达标、健康危害大的 PM_{2.5} 为重点控制因子，协同控制臭氧污染，实施空气质量全面达标战略。一是通过升级产业结构、优化空间布局、调整能源结构、推行清洁生产、引导绿色生活，加强大气污染源头控制；二是以工业源、移动源、扬尘源等为重点控制对象，推进多污染源综合防治；三是针对 SO₂、NO_x、PM₁₀、PM_{2.5}、VOCs 等大气污染物，开展多污染物协同控制，推进大气氨的排放控制。到 2020 年，环境空气质量明显改善，PM_{2.5} 年均浓度下降到 49 微克/立方米，O₃ 浓度升高趋势基本得到遏制。到 2027 年，全市环境空气质量全面改善，主要大气污染物浓度稳定达到国家环境空气质量二级标准，全面消除重污染天气。

表 2.3-2 成都市空气质量改善指标表 单位：μg/m³

年份	PM _{2.5} 年均浓度	PM ₁₀ 年均浓度	NO ₂ 年均浓度	优良天数比例（%）
2020 年	49	80	49	70
2022 年	44	75	47	74
2027 年	35	67	40	85

2.3.1.2 地表水环境质量

根据《2022 年成都生态环境质量公报》中水环境质量现状，2022 年，岷、沱江水系成都段地表水水质总体呈优，114 个地表水断面中，I~III 类水质断面 114 个，占 100%；无 IV~V 类、劣 V 类水质断面。

岷江水系成都段水质总体呈优，监测的 79 个断面中，I~III 类水质断面占 100%。

沱江水系成都段水质总体呈优，监测的 35 个断面中，I~III 类水质断面占 100%。

本项目受纳水体为鹿溪河，为都江堰水系府河左岸支流，府河为长江支流岷江都江堰分水河道、支流，根据《2022 年成都生态环境质量公报》，岷江水系成都段水质总体呈优，I~III 类水质断面占 100%，表明鹿溪河水质也能满足 III 类水质要求。

2.3.1.3 声环境质量

略。

2.3.2 电离辐射环境质量现状

略。

2.3.3 电磁辐射环境质量现状

略。

2.4 场址适宜性评价

本项目选址位于四川省成都市天府新区成都科学城重大科技基础设施建设基地首开区内。重大科技基础设施建设基地集中落位国家实验室、重大科技基础设施和交叉研究平台，本项目符合基地的产业功能布局。项目可充分依托基地内配套完善的给排水、供配电、道路等配套设施。

项目所在区域地质和地震条件良好，没有影响准环对称仿星器装置安全稳定运行的颠覆性因素。

结合本项目特征污染因子和环境影响评价范围，区域周边社会环境相对简单，无易燃、易爆物品的生产和贮存区，项目所在地的环境适合项目的建设。

环境现状调查结果表明，项目区域的辐射环境质量良好，其中环境电离辐射水平处于天然本底涨落范围内。

综上所述，综合考虑项目所在地周边的自然环境、社会经济状况和环境质量现状，本项目选址较为适宜。

第三章 工程分析与源项

3.1 项目规模与基本参数

本项目新征占地 9995.55m²（约 15 亩），新建准环对称仿星器装置和配套设施工程。其中准环对称仿星器装置由线圈系统、真空系统、支撑系统、电源系统、中央控制系统、水冷系统、加热系统和诊断系统 8 个子系统组成；配套设施工程主要新建一栋科研用房和中央实验大厅建筑物，总建筑面积约 13690m²。

3.1.1 建设内容及规模

3.1.1.1 准环对称仿星器装置及装置参数

本项目新增 1 套准环对称仿星器装置，该装置包括线圈系统、真空系统、支撑系统、电源系统、中央控制系统、水冷系统、加热系统和诊断系统 8 个子系统，装置主要参数见下表。

表 3.1-1 准环对称仿星器装置主要参数

指标项目	设计参数	备注
装置大半径 R (m)	1	
等离子体小半径 a (m)	0.25	等效小半径
环径比 R/a	4	
环向周期数	2	
磁场 (T)	1	磁轴处磁场强度（设计最大值）
等离子体体积 (m ³)	1	1.0T 工况
等离子体电子温度 (keV)	2	
等离子体电子密度 (m ⁻³)	2×10^{19}	
等离子体放电时间 (s)	1~2	

3.1.1.2 配套设施工程

配套设施工程主要新建一栋科研用房和中央实验大厅建筑物，总建筑面积约 13690m²。整栋建筑按功能分区分为科研用房和中央实验大厅两部分。

(1) 科研用房

科研用房地地上五层，局部设地下一层，建筑总高度 23.5m，建筑面积约为 13090m²（其中地上建筑面积约为 11522.66m²，地下建筑面积约 1567.34m²），混凝土框架结构。主要设置准环对称仿星器装置的实验设备用房以及科研人员办公、学术交流场所等。

(2) 中央实验大厅

中央实验大厅为单层单跨结构，长 27.8m，宽 21.6m，通高 17.03m，建筑面积

约 600m²。四侧墙体均为 500mm 厚钢筋混凝土，其中东侧墙体设置 1 扇 6.0m（宽）×8.0m（高），500mm 厚的钢筋混凝土电动防护门（中间为 460mm 钢筋混凝土+各面表层均为 20mm 厚不锈钢板包封），作为设备出入口和运行阶段材料出入口；北侧墙体分别于标高±0.00m、+5.80m 各设置 1 扇 1.5m（宽）×2.4m（高）的 500mm 厚的钢筋混凝土电动防护门（中间为 460mm 钢筋混凝土+各面表层均为 20mm 厚不锈钢板包封），与科研用房相应的一层、二层相连，作为工作人员进出中央实验大厅的出入口；屋顶为 200mm 厚钢筋混凝土板，其上覆盖 200mm 厚聚乙烯板。中央实验大厅内顶部设置遥控式 20t 桥式吊车，不设具体操作位，在大厅内地面遥控操作，主要用于建设阶段和运行阶段装置不放电时中央实验大厅内各设备的运输和吊装；中央实验大厅中央布置准环对称仿星器装置的线圈系统、真空系统、支撑系统、加热系统、诊断系统等核心实验装置，为准环对称仿星器实验装置的运行实验场所。

表 3.1-2 本项目新建建（构）筑物主要特征表

建构筑物名称		建筑面积	层数	结构
科研用房和中央实验大厅	科研用房	13090m ²	地上 5 层，局部设地下 1 层	混凝土框架结构
	中央实验大厅	600m ²	1 层	单层单跨结构，混凝土剪力墙结构，四侧墙体及进出门均为 500mm 厚钢筋混凝土；3 扇 500mm 厚的钢筋混凝土电动防护门（中间为 460mm 钢筋混凝土+各面表层均为 20mm 厚不锈钢板包封）；屋顶为 200mm 厚钢筋混凝土板，其上覆盖 200mm 厚聚乙烯板。

表 3.1-3 科研用房和中央实验大厅各楼层功能用房及其用途

层数	用房名称	功能及用途
一层	中央实验大厅	布置准环对称仿星器线圈系统、真空系统、支撑系统、加热系统和诊断系统等核心系统，是 CFQS 装置的运行实验场所
	科研成果展示及观摩大厅、电梯间、问询服务处、更衣室	门厅结合展示空间，工作服更换间
	低压配电房、高压配电间，真空维修清洗间、加热高压电源间，实验设备预进区	为磁体电源电容模组充电、交流侧用电保护、为实验室一次供电变压等，CFQS 装置真空室更换部件的维修清洗，加热高压电源设备用房，中大型实验设备的运输及吊装
	学术报告厅、学术活动室、值班室、休息接待室、市政设施用房、信息机房、消防控制室、低压配电房等	学术人员交流及学术报告等，热系统技术研究、开发与应用，电磁分析以及数值计算与实验研究，公用设施设备用房
二层	科研人员交流、研讨区，学术活动共享区、电梯厅及卫生间，辅助用房、新风机房及排烟机房	学术人员交流及学术活动共享，公用设施设备用房

层数	用房名称	功能及用途
二层	磁体电源及控制大厅、电源大厅，实验设备预进间	控制磁体电源、测量磁体电源参数，CFQS 装置线圈系统的磁体电源系统（脉冲放电能量储存），中大型实验设备的运输及吊装
	HIBP 实验室、ECE 实验室、激光实验室、真空实验室、工程实验室	CFQS 装置重离子束探针诊断、微波诊断、激光诊断、真空技术研究等
三层	科研人员交流、研讨区，学术活动、集散侯会厅、电梯厅及卫生间、新风机房、排烟机房	学术人员交流及学术活动共享、公用设施设备用房
	计算机中央控制大厅（3~5 层），中控设备及数据存储空间	基于实验数据采集、验证、展示、对比等实验研究工作的多功能数据中心，实验数据存储
	磁测量实验室、快规实验室、光谱诊断实验室、送气实验室、小型螺旋器实验室、实验辅助用房	CFQS 装置磁测量、真空测量、光谱诊断、送气等设备的调试和测试，公用设施用房
四层	科研工作室、电梯厅及卫生间、新风机房、排烟机房	科研工作场所、公用设施设备用房
	水冷设备用房	CFQS 部分水冷系统设备区（一回路设备）
	材料实验室、静电探针实验室、加热实验室、实验休息室和实验辅助用房	面向等离子体的壁、靶板、偏滤器等部件材料及其相互作用的研究，静电探针设备的调试和测试，加热系统技术研究等，科研工作人员工作和休息用房，公用设施用房
五层	科研工作室、电梯厅及卫生间、新风机房、排烟机房	科研工作场所、公用设施设备用房
	水冷设备区	CFQS 部分水冷系统设备区（二回路+水质处理设备区）
	电力电工实验室、计算机应用实验室、实验休息室和物业管理用房	电力电工等设备的调试和测试，工程设计研究、电磁分析以及数值计算与实验研究，科研工作人员工作和休息用房
地下层	停车场及公用设施设备用房（包括柴油发电机房、排烟机房、生活水泵房、消防水泵房等、垃圾处理用房等）	地下停车场，公用设施设备用房等

3.1.1.3 项目综合技术经济指标

本项目综合技术经济指标见下表。

表 3.1-4 本项目综合技术经济指标

序号	内容		指标	单位
1	建设净用地面积		9995.55	m ²
			14.99	亩
2	总建筑面积		13690	m ²
	其中	地上计容建筑面积	12122.66	m ²
		地下不计容建筑面积	1567.34	m ²
3	容积率		1.21	
4	建筑基底面积		3545.87	m ²
5	建筑密度		35.47%	
6	绿地面积		2000	m ²
7	绿地率		20%	
8	地下机动车位		45	辆
9	地上临时机动车位		7	辆

3.1.2 项目组成及主要环境问题

项目组成及主要环境问题见下表。

表 3.1-5 项目组成及主要环境问题

名称	建设内容及规模				可能产生的环境问题		
					施工期	运营期	
主体工程	中央实验大厅	中央实验大厅共一层，长 27.8m，宽 21.6m，通高 17.03m，建筑面积 600m ² ；采用混凝土剪力墙结构；四侧墙体均为 500mm 厚钢筋混凝土；共设三个 500mm 厚的钢筋混凝土电动防护门（中间为 460mm 钢筋混凝土+各面表层均为 20mm 厚不锈钢板包封）；屋顶为 200mm 厚钢筋混凝土板，其上覆盖 200mm 厚聚乙烯板。			施工扬尘、施工噪声、施工废水、建筑垃圾、生活污水、生活垃圾	/	
		装置主机	线圈系统	16 套非平面模块化线圈；4 套极向场线圈；12 套环向场线圈。		电磁辐射	
			真空系统	真空室、真空测试平台		X 射线	
				真空辅助子系统		噪声	
			线圈支撑系统	模块化线圈支撑，真空室支撑，装置的主体支撑		/	
		加热系统		电子回旋共振加热（ECRH）系统		电磁辐射	
		诊断系统		磁力线示踪成像子系统、磁测量子系统、快速扫描静电探针测量子系统、中性粒子压强测量子系统、电子回旋辐射测量子系统等。		/	
辅助工程	科研用房	科研用房地上五层，局部地下一层。建筑总高度 23.5m，建筑面积约 13090m ² ，混凝土框架结构。科研用房东侧布置准环对称仿星器装置的辅助系统；科研用房中部及西侧主要布置科研人员办公、学术交流场所以及其它实验场所。			施工扬尘、施工噪声、施工废水、建筑垃圾、生活污水、生活垃圾	生活污水、生活垃圾	
		电源系统		电源大厅设置磁体电源，共设置 9 套，分别为 9 组线圈供电。		电磁辐射	
		水冷系统	一回路	介质是去离子水，电阻率不小于 5.0MΩ·cm。		废水、噪声	
			二回路	介质是去离子水，喷淋水为市政自来水，散热功率不小于 2MW 的闭式冷却塔。		废水、噪声	
			水质处理子系统（去离子水制备模块和去离子水在线水质处理模块）			废水、噪声、固废	
		中央控制系统		数据采集子系统、中央时序控制子系统、网络存储子系统、等离子体反馈控制子系统、中央安全联锁子系统		/	
		真空维修清洗间				固废	

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
公用工程	供水	由市政管网接入。		/
	供电	由市政电网引来 2 路 10kV 电力线路供给。		噪声
		设置柴油发电机组作为备用电源，主要供平时科研、生活、消防用电负荷。		噪声、废气
环保设施	生活垃圾暂存、若干垃圾桶。			/
	电磁防护措施	装置主机、电源系统、加热系统等接地；设备自身的金属屏蔽；使用强屏蔽作用的波导管等。		
	电离辐射防护设施	工作状态指示灯、紧急开门按钮、紧急停机按钮和声光报警装置、清场巡查按钮等；安全连锁；视频监控、门禁系统、广播系统；监测设备。		

3.1.3 项目工程投资及实施进度

本项目总投资为 24724 万元，资金来源为省预算内基本建设投资 6742 万元，成都市统筹安排市区两级财政性资金 15036 万元，项目单位自筹 2946 万元。

本项目建设周期 36 个月。

3.1.4 劳动定员和工作制度

人员配置：西南交通大学拟组建约 200 人的队伍开展相关的实验研究工作，其中配备的辐射工作人员主要为装置日常运行与维护人员 14 人。

工作制度：年工作日 250 天，平均每天 8h。

表 3.1-6 人员配置明细表

团队类别及明细				人数	备注
研究团队 (68 人)	等离子体理论研究			8	
	实验与诊断研究			30	
	真空技术研究			6	
	等离子体加热研究			6	
	计算机控制研究			6	
	供电技术研究			6	
	聚变堆材料研究			6	
装置运行团队(14 人)	装置日常运行与维护等			14	1-2 人/系统
研究生及 流动人员 (110 人)	硕士研究生			40	
	博士研究生			20	
	博士后流动站			15	动态调整
	对外合作与交流	国内	25	动态调整	
		国外	10	动态调整	
管理团队 (8 人)	人事管理			1	
	财务管理			2	专人管理
	学生管理			1	
	科研管理			2	
	综合事务			2	
合计				200	

3.1.5 公用工程

3.1.5.1 供配电系统

供电电源：由市政电网引来 2 路 10 kV 电力线路供给，两回 10kV 高压正常情况下各带其负荷，当其中一路出现故障，通过 10kV 母线联络柜联络，另一路带所有负荷。装置的线圈系统配套设置了磁体电源，采取储能型供电方案，用小容量充电设备从基础电网以较长时间获取能量，再进行转换储存，最后通过变流器进行转换输出所需要的短时大容量电力，满足装置磁体电源的供电要求。本工程配电电压为 220V/380V，低压配电系统接地型式采用 TN-S 制式。所有消防类负荷均由正常母线段和应急母线段各引出一回路至末级双电源自动切换箱，自投方式采用双电源自投自复。非消防保障负荷采用双电源切换后放射式供电或双电源供电末端切换方式供电。

应急电源：在科研用房地下层的柴油发电机房设置 1 台 500 kW 柴油发电机组，为消防设备、应急照明及其他备用电源（应急）系统供电。

3.1.5.2 给排水工程

（1）给水系统

水源：水源为市政自来水，拟从北侧大道市政给水管网不同管段上共引入两路 DN150 给水管，经总水表后接入用地红线，在红线以内以 DN150 的给水管道构成环状供水管网。供生活、实验和消防用水。实验用水主要为装置水冷系统用水，去离子水生产系统原水用水及冷却塔喷淋用水。

用水量：项目区用水主要包括工作人员生活用水；实验用水主要为装置水冷系统用水，包括去离子水生产系统原水用水及冷却塔喷淋用水；项目区内绿化等公用用水。

表 3.1-7 本项目用水量一览表

用水单元	日最大用水规模	用水量定额	日最大用水量	年运行时间	年用水量
工作人员	200 人	50L/人·d	10m ³ /d	250d/a	2500m ³ /a
去离子水制备用水	/	/	/	120d/a	40.7m ³ /a
冷却塔补水	/	10m ³ /24h	3.33m ³ /d	120d/a	400m ³ /a
绿化用水	300m ²	1L/m ² ·d	0.3m ³ /d	250d/a	75m ³ /a
未预见水量					302m ³ /a
合计					3242.7m ³ /a

(2) 排水系统

本项目排水系统采用雨污水分流制。

雨水排水系统：屋面雨水经雨水斗收集，经雨水管排至绕屋散水沟，再接至室外雨水沟。道路雨水通过路边雨水口进入室外雨水管网，经室外雨水管网收集过后最终排入市政雨水管网。

污水排水系统：项目区内污水管网沿项目区内道路铺设，并在项目区东北角接入北侧科学城中路东段市政污水管网，污水主管选取 DN300HDPE 管，室外污水管道顺地面坡度布置于绿地和场地下，项目装置水冷系统排水（均为清净下水，包括去离子制备系统排水和冷却循环水排水）和生活污水收集后排入市政污水管网，最后进入天府新区第一污水处理厂。

3.1.5.3 通风空调系统

(1) 中央实验大厅

中央实验大厅采用分层送风式全空气系统，直膨式屋顶空调机组配调速电机，并自带控制箱。气流组织采用球型喷口中部侧送风，各喷口均带电动风阀，在季节变化时手动遥控调整送风角度，下部集中回风形式。按国家规范对卫生标准的要求，供给必要的新风量，空调房间新风量满足《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》和《公共场所集中空调通风系统卫生规范》等规范的新风量要求。新风在清洁处采集，与排风口的间距按相关规范要求设置。全空气系统采用可变新风比运行，最大新风比不低于 70%，最大限度的利用室外自然冷源，同时满足室内通风换气的要求。

(2) 科研用房

本项目科研用房均采用变频多联空调机组加新风系统。室内机选用风管式室内机；新风系统分层设置，采用全热交换器设于专用机房内，利用全热回收方式降低新风系统能耗；室外机设于屋面。气流组织形式为散流器上部均匀送风，下部集中回风。

科研用房采取自然送风和自然排风，设备用房采取机械排风，各设备用房换气次数设计如下：高低压配电室>15 次/h；柴油机发电机房>15 次/h；储油间>12 次/h；消防水泵房>6 次/h。

地下车库换气次数按 6 次/h 考虑，补风利用建筑竖井或直通室外汽车坡道自然补风。车库设置 CO 检测系统，当 CO 浓度达到 30mg/m³ 时，自动报警自动启动相

应防火分区的排风风机，联动风机启停。

柴油发电机房考虑平时通风及事故通风设计，采用防爆风机。通过竖井在屋顶高空排放。

储油间设事故通风兼事故后排风系统，采用防爆风机。储油间密闭油箱上设置通向室外的通气管，通气管设置带阻火器的呼吸阀。

3.1.5.4 消防系统

本工程采用生活、消防分开各自独立的给水管网，室外消防给水管网环状布置，主管道 DN150mm。屋顶设一个 18m³ 消防水箱，供应初期消防用水量，并设置增压稳压设备，室外给水管上按规范布置室外消火栓，间距不大于 120m。室外消防用水贮存于地下室消防水池中，消防水池 2 个(有效容积共计 666m³)。消防水泵房设置消火栓泵两台（一用一备）、喷淋泵两台（一用一备）、水炮泵两台（一用一备）。室内消火栓管道构成环状，并设有阀门进行分段控制；室外消火栓用水量为 40L/s，室内消火栓用水量为 15L/s，火灾延时按 3h 计。自动喷淋系统 55L/s，大空间智能型主动灭火系：10L/s，火灾延续时间 1h。

本工程电源大厅、加热高压电源等实验设备用房等采用无管网七氟丙烷气体灭火系统，灭火设计浓度为 9%，喷射时间不大于 10s，同一防护分区内不同装置之间必须同时启动，动作响应时差不得大于 2s；共设自动控制、手动控制和机械应急操作三种启动方式。预制灭火系统应设自动控制和手动控制两种启动方式。当人员进入防护区时，应能将灭火系统转换为手动控制方式；当人员离开时，应能恢复为自动控制方式。

同时在中央实验大厅、实验设备用房、变配电房、柴油发电机房、通风机房、水泵房等配置手提干粉灭火器。

3.2 工程设备与工艺分析

3.2.1 工程设备及主要原辅料消耗

3.2.1.1 主要设备

本项目新增的主要设备见表 3.2-1。

表 3.2-1 本项目主要设备表

序号	设备名称	主要性能指标	型号规格	制造厂/国别	单位	数量	位置
1	线圈系统						
(1)	模块化线圈	电流: 4500A; 单个线圈安匝数: 0.3 MAT; 电阻: 约 48mΩ; 电感: 约 4.8mH; 绝缘电压: DC10kV; 制造误差≤1mm; 三维磁场分布误差小于设计值的 0.01%。	非标定制	国内	套	16	中央实验大厅
(2)	PFC 线圈	电流: 6.25kA; 单个线圈安匝数: 0.139MAT; OV 电感: 0.02H; IV 电感: 0.019H; OV 电阻: 0.251Ω; IV 电阻: 0.161Ω。	非标定制	国内	套	4	中央实验大厅
(3)	TFC 线圈	电流: 2kA; TFC10 电感: 0.003H; TFC32 电感: 0.003H; TFC70 电感: 0.002H; TFC10: 0.221Ω; TFC32 电阻: 0.205Ω; TFC70 电阻: 0.168Ω。	非标定制	国内	套	12	中央实验大厅
(4)	线圈工装模具		非标定制	国内	套	4	预装室
2	真空系统						
(1)	真空室	大半径: 1m; 形状: 三维; 体积: 3m ³ ; 真空度: 1E-5Pa~1E-6Pa; 壁厚: 6mm; 最大热应力 137MPa; 最大变形 <4mm。	非标定制	国内	套	4	中央实验大厅
(2)	法兰部件		非标定制	国内	套	42	中央实验大厅
(3)	真空室工装模具		非标定制	国内	套	16	真空预装区
(4)	罗茨泵	抽速 10000L/min。	BSJ1 50L	国内	套	2	中央实验大厅
(5)	机械泵	抽速 1200L/min。	BSV-60	国内	套	2	中央实验大厅
(6)	检漏仪	最小检测漏率, 真空模式: 5E-13Pa m ³ /s; 吸枪模式: 5E-10 Pa m ³ /s。	ASM 340	国内	套	1	中央实验大厅
(7)	烘烤设备	烘烤温度 130℃。	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅
(8)	真空计	测量范围: 1E5Pa—1E-8Pa。	非标定制	国内	套	3	中央实验大厅
(9)	清洗设备	即壁处理系统: SUS316L 材质金属电极、辉光送气系统、电源	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅
3	支撑系统						
(1)	线圈支撑	线圈盒厚度为 20mm; 线圈的最大形变应小于 2.0mm, 最大弹性应变应小于 0.1%。	非标定制	国内	套	16	中央实验大厅
(2)	真空室支撑	总体装配精度误差 ≤ 1.0 mm	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅
(3)	主体支撑	装置总体的最高承重可达 50 t; 主体支撑上的最大应力 ≤ 137 MPa。	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅

序号	设备名称	主要性能指标	型号规格	制造厂/国别	单位	数量	位置
4	电源系统						
(1)	模块化 MC 电源	DC: 2870 V/4500 A; 充电电源: DC: 650 V/60 A 单元 5 个; 电容模组: 672 V/91 F 单元 4 个, 336 V/182 F 单元一个; 变流柜、保护接地柜、交流、直流开关柜、控制柜、测量柜等。	非标集成	国内	套	4	电源大厅
(2)	TF 电源	DC: 640 V/2200 A; 充电电源: DC: 650 V/60 A 单元 1 个; 电容模组: (TF1: 672 V/91 F 单元 1 个, TF1: 672 V/45.5 F 单元 1 个); 变流柜、保护接地柜、交流、直流开关柜、控制柜、测量柜等。	非标集成	国内	套	3	电源大厅
(3)	PF 电源	DC: IV: 1910 V/7000 A, OV: 2870 V/7000 A; 充电电源: DC: IV: 650 V/60 A 单元 3 个, OV: 650 V/60 A 单元 5 个; 电容模组 (IV: 672 V/91 F 单元 3 个, OV: 672 V/91 F 单元 4 个, 336 V/182 F 单元 1 个); 变流柜、保护接地柜、交流、直流开关柜、控制柜、测量柜等	非标集成	国内	套	2	电源大厅
(4)	电源控制系统	控制周期 0.5ms; 控制精度 $<0.5\%$; 实时数据传输小于 200us。	非标集成	国内	套	1	电源大厅
5	中央控制系统						
(1)	中央安全联锁子系统	PLC 慢控制系统响应时间为 ms 级别, 上位机程序循环执行一次周期小于 10 ms, 网络传送延迟时间小于 300 ms。	非标集成	国内	套	1	中央控制大厅
(2)	中央时序控制子系统	对时钟时序投入工作的触发精度小于 100ns。	非标集成	国内	套	1	中央控制大厅
(3)	数据采集子系统	低速数据采集 (10-250kHz) 高速数据采集 (1-2MHz)。	非标集成	国内	台	1	中央控制大厅
(4)	网络存储子系统	主干网络: 10G 万兆, 核心交换机 40G 光口 12 个, 10G SFP+光口 28 个, 1000M 电口 24 个, 交换容量大于等于 76Tbp。主储存 100T, 在线灾备 100T, 支持数据自动备份与实时同步。	非标定制	国内	套	1	中央控制大厅
(5)	等离子体反馈控制子系统	实时控制周期达到 1 ms。	非标定制	国内	台	1	中央控制大厅
6	水冷系统						
(1)	一次回路主要设备	总流量不低于 26m ³ /h; 热交换器, 换热系数 4542W/(m ² *K)。	非标集成	国内	套	1	水冷设备房
(2)	水冷一	线圈水冷一回路总流量不低于 6m ³ /h,	非标	国内	套	2	水冷设

序号	设备名称	主要性能指标	型号规格	制造厂/国别	单位	数量	位置
	回路	ECRH 水冷一回路总流量 15m ³ /h。	集成				备房
(3)	二次回路主要设备	流量不低于 120m ³ /h；出水温度不高于 42℃；冷却塔散热功率 2MW。	非标集成	国内	套	1	水冷设备房和水冷设备区
(4)	监测与控制系统	监控点不少于 15 处。	非标集成	国内	套	1	水冷设备房和中央实验大厅
(5)	水质处理系统	去离子水制备系统：电阻率不小于 5MΩ•cm，产水量 3m ³ /h； 在线水质处理系统：电阻率不小于 5MΩ•cm，溶解氧不大于 20ppb。	非标集成	国内	套	1	水冷设备区
7	加热系统						
(1)	电子回旋共振加热（ECRH）系统	加热功率：500kW；回旋频率：54.5GHz；脉冲宽度：1s。 （系统包括波源系统、传输系统、天线系统及辅助运行系统）	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅
8	诊断系统						
(1)	磁力线示踪成像测量量子系统	测量磁场位形误差小于 0.01%，测量磁场强度范围 0.0001T—1.5T。	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅
(2)	磁测量量子系统	磁探针阵列测量模块测量误差小于 1%；单匝磁通环测量模块与鞍形线圈测量模块传感器需耐压 2000V；测量磁体线圈电流的罗氏线圈电流测量范围 0.1—100 kA，测量磁体线圈电流的罗氏线圈电流测量范围 0.1—50 kA，测量精度 0.5%；逆磁线圈测量模块测量精度 10%。	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅
(3)	快速扫描静电探针测量量子系统	扫描速度范围 1-2 m/s，快速运动位移范围 15-20cm。	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅
(4)	中性粒子压强测量量子系统	真空测量范围：10 ⁻⁴ -10 ⁻² Pa；系统的时间分辨率：~3ms。	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅
(5)	电子回旋辐射测量量子系统	时间分辨率：1 ms	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅
9	交配变电	包括：高压开关柜，低压开关柜，变压器（2000kVA、1000kVA，10kV/0.4kV），高压功率因数补偿柜，直流屏，微机监控系。		国内	台	49	配电房

序号	设备名称	主要性能指标	型号规格	制造厂/国别	单位	数量	位置
10	实验大厅防护屏蔽门	1 扇大门 6.0×8.0m, 2 扇小门 1.5×2.4m。	非标定制	国内	套	1	中央实验大厅
11	实验大厅桥式吊车	载重 20 吨, 跨度 27.6×21.4m。		国内	套	1	中央实验大厅

3.2.1.2 主要原辅材料消耗及能耗

(1) 原辅材料

本项目运行涉及使用的原辅材料见下表。

表 3.2-2 本项目原辅材料

序号	名称	年消耗量	存储位置	来源	备注
1	氢气	100L (20L/瓶, 共 5 瓶)	中央实验大厅 (防爆保护柜内储存 1~2 瓶)	外购	注入的中性气体
2	氦气	20L (1 瓶)	中央实验大厅	外购	用于真空室气压及漏率检测
3	氖气	25L (1 瓶)	中央实验大厅	外购	
4	乙醇	200mL (1 瓶)	真空维修清洗间	外购	

(2) 能源动力消耗

本项目用水及动力消耗见下表。

表 3.2-3 本项目能源及动力消耗

序号	名称	用量	单位	来源	备注
1	柴油	视情况而定	/	外购	储油间最大储量 200L
2	自来水	3242.7	m ³ /a	市政供给	
3	电能	1311724	kW·h/a	市政供给	

3.2.2 工艺分析

3.2.2.1 装置组成及各系统工作原理

准环对称仿星器装置包括线圈系统、真空系统、支撑系统、电源系统、中央控制系统、水冷系统、加热系统和诊断系统 8 个子系统。其中线圈系统、真空系统、支撑系统构成准环对称仿星器装置的主机。装置示意图如下所示。8 个子系统的组成、功能和工作原理分述如下。

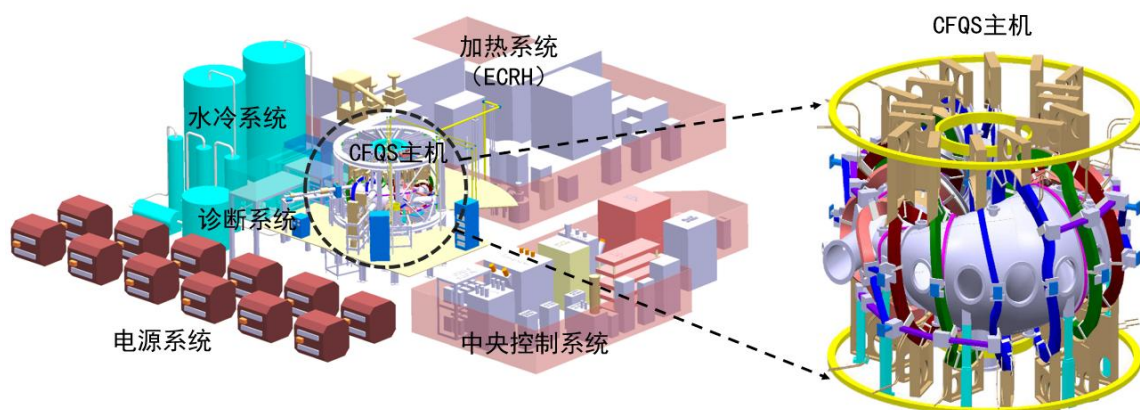


图 3-2 准环对称仿星器装置的系统构成示意图

3.2.2.1.1 线圈系统

线圈系统是准环对称仿星器装置的核心，其功能为能够产生高精度准环对称的磁场位形。线圈系统由 16 柄非平面模块化线圈，4 柄极向场线圈和 12 柄环向场线圈组成。其中 16 柄非平面模块化线圈用于实现准环对称位形；4 柄极向场线圈用于控制磁轴径向移动；12 柄环向场线圈用于实现磁岛偏滤器位形。

非平面模块化线圈是非平面的三维结构，有 4 种类型（MC1 和 MC2 线圈无面扭曲，MC3 和 MC4 线圈无线扭曲），每种类型线圈个数均为 4，可分为 4 组。模块化线圈截面尺寸为 $132\text{mm} \times 69\text{mm}$ ，包括导线和绝缘材料。每个线圈由三根独立铜导线绕制而成，共绕制两层 12 圈，共 72 匝；线圈内导线间绝缘和线圈对地绝缘，所用的材料均为聚酰胺和玻璃纤维。

极向场线圈均为简单圆环状，有 2 种类型（IV、OV），每种类型线圈个数均为 2，分为 2 组，分别位于顶部和底部。OV 线圈截面尺寸为 $100.05\text{mm} \times 48\text{mm}$ （包括导线和绝缘材料），共 32 匝（8 匝 \times 4 层）；IV 线圈截面尺寸为 $48\text{mm} \times 184.5\text{mm}$ （包括导线和绝缘材料），共 64 匝（4 匝 \times 16 层）。PFC 线圈的结构组成也和 MC 线圈类似，相应的制造材料也与模块化线圈一样。

环向场线圈有 3 种类型（TFC10，TFC32 和 TFC70），每种类型线圈个数均为 4，分为 3 组，共计 12 柄线圈，依附于真空室绕制，线圈截面尺寸为 $88\text{mm} \times 22\text{mm}$ （包括导线和绝缘材料），共 16 匝（8 匝 \times 2 层），相应的制造材料与模块化线圈一样。

3.2.2.1.2 真空系统

磁约束聚变等离子体的产生需要超高真空环境（压强小于 10^{-5}Pa ），真空系统

为等离子体的产生提供了所需的真空环境，真空室是等离子体直接运行的场所。准环对称仿星器装置的真空系统包括真空室、烘烤系统、壁处理系统、真空泵系统和送气系统等。

（1）真空室及真空测试平台

真空室：真空室布置在中央实验大厅，是采用 6mm 厚的 316L 型不锈钢壁分段焊接制造，真空室对称的分为 4 段，体积 3m³。真空室本体由 8 根板簧支架固定在装置的主体支撑框架上，用于承受真空室在烘烤过程中的膨胀变型。真空室上设置有环向场线圈的绕线框架以及 46 个大窗口，其中大部分窗口提供给各类加热和诊断设备使用，最大的两个矩形窗口将提供给规划的 NBI 加热装置和汤姆逊散射仪使用，同时也可作为装置维护人员的通道。真空室上还保留有一批直径小于 70mm 的小窗口用于未来装置的升级扩展。

真空测试平台：在 CFQS 装置运行前需要将一些辅助设备，例如送气系统、诊断系统等，连接到真空室上。为确保装置整个真空环境达到实验要求，需要提前检测外接设备的真空密封性和工作性能，因此需要搭建一个真空测试平台。

真空测试平台主要由不锈钢圆柱腔体、窗口法兰、抽气机组、真空计和检漏仪组成，其中不锈钢圆柱腔体长 1044 mm、直径 700 mm，用于模拟真空室的真空环境；窗口法兰包含 16 个不同尺寸，用于连接其它设备系统；抽气机组用于真空测试平台的抽气，由一台机械泵和一台分子泵组成；真空计用于测量真空测试平台的真空度；检漏仪用于检测被测试部件的漏点及漏率。在窗口尺寸设计上，充分考虑 CFQS 真空室上的窗口尺寸。腔体的真空度要求在 10⁻² ~ 10⁻⁴ Pa 范围内，根据不同系统测试而定。

（2）烘烤系统

本项目在真空室外侧均匀排布加热丝，加热丝通电工作时，烘烤温度逐渐上升至额定温度 130℃。通过对真空室器壁进行加热，可将吸附在器壁材料中的氮气，水蒸气等杂质气体解吸附，使真空度进一步提高，同时也减小杂质气体的含量。

（3）壁处理系统

壁处理系统包括 SUS316L 材质金属电极、辉光送气系统、电源等组成。真空室辉光放电清洗时将真空室接地作为负极，向真空室窗口接入金属电极，金属电极接 DC1500V 连续可调电源，向真空室注入气体（氦气或氢气），调整电源电压直至产生辉光放电使部分气体电离，并轰击真空室内壁、真空室内其它构件，由于杂质与

真空室器壁材料的吸附强度远小于材料本身的表面结合能，因此可以轻松溅射出杂质以达到去除真空室器壁材料中的杂质和燃料粒子的目的。

（4）真空泵系统

主抽气泵采用涡轮分子泵和低温泵组合，前级粗抽泵采用罗茨泵与机械泵组合。在真空泵系统工作时，使用罗茨泵与机械泵作为涡轮分子泵的前级进行初抽，当真空度小于 10 Pa 时，启动涡轮分子泵，继续将真空度降至 10^{-2} Pa 以下，之后启动两台低温泵，实现和维持准环对称仿星器真空室中的高真空度（ $10^{-6}\sim 10^{-5}\text{ Pa}$ ）。其中涡轮分子泵采用水冷降温，机械泵前配备了冷阱以降低抽出的气体温度，保证真空泵系统能够在较高的温度条件下工作。

（5）送气系统

本项目送气系统要包含压电阀、阀门控制器、阀门电源、数据采集模块等。用于向真空室注入中性气体（氢气）。

3.2.2.1.3 支撑系统

支撑系统为准环对称仿星器装置的真空室、线圈系统提供必要的支撑，确保装置各部件在实验过程中不会发生过大的形变和位移。

支撑系统主要由 MC 线圈盒、真空室支撑、总框架三部分组成，其中线圈盒主要保护 MC 线圈，总框架主要保护括真空室和 PFC 线圈在内的装置主体。

（1）MC 线圈盒

MC 线圈盒用于固定 MC 线圈的空间位置，减小线圈因电磁力而产生的形变，维持线圈的三维形状，保证放电过程中磁场位形的稳定，同时保护线圈结构不受电磁力破坏。MC 线圈盒的设计参数为：线圈所受的应力小于 90 MPa ，线圈最大形变小于 2.0 mm 。

MC 线圈盒主要由 16 个线圈盒、36 根连接梁和 16 组线圈盒支架（上/下部）组成，其中 MC3 线圈盒由于空间位置及受力原因，需要额外增加一根辅助支柱。其中线圈盒由若干段截面呈“U”形的不锈钢壳、连接杆以及盖板组成。不锈钢壳厚 20 mm ，其外表面焊有固定连接梁的基座以及筋板；连接梁截面呈“U”型，为提高强度，需在大部分连接梁中间位置加焊一条筋板，该结构的功能是抵抗径向上的电磁力，以增加线圈系统整体稳定性；线圈盒支架（上/下部）方便与装置整体支撑框架的连接，同时有利于保持线圈的空间位置，支架上留有矩形空隙，方便各类管

线的管理和布置。

(2) 真空室支撑

真空室由八个板簧支架支撑以承受烘烤产生的热膨胀变形及真空室本身的重
量。

(3) 总框架

支撑系统总框架由12根底部支腿、两个支撑平台（顶/底部）、8根外侧立柱和1
个中心支撑组成。总框架为MC线圈盒、PFC线圈、真空室和部分诊断设备提供支撑，
同时防止运行过程中线圈受电磁力影响产生偏移，保证装置运行的整体稳定性。总
框架的设计参数：所受应力小于137 MPa。

①底部支腿

底部支腿包含 8 根外侧支腿和 4 根内侧支腿，高度均为 2075 mm。

②支撑平台（顶/底部）顶部支撑平台与底部支撑平台的结构相同，均由两组内
/外半圆环钢架、14根径向横梁、4块中间基板和20个PFC线圈支架组成，主要用于
支撑和定位真空室、MC线圈盒与PFC线圈，同时抵抗电磁力。

③外侧立柱

外侧立柱共 8 根，长度均为 2340 mm，其余结构尺寸与外侧底部支腿类似，用
于连接顶部和底部支撑平台。

④中心支撑

中心支撑主要由左/右半支撑、横梁和连接短板组成，其作用是抵抗电磁力，同
时固定 MC 线圈盒。该设计采用分体式，所占的空间较小，能够在确保支撑系统强
度的同时，保证装配流程的可操作性其结构。

3.2.2.1.4 电源系统

电源系统为准环对称仿星器装置及其配套系统供电，包括磁体电源（为模块化
线圈、极向场线圈和环向线圈供电）、辅助系统电源（为诊断系统、加热系统等辅
助系统供电）以及基础用电电源（为照明、空调等基础设施供电）。本小节重点介
绍为装置供电的磁体电源和辅助系统电源的组成、功能及工作原理。

(1) 磁体电源

磁体电源共设置 9 套，分别为 9 组线圈供电。每套磁体电源由充电单元、电容
模组、变流器模块以及相应的配电柜组成。本项目采用储能型供电方案，用小容量

充电设备从基础电网以较长时间获取能量，再进行转换储存，最后通过变流器进行转换输出所需要的短时大容量电力，满足装置磁体电源的供电要求。1.0T 工况运行时，9 个电源（MC1PS、MC2PS、MC3PS、MC4PS、PF1PS、PF2PS、TF1PS、TF2PS、TF3PS）同时分别为 9 组线圈供电，电源总体脉冲容量达到 100MVA，一次放电耗能 150MJ，装置工作方式拟间隙脉冲运行（工作比约 1-2s/60-180s），各线圈供电参数见下表。

表 3.2-4 线圈系统参数及供电参数表

线圈名称	模块化线圈 MC1-MC4	极向场线圈 PF1(IV)	极向场线圈 PF2(OV)	环向场线圈 TF1-TF3	备注
线圈组数	4	1	1	3	
单位组线圈柄数	4	1	1	4	
单柄线圈匝数	72	64	32	8	
线圈单匝电流（A）	4340	6250	6250	2000	
电流密度（A/mm ² ）	74	106	106	91	
总安匝（kAT）	313	400	200	32	
线圈电阻（mΩ）	440	161	251	220	
线圈电感（mH）	83	20	20	3	
电源电流（A）	4500	7000	7000	2200	1.0T 放电
电源电压（V）	2870	1910	2870	640	
电源数量	4	1	1	3	

以 MC1PS 为例对充电单元、电容模组、变流器模块等进行说明，其它线圈电源类同。

①充电单元

充电单元由 5 个 SPS 电源模块组成，SPS 电源模块采用直接从电网输入，通过整流再进行 PWM 调压电路，通过控制算法实现给后接对应的电容模块的充电电压、电流调节，1.0T 运行工况时，每个 SPS 电源模块输出电压为 650V，电流 60A。

②电容模组

磁体电源的超级电容储能系统采取三种型号的储能单元（I 型：672 V/91 F；II 型：336 V/182 F；III 型：672 V/45.5 F）。每个储能单元主要包括超容模组、CMS 电容管理系统、放电电阻及其他辅助设备。储能单元原理及磁体电源的超级电容储能系统。超容模组完成能量储存和释放；CMS 完成对储能单元监控；充电电源完成超容单元充电；放电电阻完成超容单元能量的释放。

③变流器模块单元

变流器模块单元对应于前级储能单元设置了 5 个变流器，其直流电压输入对应于 5 个电容模组的输出，5 个变流器级联，采用 PSM 控制算法。每个变流器，采用

4 个半桥并联，错位控制，为线圈提供稳定电流。

3.2.2.1.5 中央控制系统

中央控制系统包括等离子体控制系统、中央时序控制系统、数据采集系统、网络存储系统和监控系统、中央安全联锁系统及其他系统等组成。主要功能为对磁场位形、等离子体位置、温度密度、杂质等实施控制，对装置各子系统进行逻辑控制及时序进行协调，同时监测放电过程中装置各主要部件的运行状态，确保各部件的运行安全。

（1）等离子体反馈控制子系统

准环对称仿星器等离子体控制系统是一套先进的控制系统，其控制任务包括磁场控制、等离子体运行控制、等离子体参数和品质控制等控制任务，其中磁场控制的任务是通过控制线圈电流控制磁场进而控制等离子体，它主要包括等离子体位置控制和磁场旋转变换控制，等离子体位移的控制包括等离子体垂直位移控制和水平位移控制。

（2）中央时序控制子系统

中央时序控制系统主要包括上位机、时钟控制卡、天线、控制器、机箱、机柜、光纤分配箱、时钟分配箱等。用于为全系统提供一个稳定的、准确一致的主时钟时间信号，为全域进行精确定时。

时序控制系统采用可编程的时间信号调理分配器，该分配器实现与各子系统互联的信号适配、定时、选通、分配和驱动，无需每个子系统自行制作时序信号，保证时序信号使用更方便。而且通过统一提供，可切实保障质量和精度。时序控制系统包含时序触发与控制反馈。时序指令控制系统通过采用光纤传输信号，可以有效避免强电磁干扰。时序指令控制系统的任务就是通过协调时间来协调事件，它保证等离子体放电的安全性和同步性。

（3）数据采集子系统

数据采集系统包括高速、低速采集器，控制器以及配套的计算机级机柜、信号发生器、信号传输线缆等组成，主要用于装置在运行过程中各参数的采集与控制。

采集器包括触发输入，外时钟输入和 1000 M 数据读写光信号通讯端口，使用外部中央时钟作为采集器采样率控制的时基，集成数据采集与控制，具备全封闭金属壳屏蔽。每台采集器共用一个外部触发，即采集器中的所有通道和所有板卡共用

一个触发信号，触发输入信号支持光信号和电信号，同时，采集器还支持软件触发，使得采集数据具有相同的时间参考点。采集器一旦收到触发信号，便进行触发后采样数据的采集，完成数据采集之后发出一个中断请求，数据采用 1000M 光纤以太网传输。采集器的采样率共分为 5 挡，可编程设置，采集器在采集过程中只响应状态查询、停止采集和软件触发指令。采集控制器根据每个板卡的通道数、采样率和采集长度，动态的为板卡分配存储区间，读取通道数据是，可指定读取的起始数据点和读取的数据个数。

（4）网络存储子系统

网络存储系统主要包括数据存储系统、在线数据防灾系统和移动介质数据备份系统等。用于存储图像数据、音频数据和状态监视数据。同时，在中央控制大厅，采用 6 台 60 英寸液晶彩电和工控机来建立相应的状态和信息显示屏实现全域监视，在各现场和各管理场点，安装显示屏，以交互式方式通过控制机切换显示方式实现全域监视。实验室终端计算机通过局域网连接，采用光纤接至设在原实验控制中心楼内计算机中心的网络交换机上，以满足各实验数据或图像等信息的共享与传输。计算机网络布线与电话采用综合布线方式。

（5）中央安全联锁子系统

中央安全联锁系统主要为准环对称仿星器提供设备和人身安全保护，防止发生可能危及装置安全运行的事故，向操作人员提供故障诊断和预警信息。中央安全联锁系统监测准环对称仿星器装置各关键系统的状态和故障信号，并根据当前放电状态与时序系统联动，向各系统发送停机信号，终止放电，起到保护装置安全 and 人身安全的作用。中央安全联锁系统由工控机、交换机、机柜、线缆等硬件和软件系统构成，搭建专用安全联锁网络，以便系统之间执行联锁功能。

中央安全联锁系统的主要功能有：

- ①为主机、真空、电源、水冷、加热、诊断等系统提供联锁保护。
- ②按预设程序执行自动联锁保护功能，不需要人工干预。
- ③有急停功能，在急停按下手动复位之前，动作应保持锁紧状态。
- ④提供操作控制台，主要完成界面监视和联锁功能程序设计。
- ⑤控制台界面提供报警、故障列表、参数修改等信息。
- ⑥提供所有数据的临时存档，包括联锁动作发生时间、原因和细节。

提供与其他系统之间的接口等。信号可以划分为三类，第一类是故障信号，第

二类是状态信号，第三类是保护动作信号。中央安全联锁系统在检测到任何一个放电条件不满足时进行相应的保护，如果是重大故障信号则立即解除各个系统转入放电结束，如果是轻微故障或者预警则等待当前放电正常结束后再处理。通过对各系统状态和故障信号进行功能分析后，制定故障分级保护策略，将各系统的故障分为三级。

一级故障的处理方式为：中央安全联锁系统立即停止放电，同时采取本地保护；

二级故障的处理方式为：不停止放电，各系统采取适当的本地保护，但不影响正常放电，放电结束后处理；

三级故障处理方式为不做保护，仍正常放电，预警显示。

3.2.2.1.6 水冷系统

准环对称仿星器装置的一些部件和设备在实验过程中将转换较大的热量，需要对这些部件进行冷却，水冷系统用于装置模块化线圈、极向场线圈以及电子回旋共振加热（ECRH）系统的冷却系统。

水冷系统由管路系统、测量和控制以及包括去离子水制备、动力、供气等的辅助设施组成，共两个回路。其中一回路系统包括一回路管路（线圈水冷一回路、ECRH 水冷一回路并联）、对应的循环泵、定压罐、换热器等，一回路系统中设置有流量计、压力表、温度传感器、泄漏监测、电导率仪等测量设备；二回路系统主要包括二回路管路、二回路循环泵和冷却塔等；辅助设施主要为水质处理系统。

（1）一回路系统

（1）一回路系统

一回路为闭式循环，介质是电阻率不小于 $5.0\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 的去离子水，通过循环将线圈、ECRH 耗散热传递到换热器，通过换热器传递至二回路。一回路主进水管和回水管内径 150mm，回路主管流量 $26\text{m}^3/\text{h}$ ，供回管路约 100m；两个支路并联组成，通过四个循环水泵（两用两备）对应控制两个支路的流量，线圈回路冷却流量 $6\text{m}^3/\text{h}$ ，ECRH 回路冷却流量 $15\text{m}^3/\text{h}$ ；定压罐为立式压力容器罐（约 2m^3 ），水面上方充入纯氮气以保持水质，定压罐上设置了水位测量装置以进行泄漏监测。换热器为板式换热，按逆流原理运行，热侧进口温度 77°C ，出口温度 34°C ，冷侧进口温度 32°C ，出口温度 42°C ，换热面积 88m^2 ，换热系数 $4542\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。设置旁通，便于系统调试和流量调节。在系统环管的最高处设置排气阀门，在定压罐设补水阀门用于系统

补水，在定压罐下方和系统主回路设置放空阀用于系统排水和吹扫。

（2）二回路系统

二回路为闭式循环，进水管和回水管内径 150mm，供回管路约 200m。介质是去离子水，喷淋水为自来水，冷却塔为闭式冷却塔，散热功率 2MW，闭式冷却塔利用水蒸发时吸收热量的原理使二回路系统水冷却。二回路系统水在闭式冷却塔的冷却盘管内进行封闭循环，喷淋水经泵和喷淋系统喷淋在冷却盘管表面，一部分水蒸发，吸收热量，从而降低冷却器盘管内二回路水的温度，热空气经上部 PVC 脱水器经风机排至冷却塔外，PVC 脱水器阻挡的水回落至冷却盘管，或与未蒸发的水靠重力作用落入冷却塔下部经空气冷却后回落进底部的喷淋集水槽，由水泵再循环至喷淋系统，循环使用。

（3）监测与控制

一回路系统中两个分支管路、每个线圈设置有流量测量点，根据测量结果对系统进行判断和报警；两个循环水泵和换热器设置有压力测量点；同时，回路系统中还设置了多处温度测量点；水冷系统在 0.3~2.0MPa 的压力下运行，泄漏会使装置部件受危害，因此，在定压罐设置有水位监测和流量监测，用于对泄漏进行定位检测。在线水质处理系统设置溶氧仪，测量在线水质处理系统进水与出水中的溶解氧。

水冷系统建立由计算机控制的系统控制平台，通过程序触发一系列控制回路，实现对准环对称仿星器水冷系统运行工况的控制。控制系统按三级设置，分别为中央监控级、现场控制级和检测执行级。控制中心设在中央控制大厅内，为中央监控级。现场设控制站，组成现场控制级。位于工程现场的在线检测仪表和现场执行设备组成检测执行级。

设备控制具有三种控制方式：

就地控制方式：通过就地控制箱上的按钮实现对设备的启停操作。

远程控制方式：操作人员通过中控室的监控画面用鼠标器或键盘等输入设备来控制现场设备。

自动控制方式：设备的运行完全由现场控制站控制，根据水冷系统工况及工艺参数来完成对设备的启停操作，而不需要人工干预。

（4）水质处理系统

本项目水质处理系统包括去离子水制备系统和在线水质处理系统。其中去离子水制备系统主要为水冷系统提供去离子水，在线水质处理系统主要用于对一回路水净化处理（主回路 20%流量），保证循环水水质达到要求。

去离子水制备系统产水量 3m³/h，产水率 70%，出水电阻率不小于 5.0MΩ·cm。工艺流程：原水→原水箱→原水泵（絮凝剂投加）→多介质过滤器→活性炭过滤器→保安过滤器→反渗透系统→中间水箱→中间水泵→EDI→抛光混床→紫外光杀菌→纯水箱→外输。

在线水质处理系统出水电阻率不小于 5.0MΩ·cm，溶解氧 20ppb 以内：工艺流程：一回路来水→保安过滤器→离子交换→气液分离膜脱氧系统→纯水箱→返回一回路系统。

3.2.2.1.7 加热系统

加热系统是产生高温等离子体的关键系统。在实验开始直接注入到仿星器真空室中的是中性气体，通过外部加热系统，将中性气体电离并加热，从而形成高温等离子体并被磁场约束。本项目加热系统主要为电子回旋共振加热（ECRH）系统。

本项目 1.0T 工况下拟采用电子回旋共振加热（ECRH）系统用于启动、加热等离子体。电子回旋共振加热系统根据装置运行参数、等离子体位形及波与等离子体耦合性能等条件，电子回旋共振加热系统的参数确定为频率 54.5GHz、输出功率 500kW、脉冲宽度 1s，耦合模式为二次谐波非寻常模。

电子回旋共振加热系统包括波源子系统、传输子系统、天线子系统及辅助运行子系统。由回旋管产生的 54.5GHz/500kW/1s 高功率微波，经以主模为 HE₁₁ 模的过模波纹波导及功能部件构成的传输线系统传输后，通过弱场侧中平面天线系统注入等离子体，微波注入角度极向及环向快速可控。各部件设计参数见下表。

表 3.2-5 电子回旋共振加热系统组成及参数

序号	子系统名称	组成	规格参数
1	波源子系统	1只波源回旋管、1 套 2.4 T 无氦超导磁体模块、1 套光学匹配单元、1 套阴极高压电源、1 套阳极高压电源以及 1 套辅助电源	回旋管：频率：54.5GHz；功率：500kW；脉宽：1s。
2	传输子系统	过模波纹直波导、1 个微波全吸收水负载、1 个隔直器、2 个滑动波导、3 个换向波导	传输主模为 HE ₁₁ 模，直波导内半径 40 mm，传输线长度约 11 m。
3	天线子系统	真空密封箱、聚焦镜、极向及环向可转动的平面镜、平面镜转动及驱动机构、旋转电机、转动控制器及微波真空密封窗口	/
4	辅助运行子系统	控制保护模块、测量模块、数据采集模块等	/

3.2.2.1.8 诊断系统

诊断系统主要用于测量准环对称仿星器的磁场以及等离子体相关参数，一方面可以反馈至控制系统确保装置运行的稳定性，另一方面用于研究等离子体相关物理问题。本项目新建的诊断系统包括磁力线示踪成像子系统、磁测量子系统、快速扫描静电探针测量子系统和中性粒子压强测量子系统、电子回旋辐射测量子系统。

①磁力线示踪成像子系统

磁力线示踪成像系统主要用于精准测量由模块化线圈产生的磁场强度分布，给出磁场的拓扑结构，为验证准环对称磁场位形提供直接的实验证据。该系统由可移动电子枪、荧光网以及相机等组成。

在真空室窗口插入电子枪，电子枪产生的低能电子束在磁场作用下沿着磁力线穿过真空室内安装的涂有荧光剂的透明网，电子束与透明网相互作用，相互作用位置会发出可见光，在附近的诊断窗口用高灵敏度相机测量，可显示网格上的磁面图像和磁面结构。

②磁测量子系统

磁测量子系统可以简单、快速、准确地获得等离子体基本电磁参数、等离子体位置位形、不稳定性信息等。该子系统由磁探针阵列测量模块、单匝磁通环测量模块、罗氏线圈电流测量模块、逆磁线圈测量模块和鞍形线圈测量模块。

磁探针阵列测量模块 1 套，主要由磁探针传感器、辅助定位设备和工装、电子学积分器（或滤波放大器）组成。在极向和环向两个方向安装磁探针阵列，极向方向阵列测量等离子体平衡以及等离子体磁流体力学（MHD）极向模数，环向方向阵列测量等离子体磁流体力学（MHD）环向模数。

单匝磁通环测量模块共 2 套，真空室内外各 1 套，主要包括单匝磁通环传感器、信号衰减器、通用积分器等，用于测量磁通和环电压。

罗氏线圈电流测量模块 10 套，主要包括罗氏线圈传感器、信号转接、低漂移积分器等，用于测量各线圈的电流、环向等离子体电流和真空壁环向涡流。

逆磁线圈测量模块 1 套，主要包括逆磁磁通环、补偿罗氏圈、电流测量信号、模数补偿差分积分器等。用于准环对称仿星器装置储能、比压和能量约束时间等基本运行参数的测量。

鞍形线圈测量模块 1 套，主要包括鞍形线圈传感器、信号衰减隔离器、低漂移差分积分器等。在真空室内壁安装 3 套阵列，每套阵列沿着极向方向形成 1 组，3

套阵列之间沿大环方向呈 0°、90°、180°分布,可用于测量等离子体产生的低频 MHD 不稳定性和局域磁通。

③快速扫描静电探针测量子系统

快速扫描静电探针测量系统用于在放电期间快速进入最后闭合磁面内,测量等离子体边界区域参数演化,该系统主要由由探头、支架、真空组件,磁力传动机构模块和探针位移信号高精度测量模块组成。该系统可分为慢运动和快运动,利用位移测量对实际的运动轨迹进行测量。

④中性粒子压强测量子系统

本项目使用的中性粒子压强测量系统为热阴极电离规(以下简称为快规),主要用于测量真空室内中性气体压强。快规系统主要由快规探头、快规电源等部分组成。其中快规探头包括基座组件、灯丝、控制栅、加速栅、收集极等部件。

⑤电子回旋辐射测量子系统

电子回旋辐射测量子系统用于测量 CFQS 芯部电子温度,主要由准光学、传输线和电子学三个模块组成。通过准光学传输的方式,实现对芯部等离子体电子温度的测量。

表 3.2-6 诊断系统组成及参数

序号	系统	组成	参数	数量(套)
1	磁力线示踪成像子系统	电子枪、荧光网以及相机等。	测量磁场范围 $1 \times 10^{-4} \sim 1.5 \text{T}$	1
2	磁测量子系统	磁探针阵列测量模块	磁探针阵列 3 组阵列,测量误差小于 1%	1
		单匝磁通环测量模块	传感器耐压 2000 V	2
		罗氏线圈电流测量模块	测磁体线圈电流的测量范围 0.01 ~ 50 kA,测等离子体电流的测量范围 0.01~100 kA。	10
		逆磁线圈测量模块	测量精度 10%	1
		鞍形线圈测量模块	传感器耐压 2000V	1
3	快速扫描静电探针测量子系统	探头、支架、真空组件,磁力传动机构模块和探针位移信号高精度测量模块	扫描速度范围 1 ~ 2 m/s,径向运动的位移测量误差低于 1.0 mm,时间分辨率 1 μs ,空间分辨率 2 mm;	1
4	中性粒子压强测量子系统	快规探头、快规电源等	真空测量范围: $\sim 10^{-4} - 10^{-2} \text{Pa}$; 时间分辨率: $\sim 3 \text{ms}$	1
5	电子回旋辐射测量子系统	准光学模块、传输线模块、电子学模块	时间分辨率 1 ms	1

3.2.2.2 运行工况

(1) 运行方式

按装置注入中性气体的类型分为充氢工况和充氖工况，本项目仅使用氢气，因此，仅考虑充氢工况。

(2) 运行时间

本项目准环对称仿星器装置年运行 120 天，每天工作 8 小时，每天放电 40 次，每次放电时间 1~2 秒，每次放电间隔时间约 10 分钟，年放电次数 4800 次。

3.2.2.3 实验内容

本项目科研用房设置有各类诊断实验室、研究室，主要用于准环对称仿星器装置诊断设备的调试与测试，以及相关技术的研究、开发与应用，不涉及工艺操作。

本项目准环对称仿星器装置的实验内容包括以下五项：

- ①真空条件下，准环对称磁场位形的测量；
- ②多种诊断测量等离子体参数剖面的研究；
- ③新经典输运、湍流输运水平的实验测量与分析；
- ④等离子体湍流、磁流体不稳定性等相关行为研究；
- ⑤等离子体先进诊断测量技术研究。

3.2.2.4 工艺流程及产污环节

3.2.2.4.1 装置工艺流程

首先使用真空泵机组对真空室抽气，使真空室中达到真空度（ $10^{-5}\sim 10^{-6}\text{Pa}$ ）；然后中央控制系统发出统一指令，电源系统向三维非平面模块化线圈供电，在真空室中产生准环对称磁场位形，待电流恒定后，送气系统向真空室注入中性气体（氢气）；随后电子回旋系统加热中性气体使其电离并形成等离子体，进而被三维磁场约束。在等离子体形成并被约束后，相应诊断系统对真空室内等离子体进行测量，并将诊断系统测量的数据储存、预处理和显示。整个过程中，水冷系统主要冷却装置主机的线圈系统及加热系统，一直保持运行状态。

(1) 真空系统运行流程

真空泵抽气：真空系统的真空泵系统贯穿实验始终，不间断运行，目的是将真空室内的气体抽出，使真空室压强达到 $10^{-5}\sim 10^{-6}\text{Pa}$ ，为等离子体运行提供真空环境。

真空检漏：如果真空室压强未达到 $10^{-5}\sim 10^{-6}\text{Pa}$ ，则需对真空室及相关部件的密封性能进行检漏，以保证与真空室以及和真空室相连的部件的真空密封性能。

真空室及内部件清洗：根据需要，对真空室及内部件进行清洗，清洗方式主要包括烘烤、辉光放电清洗等壁处理方式。

①烘烤：真空抽气不能有效排除真空室内壁上驻留的气体，在开展实验前，真空室达到 $10^{-5}\sim 10^{-6}\text{Pa}$ 的要求后，对真空室采用烘烤系统的电热丝（ 130°C ）烘烤器壁，烘烤每年开展 1~2 次。

②辉光放电清洗：真空抽气和烘烤还不足以完全去除真空室和真空室内部件上的杂质，根据装置等离子体放电中所测量得到的杂质情况，每年开展 4~5 次辉光放电清洗。

真空系统产生的污染主要为真空泵运行产生的噪声。

（2）电气运行流程

等离子体放电的电功率需求较大，而等离子体放电是脉冲式的，这样大的电能需求不可能从电网获取，本项目采用储能型供电方案，即用小容量充电设备从基础电网以较长时间获取能量，再进行转换储存，最后通过变流器进行转换输出所需要的短时大容量电力，1.0T 工况下，一次放电中供电容量约 100MVA，总能量约 150MJ。

（3）水冷系统运行

水冷系统从开始一直保持运行（全天运行），线圈通电和加热系统运行时产生的大量的热量，通过水冷系统的一回路水循环将热传递给换热器；再通过二回路水循环通过冷却塔传递到环境中。

本项目一回路系统、二回路用水均去离子水。去离子水制备系统采用两级反渗透+离子交换工艺，会产生少量浓水和少量固体废物；同时一回路和二回路水循环使用，有少量补水及少量排水。同时，水泵和冷却塔运行时会产生噪声。

（4）等离子体放电流程

等离子体放电，就是产生等离子体、加热等离子、控制等离子体的过程，放电时间 1~2s。其运行流程如下：

①施加磁场：采用电源系统的磁体电源对 9 组线圈系统供电。线圈系统产生磁场。

②送气：通过送气系统向真空室注入中性气体（氢气），通过控制气压阀的气压和脉宽，可以精准控制工作气体的注入量，一次注气量约 2mL。

③加热：采用电子回旋波加热，将中性气体电离成等离子体。

④测量：诊断系统从通电开始开启，对整个装置的各项参数进行测量，反馈至控制系统显示和存储。

⑤断电：线圈电流降低到 0。

线圈系统通电和加热系统运行时会产生电磁辐射；氢放电时，带电粒子加速运动产生的轫致辐射（即 X 射线）。

3.2.2.4.2 工作流程

本项目在开展实验时，运维人员工作流程如下：

(1) 每日实验前视情况进行辉光放电清洗；

(2) 实验前举行班前会，总结前日实验、存在问题，发布当日工作计划；

(3) 班前会结束后，各系统开机准备，开机检查完毕后签单确认，正式实验前各系统处于待命状态；

(4) 开展空程序调试，确认电源、送气、控制、主机、网络等正常；

(5) 中控下发运行指令，同时配置电源、送气、加热等执行机构的放电波形，随后各系统返回回令给中控，表示所有系统均已准备就绪，当满足放电条件（真空度、线圈温度、现场无人（现场巡查）、各系统正常待命），中控方可“启动放电”；

(6) 中控点击“放电启动”按钮后，开始倒计时，若期间中央安全联锁系统发现某系统存在故障，会按照设定的保护逻辑终止放电；

(7) 若中控点击“放电启动”按钮后无故障，各系统会按照设定的顺序接收到触发信号，电源系统首先启动，为线圈供电，形成约束磁场；

(8) 约束磁场形成后，在“0”时刻，送气、加热、诊断、采集等相关系统同步启动，等离子体开始建立并维持；

(9) 放电结束后，等离子体逐渐熄灭，中控向各系统发送解除信号，送气、加热、诊断、采集、电源等系统按照设定的顺序依次关闭，一次放电结束；

①每次放电结束，中控人员分析数据和存在问题，并根据实验人员要求进行参数调制；

②放电过程中，各种过流过压保护，真空异常报警等，也需要进行分析。

(10) 在实验待命期间、整个运行过程中以及放电结束后，真空抽气（真空泵）、真空测量、水冷系统一直处于运行状态；

(11) 放电时间流程如下图所示，其中“0”表示中控触发的零时刻，所有系统需保持一致，“-1”为磁场电源开启时间，“-”表示时间提前于 0 时刻，提前的具体时间根据实际情况设置，“1”为放电时长，约 1 秒左右，最长放电时长可达 2 秒。

(12) 实验结束后，举行班后会，确定明日实验计划。

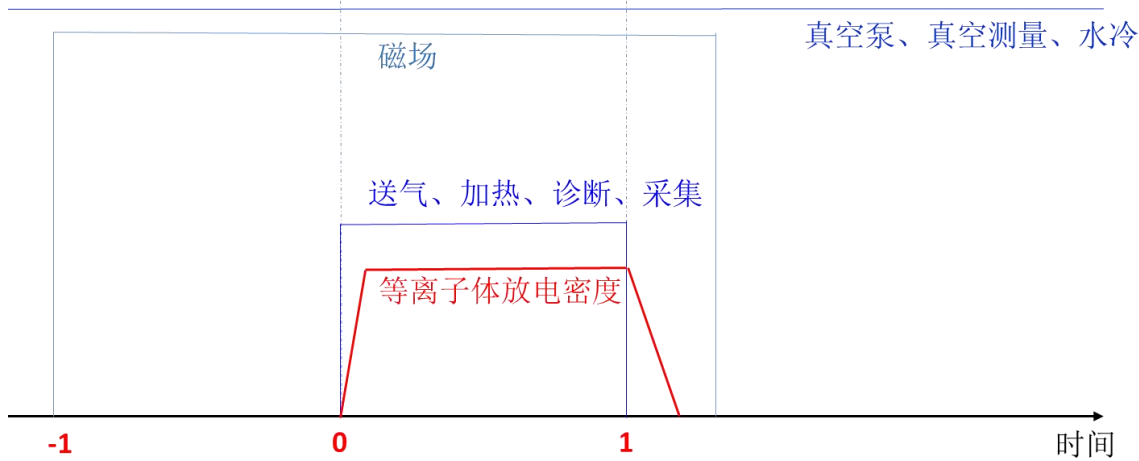


图 3-17 放电时序流程图

3.2.2.4.3 产污环节

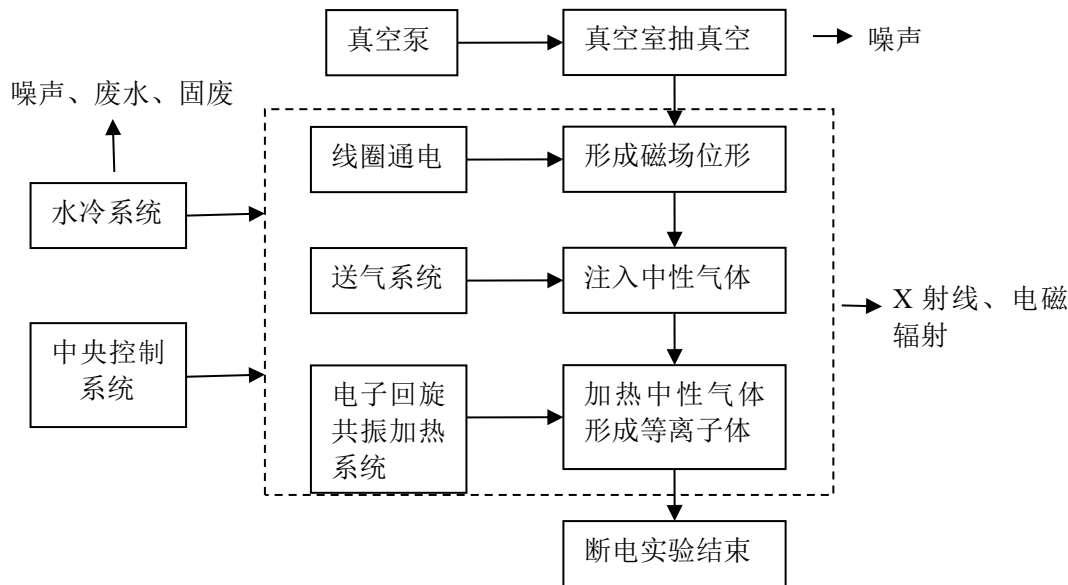


图 3-18 准环对称仿星器实验工艺流程图

3.2.2.4.4 其它工艺流程及产污环节

本项目工作人员主要对准环对称仿星器装置进行日常维护，对各系统进行检修维护时主要采取测试和测量，不产生三废，仅在对真空室内的部分不锈钢部件进行清洗维修时会产生少量固体废物。

根据实验需要，真空室内的部分部件需要更换使用新的部件，新的部件在装入真空室前需要进行清洗，同时，真空室内部分部件在拆除后，若要返回至真空室内安装继续使用，也需要进行清洗。本项目清洗工艺主要为采用纱布沾取酒精对部件进行擦拭，产生少量的沾污废纱布以及更换废部件。同时，装置在维护过程中会产生少量更换的废电缆以及 UPS 电源更换产生的废铅酸电池。

3.2.3 人流、物流路径规划

(1) 人流路径

本项目工作人员主要从科研用房北侧的主出入口进入，可直接进入科研用房一层西侧各科研办公场所；在科研用房一层更衣室更换工作服后可进入科研用房一层东侧的各实验设备用房和中央实验大厅；通过科研用房一层中部设置的电梯可进入科研用房二层~五层。

中央实验大厅在北侧墙体分别于标高 $\pm 0.00\text{m}$ 、 $+5.80\text{m}$ 各设置 1 扇防护门与科研用房相应的一层、二层相连接，其中一层出入口作为辐射工作人员进入中央实验大厅的主要出入口；二层出入口直接连接中央实验大厅内的检修马道，连接的科研用房二层东侧设置有电源大厅、磁体电源控制大厅，电源系统是实验测试阶段的关键调试内容，需要频繁往返中央实验大厅和电源控制大厅，因此，设置该出入口一是便于实验工作高效开展，同时该通道也兼作参观通道。

(2) 物流路径

科研用房和中央实验大厅土建完成后，中央实验大厅东侧预留的出入口作为大厅内设备出入口；同时作为运行阶段实验用气瓶等材料出入口和废物出口。科研用房东侧设置实验设备预进间和 1 部货梯，作为科研用房设备出入口，营运期科研用房东侧出口作为科研用房产生的废物出口。

本项目准环对称仿星器装置配套的设备用房主要布置在科研用房东侧，与中央实验大厅相邻，各功能房间布局紧凑，项目人流、物流分开设置，不会交叉影响，从平面布局来说，人流、物流设置合理。

3.3 污染源项

3.3.1 施工期污染源项

本项目新征占地，主要新建准环对称仿星器装置和配套设施工程，施工环节主要包括：基础工程、主体工程、装饰工程、设备安装及工程验收等，建设期主要产

生噪声、废气、固体废弃物、废水等污染物，其排放量随工期和施工强度不同而有所变化。施工期工艺流程如下图所示。

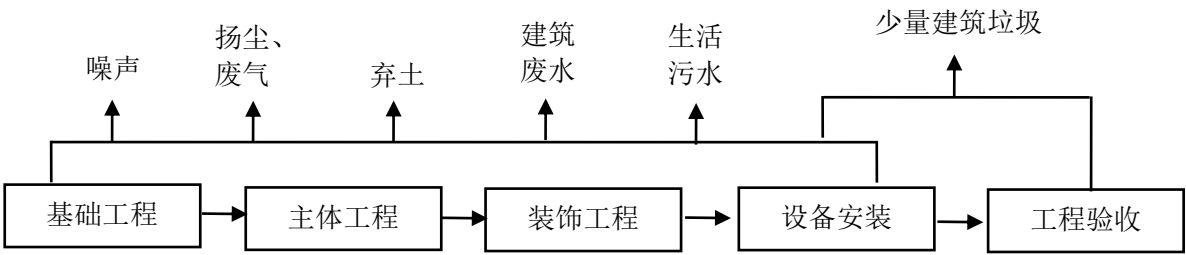


图 3-19 项目施工期工艺流程及产污位置图

(1) 废气

项目在施工期大气污染源主要来自于以下方面：

①土建混凝土浇筑及运输车辆装卸材料和行驶时产生的扬尘；建筑材料（商品混凝土、砖等）的现场搬运及堆放扬尘；施工垃圾的清理及堆放扬尘；人来车往造成的现场道路扬尘。

②装饰工程施工如漆、涂、磨、刨、钻、砂等装饰作业以及使用某些装饰材料如油漆、人造板、某些有害物质（如苯系物、甲醛、酚等污染物）的涂料等形成扬尘和有机废气污染物。

③施工机械设备排放的少量无组织废气等。

(2) 废水

①施工生产废水

主要来源于机械的冲刷、楼地及墙面的冲洗、构件与建筑材料的保潮、墙体的浸润、材料的洗刷以及桩基础施工中排出的泥浆等。该部分废水中的主要污染物为 SS、石油类，其中污水中 SS 浓度值最高约 1000mg/L。根据项目特点，经类比分析，预计施工废水产生量为 50m³/d。

②施工人员生活污水

施工人员以 100 人计，生活用水排放按 0.05m³/人·d 计算，日产生生活污水约 5m³/d，以排放系数 0.8 计，排放量约为 4.0m³/d。施工人员生活污水中主要含 COD_{cr}、BOD₅、NH₃-N、SS 等。

(3) 噪声

施工期主要分为机械噪声、施工作业噪声和施工车辆噪声。本项目机械噪声主要由施工机械所造成，如挖土机、打桩机等多为点声源；施工作业噪声主要是一些

零星敲打声、装卸车辆的撞击声等；施工车辆噪声属于交通噪声。在上述施工噪声中，对环境影响最大的是施工机械噪声。施工噪声声源强度和交通噪声强度分别见表3.3-1和表3.3-2。

表 3.3-1 施工期主要噪声源及其声级值

施工阶段	声源	声源强度 (dB (A))
土石方	挖掘机	78~90
	装载机	85~90
	空压机	75~80
	推土机	75~80
打桩	打桩机	78~90
结构	混凝土输送泵	75~85
	振捣器	75~85
	电锯	80~85
	搅拌器	80~85
装修	电钻、手工钻等	75~80
	电锤	80~85
	无齿锯	80

表 3.3-2 交通运输车辆噪声

施工阶段	运输内容	车辆类型	声源强度 (dB (A))
主体阶段	建筑弃渣等	大型载重车	84~89
底板与结构阶段	钢筋、混凝土等	混凝土罐车、载重车	80~85
装修安装阶段	各种装修材料及设备	轻型载重卡车	75~80

(4) 固体废物

施工期固体废物主要包括建筑垃圾、装修垃圾、弃土、施工人员生活垃圾。

项目施工过程中产生的建筑垃圾(如水泥袋、铁质弃料、木材弃料等)约为50kg/d；装修垃圾按总建筑面积13690m²、每1.3t/100m²计，则产生的装修垃圾共约178.02t；项目地基开挖产生约1200m³的弃土；施工期生活垃圾，施工人员约100人，生活垃圾按0.5kg/人·日计，产生量约为50kg/d。

3.3.2 营运期污染源项

3.3.2.1 电离辐射污染源项

本项目准环对称仿星器在放电工况时，真空室内高纯度的氢气在高温下电离为电子和氢核，形成等离子体，在磁场作用下等离子体束缚在真空室内作环形运行。因此，本项目运行过程不产生 α 、 β 、 γ 射线。

准环对称仿星器产生电离辐射主要为在放电工况时高温等离子体的带电粒子加

速运动产生的韧致辐射 X 射线。

准环对称仿星器只是在放电工况下才会产生 X 射线，不通电或处于其他工况下不会产生 X 射线，无电离辐射污染。

准环对称仿星器在充氢运行工况会产生 X 射线。准环对称仿星器运行产生的 X 射线分为两类，一类是等离子体自身产生的韧致辐射 X 射线，一类是等离子体中的逃逸电子撞击真空室器壁产生的韧致辐射 X 射线。

3.3.2.1.1 等离子体自身产生的韧致辐射 X 射线（软 X 射线）

在等离子体中，自身带电粒子间的碰撞，引起电子加速运动产生韧致辐射 X 射线。

根据《托卡马克》（第四版）（[英]约翰·韦森等著，王文浩等译，清华大学出版社，P169），高温等离子体中电子韧致辐射功率密度 P_{br} 计算公式如下：

$$P_{br} = 5.35 \times 10^{-37} Z^2 n_z n_e T_e^{1/2}$$

式中： P_{br} —高温等离子体中电子韧致辐射功率密度， $W \cdot m^{-3}$ ；

n_z —等离子体中离子密度， m^{-3} ；

n_e —等离子体中电子密度， m^{-3} ；

T_e —等离子体中电子温度，keV；

Z —有效电荷，氢等离子体取 1；

本项目准环对称仿星器在 1.0T 工况下（本项目最大负荷工况），根据等离子体离子温度 T_i 、电子温度 T_e 、离子或电子的密度 n 与归一化半径 ρ 的数值关系，计算出本项目准环对称仿星器在 1.0T 工况下等离子体自身韧致辐射功率为 113.5W。

按单次放电时间 2s 计，本项目准环对称仿星器在 1T 工况下，单次放电产生的等离子体自身韧致辐射 X 射线（软 X 射线）能量为 227J。

3.3.2.1.2 等离子体中的逃逸电子撞击真空室器壁产生的韧致辐射 X 射线（硬 X 射线）

等离子体中的电子有可能逃逸磁场约束脱离等离子体，逃逸电子撞击真空室器壁也会产生韧致辐射 X 射线（硬 X 射线）。

逃逸电子韧致辐射 X 射线辐射能量计算公式如下：

$$W = V_p \times n_e \times \tau \times E \times \eta$$

式中： W —硬 X 射线能量，J；

V_p —等离子体体积， m^3 ；

n_e —等离子体中电子密度, m^{-3} ;

τ —高能电子逃逸份额;

E —硬 X 射线能量, J;

η —硬 X 射线转换效率。

根据同类型聚变装置的经验, 单次放电逃逸电子份额不超过 10^{-6} , 逃逸电子一般为处于等离子体麦克斯韦分布的高能部分, 能量保守按 100keV 计。硬 X 射线转换效率取 0.01。

根据本项目准环对称仿星器等离子体电子密度 n 与归一化半径 ρ 的关系, 经计算, 本项目准环对称仿星器在 1.0T 工况下单次放电产生的硬 X 射线能量为 19.6mJ。

3.3.2.2 电磁辐射源项

本项目产生电磁辐射的设备主要为通电后的线圈系统和加热系统。

1.0T 工况下, 模块化线圈、极向场线圈和环向场线圈单匝电流分别为 4340A、6250A、2000A, 模块化线圈、极向场线圈和环向场线圈对应的电源系统的电压分别为 2870V、1910V (PF1)、2870V (PF2)、640V, 电流分别为 4500A、7000A、2200A, 每次放电时间 1~2s。线圈通电时电压小, 产生的电场小。电流大, 产生较大的磁场, 用于约束等离子体。根据西南交通大学对装置磁场空间分布的仿真模拟结果, 中央实验大厅内磁场强度最高可达到 1.1T, 最大值主要位于真空室内、外附近处。

电子回旋共振加热 (ECRH) 系统产生电磁辐射的设备为波源回旋管, 波源回旋管工作参数为频率 54.5GHz, 加热功率 500kW, 脉冲宽度 1s。加热系统利用波源回旋管产生电磁波对真空室内工作气体进行加热, 电磁波由传输系统进入真空室, 本项目使用强屏蔽作用的波导管能够有效将电磁波传输至真空室加热工作气体并形成等离子体。且真空室密封性能高, 因此, 产生的电磁波均不会直接泄漏出来, 能够被有效利用后, 再穿透真空室的金属外壳 (6mm 厚的不锈钢) 进入到中央实验大厅中, 因此, 辐射至中央实验大厅内的源项小。

3.3.2.3 放射性三废污染源

本项目由于中心磁场为 1T, 等离子体离子温度最高为 2keV, 使用的工作气体为氢气, 不涉及氘和氚, 因此, 本项目在装置运行过程中不产生中子, 不会产生感生放射性, 即不会产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物。

3.3.2.4 非放射性污染源

3.3.2.4.1 废气

本项目准环对称仿星器营运期不产生废气，项目废气主要来自柴油发电机产生的燃油废气和停车场产生的汽车尾气。

(1) 柴油发电机燃油废气

本项目在科研用房地下层设置柴油发电机房，设置1台500kW的柴油发电机组，作为应急电源，停电时启用。柴油发电机运行时产生燃烧废气。项目柴油发电机采用0#柴油作为燃料，0#柴油属清洁能源，故其燃油产生的污染物CO、THC、NO₂等极少。发电机燃油废气经自带的消烟除尘装置处理后，经烟道引至科研用房楼顶排放，应急发电设备仅在停电时使用，使用频率较小，采取上述措施后，可满足达标排放。

(2) 汽车尾气

本项目设置地下停车场，共设有45个地下停车位，汽车尾气主要含有CO、NO_x、未完全燃烧的碳氢化合物。

汽车启动时间较短，因此废气产生量小；地下车库采用机械通风系统，废气经扩散和植物吸附后，对区域环境产生污染影响小。

3.3.2.4.2 废水

本项目产生的废水主要包括清净下水和生活污水。其中清净下水包括去离子水制备系统浓水，水冷系统一回路、二回路系统以及冷却塔循环冷却水排水。

(1) 清净下水

①去离子水制备系统浓水

本项目去离子水制备系统采用反渗透膜+离子交换+EDI工艺，项目去离子水使用自来水制备，产水率约为70%。

项目水冷系统一回路系统和二回路系统用水来自去离子水制备系统，由于一回路和二回路均为闭式循环（一回路循环水量2.5m³，二回路循环水量3m³），耗损小，考虑一回路与二回路每天补水0.1m³，回路内的冷却水每年更换1~2次，结合装置年运行120d，经计算水回路系统去离子水年用水量共计28.5m³/a，则浓水产生量约为12.2m³/a，浓水主要含有盐分和少量SS。

②循环冷却水排水

根据装置冷却回路的运行方式，回路内的冷却循环水每年实验任务完成后均排

放，因此本项目水冷系统一回路系统和二回路循环冷却水排水量即用水量约为28.5m³/a。

本项目水冷系统二回路系统配置闭式冷却塔用于将二回路传递的热量排至环境中，冷却塔喷淋水为自来水，循环利用。水在塔内循环过程中，由于蒸发、渗漏、飘散等会造成水量损失，水量损失了，循环水的盐分（主要为钙、镁盐）就会增加；另外，空气中的尘埃也会集结在循环水中。所以每隔一定的时间，就要补充新鲜水，排除一部分盐分过高的循环水。本项目了冷却塔最大耗水量为10m³/24h，水冷系统平均每天运行8h，每年运行120d，则冷却塔补水量约400m³/a，其中蒸发、飘散等损失2%，98%排放。则冷却塔冷却循环水排水量约392m³/a。

本项目循环冷却排水420.5m³/a，循环冷却水排水主要为去离子水和自来水，因此水中污染物少，主要污染物为COD、SS。

综上，本项目清净下水共计432.7m³/a，其中浓水12.2m³/a，循环冷却排水420.5m³/a。

（2）生活污水

本项目生活污水主要为工作人员日常办公产生的废水，项目人数约200人，人均用水量按50L/d考虑，则生活用水量为10m³/d。项目生活污水产生系数按0.9考虑，则生活污水排放量为9m³/d（2250m³/a）。废水中的主要污染物为pH、COD、BOD₅、NH₃-N、总磷等。

表 3.3-3 项目非放射性废水产生及排放情况一览表

污染源	污染因子	产生情况		治理措施	排放情况		执行标准 (mg/L)	达标情况
		浓度 (mg/L, pH 无量纲)	产生量 (t/a)		浓度 (mg/L, pH 无量纲)	排放量 (t/a)		
清净下水 (432.7m³/a)	COD _{cr}	50	0.022	/	50	0.022	500	达标
	BOD ₅	15	0.006		15	0.006	300	达标
	SS	200	0.087		200	0.087	400	达标
	NH ₃ -N	1	0.001		1	0.001	45	达标
生活污水 (2250m³/a)	pH	6~9	—	/	6~9	—	6~9	达标
	COD _{cr}	350	0.788		350	0.788	500	达标
	BOD ₅	160	0.360		160	0.360	300	达标
	SS	200	0.450		200	0.450	400	达标
	NH ₃ -N	30	0.068		30	0.068	45	达标
	TP	2	0.005		2	0.005	8	达标

3.3.2.4.3 噪声

本项目运行期间主要噪声源为真空系统真空泵、水冷系统水泵和冷却塔、生活用水水泵、风机、柴油发电机等动力设备，噪声值约 75~95dB（A），上述设备除

冷却塔位于室外，其余设备均位于室内。选择先进可靠的低噪声设备，根据各噪声源的特性，采取减振、隔声等降噪措施。项目噪声源强及治理措施见下表。

表 3.3-4 项目新增主要噪声源强及治理措施 单位：dB (A)

位置	噪声源	源强	治理措施	室外 1m 处声级
中央实验大厅内	真空泵	80~85	基础减振，建筑隔声	<60
科研用房地下层内	水泵	80~85	基础减振，建筑隔声	<65
科研用房地下层内	柴油发电机	85~90	基础减振，建筑隔声、消声	<65
科研用房室内	风机	80~85	基础减振，建筑隔声、消声	<60
科研用房四层室内	水泵	80~85	基础减振，建筑隔声	<65
科研用房五层（室外）	冷却塔	85~90	基础减振，消声	<70

3.3.2.4.4 固体废物

本项目产生的固体废物主要包括危险废物、一般工业固体废物和生活垃圾。

(1) 危险废物

本项目配电设置UPS电源，电源容量电池的容量是500Ah，共有铅酸电池108只，每只约30kg，总重约3.3t，约每十年换一次，属于危险废物，现场不贮存，更换时直接交由有相应资质的单位回收处理。

(2) 一般工业固体废物

本项目检修和维护过程中会产生少量更换的废部件和废电缆，约0.1t/a；装置水冷水系统的水质处理系统中的活性炭、过滤器芯、离子交换树脂、反渗透膜和脱氧膜需定期更换，其中过滤器芯根据进出口压差情况进行更换，离子交换树脂、反渗透膜一般2年更换1次，脱氧膜一般4年更换1次，每次更换产生的废物量分别为废活性炭约0.1t，废过滤器芯约0.5kg，废树脂约2t，废反渗透膜和废脱氧膜约0.4t，以上固体废物均为一般工业固体废物，由相应生产厂家或废品回收站回收处理。

(3) 生活垃圾

生活垃圾主要由工作人员产生，项目区人数约200人，生活垃圾产生量按0.5kg/人·d计，则生活垃圾产生总量为100kg/d（36.5t/a），各产生点袋装收集后转入项目区设置的垃圾收集点，再由环卫部门清运至生活垃圾场卫生填埋。

3.4 废弃物

根据3.3节源项分析，本项目运营期不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物，产生的废弃物主要为非放射性废气、废水和固体废物。

经核算，本项目非放射性“三废”种类、来源、产生量及排放量统计表见下表。

表 3.4-1 本项目非放射性“三废”产生量、排放量统计表

类别	排放源	污染物名称		产生量	处理措施	排放量
废气	柴油发电机	燃油废气		少量	废气经设备自带的消烟除尘装置处理后经烟道引至科研用房屋顶排放	少量
	车库汽车	汽车尾气		少量	加强管理减少车辆怠速状态,地下车库加强通风	少量
废水	装置水冷系统排水	清净下水	水量	432.7m ³ /a	排入市政污水管网经天府新区第一污水处理厂	432.7m ³ /a
			COD _{cr}	0.022t/a		0.022t/a
			BOD ₅	0.006t/a		0.006t/a
			SS	0.087t/a		0.087t/a
			NH ₃ -N	0.001t/a		0.001t/a
	办公生活	生活污水	水量	2250m ³ /a		2250m ³ /a
			pH	6~9		6~9
			COD _{cr}	0.788t/a		0.788t/a
			BOD ₅	0.360t/a		0.360t/a
			SS	0.450t/a		0.450t/a
			NH ₃ -N	0.068t/a		0.068t/a
			TP	0.005t/a		0.005t/a
固体废物	危险废物	废铅酸电池		约 3.3t	更换时直接交由有相应资质的单位回收处理	0
	一般工业固体废物	废部件及废电缆		约 0.1t/a	由相应生产厂家或废品回收站回收处理	0
		废活性炭		约 0.1t/a		0
		废过滤器芯		约 0.5kg/a		0
		废反渗透膜和废脱氧膜		0.4t/a		0
		废树脂		2m ³ /a		0
	办公生活	生活垃圾		36.5t/a	环卫清运	0

3.5 总量控制

3.5.1 总量控制因子

根据本项目排污特征和国家对污染物总量控制要求,确定总量控制因子为废水中的化学需氧量、氨氮和总磷。

3.5.2 总量计算

本项目废水出项目区时,污染物浓度达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准(COD≤500mg/L)和《污水排入城市下水道水质标准》(GB/T31962-2015)B级标准后(NH₃-N≤45mg/L;总P≤8mg/L),经市政管网排入天府新区第一污水处理厂进行处理,污水处理厂出水水质达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB51/2311-2016)和《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中IV类标准(COD≤30mg/L;NH₃-N≤1.5mg/L;总P≤0.3mg/L),最终受纳水体为鹿溪河。因此,本次对项目进入市政污水管网及排入环境的水污染量进行核算。

本项目废水排放量为 2682.7m³/a。

(1) 项目区总排口（排入天府新区第一污水处理厂）：

化学需氧量=2682.7m³/a×500mg/L×10⁻⁶=1.34t/a

氨氮=2682.7m³/a×45mg/L×10⁻⁶=0.12t/a

总磷=2682.7m³/a×8mg/L×10⁻⁶=0.02t/a

(2) 污水处理厂总排口（排入鹿溪河）：

化学需氧量=2682.7m³/a×30mg/L×10⁻⁶=0.08t/a

氨氮=2682.7m³/a×1.5mg/L×10⁻⁶=0.004t/a

总磷=2682.7m³/a×0.3mg/L×10⁻⁶=0.001t/a

3.5.3 总量控制建议指标

本项目污染物总量控制建议指标见表 3.5-1。

表 3.5-1 本项目建议总量控制指标

类别	总是控制污染物	项目区总排口 (t/a)	污水处理厂排口 (t/a)	指标来源
废水	化学需氧量 (COD)	1.34	0.08	由地方环保部门 区域调剂解决
	氨氮 (NH ₃ -N)	0.12	0.004	
	总磷 (TP)	0.02	0.001	

第四章 辐射安全与防护

4.1 场所布局与屏蔽

4.1.1 场所布局

4.1.1.1 厂区平面布局及合理性分析

本项目位于四川天府新区科学城中路东段永兴街道，建设用地面积约 15 亩。用地红线北侧设置 20m 宽绿化带，绿化带外为已建成的科学城中路东段；用地红线西侧设置 20m 宽的绿化带，绿化带外为与规划的科诚路，用地红线东侧为规划道路，南侧为规划用地。项目区厂界周边设置绿化带，作为项目区隔离公路噪声的生态屏障，可净化改善项目区的空气环境。

项目建成后，实验园区内主要为一栋科研用房和中央实验大厅建筑物，位于园区中部，其中，科研用房由西向东，呈伞形，主体五层、局部设地下一层，建筑面积约 13090m²，建筑总高度为 23.5m，主要功能为实验设备用房以及科研人员办公、学术交流场所等；中央实验大厅位于科研用房东部的南侧，长 27.8m，宽 21.6m，建筑层数一层，建筑面积约 600m²，建筑高度为 17.03m，主要功能为准环对称仿星器实验装置的运行实验场所。

建成后的实验园区共设置出入口三个，分别位于实验园区北侧、东北角和东南角，其中：北侧与科学城中路东段相连的出入口为主人行出入口；东北角园区为次人行出入口；东南角的出入口与实验园区内外路网相连接，为机动车出入口，同时兼做消防紧急出入口。车辆进入园区后，通过设置在科研用房西侧的地下车库入口进入地下停车场，不与人行流线相交叉，充分保证人车分流。

综上，本项目总平面布置功能分区明确，布局合理；人车分流，人流、物料流和污物流线合理。

4.1.1.2 科研用房和中央实验大厅平面布局及合理性分析

(1) 科研用房平面布局

科研用房地地上五层，局部设地下一层，建筑总高度 23.5m，建筑面积约为 13090m²（其中地上建筑面积约为 11522.66m²，地下建筑面积约 1567.34m²），混凝土框架结构。主要设置准环对称仿星器装置的实验设备用房以及科研人员办公、学术交流场所等。

一层：建筑面积 3364.95m²(含中央实验大厅)，标高±0.00m，层高 5.8m。一层中部设置科研成果展示及观摩大厅，观摩大厅的北侧和南侧分别设主入口门厅和次入口门厅，厅内布置了电梯厅及卫生间、问询服务处及更衣室、科研展陈墙、排烟机房等；科研成果展示及观摩大厅东侧为实验设备用房，包括低压配电房、高压配电间，真空维修清洗间、加热高压电源间、实验设备预进区，在预进区北侧设置 5 吨载重量的货梯一部，用于科研用房内设备运输和安装；科研成果展示及观摩大厅西侧设置学术报告厅、学术活动室、值班室、休息接待室、市政设施用房、信息机房、消防控制室、低压配电房等。

二层：建筑面积 2580.69m²，标高 5.80m，层高 4.5m。二层中部（即一层观摩大厅上方）设置为科研人员交流、研讨区，学术活动共享区、电梯厅及卫生间、辅助用房、新风机房及排烟机房等；其东侧为实验设备用房，设置有磁体电源及控制大厅、电源大厅、实验设备预进间，西侧科研用房设置 HIBP 实验室、ECE 实验室、激光实验室、真空实验室、工程实验室等。

三层：建筑面积 2601.11m²，标高 10.3m，层高 4.2m。中部为科研人员交流、研讨区，学术活动、集散候会厅、电梯厅及卫生间、新风机房、排烟机房等；东侧为计算机中央控制大厅（3~5 层）、中控设备及数据存储室；西侧为磁测量实验室、快规实验室、光谱诊断实验室、送气实验室、小型螺旋器实验室和实验辅助用房等。

四层：建筑面积 1856.74m²，标高 14.5m，层高 4.2m。中部为科研工作室、电梯厅及卫生间、新风机房、排烟机房等；东侧为计算机中央控制大厅上空、水冷设备用房；西侧为材料实验室、静电探针实验室、加热实验室、实验休息室和实验辅助用房等。

五层：建筑面积 1629.95m²，标高 18.7m，层高 4.2m。中部为科研工作室、电梯厅及卫生间、新风机房、排烟机房等；东侧为计算机中央控制大厅上空、水冷设备区；西侧为电力电工实验室、计算机应用实验室、实验休息室和物管用房等。

屋面：建筑面积 89.22m²，主要设有配电间和排风井，以及水箱等设施。

地下一层：建筑面积 1567.34m²，仅在科研用房的中部和西侧下设地下一层，设置停车场及公用设施设备用房，共设置地下车位 45 个，公用设施设备用房包括柴油发电机房、生活水泵房、消防水泵房，消防水池（有效容积 666m³）、排烟机房和垃圾处理用房等。

（2）中央实验大厅设备布置

中央实验大厅长 27.8m，宽 21.6m，建筑层数一层，为准环对称仿星器实验装置的运行实验场所。

中央实验大厅中央布置准环对称仿星器主机，包括准环对称仿星器线圈系统、真空室和支撑系统；主机南侧布置电子回旋的加热系统，围绕主机外一圈布置各种诊断系统设备，围绕各系统附近布置了若干控制柜、采集柜和配电柜等。大厅内顶部设置遥控式 20t 桥式吊车，不设具体操作位，在大厅内地面遥控操作，主要用于建设阶段和运行阶段装置不放电时中央实验大厅内各设备的运输和吊装。

中央实验大厅共设置出入口 3 个，分别位于中央实验大厅东侧（1 个）、北侧（2 个），其中：东侧出入口为大厅内设备出入口，同时作为实验用气瓶出入口以及废物出口；中央实验大厅在北侧墙体分别于标高±0.00m、+5.80m 各设置 1 扇防护门与科研用房相应的一层、二层相连接，其中一层出入口作为辐射工作人员进入中央实验大厅的主要出入口；二层出入口直接连接中央实验大厅内的检修马道，连接的科研用房二层东侧设置有电源大厅、磁体电源控制大厅，电源系统是实验测试阶段的关键调试内容，需要频繁往返中央实验大厅和电源控制大厅，因此，设置该出入口一是便于实验工作高效开展，同时该通道也兼作参观通道。

（3）合理性分析

本项目仅新建一栋建筑物，按功能分区为中央实验大厅和科研用房，中央实验大厅位于科研用房南侧，中央实验大厅内布置准环对称仿星器核心实验装置，是实验装置的运行场所。与装置相关的其他辅助系统紧邻布置在科研用房东部南侧各功能房间内，便于实验工作的开展。

科研用房和中央实验大厅人流、物流各条流线均可通过各自独立的入口进入，人流、物流分开设置，不会交叉影响。

项目柴油发电机燃料废气经自带除尘装置处理后经烟道引至科研用房楼顶排放，燃料废气引至屋顶排放，进一步优化废气扩散条件，降低对环境的影响，排口布局合理。

备用柴油发电机、泵房位于地下一层，发电机房、风机房、各类泵房均单独布设，产噪设备基础减震、尾气口与排气管道连接采用软连接，柴油发电机、进出口风管设置消声器可使备用发电机噪声、风机、水泵噪声对外环境的影响可得到有效控制，布局合理。项目冷却塔布置在科研用房五层，冷却塔通过底部减震、进风排

风安装消声器，塔内设置消声百叶等措施降低进气排气噪声、水淋噪声、传动设备噪声。采取上述措施后，冷却塔噪声对外环境的影响可得到有效控制，布局合理。

综上，本项目准环对称仿星器实验装置、科研办公用房相对独立，互不干扰，且实验装置布局相对集中，便于分区管理；科研用房和中央实验大厅人流、物流分开设置，不会交叉影响。噪声设备布置在地下或室外距离厂界一定距离处，噪声对外环境的影响可得到有效控制，布局合理。

4.1.2 辐射工作场所分区

为便于辐射防护管理和职业照射控制，根据 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的规定，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。本项目辐射工作场所分区综合考虑区域的辐射水平、放射性污染水平及潜在辐射风险，结合装置系统布置、工艺特点以及人流、物流通道，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围等因素。原则上以辐射水平为主要分区依据。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示，制定适用于控制区的职业防护与安全管理措施，运用行政管理程序和实体屏障限值进出控制区。

监督区：通常情况下不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。监督区进出口处应设立表明监督区的标牌。

本项目将装置运行的场所中央实验大厅内划为控制区，将装置运行的主要控制室计算机中央控制大厅划为监督区。项目辐射工作场所控制区和监督区具体划分见下表。

表 4.1-1 辐射工作场所控制区和监督区划分一览表

辐射工作场所	控制区	监督区
中央实验大厅	中央实验大厅内	/
科研用房	/	三层：计算机中央控制大厅

项目单位应做到关于控制区与监督区的防护手段与安全措施如下：

(1) 控制区的防护手段与安全措施

①控制区的进出口设立醒目的辐射警告标志；

②制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制人员进、出控制区；

④定期审查控制区的实际状况，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。

（2）监督区的防护手段与安全措施

①在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

②定期检查该区的条件，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。

4.1.3 辐射屏蔽

本项目中央控制大厅四周墙体采用钢筋混凝土作为屏蔽墙，各墙体的具体厚度参数见下表。

表 4.1-2 中央实验大厅的墙体厚度

位置	屏蔽体	材质、厚度	备注
中央实验大厅	北侧墙体	500mm 厚钢筋混凝土，分别于标高±0.00m、+5.80m 各设置 1 扇 1.5m（宽）×2.4m（高）的 500mm 厚的钢筋混凝土电动防护门(中间为 460mm 钢筋混凝土+各面表层均为 20mm 厚不锈钢板包封)	外侧为科研用房
	西侧墙体	500mm 厚钢筋混凝土	外侧为空地
	南侧墙体	500mm 厚钢筋混凝土	外侧为空地
	东侧墙体	500mm 厚钢筋混凝土，设置 6m（宽）×8m（高）的 500mm 厚的钢筋混凝土电动防护门(中间为 460mm 钢筋混凝土+各面表层均为 20mm 厚不锈钢板包封)	外侧为空地
	顶部	屋顶为 200mm 厚钢筋混凝土板，其上覆盖 200mm 厚聚乙烯板	不上人屋面

根据环境影响的预测评价分析结果可知，项目辐射工作场所对中央实验大厅外的工作人员和公众的辐射剂量满足国家标准要求。屏蔽设计满足辐射防护要求。

出于辐射防护的目的，还采取了以下防止辐射泄漏：

（1）穿过屏蔽墙的管线和电缆线均设计为 U 形，其开口不正对工作人员经常停留的地点；

（2）为防止辐射泄漏，门与墙重叠宽度至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。

4.2 辐射安全与防护措施

为了使准环对称仿星器装置在运行中确保人员和周围环境的安全，本项目采取了场所设施、安全联锁、紧急停机、辐射监测等多重辐射安全与防护措施，具体如

下：

4.2.1 场所设施

4.2.1.1 厅内控制区

本项目将中央实验大厅内设为控制区，控制区以中央实验大厅四侧 500mm 混凝土墙以及三个 500mm 厚混凝土屏蔽防护门为实体边界。

4.2.1.2 入口警告标志及装置工作状态显示

本项目在进出中央实验大厅的三个 500mm 厚混凝土屏蔽防护门入口处均设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。

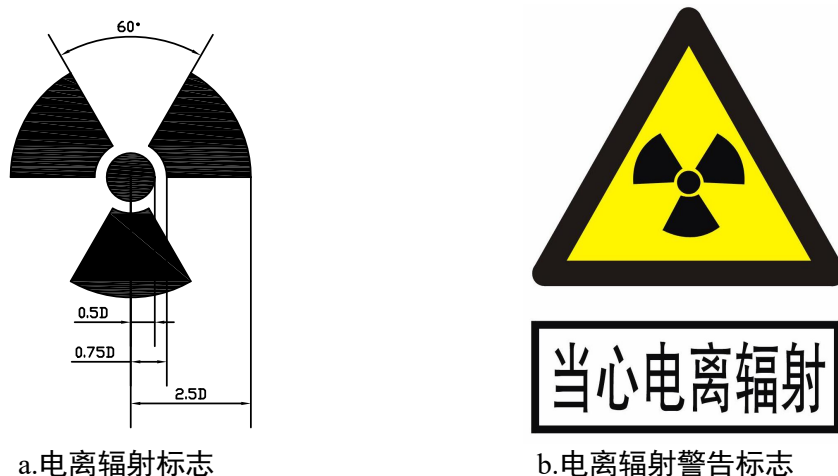


图 4-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

在中央实验大厅三个 500mm 厚混凝土屏蔽防护门上方设置工作状态指示灯，直观、明显地显示装置的工作状态，当准环对称仿星器装置处于运行状态时，指示灯开启，提示相关人员不要误入，防止人员受到不必要的照射。

4.2.1.3 大厅门与中控联锁

准环对称仿星器装置运行期间，中央实验大厅内不能有人停留，因此，中央实验大厅三处屏蔽防护门的开启关闭设有行程开关，大厅门的包括打开、关闭两种状态，门的状态传给中控联锁 PLC 设备，当检测到某个门的状态为打开时，准环对称仿星器装置不能运行。

4.2.1.4 视频监控系统

本项目设置 1 套准环对称仿星器装置视频监控系统。在中央实验大厅内各角落、进出中央实验大厅出入口处、电源大厅、加热高压电源等关键场所安装摄像头，可

监控中央实验大厅和各关键场所内人员滞留状况，观察各设备运行状态，显示装置设置在中央控制大厅内，能够实现实时查看这些监控的视频内容。并且设置计算机记录系统，对视频监控系统所监测到的内容进行记录存储。

4.2.1.5 紧急开门按钮

本项目在中央实验大厅北侧一层屏蔽防护门内、外，北侧二层屏蔽防护门以及东侧屏蔽防护门内附近设置紧急开门按钮，在紧急情况下，按下紧急开门按钮，防护门打开，装置立即停止运行，可保障人员快速撤离。在按钮下方有醒目的“紧急开门按钮”标识以及非紧急情况下禁止使用等相关说明。

4.2.1.6 广播提示或对讲装置

本项目在中央实验大厅和中央控制大厅设置 1 套广播系统，用于中央实验大厅内清场和紧急情况播报，中央实验大厅内环绕布置音响、信号收发器，中央控制大厅内布设广播主控设备、话筒、调音台等。

4.2.1.7 紧急出口标志和应急照明

本项目消防应急照明和疏散指示系统采用集中控制系统，在消防控制室设置 1 台应急照明控制器，中央实验大厅内设置专用配电回路。在疏散走道、安全出口处以及转角处距地面高度 0.5m 的墙面设置疏散指示标志，距地面高度 2.5m 的墙面设置应急照明，保证在紧急断电情况下，科研用房和中央实验大厅内人员安全撤离。

4.2.2 安全联锁

本项目设置 1 套中央安全联锁系统，主要组成包括控制台、PLC 可编程控制器等，与装置各系统进行联锁，同时现场设有门禁系统、紧急停机按钮、清场巡查、警报装置等设备和手段。

4.2.2.1 控制台密码解锁

控制台设有密码保护功能，工作人员输入密码后，方能启动中央控制系统和中央安全联锁系统，未启动中央控制系统和中央安全联锁系统，装置各系统无法开机运行。

4.2.2.2 人员出入记录接入控制台

中央控制系统设置 1 套门禁访问系统，门禁访问系统设有门禁管理功能，实现门闸准入控制，出入人员的登记，进出时间查询等功能。进出中央实验大厅的人员信息（名字、时间）记录到数据库，通过程序对停留在中央实验大厅的人数进行统计，并将目前中央实验大厅是否有人逗留的信息传给中央安全联锁的控制台，若中央实验大厅内有人滞留，装置不能开机运行。

4.2.2.3 高压电源与中控联锁

本项目高压电源、磁体电源与中控联锁，将高压电源、磁体电源的状态和故障都传输给中央安全联锁系统的 PLC 设备，根据状态和故障情况实施分级保护。

4.2.2.4 运行期间剂量实时监控及辐射剂量超范围报警

本项目设置 1 套固定式辐射剂量监测仪，共设置 3 个监测点位，其中 2 个点位与位于中央实验大厅内，1 个点位位于中央控制大厅内，用于工作区 X- γ 剂量率实时监测，并在辐射剂量率超过所设阈值时报警，固定式辐射剂量监测仪与中控联锁，报警信号传输给中央安全联锁系统的 PLC 设备，根据监测结果判断装置是否停止运行。

4.2.2.5 联锁触动停机后需人工复位才能重启和控制台有复位确认按钮

控制台设置 1 个复位按钮，任何联锁触动装置停机后，都需人工按下复位键，装置才可重新启动。

4.2.2.6 运行前的清场巡查操作

本项目在中央实验大厅内北侧和南侧墙壁容易到达的位置布设清场巡查按钮，装置运行前，工作人员进入中央实验大厅按清场巡查路线进行巡查，沿途按下清场按钮，确认大厅内无人，门已关闭后，返回至中央控制大厅内进行后续操作。

4.2.2.7 紧急停机装置

本项目在中央实验大厅内设置紧急停机按钮，安装位置位于四侧墙体，任何一个按钮按下后，装置即停止运行。在人员来不及离开或者在装置运行之后仍有工作人员在大厅内的紧急情况下，可就近按下紧急停机按钮来切断装置运行，防止或尽量减少人员的受照剂量。紧急停机按钮有醒目的“紧急停机按钮”标识，以及非紧急情况下禁止使用等相关说明。

中央实验大厅内的紧急停机按钮设有自锁和复位功能，按钮按下后需要人工就

地手动复位，按钮状态传输给 PLC 设备，当紧急停机按钮状态全部为复位状态时，才能满足准环对称仿星器装置运行的条件之一。

本项目在中央安全联锁系统的软件界面设有紧急停机按钮，点击按钮，可实现装置立即停止运行。

4.2.2.8 声光报警装置

本项目在中央实验大厅内设置声光报警装置并与紧急停机按钮联锁，紧急停机按钮按下，触动声光报警，紧急停机信号传输给中央安全联锁系统，装置立即停止运行。

4.2.2.9 安全联锁逻辑

准环对称仿星器装置允许正常放电的逻辑如图所示，正常放电的条件如下：

（1）准环对称仿星器装置各系统开机准备，开机检查完毕后，各系统处于正常待命状态；

（2）开展空程序调试，确认电源、送气、控制、主机等系统正常；

（3）工作人员在中央实验大厅按清场巡查路线进行清场巡查，确认紧急停机开关均已复位，所有清场巡查按钮均已按下，中央实验大厅内无人停留，且确认中央实验大厅内的门都关闭后，方可回到中央控制大厅；

（4）中央控制大厅广播通知高压电源、电源大厅等关键实验场所工作人员撤离，准备点击“放电启动”按钮后，开始放电。

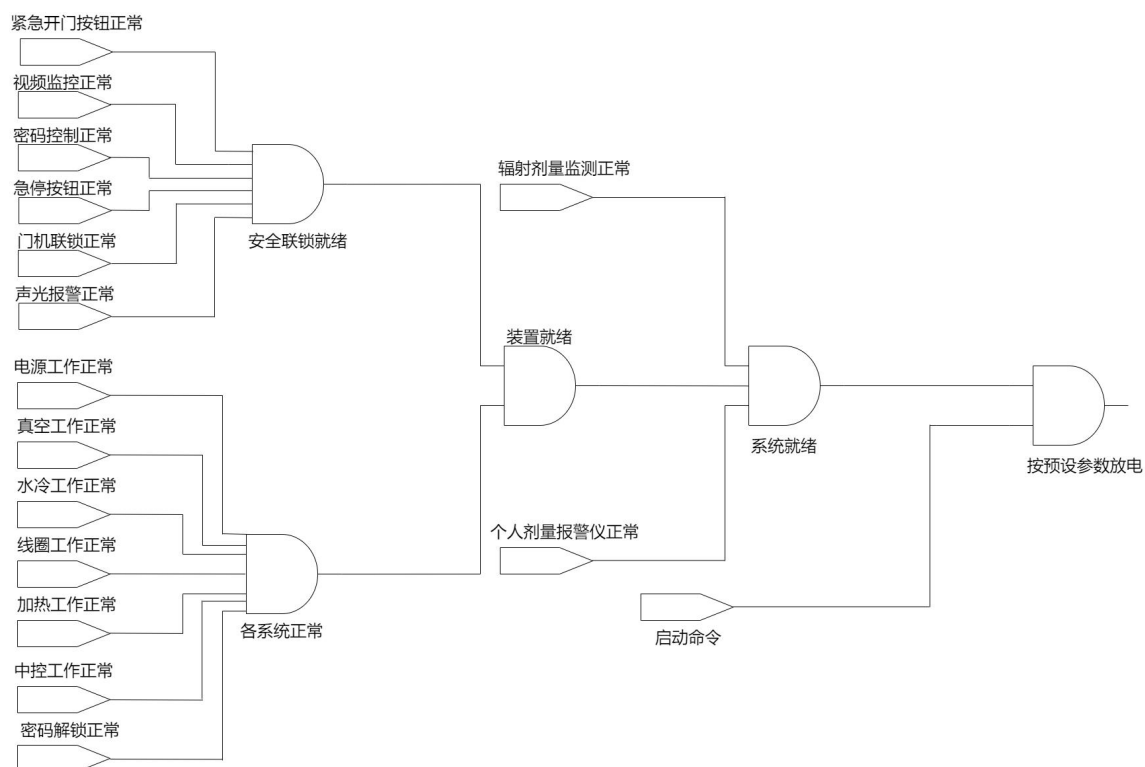


图 4-2 允许开机放电的逻辑图

4.2.3 监测设备

4.2.3.1 固定式辐射剂量监测仪

本项目在中央实验大厅内设置 1 套固定式辐射剂量监测仪，用于实时监测辐射工作区内的 X- γ 辐射空气吸收剂量率，并在异常情况下报警。

固定式辐射剂量监测系统包括上位机、监测主机以及 X- γ 探测器等部分组成。本项目共设置 3 个固定监测点位，每个点位配备 1 个 X- γ 探测器。监测点位主要选择在中央实验大厅内（东北角和西南角各 1 个点，共计 2 个点）、中央控制大厅内（靠近中央实验大厅侧共 1 个点）等代表性位置。本项目准环对称仿星器装置固定式监测系统组成见下表。

表 4.2-1 本项目固定辐射监测系统组成

序号	组成部分		作用
1	监测单元	X- γ 探测器	探测 X- γ 射线
2		报警装置	当监测数值超过阈值时，实行声、光警报
3	控制端	监测主机	采集单元连续的从探测单元获取数据，经过处理后显示辐射值并与预报警、报警阈值进行比较
4		上位机	进行数据采集、存储和处理

4.2.3.2 便携式 γ 剂量测量仪

为监测辐射工作人员的工作场所和周围环境区域的辐射水平，本项目新增便携式 X- γ 辐射剂量率测量仪 1 套。

4.2.3.3 个人剂量报警仪

为防止辐射工作人员被误照射或超剂量，拟为辐射工作人员配备个人剂量报警仪，本项目共新增 2 套个人剂量报警仪。

4.2.3.4 个人剂量计

本项目辐射工作人员每人配备热释光个人剂量计，操作期间正确佩戴在胸前。

表 4.2-2 本项目拟配置的监测设备

序号	设备名称	台（套）
1	固定式辐射剂量监测仪	1
2	个人剂量报警仪	2
3	热释光个人剂量计	14
4	便携式 X- γ 辐射剂量率测量仪	1

4.2.4 其他

4.2.4.1 控制区通风系统

本项目中央控制大厅不设机械排风系统，中央实验大厅采用分层送风式全空气系统，全空气系统采用可变新风比运行，最大新风比不低于 70%，以满足中央实验大厅内的通风换气。直膨式空调机组布置在科研用房屋顶，送风管和回风管在中央实验大厅东侧墙体穿墙布置，以实现中央实验大厅内的通风换气。

4.2.4.2 火灾报警与易燃易爆气体探测

本项目设置火灾自动报警和联动控制系统，采用集中报警控制系统，在科研用房的消防控制室（与监控室合用）内设火灾报警控制器、消防联动控制器、图形显示装置、多线控制盘、消防广播控制装置、消防电话主机、应急照明控制主机、消防电源监控主机、电气火灾监控主机等，负责对本项目范围内的火灾监测、组织人员疏散，消防设施联动控制。

本项目中央实验大厅内设置线型光束感烟火灾探测器，设置手动报警按钮及声光警报装置，在易燃易爆气体使用区域设置点型可燃气体探测器，设置声光警报器、可燃气体报警控制器。其报警信号由报警控制器接入消防控制室的火灾自动报警主机。

4.2.4.3 灭火器材

本项目中央实验大厅内设置消防栓；电源大厅、加热高压电源等实验设备用房采用气体灭火系统，为无管网七氟丙烷自动灭火装置，设自动控制和手动控制两种启动方式。同时，在中央实验大厅、实验设备用房等内配备若干手提式 MF/ABC5*2 灭火器。

4.2.5 电磁辐射

本项目采取的防电磁辐射的措施如下：

- (1) 装置主机、电源系统、加热系统等接地；
- (2) 充分利用设备自身的屏蔽作用，其中真空室采取 6mm 厚的不锈钢；
- (3) 使用强屏蔽作用的波导管；
- (4) 设备安装后，严格检查部件接口处的密封性。

4.2.6 辐射安全防护措施符合性分析

本项目拟采取的辐射安全与防护措施与《磁约束聚变实验装置监督检查技术程序》中的符合性分析见下表。

表 4.2-2 本项目辐射安全与防护措施与《磁约束聚变实验装置监督检查技术程序》符合性分析

序号	项目	监督检查技术程序要求	报告书现有措施	符合性分析
1*	A 场所 设施	厅内为控制区	将中央实验大厅设为控制区，以中央实验大厅实体墙和防护门为边界。	符合
2*		入口电离辐射警告标志	在进入中央实验大厅三个屏蔽防护门处设置电离辐射警告标志。	符合
3*		入口装置工作状态显示	在进入中央实验大厅三个屏蔽防护门上方设置工作状态指示灯。	符合
4*		大厅门与中控联锁	中央实验大厅三处防护门的开启关闭设有行程开关，大厅门的打开、关闭状态传给中控联锁。在大厅门未关闭的情况下，不能进行实验。	符合
5*		视频监控系统	本项目设置 1 套视频监控系统，在中央实验大厅内，进出口处以及关键实验关键场所安装摄像头，在中央控制大厅内实时显示，并对监控内容进行记录存储。	符合
6*		门内紧急开门按钮（指示、说明）	中央实验大厅屏蔽防护门附近设有紧急开门按钮，有醒目的“紧急开门按钮”标识，以及非紧急情况下禁止使用等相关说明。按钮按下时，防护门打开，装置立即停止运行。	符合

序号	项目	监督检查技术程序要求	报告书现有措施	符合性分析
7		紧急出口标志	在中央实验大厅口内疏散走道、防护门处以及转角处距地面高度 0.5m 的墙面设置疏散指示标志	符合
8		广播提示或对讲装置	在中央实验大厅和中央控制大厅设置 1 套广播系统,用于中央实验大厅内清场和紧急情况播报。	符合
9		应急照明	在中央实验大厅口内疏散走道、防护门处以及转角处距地面高度 2.5m 的墙面设置应急照明。	符合
10*	B 安全联锁	控制台密码解锁	控制台设有密码保护功能,工作人员输入密码后,方能启动中央控制系统和中央安全联锁系统。	符合
11*		人员出入记录接入控制台	设置门禁访问系统,进出中央实验大厅的人员信息记录到数据库,传输给控制台。	符合
12*		高压电源系统与中控联锁	装置的高压电源、磁体电源与中控联锁,将高压电源、磁体电源的状态和故障都传输给中央安全联锁系统的 PLC 设备,根据状态和故障情况实施分级保护。	符合
13		声光报警紧急停机按钮联锁	在中央实验大厅内设置声光报警装置,并与紧急停机按钮联锁。	符合
14*		运行期间剂量实时监控	本项目设置 1 套固定式辐射剂量监测仪,用于工作区 X- γ 剂量率的实时监测,并在辐射剂量率超过所设阈值时报警,固定式辐射剂量监测仪与中控联锁,报警信号传输给中央安全联锁系统的 PLC 设备,根据监测结果判断装置是否停止运行。	符合
15*		运行期间有辐射剂量超范围报警		
16*		联锁触动停机后须人工复位才能重启	控制台设置 1 个复位按钮,任何联锁触动装置停机后,都需人工按下复位键,装置才可重新启动。	符合
17*		运行前有清场巡查操作	中央实验大厅内设置清场巡查按钮和清场巡查路线。	符合
18*		控制台上复位确认按钮	控制台设置 1 个复位按钮。	符合
19*	C 紧急停机装置	控制区内设有紧急停机按钮	中央实验大厅内设置紧急停机按钮,有醒目的“紧急停机按钮”标识,以及非紧急情况下禁止使用等相关说明。设有自锁和复位功能,按钮按下后需要人工就地手动复位,按钮状态传输给中央安全联锁的 PLC 设备。	符合
20		按钮位置醒目及说明指示		
21		有紧急停机按钮自锁及复位		
22*		控制台或联锁系统有紧急停机按钮	在中央安全联锁系统的软件界面设有紧急停机按钮,点击按钮,可实现装置立即停止运行。	符合
23*	D 监测设备	控制区内固定式辐射剂量监测仪	本项目设置 1 套固定式辐射剂量监测仪,在中央实验大厅内和中央控制大厅内设置固定监测点位。	符合
24*		个人剂量报警仪	本项目配置个人剂量报警仪 2 台。	符合
25*		个人剂量计	本项目为每名辐射工作人员各配置	符合

序号	项目	监督检查技术程序要求	报告书现有措施	符合性分析
			热释光个人剂量计各 1 台。	
26*		便携式 γ 剂量测量仪	项目配备便携式 X- γ 辐射剂量率测量仪 1 台。	符合
27#		便携式表面沾污仪	无	本项目不涉及氚，不考虑相应的安全防护设施。符合
28#		气溶胶监测仪或装置		
29#		放射性气体监测仪或装置		
30#	E 氚的 防护	氚靶操作防护措施		
31#		氚靶贮存容器、真空泵油等置于通风柜		
32#		真空泵检修防护		
33		控制区通风系统	本项目控制区不设机械排风，采用空调系统实现中央实验大厅内通风换气	符合
34	F 其他	火灾报警与易燃易爆气体探测	中央实验大厅内设置线型光束感烟火灾探测器，设置手动报警按钮及声光警报装置，在易燃易爆气体使用区域设置点型可燃气体探测器，设置声光警报器、可燃气体报警控制器。其报警信号由报警控制器接入消防控制室的火灾自动报警主机。	符合
35*		灭火器材	中央实验大厅设置消火栓系统，电源大厅、加热高压电源系统等实验设备用房设置采用气体灭火系统，为无管网七氟丙烷自动灭火装置，同时中央实验大厅、各实验设备用房内配备若干手提式 MF/ABC5*2 灭火器	符合

注：加*的项目是重点项，加#的是含氚运行需要重点关注的重点项。

综上，按上述对照表内容严格落实后，本项目辐射安全防护设施符合相关规定要求。

4.3 三废的治理

本项目在运行过程中不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物。非放射性三废治理措施分述如下：

4.3.1 非放射性废气处理措施

(1) 柴油发电机燃油废气

项目配备1台500kW的备用柴油发电机。发电机采用0#柴油作为燃料，燃烧废气经自带的消烟除尘装置处理后，经烟道引至科研用房楼顶排放。

(2) 汽车尾气

地下车库采用机械通风系统，项目在临路侧和项目区内设置绿化带，同时，由

于汽车启动时间较短，因此废气产生量小，废气经扩散和植物吸附后，对区域环境产生污染影响小。

4.3.2 非放射性废水处理措施

本项目产生的废水包括清净下水和生活污水。

其中清净下水包括去离子水制备系统浓水、循环冷却水排水，该部分废水水质浓度低且不涉及有机物污染物，直接经项目废水总排口排放。

项目生活污水主要为工作人员办公产生的废水，工作人员办公污水收集后排入市政污水管网，经市政污水管网进入天府新区第一污水处理厂。

本项目属于天府新区第一污水处理厂的接管范围，该污水处理厂建设规模为 10 万吨/天，目前已投入运营。采用先进的 MBR 工艺处理，废水最终排入鹿溪河。设计出水水质达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）中“城镇污水处理厂”排放限值标准和《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准。综上所述，本项目污水进入天府新区第一污水处理厂处理可行。

4.3.3 非放射性固体废物处理措施

（1）危险废物

本项目UPS电源系统中的铅酸电池，约每十年换一次，更换产生的废铅酸电池总重约3.3t，属于危险废物，现场不贮存，更换时直接交由有相应资质的单位回收处理。

（2）一般工业固体废物

本项目检修和维护过程中会产生少量更换的废部件和废电缆，约0.1t/a；本项目装置水冷系统的水质处理系统的活性炭、过滤器芯、离子交换树脂、反渗透膜和脱氧膜等会定期更换，更换产生的废物量分别为废活性炭约0.1t，废过滤器芯约0.5kg，废树脂约2t，废反渗透膜和脱氧膜约0.4t，以上均为一般工业固体废物，由相应生产厂家或废品回收站回收处理。

（3）生活垃圾

生活垃圾产生量36.5t/a，各产生点袋装收集后转入项目区设置的垃圾收集点，再由环卫部门清运至生活垃圾场卫生填埋。

综上，项目各类非放射性固废均得到了妥善的处置，不会造成二次污染，固废处置措施可行。

4.4 服务期满后的环境保护措施

本项目为核技术利用项目，活动种类为使用射线装置，建设单位应根据要求编制退役方案，开展退役环境影响评价，取得环保主管部门许可后，方能实施退役。

服务期满后采取的环境保护措施如下：

（1）建设单位需根据要求编制退役方案，并在正式开展退役活动前编制退役环境影响评价，并取得环保主管部门许可后才能正式按照方案实施退役活动。

（2）实施退役工作人员应作为辐射工作人员进行管理，并做好个人防护。

（3）退役工作完成后，退役单位应按照国家相关规定，委托有资质的监测单位，对场所进行终态验收监测。

第五章 环境影响分析

5.1 建设阶段对环境的影响

施工期排放的污染物主要包括大气污染物、水污染物、噪声及固体废物，这些污染物的排放是暂时性的，只存在于建设施工阶段，因此其对环境的影响也是短期的。

5.1.1 施工期废气环境影响分析

5.1.1.1 施工期废气来源

施工期产生的最主要的大气污染物是扬尘，此外还有少量的其它废气污染源，如施工机械设备燃料燃烧排放的废气、装饰装修使用的油漆、人造板、含某些有害物质（如苯系物、甲醛、酚等）的涂料等产生的有机废气。

(1) 扬尘

施工期扬尘来源主要包括：

- ①土石方开挖和回填过程产生的扬尘；
- ②各种建筑材料（如白灰、水泥、沙、石子、砖等）、建筑垃圾、挖填土方临时堆放过程中产生的扬尘；
- ③各种建筑物料、建筑垃圾、挖填土方运输和装卸过程中产生的扬尘。

(2) 施工机械设备燃料燃烧排放的废气

施工期间，使用机动车运输原材料、设备和建筑机械设备的运转，均会排放一定量的 CO、NO_x 以及未完全燃烧的碳氢化合物等，其特点是排放量小，属间断性排放。

(3) 装饰装修阶段排放的废气

装饰工程施工如漆、涂、磨、刨、钻、砂等装饰作业以及使用某些装饰材料如油漆、人造板、含某些有害物质（如苯系物、甲醛、酚等）的涂料等将释放少量有机废气。

5.1.1.2 施工期大气环境影响

项目施工期废气主要来源为施工扬尘、施工机械运行产生的废气以及装修阶段的油漆废气，其中以施工扬尘对空气环境质量的影响最大。

工程施工时，运输车辆行驶、施工垃圾的清理及堆放、人来车往、堆料场装卸材料等均可能产生扬尘。一般情况下，其产生量在有风旱季晴天多于无风和雨季，动态施工多于静态作业。

经综合对比分析，认为项目施工过程中的施工扬尘是大气污染因子中对区域大气环境影响最大的一项。因此，在本项目施工期大气环境影响方面，重点分析施工扬尘对项目周围环境的影响。

(1) 施工期扬尘的环境影响

据调查，施工工地的诸多扬尘来源中，主要的是由运输车辆行驶产生的扬尘，约占扬尘总量的 60%。其产生量与道路路面及车辆行驶速度有关。在完全干燥情况下，可按经验公式计算：

$$Q = 0.123 \times \left(\frac{v}{5} \right) \left(\frac{W}{6.8} \right)^{0.85} \left(\frac{P}{0.5} \right)^{0.75}$$

式中：Q---汽车行驶的扬尘，kg/km·辆；

v---汽车速度，km/h；

W---汽车载重量，t；

P---道路表面粉尘量，kg/m²。

根据上式，一辆载重 5t 的卡车，通过一段长度为 500m 的路面时，不同表面清洁程度，不同行驶速度情况下产生的扬尘量如表 5.1-1 所示。

表 5.1-1 不同车速和地面清洁程度时的汽车扬尘 (kg/km·辆)

P (kg/m ²) \ 车速 (km/h)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0
5	0.0283	0.0476	0.0646	0.0801	0.0947	0.1593
10	0.0566	0.0953	0.1291	0.1602	0.1894	0.3186
15	0.0850	0.1429	0.1937	0.2403	0.2841	0.4778
20	0.1133	0.1905	0.2583	0.3204	0.3788	0.6371

由表 5.1-1 可见，在同样路面清洁情况下，车速越快，扬尘量越大；而在同样车速情况下，路面清洁度越差，则扬尘量越大。根据类比调查，一般情况下，施工场地、施工道路在自然风作用下产生的扬尘所影响的范围在 100m 以内。

抑制扬尘的一个简洁有效的措施是洒水。如果在施工期内对车辆行驶的路面实施洒水抑尘，每天洒水 4~5 次，可使扬尘减少 70% 左右。表 5.1-2 为施工场地洒水抑尘的试验结果。由该表数据可看出对施工场地实施每天洒水 4~5 次进行抑尘，可

有效地控制施工扬尘，并可将 TSP 污染距离缩小到 20~50m 范围。

表 5.1-2 施工现场洒水抑尘试验结果

距离 (m)		5	20	50	100
TSP 小时平均浓度 (mg/m ³)	不洒水	10.14	2.89	1.15	0.86
	洒水	2.01	1.40	0.67	0.60

施工扬尘的另一种重要产生方式是建筑材料的露天堆放和搅拌作业，这类扬尘的主要特点是受作业时风速大小的影响显著。因此，禁止在大风天气时进行此类作业；同时，减少建筑材料的露天堆放是抑制这类扬尘的一种有效手段。

建设施工期产生扬尘是无法避免的，但其产生量和影响范围是可以控制的，因此本环评提出相应的扬尘控制措施。只要项目施工期做到文明施工，严格落实各项扬尘控制措施，则可有效控制施工期扬尘对环境空气质量影响，使其对环境空气的影响达到可接受的水平。

(2) 施工期其它废气的环境影响

本项目施工期废气的另一来源是施工机械排放的燃油废气和装修阶段的油漆废气。

施工期间，使用机动车运送原材料、设备和建筑机械等设备的运转，均会排放一定量的 CO、NO_x 以及未完全燃烧的碳氢化合物等，其特点是排放量小，属间断性排放，这些废气排入大气后可得到有效的稀释扩散，对环境的影响甚微。

油漆废气主要产生于室内室外装修阶段，由有机溶剂挥发产生。油漆废气排放属间断性排放，排放源分散，其产生、排放量很小，且该类废气的挥发释出是一个较为缓慢的过程，因此对项目所在区域的环境空气质量影响不大。

(3) 施工期大气环境影响的总体评述

综上所述，项目的施工将会对项目所在地环境空气质量造成一定的影响，主要影响因子是施工扬尘。这些影响是短期的，随着施工期的结束也会结束。在项目施工阶段将采取有针对性的大气污染控制措施，因此，对项目所在地环境空气质量的影响较小。

5.1.1.3 施工期扬尘控制措施

为降低扬尘产生量、保护大气环境，施工单位必须严格按照《四川省打赢蓝天保卫战实施方案》、《成都市建设施工现场管理条例》中的相关要求加强施工场地扬尘的控制，为尽量减少施工期对环境保护目标的影响，本环评提出在施工时主要

采取以下措施来降低扬尘的产生：

①使用商品混凝土，禁止现场搅拌。

②施工现场设置施工围墙，封闭施工现场，采用密目安全网，以减少结构和装修过程中的粉尘飞扬现象，减少粉尘向大气的排放；拆除脚手架前，先将脚手板上的垃圾清理干净，清理时应避免扬尘。

③施工单位文明施工，定期对地面洒水，并对撒落在路面的渣土及时清除，清理阶段做到先洒水后清扫，避免产生扬尘对周边住户正常生活造成影响。

④由于道路和扬尘量与车辆的行驶速度有关，速度越快，扬尘量越大，因此，在施工场地对施工车辆必须实施限速行驶，同时施工现场主要运输道路尽量采用硬化路面并进行洒水抑尘；在施工场地出口放置防尘垫，对运输车辆现场设置洗车场，用水清洗车体和轮胎；自卸车、垃圾运输车等运输车辆不允许超载，选择对周围环境影响较小的运输路线，定时对运输路线进行清扫，运输车辆出场时必须封闭，避免在运输过程中的抛洒现象。

⑤禁止在有风天气进行渣土堆放作业，建材堆放地点要相对集中，临时废弃土石堆场及时清运，并对堆场以毡布覆盖，裸露地面进行硬化和绿化，减少建材的露天堆放时间；开挖出的土石方应加强围栏，表面用毡布覆盖，并及时将多余弃土外运。

⑥在施工建设中做到规范管理，文明施工，全面督查建筑工地现场管理“十必须”、“十不准”执行情况，即：

十必须：（一）必须规范打围，保持干净整洁。（二）必须设置出场车辆高压冲洗设施。（三）必须硬化主要施工道路、出入口。（四）必须湿法作业。（五）必须及时清运建筑垃圾。（六）必须使用 800 目密目网覆盖裸土、建渣。（七）必须分类有序堆码施工材料。（八）必须规范张贴非道路移动机械环保标识。（九）必须安装扬尘在线监测设备。（十）必须安装高清视频监控设备。

十不准：（一）不准车辆带泥出门。（二）不准运渣车辆冒顶装载。（三）不准使用名录外运渣车。（四）不准现场搅拌混凝土、砂浆。（五）不准露天切割。（六）不准高处抛洒建筑垃圾。（七）不准场地积水、积泥、积尘。（八）不准焚烧废弃物。（九）不准干扰扬尘监测设备运行。（十）不准干扰视频监控设备。

在项目施工期，对扬尘严格采取上述防治措施后，确保施工扬尘达到《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）排放限值要求。

5.1.2 施工期废水及其环境影响分析

5.1.2.1 施工期废水来源及产生量

施工期产生的废水主要包括施工生产废水和施工人员生活污水。

(1) 施工生产废水

施工期的生产废水主要来源于机械的冲刷、楼地及墙面的冲洗、构件与建筑材料的保潮、墙体的浸润、材料的洗刷以及桩基础施工中排出的泥浆等。该部分废水中的主要污染因子为 SS、COD、石油类，污水中 COD 浓度值最高约 600mg/L、SS 约 1000mg/L。根据项目建设工程量，经类比分析，预计本项目施工废水的最大产生量约为 50m³/d。

(2) 施工人员生活污水

本项目建设施工高峰期施工人员预计可达 100 人，生活用水按 0.05m³/人·d 计算，日用水量约 5m³/d，以产生系数 0.8 计，生活污水产生量为 4m³/d。

根据有关资料中的监测统计平均值，生活污水中 COD_{Cr}、BOD₅、NH₃-N 和 SS 的浓度依次约为 400mg/L、200mg/L、30mg/L 和 400mg/L。

5.1.2.2 施工期废水对地表水环境的影响

施工过程中上述各类废水若不经处理或处理不当，将影响地表水水质，短期内使地表水水质超标，危害环境。因此，施工期废水不应任意排放。施工期间，在排污工程不健全的情况下，应尽量减少物料流失、散落和溢流现象。分别针对施工废水和施工生活污水采取有针对性的控制措施后，项目施工期废水对周围地表水环境影响甚微。

5.1.2.3 施工期水污染物控制措施

施工时严禁将施工废水及施工生活污水直接排入地表水。设置沉淀池对施工废水简易沉淀后重复利用，不外排；本项目生活污水依托市政污水管网，进入天府新区第一污水处理厂。

5.1.3 施工期噪声及其环境影响分析

5.1.3.1 施工期主要噪声源及源强

建设施工期主要噪声源为各种施工机械及运输车辆。各施工阶段典型施工机械及运输车辆作业时的噪声源强经验值分别见表 5.1-3、表 5.1-4。

表 5.1-3 典型建筑施工机械噪声源强（单位：dB（A））

施工阶段	声源	声源强度*
土石方	挖掘机	78~96
	装载机	85~90
	空压机	75~85
	推土机	80~85
打桩	挖掘机	78~96
结构	混凝土输送泵	80~90
	振捣器	90~95
	电锯	90~95
	搅拌机	90~95
装修	电钻、手工钻等	90~95
	电锤	90~95
	无齿锯	95

表 5.1-4 交通运输车辆噪声（单位：dB（A））

施工阶段	运输内容	车辆类型	声源强度
主体阶段	建筑弃渣等	大型载重车	84~89
底板与结构阶段	钢筋、混凝土等	混凝土罐车、载重车	80~85
装修安装阶段	各种装修材料及设备	轻型载重卡车	75~80

5.1.3.2 施工期噪声影响预测与评价

(1) 预测模式

引起声波衰减的因素有距离、空气吸收、围墙阻隔等。保守估算，预测只考虑距离衰减。施工场地的施工机械可近似视为点声源处理，预测模式采用《环境影响评价技术导则—声环境》（HJ 2.4-2009）无指向性点声源几何发散衰减公式。

$$L_A(r) = L_{Aref}(r_0) - 20 \lg(r/r_0)$$

式中： $L_A(r)$ ---距声源 r 处的 A 声级，dB（A）；

$L_{Aref}(r_0)$ ---距声源 r_0 处的 A 声级，dB（A）；

r 、 r_0 ---距声源的距离，m。

(2) 预测结果

在不考虑施工围墙对噪声的隔声作用的情况下，预测施工各阶段最强噪声源在不同距离处的噪声贡献值，结果列于表 5.1-5 中。

表 5.1-5 土建施工噪声预测结果 (dB (A))

噪声源强值		预测距离 (m)							施工厂界噪声标准	
		10	20	25	50	100	150	200	昼间	夜间
土石方	96	76.0	70.0	68.0	62.0	56.0	52.5	50.0	70	55
打桩	96	76.0	70.0	68.0	62.0	56.0	52.5	50.0		
结构	95	75.0	69.0	67.0	61.0	55.0	51.5	49.0		
装修	95	75.0	69.0	67.0	61.0	55.0	51.5	49.0		

(3) 施工期噪声影响评价

① 施工噪声对厂界的影响

由表 5.1-5 可以看出, 施工期间产生的噪声昼间在大于 20m 处可以达到《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-2011) 要求, 夜间在大于 150m 处能够达标。

② 施工噪声对环境的影响

本项目厂界最近的敏感目标为北侧约 170m 处居民, 因此项目施工噪声对外环境影响甚微。

5.1.3.3 施工期噪声的控制措施分析

对于噪声的控制, 通常可通过对噪声源、噪声传播路线和噪声受体三个方面采取措施。首先考虑对噪声源和传播路线的控制, 其次, 如有必要才采取对噪声受体的控制措施。

为降低施工噪声对声环境的影响, 应采取如下噪声控制措施:

① 选用低噪设备, 并采取有效的隔声减振措施。

② 合理设计施工总平面图, 将主要高噪声的作业点置于施工场地中部区域, 尽量远离厂界。

③ 合理安排施工工序, 尽量缩短施工周期。

④ 合理安排施工时间, 将强噪声作业尽量安排在白天进行, 尽量避免夜间施工。

⑤ 文明施工, 装卸、搬运钢管、模板等严禁抛掷。

⑥ 施工前必须先修围墙。

5.1.4 施工期固体废物及其环境影响分析

5.1.4.1 施工期固体废物的来源

(1) 建筑垃圾

项目建设施工过程中产生的建筑垃圾主要包括多余土石方、混凝土废料、含砖、

石、砂的杂土、铁质弃料、木材弃料等。

(2)施工人员生活垃圾

施工人员生活垃圾包括就餐垃圾、塑料餐具、杯、袋及其它生活日用品废弃物。

5.1.4.2 施工期固体废物的环境影响

施工过程中产生的建筑垃圾要及时清运、加以利用；生活垃圾如不及时清运处理，则会腐烂变质，滋生蚊虫苍蝇，产生恶臭，传染疾病，从而对周围环境和作业人员的健康带来不利影响，因此应及时清运并进行处置。

针对项目施工期产生的固体废物采取处理处置措施，使建筑垃圾和生活垃圾得到清洁处理和处置，减小施工期产生的固体废物对周围环境的影响。

5.1.4.3 施工期固体废物的控制措施

(1)建筑垃圾处理

在施工现场设置建筑废弃物临时堆场（树立标示牌）并进行防雨、防泄漏处理。施工生产废料应首先考虑回收利用，对钢筋、钢板、木材等下角料分类回收，交废物收购站处理；对不能回收的建筑垃圾，如混凝土废料、含砖、石、砂的杂土等应集中堆放，定时清运到指定的建筑垃圾场，以免影响环境质量。

(2)生活垃圾处理

施工人员生活垃圾将依托现有垃圾暂存点统一收集，由环卫部门清运至垃圾处理场集中处理。

5.1.5 施工期生态环境影响分析

本项目所在地用地性质为科研用地，项目场地现状为农村区域，主要为水田、果园，项目施工过程中的土石方开挖、土方的堆存可能导致一定程度的水土流失。

为尽量减轻本项目对所在区域生态环境的影响，项目在施工期拟采取的生态环境保护措施主要为：

（1）施工期应尽量避免雨天；

（2）主体工程基础开挖时应采取基坑边坡支护、止水帷幕和基坑内降水等措施；

（3）工程施工中做好土石方平衡工作，开挖的土方尽量作为施工场地平整回填之用；

（4）工程施工分区进行，开挖的裸露面要有防治措施，尽量缩短暴露时间，

减少水土流失；

(5) 项目建成后，种植树木等绿化，丰富植物种类，强化绿化功能。

通过采取上述措施后，可有效的减少水土流失，因此本项目的施工对周围生态环境影响较小。

5.2 运行阶段对环境的影响

5.2.1 电离辐射环境影响分析

5.2.1.1 场所辐射水平

本项目准环对称仿星器放电运行时中央实验大厅屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率最大值为 $1.48 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ ，满足本次评价确定的屏蔽体外 30cm 处 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 辐射剂量率控制值的要求。中央实验大厅屋顶表面 30cm 处的辐射剂量率为 $1.87 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，满足本次确定的不上人屋顶表面 30cm 处 $100 \mu\text{Sv/h}$ 辐射剂量率控制值的要求。

5.2.1.2 人员受照剂量

本项目准环对称仿星器运行所致工作人员职业照射剂量最大值为 $3.22 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/a}$ 。远小于本次评价确定的职业照射剂量约束值 5mSv/a ，满足评价标准要求。

5.2.1.2.2 公众受照剂量

本项目准环对称仿星器运行所致公众有效剂量最大值为 $1.9 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/a}$ 。小于本次评价确定的公众照射剂量约束值 0.1mSv/a ，满足评价标准要求。

5.2.2 电磁辐射环境影响分析

根据 3.3.2 节分析,本项目装置运行时,中央实验大厅内磁场强度最高可达到 1.1T,根据西南交通大学对装置磁场空间分布的仿真模拟结果,距离装置中心 10m 处磁场强度可衰减至 $3 \times 10^{-5} \text{T}$ 。中央实验大厅长 27.8m,宽 21.6m,装置位于大厅中央,因此,在中央实验大厅内屏蔽墙体处磁场强度就可衰减至 10^{-5} 的量级。

电子回旋共振加热 (ECRH) 系统产生的电磁波采用波导管传输,产生的电磁波均不会直接泄漏到环境中,能够使电磁波有效利用后,再穿透真空室的金属外壳 (6mm 厚的不锈钢) 进入到中央实验大厅中。

本项目装置主机和加热系统均接地,接地电阻值参数 0.5 欧姆,能够有效减小电磁辐射的影响,在采取上述接地、使用强屏蔽作用的波导管、设备自身的防电磁辐射屏蔽金属壳体等防电磁辐射的措施的条件下,由于电磁场的趋肤效应,电磁场不能穿透屏蔽墙体,能有效屏蔽电磁波泄漏到周围环境中,对周围环境影响小。

5.2.3 项目运营期非放射性环境影响分析

5.2.3.1 大气环境影响分析

(1) 发电机燃料废气

本项目配备 1 台 500kW 的备用柴油发电机。发电机采用 0# 柴油作为燃料,燃烧废气经自带的消烟除尘装置处理后,经烟道引至科研用房楼顶排放。项目位于天府新区,周围供电系统完善,电力供应得到保障,发电机使用频率极低,工作时间短,采取上述措施处理后对大气环境影响小。

(2) 汽车尾气

本项目地下车位少,汽车启动时间较短,因此废气产生量小,地下车库采用机械通风系统,其排风口设置在建筑外墙 1F 百叶,排风口背对建筑楼一侧。废气经扩散和植物吸附后,对区域大气环境产生污染影响小。

综上,本项目运营期不会对大气环境质量造成明显不良影响。

5.2.3.2 地表水环境影响分析

本项目产生的废水主要包括清净下水和生活污水,均可直接排入天府新区第一污水处理厂处理达标后排入鹿溪河。项目为间接排水,根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018),本项目地表水环境影响评价等级为三级 B,水污

染影响型三级 B 评价对依托的污水处理设施进行可行性分析。

(1) 纳管范围分析

本项目位于四川成都市天府新区，位于天府新区第一污水处理厂的收水范围，项目北侧紧邻科学城中路，目前科学城中路已敷设污水管网，因此项目废水可以进入天府新区第一污水处理厂处理。

(2) 进水指标可达性分析

结合工程分析，本项目废水总排口处的排放浓度可达到天府新区第一污水处理厂进水水质的相应要求，可纳入天府新区第一污水处理厂处理。

(3) 污水处理厂处理能力

成都天府新区第一污水处理厂建设规模为 11 万 t/d，目前已建成并投入运营。项目投产后营运期全厂废水排放量为 2682.7m³/a，远远低于成都天府新区第一污水处理厂处理规模。因此，天府新区第一污水处理厂完全有能力接纳本项目产生的废水。

综上所述，本项目生产、生活污水可排入成都天府新区第一污水处理厂进行处理，可满足纳管要求。

5.2.3.3 地下水及土壤环境影响

(1) 地下水及土壤污染源及污染途径

污染物进入地下水的途径主要是由降雨或废水排放等通过垂直渗透进入包气带，进入包气带的污染物在物理、化学和生物作用下经吸附、转化、迁移和分解后输入地下水。根据工程所处区域的地质情况，本项目用水采用市政给水管网，排水通过市政污水管网天府新区第一污水处理厂，最终排入鹿溪河。本项目给、排水均不会与地下水直接发生联系，故本项目的建设基本不会对地下水水位造成明显影响。可能对地下水、土壤造成污染的途径主要为物料泄漏以及柴油发电机房事故状态下对地下水和土壤造成污染。

(2) 分区防控要求

为了最大程度减小项目对地下水及土壤环境产生影响，本项目采取源头控制、分区防渗措施，具体防治措施如下：

源头控制措施

- ①积极推行实施清洁生产，实现各类废物循环利用，减少污染物的排放量；

②根据国家现行相关规范加强环境管理，采取防止和降低污染物跑、冒、滴、漏的措施。正常运营过程中应加强巡检及时处理污染物跑、冒、滴、漏，同时应加强对防渗工程的检查，若发现防渗密封材料老化或损坏，应及时维修更换；

③坚持“可视化”原则，在满足工程和防渗层结构标准要求的前提下，尽量在地表面实施防渗措施，便于泄漏物质的收集和及时发现破损的防渗层。

分区防治措施

将新建建筑及设施按单元所处的位置划分为两类地下水污染防治区域：

一般防渗区：包括柴油发电机房及储油间所在地、真空维修清洗间，采用等效黏土防渗层 $M_b \geq 1.5\text{m}$ ， $K \leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 的措施；

简单防渗区：包括除上述防渗区外的项目范围，采用一般地面硬化。

在采取上述地下水和土壤防治措施的前提下，本项目营运期不会对区域地下水和土壤造成影响。

5.2.3.4 噪声环境影响

(1)噪声源强及计算参数

本项目运行期间主要噪声源为真空系统真空泵、水冷系统水泵和冷却塔、生活用水水泵、风机、柴油发电机等动力设备，噪声值约 75~95dB(A)，上述设备除冷却塔位于室外，其余设备均位于室内。选择先进可靠的低噪声设备，根据各噪声源的特性，采取减振、隔声等降噪措施，室外声级约 65~70dB(A)。治理后各噪声源强及厂界最近距离见下表。

表 5.2-9 噪声源强及厂界距离 单位：dB(A)

位置	噪声源	室外源强 dB(A)	厂界最近距离 (m)			
			东	南	西	北
中央实验大厅内	真空泵	60	28	13	75	37
科研用房地下层内	水泵	65	100	12	12	57
科研用房地下层内	柴油发电机	65	100	12	12	57
科研用房室内	风机	60	62	40	60	30
科研用房四层室内	水泵	65	17	33	102	20
科研用房五层 室外	冷却塔	70	20	33	102	20

(2)预测模式

项目新增真空泵、水泵、风机和冷却塔等设备噪声可视为点声源，噪声影响预

测模式如下。

①噪声随距离衰减模式

$$L(r_2) = L(r_1) - 20 \lg \frac{r_2}{r_1}$$

式中： L_{r_1} ——距声源 r_1 处噪声值[dB(A)]；

L_{r_2} ——距声源 r_2 处噪声值[dB(A)]；

r_1, r_2 ——受声点到声源的距离(m)。

②多声源叠加模式

对于任何一个预测点，其总噪声效应是多个叠加声级(即各声源分别在该点的贡献值和本底噪声值)的能量总和，计算模式如下：

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}$$

式中： L_i ——第 i 个声源的噪声值，dB(A)；

L ——某点噪声总叠加值，dB(A)；

n ——点声源个数。

(3)执行标准

本项目位于成渝（兴隆湖）综合性科学中心（四川天府新区科学城中路东段永兴街道），北侧紧邻科学城中路东段，临路侧厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）4类标准限值，和其余厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准限值。敏感点噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准限值。

(4)预测结果及分析

预测时需要参考的噪声背景值，分别选用相应边界现状监测点的监测值。本项目建成后，厂界噪声预测结果见下表。

表 5.2-10 本项目建成后厂界及敏感点噪声预测表 单位: dB(A)

测点号	昼间				夜间			
	噪声本底	本项目贡献	预测值	评价结果	噪声本底	本项目贡献	预测值	评价结果
东厂界	48	46	50	达标	42	46	47	达标
南厂界	47	48	51	达标	42	48	49	达标
西厂界	48	47	50	达标	43	47	48	达标
北厂界	45	46	48	达标	43	46	48	达标
北侧大树村六组居民	56	31	56	达标	48	31	48	达标

预测结果表明,项目噪声源对厂界噪声贡献值在 40~48dB(A)之间,相应厂界满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2类和4类标准限值要求;叠加本底值后,各厂界噪声和敏感点昼夜预测值均可满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)相应标准限值要求。对周围声环境影响较小。

5.2.3.5 固体废物环境影响

本项目UPS电源系统中的铅酸电池,约每十年换一次,废铅酸电池总重约3.3t,属于危险废物,现场不贮存,更换时直接交由有相应资质的单位回收处理。

本项目装置检修和维护过程中会产生少量更换的废部件和废电缆,约0.1t/a;装置水冷系统的水质处理系统中的活性炭、过滤器芯、离子交换树脂、反渗透膜和脱氧膜需定期更换,其中过滤器芯根据进出口压差情况进行更换,离子交换树脂、反渗透膜一般2年更换1次,脱氧膜一般4年更换1次,每次更换产生的废物量分别为废活性炭约0.1t,废过滤器芯约0.5kg,废树脂约2t,废反渗透膜和废脱氧膜约0.4t,均为一般工业固体废物,由相应生产厂家或废品回收站回收处理。

工作人员产生的生活垃圾总量为 100kg/d (36.5t/a)。生活垃圾属一般固废,经袋装收集后置于生活垃圾收集点,再由成都市天府新区市政环卫部门定时清运。

项目各类非放射性固废均得到了妥善的处置,不会造成二次污染。

5.3 事故影响分析

5.3.1 辐射事故影响分析

5.3.1.1 事故分级

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 709 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，详见表 5.3-1。

表 5.3-1 辐射事故等级划分

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	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，或者放射性同位素失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素失控导致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	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素失控导致9人以下（9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（从慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 5.3-2。

表 5.3-2 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量(Gy)	发生率(%)	辐射剂量(Gy)	死亡率(%)
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

5.3.1.2 辐射事故识别

本项目准环对称仿星器装置仅在放电过程中产生电离辐射，一旦停止放电，能造成的辐射环境影响也随即消失。

对本项目准环对称仿星器装置的操作运行进行分析，得出项目运行期间可能发生的各类辐射事故见下表，同时在表 5.3-3 中简要描述了事故的原因、可能导致的后果以及事故的预防减缓措施。

表 5.3-3 本项目运行期间潜在事故（事件）一览表

事故（事件）描述	可能原因	后果	减缓措施	主要预防措施
中央实验大厅人员误入或人员滞留	① 分区管理失效； ② 安全联锁装置失效； ③ 工作人员误操作。	误入人员受到超过年剂量照射，导致急性放射病或死亡发生	① 装置立即停止运行； ② 启动辐射事故应急预案； ③ 划出警戒线，疏散非事故处理人员； ④ 进行现场辐射环境监测； ⑤ 对受误照射人员进行生命体征检查，采取医疗救治措施。	① 加强分区管理和巡察力度； ② 定期对安全连锁的有效性进行检查； ③ 加强工作人员的技能培训与考核； ④ 严格按照安全操作规程进行操作。

5.3.1.3 最大潜在事故影响分析

根据源项计算，在无屏蔽情况下距真空室 1m 处的硬 X 射线空气吸收剂量率为 $6.55 \times 10^{-3} \text{Gy/h}$ 。

事故情况下人员误照射时间按 1 次放电持续时间 2s 考虑，则误入（或滞留）人员合计受照剂量约为 8.23mSv。

如果误入人员为非本项目辐射工作人员（公众），则误入人员的受照剂量超过了公众 1mSv 的年剂量限值。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 709 号）的规定，构成一般辐射事故。

5.3.2 非放射性事故影响分析

5.3.2.1 风险调查

（1）危险物质情况

本项目运行过程中使用少量氢气。根据建设单位提供的资料和《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 B，本项目危险物质使用和储存情况见下表。

表 5.3-3 项目主要危险物质情况

名称	CAS号	形态	包装方式	年用量	临界量 $Q_n(t)$	储存场所
氢气	1333-74-0	气态	气瓶	约14g/a	5	中央实验大厅 防爆保护柜内
柴油	/	液态	桶装	视实际情况而定 (最大储存量 200L, 约167kg/a)	2500	储油间

(2) 危险物质理化性质

本项目涉及的危险物质的理化性质见下表。

表 5.3-4 项目主要危险物质理化性质及毒性

物质名称	分子式 (分子量)	物理性质	毒性	危险性
氢气	H ₂ (2.01)	外观性状：无色无味气体。 物化常数：熔点-259.2℃，沸点-252.8℃；相对密度(水=1)0.07(-252℃)；相对密度(空气=1)0.07；蒸汽压13.33kPa/-257.9℃，闪点<-50℃。 溶解性：不溶于水，不溶于乙醇、乙醚。	/	危险特性：易燃气体，与空气混合能形成爆炸性混合物，遇热或明火即会发生爆炸。气体比空气轻，在室内使用和储存时，漏气上升滞留屋顶不易排出，遇火星会引起爆炸。氢气与氟、氯、溴等卤素会剧烈反应。
柴油	/	由烷烃、烯烃、环烷烃、芳香烃、多环芳烃与少量硫(2~60g/kg)、氮(<1g/kg)及添加剂组成；稍有粘性的棕色液体。熔点<-18℃，沸点282~338℃，闪点38℃；相对密度(空气=1)：4，相对密度(水=1)：0.87~0.9；不溶于水。	LD50>5000mg/kg (大鼠经口)	危险特性：易燃，引燃温度：257℃，蒸气与空气混合物可燃限：0.7~5.0%。

5.3.2.2 环境风险潜势初判

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)附录 C 和表 5.3-3，危险物质数量与临界量的比值 $Q = q_1/Q_1 + q_2/Q_2 + \dots + q_n/Q_n < 1$ ，风险潜势为 I，本项目环境风险仅进行简单分析。

5.3.2.3 环境风险识别

根据有毒有害物质放散起因，环境风险类型分为泄漏、火灾和爆炸三种类型。

(1) 泄漏

本项目涉及原辅材料在储运、转运、使用过程中可能存在一定的环境风险，导致危险化学品泄漏，其有毒有害成分挥发进入空气、或通过地面下渗至地下水、土壤环境，造成一定的环境风险和污染。但本项目使用的危险化学品使用量和储存量少，破损泄漏造成的事故影响小。

（2）火灾、爆炸

本项目原辅材料中的柴油、氢气等易燃易爆，由于操作不当、原料泄漏等原因可能导致发生火灾爆炸事故，并引发伴生/次生反应，对环境空气、地表水、地下水和土壤等造成污染。

5.3.2.4 风险防范措施

（1）危险化学品储存和运输的风险防范措施

①危险化学品的储存和运输应严格按《危险化学品安全管理条例》(国务院令 645 号)执行；

②贮存化学危险品的建筑须安装通风设备，并注意设备的防护措施，对储存区域的安全设施、设备定期进行检测、检验；

③加强化学品贮存设施的腐蚀监控，定期检查，发现腐蚀减薄及时处理，避免破裂泄漏事故的发生。

（2）火灾爆炸事故风险防范措施

①消除和控制明火源：在中央实验大厅内、柴油发电机房等区域设置醒目的严禁烟火标志，严禁动火吸烟；

②根据消防工作的需要，应准备足够的各类消防用具(消防栓、灭火器等)。各类消防用具必须固定存放在适当地方，并定期进行检查实验，如有损坏或失效时，需立即进行修理和更换补充。严格禁止把消防用具移作他用；

③在中央实验大厅设置可燃气体探测器及报警系统、设置火灾报警系统。该系统由火灾报警控制器、感烟探测器、手动报警按钮及声光讯响器等组成，系统用于监控生产装置的火情，以实现对火灾的早期报警。火灾报警系统由不间断电源供电。

（3）环境风险管理措施

①建设单位须建立完善的安全管理体系。应按职业安全管理体系的需要，设置必要的安全管理机构，配备相应的专（兼）职管理、检查、安全教育、检测人员。建设单位须建立健全各种安全管理制度和规程，建立各种安全管理台帐和记录；

②本项目建成投运后，建设单位应严格要求操作和管理人员的技术水平，职工上岗前必须参加培训，落实三级安全教育制度。

③加强对工作人员的安全生产和环境保护教育，必须进行安全技术培训，经考核合格后，持证上岗；

④主要实验人员应定期学习有关安全生产知识。对从业人员要进行选择，要选拔具有一定文化程度、身体健康、心理素质好的人员从事相关工作，并定期进行考察、考核、调整。

（4）事故应急预案

建设单位应按照国家、地方和相关部门要求，制定项目突发环境污染事件应急预案，报环保局备案。预案内容包括适用范围、环境事件分类与分级、组织机构与职责、监控和预警、应急响应、应急保障、善后处置、预案管理与演练等内容。企业突发环境事件应急预案应体现分级响应、区域联动的原则，与地方政府突发环境事件应急预案相衔接，明确分级响应程序。

综上，在采取本次环评提出的各项风险防范和应急措施，并加强风险管理的基础上，本项目的建设从环境风险的角度是可接受的。

第六章 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的设置及职能

6.1.1.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

西南交通大学为了加强对准环对称仿星器装置的辐射安全与环境保护管理，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国职业病防治法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法律法规、部门规章的要求，结合学校的实际情况，建立了辐射安全与环境保护管理机构——辐射安全与防护管理领导小组，负责对准环对称仿星器装置的辐射实践活动的辐射安全与环境保护工作。具体小组成员如下：

组长：分管资产与实验室管理工作的副校长

成员：学校安稳办、科学技术发展研究院、资产与实验室管理处、后勤与基建管理处、保卫处等部门主要负责人、涉及辐射安全的各二级单位主要负责人及实验室安全责任人。

6.1.1.2 辐射安全与环境保护管理领导小组职责

西南交通大学辐射安全与防护管理领导小组的具体职责如下：

- （1）负责全校的辐射安全和防护管理工作；
- （2）组织对各项有关辐射安全与防护管理规章制度的制定和修订工作，并负责对全校教学、科研过程中相关规章制度、防护措施落实情况进行监督和检查；
- （3）组织实施辐射安全与防护相关法律法规的培训学习，并落实辐射工作人员上岗培训计划；
- （4）负责辐射工作人员个人剂量和健康管理，并组织开展辐射工作场所进行年度监测和年度评估报告的编制工作；
- （5）负责对全校所有辐射安全与防护设施、设备进行定期保养，做好保养记录，如有损坏及时协同相关部门进行处理。

6.1.2 辐射工作人员配备计划

西南交通大学准环对称仿星器装置拟配备辐射工作人员 14 名，均为装置的运

行维护工作人员。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），新从事放射性同位素与射线装置生产、销售、使用等辐射活动的人员以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，必须通过生态环境部培训平台报名参加辐射安全与防护考核，考核合格后，持证上岗。

学校应该制定辐射工作人员的培训与考试计划，在严格落实人员培训考试计划后，辐射工作人员的能力能够满足相关要求。

6.2 辐射安全管理规章制度

为保障项目运行辐射安全，保护工作人员、公众和环境，根据项目特点，建设单位参照《生态环境部磁约束聚变实验装置监督检查技术程序》和《四川省核技术利用辐射安全检查大纲（2016）》的相关规定需制定以下的辐射安全管理制度。

表 6.2-1 建设单位需制定的规章制度

	规定的管理制度	落实情况	来源
A 综合	辐射安全管理规定	已制定	磁约束聚变实验装置监督检查技术程序
B 场所	场所分区管理规定	拟制定	
	准环对称仿星器装置运行安全操作规程	拟制定	
	真空系统运行安全操作规程	拟制定	
	电子回旋共振加热系统（ECRH）运行安全操作规程	拟制定	
	电源系统运行安全操作规程	拟制定	
	安全防护设施的维护与维修制度	拟制定	
C 监测	监测方案	已制定	
	监测仪表使用与校验管理制度	拟制定	
D 人员	辐射工作人员培训制度	已制定	
	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	
E 应急	辐射事故/事件应急预案	拟制定	四川省核技术利用辐射安全检查大纲（2016）
F 三废	放射性“三废”管理规定	不适用	
其他	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	
	辐射工作人员岗位职责	拟制定	
	射线装置台帐管理制度	已制定	

其中，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》悬挂于辐射工作场所，要求内容应字体醒目，简单清楚，尺寸大小不小于 400mm×600mm。

建设单位应组织工作人员学习和掌握各项规章制度，对违反规章制度的现象应予以查处、确保规章制度落得实处。为有效落实各项防护管理制度，建设项目运行前建设单位应将相关管理制度张贴在相应工作场所。

6.3 辐射监测

为了保证本项目准环对称仿星器运行过程的安全、控制和评价辐射危害，建设单位应当对辐射工作场所放射防护进行定期自主或者委托监测，以使工作人员和公众所受照射尽可能低。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目监测内容包括：工作场所监测和辐射环境监测、辐射工作人员个人剂量监测、非放射性污染物排放监测。

6.3.1 辐射工作场所及辐射环境监测

辐射工作场所监测采用固定式区域辐射监测和巡测相结合的方式。

本项目设置固定式区域辐射监测系统，监测系统由固定监测点（设置监测探头）和监测数据就地显示、数据传输、显示贮存等设备组成。在中央实验大厅内（控制区）共拟设 2 个固定监测点，在中央控制大厅内（监督区）设置 1 个固定监测点，每个点位可进行 X- γ 辐射空气吸收剂量率的测量。

本项目辐射工作场所及辐射环境监测计划见表 6.3-1。

表 6.3-1 本项目辐射工作场所及辐射环境监测计划

监测类别	监测对象	监测指标	监测点位	监测频次
自行检测	辐射工作场所及辐射环境	X- γ 辐射空气吸收剂量率	3 个固定监测点	实时
委托检测		X- γ 辐射空气吸收剂量率	中央实验大厅四周墙体屏蔽外 30cm 处、进出大厅的防护门外 30cm 处（门中间）、上下左右门缝处、中央实验大厅屋顶、真空维修清洗间、计算机中央控制大厅	2 次/年
				1 次/年

6.3.2 个人剂量监测

本项目为每名辐射工作人员配备个人剂量计用于个人剂量监测，为每名辐射工作人员配备的个人剂量计包括 1 支热释光个人剂量计。同时，为进入控制区和监督区的辐射工作人员配备个人剂量报警仪共计 2 台。

工作人员进入辐射工作场所必须按正确方式佩戴个人剂量计。建设单位设有专职（或兼职）人员负责个人剂量监测管理（每季度送有检测资质的单位检测一次），并建立辐射工作人员个人剂量档案。

根据四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发[2010]49 号）做好个人剂量管理的工作。

同时本次环评要求：①项目建成投运后，保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计。加强检测管理和辐射工作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测一次，做到专人专戴，做到定期送检；②建立个人剂量档案，辐射工作人员调离辐射工作岗位，个人剂量档案要终生保存；③当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该工作人员进行干预；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后上报发证机关；当全年个人剂量超过 50mSv 时，应立即采取措施，报告发证机关，并开展调查处理。其检测报告及有关调查报告应存档备查。

6.3.3 非放射性污染物排放监测

本项目准环对称仿星器建成投运后，不产生放射性流出物，运行过程中产生噪声和非放射性废水等非放射性污染物。按照《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ819-2017），建设单位拟委托有资质单位进行非放射性污染物排放监测，每年进行一次，监测数据记录存档，具体监测计划建议见下表。

表 6.3-2 本项目非放射性污染物排放监测计划建议

监测类别	监测对象	监测指标	监测点位	监测频次
委托监测	厂界噪声	昼间、夜间等效 A 声级	东、南、西、北四侧的厂界外 1m 处	1 次/年
	非放射性废水	pH、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、SS、总 P、总 N	项目区总排口	

6.4 辐射事故应急

根据原环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章第四十三条的规定，使用射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。应急预案应包括应急机构和职责分工；应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；辐射事故分级与应急响应措施；辐射事故的调查、报告和处理程序；辐射事故信息公开、公众宣传方案。辐射事故应急预案还应当包括可能引发辐射事故的运行故障的应急响应措施及其调查、报告和处理程序。

6.4.1 应急响应机构

6.4.1.1 应急组织机构

本项目辐射事故应急处理组织机构图见图 6.4-1。

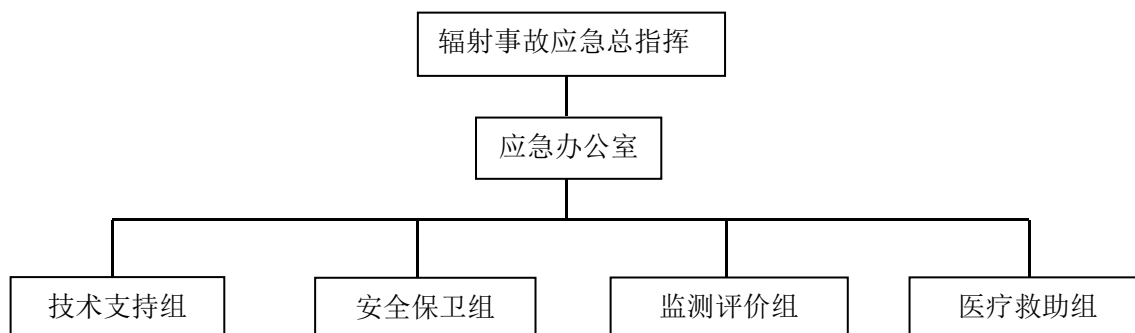


图 6.4-1 辐射事故处理组织机构图

6.4.1.2 应急组织机构职责

（1）辐射应急总指挥：由学校分管资产与实验室管理工作的副校长担任，统一指挥应急响应行动，宣布应急状态，启动应急组织，决策应急中止，为应急能力保持提供必要条件。

（2）应急办公室：设在学校资产与实验室管理处，协调各级、各专业力量实施应急支援行动，向上级主管部门通报事故，组织事故原因调查和经验反馈。

（3）技术支持：由准环对称仿星器装置运维团队担任，提供事故处理措施技术支持。

（4）安全保卫：由学校保卫处或实验安保人员担任，负责污染区域警戒、控制和交通管制。

（5）监测评价：委托第三方检测单位提供现场辐射监测和环境监测，人员体表污染监测，提供辐射防护建议。

（6）医疗救助：由校医院或就近医疗机构负责场内紧急救治，提供应急处置人员医疗防护建议。

6.4.2 应急响应

（1）应急启动

发生辐射事故时，应立即报告应急办公室，并开展现场警戒和处理措施。在接到报告后由应急办公室通知应急总指挥、各相关专业人员，根据应急总指挥指示启动应急组织。

（2）应急响应行动

技术支持根据放射性危害，提供专业技术支持，以便更好地收集、处理放射性

物质与恢复环境。

安全保卫建立事故警戒、控制区，人员进入现场须经批准，离开现场须经辐射监测和去污。必要时，建立交通控制通道，保障事故处理人员、设备或物资通畅。

辐射防护人员立即对现场的辐射水平进行监测，检查应急处置人员防护设备，设置环境监测点，开展人员剂量监测和污染监测，根据事故处理进展提供防护建议。

医疗救助人员对有记性照射或摄入核素的人员进行医疗救治或建议送院外专科医院治疗，为现场处理人员提供医疗防护。

（3）应急终止

应急终止需满足以下条件：

- ①事故得到控制，事故影响已经消除；
- ②放射性物质的泄露或释放已降到规定限值以下；
- ③事故现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要。

应急总指挥确认终止条件和时机，发布应急终止命令。

应急办公室提交辐射事故初始报告和后续报告；组织事故原因调查和经验反馈，改进安全措施。

6.4.3 应急物资与保障

根据应急预案的职责分工，准备好应对辐射事故的人力、物力、车辆、通讯和资金保障工作，主要有：

- （1）便携式 X-γ 剂量率测量仪、应急照明、应急电源等物项；
- （2）人员急救医疗设施等；
- （3）对讲机、专用操作工具、防护用品、隔离带等；
- （4）应急救援车辆。

6.4.4 应急培训与演练

6.4.4.1 培训

承担应急任务的人员每年不低于一次培训本项目辐射事故专项应急预案，熟悉事故类型、危害与处置程序，使之正确理解应急响应要求，有效执行应急响应。应急培训应形成记录并保存。

6.4.4.2 演练

- （1）每年开展不低于一次的针对准环对称仿星器装置辐射事故专项应急预案

的应急演练，使相关人员熟悉应急预案、应急处置方案，并能有序、协调配合；

（2）每次演练后，针对演练中发现的问题，及时对应急预案加以必要修改和完善，以提高应对突发辐射异常事故的应急处置能力。

第七章 利益-代价简要分析

7.1 利益分析

西南交通大学拟建准环对称仿星器项目，是属于四川省重大科技基础设施建设，该项目的建设实施是为提高我国在核聚变领域的科研水平，其意义主要体现在具有重大科技价值，此外还具有极大的经济价值和社会影响力。

7.1.1 项目建设的重要性

随着社会的发展，人类对能源的需求越来越大。传统的煤、石油、天然气等化石能源，以及水能、风能、太阳能等可再生能源都有其局限性，难以支撑或会限制人类社会高速的可持续发展。为此，必须发展安全且储量丰富的清洁能源。受控核聚变能正是这样一种能源，它被公认为是解决人类能源危机的最佳途径。

一直以来仿星器被认为是最有可能率先实现稳态运行的受控核聚变途径之一，而中国目前尚无仿星器装置，相关方面的科研水平已落后国际先进水平。如果再不立即建造仿星器装置开展研究，就难以追赶上国际聚变能研究的发展步伐，无法消化吸收国际上三维等离子体前沿物理的研究成果，更无法保障我国在磁约束聚变研究尤其是仿星器研究领域的地位，从而影响我国磁约束聚变研究的进程。准环对称仿星器将担负着实现我国仿星器原创性零的突破，是我国磁约束核聚变能源开发中的重要环节。

准环对称仿星器装置将是我国自主创新，实现由理论模拟到实验验证的跨越式发展，是我国等离子体三维物理研究发展不可或缺的平台，将是我国磁约束核聚变能源开发史上一个里程碑，必将对我国磁约束核聚变能源开发做出重要贡献。

7.1.2 项目建设的必要性

建造中国首台准环对称仿星器是我国核聚变能源开发中的重要环节，它担负着研发我国先进仿星器设计和制造关键技术的使命，将与托卡马克装置形成互补，加快磁约束核聚变研发进程，对我国磁约束核聚变能源开发做出重要贡献。其必要性有以下几个方面：

(1) 符合国家能源高效安全战略和“双碳”战略需要，将加快磁约束核聚变能技术的研发。

准环对称仿星器作为磁约束聚变研究领域的大科学装置，是我国在加入国际热核实验堆（ITER）计划后，实现我国核聚变能源开发事业跨越式发展的重要支撑项目，将加快磁约束核聚变能技术的研发，支撑国家能源高效安全战略和“双碳”战略实施，符合《国家十四五科技发展规划》、《能源技术革命创新行动计划（2016-2030）》等中长期发展规划，是构建国家绿色低碳能源系统，实现国家“碳达峰，碳中和”战略目标的需要。

（2）将填补我国仿星器研究的空白，是提高我国磁约束核聚变研究水平的需要。

长期以来由于受到高精度加工能力、大规模数值计算等方面的限制，我国磁约束聚变研究主要限于托卡马克装置，至今尚未深入开展仿星器相关研究。仿星器作为一种重要的磁约束聚变研究装置，被认为是最有可能率先实现稳态运行的受控核聚变途径之一，而在发达国家如德国、日本和美国都在同步开展仿星器和托卡马克研究。随着我国高精度机械加工能力和科技水平的不断提高，在我国开展仿星器研究已成为可能，并迫在眉睫。建成并成功运行中国首台准环对称仿星器装置，将填补我国仿星器研究的空白，与国内托卡马克装置形成互补，实现我国与发达国家磁约束聚变研究“仿星器与托卡马克”并行的路线图，为我国磁约束核聚变研究做出重要贡献。

（3）准环对称仿星器项目是我国保持先进仿星器研究领跑的重要手段

国际聚变界一致认为优化仿星器位形提高聚变等离子体约束性能是聚变能源商用前必须解决的关键问题，是国际聚变研究的热点及前沿性课题。新的理论研究表明，准环对称磁位形是仿星器多种位形优化方案中最优的一种，但在实现过程中所需要的制造精度高、工艺非常复杂。迄今为止，国际上尚未建成该位形的磁约束聚变装置，聚变界非常期待准环对称仿星器的成功建造和运行。因此，建成准环对称仿星器是我国保持先进仿星器研究世界领先的重要手段。

（4）准环对称仿星器是开展聚变三维等离子体前沿物理研究重要的、不可或缺的实验平台

准环对称仿星器的磁场位形和三维等离子体物理研究具有鲜明的特色，是我国开展研究三维等离子体前沿物理的重要实验平台，将支撑准环对称磁位形下的新经典、湍流输运和磁流体不稳定性等前沿物理研究。同时也将吸引一大批国内外一流

科学家的参加，积极推进推动国内等离子体三维物理的研究进程和培养高水平聚变研究专业人才。

7.2 代价分析

本项目拟选址在四川天府新区科学城中路东段永兴街道，项目规划占地约 15 亩，总建筑面积 13690m²。项目的建设将占用一定的土地资源，将消耗一定数量水泥、钢材、木材等建筑材料；同时项目建成后运行过程中还需要消耗到水、电等能源。

在经济方面，建设单位需要付出资金来实施本项目的建设，主要包括建筑场地成本、设备投资成本以及环保投资方面，本项目估算总投资 24724 万元。其中，建设单位需要在辐射防护与环境保护方面投入资金建设环保设施以确保项目建成后运行对环境的影响满足国家标准的要求，主要包括屏蔽防护设施的修建、辐射安全防护设施设备的配备、辐射安全管理制度的建立、辐射监测和防范措施的设置以及对各类放射性和非放射性的治理措施等。项目拟采取的污染防治措施及环保投资一览表见表 7.2-1。

在环境影响方面，项目建成之后，运营期间将产生的一定程度的辐射环境影响与非放环境影响，经本次评价的理论分析，本项目建成后运行产生的环境污染因素，经过设计采取的各种防护措施和环保措施的处理后，进入环境的量很少，对环境和公众的影响很小，均低于国家标准中规定的限值，其影响是可接受的。

表 7.2-1 项目拟采取的污染防治（含辐射防护）措施及环保投资一览表

项目	污染物及其防治（辐射防护）措施	数量	金额 (万元)	备注
辐射安全与防护措施	墙体屏蔽及屏蔽防护门（3 扇）	/	40	
	辐射防护分区： 监督区：地面标识和入口处标牌 控制区：电离辐射警告标志	/	1	
	工作状态指示灯	3 个	0.1	
	紧急开门按钮	4 个	0.4	
	紧急停机按钮和声光报警装置	4 个		
	清场巡查按钮	2 个		
	视频监控系统、门禁系统、广播系统	各 1 套	50	
	应急照明及紧急出口标志	/	5	

项目		污染物及其防治（辐射防护）措施	数量	金额 (万元)	备注
	监测设备	固定式辐射剂量监测仪	1 套	2	
		个人剂量报警仪	2 个	0.1	
		热释光个人剂量计	14 个	1	
		便携式 X-γ辐射剂量率测量仪	1 台	1	
电磁辐射防护措施		装置主机、电源系统、加热系统等接地；充分利用设备自身的屏蔽作用；使用强屏蔽作用的波导管。	/	/	纳入装置主体
辐射安全管理		辐射工作人员培训、辐射工作场所管理及单位辐射安全与管理制度的修订完善，及规章制度上墙等管理措施。	/	50	
风险防范措施		火灾自动报警系统，易燃易爆探测系统，气体灭火系统以及若干手提式灭火器。	各 1 套	20	
		消防水池 2 座，有效容积 666m³。	2 座	30	
非放射性废气处理	燃油废气	消烟除尘装置。	1 套	50	
噪声		隔声、减震、消声等。	/	30	
非放射性固体废物处置	危险固废	更换时直接交由有相应资质的单位回收处理。	/	/	
	一般工业固体废物	由相应生产厂家或废品回收站回收处理。	/	/	
	生活垃圾	生活垃圾站及若干垃圾桶等，生活垃圾由环卫部门统一集中收集后处理。	/	3	
合计		/		283.6	

7.3 正当性分析

本项目准环对称仿星器科研装置建设，对提高我国在核聚变方面的科技水平，具有重大的科技及经济价值；同时，项目设计了建造完善的辐射安全防护与环保设施来尽量降低对环境与人员的辐射影响，经分析评价，本项目对环境与人员的包括辐射污染在内的影响完全满足国家相关标准要求，本项目实践对社会所带来的利益（主要是对我国的重大科技价值）是大于项目实施付出的代价（可能引起的包括辐射危害在内的环境影响）。

综上所述，通过对准环对称仿星器项目实施的利益和代价的简要分析，综合考虑社会、经济、环境等各方面的因素之后，认为其利益大于代价，符合 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的“实践的正当性”的辐射防护要求。

第八章 结论与建议

8.1 项目工程概况

西南交通大学拟在四川天府新区科学城中路东段永兴街道新建准环准环对称仿星器项目，新征占地 9995.55m²（约 15 亩），新建建筑面积 13690m²。建设内容包括：准环对称仿星器装置和配套设施工程。项目总投资 24724 万元，环保投资约 283.6 万元，环保投资占总投资的 1.15%。

准环对称仿星器装置：由线圈系统、真空系统、支撑系统、电源系统、中央控制系统、水冷系统、加热系统和诊断系统 8 个子系统组成，建成后准环对称仿星器装置大半径为 1m，等效小半径 0.25m，环向周数为 2，设计最大磁场为 1.0T。**准环对称仿星器装置参照射线装置进行管理。**

配套设施工程：主要为新建一栋科研用房和中央实验大厅建筑物，总建筑面积 13690m²。其中科研用房地地上五层，局部设地下一层，建筑高度 23.5m，建筑面积约为 13090m²（地上建筑面积约为 11522.66m²，地下建筑面积约 1567.34m²），混凝土框架结构。主要设置准环对称仿星器装置的实验设备用房以及科研人员办公、学术交流场所等；中央实验大厅单层单跨结构，长 27.8m，宽 21.6m，通高 17.03m，建筑面积约 600m²。四侧墙体均为 500mm 厚钢筋混凝土；在东侧墙体和北侧墙体设置 3 扇 500mm 厚的钢筋混凝土电动防护门（中间为 460mm 钢筋混凝土+各面表层均为 20mm 厚不锈钢板包封）；屋顶为 200mm 厚钢筋混凝土板，其上覆盖 200mm 厚聚乙烯板。中央实验大厅内顶部设置遥控式 20t 桥式吊车，不设具体操作位，在大厅内地面遥控操作，大厅内中央布置准环对称仿星器装置的线圈系统、真空系统、支撑系统、加热系统等核心实验装置，为准环对称仿星器实验装置的运行实验场所。

装置工艺流程：首先使用真空泵机组对真空室抽气，使真空室中达到真空度（10⁻⁶~10⁻⁵Pa）；然后中央控制系统发出统一指令，电源系统向三维非平面模块化线圈供电，在真空室中产生准环对称磁场位形，待电流恒定后，送气系统向真空室注入中性气体（氢气）；随后电子回旋系统加热中性气体使其电离并形成等离子体，进而被三维磁场约束。在等离子体形成并被约束后，相应诊断系统对真空室内等离子体进行测量，并将诊断系统测量的数据储存、预处理和显示。整个过程中，水冷系统主要冷却装置主机的线圈系统，一直保持运行状态。

装置运行时间：年运行 120 天，每天 8 小时，每天放电 40 次，每次放电时间 1~2 秒，每次放电间隔时间约 10 分钟，年放电次数 4800 次。

污染物源项：

本项目在运行过程中不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物。仅在准环对称仿星器装置放电时产生电离辐射，氢放电时，带电粒子加速运动产生的韧致辐射（即 X 射线），准环对称仿星器在 1T 工况下，单次放电产生的等离子体自身韧致辐射 X 射线（即软 X 射线）能量为 227J，产生的硬 X 射线能量为 19.6mJ；装置线圈系统通电后和加热系统运行时产生的电磁辐射。

装置在运行过程中不产生非放射性废气，非放射性废气主要为柴油发电机燃油废气和汽车尾气；非放射性废水和非放射性固体废物主要为装置水冷系统运行过程中产生的清净下水和水质处理系统更换的活性炭、过滤器芯、废树脂、废反渗透膜和废脱氧膜；检修和维护过程中更换的废部件和废电缆；UPS 电源更换产生的废铅酸电池；工作人员产生的生活污水和生活垃圾；真空泵、水泵和冷却塔、排烟风机等设备运行时产生的噪声。

8.2 辐射安全与防护

本项目中央实验大厅的建筑物屏蔽设计满足相关要求，并设置了场所设施、安全联锁、紧急停机装置、辐射监测等辐射安全与防护设施，配备了功能与数量满足要求的个人剂量与辐射环境监测设备。

本项目配置的辐射安全与防护设施满足《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关要求—磁约束聚变实验装置监督检查技术程序》和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》等相关标准规范的要求，是合理可行的。

8.3 环境影响分析

(1)辐射环境影响分析结论

①电离辐射

通过理论预测，本项目运行所致工作人员职业照射剂量最大为 $3.22 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/a}$ ，所致公众照射的有效剂量最大为 $1.90 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/a}$ ，满足 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 20mSv/a 的职业照射有效剂量基本限值和 1mSv/a 的公众照射有效剂量基本限值。也低于本次评价确定的 5mSv/a 的职业照射剂量约

束值和 0.1mSv/a 的公众照射剂量约束值。

②电磁辐射

本项目装置主机和加热系统均接地，接地电阻值参数 0.5 欧姆，能够有效减小电磁辐射的影响，在采取上述接地、使用强屏蔽作用的波导管、设备自身的防电磁辐射屏蔽金属壳体等防电磁辐射的措施的条件下，由于电磁场的趋肤效应，电磁场不能穿透屏蔽墙体，能有效屏蔽电磁波泄漏到周围环境中，对周围环境影响小。

(2) 非放环境影响分析结论

①非放射性废气

本项目运行期非放射性废气为柴油发电机燃料废气和汽车尾气。

发电机采用 0#柴油作为燃料，燃烧废气经自带的消烟除尘装置处理后，经烟道引至科研用房楼顶排放，且发电机使用频率极低，工作时间短，采取上述措施处理后对大气环境影响小；机动车尾气经扩散和植物吸附后，对区域大气环境产生污染影响小。

②非放射性废水

本项目运行期产生的清净下水和生活污水收集后排入市政污水管网，经市政污水管网进入天府新区第一污水处理厂处理后，最终排入鹿溪河。

本项目废水排放量小，产生的清净下水污染物少，清净下水和生活污水经城镇污水处理厂处理后对地表水环境影响甚微。

③噪声

本项目运行期间主要噪声源为真空系统真空泵、水冷系统水泵和冷却塔、生活用水水泵、风机、柴油发电机等动力设备。选择先进可靠的低噪声设备，除冷却塔外其余设备均处于室内，根据各噪声源的特性，采取基础减振、建筑隔声和消声等降噪措施后厂界噪声达标。

④固体废物

本项目UPS电源更换产生的废铅酸电池，现场不贮存，更换时直接交由有相应资质的单位回收处理；装置检修和维护过程中更换的废器件和废电缆，装置水冷系统中水质处理系统更换的活性炭、过滤器芯、废树脂、废反渗透膜和废脱氧膜为一般工业固体废物，由相应生产厂家或废品回收站回收处理；生活垃圾袋装收集后转入项目区设置的垃圾收集点，再由环卫部门清运至生活垃圾场卫生填埋。

综上，项目运行产生的非放射性废气、废水、噪声等均可实现达标排放，对项目所在区域的空气、水和声环境影响小；项目运行产生的非放射性固体废物均可得到妥善处理，对周围环境无影响。

8.4 辐射安全管理

西南交通大学设有辐射安全与环境保护管理机构——辐射安全与防护管理领导小组，负责全校所有辐射实践活动的辐射安全与环境保护工作。辐射安全与环境保护管理机构的设置满足要求。

本项目拟配置辐射工作人员 14 名，均为装置的运行维护工作人员。学校承诺新增辐射工作人员将组织安排培训，人员持证上岗。在此基础上本项目辐射工作人员的配置满足要求。

本项目已制定《辐射事故应急预案》，预案内容包括：相关机构及其职责、应急响应措施等，本项目辐射事故应急预案是可行的。

本项目设置了相应的辐射剂量监测手段并制定了相应的监测制度。工作人员个人剂量监测、工作场所的监测、非放射性污染物排放监测和环境监测按监测方案的内容、频次和要求进行监测，可满足本项目要求。

8.5 公众参与

西南交通大学根据国家生态环境部《中华人民共和国环境影响评价法》及《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号）等相关规定开展了公众参与调查。学校官网上就项目情况进行了第一次公示。形成公示本后，建设单位在学校官网上就项目情况进行了网上公示；同时在项目拟建场址及附近居民点就项目情况进行了现场公示；公示期间两次在《成都日报》上进行了媒体公示。公示期间，未收到任何反馈信息。因此，本项目符合公众愿望，项目实施可行。项目实施过程中，应按照环评有关预防、减缓、消除不利于环境影响的措施及建议进行，确保公众所关心的环境问题能得到妥善解决。

8.6 结论

本项目符合国家产业政策，符合当地城市建设与产业发展规划；综合考虑项目的经济、社会和环境等方面的利益与代价，实施本项目具有正当性；项目设计采取

的放射性污染防治措施和非放射性污染防治措施有效合理，可确保项目运行产生的各项污染物达标排放；项目建成后运行对公众和工作人员的辐射影响很小，满足评价标准要求，是可接受的；项目运行产生的非放射性废气、废水、噪声及固体废物等对周围环境影响很小。项目的建设在严格遵守国家有关法律法规要求、严格按照建设项目“三同时”制度要求、贯彻落实本环境影响报告书提出的各项环境保护措施和风险防范措施并加强管理的前提下，从环境保护角度而言是可行的。

8.7 建议和承诺

(1)在项目投运前完成对本项目辐射工作人员的辐射安全培训，并保持对工作人员进行安全生产和环境保护（包括辐射防护）方面的持续教育。

(2)在项目投运前完成辐射安全管理规章制度的新增及完善工作，并随国家辐射安全与环境保护方面法律法规的更新，及时组织修订各项辐射安全与防护管理制度。

(3)建设单位应按照生态环境部部令第 20 号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第四十二条之规定编写辐射防护安全与防护状况年度评估报告，于每年 1 月 31 日前报送辐射安全许可证发证机关。

8.8 项目竣工验收检查内容及要求

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）规定，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）规定，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

建设项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测报告。本项目竣工环保验收检查内容见表 8.8-1。

表 8.8-1 项目竣工验收检查表

类别	内容
场所设施	实体屏蔽：中央实验大厅四侧墙体 500mm 钢筋混凝土；屋顶为 200mm 厚钢筋混凝土板，其上覆盖 200mm 厚聚乙烯板；三扇 500mm 厚屏蔽门（中间为 460mm 钢筋混凝土+各面表层均为 20mm 厚不锈钢板包封）。
	辐射防护分区： 监督区：地面标识和入口处标牌 控制区：屏蔽防护门附近电离辐射警告标志
	中央实验大厅屏蔽防护门工作状态指示灯
	中央实验大厅门内外紧急开门按钮
	中央实验大厅内紧急停机按钮和声光报警装置
	中央实验大厅内清场巡查按钮
	视频监控系统、门禁系统、广播系统
	应急照明及紧急出口标志
监测设备	固定式辐射剂量监测仪、个人剂量报警仪、热释光个人剂量计、便携式 X-γ 辐射剂量率测量仪。
应急物资	火灾自动报警系统 1 套，易燃易爆探测系统 1 套，气体灭火系统以及若干手提式灭火器。
	消防水池 2 座，有效容积 666m ³ ，配套消防管网。
辐射相关管理制度	拟制定的相关管理制度： (1) 《辐射安全管理规定》 (2) 《场所分区管理规定》 (3) 《准环对称仿星器装置运行安全操作规程》 (4) 《电子回旋共振加热系统（ECRH）运行安全操作规程》 (5) 《电源系统运行安全操作规程》 (6) 《安全防护设施的维护与维修制度》 (7) 《监测方案》 (8) 《监测仪表使用与校验管理制度》 (9) 《辐射工作人员培训或考核制度》 (10) 《辐射工作人员个人剂量管理制度》 (11) 《辐射事故/事件应急预案》 (12) 《辐射安全与环境保护管理机构文件》 (13) 《辐射工作人员岗位职责》 (14) 《射线装置台帐管理制度》