

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆 (TMSR-LF1)

环境影响报告书

(建造阶段)

中国科学院上海应用物理研究所

二〇一九年五月

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆 (TMSR-LF1)

环境影响报告书

(建造阶段)

中国科学院上海应用物理研究所

法人代表：戴志敏

地址：上海市嘉定区嘉罗公路 2019 号

邮政编码：201800

密级：

图册（文件）编号	
1421-J00HYC01	
共 1册	第 1 册
版次：A	状态：CFC

2MWt液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）

工 程 号 1421

子项号或系统号 _____

子项或系统名称 _____

设 计 阶 段 初步设计

工 种 综合

图册（文件）名称 环境影响报告书（建造阶段）

图册（文件）序号 _____

批 准 毛蔚

中国核电工程有限公司
国环评证 甲 字第1053号
二〇一九年五月

编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆 (TMSR-LF1)
环境影响评价文件类型	环境影响报告书 (建造阶段)
一、建设单位情况	
建设单位 (签章)	中国科学院上海应用物理研究所
法定代表人或主要负责人 (签字)	戴志敏 
主管人员及联系电话	郭先伟 021-39194017
二、编制单位情况	
主持编制单位名称 (签章)	中国核电工程有限公司
社会信用代码	911100001000027329
法定代表人 (签字)	卢洪早 

编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆 (TMSR-LF1)		
环境影响评价文件类型	环境影响报告书 (建造阶段)		
三、编制人员情况			
编制主持人及联系电话	李廷君 010-88022817		
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书编号	签字	
李廷君	0006984 0000841 ZNPPE19-1612	李廷君	
2. 主要编制人员			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
李廷君	0006984	第一章	李廷君
朱 好	2017035110352013110715000928	第二章	朱好
韩 蕊	2017035110352016110714000413	第三章	韩蕊
毛亚蔚	0004411	第四章	毛亚蔚
刘继连	0011563	第五章	刘继连
郑 伟	0001050	第六章	郑伟
李 京	0006864	第六章	李京
薛 娜	00019558	第七章	薛娜
王 欣	0006857	第八章	王欣
林小凤	0009090	第九章	林小凤
四、参与编制单位和人员情况			
无			

目 录

第一章 概述

1.1 项目名称

1.1.1 项目名称与营运单位

1.1.2 建设性质和资金来源

1.2 建设规模和规划

1.3 建设目的

1.4 报告书的编制依据

1.5 评价标准及评价范围

1.5.1 辐射环境影响评价标准

1.5.2 非辐射环境影响评价标准

1.5.3 评价范围

1.6 环境影响报告书批复的落实情况

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.2 人口分布和居民食谱

2.2.1 评价区人口分布

2.2.2 厂址附近的重要居民点

2.2.3 居民的年龄构成和食谱

2.2.4 流动人口

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 工业、交通、军事和文化设施

2.3.2 居民点和农牧场

2.3.3 农副业生产及陆生资源概况

2.3.4 水产资源及水生态概况

2.4 气象

- 2.4.1 区域气候和当地的气象条件
- 2.4.2 联合频率
- 2.4.3 混合层高度及扩散参数
- 2.4.4 运行前的厂址气象观测
- 2.5 水文
 - 2.5.1 地表水
 - 2.5.2 地下水
 - 2.5.3 洪水
- 2.6 地形地貌
- 2.7 地质地震
 - 2.7.1 地质特征
 - 2.7.2 地震
- 第三章 环境质量现状**
 - 3.1 辐射环境质量现状
 - 3.1.1 辐射环境现状调查
 - 3.1.2 辐射环境质量评价
 - 3.2 非辐射环境质量现状
 - 3.2.1 大气环境质量现状调查与评价
 - 3.2.2 声环境质量现状调查与评价
 - 3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价
- 第四章 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）**
 - 4.1 厂区规划及平面布置
 - 4.1.1 厂区规划
 - 4.1.2 厂区平面布置
 - 4.1.3 排放口布置
 - 4.2 反应堆工程概况
 - 4.2.1 概述
 - 4.2.2 燃料元件
 - 4.2.4 安全系统
 - 4.3 实验系统

- 4.4 反应堆用水和排热系统
 - 4.4.1 供排水系统
 - 4.4.2 排热系统
- 4.5 送排风系统
- 4.6 供电系统
- 4.7 放射性废物系统和源项
 - 4.7.1 放射性贮量
 - 4.7.2 放射性废气系统和源项
 - 4.7.3 放射性废液系统和源项
 - 4.7.4 放射性固体废物系统和源项
 - 4.7.5 乏燃料贮存系统
- 4.8 化学物质排放
 - 4.8.1 化学污染物
 - 4.8.2 生活废物
 - 4.8.3 其它废物
- 4.9 放射性物质厂内运输
 - 4.9.1 燃料元件运输
 - 4.9.2 乏燃料厂内转运
- 4.10 退役考虑

第五章 反应堆施工建设过程的环境影响

- 5.1 土地利用
 - 5.1.1 施工建设对土地利用的影响
 - 5.1.2 施工建设占用土地情况
 - 5.1.3 施工活动对自然环境的影响
 - 5.1.4 施工活动对社会环境的影响
- 5.2 水的利用
- 5.3 施工影响的控制措施
 - 5.3.1 水土保持方案
 - 5.3.2 节水措施
 - 5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

5.3.4 施工扬尘的控制措施

5.3.5 施工噪声的控制措施

第六章 反应堆运行的环境影响

6.1 正常运行的辐射影响

6.1.1 流出物排放源项

6.1.2 照射途径

6.1.3 计算模式与参数

6.1.4 大气弥散

6.1.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.1.6 公众的最大个人剂量

6.1.7 非人类生物的辐射剂量

6.1.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

6.1.9 辐射影响评价

6.2 正常运行的非辐射影响

6.2.1 化学污染物的环境影响

6.2.2 生产废水和生活污水的影响

6.2.3 非放废气的环境影响

6.2.4 噪声的影响

6.2.5 固体废物的环境影响

第七章 反应堆事故的环境影响及环境风险

7.1 事故描述和事故源项

7.1.1 事故描述

7.1.2 事故源项

7.2 事故剂量估算和评价

7.2.1 事故大气弥散条件

7.2.2 事故剂量估算

7.2.3 事故剂量评价

7.3 燃料盐制备车间及放射性废液贮存设施泄漏事故

7.3.1 燃料盐制备车间泄漏事故

7.3.2 放射性废液贮存设施泄漏事故

7.4 场内运输事故及其它事故

7.4.1 新燃料运输事故

7.4.2 乏燃料运输事故

7.4.3 其他事故

第八章 流出物监测和环境监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.2 其它监测

8.2.1 生产废水和生活污水监测

8.2.2 气象观测

8.3 监测设施

8.3.1 固定式环境 γ 辐射监测仪

8.3.2 辐射监测实验室

8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.2 质量管理

第九章 结论

9.1 工程概述

9.2 环境保护设施

9.3 放射性排放

9.4 辐射环境影响评价结论

9.5 非辐射环境影响评价结论

9.6 承诺

第一章 概述

1.1 项目名称

1.1.1 项目名称与营运单位

1.1.2 建设性质和资金来源

1.2 建设规模和规划

1.3 建设目的

1.4 报告书的编制依据

1.4.1 厂址所在区域规划

1.4.2 遵循的主要法规、标准和导则以及专题报告

1.4.3 许可文件和批准文件

1.4.4 “三线一单”符合性

1.5 评价标准和评价范围

1.5.1 辐射环境影响评价标准

1.5.2 非辐射环境影响评价标准

1.5.3 评价范围

1.6 环境影响报告书批复的落实情况

表

表 1.2-1 钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验堆基地建设内容

表 1.5-1 本项目气载流出物设计年排放量(Bq/a)

1.1 项目名称

1.1.1 项目名称与营运单位

项目名称：2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）。

营运单位：中国科学院上海应用物理研究所。

中国科学院上海应用物理研究所于 1959 年 8 月正式成立，时称中国科学院上海理化研究所，2003 年 6 月经国家批准定为现名。拥有两大园区，分别坐落于上海市科技卫星城嘉定区和浦东张江高科技园区，占地面积共约 700 亩。该所是专业从事民用核技术科学研究的国立研究所，以光子科学、核科学技术及相关交叉学科研究为主，同时积极推进科研成果产业化。

上海应物所承担中国科学院战略性先导科技专项“未来先进核裂变能——钍基熔盐堆核能系统（TMSR）”，研究和相关核能科学与技术，打造 TMSR 全产业链，目标是成为拥有最先进、最完备实验设施和条件，以工业应用为目标的世界级钍基熔盐堆核能系统的研究中心。

中国科学院先进核能创新研究院是由中科院上海应用物理研究所牵头、多家中国科学院研究所参与的非法人独立研究机构。中国科学院先进核能创新研究院面向能源安全、促进节能减排以及“一带一路”等国家重大战略需求，研究和第四代裂变核能系统——钍基熔盐堆核能系统（TMSR）的相关科学与技术，打造世界级钍基熔盐堆核能系统（TMSR）研究中心。

1.1.2 建设性质和资金来源

本项目属于国家重大科技基础建设项目，为新建项目。

本项目属于科学研究项目，资金来源于国家各类财政支持。

本项目总投资暂定 7.7145 亿元，其中环保投资 4860 万元，占比 6.3%。

1.2 建设规模和规划

本项目所在钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验堆基地拟选址甘肃省武威市民勤红砂岗工业集聚区（以下简称“红砂岗厂址”）。红砂岗厂址隶属于甘肃省武威市民勤县，厂址坐落于民勤县城西北方位约 60km 处，与金昌市（厂址西南侧方位）的直线距离约 60km，与武威市（厂址东南侧方位）的直线距离约 120km，厂址处地理位置坐标为 N38° 57' 31"，E102° 36' 55"。

钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验基地规划建设 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）、10MWt 固态燃料熔盐实验堆（TMSR-SF1）、干法后处理中心及配套设施，

近期拟建设 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）及其相关的配套设施（见表 1.2-1）。本项目具体建设按照 2018 年年内基地破土动工、2020 年首次临界并满功率运行为目标推进工作。

1.3 建设目的

能源和资源的稳定供应是保障我国长期可持续发展的必要基础，核能是一种能量密度高、洁净、低碳的能源，是保障国家能源安全、促进节能减排的重要手段。我国的能源供应以化石能源为主，正面临着越来越严峻的能源需求持续增长和CO₂减排的双重压力，核能占能源比重远低于工业化国家，可以预计，未来几十年我国核能将大规模发展。

作为第四代反应堆的候选堆型之一，熔盐堆因为具有高固有安全性、核废料少、物理防止核扩散和更好的经济性等特点成为热点之一。除具备四代堆的优点外，熔盐堆可以使用我国丰富的钍作为核燃料，降低对于铀的对外依存度。因其以熔盐为冷却剂，还具有常压工作、无水冷却特性，可建于地下和干旱地区。熔盐堆输出温度为 700 度以上，可用于高温制氢、二氧化碳加氢制甲醇等高温热利用领域，对减少温室气体排放有重要意义。此外，熔盐堆适合于发展小型模块化堆技术，具有扩展核能多领域、多环境应用的极大潜力。

正是由于熔盐堆的优点，美国橡树岭国家实验室（ORNL）二十世纪七十年代建造了熔盐实验堆（MSRE）并运行了 4 年之久；MSRE 的成功运行证明了液态燃料钍基实验堆的可行性。我国上海应用物理研究所也曾在二十世纪六、七十年代进行过钍铀燃料循环和熔盐堆的研究；但由于材料限制，当时只建成了常温情况下的零功率实验装置。二十世纪七十年代后，由于众多因素的影响，国际上对于熔盐堆的研究终止。

近年来，钍铀燃料循环和熔盐堆研究重新成为先进核裂变能领域的热点。美国于 2011 年底重新启动了熔盐堆的研究计划，2015 年加大了支持力度，鼓励并支持企业直接参与研发工作。2016 年，美国南方电力、比尔盖兹的泰拉能源等公司与橡树岭国家实验室（ORNL）合作，在美国能源部支持下开展氯化物熔盐快堆研究。尤其值得一提的是，近年来印度尼西亚和马来西亚等具有丰富钍资源的东南亚国家将钍基熔盐堆作为其核能发展的重大战略首选，积极推进相关研究与产业化计划。

鉴于其适合我国“富钍贫铀”的国情（我国已查明的钍工业储量约为 28 万吨左右，仅次于居世界第一位的印度——约 34 万吨），在保障国家能源安全和促进节能减排方面具有重要意义，2011 年初，钍基熔盐堆核能系统（TMSR）成功入选中国科学院首批启动的 5 项战略性先导科技专项。2013 年钍基熔盐堆核能系统（TMSR）入选国家能源局“十二五”拟重点推进的 25 个“国家能源重大应用技术创新及工程示范专项”之一。近期，钍

基熔盐堆核能系统（TMSR）研发被列入《能源技术革命创新行动计划（2016-2030）》发改能源[2016]513号。

中国科学院先进核能创新研究院拟先期建设第四代核能系统的我国首个液态燃料钍基熔盐堆，实现钍基熔盐堆的系统集成以及验证，为模块化示范堆及大型商业堆的建设提供必要的技术、数据以及经验。同时通过实验堆及相关设施的建设，带动一大批涉及材料及高端装备制造技术的发展。

1.4 报告书的编制依据

1.4.1 厂址所在区域规划

1) 主要规划

- 《能源技术革命创新行动计划（2016-2030）》（发改能源[2016]513号）
- 《甘肃省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》（甘政发[2016]23号）
- 《甘肃省主体功能区规划》（2012年）
- 《甘肃省生态功能区划》（2004年）
- 《甘肃省生态保护与建设规划（2014-2020年）》（甘政办发[2015]36号）
- 《甘肃省建设国家生态安全屏障综合试验区“十三五”实施意见》（甘政办发[2016]131号）
- 《甘肃省“十三五”战略性新兴产业发展规划》（甘政办发[2016]124号）
- 《甘肃省推进绿色生态产业发展规划》（甘政发[2018]17号）
- 《民勤县城乡统筹总体规划（2015-2030年）》（2016.10）
- 《民勤县城乡统筹总体规划（2015-2030年）红沙岗镇分册》（2016.10）
- 《武威民勤红沙岗能源化工工业集中区总体规划》（2017.05）
- 《武威民勤红沙岗能源化工工业集中区控制性详细规划》（2017.05）
- 《民勤红沙岗加氢暨电石精细化工智慧产业园发展规划（2016-2030）》（2016.12）
- 《武威民勤红沙岗加氢精细化工产业园总体规划（2016-2030）》（2016.09）

2) 规划描述

本项目位于甘肃省武威市民勤县境内。

(1) 区域发展规划

- 《甘肃省“十三五”战略性新兴产业发展规划》（甘政办发[2016]124号）

该规划针对新能源提出：依托资源禀赋，结合发展需要，坚持稳增风光电装机，强化新能源消纳和转化利用，加大电力外送，稳步开发生物质能，有序发展核应用产业，不断提升新能源开发利用水平，推进新能源装备集成化发展。开展“互联网+智慧能源”行动，发展智能电网，促进新能源就地消纳，培育新能源关联产业，实现新能源优势资源有效转化。

- 《甘肃省推进绿色生态产业发展规划》（甘政发[2018]17号）

加宽发展核能产业。立足甘肃核能产业、清洁能源发展现状，紧扣能源强省战略，充分发挥钍、盐等关键原材料资源优势，加强与中科院上海分院应物所合作，以钍基熔盐堆核能系统项目为龙头，带动原材料、装备制造等上下游配套产业发展。加强熔盐储热、高温制氢等技术研发应用，促进核能技术与风光电产业、煤化工产业深度融合，形成新的经济增长极。

重点建设中科院核创院武威钍基熔盐堆核能系统实验基地、高温熔盐储能示范与应用推广项目、低碳新能源系统示范项目、钍基乏燃料盐干法批处理示范项目等重点项目。

（2） 环保相关区划、规划

- 《甘肃省主体功能区规划》（2012年）

根据该规划，本项目所在民勤县处于国家重点生态功能区——祁连山冰川与水源涵养生态功能区范围内。

- 《甘肃省生态功能区划》（2004年）

根据该规划，本项目所在区域属于内蒙古中西部干旱荒漠生态区，腾格里沙漠生态亚区，民勤绿洲农业及沙漠化控制生态功能区。

- 其他环境功能区划

依据《民勤红沙岗工业集聚区规划环境影响报告书》确定。

1.4.2 遵循的主要法规、标准和导则以及专题报告

1) 主要法规、条例

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015.01.01）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2016.09.01）
- 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003.10.01）
- 《中华人民共和国核安全法》（2018.01.01）
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2016.01.01）
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2018.01.01）

- 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（1997.03.01）
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016.11.7）
- 《中华人民共和国水土保持法》（2011.03.01）
- 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017.10.01）
- 《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令 562 号，2010.01.01）
- 《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号，2012.03.01）
- 《放射性废物安全监督管理规定》（HAF401，1997.11.05）
- 《中华人民共和国自然保护区条例》（国务院令第 687 号，2017.10.07）
- 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部第 44 号令，2017.10.01）
- 《关于切实加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发[2012]98 号）
- 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发[2012]77 号）
- 《研究堆安全分类（试行）》（国核安发[2013]165 号）
- 《研究堆设计安全规定》（HAF201，1995.10.01）
- 《研究堆运行安全规定》（HAF202，1995.10.01）
- 《放射性废物安全监督管理规定》（HAF401，1997.11.05）
- 《甘肃省环境保护条例》（1997.09.29）
- 《甘肃省辐射污染防治条例》（2015.01.01）
- 《甘肃省自然保护区管理条例》（1999.09.26）

2) 技术标准和导则

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）
- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-1989）
- 《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB11216-89）
- 《环境核辐射监测规定》（GB12379-1990）
- 《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）
- 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）
- 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）
- 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）
- 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）
- 《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）
- 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；

- 《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）；
 - 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）
 - 《声环境质量标准》（GB3096-2008）
 - 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）
 - 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
 - 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001，环境保护部公告 2013 年第 36 号修改单）
 - 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18957-2001，环境保护部公告 2013 年第 36 号修改单）
 - 《核设施环境保护管理导则 研究堆环境影响报告书的格式与内容》（HJ/T5.1-1993）
 - 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）
 - 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008）（2018 年 12 月 1 日前执行）
 - 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）（2018 年 12 月 1 日后执行）
 - 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）
 - 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）
 - 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）
 - 《研究堆应急计划和准备》（HAD002/06，1991.08.27）
 - 《研究堆安全分析报告的格式和内容》（HAD201/01）
 - 《研究堆厂址选择》（HAFJ0005，1992.04.06）
- 同时参考：
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）
 - 《核电厂厂址选择中的地震问题》（HAD101/01）
 - 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）
 - 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）
 - 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）
 - 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）
 - 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）
 - 《环境影响评价技术导则核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）

3) 专题报告

本项目针对厂址区域社会环境、气象条件、放射性本底等方面开展了专题研究，本报告主要依据以下专题成果编制：

— 国电环境保护研究院，《TMSR 先进核能实验基地选址项目可行性研究阶段环境资料调查报告》（2017.10）

— 苏州热工研究院有限公司，《TMSR 先进核能实验基地选址项目厂址环境辐射本底调查专题调查报告》（2017.10）

— 上海核工程研究设计院有限公司，《厂址气象资料调查与分析专题报告》（13FW043-02-气 KY-BG01，2017.10）

— 北京中气京诚环境科技有限公司，《TMSR 先进核能实验基地选址项目可行性研究阶段常规气象、极端气象调查专题报告》（2017.09）

— 中国地震局地质研究所，《TMSR 先进核能实验基地选址项目工程场地地震安全性评价报告》（2017.11）

— 国核电力规划设计研究院有限公司，《TMSR 先进核能实验基地选址项目可行性研究岩土工程勘察总报告》（2017.11）

1.4.3 许可文件和批准文件

— 中国科学院，《中国科学院关于同意钍基熔盐堆核能系统先导专项 2MWt 钍基熔盐实验堆实施方案的函》（科发函字[2017]552 号）

— 甘肃省发展和改革委员会，《甘肃省发展和改革委员会关于开展钍基熔盐堆核能系统实验平台项目前期工作的函》（甘发改产业[2017]1002 号）。

— 武威市人民政府，《武威市人民政府关于请求将民勤红砂岗工业集聚区确定为钍基熔盐堆核能系统战略性先导科技专项项目场址的函》（武政函[2017]28 号）。

— 民勤县人民政府，《民勤县人民政府关于确定钍基熔盐堆核能系统（TMSR）项目场址的函》（民政函发[2017]330 号）。

— 国家核安全局，《关于钍基熔盐实验堆以 II 类研究堆开展前期工作有关问题的复函》（国核安函[2015]128 号）。

— 民勤县文化体育广播影视局，《民勤县文化体育广播影视局关于 TMSR（热）基地选址属非文物保护区的复函》（民文广函发[2017]11 号），判定本项目实施范围内无田野文物遗存。

— 甘肃民勤连古城国家级自然保护区管理局，《甘肃民勤远古城国家级自然保护区管理局关于中科院 TMSR 项目征求选址意见的复函》（甘民连函字[2017]93 号），判定本项目建设区域范围不在保护区范围内。

— 武威市环境保护局，《关于民勤县红沙岗工业集聚区规划环境影响报告书的审查意见》（武市环开发[2012]134 号）。

— 甘肃水务民勤供水有限责任公司，《甘肃水务民勤供水有限责任公司关于红砂岗镇生活污水处理厂污水排入标准情况说明的函》（甘水务民勤发（函）[2017]3 号）。

— 关于 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆环境影响报告书（选址阶段）的批复。

— 关于委托中国核电工程有限公司开展《2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆环境影响报告书（建造阶段）》编制工作的函（2018.8.6）

1.4.4 “三线一单”符合性

根据《关于印发<“十三五”环境影响评价改革实施方案>的通知》（环评[2016]95 号）的要求，需要“在项目环评中建立‘三线一单’约束机制，强化准入管理”，其中“三线一单”是指生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单。对于生态保护红线，应按照中共中央办公厅及国务院办公厅印发的《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》执行。

甘肃省已发布了《甘肃省建设国家生态安全屏障综合试验区“十三五”实施意见》（甘政办发[2016]131 号），目前正在根据要求进行甘肃省“三线一单”的划定工作，本项目位于甘肃省武威市民勤红砂岗工业集聚区，预计本项目不位于生态红线内；根据《产业结构调整指导目录》（2011 年本，2013 年修订）中“六、核能”的“2 先进核反应堆建造与技术开发”，本项目属于鼓励类项目，预计不会列入甘肃省环境准入负面清单；根据环境现状调查结果（参见第三章），本项目周边区域的环境质量基本满足各自的区划要求，本项目的建设运行特点及环境影响预测结果（参见第六章）也表明其不会对当地环境质量产生较大影响。因此预计本项目可以满足甘肃省“三线一单”管理要求。

1.5 评价标准和评价范围

1.5.1 辐射环境影响评价标准

1) 运行状态的剂量约束值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对剂量限值及剂量约束值的规定并结合参考《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）6.1 条款规定的核动力厂正常运行期间的剂量约束值，本次环境影响评价确定 2MWt 液态燃料钍基熔盐

实验堆所在钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验堆基地所有核设施向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量将小于 0.1mSv/a。

2) 事故状态下的剂量控制值

现阶段初步参照《TMSR-LF1 安全审评原则（草稿）》规定：对于设计基准事故和选定的超设计基准事故，厂区边界全身 24 小时累积剂量不超过 3.75 mSv，整个事故期间厂房边界全身累积剂量不超过 10mSv。

3) 气载流出物的设计排放量

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆在运行状态下气载流出物的设计排放量见表 1.5-1。

1.5.2 非辐射环境影响评价标准

1) 大气

环境空气质量：依据《民勤红沙岗工业集聚区规划环境影响报告书》，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

大气污染物排放：施工期大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的无组织排放监控浓度限值标准，运行期大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准。

2) 污废水

施工期生活污水排放执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962—2015）。运行期一部分生活污水处理后回用，执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级A标准及《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920—2002）中车辆冲洗标准，其余生活污水排放执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962—2015）。

施工期生产废水排放执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962—2015）B 级标准。

其余非放射性生产废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准。

3) 噪声

声环境质量：依据《民勤红沙岗工业集聚区规划环境影响报告书》，声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的3 类标准：昼间65dB（A）、夜间55dB（A）。

噪声排放：施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）：昼间70dB(A)、夜间 55dB(A)，运行期厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的3 类标准：昼间65dB(A)、夜间55dB(A)。

4) 固体废物

本项目建设和运行期间，危险废物处置执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18957-2001，环境保护部公告2013年第36号修改单），一般工业废物处置执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001，环境保护部公告2013年第36号修改单）。

1.5.3 评价范围

1) 辐射环境影响评价范围

辐射环境影响评价的评价范围为以基地为中心，半径 10km 的区域。

2) 非放射性环境影响评价范围

(1) 大气环境

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2008）第 5.3.2 节确定大气的评价等级。选择氟化氢（HF）作为主要污染物，计算其最大地面浓度占标率 P_{max} 及其地面浓度达标准限值 10%时所对应的最远距离 $D_{10\%}$ 。最大地面浓度采用估算模式计算，考虑实验堆产生的化学废气HF经处理后通过实验堆所在厂房顶部的烟囱排放，排放速率为 0.17kg/h，烟囱高度为 25.3m，出口内径为 1.4m，排放速度为 10m/s，邻近建筑物高度低于 22m，环境空气质量标准GB3095 附录中氟化物 1 小时平均取样时间的二级标准浓度限值 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，计算得到 $P_{max}=7.92\%$ ， $D_{10\%}=313\text{m}$ ，因此本项目大气评价等级为三级。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2008）第 5.4 节确定大气的评价范围，由于 $D_{10\%}=313\text{m}<5\text{km}$ ，因此本项目大气评价范围为以排放源为中心点，以 5km为边长的矩形。

(2) 声环境

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）规定，本项目所处声环境功能区为 3 类地区，确定本项目声环境影响评价工作等级为三级，评价范围为拟征地边界外 1m。

1.6 环境影响报告书批复的落实情况

2018 年 11 月 28 日，生态环境部《关于 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆环境影响报告书（选址阶段）的批复》（环审【2018】121 号）要求在项目下一阶段应重点做好的环境保护工作如下：

(1) 进一步优化公众剂量约束值和流出物年排放量控制值。

本项目的公众剂量约束值优化为 0.1mSv/a，详见第六章。

(2) 从放射性废物的来源、特性及活度浓度等方面进一步开展研究工作，确定产生

量，优化处理工艺，做到放射性废物最小化。

对产生中放废液的燃料盐分析工艺进行了优化（详见报告书第 4.7 节）。

（3）未来如需开展钍材料的应用，应重新进行分析评价工作。

现阶段无开展钍材料应用的计划，后续如开展将重新进行分析评价工作。

（4）按照法规要求做好公众参与工作。

现阶段已按照《环境影响评价公众参与办法》开展公众参与工作，并完成了公众参与第一次和第二次公示工作，后续将继续按照法规要求做好公众参与工作。

表 1.2-1 钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验堆基地建设内容

近期建设子项一览表

序号	子项代号	建、构筑物名称
1	LF1	主体装置厂房
2	02	放射性废物处理中心
3	03	综合实验大厅
4	04	学术活动中心
5	05	试剂仓库
6	06	消防水泵房
7	07	园区综合服务中心
8	10	净水站
9	11	中水生产站
10	室外工程	控制区出入口
11		保护区出入口
12		保卫控制中心

规划建设子项一览表

功能区	子项
TMSR 实验区	10MW 固态堆厂房
	排风中心
	原料库房
技术研发区	综合技术楼
	熔盐制备研发实验楼
	辐照技术研发平台
	环境监测中心
	氢气站
配套设施区	倒班宿舍
	总配电站

表 1.5-1 本项目气载流出物设计年排放量(Bq/a)

核素	排放量
总惰性气体	9.18E+12
总气载碘	7.35E+07
粒子（半衰期 $\geq 8d$ ）	1.15E+09
C-14	5.88E+07
H-3	1.44E+14

第二章厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.2 人口分布与居民食谱

2.2.1 评价区人口分布

2.2.2 厂址附近的重要居民点

2.2.3 居民的年龄构成及食谱

2.2.4 流动人口

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 工业、交通、军事和文化设施

2.3.2 居民点和农牧场

2.3.3 农副业生产及陆生资源概况

2.3.4 水产资源及生态概况

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.3 当地气象条件

2.4.4 大气稳定度

2.4.5 联合频率

2.4.6 混合层高度及扩散参数

2.4.7 运行前的厂址气象观测

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.6 地形地貌

2.7 地质地震

2.7.1 地质特征

2.7.2 地震

表

- 表 2.2-1 厂址半径 50km 范围内各子区人口数（2015 年）
- 表 2.2-2 厂址半径 50km 范围内人口分布（0~1 岁（2015 年）
- 表 2.2-3 厂址半径 50km 范围内人口分布（1~6 岁（2015 年）
- 表 2.2-4 厂址半径 50km 范围内人口分布（7~17 岁（2015 年）
- 表 2.2-5 厂址半径 50km 范围内人口分布（≥18 岁（2015 年）
- 表 2.2-6 民勤县近年的人口自然增长率
- 表 2.2-7 民勤县预期人口增长率
- 表 2.2-8 厂址半径 50km 范围内各子区预期人口数（2020 年）
- 表 2.2-9 厂址半径 50km 范围内各子区预期人口数（2030 年）
- 表 2.2-10 厂址半径 15km 范围内重要居民点（2015 年）
- 表 2.2-11 厂址所在区域居民食物消费量（普通居民）
- 表 2.3-1 厂址半径 15km 范围内主要工业企业情况表（2015 年）
- 表 2.3-2 厂址半径 15km 范围内油、气等危险品仓储设施情况简表（2015 年）
- 表 2.3-3 厂址半径 15km 各个方位距离最近的居民点和农牧场
- 表 2.4-1 厂址周边气象站基本信息
- 表 2.4-2 1953~2016 年民勤站累年各月风速
- 表 2.4-3 1953~2016 年民勤站累年各季的风频
- 表 2.4-4 1953~2016 年民勤站累年各月温度
- 表 2.4-5 1953~2016 年民勤站累年各月相对湿度与水汽压
- 表 2.4-6 1953~2016 年民勤站累年各月降水情况
- 表 2.4-7 1953~2016 年民勤站累年各月平均气压
- 表 2.4-8 1953~2016 年民勤站累年各月平均日照时数
- 表 2.4-9 1953~2016 年民勤站累年各月平均蒸发量
- 表 2.4-10 厂址半径 100km 范围内的龙卷风资料
- 表 2.4-11 厂址周边各站最大风速的耿贝尔分布估计
- 表 2.4-12 厂址周边各站极端温度的耿贝尔分布估计
- 表 2.4-13 民勤气象站极端积雪和 48h 降水的极值拟合
- 表 2.4-14 厂址周边各站累年各月及年最多沙尘暴日数
- 表 2.4-15 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度三维联合频率

表 2.4-16（1/4） 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率（有雨）

表 2.4-16（2/4） 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率（有雨）

表 2.4-16（3/4） 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率（无雨）

表 2.4-16（4/4） 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率（无雨）

表 2.4-17 我国各地区混合层系数值

表 2.4-18 混合层高度推荐值

表 2.4-19 P-G大气扩散参数

图

图 2.1-1 厂址地理位置图

图 2.1-2 厂址边界图

图 2.2-1 厂址半径 50km 范围内各子区人口分布图（2015 年）

图 2.2-2 厂址半径 50km重要城镇分布图

图 2.2-3 厂址半径 15km范围内重要居民点分布图

图 2.3-1 厂址半径 5km 交通现状示意图

图 2.3-2 厂址与甘肃民勤连古城国家级自然保护区的位置关系示意图

图 2.4-1 厂址地理位置及周边气象站（圆圈半径为 80km）

图 2.4-2 民勤站全年及各月风频玫瑰图

图 2.4-3 龙卷风的调查范围

图 2.4-4 民勤站最大风速耿贝尔拟合图

图 2.4-5 民勤站极大风速耿贝尔拟合图

图 2.4-6 雅布赖站极端最高温度耿贝尔拟合图

图 2.4-7 雅布赖站极端最低温度耿贝尔拟合图

图 2.4-8 民勤和雅布赖站各月平均出现沙尘暴的日数

图 2.4-9 民勤和雅布赖气象站沙尘暴逐年变化趋势

图 2.4-10 红砂岗站 10m高度全年风玫瑰图

图 2.5-1 水文地质柱状图

图 2.6-1 厂址地形地貌图

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

厂址坐落于甘肃省武威市民勤县红砂岗工业集聚区（以下简称“园区”），位于民勤县城西北方位约 60km 处，厂址西南距金昌市直线距离约 60km，厂址东南距武威市直线距离约 120km，厂址处地理位置坐标为北纬 38°57'31"，东经 102°36'55"。

厂址地理位置见图 2.1-1。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.1.2.1 厂址边界

厂址位于园区东北部，南侧紧邻纬七路、东侧紧邻东环路。规划用地范围东西向长约 694m，南北向长度约 961m，总用地面积约为 66.67hm²。本工程厂址边界即为用地红线边界。用地红线四角坐标（采用 1980 西安坐标系）分别为（X=4314321.967，Y=552590.978）、（X=4314321.967，Y=553284.810）、（X=4313360.953，Y=553284.810）、（X=4313360.953，Y=552590.978）。

厂址边界见图 2.1-2。

2.1.2.2 非居住区和规划限制区

由于没有针对研究堆非居住区和规划限制区范围的规定，参考《研究堆安全分类（试行）》中关于 II 类研究堆的要求和《研究堆应急计划和准备》中对于研究堆应急状态的规定，本工程选址假想事故工况下，事故工况期间厂址边界个人通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量小于 10mSv，因此本工程以厂址边界作为非居住区。

根据 TMSR-LF1 选址阶段两评报告讨论会中《TMSR-LF1 环境影响评价原则讨论会会议纪要》内容：TMSR-LF1 为 II 类研究堆，具有较高的固有安全性，建议评价范围 10 公里，公众调查范围 2 公里，并可单独设置规划限制区。

2.2 人口分布与居民食谱

本节内容参考国电环境保护研究院于 2017 年 10 月完成的《TMSR 先进核能实验基地选址项目环境资料调查报告》进行编制。

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆厂址半径 50km 范围内涉及甘肃省武威市（包括民勤县的红砂岗镇、昌宁镇、大坝镇、薛百镇）、金昌市（包括双湾镇）以及内蒙古阿拉善右旗。厂址半径 50km 范围内的人口统计数据来源于厂址半径 50km 范围有关市（县）各级政府 2015 年国民经济统计年报以及当地派出所提供的统计资料。本节人口分布资料的调查中心地理位置坐标为 N38°57'31"、E102°36'55"。

2.2.1 评价区人口分布

厂址半径 50km 范围内的人口分布是根据调查获得的人口数据，以厂址中心划分半径为 1、2、3、5、10、15、20、30、40、50km 的同心圆，轴向的罗盘方位为扇形区中心线，划分为 16 个方位，共 160 个子区。

厂址半径 50km 范围内截止到 2015 年底的常住总人口数为 39908 人，各子区的人口分布详见表 2.2-1 和图 2.2-1。厂址半径 50km 范围内 2015 年平均人口密度为 5 人/km²，低于甘肃省同期平均人口密度 57 人/km²。根据民勤县人口年龄构成，计算得到厂址半径 50km 范围内 2015 年度各子区各年龄组的人口分布情况见表 2.2-2~表 2.2-5。

本项目计划于 2020 年正式运行，设计寿期为 10 年。厂址半径 50km 范围大部分位于民勤县内且厂址半径 50km 范围内重要居民点大坝镇位于民勤县内，因此采用民勤县预期增长率数据对厂址半径 50km 进行人口预测。厂址所在民勤县近年的人口自然增长率如表 2.2-6 所示。由表可见民勤县 2016 年人口自然增长率为 3.67%，民勤县近年人口自然增长率数据属于较保守的高增长率，在缺少 2017 年和 2018 年增长率数据的情况下，采用 2016 年实际人口增长率数据预测至 2019 年的人口。民勤县 2020 年之后每隔 10 年人口预期增长率见表 2.2-7。

以 2015 年底人口数据为基础，预测人口采用指数增长公式计算：

$$N=N_0 e^{rt}$$

式中：N：预期人口数（人）；

N_0 ：现有人口数（人）；

r：预期年平均人口增长率（‰）；

t：N与 N_0 之间的时间间隔（年）。

由此计算得到的厂址半径 50km 范围内的 2020 年和 2030 年预期人口分布见表 2.2-8 和表 2.2-9。由表可见，2020 年和 2030 年的人口数分别为 40875 人和 43199 人。

厂址半径 50km 范围内涉及甘肃省武威市（包括民勤县的红砂岗镇、昌宁镇、大坝镇、薛百镇）、金昌市（包括双湾镇）以及内蒙古阿拉善右旗。厂址半径 50km 范围内没有万人以上城镇，仅有 2 个千人以上村镇。其中，最大的村镇在厂址 SSW、SW 方位约 43.8km 处的金昌市金川区双湾镇，2015 年底有人口 1890 人；其次为厂址 SE 方位约 38.7km 处的武威市民勤县大坝镇，2015 年底有人口 1328 人。

距厂址最近及最大的万人以上城镇为位于厂址 SSW、SW 方位约 53km 处的金昌市金川区城区，2015 年底有人口 15.76 万人。其次为位于厂址 SE 方位约 54km 处的武威市

民勤县，2015 年底有人口 6.9 万人。厂址半径 50km 范围重要城镇见图 2.2-2。

2.2.2 厂址附近的重要居民点

厂址半径 15km 范围内仅有 3 个行政村，分别为位于厂址 W 方位约 12.6km 处的武威市民勤县红砂岗村，2015 年底有人口 182 人；位于厂址 W 方位约 12.6km 处的武威市民勤县红砂岗镇管委会，2015 年底有人口 26 人，均为管委会工作人员；位于厂址 W 方位约 13.1km 处的武威市民勤县花儿园村（新村），2015 年底有人口 124 人。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

厂址半径 15km 范围内重要居民点分布见表 2.2-10 和图 2.2-3。

厂址 5km 范围内无固定的居民点。

2.2.3 居民的年龄构成及食谱

根据民勤县卫计局提供的资料，2015 年民勤县人口年龄构成为：≤1 岁 占 0.3%；1~6 岁：占 3.48%；7~17 岁：占 8.55%；18 岁以上：占 87.67%。按上述年龄组构成比例，计算得到厂址半径 50km 范围内 2015 年度各子区各年龄组的人口分布情况见表 2.2-2~表 2.2-5。

厂址半径 50km 范围内各年龄组居民的食物消费量见表 2.2-11。

调查数据表明，厂址附近居民消费的主食以面粉（小麦）和大米为主，副食为蔬菜、肉类、鸡蛋和水果，品种不丰富。肉类主要有羊肉、牛肉、猪肉、鸡，蔬菜中果实类和根茎类较绿叶类更多，水果主要是常见的苹果、香蕉、瓜类等，牛奶和奶制品有很少量消费，几乎不消费鱼类和水产品。由于当地自然条件限制，本地物产不丰富，90%以上的食物来源由邻近的大型镇区、县城购买，本地自产自销的占比很小。

据调查，距离厂址最近的红砂岗镇居民中，大部分为汉族居民，少数为回民，没有游牧民族。除不食用猪肉外，回族人员与汉族人员的食物组成没有明显差异。

2.2.4 流动人口

厂址半径 5km 范围内无暂住人口，流动人口则主要为红砂岗工业集聚区企业的工人。2016 年度红砂岗工业集聚区流入人口 1100 人。厂址 5km 半径范围内无流出人口。

流入人口主要聚集居住区在红砂岗镇镇区。红砂岗工业集聚区现有工业企业内均无职工宿舍等居住设施，企业公租房位于红砂岗镇区内；红砂岗镇管委会（即民勤县红砂岗工业集聚区管委会）属于民勤县政府派出机构，其办公驻地也位于红砂岗镇区内，驻地内仅有当班工作人员。红砂岗镇政府在镇区内建有移民安置小区 1 处，为红砂岗镇花儿院社区，位于厂址 W 方位 13.6km 处，2015 年尚无人居住，2017 年年初陆续有集聚区企业人员入住，截止 2017 年 10 月共有约 426 人。红砂岗工业集聚区内无常住人口，区内均无职工宿

舍等居住设施，不存在人口机械增长。

2.3 土地利用及资源概况

本节内容参考国电环境保护研究院于 2017 年 10 月完成的《TMSR 先进核能实验基地选址项目环境资料调查报告》进行编制。

2.3.1 工业、交通、军事和文化设施

2.3.1.1 工业设施

厂址半径 5km 范围内涉及 1 处工业园区——民勤县红砂岗工业集聚区，厂址附近工矿企业大多集中在该工业园区内，本项目也位于该工业园区内。

厂址半径 5km 内工业企业共有 9 家，均为化工企业，最近的为厂址 WSW 方位约 2.7km 处的武威金仓生物科技有限公司。

厂址半径 5km 范围内主要工矿企业情况详见表 2.3-1。

厂址半径 5km 范围内无矿产资源，厂址不存在压覆矿现象。

厂址半径 5km 内无天然气管线。

厂址半径 5km 范围内油、气等危险品仓储设施情况见表 2.3-2。距厂址最近的为位于厂址 SW 方位约 3.5km 处的武威杰达科技有限公司，该公司丙烯腈、乙醇、甲苯贮存量均为 80m³，单罐贮存量也均为 80m³，同时也是厂址附近单罐储量最大的危险化学品。对于上述易燃危险品，按照核安全导则 HAD101/04 附录 III 中对于过冷液化气罐破裂后，单一喷放浓度高于点燃极限值距离的计算公式，据计算，上述易燃液体均不会对核电厂安全构成潜在危险。

厂址半径 5km 范围内的有毒有害危险品为 SW 方位 4.2km 处武威广达科技有限公司内 50m³ 液氨储罐和 SW 方位约 3.2km 处的武威杰达科技有限公司的 80m³ 丙烯腈储罐，经过高斯扩散模型和 SLAB 模型计算分析，有毒有害危险品不会对本项目运行和安全造成较大不利影响。

厂址半径 5km 范围内的移动危险源主要为运送危险化学品的运输车辆。危险化学品运输车辆行驶路线距厂址最近距离为 2.6km，单次运输量不超过 5t。根据分析计算，厂址附近的移动危险源不会对本项目的安全运行构成潜在威胁。

综上，厂址附近的危险品储存设施不会影响厂址安全。

2.3.1.2 交通

厂址半径 5km 范围内的公路涉及两条县道：X500 县道（原 X163 县道 和 X508 县道，X500 县道（原 X163 县道）：民勤县城至红砂岗镇公路，距离厂址 NE 方位约 3.4km；X508

县道：红砂岗镇至红崖山水库公路，距离厂址 W 方位约 1.3km，目前正在建设中。

厂址半径 5km 范围内的铁路为金（昌）阿（拉善右旗）铁路红（沙岗）金（昌）段。金阿铁路红金段是内蒙古太西煤集团专用铁路，为红砂岗矿区总体规划中铁路交通基础设施配套项目，主要服务于红砂岗矿区开发利用。铁路距离厂址 NW 方位约 3.6km。

厂址半径 5km 内的交通现状见图 2.3-1。

厂址半径 16km 范围内无民用机场，厂址半径 4km 范围内无民用飞机航线通过。距厂址最近的民航机场为金昌金川机场，位于厂址 SSW 方位约 50km 处。

根据《民勤县“十三五”综合交通运输发展规划》，在民勤县规划新建民勤通用机场项目，机场等级为一类机场，主要服务于低空旅游、农业作业、森林管护、灾害监测、应急救援等领域。该规划中，民勤通用机场选址尚不明确。

2.3.1.3 文化设施

厂址半径 5km 范围内无监狱、学校、医院和养老院。

厂址半径 5km 范围内无省级以上文物保护单位、风景名胜区。

厂址半径 5km 范围涉及 1 处国家级自然保护区，即甘肃民勤连古城国家级自然保护区。该保护区的核心区、缓冲区、实验区均不连续分布，各块核心区中距厂址最近处位于 NNE 方位约 6.5km，各块缓冲区中距厂址最近处位于 NNE 方位约 3km，各块实验区中距厂址最近处位于 ESE 方位约 22.5km。厂址与保护区的相对位置关系图见图 2.3-2。

2.3.2 居民点和农牧场

距厂址最近的居民点是位于厂址 W 方位约 12.6km 处的武威市民勤县红砂岗村和红砂岗镇管委会，2015 年常住人口分别为 182 人和 26 人。

厂址各个方位距离最近的居民点列于表 2.3-3。

厂址半径 15km 范围内距离最近的养殖场为厂址 WSW 方位约 12km 处的红砂岗镇东部养殖园区，园区内现有 12 家畜禽养殖场。该养殖园区也是 15km 范围内唯一养殖园区。

厂址半径 15km 范围内无菜田、农田、奶牛场。

厂址各方位距离最近的农田、蔬菜基地和养殖场见表 2.3-3。

2.3.3 农副业生产及陆生资源概况

2.3.3.1 农副业生产

厂址半径 15km 范围内仅有红砂岗镇东部养殖园区，园区内现有 12 家畜禽养殖场。

厂址周围地区涉及民勤县。民勤县 2016 年度农业用地总面积为 59537ha。至 2016 年底，全县累计建成日光温室 2933ha、养殖暖棚 6333ha，发展特色林果业 33133ha；主要畜

禽饲养量达到 485.33 万头只（牛 1.98 万头、羊 203 万只、猪 14.35 万头、鸡 266 万只），出栏量达到 193.78 万头只（牛 0.78 万头、羊 80 万只、猪 7 万头、鸡 106 万只）；累计发展各类农民合作组织 2464 家，筛选认定家庭农场 182 个。

2.3.3.2 陆生资源概况

厂址周边区域地貌类型主要为戈壁滩（砾漠），无森林、草场分布。

厂址半径 15km 范围不涉及农业种植及林业。

厂址所在民勤县地处三面环沙，隔离条件好、环境污染少、病虫危害轻、光照充足、日较差大，具有发展天然绿色农业得天独厚的自然条件。民勤县大力调整优化农业内部结构，持续发展以日光温室、暖棚养殖为主的设施农牧业和以酿造葡萄、红枣、枸杞为主的特色林果业，积极推行农业标准化生产，加快出口农产品基地建设，着力打造民勤特色优质农产品品牌，已稳定形成了以番茄、西甜瓜、人参果、辣椒、小乳瓜、沙葱等为主的温室瓜菜产业，以肉羊等为主的暖棚养殖业，以酿酒葡萄、红枣、枸杞为主的特色林果业，以梭梭接种肉苁蓉、白刺接种锁阳等为主的沙产业，以及以甜瓜、辣椒、食葵、籽用葫芦、茴香等为主的大田高效节水种植业等特色优势产业。

2.3.4 水产资源及生态概况

厂址半径 15km 范围内无地表水系分布，因此不存在水产资源及水生态。

2.4 气象

本节报告编制参考的报告如下：

1) 《TMSR 先进核能实验基地选址项目可行性研究阶段常规气象、极端气象调查专题报告》，北京中气京诚环境科技有限公司，2017 年 9 月；

2) 《TMSR 先进核能实验基地选址项目厂址气象资料调查与分析专题报告专题报告》，上海核工程研究设计院，2017 年 10 月。

2.4.1 区域气候

厂址区域属于温带大陆性干旱气候，东、西、北三面被腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠包围，大陆性沙漠气候特征明显，冬冷夏热、降水稀少、光照充足、昼夜温差大，灾害天气主要有干旱、冰雹、暴雨、沙尘暴、霜冻等。

厂址位置处在极地高压、副热带高压和青藏高压（或南亚高压）之间的相对低压带内，大气环流的槽、脊及高低压系统活动频繁，冷空气活跃，季节变化明显。

冬季环流特征：对流层下层蒙古高压-西伯利亚高压处于强盛时期，厂址位于高压的底部或偏西南部。高空新疆脊强盛，受其影响天气晴好干冷，空气干燥，降水稀少，当脊前冷空气东移入侵时常有西北大风并伴随降温。

春季环流特征：地面得到的太阳辐射能增加，陆面升温较快，蒙古高压势力减弱并逐渐北移。高空西风环流强度减弱，新疆脊强度减弱东移，地面西伯利亚冷空气随高空气流向东南移动。受祁连山地形阻挡，冷空气堆积加强而易于形成冷锋，当强冷锋过境时就造成降温、大风、扬沙、沙尘暴等天气。春季气温回升较快，降水较之冬季虽有增加，但仍然偏少。

夏季环流特征：环流形势发生了根本变化。蒙古高压进一步减弱甚至消失，高空新疆脊强度减弱西退，西风急流北退，锋区明显减弱北移。由于气压梯度较小，地面风速低于冬、春季。受东亚季风和高原季风的影响，本区高空盛行西南气流，当暖湿空气与西北到来的冷空气相遇时即可形成降水。夏季是当地降水集中的时期，夏季降水占年降水量的60%左右，偶尔也会出现暴雨。

秋季环流特征：大气环流形势为夏季到冬季的过渡型。秋季环流形势的变化较快，西太平洋高压脊明显南移收缩，对流层下层蒙古高压开始建立。高空环流形势也发生了相应变化，东亚槽西移并加深，新疆脊强度逐渐加强，北风分量加大，为小股冷空气南下提供较好的高空条件。秋季地面降温迅速，地面风速逐步加大，降水减少。

作为常规气象、极端气象参数资料收集的厂址周边气象站主要有：民勤、雅布赖和红砂岗三个气象站。各气象站的地理位置和基本状况见图 2.4-1 和表 2.4-1。

民勤站为国家基准站，始建于 1953 年 1 月 1 日，无迁站记录。现址位于民勤县三雷镇北大街，使用 64 年。目前观测场地周围 5km 以内为居民区和农田，20km 范围内以农田为主，东方 5km 外为沙漠。该站每天定时（02、08、14、20 时）四次观测，夜间守班；2005 年自动气象站单轨运行。

雅布赖站为一般站，始建于 1956 年 12 月 1 日，历史上曾两次迁站。最近一次迁站是 2007 年 1 月 1 日。现址位于阿拉善盟阿拉善右旗雅布赖镇，使用 10 年。目前观测场地东方 500m 外是盐湖，西、北两面紧邻厂区和居民区，向北 10km 左右是雅布赖山；其他方向上 5km 以内是林区为主，10km 之外主要是戈壁、沙漠。该站每天定时（08、14、20 时）三次观测，2009 年自动气象站单轨运行。

红砂岗站为区域站，2007 年 2 月 1 日启用，无迁站记录。现址位于厂址以西约 14km 处，周边地形平坦。该站自运行起即为自动气象站。

根据北京中气京诚环境科技有限公司 2017 年 9 月完成的《TMSR 先进核能实验基地选址项目可行性研究阶段常规气象、极端气象调查专题报告》，红砂岗气象站距离厂址约 14km，和厂址最为接近，两者地形也一致，虽然其建站时间较短，但资料的可靠性高，因此目前可暂作为厂址气象站来使用。

根据民勤、雅布赖和红砂岗站三个气象站的多年气象要素统计资料，厂址区域年平均气温为 8.5~10.0℃，极端最高气温为 44.2℃（雅布赖站），极端最低气温为-32.6℃（雅布赖站）；年平均气压为 863.7~876.8hPa；年平均相对湿度为 37~45%；年平均风速为 2.7~3.8m/s，最大风速为 23.0m/s（民勤站），极大风速为 28.5m/s（民勤站）；年平均水汽压为 5.8hPa；年平均日照时数为 3099.3~3160.1h；年平均降雨量为 85.1~114.6mm，一日最大降雨量为 82.3mm（雅布赖站）；年平均蒸发量为 2477.1~3219.7mm，一日最大蒸发量为 41.2mm。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

对 2016 年一整年红砂岗站与民勤、雅布赖站的同步观测的气象要素进行三性分析，结果表明，民勤和雅布赖站的资料都是可靠的，与红砂岗站资料的一致性高，均在 90% 以上。通过对民勤、雅布赖站与红砂岗站的气温、风速和风向资料开展逐时和逐日的相关分析，结果表明两个气象站的代表性相当，均可作为厂址代表性气象站。此外，由于雅布赖站东有盐湖、北有雅布赖山，风场和流场可能会受到局部环流的影响，而民勤站地形与厂址更为接近，且为国家基准站，因此确定民勤站作为厂址代表性气象站。

根据民勤气象站 1953~2016 年 64 年的气象要素统计结果，对其气象要素统计值分析如下：

1) 风向、风速

民勤站年平均风速为 2.7m/s，其中 4 月份的平均风速最大，为 3.3m/s，1 月和 10 月风速最小，为 2.2m/s，表 2.4-2 给出了民勤站累年各月的平均风速。最大风速为 23.0m/s（1971.5.13、1977.5.19，WNW），资料记录范围内极大风速最大达 28.5m/s（2004.6.19，W）。

民勤站累年与各季的风向频率见表 2.4-3 和图 2.4-2。由图表可见，全年最多风向为 E，频率为 10%，其次为 WNW，频率为 9%。年静风频率为 15%，自 2006 年启动单轨观测以后，年静风频率为 1%。

2) 气温

民勤站年平均气温为 8.5℃，最热月 7 月的平均气温为 23.5℃，最冷月 1 月的平均气温为-8.8℃。极端最高气温为 41.7℃（2010.7.30），极端最低气温为-29.5℃（2008.2.1）。各月平均气温及极端气温见表 2.4-4。

3) 相对湿度

民勤站年平均相对湿度为 45%，其中最大值出现在 8、9 月，为 52%，最低值在 4 月，

为 33%。年最小相对湿度为 1%。

民勤站年平均水汽压为 5.8hPa，最小值出现在 1 月份，为 1.5hPa，最大出现在 7 月份，为 12.7hPa。水汽压最大值为 25.2hPa。累年各月相对湿度和水汽压变化见表 2.4-5。

4) 降水

表 2.4-6 为民勤站累年各月的降水情况。民勤站年平均降水量为 114.6mm，年平均降水日数为 40d。月平均降水量最大出现在 8 月份，为 30.1mm，最小出现在 12 月份，仅 0.4mm。历年记录中一日最大降水量为 48.0mm，出现在 1994 年 6 月 14 日。

5) 气压

民勤站年平均气压为 863.7hPa，累年各月平均气压见表 2.4-7。其中 11、12 月份平均气压最高，为 869.4hPa，7 月份最低，为 856.3hPa。建站以来极端最高气压为 888.8hPa（1955.1.15），极端最低气压为 839.1hPa（1955.4.13）。

6) 日照

民勤站各月及年平均日照时数如表 2.4-8 所示。民勤站年平均日照时数为 3099.3h。日照时数最多月份是 6 月，为 296.3h，最少月份是 2 月，为 221.6h。

7) 蒸发

民勤站年平均蒸发量为 2477.1mm。累年平均蒸发量最多月份是 6 月，为 357.3mm，最少月份是 1 月，只有 45.3mm。表 2.4-9 给出了各月及年平均蒸发量。一日最大蒸发量为 30.0mm。

2.4.2.2 极端气象

1) 龙卷风

按照《研究堆厂址选择》（HAFJ0005）的规定，调查以厂址为中心，半径 100km 范围内的所有龙卷风资料，图 2.4-3 为龙卷风的调查区域。龙卷风资料的调查年限为 1949~2016 年，共 68 年。

经调查，厂址半径 100km 范围内只发现武威（1952、2013 年）、民勤（2003 年）和永昌（1988 年）共 4 个龙卷风的记录，仅有一场龙卷风有灾害描述，该次龙卷风风速达到 11 级（31m/s），没有飞射物对设施构筑物和设备的冲击的描述（见表 2.4-10）。进而将调查半径适当扩大到 250km，仅找到另外两个龙卷风实例，分别发生在张掖（1953 年）和高台（1955 年），均无灾害描述。

根据上述调查结果，从偏保守角度考虑，确定龙卷风的基准为 F1，风速取 30.0m/s。设计基准特征参数值如下：

——最大旋转风速半径 $R_m=50m$ ；

——最大旋转风速 $V_m=24.2\text{m/s}$;

——平移速度 $V_t=5.8\text{m/s}$;

——压降速率 $dp/dt=0.12\text{kPa/s}$;

——总压力降 $\Delta P=0.92\text{kPa}$ 。

2) 极端风速

收集民勤、雅布赖两个气象站的历年实测最大、极大风速资料，其中民勤站最大风速资料为 1971~2016 年，极大风速资料为 2004~2016 年；雅布赖站最大风速资料为 1990~2016 年，极大风速资料为 2008~2016 年。

对各站历年最大风速序列采用耿贝尔函数做极值拟合，各再现期可能最大地面风速计算结果见表 2.4-11，可知，百年一遇最大风速以民勤站的拟合结果最大，为 28.2m/s ，图 2.4-4 为民勤站最大风速序列的耿贝尔分布拟合。

由于各站的极大风速资料年限较短，不能直接采用实测资料进行极大风速设计基准的计算。因此首先建立年极大风速和年最大风速之间关系的线性方程。其中 U 为极大风速， V 为最大风速，单位为 m/s 。

民勤： $U=0.89V+10.12$ ，相关系数 0.5636；

雅布赖： $U=1.25V+1.36$ ，相关系数 0.6875；

上述两式均可通过显著性为 0.05 的相关系数检验，采用耿贝尔函数对订正后的极大风速序列进行拟合，各再现期极端风速计算结果见表 2.4-11，可知，百年一遇极大风速以民勤站的拟合结果最大，为 39.2m/s ，图 2.4-5 为民勤站极大风速序列的耿贝尔分布拟合。

综上，确定厂址区域百年一遇最大风速为 28.2m/s ，对应的极大风速为 39.2m/s 。

3) 极端温度

收集民勤、雅布赖两个气象站自建站~2016 年的极端最高、极端最低温度的观测资料。对各站历年极端温度序列采用耿贝尔函数做极值拟合，各再现期极端温度计算结果见表 2.4-12，可知，百年一遇极端最高、最低温度均以雅布赖站的拟合结果最大，即百年一遇极端最高温度为 43.7°C ，百年一遇极端最低温度为 -34.1°C 。图 2.4-6~2.4-7 分别为雅布赖站极端最高、最低温度的耿贝尔分布拟合。

由于雅布赖站历年实测极端温度资料中，出现的极端最高温度最大值为 44.2°C （1997.7.22），比该站估算的百年一遇值大 0.5°C ，极端最低温度未超过百年一遇拟合结果。因此，保守考虑，确定厂址区域百年一遇极端最高温度为 44.2°C ，百年一遇极端最低温度为 -34.1°C 。

4) 极端降雪

收集民勤、雅布赖两个气象站的历年积雪资料和冬季 48h 降水资料，其中民勤站为 1953~2016 年，雅布赖站为 1957~2016 年。

采用耿贝尔函数和 P-III 函数对各站的极端雪深序列进行极值拟合，得到百年一遇极端积雪厚度以民勤站的 P-III 函数拟合结果最大，为 11.9cm。采用 P-III 函数对各站的 48h 降水序列进行极值拟合，得到百年一遇极端降水量以民勤站的拟合结果最大，为 5.8mm，表 2.4-13 给出了民勤站各再现期极端积雪和 48h 降水拟合结果。

对上述两者所推荐的百年一遇估计值进行叠加，保守考虑，取本地区积雪密度最大值 150kg/m^3 作为水当量转换标准，得到厂址区域百年一遇设计基准极端积雪为 232.3Pa。

5) 沙尘暴

根据民勤（1954~2016 年）、雅布赖（1956-2016 年）两个气象站的统计资料对厂址区域内沙尘暴进行统计分析，结果见表 2.4-14。由表可知，民勤站累年平均沙尘暴日数为 25 天，累年最多沙尘暴日数为 58 天（1963 年）。雅布赖站累年平均沙尘暴日数为 8 天，累年最多沙尘暴日数为 27 天（1979 年）。相比之下雅布赖沙尘暴次数较少，民勤较多。

图 2.4-8 为各站累年月平均沙尘暴日数统计，可见民勤各月都有沙尘暴发生的可能性，3~7 月为沙尘暴的高发期，该时段沙尘暴出现的次数占全年的 61.5%，其中以 4 月为鼎盛时期，其它月份出现频数较少。一般来说沙尘暴易于在中午以后出现，由于午后太阳辐射，地面温度升高，当有冷空气经过时，高低空对流加强，有利于沙尘暴的发生。

图 2.4-9 给出了民勤和雅布赖气象站沙尘暴逐年变化趋势，可见，厂址区域沙尘暴日数呈下降趋势，90 年代以来明显减少。2010 年以来，民勤共有 19 天沙尘暴的记录，雅布赖近有 8 天。这是由于厂址区域及附近地区近年气温升高，降水增多，同时积极改善生态环境，增加植被覆盖率，使得沙尘暴天气明显减少。

2.4.3 当地气象条件

以下根据红砂岗站 2016 年一整年的观测资料，分析厂址的当地气象条件。

1) 气温

厂址年平均温度为 10.3°C ，最热月 7 月平均气温为 26.4°C ，最冷月 1 月平均气温为 -10.5°C ，气温年较差为 36.9°C ；极端最高气温为 39.4°C ；极端最低气温为 -27.6°C 。

2) 降水

厂址年降水量为 68.2mm，一日最大降水量为 9.4mm，出现在 2016 年 7 月。最大过程降水量 6.8mm，持续 5h，起始时间为 7 月 10 日 3 时。最长降水过程持续 5 天（2016 年 7 月 8 日~12 日），过程降水量为 14.7mm。2016 年 8 月降雨日数最多，达 10 天。

3) 风速、风向

厂址年平均风速为 3.7m/s,最大风速为 17.1m/s。全年最多风向为 WNW,风频为 11.3%,全年静风频率 1%。10m 高度全年风玫瑰图见图 2.4-10。

2.4.4 大气稳定度

大气稳定度是表征大气系统垂直运动能力的物理量,反映了局地大气的湍流状态。本厂址采用帕斯奎尔(Pasquill)稳定度分类法进行大气稳定度分类,具体区分遵循《制定地方大气排放标准的原则和方法》(GB/T 3840-91)。

由于红砂岗站无总云量、低云量的观测项目,考虑到云量在区域内变化较为一致,而风速、风向、降雨数据随区域位置变化存在一定差异,因此选用红砂岗站 2016 年一整年的逐时刻风向、风速、降水观测资料,结合民勤站对应时刻的总云量、低云量观测数据计算稳定度并统计三维、四维联合频率。

根据上述方法进行统计,厂址区域中性天气类(D)占主导,为 49%,其次为稳定天气类(E、F),占 30.8%,不稳定天气类(A~C)最少,为 20.2%。

2.4.5 联合频率

根据上述方法,统计厂址地区 10m 高度风向-风速-稳定度三维联合频率和 10m 高度风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率(有雨、无雨)见表 2.4-15~2.4-16。

2.4.6 混合层高度及扩散参数

2.4.6.1 混合层高度

边界层中的空气明显的受地面摩擦或热力作用影响,因而在某个高度的稳定层下会出现显著的垂直混合,形成混合层。污染气象学定义混合层为湍流特征不连续界面以下湍流充分发展的大气层,其厚度就是混合层厚度,它表征了污染物在垂直方向上被热力湍流稀释的范围。根据以下方法确定混合层厚度。

在大气稳定度为 A、B、C 和 D 类时:

$$L_b = a_s \frac{u_{10}}{f}$$

式中: L_b 为混合层高度,单位为 m;

u_{10} 为 10m 高度上平均风速,单位为 m/s,大于 6m/s 时取 6m/s;

a_s 为混合层系数,无量纲,见表 2.4-17;

f 为地转力参数。

根据上述方法计算得到 A~D 类稳定度的混合层高度分别为 1260m、1213m、1455m、769m,见表 2.4-18。

2.4.6.2 扩散参数值

扩散参数采用《核电厂厂址选择的大气弥散问题》(HAD101/02)中推荐的 P-G 曲线，根据 P-G 曲线拟合得到的 P-G 大气扩散参数见表 2.4-19。本项目所在区域地处中国西北地区，地形平坦，符合上述扩散参数的适用条件。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

厂址所在的红砂岗镇设有区域站（2007 年 2 月 1 日启用，无迁站记录），地理位置坐标为 N38°57'03"，E102°27'12"，位于厂址以西约 14km 处，周边地形相对平坦。红砂岗站使用天津气象仪器厂的 DZZ-2 型自动气象站，观测内容有：气温、降水（每年 10 月~次年 3 月不进行降水观测）、风向、风速。观测数据参与考核，观测仪器定期检定。

红砂岗站下垫面条件和厂址相似，地形也一致，因此本项目将红砂岗站作为厂址气象观测代表站，不另行开展气象观测系统的建设。

2.5 水文

2.5.1 地表水

经调查，厂址半径 30km 范围内无地表水系分布。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 地下水类型及分布规律

根据厂址区的地形地貌、含水介质（岩组）、地下水成因及赋存条件结合厂址区地下水位观测结果可知，厂址区新近系砾质砂岩内无地下水，地下水主要赋存于华力西期第二次侵入的正长花岗岩风化带中，地下水类型为基岩裂隙水，含水层主要为强~中等风化状态的正长花岗岩。

根据新近系砾质砂岩单环注水试验结果可知，新近系浅表层砾质砂岩渗透系数在 $3.9 \times 10^{-4} \text{cm/s} \sim 2.6 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ($0.33 \text{m/d} \sim 2.20 \text{m/d}$) 之间，属中等透水岩层。水文地质柱状图见图 2.5-1。

2.5.2.2 地下水的补给、径流、排泄条件

厂址区基岩裂隙水补给来源为大气降水补给。由于厂址区新近系半成岩厚度大，形成相对隔水层，且厂址区年降水量极少，因此厂址区地下水直接接受大气降水补给的量可忽略不计。地下水径流速度、途径受地形、构造条件控制。当地下水渗入到裂隙中时，地下水沿裂隙向低处径流，直至裂隙发育段下界。地下水的排泄主要为侧向径流排泄。

2.5.2.3 地下水动态变化

根据钻孔地下水位观测结果，钻孔水位埋深 56.80~62.60m，标高 1356.84~1361.81m。

2.5.2.4 地下水的开采和利用

拟建厂址区及其附近范围内人口密度小，工业也较少。现状未对地下水进行开采和利用。根据水文地质调查及水位观测、水文地质试验结果综合分析，厂址区地下水不具备大规模开采和利用条件。

2.5.2.5 工程建设对地下水的影响

拟建场地及其附近没有大的供水水源地，不存在对供水水源的影响问题。

由于厂址区地下水埋深大于建筑物基础埋深，且新近系砾质砂岩厚度大且渗透系数较小，因此工程建设不会对地下水造成影响。

2.5.3 洪水

经调查，厂址半径 30km 范围内无地表水系分布，无需考虑陆域洪水。暴雨引起的局部洪水可通过排水设施排离厂区。

2.6 地形地貌

厂址区地形平坦、开阔，地面标高在 1412.0~1421.5m 之间，高差约 9.5m，地面坡度小于 1°，整体呈东北高西南低之势。厂址区地貌类型主要为戈壁滩（砾漠）。

厂址地形地貌见图 2.6-1。

2.7 地质地震

2.7.1 地质特征

2.7.1.1 区域地质特征

在大地构造特征上，区域及其邻近地区涉及到祁连山加里东褶皱带和华北地台二个一级构造单元。厂址地处华北地台阿拉善台隆上。

在新构造运动特征上，区域南部为祁连山强烈隆起区（I）和河西走廊东段差异沉降区（II），中北部为阿拉善弱隆起区（III）。在现今地壳运动特征上，厂址所在的阿拉善弱隆起区相对稳定的地区，现今构造变形微弱。

区内主要断裂有 14 条，走向以北西向和近东西向为主。区域范围内的活动断裂主要分布在祁连山强烈隆起区和河西走廊东段差异沉降区之间，作为活动块体的边界断裂带往往是大震发生带，如祁连山北缘断裂系（皇城-双塔断裂、武威盆地南缘断裂、武威-天祝断裂等），历史上发生过 1927 年红古浪 8 级地震；龙首山北缘断裂带 1954 年发生了山丹 7¹/₄ 级地震。阿拉善弱隆起区内部新构造运动较弱，活动构造不是很发育，地震活动也较弱，有零星中强地震发生。

厂址区及其邻近地区是一个构造活动相对稳定的地区，没有区域性活动断裂延伸到厂址附近范围。

2.7.1.2 厂址近区域范围地质

厂址近区域位于阿拉善块体的潮水盆地北缘，新生代以来，受青藏高原变形的影响，盆地开始萎缩。与盆地南缘相比，近区域所在的盆地北缘新构造运动强度明显较弱，新近系向北呈超覆关系。区内第四系厚度普遍较薄，产状稳定，基本上呈水平分布状态。第四纪以来，厂址近区域范围处于一个缓慢的整体性抬升状态，属于新构造运动差异性活动相对较弱的地区。

区内的断裂构造主要有 NNE—NE 和近 EW 向 2 组，共 5 条，它们均发育在前新生代地层中，未发现对新生代地层、尤其是第四纪地层断错关系。这些断裂没有第四纪以来有过活动的地质地貌形迹，均为前第四纪断裂。

综合近区域地震构造环境特征，厂址近区域及邻近地区地处六盘山—祁连山地震带，该地震带总体地震活动水平较强，但近区域地震活动水平不高，且地震与断裂构造关系不明显。

2.7.1.3 厂址附近范围地质特征

厂址附近范围主要发育 2 条断裂，即红果子井断裂（f1）和徐家井断裂（f5），均为前第四纪断裂。近区域范围内不存在指向厂址的晚更新世活动断裂，因而厂址附近范围的断裂不可能存在与已知能动断层直接的构造联系。厂址附近范围内历史上没有破坏性地震的记载，1970 年以来，也没有仪器记录到的地震。厂址附近范围内不存在潜在地表断裂可能性。

2.7.1.4 厂址地质特征

本节厂址地质特征内容主要引自《钍基熔盐堆（TMSR）专项武威基地（LF1）工程岩土工程详勘报告》（中国核电工程有限公司，2018.3）。

根据工程地质钻探揭露情况，厂址区地层自地表向下主要有：①第四系上更新统洪积（ Q_3^{pl} ）砾石夹粉土，该层厚度为 0.50~2.00m，平均厚度为 1.16m；②新近系中新统（ N_1 ）砾质砂岩，该层厚度为 41.30-55.10m，平均厚度 46.57m；③华力西期第二次侵入的正长花岗岩（ $\kappa\gamma_4^{3b}$ ）。

厂址区范围内地势平缓，未发现地质构造存在的迹象；厂址区主要地层为新近系地层，属半成岩状的砾质砂岩，未发现节理裂隙、断层地质构造。

根据勘察测试，厂址地基主要持力层为新近系中新统（ N_1 ）砾质砂岩，地基土承载力特征值 400kPa，压缩模量 E_s 为 45MPa，剪切波速 V_s 为 345m/s。

厂址区内无崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降等不良地质作用发育。厂址区分布有厚度

小于 5m 的盐渍土类特殊土，但盐渍土无盐胀性和溶陷性。

厂址区新近系砾质砂岩内无地下水赋存，地下水主要赋存于华力西期第二次侵入的花岗岩裂隙中，含水层主要为强~中等风化状态的花岗岩。根据勘察对厂址区钻孔地下水观测结果可知，地下水埋深 56.80~62.60m，标高 1356.84~1361.81m。厂址区基岩裂隙水补给来源为大气降水补给。地下水径流速度、途径受地形、构造条件控制。当地下水深入到裂隙中时，地下水沿裂隙向低处径流，直至裂隙发育段下界。地下水的排泄主要为径流排泄。

厂址土层深度小于 5.0m 时，地基土对混凝土结构具有弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具有中等腐蚀性；厂址土层深度 5.0~20.0m 时，地基土对钢筋混凝土具有微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀性。

2.7.2 地震

区域范围地处青藏高原的东北缘，地震活动较强，但分布不均，总体表现为南强北弱。1970 年以来区域范围内仪器记录小震与历史破坏性地震空间分布特征基本一致，总体仍表现为南强北弱，但更多地表现为密集成群。区域范围内曾发生过多历史破坏性地震的影响，最大地震为 1927 年 5 月 23 日的甘肃古浪 8 级地震，距厂址约 162km 处。在厂址外延 150km 范围内另有 2 次 7-7¼ 级地震记载；1954 年 2 月 11 日山丹 7¼ 级地震震中位于厂址西部，距厂址约 122km；1954 年 7 月 31 日内蒙古腾格里沙漠北 7 级地震震中位于厂址以东约 138km 处。

从公元 362 年至今，区域范围内共记录到破坏性地震（ $M \geq 4.7$ 级）66 次，其中 4.7-4.9 级地震 18 次、5.0-5.9 级地震 38 次、6.0-6.9 级地震 7 次、7.0-7.9 级地震 2 次、8.0-8.9 级地震 1 次。近区域范围，历史上未记载到 4.7 级以上破坏性地震。1970 年以来近区域范围内仪器记录小震（ $M_L 1.0-4.9$ ）87 次，其中 $M_L 2.0-2.9$ 级地震 37 次、 $M_L 3.0-3.9$ 级地震 9 次，最大地震震级只有 $M_L 3.7$ 级。近区域范围内现代小震并未明显表现出北弱南强的特点，小震震中分布较为分散，集中成带性不强。因此，总体而言，近区域地震活动水平较低。

厂址附近范围内历史上没有破坏性地震的记载，1970 年以来，也没有仪器记录到的地震。

根据《TMSR 先进核能试验基地选址项目工程场地地震安全评价报告》（中国地震局地质研究所，2017.11），工程场地 50 年超越概率 10% 的基岩水平峰值加速度值为 93gal，考虑《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）建议的基岩峰值加速度与中硬场地地震动加速度转换方法，确定场地 50 年超越概率 10% 的中硬场地峰值加速度为 114gal，厂址

50 年超越概率 10%的 II 类场地（中硬土）地震动加速度峰值分档为 0.10g 区，综合评定场地地震烈度为 VII 度。

表 2.2-1 厂址半径 50km 范围内各子区人口数（2015 年）

距离(km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	合计
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	196	0	196
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16989	16989
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	2730	1365	4095
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	1905	11448	13353
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4779	4779
WSW	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	164
W	0	0	0	0	0	332	0	0	0	0	332
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
环形段合计	0	0	0	0	0	332	164	0	4831	34581	39908
扇形区合计	0	0	0	0	0	332	496	496	5327	39908	

表 2.2-2 厂址半径 50km 范围内人口分布（0~1 岁）（2015 年）

距离(km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	合计
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	51
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	12
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	6	34	40
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149	14
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
环形段合计	0	0	0	0	0	0	0	0	15	103	118
扇形区合计	0	0	0	0	0	0	0	0	15	118	

表 2.2-3 厂址半径 50km 范围内人口分布（1~6 岁）（2015 年）

距离(km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	合计
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	591	591
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	95	48	143
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	66	398	464
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166	166
WSW	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
环形段合计	0	0	0	0	0	0	6	0	168	1203	1377
扇形区合计	0	0	0	0	0	0	6	6	174	1377	

表 2.2-4 厂址半径 50km 范围内人口分布（7~17 岁）（2015 年）

距离(km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	合计
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	17
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1453	1453
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	233	117	350
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	163	979	1142
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	409	409
WSW	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	14
W	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0	41
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
环形段合计	0	0	0	0	0	41	14	0	413	2958	3426
扇形区合计	0	0	0	0	0	41	55	55	468	3426	

表 2.2-5 厂址半径 50km 范围内人口分布（≥18 岁）（2015 年）

距离(km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	合计
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	171	0	171
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14894	14894
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	2394	1196	3590
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	1670	10037	11707
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4190	4190
WSW	0	0	0	0	0	0	144	0	0	0	144
W	0	0	0	0	0	291	0	0	0	0	291
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
环形段合计	0	0	0	0	0	291	144	0	4235	30317	34987
扇形区合计	0	0	0	0	0	291	435	435	4670	34987	

表 2.2-6 民勤县近年的人口自然增长率

年度	年平均人口自然增长率									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	2.12	2.18	2.05	1.97	1.66	1.68	1.42	2.42	3.75	3.67

表 2.2-7 民勤县预期人口增长率

单位：‰

行政区域	预期人口年均增长率		
	2016-2019	2020-2029	2030-2039
民勤县	3.67	5.5	5.8

数据来源：民勤县卫计局

表 2.2-8 厂址半径 50km 范围内各子区预期人口数（2020 年）

距离(km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	合计
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	201	0	201
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17400	17400
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	2796	1398	4194
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	1951	11725	13676
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4895	4895
WSW	0	0	0	0	0	0	168	0	0	0	168
W	0	0	0	0	0	340	0	0	0	0	340
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
环形段合计	0	0	0	0	0	340	168	0	4948	35419	40875
扇形区合计	0	0	0	0	0	340	508	508	5456	40875	

表 2.2-9 厂址半径 50km 范围内各子区预期人口数（2030 年）

方位 \ 距离(km)	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	合计
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	212	0	212
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18390	18390
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	2955	1478	4433
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	2062	12392	14454
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5173	5173
WSW	0	0	0	0	0	0	178	0	0	0	178
W	0	0	0	0	0	359	0	0	0	0	359
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
环形段合计	0	0	0	0	0	359	178	0	5229	37432	43199
扇形区合计	0	0	0	0	0	359	537	537	5766	43199	

表 2.2-10 厂址半径 15km 范围内行政村（2015 年）

村、镇		行政村名称	位置		人口数（人）
			方位	距离（km）	
红砂岗镇*	1	红砂岗镇管委会	W	12.6	26
	2	红砂岗村	W	12.6	182
	3	花儿园村（新村）	W	13.1	124

注：除表中所列数据，红砂岗镇政府在镇区内建有移民安置小区 1 处，为红砂岗镇花儿园社区，位于厂址 W 方位约 13.6km 处，2015 年尚无人居住，2017 年年初起陆续有集聚区企业人员入住，截至 2017 年 10 月共有约 426 人。

表 2.2-11（1/2）厂址所在区域居民食物消费量（普通居民）

单位：kg/人·年

普通居民平均食物消费量	区域	年龄组	粮食	蔬菜	水果	肉	禽	蛋	牛奶
	武威市	0~1	19.77	12.63	4.2	3.83	2.18	12.24	274.03
		1~6	27.71	45.81	16.03	32.99	18.04	15.82	26
		7~17	123.06	138.35	28.56	33.23	35.73	27.96	21.95
		≥18	161.72	97.52	37.63	55	34.28	23.6	9.52
	民勤县	0~1	17.74	11.4	2.9	2.51	1.45	8.99	205.44
		1~6	28.67	50.11	15.58	24.71	11.48	10.69	17.56
		7~17	108.77	120.59	26.09	34.72	26.75	25.34	20.24
		≥18	107.48	104.32	31.3	36.1	31.53	24.68	8.53
	红砂岗镇	0~1	无	无	无	无	无	无	无
		1~6	无	无	无	无	无	无	无
		7~17	98.7	106.34	28.36	35.07	31.95	23.8	7.2
		≥18	111.54	112.8	21.69	29.82	24.46	23.58	18.12

普通居民最大食物消费量	区域	年龄组	粮食	蔬菜	水果	肉	禽	蛋	牛奶
	武威市	0~1	26.86	14.64	5.56	7	5	13.5	280.66
		1~6	33.72	51.09	23.95	42.38	24.37	23.8	31.67
		7~17	130.68	150.92	38.35	42.6	38.2	36.5	30.52
		≥18	167.1	106.67	43.5	60.74	43.71	32.5	14.67
	民勤县	0~1	21.48	15.51	3.79	5.83	3.63	12.46	216.06
		1~6	32.21	59.33	18.89	28.7	14.73	20.79	29.36
		7~17	112.12	125.36	34.35	40.13	35.09	33.98	24.31
		≥18	114.73	108.55	38.66	42.05	40.4	33.02	10.01
	红砂岗镇	0~1	无	无	无	无	无	无	无
		1~6	无	无	无	无	无	无	无
		7~17	108.58	116.19	35.6	39.69	35.76	29.97	8.82
		≥18	120.37	122.22	30.15	37.57	33.75	32.24	20.2

表 2.2-11（2/2） 厂址所在区域居民食物消费量（回民）

单位：kg/人·年

回民 平均 食物 消费量	区域	年龄组	粮食	蔬菜	水果	肉	禽	蛋	牛奶	
	红砂岗镇区	0~1	无	无	无	无	无	无	无	无
		1~6	无	无	无	无	无	无	无	无
		7~17	无	无	无	无	无	无	无	无
		≥18	116.8	114.4	20.8	30.2	27.8	26.6	13.4	

回民 最大 食物 消费量	区域	年龄组	粮食	蔬菜	水果	肉	禽	蛋	牛奶	
	红砂岗镇区	0~1	无	无	无	无	无	无	无	无
		1~6	无	无	无	无	无	无	无	无
		7~17	无	无	无	无	无	无	无	无
		≥18	118.5	120.7	22.4	35.6	32.9	31.8	14.6	

表 2.3-1 厂址半径 5km 范围内主要工业企业情况表（2015 年）

企业名称	所在地区名称	企业性质	位置		经营产品	人数（人）
			方位	距离（km）		
武威杰达科技有限公司	红砂岗工业集聚区	私营	SW	3.4	化工产品	100
武威广达科技有限公司	红砂岗工业集聚区	私营	SW	3.9	化工产品	20
武威联硕生物科技有限公司	红砂岗工业集聚区	私营	SW	4.3	化工产品	100
武威艾诺化学科技有限公司	红砂岗工业集聚区	私营	SW	2.9	化工产品	50
武威嘉会科技有限公司	红砂岗工业集聚区	私营	SW	3.3	化工产品	20
武威金仓生物科技有限公司	红砂岗工业集聚区	私营	WSW	2.7	化工产品	80
武威西武生物科技有限公司	红砂岗工业集聚区	私营	WSW	3.3	化工产品	20
甘肃福润生物科技有限公司	红砂岗工业集聚区	股份制	WSW	4	化工产品	150
武威常青精细化工有限责任公司	红砂岗镇	私营	SSW	3.8	化工产品	0

表 2.3-2 厂址半径 15km 范围内油、气等危险品仓储设施情况简表（2015 年）

生产和贮存危险品企业名称	方位	距离 (km)	危险品名称	单罐最大贮存量 (m ³)	最大贮存量 (m ³)
武威联硕生物科技有限公司	SW	4.7	盐酸	40	40
			液碱	200	200
			甲苯	30	30
			丙二酸二甲酯	30	30
			醋酸	30	30
			巴豆醛	30	30
			乙酰乙酸甲酯	30	30
			石油醚	30	30
武威杰达科技有限公司	SW	3.5	甲苯	80	80
			DMF	80	80
			氯苯	80	80
			双环戊二烯	80	80
			丙烯腈	80	80
			二氯乙烷	80	80
			乙醇	80	80
武威广达科技有限公司	SW	4.2	临硝基氯化苯	80	80
			液氨	50	50
			甲醇	50	50

表 2.3-3 厂址半径 15km 各个方位距离最近的居民点和农牧场

方位	居民点			菜田				农田				家畜养殖场				
	地名	距离 (km)	人口 (人)	距离 (km)	面积 (ha)	主要 作物	年 产 量 (t)	距离 (km)	面积 (ha)	主要 作物	年 产 量 (t)	名称	距离 (km)	饲 养 品 种	年存栏量 (头)	年上市量 (头)
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NNE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	红砂岗镇 东部养殖 园区	11.1	猪 / 羊	1733/1369	2062/1260
W	红砂镇 村	11.4	182	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	红砂岗镇管 委会		26													
WNW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NNW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 2.4-1 厂址周边气象站基本信息

站号	站名	纬度	经度	海拔高度(m)		级别	自动站单轨 运行时间	与厂址相对位置	
				水银槽	观测场			方位	距离(km)
52681	民勤	38°38'	103°05'	1367.5	1368.7	基准站	2005-1-1	SE	54.4
52575	雅布	39°25'	102°47'	1239.5	1240.9	一般站	2009-1-1	N	53.0
W2507	红砂	38°57'	102°27'	--	1369.0	区域站	2007-2-1	W	13.9

表 2.4-2 1953~2016 年民勤站累年各月风速

单位：m/s

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均风速	2.2	2.5	2.9	3.3	3.2	3.0	2.8	2.7	2.3	2.2	2.4	2.3	2.7
最大风速	20.0	18.9	20.0	22.0	23.0	21.0	22.4	21.0	19.0	22.7	19.0	19.0	23.0
最大风速风向	WNW	NW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	NW	WNW	NW	NW	WNW	WNW

表 2.4-3 1953~2016 年民勤站累年各季的风频

单位：%

1953~2016 年																	
月份	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
春	4	3	5	6	10	7	4	2	3	5	5	4	7	10	10	5	11
夏	3	2	5	6	11	10	7	3	5	6	6	4	6	8	7	3	11
秋	3	2	5	5	10	6	4	2	3	5	6	4	7	8	7	3	18
冬	3	2	5	6	8	4	2	1	3	5	8	7	9	9	7	4	19
年	3	2	5	6	10	7	4	2	4	5	6	5	7	9	8	4	15
2005~2016 年（自动站单轨运行后）																	
春	3	3	4	6	11	9	5	2	3	6	6	6	8	12	10	6	0
夏	2	3	5	8	13	13	7	3	3	6	5	5	6	10	6	4	0
秋	3	3	5	7	12	10	5	2	3	7	7	6	8	10	7	4	1
冬	3	3	5	7	11	7	3	1	3	6	7	9	11	11	8	4	1
年	3	3	5	7	12	10	5	2	3	6	6	7	8	11	8	4	1

表 2.4-4 1953~2016 年民勤站累年各月温度

单位：℃

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均温度	-8.8	-4.6	2.8	10.7	16.9	21.5	23.5	21.9	16.1	8.4	-0.1	-6.9	8.5
平均最高温度	-0.8	3.6	10.8	18.6	24.5	28.9	30.8	29.1	23.6	16.6	7.7	0.8	16.2
平均最低温度	-15.3	-11.4	-4.3	3.1	9.1	13.7	16.3	15.2	9.5	1.6	-6.0	-12.9	1.6
极端最高温度	18.9	22.9	28.0	33.9	35.3	37.1	41.7	39.5	35.4	29.7	22.0	17.3	41.7
极端最低温度	-29.4	-29.5	-21.9	-13.7	-5.9	3.0	7.8	4.4	-5.4	-12.9	-23.8	-27.3	-29.5

表 2.4-5 1953~2016 年民勤站累年各月相对湿度与水汽压

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均相对湿度 (%)	47	41	37	33	35	41	48	52	52	49	49	50	45
最小相对湿度 (%)	1	1	1	1	1	1	5	2	3	2	1	2	1
平均水汽压 (hPa)	1.5	1.7	2.6	3.8	6.2	9.5	12.7	12.6	9.0	5.2	2.9	1.8	5.8
最大水汽压 (hPa)	4.3	6.6	12.0	12.4	17.1	20.1	25.2	24.8	21.1	14.2	9.5	4.8	25.2
最小水汽压 (hPa)	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	1.6	3.7	2.9	1.7	0.1	0.4	0.1	0.0

表 2.4-6 1953~2016 年民勤站累年各月降水情况

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均降水日数 (d)	1	1	2	2	4	5	7	7	6	3	1	1	40
平均降水量 (mm)	0.9	0.8	2.8	5.0	10.8	14.7	22.1	30.1	18.3	7.1	1.6	0.4	114.6
最大降水量 (mm)	11.4	5.2	28.4	18.8	40.9	73.2	74.2	87.8	63.1	32.8	23.8	3.5	202.0
一日最大降水量 (mm)	5.0	3.8	18.5	15.5	23.6	48.0	36.5	46.9	20.5	19.1	19.6	3.2	-

表 2.4-7 1953~2016 年民勤站累年各月平均气压

单位: hPa

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均气压	868.4	866.0	864.1	862.1	860.4	857.6	856.3	859.0	863.8	867.9	869.4	869.4	863.7
最高气压	888.8	885.3	886.5	881.3	882.3	871.1	867.3	872.5	881.4	885.1	887.9	886.9	888.8
最低气压	848.3	843.1	842.6	839.1	844.5	844.9	844.6	847.2	848.2	853.2	851.4	849.8	839.1

表 2.4-8 1953~2016 年民勤站累年各月平均日照时数

单位: h

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均日照时数	230.3	221.6	251.6	263.1	295.0	296.3	291.7	281.4	249.6	254.9	234.3	229.5	3099.3
最多日照时数	267.7	260.5	310.9	325.9	352.9	353.9	346.5	334.9	306.2	299.8	274.0	255.8	3418.2
最少日照时数	165.9	174.8	200.1	195.5	212.7	213.0	212.8	176.8	189.6	192.1	164.2	183.0	2763.4

表 2.4-9 1953~2016 年民勤站累年各月平均蒸发量

单位：mm

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均蒸发量	45.3	74.1	175.6	301.5	348.3	357.3	353.0	308.1	214.2	162.9	86.1	48.5	2477.1
最大蒸发量	75.6	118.8	246.9	386.5	481.3	478.6	485.2	478.8	300.0	233.1	160.2	83.5	2984.4
最小蒸发量	18.2	36.3	115.0	235.3	147.6	193.7	194.9	163.1	110.0	104.8	43.6	13.1	1761.9

表 2.4-10 厂址半径 100km 范围内的龙卷风资料

地点	时间	风力	灾情
武威	1952		无灾情记录
	2013.7.31		无灾情记录
民勤	2003.5.25	10 ~ 11 级	2003 年 5 月 25 日 18 时~18 时 20 分民勤县勤锋农场遭龙卷风袭击，龙卷风经过之处，庄稼被毁，树木严重受损。测站最大风速 6m/s，农场风速 10~11 级。
永昌	1988		无灾情记录

表 2.4-11 厂址周边各站最大风速的耿贝尔分布估计

单位：m/s

再现间隔 (年)	民勤站				雅布赖站			
	最大 风速	方差	极大 风速	方差	最大 风速	方差	极大 风速	方差
2	16.8	0.22	25.0	0.34	16.0	0.06	21.3	0.10
5	19.9	0.55	28.8	0.87	17.3	0.15	23.0	0.26
10	21.9	0.94	31.3	1.49	18.1	0.25	24.1	0.45
20	23.8	1.45	33.7	2.30	18.9	0.39	25.2	0.69
50	26.3	2.30	36.9	3.65	19.9	0.61	26.6	1.10
100	28.2	3.08	39.2	4.89	20.7	0.82	27.7	1.47
200	30.0	3.98	41.6	6.32	21.5	1.06	28.7	1.89
500	32.5	5.35	44.7	8.49	22.5	1.42	30.1	2.54
1000	34.3	6.53	47.0	10.36	23.3	1.73	31.1	3.10

表 2.4-12 厂址周边各站极端温度的耿贝尔分布估计

单位：℃

再现间隔 (年)	民勤站				雅布赖站			
	极端最高 温度	方差	极端最低 温度	方差	极端最高 温度	方差	极端最低 温度	方差
2	37.0	0.03	-22.8	0.14	38.6	0.03	-23.9	0.13
5	38.4	0.08	-25.7	0.35	39.9	0.08	-26.6	0.34
10	39.3	0.13	-27.6	0.61	40.8	0.15	-28.4	0.58
20	40.1	0.20	-29.4	0.94	41.7	0.22	-30.2	0.89
50	41.2	0.32	-31.8	1.49	42.8	0.36	-32.4	1.41
100	42.0	0.43	-33.6	2.00	43.7	0.48	-34.1	1.89
200	42.8	0.55	-35.3	2.58	44.5	0.61	-35.8	2.44
500	43.9	0.74	-37.7	3.46	45.6	0.83	-38.0	3.27
1000	44.7	0.90	-39.4	4.23	46.5	1.01	-39.6	3.99

表 2.4-13 民勤气象站极端积雪和 48h 降水的极值拟合

再现间隔 (年)	雪深(cm)		雪压 (kg/m ²)	冬季 48h 降水 (mm)	设计基准 (Pa)
	Gumbel	Pearson-III			
2	2.4	2.0	3.6	1.0	45.1
5	4.3	4.3	6.5	2.3	86.2
10	5.5	6.0	9.0	3.1	118.6
20	6.7	7.8	11.7	4.0	153.9
50	8.2	10.1	15.2	5.0	198.0
100	9.3	11.9	17.9	5.8	232.3
200	10.4	13.6	20.4	6.6	264.6
500	11.9	16.0	24.0	7.6	309.7
1000	13.0	17.8	26.7	8.3	343.0

表 2.4-14 厂址周边各站累年各月及年最多沙尘暴日数

单位：天

站名	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	累年
民勤	平均	2	2	3	4	3	3	3	2	0	1	1	2	25
	最高	10	8	10	9	9	9	9	7	3	5	8	8	58
	最低	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
雅布赖	平均	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	8
	最高	4	4	5	5	6	5	4	3	2	2	4	5	27
	最低	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 2.4-15（1/2） 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度三维联合频率

类别	风速级	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A	C	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5≤u<1.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
	2.0≤u<2.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0≤u<4.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0≤u<5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	C	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01
	0.5≤u<1.9m/s	0.33	0.35	0.36	0.51	0.36	0.26	0.19	0.20	0.11	0.11	0.14	0.24	0.28	0.24	0.27	0.31
	2.0≤u<2.9m/s	0.08	0.21	0.23	0.21	0.17	0.13	0.11	0.05	0.07	0.02	0.02	0.01	0.04	0.01	0.04	0.05
	3.0≤u<4.9m/s	0.00	0.04	0.05	0.04	0.08	0.13	0.06	0.06	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.04
	5.0≤u<5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5≤u<1.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0≤u<2.9m/s	0.40	0.30	0.55	0.57	0.33	0.15	0.19	0.20	0.11	0.05	0.11	0.09	0.30	0.42	0.29	0.28
	3.0≤u<4.9m/s	0.53	0.55	1.29	1.55	1.36	0.94	0.37	0.17	0.13	0.13	0.08	0.13	0.38	0.59	0.63	0.57
	5.0≤u<5.9m/s	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	C	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
	0.5≤u<1.9m/s	0.13	0.16	0.27	0.35	0.26	0.23	0.24	0.20	0.19	0.14	0.21	0.21	0.30	0.22	0.17	0.24
	2.0≤u<2.9m/s	0.19	0.26	0.57	0.58	0.27	0.26	0.21	0.15	0.06	0.06	0.11	0.16	0.47	0.31	0.35	0.13
	3.0≤u<4.9m/s	0.44	0.59	1.98	2.29	1.92	1.51	0.94	0.36	0.12	0.08	0.11	0.30	1.48	1.84	1.39	0.65
	5.0≤u<5.9m/s	0.36	0.15	0.28	0.63	1.58	1.26	0.49	0.16	0.05	0.00	0.01	0.02	0.36	1.03	1.13	0.66
	u≥6.0m/s	0.26	0.20	0.14	0.45	1.68	3.18	0.96	0.07	0.06	0.01	0.05	0.00	0.35	3.75	4.62	1.31

表 2.4-15 (2/2) 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度三维联合频率

类别	风速级	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
E	C	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.04	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.04
	0.5≤u<1.9m/s	0.45	0.45	0.51	0.50	0.41	0.47	0.49	0.29	0.29	0.31	0.50	0.59	0.78	0.71	0.43	0.48
	2.0≤u<2.9m/s	0.23	0.44	0.71	0.56	0.60	0.63	0.50	0.23	0.13	0.06	0.11	0.42	0.71	0.71	0.50	0.21
	3.0≤u<4.9m/s	0.04	0.12	1.02	1.09	0.64	0.48	0.36	0.13	0.07	0.02	0.01	0.09	0.40	0.41	0.17	0.08
	5.0≤u<5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	C	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.06	0.04	0.07
	0.5≤u<1.9m/s	0.28	0.31	0.42	0.38	0.35	0.40	0.36	0.36	0.43	0.29	0.44	0.45	0.73	0.57	0.50	0.42
	2.0≤u<2.9m/s	0.13	0.21	0.49	0.37	0.31	0.23	0.26	0.12	0.20	0.07	0.07	0.37	0.50	0.35	0.20	0.04
	3.0≤u<4.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0≤u<5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计	3.88	4.40	8.90	10.12	10.41	10.33	5.81	2.79	2.05	1.41	2.00	3.20	7.10	11.27	10.78	5.59	

表 2.4-16 (1/4) 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率（有雨）

类别	风速级	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5≤u≤1.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0≤u≤2.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0≤u≤4.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	C	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5≤u≤1.9m/s	0.00	0.74	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0≤u≤2.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0≤u≤4.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5≤u≤1.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0≤u≤2.9m/s	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	1.48	0.74	0.74
	3.0≤u≤4.9m/s	1.48	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	1.48	2.96	0.00	0.00
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5≤u≤1.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.74	0.00	0.00	0.00	0.74	1.48	0.74	1.48	0.00	1.48
	2.0≤u≤2.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.74	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.74	0.00	0.00
	3.0≤u≤4.9m/s	2.22	0.74	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	6.67	5.93	10.37	1.48
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.96	5.19	5.19	0.74
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	5.93	2.96	0.74

表 2.4-16 (2/4) 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率（有雨）

类别	风速级	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
E	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$0.5 \leq u < 1.9 \text{m/s}$	1.48	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	1.48
	$2.0 \leq u < 2.9 \text{m/s}$	0.74	0.00	0.74	0.74	0.00	0.74	0.74	0.74	0.74	0.00	0.74	0.00	0.00	2.22	2.22	2.22
	$3.0 \leq u < 4.9 \text{m/s}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$5.0 \leq u < 5.9 \text{m/s}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$u \geq 6.0 \text{m/s}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$0.5 \leq u < 1.9 \text{m/s}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$2.0 \leq u < 2.9 \text{m/s}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$3.0 \leq u < 4.9 \text{m/s}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$5.0 \leq u < 5.9 \text{m/s}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$u \geq 6.0 \text{m/s}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计		7.41	2.22	0.74	2.96	0.74	2.22	1.48	0.74	2.22	0.00	3.71	2.22	15.56	27.41	21.48	8.89

表 2.4-16 (3/4) 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率（无雨）

类别	风速级	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A	C	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5≤u≤1.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
	2.0≤u≤2.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0≤u≤4.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	C	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01
	0.5≤u≤1.9m/s	0.33	0.34	0.37	0.51	0.37	0.26	0.19	0.20	0.11	0.11	0.13	0.25	0.28	0.25	0.27	0.32
	2.0≤u≤2.9m/s	0.08	0.21	0.24	0.21	0.18	0.13	0.11	0.05	0.07	0.02	0.02	0.00	0.04	0.01	0.04	0.05
	3.0≤u≤4.9m/s	0.00	0.04	0.05	0.04	0.08	0.13	0.06	0.06	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.04
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5≤u≤1.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0≤u≤2.9m/s	0.39	0.31	0.56	0.58	0.33	0.15	0.19	0.20	0.11	0.05	0.11	0.09	0.30	0.40	0.28	0.27
	3.0≤u≤4.9m/s	0.52	0.54	1.31	1.57	1.38	0.96	0.38	0.18	0.13	0.13	0.07	0.13	0.37	0.56	0.64	0.58
	5.0≤u≤5.9m/s	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 2.4-16（4/4） 2016 年红砂岗站风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率（无雨）

类别	风速级	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
D	C	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
	0.5≤u≤1.9m/s	0.13	0.17	0.27	0.35	0.26	0.22	0.24	0.20	0.19	0.14	0.20	0.19	0.30	0.20	0.18	0.22
	2.0≤u≤2.9m/s	0.19	0.26	0.58	0.58	0.26	0.26	0.21	0.15	0.06	0.06	0.11	0.17	0.46	0.31	0.35	0.13
	3.0≤u≤4.9m/s	0.41	0.59	2.01	2.33	1.95	1.52	0.96	0.37	0.11	0.08	0.11	0.31	1.39	1.77	1.25	0.64
	5.0≤u≤5.9m/s	0.37	0.15	0.28	0.64	1.61	1.27	0.50	0.17	0.05	0.00	0.01	0.02	0.32	0.97	1.06	0.66
	u≥6.0m/s	0.26	0.20	0.14	0.46	1.71	3.23	0.98	0.07	0.06	0.06	0.01	0.05	0.00	0.32	3.72	4.65
E	C	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.04	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.04
	0.5≤u≤1.9m/s	0.44	0.46	0.52	0.50	0.41	0.47	0.50	0.30	0.28	0.32	0.51	0.60	0.79	0.70	0.44	0.46
	2.0≤u≤2.9m/s	0.22	0.45	0.71	0.56	0.61	0.63	0.50	0.22	0.12	0.06	0.09	0.43	0.72	0.68	0.47	0.18
	3.0≤u≤4.9m/s	0.04	0.12	1.04	1.11	0.65	0.48	0.37	0.13	0.07	0.02	0.01	0.09	0.40	0.41	0.18	0.08
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	C	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.06	0.04	0.07
	0.5≤u≤1.9m/s	0.28	0.32	0.43	0.39	0.35	0.40	0.37	0.37	0.44	0.30	0.44	0.46	0.74	0.58	0.51	0.43
	2.0≤u≤2.9m/s	0.13	0.21	0.50	0.38	0.32	0.24	0.26	0.12	0.20	0.07	0.07	0.38	0.51	0.35	0.20	0.04
	3.0≤u≤4.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计		3.82	4.44	9.03	10.23	10.56	10.46	5.88	2.82	2.04	1.43	1.97	3.21	6.96	11.01	10.61	5.53

表 2.4-17 我国各地区混合层系数值

地区序号	1	2	3	4	5	6	7	
a _s	A	0.090	0.073	0.073	0.073	0.056	0.073	0.090
	B	0.067	0.060	0.060	0.060	0.029	0.048	0.067
	C	0.041	0.041	0.041	0.041	0.020	0.031	0.041
	D	0.031	0.019	0.019	0.019	0.012	0.022	0.031

注：本项目所在地属于甘肃省渭河以北区域，因此a_s按照4号地区取值。

表 2.4-18 混合层高度推荐值

单位：m

稳定度	A	B	C	D
混合层高度	1260	1213	1455	769

表 2.4-19 P-G 大气扩散参数

稳定度	水平扩散参数 ($\sigma_y = a \cdot x^p$)		垂直扩散参数 ($\sigma_z = b \cdot x^q$)	
	a	p	b	q
A	0.465	0.882	0.103	1.065
B	0.321	0.889	0.099	1.008
C	0.204	0.894	0.107	0.919
D	0.141	0.887	0.097	0.839
E	0.098	0.897	0.112	0.759
F	0.085	0.847	0.065	0.780



图 2.1-1 厂址地理位置图

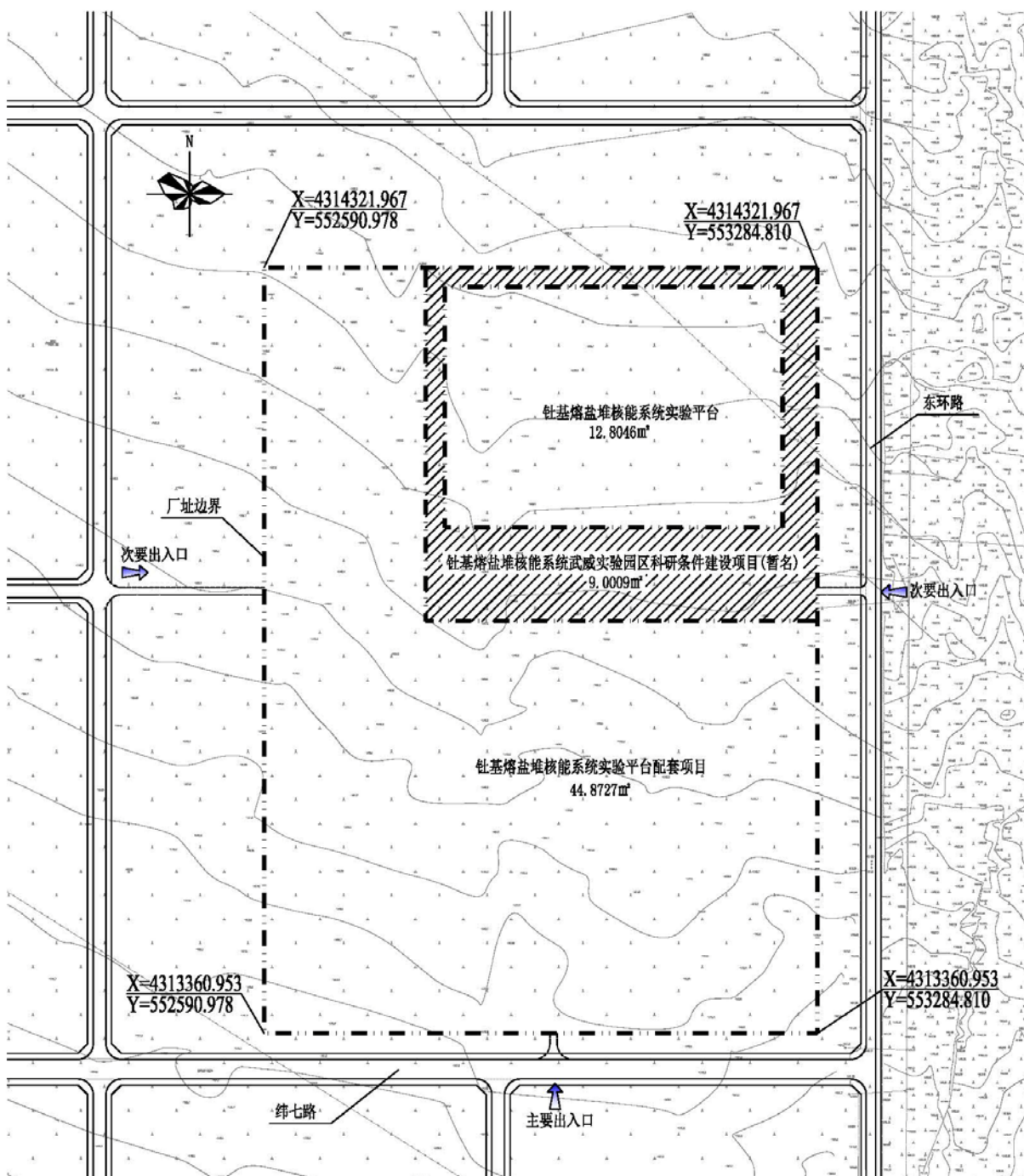


图 2.1-2 厂址边界图

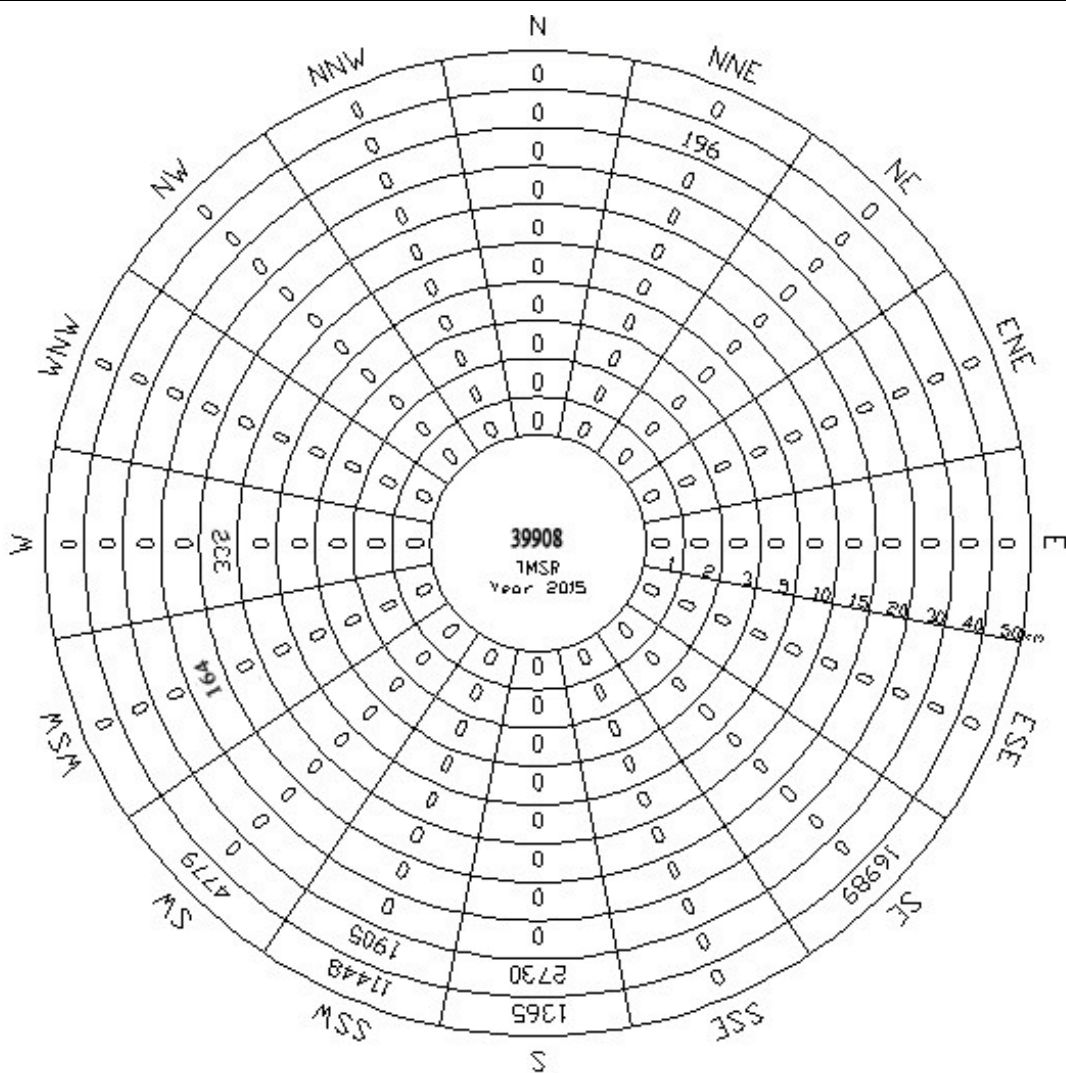


图 2.2-1 厂址半径 50km 范围内各子区人口分布图（2015 年）

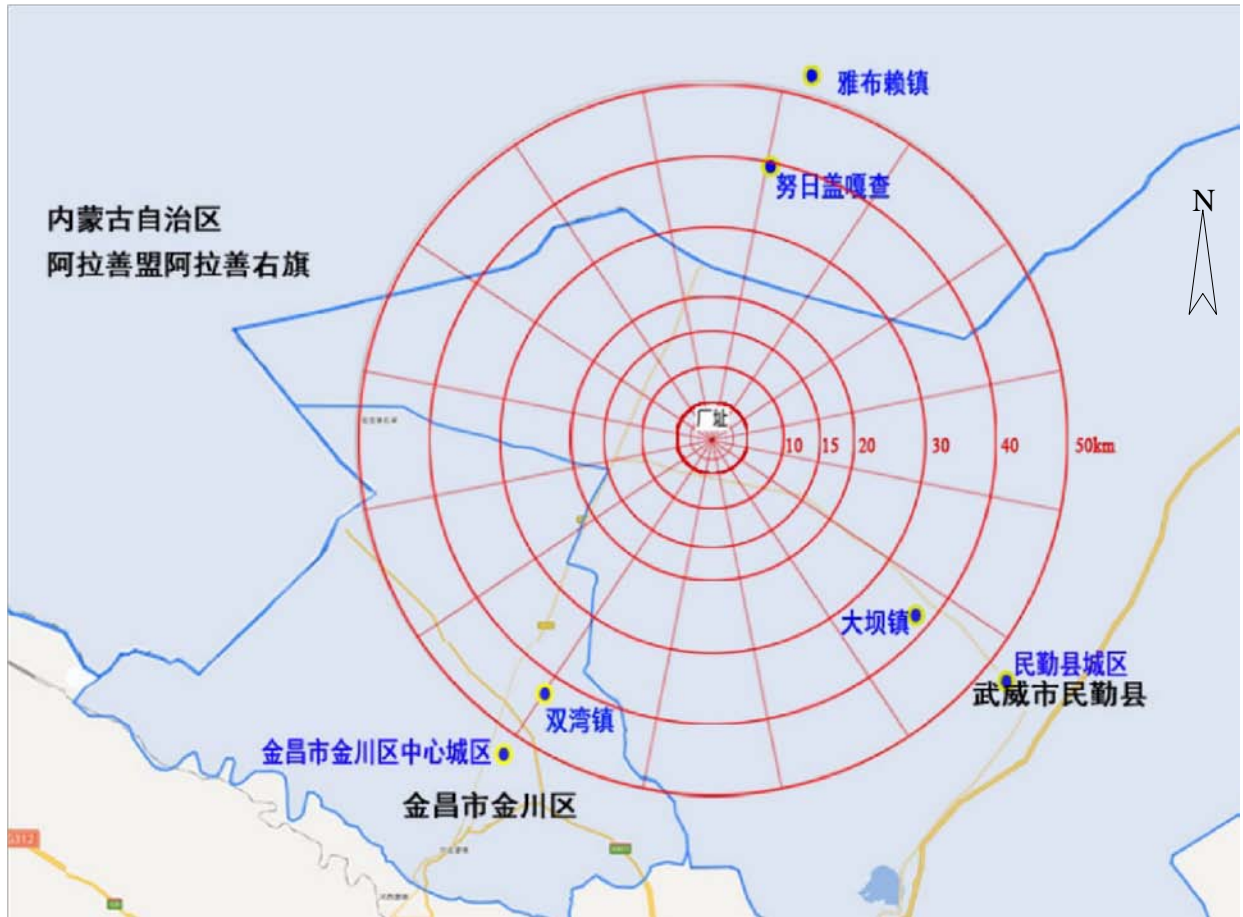


图 2.2-2 厂址半径 50km 重要城镇分布图

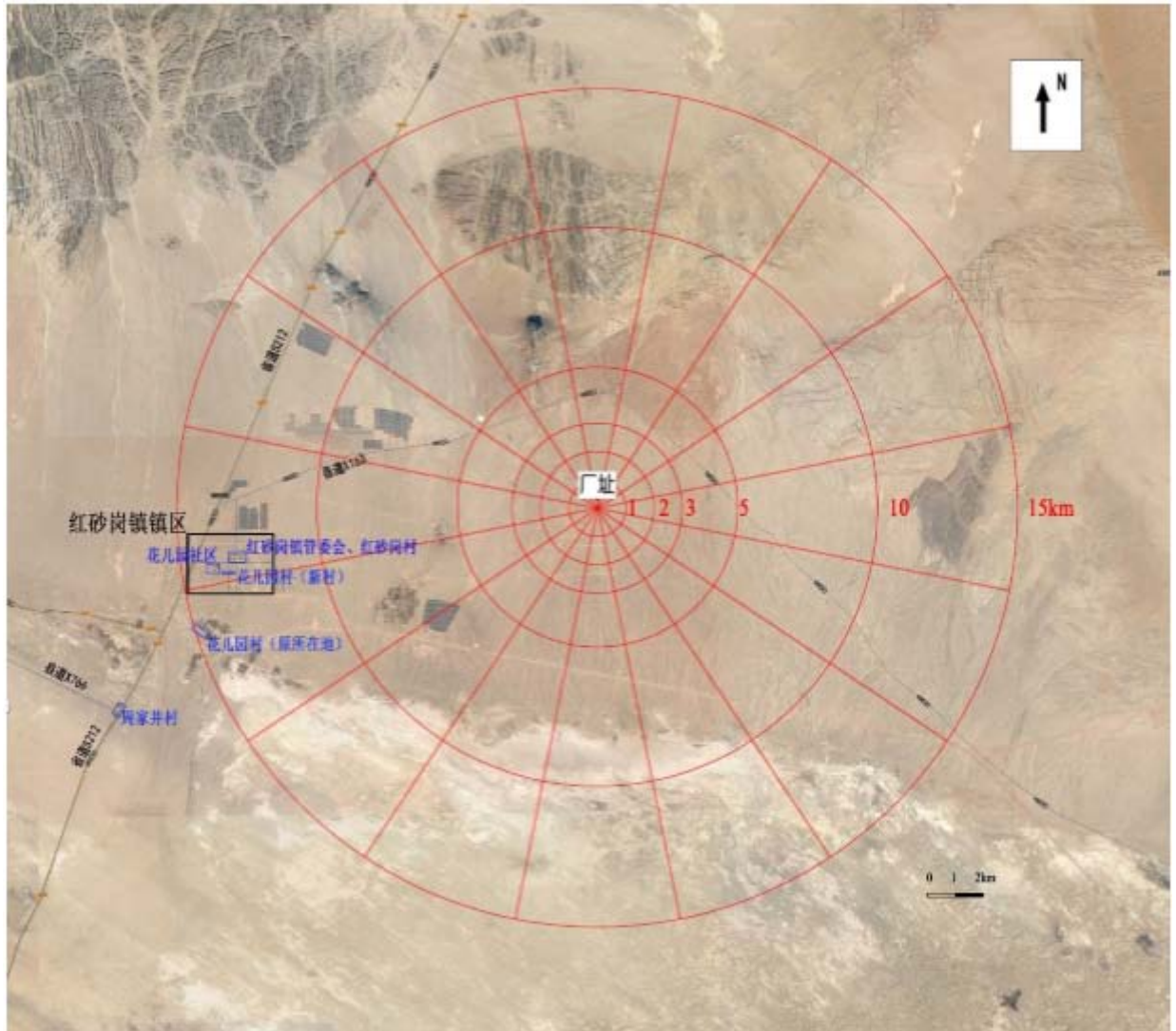


图 2.2-3 厂址半径 15km 范围内重要居民点分布图

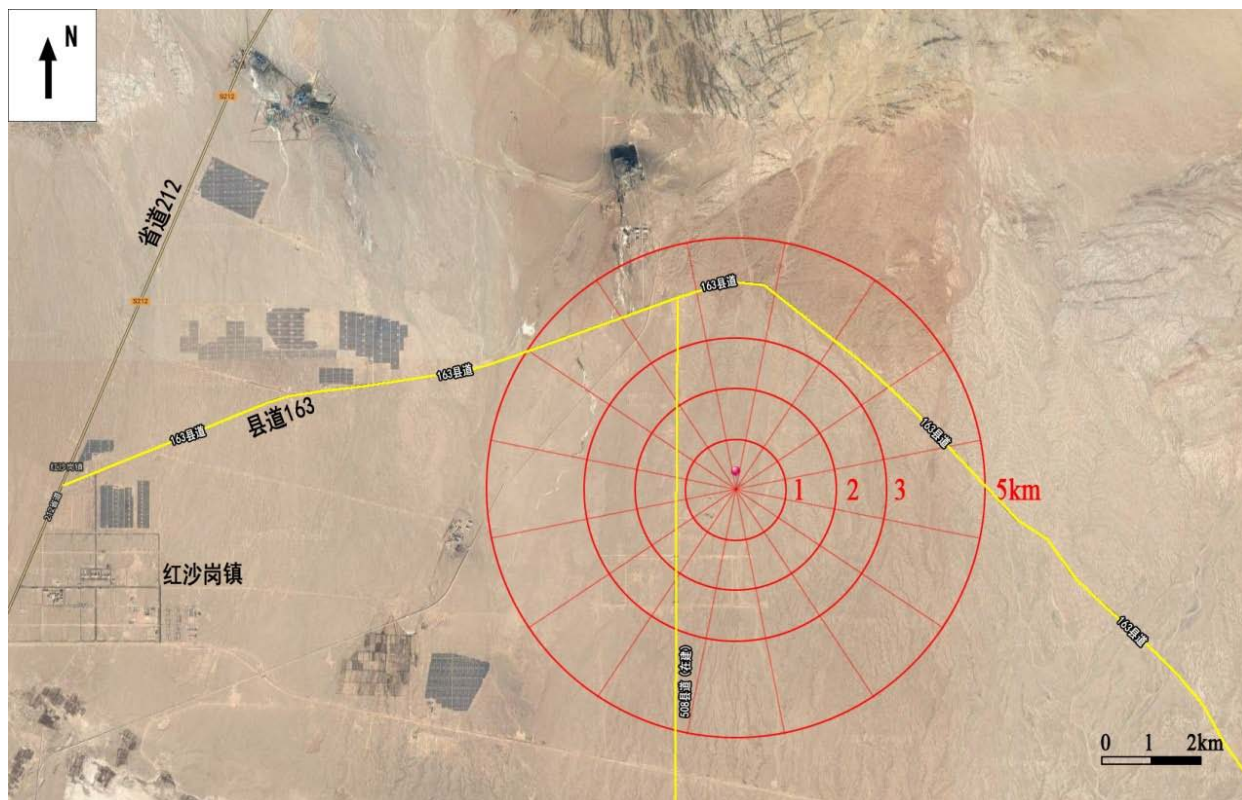


图 2.3-1 厂址半径 5km 交通现状示意图

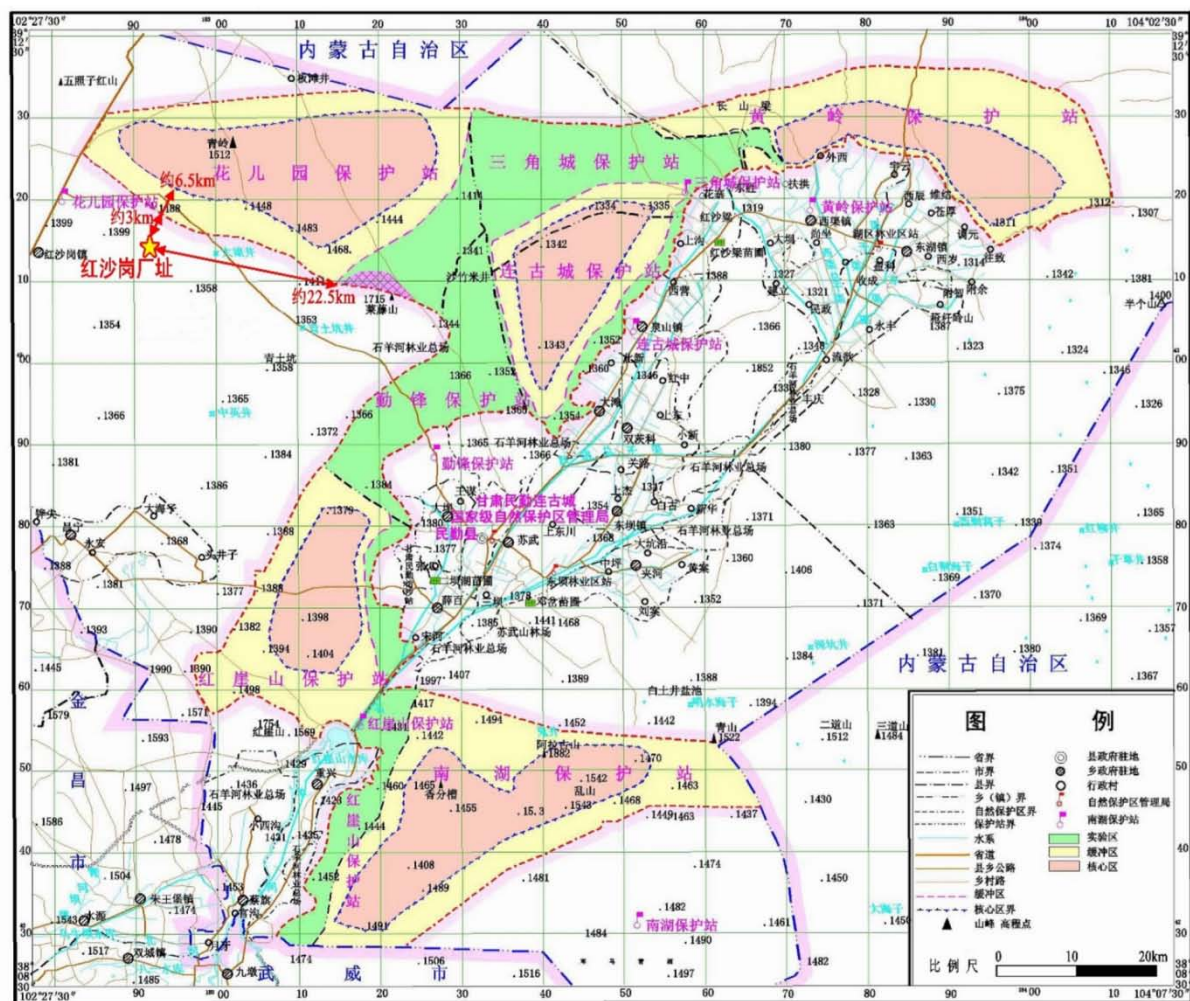


图 2.3-2 厂址与甘肃民勤连古城国家级自然保护区的位置关系示意图



图 2.4-1 厂址地理位置及周边气象站（圆圈半径为 80km）

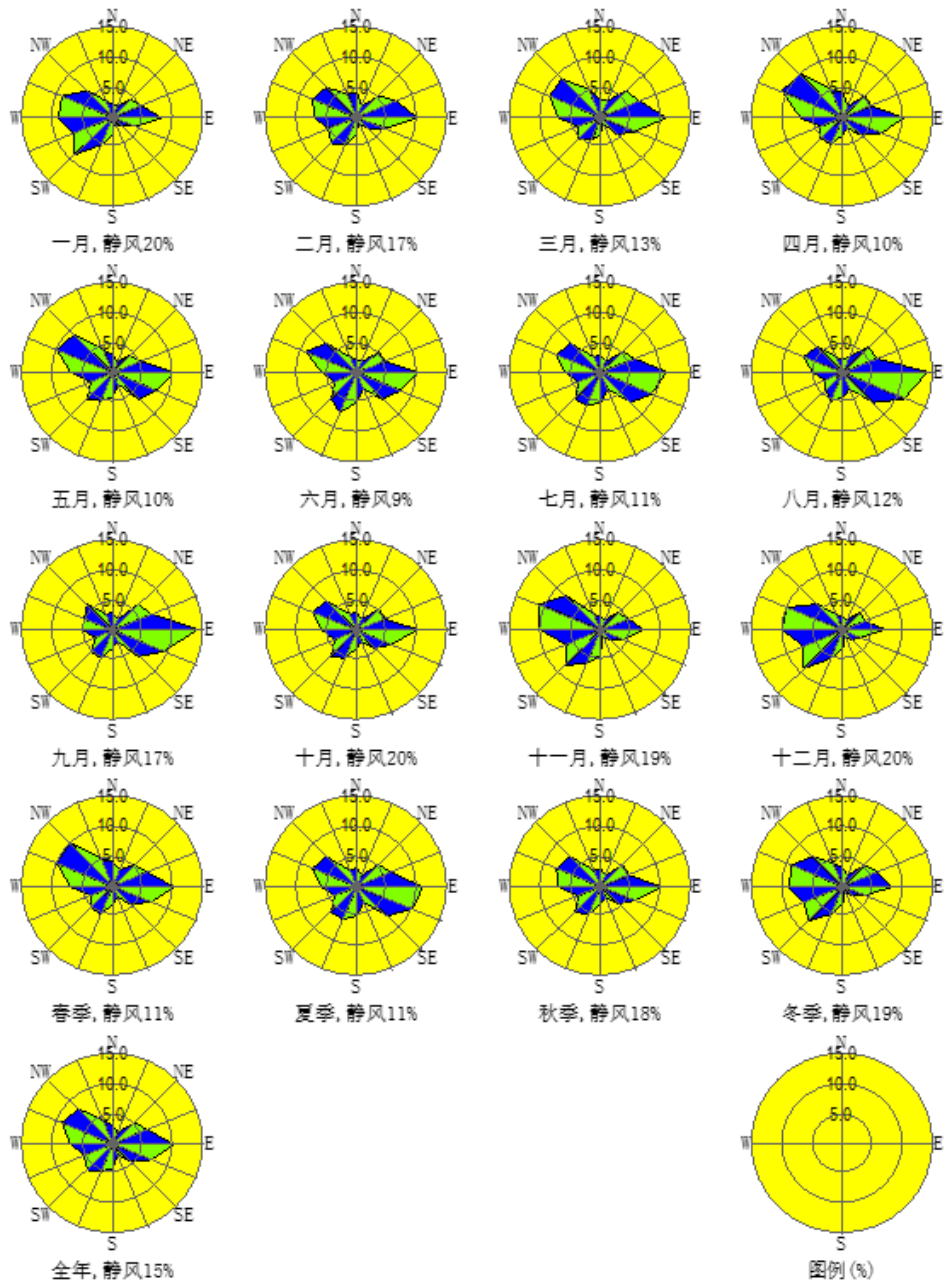


图 2.4-2 民勤站全年及各月风频玫瑰图

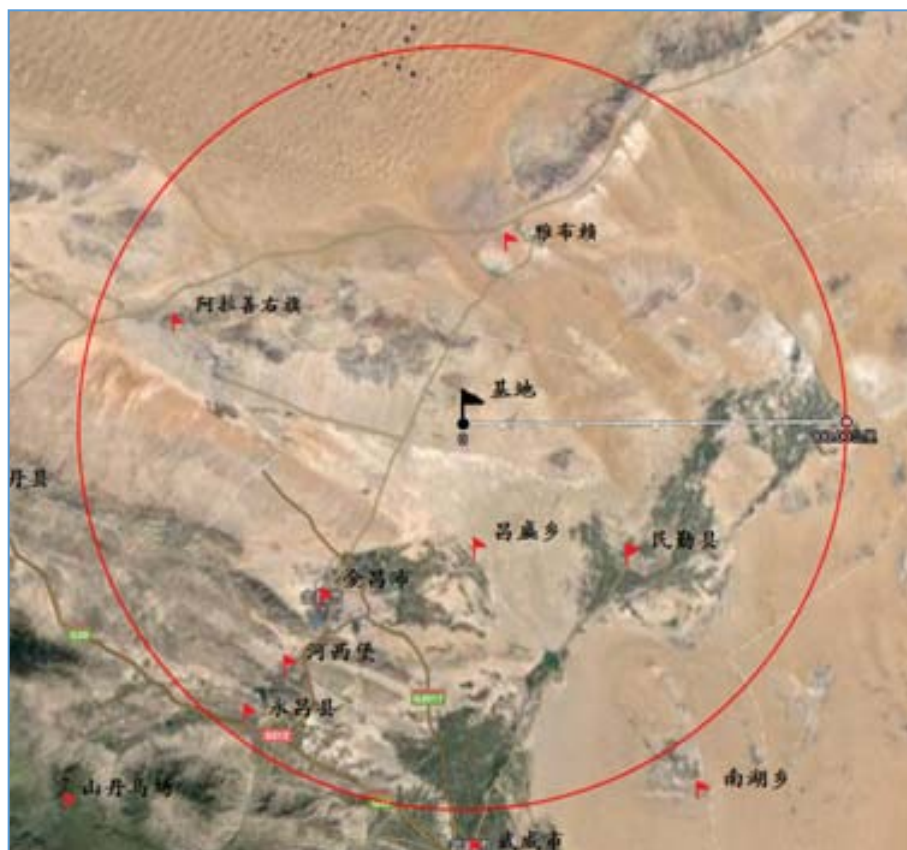


图 2.4-3 龙卷风的调查范围

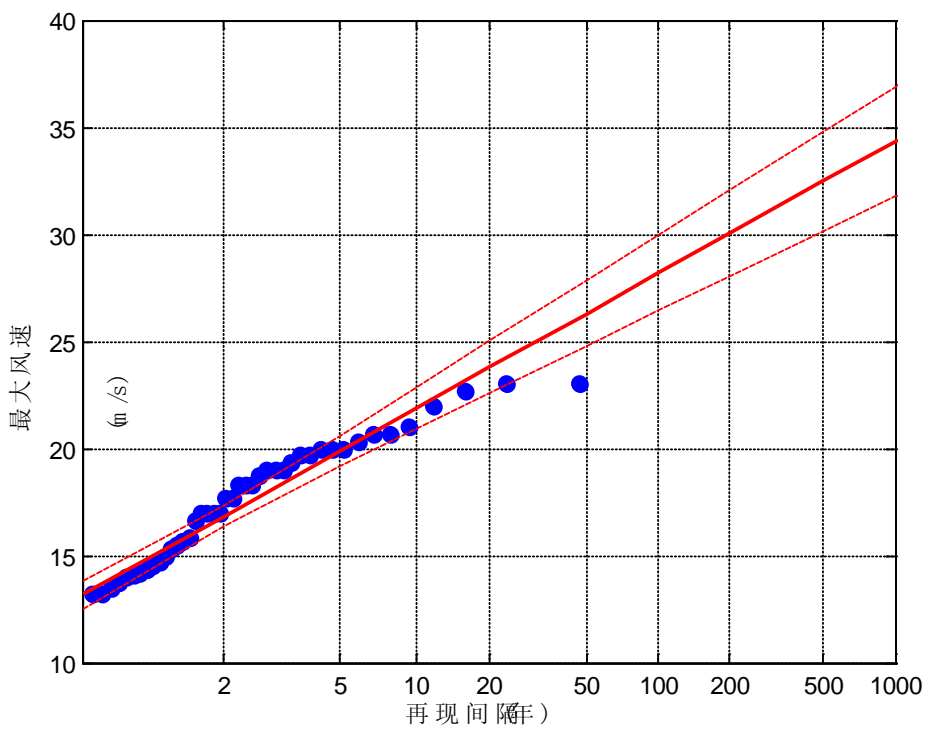


图 2.4-4 民勤站最大风速耿贝尔拟合图

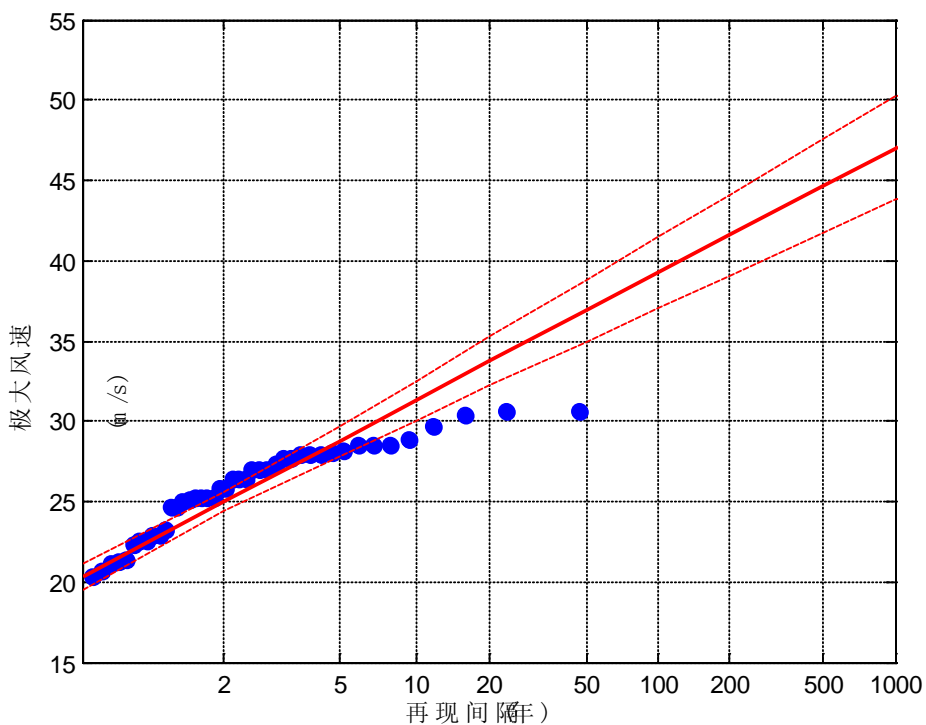


图 2.4-5 民勤站极大风速耿贝尔拟合图

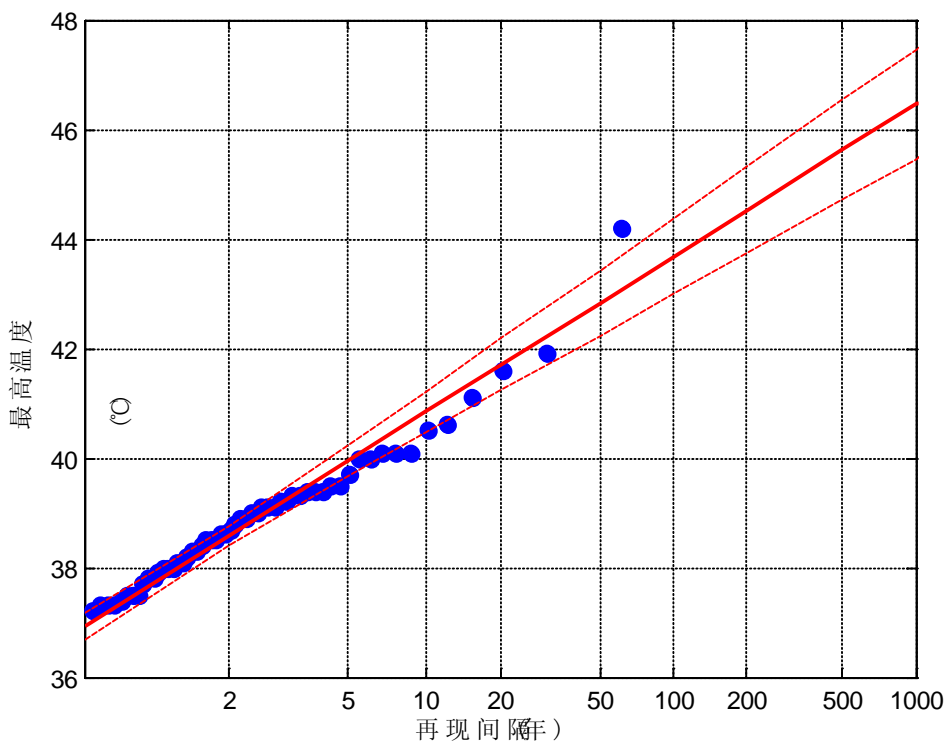


图 2.4-6 雅布赖站极端最高温度耿贝尔拟合图

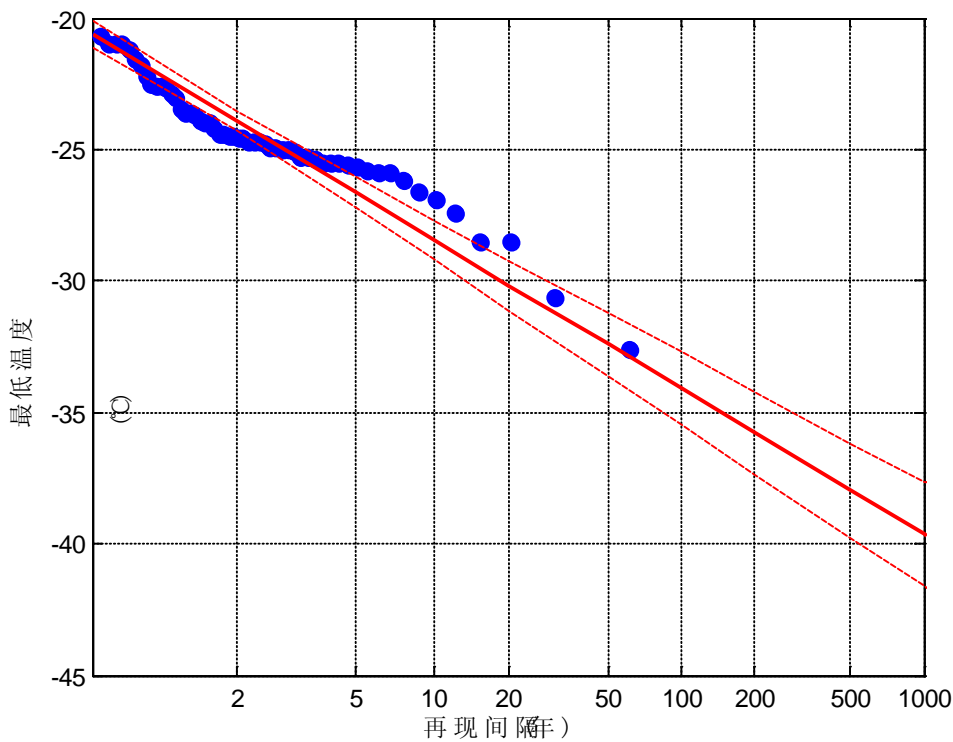


图 2.4-7 雅布赖站极端最低温度耿贝尔拟合图

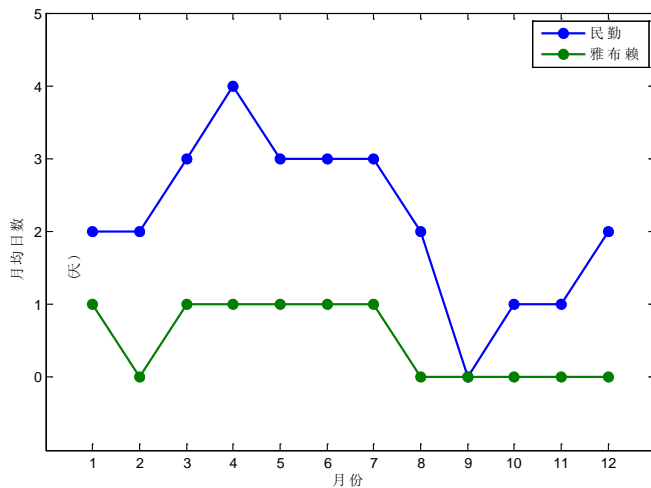


图 2.4-8 民勤和雅布赖站各月平均出现沙尘暴的日数

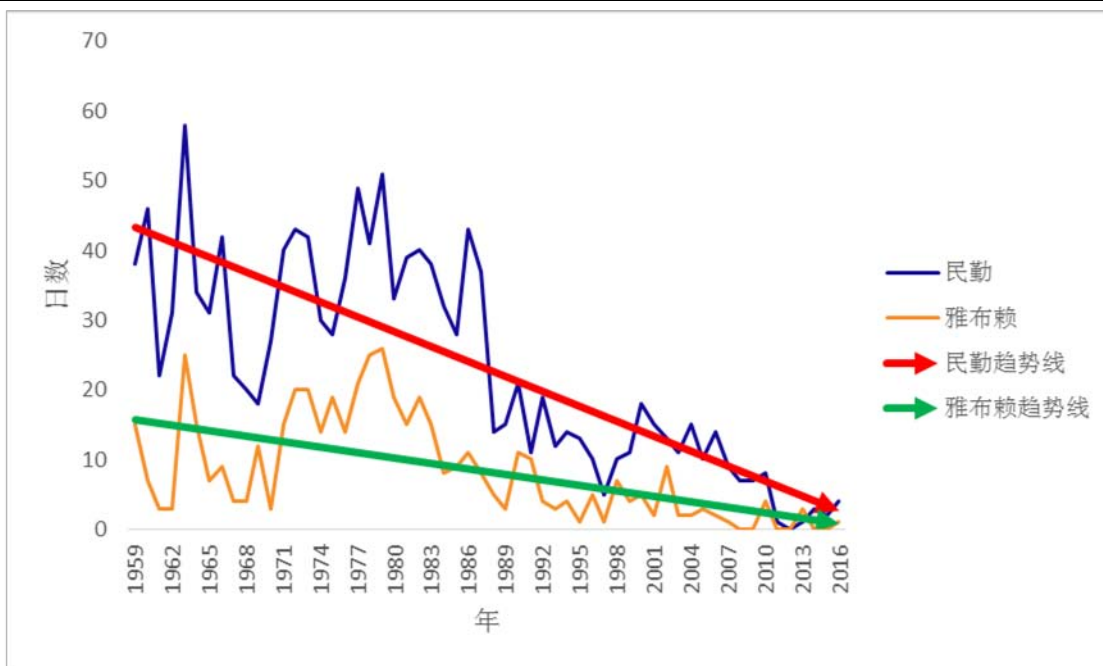
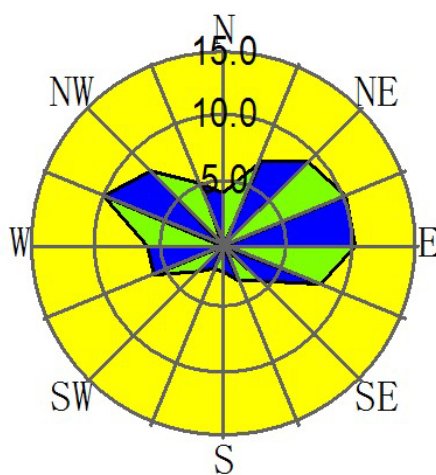


图 2.4-9 民勤和雅布赖气象站沙尘暴逐年变化趋势



红沙岗站, 静风1%

图 2.4-10 红沙岗站 10m 高度全年风玫瑰图



图 2.6-1 厂址地形地貌图

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

3.1.2 辐射环境质量评价

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

表

表 3.1-1 TMSR先进核能实验基地选址项目厂址环境辐射本底调查方案

表 3.1-2 环境辐射本底调查采用的主要测量仪器和方法

表 3.1-3 放化分析样品最小可探测活度浓度（一般项目）

表 3.1-4 气溶胶 γ 核素测量最小可探测活度浓度

表 3.1-5 土壤样品 γ 核素测量最小可探测活度浓度

表 3.1-6 陆地水中 γ 核素测量最小可探测活度浓度

表 3.1-7 本次调查中使用的主要仪器设备一览表

表 3.1-8 本次调查中使用标准物质一览表

表 3.2-1 环境空气质量监测结果（日平均）

表 3.2-2 声环境质量标准限值

表 3.2-3 环境噪声现状监测结果

图 3.1-1 环境 γ 辐射剂量率和累积剂量监测点布置图（半径 2km范围）

图 3.1-2 环境 γ 辐射剂量率和累积剂量监测点布置图（半径 2~20km范围）

图 3.1-3 气溶胶、水体、土壤、底泥监测点位布置图

图 3.1-4 宇宙射线响应测量位置图

图 3.1-5 项目组织机构图

图 3.1-6 Quantulus1220 液闪谱仪本底与效率质控图

图 3.1-7 LB-7 液闪谱仪本底与效率质控图

图 3.1-8 HJ26 GEM 50P4-83 高纯锗 γ 谱仪本底与效率质控图

图 3.1-9 HJ124 GEM 50P4-83 高纯锗 γ 谱仪本底与效率质控图

图 3.1-10 HJ30 0 测量仪各通道 α 本底质控图

图 3.1-11 HJ30 $\alpha\beta$ 测量仪各通道 β 本底质控图

图 3.1-12 HJ30 $\alpha\beta$ 测量仪各通道 α 效率质控图

图 3.1-13 HJ30 $\alpha\beta$ 测量仪各通道 β 效率质控图

图 3.2-1 环境空气质量监测点位图

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

为了解本实验装置厂址周围辐射环境本底情况，编制本章节部分内容，委托苏州热工研究院有限公司于 2017 年 6 月至 2017 年 10 月在厂址周围进行了为期一个季度的环境本底放射性质量调查，形成《TMSR 先进核能实验基地选址项目厂址环境辐射本底调查专题调查报告》（B 版）并最终通过专家评审。本节主要采用该报告中的调查数据，对本工程周围环境的放射性本底情况进行说明。

3.1.1.1 参考标准规范

HJ/T 61-2001	《辐射环境监测技术规范》
GB 12379-90	《环境核辐射监测规定》
GB/T 14583-93	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》
GB 8999-88	《电离辐射监测质量保证一般规定》
GB 6249-2011	《核动力厂环境辐射防护规定》
HJ 814-2016	《水和土壤样品中钷的放射化学分析方法》
HJ 815-2016	《水和生物样品灰中铯-90 的放射化学分析方法》
EJ/T 1035-2011	《土壤中铯-90 的分析方法》
GB 12375-90	《水中氡的分析方法》
GB/T 11713-2015	《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》
GB/T 11743-2013	《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》

3.1.1.2 调查内容

环境辐射本底调查主要分为资料收集和实地调查两部分：

- (1) 相关数据和资料收集
 - 50km 范围内核设施概况
 - 30km 范围内铀钍矿概况
 - 15km 范围内 NORM 设施概况
 - 15km 范围内同位素生产、I 类和 II 类放射源及非密封源应用概况
- (2) 现场实际调查
 - 厂址半径 20km 范围内的陆地环境 γ 辐射剂量率
 - 厂址半径 20km 范围内的陆地环境 γ 辐射累积剂量率

- 厂址周围大气中气溶胶放射性核素活度浓度
- 厂址周围陆地水体（饮用水、地下水、地表水和底泥（沉积物））放射性核素活度浓度
- 厂址周围土壤（表层土）放射性核素活度浓度

上述调查对象的相关监测项目、监测点位以及监测频度等信息详见表 3.1-1。

3.1.1.3 布点方案

(1) 环境 γ 辐射剂量率瞬时监测

- 调查范围：以钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验堆基地为中心、半径 2km、5km、10km、20km 与 16 个方位角形成的扇形区域内布点。
- 点位布设：半径 2km 范围内布设 20 个点，点位编号 1 号~20 号；半径 2~5km 范围内各布设 19 个点，点位编号 21 号~39 号；半径 5~10km 范围内布设 15 个点，点位编号 40 号~54 号；半径 10~20km 范围内布设 18 个点，点位编号 55 号~72 号；测量点的具体位置详见图 3.1-1~图 3.1-2。
- 点位个数：共布设 72 个点位。

(2) 环境 γ 辐射累积剂量

- 调查范围：与环境 γ 辐射剂量率瞬时监测的调查范围相同。
- 点位布设：与环境 γ 辐射剂量率瞬时监测的点位布设相同；测量点的具体位置详见图 3.1-1~图 3.1-2。
- 点位个数：共布设 72 个点位。

(3) 环境 γ 辐射连续剂量率监测

- 调查范围：厂址周围。
- 点位布设：监测点位布设于厂址西南的 65 号点位，具体位置见图 3.1-2。
- 点位个数：共布设 1 个点位。

(4) 气溶胶

- 调查范围：厂址周围。
- 点位布设：空气气溶胶采样点布设在 65 号点位，具体位置见图 3.1-3。
- 点位个数：共布设 1 个点位。

(5) 饮用水、地下水

- 调查范围：厂址周围。
- 点位布设：点位分别位于 54 号点位、73 号点位、46 号点位和 65 号点位，具体

位置见图 3.1-3。

- 点位个数：共布设 4 个点位。

(6) 地表水

- 调查范围：厂址周围。
- 点位布设：地表水采样点位为 22 号点位和 49 号点位，具体位置见图 3.1-3。
- 点位个数：共布设 2 个点位。

(7) 土壤

- 调查范围：厂址半径 10km 的区域内。
- 点位布设：在 7 号点位、26 号点位、33 号点位、35 号点位、42 号点位、43 号点位、48 号点位、54 号点位、65 号点位、69 号点位设置采样点，具体位置见图 3.1-3。
- 点位个数：共布设 10 个点位。

(8) 底泥

- 调查范围：厂址周围。
- 点位布设：底泥采样点与地表水在同一点位，分别在 22 号点位、49 号点位设置采样点，具体位置见图 3.1-3。
- 点位个数：共布设 2 个点位。

3.1.1.4 测量仪器及测量方法

具体测量仪器及测量方法依据详见表 3.1-2。各分析测量项目在选定分析测量方法时优先采用国家标准，在没有国家标准情况下选用行业标准。

3.1.1.5 探测下限

本次调查中各调查项目测量方法的探测下限见表 3.1-3~表 3.1-6。

3.1.1.6 调查结果

(1) 厂址周围核设施及放射源情况

经现场调查，目前厂址半径 50km 范围内无核设施，半径 30km 范围内无铀钍矿，半径 15km 范围内无生产放射性同位素和使用 I 类、II 类放射性源及非密封源的情况。

(2) 宇宙射线测量

仪器的宇宙射线响应测量选择在红崖山水库进行，该水库位于民勤县城西南侧约 30km，距离本项目厂址约 65km，具体置见图 3.1-4。本项目调查采用的 γ 射线瞬时剂量监测仪（FH40G+FH672E/HJ5）仪器的宇宙射线响应值为 17.6nGy/h， γ 射线连续剂量监测仪（FH40G+FH672E/HJ3）仪器的宇宙射线响应值为 61.8nGy/h。

（3）环境 γ 辐射剂量率

环境 γ 辐射剂量率测量点位选择在地势平坦、开阔、无积水、有袒露土壤或有植被覆盖的地表上，与周围建筑物的距离大于 30m，测量高度距离地面 1m 左右。

在厂址 20km 范围内共设置 72 个监测点位， γ 辐射瞬时剂量率共测量 2 次，第一次测量时间为 2017 年 6 月 28 日至 7 月 6 日，第二次测量时间为 2017 年 9 月 30 日至 10 月 3 日。第一次测量结果范围为 77~122nGy/h，平均值为 96 ± 7 nGy/h；第二次测量结果范围为 72~119nGy/h，平均值为 95 ± 7 nGy/h；两次测量均值范围为 75~121nGy/h，均值为 96 ± 6 nGy/h。

（4）环境 γ 辐射累积剂量

由于本项目厂址地区为戈壁地形，现场树木极少，因此将剂量片悬挂于定制的竹片上，固定在距地约 1m 高度处。

γ 辐射累积剂量率监测点位与瞬时剂量率监测点位相同，共布设 72 个监测点。2017 年 6 月 29 日至 7 月 4 日完成 TLD 剂量片的现场布置，于 2017 年 9 月 30 日至 10 月 3 日完成 TLD 剂量片的回收，TLD 现场累积测量时间 89~95 天不等。53 号点位 TLD 剂量片被人为破坏，共回收 71 个点位剂量片，剂量片回收率大于 98%。厂址周围 20km 范围内 TLD 监测到的 γ 辐射剂量率范围为 101.5~158.1nGy/h，平均值为 126.1 ± 7.9 nGy/h。

（5）环境 γ 辐射连续剂量率监测

环境 γ 辐射连续监测采用 RSS131-110-ER 型高压电离室，电离室放置在专用玻璃钢百叶箱内，百叶箱距地高约 1m。环境 γ 辐射连续剂量率监测频次为一次，持续监测 1 季度，获取每日、每小时监测数据。为识别环境 γ 辐射水平受雨量的影响情况，连续监测点位也配备了雨量计。

环境 γ 辐射连续监测时段为 2017 年 6 月 28 日 21:00 至 2017 年 10 月 1 日 20:00，其中 2017 年 8 月 27 日 8:00 至 23:00、2017 年 9 月 16 日 15:00 至 9 月 18 日 16:00 和 2017 年 9 月 20 日 8:00 至 23:00 由于现场长时间停电导致备用电源耗尽而丢失数据，其余时段仪器均正常运行。连续剂量率监测日均监测结果范围为 134~140nGy/h，小时测量结果范围为 132~157nGy/h。

（6）气溶胶中放射性核素活度浓度

采用 HY-1000E 型大流量采样器进行空气气溶胶采样，采用恒流模式，流量为 $1.00\text{m}^3/\text{min}$ 。现场采样时间为 2017 年 6 月 28 日 14:15~2017 年 7 月 6 日 23:10，采样体积为 10083.9m^3 。

气溶胶样品中 ^7Be 测量结果为 $9.09\pm 0.18\text{mBq/m}^3$ ，其它核素 (^{131}I 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{106}Ru 、 ^{54}Mn 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$) 均低于探测限。

(7) 饮用水、地下水中放射性核素活度浓度

饮用水、地下水样品容器为聚乙烯塑料桶，供 ^3H 分析的水样装于 500mL 玻璃瓶中。采样所用的容器均为新购容器，取样前用现场水样反复冲洗后使用。用于总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 核素分析的样品用聚乙烯桶封装并用硝酸酸化至 $\text{pH}=1\sim 2$ ，用于 ^{14}C 分析的样品用聚乙烯桶封装但不进行酸化处理，用于 ^3H 分析的样品封装于玻璃瓶中且不酸化。

饮用水、地下水样品中， ^3H 的测量结果均小于探测限 (0.37Bq/L)； ^{14}C 的测量结果范围为 $0.75\sim 2.6\text{mBq/L}$ ($0.026\sim 0.058\text{Bq/g}\cdot\text{碳}$)；65 号点位样品中 ^{90}Sr 监测结果为 $0.17\pm 0.09\text{mBq/L}$ ，46 号点位样品中 ^{90}Sr 监测结果为 $0.20\pm 0.08\text{mBq/L}$ ，其余点位样品中 ^{90}Sr 监测结果小于探测下限；总 α 的测量结果范围为 $0.10\sim 0.32\text{Bq/L}$ ；总 β 的测量结果范围为 $0.13\sim 0.24\text{Bq/L}$ ；所有点位样品中核素 (^{131}I 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{106}Ru 、 ^{54}Mn 、 ^7Be 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra) 的测量结果均小于探测限， ^{40}K 的测量结果范围为 $62\sim 115\text{mBq/L}$ 。

(8) 地表水中放射性核素活度浓度

地表水样品采用水瓢和小桶采集样品装入清洗干净的聚乙烯塑料桶和玻璃瓶内。采样所用的容器均为新购容器，取样前用现场水样反复冲洗后使用。用于总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 核素分析的样品用聚乙烯桶封装并用硝酸酸化至 $\text{pH}=1\sim 2$ ，用于 ^{14}C 分析的样品用聚乙烯桶封装但不进行酸化处理，用于 ^3H 分析的样品封装于玻璃瓶中且不酸化。

22 号点位样品中 ^3H 的测量结果为 $0.50\pm 0.23\text{Bq/L}$ ，49 号点位样品中 ^3H 的测量结果小于探测限 (0.37Bq/L)；22 号点位样品中 ^{14}C 的测量结果为 $4.6\pm 1.4\text{mBq/L}$ ($0.044\pm 0.013\text{Bq/g}\cdot\text{碳}$)，49 号点位样品中 ^{14}C 的测量结果为 $2.56\pm 0.52\text{mBq/L}$ ($0.036\pm 0.007\text{Bq/g}\cdot\text{碳}$)；22 号点位样品中 ^{90}Sr 的测量结果为 $0.86\pm 0.12\text{mBq/L}$ ，49 号点位样品中 ^{90}Sr 的测量结果为 $0.31\pm 0.06\text{mBq/L}$ ；22 号点位样品中总 α 的测量结果为 $0.25\pm 0.16\text{Bq/L}$ ，49 号点位样品中总 α 的测量结果为 $0.76\pm 0.16\text{Bq/L}$ ；22 号点位样品中总 β 的测量结果为 $0.14\pm 0.06\text{Bq/L}$ ，49 号点位样品中总 β 的测量结果为 $1.02\pm 0.07\text{Bq/L}$ ；；22 号点位和 49 号点位样品中核素 (^{131}I 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{106}Ru 、 ^{54}Mn 、 ^7Be 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{238}U) 的测量结果均小于探测限，22 号点位样品中 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 的测量结果也小于探测限，49 号点位样品中 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 的测量结果分别为 $114.5\pm 3.4\text{mBq/L}$ 和 $7.4\pm 1.8\text{mBq/L}$ ，22 号点位样品中 ^{40}K 的测量结果为 $66\pm 27\text{mBq/L}$ ，49 号点位样品中 ^{40}K 的测量结果为 $601\pm 27\text{mBq/L}$ 。

（9）土壤中放射性核素活度浓度

土壤采样调查使用采样铲采集土壤样品，采样时，选择和 γ 瞬时剂量率同一点位采集表层土壤，在 $10\times 10\text{m}^2$ 范围内，采用梅花型布点采集，对于不易采用梅花形布点的点位采用蛇形布点进行采样。每个点位采集的样品，在现场充分混合，去除石头、杂草等杂物，放入双层塑料袋内，以备运输，每个样品采样量大于 3kg。

土壤样品中， ^{90}Sr 测量结果范围为 $<0.14\sim 1.27\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，其中 7 号点位和 43 号点位的测量结果小于探测限； $^{239+240}\text{Pu}$ 测量结果除 43 号点位外，其余点位测量结果均大于探测限，测量结果范围为 $<0.012\sim 0.304\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ；核素（ ^{131}I 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{106}Ru 、 ^{54}Mn 、 ^7Be 、 ^{134}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ）的测量结果均小于探测限， ^{137}Cs 测量结果范围为 $<0.56\sim 6.99\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ；核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 测量结果范围依次为 $20.2\sim 68.0\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 $18.82\sim 29.0\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 $29.34\sim 42.21\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 $478\sim 688\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

（10）底泥中放射性核素活度浓度

现场共采集 2 个底泥样品，采样点位与地表水采样点位相同。由于采样点位水深较浅，底泥采样使用采样铲进行采样，每个样品采集多个点底泥混合。现场采集的底泥去除水份晾干后，取约 3kg 放入自封袋中，挂上标牌，再转移到塑料袋中，做好标识，以备运输。

底泥样品中，49 号点位 ^{90}Sr 的测量结果为 $0.27\pm 0.08\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，22 号点位 ^{90}Sr 的测量结果为 $0.47\pm 0.10\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ；49 号点位 $^{239+240}\text{Pu}$ 的测量结果为 $0.094\pm 0.013\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，22 号点位 $^{239+240}\text{Pu}$ 的测量结果为 $0.075\pm 0.013\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ；49 号点位和 22 号点位的核素（ ^{131}I 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{106}Ru 、 ^{54}Mn 、 ^7Be 、 ^{134}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ）测量结果均小于探测限，49 号点位 ^{137}Cs 测量结果范围为 $1.86\pm 0.25\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，22 号点位 ^{137}Cs 测量结果范围为 $1.18\pm 0.28\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ；49 号点位核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 测量结果范围依次为 $66.7\pm 6.9\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 $31.50\pm 0.81\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 $35.24\pm 0.70\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 $623.0\pm 8.5\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，22 号点位核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 测量结果范围依次为 $25.6\pm 8.8\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 $18.92\pm 0.94\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 $35.39\pm 0.86\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 $591\pm 11\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

3.1.1.7 质量保证措施

为了对监测过程进行全面控制，以保证调查结果的代表性、准确性和可靠性，在本次环境放射性质量调查过程中采取了一系列质量保证措施。在调查过程中质量保措施主要有以下几个方面：

（1）组织机构和人员配备

为了保证本次调查工作的质量控制，调查单位成立了项目组，其组织机构见图 3.1-5。

本次调查中主要检测人员均具备环境监测资质且通过了内部专业技能考核，除技术培训外，所有人员均进行质量体系与质量控制培训，每年进行专业考核，对于上岗人员采用授权上岗制度，只有通过考核的人员方可进行监测工作。

（2）仪器设备的质量控制

为保证调查结果的可靠性，检测过程中所使用的仪器设备均按规定进行周期检定/校准，保证检定/校准结果能够溯源到国家计量基准，本次调查涉及的主要仪器设备见 3.1-7，所有仪器均在检定/校准的合格期内。本实验室所使用标准物质均溯源到国家计量基准，本次调查中仪器设备刻度所使用的标准物质均由中国计量科学研究院提供，为测量的量值溯源至国家基准提供了有力的保证，本次调查中使用的标准物质见 3.1-8。放射性测量装置每半个月或每月进行一次本底测量和效率检验，并依据检验结果绘制本底质控图和效率质控图，以分析仪器的稳定性及可靠性，本次调查中主要测量设备的本底和效率质控图见图 3.1-6~图 3.1-13，由质控图可以看出，95%以上的质控点在 $\pm 2\sigma$ 以内，表明设备长期运行稳定。

（3）采样的质量控制

1) 采样准备，采样工作开始之前，根据本次调查的目的和要求，决定采集样品的种类，对各类样品的采集和预处理，制定操作程序，采样出发前，对每个参加采样的人员进行培训，参加采样的人员在实施采样前充分了解，并在采样过程中严格执行。

2) 采样记录，现场采样人员在现场真实的填写采样记录表，利用 GPS、数码照相的方式对现场采样情况进行记录，以保证定位的可重复性。同时填写样品标签，采取措施保证样品标签在样品保存、运输过程中不会丢失、损坏。

3) 样品的采集，为保证样品的代表性，采集类样品选择合适的采样地点，采购类样品直接到农户家中采购或在码头采购，采购时确认出产地。采集的样品尽量保证足够的余量，以备复查。

4) 样品的标识，采样人员负责对样品编号，加贴唯一性识别标志，注明样品的详细信息。样品管理员在接收样品时，应及时登记后保存。

5) 样品的流转，本底调查的样品按照分析顺序流转，交接签收时检查样品的状况。分析人员对分析完毕的样品，加贴状态标识以免发生混淆，使样品具有可追溯性。

（4）放化分析过程的质量控制

1) 空白样品

空白样品的分析测量是为了检查实验用水和化学试剂的放射性本底水平及分析人员

的操作能力，定期进行化学试剂空白实验。

2) 平行样品

为了对项目中样品的采集、预处理及分析测量的全部过程进行有效的质量控制，在项目的实施过程中，对土壤、饮用水、地表水、底泥等样品分别采集了1个平行样，平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同。

3) 加标盲样

在分析测量样品时，由质控管理人员在待测样品中加入分析测量人员不知的待测核素，根据报出的测量结果和已知核素含量，采用 En 值可以判断该批样品分析结果的准确度和分析人员的分析水平。

4) 放化回收率与化学回收率一致性检验

随机抽取5%~10%的样品进行加标样的测定，确定加标样品的放化回收率，放化回收率和同步进行的化学回收率相比较，可以确定在平时分析中用化学回收率代替放化回收率的误差。

(5) 数据记录和处理的质量控制

项目组制定关于原始数据记录、数据处理、检测结果报告与审核程序。针对不同的检测项目，编制专用的原始记录单(包括采样记录，分析测量记录等)，检测结果报告单。要求检测人员严格按照分析测量程序规定，真实、准确、完整地记录分析测量过程中的相关信息。在对原始数据进行必要的整理之前，逐一检查原始记录是否按规定的要求填写完全、正确。检测人员要按规范的检测结果报告单及时写出检测报告，项目负责人审核原始记录及运算过程是否规范、完整、准确。质量管理人员组织质保人员和部分专家对各分项目组的报告数据进行核实评审。

(6) 实验室比对

2016年1月，调查单位参加了中国原子能科学研究院组织的全国核基地与核设施辐射环境现状调查与评价水样中氡和土壤中锶-90分析测量比对，比对结果合格。

2016年4月-11月，调查单位参加了中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所组织的2016 年度放射卫生技术机构检测能力考核-放射性核素 γ 能谱分析，考核结果为合格。

2016年4月-11月，调查单位参加了中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所组织的2016年度放射卫生技术机构检测能力考核，参加考核项目为总 α 、总 β 放射性测量，考核结果为合格。

2016年4月-11月，调查单位参加了中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所组

织的2016年度放射卫生技术机构检测能力考核，参加考核项目为 γ 放射性核素、总 α 、总 β ，考核结果为合格。

3.1.2 辐射环境质量评价

3.1.2.1 厂址周围核设施及放射源情况

经现场调查，目前厂址半径 50km 范围内无核设施，半径 30km 范围内无铀钍矿，半径 15km 范围内无生产放射性同位素和使用 I 类、II 类放射性源及非密封源的情况。

3.1.2.2 环境 γ 辐射水平和环境介质放射性核素活度浓度

通过与《中国环境天然放射性水平（1983-1990）》和全国辐射环境质量报告中数据进行对比，通过对比分析，本次调查区域内的环境 γ 辐射水平和环境介质放射性核素活度浓度未发现明显异常，属于环境本底水平。

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

甘肃省环境监测中心站于 2015 年对武威市民勤县红砂岗加氢精细化工产业园（位于民勤红砂岗工业集聚区内，在本项目以西区域）开展环境质量现状监测（包括大气、噪声监测），并于 2015 年 6 月 25 日出具《武威市民勤县红砂岗加氢精细化工产业园环境质量现状监测报告》（甘环监评字[2015]06 号）。本节根据该监测报告编制。

厂址半径 5km 范围内无环境空气保护目标。

武威市民勤县红砂岗加氢精细化工产业园 2015 年大气环境监测内容如下：监测项目： SO_2 （1 小时平均、24 小时平均）、 NO_2 （1 小时平均、24 小时平均）、 NO_x （1 小时平均、24 小时平均）、苯并芘（1 小时平均、24 小时平均）、TSP（24 小时平均）、 PM_{10} （24 小时平均）、 $\text{PM}_{2.5}$ （24 小时平均）等。

监测时段：2015 年 3 月 23 日~3 月 29 日。

监测点位：共设置红砂岗工业水厂、太西煤一矿厂址、汇能光伏发电厂址、花儿园保护站缓冲区内、红砂岗工业园区东方联拓厂址、上风向 8km 光伏发电厂址、常州天合光伏发电厂址、太西煤二矿厂址、红砂岗镇、红砂岗加氢精细化工产业园（厂址所在地）共 10 个测点，点位分布见图 3.2-1。

武威市民勤县红砂岗加氢精细化工产业园 2015 年 3 月 23 日~3 月 29 日的环境空气质量现状见表 3.2-1，由表 3.2-1 可见，环境空气质量监测点 SO_2 、 NO_2 、 NO_x 、苯并芘、TSP、 PM_{10} 的 24 小时平均值符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准的要求， $\text{PM}_{2.5}$ 仅红砂岗镇监测点位在 3 月 25 日监测数据略超过二级标准 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，为 $76\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。此外，

SO₂、NO₂、NO_x的1小时平均值数据均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准的要求。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

本小节依据甘肃省环境监测中心站2015年6月完成的《武威市民勤县红砂岗加氢精细化工产业园环境质量现状监测报告》进行编制。

1) 执行标准和评价依据

- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；
- 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中噪声标准限值见表3.2-2。

2) 厂址边界噪声现状

武威市民勤县红砂岗加氢精细化工产业园边界处噪声情况见表3.2-3。从表可以看出，产业园边界处监测点的环境噪声昼间为44.2~50.6dB（A），夜间为42.1~47.3dB（A）。上述测量结果看出，产业园边界处噪声处于较低水平，均满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的3类标准，即昼间65dB（A）、夜间55dB（A），厂址周围不存在强噪声污染源。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

经调查，厂址半径30km范围内未发现地表水系。

表 3.1-1 TMSR 先进核能实验基地选址项目厂址环境辐射本底调查方案

序号	介质	监测项目	点位数	监测点	分析数量	频次/时间
1	空气	γ 辐射剂量率瞬时监测	72	厂址 20km 范围内	144	2 次
		γ 辐射剂量累积监测	72	厂址 20km 范围内	72	1 次
		γ 辐射剂量连续监测	1	65 号点位	1	1 季度
2	空气气溶胶	γ 核素	1	65 号点位	1	1 次
3	饮用水、地下水	γ 核素、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 、 ^{14}C 、 ^3H	4	46 号点位、54 号点位、65 号点位*、73 号点位	24+6	1 次
4	地表水	γ 核素、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 、 ^{14}C 、 ^3H	2	22 号点位、49 号点位*	12+6	1 次
5	土壤	γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$	10	7 号点位、26 号点位、33 号点位、35 号点位、42 号点位、43 号点位、48 号点位、54 号点位、65 号点位*、69 号点位	30+3	1 次
6	底泥	γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$	2	22 号点位、49 号点位*	6+3	1 次

注：*表示改点位增加平行样采集。

表 3.1-2 环境辐射本底调查采用的主要测量仪器和方法

序号	检测项目	仪器设备	测量分析方法依据
1	环境 γ 辐射瞬时剂量率	FH40G+FH672E 型 γ 射线环境监测仪	GB/T14583-93 GBZ/T 144-2002
2	环境 γ 辐射连续剂量率	RSS131-110-ER 型 γ 射线环境监测仪	GB/T14583-93 GBZ/T 144-2002
3	环境累积剂量率监测	HarShaw5500 热释光剂量测量系统	GB10264-2014
4	水中 ³ H	Quantulus1220 超低本底液体闪烁谱仪	GB/T12375-90
5	水中 ¹⁴ C	LB-7 低本底液体闪烁谱仪	ISO13162-2011
6	水中 ⁹⁰ Sr	MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪	HJ815-2016
7	水中总 α	MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪	EJ/T1075-98
8	水中总 β	MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪	EJ/T900-94
9	水中 γ 核素	GEM50P4-83 高纯锗 γ 谱仪	GB/T16140-1995
10	空气中 γ 核素	GEM50P4-83 高纯锗 γ 谱仪	WS/T194-1999 GB/T11713-2015
11	土壤与底泥中 ⁹⁰ Sr	MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪	EJ/T1035-2011
12	土壤与底泥中 γ 核素	GMX50P4-83 高纯锗 γ 谱仪	GB/T11743-2013 GB/T11713-2015
13	土壤与底泥中 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Alpha Dual 双通道 α 谱仪	HJ814-2016

表 3.1-3 放化分析样品最小可探测活度浓度（一般项目）

项目	介质	样品量	测量时间 (min)	本底 (cpm)	探测效率	回收率	MDC
总 α	淡水	3.0L	1000	0.10	5.8%	98.4%	0.005 Bq/L
总 β	淡水	3.0L	1000	0.70	46.6%	98.4%	0.002 Bq/L
^{90}Sr	淡水	40L	1000	0.70	52.5%	80%	0.2 mBq/L
	土壤、底泥	50g	1000	0.70	52.5%	80%	0.1 Bq/kg
^3H	淡水	40ml	1000	4.196	33.93%	—	0.37 Bq/L
^{14}C	淡水	20L	1000	2.3	55.0%	98.7%	0.02mBq/L
$^{239+240}\text{Pu}$	土壤、底泥	30g	2833	0.12cph	25%	85%	1.3E-2mBq/kg

表 3.1-4 气溶胶 γ 核素测量最小可探测活度浓度样品量: 10418m³

测量时间: 86048 秒

核素	能量 (keV)	发射几率	本底计数率 (s ⁻¹)	探测效率	MDC (mBq/m ³)
^7Be	477.61	0.1052	0.01565	0.01828	0.10
^{134}Cs	604.72	0.9762	0.01297	0.01527	0.012
^{137}Cs	661.66	0.8462	0.01709	0.01429	0.016
^{58}Co	810.76	0.9945	0.01245	0.01236	0.014
^{54}Mn	834.84	0.9997	0.012125	0.01212	0.014
^{60}Co	1332.49	0.9983	0.008852	0.00893	0.016

表 3.1-5 土壤样品 γ 核素测量最小可探测活度浓度

样品量: 0.339kg

测量时间: 82064 秒

核素	能量 (keV)	发射几率	本底计数率 (s ⁻¹)	探测效率	MDC (Bq/kg 干)
^{238}U	63.29	0.0383	0.05281	0.007946	8.1
^{232}Th	238.63	0.4360	0.04727	0.02413	0.22
^{226}Ra	351.93	0.3710	0.03593	0.01915	0.29
^{134}Cs	604.72	0.9762	0.01421	0.01592	0.085
^{137}Cs	661.66	0.8462	0.01196	0.01411	0.10
^{58}Co	810.76	0.9945	0.008624	0.01295	0.081
^{54}Mn	834.84	0.9997	0.01230	0.01153	0.11
^{60}Co	1332.49	0.9983	0.006429	0.008577	0.11
^{40}K	1460.82	0.1066	0.02703	0.008074	2.1

表 3.1-6 陆地水中 γ 核素测量最小可探测活度浓度

样品量: 40L

测量时间: 86086 秒

核素	能量 (keV)	发射几率	本底计数率 (s^{-1})	探测效率	MDC (Bq/L)
^{134}Cs	604.72	0.9762	0.005727	0.02087	0.0015
^{106}Rh	621.93	0.0993	0.005808	0.02057	0.015
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	647.76	0.953	0.005285	0.02013	0.0015
^{137}Cs	661.66	0.8462	0.006726	0.01990	0.0020
^{58}Co	810.76	0.9945	0.004124	0.01770	0.0015
^{54}Mn	834.84	0.9997	0.004748	0.01738	0.0016
^{60}Co	1332.49	0.9983	0.002637	0.01190	0.0018
^{238}U	63.29	0.0366	0.005517	0.01055	0.16
^{226}Ra	351.93	0.3560	0.014741	0.03075	0.0059
^{232}Th	238.63	0.4360	0.009133	0.03575	0.0044
^{40}K	1460.8	0.1066	0.01397	0.00922	0.054

表 3.1-7 本次调查中使用的主要仪器设备一览表

名称	设备编号	型号	检定周期(月)	最近检定/校准日期	检定单位
γ 射线环境监测仪	HJ-5	FH40G+FH672E	12	2016.10.26	上海市计量院
γ 射线环境监测仪	HJ-3	RSS131-110-ER	12	2016.7.21	上海市计量院
高纯锗 γ 谱仪	HJ-26	GEM50P4-83	24	2016.9.27	上海市计量院
高纯锗 γ 谱仪	HJ-124	GMX50P4-83	24	2016.5.11	上海市计量院
超低本底液体闪烁谱仪	HJ-28	Quantulus1220	24	2016.5.11	上海市计量院
低本底液体闪烁谱仪	HJ-29	LB-7	24	2016.9.29	上海市计量院
低本底 α 、 β 测量仪	HJ-30	MPC9604	24	2016.01.6	上海市计量院
双通道 α 谱仪	HJ-72	alpha-Duo	24	2016.3.22	中国计量院
热释光计量测量系统	HJ-27	Hashaw5500	12	2017.05.10	上海市计量院
分析天平	HJ-33	XS-204	12	2017.4.14	苏州市计量所
分析天平	HJ-34	XS-204	12	2017.4.14	苏州市计量所
分析天平	HJ-35	XS-105DU	12	2016.10.24	苏州市计量所
电导率仪	HJ-36	FE30K	12	2017.4.6	苏州市计量所
PH 计	HJ-167	FE20K	12	2017.4.6	苏州市计量所
PH 计	HJ-38	FE20K	12	2017.7.4	苏州市计量所
电子天平	HJ-66	EMB500-1	12	2016.9.23	苏州市计量所
马弗炉	HJ-47	BF51728C	12	2017.2.28	苏州市计量所
灰化炉	HJ-48	AAF11/18	12	2017.2.28	苏州市计量所
烘箱	HJ-50	UFE500	12	2017.2.28	苏州市计量所
烘箱	HJ-51	UFE550	12	2017.2.28	苏州市计量所
烘箱	HJ-52	UNE550	12	2017.2.28	苏州市计量所
孔口流量计	HJ-131	HY-2300 ⁺	12	2017.6.14	上海市计量院

表 3.1-8 本次调查中使用标准物质一览表

序号	标准物质名称	用途	生产单位	标准号
1	KCl 粉末(总 β)	总 β 测量刻度	中国计量院	FM40-010
2	^{241}Am 粉末(总 α)	总 α 测量刻度	中国计量院	FM241-020
3	^{90}Sr 标准溶液	^{90}Sr 分析刻度	中国计量院	D131021
4	土壤中锶	^{90}Sr 分析	中国计量院	TRS110311
5	氚水标准溶液	^3H 分析刻度	中国计量院	F120605
6	土壤标准源	γ 能谱刻度	中国计量院	6NHH-521
7	马林杯水体监测率校准源	水中 γ 能谱刻度	中国计量院	ST10263
8	气溶胶监测效率校准源	γ 能谱刻度	中国计量院	LM10261
9	^{239}Pu 标准溶液	^{239}Pu 分析刻度	德国埃克特齐格勒同位素公司	1876-66-3
10	^{242}Pu 标准溶液	^{242}Pu 分析刻度	德国埃克特齐格勒同位素公司	D-K-19029-01-01
11	有机碳标准溶液	^{14}C 分析刻度	中国计量院	CE120612

表 3.2-1 环境空气质量监测结果（日平均）

单位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

监测项目	监测日期	监测点位									
		1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#
SO ₂	3.23	21	25	19	16	21	20	15	14	18	18
	3.24	16	16	21	22	19	24	16	17	21	15
	3.25	20	21	16	20	20	22	17	17	19	22
	3.26	16	16	15	16	19	14	16	18	15	17
	3.27	16	19	14	16	17	14	20	16	17	14
	3.28	15	15	16	13	14	16	14	18	14	15
	3.29	15	17	14	18	15	18	15	17	17	16
NO ₂	3.23	10	11	9	12	11	14	17	19	15	16
	3.24	12	16	15	16	10	14	15	13	12	17
	3.25	15	15	15	12	14	15	16	14	12	13
	3.26	12	11	13	12	10	12	10	11	12	14
	3.27	11	11	9	12	12	10	10	12	12	11
	3.28	11	12	10	11	10	11	11	12	13	10
	3.29	11	13	12	12	10	12	12	12	10	11
NO _x	3.23	25	25	24	28	30	31	27	31	29	31
	3.24	24	26	26	31	25	26	27	28	26	28
	3.25	26	26	28	26	28	24	30	31	28	23
	3.26	28	29	28	35	28	26	27	31	27	29
	3.27	24	27	26	28	24	26	25	29	29	28
	3.28	25	23	27	28	29	24	27	30	30	30
	3.29	26	26	29	27	29	30	28	28	29	31
TSP	3.23	97	105	94	104	94	111	100	110	122	119
	3.24	105	92	90	123	100	99	103	94	103	111
	3.25	121	102	110	112	112	118	117	110	116	119
	3.26	103	97	91	100	105	101	90	102	87	164
	3.27	103	118	113	115	98	96	106	81	114	119
	3.28	88	138	129	124	151	93	134	140	132	163
	3.29	151	136	157	156	161	1711	166	150	131	162
PM10	3.23	80	91	77	88	85	88	86	96	112	103
	3.24	88	83	80	104	91	86	84	87	93	88
	3.25	104	89	101	95	100	95	101	96	101	103
	3.26	89	87	82	83	96	85	78	91	77	109
	3.27	88	101	94	96	89	87	86	67	100	89
	3.28	76	115	101	93	119	81	114	117	107	120
	3.29	108	105	117	113	137	143	117	133	108	121
PM2.5	3.23	52	64	52	66	63	72	59	68	68	71
	3.24	70	57	56	65	71	62	66	67	66	64
	3.25	69	62	70	73	70	66	69	69	76	65
	3.26	60	55	57	57	70	62	50	61	55	66

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆环境影响报告书（建造阶段）

监测项目	监测日期	监测点位									
		1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#
PM2.5	3.27	47	62	65	65	67	58	66	51	64	65
	3.28	48	61	66	65	64	55	64	70	56	70
	3.29	62	66	48	65	66	72	73	68	54	70
苯并芘	3.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注 1：监测点位编号：1#红砂岗工业水厂、2#太西煤一矿厂址、3#汇能光伏发电厂址、4#花儿园保护站缓冲区内、5#红砂岗工业园区东方联拓厂址、6#上风向 8km 光伏发电厂址、7#常州天合光伏发电厂址、8#太西煤二矿厂址、9#红砂岗镇、10#红砂岗加氢精细化工产业园。

注 2：各时段和点位苯并芘均未检出。

表 3.2-2 声环境质量标准限值

单位：dB(A)

声环境功能区类别		时段	
		昼间	夜间
0 类		50	40
1 类		55	45
2 类		60	50
3 类		65	55
4 类	4a 类	70	55
	4b 类	70	60

0 类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

1 类声环境功能区：指以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能，需要保持安静的区域。

2 类声环境功能区：指以商业金融、集市贸易为主要功能，或者居住、商业、工业混杂，需要维护住宅安静的区域。

3 类声环境功能区：指以工业生产、仓储物流为主要功能，需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域。

4 类声环境功能区：指交通干线两侧一定距离之内，需要防止交通噪声对周围环境产生严重影响的区域，包括 4a 类和 4b 类两种类型。4a 类为高速公路、一级公路、二级公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通（地面段）、内河航道两侧区域；4b 类为铁路干线两侧区域。

表 3.2-3 环境噪声现状监测结果

单位：dB (A)

测点号	测点位置	监测结果			
		3月25日昼间	3月25日夜间	3月26日昼间	3月26日夜间
1	产业园边界东侧	45.1	42.1	45.8	43.7
2	产业园边界东侧	44.2	42.6	45.8	43.6
3	产业园边界北侧	45.1	44.2	46.8	45.3
4	产业园边界西侧	47.5	45.1	50.6	47.5
5	产业园边界西侧	47.6	45.5	48.0	47.3
6	产业园边界南侧	46.1	44.5	46.6	44.4

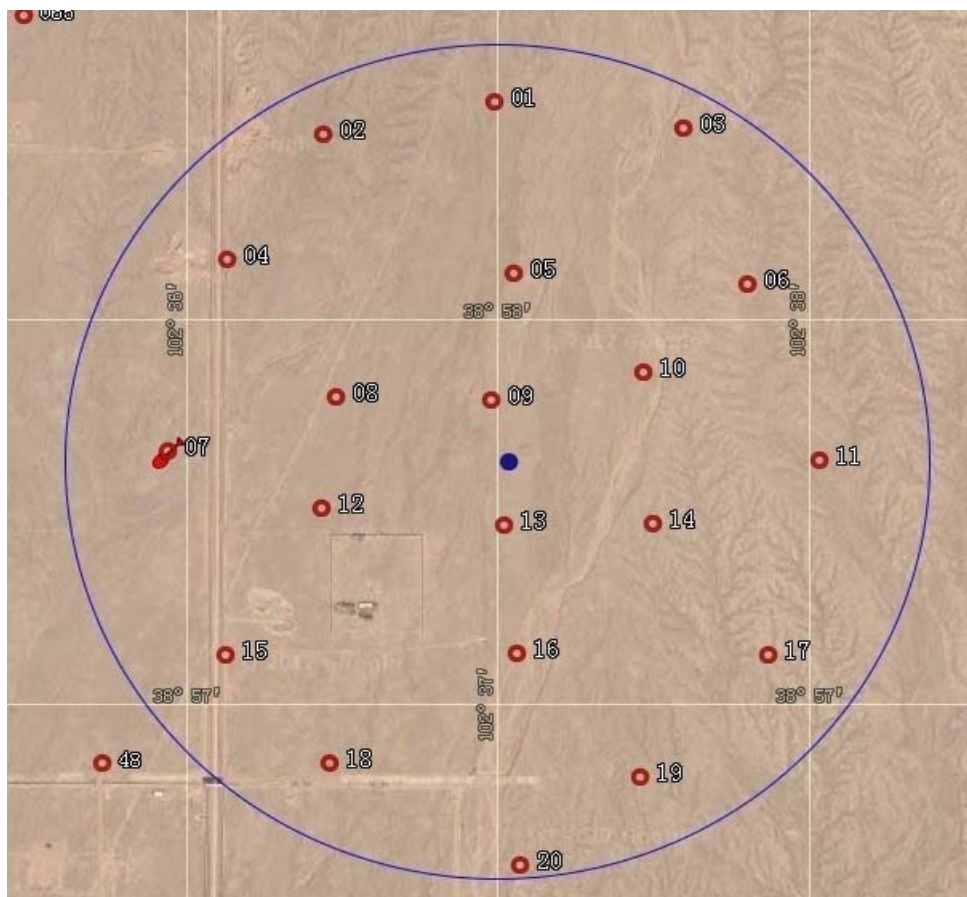


图 3.1-1 环境 γ 辐射剂量率和累积剂量监测点布置图（半径 2km 范围）

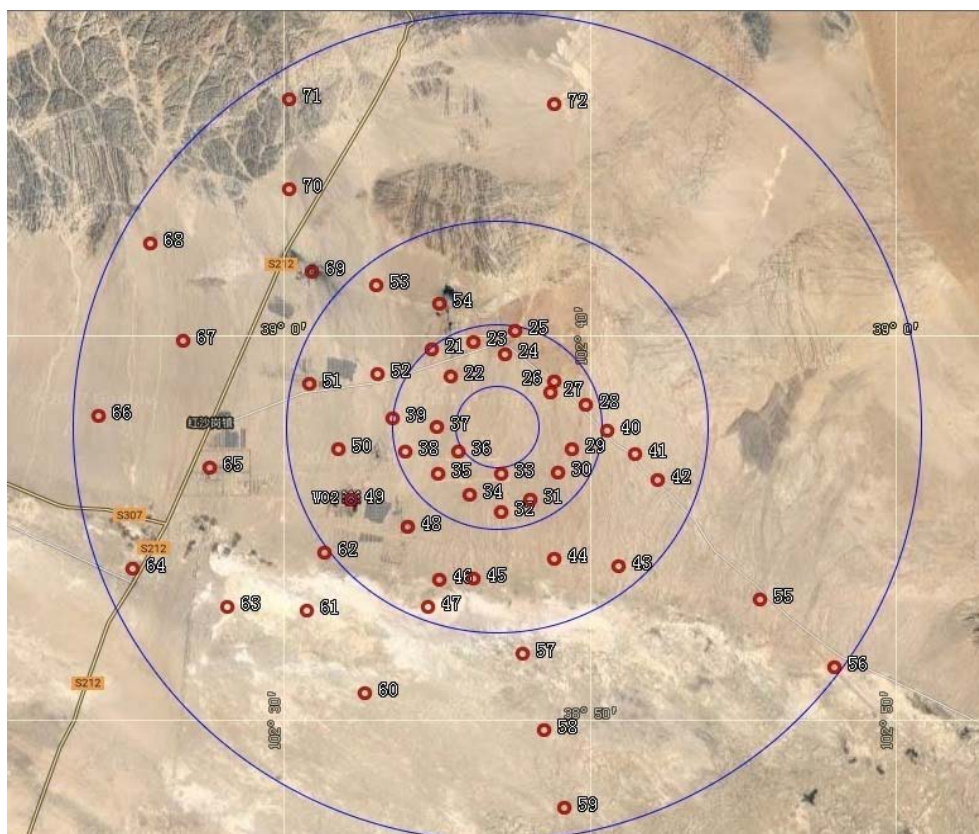


图 3.1-2 环境 γ 辐射剂量率和累积剂量监测点布置图（半径 2~20km 范围）

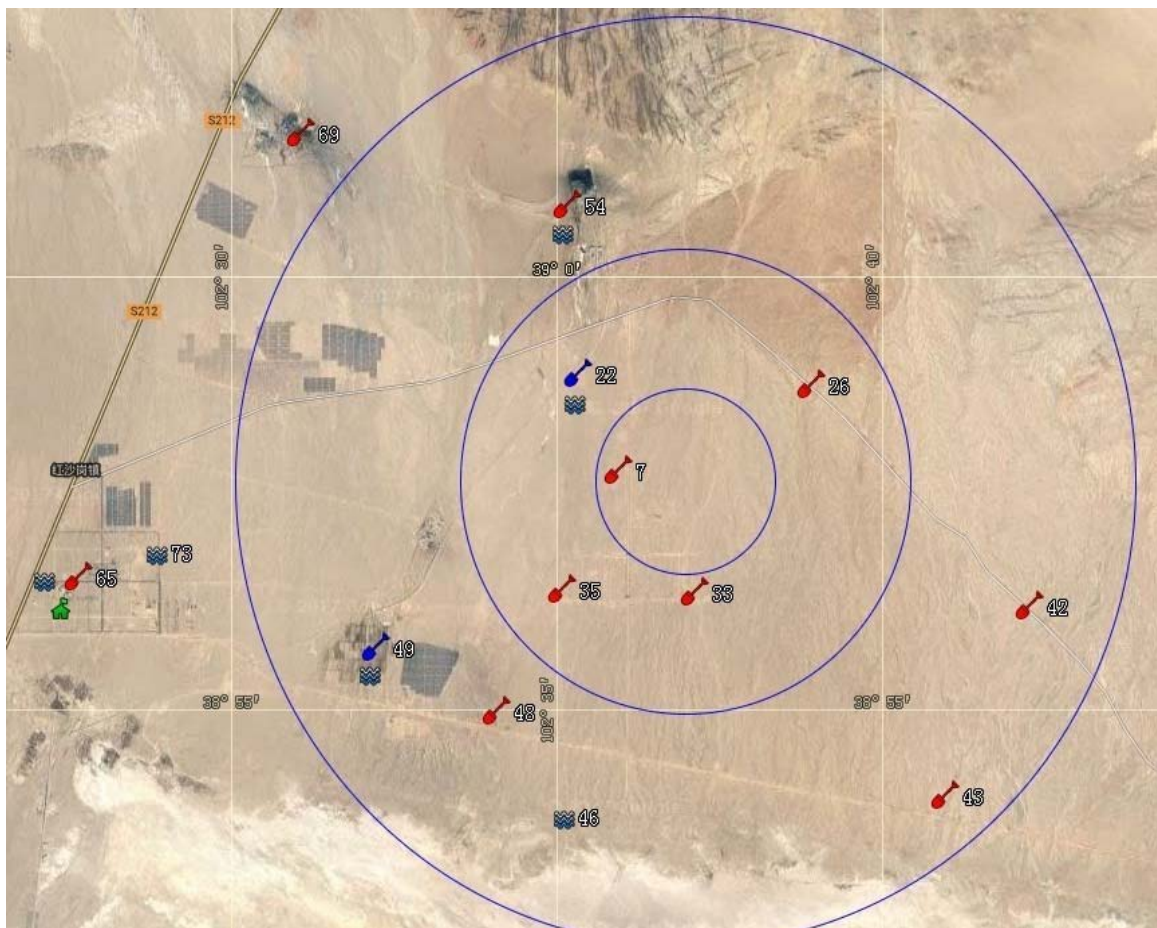


图 3.1-3 气溶胶、水体、土壤、底泥监测点位布置图



图 3.1-4 宇宙射线响应测量位置图

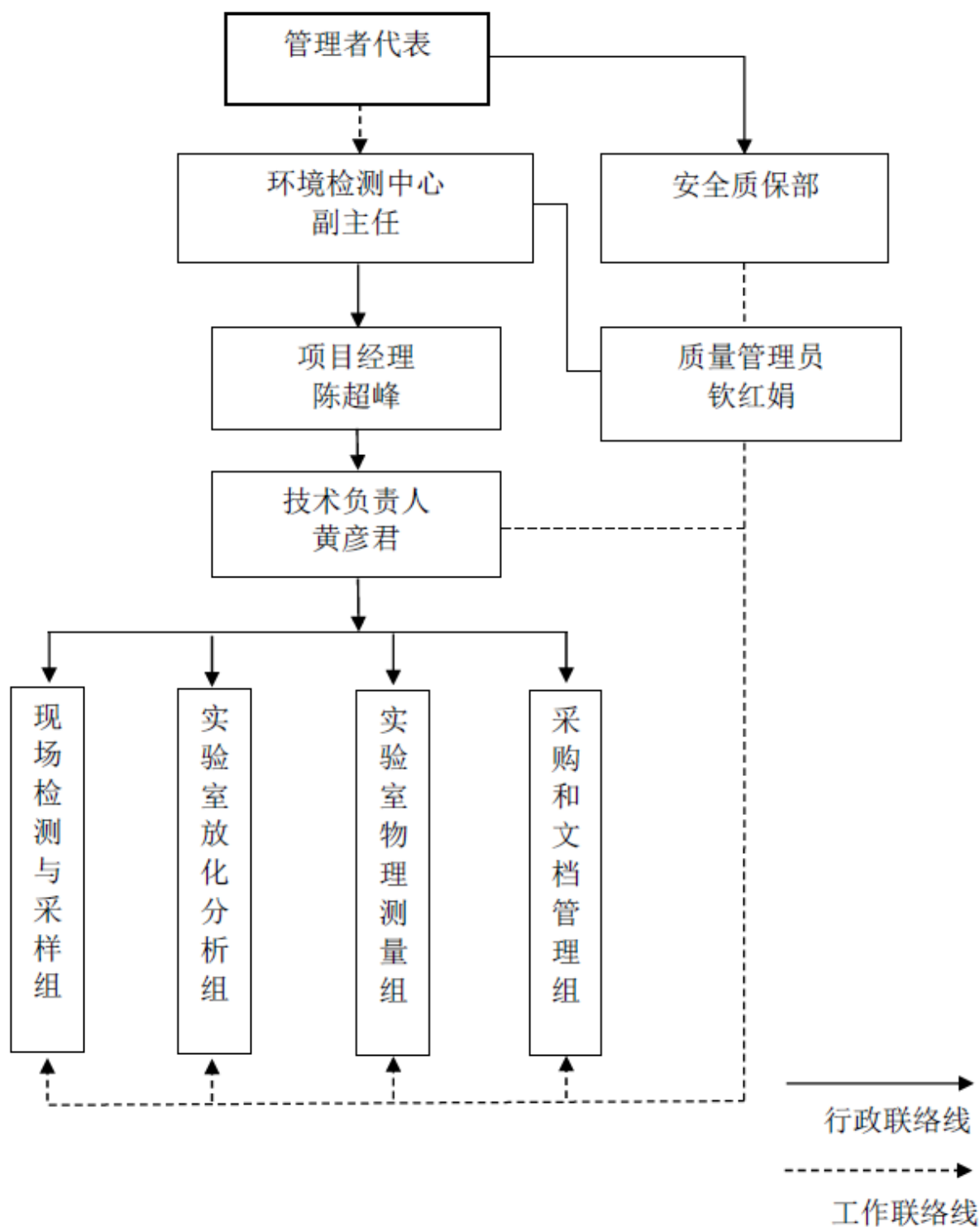


图 3.1-5 项目组织机构图

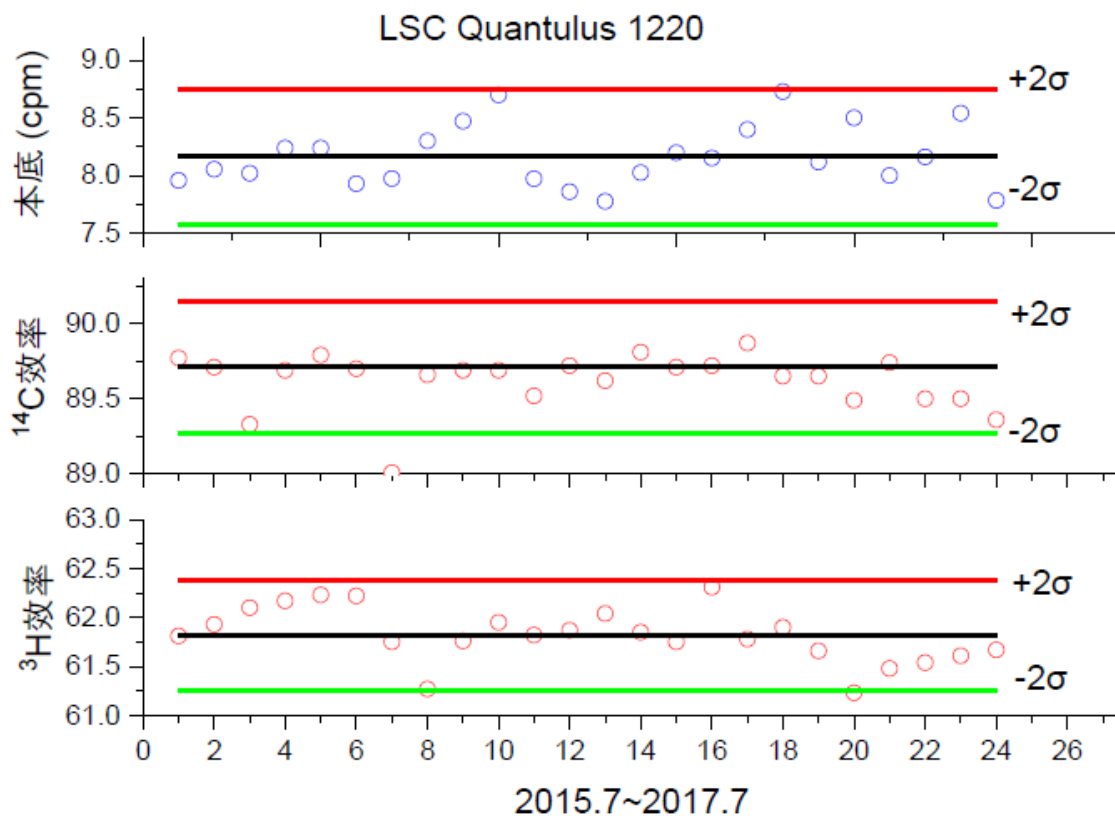


图 3.1-6 Quantulus1220 液闪谱仪本底与效率质控图

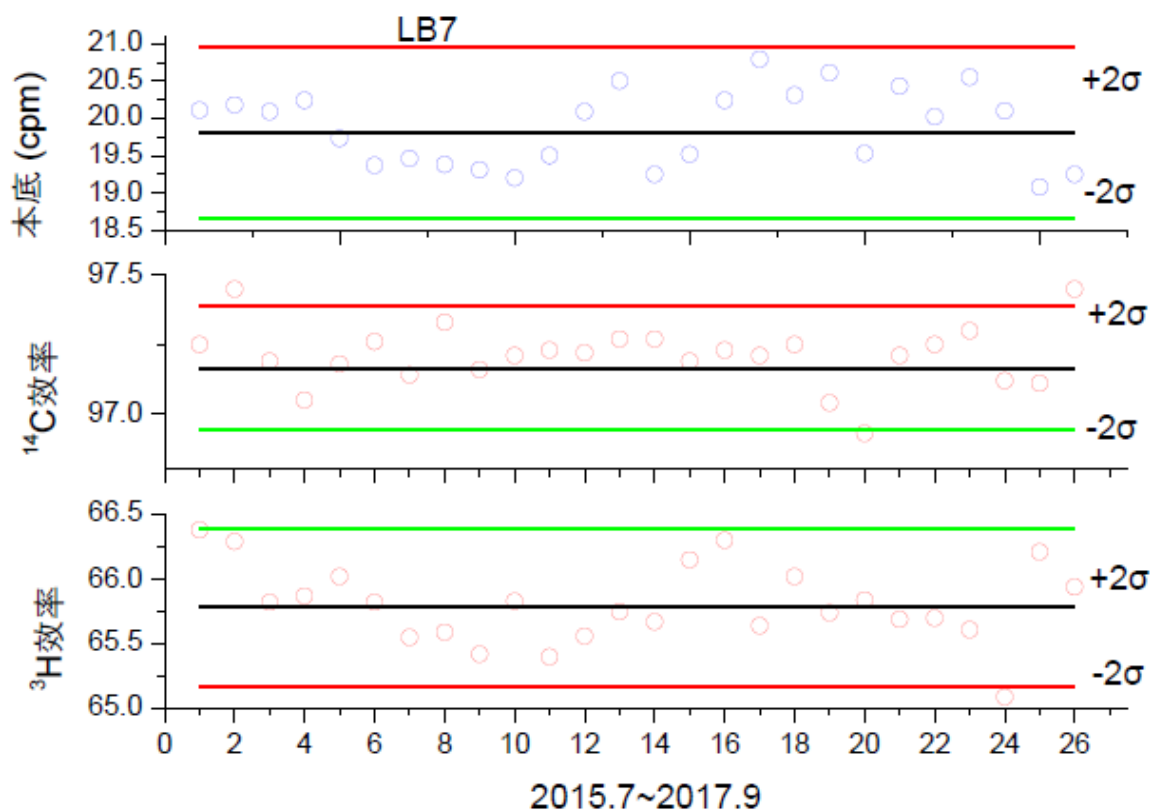


图 3.1-7 LB-7 液闪谱仪本底与效率质控图

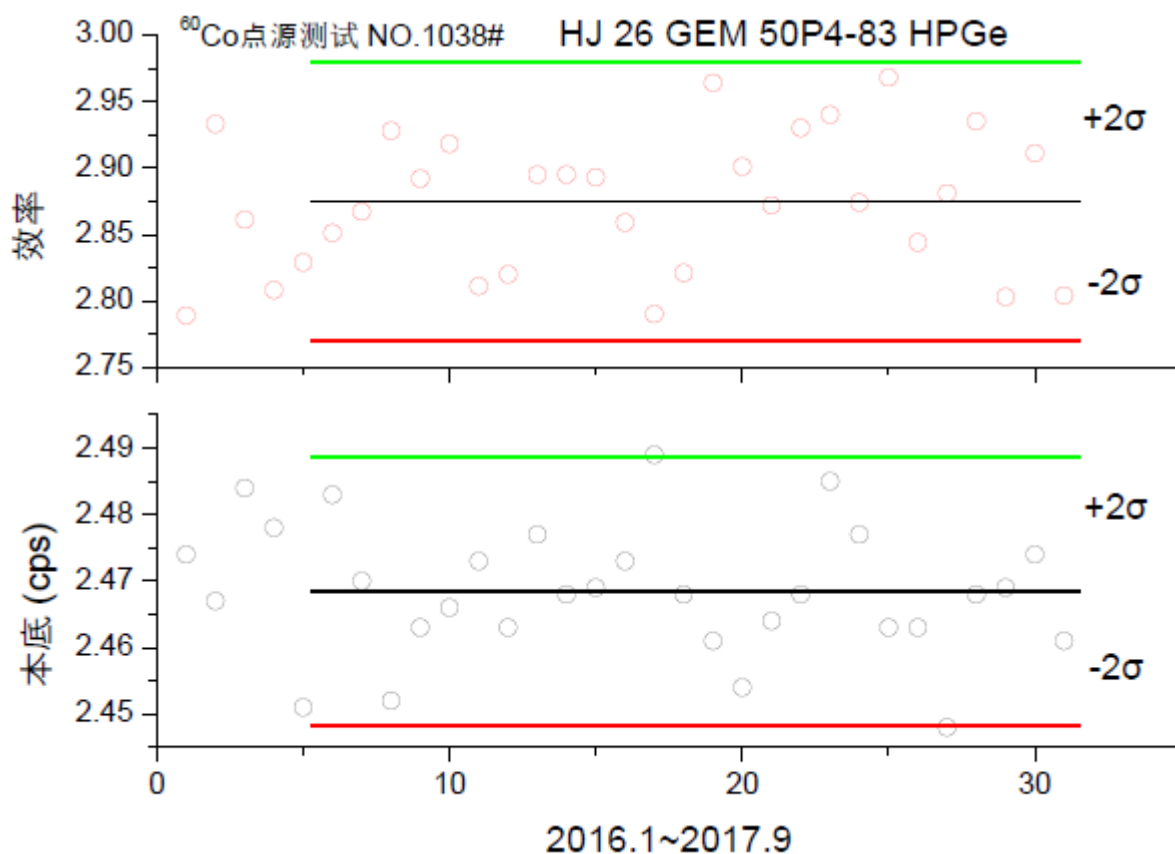


图 3.1-8 HJ26 GEM 50P4-83 高纯锗 γ 谱仪本底与效率质控图

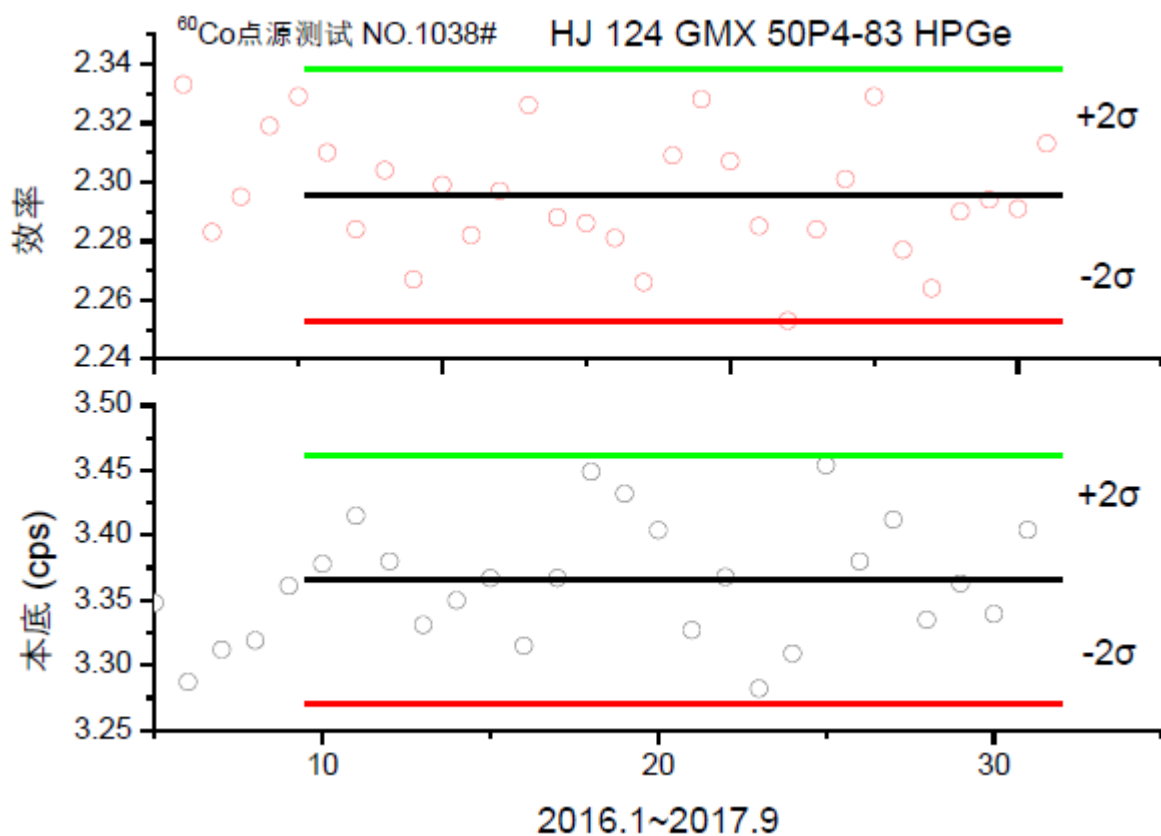


图 3.1-9 HJ124 GEM 50P4-83 高纯锗 γ 谱仪本底与效率质控图

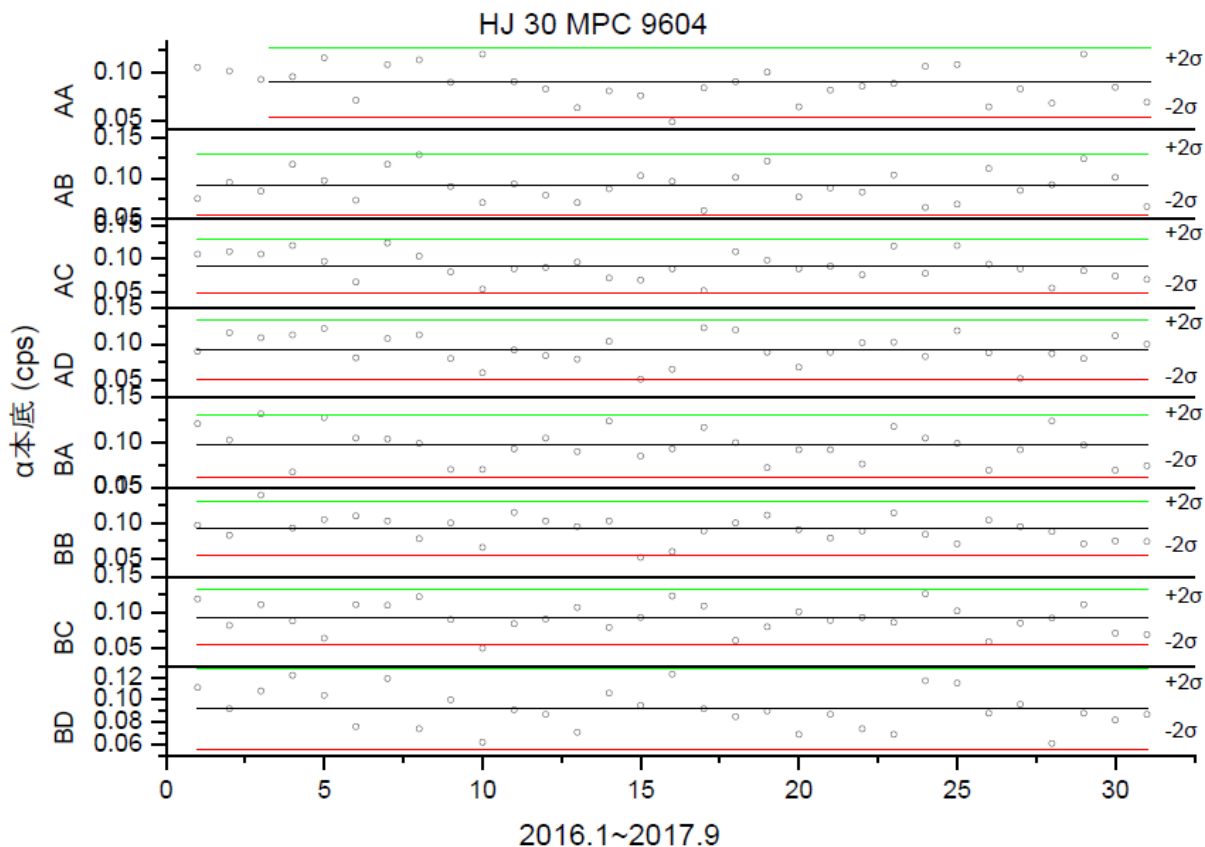


图 3.1-10 HJ30 $\alpha\beta$ 测量仪各通道 α 本底质控图

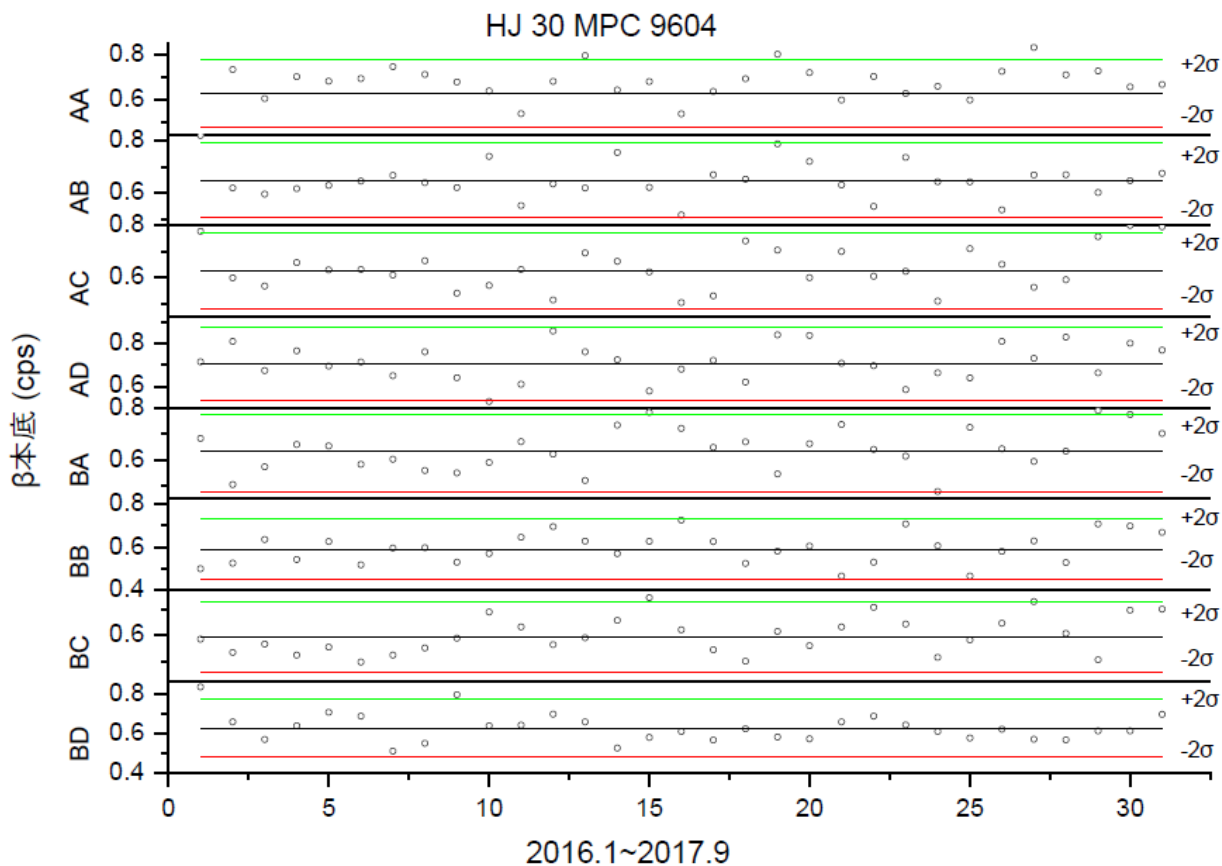


图 3.1-11 HJ30 $\alpha\beta$ 测量仪各通道 β 本底质控图

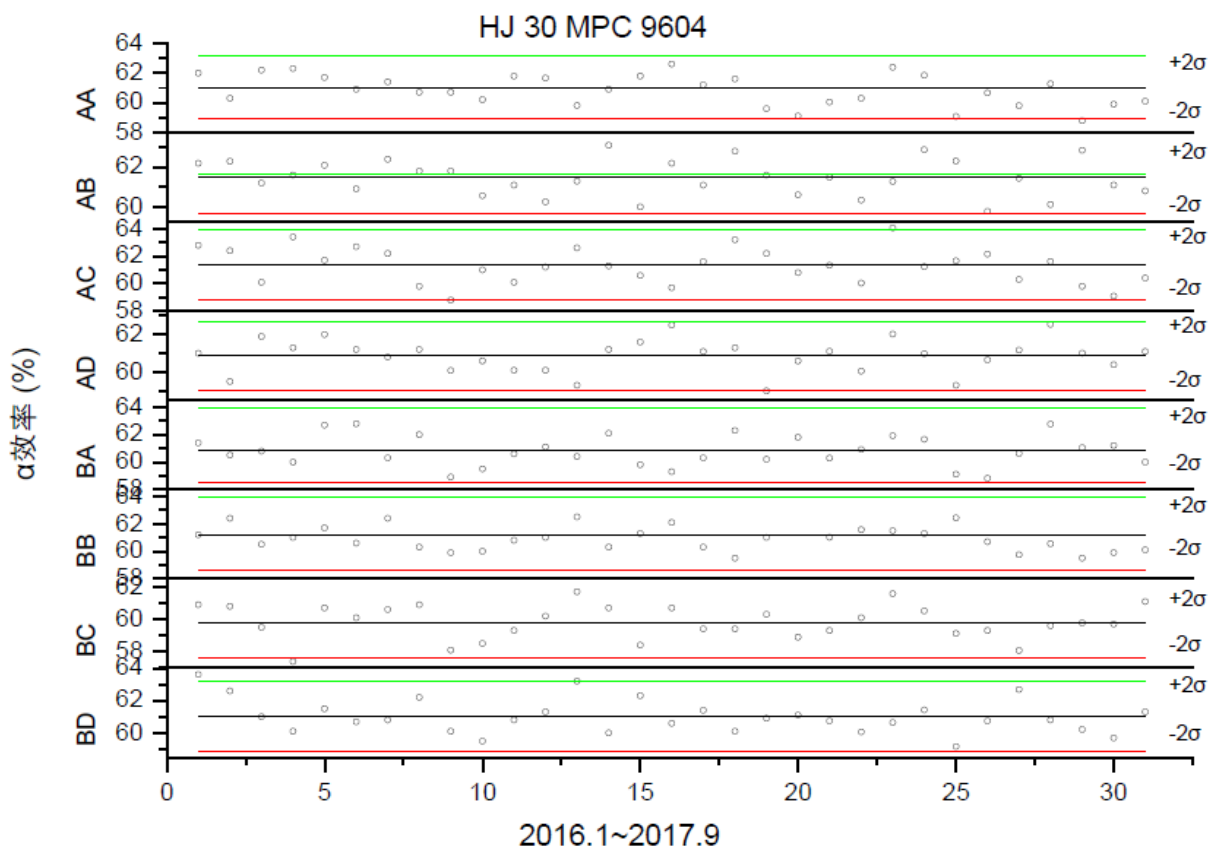


图 3.1-12 HJ30 $\alpha\beta$ 测量仪各通道 α 效率质控图

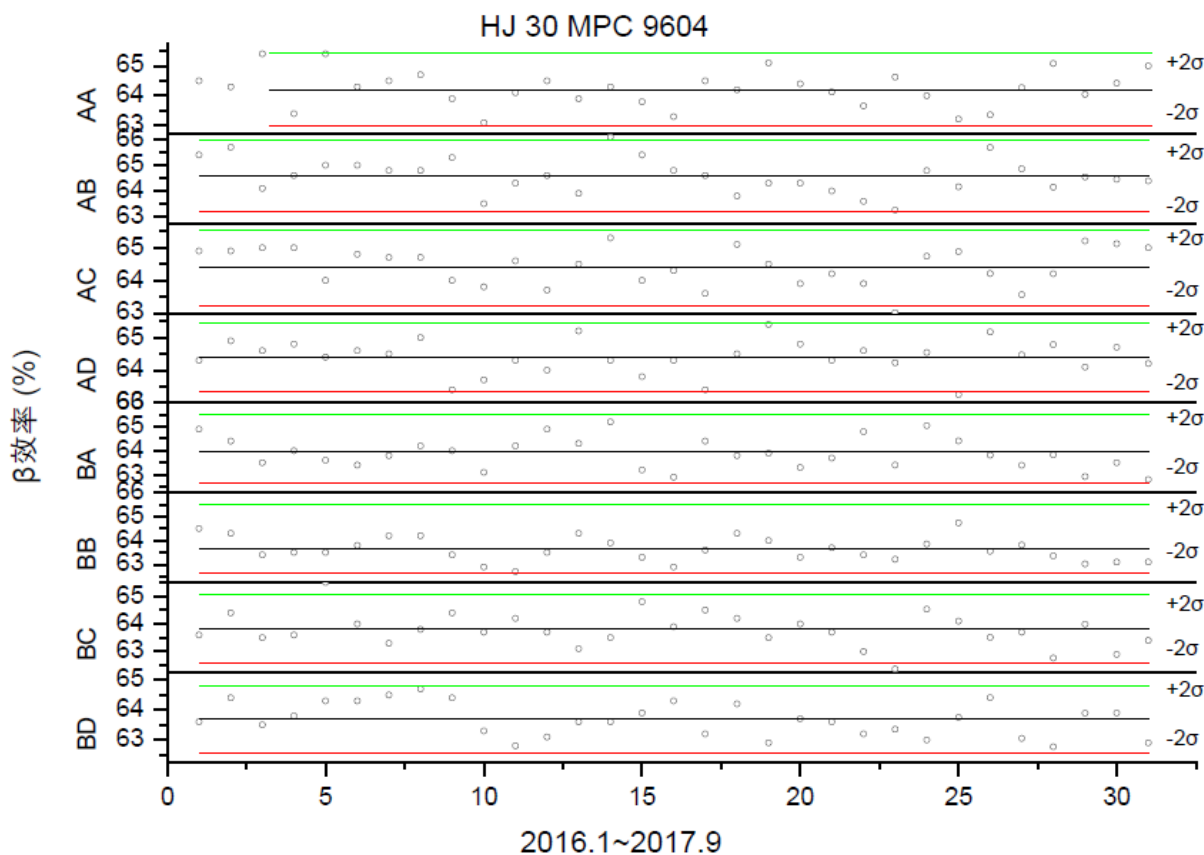


图 3.1-13 HJ30 $\alpha\beta$ 测量仪各通道 β 效率质控图

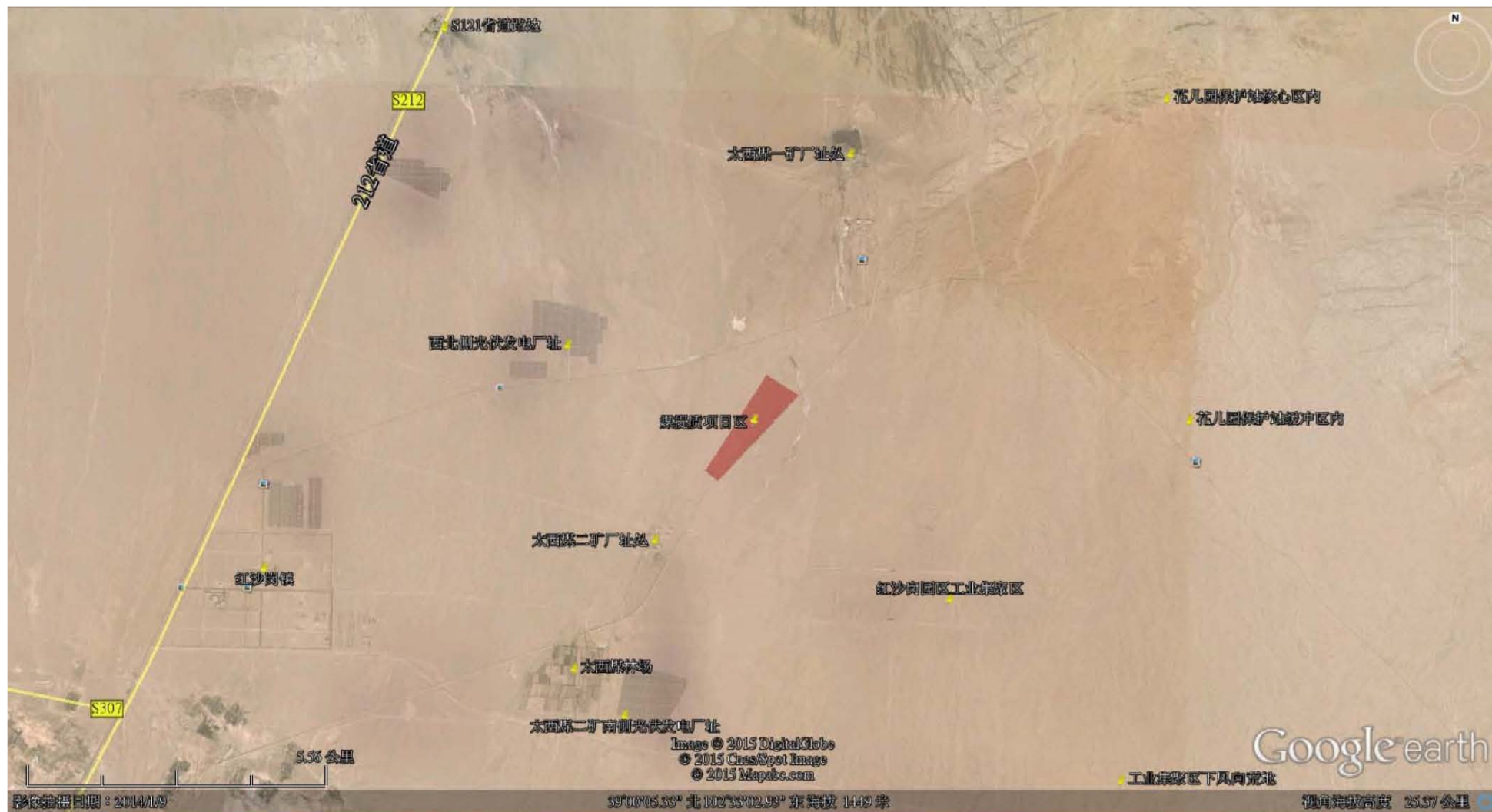


图 3.2-1 环境空气质量监测点位图

第四章 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆

- 4.1 厂区规划及平面布置
 - 4.1.1 厂区规划
 - 4.1.2 厂区平面布置
 - 4.1.3 排放口布置
- 4.2 反应堆工程概况
 - 4.2.1 概述
 - 4.2.2 燃料
 - 4.2.3 安全系统
- 4.3 实验系统
- 4.4 主体装置厂房用水和排热系统
 - 4.4.1 供排水系统
 - 4.4.2 排热系统
- 4.5 通风系统
 - 4.5.1 通风系统的设计目的
 - 4.5.2 通风系统设计特性
 - 4.5.3 通用要求
 - 4.5.4 系统设计
- 4.6 供电系统
- 4.7 放射性废物系统和源项
 - 4.7.1 放射性贮量
 - 4.7.2 放射性废气系统及源项
 - 4.7.3 放射性废液系统及源项
 - 4.7.4 放射性固体废物系统及源项
 - 4.7.5 乏燃料贮存系统
- 4.8 化学物质排放
 - 4.8.1 化学物质排放
 - 4.8.2 生活废物
 - 4.8.3 其他废物
- 4.9 放射性物质厂内运输

4.9.1 新燃料厂内运输

4.9.2 乏燃料厂内运输

4.10 退役考虑

4.10.1 概述

4.10.2 退役策略选择

4.10.3 退役计划的制定

4.10.3.1 初始退役计划

4.10.3.2 中期退役计划

4.10.3.3 最终退役计划

4.10.4 退役方案简述

4.10.5 退役前环境辐射水平调查

4.10.6 退役废物管理

4.10.7 便于退役的考虑

4.10.8 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

4.10.9 退役费用的考虑

4.10.10 退役管理设想

4.10.11 结论

表

表 4.1-1 建、构筑物一览表

表 4.1-2 主要技术经济指标表

表 4.2-1 总体设计参数

表 4.7-1 2MWt液态燃料钍基熔盐实验堆计算所用参数

表 4.7-2 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆满功率连续运行 60 天堆芯主要裂变产物核素的放射性活度

表 4.7-3 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆满功率连续运行 60 天燃料盐回路的活化产物核素的放射性活度

表 4.7-4 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆冷却盐活化产物总量

表 4.7-5 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆满功率运行 60 天覆盖气中的放射性核素及活度

表 4.7-6 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆放废管理系统向环境排放的气载放射性物质

表 4.7-7 钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验堆基地气载流出物年排放量

表 4.7-8 各类放射性废液产生量表

表 4.7-9 放射性废液处理系统设备清单

表 4.7-10 钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验堆基地年产生放射性固体废物的种类和数量

表 4.8-1 使用的主要非放射性化学物质的名称、浓度、用途、使用量等估算值

图

图 4.1-1 总体规划图

图 4.1-2 总平面布置图

图 4.2-1 TMSR-LF1 总体布局示意图

图 4.2-3 燃料盐装卸示意图

图 4.2-4 热工水力流程示意图

图 4.2-5 堆本体系统二维主视图

图 4.2-6 堆本体系统二维俯视图

图 4.7-1 TMSR-LF1 主体装置厂房工艺废气处理工艺流程示意图

图 4.7-2 放射性废液处理流程简图

图 4.7-3 放射性固体废物处理流程简图

图 4.7-4 分拣压缩系统工艺流程示意图

图 4.7-5 水泥固定系统流程示意图

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

4.1.1.1 总体规划原则

总平面规划应与总体规划相协调。

远近期工程统一规划，近期工程应集中、紧凑、合理布置，并与远期工程合理衔接。

应满足预留发展用地的要求。

厂区功能分区明确，根据功能分区合理地确定通道宽度。

厂区各建、构筑物尽量紧凑布置，以节约、集约用地。

应满足交通、防火、卫生、安全、管网布置的要求。

因地制宜确定竖向布置方式，充分结合地形条件，减少土石方工程量。

4.1.1.2 厂区总体规划

厂区拟规划建设 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）、10MWt 固态燃料熔盐实验堆（TMSR-SF1）及其相关的配套设施。本工程拟建设 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）及其相关的配套设施。

根据厂区总体规划，结合工程建设需求，将厂区分分为北部装置区（包括西侧研究堆装置区、中间实验堆装置区、东侧放化区）、中部科研区（包括西侧能源综合利用区、东侧核能技术区）和南部生活区三大功能分区。

根据厂址周边道路系统规划条件，厂区设立三个出入口，主要出入口位于厂区南侧，与纬七路相连；次要出入口位于厂区东侧和西侧，分别与东环路和经七路相连。

结合厂址区域地形条件、厂区周边道路系统规划条件，综合考虑可用地范围内拟建建、构筑物基础、道路及室外管线的基槽余土、对整个可用地范围进行统一的土石方量平衡设计，确定厂区场地平整标高根据地势情况由东北向西南逐步降低。

给水接入点位于厂区东侧的东环路，生活污水接入点和供暖接入点位于厂区南侧的纬七路，10KV 电力电缆可由厂区西侧道路次要出入口架空方式接入厂区。

总体规划图见图 4.1-1。

4.1.2 厂区平面布置

4.1.2.1 项目组成及规模

本工程主要由主体装置厂房（LF1）、放射性废物处理中心（02）、综合实验大厅（03）、学术活动中心（04）、试剂仓库（05）、消防水泵房（06）、园区综合服务中心（07）、净水站（10）、中水生产站（11）以及室外工程（包括控制区出入口、保护区出入口、保卫控

制中心等）组成。

建、构筑物组成见表 4.1-1。

4.1.2.2 总平面布置

根据厂区总体规划以及功能分区的划分，将主体装置厂房和放射性废物处理中心布置在厂区北侧装置区中部位置，便于废物运输和管线连接；试剂仓库布置在装置区的东南侧，与科研区（核能技术区）子项靠近布置，方便进行统一管理；综合实验大厅、消防水泵房、净水站和中水生产站集中布置在科研区（核能技术区）的东北侧，便于集中进行管理，同时靠近厂区次要出入口方便对外联系；学术活动中心布置在科研区的中部位置，与科研综合楼以及实验堆装置区形成整个厂区的中央轴；园区综合服务中心布置在科研工作配套设施区的北侧。为便于厂区后续工程的建设，本工程子项周围均预留一定的发展用地。

根据实物保护要求，设置控制区出入口、保护区出入口和保卫控制中心，布置在主体装置厂房的南侧。考虑在主体装置厂房外围设置保护区围栏，在主体装置厂房和放射性废物处理中心外围设置统一的控制区围栏，进行集中管理和实物保护控制。

总平面布置图见图 4.1-2。

4.1.2.3 竖向设计

结合厂址区域地形条件、厂区周边道路系统规划条件，综合考虑可用地范围内拟建建、构筑物基础、道路及室外管线的基槽余土、对整个可用地范围进行统一的土石方量平衡设计。厂区场地平整设计标高为 1412.00~1421.00m，厂区土石方量约为：挖方量 5.21 万 m³（实方），填方量 11.76 万 m³（实方），欠方 6.55 万 m³。

厂区竖向拟采用平坡式布置，东北高、西南低。初步拟定本工程子项的室外设计标高范围为 1414.50~1420.35m。

4.1.2.4 道路交通

为满足厂区内外部货流和人流交通运输需要，厂内设主干道、次干路、引道和人行道。主干道宽度为 9m，次干道宽度为 7m 和 4m，人行道用于各建筑物之间及各建筑物与其它道路的连接，路面宽度除与建筑物出入口宽度一致外，其它均为 2m。主干道和次干道道路转弯内半径最小为 9m，车间引道道路转弯内半径最小为 3m。

上述各级道路除满足生产运输安全保卫要求外，其中部分道路还兼作消防道路

4.1.2.5 绿化景观

绿化景观依托装置区、科研区、生活区在厂区中部形成中央景观带以及主干道路两侧集中进行绿化，形成点、线、面相结合的绿化网络。在道路边栽种行道树、花木及加铺草

坪等，以改善环境，做到生态保护和美化环境的有机统一。

4.1.2.6 主要技术经济指标

本工程主要技术经济指标见表 4.1-2。

4.1.3 排放口布置

本工程流出物主要是气态流出物，其它还包括雨水、污水等非放射性流出物。

放射性气态流出物排放点为主体装置厂房气体排放口（烟囱），主体装置厂房气体排放口（烟囱）相对标高为 25.3m，排放点坐标为：X=4314236.200，Y=552960.320。气态流出物排放点位于厂区北侧，布置于最小风频上风向，最大程度减少对厂区的影响。气态流出物排放点位置见图 4.1-1。

非放射性流出物排放口为污水排放口和雨水排放口。生活污水经管网收集后，一部分输送至中水生产站，经处理达标后回用，其余部分未经处理的污水接至园区现有的污水管网。雨水经管网收集后排放至园区现有雨水管网。

4.2 反应堆工程概况

4.2.1 概述

TMSR-LF1 设计热功率为 2MW，燃料盐兼做堆芯冷却剂，成分为LiF-BeF₂-ZrF₄-UF₄，燃料盐流经堆芯时产生热量，流经熔盐-熔盐换热器时放出热量。TMSR-LF1 为一体式反应堆，石墨堆芯和燃料盐回路系统都位于反应堆堆容器中。TMSR-LF1 总体设计参数见表 4.2-1，TMSR-LF1 总体布局示意图见图 4.2-1。

1. 总体方案和功能

(1) 燃料、冷却剂与材料：运行时燃料盐为LiF-BeF₂-ZrF₄-UF₄，其中Li-7 丰度大于 99.95at%，U-235 富集度为 19.75wt%。冷却盐回路冷却剂使用高丰度Li-7 的LiF-BeF₂熔盐。使用石墨作为燃料通道的结构件材料。使用UNS N10003 合金作为主容器及堆内构件的主要合金结构材料。

(2) 燃料盐装卸：通过堆芯和燃料盐排放罐之间的气体压差进行燃料盐的装卸。首次装料时，首先逐次将添加盐(LiF-UF₄)注入基盐储罐内，并将其与基盐(LiF-BeF₂-ZrF₄) 在燃料盐排放罐和基盐储罐之间混合均匀，形成均相的燃料盐(LiF-BeF₂-ZrF₄-UF₄)后通过燃料盐装卸管道注入堆芯。当 $k_{\text{eff}} > 0.996$ 的阶段，通过堆芯的胶囊加料设备（每个胶囊最大装填量为 500g添加盐）向堆芯加料直至反应堆达到临界。停堆检修时，将堆芯的燃料盐通过气体压差的形式卸载至燃料盐排放罐就地贮存。燃料盐装卸工艺见图 4.2-2。

(3) 反应性控制及堆芯功率控制：通过控制棒进行反应性控制和停堆。使用控制棒

设置两套停堆系统，两套停堆系统的控制棒驱动机构不同。堆芯功率控制系统主要实现反应堆的功率控制。堆芯功率控制系统的设计遵守以下原则：反应堆的启动及小于 20% 功率运行时，采用手动控制；在正常运行工况下，反应堆功率在 20%-100% 额定满功率范围内时，可自动控制；在任何功率水平运行时，均可采用手动控制方式或者由自动控制切换为手动控制；当反应堆处于自动控制时，反应堆可自动跟踪二回路负荷变化或者克服堆芯反应性扰动。

(4) 热量产生及传输：堆芯、主泵、熔盐/熔盐换热器位于堆容器内，燃料盐流经堆芯时产生热量。正常运行情况下，一回路燃料盐受循环泵驱动，通过熔盐/熔盐换热器将裂变能从一个回路传递到二回路，然后二回路冷却盐受循环泵驱动，通过熔盐/空气换热器将热量排出到空气环境中。正常停堆情况下，余热经由回路系统最终释放到大气中；回路正常工作事故情况下，余热经由回路系统最终释放到大气中；回路不能正常工作事故情况下，利用非能动余热排出系统进行余热排出。热工水力流程见图 4.2-3。

(5) 燃料管理方式：调试及运行阶段使用铀燃料。

2. 堆本体系统

反应堆采用一体式布局，堆本体示意图，见图 4.2-4~图 4.2-5。堆本体系统包含主容器、石墨堆芯、流量分配装置、控制棒系统、相关功能通道以及燃料盐回路系统的熔盐/熔盐换热器和燃料盐循环泵。与熔盐相接触的金属堆内构件均采用耐高温和熔盐腐蚀的 UNS N10003 合金。堆芯由打孔的石墨构件拼接构成，其中径向由中心 1 个六棱柱石墨构件和周边 12 个扇形石墨构件构成，轴向各分 5 层。堆芯内含 11 个 UNS N10003 镍基合金功能通道，其中控制棒通道 6 个，温度测量通道 1 个，实验测量通道 1 个，中子源通道 1 个，燃料盐装卸通道 1 个，液位测量通道 1 个。

堆本体的功能是容纳整个一回路，包容燃料盐，在反应堆正常运行期间负责将液态燃料产生的裂变能通过强迫循环经热交换器有效传递到二回路热力系统，在停堆状态下能够有效的把反应堆余热通过非能动余热排出系统转移到环境热阱中。

4.2.2 燃料

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆采用四氟化铀 (UF_4 , U-235 的富集度为 19.75wt%) 作为核燃料，使用时首先将其进行预处理形成添加盐 ($LiF-UF_4$)，然后将添加盐溶解在基盐 ($LiF-BeF_2-ZrF_4$, 65-30-5 mol.%) 内形成均相燃料盐，形成的燃料盐作为堆芯燃料兼冷却剂使用。反应堆寿期内，燃料盐一直处于堆内运行，不进行处理和回收。

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆的燃料使用流程见图 4.2-6，四氟化铀由中国原子能工

业有限公司提供，并由专用容器运输至TMSR-LF1 堆厂房内的新燃料贮存间储存。按照TMSR-LF1 装料方案，需要先对四氟化铀进行预处理，即将其与氟化锂（LiF，Li-7 丰度为99.95at%）按照一定的比例（LiF-UF₄，72-28 mol.%）混合熔融，然后采用熔盐净化工艺除去其中的氧化性杂质获得添加盐（LiF-UF₄）。待反应堆装料时，添加盐和基盐（LiF-BeF₂-ZrF₄）在液态下于堆外混合形成均相的燃料盐（LiF-BeF₂-ZrF₄-UF₄），燃料盐形成后装载入堆芯使用。

4.2.3 安全系统

2MWt液态燃料钍基熔盐实验堆的固有安全性如下：（1）反应堆具有较大负的反应性温度系数，在反应堆温度上升的情况下可以引入负的反应性，温度升高到一定程度可自动停堆；（2）反应堆包含大量的石墨与熔盐，有很大的热容量，堆芯有很大的热惰性，对瞬变有很强的适应能力，事故进程缓慢；（3）在特定事故工况下，反应堆采用非能动余热排出系统，利用热辐射、热导、空气自然循环带出堆内余热；（4）对于放射性具有多重实体包容屏障，包括：燃料盐和覆盖气边界、安全容器；（5）熔盐对于部分放射性物质有滞留作用，如¹³⁷Cs等，防止其扩散到大气中。

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆专设安全系统包括非能动余热排出系统和安全容器。

1. 非能动余热排出系统

非能动余热排出系统的安全功能是在发生事故下（一、二回路无法正常运转），不能通过熔盐-空气换热器将热量排出的情况下，将反应堆的余热排至最终的大气热阱，保证燃料盐边界处于可接受的温度限制范围内。事故前期的堆内热量可依靠堆本体与回路系统自身的热容包容。事故分析表明反应堆满功率的 2%（即 40kW）作为非能动余热排出系统的余热排出能力，可实现事故全程堆内余热的持续导出，使燃料盐边界温度在限值内，从而保证反应堆的安全。

非能动余热排出系统的运行不需要借助能动部件的动作，只依靠非能动的方式即可将反应堆余热从堆容器壁面带到最终热阱——大气，具有结构简单，安装维修方便，故障率低等特点。非能动余热排出系统由进风管、换热装置、出风管、排气塔组成，在进风管处设有风阀。在一、二回路无法正常工作事故工况下，反应堆余热首先借助于热传导、自然对流换热和热辐射等非能动的自然机制，依次通过堆芯石墨燃料元件、石墨反射层和堆容器，将其排出到堆舱中；然后，绝大部分热量通过堆舱内非能动余热排出系统的换热装置排向最终热阱。

非能动余热排出系统的设计满足以下设计准则：1) 系统容量：系统容量的设计应保

证系统发生单一故障、失去厂外电源的前提下，完成反应堆的停堆冷却，并将余热排出到最终热阱。同时，将燃料盐压力边界主要参数(温度、压力)控制在限值以下并保证堆舱的完整性；2) 系统的单一故障准则：系统参考 HAF201《研究堆设计安全规定》中的单一故障准则进行设计。为满足单一故障准则，本系统设置两条以上独立的非能动余热排出序列，每条序列具有相同的设备。若一条非能动余热排出序列失效时，其余序列仍可使堆芯冷却得到有效保证；3) 环境和动态影响设计准则：系统设计必须防止其发生破裂，并具有足够的安全裕度。

2. 安全容器

安全容器是包容反应堆及有关相连系统并在反应堆事故状态下，防止不可接受的放射性物质向环境释放的容器，是包容反应堆堆芯放射性物质的最后一道屏障。将失效后会导致放射性物质不可控释放的系统 and 部件置于安全容器内，将释放到环境的放射性核素限制在可接受的限值内，以满足国家规定剂量限值要求，尽量减少正常运行工况和事故工况时附近人员受到的照射。

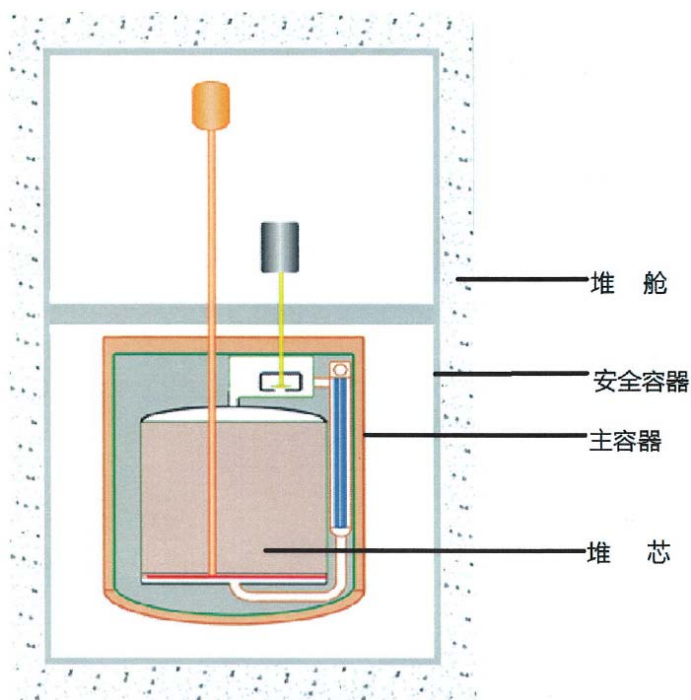


图 1 堆本体系统设计

如图 1 所示，从里到外依次为：堆芯、主容器、安全容器和堆舱。安全容器为金属容器；堆舱为混凝土构筑物。

安全容器设计考虑：(1) 安全容器的泄漏率保证出现放射性物质最大释放事故时不需要采取厂区应急行动；有关管道、电缆贯穿件的安装应保证这一要求的实现；(2) 安全容器结构设计根据安全容器承受的载荷和各种载荷的组合以及厂址所在地区的地质地震条

件进行，设计应满足相关法规要求。

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆无裂变产物去除和控制系统。

4.3 实验系统

TMSR-LF1 实验系统中唯一的实验装置为“堆内实验样品输送装置”，其功能为将实验样品通过传输机构送到深入堆本体内部的实验测量通道中进行辐照（样品本身位于大气环境，通过“堆本体部件——套管”与堆内熔盐隔绝）。

装置主要包括实验样品提升组件和气路系统等结构。进堆时，样品从测量间装入管道，在正压气体作用下，样品通过气动输送管道滑落至接样装置，到达接样装置后，卷筒钢丝绳将样品输送至辐照位置；出堆时，钢丝绳将从辐照位置提升到接样装置，气动管道通入气体，将样品吹入气动输送管道，进而将样品输送至测量间。

4.4 主体装置厂房用水和排热系统

4.4.1 供排水系统

4.4.1.1 供水

钍基熔盐堆（TMSR）专项武威基地（LF1）工程主体装置厂房供水系统主要包括生活给水系统、除盐水分配系统、消防系统。

给水系统由厂区给水管网提供，主要用于卫生间、控制区出入口去污室、开水间、热室操作区试验容器清洗、实验室用水等，水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）的要求。

除盐水分配系统主要设置一个除盐水水箱，两台除盐水泵（一用一备）。水箱补水采用外购式，通过配水管网向用户供水，主要用于冷冻水系统、设备冷却水系统补水、热室操作前区直供水等。

消防系统主要包括消火栓系统、水喷雾灭火系统、半固定式泡沫灭火系统和移动式灭火器等。消火栓系统包括室内消火栓、室外消火栓、管道、阀门等，其室内消火栓用水量不小于 20L/s，室外消火栓用水量不小于 15L/s，火灾延续时间按 2h 计。水喷雾灭火系统用于扑救 LF1 主体装置厂房柴油发电机间油箱可能发生的火灾。其水源由厂区消防泵房提供。半固定式泡沫灭火系统用于 LF1 主体装置厂房-8.00m 层的泵稀油站可能发生的火灾。

4.4.1.2 排水

排水系统主要包括非放射性工艺系统排水、卫生间排水、设备冲洗水、含油废水等。LF1 主体装置厂房非放射区全部位于 0m 层以上，通过重力排水接入室外管网。根据水质不同生活污水排入室外生活污水管网、柴油发电机间的含油废水及喷淋消防水排入室外含

油废水系统。火灾发生时，消防水通过地面和高层楼梯间汇入负一层的边沟后，进入消防水池收集。

4.4.2 排热系统

设备冷却水系统是一个非安全级的闭式回路冷却系统，将 LF1 主体装置厂房各类发热设备的热量通过设冷水系统传递到冷冻水，并通过冷冻水系统的冷冻机组最终传递到环境中。需要设备冷却水系统导出热量的设备包括：燃料盐回路/冷却盐回路真空系统泵、气路系统尾气处理设备、熔盐制备系统真空泵和冷却盐回路稀油站。

设备冷却水系统设有两个机械系列，每个系列包含一台设备冷却水泵和一台设备冷却水热交换器。两个系列共用一台波动箱，从公共的回水母管上吸水。波动箱连接在两台泵公共的取水母管上。每台泵与各自的热交换器直接连接，中间设交叉管线，可根据需要实现交叉供水。当波动箱液位偏低时，通过除盐水分配系统从纯水箱进行补水。

4.5 通风系统

4.5.1 通风系统的设计目的

通风系统的目的是提供适宜质量的空气以保证工作人员的舒适、健康和安全以及设备安全有效的运行。

4.5.2 通风系统设计特性

在污染区内，空气要排出前，正常的气流路线是从低潜在污染区依次向高潜在污染区；每个厂房的通风系统，一般排风管路的铺设应使的向新风进风口短路循环回流的可能性减到最小；

从潜在放射性区域排放的空气不能进行再循环；

没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口直接排至室外大气中；

所有可能来自污染区的空气，在排放之前要进行监测，并通过烟囱排放至室外环境中。

设备安全可靠运行并应具有运行、安装和维修空间。

4.5.3 通用要求

通风设计中所采用的最小换气次数是由以下受控区的类别确定的：

- a) 控制 I 区换气次数 1~1.5 次/h；
- b) 控制 II 区换气次数 1.5~2.5 次/h；
- c) 控制 III 区换气次数 2.5~3 次/h。

一些高度危险区的排风量计算依据如下：

- a) 设有电气蓄电池的房间事故通风每小时换气次数为 12 次/h；
- b) 控制区有 HF 危险的房间每小时换气次数为 6 次/h。

4.5.4 系统设计

LF1 厂房的温湿度、通风换气及洁净要求通过以下不同的供热、通风与空调系统（HVAC）来完成的，这些系统如下：

a) 监督区

- 主控制室空调系统（KLA）
- 电气柜及控制柜间通风系统（KLK）
- 蓄电池通风系统（KLC）
- 监督区排烟系统（KLL）
- 人员卫生出入口通风系统（KLM）
- 压缩机房通风系统（KLF）
- 柴油发电机房通风系统（KLG）
- 设备间通风系统（KLH）

b) 控制区

- 控制区通风系统（KLN）

4.6 供电系统

本项目采用两路 10kV 市电电源作为厂内交流电源，为回路系统、堆本体测量、堆本体控制棒、辐射安全、仪控系统、化学安全、实体保卫、采暖通风、冷冻水、气体、熔盐制备、放废管理、给排水等工艺设备的用电负荷供电。为确保消防类和生产重要负荷的正常运行，基地在双路供电基础上采用柴油发电机作为备用电源。柴油发电机组的容量较大，持续供电时间长，不受电网故障的影响，可靠性较高。同时，对于全厂断电后仍需供电 1 或 2 小时的辐射安全监测仪表、熔盐制备中控柜、仪控系统保护及控制柜等负荷采用 UPS1 供电，对于全厂断电后仍需供电 12 小时的事后监测仪、堆外核测柜、保护主处理柜、保护系统安全屏等负荷采用 UPS2、UPS3 供电。每套 UPS 的充电器上游电源引自柴油机应急母线段，旁路变压器上游电源引自正常低压母线段。如果全厂断电，每套蓄电池组仍能提供满足负荷需求的电源，可靠性较高。

本项目主体装置厂房内布置有变配电室、蓄电池间、柴油发电机间等设施，用于保障本项目正常用电。

4.7 放射性废物系统和源项

4.7.1 放射性贮量

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆的放射性物质来源于燃料盐裂变产生的放射性核素和

燃料盐及其杂质受到中子照射而产生的活化产物。燃料盐对裂变产物有滞留作用，但部分以气态形式存在的放射性核素会通过燃料盐扩散进入到覆盖气中。源项计算分析所用参数主要来自总体设计参数及各系统的设计参数，见表 4.7-1 所示。

4.7.1.1 堆芯源项

根据反应堆的设计运行参数，计算中考虑了 2MWt 的功率每年连续运行 60 天。

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆停堆后的放射性核素主要来源于反应堆运行期间产生的放射性核素，计算采用了 SCALE 的 TRITON 模块和 ORIGEN-S 模块。

表 4.7-2 中给出了满功率连续运行 60 天堆芯主要的裂变产物种类和放射性活度。

4.7.1.2 燃料盐回路的活化产物源项

燃料盐回路的活化产物的主要来源主要有以下两种：燃料盐及其杂质的活化产物、结构材料的腐蚀产物活化。

燃料盐被中子活化会产生 H-3、N-16、F-20 等放射性核素，熔盐中的 C、N、O 等杂质元素的 C-13、N-14、O-17 等同位素也会受到中子照射而发生活化反应。根据 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆的物理设计参数及熔盐装量，使用 ORIGEN-S 计算得到燃料盐及其杂质中活化产物的量。

此外，2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆燃料盐回路的腐蚀产物可以随熔盐进入堆芯，其中的关键金属元素 Fe、Co、Ni、Mn、Cr 的同位素，通过吸收中子活化形成放射性核素。

满功率连续运行 60 天燃料盐回路的活化产物源项如表 4.7-3 所示。

4.7.1.3 冷却盐回路源项

TMSR-LF1 采用 $2\text{LiF}\cdot\text{BeF}_2$ 作为冷却盐，当冷却盐流经堆内熔盐-熔盐热交换器时会受到中子照射而发生活化。冷却盐中的放射性物质主要是冷却盐及其杂质的活化、管道回路腐蚀产物的活化。反应堆满功率连续运行 60 天，冷却盐回路系统源项见表 4.7-4。

4.7.1.4 覆盖气源项

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆覆盖气为氩气，位于主容器上方，体积为 1.6m^3 。供气系统使用氩气对覆盖气进行吹扫进入尾气处理系统，流量为 $10\text{L}/\text{min}$ 。根据美国橡树岭国家实验室 10MW 熔盐实验堆（MSRE）的运行经验，100% 的惰性气体、10% 的碘从燃料盐中释放出来进入到覆盖气中。保守考虑，燃料盐杂质活化产生的 C-14 从燃料盐中 100% 释放出来进入到覆盖气中。此外，覆盖气中氩气活化会产生 Ar-41 等核素。根据以上参数，由燃料盐扩散到覆盖气中的放射性核素及活度见表 4.7-5。

4.7.2 放射性废气系统及源项

4.7.2.1 系统功能

放射性废气系统主要用于处理各工艺设备排放出的工艺废气，包括主容器、冷却盐泵、燃料盐排放罐、冷却盐排放罐、添加盐储罐、基盐储罐等。

4.7.2.2 系统描述

根据工艺设备排出气体成分的不同，设置不同的处理工艺，包括主容器覆盖气尾气处理工艺、冷却盐泵覆盖气尾气处理工艺和其他工艺尾气处理工艺。

1、主容器覆盖气尾气处理工艺

主容器中覆盖气体由于与燃料盐相接触，运行中产生的放射性气体通过扩散进入覆盖气中。实验堆运行过程中，需对主容器上方的覆盖气进行在线处理。使用氩气吹扫，将覆盖气载带进入覆盖气尾气处理系统处理。吹扫气流量为 10L/min。

覆盖气尾气首先进入过滤器（KRC-PF01），过滤器（KRC-PF01）用于过滤去除覆盖气尾气中的熔盐盐雾和放射性粒子，其对粒子的过滤效率为 95%。之后进入气体滞留盘管（气体在盘管内滞留时间为 2h），滞留盘管出口的气体进入碘吸附床，碘吸附床用于滞留衰变放射性碘核素，对碘的滞留衰变时间为 90d。碘吸附床出口的气体进入活性炭吸附床，用于滞留衰变放射性氦及氡核素，活性炭吸附床对氦的滞留衰变时间为 60d，对氡的滞留衰变时间为 2d。活性炭吸附床出口的气体先后经过过滤器（KRC-PF02）和过滤器（KRC-PF03），用于过滤去除固体粒子，过滤器（KRC-PF02）和过滤器（KRC-PF03）对粒子的总过滤效率为 99.98%，过滤器（KRC-PF03）出口的气体通过管道排入控制区通风系统。气体从进入处理系统到离开处理系统共需时 8h，也即覆盖气尾气处理系统对氡的衰变时间为 8h。

为避免熔盐蒸汽降温后沉积在管道内，在主容器出气管出口到过滤器前的管道上进行伴热和保温处理。

系统设置有 2 个衰变罐，可用于事故工况下覆盖气体的储存衰变。

2、冷却盐泵覆盖气尾气处理工艺

用于冷却盐泵排放出来的覆盖气体的处理。正常运行工况下，冷却盐回路覆盖气尾气中只有氦，并且其浓度较低，故冷却盐回路覆盖气尾气处理工艺中只设置过滤器去除熔盐颗粒物，然后通过管道排入控制区通风系统。

3、其他工艺废气处理工艺

其它工艺尾气（添加盐罐覆盖气、基盐罐覆盖气、燃料盐罐覆盖气）不连续排放，只是在熔盐装卸的过程中会有气体排出，并且放射性活度低，设计上将其通过过滤器过滤后

排入控制区通风系统。

TMSR-LF1 主体装置厂房废气处理工艺流程简图参见图 4.7-1。

4.7.2.3 系统运行

在系统设备安装完毕后，需要进行全系统的气密性检测。然后用纯化后的氩气进行吹扫置换。

实验堆正常运行时，工艺尾气处经过滤、吸附衰变等处理后排入主体装置厂房烟囱，当尾气处理设备故障导致工艺尾气无法达到排放要求时，切断排放阀门，将工艺气体加压到衰变罐中储存，同时停堆检修。

实验堆停堆时，将主容器上方覆盖气静置衰变。然后运行卸料程序，卸料完成后使用氩气对主容器进行吹扫。

在实验堆停堆时，定期对尾气处理设备进行检查维护，并对压损超过设计范围的尾气过滤器进行更换。

对于事故工况，控制系统发出停堆信号，关闭燃料盐泵吹扫气隔离阀、覆盖气尾气隔离阀（KRCV01、KRCV02）。

4.7.2.4 排放源项

1、覆盖气中的放射性

TMSR-LF1 覆盖气为氩气，位于主容器燃料盐上方，体积为 1.6m^3 。供气系统使用氩气对主容器覆盖气进行吹扫，吹扫出来的覆盖气进入尾气处理系统，其流量为 $10\text{L}/\text{min}$ 。反应堆主容器内的覆盖气体与燃料盐相接触，运行中以气态形式存在的放射性核素会通过燃料盐扩散进入到覆盖气中。此外，覆盖气受到堆内中子的照射将发生活化反应，活化后产生的放射性核素主要是 Ar-37、Ar-39 和 Ar-41。TMSR-LF1 满功率连续运行 60 天，覆盖气受到中子活化产生的 Ar-41 为 $3.33\text{E}+11\text{Bq}$ 。

根据 MSRE 运行经验，燃料盐对裂变产物有滞留作用，Ru、Sr、Cs 等粒子滞留在熔盐内，100%的惰性气体、10%的碘从燃料盐中释放出来进入到覆盖气中。保守性考虑，燃料盐杂质活化产生的 C-14 从燃料盐中 100%释放出来进入到覆盖气中。

2、气载流出物排放源项

覆盖气尾气处理系统出来的气体通过管道进入主体装置厂房烟囱，再排放到外环境。

保守估算，除吸附在堆芯石墨上 8.24%的氙以外，其他 91.76%的氙全部排放到环境，即氙年最大排放量为 $1.44\text{E}+14\text{Bq}/\text{a}$ 。TMSR-LF1 每年满功率连续运行 60 天，2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆向环境排放的气载放射性物质种类以及年排放量分别如表 4.7-6、4.7-7 所示。

4.7.3 放射性废液管理系统及源项

4.7.3.1 系统功能

放射性废液管理系统主要用于收集与暂存 TMSR-LF1 主体装置厂房正常运行工况下产生的放射性废液。

4.7.3.2 系统描述

园区放射性废液包括高、中、低放废液，其中高放废液暂存在临堆分析热室内专门设置的贮存井内；中放废液暂存于堆厂房中放废液暂存罐内，待条件成熟或退役时进行处理；低放废液按其物理化学性质分为三类：低放废水、洗涤废液、有机废液。各类废液的产生量见表 4.7-8。

设备设计参数见表 4.7-9，系统流程简图见图 4.7-2。

4.7.3.3 系统运行

放射性废液管理系统设置于放废处理中心内，各点产生的放射性废液通过管道、屏蔽转运罐等方式转运至放废处理中心相应的废液贮罐内。

低放废液贮存罐设置在地下一层的低放废液暂存间，房间内设不锈钢覆面、地漏。贮存槽泄漏废液经地漏排向低放废液地坑。低放废液贮存罐可通过低放废液上料泵进行 2 个贮存罐相互之间倒罐及上料功能，贮存罐内废液利用 0.1MPa 压缩空气进行搅拌。

本系统为不定期间歇式运行操作，待低放废液贮存罐（一备一用）内废液积累至一定量后进行集中处理，系统运行时间安排在检修后。

本系统对于处理后的废水进行空气载带排放。处理后废水收集至排放水罐，取样分析，满足排放标准的通过水泵输送至空气载带装置进行空气载带排放。

1、低放废液收集、转运、暂存

TMSR-LF1 产生的低放废液通过管道自流至低放废液收集罐。待废液收集至一定数量后，通过泵经室外特排管道输送至放废处理中心内的低放废液贮存罐内。

TMSR-LF1 内设置两个有效容积为 1m^3 的低放废液收集罐和 2 台低放废液转运泵。放废处理中心内设置两个有效容积为 50m^3 的低放废液暂存罐。

2、洗涤废液收集、转运、处理

TMSR-LF1 产生的洗涤废液通过室外特排管道自流至放废处理中心内的洗涤废液接收罐。放废处理中心产生的洗涤废液通过管道自流至放废处理中心内的洗涤废液接收罐。

放废处理中心内设置 3 个有效容积为 3m^3 的洗涤废液接收槽。

洗涤废液具有放射性活度浓度较低（一般小于 10Bq/L ）和含有大量表面活性剂及纤

维等悬浮物的特点，因此洗涤废液拟采用过滤+监测排放的处理技术。对于放射性活度浓度 $\leq 10\text{Bq/L}$ 的洗涤废液，过滤后经空气载带装置进行空气载带排放，放射性活度浓度 $> 10\text{Bq/L}$ 的洗涤废液过滤后输送至低放废液贮存罐内暂存。

3、有机废液收集、转运、暂存

TMSR-LF1产生的有机废液采用有机废液收集罐收集，收集至一定量后转运至放废处理中心的有机废液暂存罐内。

TMSR-LF1内设置2个有效容积为60L的有机废液收集罐，放废处理中心内设置2个有效容积为 0.25m^3 的有机废液贮存罐。

4.7.3.4 排放源项

本项目产生的放射性废液不通过液态途径向环境排放。其中高放废液暂存在临堆分析热室内专门设置的贮存井内；中放废液暂存于堆厂房中放废液暂存罐内，待条件成熟或退役时进行处理；低放废水和洗涤废液处理后通过空气载带排放方式向大气环境排放，其排放量与TMSR-LF1主体装置厂房气载流出物年排放量相比可忽略。

4.7.4 放射性固体废物管理系统及源项

4.7.4.1 系统功能

本系统用于收集和暂存2MWt液态燃料钍基熔盐实验堆在正常运行以及预期运行事件中产生的可压缩性低放废物、不可压缩性低放废物、废过滤器芯、临堆热室产生的中放和高放固体废物。中低放固体废物通过收集和处理后贮存在暂存库，定期送往国家指定的放射性废物处置场处置。高放固体废物暂存在临堆分析热室内的专用贮存井，退役时统一处理。

4.7.4.2 系统描述

TMSR-LF1放射性固体废物根据其放射性水平分为低放固体废物、中放固体废物和高放固体废物。其中，低放废物根据其类型分为低放可压缩废物、低放不可压缩废物和废通风过滤器滤芯。TMSR-LF1产生的放射性固体废物主要有以下几种类型：

1. 可压缩性低放废物：如更换下来的软质非金属设备及部件，运行和检修过程中被放射性沾污的各种纸张、擦拭布、废弃的工作服、手套、口罩、鞋、塑料布等。
2. 不可压缩性低放废物：主要指废弃的小型金属设备及零部件、废玻璃器皿等杂项废物。
3. 废过滤器芯：来自废气处理系统的预过滤器、高效过滤器。

4. 中放固体废物：主要是临堆分析热室产生的镍质滤芯、氟化钠、氟化物熔盐、报废设备等。

5. 高放固体废物：临堆分析热室产生的极少量废熔盐、废滤芯、废锡囊等。

TMSR-LF1 放射性固体废物类型与年产生量见表 4.7-10，处理流程简图见图 4.7-3。

4.7.4.3 系统运行

放射性固体废物管理系统采用定期收集、批量转运、集中处理暂存的运行方式，对 TMSR-LF1 运行和检修期间产生的放射性固体废物进行收集转运、处理和暂存。经处理的放射性固体废物在贮存区暂存一定时间后，送往国家中低放废物处置场处理。

1、固体废物的收集与转运

堆厂房内设置固体废物收集间、检测转运间。低放固体废物按可压缩废物和杂项废物进行分类收集，在固体废物收集点设置废物袋，不同种类的废物装入不同的废物袋内。各种废物袋设置标识，注明袋内应放置的废物类别、表面剂量率、主要核素及其放射性活度浓度。废物袋集中存放在固体废物收集间，待收集至一定数量后集中转运至放废处理中心。

中放固体废物在产生点采用收集容器收集，待收集一定数量后将收集容器放入屏蔽容器内，利用废物运输车转运至放废处理中心。

重量较轻的固体废物如袋装软废物可人工转移至放废处理中心。重量较大的固体废物可利用废物运输车及厂房内的吊车转移至放废处理中心指定位置。

表面辐射水平较高的固体废物可先装入屏蔽转运容器后再通过废物运输车及厂房内的吊车转移至放废处理中心指定位置。

固体废物利用废物转运车及厂房内的吊车转移至放废处理中心指定位置。放废处理中心内设置远程操作系统。

2、固体废物的处理、暂存

可压缩废物收集至一定的数量后，经分拣装至 200L 标准桶，采用 20t 压缩机压缩处理。分拣压缩系统工艺流程示意图见图 4.7-4。具体流程如下：

1) 使用废物转运车将废物运输至放射性废物处理厂房，待废物收集至一定量后进行压缩处理。2) 采用抱桶叉车将废物桶运至放射性废物分拣站的 200L 桶投料工位。3) 在分拣工位完成废物的分拣，将分拣出的可压缩废物投料到压缩机下方的桶内进行压缩。直至压缩桶内废物容积率（压后）达到 80%，压缩操作结束。4) 压缩操作结束后，通过行车或叉车将压缩废物桶取出，封盖、并采用便携式仪表测量表面污染水平及 1m 处辐射水平，使用叉车运输至压缩废物桶存放间，行车吊运暂存。

不可压缩废物收集至一定的数量后，装 200L 标准钢桶暂存在低放废物桶暂存区。废通风过滤器滤芯在待解控废物暂存区暂存衰变 2-3 年后甚至更长时间，待其满足国家审管部门规定的清洁解控水平申请清洁解控。

对于表面辐射水平较高的废过滤器芯，装 200L 标准钢桶整备后暂存在低放废物桶暂存区。中放固体废物收集至一定的数量后，装 200L 标准钢桶整备后暂存在中放废物桶暂存区。

3、废物暂存库的运行

废物暂存库设置在放射性废物处理中心内，废物包暂存系统按其辐射水平、包装形式等分成不同类别贮存在不同的区域，分为待解控废物暂存区、低放废物暂存区和中放废物暂存区等。废物库内低放桶装废物按两层码放，能够贮存约 250 桶废物；设置中放桶装废物贮存区，贮存能力为 200L 标准桶 30 桶。中放废物桶存放于放废处理中心的中放废物桶暂存区。桶装低放废物存放于放废处理中心的低放废物桶存放区。待解控废物包存放于待解控废物暂存区。

系统贮存固体废物包的周期为 5 年。暂存库设置有 1 台 10t/2t 数控吊车，并配备相应的吊具，吊车具备自动数控定位功能。其中 10t 吊钩用于吊运设备、整件固体废物等大件物项，2t 吊钩用于吊运各类废物包装桶。

暂存的废物根据废物种类及表面剂量率大小分区暂存。废物桶上有清楚、耐火的放射性固体废物标记和编号，用吊车及专用吊具吊运至规定暂存区域。暂存一定时间后，将废物桶运往国家中低放废物处置场处置。

4.7.5 乏燃料贮存系统

在 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆寿期内，燃料盐一直在堆内运行，不形成另外的乏燃料盐，在反应堆退役前，无需考虑乏燃料的贮存问题。

4.8 化学物质排放

4.8.1 化学物质排放

1、本工程释放到环境中的化学物质主要产生于给水处理环节和污水处理环节。在给水处理环节会投加一定数量的杀菌剂、阻垢剂等药剂，这些化学药品用量均是根据原水水量等按比例投加的，并在处理环节中几乎消耗殆尽。在污水处理环节会投加一定数量的杀菌剂、混凝剂、污泥脱水剂等药剂，这些化学物质的最终产物会进入污水处理站和中水生产站的出水和污泥中。

给水处理及污水处理过程中使用的主要非放射性化学物质的名称、浓度、用途、使用

量等见表 4.8-1。

2、化学废液

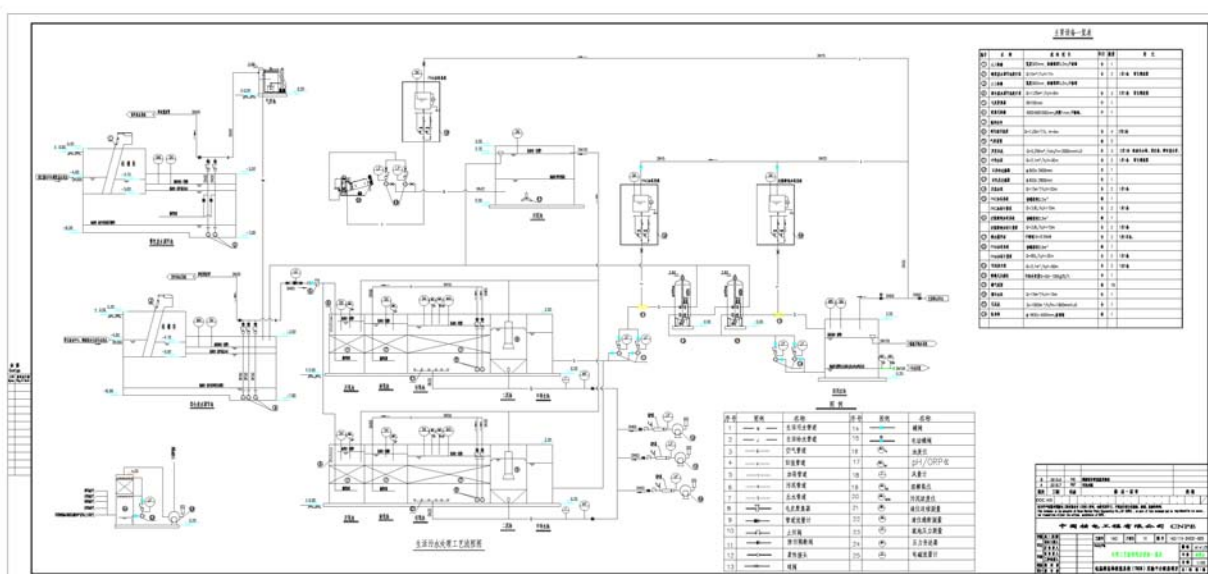
本工程运行期产生的化学废液含有 Be 离子、F 离子等成分，年产生量约 $6\text{m}^3/\text{a}$ 。化学废液不排放，统一收集至试剂仓库（05），待达到一定数量后，由具有化学品运输资质单位运送至甘肃省危险废物处置中心（甘肃金创绿丰环境技术有限公司）（持综合许可证，编号 G3620102005）进行统一处理处置。

4.8.2 生活废物

本工程产生的生活废物包括 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆配套项目园区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。本工程运行期间生活垃圾产生量约为 0.5 吨/天。

生活污水分为两部分，一部分来自学术活动中心、园区综合服务中心等处卫生设备的非放射性生活污水的排水，这些子项的生活污水通过园区相应污水管网汇集至园区的中水生产站。园区中水生产站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等。园区中水生产站的设计规模为 $50\text{m}^3/\text{d}$ 。园区中水生产站主要工艺流程图如下：



中水站工艺流程图

另一部分生活污水为除学术活动中心、园区综合服务中心、倒班宿舍之外的子项排水，这些子项的生活污水通过园区相应污水管网汇集，最终排入市政污水管网。

4.8.3 其他废物

本工程运行期产生的其他废物主要为非放射性含油废水、固体废物等。

本工程 LF1 子项柴油发电机间排出非放射性含油废水，为冲洗地面废水和消防后含油消防排水，排至室外含油废水储存池，含油废水外运处置。

净水站和中水生产工艺用过的废弃膜元件不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

本工程运行期产生的固体废物主要包括危险废物和一般工业废物。一般工业废物主要为净水站和中水生产站处理过程中产生的污泥，污泥产生量与原水水质和药剂添加量有关。本工程中水生产站设置污泥脱水装置，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。危险废物主要为有毒废物（废熔盐、熔盐泊污的设备耗材等非放射性有毒固体废物）和空瓶（空试剂瓶等），每年产生量约 5t。由于危险废物非连续产生（产生的时间、地点变化较大），建设单位将根据实际产生情况对其进行收集并送至试剂仓库（05），待达到一定数量后，由具有化学品运输资质单位运送至甘肃省危险废物处置中心（甘肃金创绿丰环境技术有限公司）（持综合许可证，编号 G3620102005）进行统一处理处置。

4.9 放射性物质厂内运输

4.9.1 新燃料厂内运输

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆新燃料运输仅涉及添加盐。

添加盐的厂内运输由堆厂房内的燃料预处理区转运至燃料装卸区。转运时，添加盐专用储罐首先在燃料预处理区吊装至转运车上，通过转运车运输至燃料装卸区，然后由该区域的吊车将储罐吊装至燃料装卸位。

转运车设置上下以及左右微调机构，同时配置锁紧机构。转运车采用蓄电池作为动力，转运能力满足添加盐储罐额定装载时的要求，外形尺寸和转弯半径满足厂房货物通道的要求。

4.9.2 乏燃料厂内运输

在 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆寿期内，不产生乏燃料盐，在反应堆退役前，无需考虑乏燃料的厂内运输问题。

4.10 退役考虑

4.10.1 概述

对反应堆来说，退役是继选址、设计、建造、试运行和运行之后的最后一个阶段。它是一个包括源项调查、去污、厂内设备和系统的拆除、建筑物和结构的拆毁及对产生的废

物进行处理、整备、处置等操作的过程。所有这些活动均要考虑操作人员和普通公众的健康和安全要求，也要考虑对环境产生的任何影响。目前越来越多的反应堆退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来反应堆的退役进行充分考虑。选择合适的退役策略，尽可能在厂址选择、总图布置、材料选择、系统设计、建（构）物设计及设备布置等方面考虑退役因素，可以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，将退役对环境的影响和废物产生量降至可合理达到的尽量低，尽可能降低将来退役施工的难度和费用。本节主要对 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）项目将来退役时的策略选择和阶段划分、退役计划的制定提出了初步设想，阐述了在设计阶段应考虑的有关因素和要求，并在退役费用和管理方面提出了考虑和设想。

4.10.2 退役策略选择

目前国际原子能机构推荐的退役策略分为两种：立即拆除和延迟拆除。

1) 立即拆除是将被放射性污染的设备、结构和设施的污染部分移除或者去污至允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用水平的策略。在这种情况下，退役执行活动在运行停止后的短时间内就开始进行。这个策略隐含指出退役项目应该立即完成，包括将设施中的所有放射性材料移除至另一个新的或者已经存在的有资质的设施中进行长期贮存或者处置。

2) 延迟拆除是将设施被放射性污染的部分处理或者放置在一定条件下一段足够的时间，直到可以进行后续的去污和/或拆除等操作，从而最终达到允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用水平的策略。

立即拆除策略要求在反应堆停止运行后的短时间内就开始进行退役，在这种情况下，反应堆内部分区域的放射性水平较高，要求采用更为先进的技术并对工作人员提供更为严格的保护以降低工作人员所将受到的辐射照射；延迟拆除也许会减少退役所产生的放射性废物的量，并减少对现场人员的辐射照射，但有可能因延迟拆除导致出现系统包容性恶化、档案资料散失、人员流失及长期监督维护需要高额费用支撑等缺陷。

上述两种策略各有利弊，具体选择何种策略需要充分考虑反应堆所在国家有关退役的法规政策、放射性废物管理能力、从事退役的工作人员、退役费用估算和筹资方式、退役技术发展及其对安全及环境的影响等方面的因素，满足反应堆所在国家的放射性废物管理和核能发展战略要求。

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）项目在设计中考虑将低、中、高放射性废液收集以及高放固体废物贮存，并留待退役时统一处理，未考虑在运行寿期内进行上

述放射性废物的处理整备，如果采取立即拆除策略，需要考虑处理、长期安全存放或外运等相关手段的规划并预留经费。

综合比较各策略并考虑到国际上退役领域的发展趋势以及退役拆除技术的水平，针对 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）项目推荐选择立即拆除的退役策略。理由如下：

- 实行立即拆除策略可最大程度实现工作人员的平稳过渡并避免人才及资料流失等情况的发生。

- 通过已完成的核设施退役工程，我国积累了大量的核设施退役经验，结合国内外退役技术的发展及国内外交流合作的日益紧密，可保证待 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）退役时有可利用的技术及设备满足立即拆除的要求。

综合上述分析，2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）退役选择立即拆除的退役策略是合适的。

4.10.3 退役计划的制定

退役最终目标的实现取决于周密和有组织的计划。国家核安全监管部门要求新建核设施要制定退役计划。计划的内容、范围和详细程度应根据设施的复杂性和潜在危害的不同进行调整。反应堆退役计划分三个阶段制定和提交，即：初始计划、中期计划和最终计划。三个阶段计划的内容应逐步深入、完善、细化和优化。其中安全分析和环境影响评价是退役计划安全实施的关键。

4.10.3.1 初始退役计划

初始计划的制定要考虑以下几方面的问题：退役可行性的一般分析；退役涉及到的安全问题的基本考虑；退役实施对环境影响方面的考虑；退役费用及筹资方式；明确退役期间需使用的现有设施、系统和设备。

4.10.3.2 中期退役计划

反应堆运行期间需要对初始退役计划进行定期审核、更新和细化，以制定中期退役计划（若发生重大事故时应立即升版）。需要更新和细化的内容包括：国家有关退役政策和法规的变化；退役技术的发展；退役实施时可能发生的异常事件；对影响退役计划的系统和结构的重大修改；退役费用的估算及落实情况。

4.10.3.3 最终退役计划

反应堆安全关闭前要提交详细的最终退役计划，作为关闭申请和退役申请的支持性文件，其内容深度应符合国家核安全监管部门的相关规定。

4.10.4 退役方案简述

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）的退役，考虑需要经历安全关闭期——厂房内放射性物项拆除——建（构）筑物去污、拆毁——场址清理等几个主要步骤，下面对退役方案简要介绍如下：

在安全关闭期进行必要的系统倒空、系统去污等工作，有效降低待拆除物项的放射性水平。退役开始前建立手段妥善处理或存放废液。

退役拆除阶段，按照退役方案中确定的退役顺序，对存在放射性的厂房内物项进行拆除。拆除时对于放射性水平较高的部件（如反应堆容器、堆内构件、石墨组件等）采取远距离遥控解体的拆除方式；对于受污染较重设备（如熔盐-熔盐换热器、主泵等），可将其整体移至适当位置进行解体，尽量选择冷切割工具，当冷切割不能满足切割要求时，辅以热切割方式，并在热切割工位旁设置移动式通风装置，为了减少人员辐照剂量或降低工作人员劳动强度，可选择使用机器人或自动切割设备进行切割拆除等操作；对于轻微污染的设备，经必要的擦拭去污后进行拆除，经检测达到解控标准后暂存，经审管部门认可后解控；对于电缆及其架桥等物项，经表面擦拭去污后，进行剥离等处理，达到解控标准的可解控。

当厂房内物项全部拆除完毕后，对建（构）筑物墙、地面的放射性进行调查，根据调查结果制定相应的去污方案。最后对整个厂房建（构）筑物进行表面剥离去污，直至解控。

根据退役目标对厂房建构筑物进行去污，然后进行建（构）筑物进行拆毁。

最后进行场址清理工作，对场址内污染地面的土壤进行分类收集，并对污染土壤进行清理直至达到退役目标值。

4.10.5 退役前环境辐射水平调查

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）项目建立了一套能够覆盖整个厂址区域的环境监测设施进行运行期间的环境监测，制定了详细的辐射环境监测大纲，按照监测大纲进行日常的环境监测，以实现对整个厂址环境进行统一监测。主要环境监测设施有环境 γ 辐射监测站、气象站、环境监测实验室以及环境监测车与环境介质取样车等，用于反应堆周围环境的辐射水平及环境介质中的放射性活度浓度测量和分析。上述环境监测设施和设备需在 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）退役前执行环境监测工作，进行退役前环境辐射水平的调查，并在退役结束时仍维持原有功能。调查内容包括：

- 记录厂址区域及周围大气 γ 辐射水平数据及降雨量。此外，还获取气溶胶、碘、H-3、C-14 和降水的样品。
- 收集环境 γ 辐射水平数据和气象数据。

- 对反应堆周围进行环境监测和环境介质采样。

4.10.6 退役废物管理

在 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）退役过程中，应根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）、《放射性废物分类》等废物管理相关标准的规定对各类废物进行检测、分类、处理。

（1）放射性固体废物

堆芯内高放废熔盐，业主考虑到熔盐自身的经济价值提出经过废物处理后再利用的方案。考虑退役开始前熔盐离堆后的包装暂存或处理。

其它高放固体废物，如高放废滤芯，考虑包装后送往高放废物暂存设施，待高放废物处理处置技术成熟时处理。

中放固体废物，因堆芯内石墨组件、反应堆容器源项活化数据未获得，初步判断放射性水平部分可能达到中放水平，退役产生的此类中放固体废物，放射性金属废物送放射性废物处理中心进行检测、处理、整备，最终送中等深度处置场，放射性石墨废物因为暂时缺乏处理手段，考虑厂址内暂存。

低放固体废物送放射性废物处理中心进行检测、处理、整备，最终送往具有工程屏障的近地表处置设施。

极低放废物根据其材质及放射性水平分别进行收集和包装，送至放射性废物处理中心进行处理，经检测后送至极低放填埋场填埋。

解控废物经检测后按国家相关规定执行解控。

（2）放射性液体废物

由于本项目设计中，运行期间产生的低放废液、有机废液、中放废液、高放废液进行长期暂存，未考虑其处理手段。

运行末期采取措施倒空废液，目前我国已经具备妥善处理高中低水平放射性废液的技术，退役开始前建立手段妥善处理或存放废液。保证退役过程中产生的放射性废液以及运行期遗留放射性废液都得到良好安全的管理。

（3）放射性气载废物

退役过程中，放射性气载废物产生于使用热切割工具的拆除过程、对厂房构筑物进行表面剥离去污的过程以及厂房的维护排风过程。

在进行热切割时，在切割工位旁设置移动式通风装置，对产生的放射性粉尘及气溶胶进行过滤，过滤后的气体进入厂房排风系统；表面剥离机与高效工业吸尘器配套使用，过滤后的气体也将进入厂房排风系统。气流进入厂房排风系统后通过厂房的排风装置过滤后

排放。

退役过程中厂房的通排风利用厂房原有的通风系统。

4.10.7 便于退役的考虑

目前越来越多的反应堆退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来反应堆的退役进行充分考虑。尽可能在厂址选择、总图布置、材料选择、系统设计、建（构）物设计及设备布置等方面考虑利于退役的因素，以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，从退役废物产生源头进行控制，贯彻废物最小化原则，有效减少退役施工难度和费用。

4.10.8 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

需要提供的基本文件包括：反应堆竣工文件、所要求的运行文件以及一些其他的相关文件。完整的文件资料可以确保退役工作效率并减少退役期间出现的意外情况。

在反应堆运行的十年期间，因反应堆的变更和改进，这些文件与反应堆的真实状况的吻合性有所降低。为避免在退役和拆卸作业中出现麻烦，应该避免这种情况。相对应的措施包括：

- 工程设计文件应该随时更新；
- 应确保在反应堆寿期内这些文件的可用性。必须采取措施防止数据丢失（例如，保存副本）；

- 应记录可能对未来有影响的非常规事件（如，有关污染物溢出或泄漏的信息）。

已经采取措施来确保可以储存和查阅的退役所需的文件，主要包括：

- 与运行相关的图纸和图表，包括：机械和电气图、电缆敷设图、管道等轴图、布置图、贯穿件图、部件详细资料、钢筋图、组装专用工具图和所有设备以及反应堆装置的3D 数字模型图；

- 对于选择性操作，允许使用和修改设备和构筑物的其他文件（例如吊装机械的设计，专用工具，地板，承载结构，制造和设备规格书，土工技术试验结果）；

- 照片和录像（有字幕、日期和注释），有利于说明设备的组装和安装，土方工程和埋入地下的部分结构的施工，部件吊装方法，道路规划，同时关注那些将承受高放射性和污染的部件；

- 数量清单：混凝土量、钢筋吨数、电缆长度等验收文件，施工中使用的材料样本，这些样本可用来检查杂质，受辐照材料的强度数据、耐腐蚀能力等，同时也能够用来区分初始放射性和由于反应堆运行导致增加的放射性，特别是对于施工中采用的有初始人工放射性的材料；

- 保留反应堆施工材料（钢材，混凝土等）的样本和标本；
- 所有运行事件的记录及其评价，以及对原设备所做的所有改造的记录；
- 所有能够追踪放射性清洁和放射性数量的文件（方位图、图片检测、各种取样等等）。

最后两点特别需要通过监查清洁/废物分区的演变来确保。

厂址放射性生态参考调查（陆地和海洋环境）也有益于形成最终退役报告。

4.10.9 退役费用的考虑

目前国际上流行的退役资金的筹集方法有三种：

1. 在寿期末（或退役开始时）再筹集支付；
2. 设计一个退役基金，在整个运行寿期内，每年支付一定的数额，逐年累积，将寿期末的总累积值作为退役资金；
3. 在开始运行时就一次拨出一笔费用供退役用。

鉴于 TMSR-LF1 是一座实验反应堆，建议退役资金的筹措采用第一种方案，即在寿期末再筹集支付。

4.10.10 退役管理设想

运行阶段应及时完善更新退役计划，特别是有重大变化时应有相关部门负责完成此项工作。

从设施运行到退役主要拆除活动实施之前，组织机构与生产运行阶段的组织机构相对应，在这一阶段将进行一系列的计划和调整，使反应堆从管理构架和硬件状态等方面都适应退役的目标和要求。

这个阶段是经历人员编制从适于运行到适于退役调减的主要过程，人员编制首先满足这一阶段工作的需要，并且在这一阶段活动结束的时候人员编制应调整到适于退役期拆除活动的技术、实施和管理需求。

退役期主要活动是将设施内所有放射性物项进行拆卸、解体、包装、处理以使所有设施内不再存有不符合退役终态要求的放射性物项，并且最终进行建（构）筑物拆毁和厂址清理，使厂址最终无限制开放或有限制开放。

4.10.11 结论

通过上述分析，得出如下结论：

- 1) 反应堆退役策略选择受多种因素影响，在本反应堆建造可行的前提下，从目前的国家政策以及退役技术方面来看，建议将来采用立即拆除策略。
- 2) 本项目中低放废液、有机废液、中放废液、高放射性废液，以及高放固体废物均

未考虑在运行寿期内进行废物处理，如计划将上述废物推迟到退役阶段集中处理处置，应考虑废物处理、废物长期安全存放或外运等相关手段的规划并预留经费。

3) 在反应堆安全关闭期，建议指定有关责任部门负责考虑、实施退役的前期工作。

反应堆退役将涉及国家政策、法规、经济和科学技术条件等问题。在反应堆运行寿期末采用的退役策略和退役方案，将根据技术经济的发展情况，在专门的退役阶段的可行性研究和环境影响评价工作中再行确定并分阶段实施。

表 4.1-1 建、构筑物一览表

序号	子项代号	建、构筑物名称	建筑面积 (m ²)	占地面积 (m ²)	备注
1	LF1	主体装置厂房	7200	3220	
2	02	放射性废物处理中心	2680	1100	
3	03	综合实验大厅	3838.87	3613.81	
4	04	学术活动中心	5564.05	1493.39	
5	05	试剂仓库	336.00	336.00	
6	06	消防水泵房	251.46	197.80	
7	07	园区综合服务中心	1308.84	904.89	
8	10	净水站	261.81	261.81	
9	11	中水生产站	479.18	479.18	
10		控制区出入口	570	570	
11		保护区出入口	550	550	
12		保卫控制中心			
13	合计		23040.21	12726.88	

表 4.1-2 主要技术经济指标表

序号	名 称		单位	数量	备注
1	总用地面积		hm ²	66.67	
2	总建筑面积		m ²	23040.21	本期工程
3	建、构筑物占地面积		m ²	12726.88	本期工程
4	道路及广场面积		hm ²	3.31	
5	绿地率		%	30	
6	围栏长度	控制区围栏	m	754.45	双围栏总长度
		保护区围栏	m	960.90	
7	土方工程量	挖方量 (实方)	万m ³	5.21	
		填方量 (实方)	万m ³	11.76	

表 4.2-1 总体设计参数

参数名称	参数值
反应堆类型	一体式液态燃料熔盐堆
热功率	2MW
设计寿命	10 年
等效满功率运行天数	300 天
每年最大等效满功率运行天数	60 天
反应堆主容器直径/高度	2370mm/4240mm
功率运行时燃料盐	LiF-BeF ₂ -ZrF ₄ -UF ₄ 65.30%-28.71%-4.79%-1.20%
燃料盐堆芯进/出口温度	630℃ 3650℃
燃料盐回路覆盖气体压力	0.05MPa
燃料盐回路额定质量流量	50kg/s
U-235 富集度	19.75wt%
Li-7 丰度	≥99.95at%
燃料盐流道	244 个，直径 40mm
燃料装载/卸载	气压装载+胶囊装载/气压卸载
反应性控制	第一停堆系统 4 根控制棒（2 根补偿棒、1 根调节棒、1 根安全棒）；第二停堆系统 2 根安全棒（驱动机构和棒体结构与第一套停堆系统控制棒不同）
控制棒吸收体材料与有效长度	B4C；第一套棒 1998 mm，第二套棒 1887mm mm
控制棒价值	第一套棒~6100pcm，第二套棒~3500pcm
控制棒正常运行时最大可控反应性引入速率	20pcm/s
堆芯最大总中子通量密度	2.5E+13(n/cm ² ·s)
堆芯最大快中子通量密度 (E>0.1MeV)	4.9E+12(n/cm ² ·s)
堆芯最大热中子通量密度 (E<1eV)	1.1E+13(n/cm ² ·s)
反应性温度系数	约-9pcm/K
平均燃耗	1.8MWd/kgU
冷却盐回路冷却剂	LiF-BeF ₂
冷却盐冷端/热端温度	560℃ 6580℃
熔盐-熔盐换热器	管壳式（燃料盐在壳侧，冷却盐在管侧）
堆保温层材料	硅酸铝纤维
堆预热加热器	12 根加热器，位于主容器外侧

主容器及通道套管结构材料	UNS N10003 合金
堆芯材料	石墨

表 4.7-1 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆源项计算分析所用参数

序号	名称	参数值
1	堆芯总体参数	
	堆功率	2MWth
	每年满功率运行最大天数	60 天
	燃料	LiF-BeF ₂ -ZrF ₄ -UF ₄
	燃料 U-235 富集度	19.75wt% (Li-7 丰度 ≥99.95at%)
	燃料温度 (入口/出口)	630℃/650℃
2	熔盐相关参数	
a	熔盐杂质含量 (C/N/O)	100ppm/100ppm/100ppm
b	熔盐装载量	
	活性区	0.818m ³
	上腔室	0.19m ³
	泵槽	0.181m ³
	下腔室	0.34m ³
	换热器	0.15m ³
3	覆盖气相关参数	
	气体类型	Ar
	体积	1.6m ³

表 4.7-2 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆满功率连续运行 60 天堆芯主要裂变产物核素的放射性活度

核素	活度(Bq)	核素	活度(Bq)	核素	活度(Bq)
⁸⁸ Rb	2.21E+15	¹²⁵ Sb	6.20E+12	¹³⁸ Cs	4.22E+15
⁸⁹ Sr	1.67E+15	^{125m} Te	5.26E+10	¹³⁹ Ba	4.02E+15
⁹⁰ Sr	1.43E+13	¹²⁷ Sn	9.88E+13	¹⁴⁰ Ba	3.75E+15
⁹¹ Sr	1.36E+13	¹²⁷ Sb	6.01E+13	¹⁴⁰ La	3.73E+15
⁹¹ Y	3.64E+15	¹²⁷ Te	8.78E+13	¹⁴¹ La	2.64E+15
⁹² Sr	1.84E+15	¹²⁹ Te	3.13E+14	¹⁴¹ Ce	3.67E+15
⁹⁵ Zr	3.73E+15	^{129m} Te	4.05E+13	¹⁴² La	3.67E+15
⁹⁵ Nb	8.86E+14	¹³¹ Te	1.78E+15	¹⁴³ Pr	3.42E+15
^{95m} Nb	1.99E+13	^{131m} Te	1.63E+15	¹⁴⁴ Ce	4.69E+14
⁹⁷ Zr	3.83E+15	¹³¹ I	2.22E+14	¹⁴⁴ Pr	4.69E+14
⁹⁹ Mo	3.85E+15	¹³² Te	2.71E+15	¹⁴⁷ Nd	1.38E+15
^{99m} Tc	3.39E+15	¹³² I	2.43E+15	¹⁴⁷ Pm	4.46E+13
¹⁰³ Ru	1.23E+15	¹³³ Te	4.21E+15	¹⁴⁸ Pm	1.17E+12
^{103m} Rh	1.25E+15	¹³³ I	2.10E+15	^{148m} Pm	3.71E+11
¹⁰⁶ Ru	2.88E+13	¹³⁴ I	3.53E+10	¹⁵¹ Sm	3.19E+11
¹⁰⁶ Rh	2.71E+13	¹³⁴ Cs	4.91E+15	¹⁵⁴ Eu	1.40E+09
^{110m} Ag	1.14E+08	¹³⁵ I	3.55E+15	¹⁵⁵ Eu	4.65E+11
^{115m} Cd	2.58E+11	¹³⁶ Cs	2.80E+12	¹⁵⁶ Eu	9.63E+12
¹²³ Sn	1.81E+11	¹³⁷ Cs	1.39E+13	¹⁶⁰ Tb	8.60E+07
¹²⁵ Sn	8.12E+11	^{137m} Ba	1.45E+13		

表 4.7-3 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆满功率连续运行 60 天燃料盐回路的活化产物
核素的放射性活度

核素	半衰期	活度(Bq)
^3H	12.3a	1.57E+14
^{14}C	5730a	6.14E+08
^8Li	0.84s	1.29E+15
^6He	0.81s	3.23E+14
^{16}N	7.13s	5.28E+14
^{19}O	26.90s	3.69E+13
^{20}F	11.2s	9.31E+14
^{51}Cr	27.71d	1.76E+12
^{60}Co	5.27a	2.96E+10
^{58}Co	70.86d	8.83E+09
^{55}Fe	2.74a	8.34E+09
^{59}Fe	44.50d	3.55E+09
^{54}Mn	312.30d	4.11E+08
^{56}Mn	2.58h	4.38E+12
^{59}Ni	7.5E+4a	2.67E+06
^{63}Ni	100a	3.33E+08
^{65}Ni	2.56h	7.95E+09

表 4.7-4 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆冷却盐活化产物总量

核素	半衰期	总活度(Bq)
^3H	12.3a	5.22E+11
^{14}C	5730a	3.10E+06
^8Li	0.84s	1.98E+13
^6He	0.81s	5.71E+12
^{16}N	7.13s	7.20E+12
^{19}O	26.90s	5.03E+11
^{20}F	11.20s	1.27E+13
^{51}Cr	27.71d	2.93E+10
^{60}Co	5.27a	4.91E+08
^{58}Co	70.86d	1.47E+08
^{55}Fe	2.74a	1.38E+08
^{59}Fe	44.50d	5.89E+07
^{54}Mn	312.30d	6.82E+06
^{56}Mn	2.58h	7.27E+10
^{59}Ni	7.5E+4a	4.44E+04
^{63}Ni	100a	5.53E+06
^{65}Ni	2.56h	1.32E+08

表 4.7-5 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆满功率运行 60 天覆盖气中的放射性核素及活度

核素		半衰期	活度 (Bq)
惰性气体	^{37}Ar	34.8d	3.65E+07
	^{39}Ar	269a	4.87E+02
	^{41}Ar	1.83h	3.33E+11
	$^{83\text{m}}\text{Kr}$	1.86h	9.98E+07
	^{85}Kr	10.76a	3.50E+08
	$^{85\text{m}}\text{Kr}$	4.48h	1.57E+11
	^{87}Kr	76.3min	2.36E+13
	^{88}Kr	2.80h	5.93E+13
	$^{131\text{m}}\text{Xe}$	12.0d	1.00E+05
	^{133}Xe	5.29d	1.64E+09
	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	2.2d	5.48E+09
	^{135}Xe	9.17h	1.88E+12
碘	$^{135\text{m}}\text{Xe}$	15.3min	1.40E+13
	^{131}I	8.04d	3.18E+08
	^{132}I	2.38h	3.49E+10
	^{133}I	20.8h	5.98E+10
	^{134}I	52.0min	2.89E+12
碳 14	^{135}I	6.59h	5.51E+12
	^{14}C	5730a	1.09E+05

表 4.7-6 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆向环境排放的气载放射性物质

核素	半衰期	活度(Bq/a)	
惰性气体	^{37}Ar	34.8d	1.96E+10
	^{39}Ar	269a	2.63E+05
	^{41}Ar	1.83h	8.70E+12
	$^{83\text{m}}\text{Kr}$	1.86h	9.22E+02
	^{85}Kr	10.76a	1.89E+11
	$^{85\text{m}}\text{Kr}$	4.48h	5.04E+10
	^{87}Kr	76.3min	5.56E+04
	^{88}Kr	2.80h	2.22E+11
	$^{131\text{m}}\text{Xe}$	12.0d	2.21E+06
	^{133}Xe	5.29d	3.42E+08
	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	2.2d	1.69E+04
	^{135}Xe	9.17h	0.00E+00
	$^{135\text{m}}\text{Xe}$	15.3min	0.00E+00
碘	^{131}I	8.04d	7.35E+07
	^{132}I	2.38h	0.00E+00
	^{133}I	20.8h	0.00E+00
	^{134}I	52.0min	0.00E+00
	^{135}I	6.59h	0.00E+00
粒子（半衰期 $\geq 8\text{d}$ ）	^{89}Sr	50.5d	1.11E+09
	^{90}Sr	28.5a	1.48E+06
	^{91}Y	58.51d	2.93E+07
	^{135}Cs	2.3e6a	9.33E-01
	^{137}Cs	30.1a	1.07E+07
碳 14	^{14}C	5730a	5.88E+07
氚	^3H	12.3a	1.44E+14

表 4.7-7 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆基地气载流出物年排放量

单位：Bq/a

气载流出物	惰性气体	碘	粒子（半衰期 $\geq 8d$ ）	C-14	氡
2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆	9.18E+12	7.35E+07	1.15E+09	5.88E+07	1.44E+14

表 4.7-8 各类放射性废液产生量表

废物类型	主要成分	废物量 (m ³ /a)	放射性浓度 (Bq/L)
洗涤废液	洗衣废水、个人清洁废水等	10	--
低放废水	添加盐制备产生的废碱液、清洗去污水、分析废液、检修去污水等	5	<4E+04
有机废液	检修产生的润滑油、去污废液等	0.05	<4E+04
中放废液	燃料盐稀释，样品液残留等	0.005	<4E+08
高放废液	燃料盐取样分析样品等	0.0002	>4E+09

表 4.7-9 放射性废液处理系统设备清单

序号	设备名称	型号规格及主要技术特性	数量
1	低放废液收集罐	$V_{\text{有效}}=1\text{m}^3$, $\Phi 1000\text{mm}$, $h=1400\text{mm}$	2
2	低放废液转运泵	40CQ-32 Q:10m ³ /h H:32m 4kW	2
3	低放废液贮存罐	$V_{\text{有效}}=50\text{m}^3$, $\Phi 4000\text{mm}$, $h=4500\text{mm}$	2
4	洗涤废液接收罐	$V_{\text{有效}}=3\text{m}^3$, $\Phi 1400\text{mm}$, $h=2000\text{mm}$	3
5	洗涤废液排放泵	40CQ-32 Q:10m ³ /h H:32m 4kW	2
6	洗涤废液过滤器	处理量: $\sim 3\text{m}^3/\text{h}$, 过滤精度: $5\mu\text{m}$	2
7	中放废液暂存罐	$V_{\text{有效}}: 5\text{L}$	10
8	有机废液收集罐	$V_{\text{有效}}: 60\text{L}$	2
9	有机废液暂存罐	$V_{\text{有效}}: 0.25\text{m}^3$	2
10.	排放水罐	$V_{\text{有效}}=5\text{m}^3$, $\Phi 1600\text{mm}$, $h=3000\text{mm}$	3
11.	洗涤废液空气载带器	处理能力: 720L/天	2
12.	低放废液地坑泵	50ZW10-20 Q:10m ³ /h H:20m 2.2kW	1
13.	排放水地坑泵	50ZW10-20 Q:10m ³ /h H:20m 2.2kW	1
14.	取样箱	$\sim 1080\text{mm}\times 987\text{mm}\times 2068\text{mm}$	1

表 4.7-10 钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验堆基地年产生放射性固体废物的种类和数量

废物类型	主要类型	废物量 (m ³ /a)	比活度 (Bq/kg)	处理后废物包数量（200L 桶）
低放	工作服、口罩、手套等软质可压缩固体废物	5	<4E+05	8 桶
	金属废物、玻璃等不可压缩废物	1	<4E+06	5 桶
	废过滤器芯，碘吸附器等	2	<4E+06	5 桶
中放	热室内产生的氟化物盐、滤芯等	0.25	<4E+09	3 桶
高放	热室内产生的废熔盐，废滤芯等	600g/a	>4E+11	热室内暂存

表 4.8-1 使用的主要非放射性化学物质的名称、浓度、用途、使用量等估算值

化学物质名称	浓度或纯度	用途	年最大 使用量	年平均 使用量
次氯酸钠	浓度 10%	净水站进水及出水杀菌消毒	150L	100L
阻垢剂	原液	净水站反渗透进水阻垢	1.5t	1.2t
聚氯	纯度 28%	中水生产站深度处理	250kg	150kg
聚丙烯酰胺	离子度 $\geq 50\%$ ，分子 量 1200 万	中水生产站污泥脱水	200kg	150kg
次氯酸钠	浓度 10%	中水生产站回用水加氯消毒	150L	100L

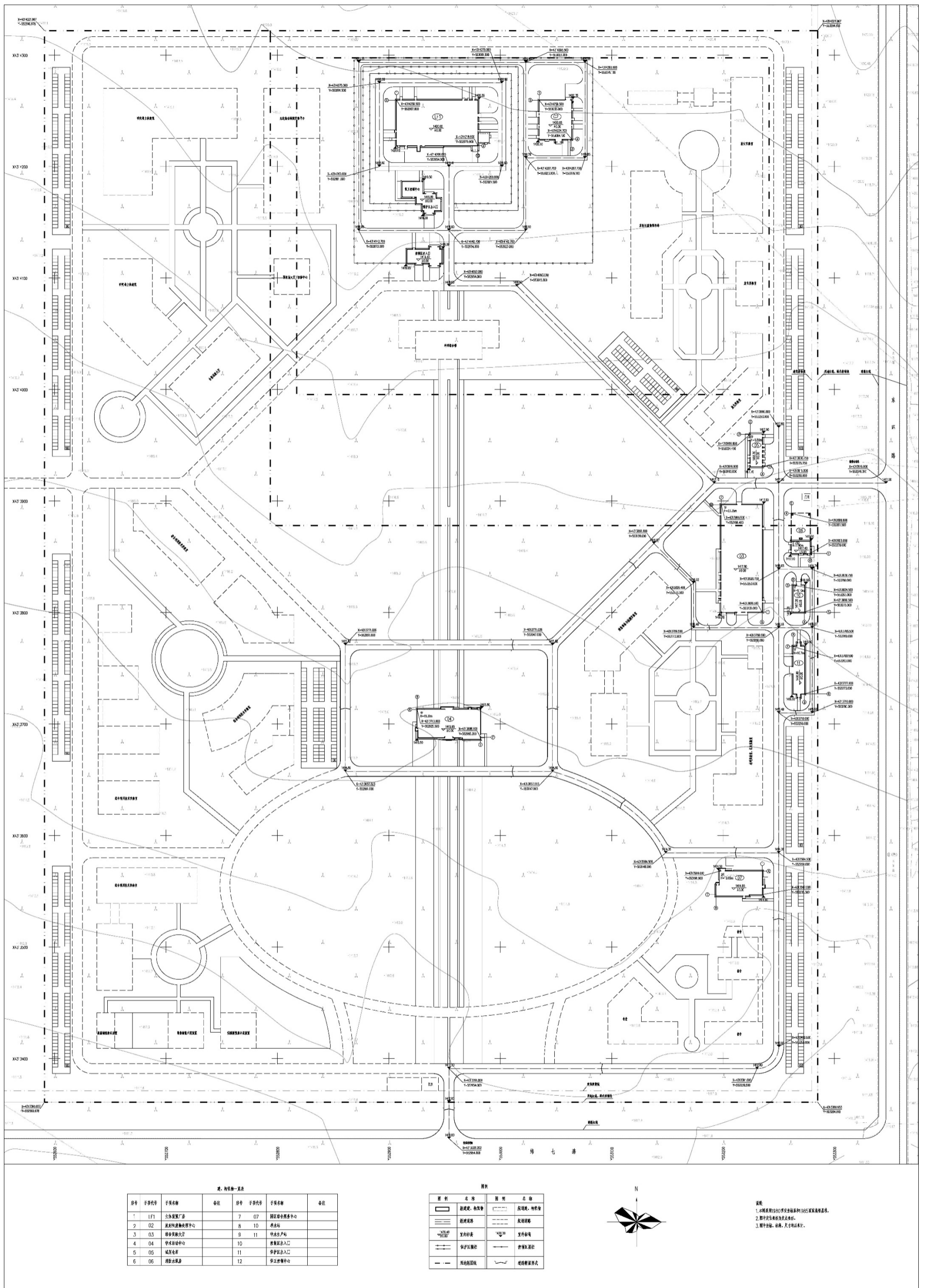


图 4.1-2 总平面布置图

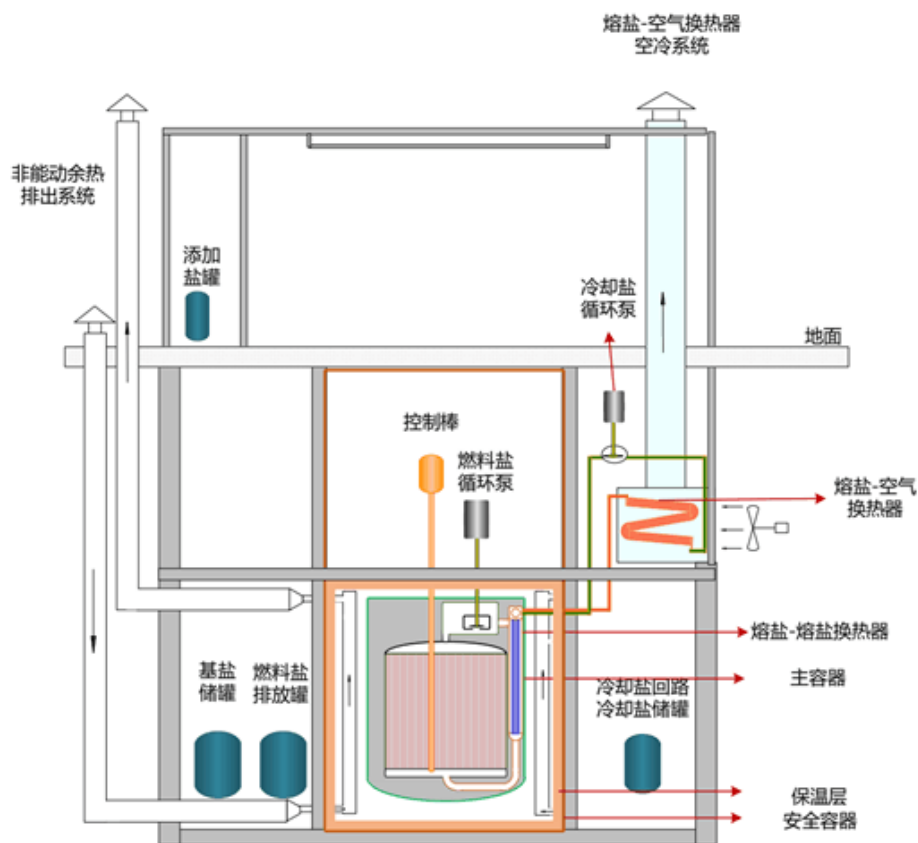


图 4.2-1 TMSR-LF1 总体布局示意图

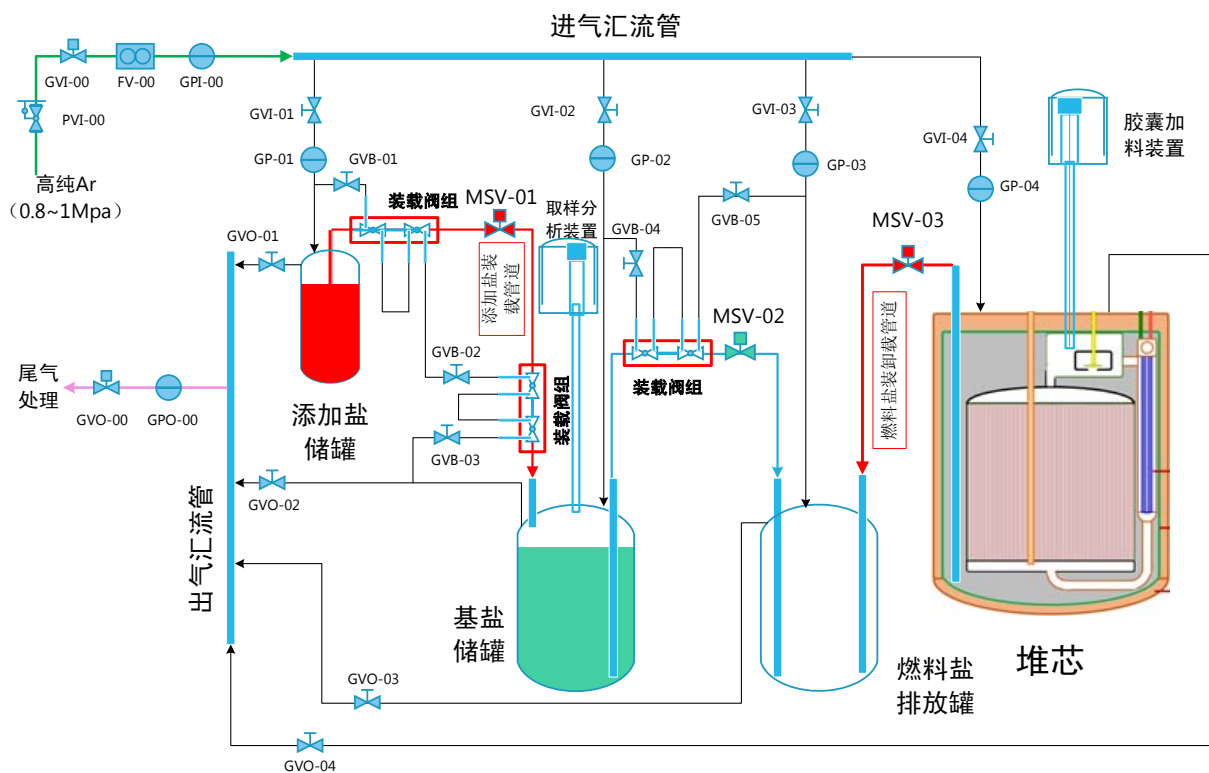
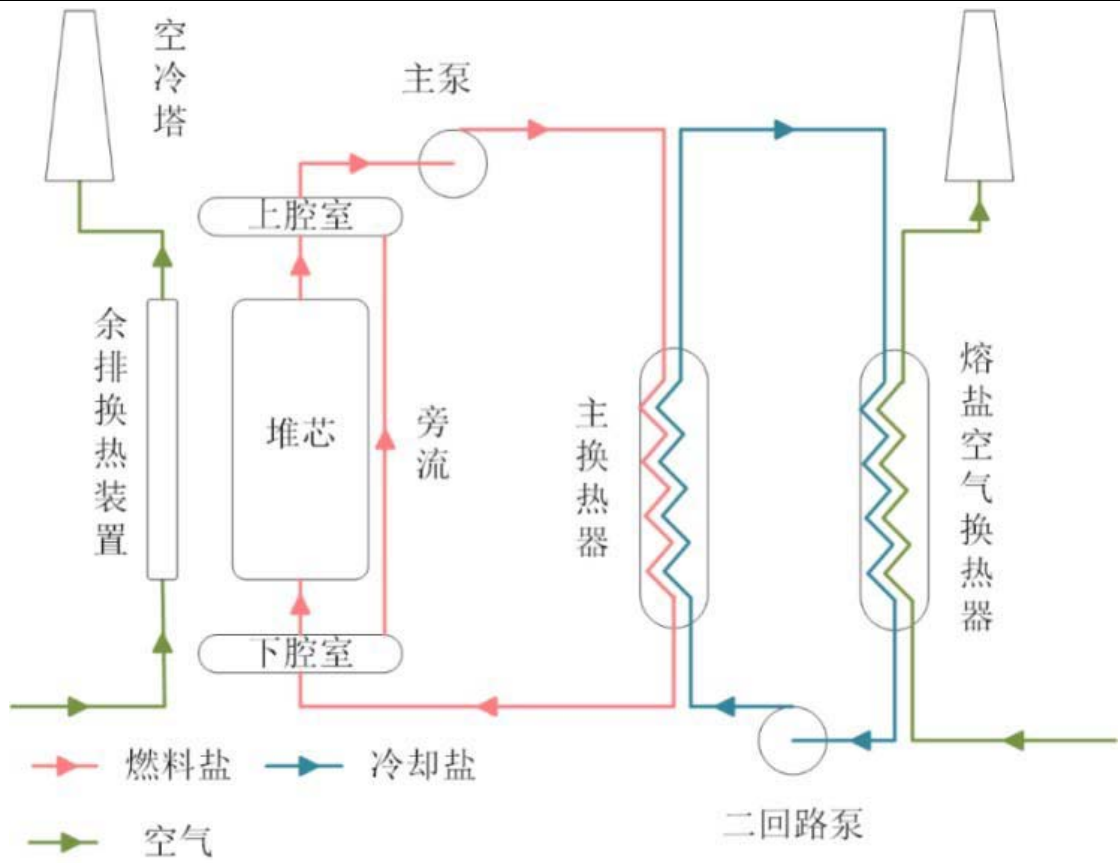


图 4.2-2 燃料盐装卸工艺图



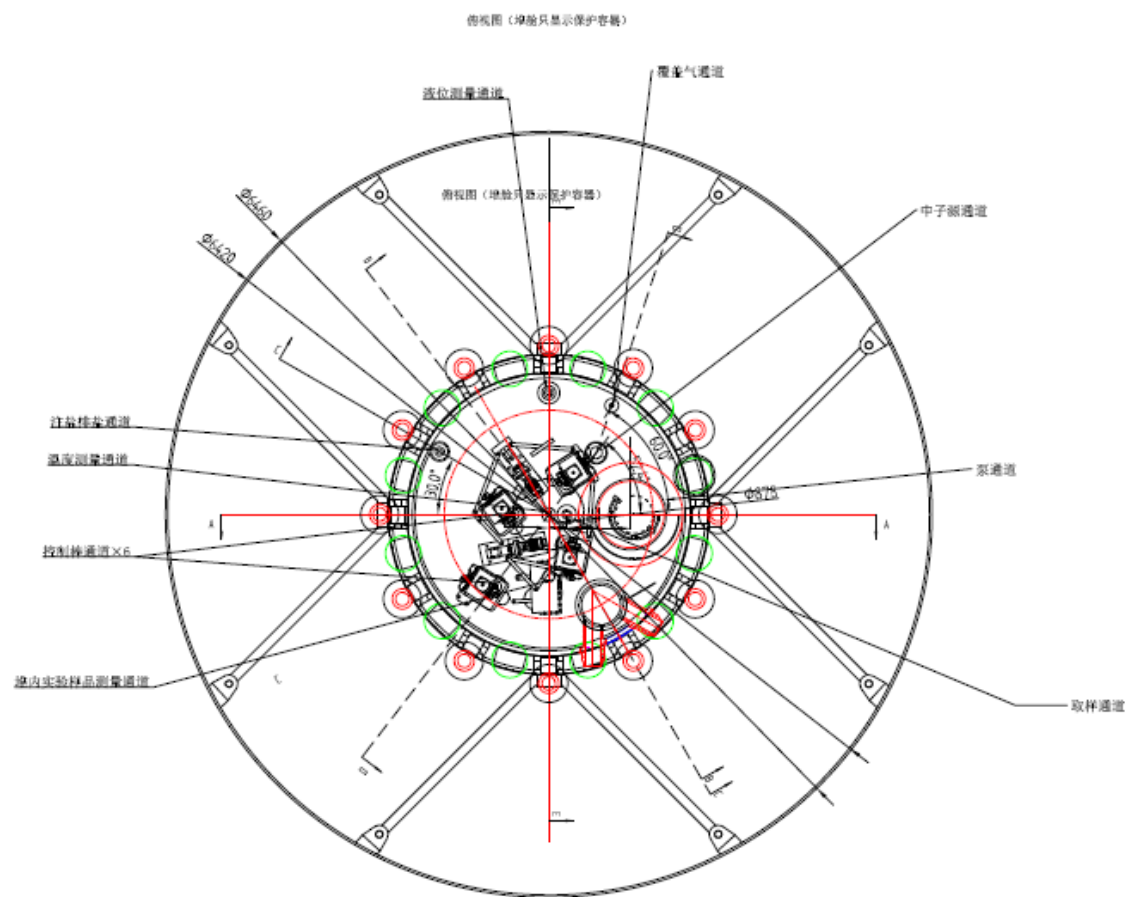


图 4.2-5 堆本体系统二维俯视图

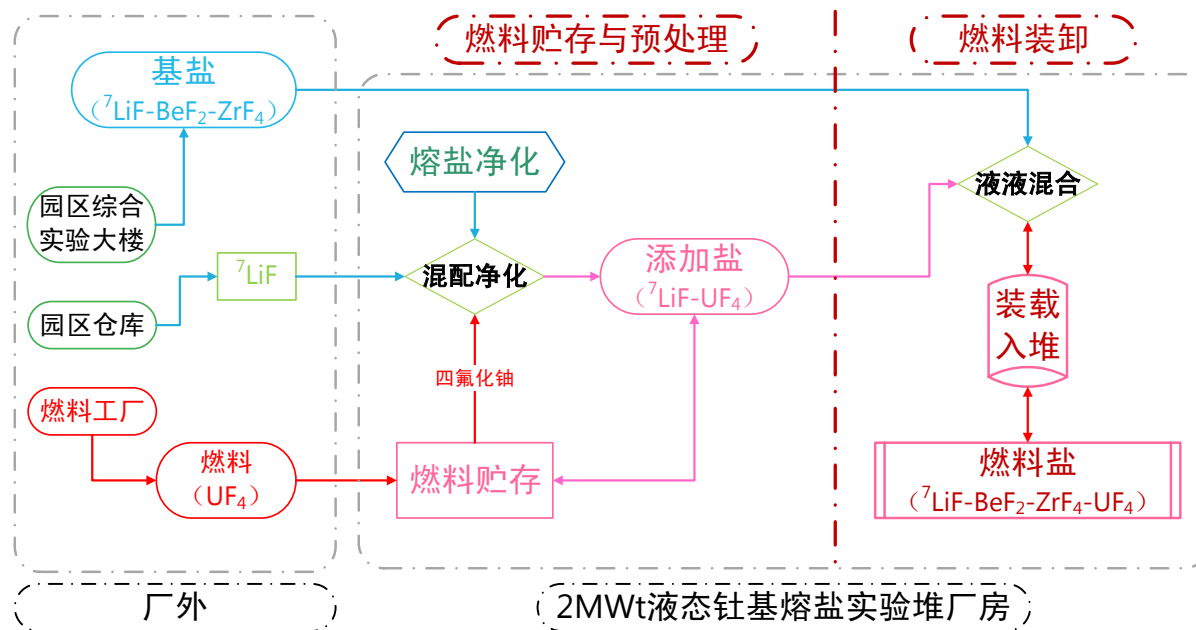


图 4.2-6 燃料使用流程图

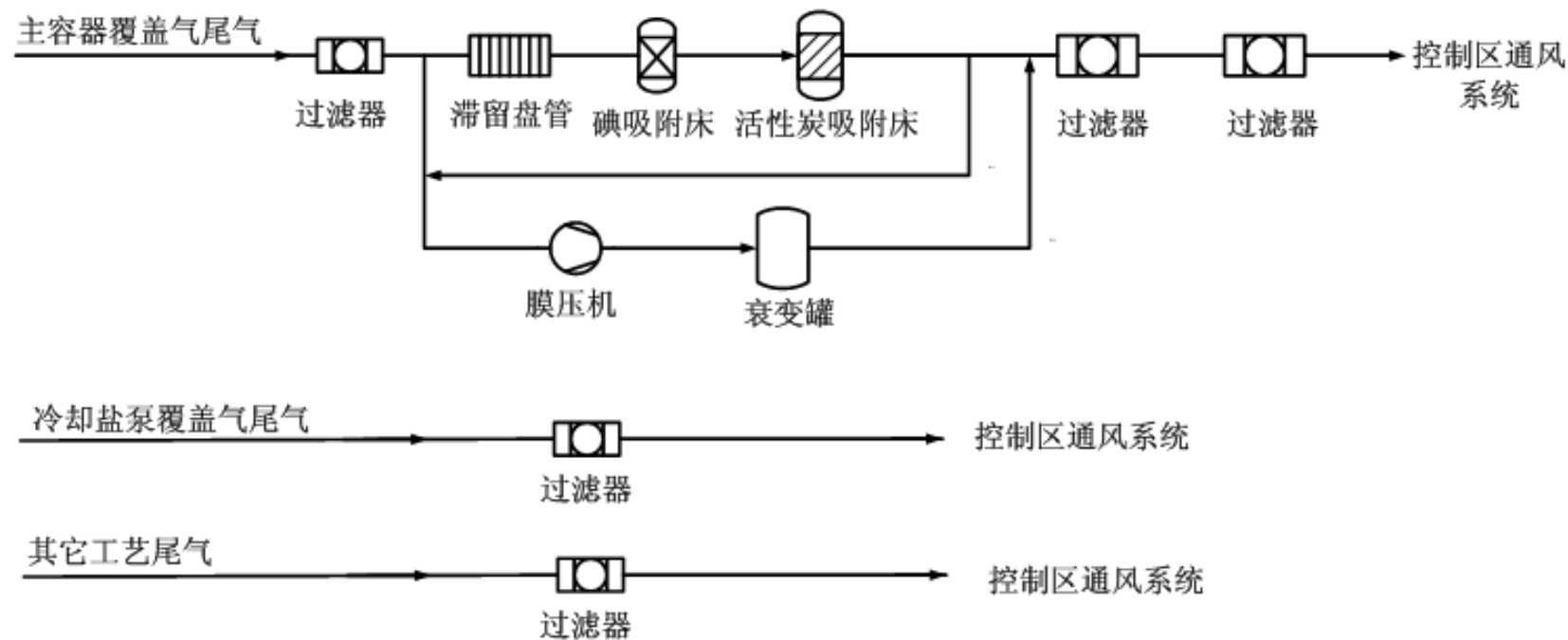


图 4.7-1 TMSR-LF1 主体装置厂房工艺废气处理工艺流程示意图

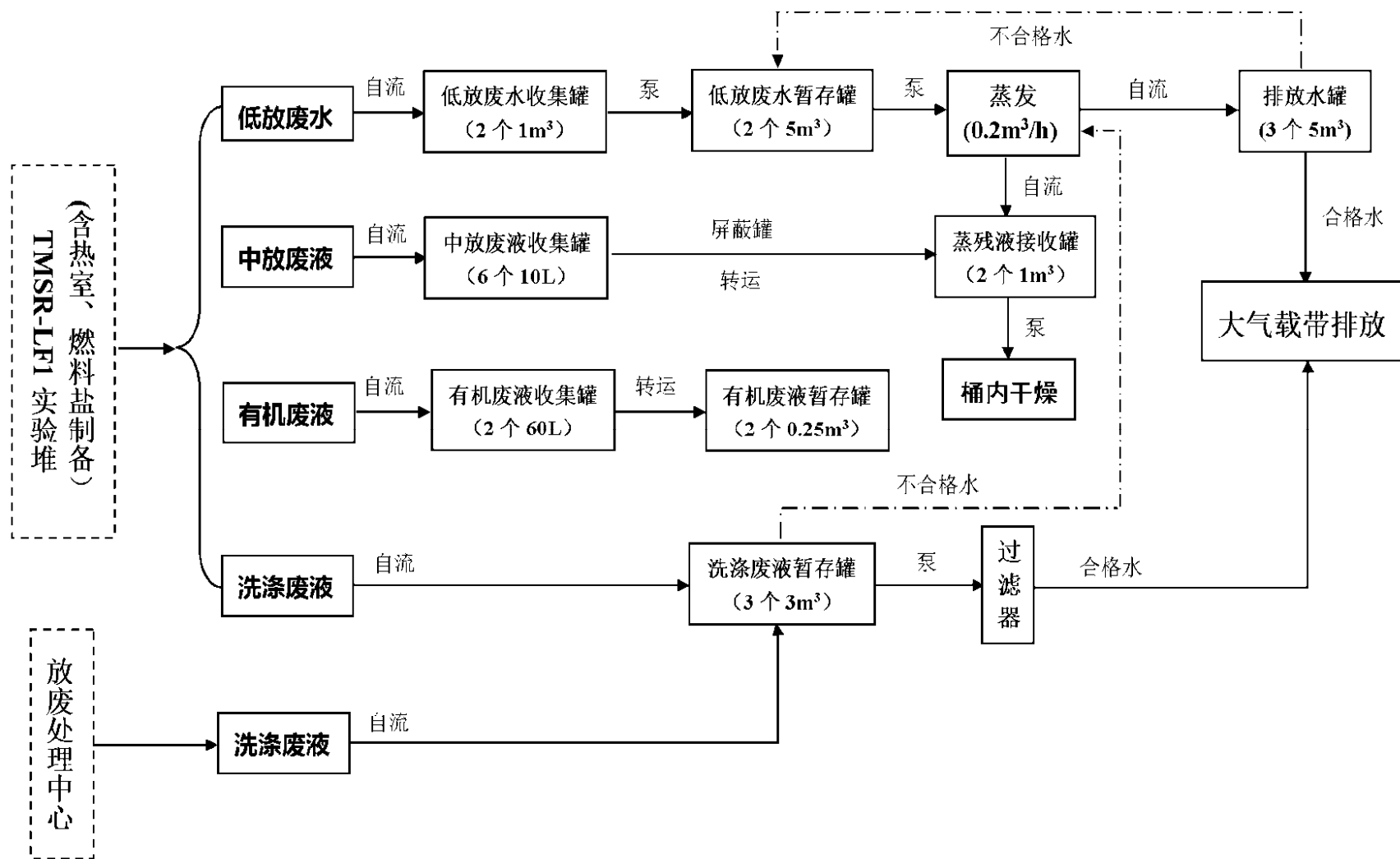


图 4.7-2 放射性废液处理流程简图

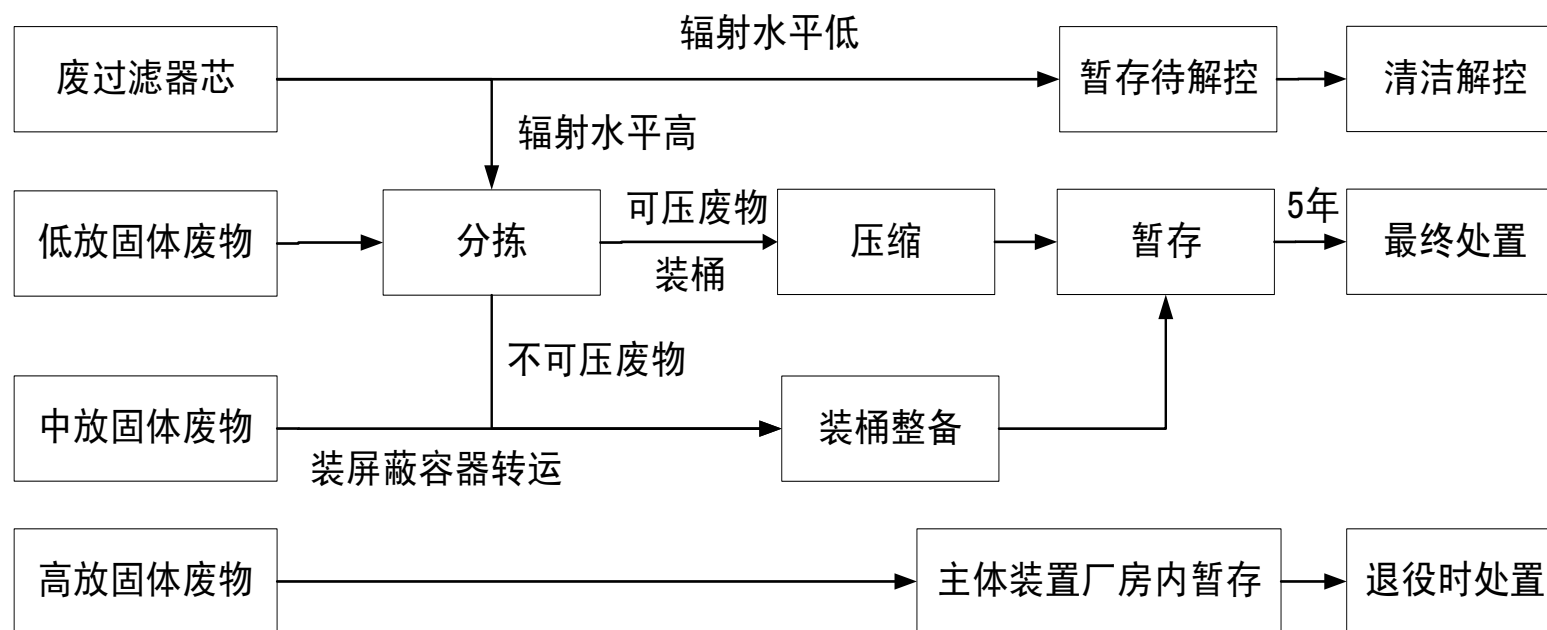


图 4.7-3 放射性固体废物处理流程简图

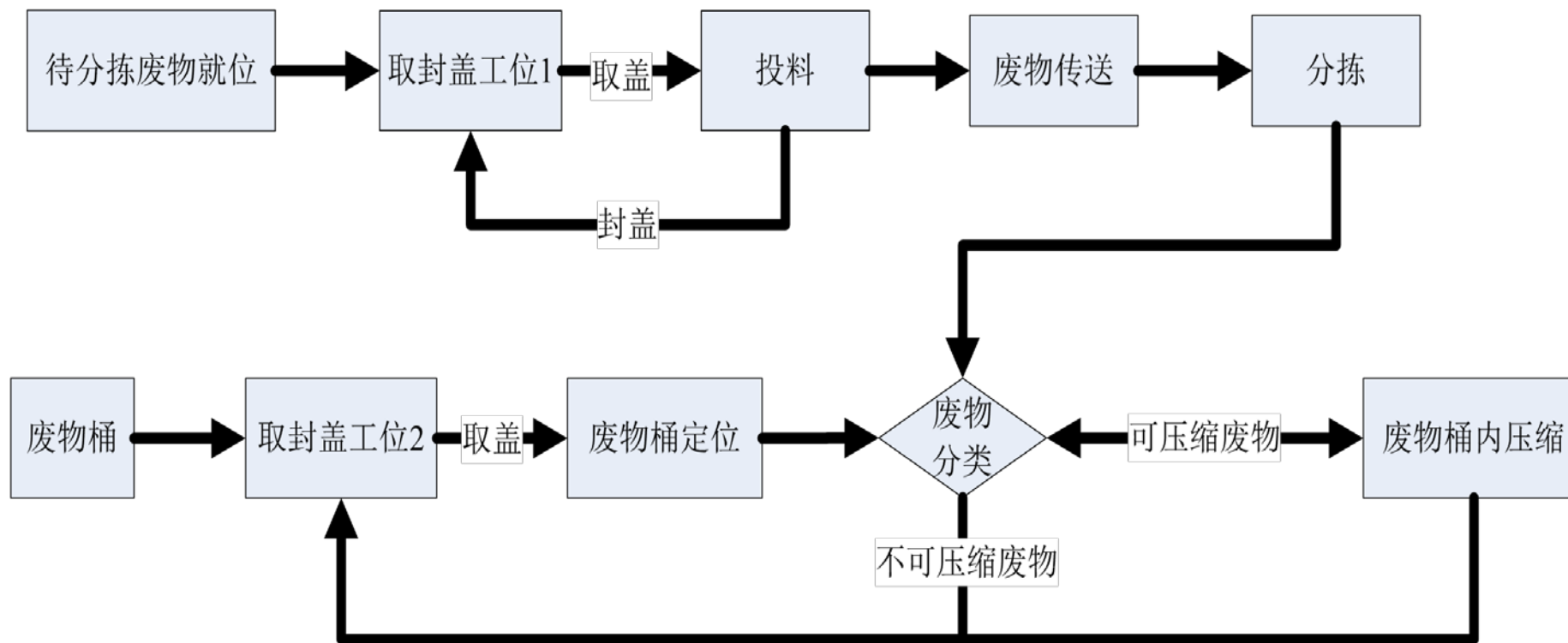


图 4.7-4 分拣压缩系统工艺流程示意图

第五章 反应堆施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

5.2 水的利用

5.3 施工影响控制

5.3.1 水土保持方案

5.3.2 节水措施

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

5.3.4 施工扬尘的控制措施

5.3.5 施工噪声的控制措施

表

表 5.1-1 土地利用现状表

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

施工建设对土地利用的影响主要包括厂区土石方的开挖与回填、建构筑物的建造等陆域施工活动所产生的影响。

5.1.2 施工建设占用土地情况

本工程规划总用地面积为 66.6782hm²，其中钍基熔盐堆核能系统实验平台占地为 12.8046 hm²，钍基熔盐堆核能系统实验平台配套项目占地为 44.8727 hm²，钍基熔盐堆核能系统武威实验园区科研条件建设项目(暂名)占地为 9.0009hm²。用地范围内的土地类别主要为建设用地和未利用地，不占用永久基本农田，具体用地类别及规模见表 5.1-1。

《甘肃省国土资源厅关于新能源技术与材料综合研发平台-钍基熔盐堆核能系统实验平台项目建设用地预审初审意见的报告》（甘国土资发【2018】93 号）已经同意该项目用地预审初审。

《自然资源部关于新能源技术与材料综合研发平台-钍基熔盐堆核能系统实验平台项目建设用地预审意见的复函》（自然资预审字【2018】81 号）原则同意该项目通过用地预审。

《甘肃省国土资源厅关于钍基熔盐堆核能系统实验平台配套项目建设用地预审的意见》（甘国土资规划发【2018】40 号）已经通过该项目用地预审。

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.3.1 对地形地貌的影响

在工程建设期间，需要按设计要求对原地形地貌进行相应的改造，通过进行必要的工程及植物措施的防护，优化施工工序，可以有效防止水土流失，同时结合厂区绿化美化，施工场地使用完毕后还绿等措施，对地形地貌改造的影响是局部的，对周围环境影响较小。

5.1.3.2 水土流失

在工程建设过程中，水土流失主要发生在施工期。期间将有开挖和填筑裸露面产生，裸露面表层结构疏松，植被覆盖度较低，使区域内土壤抗侵蚀能力下降；同时，大量土石方的搬运和堆置，也将造成工程区及其附近施工区域的局部水土流失加剧。工程施工结束后，因施工引起水土流失的各项因素逐渐消失，地表扰动也基本停止，施工区域的水土流失将明显减少。通过有效的工程措施、植被种植、临时防护等措施，可有效缓解施工建设期间的水土流失现象。

5.1.3.3 对生态环境的影响

本项目施工期间将在建设规划区内占用大量土地，改变原土地利用类型，破坏原地貌和该地区动植物的生境。厂址附近的环境敏感区为连古城国家级自然保护区。根据《中华人民共和国自然保护区条例》（2017年10月7日修订）中的规定，在自然保护区的核心区和缓冲区内，不得建设任何生产设施。在自然保护区的实验区内，不得建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施；建设其他项目的，其污染物排放超过国家和地方规定的排放标准的，应当限期治理；造成损害的，必须采取补救措施。同时根据国家环保总局《关于涉及自然保护区开发建设项目环境管理工作有关问题的通知》（环发[1999]197号）中规定，凡涉及自然保护区的开发项目，不得安排在自然保护区的核心区、缓冲区内；需占用实验区的，不得破坏当地生态，其污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准；在自然保护区外围地带进行的项目建设，不得损害自然保护区内的环境质量和生态功能。对此，本项目施工期间将做好建筑材料堆放等场所的面源排放控制，合理控制施工及车辆运输范围，加强管理等，以此避免对连古城国家级自然保护区产生影响。同时连古城国家级自然保护区各块核心区中距厂址最近处位于 NNE 方位约 6.5km，各块缓冲区中距厂址最近处位于 NNE 方位约 3km，各块实验区中距厂址最近处位于 ESE 方位约 22.5km，总体而言，本项目的建设不会对当地的陆生生态环境造成不良影响。

5.1.3.4 对大气环境的影响

场地平整、施工开挖、混凝土拌和、施工材料装卸等会使作业点周围 50m 范围内产生较大扬尘；材料运输会使交通道路两侧 40m 范围内产生扬尘。大量扬尘降低环境空气质量。对现场人员的健康产生一定的不利影响。为了解施工对厂址周围大气环境造成的影响，验证施工期所采取的大气污染防治措施的有效性，同时为进一步提出减缓环境影响的措施提供依据，需要对厂址周围开展施工期大气环境质量监测并进行分析和评价工作。

5.1.3.5 对声环境的影响

本工程建造期间的主要噪声污染源为不同施工阶段所使用的各类施工机械设备运行噪声和运输车辆的交通噪声。基础施工阶段，主要施工机械是各种打桩机、空压机等，基本上都是固定噪声源，打桩机为主要噪声源，其声级为 95-105dB(A)，结构施工阶段主要施工机械是混凝土搅拌机和振捣棒，其声级为 75-88dB(A)。工程建设期运送材料的汽车等运行噪声为随机移动声源，施工期大型运输设备正常行驶时噪声最大可达 80dB(A)，鸣笛时可达 85dB(A)。实际施工过程中，往往是多台机械设备同时作业，各台设备产生的噪声会互相叠加，叠加后的噪声增值约 3-8dB(A)，一般不超过 10dB(A)。

5.1.3.6 产生的固体废弃物对环境的影响

工程建设期间排放的废水主要包括施工废水、生活污水以及雨水径流，陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水的排放。

施工废水：施工期间生产排水主要为场地冲洗水、车辆及设备洗涤用水，施工生产废水量为 220t/a，经处理后达到《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962—2015）B 级标准后接入园区污水管网，最终排入红砂岗镇生活污水处理厂处理。

生活污水：施工人员产生的生活污水排放量为 480t/a，由承包商敷设临时管线排入园区周围污水管网，水质满足《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962—2015），并最终输送至红砂岗镇生活污水处理厂处理，处理达标后排放至下游水体。

雨水径流：工程施工期间，由于外界降雨的作用，容易造成开挖的土石方和堆放的建筑材料随水扩散，形成雨水径流，主要含有泥沙及少量施工机械和运输车辆滴漏的油类。本项目所在区域的年平均降雨量 114.6mm，预计雨水径流不会对周围环境产生影响。

因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

5.1.3.7 产生的固体废弃物对环境的影响

施工期间的固体废弃物主要是建筑垃圾和生活垃圾，年产生量约 500kg。施工期间由指定的承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

建设期间产生的危险废物一般为废物桶/罐（柴油、润滑油、油漆），以及废旧材料（日光灯管、石棉瓦等），年产生量约 750kg。钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验平台配套项目园区内设置临时危险废物贮存设施，用于贮存建设期间产生的危险废物，危险固废贮存设施符合《危险废物贮存污染物控制标准》（GB18597-2001，2013 年修订）中的相关规定。

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

5.1.4.1 对厂区周围历史古迹的影响

根据国电环境保护研究院 2017 年 10 月完成的《TMSR 先进核能实验基地选址项目环境资料调查报告（B 版）》，厂址半径 15km 范围内无省级以上文物保护单位。

5.1.4.2 对风景名胜区的影

本工程半径 5km 范围内涉及连古城国家级自然保护区，距其缓冲区的最近距离为 NNE 方位约 3km。本项目施工期间在采取合适的防护措施后不会对连古城国家级自然保护区产

生影响。

5.1.4.3 对居民生产生活的影响

本项目建设期间需大量的工程施工人员，施工人员将在该地区居住和生活，这将增加该地区的消费能力，提供众多的就业岗位，一定程度上将促进该地区经济的发展，对当地居民的物价指数带来一定影响。

5.2 水的利用

（1）施工期用水

施工期用水主要为淡水，主要包括施工生产用水和施工生活用水。施工生产用水供给混凝土搅拌、混凝土养护、砌筑、施工机械用水及工程安装及调试用水等施工用水。施工生活用水供给施工人员生活用水，其水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）。

（2）施工期用水量

本工程施工期用水量约为 1000t/a，其中：工地施工工程用水 200t/a；机械用水 50t/a；生活用水 230t/a；生活区用水 350t/a；消防用水 170t/a。

（3）供水水源

施工期间用水原水取自工业园区西北侧的红砂岗工业水厂，本项目所在区域目前有由红砂岗工业水厂铺设至用地范围内的管径 DN100 的供水管道，可满足本项目施工期间生产用水需求。

（4）施工期用水对周围水用户的影响

在本项目严格执行民勤县最严格水资源管理制度“三条红线”控制指标前提下，本项目施工期用水不会对周围环境及其他水资源用户产生影响。

综上所述，本工程施工期用水是合理的，对水资源利用无影响。

5.3 施工影响控制

5.3.1 水土保持方案

5.3.1.1 水土流失防治区的划分

根据水土流失分区原则、工程建设特点、施工工艺特征、水土流失等特点，本工程将水土流失防治区划分为主体工程防治区、道路防治区两个防治分区。

5.3.1.2 水土保持措施

工程建设造成的水土流失主要发生在施工期，开挖、回填裸露面是水土流失发生的重点区域；植被恢复期土壤侵蚀强度下降，水土流失强度减弱。因此对因工程建设而引发水土流失的区域，必须采取行之有效的水土保持措施。

在工程建设期及植被恢复期还需进行水土保持监测，监测的主要内容包括水土保持生态环境变化监测、水土流失动态监测、水土流失防治效果监测、重大水土流失事件等，采用定位监测与调查监测相结合的方法。

5.3.1.3 水土保持防治措施

（1）主体工程防治区

土地整治：主要为施工垃圾清理、场地平整，场地平整按照挖填平衡要求，进行粗平和细平两步进行。

粗平时先按照路基周边的地形、地势特点及填高要求，确定需要回填的重点部位，然后利用推土机等施工机械将土方推运至坑凹地填方区域；进行坑凹回填时，对坑凹地一般采用条带式分条填埋，或任意工作线（面）回填，然后碾压平整；回填结束后力争坑平渣尽。粗整结束后，对靠近路基旁边、扰动施工区边缘、死角等部位、机械整治后遗留的小型坑洼地，采用人工方式，利用铁锹等工具进行详细的铲平、填埋处理，最终达到平整设计要求。

绿化覆土：根据工程设计，在主体工程区空置区域集中进行绿化，形成点、线、面相结合的绿化网络，因此需要对绿化区域进行覆土。

植物措施：主体工程在设计中考虑了主体工程区的绿化措施，采取乔灌木相结合的方式绿化美化，乔木主要有旱柳、国槐、侧柏、榆树等，灌木主要为冬青、金叶女贞、紫叶小檗等，草种主要以草坪草为主，同时布置了滴灌、喷灌。

临时措施：在施工中，为防止扰动地面扬尘，采取了洒水降尘，对临时堆土采取彩条布苫盖并进行草袋压边。

（2）道路防治区

土地整治：施工结束后，方案设计对主干道路两侧扰动区域进行土地整治，均采用人工整治，人工整治采用铁锹在高低 30cm 范围内进行坑凹整治，促进自然恢复。

临时措施：在施工过程中，考虑到项目区侵蚀类型为风蚀区，在干旱少雨季节施工时，难免造成尘土飞扬，破坏施工环境，因此在施工过程中增加洒水防尘措施，降低施工期扬尘并加速地表结皮产生，洒水次数与数量根据施工强度及天气确。

5.3.1.4 水土保持监测措施

（1）水土保持监测的目的

通过监测，及时掌握项目区水土流失发生的时段、强度和空间分布等情况，了解水土保持措施的防护效果，及时发现问题以便采取相应的措施，确保各项水土保持措施能正常

发挥作用，最大限度地减少水土流失。

通过对建设项目的实地监测，积累大量的实测资料，为确定水土流失预测的模型、参数等提供服务。同时，对水土保持方案提出的防治措施进行实地检验、总结，促进防治措施体系的针对性，为同类开发建设项目水土流失预测和制定防治措施体系提供参考依据。

通过全过程的水土保持监测，评价项目建设过程中各环节的水土流失防治效果，判别是否达到规定的防治标准和方案确定的防治目标，为水土保持专项验收提供依据。

通过积累各类建设项目在建设过程中的水土保持监测成果，可以分析总结不同预测时段中易产生水土流失的环节及空间分布，为监督检查和管理提供依据，提高管理水平。

通过地面监测、现场巡测、无人机航拍监测、调查监测等手段，对新增水土流失的成因、数量、强度、影响范围和后果进行监测，了解水土保持方案的实施情况及效果，促进本方案的实施。

（2）监测原则

全面监测与重点监测相结合；

定位监测与调查监测相结合；

以扰动地表监测为中心，重点主体工程区和取土场区等水土流失严重区域；

监测内容围绕 6 项防治目标进行，监测点按临时点设置。

（3）监测范围

监测范围为水土流失防治责任范围，监测分区与水土流失防治分区保持一致，划分为：主体工程区与道路区 2 个防治分区。

（4）监测时段

监测时段根据开发建设项目类型来确定，因该工程属建设类项目，根据开发建设项目水土保持技术规范的有关规定，监测时段从施工准备期开始至方案设计水平年结束。由此确定本方案的监测时段为 2.5 年，即 2018 年 7 月—2020 年 12 月。

（5）监测内容

本工程水土保持监测内容的重点包括水土保持方案落实情况、扰动土地及植被占压情况、水土保持措施（含临时防护措施）实施情况、水土保持责任制度落实情况。监测重点时段为施工期（含施工准备期），监测重点区域为主体工程区与道路区等区域。监测效果围绕六项防治目标进行。

（6）监测方法

根据本工程的实际情况，该项目采用实地调查与定位监测、无人机航拍监测、巡查监

测相结合的方法进行。降水情况等水土流失因子收集当地气象观测部门的资料。

（7）监测频次

水土保持措施建设情况每 10d 监测记录 1 次；
扰动地表面积、水土保持工程措施拦挡效果等每 10d 监测记录 1 次；
主体工程生产进度、水土流失影响因子等每 1 个月监测记录 1 次；
当遇到大风、暴雨（10 年一遇平均 1h 降水量 10.9mm）时应及时加测；
水土流失灾害事件发生后 1 周内完成监测。

（8）监测点位布设

根据该工程特点，水土保持监测共布设临时监测点 9 处，其中主体工程区 3 处、道路区 3 处，原始未扰动地貌对照点 3 处。

5.3.2 节水措施

施工期节水措施主要是淡水的节水措施，如下：

- 采用用水量少、耗水量低的工艺系统，降低用水量。
- 采用新型管材，推广节水器具。
- 提高水的重复利用率。
- 加强节水管理，对用水量加以控制和计量。

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

施工期间将产生施工人员的生活垃圾和一些工业固体废物，如果不合理处置也将对环境造成破坏，对固体废弃物的控制措施主要包括：

（1）对施工过程产生的弃渣弃土进行分类，能回收利用的尽量合理利用，达到建筑固废的减量化；不能回收利用的则及时清运至合适地点实施回填或进行临时堆存，不得长期堆积或随意丢弃。

（2）在施工场地和施工人员临时生活区指定地点设置垃圾桶和垃圾箱，禁止随意丢弃，定时清运，运输当地垃圾处理场进行统一处理。

施工期间生产排水主要为场地冲洗水、车辆及设备洗涤用水，施工生产废水量为 220t/a，通过园区相应污水管网汇集，最终排入市政污水管网。

施工期间生活临建区的生活污水量 480t/a，由承包商接临时管线排入市政污水管网。

5.3.4 施工扬尘的控制措施

- 1) 施工现场厂界进行 2.4m 高度围墙搭设，减小现场对外界的防尘污染；
- 2) 对施工现场场地进行及时清扫和洒水降尘措施，施工期间制定专人负责洒水和清

扫工作，保持施工场地洁净及湿润；

3) 施工工地进出道路和场内渣土运输道路进行碎石铺设处理，喷雾洒水抑制二次扬尘；

4) 从事土方、渣土和施工垃圾的运输必须使用密闭式运输车辆，车辆使用遮阳网进行覆盖，防止尘土飞扬；

5) 施工现场易飞扬、细颗粒散体材料，如水泥、外加剂、白灰等应统一堆放在密闭存放区。临时在外存放时应进行牢固的覆盖。现场存放的松散材料必须加以严密苫盖。运输

和装卸细颗粒材料时应轻拿轻放并覆盖严密，防止遗撒、扬尘；

6) 施工现场材料存放区、加工区及大模板存放场地进行平整硬化处理。

7) 环保员随时查看施工现场扬尘状况，对扬尘严重的状况及时制止及时处理，不能处理的及时上报；

8) 随时关注天气状况，对有大风沙暴天气及时通报项目部，污染严重天气要及时通知项目部所有人。

5.3.5 施工噪声的控制措施

施工期间可以通过以下措施来降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响：

— 使用低噪声的施工设备。

— 合理安排施工进度，施工期间加强对高噪声设备的管理，避免同时使用多个高噪声设备。

— 车辆的运输作业应尽量避免安排在夜间进行，运输路线应尽量避免避开连古城国家级自然保护区等环境敏感点。

— 关注连古城国家级自然保护区等噪声敏感点，采用距离衰减的方式，必要时建立隔声屏障以降低施工噪声对周围公众及保护区内野生动物的影响。

— 对施工期间产生噪声大的设备要进行适当降噪措施，如对大功率机泵加隔声罩，进行隔声处理；对打桩机、混凝土搅拌机和振捣棒等进行基础减振、吸声等综合治理。

表 5.1-1 土地利用现状表

项目	一级地类	二级地类	面积 (hm ²)	合计 (hm ²)
钍基熔盐堆核能系统 实验平台	建设用地	农村居民点	0.5505	12.8046
	其他土地	未利用地	12.2541	
钍基熔盐堆核能系统 实验平台配套项目	建设用地	农村居民点	18.8357	44.8727
	其他土地	未利用地	26.0370	
钍基熔盐堆核能系统 武威实验园区科研条 件建设项目(暂名)	建设用地	农村居民点	0.7887	9.0009
	其他土地	未利用地	8.2122	

第六章 反应堆运行的环境影响

6.1 正常运行的辐射影响

6.1.1 流出物排放源项

6.1.2 照射途径

6.1.3 计算模式与参数

6.1.4 大气弥散

6.1.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.1.6 公众的最大个人剂量

6.1.7 非人类生物的辐射剂量

6.1.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

6.1.9 辐射影响评价

6.2 正常运行的非辐射环境影响

6.2.1 化学污染物的环境影响

6.2.2 生产废水和生活污水的影响

6.2.3 非放废气

6.2.4 噪声的影响

6.2.5 固体废物的环境影响

表

表 6.1-1 气态剂量计算剂量转换因子

表 6.1-2 气态剂量计算转移系数和浓集因子

表 6.2-1 大气污染物最高允许排放浓度及速率

表 6.2-2 环境空气质量标准

表 6.2-3 环境空气评价等级判别依据

表 6.2-4 估算模式计算结果

图

图 6.2-1 氟化物占标率和浓度与距离曲线

6.1 正常运行的辐射影响

6.1.1 流出物排放源项

(1) 气载流出物排放源项

本项目运行状态下，气载流出物主要通过高 25.3m 的烟囱排入大气。

(2) 液态流出物排放源项

本项目运行状态下产生的放射性废液分成高、中、低放废液，其中高放废液目前尚无有效处理手段，考虑暂存至退役阶段处理，中放废液经桶内干燥系统干燥成盐。低放废液按其物理化学性质分成三类：低放废水、洗涤废液、有机废液。低放废水经蒸发处理检测合格后用载带蒸发方式通过烟囱排放；洗涤废液经检测合格后用泵输送至监测水槽，若不合格则采用蒸发工艺进行处理；有机废液暂存在放废处理中心的贮存罐内，待退役时集中处理。由于本项目放射性废液不直接向环境排放，所以本项目不考虑液态流出物对环境的辐射影响。

6.1.2 照射途径

6.1.2.1 气载途径

本项目运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。

6.1.2.2 液态途径

由于本项目放射性废液不直接向环境排放，所以不考虑液态流出物对环境的辐射影响。

6.1.2.3 其它途径

厂址周围区域不存在其它照射途径。

6.1.3 计算模式与参数

本项目气载流出物在大气中迁移和扩散及其对公众的辐射剂量的计算采用的是核环境影响评价程序包的正常气态流出物评价模块。该程序的正常气态流出物评价模块已于 2007 年通过国家环保总局的验收，可以用来计算核设施运行状态下排放的气载流出物对环境的影响。

该程序可以进行大气弥散计算以及剂量估算。在大气弥散计算中考虑了风摆效应、静风的分配、大气稳定度、混合层高度、建筑物尾流以及不同地形特征的修正；同时还根据排放口的特征对排放源类型进行了分类考虑，包括高架排放、地面排放、混合排放以及面源排放；该程序可以计算出评价区内各子区的大气弥散因子和核素浓度。在剂量估算中，该程序可以进行多源排放的剂量估算，对放射性核素衰变及地表沉积、清除和转移进行了考虑，并根据食谱、生活习性以及剂量转换因子的不同对各年龄组进行分别考虑，计算了

空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和农产品与动物产品食入内照射四种途径的辐射剂量。

在使用核环境影响程序包计算气载流出物在大气中迁移和弥散时，使用了本报告 2.4 节中给出的 10m 高度风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率，扩散参数采用《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）中推荐的 P-G 曲线，根据 P-G 曲线拟合得到的 P-G 大气扩散参数。在计算运行状态下气载流出物对公众的辐射剂量中，所使用的参数如下：剂量估算中所使用的惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子（包括空气中和水中）取自美国联邦导则 12 号报告（1993）《空气、水和土壤中核素导致的外照射》，食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自 GB18871-2002 中的表 B6、表 B7 和表 B9，见表 6.1-1；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告，见表 6.1-2；居民食谱和生活习性数据以及动植物养殖和种植数据取自本报告第 2.2、2.3 节，人口分布数据取自本报告第 2.2 节中厂址 2015 年的人口数。

6.1.4 大气弥散

厂址位于我国西北地区，地形平坦，东、西、北三面被腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠包围，大气弥散条件较好。。

厂址半径 50km 范围内 Cs-137 的年平均大气弥散因子在 $4.84\text{E-}10 \text{ s/m}^3 \sim 2.09\text{E-}06 \text{ s/m}^3$ 之间，I-131 的年平均大气弥散因子在 $4.60\text{E-}10 \text{ s/m}^3 \sim 2.09\text{E-}06 \text{ s/m}^3$ 之间，Kr-85 的年平均大气弥散因子在 $4.84\text{E-}10 \text{ s/m}^3 \sim 2.09\text{E-}06 \text{ s/m}^3$ 之间，最大年平均大气弥散因子均出现在厂址 SE 方位 0~1km 处。

厂址半径 50km 范围内 Cs-137 的年平均相对干沉积因子在 $7.26\text{E-}13 \text{ m}^{-2} \sim 3.13\text{E-}09 \text{ m}^{-2}$ 之间，I-131 年平均相对干沉积因子在 $4.60\text{E-}12 \text{ m}^{-2} \sim 2.09\text{E-}08 \text{ m}^{-2}$ 之间，最大年平均干沉积因子均出现在厂址 SE 方位 0~1km 处。

厂址半径 50km 范围内 Cs-137 和 I-131 的年平均相对湿沉积因子最大为 $3.39\text{E-}10 \text{ m}^{-2}$ ，最大年平均相对湿沉积因子均出现在厂址 WNW 方位 0~1km 处。

6.1.5 环境介质中的放射性核素浓度

本项目在运行状态下气载流出物主要通过高 25.3m 烟囱排入大气。代表性放射性核素 Cs-137、I-131、和 Kr-85 年均放射性活度浓度的最大值均出现在厂址 SE 方位 0~1km 处，分别为 $7.09\text{E-}07 \text{ Bq/m}^3$ 、 $4.87\text{E-}06 \text{ Bq/m}^3$ 和 $1.25\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$ 。

6.1.6 公众的最大个人剂量

本项目运行状态下，气态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $6.56\text{E-}08\text{ Sv/a}$ 、 $7.98\text{E-}08\text{ Sv/a}$ 、 $1.76\text{E-}08\text{ Sv/a}$ 、 $4.40\text{E-}09\text{ Sv/a}$ 。各年龄组中青少年组的剂量最大，为 $7.98\text{E-}08\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.1mSv/a ）的 0.08%。

本项目位于民勤县红砂岗工业集聚区内，工业区内距本项目最近的企业位于 WSW 方位 2.7km 处，工业区内人员均为成人。假设工作人员全年均在工业区内活动，则本项目由气载途径所致工业区内人员最大个人剂量为 $2.00\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。

6.1.7 非人类生物的辐射剂量

本项目厂址半径 15km 范围内涉及 1 处自然保护区，为民勤连古城国家级自然保护区。本项目为 II 类研究堆，该实验堆正常运行期间向外排放的气载放射性物质带来的辐射影响有限，且不向外排放液态放射性物质；同时该实验堆具有固有的安全特性。本项目距离民勤连古城国家级自然保护区核心区最近距离为 6.5km，预计本项目正常运行期间向外排放的气载放射性物质对该保护区内动植物的辐射影响很小。

6.1.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

本项目运行状态下，厂址半径 50km 范围内居民所受的集体剂量为 $3.14\text{E-}04\text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。

厂址半径 50km 范围内成人组和青少年组最大个人有效剂量出现在厂址 W 方位 10~15km 处，儿童组最大个人有效剂量出现在 WSW 方位 15~20km 处，婴儿组最大个人有效剂量出现在厂址 SW 方位 40~50km 处，关键居民组为红砂岗村的青少年组，受到的最大个人有效剂量为 $7.98\text{E-}08\text{ Sv/a}$ 。

气态途径的主要途径为食入农产品和动物产品造成的内照射途径，约占气态途径总剂量的 85.11%；其次为吸入内照射途径，约占气态途径总剂量的 12.34%；空气浸没外照射途径和地表沉积外照射分别占气态途径的 2.53% 和 0.01%。气态途径的主要核素为 H-3，它所致的剂量约占气态剂量的 97.23%；其它贡献较大的核素为 C-14 和 Sr-89，分别占气态途径总剂量的 2.41% 和 0.14%。

6.1.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本项目运行状态下，气态途径排放总量和公众最大个人有效剂量均满足相应国标要求。本项目正常运行期间向外排放的气载放射性物质对该保护区内动植物的辐射影响很小。

6.2 正常运行的非辐射环境影响

6.2.1 化学污染物的环境影响

核电厂运行对环境的其它影响主要是化学物质向水体的排放，以及由此造成的水体水质变化对水体生物的影响。

本工程排放的化学物质主要来自下列工艺过程产生的废水：

— 给水处理和污水处理；

6.2.1.1 给水处理和污水处理

为了满足本项目的运行需要，本工程给水处理环节——净水站投加次氯酸钠、阻垢剂、还原剂等药剂。给水处理过程中所用的化学药品用量均是根据原水水量、氧化还原点位等按比例投加的，并在处理环节中消耗殆尽。过滤器定期反洗过程中产生的悬浮物量极少，排入厂区雨水管网，不会影响下游水体的水质。

在污水处理环节会投加一定数量的杀菌剂、混凝剂、絮凝剂、污泥脱水剂等药剂，这些化学物质的最终产物会进入污水处理站和中水生产站的出水和污泥中。污水处理站和中水生产站出水达到国家排放标准，对环境不会造成不利影响。污泥在本工程专门场所进行贮存，也不会对周围环境产生不良影响。

6.2.2 生产废水和生活污水的影响

本工程运行期产生的化学废液含有Be离子、F离子等成分，年产生量 $6\text{m}^3/\text{a}$ 。化学废液不排放，统一收集至试剂仓库（05），待达到一定数量后，由具有化学品运输资质单位运送至甘肃省危险废物处置中心（甘肃金创绿丰环境技术有限公司）（持综合许可证，编号G3620102005）进行统一处理处置。

本工程其它生产废水主要为LF1子项的非放射性含油废水。LF1子项柴油发电机间排出非放射性含油废水，为冲洗地面废水和消防后含油消防排水，排至室外含油废水储存池，含油废水外运处置。

本工程一部分生活污水为学术活动中心、园区综合服务中心、倒班宿舍等子项的生活污水通过相应污水管网汇集至园区的中水生产站。中水生产站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级A标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等。再生水回用剩余水量溢流排入市政雨水管网，不会对周围环境产生不良影响。

另一部分生活污水为除学术活动中心、园区综合服务中心、倒班宿舍之外的子项排水，这些子项的生活污水通过园区相应污水管网汇集，最终排入市政污水管网。

本工程中水生产站处理后的再生水回用于绿化、道路浇洒等，由于再生水产生高峰时

段和再生水回用高峰时段不完全一致，可能出现再生水溢流排放的情况。但溢流排放的再生水量很小，排入市政雨水管网，不会对周围环境产生不良影响。

因此，生产废水和生活污水排放不会对受纳水体的水质造成明显影响，是可以接受的。

6.2.3 非放废气

6.2.3.1 废气排放及达标情况

本项目运行期间产生的废气包含放射性及非放污染物，在经过尾气处理系统和放射性废气处理系统后，非放污染物（如铍、氟）也得到了很好的去除，满足国家排放标准，无需加装特殊的化学废气处理工艺。

燃料预处理设施设置专门的化学废气处理工艺，其产生的化学废气通过除尘系统和烧结的金属过滤器去除微量的含铍、氟气溶胶，通过多重碱处理吸收剩余的HF，处理工艺去除效率达到 99%，经处理后的化学废气采用独立管道排放至烟囱，烟囱高度为 25.3m，邻近建筑物高度低于 22m，其排放浓度和速率限值见表 6.2-1，铍的浓度不超过 $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ （排放速率小于 $2.16\text{E}-06\text{kg}/\text{h}$ ），氟化物的浓度不超过 $0.34\text{mg}/\text{m}^3$ （排放速率小于 $0.17\text{kg}/\text{h}$ ），均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）的规定。

6.2.3.2 废气排放对环境的影响

（1）评价等级与评价范围

按照《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008）以及《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）规定，计算烟尘、NO_x和SO₂的最大地面浓度占标率P_i及污染物的地面浓度达标准限值 10%时所对应的最远距离D_{10%}，其中P_i定义为：

$$P_i = (C_i/C_{0i}) \times 100\%$$

式中：P_i—第i个污染物的最大地面浓度占标率，%；

C_i—采用估算模式计算出的第i个污染物的最大地面浓度，mg/m³；

C_{0i}—第i个污染物的环境空气质量标准，mg/m³；

选择排放量较大的氟化物进行评价，大气污染物排放标准见表 6.2-1。大气环境质量标准见表 6.2-2。评价工作等级的判定依据见表 6.2-3。通过SCREEN3 估算模式计算环境影响评价工作等级，计算结果见表 6.2-4 和图 6.2-1。由表 6.2-4 可知，本设施运行后，氟化物最大 1 小时浓度为 $1.58\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最大占标率为 7.92%，对应的距离为下风向 313m处。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008）规定，确定本项目大气评价工作等级为三级可以以估算模式的计算结果作为预测与分析依据。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）规定，确定本项目大气评价工作等级为二级，二级评价项目

不进行进一步预测与评价，只对污染物排放量进行核算。

本项目评价范围内无其他排放氟化物和铍化物的污染源，本项目通过烟囱排放的铍的浓度不超过 $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ （排放速率小于 $2.16\text{E}-06\text{kg}/\text{h}$ ），氟化物的浓度不超过 $0.34\text{mg}/\text{m}^3$ （排放速率小于 $0.17\text{kg}/\text{h}$ ）。目前只对区域内的常规大气污染物现状情况进行了调查，调查情况见 3.2.1 节，本项目特征污染物氟化物、铍化物等将在本项目建造阶段开展非放射性环境现状调查、监测与评价。

6.2.4 噪声的影响

（1）声源概况

钍基熔盐堆正常运行时，对环境有声影响的声源主要来自于空调机组和各类排风机，这些设备均布置在主体装备厂房，即 LF1 子项。目前设计尚未完成，但所有设备噪声级均不超过 $85\text{dB}(\text{A})$ ，本次预测均采用此保守数值（ $85\text{dB}(\text{A})$ ）。

（2）评价标准

厂界环境噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类标准。

（3）评价等级与评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）规定，本项目所处声环境功能区为 3 类地区，确定本项目声环境影响评价工作等级为三级，评价范围为拟征地边界外 1m 。

（4）噪声预测

钍基熔盐堆正常运行时，噪声源对厂址周围声环境的影响采用 Cadna/A 程序进行预测。进行环境噪声预测时，所使用的工业噪声源一般按点声源处理。对建筑内的噪声源，需根据实际布置的门窗等透声面设置垂直面声源等效室内的点声源进行预测。

1) 计算原理

采用 Cadna/A 程序进行预测，一般采用声源的倍频带声功率级、A 声功率级或靠近声源某一参考位置的倍频带声压级、A 声级来预测计算距声源不同距离的声级。

如已知声源的 A 声功率级，则预测点位置的 A 声级 $LA(r)$ 可采用如下公式计算：

$$L_A(r) = L_{Aw} + D_C - (A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc})$$

式中： L_{Aw} ——声源的 A 声功率级， $\text{dB}(\text{A})$ ；

D_C ——指向性指数， dB ；

A_{div} ——几何发散引起的衰减， dB ；

A_{atm} ——大气吸收引起的衰减， dB ；

A_{gr} ——地面效应引起的衰减，dB；

A_{bar} ——声屏障引起的衰减，dB；

A_{misc} ——其他多方面效应引起的衰减，dB。

如第 i 个声源在预测点产生的 A 声级为 L_{Ai} ，在 T 时间内该声源工作时间为 t_i ，则拟建工程声源对预测点产生的贡献值 L_{eqg} 可采用如下公式计算：

$$L_{eqg} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N t_i 10^{0.1L_{Ai}} \right)$$

式中： t_i ——在 T 时间内 i 声源工作时间，s；

T——用于计算等效声级的时间，s；

N——声源个数。

2) 预测结果

采用 Cadna/A 程序进行噪声的预测计算。钍基熔盐堆运行后，北厂界所受影响较大，声源对北厂界的贡献值为 31.0dB(A)，对西厂界、东厂界和南厂界的贡献值分别是 15.4dB(A)、14.9 dB(A) 和 7.8 dB(A)。因此，钍基熔盐堆运行后，声源对各厂界的噪声贡献值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中规定 3 类标准限值，即昼间 65 dB(A)和夜间 55 dB(A)。

综上所述，钍基熔盐堆运行后，对厂址周围声环境质量影响满足标准要求。

6.2.5 固体废物的环境影响

本工程产生的固体废物主要包括一般工业废物、危险废物和生活垃圾。

一般工业固体废物主要为净水站和中水生产站处理过程中产生的污泥、膜组件等，收集并在专门场所进行贮存，不会对周围环境产生不良影响。一般工业固体废物贮存设施必须满足《一般工业固体废物贮存、处置场所污染控制标准》(GB18599-2001，2013 年修订)中的相关规定：贮存设施基础必须防渗；贮存设施内一般工业固废单独收集贮存，禁止危险废物和生活垃圾混入。

危险废物主要为有毒废物（废熔盐、熔盐泊污的设备耗材等非放射性有毒固体废物）和空瓶（空试剂瓶等），每年产生量约 5t。由于危险废物非连续产生（产生的时间、地点变化较大），建设单位将根据实际产生情况对其进行收集并送至试剂仓库（05），待达到一定数量后，由具有化学品运输资质单位运送至甘肃省危险废物处置中心（甘肃金创绿丰环境技术有限公司）（持综合许可证，编号 G3620102005）进行统一处理处置，不会对周围环境产生不良影响。

工作人员产生的生活垃圾定点收集，由环卫部门统一清运，不会对环境产生不良影响。

表 6.1-1 气态剂量计算剂量转换因子

核素\途径	空气浸没 Sv.m ³ /Bq.s	地表沉积 Sv.m ² /Bq.s	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
			Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
H-3	3.31E-19	0.00E+00	4.20E-11	5.70E-11	7.30E-11	1.20E-10	2.70E-11	3.45E-11	4.65E-11	9.60E-11
C-14	2.65E-18	1.68E-20	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	6.20E-12	8.90E-12	1.10E-11	1.90E-11
Ar-37	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ar-39	9.10E-18	3.39E-19	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ar-41	6.50E-14	1.20E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-83m	1.50E-18	3.80E-19	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85m	6.83E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	2.55E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	3.94E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	9.72E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	1.27E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.39E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	1.85E-14	3.82E-16	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	7.40E-09	1.90E-08	3.70E-08	7.20E-08
Sr-89	4.46E-16	1.68E-18	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	7.90E-09	1.20E-08	1.70E-08	3.90E-08
Sr-90	1.33E+00	2.24E-04	2.80E-08	6.00E-08	4.70E-08	2.30E-07	1.60E-07	1.80E-07	2.70E-07	4.20E-07
Y-91	2.60E-16	5.74E-18	2.40E-09	5.20E-09	8.80E-09	2.80E-08	7.10E-09	1.10E-08	1.60E-08	3.90E-08
Cs-135	5.65E-19	3.33E-20	2.00E-09	1.70E-09	1.70E-09	4.10E-09	3.10E-09	4.10E-09	5.70E-09	1.20E-08
Cs-137	2.92E-14	6.03E-16	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	3.90E-08	4.80E-08	7.00E-08	1.10E-07

表 6.1-2 气态剂量计算转移系数和浓集因子

核素\途径	浓集因子		转移系数	
	牧草	农作物可食部分	奶 d/L	肉 d/kg
Ar	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs	1.00E+00	4.00E-02	1.00E-02	5.00E-02
H	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I	1.00E-01	2.00E-02	1.00E-02	5.00E-02
Kr	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr	1.00E+01	3.00E-01	3.00E-03	1.00E-02
Xe	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y	1.00E-01	3.00E-03	1.00E-02	6.00E-05

表 6.2-1 大气污染物最高允许排放浓度及速率

内容 排放标准	HF 最高允许排放 浓度 (mg/m ³)	排气筒高度 m	最高允许排放速 率（二级） (kg/h)
氟化物	9.0	20	0.17
		30	0.59
		27	0.464*
铍及其化合物	0.012	20	1.8×10 ⁻³
		30	6.2×10 ⁻³
		27	4.88×10 ⁻³ *

*通过标准附录 B 内插法计算得到

表 6.2-2 环境空气质量标准

功能区划分	标准名称	标准级别	取值时间	氟化物(μg/m ³)
二类地区	环境空气质量标准 (GB3095-2012)	二级	1 小时平均	20

表 6.2-3 环境空气评价等级判别依据

评价工作等级	评价工作等级的判别依据 HJ2.2-2008	评价工作分级判据 HJ2.2-2018
一级	P _{max} ≥80%且 D _{10%} ≥5km	P _{max} ≥10%
二级	其他	10% ≥ P _{max} > 1%
三级	P _{max} <10%或 D _{10%} 在厂界范围内	P _{max} <1%

表 6.2-4 估算模式计算结果

距源中心 下风向距离 D(m)	氟化物	
	下风向预测浓度 Ci1(mg/m ³)	浓度占标率 Pi1 (%)
1	0.00E+00	0.00
100	2.54E-04	1.27
200	1.38E-03	6.91
300	1.58E-03	7.88
313	1.58E-03	7.92
400	1.44E-03	7.20
500	1.44E-03	7.21
600	1.45E-03	7.26
700	1.43E-03	7.15
800	1.40E-03	6.98
900	1.32E-03	6.59
1000	1.22E-03	6.11
1100	1.13E-03	5.65
1200	1.11E-03	5.53
1300	1.07E-03	5.36
1400	1.04E-03	5.21
1500	1.03E-03	5.16
1600	1.02E-03	5.11
1700	1.03E-03	5.17
1800	1.04E-03	5.20
1900	1.04E-03	5.20
2000	1.04E-03	5.18
2100	1.02E-03	5.12
2200	1.01E-03	5.05
2300	9.94E-04	4.97
2400	9.77E-04	4.89
2500	9.60E-04	4.80
2600	9.41E-04	4.71
2700	9.23E-04	4.61
2800	9.04E-04	4.52
2900	8.85E-04	4.43
3000	8.66E-04	4.33
3500	8.21E-04	4.10
4000	7.87E-04	3.94
4500	7.49E-04	3.75
5000	7.10E-04	3.55
5500	6.72E-04	3.36
6000	6.36E-04	3.18

2MWt 液态燃料钚基熔岩实验堆环境影响报告书（建造阶段）

距源中心 下风向距离 D(m)	氟化物	
	下风向预测浓度 Ci1(mg/m3)	浓度占标率 Pi1 (%)
6500	6.01E-04	3.01
7000	5.70E-04	2.85
7500	5.40E-04	2.70
8000	5.12E-04	2.56
8500	4.87E-04	2.43
9000	4.64E-04	2.32
9500	4.42E-04	2.21
10000	4.22E-04	2.11
15000	2.86E-04	1.43
20000	2.15E-04	1.07
25000	1.71E-04	0.85

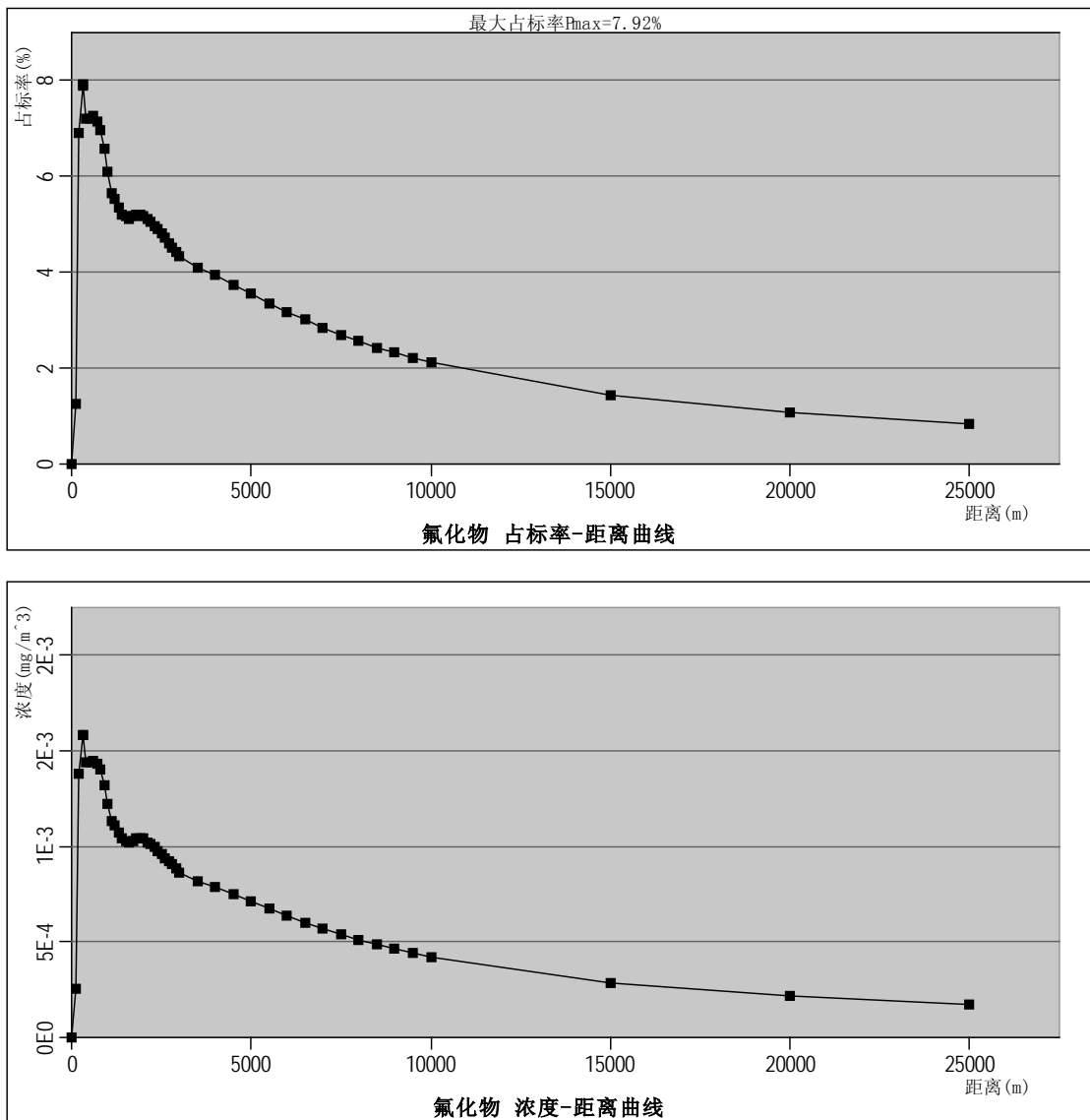


图 6.2-1 氟化物占标率和浓度与距离曲线

第七章 反应堆事故的环境影响和环境风险

7.1 事故描述和事故源项

7.1.1 事故描述

7.1.2 事故源项

7.2 事故剂量估算和评价

7.2.1 事故大气弥散条件

7.2.2 事故剂量估算

7.2.3 事故剂量评价

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

7.3.2 乏燃料运输事故

7.4 其他事故

7.1 事故描述和事故源项

现行核安全法规及其导则并没有针对液态燃料熔盐堆工况分类的具体要求和指导，所以，在满足 HAF201、HAD201/01 和 HAD002/06 的相关要求下，通过安全分析和工程判断相结合并参考其他堆型经验，基于 TMSR-LF1 堆型的事故后果进行运行工况分类。TMSR-LF1 运行工况划分为五类：即正常运行、预计运行事件、稀有事故、极限事故、超设计基准事故。

● 正常运行—工况 I

反应堆经常性或定期出现的各种状态和过程。工况 I 事件引起的物理参数变化不会达到触发保护动作的整定值。

● 预计运行事件—工况 II

可能发生的偏离正常运行的状态或故障。当物理参数变化达到整定值时，保护系统能够实现紧急停堆，在采取纠正措施后，反应堆能恢复运行，放射性物质释放不超过正常范围。不会发展为稀有事故和极限事故。

● 稀有事故—工况 III

此工况下的事件造成反应堆停堆，并使反应堆在短时间内不能恢复运行。不会发展成极限事故。

● 极限事故—工况 IV

反应堆在规定寿期内预计不会发生但应采取针对性设计措施的假想事故。它代表了设计的极限情况，是最严重的工况。在此工况下，释放到厂区边界的放射性物质使任何个人（成人）可能受到的有效剂量可能实施厂房应急，但不足以实施厂区应急。

● 超设计基准事故—工况 V

比设计基准事故发生后果可能更严重的一类假想事故工况，它可能由多重故障引起。该工况有可能导致实施厂房应急行动，但对于选定的、可信的超设计基准事故，仍不足以实施厂区应急行动。对于预计运行事件迭加一个或一个以上安全系统失效的事故，均按该类状态考虑。

本项目所考虑的主要事故如下：

- 燃料盐循环泵轴断裂或卡轴事故
- 熔盐-熔盐换热管侧泄漏事故
- 冷却盐回路泄漏事故
- 燃料盐覆盖气体系统边界泄漏事故
- 满功率一根控制棒失控提出 ATWS
- 失去厂外电 ATWS

7.1.1 事故描述

7.1.1.1 燃料盐循环泵轴断裂或卡轴

事故假设 TMSR-LF1 在额定功率运行时燃料盐回路循环泵泵轴瞬时卡死,导致反应堆循环泵的流量迅速减小。流量减少引起燃料盐的升温。

燃料盐循环泵断轴或卡轴事故发生后,泵转速迅速下降,燃料盐流量低引入正反应性,反应堆功率升高,触发中子注量率过高停堆信号,功率下降,堆芯余热靠非能动余热排出系统带出。

分析表明,在整个事故过程中,所有参数均未超过安全限值,能保证反应堆安全,事故未造成放射性物质释放,满足安全设计准则。

7.1.1.2 熔盐-熔盐换热器管侧泄漏

在反应堆正常运行时,冷却盐回路的压力高于燃料盐回路的压力。当熔盐-熔盐换热器的传热管发生泄漏时,冷却盐漏入燃料盐回路系统,燃料盐不会漏入冷却盐回路系统中去。当冷却盐漏入燃料盐回路系统时,燃料盐回路排热能力变化不大,反应性下降。同时燃料盐回路系统的液位升高,覆盖气压力升高,冷却盐回路系统中泵罐液位下降,当燃料盐回路系统液位升高或冷却盐回路中液位下降至预定值时,有相应的信号告知操纵员采取停堆措施;如果操纵员没有发觉或没有及时采取措施,由于冷却盐不断泄漏,燃料盐回路裂变燃料浓度下降,直至调节棒不足补偿反应性的持续降低,链式反应自动停止反应堆安全停堆。且此过程中,反应堆非能动余热排出系统处于开启状态,余热被安全导出。

7.1.1.3 冷却盐回路泄漏事故

反应堆满功率运行情况下,冷却剂盐回路的管道、泵或熔盐-空气换热器发生破裂,冷却盐泄漏至厂房环境。由于 TMSR-LF1 冷却盐回路是低压系统,泄漏发生后,不会发生冷却剂喷放等现象,泄漏是缓慢的、少量的。由于堆芯燃料裂变产生的辐射产物与冷却盐回路完全隔离,仅有的辐射源项包含少部分腐蚀产物与活化产物,且放射性核素都溶解在冷却盐中,不会释放到外界环境,不会导致厂区边界剂量的增加。因此不会对外界环境产生放射性的威胁。

7.1.1.4 燃料盐覆盖气体系统边界泄漏

覆盖气与燃料盐回路燃料盐直接接触,燃料盐回路中的气态放射性物质在正常运行时持续进入覆盖气内。覆盖气边界可能出现的小的裂缝等,会导致覆盖气泄漏到安全容器中,气态放射性物质将通过安全容器后释放到环境中,对公众产生放射性威胁。但是,事故分析结果表明,厂区边界的放射性剂量低于厂房应急对应的限值要求。

7.1.1.5 满功率一根控制棒失控提出 ATWS

TMSR-LF1 在反应堆满功率运行情况下，一根最大价值的调节棒失控误抽出并提升到顶，中子注量率与堆芯出口燃料盐温度迅速上升并相继超过整定值，触发紧急停堆信号。然而由于保护系统故障，全部控制棒始终无法下落，反应堆未能实现紧急停堆。控制棒提出引入反应性后堆芯功率迅速上升，慢化剂和燃料温度相继上升，最终依靠负反应性反馈实现自动停堆。热量经非能动余热排出系统导出。

7.1.1.6 失去厂外电 ATWS

由于电力系统故障引起电源丧失，导致辅助设备如燃料盐回路循环泵、冷却剂盐回路循环泵和风机等的所有电源丧失，堆芯余热依靠非能动余热排出系统导出。本事故中假设由于反应堆保护系统电气故障或机械故障，导致控制棒不能插入堆芯，从而造成不能紧急停堆的预期瞬态。分析表明，失去厂外电未能紧急停堆事故下，反应堆能依靠负反馈实现停堆，事故未造成放射性物质释放。

7.2 事故剂量估算和评价

7.2.1 事故大气弥散条件

采用红砂岗气象站 2016.01.01~2016.12.31 10m 高度的风向、风速、大气稳定度三维联合频率计算短期大气弥散因子。计算厂址边界各方位概率水平为 99.5% 的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

计算厂址边界各方位 0-2h、0-8h、8-24h 三个时段的大气弥散因子。

7.2.2 事故剂量估算

对各类设计基准事故计算了厂址边界处的个人剂量。照射途径考虑了事故期间起主要作用的三个途径：

- 放射性烟云浸没外照射；
- 沉积在地面的放射性物质外照射；
- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

考虑上述三种照射途径，分别计算非居住区边界处公众在各设计基准事故后 2h 内，以及规划限制区边界处公众在各设计基准事故持续期间受到的有效剂量以及甲状腺当量剂量。

外照射剂量转换因子取自 GB18871-2002 和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。吸入内照射剂量转换因子取自于 GB18871-2002，甲状腺内照射剂量转换因子取自于 ICRP71

号报告；对于 ICRP71 号报告缺少的核素的甲状腺剂量转换因子，则取用美国联邦导则 11 号报告中的推荐值。

7.2.3 事故剂量评价

现阶段初步参照《TMSR-LF1 安全审评原则（草稿）》规定：对于设计基准事故和选定的超设计基准事故，厂区边界全身 24 小时累积剂量不超过 3.75 mSv。

TMSR-LF1 各类事故中，放射性后果最严重的是燃料盐覆盖气体系统边界泄漏事故，事故期间 24h 内厂址边界处的最大个人总有效剂量满足《TMSR-LF1 安全审评原则(草稿)》的要求。

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆新燃料运输仅涉及添加盐。

添加盐的转运为厂区内运输，添加盐储存在专用储罐内，该储罐通过专用转运车进行运输，保证了运输过程中的安全。运输过程中，添加盐储罐内的熔盐处于凝固状态，罐内充满氩气作为覆盖气，罐体具备密封的功能。

经过临界安全计算表明，添加盐储罐内的LiF-UF₄在常温（300K）条件下，有效增值因子 K_{eff} 为 0.64，在LiF-UF₄熔点（761K）条件下，有效增值因子 K_{eff} 为 0.58。（考虑了保守假设，包括所有可能的不确定因素）。在添加盐运输过程中，凝固的添加盐不会发生形状变化，因此始终处于临界安全状态。

7.3.2 乏燃料运输事故

在 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆寿期内，不产生乏燃料盐，在反应堆退役前，无需考虑乏燃料运输事故。

7.4 其他事故

本项目在建设和运行中将使用各类易燃易爆和有毒的油与化学品，如果处理不善可能出现爆炸、火灾以及危险品泄漏事故，为此，本项目的建设和管理部门将制定严格的管理程序，合理地运输、贮存和使用这些危险品，采用合理可行及有效的措施实现与安全相关设施的隔离，并将发生事故的概率降至最低程度；同时设置应急防护措施，在万一出现事故的情况下也可以将事故的危险降低到最小。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.2 其它监测

8.2.1 生产废水和生活污水监测

8.2.2 气象观测

8.3 监测设施

8.3.1 固定式环境 γ 辐射监测仪

8.3.2 辐射监测实验室

8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.2 质量管理

表

表 8.1-1 气载流出物监测系统主要设备性能指标

表 8.1-2 运行期间辐射环境监测方案

表 8.3-1 固定式环境 γ 监测仪性能指标

表 8.3-2 辐射监测实验室房间信息表

表 8.3-3 辐射监测实验室设备信息表

图

图 8.1-1 气载流出物监测点平面示意图

图 8.1-2 气载流出物监测系统示意图

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

流出物监测一般包括液态流出物监测和气载流出物监测，2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）在正常运行期间不会排放液态流出物，因此流出物监测的主要对象是气载流出物。运行期间气载流出物监测方案根据我国有关法规和工程的实际情况制定，主要包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素的种类等。

8.1.1.1 参考标准

制定流出物监测方案参照了下列标准：

GB 18871-2002	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
GB 11217-89	《核设施流出物监测的一般规定》
GB 11216-1989	《核设施流出物和放射性环境监测质量保证计划的一般要求》
HJ/T 22-1998	《气载放射性物质取样一般规定》（
GB/T 7165.1-2005	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 1 部分：一般要求》
GB/T 7165.2-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 2 部分：放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.3-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 3 部分：放射性惰性气体监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.4-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 4 部分：放射性碘监测仪的特殊要求》

8.1.1.2 监测目的

运行期间流出物监测目的：

- （1）监测释放到环境中的流出物的浓度，判断其是否符合国家核安全监管部门的相关规定要求；
- （2）为判明本工程的运行以及放射性废物的处理和装置的工作是否正常有效提供数据和资料；
- （3）迅速发现有无计划外排放和事故排放，为鉴别排放性质、种类及其程度提供监测数据，以便及时采取措施；
- （4）给出报警信息，以控制不合理的排放，可为本工程在事故期间的应急响应提供信息。

8.1.1.3 监测内容

本项目流出物监测对象为烟囱排放的气溶胶、碘、惰性气体、氡和 ^{14}C ，监测内容包括排放总量、排放活度浓度及主要核素分析，监测方式包括在线连续监测和取样测量。流出物监测点平面示意图见图 8.1-1。

8.1.1.4 监测系统

气载流出物监测系统由气溶胶/碘/惰性气体监测仪（PIG监测仪）、高量程惰性气体监测仪、氡取样回路、碳 14 取样回路、气溶胶/碘取样回路、惰性气体取样回路及取样管道、阀门、取样泵及辐射监测计算机等组成，见图 8.1-2。对气溶胶、碘和惰性气体的监测采用连续监测和取样测量两种方式；对氡和 ^{14}C 的监测采用取样测量方式。监测系统主要设备性能指标见表 8.1-1。

气载流出物监测设备主要布置在 TMSR-LF1 堆厂房流出物监测间内，在厂房烟囱内设置取样管路对气载流出物进行取样，取样及测量完成之后返回到厂房烟囱内。采用单嘴等速取样技术对气态排出流进行取样，取样点位置处的排放气态混合相对均匀，以使得取样的气体样品具有代表性。取样管道连接到流出物监测间，经过流量分配和系统控制后进入各监测回路或取样回路。PIG 监测仪用于正常工况下的监测，高量程惰性气体监测仪用于事故后的监测。

PIG 监测仪、高量程惰性气体监测仪的数据传输到辐射监测计算机，实现远端集中显示、报警、控制、保存等功能。取样的气溶胶、碘样品送辐射监测实验室进行低本底 α 、 β 测量仪测量分析，必要时进行能谱分析；惰性气体样品送辐射监测实验室进行能谱分析；碳 14、氡样品送辐射监测实验室进行液闪测量仪测量分析。

8.1.2 辐射环境监测

本项目规划建设 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）、10MWt 固态燃料熔盐实验堆（TMSR-SF1）、干法后处理中心及配套设施，先期拟建设 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）及其相关的配套设施。按照国家法律法规和相关标准要求，钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验堆基地运行期间应进行环境监测。本工程运行期间环境监测范围、监测项目及布点情况在运行前本底调查的基础上优化，项目采样点与运行前环境调查保持适当比例的同点位，充分利用运行前环境调查所获得的资料。

8.1.2.1 参考标准

制定环境监测方案主要参照下列标准：

GB 18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

GB 12379-90	《环境核辐射监测规定》
GB 11216-89	《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》
GB/T 14583-93	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》
HJ/T 61-2001	《辐射环境监测技术规范》

8.1.2.2 监测目的

- (1) 测定环境介质中核素浓度及大气中 γ 辐射水平的变化，以评估本工程排放的放射性物质对周围环境的影响情况；
- (2) 及时发现环境介质中放射性活度的变化，并查找原因，以便采取预防措施；
- (3) 事故应急响应期间执行应急监测。

8.1.2.3 监测范围

- (1) 环境 γ 辐射/贯穿辐射剂量率的调查范围：以实验堆基地为中心半径 10km 范围内；
- (2) 环境介质的调查范围：以实验堆基地为中心半径 10km 范围内，重点为半径 5km 范围内。

8.1.2.4 布点原则

运行期间环境监测布点将结合运行前的放射性本底调查结果具体制定。同时为了使采样和监测点的选取具有充分的代表性，在进行环境监测采样和监测点的布设中主要考虑的原则有：

- (1) 依据相关标准及技术规范，并充分结合厂址区域附近地区的地形等条件；
- (2) 与运行前本底调查保持适当比例的同位点；
- (3) 监测点以反应堆厂房为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏；
- (4) 对居民密集地区、主导风下风向及环境敏感点布设监测点。

8.1.2.5 监测内容

- (1) 环境 γ 辐射剂量率监测
 - γ 辐射剂量率的非连续监测；
 - γ 辐射剂量率的连续监测；
 - 累积剂量的监测。
- (2) 环境介质放射性核素浓度监测
 - 大气
 - ◆ 气溶胶：总 α 、总 β 及 γ 谱分析；

- ◆ 大气沉降物：总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 及 γ 核素分析；
- ◆ 空气中 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I 。
- 水监测
 - ◆ 降水：总 α 、总 β 、 ^3H 及 γ 核素分析；
 - ◆ 饮用水：总 α 、总 β 、 ^3H 及 γ 核素分析；
- 土壤
 - ◆ 总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 核素分析。

本项目的详细监测方案见表 8.1-2。

8.1.2.6 测量方法

（1） γ 辐射剂量率非连续监测

用便携式 γ 剂量率仪定点监测瞬时 γ 辐射剂量率，瞬时环境 γ 辐射剂量率的测量点位可参照运行前的布点位置。

（2） γ 辐射剂量率连续监测

设置固定式环境 γ 辐射监测仪表，连续监测 γ 辐射剂量率。TMSR-LF1 厂区环境 γ 剂量率监测点的位置综合考虑园区周边的人口分布、气象条件和地理条件等因素，拟设置 5 台固定式环境 γ 剂量率监测仪。

（3）累积剂量监测

采用定期放置热释光剂量计、定期回收测量的方式实现对环境 γ 累积剂量的监测。

（4）环境介质放射性核素浓度监测

首先对环境介质进行取样，然后将样品送辐射环境监测实验室进行测量和分析，以评价本项目运行对环境造成的影响和影响范围。本项目环境介质监测配置了取样、制样设备及测量分析设备。取样设备包括便携式空气取样仪、大流量气溶胶取样器、氡取样仪、C-14 取样仪等，制样设备包括烘箱、搅拌机等，测量分析设备包括低本底 α/β 测量仪、反康 γ 谱仪、 α 谱仪、低本底液闪分析仪等，以上设备均放置在辐射监测实验室内。

8.1.3 应急监测

事故工况下，在尽可能短的时间内开展应急监测，对放射性污染的程度、范围、危害作出判断。根据不同的事故工况，建立对应的应急预案，并定期开展应急演练；保证各处标志清晰可见，在事故处理中易于辨识；保持事故处理通道畅通，无障碍物，特别是充分保证厂房重要位置的可到达性和可接近性；建立可靠的事事故处理通讯系统，确保应急时的通讯顺畅；对进入事故现场进行处理的工作人员采取严密的剂量监测措施，严格控制人员

受到的照射剂量。

应急监测主要包括厂房大厅事故后监测、场所辐射监测、流出物监测、辐射环境监测和个人监测，具体描述如下：

1) TMSR-LF1 厂房大厅内设置有事故后监测，其监测对象为厂房大厅内的 γ 辐射水平，采用连续监测的方式。采用 UPS 后备电源供电，以保证监测系统的可用性。

2) TMSR-LF1 场所 n/ γ 辐射监测系统对各场所 n/ γ 辐射水平进行连续监测。此外，配备便携式监测设备，用于事故工况下的移动监测，主要设备有便携式 γ 剂量率仪、便携式中子剂量率仪、便携式表面污染监测仪及移动式气溶胶监测仪等。

3) 气态流出物监测系统中设置有高量程惰性气体监测通道，对烟囱气态排出流中的放射性惰性气体进行连续监测。

4) 固定式环境 γ 监测系统可对各监测点的 γ 辐射水平进行连续监测。

5) 个人监测主要由电子式个人剂量计实现，工作人员视情况应佩戴直读式 γ 个人剂量计或中子个人剂量计。

8.2 其它监测

8.2.1 生产废水和生活污水监测

本项目生产废水主要为工艺循环水系统去离子水制备过程中产生的废水，监测项目包括 pH、COD、BOD₅、SS，在生产废水接入园区污水管网处设置监测点位，半年开展 1 次监测工作。本项目生活污水监测项目包括包括化学需氧量（COD_{cr}）、五日生化需氧量（BOD₅）、悬浮物（SS）、总氮（TN）、氨氮（NH⁴⁺-H）、总磷（TP）等指标，在生活污水接入园区污水管网处设置监测点位。

8.2.2 气象观测

气象观测的主要目的是为评价本项目的放射性物质释放对环境的影响提供气象资料，为事故工况时提供实时的气象参数。本项目将红砂岗站作为厂址气象观测代表站，不另行开展气象观测系统的建设。

8.3 监测设施

8.3.1 固定式环境 γ 辐射监测仪

固定式环境 γ 辐射监测仪采用 TCP/IP 网络通讯方式，将辐射探测器的实时监测数据传送至辐射监测控制室的监测计算机。计算机可以显示各监测点的实时数据，并可以存储、回调历史数据，以及生成、打印各种报表。固定式环境 γ 辐射监测仪表主要性能指标见表 8.3-1。

8.3.2 辐射监测实验室

在综合实验大厅内设置辐射监测实验室进行环境监测，总面积约 210m²。该实验室的主要功能为环境介质样品的处理与存放、总 α 测量、总 β 测量、 γ 能谱分析、 α 能谱分析、个人剂量监测等。在辐射监测实验室设置样品预处理间、样品处理间、样品存放间、低本底 α/β 测量间、能谱测量间、液闪测量间、便携式仪表存放间、个人剂量档案间等，以满足环境监测的要求，实验室房间信息见表 8.3-2。

辐射监测实验室配置的设备主要包括 1 套低本底 α/β 测量仪、1 套 α 能谱仪、1 套反康谱仪、1 套低本底液闪测量仪、样品前处理设备、样品制样和分析设备等，这些设备计划在 2019 年 11 月到货，2020 年 3 月完成安装并开始测试，实验室设备信息见表 8.3-3。

8.4 质量保证

本项目正常运行情况下需要对流出物和环境进行监测以保障公众的安全，确保对环境不会造成不可接受的影响。因此流出物和环境监测质量保证是至关重要的，其目的是通过有计划的系统行动，对监测过程进行全面控制，使测量结果具有适当置信度，保证测量结果的可信性、有效性和可比性。

8.4.1 质量控制

本项目将建立完善的质量保证体系，对于流出物监测和环境监测成立由部门负责人为首的质保小组，其任务是：

- 1) 针对各项监测任务制定管理规程。
- 2) 对监测工作全过程（样品采集、运输和贮存、样品处理、分析和测量、数据处理等）实行质量控制。
- 3) 通过与外部权威实验室样品监测比对，实施有效的质量监督，实现计量标准的可追溯性，保证测量结果的准确性。
- 4) 对监测工作进行质量检查和评估。

8.4.1.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品，并保持放射性核素在样品处理之前的原始浓度。为此应该准确地测定样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在 $\pm 10\%$ 以内。为了确定采样的不确定度，应该定期采集平行的瞬时样品。

各类常规样品应妥善保存，直至得出最终分析结论。样品处理、分析测量中的质量控制样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法。操作

人员应严格按照操作程序操作，防止样品间的交叉污染。为了确定分析测量过程中产生的不确定度，应该分析测量质量控制样品。为了发现和确定环境实验室分析测量系统的不确定性，必须参加本地区和国家组织的实验室之间的分析对比，对存在的系统误差查明原因，并采取校正措施。分析测量装置的性能应定期进行检定、校准和检验，所使用的标准源应定期进行标定。

8.4.1.2 数据处理中的质量控制

每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录。数据处理尽量采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。

对于偏离正常值的异常结果应及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。监测数据的正式上报或使用，必须经有关技术负责人签发。

8.4.2 质量管理

8.4.2.1 组织机构

建立合适的辐射监测机构并实施管理是流出物和环境监测质量保证的重要因素。对管理和实施质量计划的人员设置及其职责、权利应有明确规定。

8.4.2.2 人员资格和培训

监测结果准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，因此，制定了下列措施：

1) 从事环境监测的人员必须具有大学及以上的文化程度以及核电站环境监测专业知识和工作能力。

2) 对从事环境监测的所有人员进行上岗前培训。按照人员所在岗位，要求分别熟悉有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价，经技术考核取得相应的资格方能上岗。

3) 为了保持从事环境监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。

表 8.1-1 气载流出物监测系统主要设备性能指标

序号	设备名称	性能指标
1	气溶胶、碘、惰性气体监测仪	测量对象：气溶胶、碘、惰性气体； 气溶胶测量范围：3.7 Bq/m ³ ~3.7×10 ⁶ Bq/m ³ ； 气溶胶能量范围：80 keV ~2.5 MeV； 碘测量范围：3.7 Bq/m ³ ~3.7×10 ⁶ Bq/m ³ ； 惰性气体测量范围：3.7×10 ⁴ Bq/m ³ ~3.7×10 ¹² Bq/m ³ ； 惰性气体能量范围：80 keV~2.5 MeV。
2	高量程惰性气体监测仪	测量对象：惰性气体； 测量范围：3.7×10 ⁶ Bq/m ³ ~3.7×10 ¹² Bq/m ³ ； 能量范围：50 keV~3MeV。
3	氡取样器	取样对象：T ₂ 、HTO； 取样流量：0~5L/min 连续可调； 捕集率：≥95%； 取样方式：定时、定量、手动取样。
4	碳 14 取样仪	取样对象：C-14； 取样流量：0~5L/min 连续可调； 捕集率：≥90%； 取样方式：定时、定量、手动取样。

表 8.1-2 运行期间辐射环境监测方案

监测对象	监测点位	监测频次	监测项目
气溶胶	a. 厂区边界	1 次/季	总 α 、总 β 、 γ 核素分析
	b. 厂外地面最高浓度处		
空气	a. 厂区边界	1 次/季	^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I
	b. 厂外地面最高浓度处		
沉降物	a. 厂区边界	累积样/季	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 γ 核素分析
	b. 厂外地面最高浓度处		
降水	a. 厂区边界	降水期间	^3H 、 γ 核素分析、总 β 、总 α
	b. 厂外地面最高浓度处		
饮用水	a. 预计受影响的饮用水源	1 次/季	^3H 、 γ 核素分析、总 β 、总 α
	b. 对照点		
土壤	a. <10km 16 个方位角内(主导风下风向适当加密)	1 次/年	^{90}Sr 、 γ 核素分析、总 β
	b. 对照点		
陆地 γ 辐射	a. 厂界周围按 2、5、10km, 8 个方位角间隔交叉布点	1 次/季	γ 辐射空气吸收剂量率
	b. 厂区边界	连续	
γ 累积剂量	a 厂界周围按 2、5、10km, 8 个方位角间隔交叉布点	1 次/季	γ 辐射空气吸收剂量

表 8.3-1 固定式环境 γ 监测仪性能指标

设备名称	量程范围	能量响应范围	相对误差	工作温度范围	工作湿度范围	通讯方式
固定式环境 γ 监测仪	10nGy/h~1.0Gy/h	50keV-3MeV	$\leq \pm 15\%$	-10-40℃	$\leq 60\%$	TCP/IP

表 8.3-2 辐射监测实验室房间信息表

序号	房间名称	主要用途
1	样品预处理间	放置烘干机、搅拌机、灰化炉等环境样品的预处理设备，用于环境样品的烘干、烧样、研磨等预处理
2	样品处理间	放置氧化处理装置、电解浓缩处理装置、离心机等样品处理设备，对预处理的样品进一步处理
3	样品存储间	存放各类样品
4	低本底 α/β 测量间	用于样品的总 α 、总 β 测量，放置低本底 α 、 β 测量仪及其辅助设备
5	能谱测量间	用于样品的能谱分析测量，放置高纯锗能谱仪、 α 能谱仪及其辅助设备
6	液闪测量间	用于样品的氡、C-14 的测量，放置超低本底液闪测量仪及其辅助设备
7	便携式仪表存放间	存放各类便携式环境监测仪表、便携式空气取样设备以及便携式设备设施
8	个人剂量测量间	放置热释光剂量监测设备及其辅助设备
9	个人剂量档案间	放置个人剂量档案
10	样品及标准源存放间	用于标准源及已测完的样品存放

表 8.3-3 辐射监测实验室设备信息表

序号	设备名称	主要技术指标或要求	单位	数量
1	低本底 α 、 β 测量仪	探测器：四路流气式正比计数管 能量范围： α ：4 MeV ~8MeV； β ：0~2MeV；	套	1
2	α 谱仪	探测器：钝化注入平面硅（PIPS）； 探测器-源距可调； 最高探测能量： ≥ 10 MeV	套	1
3	反康 γ 谱仪	探测器：N 型同轴高纯锗； 相对探测效率： $\geq 50\%$ ； 能量分辨率：2.2keV（对于 1332keV）； 能量范围：3keV~10MeV；	套	1
4	低本底液闪测量仪	探测下限：1.0Bq/L（测量时间 =1000min）	台	1
5	电镀制样装置	包括清洗设备、哈氏槽、阳极材料 等	套	1
6	环境介质制样设备	包括氟制样设备、氧化炉、烘箱、 灰化设备、粉碎机等	套	1
7	化学分析设备	包括小型烘箱、离心机、搅拌器、 玻璃器皿等	套	1

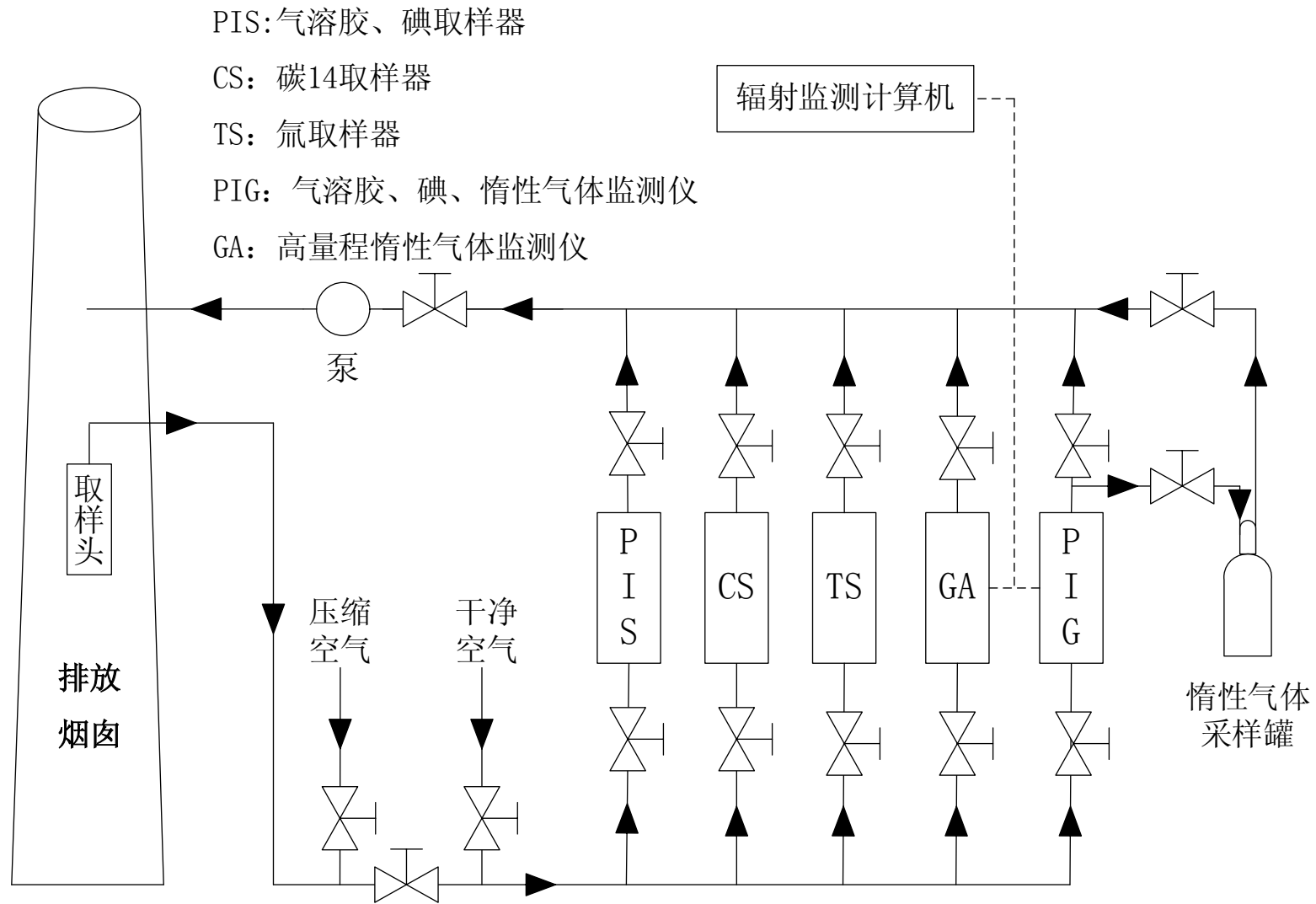


图 8.1-2 气载流出物监测系统示意图

第九章 结论与承诺

9.1 工程概况

9.2 环境保护设施

9.2.1 放射性废气处理

9.2.2 放射性废液处理

9.2.3 放射性固体废物系统

9.2.4 其它环境保护设施

9.3 放射性排放

9.4 辐射环境影响评价结论

9.4.1 运行状态下的辐射环境影响

9.4.2 事故工况下的辐射环境影响

9.5 非辐射环境影响评价结论

9.5.1 大气污染物影响

9.5.2 污废水影响

9.5.3 固体废物的影响

9.5.4 噪声影响

9.6 承诺

9.1 工程概况

2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）属于国家重大科技基础建设项目，其所在钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验堆基地拟选址甘肃省武威市民勤红砂岗工业集聚区（以下简称“红砂岗厂址”）。红砂岗厂址隶属于甘肃省武威市民勤县，厂址坐落于民勤县城西北方位约 60km 处，与金昌市（厂址西南侧方位）的直线距离约 60km，与武威市（厂址东南侧方位）的直线距离约 120km，厂址处地理位置坐标为北纬 38°57'31"，东经 102°36'55"。

钍基熔盐堆核能系统（TMSR）实验基地规划建设 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）、10MWt 固态燃料熔盐实验堆（TMSR-SF1）、干法后处理中心及配套设施，近期拟建设 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）及其相关的配套设施。本项目具体建设按照 2018 年年内基地破土动工、2020 年首次临界并满功率运行为目标推进工作。

本项目所在厂址的大气扩散条件较好，厂址周边危险源不会对厂址安全构成潜在威胁，人口分布现状可满足厂址条件要求，具备项目建设条件。

9.2 环境保护设施

9.2.1 放射性废气处理

放射性废气系统主要用于处理各工艺设备排出的工艺废气，其中包括熔盐泵、熔盐储罐、熔盐排放罐、新燃料暂存罐等。放射性废气系统根据工艺设备排出的不同气体，设置不同的处理工艺，主要分为燃料盐回路熔盐泵覆盖气废气处理工艺、冷却盐回路熔盐泵覆盖气废气处理工艺和其他工艺废气处理工艺。

本工程设备选择能够使废气中的放射性浓度在排放前有足够的衰变时间，工艺在其他在役核电厂或核设施有良好的工程实践；过滤器、吸附床等设备对放射性废气有良好的处理效果。

9.2.2 放射性废液管理系统

放射性废液系统主要用于收集、贮存、处理和排放 TMSR-LF1 主体装置厂房正常运行及预期运行事件下产生的放射性废液。

本项目产生的放射性废液分为高、中、低放废液。其中高放废液暂存在临堆分析热室内专门设置的贮存井内；中放废液暂存于堆厂房中放废液暂存罐内，待条件成熟或退役时进行处理；低放废液按其物理化学性质分为三类：低放废水、洗涤废液、有机废液。低放废液和有机废液收集、转运、暂存；洗涤废液收集、转运后，采用过滤+监测排放的处理技术，对于放射性活度浓度 $\leq 10\text{Bq/L}$ 的洗涤废液，过滤后经空气载带装置进行空气载带排放，放射性活度浓度 $> 10\text{Bq/L}$ 的洗涤废液过滤后输送至低放废液贮存罐内暂存。

9.2.3 放射性固体废物管理系统

用于收集和暂存 TMSR-LF1 主体装置厂房 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆在正常运行以及预期运行事件中产生的可压缩性低放废物、不可压缩性低放废物、废过滤器芯、临堆热室产生的中放和高放固体废物。中低放固体废物通过收集和处理后贮存在暂存库，定期送往国家指定的放射性废物处置场处置。高放固体废物暂存在临堆分析热室内的专用贮存井，退役时统一处理。

可压缩废物收集至一定的数量后，经分拣装至 200L 标准桶，采用 20t 压缩机压缩处理。该技术成熟可靠。不可压缩废物收集至一定的数量后，装 200L 标准钢桶暂存在低放废物桶暂存区。废通风过滤器滤芯在待解控废物暂存区暂存衰变 2-3 年后甚至更长时间，待其满足国家审管部门规定的清洁解控水平申请清洁解控。

对于表面辐射水平较高的废过滤器芯，装 200L 标准钢桶整备后暂存在低放废物桶暂存区。中放固体废物收集至一定的数量后，装 200L 标准钢桶整备后暂存在中放废物桶暂存区。

系统贮存固体废物包的周期为 5 年。暂存的废物根据废物种类及表面剂量率大小分区暂存。暂存一定时间后，将废物桶运往国家中低放废物处置场处置。

9.2.4 其它环境保护设施

本工程拟设置放射性废物处理中心，用于处理、暂存本工程运行期间产生的放射性废液、放射性固体废物。此外，在厂房内还配置尾气处理系统，用于工艺尾气处理；配置控制区通风系统，用于厂房通风废气处理。

本工程拟建设中水生产站污水处理设施。其中，园区的生活污水通过相应污水管网汇集至中水生产站，经处理达标后，用于道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入厂区雨水管网。施工期间生活临建区的生活污水由承包商接临时管线排入市政污水管网。

本工程 LF1 子项柴油发电机间排出非放射性含油废水，为冲洗地面废水和消防后含油消防排水，排至室外含油废水储存池，含油废水外运处置。

本工程工艺过程中产生的非放化学废液由具有化学品运输资质单位运送至甘肃省危险废物处置中心（甘肃金创绿丰环境技术有限公司）进行统一处理处置。

本工程设置专门场所集中暂存工业固体废物，其中危险废物暂存达到一定数量后交甘肃省危险废物处置中心（甘肃金创绿丰环境技术有限公司）进行统一处理处置。

工作人员产生的生活垃圾定点收集，由环卫部门统一清运。

本工程正常运行产生的噪声污染和各类固体废物也都设置了相应的防治措施，可以满

足要求。

9.3 放射性排放

本项目运行状态下，气载流出物主要通过高 25.3m 的烟囱排入大气，设计排放源项如下：

惰性气体： $9.18\text{E}+12\text{Bq/a}$ 。

总气载碘： $7.35\text{E}+07\text{Bq/a}$ 。

粒子（半衰期 $\geq 8\text{d}$ ）： $1.15\text{E}+09\text{Bq/a}$ 。

碳 14： $5.88\text{E}+07\text{Bq/a}$ 。

氚： $1.44\text{E}+14\text{Bq/a}$ 。

本项目产生的中、高放废液以及低放废液中的有机废液经收集、转运后暂存，不向环境排放。低放废水和洗涤废液处理后通过空气载带排放方式向大气环境排放，其排放量与 TMSR-LF1 主体装置厂房气载流出物年排放量相比可忽略。

9.4 辐射环境影响评价结论

9.4.1 运行状态下的辐射环境影响

（1）对公众的辐射影响

本项目运行状态下，关键居民组为厂址 W 方位 12.6km 处红砂岗村的青少年组，受到的最大个人有效剂量为 $7.98\text{E}-08\text{Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.1mSv/a ）的 0.08%。主要途径为食入农产品和动物产品造成的内照射途径，约占气态途径总剂量的 85.11%；其次为吸入内照射途径，约占气态途径总剂量的 12.34%；空气浸没外照射途径和地表沉积外照射分别占气态途径的 2.53% 和 0.01%。气态途径的主要核素为 H-3，它所致的剂量约占气态剂量的 97.23%；其它贡献较大的核素为 C-14 和 Sr-89，分别占气态途径总剂量的 2.41% 和 0.14%。

本项目位于民勤县红砂岗工业集聚区内，工业区内距本项目最近的企业位于 WSW 方位 2.7km 处，工业区内人员均为成人。假设工作人员全年均在工业区内活动，则本项目由气载途径所致工业区内人员最大个人剂量为 $2.00\text{E}-06\text{Sv/a}$ 。

（2）对生物的辐射影响

本项目距离民勤连古城国家级自然保护区核心区最近距离为 6.5km，预计本项目正常运行期间向外排放的气载放射性物质对该保护区内动植物的辐射影响很小。

9.4.2 事故工况下的辐射环境影响

现阶段初步参照《TMSR-LF1 安全审评原则（草稿）》规定：对于设计基准事故和选定的超设计基准事故，厂区边界全身 24 小时累积剂量不超过 3.75mSv 。TMSR-LF1 各类

事故中，放射性后果最严重的是燃料盐覆盖气体系统边界泄漏事故，事故期间 24h 内厂址边界处的最大个人总有效剂量为 0.948 mSv，满足 TMSR-LF1 安全审评原则（草稿）的要求。

9.5 非辐射环境影响评价结论

9.5.1 大气污染物影响

施工期间，通过采取施工扬尘控制措施，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

本项目运行期间产生的非放大气污染物，在经过尾气处理系统和放射性废气处理系统后，非放污染物（如铍、氟）也得到了很好的去除，铍的浓度不超过 $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ （排放速率小于 $2.16\text{E}-06\text{kg}/\text{h}$ ），氟化物的浓度不超过 $0.34\text{mg}/\text{m}^3$ （排放速率小于 $0.17\text{kg}/\text{h}$ ），均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）的规定。对于排放量较大的氟化物，本设施运行后，氟化物最大 1 小时浓度为 $1.58\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最大占标率为 7.92%，对应的距离为下风向 313m 处，对周围环境影响很小。

9.5.2 污废水影响

施工期间生活临建区的生活污水由承包商接临时管线排入市政污水管网，对环境不会造成不利影响。

本工程学术活动中心、园区综合服务中心、倒班宿舍等子项的生活污水通过相应污水管网汇集至园区的中水生产站。中水生产站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等。再生水回用剩余水量溢流排入市政雨水管网，不会对周围环境产生不良影响。

9.5.3 固体废物的影响

本工程工艺过程中产生的非放化学废液由具有化学品运输资质单位运送至甘肃省危险废物处置中心（甘肃金创绿丰环境技术有限公司）（持综合许可证，编号 G3620102005）进行统一处理处置。不会对周围环境产生不良影响。

本工程设置专门场所集中暂存工业固体废物，其中危险废物暂存达到一定数量后交甘肃省危险废物处置中心（甘肃金创绿丰环境技术有限公司）（持综合许可证，编号 G3620102005）进行统一处理处置。不会对周围环境产生不良影响。

工作人员产生的生活垃圾定点收集，由环卫部门统一清运，不会对环境产生不良影响。

9.5.4 噪声影响

本工程施工期间的主要噪声污染源为各类施工机械设备运行噪声和运输车辆的交通噪声。施工期间采取多种控制措施来降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响，施工噪声对环境的影响是可以接受的。

本工程正常运行后，北厂界所受影响相对较大，声源对北厂界的贡献值为 31.0dB(A)，对西厂界、东厂界和南厂界的贡献值分别是 15.4dB (A)、14.9 dB (A) 和 7.8 dB (A)。声源对各厂界的噪声贡献值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中规定 3 类标准限值，即昼间 65 dB(A)和夜间 55 dB(A)。对厂址周围声环境质量影响满足标准要求。

9.6 承诺

本报告书给出的对本项目建造和运营单位在环境保护方面的承诺如下：

- 从环保设施的设计上，保证放射性气液态流出物和非放射性污染物达标排放，落实本项目产生的放射性废液及放射性固体废物的最终去向。
- 将严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度。
- 工程建造过程中，将严格制定施工期间的环境保护管理制度，并加强监测和检查，有效防止水、气、声、渣等非放污染物的环境影响。

中国科学院

科发函字〔2017〕552号

中国科学院关于同意钍基熔盐堆核能系统 先导专项 2MWt 钍基熔盐实验堆 实施方案的函

中国科学院上海应用物理研究所：

你所报来的《中国科学院上海应用物理研究所关于上报钍基熔盐堆核能系统先导专项 2MWt 钍基熔盐实验堆实施方案的请示》（应物发核字〔2017〕81号）收悉。经研究，同意所报实施方案，具体如下：

一、我院围绕国家能源安全和促进节能减排的战略需求，2011年部署启动了战略性先导科技专项（A类）“未来先进核裂变能——钍基熔盐堆（TMSR）核能系统”（简称TMSR先导专项）。建成2MW热功率的液态燃料钍基熔盐实验堆是TMSR先导专项的标志性目标任务，也是TMSR总体发展路线图中的关键环节，被列入《中国科学院“十三五”发展规划纲要》“有望实现创新跨越的重大突破”之一。同时，实验堆厂房及辅助设施建设也已纳入我院“十三五”科研基础设施规划方案并已上报国家发展改革委审批，园区配套设施建设则已纳入甘肃省的相关支

持计划。鉴于此，同意研制建造 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆。

二、项目主要内容包括：2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆主体、放射性废物处理设施以及相关建安与配套设施。

三、项目规模及资金来源：项目选址于甘肃省武威市民勤县红砂岗工业集聚区的 TMSR（热）实验基地，实验设施所需建筑面积约 10000 平方米。项目总投资暂定 7.7145 亿元，其中 TMSR 先导专项经费支持 4.34 亿元，院“十三五”科教基础设施规划拟配套支持 0.7 亿元，其余资金 2.6745 亿元由你所多渠道筹措解决。

四、项目法人为中国科学院上海应用物理研究所。

请据此抓紧组织有关单位，落实相关建设条件，开展工程设计、许可证申请、工程建设与调试运行。



抄送：条件保障与财务局。

甘肃省发展和改革委员会文件

甘发改产业〔2017〕1002号

甘肃省发展和改革委员会 关于开展钍基熔盐堆核能系统 实验平台项目前期工作的函

中国科学院上海应用物理研究所：

钍基熔盐堆核能系统实验平台项目已列入中科院编制的《“十三五”科教基础设施规划》重点项目。为深入贯彻中国科学院与甘肃省人民政府钍基熔盐堆核能系统项目座谈会精神，全面落实《中国科学院甘肃省人民政府钍基熔盐堆核能系统项目战略合作框架协议》，加快推进钍基熔盐堆核能系统实验平台项目前期工作，请你单位抓紧开展项目前期具体工作，省直相关部

门单位及武威市按程序支持办理钍基钍基熔盐堆核能系统实验平台项目相关手续，加快推进项目工作进度。

甘肃省发展和改革委员会

2017年11月9日

公开属性：依申请公开

甘肃省发展和改革委员会

2017年11月9日印发



武威市人民政府

武政函〔2017〕28号

武威市人民政府 关于请求将民勤红砂岗工业集聚区确定为 钍基熔盐堆核能系统战略性先导科技 专项项目场址的函

中国科学院先进核能创新研究院：

民勤红砂岗工业集聚区位于武威市民勤县西部的红砂岗镇，始建于2005年，2008年被批准为市级工业园区，2010年4月被批准为省级循环经济示范园区。近年来，园区坚持“高起点规划、高标准建设、高效能管理”的原则，狠抓基础设施建设，累计完成投资15亿多元，水、电、路、讯、房等基础条件逐步完善，具有建设钍基熔盐堆核能系统（TMSR）战略性先导科技专项项目得天独厚的优势条件。

交通条件便利。园区东距县城60公里，南邻金昌56公里，西距阿右旗73公里，北至雅布赖盐场60公里，距金昌机场62公里，S212河雅公路、S307额周公路、民西公路、民红高速公路在此交汇，并通过民红高速与G569北仙高速、G30连霍高速

相连，金阿铁路专用线从兰新铁路金昌火车站接入园区，交通十分便利。

土地优势明显。园区规划土地均为国有未利用荒滩地，不存在征地拆迁问题，且地势平坦、地形坡度小、地基承载力好，一般不需改造即可适应各项设施的建设需要，能为 TMSR 先导专项项目建设提供优质、充足的土地保障。

环境承载力强。园区处于相对独立的地理单元，远离城市，远离农村，区域内无地表水，无河流，无农田，无森林，无草原，无军事基地。园区所在的红砂岗镇国土面积 5831 平方公里，当地农牧民仅有 690 人，人口密度每平方公里 0.12 人。现已对分散的牧民进行了收缩，集中居住在红砂岗镇牧民新村。相对独立的地理优势、地广人稀的空间优势，大大提升了园区的承载力和环境的涵容力。

电力供应充足。红砂岗区域现有 330 千伏变电站一座，并与河西堡 750 千伏变电站双回路连接，110 千伏变电站一座，电网布局结构合理，可完全满足项目用电需求。同时，民勤县为甘肃省重要的清洁能源基地，风电规划装机容量 895 万千瓦、已建成并网 125 万千瓦，光伏发电规划装机容量 1460 万千瓦、已建成并网 63.45 万千瓦，为进一步降低供电价格提供了有利条件。

投资环境良好。近年来，武威市秉持大资源、大市场理念，着力营造“能赚钱、不受气、条件好”的投资环境，市县成立了项目建设领导小组及其办公室，建立了投资项目在线审批监管平台，对申报项目实行市县“统一受理、集中办理、并联审批、限

时办结”，提供“一条龙服务”。积极推进园区体制机制改革，向园区授权、扩权、放权、让利，推行“园区和乡镇一体化管理、以园区为主”管理机制，实行园区用地“一揽子报批、分项目办证”机制，全力为项目入驻建设提供优质、快捷、高效服务。

民勤红砂岗工业集聚区已经具备承接 TMSR 先导专项项目的基本要素和独特优势，恳请贵院将民勤红砂岗工业集聚区确定为该项目场址。武威市将积极为项目落地建设提供各项便利条件，全力做好各项服务和保障工作，确保项目如期开工建设，推动国家核产业快速发展。



民勤县人民政府

民政函发〔2017〕330号

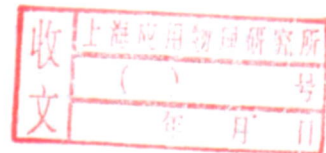
民勤县人民政府 关于确定钍基熔盐堆核能系统（TMSR）项目 场址的函

中国科学院上海应用物理研究所：

民勤红砂岗工业集聚区位于民勤县西部的红砂岗镇，规划总面积 65.15 平方公里，该工业集聚区土地优势明显、环境承载力强、电力供应充足，具备承接 TMSR 项目的基本要素和独特优势。民勤县政府全力支持 TMSR 项目选址民勤，拟将红砂岗工业集聚区产业园纬七路以北、东环路以西的 1000 亩土地确定为该项目场址，并预留二期建设用地 10000 亩。

民勤县将积极为项目落地建设提供各项便利条件，认真做好各项服务和保障工作，确保项目如期开工建设，推动国家核产业快速发展。


民勤县人民政府
2017 年 10 月 11 日



国家核安全局

国核安函〔2015〕128号

关于钍基熔盐实验堆以Ⅱ类研究堆 开展前期工作有关问题的复函

中国科学院上海应用物理研究所：

你所《关于钍基熔盐实验堆以Ⅱ类研究堆开展前期工作的请示》（应物发核字〔2015〕6号）收悉。根据《民用核设施安全监督管理条例》及其实施细则之三，以及研究堆的有关安全规定，我局对你所提交的相关技术资料进行了审查。经研究，函复如下：

一、10MWt 固态燃料钍基熔盐实验堆和 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆的安全分类论证报告符合《研究堆安全分类（试行）》（国核安发〔2013〕165号）关于Ⅱ类研究堆的要求。

二、在后续工作中，如反应堆的最终设计方案与申请文件有较大变化，你所应按照有关规定重新向我局提交申请文件。

特此函复。



2015年11月26日

抄 送：苏州核安全中心。

民勤县文化体育广播影视局

民文广函发〔2017〕11号

民勤县文化体育广播影视局 关于 TMSR(热)基地选址属非文物保护区的 复函

民勤红砂岗工业集聚区管理委员会：

根据项目规划范围，我局查阅了第三次全国文物普查的相关档案资料，并组织专人对位园区范围内 TMSR(热)基地项目拟用地进行了实地勘察。经勘察，核准项目实施范围内无田野文物遗存，但目前项目实施范围内是否还存在地下文物尚不明确，因此做出如下建议：一是在项目实施过程中，不得擅自扩大实施范围；二是实施过程中，如发现文物或地下遗存，及时上报我局，进行抢救性发掘，确保文物安全。

此复。

民勤县文化体育广播影视局

2017年5月8日

甘肃民勤连古城国家级自然保护区管理局

甘民连函字〔2017〕93号

甘肃民勤连古城国家级自然保护区管理局 关于中科院 TMSR 项目征求选址意见的复函

民勤县国土资源局：

你单位《关于征求连古城自然保护区中科院项目选址意见的函》已收悉，根据民勤县国土资源局提供的中科院 TMSR 项目拟选址位置示意图中经纬度坐标：

- 1、 $102^{\circ} 36' 53.82''$ E、 $38^{\circ} 57' 06.28''$ N;
- 2、 $102^{\circ} 36' 29.50''$ E、 $38^{\circ} 57' 06.37''$ N;
- 3、 $102^{\circ} 36' 29.69''$ E、 $38^{\circ} 57' 43.28''$ N;
- 4、 $102^{\circ} 36' 54.15''$ E、 $38^{\circ} 57' 43.17''$ N;
- 5、 $102^{\circ} 36' 52.94''$ E、 $38^{\circ} 56' 13.87''$ N;
- 6、 $102^{\circ} 35' 54.00''$ E、 $38^{\circ} 56' 14.18''$ N;
- 7、 $102^{\circ} 35' 55.54''$ E、 $38^{\circ} 58' 02.89''$ N;
- 8、 $102^{\circ} 36' 53.89''$ E、 $38^{\circ} 58' 03.08''$ N;

9、102° 35′ 51.47″ E、38° 57′ 12.93″ N;

10、102° 34′ 58.61″ E、38° 57′ 13.20″ N;

11、102° 34′ 59.33″ E、38° 58′ 22.71″ N;

12、102° 35′ 51.99″ E、38° 58′ 21.80″ N;

所连成的界线范围,经与甘肃民勤连古城国家级自然保护区林地落界数据库(西安80坐标系)对照,判定上述建设区域范围不在保护区范内。

鉴于该项目建设范围临近保护区,在项目建设和运营过程中应注意如下事项:

一是项目建设范围应设计在距保护区界500--1000米之外;

二是在项目运营过程中不得向保护区排放各类污染物;

三是项目建设不能影响保护区生态安全。

特此函复

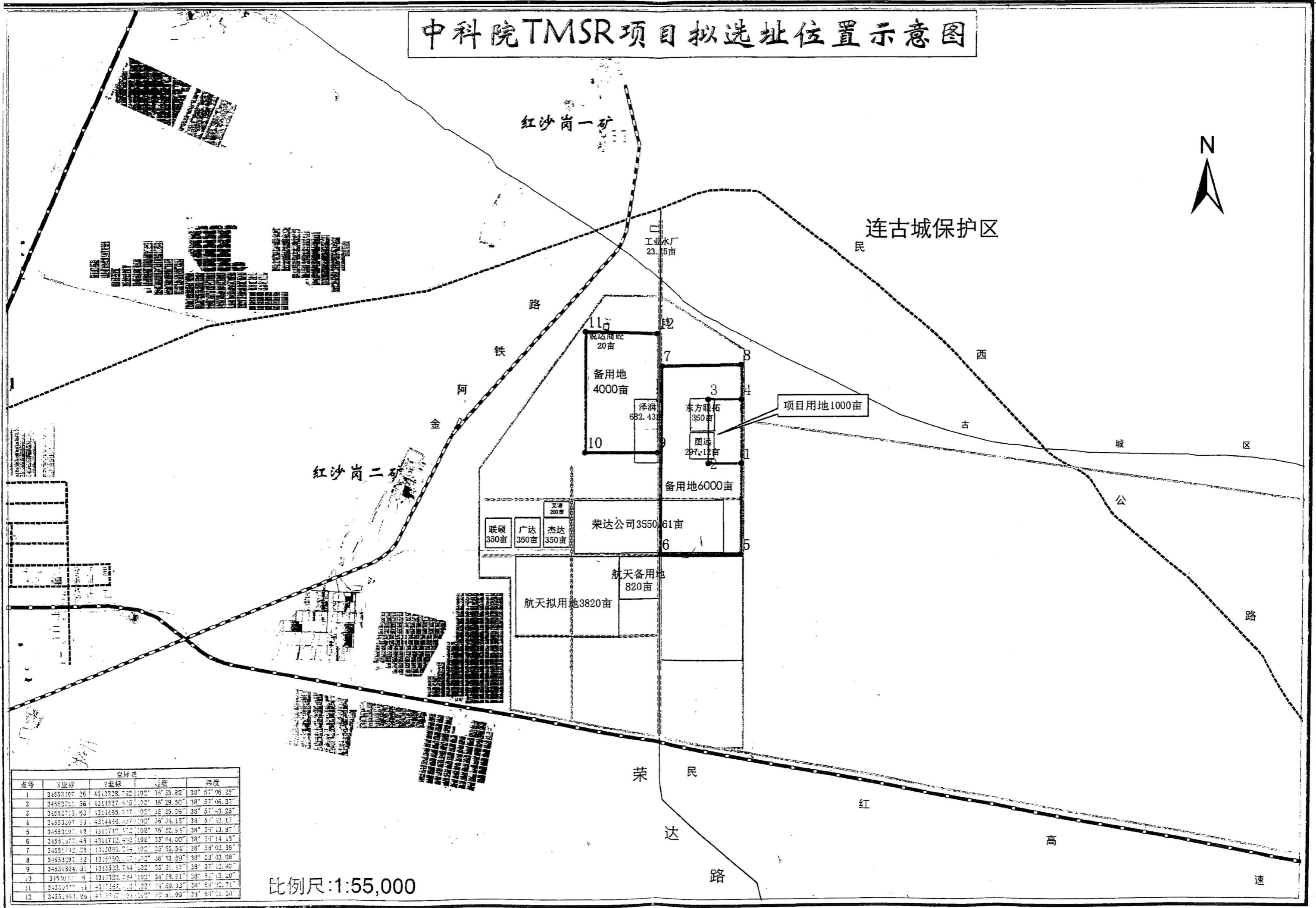
附件:中科院TMSR项目拟选址位置示意图

甘肃民勤连古城国家级自然保护区管理局

2017年5月18日



中科院TMSR项目拟选址位置示意图



点号	X坐标	Y坐标	方位角	距离
1	34552307.26	4313328.732	102° 35' 33.82"	38° 57' 06.28"
2	34552721.56	4313327.679	102° 36' 29.50"	38° 57' 06.37"
3	34552713.83	4314465.717	102° 38' 29.99"	38° 57' 43.23"
4	34553307.83	4314466.427	102° 36' 34.15"	38° 57' 33.17"
5	34553297.12	4311710.173	102° 35' 32.91"	38° 57' 13.87"
6	34551777.45	4311712.492	102° 35' 34.00"	38° 57' 14.19"
7	34551792.55	4315055.244	102° 35' 55.54"	38° 58' 02.39"
8	34553297.12	4315050.277	102° 36' 30.39"	38° 58' 00.08"
9	34551824.81	4313523.734	102° 35' 31.47"	38° 57' 10.93"
10	34550517.8	4311522.784	102° 34' 58.81"	38° 57' 13.20"
11	34552117.11	4311347.103	102° 34' 59.33"	38° 58' 12.71"
12	34551903.26	4311347.103	102° 35' 31.99"	38° 58' 11.50"

比例尺: 1:55,000

武威市环境保护局文件

武市环开发[2012]134号

关于民勤县红沙岗工业集聚区规划环境影响报告书的审查意见

民勤县红沙岗工业集聚区管委会：

你单位报送的由兰州大学编制的《民勤红沙岗工业集聚区环境影响报告书》（以下简称《报告书》）收悉。我局于2012年11月6日组织民勤县环保局等有关单位代表和专家对《报告书》进行了审查。会议由4人组成专家组，并经过讨论形成了专家组技术评审意见。根据审查小组的评审和修改、补充后的《报告书》结论，提出如下审查意见：

一、民勤红沙岗工业集聚区位于民勤县西部红沙岗镇，2008年被武威市政府批准为市级工业园区，集聚区按照“一区三园”的规划布局，规划在区内建成煤电化产业园、清洁能源产业园、建材化工产业园“三大产业园”。其中煤电化产业园、清洁能源产业园地处民勤县红沙岗镇，东距民勤县城61公里，南临金昌78公里，两产业区总规划用地面积434平方公里。建材化工产业

园位于红崖山西南 10 公里处，规划用地面积 16 平方公里，集聚区规划总面积 450 平方公里。集聚区产业定位以煤、煤电化、风光电、建材化工为主导，以非煤产业为补充，形成高度关联的产业链和产业群。规划期限为 2011—2020 年。其中：近期为 2011—2015 年，远期为 2016—2020 年。

二、报告书在环境现状调查评价的基础上，识别了规划实施的主要环境影响和资源环境制约因素，重点预测了规划实施可能对大气环境、水环境、生态系统、社会环境及其主要环境敏感目标等带来的影响，并开展了公众参与、环境资源承载力分析和环境风险分析等工作，提出了规划的优化调整建议以及预防或减缓不良环境影响的对策与措施。报告书内容较全面，评价方法合理，环境影响预测分析基本准确，提出的预防或减轻不良环境影响的对策措施原则可行，评价结论总体可信。

三、总体上看，该规划基本符合国家产业政策和地方相关规划，规划区的产业发展目标、布局基本合理。但是，规划区所在地属资源性缺水地区，水环境容量较为有限。因此，你单位应依据报告书结论和审查小组意见，进一步优化规划方案，调整规划布局，对规划行业实行环境准入，采取严格的水资源利用、水污染防治和废水资源化利用措施，严格控制新鲜水用量，确保生产废水能有效得到综合（循环）利用，以有效预防和减轻规划实施可能带来的不良环境影响。

四、在规划优化和实施过程中应重点做好以下工作：

（一）优化煤电化产业园规划布局，将规划的煤炭资源区矸石发电厂、灰渣建材厂等重点项目，煤电化工区煤制甲醇转烯烃厂、离子膜烧碱厂等重点生产线向南侧集中，将有较大防护距离

的企业尽量远离连古城自然保护区布置，设置一定的过渡带，控制大气污染物、水污染物对保护区的影响。

(二) 园区应大力发展风力发电、太阳能光伏发电等新能源产业，重点发展装备制造、建材化工产业，适度发展煤炭深加工产业链。应根据规划近期实施的情况，在无可靠水资源保证的情况下，及时调整远期规模。

(三) 应加快太西煤集团一、二号井矿井废水达标综合利用工程建设及民勤县污水处理厂达标中水引水工程的实施，以保证规划实施用水需要；详细论证全县水资源可利用情况，合理规划使用红崖山水库地表水。

(四) 建材化工产业区生产废水不得向红崖山水库排放。做好工业场地、堆场及废水、废渣处置贮存设施的防渗措施，严格控制煤炭深加工废水用于生态用水的水质水量，防止对地下水造成污染。

(五) 民勤红沙岗工业集聚区管委会应按规划要求，在建材化工产业园、煤电化产业园建设污水集中处理厂，对集聚区产生的生产、生活污水集中进行处理，达标废水应优先考虑回用于集聚区企业作为生产补充用水，剩余部分可以用于集聚区的绿化用水，以减少新鲜水用量。产业区各企业生活污水、工业废水应经处理达到产业园污水处理厂进水水质标准后排入园区下水管网。

(六) 园区应在建材化工产业园、煤电化产业园统一规划建设一般工业固废填埋场。对于危害性大、难以回收利用的有毒、有害固体废物必须专门收集、贮存，送至甘肃危废中心进行处理，并严格按照省“联单制度”办理转移手续，不能随意堆放或就地填埋。

(七) 各产业园区应严格控制各类分散锅炉的建设，燃煤锅炉应使用低硫煤（硫份 $\leq 1\%$ ），并采取脱硫、脱硝措施。

(八) 合理安排建设时序。应先行建设污水处理工程、中水回用工程、一般固废填埋场等环保基础设施，确保入园项目建成后污染物能够得到有效处理。

(九) 近期集聚区常规污染物总量控制指标原则按《报告书》提出的总量控制指标执行，但须在民勤县域范围内平衡，不足部分在征得武威市环保局同意后在市内调剂解决。远期对非常规污染物排放量，可根据环境要求和入区企业实际情况由负责项目审批的环保部门核批。

(十) 应加强集聚区的环境质量监测。设置大气常规监测点，地下水常规监测点和土壤常规监测点。

(十一) 集聚区应制定环境风险应急预案，成立安全及环境风险应急救援队，定期进行应急救援演习。

五、规划所包含的近期（五年内）建设项目，在开展环境影响评价时，环境现状评价可以适当简化，但应重点论证项目建设对地表水、地下水和生态环境的影响，加强水资源承载力和环境风险分析，进一步深化各项环境保护对策与措施。



抄送：民勤县环保局、兰州大学

武威市环境保护局

2012年11月15日印发

甘肃水务民勤供水有限责任公司

甘水务民勤发（函）〔2017〕3号

甘肃水务民勤供水有限责任公司 关于红砂岗镇生活污水处理厂 污水排入标准情况说明的函


中国科学院先进核能创新研究院：

红砂岗镇生活污水处理厂进水水质设计标准为：化学需氧量（ COD_{cr} ） $\leq 500\text{mg/L}$ 、生化需氧量（ BOD_5 ） $\leq 250\text{ mg /L}$ 、悬浮物（ SS ） $\leq 380\text{ mg /L}$ 、总氮（ TN ） $\leq 66\text{ mg /L}$ 、氨氮（ NH_4^+-N ） $\leq 45\text{ mg /L}$ 、总磷（ TP ） $\leq 5\text{ mg /L}$ 。红砂岗镇生活污水处理厂污水管网已覆盖工业园区，园区各企业排入污水管网水质应满足以上标准或《污水排入城镇下水道水质标准》（ GB/T31962-2015 ）。

特此说明。

甘肃水务民勤供水有限责任公司

2017年10月25日



中华人民共和国生态环境部

环审〔2018〕121号

关于 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆

环境影响报告书（选址阶段）的批复（一）

中国科学院上海应用物理研究所：

你所《关于审查〈2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-1LF1）环境影响评价报告书（选址阶段）〉的请示》（应物发核字〔2018〕25号）及相关文件收悉。经研究，批复如下：

一、2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆位于甘肃省民勤县红砂岗工业集聚区，是国家重大科技基础设施建设项目。项目的主要建设内容包括主体装置、放射性废物处理中心、保卫控制中心、综合实验大厅和化学品仓库等。《2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆环境影响报告书（选址阶段）》（以下简称《报告书》）的格

式和内容满足相关标准导则的要求，编制依据充分，使用的评价标准恰当。《报告书》对场址环境及工程项目描述清楚，采用的评价模型成熟，选取的参数能够反映场址的实际情况。《报告书》对施工及运行期间的环境影响分析合理，流出物监测和环境监测方案合理可行。

环境影响分析评价结果表明，2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆运行和事故工况下对公众和环境的影响满足国家标准要求。我部同意你所按照《报告书》所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。

二、项目下一阶段应重点做好的环境保护工作

(一) 进一步优化公众剂量约束值和流出物年排放量控制值。

(二) 从放射性废物的来源、特性及活度浓度等方面进一步开展研究工作，确定产生量，优化处理工艺，做到放射性废物最小化。

(三) 未来如需开展钍材料的应用，应重新进行分析评价工作。

(四) 按照法规要求做好公众参与工作。

三、项目应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。

四、项目的性质、规模、地点或者采取的环境保护措施若发生重大变动，应当重新报批项目环境影响报告书。

五、我部委托甘肃省生态环境厅配合西北核与辐射安全监督站，负责该项目的环境保护监督检查工作。

六、你所应在收到本批复后 20 个工作日内，按要求将修订后的《报告书》报送西北核与辐射安全监督站和甘肃省生态环境厅。

环审〔2018〕



2018年11月26日

关于 2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆环境影响报告书（选址阶段）的批复

中国科学院上海应用物理研究所：

你所《关于审查〈2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）环境影响评价报告书（选址阶段）〉的请示》（应物发核字〔2018〕25号）及相关文件收悉。经研究，批复如下：

一、2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆位于甘肃省武威市凉州区工业集聚区，是国家重大科技基础设施建设项目。项目的主要建设内容包括主体工程、放射性废物处理中心、化学控制中心、全安防护站、设备安全设施防护站、辐射防护站、综合实验大厅和化学品仓库等。《2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆环境影响报告书（选址阶段）》（以下简称《报告书》）

评价标准恰当。《报告书》对运营过程中产生的环境影响进行了详细分析和预测，提出的各项污染防治措施切实可行。《报告书》编制单位资质齐全，编制人员具有相应资质。《报告书》编制内容完整，数据真实，结论明确。《报告书》编制过程符合《环境影响评价法》和《建设项目环境影响评价技术导则》的要求。《报告书》编制内容完整，数据真实，结论明确。《报告书》编制过程符合《环境影响评价法》和《建设项目环境影响评价技术导则》的要求。《报告书》编制内容完整，数据真实，结论明确。《报告书》编制过程符合《环境影响评价法》和《建设项目环境影响评价技术导则》的要求。



环境影响报告书结果表明，2MWt 液态燃料钍基熔盐实验堆运行和退役对环境的影响满足国家标准要求。我部同意你部提出的上述所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的污染防治措施，并同意你部开展下一阶段工作。

- 二、项目运营过程中应重点做好的环境保护工作：
- (一) 进一步优化公众剂量约束值和流出物年排放量控制值。
 - (二) 从放射性废物的来源、特性及活度浓度等方面进一步开展研究工作，确定产生量，优化处理工艺，做到放射性废物最小化。
 - (三) 未来如需开展钍材料的应用，应重新进行环境影响评价。
 - (四) 按照环评要求做好公众参与工作。

三、项目应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时

抄送：甘肃省生态环境厅，西北核与辐射安全监督站，苏州核安全中心。

生态环境部办公厅 2018年11月28日印发