

国家电投佳木斯核能供热示范项目

环境影响报告书

(选址阶段)

批准:  11/6-2020

审定: 刘振锁 11/06-2020

审核:  2020.06.11

校核:  2020.06.11

国家电力投资集团有限公司黑龙江分公司

法定代表人: 王国力

地址: 哈尔滨南岗区长江路 386 号九三大厦 10 层

邮编: 150000

国家电投佳木斯核能供热示范项目

环境影响报告书

(选址阶段)

上海核工程研究设计院有限公司 编制



国家电投佳木斯核能供热示范项目 环境影响报告书（选址阶段）

Rev.A

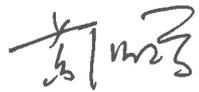
批准：

邱忠明

 2020.6.12

审定：

葛鸿辉

 2020.6.10

上海核工程研究院有限公司 编制

编制单位和编制人员情况表

项目编号	8y0hl7		
建设项目名称	国家电投佳木斯核能供热示范项目环境影响报告书(选址阶段)		
建设项目类别	50_187核动力厂(核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等);反应堆(研究堆、实验堆、临界装置等);核燃料生产、加工、贮存、后处理;放射性废物贮存、处理或处置;上述项目的退役。放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称(盖章)	国家电力投资集团有限公司黑龙江分公司		
统一社会信用代码	91230199MA18WMFN4N		
法定代表人(签章)	王国力		
主要负责人(签字)	刘振领		
直接负责的主管人员(签字)	张宝东		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	上海核工程研究设计院有限公司		
统一社会信用代码	91310104132672722W		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
邱志靛	2016035310352013310101000138	BH021034	邱志靛
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
林宇清	第四章	BH021033	林宇清
傅小城	第六、八章	BH021941	傅小城
徐一鸣	第二章	BH030958	徐一鸣

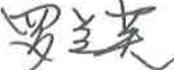
杨帆	第六、七章	BH030433	杨帆
邱志靛	第一、三、四、六、十、十一章	BH021034	邱志靛
裴娟	第二、五章	BH010699	裴娟
王炫	第七、九章	BH030957	王炫
印舒蔚	第七章	BH023751	印舒蔚
浦祥	第二、九章	BH021934	浦祥
王雪	第二、六章	BH011677	王雪

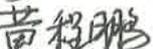
国家电投佳木斯核能供热示范项目 环境影响报告书（选址阶段）

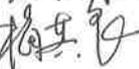
上海核工程研究设计院有限公司编制

审核：

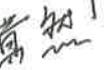
杜风雷  环境影响评价工程师信用编号 BH025127

罗兰英 

黄程鹏 

梅其良  核安全工程师注册证编号 ZSNDC40-1909

杨萍  核安全工程师注册证编号 ZSNDA191-1909

黄然  核安全工程师注册证编号 ZSNDD46-1909

宋春景 

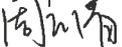
校核：

黄晓冬  核安全工程师注册证编号 ZSNDA242-2212

艾鸿涛 

朱雪强 

付亚茹  核安全工程师注册证编号 ZSNDC39-1909

周云清 

刘建文 

陈健华  核安全工程师注册证编号 ZSNDA240-2212

目 录

第一章 概述

- 1.1 建设项目名称和建设性质
- 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划
- 1.3 建设项目经费和环保设施投资
- 1.4 建设目的
 - 1.4.1 供热需求
 - 1.4.2 环境保护
 - 1.4.3 建设必要性分析
- 1.5 建设项目的进度
- 1.6 环境影响报告书编制依据
 - 1.6.1 厂址所在区域规划
 - 1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则以及专题报告
 - 1.6.3 许可文件和批准文件
 - 1.6.4 “三线一单”符合性
- 1.7 评价标准
 - 1.7.1 辐射环境影响评价标准
 - 1.7.2 非辐射环境影响评价标准
- 1.8 工程组成
- 1.9 环境保护措施
- 1.10 评价范围
 - 1.10.1 辐射环境影响评价范围
 - 1.10.2 非放射性环境影响评价范围

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 人口分布与饮食习惯
 - 2.2.1 厂址半径 5km 范围内的人口分布
 - 2.2.2 厂址半径 30km 范围内的人口分布
 - 2.2.3 居民饮食习惯
- 2.3 土地利用及资源概况
 - 2.3.1 土地和水体的利用
 - 2.3.2 陆生资源及生态概况
 - 2.3.3 水产资源及生态概况
 - 2.3.4 工业、交通及其它相关设施
- 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值
 - 2.4.7 运行前的厂址气象观测
- 2.5 工程水文
 - 2.5.1 地表水
 - 2.5.2 地下水
 - 2.5.3 洪水
- 2.6 地形地貌

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 水体环境质量现状调查与评价
 - 3.2.4 电磁环境现状调查与评价

第四章 核供热堆

- 4.1 厂区规划及平面布置
 - 4.1.1 总平面布置原则
 - 4.1.2 厂区平面布置
 - 4.1.3 排放口布置
- 4.2 反应堆
 - 4.2.1 概述
 - 4.2.2 核岛
- 4.3 用水和散热系统
 - 4.3.1 用水系统
 - 4.3.2 散热系统
- 4.4 送电、供热及供气系统
 - 4.4.1 送电系统
 - 4.4.2 供热系统
 - 4.4.3 供气系统
- 4.5 专设安全设施
 - 4.5.1 概述
 - 4.5.2 应急堆芯冷却系统 (JNG)
 - 4.5.3 安全壳空冷系统 (JMN)
 - 4.5.4 二次侧余热排出系统 (JNB)
 - 4.5.5 安全壳氢气控制系统 (JMT)
 - 4.5.6 主控制室应急可居留系统
- 4.6 放射性废物管理系统和源项

- 4.6.1 放射性源项
- 4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项
- 4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项
- 4.6.4 放射性固体废物管理系统（KPA）
- 4.6.5 乏燃料贮存系统
- 4.6.6 废物最小化
- 4.7 非放射性废物处理系统
 - 4.7.1 化学污染物
 - 4.7.2 生活废物
 - 4.7.3 其他废物
- 4.8 放射性物质厂内运输
 - 4.8.1 新燃料运输
 - 4.8.2 乏燃料的贮存及运输
 - 4.8.3 放射性固体废物的转运

第五章 施工建设过程的环境影响

- 5.1 土地利用
 - 5.1.1 工程用地概况
 - 5.1.2 施工活动对环境的影响
- 5.2 水的利用
 - 5.2.1 施工供水工程对环境的影响
 - 5.2.2 施工排水工程对环境的影响
- 5.3 施工影响控制
 - 5.3.1 大气污染的控制
 - 5.3.2 水污染的控制
 - 5.3.3 生态污染的控制
 - 5.3.4 噪声污染的控制
 - 5.3.5 固体废弃物的控制
 - 5.3.6 水土流失的控制

- 5.3.7 辐射污染的控制
- 5.3.8 施工期间的环境管理措施和监测计划

第六章 运行的环境影响

- 6.1 散热系统及取水系统的环境影响
 - 6.1.1 取水系统的环境影响
 - 6.1.2 散热系统的环境影响
- 6.2 正常运行的辐射影响
 - 6.2.1 流出物排放源项
 - 6.2.2 照射途径
 - 6.2.3 计算模式与参数
 - 6.2.4 大气弥散
 - 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度
 - 6.2.6 公众的最大个人剂量
 - 6.2.7 关键人群组、关键核素、关键照射途径
 - 6.2.8 辐射影响评价
- 6.3 其他环境影响
 - 6.3.1 化学污染物的环境影响
 - 6.3.2 其他污染物的环境影响
- 6.4 初步退役计划
 - 6.4.1 设计对退役的考虑
 - 6.4.2 退役方案

第七章 事故的环境影响和环境风险评价

- 7.1 放射性事故和后果评价
 - 7.1.1 事故描述和事故源项
 - 7.1.2 事故后果计算
 - 7.1.3 事故后果评价
- 7.2 场内运输事故

- 7.2.1 新燃料场内运输事故
- 7.2.2 乏燃料场内运输事故
- 7.2.3 固体废物场内运输事故
- 7.3 其他事故
 - 7.3.1 核供热堆环境风险评价
- 7.4 事故应急
 - 7.4.1 核事故应急对策
 - 7.4.2 应急计划区划分考虑
 - 7.4.3 实施应急计划的可行性

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 其他监测
 - 8.2.1 热影响监测
 - 8.2.2 化学污染物监测
- 8.3 监测设施
 - 8.3.1 流出物实验室
 - 8.3.2 环境监测系统
- 8.4 质量保证
 - 8.4.1 质量控制
 - 8.4.2 质量管理

第九章 厂址筛选

- 9.1 选址过程
- 9.2 候选厂址评价与比较
 - 9.2.1 人口分布

- 9.2.2 工业
- 9.2.3 交通
- 9.2.4 功能区划及“三线一单”
- 9.2.5 文物保护单位、风景游览区和自然保护区
- 9.2.6 潜在的外部人为事件
- 9.2.7 大气弥散条件
- 9.2.8 水弥散条件
- 9.2.9 实施应急计划的可行性
- 9.2.10 总平面布置条件
- 9.2.11 工程水文
- 9.2.12 地质地震
- 9.2.13 选址事故的辐射影响
- 9.3 推荐厂址评价

第十章 利益代价分析

- 10.1 利益分析
 - 10.1.1 运行带来的直接利益
 - 10.1.2 建设和运行带来的间接利益
- 10.2 代价分析
 - 10.2.1 直接代价
 - 10.2.2 间接代价

第十一章 结论

- 11.1 建设项目
- 11.2 环境保护设施
- 11.3 放射性排放
- 11.4 辐射环境影响评价结论
- 11.5 非辐射环境影响评价结论
 - 11.5.1 散热系统对环境的影响

11.5.2 非放射性污染物对环境的影响

11.6 承诺

表 目 录

第一章 概述

表 1.7-1 国家电投佳木斯核能供热示范项目 1、2 号核供热堆正常运行工况下的排放量

第二章 厂址与环境

表 2.2-1 厂址半径 5km 范围内居民点或自然村人口分布（2017 年底）

表 2.2-2 厂址半径 5km 范围内中小学校分布情况

表 2.2-3 厂址距离最近的医院情况

表 2.2-4 厂址半径 5km 范围内养老院分布情况

表 2.2-5 厂址半径 5~10km 范围内千人以上村、镇人口分布（2017 年底）

表 2.2-6 厂址半径 30km 范围内人口分布（2017 年底）

表 2.2-7 厂址半径 30km 范围内万人以上城镇分布（2017 年底）

表 2.2-8 厂址所在省市现状及预期人口自然增长率

表 2.2-9 厂址半径 30km 范围内预期人口分布（2024 年）

表 2.2-10 厂址所在省市人口年龄构成表

表 2.2-11 厂址半径 30km 范围内人口分布（0~6 岁）（2017 年底）

表 2.2-12 厂址半径 30km 范围内人口分布（7~17 岁）（2017 年底）

表 2.2-13 厂址半径 30km 范围内人口分布（≥18 岁）（2017 年底）

表 2.2-14 佳木斯市城镇和农村居民成人食物消费量

表 2.2-15 四马架镇居民食物消费量

表 2.2-16 厂址附近青少年、儿童食物消费量

表 2.3-1 厂址 5km 范围内各方位最近的农业畜牧区域

表 2.3-2 松花江佳木斯段水功能区划

表 2.3-3 厂址半径 5km 范围农业种植生产情况（2017 年底）

表 2.3-4 厂址半径 5km 范围畜牧业生产情况（2017 年底）

表 2.3-5 厂址半径 5km 范围内陆域交通情况

- 表 2.3-6 厂址最近的规模以上工业企业情况
- 表 2.3-7 厂址半径 10km 范围内固定危险源分布情况
- 表 2.3-8 厂址半径 5km 范围移动危险源情况
- 表 2.4-1 厂址周边 80km 范围内国家气象站一览表
- 表 2.4-2 厂址划定区域热带气旋中心最低气压统计表
- 表 2.4-3 佳木斯站大气稳定度平均频率和混合层高度
- 表 2.4-4 佳木斯站三维联合频率
- 表 2.5-1 佳木斯站年径流设计成果表
- 表 2.5-2 佳木斯站年最小流量设计成果表
- 表 2.5-3 可供水量计算表
- 表 2.5-4 佳木斯水文站逐月平均水位表
- 表 2.5-5 2017 年松花江佳木斯港务局断面水质评价表
- 表 2.5-6 2017 年松花江宏力村断面水质评价表
- 表 2.5-7 厂址可能最大面暴雨值

第三章 环境质量现状

- 表 3.1-1 辐射环境本底调查项目实际情况
- 表 3.1-2 γ 辐射剂量率/累积剂量监测点位信息
- 表 3.1-3 气溶胶采样点信息
- 表 3.1-4 水体采样点信息
- 表 3.1-5 土壤采样点信息
- 表 3.1-6 辐射环境本底调查采用的仪器、测量方法及参考探测下限
- 表 3.1-7 辐射环境本底调查采用的仪器设备
- 表 3.1-8 辐射环境本底调查采用的标准物质
- 表 3.1-9 《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间佳木斯地区原野、道路、室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率
- 表 3.1-10 《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间佳木斯地区土壤中天然放射性核素含量
- 表 3.1-11 《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间黑龙江省主要河

流、湖泊中天然放射性核素浓度水平

表 3.1-12 厂址半径 15km 范围内非密封放射性物质使用场所情况

表 3.1-13 γ 辐射剂量率测量结果

表 3.1-14 γ 辐射累积剂量测量结果

表 3.1-15 气溶胶的放射性水平

表 3.1-16 地表水的放射性水平

表 3.1-17 地表水沉积物的放射性水平

表 3.1-18 地下水的放射性水平

表 3.1-19 饮用水和中水的放射性水平

表 3.1-20 土壤的放射性水平

表 3.1-21 辐射环境本底调查平行样采集情况

表 3.1-22 辐射环境本底调查环境介质平行样测量结果

表 3.1-23 辐射环境本底调查 γ 辐射剂量率现场比对抽样测量结果

表 3.1-24 辐射环境本底调查 γ 辐射累积剂量现场比对抽样测量结果

表 3.2-1 空气质量监测方法和仪器

表 3.2-2 环境空气质量监测结果

表 3.2-3 大气环境监测项目设备一览表

表 3.2-4 标准滤膜和空白滤膜质控

表 3.2-5 二氧化硫、二氧化氮、臭氧现场空白和实验室空白质控

表 3.2-6 厂址半径 200m 范围声环境质量现状监测点位

表 3.2-7 声环境监测气象条件及工况

表 3.2-8 厂址厂界周围环境噪声检测结果

表 3.2-9 厂址声环境质量现状 24h 连续监测结果

表 3.2-10 噪声测量仪器信息

表 3.2-11 水样采样点位信息

表 3.2-12 水质量监测方法和仪器

表 3.2-13 厂址所在区域地表水水质监测结果

表 3.2-14 水环境监测项目设备一览表

表 3.2-15 水质分析准确度及精确度质控

- 表 3.2-16 厂址电磁环境质量现状监测点位信息
- 表 3.2-17 厂址电磁环境质量现状监测所采用的仪器、测量方法
- 表 3.2-18 电磁环境监测结果
- 表 3.2-19 电磁环境监测仪器设备
- 表 3.2-20 电磁环境现场比对抽样测量结果

第四章 核供热堆

- 表 4.1-1 厂区建、构筑物子项一览表
- 表 4.2-1 一体化供热堆主要设计参数
- 表 4.6-1 堆芯放射性总量计算所需参数
- 表 4.6-2 平衡循环堆芯放射性积存量
- 表 4.6-3 计算设计基准一回路裂变产物活度浓度所需参数
- 表 4.6-4 设计基准反应堆冷却剂中核素的活度浓度
- 表 4.6-5 设计排放源项计算所需的反应堆冷却剂源项
- 表 4.6-6 反应堆冷却剂中腐蚀产物活度浓度计算所需参数
- 表 4.6-7 主回路氙产生量计算所需主要参数
- 表 4.6-8 平衡循环主回路中氙的年产生量
- 表 4.6-9 主回路中 ^{14}C 的年产生量
- 表 4.6-10 放射性液体废物处理系统（KPF）废液输入和处理方式
- 表 4.6-11 放射性液体废物处理系统（KPF）去污因子
- 表 4.6-12 放射性液体废物处理系统（KPF）的主要设备
- 表 4.6-13 气载流出物排放量计算所需输入参数
- 表 4.6-14 载带蒸发废液中核素的活度浓度（除氙和 ^{14}C ）
- 表 4.6-15 单台核供热堆气载流出物设计排放量
- 表 4.6-16 单台核供热堆气载流出物年设计排放量与控制值的比较
- 表 4.6-17 放射性气体废物处理系统主要参数
- 表 4.6-18 放射性气体废物处理系统（KPL）设备参数
- 表 4.6-19 单台核供热堆预期固体废物量
- 表 4.6-20 放射性固体废物处理系统（KPA）的主要设备

第五章 施工建设过程的环境影响

表 5.3-1 施工期环境监测计划

第六章 运行的环境影响

表 6.1-1 设备冷却水冷却装置噪声影响估算

表 6.2-1 厂址半径 30km 范围内年均大气弥散因子 核素： ^{85}Kr

表 6.2-2 厂址半径 30km 范围内年均大气弥散因子 核素： ^{133}Xe

表 6.2-3 厂址半径 30km 范围内年均大气弥散因子 核素： ^{131}I

表 6.2-4 厂址半径 30km 范围内年均大气弥散因子 核素： ^{137}Cs

表 6.2-5 厂址半径 30km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致） 元素碘

表 6.2-6 厂址半径 30km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致） 粒子态核素

表 6.2-7 厂址半径 30km 范围内空气中主要核素年均放射性活度浓度 核素： ^{85}Kr

表 6.2-8 厂址半径 30km 范围内空气中主要核素年均放射性活度浓度 核素： ^{133}Xe

表 6.2-9 厂址半径 30km 范围内空气中主要核素年均放射性活度浓度 核素： ^{131}I

表 6.2-10 厂址半径 30km 范围内空气中主要核素年均放射性活度浓度 核素： ^{137}Cs

表 6.2-11 用于计算气体辐射剂量的有关参数

表 6.2-12 本项目所致最大个人有效剂量汇总

表 6.2-13 本项目经气态照射途径所致附近居民（儿童）最大个人有效剂量

表 6.2-14 本项目经气态照射途径所致附近居民（青少年）最大个人有效剂量

表 6.2-15 本项目经气态照射途径所致附近居民（成人）最大个人有效剂量

第七章 事故的环境影响和环境风险评价

表 7.1-1 选址事故堆芯间隙释放持续时间及释放份额

表 7.1-2 供热堆堆芯积存量

表 7.1-3 选址事故源项分析所需输入参数

表 7.1-4 选址事故放射性释放量

表 7.1-5 厂址边界短期大气弥散因子及对应距离

表 7.1-6 厂址规划限制区短期大气弥散因子及对应距离

表 7.1-7 厂址选址事故剂量计算结果

第八章 流出物监测和环境监测

(无表)

第九章 厂址筛选

表 9.3-1 候选厂址比较

第十章 利益代价分析

表 10.2-1 建设投资估算表

表 10.2-2 主要环境保护设施及相关投资表

第十一章 结论

(无表)

图 目 录

第一章 概述

图 1.6-1 黑龙江省主体功能区划图

图 1.6-2 厂址所在区域生态红线分布图

第二章 厂址与环境

图 2.1-1 国家电投佳木斯核能供热示范项目所在黑龙江省地理位置图

图 2.1-2 国家电投佳木斯核能供热示范项目所在佳木斯市辖区地理位置示意图

图 2.1-3 厂址总平面布置图

图 2.2-1 厂址半径 30km 范围示意图

图 2.2-2 厂址半径 5km 范围内居民点或自然村分布图

图 2.2-3 厂址半径 5km 范围内学校、养老院分布情况

图 2.2-4 厂址半径 5~10km 范围内千人以上居民点分布

图 2.2-5 厂址半径 30km 范围内各子区人口分布图（2017 年底）

图 2.2-6 厂址半径 30km 范围内万人以上城、镇人口分布

图 2.3-1 厂址所在桦川县四马架镇土地利用规划图

图 2.3-2 厂址附近区域地表水系分布图

图 2.3-3 佳木斯市江北水厂、西郊水厂水源地保护区范围示意图

图 2.3-4 厂址半径 5km 范围内陆域交通情况示意图

图 2.3-5 厂址附近扩建乡道示意图

图 2.3-6 牡佳高铁规划示意图

图 2.4-1 热带气旋调查范围图

图 2.4-2 龙卷风调查范围图

图 2.4-3 全年及各月风频玫瑰图

第三章 环境质量现状

图 3.1-1 γ 辐射剂量率/累积剂量监测点位示意图

- 图 3.1-2 γ 辐射剂量率/累积剂量监测点位示意图
- 图 3.1-3 气溶胶采样点位示意图
- 图 3.1-4 水体采样点位示意图
- 图 3.1-5 土壤采样点位示意图
- 图 3.1-6 γ 辐射剂量率测量数据比较图
- 图 3.1-7 γ 辐射累积剂量测量数据比较图
- 图 3.1-8 连续 γ 剂量率监测及降雨雨量日均变化数据图
- 图 3.2-1 环境空气质量监测点位图
- 图 3.2-2 厂址厂界及周边 200m 噪声监测布点图
- 图 3.2-3 厂址所在区域地表水采样布点图
- 图 3.2-4 电磁环境监测点位示意图

第四章 核供热堆

- 图 4.1-1 核能供热站总体规划图
- 图 4.1-2 核能供热站总平面布置图
- 图 4.1-3 核能供热站排放口平面位置分布图
- 图 4.2-1 燃料组件简图
- 图 4.2-2 反应堆冷却剂系统流程简图
- 图 4.2-3 中间隔离回路系统流程简图
- 图 4.2-4 化学和余排控制系统流程简图
- 图 4.2-5 乏燃料池冷却系统流程简图
- 图 4.2-6 设备冷却水系统流程简图
- 图 4.2-7 正常余热排出系统流程简图
- 图 4.5-1 应急堆芯冷却系统流程简图
- 图 4.5-2 空气流道简图
- 图 4.5-3 二次侧余热排出系统流程简图
- 图 4.5-4 主控制室应急可居留性系统流程简图
- 图 4.6-1 放射性液体废物处理系统（KPF）流程简图
- 图 4.6-2 液态流出物载带蒸发系统（KSZ）流程简图

图 4.6-3 放射性气体废物处理系统（KPL）流程简图

图 4.6-4 放射性固体废物处理系统（KPA）流程简图

第五章 施工建设过程的环境影响

（无图）

第六章 运行的环境影响

图 6.2-1 正常运行气态放射性流出物对人体的照射途径

第七章 事故的环境影响和环境风险评价

（无图）

第八章 流出物监测和环境监测

（无图）

第九章 厂址筛选

（无图）

第十章 利益代价分析

（无图）

第十一章 结论

（无图）

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

本项目工程名称为“国家电投佳木斯核能供热示范项目”。

国家电力投资集团下属的国家电力投资集团有限公司黑龙江分公司(以下简称“国家电投黑龙江分公司”)为本项目的业主单位,承担项目业主责任,负责工程建设和运行管理。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

国家电投佳木斯核能供热示范项目位于黑龙江佳木斯市桦川县四马架镇的红星厂址,厂址规划容量按 $4\times 200\text{MWt}$ 一体化核供热堆考虑,一次规划布置,分期实施。本项目一期工程建设 $2\times 200\text{MWt}$ 一体化核供热堆,为1、2号机组。

国家电投佳木斯核能供热示范项目在厂区布置、场地建设和取水设施等方面兼顾4台核供热堆容量进行规划,其中厂址征地和场平工作计划按规划容量一次完成。4台核供热堆以厂区北端为固定端,自北向南、依次布置并建设。厂址厂区内按照“一址多堆”的核设施基地规划,进行群堆管理,对厂址厂区内所有核供热堆与环境保护相关的设施统筹安排,包括:

- 设立统一的规划限制区边界。
- 厂址厂区总平面规划中功能分区明确,统一合理规划放射性区域和非放射性区域和设施,包括废物暂存区域和设施。
- 针对厂址厂区内所有核供热堆实施统一的流出物排放管理、设置统一的环境监测中心和应急指挥中心等。

国家电投佳木斯核能供热示范项目所在厂址西侧规划布置生物质能电厂。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

本项目总投资为388605万元(不含管网联网工程费用),其中环保投资39874万元,占项目总投资费用的10.26%。

1.4 建设目的

1.4.1 供热需求

1) 佳木斯市主城区采暖期煤炭供应紧张，供热保障性不足

截止 2018 年底，佳木斯市区现有供热面积 3665 万 m^2 ，热电联产集中供热面积 2917 万 m^2 ，燃煤锅炉供热面积 225.77 万 m^2 ，形成了以热电联产集中供热为主，区域锅炉房、水源热泵、燃气等分散供热为辅助的供热格局，总体来说居民采暖能源消耗仍以燃煤为主。

近年来，煤炭资源在过度使用中逐步走向匮乏，价格连年上涨，供应形势日趋紧张。黑龙江省为优化矿井结构，淘汰落后产能，有效遏制煤矿安全生产事故的发生，自 2018 年以来全面实施煤炭行业淘汰落后产能专项整治工作，统计显示，截至 2018 年底，黑龙江省已关闭矿井 209 处，退出产能 1279 万吨，到 2020 年底，黑龙江省将通过淘汰关闭一批、引导退出一批、改造升级一批，实现全省煤矿数量大幅度减少，矿井结构明显优化，大中型矿井产能占 60% 以上。根据《国家能源局公布全国煤矿生产能力情况》（国家能源局公告 2019 年第 2 号），佳木斯市截至 2018 年 12 月底，无建设煤矿，生产煤矿中桦南林业局红光二煤矿、桦南县埠山煤矿有限责任公司和桦南县大石头河子煤矿有限公司均未生产，佳木斯市煤炭供应严重依赖外购，受煤炭生产供应企业产能影响较大。

以佳木斯市华电、中恒、佳能三家主要热电联产供热企业为例，三家每个供热期需耗煤约 160 万吨，需求量巨大，而受企业资金不足、煤炭行业化解过剩产能相关政策要求、买方市场难以控制等条件限制，供热企业储煤率往往很难达到要求，同时外购煤炭受市场供应影响煤质和价格波动大，高价煤炭严重影响企业成本，经济性差。虽然市政府和相关部门通过多渠道帮助协调，但总体来说成效不大，问题难以根本解决，严重影响供热稳定。目前煤炭资源紧缺问题还在不断加剧。

2) 佳木斯市主城区热源规模较小，不利于供热管理和长远发展

佳木斯主城区热源大多是规模小、经营主体小，城市负担比较重。主城区现有自备电厂 4 座，其中 2 处主力热源——华电能源股份有限公司佳木斯热电厂、是佳木斯中恒热电有限公司中恒热电厂——承担负荷目前已经接近满负荷运行。华电能源股份有限公司佳木斯热电厂装机容量为 $1 \times C250MW + 1 \times N300MW$ 热电联产机组，为大型抽凝式热电机组和兼顾供热的纯凝发电机组，实际供热面积 1428 万 m^2 ，上述机组供热期间存在系统调峰压力大、系统可再生能源消纳能力差等问题；二是佳木斯中恒热电有限公司中恒热电厂，装机容量为

1×B50MW+1×B25MW 背压汽轮发电机组，实际供热面积 1105 万 m²，其中仅一台机组容量达到 50MW。佳木斯主城区其它热电联产机组及区域锅炉房均规模较小，经营主体小，不利于供热管理和长远发展。

根据《城镇供热管网设计规范》（CJJ34-2010），由于佳木斯市冬季采暖室外计算温度<-20℃，事故工况下的最低供热量保证率要求为 65%，佳木斯市尚未实现热网互通、热源互备，居民供热存在安全隐患，且无法满足城市发展需求。

1.4.2 环境保护

1) “打赢蓝天保卫战”及“北方地区冬季清洁取暖”政策要求

为全面落实国务院《关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》，2018 年 11 月 17 日，黑龙江省人民政府印发《黑龙江省人民政府关于印发黑龙江省打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（黑政规[2018]19 号），围绕“四个结构调整”和有效应对重污染天气设定 35 项重点任务，其中“加快调整能源结构，构建清洁高效能源体系”中涉及严格控制煤炭消费总量、加快散煤管控、稳步推进清洁取暖、开展燃煤锅炉综合整治、提高能源利用效率和加快清洁能源发展 6 方面内容，提出加快提高清洁供暖比重，开展地级及以上城市建成区每小时 10 蒸吨及以下燃煤锅炉“清零”行动。佳木斯市居民供热及工业用汽存在较多分散燃煤小锅炉供热，佳木斯市主城区存在约 59 座居民、公建采暖用燃煤小锅炉以及 13 家主要工业热用单位，其中 2 家企业为企业自备电站供汽，其余 11 家均为自备锅炉房供汽，锅炉合计 17 台，总容量 94t/h，单台最大锅炉容量 10t/h，最小锅炉容量 2t/h，平均容量为 5.53t/h。分散燃煤锅炉“清零”后迫切需要统筹规划，建设替代热源保障供热。

2017 年 12 月 5 日，国家发展改革委、能源局、财政部、原环境保护部、住房城乡建设部、国资委等十部委共同制定发布了《北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021 年）》，提出“城市城区清洁取暖率 2019 年达到 60%以上、2021 年达到 80%以上”的任务目标，佳木斯市主城区仅华电能源股份有限公司佳木斯热电厂机组实现超低排放，清洁取暖率不足 50%。由于没有相关政策支持，同时受改造成本影响，其它热电联产热源及区域锅炉房短时间内难以实现超低排放，完成清洁取暖任务目标难度任务艰巨。

2) 部分机组的环保减排要求及超期服役现象

《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》（环发[2015]164号）提出“到2020年，全国所有具备改造条件的燃煤电厂力争实现超低排放（即在基准氧含量6%条件下，烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于10、35、50mg/m³）。”佳木斯市主城区热源仅华电能源股份有限公司佳木斯热电厂已实施超低排放改造，满足超低排放要求。由于热源厂址绝大多数位于市区，规划之初预留建设场地裕量较小，烟囱区域不具备布置脱硫、脱硝设备条件，同时环保设施的投入对企业生产经营影响较大，严重影响供热成本。

《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》（环发[2015]164号）提出“优先淘汰改造后仍不符合能效、环保等标准的30万千瓦以下机组，特别是运行满20年的纯凝机组和运行满25年的抽凝热电机组。”《关于推进供给侧结构性改革防范化解煤电产能过剩风险的意见》（发改能源〔2017〕1404号）提出主要任务为“从严淘汰落后产能。严格执行环保、能耗、安全、技术等法律法规标准和产业政策要求，依法依规淘汰关停不符合要求的30万千瓦以下煤电机组（含燃煤自备机组）。”佳木斯市部分供热设施建设年代久远，存在超期服役现象，如佳木斯佳能热电有限公司佳能热电厂2×C6-35/5抽凝式汽轮机投产于1987年，威立雅近江锅炉房4×29MW热水锅炉投产于1984年，运行年限均已超过30年。上述机组由于设备老旧等原因存在出力不足问题，同时存在供热保障性差等安全隐患。

1.4.3 建设必要性分析

按照国家关于发展清洁取暖的工作要求，佳木斯市一直在研究探讨引入新能源替代传统能源供热技术。本项目规划建设4×200MWt核能供热机组作为一种新的适合大面积推广的能源供热方式，可实现对现有热源的逐步替代，保障供热安全。本项目在发展新负荷的同时可逐步整合市区各供热企业，发挥新技术成本优势，解决佳木斯市供热结构不合理、清洁取暖率低、煤电供热保证率差、供热机组超期服役等诸多问题，形成核供热和热电联厂供热共同发展的供热格局，同时达到实现清洁供热、“打赢蓝天保卫战”和“北方地区冬季清洁取暖”的目标，切实提高佳木斯市人民环境居住和日常生活水平。

1.5 建设项目的进度

本项目一期工程建设 2×200MWt 一体化核供热堆。单台核供热堆的建造周期 36 个月（从浇灌第一罐混凝土到商业运行）。

本项目 1、2 号核供热堆预计于 2021 年 05 月 30 日同时开工建设（浇灌第一罐混凝土，FCD），预计于 2024 年 05 月 30 日同时投产。上述开工时间最终以国家批准的开工建设时间为准。

核供热堆的设计寿期为 60 年。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 厂址所在区域规划

1) 区域发展规划

厂址半径 5km 范围内无万人以上城镇发展规划及工业发展规划。

厂址半径 10km 范围内无十万人以上城镇发展规划，涉及 1 个开发区发展规划，即佳木斯高新技术产业开发区规划。根据佳木斯《高新技术产业开发区总体规划（2015-2030）》，开发区总面积约 50km²，其产业体系主题定位为：以机械生产、新能源、新材料和生物科技为主，大力发展循环经济，同时加强四大产业提档升级：改造提升装备制造业、绿色食品与农副产品加工业、能源造纸、生物医药、化工建材、秸秆与林木产品精加工业，以及依托区位优势和周边资源，努力培育和发展其他新兴产业。高新技术开发区空间结构布局总体上为“一心、四片区、一网络”。“一心”位于园区中北部松江乡政府地带的综合服务核心区。

“四片区”分别为中心片区、南部片区、东部片区和桦西片区。中心片区产业定位以农机和煤矿机械装备制造、新型建材等，南部片区产业定位为粮食加工和食品产业基地，东部片区产业定位为生物制造与新材料应用产业，桦西片区产业定位为建材、化工、秸秆综合利用、环保产业等循环经济产业基地。

厂址半径 50km 范围内有 1 个百万人以上大城市发展规划，为佳木斯市发展规划。根据《佳木斯国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，2020 年佳木斯市市域规划总人口 227 万人。根据《佳木斯市城市总体规划(2011-2020 年)》，提出“改造旧区、开发新区、沿江发展、两岸繁荣”的城市总体发展战略，规划将调整城市产业空间布局，疏散中心城区部分工业企业，破解老城区工业围城问题，改善城市环境，完善城市功能，佳木斯中心城区发展方向以向西发展为主，向东与向南发展为辅，佳木斯市城市总体规划向东建设佳木斯高新技术产业开发

区，承接中心城区产业转移，并培育壮大绿色食品加工、机械装备制造、秸秆造纸等循环经济产业体系。向南则大力发展文化旅游、养老服务、商贸市场等。大气环境治理措施为调整能源结构，全面推广天然气等清洁能源，取缔燃煤小锅炉，采取集中供热。

综上，厂址半径 5km 范围内无万人以上城镇发展规划及工业发展规划，半径 10km 范围内无十万人以上城镇发展规划，厂址位于佳木斯市东南侧，与《佳木斯市城市总体规划（2011-2020 年）》发展规划相容，能够满足本项目的选址要求。

2) 环保相关区划、规划

(1) 主体功能区划

本项目位于黑龙江佳木斯市桦川县四马架镇的红星厂址。

厂址地区属于三江平原农业与湿地生态区，三江平原东北部湿地与农业生态亚区，松花江下游南部农、牧业与湿地保护生态功能区。主要建设以优质粳稻为主的水稻产业带，以籽粒与青贮兼用玉米为主的专用玉米产业带，以高油高蛋白大豆为主的大豆产业带，以肉牛、奶牛、生猪为主的畜牧产品产业带以及马铃薯产业带。

根据《黑龙江省主体功能区规划》，红星厂址所在佳木斯市桦川县（除悦来镇）主体功能区划为国家级限制开发区域（农产品产区），功能定位为以提供农产品为主体功能，保障农产品供给安全的重要区域，重要的商品粮生产基地、绿色食品生产基地、畜牧业生产基地和农产品深加工区、农业综合开发试验区、社会主义新农村建设的示范区。厂址不在《黑龙江省主体功能区规划》所列国家级禁止开发区以及国家级限制开发区域（重点生态功能区）范围内。参见图 1.6-1。

(2) 环境功能区划

厂址所在区域的环境功能区划如下：

大气环境：佳木斯市中心城区为二类环境空气功能区，总体空气质量达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012，2018 修订）二级标准。

地表水环境：对于佳木斯市松花江段，中心城区松花江二桥以西段以农业用水为主；松花江二桥港务局段以开发旅游观光为主；港务局以东为松花江工业用水区、污水厂排污控制区；三个区段均执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）4 类水质标准。佳木斯市城市内河和四丰山水库执行《地表水环境质量标准》

(GB3838-2002) 4 类水质标准。

声环境：执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。

1.6.2 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

本项目遵循的主要法规、条例如下：

- 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日)
- 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日修订)
- 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日)
- 《中华人民共和国核安全法》(2018 年 1 月 1 日)
- 《中华人民共和国大气污染防治法》(2018 年 10 月 26 日修订)
- 《中华人民共和国水污染防治法》(2017 年 6 月 27 日修订)
- 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(2018 年 12 月 29 日修订)
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2015 年 4 月 24 日修订)
- 《中华人民共和国水法》(2002 年 10 月 01 日)
- 《中华人民共和国水土保持法》(2011 年 3 月 1 日)
- 《中华人民共和国土地管理法》(2004 年 8 月 28 日)
- 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017 年 7 月 16 日修订)
- 《基本农田保护条例》(国务院令第 588 号, 2011 年 01 月 08 日)
- 《放射性物品运输安全管理条例》(国务院令 562 号, 2010 年 01 月 01 日)
- 《放射性废物安全管理条例》(国务院令第 612 号, 2012 年 03 月 01 日)
- 《中华人民共和国核材料管制条例》(HAF501, 1987)
- 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(原环境保护部第 44 号令)
- 《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》(生态环境部 1 号令)
- 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》(原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年 65 号)

- 《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)
- 《小型压水堆核动力厂安全审评原则(试行)》(国核安发[2016]1号)
- 《陆上小型压水堆核应急工作指导意见(试行)》(国核应急[2017]29号)
- 《放射性废物安全监督管理规定》(HAF401, 1997)
- 《黑龙江省环境保护条例》(1994)
- 《黑龙江省工业污染防治条例》(1996)
- 《黑龙江省大气污染防治条例》(2017)
- 《黑龙江省松花江流域水污染防治条例》(2008)
- 《黑龙江省建设项目环境保护管理办法》(1991)

本项目参考的主要法规、条例如下：

- 《核电厂核事故应急管理条例》(HAF002, 1993)
- 《核电厂厂址选择安全规定》(HAF101, 1991)
- 《核动力厂设计安全规定》(HAF102, 2016)
- 《小型核动力厂非居住区和规划限制区划分原则与要求》(征求意见稿)

2) 技术标准和导则

本项目遵循的主要法规、条例如下：

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
- 《环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)
- 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)
- 《核设施流出物监测的一般规定》(GB11217-1989)
- 《环境核辐射监测规定》(GB12379-1990)
- 《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》(GB11216-1989)
- 《环境监测质量管理技术导则》(HJ630-2011)
- 《排污单位自行监测技术指南 总则》(HJ819-2017)
- 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)

- 《环境空气质量标准》（GB3095-2012，2018 年第 29 号修改单）
- 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）
- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）
- 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）
- 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）
- 《城镇污水处理厂综合排放标准》（GB18918-2002，2006 年修订）
- 《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）
- 《黑龙江省地表水功能区标准》（DB23/T740-2003）
- 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）
- 《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）
- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）
- 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）
- 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001，原环境保护部公告 2013 年第 36 号修改单）
- 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18957-2001，原环境保护部公告 2013 年第 36 号修改单）
- 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）
- 《辐射环境保护管理导则—电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T10.3-1996）
- 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014）
- 《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》（HJ169-2018）

本项目参考的主要法规、条例如下：

- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）
- 《核电厂应急计划与准备准则—应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）
- 《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）
- 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05）
- 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）
- 《滨河核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/08）
- 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）
- 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）
- 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01）
- 《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）
- 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》（HJ969-2018）

3) 专题报告

建设单位非常重视环境保护工作，在本项目前期普选、初步可行性研究及可行性研究工作开展过程中开展了相关专题研究，本报告主要依据以下专题成果编制：

- 苏州热工研究院有限公司，《国家电投佳木斯核能供热示范项目初可研阶段厂址环境资料调查报告》，2019年04月
- 北京中气京诚环境科技有限公司，《国家电投佳木斯核能供热示范项目初步可行性研究阶段气象资料调查专题报告》，2019年04月
- 长江水利委员会水文局，《国家电投佳木斯核能供热示范项目工程水文专题报告》，2019年04月
- 山东电力工程咨询院有限公司，《国家电投佳木斯核能供热示范项目初步可行性研究阶段岩土工程勘察报告书》，2019年04月
- 中国地震局地质研究所，《国家电投佳木斯核能供热示范项目初步可行性研究阶段地震地质专题》，2019年04月
- 上海核工程研究设计院有限公司，《核能供热示范工程应急简化初步研究报告》，2020年5月
- 生态环境部核与辐射安全中心，《国家电投佳木斯核能供热示范项目可行性研究阶段辐射环境本底调查总报告》，2020年5月

- 苏州热工研究院有限公司，《国家电投佳木斯核能供热示范项目可行性研究阶段厂址非放射性环境现状调查报告》，2020年5月

1.6.3 许可文件和批准文件

- 佳木斯市发展和改革委员会，《关于同意国家电投黑龙江分公司开展核能供热堆示范项目前期工作的函》，佳发改函[2018]46号
 - 上海核工程研究设计院有限公司，《上海核工院关于国家电投佳木斯核能供热堆示范项目厂址普选报告的评审意见》，国核沪院函[2018]36号
 - 中国国际工程咨询有限公司，《中国国际工程咨询有限公司关于国家电投佳木斯核能供热示范项目初步可行性研究报告的审查意见》（咨核电[2019]1936号）
 - 佳木斯市自然资源与规划局，《关于国家电投佳木斯核能示范项目选址及建设用地意见的函》，佳自函[2019]17号
 - 桦川县自然资源局，《关于支持国家电投佳木斯核能供热示范项目建设选址用地的意见》
 - 佳木斯市供热燃气管理办公室，《关于同意国家电投佳木斯核能供热示范项目接入城市热网的批复》，佳热燃发[2019]11号
 - 佳木斯市自然资源与规划局，《关于佳木斯核能供热示范项目选址用地是否压覆矿产资源情况的回复意见》
 - 佳木斯市文化广电和旅游局，《关于国家电投佳木斯核能供热示范项目不可移动文物情况的说明》
 - 佳木斯机场建设工作指挥部办公室，《关于国家电投佳木斯核能供热示范项目涉及民航情况的复函》，佳机场办发[2019]12号
 - 佳木斯市生态环境局，《佳木斯市生态环境局关于同意国家电投佳木斯核能供热示范项目开展环境影响研究工作的函》，佳环函[2019]22号
- 其余许可文件和批准文件（如规划限制区意向性文件等）由建设单位另行提供。

1.6.4 “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。

根据《佳木斯市生态保护红线划定方案》(佳政函[2018]64号)文件附件描述,佳木斯市域范围水源涵养功能极重要区面积1052.31km²,占全市面积的3.24%;水土保持功能极重要区面积165.3km²,占全市面积的0.51%;生物多样性维护功能极重要区面积2111.68km²,占全市面积的6.5%;水土流失极敏感区面积2725.59km²,占全市面积的8.39%;土地沙化极敏感区面积191.69km²,占全市面积的0.59%。全市生态功能极重要区面积3329.29km²,生态极敏感区面积2917.28km²,二者叠加(扣除重叠面积)总面积5231.39km²,科学评估结果占全市国土面积的19.23%。各类保护地总面积为5939.88km²,科学评估与各类保护地叠加(扣除重叠面积)总面积8893.06km²,占全市国土面积的27.36%。佳木斯市生态保护红线分布见图1.6-2。厂址所在位置不涉及生态保护红线区域。

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(参见第五章)也表明其不会对当地环境质量产生影响。

根据《产业结构调整指导目录》(2019年)中“六、核能”的“2 先进核反应堆及多用途模块化小型堆建造与技术开发”,本项目属于鼓励类项目,此外厂址不在黑龙江省重点生态功能区范围内,因此不在《黑龙江省重点生态功能区产业准入负面清单(试行版)》(黑发改规[2017]4号)范围内。因此预计本项目可以满足黑龙江省“三线一单”管理要求。

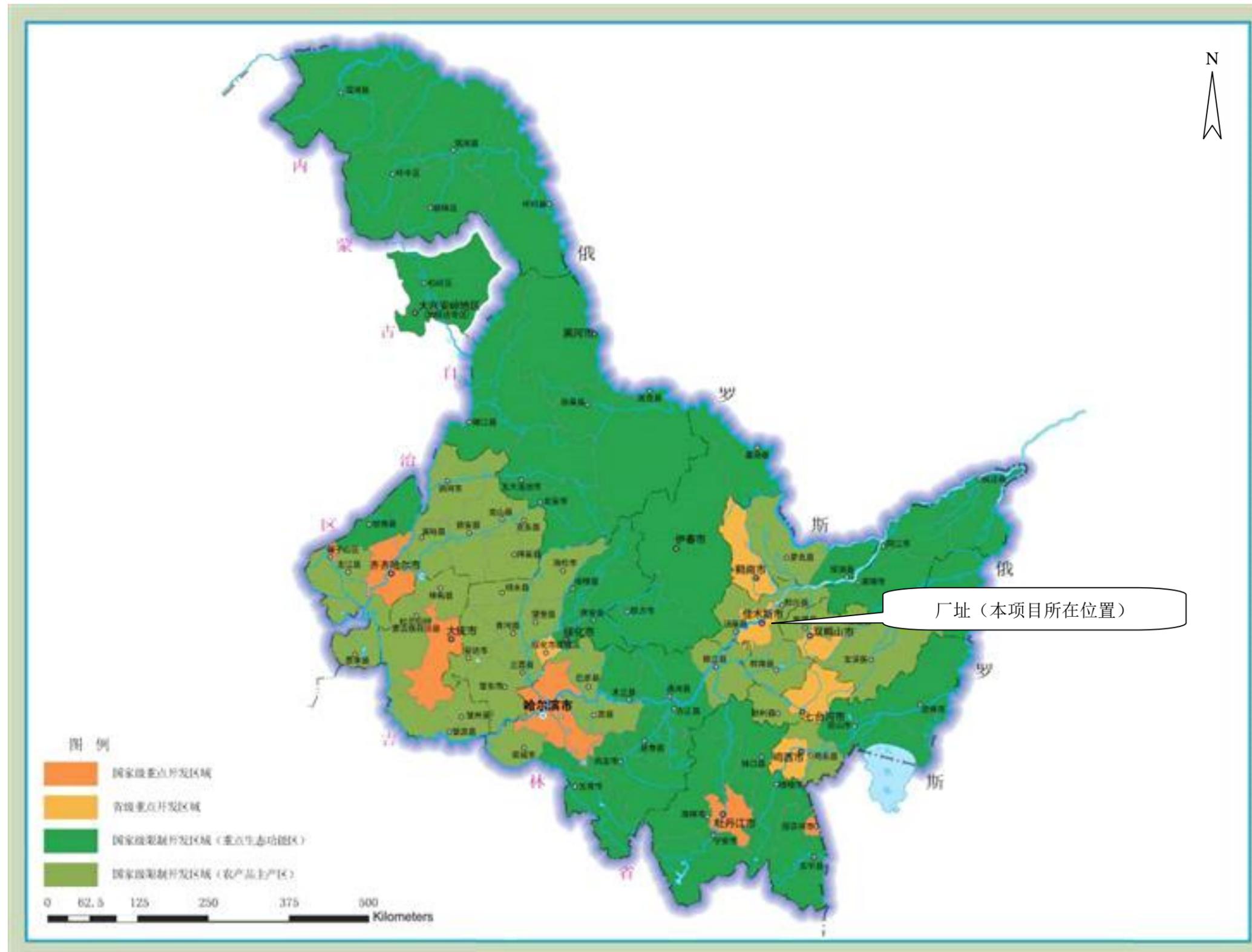


图 1.6-1 黑龙江省主体功能区划图

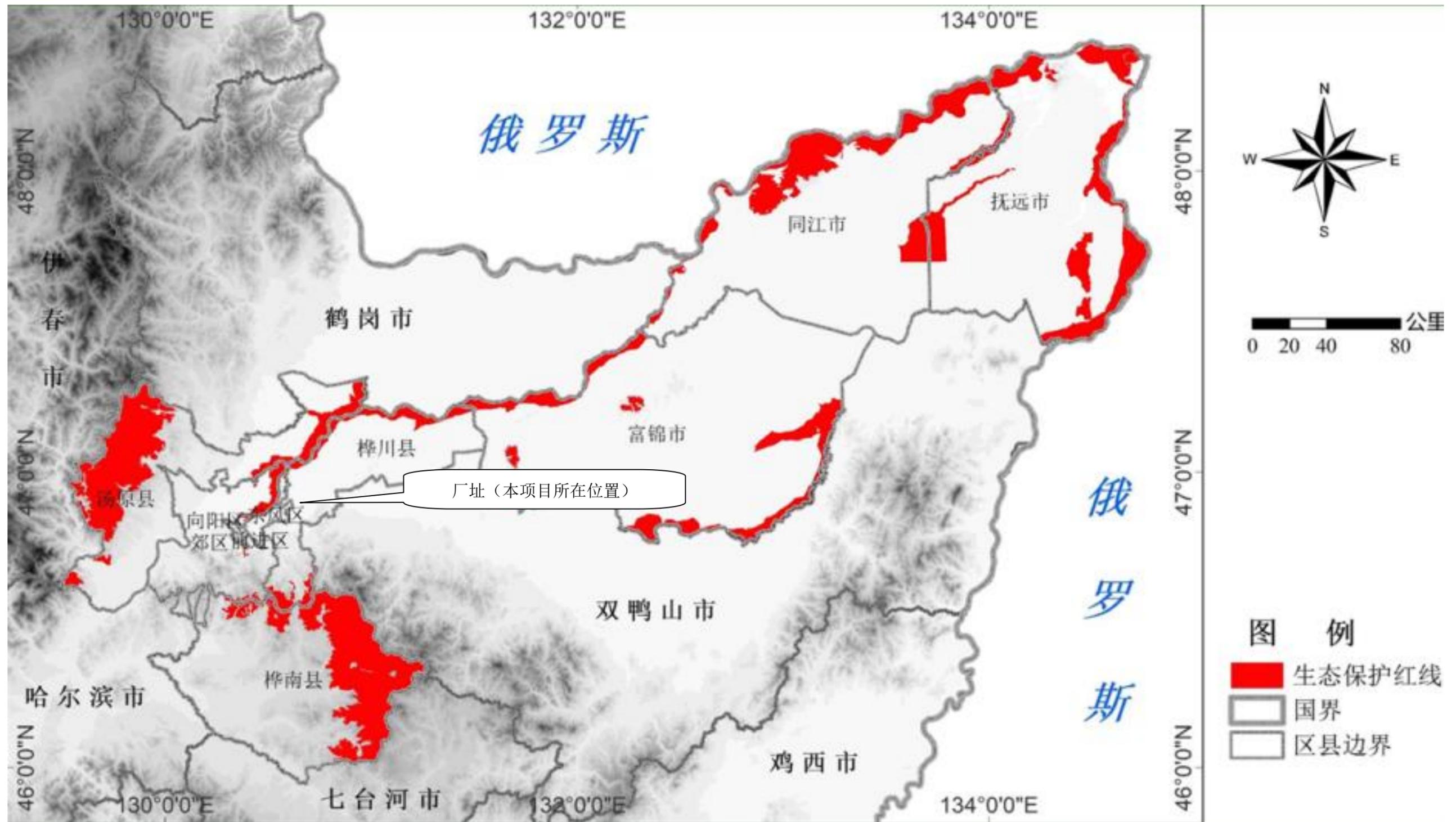


图 1.6-2 厂址所在区域生态红线分布图

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价的标准

1) 正常运行状态（包括预计运行事件）的剂量约束值

运行状态下的剂量约束值，遵循《小型压水堆核动力厂安全审评原则(试行)》（国核安发[2016]1号）的规定：预期运行事件用于小型压水堆核动力厂正常运行工况下的环境评价，向环境释放的放射性物质对公众个人（成人）造成的有效剂量约束值是 0.25mSv/厂年。

本项目 1、2 号核供热堆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管理目标值定为 0.12mSv/a。

2) 事故状态下的剂量控制值

对于事故环境影响评价的标准，本报告采用选址事故进行事故分析，选址事故遵循《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1号）的规定：场址边界上公众个人（成人）在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 10mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 100mSv 以下。

3) 年排放量控制值

参考国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中规定的核电厂正常运行工况下放射性物质排放控制值（即同一厂址所有核电厂气载流出物年排放量）作为厂址排放量控制值标准。

本项目 1、2 号核供热堆在正常运行工况下液态流出物不外排，通过载带排放方式将液态流出物转化为气载流出物后通过烟囱排放。本项目 1、2 号核供热堆气载流出物设计排放量见表 1.7-1。由表 1.7-1 可见，本项目 1、2 号核供热堆气载流出物低于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）第 6.2~6.4 条款的规定限值。

1.7.2 非辐射环境影响评价的标准

项目建设期及运行期执行标准如下：

1) 大气

环境空气质量：本项目施工期及运行期环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012，2018 年第 29 号修改单）中的二级标准。

大气污染物排放：本项目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;本项目运行期无大气污染物产生。

2) 生产废水、生活污水

地表水环境质量:本项目施工期及运行期地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的4类水质标准。

水污染物排放:本项目施工期及运行期产生的生产废水按照《城镇污水处理厂综合排放标准》(GB18918-2002,2006年修订)的一级A标准处理达标后作为中水回用,无法回用的废水拟纳管接入最近的城镇污水管网,最终去向为城镇污水处理厂,不会向本项目周边环境排放。

生产废水主要项目的控制值为:

- 悬浮物: 10mg/L
- BOD₅: 10mg/L
- COD_{Cr}: 50mg/L
- 氨氮: 5mg/L
- pH: 6-9
- 色度: 30倍
- 石油类: 1mg/L
- 动植物油: 1mg/L
- 阴离子表面活性剂(LAS): 0.5mg/L

本项目施工期及运行期产生的生活污水按照《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)的城市杂用水(冲厕/道路清扫/城市绿化/车辆冲洗)标准处理达标后作为中水回用,无法回用的废水拟纳管接入最近的城镇污水管网,最终去向为城镇污水处理厂,不会向本项目周边环境排放。

生活污水主要项目的控制值为:

- BOD₅: 10mg/L
- 氨氮: 10mg/L
- pH: 6-9
- 色度: 30倍
- 阴离子表面活性剂(LAS): 0.5mg/L

3) 声

声环境质量：本项目施工期及运行期厂址所在区域的声环境敏感目标执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的1类标准：昼间 55dB(A)、夜间 45dB(A)。

噪声排放：本项目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，原环境保护部公告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，原环境保护部公告2013年第36号修改单)。

5) 电磁辐射

本项目建设和运行期间，电磁辐射环境执行《环境影响评价技术导则 输变电工程》(HJ 24-2014)和《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)的相关限值：

— 工频电场限值：4kV/m

— 工频磁场限值：0.1mT

表 1.7-1 国家电投佳木斯核能供热示范项目 1、2 号核供热堆正常运行工况下的排放量

单位：Bq/a

项目	设计值	气载流出物				
		惰性气体	碘	粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	碳 14	氚
正常运行下的排放量						
单台核供热堆		1.32E+13	9.59E+08	1.83E+08	4.32E+10	7.28E+11
2 台核供热堆		2.64E+13	1.92E+09	3.66E+08	8.64E+10	1.46E+12
GB6249-2011 规定						
6.2 条规定		6.00E+14	2.00E+10	5.00E+10	7.00E+11	1.50E+13
本次评价限值 ^注		2.40E+15	8.00E+10	2.00E+11	2.80E+12	6.00E+13
占比 (%)						
2 台核供热堆		1.1	2.4	0.2	3.1	2.4

注：参考 GB6249-2011 6.4 规定，对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年排放总量应控制在规定值的 4 倍以内。因此本次评价限值为规定值的 4 倍。

1.8 工程组成

国家电投佳木斯核能供热示范项目包括核供热堆主厂房区、放射性辅助设施区、水处理设施区、开关站区、仓库区、厂前区等。主厂房区由核岛厂房及其附属设施（供热站、柴油发电机厂房、压缩空气站、设备冷却水冷却装置、高压氢气站）等组成。放射性辅助生产设施区包括去污和热检修车间、载带蒸发站、源库和放化实验室等，以上辅助设施全厂共用。

本项目进场道路、应急道路、取水管线、供热管网、供气管线、送电设施等工程由建设单位另行委托开展环评工作。

1.9 环境保护措施

为了尽可能减少本项目运行过程中的环境影响，本项目采取一系列的环境保护措施。

本项目设置了放射性液体废物处理系统（KPF）、液态流出物载带蒸发系统（KSZ）、放射性气体废物处理系统（KPL）、放射性固体废物处理系统（KPA）、乏燃料贮存系统。放射性液体废物处理系统（KPF）设计用于控制、收集、处理、输送、贮存和处置正常运行及预期运行事件下产生的放射性废液，放射性废液经处理符合国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的放射性水平和年排放总量限值后复用，无法完全复用时通过载带蒸发方式向大气环境排放，液态流出物载带蒸发系统（KSZ）的主要功能是接收核岛运行期间产生的无需复用的液态流出物（ $<100\text{Bq/L}$ ），采用载带蒸发工艺通过烟囱进行气态排放，使其气载放射性释放量低于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的限值。放射性气体废物处理系统（KPL）的主要功能是接收系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体，并对其进行处理和排放，使核供热堆气载放射性释放量低于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的限值。放射性固体废物处理系统（KPA）设计用于收集和暂存正常运行以及预期运行事件产生的废树脂、活性炭、水过滤器滤芯、干废物和通风过滤器滤芯。上述放射性固体废物先收集暂存在辅助厂房内，后送往指定的废物处理单位进行处理，即核供热堆采用固体废物外运处理的模式，供热堆内执行暂存功能。其中，废树脂、水过滤器滤芯等湿废物在核岛进行贮存，并设有外运接口。干废物、通风过滤器滤芯等干废物在核岛贮存一定的期限后，由专门的转运卡车场内转运至暂存区域进行

暂存。

对于非放射性污染物，本项目也采取了相应的环保措施。本项控制区以外(非控制区、辅助区域等)产生的生活垃圾收集暂存并外运至垃圾处理设施或垃圾填埋场处理；产生的危险废物（主要包括废油、废油漆、废涂料、非放废树脂等）在厂区危险废物贮存设施内分类收集暂存后，交由当地具有危险废物处置资质的单位进行有偿处理；产生的非放射性生产废水由相应的污水处理设施处理达标后与生物质能废水合并外排，拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂；产生的生活污水由相应的污水处理设施处理达标后回用，无法回用的废水拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂。

本项目对厂址厂区内所有核供热堆实施统一的流出物排放、环境监测以及核应急响应管理，实行全面完善的核安全体系和核应急体系。本项目设置流出物监测设施和环境监测设施，监测方式包括在线连续监测和取样监测。

采取上述环境保护措施后，本项目运行期间所产生的各类污染物均能得到有效的控制，满足环保要求。

1.10 评价范围

1.10.1 辐射环境影响评价范围

本项目辐射环境影响评价范围为以 1 号核供热堆为中心，半径 30km 范围内的区域，辐射环境影响包括气载流出物排放对厂址半径 30km 范围内公众的辐射影响及陆生生态的辐射影响。

1.10.2 非放射性环境影响评价范围

1) 环境空气

本项目运行期间不涉及非放射性废气排放。

本项目建造期间涉及施工期废气无组织排放影响，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），本项目属于三级评价，不需设置大气环境影响评价范围。

2) 噪声

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009），评价等级为三级，

评价范围为满足 2 类声环境功能区标准值的距离范围,包括厂址厂界和厂址周边环境敏感区域。

3) 地表水、地下水、土壤

本项目不涉及非放射性废水排放,不设置地表水、地下水、土壤影响评价范围。

4) 电磁辐射

根据《环境影响评价技术导则 输变电工程》(HJ24-2014),本项目 110kV 送电设施评价范围限于厂址征地边界范围内,具体为:变电站界外 30m,架空线路边导线地面投影外两侧各 30m,地下电缆管廊两侧边缘各外延 5m(水平距离);本项目 220kV 送电设施评价范围为:变电站界外 40m,架空线路边导线地面投影外两侧各 40m,地下电缆管廊两侧边缘各外延 5m(水平距离)。

5) 生态环境

本项目生态环境评价范围主要为受厂区永久占地和临时施工占地影响范围以及取水影响范围,包括厂址周边环境敏感区域。

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

国家电投佳木斯核能供热示范项目位于黑龙江佳木斯市桦川县四马架镇的红星厂址。该厂址 NE 方位距四马架镇约 6.7km, SW 方位距长发镇约 4.4km, WNW~NNW 方位距佳木斯市辖区约 10~20km, E 方位距离双鸭山市区约 48km, NNW 方位距鹤岗市约 70km, 地形高程在 140~170m 之间。厂址的经纬度坐标为东经 130°32'7.30", 北纬 46°44'22.20", 整体地理位置见图 2.1-1。

国家电投佳木斯核能供热示范项目规划容量按 4×200MWt 一体化核供热堆考虑, 一次规划布置, 分期实施。本项目为一期工程, 建设 2×200MWt 一体化核供热堆, 2 台核供热堆中心点坐标 (CGCS2000 坐标系) 如下:

1#核供热堆核岛厂房中心坐标 X=5178415.735, Y=502631.941;

2#核供热堆核岛厂房中心坐标 X=5178380.775, Y=502631.941。

本项目地理位置见图 2.1-2, 总平面布置图见图 2.1-3。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

本项目所在厂址边界见图 2.1-3。

本项目非居住区的设置参照《小型核动力厂非居住区和规划限制区划分原则与要求》(征求意见稿) 第十一条要求: “对小型核动力厂, 非居住区一般可与核设施的厂区边界范围一致, 距反应堆一般不小于 100 米”。根据第七章的选址事故辐射后果评估结果, 本项目非居住区与核能供热站厂区边界范围保持一致。

本项目规划限制区的设置参照《小型核动力厂非居住区和规划限制区划分原则与要求》(征求意见稿) 第十六条和第十七条要求: “小型核动力厂规划限制区的划定主要从社会可接受性和应急预案的可扩展性等方面考虑”、“规划限制区边界离反应堆的距离一般不得小于 1 千米”。据此, 本项目规划限制区设置为以核供热堆为中心, 半径 1km 区域。

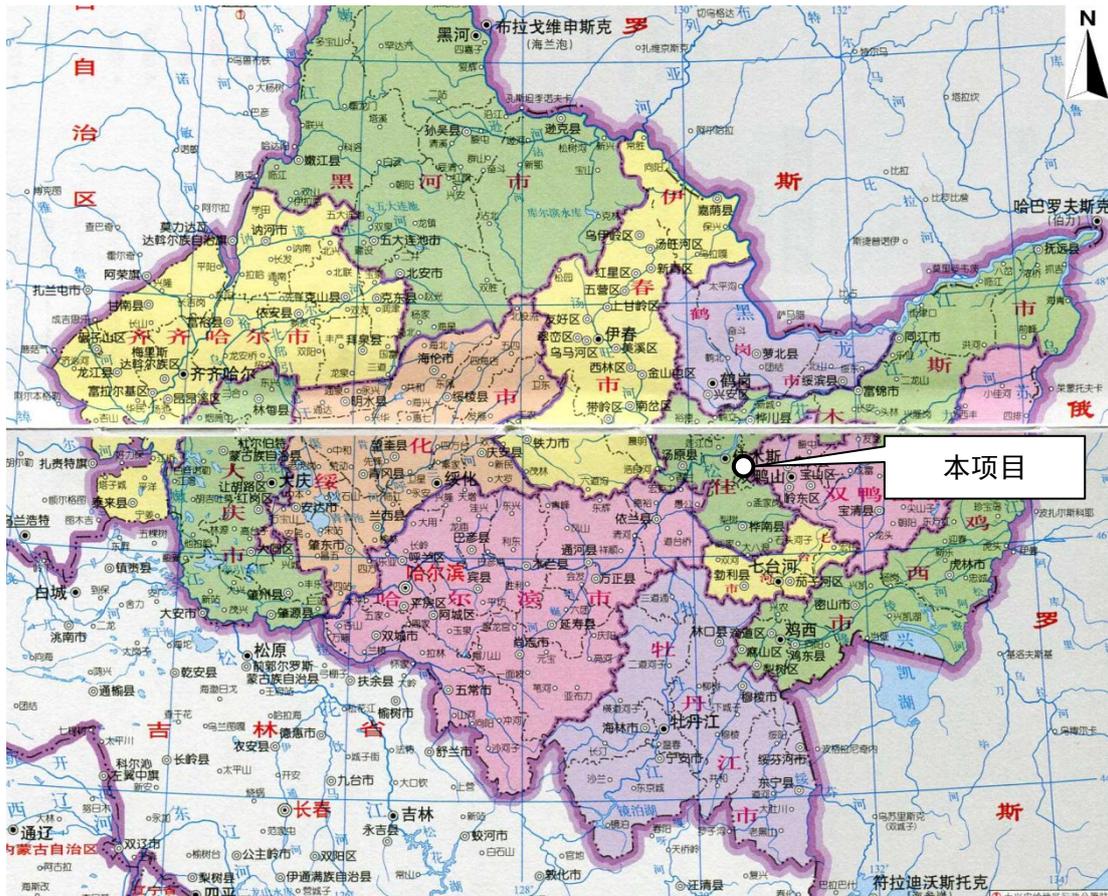


图 2.1-1 国家电投佳木斯核能供热示范项目所在黑龙江省地理位置图

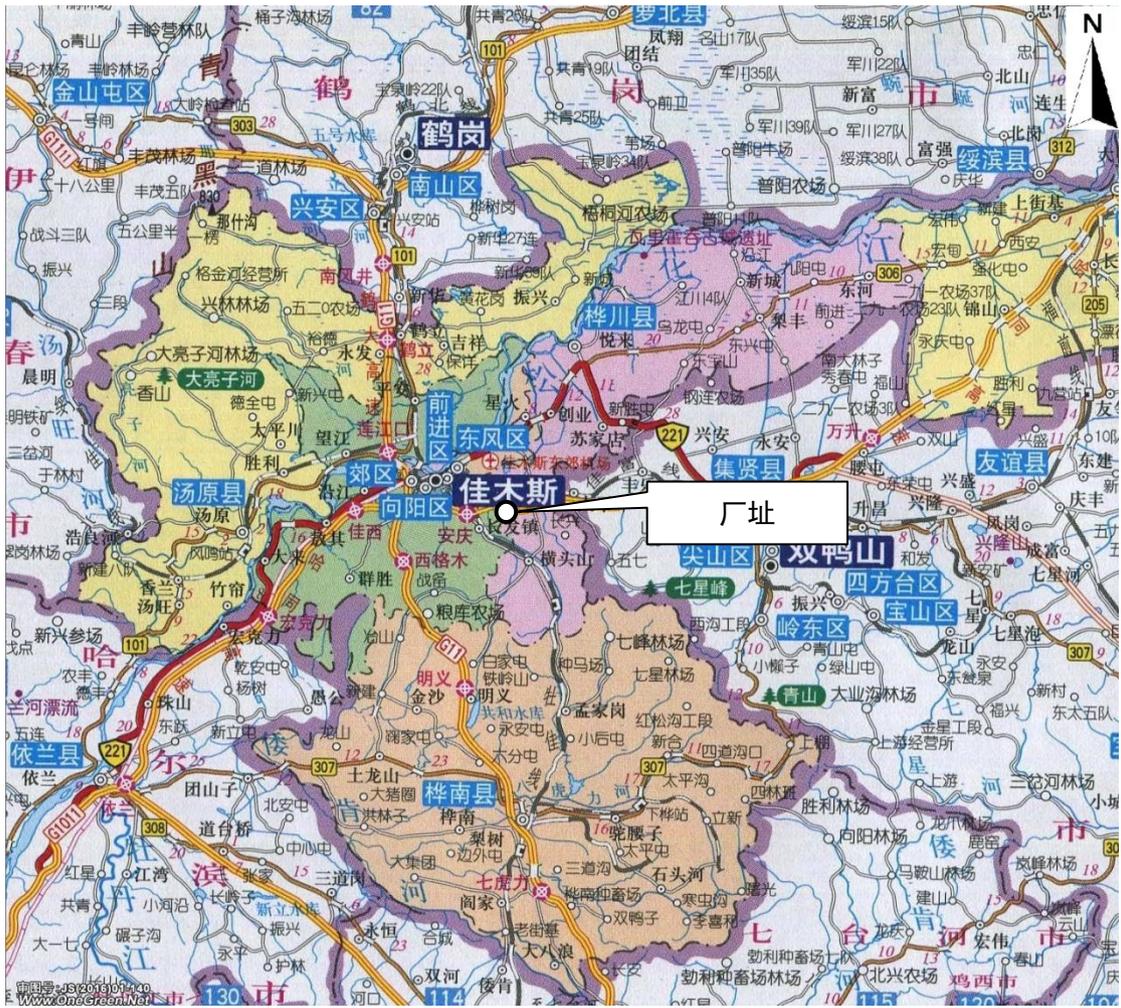


图 2.1-2 国家电投佳木斯核能供热示范项目所在佳木斯市辖区地理位置示意图

2.2 人口分布与饮食习惯

厂址的人口分布以 2018 年人口统计资料(截止至 2017 年底)和 2020 年~2040 年人口自然增长率为依据。

本报告评价区域为以厂址经纬度坐标为中心,半径 30km 范围,并划分半径为 1、2、3、5、10、20、30km 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 112 个子区域进行统计(图 2.2-1)。

2.2.1 厂址半径 5km 范围内的人口分布

2.2.1.1 常住人口

表 2.2-1 给出了厂址半径 5km 范围内所涉及的自然村及其人口数。厂址半径 5km 范围内自然村分布见图 2.2-2。

厂址半径 1km 范围内无自然村,厂址半径 5km 范围内 2017 年底总人口数为 14416 人,陆域平均人口密度为 183 人/km²。厂址半径 5km 范围内涉及的自然村共 19 个,距离厂址最近的居民点为厂址 ENE 方位 1.7km 的德庆村,共 804 人,厂址半径 5km 范围内人口最多的居民点为厂址 W 方位 2km 的东四合村,共 1548 人,该居民点也是距厂址最近的千人以上村镇。

厂址征地边界范围内不涉及常住居民。

厂址半径 2km 范围内总人口数为 804 人。厂址半径 5km 范围内无万人以上村镇。

2.2.1.2 流动人口

厂址半径 5km 范围内涉及四马架镇和长发镇,四马架镇外出务工人员较多,基本无流入人口,全镇外出务工人员 1000 多人,其中会龙村最多,有 260 多人外出务工,宝山村有 120 人,其他村也有 100 人左右的外出务工人员。长发镇流动人口较少,2017 年流出人口 49 人,流入人口 50 人。

整体来说,厂址 5km 范围内的流动人口以流出人口为主,由于厂址半径 5km 范围内目前无万人以上城镇发展规划及工业发展规划,因此以流出人口为主的格局在短期内基本不会发生变化。

2.2.1.3 特殊人口

1) 学校

厂址半径 5km 范围内学校分布情况分别见表 2.2-2 和图 2.2-3。由表 2.2-2 可见，厂址半径 5km 范围内没有中学和幼儿园，共有 4 所小学，其中四马架镇红星小学已无生源。其余 3 所小学的在校学生 129 人（无住校生），教职工 25 人。厂址半径 5km 范围内规模最大的小学为位于厂址 N 方位 4.2km 处的四马架镇永胜小学，该校在校学生 123 人（无住校生），教职工 14 人。距离厂址最近的小学为位于厂址 ENE 方位 1.7km 处的四马架镇德庆小学，该校共有在校学生 4 人（无住校生），教职工 3 人。

厂址半径 5km 范围内学校和学生人数较少。

2) 医疗机构

厂址半径 5km 范围内医院分布情况见表 2.2-3，由表 2.2-3 可见，厂址半径 5km 范围内无医疗机构分布，距离厂址最近的医疗机构为厂址 NE 方位 6km 处的四马架卫生院，该卫生院为一级卫生院，共有床位 18 张，医务人员 20 人。

3) 养老院

厂址半径 5km 范围内仅有 1 所养老院，为位于厂址 W 方位约 5km 的长发镇乐呵呵老年公寓，有床位 50 张，工作人员 4 人，现有老人 30 人。

厂址半径 5km 范围内养老院分布情况见表 2.2-4 和图 2.2-3。

4) 监狱

厂址半径 5km 范围内无监狱分布。

2.2.2 厂址半径 30km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 5~10km 范围内的人口分布

表 2.2-5 给出了厂址半径 5~10km 范围内的千人以上村镇。厂址半径 5~10km 范围内村镇分布见图 2.2-4。

厂址半径 10km 范围涉及佳木斯市桦川县四马架镇、横头山镇，东风区松江乡，郊区长发镇。截至 2017 年底，厂址半径 10km 范围内共有人口 49483 人，平均人口密度为 158 人/km²。

由表 2.2-5 可见，厂址半径 5~10km 范围内有 19 个千人以上村镇。厂址半径 5~10km 范围内人口最多的村镇为位于厂址 ESE 方位 6.7km 处的国兴村，2017 年底有常住人口 2329 人，其次为厂址 ESE 方位 8.9km 的解放村，总人口为 2302

人。

厂址半径 10km 范围内无万人以上城镇。

2.2.2.2 厂址半径 30km 范围内的人口分布

表 2.2-6 给出了厂址半径 30km 范围内 2017 年底的人口分布情况，厂址半径 30km 范围内各子区人口分布见图 2.2-5。

厂址半径 30km 范围内共有居民 856405 人，陆域平均人口密度为 303 人/km²，高于黑龙江省 2017 年底平均人口密度 80 人/km²，高于佳木斯市 2017 年底平均人口密度 73 人/km²。人口最多方位为 WNW 方位，共有人口 388524 人，其次为 NW 方位，共有 228868 人。

表 2.2-7 给出了厂址半径 30km 范围内的万人以上城镇，厂址半径 30km 范围内城镇分布见图 2.2-6。

由表 2.2-7 可见，厂址半径 30km 范围内共有 3 个万人以上城镇，其中包括 1 个十万人以上城镇。距离厂址最近且人口最多的城镇为位于厂址 WNW~NNW 方位约 10~20km 处的佳木斯市辖区（由相邻接壤的向阳区、前进区、东风区、郊区组成），截至 2017 年底共有人口 592508 人。

厂址半径 30km 范围内无百万人以上大城市。

2.2.2.3 预期人口

国家电投佳木斯核能供热示范项目规划建设 4 台核供热堆，一期工程建设规模为 2 台核供热堆，预计于 2021 年 05 月 30 日同时开工建设，建设工期 36 个月，预计于 2024 年 05 月 30 日同时投产。

本项目所在黑龙江省及佳木斯市人口自然增长率现状以及黑龙江省高、中方案预期人口自然增长率如表 2.2-8 所示。

人口预测模式如下：

$$N=N_0(1+\alpha)^T \quad (2.2-1)$$

上式中：

N~各子区域预测年的人口数 (人)

N₀~各子区域 2017 年度的人口数 (人)

α~预测采用的人口自然增长率 (‰)

T~预测年的时间间隔 (年)

由此计算得到的厂址半径 30km 范围内的预期人口分布见表 2.2-9。由此可知，厂址半径 30km 范围内预期投产年（2024 年）预计人口为 867112 人。由于预计人口增长率于 2025 年由正转负，因此预计人口最大年为 2024 年。

2.2.2.4 居民年龄构成

厂址所在省市各年龄组别人口比例见表 2.2-10，由此计算得到厂址半径 30km 范围内各年龄组（0~6 岁、7~17 岁和 18 岁以上）人口分布情况列于表 2.2-11~表 2.2-13。

2.2.2.5 人口分布评价

由表 2.2-1、表 2.2-5 和表 2.2-7 可见：

- 厂址半径 1km 范围内无居民点分布。
- 厂址半径 2km 范围内无万人以上乡镇。
- 厂址半径 10km 范围内无十万人以上城镇。
- 厂址半径 30km 范围内共有 1 个十万人以上城镇，距离厂址最近且人口最多的城镇为位于厂址 WNW~NNW 方位约 10~20km 处的佳木斯市辖区由相邻接壤的向阳区、前进区、东风区、郊区组成)，截至 2017 年底共有人口 592508 人。

由此可见，厂址半径 2km 范围内无万人以上城镇，厂址半径 10km 范围内无十万人以上城镇，因此厂址能满足《小型核动力厂非居住区和规划限制区划分原则与要求》（征求意见稿）第二十一条和《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）第 5.7 条款的要求，可满足厂址条件。

2.2.3 居民饮食习惯

厂址半径 30km 区域主要涉及佳木斯市和双鸭山市的部分地区，居民饮食习惯基本相同，以稻米为主食，另有少量的杂粮和薯类，副食为蔬菜、肉类、禽蛋、水产品 and 水果，牛奶及奶制品有所消费。根据国家统计局佳木斯调查队提供的调查结果，佳木斯市城镇和农村居民成人食物消费量见表 2.2-14。

根据厂址所在四马架镇政府提供的城镇和农村居民食物消费量见表 2.2-15。

对厂址所在四马架镇的儿童和青少年开展食谱问卷填表调查，统计得到厂址附近青少年、儿童人均食物消费量见表 2.2-16。

表 2.2-1 厂址半径 5km 范围内居民点或自然村人口分布（2017 年底）

序号	居民点	行政归属	位置		人口数（人）
			方位	距离（km）	
1	恒德村	横头山镇	SE	3.3	717
2	六间房村	横头山镇	SSE	4.8	400
3	万宝村	横头山镇	ESE	3.6	935
4	创业屯	四马架镇	ESE	2.1	402
5	德庆村	四马架镇	ENE	1.7	804
6	福田屯	四马架镇	N	2.4	287
7	红星村	四马架镇	NE	2.7	992
8	龙胜屯	四马架镇	E	2.7	688
9	新兴村	四马架镇	E	4.2	1110
10	永胜村	四马架镇	N	4.2	667
11	东胜	长发镇	SW	2.2	721
12	东四合	长发镇	W	2	1548
13	巨兴	长发镇	NNW	3	830
14	南长发	长发镇	WSW	4.8	1540
15	三不管	长发镇	SSW	4.6	681
16	石头河	长发镇	SW	4.4	331
17	新立	长发镇	S	5	230
18	永兴	长发镇	NNW	2.7	583
19	玉新	长发镇	SSW	4.1	950
合计					14416

表 2.2-2 厂址半径 5km 范围内中小学校分布情况

序号	学校名称	所在地名称	位置		学生人数 (人)	住校人数 (人)	教职员工数 (人)
			方位	距离 (km)			
1	四马架镇红星小学	红星村委会	NE	2.7	0	0	0
2	四马架镇德庆小学	德庆村委会	ENE	1.7	4	0	3
3	四马架镇永胜小学	永胜村委会	N	4.2	123	0	14
4	郊区长发镇明德学校	巨桥村委会	NNW	3	2	0	8

表 2.2-3 厂址距离最近的医院情况

序号	医院名称	所在地名称	医院等级	位置		床位 (张)	医务人员数 (人)
				方位	距离 (km)		
1	四马架卫生院	四马架镇	一级卫生院	NE	6	18	20

表 2.2-4 厂址半径 5km 范围内养老院分布情况

序号	养老院名称	所在地名称	位置		目前入住人数 (人)	最多容纳人数 (人)	服务人员人数 (人)
			方位	距离 (km)			
1	乐呵呵老年公寓	长发镇	W	5	30	50	4

表 2.2-5 厂址半径 5~10km 范围内千人以上村、镇人口分布（2017 年底）

序号	行政村、镇名称	行政归属	位置		人口数（人）
			方位	距离（km）	
1	长兴村	松江乡	NW	7.5	1608
2	宏伟村	松江乡	NNW	9.6	1007
3	兴国村	松江乡	WNW	6.1	2050
4	东朝阳村	横头山镇	SSE	8	1964
5	葡萄沟村	横头山镇	S	6	1603
6	国兴村	横头山镇	ESE	6.7	2329
7	解放村	横头山镇	ESE	8.9	2302
8	民乐村	四马架镇	E	8.6	1522
9	山湾村	四马架镇	ENE	5.9	1050
10	六合村	四马架镇	ENE	8.4	1208
11	四马架村	四马架镇	NE	6.2	1148
12	长胜村	四马架镇	NE	9.4	1244
13	文化村	四马架镇	NE	7.3	1260
14	会龙村	四马架镇	N	6	1490
15	东华村	四马架镇	NNW	7.2	1470
16	巨桥村	长发镇	NW	5.2	2070
17	北长发村	长发镇	W	5.2	1928
18	长虹村	长发镇	SW	7.6	1344
19	太平川村	长发镇	SSW	7.7	1308

表 2.2-6 厂址半径 30km 范围内人口分布（2017 年底）

单位：人

方位 \ 距离 (km)	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30km
N	0	0	287	667	2542	13892	2202	19590
NNE	0	0	0	0	1510	7798	35843	45151
NE	0	0	992	0	3038	614	36456	41100
ENE	0	804	0	0	2258	14304	23440	40806
E	0	0	688	1110	2152	6830	0	10780
ESE	0	0	402	935	3297	1501	0	6135
SE	0	0	0	717	33	1916	0	2666
SSE	0	0	0	400	2660	1984	0	5044
S	0	0	0	230	2616	251	0	3097
SSW	0	0	0	1631	1308	0	0	2939
SW	0	0	721	331	1344	1904	0	4300
WSW	0	0	0	1540	246	4115	2518	8419
W	0	0	1548	0	2721	9609	18416	32294
WNW	0	0	0	0	2789	299042	86693	388524
NW	0	0	0	0	2904	193602	32362	228868
NNW	0	0	1413	0	3649	7981	3649	16692
各环形段人口合计	0	804	6051	7561	35067	565343	241579	856405
半径区内人口累计	0	804	6855	14416	49483	614826	856405	

表 2.2-7 厂址半径 30km 范围内万人以上城镇分布（2017 年底）

序号	城、镇名称	行政归属	位置		人口数（人）
			方位	距离（km）	
1	佳木斯市辖区	佳木斯市	WNW~NNW	10~20	592508
2	苏家店镇	桦川县	NE	25.3	20072
3	创业乡	桦川县	NNE	21.2	18794

表 2.2-8 厂址所在省市现状及预期人口自然增长率

单位：‰

人口自然增长率现状

年份	佳木斯市	黑龙江省
2008	5.09	3.66
2009	4.26	3.22
2010	0.37	1.8
2011	0.33	1.26
2012	-3.11	1.21
2013	-1.34	1.03
2014	1.37	0.81
2015	-2.15	-1
2016	0.61	-1.12
2017	-7.4	-1.33

预期人口自然增长率

年份	黑龙江省	
	高方案	中方案
2020 年	1.81	-0.20
2025 年	-0.50	-2.81
2030 年	-3.00	-5.43
2035 年	-4.83	-7.88
2040 年	-6.53	-9.96

注：表中均为当年的增长率。在每年的人口预测时，由于增长率是递减的，建议保守采用五年相同的增长率，如 2020 年 1.81‰，则 2021 年、2022 年、2023 年、2024 年均为 1.81‰。

表 2.2-9 厂址半径 30km 范围内预期人口分布（2024 年）

单位：人

方位 \ 距离 (km)	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30km
N	0	0	287	674	2570	14067	2227	19825
NNE	0	0	0	0	1524	7896	36296	45716
NE	0	0	999	0	3073	621	36917	41610
ENE	0	811	0	0	2286	14483	23734	41314
E	0	0	695	1124	2173	6914	0	10906
ESE	0	0	402	942	3335	1515	0	6194
SE	0	0	0	724	33	1937	0	2694
SSE	0	0	0	400	2688	2005	0	5093
S	0	0	0	230	2644	251	0	3125
SSW	0	0	0	1645	1322	0	0	2967
SW	0	0	728	331	1358	1925	0	4342
WSW	0	0	0	1554	246	4164	2546	8510
W	0	0	1562	0	2749	9728	18647	32686
WNW	0	0	0	0	2824	302850	87794	393468
NW	0	0	0	0	2939	196065	32770	231774
NNW	0	0	1427	0	3691	8079	3691	16888
各环形段人口合计	0	811	6100	7624	35455	572500	244622	867112
半径区内人口累计	0	811	6911	14535	49990	622490	867112	

表 2.2-10 厂址所在省市人口年龄构成表

单位：%

省市	人口年龄比例			
	0~1 岁	1~6 岁	7~17 岁	18 岁以上
黑龙江省	0.562	4.494	9.343	85.601
佳木斯市	0.622	4.103	7.792	87.48

表 2.2-11 厂址半径 30km 范围内人口分布 (0~6 岁) (2017 年底)

单位: 人

方位 \ 距离 (km)	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30km
N	0	0	14	33	121	658	105	931
NNE	0	0	0	0	73	370	1696	2139
NE	0	0	48	0	145	30	1725	1948
ENE	0	39	0	0	108	12968	1187	14302
E	0	0	34	53	103	324	0	514
ESE	0	0	20	46	157	72	0	295
SE	0	0	0	35	3	91	0	129
SSE	0	0	0	20	127	95	0	242
S	0	0	0	12	125	13	0	150
SSW	0	0	0	78	63	0	0	141
SW	0	0	35	17	65	91	0	208
WSW	0	0	0	74	12	196	120	402
W	0	0	74	0	129	456	872	1531
WNW	0	0	0	0	133	14140	4099	18372
NW	0	0	0	0	138	9154	1531	10823
NNW	0	0	67	0	173	379	173	792
各环形段人口合计	0	39	292	368	1675	39037	11508	52919
半径区内人口累计	0	39	331	699	2374	41411	52919	

表 2.2-12 厂址半径 30km 范围内人口分布（7~17 岁）（2017 年底）

单位：人

方位 \ 距离 (km)	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30km
N	0	0	22	51	198	1082	171	1524
NNE	0	0	0	0	117	607	2792	3516
NE	0	0	77	0	236	47	2840	3200
ENE	0	62	0	0	175	1336	2189	3762
E	0	0	53	86	167	532	0	838
ESE	0	0	31	72	256	116	0	475
SE	0	0	0	55	2	149	0	206
SSE	0	0	0	31	207	154	0	392
S	0	0	0	17	203	19	0	239
SSW	0	0	0	127	101	0	0	228
SW	0	0	56	25	104	148	0	333
WSW	0	0	0	119	19	320	196	654
W	0	0	120	0	212	748	1434	2514
WNW	0	0	0	0	217	23301	6755	30273
NW	0	0	0	0	226	15085	2521	17832
NNW	0	0	110	0	284	621	284	1299
各环形段人口合计	0	62	469	583	2724	44265	19182	67285
半径区内人口累计	0	62	531	1114	3838	48103	67285	

表 2.2-13 厂址半径 30km 范围内人口分布 (≥18 岁) (2017 年底)

单位: 人

方位 \ 距离 (km)	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30km
N	0	0	251	583	2223	12152	1926	17135
NNE	0	0	0	0	1320	6821	31355	39496
NE	0	0	867	0	2657	537	31891	35952
ENE	0	703	0	0	1975	0	20064	22742
E	0	0	601	971	1882	5974	0	9428
ESE	0	0	351	817	2884	1313	0	5365
SE	0	0	0	627	28	1676	0	2331
SSE	0	0	0	349	2326	1735	0	4410
S	0	0	0	201	2288	219	0	2708
SSW	0	0	0	1426	1144	0	0	2570
SW	0	0	630	289	1175	1665	0	3759
WSW	0	0	0	1347	215	3599	2202	7363
W	0	0	1354	0	2380	8405	16110	28249
WNW	0	0	0	0	2439	261601	75839	339879
NW	0	0	0	0	2540	169363	28310	200213
NNW	0	0	1236	0	3192	6981	3192	14601
各环形段人口合计	0	703	5290	6610	30668	482041	210889	736201
半径区内人口累计	0	703	5993	12603	43271	525312	736201	

表 2.2-14 佳木斯市城镇和农村居民成人食物消费量

单位: kg/a

年龄组	粮食	蔬菜	肉类	油脂	蛋类	水产品	水果	奶类
农村居民	129	97	21	14	12	10	64	10
城镇居民	125	118	24	13	14	12	72	17

表 2.2-15 四马架镇居民食物消费量

单位: kg/a

年龄组	粮食	蔬菜	肉类	油脂	蛋类	水产品	水果	奶类
农村居民	200	50	75	15	25	25	15	20
城市居民	240	60	90	18	30	30	18	24
儿童	100	25	37.5	7.5	12.5	12.5	7.5	10
青少年	170	42.5	63.75	12.75	21.25	21.25	12.75	17

表 2.2-16 厂址附近青少年、儿童食物消费量

单位: kg/a

年龄组	粮食	蔬菜	水果	肉类	水产品	牛奶	蛋	油脂
儿童	212.5	91	134.5	29.5	22	91	29.5	18.5
青少年	266	100	150	42.5	36.5	100	40	36.5

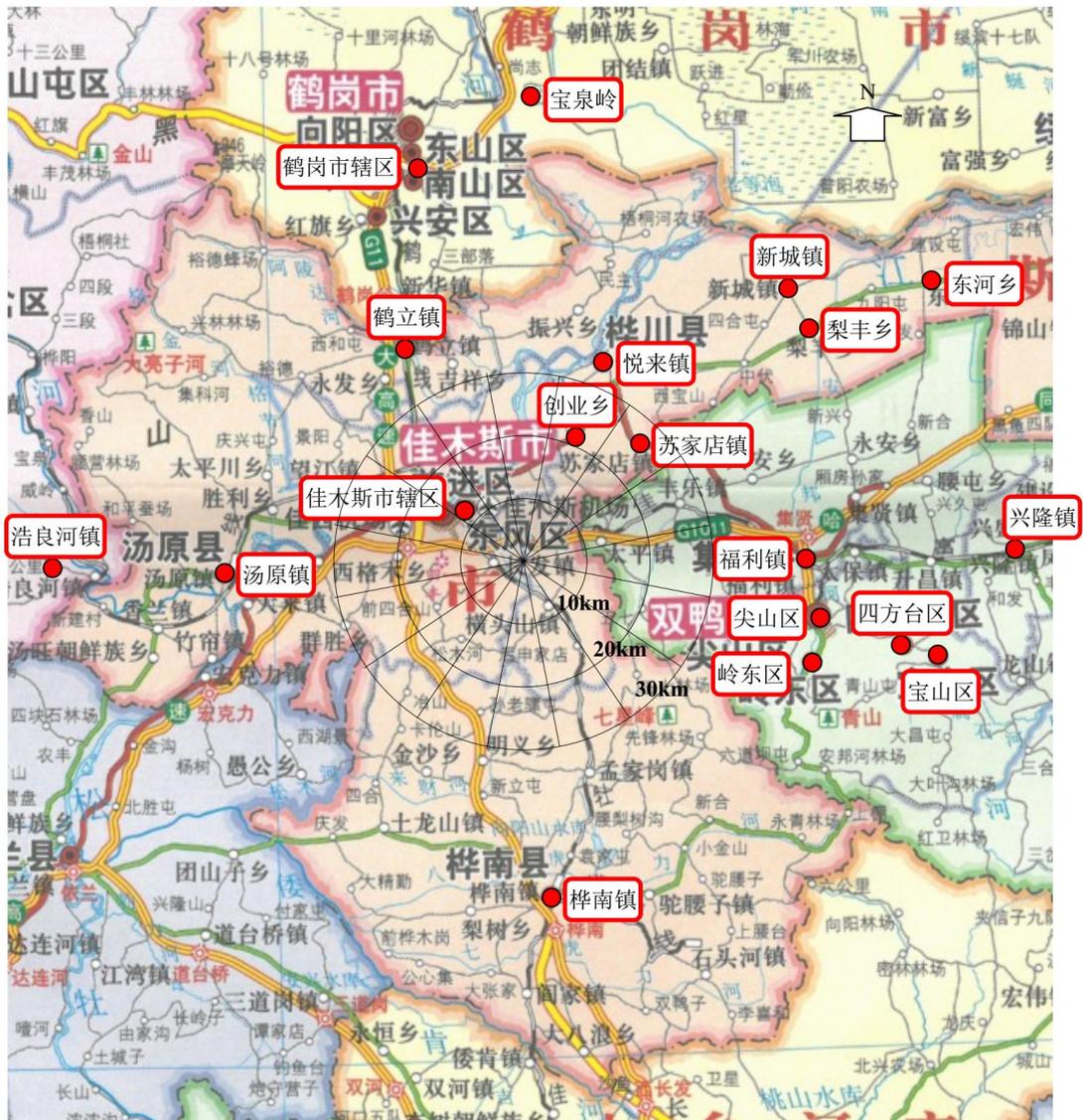


图 2.2-1 厂址半径 30km 范围示意图

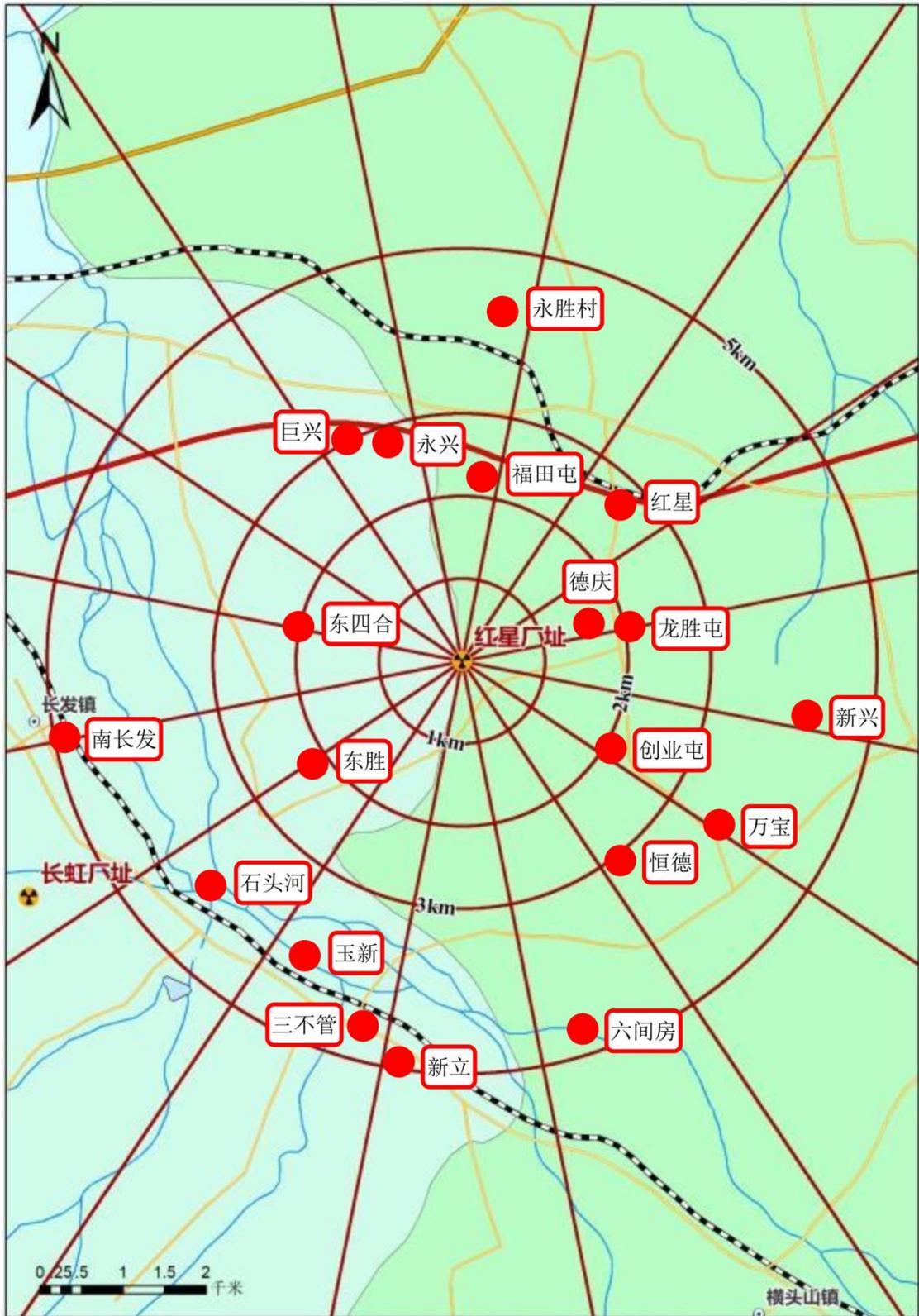


图 2.2-2 厂址半径 5km 范围内居民点或自然村分布图



图 2.2-3 厂址半径 5km 范围内学校、养老院分布情况



图 2.2-4 厂址半径 5~10km 范围内千人以上居民点分布

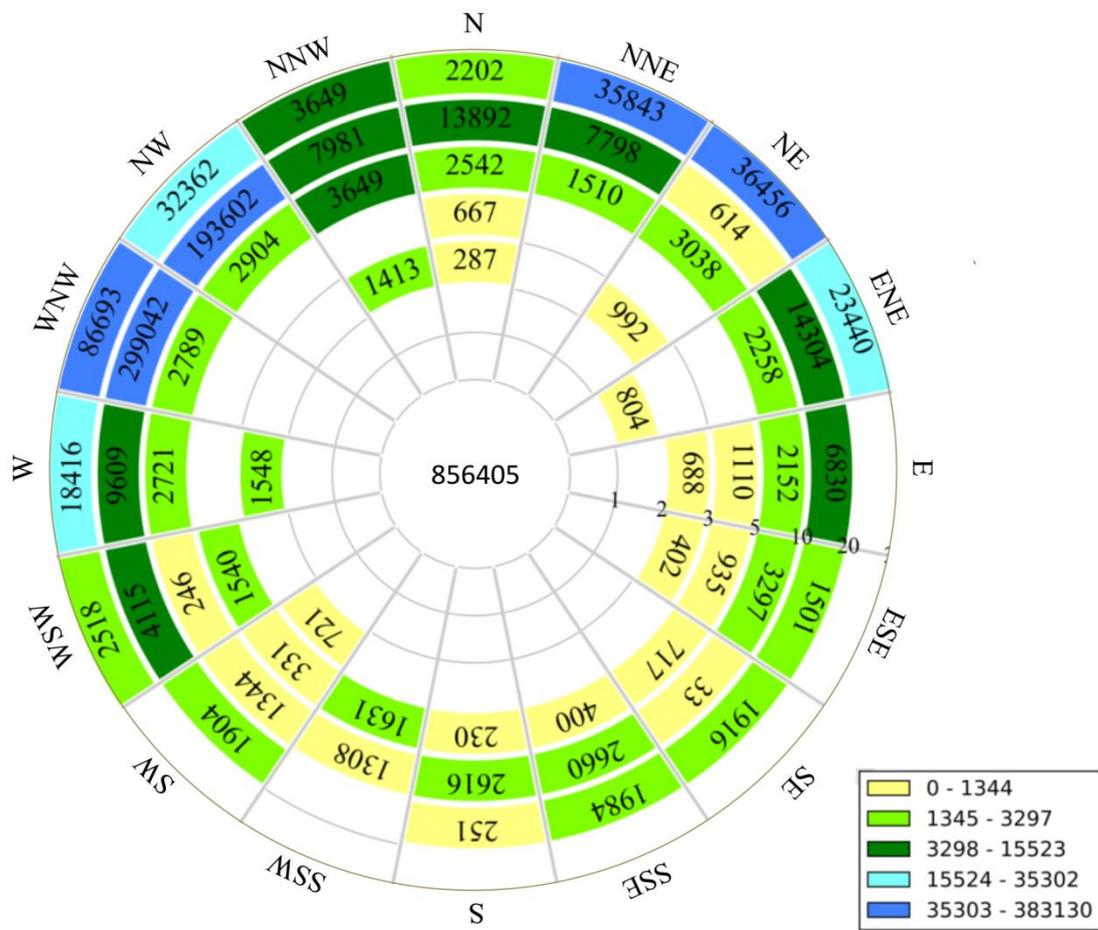


图 2.2-5 厂址半径 30km 范围内各子区人口分布图（2017 年底）



图 2.2-6 厂址半径 30km 范围内万人以上城、镇人口分布

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.1.1 土地利用

1) 土地利用概况

佳木斯市总面积 3246381ha，其中耕地 2042068.8ha，园地 1402ha；桦川县总面积 222811ha，其中耕地 156545ha，园地 378ha。

厂址位于佳木斯市桦川县四马架镇内，四马架镇总面积 16403.10ha，其中耕地 13606.79ha，园地 71.36ha，林地 336.23ha，草地 189.12ha，城镇村及工矿用地 1099.89ha，交通运输用地 643.77ha，水域及水利设施用地 369.63ha，其他土地 86.31ha。

2) 居民点和农业畜牧分布

如 2.2.2 节中所述，厂址半径 1km 范围内无自然村，厂址半径 5km 范围内涉及的自然村共 19 个，距离厂址最近的居民点为厂址 ENE 方位 1.7km 的德庆村，共 804 人，距厂址最近的千人以上居民点为厂址 W 方位 2km 的东四合村。厂址半径 5~10km 范围内有 19 个千人以上村镇。厂址半径 5~10km 范围内人口最多的村镇为位于厂址 ESE 方位 6.7km 处的国兴村，2017 年底有常住人口 2329 人。

厂址半径 5km 范围内最近的农业畜牧区域见表 2.3-1。

3) 文物保护单位

厂址半径 5km 范围内无省级以上文物保护单位。

结合佳木斯市文化广电和旅游局出具《关于国家电投佳木斯核能供热示范项目不可移动文物情况的说明》及厂址平面布置情况，厂址区域及周边 100m 范围内不存在不可移动文物遗址。

4) 风景旅游区

厂址所在的四马架镇无旅游景点，厂址半径 5km 范围内无旅游规划。

5) 自然保护区

厂址半径 10km 范围内无省级以上自然保护区分布。距厂址最近的自然保护区为黑龙江佳木斯沿江湿地自然保护区，位于厂址 N 方位约 15km。

黑龙江佳木斯沿江湿地自然保护区位于佳木斯市城区范围的湿地主要分布在江北莲江口镇、平安乡、市区和松江乡、建国乡之间，零星分布于东风区、向

阳区。保护区保护品种包括：重点保护植物——国家级重点保护植物 5 种，即水曲柳、黄檗、野大豆、莲和乌苏里狐尾藻；重点保护野生动物——据统计本区共有保护动物 70 种，占本区动物种数的 21.57%，其中国家保护一级重点保护动物 5 种，如东方白鹳、丹顶鹤等；国家二级重点保护野生动物 30 种，如白枕鹤、白琵鹭、大天鹅、鸳鸯等；黑龙江省重点保护野生动物 35 种，如鸿雁、花脸鸭、罗纹鸭、蛎鹬、大白鹭等，且多处于濒危状态，有些种类已经在此区绝迹。本区还有 IUCN 保护动物 29 种，列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)。保护区湿地范围为：保护区北部与佳郊的莲江口镇、平安乡、松江乡、建国乡相连，南与佳木斯市区和松江乡、建国乡由松花江相连，东部与桦川县接壤。保护区沿松花江北岸东北西南带状延伸，其地理坐标为 46°50'46"~47°02'55"N，130°25'14"~130°36'08"E。保护区长 26km，宽 5km，周长 132km，总面积为 11267hm²。其中，核心区面积 4227hm²，占保护区总面积的 37.5%，缓冲区面积 2169hm²，占保护区总面积的 19.3%，实验区面积 4871hm²。

6) 土地利用规划

根据《佳木斯市土地利用总体规划（2006-2020 年）》，佳木斯市土地利用规模调控目标为：

——保持耕地总量平衡，加大基本农田保护力度。规划期内，耕地总量基本稳定。到 2020 年，全市耕地保有量为 121.62 万 ha，基本农田保护面积不低于 107.64 万 ha，确保基本农田数量不减少，质量有提高。

——合理安排建设用地，严格控制建设用地规模。到 2020 年全市建设用地控制在 10.76 万 ha 内，其中城乡建设用地规模控制在 7.72 万 ha，城镇工矿用地规模控制在 2.60 万 ha。交通、水利用地规模控制在 2.95 万 ha，其他建设用地控制在 0.094 万 ha。

——全面推进土地整理复垦开发，增加有效耕地面积，提高耕地质量。规划期内，全面推进土地整治重大工程和农村居民点撤屯并点规模化土地整治工程建设，实施田、水、路、林、村综合整治，工矿废弃地及时进行复垦，后备资源得到适度开发。到 2020 年，通过土地整理复垦新增耕地 0.44 万 ha。

厂址所在桦川县四马架镇的土地利用规划见图 2.3-1。从图 2.3-1 可见，厂址区域的土地利用类型为一般农用地、林地和自然保留地，不涉及基本农田占地，林地按相关要求征收补偿。厂址不在《黑龙江省主体功能区规划》所列国家级禁止

开发区以及国家级限制开发区域（重点生态功能区）范围内。

厂址半径 5km 范围内无万人以上城镇发展规划及工业发展规划，半径 10km 范围内无十万人以上城镇发展规划，涉及 1 个开发区发展规划，即佳木斯高新技术产业开发区规划。

根据佳木斯《高新技术产业开发区总体规划（2015-2030）》，开发区总面积约 50km²，其产业体系主题定位为：以机械生产、新能源、新材料和生物科技为主，大力发展循环经济，同时加强四大产业提档升级：改造提升装备制造业、绿色食品与农副产品加工业、能源造纸、生物医药、化工建材、秸秆与林木产品精加工业，以及依托区位优势和周边资源，努力培育和发展其他新兴产业。高新技术开发区空间结构布局总体上为“一心、四片区、一网络”。“一心”位于园区中北部松江乡政府地带的综合服务核心区。“四片区”分别为中心片区、南部片区、和桦西片区。中心片区产业定位以农机和煤矿机械装备制造、新型建材等，南部片区产业定位为粮食加工和食品产业基地，东部片区产业定位为生物制造与新材料应用产业，桦西片区产业定位为建材、化工、秸秆综合利用、环保产业等循环经济产业基地。

2.3.1.2 水体利用

1) 地表水

(1) 河流

厂址半径 10km 范围内的地表河流有松花江及其支流铃铛麦河、音达木河等。音达木河位于厂址 E 方位约 6km，总长度 26.0km，集雨面积 231.5km²。铃铛麦河位于厂址 W 方位 3km，总长度 45.0km，集雨面积 457.0km²。

根据《佳木斯市城市总体规划（2011-2020 年）》，地表水功能区划为松花江中心城区松花江二桥以西段以农业用水为主；松花江二桥港务局段以开发旅游观光为主；港务局以东为松花江工业用水区、污水厂排污控制区；三个区段均执行 IV 类水域标准。城市内河和四丰山水库执行 IV 类水域标准。

松花江佳木斯段水功能区划见表 2.3-2。

(2) 水库

厂址半径 10km 范围内有 2 座水库：

工农兵水库：位于佳木斯郊区东南部，铃铛麦河一级支流石头河下游，长发镇石头河村以西，下游距牡佳铁路 0.64km，水库坝址以上控制流域面积 26.2km²。

工农兵水库位于厂址 SW 方位 4.5km，水库坝址地理坐标为东经 130°27'36"，北纬 46°41'14"。工农兵水库发源于西太平屯西南部的长虹参场，由西向东流经李海屯、长虹大队、长虹三队、石头河子等村屯后汇入铃铛麦河。工农兵水库为小（1）型水库。兴利水位 106.50m，兴利库容 $76.2 \times 10^4 \text{m}^3$ ；总库容 $203 \times 10^4 \text{m}^3$ 。工农兵水库为不完全年调节水库。多年平均来水量 $301 \times 10^4 \text{m}^3$ ，保证率为 75%，年来水量为 $170 \times 10^4 \text{m}^3$ 。水库供水户为水田灌溉，灌溉设计保证率为 75%，规划水平年农田灌溉需水量为 $79.4 \times 10^4 \text{m}^3$ 。设计保证率 75% 水库供水量为 $119.6 \times 10^4 \text{m}^3$ （包括蒸发渗漏损失 $40.2 \times 10^4 \text{m}^3$ ），剩余年可供水量为 $50.4 \times 10^4 \text{m}^3$ 。现状水库没有灌溉任务，也没有其他用水需求。

四丰山水库：位于佳市西南约 6km 处四丰屯附近英格吐河上，北纬 46°46'，东经 130°21'，距厂址 W 方位 12km。该河为松花江右岸一级支流，发源于佳木斯南部低山丘陵区，于佳木斯市西侧注入松花江。英格吐河流域总面积 219km²，河流总长 22km，其中水库以上流域面积 88km²，河源至库区长 12km。流域内地势为南高北低，河道比降 $I=1/300$ 左右，河流横断面呈宽浅式，为宽阔的二元结构的滩地，流域内低山丘陵面积约占 70%，平原及河谷平原约占 30%，山脊顶高程为 200 米以上，最高达 326 米，地面高程为 100 米左右。四丰山水库为中型水库。四丰山水库兴利水位 94.30m，兴利库容 $620 \times 10^4 \text{m}^3$ ；总库容 $1274 \times 10^4 \text{m}^3$ 。四丰山水库为多年调节水库。多年平均来水量 $704 \times 10^4 \text{m}^3$ ，保证率为 75% 年来水量为 $343 \times 10^4 \text{m}^3$ 。水库供水户为水田灌溉，灌溉设计保证率为 75%，水库除险设计水库兴利任务是农闲灌溉，农田灌溉年需水量为 $449 \times 10^4 \text{m}^3$ 。设计保证率 75% 水库供水量为 $556 \times 10^4 \text{m}^3$ ，剩余可供水量为零。现状水库农田灌溉任务已经取消，每年王三五河从四丰山水库库区最大引水 $100 \times 10^4 \text{m}^3$ ，补充王三五河的缺水量。

图 2.3-2 给出了厂址附近区域的地表水系分布。

（3）水源保护区

佳木斯城区居民饮用自来水，分别来自佳木斯市江北水厂和西郊水厂。

佳木斯市江北水厂座落于松花江北岸，松花江公路大桥东北端，鹤大公路东 200m 处，东经 130°15'52"，北纬 46°50'47"。江北水源地保护区一级保护区面积 8.7379km²，二级保护区面积 77.1319km²。

西郊水厂位于佳木斯市友谊路 1020 号，佳依公路北侧。坐标为东经

130°13'33"，北纬 46°48'29"。一级保护区面积为 3.0365km²。二级保护区面积 37.5095km²。

江北新水源地拟定于郊区平安乡区域内，井群面积 1.47km²。保护区暂未完成划分，按照佳木斯市生态环境局意见，一级保护区暂以井群 1.47km² 外围向外延 500m 估算，二级保护区暂以井群外围向外延 5000m 估算。

佳木斯市江北水厂、西郊水厂水源地保护区范围见图 2.3-3。

江北水厂水源地保护区位于厂址 NW 方位约 17km，西郊水厂水源地保护区位于厂址 WNW 方位约 20km，两处水源地均位于厂址松花江上游段。

2) 地下水

厂址所在的四马架镇及附近区域为农村地区，当地村民均饮用地下水，每个村有一口深水井，水井均在村子附近，一级保护区范围以水井为圆心，半径 30m 所围区域，不设二级保护区。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农牧业资源

1) 主要农产品生产情况

佳木斯市 2017 年农业从业人员约 50 万人。粮食作物播种面积 12643.5km²，产量 710.15 万吨；油料播种面积 50.6km²，产量 8818 吨；蔬菜 133km²，产量 36.8 万吨。桦川县 2017 年农业从业人员约 6.4 万人。粮食作物播种面积 1330.4km²，产量 81.1 万吨；油料播种面积 0.61km²，产量 51 吨；蔬菜 45.9km²，产量 12.08 万吨。

厂址位于佳木斯市桦川县四马架镇境内，厂址所在区域的农业生产以粮食为主，粮食耕种以水稻、玉米为主，其它还有小麦、谷子、高粱、大豆、薯类等杂粮，蔬菜以及少量水果种植。蔬菜主要有大白菜、菠菜、芹菜、油菜、卷心菜和黄瓜、南瓜、萝卜、茄子、西红柿、大葱、蒜头、豆角等，水果有苹果、梨、葡萄等。

厂址半径 5km 范围内涉及四马架镇、长发镇和横头山镇的部分区域。厂址半径 5km 范围 2017 年农业种植生产情况见表 2.3-3。如表 2.3-3 所示，厂址半径 5km 范围 2017 年种植粮食面积 7034ha，产量 61514 吨；种植蔬菜面积 12ha，产

量 39 吨；无水果、油料种植；共有耕地面积 7046ha。

2) 副业生产情况

佳木斯市 2017 年猪出栏 201.7 万头，猪肉产量 15.37 万吨，牛出栏 23.62 万头，牛肉产量 3.68 万吨，羊出栏 70.98 万只，羊肉产量 1.17 万吨，家禽出栏 1235.1 万只，禽肉产量 2.08 万吨，奶牛存栏 2.41 万头，牛奶产量 7.43 万吨。淡水捕捞 2410 吨，淡水养殖 66410 吨，淡水养殖面积 175.46km²。

桦川县 2017 年猪出栏 17.87 万头，猪肉产量 1.37 万吨，牛出栏 2.16 万头，牛肉产量 0.31 万吨，羊出栏 10.1 万只，羊肉产量 0.17 万吨，家禽出栏 70.85 万只，禽肉产量 0.11 万吨，奶牛存栏 0.17 万头，牛奶产量 0.47 万吨。淡水捕捞 380 吨，淡水养殖 8770 吨，淡水养殖面积 16.33km²。

厂址半径 5km 范围内 2017 年共出栏牛 422 头，猪 6813 只，羊 562 只，禽类 38927 只，肉产量 541 吨，奶牛存栏 20 只，奶产量 56 吨。厂址半径 5km 范围畜牧业生产情况详见表 2.3-4。

2.3.2.3 矿业资源

佳木斯市区境内已经查明的矿产主要有石英石、蛇纹石、沸石、玄武岩和陶土等。石英石产于大来镇大来村南山，共有 4 个矿体，蕴藏量为 18~23 万 m³。矿石总重量约为 47.7 万吨。矿体出露地表，适合开采。蛇纹石见于大来镇沿江一带的石砬中。沸石在佳南平吊村和四丰山一带均有发现。玄武岩见于四丰山境内和西格木乡草帽顶子山一带。陶土产于西格木乡草帽顶子山，分布在直径 300 米，比高 50 米范围以内，属于中生上白云系酸性火山岩石矿。硬质陶土产于西格木乡华拉沟对山，分布在山的直径为 300 米，比高 50 米处，蕴藏量约 320 万吨。

桦川县有煤、铁、珍珠岩、石灰石、油页岩、砂岩、卵石岩、型沙、江沙、草炭等 10 多种矿产。根据桦川县国土资源局的提供的资料，厂址所在四马架镇和横头山镇除砂石、粘土和泥炭外，没有可开采矿产。原有砂石场、采石场已停产 20 多年，泥炭和粘土已禁止开采。

2.3.2.4 林业资源

桦川县全县有林地 2.2 万公顷，森林复盖率为 17.3%，林木总蓄积量 63.5 万立方米，树种有落叶松、红松、樟子松等 40 个品种。山产品有木耳、人参、蘑

菇、蕨菜、鹿茸等 18 种。中草药材有五味子、百合、防风等 50 余种。

2.3.2.5 陆地生态系统状况

佳木斯市境内郊区野生植物分布广泛，种类繁多。除林木外，主要种类可分 4 类。药材类有车前子、五味子、伏苓、玉竹、柴胡、桔梗、穿龙骨、洋金花、蒲公英、马齿苋、人参等，这些植物多生长在南部低山区，数量较多。观赏类有映山红、芍药、红花、黄花、马莲花、紫罗兰、百合花、野玫瑰、金针花、石竹子，其中以映山红、红花、黄花数量为最多，分布于南部低山区的缓坡上。草类有樟茅（洋草）、大叶章、小叶章、水稗草、兰花菜、蓼吊子、柳蒿、五花草、三棱草、大马莲、菱角、金盏草等。菌类：蘑菇、猴头、马粪包、木耳等。

佳木斯市境内兽类中，南部山区偶而可见狼和貉子，马鞍山、烟筒山等处尚有狍子和鹿出没，兔子和黄鼬在山区和平原均可见到。禽类：有野鸭、野鸡、鹌鹑、乌鸦、喜鹊、山雀、啄木鸟、豆纹鸟、云雀、麻雀、鹰鸽、苍鹰等。候鸟有燕、大雁、布谷鸟、蓝靛鸟、三道眉鸟、灰喜鹊、鹭鸶、鹤、鱼鹰、沙鸥等。珍稀鸟类有：人参鸟（又名棒槌鸟）、百灵鸟等，数量极少。昆虫类：有蜜蜂、马蜂、蜻蜓、蝴蝶、螟蛾、金龟子、蚯蚓、椿象、瓢虫、蚂蚁、蟋蟀、螳螂、萤、蜘蛛、蚱蜢、蚕、蝼蛄、蟑螂、蝇、蚊、虻等。两栖类有青蛙、蟾蜍、蜥蜴、鳖、蛇、水獭等。其中有 27 种省级保护动物，如狍子、马鹿、赤狐、狗獾、乌苏里貉等等。无国家级保护动物。

桦川县水产品有鲤、鲢、鲫等鱼类 11 科 37 种。野生动物有鹿、貂、狍、天鹅、野鸡、大雁等 40 余种。

2.3.3 水产资源及生态概况

本项目核能供热站正常运行期间产生的放射性废液采用处理后回用的方式，无法回用的放射性废液在厂区内贮存，不向厂址附近的地表水体排放任何液态流出物。本项目运行期间产生的非放射性生产废水及生活污水同样进行处理后回用，不向厂址附近的地表水体排放。

本项目不开展厂址附近水产资源及生态的评估工作。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业

佳木斯市工业历史底蕴深厚，工业文化、工匠精神倍受尊崇。经过多年努力，资源保护更加充分，人才体系不断完善，工业园区建设初具规模，产业路径基本形成，交通、通讯、电力、水力等产业要素优势明显，具有承载大中型企业群的能力。机械加工，粮食加工，木材加工、建设生产、新能源等重要领域，已经形成比较完整的产业协作配套体系。现有省级以上开发区 6 个，形成了布局优化、要素集聚、土地集约、特色鲜明的产业园区体系。从产业布局来看，佳木斯市的主导产业还是以食品工业、装备制造、建材、能源四个行业为主，但随着农机行业生产下滑，装备制造业占比逐年减少，食品加工和能源行业占比有所增加。全市规模以上企业 313 户，规模以上工业属于战略性新兴产业的企业共有 50 户，分别属于节能环保、生物、新能源、新材料四个产业。

桦川县拥有工业 126 家，已经初步形成了饮料、化工、酒类、酒精、医药、机械、建材等。主要产品泥炭、酒精、豆粕、浓缩果汁、稻麦收割机、辣椒酱、酱母、水泥编织袋等 18 种产品打入俄罗斯、韩国、瑞士、泰国、日本、香港、台湾等国家和地区。

1) 工矿企业现状

厂址半径 5km 范围内现无规模以上工业企业。

厂址半径 5km 范围内没有矿产企业。

2) 工业发展规划

厂址半径 5km 范围内存在与本项目同步规划的生物质电厂，初步的总平面设计图见图 2.1-3。

厂址半径 10km 范围内涉及 1 个开发区发展规划，即佳木斯高新技术产业开发规划。根据佳木斯《高新技术产业开发总体规划（2015-2030）》，开发区总面积约 50km²，其产业体系主题定位为：以机械生产、新能源、新材料和生物科技为主，大力发展循环经济，同时加强四大产业提档升级：改造提升装备制造业、绿色食品与农副产品加工业、能源造纸、生物医药、化工建材、秸秆与林木产品精加工业，以及依托区位优势 and 周边资源，努力培育和发展其他新兴产业。高新技术开发区空间结构布局总体上为“一心、四片区、一网络”。“一心”位于园区中北部松江乡政府地带的综合服务核心区。“四片区”分别为中心片区、南

部片区、东部片区和桦西片区。中心片区产业定位以农机和煤矿机械装备制造、新型建材等，南部片区产业定位为粮食加工和食品产业基地，东部片区产业定位为生物制造与新材料应用产业，桦西片区产业定位为建材、化工、秸秆综合利用、环保产业等循环经济产业基地。

根据《佳木斯市城市总体规划（2011-2020年）》，提出“改造旧区、开发新区、沿江发展、两岸繁荣”的城市总体发展战略，规划将调整城市产业空间布局，疏散中心城区部分工业企业，破解老城区工业围城问题，改善城市环境，完善城市功能，佳木斯中心城区发展方向以向西发展为主，向东与向南发展为辅，佳木斯市城市总体规划向东建设佳木斯高新技术产业开发区，承接中心城区产业转移，并培育壮大绿色食品加工、机械装备制造、秸秆造纸等循环经济产业体系。向南则大力发展文化旅游、养老服务、商贸市场等。大气环境治理措施为调整能源结构，全面推广天然气等清洁燃料，取缔燃煤小锅炉，采取集中供热。

综上所述，厂址半径 5km 范围内无工业发展规划，厂址位于佳木斯市东南侧，与《佳木斯市城市总体规划（2011-2020年）》发展规划相容，能够满足核供热堆的选址要求。

2.3.4.2 交通

1) 陆上交通

厂址位于佳木斯市桦川县。厂址半径 5km 范围内有 1 条高速、1 条省道、1 条乡道及多条村道。

G1011 哈同高速：位于厂址 N 方位约 2.8km。

省道 S513：位于厂址 SW 方位约 4km。

建国镇-横头山镇公路（乡道）：位于厂址 E 方位 5km。

厂址半径 5km 范围内有 2 条铁路。

铁路佳富线：位于厂址 NNE 方位约 3.1km。

铁路牡佳线：位于厂址 SW 方位约 3.7km。

厂址半径 5km 范围内陆域交通情况见表 2.3-5，厂址半径 5km 范围内陆域交通情况示意图见图 2.3-4。

根据《桦川县交通运输局“十三五”专项规划》，“十三五”期间桦川县综合交通发展的目标是：交通运输基础设施总量进一步扩大，综合运输大通道基本形

成，城际交通快速便捷，农村公路通达水平大幅提升，区域综合交通枢纽地位更加显现，综合运输优势有效发挥，运输服务质量明显提高，运输市场进一步规范，技术装备水平明显提升，交通安全保障得到加强，基本形成结构合理、供需平衡、各种运输方式合理分工，便捷、通畅、高效、安全的综合交通体系，满足桦川县经济社会发展的需要。到 2020 年，完成以悦来镇为中心，对周边短途农村客运线路向城乡公交一体化进行改造。着重发展悦来镇至马库力，悦来镇至万里河，悦来镇至苏家店镇，悦来镇至创业乡的线路改造。由近及远，逐步完善县域内所有农村线路的城乡公交一体化改造。

厂址所在区域涉及佳木斯界-横头山镇-四马架镇-建国界原有乡道规划扩建为二级公路，具体位置见图 2.3-5。

根据《黑龙江省现代综合交通运输体系发展“十三五”规划》，厂址所在区域涉及铁路规划为黑龙江牡佳高铁(图 2.3-6)，该条高铁设计时速为标准 250km/h，里程全长为 376km，途经双鸭山，七台河，牡丹江，佳木斯，鸡西，计划于 2020 年通车并投入运营。牡佳高铁位于厂址 SW 方位约 3.7km。

2) 水路交通

(1) 航道

佳木斯港辖区松花江河段上起汤原港区，下至抚远港区，松花江河段长约 260km，黑龙江河段长约 241km，乌苏里江河段长约 65km。

该段河道经历年治理，特别是经过佳（木斯）同（江）段航道整治工程的系统治理，河势基本上得到了控制，整治标准为国家Ⅲ级航道。

松花江、黑龙江属季节性封冻河流，封冻期为 147d 左右，每年 4 月中旬开江流冰，11 月下旬流冰封江。

目前，松花江的客运船舶以旅游船、轮渡船为主。货运船舶中，以驳船为主，驳船平均吨位达 500t 以上。佳木斯港所属松花江下游河段为Ⅱ级航道标准，可通航 1000t 以上驳船。

松花江根据河道自身的特点，并依据《全国内河船型标准化发展纲要》，坚持大力发展分节驳，松花江干流以发展 1000t、600t 分节驳为主。推广浅吃水大径深比推船，以发展 485kw、272kw 推船为主。

松花江航道位于厂址 NNW 方位 13km。

(2) 码头

佳木斯港现有莲江口、宏力、造纸厂、杏林河、铁路桥、范家屯等 6 个港区，均位于佳木斯市区内。港口生产共使用自然岸线长度 2364m，港口陆域总面积 $29.98 \times 10^4 \text{m}^2$ 。全港共有生产用码头泊位 23 个，除客运泊位外，均为直立式码头，其中 1000t 级泊位 20 个、600t 级泊位 2 个、300t 级泊位 1 个。年综合通过能力为 $199 \times 10^4 \text{t}$ 和 4×10^4 人。全港共有各种装卸机械 126 台，生产用仓库面积 4871m^2 ，堆场面积 187067m^2 。铁路专用线长 1550m，其中装卸线长度为 963m；运输管道长 4400m，均为成品油运输管道。

- 宏力作业区：主要为腹地外贸物资运输、大宗货物运输、集装箱运输、江海联运运输服务，是内外贸运输相结合的综合性港区。主要以承担木材、粮食和其它件杂货进出口为主，并建立临港园区，形成以港口为核心的综合物流中心，是内外贸相结合的综合性枢纽港区。宏力作业区距离厂址 NW 方位 14km。
- 莲江口作业区：是佳木斯重要的煤炭出口港区，是以煤炭运输为主的专业港区。同时，兼顾部分石油、水泥出口任务。莲江口作业区距离厂址 NW 方位 22km。
- 杏林河作业区：近期以承担木材进口为主，远期将进行拆迁，与宏力港区合并。
- 造纸厂作业区：主要为造纸厂提供运输服务，同时兼顾部分公共货物的运输。
- 松江作业区：是以矿建材料进口为主的专业港区。松江作业区距离厂址 NNW 方位 14km。
- 佳木斯沿江公园客运码头：主要为沿江景观带、水上旅游提供旅客运输服务。
- 柳树岛客运码头：主要为柳树岛水上旅游提供旅客运输服务。
- 敖其湾水上乐园客运码头：主要为敖其湾赫哲族旅游区提供水上运输服务。

3) 机场及航空线

根据《关于国家电投佳木斯核能供热示范项目涉及民航情况的复函》（佳机

场办发[2019]12号),佳木斯东郊机场位于厂址 NNW 方位 12.7km 处,厂址存在佳木斯东郊机场等待航线。

佳木斯东郊机场始建于 1932 年,其前身为中国民用航空佳木斯站,海拔高度为 80 米(262 英尺),1998 年佳木斯市政府筹资对机场进行改、扩建,2000 年 1 月投入使用。机场占地面积 260 公顷(260 万 m²),跑道长 2500 米,宽 45 米,机坪面积 28300m²,航站楼面积 5728m²,飞行区等级为 4C,可停靠 C 类飞机 2 架, B 类飞机 1 架。佳木斯东郊机场是支线机场,由佳木斯机场管理公司运营管理,目前共有 13 条国内航线,2 条国际航线,国内通达北京、上海(虹桥/浦东)、广州、深圳、大连、哈尔滨、青岛、烟台、杭州、南京、抚远、沈阳、济南、西安、通辽等 15 个城市,国际直通首尔及哈巴罗夫斯克两个城市。2017 年,佳木斯机场共实现运输起降 6207 架次,完成旅客吞吐量 66.7 万人次。根据《关于国家电投佳木斯核能供热示范项目涉及民航情况的复函》(佳机场办发[2019]12号),佳木斯机场目前的年起降架次约为 8000 次。

经佳木斯机场的空中航线为哈尔滨—佳木斯—海青的 G212 航线,该航线位于厂址 NW 方位 12.5km。因此,厂址半径 4km 范围内无航线经过。

根据《佳木斯市城市总体规划(2011-2020年)》,规划新建佳木斯四马架机场,提升飞行区标准到4D级,开通新航线。升级为干线机场,年吞吐量200万人次。设10个停机位,建设总面积17000米的航站楼与候机厅等相关设施,新建机场航线规划待定。《黑龙江省通用机场布局规划(2018-2030年)》(黑发改铁航[2018]165号)中没有将佳木斯四马架机场列入通用机场规划。建议后续阶段对佳木斯四马架机场规划及进展情况进行跟踪。

2.3.4.3 其他相关设施

厂址附近学校、敬老院、医院等设施情况参见 2.2.1.3 节。

2.3.4.4 外部人为事件

1) 外部人为事件筛选范围及内容

(1) 筛选范围

根据核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》(HAD101/04),外部人为事件潜在危险源筛选距离值(SDV)如下:

- 火灾 1~2km

- 爆炸 5~10km
- 危险气云源 8~10km
- 航线及起落通道 4km
- 一般民航机场 10km

根据厂址周围环境及外部人为事件潜在危险源特点，初步确定外部人为事件筛选范围：加油站等危险源的筛选范围为厂址半径 10km，较大的危险源扩展到厂址半径 15km 区域；危险气云源等化学危险品的筛选范围为厂址半径 10km 的区域；航线及起落通道的筛选范围为厂址半径 4km 区域。

(2) 外部人为事件潜在源

参考核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》(HAD101/04)，在厂址选择阶段，应充分考虑现在和可预见的将来有潜在严重人为事件的区域。同时指出，必须查明能够影响厂址安全的外部人为事件的每一有关的潜在源，以确定其对拟建核供热堆工作人员和安全重要物项的潜在影响。就源本身而讲，可作如下分类：

- 固定源：如化工厂、炼油厂、仓库、管线等制造、生产、加工、贮存设施或固定运输管线；
- 移动源：运输路线中的交通工具等运输设施。

2) 潜在固定危险源

(1) 工业企业分布

厂址位于佳木斯市桦川县，桦川县工业涉及饮料、化工、酒类、酒精、医药、机械、建材等，主要产品有泥炭、酒精、豆粕、浓缩果汁、稻麦收割机、辣椒酱、酱母、水泥编织袋等。

厂址半径 5km 范围内现无规模以上工业企业分布。厂址半径 5km 范围内存在与本项目同步规划建设的生物质电厂，基于最新规划设计方案，生物质电厂不涉及油、气存储，规划有盐酸储罐和氢氧化钠等储罐。

四丰乡有一家规模以上企业——洪伟水泥制品厂，位于厂址 WNW 方位约 9.5km (表 2.3-6)，产值 1000 万元，有职工 40 人。厂址半径 5km 范围内现无危险品生产企业，无工业天然气管线分布。

距离厂址 WNW 方位 5.8km 处为佳木斯市高新技术产业开发区。佳木斯高

新技术产业开发区位于佳木斯东部，于 2009 年 8 月 31 日成立，2009 年 12 月 21 日被省政府批准为省级高新区。其功能定位如下：

- 基本功能：一是产业聚集功能；二是科技孵化功能；三是公共服务功能；四是辐射带动功能；五是对俄合作功能；六是研发创新功能。
- 远景定位：初始目标定位为省级高新区，逐步建设成国家级高新区。
- 产业定位：走循环经济和新型工业化道路。利用区域和俄罗斯资源发展新产业，利用高新技术改造传统产业和发展新产业，利用区域要素集聚优势承接发达地区产业转移带动新产业发展。发挥区位和要素资源集聚优势，把科技创新作为引领未来发展的核心战略，以利用俄罗斯及东北部区域资源为重点，以科技先导型工业为方向，以合作工业、引资工业、飞地工业为发展模式，大力发展新材料、新能源、生物与医药、新型化工、林纸一体化、新型建材及其他综合产业，成为资源深加工产业和先进制造业集聚区、科技创新先导型示范区及其它高新产业集聚区，相应配套发展物流产业和现代服务业。

厂址半径 10km 范围内的企业不会对核供热堆的安全运行构成明显的不利影响。

(2) 固定爆炸源

厂址半径 10km 范围内现有 3 个加油站分布，此外无大型化工、炼油厂等企业以及危险品生产企业。厂址半径 10km 范围内的固定危险源见表 2.3-7。厂址半径 5km 范围内现无固定危险源分布。

参考安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》(HAD101/04) 附录 II 中对于 7kPa (0.07bar) 压力值 (正的入射峰值压力) 的建议关系式，计算潜在爆炸源和核供热堆安全有关物项之间的允许距离：

$$R_{ip}=18W^{1/3} \quad (2.3-1)$$

式中：

R_{ip} 为核供热堆至爆炸处的最小允许距离 (m)；

W 为 TNT 的物质当量或炸药质量的 TNT 当量 (kg)。对于闪点低于 21℃ 的可燃液体的潜在质量 (即相应的 TNT 当量) 等于全部质量的 0.3%。

假设距离厂址 6.5km 处的四马架加油站的单罐 90m³ 柴油发生爆炸，其发生

爆炸造成 0.07bar 正入射峰压力的距离约 117m，远小于厂址与爆炸点的距离。

厂址半径 5km 范围内现无天然气管线分布。

因此，厂址附近的现有固定爆炸源不会对核供热堆的安全运行构成潜在危险。

对于与本项目同步规划建设的生物质电厂，不涉及油、气存储，规划的盐酸和氢氧化钠储罐不存在爆炸和着火风险，也不存在腐蚀性气云的释放和飘散，因此不会对核供热堆的安全运行构成潜在危险。

3) 潜在移动危险源

(1) 公路运输

厂址半径10km范围内移动危险源主要为运送汽柴油及天然气的车辆。厂址N方位约2.8km处的G1011哈同高速公路以及SW方位约4km处的S513省道每天均有汽柴油和天然气运输车辆通行，汽柴油运输车辆最大为30m³槽罐车，天然气运输车辆罐体容积为23.22m³，荷载质量4.165t。

厂址半径5km范围内运输危险品的移动危险源情况见表2.3-8。

参考核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》(HAD101/04)附录II计算潜在爆炸源和核供热堆安全有关物项之间的允许距离。假设距离厂址 2.8km 处的 G1011 哈同高速公路上运输 30m³ 汽柴油的槽罐车发生爆炸，其发生爆炸造成 0.07bar 正入射峰压力的距离约 81m，远小于厂址与爆炸点的距离。

按核安全导则HAD101/04附录III中对于液化气罐破裂后，单一喷放浓度高于点燃极限值距离的计算公式，计算潜在燃烧源（液化气）和核供热堆安全有关物项之间的允许距离：液化气为比水轻的压缩液体，故密度保守考虑为1g/cm³，假设在最初的气态喷放中释放了总量的10%，则液化气在风速约为1m/s情况下，浓度仍高于点燃极限值的距离X可由下式确定：

$$X=0.22t^{0.45} \quad (2.3-2)$$

式中：

X为核供热堆至燃烧处的最小允许距离（km）；

t为总释放量（吨）。

假设距离厂址 2.8km 处的 G1011 哈同高速公路上运输 23.22m³ 天然气的槽罐车发生破裂，计算得到天然气气云燃烧安全距离为 322m。该距离距小于泄漏点与厂址的最近距离。

因此，厂址附近的移动危险源不会对核供热堆的安全运行构成潜在危险。

(2) 铁路运输

铁路牡佳线位于厂址 NNE 方位约 3.1km，主要运输品类为石灰石、煤炭、水泥等；铁路佳富线位于厂址 SW 方位约 3.7km，是双鸭山煤矿区煤炭外运主要通道，年煤炭外运量超过千万吨。厂址半径 5km 范围内铁路不存在危险品运输情况。

(3) 水上航道运输

松花江航道位于厂址 NNW 方位 13km。佳木斯港宏力作业区距离厂址 NW 方位 14km，莲江口作业区距离厂址 NW 方位 22km，松江作业区距离厂址 NNW 方位 14km。厂址半径 10km 范围内不涉及水上航道运输。

(4) 空中运输

厂址半径 10km 范围内没有民航机场，佳木斯东郊机场位于厂址 NNW 方位 12.7km 处，根据《关于国家电投佳木斯核能供热示范项目涉及民航情况的复函》（佳机场办发[2019]12 号），佳木斯机场目前的年起降架次约为 8000 次，小于参考《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）附录 I 计算得到的厂址半径 16km 范围内年起降架次 31129 次的筛选值。

厂址半径 4km 范围内没有民用空中航线或起落通道。

表 2.3-1 厂址 5km 范围内各方位最近的农业畜牧区域

菜地、农田

单位：ha、t

方位	距离/km	居民点	菜地		农田	
N	2.4	福田屯	/	/	166.4	1747
NNE	/	/	/	/	/	/
NE	2.7	红星村	/	/	575.1333	6038
ENE	1.7	德庆村	/	/	597.4667	6273
E	2.7	龙胜屯	/	/	396.8667	4167
ESE	2.1	创业屯	/	/	298.7333	3137
SE	3.3	恒德村	/	/	376.0667	2636
SSE	4.8	六间房村	/	/	209.8	1471
S	5.0	新立	/	/	380.2667	2666
SSW	4.1	玉新	/	/	328.6	2529
SW	2.2	东胜	/	/	363.6	2720
WSW	4.8	南长发	/	/	442.2	3230
W	2.0	东四合	/	/	531.4	4100
WNW	/	/	/	/		
NW	/	/	/	/	/	/
NNW	2.7	永兴	/	/	236.2	1718

养殖场

方位	距离 (km)	养殖场名称	所在地名称	饲养品种	养殖场规模 (只)	2017 年出栏量 (只)	饲养周期
N	/	/	/	/	/	/	/
NNE	/	/	/	/	/	/	/
NE	/	/	/	/	/	/	/
ENE	/	/	/	/	/	/	/
E	/	/	/	/	/	/	/
ESE	/	/	/	/	/	/	/
SE	/	/	/	/	/	/	/
SSE	/	/	/	/	/	/	/
S	5	绿欣猪场	长新村	猪	1500	1700	6 个月
SSW	4	星海牧业	新河村	猪	11000	8500	6 个月
SW	/	/	/	/	/	/	/
WSW	3.8	红旭种猪场	南长发村	猪	1400	1300	6 个月
W	/	/	/	/	/	/	/
WNW	/	/	/	/	/	/	/
NW	/	/	/	/	/	/	/
NNW	/	/	/	/	/	/	/

表 2.3-2 松花江佳木斯段水功能区划

序号	水功能区		所在河流	断面名称	断面所在地址	断面经纬度		长度(km)	水质目标	现状水质	达标状况
	一级区	二级区				经度	纬度				
1	松花江佳木斯市开发利用区	松花江佳木斯市农业用水、工业用水区	松花江	佳木斯港务局	佳木斯市向阳区	130°21'54"	46°49'06"	69	IV	III	达标
2	松花江佳木斯市开发利用区	松花江佳木斯市排污控制区	松花江	宏力村	佳木斯市松江乡	130°27'33.7"	46°51'18.5"	7.4	IV	III	达标

表 2.3-3 厂址半径 5km 范围农业种植生产情况（2017 年底）

村名	方位	距离 (km)	粮食		蔬菜		水果		油料		耕地面积 (ha)
			面积 (ha)	产量 (吨)							
恒德村	SE	3.3	376	2636	0	0	0	0	0	0	376
六间房村	SSE	4.8	210	1471	0	0	0	0	0	0	210
万宝村	ESE	3.6	490	3438	0	0	0	0	0	0	490
创业屯	ESE	2.1	299	3137	0	0	0	0	0	0	299
德庆村	ENE	1.7	598	6274	0	0	0	0	0	0	598
福田屯	N	2.4	166	1747	2	6	0	0	0	0	168
红星村	NE	2.7	575	6039	7	22	0	0	0	0	582
龙胜屯	E	2.7	397	4167	1	4	0	0	0	0	398
新兴村	E	4.2	640	6723	2	7	0	0	0	0	642
永胜村	N	4.2	412	4325	0	0	0	0	0	0	412
东胜	SW	2.2	364	2720	0	0	0	0	0	0	364
东四合	W	2	531	4100	0	0	0	0	0	0	531
巨兴	NNW	3	336	2446	0	0	0	0	0	0	336
南长发	WSW	4.8	442	3230	0	0	0	0	0	0	442
三不管	SSW	4.6	286	2160	0	0	0	0	0	0	286
石头河	SW	4.4	150	1151	0	0	0	0	0	0	150
新立	S	5	97	730	0	0	0	0	0	0	97
永兴	NNW	2.7	236	1718	0	0	0	0	0	0	236
玉新	SSW	4.1	429	3302	0	0	0	0	0	0	429
合计			7034	61514	12	39	0	0	0	0	7046

表2.3-4 厂址半径5km范围畜牧业生产情况（2017年底）

村名	方位	距离 (km)	出栏				存栏	奶产量 (吨)	肉产量 (吨)
			牛 (头)	猪 (只)	羊 (只)	禽 (只)	奶牛 (头)		
恒德村	SE	3.3	0	0	0	0	0	0	0
六间房村	SSE	4.8	0	0	0	0	0	0	0
万宝村	ESE	3.6	29	220	0	700	0	0	22
创业屯	ESE	2.1	26	167	100	2000	3	7	26
德庆村	ENE	1.7	52	333	200	4000	5	15	51
福田屯	N	2.4	3	45	34	1459	0	0	9
红星村	NE	2.7	9	155	116	5041	0	0	33
龙胜屯	E	2.7	23	57	11	2602	5	13	13
新兴村	E	4.2	37	93	19	4198	7	21	20
永胜村	N	4.2	4	1904	0	3427	0	0	199
东胜	SW	2.2	20	356	0	0	0	0	18
东四合	W	2	59	986	0	12000	0	0	52
巨兴	NNW	3	18	174	48	0	0	0	8
南长发	WSW	4.8	23	635	0	3500	0	0	29
三不管	SSW	4.6	48	321	0	0	0	0	16
石头河	SW	4.4	11	293	0	0	0	0	9
新立	S	5	16	109	0	0	0	0	5
永兴	NNW	2.7	13	123	34	0	0	0	6
玉新	SSW	4.1	31	842	0	0	0	0	25
合计			422	6813	562	38927	20	56	541

表 2.3-5 厂址半径 5km 范围内陆域交通情况

公路、铁路名称	公路、铁路等级	起讫点名称	距厂址最近距离 (km)	备注
G1011 哈同高速	高速公路	哈尔滨-同江	2.8	已建
S513 省道	三级、四级公路	哈尔滨-同江	4	已建
建国镇-横头山镇公路 (乡道)	四级公路	建国镇-横头山镇	5	已建
铁路牡佳线		牡丹江-佳木斯	3.1	已建
铁路佳富线		佳木斯-双鸭山	3.7	已建
佳木斯界-横头山镇-四马架镇-建国界乡道	扩建为二级公路	/		规划
牡佳高铁	高铁, 设计时速 250km/h	牡丹江-佳木斯	3.7	规划

表 2.3-6 厂址最近的规模以上工业企业情况

序号	企业	方位	距离 (km)	产值 (万元)
1	洪伟水泥制品厂	WNW	9.5	1000

表 2.3-7 厂址半径 10km 范围内固定危险源分布情况

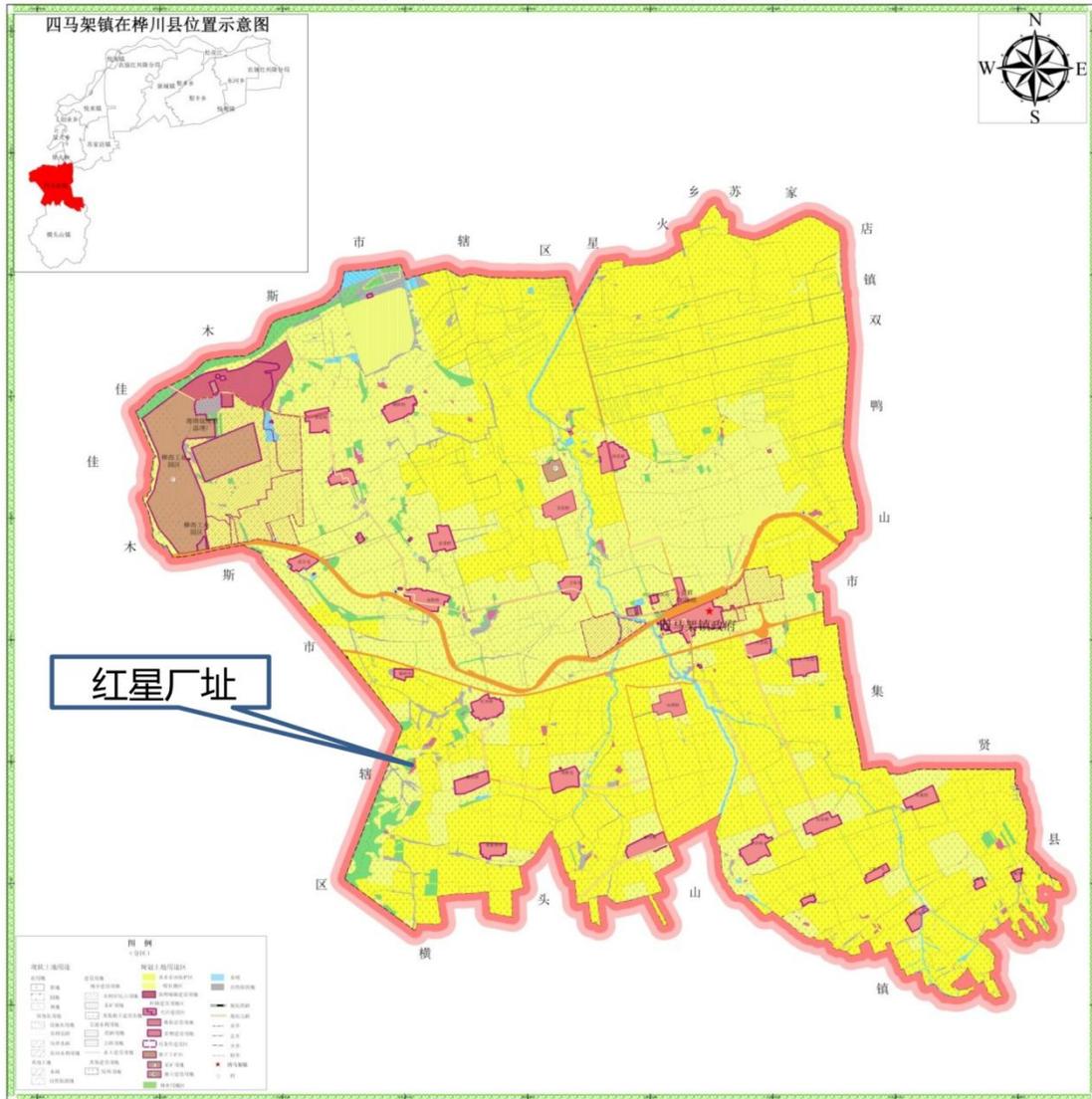
序号	危险品企业名称	方位	距离 (km)	危险品名称	单罐贮存量 (m ³)	罐体数 (个)
1	东北加油站	WNW	9.0	汽油	50	2
					30	1
				柴油	50	2
					30	1
2	四马架加油站	NE	6.5	汽油	20	2
				柴油	90	1
3	横头山加油站	SSE	8.0	汽油	20	1
				柴油	20	2

表 2.3-8 厂址半径 5km 范围移动危险源情况

序号	运输路线	距厂址最近距离 (km)	运输工具	危险品名称	一次最大运输量 (单车/船最大装载量)
1	G1011 哈同高速公路	2.8	槽罐车	汽柴油	30m ³
			槽罐车	天然气	23.22m ³ (荷载质量 4.165t)
2	S513 省道	4	槽罐车	汽柴油	30m ³
			槽罐车	天然气	23.22m ³ (荷载质量 4.165t)

四马架镇土地利用总体规划（2006-2020年）

四马架镇土地利用总体规划图



四马架镇人民政府
二〇一七年十一月 编制

图 2.3-1 厂址所在桦川县四马架镇土地利用规划图

铃铛麦河及英格吐河流域水系图



图 2.3-2 厂址附近区域地表水系分布图

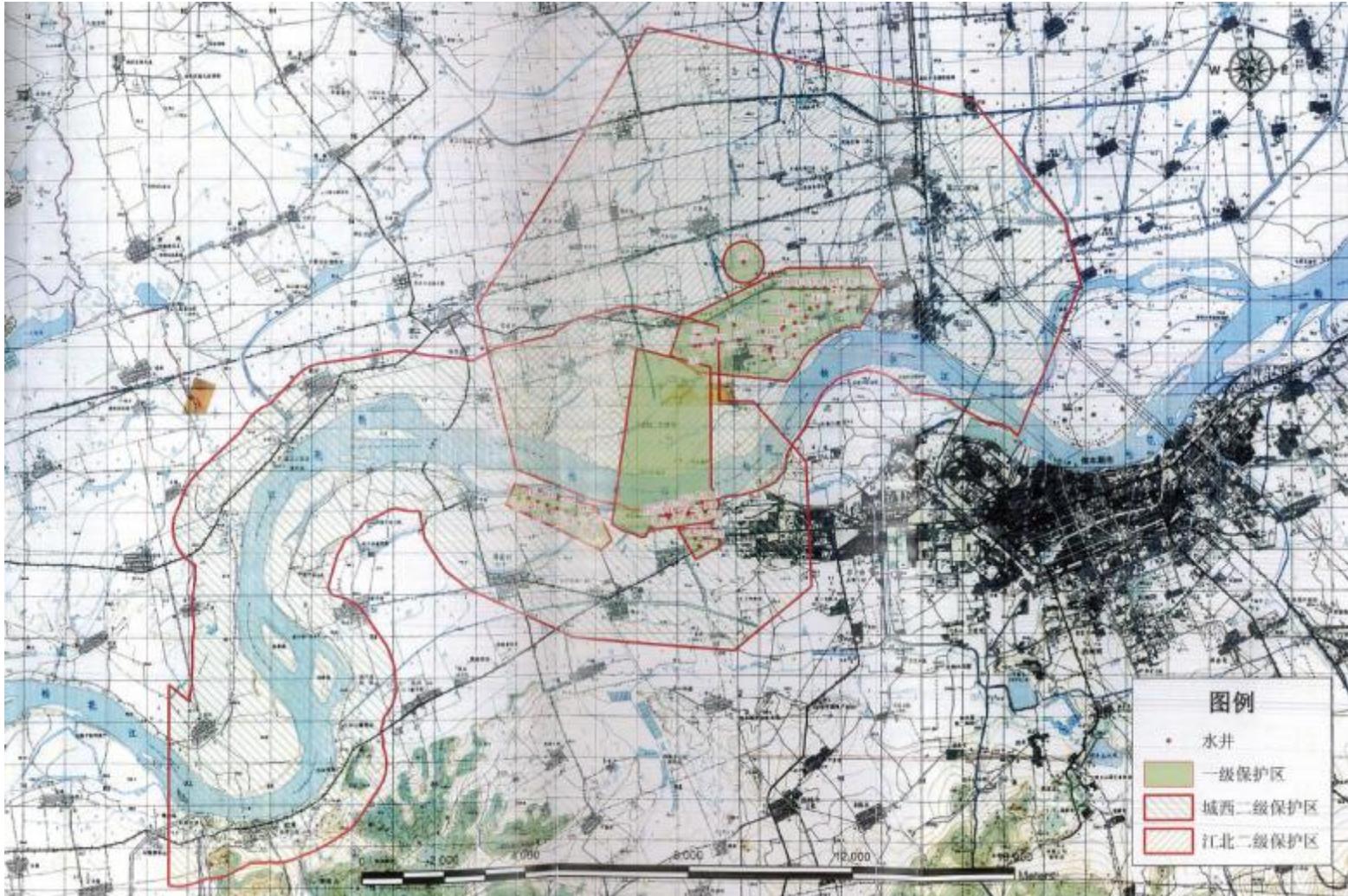


图 2.3-3 佳木斯市江北水厂、西郊水厂水源地保护区范围示意图



图 2.3-4 厂址半径 5km 范围内陆域交通情况示意图



(黑色线段为扩建乡道)

图 2.3-5 厂址附近扩建乡道示意图



图 2.3-6 牡佳高铁规划示意图

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.1.1 概述

国家电投佳木斯核能供热示范项目位于黑龙江省佳木斯市，在东北的松花江、黑龙江、乌苏里江汇流而成的三江平原腹地，属寒温带大陆性季风气候。夏季受东南季风的影响，冬季受西伯利亚冷气团的侵袭，致使冬季漫长，气候寒冷，夏季炎热多雨，春季气温适中，全年降水分布不均，夏季降水最多，冬季降水最少；春季风大，风多；夏季风小，风少。全年多为西南风，夏季偏东风略有增加。

2.4.1.2 区域气候要素

厂址区域年平均气温 3.0~4.0℃，极端最高气温为 38.2℃，极端最低气温为 -41.1℃。年平均相对湿度为 62%~70%，最小相对湿度为 1%。年平均降水量为 510.8~633.5mm，一日最大降水量为 97.5mm~117.8mm。年平均日照时数为 2336.9~2505.7h。年平均气压为 985.9hPa~1003.7hPa，极端最高气压为 1035.8hPa，极端最低气压为 944.3hPa。年平均风速和静风频率分别为 3.0m/s~3.7m/s、9%~14%（其中自动站启用前静风频率为 8%~16%，自动站启用后静风频率为 4%~8%），最大风速为 22m/s~29m/s。年平均蒸发量为 1163.3mm~1381.6mm。最大积雪厚度为 47cm~80cm。最大冻土深度为 220cm~238cm。

2.4.2 设计基准气象参数

可研极端气象专题正在进行中，待成果完成后补充。

2.4.2.1 热带气旋

根据统计，1949~2018 年共 70 年中，影响厂址且进入以厂址为中心的 400km 半径（见图 2.4-1）以内的热带气旋共有 30 个，平均每年出现 0.46 个。8 月份为热带气旋发生频数最多的月份，占总数的 63.33%。在 70 年内一共出现 1 个热带低压、3 个强热带风暴、10 个台风、1 个强台风和 15 个超强台风，均出现在 7~9 月。

从热带气旋中心经过以厂址为中心，半径为 400km 的圆域的路径图分析，路经此区域的热带气旋的发生源地都产生于西太平洋。按活动路径分为三类：第一类在浙江和福建登陆后又在辽宁登陆路径；第二类为直接在辽宁登陆北上路径和在朝鲜半岛登陆后北上；第三类是在日本登陆后又重新入海再次登陆。

厂址位于内陆地区,许多强度较强的西北太平洋热带气旋,进入划定区域后,由于缺乏水源,再加上陆地的摩擦作用,强度已经大幅度减弱。从热带气旋的影响来看,与沿海地区相比,能够影响到厂址的热带气旋相对较少,产生的灾害主要为暴雨、大风以及与之相伴的次生灾害等。

厂址划定区域热带气旋中心最低气压见表 2.4-2。

几个较强热带气旋案例:

2012 年 8 月末到 9 月中旬,受 15 号台风“布拉万”和 16 号台风“三巴”登陆后变性为温带气旋的影响,黑龙江省产生大范围暴雨到大暴雨。8 月 28-30 日受登陆台风“布拉万”变性北上的影响,28 日 08 时-29 日 08 时黑龙江省出现 4 个站大暴雨,4 个站暴雨,20 个站大雨,19 个站中雨,其中绥化站最大降雨量为 125mm。29 日 08 时-30 日 08 时黑龙江省出现 1 个站大暴雨,6 个站暴雨,19 个站大雨,18 个站中雨,其中嘉荫站最大降雨量为 106mm,代表站鹤岗、佳木斯、汤原和桦川最大降雨量依次为 77.6mm、71.7mm、66.4mm 和 50.1mm,均达到暴雨级别。29 日白天哈尔滨大雨,风力 5~6 级。

2015 年 8 月,在台风“天鹅”的影响下,27 日夜间到 30 日,黑龙江中东部、吉林大部、辽宁东北部和内蒙古东南部的部分地区有 6~8 级大风,阵风 9~10 级。同时,27 日夜间至 28 日东北地区中北部有中到大雨,其中黑龙江东南部、吉林东北部地区有暴雨(日雨量 50~80 毫米)。黑龙江省双鸭山市宝清县气象站降水量 85.2mm,龙头镇 166.7mm,小城子乡 102.3mm。

2.4.2.2 龙卷风

1) 龙卷风的调查

根据核安全导则的规定,龙卷风调查范围为以厂址为中心,经度和纬度各宽 3 度的区域(见图 2.4-2),针对厂址所在区域的具体情况,收集的区域包括黑龙江省 8 个市区,分别为佳木斯市、鹤岗市、哈尔滨市、北安市、绥化市、双鸭山市、伊春市、鸡西市等。

资料来源依据为:

(1) 收集《中国气象灾害大典》(黑龙江省分卷)、《中国气象灾害年鉴》、《全国气候影响评价》、地方志、文史档案等多种档案资料;

(2) 近年来媒体的相关报导等。

通过调查,收集 1949-2018 年间共 82 次龙卷风的记录,平均每年 1.17 次。

根据核安全导则《核电厂厂址选择的极端气象现象》(HAD101/10)推荐的富士达-皮尔森强度分类法,在所获取的82个龙卷风个例中,达F2级14次、F1级24次、F0级44次。

2) 调查区域F2级龙卷风个例

本次调查范围内出现最高强度的龙卷风事件仅达F2级。以下给出部分评定级别为F2的龙卷风事件实况。

(1) 1977年10月14日,哈尔滨市遭受龙卷风的袭击,将一人刮出15米,刮倒一单位围墙69米,倒歪电杆15根,一工厂铁皮房顶被吹走,一台吊车被大风吹起。

(2) 1986年7月29日,佳木斯市汤原县遭受龙卷风的袭击,顿时天昏地暗,能见度仅有2米,龙卷风宽约3千米,风头自畜牧场西北山区向东南推进,高棵作物成片刮倒,不少树木连根拔起,有1475户农民遭灾,毁坏民房3106间,毁坏输电线路50千米、林木1万多株,49640亩农田遭灾,有1人死亡,3人受伤,直接经济损失180多万元。

(3) 2006年7月31日,哈尔滨市呼兰区遭受龙卷风的袭击,7月13日14时呼兰区大用镇沈明村遭受龙卷风,风力达8-10级左右,持续10分钟。房屋受灾户51户153间,其中重灾户24户72间,房盖都被刮走,铁皮盖18户57间,坏房草盖6户15间,轻灾户81间,房盖均被掀开,造成部分围墙倒塌,电线刮断,电线杆刮断5根,有2人轻伤,部分家禽被风卷走,造成农作物受灾面积33公顷,绝收面积20公顷,直接经济损失190万元,农作物直接经济损失100万元。

(4) 2008年5月23日,哈尔滨市五常市出现龙卷风,此次龙卷风中心风力16~18级,瞬间风速达50米/秒左右。23日19时,五常市部分乡镇遭受龙卷风及冰雹袭击,兴盛乡、五常镇、杜家镇、冲河镇、小山子镇、龙凤山乡、民意乡等7个乡镇104个屯受灾。据初步统计,造成1人死亡、36人不同程度受伤,443栋房屋不同程度受损,电力、通信中断,部分农田、秧苗被毁。造成直接经济损失3100多万元,其中农业损失700多万元、房屋损失1300多万元、电力设施损失260多万元、通信设施损失100多万元,以及兴盛乡受灾农户家庭其他财产损失500多万元。

(5) 2010年5月15日16时50分至17时10分,受冷风前对流云系影响

形成一股特大龙卷风夹带冰雹突袭绥化市北林区部分乡镇，特别是北林区三河镇、三井乡受灾情况较为严重。初步统计北林区受灾人数 3140 人，涉及 897 户，倒塌房屋 135 户，397 间，受损房屋 2030 间。其中，死亡 5 人，伤 51 人。紧急转移安置 478 人。

(6) 2015 年 7 月 1 日，哈尔滨市呼兰区遭受龙卷风和冰雹袭击，冰雹直径 24 毫米，最大风速 70 米/秒，持续半分钟，2.3 万人受灾，5 人受伤，240 间房屋损坏，4.1 万公顷农作物绝收，直接经济损失 7447 万元。

2.4.2.3 设计基准气温

厂址区域周围 6 个代表气象站统计资料中显示，极端最高气温的最大值为 38.2℃，出现在 2000 年 7 月 11 日，由双鸭山气象站记录；极端最低气温最小值为 -41.1℃，出现在 1970 年 1 月 3 日，由佳木斯气象站记录。

2.4.2.4 设计基准风

厂址区域周围 6 个代表气象站统计资料中显示，最大风速的最大值为 29m/s，最大风速对应风向为 S，出现在 1976 年 5 月 20 日，由汤原气象站记录。

2.4.2.5 设计基准降水

根据佳木斯气象站统计资料，厂址区域的年最大降水量发生为 841.1mm，出现在 1994 年；一日最大降水量最大值为 97.5mm，出现在 2012 年 7 月 29 日。

2.4.2.6 设计基准积雪

厂址区域周围 6 个代表气象站统计资料中显示，积雪最大深度为 80cm，出现在 2007 年 3 月，由双鸭山气象站记录。

2.4.2.7 其他极端气象现象

1) 大风

从汤原、鹤岗、佳木斯、桦南、桦川、双鸭山 6 个参证站自建站至 2018 年的统计结果看，桦南出现大风的日数最多，年均 31 天；其次为佳木斯，年均 26 天；鹤岗年均 20 天，位居第三；桦川最少，年均只有 9 天。大风多发生于春季，4、5 月份为大风的高峰期。

汤原最大风速为 29.0m/s，出现于 1976 年 5 月 20 日；鹤岗最大风速为 22.0m/s，出现于 1971 年 4 月 12 日；佳木斯最大风速为 25.5m/s，出现于 1956 年 4 月 30 日；桦南最大风速为 25.0m/s，出现于 1982 年 5 月 15 日；桦川最大风速为 25.0m/s，出现于 1975 年 5 月 31 日；双鸭山最大风速为 25.0m/s，出现于 1982 年 5 月 11

日。

2) 冰雹

鹤岗和汤原累年均出现冰雹的记录最多, 年均约为 2 天; 其它几个站年均为 1 天。

一日之中, 冰雹多出现在午后到前半夜。分布在春、夏、秋三季, 冬季没有冰雹天气记录。5、6 月份是冰雹出现的高峰期。

3) 暴雨

经统计 6 个气象站的暴雨洪涝灾害基本集中在夏季。自建站至 2018 年, 汤原、双鸭山出现暴雨以上强度的日数最多, 年均为 1.0 天; 其次是桦川和桦南, 年均为 0.8 天; 佳木斯出现暴雨的频次为 0.6 天。

汤原站最大日雨量为 107.8mm, 出现于 1994 年 7 月 23 日。

鹤岗站次大日雨量为 117.8mm, 出现于 2010 年 8 月 15 日。

佳木斯站最大日雨量为 97.5mm, 出现于 2012 年 7 月 29 日。

桦南站最大日雨量为 112.0mm, 出现于 1994 年 7 月 13 日。

桦川站的最大日雨量为 102.0mm, 出现在 1995 年 7 月 13 日。

双鸭山站的最大日雨量为 98.1mm, 出现在 1988 年 8 月 20 日。

4) 低温霜冻

厂址附近霜冻天气主要集中出现在 10 月份至次年的 4 月份。冬季霜冻较多, 秋季和春季次之, 夏季没有出现霜冻的记录。汤原年均霜冻最多, 为 165 天左右; 其次是桦川, 年均霜冻 162 天; 佳木斯位居第三, 年均 148 天; 双鸭山最少, 年均霜冻 91 天。

5) 雷暴和闪电

佳木斯和汤原自建站到 2013 年出现雷暴日数最多, 年均为 31 天; 桦南次之, 年均 29 天; 桦川出现雷暴日数最少, 年均 19 天。厂址附近区域年平均雷暴日数约在 19 天~31 天之间。

雷暴最多出现于夏季 6、7、8 月份; 冬季没有雷暴的记录。厂址附近区域自建站到 2013 年年平均出现闪电日数介于 10~19 之间, 其中佳木斯出现雷暴日数最多, 年均 19 天; 鹤岗次之, 年均 17 天; 桦川出现闪电日数最少, 年均 10 天。

闪电多出现于夏季 6、7、8 月份; 春、秋季较少, 冬季没有雷暴的记录。

6) 大雾

佳木斯和鹤岗自建站到 2018 年出现大雾的日数相差无几，年均约为 16 天；其次是汤原、桦南和桦川，年均约为 10 天；双鸭山出现的最少，年均 8 天。

7) 寒潮

汤原、鹤岗、佳木斯、桦南、桦川、双鸭山 6 个参证站自建站至 2018 年，年均寒潮天气为 1.6~3.9 天；其中双鸭山寒潮天气最多，年均 3.9 天，其次是桦南，年均 3.3 天，佳木斯位居第三，年均 2.8 天。佳木斯代表站自建站至 2018 年，年均寒潮天气年均 2.8 天。

8) 飏线

自建站到 2018 年，佳木斯站年均出现飏线约 1.7 天；从季节来看，四季中，主要出现在春、夏、秋季；一年内，飏线主要出现在 4~9 月。其它几个一般站缺少飏线记录，从中国气象灾害大典等参考资料中没有找到其它几个一般站的飏线记录。自建站到 2018 年，佳木斯年均出现飏线约 1.7 天；一年内，飏线主要出现在 4~9 月。

2.4.3 当地气象条件

对厂址周围 80km 范围内的鹤岗、汤原、佳木斯、桦川、桦南和双鸭山 6 个国家气象站自建站至 2018 年同步观测气象要素进行三性分析，结果表明上述各站的资料都是可靠的，佳木斯站与其他五站的一致率均在 90% 以上。通过对 2016~2018 年累年及各月逐时各气象站与佳木斯站的气温、气压、相对湿度、风速资料开展逐时、逐日相关分析，表明各站气压、气温、相对湿度和佳木斯站相关良好，均通过 0.001 信度检验。无论是对逐时资料还是逐日资料而言，佳木斯气象站对厂址区域具有一定的代表性，此外，佳木斯气象站是周边气象站中距离厂址最近的一个气象站，且与厂址均处于松花江南岸，地形地貌与厂址相似。佳木斯站作为基准站，建站早，从 1951 年起有符合气象观测规范的正式记录，观测项目多，观测仪器的维护和资料的可靠性更有保障。综合地形、地貌、气象代表性、气象资料延续性，以及三性分析结果，确定佳木斯站作为厂址的代表性气象站。

本节对厂址当地气象参数的正常值和极值给出了厂址代表性气象站佳木斯

站 1951 年~2018 年观测的气象要素统计结果，同时还给出了 2016 年 1 月 1 日~2018 年 12 月 31 日的气象观测要素统计结果。

2.4.3.1 温度

佳木斯站累年平均气温为 3.5℃。从累年各月平均温度来看，最热月出现在 7 月，累年月平均温度为 22.3℃，最冷月出现在 1 月，累年月平均温度为-19.0℃。极端最高温度为 38.1℃，分别出现在 1982 年 7 月 8 日和 2000 年 7 月 11 日。极端最低温度为-41.1℃，出现于 1970 年 1 月 3 日。

2.4.3.2 风

佳木斯站年主导风向为 SW~W，频率为 40%；各月最多风向均为 SW 或 WSW；静风频率为 14%，1951~2005 年静风频率为 16%，2006 年自动站单轨运行后的静风频率为 4%。使用自动站之后要求启动风速为 0.3~0.5m/s。2006 年~2018 年的风玫瑰图见图 2.4-3。

佳木斯站累年平均风速为 3.1m/s，最大值出现在 1972 年，为 4.2 m/s；最小值出现在 2006 年，为 2.1m/s。7、8 月风速最小，为 2.5m/s；4 月风速最大，为 4.1m/s。统计资料记录范围内极大风速为 35.5m/s，当时风向为 SW，出现日期为 1957 年 5 月 8 日。

2.4.3.3 降水

累年降水量为 545.1mm，年最大降水量出现在 1994 年，为 841.1mm；年最小降水量出现在 1975 年，为 316.7mm。近 30 年年均降水 553.8mm。降水集中于夏季，冬季降水最少，累年 8 月平均降水量最多，为 124.8mm；累年 1 月平均降水量最少，为 5.5mm。从累年各月中一日最大降水量来看，一日最大降水量最大值出现在 7 月，为 97.5mm；最小值出现在 2 月，为 11.4mm。一日最大降水量最大值出现在 2012 年 7 月 29 日。

2.4.3.4 相对湿度

佳木斯站累年平均相对湿度为 67%，最大值出现在 1953 年（74%），最小值出现在 1979 和 2006 年（61%）。从累年各月平均相对湿度来看，最大值出现在 8 月（80%），最低值在 4 月（54%）。

2.4.3.5 气压

佳木斯站累年平均气压为 1003.7hPa。最大值和最小值分别出现在 1952 年

(1005.6hPa) 和 2013 年 (1002.3hPa)。

2.4.3.6 蒸发量

累年平均蒸发量为 1181.8mm。5 月蒸发量最大，1 月最小。

2.4.3.7 冻土

佳木斯站累年平均冻土厚度为 166cm。从年平均最大冻土厚度变化情况来看有减少趋势，最大值出现在 1977 年 (220cm)。从累年各月平均冻土厚度可以看出，3、4 月冻土最厚 (167cm)。

2.4.4 大气稳定度

使用佳木斯气象站 2016 年 1 月 1 日至 2018 年 12 月 31 日的气象观测数据统计得到不稳定天气 (A、B、C 类) 占 12.6%，中性 (D 类) 占 64.0%，稳定类 (E、F 类) 占 23.4%，见表 2.4-3。

2.4.5 联合频率

使用佳木斯气象站 2016 年 1 月 1 日至 2018 年 12 月 31 日的风向、风速资料以及云量资料计算联合频率。稳定度计算采用一天 24 小时的风速资料和一天 8 次的云量资料。佳木斯站风向风速稳定度三维联合频率和佳木斯站各雨况下风向风速稳定度联合频率见表 2.4-4。

2016 年 1 月~2018 年 12 月佳木斯气象站的观测数据获取率满足核安全导则《核电厂厂址选择的大气弥散问题》(HAD101/02) 规定的全年的数据获取率不小于 90% 的要求。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

根据国家标准《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》(GB/T3840-1991) 推荐的混合层高度计算公式计算得到的混合层高度为：A 类 1717.6m、B 类 1411.7m、C 类 964.7m、D 类 447.0m，见表 2.4-3。

本项目所在厂址位于松嫩平原的残丘地带，采用《核电厂厂址选择的大气弥散问题》(HAD101/02) 表 IX 中 50m 高度的扩散参数值。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

综合地形、地貌、气象代表性、气象资料延续性，以及三性分析结果，在本项目选址阶段确定佳木斯站作为厂址的代表性气象站，采用佳木斯气象站相关观测数据作为依据开展污染气象分析工作。

表 2.4-1 厂址周边 80km 范围内国家气象站一览表

站名	经纬度/度		海拔高度		类别	站点变动信息		
	纬度	经度	水银槽/m	观测场/m		资料开始时间	迁站次数	最近迁站
鹤岗	47°20'	130°12'	182.3	183.3	一般站	1955-11-1	2	2014-1-1
汤原	46°44'	129°53'	95.1	96.4	一般站	1958-11-1	1	1975-1-1
佳木斯	46°47'	130°18'	82.0	83.1	基准站	1951-1-1	2	2007-1-1
桦川	47°00'	130°43'	78.2	79.2	一般站	1967-1-1	1	1997-1-1
桦南	46°13'	130°33'	187.0	188	一般站	1958-10-1	1	2003-7-1
集贤	46°44'	131°07'	102.3	103.9	一般站			
双鸭山	46°38'	131°09'	175.3	176.8	一般站	1956-10-1	1	1961-1-1

表 2.4-2 厂址划定区域热带气旋中心最低气压统计表

年	年序号	名称	等级	圈内最低气压	圈内最大风速
1951	16	Marge	超强台风	985	25
1954	11	(nameless)	强热带风暴	1000	10
1954	17	June	超强台风	964	30
1956	22	Dinah	强台风	985	10
1957	10	Agnes	超强台风	975	20
1959	9	Georgia	超强台风	995	0
1960	9	Polly	超强台风	998	10
1960	22	Carmen	台风	980	20
1964	9	Flossie	台风	990	10
1964	11	Helen	超强台风	993	15
1965	22	Jean	超强台风	984	20
1966	18	Winnie	台风	998	12
1967	14	Dot	台风	1001	15
1968	14	Polly	台风	1000	10
1970	23	Billie	超强台风	995	15
1982	14	Ellis	超强台风	980	20
1984	8	Freda	强热带风暴	996	15
1985	11	Jeff	台风	996	15
1985	14	Lee	强热带风暴	988	15
1985	15	Mimie	台风	998	15
1985	23	(nameless)	热带低压	1002	12
1986	17	Vera	超强台风	985	20
1987	6	Thelma	超强台风	990	15
1994	17	Ellie	台风	1000	15
1997	14	WINNIE(-1)	超强台风	985	20
1999	10	OLGA	台风	999	15
2000	16	Prapiroon	台风	990	20
2012	16	Bolaven	超强台风	984	16
2012	17	(nameless)	超强台风	994	20
2015	16	Goni	超强台风	995	18

表 2.4-3 佳木斯站大气稳定度平均频率和混合层高度
(2016 年 1 月 1 日至 2018 年 12 月 31 日)

稳定度类别	A	B	C	D	E	F
年稳定度频率 (%)	1.6	5.5	5.6	64.0	13.6	9.8
年混合层高度 (m)	1717.6	1411.7	964.7	447.0	/	/

表 2.4-4 佳木斯站三维联合频率

类别	风向	平均风速 m/s	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
	风速级																			
A	U≤0.5m/s	0.2																	0.0306	
	1.0<U≤1.9m/s	1.4	0.0651	0.0843	0.0919	0.0728	0.0421	0.0383	0.0728	0.0460	0.0919	0.0804	0.0958	0.1226	0.1571	0.1494	0.1302	0.1379		
	2.0≤U≤2.9m/s	2.5	0.0038	0.0038	0.0077	0.0038	0.0038		0.0038	0.0038	0.0077	0.0077	0.0038	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0038	
	3.0≤U≤4.9m/s																			
	5.0≤U≤5.9m/s																			
	U≥6.0m/s																			
B	U≤0.5m/s	0.2																	0.1302	
	1.0<U≤1.9m/s	1.3	0.0575	0.0804	0.0575	0.0421	0.0306	0.0383	0.0498	0.0345	0.0804	0.0728	0.1111	0.2069	0.3524	0.2796	0.2605	0.1647		
	2.0≤U≤2.9m/s	2.4	0.0958	0.0843	0.1456	0.0804	0.0306	0.0383	0.0077	0.0345	0.0536	0.0919	0.1532	0.1532	0.1379	0.1264	0.1034	0.0690		
	3.0≤U≤4.9m/s	3.9	0.0919	0.1111	0.0996	0.0804	0.0268	0.0115	0.0383	0.0268	0.0613	0.1800	0.3256	0.3179	0.2720	0.1686	0.1111	0.0728		
	5.0≤U≤5.9m/s																			
	U≥6.0m/s																			
C	U≤0.5m/s																			
	1.0<U≤1.9m/s																			
	2.0≤U≤2.9m/s	2.4	0.0306	0.0345	0.0804	0.0613	0.0498	0.0460	0.0230	0.0345	0.0536	0.0804	0.2413	0.3371	0.2605	0.1302	0.0766	0.0728		
	3.0≤U≤4.9m/s	4.0	0.0345	0.0575	0.0843	0.0498	0.0192	0.0038	0.0038	0.0230	0.0498	0.1417	0.7738	1.0228	0.6244	0.2873	0.1877	0.0421		
	5.0≤U≤5.9m/s	5.4	0.0153	0.0077	0.0192	0.0038					0.0192	0.0421	0.1226	0.0881	0.0919	0.0919	0.0345	0.0038		
	U≥6.0m/s																			
D	U≤0.5m/s	0.2																	2.9841	
	1.0<U≤1.9m/s	1.2	1.1607	1.0075	1.0726	0.9998	1.1684	1.3905	1.3714	1.5821	1.7736	1.5629	2.3520	2.5666	2.4785	1.8387	1.6778	1.4327		
	2.0≤U≤2.9m/s	2.4	0.5669	0.5708	1.0343	0.6742	0.5746	0.4559	0.3294	0.3333	0.5631	0.8964	1.3905	1.4863	0.9577	0.6474	0.4061	0.4482		
	3.0≤U≤4.9m/s	3.8	0.4942	0.6665	1.1569	0.7661	0.2796	0.1073	0.1954	0.3409	0.5708	1.2680	2.7083	2.7083	1.8809	1.0190	0.5210	0.2988		
	5.0≤U≤5.9m/s	5.4	0.0613	0.1034	0.1456	0.0919	0.0153	0.0038	0.0115	0.0536	0.1073	0.2681	0.9040	0.9155	0.8542	0.5210	0.2337	0.0958		
	U≥6.0m/s	7.2	0.0306	0.0575	0.1264	0.0460	0.0077		0.0115	0.0536	0.1341	0.1877	1.2067	1.0956	0.8159	0.7815	0.2107	0.0804		
E	U≤0.5m/s	0.2																	1.0381	
	1.0<U≤1.9m/s	1.1	0.2873	0.1915	0.2069	0.1532	0.2911	0.4022	0.4788	0.6244	0.6206	0.5899	0.7546	0.9423	0.6512	0.5440	0.4444	0.3639		
	2.0≤U≤2.9m/s	2.4	0.0613	0.0536	0.0881	0.1073	0.0919	0.0651	0.0460	0.0575	0.1111	0.1839	0.6512	0.6129	0.3601	0.1762	0.0575	0.0690		
	3.0≤U≤4.9m/s	3.8	0.0421	0.0268	0.0421	0.0077	0.0192	0.0077	0.0038		0.0230	0.1188	0.3563	0.5286	0.6397	0.3065	0.0804	0.0460		
	5.0≤U≤5.9m/s																			
	U≥6.0m/s																			
F	U≤0.5m/s	0.2																	0.6934	
	1.0<U≤1.9m/s	1.2	0.1302	0.1111	0.0536	0.1724	0.2030	0.3754	0.5861	0.8198	0.8389	0.6397	0.8887	0.7010	0.5708	0.3218	0.2337	0.1839		
	2.0≤U≤2.9m/s	2.4	0.0613	0.0115	0.0230	0.0230	0.0536	0.0575	0.0115	0.0383	0.1073	0.1954	0.4175	0.5018	0.4673	0.1839	0.0804	0.0460		
	3.0≤U≤4.9m/s																			
	5.0≤U≤5.9m/s																			
	U≥6.0m/s																			

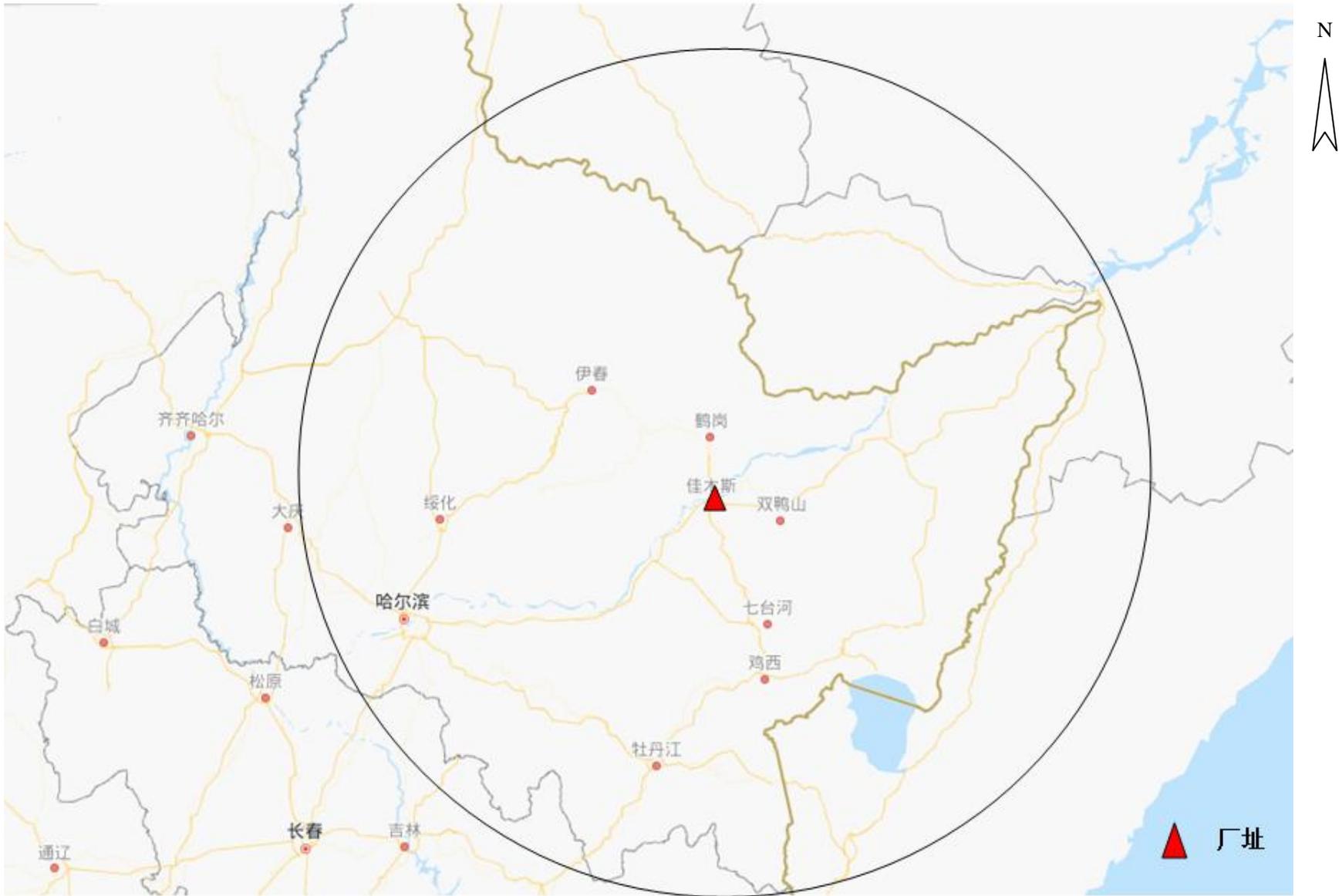


图 2.4-1 热带气旋调查范围图

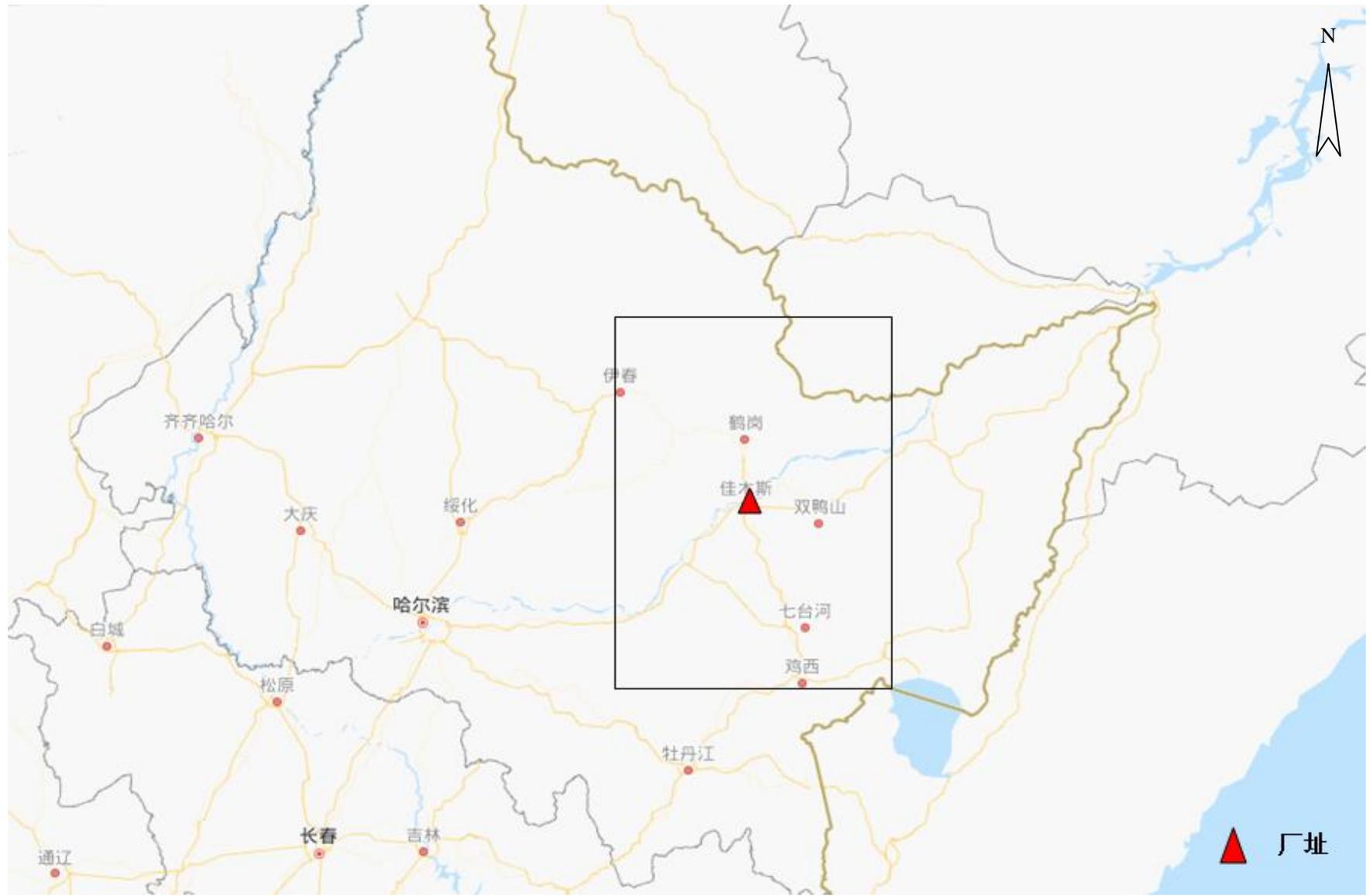


图 2.4-2 龙卷风调查范围图

风频玫瑰图(2006~2018)

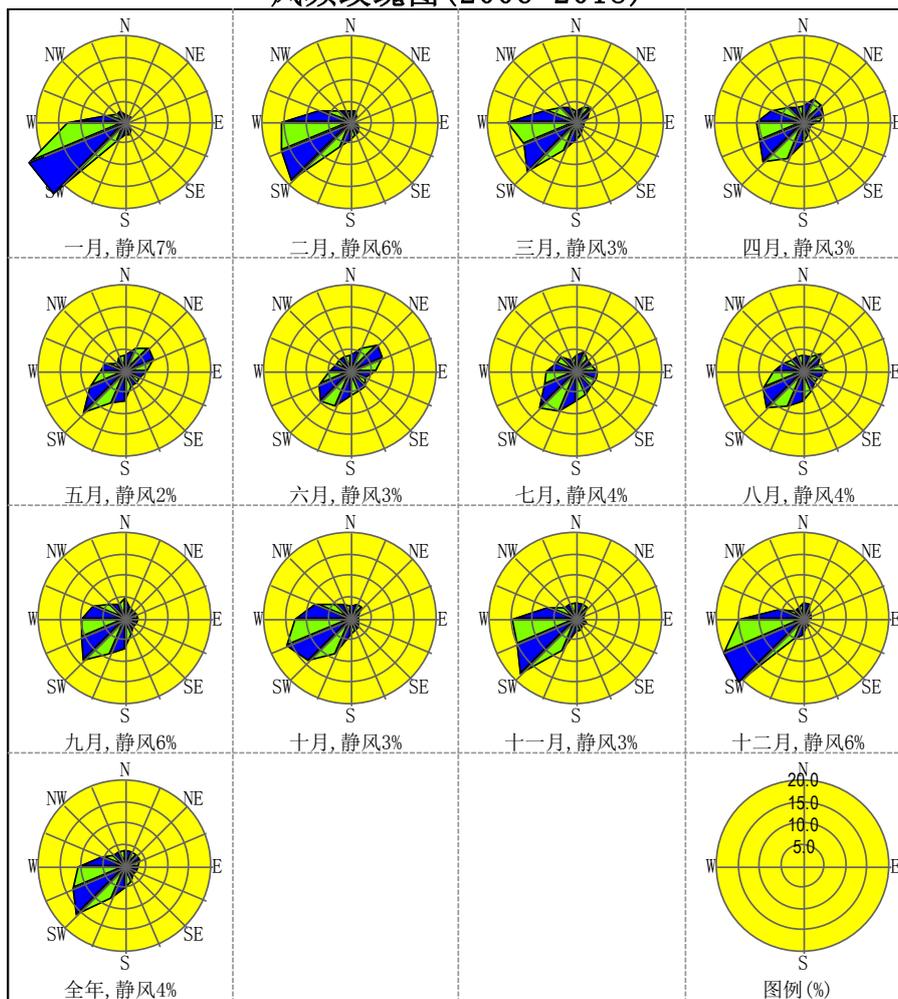


图 2.4-3 全年及各月风频玫瑰图

2.5 工程水文

本节内容除特别说明外，高程系统均为 1985 国家高程基面。

2.5.1 地表水

厂址位于佳木斯市以南的郊区，区域地势南高北低。厂址所在大流域为松花江、局部小流域为铃铛麦河，周边流域水系如图 2.5-1 所示。当地水系主要有铃铛麦河、音达木河和英格吐河，均自南向北汇流进入松花江，其中铃铛麦河下游通过泄洪闸与音达木河连通。

厂址位于铃铛麦河东侧支流上（见图 2.5-2）。厂址断面以上流域面积约 0.4km²。厂址位于松花江干流下游右岸，距松花江干流的距离约为 13km。厂址在松花江流域的地理位置见图 2.5-3。

松花江是我国七大河流之一，流域面积 56.12 万 km²，涵盖黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古四省区。松花江有南北两源，北源嫩江发源于大兴安岭伊勒呼里山，流域面积 29.85 万 km²，南源第二松花江发源于长白山天池，流域面积 7.34 万 km²。两江在三岔河汇合后称松花江干流。松花江干流由西南向东北流经吉林省松原市宁江区、扶余和黑龙江省肇源、肇东、哈尔滨、宾县、方正、通河、依兰、佳木斯、富锦等县（市），至同江市汇入中俄界河黑龙江，全长 939km，为黑龙江右岸的最大支流。松花江干流水系较发达，右岸有拉林河、蚂蚁河、牡丹江、倭肯河等支流汇入，左岸有呼兰河、汤旺河、梧桐河、嘟噜河等支流汇入。

根据松花江干流的地形及河道特性，可分为上、中、下三段。三岔河至哈尔滨市为上段，河道长 240km，区间集水面积 3 万 km²；哈尔滨市至佳木斯市为松花江中段，河道长 432km。由哈尔滨市至通河，江道比降较平缓，为 0.055%~0.044%，左岸有最大的支流呼兰河汇入。自通河县下行约 70km，进入东流松花江有名的“三姓”浅滩区，浅滩区长约 27km，江道水面宽 1.5~2.0km，中、低水时期水深只有 1m 多，枯水时水深降至 1m 以下。佳木斯市市区附近，松花江较顺直，主槽宽 800~1300m，水深 8~11m，河道坡降 0.1%；佳木斯至同江为松花江下段，全长 267km，穿行于三江平原地区，两岸为冲积平原，地势平坦，河道和滩地比较开阔，松花江在同江市东北注入黑龙江。

铃铛麦河由南向北流至保保屯附近分为两汉，一汉为音达木河，向西北流入佳木斯市城区后汇入松花江；另一汉为铃铛麦河主流，向东流至桦川县后汇入松

花江。

铃铛麦河发源于桦川县申家店西南 10km 大架山，由南向北流经横头山镇、长发镇，至保保屯附近分为两汉，一汉为音达木河，向西北流入佳木斯市城区后汇入松花江；另一汉为铃铛麦河主流，向东进入羊草川地区，流至桦川县后汇入松花江，全长 76km。铃铛麦河保保屯处集水面积 379.1km²，铃铛麦河在桦南县内有一条支流，为石头河，石头河干流和石头河支流汇合后与铃铛麦河在东胜村的西北方汇合；铃铛麦河在桦川县境内还有两条支流，一条为东音达木河，另一条为太平沟，两支流均在铃铛麦河三汉口与铃铛麦河汇合，东音达木河集水面积 141.7km²，太平沟集水面积 115.8km²，均发源于铃铛麦河上游东部山区。铃铛麦河湿地以上为山丘，河道比降在 1/500 左右，进入羊草川地区后，比降为 1/8000~1/10000，平均河宽上游 80m，中游 30m，下游 100m 左右，河道弯曲系数 1.4。铃铛麦河大旱之年河水断流。

厂址东侧有一小冲沟，常年无水，仅由于降雨汇流影响，会有水通过小冲沟流至厂址下游。

2.5.1.1 流量

松花江流域径流来自降水和融雪，以降水径流为主，大气降水是地表径流的主要来源。受降水的影响，松花江流域径流量年内分配极不均匀。冬季由于河流进入封冻期，径流量较小；春季以后随气温升高，进入解冻期，陆地积雪开始融化，流量增大；夏秋两季是流域降水较多的时期，也是河流径流较为丰富的时期。根据佳木斯水文站 1956~2010 年天然径流系列资料，年内径流集中在汛期，5~8 月经流量占全年径流量的 80% 以上，7~9 月经流量占全年径流量的 50% 以上，枯季 1~3 月经流量仅占全年径流量的 3.5%。佳木斯水文站多年平均径流量为 693 亿 m³（多年平均流量 2200m³/s），最丰年 1960 年径流量为 1250 亿 m³，最枯年 2007 年径流量为 300 亿 m³，极值比为 4.2。

1) 年径流量计算

本次佳木斯水文站年径流频率计算主要依据松花江流域水文设计成果修订采用的 1956~2010 年系列，考虑了上游丰满水库、白山水库、尼尔基水库蓄水量的还原。经验频率按数学期望公式计算，理论频率采用 P-III 型曲线，用适线法确定统计参数。年径流设计成果与松花江流域水文设计成果修订采用一致。佳木斯站径流设计成果详见表 2.5-1，其中 97% 年平均流量为 1080m³/s。

2) 年最小流量频率计算

根据 1953~2017 年实测水文资料, 佳木斯水文站历年最小流量出现在 1979 年 2 月 11 日, 流量 $125\text{m}^3/\text{s}$ 。根据佳木斯水文站 1953~2017 年实测年最小流量进行频率计算(见图 2.5-4), 设计成果详见表 2.5-2, 其中 97% 年最小流量为 $147\text{m}^3/\text{s}$ 。

2.5.1.2 水位

根据佳木斯水文站 1954 年~2005 年实测水位资料统计, 多年平均水位 75.34m, 5~10 月平均水位为 75.81m, 11 月~次年 4 月平均水位为 74.85m。佳木斯水文站逐月平均水位见表 2.5-4。

根据佳木斯水文站频率 97% 的设计年最小流量, 查佳木斯水文站水位流量关系可得佳木斯水文站 97% 设计枯水位, 为 72.48m。

2.5.1.3 泥沙

松花江干流悬移质含沙量及输沙量均很小, 水流处于次饱和状态, 因而松花江干流是以推移质造床为主的少沙河流。

佳木斯江段输沙量主要受中游各支流的水流挟沙能力, 以及降水、风力及季节变化对坡面的侵蚀能力影响。据佳木斯站资料统计: 历年最大年输沙量为 3970 万 t, 发生在 1994 年, 是多年平均输沙量的 3.3 倍; 最大断面平均含沙量为 $2.98\text{kg}/\text{m}^3$, 发生在 1991 年。

佳木斯江段多年平均输沙率为 $387\text{kg}/\text{s}$, 年侵蚀模数为 $22.6\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 多年平均断面含沙量为 $0.189\text{kg}/\text{m}^3$ 。含沙量在年内分配不均, 畅流期(5 月~10 月)输沙量占全年输沙量的 91.2%, 封冻及流冰期(11 月~翌年 4 月)输沙量占全年输沙量的 8.8%, 产沙主要集中在畅流期。含沙量的变化与洪峰的形成过程有关, 一般年份洪峰均伴随年内最大的沙峰出现, 沙峰早于洪峰。

河道中泥沙大多为均质细沙, 主要组成部分为推移质, 只在回流区可采集到悬移质, 参加造床的主要为推移质。

2.5.1.4 水质

根据黑龙江省水环境监测中心布设在松花江上的佳木斯港务局、宏力村水质监测断面(位置见图 2.5-5)的 2017 年监测资料(见表 2.5-5~表 2.5-6), 进行现状水质评价。

松花江佳木斯市农业用水、工业用水区佳木斯港务局断面, 2017 年监测 12

次，汛期、非汛期和全年水质达到III~IV类标准。

松花江佳木斯市排污控制区宏力村断面，2017年监测6次，汛期、非汛期和全年水质达到III~IV类标准。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 地下水类型及特征

地下水类型主要为第四系孔隙潜水和基岩风化裂隙水。第四系孔隙潜水主要赋存于残坡积层中，第四系地层主要为粉质粘土（混碎石或中粗砂），其富水性、透水性整体上较差，水量匮乏，对下伏基岩裂隙水影响较小。基岩风化裂隙水主要赋存于丘陵区上部全风化、强风化地层中，区内分布广泛，大气降雨、第四系孔隙水为其主要补给来源，厂址区内受地形、地势的影响，无统一稳定地下水位，但在连续好、整体性强的沟谷地段地下水位埋藏较浅。

2.5.2.2 地下水补给、径流、排泄

第四系孔隙潜水的补给来源以大气降水为主，辅以基岩裂隙水侧向补给，在含水层中作层状渗流，渗流速度取决于自然地形坡度，排泄主要有蒸发以及向冲沟、坳地等低洼地带分散排泄等方式。水位变化受气象条件控制明显，雨季水量大，旱季水量少，地下水沿自然斜坡顺坡第四系地层向沟谷、洼地排泄。基岩裂隙水的补给来源以大气降水为主，辅以地表水及第四系孔隙潜水补给，在含水层中作层状渗流，其渗流速度取决于自然地形坡度，其流向同地形倾斜方向一致，沿自然斜坡顺坡全风化及强风化基岩中的裂隙向沟谷、洼地排泄。排泄主要有蒸发及向沟谷低洼地带分散排泄等方式。

2.5.2.3 厂址附近地下水利用情况

厂址区内居民点稀少，仅德庆村有生活饮用水水井、但村内水井与厂址区地下水水力联系较小，厂址区均无工业污染源，地表水与地下水均未被污染。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 厂址周边水库溃坝洪水

厂址位于铃铛麦河支流的上游，距松花江干流远，地面高程在140~170m之间，核岛区域设计标高为150m。由于厂址对应的松花江干流堤防为城东区松江

段，设计标准为 50 年一遇，堤顶超高 2.2m，设计堤顶高程为 82.17~81.22m，松花江南岸的地面高程普遍在 80m 以下，本项目设计地坪高程高出松花江干流南岸高程约 70m。松花江北岸为冲积平原，地面高程更低。由于地势高，且南高北低，厂址不会受到从松花江干流的莲花水库溃坝的洪水影响。

厂址与七一水库和工农兵水库的位置关系见图 2.5-6，七一水库距离厂址约 14.8km，工农兵水库距离厂址约 5.3km，厂址所在流域上游无水库。厂址周边水系图见图 2.5-2，图中黄色圈代表的是厂址所在支流的分水岭，七一水库和工农兵水库如果发生溃坝，其溃坝洪水从铃铛麦河干流下泄，由于 2 水库都是小型水库，本身库容不大（七一水库总库容为 256 万 m^3 ，工农兵水库总库容为 203 万 m^3 ），坝址距离厂址又很远，另外考虑到泄洪通道（即铃铛麦河干流）距离厂址也很远，可以判断七一水库和工农兵水库的溃坝洪水不会突破这个分水岭进入厂址所在的小流域，因此无需考虑水库溃坝的影响。

2.5.3.2 设计基准洪水位

厂址位于铃铛麦河支流的上游，距松花江干流远，厂址所在的地面高程在 140~170m 之间，本项目核岛区域设计地坪高程为 150m。由于厂址对应的松花江干流堤防为城东区松江段，设计标准为 50 年一遇，堤顶超高 2.2m，设计堤顶高程为 82.17~81.22m，松花江南岸的地面高程普遍在 80m 以下，本项目设计地坪高程高出松花江干流南岸高程约 70m。松花江北岸为冲积平原，地面高程更低。由于地势高，且南高北低，可以判定厂址不会受到松花江洪水的影响，仅需考虑厂址旁边小冲沟的洪水影响。根据厂址设计基准洪水组合分析，厂址的设计基准洪水位是由“可能最大降雨产生的可能最大洪水”所造成的洪水位。

厂址可能最大点暴雨采用黑龙江省可能最大暴雨图集查算（表 2.5-7）厂址可能最大 24h 点暴雨为 550mm，可能最大洪水采用推理公式法，推求出可能最大洪峰流量为 $14m^3/s$ ，根据厂址断面水位流量关系（图 2.5-7）得相应水位为 147.62m。

厂址核岛区域设计标高为 150m，高于设计基准洪水位（147.62m），可确保厂址的防洪安全，满足有关核安全法规的要求。

表 2.5-1 佳木斯站年径流设计成果表

项目	设计参数			设计值			
	均值	C_v	C_s/C_v	50%	95%	97%	99%
年径流量 (亿 m^3)	693	0.32	2.0	669	373	339	283
年平均流量 (m^3/s)	2200	0.32	2.0	2120	1180	1080	900

表 2.5-2 佳木斯站年最小流量设计成果表

项目	设计参数			设计值			
	均值	C_v	C_s/C_v	50%	95%	97%	99%
年最小流量 (m^3/s)	354	0.38	2.0	337	165	147	117

表 2.5-3 可供水量计算表

水平年	项目	97%频率			
		取水断面 来水量	最小 下泄流量	取水口上游 耗水增量	取水断面 可供水量
2017 年	年均流量 (m^3/s)	1080	290		790
	年最小流量 (m^3/s)	147			147
2030 年	年均流量 (m^3/s)	1080	290	144	646
	年最小 (m^3/s)	147			147

表 2.5-4 佳木斯水文站逐月平均水位表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水位 (m)	74.71	74.51	74.56	75.11	75.37	75.10	75.68	76.74	76.43	75.57	74.99	75.22

表 2.5-5 2017 年松花江佳木斯港务局断面水质评价表

水功能区名称：松花江佳木斯市农业用水、工业用水区					断面名称：佳木斯港务局					监测年份：2017 年				全年全因子评价					
评价项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	汛期		非汛期		全年		
													均值	类别	均值	类别	均值	类别	
pH	7.1	7.2	7.6	7.0	7.1	6.9	7.0	6.6	7.0	7.4	7.3	7.2	6.9	I 类	7.2	I 类	7.1	I 类	
溶解氧	8.9	9.1	11.2	6.3	9.8	8.3	7.4	7.3	7.1	9.1	9.4	9.1	7.5	I 类	9.1	I 类	8.6	I 类	
氨氮	0.45	1.29	0.93	0.95	0.41	0.72	0.94	1.46	0.57	1.13	0.74	1.05	0.92	III 类	0.87	III 类	0.89	III 类	
化学需氧量	15.0	16.0	11.0	15.0	17.0	17.0	20.0	13.0	20.0	16.0	15.0	21.0	17.5		15.8		16.3		
高锰酸盐指数	4.4	5.0	4.0	5.0	4.9	4.2	4.8	4.2	5.6	5.1	4.6	6.4	4.7	III 类	4.9	III 类	4.9	III 类	
五日生化需氧量	0.5	1.1	2.2	1.3	1.8	0.9	1.6	0.6	0.7	1.9	1.2	1.8	1.0	I 类	1.5	I 类	1.3	I 类	
氰化物	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	I 类	<0.004	I 类	<0.004	I 类	
氟化物	0.44	0.28	0.30	0.26	0.30	0.27	0.32	0.52	0.23	0.45	0.36	0.37	0.34	I 类	0.35	I 类	0.34	I 类	
挥发酚	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	I 类	<0.002	I 类	<0.002	I 类	
六价铬	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	I 类	<0.004	I 类	<0.004	I 类	
砷	0.0002	0.0003	<0.0002	0.0003	0.0003	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0002	0.0005	<0.0002	<0.0002	I 类	0.0002	I 类	0.0002	I 类	
汞	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00004	<0.00001	0.00003	<0.00001	I 类	0.00001	I 类	0.00001	I 类	
镉	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	I 类	<0.0005	I 类	<0.0005	I 类	
铅	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	I 类	<0.0025	I 类	<0.0025	I 类	
铜	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	I 类	<0.005	I 类	<0.005	I 类	
锌	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	I 类	<0.05	I 类	<0.05	I 类	
硒	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	I 类	<0.0003	I 类	<0.0003	I 类	
总磷	0.05	0.05	0.05	0.08	0.06	0.05	0.08	0.17	0.19	0.16	0.15	0.10	0.12	III 类	0.09	II 类	0.10	II 类	
水质类别	III 类	IV 类	III 类	III 类	III 类	III 类	III 类	IV 类	III 类	IV 类	III 类	IV 类		III 类		III 类		III 类	
超标物质																			
水质目标	IV 类																		
达标评价结论	达标																		

表 2.5-6 2017 年松花江宏力村断面水质评价表

水功能区名称：松花江佳木斯市排污控制区					断面名称：宏力村					监测年份：2017 年			全年全因子评价					
评价项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	汛期		非汛期		全年	
													均值	类别	均值	类别	均值	类别
pH	7.2		7.5		7.3		7.0		7.0		7.3		7.0	I 类	7.3	I 类	7.2	I 类
溶解氧	9.8		11.9		9.9		7.4		7.8		9.7		7.6	I 类	10.3	I 类	9.4	I 类
氨氮	0.44		0.57		0.34		0.97		0.59		0.98		0.78	III 类	0.58	III 类	0.65	III 类
化学需氧量	16.0		13.0		16.0		17.0		19.0		14.0		18.0		14.8		15.8	
高锰酸盐指数	4.0		4.0		7.2		4.9		5.3		4.3		5.1	III 类	4.9	III 类	5.0	III 类
五日生化需氧量	0.7		2.1		2.6		1.6		0.6		1.1		1.1	I 类	1.6	I 类	1.5	I 类
氰化物	<0.004		<0.004		<0.004		<0.004		<0.004		<0.004		<0.004	I 类	<0.004	I 类	<0.004	I 类
氟化物	0.34		0.29		0.27		0.30		0.86		0.37		0.58	I 类	0.32	I 类	0.41	I 类
挥发酚	<0.002		<0.002		<0.002		<0.002		<0.002		<0.002		<0.002	I 类	<0.002	I 类	<0.002	I 类
六价铬	<0.004		<0.004		<0.004		<0.004		<0.004		<0.004		<0.004	I 类	<0.004	I 类	<0.004	I 类
砷	0.0003		0.0002		0.0003		0.0002		<0.0002		0.0004		<0.0002	I 类	0.0003	I 类	0.0002	I 类
汞	<0.00001		<0.00001		<0.00001		<0.00001		<0.00001		<0.00001		<0.00001	I 类	<0.00001	I 类	<0.00001	I 类
镉	<0.0005		<0.0005		<0.0005		<0.0005		<0.0005		<0.0005		<0.0005	I 类	<0.0005	I 类	<0.0005	I 类
铅	<0.0025		<0.0025		<0.0025		<0.0025		<0.0025		<0.0025		<0.0025	I 类	<0.0025	I 类	<0.0025	I 类
铜	<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005	I 类	<0.005	I 类	<0.005	I 类
锌	<0.05		<0.05		<0.05		<0.05		<0.05		<0.05		<0.05	I 类	<0.05	I 类	<0.05	I 类
硒	<0.0003		<0.0003		<0.0003		<0.0003		<0.0003		<0.0003		<0.0003	I 类	<0.0003	I 类	<0.0003	I 类
粪大肠菌群 (个/L)	270		90		340		140		340		90		240	II 类	198	I 类	212	II 类
总磷	0.13		0.12		0.04		0.10		0.16		0.16		0.13	III 类	0.11	III 类	0.12	III 类
水质类别	III 类		III 类		IV 类		III 类		III 类		III 类		III 类	III 类	III 类	III 类	III 类	III 类
水质目标	IV 类																	
达标评价结论	达标																	

表 2.5-7 厂址可能最大面暴雨值

单位：mm

时段	厂址
1h	212
6h	363
24h	550



图 2.5-2 厂址周边水系图

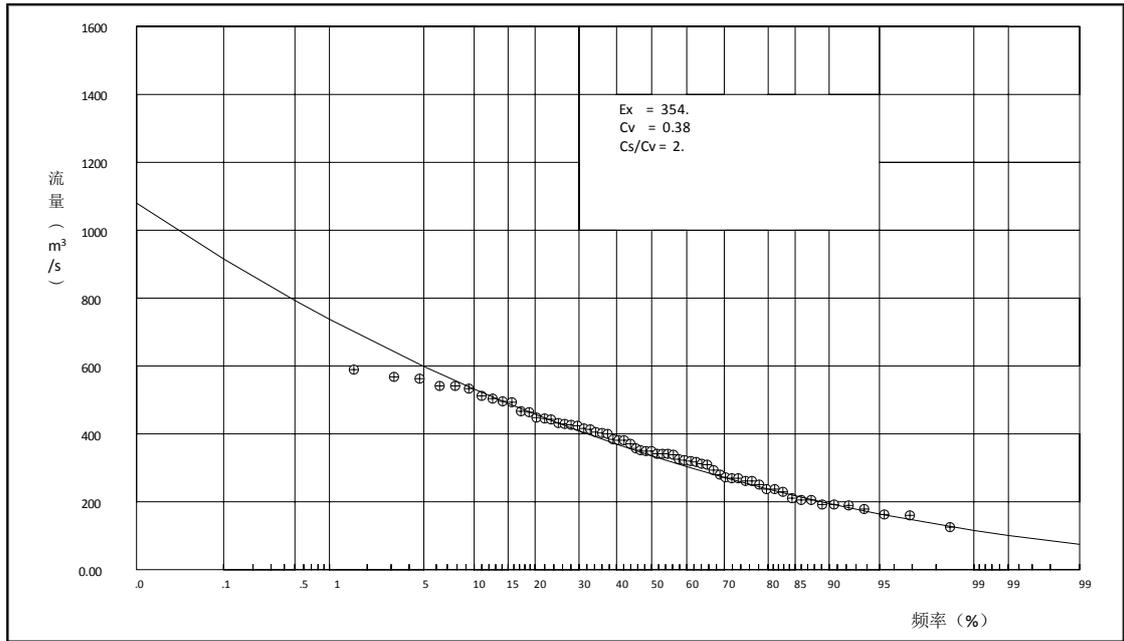


图 2.5-4 佳木斯水文站年最小流量频率适线图

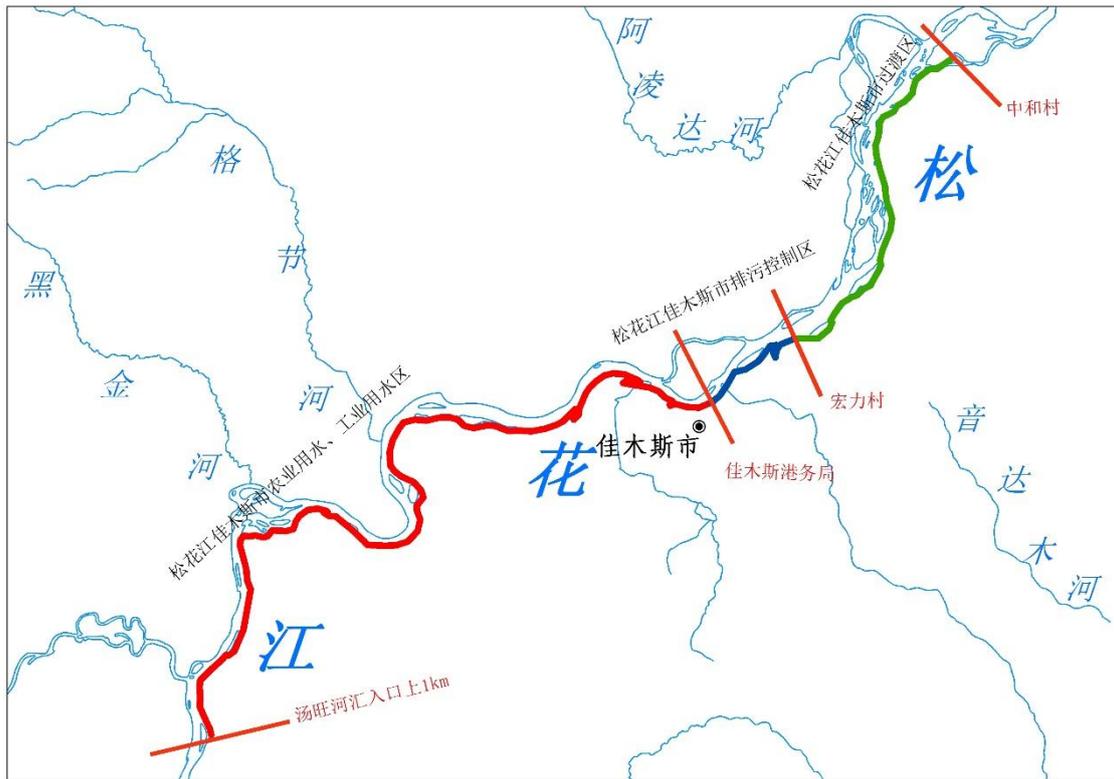


图 2.5-5 佳木斯水功能区划及水质监测断面图

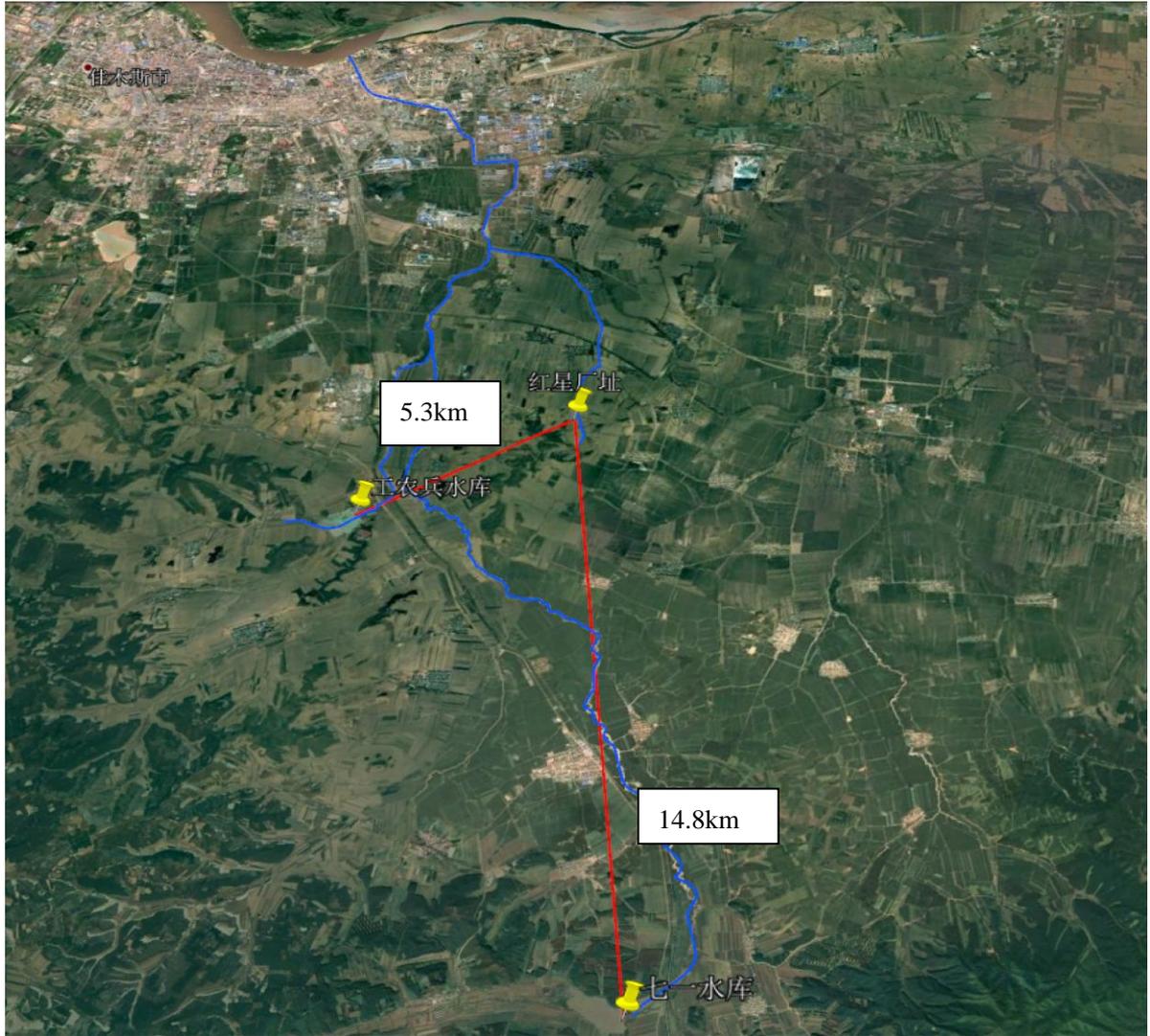


图 2.5-6 厂址与七一水库、工农兵水库位置关系图

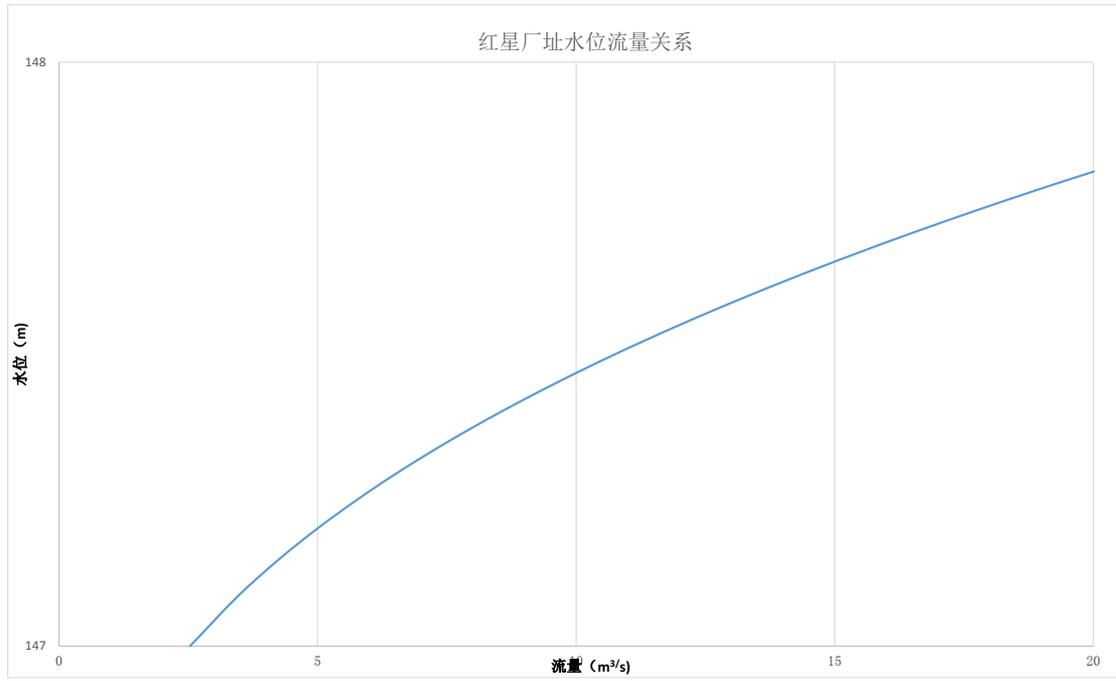


图 2.5-7 红星厂址断面水位流量关系

2.6 地形地貌

红星厂址位于丘陵区，地形起伏，勘探点地面高程一般为 127.76~174.95m，地貌成因类型为剥蚀丘陵，地貌类型为丘陵、斜坡地。

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

本节内容根据生态环境部核与辐射安全中心于 2020 年 5 月完成的《国家电投佳木斯核能供热示范项目可行性研究阶段辐射环境本底调查总报告》编制。

3.1.1 辐射环境本底调查

生态环境部核与辐射安全中心于 2019 年 9 月和 11 月对本项目所在厂址及周边区域的辐射环境水平开展调查与监测工作。

3.1.1.1 辐射环境本底调查方案

1) 调查内容、范围及布点原则

调查内容及布点原则参考《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》(HJ969-2018) 制定。

(1) γ 辐射剂量率、 γ 辐射累积剂量

前者的监测频次为 2 次，后者的监测频次为 1 次、持续监测 2 个月。二者布点保持一致，即：在以本项目所在厂址为中心、16 个方位与半径为 2km、5km、10km、20km 的圆所形成的各扇形区域内陆地上布点，在厂址厂区边界布设 4 个点，在厂址厂区范围内布设 2 个点，在厂址附近可能的关键居民组、主导风下风向、烟羽最大浓度落点、人口集中区域、环境敏感区等处适当增加针对性监测点位。

选择 1~2 个 γ 辐射累积剂量监测点位连续监测 γ 辐射剂量率，监测频次为 1 次、持续监测 2 个月。

(2) 气溶胶

在以本项目所在厂址为中心、半径 10km 范围内可能的关键居民组、主导下风向厂区边界或较近居民区等有条件的地点布设 1~3 个采样点，监测项目为 γ 谱核素分析，监测频次为 1 次。

(3) 水体

地表水：在以本项目所在厂址为中心、半径 10km 范围内的厂址附近河流、水库，以及厂址以北 10km 外的松花江处分别布设 1 个采样点，监测项目为 γ 谱核素分析、 ^3H 、 ^{90}Sr ，监测频次为 1 次。

饮用水：在以本项目所在厂址为中心、半径 10km 范围内的厂址附近可能的关键居民组处布设 1~3 个采样点采集生活饮用水（来源于自来水厂），监测项目为 γ 谱核素分析、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{90}Sr ，监测频次为 1 次。

地下水：在以本项目所在厂址为中心、半径 10km 范围内的厂址附近可能的关键居民组以及工业开采地下水处布设 1~3 个采样点采集地下水（来源于井水等地下水），监测项目为 γ 谱核素分析、 ^3H 、 ^{90}Sr ，监测频次为 1 次。

地表水沉积物：点位布设同地表水采样点，监测项目为 γ 谱核素分析和 ^{90}Sr ，监测频次为 1 次。

（4）土壤

监测项目为表层土中的 γ 谱核素分析和 ^{90}Sr ，监测频次为 1 次。在厂址半径 10km 范围进行采样点位布设，即：在以本项目所在厂址为中心、8 个方位与半径为 10km 的圆所形成的各扇形区域内陆地上布点（各方位分别布设 1~3 个采样点），并在厂址厂区范围内布设 2 个点。采样点应尽可能与累积剂量测量点、 γ 辐射剂量率测量点重合。

（5）放射性环境资料收集

调查和收集本项目所在厂址及周边区域的放射性环境本底水平的历史资料，以及厂址周边核与辐射设施情况，包括：厂址半径 30km 范围内核设施以及铀、钍矿设施概况；厂址半径 15km 范围内“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施以及同位素生产、非密封放射性同位素应用概况；厂址半径 5km 范围内 I、II 类放射源应用概况。

2) 调查方案实施情况

2019 年 9 月 2 日，专题承担单位进驻现场开始现场测量和取样工作。2019 年 9 月 7 日，专题承担单位完成 γ 剂量率测量，完成累积剂量计和连续 γ 剂量率仪的布设，完成土壤、水、地表水沉积物及气溶胶样品的采集。2019 年 11 月 4 日至 2019 年 11 月 7 日，专题承担单位第二次赴现场，进行 γ 剂量率的二次测量，同时对累积剂量计和连续 γ 剂量率仪进行回收。

调查方案实施情况（即现场点位布设及监测情况）见表 3.1-1。因受限于现场条件（尤其是厂址所在区域），实际现场测量、取样过程中，个别监测点、取样点位置做适当调整，部分测量项目的监测点位或采集样品的数量发生些许变动，专题承担单位认为不影响对调查结论的判定。

3.1.1.2 辐射环境监测点位布设及取样测量

1) γ 辐射剂量率、 γ 辐射累积剂量

(1) γ 辐射剂量率监测

专题承担单位于 2019 年 9 月 3 日至 2019 年 9 月 5 日对厂址半径 20km 范围的陆域（道路和田野）开展第一次 γ 剂量率监测，并于 2019 年 11 月 5 日至 2019 年 11 月 6 日进行相同监测点位的第二次 γ 剂量率监测。

γ 辐射剂量率监测点位布设如下：（1）在以本项目所在厂址为中心、16 个方位与半径为 2km、5km、10km、20km 的圆所形成的各扇形区域内陆地上布点（共 64 个）；（2）由于厂址区域为玉米地，专题承担单位第一次赴现场时田地泥泞无法进入，且厂址区域周边有土丘阻挡，专题承担单位根据现场情况在厂址近似东北边界、西北边界处各布设一个点位，同时在厂址西侧至东南侧近似边界位置分散布设 4 个点位；（3）在厂址附近人口集中区域（东四合村）布设一个点。以上共 71 个点位。

γ 辐射剂量率监测点位布设见表 3.1-2 以及图 3.1-1 和图 3.1-2。

专题承担单位对第一次 γ 剂量率测量分三个小组进行，对第二次 γ 剂量率测量分两个小组进行；每个小组工作时各使用 1 台便携 γ 剂量率仪进行测量。测量点附近没有高大建筑物，测量时仪器的有效中心离地面 1m 高，现场每个测量点读取 10 个数（间隔 10 秒），求平均值作为该点的测量值。测量过程中，选择了部分监测点位进行现场比对测量。便携 γ 剂量率仪的测量读数在不扣除宇宙射线响应值的情况下进行数据统计。

2019 年 9 月 6 日，调查组人员赴中俄边境兴凯湖（位于厂址 SE 方位 240km），对辐射环境本底调查所使用的 3 台便携 γ 剂量率仪和 1 台连续 γ 剂量率仪进行了宇宙射线响应的测量。测量人员乘坐快艇到达水库中进行测量，测量位置水深 8m，距离岸边 2km。现场读取 10 个数（间隔 10 秒），求平均值作为宇宙射线的响应值。

(2) γ 辐射累积剂量监测

γ 辐射累积剂量计的布放地点与 γ 剂量率监测点相同。由于厂址区域为玉米地，作物收割、田地翻动等因素使得剂量计布设条件较差，因此采用厂址近似边界处的剂量计测量结果代表厂址区域。

γ 辐射累积剂量计布放点附近没有高大建筑物的屏蔽和影响，剂量计挂在铁

栅栏、小树或轻质木柱上，并注意隐蔽防止丢失，挂的高度尽可能距地面 1m。布放剂量计前，对剂量计进行包装以防止水和水汽渗入。布设剂量计的同时，在低本底铅室和已知剂量率的环境中布放本底和对照组。

γ 辐射累积剂量计为热释光剂量计，剂量元件为 LiF (Mg,Cu,P)，读数器采用 RG2000 型 TLD 热释光测量仪。布设前对剂量计进行了筛选，将测量值与标准值对比，当超过 30% 时进行剔除。

γ 辐射累积剂量的测量时间为 2 个月，从 2019 年 9 月 3 日至 11 月 5 日。累积剂量不扣除宇宙射线的响应值。

(3) 连续 γ 辐射剂量率监测

由于厂址区域为玉米地，不具备仪器布设条件，连续 γ 剂量率监测点设在厂址 W 方位 2.5km 处的东四合村农户家，使用连续 γ 剂量率仪从 2019 年 9 月 7 日开始进行连续监测。该仪器探测器为 RMO500HA 型高压电离室，每 5 分钟记录一个数据。

2) 气溶胶

由于厂址区域为玉米地，不具备仪器布设条件，厂区内未布设气溶胶采样点。2 个气溶胶采样点分别设置在厂址 W 方位 2.5km 的东四合村和厂址 E 方位 1.7km 的德庆村，东四合村和德庆村是距离厂址较近的人口集中区域。佳木斯站年主导风向为 SW~W，德庆村位于主导风下风向区域。

气溶胶监测点位布设见表 3.1-3 以及图 3.1-3。

每个采样点均使用 3 台 TH-1000C II 型大流量气溶胶采样器同时进行采样，采样流量 $2\text{m}^3/\text{min}$ 。采样器由滤纸夹具、流量调节和抽气泵等三部分组成，选用 $180\text{mm}\times 230\text{mm}$ 玻璃纤维滤纸作为过滤材料。样品采集时，大流量采样器的采样口高出基础面 1.2m。采样期间无降水、大风等不利天气。采样结束后，将采样滤膜从采样器上取下烘干后，将进气面朝内折叠后装入塑料袋中密封并加贴唯一性标识，带回实验室在液压机下压制成 $\phi 82\text{mm}\times 21\text{mm}$ 的圆饼装入塑料样品盒中，然后放在 HPGe γ 谱仪上进行测量。用滤膜标准源对 HPGe γ 谱仪进行刻度获得效率曲线，本底谱采用空白滤膜压制成的样品放在 HPGe γ 谱仪上测量 86400s 获得。使用上述效率曲线和本底数据对样品 γ 谱数据进行分析和计算，得到气溶胶中感兴趣放射性核素的活度浓度。同时关注了样品 γ 谱中是否识别出其他人工核素的特征峰。

3) 水体

专题承担单位水体采样如下：

地表水和地表水沉积物：音达本河、工农兵水库、松花江处分别布设 1 个采样点（共 3 个）。其中音达本河采集地表水平行样和地表水沉积物平行样。

生活饮用水：厂址以西的东四合村布设 1 个采样点。

地下水：厂址以西的东四合村布设 1 个采样点采集地下水，东兴煤化工有限公司布设 1 个采样点采集工业用地下水。

中水：龙江环保水务有限公司布设 1 个采样点，采集城市污水处理产生的中水。

水体监测点位布设见表 3.1-4 以及图 3.1-4。

地表水采样点选择在岸边安全处；地表水沉积物采样点处用铲子等工具采集了地表水沉积物，采集后沥干水分，用密封袋盛装，采样量约为 3kg，相关预处理方法和测量方法同土壤；饮用水采样直接从管网末梢采集；地下水采样直接从水井中汲取。

样品容器选用聚乙烯塑料桶，采集前先洗净塑料桶，用样水洗涤三次，每个样品取 50L。用于氡测量分析的样品单独用玻璃瓶装，取样量 1L。本次采集的样品泥沙含量不高，水样采集后，用浓硝酸酸化至 pH=1~2，但用于氡测量分析的样品不做此处理。样品采集后，在容器外用记号笔做唯一性标识。

对于水中总 α 、总 β 的测量，取 5L 水样加入烧杯，蒸发至剩余约 100mL 时，转入坩埚中，用去离子水清洗 2 次，清洗水加入坩埚中，加入 1mL 硫酸盐化，继续在电热板上蒸干（期间保持水不烧开），然后将坩埚放入马弗炉中灰化 1 小时。对灰化后的样品称重、制样，而后用低本底 α 、 β 测量仪进行测量。

对于水中氡的测量，将样品蒸馏，取 8mL 蒸馏液放入 20mL 闪烁瓶，加入 12mL 闪烁液，摇匀后避光保存 12h，然后用液闪测量仪进行测量。

对于水中 γ 能谱分析，每个样品取 20L 进行处理，先添加一部分入大烧杯，放在电加热板加热蒸发（保持水不烧开），并不断加入水样，直至将 20L 水样浓缩至少于 2L。然后将水样转移至 2L 马林杯，清洗两次烧杯，清洗水也加入马林杯，确保将马林杯内水量加至统一的液面高度，最后将马林杯放在 HPGe γ 谱仪上进行测量。本底谱用马林杯加入相同体积的去离子水，然后放在 HPGe γ 谱仪上进行测量获得。效率曲线用液体标准源对 HPGe γ 谱仪进行刻度获得。使用

上述效率曲线和本底数据对样品 γ 谱进行分析和计算, 得到水中感兴趣放射性核素的活度浓度。同时关注了样品 γ 谱中是否识别出其他人工核素的特征峰。

对于水中 ^{90}Sr 的测量, 取水样 20L, 用硝酸调节 $\text{pH}=1.0$, 加入锶载体溶液和钇载体溶液, 再用氨水调节 pH 至 8~9。然后边搅拌边加入碳酸铵 (按每升水加入 8g), 将水样加热至接近沸腾, 使沉淀凝聚, 取下冷却, 静置过夜。过滤后用质量分数为 1% 的碳酸铵溶液洗涤沉淀, 将沉淀转入烧杯中 (弃去清液), 逐滴加入 6mol/L 硝酸至沉淀完全溶解, 加热, 滤去不溶物, 滤液用氨水调节 pH 至 1.0。将滤液以 2mL/min 的流速通过涂有二 (2-乙基己基) 磷酸的聚三氟氯乙烯色层柱吸附钇 (将开始过柱至过柱完毕的中间时刻作为锶、钇分离时刻), 收集前面的 10mL 流出液, 合并于过柱流出液, 供放置法使用。用 30mL 浓度为 6mol/L 的硝酸, 以 1mL/min 的流速解吸钇, 向解析液中加入 5mL 饱和草酸溶液, 用氢氧化铵调节 pH 至 1.5~2.0, 水浴加热 30min, 冷却至室温。将草酸钇沉淀干燥、称重后制样, 用低本底 α 、 β 测量仪计数测量。

4) 土壤

专题承担单位布设了 19 个土壤采样点, 并选择德庆村、良种场村采集了 2 个土壤平行样。

土壤监测点位布设见表 3.1-5 以及图 3.1-5。

现场采用梅花五点采样法采集地表以下 0~5cm 的表层土壤。去除石头、草根等杂物后, 取约 3kg 用塑料密封袋盛装并加贴唯一性标识, 全部样品打包后运回实验室。土壤样品运回实验室后, 再次进行挑拣, 去除小的石块、杂草等物, 自然晾干后碾碎然后用球磨机粉碎, 经 60 目筛子过筛后放入烘箱 110℃ 烘干。取处理好的土壤粉末 (约 250g) 装入 $\phi 75\text{mm}$ 的塑料样品盒称重、密封, 密封时间大于 20 天, 以使 ^{226}Ra 与子体平衡。

使用土壤标准源对 HPGe γ 谱仪进行刻度获得效率曲线, 本底谱采用模拟土制成的空白样品放在 HPGe γ 谱仪上测量 86400s 获得。使用上述效率曲线和本底数据对样品 γ 谱进行分析和计算, 得到土壤中感兴趣放射性核素的活度浓度。同时关注了样品 γ 谱中是否识别出其他人工核素的特征峰。

对于 ^{90}Sr 的测量, 取 50g 处理好的土壤粉末, 按照《土壤中锶-90 分析方法》(EJ/T1035-2011) 中的快速法进行样品处理、制样, 然后用低本底总 α 、总 β 测量仪计数测量。

3.1.1.3 分析方法和标准、分析仪器、分析样品量及最小探测限

1) 分析方法和标准

(1) 气溶胶 γ 核素分析方法

气溶胶 γ 核素分析的参考方法为《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(WS/T184-2017)，用气溶胶取样器从周围大气中收集气溶胶态的放射性污染物于滤纸上，将收集的滤纸样品制成与标准源形状、体积相同的样品，然后将制备好的样品置于 HPGe γ 能谱仪上测量。

(2) 水中总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{90}Sr 、和 γ 核素分析方法

水中总 α 的测量按照《水质总 α 放射性的测定厚源法》(HJ898-2017)，将水蒸干灰化后制成厚样，用低本底 α 、 β 测量仪进行测量。

水中总 β 的测量按照《水质总 β 放射性的测定厚源法》(HJ899-2017)，将水蒸干灰化后制样，用低本底 α 、 β 测量仪进行测量。水中 ^3H 的测量方法按照《水中氚的分析方法》(GB/T12375-1990)，将样品蒸馏后，用低本底液闪计数器进行测量。

水中 ^{90}Sr 的测量方法按照《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》(HJ815-2016)，利用萃取色层法制样，用低本底 α 、 β 测量仪进行测量，样品量不小于 25L。

水中 γ 核素的测量方法按照《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB16140-2018)，对水样品进行蒸发浓缩后使用 HPGe γ 谱仪进行直接测量。

(3) 土壤中 γ 核素和 ^{90}Sr 分析方法

土壤中 γ 核素分析方法按照《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T11743-2013)，采集的土壤样预处理后装盒密封制成与标准源形状、体积相同的样品，然后将制备好的样品放置于 HPGe γ 能谱仪上测量。

^{90}Sr 分析方法参考《土壤中锶-90 的分析方法》(EJ/T1035-2011)，采用 P204 萃淋树脂色层柱吸附 ^{90}Y ，硫化铋沉淀除铋，草酸铋沉淀制源，用低本底 α 、 β 测量仪测量 ^{90}Y ，根据 ^{90}Y 计数率计算土壤中 ^{90}Sr 含量。

2) 仪器设备、测量方法及探测下限

辐射环境本底调查所采用的测量方法及对应的参考探测下限见表 3.1-6，所采用的仪器设备见表 3.1-7，所采用的标准物质见表 3.1-8。

3.1.1.4 辐射环境本底调查结果

1) 放射性环境资料收集

(1) 厂址所在地区历史环境辐射水平

(i) 《中国环境天然放射性水平》

表 3.1-9、表 3.1-10 给出了《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间佳木斯地区天然贯穿辐射水平、土壤中天然放射性核素含量水平。从表中可以看出，佳木斯地区室外环境 γ 剂量率水平在 (21.8~101.7) nGy/h 范围内 (已扣除宇宙射线响应)；佳木斯地区环境土壤中 ^{238}U 的范围是 (1.8~63.2) Bq/kg, ^{226}Ra 的范围是 (10.5~49.4) Bq/kg, ^{232}Th 的范围是 (17.9~82.3) Bq/kg, ^{40}K 的范围是 (128.9~1079.2) Bq/kg。

表 3.1-11 给出了《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间黑龙江省主要河流、湖泊中天然放射性核素浓度水平。佳木斯地区属于黑龙江水系流域，黑龙江支流松花江穿过佳木斯市区，位于厂址 NE~NNE 方位约 15km 处；牡丹江是松花江支流，在松花江佳木斯段上游处汇入松花江。黑龙江平水期水中 U 的范围是 (0.24~0.43) $\mu\text{g/L}$, Th 的范围是 (0.022~0.110) $\mu\text{g/L}$, ^{226}Ra 的范围是 (2.62~26.94) mBq/L, ^{40}K 的范围是 (21.0~39.4) mBq/L；黑龙江枯水期水中 U 的范围是 (0.47~0.64) $\mu\text{g/L}$, Th 的范围是 (0.010~0.141) $\mu\text{g/L}$, ^{226}Ra 的范围是 (9.56~15.69) mBq/L, ^{40}K 的范围是 (43.5~54.4) mBq/L。松花江平水期水中 U 的范围是 (0.25~0.56) $\mu\text{g/L}$, Th 的范围是 (0.007~0.195) $\mu\text{g/L}$, ^{226}Ra 的范围是 (1.74~24.97) mBq/L, ^{40}K 的范围是 (39.3~96.2) mBq/L；松花江枯水期水中 U 的范围是 (0.38~0.81) $\mu\text{g/L}$, Th 的范围是 (0.005~0.668) $\mu\text{g/L}$, ^{226}Ra 的范围是 (1.60~22.42) mBq/L, ^{40}K 的范围是 (46.2~76.2) mBq/L。牡丹江平水期水中 U 的范围是 (0.23~0.58) $\mu\text{g/L}$, Th 的范围是 (0.037~1.08) $\mu\text{g/L}$, ^{226}Ra 的范围是 (3.01~12.32) mBq/L, ^{40}K 的范围是 (24.3~50.6) mBq/L；牡丹江枯水期水中 U 的范围是 (0.39~0.42) $\mu\text{g/L}$, Th 的范围是 (0.007~0.014) $\mu\text{g/L}$, ^{40}K 的范围是 (35.1~35.4) mBq/L。五大连池在厂址 WNW~NW 方位约 392km 处，属松花江支流嫩江支流讷谟尔河支流白河上的堰塞湖群。五大连池湖水中 U 的范围是 (0.08~3.32) $\mu\text{g/L}$, Th 的范围是 (0.007~0.610) $\mu\text{g/L}$, ^{226}Ra 的范围是 (14.40~25.71) mBq/L, ^{40}K 的范围是 (88.4~850.2) mBq/L。镜泊湖在厂址 SSW 方位约 349km 处，属松花江支流牡丹江干流上的堰塞湖。镜泊湖湖水中 U 的含量是 0.13 $\mu\text{g/L}$, Th 的含量是 0.04 $\mu\text{g/L}$, ^{226}Ra 的含量是 1.61 mBq/L, ^{40}K 的含量是 31.2 mBq/L。

(ii) 《2018 全国辐射环境质量报告》

黑龙江省 2018 年辐射环境质量状况如下：

根据 2018 年自动站空气吸收剂量率连续监测结果，佳木斯江心岛站小时均值在 (61.6~116.8) nGy/h 范围内，年均值为 81.3nGy/h；佳木斯市抚远站小时均值在 (54.0~118.0) nGy/h 范围内，年均值为 66.6nGy/h。此外，2018 年黑龙江省 14 个累积剂量监测点的年均值范围为 (64.7~118) nGy/h。

2018 年全国主要江河流域监测结果显示，松花江流域总 α 范围是(0.02~0.13) Bq/L，总 β 范围是(0.03~0.20)Bq/L，U 范围是(0.16~3.5) μ g/L，Th 范围是(0.14~0.84) μ g/L， ^{226}Ra 范围是 (1.8~21) mBq/L， ^{90}Sr 范围是 (1.7~7.7) mBq/L， ^{137}Cs 范围是 (0.1~1.4) mBq/L。

2018 年全国饮用水水源地水监测结果显示，黑龙江省总 α 范围是(0.01~0.20) Bq/L，总 β 范围是 (0.03~0.15) Bq/L。

2018 年全国土壤监测结果显示，黑龙江省 ^{238}U 的范围是 (14~52) Bq/kg， ^{226}Ra 的范围是 (16~51) Bq/kg， ^{232}Th 的范围是 (24~64) Bq/kg， ^{137}Cs 的范围是 (2.8~8.1) Bq/kg。

(iii) 其他资料

《佳木斯市水源水 ^{90}Sr 和 ^{137}Cs 放射性水平》：根据 1994 年采样于水源的大体积水样品的分析结果，佳木斯市几种水源水的 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 含量，以 40m 深井水最大，其均值分别为 6.2mBq/L、4.7mBq/L；以 10m 深井水较小，其均值分别为 2.7mBq/L、2.4mBq/L；井深超过 60m 水中， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 含量低于探测限。松花江水、市政自来水 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 含量与 40m 深井水大体相当。

《1995-2009 年我国部分地区饮用水放射性水平监测》：2002-2006 年间的监测结果显示，黑龙江省自来水样品中 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 含量均值分别为 3.0mBq/L、0.2mBq/L；1998-2006 年间的监测结果显示，黑龙江省自来水样品中总 α 、总 β 均值分别为 0.04Bq/L、0.11Bq/L。

《中国地表水和地下水氡浓度》：1991-1993 年间的监测结果显示，黑龙江省江河水中 ^3H 含量均值为 6.88Bq/L；1991-1992 年间的监测结果显示，松花江佳木斯段水中 ^3H 含量均值为 7.93Bq/L；1992 年的监测结果显示，黑龙江省湖泊、水库水中 ^3H 含量均值为 4.86Bq/L；1991-1992 年间的监测结果显示，黑龙江省井水中 ^3H 含量均值为 3.62Bq/L。

(2) 厂址周边核与辐射设施情况

厂址半径 30km 范围内无核设施和铀（钍）矿设施。

厂址半径 15km 范围内无 NORM 设施、放射性同位素生产单位。

厂址半径 5km 范围内无 I 类、II 类密封源应用单位。

厂址半径 15km 范围内有 2 个非密封放射性同位素应用单位，分别是位于 WNW 方位 12.9km 的佳木斯市中心医院（丙级非密封放射性物质工作场所）和位于 WNW 方位 13.2km 的佳木斯市肿瘤医院（乙级密封放射性物质工作场所），其非密封放射性物质使用量见表 3.1-12。

2) γ 辐射剂量率、 γ 辐射累积剂量测量结果

(1) 测量仪器的宇宙射线响应

2019 年 9 月 6 日在兴凯湖的测量结果显示，6150AD5/H 型环境 γ 剂量率仪（YQ-01-009）的宇宙射线响应读数为 30，6150AD6/H 型环境 γ 剂量率仪（YQ-01-010）的宇宙射线响应读数为 34，FH40G 型环境 γ 剂量率仪（YQ-02-011）的宇宙射线响应读数为 11，RMO500HA 型连续 γ 剂量率仪（YQ-02-033）的宇宙射线响应读数为 39。

(2) γ 辐射剂量率测量结果

两次 γ 辐射剂量率的测量结果见表 3.1-13 和图 3.1-6。对于扣除宇宙射线响应值后的结果，在第一次测量中，厂址半径 0~2km 内的环境 γ 剂量率在（67~126）nSv/h 范围内，2~5km 内的环境 γ 剂量率在（59~103）nSv/h 范围内，5~10km 内的环境 γ 剂量率在（54~102）nSv/h 范围内，10~20km 内的环境 γ 剂量率在（51~135）nSv/h 范围内，可能的关键居民组德庆村的环境 γ 剂量率为 79nSv/h，厂址近似边界处的环境 γ 剂量率在（69~97）nSv/h 范围内；在第二次测量中，厂址半径 0~2km 内的环境 γ 剂量率在（72~132）nSv/h 范围内，2~5km 内的环境 γ 剂量率在（65~124）nSv/h 范围内，5~10km 内的环境 γ 剂量率在（57~105）nSv/h 范围内，10~20km 内的环境 γ 剂量率在（49~122）nSv/h 范围内，可能的关键居民组德庆村、东四合村的环境 γ 剂量率分别为 72nSv/h、101nSv/h，厂址近似边界处的环境 γ 剂量率在（72~110）nSv/h 范围内。

(3) γ 辐射累积剂量测量结果

γ 辐射累积剂量布放 65 个，回收 58 个，回收率为 89.2%。测量结果见表 3.1-14 和图 3.1-7。约两个月时间（61~64 天）的测量显示，对于未扣除宇宙射线响应的

结果，厂址半径 0~2km 内的累积剂量在 $(1.42\sim 1.78) \times 10^{-4}\text{Gy}$ 范围内，按小时平均值在 $(97\sim 118) \text{ nGy/h}$ 范围内；2~5km 内的累积剂量在 $(1.30\sim 1.93) \times 10^{-4}\text{Gy}$ 范围内，按小时平均值在 $(85\sim 130) \text{ nGy/h}$ 范围内；5~10km 内的累积剂量在 $(1.31\sim 1.80) \times 10^{-4}\text{Gy}$ 范围内，按小时平均值在 $(88\sim 121) \text{ nGy/h}$ 范围内；10~20km 内的累积剂量在 $(1.28\sim 1.81) \times 10^{-4}\text{Gy}$ 范围内，按小时平均值在 $(88\sim 123) \text{ nGy/h}$ 范围内；可能的关键居民组德庆村的累积剂量为 $1.61 \times 10^{-4}\text{Gy}$ ，按小时平均值为 108nGy/h 。

(4) 连续 γ 辐射剂量率测量结果

连续 γ 辐射剂量率测量结果以及测量期间当地的降雨情况见图 3.1-8。测量结果显示，东四合村 γ 辐射剂量率日均值在 $(110\sim 121) \text{ nGy/h}$ 范围内（已扣除宇宙射线响应）。

3) 气溶胶测量结果

气溶胶测量结果见表 3.1-15。东四合村、德庆村采集的气溶胶中， ^7Be 活度浓度分别为 10.33mBq/m^3 、 10.47mBq/m^3 ，其他人工放射性核素活度浓度均小于探测限。

4) 水体测量结果

(1) 地表水测量结果见表 3.1-16。所有关注核素的 γ 谱分析结果都小于探测限。音达本河、工农兵水库、松花江地表水中 ^{90}Sr 活度浓度分别为 4.25mBq/L 、 2.31mBq/L 、 3.99mBq/L ， ^3H 活度浓度分别为 1.48Bq/L 、 1.59Bq/L 、 1.88Bq/L 。地表水沉积物测量结果见表 3.1-17。 γ 谱分析结果显示，音达本河、工农兵水库、松花江地表水沉积物中 ^{238}U 的活度浓度分别为 36.7Bq/kg 、 46.5Bq/kg 、 19.5Bq/kg ， ^{232}Th 的活度浓度分别为 34.6Bq/kg 、 43.0Bq/kg 、 30.8Bq/kg ， ^{226}Ra 的活度浓度分别为 34.5Bq/kg 、 27.1Bq/kg 、 18.1Bq/kg ， ^{40}K 的活度浓度分别为 764Bq/kg 、 692Bq/kg 、 1189Bq/kg ；对于 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 五种人工放射性核素，除音达本河沉积物中检出 ^{137}Cs 活度浓度为 0.63Bq/kg 外，其余测量结果均小于探测限。音达本河、工农兵水库、松花江地表水沉积物中 ^{90}Sr 的活度浓度分别为 1.10Bq/kg 、 1.67Bq/kg 、 0.79Bq/kg 。

(2) 地下水测量结果表 3.1-18。所有关注核素的 γ 谱分析结果都小于探测限。东四合村、东兴化工地下水中 ^{90}Sr 活度浓度分别为 3.78mBq/L 、 5.53mBq/L ， ^3H 活度浓度分别为 1.71Bq/L 、 $<1.3\text{Bq/L}$ （小于探测限，下同）。

(3) 饮用水测量结果见表 3.1-19。所有关注核素的 γ 谱分析结果都小于探测限。东四合村饮用水中 ^{90}Sr 活度浓度为 1.27mBq/L, ^3H 活度浓度为 <1.3Bq/L。东四合村饮用水中总 α 小于 0.11Bq/L, 总 β 为 0.06Bq/L。

(4) 中水测量结果见表 3.1-19。所有关注核素的 γ 谱分析结果都小于探测限。龙江环保中水中 ^{90}Sr 活度浓度为 5.02mBq/L, ^3H 活度浓度为 1.77Bq/L。鉴于厂址半径 15km 范围内有 2 家使用非密封放射性物质的医院, 涉及 ^{131}I 的使用, 在 γ 谱分析中特别关注了中水样品 ^{131}I 的情况, 测量结果为小于探测限。

5) 土壤测量结果

土壤测量结果见表 3.1-20。 γ 谱分析结果显示, 厂址半径 10km 范围内土壤中 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的活度浓度分别在 (26.6~55.4) Bq/kg、(34.3~68.3) Bq/kg、(30.6~46.8) Bq/kg 和 (669~1191) Bq/kg 范围内; 对于 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn , 所有测量结果都小于探测限; 对于 ^{137}Cs , 除裕新村测量结果小于探测限外, 其他点位测量结果在 (0.54~7.64) Bq/kg, 平均值为 3.16Bq/kg。厂址周边 10km 范围内土壤中 ^{90}Sr 的活度浓度在 (0.43~6.65) Bq/kg 范围内。

3.1.1.5 辐射环境本底调查质量保证

1) 单位及技术人员资质情况

专题承担单位辐射环境监测实验室质量保证体系通过 CMA 认证和 CNAS 认证, 专题承担单位在执行上述质量保证体系的基础上, 严格按照质保大纲的要求开展工作。

专题承担单位环境本底调查工作负责人及所有工作人员由有相关资质的人员承担。专题承担单位投入 17 名技术人员参与辐射环境本底调查工作, 其中监测人员 8 人, 质保人员 9 人。监测人员具备生态环境部核与辐射安全中心颁发的上岗证, 单个人员上岗证内容至少涵盖 1 项辐射环境本底调查工作的分析内容, 所有人员上岗证内容涵盖本项目全部分析内容。

专题承担单位环境本底调查工作组定期组织质保和技术培训。专题承担单位根据工作进度与实际需要, 从事对质量活动有影响的人员, 应具备从事该任务所必须的学历、经历和业务熟练程度, 并按照质量保证相关要求定期进行质保培训与考核。考核和培训记录妥善保存。

2) 量值溯源

为了保证量值溯源, 环境 γ 剂量率仪、低本底 α/β 测量仪、HPGe γ 谱仪液

闪测量仪、TLD 热释光测量仪均按照检定周期进行计量检定，并根据使用情况进行期间核查，检定周期和检定情况见表 3.1-7。所有刻度过程均使用有证标准物质，标准物质情况见表 3.1-8。高纯锗伽玛谱仪、低本底 α/β 计数器、液闪仪均开展了本底及效率质控工作。

3) 实验室间比对

为了检查实验室是否存在系统误差，中心辐射环境监测部积极参加权威部门组织的实验室间监测方法比对，如发现问题，及时采取必要的改正措施。

4) 平行样/现场比对抽样

根据质保要求，平行样/现场比对抽样占分析测量总数量比例不得低于 10%，平行样/现场比对抽样测量结果相对偏差视项目类别不得大于 10%~40%。

(1)对环境介质采集的平行样情况见表 3.1-21，平行样测量结果见表 3.1-22。

(2)对 γ 辐射剂量率的测量进行了现场比对抽样。在第一次和第二次测量中，在 71 个监测点位中均选取了 8 个点位进行现场比对，抽样比例为 11.3%。具体现场比对抽样测量结果见表 3.1-23。

(3)对 γ 辐射累积剂量的测量进行了现场比对抽样。在实际布设的 65 个监测点位中，共选取了 7 个点位进行现场比对；实际回收 58 个点位的剂量片，其中包含 5 个进行现场比对的点位，实际抽样比例为 8.6%。具体现场比对抽样测量结果见表 3.1-24。

5) 加标样、空白样

按照质保要求，对于放化分析项目，每批或每 20 个样品做一次空白样，空白样分析的样品由检测人员自行实施；凡能进行加标分析的项目，每批样品均做 10% 的加标样，样品数较少时，每批样品至少做一个加标样，实验室保留加标样、空白样测量记录。

3.1.2 辐射环境质量评价

3.1.2.1 厂址周边核与辐射设施情况

厂址半径 30km 范围内无核设施和铀（钍）矿设施，半径 15km 范围内无 NORM 设施、放射性同位素生产单位，半径 5km 范围内无 I 类、II 类密封源应用单位，半径 15km 范围内有 2 家非密封放射性同位素应用单位，分别为佳木斯市肿瘤医院和佳木斯市中心医院。

3.1.2.2 厂址辐射环境本底监测情况

(1) γ 辐射剂量率、 γ 辐射累积剂量

综合两次 γ 辐射剂量率测量结果，厂址周围环境 γ 剂量率（已扣除宇宙射线响应）在（49~135）nSv/h 范围内，集中在（60~110）nSv/h 之间；累积剂量按小时均值（未扣除宇宙射线响应）在（85~130）nGy/h 范围内；东四合村的连续 γ 辐射剂量率测量日均值在（110~121）nGy/h 范围内（已扣除宇宙射线响应）。

环境 γ 辐射测量结果与《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间佳木斯地区室外环境 γ 剂量率测量结果[(22~102)nGy/h, 已扣除宇宙射线响应]，及《2018 全国辐射环境质量报告》给出的 2018 年佳木斯自动站空气吸收剂量率连续监测结果[(54.0~118.0) nGy/h]、黑龙江省累积剂量监测结果[(64.7~118) nGy/h]等在同一水平。

(2) 气溶胶

气溶胶样品 γ 谱分析结果未检出人工放射性核素，仅检测到天然放射性核素 ^7Be ，与厂址周边核与辐射设施情况相符。东四合村、德庆村采集的气溶胶中的 ^7Be 活度浓度分别为 10.33mBq/m³、10.47mBq/m³。

(3) 水体

地表水、地下水、饮用水及中水样品 γ 谱分析所关注的核素结果都小于探测限。水中 ^{90}Sr 活度浓度在（1.27~5.53）mBq/L 范围， ^3H 活度浓度在小于探测限（1.3Bq/L）至 1.88Bq/L 范围内。

饮用水总 α 小于探测限（0.11Bq/L），总 β 为 0.06Bq/L，低于生活饮用水卫生标准（GB5749）中总 α 、总 β 的筛选值。

以上水体中放射性测量结果与《2018 全国辐射环境质量报告》中松花江流域、黑龙江省饮用水水源地等相关水体测量结果以及其他资料中的黑龙江省不同水体中放射性测量相比，除 ^3H 活度浓度整体较低外，其他都在同一水平。其他资料中的黑龙江省不同水体 ^3H 含量都是上世纪九十年代初的测量结果。音达本河、工农兵水库、松花江地表水沉积物的 γ 谱分析结果及 ^{90}Sr 分析结果未见异常。

对医院非密封放射性物质工作场所（核医学科）的调研情况显示，核医学科设有留观室和衰变池，服用 ^{131}I 药物的病人需要住院留观，排泄物集中收集到衰变池，需 10 个半衰期后集中处理，有的甚至长达半年。所以，核医学科产生的废液不会使得中水中含有显著的 ^{131}I 。

地表水沉积物中 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的活度浓度分别在(19.5~46.5)Bq/kg、(30.8~43.0) Bq/kg、(18.1~34.5) Bq/kg 和 (692~1189) Bq/kg 范围内, 与《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间佳木斯地区环境土壤中 ^{238}U ((1.8~63.2) Bq/kg)、 ^{232}Th ((17.9~82.3) Bq/kg)、 ^{226}Ra ((10.5~49.4) Bq/kg)、 ^{40}K ((128.9~1079.2) Bq/kg) 的活度浓度水平相当, 也与《2018 全国辐射环境质量报告》给出的黑龙江省土壤中 ^{238}U ((14~52)Bq/kg)、 ^{232}Th ((24~64)Bq/kg)、 ^{226}Ra ((16~51) Bq/kg) 的活度浓度水平相当。 ^{137}Cs 的工农兵水库、松花江测量结果小于探测限, 音达本河点位测量结果为 0.63Bq/kg, 与《2018 全国辐射环境质量报告》给出的黑龙江省土壤中 ^{137}Cs 活度浓度水平 ((2.8~8.1) Bq/kg) 相当。 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果都小于探测限。 ^{90}Sr 的活度浓度在 (0.79~1.67) Bq/kg 范围内, 属于正常水平。

(4) 土壤

土壤中 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的活度浓度分别在 (26.6~55.4) Bq/kg、(34.3~68.3) Bq/kg、(30.6~46.8) Bq/kg 和 (669~1191) Bq/kg 范围内, 与《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间佳木斯地区环境土壤中 ^{238}U ((1.8~63.2) Bq/kg)、 ^{232}Th ((17.9~82.3) Bq/kg)、 ^{226}Ra ((10.5~49.4) Bq/kg)、 ^{40}K ((128.9~1079.2) Bq/kg) 的活度浓度水平相当, 也与《2018 全国辐射环境质量报告》给出的黑龙江省土壤中 ^{238}U ((14~52)Bq/kg)、 ^{232}Th ((24~64)Bq/kg)、 ^{226}Ra ((16~51) Bq/kg) 的活度浓度水平相当。 ^{137}Cs 除裕新村土壤测量结果小于探测限外, 其他点位测量结果在 (0.54~7.64) Bq/kg 范围内, 与《2018 全国辐射环境质量报告》给出的黑龙江省土壤中 ^{137}Cs 活度浓度水平 ((2.8~8.1) Bq/kg) 相当。 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果都小于探测限。 ^{90}Sr 的活度浓度在 (0.43~6.65) Bq/kg 范围内, 属于正常水平。

3.1.2.3 厂址辐射环境本底调查结论

根据辐射环境本底调查结果, 厂址所在区域的辐射环境质量现状无异常, 即, 厂址所在区域的辐射环境水平与厂址所在区域的历史放射性水平数据在同一水平。

表 3.1-1 辐射环境本底调查项目实际情况

监测对象		监测项目	监测频次	监测点数	点位说明	样品数	平行样/现场比对抽样	备注	
γ辐射		剂量率	2	71	见表3.1-2	—	8		
		累积剂量	1	58	见表3.1-2	—	5	(连续2个月) 不扣除宇宙射线响应值	
		剂量率	连续	1	东四合村	—	—	连续2个月	
环境 介质	气溶胶	γ谱核素分析	1	2	东四合村、德庆村	2	—	采样量不少于10000m ³	
	水体	饮用水	γ谱核素分析、 总α、总β、 ³ H、 ⁹⁰ Sr	1	1	东四合村	1	1	
		地下水	γ谱核素分析、 ³ H、 ⁹⁰ Sr	1	2	东四合村、东兴煤化工有限公司	2		
		地表水	γ谱核素分析、 ³ H、 ⁹⁰ Sr	1	3	音达本河、工农兵水库、松花江	3		
		中水	γ谱核素分析、 ³ H、 ⁹⁰ Sr	1	1	龙江环保水务有限公司	1		
		地表水沉积物	γ谱核素分析、 ⁹⁰ Sr	1	3	点位布设同地表水采样点	3	3	
	土壤	γ谱核素分析、 ⁹⁰ Sr	1	19	见表3.1-5	19			

表 3.1-2 γ 辐射剂量率/累积剂量监测点位信息

编号	名称	代表区域		距离 (km)	海拔 (m)	纬度N	经度E	备注
		方位	范围 (km)					
1	福田村西南	N	0~2	1.9	136	46°45'26"	130°32'17"	草地
2	福田村东南	NNE	0~2	1.7	130	46°45'24"	130°32'25"	草地
3	2km 内 NE 方向监测点	NE	0~2	1.1	190	46°44'48"	130°32'45"	草地
4	德庆村西北	ENE	0~2	1.3	144	46°44'26"	130°33'7"	原野
5	德庆村	E	0~2	1.5	137	46°44'24"	130°33'41"	草地；土壤采样（含平行样）； 可能的关键居民组
6	德庆村西南	ESE	0~2	1.4	138	46°44'10"	130°33'12"	草地
7	创业村西	SE	0~2	1.6	161	46°43'45"	130°33'1"	草地；土壤采样
8	2km 内 SSE 方向监测点	SSE	0~2	0.7	177	46°43'45"	130°32'30"	草地
9	2km 内 S 方向监测点	S	0~2	1.0	196	46°43'48"	130°32'10"	草地
10	2km 内 SSW 方向监测点	SSW	0~2	1.0	253	46°43'52"	130°31'47"	原野
11	2km 内 SW 方向监测点	SW	0~2	1.3	206	46°44'1"	130°31'40"	草地；土壤采样
12	2km 内 WSW 方向监测点	WSW	0~2	1.1	214	46°44'13"	130°31'33"	草地
13	东四合村东	W	0~2	1.7	129	46°44'26"	130°30'46"	草地
14	2km 内 WNW 方向监测点	WNW	0~2	1.3	178	46°44'39"	130°31'14"	原野
15	永兴村西南	NW	0~2	1.9	128	46°45'3"	130°31'0"	草地；土壤采样
16	永兴村南	NNW	0~2	1.7	142	46°45'11"	130°31'28"	草地
17	永胜村西	N	2~5	4.0	143	46°46'32"	130°32'24"	原野
18	永胜村东南	NNE	2~5	3.4	134	46°45'22"	130°33'51"	草地；土壤采样
19	红星村	NE	2~5	2.6	166	46°45'4"	130°33'43"	原野；土壤采样
20	山湾村西	ENE	2~5	4.4	118	46°45'5"	130°36'0"	草地

表 3.1-2 续 γ 辐射剂量率/累积剂量监测点位信息

编号	名称	代表区域		距离 (km)	海拔 (m)	纬度N	经度E	备注
		方位	范围 (km)					
21	龙胜村	E	2~5	3.5	127	46°44'22"	130°34'40"	原野
22	创业村东	ESE	2~5	3.1	142	46°43'35"	130°33'39"	草地
23	万宝村	SE	2~5	4.3	144	46°42'53"	130°35'1"	原野
24	恒德村	SSE	2~5	4.0	136	46°42'32"	130°33'31"	草地; 土壤采样
25	恒德村西	S	2~5	3.3	36	46°42'34"	130°32'12"	原野
26	裕新村	SSW	2~5	4.5	134	46°42'10"	130°30'39"	草地; 土壤采样
27	东胜村	SW	2~5	3.2	124	46°43'14"	130°30'13"	原野
28	南长发村	WSW	2~5	4.6	165	46°43'35"	130°28'19"	原野
29	东四合村西	W	2~5	3.4	91	46°44'28"	130°29'23"	草地; 土壤采样
30	东四合村北	WNW	2~5	3.4	94	46°45'8"	130°29'45"	草地
31	巨兴村	NW	2~5	3.4	122	46°45'42"	130°30'43"	原野
32	庆丰村	NNW	2~5	4.8	118	46°46'51"	130°31'7"	草地; 土壤采样
33	朝阳村	N	5~10	7.6	134	46°48'30"	130°32'5"	草地; 土壤采样
34	同乐村西	NNE	5~10	7.4	108	46°47'54"	130°35'34"	原野
35	音达木村	NE	5~10	7.5	125	46°47'1"	130°36'32"	草地
36	四马架乡	ENE	5~10	7.5	139	46°46'0"	130°37'37"	草地; 土壤采样
37	民乐村北	E	5~10	8.3	141	46°44'0"	130°38'54"	草地
38	解放村	ESE	5~10	8.7	148	46°42'15"	130°37'49"	原野; 土壤采样
39	安乐村东北	SE	5~10	7.5	196	46°41'28"	130°36'15"	草地
40	东朝阳村	SSE	5~10	8.9	182	46°39'50"	130°34'32"	原野

表 3.1-2 续 γ 辐射剂量率/累积剂量监测点位信息

编号	名称	代表区域		距离 (km)	海拔 (m)	纬度N	经度E	备注
		方位	范围 (km)					
41	葡萄沟村	S	5~10	7.5	168	46°40'22"	130°31'55"	草地；土壤采样
42	太平川村	SSW	5~10	8.6	166	46°40'19"	130°28'44"	草地
43	长虹村	SW	5~10	8.5	174	46°41'3"	130°27'16"	草地
44	良种场村	WSW	5~10	8.3	169	46°42'44"	130°25'59"	草地；土壤采样（含平行样）
45	分水岭	W	5~10	8.0	135	46°44'36"	130°26'4"	草地
46	兴国村	WNW	5~10	6.8	133	46°46'11"	130°27'23"	原野；土壤采样
47	长兴村	NW	5~10	7.2	97	46°47'5"	130°28'3"	原野
48	东华村	NNW	5~10	6.7	101	46°47'43"	130°30'31"	草地
49	建国村	N	10~20	14.6	105	46°52'29"	130°32'39"	原野
50	星火朝鲜族乡	NNE	10~20	19.0	91	46°54'15"	130°36'26"	原野
51	小堆峰村	NE	10~20	18.3	109	46°52'18"	130°41'2"	草地
52	太辉村	ENE	10~20	16.0	118	46°47'35"	130°43'20"	草地
53	太利村	E	10~20	17.1	158	46°44'27"	130°45'36"	原野
54	青松村	ESE	10~20	19.5	193	46°41'42"	130°46'57"	原野
55	福生村东北	SE	10~20	13.8	115	46°39'14"	130°39'48"	草地
56	后申家店村	SSE	10~20	16.7	195	46°36'23"	130°38'17"	草地
57	前合乡村	S	10~20	13.4	192	46°37'7"	130°30'54"	草地
58	松木河村	SSW	10~20	16.2	245	46°36'18"	130°27'3"	原野
59	振兴村	SW	10~20	18.8	224	46°37'9"	130°21'41"	原野
60	合兴村	WSW	10~20	16.8	164	46°41'12"	130°20'13"	原野

表 3.1-2 续 γ 辐射剂量率/累积剂量监测点位信息

编号	名称	代表区域		距离 (km)	海拔 (m)	纬度N	经度E	备注
		方位	范围 (km)					
61	东格木村	W	10~20	18.8	134	46°44'41"	130°17'13"	原野
62	江南村	WNW	10~20	19.3	113	46°49'25"	130°18'30"	草地
63	松江村	NW	10~20	13.3	117	46°49'58"	115°46'16"	原野
64	佳木斯收费站东	NNW	10~20	13.9	113	46°51'34"	130°29'23"	原野
65	厂址边界 A	WNW	—	—	154	46°44'26"	130°31'56"	草地
66	厂址边界 B	SE	—	—	143	46°44'17"	130°32'18"	草地
67	厂址边界 C	S	—	—	156	46°44'13"	130°32'10"	草地
68	厂址边界 D	SW	—	—	164	46°44'17"	130°31'59"	草地
69	厂址东北边界	NE	—	—	132	46°44'29"	130°32'15"	草地；土壤采样
70	厂址西北边界	NW	—	—	146	46°44'34"	130°31'53"	草地；土壤采样
71	东四合村 (厂址附近人口集中区域)	WNW	2~5	2.7	97	46°44'42"	130°30'1"	原野；土壤采样

表 3.1-3 气溶胶采样点信息

编号	采样点名称	方位	距离 (km)	纬度 N	经度 E	采样日期	采样量 (m ³)	备注
1	东四合村	W	2.5	46°44'26"	130°30'7"	2019.9.3 至 2019.9.5	10420	农户家
2	德庆村	E	1.7	46°44'26"	130°33'26"	2019.9.2 至 2019.9.4	10256	农户家

表 3.1-4 水体采样点信息

编号	采样点名称	方位	距离 (km)	纬度 N	经度 E	采样日期	采样量 (L)	水样类型	备注
1	音达本河	W	3.4	46°44'28"	130°29'23"	2019.9.3	100	地表水	采集地表水平行样; 采集沉积物及沉积物平行样
2	工农兵水库	SW	5.4	46°42'16"	130°29'13"	2019.9.4	50	地表水	采集沉积物
3	松花江	NW	15.0	46°49'5"	130°22'31"	2019.9.4	50	地表水	采集沉积物
4	东四合村	W	2.5	46°44'26"	130°30'7"	2019.9.3	50	地下水	农户家
5	东四合村	W	2.4	46°44'32"	130°30'40"	2019.9.3	50	饮用水	村委会
6	东兴化工	NW	9.0	46°47'25"	130°26'55"	2019.9.3	50	地下水	工业用地下水
7	龙江环保	NNW	13.4	46°50'21"	130°26'14"	2019.9.3	50	中水	城市污水处理再生中水

表 3.1-5 土壤采样点信息

采样点编号 (同表 3.1-2)	采样点名称	方位	距离 (km)	纬度 N	经度 E	采样日期	采样量 (kg)	备注
5	德庆村	E	1.5	46°44'24"	130°33'41"	2019.9.4	6	取平行样
7	创业村西	SE	1.6	46°43'45"	130°33'1"	2019.9.4	3	
11	2km 内 SW 方向监测点	SW	1.3	46°44'1"	130°31'40"	2019.9.4	3	
15	永兴村西南	NW	1.9	46°45'3"	130°31'0"	2019.9.5	3	
18	永胜村东南	NNE	3.4	46°45'22"	130°33'51"	2019.9.3	3	
19	红星村	NE	2.6	46°45'4"	130°33'43"	2019.9.3	3	
24	恒德村	SSE	4.0	46°42'32"	130°33'31"	2019.9.5	3	
26	裕新村	SSW	4.5	46°42'10"	130°30'39"	2019.9.4	3	
29	东四合村西	W	3.4	46°44'28"	130°29'23"	2019.9.3	3	
32	庆丰村	NNW	4.8	46°46'51"	130°31'7"	2019.9.3	3	
33	朝阳村	N	7.6	46°48'30"	130°32'5"	2019.9.4	3	
36	四马架乡	ENE	7.5	46°46'0"	130°37'37"	2019.9.4	3	
38	解放村	ESE	8.7	46°42'15"	130°37'49"	2019.9.4	3	
41	葡萄沟村	S	7.5	46°40'22"	130°31'55"	2019.9.5	3	
44	良种场村	WSW	8.3	46°42'44"	130°25'59"	2019.9.5	6	取平行样
46	兴国村	WNW	6.8	46°46'11"	130°27'23"	2019.9.5	3	
69	厂址东北边界	—	—	46°44'29"	130°32'15"	2019.9.3	3	
70	厂址西北边界	—	—	46°44'34"	130°31'53"	2019.9.3	3	
71	厂址附近人口集中区域 (东四合村)	WNW	2.7	46°44'42"	130°30'1"	2019.11.6	3	

表 3.1-6 辐射环境本底调查采用的仪器、测量方法及参考探测下限

监测对象	测量项目	方法探测下限 或量程下限	方法	依据标准	测量仪器
γ 辐射	剂量率	10nSv/h	现场测读	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》 (GB/T14583-1993)	便携 γ 剂量率仪
		10nGy/h	自动连续测量	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》 (GB/T14583-1993)	连续 γ 剂量率仪
	累积剂量	10 ⁻⁷ Gy	热释光法	《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》 (GB/T10264-2014)	TLD 热释光测量仪
饮用水	总 α	2×10 ⁻² Bq/L	厚源法	《水质总 α 放射性的测定厚源法》(HJ898-2017)	低本底 α、β 测量仪
	总 β	5×10 ⁻² Bq/L	蒸发法	《水质总 β 放射性的测定厚源法》(HJ899-2017)	
水	⁹⁰ Sr	2.5×10 ⁻⁴ Bq/L	磷酸二(2-乙基己基) 酯萃淋树脂色层法快速法	《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》 (HJ815-2016)	
	³ H	0.5Bq/L	蒸馏后加闪烁液制样直接测量	《水中氚的分析方法》(GB/T12375-1990)	低本底液闪计数器
	¹³⁷ Cs	1×10 ⁻³ Bq/L	蒸发浓缩后直接测量	《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB16140-2018)	HPGe γ 谱仪
土壤 底泥	⁹⁰ Sr	0.2Bq/kg	磷酸二(2-乙基己基) 酯萃淋树脂色层法快速法	《土壤中锶-90 的分析方法》(EJ/T1035-2011)	低本底 α、β 测量仪
	¹³⁷ Cs	0.3Bq/kg	粉碎过筛制样 HPGe γ 谱仪直接测量	《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》 (GB/T11743-2013)	HPGe γ 谱仪
气溶胶	¹³⁷ Cs	4×10 ⁻⁶ Bq/m ³	滤纸过滤采样后直接测量	《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》 (WS/T184-2017)	HPGe γ 谱仪

表 3.1-7 辐射环境本底调查采用的仪器设备

仪器名称	型号	编号	检定周期/日期	主要参数
便携 γ 剂量率仪	6150AD5/H	YQ-01-009	1 年/2019.4.2	10nSv/h~100 μ Sv/h
	6150AD6/H	YQ-01-010	1 年/2019.4.2	10nSv/h~100 μ Sv/h
	FH40G-L10	YQ-02-011	1 年/2019.3.6	10nSv/h~1Sv/h
连续 γ 剂量率仪	RMO500HA	YQ-02-033	1 年/2019.1.12	量程: 10nGy/h~1Gy/h
低本底 α/β 测量仪	MPC9604	YQ-01-034	2 年/2019.7.9	β 探测效率 \geq 35% α 探测效率 \geq 65%
HPGe γ 谱仪	GMX50P4-83	YQ-01-001	2 年/2019.7.10	能量分辨率: 2.2keV@1332.5keV
液闪测量仪	Quantulus1220	YQ-01-002	2 年/2019.7.10	^3H 计数效率大于 60%, 本底 \leq 40cpm; ^{14}C 计数效率大于 90%, 本底 \leq 60cpm
TLD 热释光测量仪	RG2000	YQ-01-005	1 年/2019.7.9	量程: 10^{-7} Gy~12Gy

表 3.1-8 辐射环境本底调查采用的标准物质

标准物质名称	证书编号	核素	活度	定值日期	有效期
氯化钾标准粉末源	GBW04326	⁴⁰ K	3.13Bq/g	2018.8.1	3 年
镅标准粉末源	F140428	²⁴¹ Am	1.10E+1Bq/g	2017.3.25	3 年
滤膜标准源	7NLM1402	²³⁸ U	5.07E+02Bq	2019.9.27	5 年
		²²⁶ Ra	4.87E+02Bq		
		²³² Th	2.08E+02Bq		
		⁴⁰ K	2.60E+02Bq		
		²⁴¹ Am	3.68E+02Bq		
		¹³⁷ Cs	2.95E+02Bq		
土壤标准源	150811	⁶⁰ Co	3.62E+02Bq	2015.8.11	5 年
		²⁴¹ Am	5.62E+03Bq/kg		
		¹³³ Ba	6.29E+03Bq/kg		
		¹³⁷ Cs	6.09E+03Bq/kg		
		⁴⁰ K	1.28E+03Bq/kg		
马林杯液体标准源	10NHM/1102	⁶⁰ Co	6.88E+03Bq/kg	2018.3.10	3 年
		²⁴¹ Am	1.43E+03Bq		
		¹⁰⁹ Cd	1.43E+03Bq		
		⁵⁷ Co	2.68E+02Bq		
		¹³⁹ Ce	2.04E+02Bq		
		¹¹³ Sn	1.10E+03Bq		
液闪系列标准源	F120605	¹³⁷ Cs	2.11E+03Bq	2014.6.25	10 年
		⁶⁰ Co	2.02E+03Bq		
		³ H	1.71E+02Bq/g		

表 3.1-9 《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间佳木斯地区原野、道路、室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率
（已扣除宇宙射线响应）

单位：nGy/h

地区	原野 γ 辐射剂量率			道路 γ 辐射剂量率			室内 γ 辐射剂量率		
	范围	按点平均		范围	按点平均		范围	按点平均	
		均值	标准差		均值	标准差		均值	标准差
佳木斯	21.8~101.7	52.1	8.6	23.7~84.6	53.5	11.2	51.6~132.4	77.7	7.6

表 3.1-10 《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间佳木斯地区土壤中天然放射性核素含量

单位：Bq/kg

地区	^{238}U			^{226}Ra			^{232}Th			^{40}K		
	范围	按点平均		范围	按点平均		范围	按点平均		范围	按点平均	
		均值	标准差		均值	标准差		均值	标准差		均值	标准差
佳木斯	1.8~63.2	28.9	11.5	10.5~49.4	21.4	7.5	17.9~82.3	43.3	14.1	128.9~1079.2	574.1	193.6

表 3.1-11 《中国环境天然放射性水平》给出的 1985-1988 年间黑龙江省主要河流、湖泊中天然放射性核素浓度水平

地区	采样期	U (µg/L)		Th (µg/L)		²²⁶ Ra (mBq/L)		⁴⁰ K (mBq/L)	
		范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值
黑龙江	平水期	0.24~0.43	0.33	0.022~0.110	0.062	2.62~26.94	9.51	21.0~39.4	28.2
	枯水期	0.47~0.64	0.56	0.010~0.141	0.076	9.56~15.69	12.67	43.5~54.4	49.0
松花江	平水期	0.25~0.56	0.40	0.007~0.195	0.057	1.74~24.97	10.26	39.3~96.2	49.0
	枯水期	0.38~0.81	0.57	0.005~0.668	0.090	1.60~22.42	11.08	46.2~76.2	53.7
牡丹江	平水期	0.23~0.58	0.39	0.037~1.08	0.065	3.01~12.32	6.54	24.3~50.6	43.0
	枯水期	0.39~0.42	0.40	0.007~0.014	0.010	—	—	35.1~35.4	35.2
五大连池	—	0.08~3.32	0.70	0.007~0.610	0.244	14.40~25.71	20.77	88.4~850.2	516.3
镜泊湖	—	—	0.13	—	0.04	—	1.61	—	31.2

表 3.1-12 厂址半径 15km 范围内非密封放射性物质使用场所情况

使用场所	方位、距离	核素	日等效最大操作量 (Bq/d)	年最大用量 (Bq/a)
佳木斯市肿瘤医院	WWN 方位 13.2km	^{99m} Tc	1.85E+10	4.44E+12
		⁸⁹ Sr	1.50E+08	1.78E+09
		³² P	3.70E+08	4.44E+09
		¹³ N	1.85E+10	2.96E+13
		¹³¹ I	3.70E+09	1.33E+11
		¹⁸ F	2.96E+11	5.92E+13
		¹¹ C	1.48E+11	2.96E+13
佳木斯市中心医院	WWN 方位 12.9km	¹³¹ I	1.85E+07	5.55E+07
		¹²⁵ I	7.40E+04	2.22E+05

表 3.1-13 γ 辐射剂量率测量结果

单位: nSv/h

2019 年 9 月第一次现场测量结果

点位编号	点位	测量仪器	测量日期	最大值	最小值	平均值	标准差	扣宇宙射线后均值
1	福田村西南	6150AD5/H	2019.9.5	110	105	107	2	78
2	福田村东南	6150AD5/H	2019.9.5	112	99	104	4	75
3	2km 内 NE 方向监测点	6150AD5/H	2019.9.5	113	108	110	2	81
4	德庆村西北	6150AD5/H	2019.9.5	162	153	155	3	126
5	德庆村	6150AD5/H	2019.9.4	111	106	108	2	79
6	德庆村西南	6150AD5/H	2019.9.5	131	126	129	2	100
7	创业村西	FH40G-L10	2019.9.4	107	101	104	2	91
8	2km 内 SSE 方向监测点	FH40G-L10	2019.9.4	81	77	80	4	67
9	2km 内 S 方向监测点	FH40G-L10	2019.9.4	138	129	122	2	110
10	2km 内 SSW 方向监测点	FH40G-L10	2019.9.4	84	79	81	2	69
11	2km 内 SW 方向监测点	FH40G-L10	2019.9.4	95	92	93	1	80
12	2km 内 WSW 方向监测点	FH40G-L10	2019.9.4	100	91	93	3	81
13	东四合村东	FH40G-L10	2019.9.3	114	109	112	2	100
14	2km 内 WNW 方向监测点	FH40G-L10	2019.9.3	140	134	137	2	125
15	永兴村西南	6150AD5/H	2019.9.5	114	112	113	1	84
16	永兴村南	6150AD5/H	2019.9.4	107	97	100	3	71
17	永胜村西	6150AD5/H	2019.9.3	135	128	132	2	103
18	永胜村东南	6150AD5/H	2019.9.3	113	106	109	2	80
19	红星村	6150AD5/H	2019.9.3	106	93	98	4	69
20	山湾村西	6150AD5/H	2019.9.4	115	106	110	2	81

表 3.1-13 续 γ 辐射剂量率测量结果

单位: nSv/h

2019 年 9 月第一次现场测量结果

点位编号	点位	测量仪器	测量日期	最大值	最小值	平均值	标准差	扣宇宙射线后均值
21	龙胜村	6150AD5/H	2019.9.4	102	94	98	3	69
22	创业村东	6150AD5/H	2019.9.4	133	127	130	2	101
23	万宝村	6150AD6/H	2019.9.5	116	108	111	3	77
24	恒德村	6150AD6/H	2019.9.5	134	129	131	2	97
25	恒德村西	6150AD6/H	2019.9.5	123	115	119	2	85
26	裕新村	FH40G-L10	2019.9.4	101	84	88	5	76
27	东胜村	FH40G-L10	2019.9.4	95	89	93	2	81
28	南长发村	FH40G-L10	2019.9.4	79	74	77	1	64
29	东四合村西	FH40G-L10	2019.9.3	92	88	91	2	78
30	东四合村北	FH40G-L10	2019.9.3	96	86	92	3	80
31	巨兴村	6150AD5/H	2019.9.4	108	91	98	6	69
32	庆丰村	6150AD5/H	2019.9.3	89	85	88	1	59
33	朝阳村	6150AD5/H	2019.9.4	135	127	131	2	102
34	同乐村西	6150AD5/H	2019.9.4	96	89	93	2	64
35	音达木村	6150AD5/H	2019.9.4	111	95	105	5	76
36	四马架乡	6150AD5/H	2019.9.4	95	89	91	2	62
37	民乐村北	6150AD5/H	2019.9.4	89	81	85	3	56
38	解放村	6150AD5/H	2019.9.4	99	91	96	4	67
39	安乐村东北	6150AD6/H	2019.9.5	115	109	111	2	77
40	东朝阳村	6150AD6/H	2019.9.5	104	97	100	3	66

表 3.1-13 续 γ 辐射剂量率测量结果

单位: nSv/h

2019 年 9 月第一次现场测量结果

点位编号	点位	测量仪器	测量日期	最大值	最小值	平均值	标准差	扣宇宙射线后均值
41	葡萄沟村	6150AD6/H	2019.9.5	95	90	92	2	58
42	太平川村	6150AD6/H	2019.9.5	111	105	108	2	74
43	长虹村	6150AD6/H	2019.9.5	105	99	101	2	67
44	良种场村	6150AD6/H	2019.9.5	92	88	91	2	57
45	分水岭	6150AD6/H	2019.9.5	103	96	100	2	66
46	兴国村	6150AD6/H	2019.9.5	100	91	97	3	63
47	长兴村	6150AD5/H	2019.9.4	88	81	83	3	54
48	东华村	6150AD5/H	2019.9.4	110	101	105	3	76
49	建国村	FH40G-L10	2019.9.5	149	145	147	2	135
50	星火朝鲜族乡	FH40G-L10	2019.9.5	134	114	125	3	113
51	小堆峰村	FH40G-L10	2019.9.5	139	127	133	4	121
52	太辉村	FH40G-L10	2019.9.5	133	125	129	3	117
53	太利村	FH40G-L10	2019.9.5	128	121	125	2	113
54	青松村	FH40G-L10	2019.9.5	110	103	106	2	94
55	福生村东北	6150AD6/H	2019.9.4	97	91	94	2	60
56	后申家店村	6150AD6/H	2019.9.4	126	120	122	2	88
57	前合乡村	6150AD6/H	2019.9.4	90	86	88	1	54
58	松木河村	6150AD6/H	2019.9.4	88	82	85	2	51
59	振兴村	6150AD6/H	2019.9.4	94	88	91	2	57
60	合兴村	6150AD6/H	2019.9.4	106	101	104	2	70

表 3.1-13 续 γ 辐射剂量率测量结果

单位: nSv/h

2019 年 9 月第一次现场测量结果

点位编号	点位	测量仪器	测量日期	最大值	最小值	平均值	标准差	扣宇宙射线后均值
61	东格木村	6150AD6/H	2019.9.4	101	94	98	2	64
62	江南村	6150AD6/H	2019.9.4	107	102	104	2	70
63	松江村	FH40G-L10	2019.9.5	88	84	86	2	73
64	佳木斯收费站东	FH40G-L10	2019.9.5	104	102	103	1	91
65	厂址边界 A	6150AD6/H	2019.9.3	131	126	129	2	95
66	厂址边界 B	6150AD6/H	2019.9.3	126	114	119	3	85
67	厂址边界 C	6150AD6/H	2019.9.3	105	100	103	2	69
68	厂址边界 D	6150AD6/H	2019.9.3	130	111	117	6	83
69	厂址东北边界	6150AD6/H	2019.9.3	120	103	111	6	77
70	厂址西北边界	6150AD6/H	2019.9.3	133	124	131	2	97
71	东四合村 (厂址附近人口集中区域)	数据缺失						
文献参考值		22~102nGy/h (佳木斯地区室外环境 γ 剂量率, 已扣除宇宙射线响应)						

表 3.1-13 续 γ 辐射剂量率测量结果

单位: nSv/h

2019 年 11 月第二次现场测量结果

点位编号	点位	测量仪器	测量日期	最大值	最小值	平均值	标准差	扣宇宙射线后均值
1	福田村西南	6150AD6/H	2019.11.05	115	106	109	3	75
2	福田村东南	6150AD6/H	2019.11.05	122	110	117	3	83
3	2km 内 NE 方向监测点	6150AD6/H	2019.11.05	137	124	130	2	96
4	德庆村西北	6150AD6/H	2019.11.05	176	158	166	6	132
5	德庆村	6150AD6/H	2019.11.05	111	103	106	2	72
6	德庆村西南	6150AD6/H	2019.11.05	132	118	127	3	93
7	创业村西	6150AD6/H	2019.11.05	144	128	137	3	103
8	2km 内 SSE 方向监测点	6150AD5/H	2019.11.06	121	106	113	3	84
9	2km 内 S 方向监测点	6150AD5/H	2019.11.06	157	146	150	4	121
10	2km 内 SSW 方向监测点	6150AD5/H	2019.11.06	123	114	118	3	89
11	2km 内 SW 方向监测点	6150AD5/H	2019.11.06	131	120	124	4	95
12	2km 内 WSW 方向监测点	6150AD5/H	2019.11.06	120	110	113	3	84
13	东四合村东	6150AD5/H	2019.11.06	137	122	129	4	100
14	2km 内 WNW 方向监测点	6150AD5/H	2019.11.06	157	145	150	4	121
15	永兴村西南	6150AD6/H	2019.11.05	130	117	123	4	89
16	永兴村南	6150AD6/H	2019.11.05	148	139	143	3	109
17	永胜村西	6150AD6/H	2019.11.06	148	133	140	5	106
18	永胜村东南	6150AD6/H	2019.11.06	146	132	137	6	103
19	红星村	6150AD6/H	2019.11.05	105	92	99	4	65
20	山湾村西	6150AD6/H	2019.11.05	132	119	124	4	90

表 3.1-13 续 γ 辐射剂量率测量结果

单位: nSv/h

2019 年 11 月第二次现场测量结果

点位编号	点位	测量仪器	测量日期	最大值	最小值	平均值	标准差	扣宇宙射线后均值
21	龙胜村	6150AD6/H	2019.11.05	140	127	133	4	99
22	创业村东	6150AD6/H	2019.11.05	166	151	158	5	124
23	万宝村	6150AD6/H	2019.11.06	111	100	105	3	71
24	恒德村	6150AD6/H	2019.11.06	142	128	135	4	101
25	恒德村西	6150AD6/H	2019.11.06	134	120	126	4	92
26	裕新村	6150AD5/H	2019.11.06	117	106	110	3	81
27	东胜村	6150AD5/H	2019.11.06	113	105	110	2	81
28	南长发村	6150AD5/H	2019.11.06	122	111	115	3	86
29	东四合村西	6150AD5/H	2019.11.06	117	108	110	3	81
30	东四合村北	6150AD5/H	2019.11.06	125	110	119	4	90
31	巨兴村	6150AD6/H	2019.11.06	116	103	107	4	73
32	庆丰村	6150AD6/H	2019.11.06	119	110	113	3	79
33	朝阳村	6150AD6/H	2019.11.05	149	132	139	5	105
34	同乐村西	6150AD6/H	2019.11.05	113	107	110	2	76
35	音达木村	6150AD6/H	2019.11.05	124	110	117	4	83
36	四马架乡	6150AD6/H	2019.11.05	131	119	125	3	91
37	民乐村北	6150AD6/H	2019.11.05	122	111	115	3	81
38	解放村	6150AD6/H	2019.11.05	119	109	115	3	81
39	安乐村东北	6150AD6/H	2019.11.06	123	114	119	2	85
40	东朝阳村	6150AD6/H	2019.11.06	115	102	108	4	74

表 3.1-13 续 γ 辐射剂量率测量结果

单位: nSv/h

2019 年 11 月第二次现场测量结果

点位编号	点位	测量仪器	测量日期	最大值	最小值	平均值	标准差	扣宇宙射线后均值
41	葡萄沟村	6150AD6/H	2019.11.06	110	98	105	3	71
42	太平川村	6150AD6/H	2019.11.06	104	95	100	2	66
43	长虹村	6150AD6/H	2019.11.06	110	100	111	3	77
44	良种场村	6150AD6/H	2019.11.06	94	88	91	1	57
45	分水岭	6150AD6/H	2019.11.06	122	113	118	2	84
46	兴国村	6150AD6/H	2019.11.06	114	103	108	3	74
47	长兴村	6150AD6/H	2019.11.05	109	101	105	2	71
48	东华村	6150AD6/H	2019.11.05	132	118	123	4	89
49	建国村	6150AD5/H	2019.11.06	158	146	151	3	122
50	星火朝鲜族乡	6150AD5/H	2019.11.06	137	124	130	4	101
51	小堆峰村	6150AD5/H	2019.11.06	158	144	150	4	121
52	太辉村	6150AD5/H	2019.11.06	146	135	139	3	110
53	太利村	6150AD5/H	2019.11.06	153	142	146	3	117
54	青松村	6150AD5/H	2019.11.06	137	125	130	3	101
55	福生村东北	6150AD5/H	2019.11.06	108	97	103	3	74
56	后申家店村	6150AD5/H	2019.11.06	111	101	108	3	79
57	前合乡村	6150AD5/H	2019.11.06	84	74	78	3	49
58	松木河村	6150AD5/H	2019.11.06	93	85	89	2	60
59	振兴村	6150AD5/H	2019.11.06	103	92	97	3	68
60	合兴村	6150AD5/H	2019.11.06	115	107	111	2	82

表 3.1-13 续 γ 辐射剂量率测量结果

单位: nSv/h

2019 年 11 月第二次现场测量结果

点位编号	点位	测量仪器	测量日期	最大值	最小值	平均值	标准差	扣宇宙射线后均值
61	东格木村	6150AD5/H	2019.11.06	113	104	109	3	80
62	江南村	6150AD5/H	2019.11.06	113	103	110	3	81
63	松江村	6150AD5/H	2019.11.06	124	116	121	2	92
64	佳木斯收费站东	6150AD5/H	2019.11.06	125	110	118	5	89
65	厂址边界 A	6150AD5/H	2019.11.06	144	134	139	3	110
66	厂址边界 B	6150AD5/H	2019.11.06	118	107	113	3	84
67	厂址边界 C	6150AD5/H	2019.11.06	106	97	101	2	72
68	厂址边界 D	6150AD5/H	2019.11.06	123	112	116	3	87
69	厂址东北边界	6150AD5/H	2019.11.06	115	108	112	2	83
70	厂址西北边界	6150AD5/H	2019.11.06	130	118	124	3	95
71	东四合村 (厂址附近人口集中区域)	6150AD5/H	2019.11.06	135	123	130	3	101
文献参考值		(22~102) nGy/h (佳木斯地区室外环境 γ 剂量率, 已扣除宇宙射线响应)						

表 3.1-14 γ 辐射累积剂量测量结果
(未扣除宇宙射线响应)

点位编号	点位	布放 天数	累积剂量 (mGy)		TLD 按小时平均值 (nGy/h)	
			测量值	不确定度	测量值	不确定度
1	福田村西南	剂量片丢失				
2	福田村东南	61	0.162	0.028	110	19
3	2km 内 NE 方向监测点	61	0.172	0.029	117	20
4	德庆村西北	剂量片丢失				
5	德庆村	62	0.161	0.029	108	19
6	德庆村西南	61	0.142	0.021	97	14
7	创业村西	62	0.167	0.027	113	18
8	2km 内 SSE 方向监测点	62	0.166	0.034	112	23
9	2km 内 S 方向监测点	62	0.159	0.024	107	16
10	2km 内 SSW 方向监测点	62	0.153	0.022	103	15
11	2km 内 SW 方向监测点	62	0.171	0.025	115	17
12	2km 内 WSW 方向监测点	62	0.158	0.022	106	15
13	东四合村东	63	0.178	0.026	118	17
14	2km 内 WNW 方向监测点	63	0.177	0.026	118	17
15	永兴村西南	61	0.172	0.027	117	18
16	永兴村南	剂量片丢失 (含平行样)				
17	永胜村西	64	0.130	0.021	85	14
18	永胜村东南	64	0.175	0.026	114	17
19	红星村	63	0.156	0.025	103	16
20	山湾村西	62	0.191	0.028	128	18

表 3.1-14 续 γ 辐射累积剂量测量结果
(未扣除宇宙射线响应)

点位编号	点位	布放 天数	累积剂量 (mGy)		TLD 按小时平均值 (nGy/h)	
			测量值	不确定度	测量值	不确定度
21	龙胜村	62	0.149	0.023	100	15
22	创业村东	62	0.185	0.042	124	28
23	万宝村	62	0.155	0.024	104	18
24	恒德村	63	0.178	0.027	118	16
25	恒德村西	62	0.193	0.031	130	21
26	裕新村	62	0.139	0.032	94	22
27	东胜村	62	0.144	0.021	97	14
28	南长发村	62	0.170	0.028	115	19
29	东四合村西	63	0.134	0.019	89	13
30	东四合村北	63	0.142	0.021	94	17
31	巨兴村	63	0.164	0.033	108	22
32	庆丰村	剂量片丢失				
33	朝阳村	62	0.170	0.025	115	17
34	同乐村西	62	0.174	0.026	117	17
35	音达木村	62	0.175	0.026	118	17
36	四马架乡	62	0.156	0.023	105	16
37	民乐村北	62	0.142	0.021	96	14
38	解放村	62	0.177	0.037	119	25
39	安乐村东北	62	0.139	0.021	93	14
40	东朝阳村	62	0.145	0.021	97	14

表 3.1-14 续 γ 辐射累积剂量测量结果
(未扣除宇宙射线响应)

点位编号	点位	布放 天数	累积剂量 (mGy)		TLD 按小时平均值 (nGy/h)	
			测量值	不确定度	测量值	不确定度
41	葡萄沟村	62	0.141	0.021	95	14
42	太平川村	62	0.161	0.023	108	15
43	长虹村	剂量片丢失				
44	良种场村	62	0.180	0.027	121	21
45	分水岭	62	0.140	0.031	94	21
46	兴国村	61	0.140	0.020	96	14
47	长兴村	62	0.131	0.019	88	13
48	东华村	62	0.169	0.028	114	19
49	建国村	61	0.133	0.023	91	14
50	星火朝鲜族乡	61	0.148	0.023	101	20
51	小堆峰村	61	0.128	0.023	88	16
52	太辉村	61	0.145	0.025	99	17
53	太利村	61	0.181	0.027	123	18
54	青松村	61	0.156	0.023	106	16
55	福生村东北	62	0.130	0.019	88	13
56	后申家店村	62	0.177	0.027	119	18
57	前合乡村	62	0.132	0.025	89	17
58	松木河村	62	0.168	0.034	113	23
59	振兴村	剂量片丢失				
60	合兴村	62	0.166	0.026	112	17

表 3.1-14 续 γ 辐射累积剂量测量结果
(未扣除宇宙射线响应)

点位编号	点位	布放 天数	累积剂量 (mGy)		TLD 按小时平均值 (nGy/h)	
			测量值	不确定度	测量值	不确定度
61	东格木村	62	0.151	0.022	102	15
62	江南村	62	0.168	0.026	113	16
63	松江村	61	0.166	0.026	114	18
64	佳木斯收费站东	61	0.153	0.023	105	16
65	厂址附近人口集中区域 (东四合村)	剂量片丢失 (含平行样)				
文献参考值		(64.7~118) nGy/h (2018 年黑龙江省累积剂量年均值)				

表 3.1-15 气溶胶的放射性水平

单位: mBq/m³

分析项目		东四合村	德庆村
		采样日期	采样日期
		2019.9.3-5	2019.9.2-4
γ 谱分析	¹³¹ I	<1.20×10 ⁻²	<1.15×10 ⁻²
	⁷ Be	10.3	10.5
	¹³⁴ Cs	<4.42×10 ⁻³	<4.30×10 ⁻³
	¹³⁷ Cs	<4.20×10 ⁻³	<4.22×10 ⁻³
	⁵⁸ Co	<4.51×10 ⁻³	<4.54×10 ⁻³
	⁵⁴ Mn	<4.25×10 ⁻³	<4.28×10 ⁻³
	⁶⁰ Co	<4.55×10 ⁻³	<4.48×10 ⁻³

表 3.1-16 地表水的放射性水平

项目	音达本河	工农兵水库	松花江	文献参考值	
	采样日期	采样日期	采样日期		
	2019.9.3	2019.9.4	2019.9.4		
γ 谱分析 mBq/L	¹³⁴ Cs	<10.8	<10.3	<10.8	~4.7 (佳木斯段松花江水); 0.1~1.4 (松花江流域)
	¹³⁷ Cs	<11.9	<14.4	<15.4	
	⁵⁸ Co	<8.62	<8.79	<6.45	
	⁶⁰ Co	<2.99	<4.11	<4.57	
	⁵⁴ Mn	<23.4	<23.3	<16.8	
	^{110m} Ag	<13.9	<17.9	<10.3	
	¹⁰⁶ Ru	<36.2	<46.1	<43.5	
³ H, Bq/L	1.48	1.59	1.88	4.86 (黑龙江省湖泊、水库水均值); 6.88 (黑龙江省江河水均值)	
⁹⁰ Sr, mBq/L	4.25	2.31	3.99	~6.2 (佳木斯段松花江水); 1.7~7.7 (松花江流域)	

表 3.1-17 地表水沉积物的放射性水平

单位: Bq/kg

采样地点	样品类型	采样日期	核素									
			γ 谱分析									⁹⁰ Sr
			²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	
音达本河	底泥	2019.9.3	36.7	34.6	34.5	764	<0.47	0.63	<0.33	<0.32	<0.37	1.10
工农兵水库	底泥	2019.9.4	46.5	43.0	27.1	692	<0.46	<0.50	<0.35	<0.38	<0.42	1.67
松花江	底泥	2019.9.4	19.5	30.8	18.1	1189	<0.40	<0.45	<0.34	<0.37	<0.37	0.79
文献参考值			1.8~63.2 (佳木斯土壤) 14~52 (黑龙江省土壤)	17.9~82.3 (佳木斯土壤) 24~64 (黑龙江省土壤)	10.5~49.4 (佳木斯土壤) 16~51 (黑龙江省土壤)	128.9~1079.2 (佳木斯土壤)		2.8~8.1 (黑龙江省土壤)				

表 3.1-18 地下水的放射性水平

项目		东四合村	东兴化工	文献参考值
		采样日期	采样日期	
		2019.9.3	2019.9.3	
γ 谱分析, mBq/L	¹³⁴ Cs	<14.5	<13.4	2.4~4.7 (佳木斯深井水)
	¹³⁷ Cs	<12.7	<14.3	
	⁵⁸ Co	<11.4	<8.48	
	⁶⁰ Co	<7.21	<3.19	
	⁵⁴ Mn	<20.3	<23.1	
	^{110m} Ag	<13.8	<10.3	
	¹⁰⁶ Ru	<46.8	<57.8	
³ H, Bq/L		1.71	<1.3	3.62 (黑龙江省井水均值)
⁹⁰ Sr, mBq/L		3.78	5.53	2.7~6.2 (佳木斯深井水)

表 3.1-19 饮用水和中水的放射性水平

项目		东四合村 (饮用水)	龙江环保 (中水)	文献参考值
		采样日期	采样日期	
		2019.9.3	2019.9.3	
γ 谱分析 mBq/L	¹³⁴ Cs	<14.5	<13.2	~4.7 (佳木斯市政自来水); 0.2 (黑龙江省自来水均值)
	¹³⁷ Cs	<16.4	<11.1	
	⁵⁸ Co	<3.78	<9.69	
	⁶⁰ Co	<1.58	<2.58	
	⁵⁴ Mn	<19.6	<26.2	
	^{110m} Ag	<12.2	<16.7	
	¹⁰⁶ Ru	<41.9	<56.7	
	¹³¹ I	—	<66.7	
总 α, Bq/L		<0.11	—	0.04 (黑龙江省自来水均值); 0.01~0.20 (黑龙江省饮用水水源地水)
总 β, Bq/L		0.06	—	0.11 (黑龙江省自来水均值); 0.03~0.15 (黑龙江省饮用水水源地水)
³ H, Bq/L		<1.3	1.77	
⁹⁰ Sr, mBq/L		1.27	5.02	~6.2 (佳木斯市政自来水); 3 (黑龙江省自来水均值)

表 3.1-20 土壤的放射性水平

单位: Bq/kg

采样地点	样品类型	采样日期	核素									
			γ 谱分析									⁹⁰ Sr
			²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	
德庆村	土壤	2019.9.4	48.3	56.5	42.0	749	<0.53	2.88	<0.38	<0.39	<0.43	4.29
创业村西	土壤	2019.9.4	49.8	52.0	41.9	741	<0.52	1.96	<0.37	<0.38	<0.42	2.17
2km 内 SW 方向监测点	土壤	2019.9.4	40.5	50.7	39.5	753	<0.49	1.13	<0.35	<0.36	<0.39	1.52
永兴村西南	土壤	2019.9.5	55.4	53.4	46.8	804	<0.56	3.94	<0.40	<0.41	<0.44	1.12
永胜村东南	土壤	2019.9.3	37.4	47.7	34.4	790	<0.50	3.39	<0.38	<0.40	<0.43	4.20
红星村	土壤	2019.9.3	29.4	45.5	35.8	676	<0.50	0.69	<0.36	<0.34	<0.38	1.07
恒德村	土壤	2019.9.5	32.6	44.0	35.3	669	<0.45	5.50	<0.35	<0.35	<0.37	6.65
裕新村	土壤	2019.9.4	26.6	34.3	31.1	1191	<0.46	<0.46	<0.36	<0.39	<0.39	1.11
东四合村西	土壤	2019.9.3	28.8	35.7	30.6	864	<0.46	0.54	<0.35	<0.36	<0.36	0.87
庆丰村	土壤	2019.9.3	31.3	46.0	37.8	743	<0.51	6.26	<0.37	<0.39	<0.41	4.99
朝阳村	土壤	2019.9.4	38.6	68.3	38.4	939	<0.53	0.75	<0.42	<0.41	<0.46	1.03
四马架乡	土壤	2019.9.4	40.0	51.3	36.4	764	<0.50	3.17	<0.37	<0.34	<0.43	3.33
解放村	土壤	2019.9.4	50.1	47.2	34.4	717	<0.51	4.49	<0.36	<0.37	<0.40	4.70
葡萄沟村	土壤	2019.9.5	41.9	43.2	36.8	786	<0.49	4.11	<0.37	<0.37	<0.39	4.82
良种场村	土壤	2019.9.5	55.1	49.0	42.8	688	<0.52	7.64	<0.38	<0.34	<0.43	5.43
兴国村	土壤	2019.9.5	32.7	47.1	37.9	731	<0.49	2.57	<0.35	<0.36	<0.39	3.35
厂址东北边界	土壤	2019.9.3	39.7	45.2	31.6	712	<0.48	3.85	<0.37	<0.39	<0.42	0.98
厂址西北边界	土壤	2019.9.3	34.7	45.0	32.7	688	<0.51	3.22	<0.36	<0.36	<0.38	0.43
东四合村 (厂址附近人口集中区域)	土壤	2019.11.6	44.3	36.3	33.0	866	<0.47	0.79	<0.34	<0.35	<0.37	0.95
文献参考值			1.8~63.2 (佳木斯土壤) 14~52 (黑龙江省土壤)	17.9~82.3 (佳木斯土壤) 24~64 (黑龙江省土壤)	10.5~49.4 (佳木斯土壤) 16~51 (黑龙江省土壤)	128.9~1079.2 (佳木斯土壤)		2.8~8.1 (黑龙江省土壤)				

表 3.1-21 辐射环境本底调查平行样采集情况
平行样采集基本信息

样品名称	采样地点	采样时间	分析项目
地表水	音达本河	2019.9.3	γ 谱, ^3H , ^{90}Sr
地表水沉积物	音达本河	2019.9.3	γ 谱, ^{90}Sr
土壤	德庆村	2019.9.4	
土壤	良种场村	2019.9.5	

平行样采集统计结果

分析项目	γ 谱分析		^{90}Sr		^3H
	水	土壤+沉积物	水	土壤+沉积物	水
总样品数	7	19+3	7	19+3	7
平行样数	1	3	1	2	1
占总样品数的比例 (%)	14.3	13.6	14.3	9.1	14.3

表 3.1-22 辐射环境本底调查环境介质平行样测量结果
 γ 谱分析平行样测量结果

样品名称		地表水				地表水沉积物				土壤				土壤			
采样地点		音达木河				音达木河				德庆村				良种场村			
采样日期		2019.9.3				2019.9.3				2019.9.4				2019.9.5			
测量结果		单位: mBq/L			A/B	单位: Bq/kg			A/B	单位: Bq/kg			A/B	单位: Bq/kg			A/B
		A	B	平均		A	B	平均		A	B	平均		A	B	平均	
γ 谱分析	^{238}U	—	—	—	—	36.7	31.6	34.1	1.16	48.3	43.5	45.9	1.11	55.1	51.8	53.5	1.06
	^{232}Th	—	—	—	—	34.6	33.1	33.9	1.04	56.5	54.6	55.5	1.04	49	49.5	49.2	0.99
	^{226}Ra	—	—	—	—	34.5	30.6	32.6	1.13	42	38.6	40.3	1.09	42.8	40.2	41.5	1.06
	^{40}K	—	—	—	—	764	742	753	1.03	749	729	739	1.03	688	683	685	1.01
	^{134}Cs	<10.8	<10.4	—	—	<0.47	<0.43	—	—	<0.53	<0.52	—	—	<0.52	<0.51	—	—
	^{137}Cs	<11.9	<13.6	—	—	0.63	<0.46	—	—	2.88	3.25	3.07	0.89	7.64	7.61	7.63	1.00
	^{58}Co	<8.62	<7.52	—	—	<0.33	<0.34	—	—	<0.38	<0.37	—	—	<0.38	<0.39	—	—
	^{60}Co	<2.99	<2.51	—	—	<0.32	<0.33	—	—	<0.39	<0.38	—	—	<0.34	<0.40	—	—
	^{54}Mn	<23.4	<22.9	—	—	<0.37	<0.36	—	—	<0.43	<0.44	—	—	<0.43	<0.42	—	—
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	<13.9	<14.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
^{106}Ru	<36.2	<37.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

表 3.1-22 续 辐射环境本底调查环境介质平行样测量结果

^3H 平行样测量结果

样品名称	地表水		
采样地点	音达木河		
采样日期	2019.9.3		
测量结果	单位: Bq/L		A/B
	A	B 平均值	
^3H	1.48	1.59 1.76	0.93

^{90}Sr 平行样测量结果

样品名称	地表水				地表水沉积物				土壤				土壤			
采样地点	音达木河				音达木河				德庆村				良种场村			
采样日期	2019.9.3				2019.9.3				2019.9.4				2019.9.5			
测量结果	单位: mBq/L			A/B	单位: Bq/kg			A/B	单位: Bq/kg			A/B	单位: Bq/kg			A/B
	A	B	平均		A	B	平均		A	B	平均		A	B	平均	
^{90}Sr	4.25	4.25	4.25	1.00	1.10	0.96	1.03	1.15	4.29	4.37	4.33	0.98	5.43	5.12	5.28	1.06

表 3.1-23 辐射环境本底调查 γ 辐射剂量率现场比对抽样测量结果
2019 年 9 月第一次现场比对抽样测量结果

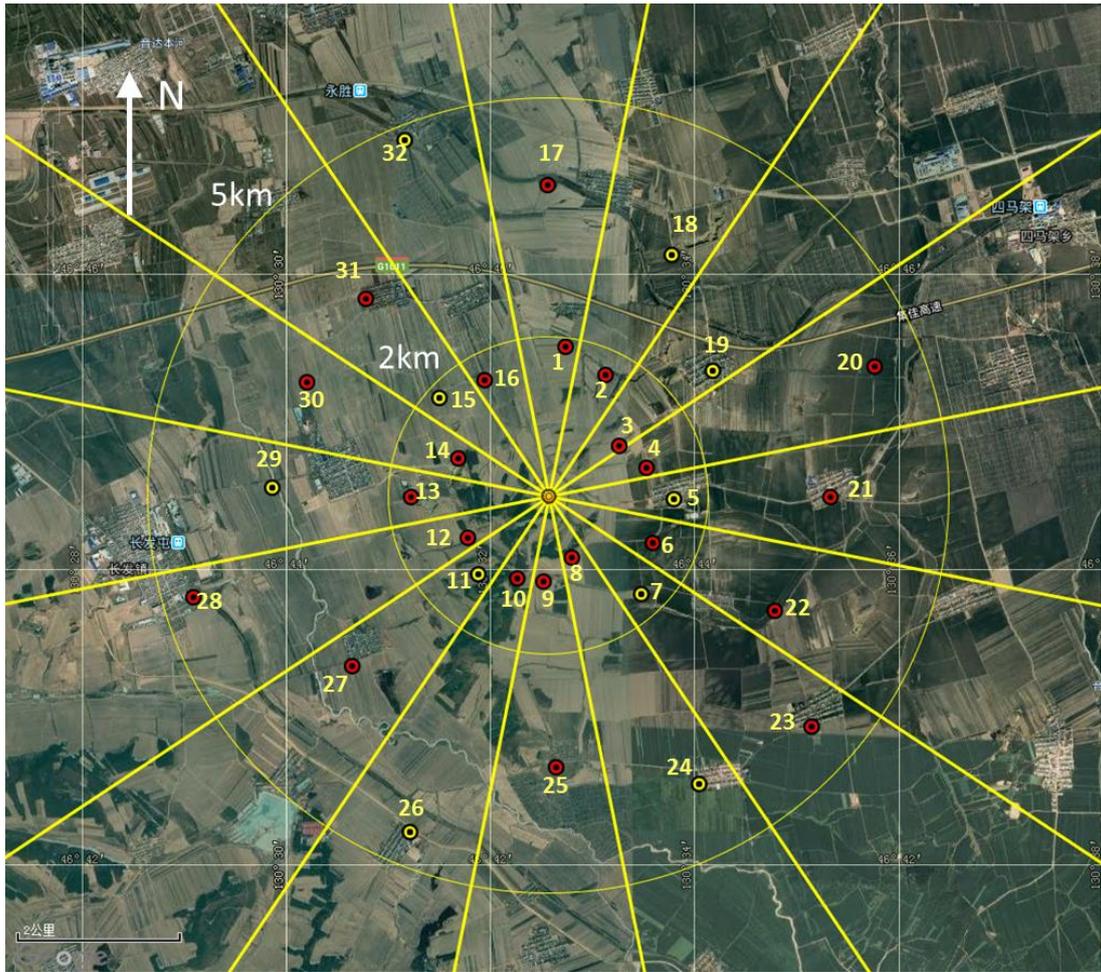
点位名称	测量日期	γ 辐射剂量率 (nSv/h)						平均值 (扣宇宙射线)	A/B (扣宇宙射线)
		A			B				
		仪器	未扣宇宙射线	扣宇宙射线	仪器	未扣宇宙射线	扣宇宙射线		
东朝阳村	2019.9.5	6150AD6/H	100	66	6150AD5/H	98	69	67.5	0.96
前合乡村	2019.9.4	6150AD6/H	88	54	6150AD5/H	81	52	53.0	1.04
厂址边界 A	2019.9.3	6150AD6/H	129	95	6150AD5/H	128	99	97.0	0.96
厂址边界 B	2019.9.3	6150AD6/H	119	85	6150AD5/H	110	81	83.0	1.05
厂址边界 C	2019.9.3	6150AD6/H	103	69	6150AD5/H	101	72	70.5	0.96
厂址边界 D	2019.9.3	6150AD6/H	117	83	6150AD5/H	117	88	85.5	0.94
厂址东北边界	2019.9.3	6150AD6/H	111	77	6150AD5/H	102	73	75.0	1.05
厂址西北边界	2019.9.3	6150AD6/H	131	97	6150AD5/H	125	96	96.5	1.01

表 3.1-23 续 辐射环境本底调查 γ 辐射剂量率现场比对抽样测量结果
2019 年 11 月第二次现场比对抽样测量结果

点位名称	测量日期	γ 辐射剂量率 (nSv/h)						平均值 (扣宇宙射线)	A/B (扣宇宙射线)
		A			B				
		仪器	未扣宇宙射线	扣宇宙射线	仪器	未扣宇宙射线	扣宇宙射线		
德庆村	2019.11.5	6150AD6/H	106	72	6150AD6/H	110	76	74.0	0.95
厂址边界 A	2019.11.6	6150AD5/H	139	110	6150AD5/H	133	104	107.0	1.06
厂址边界 B	2019.11.6	6150AD5/H	113	84	6150AD5/H	118	89	86.5	0.94
厂址边界 C	2019.11.6	6150AD5/H	101	72	6150AD5/H	105	76	74.0	0.95
厂址边界 D	2019.11.6	6150AD5/H	116	87	6150AD5/H	117	88	87.5	0.99
厂址东北边界	2019.11.6	6150AD5/H	112	83	6150AD5/H	112	83	83.0	1.00
厂址西北边界	2019.11.6	6150AD5/H	124	95	6150AD5/H	118	89	92.0	1.07
东四合村 (厂址附近 人口集中区域)	2019.11.6	6150AD5/H	130	101	6150AD5/H	124	95	98.0	1.06

表 3.1-24 辐射环境本底调查 γ 辐射累积剂量现场比对抽样测量结果
(未扣除宇宙射线响应)

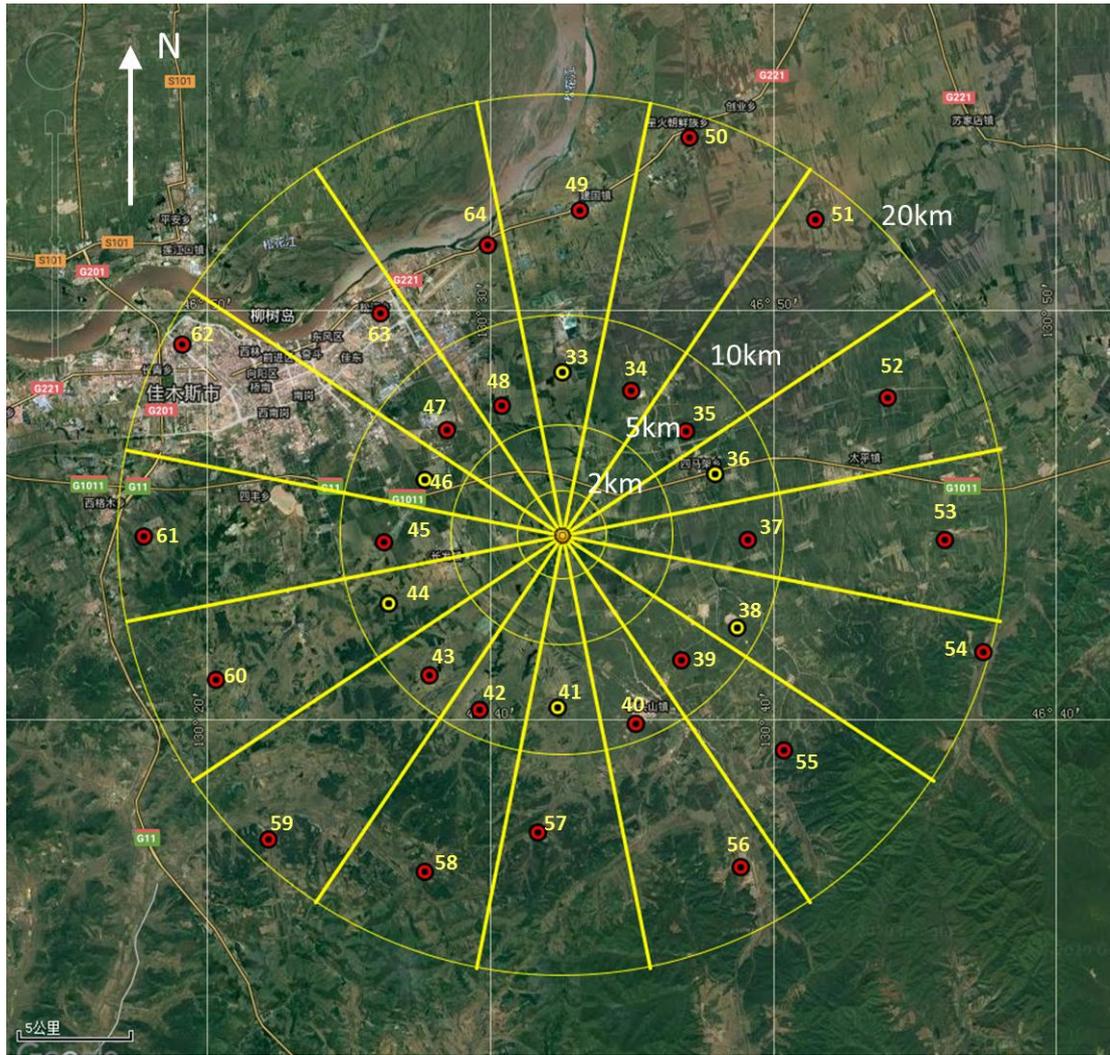
点位名称	累积剂量 (mGy)			A/B
	A	B	平均值	
永兴村西南	0.172	0.184	0.178	0.93
永兴村南	剂量片丢失			
建国村	0.133	0.136	0.135	0.98
星火朝鲜族乡	0.148	0.145	0.147	1.02
松江村	0.166	0.140	0.153	1.19
佳木斯收费站东	0.153	0.157	0.155	0.97
东四合村 (厂址附近人口集中区域)	剂量片丢失			



厂址半径 5km 范围

(厂址以外不同方位, 点位编号同表 3.1-2, 黄色点位表示同时进行了土壤采样)

图 3.1-1 γ 辐射剂量率/累积剂量监测点位示意图



厂址半径 5~20km 范围

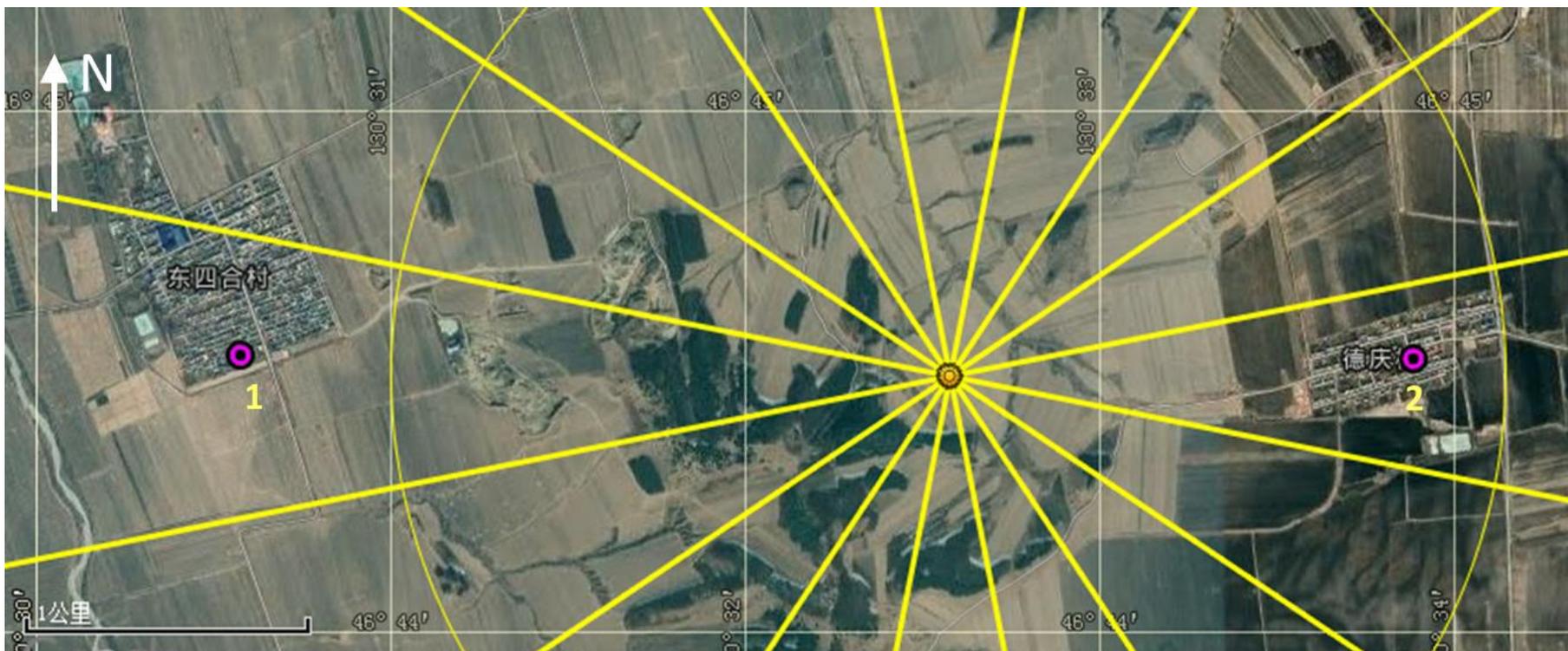
(厂址以外不同方位, 点位编号同表 3.1-2, 黄色点位表示同时进行了土壤采样)

图 3.1-1 续 γ 辐射剂量率/累积剂量监测点位示意图



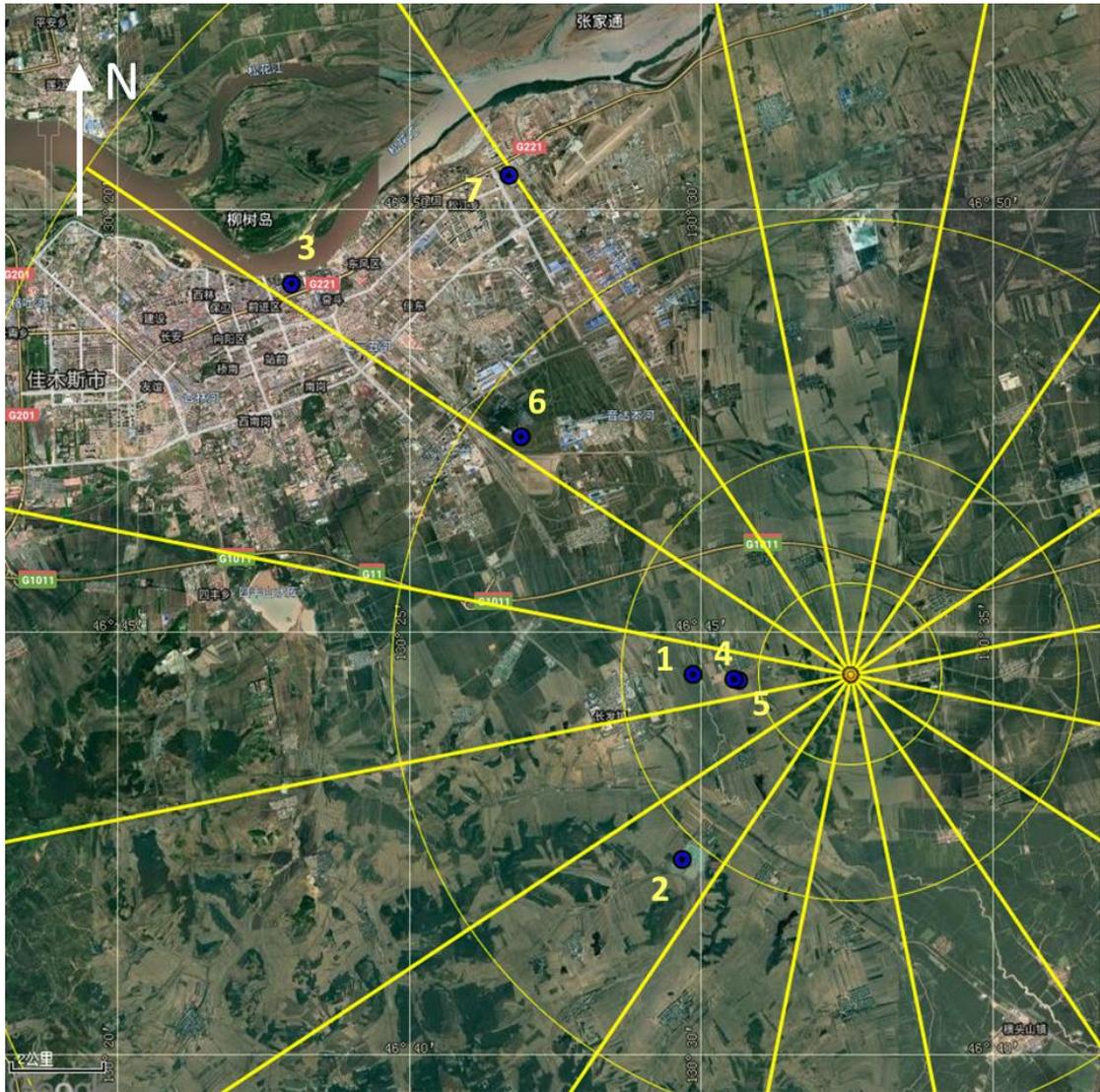
(厂址边界及附近，点位编号同表 3.1-2，黄色点位表示同时进行了土壤采样)

图 3.1-2 γ 辐射剂量率/累积剂量监测点位示意图



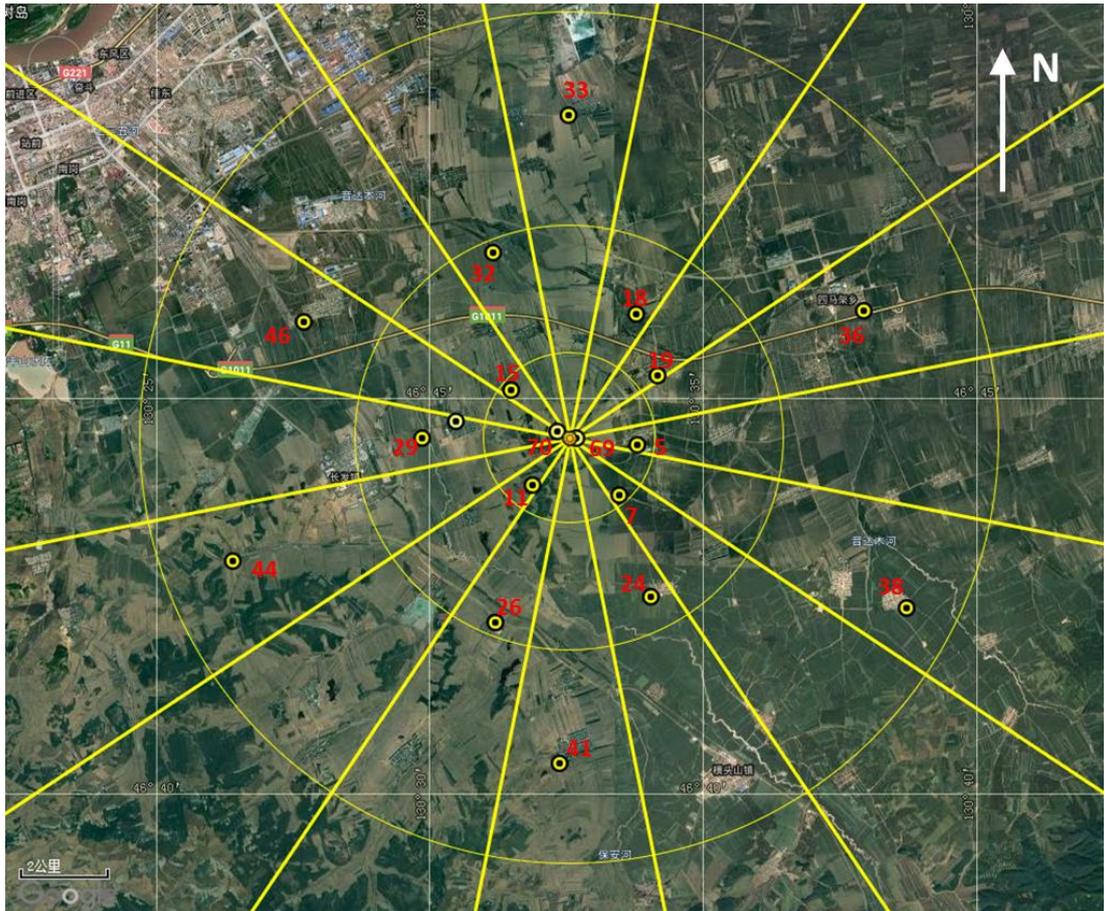
(点位编号同表 3.1-3)

图 3.1-3 气溶胶采样点位示意图



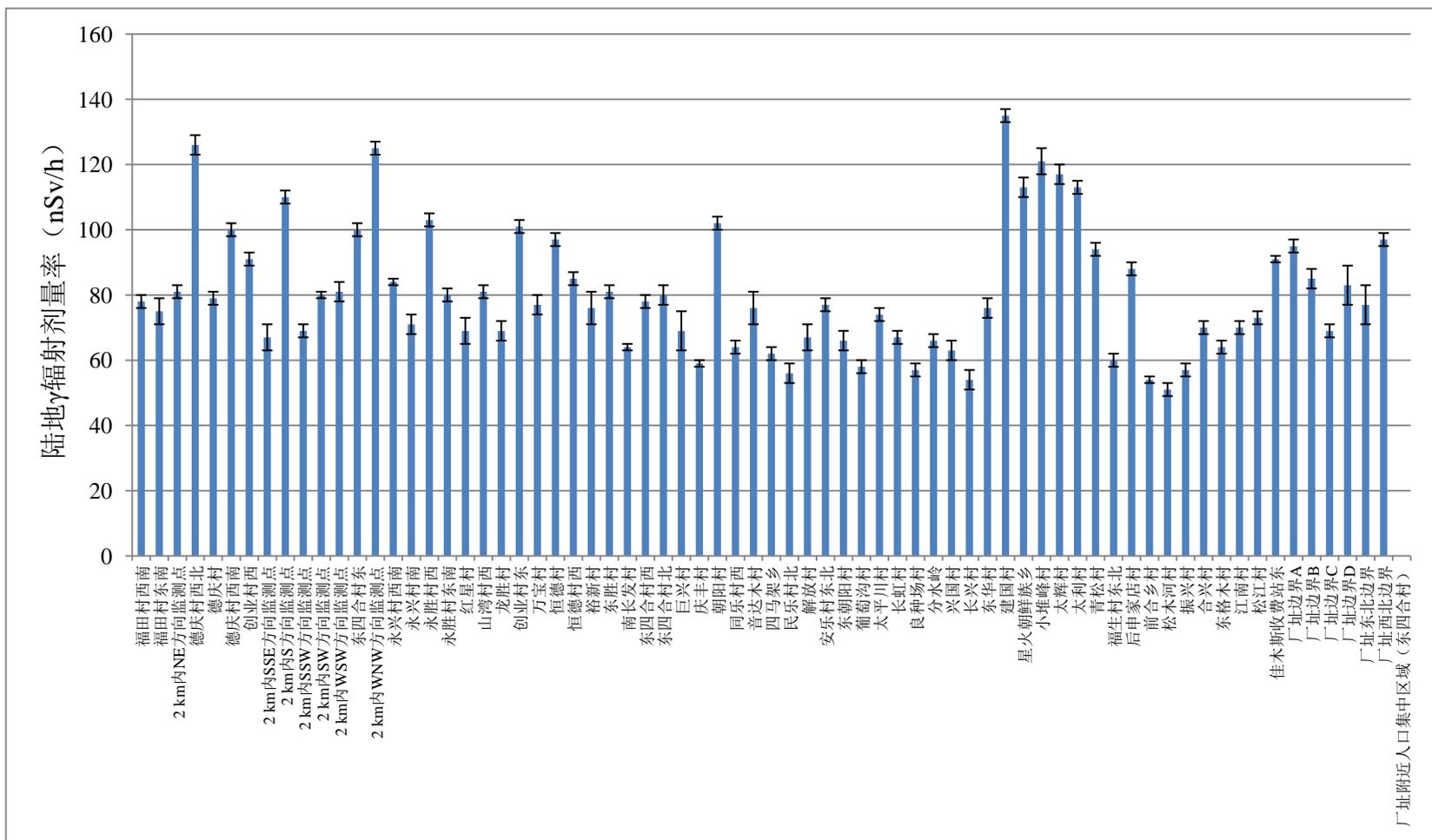
(点位编号同表 3.1-4)

图 3.1-4 水体采样点位示意图



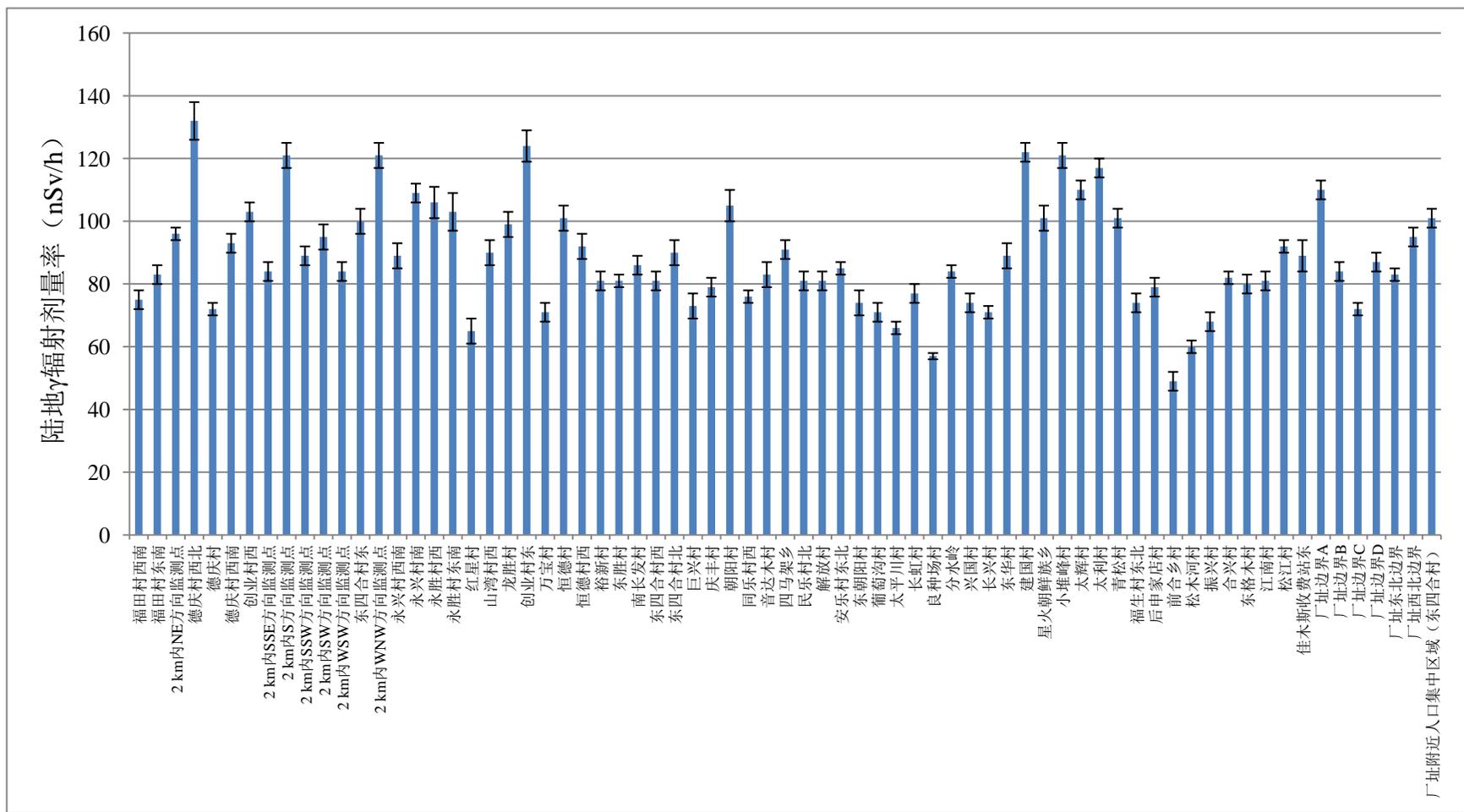
(点位编号同表 3.1-5)

图 3.1-5 土壤采样点位示意图



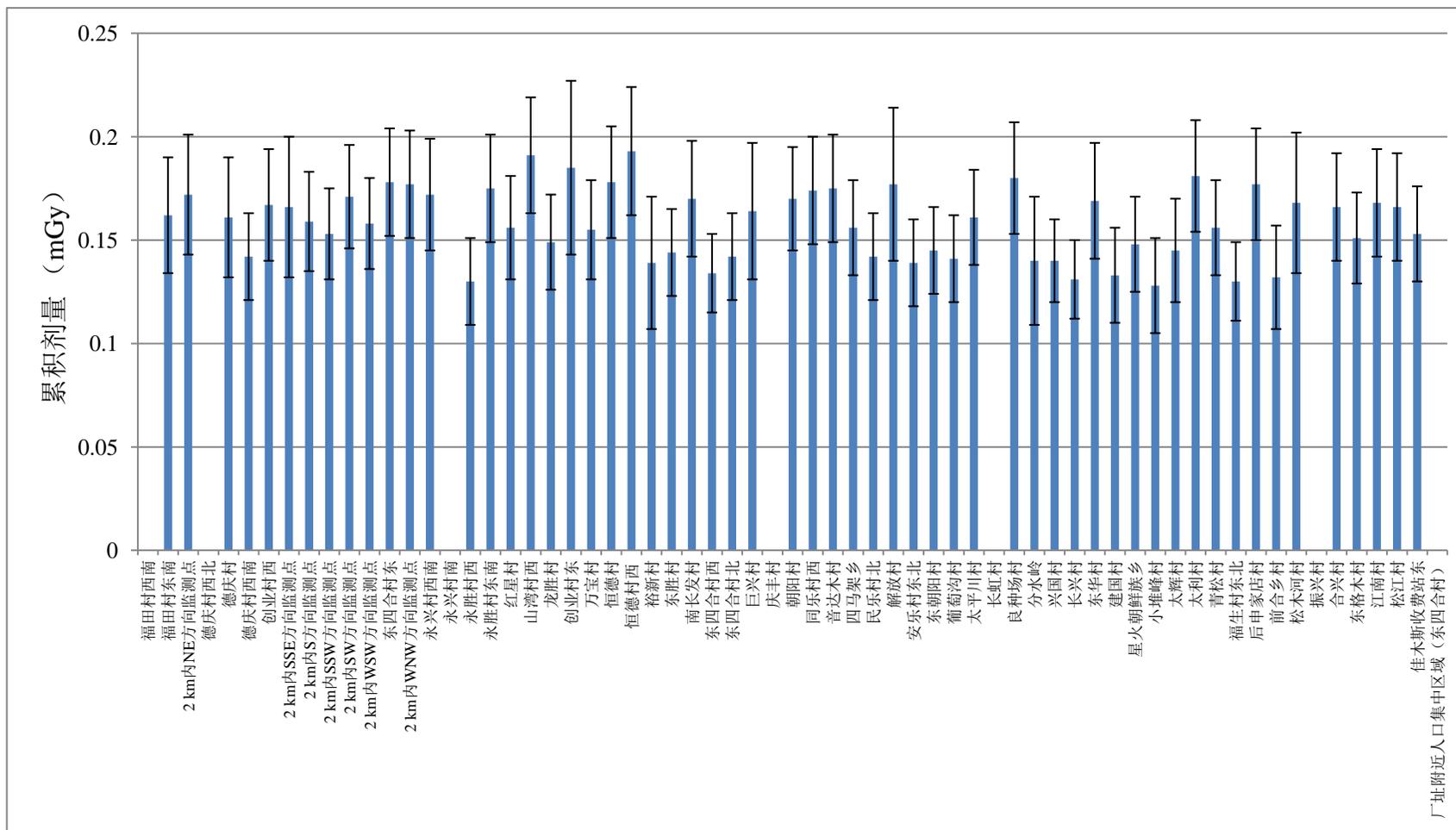
2019年9月第一次现场测量结果 (已扣除宇宙射线响应)

图 3.1-6 γ 辐射剂量率测量数据比较图



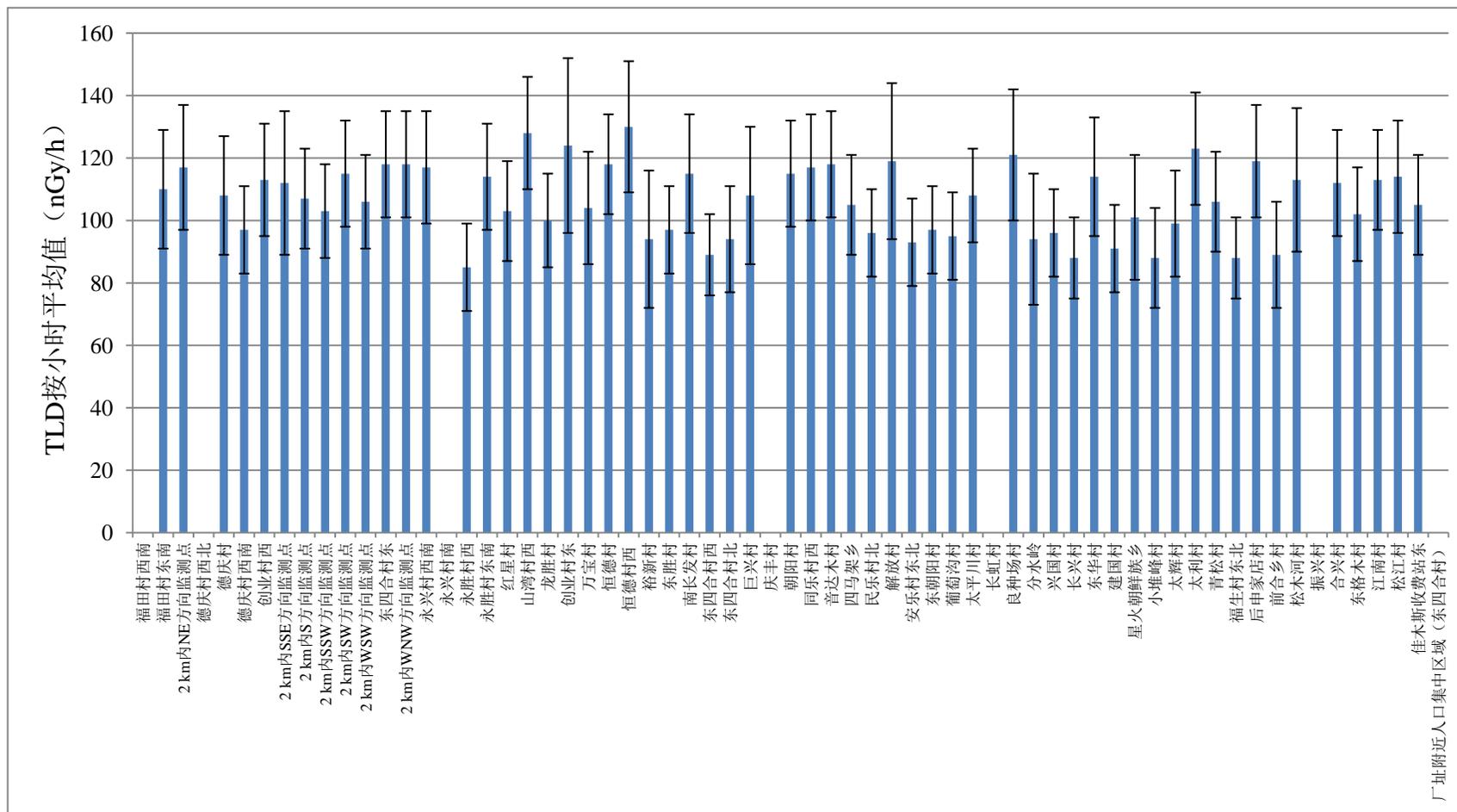
2019年11月第二次现场测量结果（已扣除宇宙射线响应）

图 3.1-6 续 γ 辐射剂量率测量数据比较图



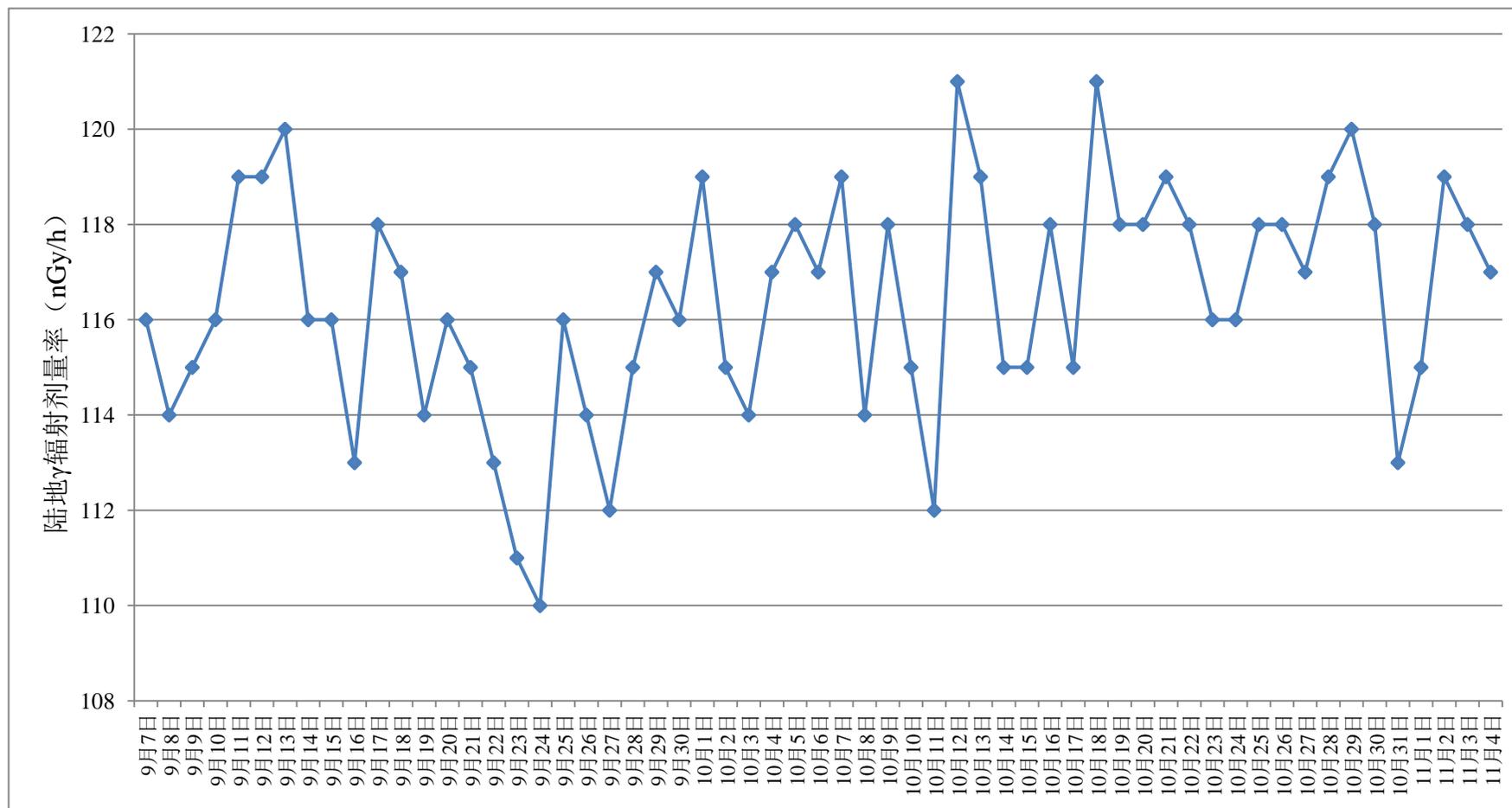
累积剂量测量结果（约2个月，未扣除宇宙射线响应）

图 3.1-7 γ 辐射累积剂量测量数据比较图



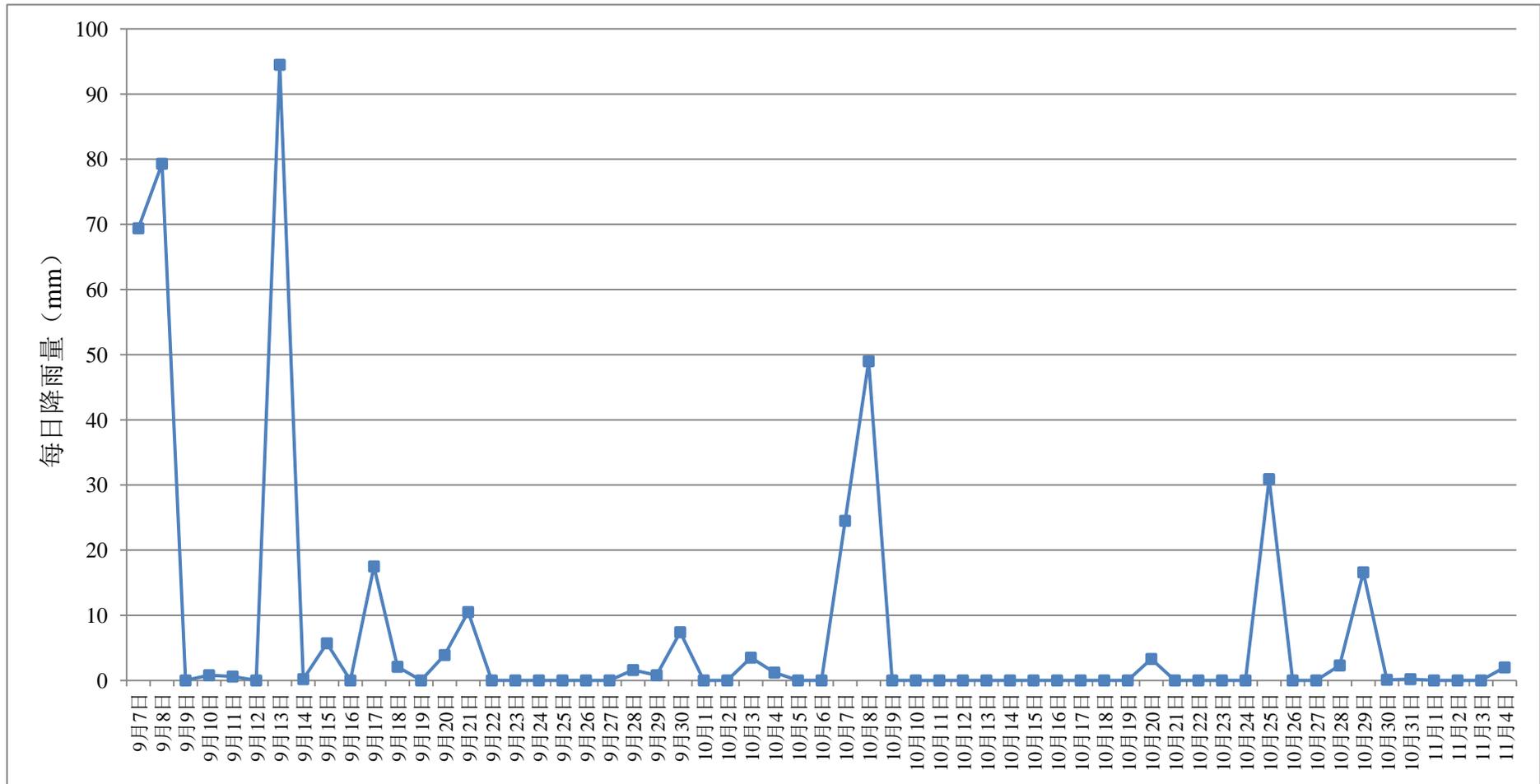
TLD按小时平均值（未扣除宇宙射线响应）

图 3.1-7 续 γ 辐射累积剂量测量数据比较图



连续 γ 剂量率监测日均变化 (已扣除宇宙射线响应)

图 3.1-8 连续 γ 剂量率监测及降雨雨量日均变化数据图



降雨雨量日均变化

图 3.1-8 续 连续 γ 剂量率监测及降雨雨量日均变化数据图

3.2 非辐射环境质量现状

根据黑龙江省生态环境厅发布的《2019年黑龙江省生态环境质量半年报》:

1) 佳木斯市 2018 年 $PM_{2.5}$ 浓度为 $36\mu g/m^3$, PM_{10} 浓度为 $50\mu g/m^3$, SO_2 浓度为 $8\mu g/m^3$, NO_2 浓度为 $21\mu g/m^3$, CO 浓度为 $1.0mg/m^3$, $O_3(8h)$ 浓度为 $120\mu g/m^3$; 2019 年上半年 $PM_{2.5}$ 浓度为 $33\mu g/m^3$, PM_{10} 浓度为 $51\mu g/m^3$, SO_2 浓度为 $9\mu g/m^3$, NO_2 浓度为 $19\mu g/m^3$, CO 浓度为 $1.0mg/m^3$, $O_3(8h)$ 浓度为 $108\mu g/m^3$ 。上述指标符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012, 2018 年第 29 号修改单)中的二级标准。

2) 佳木斯市松花江干流水质达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准。

3) 佳木斯市地下水水源(八水源)中除铁、锰指标未达到《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III类标准外,其余指标均满足 III类标准。

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

本节内容根据苏州热工研究院有限公司于 2020 年 5 月完成的《国家电投佳木斯核能供热示范项目可行性研究阶段厂址非放射性环境现状调查报告》编制。

3.2.1.1 厂址大气环境现状描述

1) 厂址大气环境相关描述

厂址半径 5km 范围内的环境空气保护目标为农村居民点,其分布见 2.2 节描述。

厂址所在地区的佳木斯站年主导风向为 SW~W, 频率为 40%; 佳木斯站累年平均风速为 3.1m/s。

厂址半径 5km 没有规模以上工业企业,无工业大气污染源。居民生活污染源主要为居民生活产生的油烟排放。

厂址所在区域的大气环境为二类环境空气功能区,执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级浓度限值标准。

2) 厂址所在区域的大气环境质量历史资料

黑龙江省生态环境厅发布的 2018 年《黑龙江省生态环境状况公报》显示,佳木斯环境空气质量中: $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 $O_3-8h(90per)$ 年均值均达到国家二级标准, SO_2 、 NO_2 、 $CO(95per)$ 年均值均达到国家一级标准。

黑龙江省生态环境厅公布的佳木斯 2018 年-2019 年城市空气质量月报数据显示，佳木斯 2018 年和 2019 年 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO（95per）、O₃-8h（90per）月度数据均满足环境空气二类限值标准限值。其中 11 月、12 月、1-4 月 PM_{2.5}、PM₁₀ 统计数据较其他月份有显著上升，推测佳木斯采暖期空气污染因燃煤取暖导致空气中颗粒物浓度上升。

根据佳木斯生态环境局《2017 年佳木斯市环境质量简报》显示，2017 年佳木斯市区环境空气质量指数 AQI 达到和好于二级的优良天数为 324 天，达标比例为 88.8%；污染天数为 41 天，其中轻度污染为 21 天，中度污染为 8 天，重度污染为 8 天，严重污染为 4 天。佳木斯市环境空气中，首要污染物主要为细颗粒物（PM_{2.5}）、其次为 O₃-8h。从综合污染指数看，采暖期综合指数明显高于非采暖期，表明佳木斯市采暖期空气污染重于非采暖期。

根据佳木斯生态环境局《2018 年佳木斯市环境质量简报》显示，2018 年佳木斯市区环境空气质量指数 AQI 达到和好于二级的优良天数为 337 天，达标比例为 93.4%；污染天数为 24 天，其中轻度污染为 20 天，中度污染为 1 天，重度污染为 1 天，严重污染为 2 天；全年有 4 天为无效天。佳木斯市环境空气中，首要污染物主要为细颗粒物（PM_{2.5}）。

3.2.1.2 大气环境质量现状调查方案

苏州热工研究院有限公司委托浙江鼎清环境检测技术有限公司对以厂址为中心、边长 5km 的矩形区域内的空气质量进行监测。考虑到德庆村位于 ENE 方向 1.7km，处于主导风向（SW~W）下风向邻近区域，且为本项目的可能关键居民点，东四合村位于主导风向（SW~W）区域内，因此选择上述居民点所在村委会位置，于 2019 年 9 月 5 日至 9 月 11 日进行大气采样。环境空气质量监测点位置见图 3.2-1。监测项目包括 SO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、NO₂、O₃、CO，同步观测气温、气压、风向、风速及相对湿度等。

监测方法见表 3.2-1。

3.2.1.3 大气环境质量现状监测结果

监测结果见表 3.2-2，监测最大浓度值、《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二类浓度限值标准及占比列于表中最后三行。

东四合村 NO₂ 小时浓度值为 <0.015mg/m³，SO₂ 小时浓度值为 <0.007mg/m³，CO 小时浓度值为 0.22~0.48mg/m³，O₃ 小时浓度值为 0.023~0.054mg/m³；NO₂ 日

均浓度值为 $<0.006\text{mg}/\text{m}^3$ ， SO_2 日均浓度值为 $<0.004\sim 0.006\text{mg}/\text{m}^3$ ， CO 日均浓度值为 $0.30\sim 0.44\text{mg}/\text{m}^3$ ， O_3 日最大 8 小时均值浓度值为 $0.031\sim 0.048\text{mg}/\text{m}^3$ ， PM_{10} 日均浓度值为 $0.022\sim 0.029\text{mg}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度值为 $<0.010\sim 0.015\text{mg}/\text{m}^3$ 。监测期间东四合村村委会空气质量监测期间温度 $27.1\sim 35.7^\circ\text{C}$ ，气压 $101.1\sim 101.6\text{kPa}$ ，相对湿度 $42\sim 75\%$ ，风速 $2.1\sim 2.8\text{m}/\text{s}$ ，风向 SW。

德庆村 NO_2 小时浓度值为 $<0.015\text{mg}/\text{m}^3$ ， SO_2 小时浓度值为 $<0.007\text{mg}/\text{m}^3$ ， CO 小时浓度值为 $0.21\sim 0.57\text{mg}/\text{m}^3$ ， O_3 小时浓度值为 $0.023\sim 0.046\text{mg}/\text{m}^3$ ； NO_2 日均浓度值为 $<0.006\text{mg}/\text{m}^3$ ， SO_2 日均浓度值为 $<0.004\sim 0.006\text{mg}/\text{m}^3$ ， CO 日均浓度值为 $0.30\sim 0.49\text{mg}/\text{m}^3$ ， O_3 日最大 8 小时均值浓度值为 $0.029\sim 0.055\text{mg}/\text{m}^3$ ， PM_{10} 日均浓度值为 $0.015\sim 0.023\text{mg}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度值为 $<0.010\sim 0.014\text{mg}/\text{m}^3$ 。德庆村村委会空气质量监测期间温度 $26.8\sim 35.1^\circ\text{C}$ ，气压 $101.1\sim 101.6\text{kPa}$ ，相对湿度 $45\sim 77\%$ ，风速 $2.2\sim 2.7\text{m}/\text{s}$ ，风向 SW。

由表 3.2-2 可知，厂址附近的东四合村、德庆村等 2 个环境空气保护目标的大气环境监测指标均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二类浓度限值要求。

3.2.1.4 大气环境质量现状调查质量保证

1) 资质能力

大气环境监测承担单位——浙江鼎清环境检测技术有限公司 CMA 资质认定证书由浙江省质量技术监督局颁发，资质覆盖本项目大气环境质量监测项目 SO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 NO_2 、 CO 等，资质证书处于有效期内。大气环境质量监测项目 O_3 分包方为杭州普洛赛斯检测科技有限公司（CMA 证书号：171100111484），资质覆盖 O_3 ，资质证书处于有效期内。

2) 监测组织和人员

浙江鼎清环境检测技术有限公司建立质量保证体系组织机构，并对项目部领导及职能部门按质量管理体系要求进行分工，设立了项目经理、技术负责人、质量负责人、采样组、检测组、报告组、质控组、客户服务组、后勤保障组、应急组。按照质量管理体系，建立岗位责任制，健全各项规章制度。各职能小组成立质量自检小组，把好质量关，形成第一级监督体系。项目部经常开展质量动态分析，对质量通病和检测薄弱环节组织技术人员预先攻关，编制合理的作业指导书，采取有效的预防措施，从根本上消除质量隐患。监测项目人员，都经过考核并且

考核合格，取得上岗证。

3) 监测设备和方法

监测项目设备均按计量法规定，定期送法定计量检定机构检定，并且检定合格，设备清单见表 3.2-3。所有监测方法均现行有效。

4) 现场采样质量保证

(1) 采样前准备

采样前有对采样及现场检测的设备和工具进行检查，采样前，均对采样系统的气密性进行认真检查，并确认无漏气现象后才进行采样；采样器经计量检定单位检定合格，使用前经过流量校准，且流量误差不大于 5%，采样时流量稳定，未发现异常；颗粒物采样相关的采样滤膜，在采样前已检查，未发现针孔和破损，滤膜的毛面向上；负责采样监测项目执行的采样主管，在采样前，对采样人员进行采样方案的讲解、人员安排、仪器使用培训、安全注意事项、现场采样的质量控制手段。

(2) 采样

本次空气采样依据《环境空气质量手工监测技术规范》(HJ194-2017)进行，同时满足以下要求： PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 采用直接采样法的方式进行采样，本次采样使用一次性气袋，采样时用现场空气清洗气袋 3 次后进行正式采样，采样结束后迅速密封进气口，同时做好标识；二氧化硫、二氧化氮采用溶液吸收采样法的方式进行采样，正确连接好采样系统后做好标识，设置采样时间并调节流量至规定值后采集样品，采集过程中未发现查、采样流量波动和吸收液异常；现场空白样品数量按照监测方法标准规定执行，二氧化硫项目在同一批次内均采集至少 2 个空白样品，其余项目在同一批次内均采集至少 1 个空白样品。

5) 样品保存、运输和交接质量保证

(1) 样品的保存

滤膜采集后，在 4℃ 条件下随滤膜袋冷藏保存。

吸收瓶（或吸收管）采集完后，取下样品，并将吸收瓶（或吸收管）进、出口密封，放入专用容器中保存，运输过程中没有倒置。

(2) 样品的运输和交接

同一采样点的样品瓶都装在同一箱子中，运输前已检查所采样品均已全部装箱。为保证从样品采集到测定时间内，样品待测组分不产生任何变异或使发生

的变化控制在最小程度，在样品保存、运输等各个环节都严格遵守各检测标准规范。针对样品的不同情况和待测物特性实施保护措施，采样人员根据不同项目的要求，进行有效处理和保管，指定专人运送样品并与实验室人员交接登记，每个样品都有唯一性标识，当样品送至实验室第一时间进行分析。

6) 样品分析

PM₁₀、PM_{2.5}主要采用标准滤膜和空白滤膜进行质控，质控见表 3.2-4。

二氧化硫、二氧化氮、臭氧质控主要有实验室空白和现场空白质控，质控见表 3.2-5。

3.2.1.5 大气环境质量现状调查结论

厂址附近的东四合村、德庆村等 2 个大气环境质量监测点位于 2019 年 9 月 5 日至 9 月 11 日监测的环境空气浓度 NO₂、SO₂、CO 和 O₃ 小时浓度值和 NO₂、SO₂、CO、PM_{2.5} 和 PM₁₀24 小时浓度值、O₃ 日最大 8 小时均值浓度值满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

本节内容根据苏州热工研究院有限公司于 2020 年 5 月完成的《国家电投佳木斯核能供热示范项目可行性研究阶段厂址非放射性环境现状调查报告》编制。

3.2.2.1 厂址声环境现状描述

1) 厂址声环境相关描述

厂址半径 5km 范围内的声环境保护目标为农村居民点，其分布见 2.2 节描述。

厂址所在区域以松嫩平原的残丘地带为主，厂址半径 5km 范围以农田为主，地形较为平坦。

厂址半径 5km 没有规模以上工业企业，无工业噪声污染源。

根据《佳木斯市城区声环境功能区区划方案》，厂址区域为农村地区，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类声环境功能区标准。

2) 厂址所在区域的声环境质量历史资料

黑龙江省生态环境厅发布的《2018 年黑龙江省生态环境状况公报》显示，红星厂址所在佳木斯城市区域昼间平均等效声级为 54.7dB(A)，夜间平均等效声级为 44.8dB(A)。

根据佳木斯生态环境局发布《2018 年佳木斯市环境质量简报》显示，佳木

斯市道路交通噪声昼间平均等效声级为 66.9dB(A)，夜间平均等效声级为 57.7dB(A)。佳木斯区域噪声昼间网格功能区达标数为 145 个，达标率为 76.3%。夜间网格功能区达标数为 140 个，达标率为 73.7%。

3.2.2.2 声环境质量现状调查方案

苏州热工研究院有限公司环境检测中心于 2019 年 9 月 5-6 日对厂址厂界以及厂区周围的声环境质量现状进行了监测，声环境监测范围主要为厂址厂界、厂区周围，监测布点原则位于厂址四周厂界及周边 200m 区域内，该区域内无居民点分布。

由于现场监测期间农作物生长茂盛，厂址边界、应急道路、进厂道路所处区域均为原始农田地貌，或部分位于农田中央无法进入，监测人员就近选择厂址相对东、南、西、北方位及应急道路、进厂道路邻近区域作为监测点位，并选择厂区西侧作为噪声连续监测点。具体监测点位信息见表 3.2-2 和图 3.2-2。噪声监测环境条件见表 3.2-3。

噪声监测方法按《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)和《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)要求执行。测量时应在无雨雪、无雷电，风速小于 5m/s 下进行。距离任何反射物(地面除外)至少 3.5m 外测量，距离地面高度 1.2m 以上；在噪声敏感建筑物外，距墙壁或窗户 1m 处，距地面高度 1.2m 以上；厂界外 1m、高度 1.2m 以上、距任一反射面距离不小于 1m。选择两天的昼间(6:00~22:00)和夜间(22:00~6:00)两个时段进行噪声监测，采用 1min 的等效声级，夜间有频发、偶发噪声影响时同时测量最大声级。

3.2.2.3 声环境质量现状监测结果

(1) 环境噪声

监测期间，红星厂址厂界周围为噪声稳态环境，环境噪声检测结果见表 3.2-8。

根据监测结果，厂址厂界、应急道路监测点位昼间和夜间噪声均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类声环境功能区要求。厂址进场道路监测点位夜间噪声满足 1 类声环境功能区要求，昼间噪声值为 59dB(A)，高于 1 类声环境功能区 55dB(A)，原因可能为该监测点位西侧(W 方位，0.7km)有一小型采石场进行采石作业，且监测点位处于平地开阔地带利于噪声传播，噪声来源主要是采石过程中机械作业和车辆运输导致。

(2 厂址 24h 连续监测)

厂址噪声连续监测点声环境质量现状 24h 连续监测结果见表 3.2-9。

根据监测结果，噪声连续监测点昼间等效声级 L_d 、夜间等效声级 L_n 满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中的 1 类声环境功能区要求。

3.2.2.4 声环境质量现状调查质量保证

1) 资质能力

苏州热工研究院有限公司环境检测中心具备 CMA 资质 (计量认证资质证书编号 171012050252) 并通过 CNAS 认可 (注册号 CNASL9634)。

2) 监测组织和人员

苏州热工研究院有限公司环境检测中心承担声环境质量现状调查工作，由公司主管副总经理和中心副主任进行领导，由项目经理、技术负责人和质量管理员进行直接管理，工作严格按质保大纲开展。噪声现场监测人员具备环境监测资质且通过苏州热工研究院有限公司环境检测中心内部专业技能考核合格后授权上岗。负责监测过程内部质量监督的人员由环境检测中心授权任命或经质保部门培训，负责本专题技术报告审核的人员具备高级工程师资格且取得环境监测上岗资格。所有检测人员均经过上岗培训，并考核合格方能上岗操作。除技术培训外，所有人员均进行质量体系与质量控制培训。实验室内部每年进行专业考核，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。

3) 现场监测环境条件控制

声环境质量现场监测时间为 2019 年 9 月 5~7 日，监测过程温度： $28^{\circ}\text{C}\sim 31^{\circ}\text{C}$ ，湿度： $55\%\sim 58\%$ ，风速： $\leq 2.1\text{m/s}$ ，天气多云，符合多功能声级计 (AWA6228) 的设备使用环境要求。

4) 监测方法控制

现场监测过程全程两人参加，其中一名检测人员负责按照国家标准和技术规范中规定方法开展监测，另一名检测人员负责监督操作，同时按要求做好记录。

3) 监测设备控制

按苏州热工研究院有限公司环境检测中心《期间核查程序 (RG/CX13-2019)》要求，在设备两次检定/校准之间进行仪器设备的期间核查，确保检测仪器设备始终处于合格有效的状态。2018 年 12 月检测人员对多功能声级计进行了仪器间比对，核查结果均为满意。

4) 量值溯源

按苏州热工研究院有限公司环境检测中心《监视和测量设备控制程序》(029-GB-P-MR-K16-STDG3-001)和环境检测中心《年度周期检定校准计划》要求,用于测量分析仪器设备定期进行检定/校准,并在检定/校准后进行确认。本次监测使用仪器监测时间段均处于检定有效期内。监测设备情况见表 3.2-10。

5) 数据记录控制

现场监测记录表中一名检测人员负责记录另一名检测人员负责数据校核。每个点位的测量数据确保清楚、详细、准确的记录,记录未有涂改,记录进行了唯一性编号并有检测人员的签名。

6) 数据处理质量控制

按苏州热工研究院有限公司环境检测中心《数据控制与保护程序》要求进行数据处理,没有偏离正常值的异常结果和敏感值。

3.2.2.5 声环境质量现状调查结论

厂址厂界、应急道路监测点位昼间和夜间噪声均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)1类声环境功能区要求。厂址进场道路监测点位夜间噪声满足1类声环境功能区要求,昼间噪声值为59dB(A),高于1类声环境功能区55dB(A),原因可能为该监测点位西侧(W方位,0.7km)小型采石场采石作业过程中机械作业和车辆运输导致。噪声连续监测点昼间等效声级 L_d 、夜间等效声级 L_n 满足1类声环境功能区要求。

3.2.3 水体环境质量现状调查与评价

本节内容根据苏州热工研究院有限公司于2020年5月完成的《国家电投佳木斯核能供热示范项目可行性研究阶段厂址非放射性环境现状调查报告》编制。

3.2.3.1 厂址水环境现状描述

1) 厂址水环境相关描述

本项目生产废水及无法利用的生活污水拟纳管接入最近的城镇污水管网,最终去向为城镇污水处理厂,不向本项目所在厂址附近水体及送花江水体直接排放。

本项目所在厂址半径10km范围内的水体分布情况见2.3.1.2节。

根据《佳木斯市城市总体规划(2011-2020年)》,松花江取水口处所在区段执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)IV类标准,城市内河执行IV类

标准。另外，龙江环保污水处理厂处理后的中水为项目备用水源，龙江环保中水（排水口）出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准。

2) 厂址所在区域的水环境质量历史资料

根据佳木斯生态环境局《2017 年佳木斯市环境质量简报》显示，2017 年松花江干流各断面水质均达到Ⅲ类，水质状况良好。支流汤旺河口内断面水质类别为Ⅳ类，水质状况为轻度污染，满足其水体使用功能；梧桐河口内断面水质类别为Ⅲ类，水质状况良好，优于其Ⅳ类水体的使用功能。从水期来看，松花江干流三断面各水期水质类别均符合Ⅲ类水质，水质良好，平、丰水期水质均符合Ⅳ类水质，水质状况为轻度污染，主要污染指标为高锰酸盐指数和化学需氧量；梧桐河口内断面枯水期水质为Ⅳ类水质，水质状况为轻度污染，主要污染指标为氨氮和化学需氧量，平、丰水期水质符合Ⅲ类水质，水质情况良好。

根据佳木斯生态环境局《2018 年佳木斯市环境质量简报》显示，2018 年松花江干流各断面水质均达到Ⅲ类，水质状况良好。支流汤旺河口内、梧桐河口内断面水质类别为Ⅳ类，满足其水体的使用功能。从水期来看，松花江干流三断面各水期水质类别均为Ⅳ类水质；平水期均为Ⅲ类，水质状况良好；丰水期佳木斯上断面水质类别为Ⅲ类，水质状况良好，佳木斯下、江南屯断面水质类别均为Ⅳ类。支流两断面中，枯水期汤旺河口内断面水质类别为Ⅳ类水质，水质状况为轻度污染，梧桐河口内断面水质类别为Ⅲ类水质，水质状况为良好；平水期两断面水质类别均为Ⅳ类水质，水质状况为轻度污染；丰水期汤旺河口内断面水质类别为Ⅴ类水质，水质状况为中度污染，梧桐河口内断面枯水期水质为Ⅳ类水质，水质状况为轻度污染。

根据黑龙江省生态环境厅发 2018 年黑龙江省生态环境状况公报》显示，松花江段水质大部分为Ⅲ类水质，部分为Ⅳ类水质，主要污染指标为高锰酸盐指数、化学需氧量。

根据黑龙江省生态环境厅《2019 年黑龙江省地表水环境质量月报》显示，2019 年 1 月-6 月（4 月未检测）佳木斯松花江段水质均达到Ⅲ类水质。

3.2.3.2 水环境质量现状调查方案

苏州热工研究院有限公司委托浙江鼎清环境检测技术有限公司对厂址西南侧铃铛麦河、龙江环保中水（排水口）和松花江取水口附近水质量进行监测，铃

铛麦河取水点位于东四合村西侧桥下正下方，松花江取水口位于本项目在松花江取水口处附近，龙江环保中水（排水口）取水点位于龙江环保污水处理厂总排口取样处。现场调查发现，厂址最近地表水为厂址西南侧约 3km 处铃铛麦河，东侧约 430m 沟渠已干涸。松花江取水作为本项目主要水源，龙江环保中水作为本项目备用水源。龙江环保为佳木斯东部城区污水处理厂，经处理合格后中水直接排放至松花江。

采样人员于 2019 年 9 月 11 日在现场进行了采样，2019 年 9 月 11 日至 9 月 16 日完成实验室分析。采样人员将水样采集好后，直接冷藏航空快递至实验室进行分析测试。监测项目包括水温、pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD₅）、总氮、氨氮、总磷、石油类、阴离子表面活性剂、挥发酚、悬浮物等。

水样采样布点信息见表 3.2-11，方位见图 3.2-3。

监测方法见表 3.2-12。

3.2.3.3 水环境质量现状监测结果

厂址所在区域地表水水质监测结果见表 3.2-13。

监测结果显示，铃铛麦河、松花江取水口地表水取水点所有水质监测指标均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV类标准，其中松花江取水口水质已经达到III类标准；龙江环保中水（排水口）水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准。

3.2.3.4 水环境质量现状调查质量保证

1) 资质能力

水环境监测承担单位——浙江鼎清环境检测技术有限公司 CMA 资质认定证书由浙江省质量技术监督局颁发，资质覆盖本项目水环境质量监测项目水温、pH 值、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、总氮、氨氮、总磷、石油类、阴离子表面活性剂、挥发酚、悬浮物等，资质证书处于有效期内。

2) 监测组织和人员

浙江鼎清环境检测技术有限公司建立质量保证体系组织机构，并对项目部领导及职能部门按质量管理体系要求进行分工，设立了项目经理、技术负责人、质量负责人、采样组、检测组、报告组、质控组、客户服务组、后勤保障组、应急组。按照质量管理体系，建立岗位责任制，健全各项规章制度。各职能小组成立

质量自检小组，把好质量关，形成第一级监督体系。项目部经常开展质量动态分析，对质量通病和检测薄弱环节组织技术人员预先攻关，编制合理的作业指导书，采取有效的预防措施，从根本上消除质量隐患。监测项目人员，都经过考核并且考核合格，取得上岗证。

3) 监测设备和方法

监测项目设备均按计量法规定，定期送法定计量检定机构检定，并且检定合格，设备清单见表 3.2-14。所有监测方法均现行有效。

4) 现场采样质量保证

(1) 采样前准备

采样前有对采样及现场检测的设备和工具进行检查，负责采样监测项目执行的采样主管，在采样前，对采样人员进行采样方案的讲解、人员安排、仪器使用培训、安全注意事项、现场采样的质量控制手段。

(2) 采样

地表水和污水采样参照《地表水和污水监测技术规范》（HJ/91-2002）和《污水监测技术规范》（HJ91.1-2019）进行。现场采样时用直立式采水器，水温、pH、溶解氧直接现场测定，石油类、五日生化需氧量、悬浮物、阴离子表面活性剂单独采样，其他监测类别水样需要加入一定量固定剂后冷藏保存尽快运送至实验室检测。现场采样取铃铛麦河水样作为平行样质控，采样过程中取空白样。

5) 样品保存、运输和交接质量保证

(1) 样品的保存

水样采集后，在 4℃ 条件下冷藏保存。

(2) 样品的运输和交接

同一采样点的样品瓶都装在同一箱子中，运输前已检查所采样品均已全部装箱。为保证从样品采集到测定时间内，样品待测组分不产生任何变异或使发生的变化控制在最小程度，在样品保存、运输等各个环节都严格遵守各检测标准规范。针对样品的不同情况和待测物特性实施保护措施，采样人员根据不同项目的要求，进行有效处理和保管，指定专人运送样品并与实验室人员交接登记，每个样品都有唯一性标识，当样品送至实验室第一时间进行分析。

6) 样品分析

实验室水质样品质控有准确度和精确度质控。水质样品准确度及精确度分析

质控见表 3.2-15。

3.2.3.5 水环境质量现状调查结论

铛麦河、松花江取水口地表水取水点所有水质监测指标均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV类标准，其中松花江取水口水质已经达到III类标准；龙江环保中水（排水口）水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

本节内容根据生态环境部核与辐射安全中心于 2020 年 5 月完成的《国家电投佳木斯核能供热示范项目可行性研究阶段辐射环境本底调查总报告》编制。

3.2.4.1 厂址电磁环境现状描述

厂址半径 5km 范围内的电磁环境敏感目标为农村居民点，其分布见 2.2 节描述。

厂址半径 5km 范围内没有发现雷达、高压线等电磁辐射源，几乎每个村落都有一个移动通信基站。厂址 NNW 方位 7.1km 附近垃圾焚烧电厂旁有一处 110kV 输变电路设施。

厂址区域电磁环境执行《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）标准。

3.2.4.2 电磁环境现状调查方案

专题承担单位于 2019 年 9 月 3 日至 2019 年 9 月 4 日对厂址区域及周边的电磁环境和现有电磁辐射源进行了测量，同时于 11 月 5 日第二次赴现场时对个别点位进行了补充测量。由于本工程所在厂址区域为玉米地，且本工程送电走廊选线设计未定型，故无法针对本工程所在厂址厂区及送电走廊所处区域设置监测点位。

对于厂址区域及周边的电磁环境，在厂址近似边界处设置了 14 个监测点，在环境敏感区域和厂址附近居民点设置了 4 个监测点。对于现有电磁辐射源，对厂址附近的主要村落（主要位于厂址半径 5km 范围内，长发镇距离厂址 5.3km）的 10 个通信基站以及厂址 NNW 方位 7.1km 附近垃圾焚烧电厂旁一处 110kV 输变电路设施的两铁塔（编号为 14 号、15 号）之间的线路东侧进行了测量。每个监测点主要关注射频综合场强测量结果，辅助进行工频电场强度、工频磁感应强度的测量（输变电路设施周边电磁环境监测主要关注工频电场强度、工频磁

感应强度测量结果)。具体监测点位信息见表 3.2-16, 位置见图 3.2-4。

监测方法见表 3.2-17。在测量射频综合场强时, 探头频率范围为 100kHz~6GHz, 测点离地 1.7m; 每个监测位置读取 5 个数, 并求取平均值作为该监测位置的测量结果。对于移动通信基站周边的射频综合场强测量, 监测点位布设在以移动通信基站发射天线地面投影点为圆心、半径 50m 为底面的圆柱体空间内基站主射方向。在同一基站周围, 选取与发射天线间水平距离不同的多个位置进行测量, 一般为 5 个位置, 视现场情况增减。在测量工频电场强度、工频磁感应强度时, 探头频率范围为 5Hz~100kHz, 测点离地 1.5m; 每个监测位置读取 5 个数, 并求取平均值作为该监测位置的测量结果。

3.2.4.3 电磁环境现状监测结果

电磁环境测量结果见表 3.2-18。

1) 厂址区域及周边

厂址区域及周边部分监测点位射频综合场强测量结果小于探测限 0.2V/m, 其余测量结果在 (0.24~0.62) V/m 范围内。

厂界 1~12 号点工频电场强度测量结果在 (0.067~0.121) V/m 范围, 红星村、德庆村德庆中街、创业村立军食杂店测量结果分别为 0.708V/m、0.410V/m、2.034V/m; 厂界 1~12 号点工频磁感应强度测量结果在 (0.0073~0.0097) μ T 范围内, 红星村、德庆村德庆中街、创业村立军食杂店测量结果分别为 0.1130 μ T、0.0085 μ T、0.0366 μ T。厂界 13 号点、厂界 14 号点、东四合村未进行工频电场强度和工频磁感应强度测量。

2) 现有电磁辐射源

厂址周围民用通信基站的射频综合场强在 (0.21~0.85) V/m 范围内。

垃圾焚烧电厂旁一处 110kV 输变电路设施的工频电场强度在 (23.3~315.8) V/m 范围内, 工频磁感应强度在 (0.0266~0.0875) μ T 范围内。

3.2.4.4 电磁环境现状调查质量保证

1) 单位及技术人员资质情况

承担电磁环境现状监测的专题承担单位同时承担辐射环境本底调查工作。专题承担单位及技术人员资质情况见 3.1.1.5 节描述。

2) 量值溯源

电磁环境监测仪器设备按照检定周期进行计量检定, 并根据使用情况进行期

间核查，电磁环境监测仪器设备名称、检定情况等情况等见表 3.1-19。

3) 平行样/现场比对抽样

根据质保要求，平行样/现场比对抽样占分析测量总数量比例不得低于 10%，平行样/现场比对抽样测量结果相对偏差视项目类别不得大于 10%~40%。

本次调查对电磁环境的测量进行了现场比对抽样。对于厂址区域及周边，在 18 个监测点位中共选取了 3 个点位进行比对，抽样比例为 16.7%；对于现有电磁源，在 11 个监测点位（10 个通信基站及 1 个输变电线路）中共选取了 2 个点位进行比对，抽样比例为 18.2%。具体比对抽样测量结果见表 3.1-20。

3.2.4.5 电磁环境现状调查结论

厂址区域及周边区域、现有电磁辐射源的射频综合场强测量结果符合《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）射频综合场强 12V/m 的要求。

厂址区域及周边区域、现有电磁辐射源的工频电场强度及工频磁感应强度测量结果符合《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）工频电场强度 4000V/m 及工频磁感应强度（100 μ T）的要求。

人口聚集村落的工频电场强度、工频磁感应强度略高于厂址边界处，可能与村落内存在输电线路有关。

表 3.2-1 空气质量监测方法和仪器

序号	监测项目	监测标准（方法）	分析仪器名称型号
1	二氧化硫	《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》 HJ 482-2009	紫外可见分光光度计 DQ2018-LH39
2	PM ₁₀	《环境空气 PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 的测定 重量法》 HJ 618-2011	分析天平
3	PM _{2.5}		SG2012-CL03
4	二氧化氮	《环境空气 氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法》 HJ 479-2009	紫外可见分光光度计 DQ2018-LH37
5	一氧化碳	《空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法》 GB/T 9801-1988	便携式红外气体分析仪 SG2014-XJ25
6	臭氧*	《环境空气 臭氧的测定 靛蓝二磺酸钠分光光度法》 HJ504-2009	722G 可见分光光度计

“*”表示臭氧项目分包方为杭州普洛赛斯检测科技有限公司（CMA 证书号：171100111484）

表 3.2-2 环境空气质量监测结果

单位: mg/m³

东四合村

监测日期	监测时间	监测结果									
		二氧化氮 (NO ₂)		二氧化硫 (SO ₂)		一氧化碳 (CO)		臭氧 (O ₃)		PM ₁₀ (日均值)	PM _{2.5} (日均值)
		时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日最大 8 小时均值		
2019.9.5	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.33	—	0.037	0.036	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.42	—	0.038		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.45	—	0.032		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.31	—	0.036		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.006	—	0.38	—	0.022	0.010 (L)	
2019.9.6	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.37	—	0.026	0.034	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.47	—	0.031		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.43	—	0.042		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.34	—	0.035		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.005	—	0.40	—	0.025	0.012	
2019.9.7	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.27	—	0.023	0.031	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.48	—	0.034		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.42	—	0.036		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.33	—	0.029		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.004 (L)	—	0.38	—	0.026	0.010 (L)	

备注: 检测结果小于检出限报最低检出限值加 (L)。

表 3.2-2 续 环境空气质量监测结果

单位: mg/m³

东四合村

监测日期	监测时间	监测结果									
		二氧化氮 (NO ₂)		二氧化硫 (SO ₂)		一氧化碳 (CO)		臭氧 (O ₃)		PM ₁₀ (日均值)	PM _{2.5} (日均值)
		时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日最大 8 小时均值		
2019.9.8	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.31	—	0.033	0.038	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.42	—	0.042		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.45	—	0.046		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.26	—	0.032		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.004 (L)	—	0.36	—	0.028	0.015	
2019.9.9	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.22	—	0.031	0.035	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.36	—	0.036		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.37	—	0.041		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.26	—	0.033		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.004	—	0.30	—	0.027	0.012	
2019.9.10	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.42	—	0.045	0.048	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.48	—	0.052		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.48	—	0.054		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.39	—	0.042		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.005	—	0.44	—	0.024	0.011	

备注: 检测结果小于检出限报最低检出限值加 (L)。

表 3.2-2 续 环境空气质量监测结果

单位: mg/m³

东四合村

监测日期	监测时间	监测结果									
		二氧化氮 (NO ₂)		二氧化硫 (SO ₂)		一氧化碳 (CO)		臭氧 (O ₃)		PM ₁₀ (日均值)	PM _{2.5} (日均值)
		时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日最大 8 小时均值		
2019.9.11	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.32	—	0.033	0.039	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.44	—	0.041		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.48	—	0.045		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.47	—	0.036		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.006	—	0.43	—	0.029	0.010 (L)	
最大浓度值		0.015 (L)	0.006 (L)	0.007 (L)	0.006	0.48	0.44	0.054	0.048	0.029	0.012
标准限值		0.2	0.08	0.5	0.15	10	4	0.2	0.16	0.15	0.075
占比 (%)		<7.5	<7.5	<1.4	4.0	4.8	11.0	27.0	30.0	19.3	16.0

备注: 检测结果小于检出限报最低检出限值加 (L)。

表 3.2-2 续 环境空气质量监测结果

单位: mg/m^3

德庆村

监测日期	监测时间	监测结果									
		二氧化氮 (NO_2)		二氧化硫 (SO_2)		一氧化碳 (CO)		臭氧 (O_3)		PM_{10} (日均值)	$\text{PM}_{2.5}$ (日均值)
		时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日最大 8 小时均值		
2019.9.5	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.28	—	0.023	0.030	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.34	—	0.038		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.36	—	0.034		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.27	—	0.026		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.004 (L)	—	0.31	—	0.015	0.011	
2019.9.6	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.31	—	0.022	0.030	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.42	—	0.035		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.45	—	0.038		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.32	—	0.025		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.006	—	0.38	—	0.018	0.010 (L)	
2019.9.7	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.23	—	0.023	0.033	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.34	—	0.044		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.33	—	0.038		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.28	—	0.025		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.005	—	0.30	—	0.021	0.010 (L)	

备注: 检测结果小于检出限报最低检出限值加 (L)。

表 3.2-2 续 环境空气质量监测结果

单位: mg/m³

德庆村

监测日期	监测时间	监测结果									
		二氧化氮 (NO ₂)		二氧化硫 (SO ₂)		一氧化碳 (CO)		臭氧 (O ₃)		PM ₁₀ (日均值)	PM _{2.5} (日均值)
		时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日最大 8 小时均值		
2019.9.8	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.26	—	0.029	0.038	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.38	—	0.045		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.35	—	0.046		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.21	—	0.031		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.004 (L)	—	0.30	—		0.022	0.012
2019.9.9	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.33	—	0.027	0.029	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.46	—	0.032		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.42	—	0.033		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.38	—	0.023		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.006	—	0.40	—		0.023	0.012
2019.9.10	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.44	—	0.035	0.039	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.57	—	0.043		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.53	—	0.044		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.41	—	0.032		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.004 (L)	—	0.49	—		0.017	0.013

备注: 检测结果小于检出限报最低检出限值加 (L)。

表 3.2-2 续 环境空气质量监测结果

单位：mg/m³

德庆村

监测日期	监测时间	监测结果									
		二氧化氮 (NO ₂)		二氧化硫 (SO ₂)		一氧化碳 (CO)		臭氧 (O ₃)		PM ₁₀ (日均值)	PM _{2.5} (日均值)
		时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日均值	时均值	日最大 8 小时均值		
2019.9.11	02	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.32	—	0.043	0.048	—	—
	08	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.38	—	0.051		—	—
	14	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.45	—	0.055		—	—
	20	0.015 (L)	—	0.007 (L)	—	0.42	—	0.042		—	—
	24h	—	0.006 (L)	—	0.004 (L)	—	0.36	—	0.018	0.014	
最大浓度值	0.015 (L)	0.006 (L)	0.007 (L)	0.006	0.57	0.49	0.055	0.048	0.023	0.014	
标准限值	0.2	0.08	0.5	0.15	10	4	0.2	0.16	0.15	0.075	
占比 (%)	<7.5	<7.5	<1.4	4.0	5.7	12.3	27.5	30.0	15.3	18.7	

备注：检测结果小于检出限报最低检出限值加 (L)。

表 3.2-3 大气环境监测项目设备一览表

序号	名称	品牌	型号	资产编号	上次校准时间	下次计划校准时间
1	智能综合大气采样器	青岛崂山应用	2050	DQ2016-CY43	2018.11.16	2019.11.15
2	智能综合大气采样器	青岛崂山应用	2050	DQ2016-CY44	2018.11.16	2019.11.15
3	智能综合大气采样器	青岛崂山应用	2050	DQ2016-CY46	2019.03.06	2020.03.06
4	智能综合大气采样器	青岛崂山应用	2050	DQ2016-CY47	2019.03.06	2020.03.05
5	智能综合大气采样器	青岛崂山应用	2050	DQ2017-CY48	2019.05.29	2020.05.29
6	智能综合大气采样器	青岛崂山应用	2050	DQ2017-CY49	2019.05.29	2020.05.29
7	便携式红外气体分析仪	北京市华云	GXH-3011A	SG2014-XJ25	2018.11.16	2019.11.15

表 3.2-4 标准滤膜和空白滤膜质控

单位: g

标准滤膜质控

序号	项目	标准滤膜编号	标准滤膜称量质量	标准滤膜原始质量	标准滤膜质量差不确定度	标准滤膜称量质量与原始质量误差	称量评价结果
1	PM _{2.5}	20190905001	0.56482	0.56481	±0.0005	0.00001	合格
2	PM _{2.5}	20190905002	0.58327	0.58325	±0.0005	0.00002	合格
3	PM _{2.5}	20190905003	0.56281	0.56284	±0.0005	-0.00003	合格
4	PM _{2.5}	20190905004	0.56279	0.56276	±0.0005	0.00003	合格
5	PM _{2.5}	20190905005	0.57281	0.57283	±0.0005	-0.00002	合格
6	PM _{2.5}	20190905006	0.58628	0.58629	±0.0005	-0.00001	合格
7	PM _{2.5}	20190905007	0.58327	0.58322	±0.0005	0.00005	合格
8	PM _{2.5}	20190905008	0.58697	0.58691	±0.0005	0.00006	合格
9	PM ₁₀	20190905009	0.56627	0.56622	±0.0005	0.00005	合格
10	PM ₁₀	20190905010	0.56382	0.56378	±0.0005	0.00004	合格
11	PM ₁₀	20190905011	0.57414	0.57423	±0.0005	-0.00009	合格
12	PM ₁₀	20190905012	0.58721	0.58726	±0.0005	-0.00005	合格
13	PM ₁₀	20190905013	0.58697	0.58691	±0.0005	0.00006	合格
14	PM ₁₀	20190905014	0.56238	0.56232	±0.0005	0.00003	合格
15	PM ₁₀	20190905015	0.562428	0.56239	±0.0005	0.00011	合格
16	PM ₁₀	20190905016	0.562811	0.562821	±0.0005	0.00010	合格

空白滤膜质控

序号	批号	样品编号	监测项目	监测结果	标准滤膜质量差不确定度	评价
1	001	现场空白 1	PM _{2.5}	0.00006	±0.0005	合格
2	002	现场空白 1	PM ₁₀	0.00010	±0.0005	合格

表 3.2-5 二氧化硫、二氧化氮、臭氧现场空白和实验室空白质控

单位：μg

二氧化硫实验室空白质控

序号	批号	样品编号	监测项目	监测结果	最低检出限	评价
1	010	试剂空白 1	二氧化硫	3	7	合格
2	012	试剂空白 2	二氧化硫	3	7	合格

二氧化硫现场空白质控

序号	批号	样品编号	监测项目	监测结果	最低检出限	评价
1	003	现场空白 1	二氧化硫	3	7	合格
2	004	现场空白 2	二氧化硫	2	7	合格
3	005	现场空白 3	二氧化硫	2	7	合格
4	006	现场空白 4	二氧化硫	3	7	合格
5	007	现场空白 5	二氧化硫	4	7	合格
6	008	现场空白 6	二氧化硫	3	7	合格
7	009	现场空白 7	二氧化硫	4	7	合格

表 3.2-5 续 二氧化硫、二氧化氮、臭氧现场空白和实验室空白质控

单位：μg

二氧化氮实验室空白质控

序号	批号	样品编号	监测项目	监测结果	最低检出限	评价
1	013	试剂空白 1	二氧化氮	7	15	合格
2	014	试剂空白 2	二氧化氮	6	15	合格

二氧化氮现场空白质控

序号	批号	样品编号	监测项目	监测结果	最低检出限	评价
1	015	现场空白 1	二氧化氮	4	15	合格
2	016	现场空白 2	二氧化氮	3	15	合格
3	017	现场空白 3	二氧化氮	2	15	合格
4	018	现场空白 4	二氧化氮	6	15	合格
5	019	现场空白 5	二氧化氮	3	15	合格
6	020	现场空白 6	二氧化氮	4	15	合格
7	021	现场空白 7	二氧化氮	2	15	合格

表 3.2-5 续 二氧化硫、二氧化氮、臭氧现场空白和实验室空白质控

单位：μg

臭氧实验室空白质控

序号	批号	样品编号	监测项目	监测结果	最低检出限	评价
1	20180502	试剂空白 1	臭氧	0.011	0.010	合格
2	20180502	试剂空白 2	臭氧	0.012	0.010	合格

臭氧现场空白质控

序号	批号	样品编号	监测项目	监测结果	最低检出限	评价
1	20180502	现场空白 1	臭氧	0.015	0.010	合格
2	20180502	现场空白 2	臭氧	0.015	0.010	合格
3	20180502	现场空白 3	臭氧	0.018	0.010	合格
4	20180502	现场空白 4	臭氧	0.018	0.010	合格
5	20180502	现场空白 5	臭氧	0.014	0.010	合格
6	20180502	现场空白 6	臭氧	0.015	0.010	合格
7	20180502	现场空白 7	臭氧	0.017	0.010	合格

表 3.2-6 厂址半径 200m 范围声环境质量现状监测点位

序号	监测点位名称	监测点位经纬度		监测点位周边情况
		纬度	经度	
1	东南侧厂界	130°32'43.93"	46°44'22.02"	农田
2	西南侧厂界	130°32'30.03"	46°44'24.98"	农田
3	西北侧厂界	130°32'19.06"	46°44'46.05"	农田
4	东北侧厂界	130°32'36.91"	46°44'41.92"	农田
5	应急道路	130°33'06.88"	46°44'25.83"	农田
6	进厂道路	130°32'13.27"	46°44'56.00"	农田
7	厂区西侧（噪声连续监测点）	130°32'20.80"	46°44'41.66"	西侧树林，东侧农田

表 3.2-7 声环境监测气象条件及工况

监测对象	监测时间	气象条件
声环境质量现状	2019.9.5~2019.9.6 10:07~11:59（昼） 03:19~05:34（夜）	多云 温度：28-31℃ 湿度：53-58%RH 风速：≤2.1m/s 风向：西南

表 3.2-8 厂址厂界周围环境噪声检测结果

单位：dB(A)

检测点序号	检测点位置	2019年9月5日		2019年9月6日	
		昼间噪声值	夜间噪声值	昼间噪声值	夜间噪声值
1	东南侧厂界	51	41	52	43
2	西南侧厂界	49	39	50	41
3	西北侧厂界	54	41	54	41
4	东北侧厂界	52	41	52	42
5	应急道路	55	42	55	42
6	进厂道路	59	41	59	42

注：监测点位执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 1 类声环境功能区要求：昼间 55dB(A)，夜间 45dB(A)。

表 3.2-9 厂址声环境质量现状 24h 连续监测结果

单位：dB(A)

监测时间段	L _{eq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	L _{max}	L _{min}	SD	备注
9-6 0:00~1:00	42.1	43.9	41.8	37.7	50.4	32.3	2.5	周围无噪声源,下同
9-6 1:00~2:00	40.0	43.3	39.6	36.4	50.1	33.5	2.7	-
9-6 2:00~3:00	41.7	43.8	39.8	36.2	50.0	31.1	2.5	-
9-6 3:00~4:00	40.7	43.2	40.1	37.0	48.6	32.2	2.2	-
9-6 4:00~5:00	43.3	45.0	41.9	39.2	50.5	36.1	3.1	-
9-6 6:00~6:00	42.1	44.2	41.4	37.7	47.8	34.3	3.2	-
9-6 6:00~7:00	42.9	44.3	41.1	38.8	51.5	35.3	3.4	-
9-6 7:00~8:00	40.2	44.5	42.2	37.7	48.5	36.5	2.5	-
9-6 8:00~9:00	40.1	44.2	40.9	36.8	46.5	36.1	2.1	-
9-6 9:00~10:00	37.9	42.6	37.3	35.9	47.3	34.5	2.7	-
9-6 10:00~11:00	38.7	41.4	39.2	37.7	46.5	35.9	5.2	-
9-6 11:00~12:00	40.1	42.2	39.6	37.7	47.1	36.3	3.6	-
9-5 12:00~13:00	41.1	42.9	40.2	38.3	48.4	37.1	6.2	-
9-5 13:00~14:00	40.3	43.2	40.1	36.9	46.6	35.7	2.5	-
9-5 14:00~15:00	41.3	44.5	40.8	37.9	47.5	36.6	4.1	-
9-5 15:00~16:00	42.2	46.1	41.3	38.1	47.4	35.5	2.5	-
9-5 16:00~17:00	43.4	45.1	42.2	37.7	45.6	36.8	2.5	-
9-5 17:00~18:00	42.1	44.9	40.9	38.1	46.6	36.7	2.1	-
9-5 18:00~19:00	41.3	44.3	40.8	37.1	48.7	37.2	3.1	-
9-5 19:00~20:00	40.3	42.3	40.5	38.0	48.9	34.7	2.5	-
9-5 20:00~21:00	41.5	44.0	40.6	36.7	49.3	35.3	3.3	-
9-5 21:00~22:00	40.9	43.6	40.2	36.4	49.1	36.7	3.5	-
9-5 22:00~23:00	40.6	43.1	40.5	37.1	48.6	35.4	3.5	-
9-5 23:00~24:00	39.8	43.8	39.6	36.8	47.9	36.6	3.1	-
L _d 41					L _n 41			
$L_{dn} = 10 \lg_{10} \left[\frac{1}{24} \left(16 \times 10^{L_d / 10} + 8 \times 10^{(L_n + 10) / 10} \right) \right] = 47$								

注：监测点位执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的1类声环境功能区要求：昼间55dB(A)，夜间45dB(A)。

表 3.2-10 噪声测量仪器信息

仪器名称	仪器型号	编号	校准证书	有效期
多功能声级计	AWA6228	HJ-85	801054178	2019-07-25 至 2020-07-24
声校准器	AWA6221A	HJ-86	801246545	2019-07-25 至 2020-07-24
多功能声级计	AWA6228	HJ-18	800995681	2019-03-05 至 2020-03-04

表 3.2-11 水样采样点位信息

序号	监测点位名称	监测点位经纬度		方位
		纬度	经度	
1	铃铛麦河	130°29'52.52"	46°44'36.15"	WNW 方位, 3.5km
2	龙江环保中水(排水口)	130°26'44.41"	46°50'50.42"	NNW 方位, 13.9km
3	松花江取水口	130°30'17.79"	46°52'20.37"	N 方位, 14.8km

表 3.2-12 水质量监测方法和仪器

监测项目	监测方法	分析仪器名称型号编号	方法检出限
水温	水质 水温的测定 温度计或颠倒温度计测定法 (GB/T 13195-1991)	PHS-3C pH 计 SG2012-LH02	-
pH	水质 pH 值的测定 玻璃电极法 (GB/T6920-1986)	PHS-3C pHSG2012-LH02	-
溶解氧	水质 溶解氧的测定 电化学探头法 (HJ 506-2009)	溶氧测定仪 DQ2016-SH04	-
化学需氧量	水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法 (HJ828-2017)	COD 恒温加热器 DQ2015-LH18	4mg/L
五日生化需氧量	水质 五日生化需氧量 (BOD ₅) 的测定 稀释与接种法 (HJ505-2009)	溶氧测定仪 DQ2016-SH04生化培养箱 SG2012-SH01	0.5mg/L
总氮	水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法 (HJ 636-2012)	紫外可见分光光度计 DQ2018-LH37	0.05mg/L
氨氮	水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法 (HJ535-2009)	紫外可见分光光度计 DQ2018-LH37	0.025mg/L
总磷	水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法 (GB/T 11893-1989)	紫外可见分光光度计 DQ2018-LH39	0.01mg/L
石油类	水质 石油类和动植物的测定 红外分光光度法 (HJ637-2012)	红外测油仪	0.01mg/L
阴离子表面活性剂	水质 阴离子表面活性剂的测定 亚甲基蓝分光光度法 (GB/T 7494-1987)	紫外可见分光光度计 DQ2018-LH37	0.05mg/L
挥发酚	水质 挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法 (HJ 503-2009)	紫外可见分光光度计 DQ2018-LH37	0.0003mg/L
悬浮物	水质 悬浮物的测定 重量法 (GB/T11901-1989)	分析天平 SG2012-CL03	4mg/L

表 3.2-13 厂址所在区域地表水水质监测结果

参数		监测结果		评价标准	监测结果	评价标准
项目	单位	铃铛麦河	松花江取水口	GB3828-2002 4 (3) 类标准	龙江环保中水 (排水口)	GB18918-2002 一级 A 标准
水温	℃	24.5	25.2	-	25.8	-
pH	无量纲	6.83	6.48	6-9	6.35	6-9
溶解氧	mg/L	8.3	7.1	≥3 (≥5)	7.9	-
化学需氧量	mg/L	17	18	≤30 (≤20)	20	≤50
五日生化需氧量	mg/L	5.8	3.5	≤6 (≤4)	7.0	≤10
总氮	mg/L	1.33	0.93	≤1.5 (≤1.0)	0.08	≤15
氨氮	mg/L	0.955	0.804	≤1.5 (≤1.0)	0.050	≤5
总磷	mg/L	0.28	0.17	≤0.3 (≤0.2)	0.23	≤0.5
石油类	mg/L	0.09	0.04	≤0.5 (≤0.05)	0.07	≤1
阴离子表面活性剂	mg/L	0.20	0.12	≤0.3 (≤0.2)	0.15	≤0.5
挥发酚	mg/L	0.0012	0.0010	≤0.01 (≤0.05)	0.0008	-
悬浮物	mg/L	38	31	-	9	≤10

注:

1 括号 () 为地表水3类标准限值;

2 人为造成的环境水温变化限制在: 周平均最大温升≤1℃, 周平均最大温降≤2℃。

表 3.2-14 水环境监测项目设备一览表

序号	名称	品牌	型号	资产编号	上次校准时间	下次计划校准时间
1	pH 计	上海精密	PHS-3C	SG2012-LH02	2019.06.06	2020.06.05
2	溶氧测定仪	中安康科技	85A	DQ2016-SH04	2019.06.10	2020.06.09
3	生化培养箱	上海精宏	SHP-150	SG2012-SH01	2018.03.06	2019.03.05
4	COD 恒温加热器	青岛明华	TC-1	DQ2015-LH18	——	——
5	紫外可见分光光度计	上海美普达	UV-1800	DQ2018-LH39	2018.12.28	2019.12.27
6	721G 紫外可见分光光度计	上海舜宇恒平	721	DQ2018-LH37	2018.09.20	2019.09.19
7	分析天平	梅特勒-托利多（上海）	AL204	SG2012-CL03	2019.03.17	2020.03.16
8	红外测油仪	吉林市吉光	JL BG-12111	DQ2019-LH40	2019.8.16	2020.8.15

表 3.2-15 水质分析准确度及精确度质控
水质分析准确度质控

检测项目	质控样编号或指定值	测得质控样值	准确度%	控制要求	结果符合性
化学需氧量	2001126	27.3mg/L	—	28.1±1.9mg/L	符合
总磷	B1802027	1.02mg/L	—	1.01±0.05mg/L	符合
石油类	4.00μg	3.96μg	1.5	<10%	符合
阴离子表面活性剂	70.00μg	69.96μg	0.1	<20%	符合
挥发酚	200356	0.0145	—	14.9±1.2mg/L	符合
氨氮	2005108	0.297	—	0.296±0.010mg/L	符合
总氮	203245	0.634	—	0.618±0.049mg/L	符合

水质分析精确度质控

检测项目	检测样品浓度 (mg/L)	相对偏差 (%)	控制要求 (%)	精密度符合性	平行样类型
化学需氧量	17	3.0	≤10	符合	实验室平行
	16				
五日生化需氧量	6.0	3.4	≤20	符合	实验室平行
	5.6				
总磷	0.31	0.2	≤10	符合	实验室平行
	0.32				
阴离子表面活性剂	0.19	2.6	≤25	符合	实验室平行
	0.20				
挥发酚	0.0011	4.3	≤25	符合	实验室平行
	0.0012				
氨氮	0.951	0.4	≤15	符合	实验室平行
	0.959				
总氮	1.36	2.3	≤5	符合	实验室平行
	1.30				

表 3.2-16 厂址电磁环境质量现状监测点位信息

点位汇总

监测对象		监测项目	监测频次	监测点数	点位说明	平行样/ 现场比对抽样
电磁环境	厂址区域及周边	射频综合场强	1	14	厂址边界	3
		工频电场强度	1	4	环境敏感区域及厂址附近居民点	
	现有电磁辐射源	工频磁感应强度	1	11	电磁辐射	2

点位信息

点位编号	代表区域	点位名称	方位	距离 (km)	纬度 N	经度 E	备注
1	厂址边界	厂界1号点	N	—	46°44'39"	130°32'4"	
2		厂界2号点	NNE	—	46°44'32"	130°32'11"	
3		厂界3号点	ENE	—	46°44'25"	130°32'17"	
4		厂界4号点	E	—	46°44'21"	130°32'17"	
5		厂界5号点	SE	—	46°44'16"	130°32'16"	
6		厂界6号点	SSE	—	46°44'13"	130°32'11"	
7		厂界7号点	SSW	—	46°44'14"	130°32'4"	
8		厂界8号点	W	—	46°44'21"	130°31'59"	
9		厂界9号点	W	—	46°44'23"	130°32'0"	
10		厂界10号点	WNW	—	46°44'27"	130°31'57"	
11		厂界11号点	NW	—	46°44'31"	130°31'56"	
12		厂界12号点	NW	—	46°44'34"	130°31'55"	
13		厂界13号点	NW	—	46°44'24"	130°32'3"	
14		厂界14号点	W	—	46°44'22"	130°32'3"	

表 3.2-16 续 厂址电磁环境质量现状监测点位信息

点位信息

点位编号	代表区域	点位名称	方位	距离 (km)	纬度 N	经度 E	备注
15	环境敏感区域及厂址附近居民点	红星村	NE	2.6	46°45'14"	130°33'46"	
16		德庆村德庆中街	E	2.0	46°44'28"	130°33'39"	
17		创业村立军食杂店	ESE	2.4	46°43'39"	130°33'42"	
18		东四合村	W	2.6	46°44'34"	130°30'6"	
19	电磁辐射源	福田村通信基站	N	2.3	46°45'40"	130°32'12"	
20		红星村通信基站	NE	2.3	46°45'14"	130°33'28"	
21		德庆村通信基站	E	1.9	46°44'27"	130°33'36"	
22		创业村通信基站	ESE	2.6	46°43'39"	130°33'54"	
23		恒德村通信基站	SE	4.1	46°42'36"	130°33'59"	
24		东胜村通信基站	SW	3.0	46°43'16"	130°30'21"	
25		长发镇通信基站	W	5.3	46°44'1"	130°27'55"	5km 外
26		东四合村通信基站	W	2.4	46°44'24"	130°30'13"	
27		巨兴村通信基站	NW	3.0	46°45'43"	130°30'46"	
28		永兴村通信基站	NNW	2.8	46°45'41"	130°31'6"	
29		垃圾焚烧电厂旁高压输变电路	NNW	7.1	46°47'37"	130°29'12"	5km 外

表 3.2-17 厂址电磁环境质量现状监测所采用的仪器、测量方法

监测对象	测量项目	方法探测下限或量程下限	方法	依据标准	测量仪器
电磁环境	工频电场强度	5mV/m	现场测读	《交流输变电工程电磁环境监测方法》(HJ681-2013)	NBM550&EHP50D 电磁辐射分析仪
	工频磁感应强度	0.3nT			
	射频综合场强	0.2V/m		《辐射环境保护管理导则电磁辐射监测仪器和方法》(HJ/T10.2-1996) 《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》(HJ972-2018)	NBM550&EF0691 综合场强仪

表 3.2-18 电磁环境监测结果

厂址区域及周边

点位编号	点位	测量日期	射频综合场强 (V/m)				工频电场强度 (V/m)				工频磁感应强度 (μ T)			
			最大值	最小值	平均值	标准差	最大值	最小值	平均值	标准差	最大值	最小值	平均值	标准差
1	厂界1号点	2019.9.3	0.27	0.25	0.26	0.01	0.098	0.045	0.082	0.020	0.0094	0.0074	0.0083	0.0008
2	厂界2号点	2019.9.3			<0.20		0.094	0.071	0.082	0.008	0.0098	0.0076	0.0086	0.0008
3	厂界3号点	2019.9.3			<0.20		0.097	0.057	0.075	0.014	0.0090	0.0073	0.0081	0.0006
4	厂界4号点	2019.9.3	0.45	0.3	0.39	0.05	0.079	0.058	0.067	0.007	0.0089	0.0072	0.0080	0.0005
5	厂界5号点	2019.9.3	0.29	0.21	0.24	0.03	0.085	0.056	0.067	0.011	0.0082	0.0066	0.0073	0.0005
6	厂界6号点	2019.9.3	0.27	0.2	0.25	0.02	0.112	0.068	0.089	0.015	0.0102	0.0081	0.0092	0.0008
7	厂界7号点	2019.9.3			<0.20		0.084	0.044	0.067	0.015	0.0099	0.0080	0.0089	0.0006
8	厂界8号点	2019.9.3	0.29	0.25	0.28	0.01	0.096	0.075	0.087	0.007	0.0095	0.0083	0.0089	0.0005
9	厂界9号点	2019.9.3	0.27	0.21	0.24	0.02	0.087	0.078	0.082	0.003	0.0110	0.0087	0.0097	0.0008
10	厂界10号点	2019.9.3	0.33	0.25	0.28	0.03	0.096	0.073	0.081	0.009	0.0089	0.0080	0.0084	0.0004
11	厂界11号点	2019.9.3			<0.20		0.099	0.064	0.083	0.011	0.0107	0.0086	0.0097	0.0008
12	厂界12号点	2019.9.3			<0.20		0.131	0.109	0.121	0.009	0.0089	0.0074	0.0083	0.0005
13	厂界13号点	2019.11.5			<0.20		未测量该项目							
14	厂界14号点	2019.11.5			<0.20		未测量该项目							
15	红星村	2019.9.3	0.67	0.58	0.62	0.03	0.711	0.706	0.708	0.002	0.1138	0.1122	0.1130	0.0007
16	德庆村德庆中街	2019.9.3	0.41	0.34	0.37	0.02	0.416	0.402	0.410	0.005	0.0090	0.0082	0.0085	0.0003
17	创业村立军食杂店	2019.9.3	0.29	0.26	0.27	0.01	2.074	2.018	2.034	0.020	0.0385	0.0352	0.0366	0.0011
18	东四合村	2019.11.5			<0.20		未测量该项目							
GB8702-2014 规定限值			12				4000				100			

表 3.2-18 续 电磁环境监测结果

现有电磁辐射源（通信基站）

点位编号	点位	测量日期	监测位置	与天线的距离（m）		射频综合场强（V/m）			
				垂直	水平	最大值	最小值	平均值	标准差
19	福田村通信基站	2019.9.3	A（正东主射方向）	35	10	0.51	0.41	0.47	0.04
			B		20	0.40	0.35	0.38	0.02
			C		30	0.41	0.36	0.38	0.02
			D		40	0.37	0.33	0.35	0.01
			E		50	0.32	0.29	0.30	0.01
20	红星村通信基站	2019.9.3	A（西北主射方向）	35	10	0.40	0.34	0.38	0.02
			B		20	0.45	0.38	0.40	0.02
			C		30	0.54	0.44	0.49	0.04
			D		40	0.71	0.54	0.62	0.06
			E		50	0.38	0.35	0.36	0.01
21	德庆村通信基站	2019.11.5	A（正北主射方向）	35	10	0.45	0.29	0.38	0.06
			B		15	0.57	0.46	0.52	0.04
			C		20	0.47	0.38	0.43	0.03
			D		25	0.43	0.32	0.38	0.04
22	创业村通信基站	2019.9.3	A（东北主射方向）	35	30	0.28	0.25	0.26	0.01
			B		40	0.26	0.21	0.24	0.02
			C		55	0.25	0.20	0.23	0.02
			D		60	0.25	0.22	0.24	0.01
GB8702-2014 规定限值						12			

表 3.2-18 续 电磁环境监测结果

现有电磁辐射源（通信基站）

点位编号	点位	测量日期	监测位置	与天线的距离（m）		射频综合场强（V/m）			
				垂直	水平	最大值	最小值	平均值	标准差
23	恒德村通信基站	2019.9.4	A（正北主射方向）	35	15	0.31	0.26	0.28	0.02
			B		25	0.41	0.30	0.35	0.04
			C		35	0.36	0.25	0.29	0.04
			D		45	0.30	0.23	0.26	0.02
			E		55	0.35	0.29	0.31	0.02
24	东胜村通信基站	2019.9.4	A（正西主射方向）	35	10	0.26	0.21	0.25	0.02
			B		20	0.26	0.20	0.22	0.02
			C		30	0.25	0.20	0.23	0.02
			D		40	0.23	0.21	0.22	0.01
			E		50	0.23	0.20	0.21	0.01
25	长发镇通信基站	2019.9.4	A（东北主射方向）	35	10	0.89	0.79	0.84	0.04
			B		20	0.71	0.65	0.67	0.02
			C		30	0.65	0.60	0.62	0.02
			D		40	0.90	0.78	0.85	0.05
			E		50	0.68	0.61	0.63	0.02
GB8702-2014 规定限值						12			

表 3.2-18 续 电磁环境监测结果

现有电磁辐射源（通信基站）

点位编号	点位	测量日期	监测位置	与天线的距离（m）		射频综合场强（V/m）			
				垂直	水平	最大值	最小值	平均值	标准差
26	东四合村通信基站	2019.9.4	A（正东主射方向）	35	10	0.27	0.20	0.24	0.02
			B		20	0.31	0.27	0.28	0.02
			C		30	0.41	0.34	0.38	0.02
			D		40	0.31	0.23	0.28	0.03
			E		50	0.26	0.23	0.25	0.01
27	巨兴村通信基站	2019.9.4	A（正西主射方向）	35	10	0.51	0.39	0.46	0.05
			B		20	0.42	0.35	0.39	0.02
			C		30	0.39	0.34	0.37	0.02
			D		40	0.37	0.31	0.34	0.02
			E		50	0.37	0.30	0.35	0.02
28	永兴村通信基站	2019.9.4	A（东北主射方向）	35	10	0.51	0.45	0.48	0.02
			B		20	0.37	0.30	0.33	0.02
			C		30	0.32	0.26	0.30	0.02
			D		40	0.32	0.26	0.28	0.02
			E		50	0.33	0.27	0.30	0.02
GB8702-2014 规定限值						12			

表 3.2-18 续 电磁环境监测结果
 现有电磁辐射源（输变电路设施）

点位 编号	点位	测量日期	监测位置	与线路的水平距离 (m)	工频电场强度 (V/m)				工频磁感应强度 (μ T)			
					最大值	最小值	平均值	标准差	最大值	最小值	平均值	标准差
29	垃圾焚烧电厂旁 110kV输变电路设施	2019.9.3	A（垂直向东方向）	5	316.2	315.6	315.8	0.2	0.0891	0.0857	0.0875	0.0015
			B	10	223.8	223.1	223.5	0.3	0.0554	0.0547	0.0550	0.0003
			C	15	116.2	115.7	116.0	0.2	0.0312	0.0301	0.0308	0.0004
			D	20	67.0	65.9	66.7	0.4	0.0411	0.0392	0.0401	0.0007
			E	25	39.9	39.4	39.6	0.2	0.0297	0.0271	0.0281	0.0009
			F	30	23.5	23.0	23.3	0.2	0.0280	0.0257	0.0266	0.0008
GB8702-2014 规定限值					4000				100			

表 3.2-19 电磁环境监测仪器设备

仪器名称	型号	编号	检定周期/日期	主要参数
低频电磁辐射监测仪	NBM550&EHP-50D	YQ-02-020	1年/2019.3.29	频率范围：5Hz~100kHz 电场强度量程： 5mV/m~1kV/m（低场强） 500mV/m~100kV/m（高场强） 磁感应强度量程： 0.3nT~100μT（低场强） 30nT~10mT（高场强）
宽频电磁辐射监测仪	NBM550&EF0691	YQ-02-022	1年/2019.4.4	频率范围：100kHz~6GHz 量程：0.2~650V/m

表 3.2-20 电磁环境现场比对抽样测量结果

厂址区域及周边区域

点位名称	测量日期	射频综合场强 (V/m)			A/B
		A	B	平均	
厂界 13 号点	2019.11.5	<0.20	<0.20	—	—
厂界 14 号点	2019.11.5	<0.20	<0.20	—	—
东四合村	2019.11.5	<0.20	<0.20	—	—

现有电磁辐射源

点位名称	红星村通信基站				德庆村通信基站			
测量日期	2019.9.3				2019.11.5			
测量结果	射频综合场强 (V/m)			A*/B*	射频综合场强 (V/m)			A*/B*
	A*	B*	平均		A*	B*	平均	
监测位置 A	0.38	0.38	0.38	1.00	0.38	0.38	0.38	1.00
监测位置 B	0.40	0.37	0.39	1.08	0.52	0.55	0.54	0.95
监测位置 C	0.49	0.53	0.51	0.92	0.43	0.46	0.45	0.93
监测位置 D	0.62	0.52	0.57	1.19	0.38	0.40	0.39	0.95
监测位置 E	0.36	0.38	0.37	0.95	—	—	—	—

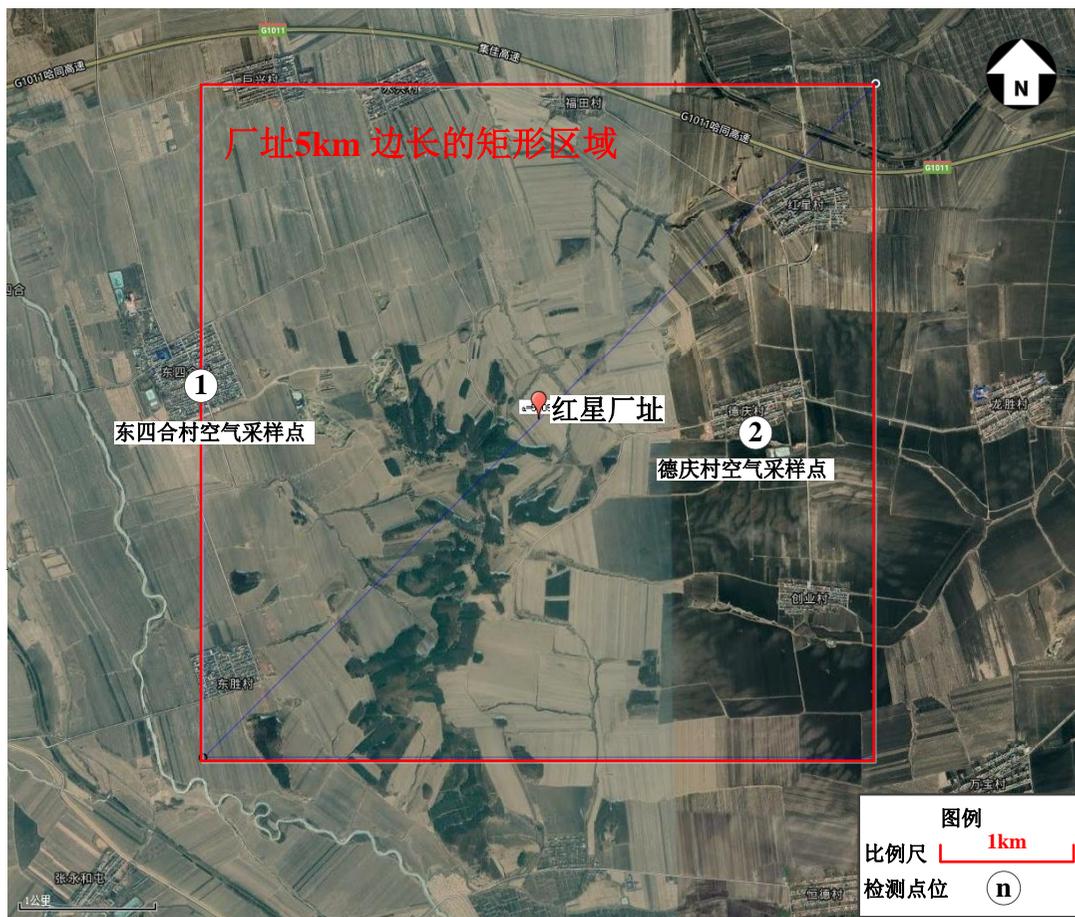


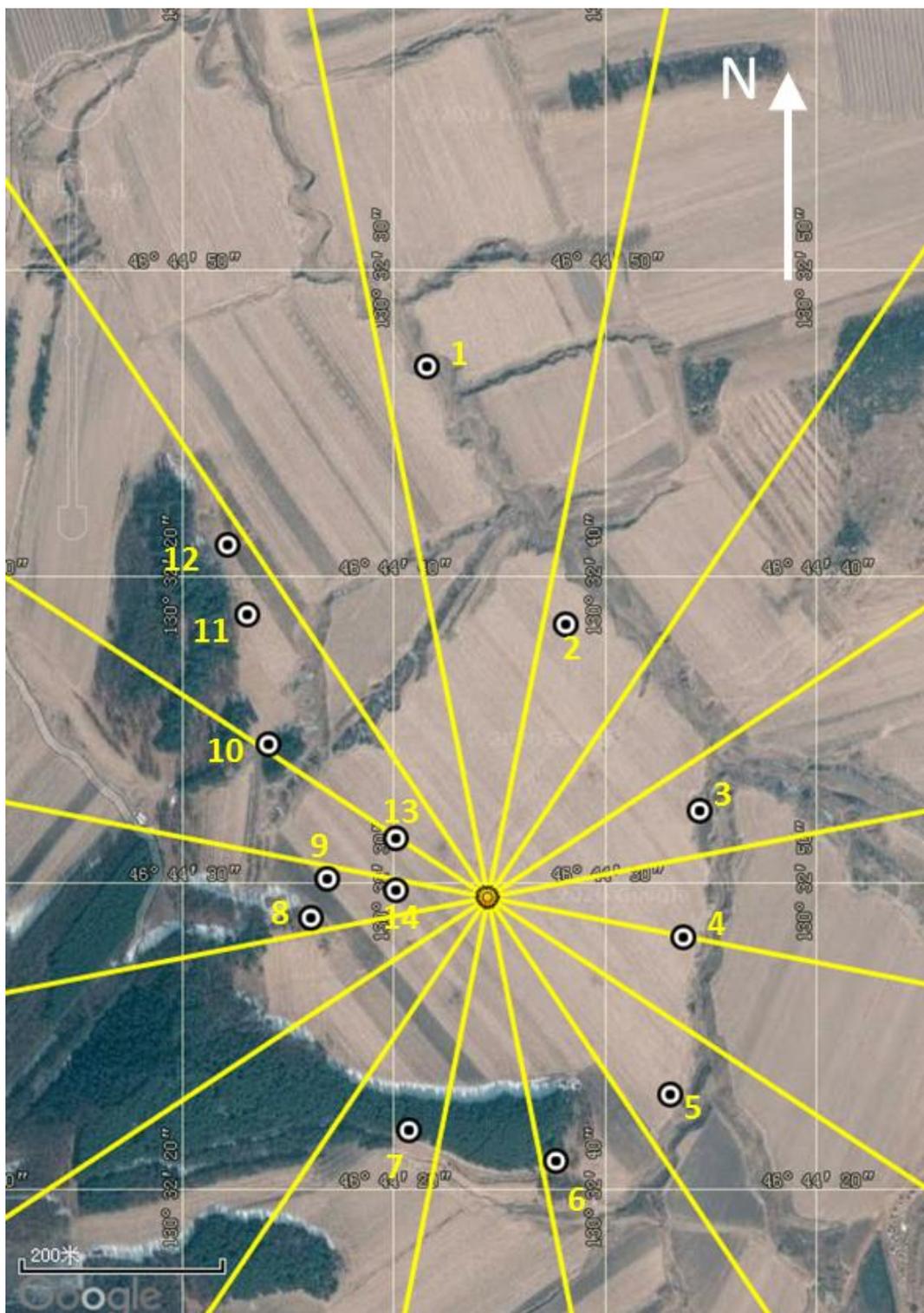
图 3.2-1 环境空气质量监测点位图



图 3.2-2 厂址厂界及周边 200m 噪声监测布点图

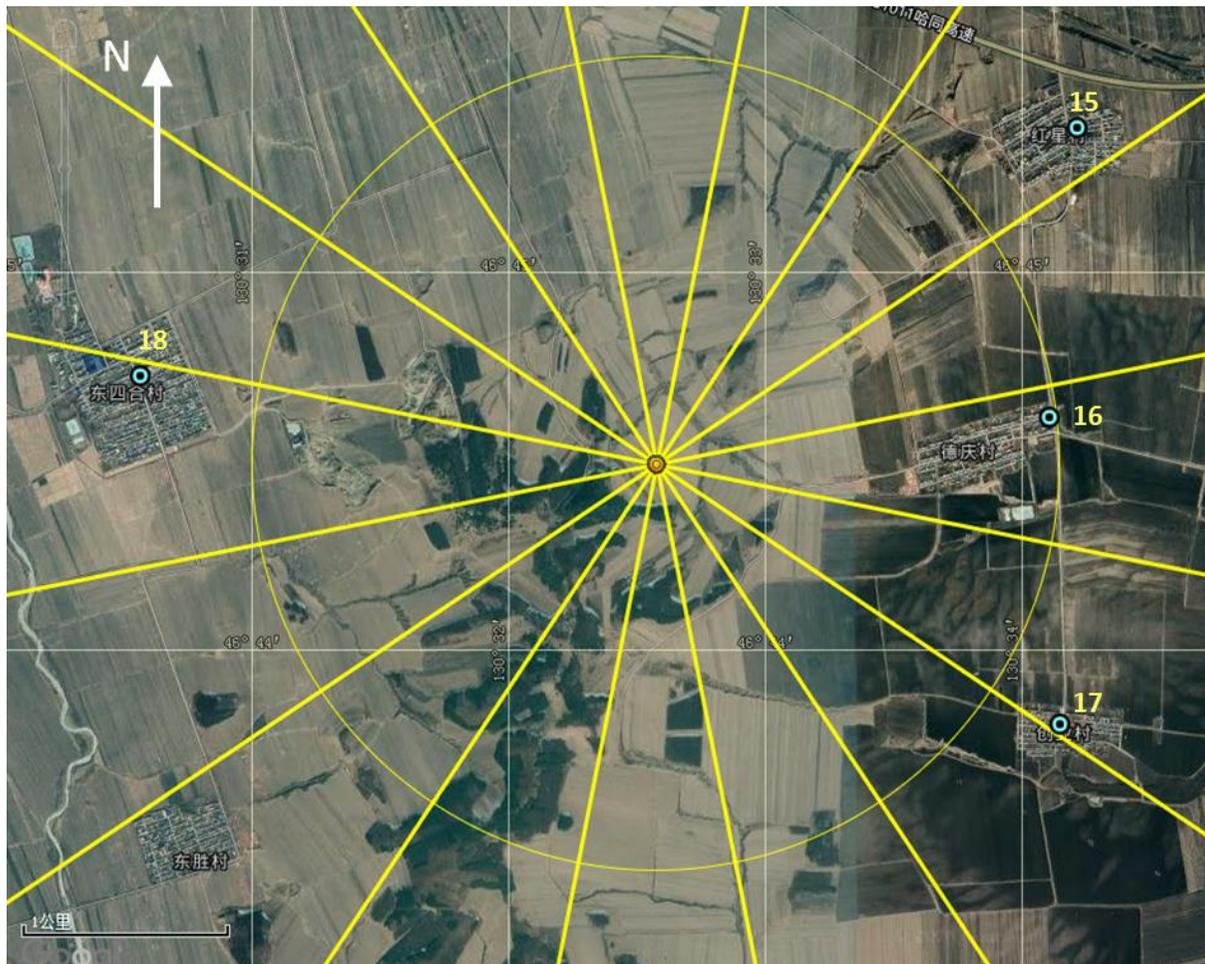


图 3.2-3 厂址所在区域地表水采样布点图



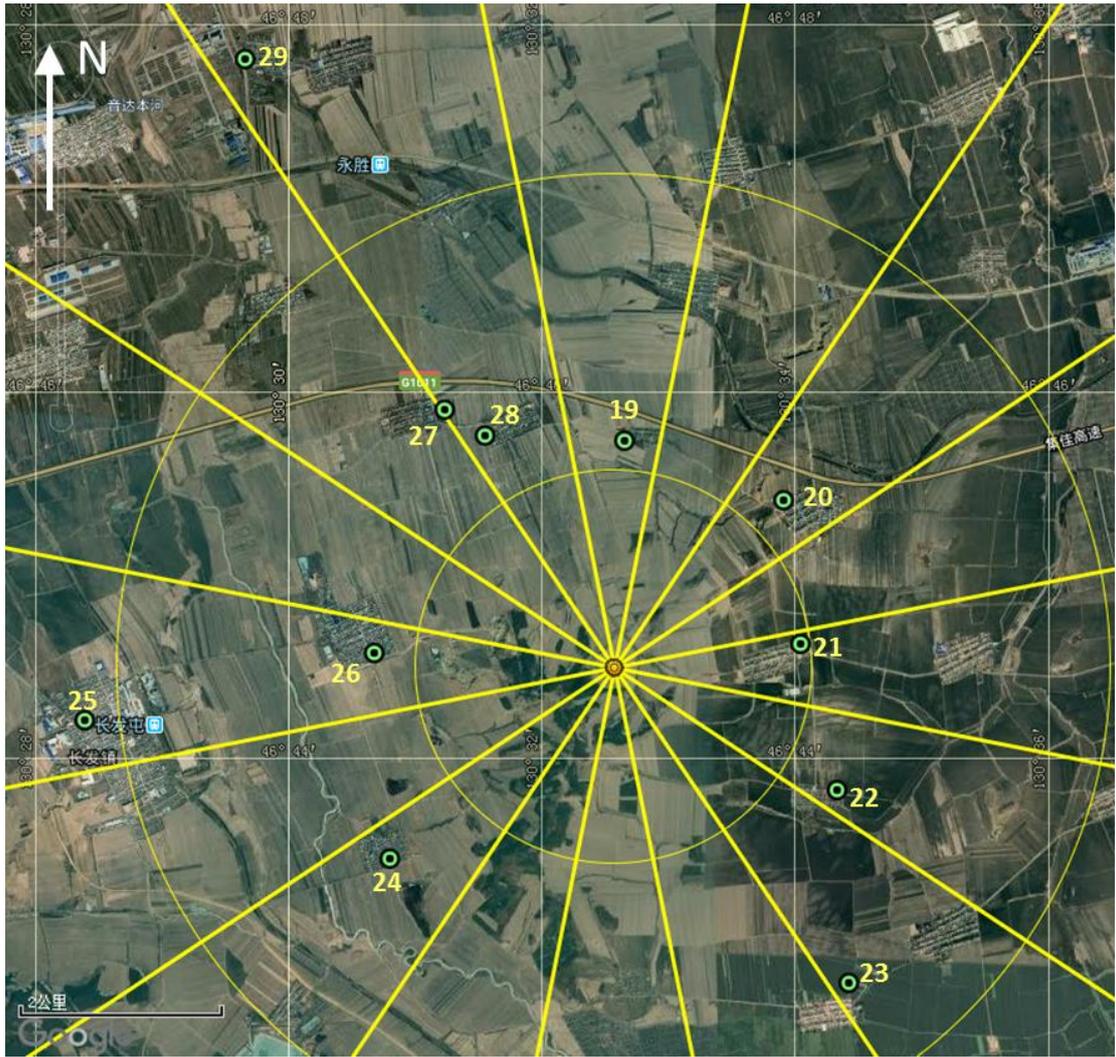
厂址边界（点位编号同表3.2-16）

图 3.2-4 电磁环境监测点位示意图



环境敏感区域及厂址附近居民点（点位编号同表3.2-16）

图 3.2-4 续 电磁环境监测点位示意图



现有电磁源（通信基站）（点位编号同表3.2-16）

图 3.2-4 续 电磁环境监测点位示意图

第四章 核供热堆

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 总平面布置原则

- 厂区总平面规划应满足工艺流程和运输的要求。
- 满足核供热堆及其配套设施所需用地面积。
- 节约用地，合理规划核供热堆厂房位置。
- 依照常年最小风频的上、下侧依次布置生活区、饮用水源、配套设施、主厂房区。
- 各配套设施，在符合有关规范、符合安全的前提下，宜相对集中布置。
- 在满足生产流程前提下注意功能分区，合理区划放射性厂房和非放射性厂房的位置。尽可能使放射性厂房布置在非放射性厂房的下风向，并尽可能使运输放射性废物的道路与厂区主要道路分开。
- 厂区场地的设计标高应满足核安全要求。
- 主厂房群四周应留有足够的场地，以满足布置工程管线和施工需要。
- 道路布置应短捷、人车分流，以满足生产、设备运输、消防和安全等要求。

4.1.2 厂区平面布置

国家电投佳木斯核能供热示范项目厂区总平面布置按4台核供热堆机组设计，根据“一次规划、分期建设”的原则，以及各厂房相关布置资料，合理进行厂区规划和平面布置。根据厂址的地形、气象和厂址环境、地基条件，结合供热系统布置、热管冷却装置及辅助设施与主厂房的工艺联系、放射性辅助设施、水处理设施、仓储设施和厂前区的布置，提出厂区总平面布置方案。厂区用地考虑尽可能避免占用厂址区域西侧和南侧的林地，同时厂区布置在相对平缓的区域，可尽量减少土石方挖填工程量，厂区拟征地面积约22.39万m²。厂区建、构筑物子项一览表见表4.1-1，核供热堆工程厂区规划及平面布置见图4.1-1和图4.1-2。另外，本项目厂区以西规划布置生物质发电厂。

厂区与核安全有关的厂坪设计标高为150.00m（1985国家高程基准，下同）；其他区域根据实际情况适当设置场地纵坡，均高于该地区的设计基准洪水位。

厂区主要建、构筑物包括主厂房区、放射性辅助设施区、水处理设施区、开关站

区、仓库区、厂前区等。各功能区均由道路分隔，做到分工明确。

主厂房区主要包括核岛厂房及其附属设施，四周有道路环绕，将主厂房区与其它各区分开，为施工安装、大件运输、燃料运输及事故工况下人员应急疏散创造了便利条件。

核岛厂房由反应堆厂房和辅助厂房组合而成，每期工程由 2 台核岛厂房联合组成一个主厂房建筑，由北向南一字排开，依次布置。围绕核岛厂房（含反应堆厂房和辅助厂房）建筑，结合生产工艺设置了供热站、柴油发电机厂房、压缩空气站、设备冷却水冷却装置、氢气站等子项，共同组成主厂房区。换热站紧贴布置在每台机组核岛厂房西侧外墙布置，采用单堆设置；柴油发电机厂房布置在每台机组东侧，尽量靠近附属厂房布置，采用单堆设置。

压缩空气站考虑靠近每期工程东北侧布置；设备冷却水冷却装置为设备冷却系统的最终热阱，每个机组对应一台，每期工程使用的两台设备冷却水冷却装置合并成一个子项，主要考虑靠近每期工程西北侧布置；氢气站供核岛使用，就近布置于每期工程北侧。上述 3 个子项设置采用双堆布置。

厂区消防泵房和消防水池成组布置，全厂共用，为核岛以及全厂 BOP 提供消防水。消防泵房和消防水池主要考虑尽量靠近一期工程布置，同时兼顾二期工程使用，位于一期主厂房区的东南侧布置，以保证一期工程期间顺利投用。

厂内与放射性相关的构筑物，主要是去污和热检修车间、载带蒸发站、源库和放化实验室，与主厂房区有一定交通联系，故相对集中设置为放射性辅助生产设施区。考虑到厂区主导风向为西南风和西风，放射性辅助生产设施区位于保护区围墙之内，布置于整个厂区东北侧，处于厂区的下风向。同时，该区域位于一期工程主厂房区域东侧，固体废物运输可由主厂房区东侧道路至去污和热检修车间，经过处理的固体废物可通过去污和热检修车间西侧道路、厂内道路及应急道路运输至厂外。

水处理设施区主要由原水车间、酸碱车间和化水车间等子项组成，主要用于向核供热厂区和生物质厂区供水等，因此布置在一期主厂区北侧，同时兼顾生物质发电厂区，亦方便衔接厂区北侧外部取水管道。根据厂区水处理要求不同，非放废水污水处理设施包括污水处理系统和非放射性废水处理系统，布置于水处理设施区东侧，兼顾全厂使用。

开关站区主要设施包括了 220kV 开关站和 110kV 开关站以及对应的厂用/备用变压器区域，两个开关站分别布置在厂区的北侧和东侧，一用一备；厂用/备用变压器

区域主要连接核岛厂房电气设备与开关站。

仓储区主要由永久仓库和化学品库组成，仓储区主要通过道路与核岛厂房及其他区域连通，因此布置在厂区东南侧，紧邻厂区主干道，方便与厂区各个区域交通联系，同时靠近辅助出入口，方便与外部联系，化学品库由于可能会运输和装卸化学物品，故布置于整个厂区东南角，远离主干道同时保持交通顺畅。

厂前区主要布置综合办公楼和场内应急指挥中心，综合办公楼主要为厂区管理和技术人员提供办公场所，可兼具模拟类培训、全厂消防控制中心等功能。根据厂址规划条件，厂前区布置在厂区北侧更有利于员工上下班与市区的交通联系，同时处于厂区常年风向的侧风向，不会受到主厂区生产的影响。

除了上述主要构筑物外，本工程还布置了两条厂外道路，进厂道路设置在厂区北侧，通过新建局部道路连接至已有乡道，沿已有乡道转折向西到达东四合村，然后转折向北，沿已有乡道连接至城市规划路网；应急道路设置在厂区东南侧，主要沿已有乡道向西连接至006乡道（006乡道在桦川县交通运输局的“十三五”专项规划中，将会扩建为二级公路），沿途经过德庆村和龙胜村时，通过新建道路绕过村庄。

4.1.3 排放口布置

流出物排放口主要为核岛厂房顶部的烟囱。每台机组设置1个烟囱，均位于核岛厂房顶部，全厂共4个。

非放射性废气排放口为柴油发电机厂房，每台机组配置1个柴油发电机厂房，均对应布置于每台机组反应堆厂房的东侧，全厂共4个。

非放射性废液排放口为全厂雨水排放口，全厂暂考虑设置1个排放口，初步考虑设置在厂区东北角。排放口位置分布详见图4.1-3。

表 4.1-1 厂区建、构筑物子项一览表

序号	子项名称		厂区设置
1	核岛厂房	反应堆厂房	单堆设置
2		辅助厂房	单堆设置
3	供热站		单堆设置
4	柴油发电机厂房		单堆设置
5	厂用/备用变压器区域		双堆设置
6	设备冷却水冷却装置		双堆设置
7	气体厂房		双堆设置
8	氢气站		双堆设置
9	源库和放化实验室		全厂设置
10	去污和热检修车间		全厂设置
11	载带蒸发站		全厂设置
12	消防泵房		全厂设置
13	消防水池		全厂设置
14	保卫控制及办证中心		全厂设置
15	1号警卫室		全厂设置
16	保护区出入口		全厂设置
17	保护区辅助出入口		全厂设置
18	控制区出入口		全厂设置
19	控制区辅助出入口		全厂设置
20	原水车间		全厂设置
21	化水车间		全厂设置
22	酸碱车间		全厂设置
23	污水处理设施		全厂设置
24	永久仓库一		全厂设置
25	永久仓库二		全厂设置
26	化学品库		全厂设置
27	220kV 开关站		全厂设置
28	110kV 开关站		全厂设置
29	10kV 施工开关站		全厂设置
30	综合办公楼（培训档案馆等）		全厂设置
31	综合办公楼（行政办公等）		全厂设置
32	场内应急指挥中心		全厂设置
33	气象观测站		全厂设置
34	警卫营房		全厂设置
35	消防站		全厂设置
36	厂区围墙		全厂设置
37	厂区道路		全厂设置
38	综合管沟		全厂设置

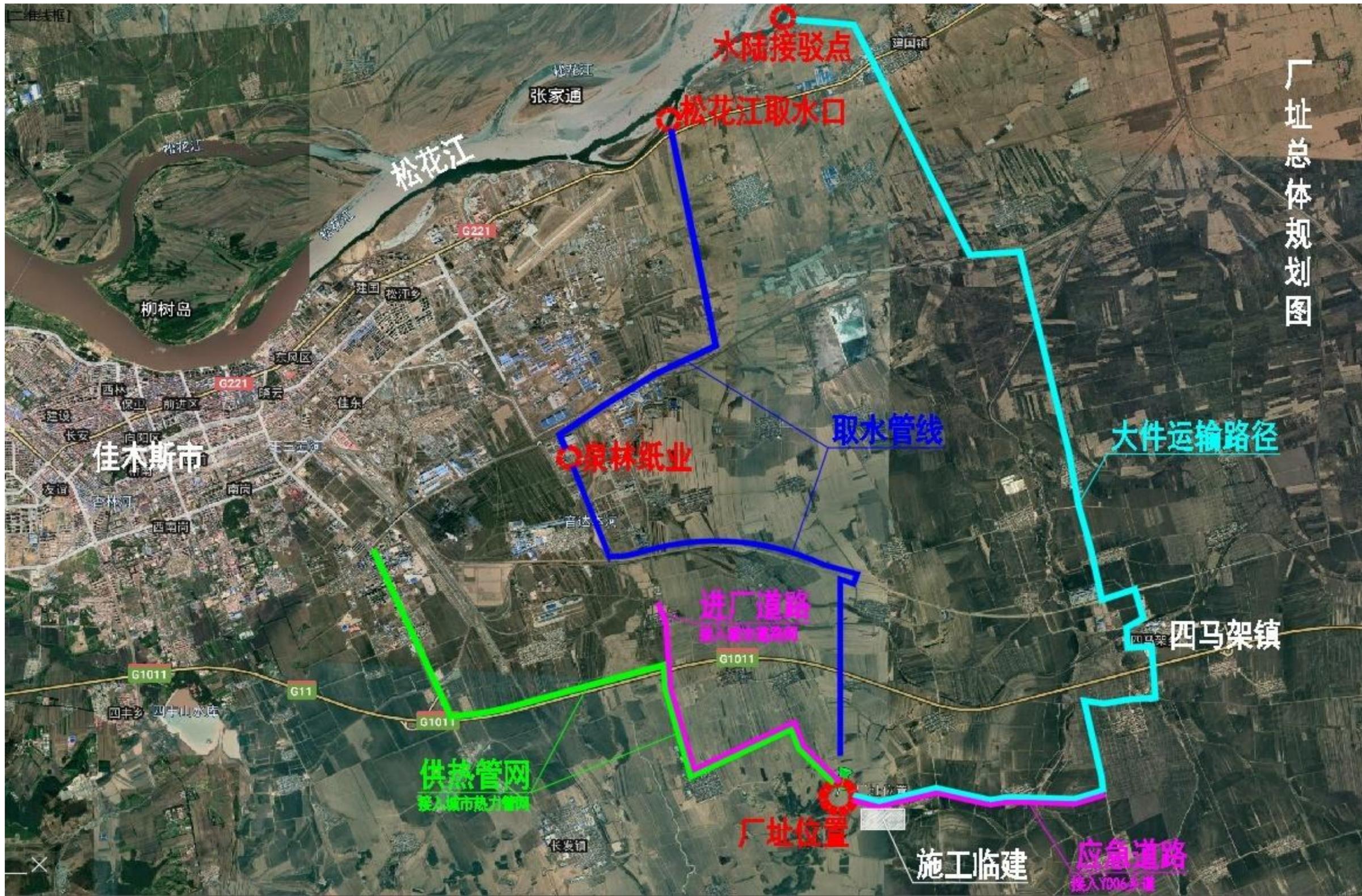


图 4.1-1 核能供热站总体规划图

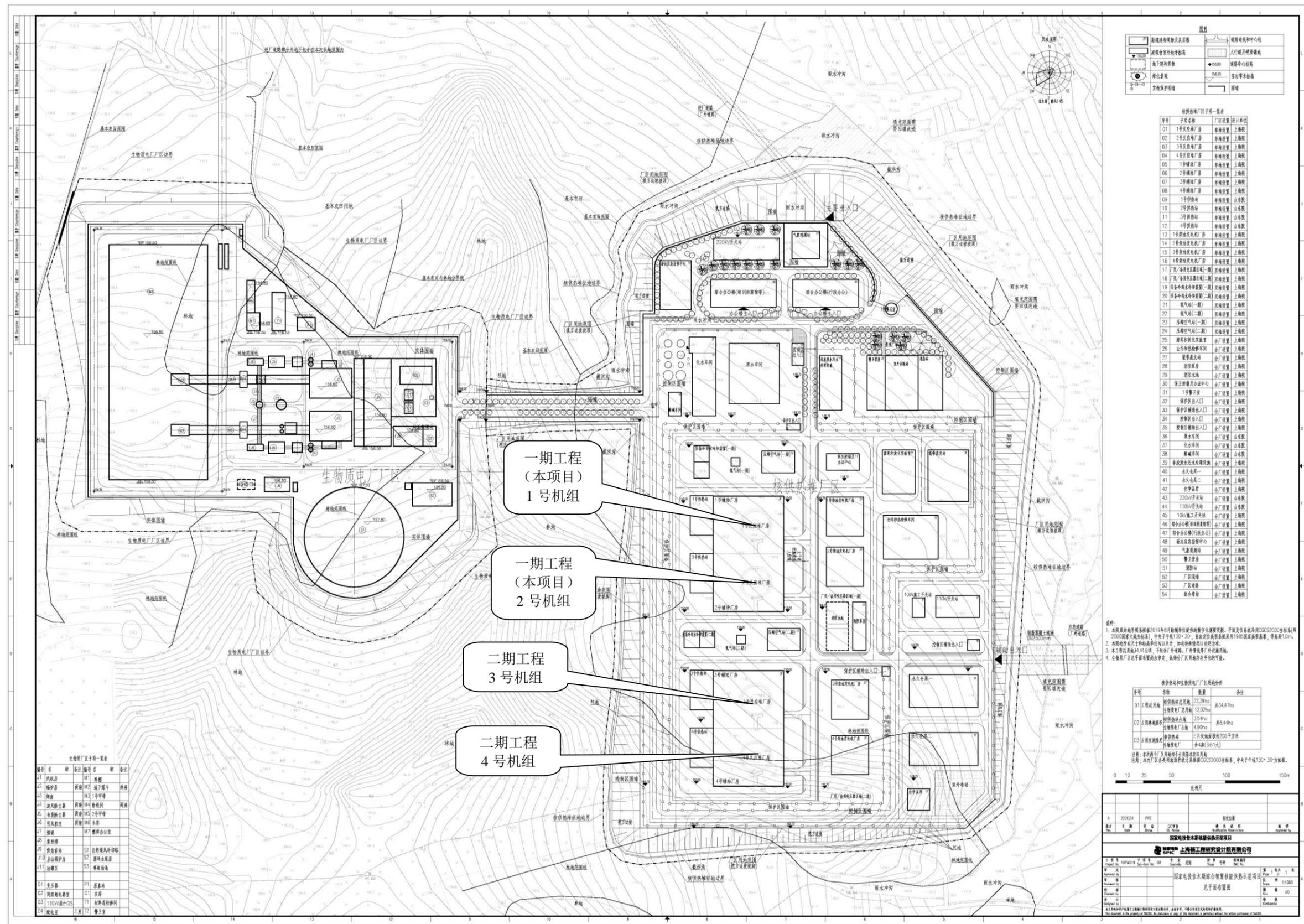


图 4.1-2 核能供热站总平面布置图

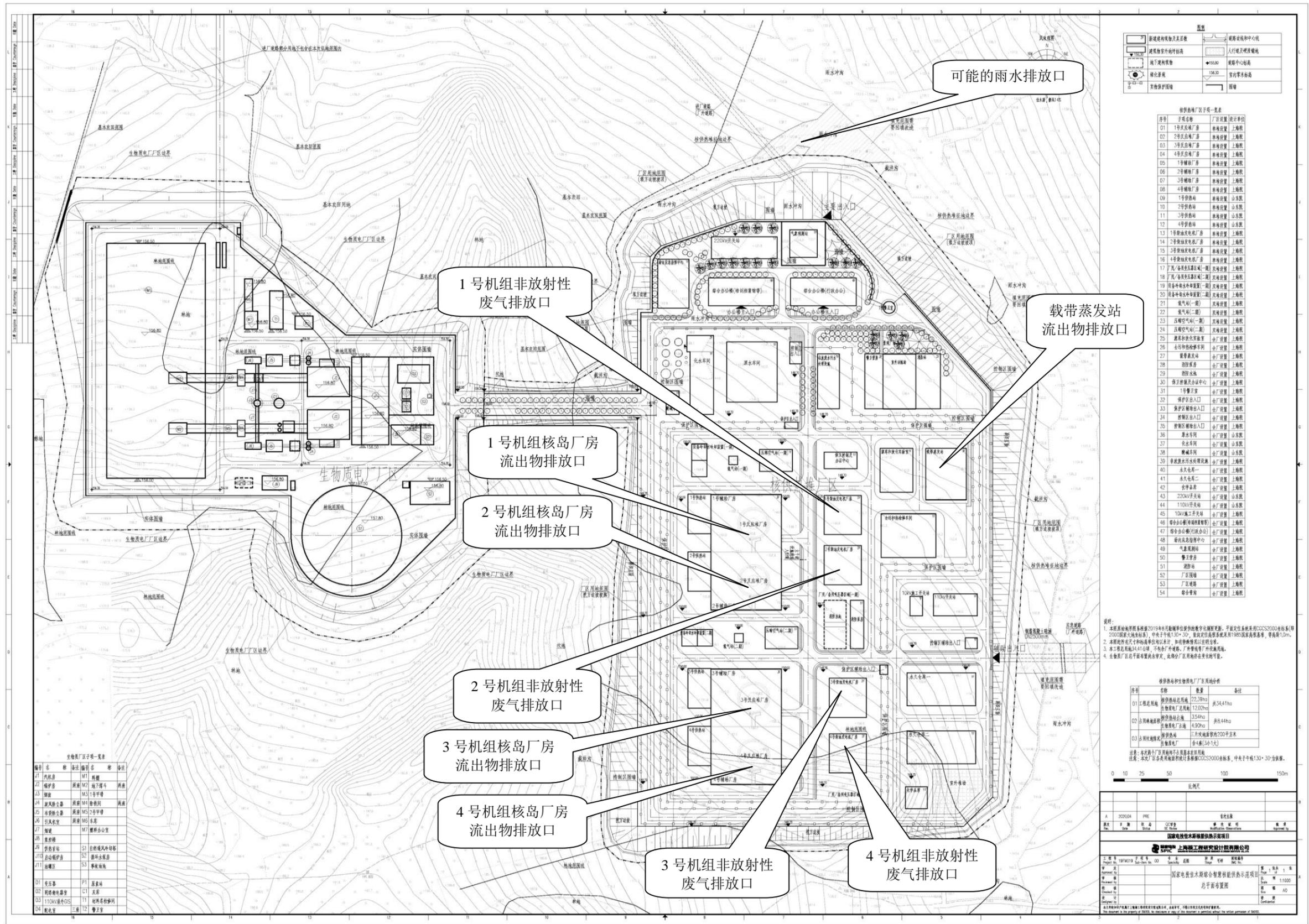


图 4.1-3 核能供热站排放口平面位置分布图

房内。

反应堆冷却剂系统主要执行以下功能：

- 反应堆冷却剂系统是防止放射性物质向外释放的一道屏障，作为压力边界在所有运行工况下容纳反应堆冷却剂和/或应急堆芯冷却剂并限制放射性物质不可控地释放到安全壳。
- 正常运行时，反应堆冷却剂系统将堆芯产生的热量带出，通过一二回路换热组件传给中间隔离回路给水，以保持燃料包壳的完整性。停堆和事故工况下，反应堆冷却剂系统将堆芯产生的余热带出。
- 反应堆冷却剂系统在启动、停止和正常运行过程中产生的水容积变化通过稳压器进行补偿。稳压器控制反应堆冷却剂系统压力在允许范围内，防止主回路超压或压力过低。
- 小破口事故下，反应堆冷却剂可以实现自动卸压，使一次侧压力快速降低至应急堆芯冷却系统的注入压力。

反应堆冷却剂系统流程简图见图 4.2-2。

4.2.2.3 中间隔离回路系统（JGS）

中间隔离回路系统主要设备包括 2 台中间隔离回路循环泵、2 台波动箱、5 台二三回路蒸汽发生器（4 用 1 备）和 5 台二三回路供热换热器（4 用 1 备）。在正常运行期间，循环泵将循环冷却水输送至一二回路换热组件进口侧，在经一回路的加热升温后，再送入供汽供热环路。循环冷却水通过供热站内的蒸汽发生器、供热换热器分别将热量传递至用汽和采暖用户，然后在回到循环泵入口。中间隔离回路执行以下主要功能如下：

- 中间隔离回路系统提供安全壳隔离和换热组件隔离功能，防止二次侧冷却剂的快速喷放，限制放射性物质向大气的释放。
- 中间隔离回路在波动箱上部设置安全阀，为系统提供超压保护。
- 中间隔离回路系统为二次侧非能动余热排出系统提供流道，以便在事故工况下导出衰变热。
- 中间隔离回路系统为保护和监测系统提供所必须的专设安全设施信号。
- 中间隔离回路执行或支持衰变热导出的纵深防御功能，防止安全有关的二次侧余热排出系统的非必要启动。

中间隔离回路系统流程简图见图 4.2-3。

4.2.2.4 辅助系统

1) 化学和容积控制系统 (KBS)

化学和容积控制系统 (KBS) 由各种热交换器、除盐床、过滤器、上充泵、箱体和相关的阀门、管道和仪表组成。系统作为一个整体, 在核供热堆正常运行期间满足控制反应堆冷却剂系统化学和装量的要求。

系统的主要功能包括:

- 净化: 维持冷却剂纯度和活化程度在一个可接受的水平。
- 控制和补充反应堆冷却剂装量: 维持一回路要求的冷却剂装量; 核供热堆正常运行时维持设定的稳压器水位。
- 化学补偿和化学控制: 在核供热堆启动时维持反应堆冷却剂的化学性能, 并通过维持合适的氢氧化锂浓度控制一回路的 pH 值。
- 氧含量控制: 在功率运行期间通过高压注氢维持冷却剂中合适的氧浓度, 并在每次停堆后使氧浓度达到启动前合适的浓度。
- 一回路充满和压力试验: 为一回路充满和压力试验提供手段。该系统本身不进行反应堆冷却剂系统的水压试验, 但为临时水压试验泵的接入提供接入点。
- 稳压器喷淋: 提供稳压器喷淋以帮助降压。
- 紧急硼化: 该系统可向一回路系统提供非安全有关的硼化补水, 以便在发生事故需要停堆时, 将反应堆冷却剂系统硼化至停堆所要求的硼浓度。

化学和容积控制系统流程简图见图 4.2-4。

2) 乏燃料池冷却系统 (KFS)

乏燃料池冷却系统 (KFS) 由两个冷却系列组成。每一个冷却系列包含一台乏燃冷却泵和一个乏燃热交换器。

系统的主要功能包括:

- 乏燃料池冷却: 运行期间从乏燃料池中排出衰变热, 以维持其温度在可接受限值内。
- 乏燃料池净化: 运行期间对乏燃料池水进行净化。
- 换料水池净化: 换料操作期间对换料水池进行净化。
- 转运水: 换料期间在安全壳内换料水箱和换料水池之间转运水。

- 安全壳内换料水箱净化：正常运行期间对安全壳内换料水箱进行净化和冷却。

乏燃料池冷却系统流程简图见图 4.2-5。

3) 设备冷却水系统 (KAS)

设备冷却水系统用于余排热交换器、小流量热交换器、反应堆冷却剂疏水箱热交换器、取样热交换器和乏池热交换器等设备的冷却，并将热量通过空冷器传递给大气。

系统的主要功能包括：

- 余排热交换器和泵的冷却：在正常停堆时，向化容和余排控制的热交换器及泵提供冷却；在换料和半充水运行时，向化容和余排控制系统的热交换器提供冷却。
- 乏池热交换器的冷却：向乏燃料池热交换器提供冷却。
- 安全壳内换料水箱的冷却：在非能动余热排出热交换器运行时，向化容和余排控制热交换器提供冷却水以冷却安全壳内换料水箱的水。
- 带走堆芯热量：在事故恢复阶段，向化容和余排控制系统提供冷却水带走堆芯热量。
- 其他用户的冷却：为小流量热交换器、反应堆冷却剂疏水箱热交换器、取样热交换器提供冷却水。

设备冷却水系统流程简图见图 4.2-6。

4) 正常余热排出系统 (JNA)

正常余热排出系统由正常余热排出泵、正常余热排出热交换器、启堆加热器和相关的阀门、管道和仪表组成。系统作为一个整体，在核供热堆停堆第二阶段将反应堆冷却剂系统冷却至停堆换料温度，在启堆阶段将反应堆冷却剂系统加热至启堆所需温度。

系统的主要功能包括：

- 反应堆冷却剂系统停堆热量排出—在停堆期间，排出堆芯和反应堆冷却剂系统的热量。
- 停堆净化—在换料期间，提供从反应堆冷却剂系统和换料水池到化学和容积控制系统的净化流。
- 安全壳内换料水箱冷却—为安全壳内换料水箱提供冷却。

- 事故后恢复-在非能动堆芯冷却系统成功缓解事故后，排出堆芯和反应堆冷却剂系统的热量。
- 低温超压保护-在换料、启堆和停堆期间为反应堆冷却剂系统提供低温超压保护。
- 启堆加热：在正常启堆时，向反应堆冷却剂系统提供加热，将系统加热至启堆所需温度。

正常余热排出系统流程简图见图 4.2-7。

表 4.2-1 一体化供热堆主要设计参数

参数	单位	数值
反应堆功率及换料周期		
主回路总热功率（单堆）	MWt	200
换料周期	月	24
堆芯及燃料设计参数		
燃料组件类型	/	17×17 截短型自主化燃料
堆芯燃料组件数	/	57
堆芯活性区高度	cm	190
换料周期	月	24
反应堆冷却剂系统设计参数		
一回路正常运行压力	MPa(a)	9.0
一回路设计压力	MPa(a)	10.0
设计温度	℃	315
一回路出口温度	℃	272
一回路回水温度	℃	202
中间隔离回路设计参数		
中间隔离回路运行压力	MPa(a)	9.5
中间隔离回路设计压力	MPa(a)	10.5
中间隔离回路设计温度	℃	315
中间隔离回路出口温度	℃	246
中间隔离回路回水温度	℃	186
供热回路设计参数		
供热回路供汽出口温度	℃	230
供热回路供汽出口压力	MPa(a)	1.2
供热回路设计压力	MPa(a)	2.0
供热回路设计温度	℃	250
供热回路供水出口温度	℃	120
供热回路供水出口压力	MPa	1.2
供热回路回水温度	℃	60

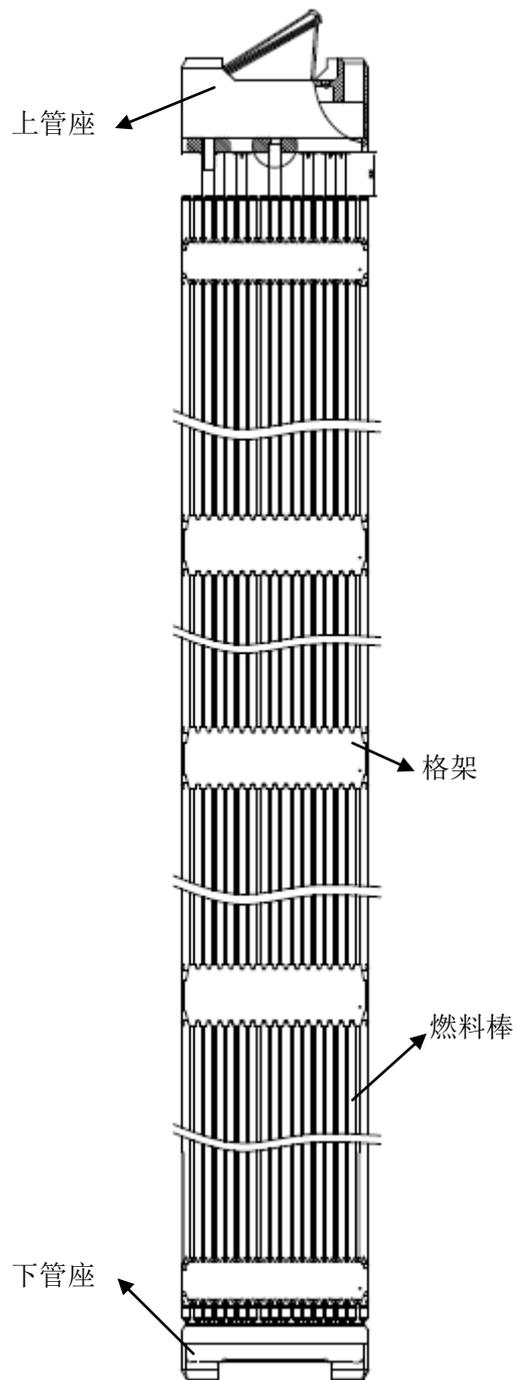


图 4.2-1 燃料组件简图

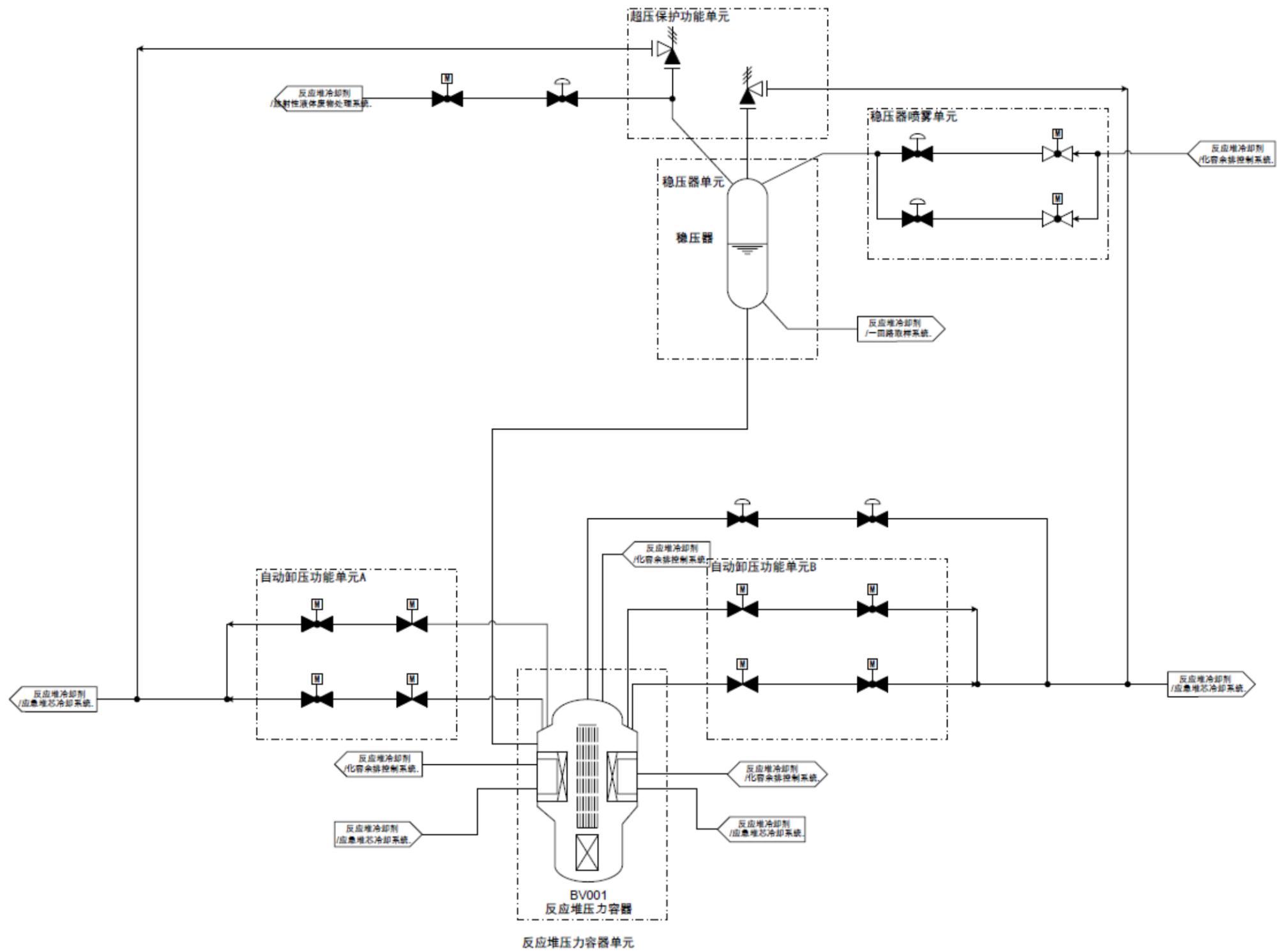


图 4.2-2 反应堆冷却剂系统流程简图

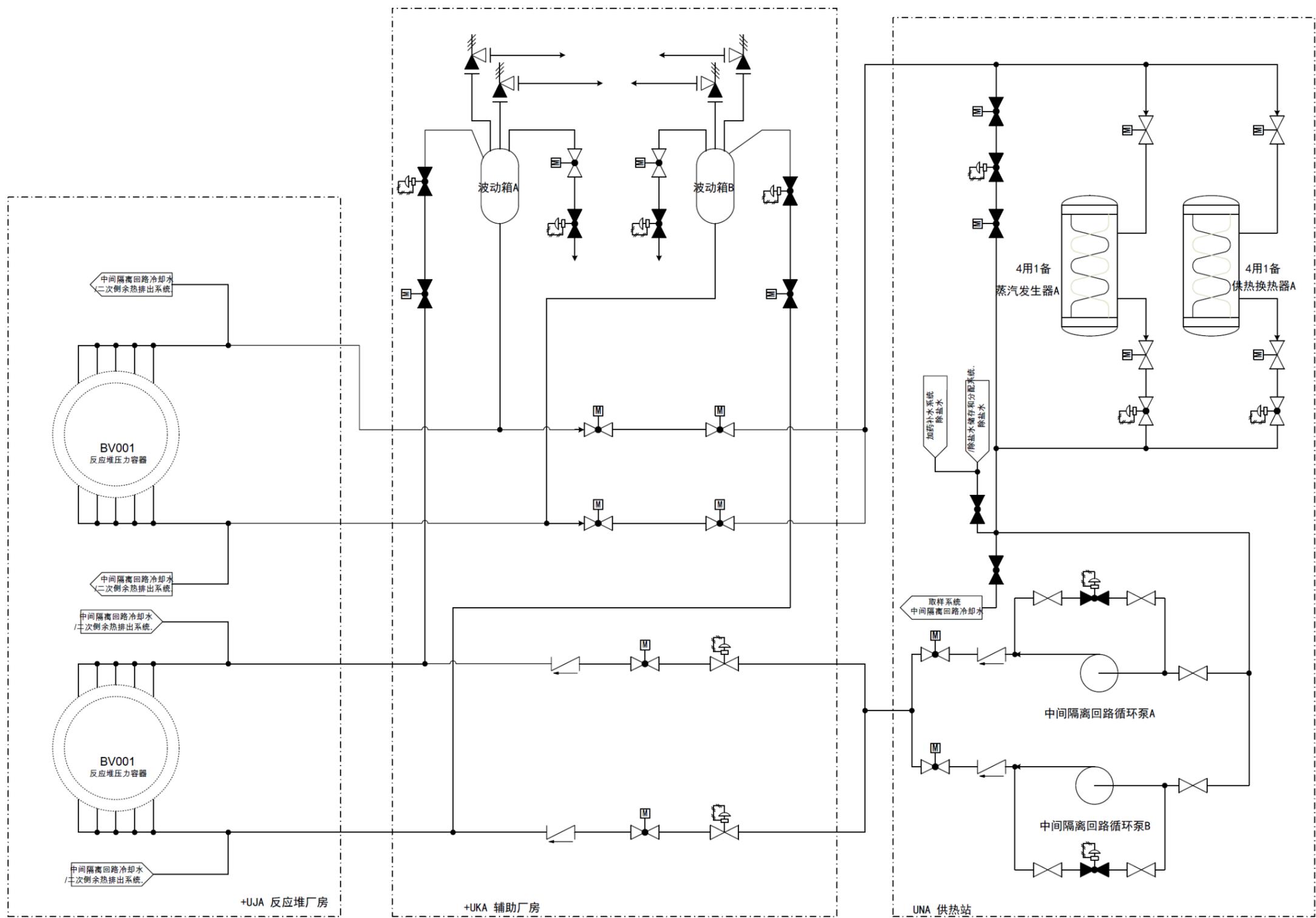


图 4.2-3 中间隔离回路系统流程简图

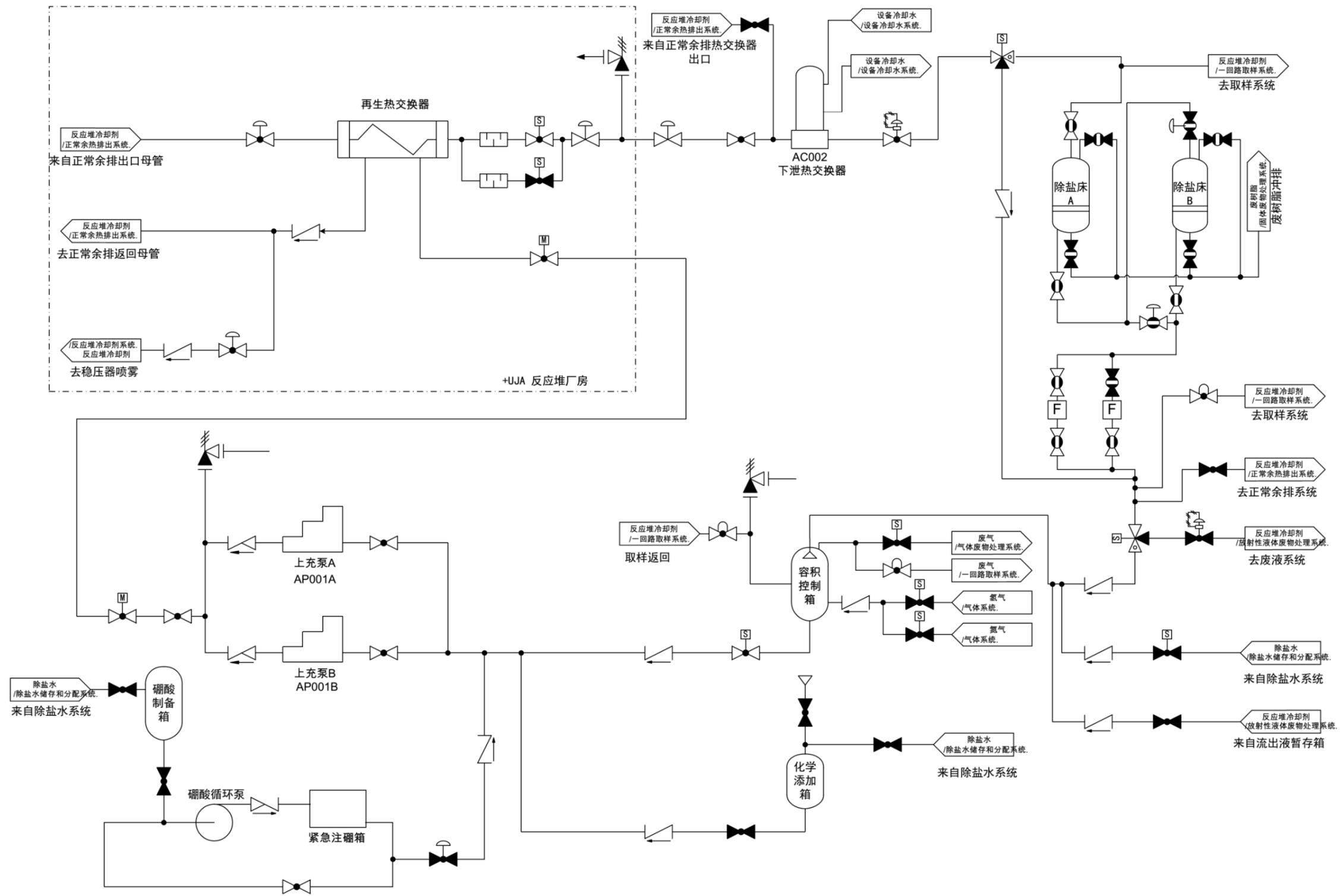


图 4.2-4 化学和余排控制系统流程简图

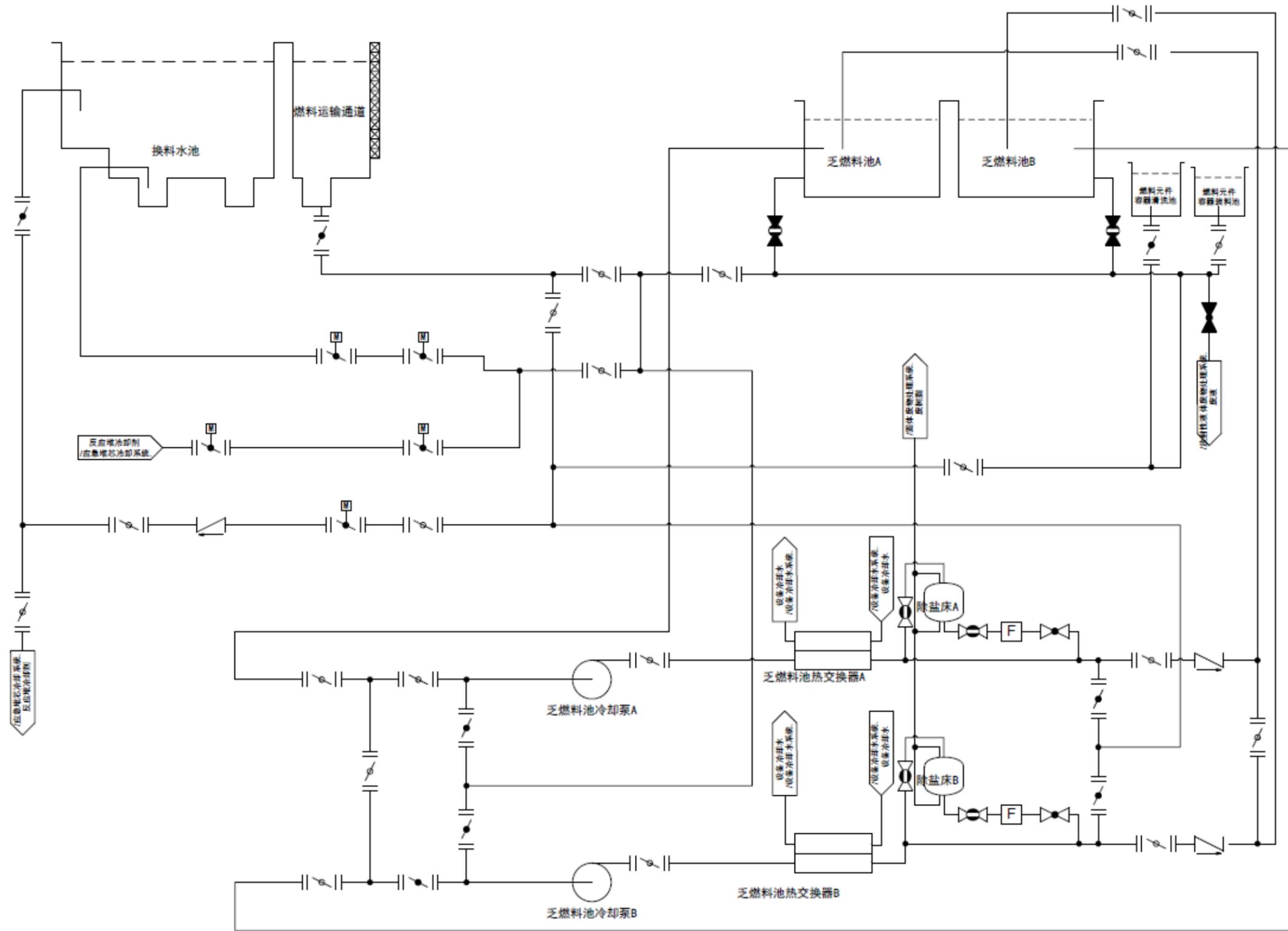


图 4.2-5 乏燃料池冷却系统流程简图

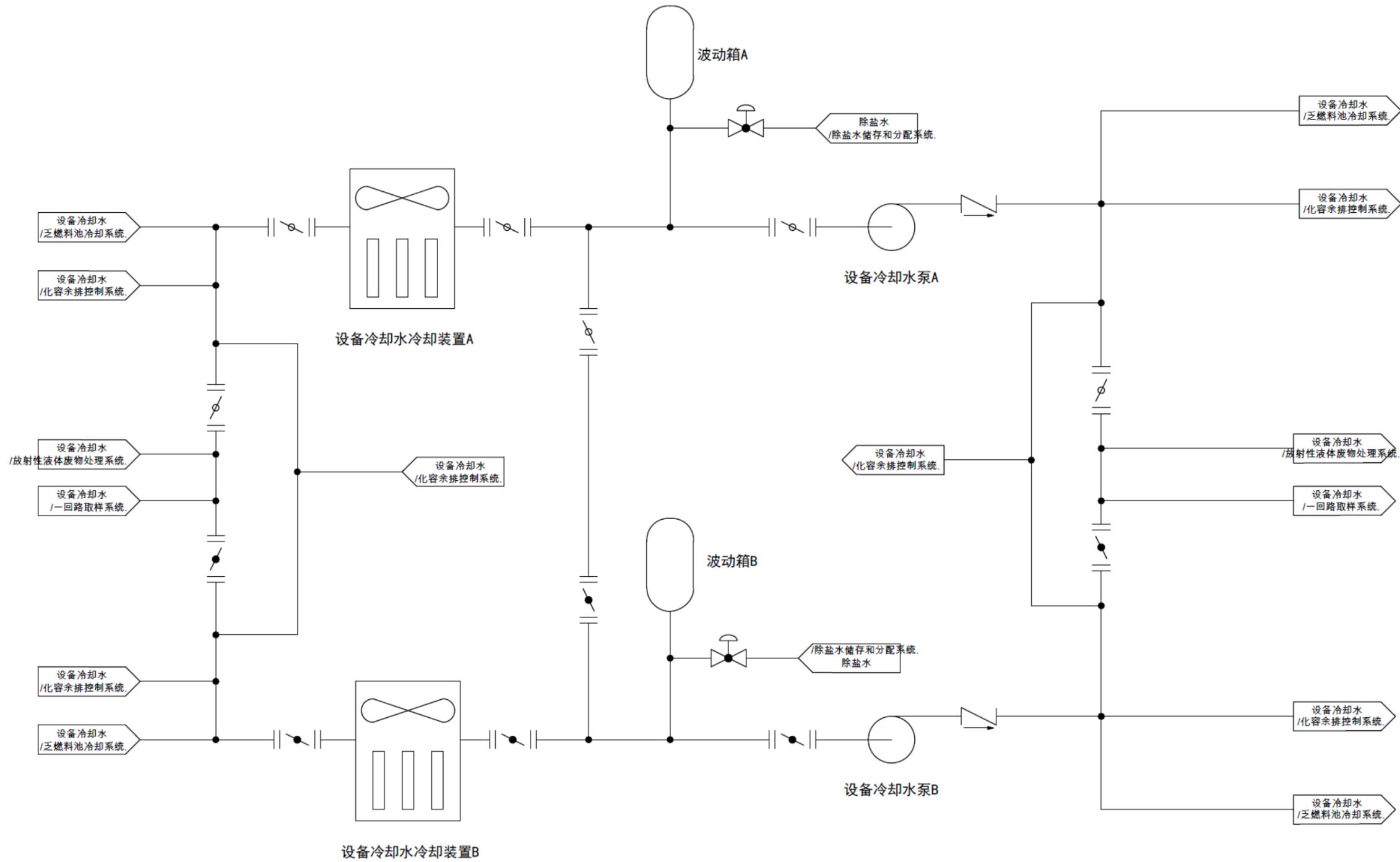


图 4.2-6 设备冷却水系统流程简图

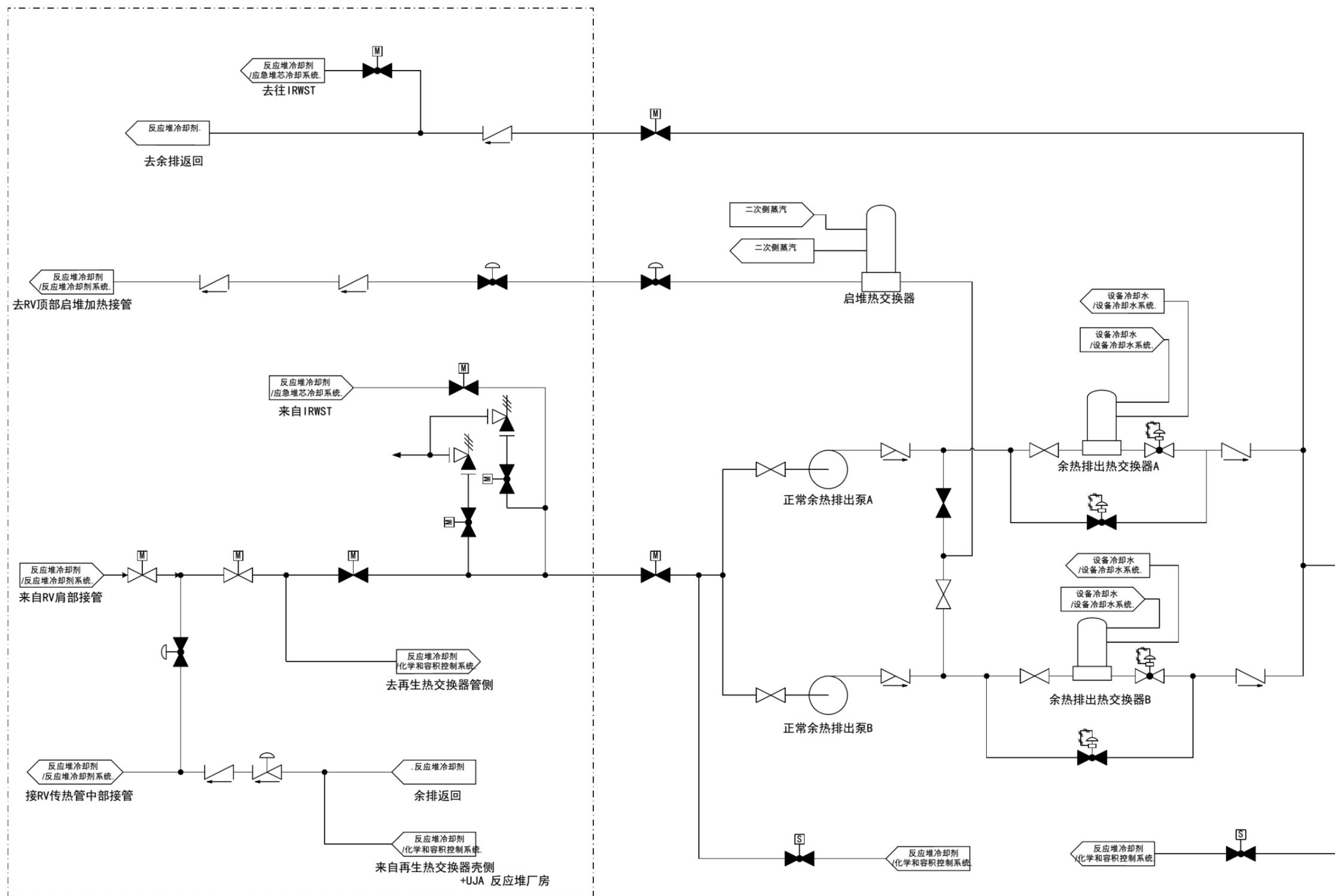


图 4.2-7 正常余热排出系统流程简图

4.3 用水和散热系统

4.3.1 用水系统

核能供热站全厂淡水用水分为除盐水用水、生产用水、生活用水、消防用水、绿化用水、洗车及道路浇洒用水等。上述淡水水源初步定为松花江，由设置在厂区的水处理厂以及除盐水厂房处理后供应，水处理厂以及除盐水厂房处理的淡水同时提供生物质电厂。

水处理厂对松花江原水进行絮凝沉淀处理后部分直接用于生产（包括三回路补水）和消防等，部分再经过滤和消毒用于生活。水处理厂设两座絮凝斜板沉淀池，每座最大处理能力为 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，用于制备生产用水、消防用水等；设三套 10t/h 多介质过滤器加活性炭过滤器，并配备相应的加药、消毒设备，用于制备生活用水。

除盐水厂房对水处理厂产生的生产用水进行进一步处理后，产生的除盐水用于一、二回路补水。处理流程为：生水加热器→多介质过滤器→清水箱→超滤装置→超滤水箱→一级反渗透装置→一级淡水箱→二级反渗透装置→二级淡水箱→EDI装置→除盐水箱→除盐水泵。其中，超滤系统出力 $4\times 88\text{t/h}$ ，一级反渗透系统出力 $4\times 65\text{t/h}$ ，二级反渗透系统出力 $2\times 111\text{t/h}$ ，EDI系统出力 $2\times 100\text{t/h}$ 。除一级反渗透系统产生的盐度略高于原水的生产废水直接排放外，其余系统的出水均回用。

本项目为一期工程，总取水流量约 $12000\text{m}^3/\text{d}$ （ $0.139\text{m}^3/\text{s}$ ）。施工期供水保障率90%，运行期供水保证率97%。根据初步可行性研究阶段工程水文专题报告，本项目潜在供水水源为松花江。厂址河段松花江干流97%设计年平均流量和97%设计年最小流量分别为 $1080\text{m}^3/\text{s}$ 、 $147\text{m}^3/\text{s}$ 。本项目总取水流量为 $0.278\text{m}^3/\text{s}$ 。现状水平年，本项目取水量分别占97%设计年平均流量和97%设计年最小流量的0.035%、0.189%。2030年，本项目取水量分别占97%设计年平均流量和97%设计年最小流量的0.043%、0.189%，所占比例很小，说明项目以松花江地表水为取水水源是可靠的。

4.3.2 散热系统

核能供热站正常运行工况中产生的热能全部转换为供暖供气能源，不向大气或水体排放余热，因此不需要采用冷却循环方式排放余热。核能供热站不设置排水系统和循环水冷却系统。

核能供热站通过设冷水将余排热交换器、小流量热交换器、反应堆冷却剂疏水箱热交换器、取样热交换器和乏池热交换器等设备的热量带走，设冷水通过设备冷却水冷却装置（简称“空冷器”）进行冷却，利用热管将设冷水的热量传递至大气中。

核能供热站空冷器布置在厂区内，1、2号机组北侧区域。

4.4 送电、供热及供气系统

4.4.1 送电系统

采用 110kV 及 220kV 送电方式提供厂用电，暂考虑 110kV 及 220kV 送电从本项目所在地电网接入，备选方案为 110kV 送电从当地电网接入，220kV 送电由生物质电厂接入。

110kV 及 220kV 开关站暂考虑设在本项目厂区，备选方案为设在生物质电厂厂区。

最终送电方案以本项目所在地电网审批意见为准。

4.4.2 供热及供气系统

本项目采暖季承担供热负荷，非采暖季向生物质电厂提供蒸汽。本项目供热站仅承担供热的基本负荷，生物质电厂供热站作为热网部分的调峰热源，并起到稳定本项目供热站稳定运行的作用。本项目供热站与生物质电厂供热站的各自供回水母管采用并联方式设置，并在厂区围墙外汇合成热网供回水母管并接至城市一级热力网。

4.4.2.1 供热系统

1) 设计容量及参数

设计热网供回水温度 120/60℃，热网供回水压力 1.30/0.4MPa。根据本项目供热能力，供热站设计总容量为 399MW，系统设计循环水量为 5719t/h，热网回水接自城市热网回水母管。热网加热器加热热源来自核岛二回路高温热水，二回路高温热水供回水温度 246/186℃，二回路高温热水供回水压力为 9.5MPa。

2) 工艺系统方案

(1) 热网循环水系统：供热站热网回水接自厂区热网回水母管，经全自动除污器过滤除污，进入热网循环水泵进口母管，由热网循环水泵加压后至出水母

管，经各热网加热器支管进入各自热网加热器，与核岛二回路高温热水进行换热升温至 120℃后，再经总支管汇至厂区热网供水母管，经供水母管进入城市一级热力网供水母管，分配至各二级热力站，与各二级热力网循环水热交换至 60℃后回至城市一级热力网回水母管，经厂区热网回至供热站，完成一次循环，如此往复。

(2) 热网补水定压系统：系统补水采用化学除氧水，经由补充水泵打入热网系统，弥补系统由于各种原因引起的失水，维持系统静水压线（即定压点），以防止系统最高点汽化，造成水击。系统采用旁通管定压方式，减少系统运行动压值。

3) 主要设备选择

(1) 热网加热器：型式采用 U 型管卧式管壳式，具有结构简单、运行可靠、造价低、制造方便、能在高温、高压下使用等特点。共设置 8 台，单台换热量为 50MW。其中每个核岛二回路对应 4 台热网加热器。

(2) 热网循环水泵：热网循环水泵采用卧式单级双吸轴向中开蜗壳式水泵，满足热网大流量、高扬程的要求，共选用 4 台，3 运 1 备，由高压变频电动机拖动。单台热网循环水泵设计流量为 2097t/h，扬程为 90mH₂O，水泵转速为 1480rpm，设计效率为 85%。

(3) 热网补充水泵：热网补充水泵采用单级热水泵，选用 2 台，正常工况下，1 运 1 备，事故及系统充水状态，2 台同时运行。单台补充水泵流量 126t/h，扬程 40mH₂O，电源：380V，功率 25kW。补充水泵采用一对一变频调速控制，可实现连续稳定定压。

4) 供热站布置

供热站（暂定）长度为 36m，宽度为 21m。每个核岛二回路对应 4 台换热器，1、2 号核岛二回路独立。供热站分三层布置，一层为泵房，布置电动热网循环水泵、热网补充水泵等各类水泵、除污器；二层为管道层，布置热网循环水管道及二回路管道；三层为热网加热器层，布置热网加热器。底层及顶层分别设置检修起吊装置。

5) 热网循环水厂内管道

热网循环水厂内管道温度设计参数 120/60℃，采用架空敷设方式。

管道保温材料采用岩棉保温板（毡），外保护层采用 0.7mm 厚彩钢板。管

道热补偿采用自然补偿和波纹补偿器补偿相结合的方式。

4.4.2.2 供气系统

1) 设计容量及参数

热网加热器加热热源来自核岛二回路高温热水，二回路高温热水供回水温度 246/186℃，二回路高温热水供回水压力为 9.5MPa。

三回路侧蒸汽设计参数为 1.2MPa.a/230℃（暂定），凝结水设计参数为 1.6MPa.a/38℃（暂定），流量为 500t/h。

2) 工艺系统方案

(1) 凝结水及蒸汽系统：凝结水接自生物质电厂凝汽器出口，经凝结水泵加压后输送至三回路换热器。凝结水经三回路换热器加热后产生 1.2MPa.a, 230℃ 的蒸汽，经蒸汽管线输送至生物质电厂。

(2) 旁排系统：在启动和停堆低功率 (<15%RTP) 工况下，一回路由堆芯热源驱动形成自然循环，二回路在循环泵驱动下强迫循环，三回路处于旁排模式。在旁排模式下，产生的蒸汽经蒸汽管线输送至生物质电厂凝汽器，通过循环水冷却。

3) 主要设备选择

(1) 三回路换热器：单台换热器容量为 50MW，每个核堆设 5 台换热器，4 运 1 备，全厂共设置 10 台换热器。

(2) 凝结水泵：凝结水泵选用两台立式水泵，一运一备，变频调速。单台凝结水泵设计流量为 550t/h，扬程为 165mH₂O。

4) 换热器厂房

换热器厂房尺寸暂定为：长度 66m，宽度 15 m，高度 18m。

5) 厂区管道

厂区蒸汽、凝结水管道采用架空铺设方式。蒸汽管道热补偿采用补偿器补偿方式。

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

核供热堆安全是在反应堆固有安全性的基础上，通过设置合适的控制系统、保护系统和专设安全设施，在各种运行工况下尽可能减少放射性物质向环境的释

放，保护公众和核能供热站工作人员免受过量辐射伤害。

“纵深防御”是核供热堆设计安全原则的基础，这是一套既逐渐深入又相互补充的设计防御措施，其核心是所有与核安全有关的活动，无论是组织实施还是系统设备配置，都应进行多重冗余设置，使单个失效可以得到补救或纠正。

实施纵深防御的一个重要内容是设置多道实体屏障，将放射性物质限制在特定的范围内。核供热堆设置了燃料元件包壳、一回路压力边界和安全壳三道安全屏障。

专设安全设施是专门用来应付设计基准事故，以减轻其后果使之符合安全准则的规定要求。

专设安全设施由应急堆芯冷却系统、安全壳空冷系统、二次侧余热排出系统、安全壳氢气控制系统、主控制室应急可居留系统等组成，专设安全设施的运行不依赖于操纵员的动作。系统具有足够高的可靠性，提高了安全性。

4.5.2 应急堆芯冷却系统（JNG）

4.5.2.1 系统功能

应急堆芯冷却系统具有如下主要功能：

1) 低压安全注射

发生冷却剂丧失事故时，为反应堆冷却剂系统提供低压安全注射以提供足够的堆芯冷却。低压安全注射功能也为长期安全停堆提供堆芯冷却。

安全卸压系统是反应堆冷却剂系统的组成部分，事故后使反应堆冷却剂系统卸压后确保低压安注源可以注入，从而协助应急堆芯冷却系统执行安全注射功能。

2) 长期再循环冷却

长期再循环冷却模式期间，堆芯维持淹没，通过破口和/或安全卸压系统向安全壳的蒸发带走衰变热。蒸汽在安全壳内壁面上冷凝，通过落水管和返回槽收集形成的冷凝液，输送回安全壳内换料水箱。安全壳内换料水箱的注射管线再将冷凝液注射到反应堆。部分没有回到安全壳内换料水箱的冷凝液会通过安全壳再循环管线返回到反应堆。

3) 工艺监测和控制

应急堆芯冷却系统为保护和监测系统提供输入，以驱动专设安全设施并监测事故后应急堆芯冷却系统的运行。

4.5.2.2 系统组成

应急堆芯冷却系统是抗震 I 类的安全有关系统，为设计基准事件提供足够的堆芯冷却。应急堆芯冷却系统主要由两个子系统组成：安注子系统和自动卸压子系统。安注子系统由安全壳内换料水箱、安全壳再循环滤网和相关的管道、阀门、仪表组成。安全壳内换料水箱和安全壳再循环流道通过两根共用的直接注射管线注射到反应堆压力容器的直接注射管嘴。自动卸压子系统是反应堆冷却剂系统的一部分，在堆芯需要安注时降低主系统压力，以保证低压安注能够投入，与安注子系统一起提供事故后的堆芯冷却。

4.5.2.3 工艺流程

核供热堆正常运行期间，系统处于备用状态。事故工况下，应急堆芯冷却系统投入运行，以实现其安全功能。在丧失冷却剂事故（LOCA）后，一旦反应堆冷却剂系统压力降到自动卸压触发整定值，则开启自动卸压系统隔离阀，使反应堆冷却剂系统通过鼓泡器向安全壳内换料水箱进行卸压，并同时打开低压安注子系统隔离阀，低压安注子系统开始向堆芯提供重力注射流。

随着低压安注的进行，安全壳内换料水箱的液位慢慢降低，破口处的流量使安全壳液位慢慢升高。当安全壳内换料水箱的液位降到某液位整定值时，安全壳再循环管道上的隔离阀开启。由于安全壳内换料水箱的液位整定值比最终安全壳再循环液位稍高，所以一些安全壳内换料水箱的水一开始会疏排到安全壳，直到液位平衡为止。再循环开始后，安全壳内的水流向反应堆以持续冷却堆芯。再循环开始的时间随事件而变化。

长期冷却模式期间，堆芯维持淹没状态，通过破口和/或自动卸压系统的阀门向安全壳的蒸发带走衰变热。蒸汽在安全壳空冷系统的作用下被持续冷凝，并最终返回安全壳底部。安全壳再循环注射管道再通过非能动自然循环将冷凝液注射到反应堆。

应急堆芯冷却系统流程图见图 4.5-1。

4.5.3 安全壳空冷系统（JMN）

4.5.3.1 系统功能

安全壳空冷系统（JMN）由空气流道和钢制安全壳壁面组成，在事故工况下采用纯空冷形式带走安全壳内热量。安全壳空冷系统通过将安全壳大气中的热量

传递至环境，限制并降低设计基准事故（DBA）后安全壳内的温度和压力，维持安全壳大气压力和温度在设计限值以内，保证安全壳的完整性。发生设计基准事故后，安全壳空冷系统利用非能动方式排出安全壳内热量，不需要任何补给或操纵员操作。

安全壳空冷系统为保护和监测系统提供安全壳压力信号，从而在适当的核能供热站运行工况期间触发核供热堆自动停堆。同时安全壳空冷系统还为操纵员提供所需的工艺参数，在安全停堆运行和事故运行期间便于操纵员执行必要的手动操作。

4.5.3.2 系统组成

安全壳空冷系统是抗震 I 类的安全有关系统，由位于屏蔽厂房内绕安全壳一周的空气流道、在空气入口处壁面上安装的辐射加热器以及相关的仪表构成。

空气流道用来形成沿安全壳外表面向上的自然循环气流，增强安全壳外表面的传热从而降低安全壳的压力。空气流道包括百叶窗、空气入口、外环腔（下降段）、内环腔（上升段）、排气段等。空气通过百叶窗，流过空气入口，向下旋转 90 度进入外环腔，向下运动的气流在空气流道底部旋转 180 度后，向上进入内环腔。空气在内环腔向上流动到安全壳上方，然后从排气段排出。

非安全级的辐射加热器安装在空气流道进气管入口处壁面，沿环向一周均匀布置，其加热区域为空气流道入口百叶窗的内侧面，以保证在极端低温环境条件下，空气入口处的百叶窗不会被冰雪堵塞。

4.5.3.3 工艺流程

安全壳空冷系统利用钢制安全壳壳体作为传热表面，蒸汽在安全壳内表面冷凝并加热内表面，然后通过导热将热量传递至钢安全壳壳体。加热的钢安全壳壳体外表面利用空气的自然对流、辐射等热传递机理冷却。热量以显热的形式通过自然对流的空气带出。环境中的冷空气从一个常开的空气流道进入，沿安全壳外表面上升，然后通过一个高位排气段返回到环境中从而带走安全壳的热量。

安全壳空冷系统流程图见图 4.5-2。

4.5.4 二次侧余热排出系统（JNB）

4.5.4.1 系统功能

二次侧余热排出系统为自然循环冷却系统，在丧失冷却剂事故（LOCA）或

非丧失冷却剂事故（非 LOCA）下正常余热排出功能失效时排出堆芯衰变热。

4.5.4.2 系统组成

二次侧余热排出系统是抗震 I 类的安全有关系统，由位于安全壳内换料水箱的二次侧余热排出热交换器、冷却水流道以及相关的仪表、管道及阀门构成。

二次侧余热排出热交换器位于 IRWST 内，IRWST 是二次侧余热排出热交换器的热阱。二次侧余热排出热交换器由一组 C 型管束组成，顶部（入口）和底部（出口）分别和管板及封头（安装在 IRWST 墙上）相连。入口管线与和中间隔离回路的蒸汽管线相连，设有一个常开的电动阀。出口管线和相应给水管线相连，设有两个并联的常关电磁阀，这些阀失电时开启。这些阀门由安全设施驱动信号打开。

4.5.4.3 工艺流程

反应堆正常运行时，二次侧余热排出系统处于备用状态，管内充满中间隔离回路介质，且其压力与中间隔离回路压力一致。一旦二次侧余热排出系统投入运行，其与一二回路换热器的布置高度差以及温度差将产生驱动压头，形成自然循环，且循环方向与中间隔离回路系统的原循环方向一致。堆芯热量通过一二回路换热器传递给二次侧余热排出热交换器，并最终排入安全壳内换料水箱。

二次侧余热排出热交换器入口的标高稍高于一二回路换热器出口，所以能形成自然循环流动。

二次侧余热排出系统流程简图见图 4.5-3。

4.5.5 安全壳氢气控制系统（JMT）

4.5.5.1 系统功能

安全壳氢气控制系统为安全有关系统，由氢气复合器和氢浓度监测仪等构成。

安全壳氢气控制系统在设计基准事故（DBA）期间和事故后防止安全壳内氢气浓度达到最低可燃限值。安全有关的非能动氢气复合器（PAR）可防止安全壳内氢气浓度达到 4% 的最低可燃限值。利用安全有关和非安全有关的非能动氢气复合器（PAR）控制严重事故后安全壳内氢气浓度，并利用氢浓度监测仪表连续监测安全壳内氢气浓度。

4.5.5.2 系统组成

位于安全壳内的两台安全级非能动氢气复合器（PAR）能在任何设计基准事

故后维持安全壳总体氢浓度在较低水平。安全壳内安装了 4 台非安全级非能动氢气复合器（PAR），它们和 2 台安全级非能动氢气复合器（PAR）在严重事故后一起运行，通过氢氧复合相对低浓度的氢，以防止氢浓度达到爆炸水平。三台氢浓度分析仪分布在安全壳内，为操纵员提供安全壳大气氢浓度的连续指示。

4.5.5.3 工艺流程

两台安全级非能动氢气复合器（PAR）安装在安全壳大厅的上部区域，能适应设计基准事故预期的氢气产生速率。

在严重事故后，6 台非能动氢气复合器（PAR）（除上述 2 台安全级非能动氢气复合器外，还有 4 台非安全级非能动氢气复合器）一起运行以控制安全壳内的氢浓度。分析结果表明，消氢系统可有效消除严重事故下安全壳内的氢气风险，有利于维持安全壳的完整性。

氢浓度监测仪表为操纵员提供安全壳大气氢浓度的连续指示，为操纵员监控和开始事故后氢气缓解措施提供参考信息。

4.5.6 主控制室应急可居留系统

主控制室应急可居留系统为主控制室提供可呼吸空气并防止气溶胶进入，保证主控制室的可居留性。在设计基准事故（DBA）下本系统也用来限制核能供热站特定区域内的温度上升。

4.5.6.1 系统功能

本系统为非能动专设安全有关系统，执行以下功能：

- 1) 为主控制室人员提供可呼吸空气。
- 2) 维持主控制室相对周围区域为正压，以防止气溶胶污染物进入。
- 3) 利用构筑物的蓄热能力，为设计基准事故（DBA）后仍需保持功能的核能供热站部分区域的设备提供非能动冷却。

4) 为主控制室提供非能动再循环过滤气流，在本系统运行期间维持主控制室剂量低于允许水平。

4.5.6.2 系统组成

本系统由应急空气储存罐和相关的管路，阀门以及仪表等组成，系统利用钢筋混凝土墙体、地板以及附带散热片的顶板的蓄热能力，来保证相关设备和人员停留房间的温度维持在可接受水平内。

4.5.6.3 工艺流程

系统包括四个压缩空气储存罐模块（共 32 个罐），每个模块包括 8 个独立的空气罐，空气罐内装有可供呼吸的压缩空气。每个模块的储存罐连接至一根集管，四根模块集管再连接至一根公用集气母管。公用集气母管上接出通往主控制室的两根管路，分别为主送风管路和备用送风管路。两根管路在主控制室内合并为一根供气管后连接至非能动过滤管线上的喷射器，通过喷射器诱导一定量的室内空气进入非能动过滤机组，以保证主控制室的人员剂量低于允许水平。非能动过滤机组包括 HEPA 过滤器，活性炭吸附器和后置高效过滤器。

在核岛非放射性通风系统不可运行后，本系统利用非能动热阱，限制主控制室内的空气温度不超过相应的设计限值。

主控制室应急可居留系统流程简图见图 4.5-4。

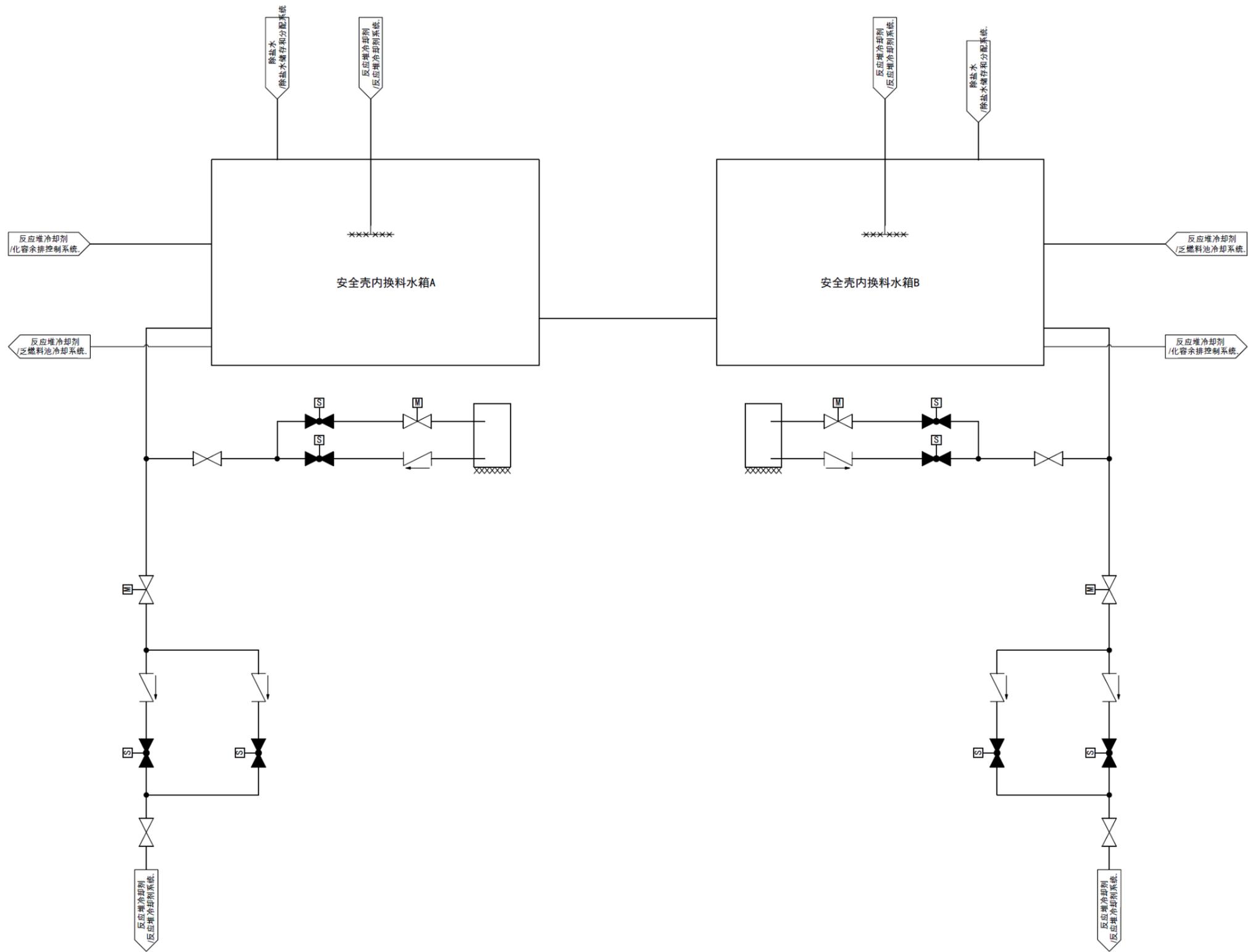


图 4.5-1 应急堆芯冷却系统流程简图

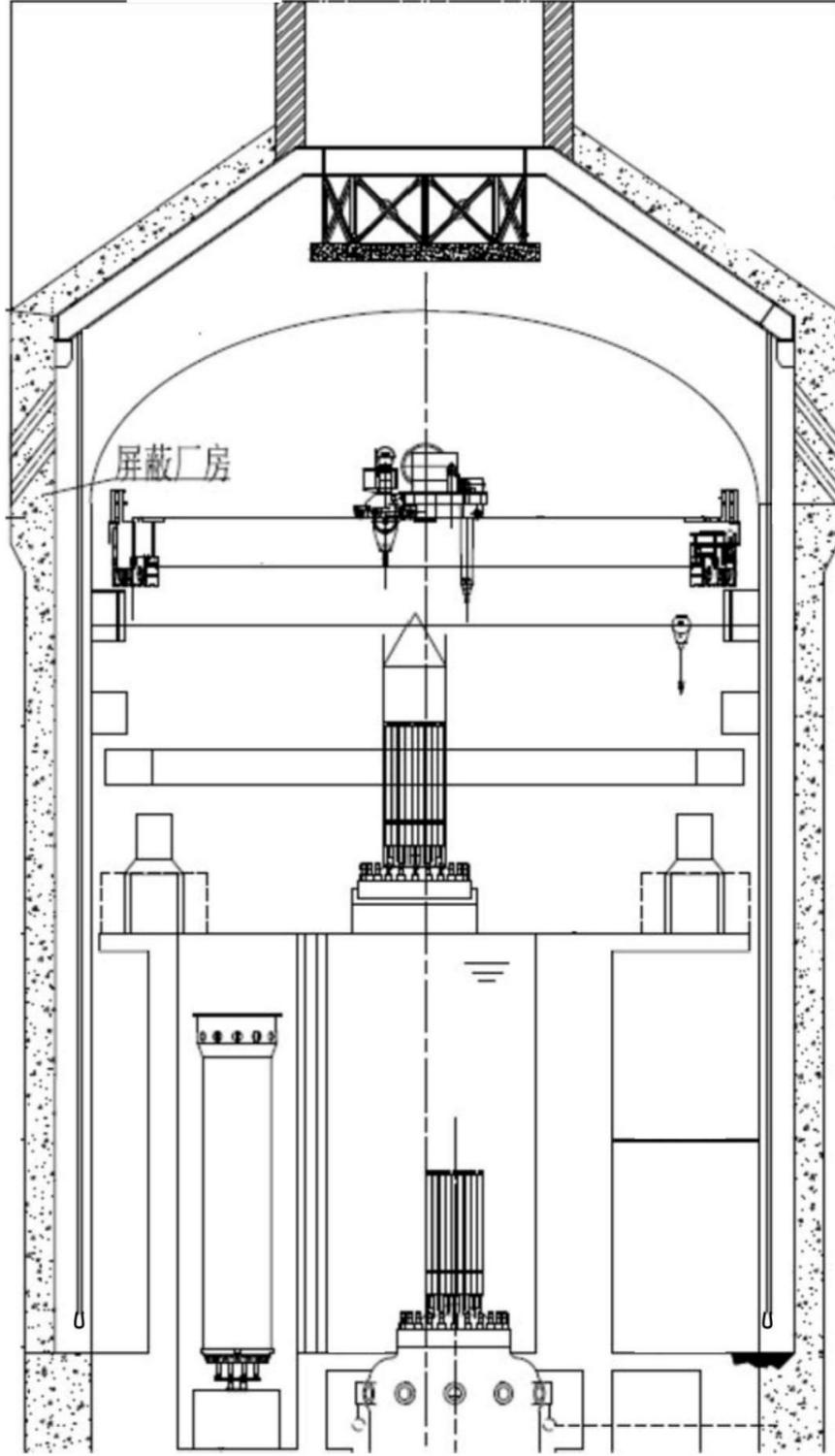


图 4.5-2 空气流道简图

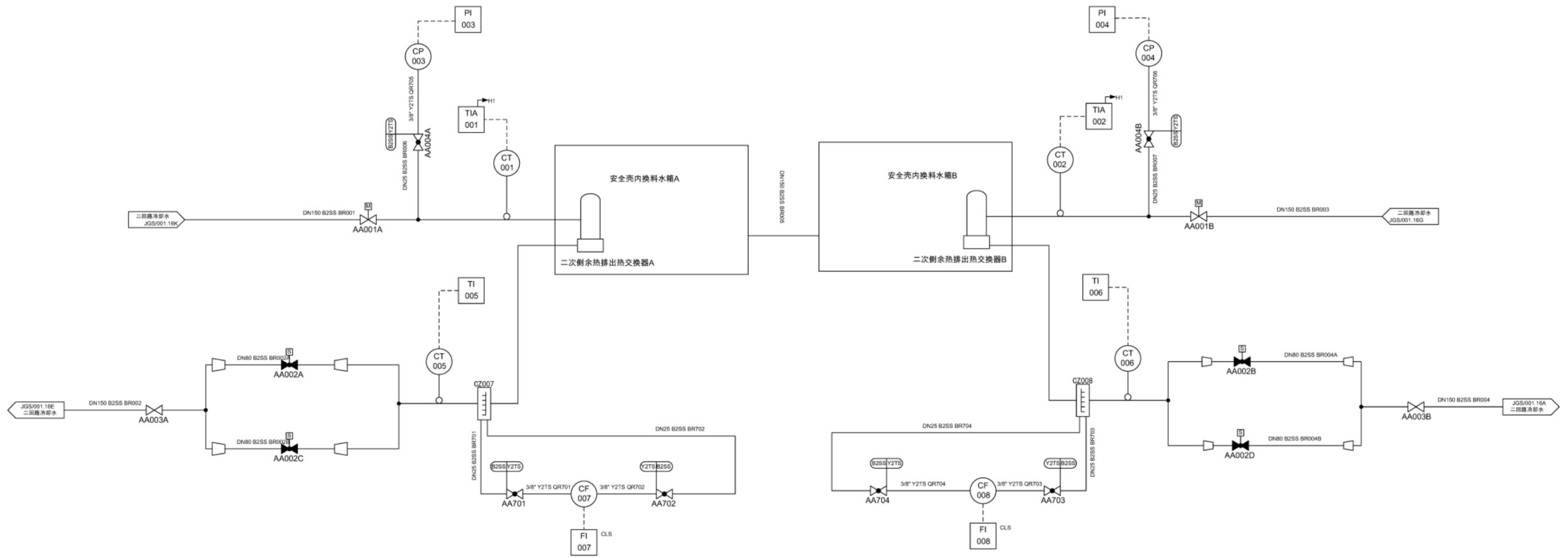


图 4.5-3 二次侧余热排出系统流程简图

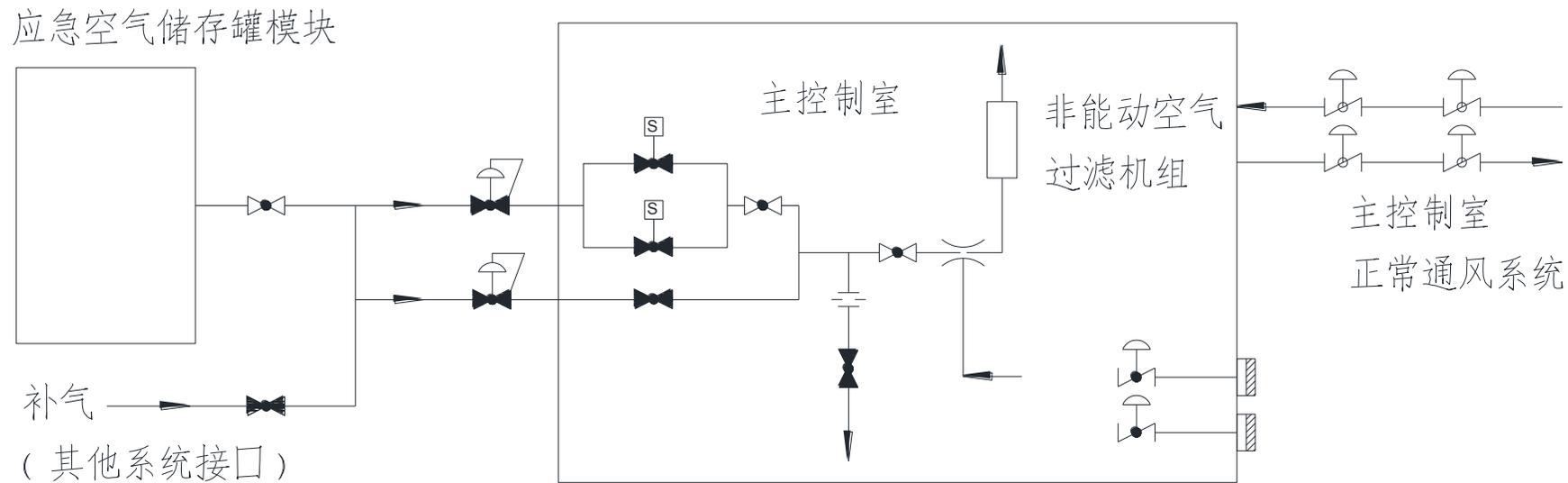


图 4.5-4 主控制室应急可居留性系统流程简图

4.6 放射性废物管理系统和源项

本节对核供热堆中放射性废物处理系统和放射性源项进行描述。放射性源项主要包括堆芯放射性总量、一回路放射性核素的活度浓度。放射性废物处理系统主要包括放射性液体、气体和固体废物处理系统，同时给出了气载流出物释放量和固体放射性废物产生量，其中气载流出物释放量中考虑液态流出物通过载带蒸发方式排入大气的释放量。

4.6.1 放射性源项

本节阐述由放射性液体及气体废物处理系统处理的放射性源项。在燃料芯块内产生的放射性物质（裂变产物）可能通过破损的燃料包壳泄漏进入到反应堆冷却剂系统中。堆芯辐射场导致了冷却剂中的物质活化后形成 ^{14}C 以及氚，而且反应堆冷却剂系统中的材料腐蚀产物也被活化成为具有放射性的活化腐蚀产物。

4.6.1.1 堆芯放射性积存量

采用 ORIGEN 程序（版本 S）计算得到了本项目平衡循环寿期末的堆芯放射性积存量，并考虑了燃料管理方案变化及反应堆热功率的不确定性。用于计算堆芯放射性总量的主要参数见表 4.6-1，计算结果见表 4.6-2。

4.6.1.2 反应堆冷却剂源项

1) 裂变产物

对于设计基准源项，假设存在较大的燃料包壳破损率，该破损率在正常运行期间是预期会发生的。假设燃料包壳破损存在于能产生 0.1% 的堆芯功率输出的燃料棒中（也称之为 0.1% 燃料包壳破损率），并且破损燃料棒均匀分布在整个堆芯中。

用来计算设计基准反应堆冷却剂裂变产物活度浓度的参数，包括裂变产物逃脱率系数、冷却剂净化率及除盐床去除效率等相关的数据，列在表 4.6-3 中。

设计基准反应堆冷却剂中裂变产物核素活度浓度的确定以堆芯总量为基础。

采用如下的微分方程来计算设计基准反应堆冷却剂中裂变产物的活度浓度。

$$\frac{dN_{cp}}{dt} = \frac{F \times R_p \times N_{Fp}}{M_c} - \left[\lambda_p + \frac{Q_L}{M_c} \times \left(\frac{DF_p - 1}{DF_p} \right) \right] \times N_{cp} \quad (4.6-1)$$

$$\frac{dN_{cd}}{dt} = \frac{F \times R_d \times N_{Fd}}{M_c} + f_p \times \lambda_p \times N_{cp} - \left[\lambda_d + \frac{Q_L}{M_c} \times \left(\frac{DF_d - 1}{DF_d} \right) \right] \times N_{cd} \quad (4.6-2)$$

其中：

N_c 反应堆冷却剂中核素的浓度，原子/g。

N_F 燃料中核素的原子数目。

t 运行时间，s。

R 核素逃脱率系数，1/s。

F 燃料包壳破损率。

M_c 反应堆冷却剂质量，g。

λ 核素衰变常数，1/s。

DF 核素除盐床的去污因子。

Q_L 净化或下泄质量流量率，g/s。

f 母核产生子核的衰变分支比。

p 母核。

d 子核。

在表 4.6-4 中给出了计算得到的设计基准反应堆冷却剂中主要裂变产物核素的活度浓度。该值为反应堆从启动到平衡循环的整个燃料循环过程中核素活度浓度的最大值。当反应堆运行过程中出现燃料破损时，在下一循环反应堆冷却剂进行更换或净化后再复用。

用于气态设计排放源项分析的反应堆冷却剂剂量等效 ^{131}I 活度浓度为 1GBq/t，该源项保守考虑了核供热堆运行中可能的各种瞬态情况导致的反应堆冷却剂中核素活度浓度的增加。该源项通过对设计基准源项按照剂量等效 ^{131}I 活度浓度的比例调整得到，结果见表 4.6-5。

2) 腐蚀产物

反应堆冷却剂中的活化腐蚀产物来自两方面：一方面是堆内部件，另一方面是堆外的主回路管道和主回路设备。前者在发生腐蚀并释放到冷却剂中之前已经受到中子照射而具有放射性；后者产生的腐蚀产物流经堆芯时受到堆芯及其附近区域中子照射之后才具有放射性。

反应堆冷却剂中腐蚀产物活度浓度的确定以运行电厂的测量数据为基础，参考 ANSI/ANS-18.1-2016 中的分析方法进行计算。用于计算设计基准腐蚀产物源项的输入参数见表 4.6-6，设计基准腐蚀产物的活度浓度同样在表 4.6-4 中列出。

3) 氡

反应堆冷却剂中主要的产氚途径如下：

- 燃料裂变（三元裂变）产生的氚通过燃料包壳扩散或燃料包壳破损处泄漏进入反应堆冷却剂中。
- 可燃的中子吸收体中产生的氚通过扩散或包壳破损进入反应堆冷却剂中。
- 在反应堆冷却剂中可溶锂与中子的反应。
- 反应堆冷却剂中氘与中子的反应。
- 次级源棒产生的氚通过扩散或包壳破损处泄漏进入主冷却剂中。

前三种途径为反应堆冷却剂中氚的主要来源。

计算时考虑了如下的假设条件：

- 假设了通过燃料棒包壳和可燃毒物棒包壳的氚释放份额为 2%。
- 主冷却剂中采用 LiOH 作为 pH 值控制剂，Li 的浓度为 0.75ppm。产生量计算时，假设了 pH 值控制剂 LiOH 的 ^7Li 浓度为 99.9%。
- 在计算产生量时，假定核供热堆可利用因子为 1.0。

用于计算氚产生量的主要参数见表 4.6-7。表 4.6-8 列出了平衡循环反应堆冷却剂中各种途径每年氚的设计产生量。

反应堆冷却剂中的氚主要以氚化水的形态存在（一个氚原子取代了水分子中的一个氢原子），因此不能轻易通过一般的处理方法把它分离出来。

4) ^{14}C

^{14}C 主要是反应堆冷却剂水中的 ^{17}O 和溶解在反应堆冷却剂中的 ^{14}N 分别通过 $^{17}\text{O}(\text{n},\alpha)^{14}\text{C}$ 和 $^{14}\text{N}(\text{n},\text{p})^{14}\text{C}$ 反应生成的。由于 ^{14}C 的半衰期非常长，为 5730 年，在核供热堆运行期间内可以不考虑 ^{14}C 的衰减。因此，在计算 ^{14}C 源项时不考虑 ^{14}C 的衰变量。

计算时考虑了如下的假设条件：

- 保守假设反应堆冷却剂中 ^{14}N 的浓度为 45ppm。
- 假定核供热堆可利用率为 100%。

反应堆冷却剂中每年 ^{14}C 的设计产生量见表 4.6-9。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

4.6.2.1 放射性废液排放源项

放射性废液经处理，放射性水平和年排放总量符合国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的限值后复用，无法完全复用时通过载带蒸发方式向大气环境排放。通过载带蒸发排放的源项可见 4.6.3 节描述。

4.6.2.2 放射性液体废物处理系统（KPF）

1) 系统概述

放射性液体废物处理系统（KPF）设计用于控制、收集、处理、输送、贮存和处置正常运行及预期运行事件下产生的放射性废液，放射性废液经处理符合国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的放射性水平和年排放总量限值后复用，无法完全复用时通过载带蒸发方式向大气环境排放。

2) 系统功能

KPF 执行的安全有关功能主要包括安全壳隔离。该系统的非安全有关功能为：

- 接收并处理反应堆冷却剂系统流出液。
- 通过固定式处理设备（过滤器/活性炭床/双室离子交换床），处理核供热堆预期产生的废液，使其处理后达标。
- 能够承受处理设备故障情况下的预期废液量和由于过量泄漏可能导致的波动量。

3) 系统描述

KPF 系统放射性污废液分成四类：

（1）反应堆冷却剂流出液

反应堆冷却剂流出液来自化学和容积控制系统下泄的反应堆冷却剂系统流出液、取样系统取样疏水以及设备引漏水和疏水。反应堆冷却剂流出液通过真空脱气塔去除溶解氢和裂变废气。脱气塔排放泵将脱气后废液输送至指定的流出液暂存箱。

（2）地面疏水和含较多颗粒杂质的废液

地面疏水来自可能受污染地面疏水地坑的废液和其他含高颗粒物废液，收集在废液暂存箱中。

（3）洗手废液

洗手废液为放射性热淋浴水、洗手水和附属厂房内相应房间的地面疏水。这类废液放射性水平较低，收集在洗手废液箱内。

（4）化学废液

化学废液来自放化实验室、可能含有大量化学物质的废液。它可能含危险性和放射性废物或其他高溶解性固体杂质的放射性废物，收集在化学废液箱中。

核供热堆正常运行期间，反应堆冷却剂流出液脱气后贮存在流出液暂存箱中供化学和容积控制系统复用。地面疏水和含较多颗粒杂质的废液经由过滤器和双室离子交换床处理后排入复用水箱中供相关系统复用。

核供热堆正常运行期间产生的放射性废液首先经过前过滤器，去除地面疏水中可能存在的杂质。然后经过活性炭床，通过活性炭的过滤吸附作用，去除地面疏水中可能存在的少量油污。两台双室离子交换床设计相同，但可根据核供热堆情况选择性装填不同类型的树脂。经离子交换处理后的放射性废液经过一台后过滤器，截留水中残留的放射性颗粒和碎树脂。放射性废液经上述工序处理后进入复用水系统，供其他各系统进行复用。

图 4.6-1 给出了 KPF 的系统流程图。KPF 预计废液输入和处理方式见表 4.6-10，KPF 去污因子见表 4.6-11。

4) 部件描述

KPF 的主要部件包括泵、热交换器、箱体、过滤器、活性炭床、双室离子交换床等。表 4.6-12 给出了 KPF 的主要设备参数。

(1) 泵

- 2 台反应堆冷却剂疏水箱泵，可循环箱内的流出液，将其排至脱气塔或流出液暂存箱。
- 2 台安全壳地坑泵，将安全壳地坑内的放射性废液排至废液暂存箱。
- 2 台脱气塔真空泵，维持脱气塔内的低压，以保证有效脱气。
- 2 台脱气塔分离器泵，回收从脱气塔分离器排放的水，并送回真空泵。
- 气动双隔膜泵，包括 2 台脱气塔排放泵、2 台流出液暂存箱泵、2 台废液暂存箱泵、1 台化学废液箱泵、1 台洗手废液箱泵、1 台监测箱泵。

(2) 热交换器

- 1 台反应堆冷却剂疏水箱热交换器，为卧式 U 型管式热交换器，热交换器的设计防止反应堆冷却剂疏水箱内收集的高温泄漏水沸腾。
- 1 台蒸汽冷凝器，为卧式 U 型管式热交换器，辅助真空泵分离气水，将气体送入放射性气体废物处理系统中。
- 1 台真空泵工作液冷却器，为板式热交换器，用于冷却真空泵的工作液。

(3) 箱体

- 1 台反应堆冷却剂疏水箱，卧式圆筒形箱体。
- 1 台安全壳地坑，嵌入混凝土中的矩形不锈钢地坑水箱。
- 2 台流出液暂存箱，立式圆筒形箱体。
- 2 台废液暂存箱，立式圆筒形箱体。
- 1 台监测箱，立式圆筒形箱体。
- 1 台化学废液箱，立式圆筒形箱体。
- 1 台洗手废液箱，立式圆筒形箱体。
- 1 台脱气塔，单级（净化）不锈钢脱气塔，流出液呈喷雾状进入脱气塔的顶部，并分为小股水流沿壁面流下，低压脱出的不凝性气体经真空接口排出。
- 1 台脱气塔分离器，不锈钢材质，从真空泵排放流中分离出压缩液回用。

(4) 过滤器

- 1 台前过滤器，收集工艺流中的杂质颗粒。
- 1 台后过滤器，收集碎树脂等。

(5) 活性炭床

- 1 台，截留废液中的少量油污。

(6) 双室离子交换床

- 2 台串联的双室离子交换床，设有工艺流进出口以及用于树脂添加、排出和疏水的接口。

5) 系统运行

(1) 反应堆冷却剂流出液

流出液子系统接收两个来源的含氢废液：反应堆冷却剂疏水箱以及化学和容积控制系统。该类废液通常含氢和裂变气体。因此，放射性废液在进入流出液暂存箱之前，需先经过脱气塔、蒸汽冷凝器、脱气塔分离器等设备，将含氢和裂变气体分离且送往放射性气体废物处理系统。一台脱气塔排放泵将液体输送至指定的流出液暂存箱。

该系统设置 2 台氮封的流出液暂存箱，用以接收完成脱气的反应堆冷却剂，并作为化学和容积控制系统的补水源进行复用。箱体排气至放射性气体废物处理系统。若 1 台水箱发出高液位报警时，可手动切换阀门，将流出液排往另一台流

出液暂存箱。

在反应堆冷却剂系统脱气及正常补水期间，流出液暂存箱泵将液体排至化学和容积控制系统补水泵吸入口。化学和容积控制系统的反应堆冷却剂下泄流在脱气塔中脱气后，收集在一台流出液暂存箱内，由泵不断地输送回化学和容积控制系统补水泵入口，补水泵再将脱气后的冷却剂送回主系统。

(2) 地面疏水和含较多颗粒杂质的废液

该类放射性废液通常包括放射性地面疏水、设备疏水和辅助厂房地坑收集水以及放射性固体废物处理系统的过剩排水。该废液收集到一个废液暂存箱中。当水箱需准备处理时，向操作员发出水箱高液位报警。

来自安全壳地坑的地面疏水也排入废液暂存箱。地坑液位高时，自动打开安全壳隔离阀，启动一台地坑泵输送地坑内的废液。地坑液位低时，自动停泵，关闭隔离阀。安全壳地坑液位出现异常高液位时，向操作员发出报警，并自动启动备用泵。废液通过前过滤器和活性炭床处理，去除大量颗粒杂质和少量油污，再通过两台双室离子交换床和后过滤器处理后，进入监测箱。对监测箱内的复用水进行取样，如果放射性活度浓度超过限值，则需要将其送回废液暂存箱重新处理。处理达标的复用水通过放射性监测仪表后排放至复用水系统中复用。

(3) 洗手废液

核岛厂房洗手废液由人员洗手产生，这类废液收集在洗手废液箱内，经由处理后作为复用水使用或者载带蒸发。

(4) 化学废液

化学废液产生量小，通常在核岛内收集，后续采用移动式处理设备进行处理。

4.6.2.3 液态流出物载带蒸发系统 (KSZ)

1) 系统概述

经放射性液体废物处理系统 (KPF) 处理后达标的液态流出物 (<100Bq/L)，根据标准法规要求可实施槽式排放。考虑到本项目位于我国北方地区，厂址距接纳水体松花江的直线距离较远，液态流出物排放管道的敷设及维护成本非常高。同时，为了实现“近零排放、近零污染”供热堆总体设计目标和保护地表水环境的要求，因此综合考虑各种因素，采用载带蒸发工艺对液态流出物实施气载排放。

液态流出物载带蒸发工艺根据空气增湿的原理，利用正常环境下空气中的含湿量低于饱和含湿量的特性，将上游经过处理后的液态流出物 (<100Bq/L) 以气

态形式经大气载带排放，从而达到液态流出物气载排放的目的。液态流出物经载带蒸发处理后，液态流出物中的水分以蒸汽的形式随空气排放。

2) 系统功能

液态流出物载带蒸发系统（KSZ）的主要功能是接收核岛运行期间产生的无需复用的液态流出物（ $<100\text{Bq/L}$ ），采用载带蒸发工艺通过烟囱进行气态排放，使其气载放射性释放量低于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的限值。

KSZ 不执行安全有关功能，其非安全有关功能为：

- 通过载带蒸发工艺对液态流出物（ $<100\text{Bq/L}$ ）进行气态排放，保持厂外放射性释放在可接受的限值以内。
- 通过烟囱进行监测排放，并设置辐射监测仪表监测 KSZ 系统的放射性释放。

系统工艺流程简图见图 4.6-2。

3) 部件描述

KSZ 的主要部件为离心泵、水箱、轴流风机、挂布等。

（1）泵

- 2 台载带蒸发水箱泵，用以将接收的水源排至高位水箱中。
- 1 台地坑泵，用以排空地坑收集的冷凝水。

（2）箱体

- 2 台载带蒸发水箱，立式圆筒形箱体。
- 1 台高位水箱，立式圆筒形箱体。

（3）轴流风机

- 2 台轴流风机，用以提高挂布表面对流风速。

（4）挂布

- 2 套挂布，用以接收来自高位水箱的喷雾，提高蒸发表面积。

4) 系统运行

系统设有 2 台水箱接收来自复用水系统的液态流出物，在每年适合载带蒸发运行时间内对暂存的液态流出物实施载带蒸发。为避免因低温导致凝结以及相对湿度差较低问题，因此一般都在春秋两季环境温度和湿度均满足要求时进行载带蒸发，每年运行时间不超过 6 个月。

液态流出物载带蒸发工艺根据空气增湿的原理，通过泵将液体喷淋在膜组件上，通过膜组件的使用，提高蒸发表面积。然后利用轴流风机形成通风流道，保证膜表面的风速满足设计要求，从而提高液体蒸发速率。利用正常环境下空气中的含湿量低于饱和含湿量的特性，将上游经过处理后的液态流出物以气态形式经大气载带排放，从而达到液态流出物气态排放的目的。经载带蒸发后浓集的液态流出物，经取样分析后排往核岛处理或者继续载带蒸发，形成固体废物送最终处理。

载带蒸发气载流出物排放量见 4.6.3.1 节描述。

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

4.6.3.1 放射性废气排放源项

气载流出物主要通过下列途径，向环境大气排放：

- 从反应堆冷却剂系统泄漏到安全壳大气中的放射性物质通过安全壳通风向环境的释放。
- 工艺流体泄漏的放射性物质通过辅助厂房向环境的释放。
- 气载放射性物质通过放射性废气处理系统的释放。
- 载带蒸发气体的释放。

在计算放射性废气设计排放源项时，保守假定反应堆冷却剂中裂变产物的剂量等效 ^{131}I 活度浓度为 1GBq/t 。该源项保守考虑了核供热堆运行中可能的各种瞬态情况导致的反应堆冷却剂中核素活度浓度的增加，通过对设计基准源项按照剂量等效 ^{131}I 活度浓度的比例调整得到。对于腐蚀产物，则保守考虑其冷却剂源项与设计基准源项相同。

用于计算除氚和 ^{14}C 外其他核素气态排放量的输入参数列在表 4.6-13 中。

载带蒸发的废液中核素的活度浓度见表 4.6-14，它是基于上述用于设计排放源项计算的冷却剂中的裂变产物和腐蚀产物的核素谱及最大 100Bq/L 的活度浓度调整得到的。基于每年的载带蒸发废液量，并假设载带蒸发过程中废液中碘和粒子以一定的气水分配系数释放到大气中，进而确定载带蒸发释放的碘和粒子的排放量。

基于 4.6.1.2 节中计算得到的氚和 ^{14}C 产生量，气态氚和 ^{14}C 的设计排放量计算方法如下：

- 在计算气态氙年设计排放量时，保守假定气态氙的年释放份额为 40%（其中 20% 的释放份额来自载带蒸发贡献），剩余 60% 仍滞留在反应堆冷却剂中，以此不断循环累积，保守选取第 60 年的排放量作为本项目氙的年设计排放量。
- 在计算气态 ^{14}C 设计排放量时，保守假设气态 ^{14}C 的释放份额为 100%（其中 20% 的释放份额来自载带蒸发贡献），并考虑排放不均匀因子为 1.50。

单台核供热堆气载年设计排放量列在表 4.6-15 中。

在表 4.6-16 中给出了单台核供热堆气载年设计排放量与国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中规定的年排放量控制值的比较。可以看出，单台核供热堆的气载年设计排放量均能满足国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的排放量控制值要求。

4.6.3.2 放射性气体废物处理系统（KPL）

核供热堆运行期间会裂变产生放射性同位素氙、氪和碘。因为少量燃料包壳的破损，部分放射性物质会释放到反应堆冷却剂中。反应堆冷却剂的泄漏又导致放射性惰性气体释放到安全壳内大气中。通过严格限制反应堆冷却剂泄漏和限制反应堆冷却剂系统内惰性气体和碘的放射性浓度，可控制气载放射性释放。

1) 系统功能

放射性气体废物处理系统（KPL）的主要功能是接收系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体，并对其进行处理和排放，使核供热堆气载放射性释放量低于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的限值。KPL 不执行安全有关功能，其非安全有关功能为：

- 收集含氢气体和放射性气体。
- 处理和排放放射性废气，保持厂外放射性释放在可接受的限值以内。
- 排放管线上设置辐射监测仪表连续监测 KPL 的放射性释放。系统还可对释放流进行取样分析。

2) 系统描述

放射性气体废物处理系统（KPL）是一个直流式常温活性炭延迟系统。KPL 接收工艺系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体。KPL 系统设计流量与化学和容积控制系统（KBS）最大下泄流量下的脱气工况相匹配。

KPL 输入如下：

- (1) 放射性液体废物处理系统 (KPF) 脱气塔。
- (2) KPF 系统反应堆冷却剂疏水箱 (RCDT)。
- (3) KPF 系统流出液暂存箱。
- (4) KBS 容积控制箱。

KPF 的系统设计参数见表 4.6-17, 工艺流程图见图 4.6-3。

3) 部件描述

KPL 系统是一个直流常温活性炭延迟处理系统, 包括一台气体冷却器、一台气水分离器、一台活性炭保护床和两台活性炭延迟床。此外, 系统中还包括一套气体取样装置。KPL 的主要设备参数见表 4.6-18。

(1) 气体冷却器

气体冷却器将放射性废气冷却至接近冷冻水温度, 以便有效除湿。

(2) 气水分离器

去除气体冷却形成的水分。

(3) 活性炭保护床

活性炭保护床防止活性炭延迟床因过高水汽受到损害。正常运行时, 活性炭保护床可增加氙和氡的延迟处理时间。

(4) 活性炭延迟床

系统设置两台活性炭延迟床串联运行。由于气流进出延迟床都是在其顶部, 所以延迟床不需要活性炭截流筛网。

(5) 取样装置

提供两台取样泵。通常一台取样泵连续运行输送放射性废气至氢气、氧气分析仪。另一台泵将各取样点的放射性废气定期送至取样筒内, 并作为向氢气、氧气分析仪输送废气的备用泵。

4) 系统运行

KPL 系统为间歇运行。没有放射性废气进入 KPL 系统时, 在排放管线的隔离阀入口处有小流量的氮气注入, 以维持 KPL 系统处于正压, 防止放射性废气流量低时空气进入系统。

KPL 系统为非能动运行, 借助气体输入源的压力, 使放射性废气通过本系统。进气先通过气体冷却器, 由冷冻水对放射性废气进行冷却。气水分离器去除由气体冷却形成的水分。气水分离器的疏水排往 KPL 脱气塔分离器。

放射性废气流经保护床，去除多余的水分。然后，放射性废气流经两台活性炭延迟床，通过动态吸附过程使氙、氪得以延迟衰变。离开 KPL 系统的放射性废气在排往通风系统前先经过一个辐射监测仪表。该仪表在放射性高整定值时连锁关闭 KPL 出口控制/隔离阀。出口隔离阀也在通风系统低流量时关闭，防止氢气在通风管道内的累积。

放射性废气在延迟床的吸附不需能动设备或运行人员操作。运行人员误操作或设备失效不会引起放射性废气向环境的非受控释放。活性炭保护床后设有湿度计，在进入延迟床的放射性废气湿度过高时将发出报警，以避免 KPL 系统性能下降。

放射性气体废物处理系统设置独立、冗余的监测仪进行连续氧含量分析。系统氧含量过高时，将向运行人员发出警报。当氧含量在操作员可调控范围内的高值时，KPF 脱气塔真空泵自动停泵，防止可能含氧的气流进入 KPL，同时自动打开氮气阀门，使用氮气吹扫。系统出口隔离阀前用氮气连续加压，防止出口管路空气倒灌入系统。

4.6.3.3 供暖、通风与空气调节 (HVAC)

除放射性气体废物处理系统 (KPL) 释放途径以外，各厂房通风系统也是向环境释放气载放射性物质的途径。

本项目的供热、通风与空调系统 (HVAC) 的功能是：

- 对每个可能污染的厂房进行供热、通风和空气调节以提供一个合适的环境，确保操作人员的舒适、安全、健康以及设备的有效运行和完整性。
- 控制空气气流从污染较少的区域流向污染逐渐增加的区域，并使各厂房内可能被污染区域的全部通风经监测后，通过烟囱排放。
- 对相关系统的排风进行过滤和除碘处理，以减少气载放射性物质向大气环境的释放。HVAC 系统中对于未被放射性污染的废气从天花板或者从排气口直接排入大气；对于可能污染区域的全部通风气体经过监测后，通过核岛烟囱排入大气。

HVAC 系统中和放射性废气产生和释放相关的系统主要包括放射性控制区通风系统和安全壳空气过滤系统，正常运行时总排风量约为 110000m³/h，排放高度 20m，排放速率 13.5m/s。

4.6.4 放射性固体废物管理系统（KPA）

放射性固体废物处理系统（KPA）设计用于收集和暂存正常运行以及预期运行事件产生的废树脂、活性炭、水过滤器滤芯、干废物和通过滤器滤芯。上述放射性固体废物先收集暂存在辅助厂房内，后送往指定的废物处理单位进行处理。

4.6.4.1 系统功能

KPA 系统设计满足下列要求：

- 输送和贮存来自放射性液体废物处理系统（KPF）、化学和容积控制系统（KBS）和乏燃料池冷却系统（KFS）的废树脂和活性炭。
- 提供混合、输送废树脂和活性炭的手段。
- 更换、输送、收集水过滤器滤芯时，降低对人员的放射性照射和污染扩散。
- 收集来自核供热堆加热、通风、空调系统（HVAC）的通过滤器滤芯。
- 对放射性干废物进行分类和临时贮存。
- 分类收集放射性控制区（RCA）产生的废物。
- 在废物送往外部指定的处理设施之前可提供至少 5 年的贮存时间。将废树脂接收槽内废液送回 KPF 进行再处理后，监测排放。
- 提供与各类废物转运装置的转运接口。

4.6.4.2 系统描述

KPA 处理对象分为湿固体废物和干固体废物两类。湿固体废物包括：一回路废树脂和活性炭、水过滤器滤芯。干固体废物包括：可压实干废物（包含通过滤器）和不可压实干废物等。

预期的放射性废物产生量计算依据如下：

- 每个换料周期更换的离子交换树脂床废树脂（包含活性炭）。
- 每个换料周期更换 KPL 活性炭保护床内的活性炭。
- 每十年更换 KPL 活性炭延迟床内的活性炭。
- 每个换料周期更换全部水过滤器的滤芯。
- 参考核电站历史运行数据估计的可压实废物、不可压实废物总量。

放射性废物最大产生量的计算依据如下：

- 处理的离子交换树脂床与化学絮凝处理装置用活性炭床在 0.1% 燃料包壳破损率下运行。

- 每个换料周期更换两次 KPL 活性炭保护床内的活性炭。
- 每两年更换 KPL 活性炭延迟床内的活性炭。
- 所有更换的水过滤器滤芯在 0.1% 燃料包壳破损率下运行。
- 预期可压实废物、不可压实废物量增加约 50%。

废物的年预期产生量和最大产生量见表 4.6-19。

放射性固体废物处理系统（KPA）流程简图见图 4.6-4。

4.6.4.3 部件描述

KPA 系统的设备设计参数见表 4.6-20。

1) 箱体

2 台废树脂接收槽，每台废树脂接收槽内的树脂通过混合器进行混合，此外废树脂接收槽还具有脱水、气体鼓泡和疏水功能。

2) 泵

1 台树脂混合泵，为废树脂接收槽内树脂的流动和混合提供动力，在废树脂槽之间进行水流输送，将槽内多余的水排至 KPF，以及冲洗树脂输送管线。

1 台树脂输送泵，为废树脂接收槽内的废树脂循环混合和取样提供动力。

3) 过滤器

1 台树脂碎片过滤器，树脂碎片过滤器将最大限度地防止树脂碎片的扩散，并过滤掉管线冲洗水或废树脂接收槽向 KPF 的排放水中的杂质颗粒。

4) 水过滤器滤芯更换装置

水过滤器滤芯更换装置能够提供足够的屏蔽，用于水过滤器滤芯的更换、转运至贮存区域或外运用的屏蔽转运装置。

4.6.4.4 系统运行

1) 废树脂的装运

在输送前先检查用于接收的废树脂接收槽，并确认有足够容量接收树脂床的废树脂。此外，还需确认系统已设置废树脂混合泵将过量的转运水通过树脂碎片过滤器排放至 KPF。

在树脂混合工况时，废树脂接收槽通过树脂截流滤网向外疏水。疏水通过混合器再回到槽内。在该运行模式下，废树脂接收槽内废树脂层产生局部流态化。

废树脂混合后，启动树脂转运泵开启废树脂循环工况。废树脂混合工况下废树脂持续循环，循环过程中通过开启废树脂屏蔽转运装置填充阀开始废树脂装填。

废树脂屏蔽转运装置装满后可通过自带的除水泵将冲排水回流至废树脂接收槽内。

当装填操作完成时，手动开启管线冲洗控制器，自动运行泵和阀门，冲洗树脂输送管线，冲洗水再回流至废树脂接收槽。

2) 水过滤器滤芯的处理操作

水过滤器滤芯更换装置用于 KPF、KBS、KFS 和 KPA 的放射性水过滤器滤芯的更换。当更换废过滤器滤芯时，先将滤芯吊入水过滤器滤芯更换装置中，然后转运至辅助厂房滤芯贮存区进行临时贮存。待滤芯贮存一段时间后，再利用水过滤器滤芯更换装置将滤芯转运至水过滤器滤芯屏蔽转运装置中。

3) 干废物的处理操作

来自放射性控制区域表面污染区的废物打包或装入容器，在废物产生地点标注放射性水平、废物类型和处理地点的信息。废物袋或容器运至辅助厂房集中暂存。待累积到足够废物量后，再转运至指定的处理设施进行后续处理。

4.6.5 乏燃料贮存系统

乏燃料贮存系统用于操作和贮存在核供热堆换料时从堆芯卸出的乏燃料组件。乏燃料组件贮存在核供热堆核岛辅助厂房的乏燃料贮存水池的乏燃料贮存格架内，采用水下密集型布置方式。贮存设施包括乏燃料贮存水池和乏燃料贮存格架。乏燃料贮存格架位于乏燃料贮存水池内，乏燃料贮存水池是池底和四壁衬有不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构，与辅助厂房构成整体结构。池内充以硼酸去离子水，池水水质由乏燃料池冷却净化系统保持。

乏燃料组件贮存在格架的贮存腔内。乏燃料贮存格架的临界设计遵循《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》（HAD102-15，2007）有关要求。格架至少可以贮存反应堆 10 个日历年正常运行卸出的乏燃料组件外加一个完整堆芯的燃料组件数。

本项目反应堆正常运行的换料周期为 24 个月，乏燃料贮存设施的设计可提供 205 个贮腔和 5 个破损组件贮腔。

乏燃料贮存设施的设计准则如下：

(1) 乏燃料贮存格架的设计，应保证在正常工况和特殊工况下燃料组件都处于次临界状态。

(2) 乏燃料贮存格架的设计, 能承受正常和假定的静载荷、动载荷、由于热效应产生的载荷和由安全停堆地震产生的载荷; 应能承受一个燃料组件从抓取机上的最高工位上掉落时的冲击能量; 应能承受燃料抓取机的最大提升载荷。此外还具有稳定、不会倾倒或意外晃动等结构性能。

(3) 乏燃料贮存水池的深度和水层高度具有足够的屏蔽防护能力, 允许操作人员不受限制地接近池区而不受辐射危害。

(4) 乏燃料贮存格架的设计, 可以为乏燃料贮存提供安全、有效的保护措施。包括便于乏燃料组件的插入和取出、防止燃料组件不适当的插入及具有保护组件不受损伤的措施、有专门贮存破损或泄漏燃料组件的专用贮存腔。

(5) 乏燃料贮存格架的材料与乏燃料贮存水池的环境条件相容。

(6) 乏燃料贮存格架划分为非安全 D 级, 抗震 I 类设备。

(7) 乏燃料贮存格架的设计, 应使贮存水池中的冷却水能够在贮存格架内自由循环, 以冷却贮存的乏燃料组件。

(8) 各贮存腔的周围设置有中子吸收材料, 以保证满足贮存时对次临界的要求。

(9) 乏燃料贮存水池有足够的密封性, 使冷却水泄漏保持在可接受的限值内。

(10) 应避免非燃料装卸系统的吊运设备和重物在贮存水池上方经过, 并防止吊运设备的零部件掉入水池内。

从堆芯卸出的乏燃料组件运至辅助厂房乏燃料贮存水池并插入乏燃料贮存格架的贮腔内贮存并冷却。个别破损的组件存放入专门的破损组件贮腔内。

乏燃料贮存格架由不锈钢材料制造。支承结构为贮存格架的骨架, 贮腔截面为方形, 相邻的贮腔之间有中子吸收体材料。贮腔用于垂直存放乏燃料组件。

乏燃料组件贮存在硼酸去离子水中。乏燃料水池设有池水冷却净化系统, 以导出乏燃料组件的剩余释热及保证水池水温、水质、水位及放射性物质水平在规定的范围内。

乏燃料水池设有水位、水温监测系统及水池检漏系统, 可随时监测水池水位、水温及水池密封情况。

乏燃料贮存区内还设置有辐射剂量监测点, 保证操作人员的辐射安全。

4.6.6 废物最小化

核设施废物最小化的原则在国际上已得到充分的重视,本项目在设计、建造、运行乃至退役等各个阶段将积极考虑先进的技术和管理方法,在废物政策上落实最小化的原则。

核供热堆放射性废物的体积和活度的量通过合理的设计手段和运行、退役措施保持在切实可行的最小水平,这些措施包括设备材料的选择和控制、材料的再循环和再利用、合理的运行程序的应用等,重点在于不同类型废物和材料的隔离以减少放射性废物的体积并利于管理。

废物最小化可从管理和技术安全两方面进行考虑:

1) 管理:核能供热站运营单位建立废物管理和废物最小化的程序和合理可靠的废物清洁和排放程序以及相应的质量保证系统,并对运行人员进行培训和论证等。

2) 技术安全:核能供热站在设计和建造阶段对废物最小化的考虑对将来运行和退役阶段废物的产生有直接的影响。本项目在设计时将考虑如下因素:

- 选择合适的材料(抗腐蚀、高质量的表面处理、不会或较低可能被活化或产生其它放射性核素)。
- 应用最有效、可靠和先进的技术以确保设备尽可能长时间维持可运行状态,而不需要更换和/或维修。
- 采用高性能的设备,避免废物的无序积累,减少泄漏或排放以避免维修的设备被污染而产生额外的废物。
- 严格区分非放射性物质和放射性物质,合理地根据物质的特性和放射性活度进行分离。

需要指出的是,核供热堆不可避免地将产生放射性废物,由于现有废物贮存设施和处理设备的限制以及保护环境和公众的考虑,在废物最小化原则中也包含了待处理和贮存放射性废物的体积和放射性最小化的含义,减少已产生废物的体积和放射性的措施主要有:

- 在处理已产生的放射性废物前放置足够长的时间,通过衰变来降低废物的放射性,这对于短半衰期核素特别有用。这也可以简化废物处理的过程并相应提高处理效率。
- 对于核能供热站日常维护和大修、以及核能供热站退役后产生的非放射

性金属废物应区分出来，可用作民用建筑材料再循环复用。

核能供热站单台核供热堆废物最小化的目标值为 $\leq 40\text{m}^3$ ，核供热堆产生的固体废物将运往指定的废物处理设施进行处理。

表 4.6-1 堆芯放射性总量计算所需参数

参数	数值				单位
	M 区	L 区	K 区	J 区*	
平均富集度					
组件数目					
单个组件中 U 的质量					
比功率					
循环长度					
换料方案描述					

注：*其中一个中心组件，中心组件由 K 区中一组组件卸料后重新复用。

表 4.6-2 平衡循环堆芯放射性积存量

单位: Bq

核素		总活度	核素		总活度
碘	¹³⁰ I	3.13E+15	惰性气体	^{85m} Kr	5.80E+16
	¹³¹ I	2.12E+17		⁸⁵ Kr	4.14E+15
	¹³² I	3.09E+17		⁸⁷ Kr	1.15E+17
	¹³³ I	4.39E+17		⁸⁸ Kr	1.54E+17
	¹³⁴ I	4.94E+17		^{131m} Xe	2.32E+15
	¹³⁵ I	4.16E+17		^{133m} Xe	1.36E+16
铯组	¹³⁴ Cs	4.42E+16		¹³³ Xe	4.40E+17
	¹³⁶ Cs	1.04E+16		^{135m} Xe	9.08E+16
	¹³⁷ Cs	4.48E+16		¹³⁵ Xe	1.77E+17
	¹³⁸ Cs	4.11E+17		¹³⁸ Xe	3.76E+17
	⁸⁶ Rb	2.99E+14	钷组	¹⁴¹ Ce	3.58E+17
碲组	^{127m} Te	3.19E+15		¹⁴³ Ce	3.35E+17
	¹²⁷ Te	1.88E+16		¹⁴⁴ Ce	2.98E+17
	^{129m} Te	1.05E+16		²³⁸ Pu	8.20E+14
	¹²⁹ Te	5.47E+16		²³⁹ Pu	1.54E+14
	^{131m} Te	4.10E+16		²⁴⁰ Pu	2.11E+14
	¹³² Te	3.02E+17		²⁴¹ Pu	4.67E+16
	¹²⁷ Sb	1.90E+16		²³⁹ Np	4.15E+18
¹²⁹ Sb	5.84E+16	镧组	⁹⁰ Y	3.46E+16	
铷组	¹⁰³ Ru		3.23E+17	⁹¹ Y	2.75E+17
	¹⁰⁵ Ru		2.15E+17	⁹² Y	2.90E+17
	¹⁰⁶ Ru		1.24E+17	⁹³ Y	3.25E+17
	¹⁰⁵ Rh		2.10E+17	⁹⁵ Nb	3.68E+17
	⁹⁹ Mo		3.98E+17	⁹⁵ Zr	3.66E+17
	^{99m} Tc		3.51E+17	⁹⁷ Zr	3.66E+17
钡和锶组	⁸⁹ Sr		2.12E+17	¹⁴⁰ La	3.88E+17
	⁹⁰ Sr		3.40E+16	¹⁴¹ La	3.55E+17
	⁹¹ Sr		2.69E+17	¹⁴² La	3.44E+17
	⁹² Sr	2.86E+17	¹⁴³ Pr	3.29E+17	
	¹³⁹ Ba	3.91E+17	¹⁴⁷ Nd	1.40E+17	
	¹⁴⁰ Ba	3.78E+17	²⁴¹ Am	9.99E+13	
			²⁴² Cm	1.51E+16	
			²⁴⁴ Cm	6.47E+14	

表 4.6-3 计算设计基准一回路裂变产物活度浓度所需参数

参数	数值	单位
反应堆冷却剂满功率水装量		
净化系统主要参数		
正常净化流量	10	m ³ /h
混床对核素的去污因子		
惰性气体	1	-
Br、I	10	-
Sr、Ba	10	-
Cs、Rb	2	-
其他 ⁽¹⁾	10	-
破损燃料份额	0.10	%
满功率运行期间裂变产物逃脱率系数		
Kr、Xe	6.5E-08	1/s
Br、Rb、I、Cs	1.3E-08	1/s
Mo、Tc、Ag	2.0E-09	1/s
Te	1.0E-09	1/s
Sr、Ba	1.0E-11	1/s
Y、Zr、Nb、Ru、La、Ce、Pr	1.6E-12	1/s

注：

(1) 除 Kr、Xe、Sr、Ba、Br、Cs、I、Rb 外的其它核素，假定 DF 为 10，以便考虑除离子交换以外的其他去除机制，例如沉积或过滤。此去污因子适用于正常净化下泄流。

表 4.6-4 设计基准反应堆冷却剂中核素的活度浓度

单位: Bq/g

核素名称	活度浓度	核素名称	活度浓度
^{83m}Kr	2.61E+02	^{91}Y	2.29E-01
^{85m}Kr	1.19E+03	^{92}Y	5.13E-01
^{85}Kr	1.66E+04	^{93}Y	1.75E-01
^{87}Kr	6.84E+02	^{95}Zr	2.80E-01
^{88}Kr	2.06E+03	^{95}Nb	2.80E-01
^{89}Kr	4.89E+01	^{99}Mo	3.58E+02
^{131m}Xe	2.06E+03	^{99m}Tc	3.30E+02
^{133m}Xe	2.63E+03	^{103}Ru	2.38E-01
^{133}Xe	1.91E+05	^{103m}Rh	2.38E-01
^{135m}Xe	2.71E+02	^{106}Ru	9.22E-02
^{135}Xe	7.44E+03	^{125m}Te	2.38E-01
^{137}Xe	9.95E+01	^{127m}Te	1.46E+00
^{138}Xe	3.60E+02	^{129m}Te	4.81E+00
^{83}Br	4.46E+01	^{129}Te	5.73E+00
^{84}Br	2.25E+01	^{131m}Te	1.48E+01
^{85}Br	2.55E+00	^{131}Te	7.15E+00
^{129}I	2.80E-05	^{132}Te	1.34E+02
^{130}I	4.87E+00	^{134}Te	1.64E+01
^{131}I	1.21E+03	^{137m}Ba	1.97E+02
^{132}I	5.14E+02	^{140}Ba	1.78E+00
^{133}I	2.08E+03	^{140}La	5.69E-01
^{134}I	3.29E+02	^{141}Ce	2.70E-01
^{135}I	1.21E+03	^{143}Ce	2.39E-01
^{134}Cs	1.32E+02	^{143}Pr	2.59E-01
^{136}Cs	5.81E+01	^{144}Ce	2.22E-01
^{137}Cs	1.98E+02	^{144}Pr	2.22E-01
^{138}Cs	5.20E+02	^{51}Cr	1.77E+01
^{88}Rb	2.07E+03	^{54}Mn	4.82E+00
^{89}Rb	9.65E+01	^{55}Fe	9.64E+00
^{89}Sr	1.80E+00	^{59}Fe	2.89E+00
^{90}Sr	1.55E-01	^{58}Co	1.69E+02
^{91}Sr	2.69E+00	^{60}Co	3.94E+00
^{92}Sr	6.08E-01	^{65}Zn	1.20E+00
^{90}Y	4.12E-02	^{124}Sb	2.41E+00
^{91m}Y	1.44E+00	^{110m}Ag	8.83E+00

表 4.6-5 设计排放源项计算所需的反应堆冷却剂源项

单位: Bq/g

核素	活度浓度	核素	活度浓度
^{83m} Kr	1.60E+02	⁹¹ Y	1.40E-01
^{85m} Kr	7.30E+02	⁹² Y	3.15E-01
⁸⁵ Kr	1.02E+04	⁹³ Y	1.07E-01
⁸⁷ Kr	4.20E+02	⁹⁵ Zr	1.72E-01
⁸⁸ Kr	1.26E+03	⁹⁵ Nb	1.72E-01
⁸⁹ Kr	3.00E+01	⁹⁹ Mo	2.20E+02
^{131m} Xe	1.26E+03	^{99m} Tc	2.02E+02
^{133m} Xe	1.61E+03	¹⁰³ Ru	1.46E-01
¹³³ Xe	1.17E+05	^{103m} Rh	1.46E-01
^{135m} Xe	1.66E+02	¹⁰⁶ Ru	5.66E-02
¹³⁵ Xe	4.56E+03	^{125m} Te	1.46E-01
¹³⁷ Xe	6.10E+01	^{127m} Te	8.96E-01
¹³⁸ Xe	2.21E+02	^{129m} Te	2.95E+00
⁸³ Br	2.74E+01	¹²⁹ Te	3.52E+00
⁸⁴ Br	1.38E+01	^{131m} Te	9.08E+00
⁸⁵ Br	1.56E+00	¹³¹ Te	4.39E+00
¹²⁹ I	1.72E-05	¹³² Te	8.22E+01
¹³⁰ I	2.99E+00	¹³⁴ Te	1.01E+01
¹³¹ I	7.42E+02	^{137m} Ba	1.21E+02
¹³² I	3.15E+02	¹⁴⁰ Ba	1.09E+00
¹³³ I	1.28E+03	¹⁴⁰ La	3.49E-01
¹³⁴ I	2.02E+02	¹⁴¹ Ce	1.66E-01
¹³⁵ I	7.42E+02	¹⁴³ Ce	1.47E-01
¹³⁴ Cs	8.10E+01	¹⁴³ Pr	1.59E-01
¹³⁶ Cs	3.56E+01	¹⁴⁴ Ce	1.36E-01
¹³⁷ Cs	1.21E+02	¹⁴⁴ Pr	1.36E-01
¹³⁸ Cs	3.19E+02	⁵¹ Cr	1.20E+00
⁸⁸ Rb	1.27E+03	⁵⁴ Mn	1.77E+01
⁸⁹ Rb	5.92E+01	⁵⁵ Fe	4.82E+00
⁸⁹ Sr	1.10E+00	⁵⁹ Fe	9.64E+00
⁹⁰ Sr	9.51E-02	⁵⁸ Co	2.89E+00
⁹¹ Sr	1.65E+00	⁶⁰ Co	1.69E+02
⁹² Sr	3.73E-01	⁶⁵ Zn	3.94E+00
⁹⁰ Y	2.53E-02	¹²⁴ Sb	2.41E+00
^{91m} Y	8.83E-01	^{110m} Ag	8.83E+00

表 4.6-6 反应堆冷却剂中腐蚀产物活度浓度计算所需参数

参数	单位	参考电厂	本项目
热功率	MWt	3400	200
反应堆冷却剂系统中的水装量	kg	2.5E+05	
反应堆冷却剂下泄流量	kg h ⁻¹	1.692E+04	9.889E+03
年平均调硼排水流量	kg h ⁻¹	2.268E+02	--
通过化学和容积控制系统阳床的流量	kg h ⁻¹	1.692E+03	--
化学和容积控制系统阳床对腐蚀产物的去除系数	--	0.9	0.9
化学和容积控制系统混床对腐蚀产物的去除系数	--	0.98	0.9

表 4.6-7 主回路氚产生量计算所需主要参数

参数	单位	数值
锂浓度	ppm	
可燃毒物中 ¹⁰ B 总质量	g	
堆芯活性区水质量	g	
次级源棒参数		
次级源组件中的 Sb-Be 芯块总质量	kg	
Sb-Be 芯块中 Be 的质量份额	-	
次级源棒计算时采用的堆芯平均热中子通量	n cm ⁻² s ⁻¹	

表 4.6-8 平衡循环主回路中氚的年产生量

主要产生途径	循环产生量 (Bq/年)
燃料中三元裂变	5.36E+11
可燃毒物棒中 ¹⁰ B (n,2α) T 反应	3.15E+10
可燃毒物棒内 ¹⁰ B (n,α) ⁷ Li (n,nα) T 反应	5.25E+10
主冷却剂中 ⁷ Li (n,nα) T 反应	1.41E+10
主冷却剂中 ⁶ Li (n,α) T 反应	9.25E+10
主冷却剂中 ² H (n,γ) T 反应	7.40E+09
次级源棒的贡献	8.52E+11
总量	1.59E+12

表 4.6-9 主回路中 ^{14}C 的年产生量

单位: Bq/a

反应类型	设计值
$^{17}\text{O}(\text{n},\alpha)^{14}\text{C}$	2.31E+10
$^{14}\text{N}(\text{n},\text{p})^{14}\text{C}$	5.67E+09
总计	2.88E+10

表 4.6-10 放射性液体废物处理系统（KPF）废液输入和处理方式

收集水箱和废液来源	预期输入量	放射性活度浓度	依据	处理方式
1. 流出液暂存箱				脱气、过滤、离子交换、监测、复用
安全壳内泄漏（排至反应堆冷却剂疏水箱）	0.028m ³ /天	167%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
启停堆KBS下泄流	0.219m ³ /天	100%反应堆冷却剂	启停堆：2次/年	
2. 废液暂存箱				过滤、离子交换（如需要）、监测、复用、排放
取样疏水	0.0273m ³ /天	5%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
乏燃料池衬里泄漏	0.037m ³ /天	0.1%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
其他疏水	0.386m ³ /天	0.1%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
设备和区域去污	0.008m ³ /天	0.1%反应堆冷却剂	ANSI/ANS-55.6	
3. 洗手废液				收集、监测、排放
热淋浴器	0m ³ /天	3.7Bq/kg	ANSI/ANS-55.6	
洗手水	0.0273m ³ /天	3.7Bq/kg	ANSI/ANS-55.6	
4. 化学废液	0.0273m ³ /天	≤5%反应堆冷却剂	初步估算	移动式设备处理

表 4.6-11 放射性液体废物处理系统（KPF）去污因子

树脂类型/设备	碘	铯/钷	其他
活性炭床	1	1	1
双室离子交换床 A	1	100	1000
双室离子交换床 B	2000	100	100

注：以上去污因子为设计排放源项时的设备去污因子。

表 4.6-12 放射性液体废物处理系统（KPF）的主要设备

泵		
安全壳地坑泵		
数量	2	
类型	离心式潜水泵	
设计压力	1MPa	
设计温度	120℃	
设计流量	10m ³ /h	
材料	不锈钢	
反应堆冷却剂疏水箱泵		
数量	2	
型号	立式地坑泵，离心式	
设计压力	1MPa	
设计温度	120℃	
设计流量	20m ³ /h	
材料	不锈钢	
脱气塔分离泵		
数量	2	
型号	离心泵	
设计压力	1MPa	
设计温度	95℃	
设计流量	2m ³ /h	
材料	不锈钢	
气动双隔膜泵		
气动双隔膜泵用于：	数量	名称
	2	脱气塔排放泵
	2	流出液暂存箱泵
	2	废液暂存箱泵
	1	监测箱泵
	1	化学废液箱泵
	1	洗手废液箱泵
型号	气动，双隔膜泵	
设计压力	1MPa	
设计温度	95℃	
设计流量	2~10m ³ /h（随空气供入量不同而变化）	
材料	泵体不锈钢	
脱气塔真空泵		
数量	2	
型号	液体环式	
设计压力	1MPa	
设计温度	95℃	
设计流量	160m ³ /h（稳定）、250m ³ /h（最大）	
材料	不锈钢	

表 4.6-12 续 放射性液体废物处理系统 (KPF) 的主要设备

过滤器	
废液前过滤器	
数量	1
型号	可更换式
设计压力	1MPa
设计温度	60℃
设计流量	2m ³ /h
颗粒尺寸 (98%截留)	25 微米
材料	
壳体	不锈钢
过滤介质	聚丙烯/褶皱纸
废液后过滤器	
数量	1
型号	可更换式
设计压力	1MPa
设计温度	60℃
设计流量	2m ³ /h
颗粒尺寸 (98%截留)	20 微米
材料	
壳体	不锈钢
过滤介质	聚丙烯/褶皱纸
热交换器	
反应堆冷却剂疏水箱热交换器	
数量	1
型号	卧式 U 型管式
设计压力	1MPa 管侧 1MPa 壳侧
设计温度	120℃ 管侧 100℃ 壳侧
设计流量	11000kg/h 管侧 28200kg/h 壳侧
传热设计	
进口温度	80℃ 管侧 35℃ 壳侧
出口温度	62℃ 管侧 50℃ 壳侧
材料	管侧不锈钢, 壳侧碳钢
蒸汽冷凝器	
数量	1
型号	卧式 U 型管式
设计压力	1MPa
设计温度	60℃
设计流量	28000kg/h 管侧 850kg/h 壳侧
传热设计	
进口温度	4.4℃ 管侧 31℃ 壳侧
出口温度	13℃ 管侧 21℃ 壳侧
材料	不锈钢

表 4.6-12 续 放射性液体废物处理系统（KPF）的主要设备

KPF 真空泵工作液冷却器	
数量	1
型号	板式热交换器
设计压力	1MPa
设计温度	60℃
设计流量	5520kg/h 工艺流侧 6930kg/h 冷却水侧
进口温度	40℃ 工艺流侧 4.4℃ 冷却水侧
出口温度	29℃ 工艺流侧 13℃ 冷却水侧
材料	不锈钢
床体	
活性炭床	
数量	1
设计压力	1MPa
设计温度	60℃
设计流量	2m ³ /h
名义装填容量	0.2m ³
材料	不锈钢
介质型号	活性炭
双室离子交换床	
数量	2
设计压力	1MPa
设计温度	60℃
设计流量	2m ³ /h
名义树脂容量	0.2m ³
材料	不锈钢
树脂型号	两台阳床，两台混床

表 4.6-13 气载流出物排放量计算所需输入参数

参数及量纲	单位	数值
反应堆厂房泄漏率		
辅助厂房泄漏率		
通风过滤效率	--	碘 90%，粒子 99%
反应堆厂房闪蒸份额		
辅助厂房气水分配因子		
延迟床延迟时间		
需要进行脱气的废液量		
载带蒸发的废液量		
载带蒸发废液的活度水平	Bq/L	100
载带蒸发气水分配因子		

表 4.6-14 载带蒸发废液中核素的活度浓度（除氚和 ^{14}C ）

单位：Bq/g

核素	活度浓度	核素	活度浓度
^{65}Zn	1.23E-05	^{106}Ru	9.41E-07
^{51}Cr	1.81E-04	$^{125\text{m}}\text{Te}$	2.43E-06
^{54}Mn	4.92E-05	$^{127\text{m}}\text{Te}$	1.49E-05
^{55}Fe	9.84E-05	$^{129\text{m}}\text{Te}$	4.91E-05
^{59}Fe	2.95E-05	^{129}Te	5.85E-05
^{58}Co	1.73E-03	$^{131\text{m}}\text{Te}$	1.51E-04
^{60}Co	4.02E-05	^{131}Te	7.30E-05
^{124}Sb	2.46E-05	^{132}Te	1.37E-03
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	9.02E-05	^{134}Te	1.67E-04
^{83}Br	4.55E-04	^{129}I	2.86E-10
^{84}Br	2.30E-04	^{130}I	4.97E-05
^{85}Br	2.60E-05	^{131}I	1.24E-02
^{88}Rb	2.11E-02	^{132}I	5.25E-03
^{89}Rb	9.85E-04	^{133}I	2.12E-02
^{89}Sr	1.84E-05	^{134}I	3.36E-03
^{90}Sr	1.58E-06	^{135}I	1.24E-02
^{91}Sr	2.75E-05	^{134}Cs	1.35E-03
^{92}Sr	6.21E-06	^{136}Cs	5.93E-04
^{90}Y	4.21E-07	^{137}Cs	2.02E-03
$^{91\text{m}}\text{Y}$	1.47E-05	^{138}Cs	5.31E-03
^{91}Y	2.34E-06	$^{137\text{m}}\text{Ba}$	2.01E-03
^{92}Y	5.24E-06	^{140}Ba	1.82E-05
^{93}Y	1.79E-06	^{140}La	5.81E-06
^{95}Zr	2.86E-06	^{141}Ce	2.76E-06
^{95}Nb	2.86E-06	^{143}Ce	2.44E-06
^{99}Mo	3.66E-03	^{143}Pr	2.64E-06
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.37E-03	^{144}Ce	2.27E-06
^{103}Ru	2.43E-06	^{144}Pr	2.27E-06
$^{103\text{m}}\text{Rh}$	2.43E-06		

表 4.6-15 单台核供热堆气载流出物设计排放量

单位: Bq/a

惰性气体

核素	KPL	安全壳	辅助厂房	总和
^{83m} Kr	1.86E+02	2.46E+09	1.17E+10	1.42E+10
^{85m} Kr	3.96E+07	1.12E+10	5.33E+10	6.46E+10
⁸⁵ Kr	9.26E+11	1.56E+11	7.44E+11	1.83E+12
⁸⁷ Kr	1.66E-01	6.44E+09	3.07E+10	3.71E+10
⁸⁸ Kr	1.02E+06	1.94E+10	9.23E+10	1.12E+11
⁸⁹ Kr	0.00E+00	4.60E+08	2.19E+09	2.65E+09
^{131m} Xe	1.46E+10	1.94E+10	9.23E+10	1.26E+11
^{133m} Xe	2.27E+06	2.48E+10	1.18E+11	1.43E+11
¹³³ Xe	1.05E+11	1.80E+12	8.56E+12	1.05E+13
^{135m} Xe	0.00E+00	2.55E+09	1.21E+10	1.47E+10
¹³⁵ Xe	0.00E+00	7.00E+10	3.33E+11	4.03E+11
¹³⁷ Xe	0.00E+00	9.36E+08	4.46E+09	5.40E+09
¹³⁸ Xe	0.00E+00	3.39E+09	1.61E+10	1.95E+10
总量	1.05E+12	2.11E+12	1.01E+13	1.32E+13

碘

核素	安全壳	辅助厂房	载带蒸发量	总和
¹²⁹ I	1.05E+01	1.25E+00	3.60E-03	1.18E+01
¹³⁰ I	4.11E+05	2.18E+05	6.26E+02	6.30E+05
¹³¹ I	3.64E+08	5.42E+07	1.56E+05	4.19E+08
¹³² I	2.67E+07	2.30E+07	6.61E+04	4.98E+07
¹³³ I	2.32E+08	9.32E+07	2.68E+05	3.25E+08
¹³⁴ I	1.56E+07	1.47E+07	4.23E+04	3.04E+07
¹³⁵ I	7.98E+07	5.42E+07	1.56E+05	1.34E+08
总量	7.19E+08	2.40E+08	6.88E+05	9.59E+08

表 4.6-15 续 单台核供热堆气载流出物设计排放量

单位: Bq/a

粒子态核素

核素	安全壳	辅助厂房	载带蒸发量	总和
⁶⁵ Zn	7.36E+04	4.38E+03	7.72E+01	7.81E+04
⁵¹ Cr	1.09E+06	6.46E+04	1.14E+03	1.15E+06
⁵⁴ Mn	2.96E+05	1.76E+04	3.10E+02	3.14E+05
⁵⁵ Fe	5.92E+05	3.52E+04	6.20E+02	6.27E+05
⁵⁹ Fe	1.77E+05	1.06E+04	1.86E+02	1.88E+05
⁵⁸ Co	1.04E+07	6.17E+05	1.09E+04	1.10E+07
⁶⁰ Co	2.42E+05	1.44E+04	2.53E+02	2.56E+05
¹²⁴ Sb	1.48E+05	8.80E+03	1.55E+02	1.57E+05
^{110m} Ag	5.42E+05	3.23E+04	5.68E+02	5.75E+05
⁸³ Br	1.68E+06	9.99E+04	2.87E+03	1.78E+06
⁸⁴ Br	8.47E+05	5.04E+04	1.45E+03	8.99E+05
⁸⁵ Br	9.60E+04	5.71E+03	1.64E+02	1.02E+05
⁸⁸ Rb	7.79E+07	4.64E+06	1.33E+05	8.27E+07
⁸⁹ Rb	3.63E+06	2.16E+05	6.21E+03	3.86E+06
⁸⁹ Sr	6.78E+04	4.03E+03	1.16E+02	7.19E+04
⁹⁰ Sr	5.84E+03	3.47E+02	9.97E+00	6.19E+03
⁹¹ Sr	1.01E+05	6.03E+03	1.73E+02	1.07E+05
⁹² Sr	2.29E+04	1.36E+03	3.91E+01	2.43E+04
⁹⁰ Y	1.55E+03	9.23E+01	2.65E+00	1.65E+03
^{91m} Y	5.42E+04	3.23E+03	9.26E+01	5.75E+04
⁹¹ Y	8.62E+03	5.13E+02	1.47E+01	9.15E+03
⁹² Y	1.93E+04	1.15E+03	3.30E+01	2.05E+04
⁹³ Y	6.59E+03	3.92E+02	1.13E+01	6.99E+03
⁹⁵ Zr	1.05E+04	6.27E+02	1.80E+01	1.12E+04
⁹⁵ Nb	1.05E+04	6.27E+02	1.80E+01	1.12E+04
⁹⁹ Mo	1.35E+07	8.02E+05	2.30E+04	1.43E+07
^{99m} Tc	1.24E+07	7.39E+05	2.12E+04	1.32E+07
¹⁰³ Ru	8.96E+03	5.33E+02	1.53E+01	9.51E+03
^{103m} Rh	8.96E+03	5.33E+02	1.53E+01	9.51E+03
¹⁰⁶ Ru	3.47E+03	2.07E+02	5.93E+00	3.68E+03

表 4.6-15 续 单台核供热堆气载流出物设计排放量

单位: Bq/a

粒子态核素

核素	安全壳	辅助厂房	载带蒸发量	总和
^{125m} Te	8.96E+03	5.33E+02	1.53E+01	9.51E+03
^{127m} Te	5.50E+04	3.27E+03	9.39E+01	5.83E+04
^{129m} Te	1.81E+05	1.08E+04	3.09E+02	1.92E+05
¹²⁹ Te	2.16E+05	1.28E+04	3.69E+02	2.29E+05
^{131m} Te	5.57E+05	3.32E+04	9.52E+02	5.91E+05
¹³¹ Te	2.69E+05	1.60E+04	4.60E+02	2.86E+05
¹³² Te	5.04E+06	3.00E+05	8.62E+03	5.35E+06
¹³⁴ Te	6.17E+05	3.67E+04	1.05E+03	6.55E+05
¹³⁴ Cs	4.97E+06	2.96E+05	8.49E+03	5.27E+06
¹³⁶ Cs	2.19E+06	1.30E+05	3.74E+03	2.32E+06
¹³⁷ Cs	7.45E+06	4.44E+05	1.27E+04	7.91E+06
¹³⁸ Cs	1.96E+07	1.17E+06	3.34E+04	2.08E+07
^{137m} Ba	7.42E+06	4.41E+05	1.27E+04	7.87E+06
¹⁴⁰ Ba	6.70E+04	3.99E+03	1.14E+02	7.11E+04
¹⁴⁰ La	2.14E+04	1.28E+03	3.66E+01	2.27E+04
¹⁴¹ Ce	1.02E+04	6.05E+02	1.74E+01	1.08E+04
¹⁴³ Ce	9.00E+03	5.36E+02	1.54E+01	9.55E+03
¹⁴³ Pr	9.75E+03	5.80E+02	1.67E+01	1.03E+04
¹⁴⁴ Ce	8.36E+03	4.97E+02	1.43E+01	8.87E+03
¹⁴⁴ Pr	8.36E+03	4.97E+02	1.43E+01	8.87E+03
总量	1.73E+08	1.03E+07	2.86E+05	1.83E+08

氙和 ¹⁴C

气态氙: 7.28E+11Bq/a (载带蒸发贡献为 1.46E+11Bq/a)

气态 ¹⁴C: 4.32E+10Bq/a (载带蒸发贡献为 8.64E+09Bq/a)

表 4.6-16 单台核供热堆气载流出物年设计排放量与控制值的比较

单位: Bq/a

核素	GB6249-2011 规定的单个反应堆放控制值	单台核供热堆排放量
惰性气体	4.00E+13	1.32E+13
碘	1.33E+09	9.59E+08
粒子	3.33E+09	1.83E+08
氙	1.00E+12	7.28E+11
¹⁴ C	4.67E+10	4.32E+10

表 4.6-17 放射性气体废物处理系统主要参数

参数	数值
运行压力	0.014MPa
废气处理流量（匹配 10m ³ /h KBS 下泄流脱气流量）	0.44m ³ /h
炭床运行温度	25℃（常压）
气体冷却器出口露点温度	4.5℃
每台延迟床的活性炭（最少）	500kg
保护床的活性炭	50kg
氙（Xe）延迟时间，两台延迟床运行，25℃	35 天
氪（Kr）延迟时间，两台延迟床运行，25℃	2 天

表 4.6-18 放射性气体废物处理系统（KPL）设备参数

泵 取样泵 台数 类型	2 隔膜泵	
热交换器 气体冷却器 台数 类型	1 双盘管式	
	工艺流侧	冷却流侧
设计压力（MPa 表压） 设计温度（℃） 设计流量（m ³ /h） 进口温度（℃） 出口温度（℃） 材料	1 80 1 80 4.5 不锈钢	2 95 0.03 4.4 5.2 不锈钢
箱体 （活性炭）保护床 台数 有效装填量（kg） 类型 设计压力（MPa 表压） 设计温度（℃） 材料	1 50 立管式 1 95 不锈钢	
（活性炭）延迟床 台数 有效装填量（kg） 类型 设计压力（MPa 表压） 设计温度（℃） 材料	2 500 弯曲立管式 1 95 不锈钢	
气水分离器 台数 有效容积（m ³ ） 类型 设计压力（MPa 表压） 设计温度（℃） 材料	1 0.01 立式 1 95 不锈钢	

表 4.6-20 放射性固体废物处理系统（KPA）的主要设备

贮槽	
废树脂接收槽	
数量	2
总容积	11.7m ³
类型	立式、椭圆形底封头、碟型顶封头
设计压力	0.1MPa
设计温度	60℃
材料	不锈钢
泵	
树脂混合泵	
数量	1
类型	气动隔膜式
设计压力	1MPa
设计温度	60℃
设计流量	23m ³ /h
设计扬程	35m
树脂输送泵	
数量	1
类型	单螺杆泵
设计压力	1MPa
设计温度	60℃
设计流量	20m ³ /h
设计扬程	50m
树脂碎片过滤器	
数量	1
类型	自内向外流经滤芯
设计压力	1MPa 表压
设计温度	60℃
设计流量	23m ³ /h
过滤效率	10 微米
材料	不锈钢壳体的褶皱聚丙烯过滤芯
水过滤器滤芯更换装置	
数量	1
设计压力	常压
设计温度	常温
设计参数	满足人员屏蔽要求

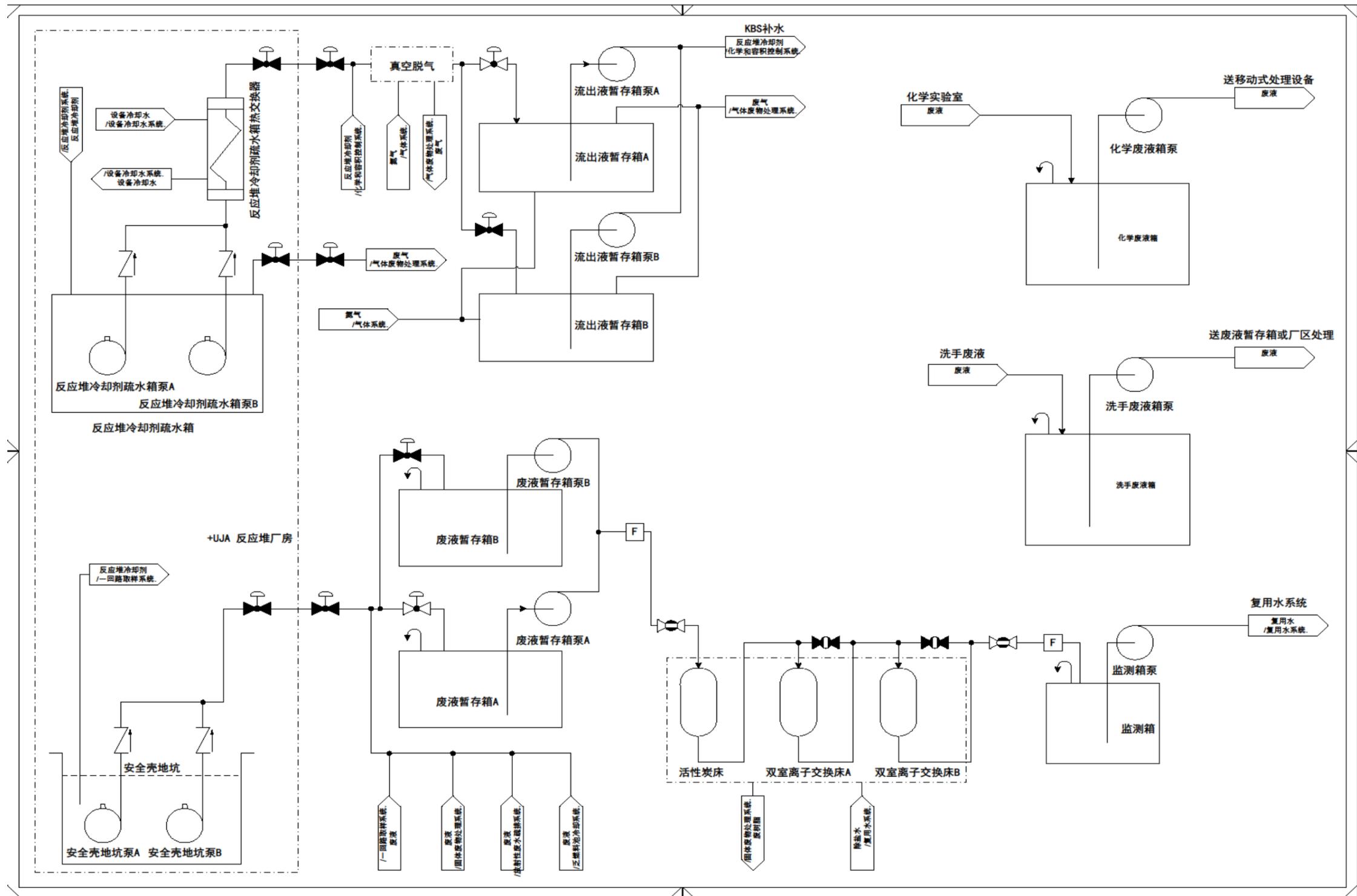


图 4.6-1 放射性液体废物处理系统 (KPF) 流程简图

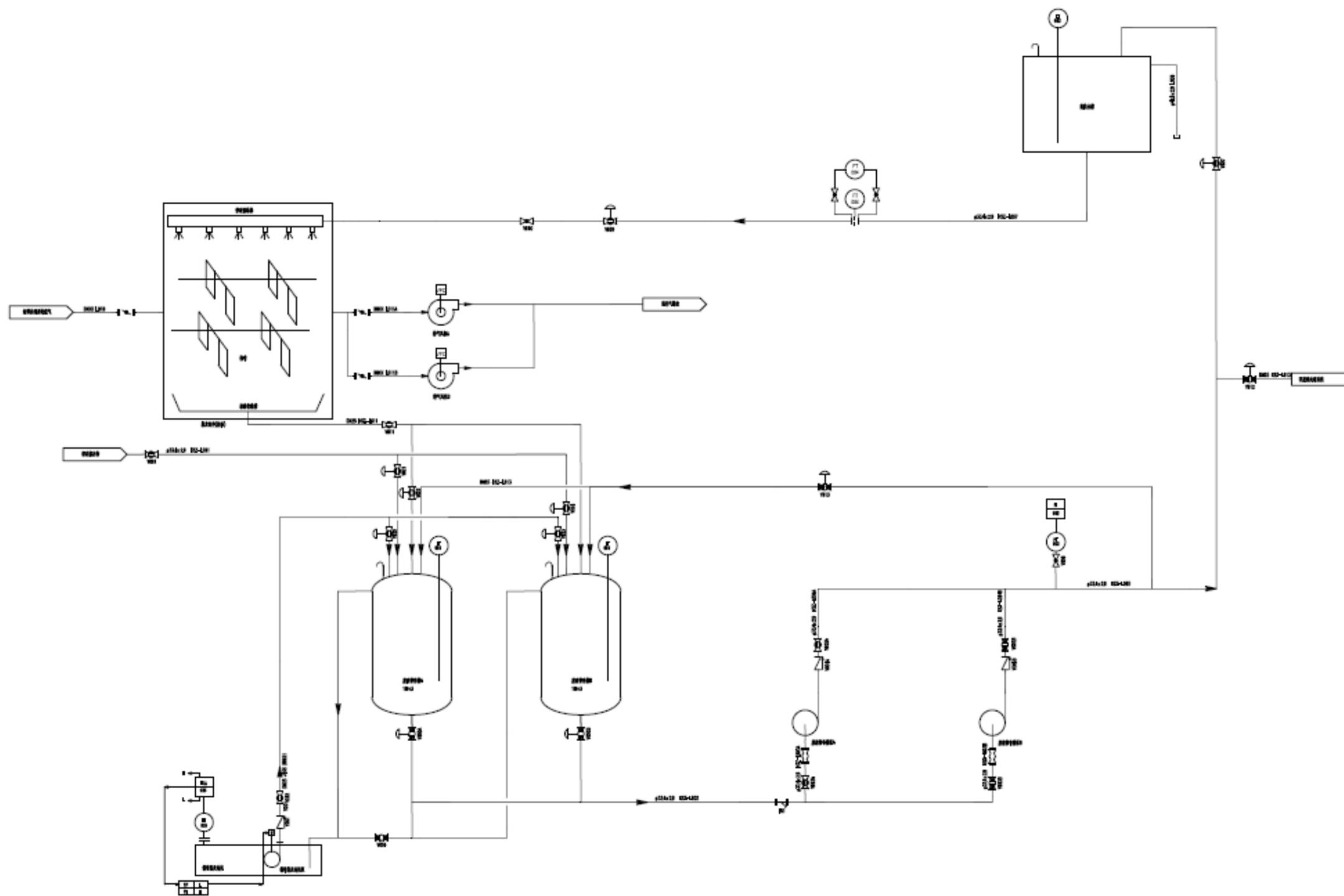


图 4.6-2 液态流出物载带蒸发系统 (KSZ) 流程简图

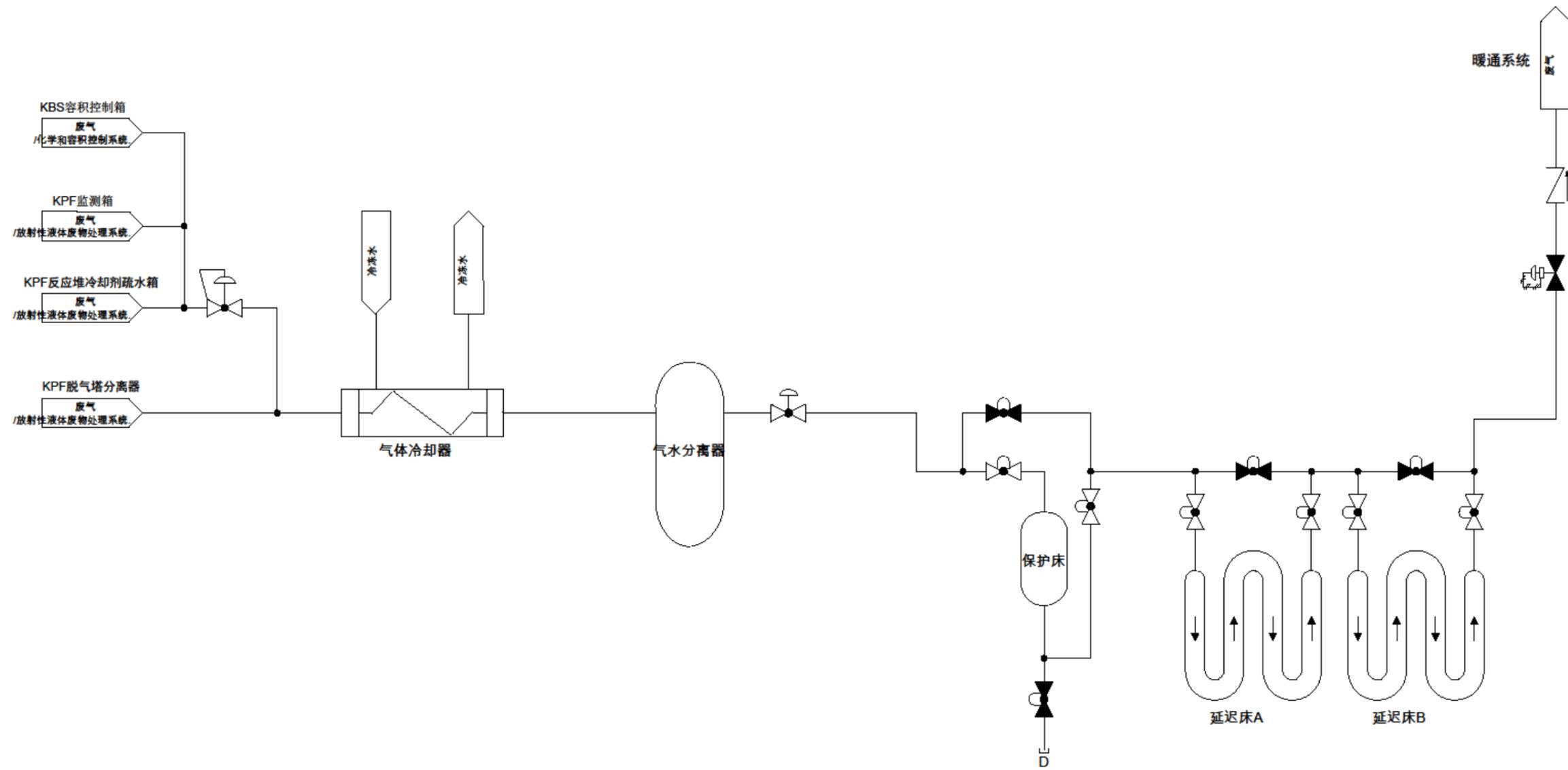


图 4.6-3 放射性气体废物处理系统 (KPL) 流程简图

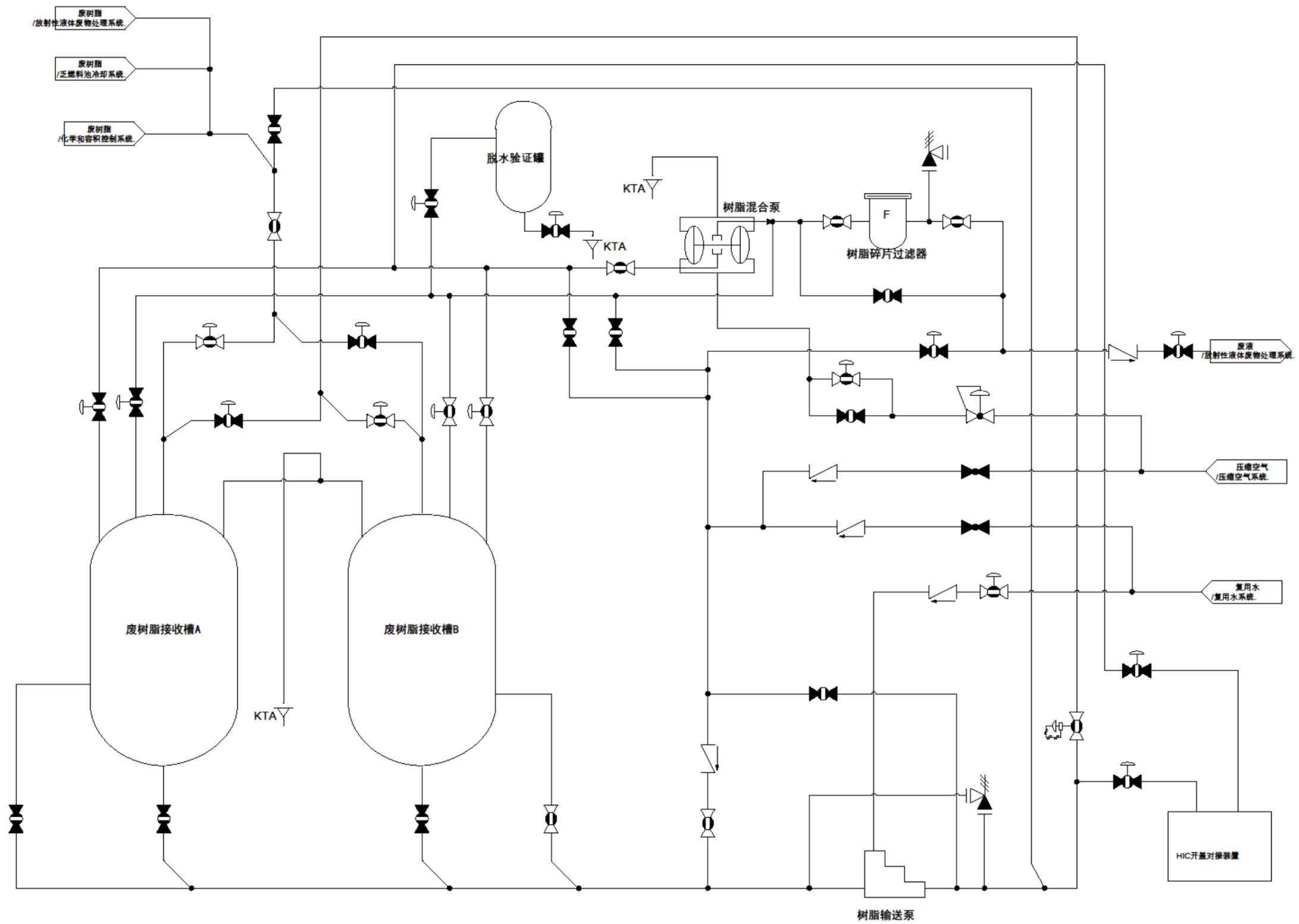


图 4.6-4 放射性固体废物处理系统（KPA）流程简图

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

1) 化学污染物产生情况

本项目运行期核岛使用的化学物质涉及氢氧化锂、联氨、过氧化氢、钼酸盐、磷酸三钠。

本项目运行期产生的非放射性生产废水主要来源是地面冲洗水、空调机组冷凝水、设备管道放空水，原水中可能含油（柴油、机油），含酸，固体悬浮颗粒，在特定时段内可能还有表面活性剂、阻垢剂等化学物质。

本项目运行期产生的非放射性生产废水还包括原水处理厂以及除盐水处理系统的水质处理过程产生的废水。本项目运行期原水处理厂产生的废水来源于絮凝沉淀、加药消毒过程产生的废水；除盐水处理系统除反渗透（RO）法产生的盐度略高于原水外，其水质处理过程中涉及酸（盐酸，年用量 30t，贮存量 10t）、碱（氢氧化钠，年用量 30t，贮存量 10t）、阻垢剂、还原剂（亚硫酸钠，30L 桶装）、消毒剂（次氯酸钠，30L 桶装）等的使用，废水的 pH 值可能超出 6~9 的范围。

2) 化学污染物处理情况

本项目运行期核岛使用的化学物质使用量较小，且放射性废水经处理达标后回用，无法回用时通过载带蒸发方式向大气排放，不向厂址周边地表水体排放。

本项目运行期设计非放射性生产废水水量 72m³/h，设置两序列废水处理设施，每序列处理能力 36m³/h。处理装置包括调节池、酸碱中和调节装置、隔油沉砂装置、砂滤罐、碳滤罐、消毒、出水水箱等，处理工艺出水污染物控制项目满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002，2006 年修订）中一级标准的 A 标准，达标后废水与生物质能废水合并外排，上述非放射性生产废水拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂。

本项目除盐水处理系统产生的废水采用酸碱中和法处理，经处理后与原水处理厂产生的废水的水污染物控制项目满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002，2006 年修订）中一级 A 标准后，达标后废水与生物质能废水合并外排，上述非放射性生产废水拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂。

4.7.2 生活废物

本项目运行期产生的生活废物主要包括生活垃圾和生活污水。

本项目运行期在核供热堆控制区以外（非控制区、辅助区域等）产生的生活垃圾按规定收集暂存并送到指定的生活垃圾处置场。

本项目运行期产生的生活污水主要来源于人员综合办公、食堂、各厂房卫生设施、武警消防宿舍等。生活污水排水系统采用重力流管道收集产生的生活污水，并输送至厂区生活污水处理设施处理，初定处理能力为 150m³/d，考虑采用一体化污水处理装置，处理装置包括污水处理及污泥处置，处理工艺出水污染物控制项目应达到或高于《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中的绿化、车辆冲洗用水标准，出水回用或者外排，上述生活污水拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂。

4.7.3 其他废物

本工程运行期间产生的危险废物主要包括废酸碱、废油、废油漆、废涂料、废化学试剂等。

危险废物贮存设施目前考虑布置在厂区化学品库。危险废物贮存设施的设计将参照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18957-2001，原环境保护部公告 2013 年第 36 号修改单）要求及修改单中的相关规定开展，其中包括：危险废物贮存于专用厂房内；各类危险废物分类存放并置于符合规定的容器内；厂房内加装排风机以保持厂房内通风良好，以减少挥发出的有害气体积聚；地面水泥硬化，并考虑防渗措施。

4.8 放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.1.1 新燃料运输容器

本项目新燃料组件拟采用专用的新燃料运输容器进行运输。新燃料运输容器的设计要求能够保证运输过程中的核临界安全，即使在水淹等事故条件下应仍能保证有足够的临界安全余量，同时容器还应具有充足的防碰撞、跌落等性能，保证在外部容器发生损坏时内部新燃料组件不受损伤，上述两个要求能够保证新燃料组件运输过程中的完整性，不发生放射性物质的释放和扩散。

4.8.1.2 新燃料的场外运输

新燃料组件可以通过铁路、公路等不同的形式运至本项目现场，可选取“铁路+公路”联运的方案或全程公路运输的方案。国内具备丰富的燃料组件铁路和公路运输经验，能够保证将燃料组件安全运输至本项目现场。

4.8.1.3 新燃料的厂内运输

新燃料组件装在专用的新燃料运输容器内由专用运输车辆运至核供热堆核岛辅助厂房，用辅助厂房乏燃料运输容器吊车（简称乏吊）吊运至新燃料运输容器停放区；然后吊走容器盖，将新燃料组件倾翻竖直，人员通过新燃料开箱检查平台、乏吊及操作工具对燃料组件进行外观检查及控制棒插入试验等技术条件规定项目的检查，表明符合新燃料组件接收的技术条件要求后，用将新燃料组件吊至新燃料贮存格架贮存。

新燃料贮存格架内的总贮存容量或能力应能保证充分满足堆芯一次平衡换料所需的新燃料组件的数量，对于本项目，新燃料贮存格架至少需要 18 个贮存位置。新燃料组件采用干法密集的方式贮存。经检查合格的新燃料组件一次一个地被吊到新燃料贮存格架内。反应堆换料之前，用燃料抓取机把新燃料组件从新燃料贮存格架内吊至新燃料升降机，然后由新燃料升降机把新燃料组件降到乏燃料贮存水池底部，再用燃料抓取机把新燃料组件吊入乏燃料贮存架内暂存，换料时通过辅助厂房的燃料运输设备把新燃料组件传送到反应堆厂房。

对于首炉新燃料的贮存，在新燃料到厂后，超过新燃料贮存区的贮存容量部分，则都采用暂时贮存在乏燃料贮存池中的贮存格架内的方法。

4.8.2 乏燃料的贮存及运输

4.8.2.1 乏燃料的厂内运输

乏燃料的厂内运输包括乏燃料组件装入乏燃料运输容器，至厂外运输前的全过程。

乏燃料的厂内运输由乏燃料运输容器吊车、燃料抓取机、容器专用运输卡车及相应的操作工具完成。

乏燃料组件装在专用的密封乏燃料运输容器中外运。乏燃料组件的装载、容器的清洗以及检查等操作分别在容器装料池和容器清洗池内进行，容器装料池和容器清洗池相邻，均位于乏燃料水池的旁侧，两水池均为内设不锈钢覆面的钢筋

混凝土结构。

乏燃料组件通常贮存在乏燃料水池中，直到裂变产物的活性降低到允许外运的程度。然后，用乏燃料运输容器进行外运。

乏燃料运输容器装料操作的典型步骤如下：

- 1) 将装料池充满水，打开容器装料池和乏燃料水池之间的水闸门。
- 2) 利用乏燃料运输容器吊车将乏燃料运输容器放进容器清洗池中，用去离子水对容器进行洗净，将容器盖打开并存放在池外。
- 3) 然后，将乏燃料运输容器吊运至充满水的容器装料池中。
- 4) 将燃料抓取机定位在指定乏燃料组件的贮存腔上方。
- 5) 抓取并提起燃料组件，经水闸门转运至装料池内，装进乏燃料运输容器内。在转运的过程中，燃料组件活性区顶部须一直保持足够的屏蔽水层。
- 6) 重复步骤 4) ~5) 直至装满乏燃料运输容器，将运输容器顶盖重新安装到运输容器上。
- 7) 然后，重新将运输容器吊运至容器清洗池，进行去污操作。去污操作包括：用去离子水对运输容器外表面进行清洗、对运输容器外表面进行吹干以及运输容器外表面剂量监测等。
- 8) 当完成去污操作，且剂量满足限值后，可将容器提出容器清洗池。
- 9) 将乏燃料运输容器装上专用的运输卡车并准备外运。
- 10) 载有乏燃料运输容器的运输卡车按选定的运输线路运送至专用码头或车站，按乏燃料运输规程进行交接、外运。

4.8.2.2 乏燃料的厂外运输

乏燃料组件厂外运输必须遵守《中华人民共和国核材料管制条例》(HAF501, 1987)、《放射性物品运输安全管理条例》(中华人民共和国国务院令第 562 号, 2010)、《放射性物品安全运输规定》(GB11806-2019)、《放射性物质安全运输 货包的泄漏检验》(GB/T17230-1998)、《乏燃料运输容器技术条件》(EJ/T565-1991)、《核级容器制造质量保证》(EJ/T619-1991) 等相关法规条例及标准规范的要求。

乏燃料组件必须在乏燃料贮存水池内贮存足够的时间，使乏燃料组件的衰变热降到可以不必再用池水进行冷却，组件中的中短寿命放射性核素的放射强度大大衰减而便于外运。

乏燃料组件具有很强的放射性，如果组件中有破损的燃料棒，还会向外释放

气体等放射性物质，所以乏燃料运往后处理厂的过程需要由专用的密封屏蔽运输容器、专用的铁路或公路车辆及配套的辅助操作工具完成。且应综合考虑采用合适的陆路运输方案或铁路+公路联运方案，运至国家规定的专用乏燃料后处理基地。

中核清原环境技术工程公司根据《关于颁发 NAC-STC 型乏燃料运输容器设计批准书的通知》（国核安发[2003]88 号）中指出“美国 NAC International 公司设计、西班牙 ENSA 公司制造的 NAC-STC 型乏燃料运输容器为运输我国核电站乏燃料组件的专用运输容器，满足我国核安全法规和标准中有关 B（U）型货包设计的基本要求”，大亚湾的乏燃料运送路线从深圳到地处西北地区甘肃 404 厂，全部采用公路运输。本项目可参照大亚湾的模式进行乏燃料的运输。

至于今后的具体运输方法，不管采用“铁路+公路”的方式、还是采用“铁路+海运”的方式或全部公路的方式，鉴于中核清原环境技术工程公司已有类似经验，可有所参考。

乏燃料运输容器基本结构为不锈钢外壳加铅屏蔽，附件还包括减震器、运输托架和人员屏障，适用于陆路或水路运输。

若本项目每年均需外运乏燃料组件，反应堆每个燃料循环周期（24 个月）最多需运出约 16 组无损的乏燃料组件。如采用单个装载 26 组乏燃料组件的运输容器，1 容器·次即可满足运出 16 组乏燃料组件的需求。此运输方案，完全可以满足乏燃料组件安全外运的要求。

4.8.3 放射性固体废物的转运

4.8.3.1 放射性固体废物的场内转运

核供热堆采用固体废物外运处理的模式，即供热堆内执行暂存功能。其中，废树脂、水过滤器滤芯等湿废物在核岛进行贮存，并设有外运接口。干废物、通风过滤器滤芯等干废物在核岛贮存一定的期限后，由专门的转运卡车场内转运至暂存区域进行暂存。

4.8.3.2 放射性固体废物的厂外运输

《中华人民共和国核安全法》（2018 年）提出：国务院核工业主管部门会同国务院有关部门和省、自治区、直辖市人民政府编制低、中水平放射性废物处置场所的选址规划，报国务院批准后组织实施。放射性废物处置场所的建设应当与

核能发展的要求相适应。核设施运营单位应当预提核设施放射性废物处置费用，列入投资概算、生产成本，专门用于放射性废物处置。

核供热堆采用固体废物外运处理的模式，废树脂、水过滤器滤芯、干废物、通风过滤器滤芯等固体废物在暂存一定的时间后，由专门的转运容器转运至外部具备成熟处理条件的承接单位进行处理与整备。

放射性固体废物的厂外运输和永久处置应保证运输人员和公众接受的照射控制在可合理做到的尽可能低的水平，厂外运输可通过铁路、公路、船舶等方式，并符合《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令 第 562 号）、《放射性物品运输安全许可管理办法》（原环境保护部第 11 号令，2019 年修订）和《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）等规定。

第五章 施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.1.1 工程用地概况

5.1.1.1 用地概况

根据本工程总平面布置方案，厂址陆域拟征地约 22.39ha，包括厂区建设用地约 16.99ha、边坡及防洪设施用地约 5.40ha。

拟征占地面积中：一般农用地约 18.83ha、林地约 3.54ha、坟地约 0.02ha，厂区用地不占用基本农田。

厂址征地范围内无工业、商业和矿产资源，也无公共娱乐设施、无名胜古迹及风景旅游区。

5.1.1.2 土石方平衡

综合考虑主厂房区地基条件、土石方填挖平衡等因素，厂区与核安全有关的场地平整标高为 149.40m，其他区域根据实际情况适当降低地面标高。整个厂区竖向布置采用平坡式布置，结合场地平整情况，厂区核岛区域附近室外地坪设计标高为 150.00m，厂区其它范围室外地坪设计标高为 149.70m。道路中心线标高比场地标高略低。

厂区正挖土石方工程量约为 68.39 万 m^3 (实方)，厂区填方工程量约为 81.79 万 m^3 ，厂区岩石主要为碎块状强风化花岗片麻岩，最终松散系数为 1.10~1.20，根据经验估计，本厂址最终松散系数暂取 1.12，下阶段可根据相应的试验最终确定松散系数。考虑一期核岛负挖约 15 万 m^3 ，厂区总挖方工程量约为 91.59 万 m^3 ，最终余方约 9.81 万方。

5.1.1.3 施工场地规划

初步考虑施工场地布置在厂区外，主要包括施工生产区（土建施工场地、安装施工场地和临时堆场），采用临时租地，用地面积约 10ha。

5.1.2 施工活动对环境的影响

5.1.2.1 大气环境的影响

本项目建设将永久占用土地，本项目所在区域的场地开挖和填充以及建构筑物建设将改变本项目所在区域的局部地形和下垫面粗糙度，但与当地的地形相比，

还不足以影响本项目所在厂址边界以外的大气环境。

本项目土石方工程施工过程中，由于爆破、开挖、填充、临时道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会造成施工区域尘土飞扬，大气中粉尘含量增高。

施工过程中产生的粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。在采取必要的防护措施后即可降低粉尘的影响。施工过后，当地的大气环境质量将很快得以恢复。

5.1.2.2 水环境的影响

本项目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。

施工废水：施工过程产生混凝土浇筑养护水以及运输车辆滴漏的油类，SS浓度较高。

生活污水：施工人员产生的生活污水。

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。

5.1.2.3 噪声的影响

本项目建设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，其中主要噪声源为打桩机，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)；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)。

5.1.2.4 固体废物的影响

1) 一般工业固体废物

本项目建设期间产生的工业固废主要为建筑类固体废物，主要分为弃土、废渣、废钢材、废木材、废塑料、废纸等6类，各类固体废物产生量均较小。

建设单位将对建设期间产生的弃土、废渣进行分类，能回收利用的尽量回用于回填。

2) 危险废物

本项目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）等。

本项目建设期间将设置临时危险废物贮存设施，用于贮存本项目建造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。

3) 生活垃圾

本项目建设期间，施工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。

5.1.2.5 生态环境的影响

本项目施工期间将在厂址建设区域内永久占用土地，占用土地的表土和植被需要剥离。

本项目不涉及生态保护红线区域。根据现场踏勘结果，厂址建设区域的植被多为农作物，没有名贵的动植物资源，也没有风景名胜和文物古迹。

厂址半径 500m 范围内无自然保护区、水源保护区、风景名胜区、文物保护单位分布。

本项目将在建设施工的各个阶段有规划地进行厂区绿化和景观恢复，本项目建成后将成为一个经过精心布置、与周围环境相协调的人文景观。

因此本项目的建设不会影响当地植物资源量和动物的生存环境，也不会对当地的生态环境造成不良影响。

5.1.2.6 水土流失

本项目建设期间的地表开挖和填筑产生裸露面，由于裸露面表层结构疏松，植物覆盖度较低，使本项目所在区域内土壤抗侵蚀能力下降，产生水土流失；同时，土石方的搬运和堆置加剧本项目工程区及其附近施工区域的局部水土流失。本项目施工结束后，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。因此，本项目水土流失的重点时段为工程施工期。

1) 水土流失的影响

本项目水土流失可能造成的影响主要表现在对区域生态环境、厂址安全、核能供热站建设安全营运等三个方面：

- 本项目建设将大范围地扰动地表，地表土层和植被将完全剥离，大大降低了本项目占地范围内的土壤抗蚀能力；厂内道路等工程建设产生的开挖和土壤、泥土的堆弃将占压耕地和植被，并将对周边环境造成不利影响，遇大风和大雨易产生严重的水土流失，直接影响项目建设范围及周边群众的生产和生活。
- 本项目基础开挖和回填影响当地土层的稳定性，破坏了原有地面物的蓄水保土功能，如不采取水土保持措施，将造成新增水力侵蚀和重力侵蚀，从而对本项目施工安全造成影响，进而为核能供热站安全造成隐患。
- 考虑开挖边坡的坡度、施工工艺等因素，对换填泥土、基础处理等进行分析，并采取相应的措施，减少因本项目挖填方、临时堆土堆渣、施工扬尘、污染水质等对核能供热站安全运行的不利影响。

2) 防治责任范围及防治分区

按照《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）的规定，将本项目水土流失防治责任范围划分为项目建设区和直接影响区。

本项目主要水土流失区域为厂区、施工生产区和弃土场区，上述区域划分为厂区防治分区、施工生产区防治分区和弃土场区防治分区，上述区域周围无影响区。

3) 水土保持效益分析

本项目水土保持方案实施后，形成综合防护体系，将有效地控制因本项目建设造成的新增水土流失，保护本项目区及周边的生态环境，恢复和重建因本项目建设而破坏的植被和水土保持设施，改善本项目建设区及周边地区的生产和生活环境，促进区域的经济发展。

（1）生态效益：本项目采取相应的水土流失治理措施后，应达到扰动土地治理率 95% 以上、水土流失治理度 87% 以上、土壤流失控制比 1.0、拦渣率 98% 以上、植被恢复系数 97% 以上、厂区林草覆盖率 22% 以上的目标。

（2）社会效益：本项目实施水土保持方案后，对确保本项目安全生产、提高当地土地利用率、改善生态环境起到积极重要的作用。另外为厂区绿化创造了良好的环境，有利于本项目职工和周边群众的身心健康，提高劳动生产率。

（3）经济效益：本项目建设采取了有效的水土保持措施，并有可靠的资金

作保障，可减少本项目建设区域内的水土流失。除此之外，本项目水土保持方案的实施还具有潜在的间接经济效益。

5.1.2.7 社会环境的影响

本项目的建设将永久占用土地，本项目征地面积较小，对社会环境的影响有限。本项目厂址边界范围内无常住居民，因此无搬迁人口，厂址半径 1km 范围内无自然村，距离厂址最近的居民点为厂址 ENE 方位 1.7km 的德庆村，本项目的建设对厂址所在区域的村民生活基本没有影响。

本项目建设期间需入驻工程施工人员，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

5.2.1 施工供水工程对环境的影响

本项目只涉及取水水工构筑物的建设，取水构筑物施工期间将选用先进环保的施工工艺，减少取水水工构筑物施工期间带来的环境影响。

本项目重件码头在本项目 1、2 号机组开工时一次建成。

5.2.2 施工排水工程对环境的影响

5.2.2.1 场地平整期间的污水处理

场地平整阶段所产生的污水主要是施工人员产生的生活污水和施工机械冲洗后的含油废水。

生产废水经生产废水处理设施收集并隔油处理，达到《城镇污水处理厂综合排放标准》（GB18918-2002，2006 年修订）的一级 A 标准，尽可能进行中水回用，无法回用时拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂，在生产废水处理设施建成前，建设单位将对产生的含油废水单独收集，定期由环卫部门安排运输车辆抽水外运至当地污水处理厂处理。

生活污水经地埋式生活污水处理设施收集处理，达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002），尽可能进行中水回用，无法回用时拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂，粪便、污泥或剩余污水等通过当地的环卫部门专用车辆运送至当地的污水处理厂集中处理。在地埋式

生活污水处理设施建成前，建设单位将对产生的生活污水独收集，定期由环卫部门安排运输车辆抽水外运至当地污水处理厂处理。

5.2.2.2 主体施工期间的污水处理

主体施工期间的废水主要来自场地冲洗、设备洗涤产生的生产废水和施工人员产生的生活污水。

生产废水经过油水分离设施和循环水设备处理后，达到《城镇污水处理厂综合排放标准》（GB18918-2002，2006年修订）的一级A标准要求，进行生产废水循环使用，油污定期清理外运。

生活污水经建成后的生活污水处理设施收集处理后，达到国家标准《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002），尽可能循环利用，无法回用时拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂。

5.3 施工影响控制

5.3.1 大气污染的控制

本项目建设期间对大气污染的防治主要是减少扬尘和尾气的释放，相应的防治措施包括：

- 施工区和车辆运输相关道路上散落的灰土应及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润。
- 加强施工区的规划管理，使用隔离板使施工区与周围环境隔离，减少建设过程中使用的建筑材料，在装卸、堆放、拌和过程中产生的粉尘外溢。
- 开挖出的土方应尽可能及时运至填方地段充填，尽量减少土方的堆置时间，弃渣、弃土堆放点应注意防止二次扬尘。
- 渣土临时堆放点应加盖布条进行防护。
- 水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放。
- 加强施工管理，合理调度运输车辆等。
- 加强对施工人员的环保教育，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

5.3.2 水污染的控制

本项目建设期间对水污染的防治主要是生产废水、生活污水和雨水径流的防

治措施。

- 生产废水、生活污水经处理后尽量中水回用，无法全部回用需排放时生产废水、生活污水及雨水径流的排放遵循清污分流、雨污分流的原则。
- 各种施工废油、废液集中储积，集中处理，严禁乱流乱淌，污染水源，破坏环境。
- 现场厕所及化粪池采用封闭式设计，并定期冲洗。
- 废弃垃圾中不得含有有毒有害物质，避免雨水冲洗后对施工场地及周边区域造成污染。
- 施工期间，施工物料如水泥、油料、化学品等堆放应严格管理，防止物料随降雨形成的雨水径流在施工场地及周边区域扩散而造成污染。
- 各类施工机械、设备应防止严重漏油，禁止机械在运转中和维修时产生的含油污水未经处理直接排放，应对含油污水进行隔油处理后再行排放。
- 下雨期间施工应保持道路畅通、无积水。雨量大时，没做护坡处理的边坡部分应用彩条布覆盖，防止边坡坍塌及雨水冲刷造成的水土流失。
- 施工场地范围内做好集水、排水工作，不阻塞地面径流自然通道，防止壅水和场地冲刷。

5.3.3 生态污染的控制

本项目建设期间的场地开挖、车辆运输等会对陆生生态造成一定的不利影响，建设过程中将通过恢复当地植物、增设水土保持设施等措施减少对陆生生态的影响。

- 应制定详尽的恢复当地植物实施计划，说明栽种位置，种植范围和植物种类等。在恢复当地植物过程中，应尽量保护用地范围外的现有当地植物不受破坏，否则必须在拆除临时工程时等量予以恢复。施工中修建的临时设施，必须在本项目交验后规定时间内予以拆除，尽可能恢复原有地形地貌。
- 本项目建设期间将做好建筑材料堆放等场所的面源排放控制，严格控制施工界面和施工范围，尽可能减少当地地表植物和地表结构的扰动。
- 加强针对施工人员的日常管理工作，禁止施工人员采集野生植物，追逐和捕捉野生动物、进行狩猎活动等。施工人员在施工中如遇到鸟类的幼

鸟、鸟卵、幼兽，尤其是濒危物种，应妥善保护并及时送交有关部门，不得擅自处理。

- 在本项目开展施工作业前组织全体施工人员认真学习自然保护区内与生态环境、水土保持等有关的法律、法规，增强施工人员的环保观念，提高文明施工意识。

5.3.4 噪声污染的控制

本项目建设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居民点。
- 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的影响。
- 对建设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。

5.3.5 固体废弃物的控制

本项目建设期间将产生工业固体废物及施工人员生活垃圾，如果不合理处置将对环境造成破坏，对上述固体废弃物的控制措施主要包括：

- 对建设期间产生的弃渣弃土进行分类，能回收利用的尽量用于回填等用途，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。
- 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，并运输当地垃圾处理场进行统一处理。
- 设置专门的贮存设施（如危险品库、危险废物库等）贮存剩余燃料、润滑剂、含油废物及其他化学废物等废弃物质。

5.3.6 水土流失的控制

本项目建设期间对水土流失的控制措施主要包括：

- 严格遵守水土保持法律、法规和合同规定，做好施工活动范围内的水土保持工作，避免由于施工造成的水土流失。依照国家、地方和业主有关规定制定切实可行的措施和管理制度，做好水土保持实施、监督、管理工作。
- 严格执行“三同时”制度。施工期的水土保持设施与主体工程同时设计、同时施工、同时竣工验收和投产使用。各生产部门在布置生产的同时，按“三同时”的要求，同时布置水土保持工作。
- 自觉接受建设单位、监理单位和当地相关管理部门对水土保持的监督、指导和管理，积极改进施工过程中存在的问题，提高水土保持水平。
- 弃渣、弃土堆放点的选择必须征得当地管理部门的认可。堆放点应保持弃渣、弃土堆放整齐有序，并进行稳固压实，采取有效的防护措施，避免造成水土流失。
- 弃渣、弃土应征当地管理部门和土地使用者的同意后，才可拉运出作业带或堆放在作业带之外的表层土上。
- 施工现场生产、生活房屋的修建，料具、石料堆放和材料加工场等一切临时生产、生活设施的布置，做到分布合理，整洁有序，满足有关标准的要求，避免因临时工程修建的随意性而多占土地，破坏其水土保持功能。

5.3.7 辐射污染的控制

本项目建设期间的辐射污染来源主要是密封放射源和射线装置进行无损检测探伤时的射线照射，不会对大气和水环境产生影响，相应的防治措施包括：

- 开展放射源和射线装置探伤作业时必须符合《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关规定。
- 在使用放射源和射线装置的作业区范围内设置警示区，防止有人误入工作区。
- 根据国家颁布的《放射性同位素与射线装置放射防护条例》等相关条例

制订放射源和射线装置无损检测作业管理制度。

- 放射源存放区域必须是专用源库或带有屏蔽的厂房内，并设置双人双锁，并由专人看管，并严格执行源进出的登记制度。
- 放射源和射线装置无损检测作业时，放射工作人员必须配备个人剂量计、个人剂量报警器和环境辐射巡测仪。

5.3.8 施工期间的环境管理措施和监测计划

本项目施工期应开展施工期间环境监测工作，制定并实施施工期环境监测计划。建设单位通过开展施工期环境监测，掌握施工过程中的环境质量现状及变化，有效监督施工期各项生态环境保护措施的落实情况，及时准确地掌握环境质量和污染源动态和发现存在问题，以便进一步修正、改进生态环境保护措施，控制施工活动对周边环境的影响，使施工行为对周边环境的影响减低到最小，符合生态环境法律法规和标准规范要求，切实保护环境资源和环境质量，实现经济建设和生态环境的协调发展。

1) 环境监测计划

本项目开工建设后将开展施工期环境监测，监测计划见表 5.3-1，具体如下：

(1) 大气环境

监测因子包括 TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、NO_x、CO 等指标。依据厂址施工活动以及所在地的气象条件，在厂界四周、厂区内主要环境敏感点、主出入口及厂址周围主要环境敏感点布设大气环境监测点，进行施工期大气环境监测。

(2) 地表水环境

对厂址附近的铃铛麦河开展地表水环境监测，监测因子包括悬浮物 (SS)。

(3) 噪声

在施工场界及厂址周围主要环境敏感点设置噪声监测点。监测因子包括等效 A 声级 L_{eq}(A)、L_N (L₁₀、L₅₀、L₉₀) 和最大声级 L_{max} 等指标。

(4) 生活污水和生产废水

对于施工生活污水，监测因子包括酸碱度 (pH)、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⁺-N)、总磷 (TP)、动植物油、阴离子表面活性剂 (LAS)、粪大肠菌群等指标。在生活污水排放口处设置监测点位。

对于施工生产废水，监测因子包括 pH、化学需氧量（COD_{cr}）、五日生化需氧量（BOD₅）、悬浮物（SS）、石油类等指标。在生产废水排放口处设置监测点位。

2) 环境管理措施

本项目建设期间需加强施工区的管理工作，制定详细的施工计划、监测计划及管理制度，在开工建设前组织全体施工人员认真学习环保相关的法律法规，增强施工人员的环保观念。

本项目应委托具有 CMA、CNAS 资质的专业环境监测机构进一步完善并实施本项目施工期环境监测计划。

表 5.3-1 施工期环境监测计划

序号	监测内容	监测因子	监测频次	监测点位
1	施工废气、扬尘	TSP、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、SO ₂ 、NO ₂ 、NO _x 、CO	每季一次，根据现场施工活动及其对环境影响的程度做灵活安排。	厂界四周、办公区、主出入口、德庆村
2	水质	SS	每季一次	铃铛麦河
3	施工噪声	L _{eq(A)} 、L _N (L ₁₀ 、L ₅₀ 、L ₉₀)、L _{max}	每季一次	厂界四周、德庆村
4	施工生活污水	pH、COD _{cr} 、BOD ₅ 、SS、TN、NH ₄ ⁺ -N、TP、动植物油、LAS、粪大肠菌群	每季一次	生活污水处理设施排放口
5	施工生产废水	pH、COD、BOD ₅ 、SS、石油类	每季一次	生产废水处理设施排放口
6	水土保持	按本项目水土保持监测方案开展。		

第六章 运行的环境影响

6.1 散热系统及取水系统的环境影响

6.1.1 取水系统的环境影响

核能供热站全厂淡水用水分为除盐水用水、生产用水、生活用水、消防用水、绿化用水、洗车及道路浇洒用水等。上述淡水水源初步定为松花江，由设置在厂区的水处理厂以及除盐水厂房处理后供应。核能供热站一期工程2台核供热堆总取水流量约 $12000\text{m}^3/\text{d}$ ($0.139\text{m}^3/\text{s}$)。施工期供水保障率90%，运行期供水保证率97%。

核能供热站正常运行工况中产生的热能全部转换为供暖供气能源，不向大气或水体排放余热，因此不需要采用冷却循环方式排放余热。参考《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》（HJ 1037-2019）对核动力厂选址阶段取水环境影响分析要求，可采用收集资料的方式，根据厂址特征，确定冷却方式，判定取水的潜在影响。

核能供热站4台核供热堆全部投运后总取水流量远小于采用二次循环冷却系统的内陆核电厂4台百万千瓦级压水堆核电机组总取水量（夏季最大 $6\text{m}^3/\text{s}$ ）。同时，与本项目供水水源松花江流量相比，厂址取水口所在河段的松花江干流97%设计年平均流量和97%设计年最小流量分别为 $1080\text{m}^3/\text{s}$ 和 $147\text{m}^3/\text{s}$ ，现状水平年情况下，核能供热站4台核供热堆取水量分别占97%设计年平均流量和97%设计年最小流量的0.035%、0.189%；2030年情况下，核能供热站4台核供热堆取水量取水量分别占97%设计年平均流量和97%设计年最小流量的0.043%、0.189%，可见核能供热站总取水流量所占比例很小。

根据上述初步分析结果，本项目取水系统投运后不会对当地的水资源利用造成影响。此外由于取水流量较小，通过取水口合理设计可减小流速以实现减少水生生物的卷塞及卷载，将取水系统带来的水环境及水生生态环境影响降至最低。

6.1.2 散热系统的环境影响

核能供热站正常运行工况中产生的热能全部转换为供暖供气能源，不向大气或水体排放余热，因此不需要采用冷却循环方式排放余热。核能供热站不设置排水系统和循环水冷却系统。

核能供热站通过设冷水将余排热交换器、小流量热交换器、反应堆冷却剂疏水箱热交换器、取样热交换器和乏池热交换器等设备的热量带走，设冷水通过设备冷却水冷却装置（简称“空冷器”）进行冷却，利用热管将设冷水的热量传递至大气中。

核能供热站空冷器布置在厂区内，1、2号核供热堆北侧区域，每台核供热堆设置4台空冷器，每4台空冷器按正方形四角布置在混凝土基座上，1号核供热堆4台空冷器和2号核供热堆4台空冷器东西向串联布置。

核能供热站空冷器产生的热影响范围限于厂址区域内。

核能供热站运行期间的噪声源主要考虑空冷器产生的噪声影响，位于核能供热站厂房内的噪声源（泵等）经厂房建筑隔声后对厂界的噪声贡献可忽略不计（见6.3.2.4节）。预测核能供热站运行期间对厂界的噪声影响时，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）的计算方法，保守只考虑几何发散引起的声级衰减，根据噪声源强以及声源至厂界的距离，计算出厂界处位置处的噪声贡献值。

核能供热站单台空冷器产生的噪声经采取隔声减振措施后在距离空冷器1m处不超过80dB(A)。根据表6.1-1的计算结果，1、2号核供热堆8台空冷器经距离衰减后厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中3类标准[昼间65dB（A）、夜间55dB（A）]的要求。

本项目厂址位于佳木斯市桦川县，为松嫩平原的残丘地带，厂址半径1km范围内无居民点分布。由于1、2号核供热堆8台空冷器产生的噪声经距离衰减（1km以上）后已远低于声环境现状水平，因此不会对厂址周围区域造成环境影响，周边居民点等环境敏感点处的噪声水平满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的1类标准[昼间55dB（A）、夜间45dB（A）]的要求。

表 6.1-1 设备冷却水冷却装置噪声影响估算

机组	空冷器	1m 处噪声源强 (dB(A))	1m 处噪声总源强 (dB(A)) (视为点源)	与厂址边界最近距离 (m)	厂界噪声 (dB(A))
1 号机组	1#空冷器	80	89	60	53.5
	2#空冷器	80			
	3#空冷器	80			
	4#空冷器	80			
2 号机组	1#空冷器	80			
	2#空冷器	80			
	3#空冷器	80			
	4#空冷器	80			

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

核供热堆放射性废气经处理达标后通过烟囱排放，放射性废液经处理达标后回用，无法全部回用时通过载带蒸发排放，不向地表水体排放。本项目正常运行状态下的气载流出物设计排放量、计算方法及相关输入参数见 4.6.3 节的相关描述。

本次评价采用气载流出物设计排放源项。

6.2.2 照射途径

核供热堆正常运行工况下通过气载途径释放到大气中的流出物在大气弥散过程中对公众造成辐射照射的途径如图 6.2-1 所示。在估算对周围公众造成的辐射剂量时考虑了如下的照射途径：

- 浸没于空气中受到的外照射。
- 由于干、湿沉降导致地面放射性沉积物引起的外照射。
- 吸入空气造成的内照射。
- 食入因干、湿沉降导致放射性沉积的粮食、蔬菜等食物造成的内照射。
- 食入由干、湿沉降导致放射性沉积的饲料所喂养的家畜肉、奶及其制品造成的内照射。

6.2.3 计算模式与参数

1) 弥散因子计算模式

计算气载流出物的大气弥散影响时，需要考虑联合频率以及不同类别混合层高度的影响。混合层高度是大气环境评价的重要参数之一，根据国家标准《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》（GB/T3840-1991）推荐的混合层高度计算公式计算得到的混合层高度为：A 类 1717.6m、B 类 1411.7m、C 类 964.7m、D 类 447.0m。联合频率取自 2.4.5 节。

大气扩散参数 σ_y 、 σ_z 是进行大气弥散计算的基本参数，采用《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）中表 IX 不同稳定度、排放高度为 50m 处的大气水平扩散参数和垂直扩散参数，见 2.4.6 节。

计算过程中考虑核供热堆烟囱排放和载带蒸发气载排放的叠加影响。核供热

堆烟囱的几何高度为 53m，安全壳（带屏蔽体）高度为 48m，对通过烟囱排放的气载流出物按混合释放考虑。核供热堆载带蒸发站的几何高度为 15m，排放口位于该建筑物楼顶，按 15m 高度考虑，对载带蒸发排放的气载流出物按地面释放考虑。

在大气弥散因子计算中考虑了建筑物尾流影响，以及混合层高度的修正，同时也考虑了干、湿沉积损耗，核素衰变损耗的修正。

考虑到干、湿沉积损耗修正，放射性衰变修正，以及混合层影响的高架源排放时 i 风向的长期大气弥散因子 $(\chi/Q)_{i,高}$ 按 (6.2-1) 式计算：

$$\begin{cases} (\chi/Q)_{i,高} = \frac{8}{\pi x} \sum_{j=1}^6 f_{D,j} f_{F,j} f_{w,j} \frac{1}{L_j} \sum_{k=1}^6 \frac{f_{i,j,k}}{\bar{u}_{j,k}} & x \geq 2x_{L,j} \\ (\chi/Q)_{i,高} = \frac{2.032}{x} \sum_{j=1}^6 f_{D,j} f_{F,j} f_{w,j} \frac{1}{\sigma_{z,j}} \exp\left(-\frac{H_{e,j}^2}{2\sigma_{z,j}^2}\right) \sum_{k=1}^6 \frac{f_{i,j,k}}{\bar{u}_{j,k}} & x \leq x_{L,j} \end{cases} \quad (6.2-1)$$

式中：

$(\chi/Q)_{i,高}$ —高架源排放情况下 i 风向的长期大气弥散因子， s/m^3 。

$f_{D,j}$ —j 稳定度时的干沉积耗减修正因子。

$$f_{D,j} = \exp\left\{-\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{V_d}{u_j} \int_0^x \exp\left(-\frac{H_{e,j}^2}{2\sigma_{z,j}^2}\right) \frac{dx'}{\sigma_{z,j}(x')}\right\}$$

V_d —为放射性核素的干沉积速度，m/s。

\bar{u}_j —为 j 稳定度时平均风速，m/s。

$f_{F,j}$ —j 稳定度时的放射性核素衰变修正因子。

$$f_{F,j} = \exp\left(-\lambda_r \frac{x}{u_j}\right), \lambda_r \text{ 为放射性核素的衰变常数, } 1/s。$$

$f_{w,j}$ —j 稳定度时的湿沉积损耗修正因子。

$$f_{w,j} = \exp\left(-\Lambda \frac{x}{u_j}\right), \Lambda \text{ 为放射性核素的冲洗因子, } 1/s。$$

L_j —j 稳定度时的混合层高度，m。

$f_{i,j,k}$ —出现 i 风向，j 稳定度，k 风速组的联合频率。

$x_{L,j}$ —j 稳定度下烟羽上边缘达到混合层顶部的下风向距离，m。

$x_{L,j}$ 由公式 $\sigma_{z,j}(X = x_{L,j}) = \frac{L_j - H_{e,j}}{2.15}$ 来确定。当 $\sigma_{z,j}(x_{L,j}) \leq \frac{L_j - H_{e,j}}{2.15}$ 时不考虑

混合层影响, 当 $\sigma_{z,j}(\chi_{L,j}) > \frac{L_j - H_{e,j}}{2.15}$ 的二倍距离以远时考虑混合层的充分影响。

X —下风向距离, m。

$\bar{u}_{j,k}$ —j 稳定度 k 风速组的平均风速, m/s。

$\sigma_{z,j}$ —j 稳定度时垂直弥散参数, m。

$H_{e,j}$ —j 稳定度时烟羽有效排放高度, m。

对于 $X_{L,j} < X \leq 2X_{L,j}$ 处的 $(\chi/Q)_{i,高}$ 值, 则由上述两式计算结果线性内插得到。

考虑到干、湿沉积损耗修正, 放射性衰变修正的地面源排放时 i 风向的长期大气弥散因子 $(\chi/Q)_{i,地}$ 按 (6.2-2) 式计算:

$$(\chi/Q)_{i,地} = \frac{2.032}{X} \sum_{j=1}^6 f_{D,j} f_{F,j} f_{w,j} \frac{1}{\sum_{z,j} \sum_{k=1}^6 \frac{f_{i,j,k}}{\bar{u}_{j,k}}} \quad (6.2-2)$$

式中:

$(\chi/Q)_{i,地}$ —地面源排放情况下 i 风向的长期大气弥散因子, s/m^3 。

$f_{D,j}$ —j 稳定度时的干沉积耗减修正因子。

$$f_{D,j} = \exp \left\{ - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{V_d}{\bar{u}_j} \int_0^X \exp \left(- \frac{H_{e,j}^2}{2\sigma_{z,j}^2} \right) \frac{dx'}{\sigma_{z,j}(x')} \right\}$$

V_d —为放射性核素的干沉积速度, m/s。

\bar{u}_j —为 j 稳定度时地面平均风速, m/s。

$f_{F,j}$ —j 稳定度时的放射性核素衰变修正因子。

$$f_{F,j} = \exp \left(- \lambda_r \frac{X}{u_j} \right), \quad \lambda_r \text{ 为放射性核素的衰变常数, } 1/s。$$

$f_{w,j}$ —j 稳定度时的湿沉积损耗修正因子。

$$f_{w,j} = \exp \left(- \Lambda \frac{X}{u_j} \right), \quad \Lambda \text{ 为放射性核素的冲洗因子, } 1/s。$$

$\Sigma_{z,j}$ —j 稳定度时, 考虑建筑物尾流影响的垂直弥散参数, m。

$$\Sigma_{z,j} = (\sigma_{z,j}^2 + 0.5D_z^2 / \pi)^{1/2} \leq \sqrt{3}\sigma_{z,j}$$

D_z 为排放点附近最高建筑物的高度, m。

当 $(\sigma_{z,j}^2 + 0.5D_z^2 / \pi)^{1/2} > \sqrt{3}\sigma_{z,j}$ 时, 取 $\Sigma_{z,j} = \sqrt{3}\sigma_{z,j}$ 。

$f_{i,j,k}$ —出现 i 风向, j 稳定度, k 风速组的联合频率。

$\bar{u}_{j,k}$ —j 稳定度 k 风速组的平均风速, m/s。

当烟囱高度高于邻近建筑物但低于邻近建筑物高度 2 倍时, 部分时间可视为高架排放, 部分时间应视为地面源排放, 其时间分配比例取决于 w_0/u 的比值 (w_0 为烟囱出口处烟气流速, u 为烟羽排放高度处的风速), 此种情况称为混合释放方式, 其 i 风向的混合释放长期大气弥散因子 $(\chi/Q)_{i,混}$ 按 (6.2-3) 式计算:

$$(\chi/Q)_{i,混} = \sum_{j=1}^6 [\xi_{i,j,1}(\chi/Q)_{i,地} + \xi_{i,j,2}(\chi/Q)_{i,高} + (1 - \xi_{i,j,1} - \xi_{i,j,2}) Et_{i,j}(\chi/Q)_{i,地} + (1 - \xi_{i,j,1} - \xi_{i,j,2})(1 - Et_{i,j})(\chi/Q)_{i,高}] \quad (6.2-3)$$

式中:

$(\chi/Q)_{i,地}$ —地面源排放情况下 i 风向的长期大气弥散因子, s/m^3 。

$(\chi/Q)_{i,高}$ —高架源排放情况下 i 风向的长期大气弥散因子, s/m^3 。

$\xi_{i,j,1}$ 与 $\xi_{i,j,2}$ 按 (6.2-4) 式计算:

$$\xi_{i,j,1} = \frac{n_{i,j,1}}{n_{i,j}}, \quad \xi_{i,j,2} = \frac{n_{i,j,2}}{n_{i,j}} \quad (6.2-4)$$

式 (6.2-4) 中, n_{ij} 表示一年中出现 i 风向、j 稳定度天气的小时数; $n_{i,j,1}$ 表示一年中 i 风向 j 稳定度且烟羽出口风速满足 $w_0/u_{i,j,n} < 1.0$ 的小时数; $n_{i,j,2}$ 表示一年中 i 风向 j 稳定度且烟羽出口风速满足 $w_0/u_{i,j,n} > 5.0$ 的小时数; $u_{i,j,n}$ 表示出现 i 风向 j 稳定度时的第 n 小时排放高度处的风速值 ($n=1,2,\dots,n_{ij}$)。

$Et_{i,j}$ —表示在 i 风向 j 稳定度时的测量次数中, $Et_{i,j}$ 的份额为地面释放, $(1-Et_{i,j})$ 的份额为高架释放, $Et_{i,j}$ 由下式确定:

$$Et_{i,j} = \begin{cases} 1 & w_0/u_{i,j,n} \leq 1.0, \text{ 地面源释放} \\ 2.58 - 1.58(w_0/u_{i,j,n}) & 1.0 < w_0/u_{i,j,n} \leq 1.5, \text{ 混合释放} \\ 0.30 - 0.06(w_0/u_{i,j,n}) & 1.5 < w_0/u_{i,j,n} \leq 5.0, \text{ 混合释放} \\ 0 & w_0/u_{i,j,n} > 5.0, \text{ 高架源释放} \end{cases}$$

正常运行条件下年均干沉积因子和湿沉积因子按 (6.2-5) 式和 (6.2-6) 式计算:

$$W_{D,i} = (\chi/Q)_i \cdot V_d \quad (6.2-5)$$

$$W_{wi} = \frac{N}{2\pi x} \sum_{j,k,l} f_{i,j,k,l} \frac{\Lambda_l}{\bar{u}_{j,k}} \quad (6.2-6)$$

式中：

W_{Di} ， W_{wi} —分别为 i 风向下的年均干沉积因子和湿沉积因子， $1/m^2$ 。

$(x/Q)_i$ — i 风向下的长期大气弥散因子， s/m^3 。

V_d —放射性核素的干沉积速度， m/s 。

N —16 个扇形方位数 ($N=16$)。

Λ —相应于 1 降水强度组的冲洗系数， $1/s$ 。

$f_{i,j,k,l}$ — i 风向、 j 稳定度、 k 风速组、 l 降水强度组的四维联合频率。

$\bar{u}_{j,k}$ — j 稳定度、 k 风速组的年均风速， m/s 。

2) 气载流出物对人体造成的剂量

本项目在正常运行时，按照图 6.2-1 所示照射途径计算流出物通过气载途径释放对人的受照剂量。

气载流出物对居民所致的剂量计算模式描述如下：

(1) 空气浸没剂量

居民浸没在放射性烟云中所受到的外照射剂量按下式计算：

$$D_{Bi} = 1000 \cdot S_F Q(\chi/Q)_i g_B \quad (6.2-7)$$

式中：

D_{Bi} — i 风向下风向扇形区内受照个人的年剂量， mSv/a 。

S_F —建筑物屏蔽因子。

Q —放射性核素的释放率， Bq/a 。

$(X/Q)_i$ — i 风向下风向扇形区内 x 距离处的长期大气弥散因子， s/m^3 。

g_B —烟云浸没照射的全身剂量转换因子， $(Sv/s) / (Bq/m^3)$ 。

(2) 烟羽吸入剂量

吸入烟羽中放射性核素所致内照射剂量按下式计算：

$$D_{Ai}^a = \frac{1}{3.15 \times 10^4} \cdot Ra \cdot Q(\chi/Q)_i \cdot g_{Aa} \quad (6.2-8)$$

D_{Ai}^a — i 风向下风向扇形区内年龄组 a 的个人年吸入待积有效剂量， mSv/a 。

Ra —年龄组 a 的个人呼吸率， m^3/a 。

g_{Aa} —年龄组 a 的吸入剂量转换因子, Sv/Bq。

(3) 地面沉积外照射剂量

地面沉积外照射剂量按下式计算:

$$D_{Gi} = 3.15 \times 10^{10} \cdot S_F \cdot C_i^G \cdot g_G \quad (6.2-9)$$

式中:

D_{Gi} —i 风向下风向扇形区内由干、湿沉积外照射所致的年全身剂量, mSv/a。

C_i^G —i 风向下风向扇形区内放射性核素 i 的干、湿沉积量, Bq/m², C_i^G 由下式计算:

$$C_i^G = \frac{(w_{Di} + w_{wi})Q}{\lambda_e^s} (1 - e^{-\lambda_e^s \cdot t_b})$$

式中:

w_{Di} —i 风向下风向扇形区内年干沉积因子, 1/m²。

w_{wi} —i 风向下风向扇形区内年湿沉积因子, 1/m²。

t_b —放射性核素的地面累积时间, a。

λ_e^s —放射性核素由地表面清除的有效速率常数, 1/a; $\lambda_e^s = \lambda + \lambda_s$, λ 为放射性核素的物理衰变常数, 1/a。

λ_s —除放射性衰变外其他清除过程的速率常数, 1/a。

g_G —沉积外照射全身剂量转换因子, (Sv/s) / (Bq/m²)。

(4) 食入内照射剂量

食入内照射剂量按下式计算:

$$D_{Fi}^a = 1000 \cdot g_{Fa} \sum_p u_p^a f_p c_i^p \quad (6.2-10)$$

式中:

D_{Fi}^a —i 风向下风向扇形区内 a 年龄组个人的食入待积有效剂量, mSv/a。

g_{Fa} —a 年龄组的食入剂量转换因子, Sv/Bq。

u_p^a —a 年龄组个人对 p 类农产品的年摄入量, kg/a 或 1/a。

f_p —食入关心地区生产的 p 类农产品的份额。

c_i^p —p 类农产品中放射性核素浓度, Bq/kg 或 Bq/L。

各类农产品中的放射性核素浓度计算公式如下:

a) 蔬菜、谷类等农作物中核素浓度

$$C_i^p = Q(w_{Di} + w_{wi}) \left\{ \frac{RT_{iv}[1 - \exp(-\lambda_e^v \cdot t_e)]}{Y_v \cdot \lambda_e^v} + \frac{B_v[1 - \exp(-\lambda_e^s \cdot t_b)]}{p\lambda_e^s} \right\} \exp(-\lambda t_h) \quad (6.2-11)$$

式中:

R—滞留份额, 即放射性沉积物保留在植物上的份额。

T_{iv} —易位因子, 即沉积于植物外部的放射性核素向植物食用部分的转移系数。

λ_e^v —放射性核素由植物清除的有效速率常数, $1/a$; $\lambda_e^v = \lambda + \lambda_w$, λ_w 为物理消除速率常数。

t_e —农作物在生长季节受污染的时间, a。

Y_v —收获时农作物的单位面积产量, kg/m^2 。

B_v —农作物食用部分相对于土壤中核素的浓集因子, $[Bq/kg$ (鲜作物) $]/[Bq/kg$ (干土壤)]。

p —土壤有效表面密度, kg (干土壤) $/m^2$ 。

t_h —农作物由收获到消费的时间, a。

b) 饲料作物中的核素浓度

饲料作物中的核素浓度计算公式同前描述的农作物中核素浓度计算公式, 但式中的参数取值不同。

c) 奶、肉等动物产品中的核素浓度

$$C_i^a = F_m C_i^p Q_F \exp(-\lambda t_f) \quad (6.2-12)$$

式中:

C_i^a —动物产品中核素浓度, Bq/kg 或 Bq/L 。

C_i^p —动物饲料中核素浓度。 Bq/kg (干重)。

F_m —动物每天摄入放射性核素出现在每千克 (或每升) 动物产品中的份额, d/kg 或 d/L 。

Q_F —动物每天消耗的饲料量, kg (干重) $/d$ 。

t_f —放射性核素由屠宰或挤奶到人消费的平均迁移时间, a。

考虑到鲜饲料和贮存饲料的区别, 动物饲料浓度 C_i^p 由下式计算:

$$C_i^p = f_f C_{if}^p + f_s C_{is}^p$$

式中, f_f 为饲料中鲜饲料的份额, f_s 为饲料中贮存饲料的份额; C_{if}^p 为鲜饲料

中放射性核素的浓度； C_{is}^p 为贮存饲料中放射性核素的浓度。

d) ^3H 在农作物中浓度

当计算 ^3H 在农作物中浓度时，只考虑来自大气水中的氚，未考虑经土壤向植物的转移。

$$C_i^T = \frac{1}{3.15 \times 10^4} \cdot Q_H \cdot (\chi/Q)_i \cdot 0.75 \cdot \frac{0.5}{H} \quad (6.2-13)$$

式中：

C_i^T —i 风向下风向扇形区内农作物中 ^3H 浓度，Bq/kg。

Q_H — ^3H 的年释放率，Bq/a。

$(\chi/Q)_i$ —i 风向下风向扇形区内在 x 距离处的大气弥散因子， s/m^3 。

H—评价点的年均绝对湿度， g/m^3 。

0.75—农作物总质量中水份所占的份额。

0.5—农作物水份中氚浓度与大气水份中氚浓度的比值。

$1/(3.15 \times 10^4)$ —单位转换系数。

e) ^{14}C 在农作物中浓度

农作物中 ^{14}C 的浓度是按农作物中 ^{14}C 浓度与天然 C 浓度的比值和农作物周围空气中 ^{14}C 浓度与天然 C 浓度的比值相同的假定进行计算。

$$C_i^T = \frac{1}{3.15 \times 10^4} \cdot p \cdot Q_C \cdot (\chi/Q)_i \cdot \frac{0.11}{0.16} \quad (6.2-14)$$

式中：

C_i^T —i 风向下风向扇形区内农作物中 ^{14}C 浓度，Bq/kg。

Q_C — ^{14}C 的年释放率，Bq/a。

$(\chi/Q)_i$ —i 风向下风向扇形区内在 x 距离处的大气弥散因子， s/m^3 。

p—相对平衡比，无量纲，对于连续释放， $p=1$ 。

0.11—植物总量中天然 C 所占的份额。

0.16—大气中天然 C 的浓度， g/m^3 。

$1/(3.15 \times 10^4)$ —单位转换系数。

(5) 集体剂量

$$D = \sum_d \sum_a P_{da} D_{da} \quad (6.2-15)$$

式中：

D —某一半径区域内的居民所接受的年集体剂量，人 Sv/a。

p_{da} — d 子区内 a 年龄组的居民总数。

D_{da} — d 子区内 a 年龄组个人接受的年平均剂量，Sv/a。

6.2.4 大气弥散

表 6.2-1~6.2-4 分别列出了厂址半径 30km 范围内各子区代表性放射性核素 ^{85}Kr 、 ^{133}Xe 、 ^{131}I 和 ^{137}Cs 的年均长期大气弥散因子值，其中 ^{131}I 和 ^{137}Cs 包括了混合释放（烟囱释放）及低架释放（载带蒸发释放）情况的计算结果。

厂址半径 30km 范围因干、湿沉积所致的元素碘和粒子态核素年均沉积因子见表 6.2-5~表 6.2-6，其中包括了混合释放（烟囱释放）及低架释放（载带蒸发释放）情况的计算结果。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

表 6.2-7~6.2-10 分别列出了厂址半径 30km 范围内各子区代表性放射性核素 ^{85}Kr 、 ^{133}Xe 、 ^{131}I 和 ^{137}Cs 在空气中的平均活度浓度。由表可见，各核素浓度最大值出现在 ENE 方位 0~1km 处。

6.2.6 公众的最大个人剂量

6.2.6.1 气载途径

根据单台核供热堆在正常运行工况下气载流出物设计排放源项（见 4.6.3 节）、各种放射性核素的平均长期大气弥散因子、地面沉积因子、食物摄入量、剂量转换因子（见表 6.2-11）等数据，计算了本项目 2 台核供热堆在正常运行工况下由气载途径对厂址周围居民可能造成的最大个人有效剂量。

根据气载途径剂量计算结果，本项目 2 台核供热堆由气载途径所致儿童、青少年和成人的个人最大受照有效剂量分别为 $1.21\text{E-}03\text{mSv/a}$ 、 $5.62\text{E-}04\text{mSv/a}$ 和 $3.35\text{E-}04\text{mSv/a}$ 。

6.2.6.2 液态途径

核供热堆放射性废液经处理后由载带蒸发排放，不直接向外环境中排放放射性废液，无液态途径的影响。

6.2.6.3 剂量汇总

《小型压水堆核动力厂安全审评原则(试行)》(国核安发[2016]1号)规定:向环境释放的放射性物质对公众个人(成人)造成的有效剂量约束值是 0.25mSv/厂年。

本项目正常运行工况下剂量汇总见表 6.2-12。

由表 6.2-12 可知:本项目 2 台核供热堆在正常运行期间放射性物质排放所致的最大个人剂量为位于厂址 ENE 方位 1~2km 处德庆村的儿童,其个人受照有效剂量为 1.21E-03mSv/a, 为国家标准规定的 0.25mSv/a 的 0.49%。

2 台核供热堆正常运行时,厂址半径 30km 范围内集体有效剂量为 8.08E-03 人·Sv/a。

6.2.7 关键人群组、关键核素、关键照射途径

根据本项目 2 台核供热堆设计排放源项及其通过气载途径所致个人有效剂量组成进行“三关键”分析。

分析得出本项目 2 台核供热堆造成公众辐射影响的“三关键”如下:

关键人群组:厂址附近居民的个人受照剂量计算结果表明,德庆村个人有效剂量高于其他居民点,德庆村各年龄组个人剂量组成详见表 6.2-13~表 6.2-15。其中德庆村儿童所受个人有效剂量最大(1.21E-03mSv/a),为关键居民组。

关键照射途径:气载途径对关键居民组德庆村儿童的最大个人有效剂量的贡献中,以食入途径影响为主,其所致有效剂量为 1.06E-03mSv/a,约占总有效剂量的 87.91%。因此,所致个人有效剂量的关键照射途径为气态食入途径。

关键核素:气载途径中,剂量贡献最大的核素是 ^{14}C ,其所致有效剂量 5.68E-04mSv/a,约占总有效剂量的 46.99%,其次为 ^{131}I ,其所致有效剂量为 5.29E-04mSv/a,约占总有效剂量的 43.81%。因此,所致个人有效剂量的关键核素为 ^{14}C 。

6.2.8 辐射影响评价

6.2.8.1 排放量评价

本报告第四章 4.6.3 节给出了本项目 2 台核供热堆的气载流出物设计排放量与国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)中规定的年排放量

控制值的比较。

本项目 2 台核供热堆的气载流出物年排放量满足国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）要求。

6.2.8.2 辐射剂量评价

1) 公众

《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1 号）规定：向环境释放的放射性物质对公众个人（成人）造成的有效剂量约束值是 0.25mSv/电厂年。

本项目正常运行工况下所致德庆村儿童个人受照有效剂量最大，为 1.21E-03mSv/a。

本项目 2 台核供热堆正常运行期间所致最大个人受照有效剂量低于《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1 号）规定的剂量约束值（0.25mSv/a），满足《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1 号）的规定。

2) “三关键”分析

本项目所致个人有效剂量的关键居民组为德庆村儿童；所致个人有效剂量的关键照射途径为气态食入途径；所致个人有效剂量的关键核素为 ^{14}C 。

表 6.2-1 厂址半径 30km 范围内年均大气弥散因子

核素：⁸⁵Kr

单位：s/m³

方位 \ 距离 (km)	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	6.46E-07	3.55E-07	1.89E-07	1.06E-07	4.66E-08	1.85E-08	9.51E-09
NNE	7.61E-07	3.54E-07	1.82E-07	1.01E-07	4.42E-08	1.78E-08	9.26E-09
NE	1.43E-06	5.84E-07	2.94E-07	1.61E-07	7.07E-08	2.87E-08	1.51E-08
ENE	1.56E-06	6.26E-07	3.08E-07	1.67E-07	7.24E-08	2.95E-08	1.56E-08
E	1.31E-06	5.13E-07	2.51E-07	1.37E-07	6.01E-08	2.48E-08	1.32E-08
ESE	9.05E-07	3.48E-07	1.66E-07	9.00E-08	3.96E-08	1.65E-08	8.90E-09
SE	6.55E-07	2.58E-07	1.22E-07	6.67E-08	2.97E-08	1.26E-08	6.86E-09
SSE	5.14E-07	2.09E-07	9.84E-08	5.40E-08	2.42E-08	1.03E-08	5.62E-09
S	4.41E-07	1.72E-07	8.04E-08	4.43E-08	2.01E-08	8.64E-09	4.75E-09
SSW	4.30E-07	1.48E-07	6.75E-08	3.72E-08	1.72E-08	7.59E-09	4.24E-09
SW	5.71E-07	1.75E-07	7.66E-08	4.16E-08	1.95E-08	8.81E-09	5.01E-09
WSW	4.36E-07	1.54E-07	7.23E-08	4.04E-08	1.88E-08	8.21E-09	4.55E-09
W	3.95E-07	1.74E-07	8.43E-08	4.71E-08	2.13E-08	8.97E-09	4.86E-09
WNW	4.19E-07	2.16E-07	1.10E-07	6.19E-08	2.75E-08	1.13E-08	5.95E-09
NW	4.30E-07	2.49E-07	1.32E-07	7.44E-08	3.26E-08	1.30E-08	6.67E-09
NNW	5.14E-07	3.17E-07	1.71E-07	9.67E-08	4.21E-08	1.65E-08	8.39E-09

表 6.2-2 厂址半径 30km 范围内年均大气弥散因子

核素： ^{133}Xe

烟囱释放高度

单位： s/m^3

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	6.45E-07	3.53E-07	1.87E-07	1.05E-07	4.54E-08	1.76E-08	8.74E-09
NNE	7.60E-07	3.52E-07	1.81E-07	9.96E-08	4.32E-08	1.70E-08	8.57E-09
NE	1.43E-06	5.82E-07	2.92E-07	1.59E-07	6.92E-08	2.75E-08	1.41E-08
ENE	1.56E-06	6.23E-07	3.06E-07	1.65E-07	7.08E-08	2.83E-08	1.45E-08
E	1.31E-06	5.11E-07	2.49E-07	1.35E-07	5.88E-08	2.38E-08	1.23E-08
ESE	9.04E-07	3.46E-07	1.65E-07	8.89E-08	3.87E-08	1.58E-08	8.24E-09
SE	6.54E-07	2.57E-07	1.21E-07	6.58E-08	2.89E-08	1.20E-08	6.31E-09
SSE	5.13E-07	2.08E-07	9.75E-08	5.33E-08	2.35E-08	9.78E-09	5.17E-09
S	4.40E-07	1.71E-07	7.98E-08	4.38E-08	1.96E-08	8.23E-09	4.38E-09
SSW	4.30E-07	1.47E-07	6.69E-08	3.68E-08	1.68E-08	7.24E-09	3.93E-09
SW	5.70E-07	1.74E-07	7.61E-08	4.12E-08	1.91E-08	8.44E-09	4.68E-09
WSW	4.35E-07	1.53E-07	7.17E-08	3.99E-08	1.83E-08	7.84E-09	4.22E-09
W	3.94E-07	1.73E-07	8.36E-08	4.64E-08	2.07E-08	8.53E-09	4.47E-09
WNW	4.18E-07	2.15E-07	1.09E-07	6.10E-08	2.68E-08	1.07E-08	5.45E-09
NW	4.30E-07	2.48E-07	1.31E-07	7.33E-08	3.17E-08	1.23E-08	6.10E-09
NNW	5.14E-07	3.15E-07	1.70E-07	9.53E-08	4.10E-08	1.56E-08	7.68E-09

表 6.2-3 厂址半径 30km 范围内年均大气弥散因子

核素：¹³¹I

烟囱释放高度

单位：s/m³

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	6.14E-07	3.12E-07	1.60E-07	8.46E-08	3.46E-08	1.27E-08	5.73E-09
NNE	7.23E-07	3.11E-07	1.54E-07	8.04E-08	3.29E-08	1.23E-08	5.59E-09
NE	1.35E-06	5.14E-07	2.49E-07	1.29E-07	5.26E-08	1.98E-08	9.11E-09
ENE	1.48E-06	5.50E-07	2.61E-07	1.33E-07	5.39E-08	2.04E-08	9.42E-09
E	1.24E-06	4.51E-07	2.13E-07	1.09E-07	4.47E-08	1.71E-08	8.00E-09
ESE	8.59E-07	3.06E-07	1.41E-07	7.17E-08	2.94E-08	1.14E-08	5.37E-09
SE	6.22E-07	2.27E-07	1.03E-07	5.31E-08	2.21E-08	8.66E-09	4.13E-09
SSE	4.88E-07	1.83E-07	8.34E-08	4.30E-08	1.79E-08	7.07E-09	3.38E-09
S	4.19E-07	1.51E-07	6.82E-08	3.53E-08	1.49E-08	5.94E-09	2.85E-09
SSW	4.09E-07	1.30E-07	5.72E-08	2.96E-08	1.28E-08	5.21E-09	2.55E-09
SW	5.42E-07	1.53E-07	6.49E-08	3.31E-08	1.44E-08	6.03E-09	2.99E-09
WSW	4.14E-07	1.35E-07	6.12E-08	3.21E-08	1.39E-08	5.60E-09	2.70E-09
W	3.75E-07	1.53E-07	7.14E-08	3.74E-08	1.57E-08	6.12E-09	2.89E-09
WNW	3.97E-07	1.90E-07	9.31E-08	4.92E-08	2.04E-08	7.71E-09	3.55E-09
NW	4.09E-07	2.19E-07	1.12E-07	5.92E-08	2.42E-08	8.88E-09	4.00E-09
NNW	4.88E-07	2.78E-07	1.45E-07	7.70E-08	3.13E-08	1.13E-08	5.04E-09

表 6.2-3 续 厂址半径 30km 范围内年均大气弥散因子

核素：¹³¹I

载带蒸发释放高度

单位：s/m³

方位 \ 距离 (km)	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	4.88E-06	6.68E-07	2.66E-07	1.11E-07	3.50E-08	9.86E-09	3.61E-09
NNE	4.66E-06	6.25E-07	2.46E-07	1.02E-07	3.18E-08	8.88E-09	3.23E-09
NE	7.46E-06	9.90E-07	3.88E-07	1.60E-07	4.96E-08	1.38E-08	4.98E-09
ENE	7.78E-06	1.02E-06	3.94E-07	1.61E-07	4.95E-08	1.36E-08	4.89E-09
E	6.37E-06	8.28E-07	3.22E-07	1.31E-07	4.04E-08	1.11E-08	3.98E-09
ESE	4.22E-06	5.38E-07	2.07E-07	8.37E-08	2.54E-08	6.88E-09	2.45E-09
SE	3.14E-06	3.95E-07	1.51E-07	6.09E-08	1.84E-08	4.94E-09	1.75E-09
SSE	2.54E-06	3.18E-07	1.22E-07	4.88E-08	1.47E-08	3.94E-09	1.39E-09
S	2.07E-06	2.58E-07	9.83E-08	3.94E-08	1.18E-08	3.15E-09	1.11E-09
SSW	1.73E-06	2.12E-07	8.03E-08	3.19E-08	9.50E-09	2.51E-09	8.75E-10
SW	1.94E-06	2.30E-07	8.55E-08	3.35E-08	9.71E-09	2.49E-09	8.46E-10
WSW	1.86E-06	2.34E-07	8.93E-08	3.60E-08	1.09E-08	2.91E-09	1.03E-09
W	2.18E-06	2.79E-07	1.08E-07	4.36E-08	1.33E-08	3.60E-09	1.28E-09
WNW	2.85E-06	3.78E-07	1.48E-07	6.08E-08	1.89E-08	5.22E-09	1.88E-09
NW	3.42E-06	4.66E-07	1.85E-07	7.68E-08	2.42E-08	6.80E-09	2.48E-09
NNW	4.44E-06	6.13E-07	2.45E-07	1.02E-07	3.24E-08	9.17E-09	3.36E-09

表 6.2-4 厂址半径 30km 范围内年均大气弥散因子

核素： ^{137}Cs

烟囱释放高度

单位： s/m^3

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	6.14E-07	3.12E-07	1.60E-07	8.49E-08	3.48E-08	1.29E-08	5.85E-09
NNE	7.23E-07	3.11E-07	1.55E-07	8.06E-08	3.31E-08	1.24E-08	5.70E-09
NE	1.36E-06	5.14E-07	2.50E-07	1.29E-07	5.29E-08	2.00E-08	9.27E-09
ENE	1.48E-06	5.51E-07	2.62E-07	1.33E-07	5.42E-08	2.06E-08	9.59E-09
E	1.25E-06	4.51E-07	2.13E-07	1.09E-07	4.50E-08	1.73E-08	8.15E-09
ESE	8.60E-07	3.06E-07	1.41E-07	7.19E-08	2.96E-08	1.15E-08	5.48E-09
SE	6.22E-07	2.27E-07	1.04E-07	5.33E-08	2.22E-08	8.77E-09	4.22E-09
SSE	4.88E-07	1.84E-07	8.35E-08	4.32E-08	1.81E-08	7.16E-09	3.45E-09
S	4.19E-07	1.51E-07	6.83E-08	3.54E-08	1.50E-08	6.00E-09	2.91E-09
SSW	4.09E-07	1.30E-07	5.73E-08	2.97E-08	1.28E-08	5.26E-09	2.59E-09
SW	5.42E-07	1.54E-07	6.49E-08	3.32E-08	1.45E-08	6.06E-09	3.02E-09
WSW	4.14E-07	1.35E-07	6.12E-08	3.22E-08	1.39E-08	5.64E-09	2.73E-09
W	3.75E-07	1.53E-07	7.15E-08	3.75E-08	1.58E-08	6.17E-09	2.93E-09
WNW	3.97E-07	1.90E-07	9.33E-08	4.94E-08	2.05E-08	7.80E-09	3.62E-09
NW	4.09E-07	2.19E-07	1.12E-07	5.94E-08	2.43E-08	9.00E-09	4.08E-09
NNW	4.89E-07	2.79E-07	1.46E-07	7.73E-08	3.15E-08	1.15E-08	5.15E-09

表 6.2-4 续 厂址半径 30km 范围内年均大气弥散因子

核素: ^{137}Cs

载带蒸发释放高度

单位: s/m^3

方位 \ 距离 (km)	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	4.88E-06	6.69E-07	2.66E-07	1.11E-07	3.52E-08	9.99E-09	3.69E-09
NNE	4.66E-06	6.26E-07	2.47E-07	1.02E-07	3.20E-08	9.00E-09	3.30E-09
NE	7.46E-06	9.91E-07	3.89E-07	1.60E-07	4.99E-08	1.39E-08	5.08E-09
ENE	7.78E-06	1.02E-06	3.95E-07	1.61E-07	4.98E-08	1.38E-08	4.98E-09
E	6.37E-06	8.29E-07	3.22E-07	1.32E-07	4.06E-08	1.12E-08	4.06E-09
ESE	4.23E-06	5.39E-07	2.07E-07	8.40E-08	2.56E-08	6.97E-09	2.50E-09
SE	3.14E-06	3.96E-07	1.52E-07	6.11E-08	1.85E-08	5.00E-09	1.79E-09
SSE	2.54E-06	3.19E-07	1.22E-07	4.90E-08	1.48E-08	3.99E-09	1.42E-09
S	2.07E-06	2.58E-07	9.85E-08	3.95E-08	1.19E-08	3.19E-09	1.13E-09
SSW	1.73E-06	2.13E-07	8.04E-08	3.20E-08	9.55E-09	2.54E-09	8.91E-10
SW	1.94E-06	2.30E-07	8.56E-08	3.35E-08	9.74E-09	2.50E-09	8.55E-10
WSW	1.86E-06	2.34E-07	8.94E-08	3.60E-08	1.09E-08	2.93E-09	1.04E-09
W	2.18E-06	2.79E-07	1.08E-07	4.37E-08	1.33E-08	3.63E-09	1.29E-09
WNW	2.85E-06	3.78E-07	1.48E-07	6.10E-08	1.90E-08	5.27E-09	1.92E-09
NW	3.42E-06	4.67E-07	1.85E-07	7.71E-08	2.44E-08	6.89E-09	2.54E-09
NNW	4.44E-06	6.14E-07	2.45E-07	1.03E-07	3.26E-08	9.29E-09	3.44E-09

表 6.2-5 厂址半径 30km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）

元素碘

烟囱释放高度

单位：1/m²

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	7.17E-09	3.78E-09	2.03E-09	1.15E-09	5.13E-10	2.09E-10	1.09E-10
NNE	8.48E-09	3.83E-09	2.00E-09	1.12E-09	5.00E-10	2.07E-10	1.10E-10
NE	1.60E-08	6.43E-09	3.29E-09	1.83E-09	8.24E-10	3.46E-10	1.86E-10
ENE	1.75E-08	6.88E-09	3.45E-09	1.90E-09	8.48E-10	3.57E-10	1.93E-10
E	1.46E-08	5.63E-09	2.81E-09	1.56E-09	7.02E-10	2.99E-10	1.63E-10
ESE	1.00E-08	3.81E-09	1.86E-09	1.02E-09	4.62E-10	1.98E-10	1.09E-10
SE	7.19E-09	2.80E-09	1.35E-09	7.48E-10	3.40E-10	1.47E-10	8.15E-11
SSE	5.62E-09	2.25E-09	1.08E-09	6.01E-10	2.74E-10	1.19E-10	6.59E-11
S	4.84E-09	1.87E-09	8.91E-10	4.98E-10	2.30E-10	1.01E-10	5.62E-11
SSW	4.73E-09	1.62E-09	7.60E-10	4.26E-10	2.00E-10	9.01E-11	5.10E-11
SW	6.30E-09	1.94E-09	8.84E-10	4.90E-10	2.34E-10	1.08E-10	6.19E-11
WSW	4.81E-09	1.69E-09	8.13E-10	4.61E-10	2.18E-10	9.71E-11	5.45E-11
W	4.34E-09	1.87E-09	9.21E-10	5.19E-10	2.38E-10	1.03E-10	5.63E-11
WNW	4.60E-09	2.30E-09	1.18E-09	6.70E-10	3.03E-10	1.26E-10	6.78E-11
NW	4.75E-09	2.64E-09	1.41E-09	7.99E-10	3.55E-10	1.44E-10	7.55E-11
NNW	5.70E-09	3.36E-09	1.83E-09	1.04E-09	4.58E-10	1.84E-10	9.51E-11

表 6.2-5 续 厂址半径 30km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）

元素碘

载带蒸发释放高度

单位：s/m³

方位 \ 距离 (km)	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	5.21E-08	7.84E-09	3.28E-09	1.48E-09	5.18E-10	1.67E-10	7.43E-11
NNE	4.99E-08	7.41E-09	3.08E-09	1.39E-09	4.86E-10	1.58E-10	7.10E-11
NE	8.03E-08	1.19E-08	4.92E-09	2.22E-09	7.84E-10	2.58E-10	1.18E-10
ENE	8.38E-08	1.22E-08	5.02E-09	2.25E-09	7.90E-10	2.59E-10	1.18E-10
E	6.86E-08	9.93E-09	4.09E-09	1.84E-09	6.43E-10	2.11E-10	9.62E-11
ESE	4.55E-08	6.46E-09	2.64E-09	1.18E-09	4.08E-10	1.33E-10	6.04E-11
SE	3.37E-08	4.71E-09	1.91E-09	8.45E-10	2.90E-10	9.33E-11	4.19E-11
SSE	2.72E-08	3.79E-09	1.53E-09	6.74E-10	2.30E-10	7.35E-11	3.28E-11
S	2.22E-08	3.08E-09	1.25E-09	5.49E-10	1.88E-10	6.04E-11	2.72E-11
SSW	1.87E-08	2.56E-09	1.03E-09	4.55E-10	1.57E-10	5.08E-11	2.32E-11
SW	2.10E-08	2.82E-09	1.13E-09	4.95E-10	1.70E-10	5.60E-11	2.60E-11
WSW	2.00E-08	2.81E-09	1.15E-09	5.09E-10	1.77E-10	5.78E-11	2.64E-11
W	2.33E-08	3.31E-09	1.35E-09	5.98E-10	2.05E-10	6.57E-11	2.93E-11
WNW	3.04E-08	4.44E-09	1.83E-09	8.16E-10	2.82E-10	9.00E-11	3.98E-11
NW	3.64E-08	5.46E-09	2.27E-09	1.02E-09	3.56E-10	1.14E-10	5.03E-11
NNW	4.73E-08	7.17E-09	3.00E-09	1.35E-09	4.73E-10	1.52E-10	6.72E-11

表 6.2-6 厂址半径 30km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）

粒子态核素

烟囱释放高度

单位：1/m²

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	1.71E-09	7.09E-10	4.01E-10	2.39E-10	1.17E-10	5.40E-11	3.08E-11
NNE	2.07E-09	7.89E-10	4.43E-10	2.64E-10	1.31E-10	6.13E-11	3.54E-11
NE	4.05E-09	1.46E-09	8.18E-10	4.89E-10	2.45E-10	1.16E-10	6.75E-11
ENE	4.35E-09	1.56E-09	8.66E-10	5.15E-10	2.58E-10	1.23E-10	7.14E-11
E	3.58E-09	1.27E-09	7.04E-10	4.20E-10	2.11E-10	1.00E-10	5.86E-11
ESE	2.39E-09	8.44E-10	4.64E-10	2.76E-10	1.39E-10	6.61E-11	3.87E-11
SE	1.62E-09	5.81E-10	3.16E-10	1.88E-10	9.42E-11	4.49E-11	2.62E-11
SSE	1.24E-09	4.51E-10	2.44E-10	1.45E-10	7.26E-11	3.45E-11	2.02E-11
S	1.09E-09	3.89E-10	2.11E-10	1.26E-10	6.36E-11	3.04E-11	1.78E-11
SSW	1.07E-09	3.62E-10	1.96E-10	1.18E-10	6.00E-11	2.90E-11	1.71E-11
SW	1.45E-09	4.69E-10	2.53E-10	1.52E-10	7.84E-11	3.83E-11	2.27E-11
WSW	1.11E-09	3.79E-10	2.08E-10	1.25E-10	6.38E-11	3.07E-11	1.81E-11
W	9.79E-10	3.69E-10	2.01E-10	1.20E-10	6.02E-11	2.85E-11	1.65E-11
WNW	1.04E-09	4.23E-10	2.34E-10	1.39E-10	6.87E-11	3.19E-11	1.83E-11
NW	1.09E-09	4.70E-10	2.64E-10	1.57E-10	7.67E-11	3.50E-11	1.99E-11
NNW	1.35E-09	5.97E-10	3.39E-10	2.02E-10	9.80E-11	4.45E-11	2.52E-11

表 6.2-6 续 厂址半径 30km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）

粒子态核素
载带蒸发释放高度

单位：s/m³

方位 \ 距离 (km)	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	6.20E-09	1.12E-09	5.26E-10	2.72E-10	1.18E-10	4.98E-11	2.73E-11
NNE	6.21E-09	1.15E-09	5.51E-10	2.91E-10	1.30E-10	5.64E-11	3.15E-11
NE	1.05E-08	2.00E-09	9.81E-10	5.28E-10	2.41E-10	1.07E-10	6.07E-11
ENE	1.10E-08	2.08E-09	1.02E-09	5.51E-10	2.53E-10	1.13E-10	6.39E-11
E	8.98E-09	1.70E-09	8.32E-10	4.48E-10	2.05E-10	9.16E-11	5.19E-11
ESE	5.94E-09	1.11E-09	5.42E-10	2.91E-10	1.33E-10	5.96E-11	3.38E-11
SE	4.27E-09	7.73E-10	3.72E-10	1.97E-10	8.93E-11	3.95E-11	2.23E-11
SSE	3.40E-09	6.05E-10	2.89E-10	1.52E-10	6.83E-11	3.00E-11	1.69E-11
S	2.83E-09	5.11E-10	2.46E-10	1.31E-10	5.94E-11	2.63E-11	1.49E-11
SSW	2.46E-09	4.56E-10	2.23E-10	1.20E-10	5.56E-11	2.51E-11	1.43E-11
SW	2.93E-09	5.57E-10	2.78E-10	1.53E-10	7.20E-11	3.31E-11	1.91E-11
WSW	2.63E-09	4.91E-10	2.41E-10	1.30E-10	5.97E-11	2.68E-11	1.53E-11
W	2.88E-09	5.13E-10	2.44E-10	1.28E-10	5.69E-11	2.48E-11	1.38E-11
WNW	3.62E-09	6.36E-10	2.98E-10	1.54E-10	6.67E-11	2.82E-11	1.55E-11
NW	4.26E-09	7.52E-10	3.51E-10	1.79E-10	7.68E-11	3.20E-11	1.74E-11
NNW	5.51E-09	9.78E-10	4.57E-10	2.33E-10	9.96E-11	4.13E-11	2.24E-11

表 6.2-7 厂址半径 30km 范围内空气中主要核素年均放射性活度浓度

核素： ^{85}Kr

单位： Bq/m^3

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	3.75E-02	2.06E-02	1.10E-02	6.17E-03	2.70E-03	1.07E-03	5.52E-04
NNE	4.41E-02	2.05E-02	1.06E-02	5.86E-03	2.57E-03	1.03E-03	5.38E-04
NE	8.27E-02	3.39E-02	1.71E-02	9.36E-03	4.10E-03	1.67E-03	8.76E-04
ENE	9.06E-02	3.63E-02	1.79E-02	9.66E-03	4.20E-03	1.71E-03	9.04E-04
E	7.60E-02	2.98E-02	1.46E-02	7.94E-03	3.49E-03	1.44E-03	7.68E-04
ESE	5.25E-02	2.02E-02	9.64E-03	5.22E-03	2.30E-03	9.59E-04	5.16E-04
SE	3.80E-02	1.50E-02	7.08E-03	3.87E-03	1.72E-03	7.31E-04	3.98E-04
SSE	2.98E-02	1.21E-02	5.71E-03	3.14E-03	1.40E-03	5.97E-04	3.26E-04
S	2.56E-02	9.98E-03	4.67E-03	2.57E-03	1.17E-03	5.01E-04	2.76E-04
SSW	2.50E-02	8.58E-03	3.92E-03	2.16E-03	9.97E-04	4.40E-04	2.46E-04
SW	3.31E-02	1.01E-02	4.45E-03	2.42E-03	1.13E-03	5.11E-04	2.91E-04
WSW	2.53E-02	8.94E-03	4.19E-03	2.35E-03	1.09E-03	4.76E-04	2.64E-04
W	2.29E-02	1.01E-02	4.89E-03	2.73E-03	1.23E-03	5.20E-04	2.82E-04
WNW	2.43E-02	1.26E-02	6.38E-03	3.59E-03	1.60E-03	6.54E-04	3.45E-04
NW	2.50E-02	1.44E-02	7.65E-03	4.32E-03	1.89E-03	7.51E-04	3.87E-04
NNW	2.99E-02	1.84E-02	9.95E-03	5.61E-03	2.44E-03	9.58E-04	4.87E-04

表 6.2-8 厂址半径 30km 范围内空气中主要核素年均放射性活度浓度

核素： ^{133}Xe

单位： Bq/m^3

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	2.15E-01	1.18E-01	6.26E-02	3.52E-02	1.53E-02	6.03E-03	3.05E-03
NNE	2.53E-01	1.18E-01	6.04E-02	3.34E-02	1.46E-02	5.80E-03	2.98E-03
NE	4.74E-01	1.94E-01	9.76E-02	5.34E-02	2.33E-02	9.39E-03	4.87E-03
ENE	5.20E-01	2.08E-01	1.02E-01	5.52E-02	2.39E-02	9.64E-03	5.03E-03
E	4.36E-01	1.70E-01	8.33E-02	4.53E-02	1.98E-02	8.11E-03	4.27E-03
ESE	3.01E-01	1.16E-01	5.51E-02	2.98E-02	1.30E-02	5.39E-03	2.87E-03
SE	2.18E-01	8.58E-02	4.05E-02	2.21E-02	9.77E-03	4.10E-03	2.20E-03
SSE	1.71E-01	6.94E-02	3.26E-02	1.79E-02	7.95E-03	3.35E-03	1.80E-03
S	1.47E-01	5.72E-02	2.67E-02	1.47E-02	6.62E-03	2.82E-03	1.53E-03
SSW	1.43E-01	4.92E-02	2.24E-02	1.23E-02	5.66E-03	2.48E-03	1.37E-03
SW	1.90E-01	5.81E-02	2.54E-02	1.38E-02	6.42E-03	2.88E-03	1.62E-03
WSW	1.45E-01	5.12E-02	2.40E-02	1.34E-02	6.18E-03	2.68E-03	1.47E-03
W	1.31E-01	5.78E-02	2.80E-02	1.56E-02	7.00E-03	2.92E-03	1.56E-03
WNW	1.39E-01	7.19E-02	3.65E-02	2.05E-02	9.06E-03	3.67E-03	1.91E-03
NW	1.43E-01	8.27E-02	4.37E-02	2.46E-02	1.07E-02	4.21E-03	2.14E-03
NNW	1.71E-01	1.05E-01	5.68E-02	3.20E-02	1.39E-02	5.37E-03	2.69E-03

表 6.2-9 厂址半径 30km 范围内空气中主要核素年均放射性活度浓度

核素：¹³¹I

单位：Bq/m³

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	8.15E-06	4.14E-06	2.12E-06	1.12E-06	4.60E-07	1.69E-07	7.61E-08
NNE	9.60E-06	4.13E-06	2.05E-06	1.07E-06	4.37E-07	1.63E-07	7.43E-08
NE	1.80E-05	6.83E-06	3.31E-06	1.71E-06	6.99E-07	2.63E-07	1.21E-07
ENE	1.97E-05	7.31E-06	3.47E-06	1.76E-06	7.16E-07	2.70E-07	1.25E-07
E	1.65E-05	5.99E-06	2.83E-06	1.45E-06	5.94E-07	2.27E-07	1.06E-07
ESE	1.14E-05	4.06E-06	1.87E-06	9.53E-07	3.91E-07	1.51E-07	7.14E-08
SE	8.26E-06	3.02E-06	1.37E-06	7.06E-07	2.93E-07	1.15E-07	5.49E-08
SSE	6.48E-06	2.44E-06	1.11E-06	5.71E-07	2.38E-07	9.39E-08	4.49E-08
S	5.56E-06	2.01E-06	9.05E-07	4.69E-07	1.98E-07	7.89E-08	3.79E-08
SSW	5.43E-06	1.73E-06	7.59E-07	3.94E-07	1.70E-07	6.92E-08	3.38E-08
SW	7.20E-06	2.04E-06	8.62E-07	4.40E-07	1.92E-07	8.01E-08	3.98E-08
WSW	5.50E-06	1.79E-06	8.13E-07	4.27E-07	1.84E-07	7.44E-08	3.59E-08
W	4.98E-06	2.03E-06	9.48E-07	4.97E-07	2.09E-07	8.13E-08	3.83E-08
WNW	5.28E-06	2.52E-06	1.24E-06	6.54E-07	2.71E-07	1.02E-07	4.72E-08
NW	5.43E-06	2.90E-06	1.48E-06	7.86E-07	3.21E-07	1.18E-07	5.31E-08
NNW	6.49E-06	3.70E-06	1.93E-06	1.02E-06	4.15E-07	1.51E-07	6.70E-08

表 6.2-10 厂址半径 30km 范围内空气中主要核素年均放射性活度浓度

核素： ^{137}Cs

单位： Bq/m^3

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30
N	1.54E-07	7.83E-08	4.02E-08	2.13E-08	8.74E-09	3.23E-09	1.47E-09
NNE	1.81E-07	7.81E-08	3.88E-08	2.02E-08	8.30E-09	3.11E-09	1.43E-09
NE	3.40E-07	1.29E-07	6.27E-08	3.23E-08	1.33E-08	5.02E-09	2.32E-09
ENE	3.72E-07	1.38E-07	6.56E-08	3.34E-08	1.36E-08	5.16E-09	2.40E-09
E	3.12E-07	1.13E-07	5.35E-08	2.74E-08	1.13E-08	4.34E-09	2.04E-09
ESE	2.16E-07	7.68E-08	3.54E-08	1.80E-08	7.43E-09	2.89E-09	1.37E-09
SE	1.56E-07	5.70E-08	2.60E-08	1.34E-08	5.57E-09	2.20E-09	1.06E-09
SSE	1.22E-07	4.61E-08	2.09E-08	1.08E-08	4.53E-09	1.80E-09	8.65E-10
S	1.05E-07	3.79E-08	1.71E-08	8.88E-09	3.76E-09	1.50E-09	7.29E-10
SSW	1.02E-07	3.26E-08	1.44E-08	7.45E-09	3.22E-09	1.32E-09	6.50E-10
SW	1.36E-07	3.85E-08	1.63E-08	8.31E-09	3.63E-09	1.52E-09	7.58E-10
WSW	1.04E-07	3.39E-08	1.54E-08	8.07E-09	3.49E-09	1.41E-09	6.85E-10
W	9.40E-08	3.83E-08	1.79E-08	9.40E-09	3.96E-09	1.55E-09	7.34E-10
WNW	9.97E-08	4.77E-08	2.34E-08	1.24E-08	5.14E-09	1.96E-09	9.07E-10
NW	1.03E-07	5.49E-08	2.81E-08	1.49E-08	6.10E-09	2.26E-09	1.02E-09
NNW	1.23E-07	6.99E-08	3.65E-08	1.94E-08	7.90E-09	2.88E-09	1.29E-09

表 6.2-11 用于计算气体辐射剂量的有关参数

核素名称	衰变常数 (s ⁻¹)	空气浸没 ^(a) (Sv/s) / (Bq/m ³)	吸入 (Sv/Bq) ^(b)				沉积 ^(c) (Sv/s) / (Bq/m ²)	食入 (Sv/Bq) ^(b)				Bv ^(d)	BvS ^(d)	FF ^(d)	FE ^(d)	FM ^(d)
			婴儿	儿童	青少年	成人		婴儿	儿童	青少年	成人					
^{83m} Kr	1.49E-04	2.43E-18	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{85m} Kr	4.30E-05	6.83E-15	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
⁸⁵ Kr	2.09E-09	2.55E-16	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
⁸⁷ Kr	1.52E-04	3.94E-14	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
⁸⁸ Kr	6.78E-05	9.72E-14	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
⁸⁹ Kr	5.43E-03	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{131m} Xe	6.81E-07	3.70E-16	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{133m} Xe	3.55E-06	1.27E-15	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹³³ Xe	1.53E-06	1.39E-15	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{135m} Xe	7.55E-04	1.85E-14	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹³⁵ Xe	2.15E-05	1.11E-14	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹³⁷ Xe	4.36E-03	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹³⁸ Xe	1.20E-03	5.44E-14	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
³ H	1.79E-09	3.31E-19	3.4E-10	2.7E-10	8.2E-11	4.5E-11	0.00E+00	6.4E-11	4.8E-11	2.3E-11	1.8E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹⁴ C	3.84E-12	2.24E-19	1.9E-08	1.7E-08	7.4E-09	5.8E-09	1.61E-20	1.4E-09	1.6E-09	8.0E-10	5.8E-10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹²⁹ I	1.40E-15	3.81E-16	7.2E-08	8.6E-08	6.7E-08	3.6E-08	2.63E-17	1.8E-07	2.2E-07	1.9E-07	1.1E-07	2.00E-02	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
¹³⁰ I	2.26E-05	1.40E-13	8.2E-09	7.4E-09	1.6E-09	6.7E-10	2.10E-15	2.1E-08	1.8E-08	4.6E-09	2.0E-09	2.00E-02	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
¹³¹ I	9.98E-07	1.84E-14	7.2E-08	7.2E-08	1.9E-08	7.4E-09	3.81E-16	1.8E-07	1.8E-07	5.2E-08	2.2E-08	2.00E-02	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
¹³² I	8.37E-05	1.14E-13	1.1E-09	9.6E-10	2.2E-10	1.1E-10	2.28E-15	3.0E-09	2.4E-09	6.2E-10	2.9E-10	2.00E-02	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
¹³³ I	9.25E-06	3.01E-14	1.9E-08	1.8E-08	3.8E-09	1.5E-09	6.34E-16	4.9E-08	4.4E-08	1.0E-08	4.3E-09	2.00E-02	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
¹³⁴ I	2.20E-04	1.33E-13	4.8E-10	3.7E-10	1.1E-10	5.5E-11	6.34E-16	1.1E-09	7.5E-10	2.1E-10	1.1E-10	2.00E-02	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
¹³⁵ I	2.91E-05	8.24E-14	4.1E-09	3.7E-09	7.9E-10	3.2E-10	1.52E-15	1.0E-08	8.9E-09	2.2E-09	9.3E-10	2.00E-02	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
⁶⁵ Zn	4.75E-08	2.92E-14	1.5E-08	1.0E-08	3.8E-09	2.2E-09	5.71E-16	3.6E-08	1.6E-08	6.4E-09	3.9E-09	2.00E+00	2.00E+00	2.00E-01	2.00E-01	1.00E-02
⁵¹ Cr	2.89E-07	1.52E-15	2.6E-10	2.1E-10	6.6E-11	3.7E-11	3.11E-17	3.5E-10	2.3E-10	7.8E-11	3.8E-11	1.00E-03	1.00E-01	9.00E-02	9.00E-02	2.00E-04
⁵⁴ Mn	2.57E-08	4.12E-14	7.5E-09	6.2E-09	2.4E-09	1.5E-09	8.24E-16	5.4E-09	3.1E-09	1.3E-09	7.1E-10	3.00E-01	1.00E+01	7.00E-04	7.00E-04	3.00E-04
⁵⁵ Fe	1.17E-08	0.00E+00	4.2E-09	3.2E-09	1.4E-09	7.7E-10	0.00E+00	7.6E-09	2.4E-09	1.1E-09	3.3E-10	1.00E-03	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-02	3.00E-04
⁵⁹ Fe	1.80E-07	6.02E-14	2.1E-08	1.3E-08	5.8E-09	4.0E-09	1.14E-15	3.9E-08	1.3E-08	4.7E-09	1.8E-09	1.00E-03	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-02	3.00E-04
⁵⁸ Co	1.13E-07	4.76E-14	9.0E-09	7.5E-09	3.1E-09	2.1E-09	9.51E-16	7.3E-09	4.4E-09	1.7E-09	7.4E-10	8.00E-02	2.00E+00	7.00E-02	7.00E-02	1.00E-02
⁶⁰ Co	4.17E-09	1.27E-13	9.2E-08	8.6E-08	4.0E-08	3.1E-08	2.38E-15	5.4E-08	2.7E-08	1.1E-08	3.4E-09	8.00E-02	2.00E+00	7.00E-02	7.00E-02	1.00E-02
¹²⁴ Sb	1.92E-07	9.20E-14	3.9E-08	3.1E-08	1.3E-08	8.6E-09	1.78E-15	2.5E-08	1.6E-08	5.2E-09	2.5E-09	1.00E-03	1.00E-01	5.00E-03	5.00E-03	2.50E-04
^{110m} Ag	4.62E-08	1.36E-13	4.6E-08	4.1E-08	1.8E-08	1.2E-08	2.70E-15	2.4E-08	1.4E-08	5.2E-09	2.8E-09	1.00E-02	1.00E-01	6.00E-03	6.00E-03	1.00E-04
⁸³ Br	1.18E-04	3.82E-16	3.5E-10	2.3E-10	7.7E-11	4.8E-11	8.13E-18	5.3E-10	3.0E-10	8.3E-11	4.3E-11	4.00E-01	2.00E+00	5.00E-02	5.00E-02	2.00E-02
⁸⁴ Br	5.26E-04	9.41E-14	3.7E-10	2.4E-10	7.7E-11	3.7E-11	1.60E-15	1.0E-09	5.8E-10	1.6E-10	8.8E-11	4.00E-01	2.00E+00	5.00E-02	5.00E-02	2.00E-02
⁸⁵ Br	5.56E-03	0.00E+00	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	4.00E-01	2.00E+00	5.00E-02	5.00E-02	2.00E-02
⁸⁸ Rb	9.36E-04	3.36E-14	1.9E-10	1.2E-10	3.2E-11	1.6E-11	5.95E-16	1.1E-09	6.2E-10	1.7E-10	9.0E-11	2.00E-01	2.00E+00	3.00E-02	3.00E-02	1.00E-01
⁸⁹ Rb	1.10E-03	1.06E-13	1.4E-10	9.3E-11	2.7E-11	1.4E-11	1.91E-15	5.4E-10	3.0E-10	8.6E-11	4.7E-11	2.00E-01	2.00E+00	3.00E-02	3.00E-02	1.00E-01
⁸⁹ Sr	1.59E-07	4.44E-16	3.9E-08	3.0E-08	1.2E-08	7.9E-09	6.98E-17	3.6E-08	1.8E-08	5.8E-09	2.6E-09	3.00E-01	1.00E+01	1.00E-02	1.00E-02	3.00E-03
⁹⁰ Sr	7.67E-10	9.83E-17	4.2E-07	4.0E-07	1.8E-07	1.6E-07	1.11E-16	2.3E-07	7.3E-08	6.0E-08	2.8E-08	3.00E-01	1.00E+01	1.00E-02	1.00E-02	3.00E-03
⁹¹ Sr	2.86E-05	3.45E-14	3.5E-09	2.5E-09	7.7E-10	4.1E-10	6.77E-16	5.2E-09	4.0E-09	1.2E-09	6.5E-10	3.00E-01	1.00E+01	1.00E-02	1.00E-02	3.00E-03
⁹² Sr	1.03E-04	6.79E-14	2.2E-09	1.5E-09	4.5E-10	2.3E-10	1.25E-15	3.4E-09	2.7E-09	8.2E-10	4.3E-10	3.00E-01	1.00E+01	1.00E-02	1.00E-02	3.00E-03

注：(a) 取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(18871-2002)、IAEA 第 19 号报告、美国联邦导则第 12 号报告《空气、水和土壤中核素导致的外照射》(1993)；
 (b) 取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(18871-2002)。对于 ³H 和 ¹⁴C 的剂量转换因子单位为 Sv·m³/Bq·a，取自 IAEA 第 19 号报告；
 (c) 取自 IAEA 第 19 号报告、美国联邦导则第 12 号报告《空气、水和土壤中核素导致的外照射》(1993)。
 (d) Bv: 农作物浓集因子；Bvs: 饲料作物的浓集因子；FF: 元素在肉中的转移系数 (d/kg)；FE: 元素在蛋中的转移系数 (d/L)；FM: 元素在牛奶中的转移系数 (d/L)。均取自 IAEA 第 19 号报告。

表 6.2-11 续 用于计算气体辐射剂量的有关参数

核素名称	衰变常数 (s ⁻¹)	空气浸没 ^(a) (Sv/s) / (Bq/m ³)	吸入 (Sv/Bq) ^(b)				沉积 ^(c) (Sv/s) / (Bq/m ²)	食入 (Sv/Bq) ^(b)				Bv ^(d)	BvS ^(d)	FF ^(d)	FE ^(d)	FM ^(d)
			婴儿	儿童	青少年	成人		婴儿	儿童	青少年	成人					
⁹⁰ Y	4.33E-06	8.24E-16	1.3E-08	8.8E-09	2.7E-09	1.5E-09	1.11E-16	3.1E-08	2.0E-08	5.9E-09	2.7E-09	3.00E-03	1.00E-01	1.00E-02	1.00E-02	6.00E-05
^{91m} Y	3.31E-04	2.55E-14	7.4E-11	5.9E-11	2.0E-11	1.1E-11	5.23E-16	9.2E-11	6.0E-11	2.1E-11	1.1E-11	3.00E-03	1.00E-01	1.00E-02	1.00E-02	6.00E-05
⁹¹ Y	1.98E-07	6.34E-16	4.3E-08	3.4E-08	1.3E-08	8.9E-09	7.61E-17	2.8E-08	1.8E-08	5.2E-09	2.4E-09	3.00E-03	1.00E-01	1.00E-02	1.00E-02	6.00E-05
⁹² Y	7.94E-05	1.30E-14	1.9E-09	1.2E-09	3.5E-10	1.8E-10	2.53E-16	5.9E-09	3.6E-09	1.0E-09	4.9E-10	3.00E-03	1.00E-01	1.00E-02	1.00E-02	6.00E-05
⁹³ Y	2.75E-05	4.80E-15	4.6E-09	3.0E-09	8.5E-10	4.2E-10	9.12E-17	1.4E-08	8.5E-09	2.5E-09	1.2E-09	3.00E-03	1.00E-01	1.00E-02	1.00E-02	6.00E-05
⁹⁵ Zr	1.25E-07	3.49E-14	2.4E-08	1.9E-08	8.3E-09	5.9E-09	1.49E-15	8.5E-09	5.6E-09	1.9E-09	9.5E-10	1.00E-03	1.00E-01	1.00E-05	1.00E-05	6.00E-06
⁹⁵ Nb	2.29E-07	3.81E-14	7.7E-09	5.9E-09	2.5E-09	1.8E-09	7.61E-16	4.6E-09	3.2E-09	1.1E-09	5.8E-10	1.00E-02	2.00E-01	3.00E-06	3.00E-06	4.00E-06
⁹⁹ Mo	4.20E-06	1.27E-14	6.9E-09	4.8E-09	1.7E-09	9.9E-10	2.92E-16	5.5E-09	3.5E-09	1.1E-09	6.0E-10	2.00E-01	1.00E+00	8.00E-01	8.00E-01	2.50E-01
^{99m} Tc	4.61E-05	6.02E-15	1.3E-10	1.0E-10	3.5E-11	2.0E-11	1.24E-16	2.0E-10	1.3E-10	4.3E-11	2.2E-11	5.00E+00	8.00E+01	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-03
¹⁰³ Ru	2.04E-07	2.28E-14	1.3E-08	1.0E-08	4.2E-09	3.0E-09	4.76E-16	7.1E-09	4.6E-09	1.5E-09	7.3E-10	5.00E-02	2.00E-01	5.00E-02	5.00E-02	3.00E-05
^{103m} Rh	2.97E-04	8.80E-18	2.0E-11	1.3E-11	4.3E-12	2.7E-12	1.25E-18	4.7E-11	2.7E-11	7.4E-12	3.8E-12	2.00E-01	2.00E+00	2.00E-03	2.00E-03	5.00E-04
¹⁰⁶ Ru	1.25E-04	1.04E-14	0	0	0	0	2.12E-16	0	0	0	0	2.00E-01	2.00E+00	2.00E-03	2.00E-03	5.00E-04
^{125m} Te	2.00E-07	4.53E-16	1.7E-08	1.3E-08	5.8E-09	4.2E-09	3.61E-17	1.3E-08	6.3E-09	1.9E-09	8.7E-10	1.00E+00	1.00E+01	7.00E-02	7.00E-02	5.00E-03
^{127m} Te	1.06E-07	1.55E-16	4.1E-08	3.3E-08	1.4E-08	9.8E-09	2.22E-17	4.1E-08	1.8E-08	5.2E-09	2.3E-09	1.00E+00	1.00E+01	7.00E-02	7.00E-02	5.00E-03
^{129m} Te	3.39E-07	1.71E-15	3.8E-08	2.9E-08	1.2E-08	7.9E-09	6.02E-17	4.4E-08	2.4E-08	6.6E-09	3.0E-09	1.00E+00	1.00E+01	7.00E-02	7.00E-02	5.00E-03
¹²⁹ Te	2.42E-04	2.75E-15	3.5E-10	2.3E-10	6.9E-11	3.9E-11	6.01E-17	7.5E-10	4.4E-10	1.2E-10	6.3E-11	1.00E+00	1.00E+01	7.00E-02	7.00E-02	5.00E-03
^{131m} Te	9.26E-06	7.93E-14	8.7E-09	7.6E-09	2.0E-09	9.4E-10	1.55E-15	2.0E-08	1.4E-08	4.3E-09	1.9E-09	1.00E+00	1.00E+01	7.00E-02	7.00E-02	5.00E-03
¹³¹ Te	6.72E-04	2.04E-14	2.6E-10	2.0E-10	5.3E-11	2.8E-11	4.10E-16	9.0E-10	6.6E-10	1.9E-10	8.7E-11	1.00E+00	1.00E+01	7.00E-02	7.00E-02	5.00E-03
¹³² Te	3.56E-06	1.05E-14	2.2E-08	1.8E-08	4.2E-09	2.0E-09	2.51E-15	4.8E-08	3.0E-08	8.3E-09	3.8E-09	1.00E+00	1.00E+01	7.00E-02	7.00E-02	5.00E-03
¹³⁴ Te	3.97E-04	4.24E-14	5.6E-10	4.0E-10	1.3E-10	6.8E-11	8.67E-16	1.1E-09	7.5E-10	2.2E-10	1.1E-10	1.00E+00	1.00E+01	7.00E-02	7.00E-02	5.00E-03
¹³⁴ Cs	1.07E-08	7.61E-14	7.0E-08	6.3E-08	2.8E-08	2.0E-08	1.55E-15	2.6E-08	1.6E-08	1.9E-08	1.9E-08	4.00E-02	1.00E+00	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
¹³⁶ Cs	6.12E-07	1.08E-13	1.5E-08	1.1E-08	4.1E-09	2.8E-09	2.12E-15	1.5E-08	9.5E-09	4.4E-09	3.0E-09	4.00E-02	1.00E+00	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
¹³⁷ Cs	7.32E-10	2.76E-14	1.1E-07	1.0E-07	4.8E-08	3.9E-08	5.71E-16	2.1E-08	1.2E-08	1.3E-08	1.3E-08	4.00E-02	1.00E+00	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
¹³⁸ Cs	5.19E-04	1.21E-13	4.2E-10	2.8E-10	8.2E-11	4.3E-11	2.19E-15	1.1E-09	5.9E-10	1.7E-10	9.2E-11	4.00E-02	1.00E+00	5.00E-02	5.00E-02	1.00E-02
^{137m} Ba	6.53E-03	2.88E-14	0	0	0	0	5.86E-16	0	0	0	0	5.00E-02	1.00E-01	2.00E-03	2.00E-03	5.00E-03
¹⁴⁰ Ba	6.32E-07	8.58E-15	2.9E-08	2.2E-08	8.6E-09	5.8E-09	1.80E-16	3.2E-08	1.8E-08	5.8E-09	2.6E-09	5.00E-02	1.00E-01	2.00E-03	2.00E-03	5.00E-03
¹⁴⁰ La	6.90E-06	1.17E-13	8.8E-09	6.3E-09	2.0E-09	1.1E-09	2.16E-15	2.0E-08	1.3E-08	4.2E-09	2.0E-09	5.00E-02	1.00E-01	2.00E-03	2.00E-03	5.00E-03
¹⁴¹ Ce	2.47E-07	3.49E-15	1.6E-08	1.2E-08	5.3E-09	3.8E-09	7.61E-17	8.1E-09	5.1E-09	1.5E-09	7.1E-10	5.00E-02	1.00E-01	2.00E-04	2.00E-04	3.00E-04
¹⁴³ Ce	8.42E-06	1.29E-14	5.9E-09	4.1E-09	1.4E-09	8.3E-10	2.79E-16	1.2E-08	8.0E-09	2.4E-09	1.1E-09	5.00E-02	1.00E-01	2.00E-04	2.00E-04	3.00E-04
¹⁴³ Pr	8.52E-07	2.10E-17	1.3E-08	9.2E-09	3.6E-09	2.4E-09	7.01E-19	1.4E-08	8.7E-09	2.6E-09	1.2E-09	5.00E-02	1.00E-01	2.00E-04	2.00E-04	3.00E-04
¹⁴⁴ Ce	4.07E-08	3.49E-15	3.6E-07	2.7E-07	7.8E-08	5.3E-08	1.81E-16	6.6E-08	3.9E-08	1.1E-08	5.2E-09	5.00E-02	1.00E-01	2.00E-04	2.00E-04	3.00E-04
¹⁴⁴ Pr	9.63E-04	1.95E-15	1.9E-10	1.2E-10	3.4E-11	1.8E-11	3.78E-17	6.4E-10	3.5E-10	9.5E-11	5.0E-11	5.00E-02	1.00E-01	2.00E-04	2.00E-04	3.00E-04

注：(a) 取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(18871-2002)、IAEA 第 19 号报告、美国联邦导则第 12 号报告《空气、水和土壤中核素导致的外照射》(1993)；

(b) 取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(18871-2002)。对于 ³H 和 ¹⁴C 的剂量转换因子单位为 Sv·m³/Bq·a，取自 IAEA 第 19 号报告；

(c) 取自 IAEA 第 19 号报告、美国联邦导则第 12 号报告《空气、水和土壤中核素导致的外照射》(1993)。

(d) Bv: 农作物浓集因子; Bvs: 饲料作物的浓集因子; FF: 元素在肉中的转移系数 (d/kg); FE: 元素在蛋中的转移系数 (d/L); FM: 元素在牛奶中的转移系数 (d/L)。均取自 IAEA 第 19 号报告。

表 6.2-12 本项目所致最大个人有效剂量汇总

单位：mSv/a

途径 \ 年龄组	儿童	青年	成人
气态	1.21E-03	5.62E-04	3.35E-04
合计	1.21E-03	5.62E-04	3.35E-04
剂量约束值要求	0.25	0.25	0.25
所占标比例 (%)	0.49	0.23	0.14

注：《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1 号）规定：向环境释放的放射性物质对公众个人（成人）造成的有效剂量约束值是 0.25mSv/厂·年

表 6.2-13 本项目经气态照射途径所致附近居民（儿童）最大个人有效剂量

单位：mSv/a

距离：1~2km 方位：ENE

核素	空气浸没	地面沉积	吸入	食入	合计	份额 (%)
^{83m} Kr	1.27E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.27E-11	0.00
^{85m} Kr	1.84E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.84E-07	0.02
⁸⁵ Kr	3.46E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.46E-07	0.03
⁸⁷ Kr	5.37E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.37E-07	0.04
⁸⁸ Kr	4.39E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.39E-06	0.36
⁸⁹ Kr	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
^{131m} Xe	2.37E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.37E-08	0.00
^{133m} Xe	7.91E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.91E-08	0.01
¹³⁵ Xe	6.43E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.43E-06	0.53
^{135m} Xe	5.61E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.61E-08	0.00
¹³⁵ Xe	1.92E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-06	0.16
¹³⁷ Xe	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
¹³⁸ Xe	1.53E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.53E-07	0.01
¹²⁹ I	1.72E-18	3.64E-13	9.71E-14	3.95E-11	4.00E-11	0.00
¹³⁰ I	3.31E-11	2.81E-10	4.36E-10	1.11E-08	1.18E-08	0.00
¹³¹ I	2.96E-09	7.63E-07	2.89E-06	5.26E-04	5.29E-04	43.81
¹³² I	1.99E-09	6.52E-09	4.17E-09	5.94E-10	1.33E-08	0.00
¹³³ I	3.74E-09	1.07E-07	5.58E-07	4.44E-05	4.51E-05	3.73
¹³⁴ I	1.22E-09	4.21E-10	8.46E-10	8.87E-16	2.49E-09	0.00
¹³⁵ I	4.11E-09	3.36E-08	4.60E-08	6.63E-07	7.47E-07	0.06
⁶⁵ Zn	8.76E-13	1.01E-09	7.49E-11	4.07E-09	5.16E-09	0.00
⁵¹ Cr	6.74E-13	1.34E-10	2.32E-11	2.97E-10	4.55E-10	0.00
⁵⁴ Mn	4.98E-12	1.08E-08	1.87E-10	1.77E-09	1.28E-08	0.00
⁵⁵ Fe	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-10	2.28E-09	2.47E-09	0.00
⁵⁹ Fe	4.36E-12	1.29E-09	2.34E-10	3.05E-09	4.58E-09	0.00
⁵⁸ Co	2.01E-10	1.00E-07	7.91E-09	6.68E-08	1.75E-07	0.01
⁶⁰ Co	1.25E-11	1.30E-07	2.11E-09	1.13E-08	1.43E-07	0.01
¹²⁴ Sb	5.54E-12	1.57E-09	4.66E-10	3.09E-09	5.13E-09	0.00
^{110m} Ag	3.01E-11	3.61E-08	2.26E-09	1.17E-08	5.01E-08	0.00
⁸³ Br	2.29E-13	1.33E-13	3.43E-11	1.55E-14	3.47E-11	0.00
⁸⁴ Br	1.88E-11	2.97E-12	1.20E-11	7.38E-30	3.38E-11	0.00
⁸⁵ Br	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
⁸⁸ Rb	4.33E-10	5.71E-11	3.86E-10	0.00E+00	8.76E-10	0.00
⁸⁹ Rb	5.58E-11	7.25E-12	1.22E-11	0.00E+00	7.53E-11	0.00
⁸⁹ Sr	1.23E-14	3.42E-11	2.07E-10	1.80E-09	2.04E-09	0.00
⁹⁰ Sr	2.34E-16	2.76E-10	2.37E-10	8.83E-10	1.40E-09	0.00
⁹¹ Sr	1.38E-12	2.76E-12	2.49E-11	2.82E-11	5.72E-11	0.00
⁹² Sr	5.62E-13	3.19E-13	3.10E-12	6.93E-15	3.99E-12	0.00

注：份额为0.00%表示该值小于0.01%

表 6.2-13 续 本项目经气态照射途径所致附近居民（儿童）最大个人有效剂量

单位：mSv/a

距离：1~2km 方位：ENE

核素	空气浸没	地面沉积	吸入	食入	合计	份额 (%)
⁹⁰ Y	5.19E-16	4.57E-14	1.38E-12	1.76E-11	1.90E-11	0.00
^{91m} Y	3.93E-13	9.85E-14	2.27E-13	9.85E-25	7.19E-13	0.00
⁹¹ Y	2.23E-15	3.81E-12	2.98E-11	2.01E-10	2.35E-10	0.00
⁹² Y	9.32E-14	7.07E-14	2.15E-12	6.00E-14	2.37E-12	0.00
⁹³ Y	1.25E-14	2.52E-14	1.95E-12	4.28E-12	6.27E-12	0.00
⁹⁵ Zr	1.50E-13	1.44E-10	2.04E-11	8.27E-11	2.47E-10	0.00
⁹⁵ Nb	1.63E-13	4.02E-11	6.32E-12	4.25E-11	8.92E-11	0.00
⁹⁹ Mo	6.94E-11	1.08E-09	6.55E-09	2.71E-08	3.48E-08	0.00
^{99m} Tc	2.89E-11	3.83E-11	1.20E-10	2.47E-11	2.12E-10	0.00
¹⁰³ Ru	8.33E-14	2.40E-11	9.10E-12	5.37E-11	8.69E-11	0.00
^{103m} Rh	2.32E-17	4.34E-17	8.55E-15	1.42E-24	8.62E-15	0.00
¹⁰⁶ Ru	1.62E-14	6.31E-11	8.13E-11	2.80E-10	4.24E-10	0.00
^{125m} Te	1.65E-15	1.86E-12	1.18E-11	9.05E-11	1.04E-10	0.00
^{127m} Te	3.48E-15	1.32E-11	1.84E-10	2.00E-09	2.20E-09	0.00
^{129m} Te	1.26E-13	3.70E-11	5.34E-10	5.61E-09	6.18E-09	0.00
¹²⁹ Te	1.85E-13	6.16E-14	3.85E-12	6.72E-20	4.10E-12	0.00
^{131m} Te	1.78E-11	1.08E-10	4.26E-10	2.89E-09	3.44E-09	0.00
¹³¹ Te	1.14E-12	1.90E-13	2.78E-12	8.85E-36	4.11E-12	0.00
¹³² Te	2.14E-11	4.08E-09	9.19E-09	9.22E-08	1.05E-07	0.01
¹³⁴ Te	6.98E-12	1.55E-12	1.64E-11	4.89E-25	2.50E-11	0.00
¹³⁴ Cs	1.54E-10	8.02E-07	3.18E-08	3.23E-07	1.16E-06	0.10
¹³⁶ Cs	9.62E-11	8.75E-09	2.45E-09	4.96E-08	6.09E-08	0.01
¹³⁷ Cs	8.39E-11	1.83E-06	7.59E-08	3.69E-07	2.27E-06	0.19
¹³⁸ Cs	5.64E-10	9.53E-11	3.26E-10	7.82E-28	9.85E-10	0.00
^{137m} Ba	2.00E-12	7.67E-13	0.00E+00	0.00E+00	2.77E-12	0.00
¹⁴⁰ Ba	2.34E-13	2.20E-11	1.50E-10	1.14E-09	1.31E-09	0.00
¹⁴⁰ La	1.01E-12	7.69E-12	1.36E-11	1.26E-10	1.48E-10	0.00
¹⁴¹ Ce	1.45E-14	3.60E-12	1.24E-11	6.47E-11	8.07E-11	0.00
¹⁴³ Ce	4.68E-14	3.43E-13	3.71E-12	2.86E-11	3.27E-11	0.00
¹⁴³ Pr	8.34E-17	9.22E-15	9.11E-12	7.29E-11	8.20E-11	0.00
¹⁴⁴ Ce	1.19E-14	4.24E-11	2.30E-10	5.21E-10	7.93E-10	0.00
¹⁴⁴ Pr	0.00	0.00	0.00	0.00	4.35E-14	0.00
³ H	1.58E-10	0.00E+00	3.22E-05	1.49E-05	4.70E-05	3.89
¹⁴ C	4.88E-12	0.00E+00	9.23E-05	4.76E-04	5.68E-04	46.99
汇总	1.41E-05	3.84E-06	1.28E-04	1.06E-03	1.21E-03	0.00
份额 (%)	1.17E+00	3.18E-01	1.06E+01	8.79E+01	1.00E+02	100.00

注：份额为0.00%表示该值小于0.01%

表 6.2-14 本项目经气态照射途径所致附近居民（青少年）最大个人有效剂量

单位：mSv/a

距离：1~2km 方位：ENE

核素	空气浸没	地面沉积	吸入	食入	合计	份额 (%)
^{83m} Kr	1.27E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.27E-11	0.00
^{85m} Kr	1.84E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.84E-07	0.03
⁸⁵ Kr	3.46E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.46E-07	0.06
⁸⁷ Kr	5.37E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.37E-07	0.10
⁸⁸ Kr	4.39E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.39E-06	0.78
⁸⁹ Kr	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
^{131m} Xe	2.37E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.37E-08	0.00
^{133m} Xe	7.91E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.91E-08	0.01
¹³³ Xe	6.43E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.43E-06	1.15
^{135m} Xe	5.61E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.61E-08	0.01
¹³⁵ Xe	1.92E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-06	0.34
¹³⁷ Xe	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
¹³⁸ Xe	1.53E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.53E-07	0.03
¹²⁹ I	1.72E-18	3.64E-13	1.10E-13	4.00E-11	4.04E-11	0.00
¹³⁰ I	3.31E-11	2.81E-10	1.37E-10	3.11E-09	3.56E-09	0.00
¹³¹ I	2.96E-09	7.63E-07	1.11E-06	1.69E-04	1.71E-04	30.39
¹³² I	1.99E-09	6.52E-09	1.39E-09	1.69E-10	1.01E-08	0.00
¹³³ I	3.74E-09	1.07E-07	1.71E-07	1.11E-05	1.14E-05	2.03
¹³⁴ I	1.22E-09	4.21E-10	3.66E-10	2.73E-16	2.01E-09	0.00
¹³⁵ I	4.11E-09	3.36E-08	1.43E-08	1.80E-07	2.32E-07	0.04
⁶⁵ Zn	8.76E-13	1.01E-09	4.14E-11	1.90E-09	2.96E-09	0.00
⁵¹ Cr	6.74E-13	1.34E-10	1.06E-11	1.15E-10	2.61E-10	0.00
⁵⁴ Mn	4.98E-12	1.08E-08	1.05E-10	8.65E-10	1.18E-08	0.00
⁵⁵ Fe	0.00E+00	0.00E+00	1.22E-10	1.21E-09	1.34E-09	0.00
⁵⁹ Fe	4.36E-12	1.29E-09	1.52E-10	1.27E-09	2.71E-09	0.00
⁵⁸ Co	2.01E-10	1.00E-07	4.75E-09	2.98E-08	1.35E-07	0.02
⁶⁰ Co	1.25E-11	1.30E-07	1.43E-09	5.37E-09	1.37E-07	0.02
¹²⁴ Sb	5.54E-12	1.57E-09	2.84E-10	1.15E-09	3.01E-09	0.00
^{110m} Ag	3.01E-11	3.61E-08	1.44E-09	5.05E-09	4.26E-08	0.01
⁸³ Br	2.29E-13	1.33E-13	1.67E-11	4.70E-15	1.71E-11	0.00
⁸⁴ Br	1.88E-11	2.97E-12	5.59E-12	2.24E-30	2.74E-11	0.00
⁸⁵ Br	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
⁸⁸ Rb	4.33E-10	5.71E-11	1.50E-10	0.00E+00	6.40E-10	0.00
⁸⁹ Rb	5.58E-11	7.25E-12	5.16E-12	0.00E+00	6.82E-11	0.00
⁸⁹ Sr	1.23E-14	3.42E-11	1.20E-10	6.67E-10	8.21E-10	0.00
⁹⁰ Sr	2.34E-16	2.76E-10	1.55E-10	8.46E-10	1.28E-09	0.00
⁹¹ Sr	1.38E-12	2.76E-12	1.12E-11	9.28E-12	2.46E-11	0.00
⁹² Sr	5.62E-13	3.19E-13	1.35E-12	2.31E-15	2.24E-12	0.00

注：份额为0.00%表示该值小于0.01%

表 6.2-14 续 本项目经气态照射途径所致附近居民（青少年）最大个人有效剂量

单位：mSv/a

距离：1~2km 方位：ENE

核素	空气浸没	地面沉积	吸入	食入	合计	份额 (%)
⁹⁰ Y	5.19E-16	4.57E-14	6.16E-13	5.69E-12	6.35E-12	0.00
^{91m} Y	3.93E-13	9.85E-14	1.12E-13	3.79E-25	6.04E-13	0.00
⁹¹ Y	2.23E-15	3.81E-12	1.66E-11	6.68E-11	8.72E-11	0.00
⁹² Y	9.32E-14	7.07E-14	9.10E-13	1.83E-14	1.09E-12	0.00
⁹³ Y	1.25E-14	2.52E-14	8.03E-13	1.38E-12	2.22E-12	0.00
⁹⁵ Zr	1.50E-13	1.44E-10	1.29E-11	3.24E-11	1.90E-10	0.00
⁹⁵ Nb	1.63E-13	4.02E-11	3.90E-12	1.68E-11	6.10E-11	0.00
⁹⁹ Mo	6.94E-11	1.08E-09	3.37E-09	9.35E-09	1.39E-08	0.00
^{99m} Tc	2.89E-11	3.83E-11	6.10E-11	8.99E-12	1.37E-10	0.00
¹⁰³ Ru	8.33E-14	2.40E-11	5.56E-12	2.01E-11	4.97E-11	0.00
^{103m} Rh	2.32E-17	4.34E-17	4.11E-15	4.28E-25	4.18E-15	0.00
¹⁰⁶ Ru	1.62E-14	6.31E-11	4.68E-11	9.96E-11	2.09E-10	0.00
^{125m} Te	1.65E-15	1.86E-12	7.68E-12	3.15E-11	4.10E-11	0.00
^{127m} Te	3.48E-15	1.32E-11	1.14E-10	6.70E-10	7.97E-10	0.00
^{129m} Te	1.26E-13	3.70E-11	3.21E-10	1.76E-09	2.12E-09	0.00
¹²⁹ Te	1.85E-13	6.16E-14	1.68E-12	2.01E-20	1.93E-12	0.00
^{131m} Te	1.78E-11	1.08E-10	1.63E-10	9.76E-10	1.26E-09	0.00
¹³¹ Te	1.14E-12	1.90E-13	1.07E-12	2.80E-36	2.40E-12	0.00
¹³² Te	2.14E-11	4.08E-09	3.12E-09	2.80E-08	3.52E-08	0.01
¹³⁴ Te	6.98E-12	1.55E-12	7.77E-12	1.58E-25	1.63E-11	0.00
¹³⁴ Cs	1.54E-10	8.02E-07	2.06E-08	4.46E-07	1.27E-06	0.23
¹³⁶ Cs	9.62E-11	8.75E-09	1.33E-09	2.58E-08	3.60E-08	0.01
¹³⁷ Cs	8.39E-11	1.83E-06	5.30E-08	4.65E-07	2.35E-06	0.42
¹³⁸ Cs	5.64E-10	9.53E-11	1.39E-10	2.48E-28	7.98E-10	0.00
^{137m} Ba	2.00E-12	7.67E-13	0.00E+00	0.00E+00	2.77E-12	0.00
¹⁴⁰ Ba	2.34E-13	2.20E-11	8.52E-11	4.12E-10	5.20E-10	0.00
¹⁴⁰ La	1.01E-12	7.69E-12	6.26E-12	4.47E-11	5.96E-11	0.00
¹⁴¹ Ce	1.45E-14	3.60E-12	7.96E-12	2.18E-11	3.34E-11	0.00
¹⁴³ Ce	4.68E-14	3.43E-13	1.84E-12	9.43E-12	1.17E-11	0.00
¹⁴³ Pr	8.34E-17	9.22E-15	5.18E-12	2.43E-11	2.94E-11	0.00
¹⁴⁴ Ce	1.19E-14	4.24E-11	9.65E-11	1.71E-10	3.10E-10	0.00
¹⁴⁴ Pr	2.64E-15	3.78E-16	1.67E-14	0.00E+00	1.97E-14	0.00
³ H	1.58E-10	0.00E+00	1.42E-05	8.39E-06	2.26E-05	4.03
¹⁴ C	4.88E-12	0.00E+00	5.84E-05	2.80E-04	3.39E-04	60.28
汇总	1.41E-05	3.84E-06	7.40E-05	4.70E-04	5.62E-04	0.00
份额 (%)	2.52E+00	6.83E-01	1.32E+01	8.36E+01	1.00E+02	100.00

注：份额为0.00%表示该值小于0.01%

表 6.2-15 本项目经气态照射途径所致附近居民（成人）最大个人有效剂量

单位：mSv/a

距离：1~2km 方位：ENE

核素	空气浸没	地面沉积	吸入	食入	合计	份额 (%)
^{83m} Kr	1.27E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.27E-11	0.00
^{85m} Kr	1.84E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.84E-07	0.05
⁸⁵ Kr	3.46E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.46E-07	0.10
⁸⁷ Kr	5.37E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.37E-07	0.16
⁸⁸ Kr	4.39E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.39E-06	1.31
⁸⁹ Kr	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
^{131m} Xe	2.37E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.37E-08	0.01
^{133m} Xe	7.91E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.91E-08	0.02
¹³³ Xe	6.43E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.43E-06	1.92
^{135m} Xe	5.61E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.61E-08	0.02
¹³⁵ Xe	1.92E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-06	0.57
¹³⁷ Xe	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
¹³⁸ Xe	1.53E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.53E-07	0.05
¹²⁹ I	1.72E-18	3.64E-13	5.91E-14	2.28E-11	2.32E-11	0.00
¹³⁰ I	3.31E-11	2.81E-10	5.74E-11	1.60E-09	1.97E-09	0.00
¹³¹ I	2.96E-09	7.63E-07	4.32E-07	8.17E-05	8.29E-05	24.73
¹³² I	1.99E-09	6.52E-09	6.95E-10	9.31E-11	9.29E-09	0.00
¹³³ I	3.74E-09	1.07E-07	6.76E-08	5.63E-06	5.81E-06	1.73
¹³⁴ I	1.22E-09	4.21E-10	1.83E-10	1.69E-16	1.82E-09	0.00
¹³⁵ I	4.11E-09	3.36E-08	5.79E-09	8.98E-08	1.33E-07	0.04
⁶⁵ Zn	8.76E-13	1.01E-09	2.40E-11	1.06E-09	2.10E-09	0.00
⁵¹ Cr	6.74E-13	1.34E-10	5.94E-12	5.95E-11	2.00E-10	0.00
⁵⁴ Mn	4.98E-12	1.08E-08	6.58E-11	4.61E-10	1.13E-08	0.00
⁵⁵ Fe	0.00E+00	0.00E+00	6.73E-11	3.66E-10	4.33E-10	0.00
⁵⁹ Fe	4.36E-12	1.29E-09	1.05E-10	5.04E-10	1.91E-09	0.00
⁵⁸ Co	2.01E-10	1.00E-07	3.22E-09	1.33E-08	1.17E-07	0.03
⁶⁰ Co	1.25E-11	1.30E-07	1.11E-09	1.65E-09	1.33E-07	0.04
¹²⁴ Sb	5.54E-12	1.57E-09	1.88E-10	5.78E-10	2.34E-09	0.00
^{110m} Ag	3.01E-11	3.61E-08	9.62E-10	2.75E-09	3.99E-08	0.01
⁸³ Br	2.29E-13	1.33E-13	1.04E-11	2.88E-15	1.08E-11	0.00
⁸⁴ Br	1.88E-11	2.97E-12	2.68E-12	1.45E-30	2.45E-11	0.00
⁸⁵ Br	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
⁸⁸ Rb	4.33E-10	5.71E-11	7.49E-11	0.00E+00	5.65E-10	0.00
⁸⁹ Rb	5.58E-11	7.25E-12	2.67E-12	0.00E+00	6.57E-11	0.00
⁸⁹ Sr	1.23E-14	3.42E-11	7.92E-11	3.05E-10	4.19E-10	0.00
⁹⁰ Sr	2.34E-16	2.76E-10	1.38E-10	3.82E-10	7.96E-10	0.00
⁹¹ Sr	1.38E-12	2.76E-12	5.94E-12	5.93E-12	1.60E-11	0.00
⁹² Sr	5.62E-13	3.19E-13	6.91E-13	1.43E-15	1.57E-12	0.00

注：份额为0.00%表示该值小于0.01%

表 6.2-15 续 本项目经气态照射途径所致附近居民（成人）最大个人有效剂量

单位：mSv/a

距离：1~2km 方位：ENE

核素	空气浸没	地面沉积	吸入	食入	合计	份额 (%)
⁹⁰ Y	5.19E-16	4.57E-14	3.42E-13	3.07E-12	3.46E-12	0.00
^{91m} Y	3.93E-13	9.85E-14	6.16E-14	2.34E-25	5.53E-13	0.00
⁹¹ Y	2.23E-15	3.81E-12	1.13E-11	3.22E-11	4.73E-11	0.00
⁹² Y	9.32E-14	7.07E-14	4.68E-13	1.06E-14	6.43E-13	0.00
⁹³ Y	1.25E-14	2.52E-14	3.97E-13	7.84E-13	1.22E-12	0.00
⁹⁵ Zr	1.50E-13	1.44E-10	9.20E-12	1.67E-11	1.70E-10	0.00
⁹⁵ Nb	1.63E-13	4.02E-11	2.81E-12	9.27E-12	5.25E-11	0.00
⁹⁹ Mo	6.94E-11	1.08E-09	1.97E-09	6.02E-09	9.13E-09	0.00
^{99m} Tc	2.89E-11	3.83E-11	3.48E-11	5.43E-12	1.08E-10	0.00
¹⁰³ Ru	8.33E-14	2.40E-11	3.97E-12	1.02E-11	3.82E-11	0.00
^{103m} Rh	2.32E-17	4.34E-17	2.58E-15	2.60E-25	2.65E-15	0.00
¹⁰⁶ Ru	1.62E-14	6.31E-11	3.39E-11	4.65E-11	1.44E-10	0.00
^{125m} Te	1.65E-15	1.86E-12	5.56E-12	1.45E-11	2.20E-11	0.00
^{127m} Te	3.48E-15	1.32E-11	7.97E-11	2.89E-10	3.82E-10	0.00
^{129m} Te	1.26E-13	3.70E-11	2.12E-10	8.41E-10	1.09E-09	0.00
¹²⁹ Te	1.85E-13	6.16E-14	9.50E-13	1.25E-20	1.20E-12	0.00
^{131m} Te	1.78E-11	1.08E-10	7.66E-11	5.09E-10	7.11E-10	0.00
¹³¹ Te	1.14E-12	1.90E-13	5.67E-13	1.51E-36	1.89E-12	0.00
¹³² Te	2.14E-11	4.08E-09	1.49E-09	1.51E-08	2.07E-08	0.01
¹³⁴ Te	6.98E-12	1.55E-12	4.06E-12	9.31E-26	1.26E-11	0.00
¹³⁴ Cs	1.54E-10	8.02E-07	1.47E-08	4.48E-07	1.26E-06	0.38
¹³⁶ Cs	9.62E-11	8.75E-09	9.07E-10	1.96E-08	2.93E-08	0.01
¹³⁷ Cs	8.39E-11	1.83E-06	4.30E-08	4.66E-07	2.34E-06	0.70
¹³⁸ Cs	5.64E-10	9.53E-11	7.27E-11	1.58E-28	7.32E-10	0.00
^{137m} Ba	2.00E-12	7.67E-13	0.00E+00	0.00E+00	2.77E-12	0.00
¹⁴⁰ Ba	2.34E-13	2.20E-11	5.75E-11	2.06E-10	2.86E-10	0.00
¹⁴⁰ La	1.01E-12	7.69E-12	3.44E-12	2.51E-11	3.72E-11	0.00
¹⁴¹ Ce	1.45E-14	3.60E-12	5.71E-12	1.08E-11	2.02E-11	0.00
¹⁴³ Ce	4.68E-14	3.43E-13	1.09E-12	5.10E-12	6.58E-12	0.00
¹⁴³ Pr	8.34E-17	9.22E-15	3.46E-12	1.28E-11	1.62E-11	0.00
¹⁴⁴ Ce	1.19E-14	4.24E-11	6.56E-11	8.11E-11	1.89E-10	0.00
¹⁴⁴ Pr	2.64E-15	3.78E-16	8.84E-15	0.00E+00	1.19E-14	0.00
³ H	1.58E-10	0.00E+00	7.80E-06	5.48E-06	1.33E-05	3.96
¹⁴ C	4.88E-12	0.00E+00	4.58E-05	1.69E-04	2.15E-04	64.14
汇总	1.41E-05	3.84E-06	5.42E-05	2.63E-04	3.35E-04	0.00
份额 (%)	4.22E+00	1.14E+00	1.62E+01	7.85E+01	1.00E+02	100.00

注：份额为0.00%表示该值小于0.01%

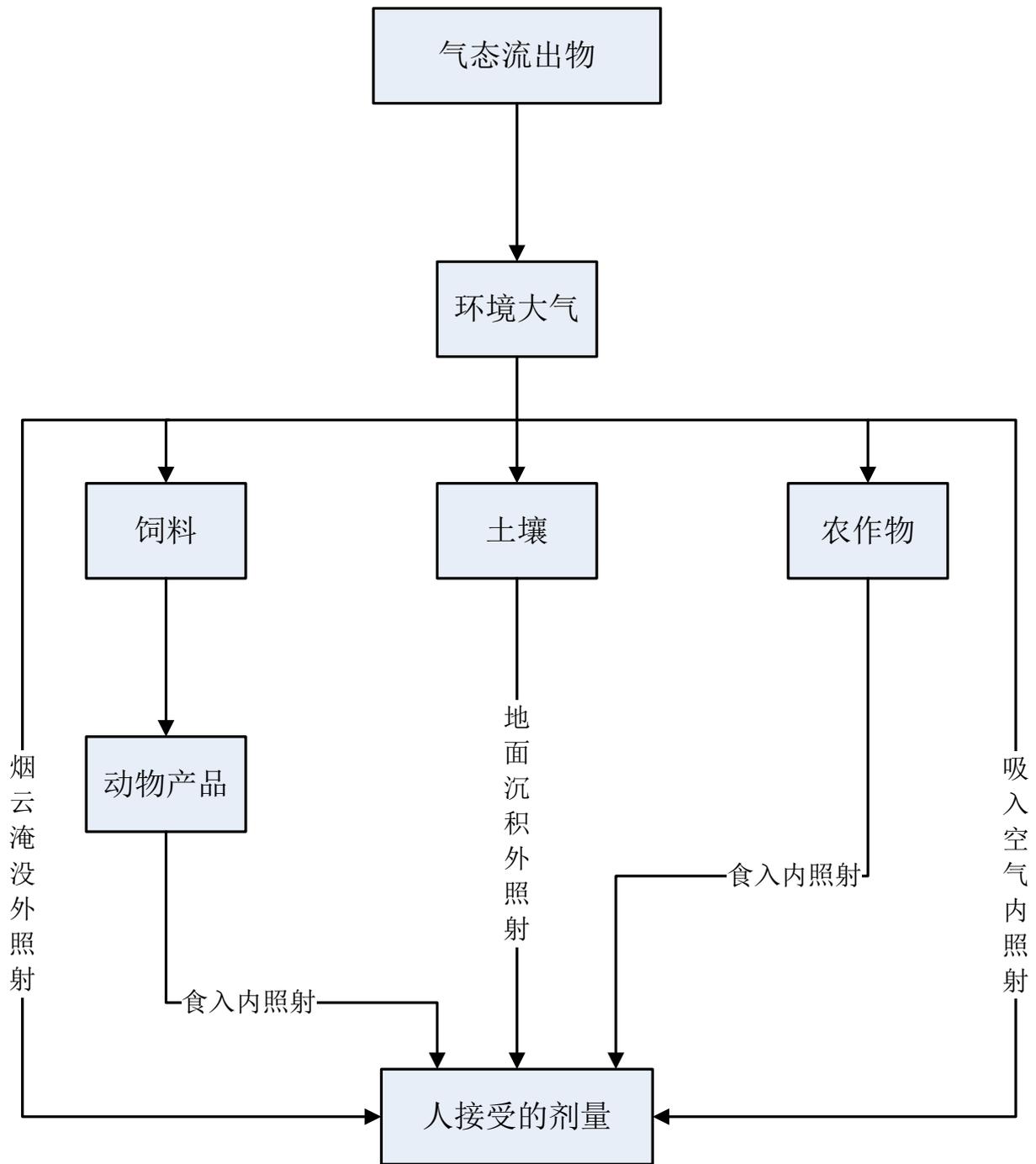


图 6.2-1 正常运行气态放射性流出物对人体的照射途径

6.3 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 放射性废水中化学物质的环境影响

本项目运行期核岛使用的化学物质涉及氢氧化锂、联氨、过氧化氢、钼酸盐、磷酸三钠，使用量较小，且放射性废水经处理达标后回用，无法回用时通过载带蒸发方式向大气排放，不向厂址周边地表水体排放，故不会对本项目周边环境产生影响。

6.3.1.2 非放射性生产废水的环境影响

本项目运行期产生的非放射性生产废水主要来源是地面冲洗水、空调机组冷凝水、设备管道放空水，原水中可能含油（柴油、机油），含酸，固体悬浮颗粒，在特定时段内可能还有表面活性剂、阻垢剂等化学物质。本项目运行期设计非放射性生产废水水量 $72\text{m}^3/\text{h}$ ，设置两序列废水处理设施，每序列处理能力 $36\text{m}^3/\text{h}$ 。处理装置包括调节池、酸碱中和调节装置、隔油沉砂装置、砂滤罐、碳滤罐、消毒、出水水箱等，处理工艺出水污染物控制项目满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002，2006 年修订）中一级标准的 A 标准，达标后废水与生物质能废水合并外排，上述非放射性生产废水拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂。

本项目运行期产生的非放射性生产废水还包括原水处理厂以及除盐水处理系统的水质处理过程产生的废水。本项目运行期原水处理厂产生的废水来源于絮凝沉淀、加药消毒过程产生的废水；除盐水处理系统除反渗透（RO）法产生的盐度略高于原水外，其水质处理过程中涉及酸（盐酸，年用量 30t，贮存量 10t）、碱（氢氧化钠，年用量 30t，贮存量 10t）、阻垢剂、还原剂（亚硫酸钠，30L 桶装）、消毒剂（次氯酸钠，30L 桶装）等的使用，废水的 pH 值可能超出 6~9 的范围。本项目除盐水处理系统产生的废水采用酸碱中和法处理，经处理后与原水处理厂产生的废水的水污染物控制项目满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002，2006 年修订）中一级 A 标准后，达标后废水与生物质能废水合并外排，上述非放射性生产废水拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂。

综上所述，本项目运行期产生的非放射性生产废水经处理后不会向本项目周边环境排放，故不会对本项目周边环境产生影响。

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3.2.1 大气污染物的环境影响

柴油发电机厂房的柴油发电机定期开展例行运行试验时会产生 SO₂、NO_x、TSP 等大气污染物，由于柴油发电机全年总运行小时数很少，对大气环境带来的影响可忽略不计。

6.3.2.2 生活污水的环境影响

本项目运行期产生的生活污水主要来源于人员综合办公、食堂、各厂房卫生设施、武警消防宿舍等。生活污水排水系统采用重力流管道收集产生的生活污水，并输送至厂区生活污水处理设施处理，初定处理能力为 150m³/d，考虑采用一体化污水处理装置，处理装置包括污水处理及污泥处置，处理工艺出水污染物控制项目应达到或高于《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中的绿化、车辆冲洗用水标准，出水回用或者外排，上述生活污水拟纳管接入最近的城镇污水管网，最终去向为城镇污水处理厂。

本项目运行期产生的生活污水经处理后不会向本项目周边环境排放，故不会对本项目周边环境产生影响。

6.3.2.3 固体废物的环境影响

本项目运行期产生的生活垃圾定点收集暂存，由环卫部门统一清运并送到指定的生活垃圾处置场。

本项目运行期产生的危险废物包括废酸碱、废油、废油漆、废涂料、废化学试剂、非放废树脂等，危险废物贮存设施目前考虑布置在厂区化学品库。危险废物贮存设施的设计将参照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18957-2001，原环境保护部公告 2013 年第 36 号修改单）要求开展。危险废物在危险废物贮存设施内分类收集暂存后，交由当地具有危险废物处置资质的单位进行有偿处理，不会向本项目周边环境排放，故不会对本项目周边环境产生影响。

6.3.2.4 噪声的环境影响

核供热堆设备冷却水冷却装置的噪声影响分析见 6.1 节。

除设备冷却水冷却装置外，核能供热站其余各类厂房的噪声源主要为各类泵、阀、风机等。噪声的主要控制措施是从设备噪声源强度上进行控制，设计中尽量选用低噪声设备，从根本上减少噪声的产生。对某些无法从声源上实现噪声

控制的高噪声设备，采取加设吸声、隔声、消声装置，从传播途径上进行控制。

通过采取以上措施并通过建筑隔声、距离衰减，本项目厂界处噪声可以满足《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）]。本项目周边居民点等环境敏感点处的噪声水平也能够满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的1类标准[昼间 55dB（A）、夜间 45dB（A）]。

6.3.2.5 电磁的环境影响

本项目 110kV 和 220kV 开关站环保设计满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的工频电场和工频磁场限值要求。

6.4 初步退役计划

6.4.1 设计对退役的考虑

《核动力厂设计安全规定》（HAF102-2016）明确要求：

- 设计必须保证核动力厂及其安全重要物项具有合适的性能，以保证其能可靠地执行安全功能；在设计寿期内核动力厂能够在运行限值和条件范围内安全运行，并能够安全退役；对环境的影响最小。（第 4.3.1 条款）
- 设计必须保证采用合适的设计措施以及运行和退役实践，使产生和排放的放射性废物活度和体积达到实际可行的最低水平。（第 4.3.5 条款）
- 在设计阶段，必须专门考虑便于核动力厂放射性废物管理以及核动力厂退役和拆除的特性。（第 4.9.1 条款）
- 在设计中必须适当考虑：（1）材料的选取，以使放射性废物量尽可能地少，并便于去污；（2）必要的可达性和可操作性；（3）管理（例如分离或分拣、表征、分类、预处理、处理和整备）和贮存核动力厂在运行过程中产生的放射性废物所需的设施，以及管理核动力厂在退役时所产生的放射性废物的措施。（第 4.9.2 条款）：

国家核安全局颁布的法规标准对设计需要为退役所考虑的要求作出了总体性、原则性要求，这些要求主要从废物最小化，辐射防护目标的满足性，退役产生的放射性废物的可贮存性等方面对设计提出了具体的要求。在核供热堆的设计中，已经从几个方面采取了相应的措施。

- 在确保设备和管道材料机械性能的同时，降低材料中钴的含量，以降低

^{59}Co 产生的 ^{60}Co 放射源（减少长半衰期放射性物质的含量），减少退役时的辐照剂量，缩短退役周期。

- 采取一定的水化学措施，减小材料的腐蚀，降低腐蚀活化源项。
- 放射性废物产生最小化。
- 设施和设备提供适当的维修和更换设备和空间，在某些需要区域提供设置局部屏蔽的空间和场所等。

6.4.2 退役方案

核供热堆退役最终目标是无限期开放或使用场址，其重点是反应堆装置的退役。核供热堆退役受多方面影响因素的制约，其中包括政治、经济、科学技术和政策法规等的影响，本节仅提出可研阶段的核供热堆退役方案。

核供热堆退役方案取决于核设施的大小和所采取的退役策略。尽管各国核设施退役方案各不相同，但随着国内外核设施退役技术的发展和人们对退役认识的提高，目前把退役分为 2 种策略，即立即拆除和延缓拆除。

(1) 立即拆除方案：此方案考虑在核供热堆最终停闭后 4~5 年内完成拆除。采用此退役方案的前提是厂址有限，需循环使用，旧厂址需尽快利用。其优点是能尽快利用场地和部分利用现场原有设备和辅助设施。但是，由于反应堆停堆时间比较短，长半衰期的高放射性核素（如 ^{60}Co 等）还未进行充分地衰变，因此为确保满足辐射防护目标，需要广泛采用远距离遥控操作和大范围的局部屏蔽来拆除构件和处理放射性废物，因此操作困难且费用昂贵。

(2) 延缓拆除方案：此方案考虑在核供热堆停闭 20 年以后完成退役。在此期间内，核供热堆运行期间产生的大部分放射性核素保留在生物屏蔽和压力容器内，并且已充分地得到了衰变。由于辐射强度下降明显，因此对放射性部件较易于拆卸、运走，但是在此过程中需对遗留结构进行长期监测和维护。

核供热堆的反应堆本体经过几十年的运行，由活化、污染和沉积带来的放射性污染水平很高，含有很多长半衰期、射线能量较强的活化产物，这些放射性物质的存在是影响核供热堆退役的重要因素。此外，核供热堆退役期间的废物出路和退役经费也是确定退役策略的关键因素。因此，在参考目前世界主流的核设施退役方案的同时，结合核供热堆退役关键因素、设计特点及厂址环境特征，以此来最终确定针对核供热堆可实施的退役方案。

第七章 事故的环境影响和环境风险评价

7.1 放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.1.1 选址事故描述

对于事故环境影响评价，本报告采用选址事故进行事故分析。本项目采用一体化设计，设计基准失水事故后内置换料水箱内的水可以通过应急堆芯冷却系统向反应堆注射，从而实现对堆芯的冷却，不会出现堆芯熔化。分析中，以全堆芯包壳发生破损的小破口失水事故代表选址事故来进行厂外人员剂量评价。

7.1.1.2 事故源项

1) 基本假设

选址事故释放到安全壳的放射性由反应堆冷却剂系统中初始存在放射性的释放和事故引发的堆芯释放构成。

➤ 反应堆冷却剂释放

事故发生后，假设反应堆冷却剂中初始存在的放射性全部释放到安全壳大气中，且释放流量为常数。本文保守地按照不采用先漏后破技术来考虑，假设反应堆冷却剂喷放持续时间为 30s。采用设计基准反应堆冷却剂源项进行评价。反应堆冷却剂中核素主要考虑碘及惰性气体，不考虑碱金属贡献，因为只有很少部分转化为气载形式进入安全壳大气。碘的形态方面，保守假设反应堆冷却剂中 97% 为元素碘、3% 为有机碘。

➤ 全堆芯燃料包壳破损释放

保守假设事故后全堆芯燃料包壳发生破损，破损燃料棒间隙内放射性释放，包壳间隙中放射性核素主要为惰性气体、碘和碱金属（铯、钷），均占堆芯裂变产物总量的 5%。间隙释放方式为线性释放，开始于事故后 30s（按照未考虑先漏后破技术处理），持续时间为 30min，具体释放份额及时间见表 7.1-1。事故开始时堆芯放射性积存量采用循环末期数据，见表 7.1-2。碘的形态方面，假设间隙释放的碘中 95% 为粒子碘、4.85% 为元素碘、0.15% 为有机碘。

2) 计算模型

(1) 安全壳大气中核素活度

安全壳内放射性采用下式计算：

$$\frac{dA_i(t)}{dt} = q_i - A_i(t) \times \lambda_i = q_i - A_i(t) \times (\lambda_{d,i} + \lambda_e + \lambda_l) \quad (7.1-1)$$

式中：

t: 事故后的时间，h。

$A_i(t)$: t时刻安全壳内核素 i 的活度，Bq。

q_i : t时刻包壳间隙或冷却剂向安全壳的核素 i 释放率，Bq/h。

λ_i : 核素 i 的消失率，1/h。包括下面三项：

$\lambda_{d,i}$: 核素 i 的衰变常数，1/h。

λ_e : 自然去除系数，1/h。

λ_l : 安全壳向外环境释放率，1/h。

分析中保守忽略有机碘及惰性气体的自然去除作用，仅考虑了元素碘及气溶胶的自然去除作用，其中碱金属及粒子碘属于气溶胶。假设元素碘的自然去除系数为 1.3/h，去污因子限值为 200，由此推算元素碘去除持续时间为 4.37h。假设气溶胶自然去除系数为 0.1/h，去污因子限值为 1000，去除持续时间为 67h。

(2) 释放到环境的核素活度

事故后堆芯释放到安全壳内的放射性核素将进一步通过安全壳泄漏到外环境。保守假设事故发生后 30 天内安全壳泄漏率为设计泄漏率，取每天泄漏安全壳自由容积的 0.1%。

各时刻释放到环境中核素活度计算式如下：

$$R_i(T) = \int_0^T A_i(t) \times \lambda_l \times dt \quad (7.1-2)$$

式中：

T: 事故后的时间，h。

$R_i(T)$: 事故后 T时刻累积释放到环境的核素 i 总活度，Bq。

其余参数物理意义同上。

在 $R_i(T)$ 基础上，可以计算得到每个时间段内释放到环境的核素 i 的活度。

选址事故源项分析所需输入参数列于表 7.1-3。根据上述计算模式和参数，计算得到的选址事故放射性释放量列于表 7.1-4。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

核供热堆不设置非居住区，规划限制区设为以核供热堆为中心，半径 1km 区域。本节考虑核供热堆厂址边界及规划限制区边界的短期大气弥散条件计算，计算时采用的大气扩散参数 σ_y 、 σ_z 取自《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）中表 IX 不同稳定度、排放高度为 50m 处的大气水平扩散参数和垂直扩散参数，联合频率取自表 2.4-8。

核供热堆短期大气弥散因子采用下列一组地面释放轴线浓度公式计算：

$$(\chi/Q)_x = \frac{1}{u_{10}(\pi\sigma_y\sigma_z + CA)} \quad (7.1-3)$$

$$(\chi/Q)_x = \frac{1}{u_{10}(3\pi\sigma_y\sigma_z)} \quad (7.1-4)$$

$$(\chi/Q)_x = \frac{1}{u_{10}\pi\Sigma_y\sigma_z} \quad (7.1-5)$$

式中：

$(\chi/Q)_x$ —释放点下风向 x 米距离处烟羽中心线上的地面相对浓度，即大气弥散因子， s/m^3 。

u_{10} —地面上方 10m 高度处的风速，m/s。

σ_y —烟羽水平弥散参数，m。

σ_z —烟羽垂直弥散参数，m。

A—反应堆建筑物最小迎风截面积， $2000m^2$ 。

C—反应堆建筑物几何修正因子，0.5。

Σ_y —考虑烟羽弯曲和建筑物尾流效应的烟羽水平弥散参数，m。

在用上列诸式作大气弥散因子计算时， χ/Q 按下述条件取值：

1) 对中性 (D) 和稳定 (E、F) 类大气稳定度，且 $u_{10} < 6m/s$ 的天气条件，考虑烟羽弯曲效应， χ/Q 由 (7.1-3) 与 (7.1-4) 两式计算结果的较大者再与 (7.1-5) 式的计算结果比较取较小者，即其取值表达式为：

$$\chi/Q = \min \left\{ \frac{1}{u_{10}\pi\Sigma_y\sigma_z}, \max \left[\frac{1}{u_{10}(\pi\sigma_y\sigma_z + CA)}, \frac{1}{u_{10}(3\pi\sigma_y\sigma_z)} \right] \right\} \quad (7.1-6)$$

2) 对不稳定 (A、B、C) 类大气稳定度或 $u_{10} > 6m/s$ 的天气条件，不考虑烟羽弯曲效应， χ/Q 取 (7.1-3) 与 (7.1-4) 两式计算结果的较大者，即其取值表达

式为：

$$\chi/Q = \max \left[\frac{1}{u_{10}(\pi\sigma_y\sigma_z + CA)}, \frac{1}{u_{10}(3\pi\sigma_y\sigma_z)} \right] \quad (7.1-7)$$

厂址的年逐时风向、风速、大气稳定度联合频率见第二章第 2.4 节。用上列诸式计算释放点下风向不同距离处的逐时大气弥散因子 (χ/Q) 值，把算得的每个方位某给定距离处的所有逐时 (χ/Q) 值由大到小顺序排列，则可截取相应于某累积概率水平的 χ/Q 值。对 16 个方位的某个给定距离，可得到 16 个相应于某概率水平的短期大气弥散因子。取其最大者，用于短期释放（持续时间在 1h 以内）的后果评价。

对持续时间长于 1h 的事故释放，按事故过程划分不同的时间段。各时间段的短期大气弥散因子，可由小时短期大气弥散因子与长期大气弥散因子对数线性内插求取。

对于选址事故，先逐一计算厂址边界和规划限制区边界处每个方位 99.5% 累积概率水平的大气弥散因子，并从对应于 16 个方位的数值中取出最大者与相应位置的全厂址 95% 累积概率水平的大气弥散因子相比较，择其大者作为评价用的短期大气弥散因子进行个人剂量评价。

短期大气弥散因子计算采用 PAVAN 程序。

厂址计算时采用佳木斯站联合频率，厂址边界的短期大气弥散因子及对应距离见表 7.1-5。厂址规划限制区边界的短期大气弥散因子及对应距离见表 7.1-6。

7.1.2.2 事故剂量

所考虑的选址事故期间对公众产生辐射照射的主要途径包括：

- 浸没于放射性烟云中所受的外照射。
- 吸入放射性烟云中碘所受的内照射。
- 放射性烟云地面沉积所受的外照射。

公众可能受到的照射剂量与受照个人的年龄有关。对个人剂量评价，假定受照者是处在本项目厂址边界和规划限制区边界上的成人，个人剂量是释放核素通过上述途径所致剂量的总和。

个人剂量计算模式如下：

- (1) 浸没于半无限放射性烟云中所受外照射剂量 D° ：

$$D^o = \sum_i Q_i \cdot (\chi/Q)_x \cdot (DCF)_i^o \quad (7.1-8)$$

式中：

D^o —烟云浸没对个人所致的外照射有效剂量，Sv。

Q_i —评价时间内核素 i 的释放量，Bq。

$(\chi/Q)_x$ —评价时间内，离释放点 x 米距离处的短期大气弥散因子，s/m³。

$(DCF)_i^o$ —核素 i 对个人的外照射有效剂量转换因子，(Sv/s) / (Bq/m³)。

(2) 吸入放射性物质所受内照射剂量 D^i ：

$$D^i = \sum_i Q_i \cdot (\chi/Q)_x \cdot Ba \cdot (DCF)_i^i \quad (7.1-9)$$

式中：

Ba —a 年龄组个人的呼吸率，m³/s。

$(DCF)_i^i$ —核素 i 对组个人的内照射有效剂量转换因子，Sv/Bq。

(3) 沉积物照射

由于干沉积产生的地面沉积因子如下：

$$D/Q = (x/Q) \cdot V_d \quad (7.1-10)$$

式中：

D/Q ：地面沉积因子，1/m²。

V_d ：放射性物质干沉积速度，m/s；元素碘0.01，粒子碘取0.0015，有机碘取0.0001。

地面沉积外照射产生的剂量：

$$(D_{GE})_{dkn} = \sum_i Q_m \cdot (D/Q)_{dkn} \cdot [1 - \exp(-\lambda_i t)] \lambda_i^{-1} \cdot DF_{GEi} \quad (7.1-11)$$

式中：

$(D_{GE})_{dkn}$ ：为事故发生后第n个释放时段在扇形区d方向上第k个区段内由于地面沉积外照射产生的个人有效剂量，Sv。

$(D/Q)_{dkn}$ ：扇形区d方向上第k个区段在第n个释放时段中某概率水平的地面沉积因子，1/m²。

DF_{GEi} ：沉积在地面的核素i的有效剂量转换因子，(Sv/h) / (Bq/m²)。

λ_i ：核素i的放射性衰变常数，1/h。

t: 地面沉积放射性积累时间, h。

7.1.3 事故后果评价

选址事故遵循《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1号）规定：场址边界上公众个人（成人）在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 10mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 100mSv 以下。

本项目选址事故发生后，本项目所在厂址边界、规划限制区外边界处的最大个人剂量及与《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1号）中规定的有效剂量及甲状腺当量剂量的比较见表 7.1-7。

由表 7.1-7 可见：

1) 在选址事故整个事故持续时间内，厂址边界处任何个人（成人）所受的最大个人有效剂量为 $2.82\text{E-}03\text{Sv}$ ，即 2.82mSv，该剂量能满足《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1号）规定的事故个人有效剂量（10mSv）的要求。

2) 在选址事故整个事故持续时间内，厂址边界处任何个人（成人）所受的最大甲状腺当量剂量为 $9.22\text{E-}03\text{Sv}$ ，即 9.22mSv，该剂量能满足《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1号）规定的事故甲状腺当量剂量（100mSv）的要求。

3) 在选址事故整个事故持续时间，厂址规划限制区边界上（1km）任何个人（成人）所受的最大个人有效剂量为 $2.93\text{E-}04\text{Sv}$ ，即 0.293mSv；所受的最大甲状腺当量剂量为 $9.64\text{E-}04\text{Sv}$ ，即 0.964mSv。

表 7.1-1 选址事故堆芯间隙释放持续时间及释放份额

核素	间隙释放份额 (30s~1830s)
惰性气体	5%
碘	5%
碱金属	5%

表 7.1-2 供热堆堆芯积存量

单位: Bq

核素	总活度	
碘	¹³⁰ I	3.13E+15
	¹³¹ I	2.12E+17
	¹³² I	3.09E+17
	¹³³ I	4.39E+17
	¹³⁴ I	4.94E+17
	¹³⁵ I	4.16E+17
惰性气体	^{85m} Kr	5.80E+16
	⁸⁵ Kr	4.14E+15
	⁸⁷ Kr	1.15E+17
	⁸⁸ Kr	1.54E+17
	^{131m} Xe	2.32E+15
	^{133m} Xe	1.36E+16
	¹³³ Xe	4.40E+17
	^{135m} Xe	9.08E+16
	¹³⁵ Xe	1.77E+17
	¹³⁸ Xe	3.76E+17
碱金属	⁸⁶ Rb	2.99E+14
	¹³⁴ Cs	4.42E+16
	¹³⁶ Cs	1.04E+16
	¹³⁷ Cs	4.48E+16
	¹³⁸ Cs	4.11E+17

表 7.1-3 选址事故源项分析所需输入参数

反应堆冷却剂源项数据	
- 惰性气体及碘活度浓度	设计基准放射性水平
- 碘的形态	
• 元素碘	97%
• 有机碘	3%
- 反应堆冷却剂初始水装量	1.124E+05kg
堆芯源项数据	
- 停堆时堆芯放射性	见表 7.1-2
- 释放到安全壳大气的堆芯放射性份额	见表 7.1-1
- 碘的形态	
• 元素碘	4.85%
• 有机碘	0.15%
• 粒子碘	95%
安全壳泄漏释放数据	
- 安全壳自由容积	8000m ³
- 安全壳泄漏率	每天 0.1% 安全壳自由容积
自然去除系数	
- 气溶胶的去除系数	0.1/h
- 气溶胶的去除持续时间	67h
- 元素碘的去除系数	1.3/h
- 元素碘的去除持续时间	4.37h

表 7.1-4 选址事故放射性释放量

单位: Bq

核素		向环境放射性释放量				
		0h~2h	2h~8h	8h~24h	24h~96h	96h~720h
元素态	¹³⁰ I	2.12E+08	2.51E+07	1.04E+07	6.99E+06	1.11E+05
	¹³¹ I	1.56E+10	2.02E+09	1.57E+09	6.04E+09	1.81E+10
	¹³² I	1.73E+10	1.20E+09	4.44E+07	0.00E+00	0.00E+00
	¹³³ I	3.14E+10	3.80E+09	2.05E+09	2.66E+09	2.59E+08
	¹³⁴ I	1.94E+10	5.25E+08	3.70E+06	0.00E+00	0.00E+00
	¹³⁵ I	2.74E+10	2.85E+09	6.81E+08	1.55E+08	0.00E+00
有机态	¹³⁰ I	1.61E+07	4.46E+07	6.60E+07	4.45E+07	8.14E+05
	¹³¹ I	1.18E+09	3.91E+09	1.00E+10	3.85E+10	1.15E+11
	¹³² I	1.23E+09	1.48E+09	2.89E+08	2.22E+06	0.00E+00
	¹³³ I	2.36E+09	7.00E+09	1.31E+10	1.69E+10	1.70E+09
	¹³⁴ I	1.21E+09	4.00E+08	3.33E+06	0.00E+00	0.00E+00
	¹³⁵ I	2.04E+09	4.68E+09	4.34E+09	9.95E+08	0.00E+00
粒子态	¹³⁰ I	9.31E+09	1.81E+10	1.07E+10	9.62E+08	0.00E+00
	¹³¹ I	6.68E+11	1.56E+12	1.47E+12	3.52E+11	9.25E+10
	¹³² I	7.11E+11	6.39E+11	6.29E+10	3.70E+08	0.00E+00
	¹³³ I	1.34E+12	2.83E+12	2.04E+12	2.78E+11	0.00E+00
	¹³⁴ I	7.14E+11	1.89E+11	7.40E+08	0.00E+00	0.00E+00
	¹³⁵ I	1.17E+12	1.93E+12	7.65E+11	2.96E+10	0.00E+00
^{85m} Kr	1.78E+11	3.45E+11	2.06E+11	1.89E+10	0.00E+00	
⁸⁵ Kr	2.83E+10	5.22E+10	1.39E+11	6.25E+11	5.33E+12	
⁸⁷ Kr	2.44E+11	1.48E+11	5.92E+09	0.00E+00	0.00E+00	
⁸⁸ Kr	4.28E+11	6.17E+11	1.82E+11	3.70E+09	0.00E+00	
^{131m} Xe	1.00E+10	2.87E+10	7.45E+10	3.01E+11	1.21E+12	
^{133m} Xe	5.08E+10	1.59E+11	3.68E+11	9.58E+11	6.01E+11	
¹³³ Xe	1.74E+12	5.36E+12	1.34E+13	4.77E+13	9.40E+13	
^{135m} Xe	3.71E+10	3.00E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
¹³⁵ Xe	5.95E+11	1.52E+12	1.85E+12	7.70E+11	3.70E+09	
¹³⁸ Xe	1.37E+11	7.77E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
⁸⁶ Rb	9.93E+08	2.34E+09	2.24E+09	5.62E+08	2.66E+08	
¹³⁴ Cs	1.47E+11	3.48E+11	3.37E+11	8.73E+10	6.99E+10	
¹³⁶ Cs	3.45E+10	8.13E+10	7.73E+10	1.91E+10	7.44E+09	
¹³⁷ Cs	1.49E+11	3.53E+11	3.43E+11	8.92E+10	7.22E+10	
¹³⁸ Cs	4.10E+11	3.96E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	

表 7.1-5 厂址边界短期大气弥散因子及对应距离
(各方位角 99.5%和全厂址 95%概率水平的最大值)

单位: s/m^3

方位	厂址边界距离 (m)	短期大气弥散因子 (s/m^3)			
		0-8h	8-24h	24-96h	96-720h
S	247	9.24E-05	8.15E-05	6.20E-05	4.19E-05
SSW	277	6.89E-05	6.05E-05	4.56E-05	3.03E-05
SW	264	8.19E-05	7.22E-05	5.49E-05	3.71E-05
WSW	192	1.28E-04	1.13E-04	8.54E-05	5.75E-05
W	167	1.80E-04	1.59E-04	1.21E-04	8.18E-05
WNW	175	1.91E-04	1.70E-04	1.32E-04	9.24E-05
NW	202	1.55E-04	1.40E-04	1.11E-04	8.00E-05
NNW	301	8.91E-05	8.13E-05	6.66E-05	5.00E-05
N	333	7.97E-05	7.32E-05	6.08E-05	4.66E-05
NNE	324	8.01E-05	7.35E-05	6.11E-05	4.68E-05
NE	285	1.26E-04	1.18E-04	1.03E-04	8.41E-05
ENE	267	1.50E-04	1.40E-04	1.22E-04	9.95E-05
E	239	1.67E-04	1.55E-04	1.31E-04	1.04E-04
ESE	252	1.27E-04	1.16E-04	9.42E-05	7.02E-05
SE	303	8.34E-05	7.48E-05	5.92E-05	4.22E-05
SSE	263	9.46E-05	8.40E-05	6.50E-05	4.49E-05
全厂址	/	1.16E-04	1.11E-04	1.02E-04	9.04E-05
最大值	/	1.99E-04	1.81E-04	1.48E-04	1.11E-04

表 7.1-6 厂址规划限制区短期大气弥散因子及对应距离
(各方位角 99.5%和全厂址 95%概率水平的最大值)

单位: s/m^3

方位	规划限制区边界距离 (km)	短期大气弥散因子 (s/m^3)			
		0-8h	8-24h	24-96h	96-720h
S	1	9.46E-06	8.27E-06	6.19E-06	4.08E-06
SSW	1	8.28E-06	7.20E-06	5.32E-06	3.44E-06
SW	1	8.91E-06	7.76E-06	5.75E-06	3.74E-06
WSW	1	8.52E-06	7.43E-06	5.53E-06	3.62E-06
W	1	9.68E-06	8.49E-06	6.39E-06	4.24E-06
WNW	1	1.16E-05	1.03E-05	7.93E-06	5.47E-06
NW	1	1.27E-05	1.13E-05	8.94E-06	6.35E-06
NNW	1	1.48E-05	1.34E-05	1.08E-05	7.91E-06
N	1	1.54E-05	1.40E-05	1.14E-05	8.48E-06
NNE	1	1.48E-05	1.35E-05	1.09E-05	8.02E-06
NE	1	1.90E-05	1.76E-05	1.49E-05	1.16E-05
ENE	1	2.07E-05	1.90E-05	1.59E-05	1.23E-05
E	1	1.79E-05	1.64E-05	1.35E-05	1.03E-05
ESE	1	1.45E-05	1.30E-05	1.03E-05	7.40E-06
SE	1	1.23E-05	1.09E-05	8.45E-06	5.84E-06
SSE	1	1.09E-05	9.55E-06	7.25E-06	4.88E-06
全厂址	/	2.06E-05	1.90E-05	1.59E-05	1.23E-05
最大值	/	2.07E-05	1.90E-05	1.59E-05	1.23E-05

表 7.1-7 厂址选址事故剂量计算结果

项目	剂量结果 (mSv)	选址事故剂量限值 (mSv)	比例 (%)
厂址边界最大个人有效剂量	2.82	10	28.2
厂址边界最大甲状腺当量剂量	9.22	100	9.22

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料场内运输事故

本项目工程采用 SAF[®]-6 型燃料组件，新燃料组件采用专用新燃料运输容器运输。对于新燃料的运输，建设单位须委托有资质的承运人承担，并及早开展新燃料运输容器在中国使用的申请批准手续。

新燃料组件可以通过铁路和公路等不同的形式运至本项目现场，目前有两套运输方案：“铁路+公路”联运方案和全程公路运输方案，对以上两个方案，有关部门将进一步细化，经充分分析和比较利弊后，再最后确定最有利的方案。运输货包的设计和制造应同时满足我国《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)的要求。

根据国内其它项目的燃料运输的经验表明，在严格遵循国家标准的技术规范下运输燃料组件时，组件的抗震和密封性能可确保不对环境产生任何有害的影响。

新燃料运输容器设计时应充分考虑可能的事故工况，即使发生运输事故，容器本身发生变形，燃料组件也不会产生临界反应，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料散落。加上新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。

总体而言，新燃料运输事故不会污染周围环境和危害人员健康，安全可靠。

7.2.2 乏燃料场内运输事故

乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提。乏燃料运输必须遵循《中华人民共和国核材料管制条例》(HAF501, 1987)、《放射性物品运输安全管理条例》(中华人民共和国国务院令 第 562 号, 2010)、《放射性物品安全运输规定》(GB11806-2019)、《放射性物质安全运输 货包的泄漏检验》(GB/T17230-1998)、《乏燃料运输容器技术条件》(EJ/T565-1991)、《核级容器制造质量保证》(EJ/T619-1991)。应证实容器在承受正常运输条件下和运输中事故条件下，仍能符合密封性能与屏蔽性能的要求。除了运输容器本身具有高的安全性外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。

乏燃料的厂内运输事故包括可能的燃料装卸事故和乏燃料罐坠落事故。燃料装卸事故放射性后果的初步计算分析表明其对公众的影响是可以接受的。乏燃料容器坠落事故主要发生在由容器吊车进行的燃料装卸过程中，由于乏燃料组件在

装入乏燃料容器之前要在乏燃料水池中至少贮存 5 年，事故发生后放射性的释放极少，事故后果可以被燃料装卸事故的后果包络，其后果也是可以接受的。

7.2.3 固体废物场内运输事故

核供热堆采用核供热堆区域废物暂存和区域放射性废物集中处理设施结合的模式对放射性固体废物进行贮存和处理。本项目核供热堆区域内无放射性废物转运，待处理的放射性固体废物转运至区域放射性废物集中处理设施。

7.3 其他事故

7.3.1 核供热堆环境风险评价

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）对核供热堆化学物质贮存和使用开展环境风险评价。

1) 核供热堆环境风险评价分级

核供热堆运行期间涉及如下化学物质的贮存和使用：

（1）核岛：使用的化学物质涉及氢氧化锂、联氨、过氧化氢、钼酸盐、磷酸三钠，使用量较小。

（2）二、三回路、原水处理厂以及除盐水处理系统：水质处理过程中涉及酸（如盐酸）、碱（如氢氧化钠）、消毒剂（如次氯酸钠）等的使用。

（3）制氢站、柴油机房：氢气及柴油储罐。

核供热堆环境风险评价分级考虑如下：

（1）本项目危险物质及工艺系统危险性（P）：山东海阳核电厂 AP1000 机组危险物质及工艺系统危险性（P）为轻度危害（P4），本项目核供热堆热功率等各项参数均远小于 AP1000 机组，初步认为本项目危险物质及工艺系统危险性等级判断（P）为轻度危害（P4）。

（2）本项目环境敏感程度（E）分级如下：

大气环境：厂址半径 5km 范围内总人口为 14416 人，人口总数大于 1 万人，小于 5 万人；但厂址半径 500m 范围内无常住居民，因此本项目大气环境敏感程度为环境低度敏感区（E3）。

地下水环境：厂址周边无集中式饮用水水源准保护区及补给径流区、分散式饮用水水源地特殊地下水资源保护区及分区等环境敏感区，包气带岩土分布连续

稳定，岩土层单层厚度不小于 0.5m，渗透系数不大于 1E-04cm/s，因此本项目地下水环境敏感程度为环境低度敏感区（E3）。

因此，本项目环境敏感程度为环境低度敏感区（E3）。

综上所述，本项目环境风险潜势为 I 类，评价工作等级为简单分析。

2) 核供热堆环境风险评价简单分析

厂址半径 1km 范围内无常住居民，距厂址最近的居民点是位于厂址 ENE 方位 1.7km 处的德庆村，现有居民 804 人，厂址半径 3km 范围内有 9 个村庄，半径 5km 范围内有 19 个村庄。厂址半径 5km 范围内无自然保护区、风景旅游区等分布。

核供热堆使用的化学品以盐酸、氢氧化钠、联氨、氢气及柴油等。核供热堆采取化学品泄漏风险防范措施，确保不出现前述化学品泄漏至大气环境或地下水环境，以及氢气及柴油产生燃爆及火灾。

7.4 事故应急

7.4.1 核事故应急对策

为了快速有效地处理核事故中的问题，最大限度减少事故影响，在核事故期间时便于执行上述应急措施，在厂址所在地区要建立包括核能供热站、当地政府所辖的环保、公安、卫生、消防等部门在内的各级应急组织，设立应急监测机构并配置相应的应急响应设施，按照国家“常备不懈，积极兼容，统一指挥，大力协同，保护公众，保护环境”的应急管理工作方针，进行统一的应急准备，在事故情况下实施统一的应急响应。

为了减少事故对公众的辐射影响，参考核安全导则《核动力厂营运单位的应急准备》(HAD002/01-2019)和《地方政府对核动力厂的应急准备》(HAD002/02)的要求，事故应急应包括：隐蔽、简单的呼吸道和体表防护、服用稳定性碘、撤离；避迁、控制食品和水、控制通道、地区去污和人员去污等措施。

7.4.2 应急计划区划分考虑

《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1号）提出：对于小型压水堆核动力厂，参照国际原子能机构在“核电厂设计安全规定（No.SSR-2/1“SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANTS: DESIGN）”中的观点

以及法国和德国等对下一代压水堆的安全要求，在设计上所要达到一个基本目标是：尽管管理当局仍然可以要求设置外部干预措施，然而在技术上对外部干预措施的需求可以是有限的，甚至是可免除的。小型压水堆核动力厂对于所有设计基准事故和超设计基准事故的重要事件序列，场外个人（成人）可能受到的有效剂量和甲状腺当量剂量分别低于隐蔽和碘防护的干预水平，在技术上应为实施场外应急简化甚至取消场外应急创造条件。

《陆上小型压水堆核应急工作指导意见（试行）》（国核应急[2017]29号）要求：“小型堆厂址往往接近城市周边，国家核安全监管部对小型堆提出了更高更严的安全目标，其安全审评原则提出‘在技术上达到对外部干预措施的需求可以是有限的，甚至是可免除的’（国际原子能机构No.SSR-2/1 SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANT: DESIGN）要求。综合考虑技术审评原则，核事故非技术因素，对公众心理潜在影响，我国核应急管理实际等情况，经专家充分论证评估，借鉴国际经验，小型堆仍应坚持纵深防御原则，设置五道屏障，最后一道屏障是核应急准备与响应，目标是控制或减轻事故引起的放射性物质释放造成的后果。”“小型堆应急计划区的划定应遵循《核电厂应急计划与准备准则 第1部分：应急计划区的划分》（GB/T 17680.1-2008）规定的总体原则和一般方法，结合小型堆的技术特点、事故分析、综合因素等情况合理确定范围。”“小型堆应急计划区的范围推荐值不大于3公里，具体范围由营运单位经系统论证和科学测算后提出建议，按规定程序确定。地方人民政府依据确定的应急计划区范围，做好相应的场外应急准备。对于多堆厂址，可考虑建立一个统一的包络应急计划区。”

根据上海核工程研究设计院有限公司编制的《核能供热示范工程应急简化初步研究报告》，本项目应急计划区划分初步考虑如下：以本项目核供热堆为中心、厂址半径 1km 范围划为应急计划区。

本项目应急计划区划分方案将在厂址区域核应急方案中给出，应急计划区最终范围和大小将由当地政府在编制场外应急计划时最终确定。

7.4.3 实施应急计划的可行性

核能供热站因运行失误或事故导致核事故应急状态的可能性极小，但仍不能完全排除。因此在核能供热站选址阶段就应考虑妨碍或影响执行应急计划的厂址

因素。

本项目应急计划区划定为本项目核供热堆为中心、厂址半径 1km 范围。本项目对厂址半径 3km 范围情况进行概述，重点关注厂址半径 1km 范围。

7.4.3.1 人口及特殊人群

厂址半径 1km 范围内无自然村，厂址半径 2km 范围内总人口数为 804 人，厂址半径 2km 范围内总人口数为 6855 人。厂址半径 3km 范围内无万人以上村镇，距离厂址最近的居民点为厂址 ENE 方位 1.7km 的德庆村，共 804 人，距离厂址最近的千人以上村镇为厂址 W 方位 2km 的东四合村，共 1548 人。

厂址半径 3km 范围内无医疗机构、养老院、中学和幼儿园分布，厂址半径 3km 范围内共有 3 所小学和 1 所养老院，均位于厂址半径 1km 范围之外，距离厂址最近的小学为位于厂址 ENE 方位 1.7km 处的四马架镇德庆小学，该校共有在校学生 4 人（无住校生），教职工 3 人。

距离厂址最近的医疗机构为厂址 NE 方位 6km 处的四马架卫生院，该卫生院为一级卫生院，共有床位 18 张，医务人员 20 人，可以根据核能供热站就近应急医疗的要求对该卫生院进行有针对性的加强和人员培训后，作为核能供热站就近医疗后援单位。位于佳木斯市的三级医院经过适当加强和医务人员进一步培训后，可以作为核能供热站应急医疗的后援设施。

7.4.3.2 外部人为事件

厂址半径 3km 范围内没有规模以上工业企业及矿产企业，亦无工业发展规划。佳木斯高新技术产业开发区位于厂址半径 5km 范围之外。

厂址半径 1km 范围内无固定危险源及移动危险源分布，固定危险源均位于厂址半径 5km 范围之外，最近的移动危险源位于厂址 N 方位约 2.8km 处的 G1011 哈同高速公路，有汽柴油和天然气运输车辆通行。根据 2.3.4.4 节评估结论，厂址周边的固定危险源及移动危险源均不会对核供热堆的安全运行构成潜在危险。

厂址半径 10km 范围内没有民航机场，厂址半径 4km 范围内没有民用空中航线或起落通道。

7.4.3.3 交通

厂址半径 3km 范围内有 1 条高速(G1011 哈同高速,位于厂址 N 方位约 2.8km) 及多条村道，不涉及公路规划，厂址半径 5~10km 范围的交通较为便利。厂址半径 3km 范围内不涉及铁路及铁路建设规划。厂址远离松花江，周边区域不涉及

水上航道运输。

厂址进厂道路及应急道路设置情况如下：

进厂道路：设置在厂区北侧，通过新建局部道路连接至已有乡道，沿已有乡道转折向西到达东四合村，然后转折向北，沿已有乡道连接至城市规划路网。

应急道路：设置在厂区东南侧，主要沿已有乡道向西连接至 006 乡道（006 乡道在桦川县交通运输局的“十三五”专项规划中，将会扩建为二级公路），沿途经过德庆村和龙胜村时，通过新建道路绕过村庄。

7.4.3.4 通信、消防、居住条件

佳木斯市固定电话百人拥有 2 部，移动电话百人拥有 19 部。厂址所在地及附近村镇的电信、移动、联通信号基本均已覆盖。

距厂址最近的消防大队位于厂址 NW 方位约 12km 处的东风消防大队。

厂址附近村庄居民住房主要为一层砖房，少有二层或以上楼房。

7.4.3.5 结论

厂址周边人口及特殊人群分布以及外部人为事件不会对本项目实施应急计划产生影响。

厂址周边区域具备较好的交通运输和通信网络与外界相连，厂址进厂道路及应急道路建成后可保证物资供应和人员输送。

综上所述，本项目厂址在实施核事故场外应急计划方面不存在不可克服的困难。

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

流出物监测包括营运单位的监测和地方政府的监督性监测。

本项目营运单位对核供热堆流出物中的放射性核素总量实施监测，用于定期向相关部门报告监测结果，证明释放到环境中的放射性物质总量遵守国家规定的排放限值和营运单位制定的管理目标值。

根据国务院和所在地省级生态环境部门的建设规划要求，本项目营运单位将配合后者开展核供热堆辐射环境现场监督性监测系统的建设，并为省级生态环境部门的监督性流出物监测提供连续监测和定期取样等方面的支持。

本节简要介绍营运单位开展的流出物监测与排放控制方案初步设想，详细设计将在后续阶段的环境影响报告书中给出。

8.1.1.1 监测目的

流出物是对周围环境造成影响的重要因素之一，流出物的监测和排放控制是减少对环境造成影响的重要措施。本项目流出物监测的目的是：

- 测量流出物中放射性物质的种类和数量，为判断核供热堆流出物排放是否遵守管理限值或运行限值提供依据。
- 为评价环境质量、估算公众受照射剂量提供源项数据。
- 为判断三废处理系统和排放系统工作是否正常提供依据。
- 迅速发现和鉴别非计划排放的性质和规模。
- 给出是否启动报警系统的信息。

8.1.1.2 监测内容

本项目气载流出物通过核供热堆的烟囱集中排放。本项目液态流出物通过载带蒸发方式由核供热堆的烟囱集中排放。

气载流出物监测的内容包括：惰性气体、碘、气溶胶、 ^3H 和 ^{14}C 。在正常运行和事故工况下，烟囱辐射监测仪在覆盖正常和事故量程范围内连续测量烟囱向外排放的气溶胶、碘和惰性气体的放射性活度浓度，当放射性活度浓度达到预置阈值时自动触发报警。该监测仪同时具备对气溶胶、碘和惰性气体取样的功能。

对于 ^3H 和 ^{14}C ，通过连续取样、样品定期送往流出物实验室进行测量分析的方法进行监测。

气载流出物监测中，通常只对排放的一些放射性核素混合物和特定核素进行常规监测。此外，还定期地对流出物中所有放射性核素及其组成进行详细分析。

8.1.2 辐射环境监测

参考《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定，在进行常规环境辐射监测时，应与运行前的放射性环境本底（或现状）调查工作相衔接，充分利用运行前环境调查所获得的资料。项目采样点要与运行前环境调查保持适当比例的同位点。环境监测关注的重点是对关键人群组影响较大的主要放射性核素和环境介质。

本节将根据本项目所在厂址的环境特征并参考国内现役核动力厂放射性环境监测的经验提出本项目运行期间放射性环境监测初步方案。

8.1.2.1 监测目的

运行期间的环境监测的主要目的是：

- 跟踪核供热堆气载流出物所引起厂址周围环境介质变化情况，为评价环境辐射安全和估算公众所受剂量提供依据。
- 测定环境介质中放射性核素浓度或照射量率的变化。
- 发现核能供热站周围地区放射性污染变化的异常现象，及时查找原因，鉴别污染来源，追踪污染趋势，提出环保措施建议及修正监测计划。
- 为应急计划实施提供依据。

8.1.2.2 监测范围、布点原则及监测项目

本项目运行期间环境监测范围、布点及监测项目与运行前的放射性本底监测范围和布点基本类同，并在运行前本底调查的基础上优化取样点、取样品种、取样频率。在开展运行期间环境辐射监测时，应与运行前的放射性环境本底调查工作相衔接，充分利用运行前环境调查所获得的资料。项目采样点要与运行前环境调查保持适当比例的同位点。

1) 监测范围

- 环境 γ 辐射水平的调查范围为厂址半径 20km，其余项目的调查范围为厂址

半径 10km。

2) 环境监测布点原则

- 关键居民组的居住区域。
- 最大风频下风向厂区边界附近区域。
- 尽可能与放射性环境本底调查的布点一致。
- 气载流出物经大气弥散后的最大浓度落地点。
- 陆生生物的生长周期、采样品种的代表性。

3) 环境监测项目

- 环境介质监测。
- 环境 γ 辐射监测。

8.1.2.3 监测内容

放射性环境监测包括环境介质辐射水平测量、核素分析和放射性活度测量，其监测的环境介质有大气、水、陆生生物、土壤和沉积物等，特别关注对关键居民组影响较大的环境介质和放射性核素。

本项目正常运行分析结果表明，气载流出物排放对人体造成辐射照射的途径主要是食入生物，对剂量贡献较大的核素主要有 ^{14}C 、 ^{131}I 等。运行期间的环境监测方案将充分考虑这些对公众造成辐射的主要核素及迁移转移介质的分析测量。

运行期间环境辐射监测大纲将在辐射影响分析结果和核能供热站运行前放射性环境本底调查基础上对环境介质的采样品种、频率、地点和测量方法优化后确定。核能供热站环境监测项目的采样或测量的频度取决于如下因素：

- 核能供热站计划排放周期和非计划排放。
- 气载流出物中放射性核素的物理化学特性、环境介质的稳定性、核素在环境中的迁移规律。
- 生物的收获期并考虑人为转移因素。
- 气象状况的变化。
- 核能供热站周围环境条件的变化情况。

具体监测项目包括：

1) 大气环境 γ 剂量率

- γ 辐射固定点连续监测。
- γ 辐射固定点瞬时监测。
- γ 辐射累积剂量。

2) 空气

- 气溶胶： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析。
- 沉降物： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析。
- 降水： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H 浓度测量。
- 气体：碘 (^{131}I) 分析， ^3H 、 ^{14}C 浓度测量。

3) 水样

- 饮用水：总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H 、 ^{14}C 浓度测量。
- 地下水： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H 、 ^{14}C 浓度测量。
- 地表水： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H 、 ^{14}C 浓度测量。
- 地表水沉积物： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H 、 ^{14}C 浓度测量。

4) 作物

- 粮食、蔬菜、水果： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H (有机氚、组织自由水氚)、 ^{14}C 浓度测量。

5) 生物样品

- 陆生生物及农畜产品： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H (有机氚、组织自由水氚)、 ^{14}C 浓度测量。
- 牛(羊)奶：碘 (^{131}I) 分析。

6) 土壤和沉积物

- ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 和 γ 能谱分析。

8.1.2.4 测量方法

环境辐射监测主要是物理测量、放射化学分析测量和就地定点的环境 γ 辐射监测、移动或巡测的辐射监测或取样测量。

1) 物理测量

使用 α/β 低本底测量装置、低本底 γ 谱仪、低本底液体闪烁装置等设备来测量总 β 、 γ 放射性核素和 ^3H 的放射性浓度。

2) 化学测量

使用放射化学分析方法测量⁹⁰Sr等放射性核素。

3) 环境 γ 辐射测量

- 设置环境 γ 辐射监测站，用 γ 辐射剂量率仪连续监测 γ 辐射剂量率。
- 用TLD元件和热释光剂量测量装置进行定点的 γ 累积剂量监测。
- 用便携式 γ 剂量率仪定点监测瞬时 γ 辐射剂量率。
- 配有监测和取样设备的监测车进行流动监测与巡测。

8.1.3 应急监测

核能供热站事故工况下的环境应急监测是环境监测的组成部分，它具有快速反应和机动灵活的能力，应急监测方案中考虑了如下要求：

- 厂址半径5~10km范围内的环境 γ 辐射监测系统中的固定式 γ 辐射监测站应具备应急条件下进行连续监测的能力，并且具有足够大的量程，以适应应急监测的要求。
- 环境实验室配备应急条件下使用的测量仪表、取样和分析器材、环境监测车和取样车等，以监测事故工况下环境介质的放射性水平。
- 快速测量事故工况下放射性释放对环境造成的污染范围和污染程度。

为使应急监测数据及时传送至本项目厂址应急指挥中心和场外应急指挥中心，将配备无线传输所需的通讯设施。

配备必要的应急监测车，作为可移动的应急监测设施。

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

核供热堆在正常运行工况中产生的热能全部转换为供暖供气能源，不向大气或水体排放余热，不需要采用冷却循环方式排放余热。核供热堆设备冷却水冷却装置仅用于设冷冷水冷却。

本项目不开展热影响监测。

8.2.2 化学污染物监测

本项目运行期产生的非放射性生产废水经处理满足《城镇污水处理厂污染物

排放标准》(GB18918-2002, 2006年修订)中一级标准的A标准,达标后废水与生物质能废水合并外排,上述非放射性生产废水拟纳管接入最近的城镇污水管网,最终去向为城镇污水处理厂。本项目运行期产生的生活污水经处理满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)中的绿化、车辆冲洗用水标准,出水回用或者外排,上述生活污水拟纳管接入最近的城镇污水管网,最终去向为城镇污水处理厂。

对本项目经处理后的生产废水及生活污水开展常规监测。

8.2.2.1 生产废水监测

在生产废水处理设施进水口和排出口分别设置为生产废水监测点。监测项目包括:

1) 硼、油类、铁、亚硝酸盐、锂、镍、钠、阴离子洗涤剂,监测频度为1次/月;

2) 溶解氧、余氯、电导率、pH值、正磷酸盐、联氨、氨氮,监测频度为1次/周。

此外,生产废水排出口监测项目增加悬浮物、COD、BOD₅、排水量。监测频度为:1次/月。

8.2.2.2 生活污水监测

在的生活污水处理设施进水口和排出口分别设置为生活污水监测点。监测项目包括悬浮物、COD、BOD₅、动植物油、排水量。监测频度为:除动植物油的监测频度为1次/季度外,其余监测项目为1次/月。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

本项目流出物实验室配备实验家具、制样设备、放射性测量仪器,用于对气载流出物样品进行预处理、样品制备、 γ 核素分析、 α/β 放射性测量等,以确定排放的气载流出物放射性水平,并为编写核供热堆放射性物质排放的年度评价报告提供数据。

流出物实验室设计将考虑全厂址4台供热堆机组流出物样品的制样和检测。

8.3.2 环境监测系统

8.3.2.1 厂址环境监测系统

本项目将设置厂址环境辐射监测系统。

1) 厂区内大气 γ 辐射监测站

本项目厂区内初步计划设置 2 个大气 γ 辐射监测站，站位分布如下：

- 厂址废物处理厂房附近。
- 厂址办公区附近。

厂区内大气 γ 辐射监测站的监测内容将包括对环境的 γ 进行连续监测，在其中的一个监测点上，还将设置对大气中的气溶胶、碘、 ^3H 和 ^{14}C 进行连续取样的取样装置。

厂区内大气 γ 辐射监测站的测量数据将通过有线的方式实时地传输到环境辐射监测专用计算机中。环境辐射监测专用计算机可以对这些监测站上的数据进行采集、处理、显示和储存，并将这些数据传输到环境监测网中进行储存、显示和共享。

2) 厂区外大气 γ 辐射监测站

本项目将在辐射影响分析结果和运行前放射性本底调查基础上，设置厂区外大气 γ 辐射监测站，项目采样点尽量与运行前辐射环境调查保持适当比例的同位点。

厂区外大气 γ 辐射监测站的监测内容将包括对环境的 γ 进行连续监测，在其中的某些监测点上，还将设置对大气中的气溶胶、碘、 ^3H 和 ^{14}C 进行连续取样的取样装置。

厂区外大气 γ 辐射监测站的测量数据将通过有线或无线的方式实时地传输到环境辐射监测专用计算机中。环境辐射监测专用计算机可以对这些监测站上的数据进行采集、处理、显示和储存，并将这些数据传输到环境监测网中进行储存、显示和共享。

3) 环境实验室

环境实验室主要用于环境样品的放射性测量、核素分析以及累积照射量的测量，承担核能供热站环境介质放射性监测的大部分工作，与厂址 γ 辐射监测系统一起完成放射性环境监测的全部工作。

环境实验室还配备有环境监测车和采样车，用于核能供热站正常运行期间作

为移动式的环境辐射监测站，定期对厂址半径 20km 范围内环境 γ 辐射进行巡检和采样等环境监测。

4) 厂址环境辐射系统中央站

厂址环境辐射系统中央站位于环境实验室内或其他合适的地点，具体位置待定。它是厂址环境辐射监测系统的数据储存和管理中心，由服务器、工作站和相应的网络设备组成。环境辐射监测专用计算机中的数据通过有线的方式传输到环境监测网的服务器中进行储存，并由环境监测网的工作站对这些数据进行处理。

储存在环境监测网数据库中的环境监测数据将实时地传输到应急指挥中心、各反应堆的主控室和行政办公楼等部门，实现环境监测数据在全厂范围内的共享。

8.3.2.2 地方政府监督性环境监测系统

本项目将同时建设监督性环境监测系统，其选址原则如下。

监督性环境监测系统的监测子站由辐射监测设备、气象参数测量设备、采样设备、控制设备、数据处理设备、供电、防雷及站房等基础设施组成。布点原则如下：

1) 按厂址 16 个方位布设，主导风向及次风向、居民密集区适当增加；各点位尽可能布设在关键人群组及人群集中地区，距反应堆最近及主导风向下风向的厂区边界，估算的最大落地浓度点，进场道路和应急道路。

2) 除用于对照的监测子站外，其余子站建设于厂址半径 10km 范围内，且部分子站与厂址环境监测系统的部分点位共址（相距 500m 内），一般为 2~3 个。

监督性环境监测系统的前沿站设置 1 个，地点位于厂址厂区外、半径 20km 范围内。包括数据监控及显示设备、数据传输设备和软件系统及辅助设施设备、样品采制和监测分析设备及辅助设施设备。

本项目将配合地方生态环境部门的监督性监测工作，与地方生态环境部门保持联系，接受地方生态环境部门的监督与指导；同时为地方生态环境部门现场监测提供方便，包括人员出入支持、工作人员配合、水电及监测场地支持等。在适当时机将开展实验室监测结果比对，增强交流。

8.4 质量保证

核能供热站正常运行情况下需要开展流出物和环境监测，以保障公众的安全，

增加公众对核能供热站的信心，确保核能供热站的运行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/system行动，对监测过程进行全面控制（如监测过程的组织管理，参与人员的素质要求与岗位培训，仪器设备的管理与维护，样品采集布点与频度的设计，分析过程的质量控制，监测数据的记录、复核与审核等），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。

流出物和环境监测的质量保证计划依据下列法规：

- 《环境核辐射监测规定》（GB 12379-1990）
- 《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 11216-1989）
- 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB 8999-1988）
- 《核设施水质监测采样规定》（HJ/T 21-1998）
- 《气载放射性物质取样一般规定》（HJ/T 22-1998）
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）
- 《水质采样 样品的保存和管理技术规定》（HJ 493-2009）
- 《水质 采样技术指导》（HJ 494-2009）
- 《水质 采样方案设计技术规定》（HJ 495-2009）

8.4.1 质量控制

1) 样品采集、运输和贮存的质量控制

样品采集、运输和贮存的质量控制的目的是保证采集具有代表性并保持放射性核素在分析前的原始浓度。为此应该准确地测量样品的质量、体积和流量，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。

2) 分析测量中的质量控制

样品的预处理和分析测量方法应采用标准方法或经过鉴定和验证过的方法。操作人员应严格按操作程序操作，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比对，

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送往国家计量站进行检定、校准和检验。

3) 数据处理

每个样品从采集、预处理到分析测量、结果计算全过程中的每一步都应有清楚、详细和准确的记录。数据处理应采用标准方法，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

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、权力应有明确规定。

2) 人员的资格和培训

辐射监测结果的准确性与操作人员的技术水平和经验有关，因此各类操作人员应有严格的资格要求，上岗前必须进行专业培训，取得有关技术操作资格后方可上岗。为保持和适应新技术发展的要求，对各类技术人员应进行反复的技术培训、考核和技能审评。

第九章 厂址筛选

9.1 选址过程

2018年9月，国家电投黑龙江分公司委托山东电力工程咨询院有限公司（以下简称“山东院”）开展国家电投佳木斯核能供热示范项目的选址工作。同月，山东院按照厂址选择要求在图纸上进行厂址预选，选择区域主要集中在四马架镇和丰乐镇附近。根据厂址选择的原则，综合考虑地震地质条件，初步选定了九个可能厂址位置。

2018年10~11月，山东院经过多次现场踏勘和收集资料分析，并与国家电投黑龙江分公司、当地政府相关部门及上海核工程研究设计院有限公司（以下简称“上海核工院”）对预选厂址进行多次踏勘分析，初步确定了5个厂址：长虹厂址、国兴厂址、红星厂址、团结厂址及巨宝厂址，完成了《佳木斯市核能供热堆示范项目厂址普选报告》。

2018年11月28~30日，上海核工院在黑龙江省佳木斯市组织召开了国家电投佳木斯核能供热堆示范项目厂址普选报告评审会，推荐红星、巨宝和长虹厂址为候选厂址。

2018年12月~2019年4月，根据普选报告及其审查意见，上海核工院对3个候选厂址位置进行了适当优化，并委托相关专题单位开展了地质地震、岩土工程、环境调查、工程水文、气象调查和大件运输等专题研究工作；业主委托相关专题单位开展了供热管网联网、厂用电调查和热负荷调查等专题研究工作。

2019年4月~5月，上海核工院和山东院根据相关专题的研究成果，编制完成《国家电投佳木斯核能供热示范项目初步可行性研究报告》。

2019年6月2日至5日由中国国际工程咨询有限公司主持审查并通过了《国家电投佳木斯核能供热示范项目初步可行性研究报告》，原则同意初可研报告的推荐意见，红星厂址作为优先候选厂址，巨宝厂址和长虹厂址为备选厂址。

2019年上海核工院对国家电投佳木斯核能供热示范项目开展选址阶段的环评工作，目前已完成的与环境影响评价相关的专项研究包括：

1) 苏州热工研究院有限公司编制的《国家电投佳木斯核能供热堆示范项目初可研阶段厂址环境资料调查报告》（2019.04）。

2) 北京中气京诚环境科技有限公司编制的《国家电投佳木斯核能供热堆示范项目初步可行性研究阶段气象资料调查专题报告》(2019.04)。

3) 长江水利委员会水文局编制的《国家电投佳木斯核能供热示范项目工程水文专题报告》(2019.04)。

4) 山东电力工程咨询院有限公司编制的《国家电投佳木斯核能供热示范项目初步可行性研究阶段岩土工程勘察报告书》(2019.04)。

5) 中国地震局地质研究所编制的《国家电投佳木斯核能供热示范项目初步可行性研究阶段地震地质专题》(2019.04)。

9.2 候选厂址评价与比较

基于《国家电投佳木斯核能供热示范项目初步可行性研究报告》给出的推荐厂址和备选厂址，本节对红星厂址和巨宝厂址进行评价与比较。

9.2.1 人口分布

红星厂址半径 30km 范围内 2017 年底共有居民 856405 人，陆域平均人口密度为 303 人/km²，高于黑龙江省 2017 年底平均人口密度 80 人/km²，高于佳木斯市 2017 年底平均人口密度 73 人/km²。红星厂址半径 1km 范围内无居民点分布，厂址半径 2km 范围内无万人以上乡镇，厂址半径 10km 范围内无十万人以上城镇，厂址半径 30km 范围内共有 1 个十万人以上城镇，无百万人以上大城市。

巨宝厂址半径 30km 范围内 2017 年底共有居民 953263 人，陆域平均人口密度为 337 人/km²，高于黑龙江省 2017 年底平均人口密度 80 人/km²，高于佳木斯市 2017 年底平均人口密度 73 人/km²。巨宝厂址半径 1km 范围有 1 个居民点，厂址半径 2km 范围内无万人以上乡镇，厂址半径 10km 范围内无十万人以上城镇。厂址半径 30km 范围内共有 1 个十万人以上城镇。

红星厂址半径 5km 范围内没有中学和幼儿园，共有 4 所小学，在校学生 129 人（无住校生），教职工 25 人。厂址半径 5km 范围内无医疗机构分布，有 1 所养老院，现有老人 30 人，工作人员 4 人。厂址半径 5km 范围内无监狱分布。厂址半径 5km 范围内涉及四马架镇和长发镇，四马架镇外出务工人员较多，基本无流入人口，全镇外出务工人员 1000 多人，长发镇流动人口较少，2017 年流出

人口 49 人，流入人口 50 人。

巨宝厂址半径 5km 范围内没有中学和幼儿园，有 2 所小学，共有学生 46 人，老师 11 人。厂址半径 5km 范围内无医疗机构、养老院和监狱分布。厂址半径 5km 范围内涉及四马架镇、松江乡和建国镇的部分区域，四马架镇外出务工人员较多，基本无流入人口，全镇外出务工人员 1000 多人。

从红星厂址和巨宝厂址的人口分布和人口密度分析，两候选厂址基本相当，但考虑到巨宝厂址 1km 范围内有 1 个居民点，且红星厂址 2km 范围内人口较少，因此人口条件方面红星厂址优于巨宝厂址。

9.2.2 工业

红星厂址半径 5km 范围内没有规模以上工业企业分布。四丰乡有一家规模以上企业——洪伟水泥制品厂，位于厂址 WNW 方位约 9.5km，产值 1000 万元，有职工 40 人。距离厂址 WNW 方位 5.8km 处为佳木斯市高新技术产业开发区。

巨宝厂址 5km 范围涉及佳木斯高新技术产业开发区的部分区域，佳木斯市高新技术产业开发区距离厂址 WSW 方位 2.9km 处为，该区域有各类企业 15 家。厂址 5km 范围内的企业基本为机械装备制造企业。

从工业企业分布情况来看，红星厂址优于巨宝厂址。

9.2.3 交通

红星厂址半径 5km 范围内有 1 条高速、1 条省道、1 条乡道及多条村道：G1011 哈同高速位于厂址 N 方位约 2.8km；S513 省道位于厂址 SW 方位约 4km；建国镇-横头山镇公路（乡道 Y006）位于厂址 E 方位 5km。厂址半径 5km 范围内有 2 条铁路：铁路佳富线位于厂址 NNE 方位约 3.1km；铁路牡佳线位于厂址 SW 方位约 3.7km。松花江航道位于厂址 NNW 方位约 13km。佳木斯东郊机场位于厂址 NNW 方位约 12.7km。

巨宝厂址半径 5km 范围有 1 条高速、1 条国道和 1 条乡道及多条村道：G1011 哈同高速位于厂址 S 方位约 5km；G221 国道位于厂址 NNW 方位约 5km；松江乡—长发镇公路（乡道）位于厂址 WSW 方位约 4.2km。铁路佳富线位于厂址 S 方位约 3.3km。松花江航道位于厂址 NNW 方位约 5.5km。佳木斯东郊机场位于

厂址 NW 方位约 4.9km。

从交通运输条件来看，红星厂址和巨宝厂址相当。

9.2.4 功能区划及“三线一单”

红星厂址位于佳木斯市东南侧，与《佳木斯市城市总体规划(2011-2020 年)》发展规划相容，能够满足核供热堆的选址要求。厂址不在《黑龙江省主体功能区规划》所列国家级禁止开发区以及国家级限制开发区域（重点生态功能区）范围内。厂址不在陆域生态红线范围内，不在负面清单范围内。

巨宝厂址位于佳木斯市东侧，与《佳木斯市城市总体规划（2011-2020 年）》发展规划相容，能够满足核供热堆的选址要求。厂址不在《黑龙江省主体功能区规划》所列国家级禁止开发区以及国家级限制开发区域（重点生态功能区）范围内。厂址不在陆域生态红线范围内，不在负面清单范围内。

从功能区划及“三线一单”情况来看，红星厂址和巨宝厂址相当。

9.2.5 文物保护单位、风景游览区和自然保护区

红星厂址半径 5km 范围内无省级以上文物保护单位，厂址区域不存在不可移动文物遗址，厂址边界 100m 范围内无不可移动文物遗址分布。厂址半径 5km 范围内无旅游景点且无旅游规划。黑龙江佳木斯沿江湿地自然保护区位于厂址 N 方位约 15km。

巨宝厂址半径 5km 范围内无省级以上文物保护单位，厂址区域不存在不可移动文物遗址，但厂址边界与不可移动文物距离小于 100m。厂址半径 5km 范围内无旅游景点且无旅游规划。黑龙江佳木斯沿江湿地自然保护区位于厂址 N 方位约 3km。

从周边文物保护单位和自然保护区分布情况来看，红星厂址优于巨宝厂址。

9.2.6 潜在的外部人为事件

红星厂址和巨宝厂址半径 10km 范围内贮存或使用危险品的企业以及厂址附近的危险品运输不会构成威胁核供热堆安全的外部人为事件危险源。

红星厂址处于佳木斯东郊机场跑道等待航线区域下方，巨宝厂址处于佳木斯

东郊机场跑道起落航线和等待航线区域下方，同时处于航路下方。

从潜在外部人为事件判断，红星厂址优于巨宝厂址。

9.2.7 大气弥散条件

红星厂址和巨宝厂址的大气弥散条件均基于佳木斯气象站的观测资料分析。佳木斯气象站累年平均风速为 3.1m/s，统计资料记录范围内极大风速为 35.5m/s，2006~2018 年静风频率为 4%，年主导风向为 SW~W，频率为 40%；各月最多风向均为 SW 或 WSW。

从大气弥散条件方面判断，两候选厂址相当。

9.2.8 水弥散条件

本项目正常运行期间产生的经处理后的液态流出物、非放射性生产废水及生活污水不向厂址附近的地表水体排放。因此本项目不涉及水弥散条件的比选。

9.2.9 实施应急计划的可行性

本项目选址事故所致厂址边界剂量小于 10mSv（撤离通用优化干预水平），可将厂址边界设为应急计划区边界。因此两候选厂址均可满足实施应急计划的条件。

9.2.10 总平面布置条件

红星厂址和巨宝厂址均可满足 4 台核供热堆的建设用地。

红星厂址室外地坪设计标高 149.70 m，挖方（实方）约 68.39 万 m³，填方约 81.79 万 m³，考虑一期工程负挖 15 万 m³，松散后余方约 9.81 万 m³，略有余方。

巨宝厂址室外地坪设计标高 113.60m，挖方（实方）约 37.94 万 m³，填方约 61.77 万 m³，考虑一期工程负挖 15 万 m³，松散后欠方约 3.14 万 m³，基本平衡。

从土石方工程量方面考虑，巨宝厂址略优于红星厂址。

9.2.11 工程水文

红星厂址初步确定厂坪标高为 149.70m，高于设计基准洪水位 147.62m，厂址可以避免洪水危害。

巨宝厂址初步确定厂坪标高为 113.60m，高于设计基准洪水位 83.41m，厂址可以避免洪水危害。

工程水文条件方面两候选厂址相当。

9.2.12 地质地震

红星厂址核岛基础底面标高处地基岩体为碎块状强风化花岗片麻岩，层厚约 2~6m，其地基承载力特征值为 600kPa， $E_s=100.0\text{MPa}$ ，横波波速值为 432.28~1294.83m/s，平均值为 820.40m/s。属破碎，基本质量等级为 V 级，满足核岛布置及对地基承载力的要求。

巨宝厂址核岛基础底面标高处地基岩体为中等风化花岗岩，其地基承载力特征值为 1200kPa，饱和单轴抗压强度平均值为 13.63MPa，横波波速值为 778.93~2026m/s，平均值为 1281.85m/s。属破碎—较完整，基本质量等级为 IV~V 级，满足核岛布置及对地基承载力的要求。

红星厂址 50 年超越概率 10% 的对应 II 类场地地震动峰值加速度值为 83gal，厂址地震基本烈度为 VI 度；厂址 SL-2 级设计基准地面运动基岩水平向峰值加速度高值为 0.20g。

巨宝厂址 50 年超越概率 10% 的对应 II 类场地地震动峰值加速度值为 95gal，厂址地震基本烈度为 VII 度；厂址 SL-2 级设计基准地面运动基岩水平向峰值加速度高值为 0.25g。

从岩土条件判断，巨宝厂址略优于红星厂址。从地震活动性判断，红星厂址优于巨宝厂址。

9.2.13 选址事故的辐射影响

两候选厂址选址事故所考虑的事故假设以及源项相同，在选址事故辐射影响方面，均可以满足国家标准《小型压水堆核动力厂安全审评原则（试行）》（国核安发[2016]1 号）的要求，两候选厂址均是可行的。

9.3 推荐厂址评价

经过综合分析和比较，红星厂址在人口分布、自然村和城镇分布、工业设施、自然保护区和文物保护单位、外部人为事件影响、地震活动性等方面较优，在大气弥散、交通、功能区划、场外应急条件、用地条件、工程水文等方面两个候选厂址相当。在总平面布置条件、岩土条件方面巨宝厂址略优于红星厂址。

综上所述分析，在厂址特征方面，红星厂址相对较优，因此建议红星厂址作为本工程的优先候选厂址，巨宝厂址作为备选厂址。

表 9.3-1 候选厂址比较

序号	对比特征	红星厂址	巨宝厂址	比较意见
1	地理位置	红星厂址位于佳木斯市桦川县的四马架镇，东北距四马架镇约 6.7km，西北距长发镇约 4.4km，距佳木斯市区中心约 18km。厂址的经纬度坐标为东经 130°32'7.30"，北纬 46°44'22.20"。	巨宝厂址位于佳木斯市桦川县的四马架镇，东南距四马架镇约 9.1km，西南距长发镇约 9.3km，距佳木斯市区中心约 15.5km。厂址的经纬度坐标为东经 130°30'52.28"，北纬 46°48'57.94"。	两个候选厂址相当
2	人口分布： 厂址半径 2km 范围内总人数（人） 厂址半径 2km 范围内人口密度（人/km ² ） 厂址边界范围内人口数	804 64 0	1670 133 0	红星厂址优于巨宝厂址（厂址半径 2km 范围内人口较少）
3	自然村和城镇分布： 半径 5km 范围内 半径 5~10km 范围内 半径 50km 范围内	厂址半径 1km 范围内无自然村； 厂址半径 5km 范围内涉及的自然村 19 个； 厂址半径 5~10km 范围内有 19 个千人以上村镇，无万人以上城镇； 厂址半径 50km 范围内共有 9 个万人以上城镇，其中包括 2 个十万人以上城市，无百万人以上大城市。	厂址半径 1km 范围有 1 个自然村； 厂址半径 5km 范围内涉及的自然村 15 个； 厂址半径 5~10km 范围内有 20 个千人以上村镇，无十万人以上城镇； 厂址半径 50km 范围内共有 10 个万人以上城镇，其中包括 3 个十万人以上城市，无百万人以上大城市。	红星厂址优于巨宝厂址
4	工业设施	厂址半径 5km 范围内没有规模以上工业企业分布。距离厂址 WNW 方位 5.8km 处为佳木斯市高新技术产业开发区。	厂址 5km 范围涉及佳木斯高新技术产业开发区的部分区域，佳木斯市高新技术产业开发区距离厂址 WSW 方位 2.9km 处，该区域有各类企业 15 家。厂址 5km 范围内的企业基本为机械装备制造企业，不会对核供热堆的安全运行构成明显的不利影响。	红星厂址优于巨宝厂址
5	交通	厂址半径 5km 范围内有 1 条高速、1 条省道、1 条乡道及多条村道： G1011 哈同高速：位于厂址 N 方位约 2.8km； 省道 S513：位于厂址 SW 方位约 4km； 建国镇-横头山镇公路（乡道 Y006）：位于厂址 E 方位 5km。 厂址半径 5km 范围内有 2 条铁路： 铁路佳富线：位于厂址 NNE 方位约 3.1km； 铁路牡佳线：位于厂址 SW 方位约 3.7km。 松花江航道位于厂址 NNW 方位约 13km。 佳木斯东郊机场位于厂址 NNW 方位约 12.7km。	厂址半径 5km 范围涉及一条高速、一条国道和一条乡道及多条村道。 G1011 哈同高速：位于厂址 S 方位约 5km； 国道 G221：位于厂址 NNW 方位约 5km； 松江乡—长发镇公路（乡道）：位于厂址 WSW 方位约 4.2km。通过乡村道路可达厂址附近。 铁路佳富线位于厂址 S 方位约 3.3km。 松花江航道位于厂址 NNW 方位约 5.5km。 佳木斯东郊机场位于厂址 NW 方位约 4.9km。	两个候选厂址相当
6	自然保护区 风景游览区 文物保护单位	黑龙江佳木斯沿江湿地自然保护区位于厂址 N 方位约 15km。 佳木斯城区居民饮用水分别来自佳木斯市江北水厂和西郊水厂，江北水厂水源地保护区位于厂址 NW 方位约 17km，西郊水厂水源地保护区位于厂址 WNW 方位约 20km。 厂址半径 5km 范围内无旅游景点，厂址半径 5km 范围内无旅游规划。 厂址半径 5km 范围内无省级以上文物保护单位。 厂址区域不存在不可移动文物遗址，厂址边界 100m 范围内无不可移动文物遗址分布。	黑龙江佳木斯沿江湿地自然保护区位于厂址 N 方位约 3km。 佳木斯城区居民饮用水分别来自佳木斯市江北水厂和西郊水厂，江北水厂水源地保护区位于厂址 WNW 方位约 6.5km 处，西郊水厂水源地保护区位于厂址 W 方位约 16km 处。 厂址半径 5km 范围内无旅游景点，厂址半径 5km 范围内有旅游规划。 厂址半径 5km 范围内无省级以上文物保护单位。 厂址区域不存在不可移动文物遗址，不可移动文物遗址距离厂址边界距离小于 100m。	红星厂址优于巨宝（巨宝厂址距离自然保护区及不可移动文物遗址较近）
7	功能区划 “三线一单”	红星厂址位于佳木斯市东南侧，与《佳木斯市城市总体规划（2011-2020 年）》发展规划相容，能够满足核供热堆的选址要求。 红星厂址不在《黑龙江省主体功能区规划》所列国家级禁止开发区以及国家级限制开发区域（重点生态功能区）范围内。 红星厂址不在陆域生态红线范围内，不在负面清单范围内。	巨宝厂址位于佳木斯市东侧，与《佳木斯市城市总体规划（2011-2020 年）》发展规划相容，能够满足核供热堆的选址要求。 巨宝厂址不在《黑龙江省主体功能区规划》所列国家级禁止开发区以及国家级限制开发区域（重点生态功能区）范围内。 巨宝厂址不在陆域生态红线范围内，不在负面清单范围内。	两个候选厂址相当
8	潜在的外部人为事件	a) 红星厂址和巨宝厂址半径 10km 范围内贮存或使用危险品的企业，不会构成厂址的人为外部事件的危险源。 b) 红星厂址和巨宝厂址附近的危险品运输不会构成威胁供热厂安全的外部人为事件危险源。 c) 红星厂址处于佳木斯东郊机场跑道等待航线区域下方；巨宝厂址处于佳木斯东郊机场跑道起落航线和等待航线区域下方，同时处于航路下方。经初步判断，G212 航线（包括佳木斯东郊机场等待航线）上飞行的民航飞机不构成核供热堆的设计基准人为外部事件。由于本阶段工作缺乏有关 G212 航线、佳木斯东郊机场等待航线和起落航道的详细资料及国家民航总局正式认定的空难事故概率，因此，在下阶段工作中将委托有资质的单位进行专题研究。		红星厂址优于巨宝厂址

表 9.3-1 续 候选厂址比较

序号	对比特征	红星厂址	巨宝厂址	比较意见	
9	大气扩散条件： 平均风速 (m/s) 平均年静风频率 最大风频	佳木斯气象站多年平均风速 3.1m/s，资料记录范围内极大风速为 35.5m/s。 佳木斯站 2006~2018 年静风频率为 4%。 佳木斯站年主导风向为 SW~W，频率为 40%；各月最多风向均为 SW 或 WSW。		两个候选厂址相当	
10	水弥散条件	本项目不涉及水弥散条件的比选。		/	
11	实施场外应急计划条件	选址事故所致厂址边界剂量小于 10mSv（撤离通用优化干预水平），可将厂址边界设为应急计划区边界。		两个候选厂址相当	
12	总平面布置条件	用地条件	可满足 4 台核能供热机组的建设用地，初步规划用地 22.4 万 m ² 。	可满足 4 台核能供热机组的建设用地，初步规划用地 25.0 万 m ² 。	两个厂址基本相当
		土石方工程量	室外地坪设计标高 149.70m 挖方（实方）：约 68.39 万 m ³ 填方：约 81.79 万 m ³ 一期工程负挖约 15 万 m ³ 松散后余方约 9.81 万 m ³ ，略有余方	室外地坪设计标高 113.60m 挖方（实方）：约 37.94 万 m ³ 填方：约 61.77 万 m ³ 一期工程负挖约 15 万 m ³ 松散后欠方约 3.14 万 m ³ ，基本平衡	
13	工程水文	初步确定厂坪标高为 149.70m，高于设计基准洪水位 147.62m，厂址可以避免洪水危害。	初步确定厂坪标高为 113m，高于设计基准洪水位 83.41m，厂址可以避免洪水危害。	两个厂址基本相当	
14	岩土条件	厂址核岛基础底面标高处地基岩体为碎块状强风化花岗片麻岩，层厚约 2~6m，其地基承载力特征值为 600kPa，Es=100.0MPa，横波波速值为 432.28~1294.83m/s，平均值为 820.40m/s。属破碎，基本质量等级为 V 级，满足核岛布置及对地基承载力的要求。	厂址核岛基础底面标高处地基岩体为中等风化花岗岩，其地基承载力特征值为 1200kPa，饱和单轴抗压强度平均值为 13.63MPa，横波波速值为 778.93~2026m/s，平均值为 1281.85m/s。属破碎~较完整，基本质量等级为 IV~V 级，满足核岛布置及对地基承载力的要求。	巨宝厂址略优于红星厂址	
15	地震活动性	厂址 50 年超越概率 10% 的对应 II 类场地地震动峰值加速度值为 83gal，厂址地震基本烈度为 VI 度；厂址 SL-2 级设计基准地面运动基岩水平向峰值加速度高值为 0.20g。	厂址 50 年超越概率 10% 的对应 II 类场地地震动峰值加速度值为 95gal，厂址地震基本烈度为 VII 度；厂址 SL-2 级设计基准地面运动基岩水平向峰值加速度高值为 0.25g。	红星厂址优于巨宝厂址	

第十章 利益代价分析

10.1 利益分析

10.1.1 运行带来的直接利益

国家电投佳木斯核能供热示范项目位于黑龙江佳木斯市桦川县四马架镇的红星厂址，本项目一期工程建设2×200MWt一体化多功能供热堆，单堆最大供暖能力为356万m²或供汽250t/h。

本项目考虑年供暖550万GJ、年供汽214万t，经测算年供暖和供汽总产值可达5亿多元。

10.1.2 建设和运行带来的间接利益

10.1.2.1 社会效益

1) 对社会发展的利益

本项目投产后，核能供热站员工的购房、生活消费等，都将促进当地房地产业、零售业、通讯、教育、医疗卫生及其他市政设施和社会福利事业的发展，繁荣当地经济。核能供热站员工受教育水平和文化水平较高，在融入地方的过程中，也会产生积极的影响，带动整个社会发展水平的提高。

2) 对关联产业的利益

本项目作为国内首个核能供热示范项目，对关联产业的利益分析有待建成投产后进一步研究。现阶段可借鉴核电投资建设对相关产业形成的拉动效应，1元的核电建设投资，对关联产业的拉动作用如下：一是对42个行业门类中的37个行业产出的拉动作用超过0.01元；二是对通用、专业设备制造业等14个行业产出的拉动作用超过0.1元。核电生产运营也对相关产业产生较强的拉动，1元的核电产出将拉动主要行业的产出增长为：石油加工、炼焦及核燃料业0.11元，农业0.10元，化学工业0.08元，金融保险业0.08元。由此可见，关联面较大的核能是拉动我国经济增长、促进经济结构优化与升级的重要驱动项目。

3) 对区域经济的利益

核能供热站能够有效推动和促进地方经济的发展，对地方财政收入的影响主要来自于税收，项目投产后正常年份每年可为地方贡献100多万元的城市维护建

设税及教育费附加，6000多万元的企业所得税。除此之外，项目还能够为地方创造大量就业机会，不仅在建设期需要大量不同层次的劳动力，而且运行期间也能够直接或间接的提供大量就业岗位。

10.1.2.2 环境效益

核能供热站给环境带来的间接效益主要来自于其替代燃煤锅炉供暖带来的减排效应，煤炭燃烧的主要污染物是CO₂、SO₂、NO_x以及烟尘等。本项目的建成可加快分散燃煤锅炉整治，大量减少当地冬季CO₂的排放量，助力蓝天保卫战。

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

国家电投佳木斯核能供热示范项目工程基础价投资（静态投资）为人民币336996万元，基础价单位投资8425元/kWt；工程固定价投资为人民币336996万元，固定价单位投资8425元/kWt；工程建成价投资（动态投资）为人民币352255万元，建成价单位投资8806元/kWt。

项目计划总资金为人民币388605万元（不含管网联网工程费用），含铺底流动资金1661万元和建设期可抵扣增值税34689万元。建设投资估算详见表10.2-1。

本项目用于生态环境保护的费用包括建设期费用和运行期费用。建设期费用是指用于生态环境保护的基本建设投入，运行期费用是指用于生态环境保护管理、治理、生态恢复、环境修复和环保设施运行的费用。

建设期的环保投资包括环保设施投资和绿化投资两部分，其中环保设施投资包括厂区三废处理及环境保护工程、核岛三废处理、辐射监测系统、环境监测系统、环境整治、施工期环保投入等，环保设施投资估算明细表参见表10.2-2，此部分投资占项目总投资费用的10.26%。此外，本项目施工期间，为保证施工的安全、文明和环保，需投入一定的安全文明环保措施费，根据国家有关规定采取相应的保护措施。

本项目运行期的环保费用包括乏燃料处理处置基金、中低放废物处理处置费、退役基金等。考虑年供暖550万GJ、年供汽214万t情况下，正常运行年份的乏燃料处置费用为3017万元，中低放废物处理处置费为58万元，核事故应急准备费用23万元，年退役基金费用为837万元。

11.2.2 间接代价

11.2.2.1 环境代价

为了达到保护生态环境和保护公众的目的，核能供热站设置了各种放射性废物净化和处理系统、环境监测和流出物监测系统、屏蔽防护体系以及应急设施等，以控制并确保核供热堆在正常运行期间和事故工况下向环境释放的放射性物质低于国家标准，对环境和公众的影响在可接受的范围内。本报告书的前述章节已对本项目的环境影响做出了详细的论证。

本项目建设期间对厂址区域生态环境的影响，一方面是厂区内土建施工过程中，地表植被将暂时剥离，在采取必要的防护措施后，水土流失的影响将被控制在较小的范围内，且项目建成后，周围环境将进行绿化和景观恢复，以改善生态环境。另一方面取水构筑物施工时对松花江周围流域有一定的影响，但施工规模小，时间短，因此其施工所致环境影响较小，施工结束短时间内即可回复原状。

11.2.2.2 社会代价

本项目的建设和运行，不仅要解决核能供热站员工的饮食、居住、交通和子女受教育、就业等实际问题，而且还会给当地带来一系列亟待解决的社会问题。

1) 交通运输问题

核能供热站的运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输；运行期间的换料、乏燃料、固体废物运输；正常的人员进出等，其运输量非常大，不可避免增加当地额运输负担。

为解决核能供热站建设和运行期间的运输问题，项目采取以水运为主，陆运为辅的运输方式。在陆运方面需投入一定量的资金用于厂外公路的建设，包括新建、改造道路及修建桥梁。此外，还需专门开辟事故应急道路。

2) 对当地民生和基础设施产生的影响

核能供热站的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，势必造成医院、学校、商业等民生设施和道路、供排水等市政基础设施的紧张局面，加重当地政府的负担。

3) 对当地社会安全、稳定的影响

核能供热站建设期间将不可避免地带动当地第三产业的发展，同时也会引起当地人工数量增加，从而影响当地社会秩序的安全和稳定。为使当地有一个安定

的生活环境和经济持续发展的社会环境，当地政府须增加治安、社会服务等方面的投入。

表 10.2-1 建设投资估算表

单位：万元

序号	工程费用名称	建筑工程费	设备购置费	安装工程费	其他费用	合计	所占比例	指标（元/kW）
1	工程费用	67440	193685	30914		292039	86.66%	7301
1.1	前期工程	2080	1474	532		4086	1.21%	102
1.2	核岛工程	47938	181356	25442		254736	75.59%	6368
1.3	BOP 工程	17422	10856	4940		33218	9.86%	830
2	工程其他费用				35584	35584	10.56%	890
3	2/3 首炉核燃料费		19746			19746	5.86%	494
4	基本预备费					24316	7.22%	608
	扣建设期可抵扣的增值税	-5568	-24554	-2553	-2014	-34689	-10.29%	-867
	工程基础价（静态投资）					336996	100.00%	8425
5	价差预备费					0		0
	工程固定价					336996		8425
6	建设期利息				15258	15258		381
	工程建成价（动态投资）					352255		8806
7	铺底流动资金					1661		42
8	建设期可抵扣的增值税					34689		867
	项目计划总资金					388605		9715

表10.2-2 主要环境保护设施及相关投资表

序号	项目名称	费用（万元）
1	厂区三废处理及环境保护工程	6149
2	核岛三废处理	1962
3	核岛安全设施	19459
4	核岛通风系统	10227
5	辐射监测系统	1624
6	应急道路	240
7	化学品库	213
	合计	39874

第十一章 结论

11.1 建设项目

国家电投佳木斯核能供热示范项目位于黑龙江佳木斯市桦川县四马架镇的红星厂址，厂址规划容量按 4×200MWt 一体化核供热堆考虑，一次规划布置，分期实施。本项目一期工程建设 2×200MWt 一体化核供热堆，单台核供热堆的建造周期 36 个月（从浇灌第一罐混凝土到商业运行），设计寿期为 60 年。

本项目 1、2 号核供热堆预计于 2021 年 05 月 30 日同时开工建设（浇灌第一罐混凝土，FCD），预计于 2024 年 05 月 30 日同时投产。上述开工时间最终以国家批准的开工建设时间为准。

本项目所在厂址的经纬度坐标为东经130°32'7.30"，北纬46°44'22.20"，地形高程在140~170m之间。厂址NE方位距四马架镇约6.2km，W方位距长发镇约5.2km，WNW~NNW方位距离佳木斯市辖区（由相邻接壤的向阳区、前进区、东风区、郊区组成）约10~20km。

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，人口分布现状满足核供热堆的厂址条件要求。厂址具备建设核供热堆的条件。

11.2 环境保护设施

本项目设置的放射性液体废物处理系统（KPF）、液态流出物载带蒸发系统（KSZ）、放射性气体废物处理系统（KPL）、放射性固体废物处理系统（KPA）、乏燃料贮存系统满足核供热堆运营期间产生的放射性废气、废液、固体废物的处理要求。本项目对非放射性污染物的处理也采取了相应的环保设施及措施，如生产废水处理设施、生活污水处理设施、危险废物贮存设施、生活垃圾收集措施等，以确保核供热堆运营过程中产生的非放射性污染物处理达标，处置规范。

11.3 放射性排放

本项目核供热堆正常运行期间产生的放射性废气经处理符合国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的年排放总量限值后通过烟囱向大气环境排放，产生的放射性废液经处理符合国家标准《核动力厂环境辐射防护

规定》(GB6249-2011)规定的放射性水平和年排放总量限值后复用,无法完全复用时通过载带蒸发方式向大气环境排放。

本项目单台核供热堆的气载流出物的年排放量满足《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)的单堆排放量要求,本项目一期工程2台核供热堆气载流出物的年总排放量满足《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)对全厂址排放量的要求。

11.4 辐射环境影响评价结论

本项目一期工程2台核供热堆正常运行辐射影响评估结论为:气载流出物排放所致最大个人有效剂量小于0.25mSv,满足《小型压水堆核动力厂安全审评原则(试行)》(国核安发[2016]1号)规定,其对环境的辐射影响是可以接受的。辐射影响三关键分析结论为:关键居民组为厂址ENE方位1.7km处德庆村儿童,关键核素为 ^{14}C ,关键照射途径为气载食入途径。

本项目选址事故后果辐射影响评估结论为:选址事故持续时间内厂址边界公众个人(成人)受照有效剂量小于10mSv,甲状腺当量剂量小于100mSv,满足《小型压水堆核动力厂安全审评原则(试行)》(国核安发[2016]1号)规定。

本项目应急计划区初步划定为本项目核供热堆为中心、厂址半径1km范围。厂址实施应急计划可行性分析结果表明,本项目在实施核事故场外应急计划方面不存在不可克服的困难。

11.5 非辐射环境影响评价结论

11.5.1 散热系统对环境的影响

核能供热站正常运行工况中产生的热能全部转换为供暖供气能源,不向大气或水体排放余热,因此不需要采用冷却循环方式排放余热。核能供热站不设置排水系统和循环水冷却系统。核能供热站设冷水通过布置在厂区内的设备冷却水冷却装置进行冷却,将设冷水的热量传递至大气中,不会对周围环境产生影响。

11.5.2 非放射性污染物对环境的影响

核能供热站正常运行期间:

- 生产废水经处理符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002,

2006 年修订) 中一级 A 标准。与生物质能废水合并外排, 拟纳管接入最近的城镇污水管网, 最终去向为城镇污水处理厂。

- 生活污水经处理符合《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002) 中城市杂用水标准后回用, 无法回用时拟纳管接入最近的城镇污水管网, 最终去向为城镇污水处理厂。
- 生活垃圾集中收集暂存外运。
- 危险废物在危险废物贮存设施分类收集暂存, 交由当地具有危险废物处置资质的单位进行有偿处理。
- 厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 3 类标准, 周边环境敏感点满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准。
- 110kV 和 220kV 开关站环保设计满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) 的工频电场和工频磁场限值要求。

上述非放射性污染物经相应环保设施或措施后不会对周围环境产生影响。

11.6 公众参与和调查结论

环境影响评价公众参与说明由建设单位另行提供。

11.7 承诺

国家电投黑龙江分公司承诺: 在核能供热站建设和运营过程中, 按照环境影响报告书要求及生态环境部门要求, 积极落实各项环保措施, 做好环保工作; 积极跟踪国内外同类项目设计和运行经验, 及时将设计改进落实到本项目中; 积极开展核能供热科普宣传工作, 实现核能发展与公众意识之间的和谐。