
阜新氟产业开发区工业废水全氟与多氟烷基物
质（PFAS）综合治理示范工程

可行性研究报告

（代项目建议书）



蓝星工程有限公司

二〇二六年一月

编制人员一览表

责任	姓名	职称	备注
设计负责人	何晓锋	高级工程师	
水处理工艺专业	何晓锋	高级工程师	
化工工艺专业	杜维君	高级工程师	注册化工工程师
给排水（消防）专业	李华	中级工程师	注册公用设备工程师（给水排水）、（动力）
总图专业	王彦鑫	工程师	
结构专业	龙丽娜	高级工程师	一级注册结构工程师
建筑专业	张蕴伶	高级工程师	
电气专业	刘昱	高级工程师	
仪表专业	周鹏	高级工程师	
电信专业	徐浩强	工程师	
暖通专业	徐伟春	正高级工程师	注册公用设备工程师（暖通空调）
经济专业	韩立平	高级工程师	一级注册造价工程师、一级建造师、咨询工程师（投资）
其他参与人员			

目录

1 项目概述	1
1.1 工程概况	1
1.2 项目单位概况	1
1.3 编制依据	2
1.3.1 法律法规依据	2
1.3.2 技术标准、规范	2
1.3.3 相关规划依据	3
1.4 研究结论	4
1.4.1 主要研究结论	4
1.4.2 主要纳管指标及排放指标	5
1.4.3 投资估算	8
1.4.4 污水处理价格及经济分析	8
2 项目建设背景和必要性	9
2.1 项目建设背景与规划政策符合性	9
2.1.1 国家重大决策部署与国家级战略及中长期规划概况	9
2.1.2 “十五五”规划目标与任务对接需求	10
2.2 项目建设必要性	12
2.2.1 项目区域氟化工产业布局与园区布设概况	12
2.2.2 园区企业生产特征与工业废水产排特性	12
2.2.3 园区 PFAS 排放对周边生态环境的污染特征与影响	13
2.2.4 PFAS 污染引发的环境安全与居民健康风险	14
2.2.5 区域 PFAS 治理现存短板与工程建设必要性	15
2.2.6 项目建设契机	16
2.2.7 示范工程建设思路与总体目标	16
3 项目需求分析与产出方案	18
3.1 需求分析	18
3.1.1 水量调研	18
3.1.1.1 高浓污水调研	18
3.1.1.2 综合污水调研	21

3.1.2 现状运行情况	22
3.1.2.1 水厂现行进主要出水指标	22
3.1.2.2 运行水量	23
3.1.2.3 运行水质	23
3.1.2.4 设施现状	24
3.1.3 污染物性质分析	26
3.1.3.1 全氟和多氟烷基化物的持久性与风险性	26
3.1.3.2 特征污染因子	33
3.1.3.3 总结分析	34
3.1.4 建设内容和规模	35
3.1.4.1 高浓污水预处理单元设计规模	35
3.1.4.2 综合污水处理单元设计规模	35
3.1.5 需求总结	36
3.2 产出方案	37
3.2.1 高浓污水预处理单元设计水质	37
3.2.1.1 主要纳管指标	37
3.2.1.2 主要排放指标	38
3.2.2 原碧波污水厂改造后设计水质	38
3.2.2.1 主要纳管指标	38
3.2.2.2 主要排放指标	39
4 项目选址与要素保障	40
4.1 项目选址	40
4.1.1 污水处理厂厂址选择的原则	40
4.1.2 厂址选择	40
4.1.3 公用工程条件	41
4.2 项目建设条件	42
4.2.1 地理位置	42
4.2.2 地形地貌	42
4.2.3 水文、气象、地震条件	42

4.2.4	区域地质	43
4.2.5	社会经济概况	44
4.3	要素保障分析	46
4.3.1	辽宁及阜新市城相关规划	46
4.3.2	产业范围	48
4.3.3	产业介绍	49
5	项目建设方案	51
5.1	技术方案	51
5.1.1	高浓水单元工艺选择	52
5.1.1.1	除碳工艺比选	53
5.1.1.2	全氟或多氟化合物（PFAS）脱氟工艺比选	59
5.1.1.3	脱盐工艺比选	61
5.1.1.4	结论	64
5.1.2	高浓水单元工艺设计	65
5.1.2.1	工艺路线及原理	65
5.1.2.2	工艺流程描述	67
5.1.2.3	污染物去除率预测	71
5.1.2.4	设施设备设计	72
5.1.3	高浓水单元主要设备一览	83
5.1.4	高浓水单元主要建构筑物一览	92
5.1.5	综合水单元工艺选择	95
5.1.5.1	工艺选择原则	95
5.1.5.2	工艺选择原理	95
5.1.5.3	污染物去除途径	95
5.1.5.4	工艺技术比选	100
5.1.6	综合水单元主体工艺设计	114
5.1.6.1	工艺流程图	114
5.1.6.2	各段污染物去除率预测	116
5.1.6.3	现状工艺设施参数复核及改造方案	118

5.1.6.4	原碧波污水厂改造单元设计	118
5.1.6.5	污泥脱水单元设计	129
5.1.6.6	除臭单元设计	130
5.1.7	综合水单元主要设备一览表	133
5.1.8	综合水单元主要建构筑物一览表	139
5.2	工程方案	140
5.2.1	总图运输	140
5.2.1.1	采用的标准规范	140
5.2.1.2	总平面布置原则	140
5.2.1.3	总平面布置方案	140
5.2.1.4	竖向设计	141
5.2.1.5	主要技术经济指标表	141
5.2.2	建筑	142
5.2.2.1	标准和规范	142
5.2.2.2	基本原则	143
5.2.2.3	建筑设计	143
5.2.3	结构	145
5.2.3.1	结构设计基本原则	145
5.2.3.2	编制依据	146
5.2.3.3	结构设计	147
5.2.3.4	结构材料	147
5.2.3.5	地基方案	148
5.2.3.6	主要建构筑物结构选型	148
5.2.3.7	抗震	149
5.2.3.8	全厂建（构）筑物的情况：	150
5.2.4	电气	151
5.2.4.1	设计范围	151
5.2.4.2	负荷特性	153
5.2.4.3	供配电系统的构成	154

5.2.4.4	变配电站的设置	155
5.2.4.5	电气设备选择	156
5.2.4.6	主要电力设备和线路的继电保护	157
5.2.4.7	装置环境特征	158
5.2.4.8	防雷及防静电措施	158
5.2.4.9	接地措施	160
5.2.4.10	照明	162
5.2.4.11	节能措施	162
5.2.4.12	配电线路	162
5.2.5	给水排水	164
5.2.5.1	设计范围及依据	164
5.2.5.2	用水量	165
5.2.5.3	给水工程	166
5.2.6	自控	170
5.2.6.1	采用的标准及规范	170
5.2.6.2	控制系统选择	171
5.2.6.3	仪表选型	173
5.2.6.4	控制室设置	175
5.2.6.5	仪表的供电及供气	176
5.2.6.6	安全控制措施	177
5.2.6.7	控制点数估算表	177
5.2.7	电信	177
5.2.7.1	设计范围	177
5.2.7.2	采用的标准及规范	178
5.2.7.3	电信设施方案	178
5.2.8	暖通	182
5.2.8.1	编制依据	182
5.2.8.2	供暖设计	184
5.2.8.3	通风设计	184

5.2.8.4	空调设计	187
5.2.8.5	排烟设计	187
5.2.8.6	节能与环保	187
5.3	建设管理方案	188
5.3.1	项目工期及实施计划	188
5.3.1.1	项目建设的工期	188
5.3.1.2	项目实施计划	188
5.3.1.3	项目建设进度计划表	188
5.3.2	项目建设管理模式	189
5.3.3	项目工程招标管理	189
5.3.3.1	一般要求	189
5.3.3.2	组织程序及机构	189
5.3.3.3	招标组织形式	189
5.3.3.4	招标范围	189
5.3.3.5	招标方式	190
6	项目运营方案	191
6.1	运营模式选择	191
6.2	运营组织方案	191
6.2.1	水厂组织	191
6.2.2	劳动定员	192
6.2.3	人员来源及培训	192
6.3	委托运营招标管理	193
6.3.1	总体思路与原则	193
6.3.2	组织程序与机构	193
6.3.3	招标形式	193
6.3.4	招标范围	193
6.3.5	招标方式	193
7	项目财务方案	194
7.1	投资估算	194

7.1.1 编制说明和依据	194
7.1.1.1 说明	194
7.1.1.2 依据	194
7.1.2 建设投资估算	195
7.1.2.1 工程费的估算	195
7.1.2.2 固定资产其他费的估算	195
7.1.2.3 无形资产费用	196
7.1.2.4 其他资产费用	196
7.1.2.5 预备费的估算	196
7.1.2.6 建设投资	196
7.1.3 建设期资金筹措费用估算	196
7.1.4 流动资金估算	196
7.1.5 总投资估算	196
7.1.6 资金筹措和使用方案	196
7.2 财务分析	197
7.2.1 方法及依据	197
7.2.2 财务评价基础数据与参数选取	197
7.2.2.1 产出物价格及数量	197
7.2.2.2 投入物价格及数量	197
7.2.2.3 计算期与生产负荷	198
7.2.2.4 折现率(基准收益率)设定	198
7.2.2.5 其他计算参数	198
7.2.3 收入估算	199
7.2.4 成本估算	199
7.2.5 盈利能力分析	199
7.2.5.1 税金及利润	199
7.2.5.2 现金流量测算及评价指标	199
7.2.6 偿债能力分析	200
7.2.7 盈亏平衡分析	200

7.2.8 敏感性分析	201
7.2.9 财务评价小结	203
8 项目影响效果分析	204
8.1 生态环境影响	204
8.1.1 厂址区域环境质量现状	204
8.1.2 执行的环境标准	204
8.1.3 主要污染源及污染物	205
8.1.3.1 施工期主要污染物	205
8.1.3.2 运营期主要污染物	206
8.1.4 污染物治理措施	207
8.1.4.1 施工期污染物治理措施	207
8.1.4.2 运营期污染防治措施	208
8.1.5 环境影响预测	208
8.1.5.1 废水影响分析	208
8.1.5.2 废气影响分析	208
8.1.5.3 噪声影响分析	208
8.1.5.4 废固影响分析	208
8.1.6 结论及建议	209
8.2 社会经济影响	209
8.2.1 园区承载力提升	209
8.2.2 经济效益	209
8.2.3 社会效益	209
8.3 能源利用分析	209
8.3.1 编制依据	210
8.3.1.1 相关法律法规	210
8.3.1.2 产业政策和准入条件	210
8.3.2 能耗指标与分析	210
8.3.2.1 能源实物与能耗工质	210
8.3.2.2 综合能耗指标	210

8.3.3 能源管理	211
8.3.3.1 工艺装置节能措施	211
8.3.3.2 设备节能措施	211
8.3.3.3 仪表节能措施	211
8.3.3.4 电气节能措施	212
8.3.3.5 给排水节能措施	212
8.3.3.6 建筑节能措施	212
8.3.3.7 采暖通风节能措施	213
8.3.3.8 总图运输节能措施	213
8.3.3.9 照明节能措施	213
9 项目风险管控方案	214
9.1 风险识别	214
9.2 风险管控方案	215
9.2.1 社会稳定风险（邻避效应）专项管控方案	215
9.2.2 其他主要风险管控措施	216
9.3 风险应急预案	216
9.3.1 重大风险应急预案体系	217
9.3.2 应急处置及演练要求	217
9.3.2.1 应急准备	217
9.3.2.2 演练要求	217
10 研究结论及建议	219
10.1 主要研究结论	219
10.2 投资估算及财务分析	220
11 附图和附件	221

1 项目概述

1.1 工程概况

工程名称：阜新氟产业开发区工业废水全氟与多氟烷基物质（PFAS）综合治理示范工程

建设单位：阜新碧波环保科技有限公司

项目地址：安庆路北侧、福佑街西侧

项目类型：改扩建

建设规模：本项目为阜新氟产业开发区工业废水全氟与多氟烷基物质（PFAS）综合治理示范工程，分为两部分：高浓水处理单元建设规模 400t/d，综合水处理单元由碧波污水处理厂改造，碧波水厂处理规模为 5000t/d。

建设内容：（1）原有厂区改扩建内容为：内部改造原综合楼、拆除原有中控室及北门卫，在中控室原地新建综合楼、拆除原有换热站、拆除原有在线监控、拆除原有药剂库、拆除原有危废库并原址新建活性炭塔、拆除原有丁类库房并原址新建缓冲池及臭氧氧化塔、拆除原有废弃框架并原址新建臭氧发生间及单独为臭氧发生间单独服务的配电间及液氧罐；

（2）新建厂区建设内容为：综合仓库、调节池、高密沉淀池、二沉池（辐流沉淀池）、污泥浓缩池、蒸发车间、水池组 2、除氟车间、水池组 3、活性炭塔、污水泵房、水池组 1、变、配电室、预处理车间、乙类罐区、罐区泵房、鹤管、消防、循环水泵房、换热站、消防水池、循环水池、空压制氮站、机修间、危废库、门卫及计量间、地中衡、集水池（一企一管中间站）。

1.2 项目单位概况

阜新碧波环保科技有限公司（以下简称“公司”）是一家国有企业,是原新氟产业投资发展集团旗下的企业，公司成立于 2012 年 08 月 21 日，注册地位于辽宁省阜新市阜蒙县伊吗图氟化工产业基地。2023 年 3 月，经阜新氟产业开发区管委会（以下简称“管委会”）和阜蒙县国有资产监督管理办公室批准，将管委会下属阜新达亿建设发展有限公司、阜新碧波环保科技有限公司、阜新中科氟化工科技有限公司、阜新瑞源物业管理有限公司四家公司股权转让给辽宁原新氟产业投资发展集团有限公司，实现了一个母公司下设四家子公司的集团化公司运作模式。树立“依靠开发区、面向市场”的经营理念，强化经营意识、效益意识

和成本意识。原新氟产业发展集团布局产业承载平台、招商引资平台、金融助企平台、科技创新平台等四大业务板块。逐步打造成依法自主经营、自负盈亏、自担风险、自我发展，具有较强竞争力的独立市场主体。

1.3 编制依据

1.3.1 法律法规依据

- 《城市污水处理及污染防治技术政策》
- 《中华人民共和国环境保护法》
- 《中华人民共和国水污染防治法》
- 《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》
- 《建设项目环境保护管理条例》
- 《饮用水水源保护区污染防治管理规定》
- 《排污许可管理条例》
- 《中华人民共和国节约能源法》
- 《中华人民共和国建筑法》
- 《中华人民共和国清洁生产促进法》
- 《重点用能单位节能管理办法》（2018年修订国家发展改革委等令第15号）
- 《民用建筑节能条例》
- 《“十四五”节能减排综合工作方案》（国发〔2021〕33号）

1.3.2 技术标准、规范

- 《地表水环境质量标准》GB3838-2002
- 《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002（2024年发布）
- 《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T31962-2015
- 《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2022）
- 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）
- 《室外排水设计标准》（GB50014-2021）
- 《化工园区事故应急设施（池）建设标准》（T/CPCIF0049-2020）
- 《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008
- 《泵站设计规范》GB50265-2022
- 《室外给水设计标准》GB50013-2018

《建筑给水排水设计标准》 GB50015-2019

《构筑物抗震设计规范》 GB50191-2012

《给水排水工程构筑物结构设计规范》 GB50069-2016

《市政公用工程设计文件编制深度规定（2024年版）》

《建筑工程设计文件编制深度规定（2016年版）》

《环境工程设计文件编制指南》（HJ2050-2015）

《国家危险废物名录》 环保部 2021 版

《危险废物经营许可证管理办法》 国务院令 第 408 号 2004 年 5 月，2016 年第二次修订

《危险废物污染防治技术政策》 环发〔2001〕199 号

《国务院关于全国危险废物和医疗废物处置设施建设规划的批复》 国函[2003]128 号

《全国危险废物和医疗废物集中处置设施建设规划》（环[2004]16 号）

《危险废物和医疗废物处置设施建设项目复核大纲（试行）》（环[2004]54 号）

《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案》

《危险化学品安全管理条例》 国务院令 591 号

《地下水质量标准》 GB/T14848-2017

《恶臭污染物排放标准》 GB14554-1993

《土壤环境质量标准》 GB15618-1995

《污水综合排放标准》 GB8978-1996

《危险废物贮存污染控制标准》 GB18597-2023

《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2020）

《地表水环境质量标准》 GB3838-2002

《固体废物浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》 HJ/T299-2007

《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》 GB5085.3-2007

1.3.3 相关规划依据

《辽宁阜新氟产业开发区总体规划》
政府相关指导文件。

1.4 研究结论

1.4.1 主要研究结论

本项目通过构建“专项与综合协同治理”的污染物管控体系，既符合国家生态文明建设战略，又契合氟化工产业高端化发展需求。当前建设时机处于政策扶持期、技术突破期、产业升级期的叠加窗口，具有显著的必要性、紧迫性和可行性。本项目纳入“十五五”首批新污染物治理重大工程，必将成为化工园区绿色转型提供示范样本。

阜新氟化工产业开发区作为我国氟化工产品重要生产基地，在产业发展的同时，新污染物治理存在明显短板。区内中小规模企业众多，产生的高浓污水含多种新污染物，且企业自身处理能力不足；现有碧波污水处理厂难以满足工业污水处理及新污染物处理要求，存在安全与环境风险。因此，聚焦“十五五”时期新污染物治理阶段性目标，策划构建系统化的工程体系迫在眉睫。

本项目建设符合国家相关政策及辽宁阜新氟产业开发区总体规划，项目建成可满足辽宁阜新氟产业开发区产业发展规划中企业的污水排放要求。

1) 根据前期辽宁阜新氟产业开发区针对园区内企业污水排放量的筛查，确定建设 400t/d 的高浓污水预处理单元。

2) 为了减少项目投资，合理利用现有污水处理厂资源，确定将现有 5000t/d 的污水厂部分单元及装置进行升级改造，改造后可满足园区内企业污水的排放需求。

3) 公用工程及辅助设施利用现有污水处理厂的资源，查漏补缺。

4) 本项目 400t/d 高浓污水预处理单元采用高浓度废水氟代新污染物净化系统。主要工艺采用了多级络合除氟工艺、多元联合氧化工艺、高级还原（UV 还原）工艺、蒸发工艺（MVR+多效蒸发）等。

5) 低浓综合污水主要采用臭氧氧化工艺、水解工艺、高级还原（UV 还原）工艺、A/O 工艺进行处理。

6) 本项目污水处理工艺先进，处理成本低，自动化程度高，结合人工智能等先进控制技术，项目建成可达到智慧污水厂的水平。

工程规模：碧波污水厂改造后的园区污水处理规模为 5000t/d，可满足园区现有企业污水排放处理要求。

1.4.2 主要纳管指标及排放指标

(1) 综合污水处理单元

a) 主要纳管指标

综合污水处理单元主要接收园区内企业产生的低浓污水，根据《辽宁省污水综合排放标准》（DB21），排入工业园区（开发区）污水处理厂收集管网系统的污水，其排放控制要求由污水排放单位与工业园区（开发区）污水处理厂根据其污水处理能力商定，并签订协议，报依法具有审批权的环境保护主管部门批准。

表 1-1 工业污水厂主要纳管指标

序号	项目	主要指标浓度（mg/L）
基本控制项目		
1	pH	6-9
2	BOD5	≤250
3	CODcr	≤500
4	SS	≤300
5	氨氮	≤30
6	总磷	≤8
7	总氮	≤50
8	石油类	≤20
9	氯化物	≤400
10	氟化物	≤10
特征污染物控制项目		
1	可吸附有机氟化物（AOX-F）	≤10
2	全氟辛基磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟（PFOS类）	
3	全氟辛酸及其盐类和相关化合物（PFOA类）	
注：其他污染指标需要管理单位与园区企业协议确定，建议按污水处理厂排放标准纳管；如有个别指标企业做不到可与园区污水处理厂另外签订协议。		

b) 主要排放指标

污水处理厂主要出水水质指标应达到污水厂排污许可证排放污染物限值，根据特征污染物排放指标确定污水处理厂处理能力，出水指标见下表所示。

表 1-2 出水水质指标

序号	项目	浓度（mg/L）	备注
----	----	----------	----

1	pH	6~9	
2	BOD5	10	
3	CODcr	50	
4	SS	10	
5	氨氮	5	
6	总磷	0.5	
7	总氮	15	
8	粪大肠菌群	10 ³ (个/L)	
9	石油类	≤1	
10	氯化物	≤400	
11	氟化物	≤6	
特征污染物			
1	可吸附有机氟化物 (AOX-F)	≤0.2	
2	全氟辛基磺酸及其 盐类和全氟辛基磺 酰氟 (PFOS 类)		
3	全氟辛酸及其盐类 和相关化合物 (PFOA 类)		

(2) 高浓污水预处理

a) 接收指标

高浓污水预处理单元主要接收园区内相关企业产生的高浓污水，高浓污水接收指标根据调研数据及装置处理工艺水平确定，具体如下表所示。

表 1-3 高浓污水主要接收指标

序号	污染物	接收标准 (mg/L)
1	COD	50000 ⁽¹⁾
2	总氮	—
3	NH ₃ -N	2000
4	pH	5-9
5	石油类	200
6	总磷 (以 P 计)	400 ⁽²⁾
7	挥发酚 (总酚)	5000
8	硫化物	50

9	总氰化物	50
10	甲醛	1000
11	苯胺类	500
12	氟化物（氟离子）	800
13	硝基苯类	100
14	动植物油	200
15	可吸附有机氟化物（AOX-F）	100
16	TDS	100000
17	全氟辛基磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟（PFOS类）	
18	全氟辛酸及其盐类和相关化合物（PFOA类）	

注：（1）COD 高于 50000mg/L 时，污水排放单位与工业园区（开发区）污水处理厂根据其污水处理能力商定，并签订协议进行处理。（2）磷酸盐（以 P 计）为无机磷酸盐；（3）其余进水水质需满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 1 中第一类污染物最高允许排放浓度。；

b) 排放指标

高浓污水作为工业污水处理厂工程整体工艺的预处理单元，处理出水进入后续处理单元，根据整体工艺运行需要进行控制。

表 1-4 高浓水预处理主要出水指标

序号	污染物	出水指标（mg/L）
1	COD _{Cr}	2500
2	BOD ₅	750
3	总氮	120
4	NH ₃ -N	100
5	pH	5-9
6	总磷（以 P 计）	1
7	可吸附有机氟化物（AOX-F）	10
8	TDS	1000
9	全氟辛基磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟（PFOS类）	
10	全氟辛酸及其盐类和相关化合物（PFOA类）	

1.4.3 投资估算

本项目报批总投资 18006.58 万元，建设投资 17368.39 万元，建设期利息 161.88 万元，铺底流动资金 476.31 万元。

1.4.4 污水处理价格及经济分析

(1) 污水处理价格

表 1-5 污水处理价格

序号	产品名称	计量单位	数量	单价（元/吨）	备注
1	高浓污水	t/d	400	790	含税价
2	综合污水	t/d	5000	20	含税价

(2) 财务评价如下表。

表 1-6 财务评价表

序号	项目名称	数量	单位	备注
1	总投资收益(ROI)	10.44%		年均息税前利润/投资总额
2	资本金净利润率（ROE）	10.08%		年均净利润/资本金
3	项目财务内部收益率（IRR）	11.14%		所得税前
4	项目财务净现值(ic=7%)	5846.09		所得税前
5	项目静态投资回收期	9.98	年	所得税前，含建设期 2 年
6	项目动态投资回收期（ic=7%）	13.92	年	所得税前，含建设期 2 年
7	项目财务内部收益率（IRR）	8.47%		所得税后
8	项目财务净现值(ic=7%)	3798.36		所得税后
9	项目静态投资回收期	10.85	年	所得税后，含建设期 2 年
10	项目动态投资回收期（ic=7%）	16.67	年	所得税后，含建设期 2 年
11	资本金财务内部收益率（EFIRR）	10.68%		
12	资本金财务净现值（ic=7%）	5329.28	万元	
13	现值指数（PI）	1.24		

2 项目建设背景和必要性

2.1 项目建设背景与规划政策符合性

2.1.1 国家重大决策部署与国家级战略及中长期规划概况

党中央、国务院高度重视新污染物治理工作。当前我国正处于高质量发展的重要时期，新污染物治理是持续深入打好污染防治攻坚战、持续改善生态环境质量、全面建设美丽中国和健康中国的必然要求和重要内容。

自 2018 年 5 月习近平总书记在全国生态环境保护大会上提出开展新污染物治理专项研究和前瞻性研究以来，新污染物治理工作成为党和国家高度关注的重要领域。此后，习近平总书记在多次关于生态文明和美丽中国建设的重要讲话中，持续对新污染物治理工作作出指示，全面深入部署相关工作。

2020 年，党的十九届五中全会强调重视新污染物治理，将其纳入国家重要议事日程。

2021 年，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》明确提出，重视新污染物治理与健全有毒有害化学物质环境风险管理体系。此后，新污染物治理连续三年被写入政府工作报告，并出台了《新污染物治理工作方案》。

2022 年 5 月，国务院办公厅发布《新污染物治理行动方案》，为新污染物治理工作提供了具体的行动指南。同年 10 月，党的二十大报告明确要求开展新污染物治理，进一步凸显了其重要性。

2023 年 7 月召开的全国生态环境保护大会上，习近平总书记指出要把应对气候变化、新污染物治理等作为国家基础研究和科技创新重点领域，狠抓关键核心技术攻关，实施生态环境科技创新重大行动，培养造就一支高水平生态环境科技人才队伍。《中共中央 国务院关于全面推进美丽中国建设的意见》提出强化新污染物治理，明确到 2035 年新污染物环境风险得到有效管控的重大部署。这一中长期规划为新污染物治理工作设定了明确的目标和时间表，推动了治理工作的持续深入开展。

2023 年《重点管控新污染物清单（2023 年版）》明确禁止生产、加工使用全氟和多氟烷基辛基磺酸及其盐类、全氟和多氟烷基辛基磺酰氟、全氟和多氟烷基己基磺酸及其盐类等物质，并限制全氟和多氟烷基辛酸及其盐类和相关化合物

的生产装置建设与使用（豁免用途除外）。

2024 年修订的《消耗臭氧层物质管理条例》进一步将氢氟碳化物（HFCs）纳入全生命周期管控，强化氟化工产业链的合规性。

2024 年 7 月，《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》明确要求建立新污染物协同治理和环境风险管控体系，为新污染物治理工作指明了方向。

2.1.2 “十五五”规划目标与任务对接需求

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》明确提出重视新污染物治理，后续政策持续强化该领域管控。阜新市氟化工产业园作为省级化工园区，其新污染物治理项目完全契合国家“十四五”生态环保战略及“十五五”规划的延续性要求。

全氟和多氟烷基化合物（Per- and Polyfluoroalkyl Substances, PFAS）是一类人工合成的含氟有机化合物，其碳链上的氢原子全部或部分被氟原子取代。如果化合物分子中所有氢都被氟取代，则称为全氟和多氟烷基有机化合物。由于其碳氟键超级稳定（键能高达 485 kJ/mol）并难以降解（环境中存在几百至上千年），会在环境和人体中累积，因而获称“永久性化合物（POPs）”。PFAS 难以降解，可通过水循环扩散至全球（极地冰层中已检出）。在食物链中逐级累积，影响鱼类、鸟类等生物。工业排放和消防训练导致地下水及地表水污染（如美国密歇根州、中国长江流域部分地区）。动物实验表明 PFAS 暴露与肝损伤、甲状腺疾病、免疫抑制相关。国际癌症研究机构（IARC）将 PFOA 列为 2B 类（可能致癌物）。可能降低新生儿体重，干扰内分泌系统。

全氟和多氟化合物凭借碳氟键的极端稳定性和超低表面能特性（约 10-15 mN/m），在高温、腐蚀等极限工况下（如 400°C 强酸环境）成为不可替代材料，尤其在精密制造（半导体蚀刻/锂电池隔膜）和特种防护（航空密封/消防泡沫）领域；其工业依赖性源于性能参数与现有技术体系深度耦合，而碳氟键的强解离能（>400 kJ/mol）导致环境持久性，形成“性能优越性”与“生态毒性”的技术悖论，当前替代品开发仍受限于分子设计瓶颈（如热稳定性与降解性难以兼容）。所以在一定时期内，全氟化合物仍然将长期生产并存在。中国是全球最大的氟化工产品生产国和消费国，占全球总产能的 55%-60%（2022 年数据）。氟化工产

业链完整，涵盖萤石开采、氢氟酸（HF）、制冷剂（如 HFCs）、含氟聚合物（如 PTFE）、含氟精细化学品（如医药中间体）等。

2022 年 12 月 29 日生态环境部、工业和信息化部、农业农村部、商务部、海关总署、国家市场监督管理总局令第 28 号公布《重点管控新污染物清单（2023 年版）》中编号一、编号二中规定禁止生产、加工使用全氟和多氟烷基辛基磺酸及其盐类、全氟和多氟烷基辛基磺酰氟、全氟和多氟烷基己基磺酸及其盐类等物质，并限制全氟和多氟烷基辛酸及其盐类和相关化合物的生产装置建设与使用（豁免用途除外）。通过项目建设可以实现，以下三项示范意义：环境风险管控，有效降低新污染物环境风险，确保达标排放，保障区域生态安全。排放总量削减，通过综合治理措施，实现新污染物排放量显著下降，减轻环境承载压力。环境质量改善，通过减排措施，推动水体污染物浓度持续降低，恢复水生态功能。本工程的实施将为类似项目的工程实施提供良好的支撑与样板，推进我国氟化工相关氟代新污染物治理的进程。

(1) 工业园区中小企业区域环保协同发展需求

化工园区绿岛建设模式通过共享环保设施，可显著降低中小企业污染治理成本，提升整体治理效率。项目实施后，将形成协同治理体系，与周边区域形成环保技术辐射效应，推动区域环保水平整体提升。

(2) 契合氟化工产业绿色转型需求

作为全国首批含氟芳香族精细化学品诞生地，阜新市氟化工产业园已形成化学医药、绿色农药、含氟新材料三大产业集群。然而，现有污水处理厂难以应对氟化工废水“四高”（高有机物浓度、高含盐量、高色度、高生物毒性）特性，导致氟离子去除率不足，新污染物处理装置的建成将弥补这一突出短板。

(3) 高端含氟材料产业链安全保障

园区规划的产业格局中，含氟功能材料等高端产品对废水处理提出更高要求。现有处理工艺无法有效降解含氟聚合物等特种化学品，导致氟离子在环境中持续累积。升级改造后的污水处理厂将优化现有工艺技术路线和功能设施，使新污染物有效去除，保障产业链绿色发展。

2.2 项目建设必要性

2.2.1 项目区域氟化工产业布局与园区布设概况

阜新市作为全国首个资源型城市经济转型试点市，依托萤石资源禀赋与氟化工产业，已形成专业化、集聚化的氟化工产业发展格局，是东北地区重要的含氟精细化学品生产基地与氟新材料产业集聚区。当前阜新市重点建设阜新氟化工产业基地，是阜新市氟化工产业转型升级、绿色高质量发展的核心承载平台，也是区域工业经济与氟化工产业发展的核心增长极。阜新氟产业开发区主导产业为以含氟化学品为特色的精细化工产业，聚焦含氟医药农药中间体、含氟医药农药、高性能氟化盐、含氟功能材料等精细化学品及基础化工原料生产，集聚金凯（阜新）化工有限公司、阜新达亿化工有限公司、阜新金鸿泰化工有限公司、阜新汉道化工有限责任公司、阜新睿光氟化学有限公司、阜新清稷升科技有限公司、奥瑞凯精细化工有限公司等一批规模以上企业，形成从科研开发、原料配套到精细化工生产的完整产业链体系，产业集聚效应显著。园区紧邻细河布设，周边分布大量民用井，细河既是园区地表水主要载体，也是区域地下水补给的重要来源，特殊的区位条件使得园区工业废水排放与周边地表水、地下水、土壤、农作物环境高度关联，工业废水治理水平直接决定流域生态环境安全与周边居民健康保障水平。

2.2.2 园区企业生产特征与工业废水产排特性

阜新氟产业开发区主导产业为以含氟化学品为特色的精细化工产业，企业生产工艺以氟化、酰氯化、中间体合成等为主，产品涵盖三氟类中间体、氟苯类衍生物、对氨基三氟甲氧基苯、含氟医药农药中间体等二十余类高附加值含氟化学品，生产过程中全氟与多氟烷基物质（PFAS）作为原料、中间体或副产物伴随产生，具有产生量大、组分复杂、难降解、毒性强的特征。园区企业生产废水呈现典型的“三高两复杂”特性：一是“色度高”，含氟有机中间体合成反应产生大量发色基团，废水色度远超常规工业废水；二是“总氮高”，生产原料与反应助剂含氮组分残留，导致废水总氮浓度居高不下；三是“含盐量高”，氟化反应、中和工艺产生大量氟盐、钠盐等无机盐分，废水含盐量显著偏高；四是“有机污染物组分复杂”，清稷升科技、奥瑞凯精细化工等企业废水含大量有机酸类污染物，组分多样且难以生物降解；五是“PFAS类新污染物赋存复杂”，废水中同

时存在传统 PFOA、PFOS 与 HFPO-TA、MeFOSE、6: 2FTS 等新型替代物，常规污水处理工艺无法有效去除。

当前园区废水治理体系存在明显短板：一方面，区内中小规模企业居多，自身废水预处理设施简陋，处理工艺仅针对常规污染物，缺乏 PFAS 专项处理单元，企业端新污染物削减能力严重不足；另一方面，园区现有碧波污水处理厂以常规化工废水处理为设计目标，未配置 PFAS 深度处理工艺，难以满足高浓含氟废水与新污染物协同治理要求，废水经处理后仍存在 PFAS 排放风险，成为区域环境质量改善的核心制约因素。

2.2.3 园区 PFAS 排放对周边生态环境的污染特征与影响

基于 2019 年 9 月—2021 年 10 月园区周边地表水、地下水、土壤、玉米样品监测，及 2025 年 7 月细河流域沉积物、边坡土专项调查数据，阜新氟化工园区 PFAS 排放已对周边“水、土、农产品、沉积物”等多环境介质造成系统性污染，呈现“历史污染突出、短链主导、流域富集、空间分异显著”的特征，污染范围覆盖细河流域及周边 6km 范围内的土壤与农业生产区。

（一）水体环境污染特征

监测期间共采集 33 个地表水（细河）与地下水（26 个民用井）样品，累计检出 18 种 PFASs，核心污染物为 PFBA、PFBS、PFOA，细河作为园区周边主要地表水体，是地下水 PFAS 污染的主要补给来源，降雨径流驱动地表水补给地下水，加速污染物跨介质迁移。水体总 PFASs 均值丰水期达 801.68ng/L、枯水期 714.64ng/L 的水平；园区地下水最高为 2956ng/L，短链 PFBS 占比最高，PFBA、PFOA 检出率居高不下。受降雨影响，丰水期污染水平显著高于枯水期，空间分布上园区受消防站、污水处理厂等点源干扰，局部点位污染异常突出。2025 年细河全流域 16 处点位沉积物监测共检出 30 种 PFASs，呈现“短链替代物主导、底泥富集显著”特征，近园区点位出现明显污染峰值，HFPO-TA（PFOA 替代物）浓度最高约 75ng/g dw，其次为 MeFOSE、6: 2FTS（PFOS 替代物）；沉积物总 PFASs 浓度约 230ng/g dw，显著高于边坡土，细河底泥已成为流域 PFASs 的重要“汇”，长期累积将持续释放污染物，引发二次污染风险。

（二）土壤环境污染特征

园区周边土壤 PFASs 污染空间分异显著，与园区距离呈显著负相关，越靠

近厂区污染越重，氟化工生产是土壤污染的直接来源。园区周边土壤总 PFASs 浓度范围为 0.63~30.10ng/g，污染组分以 PFBA、PFBS、PFOA、PFOS 为主，污染水源灌溉是土壤 PFASs 输入的主要途径，贡献占比超 60%，大气沉降为次要来源，土壤污染已成为农作物富集 PFAS 的直接源头。

（三）农作物（玉米）污染特征

新园区周边 6km 扇形分布的玉米样品监测显示，玉米植株总 PFASs 含量范围为 12.77~620.75ng/g，植株不同部位富集能力差异显著，叶片富集能力最强，对总污染贡献率达 25.5%~98.1%，根部、果实、茎部含量依次递减。空间分布上，1-2 公里范围内玉米 PFASs 均值 146ng/g，2-4 公里降至 62.8ng/g，4-6 公里仅 41.8ng/g，距离园区超 4 公里污染量减少 71.6%，证实氟化工园区为核心点污染源。玉米籽粒作为居民主要食用农产品，PFOA 最高浓度达 1208ng/g、PFOS 最高达 29.64ng/g，远超国际安全阈值，通过食物链富集已对周边居民膳食安全构成直接威胁。

2.2.4 PFAS 污染引发的环境安全与居民健康风险

阜新氟化工园区周边 PFAS 复合污染已突破国际通用环境安全阈值，形成“饮用水安全、农产品安全、人体健康”三重风险叠加态势，PFAS 类物质具有持久性、生物累积性、毒性和远距离迁移性，属于《新污染物治理行动方案》重点管控的新污染物，其环境风险具有长期性、隐蔽性和不可逆性。

（一）环境质量超标风险

饮用水安全层面，欧盟规定饮用水中 PFOA+PFOS \leq 1ng/L，美国 EPA 限值为 70ng/L，园区周边地下水 PFOA 最高超标 161 倍，总 PFASs 最高浓度超出欧盟限值超 5 万倍，HFPO-TA 等新型替代物毒性与 PFOA、PFOS 高度相似，核心单体超标 50 倍以上；农产品安全层面，欧盟、美国明确农产品中 PFOA+PFOS \leq 1ng/g，园区周边玉米籽粒 PFOA、PFOS 分别超标 1208 倍、29.64 倍，土壤—农作物系统的 PFAS 迁移富集已形成完整的污染传导链。

（二）人体健康暴露风险

健康风险评估表明，区域 PFAS 复合污染风险 80%~90%由 PFOA、PFOS 贡献，婴儿为最敏感人群，风险程度远高于儿童、青少年和成人。暴露途径方面，饮用污染地下水是居民最主要暴露途径，贡献率超 90%，其次为食用玉米籽粒，

土壤直接接触风险极低。欧洲食品安全局（EFSA）规定 PFOA 每日容许摄入量（TDI）为 0.8ng/(kg·d)，本地居民通过饮水、食用玉米的联合暴露量，儿童均值 9.65ng/(kg·d)、成人均值 5.93ng/(kg·d)，分别超标 11.06 倍、6.41 倍；PFOS 暴露量亦超出 EFSA 限值，儿童、成人每日暴露量分别为 EFSA 限值的 12.06 倍、7.28 倍，存在明确的慢性健康风险，已成为区域民生保障与生态安全的突出隐患。

2.2.5 区域 PFAS 治理现存短板与工程建设必要性

当前阜新氟产业开发区 PFAS 治理体系与国家新污染物治理战略、区域生态环境质量改善需求、居民健康保障目标存在显著差距，企业预处理缺失、园区集中处理不足、跨介质污染管控缺位的问题突出，实施工业废水 PFAS 综合治理示范工程具有极强的必要性、紧迫性与可行性。

一是产业发展与环境治理失衡。阜新氟化工产业作为城市经济转型支柱产业，承担着资源优势转化、产业结构升级的核心功能，但园区新污染物治理存在明显短板，企业高浓含氟废水处理能力不足，现有污水处理厂无 PFAS 专项处理工艺，废水排放引发的多介质污染已制约产业绿色转型，实施示范工程是破解“发展与保护”矛盾、推动氟化工产业高端化、绿色化发展的关键举措。

二是新污染物治理政策刚性约束。国家《新污染物治理行动方案》明确要求开展重点行业新污染物治理试点工程，聚焦石化、化工等行业实施废水、污泥中新污染物治理示范技术应用，本项目纳入“十五五”首批新污染物治理重大工程，契合国家生态文明建设战略与新污染物治理阶段性目标，是落实政策要求、打造化工园区绿色转型示范的必然选择。

三是流域生态安全与民生保障迫切需求。细河流域作为园区周边核心生态廊道，沉积物 PFAS 累积污染、地下水与饮用水污染、农作物富集污染已形成系统性风险，威胁流域生态安全与周边居民饮水、膳食安全。实施 PFAS 综合治理工程，可从源头削减工业废水 PFAS 排放，阻断污染物跨介质迁移传导，保障饮用水安全与农产品质量，守护居民健康权益。

四是区域治理示范价值突出。阜新作为东北老工业基地资源转型城市，氟化工产业具有典型性，本项目构建“专项与综合协同治理”的 PFAS 管控体系，可形成化工园区工业废水 PFAS 治理的可复制、可推广模式，为全国同类化工园区新污染物治理提供示范样本，助力东北地区化工产业绿色高质量发展。

2.2.6 项目建设契机

PFAS 作为新污染物，目前已在个别省份的地方标准中被单独列出管控，如《四川省化工园区水污染物排放标准》（DB51 3202—2024，20250701 实施）地方标准明确将工业废水中全氟辛酸磺酸和全氟辛酸两类典型 PFAS 纳入管控单独列出并设定排放限值。辽宁省暂未出台 PFAS 强制排放标准，但国家《新污染物治理行动方案》明确要求 2025 年前完成重点管控新污染物（含 PFAS）环境风险评估与治理试点。2023 年 5 月《辽宁省新污染物治理工作方案》中要求“开展新污染物治理试点工作。围绕典型工业园区、饮用水源地、农产品产地、辽河流域、近岸海域等重点区域，聚焦石化、化工、印染、医药等重点行业，选取重点企业和工业园区开展新污染物治理试点工程。”

阜新市是氟化工产业集中区，拥有以氟化工产品为主导的完整产业链。若未提前布局 PFAS 处理设施，未来可能因标准升级面临被动整改风险，增加企业运营成本与区域环境压力。建设 PFAS 污水处理设施，既是应对本地氟化工污染风险、填补技术空白、落实国家政策的必要举措，也可实现 PFAS 稳定低成本矿化，构建循环氟经济，为全国新污染物治理提供示范。

2.2.7 示范工程建设思路与总体目标

本示范工程以“源头削减、过程控制、深度治理、协同管控”为核心原则，聚焦阜新氟产业开发区工业废水 PFAS 污染突出问题，针对园区企业废水“高色度、高总氮、高含盐、PFAS 组分复杂”的特征，构建“企业端预处理+园区集中深度处理+跨介质污染管控”的全链条治理体系，补齐 PFAS 治理设施短板，实现工业废水常规污染物与 PFAS 新污染物协同去除，从源头阻断污染物向地表水、地下水、土壤、农作物迁移传导。

工程建设重点包括：升级改造园区现有污水处理厂，增设高浓水预处理单元、有机氟（含 PFAS）专项处理单元，采用混凝沉淀、高级氧化、UV 高级还原、蒸发等组合工艺，实现废水中传统污染物与 PFAS 类物质高效去除。

工程总体目标为：全面提升阜新氟产业开发区工业废水处理水平，实现废水中 PFASs 稳定达标排放，大幅削减区域 PFAS 排放总量；有效阻断 PFAS 向水、土、农作物的迁移传导，降低细河流域沉积物累积污染风险，保障周边地下水、饮用水环境安全；形成化工园区工业废水 PFAS 综合治理技术体系与管理模式，

打造国家级新污染物治理示范工程，为阜新市氟化工产业绿色转型、资源型城市生态环境改善提供坚实支撑，助力“十五五”新污染物治理目标圆满完成。

工程建设的意义：本工程立足阜新氟化工产业发展实际与生态环境短板，统筹产业发展、生态保护与民生保障，既是落实国家新污染物治理战略的具体实践，也是推动阜新市经济转型、筑牢流域生态安全屏障、保障居民健康的重大民生工程，具有显著的环境效益、社会效益与示范效益。

3 项目需求分析与产出方案

3.1 需求分析

3.1.1 水量调研

3.1.1.1 高浓污水调研

开发区管委会分别提供了二次监管数据,分别为2023年和2024年统计数据,2023年统计数据如表3-1所示,2024年数据如表3-2所示。管委会并未提供2025年统计数据,2025年采用实际企业调研数据。

表 3-1 2023 年企业污染因子及高浓水水量统计表

序号	企业名称	特征因子 (单位: mg/L)					废水 年产生量 (吨)	废水 日产生量 (t/d)	处置 费用 (元/ 吨)
		CODcr	氨氮	总氮	总盐	总磷			
1	阜新龙瑞药业有限责任公司	150628	3211	7560	18175	165	8000	27	700
2	辽宁升联生物科技有限公司	41292.68	655.85	550	5048.78	无	1752	6	800
3	辽宁东大光明化工科技有限责任公司	100000+	200+	500+	250000+	0	3000	10	1400-1500元/吨
4	辽宁凯莱英医药化学有限公司	200000	1100	2400	8000	30	3648	12	预计3200元/吨
5	阜新达得利化工股份有限公司	40000~100000	200~1000	500~2000	100000~200000	/	4000~6000	15	1000~2000
6	阜新瑞宁化工有限公司	/	/	/	/	/	220	1	1000
7	阜新奥瑞凯精细化工有限公司	20000	40	25	50	30	5000	17	100
8	金凯(辽宁)生命科技股份有限公司	≤40000	5000ppm	5000ppm	8%—30%	0	3000左右	10	1900-2500
9	阜新金特莱氟化学有限责任公司	34000	760	880	23000	9	12000	40	380
10	阜新天力精细化工有限公司	≤80000	≤2000	≤2500	≤100000	≤30	≤26828	90	350

1 1	阜新睿光氟化学有限公司	30000	200	500	60000	50	1147 2	38	200
1 2	阜新宇泽化工有限公司	/	/	/	10000	/	530	2	100
1 3	辽宁康森化工科技有限公司	/	/	/	73200	/	44.8	0	预计 3000 元/吨
1 4	辽宁龙田化工科技有限公司	200000+	5000+	5000+	180000+	50+	9000 0+	30	500-800 元/吨
1 5	阜新孚隆宝医药科技有限公司	100000	1000	1000	200000	100 0	500	2	1500
1 6	阜新弘润精细化工有限责任公司	16033	965	660	5300	301	1317. 64	4	400
1 7	辽宁天予化工有限公司	80000	0	280	17.9	0	4000	13	1000
1 8	阜新泓吉光电材料有限公司	40000-60 000	4000- 9000	5000- 10000	100000 0-30000 00	50/ 80	1000- 1500	5	1000-2 000
1 9	辽宁氟托新能源材料有限公司	15000	100	120	100	80	1000 0	33	760
2 0	阜新峰成化工科技发展有限公司	32850	1100	2000	38900	130	120	0	1000
2 1	阜新清稷升科技有限公司	85000	500		70000		180	1	500
2 2	辽宁和发化工有限公司	149100	11640	15284	0	0	1050	4	500 元
2 3	阜新凯森盟化工科技有限公司	/	/	/	/	/	4230	14	1350
	合计						1883 92.4	374	

表 3-2 2024 年企业高浓水量统计表

序号	企业名称	产生水量 (m3/d)
1	奥瑞凯	15
2	达得利	15
3	东大	15
4	峰成	6
5	孚隆宝	6
6	汉道	暂时无
7	龙瑞	30
8	清稷升	20
9	睿光	6
10	升联	20

11	天子	12
12	金凯	暂时不确定
13	龙田	30
14	氟托	5
15	凯森盟	1.8
16	金特莱	暂时不确定
17	泓吉	4
18	都创	35
19	宇泽	20
20	金丰	3
21	凯莱英	/
22	达得利	/
23	瑞宁	/
24	天利	/
25	辽宁和发	/
	合计	243.8

由上述二表统计可知，2023 年统计水量数据约为 374m³/d，2024 年统计水量数据约为 243.8m³/d，这可能与企业的生产周期，或者是企业的节能减排有关。

经过 2025 年实地调研，结合园区企业生产情况，主要分析以下企业的高浓污水处理情况，为高浓污水处理方案的确定提供基础资料。

序号	企业名称	污染物浓度 (mg/L)					高浓水量 (t/d)
		COD	氨氮	总氮	氟离子	AOX-F	
1	辽宁天子化工有限公司	80274	未检出	273	315	60.52	12
2	阜新汉道化工有限责任公司	18253	1924	3189	151	38.31	30
3	阜新睿光氟化学有限公司	53171	635	938	4008	58.74	20
4	阜新清稷升科技有限公司	50790	未检出	1172	87	46.08	22
5	阜新奥瑞凯精	162688	1571	2344	13	10.2	15

	细化工有限公司						
6	阜新孚隆宝医药科技有限公司	171934	4328	39333	204	/	5
7	阜新龙瑞药业有限责任公司	124000	3335	10510	1293	/	30
8	金凯（辽宁）生命科技股份有限公司	/	/	/	/	/	40
9	阜新达得利化工股份有限公司	/	/	/	/	/	15
10	辽宁众辉生物科技有限公司	/	/	/	/	/	50
11	辽宁凯莱英医药化学有限公司	/	/	/	/	/	50

3.1.1.2 综合污水调研

经过统计园区碧波水厂近 12 个月排污日数据，日均排水量如下表所示。

表 3-3 碧波水厂平均排水量（2024 年 6 月-2025 年 6 月份）

序号	日期	最大水量（m ³ /d）	平均水量（m ³ /d）
1	2024 年 7 月	2616	1673
2	2024 年 8 月	2582	1814
3	2024 年 9 月	2249	1479
4	2024 年 10 月	2203	1405
5	2024 年 11 月	2246	1720
6	2024 年 12 月	2880	1903

7	2025年1月	2771	1866
8	2025年2月	2897	1739
9	2025年3月	2345	1630
10	2025年4月	2320	1624
11	2025年5月	2305	1594
12	2025年6月	2769	1469
	近12个月	2897	1660

由于各企业根据生产经营情况，并非连续生产，故排污也非连续，所以根据碧波污水处理厂进水总量监测数据显示，近12个月份日均总进水量为1660m³/d，最大值为2897m³/d。

3.1.2 现状运行情况

3.1.2.1 水厂现行主要出水指标

表 3-4 现行主要进水指标

序号	污染物名称	单位	限值
1	pH		6~9
2	COD _{cr}	mg/L	500
3	NH ₃ -N	mg/L	30
4	TN	mg/L	50
5	TP	mg/L	8
6	氟化物 (F ⁻)	mg/L	10

表 3-5 现行主要出水指标

序号	污染物名称	单位	限值
1	COD	mg/L	50
2	pH		6~9
3	氨氮	mg/L	5
4	氟化物 (F ⁻)	mg/L	6

5	TN	mg/L	15
6	TP	mg/L	0.5

3.1.2.2 运行水量

下表为 2024 年 7 月至 2025 年 6 月水量运行情况。

表 3-6 2024 年 7-2025 年 6 月水量运行数据

日期	最大值 (m ³ /d)	平均值 (m ³ /d)
2024 年 7 月	2616	1673
2024 年 8 月	2582	1814
2024 年 9 月	2249	1479
2024 年 10 月	2203	1405
2024 年 11 月	2246	1720
2024 年 12 月	2880	1903
2025 年 1 月	2771	1866
2025 年 2 月	2897	1739
2025 年 3 月	2345	1630
2025 年 4 月	2320	1624
2025 年 5 月	2305	1594
2025 年 6 月	2769	1469
近 12 个月	2897	1660

3.1.2.3 运行水质

下表为 2024 年 7 月至 2025 年 6 月进、出水水质运行情况。

表 3-7 运行水质一览表

指标	进水水质 (mg/L)			出水水质 (mg/L)		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
COD	448	51	137	39.44	14.28	27.75
氨氮	15.7	0.51	6.78	3.42	0.02	0.29
总氮	27.75	4.65	14.75	6.79	1.25	3.32
总磷	2.28	0.28	0.84	0.14	0.02	0.05
pH (6-9)	8.34	7.32		8.4	7.07	
氟化物	4.28	0.99	2.41	5.05	1.05	2.2

3.1.2.4 设施现状

(1) 粗格栅池

数量：1座，地下水泥式，栅后水池尺寸 $6\times 4\times 6\text{m}$ （池顶受不同程度腐蚀），原有格栅损坏严重，原有三套污水提升泵及其配套支架，两套已拆除，一套腐蚀严重。

(2) 细格栅池

数量：1座，地下水泥池，栅后水池尺寸 $20\times 9\times 6\text{m}$ ，原有格栅损坏严重，原有污泥提升泵损坏，电机已拆除，原有污水提升泵及其配套支架，腐蚀严重。加药装置已损坏，搅拌装置腐蚀严重。

(3) 污泥浓缩池

数量：1座，半地下水水泥池，无法实现污泥浓缩功能，污泥管道需修复。

(4) 初沉池

数量：一座四格，半地下水水泥池，目前池体渗水严重，排泥管路存在堵塞、泄漏情况，溢流堰腐蚀、损坏严重。



(5) 混凝沉淀单元

数量：1套，为应急处置装置，置于初沉池顶部，用于去除污水中的无机氟，非正常工艺设施，因处理能力与水处理水质现状不匹配，无法达到长期处理效果需求。



(6) 臭氧氧化池

数量：1座2系列。臭氧发生器可使用，臭氧破坏器已损坏，池底曝气器已损坏。原臭氧发生器采用空气源发生器，臭氧产生浓度低，臭氧氧化效率较低；臭氧氧化采用池体，效率低，氧化难降解有机物的能力较差。



(5) 水解池

数量：一座2组，其中1组池体渗水严重，原有池体采用8台脉冲布水，脉冲布水装置老化严重，无法实现脉冲布水功能。另一组已进行修复改造，增设8台搅拌装置，但无沉淀和污泥回流设施。两组水解池均存在污泥管道堵塞、损坏的问题。



(6) 生化池

数量：一座多格。分为两个系列，其中 1 个系列已改造为平流沉淀池、中间水池、碳粉反应池、混凝池、絮凝池、斜板沉淀池、出水池。另一系列正常使用。生化池目前内回流系统已经失去作用，池内无可用监测仪表。



(8) BAF 池

数量：1 座 6 格。原 BAF 池设计不合理，布水布气系统布气不均且损坏，滤料破损，目前已暂停使用。底部曝气风机老化严重，水泵老化严重。

(9) 滤布滤池

一座 2 组，池体满足 5000m³/d 的处理要求，但设备整体无法使用，需进行设备整体更换。

(10) 消毒

目前全厂无消毒设施，需增设一套消毒处理单元。

3.1.3 污染物性质分析

3.1.3.1 全氟和多氟烷基化物的持久性与风险性

全氟和多氟烷基化合物（Per- and Polyfluoroalkyl Substances, PFAS），这是一类人工合成的含氟有机化合物，其碳链上的氢原子全部或部分被氟原子取代。

如果化合物分子中所有氢都被氟取代，则称为全氟和多氟烷基有机化合物。由于其碳氟键键能超级稳定（键能高达 485 kJ/mol）并难以降解（环境中存在几百至上千年），会在环境和人体中累积，因而获称“永久性化合物（POPs）”。PFAS 难以降解，可通过水循环扩散至全球（极地冰层中已检出）。在食物链中逐级累积，影响鱼类、鸟类等生物。工业排放和消防训练导致地下水及地表水污染（如美国密歇根州、中国长江流域部分地区）。动物实验表明 PFAS 暴露与肝损伤、甲状腺疾病、免疫抑制相关。国际癌症研究机构（IARC）将 PFOA 列为 2B 类（可能致癌物）。可能降低新生儿体重，干扰内分泌系统。

全氟和多氟化合物凭借碳氟键的极端稳定性和超低表面能特性（约 10-15 mN/m），在高温、腐蚀等极限工况下（如 400℃强酸环境）成为不可替代材料，尤其在精密制造（半导体蚀刻/锂电池隔膜）和特种防护（航空密封/消防泡沫）领域；其工业依赖性源于性能参数与现有技术体系深度耦合，而碳氟键的强解离能（>400 kJ/mol）导致环境持久性，形成“性能优越性”与“生态毒性”的技术悖论，当前替代品开发仍受限于分子设计瓶颈（如热稳定性与降解性难以兼容）。所以在一定时期内，全氟化合物仍然将长期生产并存在。中国是全球最大的氟化工产品生产国和消费国，占全球总产能的 55%-60%（2022 年数据）。氟化工产业链完整，涵盖萤石开采、氢氟酸（HF）、制冷剂（如 HFCs）、含氟聚合物（如 PTFE）、含氟精细化学品（如医药中间体）等。

复杂的工业园区水系统全氟和多氟化合物检测与风险管控问题与需求

有毒有害化学物质的生产和使用是新污染物的主要来源。与常规污染防治不同，新污染物治理的复杂性在于有毒有害化学物质种类繁多，来源广泛，环境风险隐蔽。我国是化学物质生产和消费大国，化学物质种类多，数量大。防范数量众多化学物质的环境风险，必须通过逐级筛查将管控重点逐步聚焦在那些已经造成或可能造成高环境风险或严重污染的有毒有害化学物质上，以实现精准施策。识别以新污染物为代表的有毒有害化学物质是关键基础。当前新污染物及其转化产物的识别主要以基于高分辨质谱的疑似目标和非目标分析高通量筛查方法为主。然而受限于高昂的仪器分析测试成本与专业人才的缺乏，当前这些方法仍很少用于工业园区新污染物的识别。这表明，工业园区绝大部分新污染物及其风险仍未得到清晰系统地认识，严重制约了工业园区污水处理工艺的升级改造。另外，

欧美等国家的研究者发展了基于非靶向分析和效应导向分析的工作流程,形成了多个具有代表性的商业/开源软件工具和数据库。例如 Compound Discoverer、MassHunter、mzMine、Sirius 等软件; Pubchem、MassBank、NORMAN 和 ToxCast 清单等化合物库和质谱库,以及预测代谢产物的 EAWAG-BBD、EnviPath 和 KEGG 等数据库。但这些数据库仍然不能满足目前我国工业园区废水中全氟化合物等新污染物筛查识别的需求。此外,我国新污染物筛查所需的毒性数据严重缺失,化学物质危害测试与评估技术发展缓慢。欧美等发达国家在化学物质风险筛查、评估与管理方面起步较早,通过不断的探索和实践,一些发达国家和国际组织构建起以全生命周期管理、优化分级理念为核心的新污染物风险防范与治理体系,积累了一系列成功经验,形成了较为成熟的研究技术体系,在少量已有的毒性数据和风险评估模型和软件占据明显优势。因此,我国亟须结合工业园区的实际情况,针对性发展开发具有自主知识产权且适合我国工业园区及废水新污染物筛查识别的数据平台,并逐步建立和完善相关化合物的毒性数据库。

溯源对于化工园区污水处理厂的正常运行至关重要。当前针对新污染物的溯源技术主要包括光谱技术、尺寸排阻色谱和高分辨质谱技术。光谱技术因操作简单且检测过程快速灵敏无污染,近年来被广泛用于工业废水中新污染物的溯源。随着三维荧光技术的不断更新与发展及其在水污染溯源中的应用,以其为基础的指纹谱库正在逐步建立并完善,结合大数据和人工智能技术对指纹图谱特征进行识别、提取、匹配和分类,可实现水环境新污染物的定量来源解析。然而以经验驱动的光谱指数或者指纹图谱溯源方法通常无法反映其对应组分的精细结构和基团,限制了工业园区废水中新污染物的结构解析和溯源精度。此外,部分化学物质不具备荧光性质,也进一步限制了新污染物的精准溯源。高分辨率质谱能够提供极高的质量分辨率,能够分辨质量差异极小的分子,甚至能区分同位素的微小差异,因此可以同时检测多种化合物,适用于复杂样品中的多成分分析和污染源溯源分析。然而高分辨质谱技术需要高昂的设备投入,并且操作复杂,设备维护和运行成本较高。此外还面临着数据处理复杂、样品前处理要求高、对某些低分子化合物分辨率有限等局限性。因此融合光谱和质谱等多维谱学技术表征工业废水中具有特性或共性的化学特征,从而获取关于特定来源的结构性指纹,有望突破宏观溯源与分子验证的技术割裂,并提高工业废水来源解析的精度与可解释

性，并据此发展在线监测，偷漏排预警与污染溯源技术。

在复杂的氟化工生产环境中，以氟化物为代表的新污染物种类繁多且结构复杂多变，精准识别是有效治理的前提。通过光谱、高分辨率质谱（HRMS）和核磁共振（NMR）等设备采集污染物分子特征数据，这些尖端仪器能够精确捕捉分子的精细结构信息，包括分子量、元素组成、官能团特征以及分子空间构型等关键细节，为后续的污染物识别与分类提供高精度的原始数据。在此基础上，构建包含 5000+种氟系化合物的光谱数据库，这一庞大的数据库犹如一个“污染物百科全书”，涵盖了园区内常见的以及潜在可能出现的各类氟系污染物的光谱特征数据，为快速准确识别未知污染物搭建了坚实的知识框架。

利用深度度量学习（DeepMetricLearning）训练孪生神经网络，该技术通过学习数据在高维空间中的相似性度量，能够精准捕捉不同污染物分子特征之间的细微差异。在实际应用中，将采集到的未知污染物光谱数据输入孪生神经网络，网络会在数据库中快速搜索与之相似度最高的样本，实现对未知污染物的高效识别。在浙江某医药园区的应用实践中，这一方法成功识别出 3 种新型全氟化合物（PFCs），检测灵敏度达到 ppt 级，有力证明了其在复杂有机污染物识别领域的卓越性能，为园区应对新型污染物挑战、完善污染监测体系提供了有力技术支撑。

高浓氟化工废水全氟和多氟化合物去除困境与需求

化学合成类制药、农药、染料、功能高分子材料、信息用化学品及其他精细化工行业生产的相关产品直接服务于国民经济的诸多行业和高新技术产业，是新材料产业的重要组成部分，也是衡量一个国家或地区化学工业发达程度和化工科技水平高低的重要标志。然而在化工生产过程中的卤化、重氮化、磺化、酸化、合成、水洗、中和、结晶、缩合、硝化、盐析、蒸馏、钙化等工段会产生高盐有机废水。我国每年产生的高盐有机废水在十亿吨以上。高盐有机废水的高效、绿色、低碳的处理处置与资源化面临巨大的挑战，也成为相关可持续行业发展的限制性问题。

高盐有机废水中的无机盐离子及有机物种类构成较为复杂，有作为生产的原料无机盐、有机物，有反应过程中的中间产物，也有各类副反应产生的副产物、酸碱调节产生的无机盐等。高盐有机废水中的无机盐离子有 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} 、 CO_3^{2-} 、 F^- 、 Br^- 等，但含量较多的无机盐为氯化钠与硫酸钠。

高盐废水中含难生物降解的有机物如卤代有机物、硝基有机物等，以及易生物降解的有机物如共存醇类、酯类、挥发酸类、酮类等物质。

氟代有机物因具有疏水性、强的化学稳定性、良好的抗微生物活性等特性，作为原料、中间体及产品广泛应用于医药、农药等行业，同步产生了大量高盐卤代有机废水。在氟代有机物生产过程中产生的高盐有机废水中常含有少量卤代有机物，特别是氟/氯代有机物。常见的卤代有机物可分为碘代、溴代、氯代、氟代有机物，其稳定性依次上升。废水中的卤代有机物，特别是氟代有机物，因含量低回收利用价值低，但结构极为稳定(如一氟苯(F-C₆H₅)中碳氟键键能高达 $532.2 \pm 2.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)，存在较高的毒性与环境风险，对生化系统具有较强的生物毒性或抑制性，是高盐有机废水处理处置资源化的难点与重点。卤代有机物的毒性的主要来源是其卤代官能团，在高盐状态下，卤代有机物的高效低碳的定向脱卤解毒与矿化是高盐卤代有机废水处理的核心环节。

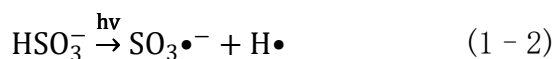
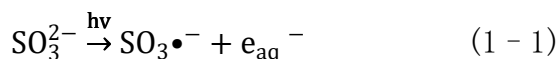
目前高盐有机废水常规预处理以蒸发、湿式氧化等技术为主。蒸发技术稳定、有效、适用面广，但存在投资、运行成本过高、能源消耗量大，碳排放高，且存在杂盐危废问题。我国工业碳排放占全国碳排放的70%以上，而蒸发又是工业碳排放的重要过程，在“碳达峰、碳中和”战略之下，以蒸发为主的高盐有机废水处理模式难以持续。同时，蒸发过程中毒害性卤代有机物等的存在导致蒸出盐需按照危废处置，成本高，填埋过程占用大量土地，环境风险大，难以持续。湿式氧化或催化湿式氧化过程处理高盐废水运行成本较低，但存在投资成本高，设备腐蚀，去除率不足，均相催化剂回收困难，非均相催化剂成本高、易失活等限制问题。

高级氧化过程是难降解废水处理的重要技术，但应用于含卤代有机物的高盐有机废水处理存在一些不足。高级氧化主要有芬顿、臭氧催化氧化、紫外/臭氧、紫外/过硫酸盐、过硫酸盐氧化等。高级氧化过程快速高效，适用面广，应用普遍。但在高盐有机废水，特别是在高氯离子废水上使用时，高级氧化产生的羟基自由基($\cdot\text{OH}$)等易受到高盐废水中氯离子干扰等问题。高氯离子有机废水是高盐有机废水中常见的废水。高盐高氯废水在芬顿氧化过程中，大部分 $\cdot\text{OH}$ 与氯离子反应转化为 $\cdot\text{Cl}$ 和 $\cdot\text{Cl}^2$ 。 $\cdot\text{Cl}(E^\circ(\cdot\text{Cl}/\text{Cl}^-)=+2.41 \text{ V})$ 、 $\cdot\text{Cl}^2(E^\circ(\cdot\text{Cl}^2/\text{Cl}^-)=+2.09 \text{ V})$ 的氧化能力相对于 $\cdot\text{OH}(E^\circ(\cdot\text{OH}/\text{H}_2\text{O})=+2.73 \text{ V})$ 显著降低，难于断裂碳氯键、碳

氟键。此外，由于氯自由基的存在，高盐高氯废水高级氧化过程中存在新的卤代有机物生成风险及问题。

高盐卤代有机废水采用高级氧化进行预处理脱毒过程中，产生的自由基易被非目标易降解有机物（如醇类、酯类、挥发酸类、酮类等物质）消耗，效果变差。同时，卤代有机物稳定性强，羟基自由基更易与非卤代结构反应，即使卤代有机物可以在高级氧化过程中去除，碳卤键的断裂率却不佳。残余中间产物仍然是毒性或生物抑制性有机物，对后续生化矿化过程造成较大抑制。同时，臭氧催化氧化等高级氧化过程一般在中性或偏碱性条件下进行。pH 上升， $\cdot\text{OH}$ 的氧化能力降低（由+2.7V 降低到+2.3V），对卤代有机物的去除效能下降。

高级还原对氟代有机物的高效去除。高级还原是指采用 254nm 紫外光（或其他波段紫外光等）、电子束等激发可给出电子的化学物质（如亚硫酸盐、连二亚硫酸盐、碘离子等还原剂以及水、苯酚等）或通过电化学过程，产生水合电子 (e_{aq}^- ，标准还原电位 $E^\circ=-2.9\text{ V}$) 和原子态氢 ($\text{H}\cdot$ ， $E^\circ=-2.3\text{ V}$)，并与目标物质进行反应的化学反应过程，以强还原性的 e_{aq}^- 和 $\text{H}\cdot$ 为主要特点。其中 UV/ SO_3^{2-} 体系是最为典型的体系，其主要反应过程如下：



2012 年，马军团首次发表了关于 UV 活化亚硫酸根高效还原一氯乙酸研究。不久，Vellanki 等通过应用几种活化方法和还原剂的组合在三个 pH 水平来降解四种目标污染物，进行批筛选实验，以鉴定有效的 ARPs。结果显示紫外线结合亚硫酸盐的组合是最高效的 ARPs。ARPs 一经提出便引起广泛关注。经过短短几年时间，在氯代有机物、氟代烷烃、高氯酸盐等方面，均取得了一定的进展。王爱杰团队发现高级还原过程显著强化了吡啶与卤代吡啶、氟苯尼考物质等的解毒过程，避免了生化系统抑制与抗生素抗性基因产生。同时高级还原产生的水合电子等自由基与无机盐离子反应速率远低于高级氧化产生的羟基自由基，这有利于高级还原技术应用于高盐废水处理。在氯离子、共存葡萄糖等有机物干扰下，高级还原体系仍然保持了良好的高效性，而高级氧化过程降解效率则出现了大幅度降低。精细化工废水悬浮物少，色度低，透光率高，为高级还原技术的应用提供了有利条件。

本次改造需解决的核心问题有：

化工园区特征污染物识别与风险评估：围绕化工园区水系统的关键节点，基于前述构建的表征体系对园区废水进行高覆盖度表征和组成结构解析，解析典型园区的特征污染物及其赋存；结合新污染物暴露潜力、危害特征及环境迁移等参数，利用多层次分析、熵权法、指标权重矩阵赋值、逼近理想解排序方法等，建立新污染物削减效能和多维参数综合评估方法，并结合环境健康风险评估，构建园区高风险新污染物清单。

化工园区新污染物跨谱学特征及溯源模型构建：针对新污染物光谱与质谱和结构之间的映射关系缺乏系统认识现状，拟基于多维谱学数据充分挖掘新污染物多维谱学特征，利用传统机器学习和深度学习算法，构建新污染物跨谱学特征与结构关联解析模型，深入揭示“光谱-质谱-结构”之间的映射规律。拟以可反映结构特征的新污染物光谱与质谱指纹为特征数据，结合传统机器学习和深度学习算法构建定量化来源解析模型，并提取可用于定量源解析的光谱指纹，实现工业废水环境中新污染物来源的精准定量化解析。

高盐高浓度废水全氟化合物深度去除技术的应用与推广：针对高盐高浓度有机废水少量全氟等毒性有机物赋存导致的后续生化能源化受阻，处理处置困难等问题。立足于氟代有机物处理过程中脱卤解毒的核心环节，强化氟代芳烃在真空紫外强化的高级还原体系中的脱卤，通过工程应用进一步验证工艺技术的最佳适用水质与最佳适用盐度范围，开发相应的高级还原脱氟与生化系统耦合技术系统。基于上述研究，构建适用于氟代精细化工行业高盐氟代有机废水高效定向脱毒与矿化的技术系统与工艺解决方案，为高盐氟代有机废水处理探索一条经济、高效、低碳的新途径。进一步拓展高级还原与生化技术的应用范围，为氟代有机物水处理相关物化-生化交叉研究提供新的思路。

工业生产全过程氟代有机物风险智慧化管控：在复杂的氟化工生产环境中，污染物种类繁多且结构复杂多变，精准识别是有效治理的前提。通过光谱、高分辨率质谱和核磁共振设备采集污染物分子特征数据，构建涵盖园区内常见的以及潜在可能出现的各类氟系污染物的光谱特征数据库。在此基础上，利用深度度量学习（DeepMetricLearning）训练孪生神经网络。将采集到的未知污染物光谱数据、质谱数据等输入孪生神经网络，在数据库中快速搜索与之相似度最高的

样本，实现对未知污染物的高效识别。实现 ng/L 级别氟代有机物的有效管控，为园区应对新型污染物挑战、完善污染监测体系提供了有力技术支撑。

3.1.3.2 特征污染因子

根据阜新氟化工产业基地规划，基地重点发展高品质含氟精细化学品，含氟医药、含氟农药，高性能氟化盐，含氟聚合物，含氟涂料及氟碳化学品，相关产品基本为全氟或多氟化合物(PFAS)，为典型的、最受关注的持久性有机物(POPs)，环境风险巨大，也是本项目最应该关注与控制的有机物，目前园区废水中全氟或多氟化合物（以可吸附性总有机氟（AOX-F）计）可达上百 mg/L 是常规市政污水浓度的百万倍以上，风险巨大。然而，由于全氟或多氟化合物（PFAS）非常复杂，其综合的检测分析欠缺相应的国家标准，从现实角度出发，采用可吸附性总有机卤（AOX）中的可吸附性总有机氟（AOX-F）较为可操作，因此本次可研采用可吸附性总有机氟（AOX-F）作为全氟化合物的特征因子，同时每月进行全氟化物与综合毒性的全分析。此外，开发区还重视发展氟化工产业链上下游相关的非氟精细化学品。查阅现有企业环评资料，企业排放废水中主要特征污染因子有氟化物、甲苯、丙酮、氰化物、苯胺类、石油类、氯化物、硫化物、溴化物、苯胺类等，见下表所示。

表 3-8 主要特征污染因子

序号	特征污染因子
1	无机氟化物
2	可吸附性总有机氟（AOX-F）
3	甲苯
4	丙酮
5	氰化物
6	苯胺类
7	石油类
8	氯化物
9	硫化物
10	溴化物
11	苯胺类
12	总铜
13	全氟辛基磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟（PFOS 类）
14	全氟辛酸及其盐类和相关化合物（PFOA 类）

3.1.3.3 总结分析

(1) 常规生产污水水质特点

参考福建省地方标准《氟化工行业废水和废气污染治理工程技术规范》(DB35/T1626-2016)，氟化工包括无机氟化工和有机氟化工两大类，无机氟化物主要有氟化氢、氟化铝、冰晶石、氟化铵、氟化氢铵、氟化石墨、六氟化硫、三氟化氮、六氟磷酸锂、氟硅酸钠、氟硅酸钾、氟钛酸钾、氟硼酸钾、氟硼酸钠等；有机氟化物包括氟聚合物、含氟精细化学品、ODS 替代品、含氟农药等。

根据上述各产业产品分类，园区未来产品仅有高性能氟化盐产业为无机氟化物，其余产业产品均为有机氟化物。参考《氟化工行业废水和废气污染治理工程技术规范》(DB35/T1626-2016)，典型氟化工生产企业废水水质如下表所示。

表 3-9 典型氟化工生产企业废水水质

废水种类	pH 值	COD (mg/L)	悬浮物 (mg/L)	无机氟化 物(mg/L)	氨氮 (mg/L)	可吸附性总 有机氟 (AOX-F) (mg/L)
无机氟化物生产废水	1-6	70-120	100-200	200-5000	-	-
基础氟盐生产废水	2.5-5.5	120-300	10-200	500-800	20-2000	-
有机氟化物生产废水	3-4	200-3000	10-100	10-50	5-100	~10

无机氟化物生产废水 COD 约为 70-300mg/L，有机氟化物生产废水 COD 约为 200-3000mg/L，企业排放到园区污水厂的废水 COD 均不可能达到外排标准，而且企业排放的生产污水成分复杂，存在高分子、杂环类难降解有机污染物，经各企业预处理后，易降解、好生化处理的有机物已在预处理过程中得到去除，进

入污水处理厂的污水可生化性会更差、更难处理。其中有机氟化物是典型的持久性有机物，风险巨大，对阜新氟产业开发区园区污水处理厂进出水进行分析，进出水的有机氟化物分别为 7.26mg/L、4.59mg/L，园区水厂亟需升级改造，应对新污染物处理困境。

（2）高浓污水水质特点

精细化工是集中产生有毒污染物的行业，高浓污水治理难度大，需要很大的环保投资和很高的运行费用，运营团队也需要具备一定的专业能力。目前国内精细化工企业能做到自主达标的很少，这是当今精细化工行业及园区面临的最大问题，也是各园区环境污染案件的主要源头，化工园区最大的环保风险即来自精细化工企业。

精细化工水污染具有有毒有机污染物（以三致类化合物为主）含量高、盐含量高、色度高等特点，废水中大部分有机物是不可生物降解物或有生物毒性，其中有机氟化物可达上百毫克每升是常规市政污水浓度的千万倍以上，针对阜新氟产业开发区内三家典型有机氟化物生产企业的生产废水进行检测，三家企业的高浓水中有机氟化物浓度分别为 46.08mg/L、60.52mg/L、58.74mg/L。

阜新氟产业开发区入驻企业依据现有含氟精细化学品产业优势和农药、医药中间体合成技术优势，在高端含氟精细化学品领域取得重大产业化突破，大力发展氟烷烃和含氟聚合物等主流氟化工产品，产品种类多，生产废水中有机物成份结构复杂，处理难度极大。

3.1.4 建设内容和规模

3.1.4.1 高浓污水预处理单元设计规模

通过管委会提供的 2023 年、2024 年高浓污水存量数据、2025 年部分企业调研数据分析分析，氟产业开发区高浓水产生量幅变化较大，产生量在 243-374t/d 之间，取三年度数据中的较高值并考虑波动性，故高浓污水预处理设计规模确定为 400t/d，操作弹性为 50%—120%。

3.1.4.2 综合污水处理单元设计规模

由于各企业根据生产经营情况，并非连续生产，故排污也非连续，所以根据碧波污水处理厂进水总量监测数据显示，近 1 年的日均总进水量为 1660t/d，最大值为 2897t/d。本次对原有污水处理厂进行优化改造，污水处理厂的规模按照

水厂调研最大的水量 2897t/d 进行确定，考虑容纳 359.5-374t/d 高浓污水以及一定的富余量，同时考虑原碧波水厂处理能力，本项目综合水单元规模取 5000t/d，以满足园区现有企业污水排放处理要求。同时，预留 5000t/d 的综合水处理单元用地。

3.1.5 需求总结

目前，阜新氟产业开发区在新污染物治理方面存在明显短板，突出表现为缺乏针对全氟与多氟烷基物质（PFAS）的集中处理设施。园区内企业产生的高浓废水具有污染物浓度高、组分复杂、处理难度大的显著特点。典型企业高浓水 COD 浓度普遍在 50000mg/L 以上，部分企业甚至高达 162688mg/L；可吸附有机氟化物（AOX-F）浓度可达 46.08~60.52mg/L，远超常规市政污水浓度。受限于企业自身预处理设施简陋、处理工艺仅针对常规污染物、缺乏 PFAS 专项处理单元等现实困难，企业端高浓水处理费用居高不下，部分企业吨水处理成本高达 1000~3200 元，且处理效果难以满足后续接管要求。

与此同时，作为园区规划的综合废水处理设施，碧波水厂现有设施损坏、缺失严重，难以承担新污染物协同治理任务。现状调研显示，碧波水厂粗格栅、细格栅损坏严重，部分提升泵已拆除或腐蚀；初沉池渗水严重，排泥管路堵塞、泄漏；水解池一组渗水，脉冲布水装置老化失效，污泥管道损坏；生化池内回流系统失效，无可监测仪表；BAF 池布水布气系统损坏、滤料破损，已暂停使用；滤布滤池设备整体无法使用；全厂无消毒设施。更为关键的是，碧波水厂现有工艺设计仅针对常规化工废水，未配置 PFAS 深度处理单元，难以满足含氟废水与新污染物协同治理的要求。

综上所述，园区企业端高浓水 PFAS 处理能力不足与集中端碧波水厂设施损坏、工艺缺失的问题相互叠加，已成为制约园区环境安全与绿色发展的核心瓶颈，亟需通过本示范工程建设加以系统解决。

根据阜新氟产业开发区水质水量现状及碧波水厂运行数据，综合确定本项目建设需求如下：园区现有高浓水产生量介于 243~374 吨/天之间，考虑波动性及发展预留，需新建 400 吨/天的高浓水预处理单元；碧波污水处理厂近 12 个月日均进水量约 1660 吨/天，最大达 2897 吨/天，为满足园区现有及远期排水需求，改造后综合水处理单元规模确定为 5000 吨/天。本项目的进水指标见 3.2 产

出方案，其中 PFAS 新污染相关数据待检测后进行补充说明。

3.2 产出方案

3.2.1 高浓污水预处理单元设计水质

3.2.1.1 主要纳管指标

高浓度高盐废水氟代新污染物净化系统主要接收园区内相关企业产生的高浓污水，高浓污水接收指标根据调研的高浓水污染物浓度数据及装置处理工艺水平确定，具体如下表所示。

表 3-10 高浓污水主要接收指标

序号	污染物	接收标准 (mg/L)
1	COD	50000 ⁽¹⁾
2	总氮	—
3	NH ₃ -N	2000
4	pH	5-9
5	石油类	200
6	总磷 (以 P 计)	400 ⁽²⁾
7	挥发酚 (总酚)	5000
8	硫化物	50
9	总氰化物	50
10	甲醛	1000
11	苯胺类	500
12	氟化物 (氟离子)	800
13	硝基苯类	100
14	动植物油	200
15	可吸附有机氟化物 (AOX-F)	100
16	TDS	100000
17	全氟辛基磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟 (PFOS 类)	
18	全氟辛酸及其盐类和相关化合物 (PFOA 类)	

注：(1) COD 高于 50000mg/L 时，污水排放单位与工业园区 (开发区) 污水处理厂根据其污水处理能力商定，并签订协议进行处理。(2) 磷酸盐 (以 P 计) 为无机磷酸盐；(3) 其余进水水质需满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 表 1 中第一类污染物最高允许排放浓度。；

3.2.1.2 主要排放指标

高浓度高盐废水氟代新污染物净化系统作为高浓水的预处理单元,处理出水进入后续处理单元,故其排放指标如下。

表 3-11 高浓污水主要出水指标

序号	污染物	出水指标 (mg/L)
1	COD _{Cr}	2500
2	BOD ₅	750
3	总氮	120
4	NH ₃ -N	100
5	pH	5-9
6	总磷 (以 P 计)	1
7	氟化物 (氟离子)	5
8	可吸附有机氟化物 (AOX-F)	10
9	TDS	1000
10	全氟辛基磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟 (PFOS 类)	
11	全氟辛酸及其盐类和相关化合物 (PFOA 类)	

3.2.2 原碧波污水厂改造后设计水质

3.2.2.1 主要纳管指标

综合污水处理单元主要接收园区内企业产生的低浓污水,根据《辽宁省污水综合排放标准》(DB21),排入工业园区(开发区)污水处理厂收集管网系统的污水,其排放控制要求由污水排放单位与工业园区(开发区)污水处理厂根据其污水处理能力商定,并签订协议,报依法具有审批权的环境保护主管部门批准。

表 3-12 工业污水厂纳管指标

序号	项目	主要指标浓度 (mg/L)
基本控制项目		
1	pH	6-9
2	BOD ₅	≤ 250
3	COD _{Cr}	≤ 500
4	SS	≤ 300
5	氨氮	≤ 30
6	总磷	≤ 8
7	总氮	≤ 50

8	石油类	≤20
9	氯化物	≤400
10	氟化物	≤10
特征污染物控制项目		
1	可吸附有机氟化物 (AOX-F)	≤10
2	全氟辛基磺酸及其盐类和 全氟辛基磺酰氟 (PFOS 类)	
3	全氟辛酸及其盐类和相 关化合物 (PFOA 类)	
注：其他污染指标需要管理单位与园区企业协议确定，建议按污水处理厂排放标准纳管；如有个别指标企业做不到可与园区污水处理厂另外签订协议。		

3.2.2.2 主要排放指标

污水处理厂主要出水水质指标应达到污水厂排污许可证排放污染物限值，根据特征污染物排放指标确定污水处理厂处理能力，出水指标见下表所示。

表 3-13 出水水质标准

序号	项目	浓度 (mg/L)	备注
1	pH	6~9	
2	BOD5	10	
3	CODcr	50	
4	SS	10	
5	氨氮	5	
6	总磷	0.5	
7	总氮	15	
8	粪大肠菌群	10 ³ (个/L)	
9	石油类	≤1	
10	氯化物	≤400	
11	氟化物	≤6	
特征污染物			
1	可吸附有机氟化物 (AOX-F)	≤0.2	
2	全氟辛基磺酸及其 盐类和全氟辛基磺 酰氟 (PFOS 类)		
3	全氟辛酸及其盐类 和相关化合物 (PFOA 类)		

4 项目选址与要素保障

4.1 项目选址

4.1.1 污水处理厂厂址选择的原则

项目选址关系到污水的收集、处理、排放、综合利用及对环境的保护，在遵循国家、省、市有关饮用水源地和地下水保护的法律法规的基础上，既要服从园区总体规划和远期发展规划，又要兼顾考虑建厂条件、地理和气候条件、城市布局、建设投资、社会影响、生态环境影响等各方面因素，做到合理布局；同时还应考虑到配套管线的近、远期结合，以便于实施。具体应满足以下原则要求：

- 1) 位于城市供水水源的下游。
- 2) 位于城市主导风向的下风侧。
- 3) 位于排水方向的下游，便于规划区域内的污水收集，尽量缩短污水管线的埋深和长度。
- 4) 能充分利用现有污水干管，新建污水管线尽可能的短且布置合理，减少管道投资。
- 5) 尽可能减少中途提升泵站，充分利用地理地形条件。
- 6) 处理后的水有较好的排放出路。
- 7) 规划用地有充裕的建设发展空间，不占或少占良田，充足的用地便于远期发展。
- 8) 水、电、蒸汽等外部配套条件较好，高架线或电缆容量能满足项目用电需要。
- 9) 交通方便，便于操作管理。
- 10) 工程地质良好，地势平坦。
- 11) 符合防洪规划和水土保持要求。
- 12) 厂址应规划在与居住区域或公共建筑群保持一定的距离，以满足环境卫生的要求。

4.1.2 厂址选择

本项目在原碧波污水处理厂南侧增建高浓水处理单元，用于处理化工园区产生的全氟与多氟烷基物质废水，项目新增用地红线面积 48244m²。根据《辽宁阜新氟产业开发区总体规划》中“预测开发区平均日污水量为 1.53 万立方米/日。

园区内现状碧波污水处理厂污水处理能力为 5000 立方米/日,不能满足开发区的未来发展需求,规划新建园区工业污水处理厂。规划新建工业污水处理厂近期设计处理规模为 5000 吨/日,远期设计处理规模为 1 万吨/日。现状碧波污水处理厂目前实际运行处理规模约 1400 吨/日,当负荷达到 80% (进水量达到 4000 吨/日) 时,即启动工业污水处理厂建设。”本项目在原碧波污水处理厂南侧增建高浓水处理单元,用于处理化工园区产生的全氟与多氟烷基物质废水,项目新增用地红线面积 48244m²,本项目新增用地属于三类工业用地,符合用地规划,同时为新建工业污水厂预留用地。

4.1.3 公用工程条件

(1) 电力

项目厂区周围设置有 10kV 开闭站,该项目进线电源采用电缆进线方式。

(2) 给排水

本项目生产生活用水依托园区市政生活给水管线,供水管网水压为 0.3MPa。

a) 生产生活给水系统

从市政引入厂区一根 DN100 的生活供水管线,主要供给厂区内人员生活用水、操作人员洗眼淋浴器用水、消防系统补水、循环水系统补水及地面冲洗用水。已有供水规格:水压大于 0.3MPa,浊度小于 10mg/l, pH: 6.5-7.5,供水能力: 40m³/h。生活给水系统管道埋地敷设。

b) 循环水系统

本项目循环水由厂区内新建循环水站提供,循环水站设置在泵房内,循环水冷却塔设置在泵房外循环水池上。

供水压力: >0.45MPa 污垢系数: $3.44 \times 10^{-4} \text{m}^2 \text{K/W}$, 浓缩倍数: 4; 上水温度 32°C, 回水温度 40°C。

c) 消防水系统

本项目厂区新建一套临时高压消防水系统,主要由水源、消防泵组、消火栓及相应的系统管网、阀门等组成。泵房内设有消防水泵两台(一用一备),同时还设有稳压泵两台(一用一备),正常时消防管网靠稳压泵和气压水罐维持系统压力,消防水泵与消防管网的压力连锁,当火灾发生时,管网压力下降,消防水泵可依靠压力开关控制自动启动。在综合楼顶层设置消防水箱一座,水箱有效容

积为 18m³。

(3) 供热

本项目蒸汽热源依托园区内已建的蒸汽管网供应。

(4) 供气

a) 仪表风

本项目仪表风供应由新建空压制氮站提供。

b) 压缩空气

本项目仪表风供应由新建空压站制氮提供。

4.2 项目建设条件

4.2.1 地理位置

阜新市位于辽宁省西部，地处东经 121°1'-122°56'，北纬 41°41'-42°56'，阜新市全市总面积 10355 平方公里，现有人口约 189.8 万人。阜新市北靠内蒙古自治区，东与沈阳市接壤，西南部，分别同朝阳市、锦州市毗邻，作为工业城市，是辽宁省畜牧、油料基地和重点产粮地区，中国重要的能源基地之一，素有“煤电之城”之称。

4.2.2 地形地貌

阜新市是内蒙古高原和辽河平原的中间过渡带，属辽宁西部的低山丘陵区。全区是长矩形，斜卧方向是东北—西南向。全境东西长 170 公里，南北宽 84 公里，地势西北高，东南低，西南高，东北低。海拔最高点为西北部的乌兰木头山 831.4 米，海拔最低点为东南部的十家子乡南甸子村 48.5 米。地势由西南向东北延伸，西南部的医巫间山从其构造体系看延伸较远，尾部形成剥蚀平原，在绕阳河西岸匿迹。

4.2.3 水文、气象、地震条件

主要河流为细河。该河发源于阜新蒙古族自治县骆驼山，末端在义县境内汇入大凌河，在阜新境内全长 113 千米，主流长 94.3 千米，控制面积 2290 平方千米。境内细河水系的干支流分布在全市 19 个乡镇、210 个村。在市区内主要支流有高林台河、九营子河、四官营子河、西灰同河、小胡家河、伊吗图河、汤头河、花儿楼河和清河，年均径流量 1.72 亿立方米。本项目地表水系见图 2.1-1，本项目区域内无集中生活饮用水水源地。

阜新市属北温带亚温带亚湿润半干旱大陆性季风气候，阜新市以平均气温高于 20℃为夏季，低于 3℃为冬季(国家标准：高于 22℃为夏季，低于 10℃为冬季)，介于二者之间的气温分别为春、秋季。年平均气温 8.7°，多年平均总降水量 457.1 毫米，年蒸发量 1941.8 毫米，无霜期 180 天。四季分明，雨热同季，光照充足，风多雨少。一年当中风向主要是西风和西北风，冬季冻层最大深度在 1.40 米左右。地质方面，地形起伏较小，群山绵延地貌，地形类型属于剥蚀残积构造，区域地质为中生白垩系沉积岩，工程地质比较简单。根据国家地震烈度区划图标定，阜新市地区地震烈度为 VI 度区，地震动峰值加速度 0.05g。

该地区属于第四纪冲积平原区含水层主要有两层：

1) 第四系潜水含水层

以接收大气降雨入渗补给为主，同时还接受邻区侧向补给，在河流附近洪水季节有河水渗透补给，地下水动态变化与大气降雨密切相关，六月份以后随着降水量的增加，地下水位上升，上升幅度与雨量大小成正相关，地下水径流条件因地形较平缓，地下水水力坡度小（一般在 2~3%左右）而较为滞缓，以垂直循环为主。区内地下水水化学特征受地貌、岩性、埋藏条件、径流条件控制也受人为因素影响，根据区内地下水水化学分析，按舒卡列夫分类法，地下水水化学类型可分为六个类型，其中以重碳酸钙（ HCO_3Ca ）型水为主，还有重碳酸钙钠（ $\text{HCO}_3\text{-Ca、Na}$ ）、重碳酸氯化物钙钠（ $\text{HCO}_3\text{Cl-Ca、Na}$ ）、重碳酸氯化物钙（ $\text{HCO}_3\text{Cl-Ca}$ ）、重碳酸氯化物钙镁（ $\text{HCO}_3\text{Cl-Ca、Mg}$ ）及各种硫化物型水。区内丘陵地下水矿化度一般小于 0.5g/L，属低矿化淡水，地下水类型为重碳酸钙型水，PH 值为 7.0~7.6，总硬度为 8~9 德国度，水质良好适宜应用及工农业用水，最近几年由于化工厂的建设造成部分地区地下水受到不同程度的污染已不适宜工农业用水。

2) 基岩裂隙含水层

此层在第四系潜水含水层以下，全场分布，主要由全风化的砂岩组成，含水层透水性良好。厚度在 20 米左右。

4.2.4 区域地质

本区域在地层区划上属华北地层区，燕山分区，朝阳—阜新小区，出露地层有太古界建平群，中元古界长城系、中生界侏罗系、白垩系及新生界第四系，如

下所示。

界	系	统	组	符号	厚度 (m)	岩性
新生界	第四系	全新统		Q ₄ ^{3S}	20~250	人工废石堆
				Q ₄ ^{2-3aL}	5	冲积砂卵石
				Q ₄ ^{1apL}	3~6	冲洪积亚砂土、砂、砾
		上更新统	Q ₃ ^{2apL}	3~7	亚砂土、亚粘土夹砂、砾	
		中白垩统	Q ₃ ^{1dpL}	5~10	亚粘土、亚砂土及碎石	
中生界	白垩系	中白垩统	孙家湾组	K _{2S}	200~1500	砾岩
			阜新组	K _{1f}	300~1200	砾岩、砂岩、页岩、韩煤层
		下白垩统	九佛堂组	K _{1J}	700~3100	二段：砾岩、砂岩、粉砂岩、页岩（夹煤）一段：砾岩、页岩（夹煤）
			义县组	K _{1Y}	700	安山岩，少量流纹岩、玄武岩、火山角砾岩
			兰旗组	J _{2f}	500~1000	安山岩、安山质角砾岩
中元古界	侏罗系	中侏罗统	高于庄组	Chg	1500	含燧石结核白云质灰岩
			大营子组	Arjnd	350~700	混合质片麻岩夹磁铁石英岩扁豆体
太古界	建平群		小塔子沟组	Arjnx		黑云斜长片麻岩，斜长角闪岩夹磁铁石英岩扁豆体

图 4-1 区域地质图

4.2.5 社会经济概况

阜新市是一座“因煤而立”、“因煤而兴”的资源型城市，是新中国最早建立的煤电生产基地之一，为新中国的发展作出了巨大贡献。但是由于百余年的开采，煤炭资源已近枯竭，经济转型成为阜新最迫切的任务和最大难题。

党中央、国务院高度重视资源枯竭型城市的经济转型和可持续发展。2001年12月，阜新市被国务院确定为全国资源枯竭型城市经济转型试点市。八年来，在党中央、国务院、辽宁省委、省政府的亲切关怀及国家科技部、辽宁省科技厅等有关部门的大力支持和帮助下，有关的资源开发补偿机制和衰退产业援助机制率先在阜新市试行。国务院《关于促进东北老工业基地进一步扩大对外开放的实施意见》（国办发〔2005〕36号），为东北省级以上开发区制定了特殊政策，同时，省委、省政府《关于进一步扩大对外开放的实施意见》，为省级以上开发区量身定做了多项含金量很高的政策。另外，辽宁沿海开发开放战略中提出“阜锦产业带”，氟化学工业产业基地正位于阜锦产业带上，这也为基地的发展提供了契机。

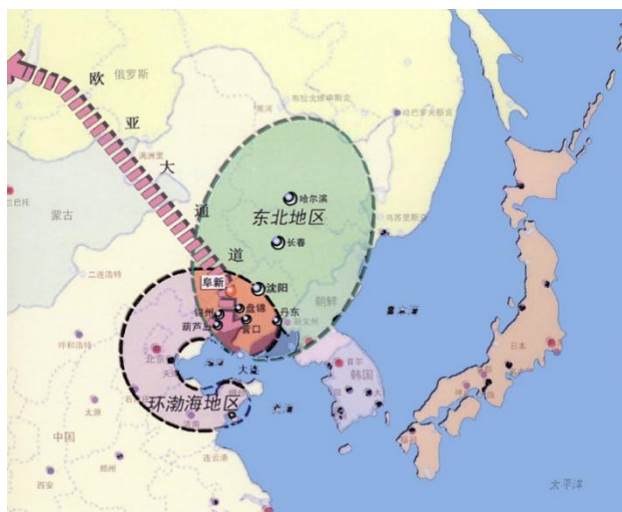


图 4-2 阜新在环渤海地区及东三省位置

氟化工产业是化工新材料产业的重要组成部分，是战略性新兴产业的典型代表，阜新发展氟化工产业不仅有利于阜新市将萤石资源优势转化为经济优势，促进阜新市产业结构调整 and 转型升级，而且对于辽宁省发展战略性新兴产业也具有重要意义。

阜新氟化学工业起步于六十年代中期，拥有全国最早的氟化学研究所和氟化学工厂，即阜新市化工研究所和阜新市海州区民用化工合作工厂（阜新特种化学股份有限公司前身）。经过二十年的发展，先后有阜新市化工厂（辽宁天华化工有限公司前身）、阜新市六一一厂（阜新恒通氟化学公司前身）等氟化工企业建成投产。

经过几十年的发展，现已形成从科研到生产，从原料配套到精细化工生产的完整体系，具备一定的研发能力和生产基础。涌现出了金凯（阜新）化工有限公司、阜新达亿化工有限公司、阜新金鸿泰化工有限公司等一批规模较大、拥有尖端产品的氟化物生产企业；阜新恒通氟化学公司、辽宁天华化工有限公司等为改制重组后的氟化工企业，充分利用现有装置进一步开发新产品。

近年来，阜新相关部门积极制订氟化工产业发展有关扶持政策，并规划了阜新氟化工产业基地（位于阜新蒙古族自治县伊吗图镇）和阜新海州氟化学工业基地（位于阜新海州区韩家店镇）两个氟化工产业基地。阜新已具备雄厚的氟化工产业基础，两个氟化工产业基地也成为阜新氟化工产业再创辉煌的发展平台。

阜新市经济转型目前正处在关键时期，随着煤炭资源的萎缩，如何充分发挥阜新地区的资源优势，把氟化工产业发展成为我市重要支柱产业，已成为当前重

要而紧迫的任务。

1) 依托国家振兴东北老工业基地和加快辽西发展的政策指导

阜新市是国务院确定的全国第一个资源型城市经济转型试点市，为进一步推进阜新转型振兴创造极其有利的条件；2003年中央又提出振兴东北老工业基地的战略决策，促进了阜新市产业结构新的飞跃；辽宁省先后又提出了支持加快辽西北发展政策及“突破阜新”战略后又将阜新纳入沈阳经济区，使得阜新的政策优势明显，为阜新经济的发展创造了难得的有利条件

2) 依托城市发展战略，创造良好的条件和投资环境

阜新市委、市政府提出了“1252”工程和“沿阜锦公路两侧建设工业走廊”的战略部署。伊吗图镇抓住这一历史机遇，结合当地实际，启动建设了氟化学工业产业基地。各级政府的政策扶持为氟化工的发展铺就了便捷的成长之路，创造了良好的投资环境。

3) 氟化工产业的建设，对阜新市经济转型目标的实现具有积极的促进作用。

从阜新的实际出发，依托丰富的氟化工资源优势，在阜新氟化工已初步形成产业雏形的基础上，大力发展氟化工精深加工业，发挥产业集聚效应，培育和发展壮大产业集群，推动阜新氟化工产业持续、快速、健康发展，使之成为我市经济发展重要支柱产业之一，提高阜新整体经济实力，为实现阜新经济转型的成功、实现突破阜新战略的目标具有积极的促进作用。

4.3 要素保障分析

4.3.1 辽宁及阜新市城相关规划

《辽宁省主体功能区规划》将阜蒙县伊吗图镇列为辽宁省重点开发的城镇。

《辽宁省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》提出，优化区域布局，促进协调发展。进一步完善区域政策和空间布局，健全区域协调发展体制机制，发挥比较优势，促进各类要素合理流动和高效集聚，构建高质量发展的板块支撑和动力系统，巩固沈阳、大连要地要津地位，形成“双核”牵引的“一圈一带两区”区域发展格局(“一圈”即沈阳现代化都市圈，“一带”即辽宁沿海经济带，“两区”即辽西融入京津冀协同发展战略先导区和辽东绿色经济区)。支持阜新、朝阳、葫芦岛等市融入京津冀协同发展战略，加快推进辽西北承接产业转移示范区建设，构建辽宁开放合作的西门户和新增长极。阜新被

列入建设辽西融入京津冀协同发展战略先导区。

加快资源型地区转型发展。推动解决历史遗留问题，积极培育接续替代产业，建设一批接续替代产业园区和产业集聚区，推动城市动能转型、产业转型、功能转型、生态空间转型，实现可持续发展。辽宁阜新氟产业开发区是以含氟化学品为特色的东北最具优势的精细化工产业园区，亦是资源深加工产业集聚区，符合辽宁省“十四五”规划的相关要求。

《阜新市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》提出：围绕做大做强区域优势产业，进一步明晰各工业园区产业定位和规划布局，推动产业要素集聚，形成特色突出的园区发展规划，提升产业集聚度，实现高质量发展。辽宁阜新氟产业开发区产业定位为：以含氟化学品为特色的精细化工为主导产业。重点发展含氟医药、农药、高性能氟化盐、含氟聚合物、含氟涂料及其他精细化学品及基础化工原料等产品。

依据《阜新市国土空间总体规划》(2021-2035年)中“三区、三线”划定成果，落实辽宁阜新氟产业开发区的四至边界。辽宁阜新氟产业开发区不占生态保护红线与永久基本农田，规划将园区全部纳入城镇开发边界。规划提出：推进产业现代化升级。推动产业集群高质量发展，做强优势产业集群。围绕氟化工、煤化工，推动基础化工向精细化、终端化迈进。引导园区高质量发展。坚持产业集群化、规模化发展方向，优化园区功能定位，推动各园区围绕主导产业差异化、错位化发展，科学布局产业空间，推动产业用地集中入园，推进产业园区集约集聚发展。阜新氟产业开发区主导产业为以含氟化学品为特色的精细化工，重点发展方向为含氟医药农药中间体、含氟医药农药，高性能氟化盐，含氟功能材料等精细化学品及基础化工原料等。

阜新市国土空间总体规划(2021-2035年)

市域国土空间控制线规划图

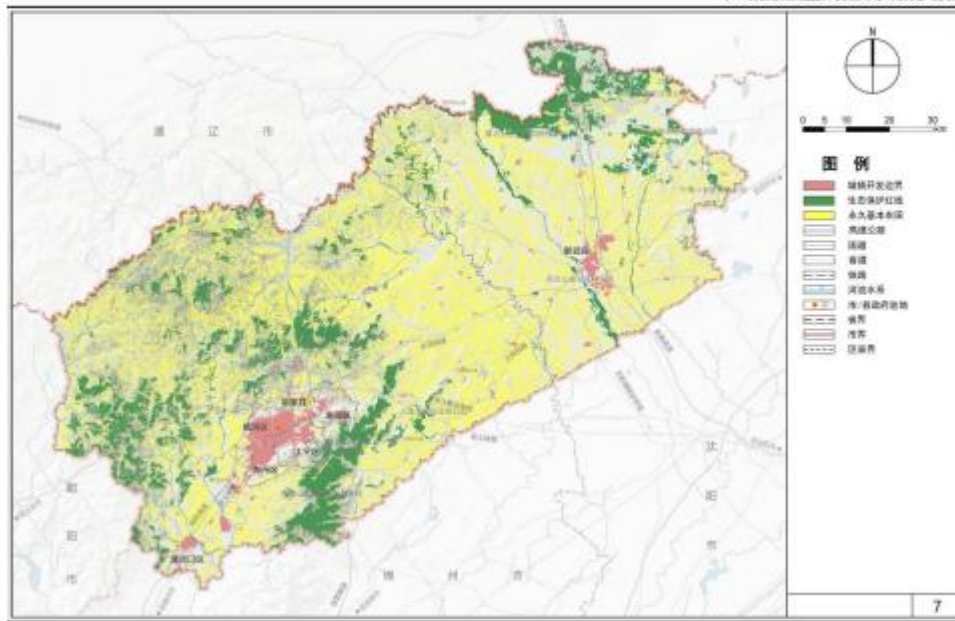


图 4-3 阜新市国土空间总体规划(2021-2035 年)国土空间控制线规划图

综合以上分析，辽宁阜新氟产业开发区的产业定位、发展方向、规划布局与上层、同层相关政策及规划具有较好的协调性。

4.3.2 产业范围

根据《辽宁阜新氟产业开发区总体规划》开发区的产业定位清晰:打造以含氟化学品为特色的“专精特新”化工园区，逐步建设“一核两轴三基地”发展格局，以氟化工为核心，以绿色农药和化学制药为两轴，统筹建设农药基地、医药基地和新材料基地，走“专业化、精细化、特色化、新颖化”发展路线，调整和优化产业结构，推动氟化工产业高质量发展。依托氟化工产业基础优势，大力发展精细化工产业，进一步规范化工园区建设，打造富有东三省特色的氟化工产业园区。

4.3.3 产业介绍

根据 2023 年编制的《辽宁阜新氟产业开发区总体规划》，各产业介绍如下

1.氟化工专栏

表 3-1 氟化工专栏

1.含氟精细化学品
<p>含氟精细化学品以苯环类，杂环类含氟结构为主，发展应用绿色制造技术的医药和农药中间体。</p> <p>重点发展慢性病、重症疾病以及针对重大疫情等对公共医疗卫生带来较大压力的含氟医药产品，例如糖尿病、心血管疾病、艾滋病、癌症、呼吸道及消化道等。</p> <p>重点发展高效低毒农药所需的含氟农药中间体。</p> <p>重点发展水性、粉末、高固体份、UV 光固化等等环境友好型涂料氟涂层树脂。</p> <p>重点发展重防腐等功能化氟涂层树脂，拓宽氟树脂的应用领域。</p> <p>重点发展应用于新兴电子领域、国防军工、航空航天、医疗防护等领域的含氟丙烯酸酯共聚物涂层。</p> <p>发展双氟磺酰亚胺锂（LiFSI）、双三氟甲基磺酸锂、二氟磷酸锂、二氟草酸硼酸锂等锂电池新型电解质添加剂。</p> <p>开发拥有自主知识产权的液晶单体和非显示用含氟液晶材料。</p> <p>氟化反应被列为危险化工工艺，因此，含氟中间体的生产技术要向自动化控制，连续化，管道化等技术方向发展。</p> <p>环保型非 POPs 类的产品将逐步取代现有的 PFAS 类含氟表面活性剂和功能助剂。</p> <p>随着全球对 PFOS、PFOA 限制措施的不断升级，以及国内环保标准的日益加强，C8 整理剂市场份额将逐步降低，未来将加快开发环境友好型氟碳织物整理剂。</p>
2.高性能氟化盐
<p>重点发展先进制造业用含氟电子化学品，开发相应要求的提纯技术、包装技术和检测技术。开发光学、航空航天等领域用特种氟盐。</p> <p>发展氟化石墨、氟化石墨纤维等特种无机氟化物、稀土氟化物、高品质氟化钾等无机盐。</p>
3.氟聚合物

积极开展特种含氟聚合物、高端氟树脂和氟橡胶产品的研究开发和产业推进，开发功能性单体

用于共聚改性。推进氟聚合物在通讯、电子、电动汽车、半导体、新能源、生命科学、水处理领域的应用研究。加快 PFOA 的替代。

2.农药专栏

化学农药：重点面向解决水稻螟虫、稻飞虱、小麦赤霉病、蔬菜小菜蛾、蓟马、烟粉虱、松材线虫病等重大病虫害防治品种偏少和抗药性替代等需求，加快发展第四代烟碱类、双酰胺类、小分子仿生类杀虫剂及新型高效低风险杀菌剂、除草剂等。

生物农药：微生物农药（白僵菌、绿僵菌、枯草芽孢杆菌等）、农用抗生素（多杀霉素、春雷霉素等）、生物生化农药（性诱剂、植物诱抗剂等）、RNA 及小肽类生物农药。

3.化学制药

1.医药中间体

重点发展 2,4-二氯氟苯、氟苯酚、对氟苯甲酰氯、3-氯-4-氟苯胺、4-溴-2-氟苯胺、4-氯-4-氟苯甲酮、三氟甲苯等含氟芳香族医药中间体。

重点发展孢氟铵、三氟乙酸乙酯等脂肪族氟化物。

重点发展抗生素类药物中间体、解热镇痛药用中间体、心血管系统药用中间体、抗癌用医药中间体等。

2.原料药

针对肿瘤、自身免疫性疾病、神经退行性疾病、心血管疾病、糖尿病、肝炎、呼吸系统疾病、耐药微生物感染等重大临床需求，以及罕见病治疗需求，具有新靶点、新机制的化学新药。

根据疾病细分进展和精准医疗需求，发展针对特定疾病亚群的精准治疗药物。

有明确临床价值的改良型新药。

3.化学制药

以阜新市建设两个示范区重点承接转移产业为契机，发挥省级化工园区平台优势，有力有序承接京津冀、国内东部地区产业转移及日本、韩国等国际产业转移，

重点发展抗体药物、疫苗及重组蛋白质药物。

4.香料与香精

规划发展烃类香料、醇类香料、醛类香料、酮类香料、酯类香料、酚类及醚类香料及其他合成香料。

5.功能涂料

重点发展氟碳、环氧、含氟丙烯酸酯等新型树脂及绿色环保功能型涂料。

6.新型含氟材料

瞄准具有国际影响力的跨国公司，重点引进聚四氟乙烯树脂、聚偏氟乙烯树脂、聚全氟乙丙烯、聚三氟氯乙烯等新型氟树脂，氯醚橡胶、全氟醚橡胶等特种氟橡胶。推动四氟乙烯、偏氟乙烯、三氟氯乙烯、六氟丙烯、六氟环氧丙烷等有机氟高分子材料单体项目建设。

7.锂电新能源材料

以瑞宁、氟托等企业在新能源材料领域开展的技术研发为基础，重点研发生产全氟丁酸、全氟丁基磺酸钾、全氟三丁胺、氘代对氟苯磺酰胺、四氟硼酸锂、双氟磺酰亚胺锂等锂电新能源材料。

8.5G 通讯、半导体材料

依托东欣、康森等企业，重点发展电子级氢氟酸、高纯氟气及三氟化氮等下游电子化学品，3,4,5-三氟溴苯、3,4,5-三氟苯酚、2,3-二氟苯乙醚等含氟液晶及中间体。

9.功能性膜材料

持睿光氟化学、泓吉光电等企业抢抓双碳目标下新能源产业加速布局的历史机遇，重点发展水处理膜、特种功能膜、离子交换膜、气体分离膜、

新能源用膜（光伏、锂电和燃料电池用）、光学膜、医用膜等功能性膜材料。

5 项目建设方案

5.1 技术方案

本工业污水厂建设项目主要分为两个单元进行建设，分别为综合污水处理单元、高浓污水处理单元，工程规模分别为 5000t/d 和 400t/d，总体技术路线如下图所示。

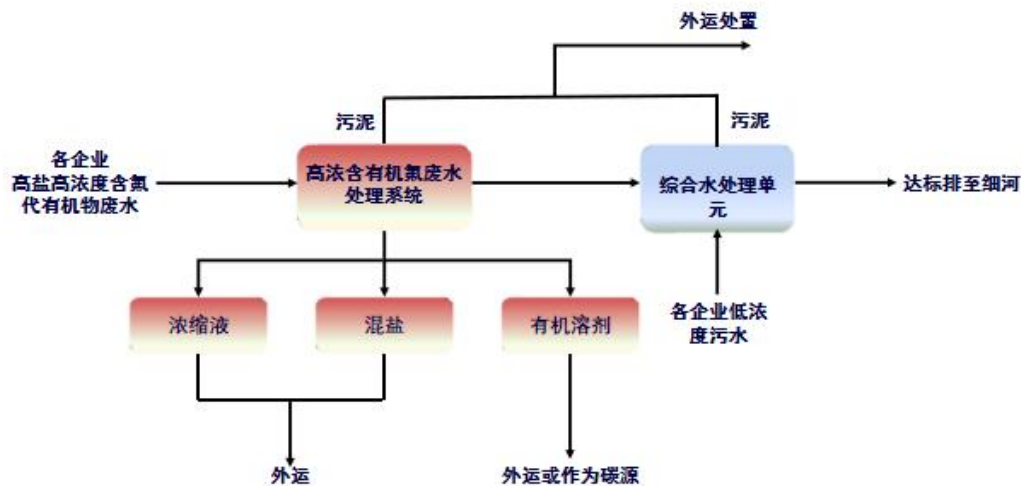


图 5-1 总体技术路线图

5.1.1 高浓水单元工艺选择

本项目高浓水具有高 COD、高含盐量、高氟离子浓度以及含有氟代有机物等特点。考虑到高浓水经预处理后将进入以生化处理为主的低浓水处理系统，因此，高浓水的预处理工艺必须大幅削减 COD、氟离子、氟代有机物和含盐量，才能满足低浓水系统的处理能力要求。

由于氟离子对设备材质具有腐蚀作用，会直接影响设备选型并显著增加设备成本，因此高浓水预处理的第一步是去除无机氟离子。去除无机氟离子后，高浓水中的 COD 主要来源于低沸点的废溶剂，脱除这部分溶剂可大幅降低 COD 的矿化成本。脱除低沸点溶剂后的高浓废水仍含有大量有机物（包括氟代有机物），采用联合氧化技术可同时实现 COD 的矿化分解，并对 C-F 键进行一定程度的破坏，从而满足 COD 与氟代有机物的协同去除需求。

进一步采用高级还原除氟技术（紫外还原），将高浓水中氟代有机物的 C-F 键彻底破坏，使有机氟转化为无机氟离子，再结合混凝沉淀工艺将氟元素从水中去除。此时，高浓水中的 COD 和氟元素含量已得到有效降低，但仍需考虑含盐量对后续生化系统的影响，高浓水中 TDS 约为 100000mg/L，如不对高浓水中的无机盐进行脱除处理，将导致后续低浓水生化处理崩溃，从而导致整个污水处理系统丧失功能。因此，高浓水预处理的最后一步是脱盐处理。

预处理单元的无机除氟为常规工艺，需考虑的核心工艺为除碳（除 COD）工艺、除有机氟（除 PFAS 及其他氟代有机物）工艺，以及脱盐工艺。

5.1.1.1 除碳工艺比选

目前国内高浓污水厂普遍采用物化预处理结合生化处理的组合处理工艺，主要分为物理法和化学法。

1) 原水直接蒸发，蒸出水生化处理，釜残做危废处置。

存在的问题：原水 COD 高，含有焦油等污染物，存在蒸发过程的工程问题；危废产生量大，导致处理成本增加。

2) 铁碳微电解+芬顿+蒸发，蒸出水生化处理，釜残做危废处置。

存在的问题：该工艺不能针对具体有毒化合物进行处理，无法实现盐的鉴别，釜残只能作为危废，同样存在危废产生量大，导致处理成本增加。采用此工艺的很多，同时存在问题也很多。

3) 废水直接焚烧处理。

对于焚烧工艺来说，所有化合物都是碳氢氧。

存在的问题：

①精细化工废水平均含盐 10%，国内用于焚烧 10%以上的含盐废水（特别是氯化钠）的焚烧炉，历经几十年前赴后继的研究，到目前能够成功运行的案例很少。

②处理成本高，平均成本为 800-1500 元/吨废水，且难于实现各种废盐的资源化。

4) 催化湿式氧化工艺处理。

湿式氧化是处理高浓污水的有效手段。通常温度为 260℃，压力 6.0~8.0MPa。如果废水中的有机物在此温度、压力条件下都能实现 80%以上的去除，则工艺相对简单，易于操作。

存在的问题：

①在高温下，湿式氧化设备对废水中氟离子和总磷含量要求极高，氟离子需要小于 1.0ppm，才能避免腐蚀问题，阜新园区企业的部分含氟废水不适用湿式氧化技术处理。

②以杂环类为主的化合物，湿式氧化处理效果有限。例如：某园区高浓污水厂杂环类有机磷废水，原水 TOC=13125ppm，温度为 260℃的湿式氧化出水 TOC=12670ppm，去除率仅为 3%

③安全问题：废水中含有低闪点化合物，以及反应过程中产生的低闪点物质都是湿式氧化工艺危险源。

部分企业高浓污水实验效果

(1) 辽宁天予化工有限公司

辽宁天予化工有限公司主要生产农药中间体产品，生产过程中产生大量废水，此类废水有毒有机污染物含量高、色度高、含盐量高，含有多种“三致”类有机物和不可生物降解物。

表 5-1 原水水质

废水名称	外观	盐含量	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	氟离子 (mg/L)	AOX-F (mg/L)
2号废水	红褐色、浑浊	17.9%	80274	未检出	273	315	60.52

表 5-2 实验效果

废水名称	COD (mg/L)	总氮 (mg/L)	氟离子 (mg/L)	AOX-F
原水	80274	273	315	60.52
多级除氟出水	75368	231	8.0	60.5
脱溶出水	19315	116	10	60.5
联合氧化出水	12821	86	52	16.2
深度除氟出水	10366	62	2.0	1.5
蒸出水	923	12	—	0.2
去除率	98.9%	95.6%	99.9%	99.6%

(2) 阜新汉道化工有限公司

阜新汉道化工有限责任公司主要生产对氨基三氟甲氧基苯，三氟甲氧基苯、对三氟甲基苯甲醛等产品。高浓废水特点为色度高、总氮高、含盐量高。

表 5-3 原水水质

废水名称	外观	pH	盐含量	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	氟离子 (mg/L)	AOX-F (mg/L)
中和高浓废水	砖红色	6-7	4%	18253	1924	3189	151	38.21

表 5-4 实验效果

废水名称	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	氟离子 (mg/L)	AOX-F (mg/L)
原水	18253	1924	3189	151	38.21
多级除氟出水	15382	1924	2760	11	37.1
脱溶出水	12450	365	384	10	37.1
联合氧化出水	8456	352	388	26	15.2
深度除氟出水	8075	358	376	1.0	1.0
蒸出水	377	86	98	—	0.1
去除率	97.9%	95.5%	96.9%	99.9%	99.7%

(3) 阜新睿光氟化学有限公司

阜新睿光氟化学有限公司主要生产三氟类中间体和酰氯化类中间体等产品，共计二十种。高浓废水特点为色度高、总氮高、含盐量高。

表 5-5 原水水质

废水名称	外观	pH	盐含量	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	氟离子 (mg/L)	AOX-F (mg/L)
2#废水	绿色	5	3%	53171	635	938	4008	58.74

表 5-6 处理效果

废水名称	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	氟离子 (mg/L)	AOX-F (mg/L)
原水	53171	635	938	4008	58.74
多级除氟出水	50325	631	726	15	56
脱溶出水	3281	256	424	13	54
联合氧化出水	2351	244	410	25	21.2
深度除氟出水	2133	235	384	1.0	1.1
蒸出水	684	66	185	—	0.2
去除率	98.7%	89.6%	80.3%	99.9%	99.7%

(4) 阜新清稷升科技有限公司

阜新清稷升科技有限公司主要生产氟苯、对氟甲苯、邻氟甲苯、对氟溴苯、2-氯-4-氟苯甲酸、2-氨基-4-氟苯甲酸、3-叔丁基-4-氟硼酸盐等产品。生产过程中产生大量废水，此类废水特点为含有大量有机酸类污染物、总氮高、色度高。

表 5-7 原水水质

废水名称	外观	盐含量	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	氟离子 (mg/L)	AOX-F (mg/L)
4号废水	黄色	11%	50790	未检出	1172	87	46.08

表 5-8 处理效果

废水名称	COD (mg/L)	总氮 (mg/L)	氟离子 (mg/L)	AOX-F (mg/L)
进水	50790	1172	87	46.08
多级除氟出水	48732	986	8.0	45
脱溶出水	19834	734	10	45
联合氧化出水	13522	732	26	11.2
深度除氟出水	11812	656	4.0	0.9
蒸出水	268	32	---	0.1
去除率	99.5%	97.3%	99.9%	99.8%

(5) 阜新奥瑞凯精细化工有限公司

阜新奥瑞凯精细化工有限公司主要生产医药中间体产品。生产过程中产生大量废水，此类废水特点为含有大量有机酸类污染物、总氮高、色度高。

表 5-9 原水水质

废水名称	外观	盐含量	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	氟离子 (mg/L)	AOX-F (mg/L)
奥瑞凯 2	黄色	13.4%	162688	1571	2344	13	10.2

表 5-10 处理效果

废水名称	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	氟离子 (mg/L)	AOX-F (mg/L)
进水	162688	1571	2344	13	10.2
多级除氟出水	161850	1544	2315	2.0	10.2
水解出水	62694	1982	2176	5.0	10.2
脱溶出水	32608	365	488	5.0	10
联合氧化出水	15732	353	421	18	5
深度除氟出水	12631	352	392	3.0	0.3
蒸出水	389	176	184	---	---

去除率	99.8%	88.8%	92.2%	99.9%	99.9%
-----	-------	-------	-------	-------	-------

特征污染因子达标可行性分析

(1) 苯胺类

苯胺类属于有毒污染物，苯胺类污染物是能与酸形成盐的极性有机物。高级氧化工艺可以去除苯胺类有机污染物，处理后出水苯胺类 $<0.5\text{mg/L}$ 。

(2) 硝基苯和苯系物

硝基苯、苯系物属于有毒污染物，在水中的溶解度很低，硝基苯在水中溶解度 $<20\text{mg/L}$ ，苯系物在水中溶解度 $<50\text{mg/L}$ 。氧化、络合是去除硝基苯和苯系物的传统工艺，都会有 90% 以上的去除。本实验流程具备有效去除硝基苯和苯系物的工艺，处理出水可达到排放标准：硝基苯 $\leq 16\text{mg/L}$ ，苯系物 $\leq 2.5\text{mg/L}$ 。

(3) 总氰化物

低浓度的总氰化物容易被氧化，氧化工艺可以将总氰化物浓度小于 50mg/L 的废水，处理至出水氰化物 $\leq 0.5\text{mg/L}$ 。

(4) 挥发酚（总酚）

挥发酚（总酚）类污染物是能与碱成盐的极性有机物，联合氧化可以处理酚类污染物，处理后酚类 $<0.5\text{mg/L}$ 。

(5) 总磷

总磷分为有机磷和无机磷，有机磷污染物可通过本方案中的络合沉降去除或氧化转化为无机磷污染物，再与金属离子结合不溶于水的磷盐过滤分离。本实验流程可使出水总磷 $\leq 5.0\text{mg/L}$ 。

(6) 硫化物

硫化物属于无机还原性污染物，实验中的氧化工艺可将硫化物转化为硫酸盐，处理出水硫化物 $\leq 1.0\text{mg/L}$ 。

(7) 甲醛、水合肼

甲醛、水合肼属于还原性较强的有机污染物，本方案中的氧化工艺可将低浓度甲醛转化为甲酸，将水合肼转化为氮气，处理出水甲醛 $\leq 1.0\text{mg/L}$ ，水合肼 $\leq 1.0\text{mg/L}$ 。

(8) 全氟或多氟化合物（PFAS，以 AOX-F 计）

全氟或多氟化合物 PFAS 稳定性极强，是人类已知的最稳定的化合物之一，

尚欠缺高效、成熟去除技术。现有的技术如机械力学法、光催化法、微波热解、高级氧化、水处理、高级还原等技术中，以高级还原最为成熟、可靠、经济性较好。基于此，本项目采用高级还原技术作为全氟或多氟化合物脱氟的主要手段，可将有机氟转化为无机氟，实现解毒和难降解性的解除，出水氟全氟或多氟化合物（PFAS，以 AOX-F 计）可低于 10mg/L，达到低浓度综合进水的要求。

联合氧化工艺应用情况

联合氧化工艺在精细化工行业赤峰恒荣对硝基甲苯磺化母液废酸水资源化回用项目中得到应用，设计处理水量 50t/d，水质如下表所示。

表 5-11 水质指标表

废水名称	H ⁺ (mol/L)	COD (mg/L)	色度 (倍)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)
对硝基甲苯磺化母液	13.4	6613	2200	77	238

在酸性条件下，通过联合氧化工艺对废水中的特征污染物进行强氧化去除，工艺流程如下图所示。

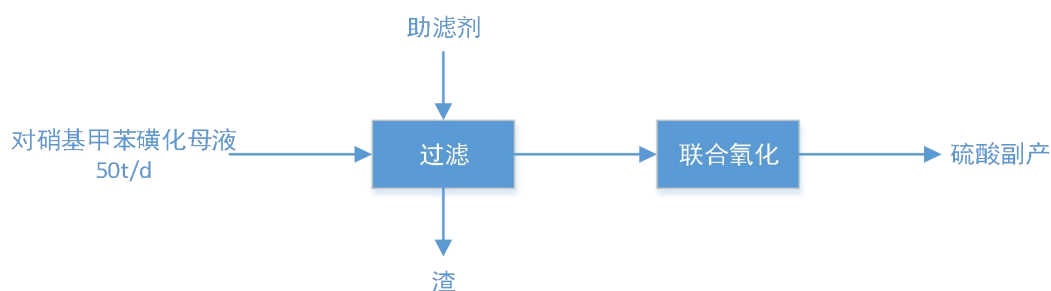


图 5-2 工艺流程图

对硝基甲苯磺化母液废酸水首先加入助滤剂进行过滤，过滤后的滤液进入联合氧化系统，联合氧化过程中泵入氧化剂，联合氧化后即可得到硫酸副产。处理效果如下表所示。

表 5-12 处理后水质指标表

项目	外观	色度	COD (mg/L)
原水	棕黄色	2200	6613
联合氧化出水	微黄色	48	2224
去除率	/	97.8%	66.4%



图 5-3 联合氧化前后效果对比图

5.1.1.2 全氟或多氟化合物（PFAS）脱氟工艺比选

目前全氟或多氟烷基化合物（PFASs）脱氟技术仍然是工程技术的难点，缺乏成熟、稳定、可靠的技术。相关的技术及优缺点总结如下：

机械力化学法：通过高能球磨机产生机械力，引发固体 PFASs 与脱氟试剂（如 KOH）的固相反应，破坏 C-F 键。

优点：

- 条件温和：常温常压操作，无需高温高压。
- 高效脱氟：氟离子回收率>90%，产物为无害无机盐（如 KF）。
- 无二次污染：不产生有害气体或液体，工艺简单。

缺点：

- 适用性受限：主要针对固体废物，液态 PFASs 需预处理固化。
- 能耗较高：球磨过程需持续机械能输入（200 - 400 rpm）。

光催化还原法（低温脱氟）：利用有机超光还原剂（如 KQGZ，KQGZ 是一种基于高度扭曲咪唑核的原创光催化剂，其结构特性赋予超强还原能力，可在可见光与低温下降解顽固 PFAS 污染物），在光照（40 - 60° C）下激发强还原电子，断裂 C-F 键。

优点：

- 低温高效：40 - 60°C 下实现完全脱氟，氟回收率>96%。
- 广谱性强：适用于特氟龙（PTFE）、PFOA、PFOS 等多种 PFASs。
- 资源回收：产物为无机氟盐和碳资源，无有毒副产物。

缺点：

- 仅能降解粉末状 PTFE，无法处理大块塑料制品（如不粘锅涂层）。
- 催化剂合成成本较高，且有机咪唑核催化剂寿命可能不高，尚待检验。
- 副产物：小部分氟转化为难降解的三氟乙酸（需二次处理）

双金属催化还原法：以负载型 Rh-Ni 双金属为催化剂，H₂为氢源，在碱性条件下还原脱氟。

优点：

- 选择性高：针对全氟羧酸/磺酸类化合物，脱氟率>80%。
- 条件可控：30 - 80℃常压操作，催化剂可回收。

缺点：

- 依赖贵金属：Rh 成本高昂，且需强碱性质子吸收剂（如 KOH）。
- 产物复杂：可能生成短链 PFASs 中间体，需后续处理。

高级还原技术（UV-ARPs）：紫外光激发亚硫酸钠产生水合电子（e_{aq}⁻）或自由基，攻击 C-F 键。

优点：

- 环境友好：无需添加有风险化学试剂，适用水体处理。
- 兼容性强：可与吸附、膜分离等技术联用。
- 具备工业化能力。

缺点：

- 对设备设计与管理要求高。
- 能耗较高，停留时间较长。

物理分离法（吸附/膜技术）：活性炭吸附、反渗透（RO）、纳滤（NF）等。

优点：

- 快速富集：适用于低浓度 PFASs 废水预处理。
- 技术成熟：RO 对 PFOS 截留率>99%。

缺点：

- 非破坏性：高浓度下吸附成本高。
- 仅转移污染物，需后续降解步骤。
- 膜污染严重：运行成本高，再生困难。

综合对比与适用场景：

技术	脱氟率	能耗/成本	二次污染 风险	适用对象	稳定性
机械力化学法	>90%	中	低	固体废物	较好
光催化低温脱氟	>96%	较低	无	各类 PFASs	实验室阶段，尚待检验
贵金属双金属催化	>80%	催化剂成本高	中（需碱剂）	液态全氟羧酸/磺酸	较好
UV 高级还原	30%–100%	较低	低	水体中的 PFASs	较高
物理分离	不脱氟	低（吸附）	高（浓缩废液）	低浓度水体，预处理	较好

小结：

当前技术瓶颈集中于催化剂成本、复杂基质干扰及短链 PFASs 降解难题，未来需开发更稳定、低成本的催化体系。

固体废物处理：优先选择机械力化学法（高效彻底）；液态 PFASs 降解：光催化低温脱氟技术最具前景（高效、低温、无害化），但其稳定性尚待检验，水体修复可组合物理分离+UV 高级还原技术，兼顾效率与经济性。

基于本项目的现实，建议在现场验证的基础上，考虑 UV 高级还原技术，兼顾稳定性与高效性。

5.1.1.3 脱盐工艺比选

在高盐废水处理领域，膜分离工艺与蒸发工艺是两种主流技术路线。膜工艺以反渗透（RO）、纳滤（NF）为代表，依靠压力驱动实现水与盐分的分离；蒸发工艺则以多效蒸发（MED）、机械蒸汽再压缩（MVR）为核心，利用热能完成浓缩结晶。两者在技术原理、适用场景及经济性上存在显著差异。

（一）膜工艺

（1）技术原理

膜工艺以压力为驱动力，利用反渗透膜、纳滤膜的选择性透过特性，允许水分子透过膜孔，而将溶解性盐类、有机物等截留在浓水侧，从而实现盐水分离。

（2）优点

能耗相对较低：主要消耗电能，无需大量热能，运行能耗通常在 3-8 kWh/m³，远低于传统热法蒸发。

设备模块化程度高：采用膜组件组装，占地面积小，便于扩容和移动。

产水水质优良：反渗透产水脱盐率可达 95%-99%，可直接作为工业回用水。

自动化程度高：可实现连续运行，操作维护相对简便。

（3）缺点

无法实现零排放：受渗透压限制，反渗透浓缩极限约为 TDS 80000-100000 mg/L，必然产生约占进水量 10%-30%的浓盐水，需二次处置。

对进水水质要求苛刻：易受悬浮物、胶体、有机物、硬度离子污染，导致膜通量下降，需要复杂的预处理系统。

高含盐条件下效率骤降：当 TDS 超过 30000 mg/L 时，所需操作压力急剧升高，产水率大幅下降，经济性显著降低。

膜材料成本高且需定期更换：膜组件寿命一般为 3-5 年，更换成本较高。

（4）适用范围

低盐度废水（TDS < 30000 mg/L）的初步浓缩与回用；

水质较为清洁、有机物和硬度含量较低的工业废水；

作为蒸发工艺的前处理单元，降低蒸发负荷；

海水淡化、苦咸水处理、纯水制备等领域。

（二）蒸发工艺

（1）技术原理

蒸发工艺通过外部热源加热废水，使水分汽化后冷凝为洁净水，溶解性盐类则留在剩余液体中并最终结晶析出。MVR 技术通过压缩机回收二次蒸汽潜热，大幅降低了能耗。

（2）优点

真正实现零排放：可将废水浓缩至结晶状态，得到固体盐渣，冷凝水可回用，彻底解决高浓盐水出路问题。

水质适应性强：可处理 TDS 高达 200000-300000 mg/L、COD 高达 100000 mg/L 的极端水质，对悬浮物、硬度、有机物耐受能力强。

耐冲击负荷：进水水质波动对系统稳定性影响小，无需复杂预处理。

可利用余热资源：有效利用工厂低品位废热、乏汽，进一步降低运行成本。

实现资源回收：结晶盐经分盐提纯后可作为工业盐回用，实现资源化。

(3) 缺点

初始投资较高：蒸发器主体多为金属材质，且需耐腐蚀设计，设备造价较高。

运行能耗相对较高：MVR 吨水电耗约 20-40 kWh，虽优于传统蒸发，但仍高于膜工艺。

设备体积较大：蒸发塔、压缩机等主体设备占地面积较大。

操作维护要求较高：需注意结垢、腐蚀、泡沫等问题，对运行管理有一定要求。

(4) 适用范围

高盐废水（TDS > 30000 mg/L）的末端浓缩与结晶；

需实现废水零排放的项目；

水质复杂、含高浓度有机物或氟离子等易污染膜材料的废水；

工业园区浓盐水、垃圾渗滤液膜浓缩液、脱硫废水、化工高浓废水等；

有余热资源可利用的工厂。

(三) 膜工艺与蒸发工艺对比分析

比较维度	膜工艺	蒸发工艺
产水回收率	最高约 90%，产生浓盐水	接近 100%，仅剩余固体盐
出水水质	优，可直接回用	优，冷凝水可回用
盐分去除方式	截留于浓水侧，未彻底分离	结晶析出，彻底从水中分离
极限处理能力	TDS 约 10 万 mg/L	可达结晶，无上限
对高 COD 耐受性	差，易污染	好，耐冲击
对高硬度/结垢倾向	差，需软化预处理	中等，可通过抑垢设计缓解

能耗水平	低 (3-8 kWh/m ³)	中高 (MVR 约 20-40 kWh/m ³)
初始投资	较低	较高
占地面积	小	较大
能否实现零排放	否	是

(四) 小结

综合以上比较,对于本项目高浓水的除盐处理,采用蒸发工艺是更优的技术选择,主要理由如下:

其一,本项目的处理目标是实现污染物的削减。本项目高浓水具有高 COD、高含盐量、高氟离子浓度等特点,且预处理后需进入生化系统,膜工艺仅能将盐分浓缩于浓水侧,无法从根本上解决问题,反而会产生需要另行处置的高浓盐水。而蒸发工艺可将盐分彻底结晶析出,实现全量处理,满足环保要求。

其二,本项目水质复杂,膜工艺适用性差。高浓水中含有的高浓度氟离子对金属有腐蚀性,高 COD 及氟代有机物易造成膜污染,若采用膜工艺,需设置极为复杂的预处理系统,且膜寿命将大幅缩短,运行风险高。而蒸发工艺对复杂水质适应性强,无需繁琐预处理即可稳定运行。

其三,蒸发工艺的综合成本可控。虽然蒸发工艺初始投资较高,但其避免了膜工艺频繁清洗、膜组件更换、浓盐水外运处置等额外成本。特别是在 MVR 技术的加持下,蒸发能耗已大幅降低。若工厂有余热可利用,运行成本将进一步下降。

综上所述,针对本项目高浓水高盐、高 COD、高氟离子的复杂水质特征,以及实现污染物全量削减的根本需求,选择蒸发工艺作为脱盐处理的核心单元是最合理、最可靠的方案。

5.1.1.4 结论

根据含氟高浓度污水处理的实验效果,考虑到氟离子对设备材质要求较高,针对高含氟污水先进行除氟处理,再经精馏、联合氧化、高级还原、蒸发除盐等组合工艺,COD 去除率达 99%,总氮去除率 90%以上,氟代有机物去除 95%以上,蒸出液具有很好的可生化性,工艺路线可行。

综上,高浓污水处理技术方案选择工艺为多级除氟(无机氟)、精馏、联合

氧化、高级还原除氟（UV 还原技术）+混凝沉淀、蒸发除盐等预处理技术组合工艺，在废水处理的同时实现危废的减量化。根据高浓污水有毒有机污染物组成的不同，由水解、联合氧化等专有预处理组合技术，对污染物进行有针对性地靶向去除，高级还原除氟技术（UV 还原技术）可针对性去除 PFAS 新污染物中的 C-F 键。将废水中的有毒有机污染物去除到限值以下再蒸发，得到的盐经鉴别作为副产盐或一般固废处置，实现危废减量化、无害化、资源化，降低危废的处置成本。

5.1.2 高浓水单元工艺设计

5.1.2.1 工艺路线及原理

工艺流程图如下图所示。

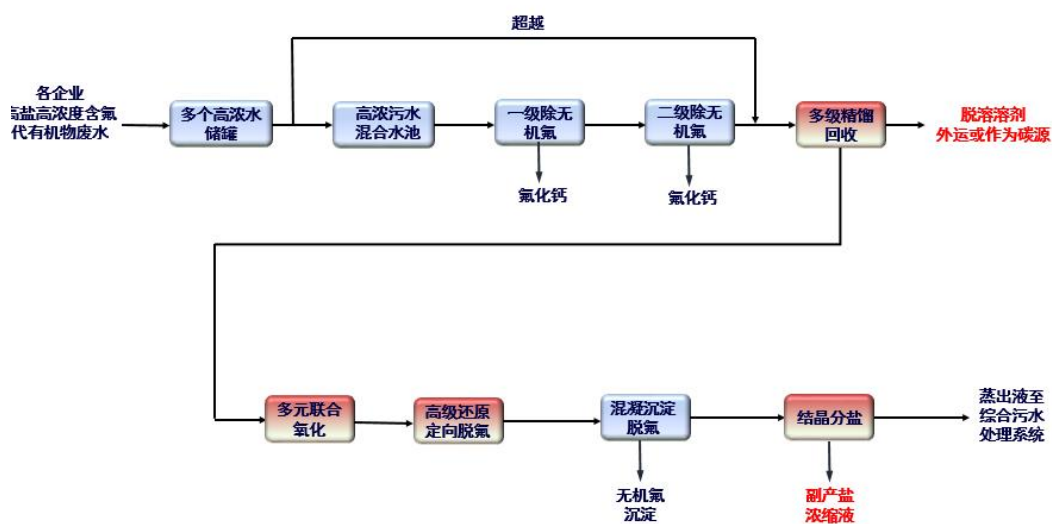


图 5-4 高浓污水预处理工艺流程图

工艺原理如下：

（一）络合除氟工艺

络合技术是一种针对氟化物的分离方法。通过向废水中加入的络合剂，与废水中游离的氟离子发生络合反应形成不溶于水相的化合物，从而将无机氟目标物从废水中分离。络合除氟工艺适用于处理浓度较高的含无机氟离子的工业废水。

（二）化学分离工艺

化学分离技术是一种基于可逆反应的极性有机物化学分离方法。分离剂通过与废水中含有的极性基团的有机物（酚类、羧酸类等）结合，形成不溶于水相的新的大分子有机物，从而将目标物从废水中分离。反应形成的大分子有机物在解

析相的作用下，以盐的形式提取出来。逆向反应使得分离剂再生，循环用于废水的处理。

（三）联合氧化工艺

联合氧化工艺是在一定温度下，催化剂和氧化剂之间的链反应催化生成 OH 自由基，具有较强的氧化能力，羟基自由基具有很高的电负性或亲电性，可氧化水中的大多数有机物，特别适用于生物难降解或一般化学氧化难以奏效的有机废水的氧化处理。

该工艺比较传统的芬顿氧化法作了大幅度的改良，可减少加药量、理论上无污泥产生，同时在填料表面形成的负氧离子具有异相催化的效果，极大地促进了化学氧化反应及质传效率，使 COD 去除率提升。与传统芬顿相比，具有如下优势：

- ①减少了 H_2O_2 的加药量，大大降低了运行成本。
- ②污泥产量理论为零。
- ③与传统芬顿相比反应时间更短，设备体积小，大大节省了占地面积。

（四）三效蒸发工艺

蒸出水量：<200t/h，进料浓度：10-15%，进料温度按照 50℃设计。

氧化处理后去除残余氟离子，将原液氟离子浓度降低至 20ppm 以下后进入三效蒸发系统。

蒸发系统：进料量约 8.3t/h，进料浓度 10-15%，主要溶质为氯化钠、少量铵盐等。设备材质的选择：由于该设备处理溶液主要是氯化钠溶液，考虑到含有少量铵盐和氟离子，设计时将设备与物料接触和二次蒸汽接触部分的材质选用钛材材质，可满足长期稳定使用的要求。

（1）压缩机的选择

由于溶液的沸点随着浓度的增加不断地升高，采用微负压蒸发，当蒸发温度为 85℃、溶液浓度达到饱和的时候，溶液沸点升高 15℃，由于物料中其他物质的影响，在设计时按 15℃考虑。

（2）蒸发器

根据物性参数，采用强制循环 MVR+三效蒸发结晶系统。蒸发系统的占地面积比传统的多效蒸发器要小，结构紧凑，蒸发面积也比传统蒸发器要少。

特点:

- a) 优化的换热表面——管内流速由循环泵决定，故可以泵控制管内流速。
- b) 适用于易结垢液体、高粘度液体，非常适合用作盐溶液的结晶蒸发器
- c) 在设计方面，对加热管束在管板上的排列方式做了充分的考虑，能使加热蒸汽迅速到达管束的深处，并在加热室内均匀分布，提高蒸汽的加热效率。
- d) 管板上管孔的特殊设计以及独特的液压胀管技术，保证了胀管的紧密性，同时不增加应力。

(3) 结晶分离器

结晶分离器是蒸发系统的关键设备，直接影响系统结晶和气液分离效果。

分离器设计足够的空间余量和丝网除沫器组合除沫，使二次蒸汽从液面上逸出时，夹带量最小，使在有限的流动空间里对二次蒸汽进行充分分离和过滤，同时保持其流畅的通道，使二次蒸汽冷凝水十分洁净，防止泡沫抽入压缩机系统内。

结晶分离器充分考虑物料结晶特性等原因，保证晶体充分生长、得到更大的晶体。保持固液相的相对流速和分离空间，并且结合了物料的晶体的沉降速度，保证分离的同时，不易堵塞。

特点:

- a) 在晶浆分离段，对分离室内部构造的特殊设计，可使其在高浓效溶液里析出的结晶固体大部分在分离室内析出，有效避免在加热管内析出后形成管内结垢，影响传热效率。
- b) 结晶器底部保证沉降的晶体有足够的生长时间，保证了晶体颗粒的大小。
- c) 在气液分离段，采用了本公司独有的二级除沫优化设计，在有限的流动空间里对二次蒸汽进行充分的分离和过滤，同时保持其流畅的通道，使二次蒸汽冷凝水十分洁净。
- d) 特殊的构造能自动消除液面上厚厚的泡沫层，使二次蒸汽从液面上逸出时，夹带量最小。

5.1.2.2 工艺流程描述

a) 进水单元

水池：储存甲类废水，包括高浓废水 1、高浓废水 2 等，是预处理车间除氟、

化学分离等单元的进水池。

b) 除氟除硬单元

水池中的废水泵入除氟反应装置，加入铝系除氟剂，在一定 pH 条件下生成氟化铝沉淀，后经混凝沉降与废水实现分离，分离出水经过除硬脱气后进入预处理车间的脱溶处理工段。

联合氧化出水泵入深度除氟反应装置，加入钙系除氟剂和铝系除氟剂，在一定 pH 条件下生成氟化钙和氟化铝沉淀，后经混凝沉降与废水实现分离，分离出水经过除硬脱气后进入蒸发车间的蒸发除盐工段。

c) 多级精馏回收单元

多级精馏回收单元包括一套精馏脱溶装置。进水主要来自除氟除硬单元，具体为除氟除硬单元的来水进入精馏脱溶系统，pH 调至 6-8，脱除废水中的低沸物，脱溶后出水进入联合氧化单元。

d) 化学分离单元

化学分离单元包括一套化学分离装置。进水来自企业不含氟废水。将废水送入化学分离反应釜进行化学分离处理，分离剂与废水中的有机污染物反应形成不溶于水的有机物，从而从废水中分离，分离相经再生处理后复得分离剂，循环用于废水处理。分离出水进入联合氧化单元。

e) 联合氧化单元

联合氧化单元包括一套联合氧化装置。进水来自脱溶单元和化学分离单元，具体为脱溶单元、化学分离单元的来水进入联合氧化系统，向系统中加入氧化剂，在一定温度下进行氧化反应，氧化出水经过脱气后进入除氟除硬（深度）单元。

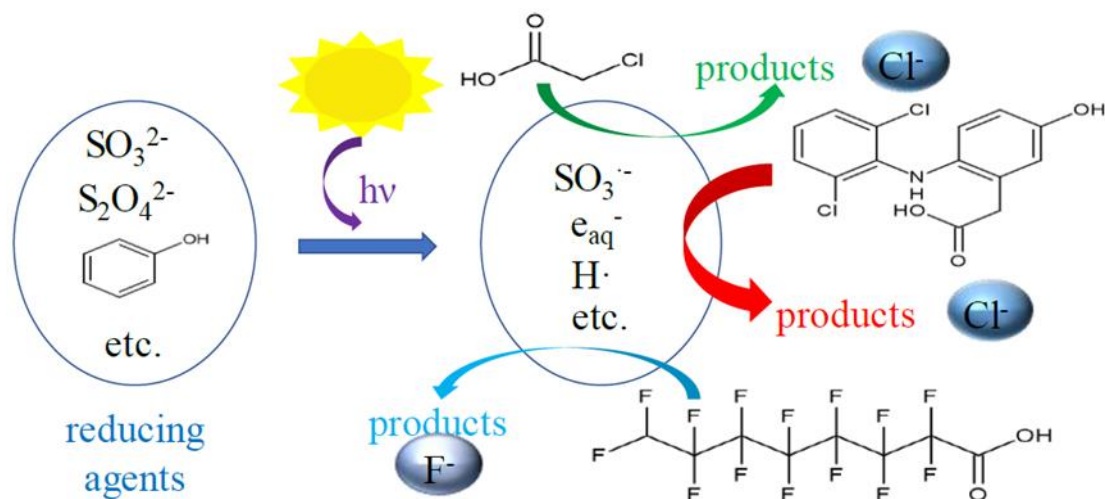
f) 高级还原定向脱氟单元

联合氧化出水泵入深度除氟反应装置。本项目采用高级还原定向脱氟工艺。

高级氧化技术及生化处理技术是废水处理中常见的技术，但在高盐难降解工业废水中氯离子等无机盐离子浓度高、毒性特征性污染物与非特征性有机物（碳源）同时赋存，传统的高级氧化预处理同时将难降解特征性有机物与非特征性有机物同步去除，影响了后续生物脱氮除磷的碳源需求，影响了整体效果。传统的生化过程对难降解有机物去除效果不理想，同时生化效果受到高盐的影响较大，导致生化效果对高盐难降解工业废水处理效果不理想。亟须高效定向技术的配合。

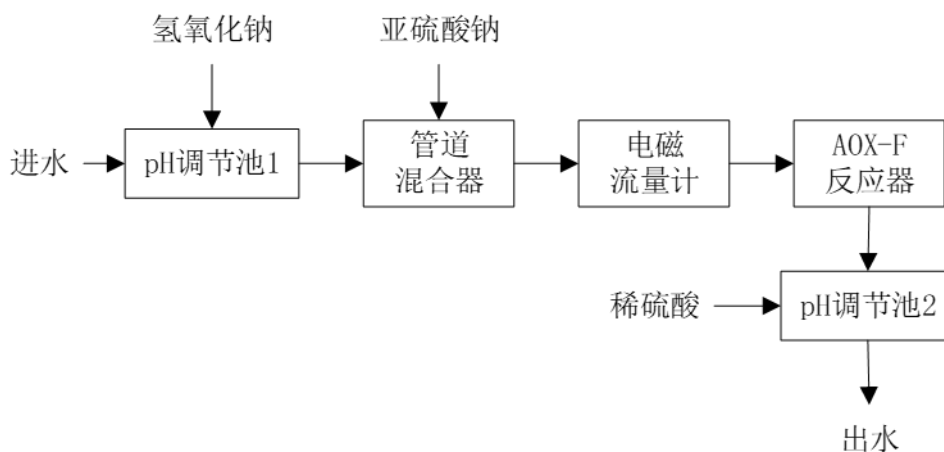
早在 20 世纪就有很多学者研究还原性自由基，而且紫外光 (UV) 相关污水处理技术也很早便得到广泛关注。但是，直到最近 8 年才真正将紫外光与还原剂相结合产生自由基的技术应用于污染物降解的研究，从而提出高级还原的概念。高级还原技术基本原理如图所示，是利用紫外光激发亚硫酸钠产生水合电子 (e_{aq}^-) 或自由基，攻击 C-F 键。

图 5-5 高级还原技术的基本原理



高级还原技术，凭借其产生的强还原性自由基 (e_{aq}^- 、 $SO_3 \cdot^-$ 、 $H \cdot$ 等) 能够去除常规工艺无法处理的污染物质，尤其在污染物选择性脱氯、脱氟方面潜力巨大，既减轻了生物毒性，又可给后续生物处理提供碳源，由此给污水处理带来了新方法、新思路。在与高级氧化技术、生物技术耦合后，利用紫外高级还原-氧化技术进行高效定向预处理，从而提高废水的可生化性、降低毒性，使得生物处理去除效果和矿化效果更佳。

高浓度氟代有机物废水处理工艺流程如图所示。



高级还原定向脱氟后的出水还需要进行无机氟的去除。加入钙系除氟剂和铝系除氟剂，在一定 pH 条件下生成氟化钙和氟化铝沉淀，后经混凝沉降与废水实现分离，分离出水经过除硬脱气后进入蒸发车间的蒸发除盐工段。

g) 蒸发单元

MVR 蒸发器：用于深度除氟出水的一次浓缩处理。原料溶液温度 ≥ 25 度，由前工序泵送到原液罐内，由原料泵加压后进入 1 级换热器预热到约 82 度，然后经 2 级预热器加热到约 103 度，再进入 1 效降膜蒸发器内，1 降膜蒸发器管内的原料与管外加热蒸汽换热使原料沸腾蒸发，蒸发产生的水蒸气夹带部分液滴进入 1 效分离器，分离器把水蒸气中的液滴从蒸汽中分离除去形成二次蒸汽。二次蒸汽进入 2 效降膜蒸发器壳体内，2 降膜蒸发器管内的原料与壳层蒸汽换热使原料蒸发而水蒸气冷凝，蒸发产生的水蒸气夹带部分液滴进入 2 效分离器，分离器把水蒸气中的液滴从蒸汽中分离除去形成二次蒸汽，二次蒸汽进入压缩机，水蒸气被压缩后温度和压力升高，较高温度的水蒸气进入 1 降膜蒸发器换热管外面，与管内原料换热，水蒸气放出潜热被冷凝为冷凝水。冷凝水在 1 降膜换热器的换热管底部汇集后进入冷凝水罐 1，冷凝水通过压差逐级进入冷凝水罐 2，最后泵入板式预热器后进入冷凝水罐。1 效降膜蒸发器内的原料被浓缩后，靠压力差进入 2 效降膜蒸发器，然后泵入强制循环蒸发器，浓缩料液入离心机分离，固体盐包装，母液进入带搅拌母液罐，通过母液泵部分回到强制循环蒸发器，部分排入三效蒸发单元。强制循环的二次蒸汽与 2 效降膜蒸发室二次蒸汽一起进入压缩机增压后，部分增压蒸汽进入强制换热器壳层加热物料。

三效蒸发蒸发器：用于 MVR 母液的二次浓缩处理，先打开冷却水进口阀门，冷却水压力保持在 0.35MPa，进入表面冷凝器。开启真空泵，整套蒸发器在 -0.9MPa 真空度状态下。开启原料液进料泵，使物料经预热器通过液位自动控制系统进入 I 效分离器，I 效分离室内物料液位在循环泵的作用下升高；

I 效分离室内物料液位升高的同时，I 效分离室内部分物料在循环泵的作用下通过液位自动控制系统进入 II 效循环管，II 效分离室内物料液位在循环泵的作用下升高；

II 效分离室内物料液位升高的同时，II 效分离室内部分物料在循环泵的作用下通过液位自动控制系统进入 III 效循环管，III 效结晶室内物料液位在强制循环泵

的作用下升高；

I、II、III效分离室结晶室内物料在液位自动控制系统的作用下，各效分离室结晶室内的物料液位被设定在适当的参数范围内，并达到设计液位。当III效结晶室内物料达到用户所需的浓度时，控制系统自动开启出料泵进行出料(进入稠厚器，使晶体快速沉降贮罐底部，上清液由逆流口返回蒸发系统继续蒸发结晶。各效因出料与水分蒸发而产生液位降低，这时物料在进料泵的作用下和相连通的物料管自行补充各效分离室结晶室内的物料，各效物料的补充速度由液位自动控制系统来控制，从而达到自动控制蒸发器各效液位的目的。

从I效强制循环分离器出来的二次蒸汽，进入II效换热器壳层换热变为冷凝水进入二效平衡桶；从II效结晶分离器出来的二次蒸汽进入III效换热器壳层换热变为冷凝水进入水封槽。

h) 高浓水单元尾气处理装置

工艺废气处理量为 18000m³/h，首先经过水洗塔去除氨类等碱性物质，然后经过碱洗塔去除氢氟酸、盐酸等酸性物质，最后再利用活性炭吸附去除少量有机物，合格废气经过 15 米烟囱高空排放。

i) 辅助设施

(1) 罐区

贮存工艺生产所用原料，主要为盐酸、液碱、双氧水等。及高浓水预处理单元产生的有机溶剂

(2) 加药系统

本系统为整个高浓水预处理单元的加药系统。

5.1.2.3 污染物去除率预测

表 5-13 高浓污水去除率预测

处理 工段	项 目	COD (mg/L)	无机氟化 物(mg/L)	NH ₃ -N	总氮	总磷	有机氟 (以 AOX-F 计， mg/L)	盐
				(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)		(mg/L)
原水		50000	800	2000	—	400	100	100000
无机 氟去	进 水	50000	800	2000	—	400	—	—
	出 水	47500	80	1800		40		

除单元	去除率	5.00%	90.00%	10.00%		90.00%		
精馏单元	进水	47500	80	1800	—	40	—	—
	出水	14250	80	720		40		
	去除率	70.00%	—	60.00%		0		
联合氧化单元	进水	14250	80	720	—	40	100	—
	出水	7125	90	360		42	30	
	去除率	50%	—	50.00%		-5%	70%	
高效定向还原除氟单元	进水	7125	80	360	—	42	30	—
	出水	7125	20	324		6.3	10	
	去除率	0	75%	10.00%		85%	66%	
蒸发除盐单元	进水	7125	20	324	—	6.3	10	100000
	出水	2494	5	100		0.63	1	800
	去除率	65%	75%	30.00%		90%	90%	99%
控制指标		≤2500	≤10	≤100	≤120	≤1	≤10	≤1000

5.1.2.4 设施设备设计

(1) 进水单元及储罐区

包括水池以及储罐、水泵设备，主要如下表所示。

表 5-14 本单元水池主要设备如下表所示

序号	设备名称	型号及规格	材质	单位	数量
	水池				

1	引水罐	0.5m ³ , Φ500×1000	PPH 缠绕		10
2	原水泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m	F46		10
3	蒸出水泵	Q=15m ³ /h, H=32m	铸铁		2
4	冷凝水泵	Q=15m ³ /h, H=32m	铸铁		2
5	中间水池泵	Q=15m ³ /h, H=32m	铸铁		3

表 5-15 本单元罐区主要设备设施如下表所示

序号	设备名称	型号及规格	材质	单位	数量
	罐区				
1	31%盐酸罐	100m ³	Q235 衬 PO	台	1
2	32%液碱罐	100m ³	Q235	台	1
3	27.5%双氧水罐	100m ³	316L	台	1
4	31%盐酸泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m	F46	台	2
5	32%液碱泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m	F46	台	2
6	27.5%双氧水泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m	F46	台	2
7	甲类罐	100m ³	Q235	台	1
8	甲类泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m	F46	台	2
9	运行功率小计				

(2) 除氟单元（无机氟）

功能作用：本单元采用二级除氟工艺，水池中的废水泵入除氟反应装置，加入铝系除氟剂，在一定 pH 条件下生成氟化钙和氟化铝沉淀，后经混凝沉降与废水实现分离，分离出水经过除硬脱气后进入预处理车间的脱溶处理工段。

表 5-16 本单元主要设备设施如下表所示

序号	名称	参数	材质	数量/台
一级除氟工段				
1	一级除氟进水泵	Q=20m ³ /h, H=30m	F46	2
2	32%液碱泵	Q=120L/h, p=0.7MPa, 变频	304	2
3	10%PAC 泵	Q=330L/h, p=0.5MPa, 变频	PVDF	2
4	1%PAM 泵	Q=50L/h, p=1.0MPa	304	2
5	污泥泵	Q=8m ³ /h, p=0.6MPa	铸铁	2

6	过滤进水泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46	2
7	反冲洗泵	Q=100m ³ /h, H=20m	F46	1
8	过滤出水泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46	2
9	引水罐	0.5m ³ , Φ500×1000	PPH 缠绕	1
10	一级除氟反应器 A	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO	1
11	一级除氟反应器 B	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO	1
12	一级除氟反应器 C	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO	1
13	沉淀池	6000×3000×5000	Q235	1
14	一级除氟出水罐	25m ³	Q235	1
15	隔膜压滤机	100m ²	组合件	1
16	集气罩	/	组合件	1
二级除氟工段				
1	二级除氟进水泵	Q=20m ³ /h, H=30m	F46	2
2	10%PAC 泵	Q=170L/h, p=0.7MPa, 变频	PVDF	2
3	1‰PAM 泵	Q=50L/h, p=1.0MPa	304	2
4	污泥泵	Q=8m ³ /h, p=0.6MPa	铸铁	2
5	过滤进水泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46	2
6	反冲洗泵	Q=100m ³ /h, H=20m	F46	1
7	过滤出水泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46	2
8	引水罐	0.5m ³	PPH 缠绕	1
9	二级除氟反应器 A	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO	1
10	二级除氟反应器 B	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO	1
11	二级除氟反应器 C	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO	1
12	沉淀池	6000×3000×5000	Q235	1
13	二级除氟出水罐	25m ³	Q235	1
14	隔膜压滤机	100m ²	组合件	1
15	机械过滤器	Φ1600×2200	Q235 衬胶	2
16	过滤出水罐	25m ³	Q235	1

(3) 多级精馏回收单元

脱溶单元包括一套精馏脱溶装置，进水主要来自除氟除硬单元，具体为除氟除硬单元的来水进入精馏脱溶系统，pH 调至 6-8，脱除废水中的低沸物，脱溶后出水进入联合氧化单元。

表 5-17 本单元主要设备设施如下表所示

序号	名称	参数	材质	数量/台
1	精馏塔	Φ1000×25000, N=55	2205+TA10	1
2	精馏出水泵	Q=25m ³ /h, H=50m, 机冷防爆	F46	2
3	再沸器	F=145 m ²	TA10+Q245R	1
4	汽水分离器	Φ500×1000	Q235	1
5	塔底出料冷却器	F=20.1 m ²	TA10+Q245R	1
6	冷凝器	F=178.5 m ²	20+Q245R	1
7	深冷器	F=52.8 m ² , DN600×3000	20+Q245R	1
8	回流罐	1.8m ³	Q235	1
9	回流泵	Q=3.2m ³ /h, H=20m, 防爆	304	2
10	低沸物冷却器	F=10.8 m ²	20+Q245R	1
11	低沸物罐	15m ³ ,	Q235	1
12	低沸物泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m, 防爆	F46	1
13	吸收塔	Φ800/2000×10000	PPH 缠绕	2
14	吸收塔循环泵	Q=6.3m ³ /h, H=20m, 防爆	F46	3
15	吸收液换热器	石墨换热器, SS-XYK400-10	石墨	1
16	风机缓冲罐	1m ³	PPH 缠绕	1
17	离心风机	Q=1500m ³ /h, p=3kPa, 防爆	FRP	1
18	稀硝酸罐	15m ³	304	1
19	稀硝酸泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m, 防爆	F46	1

(4) 多元联合氧化单元

联合氧化单元包括一套联合氧化装置。进水来自脱溶单元和化学分离单元，具体为脱溶单元、化学分离单元的来水进入联合氧化系统，向系统中加入氧化剂，在一定温度下进行氧化反应，氧化出水经过脱气后进入深度除氟单元。

表 5-18 本单元主要设备设施如下表所示

1	31%盐酸泵	Q=330L/h, p=0.5MPa, 变频防爆	PVDF	2
2	27.5 双氧水泵	Q=1000L/h, p=0.4MPa, 变频防爆	PVDF	2
3	静态混合器	DN80×20	20 衬 PTFE	1
4	静态混合器	DN80×25	20 衬 PTFE	2
5	汽水混合器	DN100	TA10	1
6	氧化反应器	32m ³	TA10	1

7	气液分离器	5.0m ³	TA10	1
8	氧化出水泵	Q=25m ³ /h, H=20m, 机冷防爆	F46	2
9	31%盐酸罐	7m ³	Q235 衬 PO	1
10	27.5%双氧水罐	22m ³	Q235 衬 PO	1
11	轴流风机	Q=650m ³ /h, DZ2.8		1

(5) 高级还原定向脱氟单元

设置高级还原工艺通过紫外照射亚硫酸钠产生强还原性水合电子与氢自由基实现极难降解的氟代有机物的高效脱氟。

设计参数：

处理水量：400m³/d

亚硫酸钠投加量：5g/L

数量：1 套

AOX-F 高级还原反应器外形图如图所示。

图 5-6 AOX-F 高级还原反应器外形图

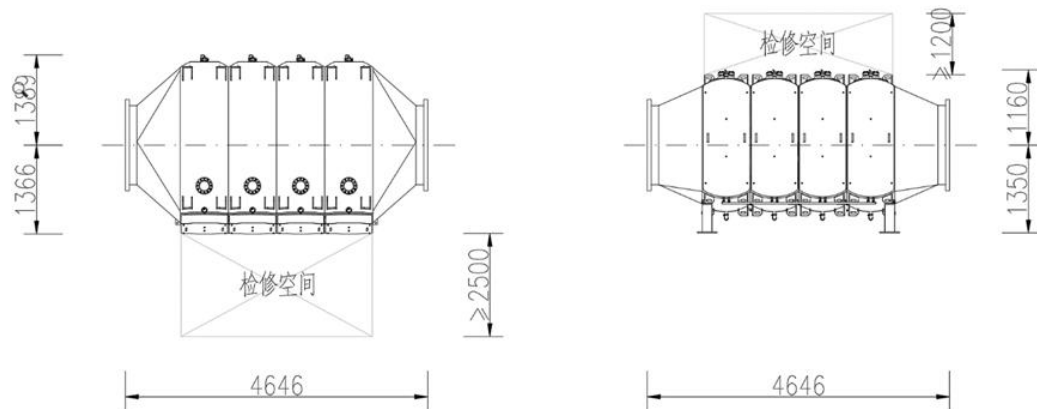


表 5-19 本单元主要设备设施如下表所示

序号	设备名称	型号规格	材质	单位	数量	功率
	高级还原定向脱氟-高浓度废水					
	pH 调节池 1					
1	pH 调节池箱体	外形尺寸： 1.6×1.6×2.0m		套	1	
		材质：碳钢防腐（聚脲				

		5层防腐)				
2	搅拌机	功率: 2.2kW	桨叶衬塑	套	1	2.2
3	在线 pH 计	输出: 4-20mA		个	2	
4	氢氧化钠投加装置	容积: 200L		套	1	0.37
		搅拌机功率: 0.37kW				
		计量泵: Q=0-8L/h, P=10bar, N=0.18kW (2 台, 1用1备)				
5	提升泵	流量: 10m ³ /h		台	2	2.2
		扬程: 15m				
		功率: 2.2kW				
	AOX-F 高级 还原系统					
1	AOX-F 高级 还原反应器	处理能力: 400m ³ /d:	不锈钢 2507	套	1	192
		紫外灯: 低压高强灯管				
		单支灯管功率 1000W				
		灯管数量: 共 192 支				
		配套套管、自动清洗装 置、光强检测、镇流器、 控制系统				
2	管道混合器	规格: DN50		个	1	
3	电磁流量计	规格: DN50		台	1	
		输出: 4-20mA				
4	亚硫酸钠加 药装置	容积: 5000L, 配套搅拌 机 2.2kW, 2 套	PE	套	1	2.2
		计量泵: Q=0-155L/h, P=7bar, N=0.37kW, (2 用 1 备)				
	pH 调节池 2					
1	pH 调节池箱 体	外形尺寸: 1.6×1.6×2.0m	碳钢防腐 聚 脲 5 层防腐	套	1	

2	搅拌机	功率：2.2kW	桨叶衬塑	台	1	2.2
3	在线 pH 计	输出：4-20mA		个	2	
4	稀硫酸投加装置	容积：200L		套	1	0.37
		计量泵：Q=0-8L/h， P=10bar，N=0.18kW（2 台，1用1备）				

(6) 混凝沉淀脱氟

功能作用：本单元采用混凝沉降除氟工艺，高级还原脱氟单元的有机氟经过脱除转化为无机氟，泵入混凝沉淀脱氟反应装置，加入铝系除氟剂，在一定 pH 条件下生成氟化钙和氟化铝沉淀，后经混凝沉降与废水实现分离，分离出水经过除硬脱气后进入蒸发结晶车间进行蒸发结晶。

表 5-20 本单元主要设备设施如下表所示

混凝沉淀脱氟单元					
序号	名称	规格参数	材质	数量	功率
1	除氟进水泵	Q=20m ³ /h, H=30m	UHMWPE	2	7.5
2	32%液碱泵	Q=120L/h, p=0.7MPa, 变频	304	2	0.37
3	10%PAC 泵	Q=330L/h, p=0.5MPa, 变频	PVDF	2	0.37
4	1‰PAM 泵	Q=50L/h, p=1.0MPa	304	2	0.12
5	污泥泵	Q=8m ³ /h, p=0.6MPa	铸铁	2	7.5
6	过滤进水泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46	2	2.2
7	反冲洗泵	Q=100m ³ /h, H=20m	F46	1	15
8	过滤出水泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46	2	2.2
9	引水罐	0.5m ³ , Φ500×1000	PPH 缠绕	1	
10	一级除氟反应器 A	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO	1	3
11	一级除氟反应器 B	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO	1	3
12	一级除氟反应器 C	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO	1	3
13	沉淀池	6000×3000×5000	Q235	1	
14	一级除氟出水罐	25m ³	Q235	1	
15	隔膜压滤机	XAZGFP100-1000-U	组合件	1	15
16	集气罩	/	组合件	1	

(7) 压榨系统及加药系统

压榨及加药系统为高浓水预处理系统的辅助系统。压榨系统将污泥中水分压榨，污泥传输到综合水处理单元共同处理。加药系统为高浓水预处理过程中所需的药剂进行药剂储存与输送。

表 5-21 压榨系统与加药系统设备设施如下表所示

压榨系统						
1	压榨水罐	2.3m ³	Q235		1	
2	压榨水泵	Q=2.4m ³ /h, H=160m, 变频	304		1	
加药系统						
1	31%盐酸罐	6m ³	Q235 衬 PO		1	
2	盐酸计量泵	Q=500L/h, p=0.5MPa	PVDF		2	0.37
3	32%液碱罐	6m ³ , 伴热	Q235		1	
4	10%氯化钙铁溶液罐	5m ³	Q235 衬 PO		2	
5	10%PAC 溶液罐	2m ³	Q235 衬 PO		1	
6	1%PAM 溶液罐	2m ³	Q235 衬 PO		1	
7	活性炭罐	4m ³	Q235		1	
8	活性炭料仓	Φ2000×5000	组合件		1	
9	活性炭上料机	配套	组合件		1	7.5
10	除尘器	配套	组合件		1	
11	震动料斗	配套	组合件		1	1
12	星型给料机	配套	组合件		1	2.2
13	螺旋输送机	配套	组合件		1	3

(8) 废液减量系统

废液减量系统是针对蒸发处理后的釜残液进行减量处理的操作。利用真空与加热技术对工业废液进行浓缩减量的环保设备。其核心原理是借助真空泵（真空机组）在蒸发釜内制造高真空环境（通常为-80至-90kPa），使废液沸点大幅降低，从而在30-80℃的低温下沸腾蒸发，分离出的水蒸气经冷凝系统回收为清洁

蒸馏水，而污染物则留在釜内成为少量浓缩液或固体残渣。

表 5-22 废液减量系统的设备设施如下表所示

序号	设备名称	型号规格	材质	单位	数量
	废液减量系统				
1	废液罐	15m ³	Q235	台	1
2	废液泵	Q=10m ³ /h, H=30m	UHMWPE	台	1
3	母液泵	Q=10m ³ /h, H=30m	UHMWPE	台	1
4	蒸出液泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46	台	2
5	蒸发釜	K5000L	搪玻璃	台	2
6	冷凝器	F=24.5 m ²	20+Q245R	台	2
7	蒸出液受槽	1.8m ³	Q235	台	2
8	水喷射真空机组	280m ³ /h	组合件	套	1
9	结晶釜	K3000L	搪玻璃	台	1
10	离心机	处理量 1000kg/h	316L	台	1
11	母液罐	2.3m ³	Q235	台	1

(9) 蒸发单元

强制循环蒸发器是利用外置循环泵迫使物料沿一个方向以一定的速度通过加热管，物料在加热管内受热均匀，传热系数高，并可防止加热管干壁，以减少结垢和堵管的产生。在处理黏度大、易结垢或易结晶的物料时，可采用强制循环蒸发器。循环泵一般是采用大流量、低扬程。强制循环蒸发器传热系数大、抗盐析、抗结垢、适应性强，传热效率和生产能力较大。通过蒸发，浓度升高后析出固体实现连续结晶。系统配置真空泵在负压条件下降低沸点确保连续稳定地运行。

特点：物料适应范围广，其中主要针对蒸发过程中容易结垢的物料、有晶体析出的物料、随着蒸发浓度提高、粘度相应增加的物料、含有机物成分的物料以及含低含量钙镁离子的物料等。

工艺特点：

(1) 强制循环蒸发系统的料液是从蒸发器的底部加入，通过强制循环泵进行循环，物料在管壁内部呈满管上升，并在此过程中进行蒸发增浓，在分离器底部得到浓缩液。强制循环蒸发系统可以蒸发浓度较高、易结垢、粘度较大物料。

(2) 蒸发器通过强制循环, 在管内受热均匀, 传热系数高, 可防止“干壁”现象。

(3) 蒸发温度低, 热量得到充分利用, 料液受热温和, 适用于热敏性物料的浓缩。

(4) 料液进入分离器再分离, 强化了分离效果, 使整个设备具有较大的操作弹性。

(5) 整套设备结构紧凑, 占地面积小, 布局简单流畅, 代表了大型成套蒸发设备的发展方向。

(6) 连续进出料, 料液液位与所需浓度可实现自控。

表 5-23 本单元主要设备设施如下表所示

1	降膜蒸发器	F=190 m ²	TA2/TA1	1
2	强制循环蒸发器	F=260 m ²	TA2/TA1	1
3	蒸馏水预热器	F=28 m ²	TA1	1
4	不凝气预热器	F=5 m ²	TA1	1
5	蒸汽预热器	F=10 m ²	TA1	1
6	真空泵板换	F=3 m ²	TA1	1
7	降膜分离器	Φ1700×3500	TA2	1
8	结晶分离器	Φ2000×9000	TA2	1
9	二次分离器	Φ1900×3500	TA2	1
10	蒸馏水罐	Φ1200×1800	TA2	1
11	积液罐	Φ600×800	TA2	1
12	进料泵	Q=20m ³ /h, H=30m	F46	1
13	蒸馏水泵	Q=20m ³ /h, H=25m	304	1
14	积液泵	Q=2m ³ /h, H=20m	304	1
15	降膜循环泵	Q=30m ³ /h, H=20m	TA2	2
16	强制循环泵	Q=2200m ³ /h, H=4.2m	TA2	1
17	转料泵	Q=15m ³ /h, H=30m	TA2	1
18	出料泵	Q=15m ³ /h, H=20m	TA2	1
19	母液回流泵	Q=15m ³ /h, H=20m	TA2	1
20	真空泵	Q=230m ³ /h	PP	1
21	压缩机机组	过气量: 10500kg/h, 进口温度: 85℃, 温升 20℃	TC4 叶轮	1
22	压缩机电机	10kV		1
23	压缩机电机变频	10kV		

	器			
24	I 效蒸发器	F=125 m ²	TA10	1
25	II 效蒸发器	F=125 m ²	TA10	1
26	III 效蒸发器	F=125 m ²	TA10	1
27	表面冷凝器	F=150 m ²	TA2/TA1	1
28	I 效分离器	Φ 1200×6000	TA10	1
29	II 效分离器	Φ 1200×6000	TA10	1
30	III 效分离器	Φ 1600×6000	TA10	1
31	闪蒸、平衡罐	Φ 1000×1500	304	3
32	平衡罐	Φ 1200×1800	304	1
33	稠厚器，带搅拌	Φ 1500×1800	TA2	3
34	母液罐，带搅拌	Φ 1500×1800	TA2	1
35	水封罐	Φ 1000×1500	304	1
36	原料泵	Q=15m ³ /h, H=25m	F46	1
37	I 效强制循环泵	Q=1300m ³ /h, H=3.5m	TA10	1
38	II 效强制循环泵	Q=1300m ³ /h, H=3.5m	TA10	1
39	III 效强制循环泵	Q=1300m ³ /h, H=3.5m	TA10	1
40	出料泵	Q=10m ³ /h, H=20m	TA2	1
41	母液泵	Q=10m ³ /h, H=25m	TA2	1
42	冷凝水泵	Q=15m ³ /h, H=20m	TA2	1
43	真空泵	Q=250m ³ /h	304	1
44	热水泵	Q=15m ³ /h, H=25m	304	1
45	离心机	产盐量: 1800kg/h	316L	1

(10) 尾气处理及加药单元

工艺废气处理量为 18000m³/h，首先经过水洗塔去除氨类等碱性物质，然后经过碱洗塔去除氢氟酸、盐酸等酸性物质，最后再利用活性炭吸附去除少量有机物，合格废气经过 15 米烟囱高空排放。

表 5-24 本单元主要设备设施如下表所示

1	引水罐	0.5m ³	PPH 缠绕	1
2	吸收塔	Φ1000/2000×10000	PPH 缠绕	2
3	吸收塔循环泵	Q=6.3m ³ /h, H=20m	F46	3
4	风机缓冲罐	Φ1000×1000	PPH 缠绕	1
5	离心风机	Q=18000m ³ /h, p=1.8kPa	FRP	1
6	轴流风机	Q=800m ³ /h, p=30Pa	FRP	1
7	活性炭吸附箱			1

5.1.3 高浓水单元主要设备一览

表 5-25 高浓水预处理单元主要工艺设备一览表

序号	设备名称	型号及规格	材质	单位	数量	功率
	罐区					
1	31%盐酸罐	100m ³	Q235 衬 PO	台	1	
2	32%液碱罐	100m ³	Q235	台	1	
3	27.5%双氧水罐	100m ³	316L	台	1	
4	31%盐酸泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m	F46	台	2	4
5	32%液碱泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m	F46	台	2	5.5
6	27.5%双氧水泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m	F46	台	2	4
7	甲类罐	100m ³	Q235	台	1	
8	甲类泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m	F46	台	2	
9	运行功率小计					13.5
	水池					
1	引水罐	0.5m ³ , Φ500×1000	PPH 缠绕		10	
2	原水泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m	F46		10	4
3	蒸出水泵	Q=15m ³ /h, H=32m	铸铁		2	4
4	冷凝水泵	Q=15m ³ /h, H=32m	铸铁		2	4
5	中间水池泵	Q=15m ³ /h, H=32m	铸铁		3	4
6	运行功率小计					68
	一次除氟					
1	一级除氟进水泵	Q=20m ³ /h, H=30m	UHMWPE		2	7.5
2	32%液碱泵	Q=120L/h, p=0.7MPa, 变频	304		2	0.37
3	10%PAC 泵	Q=330L/h, p=0.5MPa, 变频	PVDF		2	0.37
4	1%PAM 泵	Q=50L/h, p=1.0MPa	304		2	0.12

5	污泥泵	Q=8m ³ /h, p=0.6MPa	铸铁		2	7.5
6	过滤进水泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46		2	2.2
7	反冲洗泵	Q=100m ³ /h, H=20m	F46		1	15
8	过滤出水泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46		2	2.2
9	引水罐	0.5m ³ , Φ500×1000	PPH 缠绕		1	
10	一级除氟反应器 A	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO		1	3
11	一级除氟反应器 B	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO		1	3
12	一级除氟反应器 C	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO		1	3
13	沉淀池	6000×3000×5000	Q235		1	
14	一级除氟出水罐	25m ³	Q235		1	
15	隔膜压滤机	XAZGFP100-1000-U	组合件		1	15
16	集气罩	/	组合件		1	
17	运行功率小计					59.3
二次除氟						
1	二级除氟进水泵	Q=20m ³ /h, H=30m	UHMWPE		2	2.2
2	10%PAC 泵	Q=170L/h, p=0.7MPa, 变频	PVDF		2	0.37
3	1%PAM 泵	Q=50L/h, p=1.0MPa	304		2	0.12
4	污泥泵	Q=8m ³ /h, p=0.6MPa	铸铁		2	7.5
5	过滤进水泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46		2	2.2
6	反冲洗泵	Q=100m ³ /h, H=20m	F46		1	15
7	过滤出水泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46		2	2.2
8	引水罐	0.5m ³ , Φ500×1000	PPH 缠绕		1	
9	二级除氟反应器 A	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO		1	3
10	二级除氟反应器 B	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO		1	3

11	二级除氟反应器 C	Φ1800×2400, 桨式搅拌	Q235 衬 PO		1	3
12	沉淀池	6000×3000×5000	Q235		1	
13	二级除氟出水罐	25m ³	Q235		1	
14	隔膜压滤机	XAZGFP100-1000-U	组合件		1	15
15	机械过滤器	Φ1600×2200	Q235 衬胶		2	
16	过滤出水罐	25m ³	Q235		1	
17	运行功率小计					53.6
多级精馏回收单元						
1	精馏塔	Φ1000×25000, N=55	2205+TA10		1	
2	精馏出水泵	Q=25m ³ /h, H=50m, 机冷防爆	F46		2	7.5
3	再沸器	F=145 m ²	TA10+Q245R		1	
4	汽水分离器	Φ500×1000	Q235		1	
5	塔底出料冷却器	F=20.1 m ²	TA10+Q245R		1	
6	冷凝器	F=178.5 m ²	20+Q245R		1	
7	深冷器	F=52.8 m ² , DN600×3000	20+Q245R		1	
8	回流罐	1.8m ³	Q235		1	
9	回流泵	Q=3.2m ³ /h, H=20m, 防爆	304		2	1
10	低沸物冷却器	F=10.8 m ²	20+Q245R		1	
11	低沸物罐	15m ³ ,	Q235		1	
12	低沸物泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m, 防爆	F46		1	2.2
13	吸收塔	Φ800/2000×10000	PPH 缠绕		2	
14	吸收塔循环泵	Q=6.3m ³ /h, H=20m, 防爆	F46		3	2.2
15	吸收液换热	石墨换热器,	石墨		1	

	器	SS-XYK400-10				
16	风机缓冲罐	1m ³	PPH 缠绕		1	
17	离心风机	Q=1500m ³ /h, p=3kPa, 防爆	FRP		1	1
18	稀硝酸罐	15m ³	304		1	
19	稀硝酸泵	Q=12.5m ³ /h, H=32m, 防爆	F46		1	2.2
20	运行功率小 计					18.3
	联合氧化					
1	31%盐酸泵	Q=330L/h, p=0.5MPa, 变频防爆	PVDF		2	0.75
2	27.5 双氧水泵	Q=1000L/h, p=0.4MPa, 变频防爆	PVDF		2	1
3	静态混合器	DN80×20	20 衬 PTFE		1	
4	静态混合器	DN80×25	20 衬 PTFE		2	
5	汽水混合器	DN100	TA10		1	
6	氧化反应器	32m ³	TA10		1	
7	气液分离器	5.0m ³	TA10		1	
8	氧化出水泵	Q=25m ³ /h, H=20m, 机 冷防爆	F46		2	2.2
9	31%盐酸罐	7m ³	Q235 衬 PO		1	
10	27.5%双氧水 罐	22m ³	Q235 衬 PO		1	
11	轴流风机	Q=650m ³ /h, DZ2.8			1	1
12	运行功率小 计					4.95
	高级还原定向脱氟-高浓度废水					
	pH 调节池 1					
1	pH 调节池箱 体	外形尺寸: 1.6×1.6×2.0m		套	1	

		材质：碳钢防腐（聚脲 5层防腐）				
2	搅拌机	功率：2.2kW	桨叶衬塑	套	1	2.2
3	在线 pH 计	输出：4-20mA		个	2	
4	氢氧化钠投 加装置	容积：200L		套	1	0.37
		搅拌机功率：0.37kW				
		计量泵：Q=0-8L/h， P=10bar，N=0.18kW（2 台，1用1备）				
5	提升泵	流量：10m ³ /h		台	2	2.2
		扬程：15m				
		功率：2.2kW				
	AOX-F 高级 还原系统					
1	AOX-F 高级 还原反应器	处理能力：400m ³ /d:	不锈钢 2507	套	1	192
		紫外灯：低压高强灯管				
		单支灯管功率 1000W				
		灯管数量：共 192 支				
		配套套管、自动清洗装 置、光强检测、镇流器、 控制系统				
2	管道混合器	规格：DN50		个	1	
3	电磁流量计	规格：DN50		台	1	
		输出：4-20mA				
4	亚硫酸钠加 药装置	容积：5000L，配套搅拌 机 2.2kW，2 套	PE	套	1	2.2
		计量泵：Q=0-155L/h， P=7bar，N=0.37kW，（2 用 1 备）				
	pH 调节池 2					
1	pH 调节池箱	外形尺寸：	碳钢防腐 聚	套	1	

	体	1.6×1.6×2.0m	脬 5 层防腐			
2	搅拌机	功率：2.2kW	桨叶衬塑	台	1	2.2
3	在线 pH 计	输出：4-20mA		个	2	
4	稀硫酸投加装置	容积：200L		套	1	0.37
		计量泵：Q=0-8L/h， P=10bar，N=0.18kW（2 台，1 用 1 备）				
	运行功率小计					201.54
	混凝沉淀除氟					
1	除氟进水泵	Q=20m ³ /h，H=30m	UHMWPE		2	7.5
2	32%液碱泵	Q=120L/h，p=0.7MPa， 变频	304		2	0.37
3	10%PAC 泵	Q=330L/h，p=0.5MPa， 变频	PVDF		2	0.37
4	1‰PAM 泵	Q=50L/h，p=1.0MPa	304		2	0.12
5	污泥泵	Q=8m ³ /h，p=0.6MPa	铸铁		2	7.5
6	过滤进水泵	Q=25m ³ /h，H=20m	F46		2	2.2
7	反冲洗泵	Q=100m ³ /h，H=20m	F46		1	15
8	过滤出水泵	Q=25m ³ /h，H=20m	F46		2	2.2
9	引水罐	0.5m ³ ，Φ500×1000	PPH 缠绕		1	
10	一级除氟反应器 A	Φ1800×2400，桨式搅拌	Q235 衬 PO		1	3
11	一级除氟反应器 B	Φ1800×2400，桨式搅拌	Q235 衬 PO		1	3
12	一级除氟反应器 C	Φ1800×2400，桨式搅拌	Q235 衬 PO		1	3

13	沉淀池	6000×3000×5000	Q235		1	
14	一级除氟出水罐	25m ³	Q235		1	
15	隔膜压滤机	XAZGFP100-1000-U	组合件		1	15
16	集气罩	/	组合件		1	
17	运行功率小计					59.3
	压榨系统					
1	压榨水罐	2.3m ³	Q235		1	
2	压榨水泵	Q=2.4m ³ /h, H=160m, 变频	304		1	
	加药系统					
1	31%盐酸罐	6m ³	Q235 衬 PO		1	
2	盐酸计量泵	Q=500L/h, p=0.5MPa	PVDF		2	0.37
3	32%液碱罐	6m ³ , 伴热	Q235		1	
4	10%氯化钙铁溶液罐	5m ³	Q235 衬 PO		2	
5	10%PAC 溶液罐	2m ³	Q235 衬 PO		1	
6	1%PAM 溶液罐	2m ³	Q235 衬 PO		1	
7	活性炭罐	4m ³	Q235		1	
8	活性炭料仓	Φ2000×5000	组合件		1	
9	活性炭上料机	配套	组合件		1	7.5
10	除尘器	配套	组合件		1	
11	震动料斗	配套	组合件		1	1
12	星型给料机	配套	组合件		1	2.2
13	螺旋输送机	配套	组合件		1	3
14	运行功率小计					14.1

	废液减量系统					
1	废液罐	15m ³	Q235		1	
2	废液泵	Q=10m ³ /h, H=30m	UHMWPE		1	2.2
3	母液泵	Q=10m ³ /h, H=30m	UHMWPE		1	2.2
4	蒸出液泵	Q=25m ³ /h, H=20m	F46		2	2.2
5	蒸发釜	K5000L	搪玻璃		2	5.5
6	冷凝器	F=24.5 m ²	20+Q245R		2	
7	蒸出液受槽	1.8m ³	Q235		2	
8	水喷射真空机组	280m ³ /h	组合件		1	7.5
9	结晶釜	K3000L	搪玻璃		1	5.5
10	离心机	处理量 1000kg/h	316L		1	22
11	母液罐	2.3m ³	Q235		1	
12	运行功率小计					47.1
	MVR+三效蒸发系统		套		1	
1	降膜蒸发器	F=190 m ²	TA2/TA1		1	
2	强制循环蒸发器	F=260 m ²	TA2/TA1		1	
3	蒸馏水预热器	F=28 m ²	TA1		1	
4	不凝气预热器	F=5 m ²	TA1		1	
5	蒸汽预热器	F=10 m ²	TA1		1	
6	真空泵板换	F=3 m ²	TA1		1	
7	降膜分离器	Φ1700×3500	TA2		1	
8	结晶分离器	Φ2000×9000	TA2		1	
9	二次分离器	Φ1900×3500	TA2		1	
10	蒸馏水罐	Φ1200×1800	TA2		1	
11	积液罐	Φ600×800	TA2		1	
12	进料泵	Q=20m ³ /h, H=30m	F46		1	3

13	蒸馏水泵	Q=20m ³ /h, H=25m	304		1	2.2
14	积液泵	Q=2m ³ /h, H=20m	304		1	1
15	降膜循环泵	Q=30m ³ /h, H=20m	TA2		2	3
16	强制循环泵	Q=2200m ³ /h, H=4.2m	TA2		1	35
17	转料泵	Q=15m ³ /h, H=30m	TA2		1	3
18	出料泵	Q=15m ³ /h, H=20m	TA2		1	2.2
19	母液回流泵	Q=15m ³ /h, H=20m	TA2		1	2.2
20	真空泵	Q=230m ³ /h	PP		1	5.5
21	压缩机机组	过气量: 10500kg/h, 进口温度: 85°C, 温升 20°C	TC4 叶轮		1	
22	压缩机电机	10kV			1	630
23	压缩机电机变频器	10kV				
24	I 效蒸发器	F=125 m ²	TA10		1	
25	II 效蒸发器	F=125 m ²	TA10		1	
26	III 效蒸发器	F=125 m ²	TA10		1	
27	表面冷凝器	F=150 m ²	TA2/TA1		1	
28	I 效分离器	Φ1200×6000	TA10		1	
29	II 效分离器	Φ1200×6000	TA10		1	
30	III 效分离器	Φ1600×6000	TA10		1	
31	闪蒸、平衡罐	Φ1000×1500	304		3	
32	平衡罐	Φ1200×1800	304		1	
33	稠厚器, 带搅拌	Φ1500×1800	TA2		3	5.5
34	母液罐, 带搅拌	Φ1500×1800	TA2		1	5.5
35	水封罐	Φ1000×1500	304		1	
36	原料泵	Q=15m ³ /h, H=25m	F46		1	
37	I 效强制循环泵	Q=1300m ³ /h, H=3.5m	TA10		1	22
38	II 效强制循环泵	Q=1300m ³ /h, H=3.5m	TA10		1	22

39	III 效强制循环泵	Q=1300m ³ /h, H=3.5m	TA10		1	22
40	出料泵	Q=10m ³ /h, H=20m	TA2		1	1.5
41	母液泵	Q=10m ³ /h, H=25m	TA2		1	2.2
42	冷凝水泵	Q=15m ³ /h, H=20m	TA2		1	2.2
43	真空泵	Q=250m ³ /h	304		1	5.5
44	热水泵	Q=15m ³ /h, H=25m	304		1	2.2
45	离心机	产盐量: 1800kg/h	316L		1	37
46	运行功率小计					815
高浓水尾气处理装置						
1	引水罐	0.5m ³	PPH 缠绕		1	
2	吸收塔	Φ1000/2000×10000	PPH 缠绕		2	
3	吸收塔循环泵	Q=6.3m ³ /h, H=20m	F46		3	2.2
4	风机缓冲罐	Φ1000×1000	PPH 缠绕		1	
5	离心风机	Q=2500m ³ /h, p=3kPa	FRP		1	37
6	轴流风机	Q=800m ³ /h, p=30Pa	FRP		1	1
7	活性炭吸附箱				1	
8	运行功率小计					40.2

5.1.4 高浓水单元主要建构筑物一览

表 5-26 主要建构筑物一览表

序号	建构筑物名称	尺寸 (m)	数量	层数	层高 m	地上 m	地下 m	结构型式
高浓污水预处理单元								
(一)	建筑物							
1	预处理车间(甲类)	45x18x20	1 座	三层	6.0			框架
2	蒸发车间(丁类)	36x18x24	1 座	四层	6			框架
3	除氟车间(丁类)	39x18x8	1 座	一层	8			框架

4	危废库(甲类)	30x18x8	1 座	一层	8			框架
5	综合仓库(丙类)	45x12x8	1 座	一层	8			框架
6	污水泵房(甲类)	45x5x6	1 座	一层	6			框架
6	罐区泵房(甲类)	18x5x6	1 座	一层	6			框架
7	换热站、消防循环水泵房	36x7.5x5.0	1 座	一层	5			框架
8	罐区泵房	18x5x5.3	1 座	一层	5.3			框架
9	机修间及空压制氮间	45x18x5	1 座	一层	5	/	/	框架
(二)	构筑物	50x18x8	1 座	一层	6			框架
水池组 1								
1	原水池(甲类)	100m ³ 5.5x4x5	10 座			2.5	2.5	砼+FRP
2	调节池(甲类)	1000m ³ 21.8x11x5	2 座			2.5	2.5	砼+FRP
水池组 2								
3	中间水池	200m ³ 8x6x5	1 座			2.5	2.5	砼+FRP
4	蒸出水池	200m ³ 8x6x5	1 座			2.5	2.5	砼+FRP
5	冷凝水池	200m ³ 8x6x5	1 座			2.5	2.5	砼+FRP
6	MVR 应急池	220m ³ 8x7x5	1 座			2.5	2.5	砼+FRP
7	三效应急池	220m ³ 8x7x5	1 座			2.5	2.5	砼+FRP
水池组 3								
8	二级除氟出水池	200m ³ 9.45x5x5	1 座			2.5	2.5	砼+FRP
9	深度除氟出水池	200m ³ 9.45x5x5	1 座			2.5	2.5	砼+FRP
10	高级还原除氟出水池	200m ³ 9.45x5x5	1 座			2.5	2.5	砼+FRP
11	调节池	2000m ³ 25x13x6	1 座			2.5	3.5	砼+FRP
12	罐区(甲类)	26x19	1 座	\	\	\	\	砼
13	装车鹤管(甲类)		1 座	\	\	\	\	钢结构
公辅设施								
(一)	建筑物							
1	综合楼	30x13x10	1 座	三层	4/3	/	/	框架
2	变、配电室	36x18x4.5	1 座	二层	4.5	/	/	框架
3	机修间及空压制氮站	45x18x4.5	1 座	一层	4.5	/	/	框架
4	消防、循环水泵房、换热站	36x7.5x5.0	1 座	一层	6.8	/	/	框架
5	门卫及计量间	9x4.5x3.3	1 座	一层	3.3	/	/	框架

(二)	构筑物							
1	循环水池、消防水池	(23x10+17x10)x4	1 座	/	/	0.3	-3.7	钢砼

5.1.5 综合水单元工艺选择

5.1.5.1 工艺选择原则

(1) 所选工艺必须技术先进、成熟，对水质变化适应能力强，运行稳定，能保证出水水质达到排放标准的要求，积极慎重地采用经实践证明是行之有效的新技术、新工艺、新材料和新设备。

(2) 所选工艺应易于操作、运行灵活、管理方便、维护简单，根据进水水质水量，应能对工艺运行参数和操作进行适当调整。

(3) 便于实现工艺过程的自动控制，提高管理水平，降低劳动强度和人工费用。

(4) 在确保达标的前提下，所选工艺应运行成本低、占地面积少、投资省、能耗低。

(5) 污水处理工艺的确定应与污泥处理的处置的方式结合起来考虑，污水处理排出的污泥应易于处理和处置。

5.1.5.2 工艺选择原理

园区企业污水中主要是工业废水，少量的厂区生活污水。进入本工程的工业废水具有 COD 难降解、成分复杂等特点。企业在排入污水厂前大部分已设置了包括生物二级处理在内的处理手段，废水中的易降解 COD 大幅下降，B/C 较低，水中含有较多的难生物降解或不可生物降解的物质，难以满足直接生物降解的要求。根据国内各化工园区污水处理的工程案例，结合类似废水处理的设计、运行实践，废水经传统生化处理后，出水 COD 一般在 80~100mg/L 左右波动，难以达到出水标准 $\leq 50\text{mg/L}$ 的要求，因此必须采用恰当的深度处理单元，方可满足出水标准要求。

5.1.5.3 污染物去除途径

(1) COD (BOD) 的去除

污水中 COD (BOD) 的去除主要依靠微生物的吸附作用和代谢作用降解有机物，同时合成新细胞，然后对污泥和水进行分离，从而完成 COD (BOD) 的去除。活性污泥微生物在有氧条件下将污水中一部分有机物用于合成新的细胞，将另一部分有机物进行分解代谢以获得细胞合成所需要的能量。在合成代谢和分解代谢过程中，溶解性有机物直接进入细胞内部被利用，而非溶解性有机物首先

被吸附在微生物表面，然后被胞外酶水解后进入细胞内部被利用。微生物的好氧代谢作用对污水中的溶解性有机物和非溶解性有机物均起作用，而且代谢产物是无害的稳定物质。COD（BOD₅）的去除率取决于原水的可生化性，与原水的组成有关，针对本工程处理的园区污水以难降解工业废水为主、可生化性差的核心特点，在二级生化处理前设置臭氧氧化预处理工艺，是实现全厂稳定高效运行、确保出水达标的关键且必要的技术决策。这一必要性根植于进水水质的固有矛盾：企业预排放的废水经厂内生物处理后，易降解有机物已被大量去除，剩余 COD 主要由难生物降解或不可生物降解的组分构成，导致进水 B/C 比低（通常低于 0.3），且可能含有对微生物有抑制性的微量污染物，直接进行生物处理效率低下且风险高。

相较于其他预处理手段，臭氧氧化工艺具有不可替代的优势。单纯的物化分离（如混凝）无法改善溶解性有机物的可生化性；而其他高级氧化技术（如芬顿法）则会引入大量化学污泥并增加盐分。臭氧氧化的核心价值在于其能够高效“破解”难降解有机物分子（如断裂芳香环或长链），将其转化为小分子有机酸、醛酮等易生物利用的中间产物，从而直接将废水的 B/C 比提升至适宜生物处理的范围（0.4-0.5 以上），相当于为后续生化系统提供了“预处理碳源”。同时，臭氧能有效消除或转化有毒抑制性物质，为微生物群落创造更安全稳定的生长环境，保障生化系统的长期健康。

从整体流程优化角度看，“臭氧预处理+生物处理”的组合实现了分工与协同的最优配置。臭氧单元在前端专注于“攻坚克难”，完成对顽固污染物的化学转化；生化单元则在后端高效、经济地完成对可生化有机物的大宗去除。这种配置不仅比单纯依赖生化处理（效果不稳定）或全程深度氧化（成本过高）更为经济合理，也显著增强了系统应对进水水质波动的抗冲击能力，提升了全厂的运行韧性与达标保障率。

因此，设置臭氧氧化单元远非一项简单的工艺附加，而是链接前端工业排水与后端生物处理的关键“桥梁”与“活化器”。它通过精准的化学转化，将不可生化的污染物转变为可生化的营养物质，从而激活并最大化后端生物处理的潜力，是处理本工程综合性化工废水、实现稳定达标排放的核心工艺保障。

（2）SS 的去除

污水中的无机颗粒和大直径的有机颗粒靠自然沉淀作用即可去除，小直径的有机颗粒靠微生物的降解作用去除，小直径的无机颗粒则要靠活性污泥絮体的吸附、网络作用，与活性污泥絮体同时沉淀被去除。污水处理厂出水中悬浮物浓度不仅关系到出水 SS 指标，还牵涉到 BOD₅、COD、TP 等指标。悬浮物的主要成分是活性污泥絮体，絮体的有机成分高，而有机物又含磷，因此较高的出水悬浮物含量将会导致出水的 BOD₅、COD、TP 含量增加。所以，控制污水处理厂出水 SS 指标是最基本的、也是很重要的。设计中通过选用合适的污泥负荷以保持活性污泥的凝聚及沉降性能，选用高效的二沉池池型，充分利用活性污泥悬浮层的吸附网捕作用，并辅以过滤工艺，完全能够保证 SS 的去除。

（3）NH₃-N 的去除

氮也是构成微生物的元素之一，一部分进入细胞体内的氮随剩余污泥的排放由水中排出，这部分氮量约占所去除的 BOD₅ 的 5%，为微生物重量的 12%，约占污水处理厂剩余活性污泥量的 4%。

在有机物被氧化的同时，污水中的有机氮被氧化为氨氮，氨氮的硝化过程将成为控制生化处理好氧单元设计的主要因素。在溶解氧充足、泥龄较长的情况下，氨氮进一步氧化成亚硝酸盐和硝酸盐，这一过程称为硝化过程，由亚硝酸菌和硝化菌完成。由于硝化菌比生长率明显低于异氧菌的生长率，生物脱氮系统维持硝化的必要条件是系统的实际泥龄大于硝化要求的泥龄，亦即系统必须维持在较低的污泥负荷状态下运行，使得系统泥龄大于维持硝化所需的最小泥龄。本工程设计的泥龄需大于硝化所需的最小泥龄，从而使出水氨氮指标能满足要求。

在进行完全硝化的同时，碳源首先被氧化，因此将得到较高的 BOD₅ 去除率。因此，碳化过程的完成是 NH₃-N 的有效去除的基础。

（4）TP 的去除

对于污水中磷的去除主要采用下列途径予以去除：

①常规生物处理工艺如传统活性污泥法工艺，通过微生物增殖吸收磷，以剩余污泥的方式排出系统而得到去除。该类工艺磷去除效率较低，一般仅在 30% 左右，大部分情况下不能满足排放标准的要求。

②强化生物除磷技术（Enhanced Biological Phosphorus Removal，简称生物除磷，或 BIO-P），通过使活性污泥微生物周期性地经历厌氧和好氧阶段，在其

他条件合适时，可以在系统中逐步积累聚磷菌 PAO（Phosphate Accumulating Organism），聚磷菌能过度吸收超过其自身增殖所需的磷量，其实际吸收的量是常规活性污泥微生物吸收磷量的 2.5-4 倍以上。普通活性污泥中磷含量为 1.5%~2.0%(P/VSS)，而 PAO 能将污泥中的磷含量提高到 5%~7%。在进水边界条件合适，设计合理的条件下，生物除磷技术的除磷效果一般可达 75-90%以上。实践证明，生物除磷技术是一种高效、经济、环保的除磷技术。生物除磷的缺点是受进水水质的影响较大，当水质组成较不利时，如进水短链脂肪酸含量低，或 BOD₅/TP、BOD₅/TN 比例较低时，生物除磷效率将受较大影响。

③化学除磷技术：化学除磷即通过加入铝盐、铁盐或石灰等与污水中的磷结合产生磷酸盐沉淀物而得以去除。按投药点相对于生物处理系统前后位置的不同，可分为前置、同时和后置化学除磷等。化学除磷可根据进、出水磷的浓度调节投加量，系统运行灵活，除磷效果稳定可靠；但化学除磷需投加化学药剂，日常运行费用较高，而且将产生大量的化学污泥，增加后续污泥处理处置的费用。另外，投加化学药剂后，水中的盐分增加，对水体也将造成一定的盐污染。因此化学除磷尽管效果较好，受进水水质影响较小，但由于其运行费用高、产泥量大、对水体有一定的盐污染等缺陷，因此应首先考虑生物除磷工艺，在不加或少加化学药剂的条件下达到深度除磷的目的。

考虑到生物除磷受进水水质的影响较大，其除磷效果有一定的波动，本工程在生物处理系统中，充分考虑到现有设施的利旧，并未增加强化生物除磷作用，而是利用微生物自身对磷的吸收，同时辅以化学除磷做到对磷的稳定达标。

（5）无机氟的去除

① 常规混凝沉淀工艺

利用常规铝盐或铁盐混凝剂（如聚合氯化铝 PAC、硫酸铝、三氯化铁）在去除悬浮物和部分磷的同时，对氟离子产生一定的共沉淀吸附作用。该类工艺除氟效率较低且不稳定，一般仅在 20%~40%之间，难以满足大多数行业（如《污水综合排放标准》中常见的 10 mg/L 限值）或更严格（如 6 mg/L）的排放要求。其效果受水体 pH、共存离子干扰极大。

② 高效物理化学方法（吸附法、离子交换法、膜分离法）

吸附法：采用活性氧化铝、骨炭、稀土吸附剂或新型复合材料等作为滤料，

通过离子交换或表面配位作用选择性吸附氟离子。此法在进水氟浓度不高时，可达到深度去除效果（出水可低于 1 mg/L），且运行简便。但吸附容量有限，滤料需要定期再生，产生高浓度含氟废液，处理不当易造成二次污染，运行成本较高。

离子交换法：使用选择性氟离子交换树脂，原理类似，能深度除氟，但树脂价格昂贵，再生频繁，同样面临废液处理难题，多用于小型或饮用水深度处理场景。

膜分离法（反渗透、纳滤）：可高效截留氟离子，出水水质优。但投资与运行成本高，对进水预处理要求严格，并产生约 20%-30%的浓水，浓水中氟浓度极高，处置困难。

上述方法虽能实现深度去除，但普遍存在成本高、操作复杂或副产物难处理等问题，在大规模工业废水处理中应用受限。

③ 化学沉淀法（核心方法，依赖专用除氟剂）

此为目前工业废水除氟最主流、最可靠的技术。其核心在于投加特种除氟剂，与氟离子形成溶度积极小的难溶沉淀物而得以去除。

高选择性沉淀：普通铝盐除氟依赖生成 Al-F 络合物及 Al(OH)₃絮体的吸附共沉淀，效率受 pH（最佳范围窄，约 5.5-6.5）制约严重。而特种除氟剂（如以钙盐、镁盐为核心，复配多价金属离子及增效组分的复合药剂）能与 F⁻直接形成如氟化钙（CaF₂）、氟化镁（MgF₂）等结晶性更好的沉淀，反应更直接、更彻底。

强结合力与宽适 pH 范围：优质除氟剂能在更宽的 pH 范围（通常 6-10）内保持高效，对水质的波动适应性更强。

絮凝共沉淀增效：除氟剂中的多价金属离子水解后形成的高电荷、大比表面积氢氧化物絮体，能强力吸附水中细微的氟化物沉淀颗粒及胶体态氟，通过“沉淀+吸附+卷扫”三重作用，显著提升固液分离效果和总除氟效率。

处理深度与稳定性：通过优化投加量和工艺条件（如合理的反应与沉淀时间），化学沉淀法可将氟化物稳定处理至 1-6 mg/L 甚至更低，足以满足包括特别排放限值在内的严格标准。

污泥性状：形成的沉淀污泥密度较大，沉降性能通常优于普通化学污泥，但

仍会增加系统的污泥产量。

(6) 有机氟的去除

5.1.5.4 工艺技术比选

(一)、生化工艺比选

(1) SBR 法

SBR 法即序批式活性污泥法。它的反应机制以及污染物的去除机制同传统活性污泥法基本相同，仅运行操作不一样。

SBR 将生化池和二沉池的功能集中在同一池子内，兼有污染物降解和固液分离等功能。SBR 工艺采用间歇运行方式，污水分批次进入反应池，然后按照顺序进行反应、沉淀、排水、闲置过程，完成一个运行操作周期。在同一池子中，分时段形成厌氧、缺氧、好氧的活性污泥法生物处理过程，可实现脱氮除磷。对进水水质水量的波动具有较好的适应性。与普通活性污泥相比，它不需要另设二次沉淀池、污泥回流设施，多数情况下可省去初沉池。但工艺、电气等设备闲置率较高。

通过使用新型曝气装置、微电脑自动控制技术的发展以及各种实用精密的水质检测仪表，可使 SBR 工艺的运行实现自动化。

由于 SBR 运行状态的可调整性，使得 SBR 在发展过程中呈现了多样性，开发出了 MSBR、CASS、CAST、ICEAS 等新型 SBR。

ICEAS 工艺的每个池子分为预反应区和主反应区两部分。预反应区一般处于厌氧或缺氧状态，主反应区是曝气反应的主体。ICEAS 是连续进水工艺，不但在反应阶段进水，也可以在沉淀和滗水阶段进水。

CASS 工艺是一种具有脱氮除磷功能的循环间歇处理工艺。CASS 工艺的生物选择器和预反应区的设置以及污泥回流的措施，有利于系统中絮凝性细菌的生长，提高污泥活性。同时沉淀阶段不进水，保证了系统有良好的分离效果。由于 CASS 工艺采用了分隔式的反应器构造，增加了回流和兼氧区，使得其类似传统活性污泥法。

CAST 系统由选择器、厌氧区、主反应区、污泥回流/排放系统和撇水装置组成。选择器设在池首，污水中溶解性有机物能通过生物作用得到迅速去除，回流污泥中的硝酸盐也可在此选择器中得以反硝化。厌氧区设置在池子的第二区域，

主要是创造超量生物除磷条件。池子的第三区域为主反应区，主要进行有机物降解和同时硝化/反硝化过程。主反应区污泥需不断回流至选择器中。撇水过程中反应器中断充水。

MSBR 法是一种改良型序批式活性污泥法，其实质是 A2/O 系统后接 SBR，是二级厌氧、缺氧和好氧过程，连续进水，连续出水。因此，它具有生物除磷、脱氮效果和 SBR 的一体化、流程简洁、不需要单独二沉池等特点，但仍需要污泥回流和混合液回流，总容积利用率 70% 以下。

(2) EBIS 工艺

EBIS 一体式活性污泥系统是基于先进的同步硝化反硝化脱氮理论为基础的高效一体化生物处理系统，它在低溶氧环境（0.5mg/L 左右）下，降低微生物的生长速率，提高污泥龄，控制高污泥浓度（MLSS=6-8g/L），在单一池体内完成对有机物的去除，实现同步硝化反硝化的进行，且短程硝化反硝化占有相当比例。

EBIS 系统采用一体化结构，将厌氧、好氧、泥水分离等不同处理功能的单元集中于同一反应池中，一般可分为生物除磷区、气提区、曝气区、沉淀区，根据处理规模以及污水污泥性质不同，拥有多种不同的泥水分离结构，内挂式、外挂式、无动力式等沉淀结构。该系统简化了系统脱氮的运行流程，可节约能耗、降低对碳源的需求，同时也可以避免了由于硝态氮积累带来的不利影响。

但 EBIS 处理系统也有短板。其中，溶解氧控制是 EBIS 系统的一大关键点，同时也是 EBIS 系统能够实现预期处理效果的基本条件，EBIS 工艺对自动化程度要求比 SBR 工艺还高，需要精确智能的溶氧控制系统，才能实现时刻根据实际的进水水质、水量以及实际出水情况控制曝气池中溶解氧，调整风机的风量。此外，EBIS 末端采用斜板沉淀工艺，由于该工艺采用高污泥浓度运行，斜板沉淀工艺固体负荷大，沉淀效果不如常规辐流式沉淀池好，斜板容易积泥堵塞，出水 SS 浓度较难稳定控制在较低水平。而且该工艺技术采用的同步硝化反硝化功能技术还不太成熟，国内在污水处理工程中实际应用不多。

(3) A2/O 工艺

A2/O 工艺是在普通活性污泥法基础上发展起来的一种生物处理工艺，它将生化处理部分分为三个阶段，前一阶段为厌氧段（即 A 段），第二段为缺氧段（即 A 段），第三阶段为好氧段（即 O 段）。在该流程中，原污水先进入厌氧段，再

进入缺氧段，最后进入好氧段，并将好氧段的混合液回流至缺氧段，沉淀池的污泥回流到厌氧段。生化除磷的原理是：微生物污泥厌氧条件下释放磷，在好氧条件下超量吸附磷，通过剩余污泥得以去除磷；生化除氮的原理是：污水在好氧条件下将氨氮硝化成亚硝酸盐、硝酸盐，在缺氧条件下将亚硝酸盐、硝酸盐反硝化成氮气释放，从而去除氨氮和总氮。采用这样一个生化过程，对有机污染物、氨氮、总氮、磷等都有十分明显的去除效果。A2/O 工艺不论是在工业污水处理还是城市污水处理中在我国都有较广泛的运用，如抚顺腈纶厂、上海高桥化工厂、扬子石化公司、安庆石化总厂、天津纪庄子污水厂、天津东郊污水厂、广州大坦沙污水厂、广州猎德污水厂等，都已有 A2/O 工艺处理污水的工程实践。

A2/O 工艺主要优点是：

- 1) 技术成熟，可有效去除污水中有机污染物、氮、磷污染物，出水水质较稳定。
- 2) 能最大限度利用原污水中的碳源有机物，减少外加碳源量，节约运行成本。
- 3) 剩余污泥量少，污泥沉降性能和脱水性能较好，处理费用较低。
- 4) 机械设备少，基本不需要控制系统，通过监测溶解氧、污泥浓度等指标来运行，管理简单。
- 5) 操作简便灵活，在氮或磷不高时，可超越其处理池体直接切入好氧池，减少能量消耗。

(4) MBR 工艺

膜生物反应器 (MBR) 是一种新型的污水生化处理系统。它将生化处理和膜分离技术有机结合，以膜分离取代二沉池进行固液分离，实现水力停留时间 (HRT) 和泥龄 (SRT) 完全分离的工艺技术，克服了传统污泥工艺污泥膨胀的问题，提高生化池中污泥浓度。MBR 系统一般由膜池、化学清洗系统，反洗系统、污泥系统组成。反洗系统和化学清洗系统则是保持膜组件的通量，确保系统长期稳定运行的有力保障；污泥系统用于控制生化系统的污泥回流、泥龄及剩余污泥排放。

使用中空纤维膜的膜生物反应器 (MBR) 通常采用浸入式，即将膜组成的膜组件浸放于膜池中，由于膜 0.5 微米以下的孔径可完全阻止细菌的通过，所以

将菌胶团和游离细菌、原生、后生动物等全部被截留在曝气池中，只将透过膜的清水汇入集水管中排出，从而达到固液分离；各种悬浮颗粒、细菌、藻类等悬浮类 COD 均得到了有效的去除，保证了出水悬浮物接近零的优良出水水质。由于超滤膜近乎百分之百的菌种隔离作用，可使膜池中的污泥浓度达到 8000-12000mg/L，前段膜曝气池内污泥浓度也可达到 6000-8000mg/L，污泥中的微生物种群更加完善、丰富，不仅提高了整个系统抗冲击负荷的能力，出水更加稳定不易受污泥膨胀的影响，提高了曝气生化池的负荷能力，无需二沉池，从而减少了所需的水池数量。特别需要指出的是采用膜过滤有利于增殖缓慢的硝化细菌和去除难降解有机物特种微生物的截留、生长和繁殖，系统的硝化效率难降解无机物去除效率得以提高。

表 5-27 生化工艺对比表

序号	对比项目	SBR 工艺	EBIS 工艺	A2O 工艺	MBR 工艺
1	工艺配套设施	需设置传统曝气系统、滗水器、自控系统，无需二沉池	需设置精准曝气系统、自控系统、汽提系统、沉淀系统	需设置传统曝气系统、二沉池	需设置传统曝气系统、产水系统、反洗系统、加药系统，无需二沉池
2	运营成本	电耗：0.75 度/吨水，运行成本：0.49 元/吨水	电耗：0.73 度/吨水，运行成本：0.45 元/吨水	电耗：0.78 度/吨水，运行成本：0.51 元/吨水	电耗：1.00 度/吨水，运行成本：1.25 元/吨水
3	优点	自动化程度高，节省人力	占地省，投资小	运行稳定，投资小，COD 去除及脱氮效果均较好。	运行稳定，出水水质 SS 低
4	缺点	控制复杂，SBR 出水 SS 较高，占地大，设备闲置率较高	运行不稳定，出水 SS 较高，COD 去除效果不理想，工程实例很少	占地稍大	膜丝易污堵，设备检修率高，运行维护费用高

根据以上对比分析可以看出，MBR 工艺整体投资及运行费用均较高，且膜丝易污堵，设备检修率高，运行维护费用高，因此不建议采用 MBR 工艺。A/O 工艺、EBIS 工艺以及 SBR 工艺，整体投资、运行费用都较低，但考虑到 A/O 生化工艺成熟，运行稳定，且 COD 去除及脱氮效果均较好，因此选择 A/O+二沉池工艺作为本工程的主体生化工艺。

三级深度处理工艺方案

（二）、沉淀系统比选

（一）混凝沉淀系统

混凝沉淀工艺系对二沉池出水进行混凝沉淀处理，将废水中的悬浮颗粒、胶体性有机物、总磷等，通过混凝、絮凝、沉淀过程予以去除，该系统具有稳定可靠的特点。混凝沉淀工艺在二沉池出水悬浮固体浓度较大，特别是二沉池出水总磷浓度较大主要需通过后续三级处理系统进行除磷时较合适。

混凝沉淀系统由混合、絮凝、沉淀三部分组成。

混合是混凝的首要一关，是取得良好絮凝效果的先决条件，也是节省投药量的关键，此过程使混凝剂水解产物迅速扩散到水体每一个细部，使所有胶体颗粒几乎在瞬间完成脱稳与凝聚。

絮凝是使具有凝聚性的颗粒经过多次相互接触碰撞后形成大而坚实的絮粒，并保证絮粒具有良好的沉降性能。

沉淀是去除水中悬浮物，以使出水达到待滤水的水质要求。现将目前被广泛认同高效沉淀系统的“小间距斜板沉淀池系统”和“高密度沉淀池系统”做经济技术比较：

（1）小间距斜板沉淀池系统

小间距斜板沉淀池系统是在“涡旋混凝低脉动沉淀给水处理技术”理论下研发的一种新型的高效混凝沉淀处理工艺，它一般由管式静态混合器、小孔眼网格絮凝池和小间距斜板沉淀池三部分组成。

1) 管式静态混合器

管式静态混合器是在管道内设置多节固定叶片，使水流成对分流，同时产生涡流反向旋转及交叉流动，从而获得混合效果。这种混合器的总分流数将按单体的数量呈几何级数增加，这一作用称为成对分流。此外，因单体具有特殊的孔穴，可使水流产生撞击而将混凝剂向各向扩散，这称为交流混合，有助于增强成对分流的效果。在紊流状态下，各个单体的两端产生旋涡，这种旋涡反向旋流更增强了混合效果。因此管式静态混合器的每一单体同时发生分流、交流和旋涡三种混合作用，混合效果较好。此外，管式静态混合器还具有设备简单、管理维护方便，不需土建构筑物，不需外加动力设备等优点。

2) 小孔眼网格絮凝池

小孔眼网格絮凝池是在“旋涡混凝低脉动沉淀给水处理技术”指导下的、基于亚微观水力学的小孔眼网格反应池，该技术通过科学地布设多层网格，使水流过网格时产生强烈的惯性效应和对矾花的揉动作用，控制矾花合理的有效碰撞，迅速形成密实且易沉淀的矾花。在反应池全程分段布设格网，使矾花颗粒由小到大，由松散到密实，大大缩短了反应时间，有效避免了反应的不完善和过反应现象产生。

3) 小间距斜板沉淀池

小间距斜板沉淀池是浅池技术的发展，由于间距小，矾花可快速沉淀，雷诺数（ Re 值）较常规设备减小，能够有效抑制颗粒沉降的水力脉动，又由于结构上的优化无侧向约束不积泥，从而保证小的矾花絮凝体亦可有效去除，同时小间距斜板又具有布水均匀不短流的优点；另外无侧向约束，沉泥面积与排泥面积相等，大幅度提高了沉淀排泥负荷，利于排泥。

(2) 高密度沉淀池系统

高密度沉淀池系统是一种高速一体式沉淀 / 浓缩池，它由混合区、絮凝区、推流区、沉淀区和浓缩区及泥渣回流系统和剩余污泥排放系统组成。

高密度沉淀池各组成部分的作用为：

1) 混合区

池内配有快速搅拌器，用于进水与石灰和混凝剂的快速混合。投加石灰乳和混凝剂以混凝悬浮固体，同时和暂时硬度发生反应。

2) 絮凝区

絮凝区由搅拌区和推流式反应区组成一个串联反应单元。在搅拌区加入适量的助凝剂，采用螺旋式叶轮搅拌机进行均匀搅拌，同时通过污泥循环以达到最佳的固体浓度，助凝剂采用 PAM；在推流式反应区内产生扫粒絮凝，以获得较大的絮状物，达到沉淀区内的快速沉淀。

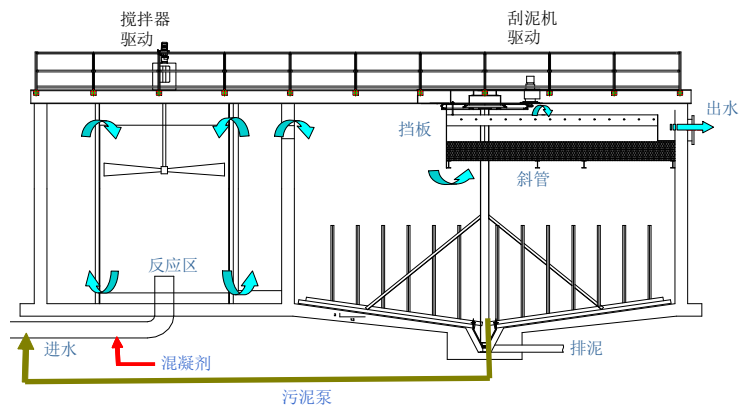


图 5-7 高效沉淀池示意图

3) 沉淀 / 浓缩区

为避免冲碎已形成的较大絮状物，已形成的絮状物通过一个较宽的进水口流到沉淀区。为取得更好的沉淀效果，在沉淀区内设置异向流斜管，并在集水区内的每个集水槽底部设有隔板，把斜管部分分成了几个单独的水力区，保证了在斜管下面的水力平衡。在斜管的下部絮状物沉积和浓缩成上、下两层：

①上层为循环污泥

高密度沉淀池的底部设有锥形泥斗，循环污泥从锥形泥斗上方由循环泵抽出，送至反应区前端。

②下层为浓缩污泥

高密度沉淀池设有浓缩刮泥机，将浓缩污泥刮入中心锥形斗，然后由污泥泵抽出，送至储泥池。污泥浓缩区设有泥位控制开关，用来控制污泥泵的运行，保证浓缩污泥层在所控制的范围内，并保证浓缩池的正常工作。

高密度沉淀池系统是近年来由法国得力满公司等引入到我国，并逐渐得到较快的推广应用。该工艺具有效率高、占地省，污泥可直接浓缩的优点，所以本工程深度处理段混凝沉淀工艺确定采用高密度沉淀池。

(二) 深度除浊过滤系统

过滤的作用是：去除生物过程和化学澄清中未能沉降的颗粒和胶状物质；增加悬浮固体、浊度、磷、BOD₅、COD_{Cr}、重金属、细菌、病毒等指标的去除效率；增进消毒效率，降低消毒剂用量；使后续吸附装置免于堵塞，提高吸附效率。过滤工艺是保证出水水质的重要环节，需影响过滤处理效果的主要因素是滤料级配的选择以及为保证滤料清洁所采用的冲洗方式。过滤装置的类型很多，一般有普通快滤池、双阀滤池、无阀滤池和单阀滤池、虹吸滤池、移动冲洗罩滤池等形式，

近年来，在这些传统过滤装置的基础上发展形成了 V 型滤池、滤布滤池等，与普通滤池相比，具有土建造价低、施工简便、建设周期短、技术先进和处理效果稳定等特点，在国内外的工程实践中已逐步得到推广应用。

(1) V 型滤池

该滤池型式原型为法国得利满公司引进的 V 型滤池，采用粒径较为一致的石英砂作为过滤介质，粒径和滤料厚度都大于原来设计采用的级配滤料，使滤床的纳污能力强，滤后水质好，反冲洗周期长，反冲洗采用气、水联合冲洗，分为单气冲洗，由约 $55\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 强度的空气，使沙层在不膨胀的情况下，全面沸腾擦洗，使整个滤池不可能产生积泥死角，然后气水同时冲洗，料层微膨胀，砂中污泥在气体擦洗的同时由小流量的(约 $10\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$)反冲水浮出滤层，后单独由约 $17\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 强度的清水漂洗滤层至滤层彻底干净，最后采用减速过滤技术，在整个反冲洗过程中，由一股 V 型槽流出的侧向水流将反冲洗表面浮渣冲向中央排水渠，布气布水采用长柄波头，普遍反使用效果良好。

均质滤料气水反冲滤池有以下特点：

a) 恒水位过等速过滤。滤池出水阀随水位变化不断调节开启度，使池内水位在整个过滤周期内保持不变，滤层不出现负压。当某单格滤池冲洗时，待滤水继续进入该格滤池作为表面扫洗水，使其他各格滤池的进水量和滤速基本不变。

b) 采用无料石英砂滤料，滤层厚度比普通快滤池厚，截污量比普通快滤池大，故滤速较高，过滤周期长，出水效果好。

c) V 型进水槽（冲洗时兼作表面扫洗布水槽）和排水槽沿池长方向布置，单池面积较大时，有利于布水均匀。

d) 承托层较薄。

e) 冲洗采用空气、水反冲和表面扫洗，提高了冲洗效果并节约冲洗水。

f) 冲洗时，滤层保持微膨胀状态，避免出现跑砂现象。

(2) 转盘过滤

转盘过滤就是将过滤转盘安装在特别设计的混凝土滤池内进行过滤，它的作用在于去除污水中以悬浮状态存在的各种杂质，提高污水处理厂出水水质，使处理水 SS 低于 10mg/l 。根据转盘滤池的进水方式，可分为“内进水”转盘过滤滤池和“外进水”转盘过滤滤池。

1) “内进水”转盘过滤滤池

“内进水”转盘过滤滤池是按照转鼓过滤方式进行工作，是由一系列水平安装并可旋转的过滤转盘构成，转盘安装在中央管轴之上，正常运行时，浸泡体积只有40%，反洗时最大水浸泡体积可达60%，每转盘由各单一不锈钢组件组成，组件表面为网状结构，污水从内向外穿流过滤，然后过滤液体从机械的端部流出，过滤期间，转盘开始处于静止状态，在重力作用之下固体物质沉积在筛网之上，随着过滤时间的延长，的固体物质所覆盖。这一现象会导致压力差上升，在到达预先设置的最大压力差时，转盘开始缓慢旋转，冲洗棒按一定节奏对过滤面上沉积固体物质进行清理，通过一水泵，将过滤处理后的水向喷头提供冲洗水，冲洗射流溶解固体物质，通过组件之下安装的泥浆料斗将反冲洗水排出箱体，在清理过程时，污水过滤过程不会中断。为将滤盘冲洗干净，反冲洗泵扬程较高，一般为60~70m。“外进水”转盘过滤滤池过滤介质主要为不锈钢丝网或聚酯丝网。“内进水”转盘滤池具有以下优点：

- a) 占地小，过滤面积大
- b) 水头损失小，最大数值30cm（自由落差流动）
- c) 无须采用水泵提升
- d) 连续性运转
- e) 过滤装置可先使用少量转盘，以后水量增加时再扩展模块
- f) 全封闭结构，结构紧凑

2) “外进水”转盘过滤滤池

“外进水”转盘过滤滤池在过滤操作中，水进入主水箱并通过滤布进入中央集水管中，随着固体物在滤布表面及内部的不断积累，流动阻力或水头损失随之增加。当通过滤布的水头损失增加并达到预先设定水位时，转盘需要进行反洗。反洗开始后，转盘保持在浸没状态，并以一定的速度转动，设于转盘两侧与排泥泵相连的真空吸入装置将滤后水从其集水管内抽出，并使之通过滤布进入真空装置，而转盘不停旋转，

通过这种逆向流动可去除截留于滤布表面及内部的颗粒。另外，过滤转盘下设有斗形池底，有利于池底污泥的收集。只需根据进水水质调整排泥周期，启动排泥泵通过池底排泥管将污泥排出。“外进水”转盘过滤滤池具有以下优点：

- a) 出水水质好，并且水质和水量稳定，过滤连续。

-
- b) 设计新颖，耐冲击负荷，适应性强。
 - c) 设备简单紧凑，附属设备少，整个过滤系统的投资低，设备闲置率低，总装机功率低。
 - d) 运行自动化，维护简单、方便。
 - e) 运行费用低。
 - f) 占地小，有效过滤面积大，过滤及反洗效率高。
 - g) 滤前处理系统的事故对滤池的影响较小，并且恢复较快。
 - h) 设计周期和施工周期短。

综上，几种滤池的比较如下：

上述几种滤池在污水深度处理中均有应用。鉴于原污水处理系统采用滤池滤布的过滤形式，综合考虑投资及运行成本，本工程推荐采用滤池滤布作为深度除浊过滤段的滤池工艺。

（三）难降解有机物深度处理技术比选

经混凝沉淀后，出水中还有少量难生物降解的 COD，不能达到一级 A 排放标准要求，需要对其进行深度处理。

深度处理工艺主要根据处理对象、处理水量、处理要求选择和设置。主要工艺技术有：

（1）曝气生物滤池(BAF)

曝气生物滤池(BAF)是一种新型的污水处理新工艺，集生物降解、固液分离于一体，在处理可生化性较低的污水中具有较好的性能，可获得较好的出水水质，水质稳定，适合低 COD_{Cr} 浓度、低 SS 的污水处理。目前，在我国工业和城市污水的深度处理中广泛采用。

（2）MBR、CMF 工艺

MBR 膜生物反应器或 CMF 连续微滤工艺特点是分离效率高、出水水质好、占地面积小，为生化+物理分离过程或纯物理分离过程，目前在工程上应用不多。

（3）高级氧化技术

由于生化处理出水的 B/C 值低，可生化性差，生化处理出水的需要通过高级氧化技术进一步去除 COD，其基础在于运用电、光辐照、催化剂，有时还与氧化剂结合，在反应中产生活性极强的自由基(如 HO·)，再通过自由基与有机

化合物之间的加合、取代、电子转移、断键等，使水体中的大分子难降解有机物氧化降解成低毒或无毒的小分子物质，甚至直接降解成为 CO_2 和 H_2O 。

目前较为常用的物化高级氧化工艺主要有臭氧催化氧化法、Fenton 法等。

(1) Fenton 法

1894 年，法国人 HJHFenton 发现采用 $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系能氧化多种有机物，后人为纪念他将亚铁盐和过氧化氢的组合称为 Fenton 试剂，它能有效氧化去除传统污水处理技术无法去除的难降解有机物，其原理是在酸性反应条件下， H_2O_2 在 Fe^{2+} 的催化作用下生成具有高反应活性的羟基自由基($\cdot\text{OH}$)，该自由基是一种强氧化剂，使有机物的长链不断被打断成小分子物质，可与大多数有机物作用使其降解，将污水中的有机物最终氧化成二氧化碳和水以降低 COD。 H_2O_2 在 Fe^{2+} 的催化作用下分解产生 $\cdot\text{OH}$ ，其氧化电位达到 2.83V，是除元素氟外最强的无机氧化剂，适用于生物难降解或一般化学氧化难以奏效的有机废水的氧化处理。

芬顿试剂在处理有机废水时会发生反应产生铁水络合物，具有絮凝功能。芬顿试剂所具有的这种絮凝/沉淀功能是芬顿试剂降解 COD_{Cr} 的重要组成部分，可以看出利用芬顿试剂处理废水所取得的处理效果，并不是单纯的因为羟基自由基的作用，这种絮凝/沉降功能同样起到了重要的作用。

但其具有如下缺点：

a.芬顿处理需要投加双氧水、 FeSO_4 、 H_2SO_4 、 NaOH 等药剂，药剂投加种类多、投加量大，运营过程中对 pH 控制操作难度大；

b.芬顿处理的运行成本较高，产生污泥量多。药剂成本高是一方面，另一方面是芬顿工艺产生的污泥为危废，额外增加了大量危废处理费用；

c.芬顿处理容易返色。如双氧水与硫酸亚铁的投加量与投加比例控制不好，或三价铁不沉淀容易导致废水呈现出黄色或褐色；

d.芬顿处理腐蚀性大。投加的双氧水、碱等具有强氧化性或还原性，对设备、池体腐蚀性大，如果防护不好对人体都有一定程度的损害，此外，硫酸亚铁也具有一定的腐蚀性，芬顿排泥进入厂区污泥处理系统，对污泥处理设备也会造成较大腐蚀。

(2) 臭氧氧化法

臭氧催化氧化法主要通过直接反应和间接反应两种途径得以实现。其中直接

反应是指臭氧与有机物直接发生反应，间接反应是指臭氧分解产生 $\cdot\text{OH}$ ，通过 $\cdot\text{OH}$ 与有机物进行氧化反应。臭氧催化氧化相对于 Fenton 氧化而言，不产生污泥，二次污染少。

针对废水中含有大量高毒性和难降解物质，直接生化处理效果差等特点，采用臭氧催化氧化处理具有以下显著优势：

优先氧化含有不饱和键的污染物，实现了对有机毒物和难降解的选择性降解：废水中 $\text{C}=\text{O}$ 、 $\text{C}=\text{C}$ 等不饱和致色物质以及芳烃类、脂肪烃、杂环类等高毒、难生物降解物质进行高效选择性降解。

臭氧氧化分为臭氧催化氧化和普通的臭氧氧化。具体技术对比如下：

1) 臭氧催化氧化技术：臭氧催化氧化技术是一种以增强臭氧的氧化性能、提高臭氧的利用效率为目的的新型水处理技术。该技术利用催化剂协同臭氧氧化可以降低反应活化能或改变反应历程，产生具有极高氧化还原电位的羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ），从而达到深度氧化、最大限度地去去除有机污染物的目的。羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）的氧化还原速率为 109，对有机物氧化速度快。

2) 臭氧氧化技术是一种传统的水处理技术，是利用臭氧所具有的氧化性能来降解水中的部分有机物质和少量的无机有毒物质，从而达到去除污染物和消毒的目的。由于臭氧具有较强的氧化性，氧化能力高于氯和高锰酸钾，能够氧化多种有机物，是一种理想的水处理用绿色氧化药剂。臭氧仅对 $\text{C}=\text{C}$ 双键及对邻位不含大基团的苯环类有机物具有较强的氧化性，臭氧氧化具有一定的选择性。

表 5-28 臭氧氧化与臭氧催化氧化工艺比较

项目	臭氧催化氧化	臭氧氧化
对水中有机污染物氧化选择性	在催化剂参与下将臭氧催化产生 $\cdot\text{OH}$ （羟基自由基），羟基自由基氧化无选择性，不会出现一种物质得到降解而另一种物质基本不变的情况。	臭氧氧化具有选择性。可降解水中的部分有机物质和少量的无机有毒物质。
反应速率	反应速率常数大，羟基自由基与大多数有机物反应的速率常数在 $106\sim 1010\text{mol}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ；	对含双键的有机物氧化速率快、其他的有机物氧化速率则相对较慢，甚至低于臭氧自身分解速度。
臭氧的利用效率	臭氧的利用效率高，可以达到99.9%以上。在污水处理中臭氧投加量较低，	臭氧利用效率较低，在污水处理中含盐污水臭氧投加量 $60\text{-}150\text{mgO}_3/\text{L}$ 水。

项目	臭氧催化氧化	臭氧氧化
氧化能力	对任何有机物具有强氧化性，氧化速率为 109，无选择性	氧化性具有选择性，仅对 C=C 双键及对邻位不含大基团的苯环类有机物具有较强的氧化性，臭氧氧化具有一定的选择性
电耗	由于臭氧利用率高，故臭氧制备设备小，耗电量低。	由于臭氧利用率低，故臭氧制备设备大，耗电量高。
设备投资	一次性投资较高；	一次性投资较低

本项目推荐采用臭氧催化氧化工艺，达到进一步去除剩余 COD_{Cr} 的目的。

（四）有机氟工艺比选

低浓水有机氟处理技术比选与 5.1.1.2 章节相同选用高级还原除氟技术，即紫外光激发亚硫酸钠产生水合电子（e_{aq}⁻）或自由基，攻击 C-F 键。

（五）消毒工艺比选

排放标准对出水中的粪大肠菌群数有要求，因此必须设置消毒设施对出水进行消毒。目前，国内的主要消毒方法有液氯消毒、次氯酸钠消毒、臭氧消毒、二氧化氯消毒和紫外线消毒等几种方式。

（1）液氯消毒

液氯消毒效果可靠，投配设备简单，投量准确，价格便宜，是应用最广的消毒剂，已经积累了大量的实践经验。但其也存在下列缺点：

- ①安全方面存在潜在的危险性；
- ②与水中腐殖酸类物质反应形成致癌的卤代烃；
- ③与酚类反应形成带有怪味的氯味；
- ④与水中的氨反应形成消毒效力低的氯胺，且排入水体后对鱼类有危害；
- ⑤在 pH 值较高时消毒效力大幅度下降；
- ⑥对病毒灭活效果较差。

（2）臭氧消毒

臭氧消毒效率高，并能高效降解污水中残留有机物、色、味等，污水 pH 值、温度对消毒效果影响较小，不产生难处理的或生物积累性残余物。但设备系统组成复杂，投资大、成本高，对运行操作技术要求严格；

（3）二氧化氯

二氧化氯具有杀菌、灭病毒，去除微量有机污染物等功能，但其投资和运行

成本较高，对运行操作要求较严；另外，使用二氧化氯消毒也存在一些其他问题：

①加入到水中的二氧化氯有 50~70%转变为 ClO_2^- 、 ClO_3^- ，试验表明 ClO_2^- 、 ClO_3^- 对血红细胞有损害；

②使消毒水有特殊的气味；

③二氧化氯化学性质不稳定，见光极易分解，不能充分发挥消毒作用。

（4）紫外线消毒

紫外线消毒速度快，效率高，操作简单，便于管理，易于实现自动化，无二次污染，占地面积小及无副产物等优点。但紫外线应用于污水消毒也有一定局限性：

① 紫外线无持续消毒能力；

②紫外线灯管和石英灯管需要定期清理，去除结垢；需要定期检测老化系数，并更换老化灯管；

③待消毒污水的色度、浊度等对杀菌效果有影响；

（5）次氯酸钠消毒

次氯酸钠通过水解形成次氯酸产生消毒效果。次氯酸钠能与水任意比互溶，它不存在液氯、二氧化氯等药剂的安全隐患，且其消毒效果和氯气相当。也正是因为这一特点，所以它具备操作安全，使用方便，易于储存，对环境无毒害等优点。可直接外购也可采用次氯酸钠发生器自制，使用灵活便利。

综合考虑以上污水消毒工艺的适用性、成熟性、安全性、可靠性、二次污染问题、消毒副产物、操作运行的简单易行和运行费用等因素，本期工程尾水采用紫外消毒工艺。

紫外线消毒灯管选用 LED 产品，UVC-LED（固态紫外光源）具有无汞、瞬时启动、寿命长、体积小、耐震动、可智能控制等优势。其波长可定制在 265-280nm，更接近微生物核酸的吸收峰值，杀菌效率更高。

（六）工艺比选结论

通过上述分析，结合碧波水厂现状，本项目最终采用高级还原除氟（UV 还原）、前臭氧氧化、水解酸化、A2/O、高密沉淀池、后臭氧氧化、BAF、滤布滤池、紫外消毒等工艺进行组合，实现对综合废水中 COD、氨氮、总氮、总磷、PFAS 新污染物等污染因子的去除。综合废水是由各企业污水站处理后汇总至碧

波水厂，其污染物总量虽然不高，但其中有机污染物均为难降解污染物。本项目采用前臭氧氧化工艺+水解酸化工艺改善综合废水的可生化性，利用 A2/O 工艺实现脱氮除磷，高级还原除氟技术（UV 还原）实现 PFAS 新污染物的矿化处理，既满足了污水厂对常规污染物的处理需求，也满足了对于 PFAS 新污染物处理设施的补充需求，总体工艺路线是可行。

5.1.6 综合水单元主体工艺设计

5.1.6.1 工艺流程图

工艺流程图如下图所示。

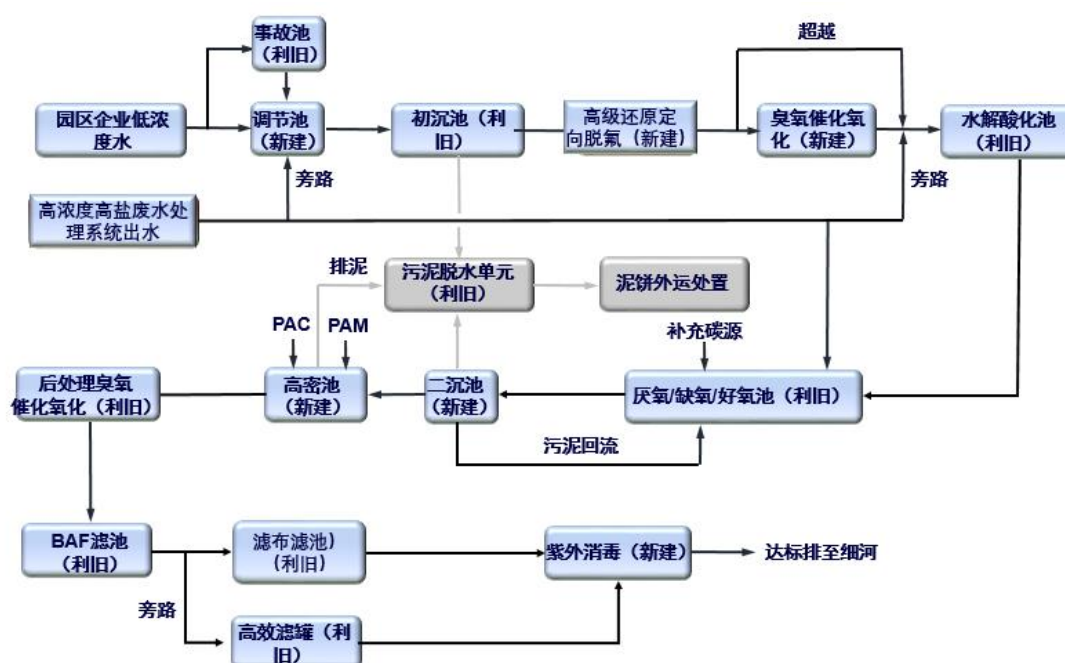


图 5-8 工艺流程图

各企业来水首先进入污水厂内的调节池，通过调节池的均质均量作用，均衡水质水量，保证进水的稳定。企业来水管道上设置在线监测仪器，监测主要污染物及流量，当来水不符合进水标准时，关闭进水阀门，并通知企业关闭进水泵。

调节池出水进入混凝+初级沉淀池，混凝池内投加 PAC、PAM 药剂，通过絮凝沉淀作用去除污水中的 SS、不溶解性有机污染物、无机氟化物等。

混凝沉淀后的污水进入高级还原定向脱氟单元，通过紫外光激发亚硫酸钠产生水合电子（ e_{aq}^- ）或自由基，攻击 C-F 键，去除污水中的有机氟，将有机氟转化为无机氟离子。随后通过提升泵将污水提升至臭氧氧化单元，除去难降解有

机物的同时，将部分复杂有机物进行开环、断链，提升污水的可生化性。

臭氧氧化的污水自流进入水解酸化池，通过厌氧菌的作用，将大分子有机物转分为小分子有机物，提升 B/C 比，增强后续生化反应的可降解性。

水解酸化池出水进入厌氧/缺氧/好氧池，通过厌氧区聚磷菌的作用进行磷的去除；通过缺氧区反硝化菌的反硝化功能进行 TN 的去除；通过好氧区硝化菌的硝化作用去除有机物和硝态氮。缺氧区设置碳源投加装置，当水中有机物浓度较低，影响脱氮功能时，补充碳源，提升脱氮效率。

生化反应池出水进入二沉池进行泥水分离，然后再进入高密沉淀池进行除磷、无机氟脱除及进一步悬浮物去除。

高密池出水进入后臭氧催化氧化单元，进一步去除残余 COD，对出水 COD 起到保障把关作用。后臭氧催化氧化单元出水进入曝气生物滤池，进一步去除氨氮，保证氨氮出水指标稳定可靠。曝气生物滤池出水进入滤布滤池，通过滤布滤池的过滤作用去除细小悬浮物，保证出水能够达到出水标准要求。

最后出水进入消毒池进行消毒，采用紫外方式进行消毒。

5.1.6.2 各段污染物去除率预测

表 5-29 各段污染物去除率预测

工段	指标	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TN(mg/L)	TP (mg/L)	无机氟 (mg/L)	有机氟以 AOX-F 计 (mg/L)	水量 t/d
高浓预处理出水		2500	750	10	100	120	1	10	10	400
调节池		500	250	300	30	50	8	10	10	4600
初沉池	进水	660	290	276.8	35.6	55.6	7.44	10	10	5000
	出水	660	290	110	35.6	55.6	7.44	10	10	5000
	去除率	/	/	60%	/	/	/	/	/	5000
高级还原定向除氟	进水	660	290	110	35.6	55.6	7.44	10	10	5000
	出水	660	290	110	35.6	55.6	7.44	19.9	0.1	5000
	去除率	/	/	/	/	/	/	-50%	99%	5000
前臭氧催化氧化	进水	660	290	110	35.6	55.6	7.44	19.9	0.1	5000
	出水	594	275	110	35	54.6	7.44	19.9	0.1	5000
	去除率	10%	5%	/	/	/	/	/	/	5000
水解池	进水	594	275	110	35	54.6	7.44	19.9	0.1	5000
	出水	452	252	80	43	52	7.44	19.9	0.1	5000
	去除率	24%	8%	27%	-23%	5%	/	/	/	5000
A/O 生化池+二沉池	进水	452	252	80	43	52	7.44	19.9	0.1	5000
	出水	60	25	30	5	13	4.2	19.9	0.1	5000
	去除率	87%	90%	63%	88%	75%	44%	/	/	5000
高密沉淀池	进水	60	25	30	5	13	4.2	19.9	0.1	5000
	出水	56	23	14	5	13	0.4	5	0.1	5000
	去除率	7%	8%	53.3%	0%	0%	90%	75%	/	5000

臭氧氧化塔	进水	56	23	14	5	13	0.4	5	0.1	5000
	出水	41	10	14	5	13	0.4	5	0.1	5000
	去除率	27%	57%	/	/	/	/	/	/	5000
BAF	进水	41	10	14	5	13	0.4	5	0.1	5000
	出水	38	7	10	3	13	0.4	5	0.1	5000
	去除率	7%	30%	28.6%	40%	0%	0%	/	/	5000
滤布滤池	进水	38	7	10	3	13	0.4	5	0.1	5000
	出水	37	6	8	3	13	0.4	5	0.1	5000
	去除率	2.6%	14.3%	20%	/	/	/	/	/	5000
	出水	37	6	8	3	13	0.4	5	0.1	5000
控制指标		50	10	10	5	15	0.5	6	0.2	

5.1.6.3 现状工艺设施参数复核及改造方案

(1) 原事故调节池

总尺寸：54x29.9x5.0m，有效水深 4.5m，总有效容积 7200m³。

目前，事故调节池已经整体用作应急事故池，应急事故池在非事故状态下必须保持空置状态，随时可用。严禁将其作为调节池、储存池或沉淀池使用。

(2) 调节池

本项目新建一座 2700m³ 的调节池，30X15X6m。

(3) 水解池

总尺寸：32.25x25.2x8.5m，有效水深 7.9m，总有效容积 6120m³。

根据相似化工园区污水处理厂工程经验，厌氧水解池水力停留时间宜取 18h 进行计算，利旧现有水解酸化池，可实现 5000m³/d 处理量，停留时间 30h。

(4) A/O 池

64m×40m×5.5m，有效水深 5.0m，1 座 2 组；其中单座缺氧区有效容积 1845m³，尺寸 37.5x6.0x5.5+24 x 6.0 x 5.5m；单座好氧区有效容积 3600m³，尺寸 24.0x30.0x5.5m。

A/O 池处理水量为 5000m³/d 时，缺氧池按停留时间 17.7h 计算，好氧池按 34.56h。

(5) 臭氧氧化

目前有 2 台空气源臭氧发生器，单台规模 5kg/h，总规模 10kg/h。按照去除 20mg/L COD 考虑，去除单位 COD 臭氧投加比为 5:1 进行计算，可处理水量为 100m³/h，约 2400m³/d。

臭氧氧化池：24x8x6.5m，核算接触时间为 5.5h，满足 0.5-1.0h 的接触要求。

(6) BAF

一座 2 组，共 6 格，每格尺寸 9x7x7m，滤粒层厚 3.5m，满足处理 5000m³/d 的处理要求。

(7) 滤布滤池

一座 2 组，每格尺寸 4.8x2.8x3.5m，满足处理 5000m³/d 的处理要求。

5.1.6.4 原碧波污水厂改造单元设计

碧波污水处理厂原有工艺流程为 2 条污水处理线并联运行，本次进行优化改

造主要方案为修复现有设施，拆除不必要工艺单元，恢复 2 条污水处理线并联的运行模式，匹配新污染物的去除要求。包括粗细格栅拆除，新增高级还原定向脱氟单元，前臭氧氧化单元修复并增加脱气池，水解酸化池修复，一组生化池内部平流沉淀池、中间水池、碳粉反应池、混凝池、絮凝池、斜板沉淀池、出水池拆除并恢复原生化功能，新增二沉池，新增高密沉淀池，新增后臭氧催化氧化单元，BAF 滤池修复，滤布滤池修复，新增紫外消毒单元等。具体见下文所述。

(1) 中间站

本单元为新增单元，“一企一管”模式中的中间站（也常被称为监测站、集水点或检测中心）是整个系统的核心枢纽，它通过为每家排污企业铺设独立管道，实现对工业废水精准、高效的监管。不合格来水将通过关闭进水阀门、通知企业停排等方式处置，不进入污水处理系统。已进入中间站的不合格废水进入事故池，分批次少量泵入处理系统进行处理。

主要设备：

废水提升泵：

提升潜污泵，流量 $Q=105\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=15\text{m}$ ，泵壳叶轮铸铁，变频，2 用 1 备

地坑潜污泵，流量 $Q=10\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=5\text{m}$ ，泵壳叶轮铸铁，变频，1 用

潜水搅拌器，直径 $\Phi 620\text{mm}$ ，搅拌功率 5.5kw ，材质 SS316L，2 台

格栅除污机，过水量 $210\text{m}^3/\text{h}$ ，格栅间隙 5mm ，材质 SS316L，1 台

电动阀组，14 套

中间站配套在线分析仪表，流量计，液位计

主要构筑物：

集水池，设 14 格进水井，1 座格栅渠，1 座集水池，尺寸为： $25\times 10\times 4$ （m）

(2) 原粗格栅

改造措施：

格栅及附件整套拆除，地面进行修复，保留厂房。

(3) 原细格栅

改造措施：

格栅及附件整套拆除，地面进行修复，保留厂房。

(4) 调节池

本单元为新增单元，主要功能是园区企业低浓废水和高浓废水的均质均量。

主要设备：

调节池出水泵：：Q=110m³/h，数量3台，2用1备；

远传液位计：1套

主要构筑物：

数量：1座

尺寸：30×15×6（H）m

(5) 初沉池

形式为竖流沉淀池，Φ6m×13.5m，4座。

出水提升泵：Q=160m³/h，数量1台，

改造措施：

初沉池内部做性能涂料降低摩擦系数，对排泥管路改造、恢复溢流堰，棚顶彩钢拆除，池面加盖处理。

新增设备包括

集水槽：0.6m*0.4m*204m；

集水堰板：3.0 m*0.1m，厚度6-8mm，304 不锈钢，136块；

(6) 混凝沉淀单元

改造措施：调整为初沉池前的混凝单元。

(7) 高级还原定向脱氟

本单元为新增单元，主要功能是低浓度氟代有机物去除，设备放置于原格栅间。

新增设计 pH 调节池 2 座，用来对来水 pH 进行调节，通过投加氢氧化钠将来水 pH 调节至 11。设计参数：处理水量：5000m³/d；停留时间：28.94min。

主要设备：

pH 调节池箱体

外形尺寸：Φ4.0×4.5m

材 质：碳钢防腐（聚脲 5 层防腐）

数 量：2 套

搅拌机

功率：7.5kW，桨叶衬塑

数量：2套

在线 pH 计

数量：4套

氢氧化钠投加装置

容积：3000L

搅拌机功率：1.5kW

计量泵：Q=0-80L/h，P=10bar，N=0.37kW（2台，1用1备）

数量：2套

提升泵

流量：55m³/h

扬程：15m

功率：11kW

数量：6台（4用2备）

新增 AOX-F 高级还原系统 1 套，高级还原工艺通过紫外照射亚硫酸钠产生强还原性水合电子与氢自由基实现极难降解的氟代有机物的高效脱氟。设计参数：处理水量：5000m³/d；亚硫酸钠投加量：2g/L。

主要设备：

AOX-F 高级还原反应器

材质：不锈钢 2507

紫外灯管数量：288 支

单支灯管功率：1000W

配套自动清洗装置、套管、镇流器、光强检测、控制柜

数量：1台

管道混合器

规格：DN250

数量：1个

电磁流量计

规格：DN250

输出：4-20mA

数量：1 台

亚硫酸钠加药装置

容积：30m³，配套搅拌机 7.5kW，3 套

材质：PE

加药螺杆泵：Q=0-2.0m³/h，P=6bar，N=1.5kW，（2 用 1 备）

数量：1 套

新增设计 pH 调节池 2 座，用来对来水 pH 进行调节，通过投加稀硫酸将来水 pH 调节至中性。设计参数：处理水量：5000m³/d；停留时间：28.94min。

主要设备：

pH 调节池箱体

外形尺寸：Φ4.0×4.5m

材 质：碳钢防腐（聚脲 5 层防腐）

数 量：2 套

搅拌机

功率：7.5kW，桨叶衬塑

数量：2 套

在线 pH 计

数量：4 套

氢氧化钠投加装置

容积：3000L

搅拌机功率：1.5kW

计量泵：Q=0-80L/h，P=10bar，N=0.37kW（2 台，1 用 1 备）

数量：2 套

（8）前臭氧氧化单元

本单元为新增单元，主要功能是去除部分难降解有机物，同时提升污水可生化性。

构筑物：

前臭氧氧化单元地坪

数量：1 座

尺寸：11m×18m

臭氧缓冲池+反洗池

数量：1 座

尺寸：12×10×7（H） m

主要设备

前臭氧催化氧化反应塔（含填料）

数量：2 台；

规格：处理能力：105t/h，配套气液分离器、供电及控制系统等；

材质：钢衬 PO；

臭氧发生器

数量：2 套；

规格：臭氧产量：30kg/h，配套：循环冷却水系统、尾气破坏器、自控、仪表、管道、阀门等，功率 N=400kW；

液氧罐

数量：2 台；

规格：单台容积：50m³，配套汽化器、减压装置等；

提升泵

数量：3 台，2 用 1 备；

规格：Q=110m³/h；

反洗水泵

数量：2 台，1 用 1 备；

规格：Q=250m³/h；

（9）水解池

数量：一座 2 组，总尺寸：32.25x25.2x8.5m，有效水深 8.5m，总有效容积 6120m³。

潜水推流器：QJB3/8-420-740S，数量：8 台，

出水提升泵：Q=175m³/h，数量：3 台，

改造措施：拆除 8 台潜水推流器，拆除现有实现脉冲布水器及布水管路，重新设计恢复脉冲布水功能，修复排泥管路，增设污泥回流管路，增设出水堰，利用旧有提升泵。

增加脉冲布水装置 16 套（配套补水管道及泵、阀门等附件），

增加远传 ORP 监测 2 套

（10）A/O 生化池

64m×40m×5.5m,有效水深 5.0m,1 座 2 组;其中单座缺氧区有效容积 1845m³,尺寸 37.5x6.0x5.5+24 x 5.0 x 5.5m; 单座好氧区有效容积 3600m³, 尺寸 24.0x30.0x5.5m。

出水提升泵: Q=175m³/h, 数量: 1 台,

潜水推流器: QJB3/4-2200/2-30, 数量: 5 台,

潜水搅拌机: GQJB3/8-400/3-740(带导流罩) 数量: 1 台,

风机: 风量: 32m³/min, 数量: 3 台,

硝化液回流泵: GQJB-W1.5/8, Q=120-150m³/h, 数量: 2 台,

曝气管: 长度: L=1000mm, 管径: Φ=65mm, 曝气量: q= 3-12Nm³/h, 数量: 420 根;

改造措施:

拆除已改造系列内部设备及分隔,恢复原 AO 单元分隔设计,池体容积保持不变。

增设潜水推流器: QJB3/4-2200/2-30, 数量: 9 台,

增设潜水搅拌机: GQJB3/8-400/3-740(带导流罩) 数量: 1 台,

增设硝化液回流泵: 3 台, Q=300m³/h, H=10m, N=11kW;

增加补充碳源投加装置一套,包括: 乙酸钠储罐: Φ3x3.2m V=20m³, 数量 1 个, 配套搅拌机, 数量: 1 台, 材质: FRP, 乙酸钠投加泵: Q=0~750L/h P=2bar, 数量: 2 台, 材质: 泵头: PVC; 隔膜: PTFE),

增设曝气风管 1 套,

增加管式曝气器: 长度: L=1000mm, 管径: Φ=65mm, 曝气量: q= 3-12Nm³/h, 数量: 420 根;

增设 A 段: 远传 ORP 监测 2 套, O 段: 远传 DO 监测 2 套。

(11) 二沉池

本单元为新增单元，主要工程为 AO 单元泥水分离。

构筑物：

沉淀池

数量：1 座；

池型：辐流沉淀池

设计流量：208m³/h；

表面负荷：0.82m³/m².h；

沉淀时间：2.5h；

有效水深：2.05m；

直径：18m。

二沉污泥排泥池

结构形式：半地上钢砼结构

有效容积 V=100 m³

尺寸 BxLxH=5x5x5.0m

二沉池综合泵房：

结构形式：半地上钢砼结构

尺寸 BxLxH=5x5x5.0m

主要设备：

中心传动刮泥机：D=18m，液下 SS304，数量：1 套。

潜水污泥回流泵 3 台，Q=150m³/h，H=16m，N=15kW；

剩余污泥泵：2 台，Q=20m³/h，H=32m，N=11kW；

(12) 高密沉淀池

本单元为新增单元，功能为在混凝剂的作用下，使废水中的胶体和细微悬浮物凝聚成絮凝体，然后予以分离除去的水处理法。混凝澄清法在水处理中的应用是非常广泛的，它既可以降低原水的浊度、色度等水质的感观指标，又可以去除多种有毒有害污染物。

项目设置 1 座 2 组高密沉淀池，设计流量为 5000m³/d，考虑平均水量×1.1 倍日变化系数，单座设计流量为 115m³/h。为确保出水达标，在一级混合池内投

加氧化钙和专用除氟剂，二级混合池内投加聚合铝和碳酸钠，并在絮凝池内投加助凝剂 PAM，使污水中氟化物、硬度及部分 SS 通过沉淀排除。

构筑物：

混合池

混合池反应时间：10min；

混合池分为 2 组，共 4 个；

单个混合池尺寸为：1.5×1.5×4.5m，有效水深 4 m。

絮凝池

絮凝时间：98min；

絮凝池分为 2 组，共 2 个；

单个絮凝池尺寸为：6.5×6.5×4.5 m，有效水深 4.0 m。

沉淀池

本工程采用 2 座小间距斜板沉淀池

结构形式：池体采用钢筋混凝土结构

单座尺寸：4.0 m×4.0 m×5.0 m（净内尺寸）；

表面负荷：7.15m³/m²·h；

清水区深度：0.7m；

有效水深：4.7m；

主要设备：

混合搅拌机

桨叶直径：Φ=1000mm

转速：n=85r/min

功率：P=4kW

数量：4 台

材质：玻璃钢防腐

絮凝搅拌机

桨叶直径：Φ=1400mm

转速：n=12r/min

功率：P=0.75 kW

数量：2 台

材质：玻璃钢防腐

中心传动浓缩刮泥机

设备数量：2 台

池内径：D=4m

功率：N=4kW

材质：水上不锈钢 304，液下玻璃钢防腐

斜管填料、导流筒及集水槽

填料：32m²

直径：Φ80mm

斜管长度：1m

材质：斜管玻璃钢，导流筒、集水槽不锈钢 316L

污泥排放泵

设备类型：螺杆泵

设备数量：4 台（2 用 2 备）

设备参数：Q=30m³/h，H=0.30Mpa，N=7.5kW，电机变频

材质：转子 316L

污泥回流泵

设备类型：螺杆泵

设备数量：4 台（2 用 2 备）

设备参数：Q=20m³/h，H=0.30Mpa，N=5.5kW，电机变频

材质：转子 316L

（13）后臭氧氧化单元

目前有 2 台空气源臭氧发生器，单台规模 5kg/h，总规模 10kg/h。按照去除 20mg/L COD 考虑，去除单位 COD 臭氧投加比为 5:1 进行计算，可处理水量为 100m³/h，约 2400m³/d。

臭氧氧化池：24x8x6.5m。

改造措施

利用现有接触池，与前臭氧共用臭氧发生及尾气破坏装置，与前臭氧共用反

洗设施。

新增供气系统一套；

新增填料：60 m³，规格：铝基 4-6mm，配套填料支架；

新增提升泵：

数量：3 台，2 用 1 备；

规格：Q=110m³/h；

（14）BAF 曝气生物滤池

一座 2 组，共 6 格，每格尺寸 9x7x7m，滤粒层厚 3.5m。

改造措施：重新设计布水布气系统，恢复完善滤板、滤料。更换供气风机及供水水泵。恢复 BAF 曝气生物滤池功能。

新增设备包括：

陶粒滤料：Ø3-5mm，1191m³；

卵石承托层：Ø16-32mm，57 m³；

卵石承托层：Ø8-16mm，57 m³；

标准滤板：960*960*100mm，378 块；

长柄滤头：Ø21*405mm，13608 套；

单孔膜空气扩散器：Ø60*45mm，13608 套；

曝气系统：6 套；

空气分配器：6 套；

反冲洗配气管：6 套；

阀门：1 批；

潜污泵：Q=5m³/h，H=10m，N=0.75kW，1 台；

排空泵：Q=160m³/h，H=12.5m，N=7.5kW，1 台；

反冲洗泵：Q=600m³/h，H=15m，N=45kW，3 台；

缓冲池排污泵：Q=200m³/h，H=10m，N=11kW，2 台；

潜水搅拌机：叶轮直径 400mm，N=2.5kW，2 台；

罗茨鼓风机：Q=8.12m³/min，P=0.06MPa，N=11kW，6 台；

罗茨鼓风机：Q=25.72m³/min，P=0.07MPa，N=40kW，3 台；

（15）滤布滤池

一座 2 组，单组滤池尺寸：4.80 m×2.80 m×3.5 m（净内尺寸）

改造措施：根据池体情况，重新设计、更换滤布滤池成套设备。

新增设备包括：

滤盘及中心管：单套设计流量：2500m³/d；出水悬浮物≤10.0mg/l；滤布公称孔径：≤10mm；滤盘直径：3m. 平面过滤介质抗拉强度≥600N/cm，数量：2 套；

驱动电机：与滤盘及中心管配套，数量：2 套；

反冲系统：与滤盘及中心管配套，数量：2 套；

可调进水堰板：LXB=2700*1100，数量：2 套；

出水堰板：LXB=2700*400 数量：2 套；

控制系统：1 套

阀门：1 批

（16）紫外消毒

为保证公共安全卫生，防止传染性疾病预防，本工程设紫外消毒设施。

构筑物：

紫外线消毒间

尺寸：L×B×H=6.2m×3.6m×3.0m；

数量：1 间；

紫外线消毒渠

单渠尺寸：3.2m×0.7m×0.8m（含超高 0.3m）；

数量：2 条；

主要设备：

紫外消毒灯

紫外线透光率不小于 65%；投加量：30mJ/cm²

灯管数为 20 根；

灯管采用低压高强紫外灯管，清洗方式为在线自动清洗。

5.1.6.5 污泥脱水单元设计

本项目不再新增污泥处理系统，利旧原有污泥处理系统，原有污泥处理系统主要包括：污泥调理池、污泥压榨系统、污泥加药系统（PAM）、污泥加药系统

(铁盐)、污泥加药系统(石灰)及污泥输送系统。污泥脱水后的含水率小于60%，泥饼外运至指定地点进行处置。

5.1.6.6 除臭单元设计

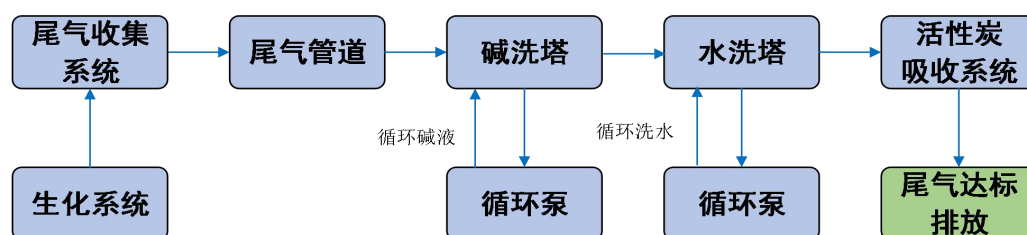
厂区原有生化池为顶部加盖彩钢棚结构，锈蚀严重，不利于生化废气的收集，本次改造，将拆除原有彩钢棚，在生化池顶部新建玻璃钢盖板及废气收集系统，收集后的尾气集中进行处置。

厂区生化池除臭工艺

集中尾气处理系统包括：引风机、碱喷淋系统、水喷淋系统、循环泵、活性炭吸收系统等。

尾气处理系统流程框图

图 5-9 生化废气处理系统流程框图



碱吸收工艺原理

目标排放标准：符合《恶臭污染物排放标准》(GB 14554-93)及地方环保要求，非甲烷总烃 $\leq 60 \text{ mg/m}^3$ ， $\text{H}_2\text{S} \leq 0.06 \text{ mg/m}^3$ ， $\text{NH}_3 \leq 1.5 \text{ mg/m}^3$ 。

处理对象：污水处理厂生化池产生的恶臭气体(含 H_2S 、 NH_3 、VOCs等)。

处理规模：废气量 $30,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，设计风量按1.2倍余量计算，即 $36,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

根据本项目生化池集中收集的尾气工艺条件和排放要求，碱吸收设备设计为填料塔喷淋。设计处理工艺如下：把需要处理的气体引入碱洗塔内，与塔顶喷淋下来的吸收溶液在整个塔内空间相遇并传质，进行化学反应吸收，从塔底排出反应溶液，从塔顶排出处理后的尾气，送入后续水洗塔及活性炭吸附装置和烟囱。

碱洗塔中发生反应如下：

1) 喷淋吸收：把吸收液喷淋成小的液滴分散于气体中，此吸收液为分散相，

废气为连续相。本方案采用螺旋喷头喷淋布液。

2) 单程逆流吸收：为使溶解吸收进行得比较完全，使气、液两相相对逆流流动，双向接触到更多的有效介质，使吸收质更好地扩散，达到更好的吸收效果。

3) 循环吸收：为了充分有效地提高吸收液的利用率，采用循环吸收的方法，使吸收液与废气充分接触溶解。通过耐腐蚀循环泵把吸收液循环喷淋利用。

4) 采用多级吸收：充分利用碱洗塔的有效高度段，在塔顶部喷淋吸收液使与废气进行水浴时得到吸收；中段填料充分扩大接触表面积，形成气、液两相膜式传质吸收，使气、液反复接触，进行多次湍流扩散，进行反复传质的溶解吸收。

5) 碱洗塔补排液控制：通过加药泵，根据 PH 仪检测的吸收循环浓度和液位计检测的液位计高度，和外排电动阀联动，当检测到 pH 值下限时，排液电动阀工作完毕后，自动开启加药泵开始补液，当达到 PH 上限或碱洗塔液位上限或配碱槽液位下限时自动关闭加药泵停止补液。加药泵也可以自动化控制系统进行远程控制。

6) 碱洗塔排液控制：通过循环泵，在循环管路设置外排支管，安装电动阀，根据 PH 仪检测的吸收循环浓度和液位计检测的液位计高度，当检测到 pH 值下限时，电动阀自动开启，排除废液，当检测到液位计下限时，自动关闭电动阀。

水洗塔主要是洗涤碱洗塔排出的尾气，去除尾气中的少量氨及雾沫夹带的碱。

水洗塔排出的尾气进入活性炭吸附装置，吸附 VOC，保证尾气达到排放标准后排放。

碱洗塔直径 4.2m，高度 9m（塔体直段），设计空塔，风速 2m/s，停留时间 3s，循环液为 3~5%碱液，液气比 1L/m³，循环量 100m³/h，设置三层喷淋，33.5m³/h 每层，塔顶配折流板除雾器+丝网除沫器。碱洗塔需安装 PH 计、可视液位计、检修口。

碱洗塔配备自动加药系统，通过液位和 pH 自动排水，所有水泵要求耐腐蚀。

水洗塔直径 4.2m，高度 9m（塔体直段），设计空塔，风速 2m/s，停留时间 3s，循环液为自来水，液气比 1L/m³，循环量 100m³/h，设置三层喷淋，33.5m³/h 每层，塔顶配折流板除雾器+丝网除沫器。水洗塔需安装可视液位计、检修口。

活性炭吸附工艺原理

吸附机理

物理吸附（主导作用）：

范德华力：活性炭表面与 VOC 分子之间的微弱分子间作用力（物理吸附），无化学反应。

孔隙结构：活性炭具有发达的微孔（<2 nm）、中孔（2~50 nm）和大孔（>50 nm），通过毛细作用将 VOC 分子截留在孔隙内。

比表面积：优质活性炭比表面积可达 500~1500 m²/g，提供大量吸附位点。

化学吸附（辅助作用）：

表面官能团：活性炭经改性后（如氧化处理）表面可能含羧基、羟基等官能团，与极性 VOC（如醛类、酚类）发生弱化学键合。

选择性吸附：针对特定 VOC（如含硫、氮有机物），化学吸附可增强捕获能力。

关键影响因素

活性炭性质：

碘值：衡量微孔数量的指标（碘值越高，吸附小分子 VOC 能力越强）。

孔径分布：大分子 VOC（如苯系物）需中孔为主的活性炭。

强度：蜂窝活性炭压降低，颗粒炭适用于高风量。

工况条件：

温度：吸附为放热过程，低温（20~40℃）更有利；高温会降低吸附效率。

湿度：高湿度下，水分子与 VOC 竞争吸附位点（需预处理除湿）。

浓度：高浓度 VOC 易导致快速穿透，需缩短吸附周期或增加炭层厚度。

气体流速：

空塔流速一般控制在 0.2~0.5 m/s，流速过高会减少接触时间，导致吸附不充分。

吸附塔设计：

数量：2 台并联，单塔处理能力 18,000 m³/h，交替运行。

结构：立式碳钢塔体，碳钢+FRP 防腐，Φ4500×6000mm，直径 4.5m，填料层高度 1.2m。

空塔流速：0.4 m/s，停留时间≥1.5 秒。

活性炭选型：

类型：煤质柱状活性炭（4mm×4mm），碘值≥800 mg/g，CTC 吸附值≥60%。

装填量：单塔装填量 12 吨，总装填量 24 吨。

吸附周期：

按废气非甲烷总烃平均浓度 200 mg/m³ 计，动态吸附容量 15%，更换周期约 10~15 天。

变频风机：风机功率：55kW，风压：全压 3500Pa。

后处理与排放：

活性炭吸附高效稳定：去除率可达 90%~95%。

吸附后气体经 15m 高排气筒达标排放，配置在线监测仪（VOCs、H₂S、NH₃）。

运行管理

监测指标

压差报警：吸附塔压差>800Pa 时触发活性炭更换。

在线检测：非甲烷总烃、H₂S、NH₃实时数据上传至中控系统。

活性炭再生/更换：

废活性炭按危废（HW49）处置，年更换量约 600 吨（按 15 天/次计）。

系统装机功率：风机 55kW×2= 110kW。

危废管理：废活性炭委托有资质单位处理，签订处置协议。

5.1.7 综合水单元主要设备一览表

表 5-30 主要工艺设备一览表

序号	名称	规格	材质	单位	数量	功率 kW	备注
格栅							
1	粗格栅机	GSHZ-700,格隙 20mm		台	1	1.5	拆除
2	细格栅机	GSHZ-700,格隙 6mm,		台	1	1.5	拆除
3	提升泵	Q=300m ³ /h		台	4		拆除
4	提升泵	Q=200m ³ /h		台	2		拆除
调节池							
1	出水泵	Q=110m ³ /h		台	3	5.5	新增
初沉池							
1	集水槽	B*H=0.6m*0.4m	304 不 锈钢	m	204		新增

2	集水堰板	L*H=3.0 m*0.1m, 厚度 6-8mm	304 不 锈钢	块	136		新增
3	出水提升 泵	Q=160m ³ /h		台	1	7.5	利旧
4	混凝沉淀			套	1	10	利旧
高级还原定向脱氟							
1	pH 调节池 箱体	Φ4.0×4.5m	碳钢防 腐(聚脲 5层防 腐)	套	2		新增
2	搅拌机	配套调节水箱	桨叶衬 塑	套	2	7.5	新增
3	氢氧化钠 投加装置	3000L; 搅拌机功率: 1.5kW; 计量泵: Q=0-80L/h, P=10bar, N=0.37kW (2 台, 1 用 1 备)		套	2	2	新增
4	提升泵	流量: 55m ³ /h; 扬程: 15m; 功率: 11kW		台	6	11	新增
5	AOX-F 高 级还原反 应器	紫外灯管数量: 5000m ³ /d,288 支; 单支灯管功率: 1000W; 配套自动清洗装置、套管、镇 流器、光强检测、控制柜	不锈钢 2507	台	1	288	新增
6	管道混合 器	DN250		台	1		新增
7	电磁流量 计	规格: DN250; 输出: 4-20mA		台	1		新增
8	亚硫酸钠 加药装置	30m ³ , 配套搅拌机 7.5kW, 3 套; 加药螺杆泵: Q=0-2.0m ³ /h, P=6bar, N=1.5kW, (2 用 1 备)	PE	套	1	25.5	新增
9	pH 调节池 箱体	Φ4.0×4.5m	碳钢防 腐(聚脲 5层防 腐)	套	2		新增
10	搅拌机	配套调节水箱	桨叶衬 塑	套	2	7.5	新增
11	氢氧化钠 投加装置	3000L; 搅拌机功率: 1.5kW; 计量泵: Q=0-80L/h, P=10bar, N=0.37kW (2 台, 1 用 1 备)		套	2	2	新增
前臭氧氧化单元							
1	前臭氧催 化氧化反 应塔(含填 料)	处理能力: 105t/h; 直径: 4m 配套气液分离器、供电及控制 系统等	钢衬 PO	台	2		新增

2	臭氧发生器	臭氧产量：30kg/h，配套：循环冷却水系统、尾气破坏器、自控、仪表、管道、阀门等，功率 N=400kW		套	2	400	新增
3	提升泵	Q=110m ³ /h，		台	3		新增
4	反洗水泵	Q=250m ³ /h，		台	2		新增
水解酸化池							
1	潜水推流器	QJB3/8-420-740S		台	8	3	拆除
2	出水提升泵	Q=175m ³ /h		台	3	11	利旧
3	脉冲布水装置	配套补水管道及泵、阀门等附件		套	16		新增
A/O 生化池							
1	出水提升泵	Q=175m ³ /h		台	1	11	利旧
2	潜水推流器	QJB3/4-2200/2-30		台	5	3	利旧
3	潜水推流器	GQJB3/8-400/3-740(带导流罩)		台	1	3	利旧
4	罗茨风机	风量：32m ³ /min		台	3	55	利旧
5	硝化液回流泵	GQJB-W1.5/8, Q=120-150m ³ /h		台	2	1.5	利旧
6	曝气管	长度：L=1000mm，管径：Φ=65mm，曝气量：q=3-12Nm ³ /h		根	420		利旧
7	潜水推流器	QJB3/4-2200/2-30		台	9	3	新增
8	潜水推流器	GQJB3/8-400/3-740(带导流罩)		台	1	3	新增
9	硝化液回流泵	Q=300m ³ /h, H=10m		台	3	11	新增
10	碳源投加装置	包括：乙酸钠储罐：Φ3x3.2m V=20m ³ ，数量 1 个，配套搅拌器，数量：1 台，材质：FRP，乙酸钠投加泵：Q=0~750L/h P=2bar，数量：2 台，材质：泵头：PVC；隔膜：PTFE		套	1	5.5	新增
11	曝气风管			套	1		新增
12	管式曝气器	长度：L=1000mm，管径：Φ=65mm，曝气量：q=3-12Nm ³ /h	膜片 EPDM；管道 ABS	根	420		新增

二沉池							
1	中心传动刮泥机	D=18m	液下SS304	套	1	1.5	新增
2	污泥回流泵	Q=150m ³ /h, H=16m	衬氟	台	3	15	新增
3	剩余污泥泵	Q=20m ³ /h, H=32m	衬氟	台	2	11	新增
高密沉淀池							
1	混合搅拌机	Φ=1000mm; n=85r/min	玻璃钢防腐	台	4	4	新增
2	絮凝搅拌机	Φ=1400mm; n=12r/min	玻璃钢防腐	台	2	0.75	新增
3	中心传动浓缩刮泥机	D=4m	水上不锈钢304, 液下玻璃钢防腐	台	2	4	新增
4	斜管填料	Φ80mm; 斜管长度: 1m	玻璃钢	m ²	32		新增
5	污泥排放泵	螺杆泵, Q=30m ³ /h, H=0.30Mpa, N=7.5kW, 运行泵电机变频	转子316L	台	4	7.5	新增
6	污泥回流泵	螺杆泵, Q=20m ³ /h, H=0.30Mpa, N=5.5kW, 运行泵电机变频	转子316L	台	4	5.5	新增
后臭氧氧化单元							
1	填料及支架	铝基 4-6mm		m ³	60		新增
2	提升泵	Q=110m ³ /h		台	3	5.5	新增
液氧单元							
1	液氧罐	Vn=50m ³ , Φ2800×10000	304	台	1		
2	液氧泵	Q=50L/h, P=0.8Mpa	304	台	2	1.5	
3	液氧气化器	Fn=100m ²	304	台	1		
BAF 曝气生物滤池							
1	滤料	∅ 3-5mm	陶粒	m ³	1191		新增
2	承托层	∅ 16-32mm	卵石	m ³	57		新增
3	承托层	∅ 8-16mm	卵石	m ³	57		新增
4	标准滤板	960*960*100mm		块	378		新增
5	长柄滤头	∅ 21*405mm		套	13608		新增
6	单孔膜空气扩散器	∅ 60*45mm		套	13608		新增

7	曝气系统			套	6		新增
8	空气分配器			套	6		新增
9	反冲洗配气管			套	6		新增
10	阀门			批	1		新增
11	潜污泵	Q=5m ³ /h, H=10m, N=0.75kW		台	1	0.75	新增
12	排空泵	Q=160m ³ /h, H=12.5m, N=7.5kW		台	1	7.5	新增
13	反冲洗泵	Q=600m ³ /h, H=15m, N=45kW		台	3	45	新增
14	缓冲池排污泵	Q=200m ³ /h, H=10m, N=11kW		台	2	11	新增
15	潜水搅拌机	叶轮直径 400mm, N=2.5kW		台	2	2.5	新增
16	罗茨鼓风机	Q=8.12m ³ /min, P=0.06MPa, N=11kW		台	6	11	新增
17	罗茨鼓风机	Q=25.72m ³ /min, P=0.07MPa, N=40kW		台	3	40	新增
滤布滤池							
1	滤盘及中心管	单套设计流量: 2500m ³ /d; 出水悬浮物≤10.0mg/l; 滤布公称孔径: ≤10mm; 滤盘直径: 3m. 平面过滤介质抗拉强度 ≥600N/cm;		套	2		新增
2	驱动电机	与滤盘及中心管配套		套	2	0.75	新增
3	反冲系统	与滤盘及中心管配套		套	2	2.2	新增
4	可调进水堰板	LXB=2700*1100		套	2		新增
5	出水堰板	LXB=2700*400		套	2		新增
7	控制系统			套	1		新增
8	阀门			批	1		新增
紫外消毒							
1	紫外消毒灯	紫外线透光率不小于 65%, 灯管数为 20 根		套	1		新增
污泥脱水							
1	进料泵	Q=25m ³ /h, N=15kW, 排出压力 1Mpa	组合件	台	2	15	利旧
2	压榨泵	Q=4m ³ /h, H=153m, N=4kW, 最大扬程 190m	组合件	台	2	4	利旧
3	滤布清洗泵	Q=135L/min, N=22kW, 排出压力 6Mpa	组合件	台	1	22	利旧

4	空压机	Q=2.9m ³ /min,N=18.5kW,排气压力 0.85Mpa	组合件	台	1	18.5	利旧
5	空压机	Q=1.0m ³ /min,N=7.5kW,排气压力 0.8Mpa	组合件	台	1	7.5	利旧
6	皮带输送机	N=4.0kW	组合件	台	2	4	利旧
7	皮带输送机	N=4.0kW	组合件	台	1	4	利旧
8	板框压滤机	N=5.5+1.5+0.75+0.55kW	成套设备	台	2	8.3	利旧
9	搅拌机	池长宽 3.0m, 深 3.5m, N=4.0kW	组合件	台	2	4	利旧
10	搅拌机	池长 3.0,宽 2.0,深 3.0m, N=1.5kW	组合件	台	2	1.5	利旧
11	PAM 加药泵	Q=1.5m ³ /h,N=1.5kW,排出压力 0.30Mpa	组合件	台	1	1.5	利旧
12	铁盐加药泵	Q=5m ³ /h,H=20m,N=1.1kW	组合件	台	2	1.1	利旧
生化尾气处理装置							
1	碱洗塔	Φ4200×9000	PPH 缠绕	台	2		新增
2	水洗塔	Φ4200×9000	PPH 缠绕	台	2		新增
3	活性炭吸附塔	Φ4500×6000, 填料层高度 1.2m	PPH 缠绕	台	2		新增
4	吸收塔循环泵	Q=100m ³ /h, H=20m	F46	台	8	15	新增
5	离心风机	Q=18000m ³ /h, p=6.5kPa	FRP	台	2	37	新增
一企一管中间站							
1	精细化工废水提升泵	Q=105m ³ /h, H=15m	泵壳叶轮铸铁	台	3	15	变频, 2用1备
2	地坑潜污泵	Q=10m ³ /h, H=5m	泵壳叶轮铸铁	台	1	5	变频
3	精细化工废水搅拌器	Φ620mm, 5.5kw	SS316L	台	2	5	
4	格栅除污机	过水量 210m ³ /h, 格栅间隙 5mm	SS316L	台	2		
5	闸门	900×900, 提升高度 4m, 配套手电两用启闭机	铸铁镶铜	台	4		

5.1.8 综合水单元主要建构筑物一览表

表 5-31 主要工艺设备一览表

序号	建构筑物名称	尺寸 (m)	数量	结构型式	备注
(一)	建筑物				
1	格栅间	37x11x6.0	1 座	框架	利旧
2	臭氧发生间	33×24×5 (H) m	1 座	框架	新建
3	二沉池综合泵房	5x5x5.0m		框架	新建
4	紫外消毒间	6.3m×7.2m×3.0m	1 座	框架	新建
(二)	构筑物				
1	粗格栅	12.00x8.00x4.5m	1 座	钢砼	拆除
2	细格栅	18.00x10.00x6.5m	1 座	钢砼	拆除
3	调节池	30x15x6m	1 座	钢砼	新建
4	初沉池	Φ6m×13.5m	4 座	钢砼	利旧
5	污泥浓缩池	6×6×6m	1 座	钢砼	利旧
6	臭氧缓冲池+反洗池	12×10×7 (H) m	1 座	钢砼	新建
7	水解池	32.25x25.2x8.5m	1 座 2 组	钢砼	利旧
8	A/O 生化池	64m×40m×5.5m	1 座 2 组	钢砼	利旧
9	辐流沉淀池 (二沉池)	Φ18m×3.5m	1 座	钢砼	新建
10	二沉污泥排泥池+浓缩池	10x5x5.0m	1 座	钢砼	新建
11	混合池	1.5×1.5×4.5m	4 座	钢砼	新建
12	絮凝池	6.5×6.5×4.5 m	2 座	钢砼	新建
13	高密沉淀池	4.0 m×4.0m×5.0m	2 座	钢砼	新建
17	臭氧氧化池	24x8x6.5m	1 座	钢砼	利旧
15	BAF 曝气生物滤池	32×26.6×7.0 m	1 座	钢砼	利旧
16	滤布滤池	6.5 m×8.7 m×3.5m	1 座	钢砼	利旧
17	紫外消毒渠	3.2m×0.7m×0.8m	2 条	钢砼	新建
18	石灰溶药池	3.0m×2.0m×3.0m	2 座	钢砼	利旧
19	污泥调理池	3.0m×3.0m×5.0m	2 座	钢砼	利旧
20	集水池 (一企一管中间站)	25.0m×10.0m×4.0m	1 座	钢砼	新建

5.2 工程方案

5.2.1 总图运输

5.2.1.1 采用的标准规范

序号	标准规范名称	标准规范编号
(1)	建筑设计防火规范	GB50016-2014(2018版)
(2)	工业企业总平面设计规范	GB50187-2012
(3)	化工企业总图运输设计规范	GB 50489-2009

5.2.1.2 总平面布置原则

(1) 各工艺装置平面布置应与厂区总平面布置相协调，其布置和平面尺寸要符合厂区总平面布置的整体要求。

(2) 各工艺装置平面布置应在满足生产、安全、卫生和检修要求的前提下，采取联合布置，尽量做到紧凑、合理。可以联合设置的建筑物尽量合并，以便节约用地。

(3) 工艺装置区内按功能及火灾危险等级，分隔为不同单元布置；工艺装置内部罐区应集中布置在该装置设备区旁较为安全的一侧，且应满足相关的安全标准的要求；工艺装置周边的产品运输的道路应位于爆炸危险区域之外。

(4) 公用工程和辅助生产设施宜独立成区布置，并靠近负荷中心或主要用户。

5.2.1.3 总平面布置方案

本项目为新建及老厂改扩建项目，新增厂区位于原有厂区的南侧，原有厂区南侧围墙拆除，与新建厂区为一个厂区，人流入口依托原有厂区，位于原有厂区的北侧，原有厂区货流入口分别位于原有厂区的西侧及东侧，新建厂区在厂区东侧新设一个货流入口。新建厂区用地面积为 48244 平方米，厂区设有环形消防道路，消防救援车可以顺利到达任何火灾发生点。消防道路 6 米宽，转弯半径为 12 米，净空高度大于 5 米。新建厂区绿化主要布置在厂区围墙到道路边缘地带及建筑物四周，主要以草坪为主。

原有厂区改扩建内容为：内部改造原综合楼、拆除原有中控室及北门卫，在中控室原地新建综合楼、拆除原有换热站、拆除原有在线监控、拆除原有药剂库、拆除原有危废库并原址新建活性炭塔、拆除原有丁类库房并原址新建缓冲池及臭氧氧化塔、拆除原有废弃框架并原址新建臭氧发生间及单独为臭氧发生间单独服

务的配电间及液氧罐。

新建厂区建设内容为：综合仓库、调节池、高密沉淀池、二沉池、污泥浓缩池、蒸发车间、水池组 2、除氟车间、水池组 3、活性炭塔、污水泵房、水池组 1、变、配电室、预处理车间、乙类罐区、罐区泵房、鹤管、消防、循环水泵房、换热站、消防水池、循环水池、空压制氮站、机修间、危废库、门卫及计量间、地中衡。

本项目总运入量为：155388t/a。

其中：原材料运入量为：9388t/a。

高浓废水运入量为：146000t/a。

本项目总运出量为：24463t/a。

其中：污泥、滤渣运出量为：5118t/a。

废盐运出量为：14600t/a。

废液（混醇）运出量为：2920t/a。

废液（危废）运出量为：1825t/a。

本项目总运输量为：179851t/a。

5.2.1.4 竖向设计

本项目场地较平坦，竖向设计采用平坡式布置，符合工业园区总体布局的竖向规划，满足建厂的技术要求，满足生产和交通运输的需要。厂区内排雨水采用暗管排水方式，雨水经周围道路上的雨水算子收集进入雨水处理系统后，集中排至厂外。

5.2.1.5 主要技术经济指标表

表 5-32 主要技术经济指标表

序号	项目	单位	数量
1	项目新增用地红线面积	m ²	48244
2	建构物总占地面积	m ²	13917.75
3	建筑物总建筑面积	m ²	10147.5
4	建筑物用地计算容积率总面积	m ²	17874.75
5	新建道路面积	m ²	12656
6	建筑系数	%	28.8
7	工厂容积率		0.37

8	工厂绿地面积	m ²	5790
9	工厂绿地率	%	12.0
10	围墙长度	m	916

5.2.2 建筑

5.2.2.1 标准和规范

序号	标准号	标准名称
(1)	GB/T50001—2017	《房屋建筑制图统一标准》
(2)	GB/T 50002—2013	《建筑模数协调标准》
(3)	GB/T50006—2010	《厂房建筑模数协调标准》
(4)	GB55037—2022	《建筑防火通用规范》
(5)	GB55031-2022	《民用建筑通用规范》
(6)	GB50016—2014	《建筑设计防火规范（2018 年版）》
(7)	GB50037—2013	《建筑地面设计规范》
(8)	GB50033—2013	《建筑采光设计标准》
(9)	GB50046-2018	《工业建筑防腐蚀设计标准》
(10)	GB50057—2010	《建筑物防雷设计规范》
(11)	GB/T 50104—2010	《建筑制图标准》
(12)	GB50176—2016	《民用建筑隔声设计规范》
(13)	GB/T 50087-2013	《工业企业噪声控制设计规范》
(14)	GB 55015-2021	《建筑节能与可再生能源利用通用规范》
(15)	GB50345—2012	《屋面工程技术规范》
(16)	GB 50222—2017	《建筑内部装修设计防火规范》
(17)	GB 50352—2019	《民用建筑设计统一标准》
(18)	20J813	《民用建筑设计统一标准》图示
(19)	GB/T 50353—2013	《建筑工程建筑面积计算规范》
(20)	GB 50574—2010	《墙体材料应用统一技术规范》
(21)	GBT50779-2022	《石油化工建筑物抗爆设计标准》
(22)	SH/T 3006—2012	《石油化工控制室设计规范》
(23)	GB 8624—2012	《建筑材料及制品燃烧性能分级》
(24)	JGJ113—2015	《建筑玻璃应用技术规程》
(25)	JGJ/T235-2011	《建筑外墙防水工程技术规程》
(26)	GB51251-2017	《建筑防烟排烟系统技术标准》
(27)	GB50009-2012	《建筑结构荷载规范》
(28)	GB50011-2010	《建筑抗震设计规范》（2016 年版）
(29)	GB50191-2012	《构筑物抗震设计规范》
(30)	GB50010-2010	《混凝土结构设计规范》（2015 年版）
(31)	GB50017-2017	《钢结构设计标准》
(32)	GB50007-2011	《建筑地基基础设计规范》
(33)	JGJ94-2008	《建筑桩基技术规范》
(34)	JGJ79-2012	《建筑地基处理技术规范》

5.2.2.2 基本原则

(1) 严格执行国家和行业有关的规范、标准和技术规定。

(2) 本着节约投资，技术先进，经济合理，安全适用，美观大方的原则，积极推进厂区建筑设计模式改革。根据生产需要，合理配套公用工程、系统工程、生产辅助设施和必要的生活设施，以便降低工程投资。

(3) 充分考虑当地的自然条件，气候条件以及施工条件等，在利用地方材料和资源的同时，积极合理地采用新技术、新材料。

(4) 在平面布置、空间处理、构造措施及材料选用上，针对化工企业的生产特点，满足防火、防爆、防毒、防腐蚀、防噪声、防潮湿，耐高温等各项要求。

(5) 根据项目可研编制规划的要求，结合当地的自然条件和地形条件，在满足工艺流程、安全生产、环境保护、消防、检修、运输等要求的前提下，按功能分区，合理布置，尽量做到布置紧凑、美观、减少占地、节省投资。

5.2.2.3 建筑设计

本项目建筑设计的主要内容为新厂区：综合仓库、污水泵房、除氟车间、蒸发车间、变、配电室、预处理车间、罐区泵房、危废库、空压制氮、机修间、门卫及计量间。老厂区：紫外消毒、在线监测、臭氧发生间、配电间、综合楼。

在单体建筑设计中，应充分注意周边环境，根据场地特点、建筑平面和空间的使用功能、立面造型等因素，考虑建筑节能和环保要求，创建绿色环保建筑。各类单体建筑必须符合相关的国标和行业标准规定，并按下列要点进行设计。

(1) 建筑高度、层高、室内净高及建筑间距

建筑物的高度、层高、室内净高及建筑间距的确定。综合考虑建筑的使用功能、平面布置、消防、抗震、日照、通风、采光、视线干扰、防噪、绿化、卫生、管线埋设、建筑物布局形式以及节约用地等要求，确定合理的数值。具体按各单项建筑设计规范的规定执行。

(2) 室内环境要求

充分考虑建筑物的采光、通风、保温、隔热、隔声、降噪的要求，具体按各单项建筑设计规范的规定执行。

(3) 建筑色彩

厂内各建筑物整体颜色基调以白色或浅灰色为主，配合相关色带、色块或线

槽。

（4）建筑节能

贯彻国家节约能源的政策，根据当地地区的气候特点和具体情况，按《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015-2021）的要求，满足采暖、通风、空气调节和照明的总能耗应减少的目标。

根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB55015-2021）的要求。可再生能源建筑应用系统设计时，应根据当地资源与适用条件统筹规划。采用可再生能源时，应根据适用条件和投资规模确定该类能源可提供的能源比例或保证率，以及系统费效比，并应根据项目负荷特点和当地资源条件进行适宜性分析。

（5）屋面防水

根据建筑物使用的重要程度，确定建筑物屋面的防水等级。重要建筑物屋面的防水等级不低于一级，一般建筑物屋面的防水等级不低于二级。

（6）建筑防腐

建筑物的防腐蚀按《工业建筑防腐蚀设计标准》（GB/T50046-2018）有关规定执行。

一般地面采用细石混凝土面层；有腐蚀性地面采用环氧砂浆或耐酸砖面层；配电间地面采用防滑地砖面层；机柜间地面采用防静电面层；涉及甲、乙类车间及甲乙类库房均采用不发火面层，所有混凝土地坪应按标准图集设置缩缝和伸缝。

凡有腐蚀介质的建、构筑物应根据介质类别、腐蚀程度合理设防；有液相腐蚀者，主要在沟、槽、楼地面设防。防腐蚀做法须满足《工业建筑防腐蚀设计标准》（GB/T50046-2018）有关规定。凡有防渗要求的建、构筑物应根据环评报告合理设置防渗地面。

（7）防火、防爆、抗爆

建筑物的防火、防爆、抗爆必须遵循国家的有关方针政策，从全局出发，统筹兼顾，正确处理生产和安全、重点和一般的关系，积极采用行之有效的预防技术，做到促进生产，保障安全，方便使用，经济合理。建筑物的燃烧性能和耐火极限不低于《建筑设计防火规范(2018年版)》（GB50016-2014）中的规定。石化企业建筑的防火、防爆、抗爆按《建筑设计防火规范(2018年版)》（GB50016-2014）、《石油化工企业设计防火标准(2018年版)》（GB50160-2008）《石油化工生产

建筑设计规范》（SH/T 3017-2013）《石油化工建筑物抗爆设计标准》GB/T 50779-2022 有关规定执行。建筑物内部，各部位装修材料的燃烧性能等级，按《建筑内部装修设计防火规范》（GB 50222-2017）中的有关规定执行。

危废库、罐区泵房、污水泵房为甲类，有爆炸危险，故应采取泄爆措施。该仓库的 1.20m 以上外墙及屋面均为可泄爆的轻质岩棉夹芯板，岩棉夹芯板与墙梁之间用泄爆螺栓固定，为了不使夹心钢板乱飞，在岩棉夹心板与墙梁之间采用索引绞索控制，每块板设有两根牵引拉索，牵引拉索由墙体供应单位提供，要求重量小于 60kg/m²并具有泄爆性能的检测报告，专业厂家制作安装。做法参国标图集 14J938《抗爆、泄爆门窗及屋盖、墙体建筑构造》的泄爆墙做法。

（8）建筑模数及柱网规定

建筑平面开间、进深和层高采用扩大模数 3m，其数值为 300mm；当层高采用 3m 不经济时，采用 1m 为基本模数，其数值为 100mm。根据工艺设计需要，生产装置的建、构筑物的模数设定，可按工艺条件确定。

5.2.3 结构

5.2.3.1 结构设计基本原则

（1）安全适用，技术先进，经济合理，确保质量，严格遵守有关规范及规定。

（2）应根据工作环境分别满足抗震、防震、防火、防爆、防腐蚀、防潮湿、防冻胀、防风暴等要求。

（3）建筑物、构筑物的结构布置、选型和构造处理等应满足工艺生产和安装、检修的要求。

（4）结构方案应具有受力明确，传力简洁，并具有较好的整体性及多道结构安全防线。

（5）本项目根据需要，积极合理地采用经过中国国家级或中国省、部级鉴定的新材料、新技术、新结构。

（6）地震参数如下：

本项目场地抗震设防烈度：6 度，地震动峰值加速度为 0.05g；设计地震分组：第一组，地震特征周期 0.35s。

（7）鉴于可研阶段尚无地勘资料，本项目所在场地地质情况缺少数据，文

中所提地基处理方案为常见地基处理措施。待后续地勘资料提供后，可进一步有针对性地采取合适的地基处理方案。

5.2.3.2 编制依据

(1) 采用的主要规范、标准

《工程结构通用规范》	GB 55001-2021
《建筑与市政工程抗震通用规范》	GB 55002-2021
《建筑与市政地基基础通用规范》	GB 55003-2021
《组合结构通用规范》	GB 55004-2021
《钢结构通用规范》	GB 55006-2021
《砌体结构通用规范》	GB 55007-2021
《混凝土结构通用规范》	GB 55008-2021
《房屋建筑制图统一标准》	GB/T50001-2017
《建筑结构制图标准》	GB/T50105-2010
《工程结构设计基本术语标准》	GB/T50083-2014
《建筑结构可靠性设计统一标准》	GB50068-2018
《建筑工程抗震设防分类标准》	GB50223-2008
《石油化工建（构）筑物抗震设防分类标准》	GB50453-2008
《建筑抗震设计标准（2024版）》	GB/T50011-2010
《构筑物抗震设计规范》	GB50191-2012
《建筑结构荷载规范》	GB50009-2012
《混凝土结构设计标准（2024版）》	GB/T 50010-2010
《砌体结构设计规范》	GB50003-2011
《钢结构设计标准》	GB50017-2017
《冷弯薄壁型钢结构技术标准》	GB/T50018-2025
《建筑地基基础设计规范》	GB50007-2011
《建筑基桩检测技术规范》	JGJ106-2014
《建筑桩基技术规范》	JGJ94-2008
《预应力混凝土管桩基础技术规程》	DB21/T1565-2015
《建筑地基处理技术规范》	JGJ79-2012

《建筑地基基础技术规范》	DB21/T907-2015
《钢结构设计标准》	GB50017-2017
《混凝土结构耐久性设计标准》	GB/T50476-2019
《工业建筑防腐蚀设计标准》	GB/T50046-2018
《建筑设计防火规范（2018年版）》	GB50016-2014
《石油化工企业设计防火标准(2018年版)》	GB50160-2008
《石油化工建筑物抗爆设计标准》	GB/T50779-2022
《石油化工建（构）筑物结构荷载规范》	GB51006-2014
《建筑钢结构防火技术规范》	GB51249-2017
《石油化工工程防渗技术规范》	GB/T50934-2013
《化工设备基础设计规定》	HG/T20643-2012

（2）工程概况

1) 气象条件

本项目的气象条件参见 2.3 水文、气象、地震章节。建设地点基本风压值为 0.60KN/m²，基本雪压值：0.40 KN/m²（重现期 50 年），0.45 KN/m²（重现期 100 年）。

2) 水文、地质条件

本项目的水文、地质条件参见 2.3 水文、气象、地震章节。

3) 地震参数如下：

项目抗震设防烈度：6 度，地震动峰值加速度为 0.05g，设计地震分组为第一组，地震特征周期 0.35s。

5.2.3.3 结构设计

5.2.3.4 结构材料

（1）混凝土

根据《混凝土结构设计规范》，根据不同的环境类别和设计工作年限：不同的部位结合本项目结构形式及受力情况，采用不同的强度等级但不低于

如下要求：

垫层：	C20；
基础：	C30,C35；

设备基础： C30；
上部结构： C30、C35、C40；
水池（池壁及底板）： C30、C35、C40；
混凝土抗渗等级： P8、P10。

（2）水泥：42.5、52.5 普通硅酸盐水泥。

（3）钢筋

根据《混凝土结构设计规范》，结合本项目结构形式及受力情况，选用钢筋 HPB300、HRB400，钢筋强度设计值分别为 $f_y=270\text{N/mm}^2$ 、 $f_y=360\text{N/mm}^2$ 。

（4）结构钢材

根据《钢结构设计标准》，结合本项目结构形式及受力情况，结构用钢材选用 Q235B、Q355B 等级；焊条选用 E43XX 系列（适用于 Q235 钢）、E50XX 系列（适用于 Q355 钢）。

5.2.3.5 地基方案

鉴于可研阶段尚无地勘资料，本项目所在场地地质情况借鉴原老厂《碧波污水处理厂展厅岩土工程勘察报告》，工程编号 2021-004。

根据相邻老厂项目的岩土工程勘察报告提供的土层情况，本场区地形平坦，地貌类型单一，地层结构简单，分布连续，厚度稳定，物理力学性质均匀，无不良地现象分布。阜新地区标准冻结深度 1.40 米。

本项目采用天然土基础及柱下独立钢筋混凝土基础或荷载较大建筑物采用柱下钢筋混凝土条形基础。

待后续地勘资料提供后，可进一步有针对性采取合适的地基处理方案及基础形式。

5.2.3.6 主要建构筑物结构选型

危废库、预处理车间、变配电室、机柜间、臭氧发生间、污水泵房综合楼结构安全等级为一级，结构重要性系数为 1.1，余建筑、构筑物结构安全等级为二级，结构重要性系数为 1.0。本项目设计工作年限为 50 年。

危废库：重点设防类，抗震等级为三级，基础采用柱下独立基础，上部结构采用现浇钢筋混凝土框架结构，现浇钢筋混凝土梁、板、柱。

预处理车间：重点设防类，抗震等级为三级，基础采用柱下独立基础，上部

结构采用现浇钢筋混凝土框架结构，现浇钢筋混凝土梁、板、柱。

蒸发车间：标准设防类，抗震等级为三级，基础采用柱下独立基础，上部结构采用现浇钢筋混凝土框架结构，现浇钢筋混凝土梁、板、柱。

综合仓库：标准设防类，基础采用柱下独立基础，上部结构门式钢架结构，屋面为轻钢屋面。

污水泵房：重点设防类，抗震等级为三级，基础采用柱下独立基础，上部结构采用现浇钢筋混凝土框架结构，现浇钢筋混凝土梁、板、柱。

变、配电室：重点设防类，抗震等级为三级，基础采用柱下独立基础，上部结构采用现浇钢筋混凝土框架结构，现浇钢筋混凝土梁、板、柱。

空压制氮站、机修间：标准设防类，抗震等级为四级，基础采用柱下独立基础，上部结构采用现浇钢筋混凝土框架结构，现浇钢筋混凝土梁、板、柱。

门卫及计量间：标准设防类，抗震等级为四级，基础采用柱下独立基础，上部结构采用现浇钢筋混凝土框架结构，现浇钢筋混凝土梁、板、柱。

循环水池、消防水池、二沉池（2座）、污泥浓缩池、高密沉淀池、调节池、水池组2、水池组3基础采用筏板基础，结构采用现浇钢筋混凝土。

管廊：结构采用钢结构，抗震设防类别为丙类，抗震等级为四级，采用柱下独立钢筋混凝土基础。

缓冲池基础采用筏板基础，结构采用现浇钢筋混凝土。

臭氧发生间、配电间：重点设防类，抗震等级为三级，基础采用柱下独立基础，上部结构采用现浇钢筋混凝土框架结构，现浇钢筋混凝土梁、板、柱。

紫外消毒、在线监测间：标准设防类，抗震等级为四级，基础采用柱下独立基础，采用现浇钢筋混凝土框架结构，现浇钢筋混凝土梁、板、柱。

综合楼：建筑内部设有中控室，重点设防类，抗震等级为三级，基础采用柱下独立基础，上部结构采用现浇钢筋混凝土框架结构，现浇钢筋混凝土梁、板、柱。

5.2.3.7 抗震

1)概述

依据甲方提供的资料，并根据《建筑抗震设计标准(2024版)》(GB50011-2010)及《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)有关条款，本工程抗震设防烈

度为6度，设计基本地震加速度值为0.05g，设计地震分组为第一组，场地类别II类，属于建筑抗震一般地段。

建筑物及生产装置建（构）筑物根据《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223-2008），并结合《石油化工建（构）筑物抗震设防分类标准》（GB50453-2008）的规定确定抗震设防分类；按照《建筑抗震设计标准（2024版）》（GB50011-2010）进行抗震设计。

2)装置平面布置原则

建设场地不应处在发震断层。

甲、乙类建筑物禁止在危险地段建造，丙类建筑物不应在危险地段建造。

主要设备（含管道）布置、建筑设计和结构设计方案符合抗震概念设计要求。对不规则设计方案采取相应的加强措施。

3)建构筑物抗震设计原则和措施

（1）建筑物设计须选择符合抗震概念设计的要求，不采用严重不规则的设计方案。

（2）建筑及其抗侧力结构选择平面布置规则、对称，并具有良好的整体性。

（3）建构筑物的结构体系应具有明确的技术简图和合理的地震作用传递途径，具备必要的抗震能力、良好的变形能力和消耗地震能量的能力，不因部分结构或构件破坏而导致整个结构丧失抗震能力或降低重力荷载的承载能力。

（4）混凝土结构构件选择合理的截面规格、尺寸、配置纵向受力钢筋和箍筋，避免剪切破坏先于弯曲破坏、混凝土的压溃先于钢筋的屈服、钢筋的锚固粘结破坏先于构件破坏。钢结构构件合理控制尺寸，避免局部失稳或整个构件失稳。坚持强柱弱梁、强剪弱弯的抗震设计原则。

（5）应满足《建筑抗震设计标准（2024版）》（GB50011-2010）的要求，符合抗震构造的有关规定。

5.2.3.8 全厂建（构）筑物的情况：

表 5-33 主要建筑物、构筑物一览表

序号	建构筑物名称	占地面积（m ² ）	建筑面积（m ² ）	结构形式	层数	高度	抗震设防类别/等级	备注
1	综合仓库	540	540	门式刚架	1	8.3	丙类	
2	调节池	325		钢筋混凝土			丙类	水池

3	二沉池	266		钢筋混凝土			丙类	水池
4	污泥浓缩池	100		钢筋混凝土			丙类	水池
5	高密沉淀池	143		钢筋混凝土			丙类	水池
6	污水泵房	225	225	钢筋混凝土框架	1	6.3	乙类/三级	
7	调节池	810		钢筋混凝土			丙类	水池
8	除氟车间	702	702	钢筋混凝土框架	1	8.3	丙类/四级	
9	水池组 3	173		钢筋混凝土框架			丙类	水池
10	蒸发车间	648	2592	钢筋混凝土框架	4	23.8	丙类/三级	
11	水池组 2	315		钢筋混凝土框架			丙类	水池
12	变、配电室	648	1296	钢筋混凝土框架	2	9.3	乙类/三级	
13	预处理车间	810	2430	钢筋混凝土框架	3	20.3	乙类/三级	
14	罐区	494		钢筋混凝土	1			
15	罐区泵房	90	90	钢筋混凝土框架	1	5.6	乙类/三级	
16	鹤管	4		钢构架	1	2	丙类/四级	
17	危废库	270	270	钢筋混凝土框架	1	8.3	乙类/三级	
18	空压制氮、机修间	810	810	钢筋混凝土框架	1	4.8	丙类/四级	
19	循环水池	170		钢筋混凝土			丙类	水池
20	消防水池	255		钢筋混凝土			乙类	水池
21	地中衡	80		钢筋混凝土				
22	门卫及计量间	41	41	钢筋混凝土框架	1	3.3	丙类/四级	
23	集水池	250		钢筋混凝土			丙类	水池

表 5-34 主要建筑物、构筑物一览表（老厂区部分）

序号	建构筑物名称	占地面积 (m ²)	建筑面积 (m ²)	结构形式	层数	高度	抗震设防类别/等级	备注
1	紫外消毒、在线监测	94	94	钢筋混凝土框架	1	3.15	丙类/四级	利旧
2	臭氧发生间、配电间	396	396	钢筋混凝土框架	1/	5.3	乙类/三级	
3	缓冲池	120		钢筋混凝土			丙类	水池
4	综合楼	390	1170	钢筋混凝土框架	3	10.45	乙类/三级	有控制室

5.2.4 电气

5.2.4.1 设计范围

本项目设计范围为辽宁省阜新市氟产业开发区工业污水处理厂项目的工艺

装置、公用工程、辅助生产设施的供配电、照明、防雷及接地设计。

1.采用的标准和规范

序号	标准规范名称	标准规范编号
(1)	供配电系统设计规范	GB50052-2009
(2)	3~110kV 高压配电装置设计规范	GB50060-2008
(3)	20kV 及以下变电所设计规范	GB50053-2013
(4)	低压配电设计规范	GB50054-2011
(5)	通用用电设备配电设计规范	GB50055-2011
(6)	爆炸危险环境电力装置设计规范	GB50058-2014
(7)	建筑物防雷设计规范	GB50057-2010
(8)	石油化工装置防雷设计规范	GB50650-2011 (2022 年版)
(9)	电力装置的继电保护和自动装置设计 规范	GB/T50062-2008
(10)	建筑照明设计标准	GB50034-2013
(11)	交流电气装置的接地设计规范	GB/T50065-2011
(12)	交流电气装置的过电压保护和绝缘配 合设计规范	GB/T50064-2014
(13)	电力装置的电测量仪表装置设计规范	GB50063-2017
(14)	电力工程电缆设计标准	GB50217-2018
(15)	电能质量 公用电网谐波	GB/T14549-93
(16)	电能质量 供电电压偏差	GB/T12325-2008
(17)	电能质量 电压波动和闪变	GB/T12326-2008
(18)	并联电容器装置设计规范	GB50227-2017
(19)	火力发电厂与变电所设计防火规范	GB50229-2019
(20)	石油化工企业工厂电力系统设计规范	SH/T3060-2013
(21)	石油化工企业生产装置电力设计技术 规范	SH3038-2017
(22)	石油化工静电接地设计规范	SH3097-2017

(23)	石油化工装置照明设计规范	SH/T 3192-2017
(24)	建筑节能与可再生能源利用通用规范	GB 55015-2021
(25)	建筑防火通用规范	GB 55037-2022
(26)	消防设施通用规范	GB 55036-2023
(27)	精细化工企业工程设计防火标准	GB 51283-2020

5.2.4.2 负荷特性

本项目大部分用电负荷属压缩机、风机、水泵类连续生产负荷，也有部分间断或短时运行的负荷。

1. 负荷计算

本项目新增高浓水部分总装机容量为 2190kW（10kV 为 630kW），0.4kV 侧计算有功功率为 1029.65kW，10kV 侧计算有功功率为 1544.20kW，0.4kV 侧计算无功功率(补偿后)为 227.46kvar，功率因数 0.975，10kV 侧计算无功功率为 378kvar，功率因数 0.92，负荷计算见下表。综合污水处理部分利旧原有供电设施。

表 5-35 负荷计算表

序号	装置名称	10kV 侧负荷		
		计算有功功率 (kW)	计算无功功率 (kvar)	计算视在功率 (kVA)
1	高浓污水预处理装置	1029.65	227.46	1054.48
2	变压器损耗	10.54	52.72	
3	压缩机（10kV）	504	378	
	厂区总变配电站	1544.20	658.19	1678.62

其中最大电机功率为 630kW（10kV），采用变频启动。

2. 负荷等级和对电源的要求

根据国家标准《供配电系统设计规范》（GB50052-2009）的规定及工艺专业条件，本装置电力负荷的分级及供电电源选择如下：

本项目生产工艺负荷为二级，消防用电设备负荷等级为一级。二级负荷，由两回线路供电。当一个电源发生故障时，另一个电源不会同时受到损坏。消防用电设备的备用电源引自厂区现有柴油发电机。

项目厂区周围设置有 10kV 开闭站，该项目进线电源采用电缆进线方式，两回路引自 10kV 开闭站。另为满足仪表供电需要，设 UPS 作为本项目的应急电源。

5.2.4.3 供配电系统的构成

1.场内配电电压选择和电能质量

供电电压

(1) 10 kV：电源进线、压缩机、变压器。

(2) 380VAC/220VAC、3 相或单相：低压动力及照明配电系统电源；原则上 160kW 及以下的电动机采用 380V 配电。如变频电机，则可以酌情放大，但不可以大于 355kW。

(3) 220VAC、单相电源：用作一般照明灯具电压，低压控制电源。

(4) 12VAC：检修照明用电压。

(5) 220VDC：10kV 及以上开关柜操作电压。

电源电压

(1) $10\text{kV} \pm 7\%$ ， $50\text{HZ} \pm 0.5\text{HZ}$

(2) $380\text{V} \pm 7\%$ ， $50\text{HZ} \pm 0.5\text{HZ}$

(3) $220\text{V} + 7\%$ 、 -10% ， $50\text{Hz} \pm 0.5\text{Hz}$

电动机端电压

(1) 正常情况下 $\pm 5\%$

(2) 特殊情况下 $+5\%$ 、 -10%

(3) 经常起动 -10%

(4) 不经常起动 -15%

照明灯具的端电压

(1) 一般工作场所 $\pm 5\%$

(2) 在视觉要求较高的室内场所 $+5\%$ ， -2.5%

(3) 远离变电站的小面积一般工作场所 $+5\%$ ， -10%

其他用电设备

(1) 无特殊要求时 $\pm 5\%$

(2) 特殊设备和灯具，按产品要求确定。

2.额定频率

额定频率为 $50\text{Hz} \pm 5\%$

3.供配电系统中性点接地方式

(1) 10kV 系统：由电力设计单位设计

(2) 0.4kV 系统：中性点直接接地，接地型式采用 TN-S

5.2.4.4 变配电站的设置

1.变配电站选址原则

序号	变配电站名称	供电范围	供电容量 kVA	备注
1	10kV 变配电站 (新建)	全厂	2x1250kVA(新建 变压器、630kW(新 建压缩机)、1x800 kVA(现状变压 器)、2x630kVA (现状变压器)	内设高压柜、变压器编号分别为 1#TR (1250kVA)、2#TR (1250kVA)、低压柜(PC、MCC)。新建变配电站建成后，厂区现状的 10Kv 变配电站两路电源引自新建变配电站 10Kv 不同母线段。
2	10kV 变配电站 (现状)	原厂区装 置	1x800 kVA(现状 变压器)、 2x630kVA(现状变 压器)	内设高压柜、变压器编号分别为 1#TR (800kVA)、2#TR 和 3#TR (630kVA)、低压柜(PC、MCC)

变配电站所址应根据下列要求综合考虑确定：

- (1) 接近负荷中心
- (2) 靠近电源侧
- (3) 进出线方便
- (4) 设备检修运输方便
- (5) 应布置在装置的上风侧
- (6) 宜避开下列场所或污染源：
 - a) 高温、剧烈震动和积水场所
 - b) 粉尘、雾气、水雾、腐蚀性气体等污染源或其排放点。
- (7) 防火间距应满足《石油化工企业设计防火规范》GB50160 要求。

变配电站的布置

2.新建 10Kv 变配电站

内设高压配电室、变压器和低压配电室，采用单层布置。

变配电站主接线

本项目大部分用电设备负荷等级为二级负荷，变配电站 10kV 母线主接线型式为单母线两分段一母联，两路 10kV 进线电源一用一热备，电源进线开关设电气及机械联锁，防止并列运行。变配电站 0.4kV 母线主接线接线型式为单母线两

分段一母联，正常状态为分列运行方式。

操作机构及操作电源

10kV 断路器应为弹簧操作机构并应在所有位置上可靠地进行电气、机械跳闸。所有操作机构和辅助插头的接线除有特殊要求外，均采用相同接线，以保证互换性。10kV 变配电站操作电源为直流 220V，直流电源采用全智能高频开关直流电源装置，作为 220V 直流操作电源，电池组的容量为 120AH。直流操作电源采用双路切换，带 RS485 通讯接口。蓄电池选用磷酸铁锂长寿命、绿色环保型蓄电池。

计测方式

- (1) 计量点的设置按照供电方为准、供电方为主的原则设置。
- (2) 10kV、0.4kV 配电装置的进线及 10kV 各馈出回路，均采用带通讯接口的多功能数显表计。
- (3) 0.4kV 无功补偿装置装设无功功率、三相电压的数显表计。
- (4) 0.4kV 配电装置的电源馈出回路根据需要装设数显电流表。
- (5) 低压电动机通过其综合保护器测量电流。

5.2.4.5 电气设备选择

电气设备的选择原则：

- (1) 电气设备的允许最高工作电压不得低于所连接回路的最高运行电压；
- (2) 电气设备的长期允许电流不得小于所连接回路在各种可能运行方式下的持续工作电流；
- (3) 电气设备的允许工作频率应与所连接回路的电源频率相一致；
- (4) 校验电器动、热稳定和用于断开短路电流的电器应校验开断电流；
- (5) 按当地自然环境和地震条件加以校验；

变压器选用 SCB14-1250kVA ， 10kV \pm 2x2.5%/0.4kV， Dyn11，阻抗 6%，低损耗节能型电力变压器。

10kV 高压开关柜选用 KYN28A-12 型铠装移开式金属封闭开关柜，均配备高压真空断路器，额定开断电流 25 kA，控制电压采用 DC220V。

10kV 负荷开关柜采用固定式（HXGN10F），额定开断电流 25 kA。

0.4kV 低压开关柜选用 MNS 型抽出式开关柜和 GGD 系列固定式开关柜。

5.2.4.6 主要电力设备和线路的继电保护

电力装置的继电保护和自动装置设计时，应贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全可靠、技术先进、经济合理。保护配置如下。

变压器保护

- (1) 电流速断保护：瞬时动作于跳闸
- (2) 过电流保护：带时限动作于跳闸
- (3) 纵联差动保护：电流速断保护不满足灵敏性时装设
- (4) 低压侧单相接地保护：与低压侧过电流保护配合，动作于跳闸
- (5) 温度保护：报警

负荷开关的控制、信号回路的设计原则

- (1) 控制、信号回路分为控制保护回路、信号回路；
- (2) 采用电动操动机构，其控制、信号回路电源采用交流供电方式；
- (3) 控制、信号回路接线采用灯光监视方式；
- (4) 控制、信号回路的接线：
 - 1) 有电源监视，监视跳合闸的完整性（合闸线圈及分闸接触器线圈上不允许并联电阻）。
 - 2) 指示合闸与跳闸的位置状态。
 - 3) 装设放置跳线的电气闭锁装置。

低压配电线路保护

根据《低压配电设计规范》及《通用通电设备配电设计规范》低压配电线路及电动机供电线路应设置过负荷、短路及接地保护。另依据本项目供电方式及低压母线主接线方式，配电线路装设的上下级保护电器，其动作特性应具有选择，且各级之间应能协调配合，低压进线断路器采用框架式（ACB），出线断路器采用塑壳式（MCCB）。保护设置如下：

- (1) 进线断路器设三段过电流保护，分别为反时限过电流、定时限过电流及瞬时过电流保护；
- (2) 出线断路器设两段过电流保护，分别为反时限过电流及瞬时过电流保护，当接地故障不能利用断路器过电流保护切除时，应利用电动机保护器或断路器的三相不平衡电流保护切除接地故障。

5.2.4.7 装置环境特征

根据工艺条件，本项目各装置的火灾危险性分类及各装置内的可燃性介质见下表。

序号	装置名称	火灾危险性	爆炸危险介质
1	蒸发车间	丁类	无
2	除氟车间	丁类	无
3	预处理车间	甲类	有机溶剂
4	机修间及空压制氮间	丁类	无
5	危废库	甲类	有机溶剂
6	罐区	甲类	有机溶剂
7	机柜间	丁类	无
8	变配电室	丁类	无
9	综合楼	民建	无

爆炸危险区域划分及爆炸危险区内电气设备的选择执行《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058—2014）中的标准，爆炸气体环境，对于易燃物质重于空气，通风良好且为第二级释放源的主要生产装置区，以释放源（建筑物门窗、孔洞）为中心，半径为 15m，地坪上高度为 7.5m 的范围以及半径为 7.5m，顶部与释放源的距离为 7.5m 的范围划为 2 区。对于可燃物质轻于空气，通风良好且为第二级释放源的主要生产装置区，以释放源（建筑物门窗、孔洞）为中心，半径为 4.5m，顶部与释放源的距离为 7.5m，及释放源至地坪以上的范围内可划为 2 区。罐区爆炸危险区划分依据《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058—2014）中附录 B 第 19 条规定，围堤内为 2 区，有地下坑、沟处为 1 区。

依据表中爆炸危险介质，并根据《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058—2014）附录 C 中要求，存在爆炸危险区域内的装置电气设备防爆等级 EPLGb d II BT4。

爆炸危险区内的电气设备防护等级为 IP65 及以上，防腐等级为 F2。非爆炸危险区内的室内电气设备防护等级为 IP44 及以上，防腐等级为 F2。室外设备配电箱采用 IP65 附防雨搭，应急照明灯具采用 IP67，照明灯具采用 IP65，电机防护等级为 IP55，防腐等级均不低于 WF2 级。

5.2.4.8 防雷及防静电措施

本项目的建设地点位于阜新市，该地区年平均雷暴日数为 27.7 天，建筑物的防雷等级划分见下表：

序号	装置名称	防雷分类	设计依据
1	蒸发车间	三类	GB 50057-2010 条文 3. 0. 4
2	除氟车间	三类	GB 50057-2010 条文 3. 0. 4
3	预处理车间	二类	GB 50057-2010 条文 3. 0. 3
4	机修间及空压制氮间	三类	GB 50057-2010 条文 3. 0. 4
5	危废库	二类	GB 50057-2010 条文 3. 0. 3
6	罐区	二类	GB 50057-2010 条文 3. 0. 3
7	变配电室	三类	GB 50057-2010 条文 3. 0. 4
8	综合楼	三类	GB 50057-2010 条文 3. 0. 4

在第二类防雷建筑物的屋面（非金属屋面）上在利用 $\phi 12$ 热镀锌圆钢作为接闪带在屋面明敷设联结成一个接闪网，屋面接闪网组成不大于 10 米 x10 米或 12 米 x8 米的网格，同理在第三类防雷建筑物屋面上在利用 $\phi 12$ 热镀锌圆钢作为接闪带在屋面明敷设联结成一个接闪网，接闪网组成不大于 20 米 x20 米或 24 米 x16 米的网格，接闪网与屋面通风器应可靠联结。金属屋面（屋面板厚度 $\geq 0.6\text{mm}$ ，板下无可燃物品），利用金属屋面作为接闪器。屋面接闪带应与柱内竖向主筋（利用建筑两根 $\Phi 16$ 主筋做引下线）或结构工字钢柱可靠焊接，作为防直击雷措施，同时采取防闪电电涌侵入和防雷电感应的措施，防雷防静电等电位接地以及弱电信号功能接地均采用统一的接地装置，综合接地电阻小于 1 欧。

突出屋面的排放无爆炸危险气体、蒸气或粉尘的放散管和 2 区爆炸危险环境中装有阻火器的排放爆炸危险气体、蒸气或粉尘的放散管、呼吸阀、排风管等，金属物体可不装设接闪器，和屋面防雷装置相连；在屋面接闪器保护范围之外的非金属物体装设接闪器，并和屋面防雷装置相连。避雷引下线用镀锌扁钢或圆钢沿建筑外墙敷设（可利用建筑两根 $\Phi 16$ 主筋做引下线），所有防雷装置接地极应与电气设备的重复接地装置及防静电接地装置相连接，电阻值不大于 10 欧姆，防雷保护半径按滚球法确定。在引下线附近采取防接触电压和跨步电压的措施为：在引下线 3 米范围内采用 5cm 厚的沥青层或 15cm 厚的砾石层为地表层（地表层电阻率不小于 $50\text{K}\Omega$ ）。

（2）管道、管架和管道

钢框架、管架应通过立柱与接地装置相连，其连接应采用接地连接件，连接件应焊接在立柱上高出地面不低于 450mm 的地方，接地点间距不应大于 18m。每组框架、管架的接地点不应少于 2 处。管道中无阀门、无法兰的管段，接地点

间距可不大于 30m。

混凝土框架及管架上的爬梯、电缆支架、栏杆等钢制构件，应与接地装置直接连接或通过其他接地连接件进行连接，接地间距不应大于 18m。

管道防雷设计应符合下列规定：

每根金属管道均应与已接地的管架做等电位连接，其连接应采用接地连接件；多根金属管道可互相连接后，应再与已接地的管架做等电位连接；

平行敷设的金属管道，其净间距小于 100mm 时，应每隔 30m 用金属线连接。管道交叉点净距小于 100mm 时，其交叉点应用金属线跨接；

管架上敷设输送可燃性介质的金属管道，在始端、末端、分支处，均应设置防雷电感应的接地装置，其工频接地电阻不应大于 30 Ω；

进、出生产装置的金属管道，在装置的外侧应接地，并应与电气设备的保护接地装置和防雷电感应的接地装置相连接。

防雷电感应和雷电波：防雷电感应和雷电波：建筑物外设备、管道、构件等金属物就近接至防雷接地装置上，架空敷设的管道，每隔 20~25 m 处设防雷电感应接地，架空金属管道在进入建筑物时接地，其接地冲击电阻小于 10 欧，在地下凡距接地装置 3 m 以内的金属管道，设备地脚等金属构件均与接地装置相连；室外设备、管架接地均为两点及以上。

防雷击电磁脉冲和弱电接地及等电位联接系统：在各生产装置建筑物进户处设总等电位联接端子箱，所有电气、电信(网络)、水管、工艺、热力管线等均应与总等电位端子进行可靠连接，综合接地电阻值不大于 1 欧姆。接地可利用基础内钢筋做接地极，各柱梁板内钢筋均可靠焊接，组成闭合电气回路。各车间建筑内的电信、网络及 DCS、仪表等电子系统的接地(含直流地)与电气防雷接地及防静电接地共用同一接地装置，接地总电阻值不大于 1 欧姆。弱电系统的配电线路和分支线路采用 TN-S 系统，其开关电源侧装设符合 II 级试验的电涌保护器，向电子系统供电的配电箱（柜）的 PE 线应就近与等电位接地带相连，在电子系统线路引入室内的终端箱处安装 D1 类高能量试验型的电涌保护器；在电气系统进户的总配电柜（箱）的开关电源侧装设符合 I 级试验要求的电涌保护器。

5.2.4.9 接地措施

建筑物内设总等电位联结端子（MEB）箱，低压配电系统的接地型式采用

TN-S 系统，凡正常不带电面绝缘损坏时可能带电的建筑设备的金属外壳，所有进户管线，如建筑、煤气、电信水管、热力空调管等均应与等电位端子箱可靠连接。所有正常情况下不带电的配电柜(箱)外壳(电子信息系统的各种箱体和机架)、钢铁件、钢管外皮及电缆铠皮均应与保护地线（PE 线）或接地板良好连接。

本项目采用综合接地系统，工作接地、防雷接地、防静电接地、弱电接地共用接地装置，（基础接地干线可利用基础及地梁内两根大于等于 $\phi 16$ 的主钢筋或 40X4 镀锌扁钢），公共接地电阻应小于 1 欧姆，如达不到要求，请补打接地极。

钢管、金属管道等应与总等电位接地连接，具体施工参照建标<<15D500~3 及 14D504>>相关部分施工。沿建筑物四周地梁底部的两根主筋焊接环通,利用基础兼作防雷保护接地的接地体。根据土建结构提供资料基础钢筋网距地面大于 0.5m，引下线所连接钢筋总表面积满足规范要求。

在爆炸及火灾危险性生产车间各平面设备布置区设置 40x4 热镀锌扁钢接地干线及等电位接地端子箱(总 MEB 和局部 LEB)，所有进出户管线、各种接地设备单独与就近的接地干线连接并与室外防雷接地装置相连。在生产装置入口处设静电消除接地金属棒($\phi 50$ 以上钢管或金属球,高 1.1m，引至接地干线带), 各层 LEB 均通过钢平台与总等电位端子箱 MEB 相连后由 MEB 再与室外接地带相连, 建筑物及构筑物内的水管、采暖和电气等金属管道在进入构筑物处接向总等电位联接端子板 MEB。各层平面及水泥台上的金属构件应可靠连接,设备端盖与釜体之间,管路法兰连接处均用 16 平方铜绞线跨接,物料管路、热力管路等交叉处相距小于 100mm 时于其交叉处应以金属线跨接;平行管路相距小于 100mm 时应每隔 25m 用 16 平方金属线跨接一次并接地，所有电器设备不带电的金属外壳、支架、骨架、电缆钢铠均需接地。金属和非金属导体容器以及附近的所有金属设备,包括料管应进行等电位连接并接地;在设备上被非导体隔绝的孤立金属部件,应采取跨接方式接地;可燃气体以及可燃液体的管道泵及泵入口永久过滤器缓冲器处应接地;直径>2.5 米及体积> 50 米以上的设备应两处与接地干线连接。其余各层平面用 40x4 镀锌扁钢及钢平台及钢支架为接地干线，各层接地垂直干线利用钢柱或砼柱内两根 $\phi 16$ 主筋同地下接地干线可靠连接,接地系统各部件均系热浸锌件,所有连接处均为焊接,焊面涂防锈剂。

5.2.4.10 照明

根据视觉对象和工作现场要求，参照《建筑照明设计标准》GB50034-2013及《室外作业场地照明设计标准》照度标准进行设计，装置区照明在室外照明箱上集中控制，电源二次采用时钟控制，线路采用电缆穿镀锌钢管沿管架、平台明敷。装置区设置应急照明。

建筑内照明采用分区控制，设置应急照明，应急照明参照 GB 51309-2018《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》设计。

5.2.4.11 节能措施

- (1) 变电所内采用节能型电力变压器。
- (2) 装置内选用高效节能电机系列。
- (3) 负荷变化范围大的电动机采用变频器控制。
- (4) 采用节能光源,节能电器元件。

5.2.4.12 配电线路

室内动力配电：主要采用沿电缆桥架敷设，桥架引下后，非防爆区域采用 YJV 型电力电缆穿钢管明敷（或暗敷），至电动机接线盒的一段穿金属软管保护；防爆区域内主要采用 ZR-YJV 型电力电缆穿镀锌钢管沿地面暗敷，沿墙及楼板明敷，至电动机接线盒的一段穿防爆挠性管保护。

在防爆区除防爆接线盒处以外的电缆线路严禁有中间接头，引向正常环境的管线应做隔离密封，密封时内部应用纤维作填充层的底层或隔层，以防密封混物流出，填充层的有效厚度必须大于钢管内径。防爆场所布线采用的低压流体输送用镀锌焊接钢管，其管与管，管与设备以及钢管与配件的连接采用螺纹连接时，螺纹的啮合应是严密的，公称直径小于 25mm 的钢管不得小于 5 扣，公称直径 32mm 以上的钢管不得小于 6 扣。

池内水下的电力设备采用防水型橡胶套电缆埋地或埋池底地面下敷设，引出地面后穿镀锌钢管固定引至用电负荷,电线管与热水器、蒸汽管同侧敷设时，应在热水管、蒸汽管的下面。有困难时，也可在其上面。其净距应满足：

- (1) 当管路敷设在热水管下面时为 0.2m，上面时为 0.3m；
- (2) 当管路敷设在蒸汽管下面时为 0.5m，上面时为 1.0m。

当不能符合上述要求时，应采取隔热措施，对于有保温措施的蒸汽管，上下

净距可减到 0.2m，电线管路与其它管道（不包括可燃气体、可燃液体管道）平行净距不应小于 0.1m，当与水管同侧敷设时，宜敷设在水管的上面。当管路互相交叉时的距离，不宜小于相应上述情况的平行净距。

桥架材质户内无腐蚀区域采用热浸锌，户外及户内有腐蚀性区域采用无机防火材料或铝合金，桥架全程敷设 25X4 镀锌扁钢做好接地。水平安装电缆桥架支撑间距不应超过 3m，垂直安装支撑距离不应超过 2m。在额定均布荷载下，水平安装桥架两支撑间相对扰度不应大于 0.5%，否则应增加支撑。所有桥架应平整，无扭曲变形，内壁应光滑，无毛刺，以防损伤电缆。金属桥架镀锌层剥落处，应做防腐处理。电缆桥架安装需使其成一套系统，桥架连接处应保持电气连接，其连接电阻不应大于 0.00033 欧姆，当实测连接处接触电阻大于上述值时，应设置跳线跨接。电缆桥架进出建（构）筑物时，对外排水坡度不宜小于 6%。进出建筑物的开孔，在电缆敷设完成后，应采用防火堵料将其完全封堵。钢制电缆桥架直线段长度超过 15m 时，应设置伸缩连接板或预留不小于 20~30mm 的伸缩缝。电缆桥架跨越建筑物变形缝处，应设置补偿装置。电缆桥架内的电缆应在下列部位进行固定：垂直敷设时，电缆的上端及每隔 1.5m—2m 处；水平敷设时，电缆的首、尾两端、转弯及每隔 5—10m 等处。金属电缆桥架及支架和引入引出电缆的金属导管应可靠接地，全长不少于 2 处与接地干线（PE）相连。电缆桥架在穿过防火墙、防火楼板及防爆墙时，应采取防火及密封隔离措施。电缆桥架位置及标高为各专业共同协商考虑确定，若有调整，请按以下原则进行——电缆桥架与热水器、蒸汽管及其他热源性管道同侧敷设时，应在热水管、蒸汽管和其他热源性管道的下面；安装困难时，也可在其上面。其净距应满足下面要求：

1 桥架与各种热源性管道(有保温层时)的最小净距平行敷设为 0.5m，交叉敷设为 0.3m。

2 桥架与其它腐蚀性管道的最小净距为 0.5m，与其它无腐蚀性管道的最小净距为 0.4m。

室外消防线路敷设方式采用穿管埋地与直埋相结合，其他电气线路采用管廊上桥架敷设方式。

5.2.5 给水排水

5.2.5.1 设计范围及依据

1.设计范围

本项目外围供排水设施均依托厂区内已有供排水系统。本项目设计范围为：工业污水处理厂项目的给排水及消防系统的设计，包括各单体室内及室外给排水和消防管网系统及消火栓、装置区消防等设施。

2.设计依据

- (1) 阜新市氟化工产业园管理委员会提供的基础资料；
- (2) 厂区实际情况及建筑、工艺和有关专业提供的设计条件。

3.设计采用的标准规范

序号	标准规范名称	标准规范编号
(1)	室外给水设计标准	GB50013-2018
(2)	室外排水设计标准	GB50014-2021
(3)	建筑给水排水设计标准	GB50015-2019
(4)	建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范	GB50242-2002
(5)	工业循环水冷却设计规范	GB/T50102-2014
(6)	工业循环冷却水处理设计规范	GB50050-2007
(7)	化学工业循环冷却水系统设计规范	GB50648-2011
(8)	建筑设计防火规范	GB50016-2014（2018年版）
(9)	消防给水及消火栓系统技术规范	GB50974-2014
(10)	建筑灭火器配置设计规范	GB50140-2005
(11)	建筑机电工程抗震设计规范	GB50981-2014
(12)	给水排水管道工程施工及验收规范	GB50268-2008
(13)	给水排水构筑物工程施工及验收规范	GB50141-2008
(14)	埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准	SY/T 0447-2014
(15)	建筑给水排水与节水通用规范	GB 55020-2021
(16)	消防设施通用规范	GB55036-2023

5.2.5.2 用水量

本项目生活用水量统计如下：

表 5-36 生活用水量统计表

序号	用水类别	自来水用水量 (m ³)			备注
		最高日	平均时	最大时	
1	生活用水	1.40	0.06	0.12	
2	淋浴用水	1.50	0.50	0.50	
3	食堂用水	2.10	0.18	0.27	
	小计	5.00	0.74	0.89	
4	未预见用水	0.50	0.07	0.09	按小计 10%计
	合计	5.50	0.81	0.98	

注：a) 生活用水：40L/人·班，小时变化系数为 2.5；定员 13 人；

b) 淋浴用水：60L/人·班，用水时间为下班后 1 小时；

c) 食堂用水：25L/人·次，小时变化系数为 1.2；

d) 宿舍用水：150L/人，，小时变化系数为 1.2；

本项目生产用水量统计如下：

表 5-37 生产用水量

序号	名称	新鲜水量 m ³ /d
1	生活用水	5.00
2	化验用水	1.00
3	冲洗设备及车间地面	5.00
4	绿化、道路冲洗	5.00
5	生产用水	120.00
6	循环水补水	237.6
	合计	437.6

注：a) 生产用水：按工艺专业提供的设计资料计算；

b) 浇洒绿地用水：1.0L/m²·d；

c) 浇洒道路、广场用水：2.0L/ m²·d；

d) 冲洗地面用水: $2.0L/m^2 \cdot d$;

本表所列水量为正常运行状态下的用水量。生产生活原水水质应符合《生活饮用水卫生标准》的规定,如有不符,应另行处理,以满足水质要求。

5.2.5.3 给水工程

1.给水水源

本项目生产生活用水依托园区生活供水管线,从园区供水管线引入厂区一根 DN100 的生活给水管道,管道埋地敷设,车间内地上管廊敷设。

厂区生活水水质应满足《生活饮用水卫生标准》GB 5749-2022。

生产水供水水质要求应满足《石油化工给水排水水质标准》SH3099-2021 中规定的石油化工装置生产用水水质标准。

2.给水系统

生活供水系统(DW)

本项目新建厂房的洗眼淋浴用水接自厂区生活给水管道。系统管网主干管环状布置,支管支状布置。供水压力 0.3MPa。生活给水系统管道埋地敷设。生活给水系统设计参数如下。

表 5-38 生活给水系统设计参数

系统工作压力 MPa (G)	单元界区接点压力 MPa (G)	设计压力 MPa (G)	工作温度 °C	设计温度 °C
0.30~0.45	0.30	0.90	常温	60

生活给水管道采用聚乙烯 (PE) 给水管 (GB/T13663-2018), PE80 系列, 压力等级为 1.0MPa, 电热熔或法兰连接。

3.循环水系统

本项目循环水站设置在厂区新建泵房及水池, 一期所需循环用水量为 $520m^3/h$, 供回水温度为 $32^\circ C/40^\circ C$ 。泵房内设置 2 台循环水泵, $Q=550m^3/h$, $H=50m$, 一用一备; 机械过滤器一台, $Q=20m^3/h$; 循环水池有效容积为 $200m^3$, 循环水池上设置方形逆流式玻璃钢塔 1 台, 处理能力为 $550m^3/h$ 。循环水系统考虑二期预留位置。

厂房内经冷凝器、冷却器、压缩机、机泵等冷却换热后的循环回水排入循环冷却回水管道系统, 本装置埋地敷设一根 DN250 的循环水回水管接入厂区循环

水回水管，利用余压回到循环水站，直接上冷却塔进行冷却，系统设计参数如下表所示。

表 5-39 循环水系统设计参数

系统工作压力 MPa (G)	单元界区接点压力 MPa (G)	设计压力 MPa (G)	工作温度 °C	设计温度 °C
0.20~0.45	≥0.25	0.80	≤42	65

4.消防水系统

项目同一时间发生火灾次数为一次，本次新建建、构筑物，消防用水量最大的建筑物为综合库房，火灾危险类别为丙类，室外消防用水量为 25L/s，室内消防用水量为 25L/s，室内外消防用水量 50L/s，火灾持续时间为 3h，一次消防总用水量 540m³，所需室内消火栓系统设计压力为 0.5MPa。

全厂新建一套临时高压消防水系统，主要由水源、消防泵组、消火栓及相应的系统管网、阀门等组成。泵房内设有消防水泵两台（一用一备），同时还设有稳压泵两台（一用一备），正常时消防管网靠稳压泵和气压水罐维持系统压力，消防水泵与消防管网的压力连锁，当火灾发生时，管网压力下降，消防水泵可依靠压力开关控制自动启动。在综合楼顶层设置消防水箱一座，水箱有效容积为 18m³。

消防水泵：Q=180m³/h，H=55m，一用一备。消防稳压泵两台：Q=18m³/h，H=70m，一用一备。

表 5-40 消防水系统设计参数

系统工作压力 MPa (G)	单元界区接点压力 MPa (G)	设计压力 MPa(G)	工作温度 °C	设计温度 °C
0.60~0.70	0.50	1.60	常温	60

5.排水工程

本项目排水量详见下表：

表 5-41 排水量统计表

序号	名称	排水量 m ³ /d
连续		

1	生活污水	4.25
2	化验废水	0.90
3	冲洗设备及车间地面	5.00
4	绿化、道路冲洗	/
5	循环水排污	39.6
6	生产废水	3.6/
	合计	49.75
间断		
1	初期雨水	1100m ³ /次

(1) 生产废水系统(PD-重力流/PD1-压力流)

生产废水系统排入厂区新建生产污水管网。

生产废水主要来自循环水排污、洗眼器废水及地面的冲洗水，平均时排水量为 1.65m³/h，最大时排水量 2.75m³/h。

装置内产生的生产废水，经重力流生产废水排水管线收集至厂区污水收集池内。

(2) 雨水排水系统

雨水排水主要为新建建筑物屋面雨水及道路雨水。

降雨强度公式： $i=[(5.4428+4.088)\text{LgT}]/(t+3.3729)^{0.6342}$ (mm/min)

1) 设计参数：

设计降雨历时： $t=10\text{min}$

设计重现期： $P=2$ 年

屋面径流系数： $k=0.9$

2) 新建建筑物，屋面雨水采用自由散水，沿道路边沟排至厂区道路。本项目的初期雨水和事故状态下的消防水分别排入厂区初期雨水池和事故水池，事故水池收集事故状态下的事故水，初期雨水池收集厂区的初期雨水。

(3) 事故水排水系统 (FRD)

为防范和控制本工程工艺装置发生事故时及事故处理过程中产生的物料泄漏和污水对周边水体环境的污染及危害，降低环境风险，根据《化工建设项目环境保护工程设计标准》GB/T 50483-2019 的规定，本项目需考虑设置事故污水收集及储存系统。事故储存设施总有效容积按以下计算方式计算：

$$V_{\text{总}} = (V_1 + V_2 - V_3)_{\text{max}} + V_4 + V_5$$

其中： $(V1+V2-V3)_{\max}$ 是指对收集系统范围内不同罐组或装置分别计算 $V1+V2-V3$ ，取其中最大值， m^3 ；

V1— 收集系统范围内发生事故的物料量， m^3 ；

V2— 在装置区或贮罐区一旦发生火灾爆炸时的消防用水量，包括扑灭火灾所需用水量和保护临近设备或贮罐（最少 3 个）的喷淋水量， m^3 ；

V3— 发生事故时可以转输到其他储存或处理设施的物料量， m^3 ；

V4— 发生事故时仍必须进入该收集系统的生产废水量， m^3 ；

V5— 发生事故时可能进入该收集系统的降雨量， m^3 。

$V1=0m^3$

$V2=540m^3$

$V3=0m^3$

$V4=10m^3$

$V5=10qF=10\times 7.19\times 5.5=395.5m^3$

式中：q——降雨强度，按平均日降雨量， mm ；

F——必须进入事故废水收集系统的雨水汇水面积， ha 。

$V_{\text{事故}}=(V1+V2-V3)_{\max}+V4+V5=(0+540-0)+50+395.45=985.5m^3$

当发生火灾等事故时（包括污水处理系统事故），事故水量为 $985.5m^3$ ，厂区新建事故水池有效容积为 $1000m^3$ 。

厂区新建初期雨水池有效容积为 $1100m^3$ 。初期雨水量按污染区面积 $20mm$ 降雨考虑，污染区面积约 $5.5hm^2$ （厂区总占地面积约 $62500m^2$ ，绿化率为 12% ）。

发生事故时，厂区总排口处阀门关闭，工艺装置区或储罐区污染的消防水及泄漏出的物料首先由各装置设置的围堰和污染雨水收集池进行收集，围堰和污染雨水收集池无法收集的外溢的消防废水则全部由事故水管渠收集后贮存于事故水池内，以防止对周边水体环境造成污染及危害。

初期雨水池，每次降雨结束后立即清空，排入污水处理系统；事故水池在事故后 72 小时内转运至污水处理系统。

（4）排水系统管材

生产废水管道采用 HDPE 双壁波纹排水管，承插连接，弹性橡胶圈接口。雨水管采用钢筋混凝土管，承插连接，橡胶圈接口。

压力流初期雨水管道采用无缝钢管，焊接或法兰连接。

(5) 给排水消防设计一览表

表 5-42 给排水消防设施一览表

分类	序号	设施名称	数量	材料	设备型号参数	备注
一、消防系统						
消防泵房	1	消防水泵	2	一用一备	Q=50L/s H=65 米	成套设备
	2	消防稳压泵	2	一用一备	Q=5L/s, H=65 米,	成套设备
	3	消防稳压罐	1	/	V=300L	与稳压泵成套设备
	4	潜水排污泵	2	一用一备	Q=20m ³ /h H=15 米	成套设备
	5	单轨小车 手拉葫芦	1		N=1T H=9m	
二、给排水系统						
事故池、初期雨水池	1	潜水排污泵	2	一用一备	Q=40m ³ /h H=20 米	成套设备
	2	潜水排污泵	2	一用一备	Q=40m ³ /h H=20 米	成套设备

5.2.6 自控

5.2.6.1 采用的标准及规范

序号	名称	编号
(1)	自动化仪表选型设计规范	HG/T20507-2014
(2)	过程测量与控制仪表的功能标志及图形符号	HG/T 20505-2014
(3)	外壳防护等级 (IP 代码)	GB 4208-2008
(4)	控制室设计规范	HG/T20508-2014
(5)	仪表配管配线设计规范	HG/T20512-2014
(6)	仪表供气设计规范	HG/T20510-2014
(7)	仪表及管线伴热和绝热保温设计规范	HG/T 20514-2014
(8)	仪表隔离和吹洗设计规范	HG/T 20515-2014
(9)	仪表系统接地设计规范	HG/T20513-2014
(10)	仪表供电设计规范	HG/T20509-2014
(11)	分散型控制系统工程设计规范	HG/T20573-2012
(12)	可编程序控制器系统工程设计规范	HG/T20700-2017
(13)	钢制管法兰、垫片、紧固件	HG/T 20592~20635-2009

5.2.6.2 控制系统选择

(1) 分散控制系统(DCS)

拟采用 DCS 系统完成基本过程控制、操作、监视、管理之外，同时还完成顺序控制、工艺联锁和部分先进控制。

DCS 系统由操作站、工程师站、打印机、控制和数据采集系统、外设及有关的硬件及软件、配电及网络设备等组成。工程师站用于组态维护，故障诊断等工作。

控制方式特点：

1) 集中管理、分散控制

本装置 DCS 控制系统预留通讯接口，可满足成套控制系统运行监视、生产调度、质量管理和数据服务，预留 RS-485，Modbus RTU 等通讯接口，可与装置内各成套设备通讯，可实现分散控制，集中管理。

2) 网络化、数字化、智能化

本装置 DCS 控制系统与成套设备控制系统（PLC）的连接基于通讯。本装置 DCS 控制系统与现场测控仪表、工艺设备电控装置的连接基于点对点的信号传输，通讯介质为控制电缆及信号电缆；测量仪表等具有微处理器的智能设备。

3) 可靠性设计

自动化控制不依赖于一个控制装置或系统，有利于提高控制系统的整体可靠性。

主要电控设备的控制采用就地控制、现场控制、中央控制的三层控制模式，控制级别由高到低为：手动控制、遥控控制、自动控制：

手动模式：通过就地电控箱、操作柱的按钮或成套控制柜触摸屏实现对设备的启停操作。遥控模式：即远程手动控制方式。操作人员通过操作站操作面板或监控画面用鼠标或键盘来控制现场设备。自动方式：设备的运行完全由 DCS 根据各装置的工况及工艺参数来完成对设备的启停控制，而不需要人工干预。

(2) 可燃/有毒气体检测系统（GDS）

在可能积聚可燃/有毒气体的场所，设置可燃/有毒气体探测器，检测信号引入 GDS 系统。GDS 系统独立于 DCS 系统设置，气体检测信号通信至 DCS 系

统，在中央控制室设置专用报警人机界面及声光报警设施。现场声光报警的设置根据不同装置的情况，依据现行标准规范设置。

（3） 大屏显示系统

控制室内设置小间距液晶显示大屏（约 20 m²），大屏实时显示工艺流程设备状态和重点区域的视频监控；实现对全厂生产区域的可视化管理。

采用 220V AC 供电，由电气专业供给。

（4） 智慧水务管理系统

智慧水务管理系统以 BIM 模型为载体，集成各系统和设备到统一管理平台上，实现监控和管控的统一，提高厂区综合管理水平，降低日常运维成本，实现厂区的绿色运营。该系统运用 BIM 技术，建立精度较高的 BIM 模型，在运维阶段利用前期建立的数据，并融合厂区内的其他信息系统，建立全数字化、智能化的厂区设施监管体系。构成基于 BIM 的污水厂运维管理平台。

1) 能够展示项目所有工艺单体、管线、设备等。并对重要设备、配电柜、PLC 柜及其他设备进行 3D 图像处理，形象地反映水厂实际情况。

2) 可实现生产工艺、设备、水量、能耗、药耗、设备状态等的监测与展示，并可根据用户需求采用曲线和柱状图的方式显示对比，可进行单一数据项的分析，也能实现多数据项的对比分析，为指导生产运营提供数据支持。

3) 智慧水务管理系统包含对厂区整体工艺流程和局部工艺流程的模拟演示，将各工艺段的工艺运行情况在界面中反馈，用户能够直接看到污水处理厂的运行步骤，可以迅速了解污水处理厂的工艺流程。也可导出对应视频便于培训。

4) 厂区所有的安防和中控室整合到一个平台，有助于管理整个厂区，实现无死角、无遮拦，目标准确追踪。可于平台内选择某一区域或具体摄像头，系统平台将分别显示厂区所有摄像头的分布和每个摄像头的监控区域。

5) 划分好系统后，能够在某一节点故障时快速定位/查询，并显示与该节点直接连接的上下游信息（如开关、控制阀门等）。

6) 通过读取自控系统采集的管网实时数据和历史数据，根据用户的需求将管网的运行参数显示在系统界面中，并形成数据曲线掌握厂区排水管网的真实运行状况。

7) 系统可实时监控厂区的报警情况，包括环境异常、设备异常、能耗超标

等。当出现异常状况时，能够进行声光报警并在三维展示界面中高亮显示事件位置并形成历史记录。

8) 三维展示界面中自动定位到该模型位置，实现设备寻址功能。亦可显示设备相关参数信息。

9) 智慧水务管理系统可精准定位厂区内任一人员及车辆位置。可定制巡检路线进行厂区巡检管理，实时展示巡检设备的相关信息和巡检人员轨迹。

10) 智慧水务管理系统有配套的手机 APP，支持巡检单、报警管理等功能。用户可通过手机 APP 上报相关信息、接收相关信息及问题的处理反馈。

5.2.6.3 仪表选型

(1) 仪表选型原则

所选仪表及控制设备是先进的、可靠的，适用的，可以保证工艺装置的长期、安全生产和操作。现场仪表立足于国内市场，优先选用国内品牌及国外引进生产线或合资厂制造的、技术先进、质量可靠、成熟，能满足性能要求的产品,能保证工艺装置的长期、安全生产和操作。

(2) 仪表防护

根据工厂所处地区气候的特点，所有露天安装、户外安装的现场仪表设备应适用于此气候环境。

现场安装的变送器带输出信号指示。现场安装的电子式仪表应至少满足 IEC60529 和 GB/T4208-2017 标准规定的 IP65 的防护等级；其他现场仪表应至少满足 IP55 的防护等级。安装在控制室和机柜间内的仪表和控制盘柜等设备的防护等级不低于 IP52。

露天安装的所有现场仪表、仪表接线箱、就地控制箱（盘）的电缆进线应设计为下进线方式，并配备电缆密封接头。

仪表设计应考虑潜在的腐蚀性环境。在需要时应选用被 NACE 认可的材料。按照装置的具体要求，在设计中应考虑仪表的吹扫、密封、绝热等防护措施。

(3) 仪表防爆

所有安装在爆炸危险性环境中的仪表应具有适用于危险区域划分的防爆认证。中国国内生产的仪表及辅助防爆电气产品应具有中国国家权威机构颁发的 Ex 防爆认证（例如：NEPSI）。选用国外产品时，可接受的防爆认证标准包括：

EU (Directive 94/9/EC)-ATEX / US(NEC505) / IEC / CSA (CECSection18)。

(4) 温度仪表

就地温度指示仪表选用带外保护套管的万向型双金属温度计，刻度盘直径一般宜选用 $\phi 100\text{mm}$ ，精度 1.5 级。

温度检测应优选温度检测元件（Pt 热电阻、热电偶）配现场 HART 智能温度变送器的方式。热电阻元件的标准选型配置应为 Pt100 热电阻。其他测量范围或专利商有特殊要求的，可选用符合 IEC60584 标准的热电偶。热电偶的允差等级应为 I 级。

接线盒的环境温度较高，振动高的温度仪表应选用分体式智能温度变送器。

除特殊情况外，所有温度元件应有保护套管，材质不低于 316SS，过程连接采用法兰连接。

(5) 压力仪表

根据被测介质的特性和使用环境，选用相应材质的弹簧管不锈钢压力表、隔膜压力表或膜片压力表等。

对于脉动场合，如压缩机或泵的排出管线等，选用带脉冲阻尼器或填充液的耐震压力表。压力表或压力变送器应有超量程保护设施。

对于强腐蚀性、含固体颗粒、高粘度等介质，选用隔膜压力表或膜片压力表。

集中压力测量采用智能压力变送器，含煤粉、固体颗粒的介质采用法兰远传压力变送器或采用吹气法测量方式。

用于压力集中报警、联锁的压力测量应采用压力变送器。如果采用压力开关，开关接点应至少为单刀双掷（SPDT）。

压力仪表测量元件的材料最低要求为 316SS。

(6) 液位仪表

就地液位指示仪表在设计条件允许的情况下，优先选用磁性翻板液位计。

远传液位测量一般采用差压式液位变送器和导波雷达液位计及浮筒液位计。用于测量强腐蚀性、含固体颗粒、易结晶、高粘度等介质的法兰式液位变送器（双法兰或单法兰），其法兰形式，可根据被测介质的特性，分别选用平法兰或插入式法兰。

(7) 流量仪表

用于循环水、废水的流量测量，可根据装置的不同工况，分别选用超声波流量计、涡街流量计、电磁流量计等。

用于蒸汽、空气等气体的流量测量，可根据装置的不同工况，选用孔板、平衡流量计或分体式涡街流量计。

(8) 分析仪表

本项目分析小屋及屋内仪表利旧，其他分析仪表根据工艺要求设置。

分析仪表首选 4~20mA 带 HART 协议信号。

可燃气体探测器一般选用催化燃烧在线插拔型式探测器。有毒气体探测器一般选用电化学或半导体原理。

气体探测器应带现场声光报警功能。

可燃、有毒气体检测变送仪表选用隔爆型，24VDC 电源，输出信号为 4~20mA 信号，三线制。电气接口一般为 1/2 NPT(F)。

便携式可燃有毒气体探测器选用多种气体一体式检测产品，防爆型，电池供电，具有气体浓度显示和报警功能，并有故障自诊断功能，能发出声光报警信号，故障报警应明显区别于气体浓度报警。电池连续工作时间应不少于 8h。

(9) 控制阀

仪表阀门包括调节阀、切断阀等，本装置原则上采用气动执行机构。

仪表阀门及阀门附件装配完整，作为整体产品提供。阀门附件主要包括：阀门执行机构、过滤器减压阀、智能阀门定位器、电磁阀、阀位开关等。

仪表阀门的阀体、法兰材料选择遵照设备和管道材料等级要求。

5.2.6.4 控制室设置

本项目中控室设置在厂前区，原中控室拆除新建，包括操作室、机柜间、UPS 室、空调机房等。

操作间、机柜间设置空调，室温保持在冬天 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，夏天 $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，变化率小于 $2^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，相对湿度保持在 $50\%\pm 10\%$ ，变化率小于 $6\%/\text{h}$ 。

操作间、机柜间采用人工照明。控制室距地面 0.5 米工作面照度为 250~300lx，机柜间照度为 400~500lx，其他区域宜为 300lx，且不应产生反光和眩光。操作间设置事故照明，操作间中操作站工作面的照度不应低于 100lx，其他区域照度应为 30~50lx。照明灯具宜采用 LED 光源。

操作间、机柜间地面采用防静电活动地板，活动地板设计均布荷载不应小于 23000N/m²，活动地板下方净空不小于 300mm。基础地面应高于室外地面 300mm。控制室地面采用大理石或地砖；吊顶距静电地板的净高为 3.0~3.3m；操作间、机柜间的门及通道的大小应允许室内安装的操作台、控制及辅助机柜（最多三拼柜）的自由进入。

电源电缆或通信电缆在防静电地板下或电缆沟内采用金属槽板分别敷设。电缆自现场进入机柜间采用桥架进线方式。

考虑二期预留，初步估算现场机柜间面积约为 30m（长）x13m（宽）=390m²。

5.2.6.5 仪表的供电及供气

（1）仪表电源

本项目现场控制室内系统机柜供电采用双回路供电，并设独立、冗余配置的 UPS 电源，电源输出规格为单相 220VAC、50HZ，容量为 10kVA。蓄电池容量应保证电源故障时持续 30 分钟供电，切换时间≤5ms。

电气专业提供一套仪表工业电源（IPS），用于盘内照明、维护插座和风扇等。仪表工业电源（IPS）要求：220V AC±10%，50Hz±1Hz。初步估算 IPS 电源容量为 2kVA。

现场电磁阀供电采用 24VDC。

现场需要外部供电的仪表设备，由设置在机柜室的 UPS 电源分电盘提供，也可根据装置具体情况，由现场配电箱提供。

GDS 电源为 UPS 1 路，电压等级为 220VAC±5%，50±0.5 Hz 交流电源；大屏幕电源为市电电源 1 路，电压等级为 220VAC±5%，50±0.5 Hz 交流电源。

本工程设计中 DCS 控制系统及所有用电仪表所需电源容量约为 10KVA，可燃气体报警控制系统电源容量约为 1KVA；大屏幕电源容量约为 3KW。

（2）仪表气源

仪表空气质量符合《仪表供气设计规定》HG/T20510—2014 的有关要求。仪表空气的露点应比工作环境的历史上年（季）极端最低温度至少低 10℃，含尘粒径不大于 3μmm，油份含量控制在 8ppm(wt)以下。

仪表气源来自空压制氮站空压机。送至车间的仪表气源压力 0.7MPa(g)。备用气源保持时间为 15 分钟。本项目仪表空气用量约 80Nm³/h。

5.2.6.6 安全控制措施

为保证操作人员和生产装置的安全，本工程考虑了以下必要的安全技术措施：

- 1) 安装于爆炸危险区域内的仪表符合防爆要求。
- 2) 在可燃或有毒气体可能泄漏和聚积的场合，设置可燃气体或有毒气体检测报警器。
- 3) 装置的仪表由不间断供电电源供电。
- 4) 采取恰当的防雷、防静电措施。
- 5) 设置必要的安全联锁系统以及报警系统。

5.2.6.7 控制点数估算表

表 5-43 控制点数一览表

DCS-IO 点数估算		
序号	信号类型	数量
1	DI（开关量输入）	980
2	DO（开关量输出）	580
3	AI（4~20mA 输入）	480
4	AO（4~20mA 输出）	30
5	通讯	2
	合计	2072
GDS-IO 点数估算		
1	AI（4~20mA 输入）	35
2	DO（开关量输出）	4
3	通讯	1
	合计	40

5.2.7 电信

5.2.7.1 设计范围

本项目电信设计范围为阜新氟产业开发区工业污水处理厂项目的火灾自动报警系统、电视监视系统、综合布线系统等。

5.2.7.2 采用的标准及规范

序号	标准规范名称	标准规范编号
(1)	消防联动控制系统	GB 16806-2006
(2)	视频安防监控数字录像设备	GB 20815-2006
(3)	火灾自动报警系统组件兼容性要求	GB 22134-2008
(4)	爆炸危险环境电力装置设计规范	GB 50058-2014
(5)	工业电视系统工程设计标准	GB 50115-2019
(6)	火灾自动报警系统设计规范	GB 50116-2013
(7)	火灾自动报警系统施工及验收标准	GB 50166-2019
(8)	安全防范工程技术标准	GB 50348-2018
(9)	入侵报警系统工程设计规范	GB 50394-2007
(10)	视频安防监控系统工程设计规范	GB 50395-2007
(11)	视频显示系统工程技术规范	GB 50464-2008
(12)	火灾情况下的电梯特性	GB/T 24479-2009
(13)	安全防范系统雷电浪涌防护技术要求	GA/T 670-2006
(14)	安全防范工程技术文件编制深度要求	GA/T 1185-2014
(15)	安全防范高清视频监控系统技术要求	GA/T 1211-2014
(16)	电信网视频监控系统 第1部分：业务需求	YD/T 2455.1-2013
(17)	电信网视频监控系统 第2部分：总体技术要求	YD/T 2455.2-2013
(18)	电信网视频监控系统 第6部分：服务质量要求	YD/T 2455.6-2013
(19)	电信网视频监控系统 第7部分：安全要求	YD/T 2455.7-2016
(20)	消防设施通用规范	GB 55036-2022

5.2.7.3 电信设施方案

(1) 火灾自动报警系统

厂区设置集中型火灾报警系统,消防控制室位于综合楼。全厂由火灾探测器、手动火灾报警按钮、消防专用电话、消防广播系统、消防控制室图形显示装置、火灾报警控制器、消防联动控制器等组成。

1) 火灾报警电话及信号系统的电源采用消防电源,由电气专业送至消防控制室。

2) 在罐区、预处理车间、制氧及臭氧发生间、液氧站、危废库等防爆区内的火灾探测传感设备均选用本质安全防爆设备。本质安全防爆设备与安全栅间的电缆采用低分布参数电缆，该电缆的敷设长度满足安全栅分布参数的技术指标。本质安全防爆设备的安全栅采用可恢复型安全栅。

3) 在罐区、预处理车间、制氧及臭氧发生间、液氧站、泵房、门卫、机柜间及配电室、中央控制室、危废库、综合仓库、机修间及空压制氮站、综合楼等建筑物内安装的点式感温、感烟探测器、手动报警按钮均暗装配线，其配线采用阻燃耐火电缆穿钢管敷设。

4) 在设有火灾报警控制器的建筑物内各防火分区均设置手动报警按钮；在装置区及易燃易爆物品露天堆放场设置手动报警按钮，手动报警按钮设在巡检道路旁或经常有人经过的地方。

5) 手动报警按钮的安装高度为按钮中心距室内地坪 1400mm，安装在室外的手动报警按钮需加装防尘防雨罩，防尘防雨罩的防护等级达到 IP57。当周围无构筑物时加装立柱，手动报警按钮的立柱采用钢管制成，立柱下做混凝土基础，混凝土基础与手动报警按钮的立柱采用螺栓连接安装，其立柱管径为 DN50。

6) 火灾报警做系统接地，系统采用共用接地，接地电阻不大于 1 欧姆。

7) 消防控制室内设置消防专用电话总机和可直接报火警的外线电话，消防专用电话网络为独立的消防通信系统。

(2) 消防应急广播系统

1) 各生产装置的应急广播系统与火灾报警及控制系统、可燃气体泄漏报警系统等系统联网，当生产装置出现火警、可燃气体泄漏等事故时，应急广播系统可用于事故信息广播。

2) 各生产装置的应急广播系统能接受厂调总机的广播。

3) 应急广播系统中扬声器、扬声器放大器、分线箱按实际于室内靠墙或立柱安装。

(3) 消防联动控制系统

1) 非消防电源：火灾情况下，通过控制模块动作分励脱扣器，自动或手动切断相关部位的非消防电源。

2) 室内消火栓系统(消防水灭火系统)：

A) 消火栓按钮动作后，直接启动消火栓泵，消防控制室能显示报警部位并接收其反馈信号。

B) 消防控制室可通过控制模块编程，自动启动消火栓泵，并接收其反馈信号。

C) 在消防控制室联动控制柜上，可通过直连硬线手动控制消火栓泵，并接收其反馈信号。

D) 消防控制室能显示消火栓泵电源运行状况。

E) 消防泵房现场可手动启动消火栓泵。

3) 火灾报警后，启动相应层的声光报警器。

4) 防烟分区内的两只独立的火灾探测器的报警信号作为排烟阀开启的联动触发信号，并由消防联动控制器联动控制排烟阀的开启，同时停止该防烟分区的空气调节系统。排烟阀开启的动作信号，作为排烟风机启动的联动触发信号，由消防联动控制器联动控制排烟风机的启动。防排烟系统的手动控制方式在消防控制室内的消防联动控制器手动控制排烟阀的开启或关闭及排烟风机等设备的启动或停止，防排烟机的启动、停止按钮采用专用线路直接连接至在消防控制室内的消防联动控制器的联动控制盘，并直接联动控制防、排烟风机的启动、停止。排烟阀开启和关闭的动作信号，防烟、排烟风机启动和停止的动作信号，均反馈至消防联动控制器。排烟风机入口处设置的 280°C 排烟防火阀在关闭后直接联动控制风机停止，排烟防火阀及风机的动作信号反馈至消防联动控制器。

(4) 电视监视系统

1) 传输距离大于 200m 摄像机的视频电缆一般先就近纳入到控制室、机柜室转换成光信号传输到就近的矩阵控制系统。

2) 使用在罐区、预处理车间、制氧及臭氧发生间、液氧站、危废库等防爆场所的摄像机采用防爆护罩与防爆云台一体化结构的摄像机。

3) 为方便施工、节省投资，引至生产区各摄像点的视频、控制均采用一根综合电缆传输。

4) 与各摄像点的使用功能对应控制监视点享有最高级别的优先使用权，当其使用时其它控制监视点仅能观看图像不能控制。

5) 各监控点的监视器以吊挂安装为主，吊挂高度为底距室内地坪 1900mm。

(5) 电信网络

1) 电信网络由下列子系统网络组成：电话综合网络、火灾报警信号及控制系统网络、电视监视系统网络、本质安全电信设备的线路到调度室的光纤网络系统及装置之间的可能出现的光纤连接系统。

2) 火灾报警信号及控制系统网络包括报警信号线路、控制线路、系统的网络线路。

3) 电视监视系统的线路自成独立系统。

4) 本质安全线路包括：防爆电话、火灾报警系统在安全栅之后的线路。本质安全线路的电缆、导线必须与其它线路分开敷设。

5) 设置在防爆区内的线路采用暗配敷设，防爆配管线路采用镀锌钢管，管路中使用的各种配件均要满足所在区域的防爆等级，施工满足所在区域的施工要求。

6) 电信网络线路敷设方式为主干电缆采用电信管道敷设；各单元界区内的配线可根据具体情况采用直埋、电信管道、沿建筑物暗设、穿钢管或电缆桥架沿建（构）筑物架空敷设的敷设方式。

7) 电话综合网络的配线方式以直埋、电信管道、沿建筑物暗设为主。

8) 火灾报警信号及控制系统各控制器间的电缆以直埋、电信管道、沿建筑物暗设为主。

9) 电视监视系统各矩阵控制系统间的电缆以电信管道、沿建筑物暗设为主。

10) 各电信系统的配线在生产装置区以穿钢管、电缆桥架敷设为主。敷设在电缆桥架中的电缆采用阻燃型电缆，聚乙烯护套的电缆不得在电缆桥架中使用。

11) 钢管配线线路的固定支架间距小于 2000mm。

12) 电信专业的电缆桥架采用 6000mm 大跨距电缆桥架，电缆桥架的规格分别为 300×150mm、200×150mm、150×100mm。

13) 场区内的电话综合网络的电缆芯线直径 0.5mm，如网络传输衰耗分配需要改变时可另行协商确定。

14) 场区内电话综合网络的电缆芯线利用率：主干电缆为 80%~90%；配线电缆为 60%~80%。

15) 电信管道的人孔按中华人民共和国邮电部“通信管道人孔和管块组群图

集”（YDJ-101）设计，管道用塑料双壁波纹管 and 塑料硅芯管，塑料双壁波纹管和塑料硅芯管管道的固定支架间距为 500mm。电信管道的人、手孔的井口盖采用双层重载井口盖。

16) 全场电信管道的埋深一般在管道顶距地坪 800~1200mm 之间，管道的坡度在 0.3%~0.4%之间，全场电信管道坡度设计宜朝一个方向。

17) 电信管道在与其它地下管线交叉时管道用混凝土包封保护。当在建（构）筑物旁敷设、穿越道路时管道用混凝土包封保护。电信管道的人、手孔尽量避免设置在有机动车行驶的道路上。

18) 直埋电缆的埋深一般为地坪下 0.8m，当确有困难时可减小埋设深度，但不得小 0.5m。电信网络电缆直埋时均在电缆上下各铺 100mm 厚细沙并在上方盖砖保护。

19) 电话配线采用 HYV4*1/0.5BC 导线，一般为穿镀锌钢管暗配敷设。

20) 火灾报警信号及控制系统网络的配线采用红蓝双色 NH-RVS-2×1.5 导线，在建筑物内均为穿镀锌钢管暗配敷设。

21) 各单元由系统电信管道配入建筑物的电缆均穿钢管引入，其建筑物外钢管段长不得小于 5m。当引入建筑物与电信管道人孔的距离大于 15m 时在距建筑物小于 5m 处增加手孔。

22) 火灾报警引入建筑物的电缆保护钢管的管径不得小于 DN32，一般可采 DN32、DN50，如有必要可采用 DN80 钢管。

5.2.8 暖通

5.2.8.1 编制依据

（一）相关标准规范

序号	标准、规范名称	标准、规范编号
(1)	供暖通风与空气调节术语标准	GB/T 50155-2015
(2)	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范	GB 50019-2015
(3)	化工采暖通风与空气调节设计规范	HG/T20698-2009
(4)	建筑防排烟系统技术标准	GB 51251-2017
(5)	建筑机电工程抗震设计规范	GB 50981-2014
(6)	石油化工企业设计防火标准	GB 50160-2008(2018 版)

序号 标准、规范名称	标准、规范编号
(7) 建筑设计防火规范	GB 50016-2014 (2018 版)
(8) 爆炸危险环境电力装置设计规范	GB 50058-2014
(9) 工业企业噪声控制设计规范	GB/T 50087-2013
(10) 通风与空调工程施工质量验收规范	GB 50243-2016
(11) 建筑节能与可再生能源利用通用规范	GB 55015-2021
(12) 建筑防火通用规范	GB 55037-2022

(二) 设计基础资料

本项目位于辽宁省阜新市，室外计算气象参数参照辽宁省阜新市气象参数，台站编号：54237；台站位置：北纬 42°05'，东经 121°43'。室外气象资料摘录自《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）。

1) 夏季

夏季空调室外计算干球温度：	32.5°C
夏季空调室外计算湿球温度：	24.7°C
夏季通风室外计算温度：	28.4°C
夏季室外平均风速：	2.1m/s
夏季最多风向：	C SW
夏季最多风向频率：	29% 21%

2) 冬季

冬季供暖室外计算温度：	-15.7°C
冬季通风室外计算温度：	-10.6°C
冬季空调室外计算温度：	-18.5°C
冬季空调室外计算相对湿度：	49%
冬季室外平均风速：	2.1m/s
冬季最多风向：	C N
冬季最多风向频率：	36% 9%

3) 大气压力

夏季：	988.1hPa
冬季：	1007.0hPa

5.2.8.2 供暖设计

(1) 本项目供暖热媒为 85—60℃ 热水，热水由厂区新建换热站供应。换热站内设 2 套汽水换热机组，蒸汽由园区蒸汽管网供应。

(2) 室内参数依据规范及各专业提出的资料进行设计，具体室内设计温度、供暖热负荷及散热器形式详见表 22-1。

(3) 热水供暖系统根据各建筑的不同形式，采用一个或多个环路系统，采暖系统形式为垂直单管顺流式及水平串联式。

(4) 本工程采暖外线采用异程枝状管网，敷设方式为直埋敷设。

表 22-1 各建筑物室内设计温度、供暖热负荷及散热器形式一览表

序号	建筑物名称	室内供暖设计温度(°C)	供暖热负荷(kW)	供暖形式
1	综合楼	18	47	散热器
2	门卫及计量间	18	2	散热器
3	换热站、消防循环水泵房	5	16	散热器
4	机修间及空压制氮站	5	81	散热器
5	预处理车间(甲类)	5	243	散热器
6	蒸发车间(丁类)	5	259	散热器
7	除氟车间(丁类)	5	70	散热器
8	综合仓库(丙类)	5	54	散热器
9	污水泵房(甲类)	5	23	散热器
10	罐区泵房(甲类)	5	9	散热器
11	臭氧发生间(乙类)	5	20	散热器
	合计		824	

5.2.8.3 通风设计

为满足工艺生产需要，各车间及配电室等均设置相应的通风系统。机械排风系统均在风机出口设自垂百叶，防止冬季室外冷风倒灌。

(1) 预处理车间的火灾危险性类别为甲类，占地面积 45m×18m，高度约 20m。预处理车间设计事故排风系统，设计换气次数 12 次/小时，选用边墙轴流风机排风，通过门窗自然补风。事故排风的风机分别在室内及靠近外门的外墙上设置电气开关，事故排风系统与相应的气体检测报警系统连锁，当气体检测报警系统发出报警信号后自动启动事故排风系统。事故排风系统平时兼做全面机械排风系统使用，用于排出浊气及消除室内余热，具体运行状态人为控制。

(2) 蒸发车间的火灾危险性类别为丁类，占地面积 $36\text{m} \times 18\text{m}$ ，高度约 24m 。蒸发车间设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 3 次/小时，选用边墙轴流风机。

(3) 除氟车间的火灾危险性类别为丁类，占地面积 $39\text{m} \times 18\text{m}$ ，高度约 8m 。除氟车间设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 3 次/小时，选用边墙轴流风机。

(4) 综合仓库的火灾危险性类别为丙类，占地面积 $45\text{m} \times 12\text{m}$ ，高度约 8m 。综合仓库设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 3 次/小时，选用边墙轴流风机。

(5) 危废库的火灾危险性类别为甲类，占地面积 $30\text{m} \times 18\text{m}$ ，高度约 8m 。危废库设计全面机械排风系统及事故排风系统，全面机械排风换气次数 8 次/h，事故排风换气次数 12 次/h。事故排风的排风机分别在室内及靠近外门的外墙上设置电气开关，事故排风系统与相应的气体检测报警系统连锁，当气体检测报警系统发出报警信号后自动启动事故排风系统。危废库采用门窗缝隙自然补风，排风风机选用边墙轴流风机。

(6) 污水泵房的火灾危险性类别为甲类，占地面积 $45\text{m} \times 5\text{m}$ ，高度约 6m 。污水泵房设计全面机械排风系统及事故排风系统，全面机械排风换气次数 8 次/h，事故排风换气次数 12 次/h。事故排风的排风机分别在室内及靠近外门的外墙上设置电气开关，事故排风系统与相应的气体检测报警系统连锁，当气体检测报警系统发出报警信号后自动启动事故排风系统。污水泵房采用门窗缝隙自然补风，排风风机选用边墙轴流风机。

(7) 罐区泵房的火灾危险性类别为甲类，占地面积 $18\text{m} \times 5\text{m}$ ，高度约 6m 。罐区泵房设计全面机械排风系统及事故排风系统，全面机械排风换气次数 8 次/h，事故排风换气次数 12 次/h。事故排风的排风机分别在室内及靠近外门的外墙上设置电气开关，事故排风系统与相应的气体检测报警系统连锁，当气体检测报警系统发出报警信号后自动启动事故排风系统。罐区泵房采用门窗缝隙自然补风，排风风机选用边墙轴流风机。

(8) 变、配电间的火灾危险性类别为丁类，占地面积 $36\text{m} \times 18\text{m}$ ，高度约 4.5m 。变配电室设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 10 次/小时，选用

边墙轴流风机。

(9) 机修间及空压制氮站的火灾危险性类别为丁类，占地面积 $49\text{m} \times 18\text{m}$ ，高度约 4.5m 。机修间及空压制氮站设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 8 次/小时，选用边墙轴流风机。

(10) 原水提升泵房的火灾危险性类别为丁类，一层建筑，占地面积 $5\text{m} \times 10\text{m}$ ，高度约 7.5m 。原水提升泵房设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 8 次/小时，选用边墙轴流风机。

(11) 初沉污泥排泥泵房的火灾危险性类别为丁类，一层建筑，占地面积 $5\text{m} \times 4\text{m}$ ，高度约 5m 。初沉污泥排泥泵房设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 8 次/小时，选用边墙轴流风机。

(12) 二沉池综合泵房的火灾危险性类别为丁类，一层建筑，占地面积 $5\text{m} \times 4\text{m}$ ，高度约 5m 。二沉池综合泵房设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 8 次/小时，选用边墙轴流风机。

(13) 污泥脱水间的火灾危险性类别为丁类，二层建筑，利旧原污泥脱水间。占地面积 $26\text{m} \times 15\text{m}$ ，高度约 12m 。污泥脱水间设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 8 次/小时，选用边墙轴流风机。

(14) 出水紫外消毒及监测分析间的火灾危险性类别为丁类，一层建筑，利旧原臭氧发生间。占地面积 $10\text{m} \times 9.4\text{m}$ ，高度约 5m 。出水紫外及监测分析间设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 8 次/小时，选用边墙轴流风机。

(15) 臭氧发生间的火灾危险性类别为乙类，占地面积 $24\text{m} \times 12\text{m}$ ，高度约 4.5m 。臭氧发生间设全面机械通风系统及事故通风系统，全面机械排风换气次数 10 次/h，事故排风换气次数 12 次/h。事故通风的风机分别在室内及靠近外门的外墙上设置电气开关，事故通风系统与相应的气体检测报警系统连锁，当气体检测报警系统发出报警信号后自动启动事故通风系统。全面机械通风系统及事故通风系统的室内吸风口设置在低处，通过管道将室内浊气排至室外高处，同时通过补风风机将室外新鲜空气送至室内高处。

(16) 鼓风机房的火灾危险性类别为丁类，一层建筑，占地面积 $20\text{m} \times 12\text{m}$ ，高度约 5m 。鼓风机房设计机械排风系统，门窗自然补风，换气次数 8 次/小时，选用边墙轴流风机。

(17) 综合楼为地上三层建筑，占地面积 30m×13m，高度约 10m。综合楼内卫生间设置换气扇。

5.2.8.4 空调设计

(1) 变配电室设置风冷单元式空调机，以满足设备运行的需要，室内设计温度：夏季 30℃，冬季 10℃。

(2) 机柜间设置恒温恒湿空调机，以满足设备运行的需要，室内设计温度：夏季 26℃，冬季 20℃。

(3) 综合楼各办公室及会议室分别设置风冷分体式空调机，以满足舒适性要求，夏季室内设计温度 26℃。

(4) 门卫及计量间分别设置风冷空调机，以满足舒适性要求，夏季室内设计温度 26℃。

5.2.8.5 排烟设计

(1) 综合楼为公共地上建筑，需要设置排烟设施的房间或走廊分别设置外窗，采用自然排烟方式。

(2) 综合仓库火灾危险性类别为丙类，地上一层建筑，建筑面积约 540m²，采用自然排烟方式。

5.2.8.6 节能与环保

(1) 围护结构均采取保温措施，具体做法详见建筑专业图纸。

(2) 处于非供暖环境的供暖管道均采取保温措施，减少热量损失。

(3) 水管内的介质流速控制在经济流速范围内，以降低水泵的运行能耗。

(4) 设备采用低噪声、节能设备。

(5) 降噪与减振：制冷机组、空调机、风机等均由厂家配套减振器或减振垫；空调、通风设备选用低噪声产品；风系统根据要求选用安装消声器；风机进出口设软连接（仅火灾时使用的风机可不设）。

(6) 分体空调能效等级大于二级；轴流风机使用区最高通风机效率不低于 67%。

5.3 建设管理方案

5.3.1 项目工期及实施计划

5.3.1.1 项目建设工期

项目工期：2026年9月-2027年12月

5.3.1.2 项目实施计划

根据项目建设经验，本项目从前期工作开始，到项目投产验收结束，拟分为2个阶段，各个阶段的主要工作如下：

(1) 项目分析与决策阶段

- a) 可行性研究报告编制及批复
- b) 环境影响评价报告编制及批复
- c) 安全评价报告编制及批复
- d) 职业卫生预评价报告及批复
- e) 节能评估报告及批复

(2) 项目实施阶段

- a) 基础工程设计编制及审查
- b) 详细工程设计
- c) 采购
- d) 现场准备
- e) 施工
- f) 试运行及验收

5.3.1.3 项目建设进度计划表

表 5-44 进度计划表

序号	主要工作	周期 (月)															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	基础工程设计	2	■	■													
2	详细工程设计	3			■	■	■										
3	采购	6			■	■	■	■	■	■							
4	施工	8				■	■	■	■	■	■	■	■				
5	试运行及验收	4												■	■	■	■

5.3.2 项目建设管理模式

根据本工程的特点，本工程拟采用以下招标形式：

本工程推荐采用 EPC（设计+采购+施工）模式；

其中 E（设计）为整体的工程设计、策划及具体现场配合服务等工作；P（采购）主要为工程整体的建筑材料采购、水厂内的全部工艺设备、电气设备、仪表及自控系统、实验室分析仪器和主要材料的采购等；C（建设/施工）主要为水厂内的全部施工、安装、试车、技术培训等。

5.3.3 项目工程招标管理

5.3.3.1 一般要求

本工程依据国家计委《建设项目可行性研究报告增加招标内容以及校准招标事项暂行规定》（2001年9月18日）中的有关内容和要求，结合本工程特点和资金来源，为满足城市排水安全性和可靠性要求，确保工程高质量、高标准地完成，确保技术上完整，运行上可靠，管理上安全，本工程从实际需要出发，设备和材料招标要选用质量好，技术先进的产品，各有关部门应严格把关，产品的质量通过 ISO9001 质量体系认证，要保证招标材料设备的先进性、实用性、经济性、可靠性和可维修性。

5.3.3.2 组织程序及机构

按《中华人民共和国招标投标法》，本工程对工程施工、工程安装、设备及材料采购等进行招标。业主单位要有专门的招标部，按程序组织实施招标过程，业主单位要委托招标代理机构组织招投标过程，委托相关单位编制招标文件。评标要成立专家组，负责对投标书进行技术商务评审，评审结果上报评标委员会审定，整个招标采购过程要经过有关部门的监督管理。

5.3.3.3 招标组织形式

本项目的招标组织形式以自行招标为主，由项目建设单位组建招标管理机构。根据有关规定，招投标管理机构下设评标委员会，由招标人的代表和有关技术、经济等方面的专家组成。在评标委员会的专家成员中，技术和经济等方面的专家不得少于成员总数的三分之二。评标委员会人数一般应为 5 人以上的单数。

5.3.3.4 招标范围

拟对重要设备、材料、土建、安装等采购活动进行招标。

5.3.3.5 招标方式

建设项目的勘察、设计、施工、监理以及重要的设备、材料等采购活动拟采用的招标方式为公开招标。

属以下列情况之一的建设项目可不进行招标。但在报送可行性研究报告中须提出不招标申请，并说明不招标原因：

- (1) 涉及国家安全或者有特殊保密要求；
- (2) 设项目的勘察、设计、采用特定专利或者专有技术的、或者建筑艺术造型有特殊要求的；
- (3) 承包商、供应或者服务提供者少于三家，不能形成有效竞争的；
- (4) 其他原因不适宜招标的。

经项目审批部门批准，工程建设因特殊情况可以在可行性研究报告前先行开展招标活动，但应在报送的可行性研究报告中予以说明。

6 项目运营方案

6.1 运营模式选择

本项目选择 O&M 模式——委托运营模式。选择原因如下：

专业化管理： 第三方专业运营公司通常拥有丰富的同类型水厂管理经验和专业技术团队，能够有效应对复杂的水质变化和生产工艺难题，确保出水水质稳定达标。

降本增效： 通过规模化的采购优势（药剂、备件）和精细化的能效管理，可以降低制水成本。专业的维护体系能延长设备寿命，减少非计划停机。

风险转移： 将安全生产、水质达标、设备维护等具体运营风险部分转移给专业运营方。运营方凭借成熟的应急预案和安全管理体系，能更好地应对突发状况。

聚焦核心业务： 使业主（政府或水务集团）能够从繁琐的日常运营中解脱出来，专注于宏观规划、资产监管和公共服务质量考核。

6.2 运营组织方案

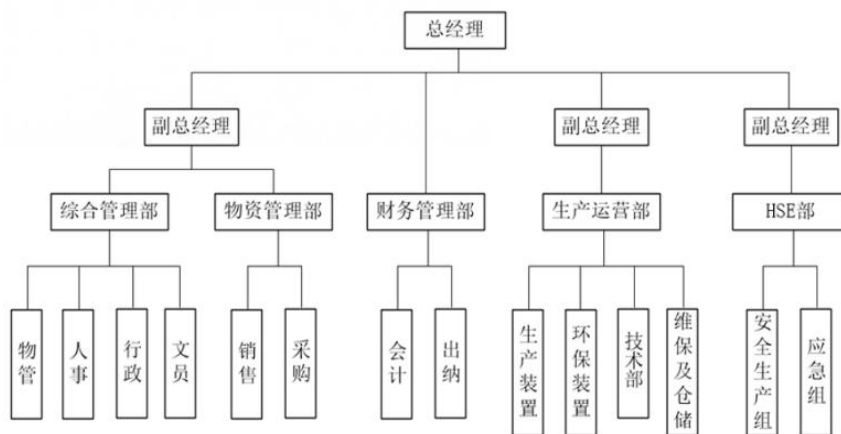
6.2.1 水厂组织

(1)管理体制

本项目建成后，按照现代企业制度的要求，坚持有利于生产、减少层次、职责分明、提高效率的原则设置管理机构，实行法人负责制。

(2)组织机构

本项目属于改扩建项目，项目的组织机构如下图所示。



6.2.2 劳动定员

(1)生产班制

本项目根据生产灵活安排人员数量，生产班制采用 4 班 3 倒，行政管理部门一班制。

(2) 劳动定员

表 6-1 定员一览表

序号	类别	岗位名称	班次	人数	定员
A	管理层	总经理	1	1	1
		副总经理	1	3	3
B	财务	经理	1	1	1
		会计	1	1	1
		出纳	1	1	1
C	技术人员	经理	1	1	1
		主管	1	2	2
		工程师	1	8	8
D	生产运行	班长	4	1	4
		工人	4	6	24
		分析化验	1	7	7
		辅助设施	3	1	3
合计					56

6.2.3 人员来源及培训

本装置生产和管理也要求按先进的管理模式进行，要求企业管理和生产管理人員具有较高的素质。车间负责及管理人应具有一定的实际生产管理經驗，并具有专业对口的大学本科学历。主要岗位上的操作人员应具有职业专科学历，并进行岗前操作培训。

除主要管理和生产管理人员由公司统一安排外，主要技术骨干和主要操作人员从现有生产企业调配，其余人员则可本着择优录取的原则，从社会上招聘。

为确保本项目顺利建成投产及正常的生产运行，需要根据项目建设进度适时制定生产人员的培训计划并组织实施。

人力资源部负责制定生产人员培训制度、开发培训流程，生产部及所属车间负责实施生产人员培训。

生产人员培训包括理论培训、实践培训：

理论培训：工程技术人员根据现有类似装置的操作经验编制培训教材，在教

室中对被培训人员进行理论培训。要使被培训人员充分理解专业理论知识，学习整个工艺过程中的技术细节以及有关应知应会的知识；

实践培训：根据项目进度和运行要求，组织被培训人员赴相关装置进行装置的实践培训。

6.3 委托运营招标管理

6.3.1 总体思路与原则

水厂运营管理招标的核心目标是选择“懂技术、善管理、能担责”的专业运营商。方案设计应遵循以下原则：

(1) 全生命周期管理：不仅关注招标环节，更要延伸至标后履约监管，形成闭环。

(2) 技术优先与优质优价：运营服务类项目不宜单纯追求低价，应侧重技术方案、运营经验和管理能力，防止恶意低价中标导致后期运营质量下降。

(3) 合规与透明：严格执行国家招投标法律法规，结合水务行业特性，确保程序合法、结果公正。

6.3.2 组织程序与机构

业主单位要有专门的招标部，按程序组织实施招标过程，业主单位要委托招标代理机构组织招投标过程，委托相关单位编制招标文件。评标要成立专家组，负责对投标书进行技术商务评审，评审结果上报评标委员会审定，整个招标采购过程要经过有关部门的监督管理。

6.3.3 招标形式

本项目的招标组织形式以自行招标为主，由项目建设单位组建招标管理机构。根据有关规定，招投标管理机构下设评标委员会，由招标人的代表和有关技术、经济等方面的专家组成。在评标委员会的专家成员中，技术和经济等方面的专家不得少于成员总数的三分之二。评标委员会人数一般应为 5 人以上的单数。

6.3.4 招标范围

阜新氟产业开发区工业废水全氟与多氟烷基物质（PFAS）综合治理示范工程的运营服务。

6.3.5 招标方式

公开招标或竞争性磋商均可

7 项目财务方案

7.1 投资估算

7.1.1 编制说明和依据

7.1.1.1 说明

(1) 项目概述

本项目为阜新氟产业开发区工业废水全氟与多氟烷基物质（PFAS）综合治理示范工程，分为二部分：高浓水处理单元建设规模 400t/d，综合水处理单元由碧波污水处理厂改造，碧波水厂处理规模为 5000t/d。

建设地点：辽宁阜新氟产业开发区

(2) 投资估算范围及内容

项目投资估算包括高浓水处理单元、综合水处理单元及配套建设的公用工程、辅助生产设施、系统工程、生产管理设施等。不包括价差预备费，不含厂外工程（供排水、电、蒸汽）、地基处理费用。

7.1.1.2 依据

- (1) 中国石油化工集团公司《石油化工工程建设费用定额》（2025 版）（中国石化建[2025]21 号）；
- (2) 中国石油化工集团公司《石油化工安装工程概算指标》（2019）（中国石化建[2019]366 号）；
- (3) 国家计委、建设部《工程勘察设计收费管理规定》（计价格[2002]10 号）；
- (4) 国家发改委、建设部《建设工程监理与相关服务收费管理规定》（发改价格[2007]670 号）；
- (5) 国家计委《建设项目前期工作咨询收费暂行规定》（计价格[1999]1283 号）；
- (6) 国家计委、国家环境保护总局《关于规范环境影响咨询收费有关问题的通知》（计价格[2002]125 号）；
- (7) 国家发改委《关于放开部分建设项目服务收费标准有关问题的通知》（发改价格[2014]1573 号）、《关于进一步放开部分建设项目专业服务价格的通知》（发改价格[2015]299 号）；
- (8) 关于调整工程建设安全生产费计算方法和费率的通知（集团工单建设[2023]12 号）；

(9) 国家计委关于《加强对基本建设大中型项目概算中“价差预备费”管理有关问题》的通知（计投资[1999]1340号）；

(10) 企业安全生产费用提取和使用管理办法(财资〔2022〕136号)；

(11) 设计相关专业提供的设计条件；

(12) 业主或项目组提供的其他资料。

7.1.2 建设投资估算

7.1.2.1 工程费的估算

1. 建筑工程费的估算

(1) 建筑工程费参考《辽宁省房屋建筑与装饰工程定额（2024版）》及类似工程，采用指标法估算；

(2) 建筑工程指标估算材料价格辽宁省阜新市 2025 年第 12 期的信息价及市场价；

(3) 建筑工程增值税税率为 9%。

2. 安装工程费的估算

(1) 安装工程费参考类似工程，采用设备费百分比估算指标估算；

(2) 安装工程增值税税率为 9%。

3. 设备价格的估算

(1) 设备价格采用询价或同类设备订货价，不足部分参考同类设备历史价格或市场价；

(2) 增值税税率：设备增值税税率为 13%，设备采保费的增值税税率为 6%。

7.1.2.2 固定资产其他费的估算

(1) 土地使用费：不考虑；

(2) 工程建设管理费、工程造价咨询费、临时设施费、安全预评价费及安全验收评价费、职业病危害预评价及控制效果评价费、节能评估费用、工程保险费、联合试运转费按《石油化工工程建设费用定额》（2025版）（中国石化建[2025]21号）的规定进行计算并下浮；

(3) 工程建设监理费：按发改价格（2007）670号进行计算并下浮；

(4) 环境影响评价费及验收费：根据计价格[2022]125号计列；

(5) 可行性研究报告编制及评估费：根据计价格[1999]1283号计列；

-
- (6) 工程勘察费：按照工程费的 0.2% 计列；
 - (7) 工程设计费：按计价格（2002）10 号进行计列。

7.1.2.3 无形资产费用

包括土地使用权出让金及契税、工艺包及专利等相关的费用，本项目不涉及。

7.1.2.4 其他资产费用

依据《石油化工工程建设费用定额》（2025 版）（中国石化建[2025]21 号）的规定，按新增定员 50 人进行计算。

7.1.2.5 预备费的估算

- (1) 基本预备费按固定资产、无形资产、其他资产之和的 4% 计取；
- (2) 涨价预备费按计投资[1999]1340 号文不考虑。

7.1.2.6 建设投资

建设投资估算	17368.39 万元
其中：固定资产费用	16639.88 万元
无形资产费用	0 万元
其他资产费用	60.50 万元
预备费用	668.02 万元

7.1.3 建设期资金筹措费用估算

资金来源为申请上级资金及自筹，计划通过发行专项债券融资 4500 万元，债券年利率按 3.50% 测算，债券期限为 15 年，利息按年支付，本金到期一次性偿还。

7.1.4 流动资金估算

流动资金按分项详细估算法估算，全额流动资金 1587.69 万元，铺底流动资金 476.31 万元，详见流动资金估算表。

7.1.5 总投资估算

本项目报批总投资 18006.58 万元，建设投资 17368.39 万元，建设期利息 161.88 万元，铺底流动资金 476.31 万元。

7.1.6 资金筹措和使用方案

本项目全部资金自筹，建设期按 2 年考虑，建设期第一年投入建设投资的 60%，第二年投入 40%；流动资金在投产年随生产负荷变化逐步投入。

详见项目总投资使用计划与资金筹措表。

7.2 财务分析

7.2.1 方法及依据

根据本项目特点，采用总投入、总产出的评价方法，在项目所涉及到的范围内进行成本费用估算和财务效益分析等内容。主要依据如下：

- (1) 国家发展改革委和建设部发布的发改投资[2006]1325号《建设项目经济评价方法与参数》（第三版）。
- (2) 《中国石油化工项目可行性研究技术经济参数与数据（2024）》
- (3) 国家最新发布的相关政策、法规及规定。
- (4) 财政部、税务部门发布的有关规定。
- (5) 地方有关其他规定和税收优惠政策。
- (6) 工艺及公用工程各专业提供的技术数据和参数。

7.2.2 财务评价基础数据与参数选取

7.2.2.1 产出物价格及数量

表 7-1 产出物价格

序号	产品名称	计量单位	数量	单价（元/吨）	备注
1	高浓污水	t/d	400	790	含税价
2	综合污水	t/d	5000	20	含税价

7.2.2.2 投入物价格及数量

表 7-2 投入物价格及数量

序号	名称	单位	年耗	单价	备注
一	外购原材料及辅助材料				
1	液碱(32%)	t/a	1611	1000	含税价
2	盐酸(31%)	t/a	730	600	含税价
3	硫酸(92.5%)	t/a	362	500	含税价
4	双氧水(27.5%)	t/a	803	2100	含税价
5	PAC	t/a	524	1500	含税价
6	PAM(阴离子)	t/a	1.806	25000	含税价
7	PAM(阳离子)	t/a	5.694	25000	含税价
8	活性炭	t/a	432	8000	含税价
9	三氯化铁	t/a	548	3000	含税价

10	亚硫酸钠	t/a	1278	1000	含税价
11	液氧	t/a	2628	450	含税价
12	臭氧氧化塔催化剂	t/a	24	20000	含税价
13	除氟药剂	t/a	72	4500	含税价
14	氧化钙	t/a	143	200	含税价
15	乙酸钠	t/a	229	2000	含税价
16	高级还原脱氟灯管	根/a			
二	燃料、动力及其它				
1	电	万 kWh/a	2532.952	0.64	含税价
2	新鲜水	t/a	258679	4.28	含税价
3	蒸汽	t/a	43311	282.31	含税价
三	其它				
1	物化污泥	t/a	2640	1800	含税价
2	废盐	t/a	14600	3000	含税价
3	生化污泥	t/a	2479	1800	含税价
4	废液(混醇)	t/a	2920	1000	含税价
5	废液(危废)	t/a	1825	2000	含税价

7.2.2.3 计算期与生产负荷

(1) 本项目的计算期定为 22 年，其中包括 2 年建设期，20 年运营期。

(2) 项目投产后的生产负荷如下：投产后第一年按 80% 负荷，从第二年开始达到满负荷生产。

7.2.2.4 折现率(基准收益率)设定

按行业规定，结合项目平均资金成本确定折现率为 7%（税前），同时也作为对项目财务内部收益指标的判断基准(基准收益率)。

7.2.2.5 其他计算参数

其它计算参数按照国家和行业有关法规并结合项目的具体情况选取。列表如下：

表 7-3 其他计算参数

名 称	计算参数	备 注
固定资产（房屋建筑）折旧	综合折旧年限 20 年	平均年限法，净残值率为 3%
固定资产（机器设备）折旧	综合折旧年限 10 年	平均年限法，净残值率为 5%
无形资产摊销	5 年	平均摊销
其他资产摊销	5 年	平均摊销
修理费	2%	以不含利息固定资产原值为基

名 称	计算参数	备 注
		数
其他制造费	1%	以不含利息固定资产原值为基数
其他管理费	15 万元/人年	新增定员 50 人
其他营业费用	1%	以销售收入为基数
所得税	25%	
城市维护建设税	7%	
教育费附加	5%	
盈余公积(公益)金	10%	
人民币长期借款	按项目最大还款能力计算	

7.2.3 收入估算

按照财务价格及数量确定的条件 and 生产负荷计算各年的销售收入和销售税金，详见财务评价附表。生产期年均销售收入：13536.68 万元（不含税）。

7.2.4 成本估算

(1) 按照财务评价基础数据与参数确定的条件及其它有关数据计算各年的总成本费用，详见财务评价附表。

(2) 按照有关规定，生产期的长期贷款利息和流动资金贷款利息计入每年的总成本费用。

经测算，项目年均总成本费用为 11680.63 万元（不含税）。

7.2.5 盈利能力分析

7.2.5.1 税金及利润

逐年的利润及分配测算见财务评价附表。年均主要数据如下：

表 7-4 税金及利润

序号	项目名称	数量	单位	备注
1	所得税	495.00	万元/年	生产期内年平均
2	利润总额	1856.20	万元/年	生产期内年平均
3	净利润	1361.20	万元/年	生产期内年平均
4	息税前利润 (EBIT)	1995.78	万元/年	生产期内年平均
5	息税折旧摊销前利润 (EBITDA)	2754.18	万元/年	生产期内年平均

7.2.5.2 现金流量测算及评价指标

(1) 全投资财务现金流量见附表。自有资金现金流量见附表。

(2) 通过现金流量表可测算出如下指标:

表 7-5 财务评价指标

序号	项目名称	数量	单位	备注
1	总投资收益(ROI)	10.44%		年均息税前利润/投资总额
2	资本金净利润率 (ROE)	10.08%		年均净利润/资本金
3	项目财务内部收益率 (IRR)	11.14%		所得税前
4	项目财务净现值(ic=7%)	5846.09		所得税前
5	项目静态投资回收期	9.98	年	所得税前, 含建设期 2 年
6	项目动态投资回收期 (ic=7%)	13.92	年	所得税前, 含建设期 2 年
7	项目财务内部收益率 (IRR)	8.47%		所得税后
8	项目财务净现值(ic=7%)	3798.36		所得税后
9	项目静态投资回收期	10.85	年	所得税后, 含建设期 2 年
10	项目动态投资回收期 (ic=7%)	16.67	年	所得税后, 含建设期 2 年
11	资本金财务内部收益率 (EFIRR)	10.68%		
12	资本金财务净现值 (ic=7%)	5329.28	万元	
13	现值指数 (PI)	1.24		

(3) 项目全投资财务内部收率略高于设定的行业基准收益率, 自有资金财务内部收益率略高于投资者的最低可接受收益率, 表明项目财务效益及盈利能力较强, 且该项目为环保项目, 有良好的社效益和环境效益。

7.2.6 偿债能力分析

本项目全部为自有资金, 不涉及长期贷款。

7.2.7 盈亏平衡分析

盈亏平衡点以生产能力利用率表示, 其计算公式为:

$$BEP = \frac{\text{固定成本}}{(\text{销售收入} - \text{可变成本} - \text{销售税})} \times 100\%$$

以运营期第 4 年为例, 生产能力利用率达 53.81%时实现亏平衡。

盈亏平衡分析图

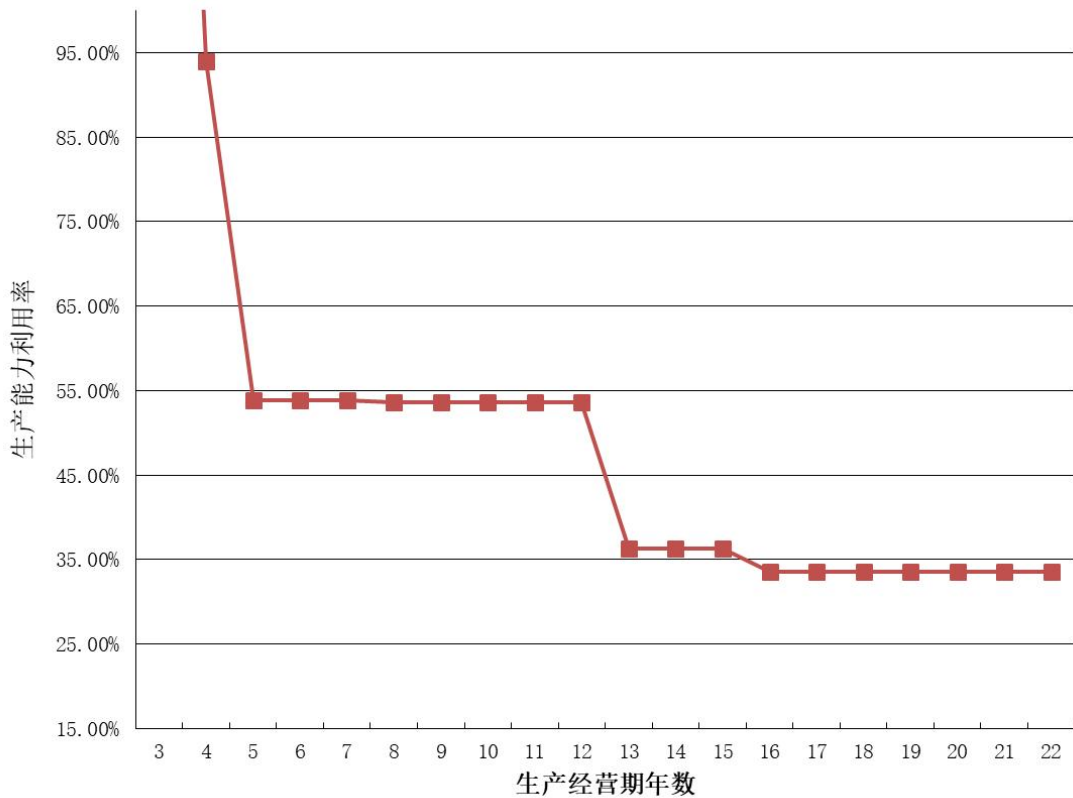


图 7-1 盈亏平衡分析图

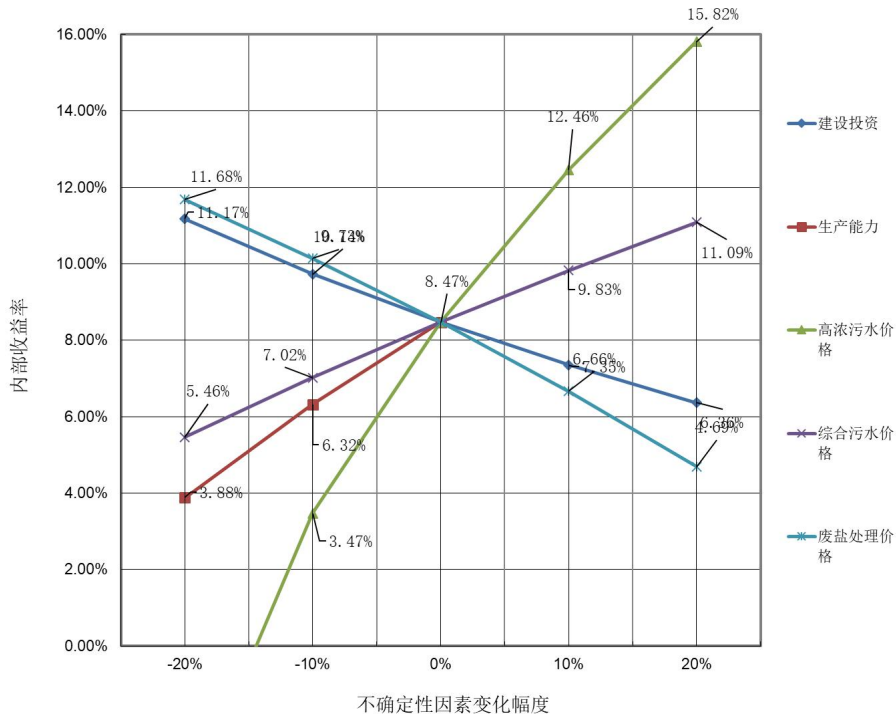
7.2.8 敏感性分析

分析投资、高浓污水处理价格、综合污水处理价格、原材料燃料动力价格（废盐处理成本在成本里所占比例最大）、生产负荷等因素变化对经济效益的影响程度,对 FIRR 的影响程度计算详见表《敏感系数和临界点分析表》和敏感性分析图,可见高浓污水处理价格为最敏感因素,其次为生产能力。在确保高浓污水处理价格及生产负荷的情况下,项目才能正常运行。

敏感系数和临界点分析表

序号	不确定性因素	不确定因素变化率	内部收益率		敏感度系数	临界点
			基值	净值		
1	基本状况		8.47%			
2	建设投资	-20.00%	11.17%	2.70%	1.60	13.52%
		-10.00%	9.73%	1.26%	1.49	
		10.00%	7.35%	-1.12%	1.32	
		20.00%	6.36%	-2.11%	1.24	
3	生产能力	-20.00%	3.88%	-4.59%	2.71	-6.61%
		-10.00%	6.32%	-2.15%	2.54	
4	高浓污水价格	-20.00%	-4.40%	-12.87%	7.60	-2.94%
		-10.00%	3.47%	-5.00%	5.90	
		10.00%	12.46%	3.99%	4.71	
		20.00%	15.82%	7.35%	4.34	
5	综合污水价格	-20.00%	5.46%	-3.01%	1.78	-9.95%
		-10.00%	7.02%	-1.45%	1.71	
		10.00%	9.83%	1.36%	1.61	
		20.00%	11.09%	2.62%	1.55	
6	废盐处理价格	-20.00%	11.68%	3.21%	1.90	8.96%
		-10.00%	10.14%	1.67%	1.97	
		10.00%	6.66%	-1.81%	2.14	
		20.00%	4.69%	-3.78%	2.23	

敏感性分析图



7.2.9 财务评价小结

综上所述，从财务盈利能力指标来看，项目财务内部收益率（FIRR）略高于行业基准收益率，投资回收期长于行业平均水平。

静态投资回收期和动态投资回收期高于行业平均水平主要是由于水价较低，本项目高浓污水处理价格低于市场价格，后期若能提高水价或者有政府补贴，可有效提升项目运营收益，缩小与行业平均投资回收周期的差距，逐步将投资回收期优化至合理区间，缓解项目投资压力，保障项目可持续运营，实现项目建设的预期投资效益，同时也能为项目后续的运维保障、技术升级等提供稳定的资金支撑，确保项目长期稳定发挥效能。

财务内部收益率略高于行业基准收益率，同时结合项目的环境与社会效益进行综合评判。含氟高浓废水和综合污水若未经有效处理直接排放，将对水体、土壤造成持久性污染，威胁生态系统稳定及周边群众饮水安全。本项目的实施可实现含氟污染物的高效去除与稳定达标排放，大幅降低区域水环境污染风险，保护流域生态环境；同时，项目能够为周边工业企业提供合规的废水处理解决方案，助力企业解决环保瓶颈，保障相关产业的持续健康发展，间接推动地方经济稳定运行。此外，项目在水资源循环利用、环保技术示范推广等方面具有积极作用，符合国家“双碳”目标及生态文明建设的总体要求，其长远的环境价值与社会效益远超出财务层面的直接收益。

综上，本含氟高浓污水和综合污水处理项目属于社会效益与环境效益主导型项目，虽投资回收期较长，但项目的实施对于区域生态环境保护、民生保障及产业升级具有不可替代的作用，如果能够结合国家环保补贴、税收优惠等政策支持，优化项目财务结构，保障项目长期稳定运营，则可以实现生态效益、社会效益与经济效益的协同发展。

财务评价附表附后。

8 项目影响效果分析

8.1 生态环境影响

8.1.1 厂址区域环境质量现状

(1) 大气环境质量现状

项目所在区域 SO₂、NO₂、CO、O₃、PM_{2.5} 年评价指标均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准要求。

(2) 地表水环境质量现状

项目水源来自高林台河、九营子河等，各监测因子符合地表水环境质量符合《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)IV 类标准。

(3) 地下水环境质量现状

项目所在区域硫化物、石油类指标分别满足《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）表 3 中 0.3mg/L 标准限值，其余指标执行《地表水质量标准》（GB/T 14848-93）III 类标准。

(4) 声环境质量现状

各噪声监测点位噪声值都符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 3 类标准，园区声环境质量现状良好。

8.1.2 执行的环境标准

(1) 废气标准

项目厂界外 500 米范围内无自然保护区、风景名胜区、居住区、文化区和农村地区中人群较集中的区域等保护目标，因此本项目范围内无大气环境保护目标，厂界大气环境质量应满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）新污染源二级标准。

(2) 污水排放标准

本项目本身属于工业废水处理项目，工业废水处理指标满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准后排入细河。生活污水直接进入本项目污水处理单元与工业废水一并处理合格后排入细河。

(3) 噪声排放标准

施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）限

值，运营期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中3类标准。

（4）固体废物排放标准

一般固体废物的暂存执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）。生活垃圾遵循《城市生活垃圾管理办法》，住房和城乡建设部令第24号（2015年5月4日修订）。危险废物的暂存执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

8.1.3 主要污染源及污染物

8.1.3.1 施工期主要污染物

1.施工期水污染

施工期水污染源主要来自以下几个方面：

- a.现场施工人员居住区产生的生活污水。
- b.施工机械跑、冒、滴、漏的油污及露天机械被雨水等冲刷后产生少量的含油污水。
- c.在施工期的打桩阶段会产生一定量的泥浆水。
- d.施工期工程养护需使用一定量的水，而工程养护中约有70%的水流失，流失时同时夹带泥沙、杂物，处理不当会污染环境。
- e.现场施工人员产生的生活垃圾以及施工区域产生的固体废物，若不及时妥善处理，经雨水冲刷或直接弃于水体，会对周围水环境产生一定影响。
- f.施工现场物料堆场经雨水冲刷也会对周围水环境产生一定的影响。

2.施工期大气污染

施工期的大气污染源主要来自：

- a.土方填挖、建筑材料的装卸、运输、堆放、拌合以及建筑装修等过程产生扬（粉）尘。

对整个施工期而言，施工产生的扬尘主要集中在土建施工阶段。其中地面平整、粉料装卸、堆放及进出施工场地运输车辆造成的扬尘最为严重，本项目地面已基本平整，由于施工量较小，进入物料以及堆放的物料预计均较少。

- b.施工机械、运输车辆排放一定量的尾气。
- c.装置油漆阶段，产生一定量的有机废气。

d.施工过程需要进行焊接操作，会产生一定量的焊接废气。

3.施工期固体废物污染

项目施工过程中会产生一定量的固体废物，主要包括：土地平整弃土（基础阶段产生的垃圾）、建筑垃圾（基础以上的建筑面积产生的垃圾，包括建筑材料包装物、建筑材料损耗以及其它垃圾）、以及施工人员生活垃圾。

项目所在区域地面已经过初步平整，地势平坦，预计弃土较少。此外，施工人员在施工现场还将产生一定量的施工垃圾。

4.施工期噪声污染

施工期噪声主要为施工作业噪声和运输车辆噪声。施工作业噪声主要是一些零星敲打声、装卸车辆的撞击声等；施工运输车辆噪声属于交通噪声。

8.1.3.2 运营期主要污染物

1.运营期水污染

本项目属于废水治理项目，废水经治理合格后排入细河，不产生废水污染。

2.运营期废气污染

各车间废气产生量见下表。

表 8-1 废气排放表

序号	排放物质	组成	排放量 m ³ /h	排放方式	处理方式	执行标准
1	高浓污水预处理单元	空气、二氧化碳、溶剂气体、挥发性有机物	15000	连续	由废气处理系统处理	《恶臭污染物排放标准》GB14554-1993
2	综合污水处理单元	水池及污泥处理恶臭气体	30000	连续	由废气处理系统处理	《恶臭污染物排放标准》GB14554-1993

3.运营期固体废物污染

本项目固废主要来源于生产车间产生的固体废物，详见下表。

表 8-2 固废排放表

序号	排放物质	组成	排放量 t/a	排放方式	处理方式
1	废渣	泥沙、纤维、活性炭等固体颗粒及其凝结的絮状物	1934.5	间断	由资质厂家处理
2	废盐	氯化钠、硫酸钠等混盐	16425	连续	由资质厂家处理

4.运营期噪声污染

该项目的噪声源为生产过程中大功率水泵、循环泵、风机等设备运行过程中产生的噪音，排放方式为连续排放，风机等设备考虑隔音罩，部分房间考虑隔音设计。

8.1.4 污染物治理措施

8.1.4.1 施工期污染物治理措施

1.施工废水防治

①施工单位应选择晴朗天气进行施工，以减少施工期造成的水土流失和对项目附近水体造成影响；

②加强施工期管理，针对施工期污水产生过程不连续、废水种类较单一等特点，可采取相应措施有效控制污水中污染物的产生量；

③尽量选用先进的设备、机械，有效地减少跑、冒、滴、漏的数量，施工机械的维修不在现场进行，从而可减少含油污水的产生量。在不可避免跑、冒、滴、漏的施工过程中尽量采用固态吸油材料（如棉纱、木屑等）将废油收集转化到固态物质中。

2.施工废气防治

①施工现场设置易产生扬尘的施工机械时，必须配备降尘防尘装置；

②施工物料按规范要求实施覆盖，场内装卸、搬倒物料应遮盖、封闭或洒水，不得临空抛掷、抛撒；

③建筑垃圾在运输时应用苫布覆盖，避免沿途遗洒。运输车辆经过居住区时应减速慢行，防止遗撒。

3.施工噪声防治

①加强施工管理，制订施工计划时，应尽量避免大量高噪声设备同时施工，合理安排施工作业时间，严格按照施工噪声管理的有关规定执行。

②设备选型上尽量采用低噪设备；可通过排气管消音器和隔离发动机振动部件的方法降低噪声；对动力机械设备进行定期的维修、养护，维护不良的设备常因松动部件的振动或消声器的损坏而增加其工作时声级；闲置不用的设备应立即关闭。

③在项目四周建立临时隔音屏障，对位置相对固定的机械设备，能于棚内操作的尽量进入操作间，不能入棚的，可适当建立临时声屏障。

8.1.4.2 运营期污染防治措施

1.运营期废水防治

本项目为污水处理工程,厂内接收的废水和产生的生活污水均经过处理合格后外排。

2.运营期废气防治

运营过程中各处理单元产生的臭气经过管道收集后统一进行处理,合格后分别经过各单元烟囱排放。

3.运营期固废防治

运行期产生的固废为废盐、生化污泥,经过鉴定后按照不同类别装袋外运处置。

4.运营期噪声防治

为了降低本项目在运营后噪声对周围环境的影响,主要通过以下方式对噪声进行削减:采购设备时尽可能选用低噪音设备;提高机械设备装配精度,加强维护和检修,减少机械振动和摩擦产生的噪声,防止共振;根据生产工艺和操作等特点,将离心机等主要动力设备置于室内操作,利用建筑物隔声屏蔽;对较高噪音设备则采取基础减振措施,或加装消音器等;对高压风机等强噪声设备采用隔声罩。经如上措施处理后,保证项目界区内噪声均可达标排放。

8.1.5 环境影响预测

8.1.5.1 废水影响分析

运行过程中产生的废水符合排放标准要求,对自然水体不会产生影响。

8.1.5.2 废气影响分析

各单元产生的废气经过处理后达标排放,不会对大气环境产生影响。

8.1.5.3 噪声影响分析

该项目中无产生强噪声污染设施,产生噪声的设备主要为泵类,皆置于车间、厂房内,依靠建筑物及距离衰减后,对环境噪声增量很小,从周围地理环境看,厂区周围无居民住宅等敏感点,该项目的建设符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)中3类标准,因此不会对周围环境造成影响。

8.1.5.4 废固影响分析

生产中产生的污泥与杂盐,经过鉴定后按照不同类别装袋外运处置。

8.1.6 结论及建议

本项目的建设期和运营期产生的废水、废气、噪声和固体废物，只要认真落实各项污染防治措施，加强环境管理，落实环保“三同时”的有关规定，完全能够满足国家和地方环保法规和标准要求，不会对周边环境造成影响。因此，从环境保护的角度考虑，本项目的建设是可行的。

针对本项目特点建议如下：

(1)企业应认真执行国家环境保护法律法规的“三同时”制度。项目运营后，环保设施随之同时运营，加强各个环节的环境管理工作，保证各项污染物完全达标排放，并规定对污染源进行监测。

(2)加强环境管理体系和监测体系的建设，将环境目标的管理纳入企业的管理考核制度中，进一步完善事故环境风险应急预案，加强风险防范措施，防止污染事故的发生。

8.2 社会经济影响

8.2.1 园区承载力提升

新增高浓水处理能力 400t/d，提升改造 5000m³/d 综合污水处理设施。

降低企业环保成本：园区企业污水处理综合成本下降 20%（通过集中处理实现规模效应），减少作为危废处理的废水量 50%以上；

8.2.2 经济效益

保障园区高质量发展，支撑园区未来 5 年新增 10~15 家氟化工企业入驻，新增产值 5-30 亿元，年实现利税 6000 万元以上。

8.2.3 社会效益

该项目属于园区基础设施，该项目建成有利于引领化工园区资源循环技术发展，实现危废的减量化、无害化、资源化。支撑园区未来 5 年新增 10~15 家氟化工企业入驻，新增就业 500 人以上。

保障下游水环境改善：受纳全氟和多氟烷基物质（PFAS）下降 50%（对比改造前监测数据）

8.3 能源利用分析

节约能源是我国的一项基本国策，合理利用能源、降低能源消耗，不仅能降低成本，提高企业经济效益，而且有利于企业推进技术进步，减少环境污染，节

约不可再生资源，意义重大。因此，努力运用新技术、新设备节约能源，降低成本，提高企业和产品的竞争力是工程设计工作的主要内容。

8.3.1 编制依据

8.3.1.1 相关法律法规

- (1) 《综合能耗计算通则》 GB/T2589-2020
- (2) 《化工行业能源管理体系实施指南》 GB/T38899-2020

8.3.1.2 产业政策和准入条件

- (1) 国务院关于发布促进产业结构调整暂行规定的通知（国发[2005]40号）；
- (2) 产业结构调整指导目录（2019年）；
- (3) 中国节能技术政策大纲（发改环资[2007]199号）；
- (4) 国家鼓励发展的资源节约综合利用和环境保护技术（发改委、国家科技部、国家环保总局[2005]第65号公告）；
- (5) 《发展改革委关于印发固定资产投资节能评估和审查指南的通知》（发改环资[2007]21号）。

8.3.2 能耗指标与分析

8.3.2.1 能源实物与能耗工质

本项目生产过程中涉及的能源实物有（新鲜）水、脱盐水、电、蒸汽、压缩空气、仪表空气等；其中压缩空气、仪表空气均由厂内相关设备设施提供，已分别包含在电的消耗中。因此本项目需计入企业能耗的有新鲜水、电力、蒸汽、脱盐水等。根据《综合能耗计算通则》（GB/T2589-2020），在能耗计算中，这些实物采用的折标煤系数如下表所示。

表 8-3 折标煤系数

序号	项目	单位	折标煤系数（当量）
1	电力	kW·h	0.1229 kgce/kwh
2	新鲜水	t	0.2571 kgce/t
3	蒸汽（0.6MPa）	t	128.6 kgce/t

8.3.2.2 综合能耗指标

本项目综合能耗指标见下表。

表 8-4 本项目综合能耗

序号	能耗工质	单位	实际消耗量	折标煤(t/a)	备注
----	------	----	-------	----------	----

1	电力	万 kWh/a	2532.9518	3113	
2	新鲜水	万 t/a	25.8679	67	
3	蒸汽 (0.6MPa)	万 t/a	4.3310	5570	
	合计			8750	

8.3.3 能源管理

8.3.3.1 工艺装置节能措施

(1) 根据工艺流程将工艺设备由高至低布置，部分工艺物料通过重力流进入下级设备内，省去离心泵输送步骤，节约能源。

(2) 本项目的生产工艺技术均采用目前国内先进的工艺技术方案，并且多数工艺装置均采用自控操作系统，对生产过程进行集中监视和控制，实现了工艺条件的优化，进一步降低了生产能耗。

(3) 选择合适的保温、保冷材料，以减少热量和冷量损失。

以上这些技术和设备的采用，对降低产品的能耗将起到重要作用。

8.3.3.2 设备节能措施

(1) 设备设计充分考虑经济性，合理选材，合理确定结构尺寸；

(2) 换热器设计根据适用场合，选用各种新型、高效、低压降换热器，提高换热效率。

(3) 分离器设计根据适用场合，合理采用各种高效分离结构，有效减小设备尺寸，节省各种钢材用量；

(4) 塔器设计根据适用场合，合理选用合理的塔径和内件设计，提高传质传热效率；

(5) 采用新型节能型机泵并进行合理选型，以提高效率；同时采用 DCS 系统控制泵机运行，设置标准程序合理运行，减少空耗能源；提高负载的自然功率因数，减少无功功率；

(6) 对有保温要求的设备，采取有效的保温或者保冷措施。

8.3.3.3 仪表节能措施

(1) 采用 DCS 优化过程控制，使操作向精确性、安全性、稳定性、预见性等方面发展，实现设备的精确控制，提高资源、能源利用效率；

(2) 配置较完善且满足精度要求的能源消耗、产品计量等检测仪表来满足各项指标的定量分析，实现精细化管理；

(3) 在满足操作要求条件下，尽量采用低压力降的流量计，尽量选用密封泄漏等级合理的调节阀和开关阀，降低物耗和能耗。

8.3.3.4 电气节能措施

(1) 合理选择供电电压；

(2) 合理布置变电所，车间变配电所环境允许时设在负荷集中、单台电动机容量较大的场所；

(3) 合理选择变压器的容量、台数。变压器根据国家节能要求采用低损耗节能型变压器；既保证供电可靠性，亦使变压器本身运行损耗处于最低状态，使其运行在最高效率范围内；

(4) 合理选择电缆、导线截面。降低线损，优化配电线路，尽量配置最短的路径，以减少配线的长度，降低线损。此外，在相同导线截面下应选择载流量大的电缆；

(5) 合理提高供配电系统的功率因数；

(6) 合理设置电能计量点；

(7) 选用高效率电动机；

(8) 选用交流变频调速装置；

8.3.3.5 给排水节能措施

(1) 装置冷却回水利用余压返回冷却塔。根据全厂总平面布置，合理确定循环冷却水管直径，节约循环水管道材料的同时兼顾能量消耗；

(2) 根据装置用水特点，分质用水，减少水耗和能耗。

8.3.3.6 建筑节能措施

(1) 本项目在建筑物的建造中多采用国家推荐的节能环保新型建筑墙体材料，按照节能指标进行设计，采暖指标为 $85\text{W}/\text{m}^2$ ；照明照度标准为 300LX ；围护结构传热系数屋顶 0.6 、外墙 0.55 、地板 0.5 ；门窗密封性指标不低于国标《建筑外窗空气渗透性能分级及其检测方法》（GB7107）规定的III级水平，相当于窗户每米缝长的空气渗透量： $QL\leq 2.5\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ ；

(2) 厂房建筑强化自然采光设计，维护墙体上采用高、低双层采光窗充分的利用自然光，减少对照明的依赖，节约用电；

(4) 采用节能型的建筑设备，采用能耗低的外循环水冷却空调系统软启动

补偿装置，变速调频电机；

(5) 加强建筑物全寿命节能。建筑节能涵盖建筑物的整个生命周期，从施工建造-运行-维修更新-拆除-废弃物的处理；

(6) 注重建筑全系统节能。从建筑围护系统、空调、供暖系统以及照明系统等综合考虑建筑节能；

(7) 厂房建筑强化自然通风，车间设有排气，厂房四周设有高位气窗。

8.3.3.7 采暖通风节能措施

建筑物根据实际需求选择和采用自然通风、机械通风与独立空调相结合的方式散热。

8.3.3.8 总图运输节能措施

(1) 合理确定工艺装置、仓库及罐区的位置，节约运输设备和管道材料，减少物料输送能耗；

(2) 装置集中布置，节约占地，减少能耗；

(3) 公用动力设施布置在负荷中心，减少线耗、减少管线长度，减少能源损失。

8.3.3.9 照明节能措施

(1) 选择节能型灯具，办公室及生活区选用紧凑型荧光灯或 T5 型荧光灯；生产车间、道路照明、户外装置等较高大场所选用高压钠灯；

(2) 照明设计充分利用自然光，选择高效光源，采用高效节能的照明灯具、照明电器附件，合理采用灯具控制方式；

(3) 合理配置照明高度、局部照明，优先选用灯具效率高的灯具以及开启式直接照明灯具；

(4) 选择电子镇流器或节能型高功率因素电感镇流器。

9 项目风险管控方案

9.1 风险识别

本项目为污水处理厂改扩建工程，涉及建设、运营全生命周期，结合行业特点与项目实际，对主要风险因素识别与评价如下：

表 9-1 项目风险因素识别与评价表

风险维度	主要风险因素	风险可能性	损失程度	承担主体韧性/脆弱性	严重程度
需求风险	服务区域内污水量增长不及预期，导致扩建产能闲置；或水质波动（工业废水冲击）超出设计标准。	中等	中等	韧性中等：运营方可通过工艺调控部分应对，但产能闲置将直接导致投资回报率下降。	中等
建设风险	深基坑开挖、有限空间作业导致中毒窒息事故；场地狭小导致施工扰民；地下管线迁改复杂导致工期延误。	较高	严重	脆弱性高：施工方安全管理水平参差不齐，老旧厂区地下资料缺失易引发事故。	严重
运营风险	改扩建期间新旧系统切换出现故障；出水水质不稳定；进水水质超标导致生化系统崩溃；污泥处置出路中断。	中等	严重	韧性中等：现有运营团队经验丰富但面临新工艺磨合，设备供应商的售后服务响应速度是关键。	严重
融资与财务风险	国债/专项债资金到位延迟；建材价格上涨导致概算超支；污水	较低	中等	韧性高：项目通常为政府或国企主导，信用较好，但地方财政压力可能传导至支付环节。	中等

风险维度	主要风险因素	风险可能性	损失程度	承担主体韧性/脆弱性	严重程度
	处理服务费支付滞后。				
社会风险（邻避效应）	周边居民对异味、噪声、土地价值下降的担忧；施工期交通拥堵、扬尘引发投诉；甚至发生围堵工地事件。	较高	严重	脆弱性高：公众环保意识增强，信息不对称易引发误解，且“邻避”情绪具有聚集性和传导性。	严重（重点关注）
环境风险	施工期污水溢流；运营期尾水超标排放污染受纳水体；除臭系统失效导致恶臭扩散；极端天气（暴雨）导致厂区内涝。	中等	严重	韧性中等：虽有环保应急预案，但突发超标排放可能导致巨额罚款及生态赔偿。	严重
技术与工艺风险	技术规范编制阶段信息不完整，导致选型错误；新工艺在本地适用性未经长周期验证。	中等	中等	韧性中等：设计院与设备供应商提供技术兜底，但改造中的不确定性依然存在。	中等

本项目主要风险集中在施工安全、邻避效应、运营达标三个方面。其中，社会稳定风险（邻避效应）和建设安全风险是项目前期及施工期需要优先管控的核心风险。

9.2 风险管控方案

9.2.1 社会稳定风险（邻避效应）专项管控方案

重大项目需进行专项社会稳定风险调查分析，本项目属于可能引发“邻避问题”的环保类项目，管控方案如下：

风险调查与识别：通过问卷调查、座谈会、公示（覆盖线上政府网站及线下社区公告栏）等方式，全面收集项目辐射区（特别是厂界外 500 米范围内）居民的意见。重点识别风险点：施工噪声与扬尘、交通拥堵、恶臭气体排放、对周边房价的心理影响、公众对电磁辐射（若新建变电站）的错误认知等。

源头防范措施：在可研阶段优先选用全封闭、负压收集、高级别除臭的工艺（如将露天构筑物加盖封闭），从源头减少恶臭产生。若涉及管网建设，优先采用顶管等对交通影响小的施工工艺。规划相容性：确保项目符合国土空间规划，避开环境敏感点。

过程沟通与化解：建立长效沟通机制：设立“社区联络官”和公示牌，定期召开居民见面会，通报工程进展、环保措施及监测数据。透明运行：在厂区门口设立 LED 显示屏，实时公示废气、废水在线监测数据，接受公众监督。利益补偿与共享：在政策允许范围内，优先考虑为周边社区提供就业岗位（如门卫、绿化），或协助改善社区基础设施（如修缮道路），实现“邻避”向“迎臂”转化。

负面舆论应对：加强正面宣传，通过媒体、网络论坛等多途径，及时回应“污水处理厂扩建后是否会加重污染”等民众关心的问题，防止谣言传播。

9.2.2 其他主要风险管控措施

建设安全风险：严格执行深基坑、高支模专项方案论证；落实有限空间作业审批制度，“先通风、再检测、后作业”；对既有管线进行详细勘察与物探，避免施工破坏。

运营达标风险：制定详细的新旧系统切换方案和调试方案；预留不少于 3 个月的工艺调试期；关键设备（如鼓风机、水泵）采用知名品牌并储备易损备件。

财务风险：积极争取中央预算内投资及地方政府专项债支持；在特许经营合同中明确调价机制及政府付费列入财政预算的条款。

数据安全风险：对新建的智慧水务平台，落实“同步规划、同步建设、同步使用”的网络安全等级保护制度，核心工控网与办公网物理隔离。

9.3 风险应急预案

针对可能发生的重大风险，制定针对性的应急预案，并建立常态化演练机制。

9.3.1 重大风险应急预案体系

预案名称	主要启动条件	核心处置措施
《生产安全事故应急预案》	发生有限空间作业中毒窒息、坍塌、触电等事故。	立即停止作业，上报并启动救援；救援组佩戴正压式呼吸器进入现场施救；医疗组进行心肺复苏；警戒组疏散人员，联系 120 送医。
《突发环境事件应急预案》	进水水质异常导致系统崩溃、尾水超标排放、有毒有害气体泄漏。	立即启用应急调节池截留超标污水；投加化学药剂进行应急处理；关闭排放闸门，启动厂区内回流；通报下游水质监测断面；请求生态环境部门支援。
《防范应对群体性事件应急预案》	发生周边居民围堵工地大门、阻挠施工等“邻避”事件。	立即暂停产生噪声或异味的作业点；由“社区联络官”出面与群众代表对话，记录诉求；上报街道及公安部门维持秩序；通过政务新媒体发布情况说明，及时辟谣。
《防汛及极端天气应急预案》	气象部门发布暴雨红色预警，或厂区出现积水倒灌。	检查雨水泵站及排涝设备；对变配电间等关键部位加设沙袋；必要时停产保厂，确保电力及人员安全；加强巡逻，防止污水冒溢。
《网络安全事件应急预案》	中控系统发现异常数据、遭勒索病毒攻击、系统被非法控制。	立即切断受感染主机网络连接，启动手动控制模式或降负荷运行；向上级网信部门和公安网安报告；恢复备份数据，排查漏洞。

9.3.2 应急处置及演练要求

9.3.2.1 应急准备

组织保障：成立由建设单位牵头，施工、监理、运营单位参与的应急指挥部，明确各方职责。

物资储备：在现场设置应急物资库，储备防毒面具、空气呼吸器、应急水泵、活性炭、围油栏、对讲机等物资，并定期检查有效期。

协议联动：与附近医院、消防救援站、生态环境监测站建立应急联动机制，签订救援协议。

9.3.2.2 演练要求

频次规定：综合应急预案每年至少组织一次演练；现场处置方案（如有限空间救援、消防演练）每半年至少组织一次。

演练形式：采用“桌面推演+实战演练”相结合的方式。重点开展有限空间作

业事故救援演练（模拟井下中毒场景）和水质超标突发事件应急演练。

评估改进：演练结束后，由安全总监组织评估会，针对演练中暴露的“响应速度慢”、“器材使用不熟练”、“通讯中断”等问题，修订完善预案，实现闭环管理。

通过上述“识别-管控-应急”三位一体的风险管控体系，旨在将本项目全生命周期内的不确定性降至最低，确保工程建设安全、运营稳定、社会和谐。

10 研究结论及建议

10.1 主要研究结论

本项目通过构建“专项与综合协同治理”的污染物管控体系，既符合国家生态文明建设战略，又契合氟化工产业高端化发展需求。当前建设时机处于政策扶持期、技术突破期、产业升级期的叠加窗口，具有显著的必要性、紧迫性和可行性。本项目纳入“十五五”首批新污染物治理重大工程，必将成为化工园区绿色转型提供示范样本。

阜新氟化工产业开发区作为我国氟化工产品重要生产基地，在产业发展的同时，新污染物治理存在明显短板。区内中小规模企业众多，产生的高浓污水含多种新污染物，且企业自身处理能力不足；现有碧波污水处理厂难以满足工业污水处理及新污染物处理要求，存在安全与环境风险。因此，聚焦“十五五”时期新污染物治理阶段性目标，策划构建系统化的工程体系迫在眉睫。

本项目建设符合国家相关政策及辽宁阜新氟产业开发区总体规划，项目建成可满足辽宁阜新氟产业开发区总体规划中企业的污水排放要求。

1) 根据前期辽宁阜新氟产业开发区针对园区内企业污水排放量的筛查，确定建设 400t/d 的高浓污水预处理单元。

2) 为了减少项目投资，合理利用现有污水处理厂资源，确定将现有 5000t/d 的污水厂部分单元及装置进行升级改造，改造后可满足园区内企业污水的排放需求。

3) 公用工程及辅助设施利用现有污水处理厂的资源，查漏补缺。

4) 本项目 400t/d 高浓污水预处理单元采用高浓度废水氟代新污染物净化系统。主要工艺采用了多级络合除氟工艺、多元联合氧化工艺、高级还原工艺（UV 还原）、蒸发工艺等。

5) 低浓综合污水主要采用臭氧氧化工艺、水解工艺、高级还原（UV 还原）工艺、A/O 工艺进行处理。

6) 本项目污水处理工艺先进，处理成本低，自动化程度高，结合人工智能等先进控制技术，项目建成可达到智慧污水厂的水平。

工程规模：阜新氟产业开发区工业废水全氟与多氟烷基物质（PFAS）综合治理示范工程项目主要分为二部分进行建设是可行的，分别为综合污水处理单元

改造、高浓污水预处理单元。综合污水处理单元改造规模为 5000t/d，；高浓污水预处理单元建设规模为 400t/d。

10.2 投资估算及财务分析

(1) 投资估算

项目报批总投资（含税）为 18006.58 万元，其中：

建设投资： 17368.39 万元

建设期贷款利息： 161.88 万元

铺底流动资金： 476.31 万元

(2) 污水处理价格

表 10-1 产出物价格

序号	产品名称	计量单位	数量	单价（元/吨）	备注
1	高浓污水	t/d	400	790	含税价
2	综合污水	t/d	5000	20	含税价

(3) 财务分析指标

表 10-2 财务评价表

指标名称	所得税前	所得税后
全投资财务净现值	5846.09 万元 (ic=7%)	3798.36 万元 (ic=7%)
全投资财务内部收益率 (IRR)	11.14%	8.47%
自有资金财务内部收益率	10.68%	

11 附图和附件

- (一) 总图
- (二) 总估算表
- (三) 财务评价指标汇总表
- (四) 流动资金估算表
- (五) 建设期利息估算表
- (六) 项目总投资使用计划与资金筹措表
- (七) 营业收入、营业税金及附加估算表
- (八) 总成本费用估算表
- (九) 外购材料及备件费用估算表
- (十) 固定资产折旧费估算表
- (十一) 无形资产和其他资产摊销费估算表
- (十二) 工资及福利费估算表
- (十三) 利润与利润分配表
- (十四) 借款还本付息计划表
- (十五) 项目投资现金流量表
- (十六) 项目资本金现金流量表
- (十七) 财务计划现金流量表
- (十八) 资产负债表

		总估算表							项目号:		
									文件号:		
项目名称		阜新氟产业开发区工业废水全氟与多氟烷基物质（PFAS）综合治理示范工程							设计阶段	可行性研究	
序号	工程项目或费用名称	规模或主要工程量	估算价值（万元）						占建设投资（%）	含外币金额（万美元）	备注
			设备购置费	主要材料费	安装费	建筑工程费	其他费用	合计			
	总估算（含增值税）		7164.16	1876.94	1018.37	5106.43	2840.68	18006.58			
	总估算（不含增值税）		6339.96	1661.01	934.29	4684.80	2705.41	16325.47			
一	建设投资（含增值税）		7164.16	1876.94	1018.37	5106.43	2202.49	17368.39			
	各专业占总建设投资（%）		41.25%	10.81%	5.86%	29.40%	8.49%	95.81%			
（一）	固定资产投资		7164.16	1876.94	1018.37	5106.43	1473.97	16639.88	95.81%		
1	工程费		7164.16	1876.94	1018.37	5106.43		15165.90			
	高浓污水预处理单元		4466.26	1551.02	686.93	4341.64		11045.85			
1.1	工艺生产装置		2653.34	413.93	348.12	1820.72		5236.10			
1.1.1	预处理车间		595.34	89.30	77.39	631.80		1393.83			
1.1.2	蒸发车间		1153.41	173.01	149.94	648.00		2124.36			
1.1.3	除氟车间		860.65	129.10	111.88	182.52		1284.15			
1.1.4	水池组		16.81	2.52	2.18	358.40		379.91			
1.1.5	高浓水尾气处理装置		27.14	20.00	6.71			53.85			
1.2	公辅工程		1812.93	1137.09	338.81	2520.92		5809.75			
1.2.1	罐区		111.07	16.66	16.66	31.69		176.08			
1.2.2	装车鹤管					0.14		0.14			
1.2.3	循环水池、消防水池					117.60		117.60			
1.2.4	罐区泵房					25.20		25.20			
1.2.5	污水泵房					67.50		67.50			
1.2.6	机修间及空压制氮站					210.60		210.60			
1.2.7	消防、循环水泵房、换热站					70.20		70.20			

1.2.8	危废库					81.00		81.00		
1.2.9	综合仓库					140.40		140.40		
1.2.10	综合楼					304.20		304.20		
1.2.11	机柜间					74.88		74.88		
1.2.12	门卫及计量间					12.30		12.30		
1.2.13	总图	60.00				950.87		1010.87		
1.2.14	分析化验	107.00		30.00				137.00		
1.2.15	全厂外管		151.66	30.33		207.54		389.53		
1.2.16	全厂供配电	674.17	297.21	132.58		226.80		1330.75		
1.2.17	全厂自控仪表	597.40	392.52	109.24				1099.16		
1.2.18	全厂电信	100.00	20.00	20.00				140.00		
1.2.19	全厂给排水	77.65	190.16					267.81		
1.2.20	全厂暖通	85.64	68.89					154.53		
	综合污水处理单元	2684.90	325.93	271.56	629.80			3912.18		
1.1	格栅			10.00				10.00		
1.2	事故池	4.78	0.72	0.62				6.12		
1.3	调节池					189.00		189.00		
1.4	初沉池	826.38	123.96	107.43				1057.77		
1.5	前臭氧催化氧化	591.97				73.40		665.37		含材料安装
1.6	水解酸化池	576.00	86.40	74.88				737.28		
1.7	AO生化池	48.33	7.25	6.28				61.86		
1.8	二沉池	21.06	3.16	2.74		76.30		103.26		
1.9	高密沉淀池、混凝池、污泥浓缩池	45.72	6.86	5.94		9.60		68.12		
1.10	后臭氧氧化	73.41						73.41		含材料安装
1.11	液氧单元	55.80						55.80		含材料安装
1.12	臭氧发生间					198.00		198.00		
1.13	BAF曝气生物滤池	271.14	40.67	35.25				347.06		

1	土地使用权出让金及契税										
2	特许权使用费										
(三)	其他资产投资						60.50	60.50	0.35%		
1	生产人员准备费						60.50	60.50			
2	出国人员费										
3	外国工程技术人员来华费										
4	图纸资料翻译复制费										
(四)	预备费						668.02	668.02	3.85%		
1	基本预备费						668.02	668.02			
2	价差预备费										
二	增值税		824.20	215.93	84.09	421.63	135.27	1681.11			
三	建设期资金筹措费						161.88	161.88			
四	铺底流动资金						476.31	476.31			

附表1

财务评价指标汇总表

序号	项目名称	数量	单位	备注
一	总投资及资金筹措			
1	总投资	19117.96	万元	
1.1	建设投资	17368.39	万元	含税
1.2	建设期资金筹措费用	161.88	万元	
1.3	流动资金	1587.69	万元	
	其中：铺底流动资金	476.31	万元	
2	待抵扣进项税	1438.43	万元	
3	报批项目总投资	18006.58	万元	
	其中：铺底流动资金	476.31	万元	
4	资金筹措	19117.96	万元	
4.1	资本金	13506.58	万元	
	资本金比例	75%		按报批投资计算
4.2	固定资产贷款	4500.00	万元	含建设期利息
4.3	流动资金贷款	1111.39	万元	
二	成本费用			
1	总成本费用	11680.63	万元/年	生产期内年平均
2	经营成本	10782.65	万元/年	生产期内年平均
三	营业收入、税金及利润			
1	营业收入	13536.68	万元/年	生产期内年平均
2	增值税		万元/年	生产期内年平均
3	税金及附加		万元/年	生产期内年平均
4	所得税	495.00	万元/年	生产期内年平均
5	利润总额	1856.20	万元/年	生产期内年平均
6	净利润	1361.20	万元/年	生产期内年平均
7	息税前利润 (EBIT)	1995.78	万元/年	生产期内年平均
8	息税折旧摊销前利润 (EBITDA)	2754.18	万元/年	生产期内年平均
四	财务盈利能力指标			
1	总投资收益(ROI)	10.44%		年均息税前利润/投资总额
2	资本金净利润率 (ROE)	10.08%		年均净利润/资本金
3	项目财务内部收益率 (IRR)	11.14%		所得税前
4	项目财务净现值(ic=7%)	5846.09		所得税前
5	项目静态投资回收期	9.98	年	所得税前，含建设期2年
6	项目动态投资回收期 (ic=7%)	13.92	年	所得税前，含建设期2年
7	项目财务内部收益率 (IRR)	8.47%		所得税后
8	项目财务净现值(ic=7%)	3798.36		所得税后

附表1

财务评价指标汇总表

序号	项目名称	数量	单位	备注
9	项目静态投资回收期	10.85	年	所得税后，含建设期2年
10	项目动态投资回收期 (ic=7%)	16.67	年	所得税后，含建设期2年
11	资本金财务内部收益率 (EFIRR)	10.68%		
12	资本金财务净现值 (ic=7%)	5329.28	万元	
13	现值指数 (PI)	1.24		

建设期利息估算表

单位：万元

序号	项 目	合计	建设期	
			1	2
1	人民币借款(单位：万元)			
1.1	建设期利息	161.88	122.50	39.38
1.1.1	期初借款余额			4500.00
1.1.2	当期借款		4500.00	
1.1.3	当期应计利息		122.50	39.38
1.1.4	期末借款余额		4500.00	4500.00
1.2	其他融资费用			
1.3	小计(1.1+1.2)	161.88	122.50	39.38
2	外币借款(单位：万美元)			
2.1	建设期利息			
2.1.1	期初借款余额			
2.1.2	当期借款			
2.1.3	当期应计利息			
2.1.4	期末借款余额			
2.2	其他融资费用			
2.3	小计(2.1+2.2)			
3	债券(单位：万元)			
3.1	建设期利息			
3.1.1	期初债务余额			
3.1.2	当期债务金额			
3.1.3	当期应计利息			
3.1.4	期末债务余额			
3.2	其他融资费用			
3.3	小计(3.1+3.2)			
4	合计(1.3+2.3+3.3)(单位：万元)	122.50	122.50	39.38
4.1	建设期利息合计	161.88	122.50	39.38
4.2	其他融资费用合计			

附表6-3

固定资产折旧费估算表

单位：万元

序号	项 目	合计	建设期		生产经营期																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	房屋、建筑物																							
	原值	5431.20			5431.20	5167.78	4904.37	4640.96	4377.55	4114.13	3850.72	3587.31	3323.89	3060.48	2797.07	2533.65	2270.24	2006.83	1743.41	1480.00	1216.59	953.18	689.76	426.35
	本年折旧费	5268.26			263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41
	净值	162.94			5167.78	4904.37	4640.96	4377.55	4114.13	3850.72	3587.31	3323.89	3060.48	2797.07	2533.65	2270.24	2006.83	1743.41	1480.00	1216.59	953.18	689.76	426.35	162.94
2	机器设备																							
	原值	10358.86			10358.86	9374.77	8390.68	7406.59	6422.50	5438.40	4454.31	3470.22	2486.13	1502.04	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94
	本年折旧费	9840.92			984.09	984.09	984.09	984.09	984.09	984.09	984.09	984.09	984.09	984.09										
	净值	517.94			9374.77	8390.68	7406.59	6422.50	5438.40	4454.31	3470.22	2486.13	1502.04	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94	517.94
3	合计																							
	原值	15790.06			15790.06	14542.56	13295.05	12047.55	10800.04	9552.54	8305.03	7057.53	5810.02	4562.52	3315.01	3051.60	2788.18	2524.77	2261.36	1997.94	1734.53	1471.12	1207.71	944.29
	本年折旧费	15109.18			1247.51	1247.51	1247.51	1247.51	1247.51	1247.51	1247.51	1247.51	1247.51	1247.51	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41	263.41
	净值	680.88			14542.56	13295.05	12047.55	10800.04	9552.54	8305.03	7057.53	5810.02	4562.52	3315.01	3051.60	2788.18	2524.77	2261.36	1997.94	1734.53	1471.12	1207.71	944.29	680.88

附表8

借款还本付息计划表

单位：万元

序号	项 目	合计	建设期		生产经营期																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
4	偿还本金后的余额	34921.71			-678.77	718.32	2327.27	2327.27	2327.27	2323.45	2323.45	2323.45	2323.45	2323.45	2003.62	2003.62	-2496.38	2109.93	2109.93	2109.93	2109.93	2109.93	2109.93	2110.83	2111.73
5	利息备付率				-5.86	-2.07	9.29	9.29	9.29	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	14.51	14.51	14.51	83.05	83.05	83.05	83.05	83.05	83.05	83.08	83.11
6	偿债备付率				-1.40	5.08	13.82	13.82	13.82	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80	12.51	12.51	0.51	70.44	70.44	70.44	70.44	70.44	70.44	70.47	2.05
7	贷款偿还期（年）	15.00			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	

附表11

财务计划现金流量表

单位：万元

序号	项 目	合计	建设期		生产经营期																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
3.1.3	流动资金借款	1111.39			232.35	393.10	485.93																		
3.1.4	债券																								
3.1.5	短期借款																								
3.1.6	其他流入																								
3.2	现金流出	8564.78	122.50	39.38	282.60	176.26	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	4690.84	33.34	33.34	33.34	33.34	33.34	33.34	33.34	1144.73
3.2.1	各种利息支出	2953.39	122.50	39.38	282.60	176.26	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	190.84	33.34	33.34	33.34	33.34	33.34	33.34	33.34	33.34
3.2.2	偿还债务本金	5611.39															4500.00								1111.39
3.2.3	应付利润(股利分配)																								
3.2.4	其他流出																								
4	净现金流量(1+2+3)	38219.05			-684.33	748.80	2524.47	2524.47	2524.47	2521.53	2521.53	2521.53	2521.53	2521.53	2275.50	2275.50	-2224.50	2393.63	2393.63	2393.63	2393.63	2393.63	2393.63	2394.63	1284.24
5	累计资金盈余				-684.33	64.47	2588.94	5113.41	7637.88	10159.40	12680.93	15202.46	17723.99	20245.51	22521.02	24796.52	22572.03	24965.66	27359.29	29752.92	32146.55	34540.18	36934.81	38219.05	

附表12

资产负债表

单位：万元

序号	项 目	建设期		生产经营期																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	资产	10543.53	17530.27	16399.38	16350.02	18153.94	19340.62	20527.29	21722.78	22918.28	24113.77	25309.27	26504.76	28438.33	30371.89	27805.45	29857.14	31908.83	33960.52	36012.21	38063.90	40116.59	41058.89	
1.1	流动资产总额			1809.78	3019.68	6082.87	8528.81	10974.75	13417.75	15860.75	18303.75	20746.75	23189.75	25386.73	27583.71	25280.68	27595.79	29910.89	32225.99	34541.09	36856.19	39172.30	40378.01	
1.1.1	货币资金			-391.69	483.13	3175.61	5700.08	8224.55	10746.08	13267.61	15789.13	18310.66	20832.19	23107.69	25383.20	23158.70	25552.33	27945.96	30339.59	32733.22	35126.85	37521.48	38805.73	
1.1.2	应收账款			391.13	641.68	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	941.02	
1.1.3	预付账款																							
1.1.4	存货			123.38	238.41	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	388.30	
1.1.5	其他-待抵扣进项税			1686.96	1656.48	1577.95	1499.42	1420.89	1342.36	1263.84	1185.31	1106.78	1028.25	949.72	871.20	792.67	714.14	635.61	557.08	478.56	400.03	321.50	242.97	
1.2	在建工程	10543.53	17530.27																					
1.3	固定资产净值			14542.56	13295.05	12047.55	10800.04	9552.54	8305.03	7057.53	5810.02	4562.52	3315.01	3051.60	2788.18	2524.77	2261.36	1997.94	1734.53	1471.12	1207.71	944.29	680.88	
1.4	无形及其他资产净值			47.05	35.29	23.52	11.76																	
2	负债及所有者权益 (2.4+2.5)	10543.53	17530.27	16399.38	16350.02	18153.94	19340.62	20527.29	21722.78	22918.28	24113.77	25309.27	26504.76	28438.33	30371.89	27805.45	29857.14	31908.83	33960.52	36012.21	38063.90	40116.59	41058.89	
2.1	流动负债总额			98.49	196.98	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	329.29	330.29
2.1.1	短期借款																					1.00	2.00	
2.1.2	应付账款			98.49	196.98	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29	328.29
2.1.3	预收账款																							
2.1.4	其他																							
2.2	建设投资借款(含债券)	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00	4500.00									
2.3	流动资金借款			232.35	625.45	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	1111.39	
2.4	负债小计 (2.1+2.2+2.3)	4500.00	4500.00	4830.84	5322.43	5939.68	5939.68	5939.68	5939.68	5939.68	5939.68	5939.68	5939.68	5939.68	5939.68	5939.68	1439.68	1439.68	1439.68	1439.68	1439.68	1439.68	1440.68	330.29
2.5	所有者权益	6043.53	13030.27	11568.54	11027.59	12214.26	13400.94	14587.61	15783.11	16978.60	18174.10	19369.59	20565.08	22498.65	24432.21	26365.78	28417.46	30469.15	32520.84	34572.53	36624.22	38675.91	40728.60	
2.5.1	资本金	6043.53	13030.27	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	13506.58	
2.5.2	资本公积金																							
2.5.3	累计盈余公积金					118.67	237.33	356.00	475.55	595.10	714.65	834.20	953.75	1147.11	1340.46	1533.82	1738.99	1944.16	2149.33	2354.49	2559.66	2764.93	2970.30	
2.5.4	累计未分配利润			-1938.04	-2478.99	-1410.98	-342.98	725.03	1800.98	2876.92	3952.87	5028.81	6104.76	7844.96	9585.17	11325.38	13171.90	15018.42	16864.94	18711.46	20557.98	22404.40	24251.72	

附表12

资产负债表

单位：万元

序号	项 目	建设期		生产经营期																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3	资产负债率	42.68%	25.67%	29.46%	32.55%	32.72%	30.71%	28.94%	27.34%	25.92%	24.63%	23.47%	22.41%	20.89%	19.56%	5.18%	4.82%	4.51%	4.24%	4.00%	3.78%	3.59%	0.80%
4	流动比率			18.38	15.33	18.53	25.98	33.43	40.87	48.31	55.75	63.20	70.64	77.33	84.02	77.01	84.06	91.11	98.16	105.21	112.27	118.96	122.25
5	速动比率			17.12	14.12	17.35	24.80	32.25	39.69	47.13	54.57	62.01	69.45	76.15	82.84	75.82	82.88	89.93	96.98	104.03	111.08	117.78	121.07