

|                    |
|--------------------|
| 检 索 号              |
| 100-FA05171K2-A-01 |

天津华电南港热电项目工程

可行性研究

---

## 可行性研究总报告



工程设计综合资质甲级A111007467号

2016 年 12 月      北 京

插入资质

批 准 : 李 标

审 核 : 侯付彬

校 核 : 白金德 王 蒙 李秀国 李 光  
张 霞 陶逢春 綦建国 曹锦红  
陆建莺 郑亚锋 黄友强 曹若芹  
黄土奎 王联书 任宇飞 曾春花  
李文波 谷洪钦 孙茂前

编 写 : 张淑侠 董 慧 刘 琛 刘艳辉  
刘小娜 先 涛 张受卫 赵丽娜  
段浚韬 牛 丽 李传庆 车颖辉  
周雅慧 黄 刚 杜 蓉 李永辉  
刘丽珍 陶永晋 王先斌 李 磊



## 总 目 录

| 序号 | 文 件     | 编 号               | 备 注 |
|----|---------|-------------------|-----|
| 1  | 可行性研究报告 | 100-FA05171K2-A01 |     |
|    |         |                   |     |
|    |         |                   |     |
|    |         |                   |     |
|    |         |                   |     |

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第 1 章 总论.....          | 1  |
| 1.1 项目背景.....          | 1  |
| 1.2 投资方及项目单位概况.....    | 1  |
| 1.3 研究范围与分工.....       | 2  |
| 1.4 工作简要过程及主要参加人员..... | 3  |
| 1.5 项目概况.....          | 6  |
| 第 2 章 电力系统.....        | 8  |
| 2.1 电力系统概况.....        | 8  |
| 2.2 电力负荷预测.....        | 8  |
| 2.3 电力电量平衡计算分析.....    | 12 |
| 2.4 项目建设必要性.....       | 15 |
| 2.5 项目与系统的连接.....      | 16 |
| 2.6 系统对项目的要求.....      | 16 |
| 第 3 章 热负荷分析.....       | 16 |
| 3.1 区域供热概况.....        | 17 |
| 3.2 热负荷.....           | 17 |
| 3.3 设计热负荷.....         | 25 |
| 3.4 厂外集中供热管网.....      | 27 |
| 第 4 章 燃料供应.....        | 27 |
| 4.1 燃料来源.....          | 27 |
| 4.2 煤质及锅炉燃煤量.....      | 31 |
| 4.3 燃料耗量及石灰石耗量.....    | 31 |
| 第 5 章 厂址条件.....        | 37 |
| 5.1 厂址概述.....          | 37 |
| 5.2 交通运输.....          | 42 |
| 5.3 水文及气象.....         | 44 |
| 5.4 水源.....            | 55 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 5.5 地震、地质及岩土工程.....       | 58  |
| 第6章 工程设想.....             | 70  |
| 6.1 全厂总体规划及厂区总平面规划布置..... | 70  |
| 6.2 装机方案.....             | 76  |
| 6.3 主机技术条件.....           | 86  |
| 6.4 热力系统.....             | 88  |
| 6.5 燃烧系统.....             | 90  |
| 6.6 电气部分.....             | 93  |
| 6.7 燃料输送系统.....           | 99  |
| 6.8 除灰渣系统.....            | 103 |
| 6.9 化学部分.....             | 106 |
| 6.10 热工自动化部分.....         | 113 |
| 6.11 主厂房布置.....           | 121 |
| 6.12 建筑结构部分.....          | 125 |
| 6.13 供排水系统及冷却设施.....      | 134 |
| 6.14 消防系统.....            | 137 |
| 6.15 采暖通风与空气调节系统.....     | 138 |
| 第7章 烟气脱硫脱硝.....           | 140 |
| 7 烟气脱硫和脱硝.....            | 140 |
| 7.1 烟气脱硫.....             | 140 |
| 7.2 烟气脱硝.....             | 151 |
| 第8章 环境及生态保护与水土保持.....     | 157 |
| 8.1 厂址环境及生态现状.....        | 157 |
| 8.2 本期工程执行的环保标准.....      | 159 |
| 8.3 污染防治措施.....           | 160 |
| 8.4 环境影响预测.....           | 164 |
| 8.5 水土保持.....             | 165 |
| 8.6 总量控制指标.....           | 165 |
| 8.7 环境管理及监测.....          | 165 |

|      |                        |     |
|------|------------------------|-----|
| 8.8  | 环保设施工程投资估算.....        | 166 |
| 8.9  | 结论.....                | 166 |
| 第9章  | 综合利用.....              | 167 |
| 9.1  | 概述.....                | 167 |
| 9.2  | 粉煤灰的综合利用途径.....        | 167 |
| 9.3  | 脱硫石膏的综合利用途径.....       | 168 |
| 第10章 | 劳动安全.....              | 170 |
| 10.1 | 遵循的相关规程、规范 and 标准..... | 170 |
| 10.2 | 厂址安全条件.....            | 171 |
| 10.3 | 生产过程中可能产生的主要危险因素.....  | 171 |
| 10.4 | 本期工程拟采取的劳动安全防护措施.....  | 172 |
| 10.5 | 预期效果.....              | 176 |
| 第11章 | 职业卫生.....              | 177 |
| 11.1 | 遵循的职业卫生规程和标准.....      | 177 |
| 11.2 | 生产过程中可能产生的职业病危害因素..... | 178 |
| 11.3 | 职业病危害的防护措施.....        | 178 |
| 11.4 | 预期效果.....              | 182 |
| 第12章 | 资源利用.....              | 182 |
| 12.1 | 原则要求.....              | 182 |
| 12.2 | 能源利用.....              | 183 |
| 12.3 | 土地利用.....              | 184 |
| 12.4 | 水资源利用.....             | 185 |
| 12.5 | 建筑材料利用.....            | 185 |
| 第13章 | 节能分析.....              | 186 |
| 13.1 | 节能标准及规范.....           | 186 |
| 13.2 | 设计中采取的节能降耗措施.....      | 187 |
| 13.3 | 项目耗能种类和可控指标.....       | 189 |
| 13.4 | 建筑节能.....              | 190 |
| 13.5 | 结论及建议.....             | 190 |

|        |                      |     |
|--------|----------------------|-----|
| 第 14 章 | 人力资源配置.....          | 192 |
| 14.1   | 人力资源配置原则.....        | 192 |
| 14.2   | 电厂定员测算汇总.....        | 193 |
| 第 15 章 | 项目实施的条件和建设进度及工期..... | 195 |
| 15.1   | 工程项目实施条件.....        | 195 |
| 15.2   | 项目实施的建设进度和工期.....    | 197 |
| 第 16 章 | 投资估算及财务分析.....       | 198 |
| 16.1   | 投资估算.....            | 198 |
| 16.2   | 资金来源及融资方案.....       | 205 |
| 16.3   | 财务分析.....            | 205 |
| 第 17 章 | 风险分析.....            | 209 |
| 17.1   | 市场风险、政策风险分析.....     | 209 |
| 17.2   | 技术风险、工程风险分析.....     | 210 |
| 17.3   | 资金风险、工期风险分析.....     | 210 |
| 17.4   | 外部协作风险分析.....        | 211 |
| 第 18 章 | 经济与社会影响分析.....       | 212 |
| 18.1   | 经济影响分析.....          | 212 |
| 18.2   | 社会影响分析.....          | 212 |
| 第 19 章 | 结论及建议.....           | 213 |
| 19.1   | 主要结论.....            | 213 |
| 19.2   | 主要技术经济指标.....        | 214 |
| 19.3   | 存在的问题及建议.....        | 216 |
| 19.4   | 设计优化设想.....          | 216 |

## 附 图 目 录

| 序号 | 图 号                 | 图 纸 名 称        | 专 业 |
|----|---------------------|----------------|-----|
| 1  | FA05171K2-J-01      | 原则性燃烧系统图       | 机务  |
| 2  | FA05171K2-J-02      | 原则性热力系统流程图（一）  | 机务  |
| 3  | FA05171K2-J-03      | 原则性热力系统流程图（二）  | 机务  |
| 4  | FA05171K2-J-04      | 原则性热力系统流程图（三）  | 机务  |
| 5  | FA05171K2-J-05      | 原则性热力系统流程图（四）  | 机务  |
| 6  | FA05171K2-J-06      | 主厂房平面布置图       | 机务  |
| 7  | FA05171K2-J-07      | 主厂房断面图         | 机务  |
| 8  | FA05171K2-H-01      | 原则性锅炉补给水处理系统图  | 化学  |
| 9  | FA05171K2-H-02      | 原则性凝结水精处理系统图   | 化学  |
| 10 | FA05171K2-H-03      | 原则性工业废水集中处理系统图 | 化学  |
| 11 | FA05171K2-D-01      | 电气主接线图         | 电气  |
| 12 | FA05171K2-D-02（1/2） | 高压厂用电原则接线图     | 电气  |
| 13 | FA05171K2-D-02（1/2） | 高压厂用电原则接线图     | 电气  |
| 14 | FA05171K2-K-01      | 全厂自动化系统规划图     | 热控  |
| 15 | FA05171K2-C-01      | 除渣系统图          | 除灰  |
| 16 | FA05171K2-C-02      | 除灰系统图          | 除灰  |
| 17 | FA05171K2-C-03      | 压缩空气系统图        | 除灰  |
| 18 | FA05171K2-C-04      | 石灰石粉输送系统       | 除灰  |
| 19 | FA05171K2-F-01      | MIS 网络系统结构图    | 热 控 |

## 外委专题报告目录

| 序号 | 专 题 报 告 名 称 | 完 成 单 位           |
|----|-------------|-------------------|
| 1  | 接入系统        | 国网天津电力勘测设计咨询有限公司  |
| 2  | 环境影响评价报告    | 天津市环境保护科学研究院      |
| 3  | 安全预评价报告     | 天津市昊安安全卫生评价监测有限公司 |
| 4  | 水土保持报告      | 天津市水利勘测设计院        |
| 5  | 地质灾害危险性评估报告 | 天津市环境地质研究所        |
| 6  | 水资源论证报告     | 天津市水利勘测设计院        |
| 7  | 铁路运输专题报告    | 铁道第三勘察设计院集团有限公司   |
| 8  | 大件运输        | 正在委托              |

## 第1章 总论

### 1.1 项目背景

天津南港工业区（以下简称“南港工业区”）位于天津市滨海新区，是天津市落实“双城双港”城市总体空间发展战略的重要节点。2008年，天津市提出了“双城双港”的空间发展战略。“双城”是指中心城区和滨海新区核心区，通过“双城”战略，加快滨海新区核心区建设，与中心城区分工协作、功能互补，实现由“主副中心”向“双中心”转换，构成双城发展的城市格局，促进天津市作为北方经济中心的建设。双港是指天津港的北港区和南港区，通过“双港”战略，加快南港区建设，扩大天津港口规模，培育壮大临港产业，调整优化集疏运体系，促进港城协调发展，加快建设成为我国北方国际航运中心和国际物流中心，增强港口对城市和区域的辐射带动功能。

2009年4月，天津市委、市政府组建天津南港工业区管委会，与天津经济技术开发区管委会为同一个机构，履行南港工业区开发建设管理等职能，正式启动南港工业区的开发建设。

南港工业区旨在重点打造石油化工、精细化工和能量综合利用三条循环经济产业链，延伸塑料、化纤、橡胶和精细化工等20多条产品链，形成关联紧密、技术一流、带动性强的国家级石化循环经济产业园区。

本项目位于南港工业区核心位置，为中沙石化、澄星化工、中俄石化、先达（天津）海水资源开发有限公司（以下称恩纳社）、渤海两化搬迁项目等提供化工生产所需的蒸汽，同时按照以热定电的原则，为工业区提供部分电力供应。本项目作为南港工业区的基础配套工程，通过集中供汽，进一步优化本区域的能源配置结构，增强集中供热能力，实现热电联供，不仅能有效促进节能减排、环境保护、缓解电力紧张、提高能源的利用率，还有助于提升工业区投资环境与城市品味、档次。符合国家能源产业政策，是国家鼓励发展的节能、环保项目。

### 1.2 投资方及项目单位概况

项目投资方和建设承建方：华电国际电力股份有限公司

中国华电集团公司是全国五大国有发电企业集团之一，属于国家特大型央企，主营业务为电力、热力生产供应以及与电力相关的煤炭等一次能源开

发以及相关专业技术服务。近年来已由单一发电集团转型为综合性能源集团，综合实力不断增强，世界 500 强排名第 368 位。截至 2014 年底，集团资产总额 7310 亿元，装机容量 1.23 亿千瓦，全口径年发电量 5008 亿千瓦时；控股七家上市公司、两家水电公司、五家金融机构和两家工程技术公司；控股煤炭产能 6500 万吨/年，拥有千万吨级特大型煤矿。

华电国际电力股份有限公司是中国华电集团公司的核心上市公司，公司发展领域包括火电、水电、生物质能发电、太阳能发电、核电和煤炭等多个产业，是资产优良、结构优化、治理规范、业绩优秀的综合性能源公司。

华电国际电力股份有限公司天津分公司成立于 2008 年 2 月，是中国华电集团旗下华电国际电力股份有限公司的全资子公司，负责天津业务的开发管理。目前拥有 5 家企业及 3 个开发项目，业务涵盖海上风电、太阳能以及热电等领域。

华电国际电力股份有限公司作为本工程投资方，资本金为总投资的 20%，80%银行贷款。

本项目装机规模为：全厂规划建设  $5 \times 1135\text{t/h}$  超临界 CFB 锅炉+ $5 \times \text{CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15}$  双抽背压机，机组总容量 850MW，本期拟建设  $3 \times 1135\text{t/h}$  超临界 CFB 锅炉+  $3 \times \text{CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15}$  双抽背压机，机组总容量 510MW。

### 1.3 研究范围与分工

#### 1.3.1 研究范围

国核电力规划设计研究院（以下简称国核电力院）为本工程的总体设计单位。根据南港工业区和投资方签订的《投资合作协议》及《天津南港工业区供热专项规划说明》，分析工业蒸汽负荷，研究热电机组配置规模；进行电网负荷增长及电力市场的初步预测；结合电厂自身以及送出的特点，分析本工程在电网中的作用；重点论证工程建设的必要性以及外部厂址条件的落实；对电厂工程建设项目的技术经济合理性和项目的整体性负责，同时，负责协调与本项目工程设计有关的全部设计接口工作。具体研究范围如下：

（1）研究南港工业区的供热专项规划，进行热电机组选型技术经济比较，确定合理的发电设备设计年利用小时数；

（2）分析电力系统现状，进行电力负荷预测和电力电量平衡，论证电厂

建设必要性，提出接入系统方案；

(3) 建厂外部条件研究，包括：厂址、煤源、水源、电力出线、交通运输、贮灰渣场、岩土工程、水文气象等；

(4) 厂区范围内各工艺系统的拟定及布置，各建（构）筑物的土建设计研究。包括：全厂总体规划及厂区总平面规划布置、装机方案、主机技术条件、热力系统与燃烧制粉系统及主要设备选型、电气系统、燃料输送系统、除灰渣系统、化学水处理系统、热工自动化系统、主厂房布置、建筑结构、供排水系统及冷却设施、脱硫与脱硝系统、环境保护及水土保持、消防等；

(5) 贮灰渣（含脱硫、脱硝副产品）设计研究；综合利用条件等；

(6) 劳动安全及职业卫生论述；

(7) 资源合理利用、优化配置资源；土地、水资源、建筑材料等资源利用措施及效果；

(8) 节能分析，包括：煤耗、油耗、厂用电等可控指标；

(9) 人力资源配置及项目施工条件和建设进度工期等；

(10) 工程的投资估算、资金筹措、经济评价及财务分析等；

(11) 项目风险分析及经济与社会影响分析等；

协助业主对部分单项可研专题进行委托，负责编写外委项目的技术条件书。

### 1.3.2 外委专题分工

| 序号 | 专 题 报 告 名 称 | 完 成 单 位           |
|----|-------------|-------------------|
| 1  | 接入系统        | 国网天津电力勘测设计咨询有限公司  |
| 2  | 环境影响评价报告    | 天津市环境保护科学研究院      |
| 3  | 安全预评价报告     | 天津市昊安安全卫生评价监测有限公司 |
| 4  | 水土保持报告      | 天津市水利勘测设计院        |
| 5  | 地质灾害危险性评估报告 | 天津市环境地质研究所        |
| 6  | 水资源论证报告     | 天津市水利勘测设计院        |
| 7  | 铁路运输专题报告    | 铁道第三勘察设计院集团有限公司   |
| 8  | 大件运输        | 正在委托              |

### 1.4 工作简要过程及主要参加人员

2015年5月20日，华电国际电力股份有限公司天津分公司委托国核电力规划设计研究院开展本项目可行性研究工作。

2015年5月26日，国核电力规划设计研究院相关人员赴南港工业区项目现场进行了踏勘。

2015年7月-10月，华电国际天津分公司及国核院相关专业人员就机组选型对国内主要锅炉厂、汽轮机厂进行了调研。

2015年10月，完成可行性研究报告初稿，并与业主单位进行了沟通。

2015年12月29-30日，在天津召开了本项目可行性研究报告内审审查会。天津市发改委、南港工业区管委会、天津市电力公司及南港工业区有关政府部门机构、中国华电集团公司、华电国际电力股份有限公司、华电国际电力股份有限公司天津分公司、中国华电集团电力建设技术经济咨询中心、天津华电南港热电项目筹备处、国核电力规划设计研究院等单位代表参会。

2016年2月，根据本项目可研内审审查会会议纪要，对可行性研究报告进行了升版。

2016年3月3日-4日，中国电力规划设计研究总院在天津市主持召开了本项目可行性研究报告外审审查会，天津市发改委、南港工业区管委会、天津市电力公司及南港工业区有关政府部门机构、中国华电集团公司、华电国际电力股份有限公司、华电国际电力股份有限公司天津分公司、中国华电集团电力建设技术经济咨询中心、中国电力规划设计研究总院、天津华电南港热电项目筹备处、国核电力规划设计研究院等单位代表参会。

2016年4月25日至26日，中国电力规划设计研究总院在北京市主持召开了本项目主机选型补充专题报告评审会，中国华电集团公司、华电国际电力股份有限公司、华电国际电力股份有限公司天津分公司、中国华电集团电力建设技术经济咨询中心、中国电力规划设计研究总院、天津华电南港热电项目筹备处、国核电力规划设计研究院等单位代表参会。

2016年5月至6月，根据本项目可研外审审查会会议纪要、主机选型补充专题评审会会议纪要以及根据南港工业区管委会《关于华电南港热电项目燃料有关事宜的函》（津南港函【2016】46号）的文件，煤质改为全煤，对可行性研究报告进行了升版。

本报告编写过程中，得到了业主单位和当地政府及相关单位的大力支持，

在此一并致谢！

在业主单位的精心组织和策划下，所有参加单位积极努力，协力合作，使得本项目取得很快的进展。

参加本阶段工作的主要单位及人员见下表

业主参加工作的主要人员名单

| 序号 | 姓 名 | 单 位               | 职 务      |
|----|-----|-------------------|----------|
| 1  | 宋敬尚 | 华电国际电力股份有限公司天津分公司 | 总经理      |
| 2  | 胡益章 | 华电国际电力股份有限公司天津分公司 | 南港筹备处副主任 |
| 3  | 窦连玉 | 华电国际电力股份有限公司天津分公司 | 南港筹备处副主任 |
| 4  | 周雪松 | 华电国际电力股份有限公司天津分公司 | 南港筹备处副主任 |
| 5  | 王建光 | 华电国际电力股份有限公司天津分公司 | 南港筹备处副主任 |

国核院参加人员名单

| 专 业    | 姓 名     | 主任工 |
|--------|---------|-----|
| 副总工程师  | 李标      |     |
| 设计总工程师 | 侯付彬     |     |
| 汽 机    | 张淑侠     | 白金德 |
| 锅炉     | 董 慧     |     |
| 上煤     | 刘 琛     | 王蒙  |
| 除灰     | 刘艳辉     | 李秀国 |
| 脱硫脱硝   | 刘小娜/张丽媛 | 李光  |
| 水工工艺   | 先涛、王晓宇  | 张霞  |
| 化 学    | 张受卫     | 陶逢春 |
| 暖 通    | 赵丽娜     | 綦建国 |
| 电气一次   | 段浚韬     | 曹锦红 |
| 电气二次   | 牛丽      | 陆建莺 |

| 专 业  | 姓 名     | 主任工 |
|------|---------|-----|
| 热 控  | 李传庆、高宇峰 | 郑亚锋 |
| 土建结构 | 车颖辉     | 黄友强 |
| 土建建筑 | 周雅慧     | 贾若芹 |
| 水工结构 | 黄刚      | 黄土奎 |
| 技 经  | 杜蓉      | 王联书 |
| 总 图  | 李永辉、刘宁  | 任宇飞 |
| 环 保  | 刘丽珍     | 曾春花 |
| 系统一次 | 陶永晋     | 李文波 |
| 通 信  | 荣莉      | 张向东 |
| 岩土工程 | 李志明、王先斌 | 孙茂前 |
| 测 量  | 钟晓龙     | 高春林 |
| 水文气象 | 李磊      | 谷洪钦 |

## 1.5 项目概况

1.5.1 项目名称：天津华电南港热电项目工程。

1.5.2 建设规模：全厂规划建设  $5 \times 1135\text{t/h}$  超临界 CFB 锅炉+ $5 \times \text{CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15}$  双抽背压机，机组总容量 850MW。

本期拟建设  $3 \times 1135\text{t/h}$  超临界 CFB 锅炉+ $3 \times \text{CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15}$  双抽背压机。

1.5.4 建设工期：本期工程计划于 2016 年 12 月开工建设，第一阶段（1#、2#机组）计划于 2018 年 8 月建成投产，第二阶段（3#机组）计划于 2019 年 4 月建成投产。

1.5.5 总投资（含脱硫、脱硝）：静态估算总投资：481921 万元；  
动态估算总投资：497766 万元。

## 1.5.6 编制依据

1.5.6.1 国核电力规划设计研究院与华电国际电力股份有限公司天津分公司签订的“可行性研究技术咨询合同”；

1.5.6.2 项目法人提供的原始文件、资料；

- 1.5.6.3 现行的有效版本设计规程、规定；
- 1.5.6.4 业主与南港工业区管理委员会签订的《投资合作协议》；
- 1.5.6.5 《天津南港工业区供热专项规划说明（2013-2020）》；
- 1.5.6.6 本项目《可行性研究报告内部审查会议纪要》；
- 1.5.6.7 本项目《可行性研究报告外审审查会议纪要》；
- 1.5.6.8 本项目《主机选型补充专题报告专家评审意见》。
- 1.5.6.9 《南港工业区管委会关于华电南港热电项目燃料有关事宜的函》

#### 1.5.7 建厂的外部条件及主要设计原则

##### 1.5.7.1 装机容量：

本期拟建设  $3 \times 1135\text{t/h}$  超临界 CFB 锅炉+ $3 \times \text{CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15}$  双抽背压机，供热能力按总量不少于 2000 吨的工业蒸汽以及相应配套的电力产品，其中中压蒸汽(4.5MPa, 450℃)不低于 1400 吨/小时，低压蒸汽(1.4MPa, 330℃)不低于 600 吨/小时考虑。

1.5.7.2 燃料：设计燃料采用全煤，校核燃料采用煤+20%石油焦

1.5.7.3 厂址：位于天津南港工业区内。

1.5.7.4 燃料运输方式：采用铁路运输，接自南港一号铁路。

1.5.7.5 运输通道：主设备大件考虑铁路与汽车混合运输。

1.5.7.6 水源：生产用水水源拟采用恩纳社海水淡化淡水作为供水水源，生活用水拟采用南港工业区自来水。

1.5.7.7 贮灰渣场：工程所产生的灰渣及石膏等副产品拟考虑综合利用，厂外设临时储灰渣场(根据环评审查意见)。

1.5.7.8 同步建设脱硫、脱硝设施。脱硫采用 CFB 锅炉，在除尘器后设置湿法脱硫装置；脱硝拟采用 SNCR（选择性非催化还原法）+ SCR（选择性催化还原法）。

1.5.7.9 机组年运行小时数 6500 小时计，日运行小时数 22h；经济评价按年利用小时数 6000 小时评价。

1.5.7.10 接入系统暂按电压为 220kV，出线 2 回。

1.5.7.11 本工程拟采用 KKS 编码系统。编码均按照《KKS 标识系统编码规则》进行设计。

1.5.7.12 投资估算按《火电工程限额设计参考造价指标》（2014 年水

平)。经济分析所用数据：水价、燃料价、人工工资、地价、脱硫剂、脱硝剂等价格（参考项目法人提供的当地价格）。

## 第 2 章 电力系统

### 2.1 电力系统概况

#### 2.1.1 天津电网现状

天津电网是京津及冀北电网的重要组成部分，其主网由 500kV 和 220kV 两级组成。

天津输电网络由 500kV 和 220kV 两级组成，500kV 北郊～吴庄～板桥～滨海为单回环网结构，北郊～东丽～滨海为双回环网结构，除北丽二线、滨丽一线、芦滨一线断环备用外，其他 500kV 线路合环运行，通过北郊、东丽、吴庄、滨海、芦台、板桥六座 500kV 站向 220kV 电网供电。

截止 2015 年底，天津 220kV 电网形成六个分区的供电方式，分别为北郊～吴庄甲、静海～吴庄乙、东丽～板桥乙、滨海～板桥甲、芦台和蓟县五个分区。

北郊～吴庄甲分区以北郊#3、4T 和吴庄#4、5T 为中心，由北郊～仁和营～屈店～杨柳青～万汇路～华苑～吴庄甲的 220kV 双回链式通道构成 220kV 骨干网架，接受杨柳青电厂、国津热电厂、武清燃气电厂的电力。

静海～吴庄乙分区以静海#2、3T 和吴庄#2、3T 为中心，由吴庄乙～迎丰～乾隆湖～静海 220kV 双回链式通道和吴庄乙～青凝侯～双港～瑞江南～津奥～吴庄乙的 220kV 双回自环网联络构成 220kV 骨干网架，接受城南燃气电厂的电力。

东丽～板桥乙分区以东丽#2、3T 和板桥#3T 为中心，由东丽～卫国道～黄岩路～张贵庄～白塘口～板桥乙、东丽～春华路～民生村、东丽～航空～民生村、民生村～板桥乙的 220kV 双回链式通道构成 220kV 骨干网架，接受军粮城电厂的电力。

滨海～板桥甲分区以滨海#2、3T 和板桥#2T 为中心，由滨海～鄱阳路～泰保～海门～上古林、滨海～孟港后～葛沽～学府路～上古林、上古林～盛塘路～板桥的 220kV 双回链式通道构成 220kV 骨干网架，接受大港电厂和华

能绿色煤电、北塘电厂和临港燃气电厂的电力。

芦台分区以芦台#2、3T 为中心，直供韩庄、汉沽和宁河等站。

蓟县电网由于地理原因，接入唐山 220kV 电网，构成单独的供电分区。北郊～吴庄甲分区与静海～吴庄乙分区间在吴庄 220kV 母线分母线运行；北郊～吴庄甲分区与东丽～板桥乙分区保持景卫双回、东北双回的备用联络；静海～吴庄乙分区与东丽～板桥乙分区保持双白双回的联络备用；东丽～板桥乙分区和滨海～板桥甲分区在板桥 220kV 母线分母线运行，并保持滨春双回备用联络；静海～吴庄乙分区和滨海～板桥甲分区间保持金王双回的备用联络；滨海～板桥甲分区与芦台分区间保持创汉双回的备用联络；东丽～板桥乙分区与芦台分区保持东韩双回的备用联络。

截止 2015 年底，天津电网并网运行电厂共 58 座，发电机组共 134 台（风电场 4 座，光伏电站 8 座，按 12 台计），装机总容量 14181.03MW。其中主力电厂 12 座，其他均为地方、自备电厂。按照接入系统电压等级统计，500kV 电厂 3 座，发电机组 6 台，装机容量 4200MW；220kV 电厂 9 座，发电机组 32 台，装机容量 8453.2MW；110kV 及以下电厂 46 座，发电机组 96 台，装机容量 1527.83MW。按照电厂的类型统计，火力发电厂 39 座，发电机组 103 台，装机容量 13764.7MW；风力发电厂 4 座，发电机组 186 台，装机容量 285.5MW，水力发电厂 1 座，发电机组 4 台，装机容量 5MW；其他形式发电厂 14 座，发电机组 23 台，装机容量 125.83MW。单机容量在 600MW 及以上的机组 4 台，机组容量分别为 2 台 1000MW 和 2 台 600MW。

截止 2015 年底，天津电网共有 500kV 变电站 7 座，500kV/220kV 联变 16 台，变电容量 14853MVA。220kV 公用变电站 69 座，220kV 主变 159 台（包括北郊 220kV 变压器），容量 28416MVA，220kV 用户变电站 19 座，主变 69 台，容量 4676.5MVA。

截止 2015 年底，天津电网共有 500kV 线路 23 条，天津维护段长度 805.04km。220kV 线路 245 条（其中市调直调 237 条），其中架空线路长度 2837.588km，电缆长度 298.166km。

2015 年天津电网全社会发电量为 743.61 亿 kWh，同比下降 1.45%；全社会最大发电负荷为 12925MW，同比下降 1.21%。

2015 年底天津电网接线示意图见附图 100-FA05171K2-X-01。

电网存在的主要问题:

500kV 主网架薄弱, 500kV 电网建设有待加强; 500kV 及 220kV 系统短路容量上升较快; 电网高峰负荷期间局部供电能力不足; 部分变电站运行年限较长、存在安全隐患; 变电站站址、高压线路通道的建设和保留非常困难。

## 2.2 电力负荷预测

### 2.2.1 天津市用电结构情况

“十一五”以来, 第一产业用电比重呈明显下降趋势; 第二产业用电比重总体呈下降趋势, 偶尔出现波动; 第三产业用电比重总体呈上升趋势, 上升幅度不大; 居民生活用电先升后降。近一年来, 受阶梯电价政策实施影响, 居民节电意识的普遍提高, 居民生活用电比重有一定程度下降。截止 2013 年底, 三次产业和居民生活用电的比例为 1.91: 72: 16.24: 9.85, 具体情况见表 2.2-1。

表 2.2-1 天津市用电结构变化情况表

|        | 一产 (%) | 二产 (%) | 三产 (%) | 居民生活 (%) |
|--------|--------|--------|--------|----------|
| 2010 年 | 1.83   | 73.55  | 14.18  | 10.44    |
| 2011 年 | 1.86   | 74.14  | 14.46  | 9.55     |
| 2012 年 | 1.91   | 72.15  | 15.59  | 10.35    |
| 2013 年 | 1.91   | 72     | 16.24  | 9.85     |

### 2.2.2 电力负荷特性分析

“十一五”期间，天津电网最大负荷年均增长 11.1%，增速略高于全社会用电量的增长。“十二五”前三年，天津电网最大负荷年均增长 7.74%，较“十一五”期间增速下滑较多。2013 年天津电网整点最大负荷达到 12883 MW，同比增长 15.09%；曲线最大负荷达到 13015 MW。

天津地区属于暖温半湿润大陆季风型气候，主要特征是四季分明，温差较大，一年之中冬季 1 月最冷，夏季 7 月最热，因此受到夏季降温负荷和冬季采暖负荷的双重影响，天津电网的年负荷曲线一般表现为冬、夏两个高峰。年负荷特性见图 2.2-1。

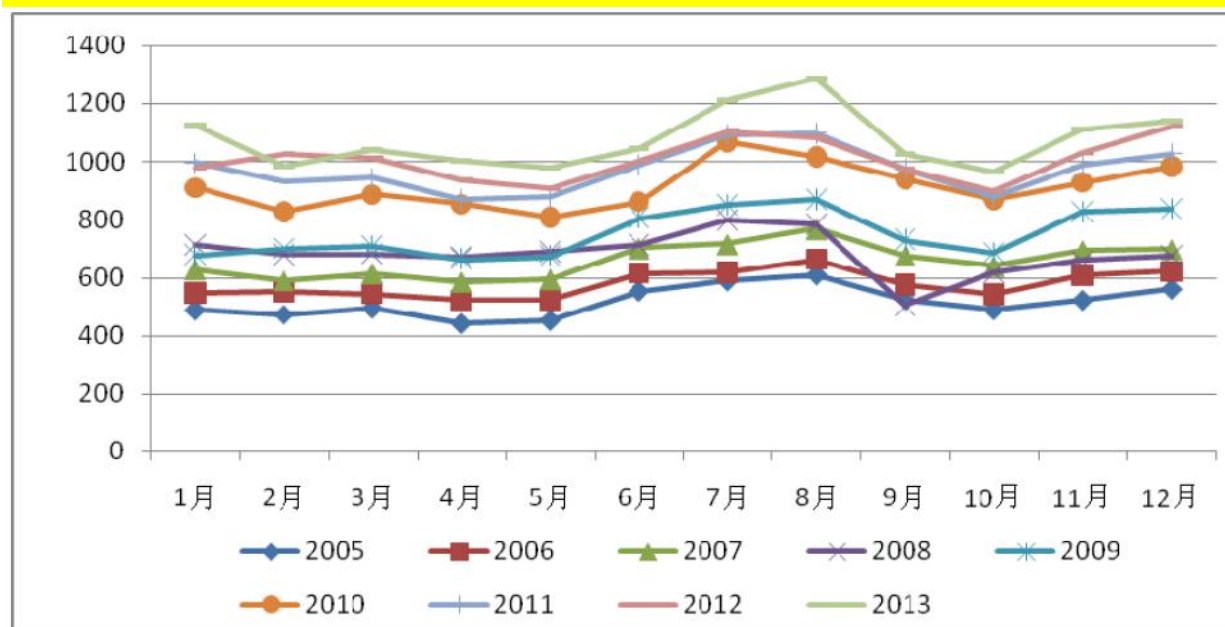


图 2.2-1 天津电网 2005-2013 年负荷曲线

### 2.2.3 天津电力需求预测

天津市北起蓟县黄崖关，南至大港区翟庄子沧浪渠，南北长 189 公里；东起汉沽区洒金坨以东陡河西干渠，西至南蔡县子牙河王进庄以西滩德干渠，东西宽 117 公里。天津市区域面积 11919.7 平方公里，辖 16 个区、县。

天津市全市管辖 18 个区、县，土地总面积 11919.7 平方公里，2008 年全市常住人口 1176 万人。

今后几年，天津市将以深化落实国务院确定的“国际港口城市、北方经济中心和生态城市”的城市定位为目标，依托京津冀，服务环渤海，面向东

北亚，用区域和国际视野，着眼天津未来长远发展，着力优化空间布局、提升城市功能，提出了“双城双港、相向拓展、一轴两带、南北生态”的总体战略。

通过双城及双港相向拓展，引导城市轴向组团式发展，在海河两岸集聚会展、教育、旅游、研发、商贸等现代服务业和高新技术产业。形成老区支持新区率先发展、新区带动老区加快发展，海河上、中、下游区域协调发展、良性互动、多极增长的新格局。通过“南北生态”保护区的建设，构建天津城市生态屏障，融入京津冀地区整体生态格局，完善城市大生态体系。建设循环经济产业链，促进资源集约利用和循环利用，增强天津的环境承载力，提高城市的可持续发展能力。建立资源节约型、环境友好型城市发展模式，实现建设生态城市的发展目标。

2014 年，天津市国民生产总值达到 15722.47 亿元。按照城市发展战略规划，到 2020 年，全面实现城市定位。在优化结构、提高效益、降低消耗、保护环境的基础上，实现人均生产总值比 2000 年翻三番以上，建成更高水平的小康社会，为率先实现现代化打下牢固的基础。

随着经济的快速增长，天津市用电量也逐年增高。预计 2015 年天津地区全社会用电量和最大供电负荷分别达到 825 亿 kWh、15100MW，；2018 年全社会用电量和全社会最大供电负荷将分别达到 943 亿 kWh、18500MW，“十三五”期间年均增长 4.33%和 7.02%。天津电网电力需求预测详见表 2.2-2。

表 2.2-2 天津电网电力需求预测表 单位：亿 kWh、MW

|         | 2016<br>年 | 2017<br>年 | 2018<br>年 | 2019<br>年 | 2020<br>年 | 十三五<br>递增 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 全社会用电量  | 870       | 907       | 943       | 980       | 1020      | 4.33%     |
| 全社会最大负荷 | 16200     | 17300     | 18510     | 19810     | 21200     | 7.02%     |

### 2.2.2 南港工业园区电力需求预测

南港工业园区 2015 年最大负荷在 400MW 左右，随着中俄石化、澄星石化等大型项目的陆续投产，预计 2018 年最大负荷将达到 1000MW 左右，远景年产业区全部建成后最大负荷将达到 5000MW 以上。

### 2.3 电力电量平衡计算分析

### 2.3.1 天津电力电量平衡及分析

#### (1) 天津市电源建设安排

截至 2015 年底，天津电网并网总装机容量为 14181.03MW。2015-2020 年间，天津市核准及有路条的火力发电厂项目主要有北塘热电二期 900MW、天津南疆热电二期 900MW、津北辰分布式能源站 120MW、天津临港经济区燃气热电 900MW、天津西青燃气分布式工程 200MW、天津杨柳青热电五期 900MW、天津北疆二期 2000MW。此外，2018-2020 年规划了国津热电二期 700MW、宁河中电国际 800MW。预计到 2018 年天津电网装机容量达到 16726MW，2020 年达到 20126MW，详见表 2.3-1。

表 2.3-1 2015 年~2020 年天津电网电源建设安排表 单位：MW

|   | 电厂               |    | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 |
|---|------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 一 | 火电               |    |        |        |        |        |        |        |
| 1 | 天津南疆热电二期燃气       | 路条 |        | 900    |        |        |        | 0      |
| 2 | 天津北辰分布式能源站       | 核准 | 120    |        |        |        |        |        |
| 3 | 天津临港经济区燃气热电      | 核准 | 900    |        |        |        |        |        |
| 4 | 天津西青燃气分布式工程      | 路条 | 200    |        |        |        |        |        |
| 5 | 天津北疆二期           | 路条 |        |        | 2000   |        |        |        |
| 6 | 天津杨柳青热电五期        | 路条 |        |        |        |        |        | 900    |
| 7 | 北塘热电二期           | 路条 |        |        |        |        |        | 900    |
| 8 | 天津宁河中电国际         | 规划 |        |        |        |        |        | 800    |
| 9 | 国津热电厂二期（东北郊热电二期） | 规划 |        |        |        |        |        | 700    |
|   | 当年新增             |    | 1220   | 900    | 2000   |        |        | 3300   |
| 二 | 风电               |    |        |        |        |        |        | 100    |
| 三 | 新能源              |    |        |        |        |        |        |        |
| 四 | 退役小机组            |    | 145    |        |        |        |        |        |

#### (2) 天津市电力平衡

根据天津电网电力负荷预测以及电源建设安排，对天津电网进行电力平衡计算，电力平衡原则如下：

1) 天津电网的备用容量按最高发电负荷的 18%计入，厂用电按 8%考虑。

2) 新投产机组当年不能完全发挥作用, 因此在平衡中按当年投产容量 1/2 计入。

天津电网电力平衡见表 2.3-2:

表 2.3-2 天津电网电力平衡表 单位: MW、MVA

|    | 项目               | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 |
|----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | 最高供电负荷           | 16200  | 17300  | 18515  | 19815  | 21200  |
| 2  | 最高发电负荷           | 17609  | 18804  | 20125  | 21538  | 23043  |
| 3  | 需要装机容量           | 20426  | 21813  | 23345  | 24984  | 26730  |
| 4  | 新增装机容量           | 900    | 2000   | 0      | 0      | 3400   |
|    | 火电               | 900    | 2000   | 0      | 0      | 3300   |
|    | 风电及太阳能           | 0      | 0      | 0      | 0      | 100    |
| 5  | 系统装机             | 14726  | 16726  | 16726  | 16726  | 20126  |
| 6  | 可用装机             | 14276  | 15726  | 16726  | 16726  | 18326  |
| 7  | 装机盈亏 (+、-)       | -6150  | -6087  | -6619  | -8258  | -8404  |
| 8  | 电力盈亏 (+、-)       | -4878  | -4828  | -5249  | -6549  | -6666  |
| 9  | 特高压受电            | 2000   | 2000   | 2000   | 2000   | 3000   |
| 10 | 电力盈亏 (+、-)       | -2878  | -2828  | -3249  | -4549  | -3666  |
| 11 | 220kV 及以下可用装机    | 9466   | 9466   | 9466   | 9466   | 11016  |
| 12 | 220kV 装机盈亏 (+、-) | -10960 | -12347 | -13879 | -15518 | -15714 |
| 13 | 220kV 电力盈亏 (+、-) | -8692  | -9792  | -11007 | -12307 | -12463 |

由上表可见, 2018 年天津电网存在电力缺额为 11007MW, 2020 年为 12463MW。

### (3) 天津市电量平衡

天津电网电力平衡见表 2.3-3:

表 2.3-3 天津电网电力量平衡表 单位: MW、亿 kWh

|  | 项目 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 |
|--|----|--------|--------|--------|--------|--------|
|--|----|--------|--------|--------|--------|--------|

|   |        |      |      |      |      |      |
|---|--------|------|------|------|------|------|
| 一 | 全社会用电量 | 870  | 907  | 943  | 980  | 1020 |
| 二 | 年末装机容量 | 1594 | 1753 | 1805 | 1850 | 2028 |
| 三 | 参与平衡容量 | 1422 | 1579 | 1669 | 1714 | 1768 |
| 四 | 需要外受电力 | 387  | 358  | 395  | 478  | 552  |
| 五 | 给定电力流  | 270  | 470  | 470  | 470  | 470  |
| 六 | 外受电量   | 248  | 221  | 238  | 255  | 249  |

由上表可见，2018 年天津电网外受电量为 238 亿 kWh，2020 年为 249 亿 kWh。

### 2.3.2 南港工业园区电力平衡及分析

南港工业园区 2015 年最大负荷在 400MW 左右，主要由上古林和港西 220kV 变电站供电，上古林和港西站均在工业园区外。随着园区内千米桥 220kV 变电站（2×240MVA）和腾飞路 220kV 变电站（2×240MVA）的建成投产，南港工业园区将改由千米桥和腾飞路站供电。2018 年最大负荷将达到 1000MW，急需建设南港热电，满足该地区的负荷增长。

## 2.4 项目建设必要性

### 2.4.1 建设必要性

#### （1）满足南港工业园区热负荷的需要

本项目建成后，将首先满足工业园区内各类企业的热负荷需要。通过对区域近期及远期供热市场分析，本项目供热负荷集中，供热前景广阔。远期来看，随着进园区化工企业的增加，供热需求的增长前景乐观。本项目以热电联产的方式进行集中供热，对南港工业园区的经济发展、城市建设、城市环境的改善将起到积极的作用，可发挥良好的社会效益、环境效益和综合经济效益。

#### （2）满足该地区电力快速增长的需求

南港热电项目建成后，将直接为南港工业园区供电。南港工业园区 2014 年最大负荷已经达到 390MW 左右，随着中俄石化、澄星石化等项目的建设投产，2018 年该地区最大负荷将达到 1000MW 左右，本工程的建设可以有效地减小周边变电站的供电压力，提升供电可靠性。

#### （3）符合国家政策，利于节能减排

本项目对外供热量大，对外供热依靠高背机组，全厂冷端损失小，符合“以热定电，热电联产”的政策。

本工程建成后，烟尘、SO<sub>2</sub>排放，NO<sub>x</sub>排放值达到“超洁净排放”，机组采用带机力通风冷却塔的二次循环冷却方式、对周围环境没有热污染，对当地环境影响微小，节能减排效果十分明显。

综上，天津华电南港热电项目的建设可满足南港工业园区热负荷和电力负荷发展的需要，符合国家政策，利于节能减排，是十分必要的。

#### 2.4.2 在电力系统中的地位和作用

天津华电南港热电项目建成投产后，主要供电范围是南港工业区当地负荷，因此属地区性电厂。

#### 2.5 项目与系统的连接

天津华电南港热电项目位于天津市滨海新区东南部南港工业区内，为南港工业区供汽供电。

根据《天津华电南港热电工程接入系统设计》，本期3台发电机通过升压变升压至220kV，接入电厂的220kV母线，通过220kV线路送出。电厂220kV电气主接线采用双母线接线，正常方式下双母线分列运行。

电厂本期建设2回220kV线路至腾飞路220kV变电站，新建线路采用2\*2500 截面积 220KV 单芯电缆。

腾飞路220kV变电站2015年建成投产，规划主变3×240MVA主变，220kV出线12回。一期建设主变2×240MVA，220kV出线间隔12个，出线4回。本期占用预留至南港热电的2个备用间隔。

本期接入系统方案示意图详见附图100-FA05171K2-X-02。

#### 2.6 系统对项目的要求

##### 1) 系统对项目主接线的要求

根据《天津华电南港热电工程接入系统设计》，电厂本期机组升压至220kV后接入电厂新建的220kV配电装置，电厂220kV规划出线2回，本期出线2回。电厂升压站220kV电气主接线采用双母线接线。

##### 2) 系统对调峰的要求

根据《华北区域并网发电厂辅助服务管理实施细则（试行）》中有关调峰能力的规定，要求机组在非供热期调峰能力应不小于额定容量的50%，供热

期间按能力提供基本调峰，同时应满足调度运行单位对发电厂并网运行的相关调节要求。

### 3) 系统对短路水平的要求

南港电厂本期220kV侧短路电流为15.04kA、16.31kA；远景年计算时假定大港500kV站220kV母线短路电流为50kA，据此测算南港电厂220kV侧短路电流40.81kA左右。

根据《天津华电南港热电工程接入系统设计》，电厂220kV侧短路电流水平建议按50kA设计。

## 第3章 热负荷分析

### 3.1 区域供热概况

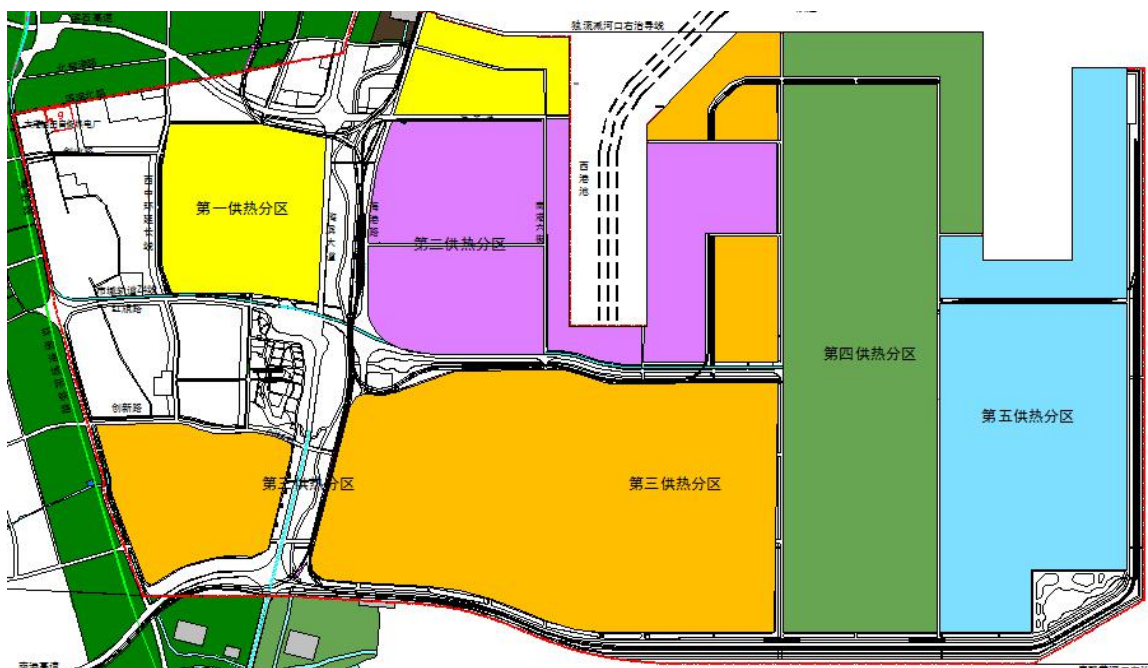
天津南港工业区是以发展石油化工、冶金装备制造和工业为主导，以承接重大产业项目为重点，以与产业发展相适应的港口物流业为支撑，建成综合性、一体化的现代工业港区。为了提高供热效率，减少排放，南港区统一规划热力站，满足南港工业区石化产业园区入区企业的蒸汽、热力需求。因各入区企业有很多余热可以利用，本工程暂不考虑南港区的采暖热负荷。

### 3.2 热负荷

1) 热负荷的依据之一：是《南港供热专项规划》，而本《规划》是在中国城市规划设计研究院《天津南港工业区分区规划》、中石化上海工程公司《南港工业区石化园区公用工程负荷估计》及石油和化学工业规划院《天津南港工业区石化产业发展规划（修编）》中供热负荷预测部分基础上进行的计算。

根据中国城市规划设计研究院《天津南港工业区分区规划》(2009—2020)热源位置和分期建设时序，规划将南港工业区分为五个供热分区（图3.2-1）（具体详见热负荷分析专题报告）。

图3.2-1 供热分区图



其中近、中期工业热负荷和总负荷详见表 3-1 和表 3-2。

表 3-1 《南港供热专项规划》近、中期工业热负荷

| 分区     | 用地名称    | 蒸汽预测量（t/h） |     |     | 备注 |
|--------|---------|------------|-----|-----|----|
|        |         | 最大         | 平均  | 最小  |    |
| 第一供热分区 | 油品存储区 D | 32         |     |     | 公供 |
|        | 北部港区    | 59         |     |     |    |
|        | 小计（t/h） | 91         |     |     |    |
| 第二供热分区 | 中俄炼油    | 1200       |     |     | 公供 |
|        | 蓝星      | 1062       |     |     |    |
|        | 中沙 PC   | 262        |     |     |    |
|        | 澄星一期    | 500        |     |     |    |
|        | 澄星二期    | 450（高压蒸汽）  |     |     | 自供 |
|        | 小计（t/h） | 3474       |     |     |    |
| 第三供热分区 | 炼化下游区 B | 1331       | 872 | 494 | 公供 |
|        | 精细化工区 C | 140        | 130 | 115 |    |

| 分区      | 用地名称    | 蒸汽预测量（t/h） |      |      | 备注 |
|---------|---------|------------|------|------|----|
|         |         | 最大         | 平均   | 最小   |    |
|         | 公用工程区 E | 111        |      |      |    |
|         | 石化产业区 F | 230        |      |      |    |
|         | 恩纳社     | 600        |      |      | 自供 |
|         | 天冠燃料    | 0          |      |      | 自供 |
|         | 小计（t/h） | 2412       | 1943 | 1550 |    |
| 合计（t/h） | 自供      | 1050       |      |      |    |
|         | 公供      | 4927       | 4458 | 4065 |    |
|         | 总计      | 5977       | 5508 | 5115 |    |

表 3-2 《南港供热专项规划》近、中期总负荷表

| 分区     | 工业预测量 (t/h) |      |      | 采暖预测<br>(t/h) | 自供合计<br>(t/h) | 公供合计 (t/h) |      |      |
|--------|-------------|------|------|---------------|---------------|------------|------|------|
|        | 最大          | 平均   | 最小   |               |               | 最大         | 平均   | 最小   |
| 第一供热分区 | 92          |      |      | 35            | 0             | 126        |      |      |
| 第二供热分区 | 3474        |      |      | 0             | 450           | 3024       |      |      |
| 第三供热分区 | 2412        | 1943 | 1550 | 53            | 600           | 1865       | 1396 | 1003 |
| 分项小计   | 5977        | 5508 | 5115 | 88            | 1050          | 5015       | 4546 | 4153 |
| 总计     | 6065        | 5596 | 5203 | 88            | 1050          | 5015       | 4546 | 4153 |

注：1) 近、中期为 2013—2020 年。

2) 本项目不考虑采暖负荷。

2) 热负荷的依据之二：是 2015 年 6 月 24 日南港公建办提供的南港工业区蒸汽负荷统计，区内已落实工业蒸汽热负荷大用户包括中沙 PC 项目、澄星石化、中俄炼化等，预计 2020 年前工业蒸汽热负荷需求超过 2000t/h，其中中压蒸汽（4.5MPa，450℃）不少于 1400t/h，低压蒸汽（1.4MPa，330℃）不少于 600t/h。三个项目基本进度情况如下：

中沙 PC 项目：计划投资约 110 亿元建设 2×13 万吨/年聚碳酸酯项目，由沙伯基础工业公司与中国石化各出资 50% 合资组成的中沙（天津）石化有限公司负责建设。占地面积 66.6 公顷，位于南港工业区西港池东侧，预计年产值 77 亿元，年利税 10 亿元。

中沙（天津）石化有限公司与南港工业区管委会于 2014 年 8 月 4 日签署投资协议。目前，项目立项核准、环评等都已批复。土地手续正在办理。

澄星石化：澄星集团是一家专业从事化工、研发、生产和经营的民营企业。创建于 1984 年 12 月 1 日，目前拥有独资和控股的分厂、分公司 54 家。天津中亿石油化工有限公司是澄星集团分公司之一，在南港工业区建设重油制芳烃、加工 PTA、PET 项目。生产加工能力为加工燃料油 611.13 万吨/年，产品装置规模为对二甲苯 160 万吨/年，苯 48.80 万吨/年，PTA 220 万吨/年，PET 100 万吨/年。项目总投资 304 亿元。

该项目选址位于天津南港工业区区域西港池西侧，占地面积 280 公顷。该项目正在审批项目核准手续，预计 2016 年 3 月份开工建设，2018 年建成投产。

中俄炼化：根据 2006 年中石油与俄石油签订的合作协议，中俄东方石化（天津）有限公司于 2007 年 10 月 30 日在天津注册成立，股权比例为中石油天然气集团公司 51%，俄罗斯石油公司 49%。本项目是中俄战略性能源合作的重要组成部分，是两国政府合作的成果，也是两国化工企业合作的成果，备受两国政府的关注和支持。项目投资总额约 800 亿元，占地约 5 平方公里，位于南港工业区西港池西侧。拟建设 1600 万吨/年炼油、140 万吨/年芳烃及其他配套项目。

目前，项目总体规划已获得国家批准，可研报告已按照国内现行石化标准完成汉化编制，并上报中石油集团审查。

3) 热负荷的依据之三：天津市南港工业区能源有限公司与天津华电南港热电筹备处签订的《蒸汽趸购意向性协议》。

4) 热负荷的依据之四：为确保天津华电南港热电厂设计热负荷准确合理，业主对正在实施的主要用热企业（项目）有关情况又进行了充分的调研、了解，并与用热企业项目业主单位以及项目主体设计单位进行了沟通协调，提供了《热负荷分析专题报告》，根据《热负荷分析专题报告》，各主要蒸汽用

户项目进展情况个最新的热负荷情况如下：

中沙 26 万吨 PC 项目：

于 2011 年完成可研报告编制审核，2014 年 12 月完成天津市发改委备案。目前征地、主设备招标等各项工作均已完成，已通过中石化集团的开工决策。目前正在进行 EPC 招标等工作。按照项目公司的安排，计划 2016 年上半年正式开工，建设周期两年。天津市政府常务副市长 2015 年 12 月召开的南港重点项目协调会，明确中沙 PC 项目应于 2016 年一季度正式开工。

本项目蒸汽负荷如下：

表3-3 中沙PC项目蒸汽负荷统计

| 装置名称      |            | 蒸汽负荷 (t/h)           |                      | 备注 |
|-----------|------------|----------------------|----------------------|----|
|           |            | 高压蒸汽 HP<br>(3.8MPaG) | 中压蒸汽 MP<br>(1.0MPaG) |    |
| PC 联合装置 1 | CO 装置      | 0.1                  | 0.275                |    |
|           | DMC/DPC 装置 | 77.85                | 15.205               |    |
|           | PC 装置      |                      | 3.9                  |    |
|           | BPA 装置     | 31.25                | 2.32                 |    |
| PC 联合装置 2 | CO 装置      | 0.1                  | 0.275                |    |
|           | DMC/DPC 装置 | 77.85                | 15.205               |    |
|           | PC 装置      |                      | 3.9                  |    |
|           | BPA 装置     | 31.25                | 2.32                 |    |
| 火炬        |            |                      | 20                   |    |
| 合计        |            | 218.4                | 63.4                 |    |

天津华电南港项目筹建处与中沙 PC 项目签订的供热协议蒸汽负荷需求为中压 225 t/h、低压 92 t/h，与上述可研报告中的蒸汽负荷需求有一定的差异。经与项目设计单位及业主单位沟通，可研报告中所需蒸汽负荷为两套装置完全正常运行时的蒸汽需求计算值。协议需求量考虑了其他工况的需要，供热企业在供应蒸汽能力上应至少满足供热协议供气量的需要。

渤化集团两化搬迁项目

天津渤海化工发展有限公司隶属于天津渤海化工集团有限责任公司（以下简称渤化集团）。渤化集团前身是 1914 年我国著名实业家范世东和科学家侯德榜创建的久大盐厂和永利碱厂。有着百年历史。是国家计划单列企业，隶属天津市国资委。

本次搬迁的两家企业，一个是天津大沽化工股份有限公司（以下简称大沽化工），另一个是天津渤天化工有限公司（原天津化工厂，以下简称渤天化工）。新建企业天津渤海化工发展有限公司。

项目蒸汽负荷：

表 3-4 渤化集团两化搬迁项目蒸汽负荷统计

| 装置名称     | 蒸汽负荷（t/h）            |                      |                           | 备注                      |
|----------|----------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|
|          | 中压蒸汽<br>(4.5MPa (g)) | 低压蒸汽<br>(1.4MPa (g)) | 低低压蒸汽<br>(0.2~0.5MPa (g)) |                         |
| 环氧丙烷（需求） | 287.5                |                      |                           |                         |
| 环氧丙烷（产出） |                      |                      | -30.1                     |                         |
| MTO      | 368.8                | (140)                |                           | 括号内为 MTO 启动工况需求         |
| 聚乙烯      | 1.0                  |                      | 8                         |                         |
| 聚丙烯      |                      |                      | 6                         |                         |
| 烧碱       |                      | 20.6                 | 15                        |                         |
| 双氧水      |                      | 2.5                  |                           |                         |
| EO       |                      | 12.9                 |                           |                         |
| 聚醚       |                      | 4.4                  |                           |                         |
| 乙氧基化     |                      | 0.7                  |                           |                         |
| VCM      |                      |                      | 60                        |                         |
| PVC      |                      |                      | 100                       |                         |
| 空调及冷冻站   |                      |                      | 10                        |                         |
| 合计       | 657.30               | 210.0                |                           | 考虑管损，其中低低压蒸汽由低压蒸汽减温减压供应 |

上述蒸汽负荷需求为渤化集团“两化”搬迁项目可研报告中的数据，并在可研报告中明确由华电南港热电厂供应。渤化集团目前正与南港工业区就蒸汽、电力、淡水等公用设施进行商谈。本工程作为南港工业区的唯一蒸汽供应商，南港工业区已经提出了明确要求，本工程在第一阶段建设规模、进度方面必须满足渤化“两化”搬迁项目的需要。

该项目目前正在开展设计工作。按照天津市人民政府第 63 次常务会议纪要，同意实施渤化集团“两化”搬迁项目，并明确筹资安排、还款来源、政策支持等，并明确其进度节点：2016 年一季度末附属工程开工建设，2016 年三季度完成全部前期工作，争取开工建设，2018 年底主体装置建成，2019 年二季度全面投产。

澄星化工项目：

按照澄星集团与南港工业区签订的合作协议，原计划 2016 年 3 月份开工建设，2018 年建成投产。该项目审批手续还未全部办理完成，目前正在完善可研报告，项目的开工时间应在 2016 年下半年至 2017 年上半年，投产时间在 2019 年前后。

表 3-5 澄星化工项目蒸汽负荷统计

| 装置名称    |    | 蒸汽负荷 (t/h)              |                      |                      |                       | 备注                        |
|---------|----|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
|         |    | 高压蒸汽<br>(9.0MPa<br>(g)) | 中压蒸汽<br>(3.6MPa (g)) | 低压蒸汽<br>(1.0MPa (g)) | 低低压蒸汽<br>(0.4MPa (g)) |                           |
| 重油制芳烃   | 产出 | /                       | 186.9                | 297.9                | 68.5                  |                           |
|         | 需求 | /                       | 584.3                | 319.1                | 107.1                 |                           |
|         | 合计 | /                       | 397.4                | 59.8                 |                       | 低压、低低压蒸汽均考虑采用 1.0MPa 管网提供 |
| PTA、PET | 产出 | /                       | /                    | /                    | /                     |                           |
|         | 需求 | /                       | 222.88               | 215.4<br>(最大 362.4)  | 7.5                   |                           |
|         | 合计 |                         | 222.88               | 222.9 (最大 369.9)     |                       |                           |

|    |  |        |                  |  |
|----|--|--------|------------------|--|
| 总计 |  | 620.28 | 282.7 (最大 429.7) |  |
|----|--|--------|------------------|--|

华电南港热电项目筹建处与澄星项目签订的供热协议蒸汽负荷需求为中压 600 t/h (最大 870 t/h)、低压 250 t/h (最大 400 t/h)，与上述可研报告中的蒸汽负荷需求基本一致。

中俄炼化项目：

中俄炼化项目计划分两个阶段实施，第一阶段实施 1600 万吨/年炼油装置，第二阶段实施 140 万吨/年的芳烃项目。可研报告正在完善。该项目是中国与俄罗斯在中央政府层面合作的重大项目，国务院与天津市政府都高度重视，预计 2019 年后陆续投产。

蒸汽负荷：

第一阶段实施 1600 万吨/年炼油装置的蒸汽负荷为 245 t/h，第二阶段蒸汽负荷暂不能提供准确数据。按照南港工业区与华电签订的投资合作协议，以及华电与中俄项目签订的供热协议取最小值两个阶段总的蒸汽负荷确定为：

总蒸汽量为 1000 t/h。

中压蒸汽 620 t/h，低压蒸汽 380 t/h。

第一阶段 245 t/h 低压蒸汽，第二阶段用汽时间为 2020 年后。

恩纳社海水淡化项目：

天津南港工业区为满足工业区用水需要，拟建设海水净化、海水淡化及综合利用一体化工程，恩纳社集团作为主要投资单位，于 2012 年在天津经济技术开发区组建了先达（天津）海水资源开发有限公司具体实施本项目。2013 年列入天津市第十批 20 项重大工业项目。

目前，该项目取水、用地、环评、备案等各项前期工作已全部完成，现场已完成了部分临时建筑，施工图纸设计已完成大部分，具备马上开工条件。根据目前南港工业区其他用水项目的进展情况，该项目拟在 2016 年开工建设。

该项目用热需求为 560t/h 高压蒸汽或 600t/h 中压蒸汽，用于 9 台压缩机动力驱动。先达公司曾提出采用燃煤锅炉产生蒸汽来满足蒸汽需求，但是

燃煤锅炉受煤指标等政策因素的影响，不存在建设的可能。先达公司已几次与华电协商使用华电南港热电项目的蒸汽。由于该项目的投资方为外方企业，协商过程较长，目前还未签订供热协议。由于该海水淡化项目，初期供水不能达产，蒸汽量也不能达到 600t/h，用量不能准确估计。初期热负荷按 50%考虑。

根据上述分析中沙、渤化、澄星、中俄、渤化集团等 5 家主要用热企业蒸汽负荷及用汽时间如下：

表 3-6 主要用热企业蒸汽负荷及用汽时间

|            | 中压蒸汽 HP<br>(4.5MPa (g)) | 低压蒸汽 MP<br>(1.4MPa (g)) | 用汽时间                           |
|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 中沙石化项目     | 218.4                   | 63.4                    | 2018 年 8 月开始试车，2018 年 10 月正式用汽 |
| 渤化集团两化搬迁项目 | 657.3                   | 210                     | 2018 年 4 季度至 2019 年年初          |
| 澄星化工项目     | 620.28                  | 282.7                   | 2019 年                         |
| 中俄炼化项目     | 620                     | 380                     | 2020 年后，热电厂本期工程不考虑。            |
| 恩纳社        | 600                     | 0                       | 热电厂本期工程考虑 300 t/h。             |
| 合计         | 2715.98                 | 936.1                   |                                |

### 3.3 设计热负荷

#### 3.3.1 蒸汽参数

根据供热《投资合作协议》，供热分界为热力分输站站外。供热参数如下：

中压蒸汽至分输站红线的参数为 4.5MPa、450℃

低压蒸汽至分输站红线的参数为 1.4MPa、330℃

#### 3.3.2 设计热负荷

##### 3.3.2.1 一期工程设计热负荷

根据供热规划以及用热企业的实际情况，按照远近结合的原则，确定本期工程的设计热负荷如下：

| 序号 | 项目   | 中压蒸汽 (HP)<br>(4.5MPa, 450 °C)<br>(t/h) | 低压蒸汽<br>(1.4MPa, 330 °C)<br>(t/h) | 用汽时间    |
|----|------|----------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| 1  | 中沙石化 | 218.4                                  | 63.4                              | 2018 年底 |

|           |        |                              |       |                             |
|-----------|--------|------------------------------|-------|-----------------------------|
| 2         | 渤化集团搬迁 | 657.30                       | 210.0 | 2019 年初                     |
| 3         | 澄星化工   | 620.28                       | 282.7 | 2019 年                      |
| 4         | 恩纳社    | 300                          | 0     | 2019 年                      |
| 一期工程热负荷总计 |        | 1795.98                      | 556.1 | 2019 年底                     |
| 一期工程热负荷   |        | 1400                         | 600   | 2019 年底, 中压蒸汽<br>考虑 0.8 的系数 |
| 最低需保证热负荷  |        | $(1400+600) \times 0.7=1400$ |       |                             |

即, 一期工程设计热负荷按中压蒸汽与低压蒸汽总量为正常工况 2000 t/h, 中压蒸汽 1400 t/h, 低压蒸汽 600 t/h.

考虑因素:

(1) 考虑用热企业现阶段的数据留有一定的裕量及有多条生产线的企业各条生产线之间的用汽同时率问题, 中压设计热负荷按统计热负荷取 0.8 的系数, 低压蒸汽由于有化工装置不能自产低压蒸汽时用汽量增多的工况, 且用汽较少, 不考虑同时率及系数。

(2) 华电与南港工业区签订的投资合作协议, 明确要求本项目在 2020 年以前满足 2000t/h 的供热能力。

(3) 根据天津市南港工业区能源有限公司与天津华电南港热电筹备处签订的《蒸汽趸购意向性协议》和对用热企业的调研情况, 最低供汽量必须保证在 70%以上, 确定最低需保证的热负荷量为 1400t/h。

根据用热企业的实际进展情况, 2016 年确定能开工的项目, 只有中沙项目、渤化集团(两化)搬迁项目以及恩纳社海水淡化项目。三个项目的用汽时间非常接近, 均为 2018 年下半年至 2019 年年初, 三个项目总的蒸汽负荷为中压蒸汽 1475.7t/h, 低压蒸汽 273.4t/h, 总计 1749.1t/h。

虽然化工项目投产后都是按照生产线的生产能力满负荷生产, 但在试车及投产初期蒸汽负荷也会存在多条生产线逐渐达产的情况。恩纳社海水淡化项目的蒸汽负荷在投产初期由于淡水需求少, 蒸汽负荷也会较少, 不考虑该部分蒸汽量。

由于早期只有中沙项目和渤化搬迁项目, 生产线较全部达产时少, 初期按 85%蒸汽负荷系数考虑; 恩纳社海水淡化初期暂不考虑。

| 项目        | 中压蒸汽 HP<br>(4.5MPa (g) ) | 低压蒸汽 MP<br>(1.4MPa (g) ) | 备注                          |
|-----------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 中沙石化项目    | 218.4                    | 63.4                     |                             |
| 渤化集团搬迁    | 657.30                   | 210.0                    |                             |
| 第一阶段设计热负荷 | 744                      | 273.4                    | 2019 年初, 中压蒸汽考虑<br>0.85 的系数 |

则华电南港热电项目投产初期的蒸汽负荷为：中压 744t/h，低压 273.4t/h，总蒸汽量为 1017t/h。因此，一期工程可以按照一次设计、订货，分阶段实施考虑。

即第一阶段设计热负荷为：中压蒸汽 744t/h，低压蒸汽 273.4t/h。

### 3.3.2.2 项目规划总蒸汽负荷

根据《南港供热专项规划》（修编版 2013—2020），近、中期工业（综合）热负荷，详见表 3-2，平均蒸汽量为 4458 t/h，最大为 4927 t/h，最少为 4065 t/h。目前已经落户南港工业区的 5 家企业（中俄炼油、中沙石化、恩纳社海水淡化、澄星化工、渤化集团）蒸汽负荷总量为 3652t/h。

综合考虑南港工业区供热专项规划，结合近、中期工业热负荷，根据对主要 5 家用热企业用户的调研，本工程确定供热负荷如下：

项目规划总的工业蒸汽总量（包括中压与低压蒸汽）：4000t/h。

### 3.4 厂外集中供热管网

中、低压工业用汽分别采用架空布置的输送管道送至厂外分输站，厂外供热管网不在本工程范围内。

## 第 4 章 燃料供应

### 4.1 燃料来源

本期工程额定  $3 \times 1135$ （最大 1200）t/h 超临界 CFB 锅炉，耗煤量为 3 台锅炉满负荷运行。二期机组新增两台锅炉，耗煤量为 5 台锅炉满负荷运行。本期设计燃料为煤炭，年额定工况耗煤量约 276.71 万吨，校核煤种为 80%原煤+20%石油焦，年耗量约 261.3 万吨。煤炭拟由淄博矿业集团有限责任公司所属的内蒙古鄂尔多斯矿区的煤田供给。石油焦拟由天津中亿石油化工有限公司供给。

#### 4.1.1 煤炭

淄博矿业集团有限责任公司是一个以煤为主、多业并举的跨地区、跨行业的大型现代化企业集团，涉及煤炭、医疗健康、建材、新材料等多个产业，主要生产经营单位分布在鲁、陕、蒙三省区的淄博、济南、济宁、咸阳、鄂尔多斯等五个地市，总部坐落在淄博市淄川区。

集团公司所属生产矿井，均配有与矿井生产相应能力的洗选厂，可按照用户需求生产不同煤炭产品。主要矿井均配有发煤铁路专线，装车方式包括皮带，装卸机、煤仓放煤等方式，设备运行程度良好，运输能力可以完全满足电厂方面的要求。所属矿井全部具备自行煤炭质量检验能力，济北矿区、陕西彬长矿区、内蒙矿区均设有煤质检验中心，检测设备 100 多台套，对所有煤炭产品各项技术参数，如高位发热量、全水、灰分、挥发分、全硫、固定碳、软化温度等进行理化检验。

##### 1) 济北矿区

济北矿区位于山东省济宁市北部地区，共有五对矿井，现年生产能力为 1340 万吨，其中唐口煤矿核定生产能力 500 万吨；许厂煤矿年核定生产能力 320 万吨；岱庄煤矿现核定年生产能力 300 万吨。葛亭煤矿年核定年生产能力为 120 万吨；新河煤矿年设计生产能力 100 万吨。

以上各矿可采煤层为 3 下和 16、17 三层煤，属低灰、低硫、特低磷、结焦性能好、高热量的优质炼焦配煤及环保动力燃料用煤。煤质为气煤和气肥煤，主要煤炭产品有原煤、块煤、精煤、块末煤、筛末煤、中煤、煤泥等 12 个煤种。

济北矿区矿井全部设有铁路专用线，南接兖新铁路；京杭大运河斜贯矿区中部，矿井由直达日照港铁路；105 国道、327 国道从矿区穿过，可通过铁路、水路、汽车运输到电厂。

##### 2) 陕西彬长矿区：

淄博矿业集团在陕西彬长矿区建有矿井二对，年生产能力 1300 万吨。

陕西亭南矿井，是淄矿集团积极响应国家西部大开发的号召，跨出省门在陕西建成投产的第一对现代化矿井。矿井位于咸阳市长武县境内、彬长矿区中部，312 国道、福银高速及正在建设的西平铁路纵贯矿区，交通十分便

利。矿井井田面积 35.548km<sup>2</sup>，保有资源储量 3.9 亿吨，可采储量 2.32 亿吨，年生产能力 500 万吨，主采侏罗系 4 号煤层，煤质为低灰、低硫、高热量的优质烟煤，广泛用于水泥、电力、热力、化工、冶金、建材、玻璃、陶瓷等行业。

高家堡矿井位于国家规划的十四个大型煤炭基地之一的彬长矿区西北部，矿井坐落在咸阳市长武县境内，井田面积 219 平方公里，地质储量为 9.7 亿吨，设计可采储量为 5.7 亿吨，年生产能力 800 万吨，主采 4 煤层，可采区平均煤厚 9.43 米。设计生产能力为 800 万吨/年。高家堡矿井煤炭产品属低灰、低硫、低磷、富油，中高挥发分，中等软化温度灰，高热值不粘煤 31 号，是良好的环保型动力燃料及气化用煤。

以上两个矿井配有自备铁路专用线，连接西平铁路线，可通过铁路运输煤炭到电厂。

### 3) 内蒙矿区

淄博矿业集团公司在内蒙古地区共有矿井三对，年生产能力 2000 万吨，现已生产矿井二对，在建矿井一对。

杨家村矿井位于鄂尔多斯市东胜区，公司注册资金 5 亿元，矿井于 2008 年 11 月 6 日破土动工，2011 年 5 月实现联合试运转，2012 年 3 月正式移交生产，投产当年就实现了当年投产、当年达产、当年见效的目标。矿井总投资 16.18 亿元，可采储量 2.86 亿吨，核定生产能力 500 万吨，服务年限 42 年。煤种为长焰煤和不粘煤，可用于电力、建材、化工、供暖和民用燃料。

巴彦高勒矿井位于国家规划的东胜煤田呼吉尔特矿区，隶属于内蒙古自治区鄂尔多斯市乌审旗乌兰陶勒盖镇。该矿井田面积 65.27 平方千米，可采煤层 8 层，主采煤层 4 层。矿井采用立井开拓，在工业场地布置主、副、风井三个井筒，矿井地质资源量为 10.4 亿吨，设计可采储量为 6.36 亿吨，年产能 1000 万吨。矿井煤质具有高-特高热值、低中硫、富油等优良煤质特征。

油房壕矿井位于内蒙古自治区鄂尔多斯市东胜煤田塔然高勒矿区，井田东西长 20.1 公里，南北宽 6.7 公里，面积 115.91 平方公里，国家发改委规划井田面积 125.58 平方公里，矿井地质资源量为 8.4 亿吨，设计可采储量为 5.3 亿吨。油房壕煤矿于 2012 年 12 月 18 日取得矿区范围划定批复，产能提高到 500 万吨/年。同时，油房壕煤矿还被列入“十二五”新开工项目及鄂尔

多斯市“十二五”重点建设工程。该矿井规划 2017 年建成投产，矿井规划设计生产能力为 500 万吨/年，预计 2018 年达产。

综上，淄矿集团公司现有生产矿井 10 对，总生产能力 3800 万吨/年。本期燃煤主要来自淄矿集团内蒙古东胜矿区，运距约 1100km。

淄矿集团各规划矿井生产能力见下表。

表 4-1 规划矿井能力

| 序号 | 矿井名称  | 设计生产能力<br>万吨/年 | 服务年限<br>年 | 建设性质 |
|----|-------|----------------|-----------|------|
| 1  | 许厂煤矿  | 320            | 60        | 新建   |
| 2  | 岱庄煤矿  | 300            | 56        | 新建   |
| 3  | 葛亭煤矿  | 120            | 80        | 新建   |
| 4  | 唐口煤业  | 500            | 90        | 新建   |
| 4  | 新河矿业  | 100            | 50        | 改扩建  |
| 6  | 亭南煤业  | 500            | 91        | 新建   |
| 7  | 高家堡矿  | 800            | 63        | 新建   |
| 8  | 双欣矿业  | 500            | 42        | 新建   |
| 9  | 巴彦高勒矿 | 1000           | 60        | 新建   |
| 10 | 油房壕矿  | 500            | 60        | 在建   |
| 小计 |       | 4640           |           |      |

#### 4.1.2 石油焦

澄星集团是一家专业从事化工、研发、生产和经营的民营企业。创建于 1984 年 12 月 1 日，目前拥有独资和控股的分厂、分公司 54 家。天津中亿石油化工有限公司是澄星集团分公司之一，在南港工业区建设重油制芳烃、加工 PTA、PET 项目。

照澄星集团与南港工业区签订的合作协议，原计划 2016 年 3 月份开工建设，2018 年建成投产。该项目审批手续还未全部办理完成，目前正在完善可研报告，项目的开工时间应在 2016 年下半年至 2017 年上半年，投产时间在 2019 年前后。

表 4.1-1

石油焦的质量指标和试验方法

| (Q/SH PRD392-2010) |     |      |    |     |    |           |
|--------------------|-----|------|----|-----|----|-----------|
| 项目                 |     | 质量指标 |    |     |    | 试验方法      |
|                    |     | 合格品  |    |     |    |           |
|                    |     | 4A   | 4B | 5   | 6  |           |
| 硫含量, %             | 不大于 | 5    | 7  | 9.0 | 12 | GB/T 387b |
| 挥发分, %             | 不大于 | 14   | 16 | 18  | 18 | SH/T 0026 |
| 灰分, %              | 不大于 | 0.8  | 1  | 1   | 1  | SH/T 0029 |
| 水分 c, %            | 不大于 | 报告   |    |     |    | SH/T 0032 |

注：硫含量试验方法也可按 GB/T214-2007 中第四章规定进行或由生产企业与用户商定分析方法，有争议时以 GB/T387 为仲裁法。C 水分报告值仅作为出厂计量的依据。

淄博淄矿煤炭运销有限公司以及津中亿石油化工有限公司分别与华电国际天津分公司签订了《煤炭供应意向协议》、《石油焦供应意向协议》（见可研报告附件）。津中亿石油化工有限公司同意每年供应石油焦约 80 万吨，淄博淄矿煤炭运销有限公司也同意向本项目按需供应煤炭。

由上述可知，本工程的燃料来源可靠，电厂燃料是有保证的，建议项目单位尽快和淄博矿业集团有限责任公司签订煤炭供应量。

#### 4.2 煤质及锅炉燃煤量

作为本项目燃料的原煤等燃料拟通过南港一号铁路输送至厂内煤场。本工程燃用原煤及石油焦。燃料取样及化验由华电电力科学研究院电煤质检中心完成。

原煤煤质分析见表 4-2-1。

| 项目      | 符号              | 单位 | 设计煤种       |
|---------|-----------------|----|------------|
| 1. 煤种   |                 |    | 原煤（内蒙古东胜矿） |
| 2. 元素分析 |                 |    |            |
| 收到基碳    | C <sub>ar</sub> | %  | 61.86      |
| 收到基氢    | H <sub>ar</sub> | %  | 2.70       |

| 项目                 | 符号           | 单位    | 设计煤种  |
|--------------------|--------------|-------|-------|
| 收到基氧               | $O_{ar}$     | %     | 8.10  |
| 收到基氮               | $N_{ar}$     | %     | 1.30  |
| 收到基全硫              | $S_{t,ar}$   | %     | 0.70  |
| <b>3. 工业分析</b>     |              |       |       |
| 全水分                | $M_t$        | %     | 9.44  |
| 空气干燥基水分            | $M_{ad}$     | %     | 2.05  |
| 收到基灰分              | $A_{ar}$     | %     | 15.90 |
| 干燥无灰基挥发分           | $V_{daf}$    | %     | 29.80 |
| <b>4. 收到基低位发热量</b> | $Q_{net,ar}$ | MJ/kg | 22.21 |
| <b>5. 哈氏可磨性指数</b>  | HGI          |       | 51    |
| <b>6. 灰熔点</b>      |              |       |       |
| 变形温度               | DT           | ℃     | 1120  |
| 软化温度               | ST           | ℃     | 1160  |
| 半球温度               | HT           | ℃     | 1190  |
| 流动温度               | FT           | ℃     | 1250  |
| <b>7. 灰成分</b>      |              |       |       |
| 二氧化硅               | $SiO_2$      | %     | 57.86 |
| 三氧化二铝              | $Al_2O_3$    | %     | 15.14 |
| 三氧化二铁              | $Fe_2O_3$    | %     | 7.03  |
| 五氧化二磷              | $P_2O_5$     | %     | 0.30  |
| 氧化钙                | CaO          | %     | 12.02 |
| 氧化镁                | MgO          | %     | 1.01  |
| 氧化钠                | $Na_2O$      | %     | 1.15  |
| 氧化钾                | $K_2O$       | %     | 1.28  |
| 二氧化钛               | $TiO_2$      | %     | 0.56  |
| 三氧化硫               | $SO_3$       | %     | 2.75  |
| 二氧化锰               | $MnO_2$      | %     | --    |
| <b>8. 煤灰比电阻</b>    |              |       |       |

| 项目                  | 符号                       | 单位                       | 设计煤种                  |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 测量电压 2KV, 测试温度 23℃  |                          | $\Omega \cdot \text{cm}$ | --                    |
| 测量电压 2KV, 测试温度 80℃  |                          | $\Omega \cdot \text{cm}$ | $1.18 \times 10^{11}$ |
| 测量电压 2KV, 测试温度 100℃ |                          | $\Omega \cdot \text{cm}$ | $2.22 \times 10^{13}$ |
| 测量电压 2KV, 测试温度 120℃ |                          | $\Omega \cdot \text{cm}$ | $2.5 \times 10^{13}$  |
| 测量电压 2KV, 测试温度 150℃ |                          | $\Omega \cdot \text{cm}$ | $4.0 \times 10^{13}$  |
| 测量电压 2KV, 测试温度 180℃ |                          | $\Omega \cdot \text{cm}$ | $5.0 \times 10^{13}$  |
| 9. 冲刷磨损指数           | Ke                       |                          | 6.40                  |
| 10. 煤中游离二氧化硅含量      | $\text{SiO}_2(\text{F})$ | %                        | 1.95                  |
| 11. 微量元素            |                          |                          |                       |
| 煤中氯                 | $\text{Cl}_{\text{ar}}$  | %                        | 0.028                 |
| 煤中砷                 | $\text{As}_{\text{ar}}$  | $\mu\text{g/g}$          | ND                    |
| 煤中氟                 | $\text{F}_{\text{ar}}$   | $\mu\text{g/g}$          | 38                    |
| 煤中汞                 | $\text{Hg}_{\text{ar}}$  | $\mu\text{g/g}$          | 0.017                 |
| 煤中磷                 | $\text{P}_{\text{ar}}$   | %                        | 0.013                 |

石油焦成分分析表 4-2-2

| 项 目     | 符号              | 单位 | 石油焦  |
|---------|-----------------|----|------|
| 1. 元素分析 |                 |    |      |
| 收到基碳    | $\text{Car}$    | %  | 82.4 |
| 收到基氢    | $\text{Har}$    | %  | 3.09 |
| 收到基氧    | $\text{Oar}$    | %  | 0.25 |
| 收到基氮    | $\text{Nar}$    | %  | 0.98 |
| 收到基全硫   | $\text{St, ar}$ | %  | 4.75 |
| 2. 工业分析 |                 |    |      |
| 全水分     | $\text{Mt}$     | %  | 8.1  |
| 空气干燥基水分 | $\text{Mad}$    | %  | 0.52 |
| 收到基灰分   | $\text{Aar}$    | %  | 0.43 |

|             |                     |       |       |
|-------------|---------------------|-------|-------|
| 干燥无灰基挥发分    | Vdaf                | %     | 8.1   |
| 3. 收到基低位发热量 | Q <sub>net,ar</sub> | MJ/kg | 32.01 |
| 4. 哈氏可磨性指数  | HGI                 |       | 48    |
| 5. 灰熔点      |                     |       |       |
| 变形温度        | DT                  | ℃     | >1500 |
| 软化温度        | ST                  | ℃     | >1500 |
| 半球温度        | HT                  | ℃     | >1500 |
| 流动温度        | FT                  | ℃     | >1500 |
| 6.          |                     |       |       |
| 煤中氯         | Cl <sub>ad</sub>    | %     | 0.004 |
| 煤中砷         | As <sub>ar</sub>    | μg/g  | --    |
| 煤中氟         | F <sub>ad</sub>     | μg/g  | 15    |
| 煤中汞         | Hg <sub>ad</sub>    | μg/g  | 0.002 |
| 煤中磷         | P <sub>ad</sub>     | %     | 0.002 |

说明：因检测报告未对石油焦炭成分进行全面检测分析，故石油焦炭成分暂时未列入报告。建议建设方下阶段补全石油焦炭成分检测。

由于本项目地处园区内有较丰富的石油焦资源，故拟校核燃料采用 80% 原煤与 20%石油焦混烧。

| 项目      | 符号                | 单位 | 校核煤种        |
|---------|-------------------|----|-------------|
| 1. 煤种   |                   |    | 原煤：石油焦（8：2） |
| 2. 元素分析 |                   |    |             |
| 收到基碳    | C <sub>ar</sub>   | %  | 65.97       |
| 收到基氢    | H <sub>ar</sub>   | %  | 2.78        |
| 收到基氧    | O <sub>ar</sub>   | %  | 6.53        |
| 收到基氮    | N <sub>ar</sub>   | %  | 1.24        |
| 收到基全硫   | S <sub>t,ar</sub> | %  | 1.51        |
| 3. 工业分析 |                   |    |             |
| 全水分     | M <sub>t</sub>    | %  | 9.17        |
| 空气干燥基水分 | M <sub>ad</sub>   | %  | 1.74        |

| 项目                  | 符号           | 单位                | 校核煤种  |
|---------------------|--------------|-------------------|-------|
| 收到基灰分               | $A_{ar}$     | %                 | 12.81 |
| 干燥无灰基挥发分            | $V_{daf}$    | %                 | 25.46 |
| 4. 收到基低位发热量         | $Q_{net,ar}$ | MJ/kg             | 24.17 |
| 5. 哈氏可磨性指数          | HGI          |                   | 50.4  |
| 6. 灰熔点              |              |                   |       |
| 变形温度                | DT           | ℃                 | 1230  |
| 软化温度                | ST           | ℃                 | 1270  |
| 半球温度                | HT           | ℃                 | /     |
| 流动温度                | FT           | ℃                 | 1360  |
| 7. 灰成分              |              |                   |       |
| 二氧化硅                | $SiO_2$      | %                 | 52.63 |
| 三氧化二铝               | $Al_2O_3$    | %                 | 15.53 |
| 三氧化二铁               | $Fe_2O_3$    | %                 | 7.33  |
| 五氧化二磷               | $P_2O_5$     | %                 | 0.29  |
| 氧化钙                 | CaO          | %                 | 10.50 |
| 氧化镁                 | MgO          | %                 | 1.06  |
| 氧化钠                 | $Na_2O$      | %                 | 1.19  |
| 氧化钾                 | $K_2O$       | %                 | 1.31  |
| 二氧化钛                | $TiO_2$      | %                 | 0.61  |
| 三氧化硫                | $SO_3$       | %                 | 2.30  |
| 二氧化锰                | $MnO_2$      | %                 | --    |
| 8. 煤灰比电阻            |              |                   |       |
| 测量电压 2KV, 测试温度 23℃  |              | $\Omega \cdot cm$ |       |
| 测量电压 2KV, 测试温度 80℃  |              | $\Omega \cdot cm$ |       |
| 测量电压 2KV, 测试温度 100℃ |              | $\Omega \cdot cm$ |       |
| 测量电压 2KV, 测试温度 120℃ |              | $\Omega \cdot cm$ |       |

| 项目                 | 符号                   | 单位                       | 校核煤种  |
|--------------------|----------------------|--------------------------|-------|
| 测量电压 2KV，测试温度 150℃ |                      | $\Omega \cdot \text{cm}$ |       |
| 测量电压 2KV，测试温度 180℃ |                      | $\Omega \cdot \text{cm}$ |       |
| 9. 冲刷磨损指数          | Ke                   |                          |       |
| 10. 煤中游离二氧化硅含量     | SiO <sub>2</sub> (F) | %                        |       |
| 11. 微量元素           |                      |                          |       |
| 煤中氯                | Cl <sub>ar</sub>     | %                        | 0.023 |
| 煤中砷                | As <sub>ar</sub>     | $\mu\text{g/g}$          | ND    |
| 煤中氟                | F <sub>ar</sub>      | $\mu\text{g/g}$          | 33.2  |
| 煤中汞                | Hg <sub>ar</sub>     | $\mu\text{g/g}$          | 0.014 |
| 煤中磷                | P <sub>ar</sub>      | %                        | 0.011 |

#### 4.3 燃料耗量及石灰石耗量

本期工程拟建设 3 台最大连续蒸发量 1200t/h（额定 1135t/h）超临界循环流化床锅炉。

锅炉燃料耗量见表 4-3-1。

| 序号 | 名 称    | 单位                  | 1×1135t/h<br>(设计/校核) | 3×1135t/h<br>(设计/校核) |
|----|--------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1  | 小时燃料耗量 | t/h                 | 141.9/134            | 425.7/402            |
| 2  | 日燃料耗量  | t/d                 | 3121.8/2948          | 9365.4/8844          |
| 3  | 年燃料耗量  | 10 <sup>4</sup> t/a | 92.24/87.1           | 276.71/261.3         |

备注：1) 日运行小时按 22 小时计；

2) 年运行小时按 6500 小时计

本工程采用炉内喷钙脱硫+炉外湿法脱硫工艺，炉内钙硫比约为 2.2。

炉内脱硫石灰石耗量见下表：

表 4-3-2

石灰石耗量表

| 序号 | 锅炉台数<br>及蒸发量 | 石灰石耗量 | 单位                   | 设计/校核燃料     |
|----|--------------|-------|----------------------|-------------|
| 1  | 1×1135t/h    | 小时耗量  | t/h                  | 6.1/15.7    |
| 2  | 1×1135t/h    | 日耗量   | t/d                  | 134.2/345.4 |
| 3  | 1×1135t/h    | 年耗量   | ×10 <sup>4</sup> t/a | 4.0/10.2    |

备注：1) 日运行小时按 22 小时计；  
2) 年运行小时按 6500 小时计

## 第 5 章 厂址条件

### 5.1 厂址概述

#### 5.1.1.1 区域概况

天津位于东经 116° 43' 至 118° 04'，北纬 38° 34' 至 40° 15' 之间，南北长 189 公里，东西宽 117 公里，市域面积 11917.3 平方公里，海岸线长 153 公里。天津市地处华北平原东北部，东临渤海，北枕燕山，北与首都北京毗邻，距北京 120 公里，是拱卫京畿的要地和门户。东、西、南分别与河北省的唐山、承德、廊坊、沧州地区接壤。对内腹地辽阔，辐射华北、东北、西北 13 个省市自治区，对外面向东北亚，是中国北方最大的沿海开放城市。

天津地质构造复杂，大部分被新生代沉积物覆盖。地势以平原和洼地为主，北部有低山丘陵，海拔由北向南逐渐下降。北部最高，海拔 1052 米；东南部最低，海拔 3.5 米。全市最高峰：九山顶（海拔 1078.5 米）。地貌主要有山地、丘陵、平原、洼地、滩涂等。土壤主要有山地棕壤、山地淋溶褐土、褐土、潮土、沼泽土、水稻土、盐土等 7 类。植被大致可分为，针叶林、针阔叶混交林、落叶阔叶林、灌草丛、草甸、盐生植被、沼泽植被、水生植被、沙生植被、人工林、农田种植植物等 11 种。

天津地处北温带，位于中纬度亚欧大陆东岸，主要受季风环流的支配，是天津夜景东亚季风盛行的地区，属温带季风性气候。临近渤海湾，海洋气候对天津的影响比较明显。主要气候特征是，四季分明，春季多风，干旱少雨；夏季炎热，雨水集中；秋季气爽，冷暖适中；冬季寒冷，干燥少雪。天津的年平均气温约为 14℃，7 月最热，月平均温度 28℃；历史最高温度是

41.6℃。1月最冷，月平均温度-2℃。历史最低温度是-17.8℃。年平均降水量在360—970毫米之间，（1949—2010）平均值是600毫米上下。

天津有12个市辖区，1个副省级区，3个市辖县，共有乡镇级区划数为240个。《天津市空间发展战略》提出“双城双港、相向拓展、一轴两带、南北生态”城市规划理念。其中，“双城”是指天津市中心城区和滨海新区核心区；“双港”是指天津港和天津南港；“南北”指市域中北部及南部；“北端”是指蓟县北部山地丘陵地带。

滨海新区是天津市下辖的副省级区、国家级新区和国家综合配套改革试验区，是北方对外开放的门户、高水平的现代制造业和研发转化基地、北方国际航运中心和物流中心、宜居生态型新城区。由原塘沽区、汉沽区、大港区以及天津经济技术开发区等区域整合而成。位于天津东部沿海，环渤海经济圈的中心地带，是亚欧大陆桥最近的东部起点，也是中国邻近内陆国家的重要出海口。滨海新区包括先进制造业产业区、临空产业区、滨海高新区、临港工业区、南港工业区、海港物流区、滨海旅游区、中新天津生态城、中心商务区九大产业功能区。

#### 5.1.1.2 厂址地理位置及周边环境

本工程厂址位于天津市滨海新区南部片区的南港工业园内，厂址处于南港工业区负荷中心，为港云路以北、红旗路以南、南港四街以东、南港六街以西的地块。厂址西距滨海高速约3.2km，北距滨海新区中心约30km，距天津港约25km，距天津塘沽机场约18km，西北距天津市区中心约42km，距天津机场约47km。厂址中心地理经纬度为：北纬38°42′26.8″，东经117°35′54.0″。

厂址北侧紧邻在建的南港铁路，东北为南港工业园的西港池，交通物流便捷；厂址西侧为规划的恩纳社（海水淡化厂），东南角为规划的供热分输站，南侧约600m为腾飞路220kV变电站。

#### 5.1.2 厂址自然条件

##### 5.1.2.1 地形地貌

厂址附近范围陆域部分地形平坦开阔，全部为平缓的滩涂和盐碱地。近海域是典型的淤泥质海岸，岸滩坡降平缓，岸线稳定。厂址场地是在上述滩涂和盐碱地上回填而成，地形总体较平坦，厂区内部四周较高、中间略低，

地貌类型为平地。

#### 5.1.2.2 用地类型

厂址为港云路以北、红旗路以南、南港四街以东、南港六街以西的地块，东西长约 760m，南北长约 700m，地块面积约 492952.9m<sup>2</sup>。根据南港工业园的规划，厂址地块用地类型为建设用地。

#### 5.1.2.3 拆迁工程

厂址无村庄及其它设施拆迁工程。

#### 5.1.2.4 地震地质

##### 1) 厂址稳定性

天津地区位于 I 级构造单元华北准地台北缘，以宝坻—蓟运河断裂为界，北区和南区地质构造特征具有明显的差异。厂址处于歧口凹陷的北部。

近厂址范围内断裂构造不发育，主要有北东，北西西—北西二组断裂。沧东断裂带，总体为北东走向，距离厂址约 24 公里。海河断裂位于海河下游，在海河下游段为北西西向，经市区转为北西向，倾向南西，距离厂址约 34 公里。由于厂址距附近的全新活动断裂较远，所以厂址处于相对稳定区，适宜建厂。

##### 2) 工程地质条件

根据地质资料，场地揭露地层（35m 深度内）主要为第四系填土层、海相、陆相沉积层等构成，岩性主要有素填土、淤泥质黏土、粉质黏土、黏土、粉土和粉砂夹粉土等。地基土承载力特征值见表 5.1.2-1。

表 5.1.2-1 地基土承载力特征值一览表

| 地层编号                 | fak (kPa) |
|----------------------|-----------|
| ⑥ <sub>1</sub> 淤泥质黏土 | 60        |
| ⑥ <sub>2</sub> 粉质黏土  | 80        |
| ⑥ <sub>3</sub> 粉质黏土  | 90        |
| ⑥ <sub>4</sub> 粉土    | 115       |
| ⑥ <sub>5</sub> 粉质黏土  | 110       |
| ⑧ <sub>1</sub> 粉质黏土  | 140       |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| ⑧ <sub>2</sub> 粉砂夹粉土 | 180 |
| ⑨黏土                  | 150 |
| ⑩粉质黏土                | 170 |

厂址场地地下水类型为第四系孔隙潜水，主要含水层为填土层。地下水稳定水位埋深为 0.5m，常年最高水位至自然地表。

地下水对混凝土结构为弱腐蚀性；在长期浸水作用时，地下水中  $CL^-$  对钢筋混凝土结构中的钢筋具有腐蚀性，因  $CL^-$  含量大于 20000mg/l，因此需对其腐蚀性做专门研究；在干湿交替作用时，地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋有强腐蚀性，腐蚀介质为  $CL^-$ 。土对钢结构的腐蚀性暂按中等~强考虑。

厂址地基土为季节性冻土，其标准冻结深度小于 0.60m，建议按 0.60m 考虑。

### 3) 地震效应评价

厂址场地抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度为 0.15g，属设计地震第二组，厂区濒临次基本稳定区。项目区为填海造陆区，项目区表层人工填土为素填土，厚度 2.5~2.7m，工程场地的软土主要为 6c 层淤泥质粘土，淤泥质粘土厚度大，压缩性高、固结程度差，易产生不均匀沉降，其透水性差，建筑的场地类别为 IV 类，属建筑抗震不利地段。本工程评估区饱和粉（砂）土地震液化地质灾害弱发育，危害程度小，危险性小。

### 4) 地基评价

厂址场地素填土松散，均匀性较差，不能作为天然地基，施工时应予以挖除。

对变形要求不严格和荷重较轻的建筑，可考虑采用浅基础。以全新统中组海相沉积层粉质粘土（地层编号 6b）作为浅基础持力层。

对于其它采用天然地基不满足设计要求的建筑物，建议采用桩基方案。

### 5) 其他

拟建场地区域不压覆矿产资源和文物的影响。

#### 5.1.3 厂址周围环境

##### 5.1.3.1 南港工业区规划

厂址位于天津市滨海新区南部片区的南港工业园内。南港工业区位于天津滨海新区的大港区，距北京 165 公里，距天津市中心区 45 公里，距天津港 20 公里。

南港工业区北至独流减河右治导线以北新建防波堤，西至津歧公路，南至青静黄河左治导线，东至海水等深线约-4 米处。东西长约 18 公里，南北宽约 10 公里。总的规划范围约 200 平方公里，其中航道港池水域约 38 平方公里，成陆 162 平方公里，已有的陆域约为 40 平方公里，还需填海约 122 平方公里。

南港工业区发展目标为：以发展石油化工、冶金装备制造和工业为主导，以承接重大产业项目为重点，以与产业发展相适应的港口物流业为支撑，建成综合性、一体化的现代工业港区。

规划形成“一区、一带、五园”的总体发展结构。

“一区”指南港工业区，世界级重、石化产业基地；国家循环经济示范区。

“一带”指南港工业区西侧，沿津歧路和光明大道之间建设宽约 1 公里的生态绿化防护隔离带。

“五园”指四大产业园和公用工程园。四大产业园包括石化产业园，规划面积调整为 105.2 平方公里；冶金装备制造园：面积约 11.35 平方公里；综合产业园：面积约 10.97 平方公里；港口物流园：面积约 30 平方公里。公用工程园：面积约 2.5 平方公里。每个产业园区都有可依托的码头线。

#### 5.1.3.2 自然保护区

天津古海岸与湿地国家级自然保护区是以贝壳堤、牡蛎滩构成的珍惜古海岸遗迹和湿地自然环境及其生态系统为主要保护和管理对象的国家级海洋类型区域，属不连续、开放性类型，由贝壳堤区域和牡蛎滩、湿地区域组成，保护区范围涉及滨海新区、宁河县、津南区和宝坻区部分区域。其中距离厂址最近的两处试验区为贝壳堤老马棚口区域和贝壳堤上古林区域。

北大港湿地自然保护区属市级自然保护区，位于天津市滨海新区南部，距渤海湾 6km。保护区包括北大港水库、独流减河下游、钱圈水库、沙井子水库、李二湾及南侧用地、李二湾河口沿海滩涂。保护区总面积为 34887.13hm<sup>2</sup>，其中核心区面积 11802hm<sup>2</sup>。厂址西距保护区边界约 9km。

## 5.2 交通运输

### 5.2.1 铁路运输

#### 5.2.1.1 南港铁路概况

天津南港铁路位于滨海新区东南部，按国铁 I 级双线自动闭塞电气化铁路标准建设，线路起于万家码头附近，向东南经万码南站、减河北站，跨独流减河后进入南港工业区，工业区设南港编组站、分区一场编组站，正线全长 43.79 公里。南港铁路加强南港工业区与东北、西北、华北、华东等铁路干线网的联系，进一步完善滨海新区的综合交通体系。

南港工业区规划两条铁路线路，分别为北部南港一线和南部南港二线，两条铁路线之间设有连接线。南港一线从万码站引线进入南港工业区，并设分线向北跨海与临港工业区相连接。南港二线和南部南港高速并线进入工业区，结合各企业货运需求，引出区内企业专用线。

厂址北侧与南港铁路（分区一场编组站）一路相隔，西北距南港编组站约 3.2km，本工程铁路专运线拟从厂区北侧引接。

#### 5.2.1.2 燃料运输

本期工程设计燃料为煤炭，掺 20%石油焦作为校核煤种。煤炭通过本工程铁路专用线运输入厂。

煤炭拟由淄博矿业集团有限责任公司所属的内蒙古鄂尔多斯矿区的煤田供给。淄博矿业集团在东胜拥有的三个矿井，分别为：东胜区双欣矿业有限公司杨家村矿井；黄陶勒盖煤炭公司东胜煤田呼吉尔特矿区的巴彦高勒矿井；以及东胜煤田塔然高勒矿区的油房壕矿井。

运煤通道初步考虑由包西线——京包线——京沪线运至天津，再经南港铁路运至南港工业园分区一场站，然后通过电厂铁路专用线运输进厂。运距约 1100 km。

石油焦拟由澄星集团天津中亿石油化工有限公司供给，通过园区道路，汽车运输入厂。

#### 5.2.1.3 运输组织方案

分区一场与电厂站之间按照调车方式办理，路企双方在电厂站办理货运交接，本专用线管理方式推荐为委托南环铁路公司代管。

分区一场站配套新建到发线、牵出线各一条，线路从分区一场东咽喉 4

道引出，线路向西分别跨过十二环支路、南港六街后引入电厂，并设电厂站一座。本专用线满足列车整列停靠，电厂站设 4 条卸车线，卸车线有效长 500m。到达电厂站重车考虑由调车机车从分区一场整列牵出至牵出线，然后推送至电厂站重车线，分别解编到两条重车线上。卸车完成后，调车机车从 2 个空车线上将空车牵出，并组成整列空车，然后推送到分区一场到发线。

本部分最终以铁路设计院的《电厂铁路专用线可行性研究报告》为准。

### 5.2.2 公路运输

南港工业区规划三条对外高速公路通道，分别为海滨高速、津石高速和南港高速，形成“两横一纵”的对外集疏运公路格局，相互交叉口设置互通式立交。

规划城市道路系统由快速路、主干路和次干路三级构成，形成“四横四纵”为主的干路系统。“四横”为创业路、红旗路、创新路和南堤路；“四纵”为汉港快速路（津岐路）、西中环延长线、海防路、海港路。次干路承担联系内部各产业功能组团之间的交通联系功能。

厂址北侧为十二环支路，东侧为南港六街，南侧为港云路，西侧为南港四街，十二环支路与南港六街规划为立交形式，南港六街上穿十二环支路与北部红旗路引接，电厂对外连接道路拟从港云路、南港四街引接。

### 5.2.3 水路运输

南港工业区未来承担港口吞吐量约 2 亿吨，其中主要发展煤炭 1.4 亿吨，通过港口中转消耗，实际进入公路、铁路系统集疏的运量为 1.7 亿吨，其中：铁路承担 79%的运量，约 1.35 亿吨；公路承担 21%的运量，约 3500 万吨。届时，来自世界各地的散货、石油化工原料都可以从南港工业区进入，不仅满足区内化工产企业的需求，还将辐射周边，形成国际性的航运中心和物流中心。

### 5.2.4 航空运输

厂址西北约 47km 为天津滨海国际机场，位于天津东丽区，是中国主要的航空货运中心之一。机场 2010 年进行二期扩建工程，2013 年竣工。建成后的天津机场可满足 2020 年 2500 万人次旅客吞吐量的需求，京津城际高铁和 3 条地铁将引进机场。机场现有航站楼 2.5 万平方米，货库 2.95 万平方米，跑道长 3600 米，飞行区等级 4E 级，可满足各类大型飞机全载起降。

厂区北侧约 18km 为天津塘沽机场，坐落于塘沽驴驹河附近，是国家农业部 5 个农牧航空定点站之一，也是中国华北地区第一个主要用于农业作业的机场。飞机除满足必要情况下农林航空植保需要外，平时还将为跳伞运动、航拍、飞行员培训等服务。

#### 5.2.5 大件设备运输条件

大件设备运输拟采用铁路、公路、水路联合运输的方式。运输线路初步考虑由设备产地经国内铁路网运至南港铁路南港编组站，然后通过南港工业区内道路运输至电厂，公路运输里程约 4.5km；或由设备产地经水路运输至天津南港码头，然后通过南港工业区内道路运输至电厂，公路运输里程约 2km。

最终的大件运输方案以本工程《大件设备运输可行性研究专题报告》为准。

### 5.3 水文及气象

#### 5.3.1 水文条件

厂址附近区域地形总体较平坦，厂区内部四周较高、中间略低，自然地面高程在 3.40~3.80m（1972 年天津市大沽高程系 2008 年高程，本节下同）之间。据调查厂址区域原为养虾池，现已回填为荒地。厂址区域东约 3~4km 临渤海湾，西北约 7km 临独流减河入海口，西南约 5km 有青静黄排水渠和沙井子行洪道，可能影响厂址的主要水文因素包括渤海湾的海洋潮水，厂址北侧排涝景观河道和区域内涝，下文将从工程区水文条件及南港工业区防洪体系、排涝规划等情况详细论述厂址区域水文情势。

##### 5.3.1.1 海洋水文情势

##### （1）潮汐类型

本海区潮汐类型为不规则半日潮型，其  $(H_{01}+HK1)/HM2=0.53$ 。

##### （2）潮位特征值

表 5.3.1-1 南港工业区附近海区各潮位特征值表

| 特征水位   | 水位值 (m) |
|--------|---------|
| 平均高潮位  | 2.76    |
| 平均低潮位  | 0.50    |
| 天文最高潮位 | 3.54    |

| 特征水位          | 水位值 (m) |
|---------------|---------|
| 天文最低潮位        | -0.71   |
| 实测极值增水        | 2.49    |
| 实测极值减水        | -2.44   |
| 200 年一遇高潮位    | 5.19    |
| 200 年一遇低潮位    | -2.47   |
| 200 年一遇增水     | 2.74    |
| 200 年一遇减水     | -2.90   |
| 可能最大台风风暴潮增水   | 3.60    |
| 可能最大温带气旋风暴潮增水 | 3.30    |
| 可能最大温带气旋风暴潮减水 | -3.70   |

### (3) 海洋水文结论

根据南港工业区一期控制性详细规划，工业园区设计防潮标准为 200 年一遇。根据现场踏勘，工业园区配套的防潮堤已修建完毕。因此可不考虑海洋洪水对厂址的影响。

#### 5.3.1.2 陆域水文情势

根据对大清河系防洪体系和运行调度方式的分析，大清河系现状防洪标准为 50 年一遇；当发生超标准洪水时，将充分利用独流减河排洪能力和蓄滞洪区进行分洪；当发生超 100 年一遇时，将相机运用大港沙井子行洪道进行分洪。

据收资了解，南港工业区规划用地占用了一部分沙井子行洪通道，后经协调将沙井子北防洪堤进行了南移，目前方案刚获得批复，尚未实施。

因此，现状条件下，厂址可能受到大清河系 100 年一遇洪水影响。

本工程位于天津南港工业区内，根据南港工业区一期控制性详细规划，将采用如下防洪措施：

- (1) 在独流减河和青静黄排水河沿岸建设标准为 100 年一遇的防洪堤。
- (2) 在南港工业区东部和南部建设标准为 200 年一遇的防潮堤。
- (3) 在北部 1.5~2.0km 处的港池航道边缘设置防波堤。

目前南港工业区防洪规划已基本实施完成，厂址处陆域洪水防洪标准达到 100 年一遇，对海域洪水的防护达到 200 年一遇标准。因此可不考虑外部洪水对厂址的影响。

#### 5.3.1.3 内涝水位

根据工业区雨水规划，厂址排涝标准为 2 年一遇，超过 2 年一遇降雨即可能产生内涝。根据现场调查，工业区内近年来未发生过成片的内涝积水问题，仅在局部区域地势稍低处产生小面积积水，水深 20cm 左右。考虑到工业区无外水进入，厂区涝水来源于工业区内部降雨。厂址区域附近无地形差异，因此工业区内降雨产生的内涝按在工业区内平铺考虑。厂址北侧景观河道两岸无堤防，河岸与道路平齐，当河道满槽后也可岸平铺考虑；且景观河道与厂址有铁路和二十环支路阻隔，故可不考虑景观河道对厂址的影响。根据塘沽气象站和工农兵闸资料分析，该区域 2 年一遇 24h 最大降雨为 92.4mm，100 年一遇 24h 最大降雨为 423.6mm。根据当地降雨径流关系分析得到厂址处内涝水深为 0.26m。

厂址周围路面高程为 3.80~3.98m 之间，略有起伏，无明显坡度，平均高程约 3.90m。厂址附近工业园区尚未开发建设，后期规划建设标高不明确。综合考虑，建议厂址处 100 年一遇内涝水位取 4.20m。

#### 5.3.1.4 厂址排水方向

经向南港工业区管委会收资，厂址排水可就近接入工业区雨水排水系统，经厂址西北侧泵站排入北侧景观河道。

#### 5.3.1.5 水文结论

厂址位于天津市滨海新区南港工业区内，附近区域地形总体较平坦，厂区内四周较高、中间略低，自然地面高程在 3.40~3.80m 之间。厂址区域东约 3~4km 临渤海湾，西北约 7km 临独流减河入海口，西南约 5km 有青静黄排水渠和沙井子行洪道。根据南港工业区一期控制性详细规划，采用如下防洪措施：在独流减河和青静黄排水河沿岸建设标准为 100 年一遇的防洪堤；在南港工业区东部和南部建设标准为 200 年一遇的防潮堤。工业园区防洪规划已基本完成，厂址处陆域洪水防洪标准已经达到 100 年一遇，对海域风暴潮的防护达到 200 年一遇标准。根据工程区水文条件和南港工业区防洪体系，经综合分析，厂址可不考虑海洋洪水和陆域洪水的影响。根据工业区雨水排

水规划和厂址周边地形、道路等综合分析，厂址处 100 年一遇内涝水位为 4.20m。经向南港工业区管委会收资，厂址排水可就近接入工业区雨水排水系统，经厂址西北侧泵站排入北侧景观河道。

5.3.2 工程气象

5.3.2.1 厂址区域气候特征

大港地区属于暖温带半湿润大陆性季风气候，基本特点：冬寒夏热，四季分明，降水集中，日照充足，季风显著，春季多风少雨，夏季高温多雨，秋季冷暖适宜，冬季雨雪稀少。

5.3.2.2 气象代表站的选择

距离厂址区域较近的气象站有大港气象站和塘沽气象站。大港气象站位于天津市大港区世纪大道南凯旋街东，为国家一般站；东南距厂址约 19km，地理坐标 38° 51′ N、117° 28′ E，观测场海拔高度 2.20m，风速感应器高度 10.5m，该站于 1986 年设站后，观测至今；2003 年曾迁站，但位置变化不大，海拔高度相差不大，资料可以被合并使用。天津市塘沽气象站位于天津市塘沽新港“滨海”，为国家基本站；南距厂址约 30km，地理坐标 38° 59′ N、117° 43′ E，观测场海拔高度 5.40m，风速感应器高度 10.5m，该站于 1951 年设站后，观测至今；自 1951-1980 年曾三次迁站，但位置变化不大，海拔高度相差不大，资料可以被合并使用。

大港气象站和塘沽气象站均距离厂址较近，均位于渤海海滨，区间地势平坦，无高大障碍物阻隔，同属一个气候区，下垫面条件基本一致；工程区域距海边 3~4km，大港气象站距海边 13km，塘沽气象站距海边 6~7km，塘沽气象站更靠近海边；经分析塘沽气象站对厂址的代表性更好，且该气象站为国家基本站，资料齐全，因此本工程推荐选择塘沽气象站为气象代表站。

5.3.2.3 气象要素特征值

据对天津市塘沽气象站自建站~2014 年实测资料进行的统计计算（特殊说明者除外），有关气象要素年值统计详见表 5.3.2-1；月值统计见表 5.3.2-2。

表 4.3.2-1 塘沽站气象要素年值统计表

| 项 目 | 单位 | 统计值 | 系列 |
|-----|----|-----|----|
|-----|----|-----|----|

| 项 目             | 单位  | 统计值    | 系列                             |
|-----------------|-----|--------|--------------------------------|
| 累年年平均气温         | ℃   | 13.1   | 1985～2014 年                    |
| 极端最高气温          |     | 40.9   | 1999 年 7 月 24 日                |
| 极端最低气温          |     | -18.4  | 2010 年 1 月 6 日                 |
| 累年年平均气压         | hPa | 1016.1 | 1985～2014 年                    |
| 累年极端最高气压        |     | 1048.1 | 2006 年 2 月 3 日                 |
| 累年极端最低气压        |     | 983.4  | 1972 年 7 月 27 日                |
| 累年年平均蒸发量        | mm  | 1870.8 | 1985～2014 年                    |
| 累年最大蒸发量         |     | 2507.9 | 1951～2007 年                    |
| 累年最小蒸发量         |     | 1538.6 | 1951～2007 年                    |
| 累年年平均降水量        | mm  | 546    | 1985～2014 年                    |
| 累年最大降水量         |     | 1080.7 | 1964 年                         |
| 累年最小降水量         |     | 277.3  | 1968 年                         |
| 累年 1d 最大降水量     |     | 266.2  | 1984 年 8 月 9 日                 |
| 累年 1h 最大降水量     |     | 101.0  | 1987 年 8 月 26 日                |
| 累年 20min 最大降水量  |     | 50.0   | 1987 年 8 月 26 日                |
| 累年 10min 最大降水量  |     | 30.0   | 1999 年 6 月 22 日                |
| 累年最大 1 次降水量及历时  |     | 269.5  | 降水历时 4d 1984 年 8 月 7～10 日      |
| 累年最长 1 次降水日数及雨量 | d   | 7      | 降雨量 233.0mm 1978 年 7 月 22～29 日 |
| 累年平均相对湿度        | %   | 60     | 1985～2014 年                    |
| 累年最大相对湿度        |     | 100    | 2003 年 2 月 8 日                 |
| 累年最小相对湿度        |     | 0      | 2000 年 4 月 6 日                 |
| 累年平均风速          | m/s | 3.6    | 1985～2014 年                    |
| 累年最大风速          |     | 27.0   | WNW 1986 年 1 月 3 日             |
| 累年最大瞬时风速        |     | 52.7   | N 1986 年 7 月 9 日               |
| 累年最大积雪厚度        | cm  | 27     | 1984 年 1 月 4 日                 |
| 累年最大冻土深度        | cm  | 60     | 1977 年 2 月 10 日                |

| 项 目       | 单位 | 统计值    | 系列          |
|-----------|----|--------|-------------|
| 累年平均大风日数  | d  | 48     | 1951~2007 年 |
| 累年最多大风日数  | d  | 78     | 1996 年      |
| 累年平均雷暴日数  | d  | 27     | 1951~2007 年 |
| 累年最多雷暴日数  | d  | 41     | 1991 年      |
| 累年平均沙尘暴日数 | d  | 0.4    | 1951~2007 年 |
| 累年最多沙尘暴日数 | d  | 3      | 1993 年      |
| 累年年日照时数   | h  | 2518.5 | 1981-2010 年 |
| 累年年日照百分率  | %  | 57     | 1981-2010 年 |

表 5.3.2-2 塘沽气象站气象要素多年逐月月值统计表（1985-2014）

| 月份<br>项目        |    | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     |
|-----------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 气温<br>(℃)       | 最高 | 12.9   | 17.1   | 28.8   | 33.1   | 39.3   | 38.5   | 40.9   | 37.4   | 35.4   | 31.0   | 21.7   | 14.0   |
|                 | 平均 | -2.8   | 0.1    | 6.1    | 13.9   | 20.0   | 24.3   | 26.9   | 26.4   | 22.0   | 15.1   | 6.2    | -0.6   |
|                 | 最低 | -18.4  | -14.0  | -8.2   | 0.5    | 7.0    | 10.6   | 16.3   | 15.3   | 9.4    | -2.5   | -8.4   | -14.3  |
| 气压<br>(hPa)     | 最高 | 1047.3 | 1048.1 | 1040.9 | 1032.9 | 1027.7 | 1019.5 | 1015.1 | 1019.8 | 1029.8 | 1041.6 | 1045.1 | 1046.2 |
|                 | 平均 | 1027.5 | 1025.0 | 1020.1 | 1013.3 | 1008.8 | 1004.6 | 1003.0 | 1007.0 | 1013.9 | 1019.8 | 1023.6 | 1027.1 |
|                 | 最低 | 1023.0 | 1019.0 | 1014.8 | 1010.2 | 1005.5 | 1001.2 | 1000.6 | 1004.1 | 1012.3 | 1016.9 | 1020.3 | 1020.1 |
| 相对<br>湿度<br>(%) | 平均 | 56     | 55     | 52     | 52     | 56     | 66     | 74     | 73     | 66     | 60     | 58     | 56     |
|                 | 最低 | 0      | 1      | 0      | 0      | 2      | 6      | 12     | 13     | 11     | 7      | 7      | 8      |
| 降水量<br>(mm)     | 最大 | 18.8   | 25.0   | 60.0   | 53.4   | 125.1  | 159.2  | 330.0  | 423.4  | 166.4  | 106.3  | 46.5   | 12.5   |
|                 | 平均 | 3.1    | 5.4    | 7.7    | 19.9   | 43.1   | 75.1   | 153.5  | 141.2  | 52.2   | 30.2   | 10.8   | 3.3    |
|                 | 最小 | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 2.7    | 0.9    | 9.7    | 13.7   | 38.6   | 1.2    | 2.0    | 0.0    | 0.0    |
| 蒸发量<br>(mm)     | 最大 | 136.0  | 146.8  | 237.0  | 324.8  | 430.2  | 404.7  | 488.6  | 481.6  | 333.0  | 325.0  | 147.0  | 153.0  |
|                 | 平均 | 67.4   | 77.5   | 146.7  | 190.2  | 242.0  | 227.1  | 233.1  | 226.1  | 173.4  | 135.2  | 89.1   | 63.0   |
|                 | 最小 | 37.0   | 46.7   | 91.7   | 110.2  | 122.5  | 96.4   | 101.5  | 87.4   | 77.0   | 60.1   | 56.0   | 40.7   |

| 月份<br>项目    |    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 风速<br>(m/s) | 平均 | 3.3  | 3.5  | 4.1  | 4.5  | 4.3  | 3.8  | 3.4  | 3.0  | 3.1  | 3.2  | 3.3  | 3.2  |
|             | 最大 | 27.0 | 20.0 | 22.0 | 23.0 | 22.7 | 20.0 | 22.0 | 18.0 | 20.3 | 20.0 | 19.3 | 15.7 |

#### 5.3.2.4 风向频率玫瑰图

通过统计天津市塘沽气象站多年风向资料，统计得天津市塘沽气象站全年、夏季、冬季风向玫瑰图详见图 5.3.2-1~3。

根据统计成果：塘沽区气象站全年主导风向为 NW 方向、夏季主导风向为 SE、冬季的主导风向 NW。

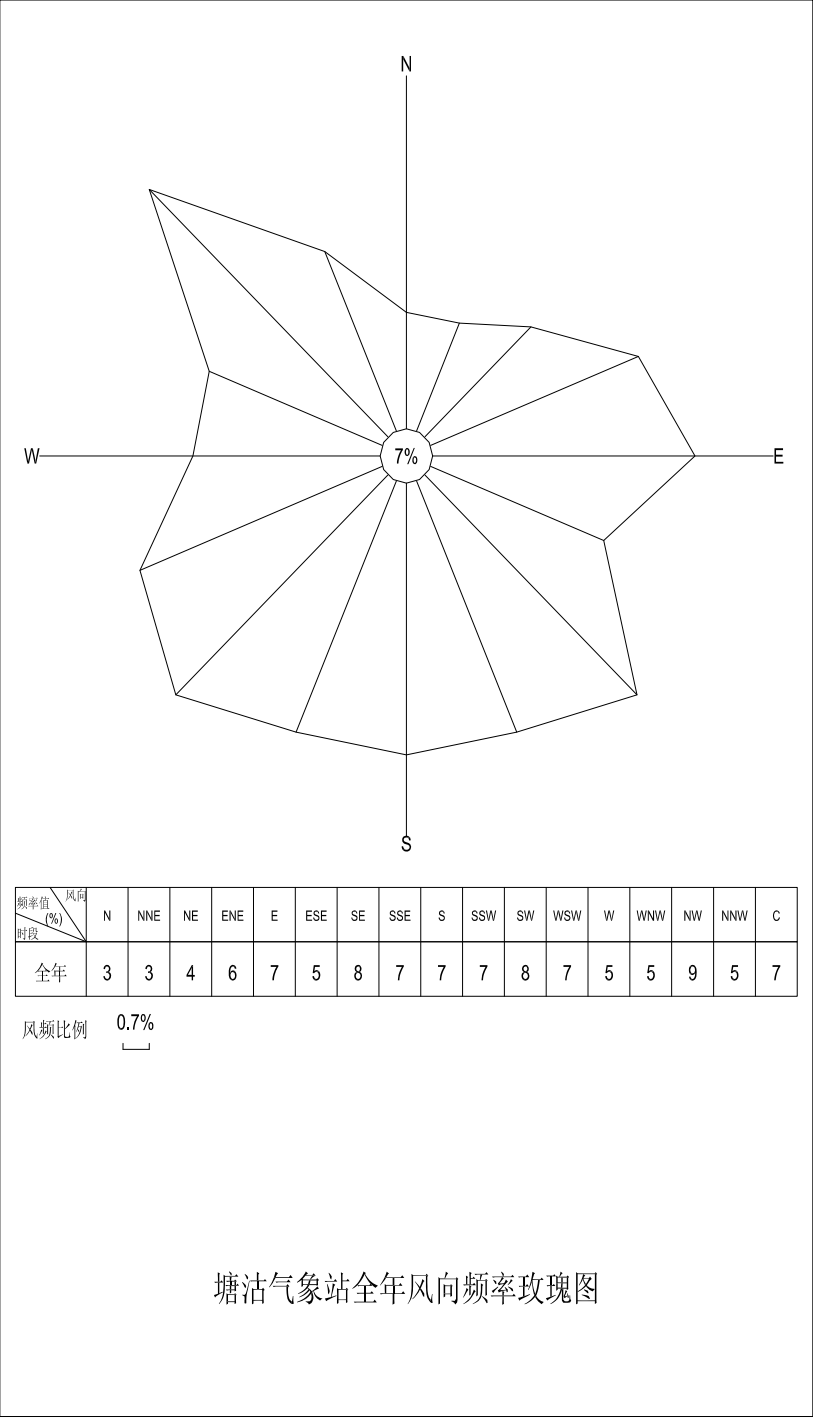


图 5.3.2-1 塘沽气象站全年风向频率玫瑰图

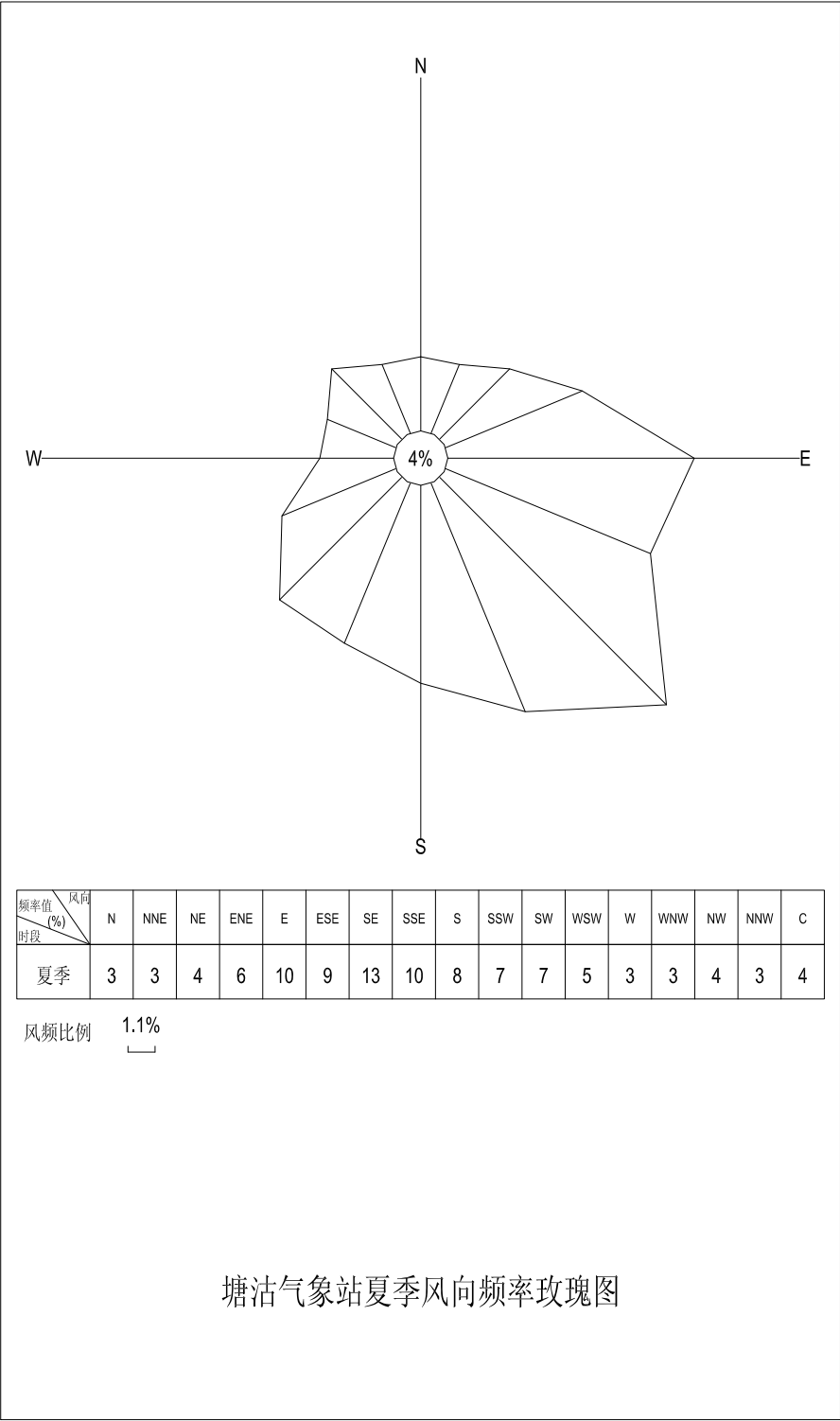


图 5.3.2-2 塘沽气象站夏季风向频率玫瑰图

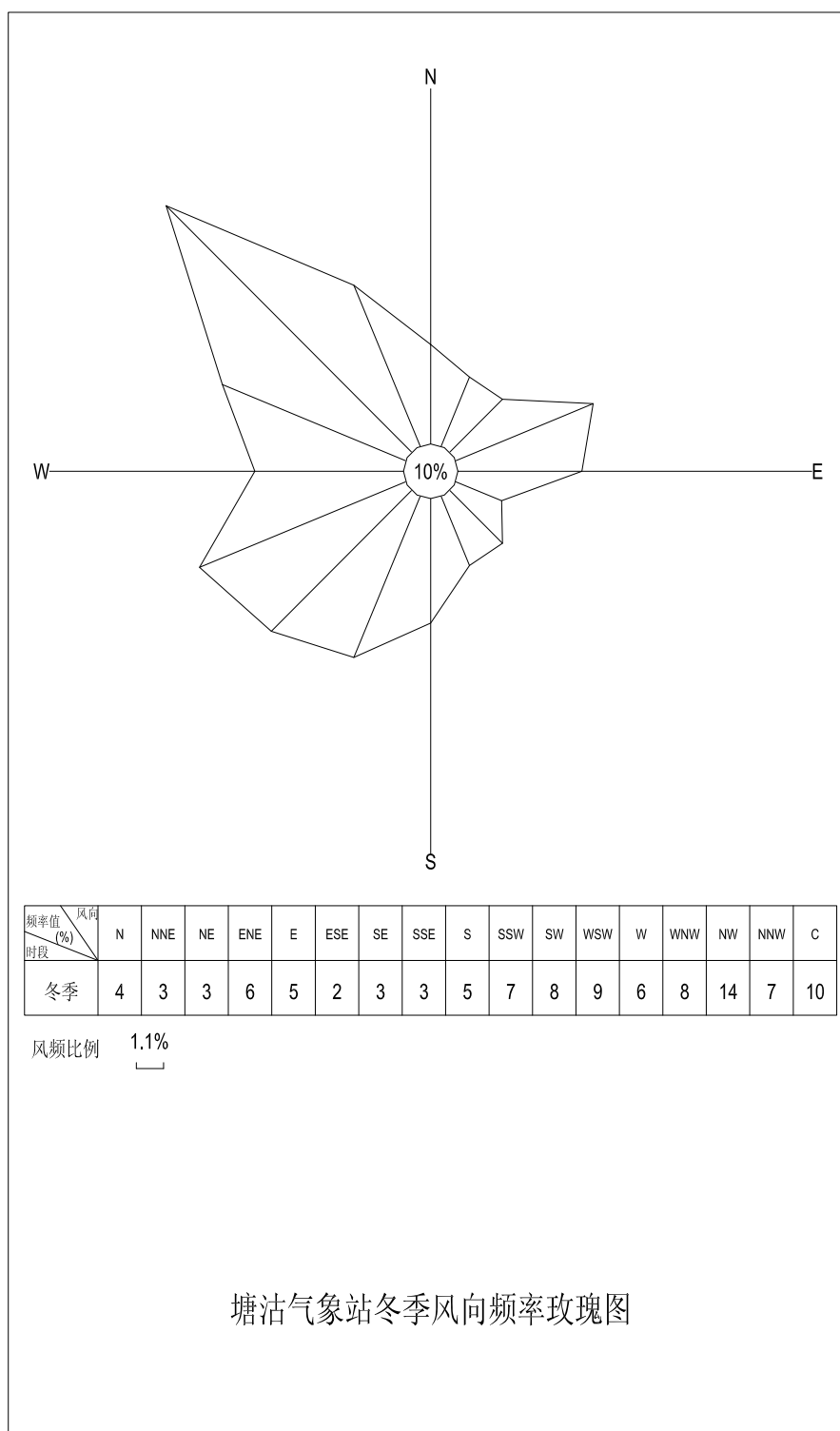


图 5.3.2-3 塘沽气象站冬季风向频率玫瑰图

#### 5.3.2.4 累积频率 10%气象条件

通过对天津塘沽气象站 2010-2014 年最近五年夏季（6、7、8 月）湿球温度进行统计计算，求得频率为 10%的日平均湿球温度为 25.0℃，相对应各

气象条件见下表 5.3.2-3。

表 5.3.2-3 塘沽气象站累积频率 10%湿球气象条件

| 发生日期       | 湿球温度<br>(℃) | 干球温度<br>(℃) | 大气压力<br>(hPa) | 相对湿度<br>(%) | 平均风速<br>(m/s) |
|------------|-------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| 2011.07.28 | 25.0        | 28.1        | 1005.4        | 77          | 1.9           |
| 2011.07.31 | 25.0        | 28.8        | 1003.6        | 73          | 2.4           |
| 2011.08.15 | 25.0        | 27.1        | 1001.8        | 83          | 2.4           |
| 2012.07.29 | 25.0        | 30.8        | 998.7         | 63          | 2.2           |

#### 5.3.2.5 设计风速

根据大港气象站 1986-2014 实测最大风速资料系列进行频率计算，参考《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)塘沽气象站重现期为 50 年和 100 年的风压值，同时考虑附近工程运行经验，经综合分析，厂址处 50 年一遇离地面 10m 高处 10 分钟平均最大风速为 29.66m/s，相应风压为  $0.55\text{kN/m}^2$ 。

#### 5.3.2.6 最大积雪深度和设计雪压

根据塘沽气象站 1951~2014 年共 64 年实测最大积雪深度系列资料，使用 P-III 型频率曲线法和耿贝尔适线法等两种方法进行分析计算得 50 年一遇和 100 年一遇最大积雪深度分别为 27.5cm 和 32.3cm，计算得 50 年一遇和 100 年一遇设计雪压分别为  $0.35\text{kN/m}^2$  和  $0.41\text{kN/m}^2$ 。

查《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012)“全国各城市的雪压、风压和基本气温”表，塘沽气象站 50 年一遇和 100 年一遇设计雪压分别为  $0.35\text{kN/m}^2$  和  $0.40\text{kN/m}^2$ 。

两种方法计算结果基本一致。经综合分析，厂址区域设计雪压直接采用塘沽气象站多年实测值计算成果，即厂址区域 50 年一遇和 100 年一遇设计雪压分别取  $0.35\text{kN/m}^2$  和  $0.41\text{kN/m}^2$ 。

#### 5.3.2.7 设计极端最低气温

根据塘沽气象站 1951~2014 年共 64 年历年极端最低气温资料，分别采用 P~III 型和耿贝尔两种频率曲线分析，得 30 年一遇设计极端最低气温分别为  $-17.58^\circ\text{C}$ 、 $-17.54^\circ\text{C}$ 。建议取 P~III 型计算结果，即 30 年一遇设计极端最

低气温为-17.58℃。

#### 5.3.2.8 地区短历时暴雨强度公式

本厂址区域内无暴雨强度公式，可参考采用天津市公式：

$$q = \frac{3833.34(1+0.85\lg P)}{(t+17)^{0.85}}$$

其中：q —暴雨强度，单位为 L/（s·ha）；

P —设计降雨的重现期，单位 a；

t —设计降雨历时，单位 min。

#### 5.4 水源

设计取水最大规模为 2946m<sup>3</sup>/h，年取水量 2209.5 万 m<sup>3</sup>；其中生产取水规模为 2941m<sup>3</sup>/h，年取水量约为 2205.75 万 m<sup>3</sup>；生活取水规模为 5m<sup>3</sup>/h，年取水量为 4 万 m<sup>3</sup>。生产用水接自与本工程相邻的先达（天津）海水资源开发有限公司，处理后的淡化水由专用管道送入厂区。

本项目已委托天津市水利勘测设计院编制了《天津华电南港热电工程水资源论证报告书》，并通过了天津市水务局组织的专家评审。

##### 5.4.1 水源选择

天津市城市供水工程主要有调水工程、地下水供水工程、海水淡化及再生水工程。根据区域水资源开发利用现状分析，天津市现状供水总量为 26.18 亿 m<sup>3</sup>，其中供水水源主要为地表水，供水量为 18 亿 m<sup>3</sup>，占总供水量的 69%；污水处理回用量为 2.44 亿 m<sup>3</sup>，占总供水量的 9%，其中深度处理的污水回用量为 0.30 亿 m<sup>3</sup>；海水淡化供水量 0.37 亿 m<sup>3</sup>，仅占总供水量的 1%。现状地表水用量较大，而再生水、淡化海水等非常规水利用率较低。

由于天津濒临渤海，具有利用海水淡化的有利条件；2014 年天津市共有 3 座正在运营的海水淡化厂，均位于滨海新区，淡化海水总产水能力 21 万 m<sup>3</sup>/日，海水淡化总供水量 0.3654 亿 m<sup>3</sup>。

依据《天津市供水规划(2011-2020 年)》(天津市人民政府津政函[2014]13 号)成果，预测 2020 年淡化海水生产能力达到 98 万吨/日，年可供淡水量 2.98 亿 m<sup>3</sup>，其中南港工业区海水淡化厂（20 万吨/日）。

依据《天津市水务发展“十三五”规划（征求意见稿）》，海水淡化发展的基本原则为：规划到 2020 年适度发展海水淡化，重点消化现状产能，主

要用于滨海新区沿海高耗水产业，工业直用为主，部分进入城市管网用于城镇生活。

因此项目所在区域的海水淡化利用仍有较大潜力，符合区域开发利用政策。根据国家发改委提出的“在北方缺水地区、新建、扩建电厂禁止取用地下水，严格控制使用地表水”的要求，并考虑南港热电厂工程所在位置水源情况，本工程考虑利用恩那社先达（天津）海水资源开发有限公司提供的海水淡化水作为生产用水水源。

#### 5.4.2 取水水源论证

##### 5.4.2.1 生产用水取水水源的可靠性和可行性

###### （1）先达一体化项目概况

恩纳社集团成立于 1981 年，总部位于马来西亚吉隆坡，是马来西亚第一家通过 ISO9001 认证的专业水处理公司。先达（天津）海水资源开发有限公司于 2012 年 8 月 14 日在天津经济技术开发区注册成立，是恩纳社集团的全资子公司。

恩纳社已与南港工业区开发有限公司签订协议，由恩纳社负责建设南港工业区海水淡化与工业制盐一体化项目，位于南港工业区公用工程岛内，南港工业区东防波堤外侧，红旗路东沿线位置处，厂址与东侧的南港热电项目厂址邻接。项目在南港工业区东防波堤外设取水口及取水泵房。

###### （2）可靠性分析

###### 1) 水量可靠性分析

恩纳社项目的原海水取自渤海湾，项目由陆域厂区、海域取水工程和两者之间的输水工程组成。为保证原海水供应的稳定性，先达公司在取水工程的设计阶段已通过海域现场水文测验、波浪观测、潮流观测以及大量资料分析取得基础设计参数，并通过大量计算及数模将项目运行时的风险因素等考虑在取水结构设计中。

恩纳社一期总规模为工业水  $25.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ，其中一期第一阶段海水淡化生产规模为淡化水（ $6.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ），全年生产 365 天，每天 24 小时，全年有效生产时间 8760 小时，全年可供水量为  $2373 \text{ 万 m}^3$ ；全部供给华电南港工程，可满足热电厂小时取水量  $3074 \text{ m}^3/\text{h}$ 、每年  $2306 \text{ 万 m}^3$  的生产用水需求。

海水淡化项目还将视南港工业区的发展和南港热电工程的进度适时扩

建，淡化海水量是有保证的。

## 2) 水质可靠性分析

淡化水厂设计采用先进的生产工艺，设计出水水质可以满足工业用水水质要求。针对海水水质因风暴潮导致的变化，采取如下措施：

①在得到风暴潮预警提前取海水入库蓄水，为一体化项目提供稳定的水源；

②海水可在沉沙池里进行沉淀，入库含沙海水中的泥沙在水库中沉降，降低海水浊度及悬浮物；

③设置在水库中的海水净化设施可连续不间断的进行净化降低海水浊度及悬浮物；

④海水净化设施包括 SMF 池、净化水池和电解制氯系统，可定期为海水加氯，以抑制海水中微生物和水生植物的生长。

因此，淡化海水的取水水量、水质可靠。

## (3) 可行性分析

海水淡化在国外众多的应用事例和国内淡化装置的运行情况均证明其技术是可靠的。淡化海水具有水量有保证、水质相对稳定、可就地取用，和其他水资源相比较，淡化海水不受气候、季节等的影响，水源稳定可靠，保证率高，不与其他用水户发生矛盾。

本项目利用海水淡化来解决电厂用水问题，不仅符合我国关于沿海地区积极利用海水淡化的产业政策，缓解淡水资源匮乏的问题，节约有限的淡水资源，保证当地居民和工业用户的淡水需求，支持当地经济的可持续发展，具有良好的社会效益，前景十分广阔。

因此，本工程取水是可行的。

### 5.4.2 生活用水取水水源论证

根据《天津南港工业区规划水资源论证报告》对南港工业区水资源供需状况分析，规划南港工业区用水近期主要依靠外调引滦水，海水淡化厂投产后生产用水主水源为淡化海水和部分引滦水；南水北调中线大港支线建成通水后生产用水增加引江水；2020 年生产主水源为淡化海水、引滦水、引江水和再生水。

根据《天津市南港工业区供水专项规划修编（2013-2020 年）》成果，南港

工业区遵循分质供水原则，结合用户对供水水质的不同需求，区内供水管网包括饮用水管网（引滦水）、一般工业水管网（大港水厂出水、海水淡化水、优质再生水）和低质再生水管网。南港饮用水供水管由南港输配水中心引出三根 DN500 的供水管分别向南港工业区供水，饮用水管围南港规划用水单位布置成环状，局部由枝状连接，供整个工业区用水。

因此，南港热电厂自来水取水量仅为 0.01 万 m<sup>3</sup>/d，取水量极小，且属于生活用水范畴，取水符合水资源配置要求，取水是可以保障的。

#### 5.4.3 取水水源结论

综合上述分析，本项目采用二次循环供水系统，生产用水接自与本热电厂相邻的先达（天津）海水资源开发有限公司，处理后的淡化海水由专用管道送入厂区，工程生产和生活用水水源的可行性和可靠性是有保证的。

业主单位已与先达（天津）海水资源开发有限公司签订用水协议。

### 5.5 地震、地质及岩土工程

#### 5.5.1 厂址稳定性

##### 5.5.1.1 大地构造概况及区域地层

天津地区位于 I 级构造单元华北准地台北缘，以宝坻—蓟运河断裂为界，北区和南区地质构造特征具有明显的差异。北区属于 II 级构造单元燕山台褶带，南区属于 II 级构造单元华北断拗，是中、新生代断陷、拗陷盆地，中生代断陷和新生代断陷虽有一定的继承关系，但也有不一致性。构造单元划分和地层展布是密切相关的，本区构造单元划分主要以中、新生代构造为依据，结合古近系的分布进行划分。II 级构造单元以宝坻—蓟运河断裂为界；III 级构造单元以沧东断裂、杨柳青断裂等为界。

黄骅拗陷位于沧县隆起之东，其东入渤海与埕宁隆起为邻，北以宁河—宝坻断裂与燕山台褶带分界。基底由太古宇，中上元古界、古生界、中生界组成，缺失下马岭组。盖层主要由新生界组成，沉积厚度最大可达 7100 米，为陆相碎屑岩，并伴有基性玄武岩喷发。黄骅拗陷（天津段）划分为宁河凸起、北塘凹陷、板桥凹陷、港西凸起和歧口凹陷五个四级构造单元。天津滨海新区大部分地区处于黄骅拗陷（III<sub>2</sub>），详细情况如下：

（1）宁河凸起（IV<sub>12</sub>）包括西河凸起，位于黄骅拗陷北段，其南以汉沽断裂与北塘凹陷分界。由古生界和中生界（包括下中三叠系）组成，新生界

沉积厚度约 4500 米。

(2) 北塘凹陷 (IV13): 位于宁河凸起之南, 其南以海河断裂与板桥凹陷分界, 由古生界和中生界 (缺失下中三叠系) 组成, 新生界厚达 5000 米。

(3) 板桥凹陷 (IV14): 北以海河断裂与北塘凹陷为邻, 西以沧东断裂与双窑凸起为界, 由古生界和中生界组成, 新生界厚度达 5000 余米。

(4) 港西凸起 (IV15): 北以海河断裂与北塘凹陷为邻, 以西与板桥凹陷为邻, 以东与歧口凹陷为界, 由古生界、中生界以及中新元古界组成, 新生界厚度达 3000 余米。

(5) 歧口凹陷 (IV16): 位于板桥凹陷之东南, 其南以扣村羊三木断裂与孔店凹陷为界, 由古生界和中生界组成, 新生界沉积层厚达 7000 米。据地层差异, 可分为北大港、南大港、羊二庄三个断块。

拟建厂址处于歧口凹陷的北部, 详见图 5.5.1.1 地质构造单元分区示意图。



图 5.5.1.1 地质构造单元分区示意图

### 5.5.1.2 近厂区的断裂及其活动性

近拟建厂区范围内断裂构造不发育（图 5.5.1.1），其构造格架主要受控于不同方向、不同发展历史、不同运动性质的断裂构造，近拟建厂区主要有北东，北西西—北西二组断裂。下面对拟建厂区范围内的主要断裂及断裂带分述如下：

沧东断裂带：总体走向北东，西侧上升，东侧下降，北起宁河，经军粮城、葛沽，再经胡连庄、徐庄子进入河北省。该断裂下切深度大于 10 公里，属继承性全新活动的深断裂。该断裂距离拟建厂址约 24 公里。

海河断裂：该断裂位于海河下游，经由塘沽、葛沽、天津市区至双口一线，其走向在海河下游段为北西西向，经市区转为北西向，倾向南西，具剪切性质，往东延入渤海，据重力和大地电磁测深资料，断层切割深度大于 10km，根据地震剖面和地震活动资料，海河断裂带东段属全新世活动断裂。该断裂距离拟建厂址约 34 公里。

根据对场地所处区域的断裂活动、地震活动等综合分析，《火力发电厂岩土工程勘察规范》（GB/T51031-2014）“6.1 活动断裂”的要求对拟建厂址稳定性进行评价。

由于拟建场地附近的全新活动断裂距离场地较远，所以拟建场地处于相对稳定区，适宜建厂。

## 5.5.2 厂址工程地质条件

### 5.5.2.1 地形、地貌

整个大港区的陆域部分地形平坦开阔，全部为平缓的滩涂和盐碱地。海域部分滩涂资源极为丰富，海上 0 米等深线离海岸线约 5km；-1 米等深线离海岸线 6~7km；-2 米等深线离海岸线 8~9km；-5 米等深线距离海岸线 15~16km。

近海域是典型的淤泥质海岸，岸滩坡降平缓，岸线稳定。

拟建场地是在上述滩涂和盐碱地上回填而成，地形平坦。勘察时，除沿场地北侧分布堆积因修建道路堆积的挖方土外，其它地段地势较平坦，各钻孔处孔口标高介于 3.48~4.34m 之间，相对高差 0.86m。另外，地表分布较多地表水，一般深度 0.2m 至 0.6m。

### 5.5.2.2 地层结构

根据现场勘探,该场地埋深 45.00m 范围内,场地揭露地层主要为第四系人工填土层 ( $Q_{4ml}$ )、全新统中组海相沉积层 ( $Q_4^2m$ )、全新统下组陆相冲积层 ( $Q_4^1al$ )、上更新统第五组陆相冲积层 ( $Q_3^eal$ )、上更新统第四组滨海-潮汐带相沉积层 ( $Q_3^eme$ ) 等构成,岩性主要有素填土、淤泥质黏土、粉质黏土、黏土、粉土和粉砂夹粉土等。

(1)人工填土层 ( $Q_{4ml}$ )

素填土,褐灰~灰色,主要由粉质黏土、黏土组成,底部夹淤泥质土,呈软塑状态,松散。该层厚度一般为 1.00~2.00m,层底埋深 1.00~2.00m,相应层底高程为 1.69~2.56m。该层全场地均有分布,人工填土填垫年限小于十年。

(2)全新统中组海相沉积层 ( $Q_4^2m$ )

⑥<sub>1</sub>淤泥质黏土:灰色,呈软塑~流塑状态,土质光滑细腻,无层理,含贝壳碎片,属高压缩性土。该层厚度一般为 2.80~3.90m,层底埋深 4.20~5.90m,相应层底高程为 1.81~-0.65m。该层全场地均有分布。

⑥<sub>2</sub>粉质黏土:灰色,呈软塑状态,有层理,含贝壳碎片,含粉土团,局部夹薄层粉土,属高压缩性土。该层厚度一般为 4.00~5.70m,层底埋深 9.50~10.30m,相应层底高程为-6.72~-5.66m。该层全场地均有分布。

⑥<sub>3</sub>粉质黏土:灰色,呈软塑状态,有层理,含贝壳碎片,夹多薄层粉土,属高压缩性土。该层厚度一般为 5.80~7.00m,层底埋深 15.80~16.70m,相应层底高程为-13.02~-12.20m。该层全场地均有分布。

⑥<sub>4</sub>粉土:灰色,呈中密状态,很湿。有层理,含贝壳碎片,属中压缩性土。局部夹粉质黏土透镜体。该层厚度一般为 1.20~2.60m,层底埋深 17.40~19.10m,相应层底高程为-15.60~-13.80m。该层全场地均有分布。

⑥<sub>5</sub>粉质黏土:灰~灰黄色,呈可塑状态,无层理,属中压缩性土。局部夹粉土透镜体。该层厚度一般为 1.30~3.20m,层底埋深 19.80~22.00m,相应层底高程为-18.42~-15.66m。该层全场地均有分布。

(3)全新统下组陆相冲积层 ( $Q_4^1al$ )

⑧<sub>1</sub>粉质黏土:灰黄~褐黄色,夹薄层粉土或粉土团,无层理,含铁锰质氧化物,可塑,属中等压缩性土。该层厚度一般为 3.70~7.20m,层底埋深 23.90~27.20m,相应层底高程为-23.40~-20.39m。该层全场地均有分布。

⑧<sub>2</sub>粉砂夹粉土：褐黄色，长石、石英质，分选性差，夹薄层粉土，局部表现为粉土夹薄层黏性土，无层理，密实，饱和，属低压缩性土。该层厚度一般为 4.00~6.20m，层底埋深 30.60~32.40m，相应层底高程为-28.66~-27.10m。该层全场地均有分布。

(4) 上更新统第五组陆相冲积层 ( $Q_3^{\circ}al$ )

⑨黏土：黄褐色~褐灰色，呈可塑状态，无层理，含少量贝壳碎片，属中压缩性土。该层厚度一般为 8.90~10.30m，层底埋深 40.70~41.80m，相应层底高程为-38.25~-36.76m。该层全场地均有分布。

(5) 上更新统第四组滨海-潮汐带相沉积层 ( $Q_3^{\circ}me$ )

⑩粉质黏土：褐黄色，含铁锰质氧化物，呈可塑状态，无层理，该层顶部局部夹薄层粉土，属中压缩性土。该层在本次勘察过程中未被揭穿，最大揭露厚度为 4.30m。

5.5.2.3 地下水条件及水的腐蚀性

根据本次勘测，稳定水位埋深 0.50~1.80m，相当于标高为 1.89~3.24m。

表层地下水属潜水类型，主要含水层为填土层，主要由大气降水补给，以蒸发形式排泄，地下水位随季节有所变化。一般年变幅在 0.50~1.00m 左右。

根据勘察期间地下水位观测值，并结合天津地区地下水位变化幅度及场地周围地面标高，该场地抗浮设计水位可按本场地室外整平地面标高减去 0.50m 考虑。

a. 地下水对混凝土结构的腐蚀性评价：按Ⅲ类环境，无干湿交替作用时，地下水对混凝土结构有弱腐蚀性，腐蚀介质为  $SO_4^{2-}$ ；有干湿交替作用时，地下水对混凝土结构有弱等蚀性，腐蚀介质为  $SO_4^{2-}$ ；按地层渗透性判定，地下水对混凝土结构有微腐蚀性。

b. 地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋的腐蚀性评价：在长期浸水作用时，地下水中  $Cl^-$  对钢筋混凝土结构中的钢筋具有腐蚀性，因  $Cl^-$  含量大于 20000mg/l，因此需对其腐蚀性做专门研究；在干湿交替作用时，地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋有强腐蚀性，腐蚀介质为  $Cl^-$ 。

5.5.2.4 地基土的物理力学性质指标

根据本阶段《岩土工程勘察报告》，地基土的物理力学性质指标建议值如下表：

表 5.5.2.4 地基土的物理力学性质指标建议值

| 推<br>荐<br>地<br>层 | 指<br>标<br>值 | 天然<br>含水率<br>W (%) | 重力<br>密度<br>γ<br>(kN/m³) | 天 然<br>孔 隙比<br>e <sub>o</sub> | 塑 性<br>指 数<br>I <sub>p</sub> | 液 性<br>指 数<br>I <sub>L</sub> | 直接快剪             |                  | 压 缩<br>系 数<br>a <sub>1-2</sub><br>(MPa <sup>-1</sup> ) | 压 缩<br>模 量<br>Es<br>(MPa) | 垂 直<br>渗 透<br>系 数 K <sub>v</sub><br>(cm/s) | 水 平<br>渗 透<br>系 数 k <sub>h</sub><br>(cm/s) |
|------------------|-------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                  |             |                    |                          |                               |                              |                              | 粘 聚 力<br>c (kPa) | 内 摩 擦<br>角 φ (度) |                                                        |                           |                                            |                                            |
| ⑥ <sub>1</sub>   |             | 43.4               | 17.4                     | 1.210                         | 18.3                         | 1.10                         | 15               | 5.0              | 0.63                                                   | 3.54                      | 3.90×10 <sup>-6</sup>                      | 3.29×10 <sup>-6</sup>                      |
| ⑥ <sub>2</sub>   |             | 39.2               | 17.6                     | 1.111                         | 16.8                         | 1.07                         | 16               | 7.5              | 0.54                                                   | 3.89                      | 1.30×10 <sup>-5</sup>                      | 9.2×10 <sup>-6</sup>                       |
| ⑥ <sub>3</sub>   |             | 37.9               | 17.8                     | 1.070                         | 16.6                         | 1.05                         | 16               | 7.5              | 0.55                                                   | 3.80                      | /                                          | /                                          |
| ⑥ <sub>4</sub>   |             | 23.9               | 19.3                     | 0.697                         | 8.3                          | 0.75                         | 8                | 26.1             | 0.14                                                   | 11.92                     | /                                          | /                                          |
| ⑥ <sub>5</sub>   |             | 30.7               | 18.9                     | 0.849                         | 14.6                         | 0.73                         | 14               | 11.9             | 0.38                                                   | 4.94                      | /                                          | /                                          |
| ⑧ <sub>1</sub>   |             | 29.7               | 18.8                     | 0.846                         | 16.9                         | 0.53                         | 18               | 10.9             | 0.31                                                   | 6.07                      | /                                          | /                                          |
| ⑧ <sub>2</sub>   |             | /                  | (20.0)                   | /                             | /                            | /                            | /                | /                | /                                                      | (20.0)                    | /                                          | /                                          |
| ⑨                |             | 33.9               | 18.2                     | 0.968                         | 18.3                         | 0.67                         | 21               | 10.2             | 0.35                                                   | 5.76                      | /                                          | /                                          |
| ⑩                |             | 25.1               | 19.4                     | 0.721                         | 13.8                         | 0.48                         | 13               | 14.3             | 0.22                                                   | 7.86                      | /                                          | /                                          |

5.5.2.5 地基土的承载力特征值

根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2011) 第 5.2.3 条及《岩土工程技术规范》(DB29-20-2000)，各土层地基土承载力特征值 fak 如表 5.5.2.5：

表 5.5.2.5 地基土承载力特征值一览表

| 地层编号           | $f_{ak}$ (kPa) |
|----------------|----------------|
| ⑥ <sub>1</sub> | 60             |
| ⑥ <sub>2</sub> | 80             |
| ⑥ <sub>3</sub> | 90             |
| ⑥ <sub>4</sub> | 115            |
| ⑥ <sub>5</sub> | 110            |
| ⑧ <sub>1</sub> | 140            |
| ⑧ <sub>2</sub> | 180            |
| ⑨              | 150            |
| ⑩              | 170            |

#### 5.5.2.6 标准冻结深度

根据天津市气象资料及《建筑地基基础设计规范》(GB5007-2011)附录 F,本场地地基土为季节性冻土,其标准冻结深度小于 0.60m,按 0.60m 考虑。

#### 5.5.3 地震效应评价

##### 5.5.3.1 场地地震动参数

根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2015)表 C.2 天津市城镇 II 类场地基本地震动峰值加速度值和基本地震动加速度反应谱特征周期列表:

II 类场地,海滨街道基本地震动峰值加速度值为 0.15g。

根据现场勘察揭露地层物理力学性质指标,按《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2015)附录 D 综合判定:工程场地类别为 IV 类。

基本地震动峰值加速度值须根据实际场地类别进行调整,该工程调整系数为 1.1,则调整后的基本地震动峰值加速度值为 0.165g。对应的地震烈度为 7 度。

### 5.5.3.2 液化判别

由于与《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2015)衔接的新的《建筑抗震设计规范》还未出版,所以根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010),假定设计基本地震加速度为 $0.15g$ ,为设计地震第二组,以此来判定⑥<sub>4</sub>层饱和粉土为液化地层,液化等级为轻微液化场地。

### 5.5.3.3 建筑抗震地段划分

由于拟建场地内的存在软弱土和液化地层,根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)第4.1.1条规定划分:拟建场地属对建筑抗震不利地段。

### 5.5.4 地基评价

#### 5.5.4.1 天然地基评价

素填土松散,均匀性较差,不能作为天然地基,施工时应予以挖除。

根据勘测结果,拟建厂址区约16.70m以上主要由第⑥<sub>1</sub>层淤泥质黏土、第⑥<sub>2</sub>、⑥<sub>3</sub>层粉质黏土组成。土质软、强度低、压缩性高,固结程度差,因此,场地上部地基土工程性质较差,地基承载力较低(一般为 $60\sim 90kPa$ )。

对变形要求不严格和荷重较轻的建筑,可考虑采用浅基础。以全新统中组海相沉积层⑥<sub>2</sub>、⑥<sub>3</sub>粉质粘土作为浅基础持力层,将人工填土全部清除、换填。处理后可作为轻型建筑的天然地基持力层。因拟建场地主要由淤泥质粘土组成,土质软、强度低、压缩性高,固结程度差,因此设计及施工时应适当加强基础的刚度及上部结构的整体性,并根据当地的建筑经验预留一定的沉降量。

对于其它采用天然地基不满足设计要求的建筑物,拟采用桩基方案。

#### 5.5.4.2 桩基评价

根据场地土的物理力学指标、原位测试结果、土层分布规律,结合拟建(构)筑物性质综合分析,在埋深45.0m范围内有2个土质较好、强度较高、水平方向分布较稳定的土层,可作为本次拟建物的桩基础桩端持力层。

第一桩端持力层:

全新统下组陆相冲积层( $Q_4^1al$ )粉砂夹粉土(地层编号⑧<sub>2</sub>),标贯实测击数标准值为38.6击,静力触探锥尖阻力 $q_c$ 算术平均值为 $14.24MPa$ ,土质较好,强度较高。可作为拟建工程的桩基础桩端持力层。可将桩端置于标高 $-23.50m$ 左右。

上更新统第五组陆相冲积层 ( $Q_3^{\circ}al$ ) 黏土 (地层编号⑨) 天然含水量  $w$  算术平均值为 33.0%，孔隙比  $e$  算术平均值为 0.941，压缩模量  $E_{s(1-2)}$  算术平均值为 5.76MPa，标贯实测击数算术平均值为 15.2 击，土质较好，强度较高。也可作为本次拟建工程的桩基础桩端持力层，可将桩端置于标高-29.50m。

#### 5.5.4.2.1 桩型选择

根据拟建场地土质条件和拟建物性质，采用第一桩端持力层时，可采用预制桩；采用第二桩端持力层时采用钻孔灌注桩。

#### 5.5.4.2.1 成桩可能性分析

##### (1) 钻孔桩成桩可行性及设计施工中应注意的问题

钻孔灌注桩穿越 16.7m 以上淤泥质黏土、粉质黏土时应注意孔壁缩颈及塌孔、窜孔现象，第⑧<sub>2</sub>层容易塌孔，应做好泥浆护壁及孔底回淤土的清理工作，应确保钻孔垂直度，应注意调节泥浆比重，防止塌孔，必要时跳打，确保成桩质量。钻孔灌注桩施工时应做好泥浆的清运及混凝土撒漏的防治工作，以降低施工对环境的污染。

##### (2) 预制桩沉桩可行性及设计施工中应注意的问题

采用第一桩端预制桩施工时应以标高为主结合压桩力（贯入度）控制沉桩，因局部持力层顶板标高有所起伏，局部夹粉质粘土透镜体。局部桩端进入持力层厚度较大会发生沉桩困难、局部夹粉质粘土透镜体会发生压桩力（贯入度）较小情况，因此局部压桩力（贯入度）会有所差异，单桩承载力会有所差异。

预制桩设计及施工时应合理布置桩间距，施工时选用合理的施工工艺及施工顺序，防止产生挤土效应。

#### 5.5.4.3 桩基参数

根据《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008) 第 5.3 节有关规定，建议预制桩和钻孔灌注桩的极限侧阻力标准值  $q_{sik}$ 、极限端阻力标准值  $q_{pk}$  如表 5.5.4.3:

表 5.5.4.3 极限侧阻力标准值  $q_{sik}$ 、极限端阻力标准值  $q_{pk}$

| 地层编号           | 岩 性   | 预制桩             |                | 钻孔灌注桩           |                |
|----------------|-------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
|                |       | $q_{sik}$ (kPa) | $q_{pk}$ (kPa) | $q_{sik}$ (kPa) | $q_{pk}$ (kPa) |
| ⑥ <sub>1</sub> | 淤泥质黏土 | 12              |                | 11              |                |

|                                                                                  |       |    |                |    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|----|----------------|----|------------|
| ⑥ <sub>2</sub>                                                                   | 粉质黏土  | 24 |                | 22 |            |
| ⑥ <sub>3</sub>                                                                   | 粉质黏土  | 24 |                | 22 |            |
| ⑥ <sub>4</sub>                                                                   | 粉土    | 28 |                | 26 |            |
| ⑥ <sub>5</sub>                                                                   | 粉质黏土  | 30 |                | 28 |            |
| ⑧ <sub>1</sub>                                                                   | 粉质黏土  | 32 |                | 30 |            |
| ⑧ <sub>2</sub>                                                                   | 粉砂夹粉土 | 56 | 2000 (16<1≤30) | 52 |            |
| ⑨                                                                                | 粉质黏土  |    |                | 34 | 600 (1>30) |
| ⑩                                                                                | 粉质黏土  |    |                | 48 | 700 (1>30) |
| 注 (1) 钻孔灌注桩 $q_{pk}$ 值仅适用于孔底回淤土厚度≤10cm;<br>(2) 人工填土为新近填垫, 不考虑侧阻力值。<br>(3) 1 表示桩长 |       |    |                |    |            |

#### 5.5.5 基坑开挖与降水

拟建厂址区常年最高水位埋深约为 0.50m, 相应的高程在 3.24m 左右。根据场地土的工程地质条件, 基坑坑壁直立性较差。当基坑开挖时, 可进行放坡开挖, 必要时还应采取支护措施。根据拟建建(构)筑物基础埋深情况确定, 建议采用明排或轻型井点降水开挖。

#### 5.5.6 矿产及文物

拟建场地区域不压覆矿产资源, 本项目已取得天津市国土资源局出具的《建设项目压覆重要矿产资源登记证明》。

#### 5.5.7 结论与建议

- (1) 拟建厂址相对稳定, 适宜建设。
- (2) 拟建厂址属冲积、海积低平原。地貌类型为平地。工程地质条件较差。
- (3) 在勘探深度(45.0m)内揭露的地层主要由第四系填土层、海积、冲积地层构成, 岩性主要有淤泥质粘土、粘性土、粉土和粉砂夹粉土等。各层地基土的有关参数及其承载力特征值推荐值可见 5.5.2.4、5.5.2.5 节。
- (4) 整个场地地下水类型为潜水, 稳定水位埋深 0.50~1.80m, 主要含水层为填土层。地下水主要是大气降水补给, 蒸发和地下径流为其主要排泄

方式。场地地下水稳定水位随地形的变化而变化。

地下水位随季节有所变化。一般年变幅在 0.50~1.00m 左右。

根据勘察期间地下水位观测值，并结合天津地区地下水位变化幅度及场地周围地面标高，该场地抗浮设计水位可按本场地室外整平地面标高减去 0.50m 考虑。

地下水对混凝土结构的腐蚀性评价：按Ⅲ类环境地下水对混凝土结构有弱腐蚀性，腐蚀介质为  $\text{SO}_4^{2-}$ 。

地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋的腐蚀性评价：在长期浸水作用时，地下水中  $\text{Cl}^-$  对钢筋混凝土结构中的钢筋具有腐蚀性，因  $\text{Cl}^-$  含量大于 20000mg/l，因此需对其腐蚀性做专门研究；在干湿交替作用时，地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋有强腐蚀性，腐蚀介质为  $\text{Cl}^-$ 。土对钢结构的腐蚀性暂按中等~强考虑。

(5) 根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 第 4.1.3 条判定，拟建厂址区内场地土类型为软弱土。假定场地覆盖层厚度大于 80m，按《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2015) 附录 D 综合判定：工程场地类别为 IV 类。

基本地震动峰值加速度值须根据实际场地类别进行调整，该工程调整系数为 1.1，则调整后的基本地震动峰值加速度值为 0.165g。对应的地震烈度为 7 度。

(6) 由于与《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2015) 衔接的新的《建筑抗震设计规范》还未出版，所以根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)，假定设计基本地震加速度为 0.15g，为设计地震第二组，以此来判定⑥<sub>4</sub>层饱和粉土为液化地层，拟建场地为轻微液化场地。

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 第 4.1.6 条判定，属建筑抗震不利地段。

(7) 素填土松散，均匀性较差，不能作为天然地基，施工时应予以挖除。

对变形要求不严格和荷重较轻的建筑，可考虑采用浅基础。以全新统中组海相沉积层⑥<sub>2</sub>、⑥<sub>3</sub>粉质粘土作为浅基础持力层，将人工填土全部清除、换填。处理后可作为轻型建筑的天然地基持力层。因拟建场地主要由淤泥质粘土组成，土质软、强度低、压缩性高，固结程度差，因此设计及施工时应适

当加强基础的刚度及上部结构的整体性，并根据当地的建筑经验预留一定的沉降量。

对于其它采用天然地基不满足设计要求的建筑物，建议采用桩基方案。

(8) 根据拟建场地土质条件和拟建物性质，采用第一桩端持力层时，可采用预制桩；采用第二桩端持力层时建议采用钻孔灌注桩。桩基参数可见表 5.5.4.3。

其数据仅供桩基方案选取时参考，具体有关桩基的设计、施工参数及施工工艺等，下一阶段通过现场试桩和原体试验的结果确定。

(9) 拟建厂址区常年最高水位埋深约为 0.50m，相应的高程在 3.24m 左右。根据场地土的工程地质条件，基坑坑壁直立性较差。当基坑开挖时，可进行放坡开挖，必要时还应采取支护措施。根据拟建建（构）筑物基础埋深情况确定，建议采用明排或轻型井点降水开挖。基坑开挖支护和降水所需参数可参考 5.5.2.4 节。

(10) 本场地地基土为季节性冻土，其标准冻结深度小于 0.60m，按 0.60m 考虑。

## 第 6 章 工程设想

### 6.1 全厂总体规划及厂区总平面规划布置

#### 6.1.1 全厂总体规划

##### 6.1.1.1 建设规模

本期工程拟建设  $3 \times 1135\text{t/h}$  超临界循环流化床锅炉，配置  $3 \times 170\text{MW}$  汽轮发电机组（ $3 \times B100\text{MW} + 3 \times B70\text{MW}$  背压机同轴布置）。预留 2 台同容量机组扩建场地。

##### 6.1.1.2 电力出线

本工程暂按 2 回 220kV 出线，接入腾飞路 220kV 变电站考虑，腾飞路变电站位于厂址以南约 600m 处，拟采用电缆隧道出线，电缆隧道尺寸暂定为  $1500\text{mm} \times 2000\text{mm}$ ，由室内 GIS 向南至厂外。

##### 6.1.1.3 燃料运输

本工程以煤炭为燃料，拟采用铁路运输。厂址北侧为分区一场编组站，

分区一场编组站与南港一线铁路线相接。

#### 6.1.1.4 铁路专用线

电厂铁路专用线拟从厂址北侧分区一场站东侧引接，铁路穿十二环支路与南港六街最终从厂区东北角入厂，铁路线两重两空，设置两台翻车机，厂外铁路线长约 560m。

最终的铁路专用线方案以铁路设计院编制的《电厂铁路专用线可行性研究报告》为准。

#### 6.1.1.5 厂外道路

电厂设两条对外连接道路，分别为主要进厂道路和货运进厂道路。

主要进厂道路拟从厂区南侧的云港路引接，长约 17m，路面宽 7m。

由于厂区东侧南港六街与十二环支路交叉口规划为立交桥，道路为高架形式，因此，货运进厂道路拟从厂区西侧的南港四街引接，长约 21m，路面宽 7m。

#### 6.1.1.6 水源

生产用水接自与本热电厂相邻的先达（天津）海水资源开发有限公司，处理后的淡化海水由专用管道送入热电厂水务区。生活水水源为园区自来水管厂的自来水。

#### 6.1.1.7 贮灰场

电厂灰渣考虑综合利用，如有剩余运送至厂外临时贮灰渣场，占地面积约 8.4hm<sup>2</sup>。

#### 6.1.1.8 防（排）洪规划

根据《水文气象勘测报告书》，工业园区设计防潮标准为 200 年一遇。根据现场踏勘，工业园区配套的防潮堤已修建完毕。因此可不考虑海洋洪水对厂址的影响。

厂址周围路面高程为 3.80-3.98m 之间，略有起伏，无明显坡度，平均高程约 3.90m。厂址附近工业园区尚未开发建设，后期规划建设标高不明确。综合考虑，厂址处 100 年一遇内涝水位取 4.20m。

#### 6.1.1.9 施工区

施工生产区布置在厂区扩建端，即地块的东侧，利用项目地块除厂区用地以外的场地，占地面积约为 16.7hm<sup>2</sup>，施工生活区考虑在港云路以南地的地

块租地，占地面积约为  $5\text{hm}^2$ 。

#### 6.1.1.10 厂址技术经济指标

厂址技术经济指标见表 6.1.1-1。

表 6.1.1-1

厂址技术经济指标表

| 序号 | 项目          |        | 单位               | 数量    | 备注                                                                          |
|----|-------------|--------|------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 厂址总用地面积     |        | $\text{hm}^2$    | 69.52 |                                                                             |
| 1) | 厂区用地        |        | $\text{hm}^2$    | 32.30 |                                                                             |
| 2) | 主要进厂道路用地    |        | $\text{hm}^2$    | 0.03  |                                                                             |
| 3) | 货运进厂道路用地    |        | $\text{hm}^2$    | 0.05  |                                                                             |
| 4) | 铁路专用线用地     |        | $\text{hm}^2$    | 6.74  | 根据《电厂铁路专用线可行性研究报告》                                                          |
| 5) | 施工生产区用地     |        | $\text{hm}^2$    | 16.70 |                                                                             |
| 6) | 施工生活区用地     |        | $\text{hm}^2$    | 5     |                                                                             |
| 7) | 贮灰场用地       |        | $\text{hm}^2$    | 8.4   |                                                                             |
| 8) | 其他          |        | $\text{hm}^2$    | 0.3   | 厂区围墙与征地线间的面积                                                                |
| 2  | 铁路专用线长度     |        | m                | 560   |                                                                             |
| 3  | 厂外进厂道路长度    | 主要进厂道路 | m                | 17    |                                                                             |
|    |             | 货运进厂道路 | m                | 21    |                                                                             |
| 5  | 厂址土石方工程量    | 挖方     | $10^4\text{m}^3$ | 0.65  | 基槽余土约 $15 \times 10^4\text{m}^3$ ，考虑就地回填，缺土 $20.35 \times 10^4\text{m}^3$ 。 |
|    |             | 填方     | $10^4\text{m}^3$ | 36.00 |                                                                             |
| 1) | 厂区土石方工程量    | 挖方     | $10^4\text{m}^3$ | 0.3   |                                                                             |
|    |             | 填方     | $10^4\text{m}^3$ | 31.55 |                                                                             |
| 2) | 施工生产区土石方工程量 | 挖方     | $10^4\text{m}^3$ | 0.3   |                                                                             |
|    |             | 填方     | $10^4\text{m}^3$ | 4.40  |                                                                             |
| 3) | 施工生活区土石方工程量 | 挖方     | $10^4\text{m}^3$ | 0     |                                                                             |
|    |             | 填方     | $10^4\text{m}^3$ | 0     |                                                                             |
| 4) | 厂外道路土石方工    | 挖方     | $10^4\text{m}^3$ | 0.05  |                                                                             |

| 序号 | 项目 |    | 单位               | 数量   | 备注 |
|----|----|----|------------------|------|----|
|    | 程量 | 填方 | $10^4\text{m}^3$ | 0.05 |    |

## 6.1.2 厂区总平面规划

### 6.1.2.1 厂区总平面规划布置方案一

综合考虑厂址场地条件、铁路专用线引接条件、电力出线方向、热力管线走向、进厂道路引接等外部因素，结合电厂工艺流程特点，厂区布置在场地西侧，呈三列式布置，厂区固定端朝西，向东扩建，汽机房 A 列朝南，电缆隧道向南出线，出厂区后，向南出线。厂区由南向北依次为：220kV 开关站-主厂房区-贮煤及卸煤区，由西向东依次为：辅助生产设施区-主厂房区-施工区。

#### 1) 主厂房区

主厂房区布置在厂区中部，固定端朝西，A 列朝南。汽机房纵向长度为 222m，A 列至烟囱中心线的距离为 213m。主厂房区由南向北依次布置汽机房、除氧煤仓间、锅炉房、送风机室、电除尘器室、引风机室、脱硫塔及烟囱等。

#### 2) 220kV 开关站

220kV 开关站布置在主厂房南侧，电力出线向南。220V 配电装置拟采用屋内 GIS。主变采用架空线及电缆沟与 220kV 开关站连接，出线采用电缆隧道接至厂外。

#### 3) 机力通风冷却塔

采用机力通风冷却塔二次循环供水系统，冷却塔布置在主厂房区域的东北侧，单塔设计冷却水量为  $4300\text{m}^3/\text{h}$ ，总共 7 个单元，单个尺寸为  $B \times H = 17.6 \times 17.6\text{m}$ ，高 11m，下部水池深 2.8m。在机力塔南侧布置循环水泵房。

#### 4) 卸煤及贮煤设施

厂内铁路线东西向布置在厂区最北侧，设置 4 股线路，2 重 2 空。卸煤装置设二台“C”型翻车机。

本期煤场采用条形封闭式煤场。煤场长 445m，宽 98m，储量约  $18.73 \times 10^4\text{t}$ ，可供本期  $3 \times 1135\text{t/h}$  机组 BMCR 工况下燃用约 20 天。预留二期扩建条件。

#### 5) 其他辅助生产设施

辅助生产设施主要布置在厂区西侧，由南向北依次布置为：厂前区、锅炉补给水处理设施以及工业废水处理设施、机力通风冷却塔、油库区及启动锅炉房。

炉后辅助生产设施由西向东依次布置为：尿素间、脱硫工艺楼及事故浆罐、脱硫废水处理设施、输煤综合楼、灰库。

#### 6) 厂前附属设施

宿舍楼、办公楼、活动中心等厂前附属设施布置在厂区固定端的南侧，三面围合，形成良好的厂前区景观环境，办公生活环境良好；远离厂区噪音较大的设施，如自然通风冷却塔、主厂房以及厂区东侧的分输站，所处环境安静；厂前区靠近城市道路，面向城市公共空间，形成良好视觉效果。临近办公楼东侧，布置汽车库以及室外停车场，交通流线顺畅，并且结合广场绿地，形成开敞优美的景观环境。

#### 7) 厂区出入口

电厂共设 2 个出入口，主出入口布置在厂区的西南侧，面向工业园区人流方向，与云港路连接，入口与厂前区的综合办公楼正对，空间开敞，入口形象良好；货运出入口布置厂区西北侧，与南港四街连接。

#### 8) 厂区用地

厂区占地面积为 32.30hm<sup>2</sup>，包含厂内铁路线用地 4.20hm<sup>2</sup>。

#### 6.1.2.2 厂区总平面规划布置方案二

方案二与方案一布置基本相似，厂区布置在场地东侧，呈三列式布置，厂区固定端朝东，向西扩建，汽机房 A 列朝南，电缆隧道向南出线。厂区由南向北依次为：220kV 开关站-主厂房区-贮煤及卸煤区，由东向西依次为：辅助生产设施区-主厂房区-施工区。

方案二与方案一的不同在于：

1) 主厂房固定端及扩建方向不同。本方案厂区布置在场地东侧，固定端朝东，向西扩建，辅助生产设施主要布置在固定端。

#### 2) 附属设施布置不同

油库布置在厂区的东北角，西侧靠近煤场；材料库检修间布置彩油库的南侧，启动锅炉房布置在炉后，厂前区布置在厂区的东南角，靠近供热分输站。

### 6.1.2.3 厂区总平面规划布置方案三

方案三与方案二布置基本相同，不同之处在于：

1) 上煤系统不同。方案三一期与二期是两套相对独立的上煤系统，本期上煤系统的建设不需要预留二期空间，二期需新建设一套上煤设施；煤场为供三台燃机 21 天的储量，占地面积较大。

### 6.1.2.4 厂区主要技术经济比较及结论

厂区主要技术指标表详见表 6.1.2-1。

表 6.1.2-1 厂区主要技术指标对比表

| 项目                       |     | 单位                 | 数量    |        |        |
|--------------------------|-----|--------------------|-------|--------|--------|
|                          |     |                    | 方案一   | 方案二    | 方案三    |
| 厂区内用地面积                  |     | hm <sup>2</sup>    | 32.30 | 33.21  | 33.67  |
| 单位容量用地面积                 |     | m <sup>2</sup> /kW | 0.308 | 0.3123 | 0.3207 |
| 厂区内建、构筑物用地面积             |     | hm <sup>2</sup>    | 10.98 | 11.29  | 11.45  |
| 建筑系数                     |     | %                  | 34.0  | 34.0   | 34.0   |
| 厂区内场地利用面积                |     | hm <sup>2</sup>    | 20.19 | 20.76  | 21.04  |
| 利用系数                     |     | %                  | 62.5  | 62.5   | 62.5   |
| 厂区道路路面及广场地坪面积            |     | hm <sup>2</sup>    | 4.20  | 4.32   | 4.37   |
| 道路广场系数                   |     | %                  | 13    | 13     | 13     |
| 绿化用地面积                   |     | hm <sup>2</sup>    | 6.46  | 6.64   | 6.75   |
| 绿地率                      |     | %                  | 20    | 20     | 20     |
| 厂区围墙长度                   |     | m                  | 3045  | 3045   | 3045   |
| 厂址土石方工程量<br>(包含施工生产、生活区) | 挖 方 | 万 m <sup>3</sup>   | 0.65  | 0.7    | 0.7    |
|                          | 填 方 | 万 m <sup>3</sup>   | 36.00 | 36.50  | 36.50  |

上述三个厂区总平面规划布置方案相似，主要不同点在于厂区固定端和扩建方案不同，热力管线长度相当，三个方案均是可行的。

方案一：厂前区位于厂区西南角，正对港云路，人流路线顺畅，城市公

共空间良好，且厂前区布置的宽敞大气，景观优美，远离分输站噪声源，与辅助生产设施联系紧密；化水区距离先达（天津）海水资源开发有限公司较近，节约用水管线；石油库布置在厂区的西北角，远离厂区主要建构筑物，并有绿化带隔离，减少对厂区以及周边环境的影响，将危害降到最低。

方案二：厂区布置在场地东侧，由于场地以及上煤方式的限制，粗碎煤机室为地下一层，增加厂区总体造价，并且厂前区、化水区以及冷却塔区域的布置较为拥挤；厂前区布置在厂区的东南角，空间较为狭小，离供热分输站较近，有噪音影响；化水区布置在厂区东侧，用水管线较长。

方案三与方案二布置基本相同，但是方案二上煤系统为统一上煤，煤场互为备用，而方案三一二期上煤系统较独立；方案三的占地面积较大，并且投资费用较方案二高。

通过综合分析，方案一空间布置合理，取水管线简短，工艺系统顺畅，造价较低，本阶段暂将方案一作为推荐方案。

### 6.1.3 厂区竖向布置

本工程高程采用 1972 年大沽高程系，2008 年成果。厂址处 100 年一遇内涝水位取 4.20m，厂区竖向采用平坡式布置。根据《火电发电厂总图运输设计技术规程》规定，主厂房区域的室外标高要高于设计水位 0.5m，所以初步考虑，主厂房区域的室外标高为 4.70m，主厂房室内标高为 5.00m；厂区用地的其他区域设计标高高于内涝水位 0.1m，即其他区域的室外标高为 4.30m，室内标高为 4.60m。施工生产区室外设计标高为 4.00m，施工生活区室外标高为 3.60m。

经过对厂区的土石方量进行计算，厂区用地的挖方为  $0.3 \times 10^4 \text{m}^3$ ，填方为  $31.55 \times 10^4 \text{m}^3$ ，厂区建（构）筑物基槽余土约为  $15 \times 10^4 \text{m}^3$ ，考虑就地回填；施工生产区挖方为  $0.3 \times 10^4 \text{m}^3$ ，填方为  $4.4 \times 10^4 \text{m}^3$ ；施工生活区土石方量就地平衡，挖、填方均为  $0.05 \times 10^4 \text{m}^3$ 。厂址总挖方量为  $0.65 \times 10^4 \text{m}^3$ ，厂址总填方量为  $36.00 \times 10^4 \text{m}^3$ ，厂区基槽余土约为  $15 \times 10^4 \text{m}^3$ ，厂区需要购土约  $20.35 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

## 6.2 装机方案

### 6.2.1 设计热负荷

本次设计热负荷暂按：

中压蒸汽： 第一阶段 744t/h；

本期工程 1400t/h

低压蒸汽： 第一阶段 273.4t/h；

本期工程 600t/h；

本期工程最低必须保证蒸汽负荷： 1400t/h。

### 6.2.2 设计原则

根据国家相关产业政策，按“以热定电”、“对于有充足、稳定的工业热负荷和采暖负荷的地区，原则上建设背压式机组，必要时配合建设大型抽汽凝汽式机组，按‘抽背’联合运行方式供热”、“优先安排背压型热电联产机组”、采用空冷机组的原则，确定机组容量和机组形式。

根据《国务院办公厅关于印发能源发展战略行动计划》（2014-2020 年）（国办【2014】31 号）要求：全面落实“节约、清洁、安全”的能源战略方针，推行更严格能效环保标准，加快燃煤发电升级与改造，努力实现供电煤耗、污染排放、煤炭占能源消费比重“三降低”和安全运行质量、技术装备水平、电占煤炭消费比重“三提高”，打造高效清洁可持续发展的煤电产业“升级版”，为国家能源发展和战略安全夯实基础。

根据《行动计划》要求，发电行业全部面临：提高机组容量、机组参数，节能和环保改造。300MW 及亚临界以下机组基本限批。

本工程供热量大，热电站的设计应遵循“以热定电”、节煤、节水、超低排放的原则，并原则执行《行动计划》要求。结合热用户对供热的可靠性要求。按“以热定电”、优先选择背压式机组的原则，拟选择背压机对外供热。4.5MPa，450℃中压蒸汽由超临界或亚临界高参数背压机提供，高参数背压机数量与锅炉匹配；1.4MPa，330℃低压蒸汽由中压背压机提供。

2015 年 12 月第一版可研提出三个方案：

方案一：配置 3×1135t/h 超临界 CFB 锅炉，3×B95-24.2/4.6+2×B30-4.5/1.4+CN200 汽轮机；

方案二：配置 5×650t/h 亚临界 CFB 锅炉，5×B50-16.7/4.6+2×B90-24.2/4.6+2×B30-4.5/1.4+CN100；

方案三：配置 6×480t/h 高温高压 CFB 锅炉，5×CB50-10/4.5/1.4+1×CC100-10/565/4.6/1.4 汽轮机。

根据 2015 年 12 月可行性研究内审审查会意见(本次审查会提出了规划容量的要求),在 2016 年 2 月可研升版中,分别提出:

方案一:配置  $3 \times 1135\text{t/h}$  超临界 CFB 锅炉,  $3 \times \text{B100-24.2/4.6} + 2 \times \text{B30-4.5/1.4} + \text{YR200}$  汽轮机(抽凝机);

方案二:配置  $6 \times 480\text{t/h}$  高温高压 CFB 锅炉,  $5 \times \text{CB50-10/4.5/1.4} + 1 \times \text{CC100-10/565/4.6/1.4}$  汽轮机。

方案三:配置  $3 \times 480\text{t/h}$  高温高压 CFB 锅炉+ $2 \times 1135\text{t/h}$  超临界 CFB 锅炉,  $2 \times \text{CB50-10/4.5/1.4} + 1 \times \text{CC100-10/565/4.6/1.4} + 2 \times \text{B100-24.2/4.6} + 2 \times \text{B30-4.5/1.4}$  汽轮机;

2016 年 4 月,根据《热电联产管理办法》(发改能源【2016】617 号文件)“京津冀、长三角、珠三角等区域,规划工业热电联产项目优先采用燃气机组,燃煤热电项目必须采用背压机组”,故抽凝式调试保安机改为抽背式。结合本工程外审审查会意见,对方案一、二的主要热力系统、蒸汽参数等进行了优化设计,并在方案一的基础上,对超临界和中压参数背压机同轴的可行性进行了研究。

方案一:

中压蒸汽( $4.5\text{MPa}$ ,  $450^\circ\text{C}$ )由超临界背压机(3 台 B100)排汽再热后提供,超临界背压机数量与锅炉匹配;低压蒸汽( $1.4\text{MPa}$ ,  $330^\circ\text{C}$ )由中压背压机(2 台 B30)或抽汽背压式汽轮机(1 台 CB150)提供,抽汽背压式汽轮机还用于平衡、调节全厂蒸汽负荷,并提供除氧器加热蒸汽、厂区采暖加热蒸汽及备用一定容量以调节用热企业事故工况下的供热稳定性。

背压机同轴:

将中压背压机(2 台 B30)与抽汽背压式汽轮机(1 台 CB150)改为 3 台 CB70 抽汽背压式,分别与 3 台 B100 超临界背压机同轴布置。汽轮机中压蒸汽( $4.5\text{MPa}$ ,  $450^\circ\text{C}$ )由超临界背压机排汽再热后提供,低压蒸汽( $1.4\text{MPa}$ ,  $330^\circ\text{C}$ )由抽汽背压式汽轮机(3 台 CB70)抽汽提供。

方案二:中压蒸汽( $4.5\text{MPa}$ ,  $450^\circ\text{C}$ )由抽背机组(5 台 CB50)的抽汽提供,低压蒸汽( $1.4\text{MPa}$ ,  $330^\circ\text{C}$ )由抽背机组的排汽提供,另设一台双抽背压机

(CCB80)，除提供工业抽汽外，其排汽用于给水除氧加热。

根据电力规划设计总院于 2016 年 4 月 25 日至 26 日主持召开的本工程主机选型补充专题报告专家评审会意见，本工程采用超临界参数机组装机方案，采用 3 台最大连续蒸发量为 1200t/h 的超临界参数循环流化床锅炉（CFB）以及 CCB170-24.2/4.5/1.4/0.25 级双抽背压汽轮发电机组（即超临界背压机和中压抽汽背压机同轴布置）。

专家评审会专家建议第 5 条：建议方案一热力系统中增加大气式补水除氧器及中继水泵相关系统，除氧器加热汽源来自中压抽汽背压汽轮机排汽，排汽压力建议改为 0.15-0.2 MPa。

中压抽汽背压汽轮机排汽主要是用于大气式补水除氧器（工作压力 0.12 MPa.a）用汽，除氧器布置在中压抽汽背压汽轮机旁，所以本次排汽压力按 0.15MPa 考虑。

根据 2016 年 7 月，天津南港工业区管理委员会《关于华电南港热电项目燃料有关事宜的函》（津南港函【2016】46 号），环境保护部《京津冀大气污染强化措施（2016-2017）》（环大气【2016】80 号）文件：严禁新建以石油焦为燃料的发电供热项目，故本项目设计燃料煤炭，校核燃料采用 80% 煤炭+20%石油焦。

### 6.2.3 装机方案选择

#### 6.2.3.1 装机方案

3×1135t/h 超临界 CFB 锅炉

3×CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15 双抽背压汽轮机（3XCB100+3X70 同轴布置）

安装 3 台循环流化床锅炉，锅炉最大连续蒸发量 1200t/h(额定 1135t/h)，蒸汽压力 25.4MPa.g，蒸汽温度 571℃，并对背压机排出的 4.75 MPa/329.4℃ 蒸汽再热，提高温度到 450℃，即再热后参数为 4.5MPa/450℃。

配置 3 台双抽背压机 CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15，汽轮机进口蒸汽参数 24.2MPa，蒸汽温度 566℃，汽轮机额定进汽量 1135t/h；汽轮机高压缸排汽

压力：4.75MPa，蒸汽温度：329.4℃，高压缸排汽再热后提供额定 467t/h 的中压工业用汽；汽轮机中压缸进口蒸汽参数 4.5MPa，450℃，额定供热工况下中压缸进汽量 512t/h；中压缸设一级调整抽汽，提供蒸汽压力：1.4MPa，蒸汽温度 330℃，额定 200t/h 的低压工业用汽；汽轮机排汽参数为 0.15MPa，主要用于大气式除氧器加热除氧用汽。汽轮机设计供热工况下发电出力 166MW。

回热系统配置一级大气式除氧器、一级低压加热器、一级高压除氧器和两级高压加热器。

每台锅炉配置 2 台 50%容量的汽动给水泵，2 台 50%容量的电动备用给水泵。

配置三台燃气锅炉，保证锅炉故障时的最低供汽要求，每台锅炉的容量为 130t/h，出口蒸汽参数为 4.65MPa，453℃。

#### 6.2.3.2 主机技术规范

具体参数参见 6.3 节主机技术条件

#### 6.2.3.3 运行匹配分析

##### 1) 本期第一阶段正常运行：2 台锅炉+2×CCB170

| 序号 | 名称      | 单位  | 数值                         | 备注   |
|----|---------|-----|----------------------------|------|
| 1  | 锅炉安装台数  | 台   | 2                          |      |
| 2  | 锅炉额定蒸发量 | t/h | 1135                       |      |
| 3  | 锅炉运行蒸发量 | t/h | 820                        |      |
| 4  | 锅炉运行台数  | 台   | 2                          |      |
| 5  | 锅炉负荷率   | %   | 72                         |      |
| 6  | 运行汽轮机   |     | 2×CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15 | 汽泵运行 |
| 7  | 全厂发电功率  | MW  | 191                        |      |
| 8  | 负荷保证率   | %   | 100                        |      |

##### 2) 第一阶段一台锅炉故障：1 台锅炉+CCB170

| 序号 | 名称      | 单位  | 数值   | 备注 |
|----|---------|-----|------|----|
| 1  | 锅炉安装台数  | 台   | 2    |    |
| 2  | 锅炉额定蒸发量 | t/h | 1135 |    |

|   |         |     |                            |           |
|---|---------|-----|----------------------------|-----------|
| 3 | 锅炉运行蒸发量 | t/h | 1219                       |           |
| 4 | 锅炉运行台数  | 台   | 1                          |           |
| 5 | 锅炉负荷率   | %   | 107                        |           |
| 6 | 运行汽轮机   |     | 1×CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15 | 电泵运行，并停高加 |
| 7 | 全厂发电功率  | MW  | 171                        |           |
| 8 | 负荷保证率   | %   | 100                        |           |

3) 本期建成后：3 台锅炉+3×CCB170

| 序号 | 名称      | 单位  | 数值                             | 备注   |
|----|---------|-----|--------------------------------|------|
| 1  | 锅炉安装台数  | 台   | 3                              |      |
| 2  | 锅炉额定蒸发量 | t/h | 1135                           |      |
| 3  | 锅炉运行蒸发量 | t/h | 1135                           |      |
| 4  | 锅炉运行台数  | 台   | 3                              |      |
| 5  | 锅炉负荷率   | %   | 100                            |      |
| 6  | 运行汽轮机   |     | 3×<br>CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15 | 汽泵运行 |
| 7  | 全厂发电功率  | MW  | 499                            |      |
| 8  | 负荷保证率   | %   | 100                            |      |

4) 本期建成后一台锅炉故障：2 台锅炉+2×CCB170

| 序号 | 名称      | 单位  | 数值                         | 备注        |
|----|---------|-----|----------------------------|-----------|
| 1  | 锅炉安装台数  | 台   | 3                          |           |
| 2  | 锅炉额定蒸发量 | t/h | 1135                       |           |
| 3  | 锅炉运行蒸发量 | t/h | 1200                       |           |
| 4  | 锅炉运行台数  | 台   | 2                          |           |
| 5  | 锅炉负荷率   | %   | 105                        |           |
| 6  | 运行汽轮机   |     | 2×CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15 | 电泵运行，并停高加 |
| 7  | 全厂发电功率  | MW  | 339                        |           |
| 8  | 负荷保证率   | %   | 100                        |           |

说明：以上分析没有考虑轴封供、漏汽、辅助蒸汽等小流量汽水流。  
由以上运行匹配分析可见：

1) 第一阶段建成两台锅炉和对应超临界双抽背压机。两台锅炉和对应超临界双抽背压机运行，提供中、低压工业用汽、汽动给水泵用汽和各级回热加热用汽。

一台锅炉故障时，一台锅炉和对应超临界双抽背压机运行，停运汽动给水泵，切除高加以增加对外供汽能力，仍能满足中压蒸汽 744t/h，低压蒸汽 273.4t/h 的供汽要求。

2) 三台锅炉全部建成投运后（考虑热备用），一台锅炉故障时，两台锅炉满负荷运行，仍能满足中压蒸汽 1400t/h，低压蒸汽 600t/h 的供汽要求，此时需要停运汽动给水泵，切除高加以增加对外供汽能力。

6.2.4 汽轮机的可行性

由于本项目工业热负荷需求量大，压力要求高。中压热负荷要求蒸汽压力达 4.5MPa，接近 350MW 级超临界机组的高压缸排汽压力，基于提高能源利用效率，降低能耗指标，提高技术装备水平，打造高效清洁可持续发展的发电产业的目标，选用超临界双抽背压机。

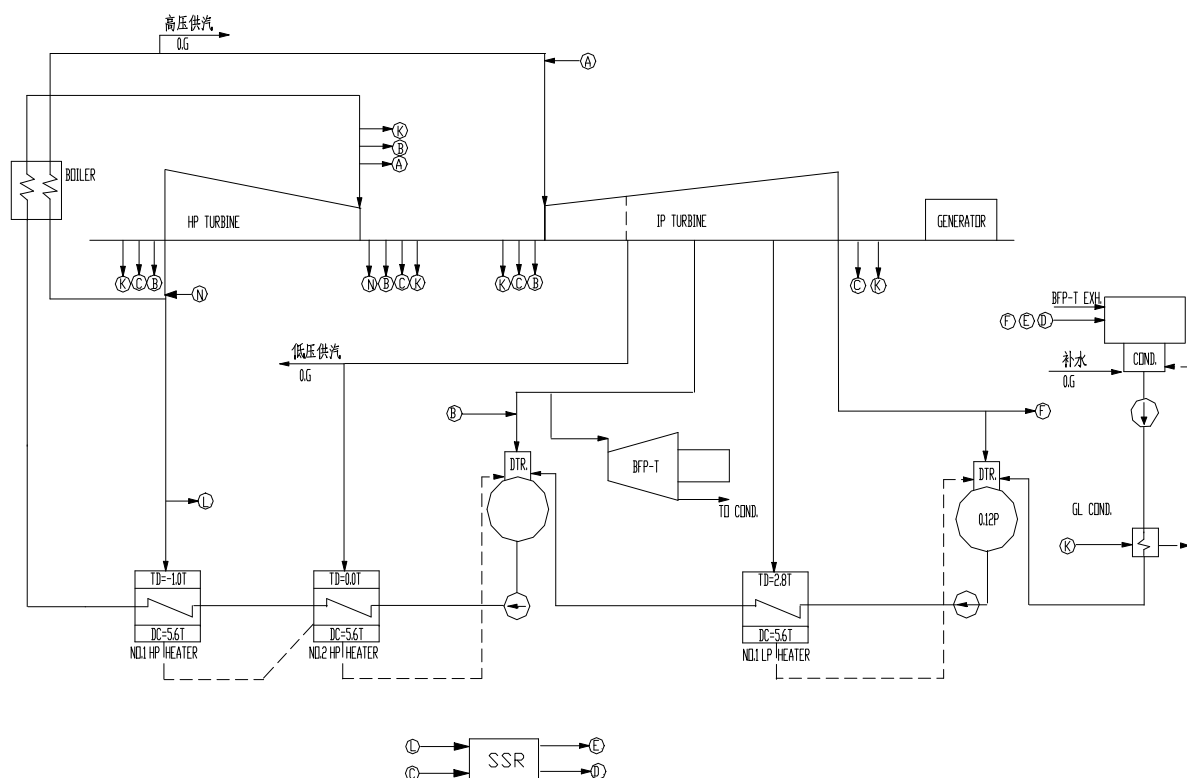
本工程超临界双抽背压机与现有 350MW 超临界空冷机组对比如下：

6.2.4.1 主机参数

|      | 单位  | 超临界双抽<br>背压机<br>高压缸 | 常规超临界<br>空冷机组<br>高压缸 | 超临界双抽<br>背压机<br>中压缸 | 常规超临界<br>空冷机组<br>中压缸 |
|------|-----|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| 主汽压力 | MPa | 24.2                | 24.2                 | 4.6                 | ~4.6                 |
| 主汽温度 | ℃   | 566                 | 566                  | 450                 | 566                  |
| 主汽流量 | t/h | 1135                | ~1100                | ~510                | ~850                 |
| 最大流量 | t/h | 1200                | 1200~1240            | 550~580             | 950~990              |
| 排汽压力 | MPa | 4.75                | ~5.0                 | 0.15                | ~0.5                 |

超临界双抽背压机高压缸参数与现有 350MW 超临界空冷机组高压缸的进排汽参数进汽参数相当，排汽用于给水回热加热、对外供热及下一级背压机（中压缸）用汽。中压背压机（中压缸）与现有 350MW 超临界中压缸进汽压力相当，但流量小，温度低，比容大。

超临界双抽背压机（原超临界背压机及中压背压机的同轴布置）热力系统示意图如下所示：



#### 6.2.4.2 通流设计

基于本工程双抽背压机的参数特点，背压机高压缸的通流可在已有超临界空冷机组高压缸通流的基础上进行设计。对含有回热抽汽的级数，考虑抽口级及前一级动叶片的强度安全，对抽口前叶片型线和叶根都进行了加宽、加强设计。各级动叶片设计强度均满足长期安全稳定运行的要求的前提下，对于单级叶片来讲，在无回热抽汽扰动的情況下，单级叶片效率会更高。

中压背压机由于进汽量小，在旋转隔板抽汽后，流量减小 40%，压力也降下来，旋转隔板后通流面积应适当减小。同时中压背压机还带小机，高压除氧器，低压加热器，抽汽量较大，随着流量的减小，面积还应进一步缩小，以满足叶片设计要求。

高缸结构采用与原型机相同的双层高压缸。该结构可适应进汽参数高，减小承压力和热应力，启停及变负荷灵活的特点。

内缸材料允许工作温度不大于 566℃；外缸材料允许工作温度不大于 570℃。内缸外壁设置隔热环，将内、外缸夹层空间分为 2 个区域。既可以降低高压内缸内外壁温差又可提高外缸的温度，为有利于汽缸热膨胀，设置有汽缸夹层加热系统。

中分面采用高窄法兰，采用倒锥螺纹，以防止螺纹咬死。高压外缸螺栓

上、下螺母与汽缸刮面之间互相研磨，保证螺母承压面与汽缸刮面紧密贴合。改善螺栓受力状况和防止漏汽。

外缸由下缸中分面伸出的前后左右 4 个元宝形猫爪搭在轴承箱上，称为下猫爪中分面支承，这种支承动静间隙不受静子温度变化的影响，中分面螺栓不承受汽缸下半及内部件重量和管道附加力，有利于中分面密封。

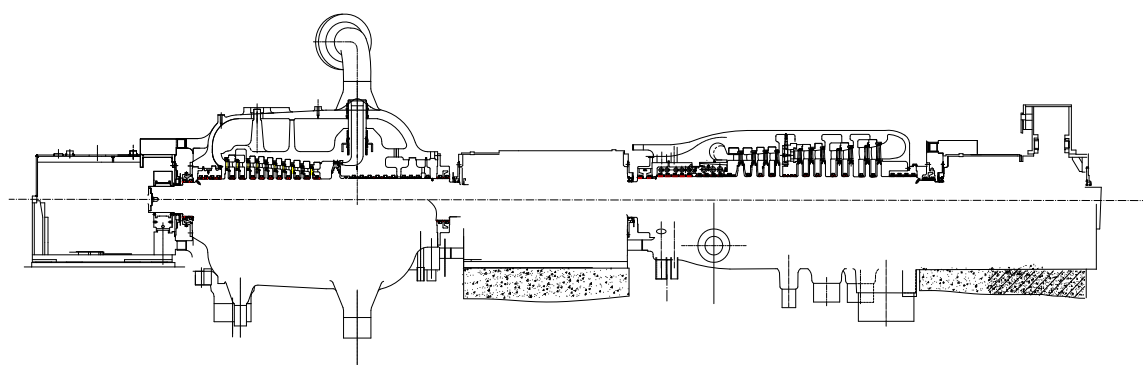
高压内缸在高压进汽中心线处与外缸通过定位凸肩构成内外缸相对膨胀死点。通过内缸下半 4 个猫爪搭在外缸上，为下猫爪中分面支承。内缸与外缸之间靠纵向键保持内外缸中心一致和内外缸间的自由膨胀。

高压蒸汽室与内缸为装配式，高压蒸汽室与高压内缸用大螺母联结并固定，蒸汽室与内缸之间用薄壁弹性衬环保证密封。高压进汽管与外缸用法兰联接，进汽管与蒸汽室用叠片式密封环相配合，既允许自由膨胀又能密封。为进一步减小漏汽，在高压和蒸汽室顶端与进汽管相配合处，设有小间隙筒形密封环，封住漏汽通道。

中压汽缸采用单层缸结构形式，同时中压汽缸设计成整体锥筒结构，以便提高汽缸刚性，采用高窄法兰以减小法兰与缸壁温差，提高机组启动灵活性及负荷快速跟踪能力。螺栓上、下螺母均与汽缸刮面研磨，保证螺母支承面与汽缸刮面紧密贴合，改善螺栓受力状况和防止漏汽。

中压汽缸也采用下猫爪中分面支承，有利于中分面密封及防止汽缸变形。

以下为超临界双抽背压机的高、中压内外缸结构示意图



#### 6.2.4.3 轴系

该机组的轴系由高压汽机转子、中压汽机转子和发电机转子组成，超临界背压机及中压背压机同轴、两缸对置，可减小反方向力，这种布置结构同常规机组结构布置类似，通过计算调节级，围带、叶片、叶轮等轴向推力大

小，可在设计允许的情况下，通流调整转子凸台尺寸，增大推力瓦面积等多种手段，使总比压达到设计规范内。

#### 6.2.4.4 主汽调节阀和中压联合汽阀

汽轮机的主汽调节阀和中压联合汽阀同原型机大致相当，高压主汽调节阀布置在汽机前方运行层下面，由主汽阀和调节阀组成。调节阀共用一个阀壳，主汽阀出口与调节阀壳相连，布置紧凑。为了减小阀门提升力，主汽阀和调节阀都设有预启阀。调节阀分别控制高压内缸里相对应的喷嘴，调节阀分别由各自独立油动机控制，实现机组的配汽要求。调节阀油动机位于调节阀后部倒背布置，通过杠杆控制调节阀的开度。主汽阀油动机位于主汽阀下方，直接推动主汽阀杆。

主汽阀配合直径处堆焊有司太立合金，以提高密封面的耐磨性。在主汽阀杆上设有锥形密封面，主汽阀在全开位置时，阀杆锥面紧贴套筒密封面，防止阀杆漏气。主汽阀盖螺栓采用 GH 螺纹。

主汽阀进口处装有测温电偶，以便监控阀壳的温差，减小热应力。

主汽阀内装有临时滤网（细目），供电厂在试运行期内使用，试运行结束后换上永久滤网（粗目）。

中压部分设置左右 2 个中压联合汽阀，分置于中压缸的两侧。在联合汽阀中主汽阀和调节阀共用阀壳和阀座。主汽阀由位于联合汽阀后部的油动机驱动，调节阀由位于联合汽阀下方的油动机驱动。为了减少阀门提升力，主汽阀和调节阀上部设有预启阀。

中压主汽阀杆上也设有锥形密封面，主汽阀在全开位置时，阀杆锥面紧贴套筒密封面，防止阀杆漏气。

#### 6.2.6 锅炉选型

本工程采用 350MW 超临界循环流化床锅炉，350MW 级超临界仅山西国金电厂投运。600MW 级四川白马二期超临界循环流化床已经成功运行。

国内三大锅炉制造厂（东锅、哈锅、上锅）依托引进法国 ALSTOM 公司 300MW 亚临界循环流化床锅炉技术，自主开发了具有自主知识产权的 300MW 亚临界循环流化床锅炉。截至 2010 年底统计，我国引进型 300MW 亚临界循环流化床锅炉共投产 17 台，自主开发的 300MW 亚临界循环流化床锅炉共投产

20 多台。这些 300MW 级亚临界循环流化床锅炉的运行逐渐趋于成熟。

近几年来，三大锅炉制造厂将成功投运的超临界煤粉炉技术和成功投运的亚临界循环流化床炉技术相结合，自主研发了超临界循环流化床锅炉技术，并且逐步完善为 350MW、600MW 的设计方案，且已有多台几组订货，目前正处于调试或者安装状态。尤其是东方锅炉厂在超临界循环流化床技术上已经迈出了第一步，其首台 600MW 超临界循环流化床锅炉已在四川白马电厂运行。山西国金电厂、河曲电厂也已投运。

经过与其它两家锅炉厂（哈锅、上锅）了解，他们也都开发了 350MW、600MW 超临界循环流化床锅炉的设计方案，其技术都是依托超临界煤粉炉+亚临界循环流化床基础上发展起来的，其锅炉的主汽温度、压力参数与 600MW 超临界煤粉锅炉的温度、压力参数相同，并有项目在设计过程中。因此，300MW 级超临界锅炉技术上是可行的。

本项目校核燃料采用原煤与石油焦混烧。石油焦较易破碎和磨细  $K_e=1.55$ ，属于中结渣型，与无烟煤的工业分析结果相近。石油焦松软、并且带粘性。目前国内已有纯烧石油焦的循环流化床锅炉，如天津石化电厂、浙江镇海石化等。故推荐采用循环流化床锅炉。

### 6.3 主机技术条件

三大主机主要技术条件。

#### 6.3.1 锅炉

##### (1) 1135t/h 超临界锅炉

|                 |                                        |
|-----------------|----------------------------------------|
| 型 式:            | 超临界循环流化床，一次中间再热直流炉，全钢架悬吊结构、半露天布置、固态排渣。 |
| 最大连续蒸发量 (B-MCR) | 1200t/h (额定 1135t/h)                   |
| 过热器出口蒸汽压力:      | 25.5 MPa. a                            |
| 过热器出口额定蒸汽温度     | 571℃                                   |
| 再热蒸汽流量          | 979.4t/h                               |
| 再热蒸汽压力 (进口/出口)  | 4.6/4.5 MPa                            |
| 再热蒸汽 (热段) 温度    | 450℃                                   |
| 再热蒸汽 (冷段) 温度    | 329℃                                   |

|      |                                        |
|------|----------------------------------------|
| 型 式: | 超临界循环流化床，一次中间再热直流炉，全钢架悬吊结构、半露天布置、固态排渣。 |
| 给水温度 | 260℃                                   |
| 排烟温度 | 140℃                                   |
| 锅炉效率 | 92%                                    |

## (2) 汽轮机

| 名称      | 单位     | CCB170-24.2/4.5/1.4/0.15 双抽背压机 |               |
|---------|--------|--------------------------------|---------------|
|         |        | 高压缸                            | 中压缸           |
| 台数      | 台      | 3                              |               |
| 汽轮机功率   | MW     | 166                            |               |
| 汽轮机进汽流量 | t/h    | 1135                           | 512           |
| 汽轮机进汽压力 | MPa. a | 24.2                           | 4.5           |
| 汽轮机进汽温度 | ℃      | 566                            | 450           |
| 汽轮机抽汽压力 | MPa. a | 4.5                            | 1.4           |
| 汽轮机抽汽温度 | ℃      | 450                            | 330           |
| 汽轮机抽汽流量 | t/h    | 额定/最大：467/700                  | 额定/最大：200/300 |
| 汽轮机排汽压力 | MPa. a | 4.75                           | 0.15          |
| 汽轮机排汽温度 | ℃      | 329.4                          | 111.4         |
| 汽轮机排汽流量 | t/h    | 1118                           | 额定/最大 101/120 |

## (3) 发电机

| 名 称  | 单位      | 技术规范                               |
|------|---------|------------------------------------|
| 台数   | 台       | 3                                  |
| 额定功率 | MW      | 三相两极同步发电机，采用空气冷却方式，励磁方式采用自并励静止励磁系统 |
| 额定功率 | MW      | 170                                |
| 功率因数 |         | 0.8                                |
| 转速   | r / min | 3000                               |
| 极数   |         | 2                                  |

| 名 称        | 单位 | 技术规范          |
|------------|----|---------------|
| 相数         |    | 3             |
| 频率         | Hz | 50            |
| 额定电压       |    | 10.5          |
| 短路比        |    | $\leq 0.5$    |
| 定、转子线圈绝缘等级 |    | F             |
| 发电机电抗      |    |               |
| 定子绕组接线     |    | Y-Y           |
| 冷却方式       |    | 空气冷却          |
| 发电机励磁方式    |    | 自并励静止励磁       |
| 发电机效率      |    | $\leq 98.4\%$ |

## 6.4 热力系统

### 6.4.1 主蒸汽及再热蒸汽系统

主蒸汽及冷、热再热蒸汽管道采用单元制设计，均按 2-1-2 制系统设计。从锅炉出口的热再热蒸汽接到一根母管上，在汽轮机前分为两个支管，进入中压缸。中压工业用汽从热再热蒸汽母管接出。

### 6.4.2 汽轮机旁路系统

为在汽轮机故障时保证继续供热，本工程汽轮机采用 100%BMCR 容量的高压旁路系统，低压旁路采用 40%BMCR 容量，可供机组启动调试时匹配锅炉与汽轮机的蒸汽参数。

### 6.4.3 回热抽汽系统

本工程设五级回热加热，即：1 台低压加热器，2 台高压加热器，1 台大气式除氧器，1 台高压除氧器。中压缸排汽（0.15MPa）用于大气式除氧器加热（第五级回热），中压缸设两级非调整抽汽，第四级抽汽用于低压加热器加热、第三级抽汽用于高压除氧器加热，同时用于驱动给水泵汽轮机，并提供

正常运行时的辅助蒸汽汽源。中压缸设回转隔板，对外提供 1.4MPa 的低压工业用汽，该级调整抽汽同时作为#2 高压加热器的加热汽源；汽轮机高压缸的排汽（冷段）作为#1 高压加热器的加热汽源。

#### 6.4.4 给水系统

给水系统采用单元制，每台机组配 2 台 50%容量的汽动给水泵，加 2 台 50%容量备用电动调速给水泵，启动给水泵驱动汽轮机排汽排入小机和旁路排放用凝汽器。

#### 6.4.5 凝结水系统

本工程每台机组配置两台 100%容量立式筒型凝结水泵，一用一备，变频器调速运行。

#### 6.4.6 中继水系统

本工程每台机组配置两台 100%容量卧式中继水泵，将大气式除氧器口水输送至低压加热器，中继水泵一用一备，变频器调速运行。

#### 6.4.7 加热器疏水系统

每台加热器设有正常疏水管路和事故疏水管路，两台高加和一台低加的正常疏水都采用逐级回流以利用疏水热量，提高热效率。高加疏水逐级串联疏水至高压除氧器，低加疏水至大气式除氧器。

各加热器事故疏水均单独接至疏水扩容器，高加事故疏水接至凝汽器侧的高加事故疏水扩容器，低加事故疏水接至凝汽器侧的本体疏水扩容器。

#### 6.4.8 对外供热系统

本工程对外供热介质为中、低压的蒸汽，凝结水暂不考虑回收，其中中压蒸汽 1400t/h，低压蒸汽 600t/h。

#### 6.4.9 辅助蒸汽系统

本期工程每台机组设置一个辅助蒸汽联箱，三台机组的辅助蒸汽联箱通过联络管道连接，在机组启动、停机、正常运行和甩负荷等工况下，联箱向各用汽点提供符合参数要求的蒸汽。

辅助蒸汽联箱蒸汽参数为 0.67~1.65MPa，237~401℃。其汽源来自燃气锅炉房、三段抽汽、冷再热蒸汽。三台机的高压辅助蒸汽联箱间用电动阀隔断。当本期工程第一台机组启动时，由燃气锅炉房来汽，经过辅助蒸汽联箱供各用汽点使用；在机组低负荷运行时，辅助蒸汽可由本机冷再热蒸汽供

汽；机组正常运行时，由本机三段抽汽供汽。

厂址附近具备天然气供气条件，故本工程启动锅炉采用燃气锅炉。考虑到项目主要热用户为石化企业，由于自身的特殊性，石化企业在启动、调试阶段以及供热管网的吹扫等，需要一定量的蒸汽，并根据锅炉故障工况的供热可靠性分析和热负荷的最低保证率要求，本工程设置 3 台 130t/h 的辅助燃气锅炉。

#### 6.4.10 工业水、冷却水系统

辅机冷却水系统采用开、闭式结合的冷却水系统，转动机械的轴承采用闭式水冷却，其他设备和辅机采用开式水冷却，辅机冷却水系统采用机力通风冷却塔冷却。供水压力 0.33MPa，最高供水温度 33℃。

#### 6.4.11 启动疏水系统

本工程超临界锅炉采用的启动系统为不带再循环泵的内置式启动系统。大气式扩容器的容量除满足锅炉启动过程中的最大启动疏水量外，还满足包括过热器疏水、再热器疏水、过热器和再热器减温水站疏水、吹灰器疏水、空预器疏水、省煤器放水等的疏水量。

锅炉启动疏水在大气式启动疏水扩容器中扩容后，经过疏水泵升压，排入凝结水箱。锅炉启动疏水流量靠凝结水箱入口处的锅炉启动疏水调节阀控制。

### 6.5 燃烧系统

燃烧系统包括给煤系统、烟风系统、点火助燃油系统、启动床料系统、石灰石粉系统，其中启动床料系统和石灰石粉系统描述见 6.8 节除灰渣系统。

#### 6.5.1 给煤系统

破碎后的燃料经输煤皮带进入炉前的原煤仓，然后经落煤管由给煤机送入锅炉的给煤口，送入炉膛燃烧。每台锅炉的原煤供给系统由原煤仓、给煤机供应。每个原煤仓对应 2 台给煤机，每台给煤机相对独立，给煤机的给煤量可以满足锅炉满负荷运行。采用微机控制称重式计量给煤机，可对入炉煤进行精确计量，给煤机驱动电机采用变频调速电动机，可随时调节给煤量。原煤供给系统采用正压给料，一次风机将密封空气送至给煤机，同时锅炉给煤口处形成煤柱，以防止炉膛内的高温烟气反窜入给煤系统污染环境和烧坏给煤机皮带。锅炉采用前墙一级给煤系统，每炉在前墙设置给煤料腿，每条

给煤料腿设播煤风口，给煤机沿炉膛宽度方向均匀布置，给煤流量按每个给煤口均布。

### 6.5.2 烟风系统

#### 1) 一次风系统

系统功能：一次风系统主要是为循环流化床锅炉提供流化介质，使煤在锅炉炉膛内实现流化状态，同时部分一次风经播煤增压风机增压后作为燃料给料系统的输送介质。

系统描述：冷空气经一次风机增压后分为四路进入炉膛：其一，空气预热器加热后，大部分热一次风进入炉膛底部的水冷风室，通过布置在布风板上的风帽使床料流化，并形成向上通过炉膛的气固两相流；其二，另从热一次风管道上接出一支风管至播煤增压风机，经播煤增压风机增压后作为给煤机的播煤风，在炉前分成支管，分别接到炉前进煤管的固定接口，在进煤口的下部形成气垫使煤能够顺利进入炉膛。其三，另从热一次风管道上接出一支风管至床上油枪点火风道进入炉膛。其四，一部分未经预热的冷一次风作为称重式计量给煤机的密封用风。一次风由 2 台 50%容量并列运行的一次风机供给，由于一次风主要用于流化炉膛内的床料，布风板和床料的阻力很大，因此一次风机压头远高于煤粉炉，一般均选用离心风机；考虑到 300MW 级机组的一次风量较大，采用双吸双支撑离心式风机，风机入口设有消音器。一次风机出力考虑通过变频器调节，变频调节具有调节范围广，效率高，投资少，技术成熟等优点，在变工况及煤种变化时也能保证风机在高效区运行。为防止进入空气预热器冷端的一次风温较低造成酸腐蚀和引起结露堵灰，影响设备的性能及使用寿命，在一次风机出口空气预热器进口一次风道上设置暖风器。正常运行时，部分热一次风经播煤增压风机增压后引至各个播煤口；当锅炉启动过程中或播煤增压风机故障时，热一次风通过旁路管道进入各个播煤口。

#### 2) 二次风系统

系统功能：二次风主要为锅炉燃烧提供足够的燃烧空气。

系统描述：冷二次风经空气预热器加热后，由二次风道引到炉膛四周的二次风箱，再从二次风箱引出若干个支管，分两层，上二次风和下二次风送入炉膛，为循环流化床锅炉提供燃烧所需空气。二次风由 2 台 50%容量并列

运行的二次风机供给，二次风机选用离心式风机，采用双吸双支撑离心式风机，入口设有消音器，二次风机出力通过变频器调节，使风机在较宽的负荷范围内维持高效运行。由于燃料含硫量高，空预器进风温度较高，故在二次风风机出口侧设置暖风器提高风温，防止低温腐蚀。

### 3) 流化风系统

系统功能：流化风系统是向回料器提供稳定流量的流化空气。

系统描述：该系统由 3 台 50%容量并列运行的高压流化风机并联组成，其中两台运行，一台备用。由于流化风压高达 $\sim 60\text{kPa}$ ，所以，高压流化风机采用多级离心式风机。

### 4) 烟气系统

按照环保标准要求，烟尘排放浓度  $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。本项目拟定采用电袋复合除尘器，并在除尘器后设置湿法脱硫装置。最终实现  $\text{SO}_2$  排放浓度  $\leq 35\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，烟尘排放浓度  $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

烟风系统设置 2 台 50%容量的轴流式引风机。炉膛出口的高温烟气经旋风分离器分离后，粗颗粒被分离出来返回炉膛，飞灰随烟气通过尾部受热面，而后烟气流经空预器，经除尘器除尘后，进入吸风机，然后进入脱硫装置，最后排至大气。为充分利用热量，降低排烟温度，提高全厂热效率并降低耗水量，在引风机出口烟道脱硫吸收塔之前设置烟气余热回收装置。

3 台炉共设置 1 台烟囱（见土建专业比较），内设三根排烟管，烟囱高暂按 210 米。

### 6.5.3 点火及助燃油系统

本机组点火及助燃油采用轻柴油。锅炉点火及助燃油设备包括床下点火燃烧器和床上油枪。

本期工程新建油罐区及燃油泵房。油罐区设置有  $2 \times 500\text{m}^3$  油罐。在油泵房内设置有两台卸油泵，两台 100%容量的供油泵，一台运行，一台备用。

### 6.5.4 烟气处理系统

本工程采用循环流化床锅炉，采取炉内喷钙脱硫+炉外湿法脱硫。炉后湿法脱硫详细论述见脱硫部分。

本期工程脱硝工艺考虑采用选择性非催化还原技术（SNCR）+ SCR（选择性催化还原法），最终氮氧化物排放浓度小于  $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，详细论述见烟气脱硝部分。

#### 6.5.5 炉内物料循环燃烧系统

炉内物料循环燃烧系统的作用在于将旋风分离器里收集到的炽热颗粒经回料器送回到炉膛，实现物料的循环燃烧。本系统由 3 个旋风分离器、3 个回料器、3 台高压流化风机等组成。

由高效旋风分离器分离出来的固体颗粒依靠重力进入回料器，回料器两边利用高压风形成不同的流态化，可将固体颗粒单向送回炉膛。在旋风分离器立管中的固体颗粒建立起来的料位能防止炉内烟气和流化风从回料器窜至旋风分离器。高压流化风机用以提供回料器所需的高压流化风。

设置 3 台 50%容量并列运行的高压流化风机，其中 2 台运行，1 台备用。由于流化风压高达 $\sim 65\text{kPa}$ ，所以，高压流化风机采用多级离心式风机。

### 6.6 电气部分

#### 6.6.1 电气主接线

##### 6.6.1.1 电气主接线方案

本期工程装机容量约为 510MW。

本期工程的电气主接线方案拟采用如下方案：

本期 3 台 170MW 的发电机均以发电机-变压器组的方式接入厂内 220kV 配电装置，发电机与主变间不设出口断路器；220kV 主接线采用双母线接线，接入系统按 2 回考虑，采用高压电缆出线。全厂设置 1 台有载调压启动/备用变压器，作为全厂机组的启动/备用电源，其高压侧引自厂内 220kV 配电装置。

主接线参见图纸 FA05171K2-D-01。

##### 6.6.1.2 起备变电源的引接

本期工程全厂设 1 台有载调压启动/备用公用变压器，作为全厂机组的启动/备用电源，其高压侧引自厂内 220kV 升压站。

##### 6.6.1.3 中性点接地方式

220kV 系统中性点采用直接接地或不接地的方式；

发电机中性点采用高电阻接地方式；

高压厂用电 6kV 系统采用中性点低阻接地方式，低压厂用电 380V 系统采

用中性点直接接地方式。

#### 6.6.1.4 厂用电系统

##### 6.6.1.4.1 高压厂用电系统

根据本工程厂用电负荷资料，高压厂用电系统采用 6kV 一级电压。根据按炉分段的原则，每台锅炉设置一台分裂绕组高压厂用变压器，电源引自各机组的发电机的出口。机组高压辅机及互为备用的机组低压变压器分别接在 6kV 工作 A、B 段上。脱硫不设 6kV 母线段，高压脱硫负荷引自本机组 6kV 工作段。

全厂设置 2 段高压公用母线段，每段采用双电源供电，全厂公用的干式变及高压电机分别引自公用 6kV A、B 段。其中 6kV 公用 A 段的两回电源分别引自工作 6kV I A 段和 6kV II A 段，6kV 公用 B 段的电源引自工作 6kV II B 段和 6kV III B 段。

全厂设置一台分裂绕组高压启动/备用公用变压器，作为 3 台高厂变的启动/备用电源。

经初步估算，该方案可选择开断电流 50kA，动稳定电流 125kA 的 6kV 开关设备。

6kV 开关柜采用真空断路器加 F-C 回路组合方式。容量小于 1600kVA 的变压器和 800kW 的风机、1000kW 的泵类电动机采用 F-C 回路供电。

##### 6.6.1.4.2 低压厂用电系统

380V 低压厂用系统,除化水变压器采用明备用方式外，均采用暗（互为）备用动力中心（PC）的接线方式。低压厂用变压器、动力中心（PC）和电动机控制中心（MCC）成对设置，建立双路电源通道。低压变压器容量根据现有工艺负荷资料情况暂估，待初步设计阶段根据具体负荷情况确定。

每台机组设 2 台互为备用的 1250kVA 低压工作变压器，为每套机组主厂房内的单元负荷供电。

每台机组设 1 台 500kVA 照明变，全厂设置 1 台 500kVA 检修变，其中检修变和#1 机照明变互为备用，#2、#3 机的照明变互为备用。

全厂设 2 台互为备用的 1250kVA 低压公用变压器，为汽机房内的公用负荷供电。

脱硫岛全厂共设置 2 台 1000 kVA 的脱硫低压变压器，互为备用。石膏脱

水、事故浆液等全厂公用系统的负荷分别由两台变压器供电。

电袋除尘系统和湿式除尘系统统一考虑供电，每台炉设置 2 台 1600kVA 的除尘低压变压器，互为备用。

化水岛区域共设置 3 台 1600 kVA 的低压化水变压器，2 台工作一台备用。

水工车间区域设置 2 台 1600 kVA 的水工低压变压器，互为备用。

输煤、灰库区域设置 2 台 1600 kVA 的煤灰低压变压器，互为备用。

翻车机区域设置 2 台 800 kVA 的翻车机低压变压器，互为备用。

厂外储灰渣场电源就近引自工业园区内电源。

脱硝区域就地设置 MCC 供电，电源就近引自的公用系统的 PC 段。

#### 6.6.1.4.3 保安电源的接线方式

每套发电机组设置一套容量为 650kW 的柴油发电机组做为交流事故保安电源。

正常运行时机组保安段由该机组一段工作母线供电，失电后，自动切换到该机组另一段厂用母线，同时起动柴油发电机，若切换成功，不投柴油发电机，若切换不成功，则经过一定延时投入柴油发电机，然后分批次投入保安负荷。

### 6.6.2 主要设备选择

#### 6.6.2.1 发电机

全厂发电机均按空气冷却方式考虑。由于接入系统资料尚缺，发电机暂考虑采用静态励磁系统；功率因数、进相能力和调峰能力待接入系统审查后确定。

#### 6.6.2.2 主变压器

发电机的主变压器采用 200MVA 的三相无载调压变压器。

#### 6.6.2.3 220kV 设备

##### 1) 220 kV 配电装置型式选择

目前国内 220kV 配电装置布置最为广泛的型式有 GIS 和屋外敞开式。

##### a) GIS 型式：

◆ 优点：占地小，设备绝缘水平不受环境影响，运行维护量小，对外界电磁、噪音污染小，抗震等级较高。

◆ 缺点：设备投资相对较高，SF<sub>6</sub> 气体泄漏对环境有影响。

b) 屋外敞开布置型式:

◆ 优点: 投资较小, 扩建方便。

◆ 缺点: 占地较大, 运维方便性差, 可靠性不及 GIS, 裸露导体的电磁污染大, 当天气条件恶劣时, 可能产生电晕。

目前, 国内 220kV GIS 制造技术已非常成熟, GIS 的价格大大降低, GIS 型式与屋外敞开布置型式总投资 (包括土建等) 已很接近。

本工程位于滨海的工业园区内, 距离海边仅 3.2km, 处于 IV 级污秽区, 发生污闪的概率较大。同时, 厂区处于地震 7 度烈度区, 电气设备需满足 8 度的设防要求。为了提高 220kV 配电装置的可靠性, 降低盐雾对设备材料的腐蚀, 本工程 220kV 配电装置推荐采用屋内 GIS。

#### 6.6.2.4 其它设备

6kV 开关柜采用中置式手车真空开关柜, 低压厂用变压器采用干式变压器, 低压配电柜采用抽出式开关柜。

#### 6.6.3 主要电气设备布置

##### 6.6.3.1 220kV GIS

220 kV GIS 布置在主厂房 A 南侧。

##### 6.6.3.2 A 列外电气设备布置

主变压器、高压厂用变压器、启动/备用变压器均布置在汽机房 A 排墙外。为节省封闭母线和共箱母线长度, 尽量将变压器靠近主厂房布置。变压器考虑拉进汽机房内检修, 故变压器布置充分考虑了搬运及检修通道。

##### 6.6.3.3 主厂房及集控楼电气设备布置

发电机励磁系统设备布置在主厂房运转层发电机靠近 A 排侧;

发电机出口 PT 柜、励磁变布置在汽机房中间层, 靠近 A 列墙处。

单元 6kV 配电装置和公用 6kV 配电装置布置于汽机房 6.30m 层 A-B 排间。单元低压工作配电装置布置于汽机房±0.00m 层 A-B 排间, 公用低压配电装置布置于汽机房±0.00m 层 B-C 排间。机组蓄电池室、电气继电器室、直流及 UPS 配电室等布置于汽机房中间层及零米层 B-C 排间。

一次风机和二次风机的变频装置布置于锅炉房内的变频装置室内。

凝结水泵的变频装置布置于汽机房内的变频装置室内。

##### 6.6.3.4 厂区其它电气设备布置

化学岛车间内设置化水配电室，布置化水 PC。

水工区域设置水工配电室，布置水工 PC。

设置翻车机配电室，布置翻车机 PC。

输煤综合楼内设置输煤配电室，布置输煤 380V PC、输煤程控柜、辅助车间直流等。

电袋除尘配电室与空压机房联合布置。

380V 电动机控制中心布置在各自的负荷中心。

脱硫 380 V PC、MCC 布置在脱硫区域。

#### 6.6.4 电气控制部分

##### 6.6.4.1 直流电系统、交流不停电电源（UPS）和发电机励磁系统

每台机组设一套 220V 直流系统，动力、控制负荷混合供电。每组直流系统包括两组 220V 蓄电池组，三套蓄电池充电装置，直流配电屏、直流分电屏等。蓄电池采用阀控式密封铅酸免维护蓄电池，正常以浮充电方式运行，每组直流蓄电池设一组高频开关充电装置，智能高频开关电源充电浮充电装置采用装置备用方式。

辅助车间在输煤配电室设置一套 220V 直流系统，设置一组阀控式密封铅酸蓄电池组，直流系统包括蓄电池屏，蓄电池充电器，直流配电屏等。充电浮充电装置采用智能高频开关电源模块模块备用方式。

每台机组设置一套公用的交流不停电电源系统（UPS），每套包括一台主机、一台旁路及配电柜。

脱硫系统拟设置一套交流不停电电源系统（UPS）。

220kV 升压站直流、UPS 拟采用交直流一体化电源系统，设置两组 220V 阀控式密封铅酸免维护蓄电池组，三套蓄电池充电装置，智能高频开关电源充电装置采用装置备用方式。两组蓄电池分别向两套 UPS 系统供电，以保证升压站重要设备采用可靠双电源供电的要求。

##### 6.6.4.2 二次线、继电保护及自动装置

单元机组的电气设备全部纳入分散控制系统（DCS），通过 DCS 实现自动控制或通过键盘（鼠标）实现软手操（远方控制），不设常规的硬手操设备。

单元机组、厂用电系统、保安电源系统、直流系统和交流不停电电源系统的测量，按照《电力装置的电测量仪表装置设计规范》要求配置，由 DCS

进行监测，不再保留常规测量表计和报警光字牌。

发电机变压器组、启备变保护采用数字式微机型保护，保护屏布置在电气继电器室内。保护装置的配置原则按相关规程规范的有关要求执行。

每套发电机变压器组装设一套同期系统，采用微机型自动准同期装置，同期接线采用单相同期方式。

高压厂用电源采用快速切换装置。

设一套 GPS 对时系统，对时主机布置于升压站，在主厂房设对时扩展分屏，GPS 主屏与扩展屏之间通过光纤连接。

网络系统监控按照能够实现无人值班，少人值守的设计原则，以微机监控系统为手段完成对整个升压站的监视、测量、控制和运行管理，由微机监控系统完成以往常规控制所具有的全部功能。

本工程输煤程控采用常规的输煤 PLC 程控系统，在煤仓间等处设置远程 I/O 柜，远程 I/O 柜与程控主机通过通讯电缆或光纤连接。

除尘控制室不设模拟屏和硬手操控制台，设一套上位机操作管理系统，布置在热工除灰控制室内。

#### 6.6.5 过电压保护及接地

##### 6.6.5.1 直击雷过电压保护

220 kV 配电装置构架上设置避雷针，对 220kV 配电装置及架空进线进行直击雷保护。避雷针引下线与主接地网连接，并在连接处设置集中接地装置。

另外，烟囱、汽机房设置独立避雷针，并设置独立接地装置。

##### 6.6.5.2 雷电侵入波过电压保护

为防止线路雷电侵入波侵袭而损坏设备，每回 220kV 出线均设 1 组氧化锌避雷器，在每台主变压器高压出线侧设置 1 组氧化锌避雷器。

220kV 避雷器兼作操作过电压保护。

6kV 真空开关柜装设氧化锌避雷器作为过电压保护。

##### 6.6.5.3 感应雷过电压保护

为了防止感应雷过电压和静电感应产生火花，在露天储罐四周设置闭合环形接地体，将罐体可靠接地。

##### 6.6.5.4 接地

对所有电气设备外壳、开关装置和开关柜接地母线、金属架构、电缆桥

架、金属箱罐和其他可能事故带电的金属物的接地系统进行设计。电厂主接地网由水平接地体和垂直接地极组成，以水平接地体为主。

#### 6.6.6 照明和检修网络

本工程设正常照明、交流应急照明和直流应急照明。

全厂设一台检修变，在汽机房和锅炉房每台机分设汽机和锅炉检修 MCC，主厂房检修电源箱、电动葫芦电源由检修 MCC 引接。辅助车间检修电源从各车间 MCC 就近引接。

每套锅炉-汽机发电机组设一台照明变。

#### 6.6.7 电缆设施

220kV 出线电缆敷设采用电缆隧道。

主厂房电缆敷设采用全架空的方式，每台机电缆尽可能分通道敷设，相连通的部分设防火封堵。厂区电缆敷设采用架空电缆桥架、电缆沟、穿管和直埋方式。

主厂房内及易燃易爆的场所选用阻燃或耐火电缆，全程电缆桥架敷设的电缆选用非铠装电缆，其余选用铠装电缆，进入计算机电缆则采用屏蔽电缆和计算机专用电缆。

### 6.7 燃料输送系统

#### 6.7.1 燃料耗量

本期工程建设 3×1135t/h 超临界 CFB 锅炉，二期规划建设 2×1135t/h 超临界 CFB 锅炉。本期工程最大燃料耗量为 3 台锅炉满负荷运行，二期建成后最大燃料耗量为 5 台锅炉满负荷运行。

设计燃料采用原煤，校核煤种采用 80%原煤+20%石油焦，本工程燃料量如下：

| 项 目 \ 机组容量      |        | 1×1135t/h | 3×1135t/h | 5×1135t/h |
|-----------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| 小时耗料量<br>(吨/小时) | 设计燃料   | 141.9     | 425.7     | 709.5     |
|                 | 校核燃料 1 | 134       | 402       | 670       |
| 日耗料量<br>(吨/天)   | 设计燃料   | 3121.8    | 9365.4    | 15609     |
|                 | 校核燃料 1 | 2948      | 8844      | 14740     |

| 项 目 \ 机组容量     |        | 1×1135t/h | 3×1135t/h | 5×1135t/h |
|----------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| 年耗料量<br>(万吨/年) | 设计燃料   | 92.24     | 276.71    | 461.18    |
|                | 校核燃料 1 | 87.1      | 261.3     | 435.5     |

注：1. 按锅炉 BMCR 工况计算。

2. 日运行小时数按 22 小时计。（按机组满负荷计算）

3. 年运行小时数按 6500 小时计。（按机组满负荷计算）

#### 6.7.2 设计范围

煤炭运输采用铁路来煤，拟通过南港一号铁路输送至厂内翻车机室。石油焦采样汽车运输进厂，通过汽车采样及汽车衡，直接到封闭煤棚内卸煤。燃料输送系统设计范围从翻车机室开始至煤仓间原煤斗顶部的整个燃料输送系统，包括贮存、筛碎、除铁、计量、校验、取样、输送等工艺流程，还包括运煤综合楼、推煤机库等运煤辅助建筑。

#### 6.7.3 方案对比

针对本工程规划容量以及场地条件，本工程燃料运输系统共有 2 个方案。方案一对应总平面规划布置方案一与方案二，一二期燃料运输系统统一考虑。方案二对应总平面规划布置方案三，一二期仅卸料装置共用，贮料、筛分破碎、上料系统均分开考虑。具体区别如下：

|         | 燃料运输系统方案一                                             |                                  | 燃料运输系统方案二                                            |                                                      |
|---------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|         | 一期                                                    | 二期                               | 一期                                                   | 二期                                                   |
| 卸料装置    | 布置 2 台折返式单车翻车机                                        | 无新增                              | 布置 2 台折返式单车翻车机                                       | 无新增                                                  |
| 贮料系统    | 1 座通过式条形料场，供两台机燃用 20 天。35m 悬臂设备。                      | 1 座通过式条形料场，供两台机燃用 20 天。35m 悬臂设备。 | 1 座通过式条形料场，供三台机燃用 20 天。40m 悬臂设备。                     | 1 座折返式条形料场，供两台机燃用 20 天。40m 悬臂设备。                     |
| 筛碎系统：粗碎 | 滚轴筛出力 1100t/h，环锤式碎料机出力 800t/h，最大进料粒度≤300mm，出料粒度≤30mm。 | 无新增                              | 滚轴筛出力 650t/h，环锤式碎料机出力 400t/h，最大进料粒度≤300mm，出料粒度≤30mm。 | 滚轴筛出力 500t/h，环锤式碎料机出力 300t/h，最大进料粒度≤300mm，出料粒度≤30mm。 |

|              | 燃料运输系统方案一                                                                            |                                                                                      | 燃料运输系统方案二                                                                            |                                                                                      |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|              | 一期                                                                                   | 二期                                                                                   | 一期                                                                                   | 二期                                                                                   |
| 筛碎系统：细碎      | 高幅振动筛出力 650t/h，可逆锤击式细碎机出力 650t/h，最大进料粒度 $\leq 30\text{mm}$ ，出料粒度 $\leq 8\text{mm}$ 。 | 高幅振动筛出力 650t/h，可逆锤击式细碎机出力 650t/h，最大进料粒度 $\leq 30\text{mm}$ ，出料粒度 $\leq 8\text{mm}$ 。 | 高幅振动筛出力 650t/h，可逆锤击式细碎机出力 650t/h，最大进料粒度 $\leq 30\text{mm}$ ，出料粒度 $\leq 8\text{mm}$ 。 | 高幅振动筛出力 500t/h，可逆锤击式细碎机出力 500t/h，最大进料粒度 $\leq 30\text{mm}$ ，出料粒度 $\leq 8\text{mm}$ 。 |
| 带式输送机系统：卸料系统 | 2 段 4 条带式输送机，均双路布置。带宽 B=1400mm，带速 V=2.5m/s，出力 Q=1500t/h。                             | 无新增                                                                                  | 2 段 4 条带式输送机，均双路布置。带宽 B=1400mm，带速 V=2.5m/s，出力 Q=1500t/h。                             | 无新增                                                                                  |
| 带式输送机系统：上料系统 | 5 段 10 条带式输送机，均双路布置。带宽 B=1400mm，带速 V=2.5m/s，出力 Q=1100t/h。                            | 4 段 8 条带式输送机，均双路布置。带宽 B=1400mm，带速 V=2.5m/s，出力 Q=1100t/h。                             | 5 段 10 条带式输送机，均双路布置。带宽 B=1200mm，带速 V=2.5m/s，出力 Q=850t/h。                             | 6 段 12 条带式输送机，均双路布置。带宽 B=1200mm，带速 V=2.5m/s，出力 Q=850t/h。                             |
| 设备费用（含安装）    | 11923 万元                                                                             | 7700 万元                                                                              | 10640 万元                                                                             | 8500 万元                                                                              |
| 土建费用         | 17856 万元                                                                             | 11200 万元                                                                             | 17724 万元                                                                             | 14340 万元                                                                             |
| 合计           | 29779 万元                                                                             | 18900 万元                                                                             | 28364 万元                                                                             | 22840                                                                                |
| 差额           | 0                                                                                    | 0                                                                                    | 0                                                                                    | 3940                                                                                 |

方案一整体规划及投资优于方案二，本工程推荐采用方案一，即料场及细碎煤机室按本期三台锅炉 BMCR 工况考虑，为二期预留扩建条件；带式输送机系统出力与二期工程匹配。后续燃料输送系统描述均针对推荐方案一进行说明。

#### 6.7.4 卸料装置

本工程为铁路、公路来燃料，火车卸料装置采用“C”型翻车机卸车，汽车来煤直接卸料至封闭煤棚。因场地限制，厂内铁路线短，且需要整列进厂，故翻车机室内折返式布置 2 台翻车机。翻车机卸料装置包括以下设备：翻车机、拨车机、推车机、迁车台等，在翻车机作业区内设有 2 台静态电子轨道衡，以及火车采制样设备。

石油焦耗量为校核煤种 20%，本期日耗量约 1769t，来煤不均衡系数取 1.3，日最大来煤量约 2300t，考虑运煤车型为 30~60t 的自卸汽车，则日最多来煤车辆为 77 辆次，按每天卸煤 10 小时考虑，则平均每小时卸车 8 量。

#### 6.7.5 贮料系统

本期料场采用 1 条通过式悬臂斗轮机条形料场。料场长 445m，宽 98m，储量约  $18.73 \times 10^4$ t，可供本期  $3 \times 1135$ t/h 机组 BMCR 工况下燃用 20 天。预留二期扩建条件。

料场机械：料场并联布置 1 台 35m 悬臂斗轮堆取料机以及 1 台 35m 悬臂斗轮取料机，堆料力为 1500t/h，取料出力均为 650~1100t/h 可调。堆高：轨上 14.5m，轨下 1.5m。

#### 6.7.6 筛碎系统

厂内运料系统设置两级筛碎系统，筛碎系统为双路布置。

粗碎料机室内安装有 2 台滚轴筛，2 台环锤式碎料机。滚轴筛出力 1100t/h，筛上设有旁路挡板。最大进料粒度  $\leq 300$ mm，出料粒度  $\leq 30$ mm。环锤式碎料机出力 800t/h，最大进料粒度  $\leq 300$ mm，出料粒度  $\leq 30$ mm。

细碎料机室内安装有 2 台高幅振动筛，2 台可逆锤击式细碎机。高幅振动筛出力 650t/h。最大进料粒度  $\leq 30$ mm，出料粒度  $\leq 8$ mm。可逆锤击式细碎机出力 650t/h，最大进料粒度  $\leq 30$ mm，出料粒度  $\leq 8$ mm。

#### 6.7.7 带式输送机系统

系统共设 7 段 14 条带式输送机，均双路布置，一路运行一路备用，并具备同时运行的可能。以料场 2 号转运站分界，翻车机侧为卸料系统，主厂房侧为上料系统。卸料系统带式输送机带宽  $B=1400$ mm，带速  $V=2.5$ m/s，出力  $Q=1500$ t/h，上料系统带式输送机带宽  $B=1400$ mm，带速  $v=2.5$ m/s，出力  $Q=1100$ t/h。

#### 6.7.8 辅助设施

##### 6.7.8.1 系统控制

系统控制采用程序控制及工业电视监控。

##### 6.7.8.2 安全保护

带式输送机系统均设置带式输送机安全保护装置：双向拉绳开关、两级跑偏开关、速度检测仪、料流检测器和纵向撕裂保护装置。各转运点落料管

均设有溜槽堵塞检测器及振动器。原煤仓顶部设置高、低料位计。

6.7.8.3 原煤仓配料方式

原煤仓配料采用电动双侧犁式卸料器分别向各原煤斗卸料。

6.7.8.4 计量、校验装置

设置入厂料计量装置：静态轨道衡；2重1空汽车衡。

设置入炉料计量装置：入炉煤电子皮带秤和入炉煤循环链码校验装置。

6.7.8.5 除铁设备

设置4级除铁设施，分别位于1号带式输送机头部，料场2号带式输送机头部，粗碎料机室4号带头部，细碎料机室5号带头部，6号带式输送机中部。

6.7.8.6 采制样装置

翻车机室前设置火车入厂采样装置，厂内设2台汽车采样装置。在6号带中部设置入炉料采制样装置。

6.7.8.7 粉尘防治

运料系统设水力清扫及相应的冲洗污水排放设施，各转运点的带式输送机头部护罩和尾部导料槽出口位置设置自动干雾抑尘装置。各转运站设除尘设备及无动力除尘装置。

6.7.8.8 数字化燃料管理系统

本工程燃料为煤炭，全部通过铁路运输进厂，来料方式简单。为提高运煤系统管理水平，设置入厂煤采制样一体化系统。并为实现煤场数字化管理，达到先进先出的防自燃措施，设置激光盘煤系统。

6.8 除灰渣系统

6.8.1 灰渣量

根据煤质分析资料及燃煤量，三台炉运行时一台机组设计燃料计算灰渣量见表6.8-1。

表 6.8-1 计算灰渣量

| 灰 | 每小时灰渣量<br>(t/h) | 日灰渣量<br>(t/d) | 年灰渣量<br>(10 <sup>4</sup> t/年) |
|---|-----------------|---------------|-------------------------------|
|---|-----------------|---------------|-------------------------------|

| 容量<br>渣<br>量 | 灰 量  | 渣 量 | 灰渣量  | 灰 量   | 渣 量   | 灰渣量   | 灰 量    | 渣 量  | 灰渣量    |
|--------------|------|-----|------|-------|-------|-------|--------|------|--------|
| 设计燃料         | 16.8 | 7.2 | 24   | 369.6 | 158.4 | 528   | 10.92  | 4.68 | 15.6   |
| 校核燃料         | 22.9 | 9.8 | 32.7 | 503.8 | 215.6 | 719.4 | 14.885 | 6.37 | 21.255 |

注：1. 每日按 22h 计，每年按 6500h 计。

2. 灰按总灰渣量的 70%计算，渣按总灰渣量的 30%计算。

3. 灰渣量按  $Ca/S=2.2$  计算。

根据煤质分析资料及燃料量，二台炉运行时一台机组设计、校核燃料计算灰渣量见表 6.8-2。

表 6.8-2 计算灰渣量

| 容量<br>灰<br>渣<br>量 | 每小时灰渣量<br>(t/h) |     |      | 日灰渣量<br>(t/d) |       |       | 年灰渣量<br>(10 <sup>4</sup> t/年) |      |       |
|-------------------|-----------------|-----|------|---------------|-------|-------|-------------------------------|------|-------|
|                   | 灰 量             | 渣 量 | 灰渣量  | 灰 量           | 渣 量   | 灰渣量   | 灰 量                           | 渣 量  | 灰渣量   |
| 设计燃料              | 20.9            | 8.9 | 29.8 | 459.8         | 195.8 | 655.6 | 15.68                         | 6.68 | 22.36 |
| 校核燃料              | 28              | 12  | 40   | 616           | 264   | 880   | 18.2                          | 7.8  | 26    |

注：1. 每日按 22h 计，每年按 6500h 计。

2. 灰按总灰渣量的 70%计算，渣按总灰渣量的 30%计算。

3. 灰渣量按  $Ca/S=2.2$  计算。

## 6.8.2 主要设计原则

6.8.2.1 采用灰渣分除系统，除灰、渣系统按一台机组为一除灰、渣单元进行设计。石灰石粉输送亦按一台炉为一个单元。

6.8.2.2 除灰系统采用气力除灰系统将灰输送至灰库，满足干灰综合利用要求，同时在灰库下可装调湿灰运出。

6.8.2.3 除渣系统采用机械除渣系统至渣库，即链斗输送机—斗式提升机—渣库，每炉设 2 套机械除渣系统配一座渣库，汽车外运至综合利用用户。

6.8.2.4 除灰渣系统尽可能节约用水。

6.8.2.5 石灰石粉输送系统采用正压气力输送系统从石灰石粉库直接

输送至锅炉，每炉设一座粉库。

6.8.2.6 本期工程全厂设一座空压机房，供气力除灰输送用气、石灰石粉输送用气、检修用气、全厂仪用压缩空气用气、化学、脱硫等专业用气。

6.8.2.7 床料输送系统采用正压气力输送系统从床料仓直接输送至锅炉，每炉设一座床料仓。

### 6.8.3 除灰渣系统方案

#### 6.8.3.1 除灰渣系统的选择

考虑到电厂灰渣的综合利用，为满足灰渣综合利用的要求，除灰系统采用干灰气力集中系统，将除尘器灰斗内的干灰集中至灰库，省煤器下和一电场的灰均能气力输送至飞灰循环仓，在灰库下装车运至综合利用场所。除渣系统采用机械除渣系统将渣输送至渣库，在渣库下装车运至综合利用场所。

#### 6.8.3.2 除灰系统

除灰系统采用干灰浓相气力集中、汽车运灰系统，电除尘器灰斗内的飞灰由灰斗进入仓泵，仓泵内飞灰与空压机出口的压缩空气混合，气灰混合物一并送至灰库，并且省煤器下和一电场的灰均能气力输送至飞灰循环仓，灰库内空气经过库顶脉冲袋式除尘器逸出。本期工程设三座灰库，每座灰库直径 $\Phi 12$ 米，三座灰库可贮存三台机组设计燃料 26 小时的灰量。灰库内飞灰分三路排出，粗灰库下设有 2 台湿式搅拌机和 1 台干灰散装机，细灰库下设有 1 台湿式搅拌机和 2 台干灰散装机，干灰可直接装车进行综合利用。

#### 6.8.3.3 压缩空气系统

为减少空压机房数量和占地面积，提高空压机备用机的利用率，本期工程全厂设压缩空气中心，供全厂仪表用气、除灰输送用气、石灰石粉、床料输送用气。本期共设置 6 台空气压缩机，其中 4 台运行，2 台备用。空压机参数为：流量  $Q=80\text{Nm}^3/\text{min}$ ，压力  $P=0.85\text{MPa}$ 。为防止物料受潮堵管，在每台空压机出口设置一套空气干燥净化装置。参见 100-FA05171K2-C-03 压缩空气系统图。

#### 6.8.3.4 除渣系统

除渣系统采用机械除渣系统，锅炉流化床排出的炉渣经冷渣器冷却至  $150^\circ\text{C}$  以下后进入链斗输送机，再由斗式提升机提升至渣库，设渣库一座，有效容积  $230\text{m}^3$ ，可满足 24 小时的贮渣量。渣库下分别设置 1 套干式卸料设备、

1 套湿式卸料设备和 1 套锅炉床料上料系统，干渣经干式卸料设备卸出后运至综合利用场地。参见除渣系统图 100-FA05171K2-C-01。

#### 6.8.4 石灰石粉输送系统

本工程以每台炉为一个输送单元进行设计。

电厂从外采购的成品石灰石粉首先储存在石灰石粉库内，设 1 座石灰石粉库，厂外罐车送来的石灰石粉通过罐车自带的气力输送泵送入石灰石粉库中。

在石灰石粉库下设两套输送系统，每组容积为  $1.5\text{m}^3$  的发送仓泵，一用一备，每套输送设一根输粉管道。石灰石粉通过仓泵经管道用正压气力输送至锅炉内。参见石灰石粉输送系统图 100-FA05171K2-C-04。

本工程石灰石粉库直径为  $\Phi 6\text{m}$ ，石灰石粉库的有效容积为  $170\text{m}^3$ ，可贮存一台炉 24 小时的石灰石粉量。

仓泵的输送气源来自除灰系统空压机，为了保证输送气源的稳定性，在每座石灰石粉库处设一个容积为  $15\text{m}^3$  贮气罐。

#### 6.8.5 床料输送系统

本工程以每台炉为一个输送单元进行设计。

每台炉设 1 座床料仓，在床料仓下设一套输送系统，每组容积为  $2.0\text{m}^3$  的发送仓泵，每套输送设一根输粉管道。床料通过仓泵经管道用正压气力输送至锅炉内。

本工程床料仓直径为  $\Phi 5\text{m}$ ，床料仓的有效容积为  $100\text{m}^3$ ，仓泵的输送气源来自石灰石粉库容积为  $15\text{m}^3$  贮气罐。

### 6.9 化学部分

#### 6.9.1 水源及水质

本工程电厂水源采用先达（天津）海水资源可发有限公司来海水淡化水，淡化水水质见附表 6.9-1/4~6.9-2/4。现阶段海水淡化厂尚未建成，无法获得水质全分析资料，其原海水水质见附表 6.9-3/4~6.9-4/4。

附表 6.9-1/4

文件编号: 1001-300-GN-DC-006  
版本编号: 0

## 南港工业区海淡水供水水质指标

| 序号 | 检测指标            | 单位                            | 限值        | 分析标准               |
|----|-----------------|-------------------------------|-----------|--------------------|
| 1  | 水温              | °C                            | 15 - 32   | GB<br>13195-1991   |
| 2  | 色度              | 度                             | ≤ 5       | GB11903-1989       |
| 3  | 浊度              | NTU                           | ≤ 1       | GB/T<br>12151-2005 |
| 4  | 臭和味             |                               | 无异臭、异味    |                    |
| 5  | 肉眼可见物           |                               | 不得检出      |                    |
| 6  | 溶解性总固体<br>(TDS) | mg/l                          | ≤ 470     | GB/T<br>14415-2007 |
| 7  | 电导率             | μs/cm                         | ≤ 915     | GB/T<br>6908-2008  |
| 8  | 总硬度             | mg/l 以 CaCO <sub>3</sub><br>计 | ≤ 50      | GB/T<br>6909-2008  |
| 9  | 总碱度             | mg/l 以 CaCO <sub>3</sub><br>计 | ≤ 200     | GB/T<br>15451-2006 |
| 10 | pH 值            |                               | 6.5 - 8.5 | GB/T<br>6904-2008  |
| 11 | 钠               | mg/l                          | ≤ 175     | GB/T<br>14640-2008 |

附表 6.9-2/4

文件编号: 1001-000-GN-DC-006  
版本编号: 0

| 序号 | 检测指标 | 单位   | 限值         | 分析标准               |
|----|------|------|------------|--------------------|
| 12 | 总铁   | mg/l | $\leq 0.1$ | GB/T<br>14427-2008 |
| 13 | 氯根   | mg/l | $\leq 180$ | GB/T<br>15453-2008 |
| 备注 |      |      |            |                    |

先达（天津）海水资源开发有限公司

二零一四年三月六日



附表 6.9-3/4

## 天津科技大学海洋科学与工程学院

## 检 测 结 果

共 4 页 第 2 页

| 样品<br>项目                                                    | 12.06  | 12.11  | 单位    | 分析方法    |
|-------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|---------|
| Dissolved Oxygen (溶解氧)                                      | 7.64   | 8.57   | mg/L  | 滴定法     |
| Turbidity (浊度)                                              | 1.92   | 1.22   | NTU   | 分光光度法   |
| pH (酸度)                                                     | 8.10   | 8.03   | Units | 滴定法     |
| Conductivity 25C (电导率)                                      | 37.6   | 36.8   | mS/cm | 电导率仪    |
| TSS (105C) (总悬浮物)                                           | 0.0102 | 0.0084 | g/L   | 重量法     |
| TDS (180C) (总溶固)                                            | 28.67  | 28.38  | g/L   | 重量法     |
| Total Petroleum Hydrocarbons (石油烃)                          | 38.9   | 22.3   | ug/L  | 分光光度法   |
| TOC, as C (总有机碳)                                            | 3.40   | 3.86   | mg/L  | TOC 测定仪 |
| Active Chlorine, as Cl <sub>2</sub> (活性氯)                   | 未检出    | 未检出    | mg/L  | 分光光度法   |
| Hardness, as CaCO <sub>3</sub> (硬度)                         | 5.163  | 5.144  | g/L   | 滴定法     |
| Alkalinity, as CaCO <sub>3</sub> (碱度)                       | 112.2  | 114.9  | mg/L  | 滴定法     |
| Ammonia, as NH <sub>4</sub> (氨)                             | 0.1349 | 0.0313 | mg/L  | 分光光度法   |
| Bicarbonate, as HCO <sub>3</sub> (重碳酸盐)                     | 136.8  | 135.2  | mg/L  | 滴定法     |
| Bromide, as Br (溴化物)                                        | 53.4   | 49.8   | mg/L  | 分光光度法   |
| Chlorides, as Cl (氯化物)                                      | 15.32  | 15.20  | g/L   | 滴定法     |
| Dissolved Ortho Phosphate, as PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 0.0774 | 0.0942 | mg/L  | 分光光度法   |
| Fluoride, as F 氟化物                                          | 0.923  | 0.965  | mg/L  | 离子选择电极法 |
| Nitrate, as NO <sub>3</sub> 硝酸盐                             | 0.870  | 0.911  | mg/L  | 分光光度法   |
| Reactive Silica, as SiO <sub>2</sub> 活性硅                    | 0.647  | 0.735  | mg/L  | 分光光度法   |
| Sulfate, as SO <sub>4</sub> 硫酸盐                             | 2.033  | 1.955  | g/L   | 重量法     |
| Aluminum as Al                                              | 4.96   | 5.84   | μg/L  | 分光光度法   |

附表 6.9-4/4

## 天津科技大学海洋科学与工程学院

## 检 测 结 果

共 4 页 第 3 页

| 样品<br>项目            | 4.30<br>500m | 4.30<br>1500m | 单位         | 分析方法     |
|---------------------|--------------|---------------|------------|----------|
| Barium as Ba        | 92.0         | 88.2          | μg/L       | 石墨炉原子吸收法 |
| Boron, as B         | 1.84         | 1.92          | mg/L       | 分光光度法    |
| Cadmium, as Cd      | 0.10         | 0.06          | μg/L       | 石墨炉原子吸收法 |
| Calcium as Ca       | 0.3695       | 0.3655        | g/L        | 滴定法      |
| Copper, as Cu       | 12.4         | 9.5           | μg/L       | 石墨炉原子吸收法 |
| Iron total as Fe    | 57.0         | 33.6          | μg/L       | 分光光度法    |
| Magnesium as Mg     | 0.9749       | 0.9731        | g/L        | 滴定法      |
| Manganese, as Mn    | 3.24         | 2.57          | μg/L       | 石墨炉原子吸收法 |
| Mercury, as Hg      | 0.056        | 0.042         | μg/L       | 原子荧光法    |
| Potassium, as K     | 0.3216       | 0.3116        | g/L        | 重量法      |
| Sodium, as Na       | 8.439        | 8.337         | g/L        | 差减法      |
| Stronntium as Sr    | 6.24         | 6.45          | mg/L       | 火焰原子吸收法  |
| Zinc as Zn          | 17.7         | 17.5          | μg/L       | 火焰原子吸收法  |
| Lead Pb             | 1.02         | 0.84          | μg/L       | 石墨炉原子吸收法 |
| As                  | 1.72         | 1.84          | μg/L       | 原子荧光法    |
| Fecal Coliform 大肠杆菌 | <2           | <2            | CFU/100 mL | 多管发酵法    |
| Total count 总计菌数    | 7900         | 3400          | CFU/mL     | 计数法      |
| Chlorophil 叶绿素      | 0.323        | 0.330         | μg/L       | 分光光度法    |

## 6.9.2 锅炉补给水处理系统

### 6.9.2.1 锅炉补给水处理系统的选择

为了节约用水，本工程将循环水排污水经预处理后，与淡化水混合后进入锅炉补给水系统进行处理，根据进水水质、机组对给水品质的要求，选择的锅炉补给水处理系统工艺流程为：

循环水排污水→PCF 过滤器→超滤→  
淡化水 → } → 原水箱

→反渗透装置→淡水箱→强酸阳离子交换→强碱阴离子交换器→混合离子交换器→除盐水箱→各用水点。

系统出水水质：

二氧化硅： $\leq 10 \mu\text{g/L}$ ；

电导率： $\leq 0.10 \mu\text{S/cm}$ ；

系统的出水水质满足超临界机组对给水品质要求。

### 6.9.2.2 系统出力的确定

本工程水汽损失情况如下：

对外供汽损失： $2000\text{m}^3/\text{h}$ ；

厂内水汽循环损失： $50\text{m}^3/\text{h}$ ；

根据机组的水汽损失量，锅炉补给水处理系统出力为  $2050\text{m}^3/\text{h}$ 。

### 6.9.2.3 主要设备的选择

根据已运行同类机组的实际补水量以及最新版《火力发电厂设计技术规程》相关规定选择  $12 \times 192\text{m}^3/\text{h}$  的反渗透装置、10 台 DN3200 阳离子离子交换器、10 台 DN3200 阴离子交换器、6 台 DN3200 混合离子交换器，设  $3 \times 3000\text{m}^3$  除盐水箱。

### 6.9.2.4 系统运行及控制方式

系统并联连接，12 套反渗透装置，11 台运行 1 台备用；阳、阴离子交换器各 10 台，分别 9 台运行 1 台备用；6 台混合离子交换器，5 台运行 1 台备用。

锅炉补给水处理系统除人工卸酸碱及配药外，其它均采用程序控制，自动运行，亦可远方操作。

### 6.9.2.5 其它辅助系统

锅炉补给水系统离子交换树脂的再生采用 30%工业盐酸和 30%氢氧化钠。酸碱由化工厂汽车槽车运到电厂，用卸酸碱泵输送至酸碱储存罐内。设有容积为 50m<sup>3</sup> 酸碱储存罐各 2 台。

锅炉补给水处理系统的排水包括反渗透的浓水以及离子交换设备再生的酸碱废水。反渗透浓水由水工进行分配和回用，离子交换设备再生的酸碱废水排入工业废水集中处理系统。

### 6.9.3 凝结水精处理系统

本工程为淡水二次循环冷却超临界直流炉，给水水质要求高，全部凝结水均需进行精处理。

本工程凝结水精处理采用前置过滤器+高速混床系统。

本工程每台机组最大凝结水量为 480m<sup>3</sup>/h，故每台机组设一套 2×50%凝结水量的除铁过滤器和 2×100%凝结水量的高速混床；设 1 套体外再生装置，体外再生按高塔分离法设计。工艺流程为：凝结水泵→前置过滤器→高速混床→凝结水系统。

原则性凝结水精处理系统图见 FA05171K2-H-02。

### 6.9.4 工业水/循环冷却水补水处理系统

为了减少海水淡化淡水作为工业水、循环冷却水补水时对设备、管道的腐蚀，对淡水进行水质调整。系统设 2 台出力 600t/h 的碳酸钙矿石滤池，并设加碱、缓蚀剂装置各 1 套，以调整淡水中的硬度、碱度和 pH。

### 6.9.5 热力系统化学加药

本工程为超临界直流炉，为提高机组运行的水汽工况质量，减少系统腐蚀，热力系统的化学加药设计选用加氧（OT）处理工况，对于直接空冷的超临界机组，还应考虑还原性给水处理的可能性，处理方式：加氧处理启动前或水质不满足要求时停止加氧，给水、凝结水实行加氨调 PH（或必要时加联氨除氧）的给水挥发处理[AVT（R）工况]；机组正常运行、当水质满足要求时，给水、凝结水采用加氧处理（OT）。

根据《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T 12145-2008，闭式水要求控制 pH≥9.5，故设计采用加氨处理。

3 台机组设两箱十泵制给水、凝结水、闭式水加氨设备和两箱八泵制给水、凝结水加联氨设备各一套；每台机组设一套给水、凝结水加氧装置。

#### 6.9.6 汽水取样系统

每台机组配一套集中式水汽取样装置，高温架和低温架分开布置。样水首先经过高温架经减压冷却后，再至低温架，低温架上设有恒温装置、分析仪表及人工取样槽。汽水取样冷却水取自主厂房闭式除盐冷却水系统。取样点和分析仪的配置满足《火力发电厂化学设计技术规程》的要求。

#### 6.9.7 工业废水处理系统

本工程设置一套工业废水集中处理系统，用于收集和处理机组及辅助设施排出的各类工业废水并回用。

工业废水处理设施能贮存和处理全厂所有机组正常运行及一台最大容量机组在维修或锅炉化学清洗期间所产生的废水。主流程采用：各工业系统排出的废水→废水曝气塔→管道混合器→絮凝槽→斜板澄清器→最终中和池→清净水池→清净水泵→回收利用。设备出力按正常 100t/h 设计。

设污泥脱水设施一套，将斜板澄清器排出的泥水由排泥泵送至浓缩池，浓缩后至污泥脱水机，生成的泥饼由汽车外运。

工业废水系统中和采用 30%工业盐酸和 30%氢氧化钠，酸碱储存系统与锅炉补给水系统共用。

原则性工业废水处理系统图见 FA05171K2-H-03 图。

脱硫废水单独处理，废水量约 15t/h，脱硫废水处理系统设计出力 15t/h。

#### 6.9.8 绝缘油净化装置

设移动式绝缘油真空滤油机 1 台，用于变压器油的净化。

#### 6.9.9 启动锅炉房

设一箱两泵式给水加氨（加亚硫酸钠）及炉水加磷酸盐装置各一套，均为手动操作。并设有启动锅炉就地汽水取样装置。

### 6.10 热工自动化部分

#### 6.10.1 设计范围

热工自动化系统设计范围包括：锅炉、汽机、发电机及其热力系统，以及循环冷却水系统、含煤废水处理系统、生活污水处理系统、锅炉补给水处理系统、凝结水精处理系统、化学加药及汽水取样系统、工业废水处理系统、

除灰系统、除渣系统、全厂空压机系统、脱硫、脱硝等辅助车间以及集中空调系统和火灾报警系统、全厂闭路电视监视系统、厂级监控信息系统（SIS）与管理信息系统（MIS）等有关热工自动化设计。

### 6.10.2 设计原则

6.10.2.1 按照“安全可靠、经济适用、符合国情”的原则进行热工自动化系统的设计，以满足机组安全、经济运行和启停的要求。

6.10.2.2 设计中选用技术先进、质量可靠的产品，对于新产品和新技术的采用，必须有成功的应用经验和业绩。

6.10.2.3 采用新的仪表和控制系统设计思路，实现单元机组最优控制。

6.10.2.4 优化辅助车间和辅助系统的控制方式，按照电厂管理、运行、检修的分工特点和专业分工特点，合理地优化运行监控点，减少运行人员，提高电厂运行的安全经济性。

6.10.2.5 将单元机组 DCS、辅助车间监控系统等实时监控网络连接至管理信息系统（MIS）和厂级监控信息系统（SIS），提高全厂综合自动化水平，实现全厂监控和信息系统的网络化。

6.10.2.6 充分发挥控制系统中网络技术具有的高安全可靠、高抗干扰性、高实时性的优势，将控制系统设备物理分散，有效地减少电子设备间的面积和控制室的面积，减少安装材料，缩短施工周期，节约投资。

6.10.2.7 为保证整体自动化控制水平，在热控设备的招标过程中，同类的一次检测元件、仪表及执行器、反馈元件（包括主辅机及辅助工艺系统配供的热控设备）的选型与配置应尽量一致，并采用先进、可靠的控制设备。

### 6.10.3 热工自动化水平

6.10.3.1 本工程拟实现炉、机、电、网及辅助车间集中控制方式，在集中控制室内对单元机组的运行管理由一名值班操作员和两名辅助值班操作员来完成。

6.10.3.2 每台机组设一套分散控制系统（DCS），以彩色 LCD、专用键盘、鼠标作为机组主要监视和控制手段；同时在 DCS 操作台上配置锅炉、汽机、发电机的硬接线紧急停止按钮及重要辅机的硬接线操作按钮，以保证机组在紧急情况下安全停机。

控制系统设备采用物理分散的布置方式，远程 I/O 机柜或远程数据采集

系统前置机、电源柜、配电箱、辅助系统控制机柜等分别布置在主设备附近；机组电子设备间采用集中布置方式，#1、#2、#3 机组电子设备间分散布置在主厂房 B-C 跨的运转层。

本工程拟设置辅助车间集中监控系统，辅助车间集中监控系统采用与机组 DCS 系统一致的软硬件。操作员站布置在集中控制室内，监控系统可进行集中控制室/就地控制室控制方式的选择，本工程范围内辅助车间的运行管理由专门的值班操作员来完成，辅助车间原则上按就地无人值班考虑。

拟设置闭路电视监视系统（CCTV）及安防门禁系统。

建立厂级监控信息系统（SIS）、厂级管理信息系统（MIS），拟采用 SIS/MIS 一体化方案。

#### 6.10.4 控制方式及集中控制室布置

##### 6.10.4.1 控制方式

（1）采用炉、机、电、网集中控制方式，三台机组合用一个集中控制室。

（2）本工程的辅助车间及辅助系统采用集中监控方式。建立辅助车间集中监控网络，配置专用操作员站，条件成熟时，就地无人值班。同时，设置水、煤、灰三个就地监控点，用于供调试、运行初期、巡检、事故处理用。电厂也可以根据自己的管理运行方式选择厂级/车间级的运行方式。

##### 6.10.4.2 集中控制室布置

集中控制室布置在主厂房 B-C 跨之间，位于主厂房运转层，集中控制室净空高度不低于 3.6m。集中控制室的布置如下：

集中控制室内主要布置工业电视墙、运行人员操作台、火灾报警盘、值长台等设备。操作台上布置 DCS 及辅助车间操作员站和后备操作按钮等。汽包水位监视电视及全厂闭路电视系统的显示器以及大型数码指示表（包括机组功率、频率、时钟等）也将布置在控制室内。

控制室旁将布置工程师室、交接班室和会议室。

工程师室工作站布置三台机组 DCS 工程师工作站以及汽轮机瞬态数据管理系统。

#### 6.10.5 全厂控制系统总体结构

全厂控制系统主要由电厂管理信息系统（MIS）、厂级监控信息系统（SIS）、

机组监控系统、辅助车间集中监控系统及全厂闭路电视监视系统等组成，各系统通过通讯网络相连，构成全厂控制系统，全厂自动化系统规划图见FA05171K2-K-01。

#### 6.10.5.1 厂级自动化系统

厂级自动化系统包括电厂管理信息系统(MIS)、厂级监控信息系统(SIS)和闭路电视监视系统(CCTV)。它们的任务是监视、协调和管理全厂各单元机组、辅助车间的生产运行以及为职能部门的管理工作服务。

##### (1) 厂级监控信息系统(SIS)

设置厂级监控信息系统(SIS)，以提高电厂的经济运行及现代化管理水平。通过采集全部生产过程控制系统的实时数据，建立生产过程实时/历史数据库，形成全厂自动化系统及其计算机网络。与SIS联网的控制系统主要包括机组分散控制系统(DCS)、电气网控系统、辅助系统集中监控系统等全厂各生产环节的实时监控系统。厂级监控信息系统(SIS)的功能包括：生产过程信息采集、处理和监视，厂级性能计算、分析和操作指导等。SIS为厂级管理信息系统(MIS)提供所需的生产过程信息。

SIS的配置主要包括：过程实时信息数据库服务器，网络硬件，组态软件和应用软件，实时数据库，值长站，SIS工作站等。

##### (2) 全厂闭路电视监视系统及安防门禁系统

为了减少电厂的巡检人员和巡检次数，提高电厂运行人员对运行设备的监视和管理水平，使运行设备的故障隐患被及早发现、排除，拟设置全厂闭路电视监视系统。主要在主厂房、辅助车间、变压器区域、厂区大门等地点装设摄像头，在集中控制室、输煤控制室(煤点)、锅炉补给水处理控制室(水点)、除灰控制室(灰点)、生产管理人员办公室设置彩色显示器。

闭路电视监视系统利用安装在电厂监视区域内的摄像机和网络传输设备，将被监视区域的动态图像实时地传送到指定的显示屏幕上，使运行和管理人员在控制室/办公室内即可通过显示器屏幕实时、全面地对目标区域内的设备或现场进行监视。从而可以提前发现故障隐患(如燃烧器附近漏油)，或减少运行人员巡检次数等。

门禁系统包括远距离读卡器、胸卡、门禁服务器、控制器、电门锁、局域网以及门禁控制软件。当员工进入厂房门口时，远距离读卡器识别员工胸

卡信息，并送到门禁控制软件。本工程拟设置门禁点约 50 个，范围包括控制室、配电间、综合楼、生产楼等重要建筑物。

#### 6.10.5.2 单元机组控制系统

##### (1) 单元机组控制系统的总体结构

DCS 是整个单元机组的主要监视和控制设备，包括集中控制室内的操作员站和电子设备间机柜；它与作为后备和补充的常规控制仪表（主要包括安装在辅助操作台上的机、炉、电紧急停机按钮，汽包水位监视电视等）、就地控制仪表（主要包括就地仪表以及主设备制造厂配套供货的独立的就地控制系统等）有机结合构成了单元机组整体控制系统，从而实现了对单元机组炉、机、电的集中统一监视和控制。

a) DCS 是以微处理器为基础的、按功能进行分级、分散的控制系统。在系统中，控制功能是分散的，即由多个控制器来完成整个机组的监控功能；而监视和操作是集成的，即由单元控制室内的人—机接口（MMI）来实现机组的监视和操作。

b) 当分散控制系统发生全局性或重大故障时（如：分散控制系统电源消失、通讯中断、全部操作员站失去功能，以及重要控制站失去控制和保护功能等）为确保机组紧急安全停机，将设置下列独立于 DCS 的常规操作手段：

- 锅炉跳闸（MFT）；
- 汽机紧急跳闸；
- 发电机—变压器组跳闸；
- 发电机灭磁开关；
- 启动交流润滑油泵；
- 启动直流润滑油泵；
- 柴油机启动；
- 其他重要后备手操设备

c) 由厂家配套供货的相对独立的汽机盘车控制系统等，均采用可编程序控制器（PLC）控制。锅炉吹灰控制系统采用 DCS 进行控制，由 DCS 的操作员站完成对其工艺系统的程序启/停、中断控制及单个设备的操作。

##### (2) 单元机组分散控制系统（DCS）主要设备配置

a) 分散控制系统的选型遵守以下原则：

- 要有足够的覆盖面。

分散控制系统应尽可能覆盖单元机组各项控制系统，以减少系统之间的接口,更多的实现信息共享，提高系统可靠性。

- 分散控制系统具有高可用性、可靠性、可操作性、可维护性和可扩展性。
- 有优越的性能价格比。投资总额不突破国家控制指标。

b) DCS 系统按功能主要由以下子系统组成：

- 数据采集系统 DAS；
- 模拟量控制系统 MCS；
- 顺序控制系统 SCS；
- 发变组及厂用电控制系统 ECS；
- 锅炉炉膛安全监控系统 FSSS；
- 旁路控制系统 BPS；
- 循环冷却供水系统（纳入公用 DCS）；
- 汽轮机数字电液控制系统 DEH（宜用与单元机组 DCS 相同的硬件，由汽机厂技术总负责）；
- 汽轮机危急遮断保护系统 ETS（宜用与单元机组 DCS 相同的硬件，由汽机厂技术总负责）；
- 脱硫控制系统（采用与单元机组 DCS 相同的硬件，由主设备供货商技术总负责）；
- 脱硝控制系统（采用与单元机组 DCS 相同的硬件，由主设备供货商技术总负责）；
- 系统 I/O 容量（单台机组）约为 5500 点左右，这些 I/O 点数不包括过程控制器之间通过硬接线连接所占的 I/O 数；
- 人机接口设备包括：1）操作员站（主机）；2）操作员显示器（LCD+大屏幕）；3）记录打印机；4）彩色图形打印机；5）工程师工作站。

DCS 系统中的控制器、网络接口设备、及其它重要模件均为冗余设置。DCS 数据通讯系统将各分散处理单元、I/ O 处理系统及人机接口和系统外部设备连接起来，保证各部分之间的通讯，DCS 的通讯高速公路是冗余设置的。

#### 6.10.5.3 辅助车间及辅助系统的控制

本工程辅助车间和辅助系统采用与机组 DCS 一致的软硬件系统进行控

制。在水、燃料和灰三个监控点的基础上，建立辅助车间集中监控系统，最终实现各辅助车间和辅助系统在集中控制室的集中监控，就地无人值班。

#### （1） 辅助车间集中监控系统

在集中控制室设辅助车间集中监控系统操作员站，对辅助车间及辅助系统实行统一监控。辅助车间集中监控系统将与 SIS 进行通讯，将实时信息送至 SIS。

#### （2） 水点

本期的锅炉补给水处理控制系统、工业废水处理控制系统、生活污水处理控制系统以及含煤废水处理控制系统在水点控制，就地不设运行值班人员，控制机柜布置在就地控制室内。控制系统采用 DCS，通过通讯接口与水点相连，并通过水点与辅助车间集中监控系统通讯，由水点和辅助车间集中监控系统的操作员站完成对其工艺系统的程序启/停、中断控制及单个设备的操作。在就地控制室内设置便于维修巡视时事故处理和调试时使用的监控设备。条件成熟时，在集中控制室辅网操作员站进行监控。水点设置在锅炉补给水车间就地控制室内。

#### （3） 燃料点

本期的输煤系统在燃料点进行监控。输煤控制系统的控制机柜分别布置在就地设备附近或输煤车间控制室内。控制系统采用 DCS，通过通讯接口与辅助车间集中监控系统通讯，煤点的全部实时数据、监视画面送到辅助车间集中监控系统，布置在集中控制室的辅助车间操作员站可对其进行监控。在燃料点控制室（即输煤车间控制室）内设置正常运行、维护检修、事故处理和调试时使用的人机接口设备，完成对输煤系统的监控，最终实现就地无人值班。燃料点设置在输煤车间就地控制室内。

#### （4） 灰点

本期的除灰控制系统、电除尘控制系统在集中控制室控制，就地不设运行值班人员，控制机柜布置在就地控制室内。控制系统采用 DCS，在就地控制室内设置便于维修巡视时事故处理和调试时使用的监控设备。条件成熟时，在集中控制室辅网操作员站进行监控。灰点设置在除灰就地控制室内。

#### （5） 集中空调控制系统

集中空调系统在集中控制室控制，就地不设运行值班人员，控制机柜布

置在主设备附近。控制系统采用 DCS，通过通讯接口与辅控网相连接，由辅控网操作员站完成对其工艺系统的程序启/停、中断控制及单个设备的操作。在集中制冷、空调机房设置便于维修巡视时事故处理和调试时使用的监控设备。

#### （6）凝结水精处理及化学加药和汽水取样控制系统

凝结水精处理及化学加药和汽水取样系统采用一套控制系统进行控制，系统在集中控制室控制，就地不设运行值班人员，控制机柜布置在凝结水精处理控制室。控制系统采用 DCS，通过通讯接口与辅控网相连接，由辅控网操作员站完成对其工艺系统的程序启/停、中断控制及单个设备的操作。在凝结水精处理控制室设置便于维修巡视时事故处理和调试时使用的监控设备。就地无人值班。

#### （7）脱硝控制系统

三台炉的脱硝系统直接分别纳入三台单元机组 DCS 系统进行监控。还原剂储存和供应系统采用 DCS 控制，通过通讯接口与水点相连接，并通过水点与辅控网相连，由辅控网操作员站完成对其工艺系统的程序启/停、中断控制及单个设备的操作。

#### （8）脱硫控制系统

三台炉的脱硫系统分别纳入三台单元机组 DCS 进行控制，脱硫公用系统纳入公用 DCS 进行控制。在脱硫电气综合楼内设就地脱硫控制室，脱硫控制柜布置在脱硫电子设备间内，并设置了脱硫控制系统的 LCD、键盘等监控设备，当集中控制室运行人员监控脱硫系统时，该设备作为工程师站，在调试、事故处理时使用。

#### （9）火灾报警及消防控制系统

三台机组设一套火灾报警及消防控制系统，实现主厂房、输煤系统、脱硫系统及其它辅助车间的火灾自动监测报警和消防设备联动控制功能。

### 6.10.6 主要热工自动化设备的选型原则

6.10.6.1 DCS 采用成熟、可靠、有同类工程良好应用业绩的硬件系统和工程实力强、工程经验丰富、工程业绩好的系统总包承包商。

### 6.10.6.2 辅助车间集中监控系统的选型

辅助车间集中监控系统采用与机组 DCS 一致的软硬件设备，主要设备包

括交换机、数据库服务器、监控软件、光纤电缆等。

对于设备本体配备的 PLC 设备，为便于通讯和减少备品备件的数量，PLC 品牌、型号、软硬件版本全厂一致。

6.10.6.3 变送器采用国产合资智能型产品；分析仪表及开关量仪表采用进口产品。

6.10.6.4 电动或气动执行机构采用国产引进合资产品，重要场合或当阀门选用进口产品时，执行机构也应选进口产品；所有阀门开关型及调节型电动执行机构采用智能型一体化产品，并尽量采用统一品牌产品。

6.10.6.5 主机配供的热工仪表和控制系统的供货范围

(1) 锅炉部分包括：FSSS 炉前设备（不包括火检及冷却风机）、吹灰动力柜、就地压力表、就地温度计、壁温热电偶、二次风门执行器等。

(2) 汽轮机部分包括：DEH、ETS、TSI、TDM、汽机本体范围内部分热工仪表和电动、气动执行机构等。

(3) 给水泵汽轮机及给水泵部分包括：MEH、METS、MTSI、给水泵汽机及给水泵本体范围内部分热工仪表和电动、气动执行机构等。

(4) 发电机部分包括：发电机本体测温元件；发电机氢、水、油系统内的热工仪表和电动执行器。

6.10.6.6 本工程新建仪表与控制试验室，具体配置按照《火力发电厂试验、修配设备及建筑面积配置导则》来执行。6.10.6.7 本工程设置一套仿真系统，实现对运行人员进行各种运行工况及事故工况处理培训的功能，同时可用于检验 DCS 所有应用软件是否正确。仿真系统可对参照机组进行全范围、全过程和高精度的仿真。

## 6.11 主厂房布置

主厂房为右扩建（从汽机房向锅炉房看）。按汽机房、除氧煤仓间、锅炉房的顺序排列。

除氧煤仓间、锅炉房及炉后按 3 台循环流化床锅炉考虑。并留有扩建的余地。

汽轮发电机组按纵向顺列布置，汽轮机采用大平台布置方式。汽机房跨度取 27m，汽轮发电机组中线距离 A 排 13m。除氧器布置在除氧煤仓间运转层，除氧煤仓间跨度 12m。

锅炉房采用大平台、半露天布置。

由汽机房 A 列至烟囱排列顺序为：汽机房、除氧煤仓间、锅炉、电袋除尘器、吸风机、脱硫吸收塔、烟囱。

#### 6.11.1 主厂房布置方案

主厂房布置主要尺寸见下表。

主厂房布置主要尺寸

| 序号 | 项目名称         |                      | 单位 | 数 据       | 备注 |
|----|--------------|----------------------|----|-----------|----|
| 1  | 运转层标高        |                      | m  | 12.60     |    |
| 2  | 汽机房          | 汽机房柱距                | m  | 9         |    |
|    |              | 跨度                   | m  | 27        |    |
|    |              | 汽机中心到 A 列中心距         | m  | 13        |    |
|    |              | 天车轨顶标高               | m  | 23.8      |    |
|    |              | 屋架下弦标高               | m  | 26.4      |    |
|    |              | 汽机房长度                | m  | 210       |    |
| 3  | 除氧煤仓间        | 跨度                   | m  | 12.00     |    |
| 4  | 锅炉           | 炉前（C 列至 K1 列柱中心距）    | m  | 7         |    |
|    |              | 两炉中心距（1、2 号炉/2、3 号炉） | m  | 73.5/82.5 |    |
|    |              | 锅炉间跨度（K1 列至 K6 列中心距） | m  | 49.9      |    |
|    |              | 锅炉宽度                 | m  | 47.6      |    |
| 5  | 炉后           | K6 列柱至烟囱中心距          | m  | 121.3     |    |
| 6  | A 列柱中心至烟囱中心距 |                      | m  | 217.2     |    |

### 6.11.2 汽机房布置

汽轮发电机组采用纵向顺列布置，除氧器布置在 BC 列间运转层。汽机房跨度采用 27m，汽轮发电机组中心线距 A 列轴线 13m。

汽机房对应每两台锅炉间设有一个 0.0m 检修场地，其大小可满足大件起吊及汽轮机翻缸的需要。

汽机房分三层布置，即：0.0m、6.30m 和 12.60m 层。

运转层采用大平台布置型式。

汽机房靠 B 列柱 0.0m 留有大于 2.5m 的纵向通道。汽机房 A 列 0m 留有大于 1.6m 的纵向通道。靠 B 列柱 12.6m 层和 6.3m 层下为电缆托架主通道。

凝结水泵布置在汽机房 A 列机头 0m 处。凝结水泵在 6.3m 和 12.6m 层的

相应位置留有检修起吊孔，上设格栅并作采光通风用。

冷油器、油净化装置等油系统设备集中布置在各汽轮机机头零米处，有利于消防设施的安排并使油管道短捷顺畅。

化学凝结水精处理设备布置在汽机房 0m 层机头侧。

每台机组发电机侧 0m 处布置 380V 配电室，6.3m 处布置 10KV 配电室

### 6.11.3 除氧煤仓间布置

为了使两条输煤皮带的布置合理，各侧留出必要的维护通道，除氧煤仓间跨度取 12m。

除氧煤仓间有 0m、6.3m、12.6m、18.9m、24m 给煤层、43m 输煤皮带层。

因除氧煤仓间跨度较大，在 0m 布置汽动给水泵前置泵、电动给水泵、化学加药、取样装置等设施。

6.3m 层：经过优化布置 1、2 号高压加热器，两台高加共用抽芯位置，辅助蒸汽联箱和工业抽汽用减温减压装置也布置在这一层。电气继电器室、直流及 UPS 配电间、共用 380V 配电间也布置在这一层。

12.6m 层：布置除氧器、电子设备间，对应#1、#2 号炉间处设集中控制室和交接班室。

18.9m 层设空调机房。

24.0m 是给煤层，布置 8 台称重式皮带计量给煤机，在 24.0m 与 43.0m 之间布置煤斗。在两机之间布置暖通空调机房、皮带拉紧器等。

43.0m 层为输煤皮带层，输煤皮带从扩建端上煤。

### 除氧器低位布置的可靠性分析

按照引进型 300MW 机组主厂房参考设计和 2000 年示范电厂的主厂房布置，大多采用汽机房、除氧间、煤仓间四列式布置，除氧器采用高位布置。本工程除氧器采用低位布置于 12.60m。为此，对除氧器采用低位布置进行了暂态计算，给水泵入口具有 3.5m 的汽蚀余量，近年来设计的 300MW 空冷机组均采用该布置形式，未发生过给水泵汽蚀现象。因此，本方案除氧器采用低位布置是可靠的。

### 6.11.4 锅炉及其尾部布置

锅炉运转层以下全封闭，锅炉炉前尺寸 7m，作为运行维护的通道，保证

汽车纵向通行，便于检修维护物资的运送。

锅炉房尾部底层布置一次风机和二次风机，炉侧布置有启动疏水扩容器。吸风方式为就地室外吸风。

每台锅炉侧设有一台客货两用电梯，位于锅炉前部锅炉侧，电梯与锅炉平台各主要层次设有联络步道。

炉后布置电袋除尘器、引风机，有效的减少了粉尘、二氧化硫排放，提高了环保效率。

#### 6.11.5 各车间检修起吊设施

汽机房选择 2 台 60/20t 桥式起重机，轨顶标高 23.8m。主油箱设备、凝结水泵等利用桥式起重机起吊。汽机房采用大平台布置型式，检修场主要在底层，汽机房对应每两台炉之间的位置设有零米检修场。零米检修场的大小可满足汽轮机翻缸的需要。除氧器、给水泵等上部设置单轨吊便于检修维护。

锅炉炉后的一次风机、送风机、高压流化风机、吸风机及炉顶均设有电动葫芦便于检修起吊。

### 6.12 建筑结构部分

#### 6.12.1 建筑设计

##### 6.12.1.1 主厂房建筑设计

##### 6.12.1.1.1 平面布置

主厂房按三列式布置：汽机房—除氧煤仓间—锅炉房，汽机房跨度（A～B 轴）为 21.00m，汽机房纵向长度为 210m，柱间距为 9.00m，除氧煤仓间跨度为 12.00m，纵向长度为 222.00m，炉前通道跨度 7.00m。

汽机房共分三层，标高分别为±0.00m 底层、6.30m 中间层和 12.60m 运转层。

除氧煤仓间共分为 6 层，标高分别为±0.00m、6.30m、12.60m、18.9m，24.00m 及 43.00m。±0.00m 布置给水泵、6kv 配电室及化学取样、加药装置等，6.30m 主要 380v 配电间等，12.60m 主要布置除氧器、电子设备间和集控室，18.9m 为空调机房，24.00m 为给煤机层，43.00m 为皮带层。

集中控制室布置于主厂房内。

##### 6.12.1.1.2 主厂房内部交通

a) 水平交通：主厂房底层及运转层均设有两条主要纵向通道，分别在汽

机房各层靠近 B 列处和炉前通道,并合理设置多条横向通道。在±0.00m 层纵向通道两端与室外出口连接, A 列设大门方便设备出入。煤仓间皮带层设有通往锅炉的钢连接步道。

b) 垂直交通:在整个主厂房均匀布置四部疏散楼梯。每台锅炉各设置一部电梯,可到达锅炉各层主要检修平台,通过锅炉电梯经平台可以到达汽机房和除氧煤仓间运转层。各不同标高屋面设屋面检修梯。

#### 6.12.1.1.3 主厂房防火

主厂房、集控楼的楼梯、通道和出入口的设置遵照《火力发电厂与变电站设计防火规范》和《建筑设计防火规范》的要求。

除氧煤仓间与锅炉房间的隔墙材料满足不小于 1 小时的耐火极限要求。

汽机房主油箱及油管道阀门外缘水平 5m 范围内的钢梁钢柱应采取防火隔热措施进行全保护,满足 1 小时。屋顶承重构件均刷防火涂料,满足 1 小时。电缆夹层内的钢梁外露部分采用防火保护层。

电气房间室内装修材料满足规范规定材料耐火要求。

#### 6.12.1.1.4 主厂房卫生设施

在除氧煤仓间±0.00m、12.60m、43.00m 层设卫生间。在各车间适当位置设清洗池方便就近使用。卫生间采用防滑地砖楼面,内墙贴面砖。

#### 6.12.1.1.5 主厂房防排水

主厂房屋面全部采用有组织排水,现浇钢筋混凝土屋面采用防水卷材防水,压型钢板屋面自防水。楼地面冲洗水通过地漏或排水沟有组织排除。

主厂房采光、通风:

主厂房按自然采光为主、人工照明为辅的原则进行设计。通风采用自然和人工结合的方式,屋顶有暖通专业通风设施。

#### 6.12.1.1.6 主厂房围护结构

主厂房汽机房外墙从 1.20m 以上采用彩色复合压型钢板封闭,1.20m 以下为砖砌体,内墙为加气混凝土砌块。除氧煤仓间外墙均采用加气混凝土砌块。

在满足安全、适用、经济建设方针的前提下,注重建筑形象设计,特别是在空间布局、视觉效果、环境景观、企业标识、人性化设计等多方面寻求创新和突破,努力创造出具有时代气息、符合华电集团企业文化、美观而实

用的电厂建筑。

#### 6.12.1.2 其他厂区建筑设计

建筑设计在满足技术需求的前提下，与区域原有建筑景观协调，建造适用、耐久、经济、美观的电厂。

- 建筑与周围景观环境相协调
- 建筑设计考虑当地气候特征

##### 6.12.1.2.1 外围护装修

金属墙板屋面选择带保温隔热层的镀锌压型钢板，表面做耐腐蚀喷涂，色彩满足建筑美观。

砖墙和混凝土外墙表面喷涂涂料。运用合理的建筑技术、先进的建筑理念和传统的文化形式，规划设计所有建筑，建筑外观与立面处理简洁、新颖，令人愉悦。

##### 6.12.1.2.2 室内装修

内墙装修要根据墙体的功能需求设计，办公室、控制室的墙面涂普通涂料；化学房间墙面涂耐酸砂浆和耐酸涂料，局部采用耐酸瓷砖；生产房间涂混合砂浆和普通涂料；卫生间、浴室在合适高度采用瓷砖。

#### 6.12.1.3 辅助及附属建筑面积

厂区辅助、附属及公共福利建筑面积（含生产行政综合楼、检修、值班宿舍楼、检修间、材料库、食堂等）的确定，依据《火力发电厂辅助、附属及生活福利建筑物建筑面积标准》（DL/T5052）以及《中国华电集团公司火电工程设计导则（B版）》的规定进行设计。

辅助及附属建筑物的组成及建筑面积详见附表 6.12.1.3-1。

| 名称    |          | 建筑面积（平方米） | 合计                                                     |
|-------|----------|-----------|--------------------------------------------------------|
| 综合办公楼 | 行政办公用房   | 2900      | 4850                                                   |
|       | 金属实验室    | 300       |                                                        |
|       | 电气试验室    | 450       |                                                        |
|       | 仪表与控制试验室 | 400       |                                                        |
|       | 化学试验室    | 500       |                                                        |
|       | 环境监测站    | 300       |                                                        |
| 综合生活楼 | 职工食堂     | 800       | 5000                                                   |
|       | 招待所      | 800       |                                                        |
|       | 夜班宿舍     | 900       |                                                        |
|       | 检修宿舍     | 1200      |                                                        |
|       | 职工活动中心   | 800       |                                                        |
|       | 简易社会服务设施 | 500       |                                                        |
| 检修维护间 |          | 1500      | 4000                                                   |
| 材料库   |          | 2500      |                                                        |
| 警卫传达室 |          | 120       | 主入口 60 m <sup>2</sup> ；<br>次入口 30 m <sup>2</sup> （2 个） |
| 汽车库   |          | 600       |                                                        |
| 合计    |          | 14570     |                                                        |

## 6.12.2 结构部分

### 6.12.2.1 设计参数

地震参数：根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）、《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），以及临近区域地质报告，场地抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.15g，考虑改工程调整系数为 1.1，则调整后的基本地震动峰值加速度值为 0.165g。设计地震分组为第二组；地震参数以后续完成的安评报告为准；

场地类别：IV 类。

五十年一遇基本风压：0.55kN/m<sup>2</sup>；

五十年一遇基本雪压：0.40kN/m<sup>2</sup>；

#### 6.12.2.2 地基处理与基础

厂址位于天津南港工业区内，拟建厂址的地层结构由上至下主要为：素填土、淤泥质粘土、粉质粘土、粉土、淤泥质粘土、粉质粘土等，本场地土为软弱土，场地土类别为 IV 类，建筑场地属对建筑抗震不利地段。

厂址场地土工程性质差，天然地基土特征值低，压缩性高，不能满足电厂建（构）筑物的承载力及变形要求，基础需要采用桩基；对于主要建（构）筑物（包括主厂房、汽轮机基础、锅炉基础、烟囱基础等）拟采用钻孔灌注桩；其它附属建（构）筑物拟采用预制混凝土方桩。

拟建厂址的最高地下水位接近地表，在干湿交替作用下，地下水对钢筋混凝土结构具有中等腐蚀性，腐蚀介质为 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>；在干湿交替作用下，地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋有强腐蚀性，腐蚀介质为 CL<sup>-</sup>。

垫层采用沥青混凝土。

基础表面涂刷环氧沥青涂层厚度≥300 μm；

基础梁表面环氧沥青涂层厚度≥500 μm；地下结构混凝土掺加阻锈剂，阻锈剂质量应符合《钢筋阻锈剂使用技术规程》YB/T9231 的相关规定。

桩基工程，钻孔灌注桩应采取加厚保护层、混凝土掺入矿物掺合料、掺加钢筋阻锈剂等措施；预制混凝土方桩采取加厚保护层、混凝土掺入矿物掺合料、掺加钢筋阻锈剂等措施。

地基处理型式详见《地基处理专题报告》。

#### 6.12.2.3 主厂房结构选型

##### 6.12.2.3.1 主厂房结构

综合考虑上部结构及地基处理初期投资、防火及防腐等费用和回收利用等因素，对主厂房结构选型进行比选，详见下表：

| 主厂房结构选经济比选（仅包含框架梁、柱） |                                                |                                        |                       |                       |                        |                             |               |                                                      |               |
|----------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|---------------|------------------------------------------------------|---------------|
| 结构形式                 | 材料及<br>施工安<br>装费<br>(元/t<br>或 m <sup>3</sup> ) | 工程<br>量<br>(t<br>或<br>m <sup>3</sup> ) | 防腐<br>油漆<br>(元<br>/t) | 防火<br>涂料<br>(元<br>/t) | 刷防<br>火涂<br>料钢<br>材(t) | 残值<br>回收<br>利用<br>(元<br>/t) | 抗震性能<br>N、M、V | 地基<br>处理<br>费用<br>(万<br>元)                           | 框架<br>总造<br>价 |
| 钢结构                  | 7500                                           | 3350                                   | 473                   | 1532                  | 825                    | 1000                        | 6507/916/157  | 地基                                                   | 1958          |
| 钢筋混凝土<br>结构          | 2400                                           | 5813                                   | —                     | —                     | —                      | —                           | 7857/980/385  | 处理<br>费用<br>钢结<br>构可<br>减少<br>约<br>10%，<br>505<br>万元 | 1453          |

根据上表比选结果，钢筋混凝土结构比钢结构节省 562 万元, 综合各方面因素，主厂房结构方案推荐采用钢筋混凝土结构。

吊车梁采用焊接工字形截面钢吊车梁；

汽轮发电机基座为现浇钢筋混凝土框架结构，其与主厂房结构之间从上至下设缝完全脱开。

原煤斗拟采用支撑式圆钢煤斗。

#### 6.12.2.3.2 锅炉、炉前平台和电梯井

锅炉炉架采用钢结构， 锅炉运转层采用钢梁+有底模的现浇钢筋混凝土板结构，锅炉钢架由锅炉厂设计供货。

炉前平台分别搁置在煤仓间框架柱及锅炉钢柱上，与煤仓间端简支，与炉架端滑动。

锅炉电梯井井架采用钢结构，在各停靠层设平台与锅炉工作平台相连，同时设水平向支撑与锅炉钢架相连传递水平荷载，保证电梯的侧向稳定。

#### 6.12.2.3.3 抗震设计

按照《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)、《电力设施抗震设计规范》(GB 50260-1996)和《火力发电厂土建结构设计技术规定》(DL/T 5022-1993)的有关规定,主厂房、烟囱、继电通讯楼、碎煤机室、运煤转运站、运煤栈桥等建(构)筑物抗震设防类别为乙类,抗震措施按照提高一度采取抗震措施;其它丙类建筑按标准设防类进行抗震设防。

主厂房结构采用空间体系进行结构整体分析,连同主厂房外侧柱、汽机房平台等结构进行联解,并考虑结构扭转和楼(屋)盖平面内变形的影响。同时选择荷载较大的代表性框架进行平面分析验证。

不同结构之间或设缝脱开,或通过滑动支座连接:汽机房联络平台与汽机基座之间均设缝脱开,缝宽满足《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)对结构抗震缝宽度的要求;进煤仓间转运站栈桥与煤仓间转运站之间通过滑动支座连接;煤仓间与锅炉本体间平台采用滑动支座连接。

#### 6.12.2.4 烟道结构及炉后区域建(构)筑物

烟囱: 本阶段对设置1个单套筒+2个双套筒)和设置1个三套筒烟囱方案进行了初步比较,对比列表如下:

| 方案 \ 项目           | 基础结构(含地基处理) 万元 | 外筒结构 万元 | 内筒结构 万元 | 烟道结构 万元 | 附属构件 万元 | 合计 (万元) |
|-------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 方案一 (1个单套筒+2个双套筒) | 2324           | 1873    | 4236    | 262     | 177     | 8872    |
| 方案二 (1个3套筒)       | 1597           | 1200    | 3889    | 403     | 63      | 7152    |

依据经济对比表,方案二比方案一节省投资1720万元,推荐采用3炉共用1座3套筒烟囱。

烟气脱硫系统采用湿法脱硫,不设烟气加热系统(GGH)。套筒烟囱的内筒材质选用玻璃钢,内筒高度210m,出口内直径为5.50m,内筒采用分段悬挂式,外筒采用钢筋混凝土结构。

烟道支架: 钢筋混凝土结构支架。

除尘器支架: 采用钢结构支架。外围护墙采用轻型保温压型钢板封闭。

引风机支架：现浇钢筋混凝土框架结构。

启动锅炉房：现浇钢筋混凝土框架结构。外围护墙采用加气混凝土砌块墙封闭。

燃油泵房：现浇钢筋混凝土框架结构。外围护墙采用加气混凝土砌块墙封闭。

#### 6.12.2.5 电气建筑

继电器通讯楼：现浇钢筋混凝土框架结构。

A 列外构筑物：变压器基础为钢筋混凝土结构。按电气专业要求考虑检修时的轨道、排油等设施。母线支架采用钢框排架结构。

220kV 屋外配电装置：220kV 架构柱采用钢管结构，横梁采用钢桁架。

电除尘及除灰配电室：电除尘及除灰配电室与除灰空压机房联合设置，钢筋混凝土框架结构。

#### 6.12.2.6 燃料建（构）筑物

输煤栈桥（廊道）：输煤栈桥采用钢桁架+混凝土支柱结构，进厂房处栈桥支架采用钢结构，桥面采用钢梁+压型钢板底模+现浇钢筋混凝土板，屋面及侧封均采用复合压型钢板封闭；地下输煤廊道采用钢筋混凝土箱形结构。栈桥与相邻转运站之间设滑动支座。

碎煤机室：现浇钢筋混凝土框架结构，碎煤机采用弹簧隔振。

转运站：地上转运站采用现浇钢筋混凝土框架结构；地下转运站采用钢筋混凝土箱形结构。

入炉煤采样楼：现浇钢筋混凝土框架结构。

地下煤斗：采用钢筋混凝土箱形结构。

输煤综合楼：现浇钢筋混凝土框架结构。

封闭煤场：采用钢网架结构，屋面采用单层压型钢板封闭。

煤场尾部皮带驱动间：单层现浇钢筋混凝土框架结构。

推煤机库：单层现浇钢筋混凝土框排架结构。

翻车机室：地上部分采用现浇钢筋混凝土框排架结构；地下部分采用钢筋混凝土箱形结构。

#### 6.12.2.7 除灰渣及脱硫、脱硝建筑

除灰空压机房：空压机房与电气配电室做联合建筑，采用现浇钢筋混

凝土框架结构。

灰库：采用现浇钢筋混凝土筒体结构，筒壁采取外保温措施。

除灰管道支架：采用钢结构。

脱硫工艺楼：地上采用钢筋混凝土框架结构；地下为钢筋混凝土箱形结构。

循环浆泵房：现浇钢筋混凝土框架结构。

尿素车间：采用钢筋混凝土框架结构、封闭砌体设计。

#### 6.12.2.8 化学建筑

锅炉补给水处理室采用钢筋混凝土框排架结构；化验楼采用钢筋混凝土框架结构。

#### 6.12.2.9 厂区管道支架

厂区管道支架采用钢框架结构。

### 6.12.3 水工结构部分

#### 6.12.3.1 机械通风冷却塔

本工程设置机械通风冷却塔 1 座，共 7 个单元，单个单元尺寸为 17.6X17.6m。地上部分为现浇钢筋混凝土框架结构，平面轴线尺寸为 126mx17.6m，进风口高度为 4.0m，检修平台顶标高为 11m，框架外围采用现浇钢筋混凝土板围护，厚 150mm。下部为现浇钢筋混凝土水池，平面尺寸为 126mx21.7m，净深 2.8m。

#### 6.12.3.2 循环水泵房

循环水泵房，地上为现浇钢筋混凝土框排架结构，地下部分为现浇钢筋混凝土箱型水池结构。屋顶采用梯型钢屋架作为支撑，压型钢板作为底模的现浇钢筋混凝土屋面板。

#### 6.12.3.3 泵房类建筑物

综合水泵房等泵房类建筑物，地上为现浇钢筋混凝土框架结构，地下部分为现浇钢筋混凝土箱型水池结构。屋顶采用现浇钢筋混凝土屋面板。

#### 6.12.3.4 其它水工建（构）筑物

本工程其它建（构）筑物地上部分均为现浇钢筋混凝土框架或框排架结构，砌体围护。地下部分均为钢筋混凝土结构或独立基础、条形基础。屋顶

采用现浇钢筋混凝土屋面板或预制板。

#### 6.12.4 贮灰场

贮灰场为平原灰场，灰场四面筑堤。

当平均堆灰高度达到 6m 时，可形成约  $30.0 \times 10^4 \text{m}^3$  的有效库容，满足本期工程 6 个月的灰渣堆贮要求。

由于目前缺乏灰场区域的地勘资料，因此本工程的防渗初步设想考虑两种防渗方案。

方案一在灰场底部及坑边坡、挡灰堤内侧铺设复合土工膜（两布一膜）的防渗方案，铺土工膜前对基层进行清基，清基后进行碾压，再铺垫防渗土工膜，在库底采用土工膜面上下两层各 0.3m 厚的素土保护，素土需压实，灰堤内侧采用粗砂及预制  $500 \times 500 \times 50 \text{mm}$  素混凝土板保护，灰场内的雨水及喷洒水将不会渗入地下影响地下水水质。

方案二在灰场四周的围堤建成后在围堤内设置深层搅拌桩截渗墙，深层搅拌桩桩径 350mm，深层搅拌桩截渗墙墙厚即两桩相切处的有效厚度不小于 260mm，搅拌桩截渗墙深入相对不透水层不小于 1.0m。此方案要求灰场下地层中有相对不透水层。

最终防渗方案将在下一阶段根据灰场区域的地勘资料进行一步确定。

#### 6.13 供排水系统及冷却设施

##### 6.13.1 循环水系统

本工程主机方案根据《天津南港热电厂新建工程主机选型补充专题报告专家评审意见》（电规发电[2016]187 号），取消保安机，每台机组设一台凝汽器，为给水泵汽轮机排汽、蒸汽旁路排放提供冷源。考虑到检修要求，根据上述情况，冷却系统初步拟定为：

本工程采用带机械通风冷却塔的母管制循环供水系统：三台机组配置 1 座机械通风冷却塔（分为 7 个单元，每个单元设计流量  $4300 \text{m}^3/\text{h}$ ）、1 座循泵房（内设 3 台循泵）、1 条循环水压力进水管、1 条循环水压力回水管，循环水泵房布置在冷却塔附近。循环水压力进水、回水管道采用焊接钢管，并加刚性环。

循环水系统流程为：循环水泵→液控蝶阀→循环水压力进水管→凝汽器/辅机冷却器→循环水压力回水管→机力塔→回水沟→循环水泵房前池→平板

滤网→循环水泵。

下阶段根据机组配置方案进一步优化冷却配置方案。

## 6.13.2 供、排水系统

### 6.13.2.1 全厂水务管理和水量平衡

电厂水务管理的目的是在保证发电厂安全、经济运行的前提下，根据水源水质及水量、电厂各用水系统水质及水量优化全厂供水系统，合理选择节水方案，做到一水多用、重复用水。本期工程给水泵凝汽器及辅机采用带机力塔的二次循环供水系统，电厂各类污废水经分类收集、处理后回用于杂用水系统，尽量减少排放。

供水系统采用恩纳社处理后的一级海水淡化水为冷却水补水水源，经过厂内矿化处理后用于淡水二次循环冷却系统，经初步优化循环水的冷却倍率为 55 倍，机组循环冷却水水量见表 6.13-1。

表 6.13-1 循环冷却水量表

|                             |                     | 给水泵凝汽器 | 备 注 |
|-----------------------------|---------------------|--------|-----|
| 凝汽器冷却水量 (m <sup>3</sup> /h) |                     | 25440  |     |
| 辅机冷却水量 (m <sup>3</sup> /h)  |                     | 5700   |     |
| 总水量                         | (m <sup>3</sup> /h) | 31140  |     |
|                             | (m <sup>3</sup> /s) | 8.65   |     |

电厂淡水耗水量见表 6.13-2:

表 6.13-2 南港项目水量平衡一览表

| 序号 | 项 目           | 用水量<br>m <sup>3</sup> /h | 回收水量<br>m <sup>3</sup> /h | 耗水量<br>m <sup>3</sup> /h | 备注 |
|----|---------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----|
| 1  | 锅炉补给水处理酸碱废水   | 61                       | 61                        | 0                        |    |
| 2  | 锅炉补给水处理 RO 浓水 | 235                      | [179]<br>184              | [56]<br>51               |    |
| 3  | 工业抽汽          | 2000                     | 0                         | 2000                     |    |
| 4  | 锅炉汽水损耗        | 50                       | 0                         | 50                       |    |
| 5  | 脱硫工业用水        | 75                       | 30                        | 45                       |    |

| 序号 | 项 目                | 用水量<br>m <sup>3</sup> /h | 回收水量<br>m <sup>3</sup> /h | 耗水量<br>m <sup>3</sup> /h | 备注 |
|----|--------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----|
| 6  | 脱硫工艺用水             | 234                      | 15                        | 219                      |    |
| 7  | 斗轮机喷雾、煤场喷洒及翻车机水箱上水 | 31                       | 0                         | 31                       |    |
| 8  | 输煤系统冲洗和皮带机喷雾       | 32                       | 15                        | 17                       |    |
| 9  | 脱硫废水处理自耗水          | 1                        | 0                         | 1                        |    |
| 10 | 含煤废水处理站自耗水         | 1                        | 0                         | 1                        |    |
| 11 | 空压机冷却水             | 200                      | 200                       | 0                        |    |
| 12 | 暖通用水               | 4                        | 0                         | 4                        |    |
| 13 | 生活用水               | 5                        | 3                         | 2                        |    |
| 14 | 绿化用水               | 3                        | 0                         | 3                        |    |
| 15 | 机力塔蒸发损失            | [470]<br>389             | 0                         | [470]<br>389             |    |
| 16 | 自然通风冷却塔风吹损失        | 31                       | 0                         | 31                       |    |
| 17 | 循环水排污              | [86]<br>66               | [86]<br>66                | 0                        |    |
| 18 | 未预见水量              | 16                       | 0                         | 16                       |    |
| 19 | 总 计                | [3534]<br>3433           | [588]<br>573              | [2946]<br>2860           |    |

注：1. 本表所列水量为年平均气象条件水量，其中“[]”水量为夏季10%气象条件下用水量。

2. 本表所列用水量为正常连续用水量，补给水量为电厂采取了节约用水措施后与用水量对应的正常连续补水量。随着季节的不同，气温、水温等外界条件的变化，各项用水量也会相应发生变化。

年平均气象条件下，本工程淡水耗量为2860m<sup>3</sup>/h(0.239m<sup>3</sup>/s)，其相应的耗水指标为0.48m<sup>3</sup>/(s·GW)，扣除对外供热耗水量，耗水指标为0.41 m<sup>3</sup>/(s·GW)。

#### 6.13.2.2 补给水系统

本项目水源为恩纳社公司提供的海水淡化水，经初步优化，本项目夏季需水量为：一级海水淡化水2860m<sup>3</sup>/h，其中生活水5m<sup>3</sup>/h，年用水量为2209.5

万 m<sup>3</sup>。与恩纳社公司的管道接口位于厂界处。

### (1) 工业消防水池

本期工程建 2 座 1500m<sup>3</sup> 工业、消防水池，用于调蓄电厂工业及消防用水，综合水泵房前的吸水室中设有消防隔墙，以保证消防用水要求。

### (2) 公用水系统

本期工程设工业供水及回水管网、消防给水管网等。1 台电动消防给水泵、1 台柴油消防给水泵、1 套消防稳压装置、4 台工业水泵、1 套生活供水设备集中布置在综合水泵房内。

#### 6.13.2.3 厂内排水及污废水处理系统

本期工程采用分流制排水系统，按照“清污分流”、“一水多用”的原则对废水分类收集、处理并回用，正常情况下电厂实现零排放。

厂区工业废水、含煤废水经分别收集后送至各系统污废水处理站，经处理达标后回用于干渣调湿、输煤系统冲洗等；生活污水收集后送至生活污水处理站，经处理达标后回用于绿地浇洒；脱硫废水经处理合格后回用于干灰调湿。

厂区雨水排放：按照业主提供的“南港工业区一期排水规划”，本电厂位于第七分区，该分区有两个雨水泵站系统：南港四街 1 号雨水泵站系统和创新路 2 号雨水泵站系统，其中南港四街 1 号雨水泵站站址位于南港四街与二十环支路交口的西南角，恰好位于电厂西北角，泵站流量 16.0m<sup>3</sup>/s，收水面积约 295ha，雨水出路为红旗路南侧景观河道。系统主干管沿南港六街自南向北，二十环支路自东向西敷设，管径为 d400mm~d2800mm，沿途收集其他次干、支管的雨水，后汇入南港四街 1 号雨水泵站，经泵站提升后最终排入红旗路南侧景观河道（河道常水位 2.00m，高水位 2.50m）。因此，电厂厂区雨水通过管网收集后排至南港四街 1 号雨水泵站，经泵站提升后最终排入红旗路南侧景观河道。

本期工程设 1 套 5m<sup>3</sup>/h 生活污水处理系统以及 1 套 15m<sup>3</sup>/h 含煤废水处理系统；生活污水处理采用接触氧化处理工艺，含煤废水处理采用混凝、沉淀、过滤处理工艺。

#### 6.14 消防系统

贯彻“预防为主，防消结合”的方针，在设备与器材的选择及布置上充

分考虑预防为主措施；在建筑物的防火间距及建筑结构设计上采取有效措施，预防火灾的发生与蔓延；设立完善的消防系统和火灾探测报警系统，在发生火灾时可及时报警，并根据消防对象的不同采取不同的灭火措施。

本工程采用独立的消防给水系统，消防水管在主厂房、煤场等主要建（构）筑物四周布置成环网，在主厂房、办公楼等必要建筑物室内设消火栓系统。本期工程设  $2 \times 100\%$  的消防水泵，其中 1 台为电动泵，1 台为柴油机驱动，并设稳压装置；消防供水设备安装在综合水泵房内。在非火灾时，消防管网中的压力由消防稳压装置维持，发生火灾时，启动消防水泵进行灭火。

厂内按同一时间火灾次数为一次设计。

对容量超过  $90000\text{kV} \cdot \text{A}$  的主变压器、厂高变压器及启动变压器采用水喷雾灭火系统。

对汽机房及锅炉房内重要的充油设备采用水喷雾灭火系统。

运煤系统输送皮带头尾处设置水幕消防系统，栈桥设置自动喷水消防系统。

消防排水、电梯井排水和生产、生活排水统一考虑。

变压器、主厂房油系统设事故排油池。

集控楼配电室、电子设备间，网控楼电子设备间、电缆夹层等采用洁净剂气体灭火系统。

主厂房屋煤仓采用惰性气体灭火系统。

建立全厂的火灾探测、报警及控制系统，采用区域报警控制结合控制中心报警形式，由计算机智能模拟式监控，全总线制工作，全厂消防控制中心设在机组集控室。

根据工业园区消防要求，本工程设置一座消防站。

## 6.15 采暖通风与空气调节系统

### 6.15.1 采暖

#### 6.15.1.1 采暖热媒及热源

本期工程的生产建筑、生产辅助及附属生产建筑均设计集中采暖。

本期各建筑采暖热媒设计考虑采用  $110/70^\circ\text{C}$  热水采暖，采暖热水由厂区采暖加热站供给。

#### 6.15.1.2 厂区采暖加热站

主厂房内设置厂区采暖加热站，为厂区采暖建筑物提供 110/70℃采暖热水，不考虑预留容量。采暖热源接自汽机低压工业用汽，经组合式热交换器换热后产生的凝结水检验合格后回收。

#### 6.15.1.3 全厂采暖

系统采用金属热强度较高的钢制散热器，对于个别热负荷较大的建筑，散热器负荷不能满足时，补充暖风机供暖。

#### 6.15.1.4 厂区热网

本期工程厂区热网采用架空敷设与不通行地沟敷设相结合的方式。热网管道与单体建筑采暖系统直接连接（在供、回水管加旁通管，回水总管上装水过滤器及平衡阀）。

### 6.15.2 通风

#### 6.15.2.1 汽机房通风

汽机房通风采用自然进风，屋顶风机机械排风。夏季，室外新风由 A 列侧窗进风，经各层的主要散热设备周围开设的格栅、检修孔、楼梯间、吊物孔等处，吸收室内余热、余湿后，有组织地经安装在汽机房屋顶的屋顶风机排至室外。屋顶风机为防爆型。

为消除汽机房通风死角，设置射流风机加强空气扰动，防止热点形成。

#### 6.15.2.2 锅炉房通风

锅炉房运转层以上为露天布置，余热可直接排至室外，故不考虑通风设施。锅炉运转层以下仍有大量的设备和管道的散热，设置自然进风，墙上轴流风机机械排风。

#### 6.15.2.3 电气房间通风

电气设备间均采用机械通风，对于环境较脏的场所采用风机箱机械送风，其余场所均采用自然进风。当电气设备间设置高压开关柜或干式变压器等散热量较大的电气设备时，如通风不能满足设备要求，设置降温设施。

6.15.2.4 其它凡有余热、余湿及有害气体产生的场所，均设置通风系统，通风量均按《火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规程》DL/T 5035-2004 的规定执行。

### 6.15.3 空调系统

#### 6.15.3.1 集中控制室及电子设备间空调

集中控制室及电子设备间分别设置集中式全空气空调系统，均采用风冷屋顶式恒温恒湿空调机组。新风与回风混合后经初、中效过滤器，再经冷却（或加热）、减湿（或加湿）、消声处理后，通过散流器送入工作区；送风吸收室内余热余湿（或加热加湿）后，通过回风口回到空调机组。集中控制室空调系统新风量按不小于 10%、电子设备间空调系统新风量按不小于 5%设计，系统考虑防火排烟措施，并与消防系统连锁。

风冷屋顶式恒温恒湿空调机组，其冷媒来自机组的压缩冷凝段，热媒来自厂区采暖加热站，热媒为 110/70℃ 热水。

6.15.3.2 对于主厂房外的就地控制设备间均设置风冷柜式空调机或壁挂式空调机，满足夏季室内温度 26~28℃ 的要求。

#### 6.15.4 输煤系统除尘

在煤仓间原煤斗、碎煤机室及各转运站等各转运点设脉冲布袋除尘器，除尘装置按《火力发电厂运煤设计技术规程第 2 部分 煤尘防治》（DL/T 5187.2-2004）和《工作场所有害因素职业接触限值》（GBZ2-2002）的要求执行。除尘设备的运行信号送至输煤控制室。

#### 6.15.5 锅炉房真空清扫系统

在锅炉房运转层、锅炉本体、煤仓间皮带层、炉顶、给煤机区域设置负压真空清扫管路系统，并兼管煤仓间不宜水冲洗部位的积尘清扫。3 台锅炉共用 1 台车载式负压吸尘装置。

#### 6.15.6 厂前区空调系统

厂前区独立设置集中空调系统，采用风冷冷水机组加风机盘管的形式，夏天通过冷冻水实现制冷，冬天通过热水实现制热，热源接自厂区热网。

## 第 7 章 烟气脱硫脱硝

### 7 烟气脱硫和脱硝

#### 7.1 烟气脱硫

##### 7.1.1 常见脱硫工艺简介

目前，全世界脱硫工艺共有 100 多种，按其燃烧的过程可分为：燃烧前脱硫、燃烧中脱硫、燃烧后脱硫（烟气脱硫）。

本工程锅炉采用循环流化床锅炉，为保证当地二氧化硫达标排放，本工程采用炉内炉外联合脱硫方式。

烟气脱硫（Flue Gas Desulfurization, FGD）技术，是目前世界上唯一大规模商业化应用的脱硫技术，被认为是  $\text{SO}_2$  污染控制最为行之有效的途径。下面分别对这些工艺进行简单介绍：

### 1) 石灰石—石膏湿法脱硫工艺

石灰石—石膏湿法脱硫工艺采用价廉易得的石灰石作为脱硫吸收剂，石灰石小颗粒经磨细成粉状与水混合搅拌制成吸收浆液。在吸收塔内，吸收浆液与烟气接触混合，烟气中的  $\text{SO}_2$  与浆液中的碳酸钙及鼓入的氧化空气进行化学反应被脱除，最终反应产物为石膏。脱硫后的烟气经除雾器除去携带的细小液滴，再经烟囱排入大气。脱硫石膏浆液经脱水装置脱水后回收，脱硫废水经处理后供电厂综合利用。根据市场对脱硫石膏的需求情况、脱硫石膏的质量以及是否有足够的堆放场地等因素，对脱硫副产物石膏可以采用综合利用和抛弃两种方式进行处理。

该工艺适用于任何含硫率煤种的烟气脱硫，脱硫效率达到 95% 以上。

石灰石—石膏湿法脱硫工艺由于具有脱硫效率高（ $\text{Ca/S}$  大于 1 时，脱硫效率可达 95~99%）、吸收剂利用率高、技术成熟、运行稳定等特点，因而目前世界上应用最多的脱硫工艺。在美国、德国和日本，应用该工艺的机组容量约占电厂脱硫机组总容量的 90%，单机容量已达 1000MW。

在国内，300MW 等级以上的机组绝大多数采用了石灰石—石膏湿法脱硫工艺。已投运的脱硫装置均达到或超过了设计指标，证明了该种脱硫工艺的可靠性。

### 2) 氨法脱硫工艺

氨法脱硫工艺是采用  $\text{NH}_3$  做吸收剂除去烟气中的  $\text{SO}_2$  的工艺。氨的碱性强于钙基吸收剂；氨吸收烟气中的  $\text{SO}_2$  是气—液或气—气反应，反应速率更快、更完全，吸收剂利用率高，可以做到很高的脱硫效率。另外，其脱硫副产物硫酸铵经过加工后是具有商业价值的农业肥料。

氨法脱硫工艺于上世纪九十年代开始应用于烟气脱硫。在国外，发展氨法的技术商主要有美国环境系统工程公司（GE 氨法）、德国 Lenjets Bischoff 公司、日本钢管公司（NKK 氨法）。

从动力学原理来说，氨法实质上是以循环的  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{HSO}_3$  水溶液吸收  $\text{SO}_2$  的过程。亚硫酸铵对  $\text{SO}_2$  具有更好的吸收能力，是氨法中的主要吸收剂。随着亚硫酸氢铵比例的增大，吸收能力降低，须补充氨水将亚硫酸氢铵转化成亚硫酸铵。

GE 氨法的工艺流程主要分为预洗涤、 $\text{SO}_2$  吸收、亚硫酸铵氧化和结晶四个工序。热烟气经电除尘后进入预洗涤塔，与硫酸铵饱和溶液并流接触，烟气被冷却，同时，由于硫酸铵饱和溶液中的水蒸发而析出硫酸铵结晶。来自预吸收塔的已被冷却饱和的烟气经过除雾器进入  $\text{SO}_2$  吸收塔，烟气与喷淋而下的稀硫酸铵溶液逆流接触，烟气中的  $\text{SO}_2$  在此被吸收。氨气与压缩空气混合进入吸收塔底部浆池，在添加氨的同时氧化亚硫酸铵。

在世界的火电厂烟气脱硫市场上，氨法的比例约 1%。当脱硫剂氨的来源充分并且副产物硫酸铵有较好的销售市场时，该工艺在运行上才具有经济可行性。而且，目前氨法脱硫实际投运的最大机组为 300MW。

### 3) 循环流化床干法烟气脱硫工艺

循环流化床干法烟气脱硫技术是由德国 Lurgi 公司在 20 世纪 80 年代初开发的，Wulff 公司在此基础上开发了回流式循环流化床烟气脱硫技术（RCFB-FGD），德国的 Thyssen 公司、美国的 Airpol 公司、法国的 Stein 公司及丹麦 FLS、Miljo 等公司也都在开发和推广该项技术。

循环流化床干法烟气脱硫工艺主要由吸收剂制备系统、吸收塔、吸收剂再循环系统、除尘器和控制设备等组成。根据高速烟气与所携带的稠密悬浮颗粒充分接触原理，在吸收塔内喷入消石灰粉使其与烟气充分接触、反应，然后喷入一定量的水，将烟气温度控制在对反应最有利的温度。塔内出去的烟气进入除尘器，除尘器内收集下来的脱硫灰，小部分排掉，其余的则经循环系统进入吸收塔继续脱硫。吸收塔的底部为一文丘里装置，烟气流过时被加速并与细小的吸收剂颗粒混合，烟气和吸收剂颗粒向上运动时，会有一部分烟气产生回流，形成内部湍流，从而增加烟气与吸收剂颗粒的接触时间，提高吸收剂的利用率和系统的脱硫效率。

国内目前实际运行的机组较少，最大的投运机组是邯峰电厂 660MW。该种脱硫工艺具有初投资少、占地面积小的优点。目前 300MW 及以上运行机组投运业绩较少，经验尚少，技术不成熟。

### 7.1.2 脱硫工艺的确定

通过前面三种典型的烟气脱硫工艺介绍可以看出：

氨法脱硫工艺脱硫效率高，运行可靠，副产品可利用价值高，但是氨水脱硫剂的成本高，是钙基脱硫剂价格的十倍以上；副产物如果要加工成有商品价值的农用肥料，还需增加昂贵的后处理设备；所以氨法脱硫受到脱硫剂供给源和副产物销售市场的很大限制。循环流化床烟气脱硫工艺目前在 300MW 等级及以上机组脱硫应用很少，缺乏足够操作经验，且系统本身运行可靠性较差；多发性事故较多，因此会影响机组的正常运行。同时，该工艺的运行成本较高，脱硫副产物综合利用价值较低，目前通常只能用于填埋。

本工程炉外脱硫采用石灰石—石膏湿法脱硫工艺，它具有其他脱硫工艺不可比的下列突出优点：

1) 发展历史长，技术成熟，运行可靠性高，脱硫装置投入率一般可达 95%以上，不会因脱硫设备而影响锅炉的正常运行，适合大容量机组，使用寿命长，在国内外工程中采用最多；

2) 脱硫效率高，吸收剂利用率高，脱硫效率可达 95%以上，大机组采用该脱硫工艺  $\text{SO}_2$  的脱除量大，有利于地区和电厂实行总量控制。该脱硫工艺对煤种的适应性也很强，无论是含硫量大于 3% 的高硫煤还是含硫量低于 1% 的低硫煤都能适应，当锅炉煤种变化时，可以通过调节钙硫比、液气比等因子来保证脱硫效率。

3) 吸收剂的来源广，价格便宜。作为石灰石—石膏湿法脱硫工艺吸收剂的石灰石方便采购。

4) 脱硫副产物便于综合利用。石灰石—石膏湿法脱硫工艺的脱硫副产物为石膏，主要用途是建筑制品和水泥缓凝剂。脱硫副产物的综合利用，不但可以增加电厂效益，而且可以减少脱硫副产物处置费用，延长灰场使用年限。

### 7.1.3 吸收剂来源及耗量

本期工程在脱硫岛内设置石灰石粉仓一座，石灰石粉仓的容量按满足本工程三台机组 BMCR 工况下燃用设计煤种时 3 天的用量。石灰石粉由称重式皮带给料输送机送入石灰石浆液箱。石灰石粉在石灰石浆液箱内加水搅拌制成成品浆液，经石灰石浆液泵送至吸收塔。

本期工程机组全烟气脱硫，在燃用设计煤种时石灰石粉（石灰石纯度暂

定 91%) 耗量见下表。

表 7.1.3-1 石灰石粉用量表

| 项 目                       | 1×1135t/h |
|---------------------------|-----------|
|                           | 设计煤       |
| 小时耗量 (t/h)                | 1.08      |
| 日耗量 (t/d)                 | 23.76     |
| 年耗量×10 <sup>4</sup> (t/a) | 0.702     |

注：1. 表中日利用小时按 22h，年利用小时按 6500h 计。

2. 燃用校核燃料时，加大炉内脱硫能力。

#### 7.1.4 脱硫副产物处理方案

石灰石湿法烟气脱硫副产物为二水石膏，脱水后石膏含水量≤10%，纯度≥90%。脱硫石膏的利用途径很广泛，在不少领域如水泥、建材行业、建筑及农业等都能够应用，尤其在新型建筑材料中，石膏及石膏制品占有特殊地位。

石膏作为水泥掺和料，可起到缓凝作用，一般掺加量为 3~5%。目前，水泥中石膏掺和料多取自天然石膏矿，耗用了大量资源。中国硅酸盐学会曾对珞璜电厂的脱硫石膏进行全面性能验证试验，试验结果证明脱硫石膏用作水泥缓凝剂完全可行，脱硫石膏的各项性能指标均可以达到有关标准的要求，有些指标甚至还优于天然石膏。只要控制脱硫石膏中有害杂质含量，降低脱硫石膏表面水分，或对石膏造粒以适应水泥厂工艺要求，脱硫石膏完全可以替代天然石膏，因此，水泥行业和建筑行业将成为脱硫石膏综合利用的巨大市场。

本期工程脱硫石膏产量见表 7.1.4-1。

表 7.1.4-1 脱硫石膏产量

| 项 目                       | 1×1135t/h (额定) |
|---------------------------|----------------|
|                           | 设计煤            |
| 小时产量 (t/h)                | 1.89           |
| 日产量 (t/d)                 | 41.58          |
| 年产量×10 <sup>4</sup> (t/a) | 1.23           |

注：表中日利用小时按 22h，年利用小时按 6500h 计

本工程产生的脱硫石膏以综合利用为主。

### 7.1.5 烟气脱硫工程设想

#### 7.1.5.1 设计基础参数

本期工程最大连续蒸发量  $3 \times 1200 \text{ t/h}$ （额定蒸发量  $3 \times 1135 \text{ t/h}$ ）机组配套烟气脱硫系统的设计基础参数见表 7.1.5-1 和 7.1.5-2。

表 7.1.5-1

| 项目          | 符号                      | 单位              | 设计煤种       |
|-------------|-------------------------|-----------------|------------|
| 1. 煤种       |                         |                 | 原煤（内蒙古东胜矿） |
| 2. 元素分析     |                         |                 |            |
| 收到基碳        | $C_{\text{ar}}$         | %               | 61.86      |
| 收到基氢        | $H_{\text{ar}}$         | %               | 2.70       |
| 收到基氧        | $O_{\text{ar}}$         | %               | 8.10       |
| 收到基氮        | $N_{\text{ar}}$         | %               | 1.30       |
| 收到基全硫       | $S_{\text{t,ar}}$       | %               | 0.70       |
| 3. 工业分析     |                         |                 |            |
| 全水分         | $M_{\text{t}}$          | %               | 9.44       |
| 空气干燥基水分     | $M_{\text{ad}}$         | %               | 2.05       |
| 收到基灰分       | $A_{\text{ar}}$         | %               | 15.90      |
| 干燥无灰基挥发分    | $V_{\text{daf}}$        | %               | 29.80      |
| 4. 收到基低位发热量 | $Q_{\text{net,ar}}$     | MJ/kg           | 22.21      |
| 5. 微量元素     |                         |                 |            |
| 煤中氯         | $\text{Cl}_{\text{ar}}$ | %               | 0.028      |
| 煤中砷         | $\text{As}_{\text{ar}}$ | $\mu\text{g/g}$ | ND         |
| 煤中氟         | $\text{F}_{\text{ar}}$  | $\mu\text{g/g}$ | 38         |
| 煤中汞         | $\text{Hg}_{\text{ar}}$ | $\mu\text{g/g}$ | 0.017      |
| 煤中磷         | $\text{P}_{\text{ar}}$  | %               | 0.013      |

表 7.1.5—2

|                                                            | 设计煤            |
|------------------------------------------------------------|----------------|
| 锅炉最大连续蒸发量 (t/h)                                            | 1200 (额定 1135) |
| 最大连续蒸发量时机组耗煤量 (t/h)                                        | 141.9          |
| 机械不完全燃烧损失 (%)                                              | 1.5            |
| 脱硫装置进口烟气温度 (°C)                                            | 110            |
| 脱硫装置处理烟气量 (干态, Nm <sup>3</sup> /h)                         | 1183627        |
| 脱硫装置处理烟气量 (湿态, Nm <sup>3</sup> /h)                         | 1277232        |
| 脱硫装置出口排烟温度 (°C)                                            | 50             |
| 脱硫装置进口 SO <sub>2</sub> 浓度 (mg/Nm <sup>3</sup> )<br>(炉内脱硫后) | 517            |
| 脱硫装置进口烟尘浓度 (mg/Nm <sup>3</sup> )                           | <10            |
| 脱硫装置出口 SO <sub>2</sub> 浓度 (mg/Nm <sup>3</sup> )<br>(炉内脱硫后) | 25.70          |
| 脱硫装置出口烟尘浓度 (mg/Nm <sup>3</sup> )                           | <5             |
| 脱硫装置的设计脱硫效率                                                | ≥95.0          |

本期工程 3×1200t/h 机组配套烟气脱硫系统按设计煤种 95.0%脱硫效率设计，脱硫装置可利用率>95%。

#### 7.1.5.2 脱硫工艺系统

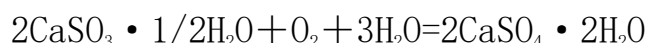
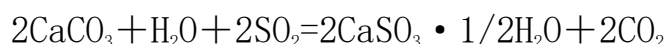
##### (1) 烟气系统

本工程脱硫经过除尘器除尘后的烟气经过引风机的升压，进入吸收塔。烟气在吸收塔内与喷淋浆液逆流接触而脱硫，经除雾器除去水雾后，经净烟道进入烟囱排入大气。在烟气超温时通过烟气降温设施保证脱硫系统正常运行。脱硫后烟道和烟囱进行防腐处理，洁净烟气经湿烟囱排放。

##### (2) 二氧化硫吸收系统

SO<sub>2</sub>吸收系统是烟气脱硫系统的核心，主要包括吸收塔、除雾器、循环浆泵和氧化风机等设备。在吸收塔内，烟气中的 SO<sub>2</sub> 被吸收浆液洗涤并与浆液中的 CaCO<sub>3</sub> 发生反应，在吸收塔底部的浆池内被氧化风机鼓入的空气强制氧化，

最终生成石膏晶体，由石膏浆液排出泵送入石膏处理系统。这两个过程的反应方程式如下：



在吸收塔的出口设有三级除雾器，以除去脱硫后烟气携带的细小液滴，使烟气中的液滴含量低于  $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

本期工程脱硫系统配一座逆流式喷淋吸收塔设计，吸收塔为圆柱体、碳钢结构，橡胶或玻璃鳞片防腐内衬。吸收塔直径约为  $13.5\text{m}$ ，底部为循环浆池，上部为喷淋层和除雾器两部分；采用 4 层喷淋层结构，浆液循环泵按照单元制设置，每台循环泵对应一层喷嘴。

在脱硫系统解列或出现事故停机需要检修时，吸收塔内的吸收浆液由石膏排出泵排出，存入事故浆罐中，以便对吸收塔进行维修。

### （3）吸收剂制备系统

脱硫装置配一套脱硫剂制备系统，该系统的作用是贮存石灰石粉，并向吸收塔供应合格的石灰石浆液。

锅炉脱硫（设计煤种）时单台石灰石粉最大耗量为  $1.89\text{t}/\text{h}$ ，贮存在石灰石粉仓中的石灰石粉径 250 目 90% 通过，通过皮带称重给料机定量给料和石灰石浆液搅拌器制成浓度 25~30% 的石灰石浆液，存贮在石灰石浆箱中待用。石灰石浆液通过石灰石浆液泵输送到吸收塔。

### （4）石膏处理系统

吸收塔的石膏浆液通过石膏浆液排出泵送入石膏旋流器站。浓缩后的旋流器底流成分为粗石膏颗粒，直接进入真空皮带脱水机进行二级脱水。为生产无二次污染的石膏，在脱水过程中用新鲜工业水冲洗石膏，使氯含量达到要求的水平。旋流器溢流含有细小的固体颗粒（细石膏粒子、新鲜石灰石、未溶解的石灰石杂质和飞灰），通过石膏浆液箱返回吸收塔或被废水旋流泵送往废水处理系统。

脱水机排出的石膏残余水量不超过 10%（wt），石膏从真空皮带脱水机尾部落到石膏库房。

### （5）主要设备

本期工程烟气脱硫系统的设备及主要设施有：石灰石粉仓、称重皮带给

料机、石灰石浆液箱、石灰石浆液泵、吸收塔、吸收塔循环浆泵、石膏浆液排出泵、真空皮带脱水机、真空泵、石膏浆液旋流器等。

脱硫岛的大部分设备和材料可以采用国产，必要时可由国外供货的设备有：吸收塔喷嘴、除雾器、吸收塔搅拌设备、旋流器、所有接触浆液的调节阀门等，主要设备参数暂定如下。

表 7.1.5—3 工艺系统主要设备

| 设备名称       | 型号规格                                                                                  | 数量   | 备注   |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| 1、二氧化硫吸收系统 |                                                                                       |      |      |
| 吸收塔        | 喷淋塔， $\Phi 12.5 \times 25.4\text{m}$                                                  | 3 座  |      |
| 吸收塔除雾器     | 三级，材质：PP                                                                              | 3 套  | 进口   |
| 循环浆泵       | $Q=4900\text{m}^3/\text{h}$ , $H=13.4\text{m}/15.2\text{m}/17.0\text{m}/18.8\text{m}$ | 12 台 |      |
| 吸收塔搅拌器     | 功率:18kW                                                                               | 12 台 | 进口   |
| 氧化风机       | 流量： $110\text{m}^3/\text{min}$ ，压头：90kPa                                              | 6 台  |      |
| 石膏浆液排出泵    | 离心式， $Q=50\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=45\text{m}$                                       | 6 台  | 变频电机 |
| 2、吸收剂制备系统  |                                                                                       |      |      |
| 石灰石粉仓      | 钢仓，容积 $200\text{m}^3$                                                                 | 1 个  |      |
| 称重给料机      | 出力 10t/h                                                                              | 2 台  |      |
| 石灰石浆液泵     | 离心式， $Q=20\text{m}^3$ ， $H=35\text{m}$ $N=15\text{kW}$                                | 4 台  |      |
| 石灰石浆液箱     | 容积 $80\text{m}^3$ ， $\Phi 4000 \times 6400$ ，                                         | 2 个  |      |
| 3、石膏脱水系统   |                                                                                       |      |      |
| 真空皮带脱水机    | 出力：6t/h（湿滤饼 10%含水量）；                                                                  | 2 台  |      |
| 真空泵        |                                                                                       | 2 台  |      |
| 石膏旋流器      |                                                                                       | 2 台  |      |
| 4、事故浆液系统   |                                                                                       |      |      |
| 事故浆液箱      | $\Phi 10\text{m} \times 15\text{m}$                                                   | 1 个  |      |
| 事故浆池搅拌器    | 顶进式， $N=30\text{kW}$                                                                  | 1 台  |      |
| 事故浆液返回泵    | 离心式， $Q=75\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=25\text{m}$                                       | 2 台  |      |

| 设备名称    | 型号规格                               | 数量  | 备注 |
|---------|------------------------------------|-----|----|
| 5、工艺水系统 |                                    |     |    |
| 工艺水泵    | 离心式, Q=200m <sup>3</sup> /h, H=65m | 6 台 |    |
| 工艺水箱    | V=280m <sup>3</sup> Φ7000×7300;    | 1 个 |    |

#### 7.1.5.3 脱硫装置总体布置

本工程每台炉配一套烟气脱硫装置, 采用石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺; 吸收剂为石灰石粉, 脱硫副产品按综合利用考虑; 脱硫废水在处理达标后在厂内综合利用。

本工程脱硫岛整体布局合理, 系统顺畅, 节省占地, 节省投资。按“不设 GGH, 取消烟气旁路”的设计原则进行布置, 主要设施有吸收塔、事故浆液箱、循环浆液泵房、工艺综合楼等。

脱硫岛吸收塔系统及烟气系统在引风机后部场地集中布置。烟气通过引风机汇流后吹入吸收塔; 吸收塔布置烟囱前侧。循环浆泵房紧邻吸收塔, 氧化风机位于循环浆泵房内。

石灰石配制系统和石膏脱水系统为三台机组公用, 布置在吸收塔后, 紧邻道路, 方便石灰石粉的运进及石膏的运出。

#### 7.1.5.4 废水处理系统

在脱硫过程中 FGD 系统产生的废水必须通过废水处理装置进行净化处理, 才能够将脱硫废水中所含各项污染物指标降低至规定的标准, 实现综合利用。

由废水旋流器溢流出的废水自流入废水处理系统, 此后废水依次经过中和箱、沉降箱、絮凝箱、浓缩澄清池、净水箱进行处理后出水。浓缩澄清池底部产生的污泥达到一定量时由污泥泵周期性地送入离心脱水机进行脱水处理, 固化后的泥饼外运。

#### 7.1.5.5 脱硫工艺用水、气、汽

本工程脱硫系统平均每小时用水量约 3×93t/h。脱硫岛用水根据所需水质不同分为 I 类工艺水和 II 类工艺水。

I 类工艺水采用本期工程的回用水, 主要的耗水地点是除雾器冲洗用水、

所有浆液输送设备、输送管路的冲洗水；由工艺水箱和工艺水泵向脱硫岛提供 I 类工艺水。

II 类工艺水使用厂用工业水，主要的耗水地点是脱硫岛内设备冷却水、真空泵用水、石膏冲洗水；厂区工业水管道直接送至工业水耗水点。

由于本工程脱硫系统采用取消 GGH 的工艺方案，因此蒸汽用量可以不予考虑；本工程脱硫系统用压缩空气由主体工程压缩空气站提供。

## 7.2 烟气脱硝

### 7.2.1 脱硝工艺选择

烟气脱硝是一个初投资大、运行费用高、环境效益好的项目，选择适合国情和满足环境要求的烟气脱硝方案十分重要。

目前适合的脱硝工艺主要有选择性催化还原技术（Selective Catalytic Reduction，简称 SCR）、选择性非催化还原技术（Selective Non-Catalytic Reduction，简称 SNCR）以及 SNCR+SCR 混合烟气脱硝技术。

对应现行的火电厂大气污染物的控制标准，本工程 NO<sub>x</sub> 的控制分为低 NO<sub>x</sub> 燃烧和烟气脱硝两个部分。低 NO<sub>x</sub> 燃烧由锅炉厂负责设计和实施，其控制烟气出口 NO<sub>x</sub> 浓度小于 250mg/Nm<sup>3</sup>，尚不符合现行标准的要求，需对烟气进行脱硝处理，下面对烟气脱硝技术进行简要介绍。

#### 1) SCR 脱硝技术

SCR 系统是通过在催化剂上游的烟气中喷入氨或其它合适的还原剂利用催化剂将烟气中的 NO<sub>x</sub> 转化为氮气和水。在通常的设计中，使用液态无水氨或氨水（氨的水溶液）。无论以何种形式使用，首先使氨蒸发，然后氨气和稀释空气或烟气混合，最后通过分配格栅喷入 SCR 反应器上游的烟气中。

SCR 系统 NO<sub>x</sub> 脱除效率通常很高，添加到烟气中的氨几乎完全和 NO<sub>x</sub> 反应。然而，有一小部分氨不反应而是作为氨逃逸离开了反应器。一般来说，对于新的催化剂，氨逃逸很低，根据煤的含硫量决定。但是，随着催化剂失活或者表面被飞灰覆盖或堵塞，氨逃逸就会增加，为了维持需要的 NO<sub>x</sub> 脱除率，就必须增加反应器中 NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub> 摩尔比。当不能保证预先设定的 NO<sub>x</sub> 脱除率和（或）氨逃逸的性能标准时，就必须向反应器添加新的催化剂以恢复反应器性能。从新的催化剂开始使用到被更换这段时间称为催化剂寿命。

#### 2) SNCR 烟气脱硝技术

选择性非催化还原技术是用  $\text{NH}_3$ 、尿素等还原剂喷入炉内与  $\text{NO}_x$  进行选择反应，不用催化剂，因此必须在高温区加入还原剂。还原剂喷入炉膛温度为  $900\sim 1100^\circ\text{C}$  的区域， $\text{NH}_3$  并与烟气中的  $\text{NO}_x$  进行 SNCR 反应生成  $\text{N}_2$ ，该方法是以炉膛为反应器。

不同还原剂有不同的反应温度范围，此温度范围称为温度窗。 $\text{NH}_3$  的反应最佳温度区为  $900\sim 1100^\circ\text{C}$ 。当反应温度过高时，由于氨的分解会使  $\text{NO}_x$  还原率降低，另一方面，反应温度过低时，氨的逃逸增加，也会使  $\text{NO}_x$  还原率降低。 $\text{NH}_3$  是高挥发性和有毒物质，氨的逃逸会造成新的环境污染。

SNCR 烟气脱硝技术的脱硝效率一般为  $25\%\sim 60\%$ ，受锅炉结构尺寸影响很大，多用作低  $\text{NO}_x$  燃烧技术的补充处理手段。采用 SNCR 技术，目前的趋势是用尿素代替氨作为还原剂。

### 3) SNCR/SCR 混合烟气脱硝技术

SNCR/SCR 混合烟气脱硝技术是把 SNCR 工艺的还原剂喷入炉膛技术同 SCR 工艺利用逃逸氨进行催化反应的技术结合起来，进一步脱除  $\text{NO}_x$ 。它是把 SNCR 工艺的低费用特点同 SCR 工艺的高效率及低的氨逃逸率进行有效结合。理论上，SNCR 工艺在脱除部分  $\text{NO}_x$  的同时也为后面的催化法脱硝提供所需要的氨。SNCR 体系可向 SCR 催化剂提供充足的氨。

### 4) 脱硝工艺比选

本工程锅炉采用循环流化床锅炉，属于低氮燃烧方式，可有效降低燃烧时的  $\text{NO}_x$  生成量，但由于机组容量大， $\text{NO}_x$  排放总量也相应较大。经核算，本工程如达标排放，则脱硝效率应在  $80\%$  以上。考虑到本工程采用的是循环流化床锅炉，该炉型具有一个非常有效的还原剂喷入点和混合反应器—旋风分离器，分离器内的烟气扰动强烈，且烟气停留时间大约为  $1.5\sim 3\text{ s}$ ，实现喷入的还原剂和烟气之间迅速而均匀的混合。因此 SNCR 脱硝工艺适合本工程，但是由于单纯采用 SNCR 工艺的脱硝效率较低，无法满足本工程的排放要求，因此本工程推荐采用 SNCR+SCR 工艺，综合脱硝效率  $84\%$ ，脱硝后  $\text{NO}_x$  排放浓度不大于  $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

### 7.2.2 还原剂选择

脱硝还原剂选择是整个脱硝系统中很重要的一个环节。在脱硝系统中，还原剂是最大的消耗品。目前，世界上脱硝系统最常用的还原剂有三种：液

氨、氨水和尿素都可用作还原剂。

### （1）液氨

液氨喷入炉膛后会迅速挥发成气体，不会造成炉内受热面湿壁、腐蚀。而且储罐容积可以较小、价格也较便宜。其缺点是氨气有毒、可燃、可爆，储存的安全防护要求高，需要相关消防安全部门审批才能大量储存、使用。运输管道需要特别处理：蒸发吸热、溶解放热都会对管道造成一定的损害，一般需要加热设备且防水。而且要求喷射的输送气能量要很高，才能取得一定的穿透效果。采用液氨的 SNCR 相对而言系统比较复杂，初期投资费用高，运行维护费高，管道损失大，液氨泄漏事故也频繁发生。

### （2）氨水

氨水恶臭，挥发性和腐蚀性强，有一定的操作安全要求，但储存、处理比液氨简单。由于含有大量的稀释水，储存、输送系统比液氨系统要复杂；但喷射刚性、穿透能力比氨气喷射好。

### （3）尿素

常温时，尿素在水中缓慢水解，最初转化为甲铵，然后形成碳酸铵，最后分解成氨和二氧化碳，随温度升高水解加快。但在 60℃ 以下，尿素在酸性、中性和碱性溶液中不发生水解。采用一般的工业农业用尿素作为还原剂即可，其含氮量在 46% 以上。由于尿素运输、储存、输送都无需特别的安全防护措施，只需用普通的聚丙烯编织袋内衬塑料薄膜包装运输即可。

根据相关资料显示氨水作为脱硝还原剂，其建造以及运行成本，在三者中为最高，并且与液氨一样，同样存在安全隐患。因此自 90 年代以后国际上已经很少以氨水作为脱硝还原剂。液氨作为重大危险源，除了供氨系统建造成本以及液氨出厂采购成本外，还需考虑其运输及储存成本以及意外的处理成本。尿素一般作为农业肥料使用，十分安全，能够很容易就近购买到可以用火车或汽车运输。运输和储存不需要特别的安全措施。因此在性能和安全操作方面更具有明显优点。

综上所述，本工程 SNCR+SCR 脱硝工艺还原剂推荐采用尿素。

#### 7.2.3 还原剂来源、运输及消耗量

本工程采用外购尿素作为脱硝剂，尿素由卡车运至厂内储存。本期工程额定 3×1135t/h 机组全烟气脱硝，在燃用设计煤种时，尿素耗量见下表：

表 7.2.3-1

尿素用量表

| 项 目        | 1×1135t/h（额定） |
|------------|---------------|
|            | 设计煤           |
| 小时耗量（kg/h） | 176           |
| 日耗量（t/d）   | 3.872         |
| 年耗量（t/a）   | 114.4         |

注：表中日利用小时按 22h，年利用小时按 6500h 计。

#### 7.2.4 烟气脱硝工程设想

##### 7.2.4.1 设计基础参数

本期工程最大 3×1200t/h 机组配套烟气脱硫系统的设计基础参数见表 7.2.4-1。

表 7.2.4-1

设计基础参数（单炉）

|                                                              | 设计燃料          |
|--------------------------------------------------------------|---------------|
| 锅炉额定蒸发量（t/h）                                                 | 1200（额定 1135） |
| 机组耗煤量（t/h）                                                   | 150           |
| 机械不完全燃烧损失（%）                                                 | 1.5           |
| 脱硝装置处理烟气量（湿态，Nm <sup>3</sup> /h）                             | 1071050       |
| 脱硝装置处理烟气量（干态，Nm <sup>3</sup> /h）                             | 980115        |
| 脱硝装置入口 NO <sub>x</sub> 浓度（mg/Nm <sup>3</sup> ）<br>（SCR 反应器前） | ≤250          |
| 脱硝装置出口 NO <sub>x</sub> 浓度（mg/Nm <sup>3</sup> ）<br>（SCR 反应器后） | ≤50           |
| 脱硫装置的设计脱硫效率                                                  | ≥80           |

##### 7.2.4.2 脱硝工艺系统

SNCR+SCR 工艺系统由尿素溶解储存系统、尿素喷射系统、SCR 反应器和催化剂等组成。

###### 1) 尿素溶解储存系统

尿素溶解储存系统主要由一个尿素溶解罐，两个尿素溶液储罐（一运一

备)组成。尿素为固体颗粒物,不易燃烧和爆炸,运输与氨水和液氨相比简单、安全、方便。对于燃煤电厂而言,尿素的运输可以采用燃煤运输系统,经货船或汽车运输到厂袋装堆放。人工拆包后倒入溶解罐,同时来自除盐水系统的除盐水也进入溶解罐,溶解罐内设有搅拌装置以加速尿素的溶解。配制好的尿素溶液经过滤,由泵送入尿素溶液储罐,储罐是保温隔热的,并配置了电加热设备,来保持储罐温度。储罐输出特定浓度的尿素溶液,该尿素溶液在储罐出口处与水混合可配制为不同浓度的尿素溶液以满足锅炉不同负荷的要求。

## 2) 尿素喷射系统

喷射器采用专用气力喷射器,分组布置在炉膛和分离器的不同高度处,以适应炉内不同燃烧运行工况。在线配制稀释好的尿素溶液将送到各喷射组,各喷射组设有总阀门控制本喷射组是否投运。不投运的喷射组则由电动推进装置驱动退出。各喷射组设有多个喷射器,每个喷射组设有流量调节阀门和流量计量设备,用以计量和控制本组喷入的尿素流量。喷射所需的雾化介质可采用压缩空气。每个喷射组的雾化气总管设有压力调节和压力测量,再通往各喷射器。最后,尿素溶液经由喷射器喷入炉内来与烟气混合进行脱除  $\text{NO}_x$  的氧化还原反应。当锅炉负荷或炉膛出口的  $\text{NO}_x$  浓度变化时,送入炉膛的尿素量也应随之变化,这将导致送入喷枪的流量发生变化。若喷枪的流量变化太大,将会影响到雾化喷射效果,从而影响脱硝率和氨残余。因此,设计了在线稀释系统,用来保证在运行工况变化时喷嘴中流体流量不变。特定浓度的尿素溶液从储罐输出后,增加了一路稀释水混入输送管路,来稀释溶液,通过监测在线稀释水流量来调节最终的尿素浓度以满足锅炉不同负荷的要求。

## 3) SCR 反应器

SCR 反应器入口设气流均布装置,反应器入口及出口段设导流板,对于反应器内部易于磨损的部位采取必要的防磨措施。反应器内部各类加强板、支架采用不易积灰的型式,同时考虑热膨胀的补偿措施。反应器设置足够大小和数量的人孔门,内部配有可拆卸的催化剂测试元件。SCR 反应器能承受运行温度  $420^\circ\text{C}$  而不产生任何损坏,使用寿命不小于 30 年。

## 4) 催化剂

催化剂因烟气特性的不同而异。由于排出的烟气中携带大量飞灰和  $\text{SO}_2$ ，因此，选择的催化剂除具有足够的活性外，还具有隔热、抗尘、耐腐、耐磨以及低  $\text{SO}_2$  转化率等特性。目前已实际应用的催化剂型式主要有两种：蜂窝式和板式。两者各有优缺点：一般认为燃煤电厂脱硝装置布置在省煤器和空预器之间时，采用平板式催化剂和大孔径的蜂窝式催化剂都是可以的。

#### 7.2.4.3 脱硝装置总体布置

尿素溶液储存制备区应与周围建筑物和道路的距离符合《建筑设计防火规范》有关的消防和安全规定。SNCR 工艺的喷射系统位于锅炉炉膛和分离器。SCR 反应器为高尘区布置。每台炉的 SCR 反应器建在锅炉尾部烟道内，处于空气预热器上方。

#### 7.2.4.4 脱硝工艺系统主要设备

表 7.2.4-2 主要设备表

| 设备名称    | 型 号 规 格                                       | 数 量 | 备 注 |
|---------|-----------------------------------------------|-----|-----|
| 尿素溶解罐   | $V=35\text{m}^3$                              | 1 台 |     |
| 尿素溶解泵   | $Q=108 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=20\text{m}$ | 2 台 |     |
| 尿素溶液储罐  | $V=135\text{m}^3$                             | 2 台 |     |
| 尿素输送泵   | $Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=110\text{m}$ | 2 台 |     |
| 水箱      | $V=10\text{m}^3$                              | 1 台 |     |
| 稀释水泵    | $Q=18 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=10\text{m}$  | 2 台 |     |
| 冲洗水泵    | $Q=5 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=70\text{m}$   | 2 台 |     |
| 废水泵     | $Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=30\text{m}$  | 2 台 |     |
| SCR 反应器 |                                               | 3 套 |     |

以上设备或材料可以选用进口设备：催化剂、所有起调节作用的阀门、执行器、一次仪表等。

#### 7.2.4.5 脱硝系统电气部分

脱硝系统 380V 低压负荷不多，由就近的辅助车间 MCC 供电。

#### 7.2.4.6 脱硝系统热控部分

本工程脱硝系统控制纳入机组 DCS。单台炉的脱硝部分进入机组 DCS，脱硝制备与输送等脱硝公用部分监控以远程站的方式进入公用 DCS，在集控室单元机组 DCS 操作员站上实现对脱硝系统的远程监控。就地不设操作员站。

#### 7.2.4.7 脱硝系统水、电、汽、气供给

本工程脱硝系统部分设备运行需要设备冷却水，由全厂工业水系统供给，并全部回收。

SCR 反应器吹扫使用的蒸汽品质  $1.0\sim 1.5\text{MPa}$ ， $280\sim 350^{\circ}\text{C}$ 。蒸汽消耗量： $10\text{t/h}$ （通常 3 次/天，每次 0.5h）。所用蒸汽由锅炉辅汽联箱供给。

脱硝用压缩空气品质  $0.7\sim 0.8\text{MPa}$ ，用量  $360\text{Nm}^3/\text{h}$ ，由全厂空压机系统供给。

## 第 8 章 环境及生态保护与水土保持

### 8.1 厂址环境及生态现状

#### 8.1.1 环境概况

厂址位于天津市滨海新区南部片区的南港工业园内，处于南港工业区负荷中心，为港云路以北、红旗路以南、南港四街以东、南港六街以西的地块。厂址西距滨海高速约  $3.2\text{km}$ ，北距滨海新区中心约  $30\text{km}$ ，距天津港约  $30\text{km}$ ，距天津塘沽机场约  $18\text{km}$ ，西北距天津市区中心约  $54\text{km}$ ，距天津机场约  $47\text{km}$ 。厂址中心地理经纬度为：北纬  $38^{\circ} 42' 26.8''$ ，东经  $117^{\circ} 35' 54.0''$ 。

天津地处华北平原，属冲积、海积低平原。厂址附近陆域部分地形平坦开阔，全部为平缓的滩涂和盐碱地。海域部分滩涂资源极为丰富，海上  $0\text{m}$  等深线离海岸线约  $5\text{km}$ ； $-1\text{m}$  等深线离海岸线  $6\sim 7\text{km}$ ； $-2\text{m}$  等深线离海岸线  $8\sim 9\text{km}$ ； $-5\text{m}$  等深线距离海岸线  $15\sim 16\text{km}$ 。近海域是典型的淤泥质海岸，岸滩坡降平缓，岸线稳定。厂址场地是在上述滩涂和盐碱地上回填而成，地形平坦，地貌类型为平地。

地区年均气温为  $12.9^{\circ}\text{C}$ ，全年主导风向为 SSW，平均风速  $4.1\text{m/s}$ ，年均降水量  $537\text{mm}\sim 609\text{mm}$ ，累年年平均蒸发量  $1563.4\text{mm}$ ；年均相对湿度  $60\%$ 。累年最大冻土深度  $60\text{cm}$ ，累年最大积雪厚度  $20\text{cm}$ 。

本期工程抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度为  $0.15g$ 。

天津市地处环渤海经济圈中心地带，是我国北方最大的港口城市和经济中心；现辖 13 个区、3 个县，包括滨海新区、和平区、河北区、河东区、河西区、南开区、红桥区、东丽区、西青区、津南区、北辰区、武清区、宝坻区、蓟县、静海县、宁河县，滨海新区常住人口 263.52 万人；滨海新区 2014 年全年生产总值完成 8760 亿元。

天津古海岸与湿地国家级自然保护区是以贝壳堤、牡蛎滩构成的珍惜古海岸遗迹和湿地自然环境及其生态系统为主要保护和管理对象的国家级海洋类型区域，属不连续、开放性类型，由贝壳堤区域和牡蛎滩、湿地区域组成，保护区范围涉及滨海新区、宁河县、津南区和宝坻区部分区域。其中距离厂址最近的两处试验区为贝壳堤老马棚口区域和贝壳堤上古林区域。

北大港湿地自然保护区属市级自然保护区，位于天津市滨海新区南部，距渤海湾 6km。保护区包括北大港水库、独流减河下游、钱圈水库、沙井子水库、李二湾及南侧用地、李二湾河口沿海滩涂。保护区总面积为  $34887.13 \times 10^4 \text{m}^2$ ，其中核心区面积  $11802 \times 10^4 \text{m}^2$ 。厂址西距保护区边界约 9km。

### 8.1.2 厂址环境质量现状

根据《2014 年天津市环境公报》，天津市环境空气达标天数 175 天，同比增加 30 天，全年  $\text{PM}_{2.5}$  平均浓度下降 13.5%；二氧化硫、氮氧化物排放总量分别比 2013 年下降 3.47%、9.44%。滨海新区二氧化硫、氮氧化物、可吸入颗粒物年平均浓度分别为  $0.061 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.055 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.136 \text{ mg/m}^3$ ，除二氧化硫满足标准要求外，其它均未达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）标准要求。

天津市主要监测的 25 条河流，干涸河长占监测总长度的 5.1%，III 水质河长占 12.3%，IV、V 类河长占 21.7%，劣 V 类河长占 60.9%，主要污染因子为氨氮、化学需氧量和总磷。独流减河、青静黄排水渠氯化物、化学需氧量、总铅等指标超标，北大港水库总氮、化学需氧量、氟化物等超标。

对滨海新区附近海域监测结果表明：无机氮、铅、汞、活性磷酸盐均超标，海域有一定程度的污染，主要原因是渤海是深入内陆的内海，容积有限，但纳污量在全国各海区中比例最高，水体交换周期长，自净能力弱，加剧了污染。

对滨海新区附近海域捕获的鱼类、虾类、贝类进行检测，结果表明鱼类

和虾类均满足《全国海岸带和滩涂资源综合调查简明规程》标准要求，但贝类生物体内重金属铜、镉、锌及石油烃超《海洋生物质量》(GB18421-2001)一类标准，受污染较严重。

天津市滨海新区区域噪声昼间、夜间监测值分别为 53~62.1dB(A)、46~52.3dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 3 类标准，声环境质量现状较好。

### 8.1.3 生态现状

2013 年天津市生态环境质量指数为 56.18，生态环境质量良好，从区域分布看，滨海新区、西青区生态环境状况较好。

滨海新区主要包括有近海及海岸湿地、河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地和人工湿地。鸟类资源丰富，有 140 余种，哺乳类动物 10 种，两栖类、爬行类 10 多种，鱼类 60 多种。植被大多数为草本植物，共有 181 种，木本的乔灌木植物有 15 种，除枸杞、野生小榆树、酸枣等外，其余乔灌木均为栽培树种。野生植被组成多以盐生植物为主，盐生植物是盐渍化土壤上的天然植物，具有独特的抗盐性和耐盐性，能在盐渍化土壤上正常生长繁殖，而且对盐渍土具有良好的改良效果。

## 8.2 本期工程执行的环保标准

本期工程拟执行的环境质量标准和污染物排放标准如下。最终采用的环保标准以地方环境保护行政主管部门对本期工程所执行标准的批复为准。

### 8.2.1 环境质量标准

1)《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中的一、二级标准；其中北大港水库区域执行一级标准，其余的均执行二级标准；

2)《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的Ⅲ、Ⅴ类标准；其中独流减河、青静黄排水渠执行Ⅴ类标准，北大港水库执行Ⅲ标准；

3)《海水水质标准》(GB3097-1997)二类~四类标准；

4)《地下水质量标准》(GB/T14848-93)中的Ⅲ类标准；

5)《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 3 类标准。

6)《全国海岸带和滩涂资源综合调查简明规程》标准和《海洋生物质量》(GB18421-2001)一类标准。

### 8.2.2 污染物排放标准

- 1)《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)中燃气轮机组标准;
- 2)《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)无组织排放监控点标准;
- 3)天津市《污水综合排放标准》(DB12/356-2008)三级标准;
- 4)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)3类标准;
- 5)《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);
- 6)《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)及2013年修改单中II类场。

### 8.3 污染防治措施

#### 8.3.1 烟气污染防治

根据《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014-2020年)》、本期工程大气污染物排放执行《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)中燃气轮机组排放限值。

##### 1) 烟尘污染防治

本期工程配置电袋除尘器,并同步建设湿式电除尘器,电袋除尘器除尘效率不低于99.94%,考虑湿法脱硫50%的洗尘效率,综合除尘效率为99.97%;最终烟尘排放浓度小于 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

##### 2) $\text{SO}_2$ 污染防治

本期工程采用循环流化床锅炉,采用炉内脱硫;除尘器后设置石灰石-石膏湿法脱硫,脱硫装置采用一炉一塔配置,不设旁路,不设GGH装置,综合脱硫效率不低于97.5%,经过两级脱硫后最终二氧化硫排放浓度小于 $35\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

##### 3) $\text{NO}_x$ 污染防治

本期工程采用低氮燃烧方式,可在燃烧中降低 $\text{NO}_x$ 的产生量,控制烟气中氮氧化物排放浓度在 $250\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下,同时采用SCR+SNCR烟气脱硝工艺,脱硝剂采用尿素,综合脱硝效率不低于85%。

##### 4) 汞及其化合物污染防治

本期工程采用的高效除尘器及湿法脱硫、SNCR+SCR脱硝工艺对烟气中的汞及其化合物有一定的去除作用,综合脱汞效率不低于70%,汞及其化合物的排放浓度可以满足标准的限值要求。

##### 5) 烟囱

为降低环境空气污染物的地面浓度，减轻本期工程空气污染物排放对周围环境的影响，1号、2号、3号锅炉一座套筒烟筒（三管），烟囱高度暂定210m；烟囱高度最终确定以环保主管部门的批复意见为准。

#### 6) 烟气在线监测系统

本期工程将设置烟气连续自动监测系统，以监控烟气中SO<sub>2</sub>、烟尘、NO<sub>x</sub>等烟气污染物排放情况，并与当地环保部门联网。

经过上述烟气污染治理措施后，本期工程大气污染物排放情况和《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011）相应的限值见表8.3-1。

表 8.3-1 本期工程大气污染物排放情况与排放限值

| 项 目                                   |                 | 单位     | 本期工程容量<br>(3×1135t/h 超临界锅炉) |
|---------------------------------------|-----------------|--------|-----------------------------|
| 烟囱                                    | 烟囱方式            | —      | 1号、2号、3号锅炉一座套筒烟筒<br>(3管)    |
|                                       | 几何高度            | m      | 210                         |
| 煤种                                    |                 | —      | 设计燃料                        |
| 烟气<br>污<br>染<br>物<br>排<br>放<br>状<br>况 | 烟<br>尘          | 排放浓度   | 9.6                         |
|                                       |                 | 允许排放浓度 | 10                          |
|                                       |                 | 小时排放量  | 0.036                       |
|                                       |                 | 年排放量   | 234                         |
|                                       | SO <sub>2</sub> | 排放浓度   | 23.5                        |
|                                       |                 | 允许排放浓度 | 35                          |
|                                       |                 | 小时排放量  | 0.0867                      |
|                                       |                 | 年排放量   | 564                         |
|                                       | NO <sub>x</sub> | 排放浓度   | 37.5                        |
|                                       |                 | 允许排放浓度 | 50                          |
|                                       |                 | 小时排放量  | 0.1385                      |
|                                       |                 | 年排放量   | 901                         |
|                                       | 汞               | 排放浓度   | 0.00059                     |

| 项 目 |       | 单位     | 本期工程容量<br>(3×1135t/h 超临界锅炉) |
|-----|-------|--------|-----------------------------|
|     | 及其化合物 | 允许排放浓度 | 0.03                        |
|     |       | 年排放量   | 0.014                       |

注：本期工程 3 台炉运行，年运行小时数按 6500h 计。

由表 8.3-1 可知，通过采取上述治理措施后，本期工程的烟尘、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、汞及其化合物排放浓度均满足《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011) 中燃气轮机组排放限值要求。

### 8.3.2 煤场和输煤系统扬尘防治

本期工程采用封闭煤场，运料系统设水力清扫及相应的冲洗污水排放设施，各转运点的带式输送机头部护罩和尾部导料槽出口位置设置自动干雾抑尘装置；各转运站设除尘设备以及密封导料槽；有效的避免扬尘、改善工作环境。

### 8.3.3 生活污水和工业废水处理

本期工程冷却水系统采用二次循环供水系统。厂区的废水主要包括：生活污水、含煤废水、锅炉补给水处理系统排水和脱硫废水等。厂内排水系统采用完全分流制，按照“清污分流”、“一水多用”的原则对废水分类收集、处理和回用。本期工程设 1 套 5m<sup>3</sup>/h 生活污水处理系统以及 1 套 15m<sup>3</sup>/h 含煤废水处理系统；生活污水处理采用接触氧化处理工艺，含煤废水处理采用混凝、沉淀、过滤处理工艺。

本期工程各类废水排水产生量见表 8.3-2。

表 8.3-2 本期工程废水产生情况及处理方式

| 项 目         | 水量 (m <sup>3</sup> /h) | 污染因子                 | 处理方式或去向              |
|-------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| 生活污水        | 4                      | COD、SS、BOD           | 经生活污水处理系统处理后绿化       |
| 含煤废水        | 14                     | SS                   | 经含煤废水处理系统处理后排入回用水池回用 |
| 锅炉补给水处理系统排水 | 61                     | 盐类、pH                | 排入工业废水处理站处理后回用       |
| 脱硫废水        | 15                     | Cl <sup>-</sup> 、重金属 | 经脱硫废水处理系统处理后回用       |

| 项 目 | 水量 (m <sup>3</sup> /h) | 污染因子 | 处理方式或去向 |
|-----|------------------------|------|---------|
|     |                        |      | 于干灰、渣调湿 |

#### 8.3.4 固体废弃物处理

本期工程 3 台炉共产生灰渣量  $46.8 \times 10^4 \text{t/a}$ , 其中灰量  $32.76 \times 10^4 \text{t/a}$ , 渣量  $14.04 \times 10^4 \text{t/a}$ ; 3 台炉共产生石膏量  $3.69 \times 10^4 \text{t/a}$ ; 本期工程灰渣、脱硫石膏治理立足于全部综合利用, 由汽车运至综合利用用户。

本期工程除灰系统采用干灰浓相气力集中、汽车运灰系统, 电除尘器灰斗内的飞灰由灰斗进入仓泵, 仓泵内飞灰与空压机出口的压缩空气混合, 气灰混合物一并送至灰库, 并且省煤器下和一电场的灰均能气力输送至飞灰循环仓, 灰库内空气经过库顶脉冲袋式除尘器逸出。本期工程设 3 座灰库, 每座灰库直径  $\Phi 12\text{m}$ , 灰库内飞灰分三路排出, 粗灰库下设有 2 台湿式搅拌机和 1 台干灰散装机, 细灰库下设有 1 台湿式搅拌机和 2 台干灰散装机, 干灰可直接装车进行综合利用。

本期工程除渣系统采用机械除渣系统, 锅炉流化床排出的炉渣经冷渣器冷却至  $150^\circ\text{C}$  以下后进入链斗输送机, 再由斗式提升机提升至渣仓; 每炉设 2 套机械除渣系统配 1 座有效容积  $230\text{m}^3$  渣仓, 可满足 24 小时的贮渣量。渣仓下分别设置 1 套干式卸料设备、1 套湿式卸料设备和 1 套锅炉床料上料系统, 干渣经干式卸料设备卸出后运至综合利用。

#### 8.3.5 噪声污染防治

本期工程噪声主要分为机械动力噪声、气流动力噪声、电磁噪声及交通噪声等。主要噪声设备包括汽轮机、发电机、变压器、各种泵、风机等。

1) 从治理声源入手, 设备定货时向厂家提出噪声限值要求, 尽量选用低噪声设备, 必要时对设备基础采取减震处理, 管道包扎阻尼材料, 减少阀门泄漏等措施。

2) 对汽轮发电机安装隔音罩并将其坐于减振基座上。另外对各种风机、大型水泵等高噪声设备安装减振基座, 必要时设置消声器, 以消除设备振动噪声沿建筑结构以及通过风管外壳传播而污染环境。

3) 主厂房墙体隔声、隔声门窗、送风机进风口安装消声器、屋顶通风消声器; 冷却塔设置隔声屏障。

4) 在锅炉排汽口安装高效消声器, 削声量满足 30dB(A) 以上, 将排汽噪声源控制在 110dB(A) 以下。另外, 电厂运行中须加强管理, 除每年一次的维护检修排汽外, 尽可能减少锅炉排汽次数, 避免夜间排汽, 以减少噪声对周围环境的影响。

5) 对电厂启动期的吹管噪声, 通过采取安装消声器、排气口合理选向的措施, 可以有效降低对周围环境的影响; 吹管时加强管理, 采取公告制度, 提前告知周围居民吹管时间, 严禁在夜间进行吹管作业。

#### 8.4 环境影响预测

##### 8.4.1 大气环境影响分析

本期工程的烟气污染物采用严格的污染治理措施: 配置电袋除尘器, 炉内脱硫及石灰石-石膏湿法脱硫, 采用 SCR+SNCR 烟气脱硝工艺后, 满足《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014-2020 年)》及《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011) 燃气轮机组排放限值要求, 同时采用高烟囱进行排放, 有利于烟气污染物的抬升和扩散, 可有效地降低烟气污染物对周边环境的影响。

本期工程设封闭煤场, 可有效控制煤尘向外环境飞扬。运料系统、各转运点均设除尘措施, 可防止输煤系统扬尘, 对周围环境污染影响较小。

本期工程大气污染物对环境空气的影响最终应以批复的环境影响报告为准。

##### 8.4.2 水环境影响分析

本期工程生活污水经处理后回用于绿化, 锅炉补给水处理系统排水排入工业废水处理站处理, 经处理达标后回用于干灰、渣调湿及输煤冲洗水; 脱硫废水经处理合格后回用于干灰、渣调湿; 含煤废水经处理后排入回用水池, 回用于干灰、渣调湿及输煤冲洗水。厂区雨水通过管网收集后排至厂外。正常工况下本期工程对外环境无废水外排, 对水环境基本没有影响。

##### 8.4.3 声环境影响分析

本期工程从源头上控制噪声源, 尽量选用低噪声设备; 并对高噪声设备采取吸声、隔声、消声等降噪措施; 优化总平面布置, 合理布置设备; 送风机进风口安装消声器, 锅炉排汽口安装消声器; 加强环境管理; 在采取以上噪声污染防治及控制措施后, 本期工程对周围声环境的影响相对较小。

厂界噪声影响程度将由本期工程环境影响评价报告作出具体分析，下一阶段将根据批复的环境影响报告确定是否需要采取其他噪声治理措施。

## 8.5 水土保持

本期工程的建设将破坏厂址区域部分场地的自然地貌和植被，施工开挖土的堆放亦会引发一定水土流失，设计中将根据项目建设引起水土流失的特点，将围墙防护、厂区和灰场分区分块贮灰等工程措施和绿化等植物措施以及临时植被、临时排水、临时覆盖等临时措施有机结合，有效地防治建设区水土流失。

厂区绿化布置本着因地制宜、统一规划、全面考虑、讲求实效、突出重点的原则，结合厂区功能区划分及道路的规划，用绿色屏障作为人流、车流或露天堆场的界限，起到分割空间、划分区域、区别功能、改善厂区面貌、美化环境的作用。厂区绿化布置以不影响生产、不妨碍交通运输和采光通风为原则，综合考虑生产工艺、建筑物布置、有害气体的扩散和地下管线布置，以及当地气候特点、土壤条件等多种因素。

## 8.6 总量控制指标

本期工程产生的灰渣及脱硫石膏立足全部综合利用，生活污水和工业废水经污水处理站处理后全部回收利用，正常情况下无废水外排。

根据本期工程的具体特点，对环境产生影响的主要是烟气污染物的排放，则总量控制因子为  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$ 。本期工程运行后， $\text{SO}_2$  的排放量为 564t/a， $\text{NO}_x$  的排放量为 901t/a，建设单位需尽快落实本期工程的总量控制指标。

## 8.7 环境管理及监测

### 8.7.1 环境管理、监测计划

根据《火电厂环境监测管理规定》(DL/T382-2010)规定：火电厂环境监测是环境保护工作的组成部分，必须纳入生产管理轨道。其任务是对火电厂生产过程中排放的污染物进行监测、监督，以掌握环境质量及其变化趋势，为防治污染提供科学依据。

本期工程新建环境监测站并配备相应仪器设备，负责完成全厂环保管理和规定的监测任务，环保监测仪器设备费计列 65 万元，由电厂根据需要与化学分析仪器设备统筹购置。

### 8.7.2 环境监测项目、方法和手段

本期工程的环境监测项目按照《火电行业环境监测管理规定》、《火电厂环境监测条例》执行，其监测方法和手段执行《火电厂环境监测技术规范》（DL/T414-2012）以及国家有关监测规范。

本期工程根据有关要求设置烟气在线连续监测系统，以利于环保监测和控制污染物的排放。

## 8.8 环保设施工程投资估算

本期工程环保投资估算见表 8.8-1。

表 8.8-1 本期工程环保设施工程投资估算表

| 序号     | 项 目             | 投资估算（万元） |
|--------|-----------------|----------|
| 1      | 除尘设施            | 8329     |
| 2      | 除灰、渣系统（含厂内渣场）   | 13473    |
| 3      | 脱硫系统（含烟气连续监测装置） | 10642    |
| 4      | 脱硝系统            | 8394     |
| 5      | 烟囱及烟道           | 8972     |
| 6      | 封闭煤场            | 8296     |
| 7      | 噪声治理            | 4248     |
| 8      | 废（污）水处理系统       | 1680     |
| 9      | 环境监测仪器设备费       | 65       |
| 10     | 环境影响评价费         | 70       |
| 11     | 环保设施竣工验收费       | 40       |
| 12     | 绿化              | 874      |
| 环保投资合计 |                 | 65083    |

## 8.9 结论

本期工程锅炉采用除尘器、炉内脱硫及石灰石-石膏二级脱硫、SNCR+SCR 二级脱硝工艺后经 210m 高烟囱排放；厂区内生活污水和各类工业废水经处理后正常情况下全部回用；灰渣立足于全部综合利用；噪声从声源、优化总平

面、采取消声、隔声等相应措施；各项排放指标均能满足环保标准的要求，对环境的影响较小。因此，本期工程的建设从环境保护角度分析是可行的。

## 第 9 章 综合利用

### 9.1 概述

本期工程可供综合利用的废弃物主要为灰渣和脱硫石膏。本期工程 3 台炉共产生灰渣量  $46.8 \times 10^4 \text{t/a}$ ，其中灰量  $32.76 \times 10^4 \text{t/a}$ ，渣量  $14.04 \times 10^4 \text{t/a}$ ；3 台炉共产生石膏量  $3.69 \times 10^4 \text{t/a}$ 。

### 9.2 粉煤灰的综合利用途径

#### 9.2.1 概述

根据“贮用结合，积极利用”的原则和国家对灰、渣和脱硫副产品综合利用的规定和要求，依据燃煤电厂灰、渣用途广泛性，结合当地综合利用的可能性，从本项目所在的区域及电厂灰、渣的具体特点来看，灰、渣主要有以下利用途径：蒸压粉煤灰砖、粉煤灰免烧砖，制作砂浆、生产粉煤灰水泥、粉煤灰陶粒、回填矿坑、筑路及生产建筑装饰材料等等。

#### 9.2.2 蒸压粉煤灰砖

蒸压粉煤灰砖是以粉煤灰、石灰、石膏及细集料（煤渣或其他工业废渣等）作原料，按一定比例配合，经搅拌、消化、轮碾、压制成型，再经高压蒸汽养护制成的墙体材料。

蒸压粉煤灰砖是大量利用粉煤灰的建材产品之一，其抗压强度可达 15MPa 以上，抗折强度 3.1MPa 以上，能经受 15 次冻融循环的抗冻要求，有较好的力学性能和耐久性。

#### 9.2.3 粉煤灰免烧砖

粉煤灰免烧砖是以粉煤灰为主要原料，用水泥、石灰及外加剂等与之配合，经搅拌、半干法压制成型、自然养护制成的一种砌筑材料。

免烧粉煤灰砖的特点是不用烧制和蒸汽养护。另外，它是采用水泥、石灰及外加剂将粉煤灰粘结起来并形成一定强度。免烧粉煤灰砖各项性能可达到《粉煤灰砖》（JC239-2001）的要求。它可用于填充墙、隔墙及低层民用建筑的承重墙，适合农村建筑中使用。

免烧粉煤灰砖可以大量利用粉煤灰，不用粘土，由于制造过程中所用的固化剂不同，粉煤灰在砖中所掺比例也有所不同，最大可达 80%。

#### 9.2.4 粉煤灰硅酸盐水泥

粉煤灰硅酸盐水泥是将硅酸盐水泥熟料和粉煤灰，加入适量石膏共同磨细制成的水硬性胶凝材料称为粉煤灰硅酸盐水泥，水泥中粉煤灰掺加量按重量百分比计为 20~40%。

#### 9.2.5 粉煤灰砌筑水泥

根据国家标准《砌筑水泥》(GB3183-2003)的定义：凡由一种或一种以上的水泥混合材料，加入适量硅酸盐水泥熟料和石膏，经磨细制成的工作性能较好的水硬性胶凝材料，称为砌筑水泥。该水泥主要用于砌筑和抹面砂浆、垫层混凝土等，不应用于结构混凝土。该水泥原料中，如采用粉煤灰，应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T1596-2005)的要求，粉煤灰砌筑水泥中粉煤灰的掺量最大可达 65%。

### 9.3 脱硫石膏的综合利用途径

#### 9.3.1 概述

本期工程采用石灰石-石膏湿法脱硫系统工艺，来自吸收塔的石膏浆液经吸收塔排浆泵后进入石膏旋流器，浓缩后的浆液再经过真空皮带脱水机脱水，脱水的同时对石膏进行冲洗，以满足石膏综合利用的品质要求，脱水后石膏含水量小于 10%，送入石膏库贮存，这就是产生的脱硫废弃物-脱硫石膏。可主要用于水泥缓凝剂和石膏板等的制造。

#### 9.3.2 水泥缓凝剂

在硅酸盐水泥中必须加入适量的二水石膏，用以调节水泥的凝结时间，以达到标准中所规定的要求。

硅酸盐学会分别用珞璜脱硫石膏和天然石膏作为水泥缓凝剂进行对比试验，试验结果表明：

脱硫石膏作为水泥缓凝剂是可行的。

脱硫石膏用作水泥缓凝剂的效果不低于甚至优于天然石膏。

#### 9.3.3 石膏板

石膏板是以  $\beta$ -半水石膏（即建筑石膏）和护面纸为主要原料，掺入适量纤维、粘结剂、调凝剂、发泡剂等，经料浆配制、成型、切割、烘干等工

艺，以石膏为芯，表面层有护面纸的轻质薄板。具有质轻、高强、防水、隔声、收缩率小、加工性能良好等特点，可以用钉子、螺栓和以石膏为基材的胶粘剂或其他粘结剂粘结，可作为工业与民用建筑物的内隔墙、墙体复面板、天花板和预制石膏复合隔墙板等。

## 第 10 章 劳动安全

### 10.1 遵循的相关规程、规范和标准

- 1) 《中华人民共和国劳动法》(1995 年 1 月 1 日施行)(2009 年修正)
- 2) 《中华人民共和国安全生产法》(2014 年 12 月 1 日修订)
- 3) 《中华人民共和国电力法》(国家主席令[1995]第 60 号及[2009]第 18 号修订部分)
- 4) 《中华人民共和国消防法》(国家主席令[2008]第 6 号)
- 5) 《大中型火力发电厂设计规范》(GB50660-2011)
- 6) 《工业企业设计卫生标准》(GBZ1-2010)
- 7) 《火力发电厂与变电站设计防火规范》(GB50229-2006)
- 8) 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》(GB50058-1992)
- 9) 《建筑工程抗震设防分类标准》(GB50223-2008)
- 10) 《电力设施抗震设计规范》(GB50260-2013)
- 11) 《建筑防雷设计规范》(GB50057-2010)
- 12) 《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)
- 13) 《建筑照明设计标准》(GB50034-2013)
- 14) 《建筑采光设计标准》(GB/T 50033-2013)
- 15) 《建筑设计防火规范》(GB50016-2006)
- 16) 《建筑灭火器配置设置规范》(GB50140-2005)
- 17) 《火灾自动报警系统设计规范》(GB50116-2013)
- 18) 《水喷雾灭火系统设计规范》(GB50219-1995)
- 19) 《固定式钢梯及平台安全要求 第 1 部分:钢直梯》(GB4053.1-2009)
- 20) 《固定式钢梯及平台安全要求 第 2 部分: 钢斜梯》(GB4053.2-2009)
- 21) 《固定式钢梯及平台安全要求 第 3 部分: 工业防护栏杆及钢平台》(GB4053.3-2009)
- 22) 《安全标志及其使用导则》(GB2894-2008)
- 23) 《安全色》(GB2893-2008)
- 24) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分 化学有害因素》(GBZ2.1

-2007)

25)《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分 物理因素》(GBZ2.2

-2007)

26)《火力发电厂职业安全设计规程》(DL5053-2012)

27)《高压配电装置设计技术规程》(DL/T5352-2006)

28)《火力发电厂总图运输设计技术规程》(DL/T5032-2005)

29)《火力发电厂建筑设计规程》(DL/T5094-2012)

30)《火力发电厂土建结构设计技术规定》(DL5022-2012)

31)《关于规范重大危险源监督与管理工作的通知》(安监总协调字[2005]125号)

32)《关于认真做好重大危险源监督管理工作的通知》(安监总协调字[2005]62号)

33)《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》((国家安全生产监督管理总局令第77号)(2015年4月2日修订)

34)《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》(国家安全生产监督管理总局令第79号)(2015年5月27日修订)

35)《企业安全生产应急管理九项规定》(安监总局第74号令)

36)《企业安全生产责任体系五落实五到位规定》(安监总办[2015]27号)

## 10.2 厂址安全条件

拟建场地处于相对稳定区,适宜建厂。

拟建厂址属冲积、海积低平原。地貌类型为平地。工程地质条件较差。

本期工程抗震设防烈度为7度,设计基本地震加速度为0.15g。

拟建厂址区内场地土类型为软弱土。假定场地覆盖层厚度大于80m,建筑的场地类别为IV类。属建筑抗震不利地段。

## 10.3 生产过程中可能产生的主要危险因素

本期工程主要生产工艺系统有锅炉、汽轮机、发电机及变配电、输煤、除灰渣、静电除尘、烟气脱硫脱硝、给水、化学水处理等系统。本期工程的设备设施众多,生产过程中使用了高温高压蒸汽推动、高速旋转与移动的机械,还有大量机械设备、各种电器等设施。因此在生产过程中存在的主要危

险有害因素如下。

#### 10.3.1 火灾及爆炸因素

锅炉、高压容器、燃料制备系统、烟气系统、燃料输送系统、主厂房内的电子设备间和继电器室等。

#### 10.3.2 触电、机械事故及高空坠落

厂内的屋内、屋外配电装置和所有带电的设施、设备、厂内大量的转动机械设备，厂内上人的屋面、高平台、高斜梯、高直梯、防护栏杆及起重机械。

#### 10.3.3 有害因素

1) 粉尘：电厂生产过程中产生的粉尘，主要是燃料的贮存输送、运转过程中产生的粉尘，其影响程度与工艺设计、设备及通风除尘设施等条件有关。

2) 化学因素：主要是电厂生产过程中使用的有毒、有害原料如盐酸、碱、联氨、六氟化硫（高压断路器用）等，以及产生的有害气体（如盐酸气体）等。

3) 物理因素：振动和噪声：电厂产生振动和噪声的部位有锅炉、汽轮机、发电机、给水泵、送风机、引风机、空压机、锅炉的 PCV 阀（排汽阀）以及个别汽水管道部位。

4) 高温高压：电厂生产过程中产生高温高压的部位有锅炉、汽轮机、除氧器、加热器、导汽管及蒸汽管道。

5) 工频电场：厂内各种变电、输电、电气设备等，有可能产生电磁辐射。

### 10.4 本期工程拟采取的劳动安全防护措施

#### 10.4.1 防火防爆

##### 10.4.1.1 建筑防火设计

1) 主厂房运转层集中控制室的墙体及吊顶材料均采用非燃烧材料，所有建筑物均不少于两个出入口。

2) 在主控楼内，主控室的吊顶采用难燃烧材料，其它建筑物均按有关规程要求等级进行设计，以满足防火要求。

3) 汽机房和锅炉房底层和两端均将设安全出入口，相关部位采用防火门。

##### 10.4.1.2 工艺系统防火防爆

1) 对于燃料输送系统、各类压力容器和电气设备等有爆炸危险设备的工艺及相应的土建设计，均根据现行的《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规

范》、《中华人民共和国爆炸危险场所电气安全规程》、《压力容器安全技术监测规程》和《建筑设计防火规范》中的有关规定，按不同类型的爆炸源和危险因素采取相应的防爆保护措施。

2) 电厂所有压力容器高压锅炉设备等，均设有安全阀，以防超压爆炸，锅炉设备按安全监测规程要求设置安全门，主蒸汽管道设安全监测点。

3) 对危险品、易燃易爆品均要限量贮存于专用仓库。本期工程采用尿素作为脱硝还原剂，尿素本身无毒害；整个脱硝设施为露天布置，基本无有毒有害气体聚集。

4) 在变压器、汽轮机油箱等处，设置“严禁烟火”的警告牌，并按要求设置灭火器。

#### 10.4.1.3 火灾报警

本期工程设有火灾自动报警系统，火灾报警系统具有发生火灾时直接联动消防系统、空调控制系统、通风系统相关设备的输出接口。

#### 10.4.2 防电伤

电气设备带电裸露部分与人行通道、栏杆、管道等的最小间距符合《高压配电装置设计技术规程》规定的要求。电力设备外壳应接地或接零。配电装置室的门为向外开的防火门，并在门内侧装设不用钥匙开启的弹簧锁。高压隔离开关的操作机械都配备加锁的闭锁装置。同时要求运行人员严格执行电气安全操作规程及工作票制度，以防误操作，防止非工作人员进入。在主厂房屋顶装避雷针，作为直击雷过电压保护设施。为防止变压器高压侧的雷电波经过变压器危及发电机，在发电机出线上装设避雷器。

高压电气设备的操作和检修必须严格按照《电业安全工作规程》（发电厂和变电所的电气部分）的要求进行。

#### 10.4.3 防机械伤害及防跌落

##### 10.4.3.1 防机械伤害

1) 对回转机械及可能伤害人体的机械设备均装保护罩。

2) 在有检修起吊设施的地方，留有足够的检修场地和安全起吊距离，设置围栏及标志，防止发生起重伤害。

3) 起重机和电梯的选型应分别符合现行的《起重机械安全规程》、《电梯制造与安装安全规范》等规定。

### 10.4.3.2 防坠落

1) 对锅炉本体的楼梯及步道均考虑防滑要求，对锅炉及汽机运转层平台四周设置了防护栏杆。

2) 对较高的检修入孔及操作阀门处均设置了维修平台。

3) 所有楼梯、平台、坑、孔洞、沟道周围设置有栏杆或盖板，以防人员跌落。

4) 对经常需要上去的屋面，均设置高度超过 1050mm 的栏杆，并且平台栏杆下部设不低于 100mm 高的护板。离地面高度在 20m 以下的平台、人行通道、升降口及有跌落危险场所的栏杆高度为 1100mm，离地面高度等于或大于 20m 时，栏杆高度不低于 1200mm，斜梯扶手高度为 1050mm。

### 10.4.4 防尘、防毒及防腐蚀

#### 10.4.4.1 防尘措施

运料系统设水力清扫及相应的冲洗污水排放设施，各转运点的带式输送机头部护罩和尾部导料槽出口位置设置自动干雾抑尘装置；各转运站设除尘设备。

在干灰库的排气口设置布袋除尘器和真空压力释放阀，保证灰库的安全。本期工程设备自动化水平较高，工人仅在装、卸料及巡检时有可能短间接触，应合理安排工人的作业时间，尽可能减少工人的接尘时间；为巡检工人配备效果良好的防尘口罩，减少粉尘的实际接触量。

为防止尿素粉尘对人体的危害，在尿素堆放仓库安装除尘装置。

#### 10.4.4.2 防毒及防腐蚀

对联氨仓库及加药间、化验间，均设有自然进风和防腐轴流机械排风等通风设备，一般按换气量 15 次/h 考虑。

电气检修间等产生有害气体的场所均考虑有通风设施。含六氟化硫气体的高压配电装置室外布置，若产生有害气体很快散发，对职工健康危害影响较小。

贮存、输送腐蚀性介质的容器、管道均采用防腐蚀材料。卸酸、碱设施附近设置安全通道、淋浴器、洗眼器及排水设施。

地面采用防腐涂料或花岗岩制作，施工时要求保持墙面光滑、平整，不使有毒气体聚集；对地下直埋管道采用防腐漆或用环氧煤沥青、玻璃布等材

料进行防腐处理。

酸、碱管道一般沿地面敷设，稀酸稀碱须架空敷设经过人行通道时，法兰、接头等处加防护套，避免直接滴漏。有腐蚀性介质如酸碱等场所的设备、设施、地面、管沟、照明、建材等均为防腐型。

#### 10.4.5 防噪声和防振动

##### 10.4.5.1 建筑设计中的防噪声措施

1) 在汽机房、锅炉房等需运行巡视的工作场所，设置性能良好的隔音值班控制室。

2) 在高噪声车间值班的生产人员采取设置隔声值班室措施，值班室可采用砖墙，也可选用其他有隔声、吸声性能的墙面材料。

3) 在总图布置和工艺设计上，采用闹静分区的办法，将高噪声设备集中布置。

##### 10.4.5.2 设备噪声防治措施

1) 设计中尽量选用低噪声设备和工艺，对高噪声设备，订货时向制造厂家提出噪声要求。

2) 对于长期连续运行产生高噪声的场所采取消声、隔声措施。如：在送风机入口、对空排气出口设消音器。

3) 在设备、管道设计中，注意防振、防冲击，以减轻振动噪声，并注意改善气体输送时流场状况，以减少空气动力噪声。

##### 10.4.5.3 个人防噪措施

一般正常运行时，工人在值班室、控制室内操作、运行巡视或检修时，若要去高噪声场所，则戴防噪声头盔或耳罩等，防止噪声伤害。

##### 10.4.5.4 防振措施

对汽轮发电机、空压机等大型设备在设计中采取减振、隔振措施。对容易产生振动的汽水管道如：加热器疏水管道、给水再循环管道等，在设计上采用增加必要的固定支吊架和减振支架、导向支架等措施。

对空压机及汽轮发电机等大型设备在订货时都向厂家提出限制设备运转时的振幅值，设置必要的防振座垫。

在大型烟、风道和空调管道设计时，适当控制流速，提高结构刚度，以减轻振动。

#### 10.4.6 安全标志和安全标识的设置

在有较大危险因素的生产场所和有关设施、设备上，设置明显的安全标志、警告标志、防误操作警示标志。

安全疏散通道设疏散照明设施和设置明显的疏散指示标志。

在使用有毒物品作业场所入口或作业场所的显著位置，根据需要，设置“当心中毒”或者“当心有毒气体”警告标识，“戴防毒面具”、“穿防护服”、“注意通风”等指令标识和“紧急出口”、“救援电话”等提示标识。依据《高毒物品目录》，在使用高毒物品作业岗位醒目位置设置《告知卡》。在高毒物品作业场所，设置红色警示线。在一般有毒物品作业场所，设置黄色警示线。警示线设在使用有毒作业场所外缘不少于 30cm 处。在高毒物品作业场所应急撤离通道设置紧急出口提示标识。

在产生粉尘的作业场所设置“注意防尘”警告标识和“戴防尘口罩”指令标识。在可能产生职业性灼伤和腐蚀的作业场所，设置“当心腐蚀”警告标识和“穿防护服”、“戴防护手套”、“穿防护鞋”等指令标识。在高温作业场所，设置“注意高温”警告标识。在可引起电光性眼炎的作业场所，设置“当心弧光”警告标识和“戴防护镜”指令标识。贮存可能产生职业病危害的化学品的场所，在入口处存放处设置相应的警示标识以及简明中文警示说明。

在可能造成跌落伤害的检查井、平台护栏门等处，设置“当心跌落”警告标识。

#### 10.4.7 劳动安全机构与设施

本期工程新建作业环境检测监督站和安全教育及培训室，负责日常监测、维修、保养、检验及劳动保护教育等。作业环境检测监督站主要职责是定期对主厂房各生产车间及厂区内的粉尘及有害物质进行采样，提出化验报告，同时对作业场所的毒气、噪声进行监测。安全教育及培训室负责组织全厂职工学习安全生产、劳动安全知识及培训，传达上级有关劳动安全方面的文件，组织学习兄弟厂矿企业劳动安全方面的经验和教训。

监测仪器由电厂根据需要与化学/环保相关仪器设备统筹购置。

#### 10.5 预期效果

综上所述，本期工程在设计中对防火、防爆、防尘、防毒、防腐蚀、防

电伤、防机械伤害、防噪声、防振动等各方面均按各项规程、规范、标准等采取了相应的措施，为热电厂安全生产、减少事故发生以及维护职工健康创造了较好的条件。热电厂投产运行后应严格执行运行、检修、操作规程，本期工程将在劳动安全方面达到良好的效果。

本期工程在下阶段将根据安全预评价报告及其审批意见进一步完善劳动安全设施的设计。

## 第 11 章 职业卫生

### 11.1 遵循的职业卫生规程和标准

- 1) 《中华人民共和国职业病防治法》(2011 年 12 月 31 日修订)
- 2) 《工业企业设计卫生标准》(GBZ1-2010)
- 3) 《大中型火力发电厂设计规范》(GB50660-2011)
- 4) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2007)
- 5) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素》(GBZ2.2-2007)
- 6) 《职业健康监护技术规范》(GBZ188-2007)
- 7) 《工业 x 射线探伤卫生防护标准》(GBZ117-2002)
- 8) 《采暖通风和空气调节设计规范》(GB50019-2003)
- 9) 《职业性接触毒物危害程度分级》(GBZ230-2010)
- 10) 《高温作业分级》(GB/T4200-2008)
- 11) 《建筑采光设计标准》(GB/T 50033-2013)
- 12) 《建筑照明设计标准》(GB50034-2013)
- 13) 《生产设备安全卫生设计总则》(GB5083-1999)
- 14) 《火力发电厂运煤设计技术规程第 2 部分 煤尘防治》(DL/T5187.2-2004)
- 15) 《火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规程》(DL/T5035-2004)
- 16) 《火力发电厂职业卫生设计规程》(DL5454-2012)
- 17) 《电力行业劳动环境监测技术规范》(DL/T799.1~799.7-2010)

- 18)《火力发电厂建筑设计规程》(DL/T5094-2012)
- 19)《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》(2002 国务院 352 令)
- 20)《危险化学品安全管理条例》(2011 国务院令第 591 号)
- 21)《突发公共卫生事件应急条例》(2003 国务院令第 376 号)
- 22)《职业健康监护管理办法》(2002 卫生部令第 23 号)

### 11.2 生产过程中可能产生的职业病危害因素

本期工程职业病有害因素按来源主要分为生产工艺过程中产生的有害因素、生产环境中的有害因素和劳动过程中的有害因素。

生产过程中可能存在的主要职业病危害因素有粉尘、化学毒物、噪声、高温、热辐射、工频电磁场等。生产环境中的有害因素主要为夏季高温和冬季低温等；劳动过程中的有害因素主要有不合理的劳动组织和作息制度，以及显示装置、控制台、座椅等不符合人机工效学的设计而造成的危害等。

### 11.3 职业病危害的防护措施

#### 11.3.1 厂址条件及总平面布置

本期工程厂址位于天津市滨海新区南部片区的南港工业园内，南港工业区是天津市“双城双港”城市空间发展战略规划的南港，位于滨海新区东南部，距离天津市区 45km，距离天津机场 40km，距离天津港 20km。厂址不在自然疫源地，目前未发现有地上和地下文物保护单位分布，附近也无机场及重要的通讯设施和军事设施。

本期工程生产区和生活区分开布置，不同功能分区之间以道路相隔，并进行绿化；噪声较为严重的冷却塔布置在厂区中部，周围无居民点。

综合分析，从地质、气象以及总平面布置等条件来看，厂址选择的各方面基本符合《工业企业设计卫生标准》的要求。

#### 11.3.2 防尘

运料系统设水力清扫及相应的冲洗污水排放设施，各转运点的带式输送机头部护罩和尾部导料槽出口位置设置自动干雾抑尘装置；各转运站设除尘设备。

在干灰库的排气口设置布袋除尘器和真空压力释放阀，保证灰库的安全。本期工程设备自动化水平较高，工人仅在装、卸料及巡检时有可能短间接触，应合理安排工人的作业时间，尽可能减少工人的接尘时间；为巡检工人

配备效果良好的防尘口罩，减少粉尘的实际接触量。

为防止尿素粉尘对人体的危害，在尿素堆放仓库安装除尘装置。

### 11.3.3 防毒、防腐蚀

对联氨仓库及加药间、化验间，均设有自然进风和防腐轴流机械排风等通风设备，一般按换气量 15 次/h 考虑。

电气检修间等产生有害气体的场所均考虑有通风设施。含六氟化硫气体的高压配电装置室外布置，若产生有害气体很快散发，对职工健康危害影响较小。

贮存、输送腐蚀性介质的容器、管道均采用防腐蚀材料。卸酸、碱设施附近设置安全通道、淋浴器、洗眼器及排水设施。

地面采用防腐涂料或花岗岩制作，施工时要求保持墙面光滑、平整，不使有毒气体聚集；对地下直埋管道采用防腐漆或用环氧煤沥青、玻璃布等材料进行防腐处理。

酸、碱管道一般沿地面敷设，稀酸稀碱须架空敷设经过人行通道时，法兰、接头等处加防护套，避免直接滴漏。有腐蚀性介质如酸碱等场所的设备、设施、地面、管沟、照明、建材等均为防腐型。

### 11.3.4 防噪声和防振动

#### 11.3.4.1 建筑设计中的防噪声措施

1) 在汽机房、锅炉房等需运行巡视的工作场所，设置性能良好的隔音值班控制室。

2) 在高噪声车间值班的生产人员采取设置隔声值班室措施，值班室可采用砖墙，也可选用其他有隔声、吸声性能的墙面材料。

3) 在总图布置和工艺设计上，采用闹静分区的办法，将高噪声设备集中布置。

#### 11.3.4.2 设备噪声防治措施

1) 设计中尽量选用低噪声设备和工艺，对高噪声设备，订货时向制造厂家提出噪声要求。

2) 对于长期连续运行产生高噪声的场所采取消声、隔声措施。如：在送风机入口、对空排气出口设消音器。

3) 在设备、管道设计中，注意防振、防冲击，以减轻振动噪声，并注意

改善气体输送时流场状况，以减少空气动力噪声。

#### 11.3.4.3 个人防噪措施

一般正常运行时，工人在值班室、控制室内操作。运行巡视或检修时，若要去高噪声场所，则戴防噪声头盔或耳罩等，防止噪声伤害。

#### 11.3.4.4 防振措施

对汽轮发电机、空压机等大型设备在设计中采取减振、隔振措施。对容易产生振动的汽水管道路如：加热器疏水管道、给水再循环管道等，在设计上采用增加必要的固定支吊架和减振支架、导向支架等措施。

对空压机及汽轮发电机等大型设备在订货时都向厂家提出限制设备运转时的振幅值，设置必要的防振座垫。

在大型烟、风道和空调管道设计时，适当控制流速，提高结构刚度，以减轻振动。

#### 11.3.5 防暑降温、防寒、防潮

##### 11.3.5.1 通风空调、隔热

1) 在大型设备附近设值班室，并采取通风降温措施，运行人员一般均在控制室或值班室内工作，与高温环境隔离。

2) 化学加药间、酸碱计量间等有害气体产生的房间均设置自然进风，机械排风系统，满足规定的通风换气次数要求；其它凡有余热、余湿及有害气体产生的场所均设置自然进风，机械排风系统，以满足规定的通风换气次数要求。集控室及电子设备间根据规定要求设置全年性集中空调系统，采用全空气空调方式；其它就地控制室及对温度、湿度有较高要求的房间，为满足规程、规定的要求，室内均设置风冷柜式空调机或壁挂式空调机。

3) 对运行维修人员可能接触的高温设备及管道均设置保温或隔热套，保证其外表温度小于 50℃，以减少热辐射、防止接触烫伤。在夏季高温季节对高温作业工人配备隔热服、隔热面罩等个人防护用品。

##### 11.3.5.2 防潮

1) 各生产厂房零米以下墙体设防潮层，锅炉房零米设排水沟，以保证排水畅通。厂内比较阴暗潮湿的地方，为改善工人的劳动条件，均设置通风系统。

2) 建筑物室内外存在高差，自建筑物的室外标高以一定的坡度坡向道路，确保排水的畅通。

### 11.3.6 防辐射、防工频电场

本期工程电磁辐射主要为厂内升压站、主变压器、高压电气设备等，拟采取以下防治措施：

利用保护用品使辐射危害减至最小。除非有紧急情况，凡经计算或用场强计测量超过 $50\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 的区域，不允许人员在未采取防护措施的情况下进入。

在主变、起/备变高压侧布置避雷器、接地刀，其他变电设备亦采取相应的防护设施。

一般情况下，只要设备外壳接地良好，建筑物的钢铁件充分接地，在电厂周围的电磁辐射场强均能满足《工作场所有害因素职业接触限值》所规定的要求值。

在可能产生电磁辐射区域的工作人员应配备电磁场防护服。

### 11.3.7 人机工效学设计

合理调节视频作业人员办公环境，使工作人员尽可能在比较舒适的环境中工作，既可以使精神得到放松，又可以提高工作效率。

为视频作业人员配备可调式的电脑桌椅，加强人-机工效学宣传，纠正不良的坐姿习惯。

### 11.3.8 设置卫生警示标识及应急救援体系

#### 11.3.8.1 卫生警示标识的设置

1) 在使用有毒物品作业场所入口或作业场所的显著位置，根据需要，设置“当心中毒”或者“当心有毒气体”警告标识，“戴防毒面具”、“穿防护服”、“注意通风”等指令标识和“紧急出口”、“救援电话”等提示标识。依据《高毒物品目录》，在使用高毒物品作业岗位醒目位置设置《告知卡》。在高毒物品作业场所，设置红色警示线。在一般有毒物品作业场所，设置黄色警示线。警示线设在使用有毒作业场所外缘不少于30cm处。在高毒物品作业场所应急撤离通道设置紧急出口提示标识。

2) 在产生粉尘的作业场所设置“注意防尘”警告标识和“戴防尘口罩”指令标识。在可能产生职业性灼伤和腐蚀的作业场所，设置“当心腐蚀”警告标识和“穿防护服”、“戴防护手套”、“穿防护鞋”等指令标识。在高温作业场所，设置“注意高温”警告标识。在可引起电光性眼炎的作业场所，设置“当心弧光”警告标识和“戴防护镜”指令标识。贮存可能产生职业病

危害的化学品，在入口处存放处设置相应的警示标识以及简明中文警示说明。

#### 11.3.8.2 应急救援体系的设置

建立事故应急救援机构，编制应急救援预案，预案包含对氨、联氨、盐酸等易造成急性中毒的职业病危害因素的应急处理措施；设置紧急救援站或有毒气体防护站，组织和培训兼职医疗急救组织；明确发生急性中毒事故时依托的急救单位；设置对氨、联氨、盐酸等因素引起的急性中毒事故的救援器材、药品和医疗急救技能。

在易发生事故及急性中毒的生产场所设置应急照明设施，配备必要的防尘防毒口罩、防护手套、防护服、防毒面具、应急药品等。可能突然泄漏大量有毒物质或易造成急性中毒的作业场所，设置自动报警装置和事故通风设施。

#### 11.3.9 职业卫生机构与设施

本期工程新建作业环境检测监督站，同时安全教育及培训室可兼用作职业卫生教育及培训室。监督站主要职责是定期对主厂房各生产车间及厂区内的粉尘及有害物质进行采样，提出化验报告，同时对作业场所的粉尘、毒气、噪声等进行监测，所用仪器设备与劳保监测仪器设备费一并计列。

电厂设计中考虑了生活、卫生等辅助设施。如：生产车间及人员活动主要场所按规定设男女厕所、洗手水池、更衣休息室等；设置卫生所、食堂等。

#### 11.4 预期效果

本期工程依照国家及行业相关规程、规范，对电厂的职业病防护设施和职业卫生管理进行了设计，将危害职工身体健康的各种因素控制到最低程度，为电厂的长期文明生产、减少职业病发生、保障职工健康将产生积极、重要的作用。

本期工程在下阶段将根据职业病危害预评价报告及其审批意见进一步完善职业病防护设施的设计。

## 第 12 章 资源利用

### 12.1 原则要求

#### 12.1.1 遵循南港工业区产业发展规划

本项目位于南港工业区核心位置，为中沙石化、澄星化工、中俄石化、

渤海石化搬迁项目等提供化工生产所需的蒸汽，增强集中供热能力，实现热电联供，进一步优化了本区域的能源配置结构，不仅能有效促进节能减排、环境保护、缓解电力紧张、提高能源的利用率，还有助于提升工业区投资环境与城市品味、档次。本项目作为南港工业区的基础配套工程，符合国家能源产业政策，是国家鼓励发展的节能、环保项目。

## 12.2 能源利用

根据《国务院办公厅关于印发能源发展战略行动计划》（2014-2020 年）（国办【2014】31 号）要求：全面落实“节约、清洁、安全”的能源战略方针，推行更严格能效环保标准，加快燃煤发电升级与改造，努力实现供电煤耗、污染排放、煤炭占能源消费比重“三降低”和安全运行质量、技术装备水平、电占煤炭消费比重“三提高”，打造高效清洁可持续发展的煤电产业“升级版”，为国家能源发展和战略安全夯实基础。

根据《行动计划》要求，发电行业全部面临：提高机组容量、机组参数，节能和环保改造。300MW 及亚临界以下机组基本限批。

本工程供热量大，热电站的设计应遵循“以热定电”、节煤、节水、超低排放的原则，并原则执行《行动计划》要求。结合热用户对供热的可靠性要求，形成装机方案。

本工程设计煤种能耗指标见下表：

| 序号 | 项 目          | 单 位                  | 数量     |
|----|--------------|----------------------|--------|
| 1  | 锅炉台数         | 台                    | 3      |
| 2  | 发电功率         | MW                   | 499.5  |
| 3  | 年供热利用小时      | h                    | 6500   |
| 4  | 年发电量         | 亿 kW·h               | 32.47  |
| 5  | 年总供热量        | 10 <sup>5</sup> GJ/a | 423.87 |
| 6  | 供热比          | %                    | 76.45  |
| 7  | 年耗标煤量        | 万 t/a                | 212.6  |
| 8  | 锅炉效率（最大蒸发量时） | %                    | 92     |
| 9  | 管道效率         | %                    | 99     |

| 序号 | 项 目              | 单 位    | 数量    |
|----|------------------|--------|-------|
| 10 | 发电标煤耗            | g/kW·h | 154.2 |
| 11 | 全厂总热效率（包括供热）     | %      | 86.90 |
| 12 | 发电厂用电率           | %      | 3.25  |
| 13 | 供热厂用电率           | KWh/GJ | 8.09  |
| 14 | 供电标煤耗            | g/kW·h | 159.4 |
| 15 | 供热标准煤耗率（考虑了厂用电率） | kg/GJ  | 39.06 |

说明：项目一期全部建成投产后年利用小时 6500；

### 12.3 土地利用

本工程厂址位于天津市滨海新区南部片区的南港工业园内，为港云路以北、红旗路以南、南港四街以东、南港六街以西的地块，东西长约 760m，南北长约 700m，面积约 492952.9m<sup>2</sup>。根据南港工业园的规划，厂址地块用地类型为热电联产项目建设用地。

厂址附近范围陆域部分地形平坦开阔，全部为平缓的滩涂和盐碱地。近海域是典型的淤泥质海岸，岸滩坡降平缓，岸线稳定。厂址场地是在上述滩涂和盐碱地上回填而成，地形平坦，地貌类型为平地。

根据厂址的总体规划，本工程总用地面积为 69.52hm<sup>2</sup>，包括厂区用地 32.30hm<sup>2</sup>，主要进厂道路用地 0.03hm<sup>2</sup>，货运进厂道路用地 0.05hm<sup>2</sup>，铁路专用线用地 6.74hm<sup>2</sup>，施工生产区用地约 16.70hm<sup>2</sup>，施工生活区用地约 5.0hm<sup>2</sup>，厂外灰场用地 8.4 hm<sup>2</sup>，厂区围墙与征地线间的面积 0.3hm<sup>2</sup>。用地范围没有居民搬迁，也没有其他设施拆迁。

本期工程拟建设 3×1135t/h 超临界循环流化床锅炉，配置 3×170MW 汽轮发电机组。按照《电力工程项目建设用地指标（火电厂、核电厂、变电站和换流站）》的规定，没有完全对应的技术条件的用地指标可查。

根据《火力发电工程施工组织设计导则》，I 类地区 2×300MW 机组施工临时用地为 26hm<sup>2</sup>，施工生产区为 20hm<sup>2</sup>，施工生活区为 6hm<sup>2</sup>。本期工程施工用地面积 21.7hm<sup>2</sup>，施工生产区为 16.7hm<sup>2</sup>，施工生活区为 5hm<sup>2</sup>，低于指标要求。

## 12.4 水资源利用

电厂节水是一项牵涉到各个专业和工作的工作，合理的设计、高效低耗的节水技术和设备、完善的运行管理等都是节水的必要环节和措施，各方面相辅相成，缺一不可。节水要以经济合理和保护水环境为条件，通过合理的用水程序及污废水处理工艺，提高水的重复利用率，做到一水多用、重复用水，从而减少用水量和排水量，提高经济效益和社会效益。

本期工程工业用水取自先达（天津）海水资源开发有限公司，生活用水接自园区自来水厂。通过合理用水，正常情况下本期工程机组年机组最大耗水量  $2946\text{m}^3/\text{h}$ ，其中对外蒸汽  $2000\text{t}/\text{h}$ ，扣除对外供热用，耗水指标为  $0.41\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{GW}$ 。全厂节水措施如下：

12.4.1 锅炉排污水、热力设备和管道正常和事故工况的疏放水，根据水质进行处理并回用。

### 12.4.2 将全厂排水资源化并重复利用

全厂排水根据条件，采用如下三种方式重复利用：

（1）循环使用：排水经简单处理或降温后仍用于原工艺流程，如冷却水采用冷却塔二次循环系统。

（2）梯（递）级使用：做到“废”尽其用。

（3）全厂各类废水处理后综合利用，在正常情况下厂区废水排放量为零。

（4）部分循环水排污水回用作为除盐水系统水源。

### 12.4.3 分类收集全厂污废水

全厂各类污、废水采用分流制，将污废水根据其水质和处理难度分类，使污废水的收集、处理和回用落到实处。

12.4.4 采用经济合理可靠的污废水处理工艺对废水进行处理。

## 12.5 建筑材料利用

### 12.5.1 选材原则

本工程贯彻因地制宜、就地取材、积极推广和使用新型节能建筑材料的方针，在充分对当地建筑材料进行调查分析后，采取具体措施和建议。

#### 12.5.1.1 优先采用当地的原材料

本期建设需要的大量钢材水泥和砂石等建筑材料，设计中尽量根据当地市场供应情况，就近就地采购，优先采用当地的原材料，以减少运输费用，

改善繁荣地方经济。

#### 12.5.1.2 选用合理的保温材料

为了减少管道及设备的散热损失，合理选择保温材料品种，进行保温设计的优化，杜绝采用粘土砖，不采用玻璃幕墙；在不增加热损失的情况下，节约保温材料。

#### 12.5.1.3 减少土建工程量

以优质钢材代替老型号的钢材，降低管道系统重量。采用高标号混凝土，减少结构自重和建筑材料量。

#### 12.5.2 建筑材料选择

镀铝锌彩色复合压型钢板：主要用于主厂房和输煤栈桥围护。

砌体：承重墙及有防潮要求的墙体采用 MU10 烧结砖，填充墙采用 MU5 加气混凝土砌块。具体材质根据当地材料供应情况确定。

砂浆：地上或防潮层以上砌体采用 M5 混合砂浆或专用砂浆，地下及有防潮要求的部位采用 M10 水泥砂浆。

门窗：断桥铝合金门窗、带保温的钢大门、钢质防火门等；

防水材料：高分子防水涂膜、高分子防水卷材等；

保温材料：屋顶采用挤塑聚苯板，压型钢板保温层采用超细玻璃丝棉。

## 第 13 章 节能分析

### 13.1 节能标准及规范

本项目实施过程中，所遵循的主要用能标准以及节能设计规范如下：

《中华人民共和国节约能源法》（主席令[第 90 号]）；

《中华人民共和国建筑法》；

《大中型火力发电厂设计规范》（GB50660-2011）；

《机械行业节能设计规范》；

《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2005）；

《采暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2003）；

《火力发电厂节水导则》（DL/T783-2001）；

《国家电力公司火电厂节约用油管理办法》（试行）；

《国家电力公司火电厂节约用水管理办法》（试行）；

本项目执行的标准及规范不仅局限于上述所列内容，国家及行业有关节能设计标准及控制指标均执行。

### 13.2 设计中采取的节能降耗措施

火力发电厂所耗燃料在一次能源生产总量中占有很大比重，降低火电厂能源消耗，合理利用能源，对促进国民经济的发展有着十分重要的意义。

衡量一座火力发电厂生产效率高低的指标主要是单位电能所消耗的燃料量。对于燃煤电厂来说即为燃煤量、水、油和其它原材料的消耗指标。因此，为了达到节约能源的目的，首先从设计上应做到按最佳经济性原则拟定热力系统和选择设备，做到工艺系统流程合理，设备技术先进，节能效果明显，施工安装方便，运行安全经济，从而实现节能目标。

本期工程的能源消耗主要是燃煤、燃油、电力和水资源。为降低这些资源的消耗水平，本期工程在主辅机选型、优化设计和采用新工艺、新技术、新材料等方面采取了相应的节能措施。

#### 13.2.1 节能措施

##### 13.2.1.1 主辅机选型节能

本工程主机采用超临界背压机组与中压背压机组结合方案。

风机选型的准确性是节能的关键因素，锅炉引风机选择动叶可调轴流式风机，该型风机的高效区为75%~100%负荷，可以保证机组负荷长时间在70%~80%负荷工况下辅机设备效率下降很低，一直运行在经济高效区域。送风机、一次风机采用离心式配变频调速，节电效果更为明显。

引风机采用动叶可调轴流风机，低负荷时，与离心风机相比较节电效果明显。

#### 13.2.2 节水措施

13.2.2.1 本期工程部分循环水排污水回用作为除盐水处理系统水源，节水效果显著。

13.2.2.2 锅炉排污水、热力设备和管道正常和事故工况的疏放水，根据水质进行处理并回用。

##### 13.2.2.3 将全厂排水资源化并重复利用

全厂排水根据条件，采用如下三种方式重复利用：

1) 循环使用：排水经简单处理或降温后仍用于原工艺流程，如冷却水采用冷却塔二次循环供水系统。

2) 梯（递）级使用：做到“废”尽其用。

3) 全厂各类废水处理后综合利用，在正常情况下厂区废水排放量为零。

#### 13.2.2.4 分类收集全厂污废水

全厂各类污、废水采用分流制，将污废水根据其水质和处理难度分类，使污废水的收集、处理和回用落到实处。

13.2.2.5 采用经济合理可靠的污废水处理工艺对废水进行处理。

#### 13.2.2.6 加强水务管理

1) 在各供水系统的出水干管及主要用水支管上安装水量计量装置。

2) 加强水务管理和节水的宣传力度，提高全厂人员的节水意识，制定切实可行的规章制度，将水务管理作为电厂运行考核的一项重要指标。

#### 13.2.3 节电措施

1) 变压器容量的选取：对变压器容量的选取考虑了正常负荷尽量接近变压器设计的最高效率点，特别对高压厂用变压器和低压变压器的配置选用合理容量，对负荷进行逐个的分析甄别。

2) 选用节能型电力变压器：主变压器、高压厂用变压器、高压启动/备用变压器、低压厂用变压器均采用低损耗，节能型电力变压器。节能型电力变压器较普通型电力变压器一般可降低损耗 10~20%。

3) 优化电气设备布置：动力中心和马达控制中心尽量布置在负荷中心，以减少电缆长度。对厂用电机的供电，选用合适的电缆材质和截面，尽量降低电缆线路的能耗。

4) 设计上优化离相母线、共箱母线的布置，尽量降低母线的损耗。封闭母线采用自然风冷方式，以节省厂用电。

5) 选用 YX、YE、YD、YZ 等系列高效电动机：一般电动机常年运行，其效率高低直接决定其耗电量的多少，例如：一台 45kW 电机效率提高 1%，年节电近 4000kW·h。Y 系列电机比 JO 系列电机效率平均高 1.5%左右，而高效电机比 Y 系列电机效率还要提高 3%左右，节电效果非常明显。

6) 变频调速技术的应用：本期工程一次风机、二次风机采用高压变频调速技术。通过已经发电的采用变频技术的工程实例来看，风机采用变频调速

技术节能效果明显。

7) 选用新型的节能型光源及附件。照明采用高光效的金属卤化物灯、高压钠灯、细管荧光灯、紧凑型节能灯和电子整流器，推广应用 LED 灯，淘汰白炽灯。在相同的照度下细管荧光灯比粗管荧光灯节电约 35.9%，紧凑型节能灯比白炽灯节电 75%，电子型整流器较普通型镇流器可节能 30%。

### 13.3 项目耗能种类和可控指标

本项目消耗煤的化学能产生蒸汽，带动汽轮发电机组发电，供出电能，同时向外提供工业用汽，即供热能。在生产过程中，一些泵、风机等需要消耗电能驱动。

提高蒸汽参数是提高机组热效率的主要手段，本工程采用超临界双抽背压机方案，发电标煤耗率仅为 154.2g/kw•h。

主蒸汽及冷、热再热蒸汽管道均按 2-1-2 系统设计，简化管道布置、节省投资。对再热系统，采取弯管代替弯头，减少阻力，可降低汽机热耗、降低煤耗，实现节能降耗。

风机选型的准确性是节能的关键因素，锅炉引风机选择动叶可调轴流式风机，该型风机的高效区为 75%~100% 负荷，可以保证机组负荷长时间在 70%~80% 负荷工况下辅机设备效率下降很低，一直运行在经济高效区域。送风机、一次风机采用离心式配变频调速，节电效果更为明显。

另外，在风机的选型中，准确把握风机风量、风压的选型裕量，使风机实际运行工况与理论工况相吻合，风机长期在高效区运行，从而实现节能降耗。

引风机采用动叶可调轴流风机，低负荷时，与离心风机相比较节电效果明显。烟风管道布置进行优化，减少局部阻力损失，减少风机压头，节约电耗。

由于本工程为供热机组，由于工业用汽量的不确定性，凝结水量变化很大，凝结水泵若偏离经济运行工况，电动机浪费电能较多。所以，本工程凝结水泵采用变频调速，变频调速范围 10~110%，在已投运的 300MW 机组凝结水系统中，凝结水泵由定速改为变频调速后，电耗基本与机组负荷成等比变化，机组负荷越低节电越明显。

对于热力设备和管道的保温，选用性能良好的保温材料，严格按照要求施

工，以减少设备和管道的散热损失，提高管道传热效率，降低了煤耗。

厂用电率是火电厂的一项重要经济指标。因此，对火电厂的转动设备进行节能选型或改造具有明显的节能效果和巨大的经济效益。

引风机选用动叶可调轴流式风机，一次风机、送风机采用离心式风机配变频调速，节电效果明显。

### 13.4 建筑节能

电厂建筑节能广义上包括节地、节材、节水、节约能源。具体内容包括：总体布局规划、建筑单体设计、建筑构造措施、再生能源利用等方面。

1) 结合工艺，合理优化建筑布置，有效控制建筑面积，相似功能的建筑联合布置，减少独立建筑的设置，即可节约用地，又可减少建筑表面积，降低建筑能耗。

2) 建筑单体设计处处从细节着手，做到节能、生态。建筑形体简洁，设计采用模数制，减少非标准件的数量，节约建筑材料。

3) 墙体、楼地面、屋顶、门窗等的构造设计做到保温、防潮、隔热、隔声等，合理的通风采光，并注意一些薄弱环节的处理。

### 13.5 结论及建议

#### 13.5.1 主要结论

根据供热蒸汽参数的特点，选择超临界参数锅炉，超临界背压机与中压背压机联合的汽轮发电机组，提高了机组的利用率。

热电分产的供热锅炉，其初参数低，锅炉热效率低。本工程大型热电联产机组采用高参数、大容量、高效率锅炉，配以高效率汽轮发电机，使本工程每年比热电分产节约标煤耗量 51.23 万吨。可大大节约燃煤消耗量。无论从直接经济效益，还是从环保等社会效益来看，大型供热机组都有着巨大的优越性。

1) 机组能耗指标见下表。

与当地供电区域分散供热比较分析，详见下表：

| 序号 | 项 目  | 符号          | 单 位 | 数值 | 备注 |
|----|------|-------------|-----|----|----|
| 1  | 锅炉效率 | $\eta_{gl}$ | %   | 92 |    |
| 2  | 管道效率 | $\eta_{gd}$ | %   | 99 |    |

| 序号 | 项 目                    | 符 号              | 单 位      | 数值    | 备注   |
|----|------------------------|------------------|----------|-------|------|
| 3  | 发电标煤耗                  | ba               | g/kW·h   | 154.2 |      |
| 4  | 供热标准煤耗率                | br               | kg/GJ    | 39.06 |      |
| 5  | 发电厂用电率                 | $\xi d$          | %        | 3.25  | 不含脱硝 |
| 6  | 供电标煤耗                  | $\xi g$          | g/kW·h   | 159.4 |      |
| 7  | 全年总耗标煤量                | Ba <sub>-</sub>  | 万 t 标煤/a | 212.6 |      |
| 8  | 小锅炉效率（小锅炉燃烧供热时假设）      | $\eta jz$        | %        | 88    |      |
| 9  | 2015 年全国供电标煤耗          | $\xi gl$         | g/kW·h   | 330   |      |
| 10 | 比小锅炉供热节约标煤量            | Bz               | 万 t 标煤/a | 3.48  |      |
| 11 | 比 2015 年全国供电标煤耗供电节约标煤量 | Bjy <sub>1</sub> | 万 t 标煤/a | 47.74 |      |
| 12 | 热电联产比分产年节约标准煤量         | Bjy              | 万 t 标煤/a | 51.23 |      |

热电分产的供热锅炉，其初参数低，锅炉热效率低。本工程大型热电联产机组采用高参数、大容量、高效率锅炉，配以高效率汽轮发电机，使本工程每年比热电分产节约标煤耗量 51.23 万吨。可大大节约燃煤消耗量。无论从直接经济效益，还是从环保等社会效益来看，大型供热机组都有着巨大的优越性。

#### b 建筑节能效果

通过改善建筑围护结构保温、隔热性能，提高供暖、通风、空调设备、系统的能效比，采取增进照明设备效率等措施，在保证相同的室内热环境舒适参数条件下，与上世纪 80 年代初设计建成的办公和生活建筑相比，全年采暖、通风、空调和照明的总能耗可减少 50%左右。

#### 13.5.2 对于节能降耗的建议

##### 1) 设计

在下阶段的初步设计和施工图设计中应对本节能分析篇所论述的节能措施进行全面研究和落实。在主辅机编写技术规范时，明确提出节能的技术要求和具体的节能指标要求。

##### 2) 施工安装

设备和材料的采购要按设计的节能要求进行招标，按指标验收，保证节能指标的落实。

严格按设计施工，确保节能措施的实施，包括保证主辅机的安装质量，保证消除漏汽、漏水、漏油、漏风、漏灰、漏煤、漏热，保证热力设备、管道及阀门的保温质量。特别注意消除锅炉和回转式空气预热器漏风及锅炉本体的保温。

制定合理的调试程序，包括锅炉分部试运和联合试运转，减少调试次数和持续时间，尽量减少现场的吹管次数，从而减少调试期间的油耗，降低安装期间的电耗。

### 3) 运行管理

充分发挥 DCS 控制系统的优势，根据煤质和燃烧工况，及时调整燃烧方式，根据负荷变化及时调整各辅机的运行工况，使辅机设备运行处于效率最优工况，节约燃煤和降低辅机能耗。

加强设备检修和维护，及时消除设备缺陷，努力维持设备的设计效率，使设备长期保持最佳状态，提高整个机组的可用率，减少事故停机次数。

重点设备检修和维护，包括结合设备检修，定期对锅炉受热面、汽轮机通流部分、加热器等设备进行彻底清洗以提高热效率；通过检修消除七漏（漏汽、漏水、漏油、漏风、漏灰、漏煤、漏热），建立查漏堵漏制度，及时检查和消除锅炉和回转式空气预热器漏风；保持热力设备、管道及阀门的保温完好。

保持汽轮机在最有利的背压下运行，保持高压加热器的投入率在 95%以上。

加强管理，实行厂级、车间、班组三级管理制度，对煤、油、水、电的消耗进行监控，将设计意图充分体现在生产运行中，达到节能降耗的目的。

## 第 14 章 人力资源配置

### 14.1 人力资源配置原则

#### 14.1.1 人员编制依据

本期工程组织机构及人员编制参考国家电力公司国电人劳[1998]94 号“关于颁发《火力发电厂劳动定员标准》（试行）的通知”及《火力发电厂劳

动定员标准（试行）》（国家电力公司 1998 年 4 月）（以下简称《定员标准》）为基础进行测算，其指导思想是从现代火力发电企业的要求和现代化管理方式出发，并结合本电厂的实际情况，考虑电厂的技术水平、管理水平和人员素质，减人增效，提高劳动生产率，控制电厂运行成本，努力提高电厂投产后竞争上网的能力。

#### 14.1.2 定员测算的主要原则

本工程计划 2016 年 9 月开工，于 2018 年 5 月第一台机组建成投产。因此，该电厂将从示范电厂的角度，配备电厂内各类人员。

在国家电力公司 1998 年 4 月颁发的《火力发电厂劳动定员标准（试行）》（以下简称《标准》）中，根据电厂的情况分为《新型火力发电厂劳动定员标准》和《常规火力发电厂劳动定员标准》两大部分。本期工程为超超临界机组，因此参照《新型火力发电厂劳动定员标准》编制定员，《新型火力发电厂劳动定员标准》主要针对高参数、大容量（单机容量 300MW 及以上）、主机实现了计算机集散控制系统，各辅助生产系统实现了集中监控的机组，实现了按现代化管理方式组织生产经营的火力发电厂。

本期工程两台机组的控制方式为炉、机、电集中控制，在汽机房运转层上共设一个集控室，控制采用 DCS 分散控制系统；全厂辅助系统集中控制。本期工程机组技术水平、自动化程度和设备的可靠性均达到国内先进水平，控制地点相对集中，生产厂房占地面积大幅度压缩，为此，在人员配备上应适当减少运行人员的配备。

#### 14.2 电厂定员测算汇总

从现代火力发电企业的要求和现代化管理方式出发来考虑电厂的技术水平、管理水平和人员素质，减人增效，提高劳动生产率，控制电厂运行成本，努力提高电厂投产后竞价上网的能力。按照华电集团公司《新型火力发电厂劳动定员标准》（2015 版）在 3 台 300MW 级机组定员的基础上，考虑本项目的特殊性，本期工程投产后考虑全厂统一调配使用人员。全厂生产人员共 550 人。详见下表 14.2-1。

表 14.2-1

电厂定员汇总表

| 序 号   | 项 目     | 人 数 | 备 注     |
|-------|---------|-----|---------|
| 1     | 生产人员    | 525 |         |
| 1.1   | 机组运行    | 288 |         |
| 1.1.1 | 集控室     | 123 | 含备员 5 人 |
| 1.1.2 | 除灰、除尘   | 37  | 含备员 2 人 |
| 1.1.3 | 化学      | 42  | 含备员 1 人 |
| 1.1.4 | 燃料系统    | 50  | 含备员 4 人 |
| 1.1.5 | 脱硫      | 20  | 含备员 1 人 |
| 1.1.6 | 化验室     | 16  |         |
| 1.2   | 机组维修    | 217 |         |
| 1.2.1 | 热机      | 69  |         |
| 1.2.2 | 电气      | 53  |         |
| 1.2.3 | 热控      | 46  |         |
| 1.2.4 | 燃料系统    | 49  |         |
| 1.3   | 其它      | 20  |         |
| 1.3.1 | 仓库      | 5   |         |
| 1.3.2 | 车辆      | 5   |         |
| 1.3.3 | 铁路道口    | 10  | 含轨道衡    |
| 2.    | 管理人员    | 11  |         |
| 3.    | 党群工作人员  | 6   |         |
| 4.    | 服务性管理人员 | 8   |         |
| 合 计   |         | 550 |         |

发电厂的运行组织及定员设计从一个侧面反映了电厂的技术水平、人员素质和管理体制及管理水平。一个经营生产型的企业，要在激烈竞争的市场

中生存下去，必须加快企业管理的改革力度、提高管理水平，提高技术水平和人员的综合素质。

本工程中电厂定员对电厂的设计、设备制造、生产维护人员的技术水平和电厂的管理体制及管理水平均提出了较高的要求，但这些要求通过各方的努力应该是可以达到的。

## 第 15 章 项目实施的条件和建设进度及工期

### 15.1 工程项目实施条件

#### 15.1.1 施工场地

根据电厂气象资料，本期工程所在区域月平均气温低于 5℃ 的月份为 12 月、1 月和 2 月，最大冻土深度为 0.60m，按施工地区分类属于 II 类（寒冷）地区。

施工场地位于厂区扩建端，用地范围控制在热电联产项目块地范围内。块地东西长约 760m，南北长约 700m，面积约 492952.9m<sup>2</sup>。厂址地块用地类型为热电联产项目建设用地。厂址地形平坦，地貌类型为平地，没有居民搬迁，也没有其他设施拆迁。

根据场地条件，施工生产区用地为 15hm<sup>2</sup>，施工生活区用地为 5hm<sup>2</sup>。

主厂房扩建端由南向北依次布置库房区、汽机作业场、锅炉作业场、电除尘作业场、脱硫作业场，将混凝土搅拌站、木工制作厂等布置在厂区北侧、煤场与铁路的南侧，施工管理布置厂区最西侧，靠近施工出入口，施工生活区布置在港云路路南，靠近电厂主出入口，便于施工管理人员出入。

#### 15.1.2 当地建筑材料

天津市建筑材料行业较为发达，工程建设所需的砖、瓦、灰、砂、石、水泥、钢材等建筑材料，本地区均可供应。

#### 15.1.3 施工机具

为完成该工程建设任务，建议施工单位配备或租赁以下大型起重运输机具：

表 15.1.3-1

施工机具配置一览表

| 名称及规格                  | 数量    |
|------------------------|-------|
| QTZ1250/8t 塔吊          | 2 台   |
| FZQ1250 塔吊             | 2 台   |
| M250 液压履带式起重机          | 2 台   |
| 63t 履带吊                | 2 台   |
| 50t 履带吊                | 4 台   |
| 40t 龙门吊                | 4 台   |
| 30t 龙门吊                | 4 台   |
| 10t 龙门吊                | 4 台   |
| 400t 级自卸平板车组           | 2 辆   |
| 200t 级自卸平板车组           | 2 辆   |
| 载重拖排车（100t）            | 2 辆   |
| 载重拖排车（40t）             | 2 辆   |
| 载重长件车（25t）             | 2 辆   |
| 汽车吊（25t~90t）           | 4-6 辆 |
| 750L 混凝土搅拌站            | 4 套   |
| 混凝土泵车                  | 4 台   |
| 混凝土拖泵                  | 4 台   |
| 混凝土搅拌车 6m <sup>3</sup> | 12 辆  |
| 拖轮 600hp               | 1 辆   |
| 拖轮 1980hp              | 1 辆   |

其它常规机械不在此单独列出。

#### 15.1.4 施工力能供应

##### 15.1.4.1 施工电源

根据《火力发电厂施工组织大纲设计规定》及本工程施工机具设置情况，

施工区布置变电所一座，配置 5000kVA 变压器一台，生活区配置 500kVA 变压器一台；施工电源由附近园区变电站引接。

#### 15.1.4.2 施工用水

施工用水共约 400t/h，其中施工生产区 350t/h，施工生活区 50t/h，施工用水拟先达（天津）海水资源开发有限公司厂引接。

#### 15.1.4.3 施工通讯

施工现场设置 300 门交换机一座，配 15 条中继线。

#### 15.1.4.4 施工用气

氧气、乙炔在当地采购，施工现场设氧气库、乙炔库，汽机岛施工区域瓶装分散供应，锅炉岛集中供应。

氩气在当地采购，瓶装分散供应。

压缩空气采用移动式空压机分散供应，主要布置在汽机房、锅炉房、组合场、设备堆放场等。

#### 15.1.4.5 施工道路

在施工区西侧设专用的施工出入口，施工道路由南港四街引接。

#### 15.1.5 大件设备运输

大件设备运输拟采用铁路、公路、水路联合运输的方式。运输线路初步考虑由设备产地经国内铁路网运至南港铁路南港编组站，然后通过南港工业区内道路运输至电厂，公路运输里程约 4.5km；或由设备产地经水路运输至天津南港，然后通过南港工业区内道路运输至电厂，公路运输里程约 2km。

最终的大件运输方案以《本工程大件设备运输可行性研究专题报告》为准。

#### 15.2 项目实施的建设进度和工期

根据前业主对本工程控制进度要求，结合前期的进展情况，排定本工程轮廓进度。

业主对本期工程控制进度的总体要求是：2016 年 12 月开工，本期工程 1#、2#机组计划 2018 年 6 月投产，2019 年 1 月 3#机组投产。

“主厂房开工”是指主厂房浇筑第一罐混凝土，“安装开始”是指钢炉架开始吊装，详见工程建设轮廓进度表。

表 15.2-1

工程建设轮廓进度表

| 工程项目名称及内容         | 工期（月） | 起 止 时 间         |
|-------------------|-------|-----------------|
| 1) 设计前期工作         | 6     | 2015.07~2016.02 |
| 可行性研究报告的编制        | 2     | 2015.06~2015.09 |
| 可行性研究报告的审批        | 1     | 2015.12         |
| 初步设计              | 3     | 2017.02~2017.03 |
| 初步设计的审批           | 1     | 2017.03         |
| 2) 施工准备           | 3     |                 |
| 办理征（租）地及四通一平施工招投标 | 1     | 2017.03         |
| 四通一平              | 1     | 2017.03         |
| 主厂房土方开挖           | 1     | 2017.03         |
| 3) 施工总工期          | 21    |                 |
| 主厂房浇筑第一罐混凝土至安装开始  | 4     | 2017.03~2018.06 |
| 点火吹管至第一、二台机组投产    | 17    | 2018.06~2018.08 |

## 第 16 章 投资估算及财务分析

### 16.1 投资估算

#### 16.1.1 工程概况

本工程属新建工程，厂址位于天津南港工业区内，滨海新区东南部，拟给南港工业区提供工业蒸汽，基本原则以热定电。

本工程推荐的机组配置方案：3×1135t/h 超临界参数循环流化床锅炉配 3×CCB170-24.2/4.75/1.45/0.15 双抽背压汽轮机。

#### 16.1.2 投资计列范围

项目投资计列范围包括厂区围墙内的生产和辅助工艺系统，建筑结构设施、脱硫脱硝设施、输煤专用铁路等工程的投资（不含电厂接入系统，电厂围墙外的供热管网）。

### 16.1.3 编制依据

16.1.3.1 业主提供的原始文件资料；

16.1.3.2 国家能源局国能电力[2013]289 号文发布实施的《火力发电工程建设预算编制与计算规定》（2013 年版）；

16.1.3.3 电力规划设计总院颁布的《火电工程限额设计参考造价指标》（2015 年水平）；

16.1.3.4 国家发改委颁发的《火力发电厂可行性研究报告内容深度规定》（DL/T5375—2008）；

16.1.3.5 国核电力规划设计研究院与华电国际电力股份有限公司天津分公司签订的“可行性研究技术咨询合同”；

16.1.3.6 天津华电南港热电项目可行性研究报告内部审查会议纪要。

16.1.3.7 天津华电南港热电厂可行性研究报告外审审查会议纪要。

### 16.1.4 编制原则

#### 16.1.4.1 项目及费用性质划分

按照国家能源局国能电力[2013]289 号文发布实施的《火力发电工程建设预算编制与计算规定》（2013 年版）进行项目及费用性质划分。

#### 16.1.4.2 各项取费标准

执行国家能源局国能电力[2013]289 号文发布实施的《火力发电工程建设预算编制与计算规定》（2013 年版）及相关文件。

#### 16.1.4.3 工程量

根据各专业设计人员提供的设备材料清册及建安工程量。

#### 16.1.4.4 定额选用

执行国家能源局国能电力[2013]289 号文发布实施的《电力建设工程概算定额》（2013 年版）：第一册《建筑工程》、第二册《热力设备安装工程》、第三册《电气设备安装工程》及《电力建设工程预算定额》（2013 年版）、第四册《调试工程》、第五册《通信工程》。

#### 16.1.4.5 设备价格及运杂费

设备价格：锅炉价格参考《火电工程限额设计参考造价指标》（2015 年水平），汽轮机与配套发电机为询价。1135t/h 超临界循环流化床锅炉：17500 万元/台炉；CCB170-24.2/4.75/1.45/0.15 双抽背压汽轮机：5700 万元/台

机，配套发电机 2500 万元/台机。

主要辅机参考《火电工程限额设计参考造价指标》（2015 年水平）；其他设备按询价或参考近期同类工程订货价。

设备运杂费率：三大主机设备运杂费率按设备费的 0.5% 计算，参考限额价的主要辅机运杂费率按设备费的 0.7% 计算，其他设备按设备费的 4.06% 计算。

#### 16.1.4.6 装置性材料及建筑材料价格

装置性材料：执行中国电力企业联合会中电联定额[2013]470 号文发布实施的《电力建设工程装置性材料综合预算价格》（2013 年版）。

建筑材料：执行《电力建设工程概算定额》第一册《建筑工程》（2013 年版）、不足部分执行《电力建设工程预算定额》第一册《建筑工程》（2013 年版），并对主要建筑材料预算价格与工程所在地现行建筑材料市场信息价格比较计取价差，以上材料价差只计取税金，计入编制基准期价差。

#### 16.1.4.7 人工费调整

人工费调整：执行电力工程造价与定额管理总站文件定额[2015]44 号文《关于发布 2013 版电力建设工程概预算定额 2015 年度价格水平调整的通知》，建筑工程和安装工程分别计算定额人工费，乘以对应工程的调整标准（天津市：建筑工程调增 14.66%，安装工程调增 13.74%），该人工费调整金额计取税金，计入编制年价差。

#### 16.1.4.8 定额材料与机械费调整

安装工程定额材料与机械费调整：执行电力工程造价与定额管理总站文件定额[2015]44 号文《关于发布 2013 版电力建设工程概预算定额 2015 年度价格水平调整的通知》中天津市的费率进行定额材料与机械费调整，该费用计取税金，计入编制年价差内。

建筑工程施工机械价差：执行电力工程造价与定额管理总站文件定额[2015]44 号文《关于发布 2013 版电力建设工程概预算定额 2015 年度价格水平调整的通知》中天津市的机械价格进行定额机械费调整，该费用计取税金，计入编制年价差内。

#### 16.1.4.9 其他费用

根据国家能源局国能电力[2013]289 号文发布实施的《火力发电工程建

设预算编制与计算规定》（2013 年版）中规定的计算标准计算。其中，基本预备费以建筑工程费、安装工程费、设备购置费及其他费用之和为取费基数的 5%计列。由于本工程建筑工程费、安装工程费及设备购置费接近 2 台 600MW 机组的投资，故其它费用费率暂按 2 台 600MW 机组的费率计算。

#### 16.1.4.10 投资价格基准日期

本工程静态投资基准日期为 2016 年 11 月。

#### 16.1.5 投资概况

本期工程静态投资为 481921 万元；

其中：建筑工程费用 131212 万元，占工程静态投资的 27.23%；

设备购置费用 172481 万元，占工程静态投资的 35.79%；

安装工程费用 82661 万元，占工程静态投资的 17.15%；

其 他 费 用 95567 万元，占工程静态投资的 19.83%。

工程动态投资为 497766 万元，单位投资为 9760 元/kW；

其中：建设期贷款利息 15845 万元；

铺底流动资金为 3434 万元；

项目计划总资金为 501200 万元。

#### 16.1.6 附表

##### ● 总估算表

总估算表

表一甲

金额单位：万元

| 序号  | 工程或费用名称    | 建筑工程费 | 设备购置费  | 安装工程费 | 其他费用 | 总 计    | 各项占静态投资<br>比例% | 单位投资<br>(元/kW) |
|-----|------------|-------|--------|-------|------|--------|----------------|----------------|
| 一   | 主辅生产工程     | 69445 | 172282 | 82651 |      | 324378 | 67. 31         | 6360           |
| (一) | 热力系统       | 29341 | 110020 | 49960 |      | 189321 | 39. 28         | 3712           |
| (二) | 燃料供应系统     | 15620 | 11933  | 1027  |      | 28580  | 5. 93          | 560            |
| (三) | 除灰系统       | 1360  | 3450   | 839   |      | 5649   | 1. 17          | 111            |
| (四) | 水处理系统      | 1961  | 7222   | 3997  |      | 13180  | 2. 73          | 258            |
| (五) | 供水系统       | 3349  | 1380   | 829   |      | 5558   | 1. 15          | 109            |
| (六) | 电气系统       | 873   | 15245  | 11524 |      | 27642  | 5. 74          | 542            |
| (七) | 热工控制系统     |       | 6671   | 7620  |      | 14291  | 2. 97          | 280            |
| (八) | 脱硫工程       | 1325  | 3773   | 3626  |      | 8724   | 1. 81          | 171            |
| (九) | 脱销工程       | 184   | 4493   | 2368  |      | 7045   | 1. 46          | 138            |
| (十) | 附属生产工程     | 15432 | 8095   | 861   |      | 24388  | 5. 06          | 478            |
| 二   | 与厂址有关的单项工程 | 61767 | 199    | 10    |      | 61976  | 12. 86         | 1215           |
| (一) | 交通运输工程     | 38457 |        |       |      | 38457  | 7. 98          | 754            |
| (二) | 贮灰场        | 2051  | 199    | 10    |      | 2260   | 0. 47          | 44             |

总估算表

表一甲

金额单位：万元

| 序号  | 工程或费用名称         | 建筑工程费  | 设备购置费  | 安装工程费 | 其他费用  | 总 计    | 各项占静态投资<br>比例% | 单位投资<br>(元/kW) |
|-----|-----------------|--------|--------|-------|-------|--------|----------------|----------------|
| (三) | 地基处理            | 17083  |        |       |       | 17083  | 3. 54          | 335            |
| (四) | 厂区、施工区土石方工程     | 1265   |        |       |       | 1265   | 0. 26          | 25             |
| (五) | 临时工程            | 2911   |        |       |       | 2911   | 0. 6           | 57             |
| 三   | 编制基准期价差（仅计列不汇总） | -2464  |        | -1418 |       | -3882  | -0. 81         | -76            |
| 四   | 其他费用            |        |        |       | 74449 | 74449  | 15. 45         | 1460           |
| (一) | 建设场地征用及清理费      |        |        |       | 36988 | 36988  | 7. 68          | 725            |
| (二) | 项目建设管理费         |        |        |       | 10122 | 10122  | 2. 1           | 198            |
| (三) | 项目建设技术服务费       |        |        |       | 16613 | 16613  | 3. 45          | 326            |
| (四) | 整套启动试运费         |        |        |       | 5889  | 5889   | 1. 22          | 115            |
| (五) | 生产准备费           |        |        |       | 4637  | 4637   | 0. 96          | 91             |
| (六) | 大件运输措施费         |        |        |       | 200   | 200    | 0. 04          | 4              |
| 五   | 基本预备费           |        |        |       | 21118 | 21118  | 4. 38          | 414            |
| 六   | 特殊项目费用          |        |        |       |       |        |                |                |
|     | 工程静态投资          | 131212 | 172481 | 82661 | 95567 | 481921 | 100. 00        | 9449           |

总估算表

表一甲

金额单位：万元

| 序号  | 工程或费用名称        | 建筑工程费  | 设备购置费  | 安装工程费 | 其他费用   | 总 计    | 各项占静态投资<br>比例% | 单位投资<br>(元/kW) |
|-----|----------------|--------|--------|-------|--------|--------|----------------|----------------|
|     | 各项占静态投资(%)     | 27.23  | 35.79  | 17.15 | 19.83  | 100    |                |                |
|     | 各项静态单位投资(元/KW) | 2573   | 3382   | 1621  | 1874   | 9449   |                |                |
| 七   | 动态费用           |        |        |       | 15845  | 15845  |                | 311            |
| (一) | 价差预备费          |        |        |       |        |        |                |                |
| (二) | 建设期贷款利息        |        |        |       | 15845  | 15845  |                | 311            |
|     | 项目建设总费用（动态投资）  | 131212 | 172481 | 82661 | 111412 | 497766 |                | 9760           |
|     | 其中：生产期可抵扣的增值税  |        |        |       | 36144  | 36144  |                |                |
|     | 各项占动态投资(%)     | 26.36  | 34.65  | 16.61 | 22.38  | 100.00 |                |                |
|     | 各项动态单位投资(元/KW) | 2573   | 3382   | 1621  | 2185   | 9760   |                |                |
| 八   | 铺底流动资金         |        |        |       | 3434   | 3434   |                |                |
|     | 项目计划总资金        | 131212 | 172481 | 82661 | 114846 | 501200 |                |                |

## 16.2 资金来源及融资方案

本项目建设资金由注册资本金和融资两部分组成，注册资本金 20%，其余 80%为融资，融资贷款年利率暂按 2015 年 10 月份五年以上贷款利率 4.9%。贷款偿还期 15 年（包括 3 年宽限期），还款方式为本金等额。投资方为华电国际电力股份有限公司，出资比例 20%。

## 16.3 财务分析

### 16.3.1 评价依据

国家发展改革委、建设部发改投资[2006]1325 号文颁布实施的《建设项目经济评价方法与参数》（第三版）；中国电力工程顾问集团公司编制的《火力发电厂工程经济效益评价导则》及配套的电力工程经济评价软件；国家现行的财务、税收制度及法规。

### 16.3.2 基础数据

16.3.2.1 进行财务分析使用的静态投资按总估算表中工程静态投资计列。

16.3.2.2 计算用主要参数：按建设单位及有关专业设计人员提供以及行业有关规定。

16.3.2.3 经济评价主要原始数据：（以下价格均为含税价格）

本工程燃料为煤炭。

原煤价格：410 元/吨

折算后的标煤价格：540.4 元/吨

发电标煤耗：182.49kg/MWh

供热标煤耗：39.98kg/GJ

发电厂用电率（含脱硫脱硝）：4.85%

供热厂用电（含脱硫脱硝）：10.47KWh/GJ

年发电量：1691 GWh

年供热量：2742 万 GJ(经济评价按 6000 小时)

平均供汽热价：53.99 元/GJ

石灰石粉价格：300 元/吨

尿素价格：2200 元/吨

淡化海水价：6.65 元/吨

电厂年人均工资： 13.5 万元/人，定员 550 人

福利费系数： 70%

材料费用： 8.40 元/MWh

其他费用： 16.8 元/MWh

保险费率： 0.25%

燃煤机组大修理费： 2.5%

城乡维护建设税： 7%

教育费附加： 5%

售热销项税率： 13%

售电销项税率： 17%

所得税率： 25%

基准收益率： 7.0%

#### 16.3.2.4 工程进度

本工程拟计划 2017 年 03 月开工。#1、#2 机组计划 2018 年 8 月投产，#3 机组计划 2019 年 4 月投产。

16.3.2.5 资金使用计划如下：第 1 年： 30%；第 2 年： 30% ；第 3 年： 30%；第 4 年： 10%。

#### 16.3.3 评价测定方式

本经济效益分析采用正算收益法，按照含税售电价 351.4 元/MWh，含税售热价 53.99 元/GJ，测算资本金内部收益率。

#### 16.3.4 敏感性分析

考虑到财务评价的许多因素都有一定程度的不确定性，为了从宏观和微观上反映某些因素变化时对企业经济效益的影响，我们选择总投资、发电量、供热量、燃料价格、热价等因素对资本金内部收益率进行了敏感性分析。

由敏感性分析汇总表分析可知：影响资本金内部收益率的敏感性因素敏感度由高到低的排列顺序依次是热价、燃料价格、总投资、供热量、电价、发电量。详见《投资估算及财务评价（FA05171K2-E）》部分。

### 16.3.5 评价结论

当按照含税售电价 351.4 元/MWh，含税售热价 53.99 元/GJ，测得经营期内项目资本金内部收益率为 10.13%，具有良好的经济效益。

通过对本工程的敏感性分析，各项经济指标均能满足国家现行规定，具有较好的抗风险能力、竞争能力和盈利能力。详见财务分析指标一览表。

### 16.3.6 附表

- 财务分析指标一览表

财务评价指标一览表

|                   |          |       |          |       |          |
|-------------------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 工程静态投资            | 481921   | 万元    | 单位投资     | 9449  | 元/kW     |
| 工程动态投资            | 497766   | 万元    | 单位投资     | 9760  | 元/kW     |
| 其中：可抵扣的增值税        | 36144    | 万元    |          |       |          |
| 流动资金              | 11447    | 万元    | 铺底生产流动资金 | 3434  | 万元       |
|                   |          |       |          |       |          |
| 电价（不含税）           | 300.90   | 元/MWh | 电价（含税）   | 351.4 | 元/MWh    |
| 热价（不含税）           | 47.78    | 元/GJ  | 热价（含税）   | 53.99 | 元/GJ     |
|                   |          |       |          |       |          |
| 总投资收益率            | 5.23     | %     | 资本金净利润率  | 14.2  | %        |
|                   |          |       |          |       |          |
| 融资前分析（项目投资现金流量分析） |          |       | 基准收益率    | 7     | %        |
|                   | 内部收益率（%） |       | 净现值（万元）  |       | 投资回收期（年） |
| 所得税前              | 8.15     |       | 82018    |       | 11.9     |
| 所得税后              | 6.53     |       | 19101    |       | 13.2     |
| 融资后分析             |          |       |          |       |          |
|                   | 内部收益率（%） |       | 净现值（万元）  |       | 投资回收期（年） |
| 项目资本金             | 10.13    |       | 58150    |       | 15.77    |
| 注资方 1             | 8.64     |       | 41743    |       | 17.5     |

## 第 17 章 风险分析

在火电项目建设和运营过程中，机遇与风险并存，抓住机遇可能获得成功，忽视风险则有可能因遭遇风险而蒙受损失。本工程的主要风险有市场风险、投资风险、建设风险、工期风险、运行风险、环境风险、外部协作风险等，现分析如下。

### 17.1 市场风险、政策风险分析

本工程的电力、供热负荷市场符合《天津南港工业区石化产业发展规划》及《天津滨海新区城市总体规划（2009-2020）》对南港工业区的供热要求。

本工程投产后具有稳定的热负荷、电力市场。本项目建成投产后通过 220kV 电压接入系统。南港工业园区 2014 年最大负荷在 390MW 左右，主要由上古林和港西 220kV 变电站供电，上古林和港西站均在工业园区外。随着园区内千米桥 220kV 变电站（2×240MVA）和腾飞路 220kV 变电站（2×240MVA）的建成投产，南港工业园区将改由千米桥和腾飞路站供电。2018 年最大负荷将达到 1000MW，急需建设南港热电，满足该地区的负荷增长。本工程的建设可以有效地减小周边变电站的供电压力，提升供电可靠性。

同时本工程作为供热机组，投产后向南港工业区供热，且具有稳定的工业用汽负荷，可有效避免热电分产和小锅炉重复建设，大量减少大气污染物的排放，节约城市资源，优化资源配置，改善城市环境，促进城市建设良性发展，符合国家可持续性发展的产业政策。

由于工程投产后有稳定用热、电市场、有可靠的资源保证，投资的回报有保证。

对于市场风险、投资风险，本工程进行了通过财务分析。以固定资产投资、煤价、发电量等要素作为项目财务评价的敏感性分析因素，以增减 10% 为变化步距，对项目的经济效益作了敏感性分析，结果表明，本工程项目具有较强抗风险能力。

目前，在南港工业区内，产业发展的宏观形势与背景、整体投资环境和产业发展前景等存在不确定性。大型产业项目落地以及带动作用、产业链的选择等，也都具有较大的不确定性，从而用热负荷量具有不确定性，从而带

来一定的投资风险。

燃料价格对含税热价影响最大。项目的收益将受到热电联产工程上网电价和供热价格的影响。

## 17.2 技术风险、工程风险分析

本工程燃料原煤由淄博矿业集团有限公司提供，煤量、煤质有保证，水源采用先达（天津）海水资源开发有限公司厂淡水，供水有保证。

本工程在电力、供热规划、土地、环保、水资源、水土保持等均通过政府主管部门的批准，用水、用燃料、综合利用等均与相关企业签订协议。

本工程作为工业区的配套公用工程，在选址过程中，已充分考虑了地震、地质、洪水、气象等自然灾害对本工程的影响，避开自然灾害易发区，并采取了相应的抗灾防范措施。按照现行设计规范，本工程可以满足相应抗灾要求，不存在工程风险分析。

本工程为国产  $3 \times 350\text{MW}$  燃煤的超临界循环硫化床锅炉，技术成熟，并具有较丰富的制造、安装和运行经验，且背压机不是定型产品（但是有原型机），从工期、制造质量等方面看，存在不确定性。

本项目建设单位是大型企业，实力雄厚，具备开发、管理项目和融资的资质和能力。待本项目获取电力规划，环保、水资源、水土保持等政府主管部门的批准后，再进行相应原则或方案的调整。

本工程有电力行业的规程、规范指导，由具有资质的国有设计和施工单位进行设计和施工，设备采购采取招投标，工程技术质量有保证。

## 17.3 资金风险、工期风险分析

本工程有电力行业的规程、规范指导，由具有资质的国有设计和施工单位进行设计和施工，设备采购采取招投标，工程质量有保证。

本工程建设单位是大型企业，实力雄厚，具备开发、管理项目和融资的资质和能力，不存在资金风险；本工程在获取电力规划，土地、环保、水资源、水土保持等政府主管部门的批准，在用水、用煤、综合利用等均具有优势。

本工程计划于 2017 年 03 月开工建设，1#、2#机组 2018 年 6 月投入运行，2019 年 4 月第三台机组投运。鉴于本工程目前的进展情况，需要考虑以下风险因素：

1) 开工期风险：能否按期开工主要取决于开工批复文件和建设场地的落实、启动资金的到位等要求。施工设计图纸需要设备资料的支持、必要的工作时间和方案的确认程序。

2) 施工期风险：能否在计划的施工期完成各项施工任务，在对设备的供货进度、设备资料的提供、施工图纸提供、施工组织等进行综合协调，制定科学合理可行的综合进度计划的基础上，考虑任一方可能的拖期对整体工期的影响。

3) 项目核准是资金来源的基础

资金的不间断到位和南港地区临海环境天气风险等对施工进度的影响。

#### 17.4 外部协作风险分析

南港工业区规划两条铁路线路，分别为北部南港一线和南部南港二线，两条铁路线之间设有连接线。南港一线从万码站引线进入南港工业区，并设分线向北跨海与临港工业区相连接。南港二线和南部南港高速并线进入工业区，结合各企业货运需求，引出区内企业专用线。

厂址北侧与南港铁路（分区一场编组站）一路相隔，西北距南港编组站约 3.2km，本工程铁路专运线拟从厂区北侧引接。

南港工业区规划三条对外高速公路通道，分别为海滨高速、津石高速和南港高速，形成“两横一纵”的对外集疏运公路格局，相互交叉口设置互通式立交。

本工程生产用水由恩纳社公司提供，就需要该公司的建设进度和能力满足本项目的需求。

项目投资方应加强工程各参建单位的协调工作，降低外部协作风险分析，确保工程各项进度计划的顺利实施。

当地的建筑材料十分丰富。本期建设需要的大量钢材水泥和砂石等建筑材料，根据当地市场情况供应情况，就近就地采购，优先采用当地的原材料，以减少运输费用和改善繁荣地方经济。

项目建设期间的施工用电以及项目投产后的系统供电均可以满足相应要求。

基于上述分析，外部协作环境较好，尤其是本项目投产后有稳定用电市场、有可靠的资源保证，确保外部协作风险降为最低。

## 第 18 章 经济与社会影响分析

### 18.1 经济影响分析

本项目静态投资 481921 万元，单位造价 9449 元/千瓦。当按照含税售电价 351.4 元/MWh，含税售热价 53.99 元/GJ，测得经营期内项目资本金内部收益率为 10.13%，具有良好的经济效益。

通过对本工程的敏感性分析，各项经济指标均能满足国家现行规定，具有较好的抗风险能力、竞争能力和盈利能力。

本项目的建成，能使投资方取得很好的经济效益，有利于企业的经济发展，同时对发展当地工农业生产、提高人民生活水平、促进地区经济发展起到一定的促进作用，本项目具有良好的经济和社会效益，从经济效益角度看本项目是可行的。

### 18.2 社会影响分析

天津南港工业区石化产业是南港工业区重点发展的临港产业之一，南港工业区管委会对石化上游项目进行了认真分析和选择，对产业链中主要产品项目进行了详细研究，并根据合理的产业发展规模，本项目的实施，推动了石化行业项目进展，是公用工程和基础设施的规划建设迈出的坚实一步。

本工程满足国家建设“资源节约型及环境友好型社会”的要求，建设大型热电联产项目，提高了供热系统能源综合利用效率。

在本工程的前期规划阶段已充分考虑了社会影响，从电网结构，电力负荷、燃料供应、水源、交通及大件设备的运输、环境保护、灰渣处理、出线走廊、工程地质、水文气象、施工生产以及对厂址区周边的社会影响等条件进行了深入细致的研究，进行了全面的经济效益和社会效益、环境效益论证。

本工程的实施是落实、整合《天津滨海新区城市总体规划（2009-2020）》对南港工业区的供热要求。满足工业区内不同用户的用热需求。

在工程设想和方案选择方面，强化环境观念，实现社会经济建设与生态建设的协调与统一。采用新工艺、新设备、新材料和新技术，做到技术先进、经济合理、安全适用，便于运行管理。

本工程严格遵循国家的各项环保政策，在节能节水、烟气除尘、烟气脱

硫、灰渣综合利用等各个方面均采取了科学合理的工程措施，本工程的建设不仅可为当地提供优质清洁的电能，而且也可扩大当地群众的就业机会，并且也可连带增加相关上下游企业的就业机会，给该地区社会和谐稳定、民族团结做出应有的贡献。

## 第 19 章 结论及建议

### 19.1 主要结论

#### 19.1.1 建设的必要性

##### (1) 符合国家产业政策

本项目对外供热量大，对外供热依靠高背机组，全厂冷端损失小，符合“以热定电，热电联产”的政策。

##### (2) 促进地区经济发展，符合“双城双港”的战略

落实国家节能减排的政策方针，合理高效利用能源，提高供热系统经济效益，减少环境污染，区内生产用汽采用热电联产、集中供热方式。

##### (3) 可以改善天津地区电源结构，符合节能减排的要求

本工程建成后，烟尘、SO<sub>2</sub>排放，NO<sub>x</sub>排放值达到“超洁净排放”，除盐水处理后浓水可以返回工业区能源有限公司处理、对周围环境没有热污染，对当地环境影响微小，节能减排效果十分明显。

##### (4) 作为供热机组，投产后产生巨大的社会效益

本项目建成后将首先满足工业园区内各类企业的热负荷要求；同时装机容量符合以热定电的政策，发电量可以在工业园区内就地平衡。

通过对区域近期及远期供热市场分析，本项目供热负荷集中，供热前景广阔。远期来看，随着园区化工企业的增加，供热需求的增长前景乐观。

#### 19.1.2 项目建设的优势

##### (1) 优越的厂址条件

厂址附近范围陆域部分地形平坦开阔，全部为平缓的滩涂和盐碱地。近海域是典型的淤泥质海岸，岸滩坡降平缓，岸线稳定。厂址场地是在上述滩涂和盐碱地上回填而成，地形平坦，地貌类型为平地。

厂址拥有便利的交通运输条件，大件设备运输拟采用铁路、公路、水路

联合运输的方式。设备经国内铁路网运至南港铁路南港编组站，然后通过南港工业区内道路运输至电厂，公路运输里程约 4.5km；或由设备产地经水路运输至天津南港，然后通过南港工业区内道路运输至电厂，公路运输里程约 2km。

## （2）电厂燃料来源有保障

淄博淄矿煤炭运销有限公司与华电国际天津分公司签订了《煤炭供应意向协议》（见可研报告附件）。本工程的燃料来源可靠，电厂燃料是有保证的。

## （3）电厂水源有保证

本工程汽轮机采用背压机，调试保安机组及辅机冷却采用自然通风冷却塔冷却二次循环供水系统等节水系统和措施，年平均耗水指标  $0.41\text{m}^3/\text{s}$ ，全年耗水量 2209.5 万  $\text{m}^3$ ，最大限度的节约，生产水源采用恩纳社公司海水淡化淡水，所以电厂的水源是有保证的。

## （4）统筹规划，节约建设用地

本工程进行统筹规划，将性质和功能相同或相近的建、构筑物进行合并集中布置，减少了项目占用土地面积，厂区占地面积  $33.7\text{hm}^2$ 。

## （5）项目综合经济指标好

当按照含税售电价 351.4 元/MWh，含税售热价 53.99 元/GJ，测得经营期内项目资本金内部收益率为 10.13%，具有良好的经济效益。

经济评价结果表明，本工程投产后的盈利能力是可行的。

## （6）地方政府的大力支持

本工程所在地的天津市南港工业区政府，对该项目的建设给予了高度重视，下属各政府部门为工程的建设创造良好的环境，对筹建及建设中遇到的各种困难全力协助解决，为该项目的立项建设创造了优越的社会环境。

综上所述，本工程作为技术成熟的发电机组，具有运行可靠，热效率高，节能降耗的优势；本工程具有燃料可靠、节地节水、交通运输便利、出线方便、发电成本低、环保效益好等优势，符合国家的能源政策和产业政策，必将带来良好的经济效益和社会效益。

## 19.2 主要技术经济指标

表 19.2.1 主要技术经济数据表

| 序号 | 项 目           | 单 位                  | 指 标    | 备 注    |
|----|---------------|----------------------|--------|--------|
| 1  | 机组容量          | MW                   | 499.5  | 考虑负荷率  |
| 2  | 年发电量          | 10 <sup>8</sup> kWh  | 1691   |        |
| 3  | 年供热量          | 万 GJ                 | 2742   |        |
| 4  | 年利用小时数（供热）    | h                    | 6000   | 三台机组运行 |
| 5  | 工程静态投资        | 亿元                   | 481921 |        |
| 6  | 静态单位千瓦投资      | 元/kW                 | 9449   |        |
| 7  | 工程动态投资        | 亿元                   | 497766 |        |
| 8  | 注册资本金占总投资比例   | %                    | 20     |        |
| 9  | 项目投资所得税后内部收益率 | %                    | 6.53   |        |
|    | 投资回收期         | 年                    | 13.2   |        |
|    | 财务净现值         | 万元                   | 19101  |        |
| 10 | 总投资收益率        | %                    | 5.23   |        |
| 11 | 资本金净利润率       | %                    | 14.2   |        |
| 12 | 不含税上网电价       | 元/MWh                | 300.9  |        |
| 13 | 含税上网电价        | 元/MWh                | 351.4  |        |
| 14 | 经营期平均不含税供热热价  | 元/GJ                 | 47.78  |        |
| 15 | 经营期平均含税供热热价   | 元/GJ                 | 53.99  |        |
| 16 | 发电厂用电率        | %                    | 4.85   |        |
| 17 | 供热厂用电率        | kWh/GJ               | 10.47  |        |
| 18 | 全厂热效率         | %                    | 86.57  |        |
| 19 | 锅炉保证效率        | %                    | 91     |        |
| 20 | 发电标准煤耗        | g/kWh                | 173.8  |        |
| 21 | 供电标准煤耗        | g/kWh                | 182.63 |        |
| 22 | 全厂人员指标        | 人                    | 550    |        |
| 23 | 全厂用水指标        | m <sup>3</sup> /S.GW | 0.41   |        |

| 序号 | 项 目      | 单 位                | 指 标  | 备 注        |
|----|----------|--------------------|------|------------|
| 24 | 厂区用地面积   | hm <sup>2</sup>    | 32.3 | 含厂区铁<br>路线 |
| 25 | 单位容量用地面积 | m <sup>2</sup> /kW | 0.31 |            |

### 19.3 存在的问题及建议

19.3.1 目前，由于本项目部分外委专题正在进行中，建设单位应敦促加快专题报告及审批意见的进行。

19.3.2 目前恩那社公司尚未正式开工，建议下一阶段探讨本工程配套设置海水淡化的可行性，以保证本工程的顺利实施。

### 19.4 设计优化设想

南港工业区定位于以世界级重化工业为核心的具有持续竞争力的工业区域，工业蒸汽负荷量大，蒸汽参数高，本工程作为南港工业区的配套项目，采用超临界背压机供热，其规模创世界之最。工程设计将本着“环保高效、安全可靠”的质量目标，争创国家“示范”工程。

根据《中国华电集团公司火力发电工程设计导则（B版）》、《中国华电集团公司燃煤火电工程技术创新及节能减排设计优化实施意见（B版）》等文件的要求；结合本项目供热机组特点，本阶段提出下一阶段设计优化设想。

#### 1) 汽轮机旁路配置优化

结合供热可靠性、锅炉、背压机的启动特点进行汽轮机旁路系统配置的优化。

#### 2) 凝结水、给水及除氧器配置优化

根据热负荷情况，论证凝结水泵、给水泵、除氧器的配置，优化其运行方式，实现系统最优配置。

#### 3) 补水加热、除氧余热利用系统优化

充分利用背压汽轮机排汽和烟气余热，加热热力系统补水，并在中压缸上设抽汽，进一步加热除氧，实现补水的余热加热和能级加热。

#### 4) 供热系统优化

根据供热可靠性要求，进行供热系统的优化。

#### 5) 汽轮机轴封、疏水蒸汽系统优化

根据背压机的特点，结合机组配置，进行汽轮机轴封系统、疏水系统的优化。

6) 主厂房布置优化。

根据机组配置及下一阶段主机资料，进行主厂房优化。

7) 锅炉辅助系统优化配置

确定锅炉生产厂家后，与锅炉厂一起，进行三大风机配置、冷渣器配置、辅助床料系统、石灰石系统、给煤系统、飞灰再循环等的优化配置。

8) 地基处理方案

由于拟建场地为填海造地，下一阶段，将根据更详细的地质勘测资料，开展地基处理方案的设计优化。