**福建科达新能源科技有限公司**

**A区石墨化新脱硫系统**

**技术规格书**

**目 录**

1. 项目概况 4

1.1. 工程背景 4

1.2. 工程范围 4

1.2.1. 旧系统： 4

1.2.2. 新建系统： 4

1.3. 责任界区划分 4

2. 设计基础条件 5

2.1. 设计烟气参数 5

2.2. 排放指标要求 5

2.3. 自然条件 6

2.4. 公用工程 6

3. 引用标准与规范 6

4. 技术要求 9

4.1. 概述 9

4.2. 总体要求 9

5. 主要设备性能要求 9

5.1. 烟气系统 9

5.1.1. 烟道 9

5.1.2. 烟道支架： 10

5.1.3. 膨胀节设置​​ 10

5.1.4. 检修人孔： 10

5.1.5. 表面防腐​​ 10

5.1.6. 保温 10

5.1.7. 排烟风机 11

5.1.8. 烟囱 11

5.1.9. 监测点 11

5.2. 浆液制备系统 12

5.3. 脱硫吸收系统 12

5.3.1. 脱硫塔 12

5.3.2. 浆液循环子系统 12

5.3.3. 氧化曝气子系统 12

5.3.4. 浆液防沉淀子系统 13

5.4. 石膏脱水系统 13

5.5. 电气系统技术要求 13

5.6. 工艺水系统 14

5.7. 事故系统 14

6. 其他要求 14

7. 技术文件交付 14

7.1. 乙方投标时应提交的技术文件 14

7.2. 合同生效后7天内应向甲方提供的技术文件： 15

7.3. 乙方应向甲方提供的其它技术文件: 15

8. 验收 15

8.1. 验收依据 15

8.2. 分阶段验收项目 15

9. 质保及售后服务承诺 16

10. 设备供货范围清单表 16

# 项目概况

## 工程背景

A区石墨化炉烟气原先采用2套钠-钙双碱法脱硫，共有7个集烟罩，脱硫塔分布在两个区域，较为冗余，且需要大修。目前需整合为一套采用石灰石-石膏法脱硫系统。在新塔投入使用前，需保证原有烟气的排放和脱硫系统的正常运行。待新塔投入使用后，逐一进行烟管的对接切换。

新塔布置在A区北侧旧脱硫塔区，需对原有设备拆除。具体位置详见附图。

## 工程范围

### 旧系统：

* **现有系统 ：**对现有系统的拆除，并放置指定位置。

### 新建系统：

* **系统规模：**单套脱硫除尘系统；
* **处理能力：24**5000m³/h（工况烟气量）；
* **交钥匙工程范围：**
* 设计、设备成套供货（含现场制造与外购）
* 安装调试、技术培训、售后服务
* 界区内全部设备的设计制造与安装

## 责任界区划分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **工作内容** | **甲方** | **乙方** |
| 设计 | 新建脱硫系统设计 | ○ | ● |
| 乙供设备基础与钢构基础设计条件提资 |  | ● |
| 乙供设备与钢构土建基础设计 | ● |  |
| 采购 | 新建脱硫系统设备 |  | ● |
| 新建脱硫系统安装材料 |  | ● |
| 施工 | 土建基础 | ● |  |
| 新建脱硫系统安装 |  | ● |
| 旧系统设备拆除 |  | ● |
| 一次配电 | ● |  |
| 二次配线 |  | ● |
| 调试 | ● | ● |
| 施工用电用水 | ● |  |
| 资料交付及验收 | ● | ● |
| 废弃物处理 |  | ● |

注：●代表负责，○代表参与

# 设计基础条件

## 设计烟气参数

**A区设计烟气参数**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **分项** | **单位** | **数量** |
| 1 | 温度 | ℃ | 最高200、最低常温；平均工况100 |
| 2 | 流量（工况、100℃） | m3/h | ~280000 |
| 3 | 烟气组分含量 | SO2 | mg/Nm3 | 30%运行时间内高峰期平均5500；运行期平均2500 |
| 4 | 烟尘 | mg/Nm3 | <100 |
| 5 | H2S | mg/Nm3 | 少量 |
| 6 | O2 | % | 16-21 |
| 7 | CO2 | % | 0-5 |
| 8 | H2O | % | 0-5 |
| 9 | CO | mg/Nm3 | 少量 |
| 10 | 焦油 | mg/Nm3 | 少量 |
| 11 | NOX | mg/Nm3 | 少量 |
| 12 | N2 | % | 72-78 |
| 13 | HCL、HF等 | mg/Nm3 | 少量 |

## 排放指标要求

**净化后烟气排放指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **项目** | **参数** |
| 1 | SO2 | ≤35mg/Nm3 |
| 2 | NOX | ≤100 mg/Nm3 |
| 3 | 颗粒物 | ≤30mg/Nm3 |
| 4 | 副产物 | 石膏含水率<15%；半水亚硫酸钙<0.5% |

以上数据以第三方检测数据为准。

## 自然条件

|  |  |
| --- | --- |
| 参数 | 数值 |
| 海拔高度 | 492m |
| 平均大气压 | ~93kPa |
| 平均温度 | 18.9℃ |
| 极端温度 | -6.3℃ ~ 38.7℃ |
| 最大风速 | 20m/s |
| 年平均降水量 | 1553mm |
| 地震设防烈度 | 6 度 |
| 地震峰值加速度 | 0.05g |
| 设备年运行时长 | 8000小时 |

## 公用工程

|  |  |
| --- | --- |
| **项** | **值** |
| 供水条件 | 常温工艺水 |
| 供电条件 | 低压 380V/220V 、频率 50Hz |
| 压缩空气 | 0.4~0.6 MPa，露点-20℃ |

# 引用标准与规范

 本项目烟气脱硫系统处理装置的设计、制造、安装、调试、试运行等应符合并不限于以下相关现象法律及规范：

《中华人民共和国环境保护法》2014年4月24日修订

《中华人民共和国大气污染防治法》2018年10月26日修订

《中华人民共和国安全生产法》2021年6月10日修正

《建设项目环境保护管理条例》2017年7月16日修订

《工业企业设计卫生标准》GBZ 1-2010

《工作场所有害因素接触限值》 GBZ- 2-2010

《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348-2008

《污水综合排放标准》 GB 8978-1996

《石油化工工程防渗技术规范》GB/T 50934-2013

《烟气脱硫工艺设计标准》GB 51284-2018

《石灰石/石灰石-石膏湿法烟气脱硫工程通用技术规范》HJ 179-2018

《火电厂烟气脱硫吸收塔施工及验收规程》DL/T 5418-2009

《钢制焊接常压容器》NB/T 47003.1-2009

《衬里钢壳设计技术规定》HG/T 20678-2000

《橡胶衬里化工设备设计》HG/T 20677-2013

《塔式容器》NB/T 47041-2014

《塔器设计技术规定》HG 20652-1998

《固定污染源烟气（SO2、NOX、颗粒物）排放连续监测技术规范》HJ 75-2017

《固定污染源烟气（SO2、NOX、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》HJ 76-2017

《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》及其修改单 GB/T 16157-1996

《钢制管法兰、垫片、紧固件》 HG/T 20592~20635-2009

《工业金属管道工程施工规范》GB50235-2010

《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236-2011

《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184-2011

《工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50727-2011

《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223-2008

《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016版）

《建筑设计防火规范》GB 50016-2014(2018版)

《建筑结构荷载规范》GB 50009 -2012

《砌体结构设计规范》GB 50003-2011

《钢结构设计规范》GB 50017-2017

《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010（2017版）

《建筑地基处理技术规范》JGJ 79-2012

《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008

《构筑物抗震设计规范》GB 50191-2012

《建筑采光设计标准》GB 50033-2013

《工业建筑防腐蚀设计规范》GB/T 50046-2018

《固定式钢梯及平台安全要求》GB 4053.1~3-2009

《3kV～110kV高压配电装置设计规程》GB 50060

《变电所总布置设计技术规程》DL/T 5056-2007

《高压配电装置设计技术规程》DL/T 5352-2018

《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222-2021

《火力发电厂与变电所设计防火规范》GB 50229-2019

《电力设施抗震设计规程》GB 50260-2013

《建筑照明设计标准》GB50034-2013

《供配电系统设计规范》GB50052-2009

《低压配电设计规范》GB 50054-2011

《通用电气设备配电设计规范》GB 50055-2011

《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010

《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB/T 50062-2008

《电测量及电能计量装置设计技术规程》DL/T 5137-2001

《电力工程电缆设计规范》GB 50217-2018

《并联电容器装置设计规范》GB 50227-2017

《过程检测和控制系统用文字代号和图形符号》HG/T20505-2014

《信号报警、连锁系统设计规定》HG/T20511-2014

《控制室设计规定》HG/T20508-2014

《仪表供电设计规定》HG/T20509-2014

《仪表供气设计规定》HG/T20510-2014

《仪表系统接地设计规范》HG/T20513-2014

《仪表配管配线设计规定》HG/T20512-2014

《自动化仪表选型规定》HG/T20507-2014

《工业自动化仪表工程施工及验收规范》HG 50093-2013

# 技术要求

## 概述

为确保系统性能可靠并满足工程进度要求，石灰石-石膏法脱硫系统（包括烟道、排烟风机、制浆及储浆、吸收塔及附属设备、工艺水系统等）釆取交钥匙工程形式。含以下内容：

* 烟气系统：烟气经风机进入脱硫塔、然后进入烟囱。包括：阀门、风机、烟风管道、脱硫塔、浆液制备及输送、循环喷淋系统、氧化系统等所有的设备、电气、仪表及自控装置等系统内的全部设备。
* 物料系统：水、电、气界区外1 米至界区内设备。
* 电控系统：以上界区内所有系统设备的电气、仪表及自控装置、脱硫系统控制柜、配电柜。
* 土建和建构筑物部分：烟气脱硫系统全部设施相关配套的土建工程如脱硫塔基础、水泵等设备基础、地沟、地坑、由乙方提资，甲方进行设计施工。

## 总体要求

1. 采用石灰石-石膏法脱硫工艺
2. 排放指标符合2.2要求
3. 系统必须有完整的事故状态下的运行预案，以保证系统长期、安全、稳定运行；
4. 系统年投运时间不低于8000h/a，物料平衡均按该时间计。
5. 主体设备应确保寿命在10年以上。
6. 在必要的位置设置检修平台（如：仪表点检、维修的位置）,平台栏杆高度:1200mm
7. 烟气总进口、出口均设置CMES在线监测仪。检测的参数：

脱硫入口 CEMS 检测烟气成份：SO2、烟尘浓度、流量、温度、压力、NOx、氧气、湿度等；

脱硫出口 CEMS 检测烟气成份：SO2、烟尘浓度、流量、温度、压力、NOx、氧气、湿度等；

# 主要设备性能要求

## 烟气系统

### 烟道

* 烟道系统的设计尽可能降低烟气的阻力，避免出现急弯，必要时设置导流板；
* 材质：ND钢（09CrCuSb，GB/T 150-2011），厚度6mm；
* 管道内烟气流速范围：按烟气特性，符合规范的经济流速；
* 在低位点装设自动疏放水系统。烟道低位点疏水和烟囱冷凝水疏水在脱硫系统内回用；
* 荷载：承载自重+风载+积灰等；
* 各烟气罩支管与主管对接设有便捷式烟气检测口和可调节电动闸板阀，并配备一台烟气便携式监测仪通过电动闸板阀调节各支路的烟气量。
* 仪表接口（压力/温度测点）±500mm内设操作平台。

### 烟道支架：

* 釆用碳钢结构，管架间距需同时满足强度和刚度要求：
* 自重弯曲最大挠度 ≤ 15mm
* 自重弯曲应力应力 ≤ 设计温度下材料许用应力的50%

### 膨胀节设置​​

* 膨胀节的个数与单个的补偿量应根据管道应力分析设置
* 安装位置：管架两端、转弯处、跨路管架前后
* 补偿器材质：ND钢+氟橡胶密封（耐温≥200℃）

### 检修人孔：

* 在烟道合理必要的地方设有人孔门和清灰孔；
* 其他设置点：
* 在管道的起点和终点；
* 每个大的上升管底部和大的下降管顶部；
* 主要弯头（特别是低位弯头）前后；
* 阀门/膨胀节两侧等位置 ；
* 人孔结构：

人孔盖板采用快开式。

### **表面防腐​**​

* 喷砂除锈等级：Sa2.5

|  |  |
| --- | --- |
| **涂层结构​**​ | **厚度​**​ |
| 环氧富锌底漆(80μm)+环氧云铁中间漆(80μm) | ≥160μm |

### 保温

* 全管段：
* 外表面温度≤60℃
* 保温材料：硅酸铝纤维毡
* 保温厚度：≥50m
* 保护层：≥0.5mm铝皮

### 排烟风机

* 风量：不小于最大设计工况下烟气量的 110 %.
* 风压：不少于最大设计工况下压头的120 %
* 驱动方式：变频控制
* 数量：3台，两用一备
* 配套件：
* 风机进口阀门：电动、手动一体式蝶阀，附电动执行机构及手动驱动手轮
* 风机出口阀门：电动、手动一体式蝶阀，附电动执行机构及手动驱动手轮。
* 机入口柔性补偿器：材质氟橡胶
* 风机出口柔性补偿器：材质氟橡胶
* 机与电机联接方式：联轴器连接，联轴器应配有封闭护罩。
* 风机轴承冷却方式：水冷却
* 风机轴承：耐温≤180℃
* 设备安装位置：室外；
* 排烟风机品牌及型号：选择国内知名品牌。

### 烟囱

* 烟囱形式采用烟塔合一，出口高度不高于60米，烟囱设计应符合现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051的有关规定。
* 材质：Q235B（厚度不小于8mm），烟囱防腐内衬使用玻璃鳞片防腐，厚度不小于2mm。

### 监测点

* 进塔段烟道和烟囱安装CEMS在线监测仪
* 监测点位置应设置在距弯头、阀门、变径管下游方向不小于4倍直径，和距上述部件上游方向不小于2倍直径处（适合监测采样需要）。
* 监测点配置楼梯、平台。

## 浆液制备系统

1. 粉状石灰石的装卸采用气力输送，送入石灰石储仓，储仓配有配套仓顶除尘器（带自动反吹）和储仓吹灰装置。石灰石出料由插板阀、星型给料阀将石灰石粉通过计量称重储罐，送入石灰石制浆罐制成浆液，由输送泵送至储浆罐，后经石灰石供液泵送至脱硫塔。所选设备需高气密性，防止粉尘外逸。石灰石仓的设计容积能满足 7 天的脱硫剂消耗量，浆液转运泵与供浆泵各2台，均为1用1备；
2. 除尘器配有就地控制箱以便操作；
3. 脱硫剂浆液制备系统设置脱硫剂的计量装置，脱硫剂的消耗量与浆液的浓度在集中控制系统上显示；
4. 脱硫剂的储存采取必要的措施防止脱硫剂吸潮、变质与板结；
5. 浆液罐/池根据介质的特性采取可靠的防腐措施；
6. 所有浆液罐/池均装设防沉积装置，如加装桨叶式搅拌器等；
7. 浆液管道上的开关阀门选用双法兰蝶阀；
8. 浆液管道上有排空和停运后的冲洗设施；

## 脱硫吸收系统

### 脱硫塔

* 脱硫系统设计必须满足国家、地方以及本文件要求的烟气排放标准；
* 材质：采用Q235B碳钢。吸收塔防腐内衬使用玻璃鳞片防腐，厚度不小于3mm
* 结构：带塔釜的喷淋空塔；
* 除雾器：每一级除雾器包含上下自动冲洗

### 浆液循环子系统

* 根据烟气特性，设置合理的喷淋层层数，喷淋层配有足够的喷嘴，足够的喷淋覆盖率；
* 流量：不少于最大喷淋量的110%
* 扬程：不少于极端条件下最高扬程的120 %
* 喷淋层材质：合金钢或增强FRP，具有耐腐蚀及磨损能力；管道上有排空和停运后的冲洗设施。
* 根据烟气特性配置循环泵，每层喷淋层对应1台循环泵。

### 氧化曝气子系统

* 罗茨风机数量：2台（1用1备）
* 风量：按浆液氧化需求计算
* 消声措施：距设备1m处噪声≤85 dB(A)

### 浆液防沉淀子系统

设置耐腐蚀、耐磨合金钢材质侧搅拌器3台，防止石膏及石灰石浆液沉淀。

## 石膏脱水系统

* 吸收塔设置两台石膏排出泵，一用一备。
* 石膏排出泵的叶轮采用防腐耐磨的材料制作。
* 来自吸收塔的石膏浆液经吸收塔排浆泵进入石膏旋流器，在故障检修时将浆液排至事故池。浓缩后的浆液再经过真空皮带脱水机，进入石膏库贮存。滤岀液返回吸收塔作为补充水，以维持吸收塔内的液面平衡。处理能力按石膏产生量的150%容量设计。

## 电气系统技术要求

1. **电气设备**
* 低压配电柜采用GGD柜，**放置在现有脱硫系统配电室，**详见附图。
* 机泵旁设置现场控制箱，就地控制机泵启停，有紧急停止功能。
* 现场仪表的供电，DC24V配有单独断路器；
* 设置环保系统照明及检修电源柜。
* 电缆桥架采用热浸镀锌处理的钢质材料，电缆穿线管采用镀锌电线管；
* 主要电器元件采用品牌：施耐德/ABB/西门子；
* 测量仪表选质量可靠、且已经使用过并验证的产品
1. **电气设备防护等级**
* 电气、仪表等电控设备的防护等级应根据使用场所不同，满足以下要求:室外IP55，最低IP54。
1. **电缆及电缆敷设的设计技术要求**
* 动力电缆采用YJV型电缆，耐热电缆和移动电缆其导体由细的铜绞线组成。
* 控制电缆采用铜芯电缆。仪用电缆采用屏蔽电缆。
1. **机泵配电控制要求**
* 7.5KW及以上采用软启动或变频器启动。需调速的用变频器。
1. **防雷与接地**
* 利用基础钢筋混凝土中的钢筋作为防雷接地网，当不具备条件时，宜采用圆钢、钢管、角钢或扁钢等金属体作人工接地极。塔体的接地采用基础钢筋，土建施工时应注意预留地上设备的接地联结接口，接地极应满足规范要求，防雷接地不大于4Ω。防雷接地由乙方设计并与防雷接地网连接。
1. **控制系统**
* 采用PLC控制系统
* PLC采用西门子品牌，控制柜放置在现有配电室
* 中控室配备1套上位机，主机品牌选用：戴尔/联想/惠普；且显示终端不小于24寸
* 在操作界面显示温度、压力、流量、液位、PH、设备状态等工艺参数，也能进行阀门开关、电机启停与调速等操作。
* 变频器品牌采用汇川/英威腾
* 关键报警与联锁：
	+ 塔入口烟气温度与预喷淋降温装置联锁（＞150℃启动预喷淋降温）
	+ 塔出口SO2浓度超标报警
	+ 脱硫塔的pH，单独设计一条管路循环监测，并与浆液泵联锁

## 工艺水系统

* 工艺水系统的设计要节约用水，设备的冷却水回收至工艺水箱重复使用。
* 工艺水箱需满足脱硫系统正常运行用水。

## 事故系统

**利用原有再生水池充当事故池，容积500m³。**设事故返回浆液泵2台（备用1台），搅拌器以及配套电气、管道、阀门、防腐和支架等。

# 其他要求

1. 所有电气类设备符合国家二级能效标准；
2. 所有接触浆液的设施，配备足够数量的冲洗设备,并合理布置。排水送到就近的排水坑。
3. 预留一层循环喷淋层的位置

# 技术文件交付

## 乙方投标时应提交的技术文件

* 设计说明书、技术文件清单及设备清单。
* PFD工艺流程图及物料平衡表。
* 平面、立面布置图及基础荷载图。
* 石灰石、水、电、压缩空气、仪表空气的消耗量。

## 合同生效后7天内应向甲方提供的技术文件：

* 乙供设备（尤其是脱硫塔）基础与钢构基础设计条件提资
* 经过修正的最终版技术文件（包括PID工艺流程图、设备布置图、管道布置图、电气原理图等）
* 所提供的资料中均应注明甲方单位专用图戳及时间，它分实物和电子两种版本，并且两者应是一致的。在设备交货时，乙方应提供满足安装、试验（调试）、运行的技术文件，提供的份数为一式4份。CAD电子文档一份给甲方。
* 以上资料如有变更，应及时通知甲方，如未及时通知或未通知，则所产生的不良后果由乙方负责。

## 乙方应向甲方提供的其它技术文件:

* 详细的产品质量文件，包括材质、材质检验、焊接、热处理、加工质量、性能检验等的证明。 安装、调试、运行、维护、检修所需的详细图纸和说明书等技术文件。
* 随机装箱文件：
	+ 产品装箱清单一览表。
	+ 成套设备出厂试验报告及合格证。
	+ 成套设备安装使用说明书。
	+ 备品备件的名称及型号规格。
	+ 成套设备装配图及必要的零部件图及电气控制原理图，接线图、端子图等。
	+ 机组主要外购件的使用说明书及产品合格证书。

# 验收

## 验收依据

* 本技术规格书所有技术要求及设计参数
* 国家现行标准（详见第3章引用标准）
* 经甲方批准的施工图纸及设计变更文件
* 设备出厂检验合格证明文件

## 分阶段验收项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **阶段** | **验收内容** | **验收方式** |
| **材料进场** | 玻璃钢材质证明钢材材质证明循环泵性能曲线机械设备出厂检验合格证明文件 | 现场抽样核查+文件审查 |
| **施工过程** | 机械设备安装质量电气装置安装质量热工仪表及控制装置安装质量焊接质量防腐施工质量保温施工质量 | 现场巡检+关键节点停检点见证 |
| **最终验收** | 168小时连续运行测试，排放达标操作手册与竣工资料交付 | 联合测试（甲/乙） |

# 质保及售后服务承诺

* 乙方提供的所有设备、组成部分具备该产品的功能及要求，无瑕疵及缺陷，质量为合格产品。
* 缺陷保修：设备交付使用后，若出现缺陷，乙方提出分析报告和解决方案，直到最后纠正缺陷，缺陷部件纠正后的质保从纠正之日起重新计算质保期。
* 质保期为设备交付验收合格之日起贰年。
* 在保质期内和保质期外如遇到设备发生大的事故，乙方接到甲方的通知后，将在24小时内作出答复， 并在48小时内派遣专业技术人员到达现场，协助业主方处理故障。

#

# 设备供货范围清单表

|  |
| --- |
| **设备清单表** |
| **1、脱硫系统** |
| **序号** | **名称** | **规格型号** | **单位** | **数量** | **厂家** | **备注** |
| **1、烟气系统** |
| 101 |  |  |  |  |  |  |
| 102 |  |  |  |  |  |  |
| 103 |  |  |  |  |  |  |
| 104 |  |  |  |  |  |  |
| 105 |  |  |  |  |  |  |
| 106 |  |  |  |  |  |  |
| 107 |  |  |  |  |  |  |
| 108 |  |  |  |  |  |  |
| **2、浆液制备系统** |
| 201 |  |  |  |  |  |  |
| 202 |  |  |  |  |  |  |
| 203 |  |  |  |  |  |  |
| 204 |  |  |  |  |  |  |
| 205 |  |  |  |  |  |  |
| 206 |  |  |  |  |  |  |
| 207 |  |  |  |  |  |  |
| 208 |  |  |  |  |  |  |
| **3、SO2吸收系统** |
| 301 |  |  |  |  |  |  |
| 302 |  |  |  |  |  |  |
| 303 |  |  |  |  |  |  |
| 304 |  |  |  |  |  |  |
| 305 |  |  |  |  |  |  |
| 306 |  |  |  |  |  |  |
| 307 |  |  |  |  |  |  |
| 308 |  |  |  |  |  |  |
| **4、石膏脱水系统** |
| 401 |  |  |  |  |  |  |
| 402 |  |  |  |  |  |  |
| 403 |  |  |  |  |  |  |
| 404 |  |  |  |  |  |  |
| 405 |  |  |  |  |  |  |
| **5、电气与控制系统** |
| 501 |  |  |  |  |  |  |
| 502 |  |  |  |  |  |  |
| 503 |  |  |  |  |  |  |
| 504 |  |  |  |  |  |  |
| 505 |  |  |  |  |  |  |
| **6、工艺水系统** |
| 601 |  |  |  |  |  |  |
| 602 |  |  |  |  |  |  |
| 603 |  |  |  |  |  |  |
| 604 |  |  |  |  |  |  |
| 605 |  |  |  |  |  |  |
| **7、事故系统** |
| 701 |  |  |  |  |  |  |
| 702 |  |  |  |  |  |  |
| 703 |  |  |  |  |  |  |
| 704 |  |  |  |  |  |  |
| 705 |  |  |  |  |  |  |
| **8、其他** |
| 701 |  |  |  |  |  |  |
| 702 |  |  |  |  |  |  |
| 703 |  |  |  |  |  |  |
| 704 |  |  |  |  |  |  |
| 705 |  |  |  |  |  |  |