

工程号: 22104

宁夏和宁化学有限公司
3×180t/h 循环流化床锅炉脱硫一期提标改造
项目

可行性研究报告



华东理工大学工程设计研究院有限公司
ECCEI EAST CHINA CHEMICAL ENGINEERING INC.

二〇二二年三月 上海

工程号：22104

宁夏和宁化学有限公司
3×180t/h 循环流化床锅炉脱硫一期提标改造
项目

可行性研究报告

法 人 代 表 ： 宋晓峰

技术总负责人 ： 冯惟敏

项 目 经 理 ： 李四平



华东理工大学工程设计研究院有限公司

ECCEI EAST CHINA CHEMICAL ENGINEERING INC.

二〇二二年三月 上海

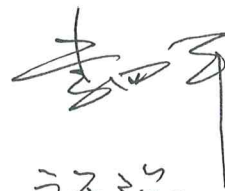
宁夏和宁化学有限公司

3×180t/h 循环流化床锅炉脱硫一期提标改造项目

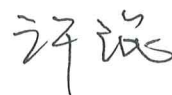
参加编制人员名单

项目经理： 李四平

主要编制： 李四平 （注册化工师）



许 琨 （注册化工师）



李 艳 （电气工程师）



冯惟敏 （造价工程师、咨询工程师（投资））

项目审定人： 冯惟敏 （签字）



（盖章）

业绩签章

单位名称:	华东理工大学工程设计研究院有限公司		
项目名称:	宁夏和宁化学有限公司 3×180t/h循环流化床锅炉脱硫一期提标改造项目		
所属专业:	生态建设和环境工程	服务范围:	项目咨询
投资额(万元):	5050.00	地区:	宁夏回族自治区
建设规模:	3×180t/h循环流化床锅炉脱硫		
项目性质:	改建	项目资金来源:	国有企业
工程咨询成果完成日期:	2022-03-18	拟开工/开工日期:	2022-08-01



目 录

1	总论	1
1.1	概述	1
1.2	研究结论	6
1.3	主要技术经济指标	7
2	市场预测	10
2.1	市场需求预测	10
2.2	国内生产及消费情况	11
2.3	产品价格分析	13
3	技术参数和处理规模	15
3.1	概述	15
3.2	装置组成及规模	15
3.3	产品品种、数量、规格及质量指标	16
4	工艺技术方案	17
4.1	脱硫工艺的选择	17
4.2	氨法脱硫工艺介绍	20
4.3	氨法脱硫工艺系统介绍	22
4.4	主要设备选型说明	23
4.5	消耗定额	28
4.6	电气技术要求	28
4.7	仪控技术要求	35
4.8	主要设备选择	47
5	原材料消耗、能源供应	52
5.1	原料、辅助材料消耗及供应	52
5.2	主要原料	52
5.3	公用工程动力规格及	52

6	建厂条件和厂址方案	53
6.1	建厂条件	53
6.2	厂址方案	56
7	总图土建及公用工程和辅助设施方案	57
7.1	总图运输	57
7.2	给排水	58
7.3	供电及电信	59
7.4	供热通风	71
7.5	仪表空气和压缩空气供给	74
7.6	维修	74
7.7	化验	74
7.8	土建工程	74
8	节能	78
8.1	编制依据	78
8.2	能耗指标	79
8.3	节能措施综述	80
8.4	用能标准和节能规范	81
8.5	结论	82
9	环境保护	83
9.1	建设地区环境质量状况	83
9.2	建设项目污染及治理措施	83
9.3	环境保护措施及主要治理措施	84
9.4	环境管理及监测	85
9.5	环保专项投资	86
10	劳动保护与安全卫生	87
10.1	设计依据	87
10.2	设计原则	89
10.3	设计范围	90
10.4	建设项目的工艺流程简述	90
10.5	职业安全卫生防护措施	91

10.6	主要装置、设施和安全设施及特种设备的订购	95
10.7	生产过程中职业危害因素分析	99
10.8	劳动保护	107
10.9	安全卫生投资估算	108
11	消防	108
11.1	设计原则	108
11.2	采用的标准规范	108
11.3	消防环境现状及依托条件	109
11.4	火灾危险性分类及建筑类别	109
11.5	主要消防设施和措施	109
11.5	防静电及防雷接地措施	109
11.6	耐火保护	110
11.7	总平面布置	111
11.8	消防车道	111
11.9	消防设施费用	111
12	抗震	112
12.1	编制依据	112
12.2	工程地质地震灾害的概况	112
12.3	抗震设防主要参数	113
12.4	抗震设计原则及措施	113
13	工厂组织与劳动定员	120
13.1	工厂体制及管理机构	120
13.2	生产班制和劳动定员	120
13.3	劳动定员	120
13.4	人员来源	120
14	项目实施计划	121
15	投资估算及资金筹措	122
15.1	投资估算	122
15.2	资金筹措方案	123

16	财务评价	127
16.1	经济费用效益评价	127
16.2	财务评价	129
17	社会效益分析	131
17.1	本项目相关的产业政策	131
17.2	本项目与规划相容性	131
17.3	本项目的社会效益	132
18	结论	133
18.1	综合评价	133
18.2	研究报告结论	133
18.3	存在的主要问题和建议	134
19	附件	135
	附图 1 总平面布置图	135
	附图 2 装置工艺流程图-1(烟气系统)	135
	附图 3 装置工艺流程图-2(吸收塔系统)	135
	附图 4 装置工艺流程图-3(氧化吸收系统)	135
	附图 5 装置工艺流程图-4(水洗系统)	135
	附图 6 装置工艺流程图-5(氧化空气系统)	135
	附图 7 装置工艺流程图-6(事故检修系统)	135
	附表 1 物料衡算表	135
	附件 1 可研专家评审意见结论及签名	135

1 总论

1.1 概述

1.1.1 项目名称：3×180t/h 循环流化床锅炉脱硫一期提标改造项目

建设单位：宁夏和宁化学有限公司

企业性质及法人：有限责任公司 黄见东

法定地址：宁夏宁东能源化工园区

1.1.2 企业概况

宁夏和宁化学有限公司（以下简称“和宁公司”）位于美丽的塞上湖城、黄河上游的一颗明珠---宁夏银川市，是国家级能源化工基地---宁东能源化工基地煤化工园区内重点企业之一。公司占地面积 2163 亩，注册时间为 2002 年 9 月 4 日，注册资本 12.6 亿元，资产规模 54 亿元。

作为有着 60 多年发展历史，享有中国尿素工业的摇篮盛誉的泸天化集团旗下泸天化股份有限公司全资控股的子公司，和宁公司拥有完善的公司法人治理结构，成立了党委、工会、团委，设立董事会、监事会，构建了精简高能的经营团队，下设 10 个职能管理部室和 7 个生产维护车间。

作为宁夏回族自治区重点招商引资企业，和宁公司得到了宁夏自治区、宁东管委会各级政府的鼎力支持和帮助。经过十多年的发展建设，和宁公司一期项目现已形成以煤为原料年产 40 万吨合成氨、70 万吨尿素、20 万吨甲醇等产品的生产能力，实现年销售收入 13 亿元，实现利润 2.6 亿元。公司所生产的“洁美”牌尿素在西北化肥行业具有举足轻重的地位，产品质量可靠，深受客户依赖，不仅牢牢占据了西北市场，而且已远销华北、西南、华中等地，成为泸天化集团有限公司在祖国西北、黄河岸边的一抹亮彩。

在宁东管委会“十四五”发展规划的统筹部署下，和宁公司正在加大对外合作交流，依托产学研，立足科技创新，寻求转型升级。目前，公司正充分利用宁东管委会的园区优势和泸天化集团公司强大的技术支撑，积极推进“新能源、新农化、新材料”的三新战略，着力开展氢能利用、复合肥、新型尿素、聚甲醛等产业和产品的开发和建设，昂首阔步走在“十四五”务实笃行、稳健发展的大道上，开启泸天

化集团公司西北产业大发展的新局面，为泸天化集团的二次腾飞而努力奋进。

1.1.3 项目提出背景及意义

1) 项目提出的背景

宁夏和宁化学有限公司 3×180t/h 锅炉烟气脱硫项目是三炉共用一塔模式，现公司决定对脱硫装置进行改造，增加备用脱硫塔。主要有以下几方面的原因：

（一）国家环境保护部办公厅于 2010 年 6 月 17 日发文(环办[2010]91 号)《关于火电企业脱硫设施旁路烟道挡板实施铅封的通知》，通知要求“所有新建燃煤机组不得设置脱硫旁路烟道”、“各级环保部门和各电力集团公司要积极鼓励火电企业逐步拆除已建脱硫设施的旁路烟道”、“对暂时保留旁路烟道的，所有旁路挡板必须实行铅封”。2013 年 12 月一期脱硫建成投用，随着锅炉烟气排放指标提升 2017 年 8 月二期脱硫建成投用，一期脱硫运行不能满足环保排放要求后停用。现仅二期脱硫能正常运行,另外取消或铅封烟气旁路后，意味着无法定期对脱硫装置进行检修，若检修脱硫塔需同时停运锅炉，对公司的正常生产影响巨大。

（二）目前的一期脱硫塔存在以下问题：

①脱硫塔折流板式除雾器现状不能有效去除液滴及雾滴，导致脱硫塔出口雾滴浓度超标，最终表现为脱硫后净烟气中颗粒物排放浓度超标；

②烟气带水现象严重；

③烟囱偶尔出现“硫铵雨”现象；

④塔壁防腐内衬 PP 板密封不严，经常出现渗液腐蚀混凝土塔壁现象；

⑤脱硫塔出口烟气氨逃逸较大，烟囱拖尾严重；

⑥硫酸铵结晶情况不好，晶体较小；

⑦ 浓缩段浆液搅拌循环情况不好，塔内容易积料；

⑧一期脱硫塔塔径和高度改造后不能满足《氨法烟气脱硫工程通用技术规范》（HJ2001-2018）、《燃煤电厂超低排放烟气治理工程技术规范》（HJ 2053-2018）要求。

鉴于目前的脱硫净烟气存在严重拖尾问题，对周围环境造成严重影响，该脱硫系统还是采用第二代的氨法脱硫技术，工艺技术落后，无法达到超净排放的要求。在现有条件下无法进行合理有效的改造，以现有的三炉一塔运行模式进行操作存在较大的风险，有必要增设备用塔，便于脱硫塔运行故障时锅炉仍然能够正

常运行，不影响化工装置的生产。

（三）宁夏和宁化学有限公司目前采用的是氨法脱硫工艺，有多年运行操作经验，采用相同工艺可以简化操作，降低运行成本。本次改造可依托脱硫装置已有脱硫剂储存及供应、吸收、硫铵后处理、工艺水等系统。

2) 投资的意义

烟气脱硫可以创造一定的经济效益、显著的环境效益和社会效益。

（一）烟气脱硫的经济效益

脱硫装置的处理对象为锅炉燃烧产生的烟气，锅炉烟气为废气，此价格不予考虑。

脱硫装置采用氨法工艺，所用辅助材料脱硫剂为液氨，和宁化学为合成氨生产企业，可利用自产液氨和部分化工副产废氨水。目前市场的液氨价格在~3600 元/吨左右。

脱硫装置是上游生产装置的配套环保装置，是处理上游装置排放的废烟气，使之达到环保要求，减少对环境的污染，以社会效益为主要目的。副产品为硫酸铵，市场价格在~1400 元/吨左右，可创造一定的经济效益。

（二）烟气脱硫的环境效益

①空气中的二氧化硫对人体健康的主要危害是引起呼吸道疾病（如鼻炎、支气管炎、哮喘、肺气肿、肺癌等），因此降低空气中的二氧化硫浓度对人们的身体健康，提高生活质量十分有益。

②大气中的二氧化硫会形成酸雨随降水落到地面，破坏土壤的理化性质，使土壤板结和盐渍化，影响植物生长，造成农作物减产。因此减少二氧化硫的排放可以提高农业、渔业和林业的生产效率。

③酸雨腐蚀建筑物和设施等。因此减少二氧化硫和酸雨的污染影响有利于文物保护，提高建筑物和设备的使用寿命

④由于二氧化硫等酸性污染物可随气流远距离输送，酸雨污染可发生在其排放地 500~2000 公里的范围内，造成酸雨的越境污染，成为一个国际环境问题。因此减少二氧化硫排放可避免邻国之间的纠纷。

⑤控制二氧化硫的排放，包括改变城市的能源结构、推行清洁生产、淘汰落后的生产工艺和设备等可以产生许多新的经济增长点，创造大量的就业机会。

⑥本项目建成后，预计处理锅炉尾气 60 万 Nm³/小时，减少二氧化硫排放量

15451 吨/年，减少粉尘排放量 120 吨/年，生产副产品硫酸铵 32190 吨/年。对恢复生态环境、净化空气、调节地方小气候等起到巨大的作用。

（三）烟气脱硫的社会效益

①环境保护作为我国的基本国策，是一项庞大而复杂的工程，涉及社会的各行各业和各个层面，需要社会各界共同参与、相互合作、长期不懈努力才能完成的伟大事业。企业既是资源的主要消耗者和环境污染的源头，也是实施环境保护的主体，是推动环保事业的先锋。随着经济社会的发展，全社会整体的环保意识的提高，企业的社会责任感也逐步增强，越来越多的企业在取得良好的经济效益的同时，积极主动地回馈社会，投身环保公益事业，结合企业自身的资金和技术优势，实现环境效益、社会效益的最大化，同时也树立了企业自身的良好形象。

②大气治理工程是一项保护环境、节能减排、造福子孙后代的工程，其效益主要表现为环保效益和社会效益。项目的建设可以提升区域的自然环境和投资环境，有效改善周边环境，一定程度上美化了城市，增加了城市和地区的实力，有利于地区经济的振兴，同时提升企业的社会责任感和影响力。

③氨法脱硫是一种高效、低耗能的湿法脱硫方式，脱硫过程是气液相反应，反应速率快，吸收剂利用率高，能保持脱硫效率 95-99%。

④氨法具有丰富的原料。氨法以氨为原料，其形式可以是液氨、氨水和碳铵。目前我国火电厂年排放二氧化硫约 1000 万吨，即使全部采用氨法脱硫，用氨量也不超过 500 万吨/年，供应完全有保证。氨法的最大特点是 SO₂ 的可资源化，可将污染物 SO₂ 回收成为高附加值的商品化产品。副产品硫酸铵是一种性能优良的氮肥，在我国具有很好的市场前景。

因此，项目的建成将进一步完善和优化企业的产业链结构，实现节能减排的环保目标，副产品硫酸铵也能产生一定的经济价值，实现经济效益和社会效益双赢，促进社会、经济、生态环境的协调发展。

1.1.4 可研报告编制依据和原则

1) 编制依据

（1）国家深入实施西部大开发带来的机遇。国家在“十二五”期间明确提出要继续深入贯彻西部大开发战略，重点是利用西部资源建立现代化产业体系，在西部选点建成重要能源生产基地、资源深加工基地和战略性新兴产业基地。

(2) 煤电节能减排升级与改造行动计划（2014-2020 年）

(3) 中华人民共和国国家标准《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)

(4) 国家发改委、财政部、国家环保部、国家经济贸易委员会关于发布“排污收费标准及有关问题的通知

(5) 宁夏和宁化学有限公司委托华东理工大学工程研究院有限公司公司编制“宁夏和宁化学有限公司 3×180t/h 锅炉烟气氨法脱硫超低排放工程”可研报告的技术咨询合同。

(7) 宁夏和宁化学有限公司提供的相关资料。

(8) 宁夏和宁化学有限公司提供的建设地环境、水文、公用工程等方面资料。

(9) 其他与本项目有关的政策性和技术性文件（技术性文件如：HJ 2001-2018 氨法烟气脱硫工程通用技术规范，HJ 2053-2018 燃煤电厂超低排放烟气治理工程技术规范等）

(10) 中国石油和化学工业协会文件中石化协产发（2012）115 号文关于印发《化工投资项目可行性研究报告编制办法》、《化工投资项目项目申请报告编制办法》和《化工投资项目资金申请报告编制办法》三个文件的通知。

2) 编制原则

(1) 项目建设必须遵守国家的各项政策、法规和法令，符合国家的产业政策、投资方向及行业和地区的规划；

(2) 采用国内成熟处理工艺技术，工艺流程先进，技术可靠，操作运行稳定，自动化程度高，能耗低，副产品质量稳定；

(3) 避免大气二次污染。原则上不接受出界区污水。“三废”排放必须符合国家、地方、行业规定的标准；

(4) 项目建设必须十分重视环境保护、安全和工业卫生，三废治理、消防、安全和劳动保护措施必须与主体装置同时设计、同时建设、同时投运。污染物的排放必须达到规定的指标，并保证工厂安全运行和操作人员健康；

(5) 按照现代企业制度和全新的建设模式进行规划建设。要统筹考虑未来的发展，为今后的发展留有一定的空间。

(6) 按照环保要求和经济性的原则和工厂设计模式改革的要求，尽可能节省项目投资。在稳妥可靠的前提下，实事求是地优化各成本要素，最大限度地降低项目的目标成本，提高项目的环保效益、社会效益和经济效益，增强企业的竞争能

力。

1.1.5 研究范围

根据本项目的特点，通过对原脱硫装置的运行分析、公用工程及辅助设施的综合能力平衡，本项目建设范围包括：

A 新建一套烟气系统（从锅炉引风机出口到脱硫塔进口，含烟道、膨胀节、挡板门及支架）

B 新建一台脱硫塔

C 新建一台氧化循环槽

D 新建一台水洗循环槽

E 新增一套循环机泵、风机等

F 泵房利旧原有引风机房 B 的 4 号引风机位置（利旧改造）

G 氨水制备及供应系统、硫铵后处理系统等与原脱硫系统共用。

H 新建检修事故槽及事故检修泵，工艺水系统，浆液除尘系统

1.2 研究结论

该项目报批总投资 4743.498 万元（暂不计流动资金、建设单位项目管理费及项目预备费），项目正常运行年份年总成本费用约 2617 万元，可将废氨水部分扣除（量由和宁公司提供），副产品硫酸铵销售收入约 2394 万元，企业需另行每年支出成本费用约 223 万元。

本项目是节能减排改造项目。项目采用烟气氨法脱硫超低排放工艺，使排放烟气指标既符合国家和地方的环保政策及污染物排放标准，又达到业主要求。即 $\text{SO}_2 \leq 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、雾滴浓度 $\leq 30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、氨逃逸 $\leq 3\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

本项目采用成熟、先进的一体化治理集成处理工艺和设备，不仅硫回收效率、排放指标低，可达到客户回用质量指标要求。项目的实施将有利于提升宁夏和宁公司废气脱硫的处理处置水平。另外，一期塔提标改造完成后，将作为主吸收塔，实现 30-100%操作弹性，原二期塔可作为“一期提标塔”短期检修的备用塔，实现了一开一备功能，保障了化工锅炉生产正常运行。

本项目符合区域规划要求及相关法规，公用工程供应条件保证，部分功能设施

还充分利用了已建设施，体现了资源节约、有效利用的理念。

本项目属政府大力倡导、政策鼓励类项目。项目建设将认真贯彻国家和地方的各项法规，在装置设计的同时，充分考虑环境保护，安全生产和职业卫生，确保符合国家及宁夏回族自治区相关法律法规，

本项目符合国家产业政策，符合地方发展总体规划，具有一定的经济性，很好的社会、环境效益。

综上所述，从项目的技术成熟、先进性、安全、环保、节能减排、产业政策符合性等方面来看，建设 3×180t/h 循环流化床脱硫一期提标改造项目是可行的。

1.3 主要技术经济指标

新增脱硫装置性能保证指标

序号	项目	单位	保证值	备注
1	脱硫保证效率	%	≥99.43	
2	出口 SO ₂ 排放浓度（标态、干基、6%氧）	mg/Nm ³	≤20	
3	SO ₂ 脱除效率	%	≥99.43	
4	出口烟气雾滴浓度	mg/Nm ³	≤30	
5	脱硫装置氧化效率	%	≥99	
6	烟气通过脱硫区域的总压降	Pa	≤2000	
7	脱硫装置可用率不低于	%	98	
8	氨的利用率不低于	%	97	
9	脱硫塔出口逃逸氨的含量	ppm	≤3	
10	吸收塔出口颗粒物浓度	mg/Nm ³	≤5	
11	硫酸铵品质		GB/T535-2020	

主要技术经济指标

序号	项目名称	单位	指标	备注
一	建设规模			

序号	项目名称	单位	指标	备注
1	处理烟气量	Nm ³ /h	600000	
2	SO ₂ 脱除量	吨/年	10105	
3	颗粒物脱除量	吨/年	120	
4	硫酸铵	吨/年	19320	副产品
二	操作时间	h/a	8400	
三	主要原材料			
1	氨水（15%）	吨/年	34000	
四	水、电、汽及动力消耗			
1	电	kWh/a	8708000	装机容量 1088.5kw
2	蒸汽 P=0.5MPa(G)	t/a	4200	
3	工艺水	t/a	235494	系统补水 28.05t/h
4	仪表空气 P=0.6~0.8MPa(G)	NM ³ /a	480000	
5	工艺空气 P=0.6MPa(G)	NM ³ /a	/	
五	三废排放量			
1	废水	m ³ /d	/	
2	废气	Nm ³ /h	/	
3	废渣/废液	吨/年	/	
六	全年增加运输量	t/a		
1	其中：运入	t/a	/	
2	运出	t/a	19320	硫酸铵
七	占地面积	m ²	1195	
八	建筑面积	m ²	泵房 198+配电室 126	利旧原有引风机房 B 的 4 号引风机位置；配电室新建
九	定员	人	/	不增加定员，维持原脱硫系统定员
十	主要经济数据与评价指标			
I	经济数据			
1	项目报批总投资	万元		

序号	项目名称	单位	指标	备注
	报批总投资	万元	4743.498	暂不计流动资金
2	建设投资	万元	4743.498	
3	固定资产投资方向税	万元	/	
4	建设期利息	万元	/	
5	流动资金	万元	307	
6	资金筹措	万元		
	其中：借款	万元	0	
	资本金	万元	4743.498	
	资本金比例	%	100%	
7	年平均销售收入	万元	2394	不含税，正常年份
8	年平均销售税金及附加	万元	5	
9	年平均总成本费用	万元	2617	正常年份
10	年平均利润总额	万元	-	
11	年平均所得税	万元	-	
11	年平均税后利润	万元	-	
13	年平均增值税	万元	-	
II	财务评价指标			
1	投资利润率	%	-	
2	投资利税率	%	-	
3	财务内部收益率(全部投资)	%	-	
4	财务净现值(全部投资)	万元	-	
5	投资回收期(全部投资)	年	-	
6	盈亏平衡点	%	-	

2 市场预测

2.1 市场需求预测

本项目副产硫酸铵产品，

硫酸铵，简称硫铵，俗称肥田粉，是一种优良的氮肥，适用于一般土壤和作物，能使枝叶生长旺盛，提高果实品质和产量，增强作物对灾害的抵抗能力，可作基肥、追肥和种肥。硫铵主要用作化肥中的氮肥，肥料硫铵约占其总消费量的 80%。硫铵最初以氨和硫酸为原料，直接合成，生产工艺简单，是世界也是中国最早的氮肥品种之一。上世纪 50 年代，硫铵产量曾占国内氮肥产量的 80%以上。随着碳铵、尿素等肥料的发展，用硫酸和氨直接合成的生产工艺由于成本高而逐渐萎缩，逐渐被焦化、化工等行业的副产硫铵所代替。目前，国内外硫铵主要来自工业领域的副产。

2021 年硫酸铵市场均价涨至 1010 元/吨，同比涨幅达到 92.4%。月均价格最低为 1 月份 544.4 元/吨，最高为 11 月 1658 元/吨，价差 1113.6 元/吨，涨幅高达 204.6%。

硫酸铵，化工、煤化工企业脱硫脱硝以及中和多余合成氨所得环保副产品，主要供应来源为焦化企业和己内酰胺企业，约占总供应量的 75%-80%。随着主产品己内酰胺企业产能增加，目前硫酸铵市场处于产能急速扩张阶段。硫酸铵属于出口主导型产品，2021 年中国硫酸铵市场乘着国际市场对硫酸铵需求增加的东风，出口量再冲新高，价格随之上涨。

2017-2021 年硫酸铵供需双增，随着出口增速加大，市场呈现供小于需的局面。

1. 供应

2017-2021 年，随着硫酸铵产能的不断释放，中国硫酸铵年度产量逐年增加，监测数据显示，2021 年硫酸铵供应量达到创历史新高的 1373 万吨，同比增幅约 3.4%。

2. 需求

需求量也有逐年增加，出口增量尤其明显。预计 2021 年硫酸铵出口量在 1000 万吨，同比增加 15.5%。中国为全球硫酸铵货源主要供应地，以拉丁美洲、东南亚、以及中东等地区为主要流向。

3. 影响因素

影响供需关系的关键因素有两个，一是 2017~2021 年间己内酰胺等副产硫酸铵产能大幅增加，仅 2021 年硫酸铵产能净增加 260 万吨，增幅 16.3%；二是硫酸铵出口为供需平衡带来较稳定支撑，出口增量对冲产能增长带来的影响，将供需关系往偏紧方面靠拢。目前，己内酰胺以及 MMA 等大型装置拟在建较多，预计 2022 年硫酸铵供应持续增加，产能增量约在 285 万吨，产量预计增加 100 万吨附近；而国内需求跟进不足，国际市场需求或扩大释放，分流增加的产量。预计，2022 年硫酸铵市场供需关系或呈现弱平衡状态。

2.2 国内生产及消费情况

2.2.1 中国硫酸铵供应

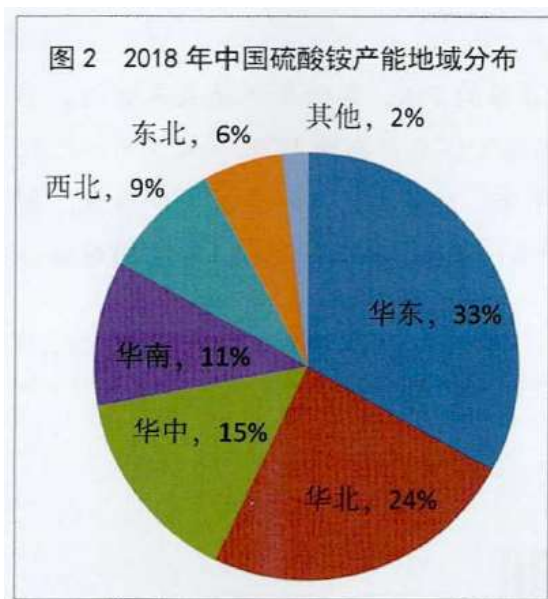
中国硫酸铵主要供应来源为焦化级和己内酰胺级，约占总供应量的 71%，其他分别是氰尿酸级、甲基丙烯酸甲酯级（MMA）、丙烯腈级以及电厂和各类化工副产。

由于硫酸铵是副产品，所以主产品的市场及行业政策的变化对硫酸铵行业的生产起着决定性作用。随着国家供给侧改革的深入以及安全环保督查的持续施压，焦炭企业部分落后产能不断被淘汰，2014~2018 年焦炭企业产能净减少 1205 万吨/年，折合成焦化级硫酸铵的供应整体萎缩 10 万吨/年左右。但因新型材料市场的崛起，2014~2018 年在己内酰胺产能不断释放影响下，硫酸铵产能逐渐扩张，尤其是 2015~2017 年产能增加明显。2018 年为新增产能生产稳定期，增速趋缓，但硫酸铵整体产能仍呈增加的趋势。

2018 年中国硫酸铵净新增产能 27 万吨/年，总产能较 2017 年增长 2.1%，达 1378 万吨/年。其中，焦化级硫酸铵总产能（包括钢铁、焦化等企业副产产能）约 410 万吨/年，占总产能的 30%；化工级硫酸铵主要为己内酰胺副产和氰尿酸副产，产能分别为 563 万吨/年和 70 万吨/年，分别占总产能的 41%和 5%；腿、丙烯腈等化工副产和电厂副产产能总计约 335 万吨/年，占总产能的 24%。近年中国硫酸铵产能增长情况见图 1。



从产能分布区域来看，中国焦化级硫酸铵生产企业主要集中在煤矿资源丰富的山西、山东、河北、河南、内蒙地区；己内酰胺级硫酸铵生产企业主要分布于化工产品需求量较大的山东、河南、河北地区以及海运较方便的沿海地区。2018年中国硫酸铵产能分布仍以华北和华东为主，华北地区以焦化企业和钢铁企业副产为主，部分己内酰胺企业扩产或新增产能，总占比24.0%，稍低于华东地区。2018年中国硫酸铵产能地域分布情况见图2。2018年化工以及煤化工市场多以强势上涨为主，多数焦炭、MMA、己内酰胺等企业产能利用率加大，整体开工率也相应提高。其中，己内酰胺装置平均开工率达到75.1%，同比提高0.6个百分点，焦化企业平均开工率76.4%，同比增加3.8个百分点。



受主产品开工率高起的带动，2018年硫酸铵产量提升至992.7万吨，相比2017年增加15.4%，开工率为72.1%，同比提高8.3%。产量的增加主要来源于己内酰胺级硫酸铵。据统计，2018年己内酰胺级硫酸铵供应量为425.6万吨，较2017年增加25.3%；虽然焦化企业部分产能退出，但是产能利用率出现回升，焦化企业盈利水平转好，焦化级硫酸铵产量达到356万吨，同比增加1.6%。

2019 年 1~5 月份硫酸铵总产量约 466 万吨，同比增加 17.09%。其中，焦化企业平均开工率为 80%左右，己内酰胺行业平均开工率为 79%左右，己内酰胺级硫酸铵总产量为 199 万吨。

2.2.2 中国硫酸铵市场需求

中国市场对硫酸铵的需求主要来自出口、复合肥、农用、冶金稀土、工业发酵等方面。2014~2018 年中国硫酸铵需求量整体呈逐年增长的趋势，其中占国内消费总量近 70%的出口方面的增长起了重要作用。由于国际硫酸铵市场供应不足，拉丁美洲以及东南亚等地区需求量逐年加大，以及国内产能的不断释放和中国货源的价格优势，近 5 年中国硫酸铵出口增长高达 63.9%，从而带动了国内硫酸铵的供应增长；国内市场需求方面，随着环境污染治理、水污染治理等政策的落实，稀土等高污染行业部分暂停，对硫酸铵的需求量逐年下滑，冶金等方面需求变化不大，工业发酵方面有些许增量；但复合肥市场在肥料市场份额占比大幅提高，硫酸铵挤压颗粒采购量加大，硫酸铵对高价尿素产品的替代等利好因素，对国内硫酸铵需求量的提高起到了主要作用。国内需求总量从 2014 年的 684 万吨提升到 2018 年的 991 万吨，需求增长高达 38.1%。

2.3 产品价格分析

2017-2021 年硫酸铵均价走势呈“N”字形，2021 年涨幅扩大，硫酸铵出口价格与国内出厂价格走势类似。2021 年硫酸铵涨势扩大原因主要在于供需两方面，一是供应量偏低，二是国际市场需求缺口较大。2021 年硫酸铵市场均价涨至 1010 元/吨，同比涨幅达到 92.4%。月均价格最低为 1 月份 544.4 元/吨，最高为 11 月 1658 元/吨，价差 1113.6 元/吨，涨幅高达 204.6%。2021 年硫酸铵成交价格不断突破，多次创 5 年价格新高，甚至将要突破 10 年高价记录。市场价格重要拐点为 3 月、7 月、9 月和 10 份。其中 10 月份为中国硫酸铵 2021 年市场最重要节点。国庆归来，硫酸铵市场消息面不断，但成交价格一路攀升。10 月 20 日附近达到均价高点 1860 元/吨，周度上涨幅度达到 660 元/吨，周环比涨幅 55.0%，同比涨幅高达 257.0%。重点利好在于供应紧张、国际市场需求跟进以及出口政策消息面，10 月开始硫酸铵价格呈现持续高位震荡态势。

基于市场供需情况以及其他影响因素分析认为，供需变化奠定硫酸铵市场价

格基本走势，宏观环境、国家政策及竞争形势等对供需影响较大，2022 年国际市场对于化肥需求大环境尚可，硫酸铵出口持续增加，但增量或面临挑战。供需决定价格，上半年国际需求缺口难以迅速填补，市场成交价格仍有上涨空间，而随着多数企业复产或提产，需求缺口得以补齐，2022 年下半年硫酸铵价格下行可能性最大。期间巴西以及东南亚需求增量空间决定硫酸铵货源流通以及价格走势，若巴西挤压颗粒采购量稳步小幅增加，将稳定国内焦化级货源价格，东南亚水稻以及棕榈等用肥量将主要影响己内酰胺级硫酸铵出货量。另外，尿素以及复合肥等市场预期难有较好支撑，对硫酸铵价格走势有侧面利空表现。

因此，2022 年春耕以及夏季市场硫酸铵在内需及出口订单支撑下，价格有继续上涨空间，继续高位震荡可能性较大。秋冬季节供应增量货导致市场利空逐步放大，而需求利好趋弱，价格或下行，10-12 月再现年内低谷值，预计全年月均价差预计在 800 元/吨，焦化级硫酸铵均价区间或在 800-1600 元/吨。

目前的市场价格在~1400 元/吨左右，技术经济计算按此价格计。

3 技术参数和处理规模

3.1 概述

本技术方案适用于宁夏和宁化学有限公司 3×180t/h 高压循环流化床锅炉烟气氨法脱硫超低排放工程。本方案采用烟气氨法脱硫超低排放工艺。

本项目拟新建 1 套氨法脱硫系统，采用 3 炉 1 塔结构，新建 1 套烟气系统；氨水制备及供应系统、硫铵后处理系统，工艺水系统等与原脱硫系统共用；新建泵房利用原有引风机房 B 的 4 号引风机位置。

烟气量按 600000Nm³/h（2 台炉同时运行）设计，烟气中二氧化硫含量按 3500mg/Nm³ 设计，原烟气温度按 110~138℃设计。

项目建成后，排放烟气指标符合国家和地方的环保政策和污染物排放标准。即 SO₂≤20mg/Nm³、颗粒物≤5mg/Nm³、雾滴≤30mg/Nm³、氨逃逸≤3mg/Nm³。

3.2 装置组成及规模

3.2.1 装置组成

（1）生产装置主要参数：

锅炉：规模：3×180t/h 高压循环流化床锅炉

参数：9.81MPa.G / 540℃

运行方式：2 开 1 备

运行时数：8000 小时

锅炉出口烟气温度：110~138℃

去脱硫装置的烟气量：60 万 Nm³/h

烟气中 SO₂ 数据：正常大值为~2025mg/Nm³，极限值≤3500mg/Nm³（设计值按 3500mg/Nm³，物料衡算、产品计算及技术经济按 2025mg/Nm³ 计）

袋式除尘器后尘含量：≤30 mg/Nm³

锅炉用煤煤质元素分析见下表：

名称	符号	单位	数值	
			设计 (应用基)	校核 (应用基)
碳	Car	%	58.14	53.73
氢	Har	%	3.29	3.72
氧	Oar	%	10.54	2.40
氮	Nar	%	0.73	0.93
全硫	St.ar	%	0.72	0.91
灰分	Aar	%	9.28	32.05
全水分	Mt	%	17.30	6.26
挥发分	Vd.af	%	25.19	23.65
低位发热量	Qnet.ar	KJ/kg	21920.00	20201.31

(2) 新建脱硫装置主要参数

烟气系统（从锅炉引风机出口到脱硫塔进口，含烟道、膨胀节、挡板门及支架）

脱硫塔：Φ11000mm×40000mm+锥段 9000mm（碳钢衬玻璃鳞片）

烟囱：Φ5500mm×41000mm（与脱硫塔一体，顶标高 90m）

氧化循环槽：Φ8000mm×10000mm

洗循环槽：Φ5000mm×6000mm

事故检修槽：Φ13500mm×15000mm

(3) 公用工程和辅助设施

本项目脱硫剂利用旧原有脱硫系统的氨水制备及供应系统。

本项目工艺水、蒸汽、仪用空气、循环水等与原脱硫系统共用。

本项目后处理系统与原脱硫系统共用。

3.2.2 装置规模

年运行时间 8400 小时

3.3 产品品种、数量、规格及质量指标

表 3.3-1 新材料企业标准

指标名称	指 标
	合格品
硫酸铵	4023.8kg/h
标准	GB/T535-2020

4 工艺技术方案

4.1 脱硫工艺的选择

脱硫可分为氨法脱硫、石灰(石)-石膏法、氧化镁法、双碱法。其中双碱法可再分为钠-钙双碱法与钠-镁双碱法两种。以下分析各工艺的优缺点。

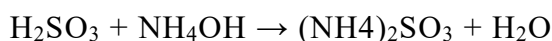
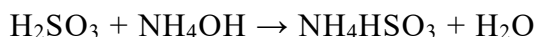
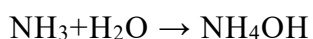
4.1.1 氨法

在石灰石-石膏法脱硫占据 90%市场份额的情况下,氨法脱硫工艺以其高效的脱硫工艺迅速受到关注。随着氨法脱硫技术的不断完善,已能应用于大型燃煤机组的烟气脱硫中。

氨法脱硫的吸收剂来源于市场采购的液氨或氨水,可达到 95~99%的脱硫效率,脱硫效率高,副产物硫酸铵可作为产品销售。氨法脱硫系统增加了降低氨逃逸的装置,处理后的烟气中 NH_3 含量小于 5ppm,满足环保排放的要求。

氨法脱硫的工艺流程为:吸收液通过喷嘴雾化喷入吸收塔,分散成细小的液滴并覆盖吸收塔的整个断面。这些液滴与塔内烟气逆流接触,发生传质与吸收反应,烟气中的 SO_2 被吸收。 SO_2 吸收中间产物亚硫酸氢铵由氨再生成亚硫酸氢钠投入循环吸收,部分亚硫酸铵经强制氧化形成硫酸铵。

氨法脱硫的吸收过程如下:



氨法脱硫具有特殊的优势:

- (1)氨的活性高,氨法脱硫的效率比石灰石-石膏法更高。
- (2)氨法脱硫的液气比很低,当烟气中的 SO_2 气体浓度很低时,液气比可以降低到更低,所需动力大大低于石灰石石膏法。
- (3)氨法脱硫的产物为硫酸铵,可直接销售,合理解决了副产品的问题。
- (4)脱硫、脱硝使用同一种吸收剂,部分设备如氨水槽等可以共用,节约了部分设备投资。

(5)氨的来源方便,化工企业自产的液氨、氨水完全可以满足脱硫脱硝的用量。

4.1.2 石灰(石)-石膏法

石灰(石)-石膏法是采用石灰石或石灰作为脱硫剂,是目前使用最广泛的烟气脱硫工艺技术,脱硫效率高且稳定,可达 95%。

该法目前存在两个难以解决的问题,首先是副产物硫酸钙难以处理,随着市场的饱和,产品硫酸钙无法销售,只能抛弃处理,故而产生了二次污染。第二个问题是装置的工艺路线长,装置的耗电量高,运行费用较高,排放指标不容易达标。

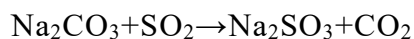
4.1.3 双碱法

双碱法可实现脱硫液中活性组分亚硫酸根的浓相操作,故而脱硫效率非常高,运行稳定的双碱法工艺的脱硫效率可达 99%以上,出口 SO₂ 浓度在 5~10mg/Nm³。一种双碱法是采用钠-钙工艺,然而双碱法存在一个致命的缺陷,就是非常容易堵塞管道。一般情况下,双碱法脱硫装置运行 7 天就会出现严重堵塞的情况。另外就是吸收剂钠盐的成本比较高,运行不经济。双碱法适用于小规模项目。

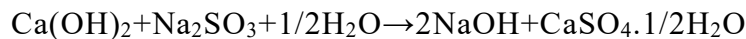
另一种双碱法是采用钠-镁工艺,也即将双碱法的 CaO 替换成 MgO,工艺与钠-钙法类似。双碱法的工艺原理如下:

双碱法脱硫机理如下:

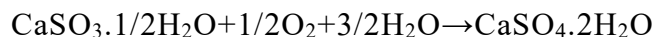
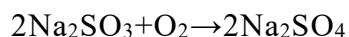
①吸收反应



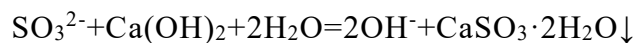
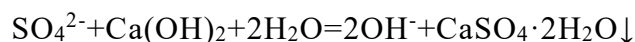
②再生反应



③氧化反应



双碱法脱硫的结垢机理的反应方程式如下:

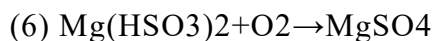
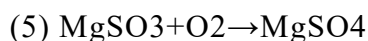
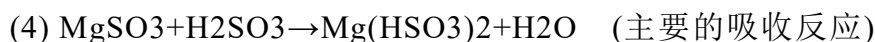
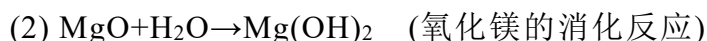


4.1.4 氧化镁法

氧化镁是 60 年代开发出来的一种成熟的工艺，之所以该工艺的用户不多，是受到菱镁矿的分布限制的。总体而言，氧化镁工艺的脱硫效率可达 95~99%，当液气比达到 3 时，脱硫效率就能达到 95%以上。

氧化镁湿法脱硫的工艺流程为：烟气在引风机的作用下进入脱硫塔的底部，与来自塔顶喷淋的吸收液充分接触，烟气中的 SO₂ 酸气迅速溶解进入吸收液，并且与吸收液中的活性组分 MgSO₃ 发生化学反应。

反应方程式如下：



上述各反应中，反应(1)是瞬间可逆反应，反应(3)~(6)是瞬间不可逆反应，整个吸收过程的反应速度非常快速。烟气在脱硫塔内停留时间在 2~3 秒即可达到 98% 以上的脱硫效率。

吸收了 SO₂ 的烟气温度约为 55~60℃，具有强烈的腐蚀性。因烟气处于饱和状态，烟气在后续的烟道内冷凝，导致腐蚀的发生。

氧化镁脱硫工艺的副产物是硫酸镁，当副产物作为废弃物外排时，其成分是 MgSO₄·7H₂O，废水的 COD 在 200 以下，可直接外排。当工艺需要提取副产物时，MgSO₄·7H₂O 可作为产品销售，实现一定的经济效益。

硫酸镁产物易溶于水，亚硫酸镁、亚硫酸氢镁可溶于水，故而氧化镁法脱硫工艺不存在堵塞的情况发生。

2.3.5 氨法脱硫工艺的确定

根据上述论述，湿法脱硫工艺中，氧化镁法、石灰石-石膏法、双碱法都面临二次固体废物的处理问题，也无法实现废水零排放的目标。

从投资、运行、占地面积、效率、功耗、脱硫剂的消耗等方面综合考虑，采用氨作为吸收剂的氨法脱硫具有很好的经济技术指标，本方案推荐采用氨法脱硫工艺。

各种脱硫工艺的技术指标见下表：

表 2.3.5-1 各种脱硫工艺的技术指标

脱硫工艺	脱硫效率 %	堵塞情况	脱硫产物	脱硫产物处理方式
氨法	≥ 98	不堵塞	硫酸铵	直接出售
镁法	≥ 98	不堵塞	硫酸镁	提取硫酸镁
双碱法	≥ 98	存在堵塞	硫酸钙	固废抛弃
石灰石膏法	≥ 95	存在堵塞	硫酸钙	固废抛弃

结合上表的分析，在各种脱硫方法里，双碱法、石灰石石膏法等半干法都产生了固体废物。

镁法脱硫需要设置硫酸镁提取装置，产品硫酸镁的市场价值很低，市场需求量不大，销售渠道很窄，一般也作为固体废物处理。

氨法脱硫工艺地结合了厂内的产品作为脱硫剂，氨源获取方便，固体产物硫酸铵可直接出售，不产生二次污染，实现了污水的零排放，加之公司本身为液氨生产企业，厂里原有的脱硫装置也是氨法工艺，部分装置设备可以利旧，与原脱硫系统形成备用关系，大大提高了新建脱硫系统的经济性，故方案选择氨法脱硫是比较理想的。

综上所述，本方案的脱硫工艺采用氨法脱硫工艺。

4.2 氨法脱硫工艺介绍

1) 工艺描述

氨法脱硫是亚硫酸铵与二氧化硫生成亚硫酸氢铵的过程。氨作为再生剂与亚硫酸氢铵反应重新得到亚硫酸铵。

吸收液通过喷嘴雾化喷入吸收塔，分散成细小的液滴并覆盖吸收塔的整个断面。这些液滴与塔内烟气逆流接触，发生传质与吸收反应，烟气中的 SO₂ 被吸收。SO₂ 吸收中间产物亚硫酸氢铵由氨再生成亚硫酸氢钠投入循环吸收，部分亚硫酸铵经强制氧化形成硫酸铵。

锅炉烟气由引风机进入吸收塔内由下向上逐步净化后从塔顶送出，首先在浓缩段利用循环喷淋的浆料中水分蒸发对烟气进行降温满足吸收段对温度的要求，同时利用烟气热量对硫酸铵溶液进行蒸发增浓。循环的硫酸铵浆液中硫酸铵物结晶达到一定比例后，经塔底浆液排出泵送往硫酸铵后处理系统分离出生产硫酸铵化肥。

在浓缩段增湿降温后的烟气经升气帽上升至吸收段与喷淋的循环液接触反应，除去烟气中的 SO₂。吸收液的有效成分是亚硫酸铵，与二氧化硫反应生成亚硫酸氢铵，富含亚硫酸氢铵的吸收富液经集液塔盘收集至氧化槽进行再生和氧化。向吸收富液中加入适量氨与亚硫酸氢铵分解成 2 倍亚硫酸铵，再生得到的亚硫酸铵一半重新加入循环吸收，多余部分经氧化成为硫酸铵，送往浓缩段。

净化后的烟气经过集液塔盘上升至水洗段，水洗段通过工艺水的循环喷淋洗涤烟气中夹带的液沫，离开水洗段进入除沫器的烟气也带有液沫但所含亚硫酸铵及硫酸铵的浓度降低不易堵塞除沫器，同时起到回收硫酸铵和降低尾气固体含量的作用。除雾处理之后的净烟气达标进入烟囱排放。

脱硫工艺系统主要包括烟气系统（新建）、SO₂ 吸收系统（新建）、氧化空气系统（新建）、水洗涤系统（新建）、硫铵后处理系统（利旧）、检修排空系统（新建）、氨水制备及供应系统（利旧）、工艺水系统（利旧）等。

脱硫装置的设置能够满足整个系统在各种工况下的运行要求，装置及其辅助设备的启动、正常运行监控和事故处理可根据具体需求实现自动化，以便减少在就地进行与系统运行相关的操作。

在装置停运期间，各个需要冲洗和排水的设备和系统（如：浆液系统的泵、管道、箱罐等）能实现冲洗和排水，包括浆液管道和其他所有与浆液接触的设备。设备的冲洗和清扫过程中产生的废水通过地沟排入地坑，然后由地坑泵送至脱硫塔系统中重复利用。

2) 工艺特点

本工艺流程简单、占地面积小、无二次污染。对烟气中 SO₂ 含量高的工况，效益尤其明显。其具有以下技术特点：

① 反应速度快，能在瞬间完成，吸收剂利用率高。

② 适用范围广，操作弹性大。氨法脱硫适合于中高低硫煤；对机组负荷变化适应性强，机组负荷在 30%-100%之间波动时，脱硫装置也能正常运行。

③ 原料易得。氨法以氨为原料，其形式可以是液氨、氨水和废氨水。

④ 氨法脱硫的 SO₂ 可资源化，可将污染物 SO₂ 变为附加值较高的氮肥，在我国具有很好的市场前景。可以变废为宝、化害为宝，没有二次污染。

⑤ 设备占地面积较小，阻力低，投资较少。

4.3 氨法脱硫工艺系统介绍

4.3.1 烟气系统

烟气系统的作用是：为烟气流经脱硫装置提供通道。

锅炉引风机来的原烟气经从塔下部进入脱硫塔内，烟气在脱硫塔内增湿降温、吸收 SO₂、水洗、除雾后经烟囱排放。

脱硫塔入口烟道采用钢制烟道，烟道设加强筋并保温。脱硫塔入口干湿交界面部分烟道内衬哈氏合金以避免磨蚀。

组成烟气系统的主要设备如下：原烟气烟道、烟道挡板门、烟道膨胀节、烟道支架等。

4.3.2 SO₂ 吸收系统

该系统设置 1 套脱硫塔（3 炉 1 塔）。采用氨水作为脱硫吸收剂。通过喷淋层喷嘴喷出的含铵浆液，将烟气中的 SO₂ 吸收，生成中间副产物亚硫酸铵。同时在循环槽中，利用来自氧化风机的空气将亚硫酸铵强制氧化形成硫酸铵，经浓缩循环泵供应至脱硫塔内的浓缩喷淋层与烟气接触，将溶液浓缩到一定浓度，并通过旋流器给料泵送至硫酸铵后处理系统生产硫酸铵化肥。脱除 SO₂ 后的净烟气则经脱硫塔上部布置的除雾器除去烟气中夹带的液滴后经烟囱排至大气。

氨法脱硫，其工艺经过最初的空塔喷淋简易吸收工艺，经过不断的工程实践和完善优化，发展到目前的分段吸收、梯级控制、多级高效除雾、综合治理、超低排放的成熟工艺。

脱硫塔自下而上可分为五个功能区：（1）浆液储存区：该区为硫酸铵浆液储存区，设置在塔底，浆池中设置空气搅拌装置，避免硫酸铵在塔底沉积；（2）浓缩降温区：该区设置一层降温喷淋层，利用原烟气的热量将浆液蒸发浓缩至过饱和产生硫酸铵结晶，同时将烟气温度降至饱和温度点；（3）喷淋吸收区：该区设置三层喷淋吸收层，用于吸收烟气中的酸性污染物（SO₂、SO₃、HF、HCl 等）；（4）水循环洗涤区：该区设置两层水洗喷淋层，其主要功能是用于脱除烟气夹带的吸收液，回收烟气中未反应的氨，进一步洗涤烟气中夹带的气溶胶颗粒。（5）高效除雾区：经过水洗段处理后的烟气，经过多级高效除雾器装置（管束式、屋脊式等），进一步脱除、净化烟气中的雾滴成分，再经过脱硫塔顶部的烟囱，将烟气在 90m 的高空进行达标排放。

组成吸收系统的主要设备有：脱硫塔、氧化循环槽、浓缩循环泵、吸收循环泵、旋流器给料泵等。

4.3.3 水洗循环系统

水洗系统的作用是：将一定流量的水送入脱硫塔水洗喷淋层，进一步洗涤烟气中夹带的氨、亚铵及硫铵，回收烟气中的氨，进一步对烟气中颗粒物进行洗涤。

本项目脱硫塔设置水洗段，独立循环，自成系统。

组成水洗系统的主要设备有：水循环槽、水洗循环泵。

4.3.4 氧化空气系统

氧化空气系统的作用是：将满足压力要求的氧化空气送往循环槽，将亚硫酸（氢）铵氧化为硫酸铵。

氧化空气系统的主要设备有：氧化风机、压力表、阀门及相关管线。空气经过滤升压，并喷水降温后送入循环槽。

氧化空气的量根据氧化反应需要计算，并考虑足够的过剩系数以确保氧化反应的完成。循环槽设置一定的液位以确保一定的氧化停留时间。

进入循环槽底部的氧化空气经空气分布器被分散成无数微细的气泡并充分混合在浆液中，增大气液接触界面，保证氧化反应完成以提高亚硫酸铵的氧化率。

过量的氧化空气进入脱硫塔底部的浆液区，利用余压对浆液进行搅拌，防止塔底积料的发生；同时又可以对浆液进行二次氧化，提高了氧化效率。

本系统主要设备有：氧化循环槽、氧化风机。

4.3.5 硫铵后处理系统（利旧）

4.3.6 检修排空系统（新建）

原有的检修槽容积只有 500 立方米，事故状态下不足以容纳新建脱硫系统的工艺浆液，因此需要新建一台 2000m³ 的事故检修槽和事故检修泵。

4.3.7 氨水制备及供应系统（利旧）

4.3.8 工艺水冲洗系统（利旧）

4.4 主要设备选型说明

4.4.1 烟气系统

(1) 所有不可能接触到低温饱和烟气冷凝液或从脱硫塔带来的雾气和液滴的烟道，采用碳钢或相当材料，所有可能接触到低温饱和烟气冷凝液或从脱硫塔带来的雾气和液滴的烟道，均考虑脱硫后的低温烟气防腐，采用可靠的内衬材料进行防腐保护。

(2) 烟道的布置确保冷凝液的排放，不允许有水或冷凝液的聚积。烟道设计提供低位点的排水和预防冷凝液的聚积措施，任何情况下膨胀节和挡板都不布置在低位点。

(3) 在脱硫装置停运期间，烟道采取适当的措施避免腐蚀。烟道外部加强筋统一间隔排列，尽可能设计成统一的规格尺寸或尽量减少加强筋的规格尺寸，以便使敷设在加强筋上的保温层易于安装，并且增加外层美观，加强筋的布置要防止积水。

4.4.2 脱硫塔

脱硫塔为脱硫装置的核心设备。

脱硫塔塔体材料为碳钢内衬玻璃鳞片。

脱硫塔底板和浆液可能冲刷的位置考虑防冲刷措施。

脱硫塔塔体及内部件结构设计考虑一定的腐蚀余量。

脱硫塔内配备一定数量的喷淋层，每组喷淋层由带连接支管的母管制浆液分布管道和喷嘴组成。喷淋组件及喷嘴的布置设计成均匀覆盖脱硫塔上流区的横截面。

喷淋系统采用单元制设计，每个喷淋层配一台与之相连接的循环泵。

脱硫后的烟气通过除雾器来减少携带的水滴，除雾器出口的水滴携带量达到国家相关标准。除雾器布置在脱硫塔顶部，除雾器由增强聚丙烯材料制作，除雾器均用工艺水冲洗，冲洗过程通过程序控制自动完成。

脱硫塔的设计防止液体泄漏。为保证壳体结构的完整性，尽可能使用焊接连接，法兰和螺栓连接仅在必要时使用。塔体上的人孔、通道、连接管道等需要在壳体穿孔的地方进行密封，防止泄漏。

在脱硫塔的喷淋段和除雾器段有若干个大小合适的人孔门，人孔门保证无泄漏，而且在附近设置走道或平台。人孔门的尺寸为 DN600--800，易于开关，在人孔门上装有手柄。

脱硫塔系统还包括所有必需的就地和远方测量装置，提供脱硫塔液位、pH 值、

压力、除雾器压差等测点。

4.4.3 机泵

- (1) 每台泵及其附属设备的布置便于操作、维护和拆卸。
- (2) 所有输送浆液的泵及部件的设计选材考虑磨损和腐蚀。泵停运后为了防止机械堵塞负载起动，浆液泵、浆液管道均配备有清洗、排空装置。
- (3) 并列运行或备用泵设计成同种型号，以使其具有可更换性。运行泵故障时，备用泵能立即或延时（延时时间可设）投入运行，防止装置的停运。
- (4) 泵的布置确保在所有运行条件下满足汽蚀余量（NPSH）的要求。
- (5) 在必要的地方（如箱罐出口的泵），泵按最小安全流量设计再循环系统。
- (6) 本工程的浆液循环泵采用单元制，并满足如下特殊要求：
 - ① 循环泵过流部件材质为耐腐蚀耐磨的双相合金钢。
 - ② 循环泵配有油位指示器、机械密封、联轴器罩等其他附件。
 - ③ 为了便于拆换和维修，循环泵配置整体底盘或安装框架。

4.4.4 氧化风机选择

- ① 罗茨风机具有价格低，但噪音超大效率低；
 - ② 磁悬浮风机能耗低、噪音小，但价格高，对运行环境空气质量要求苛刻、二周定期更换滤网、转子，夏季工作不稳定，气量做不大，需要多台才能达到要求；
 - ③ 单轴离心式风机采用三元叶轮，效率高，能耗低，噪音中等（85 分贝下）、可选加隔音罩噪音更低，适用于大气量，且调节气量方便（如进口 IGV 导叶 出口回流放空多种手段）运行稳定，长周期运行时间长（一开一备）
- 综合上述比较，选用高速单级离心式氧化风机。

4.4.5 雾器

- (1) 除雾器能承受高速水流冲刷，特别是人工冲洗造成的高速水流冲刷。
- (2) 内部通道的布置适于维修时内部组件的安装和拆卸。
- (3) 除雾器冲洗系统能够对除雾器进行全面冲洗，不能有未冲洗到的表面。冲洗水的压力应进行监视和控制，冲洗水母管的布置能使每个喷嘴基本运行在平均水压。

(4) 除雾器的布置结合脱硫塔的设计统一考虑，以方便运行和维护。

(5) 除雾器以单个组件进行安装。而且组件能通过附近的脱硫塔人孔门进入。

(6) 所有除雾器组件、冲洗母管和冲洗喷嘴易于靠近进行检修和维护。设计的除雾器支撑梁可作为维修通道。

4.4.6 膨胀节

(1) 采用不锈钢复合非金属型

(2) 采取一定措施防止灰尘沉积在膨胀节波纹处。

(3) 膨胀节根据烟气的特性保温，其结构采用可拆卸式，以便于检修。

(4) 接触湿烟气的位于水平烟道段的膨胀节设计排水，排水返回到脱硫塔区域的排水坑。

(5) 膨胀节与烟道的连接采用螺栓法兰连接，以确保膨胀节的可更换性。

(6) 靠近挡板门的膨胀节留有充分的距离，预防与挡板的移动部件互相干扰。

4.4.7 挡板门

(1) 挡板的设计能承受各种工况下烟气的温度和压力，能够在最大的压差下操作并且不能有变形卡涩或泄漏。烟道挡板的结构设计和布置要使挡板内的积灰减至最小。

(2) 烟道挡板采用具有 100% 的气密性。

(3) 每个挡板的操作灵活方便和可靠。各接合处应无漏气、松动现象。每台风门组装后必须在厂内做整体冷态启闭性能试验（包括驱动装置），保证各转动部件运动灵活。驱动挡板的气动/电动执行机构应设计有远方控制系统和就地人工操作的装置，挡板的开度指示器就地安装。

(4) 风门整体结构在冷热温差悬殊情况下，不发生变形卡涩。

(5) 风门在全开状态下阻力系数不大于 1%。

(6) 挡板式隔离门在设计压差和设计温度的零泄露。

(7) 应采用钢结构风门，闸板应采用整体铸造工艺。

(8) 电动风门关断时间≤40 秒，气动快关门关断时间≤5 秒。

(9) 风门在断电情况下可手动启闭。

(10) 烟道挡板执行器应考虑使用优质产品。

(11) 烟道内的风门挡板需考虑防磨措施。

(12) 执行器的速度满足电站锅炉和引风机的运行要求。

(13) 挡板打开/关闭位置的信号将用于锅炉的联锁保护系统上。所有挡板配有指示全开或全闭的限制开关。

(14) 每个挡板全套包括框架、挡板本体、气动/电动执行器，挡板密封系统及所有必需的密封件和控制件等。

(15) 烟道挡板框架由法兰螺栓连接。

(16) 挡板尽可能按水平主轴布置。投标方根据烟气特性选择挡板各个部件（包括挡板框架、叶片、轴密封片及螺栓连接件等）的材料。

(17) 所有挡板从烟道内侧和外侧都要容易接近，因此投标方在每个挡板和其驱动装置附近设置平台，以便检修与维护挡板所有部件。

(18) 全部挡板采用可拆卸保温结构，并且避免产生热不均匀现象。

4.4.8 管道、阀门

(1) 所有设备和管道（包括烟道）的设计考虑最差运行条件（压力、温度、流量、污染物含量）及事故情况下的安全裕量。设计选用的材料适实际运行条件，包括考虑适当的腐蚀余量，特别是使用两种不同钢材连接时采取适当的措施。

(2) 管道设计时充分考虑工作介质对管道系统的腐蚀与磨损，借鉴以前用于类似脱硫装置上的成功经验，选用恰当的管材（如碳钢管、衬胶钢管、不锈钢钢管、合金钢钢管和玻璃钢管道等）阀门和附件。

(3) 介质流速的选择既要考虑避免浆液沉淀，同时又要考虑管道的磨损和压力损失尽可能小。

(4) 浆液管道防止磨损和腐蚀，在布置上尽量减少弯头数量，防止浆液沉淀的形成。设备、管道配备合理的自动冲洗和排水系统。在装置关闭和停运期间，对浆液系统的各个设施进行排放和冲洗。

(5) 所有阀门设计选型适合于介质特性和使用条件。浆液系统的阀门考虑介质的磨损和腐蚀，阀门配置数量满足工艺设计要求。

(6) 功能相同、运行条件相同的阀门能够互换，阀门的规格尽量统一，尽量减少阀门的种类。

4.4.9 箱罐、容器

(1) 箱罐和容器的设计和试验标准采用现行国家或行业规范。

(2) 箱罐、容器的设计考虑最差运行条件(压力、温度、流量、污染物含量)及事故情况下的安全裕量。设计选用的材料适实际运行条件,包括考虑适当的腐蚀余量,特别是使用两种不同钢材连接时采取适当的措施。

(3) 箱罐和容器的设计包括必需的连接件、就地仪表与测量装置、人孔门、排水、排空措施以及运行和维护必需的通道楼梯和栏杆。

4.4.10 平台、扶梯

(1) 设计必要设备检修和维护平台,使检修和维护工作能够顺利进行。设计时要考虑系统与设备的热膨胀,以及平台、扶梯和栏杆协调性(如型式、色彩)。同一平台不同荷重的特定区域作上永久标记。

(2) 室外的设备检修和维护平台的扶手及爬梯均考虑防腐蚀措施。

(3) 用于脱硫装置设备运行和维护的扶梯,倾斜角度尽可能统一。

(4) 相应设置辅助设施(如:升降梯等)用于监测硫塔烟囱出口烟气满足 HJ75-2017《固定污染源烟气(SO₂、NO_x 颗粒物)排放连续监测技术规范》7.1.1.7 中 b) 要求

4.5 消耗定额

序号	项目名称	单位	指标	备注
1	氨水(15%)	t/h	3.93	
2	电	kw	1088.5	
3	蒸汽 P=0.5MPa(G)	t/h	0.5	
4	工艺水	t/h	28	
5	仪表空气 P=0.6~0.8MPa(G)	NM ³ /h	60	

4.6 电气技术要求

本部分对改造脱硫系统的电气系统进行描述。

4.6.1 配电系统

(1) 10kV 供电系统

新增脱硫系统装置,现场 10kV 用电设备(含变压器、电动机等设备),从买

方锅炉装置锅炉变电所 10kV 备用开关柜引出。

（2）380/220V 供电系统

新增脱硫系统配置脱硫干式变压器 2 台，变压器容量 1300kVA（暂定，最终以设计为准）。开关柜内电气设备一次元件及低压控制柜（箱）内主要电气元件设备（断路器及接触器等）、采用的电动机控保装置要求与买方厂房内设备选型一致。

4.6.2 控制与保护

（1）控制方式

脱硫系统的电气设备纳入 DCS 系统，不设常规控制屏。所有低压空气断路器控制电压采用 220V AC，高压开关柜控制电压采用 220V DC。

（2）信号与测量

脱硫系统所有开关状态信号、电气事故信号及预告信号均送入 DCS。脱硫系统采用 4~20mA 模拟量输出送入 DCS。测量点按《电测量及电能计量装置设计技术规程》配置。至少应有如下电气信号及测量量：

37kW 及以上及重要低压电动机的单相电流设置在 DCS 显示，不设现场电流表；

所有电动机的合闸、跳闸状态、事故跳闸（由 DCS 完成）、控制电源消失、手/自动切换开关。

（3）继电保护

10kV 电动机由高压断路器和微机综合保护装置实现保护，400V 厂用系统及电动机由空气开关脱扣器、接触器及电动机保护控制器实现保护。继电保护配置按《火力发电厂厂用电设计技术规定》配置，基本配置如下：

电动机	差动保护（2MW 及以上）、电流速断保护、过电流、过负荷、接地保护、过负荷、低电压、断相、堵转
-----	---

4.6.3 电缆和电缆构筑物

（1）10kV、0.4kV 动力电缆

10kV、0.4kV 动力电缆采用阻燃型聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电缆。

电缆的导体采用铜导体。

截面超过 6mm² 的电缆应为铜绞线电缆。

耐高温电缆和移动电缆，其导体应由细的铜绞线组成。

(2) 60V 以上的测量和控制电缆

对于 60V 以上电压电缆必须为阻燃型 PVC 绝缘 PVC 护套电缆，并且最小导体截面为 1.5mm^2 。低电平电缆应采用对绞屏蔽电缆，截面不小于 1.0mm^2 。进入 DCS 的控制电缆应采用屏蔽电缆，截面不小于 1.5mm^2 。

(3) 仪用变压器电缆

这些电缆必须符合“60V 以上的测量和控制电缆”的要求

通常，一条仪用变压器的电缆应只传输一个变压器的电压或电流值。如果同一个电压信号用于不同的需要（如：保护、测量、计量）应装设分离的小型断路器。变压器电压必须用独立的电缆传输。

对于室内的电流互感器，其电缆最小截面为 2.5mm^2 。

通往其他建筑的仪用变压器电缆最小截面为 4mm^2 。

最大电压降不应超过 2%。

(4) 电缆连接装置

10kV、0.4kV 动力电缆及控制电缆不应有中间接头。

10kV、0.4kV 动力电缆的终端应采用终端接头。

(5) 电缆设施

电缆设施应符合相关的标准和规范。

(6) 电缆构筑物

应按相关标准和规范的要求在脱硫区域内规划电缆通道，与临近的主厂房电缆通道配合连接。

(7) 电缆防火阻燃

依据有关标准和规范，电缆应有防火阻燃措施。

(8) 电缆桥架

由于现场为易腐蚀环境，要求采用耐腐蚀材质电缆桥架。

4.6.4 电压设计要求

(1) 电压等级

本工程将采用下列电压等级：

10KV±7%	用于容量不小于 200kW 的电动机、变压器
380/220V±5%、50Hz、三相五线制直接接地系统	用于容量小于 200kW 的电动机、小动力负荷以及照明和室内插座的电源。

220V DC-10~15%	作为应急装置和控制电源
·12V±10%，50Hz±10%	用于密闭金属容器中
·24V±10%，50Hz±10%	用于密闭金属容器外维修

(2) 电压降

配电回路的设计应使回路所接母线的最低电压不低于系统正常电压的下列百分数。

①电动机回路

配 电 回 路	正 常 运 行 时	串 接 自 起 动 时
	380V 电动机	380V 电动机
母线最低电压	95%	55% (10%)

②照明回路

配 电 回 路	正 常 运 行 时	短 时
母线最低电压	95%	93%

③控制回路

交流控制回路：90%

直流控制回路：90%

④仪表电源回路

仪表电源回路：98%

4.6.5 电气设备总的要求

电气设备和元件具有 5 台（件）以上在同类工程下 3 年以上的运行经验。

脱硫系统内应设置必要的 400V 电动机控制中心（MCC），其设计应符合上述章节规程、规范的有关要求（MCC 柜及智能马达保护器选型与买方动力装置选型一致）。

根据实际需要，在脱硫系统内为相关设备设计必要的就地控制箱，并应满足相关规程要求。

安装在室外的照明配电箱，要求防水防尘防腐，其外壳防护等级必须达到 IP65，防腐等级为 WF2；安装在电气控制室内的照明配电箱，其外壳防护等级为 IP54，防腐等级为 WF1；安装在其余场所的照明配电箱，其外壳防护等级为 IP65。为适应树干式配电系统，照明配电箱内应设汇流母排，并合理安排电缆头的空间。配电箱内应允许至少三根 70 mm² 电缆引入。户外照明箱应为下进线。

照明箱采用三相五线制，内部应设 PE 母线和 N 母线。相线应设端子排。确保设备安全运行和方便维修，箱体应设双层保护门。同时应有检修门的开启和元件整体取出的措施。照明箱的主要元件选型（设计选型根据国家有关标准执行，同时应满足短路时动热稳定的要求）

控制室、配电间、稀释风机房等室内的插座，应为暗电源插座，且其数量足够。

脱硫系统内应安装必要的检修电源箱，其布置、防护等级、主要元件的选型等应符合 IEC 要求。

在室内、外安装的检修箱，任何检修位置至检修箱的距离均不应超过 30 m。在检修箱内应设置三相五孔插座或三相接线端子（其额定电流不小于 80A）以及单相三孔插座。检修箱及现场操作柱采用不锈钢外壳，要求防水防尘防腐，安装在室外的检修箱，其外壳防护等级必须达到 IP65；安装在电气配电室内的检修箱，其外壳防护等级为 IP54；安装在其余场所的检修箱，其外壳防护等级为 IP65，防腐等级为 WF2。现场操作柱外壳防护等级为 IP65，防腐等级为 WF2。

检修用照明及维修电气工具用 12V (AC, 50Hz) 电源，由安全变压器箱提供，安全变压器的设计应满足相关规程和标准。

与工艺流程无关的负荷（不重要的设备）如排水泵、抽水泵等可以通过就地控制箱操作。这类泵的电机应采用就地液位控制并装有自动和手动操作装置。独立的液位控制柜装在电机附近。计量仪或液位监视仪应装于前面板。就地控制箱应有液位报警信号和故障信号输出接点，根据买方需要确定是否进入 DCS。

就地控制箱采用不锈钢外壳，安装于墙上或经过热浸镀锌处理的支架上。防护等级达到 IP65。

控制箱必须装有必要的进线断路器，小型断路器、熔断器、辅助继电器、接触器、过流继电器、端子排、接地端子和电缆连接单元。箱内元件应满足短路时动热稳定的要求。箱内所有电气元件设计选型根据国家有关标准执行。

截面小于 16mm² 的电缆，其中性线的截面须与相线的截面相同。直流系统应采用耐火电缆；环境温度在 60℃ 以上时应采用耐高温电缆。有腐蚀性场所应采用耐腐蚀电缆。电缆的导体采用铜导体。铜导体电缆最小截面为 4mm²。

10kV、380/220V 系统动力电缆采用 C 类阻燃型聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电缆。

脱硫区域的所有电气设备外壳、开关柜和操作箱的接地线，以及金属结构、电缆管、金属罐和其他易于偶然带电的金属制品设计并提供接地系统，并符合相关 GB、DL 及 IEC 标准的要求。

防雷保护系统的布置、尺寸和结构要求应符合相关的 GB、DL 及 IEC 标准。

附属辅助建筑的照明及插座线路采用电线管暗敷的方式。明敷管路采用密闭式接线盒。所有配线管采用电线镀锌钢管。所有场所的导线均采用 BV-500V 型导线，线径 $\leq 2.5\text{mm}^2$ 。所有地方的照明系统将采取光控、声控、手动等节能方式进行控制。

各主要场所的照明方式、灯具选型及照度应满足 DLGJ56-95《火力发电厂和变电所照明设计技术规定》的相关要求，照明灯具应与主厂房一致。

接地系统包括：接地极、接地体、所有需要的连接和固定材料，若需采取降阻措施所需的降阻材料等，要求接地材料为铜包钢。

户外控制箱、户外电机安装防雨帽。

电气设备防护等级：电气设备防护等级的选择应满足有关标准和规范的要求。

防止触电措施：对于可能接触的带电装置和设备，也应有相应的保护措施。

电气设备的颜色标识：电气设备外壳的颜色由业主指定。

电气设备耐压要求：

380/220V 设备额定耐受电压：660V

绝缘水平：工频 2500V（1 分钟）

4.6.6 电动机的要求

低压电机应按有关标准、规定、进行设计、制造、运输、安装及使用。

另外，应满足以下要求：

（1）当电动机运行在设计条件下时，电动机的铭牌出力应不小于拖动设备的 115%，所有电动机应有 1.10 运行系数。

（2）当频率为额定，且电源电压与额定值的偏差不超过 $\pm 10\%$ 时，电动机应输出额定功率。

（3）当电压为额定，且电源频率与额定值的偏差不超过 $\pm 3\%$ 时，电动机应输出额定功率。

（4）当外部转动惯量与电机转动惯量和反扭矩相同时，设计的每台电机至少应能在较低温度和运行温度下每小时连续启动 3 次和 2 次。

- (5) 当瞬间电压下降到额定电压和全反扭矩的 75%时, 电机不会失去同步。
- (6) 电机和联轴器的尺寸应保证在反相和电机 100%残余电压时能连在刚性系统上。
- (7) 不应出现损坏轴承的电流。
- (8) 装有滚动轴承的电机应在合适的地方安装测量接头,以便使用 SPM 法(冲击脉冲法)对轴承进行监测。如不能接触轴承, 仪表应连接在电机周边上。
- (9) 滑动轴承应装有油位指示仪。为监控普通轴承, 采用 Pt100 电阻测温计。
- (10) 电动机应有 F 级绝缘系统具有密封或者焊封的静止线圈。在周围环境温度为 40℃时, B 级绝缘电动机的温升不超过 80K。所有电动机的使用寿命按现场的要求不小于 30 年。这些电机应安装有温度计(每相 1 个)。
- (11) 电机外壳防护等级; 室外, IP55 或更高, 室内 IP55 或更高, 防腐等级为 WF1。接线盒至少为 IP55。
- (12) 每台电动机应有电动机机座的接地装置, 大于 40kW 电机在电动机完全相反的两侧接地, 对于立式电动机, 一个接地装置设在电缆接线盒下面, 另一个接地装置设在第一个接地装置其反方向 180°位置上。
- (13) 电动机的起动电流, 应达到与满足其应用要求的良好性能与经济设计一致的最低电流值。除非得到需方的书面认可, 否则, 在额定电压条件下, 电动机的最大起动电流不得超过其额定电流的 600%。
- (14) 电动机绕组经真空压力浸渍处理和环氧树脂密封绝缘。绝缘能承受周围环境的影响。电动机的连接导线与绕组的绝缘具有相同的绝缘等级。
- (15) 电动机的振动幅度不超过标准所规定的数值。电动机的振动保持在允许限度内。
- (16) 电动机的最高噪音水平符合所列规范和标准的要求。距外壳 1 米远处, 电动机的平均声压级不得大于 75dB (A 声级)。如果预计设备的最大音级超过规定的容许极限, 供方采取措施降低噪音, 以满足规范和标准的要求。具体采取的措施应经需方审查认可。
- (17) 提供电动机内部接线与外部电缆进行连接的连接器。
- (18) 在现场和规定的环境中完全符合规范地运行条件下, 电动机的设计能保证其使用寿命不低于 30 年。电动机在用户按照其说明书的规定正确使用与存放的情况下, 制造厂应保证在使用一年内, 但自制造厂起运日期不超过两年的时间

内能良好地运行，如在规定时间内因制造质量不良而发生损坏或不能正常工作时，制造厂应无偿地为用户修理或更换零件或电动机。

(19) 供方应在设备使用说明书中提供一份完整的推荐使用并完全适用的润滑油和防锈剂清单，包括其商标牌号和油品名称，并在电动机设备铭牌（可以使用单独的设备铭牌）上标明。

(20) 额定功率大于 75kW 和更大的电动机应有套筒式或平板式轴承，每只轴承应配电阻式温度检测器，并有引线引出到一个单独的接线盒供外部连接使用。

(21) 随机配套控制箱满足 GB7251《低压成套开关设备》国家标准。箱体应设密封门，显示、操作设备安装于箱柜内的安装板或内门上，制作和安装工艺精致美观。当控制箱柜内并存强电动力回路、强电控制回路和弱电控制回路时，卖方应将各种回路关联的控制器件、端子排和连接导线分隔布置，采取防止强电回路干扰弱电信号回路的措施，利于运行、检修安全。

电气系统设置补充通用要求

①380V 低压配电系统同规格、同类型的抽屉，各预留 30%对应的备用抽屉。每段母线各预留两处低压柜安装位置，根据功率因素的需要，需要设置满足功率因数要求的电容器无功补偿；

②要求在 7.3.4.1 主要工艺设备中，写明电机的电压和功率。

4.6.7 通讯

升降梯配置一部直通电话，直通电话接入动力控制室。

4.7 仪控技术要求

4.7.1 设计范围

新增脱硫系统仪表和控制系统的系统包括全部仪表、控制系统硬、软件及其它安装材料、专用工具、备品备件、分析设备、安装、调试、验收及与主装置 DCS 控制系统之间的软、硬件接口工作等。

4.7.2 电源

提供仪表 UPS（不间断电源，供电时间不小于 1 小时）电源，电压波动±10%、50Hz 电源；提供脱硫系统所需的各档电源。提供电源切换装置，在一路自动电源故障时自动切换到另一路，并不应引起系统的误动及数据丢失。当两路电源均丧

失时所有设备应在安全的跳闸位置。

脱硫反应区 DCS 系统设置独立的辅助电源柜。

4.7.3 分散控制系统

烟气处理单元的控制纳入动力 DCS 实现。提供操作员站，用于操作员操作使用，新建脱硫系统的操作员站和原有二期操作员站共站。脱硫 DCS 与动力装置 DCS 联网，所涉及到的所用硬、软件，通讯光缆，技术支持等。整个烟气处理单元作为动力装置 DCS 系统的一部分，运行人员直接通过中控室中动力装置 DCS 操作员站完成整个烟气处理单元的监控。烟气处理单元的控制硬件应和动力装置 DCS 系统的硬件保持一致。

应提供完整的设计技术资料，该资料至少应包括烟气处理单元热控施工图总说明、仪表控制系统图、仪表清单、I/O 清单、设备技术规范、电源施工图、气源施工图、仪表导管阀门清册、电动门配电箱施工图、电缆桥架及就地盘柜布置图、电缆防火施工图、仪表安装图、DCS 机柜端子排接线图、电缆清册、安装材料清册、脱硫系统联锁保护要求、定值清单、SAMA 调节框图及说明书、顺控逻辑图及说明书等。应对所提供的烟气处理单元的控制逻辑和保护进行整体优化，保证整个系统的正常和可靠运行。

4.7.4 消防、火灾及氨泄漏报警和消防控制系统

包括脱硫系统公用设施范围内的消防水系统、火灾及氨泄漏报警和消防控制系统的设计、供货、施工安装、联网及运行调试等。

新增脱硫系统范围内的消防水系统、移动式灭火器、火灾及氨泄漏报警和消防控制系统采用与主厂房火灾报警控制系统相同的硬、软件。

应根据国家、地方有关消防规定负责脱硫系统区域范围内的消防水系统（地上消火栓、消防水炮、固定式洗眼器等）、必要的灭火器材、火灾报警和消防控制系统的供货，脱硫火灾探测及报警系统应并入动力原有的火灾报警系统中，并重新编写程序，以便应急救援中心主机接收动力分机的报警信息。

移动式消防器材按消防部门要求提供含消防部门验收。固定式气体探测器的类型、数量均由卖方根据规范增加，新增加的气体探测器品牌必须与原有的品牌一致，并将设计的点位图及信号控制器接入中控和应急救援中心的固定式气体报警控制系统中。这些系统均应作为一个子系统与买方对应系统联网或一体化设计。

联网或一体化设计所涉及的一切技术支持。

新增脱硫系统范围内的消防、火灾及氨泄漏报警和消防控制系统的设计，应执行前述现行消防规范、规程及地方性法规，并应通过有关安全、消防部门的检查和验收。

本报告仅提出氨泄漏及火灾监测、报警及消防控制系统的基本要求，卖方应设计、采购、安装、调试脱硫系统工业电视监视系统与业主的系统相匹配。

4.7.5 仪表和控制系统的的设计总则

新增脱硫系统的仪表和控制系统应满足但不限于下述要求：

(1) 本次需将原有操作室移至锅炉控制室

(a) 操作员站应采用先进可靠的电脑，应具有抗干扰、防辐射能力。

(b) 提供脱硫塔系统监视和控制的所有显示器画面(包括模拟图、棒状图、趋势图、操作画面、报警画面及操作指导等)以及控制逻辑联锁的组态及调试，以便于买方将其集成在 DCS 监控操作员站上。应提供良好的软件接口和配合，直至 DCS 操作员站上实现对脱硫系统进行远方监视和操作的全部功能。

(c) 画面组态应能分别显示各系统的工艺流程及测量参数、控制方式、顺序运行状况、控制对象状态，也应能显示成组参数。当参数越限报警、控制对象故障或状态变化时，应以不同颜色进行显示，并应有声光报警。应按照系统各工艺流程图设计显示器画面，应设有足够的幅数以保证各工艺系统和控制对象的完整性及所控系统的运行和控制状况。

(2) 控制设备技术要求

采用与动力装置的 DCS 硬件一体化设备，应详述其配置方案。远程控制站与动力装置 DCS 间采用冗余通讯光缆连接。新增脱硫 DCS 与动力装置原有 DCS 系统采用 Modbus485RTU 通讯方式连接。

提供的远程控制站容量和备用量应满足本工程区域划分的要求，远程控制站机柜布置在脱硫 DCS 机柜间内。

提供脱硫 DCS 和仪表所需的 UPS 电源装置，UPS 电源容量应可在最恶劣工况下连续使用一个小时，功率不低于 2 千瓦。UPS 电源统布置在脱硫 DCS 机柜间内。

I/O 点裕量为同类型 I/O 点的 20%。I/O 卡槽裕量为 20%。每块卡件不少于一个备用通道。

通讯总线的负荷率≤30%(以太网≤20%)。

电源余量≥40%。

电气模拟量输入采样周期≤50ms, 非电气模拟量输入采样周期≤200ms, 开关量采样周期≤100ms。

所有开关量输出均采用继电器隔离输出, 输出接点闭合、带电和分断容量: AC220 5A、5A、2.5A。

所有的硬件应能在环境温度为-10~70℃相对湿度为 5~95%(不结露)的范围内连续运行。

仪表和控制设备应考虑最大限度的可用性、可靠性、可控性和可维修性。在规定的条件下, 所有部件应安全运行并达到: 仪控设备投入率 100%, 保护及联锁投入率 100%, 自动调节系统投入使用率 100%, 分析仪表投入率 100%。

新增脱硫系统单体设备的启/停控制、正常运行的监视和调整、以及异常事故工况的处理等, 应完全通过新增脱硫塔系统 DCS 来完成。任何就地操作手段, 只能作为 DCS 完全故障或就地巡检人员发现事故时的紧急操作手段。

控制和监测设备应有良好的性能, 以便于整个装置安全无故障运行和监视, 并应符合相关的防腐、防水、防爆要求。

所有安装材料、电缆、电缆桥架等应随脱硫工艺系统成套供货。

4.7.6 就地设备

提供工艺系统和单体设备上用于测量和控制的就地检测仪表、远传仪表、执行机构、控制盘柜及全套附件。

(1) 设计原则

(a) 工艺系统中在巡检人员需监视的地方, 应设有就地指示仪表, 并配有防振动措施。所有温度、水位、压力等取样点要求设在介质稳定且具有代表性和便于安装维护的位置, 并符合有关规定。设计和提供脱硫系统性能试验所需要的试验取样点和一次检测设备以及一次元件安装所需的套管、温度管座、仪表阀门等。符合有关规程、规范、标准的规定。

(b) 仪表和控制设备的设置位置和数量应满足采用新增脱硫塔系统 DCS 对整个烟气处理单元进行远方监视、运行调整、事故处理和经济核算的要求。

(c) 随脱硫设备所供的就地仪表和检测元件必须符合国际标准, 不选用国家宣布的淘汰产品, 且规格型号要齐全, 热控测量元件的选择应符合监视控制系统

的要求。

(d) 应对其所供热控仪表设备（元件）包括每一块变送器、压力表、压力开关、仪表、阀门等提供相关的资料。提供的资料要齐全，并要详细说明其规格、用途、安装地点及制造厂家。所有仪表均采用国际单位制。

(e) 所有同类型的仪表、控制设备、控制系统，将尽可能采用同一制造厂的产品，以确保自动化系统的完整性，减少仪表控制设备的品种和备品备件的数量。

(f) 脱硫系统配供的测量仪表（压力表、变送器、液位计等）均配供安装附件（一次门、二次门及排污门等）。

(g) 保证其所供热控设备的可靠性。

(h) 用于远传的开关量仪表，包括压力开关、差压开关、流量开关、液位开关、温度开关等选用进口产品（SOR、UE 产品）。开关量仪表的接点容量为 220VDC 1A、220VAC 3A，数量将满足系统的控制要求。

(i) 对于关系到安全或调节品质的重要过程参数，热工测量元件（测温元件、变送器、逻辑开关）均应按三重冗余方式配置，进入 DCS I/O 站不同的 I/O 卡，在 DCS 中进行三选二或三选中逻辑运算，应根据工艺系统重要程度提出三重冗余方式配置清单。

(j) 提供的阀门、执行器等应具有足够的调节范围和可控性，并具有成熟运行经验。随脱硫系统供的执行机构、电动（气动）阀门保证远方操作时关得严、打得开。随阀门带的行程开关能可靠动作，能适应各种现场运行环境，严密性好，能正确反映阀门打开和关闭状态。执行器的布置及安装位置充分考虑锅炉运行区域的恶劣环境，不卡涩，行程开关动作可靠，位置反馈信号与阀位对。阀门的驱动装置，其驱动力矩与阀体的要求相适，安全可靠、动作灵活，并附有动态特性曲线。所有的电气元件符合 IP65 防护等级，随驱动装置供的接线盒，其密封性、防尘、防水符合 IP65 防护等级。

脱硫系统阀门执行机构应优先选用气动执行机构，满足故障安全性要求（即在失电、失信号、失气源故障情况下，阀门应自动向工艺安全方向动作）。氨系统执行机构应同时满足防爆等级要求。

(k) 随脱硫系统供货的电动阀和调节阀执行机构均采用一体化智能型（含动力控制装置或伺服放大器），气动调节执行机构将采用智能定位器，带三段保护。所供电动阀都将设置过力矩闭锁开关，在开、关方向各有 2 对独立的两常开、两

常闭接点。其接点容量为 220VAC，3A、220VDC，1A。

(1) 随脱硫系统提供的所有远传测温元件要求采用双支型 K 或 E 分度热电偶或双支型三线制 Pt100 热电阻，大于 400℃的必须采用热电偶。

(m) 所有远传仪表、变送器（二线制）将采用 4~20mA DC 标准信号，带 HART 协议，精度值将不低于 0.1%。

(n) 脱硫系统提供的所有室外的仪表控制设备及电气元件符合 IP65 防护等级，控制柜放置在控制室及电子设备间的设备将为 IP56。

(o) 所有测量点至一次隔离阀门采用的所有材料应符合在安全运行条件下测量介质的要求。与仪表及变送器连接的仪表管材质及壁厚应与工质相适应，不得出现腐蚀或污染的现象。

(p) 所有就地热控设备应提供永久性金属标牌，型式规格参照工厂设备标牌。

(q) 所有与氨接触的仪表、阀门、管线、接头等禁止使用含铜、锌及其合金材质的设备材料。

(r) 应提供详细的脱硫系统运行参数，包括脱硫运行参数的报警值、保护动作值及整定值。

(2) 仪表的具体技术要求

1) 温度测量

(a) 热电偶应根据工艺参数选型，采用支 E 分度热电偶，热电偶测温元件均采用铠装元件，双只测温元件均应分列绝缘。

(b) 动力阻可用于电动机线圈，冷却水等测点。均采用铂动力阻(分度号 Pt100)。对于轴承等振动部件进行温度测量时应采用专用的耐振型双支型动力阻。

(c) 温度一次测量元件保护管材质全部采用不锈钢，对于烟气测量或在粉尘流速较高处安装的测点，测温元件应选用耐磨、耐腐型保护管。

(d) 所有动力阻及热电偶其引出线必须有防水式接线盒。

所有热电偶和动力阻温度计应根据管路、容器相应条件来选择螺纹或法兰、及焊接方式安装。

(e) 测温元件安装的插入深度应符合相应的标准。

(f) 烟气处理单元的性能试验测点应预留，暂未使用的测点应安装插座并有保护盖。

(g) 带刻度的温度计只用于就地指示，精度不低于 1.5 级，采用不锈钢外壳、

万向型、刻度盘直径为 150 毫米。必要时应为无振动安装，使显示仪表远离振动场所。

2) 压力/差压测量

用于监视与控制的压力和差压信号，应采用压力/差压变送器测量。压力/差压测点位置应根据相应管路或容器的规范要求确定。

所有差压变送器应根据被测介质的参数设置以下部件：

- (a) 一次阀、二次阀与平衡阀。
- (b) 用于清洁压力管道的排污阀。
- (c) 阀门应为焊接式或外螺纹；二次阀门为外螺纹连接，阀体采用不锈钢。
- (d) 所有压力/差压变送器压力表计的管接头规格为 M20×1.5。
- (e) 应为所有烟气压力变送器和压力计提供吹扫空气，并在取样回路加装吹扫门。
- (f) 压力/差压变送器采用智能式变送器。

3) 就地压力表

压力表应设置在容易观察的位置，压力表采用不锈钢材质。

- (a) 刻度盘直径为 150 毫米。
- (b) 接头为规格为 M20×1.5。
- (c) 就地压力表计的精度不低于±1.5%。
- (d) 就地安装的压力计表提供压力表阀门。
- (e) 测量有悬浮物介质的压力时，应有水力冲洗设施。

4) 流量测量

(a) 新增脱硫系统的流量测量至少包括进厂单元烟气流量、吸收液流量等。入口烟气流量采用高温进口热质式流量计、吸收液流量采用电磁流量计，处理后烟气流量测量采用超力巴测量装置进行测量，应满足测量精度不低于 0.5 级的要求。

(b) 流量测量装置前后的直管段长度应符合规定。介质流向应用箭头准确标志在测量装置上。

- (c) 一个节流装置上安装 2 个或以上变送器时，取样孔的对数应与之相适应。
- (d) 必要时可对被测介质的密度、压力、温度变化进行补偿。
- (e) 对于其它流量测量（例如在特殊悬浮物中，或含颗粒的液体），应根据

可靠性和抗腐蚀性的要求，选用电磁流量计或其他合适的流量计，精度不低于 0.2 级。

5) 液位测量

(a) 新增脱硫系统的液位测量主要包括脱硫塔或反应器及储槽，对氨法脱硫来说液氨储罐、稀释槽的液位等，应选择满足耐氨腐蚀，及防爆要求的液位计。

(b) 就地液位测量，要求采用磁翻板液位计，不得采用玻璃管液位计。液位指示计的指示范围为整个容器/水箱。

(c) 箱体或筒仓内料液位测量：应采用合适的测量方式，以保证其测量的可靠性与精确性。

(d) 对于有悬浮物介质，其液位、料位测量应使用电磁波（超声波）非接触式测量仪，不采用核辐射式料位计。如果使用其它的测量原理，必须使用具有成熟经验的测量方法。在保证精度要求的前提下，应能通过调整测量元件的灵敏度来消除所有的干扰信号。

(e) 液位测量的变送器应具有 4~20mA 信号输出。

6) 分析仪表

(a) 新增脱硫系统采用氨法脱硫工艺，直排烟囱高度 90m，设置 2 套烟气 CEMS 在线监测系统，即烟气进、出口各 1 套，在线监测设施安装必须满足（HJ75-2017）《固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范》要求，其中包含：氮氧化物、二氧化硫、颗粒物、温度、压力、流量、流速、氧、湿度，出口 CEMS 增加氨逃逸检测，并接入中控 DCS 画面，与当地环境检测信息监控平台联网，最终完成验收备案工作。

(b) 新增脱硫系统在吸收循环泵出口增加在线 pH 计，脱硫塔和氧化槽增加密度显示功能。

(c) 应提出取样分析仪的参数和具体规范要求，并负责接入脱硫控制系统。

7) 执行机构

执行机构采用进口智能一体化的电动执行机构或装设智能阀门定位器的气动执行机构，具有 4~20mA 的位置反馈信号。用于二位控制(ON-OFF)的电动阀门开关方向各装设四开四闭位置限位开关和足够的力矩开关。

气动执行机构用的气源满足工作压力下的露点比工作环境最低温度低 10℃；净化后的气体中，含尘粒直径不大于 3μm；气源装置送出的气体，油份含量控制

在 8ppm 以下；气源的压力不低于 0.45MPa。所有供气管道采用不锈钢材质。

电动执行器能满足其工作环境的温度、湿度等要求，其保护等级至少为 IEC 标准 IP67，包括电动机和接线盒。电动执行机构电机运行的频率范围为正常的±5%，电压范围为正常电压的+10%~-10%。如果电压降到正常值的 85%，且转矩和轴向压力正常，执行机构的电动机也能启动。

执行器能通过手轮，对执行机构实行就地手动操作。在执行机构上安装就地位置指示仪，相应地面可清楚地观察到。

所有的执行机构(开环或闭环)带有接线端子或插座与电力电缆和控制电缆相连。这些插头按照 IEC309，或等同标准，制造完好。

所有执行机构的力矩、全行程时间、精度、回差等性能指标能满足热态运行时工艺系统的要求和有关的电(气)动执行机构规范要求。

所有的电动执行机构采用一体化产品。

(a) 执行机构。

电动执行机构采用三相五线 380VAC，50Hz 的工作电源，用于闭环控制的执行机构为连续型，接受 4~20mADC 的控制信号。

执行器装有带 4~20mA DC 输出信号的电子位置传感器和 0~100%标度的就地位置指示器。

电动机额定持续工作负荷，至少比驱动阀门所要求的功率最大值高 20%。

气动执行机构配智能定位器，位置发送器，位置开关，电磁阀，空气过滤减压阀等附件，接收并输出 4~20mADC 信号。

(b) 开环控制回路的执行机构。

电动执行机构的电动机完全密闭，额定工作电源为 380VAC、50Hz。开环控制回路的电动执行机构使用间歇负荷电动机。执行机构的齿轮和驱动设备(阀门、挡板等)的设计安全系数为 1.5。

对全开和全闭之间要求保持中间位置的执行机构装有一个位置指示变送器，把 0~100%的信号转换成 4~20mADC 信号(二线制)。

为满足显示与控制要求，使用行程和限制转矩开关。每个电动执行机构装有四个位置开关和两个转矩开关。上述开关的辅助接点镀银。

对于需要保持中间位置的执行机构，使用电磁式制动装置。

当选用气动执行器时，配位置开关(开关方向各一个 DPDT)，空气过滤减压阀，

电磁阀等附件，电磁阀为 220VAC 供电。对于全开和全关之间要求保持中间位置的气动执行机构配位置发送器，把阀位开度 0~100% 的信号转换成 4~20mA DC 信号(二线制)送出，对于有故障保位要求的气动执行机构，配置保位阀。

(c) 气动执行机构的要求

对于本工程所采用气动执行机构，将提交每种型号执行机构的技术参数表，并提供气动执行机构静态及动态耗气量。

全开-全关控制的气动执行器与气动蝶阀，根据工况采用单线圈或双线圈电磁阀进行控制。

8) 控制盘、箱、柜

(a) 提供的控制盘(台、箱、柜)，为安装在它们内部或上面的设备提供环境保护。即能防尘、防滴水、防腐、防潮、防结露、防昆虫及啮齿动物，能耐指定的高、低温度以及支承结构的振动，符合 IP56 标准(对于室内安装)和 IP65(对于室外安装)或相应的标准。

(b) 控制盘(台、箱、柜)的设计，材料选择和工艺使其内、外表面光滑整洁，没有焊接、铆钉或外侧出现的螺栓头，整个外表面端正光滑。

(c) 控制盘(台、箱、柜)有足够的强度能经受住搬运、安装和运行期间短路产生的所有偶然应力。

(d) 所有金属结构件牢固地接到结构内指定的接地母线上。

(e) 控制盘(台、箱、柜)有通风装置，以保证运行时内部温度不超过设备允许温度的极限值。如盘、柜内仅靠自然通风而引起封闭件超温或误动作则提供强迫通风或冷却装置。

(f) 墙挂式控制箱高度不超过 1200mm。

(g) 对于控制盘和控制柜，内部提供有 220VAC 照明灯和标准插座，在门内侧有电源开关，可使所有铭牌容易看清楚。

(h) 控制盘(台、箱、柜)内设有独立的直流地、机壳安全地、电缆屏蔽地接点端子，与结构内部未接地电路板在电气上隔离。

(i) 控制盘(台、箱、柜)钢板厚度不小于 3mm。

4.7.7 控制系统的技术要求

(1) 系统功能要求

控制系统能够实现全过程启停、全自动控制。工艺系统正常运行时，无人值

守。

脱硫控制系统应包括模拟量控制(MCS)、顺序控制(SCS)和数据采集(DAS)功能，以满足各种运行工况的要求，确保脱硫系统安全、高效运行。

(2) 监控范围

应包括：

- 新增脱硫系统(含吸收系统、公用系统等)；
- 新增脱硫系统电气系统，具体以电气部分相关要求为准；
- 烟气检测、成份分析等。

(3) 本报告中列出 I/O 信号总量，并且要求将新增脱硫系统系统 I/O 点数。

如表：（以最终设计为准）

I/O 分类		现场	电气
AI:	4~20mA	40	22
	1~5V		
	T/C（热电偶）		
	RTD（动力阻）	20	
AO:		6 冗余	
DI:		80	110
DO:		35	50
SOE:		8	

在统计被控对象 I/O 点数时，不同类别的被控对象 I/O 点数按下表原则进行统计：

序号	被控对象型式	DI	DO	AI	AO
1	电动阀	3	2		
2	带中间位置电动阀	3	2	1	
3	400V 电动机	5	2	1	
4	双电控电磁阀	2	2		
5	单电控电磁阀	2	1		
6	电动执行机构（调节型）			1	1
7	电动执行机构（开关型）	3	2		
8	气动执行机构（调节型）			1	1
9	气动执行机构（开关型）	2	2		

4.7.8 电源盘及配电箱

电源盘及配电箱内电气元件应选用经过鉴定的合资产品，严禁使用已经淘汰的产品。

电源盘内主要电气元件：接触器、继电器、配电回路保护元件、操作按钮、开关、信号灯选用知名产品。

新增脱硫系统应设置专用的仪表用电源柜，该电源柜应接受新增脱硫系统 UPS 和工作段电源，并在柜内实现自动切换功能，仪表用电源柜向就地仪表、重要的控制设备、专用装置提供可靠的电源。

新增脱硫系统内所有双路供电的设备、系统，其电源自动切换时间应能保证设备、系统不因电源的切换而造成跳闸、重置、停运或其它故障的要求。

4.7.9 电缆及电缆敷设

（1）电缆桥架

（a）所有电缆均架空敷设，并采用阻燃、耐腐蚀材质。

（b）电缆通道满足以下原则：

路径尽量短，并保证足够的断面。

路径避开吊装孔，防爆门及易受机械损伤的区域。

与热管道平行敷设时，距热管道保温层外表的净距不小于 500 mm；交叉敷时，不小于 200 mm。

（c）电缆托架

电缆托架具有以下结构特征：

第十三章 电缆托架采用槽型或梯型托架，电缆托架（包括接头部分）能支承电缆敷设路径上每跨档之间的均布工作荷载，该荷载的安全系数为 1 至 1.5。水平电缆托架的支撑点之间的距离不大于 1.5 米。

第十四章 当有几层电缆托架时将按下列顺序自下而上排布：

低压动力电缆；

低压动力及控制电缆（如果合走的话将加隔离措施）；

（2）提供的电缆包括控制电缆、计算机电缆、热电偶补偿电缆及少量电力电缆，所有电缆应具有较好的电气性能，机械物理性能以及不延燃性，所有电缆均为阻燃电缆。满足有关国际、国家规范和标准，有同类工程应用业绩的产品。计算机控制电缆单极芯数不超过 24 芯，并按要求留有备用芯。

（3）控制电缆

用于开关量信号与控制装置连接。

选用 2.5mm² 无烟低卤阻燃电缆，总屏蔽加分屏蔽。质量要求执行国家相关标准（耐火特性试验执行 GB12666.6 及 IEC331 标准，阻燃特性试验执行 GB12666.5 标准）。

（4）计算机电缆

用于现场模拟量信号与 DCS 系统连接。

选用 1.5mm² 无烟低卤阻燃电缆，分对屏蔽加总屏蔽。质量要求执行国家相关标准（参照 IEC60754-2）。

（5）热电偶补偿电缆

用于热电偶信号与测量装置连接。

选用 2.5mm² 无烟低卤阻燃电缆，分对屏蔽加总屏蔽。质量要求执行国家相关标准（参照 IEC584-3）。

（6）电力电缆

用于供电接线，电力电缆技术规范参见电气有关技术规范。

（7）新增脱硫系统范围的全部电缆（包括仪表及控制设备到就地箱柜的电缆、就地箱柜到动力装置 DCS I/O 机柜的电缆以及预制电缆等）及电缆桥架、以及所有安装材料等均由卖方提供。

（8）电缆敷设要求

电缆敷设和电缆通道的设计除满足现场施工要求外，还应满足相关的设计、施工、调试和验收规范的要求。电缆穿管应为镀锌钢管。

4.7.10 导管及气源管路

脱硫系统范围仪表及控制设备所需的仪表阀门、仪表导管及安装附件均由卖方提供，仪表阀门及仪表导管采用不锈钢材质。

4.8 主要设备选择

4.8.1 关键设备的选择

本项目的设备均采用国内技术，国内制造。

4.8.2 大型超限设备

本装置除现场制作设备和组装设备外，无超限设备。

4.8.3 装置的主要设备表

序 号	名 称	规 格	数 量	材 质	备 注
一	吸收系统				
1	吸收塔	Φ11000mm*40000mm ， 烟囱总高 90m	1	碳钢+玻璃鳞片	新建
2	氧化循环罐	Φ8000mm*10000mm	1	碳钢+玻璃鳞片	新建
3	水循环罐	Φ5000mm*7000mm	1	碳钢+玻璃鳞片	新建
4	浓缩循环泵	流量:980m ³ /h， 22m	2	过流件 2507	一用一备
5	脱硫循环泵（一级）	流量:980m ³ /h， 27m	1	过流件 2507	
6	脱硫循环泵（二级）	流量:980m ³ /h， 29m	1	过流件 2507	
7	脱硫循环泵（三级）	流量:980m ³ /h， 32m	2	过流件 2507	一用一备
8	水循环泵	流量:980m ³ /h， 56m	3	过流件 2507	两用一备
9	硫铵采出泵	流量:45m ³ /h,62m	2	过流件 2507	一用一备
10	氧化风机	高速单级离心式流量：108m ³ /min， 110kPa	2	碳钢	一用一备
11	升降梯	齿轮齿条式， 70m	1		烟囱检测平台用
二	供氨系统（利旧）				
1	氨水储罐		1		利旧
2	氨水泵		2		利旧
三	烟气系统				
1	吸收塔入口挡板门	4200×4500	1	碳钢	
2	吸收塔入口膨胀节	4200×4500	1	不锈钢复合非金属	
3	烟道膨胀节	2400×4000	3	碳钢	
4	烟道膨胀节	4200×4500	1	碳钢	
5	烟道	2400×4000×30000	1	碳钢	
6	烟道	4200×4500×35000	1	碳钢	
7	烟道	4200×4500×38000	1	碳钢	
8	烟道	4200×4500×16000	1	碳钢	
四	工艺水系统				
1	工艺水槽	Φ5000×6000mm	1	碳钢	利旧

序 号	名 称	规 格	数 量	材 质	备 注
2	除雾器冲洗泵	Q=120m ³ /h, 70m	2	铸钢	一用一备
五	后处理系统（利旧）				
六	检修排放系统				
1	脱硫地坑	12m ³ （2x2x3）	1	钢砼+FRP 防腐	
2	脱硫地坑泵	Q=20m ³ /h, 25m	2	过流件 2507	带自吸罐
3	事故检修槽	Φ13500×15000mm	1	碳钢衬鳞片	新建
4	事故检修泵	Q=100m ³ /h, 22m	1		新建
七	其它				
1	仪用空气储罐	容积:3m ³	1	碳钢	利旧或新增
2	电动葫芦	起吊重量:3t	1	双轨单梁	泵房用
八	管道阀门				
1	管道		1 批	FRP	浆液管道
2	管道		1 批	碳钢/不锈钢	工艺水/仪用空气及氨水
3	手动阀门		1 批	碳钢/不锈钢衬 F46	浆液管道
4	手动阀门		1 批	碳钢/不锈钢	工艺水/仪用空气
5	手动阀门		1 批	不锈钢	氨水
6	保温		1 批	硅酸铝纤维+铝板	管道、箱罐
7	防腐		1 批	油漆	管道, 设备外表面
8	防腐		1 批	玻璃鳞片	箱罐内表面
九	仪控				
1	CEMS 系统 1 台（入口）	SO ₂ 、NO _X 、O ₂ 、烟颗粒物、温度、压力、流速、湿度。	1		
2	CEMS 系统 1 台（出口）	SO ₂ 、NO _X 、O ₂ 、颗粒物、温度、压力、流速、湿度、氨逃逸	1		
3	普通压力表		1 批	螺纹, 不锈钢压力表	
4	隔膜压力表		1 批	不锈钢压力表	
5	压力变送器		1 批		
6	隔膜压力变送器		1 批		
7	压差变送器		1 批		

序 号	名 称	规 格	数 量	材 质	备 注
8	防堵吹扫装置		1 批	不锈钢、转子流	
9	热电阻		1 批		
10	双金属温度计		1 批	不锈钢压力表	
11	PH 计（含变送器、备用电极）		1 批		
12	电磁流量计		1 批		
13	涡街流量计		1 批		
14	气动关断阀		1 批		
15	气动调节阀		1 批		
16	雷达液位计		1 批		
17	工业电视系统		1 批		
18	阻燃动力电缆	ZR-YJV 0.6/1kV 4×2.5	1 批		
19	阻燃计算机屏蔽电 缆	ZR-DJYPVPR 2×1.5	1 批		
20	阻燃计算机屏蔽电 缆	ZR-DJYPVPR 2×2×1.5	1 批		
21	阻燃计算机屏蔽电 缆	ZR-DJYPVPR 3×1.5	1 批		
22	阻燃控制电缆	ZR-KVVP 12×1.5	1 批		
23	阻燃计算机屏蔽电 缆	ZR-DJYPVP 8×2×1.5	1 批		
24	阻燃计算机屏蔽电 缆	ZR-KVVP 19×1.5	1 批		
25	阻燃接地电缆	ZR-VV 0.6/1kV-1×10	1 批		
26	阻燃接地电缆	ZR-VV 0.6/1kV-1×25	1 批		
27	铝合金槽盒	400x200 附桥架盖 板、三通及附件	1 批		
28	铝合金槽盒	300x150 附桥架盖 板、三通及附件	1 批		
29	铝合金槽盒	200x100 附桥架盖 板、三通及附件	1 批		
30	保温箱（玻璃 钢）	WxDxH=800x600x80 0mm 304SS	1 批		
31	安装辅材		1 批		
十	电气				

序 号	名 称	规 格	数 量	材 质	备 注
1	干式变压器	SCB13-1300/10/0.4	2		
2	低压进线柜		2		
3	母联柜		1		
4	软启动柜		1 批		
5	低压馈线柜		1 批		
6	低压密集型母线槽		1 批		
7	现场操作柱		1 批	304 不锈钢	
8	照明配电箱		1 批	304 不锈钢	
9	检修电源箱		1 批	304 不锈钢	
10	高压动力电缆	ZR-YJV-8.7/15-	1 批		
11	低压动力电缆	ZR-YJV-0.6/1-	1 批		
12	控制电缆	ZR-KVV-0.75-	1 批		
13	信号电缆	ZR-DJYVP-	1 批		
14	导线	ZR-BV-0.75	1 批		
15	电缆桥架	梯形桥架	1 批	铝合金	
16	照明灯具	LED 光源	1 批		
17	火灾报警	含控制器、探头	1 批		
18	防雷接地材料	扁钢、圆钢等	1 批	铜包钢	
19	电气安装辅材	穿线钢管、角钢、槽钢、防火材料等	1 批		
十一	土建				
1	泵房				利旧改造
2	配电室	7000×18000×5000	1	钢砼	B×L×H
3	地坑	2000×2000×3000	1	钢砼	
4	设备基础		1 批	钢砼	
5	槽罐基础		1 批	钢砼	
6	烟道支架		1 批	钢砼	
7	管廊		1 批	钢结构	

5 原材料消耗、能源供应

5.1 原料、辅助材料消耗及供应

本项目所需原料主要为锅炉产烟气，脱硫剂为氨水，厂内提供或者外购，货源充足。按照 15%浓度的氨水计算，按照最大设计处理烟气量 600000Nm³/h，氨水消耗量为 4047.6kg/h，按照年运行 8400h，氨水总耗量 5.64 万吨。

5.2 主要原料

序号	名 称	规 格	标 准	备 注
1	烟气	见 3.2.1（1）		来自锅炉引风机
2	氨水	15%		厂内管道输送/外购

5.3 公用工程动力规格及

序号	动力名称	规格	指标	单价（含税） 元
1	氨水（15%）/液氨	t/h	4.05/0.589	/3600
2	电	kw	1088.5	0.4068
3	蒸汽 P=0.5MPa(G)	t/h	0.5	80
4	工艺水	t/h	28	2
5	仪表空气 P=0.6~0.8MPa(G)	NM ³ /h	60	0.5
6	工艺空气 P=0.6MPa(G)	NM ³ /a	/	/

6 建厂条件和厂址方案

6.1 建厂条件

6.1.1 项目厂址的地理位置、地形、地貌概况

项目位于银川市宁东能源化工基地煤化工园区。该场地交通方便、地势平坦开阔、阳光充足、排水通畅、环境适宜、公用设施比较完善、毗邻青银高速。有明显的区位优势及便捷的对外交通，有优越的外部基础设施条件。满足宁夏银川总体规划及宁东工业园区特色型公共实训基地未来发展需要。

6.1.2 工程地质、水文条件、抗震烈度

基本烈度	8 级麦吉利震级
设计基本地震加速度值	0.16g
设计地震分组	第三组
场地类别	II 类

6.1.3 当地气象条件

1) 气温

年平均气温	9.0℃
近年最热月平均气温	23.5℃
近年最冷月平均气温	-7.6℃
夏天平均温度（6-9 月）	20.4℃
夏天最高平均温度（6-9 月）	27.5℃
冬天平均温度（11-3 月）	-2.4℃
冬天最低平均温度（11-3 月）	-8.0℃
多年平均最高气温	16.4
多年平均最低气温	2.4
多年最热月平均最高气温	30.0℃
多年最冷月平均最低气温	-13.4℃
极端最高气温	41.4℃
极端最低气温	-28.0℃

2) 降水量

年平均降水量	201.2 mm
月平均最大降水量	52.8mm
月平均最小降水量	0.9mm
日最大降水量	95.4 mm
小时最大降水量	32.3mm
月最大降水量	175.6mm
最长连续降水天数	7 天

3) 蒸发量

年平均蒸发量	1439.2 mm
湿度	
年平均相对湿度	57%
夏天平均湿度	64%
冬天平均湿度	60%
月平均最大湿度	69%
月平均最小湿度	43%
最小绝对湿度	0.1

4) 气压

年平均气压	88.99 kPa
年最高值	91.87 kPa
年最低值	86.33 kPa
月平均最大气压	89.63 kPa
月平均最小气压	88.16 kPa

5) 降雪

最大降雪厚度	170mm
--------	-------

6) 冻土层厚度

最大冻土深度	1090mm
--------	--------

7) 风

全年平均风速	2.7 m/s
月平均最大风速	3.2 m/s

近年最大风速	21m/s
瞬时极大风速	27.7 m/s
主导风向	N
次常风向	S
风玫瑰图	见业主提供图纸
8) 地下水位	-30m
9) 沙暴	
1952 年到 2004 年沙暴的年平均次数	7-8 次
年最多沙尘暴天数	61 天
10) 打雷 (1952 年至 2004 年)	
年平均次数	13 次
年最多次数	22 次
11) 地震基本烈度	7 麦吉利震级
12) 海拔高度	
13) 场地海拔高度 (以黄海为基准)	1277m

6.1.4 交通运输条件及区位优势

该场地交通方便、地势平坦开阔、阳光充足、排水通畅、环境适宜、公用设施比较完善、毗邻青银高速。有明显的区位优势及便捷的对外交通，有优越的外部基础设施条件。

6.1.5 基础设施

(1) 给排水

该地块位于宁夏宁东地区，有完善的给水和排水管网，可保证项目建设期及建成后的用水和排水需要。工艺水系统用管道送至脱硫系统装置内，水压~0.3MPa。

生活给水系统依托一期脱硫系统内部的给水系统。

脱硫岛循环水系统归于工艺系统，主要用于设备冷却。用处主要为离心机、氧化风机、蒸发系统间、冷凝器等。水量为 110t/h，使用后返回厂区循环水系统。

室外雨水排水通过地面径流排放至厂区道路边原有雨水管道，经雨水口、检查井排入厂区原有雨水管网。

(2) 供电

该地块有供配电线路，可满足项目用电需求。

（3）通讯

宁东地区现已全部架设开通全国直拨程控电话及移动通讯，可满足项目固定和移动通讯要求。

6.2 厂址方案

6.2.1 厂址选择的原则及依据

- （1）充分满足城市总体规划的原则；
- （2）充分满足土地利用节约的原则；
- （3）交通便利，充分体现人性化设计的原则。

6.2.3 推荐厂址方案分析

由于四号锅炉不再建设，因此，新建脱硫塔及槽罐可以设置在四号除尘器的预留位置及三四号除尘器之间的空地，新建泵房利旧改造引风机房 B 的预留四号锅炉引风机的位置。配电室设置在引风机房 B 建东侧，或由业主另行规划。

7 总图土建及公用工程和辅助设施方案

7.1 总图运输

7.1.1 设计依据

依据项目建议书的要求及厂区总体规划；本工程厂区平面坐标系采用与老厂坐标系一致；图中所注标高的高程系统采用锅炉区域原高程基准。

7.1.2 总平面布置的原则

平面布置充分考虑同类设备相对集中。在符合总体布置要求、满足单元装置生产工艺流程、防火防爆、安全、卫生和检修要求，以及相关标准和规范的前提下，结合现有场地和周围设施“可利用”情况，力求装置设备布置紧凑合理，以便节约用地,发挥投资效益最大化。

根据工程设计要求，总图运输设计只负责脱硫装置新建部分的场地平面、竖向布置设计。

7.1.3 总平面布置

新增烟气脱硫装置（脱硫塔、槽罐、管廊）布置在引风机房 B 的建西侧的空地上，烟道布置在引风机房建东侧，与原有烟道平行；泵房利旧改造原引风机房 B 预留的四号引风机位置；配电室布置在引风机房 B 的建东侧（暂定），或另行规划。

脱硫塔布置在原 4 号除尘器的预留位置，脱硫塔建南侧布置升降梯和水洗循环槽，引风机房 B 的建北侧布置氧化循环槽，脱硫塔和槽罐露天布置；槽罐和引风机房之间布置综合管廊；控制室依托一期脱硫控制室进行增容改造，不再新建。

7.1.4 竖向布置

鉴于本工程项目均位于原有厂区内，故竖向规划与原有厂区保持一致，并与周围环境相协调。

竖向设计与场地内现有标高一致，地面坡度为 0.3%，竖向设计采用平坡式布置。场地内雨水采用收集口与暗管相结合的方式集中统一排放。

7.1.5 道路及绿化

新建项目的道路及回车场均能满足运输、检修的需要，同时能够保证在事故状态下消防车辆快捷、迅速到达事故现场，充分保证项目生产安全。

地面结构从上至下为：C30 砼道路（200 厚 C30 混凝土、300 厚级配碎石基层、压实土基大于 0.95）。

在符合消防安全要求下，设计考虑充分利用场地内边角空闲地带进行绿化，种植适宜树种和植物，以美化改善工作环境。

7.1.6 工厂防护

本项目已有项目改造，防护设施与已有项目现有设施统一考虑。

7.1.7 工厂运输

依托原厂区的道路及公用管网。

7.2 给排水

7.2.1 设计范围

新建脱硫装置部分的给水、排水及消防设计。

7.2.2 设计原则

（1）给排水及消防设计要求工艺技术先进、经济合理、满足安全、卫生、环保的要求。

（2）设备、材料选型可靠，节省能源。

（3）设备布置紧凑合理，占地少。

（4）排水做到清污分流。

（5）装置除特殊要求外，不得采用新鲜水做冷却水。

（6）循环水系统严格闭路，装置循环冷却水一律返回系统，不得用做冲洗水或直接排放，循环冷却水系统按有压回水设计。

（7）除稳高压消防水系统外，装置的生产生活给水、循环冷却水，均应在装置内设置计量仪表。

（8）消防系统设计应满足相关消防规范要求。

7.2.3 排水系统

（1）优化换热流程，尽量采用热进料，以减少冷却水用量。

- (2) 机封水系统采用闭式循环机封水冷系统。
- (3) 循环冷却水不得随意排放或用于冲洗地面。
- (4) 给排水用水器具全部选用节水型器具。

7.2.4 给排水标准规范

序号	标准号	标准内容
1	GB50013-2018	《室外给水设计规范》
2	GB50014-2021	《室外排水设计规范》
3	GB50015-2019	《建筑给水排水设计规范》
4	GB50268-2008	《给水、排水管道工程施工及验收规范》

7.3 供电及电信

7.3.1 供电

7.3.1.1 设计范围

为宁夏和宁化学有限公司新建二期锅炉烟气脱硫两炉一塔项目。具体内容如下：

- 1) 配电室；
- 2) 脱硫循环泵房；
- 3) CEMS 小屋

电气专业进行以上各区域内的电气设计。

7.3.1.2 环境特征和对防火防爆要求

配电室、脱硫循环泵房、CEMS 小屋及周围相关区域划分为非爆炸危险区。

7.3.1.3 电源情况

本次新增脱硫配电室，满足项目供电要求。

7.3.1.4 负荷等级及负荷计算

本装置技术先进，自动化水平高，大部分设备须连续性生产装置。突然中断供电时，会引起连续性生产过程混乱，需要长时间才能恢复生产，将会造成很大的经济损失，要求供电连续、安全、稳定、可靠。其主要用电负荷及仪表负荷均为二级负荷。

因此，该项目应由两路电源线路供电，正常情况下两路电源线同时运行，当一路电源停止供电时，另一路电源仍能对整个项目供电。

本次脱硫改造新增 0.38kV 设备装机总容量为 1498kW，运行容量 881kW，新增 10kV 设备装机总容量为 440kW，运行容量为 220kW。

0.38kV 负荷估算

设备安装容量 $P=1498\text{kW}$

计算需要容量，工艺设备 $P_{js}=881\text{kW}$

$Q_{js}=545.99\text{kVar}$

无功补偿 300kvar 后 $Q_{js}=227.5\text{kvar}$

$S_{js}=941.02\text{kVA}$

变压器损耗 $\Delta P_b=0.01S_{js}=9.41\text{kW}$

$Q_b=0.05S_{js}=47.05\text{kvar}$

折算到高压侧 $P_{js}=890.41\text{kW}$

$Q_{js}=274.55\text{kvar}$

$S_{js}=931.78\text{kVA}$

变压器容量 SCB18-1250kVA

变压器负荷率 $\eta=74.5\%$ $\cos\Phi=0.96$

7.3.2 变配电方案

7.3.2.1 变电室

(1) 供电电源及供配电系统

1) 新增脱硫系统装置，现场 10kV 用电设备（含变压器、电动机等设备），从买方锅炉装置锅炉变电所 10kV 备用开关柜引出，需要的锅炉变电所内 10kV 开关柜数量和用电要求由卖方提出，卖方同时负责提供满足需要的 10kV 开关柜（含设计、材料采购、施工等）。从锅炉变电所引出的 10kV 电缆由卖方负责（含设计、材料采购、施工等）。供电给脱硫岛所有的低压用电负荷，380V 系统均要求按双回路电源供电、互为备用、每路电源系统均能承担脱硫系统的全部负荷设计。

2) 380V/220V 系统采用单母线分段接线，两段母线的容量选择和变压器的容量选择，按每段均能承担脱硫系统的全部负荷计算，母联采用低压备自投装置，以便两段之间自动切换。

3) 变配电室均设低压无功功率补偿装置,采用电力电容器进行补偿,补偿后的功率因数可达到 0.92 以上。

4) 变配电方案

电源电压、频率及波动范围

10kV:交流三相三线制,中性点不接地系统, $10kV \pm 5\%$;

380/220V: 交流三相四线制,中性点直接接地系统;

频率: $50 \pm 1Hz$ 。

电气设备配电电压

电动机容量 $P < 200kW$: 380V、3ph+PE、50Hz;

照明干线: 380V、3ph+N+PE、50Hz;

照明灯具: 220V、1ph+N+PE、50Hz;

当照明灯具安装高度小于 2.2m 时,采取防触电措施或采用 24VAC 以下电压,但在储罐、容器内部检修使用照明时,电压不超过 12V。

(检修插座: 220V/380V、3ph+N+PE、50Hz。

照明插座: 220V、1ph+N+PE、50Hz;

仪表: 220V、1ph+N+PE、50Hz;

重要仪表: 由 UPS 装置供电, 220V、1ph+N+PE、50Hz;

变电所(室)低压开关柜开关控制回路: AC220V、1ph+N、50Hz;

部分中、低压电动机根据工艺控制要求或起动特点,采用变频控制或降压起动等配电方式。

电压降控制指标

本工程各变电所(室)10kV 系统处于最小运行方式时,10kV 母线及 380V 母线上的电压降控制指标如下(按额定电压的百分比计):

电机正常起动时: $\pm 5\%$

(2) 继电保护、测量仪表的配置

1) 低压配电电源进线设短路延时保护,电流、电压测量。

2) 低压电动机采用自动空气断路器与电动机专用保护器相结合的保护方式,37kW 以上电动机装设机旁电流表。

3) 配出线路采用断路器作为保护器件。

4) 在低压总进线及关键设备(如:UPS)开关处加装防电涌保护装置。

（3）电动机

电动机设计满足国家行业标准或规范，200kW 及以上的电动机由高压供电，容量小于 200kW 的电动机由 380V 供电。

电动机防护等级不低于 IP55。

（4）电源柜

UPS 电源：提供的脱硫控制系统自备 UPS 电源装置，该 UPS 电源装置配有蓄电池组并带故障旁路功能，蓄电池组容量能保证整套控制系统在 UPS 装置失去外供电后，持续正常工作至少 30 分钟。

DCS 设置专门的电源配电柜，所供电源柜除能接受二路交流 $220V \pm 10\%$, $50Hz \pm 1Hz$ 的单相电源，这二路电源中的一路来自不停电电源(UPS)。

（5）主要设备选型

A. 设备选择原则

1) 与本工程设计水平相一致，符合国家有关标准，确保电气运行的可靠性，安全性和设备的先进水平。

2) 选用节能、安全、环保型设备，抑制对人身、设备危害因素的产生。

保证人的安全，提高生产环境舒适程度。

3) 电气设备选择应充分考虑当地的气候特点，选择相适宜的电气设备,并根据当地的气候特点采取相应的防护措施。

B. 配电室主要设备选择

1) 低压开关柜

选用结构强度高、元件布置合理、分断接通能力强、动热稳定性好、组合互换方便的开关柜，开关柜框架为组装式结构。低压柜采用低压抽屉式开关柜 MNS3.0 或固定分隔式。

C. 导体选择

1) 电力电缆

0.4kV 电力电缆型号为 ZRC-YJV-0.6/1kV。

2) 控制电缆

现场操作柱控制电缆型号为 ZRC-KVVP-0.45/0.75kV，计算机电缆型号为 ZRC-DJYPVP-0.3/0.5KV。

3) 母线

变电所母线采用一级电解铜母线。

7.3.2.2 脱硫循环泵房配电

(1) 脱硫循环泵房电源引自配电室。

(2) 控制方式

1) 各电动机皆为现场和 DCS 两地直接启停，并将电机运行信号引入新建机柜室的 DCS 系统。

2) 自带控制柜设备由自带控制柜控制。

(3) 继电保护与测量：

1) 低压电动机采用自动空气断路器与电动机专用保护器相结合的保护方式，37kW 及以上电动机装设机旁电流表。

2) 配出线路采用自动空气断路器作为保护器件。

(4) 电缆选择

1) 380V 电缆按允许载流量选择，允许电压降校验。电缆截面的选择还需要满足 GB50217-2007 的有关条款的规定。

2) 电力、控制线路均选用铜芯电缆。

3) 电动机电缆选用四芯电缆；配电电缆选用五芯电缆。

(5) 电缆敷设：

配电线路主要采用电缆桥架敷设，部分电缆采用电缆沟敷设。

7.3.3 照明方案

照明均电源引自变配电站智能照明控制柜，照明和动力采用共用变压器供电。

环境特征：普通环境。

照明配线采用 ZR-YJV-0.6/1KV-3×2.5mm² 穿镀锌钢管配线，局部穿管暗敷设。

照明控制：在建筑物内采用就地控制。

照明箱进线开关采用三极；单相回路出线开关采用单极。

正常照明与电动负荷宜采用共用变压器或照明控制器供电，当需要时可采用单独照明变压器或照明控制器供电，照明控制器应采用计算机技术，节能型。变配电站内配电室等均设置事故应急照明灯；装置区主要操作区域通道设置事故应急照明灯。

室外照明采用专用照明配电盘集中控制，室内照明采用分散就地控制。装置

照明采用 LED 灯、节能型电磁感应灯相结合的照明方式。

7.3.4 防雷、防静电及保护接地方案

7.3.4.1 防雷

1) 厂内建、构筑物的防雷分类及防雷措施,应按现行国家标准 GB50057-2010《建筑物防雷设计规范》的有关规定执行。

在防雷设计中,采取防直击雷、防雷电感应和防雷电波侵入的措施。

本工程采用联合接地装置,接地极尽量利用自然接地极,如建筑物的钢筋混凝土基础,金属管道(可燃液体、暖气管道禁用)等,人工接地极选 $\phi 25$ 纯铜, $L=2500\text{mm}$, 接地干线采用 $\phi 14$ 裸铜包钢, 接地支线采用 95mm^2 裸铜绞线, 接地电阻不大于 1 欧姆。接地系统由电气系统工作接地、保护接地、防雷接地、防静电接地和计算机接地等组成。为防止静电和二次雷击,工艺管架(或管道)、罐、泵以及有可能产生静电的容器都按规范要求可靠接地。本工程中正常情况下不带电的电气设备金属外壳、电气设备金属支架和电缆桥架均应可靠接地。为了提高电气设备保护接地的可靠性,保护接地干线在不同方向且不少于两处与接地体可靠相连。金属材质电缆桥架的连接处应有良好的电气通路,电缆桥架的首端及中间的适当位置与保护接地干线相连。

钢框架、管架防雷: 1) 钢框架、管架应通过立柱与接地装置相连,其连接应采用接地连接件,连接件应焊接在立柱上高出地面不低于 450mm 的地方,接地点间距不应大于 18m 。每组框架、管架的接地点不应少于 2 处。2) 框架及管架上的爬梯、电缆支架、栏杆等钢制构件,应与接地装置直接连接或通过其他接地连接件进行连接,接地间距不应大于 18m 。

为防止高电位引入,架空金属管道在进出建筑物处,应与防雷电感应接地装置相连或就近接至防雷或电气设备的接地装置上。其冲击电阻不宜大于 20Ω 。

管道防雷: 1) 每根金属管道均应与已接地的管架做等电位连接,其连接应采用接地连接件;多根金属管道可互相连接后,应再与已接地的管架做等电位连接; 2) 平行敷设的金属管道,其净间距小于 100mm 时,应每隔 30m 用金属线连接。管道交叉点净距小于 100mm 时,其交叉点应用金属线跨接; 3) 管架上敷设输送可燃性介质的金属管道,在始端、末端、分支处,均应设置防雷电感应的接地装置,其工频接地电阻不应大于 10Ω ; 4) 进、出生产装置的金属管道,电气设备的保护接地

装置和防雷电感应的接地装置相连接。

户外灯具和电器防雷：1) 安装在塔顶层(高塔、冷却塔)平台上的照明灯、现场操作箱等易遭受直击雷的电器设备，采用金属外壳;配电线路穿镀锌钢管，镀锌钢管应与电器设备的外壳、保护罩相连，保护用镀锌钢管应就近与钢平台或金属栏杆相连。

低压配电及信息系统均应根据规范规定安装浪涌保护器(SPD)。浪涌保护器必须使用经过法定检测机构检测合格的产品。

接地系统

低压系统为 TN-S 系统。

电气设备的金属外壳、贮存易燃气体或液体的金属贮罐、容器皆需接地。

电气工作接地、防雷、防静电和保护接地、计算机网络接地和其它弱电系统接地采用联合接地方式,其总接地电阻值要求不大于 1 欧姆。

2) 对属于三类防雷建筑物的辅助生产设施及公用设施，根据地区雷电的特点要求装设避雷带。对装有计算机、电子器件等敏感设备的建筑物做好防雷分区和防电磁脉冲的过电压保护措施。

3) 低压电源进线处和装有电子设备的电源侧装设电源避雷器或电涌保护器。

4) 泵房按三类防雷构筑物设计，在顶部装设避雷网。

7.3.4.2 防静电

1) 爆炸危险区域输送危险介质管道的各种法兰、阀门的连接处，应设金属跨接线，跨接线采用不小于 6mm² 铜导线。爆炸危险区域其他法兰、阀门的连接处，当采用 5 根以上螺栓连接时，法兰可不用金属线跨接，但必须构成电气通路，且其电阻应小于 0.03 欧。

2) 金属罐罐体钢板的接缝、罐顶与罐体之间以及所有管、阀与罐体之间应保证可靠的电气连接，容积大于 50m³ 或直径大于 2.5m 的储罐，接地点不宜少于两处，且沿其外围均匀布置。

3) 管道在其始端、末端、分支处以及每隔 50m 处设防静电接地。

4) 管道系统的对地电阻值超过 100Ω 时，设 2 处接地引线，接地引线采用焊接形式。有静电接地要求的不锈钢管道，导线跨接或接地引线不得与不锈钢管道直接连接，采用不锈钢板过渡。用作静电接地的材料或零件，安装前不得涂漆。导电接触面必须除锈并紧密连接。

5) 主桥架内敷设 1 根通长 40×4 铜包钢扁钢。该扁钢在桥架首端与界区外电缆桥架内接地线可靠连接，在末端采用 6mm² 的黄绿绝缘铜绞线跨接并与接地网可靠连接。

6) 接地材料

接地干线	Φ14 裸铜包钢
接地支线	PVC 铜包钢绞线
接地极	φ25 纯铜
跨接线	黄绿多股绝缘线（6mm ² ）

7) 接地支线的选用

表 7.3.4-1 接地支线设计一览表

电气设备	接地线数量	接地线截面（mm ² ）
现场控制箱	1	16
照明配电箱	1	16
检修电源箱	1	16
电动机（≤5.5kW）	1	6
电动机（≤15kW）	1	16
电动机（≤37kW）	1	25
电动机（>37kW）	1	50
电动机（≥70kW）	2	70
工艺管道接地线及跨接线	1/100m	6

7.3.4.3 接地

1) 10/0.4kV 变压器中性点接地的接地电阻不大于 4Ω；三类建筑物防雷接地的接地电阻不大于 10Ω；防静电接地的接地电阻不大于 100Ω。

2) 各种不同用途的接地可共用一个总的接地装置，其接地电阻值应符合其中最小值的要求。

3) 接地装置采用防腐材质，接地极采用防腐接地极，长 2.5m，接地干线截面不小于 120mm²，接地支线截面不小于 70mm²。避雷带、支架及引下线采用热镀锌圆钢，避雷带、引下线直径不小于 φ12。

7.3.4.4 节能措施

电气节能按“满足功能、经济合理、技术先进”的原则。重点从以下几个方面

采取节能措施。

1) 供配电系统的节能设计

本装置工艺生产连续性强，供配电系统采用单路进线，单母线分段的接线方式。根据工艺生产装置及辅助生产装置的用电设备特点、负荷容量、供电距离及负荷分布等因素，合理的选择供电电压，在负荷比较集中的装置区设置集中变电所及各车间级 10/0.4kV 车间变电所（室），这样做可以保证生产的连续性，使变电所（室）靠近负荷中心，缩短供电半径，减少低压电缆的数量，减少线路损耗。

2) 变压器的节能措施

变压器节能的实质是降低其损耗、提高其运行效率。设计中选用空载损耗、负载损耗相对比较低的节能变压器。

设计时，合理分配用电负荷、合理选择变压器容量与台数，使其工作在高效区内，可有效减少变压器总损耗。本项目中变压器的经常性负荷率在 85% 左右，使得变压器的实际负荷接近设计的最佳负荷，提高了变压器的技术经济效益，减少了变压器的损耗。

当容量大而需要选用多台变压器时，在合理分配负荷的情况下，尽可能减少变压器的台数，选用大容量的变压器。

3) 减少线路损耗

本工程项目中电缆的使用量非常大，有效的减少配电线路的电能损耗，节省的电能是非常可观的。导体的电阻与其电阻率、线路的长度成正比，与线路的截面积成反比，因此减少线路的损耗应从这几个方面入手。

（1）选用电阻率较小的材质做导体。铜材的电阻率小于铝材，因此电缆选用铜芯电缆。

（2）电缆敷设时尽量少走弯路，减少电缆长度。变压器尽可能的靠近负荷中心，减少低压电缆的长度。

（3）合理选择电缆的截面积。电缆的截面通常按照电缆的载流量大于线路的工作电流来选择，再按照电压损失与机械强度来校验。这种方法选择的电缆截面积通常较小，投资较小，但线路的电能损耗较大。从合理控制投资与重视运行成本的节约角度考虑，现在推广采用经济电流法选择线缆截面。通常按经济电流法选择的截面积比用载流量选择的截面积大 1~2 级，但也有按载流量选择的截面积大的情况，因此本工程应该同时满足技术条件与经济条件，取二者截面积较大者。按

经济电流选择的电缆，增加的成本，根据计算一般 2~4 年即可从节约的电费中收回投资。

(4) 单相用电设备均匀的接在三相网络上，以降低三相不平衡度，使供电网络的三相不平衡度小于 2%。避免负荷中性点电压偏移，导致功率损耗增加。另外，三相不平衡产生的电压负序分量对电气设备安全运行也产生不良影响。

4) 提高系统的功率因数

(1) 提高设备的自然功率因数：在工艺条件许可时采用功率因数较高的同步电动机来代替异步电动机。

(2) 无功补偿提高功率因数

电容器补偿具有有功功率损耗小，安装方便的优点。在具体设计中采用中压集中补偿、低压分散补偿与低压成组补偿等方式提高功率因数。

5) 电动机的节能

减少电动机电能损耗的主要途径是提高电动机的工作效率和功率因数。设计中采用 YXn 或 YBXn 系列高效节能电动机。对工艺专业需要调速的电机采用变频调速，能起到节能的效果。当负载变化时，采用变频的方式，自动调节转速，使其与负载的变化相适应。采用这种方式，可提高电机在轻载时的效率，达到节能的目的。

6) 照明的节能设计

(1) 合理选择照明方式

根据厂房内不同部位对照度的不同要求，采用一般照明与局部照明相结合的混合照明方式。一般照明只满足最基本的照度的要求，在有特殊要求的场所设置局部照明，既能够节约电能，又能够达到较高的照度要求。

(2) 根据不同的使用场合选择合适的照明光源，在满足照明质量的前提下，尽可能选择高光效光源。办公室、控制室、操作室、配电室等处，选用细管径直管荧光灯。高度较高的工业厂房采用 LED 灯。充分利用自然光，把照明和自然光结合起来。

(3) 采用高效节能镇流器。荧光灯采用电子镇流器或节能型电感镇流器；金属卤化物灯、高压钠灯采用节能型电感镇流器，荧光灯单灯功率因数不小于 0.9，气体放电灯单灯功率因数不小于 0.85。

(4) 照明电源线路选用三相四线制方式供电，减少电能损耗。三相照明负荷

尽量平衡，以免影响光源的发光效率。

(5) 采用合理的照明控制方式，在厂区内按车间、工段实行照明分区、分组控制。厂区道路照明采用光控、时控等功能的智能照明控制装置。

7.3.5 设计中采用的主要标准及规范

电气设计中采用的主要标准及规范见下表

序号	标准号	标准内容
1	GB50034-2013	《建筑照明设计标准》
2	GB50052-2009	《供配电系统设计规范》
3	GB50053-2013	《20kV 及以下变电所设计规范》
4	GB50054-2011	《低压配电设计规范》
5	GB50055-2011	《通用用电设备配电设计规范》
6	GB50057-2010	《建筑物防雷设计规范》
7	GB50058-2014	《爆炸危险环境电力装置设计规范》
8	GB50060-2008	《3~110kV 高压配电装置设计规范》
9	GB/T50064-2014	《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》
10	GB/T 50065-2011	《交流电气装置的接地设计规范》
11	GB/T 50062-2008	《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》
12	GB/T 50063-2017	《电力装置的电测量仪表装置设计规范》
13	GB50217-2018	《电力工程电缆设计规范》
14	GB50229-2006	《火力发电厂与变电所设计防火规定》
15	GB/T15544-2013	《三相交流系统短路电流计算》
16	DL/T 5028.4-2015	《电力工程制图标准 第 3 部分：电气、仪表与控制部分》
17	DL/T5136-2012	《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》
18	DL/T 5390-2014	《火力发电厂和变电所照明设计技术规定》
19	DL/T5137-2001	《电测量及电能计量装置设计技术规程》
20	DL/T401-2017	《高压电缆选用导则》
21	GB/T50064-2014	《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》

7.3.6 电信

7.3.6.1 设计范围

本项目为宁夏和宁化学有限公司锅炉烟气脱硫三炉一塔项目的电信设计。包

括：生产扩音对讲电话系统、无线对讲系统、火灾报警、CCTV 系统。

7.3.6.2 生产扩音对讲电话系统

脱硫循环泵房设一台无主机扩音电话机。

7.3.6.3 无线对讲系统

为解决开工、检修及巡回检查时，现场人员与控制室操作人员之间的联系，塔区设 2 部无线对讲电话。

7.3.6.4 火灾报警系统

在脱硫循环泵房设设手动报警按钮和声光报警器。火灾报警线路选用 $4\times 1.5\text{mm}^2$ 电缆，全程穿保护管埋地敷设。

7.3.6.5 视频监控

为了实现对脱硫循环泵房区域生产过程的监视，场内设置了电视监视系统。根据生产需要，装置内设置相应数量的摄像机。摄像机采用自同步摄像机，输出信号为全电视信号。各摄像机的视频、控制信号采用光纤电缆与设在中心控制室内的控制键盘、监视器连接，接收其控制与监视，并实现与全厂电视监视系统联网。工业电视系统机柜安装于现场机柜间内，机柜电源引自室内的 UPS 电源。

7.3.6.6 能效监控系统

依据规范《工业建筑节能设计统一标准》GB51245-2017，建筑电能计量应分级，分项计量。在各单体进线处配电箱对动力设备、照明、通风设备设置独立分项电能计量装置，并采用现场总线形式上传数据至电能管理监控中（原厂区控制室）。

7.3.6.7 电信电缆

装置的电信电缆，主要包括电话电缆、火灾自动报警系统电缆、电视监视系统电缆、数据传输电缆等。电话线路的用户配线采用综合布线方式，火灾自动报警系统、电视监视系统、火灾自动报警系统的传输电（光）缆室外线缆为直埋敷设。不应与其它系统合用同一根电（光）缆。

装置的电信线路主要采用电缆桥架敷设或穿管敷设方式，局部线路采用穿管明敷设或穿管埋地敷设方式。电信电缆与仪表桥架路由相同时，应借用仪表桥架敷设。

7.4 供热通风

脱硫泵房、配电室、CEMS 小屋内的采暖通风空调设计。

7.4.1 室外气象参数

(1) 气温

年平均气温	9.0℃
近年最热月平均气温	23.5℃
近年最冷月平均气温	-7.6℃
夏天平均温度（6-9 月）	20.4℃
夏天最高平均温度（6-9 月）	27.5℃
冬天平均温度（11-3 月）	-2.4℃
冬天最低平均温度（11-3 月）	-8.0℃
多年平均最高气温	16.4
多年平均最低气温	2.4
多年最热月平均最高气温	30.0℃
多年最冷月平均最低气温	-13.4℃
极端最高气温	41.4℃
极端最低气温	-28.0℃

(2) 气压

年平均气压	88.99 kPa
年最高值	91.87 kPa
年最低值	86.33 kPa
月平均最大气压	89.63 kPa
月平均最小气压	88.16 kPa

(3) 空气湿度

年平均相对湿度	57%
夏天平均湿度	64%
冬天平均湿度	60%
月平均最大湿度	69%
月平均最小湿度	43%

最小绝对湿度	0.1
(4) 降雨量 (mm)	
年平均降水量	201.2 mm
月平均最大降水量	52.8mm
月平均最小降水量	0.9mm
日最大降水量	95.4 mm
小时最大降水量	32.3mm
月最大降水量	175.6mm
最长连续降水天数	7 天
(5) 降雪量 (mm)	
最大降雪厚度	170mm
(6) 蒸发量 (mm)	
年平均蒸发量	1439.2 mm
(7) 地温、冻土	
最大冻土深度	1090mm
(8) 风 (m/s)	
全年平均风速	2.7 m/s
月平均最大风速	3.2 m/s
近年最大风速	21m/s
瞬时极大风速	27.7 m/s
主导风向	N
次常风向	S
风玫瑰图	见业主提供图纸
(9) 沙暴	
1952 年到 2004 年沙暴的年平均次数	7-8 次
年最多沙尘暴天数	61 天
(10) 雷暴 (1952 年至 2004 年)	
年平均次数	13 次
年最多次数	22 次

(11) 海拔

场地海拔高度（以黄海为基准） 1277m

7.4.2 设计原则及方案

7.4.2.1 采暖设计

采暖设计本着满足生产需要，安全、可靠、卫生的原则；采暖方式为散热器采暖，采用钢制柱形散热器。

采暖热媒为热水，接自厂区内采暖供回水管网。

7.4.2.2 通风设计

充分利用有组织的自然通风来解决工作区的工作条件，必须设置机械通风时，首先考虑局部通风、降温。

通风机尽量选用低噪声型风机。在爆炸危险区域内的通风设备采用防爆型；含腐蚀性气体的场所选用玻璃钢防腐型风机。通风机的风量在计算的总风量上附加漏风量，一般为 5%~10%。

轴流通风机排风口一般选用活动百叶式风口，防止气流倒灌。

泵房设置轴流风机进行通风。

7.4.2.3 空调设计

空调室内设计计算参数

夏季室内温度 26℃

冬季室内温度 18℃

7.4.2.4 设计采用的主要设计规范

设计采用的主要设计规范见下表

表 7.4.2-1 采暖、通风及空调标准规范

序号	标准号	标准内容
1	GB50016-2014（2018版）	《建筑设计防火规范》
2	GB50019-2015	《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》
3	GB/T 50087-2013	《工业企业噪声控制设计规范》
4	GB50189-2015	《公共建筑节能设计标准》
5	GB50229-2019	《火力发电厂与变电站设计防火规范》

序号	标准号	标准内容
6	GB50242-2016	《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》
7	GB50243-2016	《通风与空调工程施工质量验收规范》

7.5 仪表空气和压缩空气供给

仪表气源采用净化风，引自脱硫岛内储气罐。仪表风消耗量约 60Nm³/h。

7.6 维修

依托原厂机修车间

7.7 化验

依托原厂化验室

7.8 土建工程

7.8.1 土建工程方案的选择和原则确定

本设计为新建锅炉烟气脱硫三炉一塔改造项目，土建内容包括：改造脱硫循环泵房一个（引风机房 B 改造）、新增脱硫配电房一个、新增脱硫塔基础一座、新增氧化循环槽基础一座，新增水洗循环槽基础一座，新增事故检修槽基础一座，新增 CEMS 小屋一个，新增烟道钢结构支架、管廊钢结构支架一批。

7.8.2 总则

本设计遵守国家、行业现行标准的有关规定，坚持因地制宜、就地取材的原则，合理选用结构形式及材料、地基处理方案，做到技术先进，经济合理，安全适用，确保质量，并方便施工。

根据总厂生产的特点，设计充分满足生产、操作条件、维护检修等要求，并重点做好防火、防腐蚀、防振动等问题。建筑立面风格及构筑物外立面颜色同原厂区一致。

7.8.3 工程地质条件

地层分布情况,具体参考《宁夏和宁化学有限公司本项目岩土工程勘察报告书

（详勘阶段）》

7.8.4 建、构筑物建筑及结构设计

7.8.4.1 设计依据：

（1）建筑结构安全等级和设计使用年限

建、构筑物安全等级：二级

设计基准期：50 年

结构的设计使用年限：50 年

抗震设防类别：丙类

耐火等级：二级

（2）自然条件

抗震设防烈度：8 级

设计基本地震加速度值：0.20g

设计地震分组：第三组

建筑场地类别：II 类

基本风压： $W_0=0.65\text{KN/m}^2$

基本雪压： $S_0=0.20\text{KN/m}^2$

（3）本专业设计所执行的主要法规和所采用的主要标准

序号	标准号	标准内容
1	GB/T50001-2017	《房屋建筑制图统一标准》
2	GB50003-2011	《砌体结构设计规范》
3	GB50007-2011	《建筑地基基础设计规范》
4	GB50009-2012	《建筑结构荷载规范》
5	GB50010-2010 2015 年版	《混凝土结构设计规范》
6	GB50011-2010 2016 年版	《建筑抗震设计规范》
7	GB50016-2014 2018 年版	《建筑设计防火规范》
8	GB50017-2017	《钢结构设计标准》
9	GB50046-2018	《工业建筑防腐蚀设计规范》
10	GB50033-2013	《建筑采光设计标准》
11	GB50037-2013	《建筑地面设计规范》
12	GB50040-2020	《动力机器基础设计规范》

序号	标准号	标准内容
13	GB50108-2008	《地下工程防水技术规范》
14	GB/T50105-2010	《建筑结构制图标准》
15	GB50160-2008（2018 版）	《石油化工企业设计防火规范》
16	GB50191-2012	《构筑物抗震设计规范》
17	GB50207-2012	《屋面工程质量验收规范》
18	GB50222-2017	《建筑内部装修设计防火规范》
19	GB50345-2012	《屋面工程技术规范》
20	GB50367-2013	《混凝土结构加固设计规范》
21	GB/T11263-2017	《热轧 H 型钢和部分 T 型钢》
22	JGJ94-2018	《建筑桩基技术规范》
23	JGJ79-2012	《建筑地基处理技术规范》
24	JGJ107-2016	《钢筋机械连接技术规程》
25	冶金部 YB3301-2005	《焊接 H 型钢》
26	冶金部 YB4001.1-2007	《钢格栅板及配套件 第 1 部分：钢格栅板》
27	/	《中华人民共和国工程建设标准强制性条文-房屋建筑部分》

7.8.4.2 建、构筑物建筑结构形式

(1) 建筑物部分

序号	建(构)筑物名称	建筑面积 (m ²)	结构型式	层数	火灾 危险性 分类	耐火等级
1	泵房（改造）	198	钢筋砼框架	1	戊	二级
2	配电室（新建）	126	钢筋砼框架	1	戊	二级
3	CEMS 小屋（新建）	9	砖混	1	戊	二级

(2) 构筑物部分

序号	名称	单位	数量	结构型式
1	新增脱硫塔基础	座	1	钢筋混凝土桩加筏板基础

序号	名称	单位	数量	结构型式
2	新增氧化循环槽基础	座	1	筏板基础
3	新增水洗循环槽基础	座	1	筏板基础
4	新增升降梯基础	座	1	筏板基础
5	吸收循环泵基础	座	4	钢筋混凝土支墩式基础
6	浓缩循环泵基础	座	2	钢筋混凝土支墩式基础
7	液力扰动泵基础	座	2	钢筋混凝土支墩式基础
8	水洗泵基础	座	2	钢筋混凝土支墩式基础
9	采出泵基础	座	2	钢筋混凝土支墩式基础
10	氧化风机基础	座	2	钢筋混凝土支墩式基础
11	地坑泵基础	座	1	钢筋混凝土支墩式基础
12	地坑	座	1	钢筋混凝土结构
13	烟道、综合管廊支架	批	1	钢筋混凝土框架结构/ 钢结构

(3) 建筑设计

- (a) 屋面防水设防等级为一级，防水设防为二道防水设防，一道 1.2 厚合成高分子防水卷材，一道 1.5 厚高分子涂膜。保温层为 100 厚改性聚苯板保温（A 级）
- (b) 内外墙厚 200，加气混凝土砌块；外贴 50 厚改性聚苯板保温（A 级）
- (c) 70 系列单框双玻断桥铝合金中空玻璃内平开窗
- (d) 内墙及顶棚采用乳胶漆面层
- (e) 地面：配电室采用水泥砂浆地面；泵房采用环氧面层涂料

7.8.4.3 建、构筑物材料

建筑材料应优先选用当地盛产的符合国家标准材料。

(1) 钢筋：

钢筋:采用 HPB300(一级钢),HRB400(三级钢)。

直径<12mm 时为 HPB300 级钢筋， $f_y=f_y=270\text{N/mm}^2$

直径≥12mm 时为 HRB400 级钢筋， $f_y=f_y=360\text{N/mm}^2$

按一、二、三级抗震等级设计的的框架和斜撑构件（含梯段），其纵向受力钢

筋采用普通钢筋时，钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度的实测值的比值不应小于 1.25；且钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3，且钢筋在最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%，钢筋的强度标准值应具有不小于 95%的保证率。基础梁及框架柱纵向钢筋均采用机械连接。

（2）型钢、钢板及 H 型钢

（a）承重结构的钢材一般采用 Q235-B 钢,必要时可采用 Q355 钢(脱硫塔地脚螺栓采用 Q355)，其质量应分别符合 GB/T 700 和 GB/T 1591 的规定；

（b）对于焊接结构直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的承重结构和构件不应采用 Q235 沸腾钢；

（3）连接材料

（a）电焊条：采用 E43 及 E50 型焊条；

（b）螺栓：

①普通螺栓：应符合 GB/T 5780 和 GB/T 5782 的规定；

②锚栓：采用未经冷加工的 Q235 钢或 Q355 钢制成。其质量应分别符合 GB/T 700 和 GB/T 1591 中的规定。

（4）混凝土强度等级：

（a）主体结构及基础混凝土强度

混凝土垫层：C20；

钢筋混凝土梁、板、柱：≥C30；

桩基和承台和基础：≥C30；

（b）二次浇灌及找平层：自流型高强无收缩水泥基灌浆料；或比基础混凝土等级高一级的无收缩细石混凝土。

（5）框架填充墙：±0.000 以下墙体采用 MU20 混凝土实心砖，砂浆采用 M10 水泥砂浆；±0.000 以上墙体采用 A3.5 加气混凝土砌块，砂浆采用 M5 混合砂浆。

8 节能

8.1 编制依据

根据《国家发展改革委关于加强固定资产投资项目节能评估和审查工作的通知》（发改投资〔2006〕2787 号）的要求，依据《单位产品能源消耗限额编制通

则》GB/T 12723-2013、《石油化工合理利用能源设计导则》SH/T3003-2000 进行编制。

8.2 能耗指标

8.2.1 能耗指标

(1) 能耗指标折算依据项目用能工质的确定

本项目消耗的能源由属于二次能源的电力、蒸汽和属于耗能工质的压缩空气、新鲜水等构成。

(2) 能耗指标折算依据

根据《综合能耗计算通则》(GB/T 2589-2020)，电力及耗能工质的能量折算值按表 8.2.1-1 选取。

表 8.2.1-1 电力、蒸汽、新鲜水、氮气等能量折算值表

序号	类别	单位	能耗折算值 (kg 标煤)	备注
1	新鲜水	t	0.2571	
2	电力	kwh	0.404	
3	蒸汽	t	89.98	按 0.5Mpa 级蒸汽
4	净化空气	Nm ³	0.04	
5	蒸汽凝水	t	-12.0	

注：①0.5MPa 蒸汽热焓按 630kcal/kg，热力当量为 0.03412kg 标煤/MJ，则 1t 蒸汽的折标煤为 89.98 kg 标煤/t。

② 蒸汽凝水回收热焓按 $4.18\text{MJ/t} \times (184-100) = 351.1\text{MJ/t}$ ，按热力当量 0.03412 标煤/MJ，则 1t 凝结水的折标煤为 12.0kg 标煤/t

(3) 单位能耗指标：标煤热值 29309kJ/kg (7000kcal/kg)

产品加工过程能耗见表 8.2.1-2。

表 8.2.1-2 能耗表

项目	小时消耗量	折标煤 kg/h	备注
电	1088.5kwh	439.75	
新鲜水	28m ³	7.20	
蒸汽	0.5t	44.99	
仪表空气	60Nm ³	2.4	
蒸汽凝水	-0.45t	-5.4	
单位综合能耗		488.94	

注：处理烟气量为 60 万 Nm³/h。

8.2.2 能耗分析

1) 主要用电网络转换设备分析

本项目供配电系统采用已有干式变压器，装机预留容量可以达到项目所需用量。

表 8.2.2-1 主要变电设备

名称或用途	型号	容量×台 (KVA)	运行时间	设计效率%	备注
变配电			8000hr	~99%	

2) 供配电系统节能分析

供配电系统节能分析采用 GB/T16664-1996《企业供配电系统节能监测方法》，详见表 8.2.2-2：

表 8.2.2-2 供配电系统节能分析表

序号	项目名称	项目指标	国家标准运行指标
1	变压器日平均负荷率 K_f	93%	连续性生产 $\geq 90\%$
2	变压器负载系数 β	~45%	$\beta \leq 65\%$
3	输电线路损耗率 α	0.5%	一次变压
4	三相电压不平衡度	1.2%	$\leq 1.5\%$
5	用电功率因素	0.92	≥ 0.9

根据上表，本项目供配电系统各项设计指标均符合经济运行标准。

3) 主要用电设备

在满足生产工艺条件下，经济地确定环境参数以利节能；按建筑物使用功能与各层面分区布置情况采取自然通风、机械通风、分散与集中空调系统相结合等多种方式调节室内温度，节约用电。

电主要用于循环冷却水驱动、设备动力用电及控制室分析检测仪器用电。配套设备选型过程中采用节能好的设备，电机选用节能电机、选用节能变压器，配套设备与电机功率匹配，各大功率风机水泵采用变频调速电机，照明系统选用发光二极管灯。

8.3 节能措施综述

节能措施主要从以下几方面来考虑：

- (1) 加强设备及管道的隔热保温，减少热量损失；

(2) 选用节能型机动设备、电气元件，降低能耗；具体见 7.3.4.4 节 描述。

(3) 工艺水系统进行回收利用，循环水密闭循环使用；

(4) 给排水用水器具全部选用节水型器具。

8.4 用能标准和节能规范

本项目生产所需的能源主要是水、电、蒸汽。水、电、蒸汽利用厂区现有资源。本项目实施中执行的用能标准和节能规范如下：

- (1) 《中华人民共和国节约能源法》（主席令第 77 号，2008 年 4 月 1 日实施，2018 年 10 月 26 日修订）；
- (2) 《中华人民共和国清洁生产促进法》（主席令第 54 号，2012 年 7 月 1 日施行）；
- (3) 《国务院关于加强节能工作的决定》（国发[2006]28 号）；
- (4) 《清洁生产审核办法》（国家发改委、国家环保部令第 38 号，2016 年 7 月 1 日实施）；
- (5) 《重点用能单位节能管理办法》（原国家经贸委令第 15 号，2018 年实施）；
- (6) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（国家发展改革委令[2019]第 29 号）；
- (7) 《固定资产投资项目节能审查办法》（国家发改委 2016 年第 44 号令）；
- (8) 《中国节能技术政策大纲（2006 年版）》
- (9) 《工业余热术语分类、等级及余热资源量计算方法》（GB/T1028-2000）；
- (10) 《石油化工设计能耗计算标准》（GB/T50441-2007）；
- (11) 《综合能耗计算通则》（GB/T2589-2020）；
- (12) 《企业能量平衡通则》（GB/T3484-2009）；
- (13) 《用能设备能量测试导则》（GB/T6422-2009）；
- (14) 《企业节能量计算方法》（GB/T13234-2009）；
- (15) 《节电技术经济效益计算与评价方法》（GB/T13471-2008）；
- (16) 《节能产品评价导则》（GB/T15320-2001）；
- (17) 高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录（第一批-第四批）

8.5 结论

本项目单位产出综合能耗为 8.15kg 标煤/万 Nm³ 烟气，即 4107.1t 标煤/年，从能源使用的角度来说属于低能耗、高收益项目。

本项目能源使用集中在电、蒸汽，其中 78% 是电能耗；电能耗又集中在工艺设备上，因此节电是本项目节能的关键。

企业按能源管理与生产成本管理制度，加强现场管理，定期做好能源统计工作，控制消耗指标，持续改进，可以进一步提高能源利用率。

9 环境保护

9.1 建设地区环境质量状况

厂址地区执行的环境质量标准

大气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

水体：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准。

噪音：工厂生产区执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 3 类（工业区）标准；居民生活区执行 GB3096-2008 中 2 类（混合区）标准。

9.2 建设项目污染及治理措施

污染物控制涉及废气、废水、废渣污染物。

9.2.1 废气

本装置在正常生产时，废气主要为脱硫塔脱硫后排放的烟气。废气排放情况见下表

表 9.2.1-1 装置废气排放表

污染物名称	污染物来源	排放方式	组成、特性	治理措施及最终去向	排放标准
烟气	脱硫塔顶出口	连续	Q≈650000 Nm ³ /h；颗粒物：≤5mg/Nm ³ ；SO ₂ ：≤20mg/Nm ³ ；逃逸氨：≤3mg/Nm ³ ，其余 N ₂ 、H ₂ O、O ₂	由脱硫塔顶烟囱排入大气	《火电厂大气污染排放标准》B13223-2011（特别排放限值）

9.2.2 废水

新建脱硫部分在正常生产时无污水排放。少量设备管道冲洗废水经地沟收集至系统重复利用。

9.2.3 废渣

本装置无废渣排放。副产硫铵全部达到国家标准 GB/T535-2020 的合格品及以上标准，可作为农用化肥使用。

9.2.4 噪声

本装置产生噪声源的设备是氧化风机、泵，噪声级 85~100dBA。当噪声大于

85dBA 时，人长期在噪声环境下工作，会引起听觉器官损伤和心血管系统病症，并能导致神经衰弱，还能引起胃功能紊乱，视力降低，注意力分散。泵的噪声 $\leq 85\text{dBA}$ ，氧化风机的噪声 $> 85\text{dBA}$ ，需要设置隔声罩。

9.3 环境保护措施及主要治理措施

1) 保护环境、防治污染，贯彻循环经济与资源节约的总体原则

本项目采用清洁处理生产工艺，设计中采用先进的工艺和设备，最大限度地提高资源、能源的利用率，把工厂烟气中的主要污染物 SO_2 减少至满足排放要求，并加以硫的回收。

工艺中采用清污分流。在处理生产工艺中，贯彻一水多用、重复利用的原则，减少消耗量。

脱硫装置采用氨法脱硫工艺技术，该技术工艺成熟，运行可靠性好，该脱硫工艺以液氨（氨水）为吸收剂，副产品为硫酸铵化肥，氨法脱硫化学吸收反应速度快，脱硫效率高，可以采用较小液气比，降低能耗和操作运行费用。

氨一肥法属于回收法，将烟气中的 SO_2 作为资源，回收生产使用价值较高的硫铵，减少污染，变废为宝。该脱硫工艺不会影响锅炉的正常运行，原材料来源丰富，可以采用液氨、氨水、废氨水。吸收剂配制系统简单，工艺流程紧凑，设备少，与石灰石—石膏法相比，占地面积小，布置灵活性较大。该脱硫工艺在脱硫时，同时除去部分烟尘，并有较好的除尘效果。该工艺技术“三废”排放量少，脱硫的副产品为硫铵，没有废渣产生，是目前世界上公认的先进技术，符合清洁生产的工业要求。

2) 污染控制措施与方案优化

(1) 废气治理

锅炉烟气脱硫装置吸收系统喷淋吸收后，烟道气中主要污染物 SO_2 浓度 $\leq 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、颗粒物 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、雾滴浓度 $\leq 30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、氨逃逸 $\leq 3\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。达到《火电厂大气污染排放标准》要求，通过脱硫塔顶烟囱排放。

上述废气治理措施是有效和合理的，废气达标高空排放可以有效减轻污染物对近地面的影响，属通用而有效的处理方法。

(2) 废水治理

本项目提高了水的循环使用，设备管道冲洗水收集回用，正常生产无废水排

放。

（3）废渣治理

本装置无废渣排放。

（4）噪声治理

脱硫装置噪声源主要为氧化风机及各种机泵类等，噪声值在 85~100dB(A)，采取措施降噪后，在工作区域内距设备表面 1 米外不超过 85dB(A)，基本满足《工业企业噪声控制设计规范》GB/T50087-2013 中的要求（工作场所人员每天连续接触噪声 8 小时，噪声声级卫生限值 85dB(A)）。

①设计上尽量选用低噪声设备，并按要求采取减震消音措施，将噪声控制在允许范围之内。

②对产生噪声较大的设备，采取修建隔离操作室的集中控制方法，使工作环境的噪声控制在 70dB(A)以下。

③对于仅需定时巡回检查的机泵厂房，每个工作日工人接触高噪声的时间很短，可以对设备采取减震措施以减小噪声。

9.4 环境管理及监测

环境管理和环境监测是污染防治的重要内容之一，是实现污染总量控制和治理措施达到预期治理的有效保证。本项目建成投产后，需要加强环境管理和环境监测工作，以便及时发现装置运行过程中存在的问题，尽快采取处理措施，减少或避免污染和损失。同时通过加强管理和环境监测工作，为清洁生产工艺改造和污染处理技术进步提供指导意义的参考。

宁夏和宁化学有限公司设有安全环保管理部，全面负责公司的安全、健康和环保工作。其他二级单位有兼职环保员，全公司形成了较完善的环境保护管理体系。脱硫工程环境管理工作由宁夏和宁化学有限公司安全环保管理部承担。

本工程环境监测系统由宁夏和宁化学有限公司环境监测系统负责监测。

主要监测项目及监测频率

（1）废气：

SO₂、NO_x、尘、氨、烟气黑度，监测频率 6 次/年

（3）噪声：

A 声级，主要为设备及厂界噪声

9.5 环保专项投资

烟气脱硫改造即属于环保处理设施，其投资即作为环保专项投资。

本项目的环境保护投资费用为 4743.498 万元。

10 劳动保护与安全卫生

10.1 设计依据

10.1.1 相关法律、法规及条例

(1) 《中华人民共和国职业病防治法》 中华人民共和国主席令第 81 号 2017 年 11 月 5 日

(2) 《中华人民共和国劳动合同法》中华人民共和国主席令第 73 号, 2013.7.1

(3) 《建设项目职业病防护设施设计专篇编制要求》(ZW-JB-2014-002) 2014 年 3 月 4 日发布

(4) 《关于进一步做好建设项目职业卫生“三同时”工作的通知》(新安监安健[2014]29 号)

(5) 《国家安全监管总局办公厅关于印发用人单位劳动防护用品管理规范的通知》(安监总厅安健[2015]124 号)

(6) 《危险化学品安全管理条例》中华人民共和国国务院令第 591 号 2011.12.1

(7) 《女职工劳动保护特别规定》中华人民共和国国务院令第 619 号 2012.4.28

(8) 《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》中华人民共和国国务院令第 352 号 2002.5.12

(9) 《工作场所职业卫生管理规定》(国家卫生健康委员会令第 5 号), 本规定自 2021 年 2 月 1 日起施行

(10) 《职业病危害项目申报办法》国家安全生产监督管理总局令第 48 号 2012.6.1

(11) 《用人单位职业健康监护监督管理办法》(31)法 国家安全生产监督管理总局令第 49 号 2012.6.1

(12) 《建设项目职业病防护设施“三同时”监督管理办法》 国家安全生产监督管理总局令第 90 号 2017.5.1

(13) 《生产安全事故应急预案管理办法》国家安全生产监督管理总局令第 88 号 2016.6.3

(14) 《职业病危害因素分类目录》 国卫疾控发〔2015〕92 号

(15) 《职业病分类和目录》 国卫疾控发〔2013〕48 号

- (16) 《工业企业职工听力保护规范》 卫法监发〔1999〕第 620 号
- (17) 《国家卫生健康委办公厅关于公布建设项目职业病危害风险分类管理目录的通知》 国卫办职健发〔2021〕5 号
- (18) 《防暑降温措施管理办法》 安监总安健〔2012〕89 号
- (19) 《职业卫生档案管理规范》 安监总厅安健〔2013〕171 号
- (20) 《用人单位职业病危害告知与警示标识管理规范》 安监总厅安健〔2014〕111 号
- (21) 《用人单位劳动防护用品管理规范》 安监总厅安健〔2015〕124 号
- (22) 《建设项目职业病危害预评价报告编制要求》 ZW-JB-2014-004
- (23) 《个体防护装备配备基本要求》 GBT 29510-2013
- (24) 《石油化工企业职业安全卫生设计规范》 SH/T 3047-2021
- (25) 《石油化工企业采暖通风与空气调节设计规范》 SH/T3004-2011
- (26) 《石油企业职业病危害工作场所监测、评价规范》 SY/T6284-2008
- (27) 《石油化工企业照度设计标准》 SH/T2037-2003
- (28) 国家安全监管总局办公厅关于贯彻落实《建设项目职业病防护设施“三同时”监督管理办法》的通知 安监总厅安健〔2017〕37 号
- (29) 《国家安全监管总局办公厅关于修改用人单位劳动防护用品管理规范的通知》 安监总厅安健〔2018〕3 号

10.1.2 设计执行相关标准

- (1) 《工业企业设计卫生标准》 GBZ1-2010
- (2) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》 GBZ2.1-2019
- (3) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：物理因素》 GBZ2.2-2019
- (4) 《工作场所职业病危害警示标识》 GBZ158-2003
- (5) 《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》 GBZ159-2004
- (6) 《职业健康监护技术规范》 GBZ188-2014
- (7) 《工作场所防止职业中毒卫生工程防护措施规范》 GBZ/T194-2007
- (8) 《密闭空间作业职业危害防护规范》 GBZ/T205-2007
- (9) 《工作场所有毒气体检测报警装置设置规范》 GBZ/T223-2009
- (10) 《职业卫生名词术语》 GBZ/T224-2010
- (11) 《用人单位职业病防治指南》 GBZ/T225-2010

(12)《生产设备安全卫生设计总则》	GB5083-1999
(13)《建筑采光设计标准》	GB50033-2013
(14)《建筑照明设计标准》	GB50034-2013
(15)《工业企业总平面设计规范》	GB50187-2012
(16)《生产过程安全卫生要求总则》	GB/T12801-2008
(17)《工业企业噪声控制设计规范》	GB/T50087-2013
(18)《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》	GB/T29639-2020
(19)《国民经济行业分类》	GB/T 4754-2017（2019 版）
(20)《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》	GB50493-2019
(21)《高毒物品作业岗位职业病危害信息指南》	GBZ/T204-2007
(22)《高毒物品作业岗位职业病危害告知规范》	GBZ/T203-2007
(23)《排风罩的分类及技术条件》	GB/T16758-2008

10.2 设计原则

（1）本工程的设计充分贯彻了“安全第一，预防为主”和“安全为了生产，生产必须安全”的设计思想，对工程中的易燃、易爆、有毒、有害物质设置必要的防范措施，并实施有效控制，防治事故的发生。

（2）消防设施的设计贯彻了“预防为主，消防结合”的方针，执行有关消防、防火设计规范和标准，根据工程的规模、火灾危险性程度、现有消防力量及邻近有关单位的消防协作条件等因素，合理地设置消防设施和措施。

（3）严格执行国家各项抗震防灾技术和行政法规，贯彻“预防为主，平震结合，常备不懈”的方针，切实采取各种有效的防范措施，使其具有较高的综合抗震能力。

（4）采用先进、可靠、安全的工艺流程，尽量减少操作人员的劳动强度，降低体能消耗，保证操作人员的作业和生活环境，满足安全卫生的要求。

（5）严格执行国家、地方、行业及企业制定的各项严格安全卫生的法律、法规和标准、规范，做到劳动安全卫生与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。

（6）对生产中易燃、易爆、有毒、有害物质设置必要的防范措施，并实施有效控制，防止事故的发生，实现生产的“安、稳、长、满、优”。

10.3 设计范围

本工程设计范围主要包括脱硫工艺生产装置及相关烟气系统、SO₂吸收系统、氧化空气系统、水洗循环系统、吸收剂供应系统等；吸收剂贮存、检修排空系统、工艺水系统等辅助及公用设施利旧原脱硫系统。

本次设计范围针对新建烟气脱硫系统产生的职业病危害的防护设施及其防治内容,脱硫工程的设计任务为根据职业病危害预评价报告中各种危害因素设计采取相应的具体防护措施。

10.4 建设项目的工艺流程简述

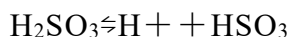
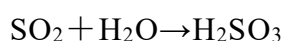
锅炉烟气经引风机加压后进入吸收塔内（单塔），首先在浓缩段利用烟气热量对硫酸铵溶液进行蒸发增浓，同时对烟气进行增湿降温及除尘，增浓的硫酸铵浆液落入塔底浆液池中，同时氧化空气被送入氧化槽对亚硫酸铵进行氧化，塔底的硫酸铵浆液达到一定浓度后，经浆液排出泵送往硫铵后处理系统（利旧）生产硫酸铵化肥。在浓缩段增湿降温后的烟气经集液塔盘上升至脱硫段，在脱硫段烟气与喷淋吸收循环液充分接触，除去烟气中的 SO₂ 及部分烟尘，吸收部分生成的气溶胶，脱硫产生的亚硫酸铵经集液塔盘收集至氧化槽进行氧化。净化后的烟气再次经过集液塔盘上升至水洗段，通过喷淋循环水来洗涤烟气中夹带的亚铵及硫铵、烟尘等颗粒物，并对氨进行回收，而后烟气继续上升到达除雾段，通过除雾器除去烟气中的微小液滴，最后经上述过程处理之后的烟气进入排气筒达标排放。

吸收浆液通过喷嘴雾化喷入吸收塔，分散成细小的液滴并覆盖吸收塔的整个断面。这些液滴与塔内烟气逆流接触，发生传质与吸收反应，烟气中的 SO₂ 被吸收。SO₂ 吸收中间产物亚硫酸铵经强制氧化形成硫铵。

化学过程描述如下：

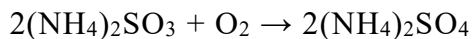
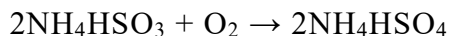
（1）吸收反应

烟气与喷嘴喷出的循环浆液在吸收塔内有效接触,循环浆液吸收大部分 SO₂，反应如下：



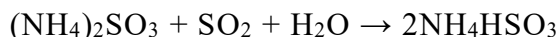
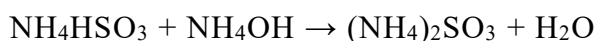
（2）氧化反应

亚硫酸铵在氧化槽中被氧化空气完全氧化，反应如下：



（3）中和反应

吸收剂浆液被引入吸收塔内中和氢离子，使吸收液保持一定的 pH 值。中和后的浆液在吸收塔内再循环。中和反应如下：



工艺流程图详见附件...工艺流程图

10.5 职业安全卫生防护措施

10.5.1 防毒

脱硫装置内：

在设备选型上选用先进可靠的机泵、阀门、管道、管件，对于受压设备和管道，除对焊缝进行严格探查外，还进行水压和气密性实验，并加强维护与管理，预防“跑、冒、滴、漏”现象的发生；装置内对可能泄漏有毒有害气体的释放源、如泵、压缩机、储罐等处设置固定式可燃、有毒气体检测报警仪。

进入新建脱硫区域的氨水管线，在管线法兰、阀门、流量计等连接位置设置有毒气体检测仪，配套声光报警装置，用以检测氨水泄漏。用于氨水管线泄漏检测选用有毒气体检测器，防爆形式为隔爆型，隔爆等级为 ExdIICT4；检测点与泄漏点的距离及报警值的设置执行《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》GB/T50493-2019 的规定。

生产过程中所有物料均密闭在各类设备和管道中，生产过程的液体、气态物料输送均采用泵、管道输送方式。

生产装置为框架式，自然通风良好，化学毒物不易于积聚。

物料加工和输送过程的控制采用 DCS 系统，工人采用巡检作业方式，减少了接触时间。

考虑到硫酸铵在存放过程中产生的气味，袋装成品仓库设置通风换气设备，以保证库房内的操作环境（成品库利旧）。

按有毒物质的类别及存在的岗位（场所）配备相应的个人防护用具，满足事故

下的呼吸防护要求。

基本防范措施：

- ①、加强作业场所的通风除毒、减噪隔音、屏蔽。
- ②、使用防毒面罩、手套、眼镜、耳塞等防护用品。
- ③、发生急性职业病危害事故时，立即采取紧急救援和控制措施。

10.5.2 防腐蚀

涉及腐蚀性物料及其他对眼睛、皮肤有刺激性物料均为管道输送，避免作业人员直接接触。因装置内硫酸铵浆液管采用玻璃钢管道，存在破裂溢出危险，故装置内设有事故浆液池（利旧），出现管道破裂等事故时，可及时将浆液送至事故池储存，待事故处理后，再通过浆液泵将其返回装置处理。从而避免其对作业人员的伤害。

输送浆液的机泵采用可靠的机械密封，管道系统设计注意防泄漏、防堵塞和自动冲洗的设计，保持脱硫系统长期稳定运行的良好状态。

脱硫岛区及泵房内设有围堰，岛区围堰设置在泵房建西侧，主要考虑因素为事故状态下的浆液泄漏，无防火要求，参照《储罐区防火堤设计规范》GB50351-2014 的规定。围堰范围按国家标准规范设置。室外的脱硫塔及箱罐全部在围堰范围内，防止物料泄漏蔓延。如发生物料泄漏，由围堰内的地沟导流至地坑，由地坑泵将地坑内的浆液输送到事故槽。泵房内的机泵设置小围堰，全部机泵设置在围堰内，闭式循环机封水冷系统的定期少量置换水、工艺管线的冲洗水、洗眼器废水及管线跑冒滴漏全部收集至泵房地坑，最终返回至脱硫塔，防止泄漏蔓延。

10.5.3 防尘

脱硫装置粉尘主要产生于后处理单元（原有装置）硫酸铵干燥器以及包装等过程中。按照原脱硫系统设计要求执行。

10.5.4 防噪声、振动

在工厂噪声与振动防控方面主要采取了以下措施：

（1）在满足工艺设计的前提下，全部选用低噪声的设备，如引风机、空压机及各类泵类等。对以空气柱振动引发的空气动力性噪声的治理，一般采用安装消声器的措施。

(2) 各种高噪声设备均设置于室内等专门的建筑厂房内, 并采用吸声或隔声的建筑材料, 可防止噪声的扩散及传播。所有机泵均设置在泵房内。

(3) 机械设备产生的噪声不仅能以空气为媒介向外传播, 还能直接激发固体构件振动以弹性波的形式在基础、地板、墙壁、管道中传播, 并在传播过程中内外辐射噪声。对振动较大的设备设置单独基础或对设备底座采取减振措施。强振设备与管道间采取柔性连接方式, 防止振动造成的危害。所有机泵的进出口设置橡胶挠性接头, 防止设备和管道的振动。

(4) 在平面布置上将高噪声区与操作区分开布置, 高噪声及振动设备集中布置在单独的操作间内; 为了减轻噪声对工人身体健康造成的影响, 在设备订货时, 要根据《工业企业噪声卫生标准》向厂家提出限制设备噪声的要求将设备噪声控制在允许的范围之内。任何噪声高于 85dB(A) 的设备, 均需采取设备基础和进出口管道减振措施, 或同时采用隔音材料、封闭空间进行隔音, 将噪声控制在低于 85dB(A) 的水平。为现场巡检人员配备防噪声耳罩。脱硫控制室内的防噪声设计要求低于 60dB(A)。

(5) 工艺装置采用 DCS 系统集中控制, 并设置独立于 DCS 系统的连锁, 采用机械化、自动化的生产工艺, 除巡检和必要的现场操作外, 劳动者基本不在现场停留, 减少了劳动者接触噪声的时间。

10.5.5 防氨泄漏危害措施

对于可能出现的氨水输送管线泄漏也制定了严格的应急处理措施:

迅速撤离泄漏污染区人员至上风处, 同时隔离 150m, 严格限制出入。切断火源。应急处理人员戴自给正压式呼吸器, 穿防毒服。尽可能切断泄漏源。合理通风, 加速扩散。高浓度泄漏区, 喷含盐酸的雾状水中和、稀释、溶解, 利用岛区围堰收容产生的大量废水。

当呼吸系统防护空气中浓度超标时, 佩戴过滤式防毒面具(半面罩)。紧急事态抢救或撤离时, 必须佩戴空气呼吸器。戴化学安全防护眼镜进行眼睛防护。穿防静电工作服进行身体防护, 戴橡胶手套进行手防护。

10.5.6 防高温灼烫及中暑

为防止夏季暑热, 在生产厂房内采取通风换气措施, 在装置区以外的控制室内设置工人休息室、操作室等, 并在室内设置空调等装置。使车间内工作地点及休

息室内的温度可满足有关的要求，工人大部分时间在控制室或交接班室，控制室和交接班室设有分体式冷暖空调。

作业方式为巡检作业，每隔 1h 到设备处检查，其余时间可避开阳光直射；

在高温季节来临前为员工发放防暑降温药品，暑期持续发放并保证充足的防暑降温药品及防暑饮料。

(4) 对设备、管道及其附件表面温度超过 50℃时，采取节能隔热设施，使之不对环境造成影响；工艺生产中不需保温的设备、管道及其附件，其外表温度超过 60℃，均做防烫处理，即距地面或工作台高度 2.1m 以内者，距操作平台周围 0.75m 以内者，均设有防烫隔热层，并合理配管，以防蒸汽和冷凝液从管接头处喷出而引起烫伤。该项目的烟道、工艺管线、箱罐均设置 100mm 厚的硅酸盐纤维毡保温层。

(5) 本工程部分设备为露天布置，对于热量不大的厂房，原则上以自然通风为主，当自然通风不能满足要求时，辅以机械通风。对余热散发量较大的厂房，设置消除夏季余热的机械通风装置。

(6) 对表面温度超过 60℃的设备和管道在距地面或平台高度 2.1m，周围 0.75m 以内设防烫隔热层。

(7) 配电室等操作岗位设置空调设施。

10.5.7 检测报警系统

脱硫装置及罐区采用集散型控制系统(DCS)实现对生产的连续自动化控制。生产中可能导致不安全因素的操作参数，如温度、压力、流量、液位等设置了超限报警信号。

对可能发生泄漏有毒、可燃气体的场所设置了固定式可燃及有毒气体检测报警器。视频监控：脱硫区域的电视监控系统纳入全厂工业电视监视系统，与全

厂控制系统

供货商进行设计和接口配合。

10.5.8 警示标识

工作场所职业病危害警示标识设置地点

①设置地点

根据《工作场所职业病危害警示标识》的规定，职业卫生管理应对产生职业病危害的工作场所及工作地点应当在其醒目位置设置职业危害警示标识。

②职业卫生警示标识的设置要求

职业卫生警示牌的设置要求如下：

(1)职业卫生警示牌应设在可能产生职业病危害的工作场所、设备处，并保证作业人员有足够的时间注意它所表示的内容。

(2)设在固定处，不应设在移动物体上。

(3)用钉子、钢丝等将职业卫生警示牌固定，以免随意拆掉。

(4)职业卫生警示牌应经常检查，如有变形、破坏、变色、图形符号脱落等要及时修整或更换，定期洗刷警示牌，以确保其清晰可见。

根据装置（单元）各类职业病危害因素的分布，按照《工作场所职业病危害警示标识》要求，设置各类警示牌和风向标。在醒目位置设置《告知卡》，注明职业病危害因素名称、理化特性、健康危害、防护措施、应急处理、急救电话等内容。

在紧急通道和紧急出入口，设置醒目标志、指示箭头和风向标；

表10.5.8-1 工作场所的公告栏、警示标识、告知卡设置

系统	分系统	安装地点	警示标识的名称	数量（块）
脱硫系统	岛区	泵房墙壁	注意噪音、腐蚀	2
		岛区氨水管道	注意中毒、腐蚀	2
		烟道挡板门	注意高温	1
		岛区入口围堰	公告栏	1
	后处 理 （利旧）	干燥机	注意噪音、粉尘	2
		一楼包装机	注意粉尘、防暑	2
		后处理楼入口	公告栏	1
合计				11

10.6 主要装置、设施和安全设施及特种设备的订购

10.6.1 采暖、通风与空调

(1) 采暖

本项目中泵房、配电室等采用热水采暖。

(2) 通风

泵房采用轴流风机强制通风，通风换气次数为 6 次/h。风机选用 8 台防爆轴流风机；

配电室采用轴流风机及时排出室内余热，换气次数 6 次/h，风机选用 3 台 T 防爆轴流风机；CEMS 小屋采用轴流风机强制通风，通风换气次数为 6 次/h，风机选用 1 台防爆轴流风机。事故状态按照换气次数 12 次/h。

（3）空调

配电室采用 2 台单元式空调；机柜间采用 1 台单元式空调；CEMS 小屋采用 1 台壁挂式空调。

对各车间建筑卫生设计要求按《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）

10.6.2 辅助卫生设施（利旧）

本项目原厂区内设置有职工食堂、集中浴室及更衣室、倒班宿舍，倒班宿舍内设置有卫生间，控制室设置卫生间、休息室等。本新增脱硫项目单元不新增人员，本项目辅助用室可以满足生产人员使用需求。

本项目生产车间属卫生特征 3 级车间，卫生辅助用室设置符合《工业企业设计卫生标准》GBZ1-2010 的要求。

10.6.3 个人防护用品配备

本单位为该项目不同岗位工人配置了相应的个人防护用品。本项目各装置作业人员配备工作服、安全帽、防护手套、防护眼镜、防噪耳塞、防尘口罩、防寒服等个人防护用品。

本工程为劳动者个人提供职业病防护用品，并对职业病防护用品进行经常性的维护、检修，定期检测其性能和效果，确保其处于正常状态。

（1）为工人配备声衰减值足够、舒适有效的护耳器（耳罩或耳塞）等个人防护用品。特别是泵房、后处理车间等噪声超标的岗位操作或巡检工除要求佩戴有效的个人防护用品外，同时加强监督检查，确保作业人员的健康。

（2）由于工艺、技术上的原因，通风除尘效果无法达到职业卫生标准限值的粉尘作业场所（包装间），操作人员必须佩戴防尘口罩、头盔等个人职业病防护用品。

（3）为存在酸、碱等发生化学灼伤事故的工作地点（氨区、脱硫岛区）巡视工人配置防酸、防碱工作服、靴、手套、防护眼镜、防毒面具，建立有毒物质防护工作制度 and 操作规程。

（4）为接触工频电场的巡检人员配备有效的个人防护用品，如屏蔽服、鞋、帽等，并经常检查其屏蔽、绝缘效果。对工作人员进行定期的体检。

(5)氨区检修呼吸防护：进入氨浓度超过 50ppm 的区域应佩戴空气净化呼吸器，进入超过暴露极限 300ppm 的区域还需佩戴自给式正压呼吸器。

皮肤防护：戴橡胶手套穿橡胶靴子以防止接触。

眼睛防护：戴安全眼镜和护目镜，如果液体有可能溅出，除了戴安全眼镜和护目镜外，还应戴上面罩。

防护用品见下表

10.6.3-1 个人使用的职业病防护用品

工 种	个体防护用品	型号/参数	备注
脱硫系统巡检工	耳塞	SNR 值 26dB，防护效果可达 15.6dB	防毒面具、防护衣帽、隔热服等特殊防护用品一般用在紧急情况下，部门：公用，配 5 套左右；呼吸器配 2 套
	防尘口罩	N95	
	防飞溅眼镜	Uvex	
电气巡检工	防静电服		
	绝缘胶鞋		
氨区巡检工	防毒面具		
	防护服		
	防酸碱手套		
	正压空气呼吸器		
后处理工人	耳塞	SNR 值 26dB，防护效果可达 15.6dB	
	防尘口罩	N95	

注：1.表中以劳动定员单次发放配备，各种工种防护用品备用数量可根据生产单位实际作业人员及产品使用周期进行配备。

本项目设置的个人防护用品设施符合《中华人民共和国职业病防治法》、《用人单位劳动防护用品管理规范》、《个体防护装备配备基本要求》GB/T29510-2013 的要求。

根据各装置物料的危害特性，在生产现场为接触有害化学品、噪声、粉尘的操作人员配置各种防毒面具、防尘口罩、防护手套、护目镜、等个人防护用品，并加强个人防护措施落实，按期发放劳动保护用器具。

10.6.4 工艺系统的安全设施或措施

为了确保安全生产，防止事故的发生，在本工程的设计中，根据本工程的特点和过程危险源及危险和有害因素分析的结果，严格执行现行国家、行业及地方相关法规、标准、规范、规定的要求，基于本质安全设计、事故预防优先、可靠性优先等设计原则，采取了一系列具有针对性、可操作性和经济合理的安全设施来加

以防范、消除不安全的因素。以保护劳动者在生产过程中的安全与健康，改善劳动条件，防止伤亡事故和职业病的发生，防止长期从事有害健康的劳动，避免劳动者发生职业中毒或导致职业病，实现安全生产。

1) 工艺装置采取的主要措施

(1) 装置中涉及有毒介质的设备容器应为密闭系统，系统中的进、出口的连接点均作密封处理，对运转设备机泵、阀门、管道材质的选型选用先进、可靠的产品，同时加强生产过程中设备与管道系统的管理和维修，使生产系统处于密封化，严禁跑、冒、滴、漏现象的发生。

(2) 本工程所使用原辅材料有 15%氨水，整体腐蚀性较强，企业需定期给设备进行防腐处理。对于装置、设备设施应制定小修、大修计划，定期维护保养，防止出现泄漏及机械安全事故。

(3) 装置钢框架、设备裙座、反应釜、储罐等易发生腐蚀的设备、设施选用耐腐蚀材料。

2) 设备及管道安全设施或措施

(1) 生产设备中有腐蚀性物质，对设备、管线等有腐蚀作用，进行必要的外防腐处理。脱硫塔、氧化槽、水洗槽等设备采用玻璃鳞片内防腐。

(2) 烟风管道选用焊接矩形钢管道；硫铵、亚硫酸溶（浆）液介质选用玻璃钢管道；工艺水、循环冷却水选用碳钢管道；仪用空气管道、氨水与液氨选用304不锈钢管道。

(3) 所有转动、运转机械在传动部分加设防护装置，防止操作人员误触。

(4) 相关设备设置紧急停机开关。

(5) 防烫设施：高温设备及管道外壳设有保温层，对表面温度超过 60℃有可能接触人的设备和管线均设有防烫隔热层，可保证操作工人的安全。

(6) 减噪设施：设计严格执行《工业企业噪声控制设计规范》选用低噪音设备。在工作条件允许的情况下，对噪音较大的电机加隔音罩。

(7) 各种工业管路按照《工业管路的基本识别色、识别符号和安全标识》（GB7231-2003）进行着色、标注介质名称及其流动方向。

3) 电气安全设施或措施

(1) 变、配电室的设计严格执行《20kV 及以下变电所设计规范》、《供配电系统设计规范》，电气设施的设计符合《低压配电设计规范》、《用电安全导

则》。

(2) 本项目用电设备主要为二级负荷。仪表 DCS 系统用电负荷、应急照明负荷为一级负荷中特别重要的负荷。要求供电电源连续可靠，因此，本工程设置双电源供电。

(3) DCS系统应急照明，采用自带蓄电池灯具，应急照明时间为90分钟。

(4) 本装置的工作接地、保护接地、防雷及防静电接地要求共用一套接地系统，并在装置区与相邻其他装置及供电的变配电所接地网连成一体，结成一个总接地网，接地网的接地电阻不大于 4 欧姆。

(5) 本装置只考虑日常小型修理及维护，对变压器、高压电动机及高、低压开关电气设备等的维修需依托老厂解决。

(6) 断电进行设备维修时，在电源开关处悬挂“有人作业、不准送电”的警示牌。

4) 仪控安全设施或措施

(1) 脱硫塔进出口设置 CEMS 检测系统，对进入脱硫塔的烟气和经脱硫系统处理后的烟气指标进行监测，实时监测数据进入 DCS 控制系统。

(2) 氧化循环槽的液位与补液气动阀连锁，实现氧化槽液位自动控制；pH 测量箱测量值进入 DCS 控制系统，作为补充氨水的控制指标。

(3) 水循环槽的液位与补液气动阀连锁，实现水循环槽液位自动控制。

(4) 脱硫塔进口温度与事故紧急喷淋气动阀连锁，实现锅炉烟气超温时对脱硫塔及塔内件的保护；脱硫塔压差与塔内除雾器冲洗气动阀 XV44201-44216 连锁，实现除雾器的自动冲洗。

(5) 脱硫塔入口 CEMS 的 SO₂ 指标与氨水泵出口调节阀连锁，pH 测试箱参数与氨水泵出口调节阀连锁，实现氨水供应自动调节。氨水输送管线设置氨气泄漏报警仪。

10.7 生产过程中职业危害因素分析

脱硫工程中危险、有害因素及分布地点主要在装置区及罐区，见下表。

表 10.7-1 危险、有害存在部位

危险、有害因素	主要存在部位
SO ₂ 、氨	罐区、装卸区
噪声危害	机泵、风机等高噪声设备
高温危害	各类高温装置和管道
粉尘危害	包装车间（利旧）
振动危害	机泵、风机等设备

表 10.7-2 本项目运行过程中人员接触职业病危害因素情况

工艺系统	作业岗位/工种	人数	主要作业场所或工作内容	接触时间与频度	主要职业病危害因素
脱硫系统	巡检工	/	脱硫泵房、脱硫塔、吸收浆液循环槽等	巡检时接触， 每 1h 巡检一次，每次接触时间约 30min	噪声、二氧化硫、氨
后处理系统			后处理车间等		
	包装工	/	硫酸铵包装间	每班包装时间约 4h	噪声、二氧化硫、氨、硫酸铵粉尘

表 10.7-3 本项目建设过程中人员接触职业病危害因素情况

工艺系统	主要作业场所或工作内容	主要职业病危害因素
脱硫系统	新建脱硫厂区	噪声、高温、水泥粉尘、电焊烟尘、砂轮磨尘、振动

10.7.1. 职业病危害因素理化特性及毒理特征

在低温条件下，如果设备、管线的保温工作做不好，会造成设备、管线冻裂，使有毒有害物料泄露，引发事故。

由于主要生产装置部分为露天布置，且厂房内设置通风设施，所以生产过程中产生的化学毒物等危害因素扩散较快，不易积聚，一定程度上减轻危害因素对工人健康的影响。

脱硫装置产生微量游离氨以及烟气中的二氧化硫。

脱硫装置在可能出现的非正常运行工况下，逃逸氨产生点除脱硫塔出口有微量逃逸氨外，还有氨水供给时发生泄漏逃逸的氨。

1) 二氧化硫

无色气体，刺激性强，能刺激鼻粘膜、眼睛和呼吸器官。

健康危害：轻度中毒时，发生流泪、畏光、咳嗽，咽、喉灼痛等；严重中毒可在数小时内发生肺水肿；极高浓度吸入可引起反射性声门痉挛而致窒息。皮肤或眼接触发生炎症或灼伤。

环境危害：对大气可造成严重污染。

燃爆危险：本品不燃，有毒，具强刺激性。

急救措施：皮肤接触后，立即脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗。就医。

眼睛接触后提起眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗；吸入后迅速脱离现场至空气新鲜处，保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸，就医；食入后用水漱口，饮牛奶或生蛋清，就医。

工程控制：严加密闭，提供充分的局部排风和全面通风。提供安全淋浴和洗眼设备。

呼吸系统防护：空气中浓度超标时，佩戴自吸过滤式防毒面具（全面罩）。紧急事态抢救或撤离时，建议佩戴正压自给式呼吸器。

眼睛防护：呼吸系统防护中已作防护。

身体防护：穿聚乙烯防毒服。

手防护：戴橡胶手套。

其他防护：工作现场禁止吸烟、进食和饮水。工作完毕，淋浴更衣。保持良好的卫生习惯。

2) 氨水

低浓度的氨对眼和潮湿的皮肤能迅速产生刺激作用。潮湿的皮肤或眼睛接触高浓度的氨气能引起严重的化学烧伤；皮肤接触可引起严重疼痛和烧伤，并能发生咖啡样着色。被腐蚀部位呈胶状并发软，可发生深度组织破坏；氨溅入眼内，可致晶体混浊、角膜穿孔，甚至失明。

急救措施：如接触的是氨水，并且衣服已被污染，应将衣服脱下并放入双层塑料袋内。如果眼睛接触或眼睛有刺激感，应用大量清水或生理盐水冲洗 20 分钟以上。如在冲洗时发生眼睑痉挛，应慢慢滴入 1~2 滴 0.4% 奥布卡因，继续充分冲洗。如患者戴有隐形眼镜，又容易取下并且不会损伤眼睛的话，应取下隐形眼镜。对接触的皮肤和头发用大量清水冲洗 15 分钟以上。冲洗皮肤和头发时要注意保护眼睛。误服者给饮牛奶。就医。

3) 气氨

为强烈刺激性气体，低浓度氨对粘膜有刺激作用，高浓度可造成组织溶解坏死。轻度吸入氨中毒表现有鼻炎、咽炎、喉痛、发音嘶哑等；眼结膜、鼻粘膜、咽部充血、水肿；严重者可发生中毒性肺水肿，或有呼吸窘迫综合症，患者剧烈咳

嗽、咯大量粉红色泡沫痰、呼吸窘迫、谵妄、昏迷、休克等。可发生喉头水肿或支气管黏膜坏死脱落窒息。高浓度氨可引起反射性呼吸停止。

急救措施：皮肤接触后，应立即脱去污染的衣着，应用 2%硼酸液或大量清水彻底冲洗。就医。眼睛接触后立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟。就医。吸入后迅速脱离现场至空气新鲜处，保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸，就医。误服者给饮牛奶。就医。

一般不需防护，浓度超标时，建议佩带空气呼吸器。眼睛防护：可佩带化学安全防护眼镜。身体：穿防护工作服，带橡胶耐油手套。

泄漏处理：迅速撤离至安全区，并进行隔离，严格限制出入。将泄漏物转移至专用回收容器内。

10.7.2 腐蚀物料危害

生产过程中涉及的腐蚀性物料来源于氨水以及脱硫后的亚硫酸铵、硫酸铵等。若使用不当将对操作人员造成灼伤。腐蚀物料见下表。

表 10.7.2-1 腐蚀性物料表

序号	名 称	种 类	形 态
1	氨水	碱性腐蚀	液体
2	硫酸铵	酸性、CL-腐蚀	液体
3	亚硫酸铵	酸性、CL-腐蚀	液体
4	二氧化硫	酸性	液体

10.7.3 粉尘危害

生产性粉尘（硫酸铵粉尘）是指漂浮在作业场所中的固体颗粒。根据分散度的不同，粉尘在空气中的飘散范围也不同。在生产过程中，长期吸入生产性粉尘可引起气管炎、过敏，严重者可引起尘肺病。粉尘在空气中的浓度越高，吸入量相对越大；劳动强度越大，呼吸频率加快，则吸入尘粒的机会越大，受害的可能性也加大。此外，气温和湿度也影响粉尘的吸入量。

脱硫装置后处理硫酸铵包装车间、干燥流化床等场所，作业人员可能会接触到粉尘（硫酸铵粉尘），粉尘对人体上呼吸道和肺有刺激作用。

10.7.4 高温灼伤

装置的主要高温部位为烟道插板门、原烟道及蒸汽管道等，在附近的作业人员如防护不当可能造成灼伤、烫伤事故。

10.7.5 噪声

本工程产生连续噪声的设备有泵、离心机、干燥器等。

长期接触噪声对听觉系统产生损害，从暂时性听力下降直至病理永久性听力损失，还可引起头痛、头晕、耳鸣、心悸和睡眠障碍等神经衰弱综合症。此外对神经系统、心血管系统、消化系统、内分泌系统等产生非特异性损害，同时对心理有影响作用，使工人操作时的注意力、身体灵敏性和协调性下降。工作效率低，容易发生生产和工伤事故。本工程采用的设备均保证声压级小于 85~90dB(A)

10.7.6 振动

本工程产生连续振动的设备有泵、离心机、干燥器等。

振动幅度过大可能对人体造成伤害，在使用安装和布置不当时，或缺少应有的检查、维护和修理，在长期运行过程中因部件磨损过大，从而增大偏心或不平衡性，随之扰力增加，振动影响增大，从而对周围发生一定的影响和危害。振动可给工人造成危害，易引起神经衰弱综合症，出现头痛、头晕、失眠、记忆力减退、心悸、四肢无力等症状。

10.7.7 高温、低温

高温环境可使劳动效率降低，增加操作失误率，引起中暑。长期高温作业（数年）可出现高血压、心肌受损和消化功能障碍等。高温作业人员的作业能力随着温度的升高而明显下降。研究资料表明，环境温度达到 28℃时，人的反应速度、运算能力、感觉敏感性及运动协调功能都明显下降。普通作业人员的作业能力，35℃时仅为一般情况下的 50%~70%左右；重体力劳动作业人员能力，30℃时仅为一般情况下的 50%~70%，35℃时仅有 30%左右。

宁夏市的夏季极端最高温度为 41.4℃，操作人员在巡检过程中易受夏季高温、热辐射的影响，人体可出现一系列生理功能的改变，如超过一定限度，可因热平衡和水盐代谢紊乱而引起中暑。极端最低气温可达-28.0℃，工人室外巡检过程中存在低温危害，本装置部分设备及管道采用玻璃钢设备，该部分设备管道及室外操作人员不存在低温冻伤危害。

10.7.8 其他物理、生物因素

本项目施工过程中还可能存在的其他物理因素包括：工频电场、电焊弧光等；生物因素包括：自然疫源性疾病（如有）及地方病发病情况（如有）

另外，生产装置的采光、照明等因素也影响到相关岗位工人。

项目自动化控制水平较高，主要以 DCS 控制系统为主，部分工人多数时间在控制室从事视屏操作。劳动组织制度采用四班二运转的运行方式，每班工作 12 小时，工人可以轮流休息，不存在工作时间过长带来的工作疲劳和劳动组织及作息制度的不合理。

表 10.7.8-1 本项目职业病危害因素及可导致的职业病

危害因素	对人体主要健康影响	可导致的职业病
噪声	长期接触工业噪声可引起操作工人耳鸣、耳痛、头晕、烦躁、失眠、记忆力减退，可引起暂时性听阈位移、永久性位移、高频听力损伤、语频听力损失直到噪声聋等症状。	职业性噪声聋
高温	工人从事高温作业或高温天气作业，可引起热射病、热痉挛、热衰竭等三种职业性中暑。热射病前驱期主要表现为：无力、头疼、恶心、呕吐、多尿，之后表现为高热，皮肤干燥、灼热而无汗，有不同程度的意识障碍，重症患者可有肝、肾功能异常。热痉挛主要表现为：肌痉挛伴收缩痛，重者疼痛甚剧，但患者神志清醒，体温多正常。热衰竭主要表现为：头疼、心悸、恶心、呕吐、出汗，继而昏厥、血压短暂下降，体温多不高。	职业性中暑
低温	引起局部冻伤，与人在低温环境中暴露时间长短有关；产生全身性影响。	—
硫酸铵	对皮肤、粘膜等组织有强烈的刺激和腐蚀作用。蒸气或雾可引起结膜炎、结膜水肿、角膜混浊，以致失明；引起呼吸道刺激，重者发生呼吸困难和肺水肿；高浓度引起喉痉挛或声门水肿而窒息死亡。口服后引起消化道烧伤以致溃疡形成；严重者可能有胃穿孔、腹膜炎、肾损害、休克等。皮肤灼伤轻者出现红斑、重者形成溃疡，愈后瘢痕收缩影响功能。溅入眼内可造成灼伤，甚至角膜穿孔、全眼炎以至失明。慢性影响：牙齿酸蚀症、慢性支气管炎、肺气肿和肺硬化。	—
二氧化硫、氨	属刺激性气体，低浓度对眼和呼吸道粘膜有刺激作用、高浓度可引起眼结膜和上呼吸道炎症，喉头痉挛和水肿，甚至发生化学性肺水肿、肺炎等，长期低浓度接触可发生慢性结膜炎、鼻炎、支气管炎。	职业性急性中毒

10.7.9 危险岗位分析

上述职业危险因素存在的岗位（场所）见下表

表 10.7.9-1 危险岗位（场所）一览表

序号	场所或设备	主要职业病危害因素	可能产生的职业病危害
1	脱硫塔区	二氧化硫、亚硫酸铵、噪声	呼吸道、中毒、腐蚀灼伤
2	氨区	氨水	呼吸道、中毒、腐蚀
3	后处理	硫酸铵粉尘、噪声	呼吸道、腐蚀

根据《工作场所有害因素职业接触限值》，职业病危害因素的接触限值具体情况见下表 10.7.9-2~10.7.9-7。

表 10.7.9-2 职业病危害因素接触限值一览表

序号	介质名称	侵入途径	职业危害程度分级	最高允许浓度 (mg/m ³)	时间加权平均允许浓度 (mg/m ³)	短时间接触容许浓度 (mg/m ³)
1	氨	吸入	IV	-	20	30
2	二氧化硫	吸入	-	-	5	10
3	硫酸粉尘	吸入	-	8	-	-

注：PC-TWA—时间加权平均容许浓度；PC-STEL—短时间接触容许浓度；MAC—最高容许浓度。

表 10.7.9-3 其他职业病危害因素接触限值一览表

序号	名 称	接触限值
1	工频电场强度	5kV/m
2	热辐射	700w/m ²

表 10.7.9-4 工作场所噪声等效声级接触限值

序号	日接触噪声时间 (h)	接触限值 (dB(A))
1	8	85
2	4	88
3	2	91
4	1	94
5	0.5	97
备注	噪声每超过 3dB(A),在噪声环境中的劳动时间减半。	

表 10.7.9-5 工作场所手传振动接触限值

序号	接触时间	等能量频率计权振动加速度(m/s ²)
1	4h	5

表 10.7.9-6 全身振动强度接触限值

序号	工作日接触时间 (t, h)	接触限值 (m/s ²)
1	4 < t ≤ 8	0.62
2	2.5 < t ≤ 4	1.10
3	1.0 < t ≤ 2.5	1.40
4	0.5 < t ≤ 1.0	2.40
5	t ≤ 0.5	3.60

表 10.7.9-7 工作场所不同体力劳动强度 WBGT 限值 (°C)

接触时间率	体力劳动强度			
	I	II	III	IV
100%	30	28	26	25
75%	31	29	28	26
50%	32	30	29	28
25%	33	32	31	30

注：体力劳动强度分级参考常见职业体力劳动强度分级表

10.7.10 防护性能分析

脱硫系统的氨水采用密闭管道输送，含二氧化硫的烟气从密闭烟道送至脱硫塔，处理后的烟气从 90m 烟囱排放；后处理的硫酸铵粉尘由已有设备进行收集；脱硫系统的工人以巡检为主，后处理的工人配备防噪耳塞和防尘口罩，控制室远离脱硫区域的噪声源，预计脱硫系统的工人在接触危害因素、噪声和振动强度方面能够满足和符合国家对于职业病防治方面的法律、法规及标准的要求。

表 10.7.10-1 本项目正常运行时的关键控制点一览表

评价单元	作业点	关键职业病危害因素	岗位/工种	预期接触浓(强)度	预期接触水平
脱硫系统单元	脱硫循环泵房、脱硫塔、吸收浆液循环槽	噪声、氨	巡检工	根据类比检测结果和本单元拟设置的防护设施，预期本项目巡检工接触的噪声强度为 88.9dB(A)，超过了职业接触限值，巡检工接触的氨 C _{TWA} 为 0.5mg/m ³ ，C _{STEL} 为 10.4mg/m ³ 。	本单元巡检工接触的噪声强度可能超过职业接触限值，接触的氨应能符合职业接触限值。

评价单元	作业点	关键职业病危害因素	岗位/工种	预期接触浓（强）度	预期接触水平
后处理系统单元	后处理车间、硫酸铵包装间	噪声、氨、硫酸铵粉尘	包装工	根据类比检测结果和本单元拟设置的防护设施，预期本单元包装工接触的噪声强度 40h 等效声级为 87.4dB（A），超过了职业接触限值，巡检工接触的氨 $C_{TWA} < 0.5\text{mg/m}^3$ ， C_{STEL} 为 2.0mg/m^3 ，接触的硫酸铵粉尘 C_{TWA} 为 0.48mg/m^3 。	本单元包装工接触的噪声强度可能超过职业接触限值，接触的氨、硫酸铵粉尘应能符合职业接触限值。

表 10.7.10-2 本项目职业病危害因素排放浓度限值一览表

序号	介质名称	排放位置	排放预期浓（强）度 (mg/m^3)	备注
1	氨	烟囱	3	90m 高空排放，满足排放指标
2	二氧化硫	烟囱	20	90m 高空排放，满足排放指标
3	颗粒物	烟囱	5	90m 高空排放，满足排放指标
4	硫酸铵粉尘	水浴除尘器	8	满足排放指标
5	硫酸铵粉尘	包装间	8	满足排放指标
6	噪声	机泵、风机	85dB（A）	机泵、风机等设备满足要求，配备个人防护用品

10.8 劳动保护

在厂房合理设置机械排风设施，根据场地的大小，设置多台抽风机把有害气体排出厂外，排风量的设计满足作业场所有害因素浓度控制在国家职业卫生标准以下。

在厂房选择适当的位置设置带冲淋装置的洗眼器，一旦接触危险物品可以及时洗眼或者冲淋以防止危险发生。在厂房内设置事故柜，柜内配有急救器材、救生器、防护面罩、护目镜、胶皮手套、耳塞等防护以及急救用具和用品，以确保对操作人员进行劳动卫生保护，及时进行应急处理。如果发生急性中毒，公司设有急救箱及配备有受过培训的急救人员，经紧急处理后急送附近医院救治。

建设单位应当对职工进行上岗前的职业卫生培训和在岗期间的定期职业卫生培训，指导职工正确使用职业病防护设备和个人使用的职业病防护用品，按规定穿戴和使用劳防用品：包括耳塞、防护口罩、乳胶手套、工作服和工作鞋。

按照《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）要求，在厂房内产生尘毒区域、噪声区域均设置职业危害警示标识，在应急撤离口设置应急撤离标识。

10.9 安全卫生投资估算

本装置用于生产现场个人防护设施、安全卫生教育设施、安全预评价、职业病危害预评价等的费用约 130 万元,劳动安全卫生设施费用纳入相关专业概算中,占工程建设投资的~2%。

11 消防

11.1 设计原则

(1) 采用专职消防和义务消防相结合的消防体制,设置必要的岗位应急使用的消防设施。

(2) 贯彻“预防为主、防消结合,减少火灾损失,保障人身和财产安全”的消防原则。严格执行国家有关的设计防火规范,采取可靠的防范措施,防止和减少火灾危害;

(3) 严格执行国家各项抗灾防火技术和行政法规,积极采用先进成熟的抗灾防灾技术,做到设施可靠、技术先进、经济合理、便于操作;

(4) 消防设施根据规模、火灾危险及邻近有关单位的消防协作条件等因素综合考虑确定。

(5) 消防设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

(6) 在设计中根据装置火灾危险特点,从预防火灾发生,防止火灾蔓延和消防三方面采取措施。

11.2 采用的标准规范

序号	标准号	标准内容
1	GB50016-2014 (2018 版)	《建筑设计防火规范》
2	GB50057-2010	《建筑物防雷设计规范》
3	GB50058-2014	《爆炸危险环境电力装置设计规范》
4	GB50116-2013	《火灾自动报警系统设计规范》
5	GB50140-2005	《建筑灭火器配置设计规范》
6	GB50160-2008 (2018 版)	《石油化工企业设计防火规范》

序号	标准号	标准内容
7	GB50219-2014	《水喷雾灭火系统设计规范》

11.3 消防环境现状及依托条件

利用宁夏和宁化学有限公司已有的消防设施、消防给水系统，以及脱硫系统内布置的消防给水管网及消防器材，根据新增生产岗位特点及消防设计规范配置灭火器。

11.4 火灾危险性分类及建筑类别

序号	建(构)筑物名称	项目单体号	建筑占地面积(m ²)	建筑面积(m ²)	结构类型	层数	火灾危险性分类	耐火等级
1	泵房（改造）		198	198	钢筋砼框架	1	戊	二级
2	配电室（新建）		126	126	钢筋砼框架	1	戊	二级
3	CEMS 小屋（新建）		9	9	砖混	1	戊	二级

11.5 主要消防设施和措施

本次新增建筑物为脱硫循环泵房（改造）、配电房、CEMS 小屋，火灾危险类别为戊类，新增脱硫塔火灾危险类别为戊类，消防设计以水消防为主，化学消防为辅。采用低压消防给水系统，同一时间内的火灾次数为一次，火灾延续时间为 2 小时，室外消火栓用水量为 15l/s，室内可不设室内消火栓，因此灭火时室内、外消防总用水量为 15l/s，即 54 m³/h，消防水全部来自厂内消防水泵站。

11.5 防静电及防雷接地措施

11.5.1 防雷

1) 厂内建、构筑物的防雷分类及防雷措施，应按现行国家标准 GB50057-2010《建筑物防雷设计规范》的有关规定执行。

2) 对属于三类防雷建筑物的辅助生产设施及公用设施，根据地区雷电的特点

要求装设避雷带。对装有计算机、电子器件等敏感设备的建筑物做好防雷分区和防电磁脉冲的过电压保护措施。

3) 低压电源进线处和装有电子设备的电源侧装设电源避雷器或电涌保护器。

4) 泵房按三类防雷构筑物设计，在顶部装设避雷网。

11.5.2 防静电

对爆炸、火灾危险场所内可能产生静电危险的设备和管道，均应采取防静电接地措施。

11.5.3 接地

1) 10/0.4kV 变压器中性点接地的接地电阻不大于 4Ω ；三类建筑物防雷接地的接地电阻不大于 10Ω ；防静电接地的接地电阻不大于 100Ω 。

2) 各种不同用途的接地可共用一个总的接地装置，其接地电阻值应符合其中最小值的要求。

3) 接地装置采用防腐材质，接地极采用防腐接地极，长 2.5m，接地干线截面不小于 120mm^2 ，接地支线截面不小于 70mm^2 。避雷带、支架及引下线采用热镀锌圆钢，避雷带、引下线直径不小于 $\phi 12$ 。

11.6 耐火保护

本工程各部构件的耐火极限及燃烧性能都能满足二级耐火建筑的要求。参见《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）第 3.2.1 条和第 5.1.1 条。

维护墙：采用混凝土空心砌块，内外抹灰处理，不燃烧体，能达到 1.0h 耐火极限。

楼梯间的墙：采用小型混凝土空心砌块，不燃烧体，能达到 2.0h 耐火极限。

柱：采用钢筋混凝土柱，不燃烧体，能达到 2.5h，耐火极限。

梁：采用钢筋混凝土梁，不燃烧体，能达到 1.5h 耐火极限。

楼板：采用钢筋混凝土楼板，不燃烧体，钢筋保护层大于 30，能达到 1.0h 耐火极限。

屋顶承重构件：采用混凝土板，不燃烧体，能达到 1.0h 耐火极限。

吊顶：采用矿棉板吊顶，石膏板吊顶、金属板吊顶，难燃烧体和不燃烧体，能达到 0.25h 耐火极限。

防火材料涂层：钢结构使用防火材料涂层。

11.7 总平面布置

新增烟气脱硫装置（脱硫塔、槽罐、管廊）布置在引风机房 B 的建西侧的空地上，烟道布置在引风机房建东侧，与原有烟道平行；泵房利用改造原引风机房 B 预留的四号引风机位置；配电室布置在引风机房 B 的建东侧（暂定），或另行规划。

脱硫塔布置在原 4 号除尘器的预留位置，脱硫塔建南侧布置升降梯和水洗循环槽，引风机房 B 的建北侧布置氧化循环槽，脱硫塔和槽罐露天布置；槽罐和引风机房之间布置综合管廊；控制室移至锅炉控制室。

11.8 消防车道

在项目区周围设环形消防车道，路面宽度不小于 4m，路面上的净空高度不低于 5m，路面内缘转弯半径不小于 12m。

11.9 消防设施费用

项目消防投资费用约 30 万元，主要用于消火栓、消防管网、灭火器等消防设施的建设及购置。约占工程投资的~0.5%

12 抗震

12.1 编制依据

12.1.1 国家对抗震方面的有关政策、法规和标准

抗震采用的现行国家规范、标准及技术规定：

《建筑抗震设计规范》	GB 50011-2010（2016 年版）
《构筑物抗震设计规范》	GB 50191-2012
《建筑工程抗震设防分类标准》	GB 50223-2008
《石油化工建（构）筑抗震设防分类标准》	GB50453-2008
《建筑物抗震构造详图》	11G329-1,-2,-3
《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》	16G101-1
《混凝土结构设计规范》	GB50010-2010
《石油化工构筑物抗震设计规范》	SH/T3147-2014
《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》	GB 50032-2003
《石油化工钢制设备抗震设计规范》	GB50761-2012
《工业企业电气设备抗震设计规范》	GB50556-2010

12.1.2 自治区对抗震方面的有关规定和要求

宁夏回族自治区地震安全性评价管理办法 宁夏回族自治区人民政府规章
2022 年 1 月 18 日修正

宁夏回族自治区房屋建筑抗震设防管理办法 2009 年 3 月 10 日起施行

12.2 工程地质地震灾害的概况

厂址在宁夏回族自治区银川市宁东能源化工基地，根据钻探揭露及原位测试和土工试验结果，勘探深度范围内地层由第四系风积、残积形成的粉土、粉细沙和碎石土组成，下伏三叠系泥岩、砂岩及粉砂岩。第四系地层厚度在0.5~4 米之间，低洼处厚度最大。基本烈度为8度，设计基本地震加速度0.2g，设计地震分组为第三组，场地类别Ⅱ类。

12.3 抗震设防主要参数

拟建场地地处灵武市东部，按《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010（2016版））附录A 该区地震设防烈度为8 度，设计地震基本加速度值为0.20g，设计地震分组为第一组，设计地震特征周期 $T_g=0.35s$ ，标准贯入锤击数基准值10。

业主提供的宁夏地震工程研究院（2008 年4 月）“宁东能源化工基地宁夏捷美丰友化工有限公司煤化工园区工程场地地震安全性评价工作报告”，本场地地震安评表述为（场地设计地震动参数50 年超越概率10%的地震动水平向峰值加速度为164.9gal，特征周期为0.49s，相当于地震基本烈度为VII 度，对应的设计地震分组为第三组。

由于本场地的地震安评报告更具有针对性和实用性，建议关于场地和地震效应按地震安评报告内容执行。建筑结构安全等级为二级，建筑抗震设防类别为丙类。

12.4 抗震设计原则及措施

12.4.1 厂址选择和总图布置应符合抗震要求

厂址选择：

本项目位于宁夏和宁化学有限公司厂区内。根据实际改造需要，本改造工程不新增占地，也无需新征地。

总平面布置：

（1）符合国家现行的有关法令法规的要求，满足脱硫系统的防火及卫生防护的要求，满足工艺生产流程的要求，相关装置临近布置，使工艺管线走向顺畅，线路短捷。

（2）根据宁夏和宁化学有限公司锅炉烟气超低排放改造项目的具体情况和现场的实际条件，精心设计建设。

为了实现预防为主抗震设计方针，使建筑经抗震设防后，减轻建筑的地震破坏，避免人员伤亡，减少经济损失，取得“小震不坏，中震可修，大震不倒”的抗震设防目标，建构筑物设计采取的抗震设计技术措施，包括地震作用计算及抗震构造措施。分述如下：

（1）在布置本项目平面及选择建筑场地时，考虑了以下因素：

建设场地内无活动断裂；

(2) 本项目无甲、乙类建构筑物，所有建、构筑物均为丙类且未处于危险地段；

(3) 主要设备(含管道布置、建筑设计和结构设计)方案符合抗震概念设计要求，装置内无严重不规则设计方案；

场地不存在砂土液化、软土震陷，无边坡地震稳定性及发震断裂错动对地面建筑产生影响问题。

12.4.2 建构筑物设计应符合抗震要求

1) 主要建、构筑物结构方案及抗震设防分类见各单元设计规定。本项目所有的建、构筑物均为丙类建筑,丙类建筑物地震作用和抗震措施应符合本地区抗震设防烈度的要求。

2) 本工程中所有建、构筑物的结构体系均具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径，且具备必要的抗震承载力、良好的变形能力和消耗地震能量的能力，不会因部分结构或构件的破坏而导致整个结构丧失抗震能力或降低重力荷载的承载力。结构选型采用抗震有利的结构体系。

12.4.3 主要设备、储罐、管道、电气等防范应符合抗震要求，采取的主要措施

12.4.3.1 建筑物结构体系抗震设计的基本要求

建(构)筑物采用 SATWE 软件进行结构、抗震计算,工程场地抗震设计反应谱是振型分解反应谱法。

(1) 具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径；

(2) 具有必要的抗震承载能力，良好的变形能力和消耗能量的能力；

(3) 应避免因部分结构或构件破坏而导致整个结构丧失抗震能力或对重力荷载的承载能力；

(4) 对可能出现的薄弱部位，应采取措施提高抗震能力；

(5) 有多道抗震防线；

(6) 具有合理的刚度和承载力分布，避免因局部削弱或突变形成薄弱部位，产生过大的应力集中或塑性变形集中；

(7) 结构在两个主轴方向的动力特性宜相近。

12.4.3.2 建(构)筑物结构地震作用计算和采取的抗震措施、抗震验算所依据的标

准、规范及技术规定：

《建筑抗震设计规范》（2016版）	GB 50011-2010
《构筑物抗震设计规范》	GB 50191-2012
《建筑工程抗震设防分类标准》	GB 50223-2008
《石油化工建（构）筑抗震设防分类标准》	GB50453-2008
《建筑物抗震构造详图》	11G329-1,-2,-3
《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》	11G101-1
《混凝土结构设计规范》	GB50010-2010
《构筑物抗震设计规范》	GB50191-2012

12.4.3.3 建（构）筑物的抗震结构体系

（1）本工程建（构）筑物的结构设计符合抗震概念设计的要求，没有采用严重不规则的设计方案；各类建（构）筑物具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径；具备必要的抗震承载力、良好的变形能力和消耗地震能量的能力；

（2）对抗震薄弱部位，采取了有效措施提高抗震能力，避免因部分结构或构件破坏而导致整个结构丧失能力或抗震能力或对重力荷载的承载能力，对不规则的建筑方案规定采取加强措施。

12.4.3.4 建（构）筑物的抗震结构分析

本工程建（构）筑物，采用 SATWE 软件进行结构、抗震计算，根据规范要求进行了多遇地震作用下的内力变形分析，此时，假定结构与构件处于弹性工作状态，内力和变形分析采用线性静力方法或线性动力方法。

12.4.3.5 抗震结构对材料和施工质量的特殊要求：

（1）混凝土结构材料等级：

混凝土垫层的强度等级不应低于 C15，其余结构混凝土的强度等级不应低于 C30；

（2）钢结构的钢材性能指标：钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85；钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于 20%；钢材应有良好的焊接性和合格的冲击韧性；钢材采用 Q235-B 或 Q345-B，可选用 Q345-C，其质量应分别符合《碳素结构》（GB/T700）和《低合金高强度结构钢》（GB/T1591）的规定。

（3）在施工中，当需要以强度等级较高的钢筋替代原设计中的纵向受力钢筋

时，应按照钢筋受力承载力设计值等的原则换算，并应满足最小配筋率要求。

(4) 钢筋混凝土构造柱，其施工应先砌墙后浇筑构造柱。

12.4.3.6 各类设备的抗震设计原则和设计采取的措施

①烟道的抗震

根据 DL/T5121-2000《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程》10.1.4 位于 8 度及以上地震区的发电厂，支吊架的设置应考虑地震力的影响。

②非标设备的抗震设计

抗震措施如下：

A 应有良好的静电接地装置。

B 大直径刚性管道不宜直接与设备连接，宜采用柔性连接。

12.4.3.7 项目电气抗震设计原则和设计采取的措施

电力设施在工程设计中，应该贯彻执行抗震工作“以防为主”的方针，严格遵守有关的抗震设计规范，使电力设施经抗震设防后减轻地震破坏，最大限度地减少人员伤亡和经济损失。

按照规范要求当地震设防烈度为 7 度及以上时，电气设备的安装应符合相关规范要求，本工程地震设防烈度为 8 度，因此电气设备安装应符合下列要求。

1.设备引线和设备间的连线宜采用软导线，其长度应留有余量，当采用硬导线时，应有软导线或伸缩接头过渡。

2.电气设备和装置的安装必须牢固可靠，设备和装置安装螺栓或焊接强度必须满足抗震要求。

3.变压器类宜取消滚轮及轨道，并应固定在基础上。

电气设备均成套开关柜或控制设备，设计选型符合抗震设防要求，如低压开关柜选型为智能型抽出式或固定分隔式开关柜。

1) 变压器采用地脚谨小慎微固定在基础或基础预埋件上；

2) 变压器低压侧连接母线采用铜纺织带软连接；

3) 高压开关柜、低压配电柜、不间断供电设备（UPS）和配电箱类，采用地脚螺栓固定在基础上；

4) 成列高压开关柜、低压配电柜等柜之间，应采用螺栓在设备重心以上连续成整体。柜间连接的硬母线在通过建筑物防震缝（含沉降缝或伸缩缝）处，

应加设软连接；

- 5) 高压移开式开关柜和低压抽出式配电屏的二次电缆插头,应有防松动措施;
- 6) 高压开关柜、低压配电柜上的继电器和仪表,应采用螺栓或安装夹具固定;
- 7) 高压移开式开关柜的移动单元, 应有定位锁住机构。固定式高压开关柜上的隔离开关, 应有位置锁住机构。低压抽出式配电屏的抽出单元处于工作位置时, 应有机械锁住机构。

12.4.3.8 项目仪表抗震设计原则和设计采取的措施

1) 仪表设备材料的选型

仪表、电缆桥架等设备材料的选型均符合抗震要求。控制系统机柜成列布置,柜内设备应采用卡扣固定。机械的设计符合抗震要求。

2) 仪表设备的施工安装要求

仪表设备、电缆桥架等设备材料应进行可靠的安装、支撑及固定,以避免发生倾倒、断裂及垮塌等。

3) 埋地电缆及电缆沟的抗震设防措施

在地基有可能发生不均匀沉降的位置,如电缆穿越防火堤、墙体及基础时,采用钢管保护、采用铠装电缆、预留电缆长度裕量等。

12.4.3.9 项目管道抗震设计原则和设计采取的措施

本工程地震设防烈度为 8 度,根据《石油化工非埋地管道抗震设计通则》(SH/T3039—2003)的要求,以及本脱硫项目的特性和工程需要,采取了以下抗震设计措施:

1、管道抗震设计遵守《石油化工非埋地管道抗震设计通则》。

2、当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时,一般不受损坏或不需修理可继续使用。

3、当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时,可能有损坏,但经一般修理后仍可继续使用。

4、当遭受高于本地区抗震设防烈度预估的罕遇地震影响时,不致产生严重的破坏和次生灾害。

采取以下抗震措施:

1、管件、阀门等管道组成件采用钢质制品。

2、为防止泄漏，有毒及可燃介质管道中严禁采用填料函式补偿器，均采用自然补偿。

3、管道与储罐等设备的连接采用柔性连接。

4、管道穿过建、构筑物时应加套管，管道与套管之间应填塞软质不可燃材料。

5、为防止地震引起的水平管线侧滑出管架，造成管线变形断裂，管线支架采用防侧向滑落的支架。

6、为防止地震引起的竖直管线破坏，对于根据管径大小，对竖直管道合理布置导向支架。

脱硫装置中：

1、项目的主要工艺介质为硫酸铵溶液，具有一定的腐蚀性，但介质的运行压力最大不超过 0.6MPa。设计采用了耐腐蚀、抗磨性的玻璃钢材质作为工艺管道材料，管道的设计压力等级均按 1.0MPa 执行。对玻璃钢管道的管件均采用加厚处理方式。

2、室内浆液管道碳钢主体内衬 F46 室外浆液管道采用 304 主体内衬 F46，所有阀门的选型标准均不低于 1.0MPa。

3、项目浆液介质温度一般情况下不超过 60℃，且不存大口径和长距离输送的管道，管道的补偿量很小，全部可以由管道与泵或设备进出口的软连接进行消除。

4、工艺水管道和 15%氨水管道均为钢质管道，正常运行压力不高于 0.6MPa，管道和阀门均按 1.0MPa 进行设计。管内介质的温度均为常温，管道的补偿均为自然补偿，全部由管道与设备相接的软连接和管路设计时走向的变化而消除。

5、所有工艺管道在穿墙、过路和穿楼层时均采用钢制套管进行保护。管道和套管之间用软性、耐水和耐腐蚀的材料填充。

6、本项目的工艺管道均为低温、低压管道，且口径也比较小，管架设计时全部按《石油化工装置工艺管道安装设计施工图册》管道支吊架标准来。管道全部由管卡固定，垂直管道设计时根据管道的垂直高度，该设导向支架的均设导向支架。

为有效保证管道设计的抗震功效，需要进行管道抗震验算，抗震验算的管道见下表。

表 12.4.3.9-1 需抗震验算管道规定

管道级别	公称直径 mm	介质温度℃	设防烈度
SHA 级（中毒性程度为极度危害）	80-125		9
	>125		8、9
SHA 级（中毒性程度为非极度危害） SHB 级 SHC 级	≥200 且<300	≥300	9
	≥300	≥200	
	≥500 且≥0.8 倍设备直径		
	≥800		
SHE 级	≥300	≥370	9

12.4.3.10 项目给排水系统抗震设计原则和设计采取的措施

根据本脱硫项目的特性和工程需要，采取了以下抗震设计措施：

- 1、地下直埋管道采用延性较好或具有较好柔性接口构造的管材。
- 2、管道穿过结构伸缩缝、抗震缝及沉降缝敷设时，根据情况采取下列保护措施：①在墙体两侧采取柔性连接；②在管道或保温层外皮上、下部留有不小于 150mm 的净空；③在穿墙处做成方形补偿器，水平安装。
- 3、管道支、吊、托架的安装，符合下列规定：
 - （1）位置正确，埋设平整牢固。
 - （2）固定支架与管道接触紧密，固定牢靠。
 - （3）滑动支架灵活，滑托与滑槽两侧间留有 3-5mm 的间隙，纵向移动量符合设计要求。
 - （4）无热伸长管道的吊架、吊杆垂直安装。
 - （5）固定在建筑结构上的管道支、吊架不影响结构安全。
 - （6）埋地压力流管道均采用钢管设计。
 - （7）埋地雨、污水管道均采用柔性接口，具有一定的抗震能力。
 - （8）各种与油（水）罐连接的管道上设置金属软管。
 - （9）重力流管道及压力流管道附属井类、管道穿越建构筑物埋设的套管均具有一定的抗震性。
 - （10）新风进出口管道设置帆布软管连接。
 - （11）埋地管道施工及安装满足抗震要求，严格执行管道相关规范确保管系强度。

13 工厂组织与劳动定员

13.1 工厂体制及管理机构

本项目属宁夏和宁化工有限公司新增改造项目，归属宁夏和宁化工有限公司统一管理，管理岗位不新增人员。

13.2 生产班制和劳动定员

生产装置为 24 小时/天连续运转。

生产班制为：连续生产岗位实行四班两运转；

13.3 劳动定员

本改造项目装置根据正常生产需要设置岗位人员 16 人，均为原有劳动定员，不新增人员：

序号	工种	人员（人）	班次	备注
1	领班	4	4	
2	主操	4	4	
3	巡检	8	4	
	共计	16		

13.4 人员来源

本装置运行人员沿用原脱硫装置运维人员。本装置属工段编制，生产技术人员及管理人员依靠原有的公司人力，装置的维修依托原有的公司力量。

所有上岗人员均需进行上岗培训，必须持证上岗。特殊工种必须经相关部门培训后持证上岗。

14 项目实施计划

可行性研究报告编制	1.5 个月
可行性研究报告审批	1.5 个月
EPC 招标	2 个月
施工图设计	2.5 个月
项目施工	6 个月
基础及建构筑物施工	2 个月
设备安装	1 个月
工艺管道电仪安装	3 个月
调试开车	1 个月
项目验收	1.5 个月
项目建设周期（合计）	16 个月

15 投资估算及资金筹措

15.1 投资估算

15.1.1 编制说明

➤ 工程规模及性质

本项目为宁夏和宁化学有限公司 3×180t/h 循环流化床锅炉脱硫一期提标改造项目，项目建成后，将形成 600000Nm³/h 烟气处理能力，并副产硫酸铵 19320 吨/年。

➤ 编制依据

国家发展和改革委员会、建设部发布的《建设项目经济评价方法与参数》（第三版，2006）；中国石油化工集团有限公司《石油化工项目可行性研究投资估算编制办法》（2020 版）；中国石油化工集团有限公司《中国石油化工可行性研究技术经济参数与数据》（2021 版）。

➤ 编制原则

在选用先进适用、安全成熟的技术基础上，力求投资经济合理，经济效益、环境效益、社会效益兼顾。

➤ 编制范围

本投资估算的范围为宁夏和宁化学有限公司厂区内，新建脱硫系统、烟气系统、改造引风机房、公用配套等工程。

15.1.2 工程投资

➤ 设备购置费

定型设备和非标设备均采用询（报）价，或参照近期同类工程的订货价水平。不足部分参考有关工程经济信息价格资料估算。本项目设备购置费估算价值为 2424.093 万元。

➤ 安装工程费

安装工程费根据单项工程的设备购置费采用综合指标估算。其主要材料按现行市场价确定，或采用近期询（报）价计列。各单项工程的安装工程费见建设投资估算表。本项目安装工程费估算价值为 1561.505 万元。

➤ 建筑工程费

建筑工程费依据相关专业提供的建筑物工程量和单位造价指标估算，单位造价指标的确定参照建设地土建工程定额和近期类似工程指标。各单项建筑工程费用见建设投资估算表。本项目建筑工程费估算价值为 607.4 万元。

➤ 工程建设其他费用

本工程建设其他费用中主要包括临时设施费、专项评价及验收费、工程勘察设计费、工程保险费等。上述费用按照国家及行业有关规定，并结合本项目具体情况估算。工程建设其他费用估算价值为 150.5 万元。工程建设管理费、工程建设监理费暂未计入。

（1）预备费

暂未计入。

（2）建设投资

以上五项（预备费暂不计入）之和为建设投资，估算价值为 4743.498 万元，详见建设投资估算表。

（3）建设期借款利息

本项目无债务资金，建设投资借款利息 0。

（4）固定资产投资

固定资产投资为上述二项之和，即总估算为 4743.498 万元。

（5）流动资金

流动资金采用详细估算法估算，流动资金估算为 307.2 元。详见流动资金估算表。

（6）总投资

本工程总投资为固定资产投资与流动资金之和，本次暂不计入流动资金，为 4743.498 万元。

（7）项目报批总投资

本项目报批总投资为 4743.498 万元，其中不包括铺底流动资金（全额流动资金的 30%）92.2 万元。

15.2 资金筹措方案

15.2.1 资金使用计划

根据项目具体情况及实施计划，确定工程建设期为 1 年，建设投资在建设期

内全部用完。

15.2.2 筹措和融资方案

1. 项目资本金

本项目资本金 4743.498 万元（固定资产投资）占总投资的 100%，符合国家有关部门对本行业资本金比例的要求。

根据业主提供的材料，本项目全部投资由宁夏和宁化学有限公司自有资金注入。

2. 债务资金

无。

表 15.2-1 建设投资估算表

序号	工程或费用名称	估 算 价 值（万元）					占投资 比 （%）
		设备购 置费	安装费	建筑工 程费	其他 费用	合 计	
	含增值税总投资（不计流动资金）	2424.093	1561.505	607.4	150.5	4743.498	
	不含增值税总投资（不计流动资金）	2117.493	1418.805	557.2	141.4	4234.898	
一	建设投资	2424.093	1561.505	607.4	150.5	4743.498	
1	固定资产投资	2424.093	1561.505	607.4	150.5	4743.498	100.00%
1.1	工程费用	2424.093	1561.505	607.4	0	4592.998	
1.1.1	工艺生产装置	2394.093	1531.505	597.4			
	脱硫系统	2159.013	1397.675	567.4			
	工艺设备（含备件）	1231.92	1287.625				
	脱硫塔	658.44	564.4				
	槽罐	76.5	91.1				
	机泵	276.12	22.85				
	管道阀门	220.86	154.7				
	保温防腐伴热		454.575				
	电气系统	437.87	60.1				
	变压器	71.74	7.17				
	机柜	270.88	14.75				
	电缆	57.8	23.2				
	其他	37.45	14.98				
	自控系统	434.223	33.95				
	DCS	26.73	1.78				
	CEMS	169.2	2.64				
	仪表、阀门	171.603	11.38				
	电缆及其他	66.69	18.15				
	土建			567.4			
	暖通、给排水、消防	55	16				

序号	工程或费用名称	估 算 价 值 (万元)					占投资 比 (%)
		设备购 置费	安装费	建筑工 程费	其他 费用	合 计	
	烟气系统	235.08	133.83				
	引风机房改造			30			
1.1.2	配套装置	30	30	10			
1.1.3	厂外工程	0	0	0			
1.1.4	特定条件下费用	0	0	0			
1.1.5	工器具及生产用具购置费	0	0	0			
1.2	固定资产其他费用				150.5	150.52	
1.2.1	土地使用费						
1.2.2	工程建设管理费						
1.2.3	工程建设监理费						
1.2.4	环境监理费						
1.2.5	临时设施费				20.5		
1.2.6	前期准备费						
1.2.7	专项评价及验收费				20		
1.2.8	可行性研究报告编制费						
1.2.9	水资源论证报告编制费						
1.2.10	工程勘察设计费				100		
1.2.11	工程数字化交付费						
1.2.12	进口设备、材料国内检验费						
1.2.13	特种设备安全检验检测费						
1.2.14	超限设备运输特殊措施费						
1.2.15	设备采购技术服务费						
1.2.16	设备材料监造费						
1.2.17	工程保险费				10		
1.2.18	研究试验费						
1.2.19	联合试运转费						
2	无形资产费用						
2.1	土地使用权出让金及契税						
2.2	特许权使用费						
3	其他资产费用						
3.1	生产人员准备费						
3.2	出国人员费						
3.3	外国工程技术人员来华费						
3.4	图纸资料翻译复制费						

序号	工程或费用名称	估 算 价 值 (万元)					占投资 比 (%)
		设备购置费	安装费	建筑工程费	其他费用	合 计	
4	预备费						
4.1	基本预备费						
4.2	涨价预备费						
二	增值税	306.6	142.7	50.2	9.1	508.5	
三	建设期资金筹措费					0	
四	流动资金				307.2	307.2	
	其中：铺底流动资金				92.2		

表 15.2-2 流动资金估算表

序号	项 目	最低需要天数	周转次数	金额 (万元)
	生产负荷			100%
1	流动资产			573.9
1.1	应收帐款	45	8	285.4
1.2	存货			261.5
1.2.1	原辅材料	15	24	71.0
1.2.2	燃料动力	30	12	35.7
1.2.3	在产品	0.5	720	6.3
1.2.4	产成品	15	24	95.1
1.2.5	其他材料			53.3
1.3	现金	30	12	26.9
2	流动负债			266.7
2.1	应付帐款	45	8	266.7
2.2	其他			0.0
3	流动资金			307.2

16 财务评价

16.1 经济费用效益评价

16.1.1 说明

本项目经济分析按国家发改委、建设部等单位编制的“建设项目经济评价方法与参数（第三版）”，中国石油化工集团有限公司《中国石油化工可行性研究技术经济参数与数据》(2021 版)进行编制。

16.1.2 基础数据

1) 基准折现率

10 %

2) 项目计算期

设定为 14 年（其中建设期 1 年，生产期 13 年）

3) 投产、达产过程

项目于计算期第 2 年开始投用，第 2—14 年，生产负荷均按 100%计。

4) 折旧及摊销年限

固定资产采用平均年限法，折旧年限 15 年，残值率 3 %

其他无形资产摊销年限 10 年

其他资产摊销年限 5 年

5) 税率、费率

原辅材料增值税税率 13 %，产品增值税税率 13 %

城市维护建设税税率 7 %

教育费附加费率 3 %，地方教育费附加费率 2 %

企业所得税税率 25 %

盈余公积金提取比例 10 %

6) 流动资金帐款最低周转天数

应收帐款 45 天

原辅材料储存周期 15 天

燃料动力 30 天

在产品 1 天

产成品 15 天

现金 30 天

应付帐款 45 天

7) 职工、工资及福利

项目无新增人员。

8) 产品营业收入、营业税金及附加

表 15-1 营业收入、税金及附加表

序号	项 目	单位/税率	金额 (万元)
	生产负荷		100%
1	销售收入	万元	2394
1.1	硫酸铵（副产品）	万元	2394
	单价	元	1239
	数量	吨	19320
	销项税	13%	311
2	销售税金及附加	万元	5
2.1	消费税	万元	
2.2	城市维护建设税	7%	3
2.3	教育费附加（含地方）	5%	2
3	增值税	万元	40
	销项税	万元	311
	进项税	万元	271

16.2 财务评价

16.2.1 主要评价指标

表 16-2 综合经济指标表

序号	名称	单位	数量	备注
1	生产规模			
	硫酸铵（副产品）	吨/年	19320	
2	总投资	万元	4743.498	不计流动资金
2.1	建设投资	万元	4743.498	
2.2	建设期利息	万元	0	
2.3	流动资金	万元	307	
3	项目报批总投资	万元	4743.498	不计 30%铺底流动资金
4	营业收入	万元	2705	含税，正常年份
			2394	不含税，正常年份
5	年总成本	万元	2617	正常年份

16.2.2 财务报表

► 总成本费用估算表

序号	项 目	金额 (万元)
1.	原辅材料	1705
2.	燃料动力	428
3.	工资及福利	0
4.	维修费	150
5.	折旧费	323
6.	摊销费	10
7.	利息支出	0
8.	其他费用	0
9.	总成本费用	2617
9.1	固定成本	483
9.2	可变成本	2133
10.	经营成本	2283

16.2.3 评价结论及建议

由上述分析测算可见，本项目年运行总成本费用约 2617 万元，副产品硫酸铵销售收入约 2394 万元，企业需另行每年支出成本费用约 223 万元。

本项目作为锅炉脱硫提标改造（环保）项目，将有效处理上游装置排放的废气，降低运行成本，减少对环境的污染，达到环保要求，体现当代企业社会责任和担当。

17 社会效益分析

17.1 本项目相关的产业政策

17.1.1 政策符合性分析

17.1.1.1 与《产业结构调整指导目录》(2019 年本)的符合性

根据国家《产业结构调整指导目录》(2019 年本),本项目属于指导目录第一类鼓励类第四十三项“环境保护与资源节约综合利用”中的“15、三废综合利用及治理技术、装备和工程”。因此,本项目属于国家鼓励类项目,符合国家产业政策。

17.1.1.2 与《宁夏回族自治区工业企业技术改造投资指导目录》(2018 年)的符合性

根据《宁夏回族自治区工业企业技术改造投资指导目录》(2018 年),本项目属于指导目录中第七大类“电力行业”中第(一)类燃煤电厂升级改造中的“重点支持燃煤电厂实施脱硫的技术改造”。因此,本项目属于地方鼓励类项目,符合地方产业政策。

17.2 本项目与规划相容性

17.2.1 与发展规划相容性分析

与《宁夏回族自治区国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的相容性

(1) 规划要求

在《宁夏的总体规划》中主要目标之一:生态环境明显改善。绿色生产生活方式加快形成,现代化防洪减灾体系、生态保护体系、污染治理体系、水源涵养体系、资源利用体系、绿色发展体系基本形成,环境空气质量稳定达到国家二级标准。

(2) 相容性分析

本项目拟采用烟气氨法脱硫超低排放工艺,新建 1 套氨法脱硫系统,项目建成后,排放烟气指标符合国家和地方的环保政策和污染物排放标准,促进宁夏的

社会、经济可持续发展。本项目建设与《宁夏回族自治区国民经济和社会发展第十四个五年规划》是相容的。

17.2.2 与专业规划的相容性

与《宁夏回族自治区生态环境保护“十四五”规划》相容性

(1) 规划要求

该规划关于加快环保产业发展提出：

以生态恢复和治理、“三废”高效治理、资源循环利用为切入点，逐步打造技术先进、功能齐全、市场竞争力强的环保产业链。推动绿色低碳循环、治污减排、监测监控等核心环保技术研发与产业化。推动再生资源循环利用产业发展，支持水泥企业等协同处置改造，综合利用钢铁、有色金属、贵金属、塑料、橡胶等固体废物资源，实施一批环保技术改造和资源循环利用项目。大力发展环境服务业，推动合同节水管理、第三方监测与治理。鼓励发展重大环保装备融资租赁。

(2) 相容性分析

本项目作为宁夏和宁化学有限公司对 3×180t/h 循环流化床脱硫一期提标改造项目，有效治污减少硫的排放。因此，项目建设符合《宁夏回族自治区生态环境保护“十四五”规划》提出的“治污减排”的要求。

17.3 本项目的社会效益

本项目作为宁夏和宁化学有限公司 3×180t/h 循环流化床脱硫一期提标改造项目，位于宁夏宁东能源化工园区。项目属于国家《产业结构调整指导目录》(2019 年本)和《宁夏回族自治区工业企业技术改造投资指导目录》（2018 年）的“鼓励类”项目，其建设符合《宁夏回族自治区国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《宁夏自治区环境保护与生态建设“十四五”规划》的相关要求。本项目的建设对推进宁夏和宁化学有限公司的节能减排和自治区的治污减排具有十分积极的意义。

18 结论

18.1 综合评价

18.1.1 综述项目研究过程中主要方案的选择和推荐意见

本项目根据宁夏和宁化学有限公司已有的氨法脱硫工艺进行改造，采用烟气氨法脱硫超低排放工艺，使排放烟气指标既符合国家和地方的环保政策及污染物排放标准，又达到业主要求。即 $\text{SO}_2 \leq 20\text{mg/Nm}^3$ 、颗粒物 $\leq 5\text{mg/Nm}^3$ 、雾滴浓度 $\leq 30\text{mg/Nm}^3$ 、氨逃逸 $\leq 3\text{mg/Nm}^3$ 。

提升改造项目建成后，将与原有脱硫系统形成“三炉两塔”的工艺布局，两套脱硫系统互为备用，避免了检修期间锅炉停机情况的发生，提高了锅炉运行的连续性。新建系统可以允许锅炉负荷在 50%~110%的状态下运行，具有较大的操作弹性，两套脱硫系统切换运行时，只需在烟道处切换挡板门装置，即可完成脱硫系统的切换；吸收剂氨水可以根据锅炉的负荷及二氧化硫浓度进行流量的调节；新建事故检修槽可以满足脱硫系统的工艺浆液暂存，以便系统检修。

项目建设符合国家以及宁夏回族自治区关于节能环保、社会经济持续发展的总体规划。

18.1.2 综合项目实施方案经济和社会效益评价的情况

该项目报批总投资 4743.498 万元（暂不计流动资金、建设管理费及预备费），项目正常运行年份年总成本费用约 2617 万元，副产品硫酸铵销售收入约 2394 万元，企业需另行每年支出成本费用约 223 万元。。

本项目作为锅炉脱硫提标改造（环保）项目，将有效处理上游装置排放的废烟气，降低运行成本，减少对环境的污染，达到环保要求，体现当代企业社会责任和担当。

18.2 研究报告结论

本项目是节能减排改造项目。项目采用烟气氨法脱硫超低排放工艺，使排放烟气指标既符合国家和地方的环保政策及污染物排放标准，又达到业主要求。即 $\text{SO}_2 \leq 20\text{mg/Nm}^3$ 、颗粒物 $\leq 5\text{mg/Nm}^3$ 、雾滴浓度 $\leq 30\text{mg/Nm}^3$ 、氨逃逸 $\leq 3\text{mg/Nm}^3$ 。

(1) 本项目采用成熟、先进的一体化治理集成处理工艺和设备，不仅硫回收效率、排放指标低，可达到客户回用质量指标要求。项目的实施将有利于提升宁夏和宁公司废气脱硫的处理处置水平。

(2) 本项目符合区域规划要求及相关法规，公用工程供应条件保证，部分功能设施还充分利用了已建设施，体现了资源节约、有效利用的理念。

(3) 本项目属政府大力倡导、政策鼓励类项目。项目建设将认真贯彻国家和地方的各项法规，在装置设计的同时，充分考虑环境保护，安全生产和职业卫生，确保符合国家及宁夏回族自治区相关法律法规，

(4) 本项目符合国家产业政策，符合地方发展总体规划，具有很好的社会和环境效益。

综上所述，从项目的技术成熟、先进性、安全、环保、节能减排、产业政策符合性等方面来看，建设 3×180t/h 循环流化床脱硫一期提标改造项目是可行的。

18.3 存在的主要问题和建议

本项目为脱硫一期提标改造项目，通过吸收、空气氧化、水洗等过程，回收烟气中二氧化硫生成硫酸铵溶液，并经处理形成硫酸铵化肥副产，同时烟气净化超低标排放。其工艺系统包括烟气系统（新建）、SO₂ 吸收系统（新建）、氧化空气系统（新建）、水洗涤系统（新建）、硫铵后处理系统（利旧）、检修排空系统（利旧）、氨水制备及供应系统（利旧）、工艺水系统（利旧）等。其中检修排空系统如利旧原事故系统容积不足，如果新建，由于其中所需事故槽较大，现有改造区域实施局促，建议另择新建检修排空系统。

19 附件

附图 1 总平面布置图

附图 2 装置工艺流程图-1(烟气系统)

附图 3 装置工艺流程图-2(吸收塔系统)

附图 4 装置工艺流程图-3(氧化吸收系统)

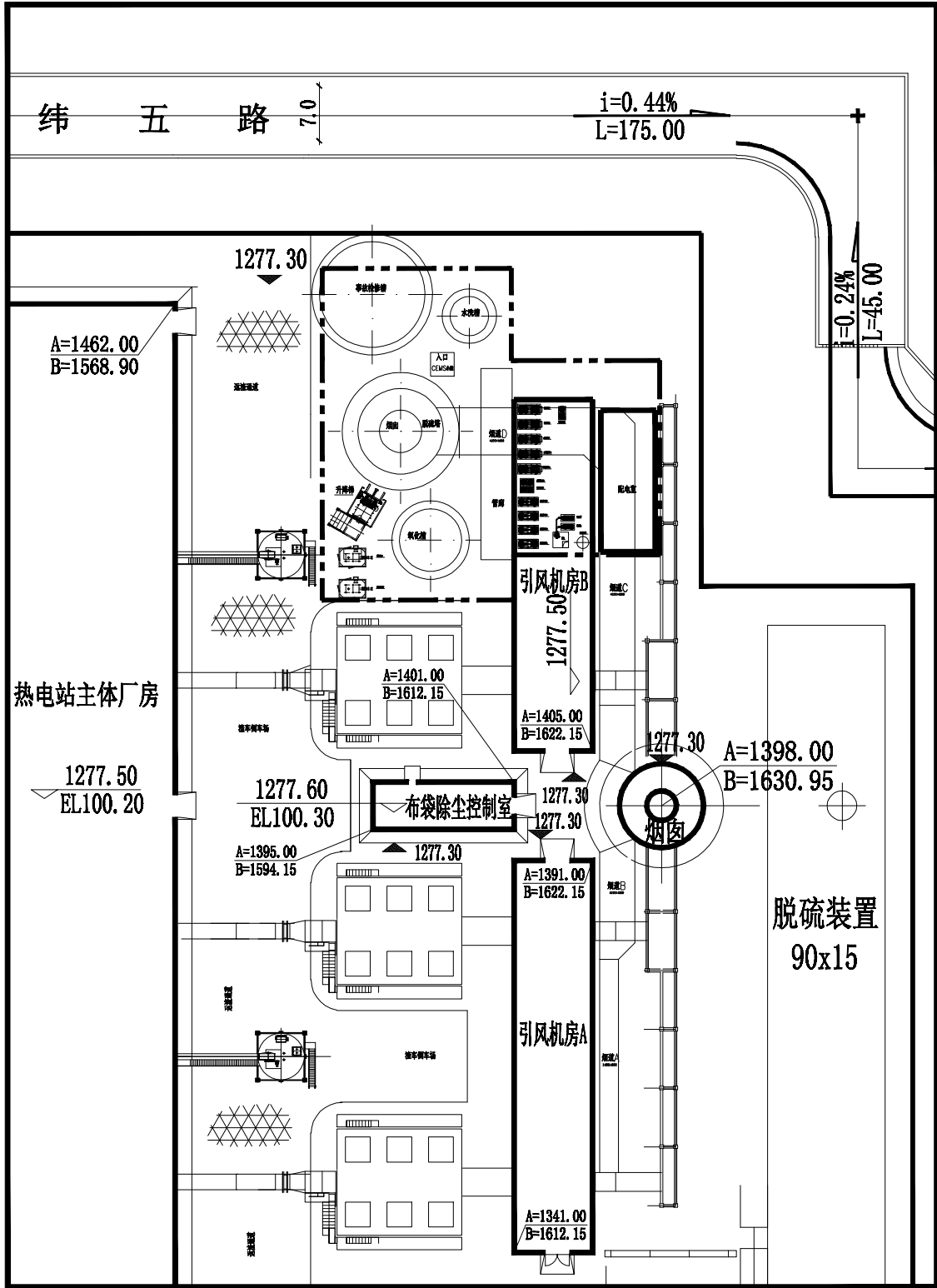
附图 5 装置工艺流程图-4(水洗系统)

附图 6 装置工艺流程图-5(氧化空气系统)

附图 7 装置工艺流程图-6(事故检修系统)

附表 1 物料衡算表

附件 1 可研专家评审意见结论及签名



说明

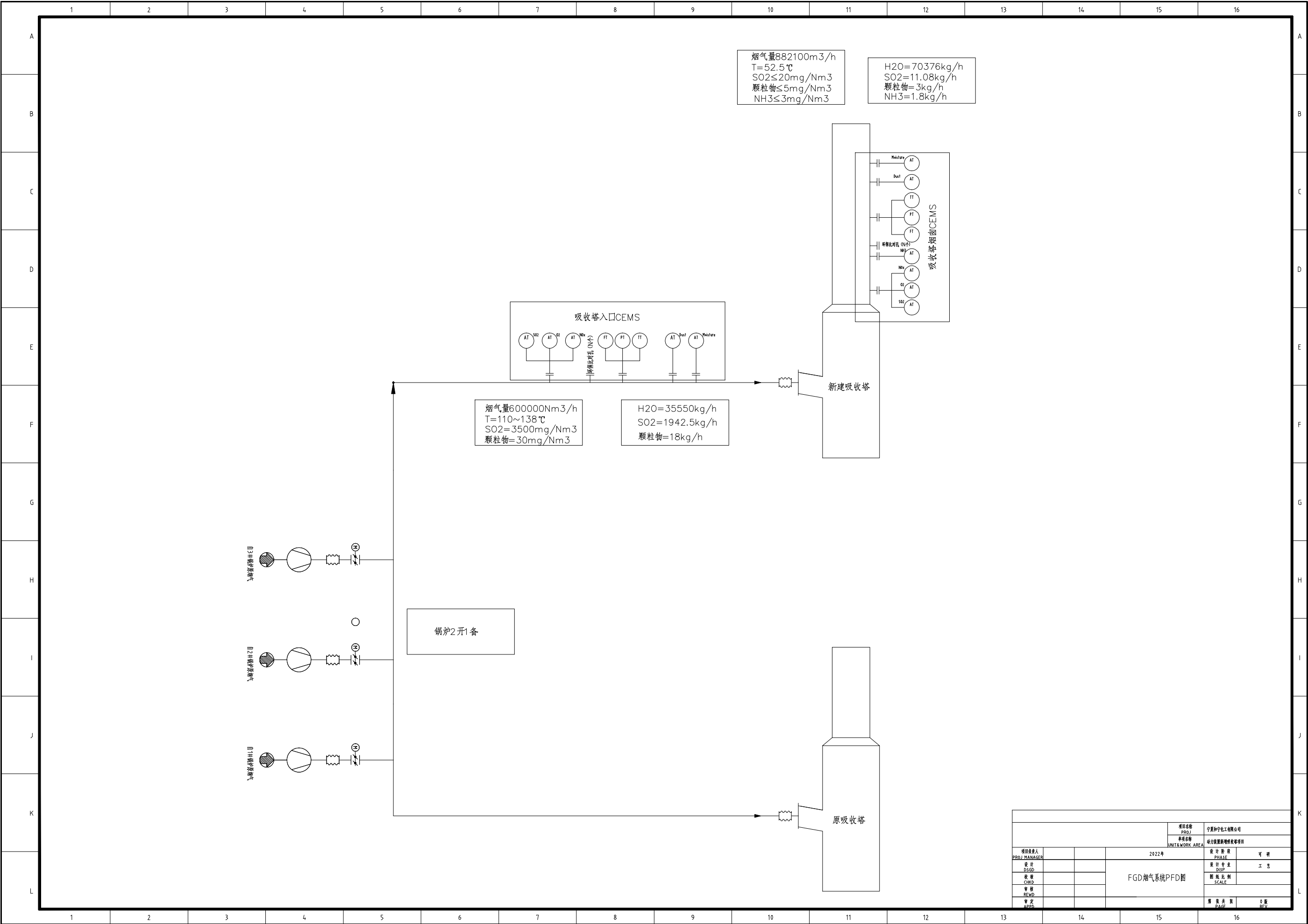
1. 本图系根据业主提供的资料及各相关专业条件进行设计的。
2. 本图高程系统采用1956年黄海高程系统。
3. 本工程±100.00均指室外地坪标高。
4. 新建脱硫系统的泵房利用原引风机房的预留四号引风机位置。
5. 新建脱硫系统的工艺水、氨水、循环水、仪用空气、后处理、主控室等均利用原系统装置。
6. 烟道、烟道支架、管廊等新建。
7. 由于可用地的面积较小，新建脱硫装置的配电室、机相间需另外规划用地。
8. 图中所注尺寸单位以米计。

脱硫系统主要经济技术指标表

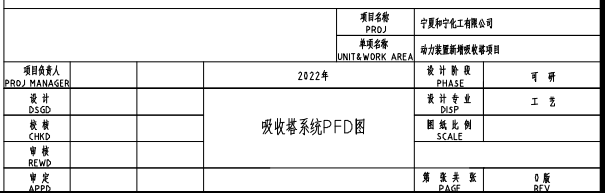
序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	吸收塔	Φ11000	座	1	含锥段
2	烟囱	Φ5500	台	1	顶标高90m
3	氧化循环槽	Φ8000	座	1	
4	水洗循环槽	Φ5000	座	1	
5	工艺水箱		座	1	利旧
6	氨水罐		座	1	利旧
7	事故检修槽	Φ13500	座	1	
8	泵房		㎡	198	利旧
9	配电室+机相间	18000×7000×5000	㎡	126	或另外规划
10	地坑	2000×2000×3000	座	1	
11	岛区围堰	300×500	m	100	
12	烟道A	2400×4000	m	30	
13	烟道B	4200×4500	m	35	
14	烟道C	4200×4500	m	38	
15	烟道D	4200×4500	m	16	

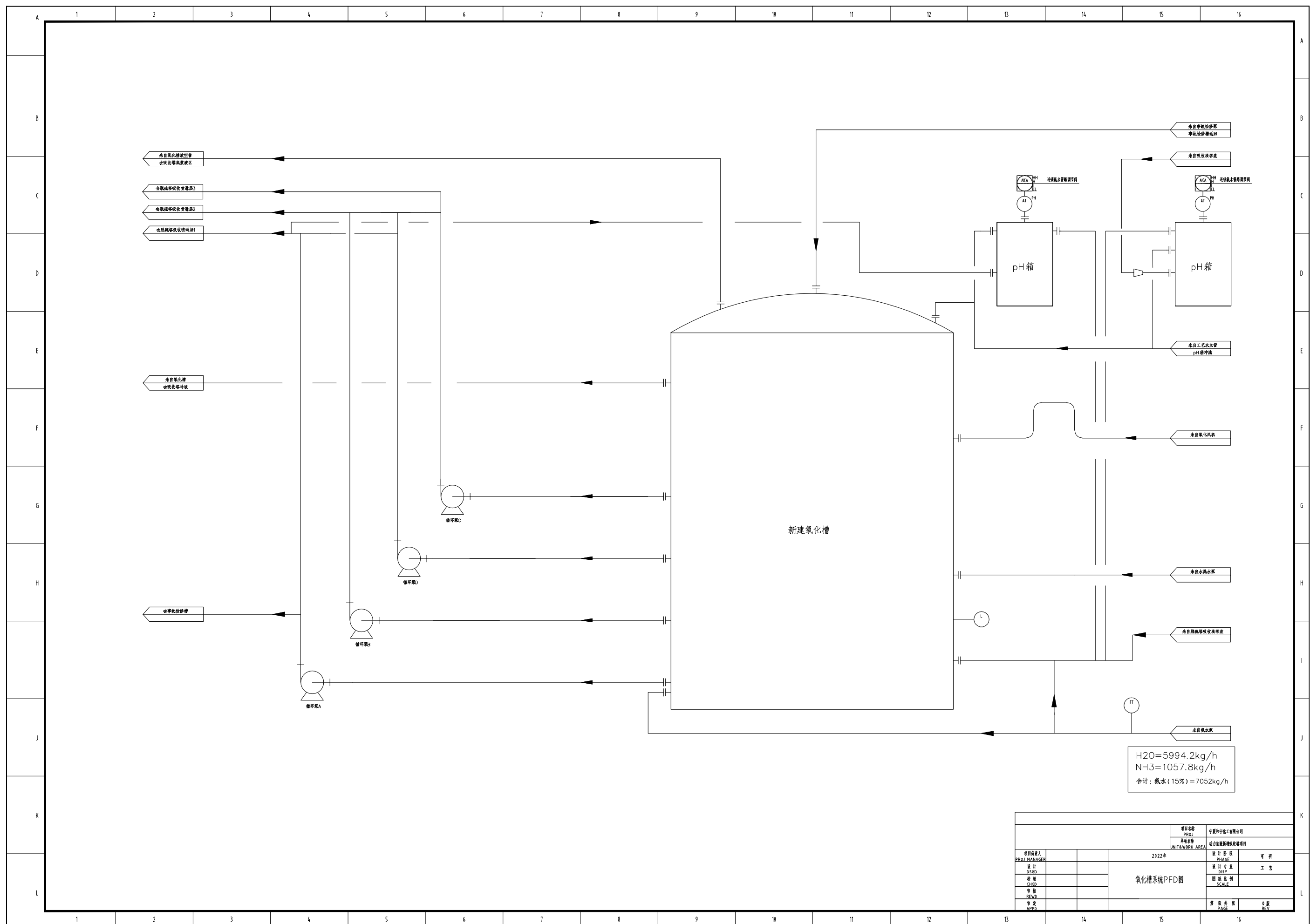
新建系统区域

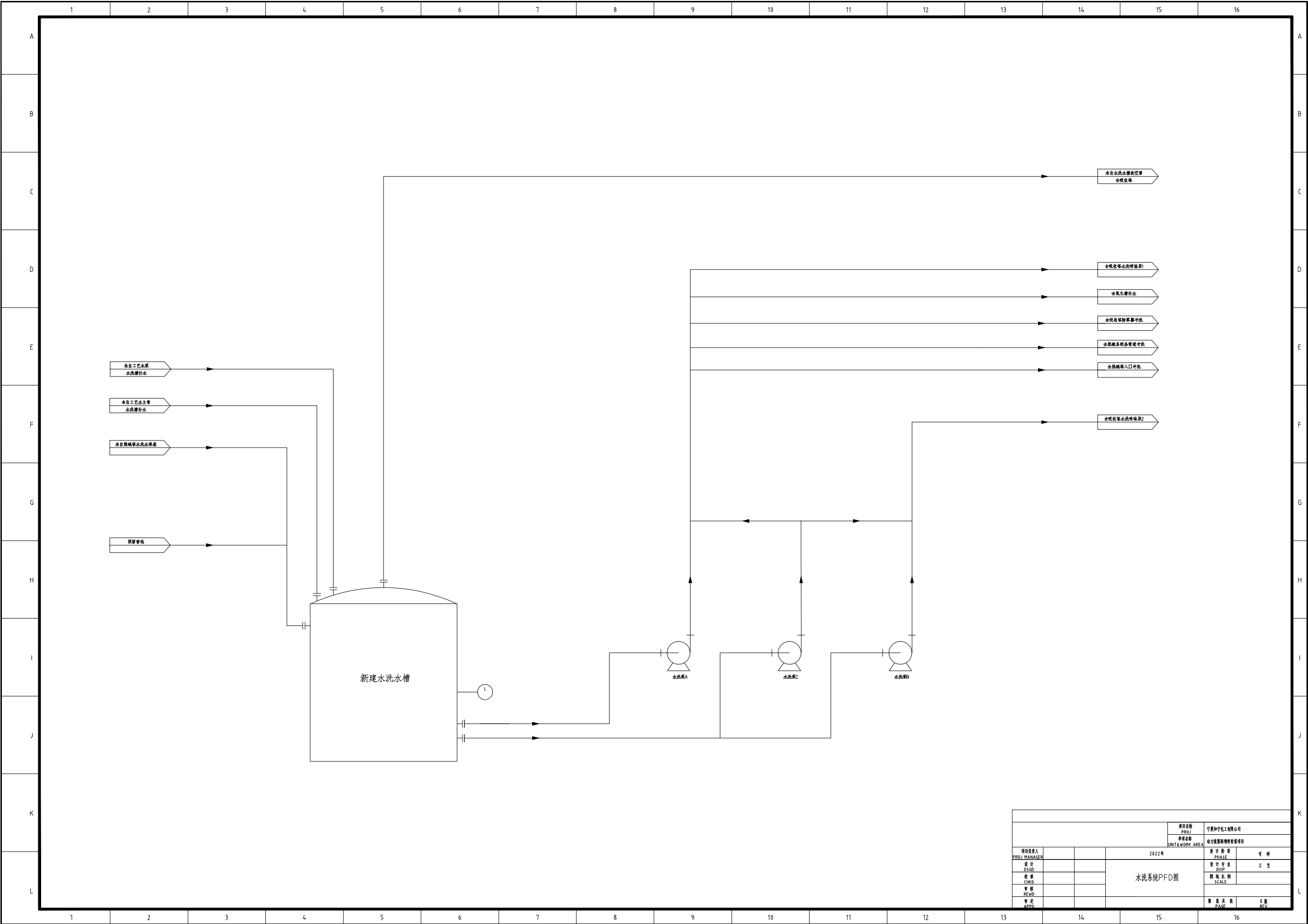
项目名称 PROJ					宁夏和宁化学有限公司
单项目名称 UNIT&WORK AREA					新增脱硫项目
项目负责人 PROJ MANAGER			2022年	设计阶段 PHASE	可研
设计 DSGD			新建脱硫装置平面布置图	设计专业 DISP	工艺
校核 CHKD				图纸比例 SCALE	1:500
审核 REWD					
审定 APPD				第 张 共 张 PAGE	0 版 REV



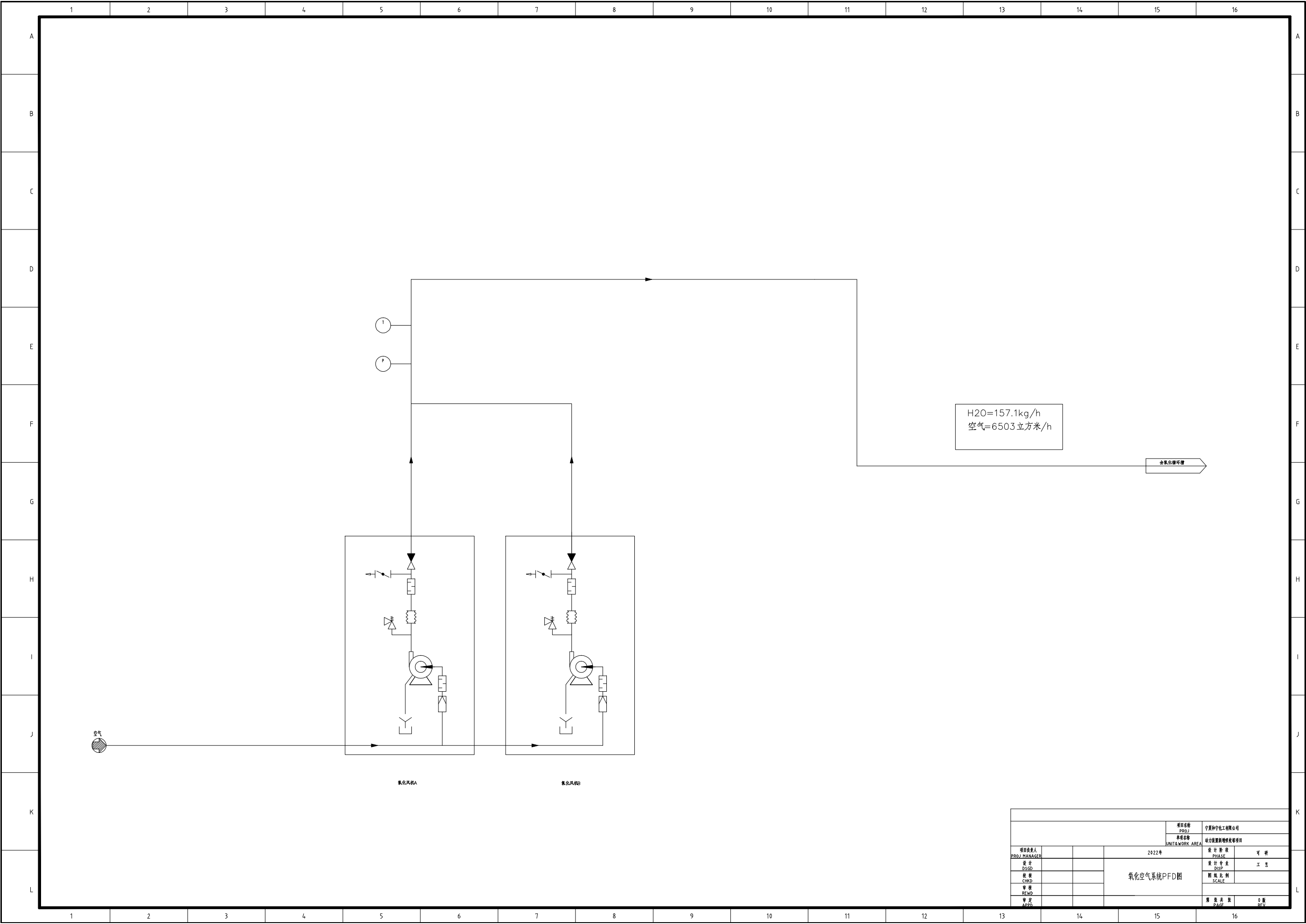
项目名称 Proj.				宁夏和宁化工有限公司	
单位名称 UNIT & WORK AREA				宁东能源化工基地	
项目负责人 PROJ. MANAGER			2022年	设计阶段 PHASE	可研
设计 DESIGN			FGD烟气系统PFD图	设计单位 DISP.	工艺
校核 CHECK				审核人 SCALE	
审核 REVIEW				审核人 SCALE	
审定 APPD.				审核人 SCALE	



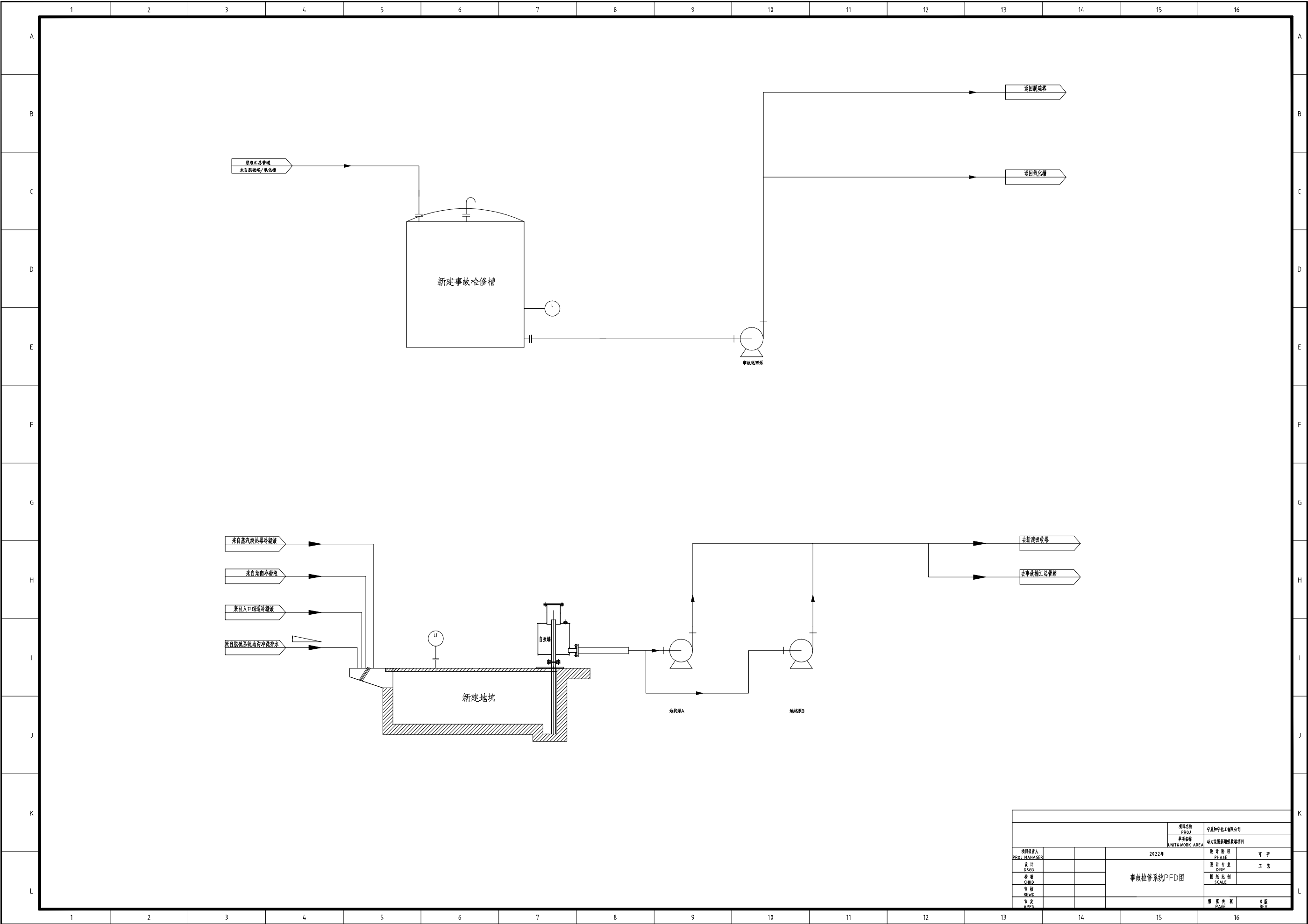




项目名称 Proj.				宁夏和宁化工有限公司	
单元名称 UNIT & WORK AREA				煤化工装置脱硝废水处理项目	
项目负责人 PROJ. MANAGER			2022年	设计阶段 PHASE	可研
设计 DS.D			水洗系统PFD图	设计单位 DS.P	工艺
校核 CHKD				审核比例 SCALE	
审核 REWD					
审定 APPD				第 页 共 页 PAGE	0 版 REV



项目名称 Proj.				宁夏和宁化工有限公司	
单位名称 UNIT & WORK AREA				煤化工部	
项目负责人 PROJ. MANAGER			2022年	设计阶段 PHASE	可研
设计 DESIGN			氧化风柜PFD图	设计单位 DISP.	工艺
校核 CHECK				审核人 SCALE	
审核 REVIEW				审核人 SCALE	
审定 APPROVE				第 页 共 页 PAGE	0 版 REV



项目名称 Proj.				宁夏和宁化工有限公司	
单位名称 UNIT & WORK AREA				煤化工部	
项目负责人 PROJ. MANAGER			2022年	设计阶段 PHASE	可研
设计 DESIGN			事故检修系统PFD图	设计单位 DISP.	工艺
校核 CHECK				审核人 SCALE	
审核 REVIEW				审核人 SCALE	
审定 APPROVE				审核人 PAGE	0版 REV

		物料衡算表			工程名称	宁夏和宁化学有限公司脱硫项目			
					文件编号				
					编制	校核	审核	页码	
(设计工况)									
序号	项目	代号	单位	计算公式或依据	设计值	备注			
一	烟气								
	吸收塔入口实际烟量(标况)	Vpy,in	Nm3/h	业主提供或根据燃煤量计算	600000	标湿6			
	吸收塔入口烟气温度	tpy,in	℃	业主提供	110-138				
	吸收塔入口压力	Ppy,in	Pa	业主提供					
	吸收塔入口SO2浓度	mso2,in	mg/Nm3	业主提供或根据燃煤量计算	2025				
	吸收塔入口烟尘浓度	mpm,in	mg/Nm3	业主提供	30				
	吸收塔出口排烟温度	tpy,out	℃	计算	51.90				
	吸收塔出口SO2浓度	mso2,out	mg/Nm3	业主要求	≤20				
	吸收塔出口烟尘浓度	mpm,out	mg/Nm3	业主要求	≤5				
二	脱硫产物								
	(NH4)2SO4理论生产量	M4	kg/h	根据脱除SO2量计算	2286.4	不含水，单塔			
三	水耗量								
	吸收塔入口烟气含水量	My,in	kg/h		35550.00	单塔			
	吸收剂含水量	Mw,nh3	kg/h	15%氨水	3440.40	单塔			
	氧化空气含水量	Mw,k	kg/h		48.15	单塔			
	烟道冷凝液	Mn	kg/h		846.00				
	氧化空气降温水	Mj	kg/h		42.99				
	干燥机冷凝液	wln1	kg/h		43.30				
	进入系统总水量	Min	kg/h		39970.84	单塔			
	除雾器后烟气携带明水的量	Mms,out	kg/h	除雾器出口液滴浓度30mg/Nm3	43.60	单塔			
	出口烟气含水量	My,out	kg/h		67650.50	单塔			
	生成硫酸铵反应耗水	Mfy,out	kg/h		311.78	单塔			
	离开系统总水量	Mout	kg/h		68005.88	单塔			
	需补充水（水耗量）	Mbs	kg/h		28035.04	单塔			
四	氧化空气量								
	需氧量	Mo2	kg/h	SO2---1/2O2	277.14	单塔			
	理论需空气量	Mk	m³/min		3695.23	单塔			
五	吸收剂耗量								
	NH3理论消耗量	Mnh3	kg/h	根据反应式	588.93.	单塔			
	吸收剂消耗量	Mxsj	kg/h	氨水	4047.60	单塔			
六	蒸汽耗量								
	后处理系统蒸汽耗量		kg/h		500.00	单塔			

宁夏和宁化学有限公司 3×180t/h 循环流化床锅炉脱硫一期提标改造项目可行性研究报告专家评审意见

2022 年 3 月 27 日宁夏和宁化学有限公司组织专家（名单附后），对宁夏和宁化学有限公司委托华东理工大学工程设计研究院有限公司编制的“3×180t/h 循环流化床锅炉脱硫一期提标改造项目”可行性研究报告进行评审（腾讯会议）。会前，专家认真审阅了可研报告，现场听取了编制单位的汇报，经认真讨论和研究，形成意见如下：

1. 该可研报告编制的依据基本充分，编制的内容、方案基本合理可行。
2. 采用的氨法脱硫技术、工艺过程及装置设备选型总体体现了可行性、合理性、先进性。
3. 编制报告可达到二氧化硫的超低排放，极大地降低了氨的逃逸，有一定的经济效益，社会效益、环境效益明显。
4. 对现有可研报告须做以下修改完善。

(1) 氨法脱硫实现超净排放的关键在于塔内分区吸收洗涤净化、气溶胶控制、多级高效除雾技术等，在主要设备选型（喷淋层、除雾器、亚铵液高效氧化器等）方面缺乏对比分析，建议进行说明和比较。

(2) 建议：考虑将氧化槽放空空气引入浓缩段，防止硫酸铵沉积，并取消液力泵；将水洗喷淋层设置 2 层；入口烟道膨胀节选用不锈钢复合非金属型；干湿交界部分烟道考虑采用哈氏合金或钢衬哈氏合金；室外浆液介质阀门采用 304+内衬 F46，室内浆液介质阀门采用碳钢+F46，氨水管道采用 304；脱硫地坑泵的数量增至 2 台；采用高速单级离心式氧化风机（并

和泵房隔开)；机封水系统采用闭式循环机封水冷系统，减少废水排放。

(3) 详细阐述提升改造后，“三炉二塔”系统的操作弹性、运行/检修情况。

(4) 给出锅炉用煤的工业分析和元素分析，进出脱硫吸收塔的气体组成。

(5) 本项目在可研估算时应充分考虑不可抗力导致设备材料涨价带来投资的增长，核实各单位工程投资。

(6) 投资估算建议参照执行中石化《石油化工项目可行性研究投资估算编著办法》(2020 版) 和中国石化建(2018) 207 号文《石油化工工程建设费用定额》(2018 年版)；财务评价建议参考执行《中国石油化工可行性研究技术经济参数与数据》(2021 版)。

(7) 建议增加安评、环评、职业病、节能评估等相关政府类评价费用和建设单位管理费；取消施工机构迁移费，备品备件费并入设备投资；勘察设计费调整到固定资产其他费用中，递延资产名称改为“其他资产”；建议固定资产折旧统一采用平均年限法，折旧年限 15 年，残值率 3%。应增加“可利用的部分化工副产废氨水”的描述，年份总成本费用中应将废氨水利用的消减费用扣除（用量由和宁公司提供）。

专家组组长（签名）：

2022 年 3 月 27 日

专家签字页

姓名	工作单位	职称/职务	联系方式	签名
马晓迅	西北大学	教授	13772424852	马晓迅
张云岭	延长石油延安能源化工有限公司	技术部 /副经理 高级工程师	13299129291	张云岭
罗 兵	四川泸天化进出口贸易公司	总经理 注册安全工程师	18695125095	罗兵
马立克	国家能源集团宁煤煤制油动力厂	副总工程师兼生产管理科科长 高级工程师	15008613848	马立克
张 明	陕西兴化集团有限责任公司	高级工程师 注册化工工程师	13571080718	张明
高治全	北京石油化工工程有限公司	工程经济室主任 高级工程师	18066543525	高治全



华东理工大学工程设计研究院有限公司
ECCEI EAST CHINA CHEMICAL ENGINEERING INC.

地址：上海市梅陇路 130 号研究生楼 13F

电话：021-64251136（总机） FAX：021-64250506

网址：<http://www.eccei.com>

邮政编码：200237

