

山东鲁北化工股份有限公司
年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目

可行性研究报告

奥福科技有限公司

二〇二四年八月 南京

山东鲁北化工股份有限公司
年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目

可行性研究报告

编号:

设计经理:

总工程师:

总经理:

奥福科技有限公司

国家发改委工咨甲 10120070050

二〇二四年八月 南

工程咨询单位资信证书

单位名称： 奥福科技有限公司

住 所： 北京市丰台区外环西路26号院56号楼2层

统一社会信用代码： 911101051011942112

法定代表人： 程鸿鸣

技术负责人： 程鸿鸣

资信等级： 甲级

资信类别： 专业资信

业 务： 石化、化工、医药， 建筑， 市政公用工程

证书编号： 甲012021010035

有 效 期： 2022年01月21日至2025年01月20日



发证单位： 中国工程咨询协会



参加编制主要人员

赵杰 吉勇 马亚利

唐玲丽 艾鼎 李文静

李腾伟 乐骏 王士卓

目 录

第一章 总 论	5
1.1 概述.....	5
1.2 研究的简要结论.....	8
第二章 市场预测分析	11
2.1 国内、外市场情况预测.....	11
2.2 产品价格分析.....	14
第三章 产品方案及生产规模	17
3.1 产品方案的选择.....	17
3.2 对建设规模的选择.....	17
3.3 产品的品种、规格及质量指标.....	18
第四章 工艺技术方案	20
4.1 工艺技术方案的选择.....	20
4.2.工艺流程和消耗定额.....	26
4.3 低温热回收工艺流程和消耗定额.....	33
4.4 自控技术方案.....	35
4.5 主要设备的选择.....	37
第五章 原材料及燃料和动力的供应	44
5.1 原料供应.....	44
5.2 辅助材料供应.....	45
5.3 燃料供应.....	45
第六章 建厂条件和厂址方案	46
6.1 建厂条件.....	46
6.2 厂址方案.....	49
第七章 公用工程和辅助设施方案	50
7.1 总图运输.....	50
7.2 给排水.....	52
7.3 供配电.....	56
7.4 电信.....	61
7.5 余热回收.....	63

7.6 暖通	65
7.7 分析化验	66
7.8 土建工程	68
第八章 节能	71
8.1 能耗指标及分析	71
8.2 节能措施	72
第九章 环境保护	73
9.1 编制依据	73
9.2 设计采用的环境质量和排放标准	73
9.3 厂址与环境现状	73
9.4 建设项目的污染源及污染物	74
9.5 环境保护与综合利用	76
9.6 环境保护费用	77
9.7 存在问题及建议	77
第十章 劳动安全与工业卫生	78
10.1 设计采用主要标准规范	78
10.2 工程概况	78
10.3 生产过程的职业危害因素	79
10.4 劳动安全卫生在设计中采用的主要防护措施	80
10.5 预期效果	81
10.6 劳动安全卫生机构设置及人员配备情况	81
10.7 投资概算	82
10.8 消防	82
第十一章 工厂组织和劳动定员	83
11.1 工厂体制及组织机构	83
11.2 工作制度与劳动定员	83
11.3 人员来源和培训	84
第十二章 项目实施规划	85
12.1 建设工期规划	85
12.2 项目实施进度表	86
第十三章 招标方案	87
13.1 招标依据	87

13.2 建设项目招标范围及招标组织形式	87
13.3 投标、开标、评标和中标程序	87
13.4 评标委员会的人员组成和资质要求	88
附：招标基本情况表	89
第十四章 投资估算及资金筹措	90
14.1 资金筹措	90
第十五章 财务分析	91
15.1 财务评价编制的依据和原则	91
15.2 基础数据	91
15.3 财务指标计算与效益分析	93
15.4 财务分析结论	94
第十六章 结论	116
16.1 综合评价	116
16.2 结论	116

附图：

- 1) 总平面布置图
- 2) 原料工段工艺流程图
- 3) 熔硫工段工艺流程图
- 4) 焚硫转化工段工艺流程图
- 5) 余热回收工段工艺流程图
- 6) 干吸工段工艺流程图
- 7) 低温热回收工艺流程图
- 8) 罐区工艺流程图
- 9) 发电装置流程图

第一章 总论

1.1 概述

1.1.1 项目名称、主办单位名称、企业性质及法人

项目名称：山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目

主办单位名称：山东鲁北化工股份有限公司

企业性质：股份有限公司

法定代表人：陈树常

1.1.2 可行性研究报告编制的依据和原则

1.1.2.1 编制依据

(1) 《化工建设项目可行性研究报告内容和深度的规定》（修订本），原化学工业部化计发（1997）426 号文。

(2) 山东鲁北化工股份有限公司提供的相关的设计条件。

(3) 《化工建设项目可行性研究投资估算编制方法》 国石化规发（1999）195 号。

1.1.2.2 编制原则

本可研报告的编制将遵循下述原则：

(1) 力求全面、客观地反映情况

本报告是供项目法人和领导机关决策、审批使用，因此在编制过程中按照国家、行业 and 地区的发展规划，以及国家的产业政策、技术政策的要求，对本项目的建设条件、技术路线、经济效益、工程建设、生产管理以及对环境的影响等各个方面，力求全面地、客观地反映实际情况，经多方面的分析比较得出结论，供本公司和上级相关领导做出决策提供依据，并为项目融资提供依据。

(2) 采用先进适用的技术

年产 60 万吨硫磺制酸装置，其规模是国内的中型制酸装置。因此，生产装置及配套的公用工程、辅助设施，都要充分注意技术的先进性。使其不但体现在工艺流程、技术装备和控制水平上，而且同样体现在环境保护和工业卫生等各个方面。

在注意技术先进性的同时，还要充分注意技术的适用性。即根据企业目前的经济能力、配套能力和管理水平等情况，选取适用的先进技术。同时充分利用企业现有的公用

工程等实施，以降低工程投资。

(3) 要以经济效益为中心

经济效益是企业生存的命脉。因此，本报告编制过程中要特别注意合理布局、节省投资、选用先进运用可靠的技术、降低消耗和减少定员以提高企业的经济效益。

(4) 采用国产化技术装备

近年来，国内 30 万吨/年、40 万吨/年、60 万吨/年、80 万吨/年硫磺制酸装置已经成为普遍的系列规模，技术比较成熟。在这些装置的设计、建设和生产过程中，我们已经积累了丰富的技术和经验。本项目在技术上先进可靠的前提下，除进口催化剂外，其余将全部采用国产化技术和装备，有利于降低项目投资，也有利于促进国内硫酸工业的发展。

(5) 认真贯彻“五化”的设计原则，尽量提高“工厂布置一体化，生产装置露天化、建构筑物轻型化、公用工程社会化、设计技术国产化”的程度。

贯彻“安全生产，预防为主”的方针，确保本工程投产后符合职业安全卫生的要求，保证职工的安全和健康。

(6) 遵循持续发展的战略观念，严格执行环境保护法规、安全和工业卫生法规、完善“三废”治理设施，控制对环境的污染，节约能源，建设清洁生产装置。

1.1.3 项目提出的背景、投资的必要性及经济意义

1.1.3.1 项目提出的背景

山东鲁北化工股份有限公司是山东鲁北企业集团总公司独家发起，采用募集方式于 1996 年设立的股份有限公司。经过二十多年的艰苦创业，目前已发展成为年超 26 万吨钛白粉、45 万吨甲烷氯化物、30 万吨磷铵、10 万吨复合肥、40 万吨硫酸、60 万吨水泥、0.55 万吨溴素、100 万吨原盐生产规模，涉及钛白粉、甲烷氯化物、化肥、水泥、盐业等业务板块的上市公司。

鲁北化工在多年的发展过程中，遵循生态规律，应用循环经济理念和系统工程的思想，通过实施技术集成创新，创建了磷铵副产磷石膏制硫酸联产水泥协同处置含硫废物产业链、钛白粉清洁生产产业链、海水资源深度梯级利用产业链等循环经济产业链，形成了鲁北循环经济生态工业模式。

今后，鲁北化工将以新旧动能转换工程为契机，坚持多元化发展战略，利用公司自身的产业基础、区位、循环经济和资源优势，稳步推进钛产业产能扩张、上下游整合的

同时，建设环保、高端、国内有广泛影响力的大型钛产业示范基地；围绕海水资源深度梯级利用，完善延伸海水资源深度梯级利用产业链，打造高效、生态、循环型海洋科技产业基地；依托现有的甲烷氯化物生产装置，并围绕基础化工、循环经济和资源化利用，打造全新的“氟、硫、硅、磷”循环产业链，力争成为国内领先的氟化工材料产业基地；全力推动废弃物资源化利用技术研发、推广应用工作，打造废弃物循环利用产业中心。力争到“十四五”末，打造形成“3 基地+1 中心”产业架构的精细化、高端化、智能化、现代化化工产业上市公司。

1.1.3.2 投资的必要性及经济意义

硫酸是工农业生产的基本原料，它广泛地应用于磷肥、复肥、石油化工、食品等行业。硫酸受区域影响较大，通常销售半径不超过 200-300 公里，因此硫酸的价格受区域内生产企业及用户开工率影响也较大。

目前园区内硫酸缺口较大，部分企业需要从外地采购硫酸，在经济下行的环境下运输成本也是各企业需要考虑的因素，在此背景下，我公司新建 60 万吨/年硫磺制酸及余热发电装置，有助于缓解园区内企业的运输成本压力。

硫酸的用途主要用于园区内企业生产肥料及钛白粉，项目建成后配套硫酸输送管网，有助于降低下游产品的生产成本，减少运输硫酸带来的公共危险。同时本项目副产大量蒸汽，可供给园区内氧化铝、钛白粉等生产装置使用，完善鲁北循环经济产业链。

1.1.4 可行性研究的范围

本可行性研究主要从原料路线、工艺技术方案及设备选择、工程和经济上的可行性、合理性进行分析和论证。其主要内容包括：

- (1) 原料路线分析
- (2) 产品方案和生产规模
- (3) 工艺方案和设备选择
- (4) 建厂条件和公用工程
- (5) 环境保护、劳动保护和安全卫生
- (6) 项目实施规划
- (7) 投资估算和经济评价

1.2 研究的简要结论

1.2.1 研究的简要结论

(1) 硫酸生产原料采用进口固体和液体硫磺，硫磺的质量和来源有保证。

(2) 硫磺制酸装置采用的工艺技术先进、成熟、可靠、适用，国产化程度高。配套的低温热回收装置，使硫酸余热回收率从 60~65%提升至 90%以上，本装置高、中、低温位热能全部充分利用，所生产低压蒸汽供公司化肥生产装置、氧化铝、钛白粉使用，中压蒸汽用于发电或外供钛白粉、氧化铝等企业使用。本技术已在国内多套装置中采用，先进、成熟、可靠、适用，全部采用国产化装备。

(3) 依靠较先进的工艺技术，从根本上解决环境污染问题。排放尾气经尾吸处理后 $\text{SO}_2 < 50\text{mg/m}^3$ ，酸雾 $< 5\text{mg/m}^3$ ，均低于国家规定的排放新标准。同时在正常生产中无废渣及污水排放，仅在维修时有少量带酸性的地坪冲洗水（间断），经中和处理后达标排放。对于空气鼓风机的噪音，经加消音措施后，噪音 $< 90\text{dB}(\text{A})$ 。

(4) 财务评价结果表明，静、动态效益指标都比较好。

因此，本项目可行性研究认为，项目投产后经济效益明显，对企业的发展具有重要意义，同时具有很好的环境效益，在技术经济上都是可行性的。

1.2.2 主要技术经济指标

表 1-1 项目主要技术经济指标

序号	项目名称	单位	数量	备注
一	生产规模与产品方案			
1	生产规模	万吨/年	60	以 100% H_2SO_4 计
2	产品方案			
1)	主产品：98%工业硫酸	万吨/年	61.22	
2)	副产品			
	250℃，1.0MPa (G)蒸汽	t/h	91.6	风机透平中间抽汽和发电机透平背压蒸汽
	175℃，0.8MPa (G)蒸汽	t/h	20	扣除硫酸装置自用供 16t/h
	电	MW	7	
二	年操作日	天	333.3	以每年 8000 小时计
三	主要原材料、燃料用量			

序号	项目名称	单位	数量	备注
1	硫磺	万吨/年	19.86	
2	催化剂	吨/年	18	催化剂以使用 10 年计的 量计算
3	天然气	Nm ³ /年	90000	开车时使用
四	公用动力消耗量			
1	供水			
	生产水	立方米/年	6.18×10 ⁵	
2	供电			
	总装机容量	千瓦	5615.2	
	需要容量	千瓦	2786.8	
	年耗电量	万度	2229.4	
五	三废排放量			
1	废气	Nm ³ /h	134159 (干)	尾吸后: SO ₂ 含量: 小于 50mg/Nm ³
2	废渣	吨/年	1270	按 60 万吨/年熔硫能力计
六	运输量			
	运进	万吨/年	19.8678	
	运出	万吨/年	0.1288	
七	定员	人	58	
	其中: 管理与技术人员	人	2	
	生产工人	人	56	
八	装置占地面积	亩	81.3	
九	建设总投资	万元	32972.54	
	其中: 建设投资	万元	32000	
	建设期利息	万元	723.96	
	流动资金	万元	248.58	
十	年销售收入	万元	39165.38	投产后平均数值
十一	年经营成本	万元	29933.22	投产后平均数值
十二	年利润总额 (税前)	万元	6378.91	投产后平均数值
	年利润总额 (税后)	万元	4784.18	投产后平均数值
十三	年销售税金及附加	万元	23.88	投产后平均数值

序号	项目名称	单位	数量	备注
十四	企业财务评价指标			
1	投资利润率	%	19.35	投产后平均数值
2	投资利税率	%	20.02	投产后平均数值
3	内部收益率	%	23.92	所得税前
4	内部收益率	%	18.99	所得税后
5	所得税前投资回收期	年	5.67	含建设期
6	所得税后投资回收期	年	6.45	含建设期
7	所得税前财务净现值	万元	18280.95	基准收益率 12%
8	所得税后财务净现值	万元	10259.79	基准收益率 12%
9	盈亏平衡点	%	见附表 15-5	

第二章 市场预测分析

2.1 国内、外市场情况预测

2.1.1 产品现状及用途

硫酸作为基本化工原料之一，广泛应用于各行各业。主要用于磷肥、复肥行业，占硫酸总需求量的 66% 以上。其次用于有色冶炼、石油化工、纺织印染、国防军工以及农药、医药、制革、炼焦、钢铁等工业部门，用途极为广泛。

硫酸的生产原料主要有硫磺、硫铁矿、天然石膏、磷石膏以及含 SO₂ 的冶炼烟气。世界上硫酸生产原料主要以硫磺为主。以 2000 年世界硫酸生产为例，当年世界硫酸总产量 15877.9 万吨，其中，硫磺制酸占 64.7%；冶炼烟气制酸等占 26.3%；硫铁矿制酸占 9.0%。由于硫铁矿（包括有色金属伴生副产的硫铁矿）是我国的主要硫资源，我国的硫酸生产原料原来一直以硫铁矿为主。1995 年以后，世界硫磺市场供过于求，价格走低，我国硫磺制酸迅速发展，虽然近年来硫磺价格持续走高，但我国硫酸生产的原料结构已发生了很大的变化，硫铁矿制酸比例逐年下降，由 1995 年的 81.6%，下降到 2016 年的 19.6%。详见近年来我国硫酸产量及其原料结构表。

表 2-1 2011 年~2022 年我国硫酸产量及其原料结构表（万吨）

年份	硫酸产量	硫铁矿制酸	占%	硫磺制酸	占%	冶炼气制酸	占%	其它制酸	占%
2011	7973	1969	24.7	3844	48.2	2129	26.7	30.9	0.4
2012	8403	2061	24.53	3904	46.46	2386	28.40	52	0.61
2013	8650	2157	28.6	3967	45.9	2473	28.6	53	0.6
2014	9251	2170	23.5	4040	43.7	2943	31.8	98	1.05
2015	9673	2062	21.3	4447	46.0	3022	31.2	142	1.5
2016	9563	1875	19.6	4290	44.86	3313	34.64	86	0.58
2017	9620	1696	17.6	4474	46.5	3311	34.4	122	1.3
2018	9686	1652	17.1	4432	45.8	3496	36.1	107	1.1
2019	9736	1684	17.3	4165	42.8	3739	38.4	148	1.5
2020	9859	1504	15.3	4347	44.1	3859	39.1	149	1.5
2021	1.09 亿	1851	16.9	4807	44.0	4100	37.5	179	1.6
2022	1.07 亿	1766	16.5	4422	41.3	4256	39.8	255	2.4

2.1.2 国内硫酸市场供需情况

据中国硫酸工业协会的最新统计，截至 2022 年底，我国硫酸总产能 1.295 亿吨，同

比增长 1.3%；其中硫磺制酸产能 5715 万吨，占比 44.1%；冶炼酸产能 4577 万吨，占比 35.3%；硫铁矿制酸产能 2322 万吨，占比 17.9%。

2022 年全国硫酸总产量 1.07 亿吨，同比下降 2.2%。其中，硫磺制酸产量 4422 万吨，同比下降 8.0%；占比 41.3%；冶炼酸产量 4256 万吨，同比上升 3.8%，保持正增长；占比 39.8%；硫铁矿制酸产量 1765 万吨，同比下降 4.6%；占比 16.5%；其他制酸产量 255 万吨，同比上升 42.3%。

据协会统计，2022 年我国硫酸表观消费量 1.04 亿吨，同比下降 3.1%，主要受到化肥用酸下行的影响。其中，化肥用酸 5223 万吨，同比下降 8.6%，占比 50.22%，同比下降 3 个百分点；工业耗酸 5138 万吨，同比增长 3.1%，占比 49.4%，与化肥用酸基本持平。

2.1.3 国际硫酸市场行情

(1) 国际硫酸价格变动

从 2021 年 3 季度开始，国际硫酸价格持续高位运行；2022 年 7 月，国际硫酸价格暴跌。2022 年 6 月底，中国硫酸报价 135-140 美元/吨 fob。2023 年 2 月底中国硫酸报价(-10)-0 美元/吨 FOB，同比下降 125 美元/吨。

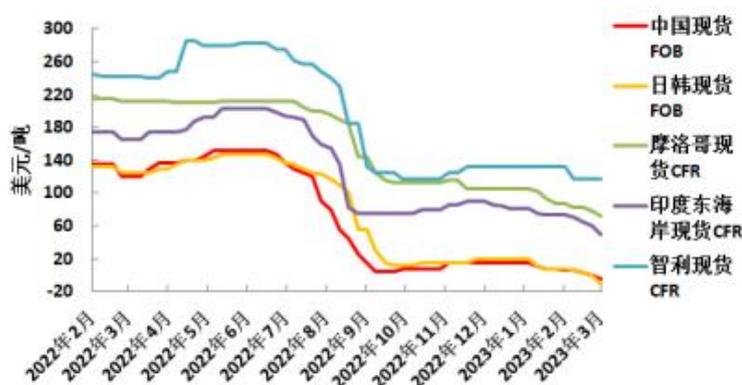


图 2-1 2022 年 2 月至 2023 年 2 月国际硫酸价格走势

(2) 我国硫酸进出口状况

我国也是世界硫酸贸易的主要进口国，从日本、韩国进口的冶炼烟气制酸数量也在逐年增加，进口的硫酸主要用于高浓度磷复肥的生产。

2022 年进口情况：

据海关统计，2022 年 1-12 月中国进口硫酸 27.5 万吨，较去年同期减少 13.9 万吨，降幅 33.6%；剔除高价酸后，平均进口价格 89.8 美元/吨，较去年同期上涨 10.5 美元/吨，涨幅 13.2%；进口硫酸主要来自韩国（25.1 万吨）、中国台湾（2.4 万吨）。

2023 年进口情况：

据中国海关统计，2023 年 1-2 月我国进口硫酸 7.6 万吨，较去年同期增加 2.3 万吨，增幅 43.5%；剔除高价酸后，平均进口价格 18.6 美元/吨，较去年同期下降 87.9 美元/吨，降幅 82.5%；2 月份进口硫酸 1.8 万吨，同比下降 31.6%，环比下降 69.7%；剔除高价酸后，平均进口价格 27.0 美元/吨，同比下降 73.5%，环比增长 67.2%。

2022 年出口情况：

2022 年中国出口硫酸 364.3 万吨，较去年同期增加 80.3 万吨，增幅 28.3%；平均出口价格 116.8 美元/吨，较去年同期上涨 25.7 美元/吨，涨幅 28.2%；2022 年出口国主要是智利、摩洛哥、印度、沙特阿拉伯，合计超过出口总量的 80%。

2023 年出口情况：

据海关统计，2023 年 1-2 月我国累计出口硫酸 33.3 万吨，同比下降 58.7%；平均出口价格 20.9 美元/吨，同比下降 83.3%。

2.1.4 硫磺市场行情

（1）硫磺产量

据协会统计，2022 年我国硫磺总产量 925.9 万吨，同比上升 6.0%，延续了快速增长的趋势；其中，石油炼化副产硫磺 625 万吨，占比 67.5%；天然气净化副产硫磺 248.5 万吨，占比 26.8%。

（2）进口情况

2022 年中国进口硫磺 764.7 万吨，较去年同期减少 87.6 万吨，降幅 10.3%；平均进口价格 301.9 美元/吨，较去年同期上涨 108.8 美元/吨，涨幅 56.4%。2022 年，我国进口硫磺主要来自于日韩、中东、北美；排名前五名的国家为韩国（119.9 万吨）、阿联酋（96.3 万吨）、日本（90.7 万吨）、加拿大（81.9 万吨）、伊朗（73.8 万吨），从这五个国家进口量占总进口量的 60.5%。

据中国海关统计，2023 年 1-2 月中国进口硫磺 155.0 万吨，较去年同期增加 54.4 万吨，增幅 54.0%；平均进口价格 167.9 美元/吨，较去年同期下降 104.4 美元/吨，降幅 38.3%。2 月份进口硫磺 59.2 万吨，同比增长 31.1%，环比下降 38.1%；平均进口价格 160.5 美元/吨，同比下降 40.9%，环比下降 6.9%。

（3）我国硫磺对外依存度持续下降

我国是硫磺消费大国，据协会统计，2022 年我国硫磺表观消费量总计 1690.6 万吨，同比下降 2.1%。其中，国产硫磺 925.9 万吨，进口 764.7 万吨；硫磺自给率 54.7%，同比上升 4.1 个百分点，硫磺自给率进一步提升。

2.2 产品价格分析

影响硫酸价格的因素，除原料硫磺价格外，还有如下影响因素：

（1）能源价格

国际上的油价、国内煤炭和天然气价格的涨落将不可避免地影响国内电力、水等物流成本，从而影响硫酸生产成本，并影响硫酸市场价格的走势。

（2）产品运距

由于硫酸是低价值的危险品液体，长途远距离运输不合算，所以有的地方硫酸过剩，市场价格较低，有的地方硫酸短缺，市场价格高。

（3）气候变化

全球气温升高，我国也在影响之中。农业生产的播种受其影响，会使化肥需求提前或推后，从而影响硫酸市场是否活跃。

（4）下游行业市场需求情况

目前园区内硫酸缺口较大，部分企业需要从外地采购硫酸，硫酸的用途主要用于园区内企业生产肥料及钛白粉，项目建成后配套硫酸输送管网，有助于降低下游产品的生产成本，减少运输硫酸带来的公共危险。同时本项目副产大量蒸汽，可供给园区内氧化铝、钛白粉等生产装置使用，完善鲁北循环经济产业链。

由于利用硫磺为原料，可有效地节省投资，缩短建设周期，原料来源有保证，价格基本稳定。此外，本项目热利用率高，从而降低硫酸产品成本，有效增强企业的竞争力。

2.2.1 硫磺价格

据统计，2022 年我国硫磺总产能 1608.2 万吨，同比上升 4.6%。其中，来自石油炼化副产的硫磺产能 1161.3 万吨，同比上升 5.7%；来自天然气炼化的硫磺产能 345 万吨，同比持平，来自煤化工副产的硫磺产能 90.9 万吨，同比上升 9.7%。2022-2025 年，我国新建硫磺产能总计 659 万吨，这些项目若能全部投产，我国硫磺总产能将达到 2200 万吨。

2022 年我国硫磺总产量 925.9 万吨，同比上升 5.6%。2022 年我国硫磺消费结构中，有 1002.8 万吨硫磺用于制磷肥，同比下降 12.4%；178 万吨用于制钛白粉，同比下降 9%；还有 509.8 万吨用于氢氟酸、饲钙、己内酰胺等其他行业。

过去两年，我国硫磺价格经历了大起大落的走势，最高触及 3970 元/吨，是自 08 年以来的最高点，最低跌至 830 元/吨，逼近近十年来的最低点。



图 2-2 2007~2023 年硫磺价格走势

硫磺市场进入了流动性不再泛滥的常规时期，向上暴涨的可能性短期内没有。我国硫磺市场的供应和需求都有不小的增长预期，但供应的增长大于需求的增长。首先，磷肥消费量在 2023 年将有所恢复，但恢复速度有待观察，2023 年之后增长速度放缓进入平台期；其次下游以磷酸铁锂为主的工业产品的发展带来了硫磺需求新的增长点，但产能过剩时代，需求增长有不确定性；第三，冶炼酸的增加将给硫磺带来巨大的竞争压力；最后国际政局的不确定性将会给硫磺价格带来更多的波动。因此硫磺价格依然会频繁波动，但波动空间有限，总体走向会因为供大于求而面临向下的压力。

通过以上分析并综合各方面因素，本项目固体硫磺到厂价格 1030 元/吨（含税）、液体硫磺到厂价格 1180 元/吨（含税），作为本项目经济评价的价格基础。

2.2.2 硫酸价格

全国硫酸均价 2021 年为 553 元/吨，2022 年为 552 元/吨，总体处于高位。2021 年 2 月初触及年内低点 265 元/吨，之后连续上涨；三季度价格触及年内高点 825 元/吨，之后开始回落，至年底时，价格在 520 元/吨。1 月底价格见底 440 元/吨。2022 年 4 月和 6 月底，全国硫酸均价在高位近 950 元/吨。随着硫磺价格下跌，硫酸价格下行，9 月初至低点 150 元/吨。短暂的反弹后，随着春节假期硫酸价格再次探底；目前硫酸价格处于缓慢回升阶段。

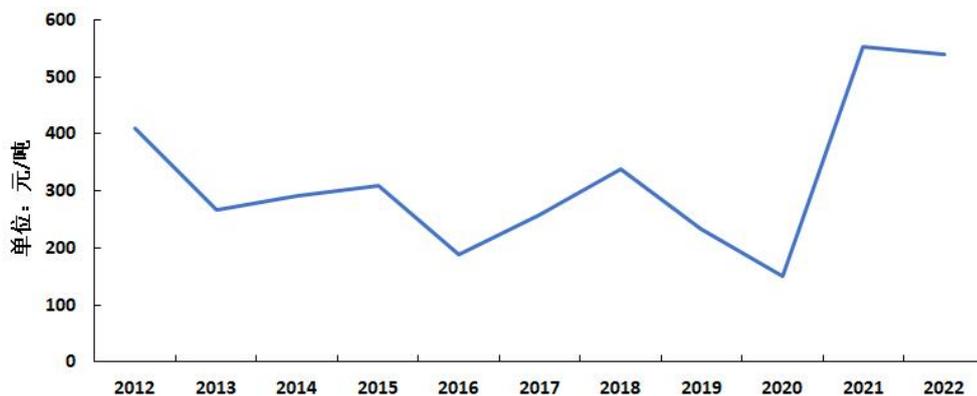


图 2-3 2012~2022 年硫酸均价曲线

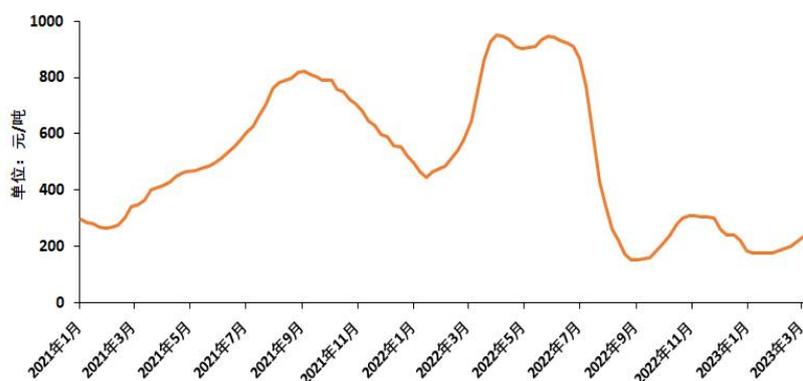


图 2-4 国内硫酸均价走势

综合考虑，本项目 98%硫酸外售价格 200 元/吨（含税），作为本项目经济评价的价格基础，该价格的定位是比较适宜的。

第三章 产品方案及生产规模

3.1 产品方案的选择

为满足公司生产用酸要求，以及根据当地的生产条件，硫磺制酸能力确定为 60 万吨/年。装置为单系列，本装置的主产品为浓度为 98% 的工业硫酸，副产品为 1.0MPa, 250℃ 低压过热蒸汽、0.8MPa 低压饱和蒸汽及电，硫酸产品符合国标 GB/T534—2014 中一等品的指标。

3.2 对建设规模的选择

建设规模的确定，要考虑到市场的需求、资金的筹措、企业经济效益以及厂址的建设条件等诸多方面的因素。装置的规模还要涉及技术来源、工程设计、设备制造、施工建设以及操作管理等工程技术因素。现就如下几个方面进行分析比较。

(1) 适应公司发展和市场需要

硫酸是工农业生产的基本原料，它广泛地应用于磷肥、复肥、石油化工、食品等行业、锂电行业。硫酸受区域影响较大，通常销售半径不超过 200-300 公里，因此硫酸的价格受区域内生产企业及用户开工率影响也较大。

本项目计划每年生产 98% 硫酸 61.22 万吨，供下游单位生产使用；硫酸生产过程中副产 6.4MPa, 450℃ 中压过热蒸汽分别送至风机房驱动风机和余热发电装置发电使用，产生低压过热蒸汽送至化肥、钛白粉、氧化铝等装置使用；低温热回收每小时将有~36 吨低压蒸汽，扣除硫酸装置自用蒸汽后，外送至下游用汽单位。

项目建设地址位于山东鲁北高新技术开发区，生产的硫酸全部送至下游用户生产使用。为达到一定的经济规模，选择新建一套年产 60 万吨硫磺制酸装置是合理的。

(2) 充分利用公司的有利条件

项目建设地点位于山东鲁北高新技术开发区，位于山东省最北部，濒临渤海湾，与黄骅港隔河相望，筹建中的“鲁冀大桥”及沿海高速公路开通后使该区域具有“通江达海”的临港交通优势。是黄河三角洲高效生态区和山东半岛蓝色经济区叠加部，是国家生态工业示范园区、山东省首批循环经济试点园区。便捷的交通优势，使得公司在原材料和成品的运距及运输成本方面有独特优势，从而提升了企业产品的市场竞争力，增加企业经济效益。

(3) 技术的可靠性

近年来我国在经过多套年产 30 万吨、年产 40 万吨、年产 60 万吨、年产 80 万吨等规模的大型硫磺制酸装置设计的基础上，通过不断地完善及改进工艺、提高设备生产强度、改进设备结构及材质、采用进口催化剂，使大、中型硫磺制酸装置的技术与装备接近国外水平。对于本项目年产 60 万吨硫磺制酸及低温热回收装置，考虑引进进口催化剂，其余工艺技术完全可以国产化。

我国的硫酸厂众多，总产量也比较大，多年来我国硫酸行业累积了丰富的经验，特别是八十年代以来引进了国外大型硫酸装置比较先进的技术，结合自己的技术，水平不断提高。近几年来，我国在硫磺制酸技术上也有了快速的进步。我国硫磺制酸在实践中不断摸索，技术上已经比较成熟、可靠。规模从小型装置到大型的生产 30 万吨、40 万吨、60 万吨、80 万吨，从设计到运行均比较成功。技术上基本达到国外同类装置的先进水平。

在规模上我国已有多套相当规模的硫磺制酸装置设备设计和运行业绩，在设计高操作强度设备方面也有了成功的经验，这些经验，为 40 万吨/年硫磺制酸装置的设计奠定了可靠的基础。

60 万吨/年硫磺制酸装置，属大中型硫磺制酸装置常见的规模，关键设备如空气鼓风机、精硫泵、酸循环泵及酸冷却器等，国内已有成熟的制造经验，完全可以实现国产化。

经过多套中大型硫酸生产装置的操作实践，在生产操作和管理方面，我国也已经相当熟练地掌握了硫磺制酸工艺技术。从管理和操作的角度来看，主要的困难在于其技术的复杂程度和人员对其的熟悉程度，而不在于其装置规模。

以上分析表明：在技术的可靠性方面，60 万吨/年硫磺制酸装置规模是可行的。

3.3 产品的品种、规格及质量指标

本项目主产品为 98% 工业硫酸，硫酸生产过程中所产过热蒸汽，供余热发电装置发电使用。为此，本项目产品确定如下：

主产品：98% 工业硫酸，61.22 万吨/年生产能力；

副产品：1.0MPa，250℃ 低压过热蒸汽 91.6t/h；

低温热回收产生的 0.8MPa 低压饱和蒸汽 36t/h 送至全厂低压蒸汽管网余热发电 7MWh。

表 3-1 98% 工业硫酸产品符合国标 GB/T534-2014 一等品的指标：

项目	工业硫酸指标
硫酸 (H ₂ SO ₄) 含量，%	93% 或 98%

灰分, %	≤ 0.03
铁 (Fe), %	≤ 0.01
砷 (As), %	≤ 0.001
汞 (Hg)	≤ 0.01
铅 (Pb) %	≤ 0.02
透明度, mm	$\geq 50\text{mm}$
色度, ml	不低于标准色度

第四章 工艺技术方案

4.1 工艺技术方案的选择

4.1.1 原料路线的确定原则及依据

4.1.1.1 概述

硫酸的生产原料主要有硫磺、硫铁矿、天然石膏、磷石膏以及含 SO₂ 的冶炼烟气。对于新建硫酸装置，必须对原料的来源，技术经济，环境卫生等因素进行综合考虑。

据中国硫酸工业协会统计，2023 年全国硫酸总产量 1.115 亿吨，同比增长 4.2%；占全球硫酸总产量的 33.2%。其中，硫磺制酸产量 4418.5 万吨，同比下降 0.1%；冶炼酸产量 4589.9 万吨，同比增长 7.8%，近 20 年保持连续增长走势；硫铁矿制酸产量 1902.8 万吨，同比增长 7.8%；其他制酸产量 235.4 万吨，同比下降 7.6%。

我国硫酸产量主要分布在磷资源较丰富的云贵川鄂四省，以及安徽、山东、内蒙古、广西、河南等冶炼酸产能较大的省份。硫磺制酸主要集中在云贵川鄂四个磷资源地以及工业发达的华东地区；冶炼酸产量分布较为分散，内蒙古、云南、河南、广西、安徽、甘肃、山东是我国冶炼酸产量最大的七个省份，产量均超过 300 万吨。硫铁矿制酸主要分布在安徽、江西、广东等硫铁矿资源地，以及云贵川鄂等硫酸需求较大的省份。

据中国硫酸工业协会统计，2023 年度我国硫磺总产能为 1712.8 万吨，同比上升 6.5%，其中，石油炼化副产硫磺产能为 1242.9 万吨，同比上升 7%，占比 72.6%；天然气炼化副产硫磺产能为 347 万吨，同比持平，占比 20.3%；煤化工副产硫磺产能为 111.9 万吨，同比上升 23.1%，占比 6.5%。硫磺消耗量基本平稳；库存不断攀升；价格同比大幅下降。未来几年，我国硫磺产能还有不小的增长预期；需求在磷酸铁锂产业发展的带动下，也有一定的发展。

我国硫铁矿主要分布在广东、江西、安徽三个省份，2023 年三省硫铁矿产量占全国总产量的比例分别为 23.9%、13%、9.9%。2023 年全国硫铁矿产量 1760 万吨（折合 S 35%，下同），同比增长 8.0%。硫铁矿消费量分布与硫铁矿制酸分布一致，2023 年我国硫铁矿消费量超过 100 万吨的省份有七个，依次是湖北、安徽、广东、云南、四川、江西、河北。

从合理利用资源和控制环境污染方面考虑，利用冶炼烟气来生产硫酸是一条较合理

的原料路线，但其必须依托于相关的有色冶金工业。

硫磺是生产硫酸的理想原料，国外硫酸工业 80%以上是以硫磺为原料。硫磺制酸具有工艺流程简单，投资少，热能利用率高，环境效益好等优点。相同规模的硫磺制酸装置，其投资约为硫铁矿制酸装置投资的一半。且动力消耗和公用工程费用低，无废渣、废水的排放。另外，硫磺制酸建设周期短，操作管理方便，因此，只要硫磺价格合理，供应渠道稳定，其经济效益是十分显著的。

4.1.1.2 硫磺供求预测

硫磺制酸的优点很多，但关键在于其价格及供货渠道的稳定性，对本项目硫酸装置年耗固（或液）硫磺量 19.86 万吨，必须对硫磺的国内外供求市场进行预测。

（1）世界硫磺供求预测

硫磺的来源以石油和天然气回收硫为主，产地较多。据 Acuity 统计，2023 年全球硫磺产量总计 7051.6 万吨，同比上升 4.6%；全球硫磺消费量总计 6549.4 万吨，同比上升 0.4%。国际硫磺市场总体处于供过于求的状态。2023 年中东、东亚、北美以及中亚地区依次是全球最大的四个硫磺供应地区，它们 2022 年的硫磺产量均有不同幅度的上涨，供应量均超过 1000 万吨。

2023 年度我国硫磺总产能为 1712.8 万吨，同比上升 6.5%。其中，石油炼化副产硫磺 1242.9 万吨，占全国硫磺总产能的比例为 72.6%；天然气炼化副产硫磺 347 万吨，占比 20.3%；煤化工副产硫磺 111.9 万吨，占比 6.5%。产地主要分布在沿海地区和天然气资源地。截止 2023 年底，四川、浙江、广东、山东、辽宁、江苏是我国硫磺产能最大的六个省份，产能均超过 100 万吨。

我国进口硫磺主要来自北美、中东和日韩，2023 年我国进口硫磺来源排名前五的国家分别是加拿大、韩国、阿联酋、沙特、日本。据海关统计，2023 年我国进口硫磺 883.3 万吨，同比上升 15.5%；平均进口价格 127.0 美元/吨，同比下降 57.9%。

世界上硫磺之所以供应充足的一个主要因素是从石油和天然气回收硫的产量不断增加。据国际肥料协会（IFA）资料，目前回收硫已占世界硫磺供应量的 85%以上。随着环保要求越来越严格，回收硫的产量呈上升趋势，这为硫磺的稳定供应提供了有利条件，因此，国际硫磺的供应是有保证的。

（2）硫磺的价格及其变化趋势

硫磺资源也是影响中国磷肥工业的一大问题。硫磺主要来源有两个方面：其一是天然硫磺矿，其二是从石油、天然气、硫铁矿、冶炼烟气中回收。长期以来，天然硫磺矿，

所获得硫磺一直占硫磺生产的主导地位。近年来，随着各国严格环保条例，从石油、天然气等中回收的硫磺产量在不断增加，且其产量有逐年增加的趋势。

2023 年，国际硫磺价格走势虽有起伏，但整体较弱，平均价格较去年明显下降。年初时，中东硫磺 FOB 价在 150-160 美元/吨，之后连续下跌至 6 月底的 63-73 美元/吨，然后经历了两个多月的回调，至 104-114 美元/吨，之后再次下跌，至年底时价格在 75-80 美元/吨。

(3) 国内硫磺供求情况

我国硫磺资源较少，多年来硫磺产量一直在 30 万吨/年左右。目前从天然气和石油中回收硫磺的能力为 500 万吨/年以上，其中中石化普光天然气净化厂，产能达 250 万吨/年以上。中石油三个天然气净化厂，罗家寨、铁山波、渡口河三地产能达 153 万吨以上。近年来我国沿海地区一些炼油厂开始炼制中东高硫原油，进口原油量达 5000 万吨可副产硫磺 75~100 万吨。我国内硫磺的现有产量，进出口情况以及今后其它行业的需求情况来看，国内硫磺是有一定的供应生产硫酸的潜力。

目前我国硫磺产量基本上只能满足部分硫酸行业用硫磺的需求。

我国内陆河近海石油气正在不断开发，给回收硫磺创造了良好的前景。如华北地区有含 H₂S 达 9.2% 的油田气，青海的天峻硫矿区的 H₂S 含量更高达 81.3%，目前正在研究开发其回收技术，今后有望成为重点硫资源之一。

我国煤资源丰富，炼焦煤中含硫大于 1% 的贮量占全国炼焦总量的 76.1%。此外，油页岩中平均含硫为 1.67%。据估计，九十年代燃烧高硫煤的电厂每年就要向大气排放硫约 210 万吨，只要把这些烟气硫加于回收，并用于生产硫酸，其年产量可达 600 万吨以上。另外，我国每年的用煤量超过 10 亿吨，除电厂外，其它行业每年也可望回收近 130 万吨硫。因此，随着国家环保条例的严格，这些巨大的硫资源有望加速开发和利用。

可以预计，随着国内天然气、油页岩等硫资源的回收，以及进口高含硫原油的增加，国内硫磺的产量会有较大幅度的增加，并将有一部分替代硫铁矿来生产硫酸。

据协会统计，2022-2025 年，我国新建硫磺产能总计 659 万吨，这些项目若能全部投产，我国硫磺总产能将达到 2200 万吨。

表 4-1 2022-2025 年新增硫磺产能

预计投产年份	地区	企业/项目	原材料	设计产能
2022	华东	华星炼厂扩建项目	石油	8
2022	华东	山东菏泽玉皇扩建项目	石油	9
2022	华东	盛虹炼化（连云港）	石油	60

预计投产年份	地区	企业/项目	原材料	设计产能
2022	华南	中科合资广东炼化项目	石油	39
2023	华北	旭阳炼化	石油	30
2023	华南	中国石油广东石化（揭阳）	石油	80
2023	西南	川东北气田二期项目	天然气	30
2023	东北	大连恒力石化二期项目	石油	50
2024	华南	埃克森美孚惠州化工综合项目	石油	5
2024	西南	川东北气田三期项目	天然气	30
2024	华东	裕龙岛炼化一期项目	石油	60
2025	东北	中国兵器集团-华锦联合石化项目	石油	48
2025	华东	镇海炼化扩建项目	石油	25
2025	华东	扬子石化扩建项目	石油	25
2025	华东	浙江石化二期项目	石油	60
2025	华东	裕龙岛炼化二期项目	石油	60
2025	华南	茂名石化扩建项目	石油	20
2025	西南	彭州气田净化厂项目	天然气	20

4.1.1.3 结论

本项目选用进口固体及液体硫磺为制酸的原料路线，因为：

硫磺是生产硫酸的理想原料，与硫铁矿制酸比较，硫磺制酸的特点是：基建投资少、建设工期短、原料运输量少、产品质量好。由于硫磺的杂质少，使得硫磺制酸三废排放量少，对环境污染也少，热能利用率高。且生产流程短、设备少、操作维修简便、单位产品的能耗低、易实现大型化。

通过硫磺市场的调查，国际上硫磺资源较为丰富，国内硫磺回收潜力也较大。如果国外硫磺价格突变时，采购国内的硫磺可有效的防范国际市场上硫磺原料供应动荡所带来的风险。由于目前国际硫磺市场供应丰富，处于供大于求的局面，为此，对于本项目采用进口硫磺而言，是可以接受的，有保证的。

4.1.2 国内外工艺技术概况

目前世界硫酸生产技术基本上都是采用接触法工艺，硫酸工业的技术和装备水平已处在较高水准上。我国自改革开放以来，随着几套大型硫酸装置的技术引进以及“八五”国家重大技术装备的科技攻关，使得我国的硫酸工业技术和装备水平都有了长足的发展，大型硫酸的国产化水平不断提高，与国际先进水平的差距不断缩小。主要表现在以下几

个方面：

(1) 生产装置向大型化发展

由于单体设备生产效率不断提高，为装置的大型化创造了条件。目前世界硫酸单系列最大生产能力为沙特阿拉伯的 5050 吨/日装置。一般新建规模 >3000 吨/日，由于装置大型化，对节约投产，提高生产率，降低生产成本等方面效果显著。我国自上世纪八十年代以来，已相继建成南化、铜陵年产 20 万吨硫铁矿制酸装置、云峰年产 23 万吨硫铁矿制酸装置、大峪口年产 56 万吨（两系列）和黄麦岭年产 28 万吨硫铁矿制酸装置、瓮福福年产 80 万吨（两系列）和鹿寨、江铜、云浮硫铁矿年产各 40 万吨硫铁矿制酸装置。国内单系列硫铁矿制酸装置的能力为 40 万吨/年，也是世界上最大的单系列硫铁矿制酸装置。

硫磺制酸更利于大型化、国产化，从上世纪八十年代开始，我国建设有几十套 30 万吨~100 万吨/年的硫磺制酸装置。特别在云南、贵州、湖北多套 60 万吨、80 万吨大型硫磺制酸装置相继建成投产，使得我国大型化硫磺制酸装置设计水平、装备水平、生产水平日臻成熟，已达到国际先进水平。我国的硫磺制酸大型化、国产化已步入了一个成熟可靠的阶段。

(2) 提高总转化率、严格控制尾气中 SO₂ 排放量

为了减轻尾气对环境的污染影响，国内外普遍采用两转两吸制酸工艺。我国国家环保部于 2011 年 3 月 1 日发布《硫酸工业污染物排放标准》GB26132-2010，新标准规定新建硫酸装置尾气中 SO₂ 最高允许排放浓度为 400mg/m³，特别地区为 200mg/m³，硫酸雾最高允许排放浓度 30mg/m³，特别地区为 5mg/m³。国内大多数新建装置采用进口催化剂，总转化率达到 99.9% 以上的水平，以确保尾气排放达到新排放规定。

(3) 余热利用效率提高

随着能源价格的提高，越来越重视硫酸装置的热能利用率，从而提高装置的经济效益。我国大中型硫铁矿制酸及硫磺制酸装置中硫铁矿焙烧和硫磺焚烧及转化部分的高、中温位余热均已回收利用。近年来，我国吸收酸中的低温位热量的回收利用已经发展成熟，低温位热能用于产生低压蒸汽。我国硫酸装置特别是硫磺制酸 90% 以上的装置均设低温热回收系统。

(4) 技术和装备水平不断提高

硫酸工业作为基础工业，加上它所处理介质的高温、强腐蚀性等特点，被科技界、工业界广泛关注。国际上硫酸工业的技术和装备水平已处在较高水准上，我国近十年来

硫酸工业的设计、技术和装备水平均有较大的提高，已达到国际先进水平。就硫磺制酸来说，年产 80 万吨硫酸火管锅炉、大型不锈钢转化器、高效吸收塔相继投入运行，国产大型浓硫酸泵的性能亦基本达到国际先进水平，高硅不锈钢槽管式分酸器、带阳极保护的浓酸冷却器已在国内广泛使用，自行设计的带旁流盘环板换热器已在多套大中型装置中适用，均已取得了降低系统压降、提高传热系数的满意效果，并使设备布置更为紧凑。催化剂的开发研究也取得长足的进步。

4.1.3 工艺技术方案的选择

4.1.3.1 工艺技术选择的原则

- (1) 要充分体现和代表本行业的先进性、可靠性；
- (2) 在保证先进性、可靠性的前提下，节省工程投资；
- (3) 减少环境污染，保持可持续发展。

4.1.3.2 工艺方案选择

山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目工艺技术方案，是在总结我国近年来多套 30 万吨/年、40 万吨/年、60 万吨及 80 万吨/年硫磺制酸设计技术基础上，结合国内近年来的实际运行经验，在稳妥可靠的前提下进行改进和提高，技术装备完全立足于国产化。并在认真总结国内硫磺制酸装置在设计与运行中成功的经验和教训的基础上，多方面采用新技术新材料，力争使该装置技术上更稳妥、性能上更可靠、操作上更方便，投资更省。

本项目采用的技术方案为：原料采用液体硫磺和固体硫磺，液体硫磺通过汽车运输至厂内，储存到液硫储罐内；固体硫磺通过汽车运输至厂内硫磺仓库，通过皮带机输送至快速熔硫槽，粗硫经叶片式过滤器过滤，液体硫磺用泵加压机械雾化，空气焚硫、“3+1”两转两吸工艺。98%酸干燥、中温吸收、设置废热锅炉、蒸汽过热器、省煤器以回收高、中温热能，产生中压过热蒸汽，送至余热发电装置用于发电。装置内为回收干吸工段低温位热能，采用低温热回收技术，用以产生低压蒸汽送蒸汽用户。

主要工艺特点如下：

- (1) 同时采用固体硫磺（颗粒直径 $>2\text{mm}$ ）和液体硫磺为原料，保证原料的来源稳定。
- (2) 熔融的液硫采用机械过滤器过滤成合格的液硫。
- (3) 采用塔后风机设置。

(4) 使用高压液硫泵使液体硫磺机械雾化充分焚烧。

(5) “3+1”四段转化，III、II 换热流程，进口催化剂，总转化率 >99.9%。

(6) 干吸工段采用三塔三槽，干燥塔、二吸塔各单独一个循环槽，二吸塔采用进口烛式纤维除雾器以提高除雾效率，减少后续设备腐蚀，满足环保要求，一吸塔用高温吸收塔代替，不单独设一吸塔系统。

(7) 采用中温吸收，以抑制雾粒粒径以便除雾。

(8) 在焚硫炉出口设置火管式废热锅炉，在转化器第一段出口设置高温过热器，第三段出口冷热换热器后设置省煤器 II，第四段出口设置低温过热器和省煤器 I，充分回收废热生产中压过热蒸汽。

(9) 为回收干吸工段低温位热能，本装置设置低温热回收装置，产生的低压蒸汽送至低压蒸汽管网。

4.2. 工艺流程和消耗定额

4.2.1 硫磺制酸装置工艺设计特点

本硫磺制酸装置原料采用进口硫磺。焚硫采用机械雾化的喷雾式焚硫炉，采用两转两吸工艺，本项目高压锅炉系统回收硫磺焚烧和 SO_2 转化为 SO_3 过程中产生的热量生产中压过热蒸汽；同时设置低温热回收装置，回收浓硫酸吸收 SO_3 过程中放出的热量生产低压饱和蒸汽。在工艺技术上，吸收已建及投产运行的多套大型硫磺制酸装置的成功经验，在消化、吸收引进的国外先进技术的基础上，尽可能采用稳妥可靠、适度先进、经济合理的技术，以实现节能降耗，达产达标。本装置生产流程的特点具体体现在以下几方面：

(1) 原料工艺方案

装置同时采用固体和液体硫磺为原料，固体硫磺通过汽车直接卸入硫磺库，液体硫磺通过汽车送入液硫储罐。因装置固体硫磺颗粒为 2~6mm，根据《石油化工企业设计防火标准（2018 年版）》，可按丙类物料考虑，硫磺库面积为 1800m^2 ，共可贮存硫磺 6000 吨，装置固体硫磺日用量约为 600 吨，可满足硫酸生产 10 天的需要。为保证原料输送系统的稳定性，硫磺上料系统考虑两条，与两台熔硫槽一一对应，每条上料系统由硫磺加料斗、插板阀、输送机组成，单线上料能力为系统负荷的 1.2 倍，正常生产时可两条同时运行，一条出现故障时，另一条也能满足需要。

(2) 机械雾化焚硫

焚硫炉是硫磺制酸的关键设备，本设计的焚硫炉设有三个机械雾化喷嘴，焚硫炉为卧式结构。为确保硫蒸汽和空气在焚硫炉中充分混合、燃烧，在炉体内设置 2 道折流挡墙。

机械雾化喷嘴特点是雾化喷嘴中液硫压力大，不易堵塞，不需探针装置，较之低压喷嘴采用空气雾化的方法结构简单，加工制造容易，操作方便，且机械雾化不需雾化风机，节省了动力消耗，简化了流程。

(3) 充分利用液硫燃烧和转化部分的反应热

在焚硫炉出口设置废热锅炉，焚硫采用机械雾化的喷雾式焚硫炉，采用两转两吸工艺，焚硫炉出口高温炉气经过废热锅炉，温度降至 420℃ 后进入转化工段一段，在转化器第一段出口设置高温过热器，三段出口冷热换热器后（低温热回收塔前）设省煤器 II，四段出口设低温过热器和省煤器 I，回收这些废热均用于产 6.4MPa、450℃ 的中压过热蒸汽。

(4) 提高转化率，消除尾气污染

本设计采用两次转化、两次吸收工艺，：“3+1”四段转化流程，进口催化剂，总转化率 > 99.9%，尾气再经脱硫处理，使放空尾气中的 SO₂ 含量 < 50mg/m³，硫酸雾 ≤ 5mg/m³ 以确保环保达标排放。

(5) 采用新型高效设备，节省投资

a) 干燥塔、吸收塔均采用碟形底，这样可以取消常规的混凝土平台，采用柱式支撑，大大节省了土建费用。

b) 干吸塔的填料支撑采用球拱，其平均开孔率大于 50%，填料采用具有较大比表面积和空隙率的规整填料，以提高吸收效率和操作弹性。干燥塔和吸收塔顶部装设除雾器，以除去酸雾。

c) 采用结构先进、确保段间隔板不漏气、气体分布均匀的转化器，为转化率达到 99.9% 提供了可靠的条件。

d) 热热交换器和冷热换热器，采用结构先进的高效管壳式换热器，特点是低压降、高传热系数。

e) 酸冷却器采用技术先进可靠的带阳极保护管壳式换热器，特点是低压降、高传热系数。

(6) 工艺过程控制自动化程度高

本装置采用先进的 DCS 集散控制系数。对整个流程的工艺参数进行监控，设有流程图动态画面显示、参数显示画面、调节显示画面、报警画面、趋势记录显示、自动打印报表等功能，整个生产过程监控基本可以在主控室内完成。

4.2.2 工艺流程叙述

硫磺制酸装置工艺部分由以下七个工段组成：原料工段、熔硫工段、焚硫转化工段、干吸工段、余热回收工段、罐区、低温热回收工段。

工艺流程详见附图，各工段工艺过程描述如下：

4.2.2.1 原料工段

散装固体硫磺进厂后直接卸入硫磺库贮存，生产时，散装硫磺由吊车或轮式装载机转入加料斗中，由加料斗出口的手动插板阀控制给料量，通过波状挡边输送机分别送入熔硫槽，波状挡边输送机上方分别设置永磁除铁器，以除去硫磺中的铁类杂质。为调节酸碱度，纯碱由工人通过手推车转运、拆包区，人工拆包后加入纯碱加料斗中，纯碱加料斗下的星型给料器均匀将纯碱加到波状挡边输送机上，与硫磺一并送入熔硫槽中。

4.2.2.2 熔硫工段

来自原料工段的固体硫磺由波状挡边输送机送入快速熔硫槽内熔化，熔化后的液硫自溢流口自流至过滤槽，出过滤泵送入液硫过滤器内过滤后流入中间槽，再出液硫输送泵送入液硫贮槽内。液硫过滤之前，往助滤槽内的液硫中加入适量的硅藻土，出助滤泵打入液硫过滤器内，使得在过滤器的滤网表面形成有效的过滤层。精制后的液硫由液流贮槽经泵送入精硫槽，再经精硫泵送至焚硫炉内燃烧。

快速熔硫槽、过滤槽、助滤槽、中间槽和液硫贮槽内均设有蒸汽加热盘管，快速熔硫槽用 0.6MPa 蒸汽间接加热使硫磺熔化，其它设备用 0.4~0.5MPa 蒸汽使硫磺保持熔融状态，并使液硫的温度控制在 135℃~145℃。

其它设备如液硫过滤器、液硫泵和液硫输送的管道、管件、阀门等都采用蒸汽夹套保温。

4.2.2.3 焚硫转化工段

液硫由精硫泵加压分别经三个磺枪喷入焚硫炉，硫磺燃烧所需的空气经空气过滤器过滤和风机升压后，进入干燥塔干燥，然后进入焚硫炉。干燥塔内用 98%硫酸干燥空气，使出塔空气中的水份 $\leq 0.1\text{g}/\text{Nm}^3$ 。干燥空气在焚硫炉与硫磺混合燃烧生成含 $\sim 10.5\%\text{SO}_2$ 、

1020℃左右的高温炉气，进入废热锅炉降温至 420℃，进入转化工段一段进行转化，火管式废热锅炉回收热量，产生的中压蒸汽。

经转化器一段转化后约 615℃的气体进入高温过热器进行热交换，冷却后 440℃的气体进入转化器二段进行转化，转化后的气体温度约 512℃，然后进入热热换热器进行换热，换热后 440℃的气体进入转化器三段进行转化，转化后约 463℃的气体经过冷热换热器和省煤器 II 换热后降温至 175℃进入高温热回收塔，吸收 SO₃ 后的气体经高温吸收塔顶除雾器除去酸雾后依次通过冷热换热器和热热换热器加热，加热到 415℃的气体进入转化器四段进行转化，转化后约 435℃的气体经低温过热器和省煤器 I 换热后降温至 155℃进入第二吸收塔，用 98.5%硫酸吸收炉气中 SO₃，吸收后的气体经塔顶除雾器除雾再经尾吸塔后由~60 米高尾气烟囱放空。

为了调节各段催化剂层气体进口温度，设置了必要的副线和阀门。转化系统采用间接升温，设置预热炉和预热器。

4.2.2.4 干吸工段

干吸系统采用 98%硫酸进行干燥，98.5%硫酸进行吸收，干燥塔和第二吸塔酸循环系统采用三塔三槽，即干燥塔和第二吸收塔各自独立一个循环槽。循环槽采用卧式槽，三座均为填料塔。

湿空气经空气过滤器除去灰尘后进入干燥塔，塔内用 98%硫酸吸收其水分，经网垫式除雾器除去酸雾，经干燥后的空气含水量在 0.1g/Nm³ 以下，再进入空气风机。

干燥塔内喷淋 98%浓硫酸，吸收空气中水分后自塔底排至干燥塔酸循环槽中，下塔酸温为 63℃，同时一部分高温热回收塔下塔酸串入干燥循环槽，混合酸温度为 65℃，槽中一部分酸由干燥塔酸循环泵送入干燥塔酸冷却器中，冷却至 60℃后送到塔顶喷淋，另一部分直接由干燥塔酸循环泵送入二吸循环槽中。

第二吸收塔内喷淋 98.5%浓硫酸，吸收气体中 SO₃ 后自塔底排至二吸塔酸循环槽中，下塔酸温度为 82℃，同时一部分高温热回收塔下塔酸和干燥循环槽酸串入二吸循环槽，混合酸温度为 84℃，通过二吸塔酸循环泵送入二吸塔酸冷却器，一部分冷却至 75℃后送到塔顶喷淋和干燥循环槽，另一部分冷却至 60℃送到低温热回收装置。为了维持第二吸收塔循环酸的浓度，向二吸塔酸循环槽中加入工艺水，当气温较低时有少量酸经过二吸塔酸循环泵串入干燥塔酸循环槽中。

干燥塔、第二吸收塔均采用塔—槽—泵—酸冷器—塔的循环流程。

4.2.2.5 罐区

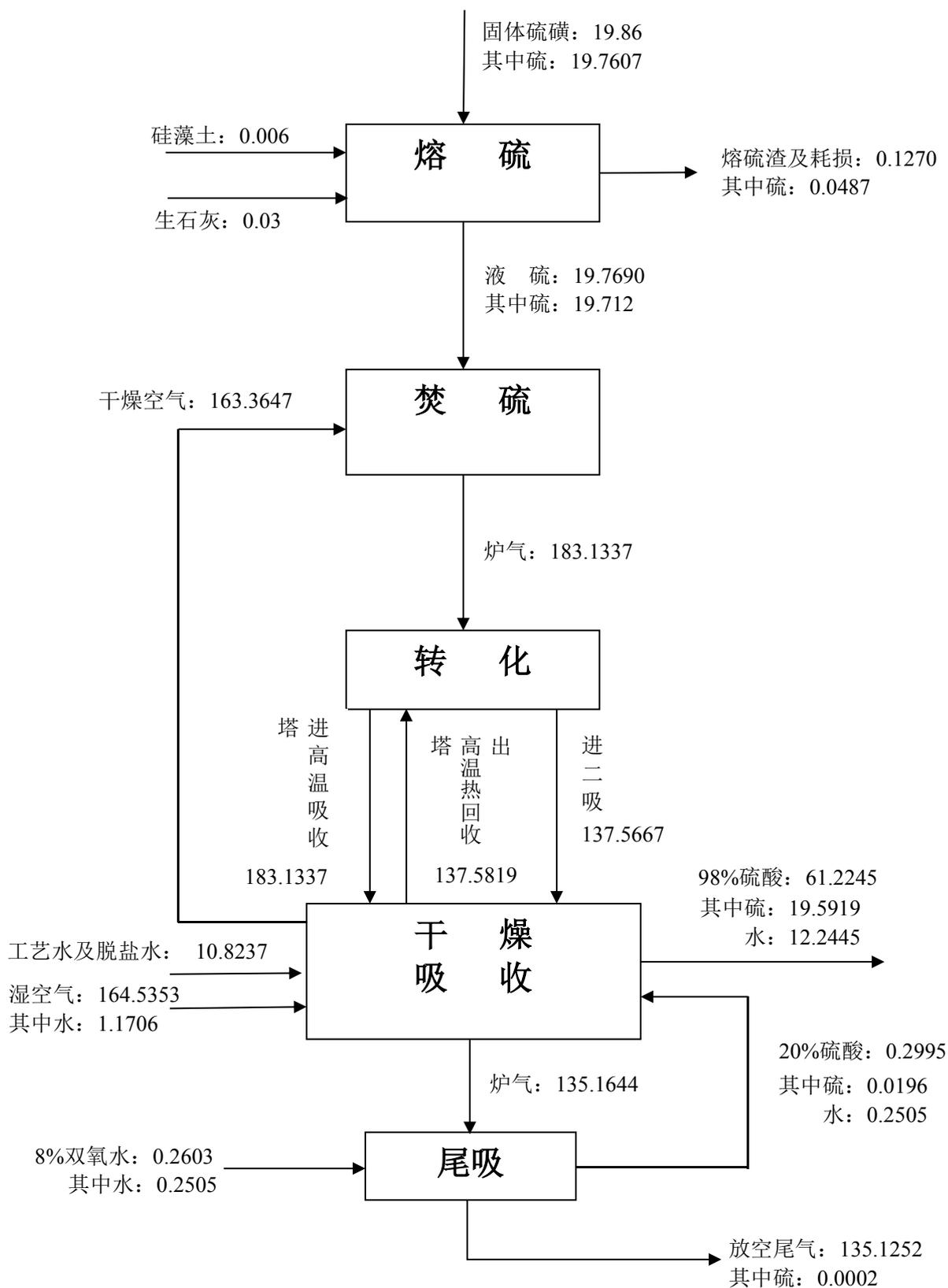
98%成品硫酸由干燥塔酸循环泵出口引出，经成品酸冷却器冷却至 40℃后进入成品酸贮罐贮存。下游装置所需成品酸由硫酸储罐自流至成品酸地下槽，经计量后由成品酸泵送出。

开车用母酸由成品酸泵送入干吸工段地下槽，再经地下槽酸泵送至循环槽。

本装置原料固体硫磺采用固体硫磺，由汽车运输入厂，卸入硫磺仓库内；液体硫磺经由货轮送至附近港口，在港口建设液体硫磺储槽，通过硫磺泵装罐车后输送至厂内液体硫磺储罐。

4.2.4 物料平衡

单位：万吨/年



4.2.5 原材料、辅助材料和燃料、动力消耗定额

表 4-2 硫酸装置原材料及动力消耗定额（以每吨 100% H_2SO_4 计）

序号	名称	规格	单位	消耗定额	小时耗量	年耗量	备用
一、原材料及动力消耗							
1	硫磺	S \geq 99.8%	t	0.331	24.825	19.86 $\times 10^4$	
2	硅藻土		kg	0.1	7.5	6.0 $\times 10^4$	
3	催化剂		m ³	/	/	40	进口催化剂，使用寿命以 10 年计
4	天然气		Nm ³	0.15	/	9.0 $\times 10^4$	开车时用
5	电		kWh	29.292	2786.8	2.22944 $\times 10^7$	
6	生产水	0.3MPa	m ³	1.03	77.25	61.8 $\times 10^4$	用于熔硫尾气处理及循环水补水
7	脱盐水		m ³	1.88	141	1.128 $\times 10^6$	减去风机透平蒸汽凝液回用部分
8	低压蒸汽	0.8 MPa	t	0.213	16	12.8 $\times 10^4$	熔硫、液硫、外管保温、除氧器用
9	仪表气	0.6MPa	Nm ³	3	225	180 $\times 10^4$	
10	压缩空气	0.6MPa	Nm ³	1.5	112.5	90 $\times 10^4$	
二、副产品							
1	低压蒸汽	0.8MPa 175 $^{\circ}C$	t	0.48	36	28.8 $\times 10^4$	
2	低压过热蒸汽	1.0MPa 250 $^{\circ}C$	t	1.221	91.6	7.328 $\times 10^5$	风机中间抽汽和发电机背压蒸汽
3	电		MW	/	7	5.6 $\times 10^4$	

4.3 低温热回收工艺流程和消耗定额

4.3.1 工艺流程叙述

低温回收装置的工艺流程图详见附图，流程简述如下：

4.3.1.1 硫酸系统

硫磺制酸装置一次转化的 SO_3 气体由底部进入热回收塔，塔内设有上、下两层填料，第一层填料的上塔酸为 200°C ，浓度~99%的硫酸，第二层填料的上塔酸是来自原一吸塔的上塔酸，酸温、酸浓等都与原一吸塔相似。含三氧化硫气体向上依次经过两级填料后由塔顶离开。吸收三氧化硫后的硫酸浓度约为 99.5%，温度升高约 20°C ，流入热回收塔底，经位于循环泵槽内的高温循环酸泵将高温浓硫酸送入蒸汽发生器换热，产低压蒸汽（1.0MPa），酸温降低约 20°C ，此时大部分酸经混合器加水调节浓度至~99%后进入热回收塔循环，另有一小部分硫酸经锅炉给水加热器和脱盐水加热器进一步回收热量后串入硫酸装置的干吸塔循环槽。

炉气离开热回收塔后去硫磺制酸装置冷热换热器壳程中，进入原有系统进行再次反应。

装置停车或检修时，利用排酸泵将系统剩余的硫酸排出。

4.3.1.2 热力系统

本项目利用高温循环硫酸的热量产生 0.8MPa， 175°C 的低压蒸汽约 36t/h。利用低温回收系统外送硫酸加热脱盐水和锅炉给水。

为保证系统安全稳定运行，设计中考虑了锅炉汽包液位自动调整装置。

（1）除氧给水系统

来自脱盐车站的脱盐水送至脱盐水加热器内进行预热，预热后的脱盐水除氧器用低压蒸汽除氧。经除氧器除氧后的 135°C 锅炉给水，由低压锅炉给水泵送至低温回收系统的锅炉给水加热器加热，即用~ 195°C 外送至硫磺制酸系统的硫酸加热到约 185°C 后送入蒸汽发生器，同时外送的硫酸被冷却到约 160°C 后再用脱盐水进一步冷却到 80°C 左右送到硫酸装置的第二吸收塔循环槽，同时可将常温（ 20°C ）脱盐水加热到约 60°C 后送入除氧器。

（2）汽水系统

蒸汽发生器内的高温（ 208°C ）浓硫酸通过换热管束加热锅炉给水并使其气化，产生

0.8MPa 的低压饱和蒸汽，流量约 36t/h，全部送入硫酸车间低压蒸汽管网。蒸汽发生器的给水量经过给水调节阀通过汽包液位来调节。

(3) 冷却水系统

取样冷却器用冷却水为循环水。

(4) 排污疏水系统

蒸汽发生器定期排污、连续排污及紧急放水汇集至排污总管后进入定期排污膨胀器，闪蒸后蒸汽放空，污水排入排污井。

(5) 加药系统

磷酸三钠溶液由组合式加药装置经管道送入蒸汽发生器汽包。

(6) 给水控制指标

表 4-3 锅炉给水控制指标

序号	指标名称	单位	控制范围
1	给水硬度	μmol/L	≤3
2	给水含氧量	mg/L	≤0.05
3	给水 PH 值		≥7
4	炉水磷酸根	mg/L	10-30
5	炉水 PH 值		10-12
6	炉水总碱度	mmol/L	≤12
7	饱和蒸汽 SiO ₂ 含量	μg/kg	≤20

4.3.2 原材料和燃料、动力消耗定额

4.3.2.1 原材料

本装置是利用硫磺制酸装置干燥和吸收工段的低温余热产生低压蒸汽的项目，其原料即硫酸装置硫酸生产过程中的工艺气体，即含约 10%三氧化硫的一次转化气体，无需外加原材料。装置年产 0.8MPa 低压蒸汽 28.8 万吨，需要业主提供合格的脱盐水约 38.4 万吨/年。

4.3.2.2 装置的生产能力和操作制度

装置的生产能力：年产蒸汽 28.8 万吨（0.8MPa 低压饱和蒸汽）。

操作制度：四班三运转，每班工作 8 小时，年运行时间 8000 小时（333.3 天）。

4.3.2.3 原材料及动力消耗定额

表 4-4 原材料及动力消耗定额（以每吨 0.8MPa 低压饱和蒸汽计）

序号	名称	单位	消耗定额	小时耗量	年耗量
1	电	kwh	5.42	195.12	156×10 ⁴
2	脱盐水	t	1.33	48	38.4×10 ⁴

4.4 自控技术方案

4.4.1 标准规范

- (1) 《化工装置自控专业设计管理规范》（HG/T20636-2017）
- (2) 《化工装置自控专业工程设计文件的编制规范》（HG/T20637-2017）
- (3) 《过程测量与控制仪表的功能标志及图形符号》（HG/T20505-2014）
- (4) 《分散型控制系统工程设计规范》（HG/T20573-2012）
- (5) 《自动化仪表选型设计规范》（HG/T 20507-2014）

4.4.2 设计范围

本设计为 60 万吨/年硫磺制酸装置（包括原料工段、熔硫工段、干吸工段、焚硫转化工段（含预热系统）、罐区、低温热回收工段、余热回收工段、发电装置、循环水站、空压站等）中所有仪表。

4.4.3 自动化水平

本设计为 60 万吨/年硫磺制酸装置，工艺物料主要为液体硫磺、高温炉气、硫酸、蒸汽、脱盐水、循环水等。液体硫磺易堵塞，硫酸具有强腐蚀性，蒸汽压力较高。硫酸装置内除熔硫工段、转化工段中的焚硫部分为防爆区域外，其它工段为非防爆区。

根据工艺要求，硫酸部分（包括原料工段、熔硫工段、干吸工段、焚硫转化工段、罐区、低温热回收工段、余热回收工段和循环水站）全部采用分散型控制系统（DCS）；空压站采用盘装仪表进行显示、累计、调节、报警。

整个生产工程的操作及主要动设备的状态显示、停止操作均可在控制室内完成。采用 DCS 集散控制系统进行整个装置的监视、控制。生产过程中的主要工艺参数将在 CRT 中进行显示、记录、报警，并通过控制系统进行调节、联锁、积算。对不重要的或不需经常监视的工艺参数采用就地仪表指示。装置所有集中检测的工艺参数的信号从现场

通过电缆直接送入控制室。

4.4.4 仪表的设计选型

(1) 总则

硫酸装置的环境及介质腐蚀较为严重，故仪表选型首要考虑的是防腐蚀问题。材质除有特殊要求外，均使用不锈钢。需要远传的仪表均为电动型。采用 4~20mADC 二线制变送器，并带有现场指示仪表。

(2) **温度仪表：**根据工艺要求的不同，需要集中检测的工艺参数的温度传感器主要使用 RTD.Pt100 热电阻和 K 分度号的热电偶以及少量的铂铑 10-铂热电偶。就地指示的温度选用双金属温度计。

(3) **压力仪表：**液体硫磺以及硫酸压力测量，就地指示采用隔膜压力表或耐震隔膜压力表（泵出口压力），集中指示采用隔膜密封式压力变送器。一般介质采用不锈钢压力表或压力变送器，低压测量，就地指示采用膜片压力表，集中指示采用差压变送器及微差压变送器进行测量。

(4) **流量仪表：**液体硫磺的流量测量采用保温型金属管转子流量计。气体流量的测量采用托巴管。水及蒸汽流量的测量采用孔板或涡街流量计测量。硫酸测量采用电磁流量计（防腐型）。

(5) **物位仪表：**硫酸液位测量采用雷达液位计。锅炉汽包液位采用差压变送器进行测量。

(6) **分析仪表：**PH 值测量采用 PH 计；电导率测量采用电导仪；钠度测量采用钠表。酸浓度、碱浓度测量采用酸碱浓度仪。

(7) **调节阀：**小口径采用电动调节阀，大口径采用气动调节阀。根据工艺介质的不同，阀门使用不同的密封填料及阀芯。硫酸调节采用铸钢衬四氟调节阀，大口径采用蝶阀（衬四氟）；液硫调节采用保温夹套单座调节阀。

4.4.5 集散控制系统

(1) DCS 将提供对整个工艺过程的有效控制，系统结构上应使数据采集功能和控制功能分布在各个不同的模块上，以有效地分散各种意外发生的危险。PID 参数应能够自动整定。

根据实际情况，一套分散性控制系统（DCS）分别安装在硫酸控制室和发电控制室。机柜、UPS、配电柜安装在硫酸控制室，操作站分别安装在硫酸控制室和发电控制室（各

两个操作站），硫酸控制室和发电控制室之间通过通讯电缆进行信号传送。

(2) 操作站的功能

- ①工艺参数的指示。
- ②控制回路的操作，其中包括设定值和操作方式的改变。
- ③历史趋势的记录。
- ④报警及其显示。
- ⑤工艺运转设备的状态及操作。
- ⑥开/关阀门的操作。
- ⑦系统状态（诊断）报告。
- ⑧工艺流程图动态画面显示。
- ⑨定时打印报表。

(3) 控制功能将在控制站中进行。控制站的硬件冗余，总体不小于 1:10。与操作站的通讯冗余为 1:1。

(4) DCS 内部的通讯系统是充分冗余的。

(5) DCS 供电要求设置不间断电源（UPS）。蓄电池容量按 30 分钟用电量考虑。

4.4.6 动力供应

(1) 仪表电源：

来自电气专业，通过不间断电源提供仪表所需的 220VAC 电源。供控制系统、分析仪表及其它仪表用电设备使用。

交流输入：380VAC±10%；频率：50HZ±5%

交流输出：220 VAC±2%；频率：50HZ±0.2 Hz

直流输出：24V±1%

用电量：20KVA。

(2) 仪表所需压缩空气含尘量小于 $1\text{g}/\text{m}^3$ ，含油量小于 8×10^{-6} （重量比），压缩空气必须干燥。气源压力为 700kPa（G）。

4.5 主要设备的选择

4.5.1 主要设备选型理由

(1) 焚硫炉：焚硫炉是硫酸制酸的关键设备，采用机械雾化式炉，外壳为碳钢，内衬耐火砖和保温砖，并且内设挡墙 2 道。与空气雾化相比，具有雾化效果好，火焰角度

大，动力消耗低，不易堵塞等优点。在正常情况下，焚硫炉的操作实现了自动化控制。炉头设置观察孔，以便观察和监视炉的操作状态和运行情况。焚硫炉的适宜操作温度是通过调节风量、控制出口炉气 SO_2 浓度的方法进行控制。

(2) **转化器**：采用 304 不锈钢结构，内设四段催化剂层，其中，前三段供第一次转化，最后一段供第二次转化。转化器装填进口催化剂。

(3) **气体换热器**：采用圆缺型管壳式换热器，该型换热器与传统的换热器相比，气体分布更好，设备阻力小，工艺配管灵活。

(4) **干燥吸收塔**：采用先进的塔结构，填料支撑的开孔率大于 50%，内装填阻力小、传质效率高的规整填料，塔顶设有除雾器，干吸塔均为钢壳内衬耐酸砖结构。

(5) **阳极保护管壳式酸冷却器**：316L 管材及 304L 外壳，设有阳极保护，此设备在高温下仍具有良好的耐酸性。传热效率是淋洒式冷排的 4~5 倍，占地仅为后者的 1/10，操作方便，维修少，国内外均有多年多的制造和使用经验。

(6) **空气鼓风机**：空气鼓风机是硫磺制酸装置的核心设备，拟采用国内性能可靠的电机驱动风机。

4.5.2 主要设备说明

(1) 焚硫炉

焚硫炉为供硫磺焚烧生产 SO_2 气体的设备。由于硫磺燃烧反应迅速，一定量的液体硫磺经喷雾和空气一起送入炉内，便迅速燃烧而产生一定浓度的 SO_2 气体。

焚硫炉结构简单、容积强度大，国内外从小容量到大规模装置，一般均采用卧式钢制圆筒内衬保温砖和耐火砖结构。硫磺通过喷枪喷入炉内，进炉空气与雾化后的硫磺充分接触燃烧。为强化硫磺与空气混合均匀，炉内设置 2 道挡墙。

为保证焚硫炉燃烧硫磺的完全和高效，硫磺喷枪是关键部件，不同喷枪的主要区别在于硫磺雾化的方式及喷入炉膛的方式。目前，一般采用机械雾化，硫磺喷枪的要求是：形成易于气化的微粒、喷雾角要大，雾化行程短，且能均匀分散。为防止炉内高温引起的损坏和防止因受热而引起的硫磺粘度上升，喷枪带蒸汽夹套。国外常用的喷枪有数种，如开米柯喷枪、LURO 喷枪等，但均为专利产品，价格十分昂贵。近年来，我国对硫磺喷枪的开发研制进行了许多工作，并已在年产 30 万吨、40 万吨、60 万吨、80 万吨等硫磺制酸装置中投运。从运行情况看，国产喷枪的性能和使用寿命较好，价格低廉。本装置的焚硫炉，须设置 3 支喷枪，每个喷枪的能力折合硫酸产量约为 600 吨/天，如需降低产量，则可抽出一支喷枪，根据操作条件需要进行调节，以保证最佳的喷雾状态。

近年来，我们在为用户提供的硫磺制酸装置中多台焚硫炉的设计、施工和使用中积累了比较丰富的经验，60 万吨/年硫磺制酸装置的焚硫炉从结构设计到材质选择均达到较先进的水平。

(2) 干吸塔

干吸塔是指干燥塔和第二吸收塔。

本硫磺制酸装置设计的干吸塔的主要结构：塔体为立式圆筒形内衬耐酸砖，塔内填料支承采用球拱。壳侧设有人孔和视镜，以便除雾器的安装、检修和观察。

根据工艺技术方案，本装置进炉的空气在干燥塔塔内用 98% 的硫酸干燥除去空气中水分，并经塔顶除雾器除去夹带的酸雾后，再送入焚硫炉内。为延长空气鼓风机的寿命，干燥塔采用低压降丝网除雾器。第二吸收塔出于酸温高、雾量大、雾粒细，为保护后面的尾吸工段设备达标排放，采用烛式纤维除雾器。

过去，国内干吸塔的分酸器大部分采用堰槽挂钩的形式，该分酸器由分酸槽和分酸爪组成，因加工制造、安装难以达到设计要求，生产中往往出现分酸不均、酸沫夹带严重等问题。且单位面积布酸点少、使用寿命短。近几年来，国内投产的大型硫酸装置多采用国产化的铸铁或合金管式分酸器，它是由一根分酸主管和多根分酸支管组成，酸液由酸泵送入分酸主管，由分酸主管分配至各分酸支管，再由各分酸支管上开设的分酸孔喷淋至填料表面。具有结构简单，重量轻，制造、安装及维修较方便等优点，单位面积分酸点数达 20~27 个/m²。本项目采用高硅不锈钢槽管式分酸器，槽管式分酸器是结合了槽式、管式分酸器各自的优点而发展起来的一种高效的分酸器，采用溢浪式设计-等流量均匀分酸，分酸均匀，单位面积分酸点数达 40 个/m²，同时可避免管式分酸器易堵塞的缺点。

塔底设计分为碟形底和平底两种方案。碟形底出酸口在最低部位，生产或停车时可使塔底积酸全部排尽，为防止塔内填料碎片带至循环槽中打坏酸泵叶轮，因此在出酸口设置了特殊结构的防涡流装置。这种碟形底结构不需要大的混凝土平台，设计有若干根支腿将整个塔支撑。平底结构为刚性基础，下设等间距工字钢梁若干，底板加工制作方便，砌筑容易，但需要大的混凝土平台，且塔底如发生漏酸无法处理。本装置拟采用碟形底结构。

(3) 转化器

工艺设计要求转化器有较高的转化率和较长的操作周期，这主要取决于催化剂的性能和设备合理的结构设计。

国内转化器大部分采用国产催化剂，催化剂用量多，总转化率不高，使用寿命短，很难达到较高的尾气排放标准。为保证工艺技术方案实现，本设备中所使用的催化剂采用国外性能较好的催化剂。

本装置转化器采用 304 不锈钢材质，为立式圆筒形加外保温结构。由于不锈钢具有较好的耐高温性能，因此与碳钢转化器相比，以转化器为中心的转化工段气体泄漏现象大大地减少，转化工段的环境极大地改善，将转化器的一段布置在设备最下层，既使高温管线缩短，又方便了筛分频率较高的第一段催化剂的筛换。设备自下而上由若干立柱支承隔板和格栅。隔板由不锈钢板焊接为整体，保证层间气体不串流，立柱在隔板处设计特殊的连接结构。格栅搁置在立柱凸台上，上铺耐热瓷球和不锈钢丝网，再铺放催化剂。设备底部采用滑动式支腿，保证了设备的径向位移，满足设备在工作状态下的高温膨胀变形要求，也为设备底部实施保温提供了方便。

(4) 废热锅炉

废热锅炉采用自然循环火管锅炉，锅炉分上、下锅筒和前后烟箱。上锅筒为汽包，通过上升、下降管与下锅筒连接，上升管同时作为汽包的支座。汽包内设置汽水分离器、两端均有人孔装置。上、下锅筒均用钢板（20G-GB713）卷焊而成。下锅筒内布置蒸发受热面（火管）。管板采用挠性管板，前管板炉气侧用特制的耐热混凝土防护，火管的炉气进口端设置高强度、耐热刚玉套管，从而保证管板承受较小的温差应力。

另外，下锅筒设有两个支座，其中炉气进口端为固定支座，另一端为滑动支座。滑动支座底部采用聚四氟乙烯板作支承垫，摩擦系数小，有利于炉体的热膨胀。

4.5.3 主要设备一览表

表 4-5 主要设备一览表

序号	设备名称	规格及型号	单位	数量	主要材料	备注
1	皮带输送机		台	2	组合件	一开一备
2	快速熔硫槽	Φ6000×4800	台	2	CS	
3	过滤槽+助滤槽	10500×4000×2200	台	1	CS	
4	中间槽	6000×3000×2200	台	1	CS	
5	精硫槽	6000×2500×2500	台	1	CS	
6	液硫过滤器	100m ² 叶片式	台	2	不锈钢	
7	助滤泵	Q=25m ³ /h, H=20m	台	1	不锈钢	

序号	设备名称	规格及型号	单位	数量	主要材料	备注
8	过滤泵	Q=35 m ³ /h, H=40m	台	2	不锈钢	
9	中间泵	Q=40m ³ /h, H=20m	台	2	不锈钢	
10	精硫泵	Q=14m ³ /h, H=80m	台	2		一台备用
11	洗涤循环泵	Q=170m ³ /h, H=20m	台	2	工程塑料	
12	动力波洗涤塔	Φ 2200×8000/Φ450	台	1	FRP	
13	排气筒	Φ 800×15000	台	1	FRP	
14	碱液罐	Φ 1200×1000	台	1	304	
15	引风机	Q=2000Nm ³ /h P=45kW	台	1	316L	变频
16	凝结水回收系统	Q=8t/h	台	1	组合件	蒸汽动力
17	电动单梁起重机	Q=2t Lk=15.5m	台	1	组合件	
18	污水泵	Q=20m ³ /h, H=50m	台	1	组合件	
19	焚硫炉	Φ 内 4200 (衬后内径)	台	1	CS 内衬耐火砖	附磺枪 3 只
20	转化器	Φ 内 12000 (四段催化 剂层) 内装进口催化剂 400m ³	台	1	304	
21	空气鼓风机	Q=3400m ³ /min Δ P=45kPa 透平驱动	台	1	组合件	
22	开车风机	Q=2000m ³ /min Δ P=25KPa 电机驱动	台	1	组合件	
23	热热换热器	F=2140m ²	台	1	CS	
24	冷热换热器	F=4935m ²	台	1	CS	
25	烘炉风机	Q=500m ³ /min Δ P=10kPa	台	1	组合件	成套
26	燃烧风机	Q=400m ³ /min Δ P=6kPa	台	1	组合件	
27	稀释风机	Q=800m ³ /min Δ P=6kPa	台	1	组合件	
28	预热器	F=2220m ²	台	1	组合件	
29	预热炉	Φ 2800	台	1	碳钢衬耐火砖	

序号	设备名称	规格及型号	单位	数量	主要材料	备注
30	电动单梁起重机	Q=20t Lk=13.5m	台	1	组合件	
31	废热锅炉	98t/h	台	1		
32	高温过热器	98t/h	台	1		
33	低温过热器	98t/h	台	1		
34	省煤器 I	热管省煤器	台	1	CS	
35	省煤器 II	热管省煤器	台	1	CS	
36	取样冷却器	DN250 F=0.45m ²	台	1	304	
37	连续排污膨胀罐	DN1000 V=2m ³	台	1	CS	
38	定期排污膨胀罐	DN1600 V=5m ³	台	1	CS	
39	除氧器及水箱	D=180t/h	台	1	CS	
40	加药装置		台	1	组合件	
41	锅炉给水泵		台	2	组合件	备用 1 台
42	干燥塔	Φ 6800	台	1	CS 内衬耐酸砖	
43	第二吸收塔	Φ 6200	台	1	CS 内衬耐酸砖	
44	干吸塔酸循环槽	Φ 2758×8000	台	1	CS 内衬耐酸砖	
45	二吸收塔酸循环槽	Φ 2758×8000	台	1	CS 内衬耐酸砖	
46	地下槽	Φ 4200×2200	台	1	CS 内衬耐酸砖	
47	干燥塔酸循环泵	Q=900m ³ /h, H=26m	台	2	合金	库备一台
48	第二吸收塔酸循环泵	Q=900m ³ /h, H=26m	台	1	合金	
49	地下槽泵	Q=50m ³ /h, H=30m	台	1	合金	
50	污水泵	Q=25m ³ /h, H=30m	台	1	工程塑料	
51	干燥酸冷却器	F=150m ²	台	1	316L, 304L	
52	吸收酸冷却器	F=200m ²	台	1	316L, 304L	
53	成品酸冷却器	F=150m ²	台	1	316L, 304L	
54	脱盐水加热器	F=380m ²	台	1	316L, 304L	
55	循环水装置	140000t/h	台套	1	CS	
56	成品酸槽	Φ 4200×2250	台	1	CS	
57	成品酸输送泵	Q=120m ³ /h	台	2	合金	一台备用

序号	设备名称	规格及型号	单位	数量	主要材料	备注
58	尾气吸收系统		套	1		
59	硫酸储罐	4396m ³	台	2	CS	
60	液硫储罐	5539m ³	台	2	CS	
61	液硫卸车泵	Q=30m ³ /h, H=30m	台	1	不锈钢	
62	汽轮发电机组	8MW	套	1		
63	原水净化装置	300t/h	台套	1		
64	脱盐水储罐	1500m ³	台	1		
65	双氧水储罐	300m ³	台	1	不锈钢	
66	碱液储罐	40m ³	台	1	不锈钢	
67	脱盐水输送泵	Q=150m ³ /h, H=50m	台	2	组合件	
68	双氧水卸车泵	Q=30m ³ /h, H=10m	台	1	不锈钢	
69	双氧水输送泵	Q=10m ³ /h, H=50m	台	2	不锈钢	
70	碱液输送泵	Q=5m ³ /h, H=30m	台	2	不锈钢	
71	碱液卸车泵	Q=30m ³ /h, H=10m	台	1	不锈钢	
72	高温吸收塔	Φ 6400	台	1		
73	高温循环槽	Φ 2500	台	1		
74	高温循环泵	Q=1350m ³ /h/H=18m (酸柱)	台	2		
75	蒸汽发生器	蒸发量 F=980m ²	台	1		
76	混合器	Φ 720×3700 (L)×4000 (H)	台	1		
77	锅炉给水加热器	Φ 450 F=75m ²	台	1		
78	脱盐水预热器	Φ 450 F=350m ²	台	1		
79	低压锅炉给水泵	Q=50m ³ /h, H=120m	台	2		
80	喷水泵	Q=15m ³ /h, H=45m		2		
81	定期排污膨胀器	Φ 900	台	1		

第五章 原材料及燃料和动力的供应

5.1 原料供应

5.1.1 对原料的质量要求

本项目硫酸生产以固体或液体硫磺为原料，硫磺的质量符合国家标准 GB2449.1-2021 和 GB2449.2-2015 一等品以上的要求，具体成分如下：

表 5-1 硫磺质量标准

序号	指标名称	单位	质量标准
1	含硫量	%	≥99.5
2	含水量	%	≤0.2
3	灰分	%	≤0.05
4	铁	%	≤0.005
5	砷	%	≤0.001
6	酸（以 H ₂ SO ₄ 计）	%	≤0.005
7	有机物（以 C 计）	%	≤0.10
8	硫化氢和多硫化氢（以 H ₂ S 计）	%	≤0.0015
	外观：常温下呈黄色或淡黄色，无肉眼可见杂质		

5.1.2 硫磺年消耗量

山东鲁北化工股份有限公司新建硫磺制酸装置规模为 60 万吨/年硫酸（以 100%H₂SO₄ 计）。年消耗硫磺 19.86 万吨。本装置原料为固体和液体硫磺，年操作日 333 日，每天用量 600 吨，原料工段新建一座硫磺仓库，用于贮存固体硫磺，固体硫磺通过汽车运入厂区的硫磺库，可贮存 10 天生产用量；液体硫磺通过汽车送至厂内液硫储罐，液硫储罐可储存 20~25 天生产用量。

5.1.3 硫磺来源及运输情况

本项目所需硫磺全部考虑进口，硫磺供应有稳定的渠道。

液体硫磺通过汽车送至厂内液硫储罐，本装置液硫贮罐设二台，可贮存 20~25 天的用量。

5.2 辅助材料供应

本项目所需主要辅助材料为钒催化剂。为了确保 SO₂ 转化率，以降低硫磺消耗及放空尾气中的 SO₂ 含量达到国家污染物排放标准的要求，本项目拟选用国外质量可靠的优质催化剂。

本项目转化器内实际钒催化剂一次装填量为 400m³，以容重 0.45t/m³ 计共约 180 吨。按 10 年使用计，每年需更换催化剂 18 吨。

5.3 燃料供应

本项目所需燃料为天然气，用于硫酸生产的开车，新建装置年总用量为 90000Nm³。

第六章 建厂条件和厂址方案

6.1 建厂条件

6.1.1 厂址概况

山东鲁北高新技术开发区位于滨州市无棣县，濒临渤海湾，与黄骅港隔河相望，筹建中的“鲁冀大桥”及沿海高速公路开通后使该区域具有“通江达海”的临港交通优势。是黄河三角洲高效生态区和山东半岛蓝色经济区叠加部，是国家生态工业示范园区、山东省首批循环经济试点园区。园区范围为北至大口河堡、南抵孙岔公路、西至漳卫新河、东到马颊河，规划总面积为 460.8 平方公里。地处黄河三角洲高效生态经济区、环渤海经济区和山东半岛蓝色经济区叠加带，在京津冀鲁都市圈的结合部，北邻天津滨海新区、沧州渤海新区，东接滨州北海新区，具有承接各级政策支持、辐射带动周边经济快速发展的区位优势。

6.1.2 工程地质和水文地质资料

6.1.2.1 地质情况

滨州市处于华北新生代沉降区东南部的济阳拗陷中。新生代的下覆基岩是古生代的沉积地层和前震旦纪变质岩系，由数条北东东向断裂分割成几个小的断块，基本无中生代地层，新生代地层直接覆盖于古生代地层之上，断块凹陷形成新生代凹陷盆地，沉积了全套巨厚的新生代地层，该地层为海相、湖相和冲积相碎屑的互层沉积，含大量有机物，有利于石油生成。除邹平南部山区外，全市表层大部为第四纪沉积覆盖，小清河以南处于鲁中山区北麓冲积平原的中尾部，是洪积和冲积平原的叠交地带，其洪积冲积地层厚度一般在 100~200 米。小清河以北属黄河冲积沉积，厚度多在 200~400 米之间，其中小清河与黄河之间最厚，达 400 米。长期以来，济阳拗陷区属沉降地带，地壳一直处在一面下陷，一面为河流冲积物填充的状态，尤其是黄河的多泥沙河流的冲积作用占优势，冲积速度大于地壳沉降速度，形成了广大的冲积平原。

滨州市地势南高北低，大致上由西南向东北倾斜，渐次过渡到大海。以小清河为界，全境呈现南北两种不同类型的地貌特征。小清河以南的邹平南部长白山脉属泰沂山区北麓的低山丘陵区，地势高峻，其主峰摩诃顶海拔 826.8 米，是全市最高点，其余均为山前倾斜平原，地势平缓，间有缓岗与洼地，海拔高程一般在 8~800 米。小清河以北为黄河

冲积平原，海拔高程一般在 1~20 米，总体上地势低平，由于历史上黄河多次改道和决口泛滥，造成沉积物交错分布，加上河流冲刷、海潮内浸、自然侵蚀和人类活动的影响，形成了低岗、缓坡、浅洼相间，微地貌差异明显的大平小不平的地貌特征。

（2）地震烈度

根据《建筑抗震设计标准（2024 年版）》（GB/T 50011-2010），滨州地区抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度为 0.1g，设计地震分组属第三组。

（3）水文地质

山东鲁北高新技术开发区所在的埕口镇共有河流 4 条，分别是漳卫新河、泊埕河、马颊河和德惠新河。流经开发区的仅有马颊河和泊埕河。马颊河：源出河南濮阳县，1966 年下游人工改道，夺占麦河开挖新河。新河自庆云县入境，经车王镇、碣石山镇、埕口镇，入东风港纳德惠新河，至老沙头东入海。境内流长 40.36 公里，宽 160 米，深 8 米，最高水位 4.13 米（1977 年 8 月 7 日孙马村闸），最大流量 945 立方米/秒。入海口宽 260 米，口门有拦门沙，长 2 公里。马颊河为排涝行洪干流河道，河上建有防潮蓄水闸。

水库共有 2 座，埕口水库和王山水库。埕口水库建于 1998 年，水库占地面积 9700 亩，设计库容 1400 万立方米，邢山水库的设计库容为 1400 万立方米。

（4）气象条件

山东鲁北高新技术开发区位于山东省滨州市，山东省北部、华北平原东部、黄河三角洲腹地，地处环渤海经济圈、济南都市圈“两区两圈”叠加地带，地势南高北低，大致上由西南向东北倾斜，为温带季风气候特征。

1) 风向

全年主导风向：SW

次主导风向：SE

2) 风速

历年最大风速：17.36m/s

历年平均风速：7.14m/s

3) 气温

极端最高气温：39.5℃

极端最低气温：-15.6℃

年平均气温：13.66℃

4) 相对湿度

历年平均相对湿度：66%

5) 最大冻土深度

最大冻土深度：60cm

6) 采暖期温度

采暖期室外计算温度：-9℃

采暖期室内计算温度：18℃

当地冬季平均温度：-1.1℃

采暖期室外最高温度：5℃

6.1.3 交通运输条件和运输量的现状及发展规划

山东鲁北高新技术开发区与国家重点工程——黄骅港隔河相望（600 米），毗邻滨州万吨大港，距正在建设的黄大（黄骅至潍坊大家洼）铁路 8 公里，外接长深高速、津汕高速，沿海高速横穿厂区，内有鲁北运河连通黄骅港，省道大济路贯穿南北，向北可通达京津冀，向西可连接广阔中西部，向南可融入济南、潍坊、东营等城市群，向东出海与沿海各地及东北亚各国邻近。便捷的交通优势，使得公司在原材料和成品的运距及运输成本方面有独特优势，从而提升了企业产品的市场竞争力，增加企业经济效益。

6.1.4 贮运设施

本项目的液体物料主要是 98%硫酸、液体硫磺和固体硫磺。98%硫酸考虑 2 台 3700m³ 储罐，液体硫磺设置 2 台 4700m³ 储罐，固体硫磺设计 1 座 6000 吨仓库。

6.1.5 水源、供排水、防潮、排涝、防洪等情况

山东鲁北高新技术开发区共有 2 座水库，埕口水库和王山水库。埕口水库建于 1998 年，水库占地面积 9700 亩，设计库容 1400 万立方米，邢山水库的设计库容为 1400 万立方米。山东鲁北高新技术开发区供水工程正式启动，计划投资 2907 万元，铺设主管线 23162 米，项目建成后最大日供水量达 3 万立方米，解决当地生活及工业用水不足问题。

拟建厂区排水包括生产废水和雨水排放系统。采用分流制排水系统，无污染的洁净废水和雨水直接排入雨水排水管网后就近开发区市政雨水排水系统。生产污水经处理后回用。

本设计中已综合考虑了该厂区的排水走向、防潮、排洪、防洪的方案。

6.1.6 供电工程情况

山东鲁北高新技术开发区现有 220kV 变电站一座, 110kV 变电站 1 座, 其中 220kV 变电站配制 4 台 240MVA 变压器, 具备充沛的电能源保障, 可以满足项目用电需求。

6.1.7 供热工程情况

鲁北集团设置蒸汽管网, 来自热电厂的蒸汽满足项目需求。

6.2 厂址方案

山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目位于山东省滨州市无棣县埕口镇山东鲁北高新技术开发区。场地内布置 60 万吨/年硫磺装置以及配套的公用工程设施, 包含循环水站、空压站、配电室、机柜间等。园区北至大口河堡、南抵孙岔公路、西至漳卫新河、东到马颊河, 是重要的工业聚集地和经济增长极, 是国家生态工业示范园区、山东省首批循环经济试点园区

拟建工厂厂址符合开发区总体规划要求, 能够满足生产装置的用地需求, 并能按规范设计有一定比例的消防通道、管线走廊、绿化面积和预留用地等。

第七章 公用工程和辅助设施方案

7.1 总图运输

7.1 总平面布置

设计原则：

- (1) 符合鲁北高新技术开发区总体规划要求，满足公司发展的总体规划要求。
- (2) 满足全厂生产装置内部和装置间生产工艺的要求。使物流顺畅，物料输送短捷，方便生产的原材料、中间产品和产成品的贮存、运输。
- (3) 尽可能利用现有公辅工程，方便生产、生活、维修和管理，节约投资。
- (4) 在满足国家有关防火等工程技术规范的要求下，布置紧凑，节约用地，力求整体协调、美观。

7.1.2 采用的设计规范

- (1) 《工业企业总平面设计规范》GB 50187-2012
- (2) 《化工企业总图运输设计规范》GB50489-2009
- (3) 《建筑设计防火规范》（2018 年版）GB 50016-2014
- (4) 《厂矿道路设计规范》GBJ22-87

7.1.3 装置组成

- (1) 原料及熔硫工段：硫磺仓库、熔硫厂房；
- (2) 焚硫转化工段和余热回收工段；
- (3) 干吸工段；
- (4) 罐区：硫酸罐、液硫罐等；
- (5) 发电装置
- (6) 公辅工程：循环水站、低压配电、控制室（利旧）、空压站；

7.1.4 总图布置（总平确定后修改）

60 万吨/年硫磺制酸装置占地约 81.3 亩。以硫磺制酸装置焚硫转化工段为中心，干吸工段靠焚硫转化工段东侧布置，成品硫酸、液体硫磺集中布置在一个罐区内，位于焚硫转化工段西侧，罐区北侧布置循环水站和空压站，罐区西侧布置硫磺仓库和熔硫厂房。

在主装置北侧新建管廊，输送液体硫磺、蒸汽、生产用水、脱盐水以及敷设电气仪表电缆等。

7.1.5 工厂运输

表 7-1 工厂主要年运输量表

序号	货物名称	单位	数量	形态	包装方式	运输方式	备注
运 入							
1	硫磺	吨	198600	固/液	散装	汽运	
2	催化剂	吨	18	固	桶装	汽运	
3	硅藻土	吨	60	固	袋装	汽运	
小 计		吨	198678				
运 出							
1	硫磺渣	吨	1270	固	散装	汽运	石膏制酸装置分解煅烧窑处理
2	废催化剂	吨	18	固	桶装	汽运	
小 计		吨	1288				
总 计		吨	199966				

本工程项目建成投产后，工厂的总运入运出量约为 20 万吨/年。大宗物料运输主要集中在硫磺的进厂和成品硫酸的出厂。硫磺通过汽车运输至厂内硫磺堆场和液硫储罐。硫酸成品通过管道输送至下游用户。本工程除购置必要的地磅等称量设施外不再另购运输设备，工厂对外运输均依靠社会运输力量承担。

7.1.6 工厂道路

本设计道路采用城市型水泥混凝土道路。水泥混凝土面层结构，面层厚 20cm。道路宽度分别采用 9.0m、6.0m 宽道路。物流出入口处外围道路比厂内低约 4~5 米，进口道路纵坡坡度控制在 6%以内。

7.1.7 绿化

为减少生产对环境的影响，自身净化空气，美化厂区，界区四周沿道路栽种绿化树种及草坪，绿化系数按 15%考虑。在厂前区附近，可适当增加绿化面积，结合当地情况选取合适的乔木、灌木、观赏性花卉，以及建筑小品，以美化厂区，减少污染。

7.2 给排水

7.2.1 概述

本项目为山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目。设计范围包括：总体（全厂总图，水、电、汽、电信、暖通等）、原料及熔硫工段、焚硫转化工段、余热回收工段、干吸工段、发电、管廊、罐区、循环水站、空压站和配电室机柜间等。

本可研说明范围为上述装置及配套的公用工程的设计范围，给排水专业的主要工作内容为装置内的给排水系统及循环冷却水系统的设计，厂外供水及排水工程由业主负责，工厂内管网在装置界区外 1 米处和厂外相应的给排水管网进行交接。

新建项目的供水系统分为生产用水、生活用水。

生活用水来自当地市政供水系统，其出水水质应满足《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）。本项目需要最大生活用水量为 4.5m³/h。

生产用水来自界区外独立的生产水供水系统，厂外的生产供水工程由业主负责。其中制酸装置本项目正常生产用水量为 77.25m³/h。

新建项目的排水系统按照当地环保部门要求严格采用清污分流，生产污、废水送至配套污水处理站处理达标后排放。清净的生产废水和场地雨水合流排入厂外雨水排水系统。生活污水经化粪池处理后外排雨水排水系统。

7.2.2 给水系统

本装置的给水系统划分为生活供水系统、生产给水系统、独立的稳高压消防给水系统。另外，为了节约用水，降低生产用水成本，将装置内的生产设备所需的冷却用水采用循环冷却使用，故在装置内增加循环冷却水给水系统。

7.2.2.1 生活给水系统

生活用水主要供装置内职工生活饮用水、洗涤用水及事故冲洗用水。水源为地下井水，供水水质符合国家《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）标准，要求供水至交接点处的供水压力 $\geq 0.25\text{MPa}$ 。

给水管道埋地敷设，管材采用镀锌钢管，丝扣连接。

7.2.2.2 生产给水系统

生产用水主要供装置内生产消耗用水、设备地坪冲洗用水及循环水系统补充用水等，

其中循环水系统的补充用水为主要用水场所。消防用水主要供装置内发生火灾时的消防用水（详见消防章节有关说明）。

生产用水供水至交接点处的供水压力 $\geq 0.30\text{MPa}$ ，其中制酸装置本项目正常生产用水量为 $77.25\text{m}^3/\text{h}$ 。

给水管道埋地敷设，采用焊接钢管，焊接或法兰连接，焊接钢管管外壁采用环氧煤沥青防腐。

7.2.2.3 循环冷却水给水系统

为了节约用水，降低生产用水成本，将装置内的生产设备所需的冷却用水采用循环冷却使用。故本项目需要设置循环冷却水供水系统。

本项目循环水系统的运行方式为敞开式。循环水系统利用回水余压上冷却塔，冷却后经塔下集水池，由循环水泵压送至工艺设备循环冷却使用。循环水站内的冷却塔采用热效率较高的逆流机械抽风式冷却塔，主体框架钢结构防腐，内部装有淋水填料、收水器及布水系统等，塔顶配有风筒、风机及电机等。为适应工艺负荷及外部气象条件的变化，冷却塔采用多台座组合，这样可以保证在不同的操作条件下对冷却塔的运行状况进行调整。

为保证水质，在循环水站内设过滤设备将循环水系统中的一部分冷却水进行过滤用以去除循环水系统中不断增加的悬浮物等杂质，循环冷却水系统浅层砂过滤器作为旁滤处理装置。由于循环水系统在不断运行过程中会产生结垢、腐蚀及滋生细菌等危害，故对循环水系统采用复合电吸附装置，以避免循环水系统的水质恶化。同样，循环水系统由于在运行过程中不断发生漂洒、蒸发，需采用一定量的新鲜生产水对系统进行补充。

为便于安装及检修，循环水泵采用露天布置，配套电机采用户外型电机。

制硫酸装置循环水站占地面积约 530m^2 。

清净循环水管道架空敷设，管径 $\text{DN}\geq 250$ 采用螺旋缝埋弧焊钢管、Q235B，焊接； $\text{DN}<250$ 采用焊接钢管，焊接。钢管管外壁采用环氧防腐漆。

循环水站冷却塔设计所采用的气象参数如下（山东省滨州市）：

湿球温度： 26.8°C

干球温度： 30°C

大气压力： 0.0959MPa

制硫酸装置循环水站主要设备选型：（按设计选型修改）

(1) 循环水量 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，配置逆流式机械抽风冷却塔 2 座，冷却温差为 10°C ($32^\circ\text{C}\sim$

42℃)。单台Φ7000mm 风机，单台配套电机 N=75kW，U=380V。

(2) 循环水泵：3 台（二用一备），技术参数：Q=1600 m³/h，H=30m，n=1450r/min。
配户外型电机 N=185kW，U=380v。

(3) 浅层砂过滤器：1 台，单台 Q=150m³/h，N=1.5kW

(4) 复合电吸附装置：1 套，Q=150m³/h，N=10kW

7.2.3 排水系统

装置内的排水系统采用清污分流排放，即划分为生活污水系统、生产污水系统、雨水及清净生产废水排水系统。

7.2.3.1 生活污水系统

生活污水系统主要为装置内粪便排水、生活洗涤排水及其它生活排水。装置最大排水量约为 4.5m³/h。粪便污水经化粪池处理后和其它生活污水在装置内汇总并最终排入雨水及清净生产废水排水系统。

生活污水排水方式为重力排放，管材采用聚乙烯塑钢缠绕排水管，橡胶圈对插接口。

7.2.3.2 生产污水排水系统

由于本项目提高了水的循环使用，生产污水排放量不大，主要为设备及地坪的冲洗水，另外还包括污染区域的初期污染雨水。污水性质为酸性水。

(1) 循环水池排污、地坪冲洗水等经污水池收集，再经提升泵送至污水处理站处理达标后排放。生产污水收集及输送详见环保专业及工艺管道专业。

(2) 本项目的初期污染雨水主要为干吸工段及罐区等露天场所污染区域初期雨水量。该部分污染雨水采取区域单独收集，再经过提升泵送至污水处理站处理达标后排放。架空管线的布置详见外管专业相关内容。

7.2.3.3 清净生产废水排水系统

本项目清净生产排水主要为循环水系统排污水及的零星的机泵冷却排水。

清净的生产废水和场地雨水合流排入雨水排水系统。

雨水排水系统接入原生产厂区雨水排水系统。

7.2.3.4 雨水排水系统

根据《化工建设项目环境保护设计规范》（GB50483-2019）规定，化工企业需要考虑装置区等主要容易承接跑冒滴漏化学品的位置的初期雨水收集处理。项目应设置独立

的雨水收集管网，收集管网连通雨水收集池，对降雨前 15min 的雨水进行收集排入污水管网，15min 后的雨水正常排放至雨水收集管网。初期雨水收集量参照《污染源源强核算技术指南 石油炼制工业》（HJ982-2018）第 7.1.2.1 条（初期雨水总量建议采用降雨量为 15~30mm 和生产装置区或污染区面积乘积计算）进行计算。

初期雨水采用如下公式计算： $V=10\times\Psi\times F\times H$

其中： V --径流雨水量（ m^3 ）；

Ψ --径流系数，取 0.9；

H --降雨强度（mm），单次降雨强度取为 20mm（初期 15min，后期雨水视为清洁水）；

F —汇水面积（ hm^2 ）

本项目建议污染的初期雨水考虑干吸工段和硫酸储罐围堰区等，面积约 $0.5hm^2$ ；单次污染雨水量 $V=10\times\Psi\times F\times H=10\times 0.9\times 1\times 20=90m^3$

初期雨水经初期雨水池（依托原厂区）收集后，进入厂区污水处理站预处理，同时，在初期雨水收集池进水口设置切换阀，后期雨水直接经切换阀排至雨水排水管沟。

7.2.3.5 事故污水排水系统

事故污水主要为发生事故时的消防水、降雨及物料泄露。

工厂发生事故时，事故水进入送入原生产厂区事故水池。

7.2.4 消防给水

7.2.4.1 概述

本项目为山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目。设计范围包括：总体（全厂总图，水、电、汽、电信、暖通等）、原料及熔硫工段、焚硫转化工段、余热回收工段、干吸工段、发电、管廊、罐区、循环水站、空压站和配电室机柜间等。

消防设计范围为装置室内、室外水消防系统设计及灭火器的布置，消防水池及消防泵房依托原生产装置消防设施。

7.2.4.2 消防水量

本项目制酸装置占地面积约 81.3 亩，小于 100 公顷，按照《建筑设计防火规范（2018 年版）》（GB50016-2014）规定要求，本项目的同一时间内火灾次数为一次。

本项目一次消防用水量最大处为硫磺库，室外消火栓设计流量为 35L/s，室内消火栓

设计流量为 25L/s，室内外消火栓用水量共计 60L/s，火灾延续时间为 3 小时；本系统应设置自动跟踪定位射流灭火系统，设计流量 60L/s，设计持续喷水时间应不小 1 小时。经计算该项目装置一次消防灭火用水量为 864m³

7.2.4.3 消防给水系统

本项目需要新敷设环状消防管网，主管网管径为 DN250，分 2 路接自消防水站。路管网上设置室外地上式消火栓，设置间距不大于 60 米。室外消防管网上设置阀门用以保证系统检修时每段管网上的消火栓不超过 5 个。

室外消火栓采用地上式，型号为 IS100/65-1.0。消火栓箱配Φ19mm 水枪，25m 长水龙带。

建筑面积大于 300m² 的厂房设置室内消火栓，室内消火栓的布置保证 2 支水枪的充实水柱可以覆盖。

室外消防管网的阀门采用铸钢闸阀，压力等级为 1.6MPa。

管材选用：消防管道采用焊接钢管。管道连接采用焊接或法兰连接，埋地敷设，埋地部分采用环氧煤沥青作加强防腐。

消防水站依托原生产装置消防水站

7.2.4.4 灭火器材的配置

按照《建筑灭火器配置设计规范》（GB 50140-2005）在工厂内各场所设置小型手提灭火器及推车式灭火器，灭火器的选择采用干粉型 A、B、C 类灭火器或泡沫灭火器。

7.2.4.5 设计规范

- (1) 《建筑设计防火规范（2018 年版）》GB50016-2014
- (2) 《消防给水及消火栓系统技术规范》GB50974-2014
- (3) 《建筑灭火器配置设计规范》GB50140-2005

7.3 供配电

7.3.1 电力供应和资源状况

开发区现有 220kV 变电站一座，110kV 变电站 1 座，其中 220kV 变电站配制 4 台 240MVA 变压器，具备充沛的电能源保障，可以满足项目用电需求。

7.3.2 用电计算负荷及负荷等级

新建装置主要涉及原料及熔硫工段、焚硫转化工段、干吸工段、循环水站、余热发

电厂、低温热回收工段、尾气吸收工段、罐区和空压站、原水处理。本装置总设备容量约 5615.2kW，需要容量约 2786.8kW；其中 10kV 用电设备装机容量 2300kW，380V 用电设备装机容量 3315.2kW。

区域消防用电依托厂区原有消防设施。消防负荷不计入硫磺制酸装置总用电负荷内。

表 7-2 60 万吨/年硫磺制酸装置负荷计算表

序号	负荷编号	负 荷 称	设备						需要系数	COSφ	单台轴功率或需要容量 (kW)	P ₃₀ (kW)	Q ₃₀ (kvar)
			额定电压 (V)	额定容量 (kW)	安装的		操作的						
					数量	容量 (kW)	数量	容量 (kW)					
一、380/220V 负荷													
1	原料及熔硫工段		380			447.5		325.5	0.7	0.8		227.9	170.9
2	焚硫转化工段		380			291.3		51.3	0.8	0.8		41	30.8
3	干吸工段		380			581		396	0.8	0.8		316.8	237.6
4	循环水站		380			750		500	0.8	0.8		400	300
5	低温回收工段		380			266		154.5	0.8	0.8		186.4	139.8
6	尾气吸收工段		380			538.4		374.2	0.8	0.8		328.0	246.0
7	罐区		380			194.5		106.5	0.8	0.8		103.6	77.7
8	发电		380			80		80	0.8	0.8		64.0	48.0
9	原水处理		380			100.8		50.4	0.8	0.8		40.3	30.2
10	空压站		380			61.1		61.1	0.8	0.8		48.9	36.7
二、10000V 负荷													
1	锅炉给水泵		10000			1100		550	0.8	0.85		440	272.7
2	开车风机		10000			1200		0	0.8	0.8		0.0	0.0
	380V 负荷合计		380			3315.2		2236.8					
	10000V 负荷合计		10000			2300		550					

根据工艺专业设计条件，所有 10kV、380V 用电设备，参与硫酸装置连续运行设备，当中断供电将在经济上造成损失，属于三级负荷。

本硫酸装置消防负荷属于二级负荷。

7.3.3 供配电方案概述

(1) 在新建 60 万吨/年硫磺制酸装置界区，拟建 1 座 35/10kV 车间变配电所，由两路 10kV 外电源供电，35kV 系统采用单母线分段接线方式，正常运行时两回电源分列运行，当一回电源发生故障被切除后，母线分段断路器投入，由另一回电源供电，每一回电源需要承担全部负荷的供电。该车间变配电所内设置了 35kV 及 10kV 配电柜、干式变压器、0.4kV 低压配电柜、直流电源装置、10kV 电动机启动装置、10kV 电容补偿装置等。

(2) 10kV 断路器的合闸、跳闸、储能电源、综合保护继电器以及通讯管理机等设备的工作电源均由直流电源装置（DC220V）供电。

(3) 10kV 系统继电保护设计要求满足《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》（GB/T50062-2008）国标要求。

(4) 所有电动机（用电设备）将根据工艺专业设计逻辑要求来实现控制操作。

(5) 380V、75kW 以上采用软启动方式启动。

(6) 所有消防设备带明显消防标志，且末端配电装置进线开关具备两路电源自动切换功能。疏散指示标志灯具和应急照明灯具自带蓄电池作为备用电源，火灾时持续工作时间不低于 30min。

所有火灾时需要照度与正常照明一致的场所，备用电源采用直流电源装置供电。

(7) 电气设备和材料的选择以满足工艺生产要求为基础，遵循安全、先进、可靠、合理的原则，并充分考虑安装环境的特性。

7.3.4 节电措施

本项目电气设计考虑的节电措施主要以下几方面：

(1) 电动机的节电主要选用高效电动机、合理选择电压等级、合理选择调速方式、启动方式以及提高功率因数几方面考虑。本项目均选用高效电动机，200kW 以上采用 10kV 电压供电，变频调速控制。380V 电机 75kW 以上采用软启动方式启动。

(2) 变压器的节电主要选用新型低损耗低噪音的变压器、合理选择变压器容量、避免变压器轻载运行。本项目车间变压器选用低损耗、低噪音变压器。电炉变压器和其他连续运行负荷的变压器分开，有效避免变压器的轻载运行。

(3) 合理配置供电系统和选择变电所位置，充分考虑降低供电线路的损耗。

(4) 合理补偿电网中的无功损耗，提高功率因数，降低线损，从而提高电网的负载能力和供电质量。本项目 380V 侧设置低压无功自动补偿装置，可以实现变压器的功率因数提高。

(5) 照明设备选用高效新型光源，安装照明自控装置。本工程装置区照明灯具选用 LED 光源、控制方式采用分片、分区域自动控制。

7.3.5 防雷及防静电措施

本项目露天构筑物均按照第二类防雷建筑物设防。

为防直击雷，在新建车间变电所屋顶设置接闪带，接闪带网格不大于 12m×8m 或 10m×10m，引下线利用钢柱或混凝土柱内钢筋，并与基础接地网可靠连通。

为防闪电感应，所有平行敷设的管道、构架和电缆金属外皮等长金属物，其净距离小于 100mm 时，采用金属线跨接，跨接点间距不大于 20m；交叉净距小于 100mm 时，其交叉处也应跨接。长金属物的弯头、阀门、法兰盘等连接处也用金属线跨接。

为防闪电电涌侵入，在外部电源线路（电缆）引入处，将电缆的金属外皮、配线钢管等与接地装置相连。架空、金属管道在进出建筑物处就近与接地装置相连。电源线路引入的总配电柜处安装符合 I 级分类试验的电压开关型浪涌保护器或限压型浪涌保护器作为第一级保护。根据各配电系统分级情况及第一防护区之后的各分区情况，安装相应的各级限压型浪涌保护器。

为防静电产生，凡可能产生静电的设备、装置及管道需连成连续的导体，并进行可靠接地，将产生的静电负荷导走。所有金属储罐、金属设备及其金属管道、钢管架和钢栈桥等均作防静电接地。储罐的防雷接地装置兼作防静电接地。工艺金属设备、金属管道、钢管架等，作电气连接并可靠接地。

本工程 10kV 中性点接地方式与现有变电站中性点接地方式一致；低压配电系统（0.4kV 系统）接地型式为 TN-S 系统。变压器中性点直接接地。各生产场所均设安全接地装置。所有配电设备、用电设备其不带电的金属外壳均进行接地。

7.3.6 设计中采用的主要标准及规范

《20kV 及以下变电所设计规范》GB 50053-2013

《3-110kV 高压配电装置设计规范》GB 50060-2008

《供配电系统设计规范》GB 50052-2009

- 《低压配电设计规范》GB 50054-2011
- 《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010
- 《石油化工装置防雷设计规范》GB 50650-2011
- 《建筑照明设计标准》GB 50034-2013
- 《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB/T 50062-2008
- 《电力工程电缆设计标准》GB 50217-2018
- 《通用用电设备配电设计规范》GB 50055-2011
- 《并联电容器装置设计规范》GB50227-2017
- 《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065-2011
- 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T620-1997
- 《建筑设计防火规范（2018 年版）》GB50016-2014

7.3.7 依托情况

本项目新建 60 万吨/年硫磺制酸装置 35kV 电源联络线需依托现有变电站，公司负责协调好相关联的电气设施的改造工作，并根据新增设备的容量调整相关电气参数设置，完善整个电气配电系统。

7.4 电信

7.4.1 遵循的国家标准规范

- (1) 《固定电话交换网工程设计规范》 YD 5076-2014
- (2) 《建筑设计防火规范（2018 年版）》 GB 50016-2014
- (3) 《火灾自动报警系统设计规范》 GB 50116-2013
- (4) 《民用建筑电气设计标准》 GB 51348-2019

7.4.2 设计范围

本项目的通信设施，主要包括行政电话系统、调度电话系统、无线对讲电话、通信线路、火灾自动报警、消防联动系统设计等。装置外部分由公司统一考虑。

7.4.3 设计内容

(1) 调度电话系统

本工程在控制室内设置程控调度通讯设备一套，该系统将负责界区内各生产装置的生产指挥调度工作。调度总机具有组呼、选呼、强插及热线等调度功能，以便实现多方

位的生产调度工作。调度电话的配置详见电信设备用户表。

本工程设置了无线对讲系统，用于对无综合传输网络覆盖的装置的通信和生产装置开工投产时试车调试。

(2) 行政电话系统

本界区配有行政电话设施一套，配置详见电信设备用户表。

(3) 火灾自动报警系统

区域内火灾报警系统将根据不同情况分别设置感烟探测器、定温探测器、手动报警按钮等报警设备，火灾报警控制器接收各不同报警设备的报警信号，一旦火灾发生时，可对界区内的火情及早发现和尽快报告，同时发出警报通知相关区域人员撤离，从而将火灾危害控制在最低限度，火灾报警器内设置了消防对讲主机，用于火灾时的消防通讯。通过这一系统可迅速实现对火灾的自动和手动报警及时掌握火灾现场情况。另外，消防控制室值班人员还可通过专用市话直拨当地消防站报警。

火警控制采用两路电源末端切换供电。火警主机内蓄电池容量按能正常工作 10 小时或持续报警 5 小时考虑。

火灾报警系统为独立专用网路。

系统主机采用联合接地方式，接地电阻小于 1 欧姆。

(4) 线路及其敷设

本界区内，铜芯通信用电信电缆的芯线线径按 0.5mm 考虑。火警系统用电缆选用耐火性电缆，电缆芯线的截面按 1.0~2.5mm² 考虑。

室外电缆采用桥架敷设和管道电缆敷设相结合的方式，电信线路路出方向有自控桥架的地方沿自控桥架敷设。建筑物内的电缆电线视现场具体情况穿管明配或暗敷。

(5) 设备选型

界区内的电信设备按其安装场所的爆炸危险等级不同，选用相应防爆等级的设备。非爆炸危险区域内的电信设备按正常情况选型。

(6) 电信设备用户表

电信主要设备见下表：

表 7-3 电信设备用户表

建构筑物名称	环境特征	无线对讲电话	调度电话	行政电话	火灾自动报警						
					感烟探测器	感温探测器	声光报警器	手动报警按钮	感温电缆	消防对讲电话插孔	消防对讲电话分机
中控室		5	2	2	8		2	3			
循环水站			1	1							
发电			1	1							

7.5 余热回收

7.5.1 概述

60 万吨/年硫磺制酸装置在硫磺制酸工艺过程中要产生大量的高、中位热量。为充分利用这一生产过程中放出的反应余热，在硫酸装置建设的同时，配套建设余热回收利用装置，不仅解决制酸工艺过程中降温问题，而且还可以节约能源、改善环境，提高全厂经济效益。此外，余热回收利用装置，也是制酸工艺过程中的重要组成部分。

7.5.2 热负荷

硫酸装置余热全部用于产生蒸汽，可产中压蒸汽（6.4MPa，450℃）约 98t/h，部分用于驱动风机，剩余送至余热发电工段发电；同时低温热回收系统可产低压蒸气约 36t/h，扣除装置自用蒸汽后外送。

余热回收系统所产生 6.4MPa、450℃ 中压过热蒸汽~98t/h，其中送至风机透平 21.4t/h，送至发电厂 76.6t/h。根据热负荷现状，遵循以热定电、热电平衡、节约能源的原则进行机组选型。由于整个园区需要大量的低压蒸汽，因此选用一台背压式发电机组，背压 1.0MPa，250℃，可发电约 7MW。

7.5.3 热力系统及其辅助设备选择

7.5.3.1 热力系统

(1) 主蒸汽系统

主蒸汽系统主要流程如下：

除氧器出来的温度 135℃ 的除氧水由高压锅炉给水泵加压后，经省煤器（I，II）加热到后送入高压废热锅炉的汽包。废热锅炉产生的高压饱和蒸汽先送到低温过热器过热后，

再送到高温过热器将蒸汽加热到 450℃后送入下游装置。其中低温过热器和高温过热器换热管束间设有喷水减温器，可调整过热蒸汽温度。

(2) 低压蒸汽系统

0.8MPa 低压蒸汽由低温热回收系统提供，主要供熔硫保温及除氧器使用，多余部分接入全厂低压蒸汽管网。

(3) 给水、凝结水、疏水系统

脱盐水由经低温热回收装置预热后送入除氧器。除氧水分两路，其中一路由高压锅炉给水泵加压经布置在转化三段及四段出口的省煤器 I 和省煤器 II 加热后送至废热锅炉汽包。在高压给水管道上引一支路进入减温器，调节过热蒸汽出口蒸汽温度。另一路除氧水由低压锅炉给水泵加压后送至低温热回收装置。

(4) 排污系统

锅炉连续排污采用一级连续排污扩容系统。来自锅炉的连续排污水进入连续排污扩容容器，其扩容产生的二次蒸汽送入除氧器，污水排入定期排污系统。

定期排污系统中设有排污扩容器一台，锅炉定期排污水和锅炉本体疏、放水均接入排污扩容器，二次蒸汽排入大气，污水就地排放。

(5) 冷却水系统

汽机冷凝器、冷油器、空气冷却器、锅炉给水泵由循环水系统提供冷却水，即来自循环水站的冷却水经冷凝器、冷油器、空气冷却器以及给水泵换热后送回循环水站。

其他辅机的冷却水均采用直流水，冷却排水经地沟排入厂区排水总管。

7.5.3.2 主要设备选择

(1) 余热回收设备

根据硫酸生产工艺的特点即化学反应放出大量的余热，焚硫炉出口烟气温度高达 1020℃，须降温后才能进入下一工序转化器一段。本设计采用在焚硫炉后设置一台卧式管壳式水管废热锅炉，高温烟气通过火管锅炉冷却至 420℃后进入转化器一段。转化器一段出口设置高温过热器，将工艺气温度由 615℃左右降至 440℃。在转化器四段出口低温过热器和省煤器 I，将工艺炉气温度由 435℃降至 155℃左右。在转化器三段冷换出口布置省煤器 II，将工艺炉气温度由 265℃降至 175℃左右。水管锅炉、高/低温过热器及省煤器 I 和 II 组成了一套完整的余热锅炉系统。

余热锅炉系统主要技术参数如下：

额定产汽量： 98 t/h

蒸汽压力:	6.4	MPa
蒸汽温度:	450	°C
锅炉给水温度:	135	°C
锅炉排污率:	2	%

(2) 发电设备

背压式汽轮机:	B20-6.3/1.0
额定进汽压力:	6.4MPa (A)
额定进汽温度:	435°C
额定排汽压力:	1.1MPa (A)
最大排汽压力:	1.2MPa (A)
汽轮机额定功率:	7000kW
发电机	
冷却形式:	空冷式
额定功率:	7000kW
额定电压:	10000V

7.5.3.3 辅助设备选择

(1) 除氧器及水箱

选用出力 180 t/h 旋膜式大气除氧器，其主要技术参数如下：

工作压力	0.21MPa (G)
工作温度	135°C
水箱有效容积	70m ³

(2) 锅炉给水泵

选用电动给水泵二台，一台运行，一台备用。其主要技术参数如下：

流量	110m ³ /h
扬程	880m
附电机	P=450kW

7.6 暖通

7.6.1 采用标准

(1) 《建筑设计防火规范（2018 年版）》

GB50016-2014

- (2) 《石油化工采暖通风与空气调节设计规范》 SH/T3004-2011
- (3) 《工业企业设计卫生标准》 GBZ1-2010

7.6.2 设计方案

配电室在夏季有大量的余热产生，室内又有一定的洁净度要求，故采用两台柜式单冷空调机 LF12 消除余热。

7.6.3 通风特性表

表 7-4 通风特性一览表

序号	车间或工段名称	主要有害物	通风或空调方式	风量 m ³ /h	备注
1	配电室	余热	全排风	4800	2 台

7.7 分析化验

7.7.1 概述

山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目的分析化验工作，由厂内原化验人员承担。化验室由公司统一考虑设置，化验室依托原化验室。

在化验分析间内，设有通风柜、化验台、化验盘、试剂架和工作台等。

在通风柜内，可以用来处理一些有毒试剂和样品，并可以进行一些分析实验。

本化验室所需的标准溶液、指示剂、蒸馏水等，原则上由公司统一配制、标定和供应。

7.7.2 主要分析化验内容

(1) 硫酸装置

表 7-5 硫酸装置化验项目表

序号	物料名称	取样地点	分析项目	分析频率
1	固体硫磺	硫磺贮斗	硫磺纯度 含水量 灰份含量 有机成份	每班一次或每批一次 每班一次或每批一次 每班一次或每批一次 每班一次或每批一次
2	液体硫磺	液硫中间槽	硫磺纯度 含水量 灰份含量 有机成份	每天一次或每个过滤 周期一次
3	焚硫炉炉气	焚硫炉出口	炉气中 SO ₃ 含量 水份 SO ₂	每班一次 每班一次

序号	物料名称	取样地点	分析项目	分析频率
				每班一次
4	空气	干燥塔出口	水份含量	每天一次
5	SO ₃ 、SO ₂ 转化气体	二段进口 三段进口 三段省煤器出口	转化率 转化率 转化率	每周一次 每周一次 每天一次
6	SO ₃ 、SO ₂ 转化气体	高温热回收塔进口 高温热回收塔出口	吸收率 吸收率	每周一次 每周一次
7	SO ₃ 、SO ₂ 转化气体	四段出口	转化率	每天一次
8	SO ₃ 、SO ₂ 转化气体	二吸塔进口 二吸塔出口	吸收率 吸收率	每周三次 每周三次
9	尾气	二吸塔出口	SO ₂ 含量 SO ₃ 含量	每周一次 每周一次
10	SO ₂ 炉气	一段进口	SO ₃ 含量	每班一次
11	放空尾气	尾吸塔气体出口	SO ₂ 含量及酸雾量	每班一次
12	硫酸	干燥塔循环槽	酸浓度	每班一次
13	硫酸	吸收塔循环酸槽	酸浓度	每班一次
14	硫酸	成品酸输出泵进口	H ₂ SO ₄ 灰分 Fe As 透明度 色度	每天一次 每天一次 每天一次 每天一次 每天一次 每天一次

(2) 余热回收系统

表 7-6 余热回收系统化验项目表

序号	物料名称	取样地点	分析项目	分析频率	备注
1	水	给水取样冷凝器	硬度 溶解氧 铁 铜 PH 油	每班一次 每班一次 每班一次 每班一次 每班一次 每班一次	锅炉给水
2	水	炉水取样冷凝器	PH 磷酸根	每班一次 每班一次	炉水
3	凝结水	蒸汽取样器	钠 SiO ₂	每班一次 每班一次	饱和蒸汽
4	凝结水	蒸汽取样器	钠 SiO ₂	每班一次 每班一次	过热蒸汽

(3) 循环水站

表 7-7 循环水站化验项目表

序号	物料名称	取样地点	分析项目	分析频率
1	清水	进水总管	硬度 碱度 钾离子 电导率 悬浮物 游离氧	每班一次 每班一次 每班一次 每班一次 每班一次 每班一次
2	清水	出水总管	硬度 碱度 钾离子 电导率 悬浮物 游离氧	每班一次 每班一次 每班一次 每班一次 每班一次 每班一次
3	清水	集水池	PH 值	每班一次

7.8 土建工程

7.8.1 主要标准规范

《建筑结构可靠度设计统一标准》	GB 50068-2018
《建筑工程抗震设防分类标准》	GB 50223-2008
《建筑结构荷载规范》	GB 50009-2012
《混凝土结构设计规范》（2015 年版）	GB 50010-2010
《砌体结构设计规范》	GB 50003-2011
《建筑设计防火规范》（2018 年版）	GB 50016-2006
《石油化工企业设计防火标准》（2018 年版）	GB 50160-2008
《建筑抗震设计规范》（2024 年版）	GB/T 50011-2010
《石油化工塔型设备基础设计规范》	SH3030-2009
《石油化工构筑物抗震设计规范》	SH 3147-2014
《建筑地基基础设计规范》	GB 50007-2011
《建筑桩基技术规范》	JGJ 94-2008
《建筑地基处理技术规范》	JGJ 79-2012
《动力机器基础设计规范》	GB 50040-2020
《建筑地基基础工程施工质量验收规范》	GB 50202-2018
《砌体工程施工质量验收规范》	GB 50203-2011
《建筑防腐蚀工程施工规范》	GB 50212-2014
《石油化工设备混凝土基础工程施工质量验收规范》	SH-T 3510-2011

《钢结构设计标准》	GB 50017-2017
《混凝土结构工程施工质量验收规范》	GB50204-2015
《钢结构工程施工质量验收规范》	GB50205-2020

7.8.2 设计依据

气象资料见第六章《建厂条件和厂址方案》

地震设防烈度 7 度，设计基本地震加速度为 0.1g。

7.8.3 地基与基础

拟建场地位于山东省滨州市无棣县埕口镇，地质属于第四纪地层及石炭纪，自上而下底层依次为杂填土、粉质黏土、中风化石灰岩，石灰岩层地场内均有分布且质地坚硬。本区域构造活动稳定，无古河道及大的构造断裂等严重影响建筑物稳定的不良地质现象。

该场地地下水对混凝土结构无腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋无腐蚀性，对钢结构具弱腐蚀性。

各类建、构筑物均按规范采取相应措施。

框、排架结构的厂房拟采用柱下独立基础或柱下条形基础；砖混结构房屋拟采用条形基础；设备基础则拟用大块式混凝土基础。各基础表面均考虑防腐蚀措施。

7.8.4 建筑设计

1. 建筑设计在满足工艺生产要求的前提下，力求简洁明快，既要考虑到经济适用，又要考虑美观大方，以体现出时代气息，并要与原有建筑及周围环境协调。

2. 根据工艺生产的要求，结合地区气候的特点，装置应尽量露天化、开敞化、轻型化、一体化，以便利生产、节约投资。

3. 建筑构造及装修：尽量采用当地的通用做法或习惯做法，做到简洁实用。多层房屋的填充墙和隔断墙：拟采用轻质砌块以减轻荷重、降低工程综合造价。

4. 屋面：一般为有组织排水，在保证质量和造价可接受的前提下，优先采用新型防水材料，以减少维修工作量、延长使用寿命。

5. 门窗：考虑到本装置带腐蚀性的特点，一般采用钢塑复合门窗。

6. 楼地面：一般为钢筋混凝土或混凝土楼地面，防腐区域可视介质情况作花岗岩或防腐砂浆面层。

7. 装修：厂房可喷大白浆或刷内墙涂料，防腐区域可考虑防腐涂料涂刷。外墙拟采用外墙涂料。

7.8.5 结构设计

1. 结构布置、结构选型及构造处理必须满足生产和使用要求，保证足够的强度、刚度、稳定性和耐久性，力求技术先进、经济合理、施工方便、构造简单。

2. 因硫酸装置内气相、液相介质腐蚀严重，且主要设备均超大、超重，故建、构筑物一般均采用钢筋砼框架辅之以相应的防腐措施。装置附属的操作平台则采用钢结构。

7.8.6 设计中采用的标准

建筑门窗及建筑物、配件等及结构设计拟采用国家标准，结构设计软件采用 PKPM 系列软件。

7.8.7 三材用量估算

水泥:	t	3270
木材:	m ³	200
钢筋:	t	1200
型钢:	t	225

表 7-8 主要建、构筑物一览表

序号	名称	建筑面积 (m ²)	层数	层高要求	结构要求
1	风机房	336	1	13.5	钢筋混凝土框架
2	空压站	96	1	6	钢筋混凝土框架
3	余热发电厂房	540	2	15	钢筋混凝土框架
4	配电室	582	2	13	钢筋混凝土框架

第八章 节能

8.1 能耗指标及分析

依据《工业硫酸单位产品能源消耗限额》（GB 29141-2012）。

8.1.1 能耗指标

硫酸装置的能耗指标如下表所示（以每吨 100% H_2SO_4 计）

表 8-1 硫酸装置的能耗指标表

名称	能耗指标	单位能耗折标煤	消耗定额	能耗 (MJ)	总能耗折标煤 kgce/t
(1) 消耗					
电	3.6 MJ/kw.h	0.1229kgce/kw.h	29.292kw.h	105.451	3.600
天然气	35.54 MJ/Nm ³	1.2143kgce /Nm ³	0.15Nm ³	5.331	0.182
水	2.51MJ/m ³	0.09kgce/m ³	1.03m ³	2.585	0.093
小计				113.368	3.875
(2) 产出					
产低压饱和蒸汽 (0.8MPa,175℃)	2776MJ/t	94.84 kgce/t	-0.267t	-926.490	-31.653
产低压过热蒸汽 (1.0MPa,250℃)	2939.48MJ/t	100.43kgce/t	-1.221t	-4486.381	-153.281
电	3.6 MJ/kw.h	0.1229kgce/kw.h	-93.333kw.h	-335.999	-14.471
0.1MPa 排汽	2674.95MJ/t	91.39 kgce/t	0.08t	-267.495	-9.139
小计				-6016.365	-205.544
(3) 合计				-5902.998	-201.669

8.1.2 能耗分析

在硫磺制酸过程中，液硫的焚烧， SO_2 的转化 SO_3 的吸收过程中均有大量的化学能释放出来，本项目正常生产时可产生中压过热蒸汽 98t/h；干吸工段中的低温位热能设置低温热回收装置，生产低压蒸汽 36t/h。

本装置能耗分析的结论如下

硫酸装置回收余热达 6016.365MJ/t 酸，抵偿全部燃料及动力消耗外，仍多出 5902.998MJ/t 酸，折标准煤 201.669kg/t 酸，即本装置也不仅生产硫酸产品，而且也相当于为公司每年提供 12.1001 万吨标准煤，达到硫酸装置能耗先进值。

8.2 节能措施

节约能源已成为当今世界人们关注的问题。随着工业生产的发展，能源消耗也日益增加，合理回收和利用能源是发展生产的重要条件之一，也是提高项目经济效益的具体保证。设计中如何优化节能措施，是项目建设必须认真考虑的问题。

本项目的节能措施如下：

(1) 充分利用液硫燃烧产生的高温位热能和 SO_2 转化产生的中温位热能，以及干吸工段低温位热能。即在焚硫炉后设置中压废热锅炉，在转化工段配置过热器和省煤器，副产部分 6.4MPa，450℃ 中压过热蒸汽供透平风机和余热发电装置。另外，为回收干吸工段的低温位热能，设计配套建设一套低温热能回收装置，生产低压蒸汽 2.88×10^5 吨/年，低压蒸汽除供硫酸装置熔硫、液流保温和锅炉给水除氧器外，其余供公司其它装置用。

(2) 转化工段采用“3+1”两转两吸先进工艺，设置新型高效换热器，利用 SO_2 转化的部分热量来预热二次转化炉气，使其达到最佳反应温度。

(3) 焚硫转化工段的设备除焚硫炉采用内衬耐火砖和保温砖外，其余设备和管道均采用外保温方法隔热，以最大限度地减少热损失，提高热能利用率。

(4) 干吸工段的冷却用水采用循环水，减少水的消耗，节约水资源。

(5) 各种电气设备均选用节能产品，变压器的低压侧装电力电容器补偿无功功率，以提高供电系统的功率因数，降低无功损耗。

(6) 照明光源采用新型节能灯具，在满足装置照度及光色的条件下，减少灯具用量及灯具容量，达到节能目的。

(7) 坚持“节流优先、提高用水效率”的工业节水方针，加强成本核算，生活给水、生产给水、循环冷却水均设计量；循环冷却水不用于冲洗地面或随意排放；雨水、污水分别排放，减少雨水进入污水系统的可能，减少污水处理的负荷，减少对环境的污染，力求做到“零排放”；熔硫工段、硫磺罐区等采用蒸汽伴热的工段，增设冷凝水回收装置，将洁净的蒸汽冷凝水回收再利用，降低生产水的消耗。

第九章 环境保护

9.1 编制依据

9.1.1 有关国家文件

(1) 《化工建设项目可行性研究报告内容和深度的规定》(修订本)化计发(1997)426 号

(2) 《化工建设项目环境保护工程设计标准》GB/T50483-2019

9.1.2 有关建设项目文件

业主提供的基础资料

9.2 设计采用的环境质量和排放标准

- | | |
|---------------------------|------------------|
| 1) 《硫酸工业污染物排放标准》 | GB26132-2010 |
| 2) 《环境空气质量标准》GB3095-2012 | 二级 |
| 3) 《地表水环境质量标准》GB3838-2002 | 二级 |
| 4) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》 | GB12348-2008 II类 |
| 5) 《化工建设项目噪声控制设计规定》 | HG 20503-1992 |

9.3 厂址与环境现状

9.3.1 厂址的地理位置

本项目位于山东鲁北高新技术开发区，位于山东省最北部，濒临渤海湾，与黄骅港隔河相望，筹建中的“鲁冀大桥”及沿海高速公路开通后使该区域具有“通江达海”的临港交通优势。是黄河三角洲高效生态区和山东半岛蓝色经济区叠加部，是国家生态工业示范园区、山东省首批循环经济试点园区。

开发区坐落于渤海西南岸，地处黄河三角洲高效生态经济区、环渤海经济区和山东半岛蓝色经济区叠加带，在京津冀鲁都市圈的结合部，北邻天津滨海新区、沧州渤海新区，东接滨州北海新区，具有承接各级政策支持、辐射带动周边经济快速发展的区位优势。

9.3.2 厂址环境现状与分析

本项目在生产硫酸过程中有一定的二氧化硫和烟尘的排放。人类对二氧化硫 嗅觉非常敏感，空气中微小含量就可引发眼和呼吸道的不适。厂址的环境质量情况如下：

大气环境质量现状

拟建项目所在区域大气环境中 SO₂、TSP、NO 的最低值均优于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准。

水环境质量现状

厂址毗邻渤海，其水质优良，常年为二级水质，取水条件优越。

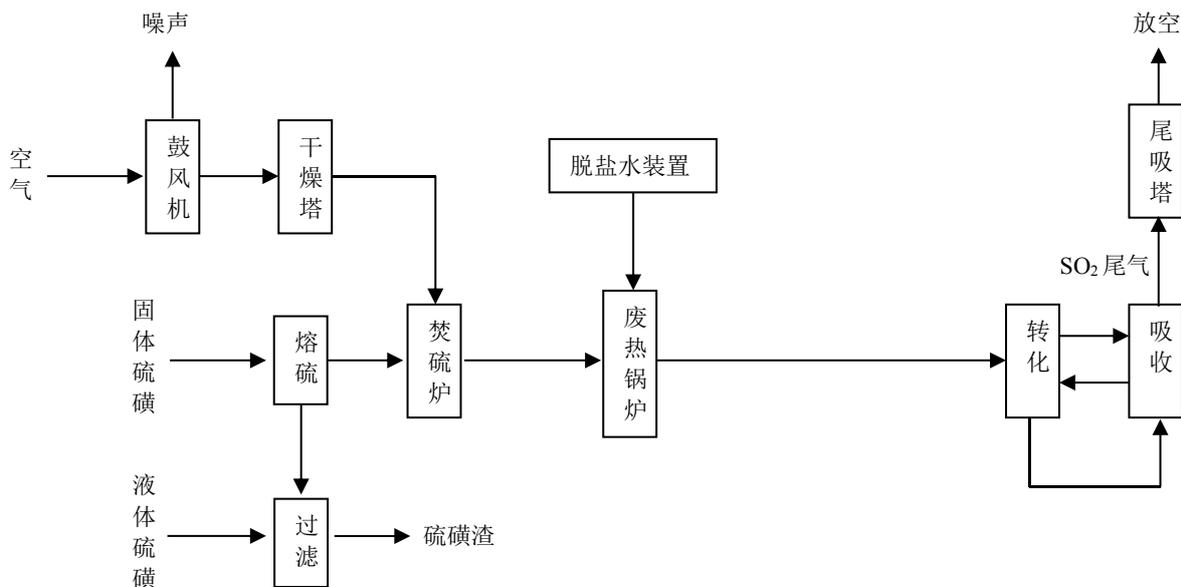
噪声环境质量现状

检测结果对照《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 II 类标准和《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 III 类标准，其厂界敏感点噪声现状均符合标准，项目周围噪声环境质量现状良好。

9.4.建设项目的污染源及污染物

9.4.1 主要污染源及污染物排放点

（1）60 万吨/年硫酸装置，采用固体硫磺及液体硫磺，固体硫磺经熔硫、澄清、过滤除去尘渣，然后用泵打入焚硫炉燃烧。燃烧后的 SO₂ 气体进入废热锅炉，回收其中的热能，温度降低至转化器内催化剂的反应温度后进入转化器内，从而使 SO₂ 转化成 SO₃，SO₃ 气体再经换热器降温后，进入高温热回收塔和第二吸收塔用浓硫酸吸收，生产出成品酸，吸收后的尾气经脱硫处理达标后由烟囱排放。本装置主要污染源为熔硫工段排出的少量硫磺残渣，焚硫转化工段空气鼓风机噪音，干吸工段第二吸收塔排放的尾气，少量的设备地坪冲洗水及脱盐水装置产生的酸、碱性废水。工艺方块流程及污染物排放示意图如下：



9.4.2 主要污染物类型、排放量、成分和排放浓度

废气：来自干吸工段最终吸收塔排放的尾气，废气量为 134037.81Nm³/h.，经脱硫处理后含 SO₂<50mg/Nm³，即 6.71kg/h；酸雾<5mg/Nm³，即<0.67kg/h；废水：装置正常生产时无废水排放，仅产生少量设备、地坪冲洗水，按每周冲洗一次，每次 10 分钟，间断排放的废水量每次约为为 2.6m³/h，含硫酸~0.5%，送装置事故水池集中中和处理，达标后排放。

废渣：来自熔硫工段产生的硫磺渣约 1270 吨/年，含硫约 40%；来自焚硫转化工段产生的废催化剂约 18 吨/年。

噪声：主要为焚硫转化工段空气鼓风机噪声，约 105dB（A）。

颗粒物<10mg/Nm³。

表 9-1 污染物排放情况表

污染物源	污染物名称	组成及特性	排放特性	排放量	排放方式	排放标准
尾吸塔	SO ₂ 尾气	SO ₂ <50mg/Nm ³ (6.71kg/h) 酸雾<5mg/Nm ³ (0.67kg/h)	连续	134037.81 Nm ³ /h	60m 烟囱放空	《硫酸工业污染物排放标准》GB26132-2010, SO ₂ 限值 400mg/ m ³ (38.01kg/h)，酸雾 限值 30mg/ m ³ (2.86kg/h)
地坪冲洗水	酸性污水	含 H ₂ SO ₄ : 0.5%	间断	每次 2.6m ³ /h	送全厂污水中和池处理后排放	《污水综合排放标准》GB8978-1996 一级标准 PH: 6-9
熔硫工段	熔硫渣	含硫 40%	间断	1270 吨/年	供石膏制酸分解煅烧窑处理	

污染源	污染物名称	组成及特性	排放特性	排放量	排放方式	排放标准
空气鼓风机	噪声	105dB (A)	连续	85 dB (A)	经消音器处理后去周围环境	《化工建设项目噪声控制设计规定》HG20503-92 即生产车间 90dB (A)
废催化剂	五氧化二钒		间断	18 吨/年	回收	

9.5 环境保护与综合利用

9.5.1 “三废”治理与综合利用

(1) 废气

废气中 SO₂ 浓度取决与 SO₂ 转化成 SO₃ 的程度，本项目采用 (3+1) 两次装化工艺，可使 SO₂ 总转化率达 99.9%，整个系统的硫利用率高，大大降低装置对周围环境的影响。为了达到环保新标准，在二吸塔后增设尾气处理设施，最终尾气排放量为 134159Nm³/h (干量)。废气中 SO₂ 浓度 < 50 mg/Nm³ (6.71kg/h)，酸雾浓度 < 5mg/Nm³ (0.67kg/h)，经过 60 米高烟囱排放。低于《硫酸工业污染物排放标准》GB26132-2010 的标准值。

(2) 废水

硫磺制酸正常生产时无废水排放，仅在设备及地坪冲洗时产生少量的酸性水，每次水量约 2.6m³/h，含硫酸~0.5%。每周冲洗一次，每次 10 分钟。装置内设废水收集池，送全厂中和处理池处理后达标排放，处理后出水 PH: 6~9，SS < 70mg/l，COD_{Cr} ≤ 100mg/l。

(3) 噪声

空气风机噪声 105dB (A)，设计中首先选用先进、低噪声设备，其次在空气鼓风机进口装设消音器，降噪后噪声排放值低于 85dB (A)。符合《化工建设项目噪声控制设计规定》HG20503-1992，即生产车间 90dB (A)。

(4) 废渣

仅在熔硫工段产生少量的熔硫渣，约 1270 吨/年，含硫~40%，可送原厂区石膏制酸装置分解煅烧窑作为原料使用。

9.5.2 废物处理技术与措施方案的技术可行性、经济合理性及处理效果

本工程设计充分考虑了环境保护的因素，按照清洁生产的要求，原料路线、工艺技术选择了污染少、污染物易治理、运行稳妥可靠的工艺生产线，最大限度提高资源、能源的利用率，通过科学严格的管理，将污染在工艺工程中尽可能消除或减少，从根本上

减少污染物的排放，减轻对环境的影响。

本项目在开车和生产期间，二吸塔尾气出口设置尾气吸收塔，开车和生产期间的尾气能确保达标排放。

对工艺过程不可避免产生的污染，首先采取回收或综合利用的措施，对外排放的污染物，则采取先进、可靠、经济的治理措施，以达到国家规定的排放标准。本工程污染的处理工艺均是经过实际生产检验的，并充分考虑了以上处理原则，治理后的污染物排放均达到国家及地方规定的污染物排放标准。

本工程建成后，新增的污染物较少，产生的污染负荷轻，预计不会对本地区的环境造成影响。

综上所述，本工程能满足环保方面的要求，所有排出物均能符合排放标准。

9.6 环境保护费用

绿化费：	5 万元
废气治理费用：	550 万元
废水收集系统费用：	5 万元
噪声治理费：	2 万元
环境监测费：	50 万元
合计	612 万元

环保投资占固定资产投资的 1.5%~2%。此费用已包含在工艺、总图等相关专业计入概算。

9.7 存在问题及建议

本项目环境影响评价报告书及其批文尚未收到，本章内容在收到环境影响评价报告书及其批文后再作相应调整。

建议业主尽早委托有资质的单位进行环境影响评价工作。

第十章 劳动安全与工业卫生

10.1 设计采用主要标准规范

- (1) 《建设项目（工程）劳动安全卫生监察规定》中华人民共和国劳动部令第 3 号
- (2) 《职业性接触毒物危害程度分级》 (GBZ 230-2010)
- (3) 《化工企业安全卫生设计规定》 (HG20571-2014)
- (4) 《爆炸危险环境电力装置设计规范》 (GB50058-2014)
- (5) 《建筑设计防火规范（2018 年版）》 (GB50016-2014)
- (6) 《化工企业静电接地设计规程》 (HG/T20675-1990)
- (7) 《建筑物防雷设计规范》 (GB50057-2010)
- (8) 《化工建设项目噪声控制设计规定》 (HG20503-1992)
- (9) 《化工粉体工程设计安全卫生规定》 (HG20532-1993)
- (10) 《化工企业照明设计技术规定》 (HG/T20586-96)
- (11) 《建筑灭火器配置设计规范》 (GB50140-2005)
- (12) 《工业建筑防腐蚀设计标准》 (GB/T50046-2018)
- (13) 《火灾自动报警系统设计规范》 (GB50116-2013)
- (14) 《工作场所有害因素职业接触限值》 (GBZ2.1-2019)
- (15) 《建筑抗震设计规范》（2024 年版） (GB/T 50011-2010)

10.2 工程概况

本项目 60 万吨/年硫磺制酸装置配套低温热回收设施以及公用工程设施，本章内容主要涉及上述装置的环境保护。

本工程所在地为山东鲁北高新技术开发区，新建设施必须尽量减少“三废”排放，减少对环境的污染。

10.2.1 装置组成

本设计包括硫酸主装置、余热发电装置及低温热回收装置，以及配套的循环水站、空压站、配电室、机柜间等。

10.3 生产过程的职业危害因素

10.3.1 生产过程中职业危险、危害因素分析

(1) 火灾和爆炸危险性

根据《石油化工企业设计防火标准》（2018 年版）GB50160-2008 规定，当硫磺颗粒 $>2\text{mm}$ ，火灾类别定为丙类。本项目硫磺为丙类可燃物，如遇高温和明火易引起燃烧。与氧化剂混合能形成有爆炸性的混合物。粉体与空气可形成爆炸性混合物，当达到一定的浓度时，遇火星会发生爆炸。其爆炸下限为 2.3g/m^3 。SO₂、SO₃、硫酸均为不可燃物质，根据《建筑设计防火规范》（2018 年版）GB 50016—2014 规定，过氧化氢溶液（27.5%）火灾危险性分类为乙类，SO₃ 和硫酸火灾危险性为丁、戊类。

(2) 化学腐蚀的危害

本生产过程中，由于主要工艺物料硫酸等均具有腐蚀性，因此对建构筑物、设备、管道、仪表、电气设施，均会造成腐蚀性破坏，影响生产安全。

(3) 噪声危害

生产过程中动设备产生的震动、机械设备转动如空气鼓风机产生噪声对人体均可产生不良影响，如损伤耳膜、听力下降，严重时引起耳聋。

(4) 静电、雷电的危害

生产过程中，在有易燃、易爆危险品存在的场合，静电放电、雷电放电均可成为引起燃烧、爆炸的点火源，导致火灾爆炸事故的发生。

(5) 意外伤害和化学灼伤的危害

装置内在有可能发生坠落危险的岗位和传动设备附近均可造成意外伤害。生产工艺中采用的各种物料如硫酸等一旦外泄或喷溅也会造成化学灼伤的危害。

10.3.2 生产过程中有害物质及场所

(1) 固体硫磺

易燃固体，不溶于水，能同许多元素剧烈化合。在 360°C 时着火，在氧气中 280°C 时燃烧。硫磺粉尘毒性很低，偶尔可能使人发生湿疹。

接触固体硫磺的工作场所：原料工段。

(2) 液硫

液体硫磺的操作温度高达约 140°C ，接触到皮肤会烫伤。

接触液体硫磺的工作场所：熔硫工段。

(4) 三氧化硫

无色气体，极易溶于水，与空气中水蒸汽能形成白色液滴而产生酸雾，具有强烈的刺激性和腐蚀性，长期接触酸雾会出现胸痛、胸闷等症状。车间空气中 SO_3 最高允许浓度为 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 。

接触三氧化硫的工作场所：焚硫转化工段、干吸工段、低温热回收工段。

(5) 浓硫酸

98%浓硫酸为油状液体，与水混溶，毒性中等。

硫酸对皮肤和粘膜等组织有强烈的刺激和腐蚀作用。对眼睛可引起结膜炎、水肿、角膜混浊，以致失明。可引起呼吸道症状，重者发生呼吸困难和肺水肿，慢性影响有牙齿酸蚀症、慢性支气管炎、肺水肿和肝硬化。我国规定车间酸雾最高允许浓度为 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 。

接触硫酸的工作场所：干吸工段、罐区、低温热回收工段。

10.4 劳动安全卫生在设计中采用的主要防护措施

本设计贯彻“安全第一、预防为主”的方针，安全卫生设施必须执行与主体工程同时设计、同时施工、同时投产的“三同时”制度，以保证企业生产安全，保证人民生命财产的安全。

10.4.1 防火防爆措施

根据《建筑设计防火规范（2018年版）》（GB50016-2014）规定，硫酸生产厂房和辅助设施厂房的生产类别为戊类，固体硫磺贮存、熔硫、液硫贮罐的火灾危险性分类为丙类，根据《建筑设计防火规范（2018年版）》（GB 50016-2014）规定，过氧化氢溶液（27.5%）火灾危险性分类为乙类，其余为丁、戊类。

浓硫酸的盛酸设备及输管道是碳钢材料时，受硫酸侵蚀会产生氢气而积聚于设备、管道内，与空气混合易形成爆炸性气体。这些场所，严禁吸烟和随便动火。必须有严格的安全动火制度，分析合格后方可动火。

10.4.2 防震、防雷设施和措施

厂区抗震设防烈度为 7 度，设计地震加速度值为 0.1g 。

根据《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）硫酸装置主厂房接地，按二类建（构）筑物防雷设计，设置防雷装置，接地电阻不大于 30 欧姆。

380/220V 系统采用接零保护，用电设备正常不带点的金属外壳均应可靠接地，变电所设置接地装置，其接地电阻不大于 4 欧姆。

尾气烟囱可靠接地，接地电阻不大于 30 欧姆。

10.4.3 防毒措施

配备必要的防毒面具以便在开车和事故等紧急情况下使用。

硫磺仓库内要配套呼吸器、防毒服、防化学品手套、防毒眼镜使用。

10.4.4 防噪声措施

焚硫炉空气鼓风机进口设消声器，鼓风机房不设固定操作岗位。正常生产时操作人员在隔声间。废锅放空管上设置消声器。

10.4.5 生产操作安全防护措施

空气鼓风机、循环酸泵、液体硫磺泵等传动设备均采取了联锁控制装置。

各种动设备现场均有电流表和启动开关。中央控制室不能对动设备进行启动，以保证现场人员的人身安全。

生产过程中对流量、温度、液位等主要参数进行自动控制，并设有报警、联锁控制等系统以保证安全生产操作。在有酸、碱等腐蚀性介质可能发生事故的地方，设有及时冲洗等应急设施。

所以土建平台、楼梯、操作钢平台周围均设有栏杆以防止人员坠落。

10.4.6 防暑降温、采暖通风

对焚硫转化工段的高温设备及管道，采取露天布置，并有隔热保温措施。配电所等室内空间考虑通风，主控制设置空调。

10.5 预期效果

针对本工程的特点，在设计上落实以上各项安全措施，在工程实施后，加强职工安全卫生教育，提高职工安全生产意识和自我保护意识，完全可以保证本工程长期安全生产。

10.6 劳动安全卫生机构设置及人员配备情况

按设计规范，利用公司已有安全卫生科，其定员按职工总人数的 2%~5% 配备由公司统一考虑。

10.7 投资概算

劳动安全与工业卫生专项防护设施费用包括防火、防尘、防毒、防静电、防雷、机械损伤等设施费用及检测装置费用，事故应急措施费用，安全教育培训费用等。这些费用分别在工艺、设备、总图、土建、电气、自控、暖通、消防等专业工程设计费用中包含，并已纳入总投资概算中。

10.8 消防

10.8.1 工程的消防环境现状

山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目的消防水系统利用本公司现有的供水系统。为此，本新建工程的消防系统依托本公司的消防管网统一调度，本装置内不需要再建消防站。

10.8.2 火灾危险性分类

根据设计规范，装置内硫磺仓库、液硫贮罐贮存类别为丙类外，其余生产及贮存类别均为丁戊类。硫酸生产厂房及辅助设施厂房的生产类别为戊类，其耐火等级按二类考虑。

10.8.3 消防设施和措施

新建项目消防给水来自本公司的消防管网系统。装置内除硫磺仓库贮存、液硫贮罐类别为丙类外，其余生产及贮存类别均为戊类。

按《建筑设计防火规范》（2018 年版）（GB 50016-2014）有关规定，取同一时间内火灾次数为一次，火灾延续时间为 2 小时。

由于本设计中建、构筑物的耐火等级为二级，生产类别除硫磺仓库、液硫贮罐为丙类外，其余均为丁、戊类。在总图布置时严格按照规范要求控制防火间距。根据《建筑设计防火规范》（GB50016—2014）部分厂房需设室内消防栓，界区设室外消火栓，同一时间内火灾次数为一次，火灾延续时间为 2 小时，因此本设计采用环状低压消防给水系统，消防供水量为 250L/s，消防水压力不小于 0.70MPa。消防水主要供界区内各厂房发生火灾时的灭火用水。

为便于非专业消防人员及时扑灭发生在厂房、仓库或露天装置区的初期火灾，本设计在每个厂房、库房或露天装置区均按照《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）要求配置了一定数量的便携式灭火器，灭火器放置在灭火器箱内。

第十一章 工厂组织和劳动定员

11.1 工厂体制及组织机构

60 万吨/年硫磺制酸及低温热回收装置按车间级编制，设车间管理人员和班组二级人员。

11.2 工作制度与劳动定员

生产岗位工人按三班倒配置，行政管理人员及辅助生产人员按常日班配置。年操作日为 333.3 天（每年按 8000 小时计），需 58 人，其中生产操作人员 56 人（含辅助生产人员），车间管理人员（含技术人员）2 人。

具体分配如下：

表 11-1 硫酸工人员分配表

序号	职能名称	班次	人数			
			每班	替班	白班	合计
1	锅炉	3	1	1		4
2	焚硫转化	3	1	1		4
3	熔硫	3	1	1		4
4	原料	3	1	1		4
5	吊车或铲车	3	1	1		4
7	循环水	3	1	1		4
8	分析室	3	2			6
9	维修					外包
10	电工	3	1		1	4
11	班长	3				3
12	仪表	3	1			3
13	储运	3	1		1	4
14	干吸尾吸成品及低温回收	3	1	1		4
15	发电	3	2	2		8
26	管理人员				2	2
	合计					58

在固体硫磺原料工段，可适当配备一些临时性人员，进行原料硫磺堆存、加料等工作，此类人员编制不计入本设计概算。

11.3 人员来源和培训

车间各主要技术岗位应具有中专以上文化，人员全部来源于公司内部及在当地公开招聘的人员。

管理干部、技术人员及生产工人，按其担负工作的重要性和复杂程度，分别进行不同方式的学习和培训。根据项目进度安排在本公司或到国内同类型工厂进行期约两个月的培训。

第十二章 项目实施规划

12.1 建设工期规划

根据国内类似装置的建设经验，从可行性研究报告批文后开始，本项目可在 21 个月内建成。

从可行性研究审查通过开始，整个建设周期大致可分为以下阶段：

- (1) 可行性研究、初步设计和施工图设计及专篇编制共 10 个月
- (2) 工程建设：
 - (1) 设备、材料订货及采购 8 个月
 - (2) 土建工程施工 9 个月
 - (3) 安装工程 10 个月
 - (4) 单体试车和联动试车 1.5 个月
 - (5) 投料试车 1 个月

以上各阶段可合理交叉进行，以保证项目顺利进行。

12.2 项目实施进度表

表 12-1 项目实施进度表

序号	年月 阶段	2024						2025												2026												
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4								
1	可行性研究	■																														
2	初步设计、施工图设计			■																												
3	设备、材料订货及采购								■																							
4	土建工程施工									■																						
5	安装工程													■																		
6	人员培训																			■												
7	单体试车和联动试车																				■											
8	投料试车																					■										

第十三章 招标方案

为了确保项目建设的工程质量，防范和化解工程建设中的违规行为，制定项目的招标投标方案。

13.1 招标依据

- (1) 《中华人民共和国招标投标法》（2017 年修订）
- (2) 《工程建设项目申请报告增加招标内容以及核准招标事项暂行规定》（国家发展和改革委员会令 9 号）
- (3) 《招投标法实施条例》（2019 年修订）
- (4) 《必须招标的工程项目规定》（2018 年）
- (5) 《山东省建设工程招标投标管理条例》
- (6) 《滨州市招标投标管理办法》

13.2 建设项目招标范围及招标组织形式

招标的范围包括建筑工程、设备购置、安装工程、勘察设计、施工监理等项，面向社会全部进行公开招标，招标情况见《招标基本情况表》。

鉴于项目法人单位已具备自行招标所具备的编制招标文件和组织评标的能力，该项目招投标活动全部由建设方自行组织。

13.3 投标、开标、评标和中标程序

根据建设项目的规模和建设要求，在招投标过程中必须遵守如下程序：

(1) 项目经上级部门批复同意后，业主单位在指定的媒体上发布招标公告。

(2) 在招标文件开始发出之日起 30 日内，具有承担投标项目能力的法人或者其它组织都可以投标。投标人少于 3 个时，应当重新组织招标。投标文件应当对招标文件提出的实质性要求和条件作出响应，招标项目属于建筑施工的，招标文件的内容还包括拟派出的项目负责人与主要技术人员的简历、业绩和拟用以完成招标项目的机械设备，该项目不接受联合招标。

(3) 开标时由项目业主单位主持，邀请所有投标人参加，投标应符合下列条件：能够最大限度地满足招标文件中规定的各项综合评价标准或者能满足招标文件的实质性要求，并且经评审的价格合理。

(4)评标按照《中华人民共和国招标投标法》的规定和程序进行。

(5)中标人确定后，招标人向中标人发出中标通知书，该通知书具有法律效力，若中标人放弃中标项目，应当承担法律责任。自中标通知书发出 30 日之内，按照招标文件，项目承办单位和中标人签订书面合同，中标人不得向他人转让中标项目。

13.4 评标委员会的人员组成和资质要求

项目全部采用公开招标的方式，因此，在招投标过程中，为保证项目的公开，对评标委员会的组成和资质作如下要求：

(1)评标委员会人员组成

评标委员会由项目业主单位的代表和有关技术、经济等方面的专家组成。评标委员会采用单数制，但最低不少于 5 人，主任由资深的专家担任，并且技术、经济等方面的专家不得少于成员总数的三分之二；评标委员会应当按照招标文件确定的评标标准和方法对投标文件进行评审和比较。投票采用打分制，以得分高者当选。

(2)评标委员会成员的资质要求

评委会成员职称在副高（副教授）级以上，从事本专业至少在 8 年以上，对工程项目有较深入的研究，职业道德良好，并且与投标单位无任何利害关系。评标委员会成员应当客观公正地履行职务，遵守职业道德，对所提出的评审意见承担个人责任。

附：招标基本情况表

建设项目名称：山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目

表 13-1 招标基本情况表

单项名称	招标范围		招标组织形式		招标方式		不用招标方式	招标估算金额(万元)	备注
	全部招标	部分招标	自行招标	委托招标	公开招标	邀请招标			
勘察		√	√			√		100	
设计	√			√	√			650	
建筑工程	√			√	√			6000.00	
安装工程	√			√	√			3000.00	
监理		√	√			√		100	
设备及重要材料	√			√	√			22150	
其他								972.54	

情况说明：该项目总投资 32972.54 万元，全部由企业自筹，建设期 24 个月。

建设单位盖章
2024 年 7 月

第十四章 投资估算及资金筹措

14.1 资金筹措

14.1.1 项目总投资

本项目总投资 32972.54 万元,工程项目报批投资 32798.53 万元,其中建设投资 32000 万元,建设期利息 723.96 万元。

14.1.2 资金筹措

本项目贷款 23000 万元,贷款有效利率 3.91%,其它企业自筹。

本项目营运期需流动资金 248.58 万元,由企业自筹。

14.1.3 资金运筹计划

本项目建设期 2 年,建设投资在建设期内全部投入,流动资金在生产期内按生产负荷逐年投入。

第十五章 财务分析

15.1 财务评价编制的依据和原则

- (1) 《建设项目经济评价方法与参数》（第三版）
- (2) 《化工投资项目可行性研究报告编制办法》（中石化联产发[2012]115 号）
- (3) 新公司法及现行财税制度

15.2 基础数据

15.2.1 设计规模及生产负荷

本项目设计规模：

浓硫酸产量：	612245 吨/年
低压过热蒸汽产量：	732800 吨/年
低压蒸汽产量：	288000 吨/年
电：	56000000 度/年

装置建成投产后，第一年生产能力按 90%计，以后各年均按 100%设计能力计。

15.2.2 计算期

本项目建设期为 2 年，生产期为 12 年。

15.2.3 财务基准收益率

本项目财务基准收益率取 12%。

15.2.4 折旧费

折旧额采用直线法计算，新装置设备折旧年限取 12 年，房屋建筑折旧年限取 25 年，固定资产残值率取 3%。

15.2.5 修理费

在成本费用估算中，制造费用中修理费率取固定资产原值的 4%；（扣建设期利息）计算。

15.2.6 安全生产费用

安全生产费用按超额累退计。

15.2.7 工资

根据项目建设单位的实际情况，考虑到项目所在地的工资水平及国内同行业薪酬待遇水平，确定本项目工资收入水平。项目劳动定员人数为 58 人，平均工资及福利 84000 元/人·年计算。

15.2.8 摊销费

摊销费中无形资产 10 年平均摊销及其他资产按 5 年平均摊销。

15.2.9 其他费用及管理费用

其他费用取 20000 元/年.人。

管理费用其他费用取 40000 元/年.人。

15.2.10 销售费用

销售费用取销售收入（浓硫酸）2%

15.2.11 价格

（1）外购原材料及燃料动力价格

主要原辅材料及外购燃料动力价格均以市场价格为基础，并预测到生产期初的市场价格，价格均以含税价计取（见表 15-4）。

（2）产品售价

本项目产品销售价格以市场已实现的市场价格（含税价）为基础计价（见表 15-6）。

产品价格如下：

浓硫酸：	200 元/吨
低压过热蒸汽：	245 元/吨
低压蒸汽：	245 元/吨
电：	0.4 元/度

15.2.12 销售税金及优惠政策

产品销项增值税税率：浓硫酸及电为 13%，其它为 9%。

原辅材料和燃料动力的进项增值税税率：工艺水为 9%；其它为 13%。

城市建设维护税：取增值税的 7%。

教育费附加：取增值税的 5%。

所得税：所得税按 25% 税率。

15.3 财务指标计算与效益分析

15.3.1 年总成本费用估算值

- (1) 年经营成本为 29933.22 万元（投产后平均数值）
- (2) 年总成本费用为 32563.56 万元（投产后平均数值）
- (3) 年利润总额（税前）6378.91 万元（投产后平均数值）
- (4) 年利润总额（税后）4784.18 万元（投产后平均数值）

15.3.2 利润估算及分配

在利润估算及分配中各年的销售收入、利润分配计算。企业在税后利润中提取公积金 10%。

15.3.3 主要财务评价报表

主要计算报表有《综合经济指标》、《建设用款计划估算表》、《固定资产折旧、摊销估算表》、《外购原材料和燃料动力消耗表》、《总成本费用估算表》、《销售收入和销售税金估算表》、《利润及利润分配表》、《贷款偿还平衡表》、《项目投资现金流量表》、《财务计划现金流量表》、《资产负债表》、《敏感性分析表》。

15.3.4 财务盈利能力分析

从财务现金流量表分析：

本项目税前主要经济指标：

财务净现值达 18280.95 万元，财务内部收益率达 23.92%，投资回收期为 5.67 年(含建设期)。

本项目税后主要经济指标：

财务净现值达 10259.79 万元，财务内部收益率达 18.99%，投资回收期为 6.5 年(含建设期)。

15.3.5 不确定性分析

项目财务分析是一项预计性的工作，在财务分析中所采用的数据，是假定在整个项

目计算期内是不变的。但实际上有些因素会发生变动，如价格、生产能力、投资费用等。由于上述不确定因素存在，将对财务评价指标的测算产生影响，为了估计各因素今后可能发生的变化对财务分析的影响，预计项目所承担的风险程度，分析项目在财务上的可行性，需要作不确定性分析。

(1) 盈亏平衡分析

盈亏平衡分析主要是通过确定项目的产量或生产能力利用率的盈亏平衡点，分析、预测产品产量或生产能力利用率对项目盈亏的影响。

以生产期第四年数据为基础，计算盈亏平衡点（见表 15-5）：

盈亏平衡点 BEP（生产能力利用率）为 45.73%。

(2) 敏感性分析

对于建设项目，建设投资、产品售价、原料价格、生产负荷等是比较容易发生变化和波动进而影响项目效益的主要因素。

本项目的敏感性分析选取建设投资、产品售价、原料价格和生产负荷为不确定因素，同时选取所得税后全部投资财务内部收益率（IRR）为敏感性分析指标，通过计算敏感度系数，进行项目的单因素敏感性分析。

从图中可以看出，产品售价直线斜率最大，说明售价变化对 IRR 的影响最大（见表 15-11）。

15.4 财务分析结论

从项目投资现金流量表分析，本项目税后主要经济指标财务净现值达 10259.79 万元，财务内部收益率达 18.99%，投资回收期 6.45 年(含建设期),高于基准收益率，综合上述，认为本项目可行。

本项目的财务分析根据化工行业平均内部收益率为基准，经过分析该项目的收益率较好。因此从化工行业角度看，本项目盈利水平较高。

表 15-1 综合经济指标

序号	项 目	单 位	数 值	备 注
1	指标			
1.1	销售量			
	浓硫酸产量	吨/年	612245.00	
	发烟酸产量	吨/年	0.00	
	低压过热蒸汽产量	吨/年	732800.00	
	低压蒸汽产量	吨/年	288000.00	
	电	度/年	56000000.00	
1.2	价格（含税）			
	浓硫酸价格	元/吨	200.00	
	发烟酸价格	元/吨	0.00	
	低压过热蒸汽价格	元/吨	245.00	
	低压蒸汽价格	元/吨	245.00	
	电	元/度	0.40	
1.3	本项目建设总投资	万元	32972.54	
	其中： 建设投资	万元	32000.00	
	建设期贷款利息	万元	723.96	
	流动资金	万元	248.58	
1.4	注册资金			
	资本金	万元	9248.58	
1.5	债务资金	万元	23723.96	
1.6	年总成本费用	万元	32563.56	投产后平均数值
1.7	年经营成本	万元	29933.22	投产后平均数值
1.8	年固定成本	万元	5611.27	投产后平均数值
1.9	年可变成本	万元	26952.29	投产后平均数值
1.1	年销售收入	万元	39165.38	投产后平均数值
1.11	年利润总额(税前)	万元	6378.91	投产后平均数值
1.12	年利润总额(税后)	万元	4784.18	投产后平均数值
1.13	年所得税	万元	1594.73	投产后平均数值
1.14	年销售税金及附加	万元	23.88	投产后平均数值
1.15	增值税	万元	199.03	投产后平均数值
2	静态指标			
2.1	年投资利润率	%	19.35	投产后平均数值
2.2	年投资利税率	%	20.02	投产后平均数值

2.3	总投资收益率	%	19.93	
2.4	所得税前投资回收期	年	5.67	含建设期
2.6	所得税后投资回收期	年	6.45	含建设期
3	动态指标			
3.1	所得税前净现值	万元	18280.95	基准收益率取 12%
3.2	所得税前内部收益率	%	23.92	
3.3	所得税后净现值	万元	10259.79	基准收益率取 12%
3.4	所得税后内部收益率	%	18.99	
4	清偿能力指标			
4.1	贷款偿还期(含建设期)	年	5.75	含建设期
4.2	盈亏平衡点	%		见附表

表 15-2 建设用款计划估算表

单位: 万元

序号	项目	年份	建设期		生 产 期				合 计	备 注
			1	2	3	4	5	6		
	投资分配比例%		30.0	70.0						
一	总投资		9734.75	22989.20	247.71	0.88	0.00	0.00	32972.54	
1	建设投资(含税)		9600.00	22400.00					32000.00	
2	投资方向调节税		0.00						0.00	
3	建设期利息		134.75	589.20					723.96	
4	流动资金				247.71	0.88	0.00	0.00	248.58	
二	资金筹措		9734.75	22989.20	247.71	0.88	0.00	0.00	32972.54	
1	资本金		2700.00	6300.00	247.71	0.88	0.00	0.00	9248.58	
1.1	用于固定资产投资		2700.00	6300.00					9000.00	
1.2	用于流动资金				247.71	0.88	0.00	0.00	248.58	
2	债务资金		7034.75	16689.20	0.00	0.00	0.00	0.00	23723.96	
2.1	长期贷款		6900.00	16100.00					23000.00	贷款有效利率:
2.2	利息贷款		134.75	589.20					723.96	3.91%
2.3	流动资金贷款				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	其他									

表 15-3 固定资产折旧、摊销估算表

单位：万元

序号	项 目	基数	折旧率%	生 产 期											
				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	机器设备原值	27815.3 6	8.08%	27815.3 6											
1.1	折旧费		12 年	2248.41	2248.41	2248.41	2248.41	2248.41	2248.41	2248.41	2248.41	2248.41	2248.41	2248.41	2248.41
1.2	折旧费累计			2248.41	4496.82	6745.23	8993.63	11242.0 4	13490.4 5	15738.8 6	17987.2 7	20235.6 8	22484.0 9	24732.4 9	26980.9 0
1.3	净值			25566.9 5	23318.5 5	21070.1 4	18821.7 3	16573.3 2	14324.9 1	12076.5 0	9828.10	7579.69	5331.28	3082.87	834.46
2	房屋建筑物原值	4908.59	3.88%	4908.59											
2.1	折旧费		25 年	190.45	190.45	190.45	190.45	190.45	190.45	190.45	190.45	190.45	190.45	190.45	190.45
2.2	折旧费累计			190.45	380.91	571.36	761.81	952.27	1142.72	1333.17	1523.63	1714.08	1904.53	2094.99	2285.44
2.3	净值			4718.14	4527.69	4337.23	4146.78	3956.33	3765.87	3575.42	3384.97	3194.51	3004.06	2813.61	2623.15
3	土地费用	0.00	2.00%	0.00											
3.1	折旧费		50 年	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.2	折旧费累计			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.3	净值			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	固定资产合计	32723.9 6		32723.9 6											
4.1	折旧费			2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86
4.2	折旧费累计			2438.86	4877.72	7316.59	9755.45	12194.3 1	14633.1 7	17072.0 3	19510.9 0	21949.7 6	24388.6 2	26827.4 8	29266.3 4
4.3	净值			30285.0 9	27846.2 3	25407.3 7	22968.5 1	20529.6 5	18090.7 9	15651.9 2	13213.0 6	10774.2 0	8335.34	5896.48	3457.61
5	无形资产原值	0.00	10 年	0.00											
5.1	摊销费			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.2	摊销费累计			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5.3	净值			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	递延资产原值	0.00	5 年	0.00											
6.1	摊销费			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
6.2	摊销费累计			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.3	净值			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 15-4 外购原材料和燃料动力消耗表

序号	项 目	单位	单价(元)	年耗量	年成本(万元)	备 注
一	原料(含税)					
1	硫磺	吨	1180.00	198600.00	23434.80	
2	催化剂	m3	45000.00	40.00	180.00	寿命 10 年
3	天然气	Nm3	3.10	90000.00	27.90	
4	工艺水	吨	0.50	618000.00	30.90	
5	脱盐水	吨	17.00	1128000.00	1917.60	
6	电	度	0.70	22294000.00	1560.58	
7	工厂空气	吨	0.10	2700000.00	27.00	
	小 计				27178.78	
二	人工工资及福利费		84000	58	487.20	
三	制造费用					
	折旧费				2438.86	
	修理费				1280.00	
	其他费用				116.00	
	小 计				3834.86	
四	制造成本				31500.84	

表 15-5 总成本费用估算表

单位:万元

序号	项 目	生 产 期											
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	生产负荷(%)	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	制造成本												
1	外购原辅材料	24460.9 0	27178.7 8										
2	工人工资及福利费	487.20	487.20	487.20	487.20	487.20	487.20	487.20	487.20	487.20	487.20	487.20	487.20
3	制造费用：折旧费	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86
	修理费	1280.00	1280.00	1280.00	1280.00	1280.00	1280.00	1280.00	1280.00	1280.00	1280.00	1280.00	1280.00
	其他费用	116.00	116.00	116.00	116.00	116.00	116.00	116.00	116.00	116.00	116.00	116.00	116.00
	小 计	28782.9 6	31500.8 4										
二	管理费用	845.59	853.49	853.49	853.49	853.49	853.49	853.49	853.49	853.49	853.49	853.49	853.49
	其中摊销费	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	安全生产费用	613.59	621.49	621.49	621.49	621.49	621.49	621.49	621.49	621.49	621.49	621.49	621.49
三	财务费用	926.64	711.62	459.25	200.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	流动资金借款利息	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	长期借款利息	926.64	711.62	459.25	200.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
四	销售费用	244.90	244.90	244.90	244.90	244.90	244.90	244.90	244.90	244.90	244.90	244.90	244.90
五	总成本费用	30800.1 0	33310.8 5	33058.4 8	32799.4 6	32599.2 3							
1	固定成本	6339.19	6132.07	5879.70	5620.68	5420.45	5420.45	5420.45	5420.45	5420.45	5420.45	5420.45	5420.45
2	可变成本	24460.9 0	27178.7 8										
六	经营成本	27434.5 9	30160.3 7										

七	盈亏平衡点%	57.30	49.89	47.83	45.73	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10
	注： 流动资金贷款利 率	0.00%											

表 15-6 销售收入和销售税金估算表

单位：万元

序号	项 目	生 产 期											
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	生产负荷(%)	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	销售价格(含税)												
1	浓硫酸	200.00											
2	发烟酸	0.00											
3	低压过热蒸汽	245.00											
4	低压蒸汽	245.00											
5	电	0.40											
二	销售量												
1	浓硫酸	551021	612245	612245	612245	612245	612245	612245	612245	612245	612245	612245	612245
2	发烟酸	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	低压过热蒸汽	659520	732800	732800	732800	732800	732800	732800	732800	732800	732800	732800	732800
4	低压蒸汽	259200	288000	288000	288000	288000	288000	288000	288000	288000	288000	288000	288000
5	电	50400000	56000000	56000000	56000000	56000000	56000000	56000000	56000000	56000000	56000000	56000000	56000000
三	销售收入												
1	浓硫酸	11020.41	12244.90	12244.90	12244.90	12244.90	12244.90	12244.90	12244.90	12244.90	12244.90	12244.90	12244.90
2	发烟酸	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	低压过热蒸汽	16158.24	17953.60	17953.60	17953.60	17953.60	17953.60	17953.60	17953.60	17953.60	17953.60	17953.60	17953.60
4	低压蒸汽	6350.40	7056.00	7056.00	7056.00	7056.00	7056.00	7056.00	7056.00	7056.00	7056.00	7056.00	7056.00
5	电	2016.00	2240.00	2240.00	2240.00	2240.00	2240.00	2240.00	2240.00	2240.00	2240.00	2240.00	2240.00

	小 计	35545.05	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50
四	销售税金及附加												
	城市维护建设税	12.64	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05
	教育附加费	9.03	10.04	10.04	10.04	10.04	10.04	10.04	10.04	10.04	10.04	10.04	10.04
	小 计	21.68	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08
五	增值税												
	销项税额	3126.35	3473.72	3473.72	3473.72	3473.72	3473.72	3473.72	3473.72	3473.72	3473.72	3473.72	3473.72
	进项税额	2945.71	3273.02	3273.02	3273.02	3273.02	3273.02	3273.02	3273.02	3273.02	3273.02	3273.02	3273.02
	小 计	180.63	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70

表 15-7 利润及利润分配表

单位:万元

序号	项 目	生 产 期											
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	生产负荷(%)	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	销售收入	35545.05	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50
二	增值税	180.63	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70
三	销售税金及附加	21.68	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08
四	设备增值税抵扣	0.00											
五	总成本费用	30800.10	33310.85	33058.48	32799.46	32599.23	32599.23	32599.23	32599.23	32599.23	32599.23	32599.23	32599.23
六	利润总额	4542.65	5958.87	6211.23	6470.26	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48
七	税前弥补前年度亏损	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
八	应纳税所得额	4542.65	5958.87	6211.23	6470.26	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48
九	所得税	1135.66	1489.72	1552.81	1617.56	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62
十	税后利润(净利润)	3406.98	4469.15	4658.43	4852.69	5002.86	5002.86	5002.86	5002.86	5002.86	5002.86	5002.86	5002.86
十一	公积金	340.70	446.92	465.84	485.27	500.29	500.29	500.29	500.29	500.29	500.29	500.29	500.29
1	提取法定盈余公积金	340.70	446.92	465.84	485.27	500.29	500.29	500.29	500.29	500.29	500.29	500.29	500.29
十二	可供分配利润	3066.29	4022.24	4192.58	4367.42	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58
1	股利分配	0.00	0.00	0.00	0.00	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58
2	未分配利润	3066.29	4022.24	4192.58	4367.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	用于还款的利润	3066.29	4022.24	4192.58	4367.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	累计未分配利润	3066.29	7088.52	11281.11	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53
十三	息税前利润(利润总额+利息支出)	5469.29	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48	6670.48

十四	息税折旧摊销前利润 (息税前利润+折旧+摊 销)	7908.15	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35
----	--------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

表 15-8 贷款偿还平衡表

单位：万元

序号	项 目	生 产 期											
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	用于还款利润	3066.29	4022.24	4192.58	4367.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	折旧费	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86
3	摊销费	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	偿还借款本金资金来源	5505.15	6461.10	6631.45	6806.28	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86	2438.86
5	年初欠款	23723.96	18218.81	11757.71	5126.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	本年应计借款利息	926.64	711.62	459.25	200.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	本年偿还借款本金	5505.15	6461.10	6631.45	5126.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	本年偿还本利合计	6431.79	7172.71	7090.69	5326.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	年末欠款	18218.81	11757.71	5126.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	贷款偿还期(含建设期)	5.75	年										
	注： 贷款有效利率	3.91%											

表 15-9 项目投资现金流量表

单位：万元

序号	项 目	建设期		生 产 期											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	生产负荷(%)			90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	现金流入														
1	销售收入	0.00	0.00	35545.05	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50
2	设备增值税抵			0.00											
3	回收固定资产余值														3457.61
4	回收流动资金														248.58
5	营业外收入														
	流入小计	0.00	0.00	35545.05	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	43200.70
二	现金流出														
1	建设投资	9600.00	22400.00												
2	流动资金			247.71	0.88	0.00	0.00								
3	经营成本			27434.59	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37
4	增值税			180.63	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70
5	销售税金及附加			21.68	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08
6	调整所得税			1367.32	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62
	流出小计	9600.00	22400.00	29251.93	32053.65	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78
三	净现金流量	-9600.00	-22400.00	6293.12	7440.85	7441.72	7441.72	7441.72	7441.72	7441.72	7441.72	7441.72	7441.72	7441.72	11147.92
四	累计净现金流量	-9600.00	-32000.00	-25706.88	-18266.03	-10824.31	-3382.58	4059.14	11500.87	18942.59	26384.32	33826.04	41267.77	48709.49	59857.42
五	所得税前净现金流量	-9600.00	-22400.00	7660.44	9108.47	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	9109.35	12815.54
六	累计所得税前净现金	-9600.00	-32000.00	-24339.00	-15231.00	-6121.70	2987.60	12096.00	21206.00	30315.00	39424.00	48534.00	57643.00	66753.00	79568.00

	流量	0	00	56	09	4	0	95	30	64	99	33	68	03	57	
七	计算指标	所得税前			所得税后											
	投资回收期=	5.67 年			6.45 年											
	净现值(NPV)=	18280.9 5 万元			10259.7 9 万元											
	内部收益率(FIRR)=	23.92 %			18.99 %											

表 15-10 财务计划现金流量表

单位：万元

序号	项 目	建设期		生 产 期													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	合计	
	生产负荷(%)			90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
1	经营活动净现金流量			6772.49	7619.63	7556.54	7491.78	7441.72	7441.72	7441.72	7441.72	7441.72	7441.72	7441.72	11147.92	92680.44	
1.1	现金流入			35545.05	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	43200.70	473690.75	
1.1.1	销售收入(含税)			35545.05	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	39494.50	469984.55	
1.1.2	增值税销项税额			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.1.3	设备增值税抵扣			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.1.4	其他流入														3706.20	3706.20	
1.2	现金流出			28772.56	31874.87	31937.96	32002.72	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	32052.78	381010.31	
1.2.1	经营成本(含税)			27434.59	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	30160.37	359198.63	
1.2.2	增值税进项税额			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.2.3	销售税金及附加			21.68	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	286.60	
1.2.4	增值税			180.63	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	200.70	2388.36	
1.2.5	所得税			1135.66	1489.72	1552.81	1617.56	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	1667.62	19136.72	
1.2.6	其他流出															0.00	
2	投资活动净现金流量	-9600.00	-22400.00	-247.71	-0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-32248.58	
2.1	现金流入	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

2.1.1	设备增值税抵扣			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.2	现金流出	9600.00	22400.00	247.71	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32248.58
2.2.1	建设投资	9600.00	22400.00													32000.00
2.2.2	维持运营投资															0.00
2.2.3	流动资金			247.71	0.88	0.00										248.58
2.2.4	其他流出															0.00
3	筹资活动净现金流量	9600.00	22400.00	-6184.08	-7171.84	-7090.69	-5326.49	-4502.58	-4502.58	-4502.58	-4502.58	-4502.58	-4502.58	-4502.58	-4502.58	-29793.72
3.1	现金流入	9734.75	22989.20	247.71	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32972.54
3.1.1	项目资本金投入	2700.00	6300.00	247.71	0.88	0.00										9248.58
3.1.2	建设投资借款	7034.75	16689.20													23723.96
3.1.3	流动资金借款			0.00	0.00	0.00										0.00
3.1.4	债券															0.00
3.1.5	短期借款															0.00
3.1.6	其他流入															0.00
3.2	现金流出	134.75	589.20	6431.79	7172.71	7090.69	5326.49	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	62766.27
3.2.1	各种利息支出	134.75	589.20	926.64	711.62	459.25	200.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3021.70
3.2.2	偿还借款本金			5505.15	6461.10	6631.45	5126.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23723.96
3.2.3	应付利润			0.00	0.00	0.00	0.00	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	4502.58	36020.61
4	净现金流量	0.00	0.00	340.70	446.92	465.84	2165.29	2939.15	2939.15	2939.15	2939.15	2939.15	2939.15	2939.15	6645.35	30638.13

5	累计盈余资金	0.00	0.00	340.70	787.61	1253.46	3418.74	6357.89	9297.04	12236.19	15175.34	18114.48	21053.63	23992.78	30638.13	
---	--------	------	------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	--

表 15-11 资产负债表

单位：万元

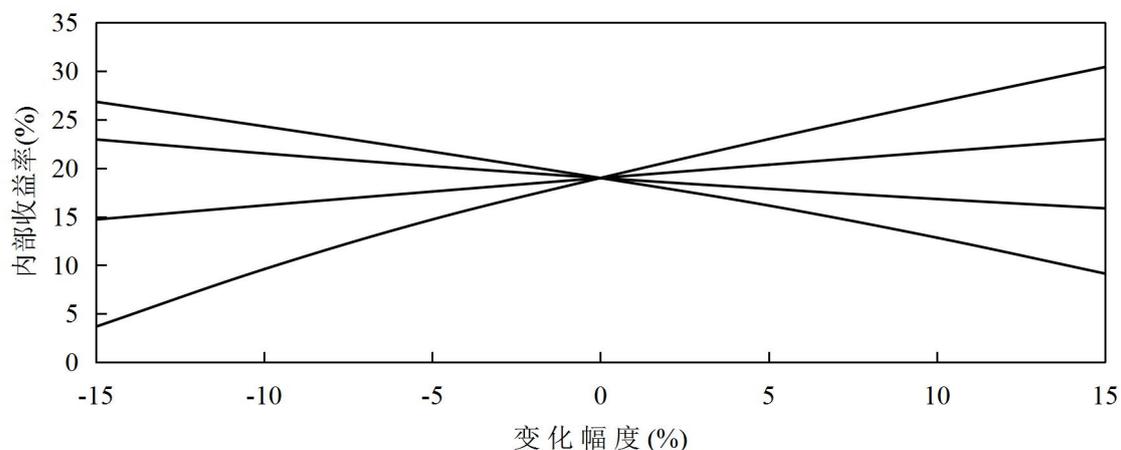
序号	项 目	建设期		生 产 期											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
一	资产	9734.7 5	32723.9 6	33251.6 4	31524.8 1	29551.7 9	29278.2 2	29778.5 0	30278.7 9	30779.0 8	31279.3 6	31779.6 5	32279.9 4	32780.2 2	33280.5 1
1	流动资产总额			2966.55	3678.58	4144.42	6309.71	9248.86	12188.0 1	15127.1 5	18066.3 0	21005.4 5	23944.6 0	26883.7 5	29822.9 0
1.1	应收帐款			838.28	921.57	921.57	921.57	921.57	921.57	921.57	921.57	921.57	921.57	921.57	921.57
1.2	存货			1702.42	1883.74	1883.74	1883.74	1883.74	1883.74	1883.74	1883.74	1883.74	1883.74	1883.74	1883.74
1.3	现金			85.15	85.66	85.66	85.66	85.66	85.66	85.66	85.66	85.66	85.66	85.66	85.66
1.4	累计盈余资金			340.70	787.61	1253.46	3418.74	6357.89	9297.04	12236.1 9	15175.3 4	18114.4 8	21053.6 3	23992.7 8	26931.9 3
2	在建工程	9734.7 5	32723.9 6												
3	固定资产净值			30285.0 9	27846.2 3	25407.3 7	22968.5 1	20529.6 5	18090.7 9	15651.9 2	13213.0 6	10774.2 0	8335.34	5896.48	3457.61
4	无形及递延资产净值			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二	负债及所有者权益	9734.7 5	32723.9 6	33251.6 4	31524.8 1	29551.7 9	29278.2 2	29778.5 0	30278.7 9	30779.0 8	31279.3 6	31779.6 5	32279.9 4	32780.2 2	33280.5 1
1	流动负债总额			2378.14	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38
1.1	应付帐款			2378.14	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38
1.2	流动资金借款			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3	其他短期贷款														
2	长期借款	7034.7 5	23723.9 6	18218.8 1	11757.7 1	5126.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	负债小计	7034.7 5	23723.9 6	20596.9 5	14400.0 9	7768.65	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38	2642.38
3	所有者权益	2700.0 0	9000.00	12654.6 9	17124.7 2	21783.1 5	26635.8 4	27136.1 2	27636.4 1	28136.7 0	28636.9 8	29137.2 7	29637.5 5	30137.8 4	30638.1 3
1.1	设备增值税抵扣			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.2	资本金	2700.0 0	9000.00	9247.71	9248.58	9248.58	9248.58	9248.58	9248.58	9248.58	9248.58	9248.58	9248.58	9248.58	9248.58

1.3	累计盈余公积金			340.70	787.61	1253.46	1738.73	2239.01	2739.30	3239.58	3739.87	4240.16	4740.44	5240.73	5741.02
1.4	累计未分配利润			3066.29	7088.52	11281.11	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53	15648.53

表 15-12 敏感性分析表

序号	项目	变化幅度 (%)						
		-15	-10	-5	0	5	10	15
1	建设投资	22.96	21.52	20.20	18.99	17.87	16.82	15.86
2	产品售价	3.67	9.59	14.71	18.99	22.99	26.79	30.42
3	原料价格	26.84	24.31	21.70	18.99	16.15	12.84	9.14
4	生产能力	14.71	16.17	17.59	18.99	20.35	21.68	22.99

敏感性分析图



第十五章 结论

15.1 综合评价

硫磺是提供能源和生产硫酸的理想原料。硫磺经焚烧后能产生大量的热源，硫磺制酸本身又具有工艺流程简短，热能利用率高，投资少，环境效益好等优点，且动力消耗和公用工程费用低，无废渣、废水的排放。另外，硫磺制酸建设周期短，操作管理方便。其经济效益是十分显著的。

通过硫磺市场的调查，国际上硫磺资源较为丰富，国内硫磺回收潜力也较大。山东鲁北化工股份有限公司采用进口的固体/液体硫磺为原料，供应可靠，价格比较合理，对于本项目而言，是可以接受的，根据国际硫磺市场供求及价格情况和发展趋势，本项目以硫磺为原料是合理的，且质量有保证。

为满足公司经营发展的用酸需求，配套设计年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目，硫酸生产过程中副产 6.4MPa，450℃中压过热蒸汽，该蒸汽用来驱动透平风机和发电，产出 1.0MPa，250℃低压蒸汽。本项目同时配套了低温热回收装置，回收一次吸收过程中的低位热能，符合国家投资政策，同时大大提高了企业的经济效益、技术水平、节能降耗，又降低成本，仅硫酸余热回收率从 60~65%提升至 90%以上，意义深远。

本项目是在国内多套大型硫磺制酸及低温热回收装置设计的基础上，结合国内近年来的实际运行经验，在稳妥可靠的前提下进行改进和提高，技术装备立足于国产化。通过完善及改进工艺，改进设备结构及材质，使本装置的技术与装备达到国内先进水平。力争使该装置技术上更稳妥、性能上更可靠、操作上更方便，投资更省。本项目在环境保护、劳动安全和工业卫生方面采用了行之有效的措施，可以达到国家规定的要求。

财务评价结果表明，静、动态效益指标都比较好，投资回收期较短，效益好。

因此，本项目可行性研究认为，项目投产后经济效益明显，同时环境效益和社会效益是巨大的，在技术上和经济上都是可行的。

15.2 结论

本报告按照可行性研究报告内容和深度所规定的要求，对山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目、公用工程方案、总图运输方案等进行了研究并进行了财务和经济分析。研究报告结论如下：

山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目原料从国外引进，

以满足生产需要，其原料来源和质量有保证。

山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目位于山东鲁北高新技术开发区，园区和本公司内有较完整的公用工程设施和生活服务设施，公司自身具备较强的机电维修能力，对生产操作和管理具有一定的经验。本项目依托公司内部的技术力量和人才优势，再引进主要技术骨干，生产岗位人员通过培训掌握硫酸装置的生产、操作。

采用的工艺技术先进、成熟可靠、适用，使各项指标处于国内先进水平。技术装备立足于国产化。本项目仅考虑引进国外的催化剂。余热回收利用率高达 90% 以上，设计中除了充分考虑回收焚硫及转化过程的高、中温位热能外。干吸工段的低温位热能都加以利用，回收，用以产生低压蒸汽的新技术。

采用“3+1”两转两吸制酸技术，采用进口优质催化剂，使二氧化硫转化率达到 99.9% 以上，增设了尾吸工段，使放空尾气污染物含量低于国家规定的排放新标准。严格执行国家字环保部 2011 年 3 月，颁布实施的新标准《硫酸工业污染物排放标准》的要求排放尾气，从而大大降低对环境的污染。

硫酸装置回收余热达 6016.365MJ/t 酸，抵偿全部燃料及动力消耗外，仍多出 5902.998MJ/t 酸，折标准煤 201.669kg/t 酸，即本装置也不仅生产硫酸产品，而且也相当于为公司每年提供 12.1001 万吨标准煤，达到硫酸装置能耗先进值。

本项目估算建设投资 32972.54 万元。年总成本费用 32563.56 万元，年平均利润总额税前为 6378.91 万元，税后为 4784.18 万元，所得税后内部收益率 18.99%，投资回收期税前为 5.67 年（含建设期），税后为 6.45 年（含建设期），高于基准收益率

综上所述，本项目可行性研究报告认为：山东鲁北化工股份有限公司年产 60 万吨硫磺制酸及余热发电项目，在技术上是可行的；经济上是合理的，该装置的建成不仅具有良好的经济效益，而且具有广泛的环境和社会效益。