

鄂尔多斯市神马建元化工有限公司

年产 30 万吨精己二酸项目

可行性研究报告

山东天力科技工程有限公司

2022 年 4 月

工程咨询单位乙级资信证书

资信类别：专业资信

单位名称：山东科院天力节能工程有限公司

住 所：山东省济南市高新区舜华路2000号舜泰广场2#楼15层1501室

统一社会信用代码：91370000678125974M

法定代表人：王宏耀 技术负责人：吴翠兰

证书编号：91370000678125974M-19ZYY19

业 务：石化、化工、医药



发证单位：山东省工程咨询协会

2019年10月22日



山东省发展和改革委员会监制

企业变更信息

企业名称：山东天力科技工程有限公司
统一社会信用代码：91370000678125974M
注册号：370000000000515

变更次:	6	变更事项(编码):	名称
变更前内容:	山东科院天力节能工程有限公司		
变更后内容:	山东天力科技工程有限公司		
核准日期:	2022-03-02		

变更次:	6	变更事项(编码):	经营范围
变更前内容:	节能技术研究、开发、服务;;节能产品与配套设备的生产、安装、调试;;节能工程、化工工程与环保工程的工程设计、安装、服务;;工程总承包;;普通机械销售。(依法须经批准的项目:经相关部门批准后方可开展经营活动);;		
变更后内容:	许可项目:建筑智能化系统设计;;建设工程设计;;特种设备设计;;特种设备制造;;建设工程监理;;建设工程施工。(依法须经批准的项目:经相关部门批准后方可开展经营活动:具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准)一般项目:工程管理服务;;工程造价咨询业务;;规划设计管理;;合同能源管理;;对外承包工程;;技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广;;安全咨询服务;;环保咨询服务;;科技中介服务;;新材料技术研发;;新材料技术推广服务;;工程和技术研究和试验发展;;温室气体排放控制技术研发;;资源再生利用技术研发;;资源循环利用服务技术咨询;;技术进出口;;固体废物治理;;运行效能评估服务;;机械设备研发;;机械设备销售;;专用设备制造(不含许可类专业设备制造);;环境保护专用设备制造;;环境保护专用设备销售;;化工产品销售(不含许可类化工产品);;专用化学产品销售(不含危险化学品);;新型催化材料及助剂销售;;生物基材料聚合技术研发;;生物基材料技术研发;;生物基材料制造;;生物基材料销售;;生物质能技术服务;;合成材料制造(不含危险化学品);;合成材料销售;;生态环境材料制造;;生态环境材料销售。(除依法须经批准的项目外:凭营业执照依法自主开展经营活动);;		
核准日期:	2022-03-02		

变更次:	6	变更事项(编码):	章程
变更前内容:			
变更后内容:			
核准日期:	2022-03-02		

鄂尔多斯市神马建元化工有限公司

年产 30 万吨精己二酸项目

可行性研究报告

项目经理：姜荣泉 高级工程师

审 核 人：吴翠兰 咨询工程师

校 核 人：曹守凯 宋书海

编制人员：朱宏志 代士凯 华东旭 赵振忠

邹柯柯 杨海涛 马晓旭 张翠勋

邢仕瑞 王玉峰 尹东华 王 艳

邓丽雪 张 培 焦明泉 仝丽娟

刘金勇 尚兆丰 李 楠 郑 辉

黄礼民 田 忠 赵治林 崔 龙

王宗辉 韩 亮 陈 胜 李义兴

朱 健 王莹莹 覃新艳 王晓红

目 录

1 总论 1

1.1 概述 1

1.2 研究结论 7

2 市场预测分析 14

2.1 产品市场分析 14

2.2 营销策略 23

2.3 价格预测 23

2.4 市场风险分析 27

3 生产规模与产品方案 30

3.1 生产规模 30

3.2 产品方案 32

4 工艺技术方案 35

4.1 工艺技术方案的选择 35

4.2 主要工艺设备 65

4.3 自动控制 66

4.4 工艺装置“三废”排放与预处理 74

4.5 装置占地与建、构筑物面积 74

5 原材料、辅助材料、燃料和动力供应 75

5.1 主要原材料、辅助材料、燃料的种类、规格、年需用量 75

5.2 主要原辅材料市场分析 80

5.3 水、电、汽和其他动力供应..... 83

6 建厂条件和厂址选择..... 87

6.1 建厂条件..... 87

6.2 厂（场）址选择..... 93

7 总图运输、储运、土建、界区内外管网..... 94

7.1 总图运输..... 94

7.2 储运..... 101

7.3 厂区外管网..... 105

7.4 土建..... 105

8 公用工程方案和辅助生产设施..... 111

8.1 给排水..... 111

8.2 供电..... 123

8.3 电信..... 125

8.4 供热..... 127

8.5 蒸汽冷凝水回收..... 131

8.6 供冷..... 132

8.7 压缩空气、仪表空气供给..... 132

8.8 采暖、通风和空气调节..... 132

9 节能..... 135

9.1 项目应遵循的合理用能标准及节能设计规范..... 135

9.2 项目用能概况及状况..... 136

9.3 项目能源供应状况..... 137

9.4 项目节能分析与措施..... 137

9.5 项目能耗指标.....	140
9.6 能耗分析.....	141
10 节水.....	143
10.1 编制依据.....	143
10.2 项目用水概况.....	143
10.3 水资源供应状况.....	143
10.4 项目节水技术应用与措施.....	143
10.5 水耗指标及分析.....	144
10.6 用水计量和管理.....	144
11 消防.....	145
11.1 编制依据.....	145
11.2 消防环境现状和依托条件.....	146
11.3 工程的火灾危险性类别.....	146
11.4 采用的防火措施及配置消防设施.....	146
12 环境保护.....	151
12.1 厂址与环境现状.....	151
12.2 执行的环境质量标准及排放标准.....	153
12.3 主要污染源.....	154
12.4 环境保护治理措施及方案.....	157
12.5 预计达到的效果.....	159
12.6 环境管理及监测.....	159
12.7 环境影响分析与结论.....	160
13 职业卫生.....	161

13.1 执行的法律法规、部门规章及标准规范	161
13.2 职业病危害因素和职业病分析	164
13.3 采取的职业卫生措施	171
13.4 职业卫生管理机构	177
13.5 专项投资估算	177
13.6 预期效果及建议	178
14 安全	179
14.1 编制依据	179
14.2 生产过程中的危害因素分析	183
14.3 环境危害因素分析	187
14.4 采取的安全措施	189
14.5 安全管理机构及人员配置	194
14.6 安全专项投资估算	195
15 抗震	197
16 组织机构与人力资源配置	198
16.1 工厂组织机构	198
16.2 生产班次和定员	198
16.3 人员来源和培训	198
17 项目实施计划	200
17.1 建设周期阶段	200
17.2 实施进度规划	201
18 投资估算	202
18.1 投资估算概况	202

18.2 投资估算编制依据和说明..... 202

18.3 建设投资估算..... 203

18.4 建设期利息估算..... 204

18.5 流动资金估算..... 204

18.6 总投资估算..... 204

19 资金筹措..... 205

19.1 融资方式..... 205

19.2 权益资本（资本金） 筹措和使用计划..... 205

19.3 债务资金筹措和使用计划..... 205

19.4 融资风险分析..... 206

19.5 融资结构分析..... 206

20 财务分析..... 207

20.1 产品成本和费用估算..... 207

20.2 营业（销售）收入和税金估算..... 209

20.3 财务评价..... 210

20.4 财务评价结论..... 213

20.5 财务分析附表..... 213

21 研究结论..... 214

21.1 综合评价..... 214

21.2 研究报告的结论..... 214

附表：

18-1 项目投资估算表

20-1 主要经济数据及评价指标表

20-2	流动资金估算表
20-3	项目总投资计划与资金筹措表
20-4	总成本费用估算表
20-4A	外购原材料费估算表
20-4B	外购燃料和动力费估算表
20-4C	固定资产折旧费估算表
20-5	营业收入、税金及附加估算表
20-6	利润和利润分配表
20-7A	项目投资现金流量表
20-7B	项目资本金现金流量表
20-8	借款还本付息计划表
20-9	财务计划现金流量表
20-10	资产负债表
20-11	敏感性分析汇总表

附图：

- (1) 总平面布置图
- (2) 区域位置图
- (3) 物料平衡图
- (4) 蒸汽平衡图
- (5) 水平衡图
- (6) 电气主接线图

1 总论

1.1 概述

1.1.1 项目名称与主办单位

项目名称：鄂尔多斯市神马建元化工有限公司年产 30 万吨精己二酸项目

承办单位：鄂尔多斯市神马建元化工有限公司

企业性质：合资企业

法人代表：石小石

投资项目性质及类型：新建

项目建设地址：鄂托克旗棋盘井工业园

编制单位：山东天力科技工程有限公司

1.1.2 可行性研究报告编制的依据、指导思想和原则

1.1.2.1 编制依据

(1) 鄂尔多斯市神马建元化工有限公司与山东天力科技工程有限公司签订的工程咨询合同；

(2) 鄂尔多斯市神马建元化工有限公司提供的地形图及其它文字性基础资料和数据；

(3) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》；

(4) 《化工投资项目可行性研究报告编制办法（2012 年修订版）》（中国石油和化学工业联合会）；（中石化联产发[2012]115 号）。

(5) 有关成套设备供货商提供的相关资料。

1.1.2.2 主要编制原则

(1) 遵守国家和地方有关部门的各项政策、法规、法令、标准和规范，符合国家的产业政策、投资方向。

(2) 按照“工艺先进、技术成熟、装置可靠、经济运行合理”的基本原则，采用国内先进生产技术，以确保工厂建成投产后其操作运行稳定、能耗低、三废排放少、产品质量好，经济效益明显，使产品在国内乃至国际均具有较强的市场竞争能力。

(3) 重视项目建设过程中环境保护、安全和工业卫生问题，三废治理、消防、安全、劳动保护措施与主体装置同时设计、同时建设、同时投运。尽可能减少对环境的污染，对排出的三废加以综合利用，不能回收利用的做到达标排放。并保证工厂安全运行和操作人员健康不受损害，建设一个生产安全、卫生清洁、符合规范的生产环境。

(4) 以经济效益为中心，加强项目的市场调研，选择产品品种应适应市场需求的变化。按照“少投入、多产出、快速发展”的原则和工厂设计模式的要求，充分利用现有辅助设施和行政生活设施，尽可能节省项目建设投资，实事求是地优化各项成本要素，最大限度地降低项目产品生产成本，提高项目经济效益，增强项目产品的竞争能力。

(5) 从厂区实际情况出发，在满足生产工艺流程需要，符合安全、卫生和环保要求的前提下，充分利用现有可依托设施，合理紧凑布置，力求达到工艺流程顺畅、管线短捷、运输便利、管理合理、节约用地、节省投资的目的。

(6) 项目充分利用鄂尔多斯市神马建元化工有限公司现有或规划的水、电、汽、污水处理等公用工程及辅助设施，进一步节省投资，加快项目建设进度。

(7) 编制计算科学合理，对项目建设、生产和经营进行风险分析，并留有余地；对尚未落实的问题进行如实反映，并提出解决的措施。

1.1.3 企业概况

鄂尔多斯市神马建元化工有限公司，属于鄂托克旗建元煤焦化有限公司与河南平煤神马集团合资设立的新公司，属于化学原料和化学品制造业。

中国平煤神马能源化工集团有限责任公司（以下简称“中国平煤神马集团”）是以能源化工为主的国有特大型企业集团，是全国品质最优的主焦煤生产基地和世界最大的尼龙化工产品生产基地，打通了煤基尼龙、炭素和光伏三条全国能源化工行业独具特色的产业链条。工业丝、帘子布、糖精钠产能世界第一，尼龙 66 盐、工程塑料产能亚洲第一，主焦煤、焦炭、硅烷气、超高功率石墨电极、高效单晶硅电池片产能全国第一。精己二酸品质优良，国内市场占有率第一。产品远销 40 多个国家和地区，与

40 多家世界 500 强企业及跨国集团建立了战略合作关系。旗下拥有平煤股份、神马股份和易成新能 3 个上市公司和 7 家新三板挂牌企业。

鄂托克旗建元煤焦化有限责任公司（以下简称“建元公司”）由中国三维能源集团与香港中华煤气公司共同组建，是国内大型煤焦化一体化产业集团，拥有丰富焦煤、焦炭、蒸汽、氢气、加氢苯等资源，主要涉及煤炭开采、洗选、炼焦、化工等产业，已经形成了年产 500 万吨焦煤、600 万吨洗选、500 万吨捣固焦、20 万吨苯加氢，30 万吨煤焦油、26 万吨乙二醇、5 万吨 LNG 的生产规模，煤-焦-化循环经济产业链已初具雏形。

其中，建元年产 500 万吨捣固焦项目总投资 120 亿元，项目分三期建设：一期年产 96 万吨规模于 2009 年建成并投产，配套建设焦炉煤气甲烷化年产 5 万吨 LNG 项目，20 万吨粗苯加工项目；二期年产 280 万吨于 2020 年试车投产并配套建设年产 26 万吨乙二醇项目；三期年产 120 万吨拟于 2021 年 4 月份试车投产并配套建设焦炉煤气综合利用项目。

年产 26 万吨乙二醇项目总投资 22 亿，为全球首套焦炉煤气制乙二醇装置，从资源利用和环境保护角度而言，焦炉煤气将原有焦化装置的废气作为原料二次利用生产乙二醇，提高就地转化率，降低综合能耗，符合国家绿色焦化和新材料产品发展的相关政策，践行以生态优先、绿色发展为导向的高质量发展新路子的要求。

1.1.4 项目提出的背景，投资的目的、意义和必要性

1.1.4.1 项目提出的背景

党的十八大以来，习近平总书记十分关心内蒙古经济社会发展，在 2014 年和 2019 年两次考察内蒙古，提出包括鄂尔多斯市在内的内蒙古能源富集地区是国家重要能源和战略资源基地，要把现代能源经济这篇文章做好。2019 年，总书记在参加两会审议时，要求内蒙古探索出一条符合战略定位、体现内蒙古特色，以生态优先、绿色发展为导向的高质量发展新路子。鄂尔多斯市人民政府牢记总书记嘱托，全面推进以循环经济为重点的可持续发展战略，积极引领资源型企业向绿色低碳转型升级，促使建元煤焦化形成了以煤焦化产业链向尼龙相关产品延伸发展的清晰发展战略，提出了不断延伸以煤炭-焦油-苯-煤气为原料的四条产业链，实现资源就地高效转化、吃干榨净，达到二氧化碳零排放，实现企业的绿色和可持续发展，成为国内煤、焦、化一体化产业链最完整企业的发展目标，提出了向下游延链发展尼龙产品、建设环己醇和己二酸项目的规划。

中国平煤神马集团拥有先进的尼龙化工全流程专有技术，具有世界知名品牌的显著市场优势。为了加快尼龙产业的技术进步和规模发展战略，“十四五”已经明确了尼龙相关产品的发展目标，提出了依靠优势资源、增产建设精己二酸产品的项目规划。

中国平煤神马集团具有的技术、人才、管理和市场优势，和建元煤焦化公司拥有的苯、氢气、蒸汽与合成氨资源优势，具有明显的优势互补合作基础。基于一致的项目规划和发展目标，2021 年 11 月经双方友好协商，确定实施战略合作、组建鄂尔多斯市神马建元化工有限公司，在棋盘井园区共同建设 20 万吨环己醇、30 万吨精己二酸装置。

1.1.4.2 项目投资的目的和意义

1、实现建元煤焦化产业链的有效延伸

内蒙古自治区是国家重要的能源和战略资源基地，目前正在全面推进以循环经济为重点的可持续发展战略，积极引领资源型企业向绿色低碳转型升级，促进煤化工产业的高端化、多元化、低碳化发展，提高煤炭作为化工原料的综合利用效能。

建元煤焦化是一个资源型企业，目前已经形成了煤炭-洗煤-焦化的煤头产业链；粗苯加氢精制产业链；焦炉煤气-LNG、乙二醇产业链。由平煤神马提供技术、人才、生产运营和市场管理，利用建元煤化资源合作建设 30 万吨/年己二酸项目，是建元煤焦化推行自治区可持续发展战略，转变资源产业发展方式，实现产业链有效延伸、资源就地高效转化，向绿色低碳转型升级的具体举措，对企业的长效发展具有深远的战略意义。

2、填补平煤神马的扩产缺口和满足市场需求

根据中国平煤神马集团“十四五”发展规划，所属尼龙科技公司其己内酰胺增产改造项目实施后，将存在一定的环己醇原料缺口；其精己二酸高端产品在华东市场尚不能满足客户需求。本项目的合作建设，将会有效缓解精己二酸产品的华东市场压力，为尼龙科技己内酰胺增产改造形成原料供应保障。

3、为了实现共同的发展目标，合作建设 30 万吨/年己二酸项目，实施双方的强强联合，能够互补短板，将更具有市场竞争力，实现互惠双赢。

1.1.4.3 项目投资的必要性

1、适应市场发展的需要

近年来全球很多国家和地区，己二酸的消费量都一直保持了增长态势，而亚太地区已经成为己二酸最主要的生产地区。2009 年国家出台的《十大产业振兴规划》极大地拉动聚氨酯产业的发展，直接增加了对己二酸产品的需求量。虽然近几年国内己二酸的生产能力逐年有所增加，但面对下游旺盛的消费需求，国产己二酸供应量一直不能满足市场需要，使得我国的一部分己二酸供应长期依赖进口。

随着我国经济的快速发展，尼龙 66 盐下游产业链的延伸和扩展，聚氨酯的大量应用和应用领域的扩展，我国对己二酸原料的需求量将与日俱增。经分析，以后相当长的时间国内己二酸市场还会由较大的新增需求，主要表现在：

（1）尼龙 66 的发展趋势

随着己二腈原料瓶颈打破，国内尼龙 66 产业产能将倍增，英威达 40 万吨/年上海工厂、国内齐翔腾达首期 20 万吨/年己二腈装置约在 2023 年投产，国内己二腈未来的产能还将包括河南神马、重庆华峰、河南峡光等，重庆华峰已在 2020 年底宣布 30 万吨/年己二腈项目开工，而其 5 万吨/年己二腈装置已投产。

因尼龙 66 综合性能比尼龙 6 好，随着己二腈生产规模扩大，成本降低，尼龙 66 的应用潜力会迅速释放。未来，随着尼龙 66 价格下调和供应充足，预计 2025 年国内尼龙 66 可新增约 50 万吨用量，对己二酸的需要将增加 30 万吨。

（2）可降解塑料市场

PBAT 属于热塑性生物降解塑料，在环保政策的驱动下，PBAT 正在迎来市场发展的大机遇，国内已有多家企业积极布局新项目。据统计，2022 年之前国内将有二十多个 PBAT 项目开始建设，原料配套将成为未来 PBAT 行业竞争的重要影响因素。作为 PBAT 主要原料之一的己二酸，也将迎来新一轮的发展。根据 2021 年 6 月的最新统计，国内已有产能为 31.7 万吨/年，预测到 2025 年底我国 PBAT 产能要超过 300 万吨，需要配套或新增的己二酸需求量将超过 90 万吨/年。

（3）其它领域

一是 1,6-己二醇领域，包括山东元利、东营庆祥等在建项目产能约 10 万吨，需要对应配套 10 万吨/年的己二酸产能。二是 TPU 领域，由于我国 TPU 产业起步晚，现正处在高速发展期，近五年国内 TPU 产量年均增长率为 13%，预测未来仍将保持高速增长，按年增长率 13% 计算，到 2025 年 TPU 行业新增己二酸需求量为 25 万吨。三是已经投产己二酸法制己二腈装置，年消耗己二酸约 7 万吨。四是尼龙 56 等新兴行业，也将推动己二酸需求的快速增长等。

综上所述，利用中国平煤神马集团具有的技术、人才、管理和市场优势，和建元煤焦化公司拥有的苯、氢气、蒸汽与合成氨等资源优势，强强联合、互补短板，合作建设 30 万吨/年己二酸项目，抓住己二酸产业发展的绝佳时机，在日趋激烈的市场竞争中占得先机，共同实现双方的战略发展目标，很有必要。

2、稳定平煤神马己二酸市场主导地位

目前平煤神马己二酸商品流通量最大，约 32 万吨，占比超过 30%，在国内市场上是绝对的领导地位，品牌、口碑国内一流。但是在 2020 年华峰 20 万吨精己二酸装置已经投产，而且还在计划建设五期、六期己二酸装置，预计 2 年内其己二酸产能将达 40 万吨/年；2021 年华鲁 20 万吨装置也已投产，后续的产能扩展目标为 36 万吨/年；自此，现有的市场格局将会逐渐被打破。同时，随着平煤神马新建项目的投产，己二酸自用量还会不断增加，预计到 2022 年平煤神马的己二酸对外商品供应量将会降至 25 万吨/年，其市场主导地位将会被华峰和华鲁超越。

合作建设 30 万吨/年己二酸项目，将会有效提升中国平煤神马的高端精己二酸市场供应能力，在未来国内己二酸市场逐渐形成以平煤神马、华峰、华鲁为主三足鼎立的格局下占得先机，稳定平煤神马在己二酸市场的主导地位。

3、实现建元煤焦化产业链延伸的战略目标

目前鄂尔多斯市委、市政府的经济发展重点正在全力瞄向生态优先、绿色发展这场资源型城市的绿色低碳转型战。鄂托克旗也已明确提出了资源产业是我们的优势，转变发展方式不是抛弃资源型产业，而是延长资源型产业链，把原料行业变成材料行业，产业链往下游走，实现煤到布的跨越的发展战略。合作建设年产 30 万吨精己二酸项目，不仅技术有保障、产品有出路，即符合政府产业政策、转变了经济增长方式，也推动建元煤焦化完美地实现了产业链延伸的战略目标。

1.1.5 研究内容和范围

1.1.5.1 研究内容

- (1) 综合分析国内外产品市场需求和发展前景。
- (2) 根据市场预测及当前工业化生产的实际状况，提出本项目产品方案及装置的建设规模。
- (3) 根据国内外生产工艺技术的现状，确定技术先进、安全可靠、经济合理的工艺

技术方案；

(4) 依据工艺技术方案确定的消耗指标，估算出本项目原材料、辅助材料的年需求量，并初步确定其供应方案，估算本项目的能耗指标。

(5) 研究项目建设条件，确定建设用地规划方案及公用工程、辅助设施的初步建设与依托方案。

(6) 根据当地环境状况及产生的主要污染物等情况，研究制定相应的环保措施及治理方案。

(7) 分析项目可能存在的职业危害及火灾、爆炸、中毒等危险性，提出相应的防护措施。

(8) 根据项目需求，研究确定项目所需人员、管理体制及组织机构。

(9) 研究确定项目建设周期及实施计划。

(10) 综合分析项目投资、经济效益及发展前景。

1.1.5.2 研究范围

根据业主建设发展规划，项目建成后达到年产 30 万吨精己二酸。生产装置包含：27 万吨/年硝酸、20 万吨/年环己醇、2×15 万吨/年己二酸装置。并配套建设新鲜水、消防水、化学水、循环水、空分空压、冷冻站、污水处理场、总变电站、中央控制室、化验室、食堂、机修等公用工程及辅助设施。

1.2 研究结论

1.2.1 主要研究结论

根据业主建设发展规划，项目建成后达到年产 30 万吨精己二酸。生产装置包含：27 万吨/年硝酸、20 万吨/年环己醇、2×15 万吨/年己二酸装置。并配套建设新鲜水、消防水、化学水、循环水、空分空压、冷冻站、污水处理场、总变电站、中央控制室、化验室、食堂、机修等公用工程及辅助设施。

项目拟建场地位于鄂尔多斯市神马建元化工有限公司现有厂区，可充分依托厂区现有的生产资源及公用工程资源，使工程具有建设投资省、建设周期短的特点。

(1) 从国家政策方面看，对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目不属于该目录中的“限制类”或“淘汰类”产业，符合国家产业发展政策。

(2) 从企业发展规划方面看：本项目实施以后，主要产品己二酸为高品质精己二酸，在行业内更具竞争力，更符合公司做精、做强己二酸产业链的发展战略要求。

(3) 从工艺技术选择方面看：本项目采用由平煤神马提供的以苯为原料，采用部分苯加氢技术生产环己烯，水合法生产环己醇；环己醇硝酸氧化工艺生产己二酸的工艺路线。整个工艺技术先进、原材料消耗低，经济效益较好，是目前国内外己二酸主导生产工艺，平煤神马拥有多套成熟的生产装置，适合本工程选择。本工程设备制造除个别增稠器、离心机、大型 DCS 系统等考虑国外采购外，其余设备均立足国内采购与加工制造。

(4) 从厂址选择和原辅材料及公用工程供应方面看：本工程拟建于鄂尔多斯市神马建元化工有限公司现有园区内，可充分利用园区内原辅材料及公用工程配套齐全的条件。

(5) 从清洁生产方面看：本项目由于采用了先进的生产技术，原料利用率高、消耗低，因而相应排放的废物少。生产过程产生的三废均采用综合处理，达到国家和地方的排放标准，符合清洁生产的要求。

(6) 从安全生产和劳动保护方面看：本项目对职业安全卫生，从场地布置到设备布置，从 DCS 控制到 SIS 安全仪表系统，从原料运输到产品出厂，采取了一系列的防范措施，装置的安全性和操作环境是可接受的。

(7) 从节能降耗方面看：本项目通过生产资源的综合、循环利用，采用节能工艺和设备，节能效果明显，降低了原材料和能量的消耗。

(8) 从经济效益方面看：本项目实施以后，在不考虑政府的产业政策支持带来的效益前提下，内部收益率大于行业基准收益率，净现值为正，投资回收期小于行业基准指标，平均年投资利润率、平均年投资利税率均大于行业基准指标，项目具有较好的经济效益，有较强的还债能力，因此本项目在经济上是可行的。

因此本项目无论从产业政策、市场前景、工艺技术、厂址选址，还是经济效益、社会效益、环境保护、安全卫生、清洁生产等方面来分析，都是切实可行的。

1.2.2 风险和建议

(1) 建议统筹考虑现有厂区的公用工程与辅助设施，落实本项目配套建设的公用工程装置的内容和能力。

(2) 本项目需向银行贷款 254549 万元，应加强与相关贷款银行的沟通与贷款申请，尽快取得相关银行的贷款承诺书。

(3) 建议尽快进行项目节能评价、环境影响评价、安全设立评价及职业病防护设立评价。

表 1.2.1 主要技术经济指标表

项目主要技术经济指标汇总表				
序号	项目名称	单位	数量	备注
1	装置规模		合计	
1.1	环己烯法环己醇装置	万吨/年	20	中间产品：环己醇
1.3	硝酸装置	万吨/年	27	中间产品：硝酸
1.4	己二酸装置	万吨/年	30	产品：己二酸
1.5	亚硝气减排装置	万吨/年	9	亚硝气减排
2	产品方案			
2.1	己二酸	万吨/年	30	产品
2.3	二元酸	万吨/年	2.1	产品
2.4	环己烷	万吨/年	4.0	副产品
2.5	轻质油	万吨/年	0.43	副产品
2.6	重质油	万吨/年	0.11	副产品
3	年操作时间			
3.1	环己醇装置	h	8000	
3.3	硝酸装置	h	8000	
3.4	己二酸装置	h	8000	
3.5	亚硝气减排装置	h	8000	
4	主要原材料消耗			
4.1	氢气	万 Nm3	13000	
4.2	苯	万吨/年	19.4	
4.3	液氨	万吨/年	7.7	
5	主要公用工程用量	/h		/小时用量
5.1	电	kwh	32036	新建 35KV 变电站
5.2	高压蒸汽	t	20	外部公用工程装置供

5.3	中压蒸汽	t	153	外部公用工程装置供
5.4	低压蒸汽	t	117	外部公用工程装置供
5.5	冷却水	t	39915	自建循环水站供
5.6	冷冻水	t	5813	自建冷冻站供
5.7	纯水	t	178	自建化学水站供
5.8	新鲜水	t	206	外部公用工程装置供
5.9	氮气	Nm3	2199	外部公用工程装置供
5.10	压缩空气	Nm3	3148	自建空压装置供
5.11	仪表空气	Nm3	2140	自建空压装置供
5.12	脱盐水	t	24	自建化学水站供
6	三废排放量			
6.1	废水	t/h	304	处理后回用
6.2	废气	Nm3/h	82729	
6.3	废固	t/a	385.5	
7	运输量			
7.1	运入量	万吨/年	27.11	
7.2	运出量	万吨/年	36.64	
7.3	总运输量	万吨/年	63.75	
8	总定员	人	500	
9	总占地面积	公顷	35	
10	全厂建筑面积	m2		
11	万元工业总产值综合能耗	公斤标煤	848	
	万元工业增加值综合能耗	公斤标煤	2339	
12	项目总投资	万元	356479	
12.1	建设投资	万元	321131	
12.2	建设期借款利息	万元	11439	
12.3	流动资金	万元	23909	

13	项目报批总投资	万元	339743	
13.1	建设投资	万元	321131	
13.2	建设期借款利息	万元	11439	
13.3	铺底流动资金	万元	7173	
14	项目资本金（EC）	万元	101930	
	资本金比例	%	30	占报批总投资比例
15	年均营业收入	万元	295581	生产期平均值
16	成本费用			
16.1	年均总成本费用	万元	255698	生产期平均值
16.2	年均单位完成费用	元/吨	8523	生产期平均值
17	利润			
17.1	年均利润总额	万元	38644	生产期平均值
17.2	年均净利润（PAT）	万元	28983	生产期平均值
18	年均营业税金及附加	万元	1239	生产期平均值
19	年均增值税	万元	12459	生产期平均值
20	项目投资财务内部收益率（FIRR）			
20.1	所得税后	%	12.72	
20.2	所得税前	%	16.01	
21	项目投资财务净现值（FNPV）			
21.1	所得税后	万元	11965	ic=12%
21.2	所得税前	万元	69501	ic=12%
22	项目投资回收期（Pt）			
22.1	所得税后	年	8.21	含建设期
22.2	所得税前	年	7.17	含建设期
23	资本金财务内部收益率	%	20.92	
24	资本金财务净现值	万元	68691	
25	总投资收益率（ROI）	%	11.96	生产期平均值

26	资本金净利润率（ROE）	%	28.43	生产期平均值
27	利息备付率（ICR）		2.29~16.40	还款期内
28	偿债备付率（DSCR）		1.06~1.27	还款期内
29	借款偿还期	年	7	不含建设期
30	盈亏平衡开工率（BEP）	%	61.94	

2 市场预测分析

2.1 产品市场分析

2.1.1 产品现有品种、型号、规格质量标准情况和用途

2.1.1.1 产品质量指标

(1) 产品己二酸质量指标

指标达到精己二酸指标要求。

表 2.1.1.1-1 己二酸产品的质量指标

序号	项 目	单位	指标	备注
1	外观		白色结晶粉末	
2	纯度	wt%	≥99.8	
3	熔点	℃	≥152	
4	铵溶液色度，铂钴-色号	Hazen	≤5.0	
5	水分	wt%	≤0.2	
6	灰分	mg/kg	≤4	
7	铁	mg/kg	≤0.4	
8	硝酸根含量	wtppm	≤3.0	

(2) 产品环己醇质量指标

表 2.1.1.1-2 环己醇主要质量指标

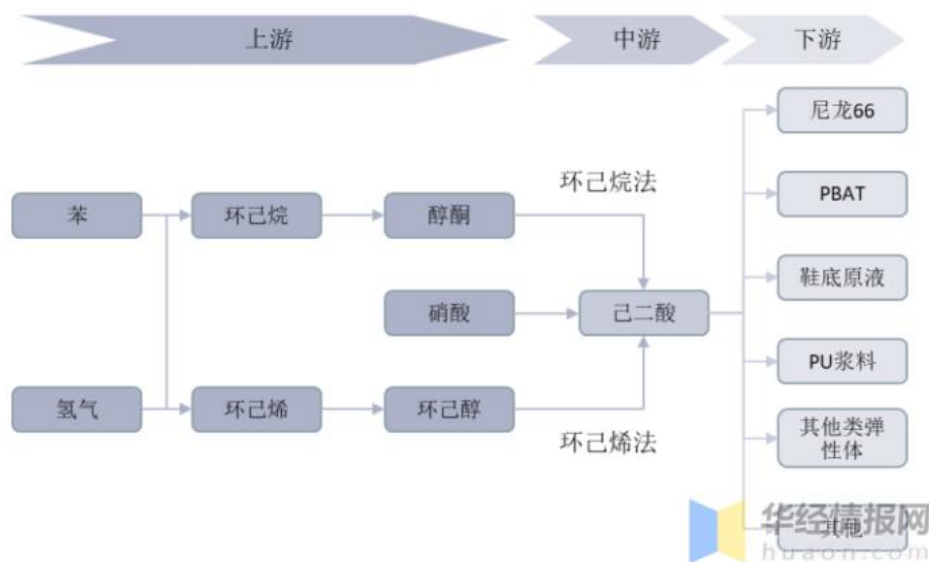
序号	项目	单位	指标	分析方法
1	色度	APHA	≤10	
2	环己醇纯度	wt%（干基）	≥99.5	
3	环己酮纯度	wt%（干基）	≤ 2	
4	高沸物	wt%	≤0.2	
5	低沸物	wt%	≤0.3	

2.1.1.2 产品用途

己二酸是一种重要的有机化工原料，主要用途可按尼龙、非尼龙产品分类。目前世界上己二酸用于制造尼龙 66 约占总产能的 73%，在非尼龙产品上的用途约占总产能的

27%。

己二酸在尼龙产品方面的用途主要是通过和己二胺的中和反应生产尼龙 66 盐，尼龙 66 盐进一步缩聚反应可以生产尼龙 66 纤维和尼龙 66 树脂。非尼龙应用主要是通过同多元醇的缩合反应生成聚酯多元醇，进而生产各种聚氨酯类产品，如聚氨酯鞋底树脂、聚氨酯合成革用树脂、聚氨酯胶粘剂、热塑性聚氨酯（TPU）、聚氨酯橡胶和聚氨酯泡沫塑料等。除此之外，己二酸还可用于医药、农药、染料、香料、粘合剂、增塑剂、润滑剂、有机合成、食品酸化剂、不饱和聚酯树脂等领域。国内尼龙塑料行业近年来发展较为缓慢，己二酸最大的消费来自聚氨酯行业，约占总消费量的 56%，尼龙 66 盐约占 28%，其他领域占 16%。



2.1.2 市场预测分析

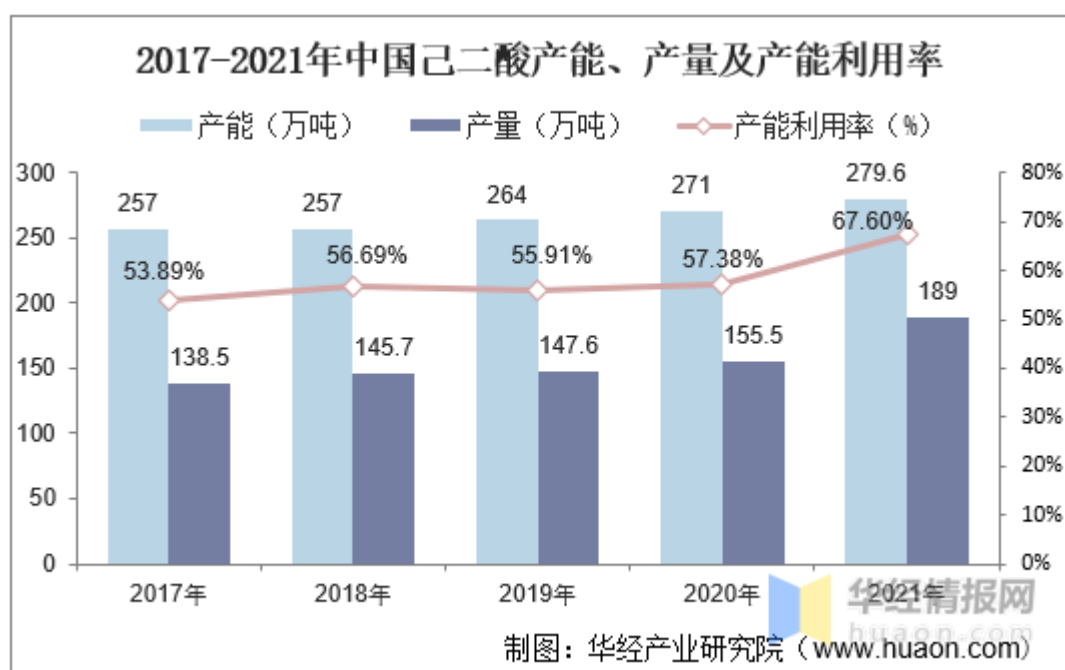
己二酸自工业化生产以来，经过 70 多年的发展，2019 年全球己二酸产能 455.2 万吨，2020-2021 年中国新增产能 40 万吨，2021 年后全球己二酸产能合计约 495.2 万吨，其中中国总产能约 300 万吨，占世界产能的 60%。

2.1.2.1 供应现状

从国内己二酸供给端来看，我国己二酸产能增长较慢，产量逐年缓慢增长。据统计，2021 年己二酸产能为 279.6 万吨/年，己二酸产量为 189 万吨，同比增长 21.53%，产能转化率为 67.60%。

中国己二酸整体开工不足 7 成，但在仅考虑正常运营状态的产能情况下，平均开工率超过 75%，整体运营相对稳定。其中，神马、华峰、华鲁以及中浩保持了较高的开工率，在市场上占据主导地位。相比之下，其他己二酸生产商不仅开工率低，在市场上的地位也日趋降低。

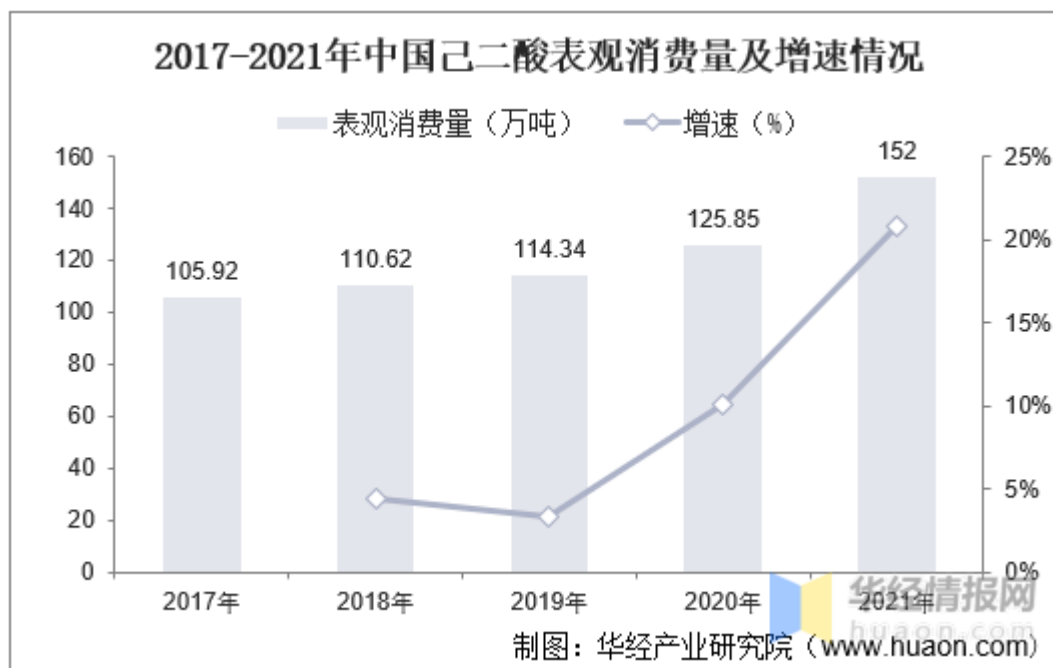
2017-2021 年中国己二酸产能、产量及产能利用率



2.1.2.2 市场需求现状

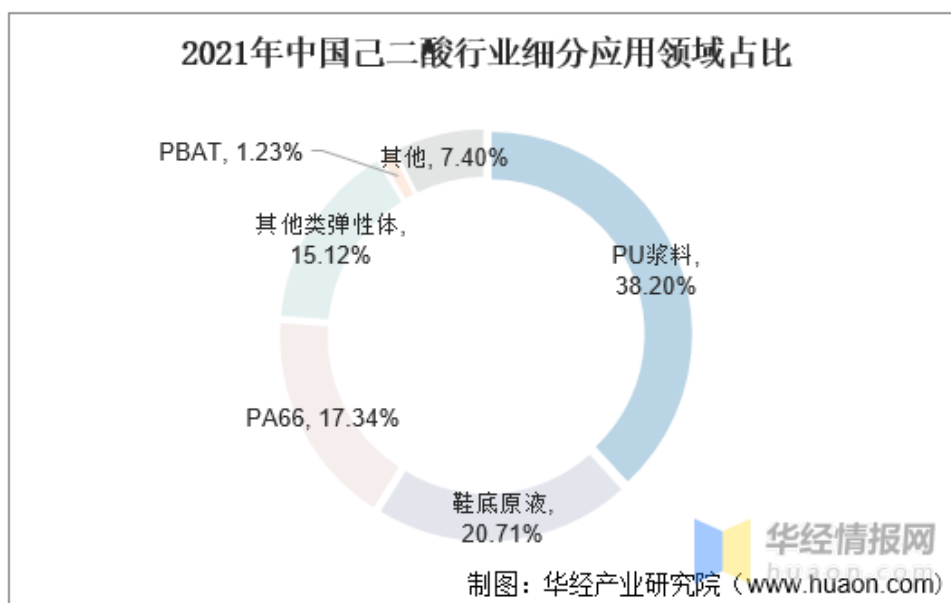
从需求端来看，2017 年-2020 年，己二酸表观消费量以较低的增速逐年稳定上升。据统计，2021 年，下游 PU 浆料需求恢复，己二酸表观消费量快速增长，全年表观消费量为 152 万吨，同比增长 30.08%。

2017-2021 年中国己二酸表观消费量及增速情况



从国内己二酸的需求结构看，PU 浆料行业约占 38.20%，鞋底原液约占总需求的 20.71%，尼龙 66 约占 17.34%。而国际己二酸主要用于生产尼龙 66 盐。

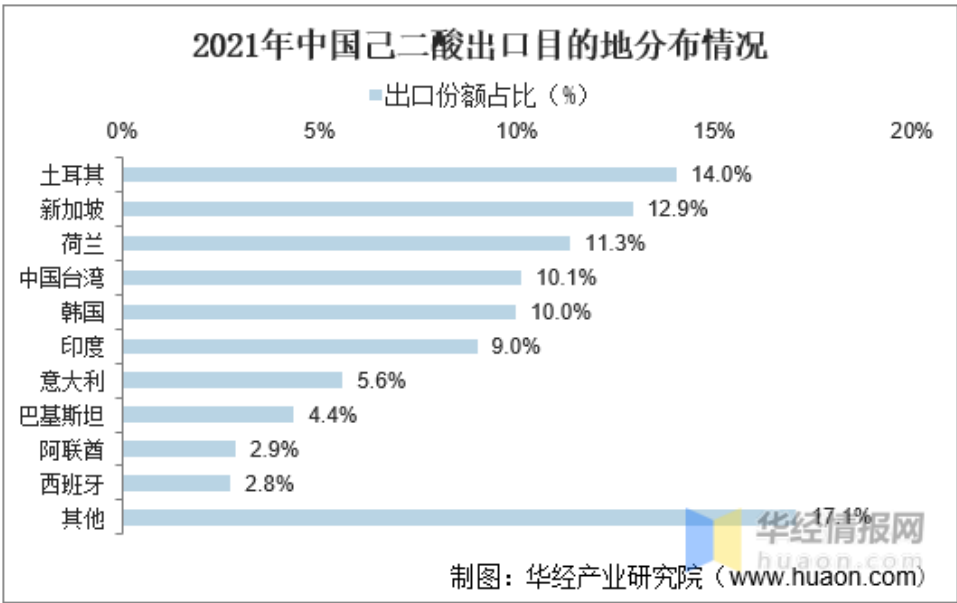
2021 年中国己二酸行业细分应用领域占比



2.1.2.3 行业进出口现状

从出口目的地分布情况来看，亚洲和欧洲地区共计出口占比达 97.7%。其中前三名分别是土耳其占比 14.0%、新加坡占比 12.9%、荷兰占比 11.3%。

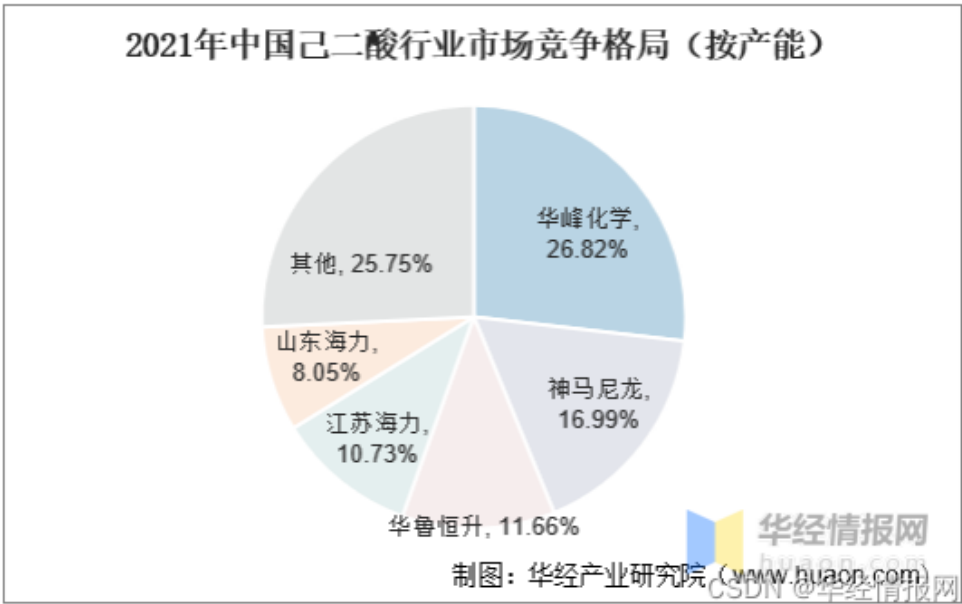
2021 年中国己二酸出口目的地分布情况



2.1.2.4 行业竞争格局

从市场竞争格局（按产能）来看，国内己二酸产能较为集中，前五大己二酸厂家总产能占全国总产能的 71%。据统计，2021 年中国己二酸 CR5 情况为：华峰化学（75 万吨，占比 26.82%）、神马尼龙（47.5 万吨，占比 16.99%）、华鲁恒升（32.6 万吨，占比 11.66%）、江苏海力（30 万吨，占比 10.73%）、山东海力（22.5 万吨，占比 8.05%）。

2021 年中国己二酸行业市场竞争格局（按产能）



2.1.2.5 行业发展趋势

己二酸生产工艺成熟，市场供应稳定，全球市场已进入稳定发展阶段，年均增速维持在 3% 左右。中国市场 2011-2019 年年均增速为 7%，基本与国民经济发展速度持平，整体平稳快速增长。但随着未来中国下游市场结构变化及需求放量，己二酸需求还是有较大增长空间。从下游需求结构来看，国内与全球仍有较大的差异，但呈现逐渐靠近趋势，未来尼龙 66、可降解塑料 PBAT、TPU 等将成为需求增长的主要动力。

1、尼龙 66 行业

中国尼龙行业产能约 453 吨规模，整体保持 9% 的增速，尼龙 6 和尼龙 66 占据行业的绝对主导。根据罗兰贝格的分析报告，尼龙 66 的年需求增长率为 9.4%。随着己二腈技术壁垒的突破和需求增长带来的尼龙 66 产能集中投放，尼龙 66 行业供需格局将发生重大变化，尼龙 66 价格将有可能出现下降。未来，随着尼龙 66 价格下调和供应充足，预计 2025 年国内尼龙 66 可新增约 50 万吨用量。按 1 吨尼龙 66 消耗耗 0.557 吨己二酸，则需要增加己二酸用量约 28 万吨。

2、PBAT 等新兴行业

目前中国是全球最大的塑料生产国与消费国，据卓创统计数据，国内塑料的表观消费量在 8000 万吨/年附近，塑料制品的表观消费量在 6000 万吨/年附近。其中禁塑令管控最严的购物袋、农膜和外卖包装袋，国内一年消费超过 900 万吨，市场空间巨大。

在绿色环保的大趋势下，国家密集出台相关“限塑”、“降塑”的法规、政策，可降解塑料的需求快速提升，行业增长空间扩大。

2019 年国务院常务会议通过的《固体废物污染环境防治法(修订草案)》中明确鼓励研发、生产环境中可降解的薄膜覆盖物和商品包装物。

2020 年 1 月，国家发改委、生态环境部印发的《关于进一步加强塑料污染治理的意见》，明确控制“白色污染”的时间表及限用、禁用范围。提出研发推广绿色环保的塑料制品及替代产品，探索培育有利于规范回收和循环利用、减少塑料污染的新业态新模式。

2020 年 7 月，国家发改委、生态环境部等九部门联合印发的《关于扎实推进塑料污染治理工作的通知》，督促各个省市完成阶段性目标。这将加速我国由“限塑”到“禁塑”的转变进程。

我国禁塑限塑的政策加码下，可降解塑料行业迎来爆发式增长。PBAT 属于石油基生物降解塑料，产业链较为成熟，拥有良好的使用性能和经济性，是目前生物降解塑料研究中市场应用最广泛的可降解材料之一。目前，PBAT 的主流生产方法为共酯化方法，该工艺操作简单，工艺流程短、原料利用率高、反应时间短、生产效率高。PBAT 的原料包括己二酸、PTA 和 BDO，国内企业已经具备 PBAT 量产技术。

据统计，2021-2022 年国内将有二十多个 PBAT 项目开工建设。随着新增项目越来越多，预计前期相对富裕的原料可能跟不上 PBAT 的新增需求，原料配套将成为未来 PBAT 行业竞争的重要影响因素。作为 PBAT 主要原料之一的己二酸，也将迎来新一轮的发展。

表 2.1-3 国内外已建成 PBAT 产能

地区	企业名称	已建产能 (万吨/年)	厂址	备注
国外	Novamont	10	意大利	
	巴斯夫	7.4	德国	
国内	蓝山屯河	12.8	新疆	
	金发科技	6	广东	
	山西金晖兆隆	2	山西	
	杭州鑫富	1.3	杭州	
	莫高股份	2	金昌	2020 年底建成
	恒力集团	3.3	大连	2020 年底建成
	台湾长春	1.3	台湾	
	仪征化纤	3	江苏	2020 年新建
合 计		49.1		

表 2.1-4 今明两年投产的 PBAT 项目

企业名称	在建产能 /万吨	状态	计划投产时间	地址
宁波长鸿高分子科技股份有限公司	10	在建	2021 年 6 月	浙江绍兴
山东睿安生物科技有限公司	6	在建	2021 年 6 月	济宁金乡
中石化仪征化纤股份有限公司	3	在建	2021 年 6 月	江苏仪征
	2+6	PBT 改造 PBAT，均可生产	2021 年 6 月	
广安宏源科技有限公司	10	在建	2021 年 6 月	四川广安
江苏和利时新材料有限公司	4	PBT 改造 PBAT	2021 年 6 月	江苏无锡

山东瑞丰高分子材料股份有限公司	6	在建	2021 年 8 月	淄博沂源
青州天安化工有限公司	6	在建	2021 年 9 月	山东青州
江阴丰华合成纤维有限公司	4	在建	2021 年下半年	江苏江阴
江苏科奕莱新材料科技有限公司	2.4	在建	2021 年下半年	江苏泰州
万华化学（四川）有限公司	6	在建	2021 年底	四川眉山
河南恒泰源聚氨酯有限公司	3	在建	2021 年	河南平顶山
浙江华峰新材料有限公司	3	在建	2021 年 7 月	浙江瑞安
扬州普立特科技发展有限公司	3	在建	2021 年底	江苏仪征
湖北宜化集团有限责任公司	6	在建	2022 年	湖北宜昌
金晖兆隆高新科技有限公司	12	在建	2022 年	山西孝义
新疆维格瑞生物科技有限公司	8	在建	2022 年	新疆昌吉
重庆鸿庆达产业有限公司	6	在建	2022 年	重庆南川
惠州博科环保新材料有限公司	6	在建	2022 年底	湖南长沙
新疆维格瑞生物科技有限公司	12	环评-公告	2023	新疆昌吉
彤城新材料集团股份有限公司	6	在建	在建	上海
北京化工集团华腾沧州有限公司	4	在建	未定	湖北沧州

另据中国石油和化工大数据 2021 年 7 月上旬报道，

企业	在建及规划建设项目
华峰集团	在浙江省瑞安拟新建年产 60 万吨可降解塑料产品，包括 PBAT 及改性二氧化碳基高分子量可生物降解塑料，总投资达 118 亿元。其中 PBAT 产能为 30 万吨。
恒力榆林	恒力能源（榆林）新材料有限公司 180 万吨/年 BDO 项目备案已审核通过。建设规模及内容：425 万吨/年甲醛（37.5%计）装置、180 万吨/年 1,4 丁二醇装置、100 万吨/年的无水乙醇装置、18 万吨/年 PTMEG 装置、18 万吨/年 PBAT 装置、16 万吨/年聚甲醛装置以及氨纶等生产装置。项目计划开工时间为 2021 年 4 月。
金发科技	公司将加快推动新增 24 万吨 PBAT 装置的产能建设工作（6 万吨/套），其中第一套 6 万吨 PBAT 装置已经在 2021 年一季度顺利投产，且装置各项运行指标达到设计要求。
东华天业	中化学东华天业新材料有限公司年产 50 万吨 PBAT 项目。一期建设规模为 10 万吨/年，总投资约为 6.5 亿元，占地约 150 亩，预计建设期 1 年，二期年产 40 万吨 PBAT，年产 30 万吨 BDO 项目的规划正在启动之中。

企业	在建及规划建设项目
金丹科技	拟在河南省郸城县高新技术产业开发区建设年产 6 万吨生物降解聚酯及其制品项目，每年可生产 PBAT6 万吨，并与 PLA、淀粉等材料共混可进一步生产生物降解改性材料和生物降解制品。项目选址：河南省郸城县高新技术产业开发区。项目建设期：18 个月，预计 2022 年 9 月完工。
阳煤平定	阳煤化工集团发布消息，平定化工将建设 6 万吨/年 PBAT 及 1 万吨/年 PBAT 改性生产线。目前，项目已开展工程设计，将力争在 2022 年 3 月竣工投产。
道恩股份	山东道恩高分子材料股份有限公司拟计划投资建设 12 万吨/年生物可降解树脂（PBAT）项目，其中一期建设 6 万吨/年连续聚合生产装置。
三房巷	江苏三房巷股份有限公司发布公告，公司全资孙公司兴佳塑化拟投资建设年产 12 万吨可降解新材料项目。项目位于江苏省无锡市江阴市，一期建设 4 万吨/年 PBAT 生产线及配套的片材生产线；二期建设 8 万吨/年 PBAT 生产线及配套的片材生产线。
同德化工	2021 年 4 月 7 日，原平经济技术开发区与山西同德化工股份有限公司签订了全生物降解塑料生产项目合作协议。本项目总投资 36 亿元，占地 800 亩，建设规模为年产 50 万吨热塑性生物降解塑料原材料 1,4-丁二醇，12 万吨热塑性生物降解塑料 PBAT，项目分两期建设，已于 4 月 19 日开工建设，预计 2022 年 12 月投产。
内蒙古华恒	内蒙古华恒能源科技有限公司 PTMEG、PBAT 新型材料产业链一体化项目，建设规模及内容：主要建设 80 万吨/年乙炔原料装置、24 万吨/年乙炔装置、69000 标立方米/小时天然气制氢装置、14 万吨/年甲醛装置、72 万吨/年 BDO 装置、18 万吨/年 PTMEG 装置、6 万吨/年 PBAT 装置。
PBAT 合计	176 万吨

根据上述统计数据，预测到 2025 年，预计我国可降解塑料 PBAT 产能要超过 300 万吨。按每吨 PBAT 消耗己二酸 30%，己二酸的需求已超过 90 万吨。

3、TPU 行业

TPU 名称为热塑性聚氨酯弹性体橡胶，主要分为聚酯型和聚醚型它硬度范围宽、耐磨、耐油、透明、弹性好，在日用品、体育用品、玩具、装饰材料等领域得到广泛应用，无卤阻燃 TPU 还可以代替软质 PVC 以满足越来越多领域的环保要求。我国 TPU 产业起步晚，现正处在高速发展期，近五年国内 TPU 产量年均增长率为 13%，未来随消费结构升级和多领域需求扩大，产量将保持高速增长。2020 年我国 TPU 产能约 100 万吨/年，年度消耗己二酸约 30 万吨，按年增长率 13%计算，到 2025 年，TPU 行业可新增己二酸用量 25 万吨。

4、1,6-己二醇等其它新兴行业

在 1,6-己二醇领域，山东元利、东营庆祥以及神马在建 1,6-己二醇项目，合计产能 10 万吨，对应需配套 10 万吨的己二酸产能。

同时尼龙 56 等新兴行业的兴起，也将推动己二酸需求的快速增长。

综上所述，到 2025 年，己二酸的市场新增需求量将超过 150 万吨/年。

2.2 营销策略

本项目产品主要为环己醇和固态己二酸，副产品二元酸。

中国平煤神马集团目前是国内最大的精己二酸商品供应商，其市场占比、品牌、口碑均处于国内一流，在华东市场尚存在一定的供应缺口。

本项目的合作建设，将会有效缓解精己二酸产品的华东市场压力。

合作建设 30 万吨/年己二酸项目，将会有效提升中国平煤神马的高端精己二酸市场供应能力，在未来国内己二酸市场逐渐形成以平煤神马、华峰、华鲁为主三足鼎立的格局下占得先机，稳定平煤神马在己二酸市场的主导地位。

（1）产品进入国际市场分析

我国已是全球己二酸生产大国，随着技术和产品质量的提升，国内产品在国际上已拥有较强的竞争力。本项目立足高品质产品，可参加国际竞争，具有一定竞争实力。

（2）国际市场转移分析

如果拟建项目的己二酸产品要参加国际竞争，其竞争对手依旧是欧洲、美国等老牌己二酸生产的大公司。在亚洲地区主要是日本公司。由于亚洲市场容量巨大，市场广阔，只要质量可靠，具有价格优势，向亚洲市场出口己二酸，是具有一定潜力的。

2.3 价格预测

2.3.1 产品价格及预测

（1）己二酸价格现状及预测

图表5：2016-2021年我国己二酸价格趋势(单位：元/吨)



资料来源：卓创资讯 前瞻产业研究院整理

@前瞻经济学人APP

2021 年，受下游原材料价格上涨影响，己二酸价格呈现波动上升趋势，2022 年 2 月 5 日，己二酸价格为 13650 元/吨，处于历史高位。受纯苯价格上涨影响，2021 年上半年己二酸价差跌至历史低位，2021 年 10 月份以来，原材料价格回落，己二酸价差相应提升。2022 年 2 月 5 日己二酸价差为 5373 元/吨，高于历史平均水平。

本可行性研究报告在全面分析过去国内己二酸价格变化因素，按照精己二酸进行市场定位，结合现已二酸国内行情，己二酸价格取 10100 元/吨(含税)进行经济效益测算。

(2) 环己醇价格现状预测

国内环己醇基本上用作醇脱氢制取环己酮，市场上环己醇销售交易量较小。本报告效益测算采用的价格为根据生产成本估算值：

环己醇：8525 元/吨（含税）

环己烷：6500 元/吨（含税）

轻质油：3000 元/吨（含税）

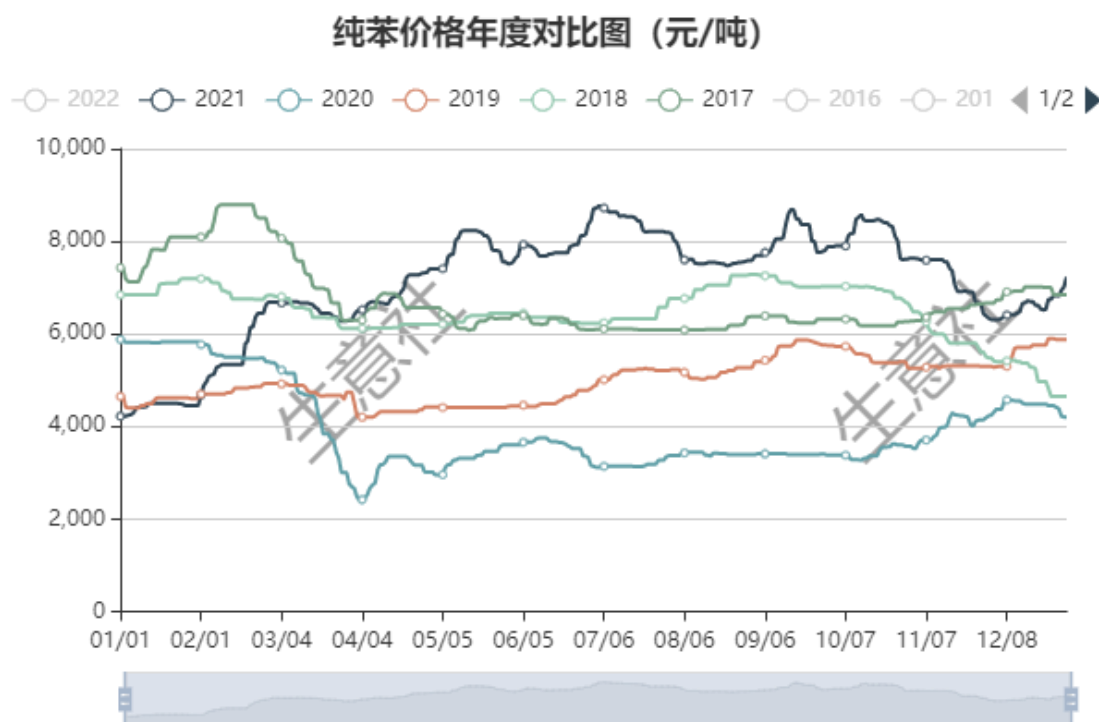
重质油：3000 元/吨（含税）

二元酸：3000 元/吨（含税）

2.3.2 主要原辅材料、燃料、动力价格现状及预测

2.3.2.1 原料价格现状及预测

(1) 苯价格现状及预测



国内纯苯价主要受国际原油价格影响，同时也与国内市场供需平衡有关。

2021 年的国内纯苯市场，纯苯市场价格和下游苯乙烯联动性加强，下游拉升效果明显，而外盘及原油的作用力对市场影响力度较往年有所减小。以华东市场为例，2021 年 1-12 月均价在 7134 元/吨，最高价为 9000 元/吨，出现在 7 月及 9 月份，最低点为 4300 元/吨，出现在 1 月份。

本可行性研究报告在全面分析过去国内苯（主要是石油苯）价格变化因素，按照近三年市场加权平均价 6900 元/吨（含税）计价；

建元煤焦化有限公司自产焦化加氢精苯 12 万吨产能，加氢苯价格按照石油苯市场价下浮 800 元/吨（含税）计价，苯综合均价 6420 元/t（含税）。

按照既往历史差价，本项目财务分析按照 6900 元/t（含税）进行经济效益测算（未计入加氢苯价格下浮因素）。

(2) 氢气价格现状及预测

本项目己二酸生产所需原料氢气来自建元煤焦化有限公司厂区现有制氢装置，氢气

的价格按照双方约定价格 0.9 元/Nm³（含税）作为计算依据，进行经济效益测算。

（3）液氨价格现状及预测

2021 年，国内液氨市场价格大幅上涨，据生意社监测，山东地区液氨价格从年初的大约 3200 元/吨最高上冲到 10 月中旬的 5300 元/吨，最大涨幅高达 65%，液氨站上了近十年高点。年尾两个月价格回落到 4200 元/吨左右，全年整体涨幅超 35%



本可行性研究报告价格按照近三年市场加权平均价 3900 元/t 计价；本项目液氨由建元煤焦化有限公司已建的合成氨装置供给，按照双方约定价格机制，较市场价下浮 1000 元/吨，液氨价格按照 2900 元/吨（含税）作为计算依据，进行经济效益测算。

2.3.2.2 辅助材料和燃料价格现状及预测

本项目辅助材料参考价格参照同类项目定价执行。

2.3.2.3 动力价格现状及预测

本项目生产所需新鲜水、脱盐水、电、蒸汽、低压氮气、仪表空气、压缩空气等均由新建公用工程站及建元煤焦化有限公司厂区供应，其价格按照成本核算及双方约定的

协议价格，提供本装置进行经济效益测算。本可行性研究报告中价格按下表进行。

表 2.3.2.3 公用工程及动力价格

序号	公用工程及动力	价格	单位	备注
1	电	0.40	元/kwh	含税
2	高压蒸汽	90	元/吨	含税
3	中压蒸汽	75	元/吨	含税
4	低压蒸汽	75	元/吨	含税
5	新鲜水	7.80	元/吨	含税
6	氮气	0.25	元/Nm3	不含税
7	压缩空气	0.05	元/Nm3	不含税
8	仪表空气	0.06	元/Nm3	不含税

2.4 市场风险分析

2.4.1 风险因素的识别

(1) 市场风险

近年来，世界己二酸稳步发展，但由于北美、西欧地区己二酸下游产品发展迟缓和环保等原因，生产和消费增长缓慢。亚洲，尤其是我国大陆，是未来生产和消费增长的主要推动力。

随着我国聚氨酯等工业的不断发展，我国对己二酸的需求量仍将呈现不断增长的态势。但由于前几年己二酸价格快速上涨，高额利润的刺激使国内企业扩建和新建己二酸装置的热情高涨，新建产能的不断增加，导致国内己二酸供大于求的局面正在逐渐形成，企业的盈利空间将大大压缩，市场竞争激烈。另外，如我国对进口己二酸实施反倾销措施到期，进口己二酸必将冲击国内市场，导致国内市场竞争进一步加剧。加之建设己内酰胺装置的这些公司大多没有自己的己二酸下游产业，大家把自己的产品全部作为商品推向国内市场，那么市场竞争势必明显加剧。由于中国国内产能不断增加，生产商不久将寻求海外市场（目前只在欧洲市场试行）以消耗不断增长的己二酸产量或积极完善自身己二酸下游产品链。

目前,我国己二酸主要用于聚氨酯行业,而美国、西欧和日本等发达国家和地区的己二酸则主要用于生产尼龙 66 树脂和纤维。因此,国内己二酸行业有必要尽早解决己二腈生产等技术问题,努力提高产品质量,使自己的己二酸产品能适用于尼龙 66 树脂及纤维的生产,以增强己二酸产品的国际市场竞争能力,为缓解今后几年极有可能出现的“供过于求”的矛盾尽早打好基础,以促进整个行业健康稳步发展。

(2) 资源风险

己二酸生产所需的原料苯、氢气、液氨、硝酸等均由公司现有厂区配套建设的有关装置提供、调配,不足部分在国内采购,其资源风险较小。

(3) 工程风险

工程建设所在地没有进行过地质勘探工作,地下情况的变化对工程建设方案的确定和工程投资的估算会有一些影响,但是影响程度不大。

(4) 资金风险

本项目建设投资均由国内筹资,工程设备大部分由国内配套制造,仅有增稠器、粗精酸离心机和回收离心机拟国外采购,外汇量少,有些供货厂商还可以用人民币结算,因此资金风险对本工程的影响较小。

(5) 外部协作条件风险

己二酸项目建于建元公司现有厂区内,周边配套原料板块和公用工程板块设施完善,只要对这些原料和公用物料的供应协调调度得当,外部协作风险对本项目的影响将会很小。

2.4.2 风险程度估计

综合以上各种风险对本工程建设的影响程度、风险发生的可能性大小、以及风险等级的分析。初步分析结果是本工程所承受的风险大多数为一般风险,对工程建设和项目生产期造成的影响有限,即使有些损失也非常小,项目是可以承受的。

2.4.3 风险对策与反馈

对技术风险的防范,首先是选择技术先进、成熟可靠、安全环保的工艺路线,在源头上占领工程的制高点,保证生产出优极品的产品。

面对资源风险，从现在起，建元公司应保证原辅材料配套供应装置的建设，落实能够稳定的、大宗供应本工程生产所需的原料、燃料的供应商，与他们签订长期供货合同，用合同的法律形式来保证原料的供应和降低原料供应风险。

工程风险和外部协作风险对本工程的影响比较小，在下一步的工作中可以通过优化方案和共同协商得到解决。

价格风险受市场供求关系和世界原油价格影响较大，虽然鄂尔多斯市神马建元化工有限公司不能左右己二酸的市场价格，但可以通过对自己己二酸装置的优化生产、节能降耗和科学管理来控制 and 降低生产成本，消化和规避价格变化所带来的风险。

3 生产规模与产品方案

3.1 生产规模

根据业主建设发展规划，项目建成后达到年产 30 万吨精己二酸。生产装置包含：27 万吨/年硝酸、20 万吨/年环己醇、2×15 万吨/年己二酸装置、9 万吨/年亚硝气减排装置。并配套建设新鲜水、消防水、化学水、循环水、空分空压、冷冻站、污水处理场、总变电站、中央控制室、化验室、食堂、机修等公用工程及辅助设施。

各装置规模、运行时间如下：

各装置规模、运行时间表

项目	单位	年运行时间 (小时)	年产能
硝酸	万吨	8000	27
环己醇	万吨	8000	20
己二酸	万吨	8000	30

30 万吨精己二酸项目主要单项工程一览表

序号	装置名称	主要产品	装置规模（万吨/年）	备注
一	生产装置			
1	硝酸装置	硝酸	27	
2	环己醇装置	环己醇	20	
3	己二酸装置	己二酸	2×15	
4	亚硝气减排装置	氧化亚氮减排	9	
二	辅助生产装置			
1	产品中间罐区	硝酸		中间物料储存
2	原料罐区			外部新建
3	产品罐区			外部新建
4	己二酸产品仓库	己二酸	8000m ²	产品库
5	化学品仓库		2000m ²	
6	危废仓库		1000m ²	
7	中心化验室			
8	中央控制室			
三	公用工程装置			
1	化学水站	脱盐水、纯水	400m ³ /h	
2	污水处理站		400 m ³ /h	
3	冷冻站	冷冻水		
4	空分空压	氮气 工厂风 仪表风		
5	变电站	35KV 变电站		
四	其他			
1	机电仪三修			

2	办公楼			
3	餐厅			

3.2 产品方案

3.2.1 产品方案

表 3.2 产品方案表

序号	名称	单位	产量	相态	备注
1	环己醇	万吨/年	20	液态	中间产品，作为己二酸装置原料，不足部分外购；
2	硝酸	万吨/年	27	液态	中间产品，作为己二酸装置原料
3	环己烷	万吨/年	4	液态	副产品，外销；
4	轻质油	万吨/年	0.43	液态	副产品，外销（燃料油）
5	重质油	万吨/年	0.11	液态	副产品，外销（燃料油）
6	己二酸	万吨/年	30	固态	产品，外销
7	二元酸	万吨/年	2.1	固态	副产品，外销

3.2.2 产品质量指标

本项目产品及中间产品质量指标如下：

（1）己二酸质量指标

固体己二酸，其质量按下表执行。

序号	项 目	单位	指标
1	外观		白色结晶粉末
2	纯度	wt%	≥99.8
3	熔点	℃	≥152
4	铵溶液色度，铂钴-色号	Hazen	≤5.0
5	水分	wt%	≤0.2

6	灰分	mg/kg	≤ 4
7	铁	mg/kg	≤ 0.4
8	硝酸根含量	wtppm	≤ 3.0

（满足 SH/T 1499.1-2012 标准要求）

（2）环己醇质量指标（中间产品）

其他指标按下表执行。

序号	项目	单位	指标	分析方法
1	色度	APHA	≤ 10	
2	环己醇纯度	wt%（干基）	≥ 99.5	
3	环己酮纯度	wt%（干基）	≤ 2	
4	高沸物	wt%	≤ 0.2	
5	低沸物	wt%	≤ 0.3	

（3）二元酸质量指标

固体片状，含二元酸含量 $\geq 99.95\%$ 。

（4）环己烷质量指标

纯度(%) $\geq 99.9\%$ ，指标按行业质量标准（SH/T1673-1999）优等品执行。

序号	项 目	单位	指标
1	纯度		大于 99.90%
2	颜色		无色透明液体
3	色度，铂-钴色号		≤ 10
4	密度	kg/m ³ (20℃)	778-782
5	苯	mg/kg	≤ 50
6	正己烷	mg/kg	≤ 200
7	甲基环己烷	mg/kg	≤ 200
8	甲基环戊烷	mg/kg	≤ 150
9	馏程（在 101.3Kpa 下，包括 80.7℃）	℃	≤ 1.0
10	硫	mg/kg	≤ 1
11	不挥发物	mg/100mL	≤ 1

(5) 轻质油质量指标

序号	项 目	单位	指标
1	环己烷	wt%	≦ 62
2	其他	wt%	≧ 38

(6) 重质油质量指标

序号	项 目	单位	指标
1	环己醇	wt%	≦ 65
2	重组分	wt%	≧ 35

4 工艺技术方案

4.1 工艺技术方案的选择

4.1.1 原料路线确定的原则和依据

本项目主要根据生产工艺要求，并遵循下述原则，确定经济、合理的原料路线。

(1) 选择的原料路线应满足技术先进、安全适用、成熟可靠的生产工艺技术方案的要求；

(2) 能够满足生产规模化、产品质量高、消耗能耗低的要求；

(3) 主要原料应能基本自给或市场供应有保障；

(4) 经过综合比较后，以经济效益确定最佳的原料路线。

当前己二酸的生产工艺主要是以环己醇或醇酮(KA 油)为原料，硝酸氧化法生产，因而在技术路线的选择上分为原料硝酸、环己醇制备工艺和己二酸装置制备工艺进行对比分析。

4.1.2 硝酸装置

4.1.2.1 概述

30 万吨精己二酸需要硝酸 27 万吨/年，配套建设 1 套年产 27 万吨硝酸装置，年运行时间 8000h。

4.1.2.2 工艺技术方案选择

目前生产稀硝酸的工艺技术较多，主要有常压法、综合法、全中压法、高压法及双加压法。

(1) 常压法

氧化压力及吸收压力为常压，从理论上讲，为了提高氧化率及降低催化剂铂耗，氨氧化宜在较低压力的条件下进行，氧化率为 97%；为了提高吸收率，氧化氮吸收宜在较高压力下进行，常压下吸收率仅为 92%，尾气氧化氮含量高，需要对尾气进行处理。该法工艺技术落后，污染严重，属淘汰工艺。

（2）综合法

氧化压力为常压，吸收压力为 0.35MPa，其主要工艺特点：氧化率为 97%，吸收率为 97%，具有尾气处理系统，流程长，系统设备体积庞大，占地大，热利用率低，能耗较高，产品酸浓度低(小于 48wt%)，该法工艺技术落后，属淘汰工艺，本装置不宜采用。

（3）全中压法

氧化压力及吸收压力为中压，压力在 0.4~0.45MPa 间，其工艺主要特点是：氧化率为 96%，吸收率为 98%，具有尾气处理系统，流程长，热利用率低，能耗较高，产品酸浓度低(小于 53wt%)，该法工艺技术比较落后，本装置不宜采用。

（4）全高压法

高压法系氧化压力及吸收压力为 0.8~1.1MPa，氧化率仅为 94%，吸收率为 98%。该法仅将空气一次性加压至所需要的压力，省去了在强腐蚀介质情况下运行的氧化氮压机，具有单机组能力大，设备体积小，占地面积小，一次投资省等优点，但氨耗及铂耗相对较高，操作费用高。

（5）双加压法

双加压法流程即 0.35MPa 氧化，1.01MPa 吸收。氧化率为大于 96%，吸收率为 98%，具有氨耗低、铂耗低、无污染、能量利用合理等优点。

由以上比较可见，全高压法及双加压法硝酸工艺的消耗定额和环保方面都是最先进的。以上两种方法也是目前国际上最为常用的。但全高压法的氨耗要高于双加压法硝酸装置，它主要适用于合成氨原材料价格较低的地区，如美国地区普遍采用全高压法硝酸。欧洲地区则大多数采用双加压法流程。

（6）工艺方案选择

经过以上比较和优选，综合考虑建设成本和社会、环境效益，本项目拟选平煤神马已经成熟应用的双加压法制稀硝酸工艺技术，该法为世界上最先进的硝酸工艺技术。

该工艺有如下优点：

（1）氨的利用率高。采用中压 0.35MPa 压力下不会增加氨耗，氧化率高达 96.68%，吸收采用高压 1.01MPa 吸收，NO_x 吸收率可达 99.83%，因此氨的总利用率为 96.52%。

(2) 铂耗较低。中压 0.35MPa 氧化时铂损失较低，铂耗约 65.8mg/t 100% HNO_3 (回收前)。

(3) 吸收率高，成品酸浓度高。由于吸收采用高压吸收，加快了 NO 的氧化速度，同时吸收塔采用氨蒸发产生的低温水作为部分冷却水，从而使吸收率为 99.83%，成品酸浓度 $\geq 62\text{wt}\%$ 。

(4) 尾气中的 NO_x 含量低。合理利用低压氨蒸发所形成的冷量，制得低温冷却水和低温工艺水分别去吸收装置作为吸收塔冷却水及吸收水。排放的尾气中 NO_x 的含量在 200ppm 以下，可直接排入大气。

(5) 热能回收利用好，蒸汽自给有余。该工艺设计中，尽可能的提高废热锅炉的产汽效率，利用尾气回收系统中的热能，使尾气透平的做功占机组总功率的 60%，同时还可向外输出中压蒸汽。

(6) 自动化水平高，采用安全联锁系统和 DCS 控制，可保证装置能够长期稳定安全有效运转。

以上分析表明，双加压法工艺流程是世界上先进的硝酸工艺，操作方便，安全。

4.1.2.3 工艺流程说明

1) 氨—空气混合气的制备

由界区来的原料液氨（压力 1.2MPa(G)、温度 18℃）经过液氨过滤器过滤掉杂质后进入 NO.1 及 NO.2 氨蒸发器，大部分液氨在 NO.1 氨蒸发器中蒸发，剩余的液氨在 NO.2 氨蒸发器中蒸发。蒸发压力维持在约 0.53MPa。NO.1 及 NO.2 氨蒸发器蒸发温度分别为 11.5℃ 及 14℃，当液氨中水在 NO.2 氨蒸发中积累起来时，可将水排至氨辅助蒸发器，在该设备中通入低压蒸汽，在 100℃ 下将氨蒸发。此过程可间断或连续操作。

由 NO.1 及 NO.2 氨蒸发器来的气氨送至氨过热器，与氨辅助蒸发器来的热气氨在此混合，经过低压蒸汽加热的气氨先在气氨过滤器过滤除杂后进入氨—空气混合器，混合后温度达到 194℃、压力 0.3375 MPa(G)，然后进入氨氧化炉。

氨氧化用工艺空气经空气入口消音器及空气过滤器后进入空气压缩机进行压缩，压缩后空气温度达到 236℃、压力达到 0.35 MPa(G)。出压缩机的空气分为一次和二次空气：一次空气去氨—空气混合器，二次空气去漂白塔。

2) 氨的氧化及热能回收

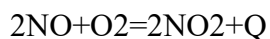
氨——空气混合气在氨氧化炉内均匀分布于铂网上，进行氧化反应：



氨氧化反应所释放出的热量使氧化氮气体温度升至 860℃，此气流经安装在氨氧化炉下部的蒸汽过热器和废热锅炉回收热量后，温度降至 400℃。

3) 一氧化氮氧化及吸收

出废热锅炉的氧化氮气体流经串联的高温气——气换热器及省煤器温度降至约 156℃，随着温度的降低，混合气中的 NO 氧化为 NO₂：



氧化氮气进入低压反应水冷凝器用冷却水冷却到 40℃，部分 NO₂ 气在此与冷凝水反应生成约 34%稀硝酸，酸气混合物送至氧化氮分离器)，分离出的稀酸用稀酸泵送至吸收塔相应浓度的塔板上。分离后的氧化氮气体和来自漂白塔的二次空气相混合，在氧化氮气体压缩机中压缩至 1.0MPa(G)、温度达到 189℃后，经尾气预热器冷却，进入高压反应水冷凝器中用冷却水进一步冷却到约 40℃，氧化氮气和冷凝酸一起送入吸收塔底部。在吸收塔塔板上氧化氮气被水吸收而生成硝酸，总反应如下：



生产硝酸所需的工艺水及浓硝装置约 3%的酸性水分别送至吸收塔顶部塔板及第 17~20 块塔板，与塔底进入的 NO_x 气体逆流接触，在吸收塔塔板间冷却盘管移走吸收热和氧化热，在吸收塔底生成浓度为 63.5%的稀硝酸，进入漂白塔顶部塔板，由漂白塔底部通入二次空气气提出溶解在酸中的 NO_x 气体。

二次空气先在二次空气冷却器中被来自吸收塔的尾气冷却到约 120℃后进入漂白塔底部，漂白后的气体与氧化氮分离器出来的氧化氮气体混合后进入氧化氮压缩机。

经漂白后的成品酸含 HNO₂<100ppm，在酸冷却器用冷却水冷却到 40℃后，送至界外。

吸收塔顶出来的尾气 NO_x 含量约为 800ppm 进入尾气分离器以除去夹带的雾沫。然后经二次空气冷却器，尾气予热器及高温气——气换热器，将尾气加热至~360℃，

进入氨转化还原反应器与来自蒸氨器的氨气反应脱除尾气中的 NOX，使尾气中含 NOx≤200ppm(v)。尾气进入尾气膨胀机，在此回收总压缩功后经尾气排气筒排入大气。

4.1.2.4 消耗定额

年产27万吨硝酸消耗定额

(以每吨 100%硝酸计)

序号	名称	单位	消耗定额	合计		备注
				小时消耗量	年需求量	
1	液氨	t/t 产品	0.285	9.6	76950	连续
2	铂催化剂	g/t 产品	0.0658	2.22	17766	定期更换

年产 27 万吨硝酸公用工程消耗定额

序号	物料名称	规格	单位	消耗定额	合计	
					小时用量	年用量
3.1	电		kwh	19.50	658	5265000
3.2	高压蒸汽		t	(0.29)	(10)	(78300)
3.3	中压蒸汽		t	0.00	0	0
3.4	低压蒸汽	0.5MpaG	t	0.19	6	51300
3.5	冷却水	32~42℃	t	198.00	6683	53460000
3.6	冷冻水		t	5.20	176	1404000
3.7	纯水		t	0.00	0	0
3.8	新鲜水		t	0.00	0	0
3.9	氮气		Nm3			
3.10	压缩空气		Nm3	4.00	135	1080000
3.11	仪表空气		Nm3	2.90	98	783000
3.12	脱盐水		t	0.40	14	108000
3.13	蒸汽凝液			(0.18)	(6)	(48735)

4.1.2.5 主要工艺设备一览表

主要设备选用清单

序号	设备名称	材 质	数量(台)	备注
1	氧化炉	碳钢.不锈钢	2	国产
2	废热锅炉	碳钢.不锈钢	2	国产
3	NO.1氨蒸发器	碳钢	1	国产
4	NO.2氨蒸发器	碳钢.不锈钢	1	国产
5	氨过热器	碳钢	1	国产
6	氨辅助蒸发器	碳钢	1	国产
7	蒸汽过热器	碳钢.不锈钢	1	国产
8	尾气预热器	碳钢.不锈钢	1	国产
9	省煤器	碳钢.不锈钢	1	国产
10	高压反应水冷凝器	不锈钢/碳钢	1	国产
11	低压反应水冷凝	碳钢.不锈钢	1	国产
12	高温气-气换热器	不锈钢	1	国产
13	二次空气冷却器	碳钢、不锈钢	1	国产
14	排污冷却器	碳钢	1	国产
15	氧化氮分离器	不锈钢	1	国产
16	汽包	碳钢	1	国产
17	蒸汽分离器	铬钼钢	1	国产
18	氨空混合器	不锈钢	1	国产

19	补充循环水槽	不锈钢	1	国产
20	开工酸槽	不锈钢	1	国产
21	排酸槽	不锈钢	1	国产
22	除氧器	碳钢.不锈钢	1	国产
23	空气过滤器	不锈钢	1	国产
24	氨过滤器	不锈钢	1	国产
25	吸收塔	304L	1	国产
26	漂白塔	304L	1	国产
27	锅炉给水泵	碳钢	2	国产
28	锅炉给水循环泵	碳钢	2	国产
29	冷凝液泵	碳钢	2	国产
30	循环水升压泵	碳钢	2	国产
31	补充循环水泵	碳钢	1	国产
32	稀酸泵	不锈钢	2	国产
33	工艺水泵	碳钢	2	国产
34	空气压缩机		1	国产
35	氧化氮气压缩机		1	国产
36	尾气膨胀机		1	国产
37	蒸汽透平		1	国产
38	氨转化还原反应器	不锈钢	1	国产

39	蒸氨器	碳钢	1	国产
----	-----	----	---	----

4.1.3 环己醇装置

4.1.3.1 概述

设计年运行 8000 小时，年产环己醇 20 万吨,建设 1 套 20 万吨环己醇装置。

4.1.3.2 工艺技术方案选择

目前世界上环己醇生产按原料的不同可以分为苯、苯酚两种路线。苯酚法工艺应用甚少，主要以苯路线为主导。

4.1.3.2.1 苯酚路线

苯酚法是一中比较古典的方法，该法产品纯度高，生产技术成熟，不锈钢设备需要量少，但苯酚资源有限，仅适合于苯酚原料相对丰富。此种工艺路线在国外有一定的采用，在国内不现实，因而未在国内推广。仅在美国 Hopewell、巴西 Paulinia、比利时 Zandvoorde、德国 Zeitz 和意大利 Novara 等有 5 家工厂采用此法，目前总规模约为 15 万 t/a。

随着石油化工的发展，世界上 90%的苯酚都是以苯为原料，采用异丙法生产。苯酚制环己酮的方法也得到改进，并且达到了大规模化生产的阶段。美国 Allied 公司采用钨催化剂，于 2~4MPa、150~170℃，将苯酚一步法加氢，生产环己醇。

以苯酚为原料生产环己醇具有生产安全性高，产品质量好，副产物少的优点。但其受苯酚原料供应的限制，且由于异丙苯法生产苯酚时联产丙酮，因此采用苯酚作原料生产环己醇，将受到苯酚和丙酮市场消费平衡的制约，只有在苯酚与丙酮的消费增长比能够保持平衡的情况下，才可能选择苯酚作为环己醇生产的原料。因苯酚价格和供应方面没有苯有优势，因此此种工艺路线在国内现阶段不合时宜，一直未被采用。

4.1.3.2.2 苯路线

苯路线因中间工艺不同又分为环己烷氧化法和环己烯水合法两种。环己烷法是以苯为原来完全加氢得到环己烷，再氧化生产醇酮（KA 油），或分离得到环己酮；环己烯法是苯选择加氢得到环己烯，再水合生产环己醇，并通过环己醇脱氢生产环己酮。两种工艺各有优缺点。

(1) 环己烷氧化法

精苯催化加氢生成环己烷，空气氧化环己烷生成环己酮和环己醇（即醇酮油，又称 KA 油）。

主要工艺步骤为：在压力 0.8MPa(G)，温度 170℃，镍催化剂存在下，苯与氢气加氢生成环己烷。然后环己烷与空气氧化生成环己基过氧化氢，随后环己基过氧化氢在钴盐催化剂的作用下，低温分解成环己酮和环己醇混合物，通过精馏分离，得到环己酮，分离出的环己醇，在铜锌催化剂作用下，再脱氢生成环己酮。

该法工艺技术成熟，原料易得，但该工艺过程有废碱液产生，需配套建设废碱焚烧系统，原料利用率低，成本和安全、环保等方面存在一定不足。

(2) 环己烯法

环己烯法是日本旭化成公司在 80 年代开发出来的新工艺路线，1990 年在日本建成了世界上第一套基于此工艺的商业装置并投产成功。中国平煤神马集团 1993 年开始引进其工艺路线生产尼龙 66 盐，该生产线已于 1996 年建成投产，产能为 3.8 万吨/年。后经过消化吸收、创新改造，已经形成了具有自主知识产权的规模化生产技术。

该工艺技术流程步骤为：精苯在钨催化剂的存在下控制一定的温度、压力，使苯部分氢化，生成环己烯和环己烷。苯的转化率为 40%，环己烯选择性 80%。在高硅沸石催化剂存在下，使环己烯和水转化为环己醇。环己烯的转化率为 10%，环己醇的选择性为 99%。

采用该工艺生产与传统的苯法相比，具有如下主要特点：

- 1) 产品的质量好，纯度高；
- 2) 苯部分加氢的反应条件缓和，加氢及水合反应均在液相中进行，操作安全，不需采用专门的安全措施；
- 3) 副产品少，环己烷是唯一的副产品，可作为有价值的化学产品销售。
- 4) 环保具有优势，加氢和水合反应过程像烷法工艺那样产生一元酸、二元酸、酯等，废液量少，环保投资低（不需要建设废碱焚烧锅炉），而且不存在设备腐蚀性。
- 5) 生产过程不存在设备结垢问题，不存在堵塞问题，因此事故少，维修低。

最近新建的己二酸及己内酰胺项目，多以配套环己烯法环己醇工艺为主。已发展成为环己醇/酮生产的主流工艺。

(3) 工艺技术比较

环己烷氧化法工艺技术成熟，原料易得，但该工艺过程有废碱液产生，需配套建设废碱焚烧系统，原料利用率低，成本和安全、环保等方面，存在一定不足。

环己烯工艺原料利用率高、苯消耗低，较好地避免了环己烷氧化工艺过程的废碱液产生。以下为两种工艺技术生产环己醇/酮技术对比表：

表 4.1.2-4 环己烯法和环己烷法工艺技术比较

序号	项 目	环己烯法制醇酮	环己烷法制醇酮
1	综合收率	约 99%（含环己烷）	75~80%
2	H2 用量	2/3	1
3	安全性	水相中反应无氧，安全	油中打空气，安全要求高
4	操作性	无堵塞	有机酸、堵塞、侵蚀、一年停两次
5	副产物	杂质（约 1%）可做燃料	副产（20%~30%）需处理
6	废碱液	无	有，需要处理
7	检修周期	长周期稳定运行（两年检修一次，根据政府要求）	一年两次停车检修
8	日常管理	对工艺保全要求少	废有机酸，日常管理繁琐
9	安全设备	不要求特殊安全设备	防失控、爆炸
10	设备材质要求	除反应器、加氢、水合和催化剂再生单元外，一般其余单元的塔器和容器用碳钢即可。	用不锈钢以防有机酸腐蚀
11	能耗	低	高
12	生产成本	低	高

4.1.3.2.3 环己醇工艺方案选择

通过对比可知，环己烯法工艺具有综合竞争优势，为当前技术的主流发展趋势。平煤神马自 1993 年引进日本旭化成该工艺技术后，目前国内已经有多家应用，包括石家庄焦化、重庆华峰、山东海力、华鲁恒升、唐山中浩、阳煤太化等也都陆续开始使用，证明了这种生产工艺技术先进，工艺过程成熟可靠，便于操作。而且经过国内多年的应用发展，该项工艺技术的催化剂和主要设备已经完全实现国产化，并在国内得到了普遍应用。

本可行性研究报告拟选择平煤神马集团具有自主知识产权的环己烯法工艺，即采用以苯为原料的工艺路线，环己烯水合法生产环己醇，作为己二酸生产的原料。

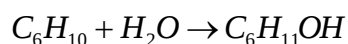
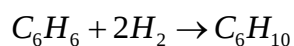
整个工艺技术先进、原料易得、原料消耗低，经济效益较好，是目前国内外主流工艺，适合本工程选择。

4.1.3.3 工艺流程说明

1. 环己醇装置

本工艺是以苯为起点原料，经苯部分加氢制环己烯、环己烯水合制环己醇。包括苯加氢、萃取精馏、环己烯水合及环己醇精制、环己烷精馏、加氢催化剂再生、水合催化剂再生等工序。

主要反应步骤有：



以上二个反应分别代表苯加氢，环己烯水合过程。

对于苯加氢反应，提高反应温度，苯的转化率以及环己烯选择性同时增加，但是高于 150℃时，加氢催化剂颗粒直径增大的速度加快，另外，氢的吸附速度加快，将导致活性降低的速度加快，适当的温度为 140~200℃。氢气分压增大，环己烯选择性增大，但另一方面是氢的吸附速度变快，活性降低的速度也变快，再加上反应器的局限等因素，适当的条件为 5.0~8.0MPaG。

对于水合反应，适当提高反应温度可以提高转化率，同时增加环己醇的选择性，控

制温度在 120℃左右。

下面对各工序进行分别说明：

（1）加氢工段

加氢工段包括苯预处理系统、氢气压缩系统、加氢系统及产品油后处理系统。

首先，原料苯通过苯预处理器，在此，苯中所含少量杂质通过吸附除去，然后将预处理后的苯送入第一级加氢反应器。

氢气经氢气压缩机压缩后送入第一、第二加氢反应器。在串联安装的加氢反应器中，含催化剂浆液的水相、油相和氢气充分混合，使其在压力 3~7MPaG，温度 100℃~180℃下部分加氢。

然后，油相和水相在加氢沉降器中分离，催化剂浆液(水相)再循环至第一加氢反应器。一部分催化剂间断地抽出送到加氢催化剂再生工段，经再生后送回反应器中。

在沉降器中分离出的油相，经减压，在闪蒸罐中闪蒸。

加氢工段中的油产品是环己烯、环己烷和未反应苯的混合物。

（2）萃取精馏工段

萃取精馏工段包括脱水系统、苯分离系统、环己烯分离系统及溶剂提纯系统。

从加氢工段来的油产品中的水，在脱水塔中除去，脱水后的油送入苯分离塔。环己烯和环己烷从塔顶蒸出，苯和溶剂从塔底中抽出，含有苯和溶剂的塔底产品送入苯回收塔。

苯从回收塔顶部回收，然后返回至加氢工段。从塔底流出的溶剂，返回至苯分离塔再使用。

从塔顶蒸出的油，送入环己烯分离塔，环己烷从塔顶部蒸出，再送至环己烷精制工段，环己烯和溶剂从塔底抽出。含有环己烯和溶剂的塔底产品送至环己烯回收塔，环己烯从塔顶蒸馏出来，然后送入水合工段。从底部流出的溶剂，送至环己烯分离塔并重新使用。

由于各种具有高沸点的组分都在溶剂中积累，苯回收塔及环己烯回收塔的塔底物，被送至溶剂提纯塔，除去积累在溶剂中的物质。

（3）水合工段

水合工段包括环己烯洗涤系统、水合系统及环己醇分离系统。

从精馏萃取工段分离出的环己烯送入环己烯洗涤塔，在此塔中，用水洗将少量杂质除去。水洗过的环己烯送入环己醇分离塔，然后与再循环的环己烯一起送入第一水合反应器。水合用水加到进料管线中，送往水合反应器。

在串联安装的水合反应器中，含有催化剂浆液的水相与油相混合，以促进在压力小于 1.5MPaG，温度在 80℃~150℃条件下水合。

水合反应器在其上部有沉集区，以便从水相中分离出油相，在第二个水合反应器上部的油相被抽出，送至环己醇分离塔。一部分催化剂浆液分批从水合反应器中抽出，送至水合催化剂再生工段，再生后循环使用。

水合反应器中生成的油是环己醇与未反应的环己烯的混合物。环己烯从环己醇分离塔的增浓缩区以侧线物流抽出，再送入第一级水合反应器。环己醇分离塔的一部分塔顶物流被抽出，送至精馏萃取工段，这是为了阻止低沸点组分在水合系统中集聚。环己醇分离塔的塔底物流含有环己醇和环己烯，该物流在汽化后送入环己醇提纯塔，从顶部除去环己烯，底部除去高沸点组分，这样就得到了产品环己醇。

（4）环己烷精制工段

自精馏萃取工段环己烯分离塔顶部出来的环己烷，在环己烷水洗塔水洗除去环己烷中的少量杂质后，送入环己烷处理器。在处理器中，少量的烯烃及芳香烃在催化剂存在的条件下，于温度 80~250℃，压力 1.5~3MPaG 下完全催化加氢。然后环己烷被送入环己烷提纯塔，从塔顶除去低沸点组分后，就得到了精制的环己烷产品。

（5）加氢催化剂再生工段

一部分加氢催化剂浆液，分批从加氢工段中的催化剂浆液循环管线中抽出，送至加氢催化剂再生罐。在催化剂浆液中的油组分从浆液中抽出后，催化剂就被再生了，然后返回加氢系统中催化剂循环管线。

（6）水合催化剂再生工段

一部分水合催化剂浆液以间断的方式从水合反应器中抽出，送到水合催化剂再生槽。

在催化剂浆液中的油组分从浆液中拔出后，加入 H2O2 催化剂进行再生，在水合催化剂再生过滤器中用水洗涤，再通过再生的水合催化剂受槽返回到水合反应器中。

(7) 废物处理工段

从工艺设备（如洗涤塔）中排出的含油废水送入废水罐，在调整 PH 值后，送入油气提塔，从塔顶除去轻组分，塔底物送入废水预处理系统。

加氢闪蒸罐中排放的废气送入燃料气排出罐，用作燃料气。

从环己烷提纯塔顶部，环己醇提纯塔底部及从溶剂提纯塔中排出的组分作为副产品重质油。

(8) 公用工程工段

工艺中排出的蒸汽冷凝液在蒸汽冷凝液闪蒸罐中闪蒸，回收低压蒸汽并用于装置内部利用，将蒸汽冷凝液送到蒸汽冷凝液系统。

4.1.3.4 消耗定额

主要原材料、辅助材料消耗一览表

序号	名称	单位	消耗定额	合计		备注
				小时消耗量	年需求量	
1	苯	t/t 产 品	0.97	24.3	194000	连续
2	氢气	Nm3/t 产品	650	16250.0	130000000	连续
3	加氢催化剂（钨催化 剂）	Kg			500	定期更换
4	水合催化剂（ZSM-5）	Kg			30000	定期更换
5	加氢分散剂（氧化 锆）	Kg			2820	定期更换
6	苯脱硫催化剂（钯催 化剂）	Kg			14600	定期更换
7	硫酸锌	Kg			10045	定期更换
8	氧化铝催化剂	Kg			20430	定期更换
9	环己烷处理催化剂 （镍催化剂）	Kg			713	定期更换
10	DMAC	t/			18	

11	双氧水	kg/t 产 品	3		600000	间歇使用
----	-----	-------------	---	--	--------	------

表 4.3.1.3-3 主要公用工程消耗一览表

序号	物料名称	规格	单位	消耗定额	合计		说明
					小时用量	年用量	
1.1	电		KWH	170	4250	34000000	
1.2	高压蒸汽	3.2Mpa（G）	t	0.56	14	112000	
1.3	中压蒸汽	1.2Mpa（G）	t	5.46	137	1092000	
1.4	低压蒸汽	0.5Mpa（G）	t	0.25	6	50000	
1.5	冷却水	29~39℃	t	450	11250	90000000	
1.6	冷冻水		t	3.5	88	700000	
1.7	纯水		t	2	50	400000	
1.8	新鲜水		t	0.04	1	8000	
1.9	氮气		Nm3	33	825	6600000	
1.10	压缩空气		Nm3	2	50	400000	间歇
1.11	仪表空气		Nm3	11	275	2200000	
1.12	脱盐水						
1.13	蒸汽凝液		t	-5.9565	(149)	(1191300)	

4.1.3.5 主要工艺设备

4.3.3.5.1 设计原则和规定

本工程非标设备设计原则是立足国产化并依靠技术支持方的操作和设计经验来满足业主的要求。

4.1.3.5.2 设备选择

对环己醇装置，主要介质为苯、氢气、环己烷、环己烯、环己醇、轻质油、重质油等，除催化剂有一定的腐蚀外，其他基本属于无腐蚀性介质，另外环己醇生产涉及高温、高压环境较多，因此设备选材时，根据操作条件和处理介质情况，加氢单元设备选用哈氏 C、304、316L 材质，其他单元设备用材选用 304、Q345R 或 Q235-A 材质，对于体积较大的容器，选用内衬不锈钢，对有氢气腐蚀的设备考虑焊接后进行整体消除应力的

处理。

本装置的关键设备主要有环己醇装置加氢工序的苯进料泵、氢气压缩机、加氢反应器及催化剂循环泵等。加氢工序存在反应压力高、高温、有毒有害、腐蚀性等工艺特点，且加氢催化剂极其敏感，易中毒、存在腐蚀性，不能与铁、硫等元素接触的特点，因此，在本工序，所有与催化剂接触的部位均采用哈氏 C 材质。水合反应是液—液相催化加成反应，但水合催化剂为分子筛型固体催化剂极易压密化，因此对反应器的结构和搅拌器的型式都要求极高。

1) 反应器

由于该反应是在高温、高压、酸性条件下进行的，加氢反应器反应釜的材质选用了耐腐蚀的哈氏 C 材质，并且内壁喷涂特氟隆，避免金属离子进入反应浆液对催化剂性能造成影响；其次，对搅拌叶片作特殊设计使其达到催化剂颗粒的高度分散。根据钨催化剂对含硫化合物敏感、极易中毒的特点，设计了在轴承套内用无硫油和石墨粉混合制作的特殊润滑膏作润滑介质；再者，为了保证催化剂对氢气充分吸附增多催化剂与氢气接触面积，控制苯在反应器内部的停留时间，在反应器内设计了按一定次序排列的气相、液相分布器。

2) 分离沉降器

加氢反应完成后，需要对催化剂和油相进行分离，以实现催化剂的循环使用。在关键设备--分离沉降器内部轴心位置设置了特殊结构的沉降管，既能保障油水混合液在沉降管内下降过程中进行有效分离，又实现在沉降管外部分离的油相向上溢流分层而不被水相污染；沉降器底部锥体内的沉降块和平衡管，既能保证循环时不形成漩涡，又能保障沉降内外的压力平衡。为保证催化剂不在沉降器内挂壁，内壁要求抛光精度在 12 级以上，并且表面喷涂特氟隆，以增加光滑度。

国内产品难以达到工艺和制造要求，因此，关键设备采用进口设备。

3) 精制分离塔

采用真空萃取精馏工艺，保持各塔操作时塔顶、塔底温度、压力满足环己醇物料平衡表中给出的数据，特别是塔底温度按物料平衡表中的和相关操作经验要求。对塔的技术参数重新进行详细设计计算（流程模拟、流体力学计算），核算出满足各塔技术指标

的详细设计技术参数（塔高、塔径、板间距、填料层高度及层数等）以及塔内件的详细设计技术参数。

4) 储罐类

保持设计停留时间，能力满足环己醇生产的需要。

5) 换热器

能力满足环己醇生产的工艺需要，采用 HTRI 软件和操作经验对换热器进行设计选型。

6) 泵类

能力满足环己醇生产的工艺需要，扬程根据布置需要适当增加。

4.1.3.5.3 设备一览表

环己醇装置主要工艺设备一览表

序号	设备名称	材质	单位	数量
1	苯预处理反应器	16MnR	台	2
2	第一加氢反应器	16MnR/HC276	台	2
3	第二加氢反应器	16MnR/HC276	台	2
4	氢压缩机	组合	台	2
5	脱水塔	16MnR	台	1
6	苯分离塔	16MnR	台	1
7	苯回收塔	16MnR	台	1
8	环己烯分离塔	16MnR	台	1
9	环己烯回收塔	16MnR	台	1
10	溶剂精制塔	304SS	台	1
11	第一水合反应器	16MnR/304	台	2
12	第二水合反应器	16MnR/304	台	2
13	环己醇分离塔	16MnR/304	台	1

序号	设备名称	材质	单位	数量
14	环己醇精制塔	16MnR	台	1
15	环己烯洗涤塔	304SS	台	1
16	环己烷处理器	16MnR/304	台	1
17	环己烷洗涤塔	304SS	台	1
18	环己烷精制塔	16MnR	台	1
19	加氢催化剂再生罐	16MnR/HC276	台	2
20	水合催化剂再生罐	304SS	台	2
21	双氧水储罐	304SS	台	1

4.1.4 己二酸装置

4.1.4.1 概述

设计年运行 8000 小时，年产己二酸 30 万吨。建设 2 套 15 万吨己二酸装置。

4.1.4.2 工艺技术方案选择

4.1.4.2.1 工艺路线介绍

当前己二酸主流生产工艺是以环己醇或 KA 油为原料的硝酸氧化法工艺，几乎所有的生产装置均采用该法工艺，技术已完全国产化；除此之外，还有 KA 油空气氧化法工艺、双氧水氧化法工艺、生物法工艺、丁二烯法工艺，但基本没有广泛应用。

(1) KA 油或环己醇硝酸氧化工艺

用硝酸氧化 KA 油的方法很早就有。KA 油或环己醇在铜、钒催化剂作用下，用硝酸氧化生成己二酸。己二酸收率一般在 94%左右，主要副产物是戊二酸和丁二酸(DBA)。

结晶器采用自动清洗控制系统，极大延长了连续运转周期；氧化反应产生的 NOX 气体进入吸收塔进行硝酸回收，吸收酸循环使用，大大降低了 HNO3 的消耗；母液酸采用双效蒸馏浓缩，有效节省了蒸汽消耗；设有低温结晶回收 DBA 中夹带己二酸的技术，有利于提高己二酸收率，减少了废物排放；采用连续移动床离子交换树脂吸附铜、钒系统，有利于提高催化剂回收率；设有独立的除铁工序，有利于生产系统保持较低的铁离子浓度。该生产工艺具有产品质量优、生产成本低、自动化程度高等特点。

(2) KA 油空气氧化法工艺

由于硝酸氧化所产生的氮氧化物污染空气，所以人们在空气氧化方面进行了大量的研究工作。目前，应用氧气做氧化剂的工艺研究，主要集中在环己醇、环己酮、环己烷生成己二酸催化剂的应用方面。此法的优点是环境污染小，不存在硝酸回收问题；缺点是转化率不高，反应时间长，需要硝酸回收设备，且生成杂质多，精制工序复杂，设备费用增大。该方法反应条件苛刻，选择性差，催化剂难以重复利用，距离实现工业化有一定距离，目前仍处于研发阶段。

(3) 丁二烯法

1) 此工艺以 PdCl_2 为催化剂，用 1,4-二甲基丁烯-2 为原料进行羧基化，反应压力为 6.87Mpa，反应温度为 100℃，生成己二酸。超过 100℃催化剂失活；温度低于 100℃反应速率低。该法现仍在研究开发中。

2) 本工艺采用丁二烯与一氧化碳在甲醇中发生羧化反应得到己二酸甲酯；再水解得到己二酸。此法的最大优点是可以用炼油厂的混合 C4 为原料，生产成本低廉。其缺点是流程长，工艺比较复杂，需高压设备多。据有关资料介绍，该法生产的己二酸成本较低，这种由直链烯烃生产己二酸的工艺路线、比由苯为原料生产己二酸的路线从原理及能耗利用上都更趋合理，理论上将来大规模工业应用的前景看好，但目前正在小规模试验阶段，尚不具备大规模工业生产的条件。

(4) 葡萄糖生物催化合成己二酸

利用可再生的生物资源代替石油是化工生产可持续反战的方向。可利用 D-葡萄糖生物催化合成己二酸。在酶的催化下将 D-葡萄糖转变为儿茶酚，儿茶酚在酶 AB2384 的作用下进一步转化为顺，顺-己二烯二酸，顺，顺-己二烯二酸，在室温和 0.34Mpa 下催化加氢合成己二酸。氢化摩尔收率 90%。

在当今矿物石油资源匮乏的情况下，该生物质路线越来越引起人们的重视，具有潜在的发展前景。但目前处于试验研究阶段，尚不具备大规模工业生产的条件。

4.1.4.2.2 工艺比选

分析来看：全球己二酸生产几乎全部以苯为原料，中间经过 KA 油或环己醇，再用硝酸氧化来生产。无论环己烷法还是环己烯法，原料都为苯和硝酸，这两种工艺路线的

差别主要是中间产品的不同，环己烷法的中间产品是环己醇、环己酮的混合物，环己烯法的中间产品是环己醇，而后序的己二酸生产工艺是相近的，尤其是最近几年，两种工艺路线互相借鉴，不断改进，工艺路线基本相同。

鉴于环己烯水合制环己醇工艺的先进性比较突出，而且平煤神马已经拥有多套环己醇硝酸氧化工艺装置、拥有独立研发的三重结晶专利，以及成功应用的 CDM 己二酸废气处理技术，即体现了整个工艺路线的先进性、也有效解决了硝酸氧化反应产生的 NOX 气体污染问题，其精己二酸质量已达到食品级别，各项技术指标达到国际一流水平，精己二酸装置一直保持满负荷生产。因此本报告拟选择采用平煤神马提供的环己醇硝酸氧化工艺路线，整个工艺路线先进、原材料消耗低，经济环保、效益良好，是目前国内外己二酸的主导生产工艺，适合本工程选择。

己二酸生产工艺特点表现在以下方面：

(1) 采用国内目前已成功应用的生产能力最大的反应器，采用温度、搅拌器功率和环己醇进料泵连锁控制以保证生产安全。

(2) 对己二酸结晶器进行了优化设计，增加了各结晶室的容积，使结晶温度梯度分配更有利于己二酸结晶；控制合适出料温度，避免二元酸等副产物的结晶析出，有利于提高己二酸产品的纯度。

(3) 适当降低离心机推料次数，提高滤饼洗涤水的水量，降低滤饼硝酸根含量和滤饼含水量。

(4) 对装置的冷母液和纯水系统的水平衡进行了优化，节约了装置纯水的消耗。

(5) 对己二酸干燥过程中流化床进风进行净化处理，将空气中固体颗粒尽量降低到最低水平；在物料输送系统和流化床等设备连接部位安装防尘措施，避免空气杂质进入生产系统；

(6) 干燥后精己二酸的输送采用机械输送，运行成本较低；

(7) 增加二级活性炭吸附脱色和过滤，采用三级结晶，大幅改善产品质量。

(8) 优化工艺控制指标，控制合适的铜钒催化剂浓度；

(9) 优化工艺控制指标，控制消泡剂浓度，以降低己二酸产品灰分。

4.1.4.3 工艺流程说明

(1) 生产方法、工艺技术路线

本项目精己二酸装置以硝酸和环己醇为原料，以铜、钒作催化剂氧化生产己二酸。单套装置平衡生产能力为 15 万吨/年。整个工艺路线包括氧化酸制备、氧化反应、粗己二酸结晶分离、溶解脱色、精己二酸结晶分离、硝酸回收、母液酸浓缩、二元酸去除及催化剂回收，超精己二酸结晶分离及干燥、二元酸切片等生产步骤。

(2) 工艺流程简述

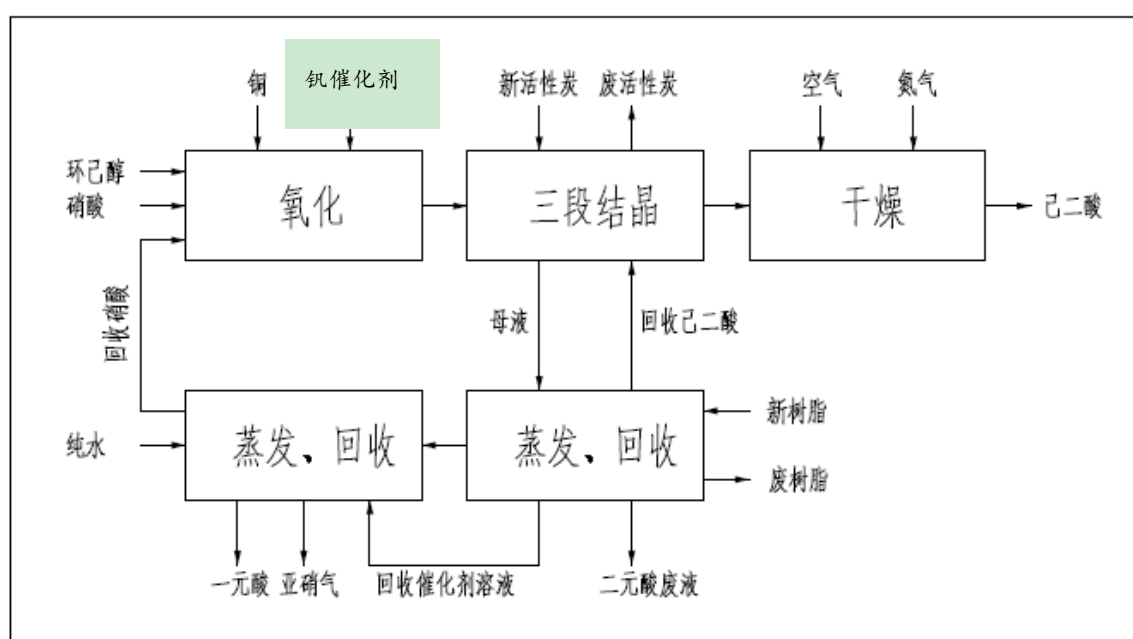


图 4.2.1.6-1 己二酸生产工艺流程图示意图

1) 氧化工段（工段号 100#）

氧化工段包括催化剂的制备、氧化酸的制备、环己醇供应和反应四个步骤。

反应原理：己二酸（ADA）是以环己醇和硝酸为原料，以铜、钒为催化剂反应生成。反应的副产物有二元酸、一元酸、NO、NO₂、N₂O 和 CO₂。环己醇中含有的醇和酯类杂质被氧化成一元酸和二元酸。钒在低温下加速了己二酸的生成，而铜在高温下抑制了副反应的进行。

◆ 催化剂的制备

铜钒催化剂分别在各自的制备罐中制备。新鲜硝酸送入钒制备罐中，用纯水稀释至

15~25%溶液，人工加钒至制备罐中，钒以偏钒酸铵形式溶解于硝酸中，通过搅拌形成 2% 的钒催化剂溶液。铜制备罐中用新鲜硝酸配置 30%的溶液，溶解人工投加的铜，通过泵循环使溶液均匀，得到 5%的铜催化剂溶液。配置好的催化剂溶液经催化剂过滤器过滤后，送至制备酸罐配置氧化酸。

◆ 氧化酸制备

来自装置界区外的新鲜硝酸和回收的硝酸混合制备成氧化反应用的氧化酸送入制备酸罐中暂存，根据需要加入配置好的催化剂溶液。通过控制新鲜硝酸的流量来调节氧化酸的浓度。

◆ 环己醇供应和氧化反应

来自罐区的环己醇进入环己醇进料罐，加入消泡剂（搅拌、保温），通过流量控制分别进入六台串联的氧化釜中。制备酸催化剂溶液则通过流量控制先进入第一台氧化釜中，与加入的环己醇发生氧化反应（温度：76~86℃，微负压），反应液利用位差依次流过六台氧化反应釜（反应过程中硝酸始终过量），完成反应后的氧化反应液进入完成罐，用泵送至第一结晶器。

该工序氧化反应为剧烈放热反应，反应热通过釜内冷却盘管内的循环冷却水移出。在反应过程中，有亚硝酸产生、分解生产的 NO、NO₂。原料环己醇中含有的微量醇和酯类杂质则被氧化成混合一元酸、二元酸。

反应生成的 NO、NO₂、N₂O 气体从反应釜排出后加入过量空气，以促进 NO 向 NO₂ 转化后，随后由氧化氮气体回收工序的压缩机抽走送去回收。

2) 200#一次结晶

来自氧化工序完成罐的氧化完成液进入 1#结晶器，采用真空蒸发方法使物料蒸发、冷却，温度从 85℃降至 30℃后，溶液中的己二酸结晶析出。含己二酸结晶的溶液再经增稠、离心分离后，得到己二酸滤饼（含水率<10%），后送至脱色工序。分离出的滤液则被送至 600#蒸馏工序。

第一结晶器蒸发产生的气相经冷凝后，冷凝液回收用作亚硝气吸收塔的吸收液。不凝气则送至 500#亚硝气吸收塔。

3) 300#溶解脱色

第一结晶器分离出的己二酸滤饼含有少量有色杂质，经加入热母液溶解后，再加入配置好的活性炭吸附脱色，吸附后通过过滤器将活性炭滤去，得到的精制己二酸溶液送二次结晶工序，过滤出的废活性炭送锅炉焚烧。

4) 400#二次结晶、再溶解

来自溶解脱色工序的己二酸溶液进入第二结晶器，采用真空蒸发方法使物料蒸发、冷却，己二酸再次结晶出来；结晶液再经过增浓、离心分离，得到己二酸滤饼（含水率 $<10\%$ ），送再溶解工序。

第二结晶器得到的己二酸滤饼（含水率 $<10\%$ ）在再溶解工序经再溶解、过滤除杂后送第三结晶工序。

5) 硝酸回收工段（500#）

铜制备及氧化工序反应器中放出的氧化氮气体及硝酸蒸汽与空气混合，以加速其向 NO_2 的转化，气体经过亚硝气冷却器冷却后，进入亚硝气压缩机，经压缩后的物料中含有硝酸溶液和亚硝气，通过气液分离器分离出硝酸溶液送至母液酸罐循环使用。亚硝气则进入三个串联的 NO_2 吸收塔，用第一结晶工序来的冷凝液作为吸收液，吸收亚硝气制成硝酸分别送氧化酸制备罐、回收硝酸罐重新利用。在500#亚硝气吸收工序设有事故吸收塔，利用氢氧化钠进行事故气的吸收。

6) 600#母液酸浓缩

第一结晶工序分离出的母液，以及亚硝气回收工序回收的部分硝酸，经本工序两台硝酸浓缩塔采用双效蒸馏的方法，除去酸液中的水分、一元酸，使硝酸溶液浓缩后送催化剂制备工序循环使用。排出的一元酸溶液则送至废水生化处理工序处理后达标排放。

7) 700#母液蒸发及催化剂回收

（1）一次蒸发一次催化剂回收

由第一结晶工序回收的母液酸含有大部分铜、钒催化剂溶液，经 NO.1 蒸发器蒸出大部分硝酸后，含有催化剂离子的溶液送 No.1 催化剂回收工序，利用阳离子树脂对催化剂中的铜离子进行回收后返回系统重新使用。树脂在吸附脱附过程中不断损耗颗粒变小不能使用，后回收集中处理。回收催化剂后的溶液送至二次蒸发工序。

(2) 二次蒸发及己二酸回收

经 No.1 催化剂回收工序回收铜离子后的溶液送至二次蒸发工序，由 No.2 蒸发器蒸发回收大部分硝酸。浓缩液则依次经过己二酸回收结晶器及己二酸回收离心机回收溶液内的己二酸。回收己二酸后的溶液则送至二次催化剂回收工序。

(3) 二次催化剂回收

回收己二酸后的溶液送至 No.2 催化剂回收工序回收催化剂中的钒离子返回前系统继续使用，富含二元酸的溶液后送至二元酸储罐暂存后去二元酸工序。No.2 催化剂回收工序中产生的废树脂回收集中处理。

8) 800#三次结晶

来自再溶解工序的己二酸溶液进入第三结晶器，继续采用真空蒸发方法使物料蒸发，大部分己二酸重新结晶出来；结晶液再经过增浓、离心分离，得到己二酸滤饼（含水率 <10%），送干燥工序。

6) 干燥包装流程

本工序生产任务为采用流化床干燥方式，采用热空气将己二酸滤饼干燥为己二酸固体粉料。

来自 800#三次结晶工序的己二酸滤饼，通过螺旋输送机送入流化床干燥器。流化床干燥器内置盘管，往内盘管通入蒸汽对干燥器内物料进行加热；内盘管连接循环冷却水系统，通过调节内盘管循环冷却水流量和蒸汽流量控制干燥器内加热介质的温度。

流化床干燥器使用空气流化。热空气经空气预热器由蒸汽预热，冷空气经表冷器由冷冻水预冷，通过调节冷热空气的流量控制流化床干燥器内流化空气的温度。干燥工序设置旋风除尘器、洗涤塔，上部出气经洗涤塔洗涤后高空排放。

干燥后的己二酸粉料经冷却后，用密封式链管输送至返料仓和成品仓。成品仓料至密闭式己二酸包装机，经包装后入库。包装系统除尘放空气经洗涤后排放。

4.1.4.4 消耗定额

年产 30 万吨己二酸消耗定额

序号	名称	单位	消耗定额	合计	备注
----	----	----	------	----	----

				小时消耗量	年需求量	
1	环己醇	t/t 产品	0.725	27.2	217500	连续
2	硝酸（以 65%计）	t/t 产品	1.400	52.5	420000	连续
3	铜	kg/t 产品	0.034	1.3	10300	定期补充
4	钒催化剂	kg/t 产品	0.047	1.8	14000	定期补充
5	活性炭	kg			218000	按需投用
6	离子交换树脂	L			120000	按需投用
7	消泡剂	kg/t 产品	0.129	4.8	38571	连续
8	氨水(25%)	L			60000	定期

年产 30 万吨己二酸动力消耗定额

序号	物料名称	规格	单位	消耗定额	合计		说明
					小时用量	年用量	
4.1	电		kwh	260	9750	78000000	
4.2	高压蒸汽	2.5Mpa（G）	t	0.430	16	129000	
4.3	中压蒸汽		t	0.450	17	135000	
4.4	低压蒸汽	0.5MpaG	t	3.000	113	900000	
4.5	冷却水	32~42℃	t	400.000	15000	120000000	
4.6	冷冻水		t	148.000	5550	44400000	
4.7	纯水		t	3.400	128	1020000	
4.8	新鲜水		t	1.150	43	345000	
4.9	氮气		Nm3	16.000	600	4800000	
4.10	压缩空气		Nm3	79.000	2963	23700000	
4.11	仪表空气		Nm3	45.000	1688	13500000	
4.12	脱盐水		t	0.000	0	0	
4.13	蒸汽凝液		t	-3.492	(131)	(1047600)	

4.1.4.5 主要工艺设备

4.1.4.5.1 设计原则和规定

本工程非标设备设计原则是立足国产化并依靠技术支持方的操作和设计经验来

满足业主要求。

4.1.4.5.2 设备选择

对己二酸装置，主要介质为环己醇、硝酸、己二酸、二元酸等，硝酸体系具有一定腐蚀性，因此设备选材时，根据操作条件和处理介质情况，与物料接触设备选用钛材、304L、316L 等材质，其他无腐蚀设备用材选用 Q345R 或 Q235-A 材质。

（1）己二酸氧化反应器

环己醇硝酸氧化反应器选用搅拌釜式反应器，6 台反应器串联为一系列，双系列反应器并联运行，单套己二酸装置 12 台反应器。由于氧化反应过程是放热反应，为移出反应热，冷却水系统采用闭路循环系统，冷却水用泵进行强制循环。

反应器的环己醇加料管直插反应器底部，使环己醇在反应器内有足够的停留时间，并设有搅拌器使反应安全、平稳，防止表面加料走短路现象发生。

（2）粗、精己二酸结晶器

粗、精己二酸结晶器均采用国产新设计的结晶器，材质为 304L。

结晶器的结构采用真空连续多级形式，其特点是在真空下通过溶剂硝酸和水的绝热蒸发使溶液冷却。此种结晶器结构比较简单、生产能力大，不需要传热面，避免传热面发生腐蚀及结垢，影响传热效果，故操作容易控制。

结晶器分为 12 个室，每个室的温度和压力是相对应的，在一定的真空度下有相对应的温度，各室的温度和压力依次逐步降低。

由于结晶器各相邻两个室之间的压力不同，室与室之间不能直接相通，故设计了一种虹吸管，它的两段的高度差即为相邻的压力差，虹吸管设置在结晶器外面，便于清洗己二酸的沉积物。

各室的搅拌采用偏心高速搅拌，其作用是使上一室的热溶液迅速与下一室的冷溶液快速混合，并借助离心力作用通过虹吸管由此一室到另一室，有利于水和硝酸的蒸发，使结晶呈悬浮状。

（3）己二酸离心机

己二酸离心机均采用进口的离心机。

己二酸装置主要工艺设备一览表

序号	设备名称	材料	单位	数量
1	制备酸罐	304L	台	2
2	Cu 制备罐	304L	台	2
3	钒制备罐	304L	台	2
4	环己醇进料罐	CS	台	2
	ADA 反应器	S30403	台	24
5	完成罐	304L	台	2
6	粗酸结晶器	304L	台	4
10	粗酸增稠器	304L	台	4
11	粗酸离心机	304L	台	4
13	精酸结晶器	304L	台	4
14	精酸增稠器	304L	台	4
15	精酸离心机	304L	台	4
16	超精酸结晶器	304L	台	4
17	超精酸增稠器	304L	台	4
18	超精酸离心机	304L	台	4
19	事故尾气吸收塔	304L	台	2
20	亚硝气压缩机	304L	台	6

序号	设备名称	材料	单位	数量
21	1#NO2 吸收塔	304L	台	2
22	2#NO2 吸收塔	304L	台	2
23	3#NO2 吸收塔	304L	台	2
24	1#硝酸浓缩塔	304L	台	2
25	2#硝酸浓缩塔	304L	台	2
26	NO.1 催化剂吸附塔	304L	台	4
27	NO.1 树脂再生塔	304L	台	2
28	NO.1 树脂洗涤塔	304L	台	4
29	NO.2 催化剂吸附塔	304L	台	2
30	NO.2 树脂再生塔	304L	台	2
31	NO.2 树脂洗涤塔	304L	台	2
32	流化床干燥冷却器	304L/304	台	4
33	精己二酸包装机	组合	台	4
34	1#冷母液罐	SS304	台	2
35	粗酸溶解液储罐	SS304L	台	2
36	2#冷母液罐	SS304L	台	2
37	热母液储罐	SS304L	台	2
38	母液退料罐	SS304L	台	2

序号	设备名称	材料	单位	数量
39	冷母液退料罐	SS304L	台	2

4.1.5 亚硝气减排装置

4.1.5.1 概述

设计年运行 8000 小时，年产己二酸 30 万吨配套亚硝气分解装置，笑气处理能力 9 万吨/年；

4.1.5.2 工艺技术方案选择

硝酸氧化 KA 油过程中从反应器排放的亚硝气中含有 N_2O 、 NO_x (NO 、 NO_2) 等。这些气体先进入吸收塔进行回收处理，把 NO_x 转化成 HNO_3 回收使用。从吸收塔出来的废气主要是 N_2O 。每生产 1 摩尔己二酸可产生 0.8~1 摩尔 N_2O 。 N_2O 是一种潜在的导致温室效应和臭氧层减少的气体。

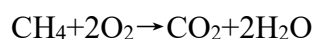
目前国际上对 N_2O 的减排处理，工艺上比较成熟，并实现工业化的主要有两种，一种是高温分解法，另一种是催化分解法。

(1) 高温分解工艺

将 N_2O 和燃料气（如甲烷）一起送入热分解反应炉中进行燃烧，温度为 $1200^{\circ}C$ ~ $1500^{\circ}C$ 。 N_2O 和 CH_4 经过分解反应和合成反应生成 N_2 、 O_2 和 NO 。

主要反应为：

1) 还原



2) 分解



这种技术的优点是：

- 1) 可进一步通过对产生的 NO 进行氧化、水吸收回收一部分硝酸；
- 2) 可由燃烧反应炉发生蒸汽。

这种技术有较为明显缺点，一是消耗燃料；二是反应温度高；三是反应产生 CO₂。CO₂ 气体仍为环保控制排放的对大气有害的可产生温室效应气体。

(2) 催化分解工艺

以氧化锆、氧化钴、氧化镍为主要成份的催化剂，在固定床反应器中进行分解反应，反应温度为 400~800℃。

反应方程为：



(催化, 400~800℃)

2) 最少的副反应



(无催化, >800℃)



该技术的优点：

- 1) 反应温度相对较低，反应条件相对平和；
- 2) 不消耗燃料；不产生 CO₂ 等温室气体；
- 3) 流程简单，操作和维护简单、可靠； (4) 占用场地小。

该技术的缺点：

- 1) 每年更换一次催化剂
- 2) 不能转化产生 NO，回收硝酸。

综上所述，热分解法和催化分解法工艺成熟技术可靠，过程简单，投资少，为多家工厂所采用。而苯氧化法，一直没有进一步工业化的报导。

（3）亚硝气处理工艺推荐方案

本可行性研究报告推荐亚硝气处理工艺采用催化分解工艺路线。

4.2 主要工艺设备

4.2.1 项目装置主要设备分类

（1）反应器类设备

苯加氢反应是在高温、高压、酸性条件下进行的，加氢反应器反应釜的材质选用了耐腐蚀的哈氏 C 材质，避免金属离子进入反应浆液对催化剂性能造成影响；其次，对搅拌叶片作特殊设计使其达到催化剂颗粒的高度分散。为了保证反应顺畅，在反应器内设计了按一定次序排列的气相、液相分布器。

环己醇硝酸氧化反应器选用搅拌釜式反应器，共六台反应器串联。反应器的环己醇加料管直插反应器底部，使环己醇在反应器内有足够的停留时间，并设有搅拌器使反应安全、平稳，防止表面加料走短路现象发生。

（2）塔类设备

环己醇装置采用真空萃取精馏工艺，保持各塔操作时塔顶、塔底温度、压力满足环己醇物料平衡表中给出的数据，特别是塔底温度按物料平衡表中的和相关操作经验要求。对塔的技术参数重新进行详细设计计算（流程模拟、流体力学计算），核算出满足各塔技术指标的详细设计技术参数（塔高、塔径、板间距、填料层高度及层数等）以及塔内件的详细设计技术参数。

（3）结晶器类设备

己二酸装置结晶器的结构采用真空连续多级形式，此种结晶器结构比较简单、生产能力大，不需要传热面，避免传热面发生腐蚀及结垢，影响传热效果，操作容易控制。

结晶器分为 12 个室，各室的搅拌采用偏心高速搅拌，其作用是使上一室的热溶液迅速与下一室的冷溶液快速混合，并借助离心力作用通过虹吸管由此一室到另一室，有利于水和硝酸的蒸发，使结晶呈悬浮状。

4.2.2 采用的标准规范

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| (1) TSGR0004-2009 | 《固定式压力容器安全技术监察规程》 |
| (2) GB150.1~4-2011 | 《压力容器》 |
| (3) GB/T151-2014 | 《热交换器》 |
| (4) NB/T47003.1-2009 | 《钢制焊接常压容器》 |
| (5) NB/T47042-2014 | 《卧式容器》 |
| (6) NB/T47041-2014 | 《塔式容器》 |
| (7) HG/T20569-2013 | 《机械搅拌设备》 |
| (8) GB50341-2014 | 《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》 |
| (9) GB50128-2014 | 《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》 |
| (10) HG/T20580~20585-2011 | 六项标准 |

4.3 自动控制

4.3.1 概述

本项目主要生产装置的监视、控制和管理由分散型控制系统(Distributed Control System - DCS) 完成(以下简称 DCS)。在控制室进行集中操作和管理。安全仪表系统(Safety Instrumented System -SIS)等分别独立于 DCS 系统和其它系统单独设置。可燃气体/有毒气体检测系统(Flammable/Toxic Gas Detection System –GDS)在 DCS 系统内采用独立的卡件及独立的操作站进行集中监控。

仪用空气、压缩空气和氮气的总管压力,循环水管道压力、温度以及消防水系统管网压力均进入 DCS 系统。

4.3.2 控制系统的选择

为了满足生产控制要求,提高产品质量,降低消耗及确保安全生产,本工程的自动化设计将遵循“中等适用、安全、可靠”的原则,并参照原化工装置控制系统选型,采用比较可靠的技术和设备,实现工艺生产的监视、控制、保护和报警的要求。各装置的控制系統均采用 DCS 对工艺生产过程实行集中监视、控制。关键数据的监控和安全动作采用独立于 DCS 系统单独设置的安全仪表系统(Safety Instrumented System -SIS)。

根据控制系统控制规模和工艺设备布置情况，己二酸、环己醇装置、硝酸装置等，设置各自独立的控制系统，并与全厂控制网、管理网连接。本项目中心控制室同步建设，见总图布置图。

以太网是实现信息交换的主干网络,网络接口和通信要求必须保证速度快、负荷低、安全。DCS、SIS、PLC 等系统具有各自特有的功能，在自成系统的同时，具备与局域工厂管理网/全厂管理网的通信接口。

SIS、PLC 系统采用 MODBUS 协议与 DCS 控制器进行通信。这些通信连接，在各机柜室内完成，通信接口采用冗余的方式。仪表既参与 SIS 联锁，又参与 DCS 控制的信号，采用一分二安全栅，分别把信号送至 SIS 和 DCS。

整套装置仪表主要采用本安防爆设计，电磁阀采用 24V 隔爆型。

4.3.3 仪表选型

现场仪表根据各装置工艺介质的特点，在选型上均作了相应的考虑，并与原有装置的仪表类型总体上保持一致，智能仪表须采用 HART 通讯协议。

(1) 温度测量：

(a) 就地温度指示选用 $\Phi 100\text{mm}$ 万向型双金属温度计，双金属温度计与法兰套管的连接形式为活动卡套式，长短可任意调节。

(b) 集中检测温度仪表

温度测量选用铠装热电阻/热电偶带一体化温度变送器，并工艺过程有特殊要求或安装位置不易观察的场合，采用分体式温度变送器。特殊装置的温度测量采用热电阻/热电偶，在 DCS 机柜或 SIS 机柜安装温度变送器（安全栅），转换为 4-20mA 信号。

除特殊情况外，所有温度元件带保护套管，套管型式为法兰式锥形整体钻孔外套管，温度套管的最低材质要求为 316SS 不锈钢，套管内径 $\Phi 9\text{mm}$ 。采用 DN40 法兰连接，公称压力与管道等级相同。原则上保护管长度在管道上为 150~400mm，在设备上为 400mm。对管径小于 DN100（4"）应采用扩大管方式增至 DN100（4"）。

测温元件的接线盒材质一般为不锈钢或铸铝，铠装热电阻/热电偶与温度计套管的连接形式为螺纹连接，螺纹规格为 1/2" NPT-14 牙。远传仪表接线盒出线口连接尺寸为

1/2" NPT (F) 。

(2) 压力测量：

(2.1) 就地压力指示一般选用 $\Phi 100\text{mm}$ 弹簧管压力表，小量程及绝对压力测量选用膜盒压力表，对于粘稠、易结晶、含有固体颗粒或腐蚀性的介质，应选用隔膜压力表或膜片压力表，隔膜或膜片的材质应根据测量介质的特性选择；压力表精度最低要求为 $\pm 1.5\%$ ；往复泵、压缩机等出口采用耐震式压力表。压力表连接形式通常为 M20x1.5，隔膜式为法兰连接。外壳材质为不锈钢，带安全玻璃。在照明条件较差、安装位置较高、观察距离较远或安装于就地仪表盘时，刻度盘直径可选用 $\Phi 150\text{mm}$ 。

(2.2) 压力变送器

各类变送器，包括压力、差压、流量、液位变送器等，优先选用带 HART 的智能变送器，工艺接头一般采用 1/2NPT。

(a) 测量压差或微压力选用差压变送器，测量腐蚀性或易堵介质的压力选用膜片密封式法兰压力变送器。

(b) 压力仪表测量元件的材料最低要求为 316SS 不锈钢。若介质特性要求选取其它材质，应与配管材料等级规定一致或更高。

(c) 压力开关采用非指示型，压力开关的接点应为双刀双掷(DPDT)。

(d)带现场指示表头，带安装支架

(e) 往复泵、压缩机出口的压力表应设有脉冲阻尼器。压力表或压力变送器应有超量程保护设施。

(f)对于需要配三阀组的差压变送器，由变送器供应商成套。

(3) 液位测量：

(a) 液位仪表测量优先选用差压式液位仪表，也可考虑使用浮筒液位变送器、导波雷达、电容式、超声波等其它液位仪表。

差压式液位仪表一般选用差压变送器带法兰式隔膜密封装置；根据测量介质的腐蚀性、有毒性、高粘度、含固体颗粒的物位选用平法兰、插入式法兰或双法兰式差压变送器。差压变送器的测量元件材料最低为 316L 不锈钢。

(b) 普通差压液位变送器测量液位时带三阀组或五阀组，差压变送器的测量元件材料最低为 316SS 不锈钢，工艺连接头采用 1/2NPT。

(c) 当测量小于 2000mm 的界面时可使用浮筒液位变送器。

(d) 当选用外浮筒液位变送器时优先采用"侧—侧"法兰连接，浮子材料最低为 316SS 不锈钢，在温度高于 200℃或低于 0℃时，扭力管部分应带散热片或延长管。

(e) 大容量贮罐液位计可选用单法兰变送器、雷达液位计、超声波液位计等。

(f) 液位开关选用电极式液位开关、音叉液位开关、浮球液位开关等，开关接点应是双刀双掷(DPDT)。

(g) 料位测量选用射频导纳、音叉式料位开关或雷达、超声波料位计。开关接点应是双刀双掷(DPDT)。

(4) 流量测量：

应根据不同用途、精度要求和介质情况选用符合有关规范的相应流量仪表：

(a) 流量测量优先选用节流装置加流量差压变送器方式，也可选用面积式流量计、容积式流量计、电磁流量计、质量流量计、超声波流量计等流量仪表。

(b) 节流装置采用国际标准 ISO5167 标准计算、制造和验收。通常变送器的差压范围选用：0~5、0~10、0~16、0~25、0~40、0~60、0~100kPa。节流装置的型式包括：标准孔板、多孔孔板、文丘里、V 形锥、威力巴、均速管、喷嘴、楔式流量计等，根据工况进行选用。

(c) 节流装置孔板材料最低选用 304SS 不锈钢，根据工艺流体性质要求可选用高级合金钢、耐腐蚀等材料。

(d) 根据管道情况，合理选择节流装置的前后直管段。对小口径(DN40 或以下)或特殊非标准场合选用带前后直管段的节流装置或内藏孔板流量变送器，不采用扩径方式。

(e) 低压损流量测量的场合使用文丘里管或平衡流量计，高压过热蒸汽及宜磨损或易受腐蚀等场合宜采用流量喷嘴。

(f) 差压变送器带三阀组装置，依据便于检修的原则根据安装位置采用一体化安装或分体式安装的形式。原则上变送器的测量元件材料最低选用 316SS 不锈钢，工艺连接

头采用 1/2NPT。

(g) 节流装置取压方式

一般情况下取压方式采用法兰取压方式，法兰取压口直径 $\Phi 23$ ，采用焊接闸阀取压。此外，根据使用条件和测量要求可采用其它取压方式。

(h) 管径小于 DN40 流量测量或流量变化范围较大时，可选用面积式流量仪表，通常采用金属管转子流量计。

(k) 需精密测量流量时，应选用质量流量仪表。

(l) 大管径（14”或以上）、且要求压力损失较小的清洁介质的流量测量可选用均速管流量计、超声波流量计或插入涡街流量计。

(m) 用于蒸汽、过热蒸汽和高压蒸汽场合的差压型流量仪表采用冷凝罐。

(n) 安装在管道上的仪表连接形式应尽量选用法兰式。法兰形式与等级应与所在管道配管规定一致。安装于 Class 1500lb 及更高等级管道上的孔板或流量喷嘴，宜采用焊接方式。

(5) 成分分析：

(a) 过程分析仪系统一般应包括取样单元、预处理单元、分析器单元、回收或放空单元、带微处理器信息处理单元、CRT 或打印机等。为与 DCS 进行数据通信，应考虑接口装置及有关通信协议等。重要信号采用硬接线的方式。

(b) 过程分析仪应尽量集中安装在现场分析间，分析间由仪表制造厂成套供应，并配齐电源、空气源、载气、标准气及防爆空调等。

现场分析间的外壳材质原则上应为不锈钢。应成套提供有毒气体、可燃气体及氧气检测器等安全保护措施，并在分析间外设置声光报警。

(c) 分析取样管及采样预处理单元采用 Swagelog 或等同的管件及连接件，材质至少为 304SS。

(6) 执行器：

(a) 调节阀由薄膜或气缸执行机构操作，直通或角型阀体；优先选用等百分比特性、线性特性或近似等百分比特性；偏心旋转阀也可采用。

(b) 8"和 8"以下的调节阀优先选用 Globe 调节阀(单/双座或套筒式)。

(c) 10"和 10"以上口径或低差压情况，采用蝶型阀或偏心旋转阀。对于介质中含有固体粉末或粘度较大的情况，采用 V 型球阀或偏心旋转阀。对于噪声较大的情况，采用笼式阀或低噪音调节阀。根据工艺介质及操作要求也可选用角型阀、三通阀、波纹管密封阀等形式。对于高压差、闪蒸、空化、腐蚀、高噪声等情况，可选用特殊的阀芯和阀体设计。

(d) 调节阀口径计算应使正常流量条件时，等百分比阀芯不超过 80%的行程，线性阀芯不超过 60%行程。调节阀缩径不大于 2 级。

(e) 调节阀设计应使调节阀下游 1 米处和管道表面 1 米处的噪声等级不超过 85dBA。间歇使用或紧急操作的调节阀在上述位置的噪声不超过 115dBA。

(f) 除开关阀外，所有调节阀应带智能电/气阀门定位器，4~20mA 叠加 HART。应按工艺操作要求，在调节阀无旁路时提供手轮。

(g) 紧急停车系统用、要求严密关闭的调节阀应选单座阀、球阀、蝶阀等，选用气缸执行器时带弹簧返回装置以保证气源故障时可使阀座处于故障安全位置。紧急停车系统及顺序控制用阀门应装有限位开关，在 DCS 系统或信号器上可指示出阀门的位置。应用于关键场合的开关阀应具备 API607 认证和防静电结构。

(h) 阀体材料应符合工艺介质要求，连接法兰规格一般选用 HG/T 20615，应与管道专业管路标准级别相适应。阀体材料一般参照管道等级规定来确定，不选用铸铁。

(k) 当使用温度超过 200℃或低于 0℃时，阀颈应带散热片或延长颈型。

(l) 阀内组件和阀座材料通常应为 316SS。高差压或强腐蚀等其它原因，材料应经硬化处理或选用合适的材料。

(i) 调节阀泄漏等级应至少为 CLASS IV (ANSI B16.104)，当工艺要求为严密关闭 (TSO) 时，应选用 CLASS VI 或 CLASS V。开关阀泄漏等级至少应为 CLASS V

(m) 在气源故障时，应保证阀门处于"故障安全"位置。必要时在阀门附近设置贮气罐。

(n) 操作温度低于+200℃密封填料选用聚四氟乙烯人字型填料或聚四氟乙烯混合填

料。操作温度为 200℃或更高应选用石墨填料。

(o) 优先选用带 HART 协议的智能型电 / 气阀门定位器，也可选用电 / 气转换器，与气动阀门定位器配合使用。一般选用正作用式阀门定位器。

(p) 三通、四通电磁阀应选用长期带电型，电磁阀工作电压 24V DC 。电磁阀原则上选用低功耗隔爆型。

(q) 自力式调节阀只适用于 N₂、空气、燃料气、蒸汽和其它辅助用流体等调节要求不严的场合。

(r) 阀门连接采用法兰连接，避免采用法兰对夹式或螺纹连接方式。

(s) 切断阀选型原则为:当口径小于 200 时（含 DN=200），一般选择直通球阀，口径大于 200 时，一般选择双偏芯蝶阀，当工艺有较高要求时选择三偏芯蝶阀。

4.3.4 控制室的设置

根据控制系统控制规模和工艺设备布置情况，己二酸、环己醇、硝酸等设置各自独立的控制系统，并与全厂控制网、管理网连接。

本项目中心控制室设置独立的中控室、机柜室、工程师站室、UPS 电源室等。主要对主装置、冷冻站、原料和成品罐区、循环水站、事故应急池、仓库、室外工程等工段进行监控和工艺参数的显示。分别采用分散型控制系统（DCS）、安全仪表系统（SIS）等，实现对各工段的工艺参数进行监视、报警、过程控制和各工段安全联锁、紧急停车的控制等。操作站、打印机等布置在中控室。各控制室、机柜室、UPS 电源室要求设置空调、吊顶及防静电地板等。

4.3.5 仪表供电和供气

（1）仪表用压缩空气

本装置仪用压缩空气，总用气量约为 2140Nm³/h，由项目新建的空压站提供。仪用空气总管操作压力为 0.5~0.8MPa（G），仪用空气应除油、干燥处理，在干燥器出口所获得的干燥仪用空气，其露点温度至少比最低环境温度低 10℃。仪用空气含尘粒径应小于 3 μm。

（2）仪表用电源

电气专业设置两组独立的 UPS 电源,为各控制系统(DCS、SIS、CCS 等的控制器)和操作站提供双回路供电。

UPS 电源的容量按照:使用总量 x 150%进行考虑。UPS 电源要求:220V AC 50HZ,蓄电池容量应保证电源故障时持续 30 分钟供电,切换时间 $\leq 5\text{ms}$ 。

仪表普通电源(GPS)提供非仪表用电,如盘内照明、维护插座和风扇等。直流 24VDC 电源由自控专业提供。

现场电磁阀原则上采用 24V DC、低功耗、隔爆型,电气接口尺寸为 1/2" NPT。

在线分析小屋供电(AC220V),公用部分(灯、电加热、空调等)由电气专业负责供电;仪器部分由仪表 UPS 供电。

4.3.6 安全技术措施

在现场设置的仪表、检测元件采取相应的保护措施。室内仪表采用敞开或保护箱安装,室外仪表在保护箱或保温箱内安装。仪表所带的接线盒,配挠性管接头及密封接头等,在防爆区域采用隔爆型。其它仪表附件,如电缆桥架采用钢制热浸锌防腐,穿线盒、穿线管、接线箱也采取防腐措施。信号电缆采用主电缆加分支电缆,仪表伴热采用低压蒸汽伴热,导压管一般采用 $\Phi 14*2$ 不锈钢管,高压可采用其他符合要求的管材。

控制室内 DCS 设备的工作接地、保护接地等均接入电气等电位接地网,所有屏蔽电缆的屏蔽层均要求在控制室侧接地,仪表保护穿线管等均应有可靠的接地措施。

对生产过程中重要的参数,均设有越限报警以引起操作人员的注意。

4.3.7 本设计采用标准,规范

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| (1) 《过程测量和控制仪表的功能标志及图形符号》 | HG/T 20505-2014 |
| (2) 《自动化仪表选型设计规定等》 | HG/T 20507~20516-2014 |
| (3) 《爆炸危险环境电力装置设计规范》 | GB50058-2014 |
| (4) 《分散型控制系统工程设计规范》 | HG/T20573-2012 |
| (5) 《石油化工安全仪表系统设计规范》 | GB/T 50770-2013 |
| (6) 《石油化工控制室设计规范》 | SH/T3006-2012 |

(7) 《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》

GB50493-2009

4.4 工艺装置“三废”排放与预处理

本项目工艺装置三废排放与处理措施详见第 12 章：环境保护。

4.5 装置占地与建、构筑物面积

本项目装置占地详见第 7 章：总图运输、储运、土建、界区内外管网，全厂建、构筑物一览表。

5 原材料、辅助材料、燃料和动力供应

5.1 主要原材料、辅助材料、燃料的种类、规格、年需用量

5.1.1 主要原料的种类、规格

(1) 原材料规格

表 4.3.1.3-1 主要原材料技术规格表

No.	名称	规格	国家标准	备注
1	苯	外观 无色透明液体，无不溶水及机械杂质， ≤20Pt-co 标度 纯度 >99.95 wt % 总硫量 <0.1 ppm 凝固点 >5.4℃ 密度 878~880kg/m ³ (20℃) 馏程 79.9~80.3℃ 酸洗比色 酸层颜色不小于 1000mL 稀酸中含 0.1g 重铬酸钾的标准溶液 酸度 无游离酸 噻吩 <0.06wt ppm	石油苯 GB/T3405-2011	外购
2	氢气	氢气 ≥99.9%(V) CO ₂ <10ppm(V) CO <5 ppm(V) CH ₄ <50ppm(V) H ₂ O <10mg/m ³ 含硫 <0.1ppb (以 H ₂ S 计) 氧 无 CH ₃ OH 检测不出 露点 ≤- 60℃		来自 建元 煤焦 化制 氢装 置

No.	名称	规格	国家标准	备注
3	液氨	氨含量,% ≥99.9 残留物含量,% ≤0.1(重量法) 水分,% ≤0.1 油含量,mg/kg ≤5(重量法) 2(红外光谱法) 铁含量, mg/kg ≤1	液体无水氨 GB/T536-2017	来自 建元 煤焦 化成 氨装 置

(2) 催化剂及辅助材料规格

序号	项目	指标	国家标准	备注
1	铜	满足 UDC669.3:001-33GR466 - 82Cu-2		
2	钒催化剂	包装方式：袋装		
3	活性炭	满足 GH-91，包装方式：袋装		
4	消泡剂	满足 TSA-732 (ToshibaSilicon 或相当) 包装方式：15kg 圆桶		
5	阳离子交换树脂	满足 DLAIONPK-228(Mitsubishi Kasei 或相当) 包装方式：50 升塑料袋		
6	氨水	浓度：25±1wt%		
7	烧碱	浓度：32% 比重（20℃时）：最小 1.507g/cm3 Na2CO3:最大 0.06wt% NaCl: 最大 7wt%		
8	加氢催化剂 （钨催化剂）			
9	加氢分散剂 （氧化锆）			
10	水合催化剂（ZSM-5）			

11	脱硫催化剂 (钨催化剂)			
12	硫酸锌			
13	氧化铝催化剂			
14	环己烷处理催化剂 (镍催化剂)			
15	溶剂 (N,N 二甲基乙酰胺)			
16	氢脱硫催化剂			

(3) 公用工程及动力规格

No.	名称	规格	备注
1	高压蒸汽	压力: 4.5MpaG 温度: 430℃	
2	中压蒸汽	压力: 1.2MpaG 温度: 193℃	
3	低压蒸汽	压力: 0.5MPa 温度: 150℃	
4	新鲜水	压力: 0.3MPa 温度: 环境温度	
5	脱盐水	压力: 0.6MPa 温度: 常温 电导率: $\leq 0.5 \mu s/cm$ 总硬度: $\leq 0.03 meq/l$ PH 值: 7~8 悬浮物: $\leq 5 meq/l$ 含油量: $\leq 2 mg/l$ 溶解氧: $\leq 0.1 mg/l$	
6	低压氮气	压力: $\leq 0.7MPaG$ 纯度: $\geq 99.99\%(vol)$	

No.	名称	规格	备注
7	工艺空气	压力：0.6MPaG 露点：-22℃，无油，无尘	
8	仪表空气	压力：0.6MPaG 露点：-40℃(压力露点，无油，无尘 仪表气源应符合《工业自动化装置气源压力范围和质量》GB4830-84 的要求	
9	电	10000V±10% 50Hz±1% 3 相 380V±10% 50Hz±1% 3 相	

5.1.2 主要原料的年需求量、来源及运输条件

表 5.1.2 主要原料的年需用量、来源及运输条件

运入							
项目	名称	单位	总年用量	来源	物料形态	包装要求	运输方式
原料	苯	t	19400 0	外购，自原料罐区来	液		管道运输
	氢气	kNm3	13000 0	自制氢装置来	气		管道运输
	液氨	t	77053	自合成氨装置来	液		管道运输
辅助材料	氨水(25%)	t	60	自合成氨装置来	液		管道运输
	双氧水	t	600	外购	液	槽车	汽运
	DMAC	t	18	外购	液	槽车	汽运
	己二酸包装袋	个	30000 0	外购	固	散装	汽运
	二元酸包装袋	个	21000	外购	固	散装	汽运

	液碱	t	0	外购	液	槽车	汽运
催化剂	加氢催化剂（钨催化剂）	Kg	500	外购	固	包装桶或袋	汽运
	水合催化剂（ZSM-5）	Kg	30000	外购	固	包装桶或袋	汽运
	加氢分散剂（氧化锆）	Kg	2820	外购	固	包装桶或袋	汽运
	苯脱硫催化剂（钨催化剂）	Kg	14600	外购	固	包装桶或袋	汽运
	硫酸锌	Kg	10045	外购	固	包装桶或袋	汽运
	氧化铝催化剂	Kg	20430	外购	固	包装桶或袋	汽运
	环己烷处理催化剂（镍催化剂）	Kg	713	外购	固	包装桶或袋	汽运
	铜	kg	10300	外购	固	包装桶或袋	汽运
	钒催化剂	kg	14000	外购	固	包装桶或袋	汽运
	活性炭	kg	72667	外购	固	包装桶或袋	汽运
	离子交换树脂	L	40000	外购	固	包装桶或袋	汽运
	消泡剂	kg	38571	外购	固	包装桶或袋	汽运
	铂催化剂	g	17766	外购	固	包装桶或袋	汽运
	N2O 分解催化剂	m3	12	外购	固	包装桶或袋	汽运
	NOX 分解催化剂	m3	9	外购	固	包装桶或袋	汽运
运出							
产品及副产品	己二酸	吨/年	30000 0	己二酸装置	固态	包装袋	汽运
	环己醇	吨/年	(1750 0)	环己醇装置	液态		汽运
	二元酸	吨/年	21000	己二酸装置	固态	包装袋	汽运
	环己烷	吨/年	40000	环己醇装置	液态		汽运

	轻质油	吨/年	4300	环己醇装置	液态		汽运
	重质油	吨/年	1100	环己醇装置	液态		汽运
废催化剂及其他	废催化剂及其他	吨/年	385	各装置	固态	包装桶	汽运, 外委处理

5.2 主要原辅材料市场分析

5.2.1 主要原材料

本项目主要原料为苯、氢气和液氨，年消耗量分别为苯 19.4 万吨、氢气 13000 万 Nm³、液氨 7.7 万吨。

(1) 苯

苯作为一种基本有机化工原料，主要用于生产苯乙烯、异丙苯、环己烷和硝基苯等化工产品。我国市场供应的纯苯 80%主要来自石油炼制，主要由中石化、中石油两大集团公司提供；20%为焦化苯，从冶金炼焦的副产物中回收。

鄂托克旗建元煤焦化公司自有精苯产能 12 万吨，660 万吨煤焦化项目（已经投产运行 420 万吨焦化产能，240 万吨焦化产能与己二酸项目同步建设）产出粗苯经加氢装置进行精制制取加氢苯，精苯收率 0.68，精苯产量 12 万吨/年，目前外售作为其他企业环己醇装置原料；

本项目建成后，可采用管道输送到己二酸项目界区作为环己醇装置原料；剩余 7.94 万吨精苯自市场采购，项目所在地周边内蒙古、山西以及河北等地区的煤焦化、炼化企业较多，建议建设方提前与苯供应商达成合作意向，确保原料供应可靠。

(2) 氢气

项目生产每小时需要氢气 16250Nm³，拟由鄂托克旗建元煤焦化公司已经建成的制氢装置提供，由管道送至本项目界区，供应有保障。

详见后附物料平衡图。

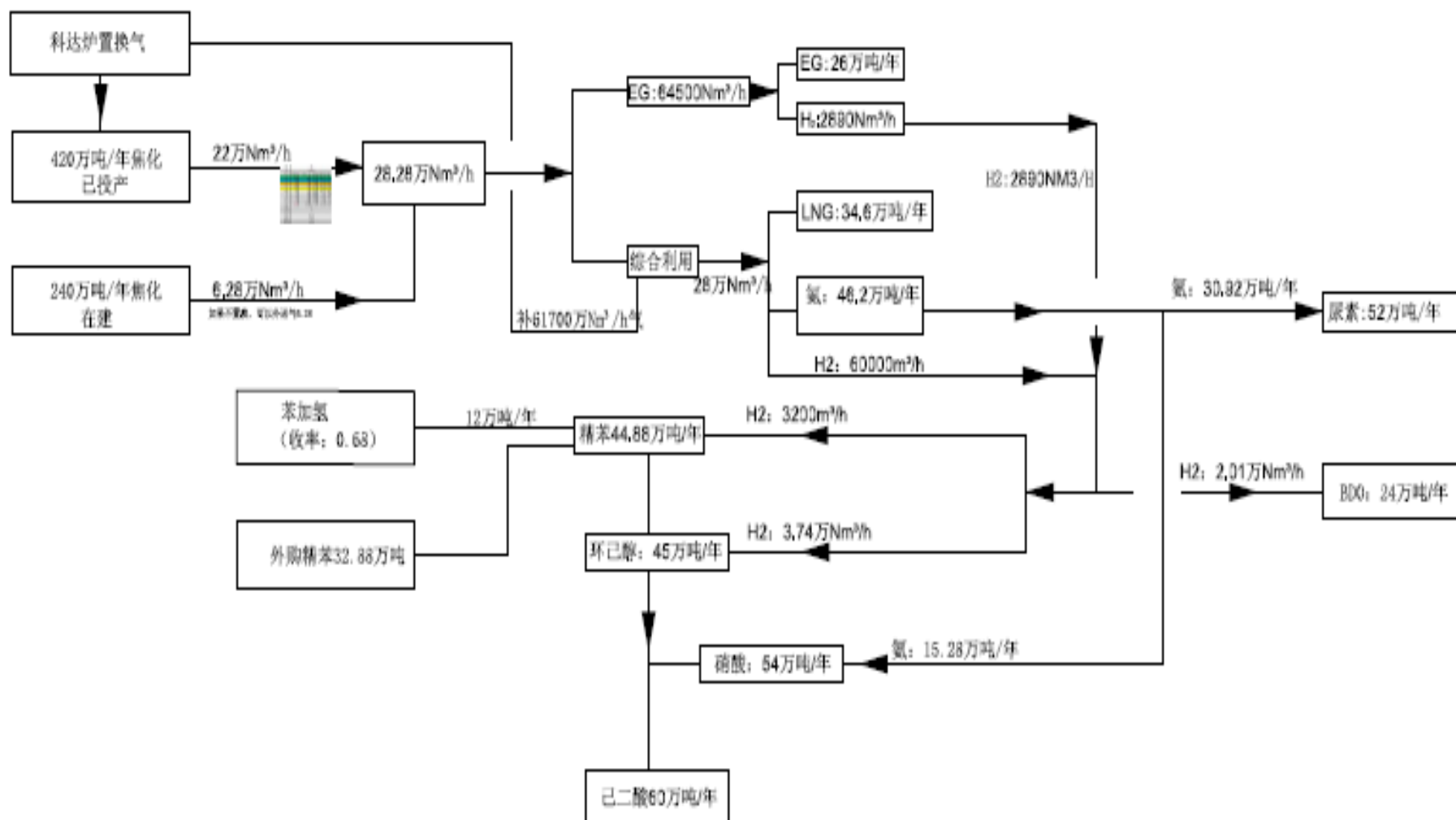
(3) 液氨

项目生产每小时需要液氨 9.6t，拟由鄂托克旗建元煤焦化公司已经建成的合成氨装

置提供。建元煤焦化公司已经投产合成氨装置产能规模为 2×30 万吨，部分液氨用作硝酸装置原料，剩余部分液氨用于生产尿素。本项目所需液氨由管道送至本项目界区，合成氨产供应有保障。

根据建元公司前期 60 万吨己二酸、24 万吨 BDO 项目总体物料平衡，项目总体煤焦化产气量大，液氨、氢气供应量满足两期项目使用需求。

详见后附物料平衡图。



660万吨焦化时，建设45万吨环己醇，60万吨己二酸，24万吨BD0

5.2.2 辅助材料

本项目所使用的化学品、催化剂、包装袋等辅助材料包括：脱硫催化剂、加氢催化剂、水合催化剂、双氧水、氢氧化钠等，这些辅助材料种类繁多，大部分是由专用供货商提供，另有部分属于常见商品，用量相对较少，易于市场采购，供应有保障。

5.3 水、电、汽和其他动力供应

表 5-3 公用工程及动力消耗

序号	物料名称	规格	单位	合计		说明
				小时用量	年用量	
1	环己醇装置					
1.1	电		KWH	4250	34000000	
1.2	高压蒸汽	3.2Mpa（G）	t	14	112000	
1.3	中压蒸汽	1.2Mpa（G）	t	137	1092000	
1.4	低压蒸汽	0.5Mpa（G）	t	6	50000	
1.5	冷却水	29~39℃	t	11250	90000000	
1.6	冷冻水	7-12℃	t	88	700000	
1.7	纯水		t	50	400000	
1.8	新鲜水		t	1	8000	
1.9	氮气		Nm3	825	6600000	
1.10	压缩空气		Nm3	50	400000	间歇
1.11	仪表空气		Nm3	275	2200000	
1.12	脱盐水					
1.13	蒸汽凝液		t	(149)	(1191300)	
3	硝酸装置					
序号	物料名称	规格	单位	合计		说明
				小时用量	年用量	
3.1	电		kwh	658	5265000	
3.2	高压蒸汽		t	(10)	(78300)	
3.3	中压蒸汽		t	0	0	
3.4	低压蒸汽	0.5MpaG	t	6	51300	
3.5	冷却水	32~42℃	t	6683	53460000	
3.6	冷冻水	7-12℃	t	176	1404000	

3.7	纯水		t	0	0	
3.8	新鲜水		t	0	0	
3.9	氮气		Nm3	774.2	6193800	
3.10	压缩空气		Nm3	135	1080000	
3.11	仪表空气		Nm3	98	783000	
3.12	脱盐水		t	14	108000	
3.13	蒸汽凝液			(6)	(48735)	
4	己二酸装置					
序号	物料名称	规格	单位	合计		说明
				小时用量	年用量	
4.1	电		kwh	9750	78000000	
4.2	高压蒸汽	2.5Mpa (G)	t	16	129000	
4.3	中压蒸汽		t	17	135000	
4.4	低压蒸汽	0.5MpaG	t	113	900000	
4.5	冷却水	32~42℃	t	15000	120000000	
4.6	冷冻水	7-12℃	t	5550	44400000	
4.7	纯水		t	128	1020000	
4.8	新鲜水		t	43	345000	
4.9	氮气		Nm3	600	4800000	
4.10	压缩空气		Nm3	2963	23700000	
4.11	仪表空气		Nm3	1688	13500000	
4.12	脱盐水		t	0	0	
4.13	蒸汽凝液		t	(131)	(1047600)	
5	亚硝气减排装置					
序号	物料名称	规格	单位	合计		说明
				小时用量	年用量	
5.1	电	10KV	kwh	2508.8	20070000	
5.2	低压蒸汽	0.5MpaG	t	(8.0)	(64000)	副产
5.3	脱盐水	0.8Mpa	t	10.4	82800	
5.4	仪表空气	0.6Mpa	Nm3	80.0	639900	
5.5	冷却水	32~42℃	t	7.2	57600	
5.6	蒸汽凝液					
五	循环水站					

序号	物料名称	规格	单位	合计		说明
				小时用量	年用量	
6.1	电		kwh	10290	82320117	
6.2	新鲜水		t	185	1476866	
6	冷冻站					
序号	物料名称	规格	单位	合计		说明
				小时用量	年用量	
	电		kwh	3488	27902400	
	冷却水	32~42℃	t	6976	55804800	
7	化学水站					
序号	物料名称	规格	单位	合计		说明
				小时用量	年用量	
	电		kwh	131	1047020	
	新鲜水		t	262	2094040	
	脱盐水		t	(24)	(190800)	
	纯水		t	(178)	(1420000)	
8	污水处理站					
序号	物料名称	规格	单位	合计		说明
				小时用量	年用量	
	电		kwh	960	7680000	
	回用中水			(284)	(2274592)	
9	空分空压站					
序号	物料名称	规格	单位	合计		说明
				小时用量	年用量	
	仪表空气用电		kwh	29	235757	
	压缩空气用电		kwh	42	337412	
	低压氮气用电		kwh	105	837310	
	冷却水					
10	界区总消耗条件					
序号	名称	规格	单位	小时消耗量	年消耗量	来源

1	电	10KV/380V	kwh	32036	256284537	外购
2	高压蒸汽	3.2MPaG	t	20	162700	外购
3	中压蒸汽	1.2MPaG	t	153	1227000	外购
4	低压蒸汽	0.5MPaG	t	117	937300	外购
5	冷却水	32~42℃	t	39915	319322400	自制
6	冷冻水	7~12℃	t	5813	46504000	自制
7	纯水	电导率≤1μS/cm	t	178	1420000	自制
8	新鲜水		t	206	1649314	外购
9	氮气	0.6MPa, 99.9%	Nm ³	2199	17593800	自制
10	压缩空气		Nm ³	3148	25180000	自制
11	仪表空气		Nm ³	2140	17122900	自制
12	脱盐水		t	24	190800	自制
14	蒸汽凝液		t	(286)	(2287635)	外送

本项目生产所涉及的公用工程用量见上表，其中

项目所需氮气、蒸汽由建元煤焦化有限公司现有装置提供，余量满足项目需求；

项目所需消防水、新鲜水供应由新建新鲜水站、消防水站提供；

项目所需压缩空气、仪表空气由本项目新建空压装置提供；

项目所需脱盐水、纯水由本项目新建化学水站提供；

项目所需冷冻水由本项目新建冷冻站提供；

项目所需冷却水根据工艺装置需要配套建设；

项目所需电力由建元煤焦化有限公司 110KV 变电站提供。

6 建厂条件和厂址选择

6.1 建厂条件

6.1.1 建厂地点的自然条件

(1) 厂址的地理位置

棋盘井工业园位于内蒙古鄂尔多斯市鄂托克旗棋盘井镇，地处鄂尔多斯高原西部，距乌海市 60km 左右，距石嘴山市 100km 左右，距银川市 160km 左右，距鄂尔多斯市 300km，是鄂尔多斯市与宁夏、乌海市的重要交通枢纽。地理坐标为北纬 39° 22′ 32″，东经 107° 00′ 44″。本项目拟建设在鄂尔多斯市神马建元化工有限公司厂区内，位于建元化工煤焦化有限公司尿素装置南侧。

棋盘井工业园区，是内蒙古自治区人民政府 2001 年批准的自治区级工业园区，也是鄂尔多斯市主导产业与重点区域发展规划中包含的重点发展工业园区。该园区规划面积 62.28 平方公里。工业园区现有企业 86 家，现已构筑起煤炭、电力、冶金、化工、建材五大主导产业和煤化工、硅化工、氯碱化工、天然气化工四条循环产业链，形成年产原煤 480 万吨、洗煤 2070 万吨、焦炭 336 万吨（建元 280 万吨焦化、蒙西矿业 200 万吨焦化在建）、苯加氢 10 万吨、LNG 5 万吨，硅系合金 100 万吨、多晶硅 3000 吨，电石 142.9 万吨、PVC40 万吨、化肥 210 万吨、水泥 635 万吨的生产能力，电力装机容量达到 3220MW，货物吞吐量 3500 万吨/年。园区建设了污水处理厂、垃圾处理厂、工业废渣灰场、集中供热等基础设施。2013 年棋盘井工业园被国家发改委和财政部确定为“国家循环化改造示范试点园区”，2014 年成为国家首批低碳产业园区试点园区。

(2) 地形、地貌条件

鄂托克旗地处鄂尔多斯市西部，北部是桌子山山区丘陵地形，海拔 1400—2000m，中部为缓慢或强烈起伏的波状，桌状高原，海拔 1200—1500m，东南部为连绵起伏的毛乌素沙地，海拔 1200—1350m 整体地形北高南低，东高西低，由东北向西南缓倾。

(3) 工程地质、水文地质条件

全旗土壤类型有 7 个土类，包括栗钙土、棕钙土、灰漠土、风沙土、潮土、盐土

土和沼泽土。根据植被优势种相同，生态环境一致性的划分标准，全旗从东向西形成干旱草原、荒漠化草原、草原化荒漠、荒漠草原草场 4 个植被带和 1 个隐性低湿地灌丛草甸草场。厂址范围属于荒漠化草原地带，多见草本，少见乔木，植被稀疏，植被多样性较差。

本区底层岩性较为简单，主要出露的地层已中生界白垩系下统与第四系全新统地层为主。在构造体系上，本区位于鄂尔多斯盆地的中部、西部。岩层褶皱、断层、劈理等地质构造现象很不发育，底层产状近于水平，未见火成岩活动。

棋盘井地区呈侵蚀构造地貌，形成山间盆地，西部南北间分布桌子山，由奥陶灰岩背斜形成，顶呈桌状；东部南北向分布格斯克乌兰山，由震旦系石英岩背斜形成，顶呈岗状；海拔 1419-1698 米，相对高差 100-300 米，属中低山，中部为盆地由上古界组成向斜，构造，地形较平坦，向西北倾斜，海拔 1300-1400 米。

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306—2015），棋盘井镇区域地震峰值加速度为 0.20g，反应特征周期 0.40s，建厂地区地震基本烈度为 7 度，抗震设防烈度 8 度。

全旗可采水资源总量为 27787.5 万 m^3 ，其中地下水 26994.9 万 m^3 ，地表水 792.6 万 m^3 。地表水主要靠降水补给，属于干涸地区，境内有黄河 75km，多年平均径流量 3150000 万 m^3 ，是鄂旗可用于灌溉的主要水源。都思图河为黄河的一级支流，全长 165.8km，多年平均径流量 1408 万 m^3 ，河水主要来源于地下水补给和雨季洪水的汇集，可用于灌溉。毛乌素沙地有大小湖泊 25 个分布于丘间洼地处，多数湖水含盐量较大，不能用于灌溉。

厂区属高原碎屑岩类裂隙孔隙水区，该区含水层主要为白垩系下统（K1）的碎屑岩地层，含水层揭露厚度 11.07—235.98m，顶板埋深 35.15—225.94m，且顶板埋深由中部地区向南北两侧逐渐减小，含水层厚度逐渐增大。该区地下水的径流量趋势是由中部地区的阿尔巴斯苏木附近-伊和达来-带向东、南、北三个方向流动，属水位浅或较深水量较丰富开采区，水位埋深 10m 左右，单井用水量 500-1000 m^3/d 或大于 1000 m^3/d ，水质较好，矿化度 1g/L 左右，是有利的开采地段。适宜井深 300-400m，井径 8" -10" 铸铁管或裸眼成井，可选用电潜泵或深水泵开采。

（3）自然、气象条件

拟建厂区日照长而强烈，降水少而蒸发快，多大风而温差大。

1) 大气温度

极端最高温度 36.7℃

极端最底温度 -31.6℃

最热月平均温度 22.4℃

最冷月平均温度 -10.2℃

年平均温度 7.1℃

2) 降雨量

年平均降雨量 265mm

3) 风

主导风向 偏西风

年平均风速 3.3m/s

最大风速 24m/s

4) 冻土线深度

土壤冻结深度 1.24m

土壤冻结温度 -26℃

5) 气压

年平均气压 893hPa

6.1.2 建厂地点的社会经济条件

鄂托克旗隶属于内蒙古自治区鄂尔多斯市，地处东经 106° 41' ~108° 54' ，北纬 38° 18' ~40° 11' 之间，总面积 2.1 万平方公里，辖 6 个苏木镇及两个自治区重点工业园区，总人口 15.4 万人，是一个以蒙古族为主体、汉族占多数的少数民族聚居区，是一个以畜牧业为基础、工业占主导的多元产业集中区。

建园至今，累计完成固定资产投资 800 多亿元，实现工业总产值 2000 多亿元，

完成基础设施建设投资 90 多亿元。

近年，按照“做大高端、提升传统、多业并举”的基本思路，棋盘井工业园努力加快经济结构调整，大力发展循环经济、绿色经济、低碳经济，着力推进产业转型升级，在工业经济发展中以重大项目建设为支撑，高起点构思，大动作起步，充分发挥区域优势和资源优势，推动煤炭、电力、冶金、化工、建材五大主导产业向规模化和集群化发展。

6.1.3 外部交通运输状况

鄂托克旗地处黄河中上游的棋盘井镇，地处鄂尔多斯高原西部，距乌海市 60km 左右，距石嘴山市 100km 左右，距银川市 160km 左右，距鄂尔多斯市 300km，是鄂尔多斯市与宁夏、乌海市的重要交通枢纽，交通非常便利。地理坐标为北纬 39° 22' 32"，东经 107° 00' 44"。

6.1.4 公用工程条件

（1）水源

鄂托克旗可开采利用的水资源总量为 27787.5 万 m³/a，其中地下水 26994.9 万 m³/a。此外，黄河流经鄂托克旗西境 70 公里，区间流域面积 10857 平方公里，黄河过境水 315 亿 m³/a，湖塘水库水面 5330 亩。

2012 年，工业园区的工业用水总量为 2661.41 万吨，其中新鲜水用量为 1690.90 万吨，重复用水量为 970.50 万吨。

棋盘井工业园的主要用水行业包括电力、热力生产和供应业、化学原料和化学产品制造业，二者的工业用水量之和占工业园区用水总量的 90%。

工业园区的工业用水量主要集中于内蒙古鄂尔多斯联合化工有限公司、鄂尔多斯市鄂尔多斯双欣电力有限公司、内蒙古利民煤焦有限责任公司、鄂托克旗建元煤焦化有限责任公司等 10 家企业，其工业用水量之和占工业园区用水总量的 96.79%。

（2）供排水

本项目用水由新建新鲜水站通过厂区供水管网统一供给，可满足生产、生活用水要求以及消防水补水要求。

生产污水、生活污水经排至项目配套建设的污水收集系统送至新建的污水处理站。

(3) 供热情况

建元煤焦化已经建设循环流化床锅炉，本项目所需蒸汽拟由建元公司提供，由管道输送至本项目界区，以满足项目建设需要。

本项目的蒸汽主要来自建元煤焦化锅炉岛的高压蒸汽锅炉、各装置的自产蒸汽及工艺透平抽汽、背压来蒸汽。蒸汽质量满足《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》GB/T12145-2016 中的要求，其质量指标如下。

项目	单位	过热蒸汽压力 (3.8~5.8MPaG)	过热蒸汽压力 (5.9~15.6MPaG)
钠	μg/kg	≤ 15	≤ 5
二氧化硅	μg/kg	≤ 20	≤ 15
铁	μg/kg	≤ 20	≤ 15
铜	μg/kg	≤ 5	≤ 3
电导率(25℃)	μs/cm	≤ 0.3	≤ 0.15

项目的蒸汽压力温度等级划分见下表。

介质名称	压力和温度							
	最小		正常		最大		设计	
	压力 (MPaG)	温度 (℃)	压力 (MPaG)	温度 (℃)	压力 (MPaG)	温度 (℃)	压力 (MPaG)	温度 (℃)
高压蒸汽(HS)	8.4	520	8.83	530	9.5	535	9.81	545
中压过热蒸汽(MS1)	3.8	360	3.9	420	4.1	430	4.5	435
次中压饱和蒸汽(MS2)			2.5	226	2.8	245	3.0	245
低压饱和蒸汽(LS1)			1.5	202	1.8	220	1.9	220
低低压饱和蒸汽(LS2)			0.5	158	0.8	190	0.85	190

(4) 供电情况

棋盘井工业园区现在用电主要靠鄂绒电厂 $2 \times 330\text{MW}$ 机组,双欣电厂 $2 \times 200\text{MW}$ 机组,现已建成 220kV 输变电站 2 座, 35kV 输变电站 1 座,另外鄂绒电厂 $4 \times 330\text{MW}$ 机组也已经建成发电。此外,从内蒙电网发展趋势看,现以实现准格尔、达拉特、拉僧庙电厂联网以及呼包电网联网。根据规划,近期利用园区内 220kV 、 110kV 、 35kV 变电站为主要电源,远期以鄂绒和双欣的自备电厂为主要电源,整体采用 220kV 、 110kV 、 10kV 三个不同等级的变电站为园区供电。仅鄂绒电厂和双欣电厂近期年最大可供电负荷为 106 万 kW,现状电力需求负荷仅占其中的 20.4%;远期年最大可供电负荷为 238 万 kWh,远期电力需求只占其中的 25.9%。

建元煤焦化有限公司现有供电网络作为本项目的供电依托电源。

(5) 消防情况

园区内有棋盘井工业园区消防站,以及园区、鄂尔多斯集团和建元煤焦化有限公司共建的一级消防站。

6.1.5 用地条件

本项目位于棋盘井工业园内的鄂尔多斯市神马建元化工有限公司厂内预留地新建。区内土地相对平整,不压占资源、不占良田、附近没有文物古迹和国家自然保护区等环境敏感区域,可以作为项目建设用地。

6.1.6 与城镇、地区规划关系和生活福利设施条件

棋盘井工业园所在地棋盘井镇,隶属于鄂尔多斯市鄂托克旗,辖 10 个村(嘎查)、7 个居民委员会,总人口 8.9 万人。

在加强基础设施建设的同时,开发区管委会更加注重对投资服务体系的健全和完善。健全了金融、医院、学校、市场、餐饮娱乐等服务机构,陆续设立了公安、司法、工商、税务、国土、劳动、电力、保险、网通等分支机构。目前,园区内邮电通讯业发达,金融保险业兴旺,社会服务体系健全,文化、教育、卫生等社会事业设施完备。通过一系列的投入和建设,为投资创业者创造了功能齐全、优美洁净、安全稳定的生产生活环境。

6.1.7 当地的施工和协作条件

棋盘井工业园区已初具规模，鄂托克旗县有一定的工业基础和施工力量，另外，该工业园位于鄂尔多斯市鄂托克旗棋盘井镇，呼、包、鄂金三角的西部，同时也位于“小金三角”区域（鄂尔多斯市的蒙西工业园、棋盘井工业园和阿拉善盟的乌斯太工业园），协作条件良好。

6.2 厂（场）址选择

6.2.1 厂址选择的原则和依据

厂（场）址选择应符合所在地区的规划，符合国家产业布局政策和宏观规划战略，符合国家、行业、地方抗震政策、法律、法规等要求。

厂（场）址选择应有利于资源合理配置；有利于节约用地和少占耕地及减少拆迁量；有利于依托社会或依托现有设施；有利于建设和运行；有利于运输和原材料、动力供应；有利于环境保护、生态平衡、可持续发展；有利于劳动安全及卫生、消防等；有利于节省投资、降低成本、增强产品竞争力、提高经济效益。

特殊化学品的厂（场）址选择应符合国家有关专项规范要求。

6.2.2 厂址推荐方案

建设地位于棋盘井工业园区内的鄂托克旗建元煤焦化有限责任公司厂内预留地，建设场地绝大部分为沙地、草地和荒地，不占用农田、林地。交通便捷、土地资源丰富、电力供应充足、地质构造稳定。是比较理想、合理的厂址方案。该厂址具有以下优点。

- （1）厂址选择在棋盘井工业园区的建元公司厂内空地建设，符合区域规划的要求。
- （2）厂址区域交通方便、土地资源丰富、地形平缓、地势开阔，地质构造稳定。
- （3）拟建于建元公司厂内，有良好的依托条件。
- （4）基础设施和管理服务设施等资源共享，协作和依托条件良好。

7 总图运输、储运、土建、界区内外管网

7.1 总图运输

7.1.1 全厂总图

7.1.1.1 总平面布置

根据业主建设发展规划，项目建成后达到年产 30 万吨精己二酸。生产装置包含：27 万吨/年硝酸、20 万吨/年环己醇、2×15 万吨/年己二酸装置。并配套建设新鲜水、消防水、化学水、循环水、空分空压、冷冻站、污水处理场、总变电站、中央控制室、化验室、食堂、机修等公用工程及辅助设施。

(2) 总平面布置原则

在满足生产工艺、交通运输、消防安全的前提下，严格执行现行的有关规定、规范，结合区域总体规划、场地现状和生产流程，合理布置，尽可能使物料流向顺畅，运输方便，有利消防。

(3) 总平面布置方案

本项目用地区域位于建元煤焦化有限公司已经建设的 LNG 罐区西侧、液氨球罐南侧预留地块。

本项目以己二酸装置为核心生产装置及终端产品外运装置，总平面布置方案围绕己二酸装置为核心进行规划。

地块中心区域规划 2 套己二酸装置，己二酸仓库及化学品库布置在己二酸装置西邻，靠近西侧主要物流出入口，便于运输；

硝酸装置及硝酸罐区布置在己二酸装置北邻，靠近已经建设的液氨球罐，液氨自北侧经管道输送至硝酸装置，工艺管线较短，流程顺畅。

环己醇装置布置在己二酸装置东邻，环己醇通过管道输送至己二酸装置；环己醇装置所需原料自装置东侧罐区输送至环己醇装置，工艺管线较短，流程衔接顺畅。

LNG 罐区西邻布置原料及产品罐区、新增装卸设施，与 LNG 球罐及装卸设施集中布置，便于管理。

公用工程装置临近主要工艺生产装置布置，减少管线长度：场地西侧布置空压装置（预留空分位置）；己二酸装置化学水站与冷冻站合并建设，靠近主要用户己二酸装置进行布置；

各装置循环水冷却塔临近各装置区布置，减少循环水管道长度，减少地下管道工程量。

污水处理及中水回用装置、应急事故池布置于场地东南角 LNG 罐区南邻，充分利用现场地势差，减少土方工程量。

设置 1 座变配电所，靠近区域负荷中心位置设置配套供应硝酸装置、己二酸装置、环己醇装置、空分空压装置等.

场地南侧区域布置办公楼、食堂、机电仪三修、新鲜水及消防水站。

综上所述，本项目总平面布置功能分区明确，布置紧凑，工艺流程顺畅，总占地面积约 35 公顷。

详见附图：总平面布置图。

（3）绿化

为美化环境、改善厂区卫生条件，公用工程及辅助设施区进行重点绿化，可进行草皮花卉、乔木、灌木三层次绿化，围墙周围可栽植乔木，其余地区种植草皮和灌木为主，生产装置区内尽量减少绿化植物种类选择应当采用当地树种中较耐盐碱的种类绿化率暂定按 4%设计。

（4）厂区道路

在整个装置区和四周设置不小于 6m 的消防环形道路，形成环形消防道路网。消防道路转弯半径不小于 12m，满足消防车同行要求，厂区道路采用城市型水泥混凝土路面。

建构筑物一览表：

序号	名称	火灾类别	耐火等级	建筑层数	总高（m）	占地面积(m2)	建筑面积（m2）	结构形式	基础形式	备注
1	生产装置									

1.1	环己醇装置	甲类	二级			18000	11360			
(1)	装置主框架	甲类	二级	4	22.2	4600	7600	框架	桩基或独立基础	露天框架
(2)	加氢框架	甲类	二级	4	15.7	680	1040	框架	桩基或独立基础	露天框架
(3)	再生框架	甲类	二级	4	15.7	570	1520	框架	桩基或独立基础	露天框架
(3)	水合框架	甲类	二级	3	15.7	440	1200	框架	桩基或独立基础	露天框架
(4)	装置罐区	甲类	二级	1	防火堤高 1.0m	4400			桩基或独立基础	露天罐区
1.2	1#己二酸装置	乙类	二级			18000	58817			
(1)	己二酸 AA 装置	乙类	二级	6	37.5	6932	41593	框架	桩基或独立基础	封闭厂房
(2)	己二酸回收装置	乙类	二级	6	33	2871	17224	框架	桩基或独立基础	封闭厂房
(3)	己二酸中间罐区	乙类	二级	1	围堰高 0.6m	1286			桩基或独立基础	露天罐区
1.3	2#己二酸装置	乙类	二级			18000	58817			
(1)	己二酸 AA 装置	乙类	二级	6	37.5	6932	41593	框架	桩基或独立基础	封闭厂房
(2)	己二酸回收装置	乙类	二级	6	33	2871	17224	框架	桩基或独立基础	封闭厂房
(3)	己二酸中间罐区	乙类	二级	1	围堰高 0.6m	1286			桩基或独立基础	露天罐区
1.4	硝酸装置	乙类	二级			5100	5000			
(1)	硝酸生产装置	乙类	二级	2		2500	5000	框架	桩基或独立基础	封闭厂房
(2)	硝酸中间罐区	乙类	二级	1		1286			桩基或独立基础	露天罐区
1.5	亚硝气减排装置	乙类	二级	3		900	2700	框架	桩基或独立基础	露天框架
2	公辅设施									
2.1	1#己二酸仓库	乙类	二级	1	9	2000	2000	框架	桩基或独立基础	

2.2	2#己二酸仓库	乙类	二级	1	9	2000	2000	框架	桩基或独立基础	
2.3	3#己二酸仓库	乙类	二级	1	9	2000	2000	框架	桩基或独立基础	
2.4	4#己二酸仓库	乙类	二级	1	9	2000	2000	框架	桩基或独立基础	
2.5	化学品仓库	乙类	一级	1	9	1932	1932	框架	桩基或独立基础	
2.6	固废、危废仓库	丙类	二级	1	9	1000	1000	框架	桩基或独立基础	
2.7	公用工程站 (冷冻、脱盐水、纯水)	丁类	二级	1	9	2490	2490	框架	桩基或独立基础	
2.8	总变及变电所	丙类	二级	3	15	3312	9936	框架	桩基或独立基础	
2.9	事故池	丙类	二级	1		1740	1740	钢混	桩基或独立基础	
2.10	污水处理站	戊类	二级	1		30000	3200	砖混	桩基或独立基础	
2.11	中央控制室 (含机柜间)	戊类	二级	1	9	2176	2176	框架	桩基或独立基础	抗爆结构
2.12	人流门卫	民用	二级	1	4.5	110	110	框架	桩基或独立基础	
2.13	物流门卫	民用	二级	1	4.5	90	90	框架	桩基或独立基础	
2.14	综合楼	民用	二级	4	16	1600	6400	框架	桩基或独立基础	
2.15	食堂	民用	二级	1	8	2000	2000	框架	桩基或独立基础	
2.16	机修	丁类	二级	1	9	2600	2600	框架	桩基或独立基础	
2.17	消防水站	戊类	二级	1	4.5	4500	500	框架	桩基或独立基础	
2.18	空压站	戊类	二级	1	6	4000	1200	排架、框架	桩基或独立基础	
2.19	1#罐区	甲类	二级	1	防火堤高 1.0m	7000			桩基或独立基础	露天罐区

2.20	2#罐区	甲类	二级	1	防火堤高 1.0m	7000			桩基或独立基础	露天罐区
2.23	装卸站	甲类	二级	1	防火堤高 1.0m	7000			桩基或独立基础	

7.1.1.2 竖向布置

(1) 竖向布置方式及高程

本项目工程场地平坦,竖向布置采用平坡式,厂区道路、地坪高于场外道路 0.20 米,装置、建筑物地坪高于厂区道路 0.3—0.45 米。场地的清浄雨水采用暗管型式接入到园区的排水明沟。

(2) 工厂防洪标准及措施

建设场地不受洪水威胁。

7.1.1.3 采用的标准规范

- (1) 《工业企业总平面设计规范》 GB50187-2012
- (2) 《化工企业总图运输设计规范》 GB50489-2009
- (3) 《石油化工企业设计防火标准》(2018 年版) GB50160-2008
- (4) 《建筑设计防火规范》 GB50016-2014 (2018 版)
- (5) 《厂矿道路设计规范》 GB J22-87

7.1.2 全厂运输

(1) 全厂货物运输量

本工程大宗运输货物为苯、环己醇、己二酸,其中大宗运入为苯 19.4 万吨/年,环己醇 1.75 万吨/年;大宗运出为己二酸 30 万吨/年,环己烷 4 万吨/年。全厂合计总运输量约为 64 万吨/年。

(2) 运输方式

货物的厂内转运,采用新增自备叉车 20 辆满足运输要求,同时需要增加运输人员。

对外运输的物料采用汽车运输，部分与协助单位互供的液体和气体通过管道输送。运输采用公路运输，运输车辆依托社会力量。大宗原料和产品如苯、己二酸等，依靠地方汽车运输公司运输。

待园区规划的铁路转运站建好后，可利用铁路，新增适量化学品专用铁路运输槽车，对部分运输量较大的物品采用铁路运输，依靠转运站用管道输送至厂内。

表 7.1.2-1 物料运输方式一览表

运入							
项目	名称	单位	总年用量	来源	物料形态	包装要求	运输方式
原料	苯	t	194000	外购，自原料罐区来	液		管道运输
	氢气	kNm ³	130000	自制氢装置来	气		管道运输
	液氨	t	77053	自合成氨装置来	液		管道运输
	环己醇	t	17500	外购	液		管道运输
辅助材料	氨水(25%)	t	60	自合成氨装置来	液		管道运输
	双氧水	t	600	外购	液	槽车	汽运
	DMAC	t	18	外购	液	槽车	汽运
	己二酸包装袋	个	300000	外购	固	散装	汽运
	二元酸包装袋	个	21000	外购	固	散装	汽运
	液碱	t	0	外购	液	槽车	汽运
催化剂	加氢催化剂（钨催化剂）	Kg	500	外购	固	包装桶或袋	汽运
	水合催化剂（ZSM-5）	Kg	30000	外购	固	包装桶或袋	汽运

	加氢分散剂（氧化锆）	Kg	2820	外购	固	包装桶或袋	汽运
	苯脱硫催化剂（钨催化剂）	Kg	14600	外购	固	包装桶或袋	汽运
	硫酸锌	Kg	10045	外购	固	包装桶或袋	汽运
	氧化铝催化剂	Kg	20430	外购	固	包装桶或袋	汽运
	环己烷处理催化剂（镍催化剂）	Kg	713	外购	固	包装桶或袋	汽运
	铜	kg	10300	外购	固	包装桶或袋	汽运
	钒催化剂	kg	14000	外购	固	包装桶或袋	汽运
	活性炭	kg	72667	外购	固	包装桶或袋	汽运
	离子交换树脂	L	40000	外购	固	包装桶或袋	汽运
	消泡剂	kg	38571	外购	固	包装桶或袋	汽运
	铂催化剂	g	17766	外购	固	包装桶或袋	汽运
	N2O 分解催化剂	m3	12	外购	固	包装桶或袋	汽运
	NOX 分解催化剂	m3	9	外购	固	包装桶或袋	汽运
运出							
产品及副产品	己二酸	吨/年	300000	己二酸装置	固态	包装袋	汽运
	二元酸	吨/年	21000	己二酸装置	固态	包装袋	汽运
	环己烷	吨/年	40000	环己醇装置	液态		汽运
	轻质油	吨/年	4300	环己醇装置	液态		汽运
	重质油	吨/年	1100	环己醇装置	液态		汽运
废催化剂及其他	废催化剂及其他	吨/年	385	各装置	固态	包装桶	汽运, 外委处理

7.2 储运

7.2.1 储运介质及储运量

本项目涉及多种形态的物料储存和运输。其中气体原料有氢气，液体原料有苯、氨水、液碱和液氨。装置之间的物料有液态环己醇、硝酸等。产品有己二酸固体、二元酸切片，副产品有液体环己烷、环己醇、轻质油、重质油。

储运系统设计原则是：液态物料和装置产品采用储罐分类、分区储存，固态物料和产品采取分类分库存放。

由于厂区内部已经建设原料储存罐区，本项目所需的原料硝酸、液氨等储罐均依托现有罐区或者新建装置罐区，原料苯依靠苯罐区，装置之间设置中间储罐。

存储的物料主要有环己烷、环己醇、碱液、重质油、轻质油、硝酸等，详见表 7.2-1。

表 7.2.1-1 物料储运方式表

序号	物料名称	形态	储存方式	厂内 / 厂外运输方式	备注
1	苯	液体	储罐	管道 / 汽车、铁路	
2	双氧水	液体	储罐	管道 / 汽车	
3	硝酸	液体	储罐	管道 / ----	65%水溶液
4	碱液	液体	储罐	管道 / 汽车	32%水溶液
5	氨水	液体	储罐	管道 / ----	
6	环己烷	液体	储罐	管道 /汽车、铁路	
7	环己醇	液体	储罐	管道 /汽车、铁路	
8	重质油	液体	储罐	管道 / 汽车	
9	轻质油	液体	储罐	管道 / 汽车	

7.2.2 储运方案

（1）液体物料储运方案

本项目区内所需的原料氢气、硝酸均可从厂内有关装置就近获取。按照 SH/T3007-2007《石油化工储运系统罐区设计规范》，原料储存天数为 7~10 天。

本项目扩建后原料和产品储罐的配置数量及容积见下表：

表 7.2.2-1 液体物料储运方案表

序号	主项名称	火灾类别	规格型号	容量 (m ³)	数量 (个)	结构型式	装料系数	物料密度 (t/m ³)	最大储量 (t)	储存天数	备注
1	苯储罐	甲 B	Φ21000×16500	5000	3	立式内浮顶罐	0.85	0.8786	11202.15	19.2	1#罐区，原料储罐
2	环己烯退料罐	乙 A	Φ21000×16500	5000	1	立式内浮顶罐	0.85	0.81	3442.5		1#罐区，生产退料罐
3	硝酸储罐	乙	Φ18900×11760	3000	2	立式固定顶	0.85	1.4	7140	5.6	硝酸罐区，中间储罐
4	环己烷储罐	甲 B	Φ21000×16500	5000	1	立式内浮顶罐	0.85	0.77	3272.5	27.3	2#罐区，产品储罐
5	环己醇储罐	丙 A	Φ21000×16500	5000	2	立式内浮顶罐	0.85	0.96	8160	13.6	2#罐区，中间产品储罐
6	DMAC 储罐	丙 A	Φ21000×16500	5000	1	立式固定顶	0.85	0.936	3978		2#罐区，溶剂储罐
7	甲醇储罐	甲 B	Φ17000×15800	3000	2	立式内浮顶罐	0.85	0.79	4029		2#罐区，BDO 项目原料储罐
8	重质油储罐	丙 B	Φ9000×8710	130	1	立式固定顶	0.85	0.9	99.45	30.1	环己醇装置罐区
9	轻质油储罐	丙 A	Φ8200×11000	400	1	立式内浮顶罐	0.85	0.8	272	21.1	环己醇装置罐区
10	双氧水储罐	甲类	Φ4000×4500	56	1	立式固定顶	0.85	1.11	52.836	29.4	环己醇装置罐区

(2) 固体物料储运方案

本项目固体产品有己二酸、二元酸。按照 HG/T20568-1994《化工固体物料堆场及仓库设计规定》和 HG20518-1992《化工机械运输设计原则规定》，固体产品仓库储存天数为 3~15 天，本项目考虑新增固体产品仓库占地面积为 14000m²（见总平面布置图）。固体产品包装方式为吨包袋（下置木质托架）双层放置，产品仓库储存时间见下表。

固体物料储运方案表

序号	物料名称	仓库面积 (m ²)	储运数量 (t)	储运时间 (d)
1	己二酸	8000	8000	9
2	二元酸			

7.2.3 装卸设施

本项目液氨采用管道与鄂托克旗建元公司园区内部其它装置进行输送；装卸站主要装卸的是苯、环己烷、双氧水、DMAC、环己烯（开车用）、重质油、轻质油、甲醇等等。装卸车区设置在 LNG 罐区装卸站西侧区域。

表 7.2-3 装卸车台位表

类别	序号	物料名称	装卸车量	介质密度	装卸车批数	鹤管	装卸车	槽车容积 (m ³)
			(吨/年)	t/m ³	(批/天)	形式	台位	×装载率
装车	1	重油	1100.0	0.90	0.23	顶装式	1	20×0.8
	2	轻油	4300.0	0.80	1.01	顶装式	1	20×0.8
	3	环己烷	40000.0	0.77	9.75	顶装式	1	20×0.8
卸车	1	苯	194000	0.88	41.44	顶装式	6	20×0.8
	2	环己醇	17500.0	0.96	3.42	顶装式	1	20×0.8
	4	甲醇		0.79		顶装式	2	20×0.8
	3	双氧水	600	1.11	0.10	底部	1	20×0.8

7.3 厂区外管网

7.3.1 采用规范、标准

- (1) 《石油化工企业管架设计规范》 SH3055-93;
- (2) 《石油化工企业管道布置设计通则》 SH3012-2000 (2008 版);
- (3) 《工业金属管道设计规范》 GB50316-2000 (2008 版);
- (4) 《石油化工企业厂区管线综合设计规范》 SH3054-93;

7.3.2 设计内容范围

本设计为鄂尔多斯市神马建元化工有限公司精己二酸项目的外部工艺及供热管道,设计包括环己醇装置、己二酸装置、亚硝气减排装置、冷冻站、硝酸装置、循环水站等装置之间相互输送的工艺物料管道以及各装置之间输送的辅助物料、公用工程物料的输送管道。与界外管道交接点为用点界线处,内部装置之间的外管道均接至装置外 1m 处。

本次设计的管道主要有苯、液氨、硝酸、环己烷、环己醇、轻油、重质油、碱液、氢气、燃料气、泄放气、冷冻水上水、冷冻水回水、高压蒸汽、中压蒸汽、低压蒸汽、冷凝水、工艺水、高纯水、中压氮气、低压氮气、压缩空气、仪表空气、废水等工艺及公用工程物料管道。

7.3.3 外管架规模及远景规划

本项目外管架新建,管架宽度 6-8m,设计考虑 20%预留。管架设计时考虑本工程管道、电气桥架、自控桥架的敷设。

7.4 土建

7.4.1 工程地质概况

本项目拟建地的工程地质情况见第 6 章 6.1.1 节描述。

7.4.2 土建工程方案

- (1) 地基处理方案和基础选型原则

根据工程地质资料，设计时应根据地质情况并结合建、构筑物特点采取适当的地基处理措施。

基础设计时应首先确定土体的稳定性并使本工程的建、构筑物基础置于可靠的地基上，保证有整体性较好的结构型式，尽量采用天然地基，并验算软弱下卧层。遇不良地质条件时，或持力层较深或柱下荷载较大时采用桩基。同一建、构筑物应选择同一桩型；每种桩型直径不宜超过 3 种。同时，还应对桩基检测提出明确要求。

（2）上部结构选型原则

本工程多层生产厂房一般采用钢筋混凝土框架结构或钢框架结构。单层厂房中，一般生产厂房和辅助建筑可采用钢筋混凝土框架结构，部分辅助建筑物也可采用砖混结构；对仓库和空间较大者采用钢筋混凝土排架结构。

设备支架一般采用钢结构。管廊按其跨度、高度分别采用钢结构或钢筋混凝土结构。楼面管道托架及各类操作平台采用钢结构。

支承在楼面上的震动设备，必须采用有减、隔振装置的设备，相应区域的结构采取加强措施。

（3）各装置基础及上部结构选型

环己醇装置、己二酸装置室内及室外框架、二元酸装置均采用现浇钢筋混凝土框架结构；各装置基础均采用桩基。

循环水站、冷冻站采用钢筋混凝土框架结构；基础采用桩基或独立柱基础。

成品库采用钢筋混凝土柱，屋顶采用网架结构；基础采用桩基。

厂区外管采用独立式钢框架式结构，基础采用独立柱基础。

设备基础及池类结构：高、大设备基础采用桩基，泵基础和小型设备基础采用现浇素混凝土基础，天然基础，池类结构采用现浇钢筋混凝土结构，天然基础或复合地基；由于地下水对钢筋混凝土中的钢筋在长期浸水条件下不具腐蚀性，在干湿交替条件下具弱腐蚀性，对钢结构具弱腐蚀性。对地下工程应按《工业建筑防腐蚀设计规范》GB50046-2008 的要求进行设计。

（4）地震作用和抗震措施

根据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）附录 A，本工程抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第二组；

建筑物抗震设防类别：除环己醇装置、己二酸装置、变配电所、成品仓库为乙类外，其余均为丙类；界区内所有建、构筑物除特殊规定外，均按二级耐火等级考虑。

（5）建筑设计原则土建设计应认真贯彻执行国家现行的建筑法规，履行合同要求，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量。建筑设计应满足于工艺流程的要求，便于安装、检修，生产操作与管理。使建筑设计经济适用、平面布置合理紧凑，建筑造型简洁明快，整个厂区格调统一。建筑设计注重环保和可持续发展。根据化工生产的特点，认真做好防火、防爆、防腐、防潮、防噪设计，满足化工生产的要求，保证安全生产。本工程设计均严格执行国家颁发的现行设计规范、规定和法定计量单位，部颁标准及现行的当地有关规定、规程。

本工程设计标准图以国家建委颁发的现行标准图为主，部分采用现行的行业标准图。

（6）建筑设计规定

1）屋面：

①屋面防水材料采用高聚物改性沥青卷材防水。

②屋面保温隔热层采用岩棉板。

③檐高大于或等于 7m 者应做有组织排水；相邻屋面高差大于 3m 者，高处屋面应做有组织排水。积灰（尘）较多的屋面宜做无组织排水；其它一律采用有组织排水。

2）墙体：

建筑物墙体材料采用加气混凝土砌块，暂定外墙厚 300mm，内墙厚 200mm，防护墙采用 240 厚烧结普通砖配筋墙，部分建筑墙体采用复合压型钢板（岩棉夹心板）墙体；封闭厂房等根据工业建筑节能相关规范计算考虑设置岩棉外墙外保温层，对于综合楼、门卫等民用建筑根据公共建筑节能规范要求，根据节能计算结果来设置保温层，要达到节能要求。

3）楼地面：

①楼地面按各建筑物要求设计。一般生产厂房采用水泥砂浆；办公和卫生用房可用

防滑地砖楼地面；控制室采用抗静电活动地板；有防爆要求的地面为不发火花地面。有特殊要求者特殊处理。

②生产厂房及辅助用房底层室内外高差 200，配电、综合楼为 450~600，特殊建筑可根据需要定。

③室外露天设备操作区，应设钢纤维混凝土地坪。

4) 门窗：

①生产区（包括辅助厂房）一般均采用铝合金窗木门和钢木大门。

②厂区一般厂房为塑钢窗，中央控制室，变配电所，分析室等工作人员多和重要的建筑物采用浮法玻璃。配电室、控制室及其辅助用房窗加设纱窗。

③有泄爆要求的建筑物其泄爆墙上的窗需采用安全玻璃即夹丝玻璃。有防火要求的需采用防火门窗。

5) 装修：

①外墙装修为水泥砂浆底、彩色外墙丙烯酸涂料面，重要部分可用瓷砖。

②内墙面装修采用混合砂浆打底，丙烯酸内墙涂料。

③天棚采用混合砂浆底，勾平缝，丙烯酸内墙涂料。要求较高的房间如重要控制室等采用轻钢龙骨石膏板吊顶。

6) 油漆：

①钢窗、门 St3 除锈等级，刷防腐涂料。

②木门刷调和漆一底二面。

③有防腐要求的钢梯、平台、栏杆、门窗刷防腐蚀性涂料。

7) 层高

①单层厂房檐口高度、吊车轨顶标高的确定，除了工艺生产装置平面布局 and 空间组合的要求、生产操作条件、检修设备需要外，应遵守规范《厂房建筑模数协调标准》(GBJ6-86) 有关规定。

②配电室层高不宜低于 4.0m。

8)楼梯一般生产厂房及辅助建筑,主要楼梯及疏散用室外钢梯,坡度不应大于 45°。

9) 防火防爆

①有火灾爆炸危险性的生产厂房,应按《建筑设计防火规范》(GB50016-2014 2018 年版)及《石油化工企业设计防火标准》(GB50160-2008 2018 年版)的有关条文执行。

②甲、乙类生产厂房应按规定设置泄压面积,优先采用轻质墙体轻质屋盖泄压,作为泄压面积的轻质屋盖和轻质墙体自重不宜超过 60kg/m²。其次,采用门、窗泄压。

10) 防腐蚀:

①有腐蚀介质作用的建构筑物按《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046-2008 做防腐蚀处理。

②防腐蚀建构筑物的构造节点采用国标《防腐蚀建筑构造》(08J333)。

11) 噪声控制: (泵房、空压站和压缩厂房等。)

噪声的防治按国家颁发的“工业企业噪声控制设计规范” GBJ 87—85 执行,超过标准的则采取隔声、吸声、消声、减震等措施。

(8) 建筑设计规范和标准图集

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1) 《厂房建筑模数协调标准》 | GBJ6-86 |
| 2) 《建筑模数协调统一标准》 | GBJ2-86 |
| 3) 《建筑设计防火规范》 | GB50016-2014 (2018 版) |
| 4) 《工业建筑防腐蚀设计规范》 | GB50046-2018 |
| 5) 《工业企业噪声控制设计规范》 | GBJ87-85 |
| 6) 《建筑地面设计规范》 | GB50037-96 |
| 7) 《石油化工企业设计防火规范》 | GB50160-2008 (2018 版) |
| 8) 《地下工程防水技术规范》 | GB50108-2008 |
| 9) 《石油化工生产建筑设计规范》 | SH3017-1999 |
| 10) 《屋面工程技术规范》 | GB50345-2004 |

-
- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 11) 《建筑结构可靠度设计统一标准》 | GB50068-2001 |
| 12) 《建筑结构荷载规范》（2006 年局部修订） | GB50009-2001 |
| 13) 《混凝土结构设计规范》 | GB50010-2010（2015 版） |
| 14) 《建筑抗震设计规范》 | GB50011-2010（2016 版） |
| 15) 《构筑物抗震设计规范》 | GB50191-1993 |
| 16) 《石油化工建（构）筑物抗震设防分类标准》 | GB50453-2008 |
| 17) 《建筑地基基础设计规范》 | GB50007-2002 |
| 18) 《钢结构设计规范》 | GB50017-2017 |
| 19) 《砌体结构设计规范》（2002 年局部修订） | GB50003-2001 |
| 20) 《建筑边坡工程技术规范》 | GB50330-2002 |
| 21) 《石油化工管架设计规范》 | SH/T 3055-2007 |
| 22) 《工业建筑节能设计统一标准》 | GB 51245-2017 |

8 公用工程方案和辅助生产设施

8.1 给排水

8.1.1 概述

8.1.1.1 设计采用的规范

- (1). 《石油化工企业给水排水系统设计规范》（SH3015-2003）
- (2). 《石油化工给水排水管道设计规范》（SH3034-1999）
- (3). 《建筑给水排水设计规范》（GB50015-2003，2009 年版）
- (4). 《室外给水设计规范》（GB50013-2006）
- (5). 《室外排水设计规范》（GB50014-2006，2016 年版）
- (6). 《石油化企业设计防火规范》（GB50160-2008）
- (7). 《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）
- (8). 《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB50974-2014）
- (9). 《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）
- (10). 《泡沫灭火系统设计规范》（GB50151-2010）
- (11). 《固定消防炮灭火系统设计规范》（GB50338-2003）
- (12). 《污水排入城镇下水道水质标准》（CJ343-2010）
- (13). 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）
- (14). 《化工建设项目环境保护设计规范》（GB 50483-2009）
- (15). 《水体污染防控紧急措施设计导则》（中国石化建标[2006]43 号）
- (16). 《工业循环水冷却设计规范》（GB/T50102-2014）
- (17). 《化学工业循环冷却水系统设计规范》（GB50648-2011）
- (18). 《工业循环冷却水处理设计规范》（GB50050-2017）

8.1.1.2 设计范围

为本项目配套的给水、排水、消防设计。设计内容包括生产生活给水系统、循环冷却水系统、消防水系统、消防泡沫灭火系统、排水管网设计。

设计给水及消防管网包括：生产给水管网、生活用水管网、循环冷却水、消防水及消防泡沫管网五个管网系统。

设计排水管网包括生产废水管网、生活污水管网、清净雨水排水管网（兼作消防事故排水管网）三个管网系统。

8.1.1.3 设计原则

本项目在建元公司现有地块上建设，不需新增征地。

根据项目用水、排水情况，结合项目界区周围已建给排水、消防管网设施现状，本项目给水、排水及消防设施设计中主要执行以下原则：

（1）严格执行国家及建设地当地关于节能、节水、消防、环保、工业卫生等方面的法律、法规、技术规章及各种政策指导性文件的相关要求。

（2）项目界区内给排水系统及管网充分依托厂区已建给排水管网设施，减少工程造价。

（3）日常排水的清污分流，事故污水收集尽量利用各罐组防火堤内有效容积收容，以降低工程造价。

8.1.2 项目用水排水量

本项目的用水排水水量件下表：

序号	装置名称	一次水		循环水		除盐水		纯水		蒸汽冷凝液		废水		生产污水	
		流量 t/h		流量 t/h		流量 t/h		流量 t/h		流量 t/h		流量 t/h		流量 t/h	
		正常	最大	正常	最大	正常	最大	正常	最大	正常	最大	正常	最大	正常	最大
1	环己醇装置	2.0	10.0	11250.0	12375.0	0.0	0.0	50.0	55.0	148.9	163.8			32.5	35.8
2	环己醇装置循环水	51.8	168.8				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	33.2		
3	硝酸装置	2.0	10.0	6682.5	7350.8	13.5	14.9	0.0	0.0	6.1	6.7				
4	硝酸装置循环水	30.7	100.2				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	19.7		
5	己二酸装置	43.1	50.0	15000.0	16500.0	0.0	0.0	127.5	140.3	131.0	144.0			262.5	288.8
6	己二酸装置循环水	69.0	225.0				0.0			0.0	0.0	12.9	44.3		
7	亚硝气减排装置			7.2	7.9	10.4	11.4	0.0	0.0						
8	冷冻站			6975.6	7673.2		0.0	0.0	0.0						
9	冷冻站循环水	32.1	104.6	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0			6.0	20.6		
10	化学水站	261.8	316.4				0.0								
11	生活用水	10.0	10.0				0.0							9.0	9.0
12	未预见水量	70.0	70.0				0.0								
	合计	572.5	1065.0	39915	43907	23.9	26.2	177.5	195.3	286.0	314.5	34.3	117.7	304.0	333.5

用水排水量统计表

序号	类别	水量	备注
1	原水	207/571	来自厂外原水管网
2	一次水	199/548	来自厂内生产水管网
3	生活水	10/10	来自厂外生活水管网
4	循环水	39915/43907	循环水总量
5	除盐水	23.9/26.2	化学水站产水
	纯水	177.5/195.3	化学水站产水
6	冷凝液	286/314.5	来自工艺装置
8	生产生活废水	304/333.5	至污水处理站
9	清净废水	95/213	至回用水站
7	回用水	373/517	来自回用水装置

8.1.3 项目给水

根据项目用水情况，本项目给水管网划分分为：原水净化站、生产给水管网、生活水给水管网、循环冷却水管网、消防水管网、消防泡沫混合液管网、脱盐水管网。

8.1.3.1 原水净化系统

厂外原水经厂外输水管线送至本项目原水净化站，经净化处理后，水质符合《石油化工给水排水水质标准》（SH3099-2000）中生产给水水质指标，经泵加压后送至各装置用水点。

（1）生产水净化处理工艺流程如下：

原水→沉砂池→孔板式净水混合器→小孔眼网格反应池→小间距斜板沉淀池→V 型滤池→清水池

厂外原水首先进入沉砂池，对水中大颗粒杂质进行沉淀，在混合器内与混凝剂投加设备投加的混凝剂充分混合，然后进入网格反应池与助凝剂混合，混凝剂、助凝剂在网格絮凝设备里与水中悬浮物反应，迅速形成密实且易沉淀的矾花。网格反应池出水进入斜板沉淀池使水中的悬浮固体沉淀下来，沉淀下来的污泥送污泥处理系统处理。沉淀池的出水进入 V 型滤池进行后续处理。

当原水浊度稳定在 10NTU 以下时，原水也可直接进入 V 型滤池中过滤，不需进行反应沉淀过程；当原水浊度增大时，原水将依次进入反应沉淀池中处理去除大量的悬浮物。

沉淀池和反应池排出的泥水先流入泥水收集池中，再经泥水泵提升至污泥浓缩池进一步沉降，浓缩后的污泥经泵提升送至板框脱水机进行减量化处理，形成的泥饼通过汽车运出厂外填埋处理。浓缩池的上清液返回至原水管线重新进行处理。

部分滤后水经反洗水泵提升后供给滤池反洗。反洗后的滤池排水汇集到反洗水收集池中，再经加压后返回至原水管线重新进行处理。

净化后主要水质指标满足：浊度 ≤ 3 NTU、COD_{Cr} ≤ 20 mg/L。

8.1.3.2 生产给水系统

本管网系统主要提供项目所需生产给水，水源来自项目界区周围已有生产水给水管网。

生产给水包括化学水站、环己醇装置、己二酸装置、亚硝气减排装置生产所需新鲜水以及循环水场补水。

新增室外生产新鲜水管道主管埋地敷设，界区内供水管道布置成枝状管网，管径 ≤ 250 mm 水管采用低压流体输送用无缝钢管，管径 >250 mm 水管采用低压流体输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管。管道埋地敷设，焊接连接。埋地管道外壁设环氧煤沥青加强级防腐层。

8.1.3.3 生活给水系统

本项目生活水可以依托已建生活水供水系统。

本管网系统主要提供项目用生活水，水源来自界区周围已有生活水管网。

按全厂最大班人数 150 人考虑，每天生产班数为 4 班，用水定额为 50L/人·班，小时变化系数为 2.5。最高日用水量为 30m³/d，最高日平均时用水量为 1.25m³/h，最高日最高时用水量为 2.5 m³/h。事故状态下的安全喷淋洗眼器用水，最大用水量约 2L/s。事故状态下项目所需最大生活水量为 8.55 m³/h。

界区内供水管道布置成枝状管网，水管采用钢丝网骨架聚乙烯复合管，埋地敷设，电熔连接。

8.1.3.4 稳高压消防系统

本管网系统主要提供本项目火灾危险类别甲、乙、丙类场所的厂房、罐区等室内外消火栓、消防水炮、自动喷淋灭火系统。水源由项目厂区新建消防泵房提供。

界区内新增室外消防水主管与现有室外消防水管道结为环状供水管网。在管网上按规范要求设置室外消火栓、阀门井。

室外消防水环状管道采用低压流体输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管，焊接连接。埋地敷设的室外消防水管道外壁设环氧煤沥青防腐层。

8.1.3.5 消防泡沫混合液管网

本管网系统负责供应项目原料和成品罐区内可燃液体储罐所需的消防泡沫混合液。消防泡沫混合液来自装置旁边新建泡沫站。

项目界区内消防泡沫混合液管结为枝状管网，采用低压流体输送用无缝钢管，焊接连接。埋地敷设的室外消防泡沫混合液管道外壁设环氧煤沥青防腐层。

8.1.3.6 闭式循环冷却水系统

本项目循环水正常用量为 39915m³/h。按照当地气象条件和业主方使用经验，本项目循环冷却水采用闭式循环水系统，按照各个装置区分别独立设置，分期建设：

硝酸装置循环水系统，供给 1#硝酸装置使用，随 1#硝酸装置同步建设；

1#己二酸装置循环水系统，供给 1#己二酸装置、亚硝气减排装置使用，随 1#己二酸装置同步建设；

2#己二酸装置循环水系统，供给 2#己二酸装置使用，随 2#己二酸装置同步建设；

环己醇装置循环水系统，供给 1#环己醇装置使用，随 1#环己醇装置同步建设；

冷冻站循环水系统，供给冷冻站使用，随冷冻站同步建设；

空分空压专用循环水系统，供给空分空压使用，随空分空压站同步建设。

硝酸循环水站：

循环水场流量：7000t/h

循环水进口水温：42℃

循环水出口水温：32℃

干湿转换点：10℃

1#己二酸循环水站：

循环水场流量：7500t/h

循环水进口水温：42℃

循环水出口水温：32℃

干湿转换点：10℃

2#己二酸循环水站：

循环水场流量：7500t/h

循环水进口水温：42℃

循环水出口水温：32℃

干湿转换点：10℃

环己醇装置循环水站：

循环水场流量：11250t/h

循环水进口水温：42℃

循环水出口水温：32℃

干湿转换点：10℃

8.1.3.7 纯水系统

本管网系统负责供应项目所需的脱盐水及纯水，由本项目装置区内建设的化学水站供给。

本项目装新鲜水制备脱盐水采用“多介质过滤+超滤+反渗透+混床”流程，精制处理能力按 400m³/h 设计。

经换热后的生产原水进入原水箱，首先经原水泵加压进入多介质过滤器过滤，过滤器共 7 台，滤后水进入超滤以滤除原水带来的细小颗粒、有机物、胶体等，保证反渗透进水 SDI(污染指数)小于等于 4。超滤装置设 2 列，回收率 96.5%，每列能力：200m³/h，配套设有反洗加酸、反洗加碱装置。

超滤产水进入超滤产水箱，经增压泵加压进入保安过滤器，进一步滤除水中的细小颗粒物，避免划损高压泵叶轮，并保护反渗透膜，保安过滤器过滤精度 5 μm。超滤产水经高压泵进入反渗透装置。反渗透装置是整个脱盐系统的重要执行机构，它主要负责基本脱除水中的可溶性盐份、胶体、有机物及微生物。系统设置 3 套并联反渗透膜组，每列最大出力 116m³/h。总反渗透回收率 75%。为保证该装置的正常运行，配置了阻垢剂投加装置、RO 清洗系统、RO 反冲洗系统等。

反渗透出水经脱碳后流入反渗透水箱，再提升进入混床二级脱盐。混床（混合离子交换器），共 3 台，2 用 1 再生，Q=200m³/h，直径 2200mm，运行流速约 50m/h。在混床内水中残余阳、阴离子几乎同时与阳、阴树脂进行离子交换，从而获得合格的脱盐水质。二级脱盐水产水进入脱盐水箱，由脱盐水泵加压输送到各用水点。

当混合离子交换器的树脂饱和时，分别采用 HCl 和 NaOH 水溶液再生。酸碱再生系统酸碱储罐、卸酸碱泵、再生泵、酸碱喷射器、酸计量箱、碱计量箱及酸雾吸收器等组成。

纯水箱容积 1000m³。在工艺中主要起储存水量的功能，以满足生产的应急供水量。

原水泵设置 2 台，1 用 1 备，Q=300~380m³/h，H=30m，P=45kW/380V。

加压泵设置 2 台，1 用 1 备，Q=300~380m³/h，H=.30m，P=45kW/380V。

供水泵设置 2 台，1 用 1 备，Q=300~380m³/h，H=58~52m，P=90kW/380V。

8.1.4 项目排水

本项目排水系统分为：清净雨水排水系统、生产废水排水系统、生活污水排水系统、事故水排水系统。

8.1.4.1 清净雨水排水系统

本排水系统主要接纳项目清洁雨水。项目界区内雨水采用重力流暗管排放，雨水收集后经界区雨水排口纳入界区周围现有雨水管网。

界区内新增重力流雨水管道采用钢带增强聚乙烯螺旋波纹管，承插连接，橡胶圈接口。

8.1.4.2 生产废水排水系统

本排水系统主要接纳项目循环冷却水装置排出的浓缩含盐废水、装置区初期雨水、地面冲洗水。

每个装置四周设排水沟及小型初期雨水池。初期雨水和地面冲洗水收集至初期各装置旁的初期雨水池，由初期雨水池内的潜水排污泵提升至项目新建污水处理装置，循环冷却水排污水收集至集水池，由集水池内的潜水排污泵提升至项目新建污水处理装置，处理达标后中水回用于循环水系统喷淋补水或生产系统补水。。

界区内重力流生产废水管道采用钢带增强聚乙烯螺旋波纹管，承插连接，橡胶圈接口。压力流生产废水管道采用低压流体输送用无缝钢管，焊接连接。管道采取埋地敷设与管廊敷设相结合的方式，埋地敷设的管道外壁设环氧煤沥青防腐层。

8.1.4.3 生活污水排水系统

生活污水系统主要是收集和排放来自本项目附属建筑物的盥洗室、厕所的生活污水。生活污水经管道收集进入化粪池，经化粪池处理后，自流入园区的生活污水处理站处理。

生活污水管道采用钢带增强聚乙烯螺旋波纹管，承插连接，橡胶圈接口。

8.1.4.4 事故水排水系统

事故水为发生火灾时的消防用水量和储罐区罐体发生泄漏排出围堰外的液体。

事故水经重力流管道收集后，排入厂区事故水池，经污水提升泵提升送至污水处理站处理达标后排放。

重力流事故水管道采用钢带增强聚乙烯螺旋波纹管，承插连接，橡胶圈接口。压力

流事故水管道采用低压流体输送用无缝钢管，焊接连接。管道采取埋地敷设于管廊敷设相结合的方式，埋地敷设的管道外壁设环氧煤沥青防腐层。

8.1.5 污水处理站

本项目污水处理站考虑地面冲洗水、初期雨水、事故污水、生产排放污水等因素，污水处理站总设计规模为 400t/h。

废水来源主要为己二酸酸性废水、环己醇有机废水、环己醇废水，地面冲洗水、生活污水等。项目废水种类多，成分复杂，废水中含有二甲基乙酰胺、苯等难降解物质，可生化性差，处理难度大。

设置再生水回用系统，项目所排污水及清净排水经深度脱盐处理后，回用作为循环水系统补充水及生产用水，水质标准见下表。执行《工业循环冷却水处理设计规范》GB50050-2017 中再生水水质指标。

项目	数值	单位
悬浮物	≤ 10	mg/L
浊度	≤ 5	mg/L
pH	6.0~9.0	
钙硬度（以 CaCO_3 计）	≤ 250	mg/L
石油类	≤ 5.0	mg/L
全碱度（以 CaCO_3 计）	≤ 200	mg/L
COD_{Cr}	≤ 60	mg/L
BOD_5	≤ 10.0	mg/L
总铁	≤ 0.5	mg/L
总磷（以 P 计）	≤ 0.5	mg/L
锰	≤ 0.2	mg/L
Cl^-	≤ 250	mg/L
$\text{NH}_3\text{-N}$	≤ 5	mg/L
Cu^{2+}	≤ 0.1	mg/L
溶解性总固体	≤ 1000	mg/L

游离氯	补水管道末端 0.1~0.2	mg/L
细菌总数	≤1000	个/mL

8.1.5.1 水质特点与处理工艺的选择

本项目生产排放的废水种类多，成分复杂，废水中含苯、己二酸、己二胺、环己醇等苯及苯系物和低聚物，并含有一些有机氮类物质，废水可生化性差，处理难度相对较大，对处理工艺的要求高。

本设计方案根据目前污水处理厂的运行情况，在充分总结现有污水处理厂设计和运行经验的基础上，经过充分论证及对诸多技术工艺进行比较分析，拟选用工艺为：“固定化微生物厌氧滤池（3T-AF 池）+A/O 工艺+沉淀+固定化曝气微生物滤池（3T-BAF 池）+混凝沉淀+砂滤”处理工艺。

8.1.5.2 处理工艺流程说明

生产废水首先进入中和池，在中和池混合并调节 PH 后，自流进入调节池，调节废水的水量 and 水质，当生产发生事故排放的废水水量增加或浓度高时，先排入事故池，再按一定的比例提升至中和池。生活污水经格栅池后自流进入生活污水集水池，再用泵提升至初沉池。

调节池废水用泵提升至初沉池，经沉淀处理后进入 3T-AF/BAF 池生化处理后直接排放。

初沉池、生化池排出的污泥排入污泥浓缩池，浓缩污泥送到现有污泥脱水间脱水后的泥饼外运填埋处理。污泥池上清液自流至生活污水集水池，再提升至生化系统进行处理。

新建一套处理装置用于高浓度高含盐废水的处理，主要包括调节池、事故池、初沉池、T-AF 池、A/O 池、二沉池、3T-BAF 池、臭氧氧化池、混凝沉淀池、砂滤池、回用水池。

高浓度废水首先进入调节池，调节水量、水质。将中水回用池、生化出水池、消毒池改为高浓度高含盐废水事故池，当生产发生事故时，事故废水进入事故池，再根据水质情况经泵提升到废水调节池。

调节池废水经中和后用泵提升到初沉池，去除废水中的 SS 后，再依次进入 3T-AF 池、A/O 池、二沉池、3T-BAF 池、臭氧氧化池、混凝沉淀池、砂滤池，砂滤池出水进入回用水池经消毒水后排放。

二沉淀池剩余污泥和 BAF 池污泥排放入生化污泥池，混凝沉淀的污泥排入化学污泥池，生化污泥池和化学污泥池的污泥再用泵提升到污泥浓缩池，污泥浓缩后泵送到污泥脱水系统脱水后焚烧。

滤池反冲洗水排入反冲洗排水池，再泵送到沉淀池处理后回用。

本项目废水零排放，高浓度含盐废水进行分盐处理。

8.1.6 浓盐水处理站

为减少浓盐水排放量，本项目所有浓盐水全部进入浓盐水处理站处理，处理后的淡水回用于循环水系统做补水，得到的杂盐外运处理。

本项目浓盐水总计：120/160m³/h。

浓盐水系统分为三部分部分：浓盐水浓缩 1、浓盐水浓缩 2、浓盐水蒸发

浓盐水浓缩 1 的流程如下：

浓盐水→调节池→一级机械澄清池→二级机械澄清池→多介质过滤器→超滤→海水反渗透→淡水回用

浓盐水浓缩 2 的流程如下：

海水反渗透浓水→调节池→机械澄清池→多介质过滤器→超滤→DTRO 高压反渗透→淡水反渗透→淡水回用

浓盐水蒸发

DTRO 高压反渗透浓水→多效蒸发结晶系统→淡水回用

结晶盐→干燥系统→打包装置

本系统机械澄清池产生的污泥经过脱水后外运处理；结晶盐打包后外运处理；澄清池，过滤器，超滤等装置反洗水经过反洗水池收集后回用至一级机械澄清池进口。

8.2 供电

8.2.1 电力供应和资源状况

棋盘井工业园区现已建成 220kV 输变电所 2 座，35kV 输变电所 1 座。根据规划，近期利用园区内 220kV、110kV、35kV 变电所为主要电源。

8.2.2 用电计算负荷及负荷等级

根据工艺等专业提供的条件，本项目二三级负荷均有，大部分为二级负荷，少量三级负荷。

本项目工程正常所需动力负荷共计 32036kW。

8.2.3 供电方案选择与比较

（1）外供电源方案

两路 35kV 电源来自园区内 110kV 变电站。

（2）自发电

本项目的一级负荷主要有 DCS 控制系统、SIS 控制系统、火灾自动报警系统、视频监控系統、扩音对讲系统、事故照明系统、以及部分工艺系统设备。对于一级负荷中特别重要负荷的供电分别设置 UPS 和柴油发电机作为备用电源。其中，DCS 控制系统、SIS 控制系统、火灾自动报警系统、视频监控系統、扩音对讲系统设置 UPS 为备用电源；事故照明系统设置照明 EPS 做为备用电源；工艺系统一级负荷设备设置约 1500kW 柴油发电机作为备用电源，同时在低压配电室内设置 400V 应急配电段。

（3）变配电所

本项目区域设置 35kV 区域性变电所一座，两路 35kV 电源来自园区内 110kV 变电站。35kV 变电所内设置两台 40MVA 主变压器，型号为 S11-40000/35,35/10.5kV,YNd11，每台主变均可带本项目全部负荷运行。变电所内 10kV 配电室设置两段 10kV 母线段，同一型设备的 10kV 备供电分别引自不同的 10kV 母线段。变电所内设置多个低压变配电室，本项目装置的低压供电采用干式变压器，干式变压器的设置原则为两两互为备用，并保证负荷率不高于 40%。

变电所内设置 10kV 无功补偿室，室内设置两套 10kV SVC 型无功补偿装置。

变电所内设置电气电子设备间，35kV 综保系统及通讯管理系统采用组屏的方式放置于电气电子设备间，10kV 综保采用开关柜内安装的方式。设置一套 220V 直流系统，作为 10kV 及 35kV 控制系统的电源，直流系统屏柜设置在电气电子设备间。

(4) 配电：外线主要沿管廊上电缆桥架敷设，生产装置内采用沿电缆桥架至用电设备附近后穿镀锌钢管明配。

(5) 电缆：高低压电源采用阻燃型交联聚乙烯铜芯电缆，放射式配电为主，外线主要沿管廊敷设。

(6) 谐波：本项目有部分变频器，有一定的高次谐波电流，但总量不大，考虑在电容补偿柜内设 7%电抗器抑制谐波。

8.2.4 节电措施

本项目采用的节电措施有：

- (1) 配变电所靠近负荷中心设置，选择 SCB14 型配变；
- (2) 配变高低压侧设电容补偿装置，保证功率因数不低于 0.95；
- (3) 照明光源选用金属卤化物灯、LED 灯、T5 荧光灯及节能灯等高效光源；
- (4) 室外照明采用光控方式。
- (5) 设置墙体、房顶光伏/路灯光伏，风力发电、变频器调速等措施。

8.2.5 防雷及防静电措施

露天钢质罐体壁厚不小于 4mm 时利用本体作接闪器。

爆炸危险环境厂房或场所按第二类防雷建筑物要求设接闪带，屋面接闪网格不大于 10x10m 或 12x8m，接闪带专设引下线其间距不大于 18 米。

普通厂房按第三类防雷要求，接闪器利用自然金属屋面或沿屋顶四周设置，并设置不大于 24*16m 或 20*20m 接闪网格。

引下线原则利用柱内主筋或钢柱，沿屋面四周均匀或对称布置，数量原则上不少于 10 处。

接地网（均压网）采用自然接地体和人工接地体相结合的方式，接地电阻要求不大于 1 欧。并构造全厂接地网。

单体建（构）筑物均设总等电位联结盒，并与地网可靠相连。进出单体的金属干管、建筑物金属构件、电气进线柜(箱)PE 排等作总等电位联结。

可能存在或产生静电危害的厂房设置静电接地板（盒），通过接地线其与接地网可靠连接。有静电接地要求的设备、管道等与上述接地板（盒）就近连接。

8.2.6 设计标准及规范主要采用

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| (1) 《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 |
| (2) 《供配电系统设计规范》 | GB50052-2009 |
| (3) 《20kV 及以下变电所设计规范》 | GB50053-2013 |
| (4) 《低压配电设计规范》 | GB50054-2011 |
| (5) 《爆炸危险环境电力装置设计规范》 | GB50058-2014 |
| (6) 《建筑物防雷设计规范》 | GB50057-2010 |
| (7) 《化工企业静电接地设计规程》 | HGJ28-90 |
| (8) 《建筑照明设计标准》 | GB50034-2013 |
| (9) 《建筑设计防火规范》 | GB50016-2014（2018 版） |
| (10) 《石油化工企业设计防火规范》 | GB50160-2008（2018 版） |

8.3 电信

8.3.1 概述

根据有关规范，本工程中的电信系统主要包括以下几项：

- ☐ 行政管理电话系统和计算机局域网
- ☐ 无线通讯系统
- ☐ 火灾自动报警系统

□ 厂区电信线路

8.3.2 设计中采用的标准、规范及规定

《石油化工企业电信设计规范》 SH/T 3153-2007

《工业电视系统工程设计规范》 GB J115-2009

《综合布线系统工程设计规范》 GB 50311-2016

《火灾自动报警系统设计规范》 GB 50116-2013

《石油化工企业设计防火规范》 GB 50160-2008

《建筑设计防火规范》 GB 50016-2014

《爆炸和火灾危害环境电力装置设计规范》 GB 50058-2014

8.3.3 行政管理电话系统和计算机局域网

在装置区内有语音和数据通讯需求的场所设置行政管理电话系统和计算机局域网。

系统布线形式为综合布线系统插座的布置原则为：每个小办公室均设双孔网络插座一个（数据信号一个和语音信号一个），大开间办公室按照 6~8m² 设双孔网络插座一个，本工程综合布线系统采用超五类设备和超五类网络电缆。

8.3.4 无线通讯系统

为方便室外流动岗位与控制室之间的联系，本工程设置无线通讯系统包括防爆无线对讲机 50 部，防爆备用电池 50 块，配套充电器 50 台平时充电器等放置在控制室内，供电使用 220V/50Hz 交流供电。

8.3.5 火灾自动报警系统

为了保障厂内公共财产及员工人身安全，在厂内设置一套火灾自动报警系统。

全厂消防控制设在中央控制室，装有一套火灾报警控制器。在中央控制室、分析中心、变电所内、建筑物的主要出入口、室内消火栓附近设手动报警按钮。稳高压消防水系统平时用稳压泵稳压 0.65MPa，当消防管网压力降至 0.5MPa 时，由压力继电器将信号送至消防电泵，并自动启动消防电泵，当接到火警后在中央控制室迅速启动消防柴油

泵，以满足本工程消防用水的要求。

消防水泵房、变电所、中央控制室等与消防有关并经常有人值班的场所设消防专用电话分机。

在中心控制室和变配电所的电缆夹层内等重要部位设置感烟探测器、感温探测器及手动报警按钮等编码报警装置和声光报警器等报警装置在厂区内爆炸危险场所设防爆型手动报警按钮等报警装置和防爆警铃等报警装置。

火灾报警控制器采用集中智能型二总线编码设备，具有显示报警地址、发出声光报警信号、线路巡检和自检、自动记录报警时间和自动存储报警记录等功能，此外还配有打印机，用来打印火灾报警记录。

8.3.6 厂区电信线路

各系统缆线在建筑物之间采用穿钢管保护埋地敷设方式（铠装电缆采用直接埋地敷设方式）或沿工艺管架敷设方式。

8.4 供热

8.4.1 供热现状

项目所需蒸汽由建元煤焦化有限公司锅炉提供，可供本项目使用的蒸汽来源如下：

（1）双欣电厂

目前建元煤焦化煤制乙二醇项目使用的 4.0Mpa 410℃ 中压蒸汽 320t/h 由双欣电厂供应。（外部热源）

（2）煤气综合利用项目锅炉

煤气综合利用项目 3×310t/h 9.8Mpa 540℃ 循环流化床锅炉正在建设，蒸汽产能 908t/h，项目蒸汽划分为 4.0Mpa、2.5Mpa、1.3Mpa、0.5Mpa 四个等级，其中 2.5Mpa、1.3Mpa、0.5Mpa 已经内部平衡，无裕量；4.0Mpa 410℃ 中压蒸汽使用后富裕 320t/h。

（3）干熄焦锅炉

配套煤焦化干熄焦建设 3×89t/h 9.8Mpa 540℃ 锅炉，其中 2 台已经建设完成，第 3 台土建已经完成，正在进行设备安装，锅炉投用后富裕 4.0Mpa 410℃ 蒸汽产能 267t/h。

（4）建元预留 2 台循环流化床锅炉

建元目前尚有 2 台 310t/h 9.8Mpa 540℃循环流化床锅炉建设指标，可根据项目蒸汽使用需求进行建设。

8.4.2 供热负荷

项目实施后，工艺装置热负荷及副产蒸汽见下表。

序号	装置名称	压力 MPag	温度 ℃	蒸汽量 t/h		备注
				产汽	耗汽	
1	环己醇装置	4.5	饱和		14	减压至 3.2Mpa
2	硝酸装置	2.5	饱和	9.8		
3	己二酸装置	2.5	饱和		16.1	
4	环己醇装置	1.6	饱和		137	
5	己二酸装置	1.6	饱和		17	
6	环己醇装置	0.5	饱和		6.3	
6	硝酸装置	0.5	饱和		6.4	
7	己二酸装置	0.5	饱和		112.5	
8	亚硝气减排装置	0.5	饱和	8.0		

蒸汽用量合计

序号	装置名称	压力 MPag	温度 ℃	蒸汽量 t/h		备注
				产汽	耗汽	
1	中压蒸汽	4.5	饱和		14	
2	次中压蒸汽	2.5	饱和		6.4	

3	低压蒸汽	1.6	饱和		153	
4	低低压蒸汽	0.5	饱和		117	

8.4.3 供热方案

本供热系统是根据项目工艺装置的热负荷情况确定,通过合理设置蒸汽等级及参数,节能降耗,提高全厂热效率。

本项目硝酸装置副产蒸汽,同时界外蒸汽管网为本项目提供 4.0 MPaG 过热中压蒸汽、2.5MpaG 次中亚饱和蒸汽、1.5MpaG 低压饱和蒸汽、0.5Mpa 低低亚饱和蒸汽。

可供本项目采用的蒸汽供应如下:

- (1) 干熄焦锅炉: 蒸汽裕量 267t/h, 4.0Mpa 410℃ 过热中压中压蒸汽;
- (2) 煤气综合利用项目循环流化床锅炉: 蒸汽裕量 320t/h, 4.0Mpa 410℃ 过热中压蒸汽;
- (3) 新建设 1 台 310t/h 循环流化床锅炉, 蒸汽裕量 310t/h, 采用背压发电机组, 根据需要使用, 产出蒸汽等级 4.0Mpa、2.5Mpa、1.3Mpa、0.5Mpa。

总体平衡见下表:

类别	序号	装置名称	产气量 t/h	耗汽量 t/h	备注
产汽	1	双欣电厂	320		乙二醇项目使用, 煤气综合利用锅炉投用后可替代
	2	煤气综合利用项目 循环流化床锅炉	908		
	3	干熄焦锅炉	267		
	4	新建 1 台 循环流化床锅炉	310		前期已预留 2 台锅炉指标
耗汽	1	煤制乙二醇项目		320	已投产

	2	煤气综合利用项目		588	
	3	30 万吨己二酸项目		299.5	
	4	12 万吨 BDO 项目		63.7	
		合计	1805	1271.2	

综上,可供项目使用的蒸汽供应量为 1805t/h,大于需求量 1271.2t/h;可满足项目使用需求。己二酸项目全厂热负荷及蒸汽平衡见下表:

装置热负荷及蒸汽平衡一览表

序号	装 置 名 称	压 力 MPa(G)	温 度 ℃	产汽量 t/h	耗汽量 t/h	备 注
一	4.5 MPag 等级					
1	来自界外	4.5	饱和	14		
2	环己醇装置	4.5	饱和		14	
	合计			14	14	
二	2.5 MPag 等级					
1	来自界外	2.5	饱和	6.3		
2	硝酸装置	2.5	饱和	9.8		
3	己二酸装置	2.5	饱和		16.1	
	合计			16.1	16.1	
三	1.6 MPag 等级					
1	来自界外	1.6	饱和	154		
2	环己醇装置	1.6	饱和		137	

3	己二酸装置	1.6	饱和		17	
	合计			154	154	
四	0.5MPag 等级					
1	来自界外	0.5	饱和	117.2		
2	环己醇装置	0.5	饱和		6.3	环己醇装置
3	硝酸装置	0.5	饱和		6.4	硝酸装置
4	己二酸装置	0.5	饱和		112.5	己二酸装置
5	亚硝气减排装置	0.5	饱和	8.0		亚硝气减排装置
	合计			125.5	125.2	

8.5 蒸汽冷凝水回收

8.5.1 项目冷凝水回收量

冷凝液回收表

序号	装置名称	压力 MPa (G)	冷凝液 (t/h)		备注
			正常	最大	
1	蒸汽冷凝液	0.35	286	315	送出界区
	合计		286	315	

8.5.2 蒸汽冷凝水回收方案

本工程内设置蒸汽冷凝水回收站，负责回收工程内各生产装置的蒸汽冷凝水。冷凝液经溴化锂机组换热后送出界区。

8.6 供冷

本项目环己醇装置和己二酸装置需要 7~12℃ 冷冻水，用量为 5800m³/h。本项目供冷方式优先采用热水型溴化锂机组，不足部分采用离心式氟利昂机组补充。

序号	设备名称	设备规格	数量	备注
2	冷冻水泵	低温水循环泵	6 台	4 用 2 备
		Q=1800m ³ /h, H=60m		
3	水泵电机	280kW-6-10kV-IP55	6 台	4 用 2 备
4	冷水机组	离心式氟利昂	4 台	
		制冷能力 10548KW		
5	冷水机组电机	1800kW-6-10kV-IP55	4 台	

8.7 压缩空气、仪表空气供给

本项目新建设空压站能力为 10000Nm³/h，按照主设备一开一备设计，工艺过程为：

机械过滤后空气经过离心式压缩机压缩，出口压力为 0.7~0.8MPa(G)，气体进入一级缓冲罐进行分流，工厂风进入冷干机去除水分，经过空气缓冲罐进入工厂风管网；

仪表风经过余热式干燥机利用自身热量去除水分，气体后经过除尘过滤器处理之后，进入空气缓冲罐，然后并入仪表空气管网。包含的设备如下：

序号	设备名称	设备数量	设备描述	备注
1	离心式空气压缩机	2 台	设备功率 950KW/10KV, 气量 200m ³ /min	1 用 1 备
2	冷干机	2 台	设备功率 35KW, 气量 100m ³ /min	

8.8 采暖、通风和空气调节

8.8.1 通风设计方案

(1) 通风的原则

本项目建筑物的通风以自然通风为主，机械通风为辅。对自然通风可以满足生产及卫生要求的建筑物，采用自然通风进行换气。对散发有害气体或散发大量余热而自然通风无法满足要求的建筑物，采用机械通风。

（2）通风设备

排除室内余热的通风设备选用普通的钢制轴流式通风机；

（3）变配电室

楼内的高配、变配电室内散发大量余热，设计机械进风、机械排风进行通风以消除余热，通风量按不少于 10 次/h。

高温室、高压电容补偿室等设计机械排风系统，靠门窗自然进风，通风量不少于 6 次/h。

（4）通风室内设计参数

表 8.7.1 车间正常换气次数

序号	房间名称	主要有害物质	换气次数（次/h）	备注
1	高配、变配电室	余热	>10 次/h	

8.8.2 空气调节设计方案

（1）空气调节设计原则

本项目建筑物空调根据相应专业要求设置工艺性空调，其它则设置舒适性空调，冬季制热、夏季制冷。

（2）中央控制室及机柜间

楼内的高配、变配电室设计单冷分体空调机组，使室内温度不超过 35℃，空调和风机不同时运行。

（3）空气调节室内设计参数

表 8.7.2 室内计算参数

序号	房间名称	温度（℃）		相对湿度（%）	
		冬季	夏季	冬季	夏季
1	高配、变配电室	/	≤35	/	/
2	辅助用房、机柜间、控制室	18	26	/	/

空调系统配置

序号	房间名称	空调配置	用电需求
1	控制室	2×5 匹空调	8KW
2	电子机柜间	3×5 匹空调	12KW
3	10KV 配电室	2×5 匹空调	8KW
4	400V 配电室	12×5 匹空调	48KW
5	10KV 无功补偿室	1×5 匹空调	4KW
6	35KV 配电室	1×5 匹空调	4KW
7	电气值班室	1×3 匹空调	2KW
8	电气电子设备间	1×3 匹空调	2W

9 节能

9.1 项目应遵循的合理用能标准及节能设计规范

9.1.1 设计选用的标准规范

- (1) 《中华人民共和国节约能源法》
 - (2) 《国务院关于加强节能工作的决定》（国发〔2006〕28 号）
 - (3) 《中国节能技术政策大纲》（国家发展委、科技部〔2006〕）
 - (4) 《综合能耗计算通则》GB/T2589-2020
 - (5) 《石油化工合理利用能源设计导则》SH/T3003-2000
 - (6) 《单位产品产量能源消耗定额编制通则》GB12723-91
 - (7) 《工业企业能源管理导则》GB/T15587-2008
 - (8) 《评价企业合理用热技术导则》GB/T3486-1993
 - (9) 《评价企业合理用电技术导则》GB/T3485-1998
 - (10) 《固定资产投资项目节能评估和审查指南（2006）》（发改环资〔2007〕21 号）
- 的相关篇目；
- (11) 《石油化工设计能耗计算标准》GB/T50441-2007

9.1.2 能耗指标折算依据

- (1) 以本报告提出的技术方案为基础的平均能耗进行折算；
- (2) 单位能耗指标：标煤热值 29307kJ/kg(7000kcal/kg)；

9.1.3 主要原则

(1) 按照“工艺先进、技术成熟、装置可靠、经济运行合理”的基本原则，采用国内或国际先进生产技术，以确保工厂建成投产后其操作运行稳定、能耗低、三废排放少、产品质量好。

- (2) 总平面布置原则“在满足生产工艺、交通运输、消防安全的前提下，严格执行

先行的有关规定、规范，合理布置，节约用电。尽可能使物料流向顺畅，以达到节能的目的。

(3) 车间布置的原则：在满足工艺及流程的要求情况下，布置上要考虑尽量利用物料位差来达到输送物料的目的，避免用泵提高能耗，并且设备布置时应考虑管道尽量直而短，设备需紧凑布置。

(4) 设备选型原则：选用国家推荐的节能系列产品。

9.2 项目用能概况及状况

本项目为新建工程，暂时没有能源利用现状问题。

本项目所需要的主要能源有水、电、蒸汽等。鄂托克旗建元煤焦化有限公司现有市政供水管网、热电厂及其附属的电、蒸汽管网较为成熟，本项目所需的主要能源供应较为稳定、可靠。

(1) 项目所需能源品种、数量

表 9.2-1 项目所需能源品种、数量

序号	名称	规格	单位	合计		来源
				小时消耗量	年消耗量	
1	电	10KV/380V	kwh	32036	256284537	外购
2	高压蒸汽	3.2MPaG	t	20	162700	外购
3	中压蒸汽	1.2MPaG	t	153	1227000	外购
4	低压蒸汽	0.5MPaG	t	117	937300	外购
5	新鲜水		t	206	1649314	外购

(2) 项目能源利用特点、水平及合理性

本工程用能特点是工艺生产条件比较复杂，需要用能的地方很多，能源品质差异较大。因此，合理用能，按质用能，最大限度减少能耗损失，提高能源转换效率是本工程必须认真考虑的问题。

装置合理利用能源的方案有：采用先进的工艺流程和技术；充分利用反应废热副产蒸汽；优化操作条件；优化系统用能；采用新型高效节能设备；大型空气压缩机采用蒸汽透平驱动，蒸汽实行逐级利用；做好设备、管道的保温、保冷工作，减少能量损失。

9.3 项目能源供应状况

9.3.1 项目所需能源的来源、供应方案

(1) 电：本项目区域设置 35kV 区域性变电所 1 座，两路 35kV 电源来自园区内 110kV 变电站，经整变后供本项目使用。

(2) 新鲜水：本项目需新增新鲜水由同步建设一次水站提供，采用管道送入本项目界区内，经计量后供本装置使用。

(3) 低压氮气：本项目所需氮气由建元公司厂区内现有氮气管网提供，采用管道送入本项目界区内，经计量后供本装置使用。

(4) 压缩空气、仪表空气：本项目所需压缩空气、仪表空气由新建厂区空压站提供，经计量后供本装置使用。

(5) 蒸汽：本项目所需蒸汽由建元公司厂区内现有蒸汽管网提供，采用管道送入本项目界区内，经计量后供本装置使用。

9.3.2 项目所需能源的当地供应情况，项目对当地能源供应的影响

本项目所需各项能源供应充足，项目使用量对当地能源供应无影响。

9.4 项目节能分析与措施

9.4.1 全厂综合性节能技术和措施

(1) 蒸汽梯级利用

高品位蒸汽凝水闪蒸产生低压蒸汽供系统伴热用，增加蒸汽利用率。

(2) 氢资源利用

本工程所需氢气由建元公司配套建设制氢装置提供。

(3) 节水措施

1) 采用闭式凉水塔，减少飘水、泄漏损失。

2) 生活处理后的达标污水，再进行深度净化处理，净化后的回用水作为循环水系统补水，总体减少新鲜水用量。

3) 各工艺装置的地面冲洗水, 全厂绿化用水采用回用水, 以节省新鲜水消耗。

4) 屋顶光伏照明, 太阳能/风能路灯等

9.4.2 装置节能技术和措施

9.4.2.1 工艺技术节能措施

(1) 换热器等主要耗能设备和换热设备的热效率按计算值 90%, 保证值 80%进行设计。

(2) 选择机械设备时, 应选择新型、高效节能产品。

(3) 选择高效的绝热材料, 进行设备及管道保温、保冷。做好设备与管道的保温(冷)设计, 设计选用导热系数小的绝热材料, 尽量降低热(冷)量损失。泡沫石棉导热系数按 $0.053\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 选取, 岩棉导热系数按 $0.049\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 选取, 聚氨酯泡沫塑料导热系数按 $0.049\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 选取。

(4) 应用高效、低温差类型换热器, 以提高换热效果。

(5) 在设计过程中合理确定各反应器、塔、换热器的工作压力、温度, 进一步优化或改进设备的内部结构, 从减少压力和提高换热效率着手, 以实现生产装置节能降耗。

(6) 选用空压机等公用工程设备时注意选择高效机组; 优先选择有待机功能的设备; 有多台时, 尽量选择不同容量搭配或一台有调速功能的设备; 水冷却优先于风冷却; 选择高效、省电或省气的配套附属设备。

(7) 设备及管道按 GB4272-2008《设备及管道绝热技术通则》中的规定进行绝热工程设计, 操作温度较高的和低温的冷冻设备和管道做好绝热保温, 降低热能的损耗。

9.4.2.2 系统的绝热设计

本项目为了减少供热(冷)系统在输送过程中产生的热(冷)损, 本项目将冷冻站靠近主装置布置, 尽量减少冷媒的输送距离, 并且采用导热系数小的绝热材料。保冷材料采用聚氨酯(现场发泡)。对于 -50°C 的冷媒的管路系统的绝热厚度应根据装置热(冷)损的要求进行详细核算。

9.4.2.3 建筑节能降耗主要措施

(1) 建筑设计充分满足夏季防热、冬季保暖的要求。

(2) 总平面设计尽量保证主要建筑物较多的日照。

(3) 建筑平、立面设计规整，凹凸面不多，以减少外表面积，减小体型系数。厂房建筑强化自然采光设计，屋顶设有条形采光带和无动力风帽，建筑外窗在满足采光要求的前提下，尽量减少开窗面积，维护墙体采用高、低双层采光窗，节约电能。

(4) 厂房建筑强化自然通风，车间屋顶设有气窗，厂房四周设有高位气窗，尽量减少机械通风排气装置。

(5) 建筑外墙和屋面在施工图设计阶段进行验算，以保证传热阻大于当地节能部门要求的最小传热阻，并重点处理好柱、梁嵌入处、散热器、管道嵌入的地方及伸缩缝等有可能产生热桥的部位。屋面保温材料采用质量可靠的预制保温隔热板。

9.4.2.4 供、变电系统的节能措施

(1) 电气专业选择节能型的灯管，提高照明度，节约用电。

(2) 自控专业按要求配装能源计量仪表，节约各项能源的用量。

(3) 电力系统尽量采用高压配电，减小回路输电电流损耗；选用节能变压器，终端配变电所按照用电负荷合理分布，靠近负荷中心，以减少线路损耗。

(4) 在工程设计中，除禁止选用已公布淘汰的机电产品外，大力选用节能降耗型机电新产品，优先选用高效变频电机。

(5) 根据不同用电设备的工艺要求，合理选择变压器的容量和设计供电系统，使用高效率的电气设备，减少电能损耗。

(6) 采用高低压混合补偿方式，设置自动投切电力电容器，有效减少变压器的空载电力损耗，在提高变压器功率因数的同时提高供电电压质量，使整个厂区电功率因数达到 0.9 以上。

(7) 车间照明采用高效节能灯，选用节能型光源。道路照明、户外装置照明，采用光电开关自动控制或集中管理控制。楼梯照明采用节能声控开关控制。

(8) 生产机组等电力设备和系统实行经济运行。采用电机增设变频控制器调速节电和电力电子节电技术；选用质优、价廉的节能器材，提高电能利用效率。

- (9) 公用动力车间设施布置在负荷中心，减少管线长度而造成的能源损失。
- (10) 根据生产用电负荷的要求合理选用电动机的功率，避免“大马拉小车”现象，以降低电能消耗及设备损坏率。另外，合理调整电动机配套使用，可使电动机在高效率工作区运行，达到节能目的。
- (11) 合理配置三相负载，使三相负载平衡，从而减少三相电流的不平衡引起的线路损耗。
- (12) 选用高导磁的优质冷轧晶粒取向硅钢片和先进工艺制造的新系列节能变压器，合理分配变压器中、低压侧负荷，减少损耗。优化配置和调整无功补偿装置，使变压器高功率因数运行。
- (13) 优化选择变电站的位置，使其靠近负荷中心，缩短供电半径，减少迂回送电。
- (14) 选用节电型低压电器，如 RT20 系列熔断器、JR20 系列、T 系列热继电器、AD1 系列信号灯、节能灯具等。

9.2.4.5 泵类、风机和空气压缩机等通用机械设备的能效指标

- (1) 泵类能效指标：泵效率为 55% 以上。
- (2) 中小型三相异步电动机能效指标：效率为 80% 以上。
- (3) 风机能效指标：效率为 61% 以上。

9.5 项目能耗指标

9.5.1 能耗指标

表 9.5.1 实物消耗量及综合能耗量表

序号	己二酸项目耗能工质	项目规格	耗能单位	折算当量能耗系数 (kg 标煤)	年耗量	折算能耗 (吨标煤)
1	电	10KV/380V	kwh	0.1229	256284537	31497
2	高压蒸汽	3.2MPa G	t	93.6773753	162700	15241
3	中压蒸汽	1.2MPa G	t	92.7204375	1227000	113768
4	低压蒸汽	0.5MPa G	t	92.0710868	937300	86298

5	新鲜水		t	0.2571	1649314	424	
						247229	

9.5.2 项目万元产值或工业增加值能耗

(1) 产值：

项目正常年份的工业增加值为 105703 万元（市场价），年销售收入为 295581 万元（市场价）。

(2) 标煤消耗量

根据表 9.5.1 的测算，项目正常年份年消耗 247229 吨标煤量（当量值）。

(3) 万元产值能耗

项目正常年份的全厂万元产值能耗为：848 千克标煤（当量值）

(4) 吨产品能耗

项目正常年份的吨产品能耗为：824 千克标煤/吨产品。

9.6 能耗分析

9.6.1 全厂能耗构成及分析

全厂能耗构成比例见下表：

序号	项目耗能工质	项目规格	耗能单位	折算当量能耗系数 (kg 标煤)	年耗量	折算能耗 (吨标煤)	总能耗比例
1	电	10KV/380V	kwh	0.1229	256284537	31497	12.74%
2	高压蒸汽	3.2MPa G	t	93.6773753	162700	15241	6.16%
3	中压蒸汽	1.2MPa G	t	92.7204375	1227000	113768	46.02%
4	低压蒸汽	0.5MPa G	t	92.0710868	937300	86298	34.91%
5	新鲜水		t	0.2571	1649314	424	0.17%
						247229	100.00%

从上表可以看出，本工程实施后蒸汽消耗占整个工程能耗的 87.09%，电能消耗占整

个工程消耗的 12.74%。由此可见，合理匹配用能，节约和降低蒸汽和电的消耗是降低整个己二酸生产能耗的关键所在，由此，在将来装置的生产运行中，要将降低蒸汽消耗、节约电能放在节能控制的首位。

本工程在节能方面已经采取了许多措施，比如合理利用反应废热与冷流体换热或副产蒸汽，蒸汽逐级利用，使得本工程能耗有一定幅度的下降，总体反应在装置生产的经济效益上有明显提高。

10 节水

10.1 编制依据

- (1) 《中华人民共和国节约能源法》
- (2) 《国务院关于加强节能工作的决定》（国发〔2006〕28 号）
- (3) 《工业和信息化部关于进一步加强工业节水工作的意见》（工信部节〔2010〕218 号）
- (4) 《关于加强工业节水工作的意见》（国经贸资源〔2000〕1015 号）
- (5) 《节水型生活用水器具》（CJ164-2002）

10.2 项目用水概况

本项目用水主要分为生产用水和生活用水两大类。

生产用水主要有：循环水装置喷淋用水、消防用水、场地冲洗水、化学水制备用水等。

生活用水主要在控制室等人员集中处使用。

10.3 水资源供应状况

本项目所需新鲜水来自厂区已建生活供水系统和生产供水系统，供水压力均大于 0.4MPa。

项目所需消防水（消防泡沫混合液）接自项目新建消防水站。循环冷却水来自界内自建的循环水站及配套管网，脱盐水来自界区内自建的脱盐水处理站。

10.4 项目节水技术应用与措施

- (1) 本项目工艺操作冷却采用高效型闭式循环冷却塔。
- (2) 蒸汽凝水闪蒸后热水作为系统伴热及冲洗用，低温热水返回化水装置重新利用。
- (3) 废水经污水处理站处理至达标，作为循环水喷淋用水或生产用水补水使用，含

盐废水去分盐处理，废水零排放。

10.5 水耗指标及分析

10.5.1 水耗指标

(1) 项目新鲜水耗；

本项目年耗水量约 165 万吨。

(2) 项目万元产值或工业增加值新鲜水耗

工业增加值为 105703 万元（市场价），年销售收入为 295581 万元（市场价）。

经计算，本项目的万元产值水消耗为 5.66 吨/万元，万元工业增加值水消耗为 15.6 吨/万元。

10.5.2 水耗分析

对照前述水耗指标和《关于加强工业节水工作的意见》（国经贸资源[2000]1015号），可看出本项目的万元产值新鲜水耗（10.16 吨/万元）低于《意见》中的 120 吨/万元（2010 年指标）。

10.6 用水计量和管理

本项目在出循环水站处设置水表用于计量总循环水产出量，在进各生产车间的工业水总管、循环水总管上设置流量计，用于统计各车间所需要的用水情况。

11 消防

11.1 编制依据

11.1.1 国家和地方的有关法律、法规和规定

- (1) 《中华人民共和国消防法》
- (2) 《建筑工程消防监督管理规定》（公安部 106 号令，2009 年 5 月 1 日实施）

11.1.2 设计中采用的标准规范

- (1) 《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018 版）
- (2) 《石油化工企业设计防火规范》（GB 50160-2008）（2018 版）
- (3) 《建筑灭火器配置设计规范》GB50140-2005
- (4) 《石油化工企业可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》（GB50493-2009）
- (5) 《火灾自动报警系统设计规范》GB50116-1998
- (6) 《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010)
- (7) 《泡沫灭火系统设计规范》GB 50151-2008
- (8) 《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB50974-2014）
- (9) 《仓库防火安全管理规则》（1990 年，公安部令第 6 号）
- (10) 《消防监督程序规定（摘录）》（1991 年，公安部令第 7 号）
- (11) 《消防设施专项工程设计证书管理办法》（公安部、建设部、公通字[1997]60 号）
- (12) 《消防设施专项工程资格分级标准》（公安部、建设部、公通字[1997]60 号）

11.1.3 编制原则

认真贯彻“预防为主、防消结合”的方针，严格遵循国家和地方的有关防火规范及规定，搞好本项目的防火设计。

11.2 消防环境现状和依托条件

本工程机动消防依托情况由业主和总体院提供。

11.3 工程的火灾危险性类别

本项目各单项的火灾危险性类别，详见表 7.4.4 全厂建、构筑物一览表。

11.4 采用的防火措施及配置消防设施

11.4.1 总平面布置采取的消防措施

防火间距按《石油化工企业设计防火规范》GB50160-2008（2018 版）的规定执行，对《石规》中未规定的参考《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018 版）的规定执行。

11.4.2 水消防

11.4.2.1 消防水源

根据《石油化工企业设计防火设计规范》GB50160-2008（2018 版）的规定，本项目消防设计流量为 300L/s。项目消防水源利用厂区内同步建设的消防泵站。

11.4.2.2 消防系统

1) 常规消防水系统

1) 设计消防用水量的确定

本项目消防设计流量为 300L/s，一次火灾延续时间 3h，消防需水量 3240m³。

2) 室外消防水管网及室外消火栓、消防水炮

本项目自建独立消防供水管网，管网在项目界区范围内结成环状。消防水管网主管管径为 DN400，在环状管网上按规范要求设置室外消火栓、检修阀门（井）。室外消火栓设置间距不大于 60m。检修阀门（井）以检修时停用的室外消火栓数量不超过 5 只为设置原则。

在各生产装置周围设置消防水炮，消防水炮距保护对象的距离不大于 40m，不小于 15m。

3) 消防泡沫系统

本项目建有可燃液体罐组，罐组内储罐均为体积小于 1000m³ 立式固定顶或浮盘用易溶材料制作的内浮顶储罐。

储物均为不溶于水或微溶于水的甲、乙、丙类可燃液体。

根据规范要求，本项目为可燃液体储罐配备移动式低倍数泡沫系统。在相应防火堤外设置泡沫栓。泡沫栓间距不大于 60m。

本项目在界区内自建泡沫站一处，站内设压力式泡沫比例混合装置一套，泡沫配比用水由界区内消防水管上接。泡沫比例混合装置由泡沫原液罐、配套压力式泡沫比例混合器及相关阀门、连接件组成，其中泡沫原液罐采用卧式有胶囊型泡沫储罐，规格 ϕ 1800x3550，有效容积 7.6 m³；比例混合器混合比 6%，工作压力 0.6~1.20MPa，出流量 16~64L/s。

新建泡沫混合液管道埋地敷设，主管管径 DN200。在罐区周围消防泡沫混合液管道上按规范设置室外泡沫消火栓（含泡沫枪及水带）。泡沫栓间距不大于 60m。

4) 室内消防系统

(1) 室内消火栓系统

环己醇装置、己二酸装置、二元酸装置、亚硝气处理装置室内设消火栓灭火系统。

消火栓的间距不大于 25 m，每一点保证有两个水枪的充实水柱可以到达。室内消火栓采用 SNW65-III-H 减压稳压型单出口室内消火栓，配直流-水雾两用水枪，25 米长衬胶水带，室内消火栓设置于室内消火栓箱内，明装设置，消火栓箱旁边设启泵按钮。消火栓支管管径均为 DN65，消火栓栓口中心标高距相应地面均为 1.10m。

主框架高度超过 15 米的开放型的构架平台设半固定式消防竖管，竖管管径 100mm。每层设室内消火栓箱（箱内配套减压稳压型室内消火栓、DN65、长 25m 消防水龙带、配置直流-水雾两用水枪，水枪喷嘴直径 19mm）。

水泵接合器设在便于消防车接近的地点，距室外消火栓的距离不小于 15m 且不大于 40m。

装置内消防管道采用镀锌钢管。

(2) 室内自动喷淋灭火系统

己二酸装置装置为高层乙类厂房，根据《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018 版）要求，需要设置自动喷水灭火系统。

己二酸装置和二元酸装置属于中危Ⅱ级，喷水强度 $8\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ ，作用面积 208m^2 。喷淋设计水量 $34.7\text{L}/\text{s}$ ，灭火持续喷水时间 1.0h。

采用干式自动喷淋灭火系统，采用易熔合金标准直立型闭式喷头，动作温度 72°C 。喷淋灭火用水接自建筑外稳高压环形消防水管网，供水压力为 1.0MPa 。

干式报警阀前设管道过滤器，过滤器采用 $4\sim 4.7$ 目/ cm^2 不锈钢滤网，报警阀前后采用消防信号阀，每层喷淋总干管处设消防信号阀、水流指示器、减压孔板。

每个报警阀组的最高最远处的最不利喷头处设末端试水装置，其他各层最不利喷头处均设 DN25 试水阀。每根自喷立管的最高端设置自动排气阀，排气阀前设电动控制阀。

水力警铃应设置在有人值班的地点附近，与报警阀连接管道长度不宜大于 20m，管径应为 20mm。

室外设水泵接合器，水泵接合器设在便于消防车接近的地点，距室外消火栓的距离不小于 15m 且不大于 40m。

装置内消防管道采用镀锌钢管。

（3）其他消防灭火系统

根据《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）要求，在各生产装置、罐区、辅助建筑物配置一定数量的推车式及手提式灭火器材。

变配电及机柜间内设热气溶胶气体灭火系统。本设计采用全淹没灭火系统的灭火方式，即在规定的时间内，向防护区喷射一定浓度的热气溶胶气体，并使其均匀充满整个防护区，此时能将在其区域内任一部位发生的火灾扑灭。灭火系统的控制方式为自动、手动、应急手动三种控制方式。

11.4.3 工艺消防措施

（1）控制易燃蒸汽与空气混合物的浓度。

（2）设置 DCS 连锁和安全仪表系统（SIS 系统），通过加强和提升工艺的自动化水平，防止人为的误操作，确保紧急情况能够安全停车。

(3) 设置火炬系统，所有系统正常和非正常的工艺尾气均送至火炬系统燃烧，防止发生次生灾害。

(4) 在固定顶储罐上设置阻火器，防止外界火源进入；

(5) 防止静电，如液体物料从顶部进入储罐时进料管应伸至罐底部，可燃介质的管道和设备进行可靠的静电接地；

(6) 设置环己烷、氢气等可燃气体报警系统。

(7) 生产装置采用敞开框架式结构，有效利用自然通风，防止可燃气体积聚

11.4.4 自控消防措施

本项目根据安全要求，在环己醇装置、己二酸氧化工段、中间灌区等易燃易爆场所内设置可燃性气体检测仪，确保生产安全。

11.4.5 电气消防措施

(1) 本项目控制室设火灾报警器，并在各甲乙丙类厂房设火灾报警装置。在非防爆区域设置手报按钮和声光报警器；在防爆区域设置防爆型手动报警按钮（经防爆模块接入控制器）和防爆警铃，共同组成界区内的火灾探测报警系统。该系统由交流 220V 电源直接供电，自带直流备电。

(2) 各生产装置内采用与环境特征相适应的防爆电气设备和防爆自控仪表设备。

(3) 电气设备正常不带电的金属外壳的保护接地、工作接地、防静电接地采用共同的接地系统。

(4) 装置内照明灯具采用高效率节能防爆荧光灯具。

11.4.6 土建耐火保护

为防止易燃、易爆气体体积聚，生产装置（环己醇、己二酸）采用框架式结构和框架梁柱，重大设备基础及重要机组采用钢筋砼结构，平台采用钢结构。建筑结构耐火二级，钢结构作防火处理，以达到规定的耐火极限。

11.4.7 消防排水

消防排水利用雨水管网收集汇入自建事故应急污水池，等事故结束后，用泵抽出送厂内自建污水处理站处理。

各单体室内排出的含有易燃、可燃液体的污水、雨水均按规范要求经水封后排入室外管网。

12 环境保护

12.1 厂址与环境现状

12.1.1 项目所在地区环境质量现状与分析

12.1.1.1 自然环境概况

(1) 地理位置

本项目建设地位于棋盘井工业区内。

棋盘井工业园位于内蒙古鄂尔多斯市鄂托克旗棋盘井镇，地处鄂尔多斯高原西部，距乌海市 60km 左右，距石嘴山市 100km 左右，距银川市 160km 左右，距鄂尔多斯市 300km，是鄂尔多斯市与宁夏、乌海市的重要交通枢纽。地理坐标为北纬 39°22'32"，东经 107°00'44"。

棋盘井工业园区，是内蒙古自治区人民政府 2001 年批准的自治区级工业园区，也是鄂尔多斯市主导产业与重点区域发展规划中包含的重点发展工业园区。该园区规划面积 62.28 平方公里。工业园区现有企业 86 家，现已构筑起煤炭、电力、冶金、化工、建材五大主导产业和煤化工、硅化工、氯碱化工、天然气化工四条循环产业链，形成年产原煤 480 万吨、洗煤 2070 万吨、焦炭 336 万吨（建元 280 万吨焦化、蒙西矿业 200 万吨焦化在建）、苯加氢 10 万吨、LNG 5 万吨，硅系合金 100 万吨、多晶硅 3000 吨，电石 142.9 万吨、PVC40 万吨、化肥 210 万吨、水泥 635 万吨的生产能力，电力装机容量达到 3220MW，货物吞吐量 3500 万吨/年。园区建设了污水处理厂、垃圾处理厂、工业废渣灰场、集中供热等基础设施。2013 年棋盘井工业园被国家发改委和财政部确定为“国家循环化改造示范试点园区”，2014 年成为国家首批低碳产业园区试点园区。

(2) 气候特征

鄂托克旗深居内陆，属典型大陆性气候，气候特点为冬季漫长严寒，夏季炎热短促，春秋气温变化剧烈，全年降雨少而集中，多集中在 7、8、9 三个月，蒸发强烈，年平均降水量 200—300mm，年平均蒸发量 2400—2800mm，年、日温差较大，年平均气温 6.4 摄氏度，极端最高气温 37.3 摄氏度，极端最低气温 -35.7 摄氏度；年平均相对湿度 47%；

最大冻土深度 210cm。大风和干旱出现频繁，年平均风速 3.2m/s，全年主导风向为 N 和 NWW。

（3）地质水文

全旗土壤类型有 7 个土类，包括栗钙土、棕钙土、灰漠土、风沙土、潮土、盐土和沼泽土。根据植被优势种相同，生态环境一致性的划分标准，全旗从东向西形成干旱草原、荒漠化草原、草原化荒漠、荒漠草原草场 4 个植被带和 1 个隐形性低湿地灌丛草甸草场。厂址范围属于荒漠化草原地带，多见草本，少见乔木，植被稀疏，植被多样性较差。

本区底层岩性较为简单，主要出露的地层已中生界白垩系下统与第四系全新统地层为主。在构造体系上，本区位于鄂尔多斯盆地的中部、西部。岩层褶皱、断层、劈理等地质构造现象很不发育，底层产状近于水平，未见火成岩活动。

棋盘井地区呈侵蚀构造地貌，形成山间盆地，西部南北间分布桌子山，由奥陶灰岩背斜形成，顶呈桌状；东部南北向分布格斯克乌兰山，由震旦系石英岩背斜形成，顶呈岗状；海拔 1419-1698 米，相对高差 100-300 米，属中低山，中部为盆地由上古界组成向斜，构造，地形较平坦，向西北倾斜，海拔 1300-1400 米。

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306—2015），棋盘井镇区域地震峰值加速度为 0.20g，反应特征周期 0.40s，建厂地区地震基本烈度为 7 度，抗震设防烈度 8 度。

全旗可采水资源总量为 27787.5 万 m³，其中地下水 26994.9 万 m³，地表水 792.6 万 m³。地表水主要靠降水补给，属于干涸地区，境内有黄河 75km，多年平均径流量 3150000 万 m³，是鄂旗可用于灌溉的主要水源。都思图河为黄河的一级支流，全长 165.8km，多年平均径流量 1408 万 m³，河水主要来源于地下水补给和雨季洪水的汇集，可用于灌溉。毛乌素沙地有大小湖泊 25 个分布于丘间洼地处，多数湖水含盐量较大，不能用于灌溉。

厂区属高原碎屑岩类裂隙孔隙水区，该区含水层主要为白垩系下统（K1）的碎屑岩地层，含水层揭露厚度 11.07—235.98m，顶板埋深 35.15—225.94m，且顶板埋深由中部地区向南北两侧逐渐减小，含水层厚度逐渐增大。该区地下水的径流量趋势是

由中部地区的阿尔巴斯苏木附近-伊和达来-带向东、南、北三个方向流动,属水位浅或较深水量较丰富开采区,水位埋深 10m 左右,单井用水量 500-1000m³/d 或大于 1000m³/d,水质较好,矿化度 1g/L 左右,是有利的开采地段。适宜井深 300-400m,井径 8"-10" 铸铁管或裸眼成井,可选用电潜泵或深水泵开采。

12.2 执行的环境质量标准及排放标准

12.2.1 环境质量标准

12.2.1.1 环境空气质量标准

大气常规污染因子执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准;氨、苯、硫酸雾参照执行《工业企业设计卫生标准》(TJ36-79)居住区大气中有害物质最高允许浓度限值。

12.2.2.2 地表水环境质量标准

(1) 地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的Ⅲ类标准。

(2) 地下水环境执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2018)中的Ⅲ类标准。

12.2.3.3 区域噪声标准

声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的 3 类标准。

12.2.2 污染物排放标准

12.2.2.1 工艺废气排放

(1) 工艺废气排放执行《石油化学工业污染物排放标准》(GB31571-2015)

(2) 恶臭物质执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-1993)“新建、二级”。

12.2.2.2 污水排放

本工程污水新建污水处理站,处理水质达到中水回用水质,含盐废水经浓盐水处理装置分盐,按照废水零排放设计。

12.2.2.3 厂界噪声

厂区岗位噪声值符合《工业企业噪声控制设计规范》(GB/T50087-2013),厂界噪声执行《工业企业厂界噪声标准》(GB12348-2008)中Ⅲ类标准,即昼间 65 dB(A)、夜

间 55 dB（A）。

12.2.2.4 固体废物标准

固体废物分类及危险废物辨识分别执行《国家危险废物名录》（2016 年）、《危险废物鉴别标准》（GB5085-2007）的有关规定。

危险废物处理、处置执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）的有关规定；一般工业固废处理、处置执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）以及环保部 2013 年第 36 号公告《关于发布〈一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准〉（GB18599-2001）等 3 项国家污染物控制标准修改单的公告》。

12.3 主要污染源

12.3.1 主要污染源

本项目主装置采用密闭操作，主要工艺用水均再生循环利用，以尽可能减少环境污染。拟建装置的主要污染源为主装置排放的少量废水，安全驰放气、失效催化剂等。

12.3.2 主要污染物

12.3.2.1 废气

表 12.3.2-1 废气排放一览表

序号	排放水名称	排放量	单位	污染物组成	排放点	排放方式	排放去向	备注
1	储罐放空气总管	350	Nm3/h	烃类：2%（V）， N2：平衡	环己醇装置	连续	去火炬或处理	
2	工艺放空气总管	272	Nm3/h	烃类：8%（V）， N2：平衡	环己醇装置	连续	去火炬或处理	
3	加氢催化剂再生罐放空气	24	Nm3/h	O2：max3%（V）， N2：平衡	环己醇装置	连续	放空	
4	水合催化剂再生罐放空气	16	Nm3/h	CO：max1.7%（V）， O2：max5%（V）， N2+CO2 平衡	环己醇装置	连续	放空	

5	干燥尾气	8000	Nm ³ /h	含尘气	己二酸装置	连续	放空	
7	切片机尾气	60	Nm ³ /h	硝酸, 50mg/m ³	二元酸装置	连续	放空	
8	不凝气	500	Nm ³ /h	硝酸, 50mg/m ³	二元酸装置	连续	放空	
	己二酸装置废气	50000	Nm ³ /h	N ₂ O, 0.047% (v/v); NO, 0.002% (V/V)	亚硝气处理装置	连续	放空	

12.3.2.2 废水

表 12.3.2-2 废水排放一览表

序号	排放水名称	排放量	单位	污染物组成	排放点	排放方式	排放去向	备注
1	环己醇废水	22	t/h	BOD ₅ :40~630mg/L, COD _{Cr} : 170~990mg/L, TOC:70~320mg/L, 环己醇: 100~320mg/L, N 组分: 10~100mg/L, 醋酸等: 10~30mg/L, Zn 组分: 50~30mg/L, 悬浮物 (SiO ₂ , Al ₂ O ₃): 100~500mg/L	环己醇装置	连续	去污水处理	
2	环己醇装置地面冲洗水	2	t/h	微量有机物	环己醇装置	间断	去污水处理	
3	己二酸有机废水	116	t/h	硝酸一元酸: 0.62%, 二元酸微量, 其他为水	己二酸装置	连续	去污水处理	
4	己二酸酸性废水	140	t/h	BOD ₅ :≤60mg/L; COD _{Cr} : ≤150mg/L; NH ₃ -N: ≤25mg/L; SS≤10mg/L; HNO ₃ ≤1300mg/L	己二酸装置	连续	去污水处理	
5	地面冲洗水	4	t/h	微量有机物	己二酸装置	间断	去污水处理	
6	生活污水	9	t/h	BOD ₅ :200, COD _{Cr} : 350	办公区	间断	去污水处理	
8	清净雨水		t/h		装置	间断	去市	

					区		政管网	
10	事故排水	3500	t/次		装置区	间断	去事故水池	

12.3.2.3 固体废物及废液

表 12.3.2-3 固体废物(废液)排放一览表

序号	废渣来源及名称	排放量	单位	污染物组成	排放点	排放规律	排放去向
1	废加氢催化剂	1160	kg/2 年	Ru-Zn 催化剂	环己醇装置	间断	回收
2	废水合催化剂	44	t/年	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ .	环己醇装置	间断	有资质的单位回收
3	废脱硫催化剂	14	t/年	Pd/ Al ₂ O ₃ .	环己醇装置	间断	回收
4	环己烷处理废催化剂	1	t/3 年	Ni, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ .	环己醇装置	间断	有资质的单位回收
5	废活性炭	220	t/a	湿基 H ₂ O:80wt%;ADA: 3wt%; Cu 离子: 20ppm (湿基); Fe 离子: 100ppm (湿 基); V 离子: 痕 量; PH:2 (稀释 10 倍后)	己二酸装置	间断	有资质的单位回收
6	废树脂	45	t/a	湿基 H ₂ O:70wt%;ADA: 1wt%; Cu 离子: 140ppm (湿基); Fe 离子: 1200ppm (湿 基); V 离子: 10ppm; PH:2 (稀释 10 倍后)	己二酸装置	间断	有资质的单位回收
7	废滤布	2000	m ² /a	聚丙烯	己二酸装置	间断	有资质的单位回收
8	N ₂ O 分解废催化剂	7.7	m ³ /1.5 年	氧化锆 95%; 氧化钴 1.5%; 氧化镍 1.5%; 重金属微量	亚硝气处理装置	间断	有资质的单位回收
9	NO 分解废催	1	次/7 年		亚硝气处理	间断	有资质的

	化剂				装置		单位回收
--	----	--	--	--	----	--	------

12.4 环境保护治理措施及方案

本项目采用国内先进的工艺技术，是对生产过程中产生的“三废”均通过成熟可靠的环保技术尽可能加以综合利用，对不可能综合利用的，均按环境和排放标准的要求进行治理，使“三废”排放符合国家排放标准，满足清洁生产、保护环境要求。

12.4.1 废气处理措施

本项目主要废气为己二酸氧化尾气、己二酸干燥尾气等。

(1) 己二酸氧化反应为微负压，减少有害物质的排放，从反应器中抽出的氧化氮气体经冷凝后送硝酸回收工序回收硝酸。

(2) 硝酸回收工序主要回收反应器中产生的氧化氮气体和结晶器中抽出的氧化氮气体。氧化氮气体与空气混合后，经冷却、压缩、三级亚硝气吸收塔，与粗己二酸结晶器来的冷凝液分段进行对流吸收，将废气中的 NOX（主要为 NO、NO2）吸收为硝酸回用，以减少 NOx 的排放量和排放浓度。吸收塔底制成 48%的硝酸，返回工艺系统回用。

(3) 吸收塔尾气采用催化分解技术，在反应温度为 400~800℃和主要成分为氧化锆、氧化钴、氧化镍的催化剂作用下，分解为 N₂ 和 O₂，可减排 N₂O 的排放。

(4) 己二酸装置流化床干燥器和精己二酸料仓尾气经旋风分离器分离后，再经洗涤塔洗涤除去己二酸微粒后排入环境空气。

(5) 环己醇装置生产时的有机尾气排入火炬，通过燃烧后高空排入大气，避免污染环境。

(6) 催化剂再生放空气采用活性炭吸附其中有机相，现场排放气中组分达标。

12.4.2 废水处理措施

本项目排水系统划分为生产废水排水系统、生活污水排水、清净下水系统及事故排水系统。

(1)生产废水排水系统

本项目生产废水主要来自装置废油汽提塔塔釜污水和真空泵排水、己二酸含酸废水，

送至污水处理站进行处理。

本工程配套建设污水处理设施；生产装置所有的化学废水通过管路直接排往污水处理站，经过生物氧化处理后，污水中 COD 浓度降到 60ppm，达到标准后中水回用作为生产系统补水或循环水补水。

（2）生活污水排水系统

本工程生活污水系统主要是收集和排放来自本项目各建筑物的盥洗室、厕所、浴室的生活污水。每个建筑物的生活污水管道上均设置单独的化粪池，经化粪池处理后的生活污水经重力流管网收集后，排入到污水处理站处理。

（3）清净下水系统

本项目清净下水主要来自循环冷却系统和装置雨水。经管道收集后直接排至污水收集管。

（4）事故排水系统

考虑到下列几种非正常工况排污：

- a) 生产不正常造成工艺物料泄漏、生产污水排放量或者排放浓度大幅度增加超过了污水处理装置的承载负荷时；
- b) 由于污水处理装置运行不正常、排水水质不能满足排放标准要求时；
- c) 发生火灾时污染区域内产生了大量消防废水；
- d) 污染区域内产生的初期污染雨水；

因此在厂区内设置事故废水系统用于收集事故中的工艺物料泄漏、消防废水以及可能被污染的雨水等。对可能造成污染的工艺装置采用围堰进行分隔。除环己醇罐区等在围堰内可贮存泄漏的工艺物料时外，其它可能造成污染的工艺装置区域内的事故污水由暗沟/或管收集经水封井后重力流入事故排水管道，排至事故雨水池。对事故水池收集到的污水经移动泵打入污水处理站处理，达标后中水回用，浓盐水送进行分盐处理，废水零排放

12.4.3 废固处理措施

- (1) 含贵金属的催化剂送制造厂回收再生利用。
- (2) 生化处理后失活的污泥，经压滤、挤压后送至废渣场填埋。
- (3) 己二酸装置废树脂和废活性炭用水冲洗脱除附着物后，沥干水分后填埋处理。冲洗水去污水预处理装置。
- (4) 生活垃圾由当地环卫部门及时清运处理。

12.4.4 噪声处理措施

(1) 设计上尽量选用低噪声设备，并要求制造厂家采取消音措施，将噪声控制在允许范围之内。

(2) 动力设备功率均较小，主要噪声源为压缩机、泵类等，经基础减震、消声器消声、建筑物隔离措施降噪后，噪声值可达到《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T50087-2013）<85dB(A)要求。

采取上述各项措施后，车间噪声基本达标。传到厂界的噪声，由于沿途其他建筑物的屏蔽效应，及噪声随距离增大而自然衰减等因素，噪声可降至 65dB（A）以下，对厂外不会产生有害影响。

12.4.5 环境风险防范措施

12.4.6 其他措施

绿化有利于调节气候、净化空气、美化环境，也能防止噪声扩散、降低噪声，本设计在道路两侧、装置周围空地，种植抗污染、抗风的花草树木，绿化详见总图设计。

12.5 预计达到的效果

采取上述环保治理措施，本项目装置污染物均能达标排放，而且设计中尽量采用先进工艺，使污染物排放量降至最小。因此，本项目所有废气、废水、废固、噪声均经过了有效控制，不会对周边的环境造成较大影响。

12.6 环境管理及监测

12.6.1 环境管理

按照 SH3024-1995《石油化工企业环境保护设计规范》标准要求，厂区内统一设置环境监测站，负责本工程区内的大气和废气排放监测、全厂排放的废水监测与分析、严重工作场所的噪声监测等。

12.6.2 环境监测

本工程环境检测项目和频率：

废水：pH 值、化学耗氧量、挥发酚、石油类、苯、悬浮物的排放量。

频率：1 次/周。

废气：二氧化硫、非甲烷烃、硫化氢、烟尘等。

频率：1 次/月。

噪声：每月昼、夜间各测一次。

12.7 环境影响分析与结论

通过以上分析，在己二酸全过程的生产活动中，各装置外排的“三废”都是经过了多级有效的处理，能做到达标排放，因此，本工程投产以后，其生产活动对周围环境不会造成影响。

13 职业卫生

13.1 执行的法律法规、部门规章及标准规范

13.1.1 国家和相关部门的法律法规和部门规章

- (1) 《中华人民共和国职业病防治法》（2001 年 10 月 27 日首次颁布， 2016 年 7 月 2 号第二次修正，中华人民共和国主席令 第 48 号）；
- (2) 《中华人民共和国安全生产法》（2014 年 8 月 31 日，中华人民共和国主席令 第 13 号）；
- (3) 《中华人民共和国标准化法》（1988 年 12 月 29 日，中华人民共和国主席令 第 11 号）；
- (4) 《中华人民共和国劳动合同法》（2007 年 6 月 29 日，中华人民共和国主席令 第 65 号）；
- (5) 《中华人民共和国突发事件应对法》（2007 年 8 月 30 日，中华人民共和国主席令 第 69 号）；
- (6) 《中华人民共和国劳动法》（1994 年 7 月 5 日，中华人民共和国主席令 第 28 号）；
- (7) 《中华人民共和国尘肺病防治条例》（1987 年 12 月 3 日，中华人民共和国国务院令 第 105 号）；
- (8) 《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》（2002 年 5 月 12 日，国务院令 第 352 号）；
- (9) 《突发公共卫生事件应急条例》（2003 年 5 月 9 日，国务院令 第 376 号）；
- (10) 《工作场所职业卫生监督管理规定》（2012 年 4 月 27 日，国家安全生产监督管理总局令 第 47 号）；
- (11) 《职业病危害项目申报办法》（2012 年 4 月 27 日，国家安全生产监督管理总局令 第 48 号）；

- (12) 《用人单位职业健康监护监督管理办法》（2012 年 4 月 27 日，国家安全生产监督管理总局令 第 49 号）；
- (13) 《建设项目职业卫生“三同时”监督管理暂行办法》（2012 年 6 月 1 日，国家安全生产监督管理总局令 第 51 号）；
- (14) 《国家安全生产监督管理总局关于建设项目职业病危害风险分类目录(2012 版)的通知》（2012 年 5 月 31 日，安监总安健〔2012〕73 号）；
- (15) 《生产安全事故应急预案管理办法》（2009 年 4 月 1 日，国家安全生产监督管理总局令 第 17 号）；
- (16) 《防暑降温措施管理办法》（2012 年 6 月 29 日，安监总安健〔2012〕89 号）；
- (17) 《职业卫生技术服务机构工作规范》（2014 年 4 月 14 日，安监总厅安健〔2014〕39 号）；
- (18) 《用人单位职业病危害防治八条规定》（2015 年 3 月 24 日，国家安全生产监督管理总局令 第 76 号）；
- (19) 《国家安全监管总局关于印发职业卫生档案管理规范的通知》（2013 年 12 月 31 日，安监总厅安健〔2013〕171 号）；
- (20) 《国家安全监管总局关于印发用人单位职业病危害告知与警示标识管理规范的通知》（2014 年 11 月 13 日，安监总厅安健〔2014〕111 号）；
- (21) 《国家卫生计生委 人力资源社会保障部 安全监管总局 全国总工会关于印发《职业病分类和目录》的通知》，（2013 年 12 月 23 日，国卫疾控发〔2013〕48 号）
- (22) 《卫生部关于印发《高毒物品目录》的通知》（2003 年 6 月 10 日，卫法监发〔2003〕142 号）
- (23) 《职业病危害因素分类目录》（2015 年 11 月 17 日，国卫疾控发〔2015〕92 号）
- (24) 《用人单位劳动用品管理规范》（2015 年 12 月 29 日，安监总厅安健〔2015〕124 号）；
- (25) 《国家安全监管总局办公厅关于加强用人单位职业卫生培训工作的通知》（2016

年 1 月 12 日，安监总厅安健〔2015〕121 号）；

13.1.2 职业卫生相关标准规范

- (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》（GBZ 2.1-2007）；
- (3) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素》（GBZ 2.2-2007）；
- (4) 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）；
- (5) 《职业健康监护技术规范》（GBZ188-2014）；
- (6) 《工作场所防止职业中毒卫生工程防护措施规范》（GBZ/T194-2007）；
- (7) 《高毒物品作业岗位职业病危害告知规范》（GBZ/T203-2007）；
- (8) 《高毒物品作业岗位职业病危害信息指南》（GBZ/T204-2007）；
- (9) 《工作场所有毒气体检测报警装置设置规范》（GBZ/T223-2009）；
- (10) 《密闭空间作业职业危害防护规范》（GBZ/T205-2007）；
- (11) 《职业卫生名词术语》（GBZ/T224-2010）；
- (12) 《用人单位职业病防治指南》（GBZ/T225-2010）；
- (13) 《机械振动与冲击人体暴露与全身振动的评价 第 1 部分：一般要求》（GBZ/T13441.1-2007）；
- (14) 《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）；
- (15) 《生产设备安全卫生设计总则》（GB5083-1999）；
- (16) 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）；
- (17) 《锅炉房设计规范》（GB50041-2008）；
- (18) 《护听器的选择指南》（GB23466-2009）；
- (19) 《呼吸防护用品的选择、使用与维护》（GB18664-2002）；
- (20) 《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》（GB50493-2009）；

- (21) 《建筑采光设计标准》(GB50033-2013);
- (22) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);
- (23) 《高温作业分级》(GB/T4200-2008);
- (24) 《个体防护装备选用规范》(GB/T11651-2008);
- (25) 《生产过程安全卫生要求总则》(GB/T12801-2008);
- (26) 《工业企业噪声控制设计规范》(GB/T50087-2013);
- (27) 《化工建设项目噪声控制技术规定》(HG20503-92);
- (28) 《化工装置设备布置设计工程规定》(HG20546.2-92);
- (29) 《化工采暖通风与空气调节设计规范》(HG/T20698-2009);
- (30) 《石油化工企业卫生防护距离标准》(SH3093-1999);
- (31) 《石油化工企业职业安全卫生设计规范》(SH3047-1993);
- (32) 《建筑施工企业职业病危害防治技术规范》(AQ/T4256-2015);
- (33) 《建筑施工作业劳动保护用品配备及使用标准》(JGJ184-2009);
- (34) 《有机溶剂作业场所个人职业病防护用品使用规范》(GBZ/T195-2007);

13.2 职业病危害因素和职业病分析

13.2.1 周边环境职业病危害因素分析

根据《职业病危害因素分类目录》和《职业病分类和目录》的规定，本项目生产过程中可能产生的职业病危害因素主要包括化学有毒有害物质和物理因素等。

1、化学有毒有害物质

化学有毒有害物质主要是环己醇装置中的原料苯、辅助材料氧化锆、产品和中间品环己烷、环己醇、环己烯等；硝酸装置中的原料液氨、产品硝酸；己二酸装置中的原料环己醇和硝酸，辅助材料钒催化剂，产品己二酸、二元酸（己二酸和戊二酸），生产过程中产生的二氧化氮、氧化亚氮等。己二酸仓库和二元酸仓库装运过程中产生的其它粉尘（己二酸粉尘、二元酸粉尘）。

(1) 若设备、管道密封不好,可能造成生产系统泄漏,在发生火灾、爆炸危险的同时会发生中毒的危险。

(2) 工作场所内通风不良,使工作场所内的有毒物质的浓度升高,由此有可能发生中毒的危险。

(3) 涉及有毒物料的设备检修时,若没有将设备、管道中残存的有毒的物料进行彻底的置换、清洗,在进行动火、进罐等检修操作时很容易发生中毒事故。

(4) 作业人员未经安全培训,不遵守操作规程及安全等相关管理制度,操作错误以及工人在操作中未严格按照规定配戴劳保用品和在现场吃饭、喝水等,都易发生中毒的危险。

2、物理因素

物理因素主要有噪声、高温、工频电场等。

13.2.2 项目生产过程中可能产生的职业病危害因素和职业病分析

1、苯

所致职业病:急性苯中毒、慢性苯中毒、苯中毒性白血病

健康危害:苯是一种易燃而且毒性很高的物质,由于苯的挥发性很强,且苯溶剂具有脂溶性特点,可以通过完好无损的皮肤进入人体。浓度很高的苯蒸气具有麻醉作用,短时间内可使人昏迷、发生急性苯中毒,甚至可导致生命危险。长期吸入一定高浓度的苯蒸气,可损害造血系统和神经系统而发生慢性苯中毒。慢性苯中毒患者主要表现为头疼、头晕、疲倦、睡眠不好、食欲不振,白血球减少。

职业接触限值:PC-TWA: $6\text{mg}/\text{m}^3$; PC-STEL: $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2、环己烷

所致职业病:环己烷中毒

健康危害:对眼和上呼吸道有轻度刺激作用,持续吸入可引起头晕、恶心、倦睡和其他一些麻醉症状。液体污染皮肤可引起痒感。

职业接触限值:PC-TWA: $250\text{mg}/\text{m}^3$ 。

3、环己醇

所致职业病：环己醇中毒

健康危害：属低毒类，对中枢神经有麻痹作用，如吸入蒸汽，有中毒症状。蒸汽沾到眼上，有时可引起眼睛发炎。长时间接触有刺激性，有时会引起皮肤发炎。

职业接触限值：PC-TWA：100mg/m³。

4、环己烯

所致职业病：环己烯中毒

健康危害：有麻醉作用，吸入后引起恶心、呕吐、头痛和神志丧失，对眼和皮肤有刺激性。

5、液氨

所致职业病：急性氨中毒、灼伤

健康危害：低浓度氨对粘膜有刺激作用，高浓度可造成组织溶解坏死。

急性中毒：轻度者出现流泪、咽痛、声音嘶哑、咳嗽、咯痰等；眼结膜、鼻粘膜、咽部充血、水肿；胸部 X 线征象符合支气管炎或支气管周围炎。

中度中毒：上述症状加剧，出现呼吸困难、紫绀；胸部 X 线征象符合肺炎或间质性肺炎。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粘膜坏死脱落窒息。

高浓度氨可引起反射性呼吸停止。液氨或高浓度氨可致眼灼伤；液氨可致皮肤灼伤。

6、硝酸

所致职业病：化学腐蚀和灼伤

健康危害：对皮肤和粘膜有强刺激和腐蚀作用，硝酸蒸汽可分解产生二氧化氮，引起急性氮氧化物中毒。强腐蚀性。

6、钒催化剂

所致职业病：钒催化剂中毒

健康危害：对呼吸系统和皮肤有损害作用。急性中毒：可引起鼻、咽、喉刺激症状，接触者出现眼睛灼伤感、流泪、咽痒、干咳、胸闷、全身不适、倦怠等表现，重者出现支气管炎或支气管肺炎。皮肤高浓度接触可致皮炎，剧烈瘙痒。

职业接触限值：PC-TWA：0.05mg/m³。

7、己二酸和戊二酸

健康危害：如果附着于眼和喉的粘膜，则会有刺激。如果附着于皮肤，会有刺激，有痒的感觉，有可能引起皮疹。动物实验仅见轻微毒性，工业使用中尚未发现有职业损害。

8、二氧化氮

所致职业病：二氧化氮中毒

健康危害：具有刺激作用，主要损害呼吸道。吸入初期仅有轻微的眼及呼吸道刺激症状，如咽部不适、干咳等。常经数小时至十几小时或更长时间潜伏期后发生迟发性水肿、成人呼吸窘迫综合症，出现胸闷、呼吸窘迫、咳嗽、咯泡沫痰、紫绀等。

职业接触限值：PC-TWA:5mg/m³，PC-STEL:10mg/m³。

9、氧化亚氮

所致职业病：氧化亚氮中毒

健康危害：吸入则麻醉。少量会引起脸上肌肉痉挛，变成笑样的脸，通常，丧失知觉 30 分钟。在吸入的麻醉药中，其毒性最小。

10、氧化锆

健康危害：刺激眼睛、呼吸系统和皮肤

职业接触限值：PC-TWA：5mg/m³，PC-STEL：10mg/m³。

11、其他粉尘

可能导致的职业病：尘肺病

健康危害：早期变化：巨噬细胞性肺泡炎；病变进展：粉尘即尘细胞在局部集成结节状病灶；中晚期病变：肺纤维化。

职业接触限值：PC-TWA 总尘：8mg/m³。

12、噪声

可能导致的职业病：噪声聋

健康危害：

(1) 使工作效率降低：噪声超过 85 分贝，会使人感到心烦意乱，人们会感觉到吵闹，因而无法专心地工作，结果会导致工作效率降低。

(2) 损伤听觉、视觉器官：强的噪声可以引起耳部的不适，如耳鸣、耳痛、听力损伤。噪声还会造成视力下降，使色觉、视野发生异常。

(3) 对人体的生理影响：噪声是一种恶性刺激物，长期作用于人的中枢神经系统，可使大脑皮层的兴奋和抑制失调，条件反射异常，出现头晕、头痛、耳鸣、多梦、失眠、心慌、记忆力减退、注意力不集中等症状，严重者可产生精神错乱。噪声会加速心脏衰老，增加心肌梗塞发病率。噪声还对女性生理机能严重损害。

13、高温

可能导致的职业病：中暑

健康危害：

(1) 中暑：造成中暑的原因一般是环境温度过高，辐射强度大，劳动强度过大，劳动时间较长，未及时合理补充水和盐分，以及睡眠不足，病后体虚，对热不适应等。中暑发病机理与临床表现有：热射病、热衰竭、热痉挛、日射病。根据中暑病情轻重及病程阶段，中暑分为先兆中暑、轻症中暑、重症中暑。

(2) 心血管疾病：高温热辐射环境下体力劳动时，能加重心脏负荷，引起心肌发生生理性肥大。

(3) 胃肠疾病：高温作业时，可引起食欲减退，消化不良，胃肠道疾患增多。

14、工频电场

健康危害：

工频电场主要对神经系统产生影响，表现为神经衰弱综合症及植物神经功能紊乱，

常见症状如头晕、头昏、乏力、睡眠障碍、记忆力减退、消化不良、心悸、脱发和消瘦等。

8h 工作场所工频电场职业接触限值为：频率 50Hz 时，电场强度 5kV/m。

13.2.3 可能接触职业病危害因素的部位和人员分析

本项目作业人员可能受到的职业危害因素的种类有：化学毒物、高温、噪声、工频电场等。其中接触职业病危害因素的部位和人员分见表 14.2-1。

序号	工作场所	接触的职业病危害因素	职业病危害因素来源分析	接触工种	接触人数	接触时间	接触频次
1	环己醇装置	苯、环己烷、环己醇、环己烯、氧化锆等；	物料中含有毒物质及催化剂中含有锆，正常生产时在密闭的设备或管道中运行，密闭不严、阀门的跑冒滴漏、操作工的误操作或事故状态下可引起物料泄漏。	外操工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时
		噪声	氢压缩机、各种泵类运转和流体运动所产生的流动性和机械性噪声	外操工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时
		高温	高温主要来自各反应器、换热器、塔等高温设备释放热量过程	外操工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时
2	硝酸装置	氨、一氧化氮、二氧化氮中毒、	物料中含有毒物质，正常生产时在密闭的设备或管道中运行，密闭不严、阀门的跑冒滴漏、操作工的误操作或事故状态下可引起物料泄漏。	外操工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时
		噪声	压缩机、各种泵类运转和流体运动所产生的流动性和机械性噪声	外操工	8	约 30 分钟	1 次 / 小时

						/ 次	时
3	己二酸装置	高温	高温主要来各反应器、换热器、塔等高温设备释放热量过程	外操工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时
		环己醇、硝酸、己二酸、戊二酸、二氧化氮、氧化亚氮、钒催化剂等	物料中含有毒物质及催化剂中含有钼，正常生产时在密闭的设备或管道中运行，密闭不严、阀门的跑冒滴漏、操作工的误操作或事故状态下可引起物料泄漏。	外操工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时
		噪声	压缩机、各种泵类运转和流体运动所产生的流动性和机械性噪声	外操工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时
		高温	高温主要来各反应器、换热器、塔等高温设备释放热量过程	外操工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时
3	辅助生产装置	苯、环己烷、环己醇、硝酸、环己酮	物料中含有毒物质，正常生产时在密闭的设备或管道中运行，密闭不严、阀门的跑冒滴漏、操作工的误操作或事故状态下可引起物料泄漏。	泵工、巡检工、装车工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时
4	公用工程	噪声	各种泵类运转和流体运动所产生的流动性和机械性噪声	外操工	8	约 30 分钟 /	1 次 / 小时

						次	
		噪声	循环水站、冷冻站及污水处理站内各种泵类运转和流体运动所产生的流动性和机械性噪声	外操工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时
		工频电场	环己醇机柜室、己二酸机柜室、变配电所、污水处理配电所、循环水配电所等高压输电设备及各种高低压配电室可产生工频电场危害	仪表工	2	约 30 分钟 / 次	1 次 / 2 小时
5	仓储	其它粉尘（己二酸粉尘、二元酸粉尘）。	己二酸和二元酸在运输过程中产生粉尘	包装工	8	约 30 分钟 / 次	1 次 / 小时

13.3 采取的职业卫生措施

13.3.1 厂（场）址选择

根据建元公司的总体规划布局，本项目建设场地位于厂区现有空地内。

该厂址主要特点如下：

- （1）符合产业和空间布局规划；
- （2）场地适合项目的建设需求；
- （3）可以充分利用建元公司原料及公用配套等的资源；

13.3.2 总体布局

1、总平面布置原则

本项目工业场地从建设场地实际情况出发，在符合园区总体布置，满足生产工艺流程需要，符合安全卫生和环保要求的前提下，充分考虑采光、风向等因素，合理紧凑布置，力求达到工艺流程顺畅、功能明确、合理分区的目的。各装置之间留有足够的安全防护距离，各生产单元和建构筑物内外道路顺畅并形成环状，以利于消防和安全疏散。

2、总平面布置方案

本项目用地区域位于建元煤焦化有限公司已经建设的 LNG 罐区西侧、液氨球罐南侧预留地块。

本项目以己二酸装置为核心生产装置及终端产品外运装置，总平面布置方案围绕己二酸装置为核心进行规划。

地块中心区域规划 2 套己二酸装置，己二酸仓库及化学品库布置在己二酸装置西邻，靠近西侧主要物流出入口，便于运输；

硝酸装置及硝酸罐区布置在己二酸装置北邻，靠近已经建设的液氨球罐，液氨自北侧经管道输送至硝酸装置，工艺管线较短，流程顺畅。

环己醇装置布置在己二酸装置东邻，环己醇通过管道输送至己二酸装置；环己醇装置所需原料自装置东侧罐区输送至环己醇装置，工艺管线较短，流程衔接顺畅。

LNG 罐区西邻布置原料及产品罐区、新增装卸设施，与 LNG 球罐及装卸设施集中布置，便于管理。

公用工程装置临近主要工艺生产装置布置，减少管线长度：场地西侧布置空压装置（预留空分位置）；己二酸装置化学水站与冷冻站合并建设，靠近主要用户己二酸装置进行布置；

各装置循环水冷却塔临近各装置区布置，减少循环水管道长度，减少地下管道工程量。

污水处理及中水回用装置、应急事故池布置于场地东南角 LNG 罐区南邻，充分利用现场地势差，减少土方工程量。

设置 1 座变配电所，靠近区域负荷中心位置设置配套供应硝酸装置、己二酸装置、环己醇装置、空分空压装置等。

场地南侧区域布置办公楼、食堂、机电仪三修、新鲜水及消防水站。

项目所需液体化学品原料及产品储运设施依托相邻的外部化学品储运公司设置（设置于围墙东邻 LNG 罐区西侧区域），本项目界区内不设置液体原料、产品的储运设施，只设置中间储罐。

3、竖向布置

本项目的工程原始地形平坦，没有明显的标高差或台阶，即设计整平面之间的连接处的标高没有急剧变化或者标高变化不大，故竖向设计采用平坡式竖向设置。

13.3.3 防尘防毒措施

1、密闭操作，严防泄漏，工作场所加强通风。能负压操作的采用负压操作。厂房内采用全部或局部通风措施，使有害气体的浓度低于《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ2-2002)规定的卫生标准。

2、操作人员进入密闭受限空间或有可能泄漏有害物质的空间之前应先进行检测，并进行强制通风，其浓度达到安全要求后进行操作，操作人员佩戴自吸过滤式防毒面具，要求同时有 2 人以上操作，万一发生意外，能及时互救，并派专人监护。

3、在中央控制室的低压变配电室、循环水加氯间、泵房等有可能散发有害气体的岗位，设排气扇、事故送、排风系统，及时排除室内有害气体。在有可能泄漏易燃有害气体的场所，设置可燃气体探测器，并把信号引入 DCS 系统报警。在有可能泄漏有毒液体的场所，作防渗地面、并设有围堰。

4、加强对职工的防护意识教育，正确操作，在有毒作业场所必须佩带防毒面具、化学安全防护眼镜和手套等，严禁在生产岗位上抽烟、喝水、吃食物等。

5、装置设置冲洗水龙头和洗眼器等安全防护设施。女职工在怀孕哺乳期间，不得安排从事有毒岗位工作。

6、厂内医护室配备中毒急救设施及制定中毒急救方案。紧急情况时，应及时将中毒者送到相关的职业病防治医院急救处置。

13.3.4 防腐蚀措施

生产过程中的工艺物料硝酸具有腐蚀性，会对管道、设备、仪表、电气设施等会造成腐蚀破坏。

对有硝酸等有腐蚀介质存在的其它设备和管件采用防腐材料，以减少工艺物料对管道、设备、仪表、电气设施等的腐蚀破坏，减少泄漏的可能性。

13.3.5 防噪声措施

1、防噪减噪措施

本项目中有噪声排放的设备主要为风机、压缩机、泵类等，设计中优先选用低噪声设备；对风机、泵均设置隔震台座，鼓风机安装消声器消声。噪声集中的岗位设置隔音操作间。本项目的压缩机、泵等设备运行时会产生较大的噪音，主要采取集中控制及隔音、消音措施，靠自然衰减、厂房阻挡和设备自配的隔音设施以减少对外界影响，使操作室噪声降至 70dB(A)以下。

在管道设计和调节阀选型上采取防止振动措施，管道与强烈振动设备的连接处设有柔性接头；

操作室、休息室采用双层玻璃窗等隔声措施。经消声、隔音后噪声可降至 85dB(A)以下，可满足《工业企业噪声控制设计规范》(GBJ87-85)的要求。

2、个体防护

采取噪声控制措施后工作场所的噪声强度仍不能达标时，应采取个人防护措施。对生产场所的噪声还得不到有效的控制或必须在高强度噪声环境下工作时，佩戴符合卫生标准的个人防护用品，这是一项有效的预防措施。其主要是戴用耳塞、耳罩，目前较为流行使用的是一种慢回弹泡沫塑料耳塞，这种耳塞具有隔声值高、佩戴舒适方便等优点。

13.3.6 防高温

对产生热污染的设备，设计除了按照要求进行保温隔热处理外，尽量考虑避免设置在人行通道和人员经常接触处。

建设地区夏季炎热，各岗位值班室设电风扇；办公室、控制室内设空调防暑降温；生产车间设机械通风设施。

所有高温设备及管道设有保温隔热措施。在一些温度较高的岗位设置机械通风，在一般休息室、生活室设电风扇，控制室设空调系统。由于生产介质温度较高，对于表面温度 $>60^{\circ}\text{C}$ 的设备和管道，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，可保护操作工人的安全。另一方面，操作人员必须保护面部，戴防护眼镜，并穿长袖上衣、长裤子、戴防护手套等不使皮肤外露。

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℃，为防烫伤，采取保温处理，保温材料采用阻燃材料，如岩棉、硅酸盐棉毡等。

13.3.7 有毒物质急救措施

为了在事故和急性中毒情况下进行抢救，需在急救室配备常用急救设备的器材，如：救护人员使用的防毒面具、保护口罩、氧气呼吸器、氧气输气器、人工呼吸器等。常用的药品和器材有：止血带、洗胃器、洗眼器、2%的硼酸溶液、强心剂、解毒剂等。

皮肤接触，脱去被污染的衣着，用肥皂水和清水彻底冲洗皮肤。

眼睛接触：提起眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗，就医。

吸入：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，立即人工呼吸。误服者用水漱口，给饮牛奶或蛋清，就医。

现场操作人员呼吸有毒气体太多而中毒时，必须将患者急速离开现场，送急救室抢救，然后送医院治疗。

13.3.8 对自然条件中的危险因素的防范措施

气象影响：主要受风向、风压的影响。总图布置上将有废气排放的单元设在厂区的下风向，所有建、构筑物设计风压按规范采用最大风压进行设计。

地质影响：根据地基允许承载力进行建构筑物的基础设计。

地震影响：根据当地最大地震烈度(8 度)进行设防。

雷电影响：所有建构筑物 and 塔类、容器类和泵类等均作防雷接地。

暴雨影响：按最大暴雨强度、日最大降雨量设计雨水管道。

13.3.9 事故的应急措施

(1) 生产车间和罐区的地面均为防渗漏水泥地坪,罐区四周建有围堤；各生产车间设有事故槽，万一发生火灾或长期停车时，可将生产设备、管道中的物料排放槽中，以保证安全。

(2) 各生产装置均设有事故联锁、紧急停车联锁系统，一旦发生事故立即停车，防

止事故进一步扩大。

(3) 设计中设置了防毒应急设施，在生产车间配备防毒面具、防护手套及防毒工作服等，主要岗位设置洗手池和洗眼器，供事故时急用。

(4) 当有毒、有害气体泄漏时，由现场负责人组织人员佩戴有效的防护用具进行抢修；抢修时可开启事故通风系统，降低有害气体污染程度。另外，厂内醒目处设大型风标，便于事故时指示撤离方向。

13.3.10 生产中防止误操作的措施

为避免生产中由于误操作等因素带来的不安全，皮带输送机上有安全保护开关如防偏开关和紧急制动开关；压缩机、循环泵、给料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，控制室不能对机动设备进行启动，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，由 DCS 系统执行，以保证安全生产操作。

13.3.11 其他防护措施

(1) 凡机械转动连接部位均设防护罩，吊装孔设盖板；凡高温(外表温度 $>60^{\circ}\text{C}$)的设备、管道在人行过道处，采用隔热材料隔离，以防烫伤。

(2) 凡易发生坠落危险的操作岗位，按规定设计便于操作、巡检和维修作业的扶梯、平台、围栏等附属设施。

(3) 各种起重设备的选型、安装执行《起重机械安全规程》的要求，并对其定期进行安全检查、维护保养，以保证起重作业的安全。

(4) 对于设备的检修、起吊、安装，均采用电动起重机进行作业。

(5) 在装置投入运行之前，须对操作人员、管理人员进行安全教育培训，制定必要的安全操作规程和管理制度，特殊岗位操作人员必须持证上岗，并穿戴相应的安全防护帽、衣、手套、鞋等个人劳动保护用品。

(6) 生活服务设施：本项目在建设的同时考虑必要的生活服务设施。

(7) 安全色和安全标志

化工装置安全色执行《安全色》(GB2893-2001)规定。消火栓、灭火器、灭火桶、火灾报警器等消防用具以及严禁人员进入的危险作业区的护栏采用红色。车间内安全通道、太平门等采用绿色，工具箱、更衣柜等采用绿色。化工装置的管道刷色和符号执行《工业管路的基本识别色和识别符号》(GB7231)的规定。

化工装置安全标志执行《安全标志》(GB2894-1996)规定。在化工装置区、化学品库等危险区设置永久性“严禁烟火”标志；在危险部位设置警示牌，提醒操作人员注意；在阀门布置较集中、且易误操作的地方，在阀门附近标明输送介质名称或设明显标志；生产场所、作业地点的紧急通道和紧急出入口均设置明显标志和指示箭头。在有毒有害的化工生产区域，设置风向标。

13.4 职业卫生管理机构

依据《国家安全生产监督管理总局关于建设项目职业病危害风险分类目录(2012 版)的通知》（安监总安健〔2012〕73 号）的规定，本项目属于化学原料和化学制品制造业（十三）、基础化学原料制造（1），本项目职业病危害风险分类为职业病危害严重的建设项目。

本项目依托厂区现职业卫生管理结构，不单独设置职业卫生管理机构，只设置兼职的职业卫生管理人员，对生产过程中的职业卫生工作进行管理，对各类人员进行职业卫生知识的培训、教育，防止发生职业病，并对职工进行定期检查。

13.5 专项投资估算

本项目用于生产现场个人卫生防护设施、安全卫生教育设施和职业病危害预评价等的设施见下表。

表 13.5-1 职业病危害防护设施投资一览表 单位：万元

序号	名称	数量
1	可燃气体检测报警系统	3000
2	火灾报警系统	900
3	消防设施费用	3500

4	防雷、防静电接地及照明设施费用	1500
5	设备及作业场所防护设施费用	1200
6	防噪声设施费用	800
7	事故应急设施费用	4000
8	个人防护用品费用	4500
	专项经费总额	19400

13.6 预期效果及建议

本项目采用技术先进、成熟，机械化、自动化程度较高，工作场所主要以巡检为主，使操作人员不接触或少接触职业病危害因素，并且装置优先实行密闭化、管道化，密封性能好，有效地防止有毒物质泄漏、外溢，对各种职业危害和危险因素采取有效的防范措施，在正常的安全操作工况下，工作场所各项职业病危害因素的浓度可满足相关法律、法规和标准的要求。项目建成后加强企业职业卫生管理，加大职业卫生设施方面的资金投入，保证各项安全、职业卫生设施的有效运行，可从源头控制和消除职业病危害，保护劳动者健康。

14 安全

14.1 编制依据

14.1.1 国家和地方的有关法律、法规 and 规定

- (1) 《中华人民共和国安全生产法》(国家主席令[2014]第 13 号)
- (2) 《中华人民共和国消防法》(国家主席令[2008]第 6 号)
- (3) 《中华人民共和国特种设备安全法》(国务院令[2013]第 4 号)
- (4) 《危险化学品安全管理条例》(国务院令[2011]第 591 号)
- (5) 《特种设备安全监察条例》(国务院令[2009]第 549 号)
- (6) 《安全生产许可证条例》(国务院令[2004]第 397 号)
- (7) 《中华人民共和国监控化学品管理条例》(国务院令[1995]第 190 号)
- (8) 《易制毒化学品管理条例》(国务院令[2005]第 445 号)
- (9) 《建设工程安全生产管理条例》(国务院令 393 号)
- (10) 《使用有毒物品作业场所保护条例》(国务院第 352 号令)
- (11) 《生产安全事故报告和调查处理条例》国务院令[2007]第 493 号
- (12) 《国务院关于加强安全生产工作的决定》国务院国发[2004]第 2 号
- (13) 《关于加强安全生产事故应急预案监督管理工作的通知》国务院国安委办[2005]48 号
- (14) 《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》(国家安全生产监督管理总局令第 36 号)
- (15) 《危险化学品登记管理办法》国家安全生产监督管理总局令第 53 号, 2012 年
- (16) 《爆炸危险场所安全规定》原劳动部劳部发[1995]56 号
- (17) 《关于特种作业人员安全技术培训考核工作的意见》原国家安监局安监管人字[2002] 124 号

-
- (18) 《特种设备质量监督与安全监察规定》（国家质量技术监督局第 13 号令）
- (19) 《消防监督检查规定》（公安部令第 120 号）
- (20) 《关于生产经营单位主要负责人、安全生产管理人员及其它从业人员安全生产培训考核工作的意见》原国家安监局安监管人字〔2002〕123 号
- (21) 《特种设备质量监督与安全监察规定》（国家质量技术监督局第 13 号令）
- (22) 《关于开展重大危险源监督管理工作的指导意见》国家安监局安监管协调字〔2004〕56 号
- (23) 《关于印发《危险化学品事故应急救援预案编制导则（单位版）》的通知》国家安监局安监管危化字〔2004〕43 号
- (24) 《关于督促生产经营单位制定和完善安全生产事故应急预案的通知》国家安监局安监总厅字〔2005〕43 号
- (25) 《危险化学品生产企业安全生产许可证实施办法》原国家安监局、国家煤矿安监局令第 10 号
- (26) 《危险化学品建设项目安全许可实施办法》(国家安全生产监督管理总局令〔2006〕第 8 号)
- (27) 《危险化学品建设项目安全许可和试生产（使用）方案备案工作规则》（国家安监总局厅危化〔2007〕62 号文）
- (28) 《危险化学品事故应急救援预案编制导则》(单位版)(国家安监局安监危化〔2004〕43 号文)
- (29) 《危险化学品名录》(2015 版)(国家安全监管总局等 10 部委公告〔2015〕第 5 号)
- (30) 《关于督促化工企业切实做好几项安全环保重点工作的紧急通知》(国家安监总局、环保总局安监总危化〔2006〕10 号)
- (31) 《各类监控化学品名录》(化工部令〔1996〕第 11 号)
- (32) 《列入第三类监控化学品的新增加品种清单》(国家石油和化学工业局令〔1998〕第 1 号)
-

(33) 《关于危险化学品建设项目安全许可和试生产(使用)方案备案工作的意见》国家安监总局安监总危化[2007]121 号

(34) 《特种设备作业人员监督管理办法》国家质检总局令第 70 号

(35) 《特种设备目录》国家质检总局国质检锅[2004]31 号

(36) 《关于压力管道安全监察工作有关问题的答复》国家质检总局司(局)函质检特设函[2004]10 号

(37) 《电气安全管理规程》原机械工业部机生字[86]76 号

(38) 《化工企业安全管理制度》原化工部化劳字[91]第 247 号

(39) 国家安全生产监督管理总局关于印发《危险化学品建设项目安全设施目录（试行）》和《危险化学品建设项目安全设施设计专篇编制导则（试行）的通知》（安监总危化[2007]255 号）

(40) 《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》国家安全生产监督管理总局令第 40 号（2011 年 12 月 1 日施行）

(41) 国家安全监管总局关于公布《首批重点监管的危险化工工艺目录的通知》（安监总管三〔2009〕116 号）

(42) 国家安全监管总局关于公布《首批重点监管的危险化学品名录的通知》（安监总管三〔2011〕95 号）

(43) 国家安全监管总局办公厅关于《印发首批重点监管的危险化学品安全措施和应急处置原则的通知》（安监总厅管三〔2011〕142 号）

(44) 《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（国家安全生产监督管理总局令第 40 号）

(45) 《关于公布第二批重点监管危险化学品名录的通知》（安监总管三〔2013〕12 号）

14.1.2 采用的标准、规范

(1) 《石油化工企业设计防火规范》(GB50160-2008)（2018 版）

- (2) 《建筑设计防火规范》(GB50016-2014) (2018 版)
- (3) 《化工企业总图运输设计规范》 (GB50489-2009)
- (4) 《工业企业总平面设计规范》 (GB50187-2012)
- (5) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2007)
- (6) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素》(GBZ2.2-2007)
- (7) 《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010)
- (8) 《建筑抗震设计规范》 (GB50011-2010)
- (9) 《化工企业静电接地设计规程》(HG/T20675-1990)
- (10) 《建筑灭火器配置设计规范》(GB50140-2005)
- (11) 《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB50046-2008)
- (12) 《劳动防护用品选用规则》(GB11651-2008)
- (13) 《火灾自动报警系统设计规范》(GB50116-2013)
- (14) 《个体防护装备选用规范》(GB/T11651-2008), 2009-10-1 实施
- (15) 《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》(GB50493-2009)
- (16) 《重大危险源辨识》 (GB18218-2009)
- (17) 《工业企业原料气安全规程》 GB6222-2005
- (18) 《固定式钢梯及平台安全要求 第 1 部分：钢直梯》 (GB4053.1-2009)
- (19) 《固定式钢梯及平台安全要求 第 2 部分：钢斜梯》 (GB4053.2-2009)
- (20) 《固定式工业防护栏杆安全技术条件》 (GB4053.3-2009)
- (21) 《固定式工业钢平台》 (GB4053.4-2009)
- (22) 《电气设备安全设计总则》 GB4064-1999
- (23) 《建筑采光设计标准》 GB/T50033-2001
- (24) 《建筑照明设计标准》 GB50034-2004

- (25) 《职业性接触毒物危害程度分级》 GB5044-1985
- (26) 《有毒作业分级》 GB12331-1990
- (27) 《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）
- (28) 《控制室设计规范》（HG/T20508-2014）
- (29) 《泡沫灭火系统设计规范》（GB50151-2010）
- (30) 《固定消防泡沫灭火系统设计规范》（GB50338-2003）
- (31) 《压力容器压力管道设计许可规则》（TSG1001-2008）

14.2 生产过程中的危害因素分析

14.2.1 危险化学品的特性分析

本项目存在的危险化学品为液氨、硝酸、钒催化剂、氨溶液（18%）、氢氧化钠溶液、一氧化氮、二氧化氮、氧化亚氮、压缩氮气、氯气、己二胺、苯、氢气、环己烷、环己烯、过氧化氢溶液（过氧化氢含量为 35%）、氢气等。

本工程生产所处理的工艺物料有关安全物化数据见表

表 主要工艺物料物化数据表

序号	物 料 名 称	熔点	沸点	闪点	自燃 点	在空气中爆炸极 限（V%）		火 灾 危 害 性 分 类	性质
		℃	℃	℃	℃	上限	下限		
1	氢气	- 259.2	- 252.8	< - 50	400	74.1	4.1	甲	易燃易爆气 体
2	苯	5.5	80.1	-11	560	8	1.2	甲 B	中闪点易燃 液体
3	环 己 烷	6.5	80.7	- 16.5	245	8.4	1.2	甲 B	低闪点易燃 液体

4	环己烯	-103.7	83	< -20	244	8.35	1.2	甲 B	低闪点易燃液体
	环己酮	-32.1	155.6	43	420	1.1	9.4	乙 A	易燃液体
5	环己醇	25.15	161.5	68	300	4.44	2.4	丙 A	易燃液体
6	硝酸	-42	78	/	/	/	/	乙	酸性腐蚀品 易燃液体
7	液氨	-77.7	-33.5	11	651	27.4	15.7	乙	刺激性气体 酸性腐蚀品
8	氢氧化钠	318.4	1390	/	/	/	/	戊	碱性腐蚀品 刺激性气体
9	己二酸	153	337.5	210	232	7.9	3.94	乙	爆炸性粉尘
10	氨水	-91.5	30.4	/	/	28	15	乙	

以上主要化学品的危害特性分析总结：

(1) 根据《危险化学品目录》(2015 版)可知，硝酸属于第 724 号危化品；钒催化剂属于第 2161 号危化品；氢氧化钠属于第 1669 号危化品；一氧化氮属于第 2559 号危化品；二氧化氮属于第 637 号危化品；氧化亚氮属于第 2561 号危化品；氨溶液（18%）属于第 35 号危化品；氮气（压缩的）属于第 172 号危化品；苯属于第 49 号危化品；氢气属于第 1648 号危化品；环己烷属于第 953 号危化品；环己烯属于第 954 号危化品；过氧化氢溶液属于第 903 号危化品；氢气属于第 1648 号危化品。

(2) 根据《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）（2018 版）规定，本项目生产过程中涉及的苯、氢气、环己烷、环己烯、双氧水、轻废油生产类别属于甲类；一氧化

氮、二氧化氮、氧化亚氮生产类别属于乙类；固体己二酸属于乙类；液体环己醇、重废油、二甲基乙酰胺（DMAC）属于丙类。其中环己醇在氧化反应釜中的反应温度超过其闪点，因此环己醇在氧化反应装置的类别为乙类可燃液体。

这些化学品的特性决定了在生产、检修过程中存在着火灾、爆炸、中毒、窒息、灼烫伤等危险、有害因素，一旦发生爆炸事故，将可能产生严重后果。

本项目涉及的高毒品为氨、苯、钒催化剂烟尘、二氧化（一）氮。

本项目不涉及易制毒化学品、监控化学品。

14.2.2 首批重点监管的危险化学品

国家安监总局公布的首批重点监管的危险化学品名录有 60 种，第二批重点监管的危险化学品名录有 14 种。通过与《首批重点监管的危险化学品名录》（安监总厅管三〔2011〕95 号）和《第二批重点监管的危险化学品名录》（安监总厅管三〔2013〕12 号）比对，本项目中涉及重点监管的危险化学品为苯、氢气。

14.2.3 首批重点监管的危险化工工艺

通过与国家安监总局公布的首批、第二批以及调整后的重点监管的危险化工工艺目录比对，本项目所采用为氧化工艺中的环己酮/醇混合物氧化制己二酸工艺、氨氧化制备硝酸；苯加氢制备环己烯属于加氢工艺；属于重点监管危险化工工艺。

14.2.4 重大危险源分析

本项目涉及的危险化学品中，列入或符合《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218—2009）危险物质的有：毒性气体一氧化氮、二氧化氮、氯气、苯、环己烷、环己烯、氢气、轻油、液氨。

根据《危险化学品重大危险源辨识》GB18218-2009 规定，本项目构成危险化学品重大危险源的危险物质在单元内的临界量见表 14.2.4-1。

表 14.2.4-1 本项目危险物质临界量表。

物质	一氧化氮	二氧化氮	氢气	苯	轻油	氯气	环己烯	环己烷	液氨
临界量 t	50	1	5	1	1000	5	1000	500	10

根据《危险化学品重大危险源辨识》GB18218-2009 的规定，本项目整体构成危险化学品重大危险源。

14.2.5 生产过程中可能产生的危险有害因素分析

表 14.2.5-1 爆炸、火灾、中毒、灼烫危险有害因素存在的作业场所分析表

序号	场所类别		爆 炸	火 灾	中毒、窒息	灼 烫
1	硝酸装置	氨化工序	物理爆炸	氨燃烧	氨、一氧化氮、二氧化氮中毒	高温灼烫、氨灼伤
		酸吸收工序	物理爆炸		二氧化氮中毒	硝酸灼伤
		四合一机组	物理爆炸	—	二氧化氮中毒	高温灼烫
2、己二酸装置	己二酸氧化酸制备	钒制备、铜制备、酸制备	—	—	钒中毒、二氧化氮中毒	硝酸灼伤、高温灼伤
	己二酸氧化反应区	环己醇氧化反应	物理爆炸	环己醇燃烧	二氧化氮中毒	硝酸灼伤、高温灼伤
	己二酸结晶精制区	一次结晶	—	—		硝酸灼伤、高温灼伤
		溶解脱色	—	—		硝酸灼伤、高温灼伤
		二次结晶	—	—		硝酸灼伤、高温灼伤
		三次结晶	—	—		硝酸灼伤、高温灼伤
	己二酸干燥包装区	干燥	粉尘爆炸	己二酸燃烧	—	硝酸灼伤；高温烫伤
		包装	—	己二酸燃烧	—	—
	己二酸氧化氮气体回收	亚硝气压缩	物理爆炸	—	二氧化氮中毒	硝酸灼伤
		氧化氮吸收	物理爆炸	—	二氧化氮中毒	硝酸灼伤
		废气吸收	—	—	二氧化氮中毒	碱液灼伤
	己二酸硝酸浓缩	母液酸收集	—	—	—	硝酸灼伤
		硝酸浓缩	物理爆炸	—	—	硝酸灼伤
	己二酸蒸发及催化剂回收	一次蒸发一次催化剂回收	物理爆炸	—	—	硝酸灼伤
		二次蒸发及己二酸回收	物理爆炸	—	—	硝酸灼伤

		二次催化剂回收	——	——	——	硝酸灼伤
3、环己醇装置	氢处理		氢气爆炸 物理爆炸	氢气、苯 燃烧	——	
	苯脱硫		苯蒸汽爆炸	苯燃烧	苯中毒	——
	苯加氢		氢气爆炸 苯蒸汽爆炸	氢气燃烧	苯中毒	高温灼伤
	萃取分离及苯回收		苯蒸汽爆炸	苯、环己烷、环己烯、DMAC 燃烧	苯中毒	高温灼伤
	环己烷精制		环己烷蒸汽爆炸	环己烷燃烧	环己烷中毒	高温灼伤
	环己烯水合		环己烯蒸汽爆炸	环己烯、环己醇燃烧	——	高温灼伤
	催化剂再生		易燃物品氧化爆炸	——	——	化学灼伤
	中间罐区		苯、环己烷等爆炸、双氧水爆炸	苯、环己烷等燃烧	环己烷、苯中毒	化学灼伤高温灼伤
4	己二酸仓库		——	己二酸燃烧	——	——
5	罐区		气体爆炸	苯、环己烷等燃烧	苯、硝酸等蒸汽中毒	硝酸、烧碱、DMAC 灼伤
6	化学水站			——		盐酸、烧碱灼伤
7	危险化学品仓库		——	润滑剂燃烧	钒催化剂中毒	其他试剂灼伤

14.3 环境危害因素分析

(1) 自然危害因素分析

1) 地震

自然灾害中，地震的破坏作用最大，它能破坏建、构筑物，进而威胁机械设备和人员的安全。若项目建、构筑物及设备设施的基础抗震设计不当或施工质量不好，遇到地震时就有可能产生较大破坏。强地震可能造成建、构筑物和储罐、管道的毁坏，同时

也会造成物料泄漏进而引发火灾甚至爆炸、中毒窒息、灼烫等事故，造成人员伤亡、财产损失。

2) 地质

根据厂家提供的建设地的地质条件，项目厂区地形平坦、稳定，无滑坡、崩塌、河床冲刷、地层变形位移等不良地质现象，也不属于煤矿采空区，因此，该区域地质状况对项目的设计、施工和安装等无大的影响。

3) 雷击

雷击能破坏建筑物和设备，并可能导致火灾和爆炸事故的发生。若无防雷接地装置或接地电阻过大，雷雨天气有发生雷击的可能。本项目应按《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）的要求，对建构筑物和设备设施设置防雷接地设施，项目投用后，定期对防雷防静电接地进行检测，确保其有效性，可在一定程度上有效地防止雷电对本项目的影响。

4) 洪水

本项目所在地区如下大雨、暴雨而排水不及时，建构筑物、设备在雨水的浸泡下，可能发生倒塌事故，导致物料大量泄漏而引发火灾爆炸、中毒窒息、灼烫等事故，造成人员伤亡、财产损失。

本项目竖向布置充分考虑了排水问题，地面雨水依靠竖向坡度、坡向雨水口，雨水口结合道路的排水沟、井的布置考虑，收集后通过管道排出厂外。企业加强安全管理，并制定防汛防范措施和应急预案，配备应急抢险物资，可将洪水的影响控制在受控范围内。

5) 高低温

本项目所在地冬季气温低，低温对设备有一定影响，可能导致设备材质变脆，影响设备的强度，如果设备或管道冻裂、冻堵造成超压泄漏，可能会引发事故，造成停产。低温还会给操作人员的身体健康带来一定的危害，人员长时间处在低温环境中，会导致冻伤；低温还会影响人的行为，使人麻木，反应迟钝，会给操作工巡检、操作带来一定影响，可能造成漏检等不利情况，从而埋下安全隐患，导致操作失误，引发事故。此外，冬天降雪、结冰、地面滑，存在人员滑倒、摔伤的危险。

当生产环境温度过高,湿度过大时,人的体温增高,此时易发生中暑;高温作业人的排汗量增加,可造成人体严重脱水,并损失大量的氯化钠,引起水盐平衡失调,并加重了心脏和肾脏的负担;高温作业还可引起食欲减退和消化不良,使人的注意力下降,动作的准确性和反应性降低,有可能导致操作失误,引发事故。

本项目设备选材考虑到低温气候的影响,企业应对生产装置内存在高温、低温操作条件的设备及管道进行保温处理,并定期给职工发放防暑、防寒劳动防护用品,冬季巡检人员配备防寒服等防护用品,可大大降低极端气候对本项目的影响。

6) 雪的影响

若建构筑物设计雪载荷不足,可能压垮建构筑物或设备设施,导致可燃性、毒性、腐蚀性物料大量泄漏从而可能引发火灾、爆炸、灼烫、中毒等事故,甚至导致更严重的次生灾害。

本工程设计中应采取一定的安全措施,施工过程中严格落实设计要求,

并加强安全管理,制定应急预案,做好应对自然灾害的防范措施,可在一定范围内将自然条件对本项目的影响降到最小。

14.4 采取的安全措施

14.4.1 工艺安全措施

本工程生产过程中的正常操作、监测、参数调整都在控制室通过 DCS 系统进行,设有自动的声光报警和联锁系统,以保护操作人员和设备的安全,并设有防止超压引起爆炸的防爆泄压措施及阻止火灾蔓延的措施,如:安全阀、爆破片、放空阀、排污阀、切断阀、逆止阀、安全水封、阻火器、阻火阀等。

(1) 己二酸装置

1) 设置亚硝气吸收工段以吸收生产过程中产生的亚硝气和含硝酸气体。亚硝气吸收工段为微负压环境,防止有毒气体泄漏。

2)在氧化反应工序,各氧化釜设置独立的泄放管线,泄放总管上设有爆破片,泄放管线通到硝酸回收装置的废气吸收塔。当反应器内反应压力过高时,系统通过连锁停止反应进料并进行其它安全动作,同时爆破片破裂,泄放的废气进入废气吸收塔吸收处理。

3)生产现场杜绝明火加热。

4) 严格控制氧化反应工序反应物料的配比,使硝酸过量、缓慢加入环己醇,以防止过量环己醇与硝酸剧烈反应生成大量气体导致设备超压爆炸;在反应过程中,用冷却水通过反应釜内盘管移除氧化反应产生的热量;设置搅拌器、消泡剂以使氧化反应均匀稳定进行,防止局部过热;设置完善的自控联锁措施;以使氧化反应平稳进行,防止发生爆炸事故。

5) 本装置最大的安全问题是如何防止氧化反应器产生的氮氧化物污染以及反应器反应控制失速造成爆炸。为避免污染和爆炸,本装置设计有多套联锁停车系统。在氧化反应设置检测反应过程的联锁回路,防止氧化反应因失控而发生爆炸;在亚硝气回收工序设置联锁,保证该工序发生故障时启动联锁、停止氧化反应,同时将氧化釜中的氮氧化物通过事故洗涤塔洗涤后排至大气。

6) 采用热空气流化床干燥己二酸粉末。

(2) 环己醇装置

1) 环己烷储罐采用氮气和呼吸阀保护,减少物料的挥发。

2) 加氢反应系统设置了多个联锁系统,一旦生产发生异常,将会启动联锁,自动关闭苯和高压氢气进料管线,把各种流体阻滞在反应器至沉降槽系统中,从而确保系统的安全稳定。氢气压缩机除了本机自带的安全联锁外,还与上游生产装置设置了联锁,实现如下功能:在氢气压缩机故障时,上游装置停止向氢气压缩机供气;在上游装置故障时,氢气压缩机紧急停机。

设置联锁保护自动停车系统用于在装置发生紧急情况时停止整个装置的操作。如在停电时自动发出停车命令,或其他情况人工发出停车命令时,上述加氢工序和环己烷处理工序的联锁系统启动并停止有关工序的操作。

3) 加氢反应设置反应釜温度与循环冷却水及氢气流量调节阀的联锁逻辑关系,当反应釜温度超过设定值时,DCS 系统自动切断氢气调节阀并通过控制循环冷却水调节阀增大循环冷却水的流量;设置反应釜压力与氢气流量调节阀的联锁逻辑控制关系,当反应釜压力超过设定值时,DCS 系统自动调节或切断氢气调节阀控制反应程度;设置搅拌系统与循环冷却水及氢气流量调节阀的联锁逻辑控制关系;当搅拌系统失效或突发故障、

停电等情况发生时,DCS 系统自动切断氢气调节阀并通过循环冷却水调节阀增大冷却水的流量控制反应程度;本项目加氢反应釜设置安全阀与爆破片系统,当反应釜内压力达到安全阀的起跳压力时,安全阀起跳释放反应釜内压力确保反应釜内压力不超压,确保反应釜安全。

(3) 硝酸装置

1)氨蒸发系统

严格控制氨蒸发器的液位,控制氨气压力,避免由于液氨带入氧化炉,造成氨氧化爆炸;严格控制氨过热器出口氨温度,要求氨氧化系统点火时,保证氨气温度,避免出现氨气带液现象;正常操作期间注意监控氨蒸发器工作情况,监控蒸发器液位,及时对氨蒸发器进行排污,避免油污被氨气带到铂网上,增加氨氧化爆炸危险性。

2) 氨氧化系统

在系统的开、停车过程中,需要对系统进行吹扫、置换和气密性试验(按操作规程开停车即可),防止系统形成铵和产生泄露,消除可能爆炸物。

3) 设置安全仪表系统(SIS 系统),实时监测氧化尾气中关键,当超过设定极限值时,连锁开启停车程序,保证氧化反应在可控的条件下进行。

4) 生产系统采用 DCS 控制,通过加强和提升工艺的自动化水平,防止人为的误操作,确保生产过程在预先设定的工况下进行。

14.4.2 总平面布置

在满足生产工艺、交通运输、消防安全的前提下,严格执行现行的有关规定、规范,结合区域总体规划、场地现状和生产流程,合理布置,尽可能使物料流向顺畅,运输方便,有利消防。各设施四周均布置环形道路,并与全厂道路网多处相通。道路宽度 $\geq 6\text{m}$,净空 $\geq 5\text{m}$,弯道半径 12m。防火间距按《石油化工企业设计防火规范》GB50160-2008(2018 版)(简称《石化规》)的规定执行,对《石化规》中未规定的参考《建筑设计防火规范》GB50016-2014(2018 版)(简称《建规》)的规定执行。

具体见表 7.1.1.1-3。

14.4.3 控制系统和安全仪表系统

生产系统采用 DCS 控制，通过加强和提升工艺的自动化水平，防止人为的误操作，确保生产过程在预先设定的工况下进行。设置安全仪表系统（SIS 系统）。

14.4.4 消防系统设置

本项目消防依托厂区原有消防系统。设置常规消防水系统、泡沫消防系统和建筑灭火器三者结合的消防体系，能过及时控制和处理一般性的火灾事故。

14.4.5 防火防爆措施

- （1）可燃液体储罐设置氮封或采用内浮顶罐以隔绝物料和空气的接触。
- （2）在固定顶可燃液体储罐上设置阻火器，防止外界火源进入；
- （3）防止静电，如液体物料从顶部进入储罐时进料管应伸至罐底部，可燃介质的管道和设备进行可靠的静电接地；
- （4）设置可燃气体报警系统。
- （5）生产装置采用敞开框架式结构，有效利用自然通风，防止可燃气体聚集。
- （6）电气设备依据各生产单元的环境特征进行针对性的选用，具体如下表：

表 14.4.5-1 各装置环境特征和电气设备选用表

序号	单元名称	易燃物质	级别	引燃温度组别	爆炸危险区域划分	电气选型
1	环己醇装置	氢气	IIC	T1	爆炸危险区域 2 区	Ex d IIC T4
		苯	IIA	T1	爆炸危险区域 2 区	Ex d IIB T4
		环己烯	IIA	T3	爆炸危险区域 2 区	Ex d IIB T4
		环己烷	IIA	T3	爆炸危险区域 2 区	Ex d IIB T4
		环己醇	IIA	T3	爆炸危险区域 2 区	Ex d IIB T4
2	硝酸装置	液氨	IIA	T3	爆炸危险区域 2 区	Ex d IIB T4
3	己二酸装置氧化工序	环己酮	IIA	T3	爆炸危险区域 2 区	Ex d IIB T4

4	己二酸装置干燥 包装工序	己二酸	IIIB	T580℃	己二酸包装机周围 3m 范围内为 22 区； 温度组别 T580℃	Ex tD IIIB T580℃
---	-----------------	-----	------	-------	---	---------------------

(7) 防雷

主装置等爆炸危险环境厂房或场所按第二类防雷建筑物要求设防接闪带，屋面接闪网格不大于 10x10m 或 12x8m，接闪带引下线其间距不大于 18 米。

高出屋面的金属工艺设备，且壁厚不少于 4mm，可利用其本体做接闪器；高出屋面的非金属工艺设备，加设接闪针，作防雷保护。

(8) 防静电

可能存在或产生静电危害的厂房设置若干静电接地板或静电接地干线（镀锌扁钢-40*4），在不同方向至少两处与接地网可靠焊连，并进行等电位联结），甲类罐区出入口加设人体静电消除器，需要装卸的设智能静电报警器。有静电接地要求的设备、管道等与上述接地板、接地干线就近连接。

(9) 接地

单体建筑物的接地装置为防雷与电气、防静电等共用，原则上利用相应单体基础钢筋，无利用处则设置人工地网。接地电阻要求不大于 4 欧。装置电源进线配电箱设 I 级试验浪涌保护器，作为防止雷电流对电气设备的反击；厂房底层设有总等电位连接盒，电源进线 PE 线、进出建筑物的金属管道、建筑结构钢筋及室内接地干线可靠相连，以满足设备和人员安全要求。

各单体接地网互连后构成全厂接地网，总接地电阻要求不大于 1 欧。

埋地人工接地体统一采用热镀锌圆钢 ϕ 14 接地极和热镀锌角钢 L50*5。

14.3.6 其他措施

根据前文计算，本项目构成重大危险源，对此采取以下监控及应急措施：

（1）根据《安全生产法》第三十三条规定：“生产经营单位对重大危险源应制定应急救援预案，并告知从业人员和相关人员在紧急情况下应当采取的应急措施”。

（2）根据有关危险化学品的应急预案《危险化学品安全管理条例》第五十条规定：

“危险化学品单位应当制定本单位事故应急救援预案，配备应急救援人员和必要的应急救援器材和设备，并定期组织演练”。

(3) 根据《消防法》第十六条第四款：“消防安全重点单位应当制定灭火和应急疏散预案”。

14.5 安全管理机构及人员配置

14.5.1 安全生产管理机构设置及人员配备

本项目设置安全环保部，定员 10 人。负责监督全公司职工对国家颁发的安全技术、劳动保护、工业卫生等政策、法令和上级的指示、决定及各种安全规章制度的贯彻执行，做好日常安全业务管理，不断改善劳动条件，消灭死亡事故、重大恶性事故（火灾和爆炸事故），减少一般事故，防止各类生产设备工艺事故的发生。确保职工人身安全健康和国家财产不受损失。

各生产车间设置专职安全环保员，在安全部门的业务指导下，协助车间负责人贯彻执行国家有关安全技术、劳动保护和环境保护的政策、法令及各项安全规章制度。做好各项安全工作。经常深入现场，检查工艺、各类设备、安全装置、消防设施、气防器材是否处于良好状态，发现问题汇报主管领导，督促改进；发现职工生命有危险或严重违章者立即制止和有权停止工作。

14.5.2 日常安全管理

本项目建成后，应按照国家对化工生产安全的要求，结合公司和本装置的特点，编制各项安全管理规章制度、安全规程和操作规程，建立健全安全生产责任制。尤其加强对检修作业动火审批、检修监护等方面制度的制定，并在生产过程中严格执行。

为保证装置安全平稳运行，应加强岗位操作人员的技术培训，提高操作人员事故分析能力、应变能力和处理能力，加强操作人员的系统故障分析能力。危险化学品从业人员、电工、司炉工等特种作业人员，必须经培训合格，方能上岗操作。

每年都应制定详细的安全投入计划，确保安全投入专款专用，保证装置的安全、平稳运行。

装置建成后应尽快组织制定符合国家相关要求的危险化学品事故应急处理预案，并

定期组织相关部门进行演练，做好演练记录，并及时修订。

14.5.3 应急救援组织机构及组成人员

按照事故应急救援预案要求，成立以总经理为组长、分管生产副总经理为副组长、生产、设备、安全、环保、行政职能科室和各生产车间等部门主要负责人为成员的重大事故应急救援指挥领导小组，应急救援指挥领导小组下设应急救援办公室，设在公司安环部，具体负责日常管理工作。发生重大事故时，成立重大事故应急救援指挥部，指挥部是在指挥领导小组的基础上由公司总经理任总指挥，分管生产副总经理任副总指挥，负责全厂应急救援工作的组织和指挥，指挥部设在生产调度室。公司总经理和副总经理不在工厂时，由生产部部长和当班调度长临时任总指挥和副总指挥，全权负责应急救援工作。各生产车间成立以车间主任为总指挥，车间管理人员为成员的事故应急救援指挥部，负责本车间辖区内的事故应急救援工作。

14.6 安全专项投资估算

按照《石油化工企业职业安全卫生设计规范》（SH/T 3047-2021）的规定，装置的劳动安全卫生投资主要包括防护用品及急救器材、消防设施、火灾报警系统、可燃气体报警器、有毒气体报警器、噪声防治措施等的投资，安全卫生设施费如下：

安全专用投资估算表

序号	名称	数量
1	可燃气体检测报警系统	3000
2	火灾报警系统	900
3	消防设施费用	3500
4	防雷、防静电接地及照明设施费用	1500
5	设备及作业场所防护设施费用	1200
6	防噪声设施费用	800
7	事故应急设施费用	4000
8	个人防护用品费用	4500
	专项经费总额	19400

14.7 预期效果与建议

本项目采用的工艺技术成熟、可靠，为保证设备及人员安全，设计充分考虑了劳动安全卫生方面的要求，针对本项目生产过程中的各种不安全因素，均采取了相应的防范措施。

预计本项目建成后，通过加强安全生产管理，同时对职工进行技术培训和安全卫生教育、培训，严格执行操作规程，可以保证安全生产和操作人员的身心健康。

建议建设单位在建设项目新购安全设施、设备及特种设备应选用具有相关设计、生产资质的厂家的产品。设备设施订购时关注供货厂家的业绩，审查其制造资质。

建设项目的安全设施的安装、施工、监理等应由取得相应工程施工资质的单位进行。

15 抗震

按《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)、《建筑抗震设防分类标准》(GB50223-2008)以及《中国地震动参数区划图》(GB18306—2015),棋盘井镇区域地震峰值加速度为 0.20g,反应特征周期 0.40s,建厂地区地震基本烈度为 7 度,抗震设防烈度 8 度。

16 组织机构与人力资源配置

16.1 工厂组织机构

本项目建设主体是鄂尔多斯市神马建元化工有限公司，企业性质为民营企业。

本项目由环己醇装置、己二酸装置、循环水站、变配电室配套公用工程系统等工序组成。其生产管理设置厂一级机构。

16.2 生产班次和定员

年工作日：主要生产装置为 333 天（8000 小时）

生产班制：主要生产装置按四班三运转制度，辅助工人及管理人员实行白班制。

本项目总人员 500 人。

16.3 人员来源和培训

16.3.1 人员来源

本项目以新招人员为主，新招工人应具备较高文化程度，车间可以通过上岗培训及以老带新的方式，对新招工人进行培训，以达到上岗要求。工厂管理部门的技术人员和管理人员从企业内部进行调配，经培训考试合格后方可上岗。

16.3.2 人员培训

根据项目的进展情况，有计划地对项目管理人员、技术人员、操作工人即系不同层次的培训。坚持基础培训和业务培训结合、短期培训和长期培训相结合，国内、省内及公司内部培训为主。

16.3.3 培训目标

通过培训，使得项目管理人员能全面掌握项目的基本情况及有关要求和程序，提高对项目的分析、判断、指挥、管理能力。工程技术人员应精通本项目的有关各种技术、流程、控制手段、开停车程序、应急处理措施。操作人员学会生产操作技能，了解本项目相关知识、生产的基本规律、一般事故的处置方法、自我保护和逃生技巧。

16.3.4 培训内容

着重对以下四个方面进行培训：

- （1）生产技术、理论知识；
- （2）设备安装、工艺操作、维修方法；
- （3）安全知识；
- （4）卫生防护知识；

拟聘人员培训合格后，参与本工程的单机试运、系统吹扫试压和联动试车，并经考核合格才允许上岗工作。

17 项目实施计划

17.1 建设周期阶段

根据业主建设发展规划，项目建成后达到年产 30 万吨精己二酸。生产装置包含：27 万吨/年硝酸、20 万吨/年环己醇、2×15 万吨/年己二酸装置。并配套建设新鲜水、消防水、化学水、循环水、空分空压、冷冻站、污水处理场、总变电站、中央控制室、化验室、食堂、机修等公用工程及辅助设施。

工程进度安排如下：

项目前期阶段：主要包括立项，可行性研究等前期工作的完成与上报。3 个月，2022 年 3 月结束，此阶段与设计单位应先签订前期合同。

项目审批及手续办理阶段：2 个月，2022 年 5 月底完成安评、环评、环评、能评等审批。

项目设计阶段：包括工程设计（初步设计及详细设计），地质勘探，三通一平。12 个月，主要工作应在 2022.6-2023.6 月份完成。

施工阶段：包括设备订货，设备制造，并完成装置及配套设施的施工、安装。

土建施工：总工期安排 16 个月，自 2023 年 4 月份开始，到 2024 年 8 月份完成

设备安装：总工程约 8 个月，自 2023 年 10 月份开始，到 2024 年 6 月份完成。

工艺配管：主要设备安装完毕，开始进入工艺配管阶段，工艺配管约 8 个月，2024 年 4 月结束。

预试车、联动试车：2024 年 6 月结束。

试车阶段：包括试生产前的准备工作，2024 年 7 月投料试车，2024 年 10 月出合格产品。

在初步设计文件上报审批后，工程设计、设备采购及施工合理交叉进行，以缩短整个工程建设用期。

17.2 实施进度规划

本项目工程进度规划为：前期阶段 5 个月，设计+施工+试车阶段总时间为 24 个月。

18 投资估算

18.1 投资估算概况

本项目为鄂尔多斯市神马建元化工有限公司年产 30 万吨精己二酸项目，建设地点位于鄂尔多斯市神马建元化工有限公司厂区内。

项目投资估算范围包括：30 万吨精己二酸项目的主要生产项目、公用工程、环保工程、消防工程及生产性服务设施。与生产项目相配套的第二部分其他工程费用及常用预备费、建设其贷款利息。项目建设期 2 年。

工艺生产装置、配套系统工程、职业安全卫生专项投资、工器具及生产用具购置费。

工艺生产装置包括：环己醇装置、己二酸装置、亚硝气减排装置、硝酸装置等。

配套系统工程包括：总图运输、储运工程、辅助设施和公用工程。

其中储运工程包括装置罐区、厂区内外管、装置内外管和仓库；

辅助设施和公用工程包括化学水处理、污水处理站、给排水工程、供配电所及电信工程等其他设施。

18.2 投资估算编制依据和说明

18.2.1 投资估算编制依据

- (1) 本项目为可行性研究报告的初步设计方案。
- (2) 发改投资（2006）1325 号《建设项目经济评价方法与参数（第三版）》。
- (3) 国石化规发（1999）195 号《化工建设项目可行性研究投资估算编制办法》。
- (4) 《中国石油化工集团公司石油化工项目可行性研究投资估算编制办法（试行 2006 年版）》
- (5) 国家、行业以及项目所在地政府有关部门的相关政策与规定；
- (6) 业主提供的当地有关资料及现行的有关文件。
- (7) 各设计专业提供的估算工程量。

18.2.2 投资估算编制说明

- (1) 设备及材料费根据类似装置及有关的资料结合现行市场价格资料估列（财务分析按照近三年平均价格估算）。
- (2) 建筑、安装工程费参照有关类似装置结算资料及历年价格指数估列。
- (3) 土地费：本项目使用厂区现有土地，土地费用 6.5 万元/亩。
- (4) 工程勘察和设计费按国家计委、建设部《工程勘察设计收费标准（2002 年修订本）》参照计列。
- (5) 建设单位管理费、联合试运转费、环评安评费、监理费、临时设施费、前期咨询费、生产准备费及开办费其他费用按《化工建设项目投资估算编制办法》及有关文件资料编制。
- (6) 项目计列技术使用费按照建设投资 1.0%估算。
- (7) 预备费：基本预备费按固定资产、无形资产、其他资产之和的 5%估列；涨价预备费暂不考虑。
- (8) 工程建设期为 2 年。
- (9) 流动资金按分项详细估算法估算。

18.3 建设投资估算

18.3.1 建设投资估算

本项目建设投资估算采用“工程量法”和“比例估算法”编制，根据工程量和各专业条件，经估算项目建设投资情况如下：

序号	项目	总投资	单位	占建设投资比例%
1	固定资产费用	302462	万元	94.18
2	无形资产费用	2881	万元	0.90
3	其他资产费用	633	万元	0.20
4	预备费	15155	万元	4.72
小计	建设投资	321131	万元	

详见附表 1：总投资估算表。

本项目建设投资中，没有外汇。

18.4 建设期利息估算

本项目建设投资中商请银行长期贷款人民币 254549 万元。建设期按 2 年计算，在第一、二年分别投入 50%，贷款利率按（5 年以上）人民币 4.99%，经计算，建设期利息为 11439 万元。建设期利息当年用自有资金偿还。

18.5 流动资金估算

本项目流动资金估算采用分项详细估算法编制，其内容包括原材料、燃料、在产品、产成品、存货、应付帐款、现金等。

经估算流动资金为 23909 万元，其中铺底流动资金为 7173 万元。

详见附表 2：流动资金估算表。

18.6 总投资估算

工程总投资 356479 万元，其中：建设投资为 321131 万元，建设期利息为 11439 万元，流动资金为 23909 万元。

工程规模总投资（报批项目总投资）为 339743 万元，其中：建设投资为 321131 万元，建设期利息 11439 万元，铺底流动资金为 7173 万元。

建设投资拟在建设期内投入比例分别为 50%、50%，流动资金按生产计划分期投入。

19 资金筹措

19.1 融资方式

本项目资金分为银行贷款和企业自筹，新增投资按银行贷款 70%、企业自筹 30%（项目资本金考虑）。

19.2 权益资本（资本金）筹措和使用计划

19.2.1 权益资本（资本金）来源

本项目资本金来源为鄂尔多斯市神马建元化工有限公司，资金筹措方案如下：

建设投资 321131 万元，企业自筹资本金 101930 万元，银行贷款 254549 万元，自筹资金占比 30%。

19.2.2 权益资本（资本金）出资进度计划

根据项目实施计划和资金使用计划，工程第 1 年使用 47379 万元，第 2 年使用 47379 万元，第 3 年使用 5948 万元，第 4 年使用 1224 万元，用于建设投资、建设期利息和流动资金。

详见附表 3：项目总投资使用计划与资金筹措表。

19.3 债务资金筹措和使用计划

19.3.1 债务资金来源

本项目债务资金来源主要为国内银行贷款。

19.3.2 债务资金数额

本项目工程建设投资中银行借款额为 254549 万元，借款利率为 4.99%。建设期贷款利息按照复利计算，以资本化形式计入建设成本，生产期贷款利息计入总成本。

流动资金中 70%为银行贷款，即 16736 万元，流动资金贷款利率为 4.35%，生产期贷款利息计入总成本。

19.3.3 债务资金出资进度计划

根据项目实施计划和资金使用计划，项目工程第 1 年使用 116012 万元、第 2 年使用 121802 万元银行贷款用于建设投资，第 3、4 年分别使用银行贷款 13879 万元、2857 万元用于 70%流动资金。

详见附表 3：项目总投资使用计划与资金筹措表。

19.4 融资风险分析

资金供应风险是指在项目实施过程中由于资金不落实,导致建设工期延长,工程造价上升,使原定投资效益目标难以实现的可能性。

本项目建设所需的权益资本(资本金),由鄂尔多斯市神马建元化工有限公司出资,该公司实力雄厚。因此,权益资本(资本金)出资没有问题。

为防范资金供应风险,必须认真做好资金来源可靠性分析,根据资金使用计划,采取相应地对策与措施,确保资金额根据计划及时足额到位,以满足项目得到足够的、持续的资金供应。

19.5 融资结构分析

项目工程权益资本(资本金)总额 101930 万元,占项目规模总投资的 30%;满足《国务院关于固定资产投资项目试行资本金制度的通知》(国发[1996]35 号)的要求。

20 财务分析

20.1 产品成本和费用估算

20.1.1 成本和费用估算的依据及说明

（1）原材料、燃料及动力费

原材料、燃料和动力的消耗按工艺设计所确定的消耗量取定；其价格采用市场参考价。主要原材料、燃料和动力价格为：

表 19.1.1 主要原材料、燃料和动力价格表。

No.	原 料	单位	价 格(含税)	价 格(不含税)	税率
1	原材料及主要材料				
1.1	苯	t	6900	6106	0.13
1.2	氢气	Nm3	0.90	0.80	0.13
1.3	液氨	t	2900.00	2566	0.13
1.4	环己醇	t	8500.00	7522	0.13
2	辅助材料				
2.1	氨水(25%)	L	0.49	0.43	0.13
2.2	双氧水	Kg	2.26	2.00	0.13
2.4	己二酸包装袋	个	95	84.07	0.13
2.5	二元酸包装袋	个	95	84.07	0.13
2.5	烧碱（32%）	t	1500.00	1327	0.13
2.6	天然气	Nm3	2.27	2.01	0.13
2.7	DMAC	t	22500.00	19912	0.13
3	催化剂				
3.1	加氢催化剂（钨催化剂）	Kg	120000.00	106195	0.13
3.2	水合催化剂（ZSM-5）	Kg	100.00	88.50	0.13
3.3	加氢分散剂（氧化锆）	Kg	452.00	400	0.13

3.4	苯脱硫催化剂（钨催化剂）	Kg	4500.00	3982	0.13
3.5	硫酸锌	Kg	70.00	61.95	0.13
3.6	氧化铝催化剂	Kg	56.50	50.00	0.13
3.7	环己烷处理催化剂（镍催化剂）	Kg	565.00	500.00	0.13
3.8	铜	kg	73.45	65.00	0.13
3.9	钒催化剂	kg	220.35	195.00	0.13
3.10	活性炭	kg	9.50	8.41	0.13
3.11	离子交换树脂	L	90.40	80.00	0.13
3.12	消泡剂	kg	45.20	40.00	0.13
3.14	铂催化剂	g	770.00	681	0.13
3.15	N ₂ O 分解催化剂	m ³	508500.00	450000.00	0.13
3.16	NO _x 分解催化剂	m ³	50850.00	45000.00	0.13
4	燃料及动力				
4.1	电	kwh	0.40	0.35	0.13
4.2	高压蒸汽	t	90.00	79.65	0.13
4.3	中压蒸汽	t	75.00	66.37	0.13
4.4	低压蒸汽	t	75.00	66.37	0.13
4.5	高纯水	t	16.95	15.00	0.13
4.6	新鲜水	t	7.80	6.90	0.13

原材料、燃料和动力的消耗详见附表：外购原材料、燃料、动力消耗成本表。

（2）工资及福利费

本项目设计定员 500 人；人均年工资及福利费按 10 万元计算，年工资及福利费共计 5000 万元。

（3）固定资产折旧费

项目形成固定资产原值 298980 万元，预留残值率为 3%，采用平均年限法计算，折旧年限：综合折旧年限为 15 年。年折旧费为 19023 万元。

详见附表：折旧费及摊销费估算表。

（4）无形资产及其他资产

摊销费包括无形资产和其他资产摊销。

工程形成无形资产 5769 万元，按 10 年摊销，年摊销费为 576 万元；形成其他资产 633 万元，按 5 年摊销，年摊销费为 127 万元。

详见附表 5：折旧费及摊销费估算表。

（5）修理费、其他制造费

修理费按固定资产原值（不含建设期利息）的 2%计取，其他制造费按固定资产原值（不含建设期利息）的 1%计取。

（6）其他营业费用

本项目其他营业费用主要为产品的销售费用，本项目按照销售收入的 3%计列。

（7）其他管理费

根据项目实际情况和该公司管理水平，其他管理费用按照 5 万元/人年计取。

（8）财务费用为项目生产经营期间发生的利息支出。

（9）安全生产费、保险费按照营业收入分段计取。

20.1.2 产品成本和费用分析

项目年均总成本为 255698 万元，年均经营成本为 235162 万元。

详见附表 6：总成本费用估算表。

20.2 营业（销售）收入和税金估算

20.2.1 营业（销售）收入估算

表 20.2.1 产品商品量及销售价格表

No.	产品名称	达产年销售量（万吨）	销售价格（含税）
		第 4 年始	元/吨

1	己二酸	30	10100
3	二元酸	2.1	3000
4	环己烷	4	6900
5	轻质油	0.43	3000
6	重质油	0.11	3000

依据上表产品销售量及销售价格，

项目达产年（负荷 100%）销售收入为 299575 万元，项目生产期年均销售收入为 295581 万元。

详见附表 7：营业收入、营业税金及附加和增值税估算表。

20.2.2 税金估算

本项目原辅材料增值税率 13%。项目产品增值税率为 13%，城市维护建设税为增值税的 7%，教育费附加为增值税的 5%，地方教育附加税为 2%。

项目年均增值税为 12459 万元，年均营业（销售）税金及附加为 1239 万元。

20.3 财务评价

20.3.1 财务评价依据

- （1）发改投资（2006）1325 号《建设项目经济评价方法与参数（第三版）》。
- （2）国石化规发（2000）412 号《化工投资项目经济评价参数》。
- （3）国家现行的法规、文件和有关财税制度。
- （4）其它有关文件和文字资料。

20.3.2 财务评价说明

- （1）项目计算期

本项目计算期为 17 年，其中：建设期 2 年，生产经营期 15 年。

- （2）各年生产负荷安排

项目生产负荷：生产期第 1 年按 80%负荷考虑，其后各年按 100%达产。

(3) 所得税及利润分配

项目按纳税所得额的 25%缴纳所得税；按税后净利润的 10%提取法定盈余公积金。

可供分配利润按弥补以前年度亏损、提取法定盈余公积金、向投资方分配的顺序进行分配。

项目年均利润总额为 38644 万元，年均所得税为 9661 万元，年均净利润为 28983 万元。

(4) 财务基准收益率的确定

根据《建设项目经济评价方法与参数（第三版）》确定的化学原料及化学制品制造业财务基准收益率取值（表 2.13-1，表 2.13-2），本项目资本金税后财务基准收益率设定为 12%。

20.3.3 财务盈利能力分析

根据拟定的融资方案，计算项目融资后各项盈利能力分析指标：

表 20.3.3 盈利能力分析指标表

序号	指标名称	单位	指标
1	项目资本金财务内部收益率	%	20.92
2	总投资收益率	%	11.96
3	项目资本金净利润率	%	28.43

上表计算结果表明：

项目资本金财务内部收益率 20.92%，大于设定的行业财务基准收益率 12%。总投资收益率 11.96%，项目资本金净利润率 28.43%，可满足投资者的要求。

因此，无论从项目资本金投入可获得的收益水平，还是从投资方所获得的投资收益上看，项目在财务上均可以被接受。

20.3.4 偿债能力分析

（1）还款期限及偿还方式

本项目贷款资金按最大还款能力的方式偿还，从借款还本付息计算表可以看出偿还没有问题，借款偿还期为 7 年。

（2）利息备付率

通过计算，工程还款期内利息备付率在 2.29~16.40，范围内均大于 1，表明项目有能力用息税前利润保障利息的偿付。

详见附表：利润和利润分配表。

（3）偿债备付率

工程还款期内偿债备付率在 1.06~1.27 范围内，表明项目偿还债务有资金保障。

详见附表：借款还本付息计划表。

20.3.5 财务生存能力分析

由项目投资现金流量表可以看出，项目在整个运营期间，其经营活动现金流入始终大于现金流出。企业通过经营活动、投资活动及筹资活动所产生的各年累计盈余资金均大于零，可见本项目具有较强的财务生存能力。

20.3.6 不确定性分析

20.3.6.1 敏感性分析

敏感性分析是通过分析、预测项目主要因素变化对经济指标的影响，从中找出敏感因素，确定其影响程度。

在本项目的敏感性分析中，以建设投资、产出价格、原材料价格、负荷为变动因素，考察其在 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 15\%$ 的变化范围内，对项目的全部投资所得税前财务内部收益率和全部投资回收期的影响。

敏感性分析的结果表明，各因素中销售价格的变化对项目的财务内部收益率的影响最大，是最敏感因素，原材料价格和生产负荷是次敏感性因素。当产品价格下降 5%时，财务内部收益率为 11.60%；当原材料价格提高 5%时，财务内部收益率为 12.92%，项目经营具有一定的抗风险能力。

20.3.6.2 盈亏平衡分析

以平均生产能力表示的盈亏平衡点计算如下：

$$\text{BEP} = \frac{\text{年均固定成本}}{\text{年均营业收入} - \text{年均可变成本} - \text{年均营业税金及附加}} \times 100\%$$

由此可知，当生产负荷达到 61.94%时，企业可以保本，表明项目具有一定的抗风险能力。

20.3.6.3.临界点分析

临界点是指项目允许不确定因素向不利方向变化的极限值。本项目计算了变化率在±10%条件下的敏感度系数及建设投资、产品价格、原材料价格、生产负荷等临界点。通过测算得知：产品价格的临界点为：-4.57%，即当产品价格降低幅度大于-4.57%时，项目投资税后财务内部收益率低于基准收益率 12%。

详见敏感度系数及临界点分析表

20.4 财务评价结论

综合上述分析，在现有价格体系及计算基准下：

项目总投资收益率为 11.96%，项目资本金净利润率为 28.43%，项目所得税前财务内部收益率为 16.01%，项目税后财务内部收益率为 12.72%。

项目经济效益较好，借款偿还能力较强，具有抗风险能力和财务生存能力，项目在财务上是可以接受的。

20.5 财务分析附表

详见附表。

21 研究结论

21.1 综合评价

21.1.1 综述项目研究过程中主要方案的选择和推荐意见

根据鄂尔多斯市神马建元化工有限公司的战略规划，充分发挥原有生产装置的规模优势，保障拟建生产设施的原料供应，本报告提出了建设 30 万吨/年精己二酸项目。

项目拟采用国内成熟的生产技术，具有成本低、效益好、质量高、稳定性佳等优点，生产“三废”处理设施齐全、安全和职业卫生措施完备，属于国际先进水平。本工程拟建于建元公司厂区内，既可充分利用园区内公用工程配套齐全的条件，又可为与公司内部物料互供创造便利条件。

21.1.2 项目经济评价情况及不确定因素对经济效益的影响

（1）财务资金情况

工程规模总投资（报批项目总投资）为 339743 万元，其中：建设投资为 321131 万元，建设期利息 11439 万元，铺底流动资金为 7173 万元。

（2）经济效益情况

项目实施后生产期年均销售收入为 295581 万元，年均利润总额为 38644 万元，年均所得税为 9661 万元，年均净利润为 28983 万元。总投资收益率为 11.96%，项目资本金净利润率为 28.43%，项目所得税前财务内部收益率为 16.01%，项目税后财务内部收益率为 12.72%。

（3）不确定因素分析

从敏感性分析结果可以看出，当各单因素变幅在±15%内时，产出价格对财务内部收益率的影响最大，其次为原材料价格。因此，企业对外应积极开拓市场，增加市场销量；对内要加强经营管理，降低经营成本。

21.2 研究报告的结论

根据业主建设发展规划，项目建成后达到年产 30 万吨精己二酸。生产装置包含：

27 万吨/年硝酸、20 万吨/年环己醇、2×15 万吨/年己二酸装置。并配套建设新鲜水、消防水、化学水、循环水、空分空压、冷冻站、污水处理场、总变电站、中央控制室、化验室、食堂、机修等公用工程及辅助设施。

项目拟建场地位于鄂尔多斯市神马建元化工有限公司厂区内，可以充分依托建元煤焦化有限责任公司厂区现有的技术智力资源及公用工程资源，使工程具有建设投资省、建设周期短的特点。

(1) 从国家政策方面看，对照国家修订颁布的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目不属于该目录中的“限制类”或“淘汰类”产业，符合国家产业发展政策。随着己二酸下游产品需求的不断增长，我国己二酸市场需求量不断增长。

(2) 从企业发展规划方面看：本项目实施以后，主要产品己二酸为高品质精己二酸，在行业内更具竞争力，更符合公司将以苯为原料的化工产品做大做强发展路线的发展规划要求。

(3) 从工艺技术选择方面看：本项目以苯为原料，采用部分苯加氢技术生产环己烯，水合法生产环己醇；环己醇硝酸氧化工艺生产己二酸的工艺路线。整个工艺技术先进、原材料消耗低，经济效益较好，是目前国内外己二酸主导生产工艺，而且国内已有多套成熟的生产装置，适合本工程选择。本工程设备制造除个别增稠器、离心机、大型 DCS 系统等考虑国外采购外，其余设备均立足国内采购与加工制造。

(4) 从厂址选择和原辅材料及公用工程供应方面看：本工程拟建于鄂尔多斯市神马建元化工有限公司现有厂区内，可充分利用园区内原辅材料及公用工程配套齐全的条件。

(5) 从清洁生产方面看：本项目由于采用了先进的生产技术，原料利用率高、消耗低，因而相应排放的废物少。生产过程产生的三废均采用综合处理，达到国家和地方的排放标准，符合清洁生产的要求。

(6) 从安全生产和劳动保护方面看：本项目对职业安全卫生，从场地布置到设备布置，从 DCS 控制到 SIS 安全仪表系统，从原料运输到产品出厂，采取了一系列的防范措施，装置的安全性和操作环境是可接受的。

(7) 从节能降耗方面看：本项目通过生产资源的综合、循环利用，采用节能工艺

和设备，节能效果明显，降低了原材料和能量的消耗。

（8）从经济效益方面看：本项目实施以后，在不考虑政府的产业政策支持带来的效益前提下，内部收益率大于行业基准收益率，净现值为正，投资回收期小于行业基准指标，平均年投资利润率、平均年投资利税率均大于行业基准指标，项目具有较好的经济效益，有较强的还债能力，因此本项目在经济上是可行的。

因此本项目无论从产业政策、市场前景、工艺技术、厂址选址，还是经济效益、社会效益、环境保护、安全卫生、清洁生产等方面来分析，都是切实可行的。

20.3 问题和建议

（1）建议统筹考虑现有厂区的公用工程与辅助设施，落实本项目配套建设的公用工程装置的内容和能力。

（2）本项目需向银行贷款 254549 万元，应加强与相关贷款银行的沟通与贷款申请，尽快取得相关银行的贷款承诺书。

（3）建议尽快进行项目节能评价、环境影响评价、安全设立评价及职业病防护设立评价。

附表 1		项目投资估算表							单位：	万元
序 号	工程或费用名称	估算价值							占总投资比例 （%）	备注
		设备购置 费	主要材料 费	安装工程 费	建筑工程 费	其它费 用	合计	其中外 币		
							合计			
	总投资	157392	62596	30743	37393	68144	356268		356268.04	
一	建设投资	157392	62596	30743	37393	33007	321131		321131.04	
1	固定资产费用	157392	62596	30743	37393	14338	302462		94.19	
1.1	工程费用	157392	62596	30743	37393		288124		89.72	
1.1.1	工艺生产装置	147684	56440	25720	22906		252750		78.71	
1.1.1.1	1#环己醇装置(20 万吨)	48380	9660	6720	9900		74660			
1.1.1.4	1#己二酸装置（15 万吨）	36652	20790	7700	4928		70070			
1.1.1.5	2#己二酸装置（15 万吨）	36652	20790	7700	4928		70070			
1.1.1.8	1#亚硝气处理装置（9 万吨）	10000	1200	1200	600		13000			
1.1.1.10	1#硝酸装置	16000	4000	2400	2550		24950			
1.1.2	配套系统工程	9708	6156	5023	14487		35374		11.02	
1.1.2.1	总图运输				3434		3434			

1.1.2.2	储运工程	1373	2336	2254	4465		10428			
(1)	外管		660	404	540		1604			
(2)	仓库	50	44	30	2700		2824			
(3)	罐区	1323	1632	1820	1225		6000			
1.1.2.3	辅助设施和公用工程	8335	3820	2769	6588		21512			
(1)	给排水工程	1000	1300	383	688		3371			
	新鲜水及消防水站	1000	400	100	200		1700			
	给排水管网		580	235	325		1140			
	消防水管网		320	48	163		531			
(2)	供配电及电信	535	820	286	0		1641			
	10KV 线路	260	325	130			715			
	厂区接地系统及道路照明	25	345	56			426			
	通信	250	150	100			500			
(3)	其他	6800	1700	2100	5900		16500			
	污水处理站	2000	1000	1500	5000		9500			
	空分空压站	1800	500	300	500		3100			
	冷冻站	3000	200	300	400		3900			

1.2	固定资产其他费用					14338	14338		4.46	
1.2.1	土地使用费					2877	2877			
1.2.2	工程建设管理费					2881	2881			
1.2.3	临时设施费					1441	1441			
1.2.4	前期准备费					200	200			
1.2.5	可研报告编制费					50	50			
1.2.6	环境影响咨询费					111	111			
1.2.7	劳动安全评价费					132	132			
1.2.8	职业卫生评价费					136	136			
1.2.9	工程设计费					4322	4322			
1.2.10	工程勘察费					576	576			
1.2.11	工程监理费					288	288			
1.2.12	设备采购技术服务费					259	259			
1.2.13	设备监造费					200	200			
1.2.14	工程保险费					864	864			
2	无形资产费用					2881	2881		0.90	
2.1	特许权使用费					2881	2881			

3	其他资产费用					633	633		0.20	
3.1	生产人员准备费					633	633			
4	预备费					15155	15155		4.72	
4.1	不可预见费					15155	15155			
4.2	价差预备费									
	小计	157392	62596	30743	37393	33007	321131			
	占建设投资的比例 (%)	49.01	19.49	9.57	11.64	10.28	0			
二	建设期借款利息					11187	11187			
三	流动资金					23950	23950			
	合计	157392	62596	30743	37393	68144	345694			
	进项税额抵扣	-17641	-7085	-3047	-3706	-536	(32014)			

附表 20-1

主要经济数据及评价指标表					
返回结果菜返回目录					
序号	项 目	单位	数据	其中外币	备注
I	经济数据				
1	项目总投资	万元	356479	0	
	其中：报批总投资	万元	339743	0	
2	建设投资	万元	321131	0	
3	建设期利息	万元	11439	0	
4	流动资金	万元	23909	0	
	其中：铺底流动资金	万元	7173	0	
5	资金筹措	万元	356479	0	
	其中：债务资金	万元	254549	0	
	项目资本金	万元	101930	0	
	资本金比例	%	30.00%		
6	年平均营业收入	万元	295581		
7	年平均营业税金及附加	万元	1239		
8	年平均总成本费用	万元	255698		
9	年平均利润总额	万元	38644		
10	年平均所得税	万元	9661		
11	年平均净利润	万元	28983		
12	年平均息税前利润	万元	42619		
13	年平均增值税	万元	12459		
II	财务评价指标				
1	总投资收益率	%	11.96%		
2	项目资本金净利润率	%	28.43%		
3	项目投资财务内部收益率(所得税前)	%	16.01%		
4	项目投资财务净现值(所得税前)	万元	69501		Ic=12%
5	项目投资回收期（所得税前）	年	7.17		
6	项目投资财务内部收益率(所得税后)	%	12.72%		
7	项目投资财务净现值(所得税后)	万元	11965		Ic=12%
8	项目投资回收期（所得税后）	年	8.21		
9	项目资本金财务内部收益率	%	20.92%		
10	盈亏平衡点（生产能力利用率）	%	61.94%		

附表 20-2:

[返回目录](#)

流动资金估算表

单位: 万元

序号	项 目	最低周 转天数	周转 次数	计 算 期																
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	流动资产																			
1.1	应收账款	30	12	0	0	17741	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790
1.2	存货			0	0	16006	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787
1.2.1	原材料(含外购件等)	0	0	0	0	5252	6565	6565	6565	6565	6565	6565	6565	6565	6565	6565	6565	6565	6565	6565
	原材料费用	10	36	0	0	4062	5077	5077	5077	5077	5077	5077	5077	5077	5077	5077	5077	5077	5077	5077
	辅助材料及外购件	15	24	0	0	108	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	催化剂	30	12	0	0	1083	1353	1353	1353	1353	1353	1353	1353	1353	1353	1353	1353	1353	1353	1353
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	辅助材料及外购件	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	其他材料																			
1.2.2	燃料			0	0	38	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
	蒸汽	1	360	0	0	38	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2.3	在产品	7	52	0	0	3859	4759	4759	4759	4759	4759	4759	4759	4759	4759	4759	4759	4759	4759	4759
1.2.4	产成品	12	30	0	0	6857	8416	8416	8416	8416	8416	8416	8416	8416	8416	8416	8416	8416	8416	8416
1.3	现金	30	12	0	0	1675	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825
	预付账款																			
	小计			0	0	35422	43402	43402	43402	43402	43402	43402	43402	43402	43402	43402	43402	43402	43402	43402
2	流动负债			0	0	15595	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494
2.1	应付账款	30	12	0	0	15595	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494
	预收账款																			
3	流动资金			0	0	19827	23909	23909	23909	23909	23909	23909	23909	23909	23909	23909	23909	23909	23909	23909
4	流动资金当期增加额			0	0	19827	4081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	流动资金借款额			0	0	13879	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	0
6	流动资金借款利息			0	0	604	728	728	728	728	728	728	728	728	728	728	728	728	728	728
7	自有流动资金			0	0	5948	7173	7173	7173	7173	7173	7173	7173	7173	7173	7173	7173	7173	7173	23909

附表 20-3

返回目录

项目总投资使用计划与资金筹措表							
单位：万元，万美元							
序号	项 目	合计	1	2	3	4	5
1	总投资	356479	163390	169180	19827	4081	0
	人民币	356479	163390	169180	19827	4081	0
	外币	0	0	0	0	0	0
1.1	建设投资	321131	160566	160566	0	0	0
	人民币	321131	160566	160566	0	0	0
	外币	0	0	0	0	0	0
1.2	建设期利息(含其他融资费用)	11439	2824	8614	0	0	0
	人民币	11439	2824	8614	0	0	0
	外币	0	0	0	0	0	0
1.3	流动资金	23909	0	0	19827	4081	0
	人民币	23909	0	0	19827	4081	0
	外币	0	0	0	0	0	0
2	资金筹措	356479	163390	169180	19827	4081	0
2.1	项目资本金	101930	47379	47379	5948	1224	0
	用于建设投资	94757	47379	47379	0	0	0
	人民币	94757	47379	47379	0	0	0
	外币	0	0	0	0	0	0
	用于流动资金	7173	0	0	5948	1224	0
	人民币	7173	0	0	5948	1224	0
	外币	0	0	0	0	0	0
	用于建设期利息(含其他融资费	0	0	0	0	0	0
	人民币	0	0	0	0	0	0
	外币	0	0	0	0	0	0
	其中：注册资金	0	0	0	0	0	0
	资本金占总投资的比	30%					
2.2	长期借款	254549	116012	121802	13879	2857	0
2.2.1	建设投资借款	226374	113187	113187	0	0	0
	人民币长期借款一	226374	113187	113187	0	0	0
	人民币长期借款二	0	0	0	0	0	0
	外币长期借款	0	0	0	0	0	0
2.2.2	流动资金借款	16736	0	0	13879	2857	0
	人民币	16736	0	0	13879	2857	0
	外币	0	0	0	0	0	0
2.2.3	建设期利息借款	11439	2824	8614	0	0	0
	人民币	11439	2824	8614	0	0	0
	外币	0	0	0	0	0	0

附表 20-4

[返回目录](#)

总成本费用估算表(要素成本法)

单位: 万元

序号	项 目 运营负荷	合计	1 0%	2 0%	3 80%	4 100%	5 100%	6 100%	7 100%	8 100%	9 100%	10 100%	11 100%	12 100%	13 100%	14 100%	15 100%	16 100%	17 100%
1	外购原材料费	2648903	0	0	143184	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980
2	外购燃料及动力费	423697	0	0	22903	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628
3	职工薪酬	75000	0	0	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
4	修理费	84818	0	0	5655	5655	5655	5655	5655	5655	5655	5655	5655	5655	5655	5655	5655	5655	5655
5	其它费用	251692	0	0	15102	16899	16899	16899	16899	16899	16899	16899	16899	16899	16899	16899	16899	16899	16899
6	经营成本	3484110	0	0	191843	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162
7	折旧费	285339	0	0	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023
8	摊销费	6391	0	0	702	702	702	702	702	576	576	576	576	576	0	0	0	0	0
9	利息支出	59633	0	0	12257	10945	9439	7860	6203	4464	2641	728	728	728	728	728	728	728	728
	其中：流动资金借款利息	10796	0	0	604	728	728	728	728	728	728	728	728	728	728	728	728	728	728
	长期借款利息	48837	0	0	11653	10217	8711	7132	5475	3736	1913	0	0	0	0	0	0	0	0
	短期借款利息	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	不予抵扣或退税的税额	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	总成本费用	3835474	0	0	223825	265832	264326	262747	261090	259225	257401	255488	255488	255488	254913	254913	254913	254913	254913
	其中：可变成本	3072600	0	0	166086	207608	207608	207608	207608	207608	207608	207608	207608	207608	207608	207608	207608	207608	207608
	固定成本	762874	0	0	57738	58224	56718	55139	53482	51617	49793	47880	47880	47880	47304	47304	47304	47304	47304

附表 20-4A

[返回目录](#)

外购原材料费估算

单位: 万元

序号	项 目	年序 运营负荷	1 0%	2 0%	3 80%	4 100%	5 100%	6 100%	7 100%	8 100%	9 100%	10 100%	11 100%	12 100%	13 100%	14 100%	15 100%	16 100%	17 100%
1	外购原材料费																		
1.1	原材料费用		0	0	129402	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753
	单价	元	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
	数量	万元	0	0	129402	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753	161753
	进项税额	13%	0	0	16822	21028	21028	21028	21028	21028	21028	21028	21028	21028	21028	21028	21028	21028	21028
1.2	辅助材料及外购件		0	0	2286	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857
	单价	元	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
	数量	万元	0	0	2286	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857	2857
	进项税额	13%	0	0	297	371	371	371	371	371	371	371	371	371	371	371	371	371	371
1.3	催化剂		0	0	11496	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370
	单价	元	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
	数量	吨	0	0	11496	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370	14370
	进项税额	13%	0	0	1495	1868	1868	1868	1868	1868	1868	1868	1868	1868	1868	1868	1868	1868	1868
1.4	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	单价	元	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	数量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	进项税额	13%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	单价	元	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	数量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	进项税额	13%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
			11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
			11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
2.1	辅助材料及外购件		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	进项税额	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	外购原材料费、辅料费合计		0	0	143184	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980	178980
	其中：进口原材料费	万美元	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	进项税合计		0	0	18614	23267	23267	23267	23267	23267	23267	23267	23267	23267	23267	23267	23267	23267	23267

附表 20-4B

[返回目录](#)

外购燃料和动力费估算表

单位: 万元

序号	项 目	年序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	燃料费		0	0	12529	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661
1.1	蒸汽		0	0	12529	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661	15661
	单价	元	67	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30	67.30
	数量	吨	0	0	1861600	2327000	2327000	2327000	2327000	2327000	2327000	2327000	2327000	2327000	2327000	2327000	2327000	2327000	2327000
	进项税额	9%	0	0	1128	1409	1409	1409	1409	1409	1409	1409	1409	1409	1409	1409	1409	1409	1409
1.2	重油		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	单价	元	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	数量	吨	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	进项税额	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	动力费		0	0	8168	10210	10210	10210	10210	10210	10210	10210	10210	10210	10210	10210	10210	10210	10210
2.1	电		0	0	7258	9072	9072	9072	9072	9072	9072	9072	9072	9072	9072	9072	9072	9072	9072
	单价	元	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540
	数量	万度	0	0	20503	25628	25628	25628	25628	25628	25628	25628	25628	25628	25628	25628	25628	25628	25628
	进项税额	13%	0	0	943	1179	1179	1179	1179	1179	1179	1179	1179	1179	1179	1179	1179	1179	1179
2.2	水		0	0	910	1138	1138	1138.03	1138.03	1138.03	1138.03	1138.03	1138.03	1138.03	1138.03	1138.03	1138.03	1138.03	1138.03
	单价	元	7	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
	数量	万吨	0	0	1319451	1649314	1649314	1649314	1649314	1649314	1649314	1649314	1649314	1649314	1649314	1649314	1649314	1649314	1649314
	进项税额	9%	0	0	82	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
3	其他燃料动力费	万元	0	0	2206	2757	2757	2757	2757	2757	2757	2757	2757	2757	2757	2757	2757	2757	2757
	进项税额	13%	0	0	287	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358
4	外购燃料和动力费合计		0	0	22903	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628	28628
5	外购燃料和动力进项税额合计		0	0	2440	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050

附表 20-4C

[返回目录](#)

固定资产折旧费估算表

单位: 万元

序号	项目	折旧年限	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	房屋、建筑物																		
1.1	原值		0	0	47397	47397	47397	47397	47397	47397	47397	47397	47397	47397	47397	47397	47397	47397	47397
1.2	当期折旧费	15	0	0	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
1.3	净值		0	0	44332	41267	38202	35137	32072	29007	25942	22877	19812	16747	13682	10617	7552	4487	1422
2	机器设备(年限平均法折旧)																		
2.1	原值		0	0	246768	246768	246768	246768	246768	246768	246768	246768	246768	246768	246768	246768	246768	246768	246768
2.2	当期折旧费	15	0	0	15958	15958	15958	15958	15958	15958	15958	15958	15958	15958	15958	15958	15958	15958	15958
2.3	净值		0	0	230810	214852	198895	182937	166979	151022	135064	119107	103149	87191	71234	55276	39318	23361	7403
3	机器设备(年数总和法折旧)																		
3.1	原值		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2	当期折旧费	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3	净值		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	维持运营投资形成资产																		
4.1	原值																		
4.2	当期折旧费																		
4.3	净值		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	合计																		
5.1	原值		0	0	294164	294164	294164	294164	294164	294164	294164	294164	294164	294164	294164	294164	294164	294164	294164
5.2	当期折旧费		0	0	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023	19023
5.3	净值		0	0	275142	256119	237096	218074	199051	180029	161006	141983	122961	103938	84915	65893	46870	27848	8825

附表 20-4D

[返回目录](#)

无形资产与其他资产摊销估算表

单位: 万元

序号	项目	摊销年限	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	无形资产																		
1.0.1	原值		0	0	5759	5759	5759	5759	5759	5759	5759	5759	5759	5759	5759	5759	5759	5759	5759
1.0.2	当期摊销费		0	0	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	0	0	0	0	0
1.0.3	净值		0	0	5183	4607	4031	3455	2879	2303	1728	1152	576	0	0	0	0	0	0
1.1	场地使用权																		
1.1.1	原值		0	0	2877	2877	2877	2877	2877	2877	2877	2877	2877	2877	2877	2877	2877	2877	2877
1.1.2	当期摊销费	10	0	0	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	0	0	0	0	0
1.1.3	净值		0	0	2590	2302	2014	1726	1439	1151	863	575	288	0	0	0	0	0	0
1.2	工业产权及专有技术																		
1.2.1	原值		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2.2	当期摊销费	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2.3	净值		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.3	其他无形资产																		
1.3.1	原值		0	0	2881	2881	2881	2881	2881	2881	2881	2881	2881	2881	2881	2881	2881	2881	2881
1.3.2	当期摊销费	10	0	0	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	0	0	0	0	0
1.3.3	净值		0	0	2593	2305	2017	1729	1441	1152	864	576	288	0	0	0	0	0	0
2	其它资产																		
2.1	原值		0	0	633	633	633	633	633	633	633	633	633	633	633	633	633	633	633
2.2	当期摊销费	5	0	0	127	127	127	127	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	净值		0	0	506	380	253	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表 20-5

返回目录

营业收入、税金及附加估算表

单位: 万元

序号	项 目	年序 运营负荷	1 0%	2 0%	3 80%	4 100%	5 100%	6 100%	7 100%	8 100%	9 100%	10 100%	11 100%	12 100%	13 100%	14 100%	15 100%	16 100%	17 100%
1	营业收入		0	0	239660	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575
	其中: 外币收入	万美元	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1	己二酸		0	0	214513	268142	268142	268142	268142	268142	268142	268142	268142	268142	268142	268142	268142	268142	268142
	单价	元	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938	8938
	数量	吨	0	0	240000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000	300000
	销项税额	13%	0	0	27887	34858	34858	34858	34858	34858	34858	34858	34858	34858	34858	34858	34858	34858	34858
1.2	二元酸		0	0	4460	5575	5575	5575	5575	5575	5575	5575	5575	5575	5575	5575	5575	5575	5575
	单价	元	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655
	数量	吨	0	0	16800	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000
	销项税额	13%	0	0	580	725	725	725	725	725	725	725	725	725	725	725	725	725	725
1.3	环己烷		0	0	19540	24425	24425	24425	24425	24425	24425	24425	24425	24425	24425	24425	24425	24425	24425
	单价	元	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106	6106
	数量	吨	0	0	32000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000
	销项税额	13%	0	0	2540	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
1.4	轻质油		0	0	913	1142	1142	1142	1142	1142	1142	1142	1142	1142	1142	1142	1142	1142	1142
	单价	元	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655
	数量	吨	0	0	3440	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300
	销项税额	13%	0	0	119	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148
1.5	重质油		0	0	234	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292
	单价	元	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655	2655
	数量	吨	0	0	880	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
	销项税额	13%	0	0	30	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
1.6	产出F		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	单价	元	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	数量	吨	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	销项税额	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	税金及附加		0	0	0	0	401	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515
2.1	消费税	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	城市维护建设税	7%	0	0	0	0	234	884	884	884	884	884	884	884	884	884	884	884	884
2.3	教育费附加	3%	0	0	0	0	100	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379	379
2.4	地方教育费附加	2%	0	0	0	0	67	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253

增值税估算表

1	产出销项税额		0	0	31156	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945
2	运营投入进项税额		0	0	21054	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317
3	运营增值税		0	0	10102	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628
4	固定资产进项税额		16007	16007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	待抵扣固定资产进项税额		16007	32014	21912	9285	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	可抵扣固定资产进项税额		0	0	10102	12628	9285	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	实交增值税		0	0	0	0	3343	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628

附表 20-6

[返回目录](#)

利润与利润分配表

单位：万元

序号	项 目	合计	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	营业收入	4433713	0	0	239660	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575
2	税金及附加	18585	0	0	0	0	401	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515
3	总成本费用	3835474	0	0	223825	265832	264326	262747	261090	259225	257401	255488	255488	255488	254913	254913	254913	254913	254913
4	营业利润	579655	0	0	15836	33743	34848	35313	36970	38835	40659	42571	42571	42571	43147	43147	43147	43147	43147
5	补贴收入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	利润总额	579655	0	0	15836	33743	34848	35313	36970	38835	40659	42571	42571	42571	43147	43147	43147	43147	43147
7	弥补以前年度亏损	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	应纳税所得额	579655	0	0	15836	33743	34848	35313	36970	38835	40659	42571	42571	42571	43147	43147	43147	43147	43147
9	所得税	144914	0	0	3959	8436	8712	8828	9243	9709	10165	10643	10643	10643	10787	10787	10787	10787	10787
10	净利润	434741	0	0	11877	25307	26136	26485	27728	29126	30494	31929	31929	31929	32360	32360	32360	32360	32360
11	期初未分配利润				0	10689	26633	43098	59784	77252	95602	114813	95214	75616	56017	36995	17972	0	0
12	可供分配的利润	1144426	0	0	11877	35996	52768	69583	87511	106378	126096	146742	127143	107545	88378	69355	50333	32360	32360
13	提取法定盈余公积金	43474	0	0	1188	2531	2614	2648	2773	2913	3049	3193	3193	3193	3236	3236	3236	3236	3236
14	可供投资者分配的利润	1100952	0	0	10689	33466	50155	66935	84739	103466	123046	143549	123950	104352	85142	66119	47097	29124	29124
15	应付优先股股利	0																	
16	提取任意盈余公积金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	应付普通股股利	1100952	0	0	10689	33466	50155	66935	84739	103466	123046	143549	123950	104352	85142	66119	47097	29124	29124
18	投资各方利润分配	391267	0	0	0	6833	7057	7151	7486	7864	8233	48334	48334	48334	48147	48147	47097	29124	29124
	其中：甲方	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	乙方	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	丙方	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	未分配利润		0	0	10689	26633	43098	59784	77252	95602	114813	95214	75616	56017	36995	17972	0	0	0
20	息税前利润	639288	0	0	28092	44688	44287	43173	43173	43299	43299	43299	43299	43299	43875	43875	43875	43875	43875
21	息税折旧摊销前利润		0	0	47817	64413	64012	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898

附表 20-7A

返回目录

项目投资现金流量表

单位: 万元

序号	项 目	合计	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	现金流入	5042486	0	0	270816	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	370910
1.1	营业收入	4433713	0	0	239660	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575
1.2	销项税额	576383	0	0	31156	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945
1.3	补贴收入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.4	回收资产余值	8482			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8482
1.5	回收流动资金	23909			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23909
2	现金流出	4392103	160566	160566	232724	265560	265223	275622	275622	275622	275622	275622	275622	275622	275622	275622	275622	275622	275622
2.1	建设投资	321131	160566	160566	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	流动资金	23909	0	0	19827	4081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	经营成本	3484110	0	0	191843	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162
2.4	进项税额	389493	0	0	21054	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317
2.5	增值税	154875	0	0	0	0	3343	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628
2.6	营业税金及附加	18585	0	0	0	0	401	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515
2.7	维持运营投资	0																	
3	所得税前净现金流量(1-2)	650383	-160566	-160566	38092	72960	73297	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898	62898	95288
4	所得税前累计净现金流量		-160566	-160566	-283039	-210080	-136783	-73885	-10987	51911	114809	177707	240605	303503	366401	429299	492197	555095	650383
5	调整所得税	162596	0	0	7208	11357	11257	10978	10978	11010	11010	11010	11010	11010	11154	11154	11154	11154	11154
6	所得税后净现金流量(3-5)	487787	-160566	-160566	30884	61603	62040	51920	51920	51888	51888	51888	51888	51888	51744	51744	51744	51744	84135
7	所得税后累计净现金流量		-160566	-321131	-290247	-228644	-166604	-114685	-62765	-10877	41011	92900	144788	196676	248420	300164	351909	403653	487787
计算指标:																			
所得税前财务内部收益率		16.01%																	
所得税前财务净现值(Ic=12%)		69501																	
所得税前投资回收期		7.17																	
所得税后财务内部收益率		12.72%																	
所得税后财务净现值(Ic=12%)		11965																	
所得税后投资回收期		8.21																	

附表 20-7B

返回目录

项目资本金现金流量表

单位：万元

序号	项 目	合计	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	现金流入	5042830	0	0	270816	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	371254
1.1	营业收入	4433713	0	0	239660	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575
1.2	销项税额	576383	0	0	31156	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945
1.3	补贴收入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.4	回收资产余值	8825			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8825
1.5	回收流动资金	23909			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23909
2	现金流出	4608088	47379	47379	264357	312817	315613	326128	326543	327009	327465	286993	286993	286993	287137	287137	287137	287137	303873
2.1	项目资本金	101930	47379	47379	5948	1224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	长期借款本金偿还	237813	0	0	29297	30733	32239	33818	35475	37214	39037	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	流动资金借款偿还	16736			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16736
2.4	借款利息支付	59633	0	0	12257	10945	9439	7860	6203	4464	2641	728	728	728	728	728	728	728	728
2.5	经营成本	3484110	0	0	191843	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162
2.6	进项税额	389493	0	0	21054	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317
2.7	增值税	154875	0	0	0	0	3343	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628
2.8	税金及附加	18585	0	0	0	0	401	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515
2.9	所得税	144914	0	0	3959	8436	8712	8828	9243	9709	10165	10643	10643	10643	10787	10787	10787	10787	10787
2.10	维持运营投资	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.11	其他现金流出	0																	
3	净现金流量	434741	-47379	-47379	6459	25703	22907	12392	11977	11511	11055	51527	51527	51527	51383	51383	51383	51383	67381

计算指标：

资本金内部收益率(IRR)	20.9%
资本金净现值(Ic=12%)	68691

附表 20-8

借款还本付息计划表											
单位: 万元, 万美元											
序号	项 目	合计	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	借款偿还										
1.1	年初借款本息累计		0	116012	237813	208516	177783	145545	111726	76251	39037
	本金		0	113187	226374	208516	177783	145545	111726	76251	39037
	建设期利息		0	2824	11439	0	0	0	0	0	0
1.2	本年借款	226374	113187	113187	0	0	0	0	0	0	0
1.3	本年应计利息	60276	2824	8614	11653	10217	8711	7132	5475	3736	1913
	计入建设期利息	11439	2824	8614	0	0	0	0	0	0	0
	计入生产期利息	48837	0	0	11653	10217	8711	7132	5475	3736	1913
1.4	本年还本付息		0	0	40950	40950	40950	40950	40950	40950	40950
	还本	237813	0	0	29297	30733	32239	33818	35475	37214	39037
	付息	48837	0	0	11653	10217	8711	7132	5475	3736	1913
1.5	年末借款本息累计		116012	237813	208516	177783	145545	111726	76251	39037	0
2	人民币长期借款一										
2.1	年初借款本息累计	年利率	0	116012	237813	208516	177783	145545	111726	76251	39037
	本金	4.99%	0	113187	226374	208516	177783	145545	111726	76251	39037
	建设期利息		0	2824	11439	0	0	0	0	0	0
2.2	本年借款	226374	113187	113187	0	0	0	0	0	0	0
2.3	本年应计利息	60276	2824	8614	11653	10217	8711	7132	5475	3736	1913
	计入建设期利息	11439	2824	8614	0	0	0	0	0	0	0
	计入生产期利息		0	0	11653	10217	8711	7132	5475	3736	1913
2.4	本年还本付息		0	0	40950	40950	40950	40950	40950	40950	40950
	还本	237813			29297	30733	32239	33818	35475	37214	39037
	付息	48837	0	0	11653	10217	8711	7132	5475	3736	1913
2.5	年末借款本息累计		116012	237813	208516	177783	145545	111726	76251	39037	0
3	人民币长期借款二										
3.1	年初借款本息累计	年利率	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	本金	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	建设期利息		0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2	本年借款	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3	本年应计利息	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	计入建设期利息	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	计入生产期利息		0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.4	本年按约定还本付息		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	还本	0			0	0	0	0	0	0	0
	付息	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	年末借款本息累计		0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	外币长期借款										
4.1	年初借款本息累计	年利率	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	本金	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	建设期利息		0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.2	本年借款	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.3	本年应计利息	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	计入建设期利息	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	计入生产期利息		0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.4	本年按约定还本付息		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	还本	0			0	0	0	0	0	0	0
	付息	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.5	年末借款本息累计		0	0	0	0	0	0	0	0	0
计算	利息备付率		0.00	0.00	2.29	4.08	4.69	5.49	6.96	9.70	16.40
指标	偿债备付率		0.00	0.00	1.06	1.34	1.33	1.30	1.29	1.28	1.27

附表 20-9

[返回目录](#)

财务计划现金流量表

单位: 万元

序号	项 目	合计	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	经营活动净现金流量	818119	0	0	53961	68605	64585	54070	53655	53189	52733	52255	52255	52255	52111	52111	52111	52111	52111
1.1	现金流入	5010096	0	0	270816	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520	338520
1.1.1	营业收入	4433713	0	0	239660	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575	299575
1.1.2	增值税销项税额	576383	0	0	31156	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945	38945
1.1.3	补贴收入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.4	其它流入	0																	
1.2	现金流出	4191977	0	0	216855	269915	273935	284450	284865	285331	285787	286265	286265	286265	286409	286409	286409	286409	286409
1.2.1	经营成本	3484110	0	0	191843	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162	235162
1.2.2	增值税进项税额	389493	0	0	21054	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317	26317
1.2.3	税金及附加	18585	0	0	0	0	401	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515
1.2.4	增值税	154875	0	0	0	0	3343	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628	12628
1.2.5	所得税	144914	0	0	3959	8436	8712	8828	9243	9709	10165	10643	10643	10643	10787	10787	10787	10787	10787
1.2.6	其它流出	0																	
2	投资活动净现金流量	-345040	-160566	-160566	-19827	-4081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.1	现金流入	0																	
2.2	现金流出	345040	160566	160566	19827	4081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2.1	建设投资	321131	160566	160566	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2.2	维持运营投资	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2.3	流动资金	23909	0	0	19827	4081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2.4	其它流出	0																	
3	筹资活动净现金流量	-360409	160566	160566	-21726	-44430	-48735	-48829	-49165	-49542	-49911	-49062	-49062	-49062	-48875	-48875	-47825	-29852	-46588
3.1	现金流入	356479	163390	169180	19827	4081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1.1	项目资本金投入	101930	47379	47379	5948	1224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1.2	建设投资借款	237813	116012	121802	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1.3	流动资金借款	16736	0	0	13879	2857	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1.4	债券	0																	
3.1.5	短期借款	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1.6	其它流入	0																	
3.2	现金流出	716888	2824	8614	41554	48511	48735	48829	49165	49542	49911	49062	49062	49062	48875	48875	47825	29852	46588
3.2.1	各种利息支出	71072	2824	8614	12257	10945	9439	7860	6203	4464	2641	728	728	728	728	728	728	728	728
3.2.2	偿还长期债务本金	237813	0	0	29297	30733	32239	33818	35475	37214	39037	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2.3	偿还流动资金借款本金	16736			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16736
3.2.4	偿还短期借款本金	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2.5	股利分配	391267	0	0	0	6833	7057	7151	7486	7864	8233	48334	48334	48334	48147	48147	47097	29124	29124
3.2.6	其它流出	0																	
4	净现金流量	112670	0	0	12407	20094	15850	5241	4491	3647	2822	3193	3193	3193	3236	3236	4286	22259	5523
5	累计盈余资金		0	0	12407	32501	48351	53592	58083	61730	64552	67745	70937	74130	77366	80602	84889	107147	112670

附表 20-10

[返回目录](#)

资 产 负 债 表

单位: 万元

序号	项 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	资产	163390	332570	360674	369023	365148	350664	335430	319479	302702	286296	269891	253485	237698	221912	207176	210412	196912
1.1	流动资产总额	16007	32014	79844	107918	123768	129009	133499	137147	139968	143161	146354	149547	152783	156019	160306	182564	188087
1.1.1	货币资金	0	0	14082	34326	50176	55417	59908	63555	66377	69569	72762	75955	79191	82427	86714	108972	114495
	现金	0	0	1675	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825
	累计盈余资金	0	0	12407	32501	48351	53592	58083	61730	64552	67745	70937	74130	77366	80602	84889	107147	112670
1.1.2	应收账款	0	0	17741	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790	21790
1.1.3	预付账款	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.4	存货	0	0	16006	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787	19787
1.1.5	其他(含固定资产进项税额)	16007	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014
1.2	在建工程	147383	300556	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.3	固定资产净值	0	0	275142	256119	237096	218074	199051	180029	161006	141983	122961	103938	84915	65893	46870	27848	8825
1.4	无形及其他资产净值	0	0	5689	4987	4284	3582	2879	2303	1728	1152	576	0	0	0	0	0	0
2	负债及所有者权益	163390	332570	360674	369023	365148	350664	335430	319479	302702	286296	269891	253485	237698	221912	207176	210412	196912
2.1	流动负债总额	0	0	25697	42224	51508	51508	51508	51508	51508	51508	51508	51508	51508	51508	51508	51508	51508
2.1.1	短期借款	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.1.2	应付账款	0	0	15595	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494	19494
2.1.3	预收账款	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.1.4	其他(含应交税金)	0	0	10102	22730	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014	32014
2.2	长期负债总额	116012	237813	222395	194519	162281	128462	92987	55773	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	0
2.2.1	建设投资借款	116012	237813	208516	177783	145545	111726	76251	39037	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2.2	流动资金借款	0	0	13879	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	16736	0
2.3	负债小计	116012	237813	248092	236743	213789	179970	144495	107281	68244	68244	68244	68244	68244	68244	68244	68244	51508
2.4	所有者权益	47379	94757	112582	132281	151360	170694	190935	212197	234458	218052	201647	185241	169454	153668	138932	142168	145404
2.4.1	资本金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.4.2	资本公积	47379	94757	100705	101930	101930	101930	101930	101930	101930	101930	101930	101930	101930	101930	101930	101930	101930
2.4.3	累计盈余公积金	0	0	1188	3718	6332	8980	11753	14666	17715	20908	24101	27294	30530	33766	37002	40238	43474
2.4.4	累计未分配利润	0	0	10689	26633	43098	59784	77252	95602	114813	95214	75616	56017	36995	17972	0	0	0
	计算指标: 资产负债率(%)	71	72	69	64	59	51	43	34	23	24	25	27	29	31	33	32	26

附表 20-11

敏感性分析汇总表					
返回结果菜返回目录					
序号	敏感因素	变化幅度	项目财务分析指标		
			FIRR	FNPV	Pt
		基本方案	16.01%	69501	7.17
1	建设投资	15%	13.40%	27703	8.08
		10%	14.20%	41634	7.77
		5%	15.06%	55567	7.47
		-5%	17.04%	83438	6.88
		-10%	18.18%	97377	6.59
		-15%	19.43%	111318	6.31
2	产出价格	15%	27.31%	297239	5.16
		10%	23.77%	221389	5.62
		5%	20.02%	145445	6.25
		-5%	11.60%	-6586	8.64
		-10%	6.59%	-82901	11.32
		-15%	0.52%	-159595	16.70
3	原材料价格	15%	5.89%	-93356	11.87
		10%	9.57%	-38994	9.57
		5%	12.92%	15367	8.14
		-5%	18.91%	123616	6.47
		-10%	21.68%	177730	5.94
		-15%	24.33%	231844	5.53
4	负 荷	15%	19.33%	132813	6.41
		10%	18.25%	111709	6.63
		5%	17.14%	90605	6.89
		-5%	14.84%	48398	7.50
		-10%	13.63%	27281	7.88
		-15%	12.37%	6056	8.31