

平顶山三梭尼龙发展有限公司

20万吨/年尼龙6切片项目

可行性研究报告

河南省纺织建筑设计院有限公司

二〇二五年三月·郑州

平顶山三梭尼龙发展有限公司
20万吨/年尼龙6切片项目
可行性研究报告

工程编号：251201

河南省纺织建筑设计院有限公司
工程咨询资格证书：工咨甲 12020070048

二〇二五年三月·郑州

设计单位：河南省纺织建筑设计院有限公司

工程咨询资格证书：工咨甲 12020070048

工程编号：

院 长：李鹏飞

总工程师：

总 编：李鹏洲

主要编制人员：

郝立新、李鹏洲、张林玥、童继军、刘文飞

目 录

1	总论	1
1.1	概述	1
1.2	研究结论	7
2	市场分析及预测	10
2.1	市场分析	10
2.3	市场预测分析	22
2.4	市场风险分析	30
3	产品方案及生产规模	32
3.1	产品方案	32
3.2	生产规模及产品质量标准	32
4	工艺技术方案	34
4.1	工艺技术方案的选择	34
4.2	工艺流程和消耗定额	41
4.3	主要设备一览表	54
4.4	原料和切片质量控制	70
5	装置的自动控制	72
5.1	装置的自动控制水平	72
5.2	主要仪表选型原则	74
5.3	控制回路说明	77
5.4	仪表安全技术措施	78
5.5	控制室设置	78
5.6	仪表电源、气源、热源	78
5.7	标准规范	79
6	原材料及动力供应	80
6.1	主要原料的供应情况	80
6.2	原料需用量及运输情况	80
6.3	公用工程供应	80
6.4	生产工艺对原料要求	82

7	建厂条件和厂址方案	83
7.1	建厂条件	83
7.2	厂址土地现状	90
7.3	厂址选择	90
8	总图运输、储运、土建	91
8.1	总图运输	91
8.2	仓储方案	95
8.3	土建方案	95
9	公用工程方案	97
9.1	给排水	97
9.2	供配电	99
9.3	蒸汽供应	101
9.4	热媒供应	101
9.5	空氮	102
9.6	脱盐水	103
9.7	采暖、通风和空气调节	103
9.8	电信	104
10	节能	108
10.1	节能原则	108
10.2	能耗指标	108
10.3	能源利用特点及合理性	109
10.4	节能思路、节能措施、节能效果	109
10.5	清洁生产技术评价	110
10.6	结论和建议	110
11	消防	112
11.1	编制依据	112
11.2	消防措施与设施	112
12	环境保护	115
12.1	厂址的地理位置和自然条件	115
12.2	建设项目的环保状况	118

12.3	环境保护措施	121
12.4	环境保护投资估算	124
13	劳动安全卫生	125
13.1	编制依据及标准	125
13.2	工程概况	128
13.3	生产过程职业安全与有害因素分析	128
13.4	安全卫生防护主要措施	133
13.5	安全卫生监督与管理	140
13.6	劳动安全卫生专用投资估算	141
14	生产班制和人力资源管理	142
14.1	生产班制与人力资源配置	142
14.2	人员培训与安全	142
15	项目实施计划	143
15.1	项目组织管理	143
15.2	实施进度计划	143
16	项目招投标方案	145
16.1	建设项目招标范围	145
16.2	招标组织形式	145
16.3	招标方式	145
16.4	投标、开标、评标和中标程序	146
16.5	评标委员会人员组成和资质要求	146
16.6	招标基本情况表	147
17	投资估算与资金筹措	148
17.1	概述	148
17.2	编制依据	148
17.3	编制方法	148
17.4	投资估算	149
17.5	资金来源	149
18	财务评价	150
18.1	基础数据	150

18.2 财务评价	152
19 研究结论	157
19.1 综合评价及研究结论	157
19.2 建议及实施条件	157

附表

- 附表 1: 建设投资估算表。
- 附表 2: 投资使用计划与资金筹措表。
- 附表 3: 销售收入和销售税金及附加估算表
- 附表 4: 折旧及摊销估算
- 附表 5: 外购原辅材料及燃料动力费用估算表
- 附表 6: 总成本及费用估算表
- 附表 7: 项目投资现金流量表
- 附表 8: 项目资本金现金流量表
- 附表 9: 利润与利润分配表
- 附表 10: 财务计划现金流量表
- 附表 11: 资产负债表
- 附表 12: 借款还本计息计算表

附图

- 附图 1: 工艺流程框图
- 附图 2: 总平面图布置图

1 总论

1.1 概述

1.1.1 项目基本情况

项目名称：平顶山三梭尼龙发展有限公司 20 万吨/年尼龙 6 切片项目

承办单位：平顶山三梭尼龙发展有限公司 企业性质：国有企业

法人代表：李本斌

项目性质：新建企业类型：其他有限责任公司

企业法定地址：河南省平顶山尼龙新材料产业集聚区沙河二路南希望大道东

项目建设地点：河南省平顶山尼龙新材料产业集聚区沙河二路南希望大道东

1.1.2 企业概况

1.1.2.1 中国平煤神马集团

中国平煤神马集团(中国平煤神马能源化工集团有限责任公司)是一家以能源化工为主导的国有特大型企业集团，产业遍布河南、湖北、江苏、上海、陕西等 9 个省区，产品远销 30 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。

中国平煤神马集团是我国品种最全的炼焦煤、动力煤生产基地和亚洲最大的尼龙化工产品生产基地。近年来，集团坚持“以煤为主，相关多元”发展战略，构建了煤炭采选、尼龙化工、煤焦化工、煤盐化工 4 大核心产业和高新技术、物流贸易、机械装备等产业体系。煤炭产能 7000 万吨，产销量居全国前列，糖精钠、超高功率石墨电极、碳化硅精细微粉产能全国第一，尼龙 66 盐、工程塑料产能亚洲第一，工业丝、帘子布产能世界第一。

1.1.2.2 平顶山三梭尼龙发展有限公司

平顶山三梭尼龙发展有限公司成立于 2015 年 11 月，注册资金 2.2 亿元，占地 70 亩。2018 年 4 月份一期年产 7 万吨/年 PA6 切片项目开

车投产。2018年12月，尼龙科技公司注资1.5亿元，占股65.69%，成为控股股东。2019年3月，根据中国平煤神马集团公司安排，三梭尼龙发展公司与原三梭房地产公司剥离，与尼龙科技公司实现重组，开启了“己内酰胺-切片”一体化发展的进程。

为适应尼龙6产业一体化发展的新常态，结合集团尼龙6补位切入下游、推动规模扩张的发展思路，三梭尼龙发展公司拟启动20万吨/年尼龙6切片项目的建设，将使集团尼龙6产业链趋于完善，增强企业整体市场竞争力。

1.1.3 项目建设的必要性和有利条件

1.1.3.1 项目建设的必要性

1. 符合国家及河南省尼龙产业发展政策

拟建设的平顶山三梭尼龙发展有限公司20万吨/年尼龙6切片项目是在国家大力支持新材料产业发展，尼龙下游消费市场稳步增长，全球尼龙产业供需再平衡加快，特别是尼龙6及下游产品生产呈现出由发达国家向发展中国家梯度转移；河南省充分利用现有产业、技术、品牌和人才基础，努力打造国际一流的尼龙新材料产业基地发展的大趋势和背景下提出的。

项目符合国家及河南省产业发展政策与规划。本项目规划生产的差别化高品质尼龙6聚合物产品属于《产业结构调整指导目录(2011年本)》(2013年修正)(国家发展改革委第21号令)鼓励类“二十、纺织”第1项锦纶差别化、功能改性纤维所需基础原料。符合《河南省“十三五”战略性新兴产业发展规划》专栏8：先进材料产业发展重点中的尼龙6工程塑料和纤维深加工等新型功能材料。《河南省尼龙新材料产业发展行动方案》提出“优化尼龙产业布局，在平顶山高水平规划建设中国尼龙城”、“建设具有国际竞争力的尼龙新材料产业基地，将尼龙6产能迅速扩张到百万吨级”、“建设尼龙织造产业集群，开发高强度尼龙6工业丝及帘子布等，在平顶山快速形成纺织染整配套能力”、“建设尼龙工程塑料产业集群，支持骨干企业发展高品质切片，研发双向拉伸尼龙薄膜，生产特种尼龙系列产品”等主要任务。《河南省尼龙新材料产业发展三年行动计划》明确到2020年省尼龙新材料产业主

营业务收入预计将达到1000亿元，形成技术规模一流的尼龙新材料产业基地，进入全球尼龙产业第一方阵。到2035年，中国尼龙城形成全球最完整、最具竞争力的尼龙化工产业链条，年总产值达4000亿元。本项目建设是实现河南省尼龙新材料产业发展政策实施的体现，也是推动下游相关产业发展的有利保障。

2. 契合锦纶6行业发展趋势

近年来，世界尼龙6产业由欧美日向中国转移，国内市场迅速壮大，国产己内酰胺生产技术突破解决了聚合原料瓶颈问题，以尼龙6为代表的锦纶纤维已经成为中国乃至世界合成纤维第二大品种。差别化尼龙纤维、薄膜等制品及其原料属于《2016-2020年：中国化纤行业发展规划研究》行业发展重点产品，大力发展相关产业符合行业发展趋势。大型锦纶聚合装置、己内酰胺回收利用节能环保技术是“十三五”纺织工业科技进步的重点实施内容。低成本、大容量、高质量的合成纤维单体及聚合物制造仍是当前国家重点鼓励发展的行业。未来国内高品质尼龙6切片有较大的市场需求和发展前景。新建单线产能200吨/天的高品质尼龙6切片项目，符合当前锦纶行业发展规划，也符合节省投资、节约资源的可持续发展战略方针。

3. 符合平煤神马集团“尼龙化工”核心业务发展规划

我国经济目前已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，结构调整、转型升级是大趋势。平煤神马集团近年来依托现有资源和行业先入优势，利用清洁生产和低碳转化技术，打造完整的循环经济产业链，形成系统、科学的煤炭高效清洁利用产业集群，为社会持续提供绿色、丰富的煤基清洁能源产品，发展势头居行业前列。平煤神马集团公司坚持“以煤为本、相关多元”发展战略，不断优化产业结构，确立了做大做强尼龙产业，实现高质量转型发展的战略方向，尼龙化工成为集团发展的核心业务。随着尼龙6行业“己内酰胺—聚合切片—纺丝”链条一体化、产品高端化趋势的发展，本项目的建设对于集团公司加快产品结构调整，实现集团公司“大尼龙”战略，持续向产业链终端和价值链高端迈进意义重大。利用已经建设的煤化工、己内酰胺等一批项目，继续发展符合新型煤化工发展方向且产品附加值较高的项目，

巩固先发优势，具有现实意义。

4. 配套下游产业，打造尼龙产业集群的需要

根据中国平煤神马集团尼龙6产业布局，园区内锦纶科技已建成投产2万吨、拟新建4.2万吨全消光为主民用丝项目，尼龙新材(遂平)在建2.5万吨BOPA膜项目也投产在即，本项目建成后，集团产业链短板逐步补齐，上下游产品将实现匹配。集团“60万吨己内酰胺-27万吨差异化尼龙6切片-8.7万吨高端纺丝、薄膜”全产业链集群初步形成，集群效应预计增利9600万元，项目建成后，将实现集团上下游自给自足，形成园区产业链一体化配套，极大增强集团在尼龙6行业中的市场竞争力。

5. 提升尼龙产业整体经济效益的需要

2020年，在新冠疫情和中美贸易战的双重不利影响下，三梭尼龙公司实现盈利，并于2021年1-3月份实现利润234万元。对标巴斯夫、聚合顺等国内外的一流企业，本项目主要采用伊文达进口工艺技术，产品定位于差异化、高端化尼龙6切片，其中全消光、薄膜级、低粘尼龙6附加值较常规产品可高出500~1000元/吨，高粘、共聚尼龙的附加值较常规产品可高出1000~3000元/吨。

6. 打造尼龙产业领军地位的需要

目前，三梭尼龙公司的尼龙6切片，无论是产能、质量还是影响力都与神马品牌在行业内领军地位不匹配。通过对标国内外一流化工企业，坚定不移走高端化和差异化路线，补齐尼龙6行业中的短板，对神马品牌塑造至关重要，也对集团实现尼龙6和尼龙66双轮驱动的“大尼龙”战略至关重要。项目建成后，可生产注塑级、高粘、全消光、薄膜级等高附加值尼龙6及共聚尼龙，产品涉及汽车、电动车、家电用工程塑料、高端民用丝、风电、医疗等应用领域，将形成“规模种类齐全、应用领域广泛、产品定位高端、市场前景广阔”的尼龙6产业链。

7. 拉动上下游相关产业和促进协同发展

在河南省平顶山尼龙新材料产业集聚区建设尼龙6项目，将有效推动河南平顶山煤炭资源深加工和煤化工产业链有效延伸，提高技术

含量和高附加值的纤维新材料的比重，壮大平顶山材料产业规模和实力。深化发展纤维新材料产业，可有效带动当地煤炭、电力、建筑材料、机械加工、纤维纺织和包装等相关产业发展。通过纵向发展和横向配套形成大的产业集群，充分发挥产业积聚效应，逐步实现产业间的协调与稳定发展，促进河南平顶山地区经济总量规模增长。

1.1.3.2 项目建设的有利条件

1. 原料自给自足，质优价廉

集团公司30万吨/年的己内酰胺项目先期建成，因此本项目尼龙6生产所需的原料单体可完全自己自足。由于原料单体生产项目和拟建聚合项目建在同一园区，己内酰胺采用管道输送至聚合装置，运输成本显著降低。

2. 市场潜力巨大

近年来，平顶山市把“中国尼龙城”建设作为城市转型发展的重要载体，集中力量加快推进，持续推动千亿级尼龙产业基地建设。本项目建成将推动园区“己内酰胺—聚合—工程塑料/纺丝—织造—印染”等一体化完整产业链条的配套和完善，产品市场潜力巨大。

3. 技术先进、成熟可靠

本项目拟采用进口和国产先进的连续聚合技术。进口工艺技术拟采用世界上技术水平领先、商业化成熟、满足公司发展需要的工艺包。国产工艺包消化吸收了国外引进项目的先进工程技术经验，在工艺、非标设备上进行大幅优化，近年来在多个国产化项目的实际运行基础上，形成了独特的成套国产技术，可靠成熟。设备国产化高，投资大幅节省，运行成本和能、物耗显著降低，产品质量达到同行业先进水平。

4. 项目环境友好

本项目属于环境友好产业项目，采用先进的高效转化聚合技术、单体全回收回用、全厂水资源闭路循环和蒸汽压缩循环利用技术，使原材料利用率接近100%，三废产生极少，整个生产过程清洁环保。项目采用全厂DCS集中控制、现场监控信息采集系统、在线仪表和质量检测设备，实现对全厂工艺调整控制、生产过程监控和质量把控，智

能化、自动化、信息化水平显著提高。

5. 专业技术人员力量充足

建设承办方承担过同类装置的建设、运营管理，在项目建设、生产组织、运营管理方面经验丰富，其相关专业技术人才与操作工队伍力量雄厚，通过人员调配和专业技能培训能够快速掌握新项目生产技术和操作技能，保证项目顺利进行。

1.1.4 编制依据和原则

1. 项目建设遵守国家及河南省的各项政策、法规和法令，贯彻国家整体发展产业政策，符合当前国家、河南省重点鼓励发展投资方向及行业和地区的规划。严格执行国家有关法律、法规、强制性设计标准及规范，保证工程设计质量。

(1) 相关国家、河南省和化纤行业产业政策与规划：

《产业结构调整指导目录(2024年本)》(国家发展改革委令第7号)；

《河南省“十四五”战略性新兴产业和未来产业发展规划》；

《河南省尼龙新材料产业发展行动方案》(2018)；

《河南省尼龙新材料产业发展三年行动计划》(2018)；

《河南省尼龙新材料产业发展三年行动计划》(2018-2020)

《2021-2025年：中国化纤行业发展规划研究》(化纤黄皮书)。

(2) 遵守的主要国家标准、规范与规定

《化工投资项目可行性研究报告编制办法》(2012修订版)；

《国民经济行业分类》GB/T4754-2017；

《纺织工程设计防火规范》GB50565-2010；

《锦纶工厂设计规范》GB50639-2010；

《石油化工企业设计防火规范》GB50160-2008(2018版)；

《化工企业总图运输设计规范》GB50489-2009；

《合成纤维制造业(锦纶6)清洁生产评价指标体系》(2018年国家发改委、生态环境部、工信部联合颁布)。

2. 中国平煤神马集团董事长办公会议纪要“中平董办纪【2020】3号”。

3. 平顶山三梭尼龙发展有限公司 20 万吨/年尼龙 6 切片聚合项目备案证明(项目代码 2020-410422-26-03-018811)。

4. 平顶山三梭尼龙发展有限公司委托河南省纺织建筑设计院有限公司编写《20 万吨/年尼龙 6 切片聚合项目可行性研究报告》的委托书。

5. 平顶山三梭尼龙发展有限公司提供的有关基础资料。

6. 充分利用河南省平顶山尼龙新材料产业集聚区原料及配套设
施, 合理安排储运设施、生产辅助设施和生活服务性设施, 节约工程
投资, 提高经济效益。

7. 优化筛选项目技术方案, 以严谨、求实、科学的态度进行严密
细致的方案论证和比较。选择技术先进可靠、经济合理的最优化方案,
提高能源的综合利用水平, 做到节能降耗, 提高项目的经济效益和抗
风险能力。

8. 以人与环境和谐共存的发展理念为指导思想, 加强项目环境保
护措施, 搞好三废治理, 要做到“三同时”, 排污指标应符合国家和地
方标准。

9. 遵循国家可持续发展的战略要求, 认真执行国家消防法规, 重
视消防设施的建设; 认真执行安全生产及职业卫生有关法规, 关心职
工的生产安全和职业卫生防护, 保障劳动者的身体健康, 加强劳动安
全设施的设计。

10. 借鉴国内外相关行业现代化工厂的布置模式, 在保证安全、
有利生产、方便管理的前提下, 生产装置紧凑布置、集中控制和统一
管理, 以减少用地和节约投资。

1.1.5 研究范围和主要过程

本可研报告对平顶山三梭尼龙发展有限公司 20 万吨/年尼龙 6 切
片项目的总图运输、工艺技术、主要工艺设备、环境保护、节能、劳
动安全卫生、消防、经济效益等多方面进行研究。

1.2 研究结论

1.2.1 结论意见

通过对本项目的研究得出以下结论:

1. 符合国家、河南省鼓励扶持尼龙产业相关政策和平煤神马集团公司尼龙化工核心业务发展的战略要求，通过产业链延伸发展促进企业上下游一体化，实现循环经济可持续发展，带动辐射相关产业，拉动和促进协同发展。

2. 下游薄膜、工程塑料、纺丝行业需求持续增长，差异化高品质产品受到市场青睐，附加值高。针对市场波动大，中低端尼龙6产品市场竞争激烈与利润率低等风险，建议采取尼龙6上下游产业一体化、产品多元化与高端化、产业规模化的发展策略，提高本项目抗风险能力。

3. 本项目具有主原料就地取材，能源自给自足，产品市场潜力大，下游有配套，所需专业技术人员力量充足，技术成熟先进、产品质量可靠和生产工艺对环境友好等有利条件和优势。

4. 本项目财务内部收益率为8.87% (税后)，财务净现值($i_c=8\%$)为5290万元(税后)，年均所得税1967万元，以生产能力利用率表示的盈亏平衡点(BEP)为59.75%。项目有一定的财务盈利能力和抗风险能力。

综上所述，本项目产品主要面向高端差异化多元化市场，市场前景好；采用的国内外工艺技术成熟、可靠、先进，符合环保、消防、劳动安全和职业卫生要求；充分依托前期项目及园区公用设施，减少固定资产投资，社会和经济效益好，抗风险能力强。本项目可行，恳请有关部门批准，以使本项目工程设计和建设尽早实施。

1.2.2 主要技术经济指标

表 1-1

主要技术经济指标

序号	项目名称	单位	数量	备注
1	生产规模			
	尼龙6聚合	t/a	210000	
2	产品方案			
2.1	有光切片	t/a	70000	
2.2	半消光切片	t/a	70000	
2.3	全消光切片	t/a	70000	
3	年操作时间	h	8400	

4	主要原材料、燃料用量			
4.1	己内酰胺	t / a	208132	
4.2	二氧化钛	t / a	1470	
4.3	对苯二甲酸	t / a	306	
4.4	添加剂	t / a	102	
4.5	天然气	Nm ³ / a	5.04×10 ⁶	
5	主要公用工程用量			
5.1	供水			
5.1.1	脱盐水	t / a	63000	
5.1.2	循环水	万 t / a	1407	循环量
5.1.3	冷冻水	万 t / a	1155	循环量
5.1.4	新鲜水	t / a	206682	
5.2	年耗电量	万 kWh	5880	
5.3	供汽			
	蒸汽	万 t / a	11.55	
6	三废排放量			
序号	项目名称	单位	数量	备注
6.1	生产废水	t / h	15	
6.2	废气	Nm ³ / h	26000	
6.3	废固	t / a	10.620	
7	运输量			
7.1	运入量	t / a	211770	
7.2	运出量	t / a	210000	
8	总定员	人	145	
9	总占地面积	m ²	60335.6	
10	总建筑面积	m ²	62903.39	
11	单位综合能耗	kg 标煤 / t 产品	136.31	
12	项目总投资	万元	89912	
12.1	建设投资	万元	86967	
12.2	建设期财务费用	万元	2945	
12.3	流动资金	万元		
13	年销售收入	万元	254660	正常年
14	年均总成本费用	万元	244237	正常年
15	年均利润总额	万元	7869	正常年

2 市场分析及预测

2.1 市场分析

2.1.1 产品用途

PA6 也被称为尼龙 6、聚酰胺 6、锦纶 6 或单 6，是一种高分子化合物，具有良好的加工性能和广泛的应用领域，其单体为己内酰胺，通过开环聚合反应形成高分子链，进而得到 PA6 切片，PA6 切片具有优异的物理和化学性质，使其在众多行业广泛适用。目前全球工业化的稳步推进和消费者对更高性能材料需求的增加，下游对 PA6 的需求也将持续增长，PA6 被广泛应用于纺织、汽车、电子、医疗等众多领域且在不断拓展应用领域。近年来下游发展稳步提升，核心下游仍为锦纶长丝，随着近年新能源汽车及预制菜的兴起，工程塑料及 BOPA 薄膜消费量提升。

从下游消费结构来看，目前国产尼龙 6 切片主要应用在纺丝、工程塑料和薄膜等方面，其中纺丝仍旧是国内主导应用领域，占比 79%。塑料薄膜占比 21%。在尼龙 6 纺丝(锦纶 6)品种中，民用纺织品用丝市场占比 58%，工业丝帘子布占比 9%，渔网棕丝 4%，短纤 7%，BCF 占比 1%。详见图 2-1 所示。

国产尼龙 6 切片应用领域分布图

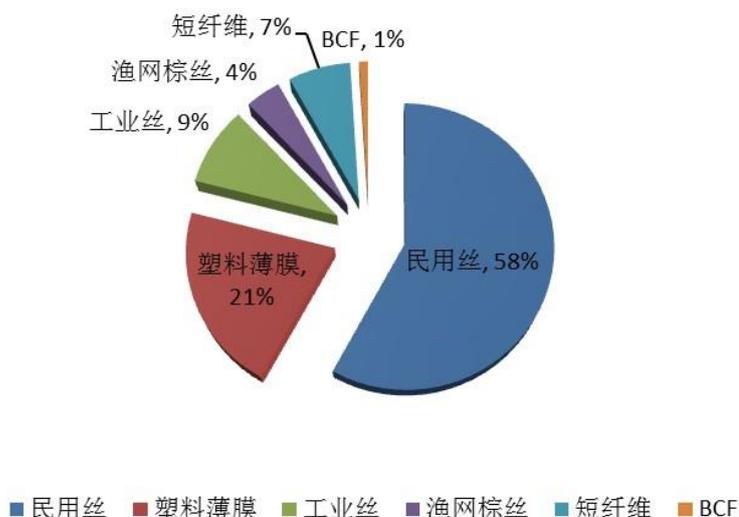


图 2-1

2.1.2 市场需求分析

2.1.2.1 尼龙6纤维需求增长

目前我国尼龙6切片的主力品种是民用长丝，而民用丝的下游主要是服装行业的织造和印染，用以生产锦纶胚布、面料等。锦纶纤维具有优异的综合性能，在耐磨性、强度、弹性回复性等方面性能突出，在民用、军用、产业用领域用途广泛。锦纶纤维密度在合成纤维中仅列于丙纶、腈纶之后，比棉花轻35%，比粘胶纤维轻25%，主要用于超轻超薄面料和轻量化复合材料。其触感温和，质感柔韧，仿棉仿真丝效果更强，是束身衣、泳衣、衬衫、内衣等贴身织物优良原料。其断裂强度为大品种合成纤维中最大，比粘胶纤维高3倍，比羊毛高3~4倍，比棉纤维高1~2倍，抗蠕变性能佳，被广泛应用于制造轮胎帘子线、绳索和特种纤维。其耐磨性极佳，是棉花的10倍，羊毛的20倍，粘胶纤维的50倍，是军服、防护服的良好原料。其具有良好的耐低温性能，在零下40℃以下时，回弹性变化不大，明显优于涤纶纤维。其吸湿性良好，回潮率4.5%，远高于涤纶的0.4%。而且，近年来受益于聚合和纺丝生产技术的进步，锦纶产品的差异化进一步提高，出现了各种高强、细旦、多孔、异形和原液着色等差别化纤维，极大满足了消费者对服饰超轻、超薄、抗紫外线等时尚性和功能性需求。

近年来，纺织服装领域最重要的趋势之一就是消费升级，具体到锦纶丝消费体现在以下三个方面：首先，随着中产阶级人群扩大和居民可支配收入的提高，我国居民的消费能力显著增强，具备了为高端面料支付溢价的购买力，消费者用于衣着的支出也逐年增加，2023年全国居民人均衣着消费支出约1479元，较5年前增长了23%。其次，追求潮流与个性的80、90后正逐渐成长为市场的主力消费群体，其消费理念与上一辈不同，追求更轻便、高端、时尚的个性化服饰，而锦纶自身的性能又非常优异，极大的满足了日益增长差异化需求。另外，作为锦纶丝主要消费场景的户外运动市场正蓬勃兴起，根据中国纺织品商业协会户外用品分会统计，2023年我国户外用品零售总额已达到271.1亿元，但和成熟市场相比，人均户外用品消费额仍然较低，尚不足欧美国家的1/4，未来户外用品市场将跨入成长期，存在巨大的提升

潜力，相应也将带动锦纶需求的大幅增长。

中国纺织品市场总需求量维持逐步扩张，锦纶市场差异化新品种不断开发拓展市场消费，国内锦纶丝产量近几年处于稳步增长中，产量从2019年的282万吨快速增长至2023年的352.8万吨，年均复合增速达到6.3%。预测2025年锦纶丝产量将从2019年的282万吨附近扩张至370万吨，增速5.2%。

综上，随着人们生活品质的不断提高，对于高吸湿排汗、抗菌、抗紫外线、阻燃等功能性和差异化产品的高端需求将会快速增长，生产高附加值的差异化、功能性尼龙已成为行业发展重点方向。受益于聚合和纺丝生产技术的进步，产品差别化率不断提高，但由于设备、技术壁垒等限制因素，国内能够大批量生产功能性、差异化尼龙6纤维的企业还很少。展望未来，在消费升级的推动下，锦纶产销量均有望实现稳步提升，而成本端瓶颈正被逐步打破，双重利好将极大激发需求，行业也将步入更为广阔的发展空间。

2.1.2.2 工程塑料和薄膜领域

2023年，我国尼龙6切片在工程塑料及薄膜领域的消费量约为108.7万吨，尼龙6切片在工程塑料和薄膜领域的消费量约占尼龙6切片总消费量的25%左右，而西欧、美国、日本等国的工程塑料及薄膜的消费占比均在50%以上，我国尼龙6切片在工程塑料和薄膜领域的应用占比远低于发达国家水平，发展前景良好、市场潜力巨大。

工程塑料因其优异的稳定性、良好的耐热和耐化学性以及高强度，应用领域广泛，需求持续快速增长。工程塑料的主要用途之一是替代金属在各种终端行业中的应用。特别是日益严格的环保法规要求汽车减少排放量和提高燃油经济性，工程塑料正大量应用于汽车和运输行业。此外，工程塑料还广泛应用于消费及家电产品、电气及电子产品、工业机械、包装以及医疗、建筑等行业。

从我国工程塑料下游消费结构来看，电子电气和汽车行业是其下游需求的最大市场。2005年电子电气和汽车行业对工程塑料的需求比例分别为29%和10.2%，合计占约40%的需求量；2011年分别为27.8%和20.5%，合计占48.3%；2015年分别为26%和24%，合计

占总需求量的 50%左右；电子电气和汽车行业对工程塑料的需求量呈上升趋势。随着我国汽车、电子电气和建筑等行业迅速发展，当前我国已成为全球工程塑料需求增长最快的国家。

塑料及其复合材料是最重要的汽车轻质材料，它不仅可减轻零部件约 40%的质量，而且还可以使采购成本降低 40%左右，因此近年来塑料在汽车中的用量迅速上升。20 世纪 90 年代，发达国家汽车平均用塑料量是 100~130kg/辆，占整车整备质量的 7%~10%；到 2020 年，达到 300kg/辆以上，占整车整备质量的 20%；预计到 2030 年，发达国家汽车平均用塑料量将达到 500kg/辆以上，约占整车用料的 1/3 以上。随着新能源汽车的广泛使用，未来汽车的车顶、车门、座椅部件、轮毂以及汽车周边结构件，甚至车身都有可能改用工程塑料。国外一些高端车型的车门等一些部件已始改用工程塑料了。在汽车行业中，目前聚酰胺材料主要应用于动力、底盘零部件及结构件，约占整车塑料的 20%。目前国内车用工程塑料用量约为 120kg/辆，与发达国家相差甚远。随着经济发展和人们消费水平的不断提高，汽车行业快速发展，产品技术不断创新升级，轻量化、环保型、智能型汽车将逐渐成为未来发展趋势，车用工程塑料的未来市场前景较好。

高性能膜级尼龙切片是生产 BOPA 薄膜的原料。BOPA 薄膜具有优良的阻隔性、透明性、柔软性、耐磨性、耐穿刺性，适合用于夹芯材料及表面对版印花，广泛应用在蒸煮食品、冷冻食品、医药、海产品及电子产品的包装上。随着经济的发展及人们生活水平的提高，对食品包装和安全要求越来越高，BOPA 薄膜的需求量将会持续增加，高品质、差异化、高速宽线产品是今后发展的方向。

表 2-1

双向拉伸膜(BOPA)应用范围

应用范围	实例	复合结构举例
蒸煮食品包装	汉堡、米饭、液体汤料、豆浆、烧鸡等	BOPA/EVA、BOPA/PP
冷冻食品包装	海鲜、火腿、香肠、肉丸、蔬菜等	BOPA/PE
普通食品包装	精米、鱼干、牛肉干、辣椒油、榨菜等	BOPA/PE
化工产品、医药用品包装	化妆品、洗涤剂、香波、吸气剂、注射管、尿袋等	PET/AL/BOPA/PE、BOPA/AL/PE
机械、电子产品等包装	电器元件、集成电路板等	金属化膜、涂布 K-BOPA、金银线耐热分离膜等

我国尼龙6切片在工程塑料和薄膜领域的消费量约占尼龙6切片总消费量的21%左右，应用占比远低于发达国家水平。我国己内酰胺产量与质量已能满足高端工程塑料和薄膜领域产品质量要求。随着我国医药、电子电气、汽车和轨道交通等行业的不断发展，未来工程塑料和薄膜领域将是拉动尼龙6需求的一个重要增长点。

2.1.3 尼龙6切片行业运行现状

2020-2024年，PA6价格先涨后跌再涨的趋势。从产业链产品来看，利润多集中于上游纯苯，中间环己酮与己内酰胺环节盈利能力偏弱，PA6及下游锦纶长丝等产品需求改善，盈利小幅增长。

2020-2024年PA6进入高速扩能周期，2020-2023年新增产能较平稳，产能增速为10%以下，进入2024年，PA6产能增速较快，新增产能194万吨，产能增速达到25%，PA6扩能速度逐渐快于下游消费增速，目前供需结构在周期内从大部分时间保持了相对紧平衡，四季度预期逐步宽松。产业链上游品种价格涨幅均快于下游产品价格涨幅，但利润却呈现不同的上涨和下降，主要因为上游纯苯价格涨幅明显，挤压下游利润空间。在2020、2022年中PA6常规纺切片依旧呈现亏损状态，因成本端价格偏高及下游需求影响，使PA6整体利润在成本线附近震荡。而在2021和2023年中PA6常规纺切片亏损明显，2021年中因下游采购谨慎使市场交易氛围弱势，且原料己内酰胺价格偏高甚至部分时间出现倒挂，2023年中在下游需求不及预期影响下，PA6工厂出货受阻而将切片出厂价格下调以促成交，“金九”到来使市场交易氛围提升，PA6价格上涨且开始盈利，但行业2023年整体利润处于亏损状态。2024年开始，PA6快速发展，但上游己内酰胺及下游锦纶纤维、工程塑料等行业产能增速不及PA6产能增速，行业竞争突显，上半年受下游需求偏好带动PA6价格上涨，利润也扭亏为盈，但下半年，亦受供需利空影响，PA6价格延续下跌，但上游纯苯、己内酰胺价格下滑使成本压力减小，PA6与己内酰胺保持一定价差，利润震荡运行，利润大部分时间维持在成本线上方。

2020-2024周期，PA6及下游品种生产规模快速扩大，原料产品增速快于下游增速，行业逐渐向供大于求过度，净进口量缩减。环己酮

在 2024 产能较 2020 产能相比增加了 66%，成为产业链内增速最快的品种，锦纶丝产能增幅仅 22%。己内酰胺和 PA6 切片 2024 产能较 2020 产能相比增加了 65% 和 54%，2024 年国内己内酰胺计划投产达 134 万吨，同比增速约 23%。2024 年 PA6 计划投产 194 万吨，从目前的企业投产规划来看 2024-2026 年产能增速或将达峰，随着国内原料端供应的不断增长，企业下游产品消费拓展积极性提升。下游需求差异化成为锦纶行业发展方向。随着消费者生活品质不断提高，对于吸湿排汗、抗菌、抗紫外线等功能性及差异性的高端锦纶 6 需求快速增长。净进口量方面，PA6 五年内净进口减少 347%，是产业链内进口减量最多的品种，反映了其国内供应量放大，上下游品种进口量出现了不同程度的减少，国内供应趋向饱和。

PA6 行业目前景气值较好，然而行业进入装置较多，大部分属于原有装置的扩能，行业新进入生产企业逐渐增多。究其原因主要市场需求的增长以及行业竞争加剧部分企业提高市场份额，考虑到聚合企业的综合盈利及资金占用规模，目前具备较好的新进入吸引力。

2024 年是 PA6 产能集中释放的一年，PA6 与下游供需关系维持紧紧平稳状态，上半年下游订单偏好，需求稳健带动 PA6 市场价格上涨，下半年随着部分聚合新产能的投放，PA6 聚合供应充足，但下游需求增速不及 PA6 产能增速，PA6 切片价格下半年开始一跌下跌突破年内低位，且下跌至近四年来低点。上半年市场受成本及需求支撑 PA6 价格，4-6 月份下游积极备货使聚合工厂库存阶段性处于预售状态。下半年市场供需矛盾突出，传统淡季下游订单不足，但传统旺季并未明显到来，下游订单无明显好转维持平平，致使对 PA6 切片需求一般，旺季并未带动 PA6 价格上涨，主因仍是下游需求不及预期加之聚合产能集中释放供应增加。致使 2024 年 PA6 价格涨后延续下跌。

2024 年中，PA6 价格涨幅为 3%，上游己内酰胺与下游锦纶纤维与 PA6 涨幅较为接近，己内酰胺涨幅在 2%，锦纶纤维涨幅在 3%。PA6 涨幅较快的原因在于上半年下游需求提升带动市场成交，市场供不应求，部分聚合工厂预收订单较多支撑 PA6 价格，致使 PA6 价格上涨较为明显。

2.1.3.1 2020-2024年PA6价格与基本面数据联动分析

从长周期相关性上来看，2020-2024年原料己内酰胺是PA6价格波动的重要影响因素，但供需面的变动对PA6价格影响也较大，受基本面引导的相关性上升。

2020-2024年度PA6价格与主要驱动因素影响图(元/吨)



图 2-2

在 2020-2024 年，PA6 与己内酰胺保持了高度的相关性，与己内酰胺价格相关性达到了 0.96。但期间也因供需关系，致使 PA6 价格与己内酰胺价格呈现弱相关性。

表 2-2 2020-2024 年 PA6 价格与基本面相关性

价格与基本面相关性	2020-2022 年	2023 年	2024 年
价格与库存	-0.19	-0.20	-0.22
价格与产能利用率	-0.10	0.58	-0.51
价格与原料价格	0.98	0.93	0.96

2020-2024 年己内酰胺-PA6 价格相关性呈下降后上升趋势，主因在于 PA6 受市场基本面数据影响，造成 PA6 与己内酰胺的价格相关性小幅下降。2020 年 2-3 季度，消费表现抑制价格反弹。受公共卫生事件影响消费偏弱，影响使切片价格继续下跌，且跌至近几年最低水平，后续国内外疫情有所控制，市场整体价格开始回暖。2021 年中，供应的变量加速了价格上涨。美国调油需求叠加欧洲装置非计划停车，拉动亚洲价格上涨，通过进口价格传导至中国市场，2021 年中 PA6 受原油、纯苯、己内酰胺价格上涨整体呈现上涨趋势，且价格逐渐上涨至 2018 年价格。2022 年下半年中纯苯价格大幅下调，己内酰胺价格跟随

回落，加之聚合有新增产能投放市场，使 PA6 切片市场竞争激烈价格开始呈现下降趋势。2023 年下半年，需求量的变化引发了价格的上涨。8 月中下旬，旺季临近市场心态好转下游对切片采购增加，甚至部分聚合出现预售，且 9 月份山东某聚合一体化化工厂意外停车带动切片价格呈现大幅上涨。2024 年 6 月开始，供应与需求量的变化引发价格的下降。供应量的增加抑制了价格继续上行，且下游订单一般，采购趋于谨慎，聚合生产企业降价出货，加之有新聚合装置的投产供应增加，致使价格一路下跌至近三年的低位。

2.1.3.2 2020-2024 年 PA6 成本及利润趋势分析

2020-2024 年 PA6 成本及利润趋势对比发现，成本趋势表现偏强，利润趋势表现偏弱，且伴随近年产能快速扩张，供需格局变化导致的产品行情显弱成为抑制盈利走势的关键，进而使得 PA6 长周期维持负值运行，直至 2024 年，PA6 产能受下游需求带动价格上涨明显，成本表现偏弱，PA6 整体盈利尚可。

表 2-3 2020-2024 年 PA6 聚合工艺成本利润与价格对比表

项目	2020 年	2024 年	涨跌值	涨跌幅	2020-2024 均值
PA6 价格(元/吨)	10953	13800	2847	26% ↑	13286
聚合成本(元/吨)	10899	13360	2461	23% ↑	13387
利润	-11	247	258	2345% ↑	-74

2020-2024 年 PA6 利润可见，聚合成本与价格均呈现上涨态势，尤其三大主流工艺成本宽幅上涨，PA6 成本上涨速度慢于 PA6 价格上涨速度，2024 年 PA6 成本均值较 2020 年成本均值上涨 23%，近五年成本均值在 13387 元/吨。2024 年 PA6 利润上涨较为明显，为近五年来年均盈利最好水平，较比 2020 年盈利均值上涨 2345%，近五年盈利均值在 -74 元/吨。

2024 年整体走势来看，PA6 成本与价格相关性较高。PA6 价格的最大影响点在于己内酰胺价格的波动，因己内酰胺为 PA6 的直接上游原料，己内酰胺的价格、产能利用率、产量等直接影响 PA6 价格，在 2024 年，因 PA6 与己内酰胺保持一定的价差，使得切片利润整体较往年有提升，从亏损转向为盈利状态。

2020-2024年PA6成本走势表现偏强，且成本年均值从高于PA6价格逐渐低于PA6价格。PA6聚合成本，五年年均成本13312元/吨，影响PA6成本波动的关键因素，依旧在于原料己内酰胺的价格波动，成本逐渐由强走弱，PA6由亏损逐渐走向盈利，影响PA6成本波动的因素不仅在于原油及纯苯的价格波动，同时受国内供应链及国内需求影响。

2020-2023年，国内PA6利润基本处于亏损，利润在成本线附近震荡，PA6利润最高在544元/吨高点。随着PA6及下游产能的持续扩张，供应与需求双提升，自2024年开始，PA6进入盈利时代。

2024年PA6聚合工艺生产利润年平均处于盈利态势。年均盈利水平为247元/吨，同比去年提升193%，主要因为市场需求偏好带动切片价格上涨，且己内酰胺现货价格与切片价格保持一定价差，使得PA6大部分时间呈现盈利的状态。

2024年度PA6价格与利润对比图(元/吨)



图 2-3

2024年PA6聚合工艺年均利润处于盈利状态。2024年PA6原料己内酰胺年均价及PA6年均价较去年均上涨，虽从6月份开始，受下游需求不及预期及新聚合装置投产影响，切片价格一路下跌至近三年最低价格，但PA6与己内酰胺价差尚可使得PA6利润较好。PA6利润近五年一直处于亏损态，主要受制于原料己内酰胺及下游需求有限影响价

格，PA6 价格在成本线附近震荡。

2024 年 PA6 产量为 634 万吨，同比上涨 29%。PA6 切片原料为己内酰胺，国内 PA6 装置多集中分布在华东地区，且产业链上下游配套逐步发展，国内己内酰胺-PA6 一体化配套率为 50%左右，因 PA6 装置生产流程短，产品较为单一，因此经济性是决定己内酰胺及 PA6 装置开停工的主要因素之一。2024 年来看，当 4 月、10 月 PA6 盈利较好时，会在次月产量中得到正反馈，但因 PA6 下半年新增产能较多，较量明显提升，但 PA6 与己内酰胺价差尚可，使得切片利润整体较好，但随着产能增加利润较好时 PA6 企业减产概率小，供需矛盾显现，PA6 产量环比上涨，PA6 逐步亏损。

2.1.3.3 2024 年国内 PA6 主流产销区域供需平衡分析

国内 PA6 与下游产品区域供需发展相对平衡，下游品种消费集中于华东区域，PA6 为消费导向型产品，根据不同时间段下游消费的不同，中国 PA6 行业形成了以生产区域向全国延伸，华东区域为主产销区域。

2024 年 PA6 分区域的供需结构具体表现为华东地区供应较大为主要货源流通地区，其中福建和江苏两省尤为突出。我国 PA6 生产企业多分布在华东地区，主要是因为华东地区是上游原料己内酰胺装置主要生产区域，PA6 生产企业多集中在江苏、浙江、福建等沿海地区交通便利且有各国班列，是日韩、东南亚国家、中亚乃至欧洲贸易的中转站。中国 PA6 主要消费区域在华东区域，PA6 下游生产企业分布多集中在华东地区，华东地区有产业集群优势，江苏、浙江等地拥有众多的纺织企业、工程塑料加工企业以及电子电器制造企业，这些企业对 PA6 的需求巨大，以及便捷的物流条件，且是大型港口所在地。但 PA6 生产企业较多，且进口集中在华东地区，华东地区供需值存一定差值。华北、华中、华南区域供需差值较小存一定缺口。

2024 年中国 PA6 贸易基本呈现全国流向格局。华东区域依旧是国内最活跃，净流入、流出量最大的区域，华东地区的部分 PA6 会向流入内地华中及华南、华北地区，华南地区的富余 PA6 会运向福建周边地区满足当地需求，山东地区用铁路运抵广东地区。

2.1.3.4 2024年国内PA6库存与价格联动分析

PA6库存指中国PA6生产企业理论库存，其库存量变化直观的体现国内现货可流通量的积累与消费，是体现价格涨跌预期的前瞻性指标。2024年国内聚合工厂库存小于2023年，全年平均库存量接近产销平衡。

近年来，随着PA6供应能力的快速提高，PA6运输量也随之增长，PA6生产企业库存指全国PA6生产企业库存，其库存量变化直观的体现国内现货可流通量的积累与消费，是体现价格涨跌预期的前瞻性指标。2024年国内PA6需求量强于2019-2023年，生产企业库存全年处于低位状态。

2024年PA6常规纺切片企业库存周均值1天，较2023年相比减少5天，下降83%。2024年下游需求好转带动市场交易氛围，且新聚合装置的投产使市场竞争压力较大，PA6工厂积极去库，使2024年周均库存少于2023年。

2024年PA6库存低位运行的主要原因是上半年旺季提振市场，下游需求偏好供不应求，后期淡季来临，加之PA6聚合新装置的逐步投产，市场供应增加，下游逐渐谨慎，在7月库存上涨，PA6聚合工厂库存承压，以降价来减少库存，致使库存整体处于低位。

2.1.3.5 2020-2024年国内PA6产能趋势分析

2020-2024年中国PA6产能快速发展，民营企业是这一阶段的新增主力，新建产能集中于华东区域，行业集中度提升。生产企业不断寻求向上、下游延伸以形成产业链配套以提升自身的竞争优势。

2020-2024年，中国PA6新增产能趋向大中型化，工艺为己内酰胺开环聚合。2020-2024年国内PA6产能快速发展，新建产能集中于华东区域，行业集中度提升，生产企业逐渐向上下游一体化配套延伸，形成产业链配套以提升自身的竞争优势。在2020-2023年产能依旧处于增加状态，但新聚合装置投放显谨慎，投产管线大多为大型管线，市场竞争逐渐激烈的情况下，使产能增加逐渐放缓。在2024年PA6进入扩能高速发展期，2024年PA6新建产能194万吨/年，占当年总产能的24%，年产能增速达到31%。

表 2-4 2024 年中国 PA6 新增产能统计

地区	企业名称	产能(万吨)	工艺	投产时间
华东	无锡市长安高分子材料厂有限公司	7	己内酰胺开环聚合	4月
华东	长乐恒申合纤科技有限公司	21	己内酰胺开环聚合	4月
华东	鲁西化工集团股份有限公司	30	己内酰胺开环聚合	6-8月
华中	平顶山其正新材料有限公司	5	己内酰胺开环聚合	7月
华东	嘉华再生尼龙(江苏)有限公司	10	己内酰胺开环聚合	9-11月
华中	湖北三宁化工股份有限公司	35	己内酰胺开环聚合	9-11月
华中	湖南岳化新材料股份有限公司	30	己内酰胺开环聚合	11-12月
华东	山东聚合顺鲁化新材料有限公司	21	己内酰胺开环聚合	10-11月
华中	河南神马尼龙新材有限责任公司	21	己内酰胺开环聚合	11-12月
华东	江苏弘盛新材料股份有限公司	7	己内酰胺开环聚合	12月
华中	常德聚合顺新材料有限公司	7	己内酰胺开环聚合	12月
总计		194		

2024 年全年产量均高于 2023 年，2024 年月产量与 2023 年同月相比均有显著增长。造成产量增长的原因在于 PA6 利润较好以及新增产能释放、下游需求稳定提升等原因。2024 年与 2023 年产能变动趋势与变化幅度存差异，产量及产能利用率整体高于 2023 年水平。在 2024 年二季度末中鲁西化工 30 吨聚合装置投产，致使在次月中体现产量。2024 年下半年产能利用率高于上半年，新增产能较多下下游偏谨慎，但切片与己内酰胺保持一定价差，利润空间尚可，使得产能利用率仍居高位。

2.1.3.6 2020-2024 年国内 PA6 行业自给率分析

2020-2024 年，中国 PA6 国产自给率始终高位徘徊。我国是全球最大的 PA6 生产国与消费国，近五年来国内 PA6 供应充足，进口逐年减少。

2020-2024 年，国内产能逐年释放，产量稳定增长，进口量呈现缩减态势，进口量由 2020 年的 29 万吨减少至 2024 年的 19 万吨。2024 年 PA6 新产能集中释放，产量达到 641 万吨，产量远远超过进口量，国内自给率继续提高。就五年数据看来，中国 PA6 逐渐由供不应求向供过于求转变，且随着未来产能的继续增长，预计未来 PA6 自给率将继续升高。

2024年中国PA6进口总量为18万吨，较2023年下降19%。国内进口量减少的原因在于国内产能的扩张及技术进步、国际贸易环境及下游需求多方面原因。2024年上半年国内需求偏好，部分高端下游仍需使用进口切片来满足需求，上半年进口量整体偏高，仅在春节假期期间，下游停工放假，使切片进口量减少；2024年下半年，随着国内产能的快速增长，加之下游订单一般需求不及预期，国内切片可满足下游实际消费需求，使进口量减少。

2.2 市场预测分析

国内PA6市场影响因素来自于多方面，宏观经济、行业政策及本产品市场基本面影响等，分析未来五年的供需因素，预计对价格有着偏空的影响，以及产业链产品供需上的错配，使得产业链间的价格及利润发生一定变化，预计未来五年PA6价格或有回落空间，产业链利润较2024年相比或减少。

2.2.1 2025-2029年国内PA6供需平衡预测

结合PA6投产计划及下游消费预期分析，预计2025-2029年PA6消费增速超过供应增速，预计2025-2029周期内PA6供应缺口或增大，但行业或向宽松状态靠近。2025-2029周期，随着PA6产能的释放及下游需求的增长，PA6价格或有回落。

2024-2029年度中国PA6供需平衡预测图(万吨)

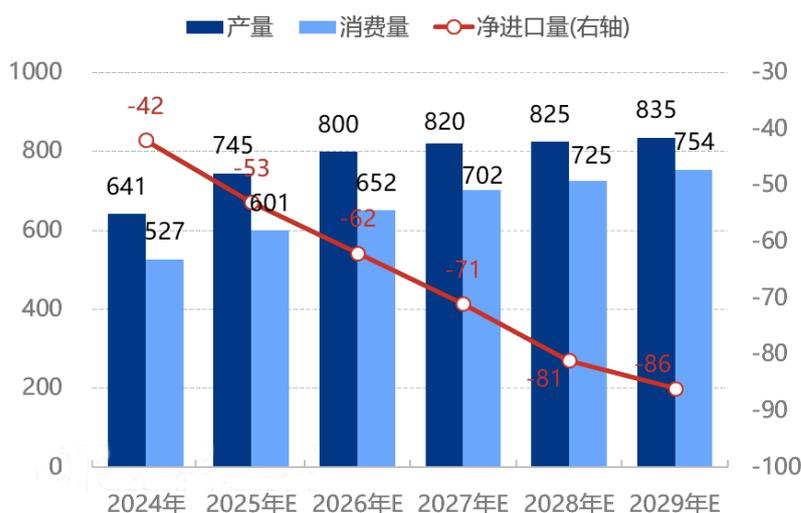


图 2-4

2025-2029年，国内PA6理论供需缺口预计呈现下降趋势。结合上下游投产计划来看，2025年PA6供应与下游消费均增长，但消费增速不及供应增速，供需或处于偏宽松状态。2026年及以后，PA6供应增速放缓，但下游需求稳步提升，PA6行业供应宽松态势或缩小。预计至2029年，国内PA6产量有望增至835万吨，较2024年相比增加194万吨，下游消费量有望增至754万吨，较2024年增量227万吨。消费量增量较产量增量少81万吨，PA6净进口量预期下降至86万吨。

2025-2029年间，国内PA6计划有234万吨/年装置投产，预计未来五年下游新产能逐步释放，对PA6当量消费量有望增加754万吨，下游投产力度小于PA6，预售未来投产的产量及消费量增量和已有的供需格局分析，加之未进入投产计划但潜在存在的下游装置对PA6的消费增量，预计未来PA6供应增加量大于理论值，下游消费量增量小于理论值，供应仍处偏宽松状态。

2.2.2 2025年国内PA6现货价格及利润趋势预测

成本方面：2025-2029年己内酰胺价格呈“M”型走势，2025年己内酰胺价格从宏观、价格周期、原料、下游、季节性波动等特点分析，预计整体价格趋势先涨后跌，波动于10000~14000元/吨区间，均价或在12650元/吨附近。供需平衡方面：2025年PA6扩能逐渐放缓，PA6高速扩能期集中在2024年，从2025年开始扩能速度减慢，投产力度较前期下降。2025年预计下游行业市场运行基本先增长后稳定，因此未来PA6国内供应受下游需求影响增长放缓，进口量逐渐下降。预计PA6产业链一体化程度预计进一步提高，未来行业竞争的风险也将进一步向单产品生产企业转移。行业周期方面：预计2025年PA6行业将会步入生命周期的成熟期。虽市场供需仍在保持增长，但增长率较2020-2024周期下降，且PA6上下游企业一体化程度提升。产业链利润方面：预计2025年PA6产业链除供需结构逐渐偏宽松，受供应影响预计价格承压，利润有限。上游己内酰胺利润持续亏损，下游锦纶长丝及PA6在2024年迎来转机，利润扭亏为盈。随着PA6其他下游品种供应端的进一步扩大，结合终端未来五年有望改善，预计PA6其他下游行业利润表现有望提升。PA6供应压力分割部分利润，但上游己内酰胺

长期亏损严重，产业链利润或向原料转移。

2025-2029 年华东地区 PA6 年均价格预测趋势图(元/吨)

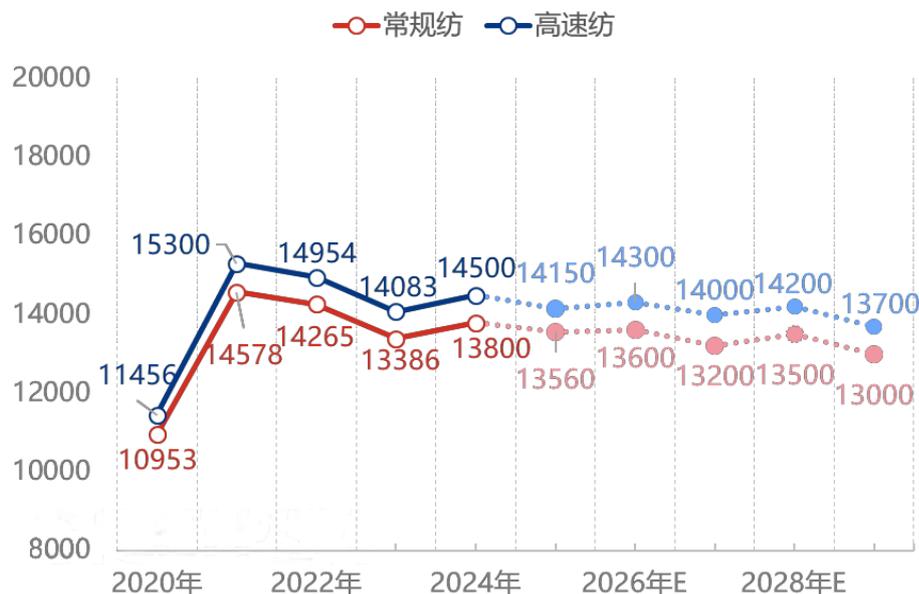


图 2-5

结合宏观、行业周期、供需平衡及成本等其他因素分析，2025-2029 年 PA6 价格预计整体趋势呈现先弱后小幅反弹后下跌。预计 2025-2029 年 PA6 华东市场常规纺切片年均价分别为 13560 元/吨、13600 元/吨、13200 元/吨、13500 元/吨、13000 元/吨。主要是 2025 年 PA6 新产能仍继续释放，且产能增量较大，行业竞争激烈，难支撑切片价格，2026 年有望进入下游需求释放期，或带动价格反弹。

2.2.3 2025 年行业驱动因素对 PA6 市场的影响分析

2025 年 PA6 受行业驱动因素的深刻影响，行业驱动因素表现在宏观、终端行业、行业政策等，且这些行业驱动因素也存在着周期性变动规律。

2.2.3.1 2025 年宏观经济及终端行业对 PA6 市场的影响

美林投资时钟中的经济周期指通胀 (CPI) 与增长 (GDP) 的组合，根据经济增长与通胀组合的变化，可以把经济周期划分为四个阶段：衰退阶段 (二者同时下降)；复苏阶段 (增长上升，通胀下降)；通胀阶段 (二者同时上升)；滞胀阶段 (增长下降，通胀上升)。

经济增长、通胀与资产表现轮动图

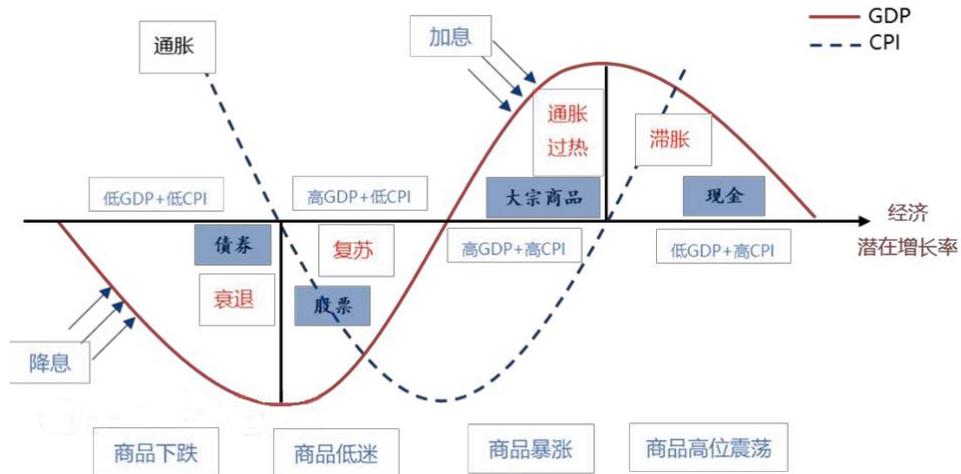


图 2-6

2009 年至今中国不变价 GDP 的历史数据在剔除疫情期间异常变动数值后，中国不变价 GDP 同比增速走势趋缓，2024 年 GDP 增长预期目标为 5% 左右，2024 年三季度末，中国不变价 GDP 同比为 4.6%，指标波动幅度有限，整体维持在预期目标附近，就业、物价运行总体平稳。一般认为，CPI 增速超过 3% 为较高的通胀水平，2024 年 1-9 月，CPI 同比平均增速为 0.25%，9 月份最新数据显示 CPI 同比增速为 0.4%。综上判断，我国经济目前处于衰退向复苏过渡阶段。

2.2.3.2 宏观周期驱动分析

2024 年 1-9 月，中国制造业 PMI 除 3、4 月份在扩张区间外，其余月份均在收缩区间波动，行业景气度小幅回落，10 月，中国制造业 PMI 为 50.1，重回景气区间。此外，2023 年开始，中国制造业 PMI 长期趋势整体呈偏强震荡走势，我国未来经济景气度或将缓慢回升。

大宗商品价格指数与制造业 PMI 长期趋势走势图



图 2-7

由上图可知，制造业 PMI 长期趋势经历了 3 个变化周期，制造业 PMI 长期趋势与大宗商品价格指数的波动规律基本一致，两者的周期性变动方向趋同。目前，制造业 PMI 处于第 4 周期，有上行趋势但斜率较低；根据制造业 PMI 周期性变化规律，一个周期大概需要 2-5 年时间(第二周期历时略长)，截至目前，制造业 PMI 第 4 周期已历时 3 年，预计 2025 年制造业 PMI 长期趋势或将进入上涨阶段。从各周期趋势变化的拐点阶段来看，制造业 PMI 较大宗商品价格指数先行 3-6 个月，由此规律，可辅助预判大宗商品未来中长期趋势，根据第 4 周期制造业 PMI 长期趋势推断，大宗商品价格指数或在 2025 年下半年小幅上涨。

“PPI-CPI 剪刀差”反映了生产者和消费者价格变动的差异，周期扩张和收缩的核心驱动因素为供需平衡关系以及货币政策是否宽松。观察周期轮动情况，可以发现 PPI-CPI 同比剪刀差周期性规律与 PMI 走势规律基本类同，由二元 logistic 回归模型检测结果可知，基础数据条件下，在 PPI-CPI 同比剪刀差涨跌变化的同一时间点，大宗商品价格指数同比随之同向变化的概率为 94.5%。由图中可见，大宗商品同比变化幅度与 PPI-CPI 同比剪刀差整体保持一致，两者相关系数在 0.9 以上；从历史低点看，大宗商品价格指数同比 2023 年 6 月已触及第 4 周期的历史低点，未来继续深跌的概率有限，预计 2025 年大宗商品价格指数同比跌幅或呈收窄趋势。

2.2.3.3 行业周期轮动分析

与宏观周期相对应，大宗商品亦存在周期性变动规律。

大宗商品价格指数、化工价格指数、炼油价格指数走势图



图 2-8

如上图，化工行业、炼油行业及大宗商品轮动周期基本保持一致，2008年至2022年共经历了三个周期：第一个周期为2008年中-2011年中，第二个周期为2011年中-2018年底，第三个周期为2018年底至2022年中。由前图可见，大宗商品价格指数拐点滞后于宏观周期拐点，因此，与其波动规律一致的化工及炼油行业拐点出现时间同样滞后于宏观周期。目前，大宗商品处于第4周期，结合宏观周期及大宗商品自身周期变动规律，预计2025年上半年大宗商品价格指数、化工价格指数、炼油价格指数下行空间有限，2025年下半年大宗商品或进入上涨阶段。

大宗商品价格指数、化工价格指数、炼油价格指数同比走势图



图 2-9

历史低点看，化工及炼油价格指数在维持在 50~60 区间内，在第 4 周期内，截至 2024 年 10 月，化工价格指数报 77.62，炼油价格指数报 104.05，目前化工及炼油价格指数同比跌幅在 2023 年中已触底，因此，未来化工及炼油价格指数同比或将呈上涨趋势。综上，2025 年，随着经济向复苏阶段过渡，制造业 PMI 长期趋势或进入上涨阶段，大宗商品价格指数或呈先跌后涨走势。

2.2.3.4 2025 年宏观经济及终端行业对 PA6 市场的影响

基于宏观、价格周期、原料、下游、季节性波动等特点综合分析，预计 2025 年 PA6 整体趋势是大致呈现“M”型走势，价格先涨后跌再涨再跌，波动于 12000~14000 元/吨区间，均价或在 13000 元/吨附近。

2025年中国PA6月度价格与驱动因素联动关系趋势图(元/吨)



图 2-10

预计 2025 年，供需因素以及由供需错配造成的剧烈库存变化会成为上半年的主要影响要素，进入下半年后，随着供需矛盾的缓和，原料成为带动价格走势的核心影响因素。

2.2.3.5 2025 年国内 PA6 行业政策对 PA6 市场的影响

预计 2025 年，PA6 受成本、供需关系、企业库存带来的影响较大，且受上游纯苯、己内酰胺等带来的宏观政策影响。

1-5 月为第 1 阶段，影响价格的主导要素是 2025 年春节期间下游的备货，加之节后复工带来的消费增加，叠加聚合工厂的预售订单，有助于 PA6 价格延续上行。6-7 月为第 2 阶段，主导要素是终端消费淡季国内供需错配加剧，阶段内下游消费能力减弱，出口方面或因受海运费及国外需求同处淡季影响出口量，因此第二阶段国内供需趋向宽松，国内价格预期下跌。8-10 月为第 3 阶段，主导要素是终端传统旺季带来的需求消费。下游或在传统旺季到来之前择低备货，去年情形来看，随意人们消费降级，传统旺季并不明显，但部分下游生产企业仍会选择备库或将带动切片价格的上行。11-12 月为第 4 阶段，成本和库存或是成为决定价格的核心要素。上下游企业投产及检修减少，行业供需相对平稳，PA6 库存受下游消费能力而变化，库存也是影响市场价格的主要因素之一。因此在供需要素相对平衡的 4 阶段，原料的下跌预期和和库存或成为市场价格的主要指引方向。

2.2.4 2025 年国内 PA6 供需再平衡对货源贸易流向的影响分析

2025 年，国内 PA6 供应、需求增长预计主要靠中国的上下游扩能实现，货源贸易流向多集中于 PA6 及下游生产企业所在地区。

2025 预计国内 PA6 贸易流向的再分配主要集中于 PA6 生产集中区域流通量变化。从生产地向消费集中地流动加，华东地区、华南地区等经济发达、产业集中的区域对 PA6 切片的需求持续旺盛，而这些地区的产能可能无法完全满足自身需求。因此华北、华中地区生产的 PA6 切片会更多地流向华东和华南地区。区域内部的产业集群内流动更频繁，各区域内部形成的产业集群对 PA6 切片的需求也会增加，从而促使货源在区域内部的流动更加频繁。国内 PA6 切片产能不断增加，国内切片性能稳定提高，国内部分切片质量可满足下游需求，但在一些高端产品和特殊规格的产品上，可能仍然依赖进口。因此从国外生产企业向国内高端应用市场的进口货源流向会缩减。

2.2.5 2025 年 PA6 产业价值链及数据联动关系预测

2025 年 AP6 产业链预计原料己内酰胺由于下游 PA6 产能增速高于己内酰胺，预计己内酰胺供应趋紧对己内酰胺起价格支撑作用，且 PA6 切片随着供应增长竞争压力可能提升，预计利润下降。

2025 年 PA6 产业链供需结构均进入供应过剩阶段，在此阶段价格承压，利润亏损。

2024-2025 年度中国 PA6 产业链
价格传导预测对比图(元/吨)

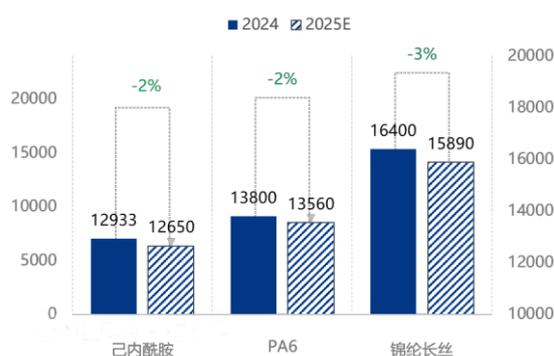


图 2-11

2024-2025 年度中国 PA6 产业链
利润传导预测对比图(元/吨)



图 2-12

PA6 企业从亏损向盈利转变，2024 年中企业盈利偏好，2025 年随着 PA6 供应端的进一步扩大，预计企业盈利程度将下降，在成本线附近徘徊概率大。下游方面，同样处于供应高速扩张期，2025 年预计下游行业利润继续被压缩。产业链利润或继续呈现萎缩且上移的趋势，下游品种价格涨幅也将落后于上游品种。

PA6 企业从亏损向盈利转变，2024 年中企业盈利偏好，2025 年随着 PA6 供应端的进一步扩大，预计企业盈利程度将下降，在成本线附近徘徊概率大。下游方面，同样处于供应高速扩张期，2025 年预计下游行业利润继续被压缩。产业链利润或继续呈现萎缩且上移的趋势，下游品种价格涨幅也将落后于上游品种。

综合来看，预计 2025-2029 年 PA6 供应格局先逐渐宽松。产业链方面，上游己内酰胺预计供应趋紧后宽松，己内酰胺价格或上跌，成本预期增加，且 PA6 切片供应逐渐宽松，因此 2025 年预计 PA6 切片盈利能力有所下降。长周期来看，未来随着国内己内酰胺及 PA6 持续扩能，后续需求增速或难抵供应增速，国内行业竞争压力维持，且对外出口量预计稳健增加。

2.3 市场风险分析

2.3.1 市场风险

常规纺、品质不高的半消光高速纺等中低端尼龙 6 聚合产品面临充分市场竞争，产品利润低，新上相关产品项目面临一定风险。但同时国内尼龙 6 切片产量在满足国内高品质的工程塑料、薄膜、民用丝及工业丝等高端应用需求方面仍旧产能不足。

以往限制尼龙 6 聚合产业发展的原料 CPL 缺乏和技术瓶颈问题已经解决，未来行业技术进步和新技术发展也是围绕规模化降成本、产品多元化、生产智能化等方面升级和调整。尼龙 6 因其独特的性能和优异的性价比，作为一种基础材料是目前其他材料无法替代的，技术发展对市场产生的不利影响小，反而应用技术领域的技术突破有助于市场新领域的开拓，带来新的市场增长点。

各种新竞争对手的加入对市场的影响有限。因 CPL 原料扩产迅速，近年来尼龙 6 聚合新上项目多，产能也在逐步放大，下游需求也同时维持增长，特别是全消光、膜级、特种纤维级、高功能的差别化品种需求增长快，市场扩容潜力大。

总体市场竞争有序，不存在恶性竞争风险。尼龙 6 相关产业属于化纤相关产业，中国化学纤维工业协会尽职履责，发挥了良好作用，

近年来花大力气整治赊销等不良市场行为，维护行业市场良性发展，恶性竞争受到控制。

尼龙6作为关系国家战略安全与民生国际影响的基础材料，国家、地方政府和行业都非常重视尼龙6产业发展，持续地在经济优惠以及政策条件上给予支持，项目建设没有政策风险。

2.3.2 风险对策

1. 一体化发展有助于提升抗市场风险能力。行业上下游整合趋势明显，注重上下游产业链发展，拓宽产业链建设，一体化发展是企业扩大产业规模、提升抗风险能力一大策略。

2. 产品多元化与高端化。加快进行产品结构调整和技术创新，提高产品功能化、差别化率，提升产品附加值。生产技术选择上中可根据市场需求灵活、快速选择切片品种生产，满足功能性切片的市场需求，提升抗风险能力。

3. 单线产能规模化将显著降低原料成本，提升产品性价比，利于尼龙6纤维对其它纤维的替代。特别是原油中低位的契机下，从原料成本看实际减小与聚酯的价格差，尼龙6有望在高端应用领域替代聚酯。

4. 推行应用节能减排清洁生产和智能制造技术。建立聚合工艺大数据在线品质管控系统，提高企业质量管理水平，为企业发展提质提优。

5. 持续产品技术创新升级。结合市场需求开发新产品及技术，深挖高效聚合、规模化技术及装备潜力，实现规模化低成本与高品质高附加值产品的统一。

3 产品方案及生产规模

3.1 产品方案

本项目按照市场需求，建设3条先进的尼龙6连续聚合产品生产线的、1条特种尼龙新产品开发试验线、1套MVR蒸发浓缩回收装置，满足生产高品质差别化尼龙6切片。总生产能力为600吨/天(试验线不计入产能)，其中1条200吨/天有光切片生产线，1条200吨/天半消光切片生产线，1条200吨/天全消光切片生产线，1条5吨/天的特种尼龙新产品开发试验线。项目建成后，三梭尼龙公司将具备工程塑料级、薄膜级、半消光和全消光等差异化、高端化尼龙6切片生产能力。

3.2 生产规模及产品质量标准

3.2.1 生产规模

生产规模：21万吨/年；

生产时间：8400小时/年；

年操作天数：350天；

负荷：60%~110%之间可调整；

生产班制：四班二运转。

产品生产线：

1. 三线生产有光切片，产能200吨/天；

2. 四线生产半消光切片，产能200吨/天；

3. 五线生产全消光切片，产能200吨/天；

特种尼龙新产品开发试验线：产能5吨/天。

1套MVR蒸发浓缩回收装置：配套满足800吨切片/天产能的萃取水浓缩蒸发能力。

3.2.2 产品质量标准

表 3-1

尼龙 6 切片质量指标

序号	指标名称	单位	三线	四线	五线	试验线
			有光	半消光	全消光	特种尼龙
1.1	相对粘度	无量纲	2.45~2.8	2.48	2.48	1.5~4.0
1.2	粘度偏差	无量纲	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02
2	可萃取物含量	Wt%	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
3	水含量	重量%	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05
4	二氧化钛含量	重量%	0	0.25~0.35	1.5~2.0	/
5	外观(黑点、黄切片)	粒/100g	0	0	0	/
6	氧化度	粒/100粒	0	0	0	/
7	端氨基	mmol/kg	35~40	40~50	40~50	/
8	端羧基	mmol/kg	65~75	65~75	65~70	/

4 工艺技术方案

4.1 工艺技术方案的选择

4.1.1 国内外工艺技术

尼龙6切片工业化生产主要以己内酰胺为原料，利用己内酰胺水解开环聚合反应生成聚己内酰胺聚合物。由于化学平衡的限制，聚合产物含有约8~10%的未转化的单体和低聚物，聚合产物经造粒后还需水萃取除去水溶性单体及低聚物，萃取切片经过避氧干燥后获得成品。

21世纪以来国外工程公司开发推广了先进尼龙6制备技术，在连续化、自动化、降低消耗、满足环保清洁方向取得长足进步，带来了革命性的生产概念和生产技术，如390吨/日产大容量聚合、浓缩液水解直接高品质回用聚合、蒸汽压缩萃取水浓缩(MVR回收技术)、固相聚合技术、聚合改性的新型添加剂等技术相继在中国投入商业使用，获得行业认可。

聚合作为尼龙6切片工业化制造流程中的核心工艺，主要采用一段聚合和两段聚合。一段聚合采用常压操作，工艺条件温和，适合生产相对粘度2.4左右的民用纺丝级切片，国内很多一段聚合引进装置主要用来生产满足下游高品质纺丝用户需求的切片。一段聚合国外代表性技术提供商有意大利NOY、瑞士伊文达等公司。两段聚合技术主要是针对2.7以上相对粘度产品。两段聚合采用前聚加压、后聚常压或当产品粘度需求较高时采用抽真空工艺，工业丝级切片以上相对粘度采用两段聚合能显著提高生产效率，大容量聚合技术受到市场青睐也助推了两段聚合工艺的广泛应用。近年来采用浓缩液回用时，两段聚合在脱水效率和保证铸带粘度稳定方面优势明显，在工程项目中成为回用浓缩液工艺的标配。国外代表性技术提供商有德国吉玛、前德国PE、卡费谢尔等工程公司。

为追求更低的物耗能耗、生产成本，大容量聚合获得市场青睐，特别是单线日产100吨/天的技术发展和应用迅猛，两段聚合技术因其先进的生产效率被广泛应用于大容量聚合项目。德国PE大容量聚合技

术在基于化学反应平衡的设计方案、回收料高压水解专有工艺、小长径比聚合管及特殊均质内件设计、特殊熔体避氧高效除水等方面有特色。德国吉玛特有的大长径比反应器，后聚抽真空除水，铸带粘度弹性大且可提高到 3.0，浓缩液蒸馏催化解聚工艺近年来也应用较多。瑞士伊文达两段聚合技术延续了其一段聚合在聚合平衡段反应温度精确稳定控制的优点，可获得分子量分布更窄的高品质聚合物，其膜级切片聚合装置技术市场占有率高。

在大容量萃取工艺方面，国内外技术公司根据产品及产能要求，设计了两段或多段萃取塔，在塔高(萃取温度及压力)、停留时间、萃取工艺水含单控制、塔内件结构、切片输送方式、局部过滤循环等方面各有特点，目的都是为了能够获得对粗切片更好的萃取效果，降低切片可萃取物含量和粉尘含量。目前主流技术都能达到切片可萃取物含量低于 0.5%。两段萃取(预萃取+萃取)在减少设备台数，降低操作复杂性，提高生产效率方面更具优势。随着聚合反应器产能扩大到单线 100 吨/日以上，国外技术工程公司改变过去萃取分两线的技术路线，通过内构件结构重新设计，液固传质效率提升和工艺优化，开发和应用了大容量单线高品质高效萃取塔，产品质量可满足客户高品质要求。

切片干燥是为了除去水份水分，满足含水量低于 500ppm 的纺丝要求，但深度干燥会提高切片的粘度，使得粘度及端氨基波动的风险随之提高。因此除非产品有增粘需要，常规产品一般采用一段干燥。

固相增粘技术是为了解决产品粘度要求高，而铸带粘度在连续聚合工艺下无法突破 3.1 极限问题。当切片含水率低于 2000ppm 后，在低于切片软化温度下，尼龙 6 聚合物可以发生端氨基与端羧基参与的固相聚合反应，分子量提高的反应速率较低和存在分子量分布变宽趋势。工程上如何在固相反应中实现传热传质均匀性和提高生产效率，都是固相增粘的技术难点。国外卡费谢尔、伊文达等公司拥有相关的技术报道。

萃取浓缩液采用蒸汽再压缩技术 MVR 回收技术，与传统多效蒸发工艺比较，在能耗、环境友好、产品质量方面优势明显。压缩比高，热效率高，节省能源，比能耗低，蒸发一吨水的能耗大约是传统蒸发

器的 1/6 到 1/5，由于加热器同时又是二次蒸汽的冷凝器，所以不但不需要另外的冷凝器，而且无需循环冷却水，运行成本显著降低。采用压缩机变频控制，工艺参数控制精确，工艺适应性和操作弹性大。前级采用低温降膜蒸发工艺，回收冷凝水中的低聚物含量比传统回收工艺显著降低，最低可达到 500ppm 以下，可实现萃取工艺水的循环利用。

近年来，国产技术在消化吸收国外先进技术和总结经验教训方面取得长足进步，先后应用两段聚合组合技术，采用两段聚合理念优化高效除水，加强后聚反应平衡段温度控制，开发高压预聚合反应工艺，提高回收料直接回用的切片品质，借鉴开发了浓缩液水解和浓缩液净化回用国产化技术，推广萃取水蒸汽压缩浓缩回收系统，在大容量(单线 200 吨/天及以上规模)聚合技术方面取得长足进步，在产品品质、清洁生产、节能减排等方面显著提高。近 3 年来新增大容量尼龙 6 聚合项目中，国产技术市场占有率达到 70% 以上。

4.1.2 近年国内同类装置技术、投资、工期和效益分析

从工艺技术、清洁生产、可靠性、商业化程度、投资、效益、工期等方面对鲁西化工、阳煤太化和申远新材料等公司建设的 3 套单线 7 万吨/年相当规模的聚合生产线装置项目进行分析，对比情况如下表所示。

表 4-1 7 万吨/年聚合生产线技术经济性分析

比较项目		鲁西化工	阳煤太化	申远新材料
工艺流程		二段聚合+一台切粒机+一个萃取塔+一个干燥塔	二段聚合+两台切粒+三个萃取塔+两个干燥塔	一段聚合+两台切粒+两套萃取塔+两个干燥塔
聚合方式		二段	二段	一段
主要产品粘度范围		2.4~2.9	2.4~2.9	2.4~2.9
目前主要产品及质量		有光、半消光常规纺丝级	有光工业丝级	半消光、全消光高速纺级
蒸发回收工艺		MVR+高压水解(不排汽)	三效蒸发+蒸馏+解聚	三效蒸发+给另一套生产装置
三废排放	废水	全回收	5~6 吨/小时	2~3 吨/小时
	废气	不排气(采用热切机)	6 标立方米/小时	6 标立方米/小时
适用性	对原材料要求	中	中	高

可靠性	操作弹性	50~120%	60~110%	70~105%
	单台聚合管设备最大能力	180吨/天	200吨/天	200吨/天
	维修要求	低	高	高
商业化程度	正投产的装置数	6套	3套	4套
	正在建设中的装置数	10套	0套	0套
主装置投资		13500万	16000万	17000万
效益		一般	较差	良好
工期		18个月	27个月	27个月

鲁西化工装置目前主要生产 2.4~2.9 相对粘度的半消光高速纺和有光工业丝级切片。鲁西化工聚合工艺采用最大产能 180 吨/天两段聚合国产技术工艺，已建成 6 条该规模聚合线。流程配置为二段聚合、一台切粒机、一个萃取塔、一个干燥塔。其萃取塔和干燥塔的产能是目前国内在运行最大单线产能；切粒机采用 BKG 水下切粒机，单台切粒产能也是目前国内最大运行产能。萃取水回收工艺采用国产 MVR 蒸汽压缩技术，单线最大能力 40 吨/小时蒸发量。浓缩液回用技术采用基于消化吸收德国 PE 公司高温高压水解反应器工艺的改进型浓缩液水解聚合国产工艺及反应器，最大浓缩液处理量 6 吨/小时（目前国内最大浓缩液水解聚合反应器），环状二聚体转化率 $\geq 95\%$ ，最大浓缩液回用比达到 70% 以上，并可满足 2.7 相对粘度工业丝级切片品质要求。从设计之初就考虑较大操作弹性配置，负荷在 50~120% 可调。该装置在保证产品品质的前提下，简化了工艺设备流程，节省设备和仪表控制投资。因采用水下热切机不产生废气排放，采用 MVR 蒸发工艺，工艺水循环利用提高，采用改进型浓缩液高压水解工艺和反应器，实现无废渣排放并解决排气问题，清洁生产节能减排技术水平较高。由于国产化程度高，聚合主装置投资不高，约为 13500 万。虽然产品定位并非高端，但技术性价比突出，且建设周期较短为 18 个月左右，投资效益一般。

阳煤太化装置设计生产 2.4~2.9 相对粘度各类切片产品，目前主要用于生产有光 2.7~2.8 工业丝级切片。阳煤太化采用德国吉玛两段

聚合工艺，最大产能 200 吨/天。流程配置为二段聚合、两台切粒、三个萃取塔、两个干燥塔。其萃取塔产能 100 吨/天，干燥塔负荷为 100 吨/天。萃取水回收工艺采用传统三效蒸发，仅该工艺段相比 MVR 技术增加 50% 以上吨切片蒸汽用量。浓缩液回用技术采用吉玛专用蒸馏解聚工艺技术，因消耗大、有排渣带来的环保问题及装置操作繁琐等原因开车以来并未投用。阳煤太化工艺包和聚合管等核心设备引进，相比国产技术聚合主装置总投资提高到了 16000 万元。由于产品定位不高，市场竞争激烈，产品利润不高，且因引进技术设备导致建设周期较长，27 个月，折旧和贷款利息经营压力大，投资效益不理想。

申远新材料装置设计生产 2.4~2.9 相对粘度切片，目前实际生产高品质的 2.4~2.5 相对粘度的半消光、全消光切片，用于其集团旗下下游高品质 FDY 与 HOY 锦纶纺丝及面料织造。聚合工艺采用瑞士伊文达公司的 200 吨/天，一段聚合工艺技术。流程配置为一段聚合、两台切粒机、两套萃取塔、两个干燥塔。其萃取塔产能为 100 吨/天，干燥塔负荷为 100 吨/天。切粒机采用进口拉条切粒机，单台切粒产能 100 吨/天。萃取水回收工艺采用传统三效蒸发。为保证产品高端定位，质量不受浓缩液回用的影响，全装置采用新鲜己内酰胺，其萃取水浓缩后回用其它专门聚合线。因工艺包、设计及核心设备全部引进，聚合主装置投资达到 17000 万元，工期建设周期 27 个月。该装置聚合技术水平高，采用国内一流品质己内酰胺原料，生产的全消光产品品质为行业标杆，虽建设投资较高，但由于产品售价达到高端定位预期，总体经济效益良好。

综上所述，为生产下游认可的高品质 FDY (HOY) 纺丝级切片产品如半消光、全消光民用高速纺等高端品种，选择进口聚合技术是保证产品质量、提升客户消费信心的良好选择。聚合工艺选择方面，兼具产品粘度范围调节和民用高速纺切片质量，选择一段聚合工艺更为合适。从技术成熟度、装置运行水平、投资收益方面分析，采用单线产能 200 吨/天连续聚合技术及配套的萃取水浓缩 MVR 和浓缩液水解全回用技术生产常规产品如工程塑料级切片，其技术路线可行，产品质量能够满足下游应用要求。

4.1.3 本项目推荐技术方案

4.1.3.1 聚合工艺技术

本项目生产工艺是在吸收国内外聚合、萃取、干燥、单体回收回用先进工艺基础上，在保证产品质量前提下，在大容量、低成本、节能单体回收、工艺水全回用、低废排放等方面进行优化选择。

1. 聚合

一段聚合工艺采用常压聚合工艺。

聚合反应器的顶部设计带有搅拌，并配有蒸发器，强化热交换效果，能有效缓解聚合反应釜结垢；聚合反应器在稍微比大气压高的压力下工作，多余的水分被蒸发，带走的己内酰胺在洗涤塔洗出，剩余的水蒸气被冷凝。反应的中部和下部是一段反应，提供缓和的熔体冷却以达到较高的转化率。处在反应平衡的熔体由齿轮泵连续输出，反应器的熔体管道由联苯蒸汽系统加热。反应器与热媒系统的设计先进，在紧急停电时热的联苯蒸汽是封闭在列管夹套内的，起到保温和延缓冷却作用。

一段聚合优势为控制变量少，只要控制一个料位和温度点，熔体粘度波动范围小，工艺控制稳定，反应副产物低，相对于二段聚合更适合低粘民用丝切片的生产。

两段聚合工艺采用前聚加压、后聚常压或抽真空工艺。前聚为加压反应器，压力自动控制。前聚合压力可达到1.5~5bar，加快了开环速度，缩短了反应时间。由于较高的操作压力，不产生由爆沸导致的液位波动，液位稳定，保证了工艺稳定性和切片质量。前聚反应器采用最优长径比设计反应器，内部设置换热列管补充热量，使吸热反应更加充分。

后聚反应器采用微正压或微负压工艺，按各反应阶段完全达到化学平衡设计，从而保证当生产负荷大幅度变化时，工艺参数变化小。聚合管内部设计多层网格分布器，保证熔体沿物流方向的径向流速完全相同，使聚合物熔体径向温度无差异，保证熔体品质的均一性。

后聚反应器顶部分离塔采用填料塔结构，操作工艺更稳定，对生产负荷大幅调整的适应性强。在生产负荷大幅调整时，只需调整填料

塔顶部冷却量，就能很好的控制回流量和冷凝液中的己内酰胺含量，保证冷凝液己内酰胺的含量小于 0.5%。反应器与热媒系统的设计先进，保证停电等意外故障在 12 小时之内恢复生产后产品品质不受影响。后聚管上部列管夹套采用气相联苯加热，在紧急停电时热的联苯蒸汽是封闭在列管夹套内的，起到保温和延缓冷却作用。

2. 切粒

从后聚出来的尼龙 6 熔体通过齿轮泵加压输送至熔体过滤器，滤芯精度 10~20 μm ，过滤掉熔体中的杂质后输送至切粒机多孔模头。熔体经切粒机切粒成圆球状粒子的切片，比表面积大，切片百粒重小于 1g。切好的粒子进入预萃取罐(塔)，再通过星形出料器和切片水泥浆泵输送至萃取塔。

3. 萃取

采用了专有技术大容量高效萃取塔，保证萃取塔底部物料温度 $\geq 120^{\circ}\text{C}$ ，萃取塔顶部物料温度 $< 100^{\circ}\text{C}$ ，萃取浴比小于 1.2，可萃取物含量 $\leq 0.4\%$ 。萃取塔长达 40 米左右，可实现微正压萃取，保证萃取效果的同时降低浴比；加上萃取塔独特的内构件设计，保证切片在塔内停留时间和萃取温度的均匀性，保证每颗切片的可萃取物含量一致。

4. 干燥

干燥工艺设置的洗涤塔及除氧系统，在保证工艺控制稳定的基础上节能降耗，确保切片的品质。大容量高效干燥塔，保证切片在干燥塔的停留时间，满足切片的干燥除水及含水均匀性。

4.1.3.2 主要工艺操作条件

1. 前聚合反应器主要操作条件

表 4-2 前聚合反应器主要操作条件

序号	项目	单位	工艺参数	备注
1	最高操作压力(新鲜料线)	bar	3.0	
2	最高操作压力(浓缩液回用线)	bar	6.0	
3	上部物料温度	$^{\circ}\text{C}$	245~255	
4	中部物料温度	$^{\circ}\text{C}$	265~275	
5	下部物料温度	$^{\circ}\text{C}$	270~280	

2. 后聚合反应器主要操作条件

表 4-3 后聚合反应器主要操作条件

序号	项目	单位	工艺参数	备注
1	操作压力	Kpa	5~10(微正压); -20~30(微负压)	民用低粘尼龙6切片
2	操作压力	Kpa	-70	高粘用的工业用切片
3	上部物料温度	℃	260~265	
4	中部物料温度	℃	243~248	
5	下部物料温度	℃	240~245	

3. 萃取工序主要操作条件

表 4-4 萃取主要操作条件

序号	项目	单位	工艺参数	备注
1	操作压力		常压	
2	上部操作温度	℃	≤100℃	
3	下部操作温度	℃	≥120℃	

4. 干燥工序主要操作条件

表 4-5 干燥主要操作条件

序号	项目	单位	工艺参数	备注
1	操作压力	Kpa	8~15	
2	顶部温度	℃	70~100	
3	中部温度	℃	110~120	
4	下部温度	℃	105~120	

4.2 工艺流程和消耗定额

4.2.1 工艺流程概述

三线采用国产工艺及设备生产工程塑料级切片。四线和五线采用进口工艺及核心设备，分别生产半消光和全消光切片。除三线采用经过水解聚合处理的浓缩液和新鲜己内酰胺为原料外，其它线均采用新鲜己内酰胺为原料。

工艺流程简图详见附图 1：工艺流程框图。

1. 液体己内酰胺供应

液体己内酰胺来源于尼龙科技公司的液体己内酰胺，通过泵、液

体己内酰胺过滤器过滤、己内酰胺质量流量计计量后，输送进入液体己内酰胺中间罐临时贮存，然后再通过液体己内酰胺输送泵分别输送至各聚合生产线。

2. 二氧化钛悬浮液配制

二氧化钛在尼龙6聚合物中主要是起消光作用，利用二氧化钛与尼龙6这两种物质的折射率的不同来改变织物的透光度，在民用尼龙6聚合物中，通常加入的二氧化钛的质量百分比为0.3~2.0%，二氧化钛悬浮液的配制浓度在10~20%。

3. 添加剂配制

添加剂作为民用尼龙6的添加剂，其作用是调节尼龙6聚合物的分子量、增强尼龙6聚合物的强度、改善尼龙6聚合物的流动性以及抗老化、提高热稳定性等。

4. 己内酰胺与对苯二甲酸配制进料

来自液体己内酰胺中间罐的己内酰胺通过计量进入液体己内酰胺与对苯二甲酸配制罐，与一定量的分子量稳定剂固体对苯二甲酸通过搅拌器及循环泵分散溶解，溶解时间大约两小时，通过取样进行浓度检测，合格后打开卸料阀并过滤其溶液中的杂质，下放至贮存罐，通过前聚进料泵及质量流量计加入前聚进料预热器。

5. 己内酰胺进料计量系统

进料计量系统是一个比例控制系统，从液体己内酰胺供应、二氧化钛配制、对苯二甲酸配制、添加剂配制的物料均是按照DCS程序计算公式的物料比例自动计算各组分的加入量，然后通过己内酰胺加料调节阀、二氧化钛计量泵、对苯二甲酸计量泵、添加剂计量泵的自动控制来实现各自的加入量，整个计量系统的物料流量是一动态平衡，二氧化钛、对苯二甲酸、添加剂流量会随着己内酰胺流量的变化而按比例变化，己内酰胺的流量会随着前聚反应器的料位变化而变化，当前聚料位发生高高位报警时，进料计量系统会自动停止运行。如要改变添加剂的加入量比例，需在计算公式中对设定数据进行修改。

6. 聚合系统

由己内酰胺加料泵送来的85℃己内酰胺熔融液，进入己内酰胺预

热器，被聚合反应器下部盘管出来的液相联苯加热到 180℃，会同二氧化钛计量泵、对苯二甲酸计量泵、添加剂计量泵送来的添加剂，进入聚合反应器中。聚合器上部主要进行开环反应，开环反应所需热量由联苯蒸发器加热的气相联苯提供。聚合器下部进行加聚反应，反应所需热量由联苯蒸发器加热的气相联苯提供。上部联苯蒸发器的气相联苯加热温度根据不同产量控制在 260~290℃ 范围内，根据产能的不同所需求的温度也不同，通常更高的产量需更高的加热温度。下部的气相联苯的加热温度通常控制在 265~285℃ 的范围内，可根据前聚反应器的物料温度进行调节。前聚反应器上部的物料温度通常控制在 245~255℃，较低的反应温度可减少终聚物低分子量物质的产生，较高的反应温度可提高聚合反应速度，前聚中部的温度会受上部温度影响，较合适的温度应在 265~275℃ 之间，前聚下部是聚合反应的放热阶段温度最高，通常较前聚中部温度高 3~5℃，正常温度在 270~280℃。

聚合工艺中，前聚合反应器顶部设有一填料塔，前聚合器顶排出的含己内酰胺的水蒸汽在塔内蒸馏，使大部分己内酰胺回流到前聚合器，塔顶排出的含微量己内酰胺的水蒸汽，在冷凝器冷凝后，冷凝液一部分通过隔膜片计量泵作回流，一部分经水封罐溢流排入切粒水贮罐或回收系统。冷凝器用 85℃ 热水冷却，热水经热水冷却器用循环冷却水冷却，并用热水循环泵经热水贮罐循环。通常采用控制前聚填料塔的温度来控制前聚反应器的操作压力。采用新鲜己内酰胺的生产线提供的聚合反应器的操作压力最高为 3.0bar(表压)，消化回收料的生产线提供的聚合反应器操作压力最高为 6.0bar(表压)，较高的操作压力有利于保证己内酰胺开环反应所需要的水份，提高聚合反应速度和减少低分子量物质的产生。

前聚下部最终的物料相对粘度(96%浓硫酸)大约 1.7~1.8，前聚物料经前聚出料泵送入后聚合反应器上部的脱水器脱去部分水后进入后聚合反应器。

在减压聚合阶段，缩聚生成的水份被排除，使聚合物的分子链能增长到需要的长度。后聚合器主要进行的是分子链增长的聚合反应，后聚合器底部达到了工艺要求分子量的熔融状聚合物，经出料齿轮泵

送至切粒工段。

后聚合器为减压操作，后聚合器上部用汽相联苯加热器加热，汽相联苯的温度控制在 265~275℃左右，上部物料温度控制在 260~265℃左右，中、下部用液相联苯保温并移走缩聚反应的反应热。其中移热段的温度由联苯加热器和联苯循环泵来控制实现，通常移热段的液相联苯温度控制在 235~245℃，物料温度控制在 243~248℃之间，后聚下部属平衡阶段，需保持一定平衡温度，这一温度通常由联苯加热器和联苯循环泵实现，这一部分的液相联苯温度通常控制在 240~245℃，最终后聚排出的聚合物温度也在 240~245℃之间较合适，较高的保温温度有利于增加熔体的流动性，从后聚排出的物料相对粘度(96%浓硫酸)大约 2.20~2.30，由于己内酰胺的聚合反应是一系列可逆的化学平衡反应，因此从后聚排出的聚合物含有 8~12%未反应完全的单体和低聚物，聚合反应转化率一般能达到 90%，后聚物料经齿轮泵排出后，经熔体过滤器过滤杂质后，进入切粒工段切粒。

缩聚反应生成的水份经填料塔蒸馏使大部分己内酰胺回流到后聚合器，塔顶出来的含微量己内酰胺的水蒸汽在部分冷凝器冷凝后，冷凝液回流，未冷凝的水蒸汽在蒸汽冷凝器中进一步冷凝经真空水封罐排入切粒水贮罐，后聚反应器的操作压力通过后聚填料的排气控制阀和真空机组来控制，一般民用的低粘尼龙 6 切片后聚操作压力保持微正压或微负压，如采用微正压一般控制在 5~10Kpa，如采用微负压一般控制在-20~30Kpa；如果最终的聚合物产品是高粘工业用切片，要达到更高的粘度则要对后聚施加更高的真空度。

7. 熔体过滤切粒及切粒水循环系统

齿轮泵将聚合物熔体送至铸带头，聚合物从熔体铸带头上的小孔成细条状压出进入切粒机的冷却水槽。带条被喷出的冷却水冷却。冷却固化后的带条引入切粒机切成一定规格的切片。切片经过振动筛进入预萃取水罐。切片冷却用水回流入切粒水贮罐。切粒水收集在切粒水贮罐内，经切粒水循环泵、过滤器、切粒水冷却器循环使用。

8. 切片连续萃取

切片从振动筛掉入预萃取罐，切片在重力作用下自上而下移动，

与逆流而上的萃取水充分接触，在预萃取罐底部通过旋转出料器输泥浆泵，送到萃取塔顶部切片水分离罐，其中切片分离后掉进萃取塔，水和萃取塔溢流水一起回到预萃取脱气罐，为提高萃取效果，切片输送水和萃取塔溢流水汇合后，一部分送入预萃取罐底部作为预萃取的萃取进水，另一部分作为预萃取底部旋转出料器的切片输送水使用。

在萃取塔顶部切片自上而下移动与逆流而上的萃取水充分接触萃取，切片中的单体及低聚物由逆流而上的萃取热水带走，萃取后的切片由萃取塔底部输送到脱水机筛分除水后进入后续干燥工段，输送水则被送回循环使用。萃取塔中有四道循环水路和一道萃取水冷却，循环水路的作用是增加萃取塔中切片和水的传质效果，降低萃取塔内切片和水的径向温差。

萃取塔的水温分布从下至上逐步降低，每个温度点的温度差约为 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，通常萃取塔最下部测温度点的温度 $\geq 120^{\circ}\text{C}$ ，最上部温度点的温度 $\leq 100^{\circ}\text{C}$ ，如果萃取塔水温达不到工艺要求，可以打开萃取塔的夹套蒸汽进行辅助加热，辅助加热的标准是萃取塔上部温度不超过 85°C ，萃取塔上部温度过高会影起水沸腾产生汽阻，严重时会导致切片无法正常下料，操作时应尽量避免此种情况的发生。

正常的萃取操作，通常从萃取塔底部排出的切片的己内酰胺及低聚物含量会低于 $0.5\%(\text{wt}\%)$ ，萃取塔上部萃取水的浓度约 $8\sim 12\%(\text{wt}\%)$ ，较高的浓度有利于切片中低聚物的萃取析出，萃取塔下部进塔萃取水浓度 $\leq 0.1\%(\text{wt}\%)$ ，萃取塔输送至离心脱水机的切片，经过脱水送至干燥塔的切片的含水量 $\leq 10\%(\text{wt}\%)$ 。

9. 切片连续干燥

切片干燥的作用是除去切片萃取时吸收的水份，因为过高的水份会对切片后加工产生不利影响，导致纺丝过程中的飘丝、断头。

从萃取工段经过离心机脱水含水量 $\leq 10\%(\text{wt}\%)$ 的切片用氮气气流干燥，干燥用的热氮气分三股从塔底部和塔中部加入塔中，中部加入的热氮气温度 $110\sim 120^{\circ}\text{C}$ 主要用于除去切片表面水份，并加热切片，下部加入的热氮气温度约 $105\sim 120^{\circ}\text{C}$ 可脱除切片内部残余的水分，因而使分子量略有提高，切片需在干燥塔停留足够时间才能达到预期干

干燥效果。干燥后的切片含水在 0.05% 以下，干燥塔的切片通过旋转出料阀连续送到切片冷却料仓，旋转出料阀的速度由干燥塔切片料位自动控制，当干燥塔料位低报警时、冷却料仓切片料位高报警时会联锁停止旋转阀的运行，热切片在冷却料仓被冷却过的氮气冷却后温度降至 45℃ 以下，冷却后的切片通过气力输送系统送入切片包装料仓包装。

干燥用氮气从干燥塔顶出来，经第一循环风机加压后，一部分氮气经氮气加热器被蒸汽加热到需要的温度 110~120℃，流量约 25000~30000Nm³/h 从上部进入干燥塔。另一部分氮气进入氮气换热器与从喷淋水冷却器出来的氮气换热后，从冷却塔下部入塔与从塔上部加入的喷淋水逆流接触，氮气被冷却至 10~12℃，洗涤后从塔顶出来，经氮气换热器换热，进入氮气脱氧器除氧后(氧含量≤1ppm)进入第二循环风机及第三循环风机增压后，再经过氮气加热器加热到需要温度 105~120℃后，氮气流量约 7000~10000Nm³/h，分别从中、下部进入干燥塔循环使用。切片冷却料仓的作用是降低切片的温度，因为温度较高的切片暴露在空气极易发生氧化，而常温的切片短时间暴露在空气不会有不利的影响。

干燥塔在正常的干燥操作条件下，顶部的温度在 70~100℃，如果在正常操作时干燥塔某一温度点的温度突然下降，排除仪表因素后，应怀疑是干燥塔进水或是氮气带入了水份，需引起管理和操作人员的注意，另外干燥系统需要注意的问题是氮气的含氧量，干燥系统进入氧气就会发生切片氧化，通常干燥塔任何位置氮气的最高氧含量都要小于 30ppm，经过脱氧器除氧后的氮气含氧量须≤1ppm，一旦超出控制范围就要对系统气密性进行检查。

氮气洗涤塔的作用是对热氮气进行冷却和除尘、除露，200 吨/天聚合生产线氮气洗涤塔的喷淋水流量约控制在 55t/h，氮气洗涤塔上部装有丝网除沫器和填料，其作用是防止氮气水份夹带影响最终氮气的露点对切片干燥不利，喷淋水冷却是通过公用工程站的 7℃ 的冷冻水和一组板式换热器来实现。

整个干燥系统的正压需通过补充氮气来保证，因为干燥系统的气

密性无法保证零泄漏，氮气的补充是通过从冷却风机入口补进，氮气从干燥塔的下部补充进去，干燥系统的正压通常控制在 8~15Kpa，过高的系统压力会导致水封罐水封超高跑气，此时需对水封罐进行补水，保证其水封液柱，防止系统进空气氧化切片。

干燥好的切片最终水含量 $\leq 0.05\%$ ，切片在紫外光线下呈紫色，氧化的切片在紫外光线下呈白色。

10. 气流输送与包装

整个系统都置于高纯氮气的保护之下，以免切片再吸收湿气。由一个自动控制装置控制该系统的所有功能，不需要任何的手动操作。

每个气动切片输送系统都是一组由相同类型设备组成的装置：用于纯氮气增压用的鼓风机或压缩机；用于聚合物粉尘与进料端气体的分离的过滤器；用于除去在出料端上压缩产生的热量的冷却器；专用的用于分配切片(分成料栓)的脉冲输送机。

设在冷却料仓下的脉冲输送罐可以用来将切片输送到切片包装料仓，切片靠重力经过切片过渡料仓落入包装机定量装袋出厂。

输送用氮气循环使用，经布袋除尘器过滤，氮气冷却器冷却，风机和氮气压缩机加压后再送至脉冲输送罐。

切片输送用氮气压缩机的排气压力通常在 6bar，用于发送罐的氮气压力约 1.2~3.0bar，脉冲气刀的氮气压力 1.5~3.0bar，通常 1kg 氮气能输送 10~15 kg 的切片。

11. MVR 多效蒸发

设置一套 MVR 多效蒸发装置处理来自各聚合生产线萃取工段的含单 10% 的萃取水。萃取水经进水泵、过滤器、流量计、调节阀进入预热器预热后进入一效蒸发器，一效蒸发器自动保持液位，由一效强制循环泵进行强制循环降膜蒸发，同时一效分离器出来的二次蒸汽进入二效蒸发器，然后，二效分离器出来的二次蒸汽经压缩机压缩后，再加热一、三效的蒸发器。各效液位采用自动控制；四效为强制循环升膜蒸发，四效分离器出来的二次蒸汽返回到二、三效的分离器。一效浓度控制在 20%~25%，二效浓度控制在 35~40%，三效浓度控制在 60~65% 左右，四效浓度控制在 80~85% 左右。

12. 浓缩液高压水解回用

来自 MVR 多效蒸发循环泵输送过来的浓缩液进入浓缩液脱水罐，开启搅拌和罐底循环泵，通入蒸汽不断蒸发脱水，上升的含单蒸汽在罐顶的洗涤塔内经热水换热冷却后回流，含少量单体的蒸汽则经冷却器冷凝后进入浸渍槽，最后溢流回萃取水贮存罐。当脱水罐中的浓缩液达到要求的浓度时，经过滤器过滤，再经水解进料泵加压后进入水解预热器加热，最后进入高压水解反应器。

水解预热器和水解反应器分别配备单独的气相联苯蒸发器对其进行加热。高压水解反应在高温高压下进行，多余的水汽进入水解浸渍槽，浓缩液进料后，通过脱盐水高压泵将脱盐水槽中的脱盐水加入水解反应器内，控制反应器内的温度、压力稳定，浓缩液中的环状二聚体进行水解开环，水解后的浓缩液可通过计量控制与新鲜己内酰胺混合后去往三线前聚反应器。

4.2.2 原料和辅助材料的规格及消耗

4.2.2.1. 原料和辅助材料的规格

1. 己内酰胺

主要原料为己内酰胺，常温下为薄片状白色固体，CAS 登录号 105-60-2，质量标准执行《工业用己内酰胺 GB/T13254-2017》优等品，规格指标详见下表。

表 4-6 原料己内酰胺的规格

项目	单位	指标
结晶点	° C	≥68.9
含水量	%	<0.05
挥发性碱含量	mmol/kg	≤0.4
酸度	mmol/kg	≤0.05
碱度	mmol/kg	≤0.10
50%水溶液色度值	Hazen	<3
高锰酸钾吸收值		≤5
在 290nm 波长处吸光度		≤0.04
铁含量	mg/kg	≤0.2
环己酮肟含量	mg/kg	≤20

2. 对苯二甲酸

CAS 登录号 100-21-0，满足 GB/T32685-2016《工业用精对苯二甲酸(PTA)》优级品要求，规格如表所示：

表 4-7 对苯二甲酸的规格

项目	单位	指标
外观		白色粉末
酸值	mgKOH/g	≤675±2
对羟基苯甲醛	mg/kg	≤25
对甲基苯甲酸	mg/kg	≤150
灼烧残渣	mg/kg	≤6
总重金属(钼铬镍钴锰钛铁)	mg/kg	≤3
铁	mg/kg	≤1
水分	w%	≤0.2
DMF 色度(5g/100mL)	铂-钴色号	≤10
b*值		供需商定
粒度分布		供需商定

3. 添加剂

CAS 登录号 42774-15-2。

表 4-8 添加剂的规格

项目	单位	指标
化学名称	\	N, N' -双(2, 2, 6, 6-四甲基-4-哌啶)
分子式	\	C ₂₆ H ₄₂ N ₄ O ₂
分子量	\	442.64
熔点	°C	272±2
己内酰胺中溶解度(75°C)	g/1000g	≥50

4. 二氧化钛(消光剂)

CAS 登录号 12065-65-5。

表 4-9 二氧化钛的规格

项目	单位	指标
分子式	\	TiO ₂
摩尔质量	g/mol	79.87
外观	\	纯白色, 高亮度
TiO ₂ 含量	w%	≥96%
金红石含量	w%	≤2.0%
密度	kg/dm ³	3.9
颗粒大小	μm	≤0.6
颗粒大小分布(主要)	μm	0.33~0.05
水含量	w%	≤0.5
PH值(10%悬浮液)	\	8.5

4.2.2.2. 原料和辅助材料消耗

在正常生产条件下, 干切片原材料的单耗如下表所示, 表中所列的单耗值是在工厂规范化运转后实际产量达到设计产量 210000 吨/年时应达到的指标。

表 4-10 原料和辅助材料消耗

序号	名称	单位	年耗量	来源	运输方式
1	己内酰胺	t	208132	自产	管道输送
2	二氧化钛	t	1470	外购	汽车
3	对苯二甲酸	t	306	外购	汽车
4	添加剂	t	102	外购	汽车

4.2.3 公用物料和能量的规格及消耗

4.2.3.1. 公用物料和能量的规格

1. 新鲜水

表 4-11 新鲜水规格

项目	要求参数
压力	0.40Mpa (G)
总硬度	≤17° D
PH	7~8 (25℃)
压力波动范围	≤±10%
固体残渣含量	≤200mg/L
氯化物含量	≤30mg/L
硝酸盐含量	≤60mg/L
硫酸盐含量	≤120mg/L

2. 生活饮用水

水质按 GB5749-2006 生活饮用水卫生标准执行：

表 4-12 生活饮用水规格

项目	要求参数
压力	≥0.40MPa (G)
温度	环境温度
总大肠菌群	不得检出
总大肠菌群 (CFU/100mL)	不得检出
耐热大肠菌群 (CFU/100mL)	不得检出
大肠埃希氏菌 (CFU/100mL)	不得检出
菌落总数	≤100CFU/ml
浑浊度	≤3.0NTU
pH	7.5~8.5
总硬度	≤250mg/L (以 CaCO ₃ 计)
总碱度	≤200mg/L (以 CaCO ₃ 计)
余氯	≥0.05mg/L
氯化物	≤20mg/L
臭和味	无异臭、异味
肉眼可见物	无

3. 饱和水蒸汽

表 4-13 蒸汽规格

介质	项目	要求参数
饱和蒸汽	压力	1.0±0.1MPa (G)
	温度	179℃

4. 脱盐水

表 4-14 脱盐水规格

项目	要求参数
压力	0.50MPa (G)
压力波动范围	≤±10%
硅酸含量	≤0.5mg/L
电导率	≤1μS/cm (20℃)
Cu ²⁺ (铜离子)	≤0.05mg/L
Fe	≤0.05mg/L
SiO ₂	≤0.1mg/L
总盐量	≤5PPM
总硬度	≤0.05° D

5. 仪表空气

表 4-15

仪表空气规格

项目	要求参数
压力	0.60MPa (G)
压力波动范围	$\leq \pm 10\%$
温度	$\leq 35^\circ\text{C}$
露点	$\leq -20^\circ\text{C}$ (常压下)
固体杂质	最大粒径 $\leq 1\mu\text{m}$
特征	无油无尘

6. 氮气

使用高纯氮，规格如下。

表 4-16

高纯氮气规格

项目	要求参数
压力	$\geq 0.40\text{MPa (G)}$
温度	环境温度
常压露点	$\leq -45^\circ\text{C}$
纯度	$\geq 99.9997\%$

7. 氢气

表 4-17

氢气规格

项目	要求参数
纯度	99.99%
压力	$\geq 0.50\text{Mpa (G)}$
一氧化碳含量	不含
温度	常温

8. 冷冻水

表 4-18

冷冻水规格

项目	参数
PH 值	≥ 6.5
总硬度	$\leq 10^\circ\text{D}$
温度	进口 $\leq 7^\circ\text{C}$ 出口 $\leq 11^\circ\text{C}$
压力	进口 0.6MPa(表压) 出口 0.3MPa(表压)
压力波动	$\leq \pm 10\%$
悬浮物含量	$\leq 30\text{mg/L}$
固体残渣含量	$\leq 500\text{mg/L}$

9. 循环水

表 4-19

冷却水规格

项目	要求参数
PH 值	≥6.5
总硬度	≤10° D
温度	进口≤33℃ 出口≤38℃
压力	进口 0.6MPa(表压) 出口 0.3MPa(表压)
压力波动	≤±10%
悬浮物含量	≤30mg/L
固体残渣含量	≤500mg/L

4.2.3.2. 公用物料和能量的消耗

表 4-20

公用物料和能量消耗表

类别	原料/介质名称	单位	消耗值/吨切片	二期正常消耗定 额/小时	消耗值/年
原辅料	己内酰胺	吨	0.9911	24.8	208132.00
	二氧化钛	吨	0.0070	0.175	1470.00
	对苯二甲酸	吨	0.0015	0.036	306.00
	添加剂	吨	0.0005	0.012	102.00
公用工程 消耗	中压蒸汽	吨	0.55	13.75	115500
	高纯水(脱盐水)	吨	0.3	7.50	63000
	压缩空气	标立方米	22	550.00	4620000
	仪表空气	标立方米	15	375.00	3150000
	高纯氮气	标立方米	15	375.00	3150000
	氢气	标立方米	0.01	0.25	2100
	天然气	标立方米	24	600.00	5040000
	新鲜水	吨	0.9	22.50	189000
	生活用水	吨	0.0842	2.11	17682
电	kW·h	280	7000.00	58800000	
水处理	清净废水/生活污水	吨	0.0842	2.11	17682
	生产污水	吨	0.6	15.00	126000
	凉水塔的水分蒸发	吨	0.6	15.00	126000
其它	一次热媒	Kcal	1.90E+05	4750000.00	39900000000
	冷冻水	吨	55	1375.00	11550000
	循环水	吨	67	1675.00	14070000

注：冷冻水、循环水为循环量。

4.2.4 主要物料平衡

主要物料消耗和物料平衡如下表所示：

表 4-21

主要物料消耗和物料平衡

投入 (t/a)			产出 (t/a)		
序号	名称	数量	序号	名称	数量
1	己内酰胺	208132.0	1	聚己内酰胺	210000.0
2	二氧化钛	1470.0	2	废气	217224.0
3	对苯二甲酸	306.0	3	次品	10.0
4	添加剂	102.0	4	生活污水	17682.0
5	生活用水	17682.0	5	生产污水	126000.0
6	新鲜水	189000.0	6	凉水塔的水分蒸发	126000.0
7	空气	217224.0			
8	脱盐水	63000.0			
合计		696916	合计		696916

4.3 主要设备一览表

各生产线及试验线主要设备名称、数量和规格参数如下表所示。其中三线部分采用国产工艺及设备，四线和五线采用进口工艺及核心设备。

表 4-22 三线-200 吨/天有光切片生产线主要工艺设备表

序号	设备名称	设备数量	材质
一、添加剂配制			
1	添加剂提升机	1	碳钢
2	加料系统	1	成套设备, 不锈钢
3	添加剂配制罐	1	不锈钢
4	添加剂搅拌器	1	不锈钢
5	添加剂循环泵	1	不锈钢
6	添加剂配制罐水封罐	1	不锈钢
7	添加剂过滤器	2	不锈钢
二、液体己内酰胺供应			
8	己内酰胺中间罐	1	不锈钢
9	己内酰胺总管过滤器	2	不锈钢
10	己内酰胺中间罐水封罐	1	不锈钢
11	己内酰胺循环泵	2	不锈钢
12	己内酰胺配料泵	2	不锈钢
13	己内酰胺过滤器	2	不锈钢
14	己内酰胺配料过滤器	2	不锈钢
三、己内酰胺添加剂计量			
15	己内酰胺输送罐	1	不锈钢
16	己内酰胺输送罐搅拌器	1	不锈钢

17	己内酰胺输送罐水封罐	1	不锈钢
18	己内酰胺进料泵	2	不锈钢
19	己内酰胺第一预加热器	1	不锈钢
20	己内酰胺第二预加热器	1	不锈钢
21	添加剂进料泵	2	不锈钢
22	静态混和器	2	不锈钢
四、聚合系统			
23	前聚填料塔	1	不锈钢
24	前聚反应器	1	不锈钢
25	前聚上段联苯加热器	1	碳钢
26	前聚下段联苯加热器	1	碳钢
27	前聚第一冷凝器	1	不锈钢
28	前聚水封罐	1	不锈钢
29	联苯汽液分离器	1	碳钢
30	安全阀泄放隔离	1	碳钢
31	前聚第二冷凝器	1	不锈钢
32	前聚喷淋系统	1	不锈钢
33	后聚填料塔	1	不锈钢
34	聚合反应器	1	不锈钢
35	联苯膨胀罐	1	碳钢
36	后聚塔顶冷凝器	1	不锈钢
37	后聚上段蒸发器	1	碳钢
38	后聚中段换热器	1	碳钢
39	后聚下段换热器	1	碳钢
40	后聚下段联苯循环泵	2	碳钢
41	后聚中段联苯循环泵	2	碳钢
42	前聚出料泵	1	不锈钢
43	联苯汽液分离器	1	碳钢
44	后聚水封罐	1	不锈钢
45	后聚喷淋循环泵	2	不锈钢
五、熔体过滤			
46	聚合出料泵	1	不锈钢
47	熔体过滤器电动葫芦	1	碳钢
48	熔体过滤器	2	不锈钢
六、切粒系统			
49	拉条切粒机	2	不锈钢；MUSG900
七、切片预萃取			
50	切片水贮存罐	2	不锈钢
51	预萃旋转出料器	2	不锈钢
52	预萃切片输送泵	2	不锈钢
53	预萃水循环加热器	2	不锈钢

54	预萃水循环泵	4	不锈钢
55	预萃脱气罐	2	不锈钢
八、萃取系统			
56	萃取塔	2	不锈钢
57	切片水分离器	2	不锈钢
58	萃取脱气罐	2	不锈钢
59	萃取水浸渍槽	2	不锈钢
60	第一萃取水自循环泵	2	不锈钢
61	萃取水冷却器	4	不锈钢
62	第二萃取水自循环泵	4	不锈钢
63	第二萃取水自循环过滤器	4	不锈钢
64	第二萃取水自循环加热器	2	不锈钢
65	三萃取水自循环泵	2	不锈钢
66	底部萃取水加热器	2	不锈钢
67	脱水机	4	不锈钢
68	底部萃取水过滤器	4	不锈钢
69	底部萃取水输送泵	4	不锈钢
70	萃取切片输送泵	2	不锈钢
71	萃取旋转出料器	2	不锈钢
九、干燥系统			
72	干燥塔	2	不锈钢
73	氮气粉尘过滤器	2	不锈钢
74	一段氮气循环加热器	2	不锈钢
75	二段氮气循环加热器	2	不锈钢
76	干燥底部旋转阀	2	不锈钢
77	干燥一段循环风机	2	不锈钢
78	电加热器	2	不锈钢
79	风机电动葫芦	2	碳钢
80	氮气洗涤冷却塔	2	不锈钢
81	干燥二段循环风机	2	不锈钢
82	风机电动葫芦	2	不锈钢
83	氮气第一换热器	2	不锈钢
84	氮气第二换热器	2	不锈钢
85	氮气除氧器	2	不锈钢
86	喷淋水冷却器	4	不锈钢
87	洗涤塔喷淋水泵	4	不锈钢
88	洗涤塔水封罐	2	不锈钢
89	洗涤塔喷淋水过滤器	4	不锈钢
90	固相增粘塔	1	不锈钢
91	干燥三段循环风机	1	不锈钢
92	风机电动葫芦	1	不锈钢

93	三段氮气循环加热器	1	不锈钢
94	电加热器	1	不锈钢
十、切片冷却			
95	切片冷却料仓	2	不锈钢
96	粉尘分离器	2	不锈钢
97	一级氮气冷却器	2	不锈钢
98	二级氮气冷却器	2	不锈钢
99	冷却料仓循环风机	2	不锈钢
100	风机电动葫芦	2	碳钢
十一、切片输送和包装系统			
101	发送罐	2	不锈钢
102	循环氮气低压储罐	1	不锈钢
103	稳压罐	1	不锈钢
104	粉尘过滤器	1	不锈钢
105	氮气压缩机	3	不锈钢
106	循环氮气高压储罐	1	不锈钢
107	包装料仓	4	不锈钢
108	大包装机	2	不锈钢
109	中间料仓	2	不锈钢
110	氮气冷却器	1	不锈钢
111	隔离仓	1	不锈钢
十二、热水系统			
112	前聚热水冷却器	2	不锈钢
113	前聚热水循环泵	2	不锈钢
114	热水高位槽	1	不锈钢
115	后聚热水冷却器	2	不锈钢
116	后聚热水循环泵	2	不锈钢
十三、联苯贮存系统			
117	联苯进料泵	1	碳钢
118	联苯卸桶泵(公用)	1	碳钢
119	联苯低位槽(公用)	1	碳钢
120	联苯真空喷射器	1	碳钢
121	联苯放空冷凝器	1	碳钢
122	水封罐	1	碳钢

表 4-23 四线-200 吨/天半消光尼龙 6 切片生产线主要工艺设备表

序号	设备名称	设备数量	材质
一、二氧化钛系统(2套, 四线与五线共用)			
1	二氧化钛提升机	2	
2	二氧化钛吸粉机	2	
3	二氧化钛混合罐	2	

4	二氧化钛混合罐搅拌器	2	
5	二氧化钛离心机	2	
6	二氧化钛稀释槽	2	
7	二氧化钛稀释槽搅拌器	2	
8	二氧化钛悬浮液贮罐	2	
9	二氧化钛悬浮液贮罐搅拌器	2	
10	二氧化钛悬浮液调配罐	2	
11	二氧化钛悬浮液调配罐搅拌器	2	
12	二氧化钛粗相槽	2	
13	二氧化钛粗相槽搅拌器	2	
14	二氧化钛粗相调配槽	2	
15	二氧化钛粗相调配槽搅拌器	2	
16	二氧化钛研磨机	2	
17	二氧化钛输送泵	2	
18	二氧化钛粗相泵	2	
19	二氧化钛进料泵	2	
20	二氧化钛悬浮液泵	2	
21	二氧化钛过滤器	4	
22	己内酰胺水溶液配制罐	2	
23	二氧化钛悬浮液过滤器	2	
二、添加剂系统(四线与五线共用)			
24	ADG 循环泵	1	
25	ADH 循环泵	1	
26	ADG 水溶液罐	1	
27	ADH 水溶液罐	1	
28	水溶液罐水封罐	1	
29	ADG 卸桶泵	1	
30	ADH 卸桶泵	1	
31	添加剂混合罐水封罐	1	
32	添加剂混合罐	1	
33	添加剂搅拌器	1	
34	添加剂输送泵	2	
35	添加剂储罐	2	
36	添加剂过滤器	2	
37	添加剂储罐水封罐	2	
38	ADG 电子秤	1	
39	ADH 电子秤	1	
三、对苯二甲酸添加剂配制(四线与五线共用)			
40	对苯二甲酸提升机	1	
41	对苯二甲酸加料系统(加料器)	1	
42	对苯二甲酸加料系统(加料机)	1	

43	对苯二甲酸加料系统(螺杆输送)	1	
44	对苯二甲酸配制罐	1	
45	对苯二甲酸搅拌器	1	
46	对苯二甲酸循环泵	1	
47	对苯二甲酸配制罐水封罐	1	
48	对苯二甲酸过滤器	2	
49	对苯二甲酸贮存罐	2	
50	对苯二甲酸贮存罐水封罐	2	
四、液体己内酰胺供应			
51	己内酰胺中间罐	1	不锈钢
52	己内酰胺总管过滤器	2	不锈钢
53	己内酰胺中间罐水封罐	1	不锈钢
54	己内酰胺循环泵	2	不锈钢
55	己内酰胺配料泵	2	不锈钢
56	己内酰胺过滤器	2	不锈钢
57	己内酰胺配料过滤器	2	不锈钢
五、己内酰胺添加剂计量			
58	己内酰胺输送罐	1	
59	己内酰胺输送罐搅拌器	1	
60	己内酰胺输送罐水封罐	1	
61	己内酰胺进料泵	2	
62	己内酰胺第一预加热器	1	
63	己内酰胺第二预加热器	1	
64	对苯二甲酸进料泵	2	
65	添加剂进料泵	2	
66	二氧化钛进料泵	2	
67	一级静态混和器	1	
68	二级静态混和器	1	
69	三级静态混和器	1	
六、聚合系统			
70	聚合填料塔	1	不锈钢
71	聚合反应器	1	不锈钢
72	联苯膨胀罐	1	碳钢
73	聚合塔顶冷凝器	1	不锈钢
74	聚合上段蒸发器	1	碳钢
75	聚合中段换热器	1	碳钢
76	聚合下段换热器	1	碳钢
77	聚合下段联苯循环泵	2	碳钢
78	聚合中段联苯循环泵	2	碳钢
79	聚合出料泵	1	不锈钢
80	联苯汽液分离器	1	碳钢

81	聚合水封罐	1	不锈钢
82	聚合喷淋循环泵	2	不锈钢
七、熔体过滤			
83	聚合出料泵	1	不锈钢
84	熔体过滤器	2	
85	熔体过滤器电动葫芦	1	
八、切片预萃取			
86	切片水贮存罐	2	
87	预萃旋转出料器	2	
88	预萃切片输送泵	2	
89	预萃脱气罐	2	
九、萃取系统			
90	萃取塔	2	
91	切片水分离器	2	
92	萃取脱气罐	2	
93	萃取水浸渍槽	2	
94	第二萃取水自循环泵	4	
95	第二萃取水自循环过滤器	4	
96	第二萃取水自循环加热器	2	
97	底部萃取水加热器	2	
98	脱水机	4	
99	底部萃取水过滤器	4	
100	底部萃取水输送泵	4	
101	萃取切片输送泵	2	
102	萃取旋转出料器	2	
十、干燥系统			
103	干燥塔	2	
104	氮气粉尘过滤器	2	
105	一段氮气循环加热器	2	
106	二段氮气循环加热器	2	
107	干燥底部旋转阀	2	
108	干燥一段循环风机	2	
109	风机电动葫芦	2	
110	氮气洗涤冷却塔	2	
111	干燥二段循环风机	2	
112	氮气第一换热器	2	
113	氮气第二换热器	2	
114	氮气除氧器	2	不锈钢
115	喷淋水冷却器	4	
116	洗涤塔喷淋水泵	4	
117	洗涤塔水封罐	2	

118	风机电动葫芦	2	
119	洗涤塔喷淋水过滤器	4	
十一、切片冷却			
120	切片冷却料仓	2	
121	粉尘分离器	2	
122	二级氮气冷却器	2	
123	一级氮气冷却器	2	
124	冷却料仓循环风机	2	
125	鼓风机电动葫芦	2	
十二、热水系统			
126	热水加热器	2	
127	热水循环泵	2	
128	热水高位槽	1	
十三、联苯贮存系统			
129	联苯进料泵	1	
130	联苯卸桶泵(可公用)	1	
131	联苯真空喷射器	1	
132	联苯放空冷凝器	1	
十四、切粒系统			
133	拉条切粒机	2	MUSG900
十五、切片输送和包装			
134	发送罐	2	
135	切片料仓	4	
136	中间料仓	2	
137	包装机(大袋)	2	
138	高压氮气贮罐	1	
139	氮气压缩机	3	
140	低压氮气贮罐	1	
141	除尘器	1	
142	隔离仓	1	

表 4-24 五线-200 吨/天全消光尼龙 6 切片生产线主要工艺设备表

序号	设备名称	设备数量	材质
一、液体己内酰胺供应			
1	己内酰胺中间罐	1	
2	己内酰胺总管过滤器	2	
3	己内酰胺中间罐水封罐	1	
4	己内酰胺循环泵	2	
5	己内酰胺配料泵	2	
6	己内酰胺过滤器	2	
7	己内酰胺配料过滤器	2	

二、己内酰胺添加剂计量			
8	己内酰胺输送罐	1	
9	己内酰胺输送罐搅拌器	1	
10	己内酰胺输送罐水封罐	1	
11	己内酰胺进料泵	2	
12	己内酰胺第一预加热器	1	
13	己内酰胺第二预加热器	1	
14	对苯二甲酸进料泵	2	
15	添加剂进料泵	2	
16	二氧化钛进料泵	2	
17	一级静态混和器	1	
18	二级静态混和器	1	
19	三级静态混和器	1	
三、聚合系统			
20	聚合填料塔	1	不锈钢
21	聚合反应器	1	不锈钢
22	联苯膨胀罐	1	碳钢
23	聚合塔顶冷凝器	1	不锈钢
24	聚合上段蒸发器	1	碳钢
25	聚合中段换热器	1	碳钢
26	聚合下段换热器	1	碳钢
27	聚合下段联苯循环泵	2	碳钢
28	聚合中段联苯循环泵	2	碳钢
29	聚合出料泵	1	不锈钢
30	联苯汽液分离器	1	碳钢
31	聚合水封罐	1	不锈钢
32	聚合喷淋循环泵	2	不锈钢
四、熔体过滤			
33	聚合出料泵	1	不锈钢
34	熔体过滤器	2	
35	熔体过滤器电动葫芦	1	
五、切片预萃取			
36	切片水贮存罐	2	
37	预萃旋转出料器	2	
38	预萃切片输送泵	2	
39	预萃脱气罐	2	
六、萃取系统			
40	萃取塔	2	
41	切片水分离器	2	
42	萃取脱气罐	2	
43	萃取水浸渍槽	2	

44	第二萃取水自循环泵	4	
45	第二萃取水自循环过滤器	4	
46	第二萃取水自循环加热器	2	
47	底部萃取水加热器	2	
48	脱水机	4	
49	底部萃取水过滤器	4	
50	底部萃取水输送泵	4	
51	萃取切片输送泵	2	
52	萃取旋转出料器	2	
七、干燥系统			
53	干燥塔	2	
54	氮气粉尘过滤器	2	
55	一段氮气循环加热器	2	
56	二段氮气循环加热器	2	
57	干燥底部旋转阀	2	
58	干燥一段循环风机	2	
59	风机电动葫芦	2	
60	氮气洗涤冷却塔	2	
61	干燥二段循环风机	2	
62	氮气第一换热器	2	
63	氮气第二换热器	2	
64	氮气除氧器	2	不锈钢
65	喷淋水冷却器	4	
66	洗涤塔喷淋水泵	4	
67	洗涤塔水封罐	2	
68	风机电动葫芦	1	
69	风机电动葫芦	1	
70	洗涤塔喷淋水过滤器	4	
八、切片冷却			
71	切片冷却料仓	2	
72	粉尘分离器	2	
73	二级氮气冷却器	2	
74	一级氮气冷却器	2	
75	冷却料仓循环风机	2	
76	鼓风机电动葫芦	2	
九、热水系统			
77	热水加热器	2	
78	热水循环泵	2	
79	热水高位槽	1	
十、联苯贮存系统			
80	联苯进料泵	1	

81	联苯卸桶泵(可公用)	1	
82	联苯真空喷射器	1	
83	联苯放空冷凝器	1	
十一、切粒系统			
84	拉条切粒机	2	MUSG900
十二、切片输送(和试验线共用)和包装			
85	发送罐	2	
86	切片料仓	4	
87	中间料仓	2	
88	隔离仓	1	
89	包装机(大袋)	3	
90	高压氮气贮罐	1	
91	氮气压缩机	3	
92	低压氮气贮罐	1	
93	除尘器	1	

表 4-25

5 吨/天试验线主要工艺设备表

序号	设备名称	设备数量	备注
一、二氧化钛系统			
1	二氧化钛提升机	1	
2	二氧化钛吸粉机	1	
3	二氧化钛混合罐	1	
4	二氧化钛混合罐搅拌器	1	
5	二氧化钛离心机	1	
6	二氧化钛稀释槽	1	
7	二氧化钛稀释槽搅拌器	1	
8	二氧化钛悬浮液贮罐	1	
9	二氧化钛悬浮液贮罐搅拌器	1	
10	二氧化钛悬浮液调配罐	1	
11	二氧化钛悬浮液调配罐搅拌器	1	
12	二氧化钛粗相槽	1	
13	二氧化钛粗相槽搅拌器	1	
14	二氧化钛粗相调配槽	1	
15	二氧化钛粗相调配槽搅拌器	1	
16	二氧化钛研磨机	1	
17	二氧化钛输送泵	1	
18	二氧化钛粗相泵	1	
19	二氧化钛进料泵	1	
20	二氧化钛悬浮液泵	1	
21	二氧化钛过滤器	2	

22	己内酰胺水溶液配制罐	1	
23	二氧化钛悬浮液过滤器	1	
二、添加剂系统			
24	ADG 循环泵	1	
25	ADH 循环泵	1	
26	ADG 水溶液罐	1	
27	ADH 水溶液罐	1	
28	水溶液罐水封罐	1	
29	ADG 卸桶泵	1	
30	ADH 卸桶泵	1	
31	添加剂混合罐水封罐	1	
32	添加剂混合罐	1	
33	添加剂搅拌器	1	
34	添加剂输送泵	2	
35	添加剂储罐	1	
36	添加剂过滤器	2	
37	添加剂储罐水封罐	1	
38	ADG 电子秤	1	
39	ADH 电子秤	1	
三、对苯二甲酸添加剂配制			
40	对苯二甲酸提升机	1	
41	对苯二甲酸加料系统(加料器)	1	
42	对苯二甲酸加料系统(加料机)	1	
43	对苯二甲酸加料系统(螺杆输送)	1	
44	对苯二甲酸配制罐	1	
45	对苯二甲酸搅拌器	1	
46	对苯二甲酸循环泵	1	
47	对苯二甲酸配制罐水封罐	1	
48	对苯二甲酸过滤器	2	
49	对苯二甲酸贮存罐	1	
50	对苯二甲酸贮存罐水封罐	1	
四、液体己内酰胺供应			
51	己内酰胺中间罐	1	
52	己内酰胺总管过滤器	2	
53	己内酰胺中间罐水封罐	1	
54	己内酰胺循环泵	2	
55	己内酰胺配料泵	2	
56	己内酰胺过滤器	2	
57	己内酰胺配料过滤器	2	
五、己内酰胺添加剂计量			

58	己内酰胺输送罐	1	
59	己内酰胺输送罐搅拌器	1	
60	己内酰胺输送罐水封罐	1	
61	己内酰胺进料泵	2	
62	己内酰胺第一预加热器	1	
63	己内酰胺第二预加热器	1	
64	对苯二甲酸进料泵	2	
65	添加剂进料泵	2	
66	二氧化钛进料泵	2	
67	一级静态混和器	1	
68	二级静态混和器	1	
69	三级静态混和器	1	
六、前聚合系统			
70	前聚填料塔	1	
71	前聚反应器	1	
72	前聚上段联苯加热器	1	
73	前聚下段联苯加热器	1	
74	前聚冷凝器	1	
75	前聚水封罐	1	
七、后聚合系统			
76	后聚搅拌器	1	
77	后聚填料塔	1	
78	后聚反应器	1	
79	联苯膨胀罐	1	
80	后聚塔顶冷凝器	1	
81	后聚上段蒸发器	1	
82	后聚下段换热器	1	
83	后聚中段换热器	1	
84	后聚下段联苯循环泵	1	
85	后聚中段联苯循环泵	1	
86	前聚出料泵	1	
87	后聚水封罐	1	
八、熔体过滤			
88	熔体出料泵	1	
89	熔体过滤器	2	
九、切片预萃取			
90	切片水贮存罐	1	
91	预萃旋转出料器	1	
92	预萃切片输送泵	1	
93	预萃脱气罐	1	

十、萃取系统			
94	萃取塔	1	
95	切片水分离器	1	
96	萃取脱气罐	1	
97	萃取水浸渍槽	1	
98	第二萃取水自循环泵	2	
99	第二萃取水自循环过滤器	2	
100	第二萃取水自循环加热器	1	
101	底部萃取水加热器	1	
102	脱水机	2	
103	底部萃取水过滤器	2	
104	底部萃取水输送泵	2	
105	萃取切片输送泵	1	
106	萃取旋转出料器	1	
十一、干燥系统			
107	干燥塔	1	
108	氮气粉尘过滤器	1	
109	一段氮气循环加热器	1	
110	二段氮气循环加热器	1	
111	干燥底部旋转阀	3	
112	干燥一段循环风机	1	
113	氮气洗涤冷却塔	1	
114	干燥二段循环风机	1	
115	氮气第一换热器	1	
116	氮气第二换热器	1	
117	氮气除氧器	1	
118	喷淋水冷却器	2	
119	洗涤塔喷淋水泵	2	
120	洗涤塔水封罐	1	
121	洗涤塔喷淋水过滤器	2	
122	固相增粘塔	1	
123	干燥三段循环风机	1	
124	三段氮气循环加热器	1	
125	电加热器	1	
十二、切片冷却			
126	切片冷却料仓	1	
127	粉尘分离器	1	
128	二级氮气冷却器	1	
129	一级氮气冷却器	1	
130	冷却料仓循环风机	1	

十三、热水系统			
131	前聚热水冷却器	2	
132	前聚热水循环泵	2	
133	热水高位槽	1	
134	后聚热水冷却器	2	
135	后聚热水循环泵	2	
十四、联苯贮存系统			
136	联苯进料泵	1	
137	联苯卸桶泵	1	
138	联苯真空喷射器	1	
139	联苯放空冷凝器	1	
十五、切粒系统			
140	拉条切粒机	1	
十六、切片输送和包装			
141	发送罐	1	
142	切片料仓	2	
143	中间料仓	1	
144	小包料仓	1	
145	小包装机	2	手动+自动
十七、其他单体配制系统			
146	其他单体卸桶泵	1	
147	其他单体配制罐	1	
148	其他单体配制罐搅拌器	1	
149	其他单体过滤器	1	
150	其他单体中间罐	1	
151	其他单体中间罐搅拌器	1	
152	水封罐	1	
153	其他单体进料泵	2	

表 4-26

公用系统的主要工艺设备表

序号	设备名称	设备数量	材质
一、MVR 蒸发浓缩回收系统(1套, 公用)			
1	萃取水贮罐	2	不锈钢
2	萃取水进料循环泵	2	不锈钢
3	萃取水过滤器	1	不锈钢
4	冷却器	1	不锈钢
5	回收水加热器	1	不锈钢
6	一效加热器	1	不锈钢
7	一效蒸发塔	1	不锈钢
8	一效循环泵	2	不锈钢

9	汽水分离器	1	不锈钢
10	二效加热器	1	不锈钢
11	二/三效蒸发塔	1	不锈钢
12	二效浓缩液循环泵	2	不锈钢
13	三效加热器	1	不锈钢
14	三效浓缩液循环泵	2	不锈钢；离线备
15	四效汽水分离器	1	不锈钢
16	四效加热器	1	不锈钢
17	四效浓缩液循环泵	2	不锈钢；离线备
18	浓缩液出料泵	1	不锈钢
19	蒸汽压缩机	2	不锈钢
20	蒸馏水槽	1	不锈钢
21	回收回流水泵	2	不锈钢
22	回收脱盐水泵	2	不锈钢
二、萃取水浓缩液高压水解系统(1套，公用)			
23	搅拌器	1	不锈钢
24	浓缩液脱水罐	1	不锈钢
25	洗涤塔	1	不锈钢
26	冷却器	1	不锈钢
27	浓缩液循环泵	1	不锈钢
28	浓缩液过滤器	1	不锈钢
29	浸渍槽	1	不锈钢
30	脱盐水高压泵	1	不锈钢
31	脱盐水槽	1	不锈钢
32	水解进料五柱塞泵	1	不锈钢
33	水解加热器	1	不锈钢
34	水解反应器脱水塔	1	不锈钢
35	高压水解反应器	1	不锈钢
36	水解浸渍槽	1	不锈钢
37	加热器联苯蒸发器	1	不锈钢
38	反应器联苯蒸发器	1	不锈钢
三、脱氧脱盐水系统(公用)			
39	脱盐水贮罐	1	
40	脱氧脱盐水罐	1	
41	脱盐水冷凝器	1	
42	脱氧脱盐水泵	2	
四、导热油锅炉(公用)			
43	热油储槽	1	Q235B
44	注油泵	2	组合件
45	膨胀罐	1	Q235B

46	导热油循环泵	3	组合件
47	导热油炉	3	组合件
48	燃烧器	3	
49	烟道防爆门	3	
50	取样冷却器	1	
51	控制柜(配套)	1	
52	空气预热器	3	组合件
53	鼓风机	3	组合件
54	烟囱	1	Q235B
55	油气分离器	1	Q245R
56	循环风机	3	组合件
五、循环冷却水系统(公用)			
57	凉水塔	4	500吨封闭式凉水塔
58	循环冷却水增压泵	3	
六、冷冻水系统(公用)			
59	冷冻机组	3	350万大卡
60	冷冻水增压泵	3	

4.4 原料和切片质量控制

4.4.1 原料、切片分析方法

采用的原料指标及分析方法如表 4-27 所示，切片分析方法按《纤维级聚己内酰胺(PA6)切片试验方法》GB/T38138-2019 执行。

表 4-27 原料己内酰胺指标及分析方法

编号	项目	分析方法	仪器
1	色度	GB / T13255. 1-2009	可见分光光度计
2	结晶点	GB / T13255. 2-2009	结晶测试仪
3	高锰酸钾吸收值	GB / T13255. 3-2009	可见分光光度计
4	挥发性碱	GB / T13255. 4-2009	碱式定氮仪
5	290nm 波长处吸光度	GB / T13255. 5-2009	紫外分光光度计
6	酸度或碱度	GB / T13255. 6-2009	滴定管
7	铁含量	GB / T13255. 7-2009	可见分光光度计
8	过氧化物	CTA-PA6-R08*	滴定管

注：*参考标准

4.4.2 仪器设备规格

主要分析设备如下表所示：

表 4-28

分析设备清单

序号	仪器设备	数量	规格	参考厂家
1	精密恒温浴槽 (15空位)	5	多孔位、温控精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 带搅拌	杭州卓祥
2	全自动粘度分析仪	2	分辨率: 0.01(s)、实际分辨率: 0.0001(s)、测试温度: 10~85 $^{\circ}\text{C}$	杭州卓祥、PVS(上海劳达)
3	库仑法卡尔费休水分仪(带干燥炉)	2	测量范围-2000~+2000mv, 分辨率 0.1mv 测量范围 10 μg ~200mg 测量分辨率 0.1 μg 测量重复性 0.3% (>1mgH ₂ O/样品)	梅特勒、瑞士万通
4	紫外-可见分光光度计	1	双光束、光谱带宽 0.1~5nm、波长范围 185~1400nm、波长准确度 $\pm 0.1\text{nm}$	普析、岛津、梅特勒
5	自动电位滴定仪	1	滴定管驱动器分辨率: 1/20000步、滴定管排空和充满时间: 20秒(100%充液速率)、mv/pH 测量电极测量范围 $\pm 2000\text{mv}$	梅特勒、瑞士万通
6	自动阿贝折光率仪	1	折光率检测线 ≤ 0.00001	梅特勒、日本 ATAGO(爱拓)
7	烘箱	4	控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$	国产
8	马弗炉	2	~1000 $^{\circ}\text{C}$, 温控精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$	上海一恒
9	电子天平	8	量程 220g、精确度 0.1mg	梅特勒
10	色差仪	1	型号: HunterLabLabScanXE	美国亨特立色差仪
11	暗箱紫外分析仪	2	波长: 253~365nm	精科、嘉鹏科技
12	透过率仪(含真空泵滤网玻璃仪器)	2		国产
13	索格利特萃取仪	20		国产
14	自动配液器(分注器)	4		梅特勒
15	冷藏柜	1		国产
16	蠕动泵(大号2只带聚四氟储液瓶)	1		杭州卓祥

5 装置的自动控制

5.1 装置的自动控制水平

5.1.1 自动控制

尼龙6聚合装置的自动控制是针对以己内酰胺为原料生产尼龙6切片的整个生产控制，包括单体供应、添加剂配制、聚合、切粒、萃取、干燥、切片输送和包装等工序的自动控制。切片气流输送、切料机、氮气纯化等工序的自控仪表均由设备制造厂配套供应。

因尼龙6聚合工艺流程复杂，检测和控制点较多，为保证装置连续、安全、稳定操作，生产高质量的产品，整个装置采用一套集散控制系统(DCS)进行集中过程控制。

装置仪表和工艺控制按照安全、可靠、优质、经济、适用的原则设计。监控等级分为现场仪表、现场控制盘、中心控制室监控三个等级。

现场一次检测仪表和变送器一般采用国产或国内引进技术生产的仪表，特殊场合的特殊仪表通过国外引进。进聚合管的己内酰胺单体、浓缩液、添加剂及进装置的新鲜水、循环水、冷冻水、蒸汽、仪表空气、氮气均设置流量计量仪表。仪表的计量精度应符合工艺要求。

1. 现场仪表

现场安装的仪表显示或检测各种工艺参数，如压力、温度、流量和液位等。按照不同的功能，重要的操作参数将由传感元件测量并用智能变送器转变成电信号直接传送至现场控制盘或中心控制室。执行元件(调节阀或开关阀)接收从现场控制盘或中心控制室发送的指令。变送器和调节阀是工艺和控制系统直接相连的重要元件。

仪表设备及元件均按有关工业标准制造。各个部件均根据其所需的工作任务、环境和工艺功能的分级来选择。

2. 现场控制盘

某些专用设备和成套供应的设备，如热媒系统、切料机、压缩机、切片包装机、称量设备、切片气流输送系统及公用工程设施等可能用

安装在现场或机器附近的控制盘直接现场控制。这些控制盘装有必要的电气设备、计量表、控制器和操作按钮，并放在靠近机器的位置。机器的运行状态信息将在现场显示。为了集中控制和管理，那些与主要生产工艺直接有关的成套设备的全部参数将传送至中心控制室监控。从中心控制室来的动作指令或参数设定值也将由现场控制盘接受执行。

3. 中心控制室

中心控制室靠近工艺装置，中心控制室将按照有关规定设置机柜室和操作室，操作室设若干操作站和工程师站，完成对整个装置的监控和管理。机柜室用于布置 DCS 机柜、中间端子柜、继电器柜，也是现场各种传感器、变送器及执行元件与 DCS 连接的接线区。

5.1.2 主要控制方案

聚合反应器顶部设有压力调节、液位调节与己内酰胺单体进料量调节。进料由质量流量计计量，并与添加剂进料设置了比值调节系统。

聚合反应器上、中、下部的中心和壁侧设有多点温度指示和记录。聚合管顶部还设有液位调节和报警。出料齿轮泵设有转速及流量指示，该泵的转速与流量成比例，根据出料齿轮泵的转速调节切粒机的运行速度，使二者步调一致。

萃取塔顶部设有料位控制和报警，控制底部的旋转給料阀转速以保证顶部料位的稳定。

进入萃取塔的热热水设有温度调节。

干燥塔、切片输送料斗设有料位连锁报警。干燥塔的氮气加热均设有温度调节。

萃取水蒸发连续操作。主要控制回路有：物料流量指示报警、中压蒸汽压力调节、分离器液位调节、报警等。

5.1.3 控制系统

根据聚合装置工序较多，流程较长，检测和控制点较多的特点，为保证装置安全、连续和稳定地运行，设计选用由国内或国际知名厂商制造的集散控制系统(DCS)。这种先进的控制系统将使整个装置的自动化程度处于国内同类装置的同等水平。

集散控制系统(DCS)设置在中央控制室和现场机柜室内。

DCS完成本装置的基本过程控制、操作、监视、管理，顺序控制、工艺连锁，部分先进控制也在DCS的网络设备中完成。

DCS由操作站、辅助操作台、打印机、显示器、工业PC机、控制站、I/O机柜、安全栅或/及端子柜、配电柜及网络设备等组成。中央控制室设置工程师站用于组态维护，故障诊断等工作。各控制站配置冗余的串行通信接口连接PLC等系统。

DCS的操作站、打印机、数据存贮设备、工程师站及其它操作终端等安装在中央控制室内；DCS的过程控制站等安装在现场机柜室。中央控制室与现场机柜室之间采用冗余的电缆或光缆连接。

DCS采用冗余技术与自诊断技术，DCS的中央处理器卡、通信卡、电源卡、接口卡等应冗余配置。

5.2 主要仪表选型原则

仪表及自控设备选型根据尼龙6装置的生产规模、流程特点、操作要求，选择技术先进、性能可靠、价格合理的仪表和自控设备，并要求有良好的售后服务和技术支持。

现场远传信号仪表选用电子仪表或智能仪表。

模拟量信号的仪表，采用4-20mADC标准信号叠加HART协议。

阀门的位置信号采用阀位置信号发送器或接近开关。

DCS的开关量输入信号为干接点信号。

根据尼龙6工程的工艺特点，不需要设置独立的安全仪表系统(SIS)，只设置简单的安全连锁保护回路，连锁回路的逻辑控制在DCS中监控及报警。

现场安装的变送器带输出信号指示。现场仪表的选用满足建设地环境要求。现场安装电子式仪表至少满足IEC60529和GB4208标准规定的IP55的防护等级；其他非电子式的现场仪表至少满足IP55的防护等级。

对于多雷击地区考虑采取仪表信号的防雷措施。

仪表接地采用等电位联结方式，仪表控制系统设工作接地、安全

接地和本安接地三个汇流条，连接到接地总板，然后再与电气的接地网络相连接。

5.2.1 流量仪表

流量测量选用节流装置加差压流量变送器方式、变面积式流量计、容积式流量计、涡街流量计、旋进式流量计、电磁流量计、质量流量计、超声波流量计等仪表。

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(Meter-Run)或内藏孔板流量变送器。管径小于 DN40 流量测量或流量变化范围较大时，可选用金属管转子流量计。

低压损流量测量的场合使用文丘里管，高压过热蒸汽及易磨损等场合采用 V 型锥管流量计或平衡多孔流量计。

需精密测量流量时，选用质量流量仪表。

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 V 型锥管流量计、阿纽巴流量计、超声波流量计或平衡多孔流量计，对于循环水流量测量，可使用 V 型锥管流量计、电磁流量计或超声波流量计。

对于高粘度的工艺介质流量测量可采用楔式流量计。

一般不采用流量开关，如设备成套商的特殊要求时，采用流量开关的接点应为双刀双掷(DPDT)。

5.2.2 液位仪表

就地液位指示选用磁翻板液位计或玻璃板液位计。

对于界面测量、高压低密度等介质，宜选用玻璃板液位计。

对于高温高压等特殊场所选取适合的液位计形式及附件。

远传液位测量仪表通常选用法兰式差压液位变送器和浮筒式液位变送器，也可采用电容式、超声波等其它液位仪表。浮筒液位变送器的量程不超过 1500mm。

当测量小于 1500mm 的清洁介质界面时宜使用浮筒液位变送器。

大容量贮罐液位计可选用雷达液位计、磁致伸缩液位计、伺服马达液位计等。

液位开关优先选用振杆式开关，浮球开关也可使用，开关接点为

双刀双掷(DPDT)。

前聚反应器采用雷达液位计和内浮筒液位计，后聚反应器采用雷达液位计。

当没有合适液位仪表可供选用时，可选用放射性液位变送器。必须设有安全防护措施，并满足国家和地方的强制规范和规定。

5.2.3 压力仪表

就地压力指示选用 $\Phi 100\text{mm}$ (位置不好的可选用 150mm)不锈钢弹簧管压力表，小量程及绝对压力测量选用膜盒压力表，有腐蚀或易堵介质压力测量选用膜片隔离式压力表。

远传压力测量选用压力变送器，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。

一般不采用压力开关，如设备成套商的特殊要求时，采用压力开关的接点为双刀双掷(DPDT)。

一般不采用毛细管式差压表，当需要使用时，用双法兰差压变送器代替。

5.2.4 温度仪表

就地温度指示选用 $\Phi 100\text{mm}$ (位置不好的可选用 150mm)万向型双金属温度计。若安装地点不易通行或观察时，或测量低温介质时，可选用毛细管充填式温度计。

温度测量选用带弹簧压紧式铠装热电阻/热电偶或带相应检测元件的一体化温度变送器。在铠装温度元件顶部接线盒环境温度超过 50°C ，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。

铠装热电阻元件的测温范围为 $200^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。T型热电偶用于 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。E型热电偶用于 $0\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。K型热电偶用于 $300\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。R型热电偶用于 1000°C 以上。

除特殊情况外，所有温度元件应有保护套管。

一般不采用温度开关，如设备成套商的特殊要求时，采用温度开关的接点为双刀双掷(DPDT)。

5.2.5 调节阀

调节阀选用薄膜或气缸执行机构；直通或角型阀体；优先选用等百分比特性、线性特性。

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

10" 和 10" 以上口径或低差压情况，选用蝶型阀或偏心旋转阀。对于介质中含有固体粉末或黏度较大的场合，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。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。

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。

除开关阀外，调节阀均带智能阀门定位器。

安全连锁回路用的调节阀要求严密关闭。

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高的场合。

5.3 控制回路说明

整个装置的重要控制回路如下：

加压聚合器顶部设有压力调节系统以及液位与己内酰胺单体进料量的串级调节系统。

己内酰胺和添加剂配比采用精准质量流量计配比调节控制系统。

后聚合器顶部设有压力调节和报警，聚合上、中、下部的中心设有温度指示和记录，后聚合器顶部设有液位调节和报警，通过调节加压聚合器出料齿轮泵的转速来控制后聚合器的液位。后聚合器的出料齿轮泵出口设有压力指示，报警及连锁。该泵的转速与流量成比例。根据出料齿轮泵的转速调节切粒机的运行速度，使二者步调一致。萃取塔高位槽上设有料位开关，其控制底部的旋转闭锁给料阀的转速以保持顶部料位的稳定，同时该阀还和萃取塔顶部料位和干燥料位连锁。

干燥塔的上部设有料位指示、调节、报警和联锁。通过调节下面旋转阀频率来维持上部料位的恒定。进入干燥塔的三路氮气设有温度调节，设有流量指示和报警。切片气流输送系统和切粒机另设随机成套提供的现场控制柜。

5.4 仪表安全技术措施

对安装在厂房外的现场仪表应考虑防日晒、防雨淋及防冻措施，现场仪表应安装在保温保护箱内，同时对取压部件及仪表管道进行保温伴热。

为了防止信号传输中的电磁干扰，所有信号电缆均采用屏蔽电缆。电缆槽盒采用架空铺设方式。对重要的工艺参数设有必要的超限报警和安全联锁。

为了保证 DCS 在外部停电状态下继续正常工作，整个仪表系统均由不间断电源(UPS)供电。

5.5 控制室设置

本工程设一个控制室，控制室设空调保持合适的温度和湿度。原则上控制室采用集中空调系统进行温度及湿度控制，室温宜保持在冬天 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，夏天 $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，变化率小于 $2^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，相对湿度宜保持在 $50\pm 10\%$ ，变化率小于 $6\%/\text{h}$ ，并设有空气净化设施。

控制室地面采用防静电活动地板。活动地板下方净空 400mm，基础地面采用水磨石地面。吊顶距地面的净高为 4~5m；控制室的门及通道的大小应允许室内安装的仪表盘及机柜的自由进入。

控制室的照明采用人工照明，照度应符合现行的有关标准，并考虑事故照明。事故照明用电与控制系统用电分开设置。

在控制室内应设有火灾报警、通信设备、消防设施等。

5.6 仪表电源、气源、热源

5.6.1 仪表电源

由电气专业设置两组独立的 UPS 电源，分别接入不同的配电盘供给各控制系统(如 DCS、PLC 等的控制器、操作站、工程师站等)。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。UPS电源的容量按照使用总量的150%进行考虑。UPS电源要求:220VAC50Hz,蓄电池容量应保证电源故障时持续30分钟供电,切换时间 $\leq 5\text{ms}$ 。现场仪表供电优先采用24VDC供电;现场电磁阀供电采用24VDC。控制室单台UPS容量为10kVA。

5.6.2 仪表气源

仪表气源应符合如下要求:正常操作压力:0.6MPa(G)(进入界区处)。露点温度: $\leq 50^{\circ}\text{C}$,常压。无油、无尘埃、不含有腐蚀及有毒气体。如装置局部需要更高气源压力,原则上由装置设计单位在装置内解决。

5.6.3 热源

仪表伴热采用热水或热媒伴热。各装置由工艺安装专业敷设伴热管线,并保证仪表伴热回路管线顺畅。

5.7 标准规范

《化工装置自控工程设计规定》HG/T20639-2017

《锦纶工厂设计规范》GB50639-2010

《过程检测和控制流程图用图形符号和文字代号》GB/T2625-1981

《石油化工自动化仪表选型设计规范》SH/T3005-2016

《石油化工控制室设计规范》SH/T3006-2012

《石油化工仪表管道线路设计规范》SH/T3019-2016

《石油化工仪表接地设计规范》SH/T3081-2003

《石油化工仪表供电设计规范》SH/T3082-2003

《石油化工分散控制系统设计规范》SH/T3092-2013

《石油化工仪表供气设计规范》SH/T3020-2013

《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》
GB50493-2009

《石油化工仪表及管道隔离和吹洗设计规范》SH/T3021-2013

《石油化工仪表及管道伴热和绝热设计规范》SH/T3126-2013

《石油化工仪表安装设计规范》SH/T3104-2013

6 原材料及动力供应

6.1 主要原料的供应情况

本装置主要原料为液体己内酰胺以及一些消光剂、稳定剂、添加剂等。新建 1 个液体己内酰胺储罐。一期己内酰胺罐区接收尼龙科技厂区新建 30 万吨己内酰胺装置管道输送原料，从现在及长远的情况来看，本项目建设的原料供应充足，有可靠保障。其他的消光剂、稳定剂、添加剂等均由汽车运至仓库存储待用。

6.2 原料需用量及运输情况

表 6-1 原料和辅助材料消耗及运输

序号	名称	单位	年耗量	来源	运输方式
1	己内酰胺	t	208132	自产	管道输送
2	二氧化钛	t	1470	外购	汽车
3	对苯二甲酸	t	306	外购	汽车
4	添加剂	t	102	外购	汽车

6.3 公用工程供应

6.3.1 一次热媒

一次热媒主要是为聚合反应器加热的联苯蒸发器二次热媒供热，可使用燃气导热油锅炉或燃煤导热油锅炉，此次方案设计为天燃气导热油锅炉，根据项目 475×10⁴ 大卡/h 的热媒负荷，设计三台 300×10⁴ 大卡/h 的燃气导热油炉，二台运行，一台作为备用。

一次热媒系统导热油介质采用凝固点低的氢化三联苯合成导热油，导热油炉出油温度 320℃，操作压力 1.1MPa，进出油温差 15℃，管径 DN250。

6.3.2 保温热水制备及输送

热水保温系统包含热水高位槽、热水冷却器、热水循环泵，用热水离心泵输送到各用户，热水设计温度 85~95℃，每条生产线都有独立的热热水系统。

厂区内原有的己内酰胺的热水系统，可对液体己内酰胺中间罐以及己内酰胺输送管道进行保温加热，原则上不参与车间工艺热水系统的控制。

6.3.3 工艺循环冷却水系统

本项目工厂循环冷却水用户主要为 MVR 多效蒸发装置用循环冷却水、聚合生产线工艺用冷却水等。新建凉水塔，设置于聚合厂房楼顶，采用 4 个 500 吨封闭式凉水塔，水泵放置聚合厂房一层水泵间。

6.3.4 蒸汽冷凝水回收系统

水蒸汽来自界区外公用工程。1.0Mpa 蒸汽从蒸汽总管接至聚合厂房。0.4Mpa 蒸汽利用 1.0Mpa 蒸汽减压至 0.4Mpa 供装置使用。

蒸汽冷凝水汇总回收至蒸汽冷凝水贮存罐，贮存罐闪蒸蒸汽由冷却水进行冷却回流至贮存罐，贮存罐蒸汽冷凝水通过液位控制，由冷凝水泵送回至界区。

6.3.5 冷冻水

本项目工厂冷冻水用户主要为拉条切粒机、干燥系统冷却洗涤塔等，需新建冷冻机组 3 台，每台制冷量 350 万大卡。冷冻机组放置聚合厂房 1 层，水泵放置聚合厂房一层水泵间。

6.3.6 外供公用工程供应

压缩空气、仪表空气、氮气、氢气、工业水(新鲜水)、天然气等公用工程介质都来自界区外公用工程。

脱盐水来自界区外公用工程，从管廊脱盐水管线接至聚合厂房，在聚合厂房顶高点设置脱盐水贮存水箱。

压缩空气、仪表空气、氮气增设缓冲系统，分别设置 20 立方米的缓冲罐，压缩空气增设除油除水设备。

项目产生的废水，按污染物浓度分成低浓度清净污水、高浓度生产污水两类生产污水，利用一期 2 个 80 立方米的污水隔离池分别存放两期高低浓度污水，通过原有管道输送至尼龙科技公司。

公用工程用量及管径核算表见表 6-2。

表 6-2 外供公用工程用量及管径核算表

项目	压力 (MPaG)	一、二期总管径 (mm)	理论流量	一、二期实际需要	是否满足
饱和水蒸汽 (SM)	1	DN200	16t/h	18t/h	不能满足
脱盐水 (WD)	0.5	DN80	27t/h	10t/h	满足
压缩空气 (AP)	0.65	DN50	486Nm ³ /h	733Nm ³ /h	不能满足
仪表空气 (AI)	0.6	DN50	453Nm ³ /h	500Nm ³ /h	不能满足
氮气 (N ₂)	0.6	DN50	453Nm ³ /h	500Nm ³ /h	不能满足
氢气 (H ₂)	0.6	DN40	290Nm ³ /h	0.33Nm ³ /h	满足

结果显示，脱盐水、氢气的公用工程总管管径能够满足一期、二期用量。蒸汽、仪表空气、氮气、压缩空气需从界区外铺设新的公用工程管道。

6.3.7 电力供应

一期已建成变电所，进线电源方式为两路 10kV，分别给三梭尼龙和另外一家企业供电，用电负荷 3700~4500kW，最小负荷 1600kW。其中三梭尼龙一期平均用电负荷 2200kW，峰值 2700kW，最低 1000kW。另外一家用户平均用电负荷 1500kW，峰值低于 2000kW。

二期每吨切片耗电量约 280kWh。一期变电所进线电源冗余负荷无法满足二期电力需求，需增加 2 路 10kV 的进线电源。

6.4 生产工艺对原料要求

主要原料为己内酰胺，常温下为薄片状白色固体，质量标准执行《工业用己内酰胺》GB/T13254-2017，原料己内酰胺指标及分析方法按 GB/T13255.1-2009 执行。

7 建厂条件和厂址方案

7.1 建厂条件

7.1.1 建厂地点地理位置与周边环境

项目拟建地址位于平顶山尼龙新材料产业集聚区，处于叶县县城与平顶山市区之间，西北距平顶山市神马大道起始点 10 公里处，约 10 分钟车程，洛平漯高速公路、许平南高速公路、311 国道毗邻面过，集聚区入园道路已与许南公路相通，年吞吐能力 615 万吨沙河航运码头正在建设，正在规划建设铁路专用线十三五末建成投运。园区内长 4.88 公里，宽 25 米的入园道路南北纵向与园区外市县主干道贯通；东连京广线，西接焦枝线的孟宝铁路穿集聚区而过，并在园区内设大型货场、化学品货场；便捷的交通承启东西，连贯南北，区位条件优越。

建设地点周边环境示意图



图 7-1

7.1.2 厂址地形、地貌

拟建场地地面较为平坦，为黄淮冲洪积平原地貌单元。勘察孔口标高采用 1980 西安坐标系，1985 国家高程基准标高，各孔口标高经测量得到，详见钻探点主要数据一览表或勘探点平面位置图。

7.1.3 工程地质、水文地质条件、防震设计

7.1.3.1 地层结构特征

根据野外钻探揭示及原位测试、土工试验等结果，场地 40m 勘探深度范围内的地层，由第四系的沉积物的粘性土组成。现将勘察深度范围内的土层按其成因、岩性及物理性质划分为 8 个工程地质单元层，现分述如下：

1. 耕土 (Q_4^{ml}):

褐色，干，稍密~中密，主要由粘性土少量有机物等组成，场区局部为杂填土，为前期建筑厂区开挖的粘性土及建筑垃圾等组成，成份较单一，层底埋深：0.20~0.60m，层底标高：78.50~79.60m，层厚：0.20~0.60m，平均厚度 0.34m。

2. 粉质粘土夹粉土 (Q_4^{al}):

黄褐色—褐色，硬塑~可塑，见少量铁锈斑及黑色锰质斑点，零星粉细砂颗粒，切面光滑，无摇晃反应，干强度中等，韧性中等。该层场区普遍分布，层底埋深：1.00~3.90m，层底标高：75.20~78.20m，厚度：0.60~3.60m，平均厚度 2.29m。

3. 中砂 (Q_4^{al+pl}):

姜黄色，稍湿，中密，以石英、长石为主，有少量暗色矿物，泥质轻微胶结，局部为细砂、粉土及少量砾石，该层场区普遍分布，层底埋深：2.50~4.60m，层底标高：74.45~76.80m，层厚：0.20~3.10m，平均厚度 1.41m。

4. 粉质粘土 (Q_4^{al+pl}):

褐色~青灰色，可塑，饱和，切面稍有光滑，无摇晃反应，干强度中等，韧性中等，含少量有机质，有青色斑点和零星腐殖质、具腥臭味，有薄层粉土、粉细砂透镜体，其下部含少量灰黄色的钙质结核粒径 1~4cm。该层场区普遍分布，强度差异较大，层底埋深：6.80~

9.50m,层底标高:69.80~72.60m,层厚:2.80~8.50m,平均厚度4.29m。

5. 粉质粘土(Q₃^{al+pl}):

褐黄色,有灰色条纹或斑块,饱和,可塑,切面较光滑,无摇震反应,干强度中等,韧性中等。局部含较多铁锰质结核或结膜,钙核含量一般在10%左右,粒径1~2cm,分布不均匀,局部富集胶结,该层场区普遍分布,层底埋深:10.0~13.90m,层底标高65.40~69.0m,层厚:2.10~5.80m,平均厚度4.02m。

6. 中砂(Q₂^{al+pl}):

姜黄色,饱和,中密,以石英、长石为主,有少量暗色矿物,泥质轻微胶结,局部为细砂或粉土,该层场区普遍分布,层底埋深:10.90~14.50m,层底标高:64.77~68.30m,层厚:0.20~2.0m,平均厚度0.88m。

7. 粉质黏土(Q₂^{al}):

褐黄色—棕黄色,有灰色条纹及灰绿色团块,可塑—硬塑,切面较光滑,无摇震反应,干强度中等,韧性中等,见较多黑色铁锰质浸染,钙质结核(姜石)含量20%左右,豆状为主,一般粒径0.5~1cm,最大3cm,分布不均匀,少量富集,层底埋深:16.90~20.00m,层底标高:59.20~62.12m,层厚:3.70~8.00m,平均厚度3.52m。

8. 粉质粘土(Q₁^{al}):

棕黄色,夹灰绿、灰白色,硬塑,切面较光滑,无摇震反应,干强度中等,韧性中等见较多黑色铁锰质浸染,该层较深厚,勘察未钻透,最大揭露厚度22.10m。

7.1.3.2 水文地质条件

勘察期间,测得地下水位在地面以下5.10~5.70m,高程73.40~74.20m,属潜水。水位年变幅±1.0m,3~5年内最高水位为地面下2.80m,历史最高水位为地面下1.80m,抗浮水位可取整平地面下1.80m。主要接受大气降水的补给,受季节性影响较大,水位年变化幅度1.0m左右。场地勘察时取水样2组进行了化验分析,其水质分析成果见表7-1。

表 7-1

地下水的腐蚀性评价表

评价分项	按环境类型水对混凝土结构的腐蚀性评价			按地层渗透性水对混凝土结构的腐蚀性评价			水对钢筋混凝土结构中的钢筋的腐蚀性评价	
评价条件	环境类型：II类			弱透水层：B			干湿交替	长期浸水
项目	SO ₄ ²⁻ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	总矿化度 mg/L	PH	侵蚀性 CO ₂ mg/L	HCO ₃ ⁻ mmol/L	Cl ⁻ mg/L	
水样 1#	108.55	44.47	668.10	7.20	3.63	8.25	29.78	
水样 2#	142.17	30.13	578.13	7.87	1.56	4.32	75.87	
腐蚀性评价结果	微			微			微	

因此地下水对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中钢筋具微腐蚀性。施工中应按《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB50046-2008)的规定进行防护。

7.1.3.3 土的腐蚀性分析

为了研究土对建筑材料的腐蚀性，在对建筑物有影响的土样深度取 2 组土样进行腐蚀性分析，分析结果见所附易溶盐分析报告书。

根据区域资料，场地环境类型属 III 类。按易溶盐分析报告书、《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)第 12.2.1~12.2.6 条，对该场地土的腐蚀性评价如表 7-2。

表 7-2

地基土的腐蚀性评价表

评价分项	按环境类型土对混凝土结构的腐蚀性评价		按地层渗透性土对混凝土结构的腐蚀性评价	土对钢筋混凝土结构中的钢筋的腐蚀性评价	
评价条件	环境类型：II类		弱透水层：B	A	B
项目	SO ₄ ²⁻ mg/kg	Mg ²⁺ mg/kg	PH	Cl ⁻ mg/kg	
2-1	145.97	18.95	8.49	51.41	
10-2	121.00	45.93	8.82	65.59	
腐蚀性评价结果	微		微	微	

因此地层土对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中钢筋具微腐蚀性。施工中应按《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB50046-2008)的规定进行防护。

7.1.3.4 场地不良地质作用及对工程不利的埋藏物

根据现场勘察及野外资料收集，在场地内及其附近未发现有影响工程稳定的岩溶、滑坡、崩塌、塌陷、采空区、地面沉降和活动断裂等不良地质作用；亦未发现埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石及其它人工地下设施等对工程不利的地下埋藏物。

7.1.3.5 岩土工程

1. 场地稳定性与适宜性评价

场地内及附近无发震活动断裂通过，无影响工程安全的不良地质作用，无影响地基稳定性的不利埋藏物，因此，本场地是稳定的，适宜建筑。

2. 地震效应分析评价

依据规范《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)，本地区的抗震设防烈度为6度，建筑抗震设防类别为丙类，设计基本地震加速度值为0.05g，设计地震分组为第一组。

按《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)判别，场地覆盖层厚度按周围波速资料判定小于50m，20m内平均等效剪切波速约为240m/s，判定场地地基土为中软场地土，建筑场地类别为II类，设计特征周期 $T_g=0.35s$ 。

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)第4.3.2条的规定，存在饱和砂土和粉土地基，6度区可不进行液化判别，所以本场地未进行液化判别。

地基土以中软土为主，本场地应属对建筑抗震一般地段。

3. 地基土承载力特征值及压缩性评价

依据物理力学性质指标、标准贯入试验，静力触探测试成果，结合本地区的工程勘察经验，综合评定各土层的承载力特征值，见表7-3。

表 7-3 各土层承载力特征值及压缩模量建议表

层号	层名	综合建议值			
		f_{ak} (KPa)	A_{1-2} (mPa^{-1})	E_s (MPa)	压缩性评价
2	粉质粘土夹粉土	140	0.24	8.25	中
3	中砂	180	—	35	低
4	粉质粘土	120	0.32	6.26	中
5	粉质粘土	140	0.29	6.80	中
6	中砂	160	—	30	低
7	粉质粘土	240	0.16	11.06	中
8	粉质粘土	220	0.17	10.86	中

7.1.4 厂区气候条件

建设项目所在的平顶山市叶县属北温带半干旱季风型大陆性气候，四季分明，雨量充沛，水源丰富。其特点是春季暖、雨水均匀；夏季热、雨量充沛；秋季凉爽、雨水渐少；冬季干冷、雨水稀少。其主要气象条件如下：

气温：年平均 14.5~14.9℃，年极端最高 42.6℃，年极端最低 -18.9℃。

气压：年平均气压 100.67kPa。

降水：年平均降雨量 723.1mm，年最大降雨量 1066.46mm(1971 年)，年最小降雨量 461.3mm(1993 年)。

湿度：年平均相对湿度 67.3%。

7.1.5 交通状况

项目所在地距中国岩盐之都叶县县城 3 公里，距宁洛高速(G36)叶县北出口 1 公里，兰南高速(S83)叶县东出口 3 公里。建设中的淮河上游主要支流——沙河货运航运码头在此设置，连接京广、焦枝铁路的孟平铁路复线经此并设货运专线。距省会郑州铁路里程 218 公里，公路里程 135 公里。北距许昌铁路里程 132 公里，公路里程 65 公里；东距漯河铁路里程 70.8 公里，公路里程 100 公里；东南距驻马店地区铁路里程 137 公里，公路 185 公里；南距南阳铁路里程 151 公里，公路里程 149 公里；西距洛阳铁路 163 公里，公路 167 公里，交通十分便利。

7.1.6 水电汽供应条件

7.1.6.1 水源

一期已建成 1700 立方米容量生产与消防水池，其中生产和消防水池隔开，生产水池 400 立方米容量，由 2 台(1 用 1 备)流量 50 立方米/h，扬程 70 米的水泵供水。1 期平均耗水量 288 吨/天(12 吨/h)。

二期每吨切片耗新鲜水 0.9 吨，总耗水量 189000 吨，小时耗水量约 22.5 吨。已有水泵流量供应两期生产用水充足，但扬程不足，进聚合主装置总管前增加加压泵提升压力至 0.9MPa。

7.1.6.2 电源

一期已建成变电所，进线电源方式为两路 10kV，分别给三梭尼龙和另外一家企业供电，用电负荷 3700~4500kW，最小负荷 1600kW。其中三梭尼龙一期平均用电负荷 2200kW，峰值 2700kW，最低 1000kW。另外一家用户平均用电负荷 1500kW，峰值低于 2000kW。

二期每吨切片耗电量约 280kWh。一期变电所进线电源冗余负荷无法满足二期电力需求，需增加 2 路 10kV 的进线电源。

7.1.6.3 汽源

本项目所需 1.0Mpa 的饱和蒸汽可由前期建成的 30 万吨/年己内酰胺及配套项目提供。0.4Mpa 低压饱和蒸汽由 1.0Mpa 的饱和蒸汽界区内减压后供本项目装置使用。

7.1.7 废水废渣排放条件

7.1.7.1 排水

本项目废水依托一期建成 7 万吨/年尼龙 6 切片项目配套设施，收集后通过管道送到尼龙科技公司进行处理、回用、外排。

7.1.7.2 废渣排放条件

项目产生的废滤芯、助剂包装物、化验室试剂瓶、废油等危险废物暂时存放在危废仓库，定期委托危废处置单位统一处置，废包装袋等一般固废定期送到当地垃圾填埋场集中处理。

干燥除氧装置产生的废催化剂可通过催化剂制造厂家回收利用。

生活垃圾由后勤部门及时清理，定期送到当地垃圾填埋场集中处理。

7.1.8 机电仪三修条件

遵照社会化的原则，本项目不配套建设大规模维修工厂，依托集团及社会专业安装维修队伍承担本项目的大型设备机电仪三修任务。本项目日常维修维护将依托一期维修车间维修配套设施和力量，在二期进行相应扩充，承担装置机修、电修、仪修、小修和日常维护、保养。项目厂房内设综合维修站，配备常用工器具。

7.1.9 环境条件

厂址所在的区域没有国家和省重点保护的文物与古迹，也没有珍稀动植物。厂址所在区域无传染病。

厂址四周没有威胁本项目生产装置安全生产的其他企业。

7.2 厂址土地现状

本项目厂址用地为建设一期地 7 万吨尼龙 6 聚合及配套工程时一次性购买。规划区内未见重要文物古迹和军事设施。

7.3 厂址选择

本项目厂址选平顶山三梭尼龙发展有限公司厂区一期(7 万吨尼龙 6 聚合及配套工程项目)预留地。项目建设地自然条件适宜，交通运输便利。厂址工程地质和水文条件较好。预留土地面积及形状基本满足项目建设规模及内容。水源及能源供应依托一期及尼龙科技公司保障充分。

8 总图运输、储运、土建

8.1 总图运输

8.1.1 设计依据

8.1.1.1 采用的主要法规、规范与标准

《工业企业总平面设计规范》GB50187-2012

《纺织工程设计防火规范》50565-2010

《建筑设计防火规范》GB50016—2024

《棉纺织工厂设计规范》GB50481—2019

《锦纶工厂设计规范》GB50639-2010

8.1.1.2 业主提供资料

当地规划部门提供的建设用地规划图及有关要求。建设单位要求及有关主管部门审批文件。建设单位对设计的具体要求以及各专业提供的资料。业主提供的当地自然条件及地形图等其他资料。

8.1.2 总平面布置原则

根据该项目性质、规模、生产流程、交通运输、环境保护以及防火、安全、卫生等内容，在现场布置符合以下原则：

1. 应符合企业总体规划的原则，并符合城市规划要求。
2. 满足工作流程和企业管理要求，流程顺畅，各生产环节衔接良好。
3. 通道宽度及建筑物间距满足交通运输、管线布置、防火、安全防护和卫生等规范要求。
4. 平面布局紧凑，合理利用场地，以节约用地。
5. 公用工程各类管线布置合理，管线短捷，以节约能源。
6. 执行绿化、环保等有关规定，美化、绿化厂区减少污染，尽量增加绿化面积，改善劳动条件。
7. 厂区实行人流和货流分离的原则，使人流和货流互不干扰，合理通畅。
8. 总平面设计严格按照现行的有关设计规范要求，满足防火、防

爆及卫生等安全防护要求。

8.1.3 总平面布置

根据业主提供规划用地资料，厂区占地呈较规则的五边形。南北方向长边约 271.51m，短边约 150.44m；东西方向长边 189.22m，短边 100.04m。

总图布置分主生产装置区、包装与成品仓库区、罐区、辅助公用工程、研发中心、生产调度楼等功能区，分区明确，工艺流程、动力管线短接顺畅，节约能源。人、货分流，运输畅通，生产管理方便。

主生产区建设 1 栋聚合厂房，占地面积为 3190 平方米，建筑面积为 24657 平方米。聚合厂房设计为 9 层，建筑高度为 54m(9 层)，属高层工业建筑，建筑耐火等级按一级设防。MVR 萃取水回收及水解回用聚合系统布置在聚合厂房西南侧。在聚合厂房顶部建设 4 个 500 吨/h 循环量的循环水凉水塔。在聚合厂房西北位置 1 层建设 3 台 350 万大卡的制冷机组。制冷机组及凉水塔的循环泵放置在 1 层水泵间。聚合厂房内建设三、四、五线共 3 条聚合线和 1 条特种尼龙新产品开发试验线。

切片包装成品仓库设置在聚合厂房北面，占地面积 7394.26 平方米，建筑面积 11694.26 平方米，其中仓库面积 6018.26 平方米。切片包装车间局部六层(南侧 16 米 86 米区域一层以上布置料仓)为成品切片包装车间，主体建筑高度 23.8m，属多层工业建筑，建筑耐火等级按二级设防。钢筋混凝土框架结构，钢筋混凝土独立基础。一层为包装车间，二、三、四、五、六层根据空间布局合理设置车间办公室、DCS 控制室、MCC 控制、电缆夹层与配电室。DCS 控制室与聚合厂房 3 层采用钢结构联廊连接，便于操作人员往返控制室与装置现场。

切片包装成品仓库单体的单层部分为成品仓库，1.5m 以下为蒸压加气混凝土砌块围护墙，1.5m 以上为双面彩板墙(夹玻璃丝棉保温)。车间内按照防火规范划分防火分区，设置防火墙及疏散通道、疏散门，防火墙采用 250 厚蒸压加气混凝土砌块砌至板底，防火墙上门洞处设甲级防火门。钢结构部分进行防火处理达到二级耐火等级要求。

罐区包括新建 2 个萃取水储罐和在二期原料罐区增加 1 个液己储

罐。新建2个1200吨的萃取水储罐，放置在聚合厂房西侧，靠近MVR回收装置。在一期原料罐区预留位置增加1个1000吨液己储罐。

辅助公用工程包括：变电所扩容，生产给水及消防加压站改造，污水提升事故水池改造，新建导热油锅炉及储油系统，新建压缩空气、仪表空气与高纯氮气缓冲系统，新建循环冷却水站、冷冻水站，新建应急发电系统。新建导热油锅炉位于一期热媒站北面，2个导热油储罐（每个约75立方有效容积）就近放置于聚合厂房东侧。新建压缩空气、仪表空气与高纯氮气缓冲系统布置在聚合厂房东侧。新建循环冷却水站、冷冻水站设备分别位于聚合厂房顶及室内1层。新建应急发电系统的发电机组位于聚合厂房内，柴油储罐放置在聚合厂房东侧。

新建研发中心位于一期污水提升事故水池西侧，4层钢筋混凝土结构，占地面积1152平方米，建筑面积4608平方米。1层为备品备件库，建筑面积1152平方米。二层至四层为生产车间办公及研发区域，总建筑面积3456平方米。

新建生产调度楼位于一期成品仓库北侧，6层钢筋混凝土结构，占地面积1398平方米，建筑面积8388平方米。一层为职工餐厅及浴室，二层至六层为生产调度中心、消防控制中心及办公室。

新建化学品及危废仓库位于厂区西门东北方向的南北向马路西侧，单层砖混结构，占地面积324平方米。

厂区道路：为满足一期、二期交通运输及消防等要求，地块内道路原则上平行于主要建(构)筑物，呈正交环状布置，与一期主干道相连接，做到人货分流，厂内道路设计为城市型砼路面，道路路面宽度分别为主干道12米、次干道6~9米。道路内缘最小转弯半径为9米，可满足生产运输及消防要求。

详见附图2：总平面图布置图。

本项目主要原材料己内酰胺为集团公司下属企业尼龙科技公司自产。来自尼龙科技公司的液体己内酰胺分别进入罐区的4个储罐，己内酰胺再由泵输入聚合车间。己内酰胺的输送和储存均采用带夹套的管道、泵、储罐，夹套内为热水。设计中充分考虑安全生产、劳动强度、操作环境等重要因素，以达到技术先进、安全可靠、经济合理的

目的。

厂区周边公路可通往公路网，厂区内外的交通运输条件较为优越。

主要物料及公用工程从聚合主厂房的东南方向的管架输入，辅料及产品从西门(2#门)方向进出。

本项目总运输量约为每年 42.1770 万吨，其中：运进 21.1770 万吨，运出 21.0000 万吨，己内酰胺为管道输送，其余均为汽车运输。

表 8-1 原料及产成品运输表

序号	货物名称	运进 (吨/年)	运出 (年/吨)	运输方式	储运周期 (天)	储存方式
1	己内酰胺	208132		管道	5	储罐
2	二氧化钛	1470		汽车	45	库房
3	对苯二甲酸	306		汽车	45	库房
4	添加剂	102		汽车	45	库房
5	热媒(初次投料)	360		汽车	/	库房
6	包装材料	1400		汽车	45	库房
7	尼龙6切片		210000	汽车	45	库房
合计		211770	210000			

本项目厂外原料运入厂内采用管道输送或汽车运输，成品运出采用汽车运输，厂内运输采用叉车运输。

8.1.4 厂内外工艺及热力管网

1. 装置内工艺及热力管网:在装置界区内沿道路一侧布置有连接各单元的主管廊。除生产水、循环水采用埋地布置以外，其它物料和公用工程原则上均采用架空管廊布置。管廊设计宽度和负荷适当考虑今后发展的需要。

2. 装置外工艺及热力管网:在装置界区外工艺及热力管主要有从附近工厂(尼龙科技)至本装置界区管道。

厂区管线、管道及沟道均采用“高支架”、“埋地”及“地沟”三种形式相结合的方式敷设。

8.1.5 绿化

工厂绿化可以净化厂区空气、减少噪音、美化环境，提高工厂职工的健康水平，为职工创造舒适优美的工作环境，以提高劳动生产率。

厂区绿化采用集中与分散相结合，草、灌、乔相结合的方式，通过道路的带状绿化的辐射，将各个功能分区的绿地连通，形成点、线、面的绿化体系，以达到美化厂区环境的目标。厂区中建筑物规模较大，绿化设计不营造过多的人工景观，只以大面积草皮配合普通灌木及纵横规则的树木来衬托景观。充分考虑人与绿化景观的融合，以多样、变化的四季花卉、灌木和观赏树木组成人性的绿化景观，使工作人员能充分地感受绿色，享受自然。

8.1.6 总图指标

本期项目规划占地面积 13458.26 平方米，总建筑面积 49671.26 平方米。因二期为扩建项目需与一期项目数据合并计算，二期项目建成后的总图指标如表 8-2 所示。

表 8-2 总图指标

序号	指标名称	数量	单位
1	规划占地面积	60335.60	平方米
2	建筑总基底面积	22069.81	平方米
3	总建筑面积	62903.39	平方米
4	建筑密度	36.58	%
5	容积率	1.04	
6	绿化率	19.8	%

8.2 仓储方案

本项目利用先期项目已建成 3 个液己储罐，并再新建 1 个液己储罐，共 4 个储罐存储液体己内酰胺。为了使聚合生产稳定，对输送来的己内酰胺按质量分别储存。新建成品仓库用于产品储存，危险化学品及危废品存放在危化品库内。

8.3 土建方案

本项目主要建筑物一览表如下：

表 8-3

项目主要建筑物一览表

序号	名称	层数	结构形式	占地面积(平方米)	建筑面积(平方米)
1	聚合厂房	9	多层钢筋混凝土框架结构	3190	24657
2	切片包装	6	多层钢筋混凝土框架结构	1376	5676
3	成品仓库	1	单层轻钢结构	6018.26	6018.26
4	危化品库	1	单层砖混结构	324	324
5	生产调度楼	6	多层钢筋混泥土结构	1398	8388
6	研发中心	4	多层钢筋混泥土结构	1152	4608
合计				13458.26	49671.26

9 公用工程方案

9.1 给排水

9.1.1 概述

9.1.1.1 依据

1. 建设方提供的基础数据资料；
2. 各相关专业所提的设计条件；
3. 设计遵照的国家有关设计规范：

《室外给水设计规范》GB50013-2006

《室外排水设计规范》GB50014-2006(2016)

《建筑给水排水设计规范》GB50015-2003(2009)

《工业循环冷却水处理设计规范》GB/T50050-2017

《工业循环水冷却设计规范》GB/T50102-2014

《污水再生利用工程设计规范》GB50335-2002

《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242-2002

9.1.1.2 设计原则

1. 遵照中华人民共和国有关标准、规范进行本工程的给排水设计。
2. 利用一期 7 万吨/年己内酰胺及配套项目建成及园区的给水处理系统、新鲜水消防水给水系统、循环水系统、污水处理等设施。
3. 本项目相关的给排水建、构筑物尽可能集中布置，便于生产管理并降低基建投资。设计中尽量采用循环水、复用水，提高水的复用率，减少新鲜水用量。

9.1.2 水源

本项目所需生活水、新鲜水、生产消防水来自市政管网，脱盐水来自尼龙科技公司。新建循环水和冷冻水站。依托现有厂区公共工程管网合理进行本项目管线布置及敷设。

9.1.3 给水工程

本项目生活用水共计每天 50.52m³，主要用于聚合厂房、研发中心内紧急喷淋(含洗眼器)、洗脸洗手，及其它建筑物的生活用水等。水

量表参见表 9-1。

本项目生产用水每天 540m³，主要用于凉水塔补水、建筑物内及罐区的水封罐、设备机封等用水和工艺用水，少量用于卫生冲洗。水量表参见表 9-2。

本项目使用循环水每天 40204.8m³，用于装置内工艺设备冷却。循环水采用循环使用方式，不外排。水量表参见表 9-3。

本项目使用冷冻水每天 33000m³，用于聚合厂房内切粒水、干燥氮气洗涤水等工艺冷却，循环使用，不外排。水量表参见表 9-4。

本项目使用脱盐水每天 180m³，用于聚合厂房内工艺生产的工艺水补水和设备、过滤器清洗及实验室用水。水量表参见表 9-5。

表 9-1 生活用水水量表

序号	用水单元名称	日用水量(m ³ /d)
1	聚合厂房	4.8
2	切片包装成品仓库	3.6
3	生产调度楼	38.52
4	研发中心	3.6
合 计		50.52

表 9-2 生产用水(新鲜水)水量表

序号	用水单元名称	日用水量(m ³ /d)
1	聚合厂房	152.4
2	凉水塔	360
3	切片包装成品仓库	9.6
4	研发中心	18
合 计		540

表 9-3 循环水水量表

序号	用水单元名称	时正常用水量(m ³ /h)	时最大用水量(m ³ /h)	日用水量(m ³ /d)
1	聚合厂房	1654.8	1986	39715.2
2	导热油锅炉	20.4	24	489.6
合 计		1675.2	2010	40204.8

表 9-4

冷冻水量表

序号	用水单元名称	时正常用水量(m ³ /h)	时最大用水量(m ³ /h)	日用水量(m ³ /d)
1	聚合厂房	1375	1650	33000
合计		1375	1650	33000

表 9-5

脱盐水量表

序号	用水单元名称	时正常用水量(m ³ /h)	时最大用水量(m ³ /h)	日用水量(m ³ /d)
1	聚合厂房	6.6	7.9	158.4
2	研发中心	0.9	1.08	21.6
合计		7.5	9.00	180

9.1.4 排水工程

本项目排水系统采用清污分流，生活污水就近排入一期项目生活污水管线。建设雨水管网，在厂区内西侧靠近雨水提升池设置一个全厂雨水收集池并设置潜水泵，在雨季及暴雨天气时开启，加快向雨水提升池输送量，再通过雨水提升池直接排入市政雨水管线。

本项目生产废水总量约 15m³/h，平均 COD 小于 1000，在聚合装置、罐区新建生产污水收集管网，并按污染物浓度分成低浓度清净污水、高浓度生产污水两类生产污水，利用一期 2 个 80 立方米的污水隔离池分别存放两期高低浓度污水，通过原有管道输送至尼龙科技公司。

管道布置与敷设按管线短、埋深小、尽量依靠重力流排出的原则确定，且施工安装、维护管理方便。

9.2 供配电

9.2.1 遵循的规范、标准

- 《建筑设计防火规范》GB50016-2024
- 《纺织工程设计防火规范》(50565-2010)
- 《供配电系统设计规范》GB50052-2009
- 《低压配电设计规范》GB50054-2011
- 《通用用电设备配电设计规范》GB50055-2011
- 《电力工程电缆设计规范》GB50217-2007

《剩余电流动作保护装置安装和运行》GB13955-2005

《建筑照明设计标准》GB50034-2013

《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010

9.2.2 设计范围及内容

包括本项目内变配电系统、动力、照明、防雷、接地设计以及外线和道路照明。

9.2.3 电源

一期变电所进线电源冗余负荷无法满足二期电力需求，需增加 2 路 10kV 的进线电源。该项目的外电源采用双电源，分别由上级区域变电站不同母线段引入两回路 10kV 进线。上级变电站安装 2 台 40000kVA 变压器，供电可靠性高，供电裕量可以满足本项目用电负荷要求。

9.2.4 用电负荷

本项目主要工艺用电为二级负荷，装机容量 10200kW，设计负荷 7000kW，2 路 10kV 的进线电源互为备用，能够满足需求。

9.2.5 主要电气设备和材料选择

按照技术先进、安全可靠，经济合理和节能环保等原则选择电气设备。本项目在电气设备和材料选型时，还考虑安装使用的环境条件。

9.2.6 主要电气元件

高压配电柜选用 KYN28A-12 型、变压器选用 SCB12 型干式变压器、低压配电柜选用 GGD 型、功率因数补偿选用 GGJ 型、车间低压配电屏选用 XL 型。

电缆 ZR-YJV 系列、YJV 系列、ZR-KVV 系列 KVV 系列。

导线 ZR-BV、BV。

9.2.7 继电保护

高压配电系统采用微机自动化系统实现继电保护，进线柜设反时限(定时限)过电流保护及电流速断保护；干式变压器设反时限过电流、速断、高、低压侧单相接地保护、温度保护，开门连锁断电；电动机采用电流速断保护、过负荷保护、低电压保护、接地保护。

9.2.7 防雷及接地

建、构筑物设置防雷装置，屋面采用镀锌扁钢接闪网格作为防直

击雷措施，利用建筑物四周混凝土柱内不少于四根主筋通长焊接作为引下线，采用建筑物外埋设人工接地极及利用建筑物条形基础内钢筋通长焊接做接地极。

建筑物金属体、金属装置、建筑物内系统、进出建筑物的金属管线外部防雷装置与建筑物金属体、金属装置、建筑物内系统之间尚应满足间隔距离的要求。

低压配电系统接地形式采用 TN-S 系统，电气设备的工作接地、保护接地、防静电接地共用接地极(接地装置采用热镀锌角钢或圆钢)，接地电阻 ≤ 1 欧。

9.3 蒸汽供应

9.3.1 蒸汽负荷

本工程聚合装置在正常生产时需 1.0Mpa(G) (179℃) 的蒸汽 13.75t/h，最大工况需 20.625t/h。

9.3.2 供热方案

本工程供热通过管道由前期项目供应，保证蒸汽需求。水蒸汽来自界区外公用工程，蒸汽冷凝水汇总回收至蒸汽冷凝水贮存罐，贮存罐闪蒸蒸汽由冷却水进行冷却回流至贮存罐，贮存罐蒸汽冷凝水通过液位控制由冷凝水泵送回至界区外公用工程车间循环使用。

9.4 热媒供应

9.4.1 热负荷

本工程聚合生产线正常工况每小时需导热油系统提供 475 万大卡热负荷，最大值 570 万大卡/h。

9.4.2 热媒系统建设方案

本次设计热媒站采用分体式热风回收型有机热载体锅炉，燃料为天然气，燃料经燃烧器在加热炉炉膛内燃烧产生热量，热量分别以辐射和对流的形式将热量传递给炉管，炉盘管将热量传递给炉内载热体(导热油)使其温度升高，导热油循环泵驱动导热油在加热系统内进行强制循环，被加热的高温导热油送入到装置换热设备中与被加热物进行热交换，从而将燃烧产生的热量传给用热工质，实现加热的目的。

换热后的导热油再经循环管线返回到加热炉内进行二次加热，如此循环往复。

被加热的导热油因受热而膨胀，膨胀增加的导热油由膨胀管流入膨胀罐。当系统中导热油温度下降时，导热油体积缩小或系统中有漏油现象时，此时膨胀罐内的导热油顺膨胀管自动流回到系统中，同时膨胀罐产生的高位压差为循环泵提供稳定的入口压力。系统中的储油罐用来储存导热油和由膨胀罐溢流的热油。

锅炉排放的高温烟气经换热降低至 160℃，通过烟囱排放，烟囱高度为 12m。膨胀罐和储油罐的导热油由氮封系统保护，防止导热油氧化变质。

系统配有全自动燃烧系统和控制系统，以 PID 方式控制导热油的出炉温度，实时调节燃烧器功率输出来保证稳定的输出温度。

系统设有蒸汽灭火系统，在导热油炉的炉管出现泄漏着火现象时，启动蒸汽灭火系统进行灭火。

本项目热媒站热负荷能力按每小时 900 万大卡设计。采用 3 台每小时 300 万大卡的热媒炉，两用一备。

9.4.3 设计采用的标准规范

《锅炉房设计规范》GB50041-2008

《有机热载体炉》GB/T17410-2008

9.5 空氮

9.5.1 空氮用量

装置高纯氮气、仪表空气用量见表 9-6。

表 9-6 全厂低压氮气、仪表空气用量表(Nm³/h)

序号	气体名称	聚合、包装厂房			备注
		压力(MPa)	正常用量	最大用量	
1	高纯氮气	0.6	375	750	连续
2	仪表空气	0.6	375	750	连续

9.5.2 空氮方案

仪表及压缩空气气源由先期项目公用工程管网提供。仪表及压缩

空气从界区外引入，经除水除油装置后进入缓冲罐，再分配给装置用户。

高纯氮由先期项目公用工程管网提供，纯度为99.9997%，无需纯化可直接使用。高纯氮从界区外引入氮气缓冲罐，再分配给装置用户。

9.5.3 设计采用的标准规范

《压缩空气站设计规范》(GB50029-2014)

《变压吸附制氧、制氮设备》(JB/T6427-2015)

9.6 脱盐水

本工程聚合生产线正常工况每小时需要脱盐水7.5t，来自尼龙科技公司，通过管道输送供应。

9.7 采暖、通风和空气调节

9.7.1 室内设计参数

表 9-7 室内设计参数

序号	房间名称	冬	季	夏	季	备注
		温度(℃)	相对湿度(%)	温度(℃)	相对湿度(%)	
1	会议室、值班室、休息室、交接班室	20	NC	≤28	NC	
2	配电室	NC	NC	≤35	NC	
3	电缆室	NC	NC	≤38	NC	
4	厕所、盥洗室、走廊	14	NC	NC	NC	
5	工具间	10	NC	NC	NC	
6	仪修、电修间	18	NC	≤28	NC	
7	成品包装间	16	NC	NC	NC	
8	仓库	5	NC	NC	NC	
9	常规仪表控制室，机柜间	20	NC	≤28	NC	
10	主控制室、机柜室	20±2	50±10	26±2	50±10	

注：NC=不控制。

9.7.2 采暖

包装厂房等采用散热器或暖风机采暖系统，采暖热媒为95/70℃热水，接自厂区供热管网。系统的补水定压由提供热水的换热站统一考

虑。散热器采用钢制柱型散热器。根据采暖需要，厂区设置采暖换热站，采用汽水换热系统。换热后的蒸汽冷凝水回收利用。

9.7.3 通风

配电间等封闭厂房采用全面通风改善室内空气品质，换气次数为2~3次/小时。聚合厂房内联苯间、粉体添加剂投料区、熔体过滤滤芯清洗间等场所设计紧急排风，区域内换气次数为10次/小时。成品仓库长度超过60米，需增设消防紧急排风，区域内换气次数为10次/小时。上述通风设备采用在外墙设置轴流风机进行排风。

切粒机系统配置文丘里管水流喷射抽风系统及风罩，抽吸烟气需水洗后排放，区域内换气次数为10次/小时。

卫生间设置壁式排气扇排出室内异味，换气次数为10次/小时。

化验室通风柜设局部排风系统，排风设备选用防腐离心风机。化验室通风系统采用变风量通风系统，并考虑补风。

9.7.4 空调

变电所及MCC等选用分体式单冷空调，以便房间夏季降温。室内机为悬吊式或柜式。

9.8 电信

9.8.1 概述

本工程中的电信系统主要包括以下几项：

1. 行政管理电话系统
2. 生产调度电话系统
3. 计算机局域网
4. 火灾自动报警系统
5. 电视监控系统
6. 无线通讯系统
7. 厂区电信线路

9.8.2 标准和规范

《石油化工装置电信设计规范》SH/T3028-2007

《石油化工企业电信设计规范》SH/T3153-2007

《民用闭路监视电视工程技术规范》GB50198-2011

《工业电视系统工程设计规范》GB50115-2009

《综合布线系统工程设计规范》GB50311-2007

《火灾自动报警系统设计规范》GB50116-2013

《纺织工程设计防火规范》GB50565-2010

《建筑设计防火规范》GB50016-2014(2018年版)

《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB50058-2014

9.8.3 行政管理电话系统

本项目所需电话系统配线使用先期项目余量。在本项目装置内各控制室、值班室、办公室等经常有人值守的岗位及经常需要电话联系的工作岗位设置行政管理电话机。

9.8.4 生产调度电话系统

为合理安排投资、提高设备利用效率、满足厂内各生产岗位上生产管理的需要，行政管理电话系统中将划出一部分用户线作为生产调度电话使用。这部分用户线将只能呼叫内部用户，没有拨打外线的权限。在项目内各控制室、值班室等有人值守且与生产密切相关的工作岗位设置生产调度电话机。

9.8.5 火灾自动报警系统

为了保障厂内员工人身安全及公共财产安全，在生产调度楼设置消防控制中心。本项目火灾自动报警系统为集中报警系统，在消防控制室内设一台集中型火灾报警控制器，火灾报警控制器采用自立式机柜，落地安装在控制室内。火警控制盘、联动电源盘和备用电池等均安装在机柜内。一旦火情发生，控制室内火警控制器会立即显示报警信息并启动声光报警器报警，各岗位值班或巡检人员可以通过无线对讲机、调度话机和行政管理电话分机与控制室或消防站值班人员联系，控制室值班人员接警并确认后，使用消防报警专用电话拨“119”向当地消防队报警。本项目火灾自动报警信号、消防电话、消防广播接入消防控制中心。项目在办公室、变电室、控制室和电缆夹层等区域或场所，采用感温探测器、感烟探测器、缆式感温探测器和手动报警按钮；并使用室内声光报警器、消防广播作为警报设施。

在有爆炸危险性的装置区域内：设置本质安全型室内或室外手动报警按钮，并使用防爆型声光报警器作为警报设施。安全栅和声光报警驱动模块等设备安装在安全区内。平时各火警控制器均采用AC220V/50HZ 应急回路(或 UPS)供电，当交流供电中断(或 UPS 失效)时采用自带备用电池供电。电池容量应能保证系统能持续正常工作 8 小时以上。

在厂房内可能产生可燃气体的场所安装可燃气体探测报警系统。系统由可燃气体探测器、可燃气体报警控制器和火灾声光报警器组成。报警控制器安装在保护区附近，报警信号接入消防控制室，可燃气体报警时能启动相关区域内的声光报警信号，并能联动开启通风机或关闭可燃气体控制阀。

9.8.6 计算机局域网

为适应工作和计算机通信的需要，先期项目已建立一套星型拓扑结构的建筑群综合布线系统，本项目组成建筑物综合布线系统。网络系统为内部局域网，传输带宽为 1000MHz，所有线路设备和材料均采用六类非屏蔽产品。系统同时传输数据信号和语音信号。计算机网络中心设备安装在生产调度楼或切片包装车间内。平时网络设备使用 220V/50HZ 交流电源供电，当交流电源断电时采用备用 UPS 供电。设备保护接地使用共用接地装置。本项目依托先期项目计算机局域网，将先期项目局域网终端拓展至本项目。数据及语音接口主要设置在办公室、控制室和操作室等有数据通信需求的场所。

9.8.7 电视监控系统

先期项目已设置电视监视系统。该系统主要用于生产过程的监视、火灾消防监督管理、安全保卫等。本系统采用网络数字视频技术、独立组网，由多个数字矩阵控制系统组成透明网络，各摄像机、控制键盘、监视器均就近纳入各数字矩阵控制系统。在操作管理相对独立的单元可自设电视监视系统，但该系统的图像信号应向全厂电视监视系统输出。传输距离大于 400 米摄像机的视频电缆一般先就近纳入到控制室、机柜室转换成光信号传输到就近的矩阵控制系统。全厂电视监视系统设有与计算机局域网的接口，局域网络中各授权计算机均

可独立观看控制各摄像机的画面。

本项目电视监控系统优先利用前期项目电视监控系统余量或进行扩容。在人员及物流进出口、关键操作岗位、重要设备附近设置电视监控点。摄像机采用 CCD 自同步摄像机，输出信号应为全电视信号。

9.8.8 无线通讯系统

为方便室外流动岗位与控制室之间的联系及消防指挥的需要，本工程设置无线通讯系统。系统工作频率为 400MHz，所占用的频点和频道数，需要业主向当地公安部门申请后确定。

项目装置共需防爆无线对讲机 5 部，防爆备用电池 5 块，配套充电器 5 台。平时充电器等放置在控制室内，供电使用 220V/50Hz 交流供电。

9.8.9 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，埋深为室外地坪下 1.6m。当管线需要穿越道路时，须加穿厚壁钢管保护，保护管两端伸出路基各 1.0m。当电缆需要由管廊引入或引出地面时，须穿钢管保护，保护管伸出地面 2.0m。

在建筑物内各系统缆线采用穿钢管或线槽保护沿吊顶上/活动地板下暗敷设方式或沿墙壁/屋顶明敷设方式。火灾自动报警缆线在室内明敷设时，应涂刷防火涂料保护。所有弱电系统缆线敷设应尽量与交流电力电缆分开敷设，当必须平行敷设时，必须留出足够的安全距离。

10 节能

10.1 节能原则

节约能源已成为当今世界共同关注的话题，随着我国工业的不断发展，能源的消耗量越来越大，合理利用能源是生产发展的重要条件之一，也是提高项目经济效益的具体保证。

该项目能源管理的基本原则应遵循国家制定的“能源节约与能源开发并举，把能源节约放在首位”的能源建设总方针和《中华人民共和国节约能源法》以及先后颁布的一系列政策方针、指令和标准。

10.2 能耗指标

1. 单位产品能源消耗表

表 10-1 尼龙 6 切片单位产品能源消耗表

序号	项目	单位	消耗值/吨切片	折标准煤系数		标煤数/kg	占比
1	中压蒸汽	吨	0.55	108.6	kg 标煤/t	59.730	43.82%
2	脱盐水	吨	0.3	0.9714	kg 标煤/t	0.291	0.21%
3	压缩空气	标立方米	22	0.04	kg 标煤/Nm ³	0.880	0.65%
4	仪表空气	标立方米	15	0.04	kg 标煤/Nm ³	0.600	0.44%
5	高纯氮气	标立方米	15	0.6714	kg 标煤/Nm ³	10.071	7.39%
6	氢气	标立方米	0.01	0.3686	kg 标煤/Nm ³	0.004	0.003%
7	天然气	标立方米	24	1.2143	kg 标煤/Nm ³	29.143	21.38%
8	新鲜水	吨	0.9	0.0857	kg 标煤/m ³	0.077	0.06%
9	生活用水	吨	0.0842	0.257	kg 标煤/m ³	0.022	0.02%
10	电	kW·h	280	0.1229	kg 标煤/千瓦时	34.412	25.25%
11	污水	吨	0.6842	1.573	kg 标煤/m ³	1.076	0.79%
合计						136.31	100.00%

能源消耗占比可看出，蒸汽、电、天然气、氮气的能源消耗排在前 4 位，占比和达到 97.84%。

2. 总能量消耗量

本项目 21 万 t/a 尼龙 6 切片能耗折合标煤 28625.1t。

10.3 能源利用特点及合理性

本项目工艺条件较温和，需要用能的地方很多，充分有效地发挥能源的作用，合理用能，按质用能，尽量减少有效能的损失，提高能源转换过程的有效能效率。

装置合理利用能源的方案有：采用先进的工艺流程和技术；优化操作条件；优化系统用能；采用新型高效的节能设备；采用成熟、先进、经济的节能措施。做好设备、管道的保温保冷工作，减少能量损失。

10.4 节能思路、节能措施、节能效果

本项目从优化工艺流程与工艺操作参数、采用节能型设备和材料等方面节能。

1. 采用先进节能的工艺技术

表 10-2

工艺节能措施

序号	措施工艺	节能效果
1	萃取水 MVR 蒸发	与传统蒸汽热源的三效蒸发浓缩工艺比，节省蒸汽 65%
2	萃取浓缩液直接回用	与浓缩液蒸馏、解聚工艺比，大幅节约热能及设备耗电
3	工艺水全回用技术	聚合、干燥、切粒产生的含己工艺水全部回用，大幅降低污水处理量和 COD 值，节能效果明显
4	一次热媒加热	聚合工序采用一次热媒加热联苯，而不用电加热联苯。热媒用天然气燃烧加热。用价格较低的一次能源代替了价格较高的二次能源

2. 优化工艺操作参数

(1) 聚合管顶部设有压力调节、液位调节与己内酰胺单体进料量调节。进聚合管己内酰胺单体由质量流量计计量，并与 TiO₂ 溶液进料设置了比值调节系统。

(2) 聚合管上、中、下部的中心和壁侧设有多点温度指示和记录。其夹套联苯设有多个温度调节。聚合管顶部还设有液位调节和报警。

(3) 聚合管的出料齿轮泵设有转速及流量指示，该泵的转速与流量成比例，根据出料齿轮泵的转速调节切粒机的运行速度，使二者步调一致。

(4) 萃取塔顶部设有料位控制和报警，控制底部的旋转給料阀的转速以保证顶部料位的稳定。以上工艺参数的控制与调节保证装置在安全、低能耗的状态下正常运转。

3. 合理安排工艺流程和装置布置，合理用能，尽量减少有效能的损失，提高能源转换过程的有效能效率。

4. 采用节能型设备和材料，减少蒸汽损失。

(1) 加强隔热和保冷措施。在较高温度的设备支座下设计隔热板，设备和管道的隔热和保冷材料选用质轻、导热系数小的材料，减少能量损失；

(2) 选用结构先进、质量可靠的蒸汽疏水器，对于使用蒸汽量较大的设备采用疏水罐，减少蒸汽的泄漏，节约蒸汽；

(3) 采用高效机、电、仪设备，聚合反应器出料齿轮泵、氮气干燥系统的循环风机、切粒机和旋转阀均选用变频电机以节约用电；

(4) 设置路灯控制器和节能型灯具，降低电耗；

(5) 采用电容补偿技术，提高功率因数。

10.5 清洁生产技术评价

对照国家发展和改革委员会、生态环境部、工业和信息化部在 2018 年颁布的《合成纤维制造业(锦纶 6)清洁生产评价指标体系》，本项目采用了萃取水 MVR 蒸发技术、浓缩液水解全回用技术、干燥风机变频控制技术等节能技术，切片综合能耗 136.31kgce/t ($\leq 155\text{kgce/t}$ 切片)，吨切片平均己内酰胺消耗 0.9911 吨(半消光品种己内酰胺消耗 ≤ 1.000)，这些关键指标都达到了 I 级水平，表明本项目综合清洁生产水平达到国际清洁生产领先水平。

10.6 结论和建议

1. 本项目在用能方面已经采取了许多措施，比如萃取水浓缩采用节能 MVR 蒸发工艺、浓缩液直接回用、利用切片干燥系统热氮气和从氮气洗涤冷却塔顶出来的氮气换热等工艺流程，合理利用能源，使得本项目能耗大幅度下降。本项目综合清洁生产水平达到国际清洁生产领先水平。

2. 尼龙6聚合是一种能耗较低的工业生产装置，本项目实施后蒸汽的消耗占总能耗的43.82%，电能的消耗占总能耗的25.25%，天然气消耗占总能耗21.38%，氮气消耗占总能耗的7.39%。由此可见，合理匹配用能，项目实施中采用更为节能的设备，降低蒸汽、电、天然气和氮气的消耗是降低本项目生产能耗的关键所在。未来项目建成后，运营管理也需将这些主要消耗放在节能控制的首位。

11 消防

11.1 编制依据

- 《纺织工程设计防火规范》50565-2010
- 《建筑设计防火规范》GB50016-2024
- 《建筑灭火器配置设计规范》GB50140-2005
- 《水喷雾灭火系统技术规范》GB50219-2014
- 《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2017
- 《消防给水及消火栓系统技术规范》GB50974-2014

11.2 消防措施与设施

11.2.1 厂区消防水泵站

厂区已建设生产与消防水池，设1座消防水容量为1300m³的矩形水池作新鲜水消防水蓄水池，池体为钢筋混凝土结构，全厂消防水由厂区内设置的新鲜水消防站给水系统提供。

在消防水泵房内设置消防水泵2台(1用1备)，每台流量400立方米/小时，扬程90m。根据二期建设内容，需更换水泵选用XBD1.15/150-300N4，流量540立方米/小时，扬程115米，功率315kW。

每台消防泵均设有独立的吸水管。消防水泵与消防管网的压力连锁，当火灾发生时，管网压力下降至设定值，消防水泵可依靠压力开关控制自动启动。当工作消防泵发生故障或断电时，备用消防泵将立即启动，保证消防正常用水。

消防水泵设在消防水泵房内，泵房为半地下式泵房，以保证水泵能够自灌启动。消防水池的补水来自水源地供水，消防水池补水时间不超过24小时。

11.2.2 消防水管网

本项目沿着道路铺设了环状消防水管网，管网设计压力1.15MPa。消防管网根据规范设置了若干个切断阀，每个切断阀之间安装的消防栓及消防水炮合计不超过5个，以确保消防供水安全。工艺装置区与罐区四周消防管网上设置消防水炮和室外消火栓，布置间距不超过

60m；辅助用房及办公区的消防水管网室外设置了室外消火栓，布置间距不超过120m。

11.2.3 建、构筑物消防

1. 聚合厂房

设有1座聚合厂房，厂房9层框架结构，厂房高度54m，为耐火等级二级丙类高层厂房。室内消防采用室内消火栓灭火并配有手提式干粉灭火器。聚合厂房室外消防水量40L/s，室内消防水量为35L/s，消防总用水量75L/s。

2. 切片仓库

储存物品主要为尼龙6，火灾危险性等级为丙类，室内除了采用室内消火栓与干式自动喷水灭火系统灭火外，还配有手提式干粉灭火器。消火栓水量70L/s，自喷系统水量70L/s，消防总用水140L/s。

3. 主要消防设备表

表 11-1

主要消防设备表

序号	名称	型号及规格	单位	设计量
1	室外消防栓	SS150/80-1.6	个	20
2	室内减压稳压消防栓	SNW-65	台	160
3	手提式干粉灭火器	MF/ABC5	套	120/5
4	推车式干粉灭火器	MFT/ABC50	套	10
5	手提式二氧化碳灭火器	MT5	套	30
6	直立型早期抑制快速响应喷头	ESFR-25, K=360, T=74℃	个	800
7	干式自动报警阀组	ZSFC-200-PN16	套	2

11.2.4 火灾自动报警系统

为保障安全生产，保护厂区内人员和设备的安全，在厂区内设置火灾自动报警系统。

变电室和控制室等安全区域内：在控制室、机柜间和配电室电缆夹层内使用感温探测器和感烟探测器；在走廊内设置手动报警按钮；并使用室内声光报警器作为警报设施。

在装置区等爆炸危险区域内：设置本质安全型室内或室外手动报警按钮，并使用防爆型室内/室外声光报警器作为警报设施，安全栅和

声光报警驱动模块等设备安装在安全区内。

一旦火情发生，相应控制室内火警控制器会立即显示报警信息并启动声光报警器报警，值班或巡检人员接警并确认后，立即使用直通外线电话拨“119”或直接通过报警专用电话向驻厂消防队报警。

在控制室与消防水泵房之间设有直通火警电话用于紧急联络。

11.2.5 消防设施投资估算

消防专项投资及消防设施验收费合计为 800 万元，约占项目投资投资的 0.92%。

12 环境保护

12.1 厂址的地理位置和自然条件

12.1.1 地理位置

项目所在地平顶山尼龙新材料产业集聚区处于叶县县城与平顶山市区之间，西北距平顶山市神马大道 10 公里处，约 10 分钟车程，洛平漯高速公路、许平南高速公路、311 国道毗邻面过，集聚区入园道路已与许南公路相通，年吞吐能力 615 万吨沙河航运码头正在建设，正在规划建设铁路专用线十三五末建成投运。园区内长 4.88 公里，宽 25 米的入园道路南北纵向与园区外市县主干道贯通；东连京广线，西接焦枝线的孟宝铁路穿集聚区而过，并在园区内设大型货场、化学品货场；便捷的交通承启东西，连贯南北，区位优势优越。区内有白龟山水库南干渠、七支渠等水系，场地宽敞，地形平坦，交通便利，工程环境条件较好。

12.1.2 自然条件

12.1.2.1 气象条件

建设项目所在的平顶山市叶县属北温带半干旱季风型大陆性气候，四季分明，雨量充沛，水源丰富。其特点是春季暖、雨水均匀；夏季热、雨量充沛；秋季凉爽、雨水渐少；冬季干冷、雨水稀少。其主要气象条件如下：

1. 气温：年平均 14.5~14.9℃，年极端最高 42.6℃，年极端最低-18.9℃。
2. 气压：年平均气压 100.67kPa。
3. 降水：年平均降雨量 723.1mm，年最大降雨量 1066.46mm(1971 年)，年最小降雨量 461.3mm(1993 年)。
4. 湿度：年平均相对湿度 67.3%。
5. 风向、风速、风频：据气象局 2002 年~2004 年气象资料统计，平顶山市全年最多风向为 NE 风，频率 12.66%，其次为 NW 风，频率为 10.13%，全年平均风速 2.8m/s，最大风速 28m/s。(具体见图 12-1、

表 12-1 和表 12-2)。

全年风向频率玫瑰图

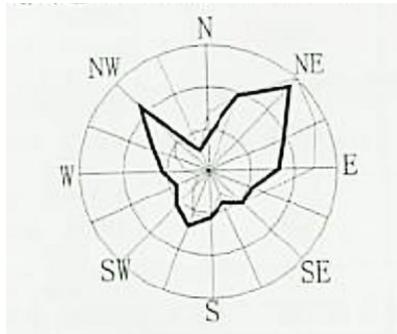


图 12-1

表 12-1

全年及各季风向频率(%)

项目	N	N NE	NE	E N E	E	E S E	S E	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	WN W	N W	NN W	C
全年	2.61	8.86	12.66	8.81	6.2	5.1	5.03	3.01	5.01	6.11	5.01	2.55	5.02	6.26	10.13	2.53	5.1

表 12-2

各风向平均风速(m/s)

风向	N	NN E	N E	EN E	E	ES E	SE	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	WN W	N W	NN W
风速	2.25	2.38	2.22	2.07	1.41	1.78	1.15	1.30	1.89	2.12	2.38	1.74	1.29	1.79	3.13	3.63

6. 大气稳定度

大气稳定度决定着大气污染物在垂直方向扩散的能力。根据平顶市 2002~2004 年地面气象有关资料进行大气稳定度的统计,按照 GB/T13201-91 规定采用经修订的帕斯奎尔法,将大气稳定度分级。分级结果见表 12-3。

由表 12-3 可知,平顶山市的大气稳定程度以中性稳定类最多,占 44.10%;其次是稳定类(包括较稳定和稳定),占 28.89%。从大气稳定程度来看,该地属于较不利于扩散的地区。按季节而言,冬季稳定类较多,不稳定类较少。与冬季相比,其余各季稳定类相对较少,不稳定类相对较多。由此可见,冬季为较不利扩散的时期。

7. 最大冻土深度 220mm。

8. 最大积雪深度 220mm。
9. 雷电：历年平均雷电日数 22d。

表 12-3 全年及各季大气稳定度频率(%)

稳定度	A	B	C	D	E	F
全年	0.58	15.88	10.55	44.10	16.03	12.86

12.1.2.2 工程与水文地质

根据平顶山市东南部高速引线以南、许南公路以东、许平南高速以西区域的《平顶山市东南区域水文地质调查报告》可知：

1. 集聚区位于平顶山市东南部，场地地形平坦，交通便利，工程环境条件良好，场地附近未发现不良地质作用。

2. 集聚区地形平坦，包气带岩性自沙河北向南由细砂渐变为粉土、粉质粘土，局部为粘土。规划区域上部土层为粉质粘土、粘土，夹薄层细砂，下部土层为老粘土，为弱透土层，渗透性差。拟建工程对区域地下水的影响较小。拟建项目应采取正确有效防范措施，避免对该区域地下水产生明显影响。

3. 根据水位调查和测量结果，集聚区地下水埋藏深度为 3.3~8.5m，地下水年变幅为 1.0~3.0m 左右。地下水类型为潜水，主要含水层为细砂，地下水位受季节变化影响，补给来源主要为侧向径流补给和大气降水入渗补给。地下水对混凝土结构和钢筋混凝土结构无腐蚀性，对钢结构具弱腐蚀性。

4. 集聚区天然条件下浅层地下水储量约 4320 万立方米，该区域地下水资源量较小，拟建工程对该区域地下水的影响较小。

5. 集聚区勘探深度范围内均为第四系地层，地形较为平坦，地基土分布均匀，未发现不良地质作用，场地稳定，适宜工程建设。场地土类型属中软场地土，III类建筑场地；场地内无断裂通过，场地附近的断裂带晚近期无活动迹象，综合判定场地属抗震一般地段。

叶县属淮河上游干支流沙颍河流域，地表水和地下水资源比较充足，地表、地下水总储量 20 亿 m³。叶县境内主要有沙河、湛河、灰河、澧河、汝河、甘江六大河流经过。城北 2km 有沙河流过，城南有灰河从鲁山入境。

本项目拟选厂址位于沙河中游地区，西距沙河约 1km。

12.1.2.3 地震烈度

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)，叶县地区抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值 0.05g，地震分组为第一组，特征周期值为 0.45s。

12.2 建设项目的环保状况

12.2.1 建设项目的污染源

12.2.1.1 废气

本项目主装置排放的废气主要为切粒机排气，组分主要为空气、氮气和水汽，还含有极少量的己内酰胺或少量物料粉尘等物质；另外，热媒炉系统的烟道气经烟囱高点排放。各点废气组成、排放量、排放方式和排放地点详见废气排放表(表 12-4)。

表 12-4 废气排放表

废气名称	来源	排放方式	排放量	废气组成	排放去向
切粒机排气	切粒机排空点	连续	20000Nm ³ /h	带微量己内酰胺蒸汽的空气	洗涤后排大气
烟道气	热媒炉系统	连续	6000Nm ³ /h	SO ₂ : ≤10mg/m ³ 粉尘: ≤5mg/m ³ NO _x : ≤30mg/m ³	烟囱高点排放

12.2.1.2 废水

本项目排放的废水主要有清扫冲洗地面水、水封罐水、过滤器清洗水、溢流水等，废水中含有少量的己内酰胺等有害物质。各点废水组成、排放量、排放方式和排放地点详见废水排放表(表 12-5)。

表 12-5 废水排放表

废水名称	来源	排放方式	排放量(kg/h)	废水组成	排放去向
铸带切粒溢流水	切粒水贮罐	连续	1200	含微量己内酰胺	去污水收集
过滤器清洗水	过滤器	间断	3240	含微量己内酰胺、粉尘	去污水收集
切粒置换水	切粒系统烟雾洗涤	连续	1920	含微量己内酰胺	去污水收集
水封罐水	水封罐	连续	7200	含微量己内酰胺	去污水收集
清扫、冲洗地面水	各楼层	间断	1440	含少量尘土	去污水收集

12.2.1.3 废固

本项目各点废固组成、排放量、排放方式和排放地点详见废固排放表(表 12-6)。

表 12-6

废固排放表

废渣名称	排放地点	排放方式	排放量	排放去向
废滤芯(危废)	过滤器	间断	180kg/月	收集到危废库, 定期集中处理
助剂包装物(危废)	助剂配制	间断	包装袋: 360kg/月 包装桶: 96 个/月	收集到危废库, 定期集中处理
化验室试剂瓶(危废)	化验室	间断	90kg/月	收集到危废库, 定期集中处理
废油(危废)	聚合、包装	间断	900kg/年	收集到危废库, 定期集中处理
废包装袋等一般固废	聚合厂房	间断	180kg/月	收集到指定地点, 定期集中处理

12.2.1.4 噪声

聚合装置主要噪声有切料机、氮气循环风机等, 这些机器产生的噪声大约有 85 分贝左右。噪声排放点、声压等级等详见主要噪声排放表(表 12-7)。

表 12-7

主要噪声排放表

序号	单元名称	设备名称	方式	数量	声压级(dB)	控制措施
1	聚合	切料机	连续	7	≤85	加隔音罩
2	聚合	氮气循环风机	连续	23	≤85	加隔音罩
3	切片输送与包装	包装机	连续	9	≤85	加隔音罩
4	切片输送与包装	氮气压缩机	连续	9	≤85	单独布置

12.2.1.5 电离辐射

聚合装置主要电离辐射为各聚合反应器的放射性液位计等。

12.2.2 环境影响程度

12.2.2.1. 项目生产过程对环境的影响

1. 废水

本项目在工艺选择上选择清洁环保工艺, 从源头上减少污水排放量, 比如将萃取水进行回收, 回用到聚合三线, 与原料己内酰胺混合, 大幅度地减少污水量, 既降低了原料消耗, 又实现了清洁生产。废水

排放时严格实行清污分流。装置周围污染区的初期雨水通过管道收集至污水管道系统，后期清净雨水经切换后排入雨水管道。生活污水、清净废水收集后通过管道送到尼龙科技公司外排园区污水处理场，生产污水收集后通过管道送到尼龙科技公司第二污水处理场处理后外排园区污水处理场。

本项目界区设有事故水池，事故状态下将装置所有排水切入事故管道，通过管道连接排至事故水池，事故水作为污水通过管道送到尼龙科技公司第二污水处理场处理后外排园区污水处理场。

2. 废气

本项目的物料储罐、混合罐、己内酰胺中间罐等均采用小流量氮气保护，尽量减少排放量；对气体输送系统尾气中的氮气经过滤后排放，无污染；热媒系统的导热油在使用前必须脱除低沸点物质，正常生产时不产生废气。切粒机单体抽吸经洗涤后排向大气。

3. 废固

项目产生的废滤芯、助剂包装物、化验室试剂瓶、废油等危险废物暂时存放在危废仓库，定期委托危废处置单位统一处置，废包装袋等一般固废定期送到当地垃圾填埋场集中处理。

4. 噪声

噪声控制除优化工艺外，主要在设备选型方面采用一些低噪声设备。设备布置时将后处理工号中的风机集中布置在风机室，墙面做吸声处理。对控制室等人员长居的建筑物采取消声措施。另外操作人员进入噪声较大的区域时，应佩戴耳塞等防护措施。

5. 电离辐射

本项目使用的放射源出厂前必须经过有关职能部门检测容器表面及对周围环境的辐射剂量，符合国家规定的安全标准。购进含放射性同位素的仪表时，事先向所在地环保部门办理辐射安全许可证等相关手续。放射源的使用遵照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等有关规定。

12.2.2.2. 项目建设施工过程对环境的影响

平顶山三梭尼龙发展有限公司交通设施完善，道路承载能力满足

项目设备运输要求，不会破坏周围环境。装置场地远离居民区，施工噪声不会干扰周围居民。施工所用水、电等公用设施在本项目原有装置均有接头，不会造成停水停电等从而影响居民的日常生活。

12.3 环境保护措施

本项目在设计、施工建设及生产过程中，严格执行国家环保法规，采取切实有效的措施，确保“三废”达标排放，遵守“三同时”原则。切实做到保护环境、防治污染、认真贯彻循环经济与资源节约的总体原则。

依据《中华人民共和国水土保持法》，实行预防为主、保护优先、全面规划、综合治理、因地制宜、突出重点、科学管理、注重效益的方针，进行生产建设项目的水土保持工作。水土保持设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。坚持预防和治理水土流失，保护和合理利用水土资源，减轻水、旱、风沙灾害，改善生态环境，保障经济社会可持续发展。

具体措施如下：

1. 将尼龙6切片萃取过程中产生的含己内酰胺和低聚物的萃取水通过MVR浓缩，蒸发出来的水重新回用到萃取工序，而浓缩液经过高压水解后，直接送回到三线与新鲜己内酰胺按比例混合后，作为三线聚合的原料，用于生产工程塑料级尼龙6切片。由于采用MVR低温浓缩工艺，蒸发水含己大大降低，可以直接回用萃取代替新鲜脱盐水，实现脱盐水循环利用，避免了常规三效蒸发蒸发水排污，实现了既降低了原料消耗，又达到清洁生产的目的。

2. 常规铸带切粒聚合物带条暴露空气中挥发出来的己内酰胺单体烟雾会污染厂房内的空气，而本装置在铸带头及聚合物冷却板处设单体抽吸装置，将含微量己内酰胺单体的烟雾用吸气喷射泵抽吸洗涤后排大气，保证车间空气中己内酰胺含量低于规定的浓度。

3. 聚合装置在开、停车、铸带板清理时，有少量聚合物胶块或带条产生，这些胶块或带条可作为次品销售。

4. 在产生噪音的位置设置降噪措施，并为工人配备必要的防护用

品，如耳机等，确保操作工人有一个良好的工作环境。

5. 为美化厂容、改善环境、减少污染，本工程拟在装置区进行绿化设计。绿化设计应符合化工区总体规划要求，并与总平面布置、竖向设计及管线布置统一考虑。

12.3.1 设计采用的环境保护法规和标准规范

《中华人民共和国环境保护法》

《中华人民共和国水土保持法》

《中华人民共和国水污染防治法》

《中华人民共和国大气污染防治法》

《中华人民共和国环境噪声污染防治法》

《建设项目环境保护管理条例》[国务院第 682 号令]

《环境空气质量标准》GB3095-2012

《大气污染物综合排放标准》GB16297-1996

《工业企业设计卫生标准》GBZ1-2010

《地表水环境质量标准》GB3838-2002

《污水综合排放标准》GB8978-1996

《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008

《工业企业噪声控制设计规范》GB/T50087-2013

《石油化工环境保护设计规范》SH/T3024-2017

《中华人民共和国放射性污染防治法》（国家主席令 2003 年第 6 号）

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令 2006 年第 31 号）

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 2005 年第 449 号）

12.3.2 环境管理与监测

12.3.2.1 环境管理

环境保护管理制度的主要内容如下：

1. 环境保护工作在公司总经理的领导下，在公司各行政管理部门经理的协助下，由公司安技环保部负责整个公司环境保护工作的组织、

管理、宣传、教育、监测、统计等工作。

2. 各部门的环境保护工作由各部门的领导负责，对日常的环保工作进行检查、监督、加强和完善。

3. 拟建工程应积极采取积极的污染防治的措施，落实环境保护的资金，污染治理措施应严格执行与主体工程同时设计、同时施工、同时投产的“三同时”规定。

4. 公司应根据技术上先进、经济上合理，并按环保要求的原则正确选购生产设备，必须配套的环保设备选购应由公司安技环保部参与考察、论证。

5. 环保设备投入运行后，必须有专人负责。公司应制定环保设备操作规

程和定期进行保养、检查、维修及考核制度，确保环保设施正常、稳定运行。

6. 凡属“三废”治理的设施，根据须要设立监测点，建立环保设施运行记录制度，对外排废水要定期监测。

7. 各装置、工段应加强对各类管道、阀门、设备的管理，及时消除跑、冒、滴、漏现象，防止发生污染环境事故。

8. 对全厂废气、废水、废渣要首先实行综合利用，化害为利。凡外排的三废必须达到国家规定的排放标准。若营运期各污染源出现不达标排放现象，则要追究有关责任人的责任。

9. 各装置、工段不得擅自停用、闲置、拆除环保设备，对管理不妥导致环保设备失效或损坏，对不积极治理环境污染的车间、工段或个人给予必要的处罚。

10. 将环境保护工作提到议事日程，随时总结、检查、布置环境保护工作。对在环境保护、综合利用、化害为利工作中做出显著成绩的部门或人员，根据贡献大小，公司给予表彰奖励。

11. 放射源设有专职人员管理。废弃不用的放射源，按照规定由专门机构进行处理，不得随意处置或者丢弃。

12.3.2.2 环境监测

为了加强环境管理，较为准确客观地掌握其污染物的排放情况，

必须对装置“三废”排放情况进行监测。项目中环境监测委托具有监测资质的检测服务机构定期进行检测。废水、废气为环境监测的重点。

12.4 环境保护投资估算

本项目的三废处理设施主要依托先期项目。新建环保措施主要用于项目施工期和建设期的环境保护。环保设施投资详见环保设施投资估算表。

环保设施总投资约 547 万元，占工程建设投资的比例约为 0.63%。

表 12-8

环保设施投资估算表

序号	专用设备或工程名称	专用投资估算(万元)	备注
施工期	扬尘治理	25	
	施工废水处理	10	
	噪声治理	5	
	固废处置	20	
运行期	废水收集设施	50	
	环境检测、分析设施	20	
	废气排放系统	60	
	一般固废暂存场	40	
	危险废物暂存设施	200	
	水土保持评价及验收费	15	
	环境影响评价费及验收费	50	
	标识	2	
	绿化	50	
	合计	547	

13 劳动安全卫生

13.1 编制依据及标准

13.1.1 编制依据

- 《中华人民共和国劳动法》(国家主席令 2009 年第 18 号)
- 《中华人民共和国安全生产法》(国家主席令 2014 年第 13 号)
- 《中华人民共和国职业病防治法》(国家主席令 2011 年第 52 号)
- 《中华人民共和国消防法》(国家主席令 2008 年第 6 号)
- 《中华人民共和国防震减灾法》(国家主席令 2008 年第 7 号)
- 《女职工劳动保护特别规定》(国务院令 2012 年第 619 号)
- 《危险化学品安全管理条例》(国务院令 2011 年第 591 号)
- 《危险化学品建设项目安全许可实施办法》(国家安监总局 2006 年 8 号令)
- 《爆炸危险场所安全规定》劳部发[1995]56 号
- 《特种设备安全监察条例》国务院令第 549 号
- 《压力容器安全技术监察规程》质技监局锅发 [1999] 154 号
- 《固定式压力容器安全技术监察规程》质检总局发 [2016] 16 号
- 《蒸汽锅炉安全技术监察规程》劳部发 [1996] 140 号
- 《压力管道安全技术监察规程—工业管道》(TSGD0001-2009)
- 《非金属压力容器安全技术监察规程》(TSGR0001-2004)
- 《危险化学品目录》(2015 版)(国家安全生产监督管理总局)
- 《高毒物品目录》(2003 年版)(卫法监发[2003]142 号)
- 《中华人民共和国放射性污染防治法》(国家主席令 2003 年第 6 号)
- 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令 2006 年第 31 号)
- 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 2005 年第 449 号)
- 《河南省安全生产条例》2019 版

《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,77号文修订)

《国家安全监管总局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)

《生产安全事故应急预案管理办法》(2016年6月3日国家安全生产监督管理总局令第88号公布,根据2019年7月11日应急管理部令第2号《应急管理部关于修改〈生产安全事故应急预案管理办法〉的决定》修正)

《河南省安全生产监督管理局关于规范危险化学品生产企业安全生产责任制的通知》(豫安监管办〔2018〕113号)

13.1.2 采用标准

《纺织工程设计防火规范》GB50565-2010

《建筑设计防火规范》GB50016-2024

《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB50058-2014

《建筑抗震设计规范》2016年版 GB50011-2010

《构筑物抗震设计规范》GB50191-2012

《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010

《工业企业设计卫生标准》GBZ1-2010

《生产过程安全卫生要求总则》GB/T12801-2008

《生产设备安全卫生设计总则》GB5083-1999

《电气设备安全设计导则》GB/T25295-2010

《建筑采光设计标准》GB50033-2013

《建筑照明设计标准》GB50034-2013

《粉尘防爆安全规程》GB15577-2007

《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008

《工业企业噪声控制设计规范》GB/T50087-2013

《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》GB4387-2008

《建筑灭火器配置设计规范》GB50140-2005

《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》
GB50493-2009

- 《防止静电事故通用导则》GB12158-2006
- 《固定式钢梯及平台安全要求第1部分：钢直梯》GB4053.1-2009
- 《固定式钢梯及平台安全要求第3部分：工业防护栏杆及钢平台》GB4053.3-2009
- 《机械安全防护装置固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求》GB/T8196-2003
- 《安全色》GB2893-2008
- 《安全标志及其使用导则》GB2894-2008
- 《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB7231-2003
- 《工业企业煤气安全规程》GB6222-2005
- 《职业性接触毒物危害程度分级》GBZ/T230-2010
- 《工作场所有害因素职业接触限值》GBZ2.1~2.2-2007
- 《化工企业安全卫生设计规范》HG20571-2014
- 《化工企业照明设计技术规定及条文说明》HG/T20586-1996
- 《化工建设项目噪声控制设计规定》HG20503-1992
- 《化工粉体工程设计安全卫生规定》HG/T20532-1993
- 《压力容器化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类标准》HG/T20660-2017
- 《危险化学品重大危险源辨识》GB18218-2009
- 《有毒作业分级》GB/T12331-1990
- 《高温作业分级检测规程》LD82-1995
- 《中华人民共和国劳动部噪声作业分级》LD80-1995
- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002
- 《电离辐射物位计》GB/T11923-2008
- 《电离辐射监测质量保证一般规定》GB8999-1988
- 《手部防护电离辐射及放射性污染物防护手套》GB38452-2019
- 《密封放射源一般要求和分级》GB/T4075-2003
- 《含密封源仪表的放射卫生防护要求》GBZ125-2009
- 《常用化学危险品贮存通则》GB15603-1995

13.2 工程概况

本项目拟建设3条先进的尼龙6连续聚合线、1条特种尼龙新产品开发试验线、1套MVR蒸发浓缩与浓缩液水解回用装置。本项目通过采用先进技术，加强管理，强化安全环保措施(包括紧急停车系统、自动联锁装置)，使项目对周边环境的影响降低到最低限度。

拟建厂址内没有文物古迹，地下未发现资源矿床，周围也没有风景名胜、自然景观、重要军事基地及机场电台等特殊设施，项目建成后对周边环境的影响轻微。

13.3 生产过程职业安全与有害因素分析

13.3.1 主要生产性危害概述

1. 主要可燃物料：己内酰胺、氢化三联苯、联苯—联苯醚、添加剂、对苯二甲酸、聚己内酰胺均为可燃物，其遇明火及高热均可燃烧，发生火灾事故。

2. 主要有毒物料：联苯—联苯醚、液体己内酰胺等属低毒物料。

3. 主要高温区域：聚合反应区等。

4. 主要噪声设备：切粒机、离心脱水机、风机、包装线等。

5. 电离辐射：聚合反应区的放射性液位计等。本项目采用先进的连续聚合、萃取、干燥、气流输送工艺，工艺物料均为密闭操作，主要原料己内酰胺及二次热媒联苯—联苯醚属低毒性物料。主要危险物料性质见表13-1。

表 13-1

主要危险物料性质

序号	物料名称	分子量	熔点 ℃	沸点 ℃	闪点 ℃	自燃 点℃	空气中爆炸极限 (V%)		空气中允许 浓度 mg/m ³	毒性级别
							上限%	下限%		
1	己内酰胺	113	69	270	135	400	8	1.4	5(时间加权平均)	Ⅲ级(中度危害)
2	联苯— 联苯醚*	166	12.3	257	124	620	3.4	1.0	7.0(最高允许浓度)	Ⅲ级(中度危害)
3	氢化三 联苯	238	—	359	184	374	—	—	4.9(时间加权平均)	Ⅲ级(中度危害)

注：*联苯—联苯醚的组分为联苯 26.5% (wt)，联苯醚 73.5% (wt)；该混合物的物性参数因供货商不同有差异。

13.3.2 生产过程中的危害分析

1. 在铸带头和冷却水槽处有少量含己内酰胺单体的烟雾散发。
2. 氢化三联苯、联苯—联苯醚作为传热介质，虽然是密闭运行，但渗透性较强，应采取措施防止渗漏。
3. 氢化三联苯、联苯—联苯醚加热系统及聚合管操作温度较高，设备和管道壁温分别为 300℃、260℃左右，属高温操作。
4. 切料机、离心脱水机、氮气循环风机等是聚合装置的主要噪声源。
5. 在循环氮气的脱氧中使用了少量氢气，氢气是极易燃烧、爆炸的气体。使用时应按照相关规范设计。
6. 本项目其它危害还有高温、粉尘、振动、窒息、静电、高空坠落、电离辐射、视屏作业等。

(1) 高温

工艺装置内，反应器等设备的操作温度较高，易引起高温灼伤。另外，本项目涉及了许多高、中温设备。在高气温、高气湿环境中工作，人体辐射、对流和蒸发散热都会发生困难，体内出现蓄热，会导致热调节障碍，严重时可引起中暑。

(2) 粉尘

干燥下料口和包装场所产生粉尘。长期吸入大量的粉尘后，可得尘肺病。粉尘污染车间环境和周边环境，还影响照明。

(3) 振动

机械设备产生的机械振动、电气设备产生电磁性振动、输送气体和液体产生的流体动力性振动，对人体均会产生振动危害。长期接触时可引起振动病，表现为以末梢循环、末梢神经障碍为主的全身性疾病，如振动性白指。

(4) 窒息

装置中使用的氮气为窒息性气体，发生泄漏会引起人员窒息伤害甚至死亡。

(5) 静电

液体与固体、液体与气体、液体与另一不相溶的液体之间，由于

搅拌、沉降、流动、冲击、喷射、飞溅等接触及分离的相对运动，形成双电层从而产生静电。人体在许多条件下能带静电。静电的放电形式常见的有电晕放电、刷形放电和火花放电三种。静电放电产生的瞬间冲击电流，通过人体的某一部分，如人在未采取任何防护措施的情况下，不小心碰触聚集静电的金属设备、管道以及金属用具、移动式金属车辆、梯子等，可能使人体受到伤害，甚至可能由于静电电击，引起高空坠落等二次人身伤亡事故。

(6) 高空坠落

操作人员到车间内 2m 以上的操作平台、扶梯、高大设备等高处进行维修作业，如果梯子、平台、护栏等设计、制造、安装有缺陷；梯子、平台等有湿滑物品，人员踩在其上导致身体失去平衡摔出落地；移动梯台摆放不稳，无人监管；违章作业不系安全带等均可能造成高出坠落事故。

(7) 电离辐射

放射性液位计在工作过程中将产生射线并发射出来，如屏蔽不当，会造成射线的泄漏，作用于人体产生有害的生物效应，从而造成对周围人员的辐射危害，同时也对环境产生外照射放射性污染。此外，放射性液位计出现某种故障的情况下，工作人员和周围公众有可能受到潜在照射(非计划之内、无法预知的照射)。

(8) 视屏作业

长时间视屏作业，电脑辐射可能造成从业人员视力损伤，同时长时间采取坐式，会造成从业人员的疲劳，产生头疼、颈肌等骨骼肌酸疼等症状，另外视屏作业工作室多为空调室，可能存在通风少从而造成室内空气污染严重，导致从业人员易生病。

13.3.3 自然灾害因素分析

1. 该地区年平均风速 2.8m/s，最大风速 28m/s，对室外设备设施有一定的影响，影响露天装置作业和框架高空检修作业。风对该工程投产运营过程中安全性的影响，主要表现在两个方面：一是正常情况下易燃、易爆、有毒气体的无组织排放(系指泄漏量)，风可加速向外扩散，从而使泄漏的有害气体到达较远的区域；二是在事故情况下，

多风天气可使物料泄漏不易发现，易燃、易爆气体泄漏后遇到火源或者是带压泄漏本身产生静电而引发火灾、爆炸事故。

2. 雷电易引起该工程生产过程中的火灾、爆炸事故，因而防雷设施的可靠性是该工程安全生产的重要因素之一。

3. 其他自然环境危险还有低温、冰冻、降雪、地震等，若措施不当往往也会造成伤害和财产损失，应采取有效措施加以防范。

13.3.4 职业病危害因素和职业病分析

13.3.4.1 危害因素识别

该项目生产过程中产生的职业病危害因素为对苯二甲酸、添加剂、二氧化钛等粉尘，联苯一联苯醚和己内酰胺等有机挥发物，机械噪声、高温、电离辐射、视屏作业等。

13.3.4.2 职业病危害因素分析

表 13-2

职业病危害因素分析表

工序	岗位 工种	职业病 危害因素	来源	危害程度预测
助剂配置	外操	添加剂、对苯二甲酸、二氧化钛粉尘	投料	助剂包装袋打开及添加到配置设备的过程中产生粉尘，扩散至空气中引起人员身体不适或急慢性病发生。
聚合	外操、维修工	联苯一联苯醚环境温度高高温熔体临时挥发烟气电离辐射	巡检、维修、处理故障	(1) 微量联苯一联苯醚挥发引起的身体不适或慢性病；
				(2) 环境温度较高可能引起的身体不适；
				(3) 高温熔体引起烫伤；
				(4) 检修时挥发烟气引起的身体不适；
				(5) 放射性液位计工作时可能出现射线泄露引起人体辐射伤害以及环境放射性污染。
切料机	外操、维修工	高温熔体临时挥发烟气	检修排料	(1) 高温熔体引起烫伤；
				(2) 检修时挥发烟气引起的身体不适。
萃取	外操、维修工	含有单体萃取水高温萃取水	清洗过滤器	清洗过滤器接触含有单体萃取水，引起皮肤刺激；接触高温萃取水引起烫伤。
干燥	外操、维修工	高温蒸汽噪声	巡检、操作	(1) 操作更换蒸汽阀门引起烫伤；
				(2) 干燥风机产生的噪声与震动。
切片输送	外操	噪声	巡检	氮气压缩机产生噪声。

MVR 浓缩	外操、维修工	高温含有单体萃取水 高温蒸汽 噪声	操作、维修	(1)操作更换蒸汽阀门引起烫伤；
				(2)接触含有单体萃取水，引起皮肤刺激； 接触高温萃取水引起烫伤；
				(3)蒸汽压缩机产生噪声及震动。
DCS 控制室、生产调度中心、消防控制中心	中控	视屏作业	操作	长时间视屏作业，电脑辐射可能造成从业人员视力损伤，会造成从业人员的疲劳，产生头疼、颈肌等骨骼肌酸疼等症状，另外视屏作业工作室多为空调室，可能存在通风少而造成室内空气污染严重，导致从业人员易生病。

13.3.4.3 职业病防护措施

表 13-3

职业病防护措施表

工序	岗位工种	职业病危害因素	来源	防护措施
助剂配置	外操	添加剂、对苯二甲酸、二氧化钛粉尘	投料	(1)采用集尘罩和袋式除尘系统，减少向空气中逸散；
				(2)采用密闭化、自动化设备减少粉尘及有毒物质向空气中逸散；
				(3)设置通风系统，减少空气中有害物质浓度；
				(4)操作工人佩戴防毒、防尘口罩。
聚合	外操、维修工	联苯—联苯醚环境温度高高温熔体临时挥发烟气 电离辐射	巡检、维修、处理故障	(1)联苯间隔离，设置排风通风设备；
				(2)车间设置排风设备；
				(3)操作人员佩戴防毒口罩；
				(4)操作和检修涉及可能出现熔体烫伤工作环境，操作人员佩戴防护面罩、防护头盔、防护服、防护手套等；
				(5)放射性液位计防护罩外有醒目的“当心电离辐射”标识，同时需具有外装式放射源防护铅罐，在正常操作时，人体的任何部位都不能进入铅罐内部。
切料机	外操、维修工	高温熔体临时挥发烟气	检修排料	(1)操作和检修涉及可能出现熔体烫伤工作环境，操作人员佩戴防护面罩、防护头盔、防护服、防护手套等；
				(2)操作人员佩戴防毒口罩。
萃取	外操、维修工	含有单体萃取水 高温萃取水	清洗过滤器	(1)操作人员佩戴防护面罩、防护头盔、防护服、防护手套等；
				(2)借助电葫芦等助力工具，减少接触。

干燥	外操、维修工	高温蒸汽噪声	巡检、操作	(1) 操作人员佩戴防护面罩、防护头盔、防护服、防护手套等；
				(2) 佩戴耳塞；
				(3) 设备做减震设计。
切片输送	外操	噪声	巡检	(1) 佩戴防噪声耳塞；
				(2) 设备做减震设计。
MVR 浓缩	外操、维修工	高温含有单体萃取水高温蒸汽噪声	操作、维修	(1) 操作人员佩戴防护面罩、防护头盔、防护服、防护手套等；
				(2) 借助电葫芦等助力工具，减少接触；
				(3) 佩戴耳塞；
				(4) 设备做减震设计。
DCS 控制室、生产调度中心、消防控制中心	中控	视屏作业	操作	控制室需要经常开窗通风，调整工作桌椅高度，使从业人员保持良好的工作姿势，合理安排工作时间，视屏作业期间适当安排时间休息。

13.4 安全卫生防护主要措施

13.4.1 职业安全卫生

1. 本项目所使用的物料及生产的产品按《纺织工程设计防火规范》GB50565-2010 的有关条文，本装置火灾危险性分类属丙类；按《爆炸危险环境电力装置设计规范》(GB50058-2014)的有关条文，本装置爆炸场所危险等级属非危险区。因此，本装置对职业安全是较为有利的。

2. 在铸带头及冷却水槽处设单体抽吸装置，将含微量己内酰胺单体的烟雾用吸气喷射泵抽吸洗涤后排大气，保证车间空气中己内酰胺含量低于规定的浓度。

3. 对联苯系统中的设备及管线设计采取了有效措施，如采用防渗漏的垫片、选用波纹管密封阀门，以保证联苯系统密封良好。同时对联苯加热器上设置了压力联锁报警系统和安全阀，这样保证联苯系统正常操作。对联苯系统高点排气均引至联苯平衡罐，不凝气体排至室外，采取以上安全措施后，可以保证联苯在空气中的含量低于允许浓度。

4. 高温高压管道严格按照规定要求进行应力计算，合理选用材料。

5. 对聚合反应器、联苯加热系统的设备及管线均采用较厚的保温层。对壁温高于 60℃ 以上的设备及管线均采用防烫的保护层。这样不但减少热量损失，而且也保证安全。

6. 聚合装置切粒机、脱水机、氮气循环风机、氮气压缩机等有噪声源的设备上均设有隔音罩，以保证装置内噪声强度低于 85dB 以下。

7. 在循环氮气脱氧反应系统中使用微量氢气，对输送氢气的管线采用双阀控制，以防止氢气泄漏。

8. 放射源应设有专职人员管理。废弃不用的放射源，应按照规定由专门机构进行处理，不得随意处置或者丢弃。

13.4.2 总图布置

1. 全厂的总图布置执行《建筑设计防火规范》GB50016-2014(2018年版)和《纺织工程设计防火规范》GB50565-2010 及其它安全卫生规范的规定，并充分考虑风向因素、安全防护距离、消防和疏散通道以及人货分流等要求，以利于安全生产。

2. 严格按照卫生安全距离的要求进行工厂选址、总平面布置，确保厂址满足标准要求的安全距离和间隔距离。

3. 总平面布置根据功能分区布置，各功能区之间设有环形通道，有利于安全疏散和消防。

4. 建筑平面及竖向布置设计时，在满足工艺生产的前提下，尽量使平面规整、层次清楚、消防通道畅通、楼梯出入口安全醒目，生产装置尽量采用露天布置方案。

5. 考虑运输及消防需要，厂内各街区均设置了环行道路，道路路面宽度分别为主干道 12 米、次干道 6~9 米。道路内缘最小转弯半径为 9 米。

6. 工厂设置风标设施，随时指示风向，一旦事故发生，便于职工识别疏散方向。

13.4.3 工艺设计

1. 选用先进、成熟的技术路线，增加装置操作的稳定性和安全性。优化设计减少危险物料存量，进行危险液态物料输送管线最短化设计。

2. 针对物料及工艺过程的特点，采取了相应的工艺控制措施，以

保证关键设备在紧急状态下能利用事故电源正常运行，以保证设备及人身安全。

3. 为防止可燃气体形成爆炸性混合物，含有可燃气体的生产部位敞开式设计并加强设备和管道的密闭措施。

4. 具有火灾爆炸危险的压力容器、管道和贮罐按规定设计安全阀、爆破膜和阻火器等安全泄压设施；安全阀前加装手动截止阀，以便每年安全阀定期检验。

5. 处理易燃、易爆物料的设备和系统，设置开停车氮气置换设施，防止形成爆炸性气体。

6. 对输送蒸汽等有可能与人体接触的高温设备和管道，采取防烫保温绝热措施，避免人体接触而引起烫伤；工艺生产中不需要保温的设备、管道及其附件，其外表温度超过 60℃，为防烫伤，采取防烫保温处理；保温材料采用阻燃材料。

7. 对输送冷介质等有可能与人体接触的低温设备和管道采取保冷措施，避免人体接触而引起冻伤。

8. 输送腐蚀性物料选用耐腐蚀的设备和管道，以减少物料泄漏而引起火灾、爆炸和中毒事故。

9. 针对工艺过程及工艺物料的特点，本项目特别采取以下安全措施：各罐区和重点部位设置防火围堤；己内酰胺等设备及管道采用高材质防腐材料，以降低由于物料泄漏而引发的火灾、爆炸和中毒事故发生的几率；为满足安全生产需要，装置重点部位及周边设置可燃气体报警仪、氢气报警仪、氧含量检测仪，及时发现天然气、氢气、氮气泄露。

10. 切片输送系统为“密相”输送。

13.4.4 设备设计

1. 容器设计时，严格按照操作条件确定设计压力和设计温度，并符合容规及《压力容器》(GB150-2011)、《钢制化工容器设计基础规定》(HG/T20580-2011)中相关规定；在压力容器日常的使用和管理中，根据容器的操作压力、操作温度及储存介质的危害程度进行严格的分类管理。

2. 根据设备内介质操作温度、压力和腐蚀情况，选用适当的材料，以减少腐蚀，延长设备使用寿命。
3. 为避免因水和蒸汽的泄漏产生腐蚀介质，重要装置的换热器采用特殊形式换热器，以便于检测。
4. 各生产装置的主要设备设有防止系统超压爆炸的爆破膜和安全阀。
5. 重点设备、易腐蚀工序设备大量采用高等级耐腐蚀材料。

13.4.5 自控设计

1. 全厂装置采用可靠的DCS自动监测和控制系统，防止超温、超压/超液位或反应失控。
2. DCS系统采用不间断电源(UPS)供电，在电源事故期间，UPS至少可供系统正常工作30分钟。
3. 根据介质组分选用合适的在线自动分析仪器进行连续分析，保证生产处于正常状态。
4. 根据介质类型确定仪表选型，保证仪表处于正常操作状态。
5. 在涉及可燃气体的区域均设有固定式可燃气体探测器，用于检测环境中可燃气体的浓度，以及时发现装置区中设备管道的泄漏情况，防止火灾、爆炸事故的发生。
6. 仪表及仪表系统的安全设计必须确保仪表空气或仪表电源故障时人员和设备的安全。除仪表空气外，其他任何工艺介质不允许引入控制室。
7. 与工艺管道及设备相连的仪表，其连接处视工艺介质不同情况，采用不同压力等级的法兰及不同的连接形式，严防危险介质外泄；同时采取措施保证仪表本身的密封，防止危险介质外漏。
8. 防爆区内的仪表均选用防爆仪表，其防爆等级根据相应的危险区域确定。
9. 控制室远离生产装置。

13.4.6 电气设计

1. 供电采用双回路供电，异常情况下还有事故柴油发电机组供主要关键设备和事故照明用电，仪表室还配备有不间断电源UPS设施。

2. 对爆炸性气体环境危险区域均按爆炸危险环境电力装置设计规范(GB50058-2014)有关规定设计,电气设备选型选用防爆阻燃型。并按照《建筑物防雷设计规范》(GB50057)合理设置防静电、防雷措施。

3. 贮存易燃易爆介质的贮罐均设了可靠的防雷及防静电接地设施,各装置区的建构筑物、设备均按国家标准《建筑物防雷设计规范》(GB50057)和《纺织工程设计防火规范》GB50565-2010采取了可靠的防雷接地措施,厂区内所有涉及到易燃易爆介质的设备、管线和液体装车栈桥设置了防静电接地。

4. 各生产装置的关键、大型转动和传动设备的电气、电机部分均设有电气联锁及电气保护系统,在误操作及事故状态时,能够保护设备及操作人员安全。

5. 变电所内采用先进的自动化监测保护系统,低压电源的不间断电源装置 UPS 系统。

6. 装备完善的继电保护系统,一旦生产装置和辅助装置的电气设备和电气配线发生故障时,不会损坏设备,并能避免对操作人员造成伤害。

13.4.7 电信设计

1. 火灾自动报警系统

为保障安全生产,保护厂区内人员和设备的安全,在厂区内设置火灾自动报警系统。

变电室和控制室等安全区域内:在控制室、机柜间和配电室电缆夹层内使用感温探测器和感烟探测器;在走廊内设置手动报警按钮;并使用室内声光报警器作为警报设施。

在装置区等爆炸危险区域内:设置本质安全型室内或室外手动报警按钮,并使用防爆型室内/室外声光报警器作为警报设施,安全栅和声光报警驱动模块等设备安装在安全区内。

一旦火情发生,相应控制室内火警控制器会立即显示报警信息并启动声光报警器报警,值班或巡检人员接警并确认后,立即使用直通外线电话拨“119”或直接通过报警专用电话向驻厂消防队报警。

在控制室与消防控制中心之间设有直通火警电话用于紧急联络。

2. 可燃气体和有毒气体检测报警系统

按照《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》(GB50493)设置可燃气体和有毒气体检测报警系统,及早探知危险来临,做好防范。

3. 事故广播系统

工厂设置事故广播系统,一旦事故发生,便于组织人员疏散。

13.4.8 建筑设计

1. 各项建筑的结构类型,主要承重件的耐火性能、规格、耐火等级、火灾危险性定类严格按规范设计。各单项建筑物均为钢结构、钢筋混凝土承重的结构或砖混结构,楼面屋面均为钢筋混凝土板,因此具有良好的耐火性能。本工程的防火防爆设计均按照《建规》有关规定设置。楼板、隔墙、防火门等均按《建规》要求设置。

2. 建筑物的疏散通道、安全出入口都布置在醒目方便的地方,其数目除“建规”允许可设置一个出入口的建筑物外,其余均不少于两个,厂房内最远工作点到外部出入口或楼梯的距离都满足《建规》的要求,楼梯形式、数量、位置、宽度、疏散距离以及通向屋顶楼梯的安全疏散设施都按规范要求设计。

3. 装置内的建筑结构抗震按当地地震的基本烈度设计。建构筑物的耐火等级、防火间距、疏散通道、安全距离等均按有关规范执行。

13.4.9 给排水及消防设计

1. 装置区内消防供水管线呈环状管网布置,以保证消防的可靠性,在火灾危险性大、难扑救的装置及罐区水管网上设置高压水炮。

2. 厂区内布置室外地上式消火栓,在工艺装置区周围的消火栓间距不超过60米,在其它辅助生产区周围的消火栓间距不超过100米。消火栓距保护对象至少15米,距路边2米。当消火栓的设置场所有可能受到车辆冲撞时,应在其周围设维护桩(DN100mm管道内填充满混凝土)保护。

3. 凡高度超过15米的生产装置框架平台处,均设置半固定式的消防给水竖管,消防给水竖管间距不超过50米。

4. 按规范在各生产装置、控制、配电、生产调度楼及研发中心内

外，设置消火栓，消火栓间距不超过 30 米。室内消火栓的布置，保证有两支水枪的充实水柱同时到达室内任何部位。此外，在相关装置的生产管廊下，布置箱式消火栓，间距不超过 30 米。

5. 在具有火灾危险的建构筑物内配置了不同种类和数量的移动式灭火器，用以扑救小型初始火灾。

13.4.10 其它防范措施

1. 厂区内设置火灾报警系统，在控制室、变配电室、主要生产装置区设置火灾探测器、手动火灾报警按钮和火灾警铃等自动火灾报警设施。在各建构筑物和重要通道口安装手动火灾报警按钮。火灾报警系统采用集中控制。各装置设置消防电话、广播。

2. 依据《建筑灭火器配置设计规范》在生产装置区的生产及辅助设施内设置移动式灭火器。

3. 为了使人员尽量少受到有毒、有害物料的危害，在工艺装置区、罐区等可能有有毒有害物料泄漏和积聚的岗位，设置安全淋浴器、洗眼器等，一旦接触有毒、有害物料，立即冲洗；同时在岗位上配备洗眼水、烧伤油膏以及抗菌溶液等。

4. 本项目通风考虑整体通风和局部排风相结合。主厂房采用自然通风，局部设局部排风装置，以降低操作场所有害气体的浓度。

5. 接触有毒有害物料的工作岗位配有专用的个人防护设施，如空气呼吸器、过滤式防毒面具、安全眼镜、防护手套等。

6. 设计中，对于较高设备均安装设备平台，梯子和平台装有护栏，电气设备采用可靠的接地措施。对贮罐、设备、建筑物采用可靠的防雷接地措施。对输送、储存可燃物料的设备、管道采用可靠的防静电接地措施。

7. 对高温设备、管道采用保温隔热设施，以防烫伤。

8. 在人员较为集中的地方，设置男女厕所、更衣室等卫生设施。

9. 根据中华人民共和国劳动法，职工每日平均工作时间 8 小时，每周工作时间不得超过 40 小时。

10. 在可燃气体可能泄漏的场所，根据规范设置可燃气体检测报警系统，随时检测操作环境中可燃气体的浓度，同时将信号引入 DCS

系统，以便采取必要的处理措施。

11. 罐区设置防火堤。

12. 各转动设备安装防护安全罩。

13. 凡容易发生事故及危害生命安全的场所以及需要提醒人员注意的地点，均按标准设置各种安全标志；凡需要迅速发现并引起注意以防发生事故的场所、部位均按要求涂安全色。

14. 设计中优先选用低噪声设备。蒸汽和气体放空管路上适当设置消音器，降低气体放空的噪音。对在噪声较大的环境工作的工人应采取个人防护措施(耳塞、耳罩等)和减少接触噪声时间，以减少人员危害。此外，装置周围尽量绿化，创造良好的工厂环境，并衰减噪声。

15. 配备必要的个人劳动防护用品如防护手套、防护鞋、防静电工作服等。

16. 主要岗位按最大班人数配备空气呼吸器、防毒面具等气防设施。

13.5 安全卫生监督与管理

13.5.1 管理与监督制度

设置安技环保部，专门负责安全生产的检查与监督工作，安技环保部设有专职的安全管理人员，负责全面的安全管理工作。员工实行三级安全教育，全厂每年进行安全考试，考试合格后方可上岗。加强特种作业人员的管理，所有特种作业岗位的作业人员须培训考核合格，做到持证上岗。车间有专职的安全员，负责车间各工段的安全生产管理。

生产设备部有专职的设备管理人员，负责登记设备台帐，安排压力容器的定期检验。每个车间都设有设备仪器维修、保养人员，建立现场巡检制度。对危害性严重的因素如天然气等进行日常检测。

13.5.2 事故状态时的紧急处理预案

本项目在生产过程中存在可燃、低毒物料，一旦发生意外泄漏或事故性溢出，有可能造成人员伤害或财产损失。建设单位应参照《生产经营单位安全生产事故应急预案编制导则》(AQ/T9002—2006)建立

事故的应急救援预案并定期演练。在事故发生后能及时予以控制，防止重大事故的蔓延，有效地组织抢险和救助。事故的应急救援预案应明确应急救援组织机构及职责，明确应急组织形式、构成单位或人员，并尽可能以结构图的形式表示出来。救援预案应明确应急救援指挥机构总指挥、副总指挥、各成员单位及其相应职责。

13.6 劳动安全卫生专用投资估算

表 13-4

劳动安全卫生专用投资估算表

序号	专项设备或工程名称	专用投资估算(万元)	备注
1	安防设施费	40	
2	安全卫生器材费	400	
	2.1 专项设施	200	
	2.2 检测装备和设施	100	
	2.3 事故应急措施费用	100	
3	安全预评价费及验收费	20	
4	职业病危害预评价及控制效果评价费	30	
	合计	490	

劳动安全卫生专用投资为 490 万元，占工程建设投资的 0.56%。

14 生产班制和人力资源管理

14.1 生产班制与人力资源配置

生产装置、辅助生产设施、公用工程设施以及厂区公用系统均由生产技术部统一管理。生产技术部经理对主要生产装置的正常运行、安全和产品质量负责。生产技术部下设车间，车间下分生产班组。操作时间为每天 24 小时连续操作，采用四班二运转制生产，本项目定员 145 人。

14.2 人员培训与安全

本企业操作人员由当地招收，人员可依托一期项目和行业相关企业，对装置操作人员、技术人员等进行技术和安全培训，所有操作和管理人员都必须经过专门的岗位操作和技能、安全培训，考核合格后才能上岗，有效杜绝安全事故和工艺事故的发生。

15 项目实施计划

15.1 项目组织管理

本项目由平顶山三梭尼龙发展有限公司具体组织实施，根据业主要求，项目建设周期总时间计划为2年8个月。根据本项目的特点，为保证进度和质量，尽早建成投产，项目实施过程中要科学合理安排施工进度。

本项目在项目审批后，建设单位即应抓紧时间进行工艺和设备的设计、采购和制作，力求在短时间内保质保量完成项目的建设。项目实施后，按计划提前开展国外长周期设备招标，国内设备招投标工作可统筹在土建施工期间同步或提前进行，项目参与各方相互配合，试生产和投标达产时间可相应提前。

15.2 实施进度计划

项目实施进度计划表

表 15-1

时间(月) 内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32							
立项	◆																																						
项目前期(政府审批)	—————																																						
初步设计	—————																																						
详细设计							—————																																
设备采购到货			—————																																				
土建施工								—————																															
设备安装																		—————																					
管道、电仪安装																					—————																		
吹扫、单机试运行																										—————													
联动试车																														—————									
投料生产																															—————								
工程交接																																			◆				

16 项目招投标方案

为了提高建设项目的工程质量，缩短工程建设期，防范和化解工程建设中的违规行为，提高经济效益，制定本项目的招投标方案。

16.1 建设项目招标范围

招标的范围包括项目建设的勘察、设计、施工监理、施工企业选择以及与工程建设有关的重要设备、材料等的采购，必须进行招标。

16.2 招标组织形式

为了促进项目按期保质保量顺利实施，遵循公开、公平、公正和诚实信用的原则，委托有相应资质的招标代理机构办理招标事宜，按照国家有关规定和项目的批复编制招标文件，依法组建评标委员会，择优选择中标单位。专业性较强的设备采购、设备安装亦可企业邀请招标。

16.2.1 组织措施

1. 编制招标发包、评标决标、签订合同阶段投资控制详细工程流程图，注意材料、设备供应方式、合同条款、工程价款结算办法对投资额的影响。

2. 落实招标、评标、合同谈判人员，并明确其责任与职能分工。参加招标的人员参加招标文件和标底的编制，参加评标的人员，应做好拟定评标项目，确定评标方法等，参加合同谈判的人员，应作好谈判准备，拟定和审核合同文件条款。

16.2.2 技术措施

对各投标文件中的施工技术方案和仪器设备配套方案作技术经济分析比较、优选技术经济效果最好的方案。通过对比各方案的质量保证程度、工期长短、劳动消耗、主要材料耗用量等优选施工方案。

16.3 招标方式

本项目将依照《中华人民共和国招标投标法》采取公开招标方式进行招标。按照有关规定，在指定的媒介或建设行政主管部门认定的有

形市场发布招标公告。招标公告载明招标人的名称和地址，招标项目的基本要求、投标人的资格要求以及获取招标文件的方法等事项。

经招标、投标、开标、评标、定标、签订合同等招投标基本程序，采用综合评估法或经评审的最低投标价法，选择质量保障体系可靠、技术力量强、商业信誉好且价格合理的承包商、供应商为中标者。

16.4 投标、开标、评标和中标程序

本项目质量要求高，根据建设项目规模和建设要求，在招投标过程中必须遵守如下程序：

1. 项目经上级部门批复同意后，项目承办单位在指定媒体上发布招标公告。

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

2. 评标按照《中华人民共和国招标投标管理法》的规定和程序。

3. 开标时由委托代理招标机构主持，邀请所有投标人参加，由招标人委托公正机构检查并公证。

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

16.5 评标委员会人员组成和资质要求

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

评标委员会人员组成：评标委员会由项目承办单位的代表和有关技术、经济等方面的专家组成。专家成员根据本方案在开标当天，在相关专家库随机抽取，评标委员会主任由专家临时推选；评标委员会

采用单数制，但最低不少于 5 人，并且技术、经济等方面的专家不得少于成员总数的三分之二。

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

16.6 招标基本情况表

表 16-1

招标基本情况表

	招标范围		招标组织形式		招标方法		不采用招标方式	招标估算金额(元)
	全部招标	部分招标	自行招标	委托招标	公开招标	邀请招标		
工程勘察	√		√			√		
工程设计	√		√			√		
工程施工	√			√	√			
工程监理	√			√	√			
主机设备	√			√	√			
附属设备	√		√			√		
重要材料	√		√		√			

17 投资估算与资金筹措

17.1 概述

平顶山三梭尼龙发展有限公司为完善集团公司己内酰胺—尼龙6切片一体化产业布局，壮大尼龙6产业链条，根据集团公司发展规划，新建21万吨尼龙6切片聚合生产线。项目投资估算范围包括主要生产装置、辅助生产装置、成品库、界区内配套的公用工程及服务性工程项目等。

17.2 编制依据

1. 《石油化工工程建设费用定额》（2018版）；
2. 《中国石油化工项目可行性研究报告技术经济参数与数据2018年》；
3. 《建设项目经济评价方法与参数》（第三版）；
4. 《投资项目可行性研究报告指南（试用版）》（2002年）；
5. 河南省及平顶山市近期信息价和现行市场价；
6. 业主提供的相关基础资料。

17.3 编制方法

1. 建筑工程费：按有关标准要求，参照类似工程指标，采用“单位工程指标法”估算；
2. 设备购置费参考同类工程，按现行市场价确定；
3. 工程建设其它费用估算：工程建设其它费用按国家、河南省及现有企业实际情况等有关规定估算；
4. 设备安装费按规定概算指标计取；
5. 其它费用均按规定计取；
6. 预备费按5%计取；
7. 建设期财务费用：贷款年利率按4.7%计算。
8. 流动资金估算：利用现有公司流动资金，故本项目不新增流动资金。

17.4 投资估算

本项目投资为 89912 万元，其中建设投资 86967 万元、建设期财务费用 2945 万元。

表 17-1 项目投资构成表

序号	费用名称	投资额(万元)	比例(%)
一	建设投资	86967	96.72%
1	建筑工程费	13107	14.58%
2	设备购置费	44321	49.29%
3	安装工程费	15483	17.22%
4	工程建设其它费用	10086	11.22%
5	基本预备费	3970	4.42%
二	建设期财务费用	2945	3.28%
三	流动资金		
四	项目投资	89912	100.00%

详见附表 1：建设投资估算表

17.5 资金来源及投资使用计划

17.5.1 资金来源

本项目投资 89912 万元。

资金来源由企业自筹与银行贷款构成。

1. 企业自筹资金 29912 万元，占项目投资的 33.3%，满足集团资本金配置要求。

2. 申请银行贷款 60000 万元，占项目投资的 66.7%，满足银行贷款要求。

17.5.2 投资使用计划

本项目安排建设期 2.67 年，投资使用计划根据项目特点及拟定的实施进度进行安排。

详见附表 2：投资使用计划与资金筹措表。

18 财务评价

18.1 基础数据

18.1.1 生产规模及产品方案

1. 生产规模：建设年产 21 万吨产能的尼龙 6 聚合切片生产线。
2. 产品方案：

表 18-1

产品方案

序号	产品名称	日产量/吨	年产量/吨
1	有光切片	200	70000
2	全消光切片	200	70000
3	半消光切片	200	70000
	合计	600	210000

18.1.2 项目计算期及生产计划安排

本项目计算期为 15 年，其中建设期 2 年 8 个月，投产期 4 个月，达产期 12 年。

生产计划安排如表 18-2。

表 18-2

生产计划安排

序号	产品名称	单位	第 1 年 产量	第 2 年 产量	第 3 年 产量	第 4 年 产量	第 5 年至第 16 年 产量与第 4 年的相同
1	生产负荷	%	0	0	33.33	100	100
2	尼龙 6 切片	吨/年	0	0	70000	210000	210000

注：第 3 年 9-12 月为项目试生产期，试生产期按生产负荷 100% 计算，故当年生产负荷为 33.33%。

18.1.3 产品成本估算

18.1.3.1 依据和说明

1. 国家发改委等部门发布的《建设项目经济评价方法与参数》第三版；
2. 《中国石油化工项目可行性研究技术经济参数与数据 2018 年》；
3. 国家石化局国石化规发(2000)412 号文《化工投资项目经济评价参数》有关规定；

4. 财政部发布的和税务部门的有关规定；
5. 新发布的企业所得税法；
6. 地方有关其他规定；
7. 业主及工艺专业提供的基本数据。

18.1.3.2. 总成本费用

1. 原材料及燃动力

根据工艺设计及企业提供现行数据确定。基于本项目建成后大部分切片可采用槽罐车直接供给本地下游企业，包装材料费可节省。

2. 人工工资

根据现企业工资水平确定，本项目定员 145 人，员工年均工资按 95172 元计算，年工资为 1380 万元。

3. 折旧

建筑工程折旧期 30 年，残值率为 5%；

工艺设备折旧期 15 年，残值率为 5%；

无形资产(专利及专有技术使用)摊销期 10 年，残值率为 0%。

4. 修理费：按折旧费的 25% 计入。

5. 销售费用：按销售收入 0.5% 计入。

6. 其他管理费用：按工资总额的 50% 计入。

详见附表 4：折旧及摊销估算

详见附表 5：外购原辅材料及燃料动力费用估算表

详见附表 6：总成本及费用估算表

18.1.4 产品销售价格

18.1.4.1. 产品销售价格

表 18-3 销售价格表

序号	产品名称	含税售价(元/吨)
1	有光切片	11650
2	半消光	12130
3	全消光	12600

18.1.4.2. 产品销售税金

1. 产品内销税率按现行增值税率 13% 计算；

2. 其它附加费率为城市维护建设税 7%，教育费附加税 5%，企业所得税费率 25% 计取。

18.1.4.3. 销售收入及利润

正常年含税营业收入 254660 万元，正常年年均净利润 7869 万元。

详见附表 3：销售收入和销售税金及附加估算表

详见附表 9：利润与利润分配表

18.2 财务评价

项目的主要财务评价指标

18.2.1 盈利能力

1. 静态分析：

$$\begin{aligned} \text{投资收益率} &= \frac{\text{息税前利润}}{\text{项目投资}} \times 100\% = \frac{9117}{89912} \times 100\% \\ &= 10.14\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{投资利税率} &= \frac{\text{年均利税总额}}{\text{项目投资}} \times 100\% = \frac{7869+2554}{89912} \times 100\% \\ &= 11.59\% \end{aligned}$$

2. 动态分析：

财务内部收益率(FIRR)	税前	税后
全部投资 FIRR=	10.97%	8.87%
资本金 FIRR=		12.26%
财务净现值(FNPV)	税前	税后
全部投资 FNPV=	18459	5290
资本金 FIRR=		6525
投资回收期(Pt)	税前	税后
全部投资 Pt(年)=	9.78	10.95
资本金 Pt(年)=		10.74

财务内部收益率高于基准收益率，盈利能力较强。

详见附表 7：项目投资现金流量表

详见附表 8：项目资本金现金流量表

18.2.2 清偿能力

$$\text{资产负债率} = \frac{\text{负债总额}}{\text{资产总额}} \times 100\% = 65.27\% \sim 25.91\%$$

$$\text{流动比率} = \frac{\text{流动资产}}{\text{流动负债}} \times 100\% = 102.87\% \sim 330.78\%$$

$$\text{速动比率} = \frac{\text{速动资产}}{\text{流动负债}} \times 100\% = 55.09\% \sim 283.07\%$$

本项目根据企业实际情况，按最大能力方式还款，项目贷款偿还期 8.39 年(含建设期)。

详见附表 11：资产负债表

详见附表 12：借款还本计息计算表

18.2.3 不确定性分析

18.2.3.1. 盈亏平衡点计算：

从生产能力利用率表示的盈亏平衡点(BEP)为：

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{年固定总成本}}{\text{年销售收入} - \text{年可变成本} - \text{年城建税及教育费附加}} \times 100\% \\ &= \frac{13132}{254660 - 232414 - 270} \times 100\% \\ &= 59.75\% \end{aligned}$$

$$\text{经营安全率} = 1 - \text{生产能力利用率} = 40.25\%$$

盈亏平衡分析是通过盈亏平衡点(BEP)分析项目成本与收益平衡关系的一种方法。盈亏平衡点越低，表明项目适应市场变化的能力越大，抗风险能力越强。

本项目生产期内按生产能力计算的盈亏平衡点为 58.33%，表明生产能力只要达到设计生产能力的 59.75%，就可以保本。因此项目有一定的抗风险能力。

敏感性分析示意图

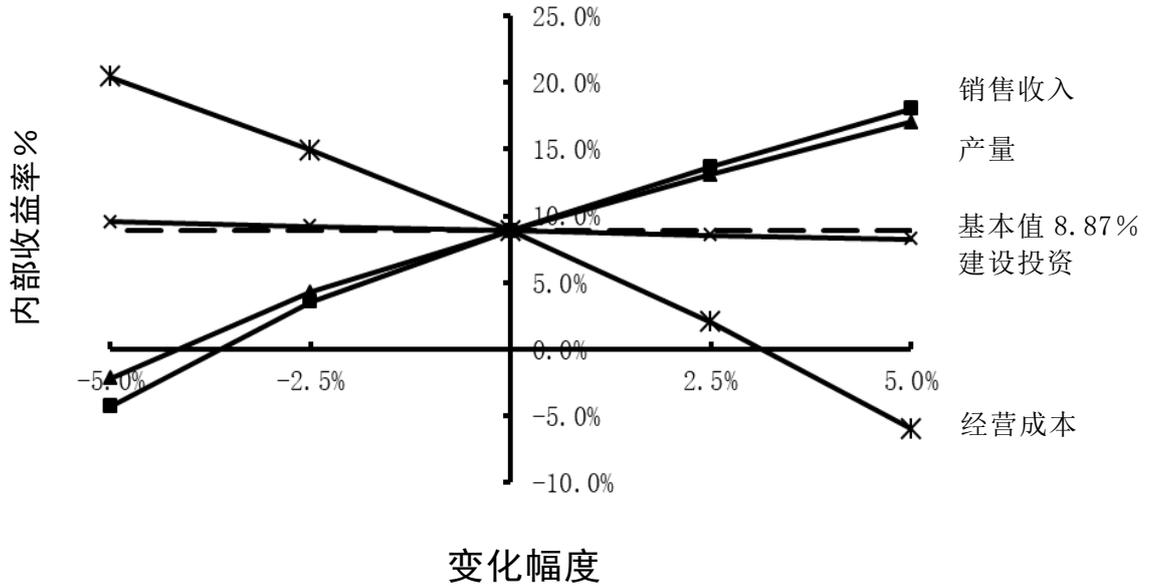


图 18-1

18.2.3.2. 敏感性分析

在项目计算期内可能发生变化的因素有售价、经营成本、销售量及建设投资，各因素对财务内部收益率的影响如下。

表 18-4 敏感性分析表

变动因素		变化幅度					
		-5.0%	-2.5%	基本方案	2.5%	5.0%	
1	销售收入	内部收益率%(FIRR)	-4.30%	3.56%	8.87%	13.65%	18.04%
		较基本方案增减	-13.17%	-5.31%		4.78%	9.18%
		投资回收期(年)	78.42	16.32	10.95	8.62	7.31
		较基本方案增减	67.48	5.38		-2.33	-3.63
2	经营成本	内部收益率%(FIRR)	20.42%	14.91%	8.87%	2.05%	-5.98%
		较基本方案增减	11.55%	6.04%		-6.82%	-14.85%
		投资回收期(年)	6.76	8.16	10.95	19.21	1033.73
		较基本方案增减	-4.18	-2.79		8.27	1022.78
3	建设投资	内部收益率%(FIRR)	9.54%	9.20%	8.87%	8.55%	8.24%
		较基本方案增减	0.67%	0.33%		-0.32%	-0.63%
		投资回收期(年)	10.58	10.76	10.95	11.13	11.31
		较基本方案增减	-0.36	-0.18		0.18	0.36
4	产量	内部收益率%(FIRR)	-2.18%	4.27%	8.87%	13.08%	17.00%
		较基本方案增减	-11.05%	-4.60%		4.21%	8.13%
		投资回收期(年)	37.33	15.27	10.95	8.84	7.59
		较基本方案增减	26.38	4.32		-2.11	-3.36

计算结果表明，经营成本最为敏感因素，其次为售价。计算表明本项目有一定的抗风险能力。

18.2.4 财务评价结论

表 18-5

经济评价主要数据和指标表

序号	项 目	单位	数据及指标(达产年)	备 注
一	基本数据			
1	项目投资	万元	89912	
1.1	建设投资	万元	86967	
1.2	建设期财务费用	万元	2945	
1.3	流动资金	万元	0	
2	销售收入	万元	254660	平均年
3	增值税	万元	2322	平均年
4	销售税金及附加	万元	232	平均年
5	年总成本	万元	244237	平均年
6	销售利润	万元	7869	平均年
7	年上缴所得税	万元	1967	平均年
二	经济评价指标			
1	每元建设投资投入产出比	元	2.93	
2	投资利润率	%	8.75	平均年
3	投资利税率	%	11.59	平均年
4	销售利润率	%	3.09	平均年
5	财务内部收益率	%	10.97	所得税前
	财务内部收益率	%	8.87	所得税后
6	投资回收期(含建设期)	年	9.78	所得税前
	投资回收期(含建设期)	年	10.95	所得税后
7	财务净现值(Ic=6%)	万元	18459	所得税前
	财务净现值(Ic=6%)	万元	5290	所得税后
8	盈亏平衡点	%	59.75	达产年
9	资产负债率	%	68.01	达产年
10	流动比率	%	102.52	达产年
11	速动比率	%	54.82	达产年
12	利息备付率	%	3.42	达产年
13	偿债备付率	%	1.04	达产年
14	投资收益率(ROI)	%	10.14	平均年
15	项目资本金净利润率	%	19.73	平均年
16	借款偿还期	年	8.39	含建设期

本项目实施后经济效益显著，平均年可实现年销售收入 254660 万元，利润总额 7869 万元，销售税金及附加 232 万元，增值税 2322 万元。全投资税后内部收益率 8.87%、投资回收期 10.95 年(含 2.67 年建设期)，投资利润率 8.75%、投资利税率 11.59%，各项指标均高于行业基准值。计算的利息备付率和偿债备付率表明，还款期内各年利息备付率均大于 2，偿债备付率均大于 1.0，表示财务状况良好，资产负债率表明项目具有较强债务清偿能力，盈亏平衡分析和敏感性分析说明项目虽然可能面临某些风险，但仍有一定的抗风险能力。

综上所述，各项分析都表明本项目财务效益是可以接受的，因此项目从经济评价上来看是可行的。

建议在项目建成投产后，加强企业的经营管理，提高产品的质量，努力降低生产成本，及时了解市场，做好产品的销售，严格控制库存，最大限度抗御市场风险，达到预期的经济效益。

注：本经济计算表格由于计算机取整问题，计算表中可能有个别数据的合计或累加等对应关系有一定误差，此问题不影响计算结果。

19 研究结论

19.1 综合评价及研究结论

本项目为平顶山三梭尼龙发展有限公司 20 万吨/年尼龙 6 切片项目，项目拟建厂址位于平顶山三梭尼龙发展有限公司内，可充分依托公司先建项目配套设施和资源进行项目的建设。

本项目属于国家、河南省及行业鼓励产业，建设规模合理，建设周期短。采用的国内外成套工艺技术先进、成熟可靠、节能低耗、环境友好。技术经济指标达到国内外先进水平，投资回报率高，效益明显。产品市场需求良好，发展前景广阔。本项目与集团公司建成的 30 万吨己内酰胺原料及下游纺丝项目衔接形成产业链后，对企业及周边经济发展的带动作用明显，符合国家和地方产业政策。因此，该项目具有较高的投资价值。

19.2 建议及实施条件

本项目具有良好的社会效益和经济效益，建议建设单位进一步落实项目依托，办理相关手续，以便顺利开展项目建设。

建设投资估算表

附表 1

单位：万元

序号	工程项目或费用名称	建筑 面积 (m ²)	估 算 价 值					占建设 投资比例	备注
			建 筑 工 程	设 备 购 置	安 装 工 程 费	其 他 费 用	合 计		
一	固定资产费用		13107	44321	15483	5124	78035	89.73%	
1	工程费用		13107	44321	15483		72911	83.84%	
1.1	主体工程		5800	38246	11025		55071	63.32%	
1.1	二期聚合主装置		5800	38246	11025		55071	63.32%	
1.2	辅助工程		2882	1580	970		5432	6.25%	
1.2.1	切片包装成品库房		2782	1530	920		5232	6.02%	
1.2.2	危化品仓库		100	50	50		200	0.23%	
1.3	公用工程		335	2180	1438		3953	4.55%	
1.4	服务性工程		2870	700	750		4320	4.97%	
1.4.1	研发中心		1020	400	300		1720	1.98%	
1.4.2	生产调度楼		1850	300	450		2600	2.99%	
1.5	厂区工程		1220	1615	1300		4135	4.75%	
2	固定资产其他费用					5124	5124	5.89%	
2.1	建设单位管理费					723	723	0.83%	
2.2	可行性研究费					20	20	0.02%	
2.3	勘察设计费					1176	1176	1.35%	
2.4	工程监理费					230	230	0.26%	
2.5	环境影响评价费					50	50	0.06%	
2.6	场地准备及临时设施费					325	325	0.37%	

建设投资估算表

附表 1(续)

单位：万元

序号	工程项目或费用名称	建筑 面积 (m ²)	估 算 价 值					占建设 投资比例	备注
			建 筑 工 程	设 备 购 置	安 装 工 程 费	其 他 费 用	合 计		
2.7	工程保险费					150	150	0.17%	
2.8	特种设备安全监督检验费					150	150	0.17%	
2.9	联合试运转费					2300	2300	2.64%	
二	无形资产费用					3600	3600	4.14%	
1	专利权					3000	3000	3.45%	
三	其他资产费用					1362	1362	1.57%	
1	生产准备费					1094	1094	1.26%	
2	办公及生活家具购置费					163	163	0.19%	
3	培训费					105	105	0.12%	
四	预备费					3970	3970	4.56%	
1	基本预备费					3970	3970	4.56%	
2	涨价预备费								
五	建设投资合计		13107	44321	15483	14056	86967	100.00%	
	比例 (%)		15.07%	50.96%	17.80%	16.16%	100.00%		

投资使用计划与资金筹措表

附表 2

单位：万元

序号	项目	年份 合计	建设期		投产期	达产期								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12~16
	生产负荷 (%)				33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	项目投资	89912	21742	53332	14839									
1	建设投资	86967	21742	52180	13045									
2	建设期财务费用	2945		1152	1794									
3	流动资金													
二	资金筹措	89912	21742	53332	14839									
1	项目资本金	29912	21742	4332	3839									
1.1	用于建设投资	26967	21742	3180	2045									
1.2	用于流动资金													
1.3	用于建设期财务费用	2945		1152	1794									
2	债务资金	60000		49000	11000									
2.1	用于建设投资	60000		49000	11000									
2.1.1	银行借款	60000		49000	11000									
2.2	用于流动资金													
2.2.1	银行借款													
2.2.2	其它													
2.3	用于建设期利息													
2.3.1	银行借款													
3	其它资金													

销售收入和销售税金及附加估算表

附表 3

单位：万元

序号	项 目	年 份													
		投产期	达 产 期												
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	生产负荷(%)	33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	销售收入	84887	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660
1	有光切片	27183	81550	81550	81550	81550	81550	81550	81550	81550	81550	81550	81550	81550	81550
	销售价格(元/吨)	11650	11650	11650	11650	11650	11650	11650	11650	11650	11650	11650	11650	11650	11650
	销售数量(吨)	23333	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000
	销项税额13%	3127	9382	9382	9382	9382	9382	9382	9382	9382	9382	9382	9382	9382	9382
2	半消光切片	28303	84910	84910	84910	84910	84910	84910	84910	84910	84910	84910	84910	84910	84910
	销售价格(元/吨)	12130	12130	12130	12130	12130	12130	12130	12130	12130	12130	12130	12130	12130	12130
	销售数量(吨)	23333	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000
	销项税额13%	3256	9768	9768	9768	9768	9768	9768	9768	9768	9768	9768	9768	9768	9768
3	全消光切片	29400	88200	88200	88200	88200	88200	88200	88200	88200	88200	88200	88200	88200	88200
	销售价格(元/吨)	12600	12600	12600	12600	12600	12600	12600	12600	12600	12600	12600	12600	12600	12600
	销售数量(吨)	23333	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000
	销项税额13%	3382	10147	10147	10147	10147	10147	10147	10147	10147	10147	10147	10147	10147	10147
二	销售税金及附加			53	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
1	城市维护建设费7%			37	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189
2	教育费附加3%			16	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
3	营业税														
4	消费税														
三	增值税			529	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696
1	销项税额	9766	29297	29297	29297	29297	29297	29297	29297	29297	29297	29297	29297	29297	29297
2	进项税额	8867	26601	26601	26601	26601	26601	26601	26601	26601	26601	26601	26601	26601	26601
3	固定资产抵扣税金	899	2696	2167											

折旧及摊销估算表

附表 4

单位：万元

序号	项目	年份	折旧年限	投产期	达 产 期												
					3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	生产负荷(%)			33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
一	固定资产折旧																
1	固定资产原值			84950													
1.1	设备原值			69679													
1.2	建筑工程原值			15271													
2	本年折旧				4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	
3	折旧累计				4897	9793	14690	19586	24483	29380	34276	39173	44069	48966	53862	58759	63656
4	固定资产净值				80054	75157	70260	65364	60467	55571	50674	45777	40881	35984	31088	26191	21295
二	无形及其他资产摊销																
1	无形资产				3600												
	本年摊销				360	360	360	360	360	360	360	360	360				
2	其他资产费用				1362												
	本年摊销				272	272	272	272	272								
	摊销合计																
3	摊销累计				632	1265	1897	2530	3162	3522	3882	4242	4602	4962			
4	无形及其他资产净值				4330	3697	3065	2432	1800	1440	1080	720	360				
三	折旧及摊销合计				5529	5529	5529	5529	5529	5257	5257	5257	5257	5257	4897	4897	4897

外购原辅材料及燃料动力费用估算表

附表 5

单位：万元

序号	项 目	年 份													
		投产期	达 产 期												
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	生产负荷(%)	33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	外购原材料及辅料														
1	己内酰胺	71806	215417	215417	215417	215417	215417	215417	215417	215417	215417	215417	215417	215417	215417
	单价(元/吨)	10350	10350	10350	10350	10350	10350	10350	10350	10350	10350	10350	10350	10350	10350
	数量(吨)	69377	208132	208132	208132	208132	208132	208132	208132	208132	208132	208132	208132	208132	208132
	进项税额13%	8261	24782	24782	24782	24782	24782	24782	24782	24782	24782	24782	24782	24782	24782
2	二氧化钛	1960	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880
	单价(元/吨)	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000
	数量(吨)	490	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1470
	进项税额13%	225	676	676	676	676	676	676	676	676	676	676	676	676	676
3	对苯二甲酸	51	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
	单价(元/吨)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
	数量(吨)	102	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306
	进项税额13%	6	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
4	添加剂	544	1632	1632	1632	1632	1632	1632	1632	1632	1632	1632	1632	1632	1632
	单价(元/吨)	160000	160000	160000	160000	160000	160000	160000	160000	160000	160000	160000	160000	160000	160000
	数量(吨)	34	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
	进项税额13%	63	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188
5	外购原辅材料费用合计	74361	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082
6	外购原辅材料进项税额合计	8555	25664	25664	25664	25664	25664	25664	25664	25664	25664	25664	25664	25664	25664
二	外购燃料、动力														
1	蒸汽	809	2426	2426	2426	2426	2426	2426	2426	2426	2426	2426	2426	2426	2426
	单价(元/吨)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00

外购原辅材料及燃料动力费用估算表

附表 5(续)

单位：万元

序号	项 目	年 份	投产期	达 产 期												
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	数量(吨)		38500	115500	115500	115500	115500	115500	115500	115500	115500	115500	115500	115500	115500	115500
	进项税额9%		67	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
2	天然气		571	1714	1714	1714	1714	1714	1714	1714	1714	1714	1714	1714	1714	1714
	单价(元/Nm ³)		3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40
	数量(万Nm ³)		168	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504
	进项税额9%		47	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141
3	电		1529	4586	4586	4586	4586	4586	4586	4586	4586	4586	4586	4586	4586	4586
	单价(元/度)		0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
	数量(万度)		1960	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880	5880
	进项税额13%		176	528	528	528	528	528	528	528	528	528	528	528	528	528
4	脱盐水		19	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	单价(元/吨)		9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
	数量(吨)		21000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
	进项税额		2	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
5	压缩空气		25	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	单价(元/NM ³)		0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
	数量(NM ³)		1540000	4620000	4620000	4620000	4620000	4620000	4620000	4620000	4620000	4620000	4620000	4620000	4620000	4620000
	进项税额		3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
6	仪表空气		17	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	单价(元/NM ³)		0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
	数量(NM ³)		1050000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000
	进项税额		2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

外购原辅材料及燃料动力费用估算表

附表 5(续)

单位：万元

序号	项目	年份	投产期	达 产 期												
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	高纯氮气		26	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
	单价(元/Nm ³)		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	数量(Nm ³)		1050000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000	3150000
	进项税额13%		3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
8	氢气		0.17	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
	单价(元/Nm ³)		2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450
	数量(Nm ³)		700	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
	进项税额		0.02	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
9	新鲜水		23	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
	单价(元/吨)		3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
	数量(吨)		68894	206682	206682	206682	206682	206682	206682	206682	206682	206682	206682	206682	206682	206682
	进项税额9%		2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10	清洁废水/生活污水		9	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	单价(元/吨)		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	数量(吨)		5894	17682	17682	17682	17682	17682	17682	17682	17682	17682	17682	17682	17682	17682
	进项税额13%		1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11	生产污水		84	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252
	单价(元/吨)		20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
	数量(吨)		42000	126000	126000	126000	126000	126000	126000	126000	126000	126000	126000	126000	126000	126000
	进项税额13%		10	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
12	外购燃料动力费用合计		3111	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333
13	外购燃料动力进项税额合计		312	937	937	937	937	937	937	937	937	937	937	937	937	937

总成本及费用估算表

附表 6

单位：万元

序号	项 目	年 份	达 产 期													
		投产期	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	生产负荷(%)		33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	生产成本		78174	240644	240644	240644	240644	240644	240644	240644	240644	240644	240644	240644	240644	240644
1	直接材料费		74361	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082	223082
2	直接燃料及动力费		3111	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333	9333
3	直接工资及福利费		460	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380
4	制造费用		243	6850	6850	6850	6850	6850	6850	6850	6850	6850	6850	6850	6850	6850
4.1	折旧费			4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897	4897
4.2	修理费			1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224
4.3	其它制造费		243	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729
二	管理费用		230	1322	1322	1322	1322	1322	1050	1050	1050	1050	1050	690	690	690
1	无形资产摊销			360	360	360	360	360	360	360	360	360	360			
2	其他资产摊销			272	272	272	272	272								
3	其它管理费		230	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
三	财务费用		1162	3337	2821	2306	1262	1018	770	672	672	672	672	672	672	672
1	长期借款利息		940	2665	2148	1634	590	346	98							
2	流动资金借款利息		222	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672
3	短期借款利息															
四	销售费用		424	1273	1273	1273	1273	1273	1273	1273	1273	1273	1273	1273	1273	1273
五	总成本费用		79991	246577	246060	245546	244501	244257	243737	243639	243639	243639	243639	243279	243279	243279
	其中：固定成本		2519	14162	13646	13132	12087	11843	11323	11225	11225	11225	11225	10865	10865	10865
	可变成本		77471	232414	232414	232414	232414	232414	232414	232414	232414	232414	232414	232414	232414	232414
六	经营成本		78829	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711

项目投资现金流量表

附表 7

单位：万元

序号	项目	年份	合计	建设期		投产期	达 产 期												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	生产负荷(%)					33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
一	现金流入	3435966			84887	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	295160
1	产品销售收入	3395467			84887	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660
2	补贴收入																		
3	回收固定资产余值	21295																	21295
4	回收流动资金	19205																	19205
二	现金流出	3308442	21742	52180	98214	250576	238292	240676	240676	240676	240676	240676	240676	240676	240676	240676	240676	240676	240676
1	建设投资	86967	21742	52180	13045														
2	流动资金增加额	19205			6340	12865													
3	经营成本	3169068			78829	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711
4	增值税	30184					529	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696
5	销售税金及附加	3018					53	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
6	维持运营投资																		
三	所得税前净现金流量	127525	-21742	-52180	-13327	4084	16368	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984	54484
四	所得税前累计净现金流量		-21742	-73922	-87249	-83165	-66797	-52813	-38829	-24846	-10862	3122	17106	31090	45074	59057	73041	127525	
五	调整所得税	26800			1224	2021	2005	1537	1798	1859	1989	2014	2014	2014	2014	2104	2104	2104	2104
六	所得税后净现金流量	100725	-21742	-52180	-14551	2063	14363	12447	12186	12125	11994	11970	11970	11970	11970	11880	11880	11880	52380
七	所得税后累计净现金流量	-270546	-21742	-73922	-88473	-86410	-72046	-59600	-47414	-35290	-23295	-11325	645	12615	24585	36465	48345	100725	
八	计算指标																		
	财务内部收益率 FIRR=		所得税前		所得税后														
			10.97%		8.87%														
	财务净现值(Ic=8%) FNPV=		18459		5290														
	投资回收期(含建设期)T=		9.78		10.95														

项目资本金现金流量表

附表 8

单位：万元

序号	项目	年份	合计	建设期		投产期	达 产 期												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	生产负荷(%)					33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
一	现金流入	3435966			84887	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	295160
1	产品销售收入	3395467			84887	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660
2	补贴收入																		
3	回收固定资产余值	21295																	21295
4	回收流动资金	19205																	19205
二	现金流出	3355567	21742	4332	88358	254054	254059	254199	254121	254102	247591	243362	243362	243362	243362	243452	243452	262657	
1	项目资本金	29912	21742	4332	3839														
2	借款本金偿还	79205			3305	10985	10941	9679	10384	10549	4156								19205
3	借款利息支付	17380			1162	3337	2821	2306	1262	1018	770	672	672	672	672	672	672	672	672
4	经营成本	3169068			78829	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711
5	销售税金及附加	3018					53	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
6	所得税	26800			1224	2021	2005	1537	1798	1859	1989	2014	2014	2014	2014	2104	2104	2104	2104
7	维持运营投资																		
三	税后净现金流量	80399	-21742	-4332	-3472	606	601	461	539	558	7069	11298	11298	11298	11298	11208	11208	32502	
四	税后累计净现金流量		-21742	-26073	-29545	-28939	-28337	-27876	-27337	-26779	-19710	-8412	2885	14183	25481	36689	47897	80399	
五	计算指标		所得税后																
	财务内部收益率 FIRR=		12.26%																
	财务净现值(Ic=10%) FNPV=		6525																
	投资回收期(含建设期)T=		10.74																

利润与利润分配表

附表 9

单位：万元

序号	项 目	年 份	合计	达 产 期													
				投产期	达 产 期												
				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	生产负荷(%)			33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	产品销售收入	3395467	84887	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660
2	增值税	30184			529	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696
3	销售税金与附加	3018			53	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
4	总成本费用	3255066	79991	246577	246060	245546	244501	244257	243737	243639	243639	243639	243639	243639	243279	243279	243279
5	补贴收入																
6	利润总额	107199	4896	8083	8018	6149	7193	7437	7957	8055	8055	8055	8055	8055	8415	8415	8415
7	弥补以前年度亏损																
8	应纳税所得额	107199	4896	8083	8018	6149	7193	7437	7957	8055	8055	8055	8055	8055	8415	8415	8415
9	所得税	26800	1224	2021	2005	1537	1798	1859	1989	2014	2014	2014	2014	2014	2104	2104	2104
10	净利润	80399	3672	6063	6014	4611	5395	5578	5968	6041	6041	6041	6041	6041	6311	6311	6311
11	期初未分配利润																
12	可供分配利润	80399	3672	6063	6014	4611	5395	5578	5968	6041	6041	6041	6041	6041	6311	6311	6311
13	提取法定盈余公积金	8040	367	606	601	461	539	558	597	604	604	604	604	604	631	631	631
14	累计盈余公积金		367	973	1575	2036	2575	3133	3730	4334	4938	5542	6147	6778	7409	8040	
15	可供投资者分配利润	72360	3305	5456	5412	4150	4855	5020	5371	5437	5437	5437	5437	5437	5680	5680	5680
16	应付优先股股利																
17	提取任意盈余公积金																
18	应付普通股股利	72360	3305	5456	5412	4150	4855	5020	5371	5437	5437	5437	5437	5437	5680	5680	5680
19	各投资方利润分配																
20	未分配利润	72360	3305	5456	5412	4150	4855	5020	5371	5437	5437	5437	5437	5437	5680	5680	5680
21	息税前利润	124579	6058	11420	10839	8455	8455	8455	8727	8727	8727	8727	8727	8727	9087	9087	9087
22	息税折旧摊销前利润	193197	6058	16949	16368	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984	13984

财务计划现金流量表

附表 10

单位：万元

序号	项目	年份	合计	建设期		投产期	达 产 期											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	生产负荷(%)				33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	经营流动净现金流量	154517			4834	14928	14363	12447	12186	12125	11994	11970	11970	11970	11970	11880	11880	11880
1	现金流入	3140807			84887	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660
1.1	销售收入	3140807			84887	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660	254660
1.2	增值税销项税额																	
1.3	补贴收入																	
1.4	其他流入																	
2	现金流出	2986289			80053	239732	240297	242213	242474	242535	242666	242690	242690	242690	242690	242780	242780	242780
2.1	经营成本	2931357			78829	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711	237711
2.2	增值税进项税额																	
2.3	销售税金及附加	2749					53	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
2.4	增值税	27488					529	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696	2696
2.5	所得税	24696			1224	2021	2005	1537	1798	1859	1989	2014	2014	2014	2014	2104	2104	2104
2.6	其他流出																	
二	投资活动净现金流量	-109117	-21742	-53332	-21179	-12865												
1	现金流入																	
2	现金流出	109117	21742	53332	21179	12865												
2.1	建设投资	86967	21742	52180	13045													
2.2	维持运营投资																	

财务计划现金流量表

附表 10(续)

单位：万元

序号	项目	年份	合计	建设期		投产期	达 产 期											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	生产负荷(%)				33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2.3	建设期财务费用		2945	1152	1794													
2.4	流动资金		19205		6340	12865												
2.5	其他流出																	
三	筹资活动净现金流量		32409	21742	53332	16712	-1457	-13762	-11986	-11646	-11567	-4926	-672	-672	-672	-672	-672	-672
1	现金流入		109117	21742	53332	21179	12865											
1.1	项目资本金投入		29912	21742	4332	3839												
1.2	建设投资借款		60000		49000	11000												
1.3	流动资金借款		19205			6340	12865											
1.4	债券																	
1.5	短期借款																	
1.6	其他流入																	
2	现金流出		76708			4467	14322	13762	11986	11646	11567	4926	672	672	672	672	672	672
2.1	各种利息支出		16708			1162	3337	2821	2306	1262	1018	770	672	672	672	672	672	672
2.2	偿还债务本金		60000			3305	10985	10941	9679	10384	10549	4156						
2.3	应付利润																	
2.4	其他流出																	
四	净现金流量		77809			367	606	601	461	539	558	7069	11298	11298	11298	11298	11208	11208
五	累计盈余资金					367	973	1575	2036	2575	3133	10202	21500	32798	44096	55393	66601	77809

资产负债表

附表 11

单位：万元

序号	项目	年份		建设期		投产期	达 产 期										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10	14	15	16
	生产负荷(%)			33.33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	资 产	21742	75073	103075	123930	119002	113934	108945	103973	105785	111827	117868	123909	129951	136262	142573	148885
1	流动资产总额			13163	39546	40148	40609	41148	41706	48775	60073	71371	82668	93966	105174	116382	127590
1.1	货币资金			480	1336	1937	2398	2938	3495	10564	21862	33160	44458	55755	66963	78171	89379
1.2	应收帐款			6569	19809	19809	19809	19809	19809	19809	19809	19809	19809	19809	19809	19809	19809
1.3	存 货			6113	18402	18402	18402	18402	18402	18402	18402	18402	18402	18402	18402	18402	18402
1.4	其 他																
2	在建工程	21742	75073	89912													
3	固定资产净值				80054	75157	70260	65364	60467	55571	50674	45777	40881	35984	31088	26191	21295
4	无形及递延资产净值				4330	3697	3065	2432	1800	1440	1080	720	360				
二	负债及所有者权益	21742	75073	103075	123930	119002	113934	108945	103973	105785	111827	117868	123909	129951	136262	142573	148885
1	流动负债总额			6456	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368
1.1	短期借款																
1.2	应付帐款			6456	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368	19368
1.3	预收账款																
1.3	其 他																
2	建设投资借款		49000	56695	45710	34769	25089	14705	4156								
3	流动资金借款			6340	19205	19205	19205	19205	19205	19205	19205	19205	19205	19205	19205	19205	19205
4	负债小计		49000	69491	84283	73342	63662	53278	42729	38573	38573	38573	38573	38573	38573	38573	38573
5	所有者权益	21742	26073	33584	39647	45660	50272	55667	61244	67213	73254	79295	85336	91378	97689	104000	110312
5.1	资本金	21742	26073	29912	29912	29912	29912	29912	29912	29912	29912	29912	29912	29912	29912	29912	29912
5.2	资本公积金																
5.3	累计盈余公积金			367	973	1575	2036	2575	3133	3730	4334	4938	5542	6147	6778	7409	8040
5.4	累计未分配利润			3305	8761	14173	18324	23179	28199	33570	39007	44445	49882	55319	60999	66679	72360
三	计算指标:																
1	资产负债率(%)		65.27	67.42	68.01	61.63	55.88	48.90	41.10	36.46	34.49	32.73	31.13	29.68	28.31	27.05	25.91
2	流动比率(%)			102.87	102.52	104.08	105.28	106.68	108.12	126.45	155.74	185.03	214.32	243.61	272.66	301.72	330.78
3	速动比率(%)			55.09	54.82	56.38	57.57	58.97	60.42	78.74	108.03	137.32	166.61	195.90	224.96	254.01	283.07

借款还本计息计算表

附表 12

单位：万元

序号	项目	年份	年利率 (%)	合计	建设期		投产期	达 产 期							
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11~16
	生产负荷%						33.33	100	100	100	100	100	100	100	100
一	借款														
1	年初本次借款本金累计						49000	56695	45710	34769	25089	14705	4156		
2	本年借款			60000		49000	11000								
3	本年应计利息			11365		1152	2734	2665	2148	1634	590	346	98		
3.1	建设期利息		4.70%	2945		1152	1794								
3.2	生产期利息		4.70%	8420			940	2665	2148	1634	590	346	98		
4	本年借款还本			60000			3305	10985	10941	9679	10384	10549	4156		
5	年末借款本金累计					49000	56695	45710	34769	25089	14705	4156			
二	还本资金来源			60000			3305	10985	10941	9679	10384	10549	4156		
1	可用于还款利润			33570			3305	5456	5412	4150	4855	5020	5371		
2	折旧及摊销			32902				5529	5529	5529	5529	5529	5257		
三	计算指标														
1	借款偿还期(年) T=												8.39		
2	利息备付率(%)						5.21	3.42	3.84	3.67	6.70	8.31	11.34		
3	偿债备付率(%)						1.08	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	2.44		