

内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司
年产 8000 吨高纯度、低耗能多晶硅材料技术
改造项目

可行性研究报告

工程号：0116022

中石化南京工程有限公司

国家发展和改革委员会工程咨询资格证书

工咨甲 21120070008

二零一六年九月中国南京

内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司
年产 8000 吨高纯度、低耗能多晶硅材料技术
改造项目

可行性研究报告

工程号：0116022

项 目 经 理：董 群
总工程师（副）：唐 洁
总 经 理（副）：陈德兴

中石化南京工程有限公司

二零一六年九月中国南京

编制人员

工艺专业	何惠民	吴燕平	董 群
管道专业	胡爱平	刘丽娟	严进生
电气专业	王建军	江 涛	史锡才
电信专业	张建峰	刘 鹏	刘玉光
自控专业	戴建平	刘文敏	郑溪民
设备专业	陈中书	曹晓玲	李 晓
结构专业	成 果	赵 亮	张亚新
建筑专业	商荔枝	王克飞	余 浩
总图专业	杜广辉	顾 铭	虞松祥
暖通专业	孙 锦	陈芳芳	王前景
消防专业	徐立华	王修梅	张 俊
环保专业	徐思哲	马 晋	贾秀芹
安全专业	李 冬	徐 川	

目录

1、总论	12
1.1 项目概况	12
1.1.1 项目名称	12
1.1.2 项目建设单位及其母公司简介	12
1.2 项目的依据和原则	15
1.2.1 项目的编制依据	15
1.2.2 项目的编制原则	16
1.2.3 项目研究范围	16
1.3 项目提出的背景	17
1.4 项目实施的意义及必要性	18
1.5 研究结论	20
1.5.1 简要研究结论	20
1.5.2 存在问题与建议	21
1.5.3 改扩后本项目主要技术经济指标	21
2、市场分析与产业关联度分析	23
2.1 多晶硅产业关联度分析	23
2.2 市场分析	24
2.2.1 市场需求预测	24
2.2.1.1 国际市场预测	25
2.2.1.2 国内市场预测	27
2.2.2 市场供应分析	29
2.2.2.1 全球多晶硅生产情况	29
2.2.2.2 全球电子级多晶硅生产情况	31
2.2.2.3 国内多晶硅生产情况	32
2.3 项目前景	35
2.4 价格预测	37
3、改扩项目建设方案	38
3.1 建设规模	38
3.2 产品方案	38
3.3 建设内容	39
3.4 总物料平衡	40
4、工艺方案	41
4.1 工艺技术特点	41

4.1.1 工艺方案比较.....	41
4.1.2 氢化工艺方案比较.....	41
4.1.3 工艺技术方案的确定.....	42
4.2 工艺流程简述.....	44
4.3 装置消耗定额.....	50
4.4 项目工艺技术分析.....	51
4.5 项目改扩方案说明.....	53
4.5.1 提纯工艺改扩方案.....	53
4.5.1.1 设计理念.....	53
4.5.1.2 提纯技改内容.....	53
4.5.1.3 提纯工艺技术方案.....	53
4.5.2 还原工艺改扩方案.....	55
4.5.2.1 技改思路.....	55
4.5.2.2 技改内容.....	55
4.5.2.3 工艺方案.....	56
4.5.3 干法回收工艺改扩方案.....	56
4.5.4 氢化工艺改扩方案.....	57
4.5.4.1 产能匹配.....	57
4.5.4.2 工艺技术方案.....	57
4.5 多晶硅装置主要设备的选择.....	58
4.5.1 设备选择原则.....	58
4.5.2 主要关键设备介绍.....	58
4.6 设计、选型原则.....	60
4.6.1 本项目设备选型.....	63
4.6.2 设备明细表.....	63
5、原辅材料和动力供应.....	87
5.1 原辅材料供应.....	87
5.1.1 原辅材料用量.....	87
5.1.2 主要原材料规格.....	87
5.1.3 供应可靠性.....	87
5.2 动力供应.....	88
5.2.1 公用工程用量.....	88
5.2.2 动力供应条件.....	88
5.3 外部配套条件.....	88

5.3.1 资源优势.....	88
5.3.2 交通方便，通讯发达.....	89
5.3.3 电力配套条件良好.....	90
5.3.4 地方政府的大力支持.....	90
6、建厂条件.....	91
6.1 地理位置及社会经济条件.....	91
6.2 气象条件.....	93
6.3 工程地质和水文地质条件.....	94
6.4 基础设施条件.....	96
6.5 交通运输条件.....	97
6.2 厂址方案.....	98
7、公用工程及辅助设施方案.....	99
7.1 总图运输.....	99
7.1.1 厂址概况.....	99
7.1.2 总平面布置.....	99
7.1.3 竖向布置.....	101
7.1.4 绿化布置.....	101
7.1.5 全厂运输.....	101
7.1.6 道路设计.....	102
7.1.7 设计中采用的总图运输标准、规范.....	102
7.2 给排水.....	102
7.2.1 概述.....	102
7.2.2 水源及供水概况.....	102
7.2.4 排水系统.....	106
7.2.5 主要设备表.....	108
7.2.6 采用的设计规范.....	108
7.3 供电及电讯.....	109
7.3.1 供电.....	109
7.3.2 电讯.....	114
7.4 自控技术方案.....	116
7.4.1 全厂控制系统及仪表选型.....	116
7.4.2 自动控制系统公用工程消耗.....	119
7.4.3 设计中采用的主要标准及规范.....	119
7.5 蒸汽和脱盐水供应.....	120

7.5.1 蒸汽供应.....	120
7.5.2 脱盐车站.....	120
7.5.3 高纯车站.....	121
7.6 冷冻站.....	122
7.6.1 用冷要求.....	122
7.6.2 设计采用的主要标准规范.....	123
7.6.3 设计方案及能力.....	123
7.6.4 主要设备选型.....	124
7.7 空气和氮气供应.....	124
7.7.1 用气条件.....	124
7.8 分析化验、产品检验和贮运设施.....	125
7.9 维修及服务设施.....	125
7.10 土建.....	126
7.10.1 自然条件.....	126
7.10.2 设计采用的主要规范及标准.....	127
7.10.3 设计原则.....	128
7.10.4 主要建构筑物的形式.....	129
7.10.5 主要建构筑物一览表.....	129
7.10 暖通.....	131
7.11.1 概述.....	131
7.11.2 设计采用的标准规范.....	131
7.11.3 暖通空调室外设计气象参数.....	132
7.11.4 暖通空调设计方案.....	132
7.11.5 主要设备表.....	134
8、节能与节水.....	135
8.1 节能.....	135
8.2 节水.....	138
8.3 节能效果分析.....	139
8.4 结论.....	139
9、环境保护.....	140
9.1 建设地区环境现状.....	140
9.1.1 地理位置.....	140
9.1.2 地形、地貌及地质特征.....	140
9.1.3 水文地质特征.....	141

9.1.4 气象特征.....	141
9.1.5 环境质量现状.....	141
9.1.6 生态环境现状.....	142
9.2 设计中执行的环保标准.....	142
9.2.1 环境质量标准.....	142
9.2.2 污染物排放标准.....	142
9.3 主要污染源及污染物.....	143
9.3.1 废气.....	143
9.3.2 废水.....	144
9.3.3 固体（液体）废物.....	146
9.3.4 噪声.....	147
9.4 控制污染的主要环保措施.....	147
9.4.1 废气治理措施.....	147
9.4.2 废水（液）治理措施.....	148
9.4.3 固废处置措施.....	148
9.4.4 降噪措施.....	149
9.4.5 绿化.....	150
9.4.6 清洁生产简述.....	150
9.4.7 环境管理与监测.....	150
9.5 环境保护投资估算.....	150
9.6 初步环境影响分析.....	151
10、安全卫生.....	152
10.1 编制原则和依据.....	152
10.1.1 编制原则.....	152
10.1.2 编制依据.....	152
10.2 建设项目危险有害因素分析.....	153
10.2.1 本项目涉及的有毒有害物质种类和数量.....	153
10.2.2 有毒有害物质职业危害性分析.....	153
10.2.3 危险性作业分析.....	168
10.3 设计中采取的安全卫生防护措施.....	169
10.3.1 安全技术措施.....	169
10.3.2 职业卫生措施.....	170
10.4 安全卫生管理.....	171
10.4.1 安全卫生管理机构.....	171

10.4.2 气体防护站	171
10.4.3 职业病防治	171
10.4.4 安全评价	171
10.4.5 重大事故应急措施计划.....	172
10.5 安全卫生投资估算.....	172
11、消防	173
11.1 编制原则和依据	173
11.1.1 编制原则.....	173
11.1.2 编制依据.....	173
11.2 工程的消防环境现状	173
11.3 工程的火灾危险性类别	173
11.4 消防设施	174
11.4.1 消防设施设计原则.....	174
11.4.2 消防水系统.....	174
11.4.3 可燃气体和有毒气体检测报警系统.....	174
11.4.4 泡沫灭火系统.....	174
11.4.5 小型灭火器材.....	174
11.4.6 全厂火灾报警系统.....	174
11.4.7 消防站.....	175
11.4.8 钢结构耐火保护.....	175
11.5 消防投资估算	175
12、工厂组织、劳动定员和人员培训	176
12.1 工厂体制及组织机构	176
12.2 生产班制及定员	176
12.3 人员的来源和培训	177
13、项目实施规划	178
13.1 项目计划进度.....	178
13.2 项目主计划进度表.....	178
14、改扩项目投资估算	180
14.1 投资估算.....	180
14.1.1 项目概况	180
14.1.2 编制依据	180
14.1.3 估算方法	180
14.1.4 项目投资及投资分析.....	180

14.1.5 其它说明	181
14.2 投资估算与资金筹措	181
14.3 投资范围及内容	182
14.4 投资概算	182
15、财务分析	184
15.1 财务评价依据、基础数据与参数	184
15.1.1 财务评价依据的主要经济法规和文件	184
15.1.2 财务评价基础数据与主要参数	184
15.2 资金筹措	186
15.2.1 项目总投资	186
15.2.2 资金筹措	186
15.2.3 资金使用计划	186
15.3 产品成本估算及分析	186
15.3.1 成本估算	186
15.3.2 单位成本分析	187
15.4 销售收入和税金估算	188
15.4.1 销售收入估算	188
15.4.2 税金估算	188
15.5 财务评价	188
15.5.1 盈利能力分析	188
15.5.2 偿债能力分析	188
15.5.3 不确定性分析	189
15.6 小结	190
15.7 主要财务报表	190
附表	191
附表 1 综合经济指标	191
附表 2 新增投资用款计划估算表	192
附表 3 流动资金估算表	193
附表 4 生产成本估算表	194
附表 5 固定资产折旧、摊销估算表	195
附表 6 总成本费用估算表	196
附表 7 销售收入及税金估算表	197
附表 8 利润及利润分配表	198
附表 9 贷款偿还平衡表	199

附表 10	财务现金流量表(全部投资).....	200
附表 11	财务现金流量表(项目资本金).....	201
附表 12	财务计划现金流量表	202
附表 13	资产负债表	203
附表 14	敏感性分析表	204
附图	205
一、	区域位置图.....	205
二、	总平面布置图.....	206
三、	工艺流程简图.....	207
四、	水平衡图.....	208
五、	供电系统图.....	209

1、总论

1.1 项目概况

1.1.1 项目名称

(1) 项目名称

内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司年产 8000 吨高纯度、低耗能多晶硅材料技术改造项目。

(2) 项目建设地点

内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂克托旗棋盘井镇工业园区。

(3) 项目建设单位

内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司。

法定代表人：王林祥

1.1.2 项目建设单位及其母公司简介

鄂尔多斯多晶硅业公司始建于 2008 年 4 月，一期新建多晶硅项目规模为 3000 吨/年，实际投资 23.5 亿元，工艺技术采用德国 SoMic 改良西门子法热氢化工艺，关键设备采用德国进口（还原热氢化系统——还原氢化炉 SiTec、调功柜 AEG、变压器 HTT，氯化氢合成炉——法国卡朋罗兰，回收工序氢压机——意大利西亚特）。

公司于 2010 年 9 月份生产出第一炉多晶硅，所生产产品均达到准太阳能一级品标准，并销往全国各地。到 2012 年 5 月由于多晶硅市场低迷和大多多晶硅生产厂家改用了新工艺（冷氢化工艺）来生产多晶，使得生产成本大幅下降，公司没有即时跟进，生产成本偏高，停产至今。

停产期间，公司对多晶硅生产工艺技术进行了充分的调研、考查和交流，并做了先进的升级改造扩产方案。升级改造一期项目从 2016 年 8 月份开始准备实施技术改造，到 2017 年 8 月份完成投料试车，产能改扩至 8000 吨/年；后续的升级改造二期计划从 2017 年开始再次进行技术改造，到 2020 年完成全部技改项目，通过两次技改后总产能可达到 18000 吨/年。公司多晶硅规划总规模最终要达到 50000 吨/年水平。。

内蒙古鄂尔多斯投资控股集团（以下简称鄂尔多斯集团）是内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司的母公司，鄂尔多斯集团经过三十多年的风雨兼程、励精图治、解放思想、开拓创新，用“创世界名牌、办百年强企”的企业理想缔造了一个又一个商业传奇，由单一的羊绒产业延伸至煤炭、电力、冶金、化工、能源等各大领域，形

成了羊绒纺织服装、棋盘井循环经济重工业及能源化工三大事业板块，产业涵盖羊绒服装、煤炭、电力、铁合金、煤化工、氯碱化工、天然气化工、盐化工、PVC、水泥、多晶硅、地产置业以及海外产业等领域。

目前，集团拥有总资产超过 608 亿元，拥有成员企业 100 余家，员工 40000 多人。作为行业标志性品牌，鄂尔多斯以 667.97 亿元的品牌价值连续多年位居中国纺织服装品牌榜首，成为中国企业 500 强之一。

鄂尔多斯市鄂托克旗棋盘井工业园区是鄂尔多斯集团于 2003 年以一企之力全力打造的又一大事业板块。园区坐落在京包银兰经济带的棋盘井镇，占地 26 平方公里，下辖煤炭、电力、冶金、化工事业板块及园区综合服务、供水、物流等产业，成员企业 50 家，员工 16000 余人。公司以科学发展为主题，以科技进步和科技创新为主要支撑，安全生产和企业管理水平全面提升，企业综合实力不断增强；截至 2015 年底，集团总资产突破 350 亿元，年利税 30 亿元以上；目前已形成年生产原煤 455 万吨，洗煤 480 万吨，硅铁、硅锰、特种合金等铁合金产品年产销 200 万吨以上，电力总装机容量 302 万千瓦，年产电石 130 万吨、PVC40 万吨、烧碱 30 万吨、水泥 100 万吨、兰炭 60 万吨、石灰石 140 万吨、尿素 200 万吨、合成氨 120 万吨的产能规模。各类产品远销美国、欧洲、日韩等地区；其中，硅铁合金产销量居世界第一，被誉为“世界硅都”；电力事业部保持着国内年发电 8200 小时以上的电力运行最佳行业标杆水平，园区拥有全球单系统产能最大的百万吨天然气尿素生产装置，成为内蒙古自治区推进“大基地、大集群、大项目、大循环”建设的典型实践案例，被认定为首批国家级“资源节约性、环境友好型试点企业”、自治区级“循环经济示范企业”、“创新方法应用试点企业”，是自治区重点培育和发展的 20 户大型企业（集团）之一。

构建循环经济产业链条是集团的重要战略目标，是实现资源利用最大化和打造核心竞争力的根本，棋盘井工业园区紧紧围绕煤——电——高新技术、高清洁、高度环保的节能主干产业链条，构筑了五条主产业链：

第一条产业链：煤炭——电力（粉煤灰—制砖，粉煤灰—提取氧化铝）——特色冶金—微硅粉制取白炭黑、余热发电产业链。

第二条产业链：煤炭—焦化（兰炭供给——冶金、电石）—煤气煅烧白云石（石灰石）——金属镁产业链

第三条产业链：活性石灰——电石——PVC——烧碱——水泥产业链；

第四条产业链：天然气/发电蒸汽——合成氨——尿素产业链；

第五条产业链：工业硅/液氯——高纯三氯氢硅——多晶硅——多晶硅下游产业链（拉晶、铸锭、切片、电池片组装及光伏电站等）。

鄂尔多斯市鄂托克旗棋盘井镇于 1979 年建镇，总面积 3614 平方公里，总人口 7.6 万人，辖 10 个村、嘎查，7 个居委会。其西与乌海市接壤，并隔黄河与宁夏石嘴山市相望，南北东均与鄂托克旗阿尔巴斯苏木接壤，109 国道与鄂托克至乌海公路贯穿镇区，是鄂尔多斯市与宁夏、乌海市相通的重要交通枢纽。该地区资源丰富、交通便利，地理位置优越，其中煤炭资源的地质储量为 9 亿吨，石灰石资源的地质储量为 100 亿吨，硅石资源的地质储量为 4.5 亿吨，高岭土资源的地质储量为 3 亿吨，伴随煤炭开采后的洗选，有大量的煤矸石资源的积聚，并且天然气资源的地质储量也极为丰富，现已发展成为位于京包银兰经济带的工业重镇，是鄂尔多斯市重点高载能工业规划发展区。

棋盘井工业园区成立于 2001 年，2001 年被内蒙古自治区批准为自治区级工业园区，2003 年被列为自治区 20 个重点工业园区之一。工业园区规划总面积 60.28 平方公里，现已开发 25 平方公里。

在事业发展壮大的同时，鄂尔多斯集团牢记企业社会责任，在扶持产线区各项事业发展、依法纳税、诚信经营、抗震救灾、扶贫济困、捐资助学、带动就业、为股东创造红利、保护地区生态环境等方面，均作出了突出的贡献。30 年来，集团共计为社会公益事业捐赠 2 亿多元，仅 2013 年一年，集团向深圳“壹基金”公益基金会捐赠 200 万元用于四川雅安等地震重灾区的救灾及重建工作。

站在新的发展起点上，鄂尔多斯集团将继续以“立民族志气，创世界名牌”为使命，遵循“资源转换、循环发展”的经营主线，继续奋发有为、事在人为的创业精神，以更加雄厚的经济实力，更加坚定的发展步伐、更加高远的战略构想，实现“温暖全世界”的宏伟愿景。

本项目是内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司年产 8000 吨高纯度、低耗能多晶硅材料技术改造项目。在原有 3000t/a 多晶硅生产线的基础上，采用当前国内外成熟、先进、稳定的多晶硅工艺技术和装备水平，结合现有的生产条件，对主工艺及公辅设施进行核算和优化，实现生产各工序的技术提升和设备优化，充分利用已有装置的能力，减少投入，新增部分装置，将多晶硅产能由 3000t/a 提升至 8000t/a。

1.2 项目的依据和原则

1.2.1 项目的编制依据

本可行性研究报告的编制依据如下：

- (1) 国家实施西部大开发战略和国家产业政策；
- (2) 《中华人民共和国可再生能源法》（2005 年 2 月）
- (3) 《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》（国发〔2010〕32 号，2010 年 10 月）
- (4) 《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》
- (5) 《工业转型升级规划（2011—2015 年）》（国发〔2011〕47 号，2011.12）
- (6) 《国务院关于促进光伏产业健康发展的若干意见》（国发〔2013〕24 号，2013 年 7 月 4 日）
- (7) 《产业结构调整指导目录（2011 年本）》修正版（国家发改委，2013 年 5 月 1 日实施）
- (8) 《光伏制造行业规范条件》（国家工信部公告，2013 年第 47 号，2013 年 9 月 16 日）
- (9) 《可再生能源“十二五”规划》（国家工信部，2011.12）
- (10) 《太阳能光伏产业“十二五”发展规划》（国家工信部，2011.12）
- (11) 《关于中西部地区承接产业转移的指导意见》（国发〔2010〕28 号）；
- (12) 《内蒙古自治区经济和社会发展第十二个五年规划纲要》2011 年 1 月 22 日，内蒙古自治区第十一届人民代表大会第四次会议通过；
- (13) 2005 年 12 月 27 日《内蒙古自治区人民政府关于批转自治区投资体制改革实施意见的通知》内政发(2005)100 号；
- (14) 《国务院关于进一步促进内蒙古经济社会又好又快发展的若干意见》国发〔2011〕21 号；
- (15) 《投资项目社会评价方法》；
- (16) 《太阳能级多晶硅》GB/T 25074-2010
- (17) 《多晶硅企业单位产品能源消耗限额》GB 29447-2012
- (18) 《多晶硅工程设计规范》GB51034-2014
- (19) 《改良西门子法多晶硅用硅芯》YS/T 1061-2015
- (20) 国家及地方有关政策、法律、设计规范及标准；

(21) 参照中国石油和化学工业协会中石化协产发(2006)76号文《化工投资项目可行性研究报告编制办法》;

(22) 内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司与中石化南京工程有限公司签订的年产 8000 吨高纯度、低耗能多晶硅材料技术改造项目设计合同。

(23) 内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司提供进行可行性研究报告工作的相关基础资料。

1.2.2 项目的编制原则

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

2) 采用引进国外的先进、成熟的工艺生产技术及先进的关键设备,确保装置操作运行稳定、能耗低、三废排放少、产品质量好。

3) 以市场为导向,以提高竞争力为出发点,选择生产市场适销对路的产品,产品的品种要适应市场需求的变化,产品无论在性能上,还是在价格上均应具有较强的竞争能力。

4) 项目建设要十分重视环境保护、安全和工业卫生,三废治理、消防、安全、劳动保护措施必须与主体装置同时设计、同时建设、同时投运。污染物的排放必须达到规定的指标,并保证工厂安全运行和操作人员的健康不受损害。

5) 以经济效益为中心,加强项目的市场调研,按照少投入、多产出、快速发展的原则,尽可能节省项目建设投资。鉴于多晶硅生产技术、设备、产品的快速发展,项目考虑同时建设研发基地,对一些技术难点将组织力量攻关,力争在原料和动力消耗、三废排放和处理、装置长周期安全稳定高负荷运行、产品质量等方面能不断进步,在稳妥可靠的前提下,实事求是地优化各项成本要素,最大限度地降低项目的经营成本,提高项目的经济效益,增强项目的竞争能力。

1.2.3 项目研究范围

本报告将研究建设以工业硅粉和液氯为原料生产多晶硅工艺装置,包括与之配套的公用工程和辅助设施。其主要研究范围如下:

(1) 8000 吨/年多晶硅生产装置

(2) 与之配套的公用工程及辅助设施

包括:供配电、给排水及消防水系统、循环水系统、脱盐水/高纯水处理站、冷冻站、空压/制氮站、暖通、中央控制室、分析化验室、污水处理、总图运输、产品储运、

厂区供电外线及道路照明、全厂电讯等。

(3) 本项目是利用一期 3000 吨/年多晶硅预留的建设用地来布置新建装置并对原有部分装置改扩建以达到 8000 吨/年多晶硅规模。

本可行性研究报告对项目产品的市场需求、产品技改扩能方案及建设规模、工艺技术路线及主要设备选择、自动化控制方案、原辅材料及燃料供应、建厂条件、公用工程及辅助设施、节能与节水措施、“三废”处理及环境保护措施、安全卫生、消防及劳动保护措施、企业组织及定员、项目实施规划、投资估算及资金筹措、产品成本及经济效益等方面进行研究，在上述研究的基础上对本项目建设做出评价结论，为审批该项目提供决策依据。

1.3 项目提出的背景

随着全球煤炭、石油、天然气等化石能源资源消耗速度加快，生态环境不断恶化，特别是温室气体排放导致日益严峻的全球气候变化，人类社会的可持续发展受到了严重威胁。世界各国纷纷制定各自的能源战略，以应对化石能源资源的有限性和开发利用带来的环境问题。太阳能发电凭借其可靠性、安全性、广泛性、长寿命、环保型、资源充足性等特点已成为最重要的可再生能源之一，有望成为未来全球电力供应的主要支柱。

在全球气候变化的背景下，“低碳经济”日益受到世界各国的关注。随着中国经济的快速增长，能源、资源、环境已成为未来发展严重的制约因素。发展低碳经济，推动节能减排，成了当务之急。太阳能光伏发电以其清洁、源源不断、安全等显著优势，已成为保障我国能源供应战略安全、大幅减少排放和保证可持续发展的重大战略举措。一座 MW 级电站年发电量可达 180 万度，在 25 年寿命期内总产出约 4500 万度电，累计可节约标准煤 17794 吨，减排二氧化碳 46264 吨。

多晶硅是光伏发电产业的基础原材料，世界上多个发达国家均将其列为战略性材料。近年来光伏发电在中国、欧洲、美国和日本等地区和国家发展迅速，年均增长率达到 20% 以上，在世界各种能源增长速率中名列第一。光伏产业的迅速发展，带动了多晶硅材料的需求猛烈增长，我国多晶硅的生产规模也持续增长。

2011 年全球经济再次遭遇经济危机，同时美国金融危机、欧债危机更使全球经济形势持续低迷，导致各国对光伏产业的补贴和支持持续减少，全球光伏市场增幅放缓低于预期，从而导致全球光伏产能的扩张速度大大超过了市场的增长速度。供大于求的局面的出现以及光伏市场的低迷导致多晶硅的市场价格迅速下滑，仅 2011

年多晶硅价格下降已超过 64%，2015 年以来多晶硅价格已下降了 20%。随着这种供需阶段性失衡现象的存在，国外多晶硅企业凭借其规模、成本、长单和产业集群，以及各个国家的政府扶持等优势，实施低价竞争策略，挤占我国的多晶硅市场份额。

在这种严峻的形势下，我国多晶硅企业应从实际出发，以科学发展为主题，以发展循环经济为主线，大力推进科技攻关、技术创新和节能减排，通过技术改造的方式提升技术水平和装备能力，提高产品质量，降低生产成本，不断提高多晶硅产业的核心竞争力，保证国家战略性材料的产业安全。

面对当前国内外复杂的政治形势和经济形势，项目单位结合企业自身发展状况和战略需要进行节能改造，在原有生产装置条件下，采用当前先进稳定的主流工艺和装备水平，进行优化提升；充分利旧原有装置，新增部分装置，使产能提升至 8000 吨/年，综合电耗降低至 100kWh/kg-Si。通过实施本项目能够使项目单位产量、质量提高，能耗降低，消化部分外界因素造成的成本压力，使项目单位摆脱困境，实现资产效益最大化。

1.4 项目实施的意义及必要性

本节能技改项目实施的意义及必要性如下：

1. 符合国家产业政策

多晶硅是太阳能光伏产业必不可少的基础工程材料，近年来国内外光伏产业的迅速发展，使对多晶硅材料的需求猛烈增长，国内多晶硅的供需严重失衡，大量进口。因此，多晶硅始终是制约我国太阳能光伏产业健康、安全发展的瓶颈，因而也成为了国家科技和产业政策鼓励优先发展的领域。虽然近期由于产能爆发性增长，下游需求放缓，供求关系发生变化，市场价格快速回落；但从长远看随着一次又一次的石油危机，使人们认识到“地球的化石能源终将耗尽”，加上环境的日益恶化，开发绿色能源、替代能源已被人们预测为改变我们未来 10 年生活的十大新科技之一，各国发展再生资源的意愿也在不断加强，多晶硅的市场容量会不断扩大，前景广阔。

“十二五”期间，我国太阳能光伏产业发展迅速，已成为我国为数不多的、可以同步参与国际竞争、并达到国际领先水平的行业。加快我国太阳能光伏产业的发展，对于实现工业转型升级、调整能源结构、发展社会经济、推进节能减排均具有重要意义。充分利用太阳能也对增加我国能源供应、保障我国能源安全及促进经济和社会可持续发展都有十分重要的意义；如今人类越来越清晰地认识到传统能源的有限

性和不可再生，以太阳能为代表的可再生能源必将成为未来的替代能源，未来谁掌握了替代能源的主动权，谁就将掌握世界领导权。为此国务院发布的《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，已将太阳能光伏产业列入我国未来发展的战略性新兴产业重要领域。在国家《能源发展“十二五”规划》中，明确指出将新能源技术作为重点技术发展领域；在《可再生能源“十二五”规划》中，明确指出把发展可再生能源作为重大战略举措；同时国家政策明确分布式发电将在城市工业园区、大型工业企业集中推广，且光伏发电价格已接近工商业用电价格，光伏发电的经济性将由此逐渐显现，工商业平价电价即将来临。其更直接的利好则在于，在光伏制造业出口受阻前景下，国内市场未来将逐渐加速消化过剩产能。有专家预计，未来国内市场将占到国内光伏电池生产量的 30%~50%。国家相关政策的出台以及对光伏行业扶持力度的增加，将为多晶硅材料的健康发展奠定良好的基础。

本项目符合国家新能源产业发展战略及相关产业政策，另外本项目具有整合优化、技术创新的性质，对于提高行业整体技术水平、节能降耗和提高产品质量有积极推动作用。

2. 符合当地及建设单位的发展规划

在《鄂尔多斯市国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中，明确提出把“传统金属硅产业向现代硅产业（多晶硅、有机硅）发展”作为鄂尔多斯市工业发展战略，把发展多晶硅产业作为鄂尔多斯市“十一五”规划中产业发展的重点。本项目的建设可充分依托鄂尔多斯市丰富的硅、电资源，形成硅矿开采-硅铁-金属硅-多晶硅的硅产业链，从而实现将当地的资源优势转化为经济优势。

本项目业主单位-鄂尔多斯投资控股集团坚持“立足资源经济，发展循环经济，壮大规模经济”的战略方向，坚持“着眼于经济模式，以产业集群整体参与竞争”的发展思路，坚持“实业经营为主，资本运作为辅”的经营方针，坚持以“羊绒产业为事业基础，工业园区为产业载体，煤炭产业为资源依托，电力产业为核心纽带、冶金产业和化工产业为主要拉动力”的战略定位，在现有金属硅产能的基础上，进一步延伸硅产业链，高起点发展多晶硅产业，走出一条“五业并举，协同发展”的新型集群化、集中化、集约化的集团式发展道路，把工业园区建设成为世界硅都，实现集团公司的持续、健康、快速、和谐发展。

多晶硅生产是高科技、资金密集、知识密集型产业。在鄂尔多斯市鄂克托旗棋盘井镇工业园区建设多晶硅生产装置，符合鄂尔多斯市“十一五”发展规划，以及建

设单位的发展战略。

3. 项目单位可持续发展的需要

项目单位自 2012 年受多晶硅行业低靡等诸多因素影响停产至今，资产一直闲置未发挥其应有的作用。近几年虽与几家国内外企业进行较为深入的合作交流，但最终因各种原因未能达成合作共识。为了公司的可持续发展，本项目借助国内知名企业和设计院的成功利旧经验和深厚的技术积累，利用当前园区配套、资源优势和区位优势的良好基础条件，将鄂尔多斯多晶硅业有限公司现有资产进行技术提升，合理利用，实现投资最小化，成本最优化。

本项目实施节能技改提升，在现有产能基础上，采用国内外先进、稳定成熟的技术和装备水平，进行技术改造和装备能力提升，最大限度利用现有的装置产能水平，新增部分装置，以最合理的二次投入将多晶硅产能由 3000 吨/年扩产至 8000 吨/年，综合电耗降至 100kWh/kg-Si 以下，降低生产成本，将原有资产盘活，实现盈利，减轻公司的负担。

同时，本项目建设实施可带动相关产业（如电力、工业硅、光伏、氯碱等）的发展，从而形成上下游、煤电硅一体化产业链，可促进地区相关产业的优势升级、高新技术产业的发展，实现资源优势向经济优势转化等方面起推动作用。

1.5 研究结论

1.5.1 简要研究结论

（1）本项目产品是发展太阳能光伏发电产业十分重要的基础材料，国内外市场需求增长迅猛，因此市场前景较好。本项目的建设有助于打破国外技术垄断，推动国内太阳能产业发展，符合国家产业政策。

（2）本项目在棋盘井镇工业园区建设。该区域地势平坦、交通方便、基础设施完善，依托条件好，建设条件优越。

（3）本项目对引进的工艺技术和关键设备经过方案比选和设计优化，在项目的实施中考虑对环境保护和安全卫生的要求，有害物质均经处理，不会对环境产生不良影响，确保生产长期、稳定、安全。

（4）从财务评价结果看，本项目投资税前、税后及资本金税后内部收益率分别为 16.64%、13.02%和 14.33%，均高于行业的基准收益率 11%和 13%，贷款偿还期为 8 年（含宽限期 2 年），同时每年上交各种税收 14466.07 万元，项目本身具有良好的经济效益，同时项目的环境效益和社会效益也十分显著。

综上所述，我们认为本项目建设规模经济，建厂条件优越，技术先进，符合国家产业政策及环保要求，经济评价效益良好，具备较强的市场竞争能力和抗风险能力，本项目的建设是必要的。建议尽快予以审批，使其早日开工建设、早日投产、早日取得效益。

1.5.2 存在问题与建议

多晶硅生产工艺复杂，技术要求高。本项目拟采用引进国外先进、成熟的冷氢化工艺技术，并对原有部分关键设备进行技术改造，使本项目的生产技术达到当前世界先进水平。建议业主要加强在多晶硅生产技术人才队伍的建设，让设计人员尽早参与技术方案论证，确保设计基础数据和计算方法准确、完整。此外，要确保合理的设计周期，重大技术方案在设计中应多方案比较论证，对可能出现的问题要早有对策。特别要对关键技术和设备，要充分重视，做好技术交流、力争去制造厂家和生产厂家考察，消化吸收其技术，以化解工艺技术的风险。

1.5.3 改扩后本项目主要技术经济指标

本项目工程主要技术经济指标见下表。

表 1-5-1 主要技术经济指标表

序号	项目	单位	指标	备注
一	生产规模			
	多晶硅装置	t/a	8000	一期工程扩能
二	商品量			
	多晶硅	t/a	8000	太阳能级
三	年操作时间	h	8000	
四	主要原材料			
1	工业金属硅	t/a	9040	
2	液氯	t/a	1977	
3	氢氧化钠	t/a	64.0	
4	生石灰	t/a	1559	
五	公用工程用量			
1	工业用水	m ³ /h	293	正常值
2	生活用水	m ³ /h	7	正常值
3	电力负荷	亿 kWh/a	8	正常值
六	三废排放量			
1	废气	Nm ³ /h	5574	正常值

序号	项目	单位	指标	备注
2	废水	m ³ /h	86.1	正常值，其中 6m ³ /h 送工业园区污水处理，80.1m ³ /h 为清净下水
3	废渣	t/a	5558	渣场填埋
七	运输量	t/a	26198	
1	运入	t/a	12640	
2	运出	t/a	13558	
八	定员	人	413	
九	总规划占地面积	m ²	381041	包括预留改造一期工程发展用地
十	工程项目总投资	万元	41729	
1	建设投资	万元	36981	其中含进口设备 585 万美金
2	建设期利息	万元	679.16	
3	流动资金	万元	4068.84	
十一	年均销售收入	万元	96000	含税
十二	年均总成本	万元	61288.87	
	其中年均经营成本	万元	49870.40	
十三	年均净利润	万元	15046.78	
十四	年均税金	万元	14466.07	
1	增值税和附加税	万元	9450.48	
2	所得税	万元	5015.59	
十五	财务评价指标			
1	总投资收益率(年均)	%	11.98	
2	投资利税率(年均)	%	17.09	
3	资本金净利率(年均)	%	10.64	
4	项目全投资			
4.1	内部收益率	%	16.64 13.02	税前 税后
4.2	净现值 ic=11%	万元	51334.54 17860.97	税前 税后
4.3	投资回收期(静态)	年	6.47 7.54	税前 税后
5	项目资本金			
5.1	内部收益率	%	14.33	税后
5.2	净现值 ic=13%	万元	9069.89	税后
6	贷款偿还期	年	8	生产期等额偿还

2、市场分析与产业关联度分析

2.1 多晶硅产业关联度分析

硅是地壳中丰度最高的固态元素，其含量为地壳的四分之一，但在自然界中不存在单体硅，多呈氧化物或硅酸盐状态。多晶硅材料是以金属硅为原料经一系列的物理化学反应提纯后达到一定纯度的硅材料，是硅产品产业链中的一个极为重要的中间产品。以硅为核心，可形成一个庞大的产业链，如下图所示：

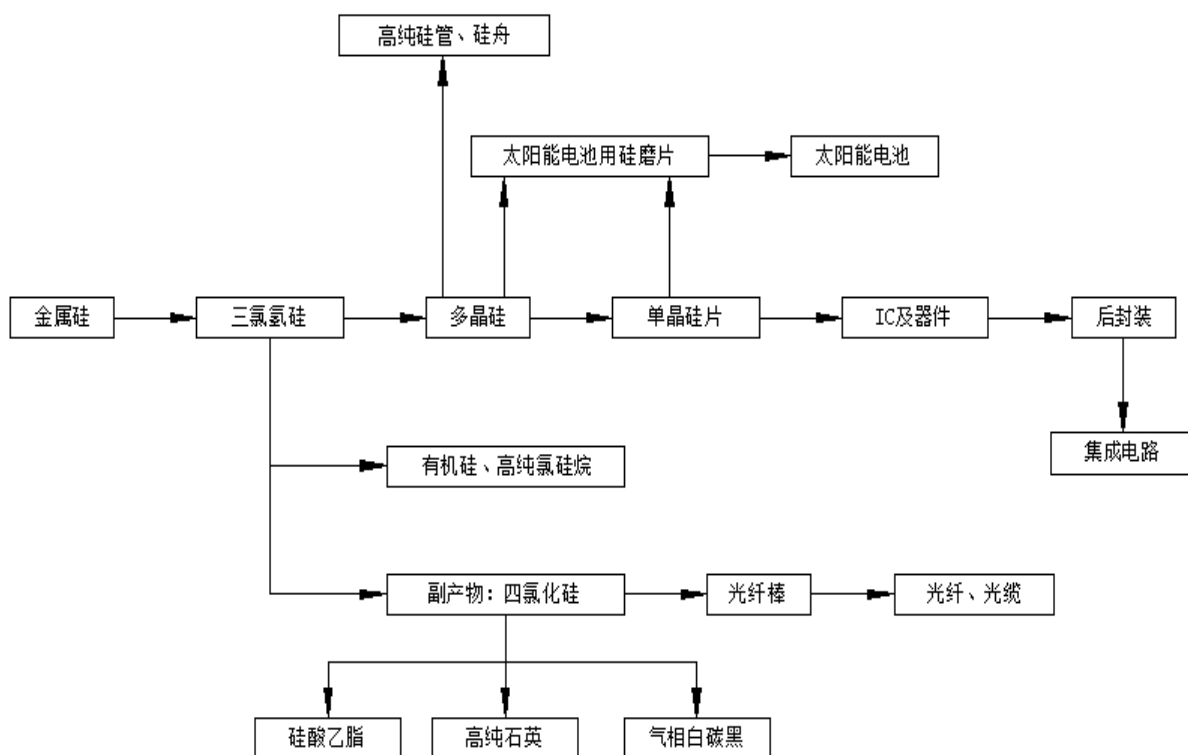


图 2-1-1 硅产品产业链

多晶硅按纯度分类可以分为冶金用硅、太阳能级、电子级。冶金用硅是硅的氧化物在电弧炉中被碳还原而成，一般纯度为 97~99.3%，最高可达 99.8% 以上。电子级硅一般要求纯度高于 6N 以上，超高纯达到 9N-11N，其导电性介于 $10^{-4} \sim 10^{10}$ 欧厘米。太阳能级多晶硅纯度介于冶金级硅与电子级硅之间，至今未有明确界定。一般认为纯度在 6N 左右。

太阳辐射地球表面功率约为 $925\text{W}/\text{m}^2$ ，太阳能发电具有绝对的清洁性、安全性、资源的广泛性和充足性，光伏能源是二十一世纪最重要的新能源。自二十世纪 50 年代研制成第一块实用的硅太阳能电池、60 年代太阳能电池进入空间运用、70 年代进入地面应用，太阳能光电技术已经历了半个世纪，太阳能电池产量迅速发展。

目前，占主流的太阳能电池是硅太阳能电池，太阳能电池中 88% 是硅太阳能电池；而这些硅太阳能电池，无论单晶硅太阳能电池还是多晶硅太阳能电池，最初原料都是多晶硅，多晶硅产业与下游的电子信息产业和太阳能光伏产业的产业关联度非常高。因此，太阳能电池产业发展是拉动多晶硅材料产量大幅增长的主力军。太阳能作为可再生能源中重要的一种既丰富又无污染的新能源，是各国重点支持领域。近年来，各国纷纷出台政策，加大对发展光伏产业支持力度，使光伏产业在世界各种能源增长速率中名列第一。

此外，以多晶硅为主要原料的半导体产业，是现代科学一个重要的领域，它的发展及其在各个领域中的广泛应用，极大地推动了科学技术进步和经济增长，对现代工业、农业、国防和人类生活的影响日益深入，在近代技术和国民经济中占有极其重要的地位。总之，多晶硅是人类社会进步、国民经济各部门及国防技术装备等领域不可缺少和替代的最重要的功能材料及基础材料。

2.2 市场分析

2.2.1 市场需求预测

随着全球煤炭、石油、天然气等化石能源资源消耗速度加快，生态环境不断恶化，人类社会的可持续性发展受到严重威胁。太阳能发电凭借其可靠性、安全性、广泛性、长寿命、环保性、资源充足性等特点已成为最重要的可再生能源之一，有望成为未来全球电力供应的主要支柱。许多国家提出了明确的发展目标，制定了支持可再生能源发展的法规和政策，可再生能源技术水平不断提高，产业规模逐渐扩大，成为促进能源多样化和实现可持续发展的重要能源。光伏产业年均增长率达到 20% 以上，在世界各种能源增长速率中名列第一。

截止 2015 年底，全球累计光伏装机容量超过 220GW，过去十年复合增长率达到 47.4%。据欧洲光伏行业协会（EPIA）预测，2020 年全球光伏累计装机容量将达到 345GW；而到 2030 年全球光伏累计装机量有望达到 1000GW；据欧洲欧盟委员会联合研究中心（JRC）预测，至 2050 年太阳能光伏发电将占全部发电量的 25%，到 2100 年达到 64%，太阳能将成为未来能源结构的主导。

随着中国经济的快速增长，能源、资源、环境已成为未来发展严重的制约因素。发展低碳经济，推动节能减排，成了当务之急。1 座 MW 级电站年发电量可达 180 万度，在 25 年寿命期内总产出约 4500 万度电，累计可节约标准煤 17794 吨，减排二氧化碳 46264 吨。太阳能光伏发电已成为我国能源供应战略安全、大幅减少排

放和保证可持续发展的重大战略举措。

多晶硅作为太阳能电池的原料，将是最重要的光伏材料。此外以多晶硅为基础原料的半导体产业也前景广阔，硅被称之为半导体之王，是最主要的半导体材料，有 95% 的半导体器件是由硅材料制作的，广泛应用于计算机、通信设备、汽车电子设备、工业电子设备、航空及国防军工等地方。随着光伏产业的迅猛发展和半导体产业的持续繁荣，多晶硅材料的市场空间将越来越广阔。

2.2.1.1 国际市场预测

光伏行业可以分为中上游制造环节和下游系统集成、电站开发及运营环节，由于目前光伏发电成本整体上仍然高于常规能源的发电成本，因此光伏行业的终端需求仍然不是完全市场化的，需求波动很大程度上取决于各国的相关行业政策变化。

2010 年全球光伏新增装机量构成中，欧洲占据 80% 的绝对主导地位，而中国、美洲（主要是美国市场）及亚太地区（主要是日本市场）等新兴市场仅占到 18%。2013 年全球新增装机量构成中，中国、美洲及亚太地区等新兴市场占据了高达 71% 的份额，而欧洲新增装机量占比下滑至 28%。2014 年，全球光伏应用市场快速发展，全年装机量达到 43GW，同比增长 12%，全球光伏装机市场重心加速向亚洲转移；在利好政策的刺激下，2014 年中国新增光伏装机量高达 10.6GW，；日本全年新增光伏装机量达到 9.3GW，同比增长 36.8%，成长为全球第二大光伏市场；美国仍保持较快增长势头，新增光伏装机量达到创纪录的 6.3GW，同比增长 30%，继续位居世界第三。下图为 2014 年全球光伏应用分布。



图 2-2-1 2014 年全球光伏应用分布

2015 年全球太阳能光伏累计安装量增长至 230GW。中国仍是全球光伏年装机量最大的市场，新增装机量约 17.8GW，连续三年成为全球第一大光伏应用市场；美国紧随其后，新增约 8.2GW；而印度得益于国内政策的支持，光伏市场也增势强劲；德国和日本政府因对太阳能政策做出过相关调整，因而光伏年装机量有所下降。

根据欧洲光伏行业协会资料中提供的数据，图 2-3 为 2000 年到 2015 年期间全球累计装机容量，下图为 2000 年到 2015 年期间全球每年新增装机容量。



图 2-2-2 2000-2015 年全球年度累计装机量：MW

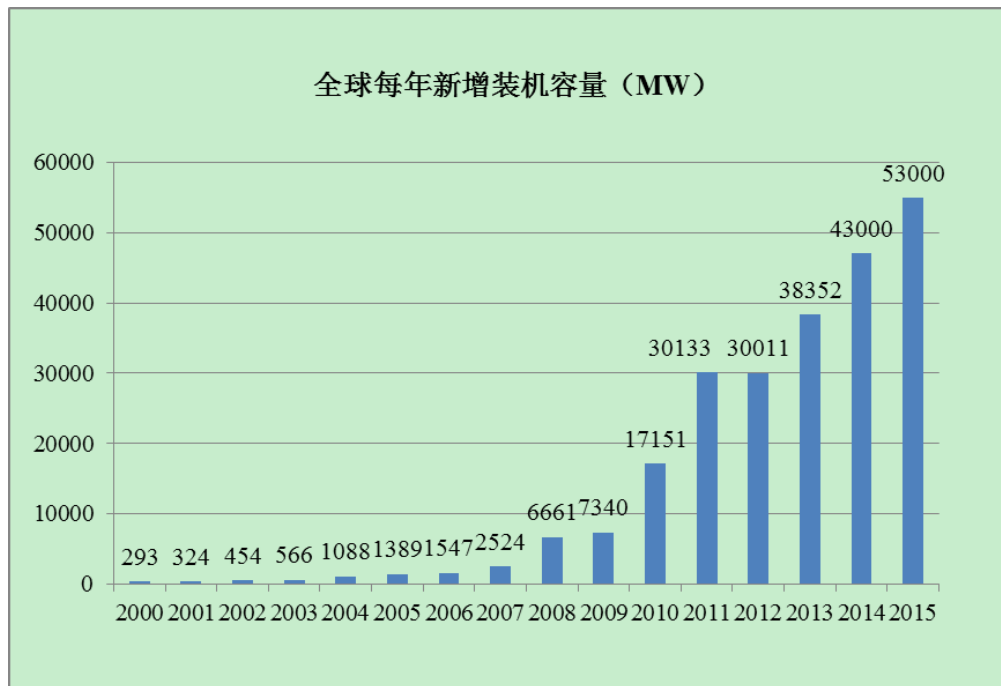


图 2-2-3 2000-2015 年全球每年新增装机量：MW

新能源是全球能源利用的重点开发区域，太阳能作为最清洁能源之一，尽管 2015 年各国还在继续削减光伏补贴，但由于光伏组件成本继续下降促使光伏发电成本进一步下降，光伏应用市场仍受到投资者的广泛关注。光伏市场最主要的增长动力来自于中国、日本、美国等体量较大的市场，以及英国、印度、智利等新兴光伏市场。2015 年全球光伏装机市场达到 53GW。

根据欧洲 EPIA、国际能源署、彭博新能源等发布的未来两年光伏市场需求数据，在最为乐观情况下，2016 和 2017 年全球光伏市场规模将分别达到 65GW 和 78GW，按照每瓦装机量对应多晶耗硅量 5g 计算，对全球多晶硅市场需求分别为 32.5 万吨和 39 万吨，加上每年约 3 万吨的电子级硅料，2016 和 2017 年全球多晶硅市场需求约为 36 万吨和 42 万吨。全球光伏市场将延续继续增长的势头。

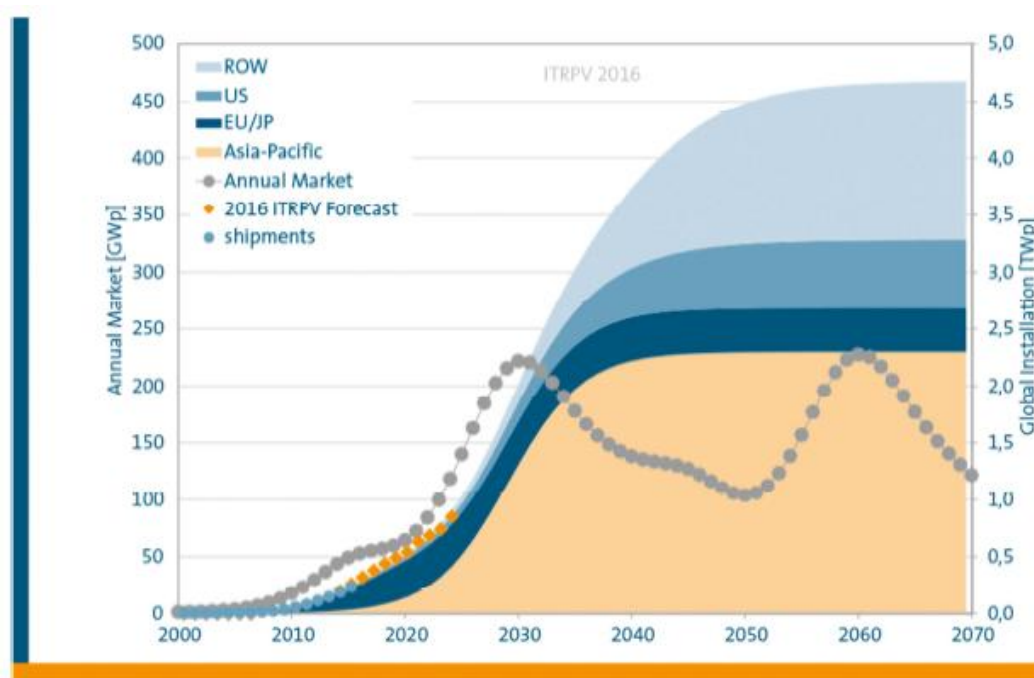


Fig. 47: Cumulative installed module power calculated with a logistic growth approximation for Scenario 1, assuming 4.7 TWp installed PV module power in 2050 (see Table 2).

图 2-2-4 光伏市场历年统计及未来发展预测

2.2.1.2 国内市场预测

在能源需求迅速增长、能源供应形势严峻以及环保、减排的压力下，国内光伏发电的发展趋势不可逆转。

2014 年，为了进一步拓展我国光伏应用市场，破解光伏应用市场中存在的瓶颈问题，国家能源局通过多种举措推动应用市场规模化扩大，效果显著，2014 年

我国新增光伏并网量达到 10.6GW，累计装机量 28.05GW，仅次于德国位居世界第二，全年光伏累计发电量达到 250 亿千瓦时，同比增长超过 200%。

2015 年新增太阳能装机预计 17.8GW。预估 2016 年中国新增光伏装机容量将达 20GW。在成本持续下降以及政策不断推动的背景下，国内光伏终端市场至少在未来 2-2-3 年内仍将保持目前的高装机量。

根据欧洲光伏行业协会资料中提供的数据，图 2-2-5 为 2000 年到 2015 年期间国内累计装机容量，图 2-2-6 为 2000 年到 2015 年期间国内每年新增装机容量。

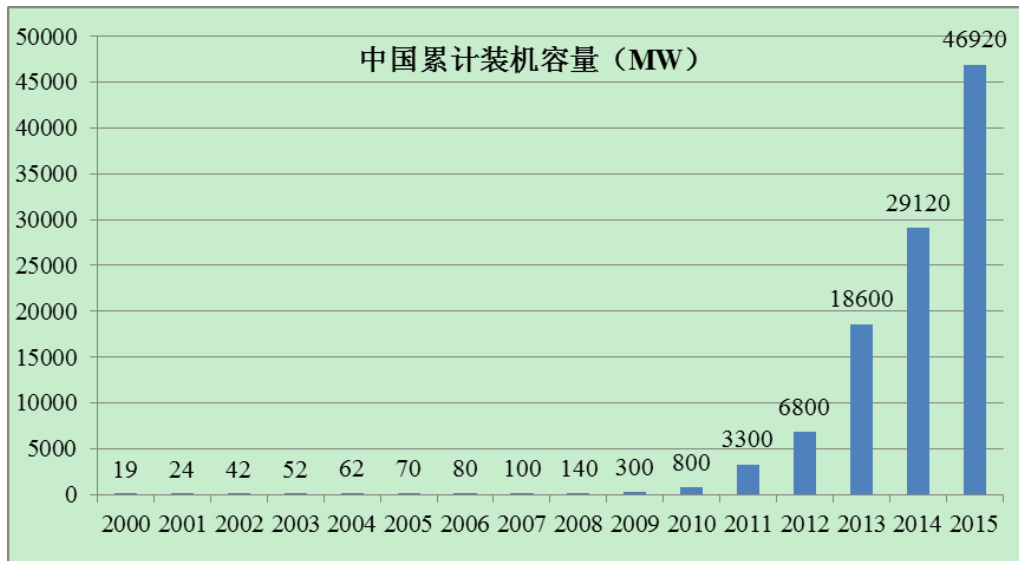


图 2-2-5 2000-2015 年国内年度累计装机量：MW

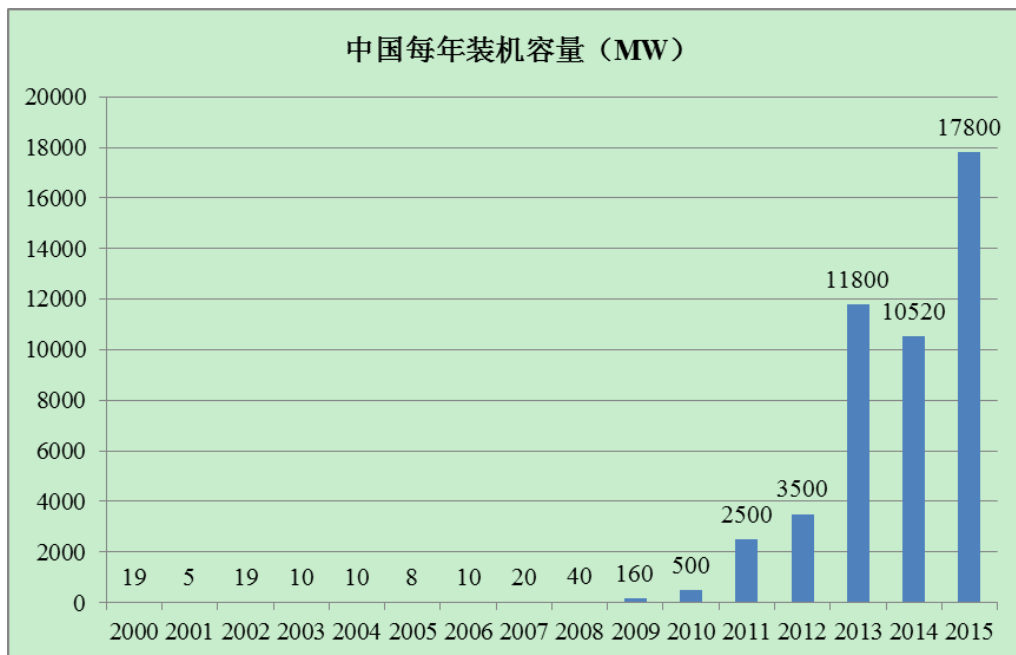


图 2-2-6 2000-2015 年国内年度每年新增装机量：MW

2.2.2 市场供应分析

2.2.2.1 全球多晶硅生产情况

全球多晶硅生产规模持续扩大，2015 年全球多晶硅产能为 42.5 万吨，比 2014 年（产能 39 万吨）增加 3.5 万吨。2015 年多晶硅产量再创新高，全球多晶硅产量达到 34 万吨，同比增长 11.5%；其中电子级多晶硅产量约为 2.9 万吨、太阳能级块状硅约为 28.9 万吨、颗粒硅约为 2.2 万吨。展望 2016 年，随着下游应用市场的不断扩大，多晶硅市场需求也在提高，全球新增产能和复工产能利用率逐步提升，产量也将进一步增加。2014 年全球多晶硅分布如图 2-2-7 所示，2008-2015 年全球多晶硅产量如图 2-2-8 所示。2015 年全球主要多晶硅生产企业产能与产量如表 2-2-1 所示。

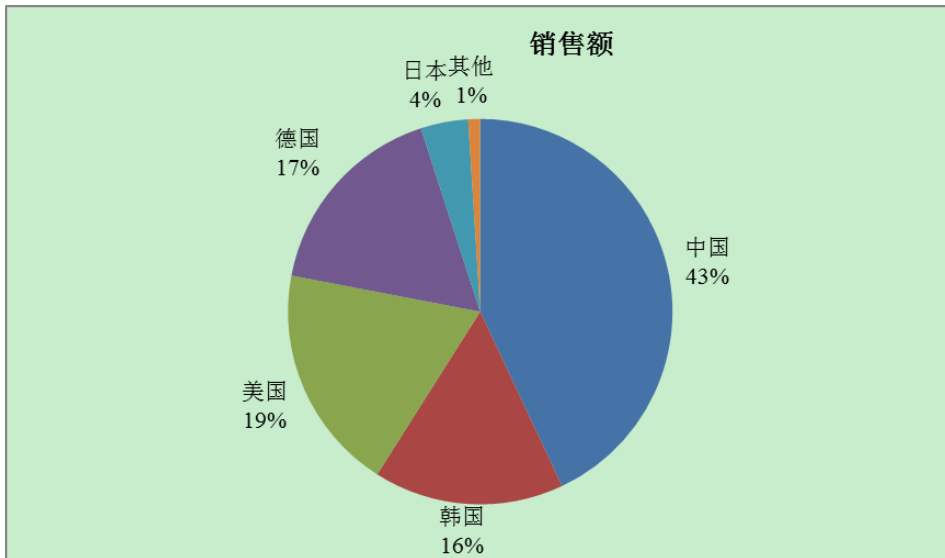


图 2-2-7 2014 年世界多晶硅分布格局



图 2-2-8 2008-2015 年全球多晶硅产量

表 2-2-1 2015 年全球主要多晶硅生产企业产能与产量

企业	国别	2015 年产能 (t)	2013 年产量 (t)	2014 年产量 (t)	2015 年产量 (t)
江苏中能	中国	72000	50440	60000	65000
瓦克 Wacker	德国/美国	52000	49000	49000	52000
OCI	韩国	52000	38000	38000	41000
Hemlock	美国	42500	31000	31000	32000
REC	挪威	18000	19764	15929	16300
新疆特变	中国	15000	7900	12000	14000
洛阳中硅	中国	15000	2350	9500	12000
ToKuyama	日本/马来 西亚	15400	8000	8000	9000
SunEdison (MEMC)	美国/韩国	17000	6000	4000	10000
新疆大全	中国	12000	4800	5500	9000
合计	----	342000	217254	232929	268300
其它		83000	28746	69071	71700
世界	----	425000	246000	302000	340000

多晶硅产品价格未来仍将承压。2015 年多晶硅产品价格几乎已经处于历史最低水平，存量多晶硅仍在持续优化，增量也在蠢蠢欲动。一方面存量多晶硅仍有发展空间，国外多晶硅企业可通过多晶硅长单“红利”保持比较优势，而国内现有多晶硅企业在当前价格下大多也可保证现金流为正，并在积极技改降本，在多晶硅投资沉淀成本较高的情况下，其退出意愿不强。另一方面，增量多晶硅仍在扩大，由于多晶硅投资的后发优势，后进入者往往能享受到更多多晶硅技术进步带来的红利，如布局、投资、技术、人才等，一些企业正利用在西北地区循环经济带来的低能源成本建设多晶硅工厂，而现存的多晶硅企业也在通过优化生产工艺增加产能。预计未来几年，部分 5000 吨规模以下的多晶硅工厂将由于财务压力，逐步停产整合退出，而国外多晶硅企业预计在长单红利逐步消退后，业务由于持续的低利润而受到股东压力，也将逐步寻求整合，届时多晶硅产业将步入成熟发展期，结束结构性过

剩局面，高质量、低成本多晶硅产能将出现市场缺口。

改良西门子法仍将未来三年的主流。虽然从理论上讲，流化床法生产工艺成本低，但实际情况并不乐观。一是现有企业流化床法生产成本仍较改良西门子法高，如美国 REC 公司万吨级工厂的颗粒硅现金成本仍在 12 美元/公斤以上，鄂尔多斯新建的企业成本会更低。二是颗粒硅生产工艺仍较改良西门子复杂，如美国 MEMC 与三星合资新建的万吨级投产时间已比预期时间晚 2 年，至今仍未达产，而新建的使用改良西门子法技术的万吨级工厂在 15 个月以内投产已是常态。三是在面临流化床法或改良西门子法抉择时，重心还是倾向改良西门子法。如德国 Wacker 公司从 2000 年开始研发流化床法，并于 2006 年实施产业化生产，但其在后续无论是 2009 年在德国农特利茨新建的工厂还是 2011 年在美国田纳西州建设的工厂仍采用改良西门子法工艺。这三家企业也是全球为数不多的使用流化床法生产颗粒硅的企业，因此，当前的流化床法生产工艺仍有待技术进步，改良西门子法凭借其成熟的生产工艺，将主导未来几年多晶硅投资和生产。

全球多晶硅生产将进一步向中国靠拢。中国多晶硅企业经过近几年的发展，在引进消化吸收基础上，基本上全面掌握万吨级多晶硅系统集成技术，系统投资大幅降低，目前千吨投资已降至 2 亿元/千吨以下，工艺技术得到极大优化，物料基本上实现闭路循环，新建工厂综合电耗和还原电耗已可降至 75kWh/kg 和 48kWh/kg，在生产布局得到合理优化的情况下，综合成本已可降至 10 美元/千克以下。同时，通过这几年的积累，我国多晶硅产品质量也在不断提高，已完全满足太阳能电池生产的质量需求，产品竞争力已处于全球领先水平。预计到十三五末期，随着国外企业长单逐步到期而使得红利消退（如 Wacker 仅 2014 年获得的长单调整获得的预付款和违约金就超过 2 亿欧元），国外多晶硅企业优势将会逐步丧失，我国太阳能级多晶硅产品将可完全实现进口替代，并转而带动半导体级硅料的突破，届时市场将出现 6~8 万吨左右的市场缺口。

2.2.2.2 全球电子级多晶硅生产情况

近几年来，随着半导体市场趋缓，对电子级多晶硅需求也趋向平稳，每年需求量较为稳定。2015 年，随着移动终端等的兴起，半导体市场大幅提升，接近千亿美元，也间接带动电子级硅料市场需求达到 2.9 万吨，同比增长近 4%。电子级多晶硅生产仍主要集中于美国、德国和日本等少数几家多晶硅企业，其中美国 Hemlock 约 9000 吨，德国 Wacker 约 8000 吨，日本 Tokuyama 约 5500 吨，日本

三菱约 3000 吨，MEMC 约 1500 吨，REC 约 1300 吨。中国和韩国的多晶硅企业已经能够供应电子级二级品多晶硅，可满足半导体分立器件生产需求，产量在百吨量级。展望 2016 年，电子级多晶硅供应量将进一步扩大。电子级多晶硅市场需求如图 2-2-9 所示。



图 2-2-9 全球电子级多晶硅需求量

2.2.2.3 国内多晶硅生产情况

从生产规模看，2014 年，我国多晶硅生产保持持续增长势头，全年多晶硅产量达到 13.6 万吨，占全球总产量的 45%，同比提升近 10 个百分点，与 2013 年产量 8.46 万吨相比，增长了 60.7%。2014 年多晶硅表观消费量为 23.2 万吨（我国多晶硅产量+多晶硅进口量-多晶硅出口量），供需仍有一定缺口，仍然需要大量进口。2008-2015 年我国多晶硅产能与产量如图 2-2-10 所示。2015 年我国主要多晶硅生产企业产能与产量如表 2-2-2 所示。

从我国企业发展情况看，2013-2014 年我国多晶硅行业环境大幅改善，国产多晶硅价格和产量不断攀升，主要企业生产规模逐渐扩大，2013 年部分企业开始恢复生产，但未能实现满负荷运行，从 2014 年运行数据来看，恢复生产的企业已经实现满负荷生产，甚至部分企业超负荷生产。全国产量排名前十的企业产能总计达到 13.1 万吨，产量约为 12.5 万吨，占全国总产量的 91.9%，产业集中度较高，产量最大的江苏中能占全国总产量的 49.1%。国内主流多晶硅企业盈利情况明显好转，成本控制能力持续增强。

从企业生产布局看，除了规模优势较为明显的江苏中能外，其他企业多分布在西北地区。在多晶硅生产技术不断趋同的情况下，生产布局更多趋向于能源低廉地区。图 2-2-11 为我国多晶硅企业生产布局占比情况，内环为产能，外环为产量。

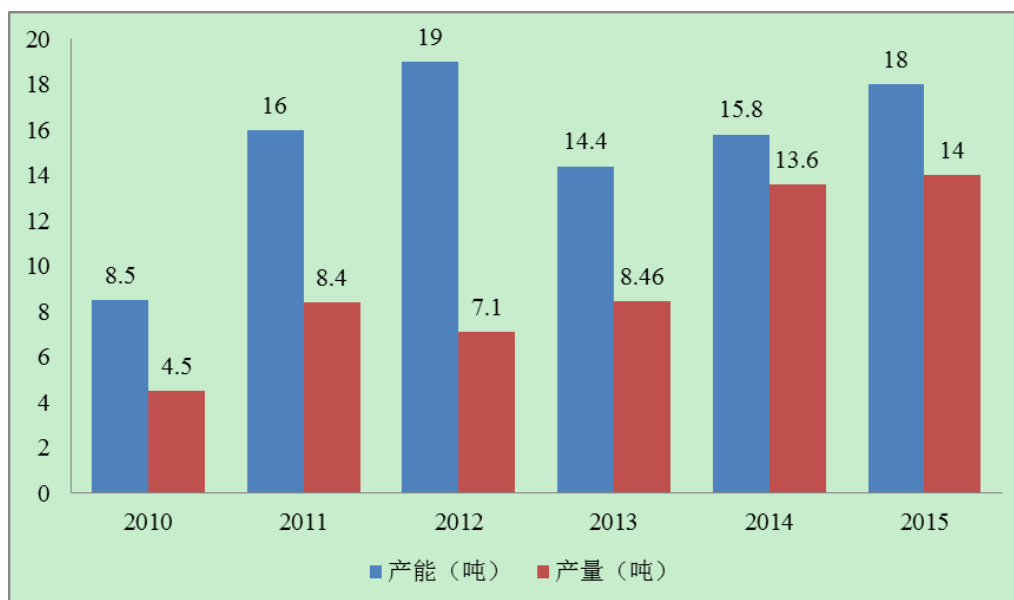


图 2-2-10 2008-2015 年我国多晶硅产能/产量

表 2-2-2 2015 年我国主要多晶硅生产企业产能/产量

企业	2015 年 产能 (t)	2011 年 产量 (t)	2013 年 产量 (t)	2014 年 产量 (t)	2015 年 产量 (t)
江苏中能	72000	29410	50440	66800	70000
新疆特变	18000	1500	7900	17500	18000
洛阳中硅	15000	8135	2350	9200	12000
新疆大全	12000	4600	4800	6500	9000
四川瑞能	10000	3386	3050	5820	6000
亚洲硅业	10000	2292	4050	4200	7000
宜昌南玻	6000	1500	1000	4700	5000
内蒙盾安	8000	800	1900	3000	6000
神州硅业	4500	1000	3500	4450	4500
四川永祥	15000	1400	2000	1500	11000
合计 (t)	157000	54023	80990	123670	
全国总量 (t)	238000	83000	84000	132000	

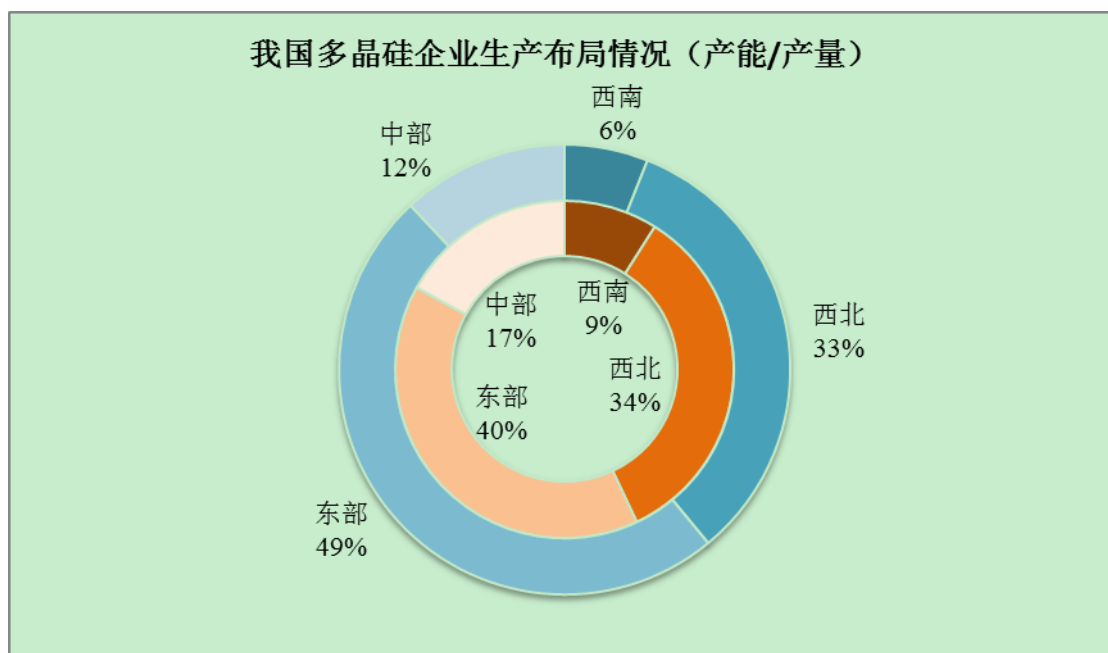


图 2-2-11 我国多晶硅企业生产布局情况（产能/产量）

我国多晶硅产业发展趋势：

1. 大企业产能利用率大幅提升，中小企业经营压力大

2015 年多晶硅生产企业大多实现满负荷生产，产量创新高，平均产能利用率达到 86%。从企业披露财报看，大企业普遍已经扭亏为盈，但中小企业仍处于亏损状态，特别是中小企业普遍投产较早，设备比较陈旧，且规模大多在 5000 吨以下，难以形成规模经济效益，在企业持续失血，不能通过技改促进生产成本下降的情况下，企业竞争力将会逐年减弱。

2. 产业布局逐趋合理，能源低廉地区成为扩产重点区域

在我国基本掌握多晶硅生产技术的大前提下，低廉能源要素成本已成为多晶硅企业核心竞争力。在西北部地区建设多晶硅工厂的主要优势：一是电力价格较便宜，大工业用电普遍在 0.2~0.3 元/度，可有效降低生产成本；二是当地可配套煤炭等矿产资源，将其变现后可有效降低融资成本；三是投资降低，千吨投资平均可至 2 亿元，有效减少资本支出，并进而降低折旧；四是多晶硅产业具有明显后发优势，可充分利用先进设备和先进生产工艺，减低生产能耗和物耗。鄂尔多斯改造一期建成后生产成本在 6.8 万元/吨，远低于中东部地区多晶硅企业披露的数据。位于西北地区的多晶硅企业已在酝酿扩大生产规模，亚洲硅业和大全新能源均将扩产至 1 万吨

以上。

3. 多晶硅供需短期内仍存一定缺口

在供应方面，我国在产的多晶硅名义产能在 2015 年到 2016 年将分别达到 18 和 22 万吨，但考虑到多晶硅工厂的规模经济效益以及生产工艺技术方面等因素，国内万吨级以下产能的工厂按有效产能对半折算，2015 年和 2016 年我国多晶硅有效产能约为 15.8 万吨和 18.4 万吨。在需求方面，我国多晶硅需求主要在于太阳能级硅片，2014 年，我国硅片产量约为 38GW（约消耗多晶硅 20 万吨），约占全球总产量的 76%，预计未来几年我国硅片的全球市场占有率将呈现稳中有升的发展局面。

表 2-2-3 为我国多晶硅需求量计算表。从供需关系看，短期内我国多晶硅供需仍有缺口，大部分多晶硅生产企业因技术或设备等问题，其产能尚未完全释放，多晶硅产量尚未能满足国内市场需求，仍需依靠进口解决一部分。

表 2-2-3 我国多晶硅需求量计算表

年份	全球装机量/GW	硅片占比 (预计)	我国多晶硅需求量/ 万吨	我国多晶硅总产能/ 万吨
2014	43	80%	20	15.6
2015	50	80%	22	15.8 (18.4)
2016	60	80%	24	18.1 (22)

注：括号内为名义产能

2.3 项目前景

电子信息产业是国家发展的支柱产业，太阳能光伏发电是绿色能源，作为半导体产业及太阳能光伏产业最基础的功能材料-多晶硅，是国家重点鼓励发展的产业和产品。环境污染对人类的生存正在发生着巨大的影响，新能源替代石化能源的紧迫性日益增加。

尽管 2015 年各国还在继续削减光伏补贴，但由于光伏组件成本继续下降促使光伏发电成本进一步下降，光伏应用市场仍将受到投资者的广泛关注。展望 2016 年，随着下游应用市场的不断扩大，多晶硅市场需求也在提高，全球新增产能和复工产能利用率逐步提升。虽然市场形势严峻，但增量多晶硅仍会扩大。

从全球多晶硅市场分布看，主要集中于中国大陆、中国台湾和韩国等地，尤其

是中国大陆地区约占全球太阳能级多晶硅市场额的 80%，而电子级的市场主要集中在日本，约占电子级硅料全球份额的 55%。从目前的市场供应情况来看，中国大陆和日本自给不足，中国大陆能满足 63% 的供给，日本只能满足国内需求的 40% 左右。

从整个行业的健康良性运行而言，大浪淘沙、优胜劣汰是必然的。市场相信的是实力，所以受增量多晶硅叠加优势影响，身处劣势的存量多晶硅必然要出局，其分水岭也应是从长单业务的终止，代工贸易的禁止，国外多晶硅供应商竞争渐处劣势开始迫于生存；而中国的增量多晶硅规模性释放产能的开始，就是新旧历史的形成期，从而使多晶硅行业进入一个成熟稳定期，中国也将成为名副其实的光伏新能源制造强国、大国。

本项目依托当地丰富的硅、电力资源优势，以及工业园区良好的建设条件，采用国内先进的工艺技术和关键设备对现有的生产装置进行技术改造和装备提升。在现有的生产条件下，充分利用现有的装备能力，新增部分装置，使多晶硅的产能和质量提升，从而降低本项目产品的生产成本。本项目既符合国家发展新能源产业的政策，又拥有原材料、电力等资源优势，并具备了规模经济及技术优势；因此，本项目产品具有稳定的市场需求和较强的竞争能力，可为企业赢得较大的经济利润。

以下图 2-3-1 是历年进口长单多晶硅实际价格走势。



图 2-3-1 历年进口长单多晶硅实际价格走势（美元/kg）

2.4 价格预测

近几年我国光伏价格的发展态势整体向下。目前，市场相对处于冷淡期，但由于 2016 年下半年全球市场需求不弱，国内市场有领跑者、扶贫和分布式等，市场相对乐观，另外，国外传统市场如美国、日本、欧盟等保持稳定，新兴市场如印度等在发电成本下降带动下，开始放量。因此预计 9 月份之后，随着国内市场的发展以及国外市场的带动，三季度末到四季度光伏市场将会回暖。虽然增速放缓，全年整体情况将好于预期。

但是，在过去很长一段时间以来，德、美、韩多晶硅一直都依赖中国市场，因为在这些国家已经没有或很少有下游的光伏制造业了。国外多晶硅对华倾销，是导致多晶硅进口数量居高不下和价格波动的主要原因。而中国对韩国多晶硅反倾销措施，只是象征性的征收 2.4%-2.8% 惩罚性关税。

在推行贸易救济措施背景下，不降反增的巨大进口量，最终导致目前我国多晶硅进口均价下滑至 17 美元/千克水平（不含税），国内多晶硅价格的下滑 14 万元/吨水平。

为使本项目多晶硅产品在市场上具备较大的竞争能力，并保证项目投产后的经济效益，建议本项目技术经济分析按 12 万元/吨（含税）进行测算。

3、改扩项目建设方案

3.1 建设规模

本项目是在鄂尔多斯多晶硅业有限公司 3000t/a 多晶硅生产线的基础上进行的 8000t/a 多晶硅节能技改项目。在原有基础上，保持原生产工艺基本不变，实现生产各工序的产能扩大、技术提升、设备优化，达到“提质、节能、降耗和降本”的目的。通过还原炉节能改造、提纯流程优化、开发干法回收和流化床氢化新工艺、工艺尾气有效净化回收、热能综合高效利用等方式解决生产系统中的瓶颈问题，使各个生产装置间达到最优化匹配，生产装置和单体设备得到最大化利用；同时实现绿色生产、节能减排，提高产品质量的目的。

本项目实施后将在很大程度上降低生产能耗，提高产品质量，还原利旧还原炉电耗低于 65kWh/kg-Si，新增还原炉电耗低于 50kWh/kg-Si，综合电耗低于 100kWh/kg-Si，蒸汽消耗低于 30kg/kg-Si，技术达到国内领先、国际先进水平。超高纯多晶硅产量大幅提高，满足硅光伏电池高转化率、长寿命、低成本需求。

3.2 产品方案

太阳能级多晶硅产品方案：产量 8000t/a，太阳能一级品以上 95%，太阳能二级 5%。执行标准为 GB/T25074-2010《太阳能级多晶硅》，产品质量要求见表 3-1-1。

表 3-1-1 太阳能多晶硅质量指标（GB/T25074-2010）

项目（一）	太阳能级多晶硅等级指标（一）		
	1 级品	2 级品	3 级品
N 型电阻率, $\Omega\cdot\text{cm}$	≥ 100	≥ 40	≥ 20
P 型电阻率, $\Omega\cdot\text{cm}$	≥ 500	≥ 200	≥ 100
少数载流子寿命, μs	≥ 100	≥ 50	≥ 30
氧浓度, atoms/cm^3	$\leq 1.0 \times 10^{17}$	$\leq 1.0 \times 10^{17}$	$\leq 1.5 \times 10^{17}$
碳浓度, atoms/cm^3	$\leq 2.5 \times 10^{16}$	$\leq 4.0 \times 10^{16}$	$\leq 4.5 \times 10^{16}$
项目（二）	太阳能级多晶硅等级指标（二）		
	1 级品	2 级品	3 级品
施主杂质浓度 ppba	≤ 1.5	≤ 3.76	≤ 7.64
受主杂质浓度 ppba	≤ 0.5	≤ 1.3	≤ 2.7
氧浓度, atoms/cm^3	$\leq 1.0 \times 10^{17}$	$\leq 1.0 \times 10^{17}$	$\leq 1.5 \times 10^{17}$
碳浓度, atoms/cm^3	$\leq 2.5 \times 10^{16}$	$\leq 4.0 \times 10^{16}$	$\leq 4.5 \times 10^{16}$
少数载流子寿命, μs	≥ 100	≥ 50	≥ 30
基体金属杂质, ppmw	Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、TMI 总金属杂质含量： ≤ 0.01	Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、TMI 总金属杂质含量： ≤ 0.1	Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、TMI 总金属杂质含量： ≤ 0.2

3.3 建设内容

本项目是对已有生产线的去瓶扩能技改升级项目，主要是根据生产运行情况对生产装置进行技术改造，满足扩能需求的同时达到节能降耗和提高产品质量的目的。建设内容主要包括以下几方面：

1. 还原工序：

(1) 对已有 18 台 18 对棒还原炉进行工艺、设备以及相配套的电仪、管道等进行优化改造，将原有的 3000t/a 多晶硅产能提升至 3500t/a，还原电耗由 90kWh/kg-Si 降至 65kWh/kg-Si；

(2) 拆除现有热氢化炉，利用旧原有厂房，通过厂房结构改造，在原厂房内新增 8 台 36 对棒还原炉，以新增 4500t/a 多晶硅产能，还原电耗达到 50kWh/kg-Si。通过上述技改，实现总产能为 8000t/a 多晶硅。

2. 提纯工序：

(1) 对已有塔组流程、塔内件、物料特点，对工艺流程、装备能力进行核算，合理分配塔组，以满足产能需求，同时充分考虑旧已有的设备和装置，减少投资；

(2) 新增粗馏塔、精馏塔等塔组，以满足产能需求；

(3) 在生产稳定和可操作性的前提下，运用多塔、多方式差压热耦合技术。提纯塔组中精馏塔、粗馏塔、干法精馏塔、回收塔和反歧化塔尽量采用差压热耦合技术，提纯能耗降低 40~50%，节水 40%。

3. 尾气回收工序：

(1) 对现有的干法回收系统进行产能核算和优化改造，降低能耗，提升质量；

(2) 对现有的热氢化尾气回收装置进行产能核算和优化改造，用于新增还原尾气回收；

(3) 新增活性炭吸附，提升回收氢气的质量。

4. 冷氢化工序：

(1) 新增一条单线 12 万吨/年 TCS 冷氢化装置（含渣浆处理），匹配 8000 吨/年多晶硅产能需求；

(2) 新增反歧化装置，处理还原和冷氢化副产生的二氯二氢硅。

5. 优化全厂热能回收系统，热量综合回收，提高热回收效率。

6. 公用工程根据主工艺改造方案，结合各自系统原有生产能力，核实和制定各自系统的重新分配方案。

3.4 总物料平衡

本项目多晶硅装置总物料平衡见附图三——工艺流程框图。

该图中的数据为平均值，经过对技术的理解、消化吸收、掌握后，实际原料消耗可能还会比图中的数值低一些，相应污染物和副产品的量也会更低些。

4、工艺方案

4.1 工艺技术特点

4.1.1 工艺方案比较

全球多晶硅生产主要有两种工艺，即改良西门子工艺和硅烷法工艺，从产能比较上看，改良西门子工艺占总产能 80%以上，硅烷法占 10%，其它工艺占 10%以下。改良西门子工艺是从传统西门子工艺改进而成。本项目工艺技术的基本特点是：实现以安全、环保为出发点，以产品品质为核心，以节能降耗为理念，结合现有工艺流程和装备能力，采用国内外先进工艺技术，优化工艺路线，提升装备能力。

表 4-1-1 多晶硅生产工艺方案比较表

名称	硅烷流化床法	改良西门子法
原料来源	硅粉，四氯化硅，氢气	硅粉，四氯化硅，氢气
工艺复杂程度	设有冷氢化、歧化、精馏、硅烷分解、尾气回收等车间，工艺较为复杂	设有冷氢化、精馏、硅还原、整理、还原尾气回收等车间，工艺复杂
工艺成熟度	全球仅有 MEMC 和 REC 连续生产	技术先进成熟
安全性	温度压力较高，含有硅烷、氢气介质，非常危险	温度压力较高，含有氢气介质，危险
产品纯度	太阳能级以上	电子级
生产成本	15\$/kgSi	18~25\$/kgSi
生产投资	大于冶金法，小于西门子法（10000T/年多晶硅项目固定资产投资减少 1 亿\$）	投资最大
存在问题	硅烷气体是一种易燃易爆的气体，对系统的气密性要求比三氯氢硅法高，所以系统的硬件建设标准比三氯氢硅法要高，在硬件过硬的基础上加强安全生产管理，以免硅烷气体的泄露造成燃烧、爆炸事故的发生	投资大，成本较高
结论一	硅烷法流程简单，投资较少，发展前景好，	投资大，工艺流程复杂
结论二	工艺不太成熟，生产危险性高	工艺成熟可靠，发展前景好

4.1.2 氢化工艺方案比较

目前，国际上已投入工业运行的四氯化硅氢化系统主要有两种工艺：热氢化工艺和冷氢化工艺。两种氢化工艺优缺点的比较见下表 4-2-2。

表 4-2-2 两种氢化工艺比较表

	热氢化	冷氢化
技术成熟性	成熟	成熟，国内目前已有完整的生产线在运行
操作压力	0.6 MPa (G)	2.5 MPa (G)
操作温度	1250℃	550℃
反应原理	$\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2 = \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$	$\text{Si} + 3\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2 = 4\text{SiHCl}_3$
占地面积 ^{注 1}	100%	80%(减少氢化尾气回收占地面积)
建设投资 ^{注 2}	100%	90% (减少氢化尾气投资)
生产成本 ^{注 3}	100%	80%
生产维护	较易	较难
操作技术要求	一般	较高
优点	汽相反应；不需催化剂；连续；易操作和控制；维修量小；反应无硼磷杂质带入，后续的精馏更简单；蒸汽耗量低；工艺成熟，有可靠的技术来源。	硅粉加入，是普通的流化床反应；电耗低；STC 转化率高；国外装置运行时间长，国内已有运行经验，有可靠的技术来源。是多晶硅生产工艺的发展方向。
缺点	反应是电氢化还原反应，电耗高；STC 转化率低（15%~20%），多晶硅产品含 C 较高，加热用石墨棒消耗多，成本高。	是气固反应，连续操作；操作压力高；反应温度低，电耗低。对设备硬件的要求高。
电耗	4kW·h/kg·TCS	0.5 kW·h/kg·TCS

综上所述，二者各有优缺点，但后者操作成本更低。考虑公司自身滚动式发展需求，盘活存量资产，前期依托利旧一期现有热氢化设备，将 3000t/a 产能的多晶硅还原及配套装置，通过技节能降耗、技术革新和新增加冷氢化工艺替换原来的热氢化工艺并增加部分工艺装置及配套公用工程装置，达到 8000t/a 的产能，由于公司多晶硅生产工艺最终采用冷氢化技术，本可研按冷氢化工艺进行编制。

4.1.3 工艺技术方案确定

综合以上两种工艺方案，虽然硅烷流化床法，成本相对较低，但目前操作的安全性很难保证，而且，技术仅掌握在少数几家公司手上。因此，本项目采用相对成熟，相对安全的改良西门子法配套冷氢化工艺，即经过精馏提纯的三氯氢硅在纯氢

气环境下，在 1080℃ 的硅芯表面沉积，生成多晶硅，产品为棒状。还原反应后的“尾气”通过低温吸收法分离回收，分离出的氯硅烷到精馏提纯，氢气回还原炉循环使用，氯化氢返回到三氯氢硅合成车间合成三氯氢硅。从精馏分离出的四氯化硅到冷氢化反应器转化为三氯氢硅，精馏的产品三氯氢硅则到还原炉生产多晶硅。该工艺实现完全闭环生产，技术成熟，生产稳定、安全、可靠，产品质量稳定。其工艺主要特点如下：

(1) 采用先进的冷氢化技术。四氯化硅循环使用，且绝大部分可以转化为三氯氢硅，利用率高，降低了多晶硅生产的单位电耗。使多晶硅生产系统的废气、废液、废渣排放量、排放种类大大减少，环境保护从根本上得到了保证。更强化了物料的内部循环，大大减少了外购原料数量，从原料上对多晶硅质量更有保障。

(2) 冷氢化采用湿法除尘系统，污染小、除尘彻底，且能除去金属杂质。

(3) 三氯氢硅提纯装置，确保 SiHCl_3 质量关，这是满足 8 英寸以上多晶硅片质量及品质的最重要环节。

(4) 采用高效的压差耦合精馏工艺系统，降低了能耗及物料消耗。

(5) 采用大流量、高沉积速度的 36 对棒还原炉工艺技术，大幅度提高了单炉年产量，单炉产量达到 6.0 吨，降低了能耗，土建及配套设施投资降低。

(6) 采用还原尾气的干法回收技术，原料综合回收率高，分离的氢气、氯化氢产品质量高，使混合气中的各种有用物料得到最大限度回收利用，减少原材料的补给量，有利于提高多晶硅产品品质，也减少了环境污染。

(7) 采用双相可控硅的还原电气自动控制技术，提高了还原的成功率、产量和安全性。

(8) 采用还原热能综合利用技术，降低了综合能耗。

(9) 完善的产品后处理技术，全部按国际标准进行生产、净化、包装和运输。

(10) 在系统综合回收减少原料损耗的基础上，设计有完善的尾气、残液处理系统和先进的废水循环处理系统，确保了各项指标均符合国家环保要求。

(11) 采用先进的 DCS 自动控制系统，过程、产量、质量更稳定。

本项目是在内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司已有规划用地内，依托现有及已建的部分公用工程及公共设施，依托一期项目的热氢化、合成、氯碱等装置，先期新建 5000 吨的多晶硅还原及配套装置，后续再对新建 5000 吨装置进行节能降耗改造（如热氢化工艺改为冷氢化工艺等），新增部分工艺装置和公用工程，最终建

年产 13000 吨多晶硅的生产能力，从而有效的降低多晶硅单位产品电耗，实现节能降耗、降低生产成本，提高规模效应，提高企业经济效益和市场竞争力。

改造一期 8000 吨/年太阳能级多晶硅装置工艺流程由以下主要工序组成：

- 氢气制备与净化工序—V5300
- 液氯汽化工序—V5400
- 氯化氢合成工序—V5500
- 三氯氢硅合成工序—V1200
- 冷氢化工序—V1000
- 氯硅烷精馏工序—V1300
- 氯硅烷贮存工序—V1400
- 还原工序—V1500（含硅芯制备及产品整理）
- 尾气回收工序—V9200
- 废气处理工序—V9100
- 废水处理工序—V8100

4.2 工艺流程简述

1) 氢气制备与净化工序—V5300

在电解槽内脱盐水经电解制得氢气。电解制得的氢气经过冷却、分离液体后，进入除氧器，在催化剂的作用下，氢气中的微量氧气与氢气反应生成水而被除去。除氧后的氢气通过一组吸附干燥器而被干燥。净化干燥后的氢气送入氢气贮罐，然后送往氯化氢合成、还原及氢化工序。

电解制得的氧气经冷却、分离液体后，送入氧气贮罐。出氧气贮罐的氧气送去装瓶或放空。

2) 液氯汽化工序—V5400

外购的液氯钢瓶运送入本工序厂房内实瓶区存放，使用后的液氯钢瓶吊运至空瓶区存放并定期运出。

从钢瓶放出的液氯，引入液氯汽化器内被热水加热而汽化。汽化生成的氯气经过氯气缓冲罐，然后送往氯化氢合成工序。

为保证安全，本工序设置有一套主要由废气处理塔、碱液循环槽、碱液循环泵和碱液循环冷却器组成的含氯废气处理系统。若有氯气从液氯钢瓶或液氯汽化系统泄漏到空气中，区域内的含氯空气可被抽入废气处理塔，用氢氧化钠水溶液洗涤除

去气体中的氯。必要时，液氯汽化系统设备、管道内的氯气也可以送入废气处理塔内用碱液洗涤除去。废气处理系统保持连续运转，以保证可以随时接收并处理含氯气体。

3) 氯化氢合成工序—V5500

从氢气制备与净化工序来的氢气引入氯化氢合成炉底部的燃烧枪。从液氯汽化工序来的氯气经氯气缓冲罐，也引入氯化氢合成炉的底部的燃烧枪。氢气与氯气的混合气体在燃烧枪出口被点燃，经燃烧反应生成氯化氢气体。出合成炉的氯化氢气体流经冷却后，被送往三氯氢硅合成工序。

为保证安全，本装置每条生产线设置有一套主要由两台氯化氢降膜吸收器和两套盐酸循环槽、盐酸循环泵组成的氯化氢气体吸收系统，可用水吸收装置因负荷调整或紧急泄放而排出的氯化氢气体。该系统保持连续运转，可随时接收并吸收装置排出的氯化氢气体。

5) 三氯氢硅合成工序—V1200

原料硅粉经氮气输送，通过硅粉缓冲槽而被卸入硅粉加料槽。用氢气置换加料槽内的气体并升压至与下方平衡后，硅粉用安装于加料槽底部的供料阀送入三氯氢硅合成炉进料管。

从氯化氢合成工序来的氯化氢气，与从尾气回收工序送来的循环氯化氢气混合后，引入三氯氢硅合成炉进料管，将管内的硅粉挟带并输送，从底部进入三氯氢硅合成炉。

在三氯氢硅合成炉内，硅粉与氯化氢气体形成沸腾床并发生反应生成三氯氢硅，同时生成四氯化硅、二氯二氢硅、金属氯化物、聚氯硅烷、氢气等产物，此混合气体被称作三氯氢硅合成气。该反应大量放热。合成炉外壁设置有水夹套，通过夹套内水的汽化带走热量以维持炉壁的温度。

出合成炉顶部挟带有硅粉的合成气，进入由二级喷射器组成的除尘系统，用冷凝的氯硅烷液体洗去部分夹带的硅粉后，送入汽提塔内，继续用氯硅烷液体洗涤，气体中的部分细小硅尘被洗下。除去了硅粉而被净化的合成气中，除了氯硅烷之外，还含有氯化氢和氢气。用冷剂将氯硅烷冷凝下来，部分返回汽提塔用于洗涤，部分送氯硅烷贮存工序；不凝的废气送往废气处理工序。

洗涤后的氯硅烷含有硅粉颗粒，送往密闭压滤机进行压滤，滤渣送废水处理工序处理，滤液则返回汽提塔循环使用。

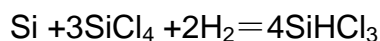
6) 冷氢化工序—V1000

工业级硅粉通过硅粉气体输送装置送至硅粉干燥器，干燥后排入硅粉中间仓。硅粉在硅粉中间仓中由氢气带入冷氢化炉(流化床)中。

提纯后的四氯化硅经过加压、预热后送至四氯化硅汽化器，汽化后的四氯化硅气体经过加热器进一步加热后送至冷氢化炉(流化床)中。

循环氢气和补充的新鲜氢气经各自的压缩机加压后混合，按与硅粉规定比例经过预热器、加热器加热后与四氯化硅一起送至冷氢化炉(流化床)中。

在冷氢化炉(流化床)内硅粉与四氯化硅与氢气发生气固流化反应，主要化学反应方程式如下：



反应后的氯硅烷混合气体经过急冷除尘系统，以除去反应气体中夹带的细微硅粉颗粒及催化剂颗粒，同时使反应气体得到了降温。在此过程中，反应产物分为气相及液相两种不同的相态。

其中气相经过冷凝器冷凝气液分离，冷凝液回收得到主要为氯硅烷的混合液，送入粗馏提纯工序分离，不凝气而主要组份为氢气，经循环氢气压缩机加压循环使用。

急冷除尘系统的液相部分是含有硅粉及催化剂固态颗粒的氯硅烷液体，该部分液体经过浓缩，将固含量提升至 20%（质量），然后排出合成系统，进入渣浆处理系统，在渣浆处理系统内，通过一系列的蒸发干燥，将该物料浓缩成固含量为 90% 的膏状物，膏状物用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液进行水解，水解物经中和压滤作为工业垃圾处理。此过程蒸发出的氯硅烷经冷凝回收，作为生产原料重新进入冷氢化系统。

7) 精馏及歧化

三氯氢硅的精馏原理为：利用原料各种组分或成分在一定压力、温度下挥发度不同的特点，采用高效筛板塔或填料塔进行有效分离，最终得到产品纯度满足电子级要求的三氯氢硅产品。

精馏是保障多晶硅产品质量的最重要环节，只有在此环节对三氯氢硅中的杂质进行有效、彻底的分离，才能保证还原多晶硅的内在质量。三氯氢硅的精馏技术在国内已有多年成功的生产运行经验，技术成熟可靠。

精馏工段包括氯硅烷重分塔、TET 提纯塔，氯硅烷轻分塔、DCS 反歧化、TCS 高纯精馏塔组、回收氯硅烷精馏塔。

来自冷氢化工序的急冷塔的氯硅烷进氯硅烷重分塔，进行 TET 的分离，塔顶出料经冷却冷凝器冷凝，冷凝液进入冷凝液罐经回流泵一部分送至塔顶作为回流，另一部分送至 TCS 轻分塔，塔顶的不凝气经废气总管进入三废处理单元，塔釜的四氯化硅进入 TET 提纯塔提纯。

含有杂质的 TET 进入 TET 提纯塔后。塔顶出料经冷却冷凝器冷凝，冷凝液进入冷凝液罐经回流泵一部分送至塔顶作为回流，一部分采出液为高纯 TET，去 TET 冷氢化工序和来自罐区的 TET 一起进行氢化反应。塔釜含有少量杂质的 TET 进入罐区外卖氯硅烷储罐。

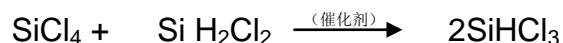
来自氯硅烷重分塔塔顶的氯硅烷进入氯硅烷轻分塔，进行 TCS 和 DCS 的分离，塔釜的 TCS 经过分离后三氯氢硅的含量>99.9%，再进入 4 个串联的精馏塔提纯。

塔顶的含少量 TCS 的 DCS 和来自 TET 罐区的 TET 一起进入反歧化塔，进行歧化反应，歧化反应后的氯硅烷经过一个分馏塔进行分离，塔顶的富含 B 杂质的轻组分送到罐区外卖氯硅烷储罐，塔釜含 TCS、TET 的氯硅烷返回合成氯硅烷重分塔重新分离。

TCS 高纯精馏塔组由是 4 个串联的精馏塔（TCS 脱低 I 塔、TCS 脱重 I 塔、TCS 脱低 II 塔、TCS 脱重 II 塔）组成，来自 TCS 轻分塔的>99.9%的 TCS 通过 4 塔精馏后，TCS 的纯度为 99.99999%，送到高纯 TCS 储罐，再送到还原工序，塔顶和塔釜收集的纯度较低的 TCS 汇集到一个中间罐，再返回氯硅烷轻分塔回收 TCS。

来自尾气回收工序的氯硅烷进入氯硅烷分馏塔。塔顶出料经冷却冷凝器冷凝，冷凝液进入冷凝液罐经回流泵一部分送至塔顶作为回流，分离 TET 的 TCS 进入下一级精馏塔提纯后，进入高纯 TCS 储罐供还原使用。

精馏分离出来的二氯二氢硅送至歧化反应工序，四氯化硅和二氯二氢硅按一定比例混合后进行预热至约 80℃进入反歧化反应器，其主要反应：



8) 氯硅烷贮存工序—V1400

本工序设置以下贮槽：100m³ 粗氯硅烷贮槽、100m³ 精制三氯氢硅贮槽、100m³ 精制四氯化硅贮槽、100 m³ 排放地槽、20 m³ 安全阀排放槽等。

从三氯氢硅合成工序分离得到的粗氯硅烷液体，送入粗氯硅烷贮槽中贮存，然后作为原料送至氯硅烷精馏工序的粗馏塔。

在氯硅烷精馏工序得到的精制三氯氢硅，送至精制三氯氢硅贮槽，与来自尾气

回收工序的循环三氯氢硅合并后，作为原料送至还原工序的还原炉中。

9) 还原—V1500

来自氯硅烷贮存工序的精制三氯氢硅，送入本工序的三氯氢硅汽化器，被蒸汽加热汽化。从三氯氢硅汽化器来的三氯氢硅气体，与氢气一起送入还原炉内。在还原炉内通电的炽热硅芯/硅棒的表面，三氯氢硅发生氢还原反应，生成硅沉积下来，使硅芯/硅棒的直径逐渐变大，直至达到规定的尺寸。氢还原反应同时生成二氯二氢硅、四氯化硅、氯化氢和氢气，与未反应的三氯氢硅和氢气一起送出还原炉，送往尾气回收工序进行回收。主要反应式如下：



定期开炉卸出多晶硅棒，安装硅芯。多晶硅棒送去破碎、清洗、包装。

还原炉炉筒夹套通入热水，以移除炉内炽热硅芯向炉筒内壁辐射的热量，维持炉筒内壁的温度。出炉筒夹套的高温热水送往热能回收工序，降温后循环回本工序各还原炉夹套使用。

硅芯制备与产品整理

①多晶硅块生产工艺

太阳能级多晶硅块处理工艺：从还原工序送来的成品硅棒运至破碎准备间，首先采用专用金属榔头去除石墨头，再将硅棒放至破碎间的抗冲击操作台上，其表面需设防震措施，周边有 50~100mm 围堰，自带抽风除尘装置且一端设分选筛并有 10 度的倾斜。对硅棒进行破碎，完成破碎的硅块由人工推入分选筛中，使硅块的线长在 6~100mm，不合格的硅块重新破碎。完成分选后的合格多晶硅块送至包装工序。

②硅芯生产工艺

硅芯料送至硅芯拉制工序，经硅芯炉拉制成 $\phi 8 \times 2500$ 的硅芯。拉制好的硅芯经切割、钻孔、打磨、喷砂、清洗等工序后测其电阻率，最后送至硅芯酸洗间酸洗干燥。硅芯的存放和运输：经过腐蚀清洗和烘干的硅芯用洁净塑料袋密封包装，按 1 炉 1 包存放于硅芯货架中备用。

10) 尾气回收工序—V9200

尾气来自还原工序，经过一系列的冷却冷凝器，大部分的氯硅烷冷凝为液体，送至 HCl 蒸馏塔。不凝气体送至压缩机提压至 1.3MPaG，经冷却器后送至 HCl 气

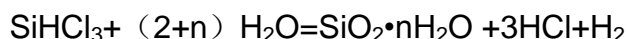
体吸收塔，用大量的氯硅烷洗涤 HCl。未被吸收的氢气送至吸收塔提纯氢气，提纯后的氢气纯度为 99.9995%(v)，可以直接返回还原工序继续参与反应。HCl 气体被氯硅烷吸收送至 HCl 蒸馏塔进行分馏，HCl 从塔顶出来送至冷氢化工序，氯硅烷由塔釜排出一部分送至 HCl 吸收塔吸收 HCl 气体，其他送至精馏工序进行 TCS 和 TET 分离回收。氢气吸附塔需要定期进行再生，再生废气经压缩机后返回回收系统，产生的废液排至收集槽。

11) 废气和残液处理工序—V9100

① 废气

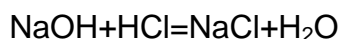
精馏工序各精馏塔顶排放的含氯硅烷、氮气的废气，及含氯硅烷、氢气、氮气、氯化氢的多晶硅还原炉置换吹扫气和多晶硅还原炉事故排放气，通过废气总管进入三废处理单元，来自废气总管的废气依次通过一级淋洗塔，二级淋洗塔，水封罐后达标排放。

一级淋洗塔：采用回用的循环水排污水洗涤，大大降低了新鲜水的消耗。废气中的氯硅烷（以 SiHCl_3 为例）和氯化氢与水发生以下反应而被除去：



含二氧化硅水合物通过泵加压后，经过一级板框压滤机压滤，压滤后的酸性水循环回水解塔继续使用，通过向水解系统补充定量的新鲜水，保持循环液的 pH 值稳定在 3~4 之间，多余的酸性水进入 pH 中和罐和来自循环碱洗塔排除的稀碱液中和 pH 到达 6~9 后，再经过二级板框压滤机压滤，压滤后的废水达标后排放进入园区的污水处理厂。

二级淋洗塔：采用稀碱液循环洗涤，吸收废气中的 HCl 气体



通过向循环洗涤塔补加 32% 的烧碱液维持碱洗塔的碱度，同时将部分稀碱液排放到 pH 中和罐进行废水中和。洗涤后的废气中含有少量的碱液，通过一个经水封罐洗涤后达标排放放空。

烧碱液来源为鄂尔多斯工业园区氯化氢制备装置副产的烧碱。

② 废液

本项目主要废液为冷氢化装置排放的含高沸物、硅粉的硅烷，主要组成为四氯化硅（7%wt）、其他杂质（93%wt）。含硅烷废液通过水解生成稀盐酸溶液及二氧化硅水合物，然后进入废水处理单元，经压滤机压滤酸性废水进入 pH 中和罐进行

中和，合格后送至园区污水处理站。

通过压滤机压滤的固体二氧化硅废渣通过填埋处置。

12) 废水处理工序—V8100

来自废气处理工序的废酸和废碱、来自渣浆处理单元废液在此工序进行混合、中和后，加入絮凝剂进行絮凝，然后用压滤机进行压滤。滤渣（主要为 SiO₂、硅粉等）送渣厂堆埋。滤液主要为 CaCl₂ 和少量 NaCl 溶液，将进行蒸发、浓缩和结晶。蒸发冷凝液循环利用（配置石灰水和 NaOH 溶液），结晶得到的固体氯化钙等送渣厂堆埋（或回收利用）。

来自硅芯制备和产品整理的少量废氢氟酸和废硝酸，用碱液中和后，生成的氟化钙和硝酸钙溶液，然后用压滤机进行压滤。滤渣（主要为氟化钙）送渣厂堆埋。将滤液蒸发、浓缩和结晶。蒸发冷凝液循环利用（配置石灰水），结晶固体氟化钠和硝酸钠等送渣厂堆埋。

4.3 装置消耗定额

经节能技改技术，形成 8000 吨/年多晶硅产能，整个生产装置消耗定额如下表 4-3-1。从表中可以看出，各项指标均大大优于技改前装置消耗定额。

表 4-3-1 年产 8000 吨多晶硅装置消耗定额表

名称	主要规格	单位	每公斤多晶硅产品消耗定额	消耗量			备注
				小时(正常)	小时(最大)	年(平均)	
原料、燃料、辅助材料							
工业金属硅	Si≥99%	kg	1.130	1130			
液氯	一级品，Cl ₂ ≥99%，H ₂ O≤0.04%，NCl ₃ ≤0.002%，不挥发残渣≤0.015%.	kg	0.2471	247.1			
NaOH	固碱	kg	0.008	8			
生石灰		kg	0.1949	194.9			
公用工程							
循环水	0.3MPa(G)	m ³	10	10000			
氢气	2.0MPa(G), H ₂ ≥99.999%	Nm ³	0.125	125			

名称	主要规格	单位	每公斤多晶硅产品消耗定额	消耗量			备注
				小时(正常)	小时(最大)	年(平均)	
氮气	0.7MPa(G), N ₂ ≥99.999%, O ₂ ≤5ppm, 露点< -50℃	Nm ³	3.600	3600			考虑系统置换、现场紧急情况
压缩空气及仪表空气	0.6MPa(G), 露点< -40℃, 无油及机械杂质	Nm ³	1.800	1800			
蒸汽	1.0MPa(A), 正常工况	t	0.030	30			
电		kWh	100				

4.4 项目工艺技术分析

本项目针对鄂尔多斯多晶硅业现有多晶硅生产系统状况进行节能技改，提升产能，节能降耗，并提高产品质量。采用国内外先进成熟的多晶硅生产工艺技术及装备水平，结合现有主工艺装置及公辅设施的技术水平和装置能力，进行优化核算，充分利旧现有的装置和设备，减少投入。能力不足的考虑新增装置或设备，实现产能需求，降低生产成本。

本次技改项目主要技术方案如下：

1. 多晶硅还原技术：采用当前先进的还原技术，对原有的 18 台 18 对棒还原炉进行优化升级，对配套的电器、管道、仪表等进行改造，将原有的 3000 吨/年产能扩大至 3500 吨/年，还原直接电耗由 90kWh/kg-Si 降至 65kWh/kg-Si；采用当前主流、成熟稳定的 36 对棒还原炉炉型和相配套的电器、工艺及辅助设施，增加 8 台 36 对棒还原炉，增加 4500t/a 产能，实现总产能 8000t/a。

2. 氯硅烷精馏提纯技术：采用先进稳定的提纯技术，对现有的提纯塔进行优化改造，结合产能需求，增加部分提纯塔。根据热品质以及提纯物料的特性，采用先进的差压热耦合节能技术，节约能源，降低消耗。

3. 四氯化硅冷氢化技术：采用冷氢化技术替代现有的热氢化技术，以降低能耗，增大系统的稳定性。本项目选用四氯化硅流化床冷氢化技术，当前国内外最大处理能力达到了 15 万吨/年 TCS，此项技术成熟稳定，根据本次技改多晶硅产能 8000t/a 选择冷氢化装置能力为 12 万吨/年（设计最大能力可达 18 万吨/年）。

4. 尾气干法回收工艺技术：压缩后由原来的 1.6MPa，降至 1.3MPa，降低了

压缩机的功耗；停用-70℃复叠式冷冻机组，节省了大量的电耗。。

5. 热能回收利用技术：原有的还原高温热水采用直接冷却后，返回还原炉降温，热量大大损耗。本项目考虑将还原的高温水余热进行回收利用，回收的热量供提纯工序利用，余热得到合理、高效回收利用。

6. 冷冻系统采用梯级热交换方式，使冷量得到充分利用，降低能耗。

7. 大型节电还原炉生长多晶硅工艺，还原系统采用高压启动、多晶硅生产全过程采用计算机集成控制，新增运行稳定的 36 对棒还原炉装备来提高系统产能。

8. 二氯二氢硅回收利用工艺技术，解决规模生产大量低沸物处理问题，采用反歧化系统回收副产物二氯二氢硅。

9. 全厂尾气综合回收技术：全厂尾气根据尾气的成份和回收成本等方面综合考虑，进行分类回收，以降低物耗，从而降低生产成本。

改造一期方案主工艺流程简图如下图 4-4-1 所示，改扩流程中充分利用还原系统的余热，用作精馏提纯系统的热源；提纯系统采用差压热耦合技术，以降低能耗；四氯化硅氢化采用低能耗、效率高、安全稳定的冷氢化技术；尾气回收系统充分利用旧现有的装置，进行节能改造，降低能耗，同时提升产品质量，物料平衡见附图三。

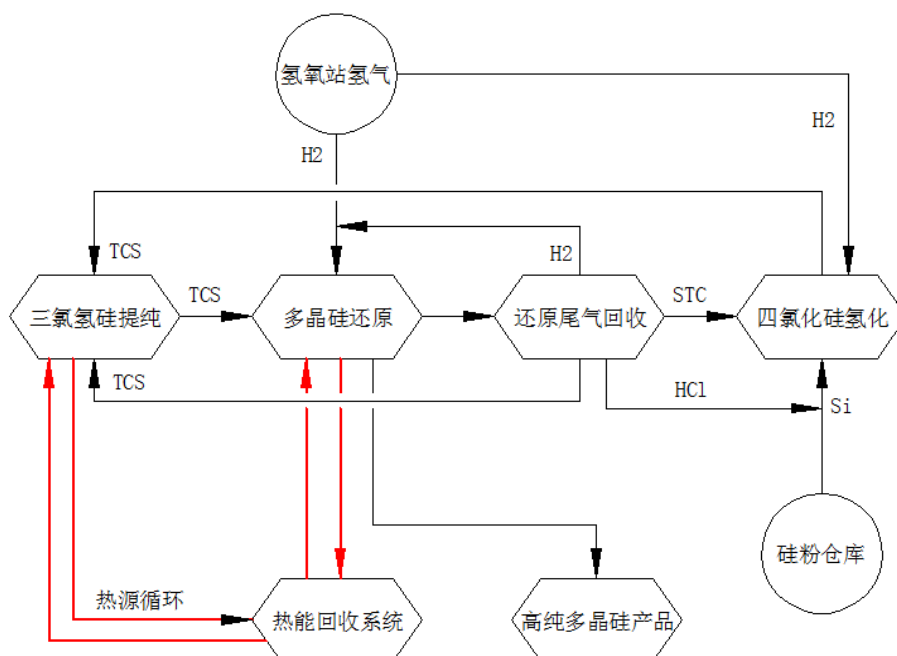


图 4-4-1 改造一期生产工艺流程图

4.5 项目改扩方案说明

4.5.1 提纯工艺改扩方案

4.5.1.1 设计理念

(1) 提纯工艺参数、流程最优化

本项目结合当前知名企业及设计院氯硅烷精馏提纯的研发、设计、运营等经验，采用最合适的回流比和操作工况，达到产品品质要求；同时精简塔组流程，最大限度的优化塔的配置和配套的设备数量、规格，最大限度的降低提纯能耗，达到节能降耗的目的。

(2) 充分利用差压热耦合技术，降低能耗

在生产稳定和可操作性的前提下，运用多塔、多方式差压热耦合技术，降低能耗。

(3) 最大限度利旧已有装置和设备

充分考虑已有的设备和装置，让低效资产增效增值，减少新购设备数量，降低投资。

4.5.1.2 提纯技改内容

(1) 对已有塔组流程、塔内件、物料特点，对工艺流程、装备能力进行核算，合理分配塔组，以满足产能需求，同时充分考虑已有的设备和装置，减少投资。

(2) 新增粗馏塔、精馏塔等塔组，以满足年产 8000 吨多晶硅的产能需求。

(3) 在生产稳定和可操作性的前提下，运用多塔、多方式差压热耦合技术。提纯塔组中精馏塔、粗馏塔、干法精馏塔、回收塔和反歧化塔均采用差压热耦合技术，提纯能耗降低 40~50%，节水 40%。

4.5.1.3 提纯工艺技术方案

8000t/a 多晶硅提纯工序新增加 5 个塔，利旧 8 个塔，分别为初分塔、粗馏塔、精馏塔、回收塔和干法精馏塔等，新增和利旧情况见下表。

表 4-5-1 塔组新增和利旧情况

序号	塔组种类	塔组	备注
1	冷氢化初分塔	03T0001	新增（1 个）
2	脱轻塔	原粗馏 1（02T0101）	利旧（1 个）
3	粗馏塔组	03T0101、03T0102、03T0103	新增（3 个）
4	精馏塔组	原粗馏 2 和 3 塔 （02T0102、02T0103）	利旧（2 个）

序号	塔组种类	塔组	备注
5	高低沸回收塔	原高低沸回收塔 (02T0104、02T0105)	利旧 (2 个)
6	还原干法提纯塔 1	03T0104	新增 (1 个)
7	还原干法提纯塔 2	原 AK120 (技改)	利旧 (1 个)
8	反歧化反应精馏 1 塔	原 AK500 (技改)	利旧 (1 个)
9	反歧化反应精馏 2 塔	原 AK200 (技改)	利旧 (1 个)
	合计		

各种类型塔组的工艺简介如下：

(1) 初分塔 03T0001

冷氢化初分塔处理氢化冷凝料，由 1 个塔组成，为新增设备，流程为塔釜采出四氯化硅返回氢化工序，塔顶料到脱轻塔，残液进残液回收系统。

(2) 脱轻塔 02T0101

来自初分塔的塔顶料经脱轻塔，将二氯二氢硅分离送入反应歧化塔，三氯氢硅送入粗馏塔组（03T0101、03T0102、03T0103）。

(3) 粗馏塔组 03T0101、03T0102、03T0103

粗馏塔组主要处理氢化粗馏塔经脱轻后的产品，由 3 塔组成，均为新增设备，流程为：脱重→脱轻→脱重，高沸物和低沸物返回高低沸回收塔(02T0104、02T0105)进一步回收。

节能措施：3 塔差压热耦合、原料与产品双效换热。

(4) 精馏塔组 02T0102、02T0103

精馏塔组主要处理粗馏塔的产品，由 2 塔组成，均为利旧设备，流程为：脱轻→脱重，最终满足还原炉使用要求。

节能措施：2 塔差压热耦合、原料与产品双效换热。

(5) 高低沸回收塔 02T0104、02T0105

回收塔处理粗馏塔高沸物和低沸物，由一组塔组成，利用原粗馏二级塔和三级塔，流程为脱轻-脱重，回收产品。

节能措施：2 塔差压热耦合、原料与产品双效换热。

(6) 干法精馏塔 03T0104、原 AK120

干法塔处理还原尾气干法回收料，由 2 塔组成，利旧原尾气回收塔 AK120，

新增 1 个塔，干法精馏产品满足进还原要求，低沸物进分离塔进一步回收，高沸物四氯化硅送入氢化工序或反歧化工序。

(7) 反歧化反应精馏塔 AK500、AK200

反歧化反应精馏塔，由 2 塔组成（AK500 和 AK200），均为利旧，反歧化产品进精馏塔或满足要求后进还原炉。

4.5.2 还原工艺扩方案

原有多晶硅还原系统设计产能为年产 3000 吨多晶硅，全部为德国新泰克 18 对棒还原炉，使用的硅芯规格为 2.0m 高的圆硅芯；其生产流程为集中供气的生产模式，即汽化器单独汽化高纯三氯氢硅获得的三氯氢硅气体分别进入到单台还原炉的分气柜内，与常温氢气进行混合得到指定配比的混合气进入到李比希管内进行升温，升温后的混合气进入到还原炉内，作为多晶硅气相沉积的原料。

还原尾气进入到李比希管内给混合气升温后，然后直接进入后续干法尾气回收系统，送往干法回收系统的还原尾气温度相对较高。

还原系统采用高温水作为冷却介质的有还原炉底盘及还原炉钟罩，供水温度为 90℃，出水温度为 130℃，该品质的高温水热利用效率相对较低，基本都是通过空冷器直接冷却，因此还原炉副产的热量未得到有效的回收。

现有多晶硅前后处理有专门的厂房，设计时处理能力大，空间布置满足扩产需求，因此本次技改过程中前后处理车间不需要做任何调整，能够满足年产 8000 吨多晶硅的处理需求。

4.5.2.1 技改思路

(1) 在充分利用已有装置的能力下，通过优化工艺及新增装备，实现还原系统的扩能降耗。针对现有的 18 台 18 对棒还原炉，对工艺系统和装备能力进行核算和优化，实现产能提升、能耗降低。在满足优化的基础上，充分利旧现有的设备和管道、仪表和电气等条件，以实现投资最小化。

(2) 为满足 8000 吨/年多晶硅产能需求，在核算原有还原炉产能条件下，新增 8 台当前技术指标先进、运行稳定的 36 对棒还原炉，并配套相应的设施。

4.5.2.2 技改内容

(1) 对现有的 18 台 18 对棒还原炉进行优化改造，将产量由 3000 吨/年提升至 3500 吨/年，还原电耗由 90kWh/kg-Si 降至 65kWh/kg-Si 以内，表观质量小于 20% 菜花料。并对其配套的工艺、仪表及电器等进行优化改造。

(2) 充分利用原有 18 对棒还原炉炉筒 130℃出水，供提纯等工序使用，降低蒸汽消耗。

(3) 新增 8 台硅芯有效高度为 2.8m 的 36 对棒还原炉及相配套的设施，新增 600 吨/年的产能，还原电耗 50kWh/kg-Si，表观质量小于 20%菜花料。新增设备放置在拆迁完的氢化炉位置，厂房承重进行核算加固，确保满足新增设备的使用需求。

(4) 新增 36 对棒还原炉炉筒 145℃进水 165℃出水，闪蒸 3Kg 蒸汽后供提纯等工序使用，降低蒸汽消耗。

4.5.2.3 工艺方案

在满足生产工艺的前提下，尽可能多的回收系统副产的热量是新工艺流程的特点，具体的工艺流程框图如下图所示：

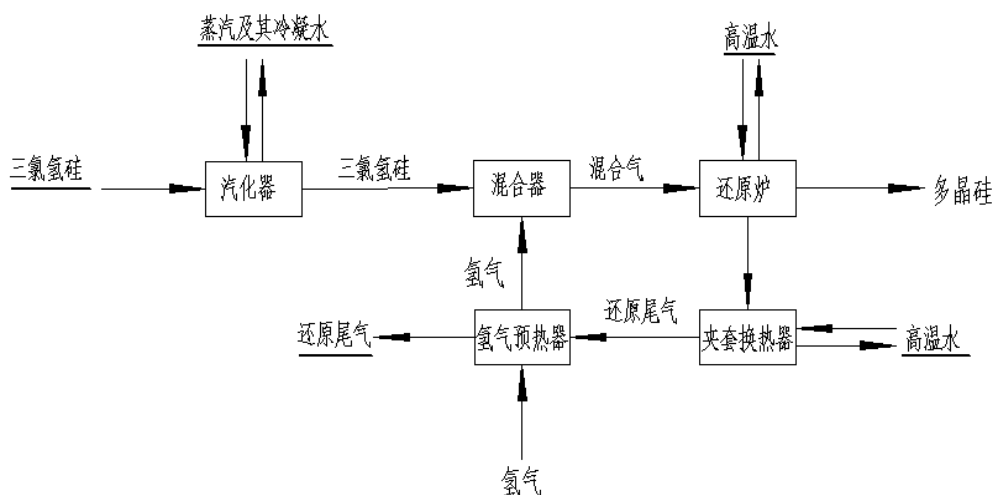


图 4-5-4 还原工艺流程图

该工艺流程描述如下：高纯三氯氢硅经泵输送至汽化器内，蒸汽作为加热热源，三氯氢硅汽化为气体进入到管道混合器内，与来自氢气预热器的氢气在管道混合器内均匀混合后，进入还原炉，在还原炉内炽热的高温载体硅芯上进行气相沉积获得高纯多晶硅，同时未反应完全的三氯氢硅和反应过程中副产的四氯化硅、二氯二氢硅、氯化氢以及氢气构成还原尾气，还原尾气从还原炉的出气管排出还原炉内，通过夹套管换热器及氢气预热器逐步递级降温，回收还原尾气所携带的热量，降温后的还原尾气进入到后续的干法回收工序。

4.5.3 干法回收工艺改扩方案

基于“用最少的投入实现鄂尔多斯多晶硅 8000t/a 稳定低能耗运行”的原则，尽可能利旧使用或改造原有设备，对原尾气回收技改后降低了能耗：

(1) 压缩后由原来的 1.6MPa，降至 1.3MPa，降低了压缩机的功耗。

(2) 停用-70°C复叠式冷冻机组，节省了大量的电耗。

4.5.4 氢化工艺改扩方案

4.5.4.1 产能匹配

本项目副产物四氯化硅的处理方式采用冷氢化方式。年产 8000 吨多晶硅将副产四氯化硅 14.7 万吨，新增一条 12 万吨/年冷氢化生产线(最大产能 15 万吨/年)，可将副产的四氯化硅全部转化完成。

4.5.4.2 工艺技术方案

四氯化硅氢化工序采用当前技术成熟、安全稳定的大型流化床技术。其工艺流程描述：

(1) 硅粉进料系统：硅粉输送采用正压密相输送系统输送，由硅粉仓库硅粉输送装置在氮气氛围下将硅粉输送至流化床车间内高处的低压进料罐，然后在重力作用下进入高压进料罐，置换合格后冲压至高压，通过气体和自身重力下送至氢化反应器内。

(2) 四氯化硅与氢气混合预热系统：四氯化硅从罐区经过四氯化硅输送泵送至气液换热器、四氯化硅预热器，预热至一定温度后，进入四氯化硅蒸发器转化为气相四氯化硅。通过流量连锁控制四氯化硅气体量，与来自压缩机的循环氢气流量连锁，使四氯化硅与氢气的配比控制在 1:2。二者混合后直接送至过热器进一步加热至 320°C后，与氢化反应器出口的高温尾气通过气气换热器进行换热，换热后的气体进入混合器预热炉电加热至氢化反应所需的温度，进入氢化反应器。

(3) 氢化反应：来自步骤(1)的硅粉和步骤(2)的高温四氯化硅和氢气混合气体在氢化流化床反应器中进行氢化反应，产生的氢化尾气进入气气换热器换热降温至 350°C左右后直接进入急冷塔。

(4) 尾气急冷除尘除杂系统：含有固体颗粒及金属杂质的氢化尾气进入急冷塔，与急冷塔内液体充分热质接触，净化除尘后进入塔顶空冷器，空冷至 60°C。冷凝后的液体部分回流至急冷塔，急冷塔底部排放的残液经残液回收装置将氯化硅回收，固体渣送至三废处理。经过空冷后的气体进入后续的多级冷凝系统。

(5) 多级冷凝回收系统：来自步骤(4)的气体，经过水冷、双效换热、深冷后，从中分离出来的氢气进入循环氢气压缩机压缩后循环使用，冷凝下来的氯硅烷

液体送至提纯塔。

(6) 气体压缩系统：来自步骤(5)的氢气进入循环氢压机进口缓冲罐，与外界补充的氢气混合后送至循环氢气压缩机压缩至 3.3MPa，经循环氢气压缩机出口缓冲罐去往步骤(1)。

(7) 冷凝料粗馏系统：来自步骤(5)的氢化冷凝料经两级塔进行提纯分离，分离出来的四氯化硅返回至步骤(2)，分离的三氯氢硅和二氯二氢硅送至提纯装置的精馏塔和二氯二氢硅分离塔进一步分离。

4.5 多晶硅装置主要设备的选择

4.5.1 设备选择原则

由于此项目要求产品纯度很高，因此对设备材料有严格要求。为了保证产品品质，整个工艺过程装置中与高纯介质接触的设备材质均选用 316L 或非金属材料，以保证介质不被污染或介质腐蚀设备。

如果三氯氢硅和四氯化硅两种主要工艺介质遇水，会生成盐酸。盐酸对设备会造成严重腐蚀，造成设备泄漏和报废。这种危险主要存在于换热器中，因为换热管和管板虽然采用胀接+焊接的形式连接保证连接强度，但由于焊接残余应力和热膨胀等因素，可能会造成管板处出现泄漏。一旦泄漏，设备报废，工艺介质被污染。换热器无法避免管板处出现泄漏，因此采用双管板结构解决这种问题。采用这种结构后，不论两个管板中哪个发生泄漏，都可以及时通过监测报警或及时排放，不会对设备产生危害或污染介质。

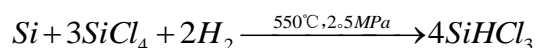
根据本装置的特点，泵类产品大部分采用磁力泵、屏蔽泵、离心泵，材料为碳钢、不锈钢。其中氢气压缩机、冷氢化炉为工艺关键设备，应考虑进口或选用国内质量较高的产品。

本项目冷氢化工序主要关键设备由国外进口或采用国内高品质产品。

4.5.2 主要关键设备介绍

(1) 冷氢化炉(流化床)

冷氢化炉(流化床)是冷氢化工序的主要设备，也是整个冷氢化工艺的核心设备。该设备内发生的主要反应为：



反应的主要原理是四氯化硅蒸汽与氢气按一定比例混合进入冷氢化炉，将反应器内硅粉吹起达到流化状态，在 550℃、2.5MPa(G)条件下将部分四氯化硅转化

为三氯氢硅。由于反应条件和反应介质的特殊性，需要采用耐高温铬镍铁 800H 制成，800H 具有良好的耐腐蚀性，在高温状态下运行，能保持很好的机械强度；其主要功能用于给氢气、四氯化硅和工业硅提供反应环境；因此该设备由国外进口。

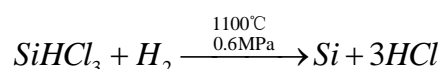
(2) 急冷塔

急冷塔是冷氢化炉后续设备，主要作用是将冷氢化炉出来的反应气中携带的硅粉和高沸物洗涤下来，同时将反应气温度降至 200℃ 左右，从而达到除尘降温的作用。由于该设备操作条件和物料的特殊性，需要采用内衬耐高温铬镍铁 800H，母材 A387 制成，其功能为：急速降低自身温度，使大量汽化的液体冷却凝结；因此该设备需由国外进口。

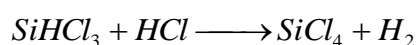
(3) CVD 沉淀反应器（还原炉）

沉淀反应器（还原炉）是整个装置的核心设备，目前国内设备已能满足要求。

该设备内发生的主要化学反应方程式：



副反应：



反应器的主要原理就是在高温的环境中，用氢气将三氯氢硅中的硅还原成硅单质。副反应生成的氯硅烷经分离后进入冷氢化工序。

(4) 换热器（尾气与进料换热）

鉴于冷氢化工艺的特殊要求，冷氢化工序所用的尾气与进料换热器是工序的关键设备，需要采用耐高温铬镍铁 800H 制成，其功能为：用反应尾气加热进冷氢化炉物料温度，同时降低自身温度；目前国内无法制造，仍然需要由国外进口。

(5) 循环氢压缩机

循环氢压缩机为无油润滑压缩机，气缸排布形式 W 型，一级压缩机，排气量 25000 方/小时；该设备是保证冷氢化工序连续、稳定运行的主要控制设备之一，国内设备可满足工艺的可靠性、稳定性要求，该设备由国内生产。

(6) 新鲜氢压缩机

新鲜氢压缩机为无油润滑压缩机，气缸排布形式 V 型，两级压缩机，排气量 3000 方/小时；该设备是保证冷氢化工序连续、稳定运行的主要控制设备之一，国内设备已满足工艺的可靠性、稳定性要求，该设备由国内生产。

(7) 其余主要设备

本项目其余的主要设备由国内采购成套设备或国内加工而成。

4.6 设计、选型原则

对于国内采购、制造的设备，应采用相应国家标准及规范。

(1) 静设备拟采用标准化的情况

特种设备安全监察条例（2003）

国家质量技术监督局“压力容器安全技术监察规程”	（1999 年版）
热换热器	GB151-2014
塔式容器	NB/T47041-2014
钢制塑料衬里塔式容器技术条件	HG/T4277-2011
钢制焊接常压容器	JB/T4735.1-2009
卧式容器	NB/T47042-2014
立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范	GB50341-2014
钢制化工容器设计基础规定	HG/T20580-2011
钢制化工容器材料选用规定	HG/T20581-2011
钢制化工容器强度计算规定	HG/T20582-2011
钢制化工容器结构设计规定	HG/T20583-2011
钢制化工容器制造技术要求	HG/T20584-2011
钢制低温压力容器技术规定	HG/T20585-2011
压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类	HG20660-2000
压力容器焊接规程	NB/T 47015-2011
承压设备无损检测	JB/T4730.7~9-2012
承压设备无损检测 第 10 部分:衍射时差法超声检测	JB/T 4730.10-2010
钢制对焊无缝管件	GB/T12459-2005
衬不锈钢人、手孔分类与技术条件	HG/T 21594-2014
常压不锈钢人孔	HG 21595-1999
回转盖衬不锈钢人孔	HG/T 21596-2014
回转拱盖快开衬不锈钢人孔	HG/T 21597-2014
水平吊盖衬不锈钢人孔	HG/T 21598-2014
垂直吊盖衬不锈钢人孔	HG/T 21599-2014

椭圆快开衬不锈钢人孔	HG/T 21600-2014
常压快开不锈钢手孔	HG 21601-1999
平盖衬不锈钢手孔	HG/T 21602-2014
回转盖快开衬不锈钢手孔	HG/T 21603-2014
旋柄快开衬不锈钢手孔	HG/T 21604-2014
补强圈	JB/T4736-2002
钢制压力容器用封头	JB/T4746-2002
容器支座	JB/T4712.1~4-2007
钢制液化石油气卧式储罐型式与基本参数	JB/T 4713-2009
塔顶吊柱	HG/T21639-2005
化工设备吊耳及工程技术要求	HG/T21574-2008
压力容器涂敷与运输包装	JB/T4711-2003
压力容器波形膨胀节	GB16749-1997
机械搅拌设备	HG/T20569-2013
固定式钢梯及平台安全要求	GB4053.1~3-2009

(2) 机泵类设备设计、选型原则

1) 设计采用的标准和规范

根据业主要求设备的采购分国内和国外进行，采用的法规和标准如下：

炼油厂、重型化工厂及天然气工业用离心泵	API610
一般炼油厂用离心压缩机	API617
一般炼油厂用往复压缩机	API618
振动、轴向位移和轴承温度监测系统	API670
往复泵	API675
端吸离心泵(额定压强 16bar) 标记、性能和尺寸	ISO 2858-1975
化工工艺装置用卧式端吸离心泵技术条件	ANSI B73.1
离心泵技术条件 (II 类)	GB/T5656-2008
轴向吸入离心泵(16MPa) 标记、性能和尺寸	GB/T 5662-2013
IEC 标准	
工程规定	
制造厂商标准	

DIN/ISO 标准

2) 选型原则

1) 转动设备的设计选型应完全满足工艺操作条件的要求，且在此基础上尽量减少设备的型式，将备品备件量降低到最低限度，增加机械设备的互换性，便于工厂的生产管理。

2) 转动设备的设计一般按年连续运行 8000 小时，机组寿命 10~15 年。

3) 转动设备过流元件的材料选择应满足工艺介质的腐蚀性，冲刷及磨损等要求。

4) 电动机的防爆要求根据工程防爆区域的划分等级，采用隔爆型电机或增安型电机。

5) 所有转动设备均应有在相似操作条件下使用的成功经验，未经买方同意不得使用样机或试用产品。

6) 本工程中转动设备的噪音满足规范要求。

7) 转动设备应以成套方式配置，主要应包括以下部分：

泵类：主机，驱动器及传动装置

底座

联轴器，离合器及护罩

辅助设备及系统（包括冷却系统，润滑系统及轴封的冲洗系统等）

仪表监测系统

随机配置的特殊工具

备品备件

其它附件

压缩机：压缩机，驱动器及传动装置

润滑油系统，冷却水系统（包括设备，管道及油泵，油箱，油冷却器等辅机）

进口缓冲器，级间冷却器，出口分离器等辅助设备及连接管线

就地仪表及电仪控制系统

基础板

随机特殊工具

备品备件

其它附件

冰机：主机、驱动器（电动机）及传动装置

基础板

联轴器及安全护罩

润滑油系统、冷却水系统包括的设备、管道及油泵、油箱、油冷却器等辅机

冷凝器、蒸发器、分离器等辅助设备及连接管线

就地仪表及电、仪控制系统

安全、维修专用工具

备品备件

其它附件

4.6.1 本项目设备选型

本项目为已有工程的技术改扩项目，为降低建设成本，在满足设计要求和生产需要的前提下尽量利用已有的设备和装备，只是在原有生产设备基础上改造或增加部分设备。

本项目新增主要设备有 36 对棒还原炉、氢气压缩机、活性炭吸附器、反歧化反应器、精馏塔、粗馏塔、换热器以及屏蔽泵等，立足于国内，实现多晶硅生产线设备的全部国产化，关键设备流化床反应器及其过热电加热器采用进口。

4.6.2 设备明细表

鄂尔多斯多晶硅业公司 8000t/a 多晶硅装置主要生产设备表如下表所示：

(1) 引进设备一览表

表 4-6-1 8000 吨多晶硅装置进口设备一览表

单位：万美元

序号	进口设备及技术名称	技术规格	价格(DPA)	套数	备注
1	冷氢化炉(流化床)	Φ3600×27	390	1	进口冷氢化工艺技术包核心专利设备，采用耐高温铬镍铁 800H 制成，具有良好的耐腐蚀性，在高温状态下运行，能保持很好的机械强度；其主要功能用于给氢气、四氯化硅和工业硅提供反应环境；
3	换热器	900KW	195	1	进口冷氢化工艺技术包核心专利设备，采用特殊材料制成，其功能为：用加热器将进料加热到过热高温，提高反应效率；
总计			585	2	

由于目前在世界范围内，多晶硅冷氢化生产工艺包为 GTAT Corporation 专利技术，根据 GTAT 多晶硅冷氢化工艺包要求，关键生产设备只能由 GTAT 指定设备制造商生产。

(2) 设备一览表

8000 吨多晶硅项目，拟利旧和新建部分装置，并通过节能降耗及技术革新（用冷氢化工艺代替原有的热氢化工艺等）对 3000t/a 装置进行改造，达到 8000t/a 的产能，此项目计划能够达到盘活一期固定资产，节约整个改造项目前期资本投入，满足集团公司滚动式发展的需求。

表 4-6-2 8000 吨/年多晶硅装置主要设备表

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
一	氢气制备与净化工序—V5300			
1	电解槽		8	利旧
2	除氧器		1	利旧
3	吸附干燥器	SS	2	利旧
4	氢气贮罐	SS	1	利旧
5	氧气贮罐	CS	1	利旧
二	液氯汽化工序—V5400			
1	废氯气风机	FRP	2	利旧
2	风机	FRP	2	利旧
3	液氯汽化器	CS	2	利旧
4	循环液冷却器	Ti	1	利旧
5	氯气脱水单元		1	利旧
6	热水循环泵	CS	2	利旧
7	喷淋水循环泵	CS	2	利旧
8	碱液进料泵	SS	1	利旧
9	碱液循环泵	Ti	2	利旧
10	次氯酸钠溶液输送泵	Ti	1	利旧
11	中和液排放泵	F46	1	利旧
12	废气处理塔	FRP	1	利旧
13	汽化氯缓冲罐	CS	1	利旧
14	热水槽	CS	1	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
15	排污槽	CS	1	利旧
16	中和槽	FRP	1	利旧
17	碱液循环槽	FRP	1	利旧
18	碱液贮槽	SS	1	利旧
19	次氯酸钠溶液贮槽	FRP	1	利旧
20	喷淋水循环槽	CS	1	利旧
三	氯化氢合成工序—V5500			
1	氯气缓冲罐	CS	1	利旧
2	氯气泄放缓冲罐	CS	1	利旧
3	氢气缓冲罐	CS	1	利旧
4	氯化氢合成炉	SS/CS	2	利旧
5	空气冷却器	SS/CS	3	利旧
6	氯化氢冷却器	SS/CS	2	利旧
7	氯化氢深冷器	SS/CS	2	利旧
8	氯化氢缓冲罐	CS	2	利旧
9	氯化氢泄放缓冲罐	SS	1	利旧
10	氯化氢降膜吸收器	石墨	2	利旧
11	氯化氢吸收液罐	FRP	2	利旧
12	氯化氢吸收液泵	氟塑料	2	利旧
四	三氯氢硅合成工序—V1200			
1	硅粉输送系统		2	利旧
2	细硅粉缓冲槽	CS	2	利旧
3	氮气电加热器	CS	2	利旧
4	硅粉缓冲槽	CS	4	利旧
5	废硅粉槽	CS	2	利旧
6	旋风除尘器	CS	12	利旧
7	硅尘过滤器	CS	2	利旧
8	硅粉加料槽	CS	2	利旧
9	三氯氢硅合成炉	SS/CS	2	利旧
10	急冷分离器	CS	2	利旧
11	急冷缓冲槽	CS	2	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
12	文丘里分离器	CS	2	利旧
13	文丘里缓冲槽	CS	2	利旧
14	汽提塔	CS	2	利旧
15	汽提塔再沸器	CS	2	利旧
16	硅渣浆泵	CS	4	利旧
17	循环液泵	CS	4	利旧
18	循环液冷却器	CS	2	利旧
19	压滤缓冲槽	CS	1	利旧
20	压滤进料泵	CS	1	利旧
21	废液泵	CS	1	利旧
22	压滤机	CS	1	利旧
23	滤液循环泵	CS	1	利旧
24	滤液缓冲槽	CS	1	利旧
25	合成气冷却器	CS	2	利旧
26	合成气冷凝器	CS	2	利旧
27	汽提塔回流槽	CS	2	利旧
28	气液分离器	CS	2	利旧
29	粗氯硅烷缓冲槽	CS	2	利旧
30	粗氯硅烷泵	CS	4	利旧
31	汽提塔回流泵	CS	4	利旧
五	冷氢化工序——V1000			
1	急冷塔	Φ 2700*22300mm -33℃~450℃ 31bar 复合材料	1	新增
2	气气换热器	741.5M ² Φ 950*16512mm N08810	1	新增
3	反应器	Φ 3400*2300mm 净重: 270 吨 31bar 590℃ 800H	1	新增
4	汽提塔	型号: 12-83-1	1	新增
5	STC 汽化器	Φ 2800*11590mm -33℃~190℃ 31bar CS	1	新增
6	汽提塔釜液罐	φ1400×2650×20	1	新增
7	冷凝液中间罐	φ2600×7720×32	1	新增
8	渣浆处理一套	0	1	新增

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
9	终端凝液罐	φ1000×3450×18	1	新增
10	硅粉系统（高+低+干燥罐）+过滤器	φ1600×5050×20/φ1600×5835×12	1 套	新增
11	回流罐放空冷凝器	φ200×1000	1	新增
12	STC 预热器	φ800×7300	1	新增
13	氯硅烷冷凝器	φ400×4800	1	新增
14	二级冷却器(37.6M ²)	φ350×4800	1	新增
15	混合气预热器	φ950×3000	1	新增
16	汽提塔再沸器（177.6M ² ）	φ950×3600	1	新增
17	氢气预热器（8.2M ² ）	φ400×3600	1	新增
18	一级冷却器（214.3M ² ）	φ800×4800	1	新增
19	中间换热器	φ400×7300	1	新增
20	辐射加热器	1500KW -330℃~630℃ 31bar	1	新增
21	氮气加热器	53KW	2	新增
22	水解冷却器	φ500×3600	1	新增
23	空气冷却器		4	新增
24	补充氢气进出口缓冲罐	φ1200×3750×18	2	新增
25	循环氢气进出口缓冲罐	φ1200×3750×18	2	新增
26	GT 加热器	900KW 设计：~630℃ 31bar	1	新增
27	补充氢气压缩机	2000NM ³ /H	2	新增
28	循环氢气压缩机	30000NM ³ /H	2	新增
29	冷冻机	100kwh	2	新增
30	氯硅烷回收罐	φ2000×5350×12	1	新增
31	渣浆搅拌罐	φ3400×4720×18	1	新增
32	废气处理塔+水解罐	φ4000×5000×18	1	新增
33	氯硅回收烷冷凝器（54M ² ）	φ400×4800	1	新增
34	放空吸收塔+填料		1	新增
35	急冷塔回流泵	57.4NM ³ /h	2	新增
36	急冷器循环进料泵	167.9NM ³ /h	2	新增
37	STC 输送泵	63.7NM ³ /h	2	新增
38	氯硅烷回收泵		2	新增

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
39	水解进料泵	62.5NM ³ /h	2	新增
40	淋洗塔回流泵	HC80-400G	2	新增
41	氯硅烷泵		2	新增
42	蒸汽冷凝液泵	47.8NM ³ /h	2	新增
六	氯硅烷精馏工序—V1300			
1	脱轻塔	Φ1600×50437	1	利旧
2	脱轻塔回流罐	Φ2400×6308	1	利旧
3	脱轻塔再沸器	F=170m ² Φ1000×3000 (管长)	1	利旧
4	脱轻塔冷凝器	F=272m ² Φ900×6000 (管长)	1	利旧
5	脱轻塔深冷器		1	新增
6	脱轻塔回流泵	Q=40m ³ /h H=64m	2	利旧
7	脱轻塔塔底泵		2	新增
8	粗馏 1 级塔	Φ2200×81950	1	新增
9	粗馏 2 级塔	Φ2400×81951	1	新增
10	粗馏 3 级塔	Φ2400×81952	1	新增
11	粗馏 1 级塔回流罐		1	新增
12	粗馏 2 级塔回流罐		1	新增
13	粗馏 3 级塔回流罐		1	新增
14	粗馏 1 级塔再沸器		1	新增
15	粗馏 2 级塔再沸器		1	新增
16	粗馏 3 级塔再沸器		1	新增
17	粗馏 1 级塔冷凝器		1	新增
18	粗馏 2 级塔冷凝器		1	新增
19	粗馏 3 级塔后冷器		1	新增
20	粗馏 1 级塔回流泵		2	新增
21	粗馏 1 级塔塔底泵		2	新增
22	粗馏 2 级塔回流泵		2	新增
23	粗馏 2 级塔塔底泵		2	新增
24	粗馏 3 级塔回流泵		2	新增
25	精馏 1 级塔	Φ2000×62589	1	利旧
26	精馏 2 级塔	Φ1800×62537 SS304	1	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
27	精馏 1 级塔回流罐	Φ2400×6308	1	利旧
28	精馏 2 级塔回流罐	Φ2000×6090 SS304	1	利旧
29	精馏 1 级塔再沸器	F=351m ² Φ1400×3000 (管长)	1	利旧
30	精馏 1 级塔冷凝器		1	新增
31	精馏 2 级塔再沸器		1	新增
32	精馏 2 级塔后冷器		1	新增
33	精馏 1 级塔回流泵	Q=40m ³ /h H=83m	2	利旧
34	精馏 1 级塔塔底泵	Q=4m ³ /h H=83m	2	利旧
35	精馏 2 级塔回流泵	Q=50m ³ /h H=87m	2	利旧
36	反歧化反应精馏 1 塔	Φ1000×56660	1	利旧
37	反歧化反应精馏 1 塔回流泵	Q=23m ³ /h H=83m	2	利旧
38	反歧化反应精馏 1 塔塔底泵	Q=3m ³ /h H=38m	2	利旧
39	STC 循环泵		2	新增
40	AK500 冷凝器 A		1	新增
41	AK500 冷凝器 B	F=61.4m ² Φ700×3000 (管长)	1	利旧
42	AK500 深冷器		1	新增
43	AK500 再沸器 A		1	新增
44	AK500 循环 STC 冷却器		1	新增
45	反歧化反应精馏 2 塔	Φ1000×50860	1	利旧
46	反歧化反应精馏 2 塔回流泵	1.0m ³ /hr×24m	2	利旧
47	反歧化反应精馏 2 塔塔底泵	2.2m ³ /hr×38m	2	利旧
48	AK200 冷凝器		1	新增
49	AK200 深冷器		1	新增
50	AK200 再沸器		1	新增
51	AK200 循环 STC 冷却器		1	新增
52	还原干法提纯塔	Φ1800×71750	1	新增
53	还原干法提纯塔回流罐		1	新增
54	还原干法提纯塔再沸器		1	新增
55	还原干法提纯塔冷凝器		1	新增
56	还原干法提纯塔深冷器		1	新增
57	还原干法提纯塔预热器 1		1	新增

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
58	还原干法提纯塔预热器 2		1	新增
59	还原干法提纯塔 STC 冷却器		1	新增
60	还原干法提纯塔回流泵		2	新增
61	低沸回收塔	Φ1100×55908	1	利旧
62	高沸回收塔	Φ1100×55909	1	利旧
63	低沸回收塔回流罐	Φ2000×6090	1	利旧
64	高沸回收塔回流罐	Φ2400×6308	1	利旧
65	低沸回收塔再沸器	F=106m ² Φ800×3000 (管长)	1	利旧
66	低沸回收塔冷凝器		1	新增
67	高沸回收塔再沸器		1	新增
68	高沸回收塔冷凝器		1	新增
69	高沸回收塔塔底后冷器		1	新增
70	低沸回收塔回流泵	Q=21m ³ /h H=85m	2	利旧
71	低沸回收塔塔底泵	Q=2m ³ /h H=44m	2	利旧
72	高沸回收塔回流泵	Q=28m ³ /h H=86m	2	利旧
七	反歧化工序——V1300			
1	管道混合器	Φ=300	1	新增
2	物料缓冲罐	V=10m ³ , Φ1800×4400	1	新增
3	屏蔽泵	H=60m	2	新增
4	预热器	BEM, F=4m ² , Φ205×2400, 立式	1	新增
5	反歧化反应器	Φ1500, Q345R	1	新增
6	产品冷却器	BEM, Φ257×3000, 立式	1	新增
八	储罐——V1400			
1	外购 TCS 储罐	卧式 V100 m ³ Φ3000×14000 CS	2	利旧
2	冷氢化精馏料储罐	卧式 V100 m ³ Φ3000×14000 SS316L	6	利旧
3	回收精馏料储罐	卧式 V100 m ³ Φ3000×14000 SS304	6	利旧
4	TCS 出料罐	卧式 V100 m ³ Φ3000×14000 SS316L	2	利旧
5	高低沸储罐	卧式 V26.6 m ³ Φ2400×6308 CS	4	利旧
6	冷氢化冷凝料储罐	卧式 V100 m ³ Φ3000×14000 CS	3	新增

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
7	冷氢化初分塔 STC 储罐	卧式 V100 m ³ Φ3000×14000 SS304	2	利旧
8	冷氢化初分塔 STC 储罐	卧式 V100 m ³ Φ3000×14000 /CS	1	新增
9	回收精馏 STC 储罐	立式 V300 m ³ Φ6000×13366 CS	3	新增
10	屏蔽泵		22	新增
九	还原工序——V1500			
1	18 对棒还原炉	φ1800, 2.0m 硅芯	18	利旧
2	防爆桥式起重机	G=16t, S=16.5m	2	利旧
3	电极水循环泵	1210CFF	4	利旧
4	电极水冷却器	板换, 1320×730×1535 F=65m ²	4	利旧
5	炉筒自动清洗机	φ1800, 18 对棒	1	利旧
6	自动供酸系统	WMS-CDS	3	利旧
7	自动封箱机	VS5-05(JP501)	0	利旧
8	自动打包机	VS-102(A-93N)	0	利旧
9	真空充氮包装机	VSI-400F/2-W/100	2	利旧
10	硅块清洗机	WMS-DJGK	2	利旧
11	硅芯清洗机	WMS-DJGS	1	利旧
12	硅芯磨锥机床	MZ-08	2	利旧
13	硅芯横梁双头钻孔机床	GXT2500-8	0	利旧
14	硅芯丫口切割机床	YKJ2500-8	0	利旧
15	圆盘切断机床	YPJ1500-2200	0	利旧
16	钻孔取样机	ZS-100H	0	利旧
17	金刚石切割机	SJY-150	2	利旧
18	精密研磨抛光机	UNIPOLO-802	2	利旧
19	硅芯专业喷砂机	DT-7555A	2	利旧
20	磨锥机	HMJ-200	2	利旧
21	36 对棒还原炉	φ3200, 2.8 硅芯	8	新增
22	氢气预热器	BEM, φ200*1900; 304	18	新增
23	氢气预热器	BEM, φ300*2100; 304	8	新增
24	三氯氢硅汽化器	AKU, φ500*4800; 304	4	新增
25	混合器	φ150*2000; 304	18	新增

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
26	混合器	φ250*2000; 304	8	新增
27	防爆桥式起重机	G=32t, S=16.5m	1	新增
28	电极水循环泵	CT 型标准化工泵, 1210CFF	6	新增
29	电极水冷却器	1320*730*1535 F=65m ²	6	新增
30	炉筒自动清洗机	φ3200, 36 对棒	1	新增
31	横梁打孔机	RS-100	1	新增
32	双头磨锥机	RS-200	1	新增
十	尾气回收工序——9200			
1	还原氯硅烷冷却器	φ900*4000 F=236m ²	1	新建
2	还原氯硅烷 7 度水冷凝器	φ900*5000 F=296m ²	1	新建
3	还原氯硅烷冷凝器	φ900*4000 F=236m ²	1	新建
4	增压尾气-20 度深冷器	φ700*5000 F=178m ²	1	新建
5	增压尾气预冷器	φ730*6000 F=207m ²	1	利旧
6	增压尾气冷却器	φ730*6000 F=207m ²	1	利旧
7	增压尾气冷凝器	φ450*5000 F=39m ²	1	新建
8	吸收液水冷器	φ850*5000 F=170m ²	1	新建
9	吸收塔进出料换热器	φ500*6000 总 F=390 m ²	4	新建
10	吸收液冷却器	φ1250*5000 F=306m ²	1	新建
11	解吸塔进出料换热器	φ500*6000 总 F=390 m ²	4	新建
12	解吸塔再沸器	φ1230*4000 F=402m ²	1	利旧
13	解吸塔冷凝器	φ500*4500 F=73m ²	1	新建
14	汽提塔冷凝器	φ400*3000 F=31m ²	1	新建
15	精馏塔再沸器	φ1200*3000 F=253m ²	1	新建
16	精馏塔冷凝器	φ930*5000 F=289m ²	1	利旧
17	精馏塔深冷器	φ150*5000 F=5m ²	1	利旧
18	吹扫气进气换热器	φ219*5000 F=10m ²	2	新建
19	吹扫气加热器	φ219*1500 F=3m ²	2	新建
20	吹扫气水冷器	φ400*3000 F=31m ²	1	新建
21	吹扫气气冷器	φ400*3000 F=31m ²	1	新建
22	吹扫气深冷器	φ400*3000 F=31m ²	1	新建
23	热水加热器	φ400*4000 F=41m ²	1	新建

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
24	热水冷却器	φ400*4000 总 F=82m ²	2	新建
25	还原氯硅烷空冷器 1#	2500*1900	1	利旧
26	还原氯硅烷空冷器 2#	2500*2050	1	利旧
27	氯硅烷凝液槽	φ2000*4400 V=16m ³	1	新建
28	循环氢压缩机进气缓冲罐	φ2800*5600 V=40m ³	1	新建
29	循环氢压缩机出气缓冲罐	φ2400*3600 V=20m ³	1	新建
30	解吸塔回流槽	φ1400*1250 V=2.71m ³	1	利旧
31	氯化氢压缩机进气缓冲罐	φ1000*2200 V=2m ³	1	新建
32	氯化氢压缩机出气缓冲罐	φ700*1000 V=0.5m ³	1	新建
33	精馏塔回流槽	φ1400*2450 V=4.57m ³	1	利旧
34	吹扫气分相罐	φ1000*2200 V=2m ³	1	新建
35	吹扫氢压缩机进气缓冲罐	φ1400*2800 V=5m ³	1	新建
36	吹扫氢压缩机出气缓冲罐	φ1000*2200 V=2m ³	1	新建
37	热水膨胀槽	φ1800*3400 V=10m ³	1	新建
38	蒸汽凝液槽	φ2400*3600 V=20m ³	1	利旧
39	氢气缓冲罐	φ3000*15544 V=106m ³	1	利旧
40	新氢气缓冲罐	φ3000*15544 V=106m ³	1	利旧
41	甲苯排放地槽	φ3000*5720 V=35.3m ³	1	利旧
42	排放地槽	φ2000*4430 V=12.14m ³	1	利旧
43	安全阀排放槽	φ2100*7195 V=23.2m ³	1	利旧
44	尾气液封罐	φ1000*2593 V=1.05m ³	1	利旧
45	尾气冷凝器	φ400*1876 V=12.3m ³	1	利旧
46	氯化氢吸收塔	φ1300*33930	1	利旧
47	新氯化氢吸收塔	φ900/1500*29410	1	利旧
48	氯化氢解吸塔	φ1200/2200*24026	1	改造
49	汽提塔	φ480*9014	1	改造
50	循环氯硅烷精馏塔	φ1300*33930	1	利旧
51	活性炭吸附塔	φ1800*9144	6	新建
52	氯硅烷凝液泵	Q=29.1 m ³ /h	2	新建
53	解吸塔冷凝液回流泵	Q=8.2 m ³ /h	2	新建
54	吸收液输送泵	Q=73.7 m ³ /h	2	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
55	精馏塔冷凝液回流泵	Q=37.9m ³ /h	2	利旧
56	精馏塔釜液泵	Q=8.1 m ³ /h	2	利旧
57	汽提塔塔底泵	Q=1 m ³ /h	2	新建
58	吹扫气凝液输送泵	Q=0.4 m ³ /h	2	新建
59	热水循环泵	Q=30 m ³ /h	2	新建
60	冷水循环泵	Q=30 m ³ /h	2	新建
61	-20℃冷剂循环泵	Q=817.5m ³ /h	3	利旧
62	-55℃冷剂循环泵	Q=304.1m ³ /h	2	利旧
63	-20℃冷冻机组	成套机组	1	利旧
64	-55℃冷冻机组	成套机组	1	利旧
65	蒸汽凝液泵	磁力泵	2	新建
66	循环氢压缩机	处理流量：6620kg/h	2	利旧
67	循环氢压缩机	处理流量：2690kg/h	1	新建
68	氯化氢压缩机	处理流量：498kg/h	2	新建
69	吹扫氢压缩机	处理流量：195.74kg/h	2	新建
70	循环氢过滤器		2	新建
71	吹扫氢气过滤器		2	新建
十一	废气处理工序——9100			
1	压滤机	F=100m ²	3	新建
2	混合器		1	新建
3	酸液循环泵		2	新建
4	碱液循环泵		3	新建
5	酸液输送泵		3	新建
6	32%NaOH 循环泵		2	利旧
7	压滤机给料泵		2	新建
8	中性水输送泵		4	新建
9	水池泵		1	新建
10	氯硅烷输送泵		2	新建
11	一级洗涤塔	φ1200*15700	1	新建
12	二级洗涤塔	φ1200*15700	1	新建
13	尾气洗涤塔	φ500*1400	1	新建

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
14	油封槽		1	新建
15	水封槽		1	新建
16	水检测罐		1	新建
17	烧碱储罐	φ3000*5296	1	利旧
18	平衡罐		2	新建
19	调节罐		2	新建
20	废水检测罐		1	新建
21	氯硅烷冷却器		1	新建
22	氯硅烷缓冲罐		1	新建
23	废水池	V=2m3	1	新建
24	废水泵		1	新建
25	残液槽	φ2500*5590	2	利旧
十二	废水处理工序——V8100			
1	浸蚀酸废液原水槽	Φ2800×4600 V 有=25m3	3	利旧
2	酸性废水贮槽	Φ2800×4600 V 有=25m3	1	利旧
3	NaCl 储槽	V 有=8m3	2	利旧
4	集水中和槽	Φ2800×4600 V 有=25m3	1	利旧
5	中间水槽 1	Φ2800×4600 V 有=25m3	1	利旧
6	中间水槽 2	Φ2800×4600 V 有=25m3	1	利旧
7	清洗水槽	Φ1600×2050 V 有=3m3	1	利旧
8	NaOH 贮槽 A/B	Φ2180×2740 V 有=8m3	2	利旧
9	H2SO4 贮槽	Φ1920×2620 V 有=5m3	1	利旧
10	PAC 贮槽	Φ2180×2740 V 有=8m3	1	利旧
11	板式换热器	F=30m2	2	利旧
12	喷射水冷却器	F=30m2	2	利旧
13	过滤器	Q=35m3/h	1	利旧
14	储气罐	V=3m3	1	利旧
15	RO 系统	Q=30m3/h	1	利旧
16	UF 系统	Q=30m3/h	1	利旧
17	冷凝器 A/B	Φ1200×2500	2	利旧
18	汽水分离器 A/B	Φ1000×3424	2	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
19	冷凝水箱	Φ1200×2000	1	利旧
20	洗涤塔	Φ1000×3000	1	利旧
21	综合处理槽 A/B	Φ2500×3500	2	利旧
22	反应槽 A	2500×2500×3035	1	利旧
23	反应槽 B	2500×2500×3035	1	利旧
24	酸性凝聚槽	2500×2500×3035	1	利旧
25	酸性沉淀槽	7500×7500×3035	1	利旧
26	第一反应槽 A	1800×2100×3035	1	利旧
27	第二反应槽 A	1800×2100×3035	1	利旧
28	凝聚槽 A	1800×2100×3035	1	利旧
29	沉淀槽 A	5400×5400×3035	1	利旧
30	第一反应槽 B	1800×2100×3035	1	利旧
31	第二反应槽 B	1800×2100×3035	1	利旧
32	凝聚槽 B	1800×2100×3035	1	利旧
33	沉淀槽 B	5400×5400×3035	1	利旧
34	废水系统泥斗	1000×1000×3000	1	利旧
35	结晶系统泥斗	1800×1800×3000	1	利旧
36	PAM 贮槽	Φ1360×1780	1	利旧
37	粉尘除尘装置	1000×1000×1500	1	利旧
38	Ca(OH) ₂ 辅助装置	T=0.5 N=2.2KW	1	利旧
39	储罐 A/B/C/D	DN1200	4	利旧
40	浸蚀酸废液原水池原水泵	Q=12.5m ³ /h H=15m	2	利旧
41	酸性废水原水池原水泵	Q=20m ³ /h H=20m	2	利旧
42	冲洗废水及含硅废水池原水泵	Q=35m ³ /h H=20m	2	利旧
43	NaCl 收集池输送泵	Q=12.5m ³ /h	2	利旧
44	NaCl 储槽原水泵	Q=20m ³ /h H=35m	2	利旧
45	循环泵	Q=18m ³ /h H=35m	4	利旧
46	水力喷射泵上水泵	Q=150m ³ /h	2	利旧
47	冷凝液输送泵	Q=25m ³ /h H=20m	3	利旧
48	冷凝水箱输送泵	Q=12.5m ³ /h H=20m	2	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
49	集水中和槽输送泵	Q=35m ³ /h H=20m	2	利旧
50	应急水池原水泵	Q=35m ³ /h H=20m	2	利旧
51	洗涤塔循环泵	Q=10m ³ /h H=10m	2	利旧
52	综合处理槽 A 污泥泵	Q=8m ³ /h	2	利旧
53	综合处理槽 B 污泥泵	Q=8m ³ /h	2	利旧
54	酸性沉淀槽污泥泵	Q=8m ³ /h	2	利旧
55	沉淀槽 (A) 污泥泵	Q=8m ³ /h	2	利旧
56	沉淀槽 (B) 污泥泵	Q=8m ³ /h	2	利旧
57	结晶槽 NaCl 输送泵	Q=108m ³ /h	2	利旧
58	浓缩槽污泥泵	Q=228m ³ /h	2	利旧
59	Ca(OH) ₂ 输送泵	Q=228m ³ /h	2	利旧
60	NaOH 输送泵	Q=108m ³ /h	1	利旧
61	H ₂ SO ₄ 输送泵	Q=108m ³ /h	1	利旧
62	PAC 输送泵	Q=108m ³ /h	1	利旧
63	HCl 计量泵	Q=315L/H	3	利旧
64	NaOH 计量泵	GM400	3	利旧
65	NaOH 计量泵	GM240	2	利旧
66	H ₂ SO ₄ 计量泵	GM330	3	利旧
67	PAC 计量泵	GM400	5	利旧
68	PAM 计量泵	GM240	5	利旧
69	压滤机	A=40 m ²	2	利旧
70	压滤机	A=80 m ²	1	利旧
71	罗茨风机	Q=5.15m ³ /min N=7.5kw	2	利旧
72	水力喷射器	吸入气量: 500kg/h	2	利旧
73	薄膜蒸发器	Q=1.35m ³ /h 蒸发面积: F=20 m ²	4	利旧
74	空压机	Q=0.9m ³ /min N=7.5kw	2	利旧
75	综合处理槽 A 搅拌机	n=120 转/分	1	利旧
76	综合处理槽 B 搅拌机	n=120 转/分	1	利旧
77	反应槽 (A) 搅拌机	n=120 转/分	1	利旧
78	反应槽 (B) 搅拌机	n=120 转/分	1	利旧
79	酸性凝聚槽搅拌机	n =60 转/分	1	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
80	酸性沉淀槽刮泥机	Φ7500×4000 n=0.45 转/分	1	利旧
81	第一反应槽搅拌机	n =120 转/分	1	利旧
82	第二反应槽 (A) 搅拌机	n =120 转/分	1	利旧
83	凝聚槽 (A) 搅拌机	n =60 转/分	1	利旧
84	沉淀槽 (A) 刮泥机	Φ5400×3800 n =0.45 转/分	1	利旧
85	第一反应槽 (B) 搅拌机	n =120 转/分 N=3.7KW	1	利旧
86	电机	N=2.2KW n=1410rpm	1	利旧
87	第二反应槽 (B) 搅拌机	n =120 转/分 N=3.7KW	1	利旧
88	凝聚槽 (B) 搅拌机	n =60 转/分 N=2.2KW	1	利旧
89	沉淀槽 (B) 刮泥机	Φ5400×3800 n =0.45 转/分	1	利旧
90	结晶槽搅拌机	N=7.5KW	2	利旧
91	污泥浓缩刮泥机	Φ5000×4200 N=0.4kw	1	利旧
92	Ca(OH) ₂ 溶解槽搅拌机	n=150 转/分 N=7.5KW	2	利旧
93	PAM 搅拌机	n=180 转/分 N=2.2KW	1	利旧
94	中间水槽 1 输送泵	Q=42m ³ /h H=41m	2	利旧
95	保安过滤器输送泵	Q=16m ³ /h H=22m N=2.2kw	3	利旧
96	中间水槽 2 输送泵	Q=85m ³ /h H=14m	1	利旧
97	中间水槽 2 输送泵	Q=42m ³ /h H=41m	1	利旧
98	RO 高压泵	Q=42m ³ /h H=162m	1	利旧
99	回用水槽输送泵	Q=25m ³ /h H=35m	4	利旧
100	RO 冲洗泵	Q=42m ³ /h H=41m	1	利旧
101	清洗水泵	Q=50m ³ /h H=27m N=5.5kw	1	利旧
102	1 离心风机	N=2850 转/分, N=3KW	1	利旧
十三	后处理——V7100			
1	浸蚀酸废液原水槽	Φ2800×4600 V 有=25m ³	3	利旧
2	酸性废水贮槽	Φ2800×4600 V 有=25m ³	1	利旧
3	NaCl 储槽	V 有=8m ³	2	利旧
4	集水中和槽	Φ2800×4600 V 有=25m ³	1	利旧
5	中间水槽 1	Φ2800×4600 V 有=25m ³	1	利旧
6	中间水槽 2	Φ2800×4600 V 有=25m ³	1	利旧
7	清洗水槽	Φ1600×2050 V 有=3m ³	1	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
8	NaOH 贮槽 A/B	Φ2180×2740 V 有=8m ³	2	利旧
9	H ₂ SO ₄ 贮槽	Φ1920×2620 V 有=5m ³	1	利旧
10	PAC 贮槽	Φ2180×2740 V 有=8m ³	1	利旧
11	板式换热器	F=30m ²	2	利旧
12	喷射水冷却器	F=30m ²	2	利旧
13	过滤器	Q=35m ³ /h	1	利旧
14	储气罐	V=3m ³	1	利旧
15	RO 系统	Q=30m ³ /h	1	利旧
16	UF 系统	Q=30m ³ /h	1	利旧
17	冷凝器 A/B	Φ1200×2500	2	利旧
18	汽水分离器 A/B	Φ1000×3424	2	利旧
19	冷凝水箱	Φ1200×2000	1	利旧
20	洗涤塔	Φ1000×3000	1	利旧
21	综合处理槽 A/B	Φ2500×3500	2	利旧
22	反应槽 A	2500×2500×3035	1	利旧
23	反应槽 B	2500×2500×3035	1	利旧
24	酸性凝聚槽	2500×2500×3035	1	利旧
25	酸性沉淀槽	7500×7500×3035	1	利旧
26	第一反应槽 A	1800×2100×3035	1	利旧
27	第二反应槽 A	1800×2100×3035	1	利旧
28	凝聚槽 A	1800×2100×3035	1	利旧
29	沉淀槽 A	5400×5400×3035	1	利旧
30	第一反应槽 B	1800×2100×3035	1	利旧
31	第二反应槽 B	1800×2100×3035	1	利旧
32	凝聚槽 B	1800×2100×3035	1	利旧
33	沉淀槽 B	5400×5400×3035	1	利旧
34	废水系统泥斗	1000×1000×3000	1	利旧
35	结晶系统泥斗	1800×1800×3000	1	利旧
36	PAM 贮槽	Φ1360×1780	1	利旧
37	粉尘除尘装置	1000×1000×1500	1	利旧
38	Ca(OH) ₂ 辅助装置	T=0.5 N=2.2KW	1	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
39	储罐 A/B/C/D	DN1200	4	利旧
40	浸蚀酸废液原水池原水泵	Q=12.5m ³ /h H=15m	2	利旧
41	酸性废水原水池原水泵	Q=20m ³ /h H=20m	2	利旧
42	冲洗废水及含硅废水池原水泵	Q=35m ³ /h H=20m	2	利旧
43	NaCl 收集池输送泵	Q=12.5m ³ /h	2	利旧
44	NaCl 储槽原水泵	Q=20m ³ /h H=35m	2	利旧
45	循环泵	Q=18m ³ /h H=35m	4	利旧
46	水力喷射泵上水泵	Q=150m ³ /h	2	利旧
47	冷凝液输送泵	Q=25m ³ /h H=20m	3	利旧
48	冷凝水箱输送泵	Q=12.5m ³ /h H=20m	2	利旧
49	集水中和槽输送泵	Q=35m ³ /h H=20m	2	利旧
50	应急水池原水泵	Q=35m ³ /h H=20m	2	利旧
51	洗涤塔循环泵	Q=10m ³ /h H=10m	2	利旧
52	综合处理槽 A 污泥泵	Q=8m ³ /h	2	利旧
53	综合处理槽 B 污泥泵	Q=8m ³ /h	2	利旧
54	酸性沉淀槽污泥泵	Q=8m ³ /h	2	利旧
55	沉淀槽 (A) 污泥泵	Q=8m ³ /h	2	利旧
56	沉淀槽 (B) 污泥泵	Q=8m ³ /h	2	利旧
57	结晶槽 NaCl 输送泵	Q=108m ³ /h	2	利旧
58	浓缩槽污泥泵	Q=228m ³ /h	2	利旧
59	Ca(OH) ₂ 输送泵	Q=228m ³ /h	2	利旧
60	NaOH 输送泵	Q=108m ³ /h	1	利旧
61	H ₂ SO ₄ 输送泵	Q=108m ³ /h	1	利旧
62	PAC 输送泵	Q=108m ³ /h	1	利旧
63	HCl 计量泵	Q=315L/H	3	利旧
64	NaOH 计量泵	GM400	3	利旧
65	NaOH 计量泵	GM240	2	利旧
66	H ₂ SO ₄ 计量泵	GM330	3	利旧
67	PAC 计量泵	GM400	5	利旧
68	PAM 计量泵	GM240	5	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
69	压滤机	A=40 m ²	2	利旧
70	压滤机	A=80 m ²	1	利旧
71	罗茨风机	Q=5.15m ³ /min N=7.5kw	2	利旧
72	水力喷射器	吸入气量: 500kg/h	2	利旧
73	薄膜蒸发器	Q=1.35m ³ /h 蒸发面积: F=20 m ²	4	利旧
74	空压机	Q=0.9m ³ /min N=7.5kw	2	利旧
75	综合处理槽 A 搅拌机	n=120 转/分	1	利旧
76	综合处理槽 B 搅拌机	n=120 转/分	1	利旧
77	反应槽 (A) 搅拌机	n=120 转/分	1	利旧
78	反应槽 (B) 搅拌机	n=120 转/分	1	利旧
79	酸性凝聚槽搅拌机	n =60 转/分	1	利旧
80	酸性沉淀槽刮泥机	Φ7500×4000 n=0.45 转/分	1	利旧
81	第一反应槽搅拌机	n =120 转/分	1	利旧
82	第二反应槽 (A) 搅拌机	n =120 转/分	1	利旧
83	凝聚槽 (A) 搅拌机	n =60 转/分	1	利旧
84	沉淀槽 (A) 刮泥机	Φ5400×3800 n =0.45 转/分	1	利旧
85	第一反应槽 (B) 搅拌机	n =120 转/分 N=3.7KW	1	利旧
86	电机	N=2.2KW n=1410rpm	0	利旧
87	第二反应槽 (B) 搅拌机	n =120 转/分 N=3.7KW	1	利旧
88	凝聚槽 (B) 搅拌机	n =60 转/分 N=2.2KW	1	利旧
89	沉淀槽 (B) 刮泥机	Φ5400×3800 n =0.45 转/分	1	利旧
90	结晶槽搅拌机	N=7.5KW	2	利旧
91	污泥浓缩刮泥机	Φ5000×4200 N=0.4kw	1	利旧
92	Ca(OH) ₂ 溶解槽搅拌机	n=150 转/分 N=7.5KW	2	利旧
93	PAM 搅拌机	n=180 转/分 N=2.2KW	1	利旧
94	中间水槽 1 输送泵	Q=42m ³ /h H=41m	2	利旧
95	保安过滤器输送泵	Q=16m ³ /h H=22m N=2.2kw	3	利旧
96	中间水槽 2 输送泵	Q=85m ³ /h H=14m	1	利旧
97	中间水槽 2 输送泵	Q=42m ³ /h H=41m	1	利旧
98	RO 高压泵	Q=42m ³ /h H=162m	1	利旧
99	回用水槽输送泵	Q=25m ³ /h H=35m	4	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
100	RO 冲洗泵	Q=42m ³ /h H=41m	1	利旧
101	清洗水泵	Q=50m ³ /h H=27m N=5.5kw	1	利旧
102	1 离心风机	N=2850 转/分, N=3KW	1	利旧
十四	电气			
1	1#、2#主变压器	SFZ10-31500/110	2	利旧
2	3#、4#主变压器	SFZ10-50000/110	2	利旧
3	GIS 组合电器	ZF6-126	1	利旧
4	变压器	SCB10-2000/10	2	利旧
5	变压器	SCB10-2500/10	2	利旧
6	变压器	SCB10-1600/10	2	利旧
7	变压器	SCB10-2000/10	2	利旧
8	变压器	SCB10-1250/10	2	利旧
9	变压器	SCB10-2000/10	2	利旧
10	直流屏	GZG49-100AH	1	利旧
11	直流屏	GZG49-300AH	1	利旧
12	直流屏	GZG49-150AH	1	利旧
13	直流屏	GZG49-100AH	1	利旧
14	保护屏	总变	15	利旧
15	保护屏	总变	1	利旧
16	保护屏	10KV-2 变电所	2	利旧
17	保护屏	10KV-3 变电所	2	利旧
18	电容器	2400KVar	2	利旧
19	电容器	3900KVar	2	利旧
20	电容器	750KVar	2	利旧
21	UPS	Synergy I Pro-120KVA	1	利旧
22	UPS	SWA-3000T/DC220(RM)	1	利旧
23	EPS	YJ-10KW	1	利旧
24	EPS	YJS-10KW	1	利旧
25	10KV 高压开关柜	KYN28-12	49	利旧
26	10KV 高压开关柜	KYN28-12	55	利旧
27	10KV 高压开关柜	KYN28-12	17	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
28	低压开关柜	8PT	55	利旧
29	低压开关柜	8PT	12	利旧
30	低压开关柜	8PT	22	利旧
31	低压开关柜	8PT	7	利旧
32	低压开关柜	8PT	11	利旧
33	避雷塔	30 米	4	利旧
34	避雷塔	30 米	2	利旧
35	工控机	戴尔 OPTIPLEX 760	3	利旧
36	工业空调	KFH-70	4	利旧
37	通讯机柜	总变	1	利旧
38	通讯机柜	10KV-2 变电所	1	利旧
39	通讯机柜	10KV-3 变电所	1	利旧
40	柴油发电机	威尔信 2000KVA	2	利旧
41	电议交接柜	10KV-2 变电所	1	利旧
42	打印机	HP LaserJet 5200n	1	利旧
43	打印机	EPSON LQ-1600K	1	利旧
44	录音电话	HCD9888(40)TSD	1	利旧
45	低压配电柜	总变	2	利旧
46	天车	5T	1	利旧
47	防尘防腐照明（动力）配电箱	FXM(D)-9/K	1	利旧
48	综合配电箱	JXF	2	利旧
49	防尘防腐照明（动力）配电箱	FXM(D)-12/K	1	利旧
50	防尘防腐照明（动力）配电箱	FXM(D)-6/K	1	利旧
51	防爆照明（动力）配电箱	BXM(D)-12/K	1	利旧
52	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	1	利旧
53	防爆照明（动力）配电箱	氯化氢压缩	1	利旧
54	防爆照明（动力）配电箱	BXM(D)-6/K	1	利旧
55	防爆照明（动力）配电箱	BXM(D)-6/K	1	利旧
56	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	2	利旧
57	防爆照明（动力）配电箱	BXM(D)-10/K	2	利旧
58	防爆照明（动力）配电箱	BXM(D)-13/K	1	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
59	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	1	利旧
60	防尘防腐照明配电箱	BXM-	2	利旧
61	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	1	利旧
62	防爆照明（动力）配电箱	BXM(D)-T15KDD	2	利旧
63	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	1	利旧
64	防爆照明（动力）配电箱	BXM(D)-18KXA	1	利旧
65	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	1	利旧
66	防爆照明（动力）配电箱	BXM(D)-T15KDD	1	利旧
67	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	1	利旧
68	防爆照明（动力）配电箱	BXM(D)-13/K	8	利旧
69	防爆照明（动力）配电箱	BXM(D)-10/K	1	利旧
70	综合配电箱	JXF	1	利旧
71	综合配电箱	GGD	3	利旧
72	综合配电箱	GGD	3	利旧
73	综合配电箱	配电冷冻	3	利旧
74	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	1	利旧
75	防爆照明（动力）配电箱	尾气回收	1	利旧
76	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	1	利旧
77	防尘防腐照明（动力）配电箱	BXM(D)-10K	2	利旧
78	防尘防腐照明（动力）配电箱	BXM(D)-13K	1	利旧
79	防尘防腐照明配电箱	BXM-	3	利旧
80	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	1	利旧
81	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	1	利旧
82	防尘防腐照明（动力）配电箱	BXM(D)-T6KXX	2	利旧
83	防爆动力检修配电箱	BXX-3/K	2	利旧
84	防爆动力检修箱	BXX-3/K	2	利旧
85	动力配电柜	XL-21	3	利旧
86	低压配电柜	XL-21	2	利旧
87	动力配电柜	XL-21	4	利旧
88	配电箱	循环水	2	利旧
89	控制箱	脱盐水	2	利旧

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
90	检修配电箱	脱盐水	1	利旧
91	照明配电线	脱盐水	1	利旧
92	配电箱	换热站	1	利旧
93	配电箱	JXPH200	1	利旧
94	控制配电箱	PRK-100/1NLX	1	利旧
95	控制配电箱	PRK-200/1NLX	1	利旧
96	控制配电箱	PRK-250/1NLX	1	利旧
97	防爆动力检修配电箱	BXX52-T3K80XX	2	利旧
98	防爆照明（动力）配电箱	BXM62-T6K20XD	1	利旧
99	防爆照明（动力）配电箱	BXM-13KT	1	利旧
100	防爆照明（动力）配电箱	BXM-10KT	1	利旧
101	防爆动力检修配电箱	BXX52-T3K80XX	2	利旧
102	防爆照明（动力）配电箱	BXM62-T6K20XD	2	利旧
103	防爆动力检修配电箱	BXX52-T3K80XX	2	利旧
104	防爆动力配电箱	V9200 尾气回收	2	利旧
105	防爆动力检修配电箱	BXX52-T3K80XX	1	利旧
106	防爆照明（动力）配电箱	BXM62-T6K20XD	1	利旧
107	防爆照明（动力）配电箱	BXM（D）53-5/20K63	1	利旧
108	干式电力变压器	冷氢化	4	新增
109	低压配电进线柜	冷氢化	4	新增
110	低压配电联络柜	冷氢化	2	新增
111	低压配电柜	冷氢化	19	新增
112	高压柜	10KV-1、2#变电所	9	新增
十五	脱盐水处理站			
1	脱盐水	Q=80m ³ /h	1 套	利旧
十六	消防站			
1	高压泵	离心泵 H=100m、Q=576m ³ /h	1 台	利旧
2	低压泵	离心泵 H=45m、Q=576m ³ /h	2 台	利旧
3	柴油泵	离心泵 H=100m、Q=576m ³ /h	1 台	利旧
4	稳压泵	离心泵 H=75m、Q=18m ³ /h	2 台	利旧
十七	循环水站			

序号	设备名称	材料/规格/用途	数量	备注
1	循环水泵	离心泵 H=51m、Q=7400m ³ /h	4 台	利旧
2	柴油泵	离心泵 H=51m、Q=3300m ³ /h	2 台	利旧
3	中速过滤器	单台处理量 100m ³ /h	8 台	利旧
4	风机	功率 160KW、Q=4000m ³ /h	5 台	利旧
十八	空分制氮			
1	螺杆机组	螺杆机功率 280KW、 Q=48.5Nm ³ /min	5 台	利旧
2	螺杆机组	螺杆机功率 75KW、 Q=13.2Nm ³ /min	1 台	利旧
3	增压机组	增压机功率 18.5KW、Q=3Nm ³ /min	1 台	利旧
4	干燥机组	干燥机功率 30KW、Q=210Nm ³ /min	2 台	利旧
5	深冷制氮	Q=2000Nm ³ /h	1 套	利旧
7	深冷制氮	Q=2000Nm ³ /h	1	新增
十九	冷冻站			
1	溴化锂机组	Q=540m ³ 台/hx2	1 套	利旧
二十	高纯水站			
1	高纯水系统	Q=25m ³ /h	1 套	利旧

5、原辅材料和动力供应

5.1 原辅材料供应

5.1.1 原辅材料用量

本技改项目实施后，项目单位将拥有年产 8000t/a 多晶硅生产线，原辅材料用量见表 5-1-1。

表 5-1-1 8000t/a 多晶硅原辅材料年用量

序号	项目	单位	用量	来源
1	工业硅粉	t/a	9040	工业园区
2	液氯	t/a	1977	工业园区
3	氢氧化钠	t/a	64.0	周边地区
4	生石灰	t/a	1559	周边地区

5.1.2 主要原材料规格

原料硅粉的规格要求为：P (ppm) ≤ 50 ，B (ppm) ≤ 30 ，Fe (%) ≤ 0.4 ，Al (%) ≤ 0.2 ，Ca (%) ≤ 0.1 ，粒度：30-325 目占 95%以上，C (含量) $< 0.1\%$ ，或无可见 C、SiC 等强酸不溶物。

原料三氯氢硅的规格要求为：SiHCl₃ (%) ≥ 99 ，B (ppb) ≤ 30 ，P (ppb) ≤ 3 ，Fe (ppm) ≤ 1.5 ，Al (ppb) ≤ 30 ，外观：无色透明液体，碳氢类化合物含量(mg/L) ≤ 5 。

5.1.3 供应可靠性

(1) 工业硅粉

鄂尔多斯市硅储量丰富，品位优，现已探明储量 3196 万吨，其远景储量为 3 亿吨，SiO₂ 含量高达 96~99.82%，这就为建设多晶硅项目提供了可靠的原料保证。

距离本项目厂址所在地—棋盘井镇为自治区规划的硅产业基地，目前棋盘井已建成投产 8 台 6300KVA 电炉，全部建中国石化南京工程有限产后年生产能力可达 20 万吨。因此，本项目所需原料工业硅粉供应有保障。

(2) 高纯三氯氢硅

本项目所需的三氯氢硅，目前国内的生产能力非常大，其供应有足够保障，而且项目单位经过多年的发展也已有长期、稳定的供应商。

(3) 酸、碱

本项目所需的酸、碱用量不大，可从相邻的海吉化工有限公司购买，以满足生

产要求。

(4) 其他辅助原材料

本项目所需的其他辅助原材料用量较小，均是常用化学品，国内市场容量很大，供应充足，质量好，完全能够满足本项目的需要。

5.2 动力供应

5.2.1 公用工程用量

本技改项目实施后，项目单位将拥有年产 8000 吨多晶硅生产线，外公用工程用量见表 5-2-1。

表 5-2-1 原辅材料及动力用量供

序号	项目	单位	单位消耗	备注
1	水	m ³ /h	300	
2	电	亿 kWh/a	8	
3	蒸汽	t/h	30	

5.2.2 动力供应条件

本项目所需水由由鄂尔多斯市西汇水务有限责任公司供水工程提供。西汇水务公司取水能力为每天 40 万吨，供水能力为每天 30 万吨。西汇水务公司保证能够提供项目所需新鲜水。其水质符合《生活饮用水卫生标准》GB5749-2006 的要求。从西汇水务公司供水干管引一根 DN500 管道至本项目界区内 1m，供给本项目所需的生产、生活用水。

本项目用电已引自棋盘井镇工业园区鄂尔多斯电厂配套的 220kV 变电站和棋盘井 220kV 变，分别引 2 回 110KV 专线至界区，其供电电源可靠，供电有保障。

本项目正常生产、开车所需蒸汽来自棋盘井镇工业园区内鄂尔多斯集团电厂副产蒸汽，采暖所需热水由工业园区现有供热站统一供给。因此，本项目所需燃料供应有保障。

5.3 外部配套条件

5.3.1 资源优势

鄂尔多斯是改革开放 30 年来的 18 个典型地区之一，也是内蒙古的经济新兴城市，呼包鄂城市群的中心城市，被自治区政府定位为省域副中心城市之一。鄂尔多

斯是国家森林城市、全国文明城市，排名中国城市综合实力 50 强、全国首批资源综合利用“双百工程”示范基地。

近年来，鄂尔多斯市把培育发展新兴产业作为推动产业转型升级的重要方向，积极引进企业和项目，通过建设标准化厂房、支持企业技术研发、落实中高级人才引进优惠条件等政策措施，构筑起传统产业新型化、新兴产业规模化、支柱产业多元化的产业发展新格局。

鄂尔多斯科技力量雄厚，创新能力强大。2015 年全市战略性新兴产业一路高歌猛进，共实施亿元以上新兴产业项目 14 项，总投资 101.81 亿元，截至 11 月底完成投资 38.55 亿元。项目涉及云计算数据中心及配套光缆、新能源、新材料、电子信息、节能环保产品等领域。一大批项目的开工建设，既是拉动全市经济快速增长的重要保障，也是调整经济结构、转变发展方式的有效载体。

棋盘井镇总人口 7.6 万人，常住人口 2 万多人。棋盘井镇从 2000 年起开始工业园区的建设和发展，2001 年被内蒙古人民政府批准为自治区级工业园区，成为内蒙古自治区蒙西经济技术开发区的重要组成部分。2003 年被列为自治区 20 个重点工业园区之一。

棋盘井镇围绕产业发展现状和基础布局，以工业园区的发展为载体，积极发展煤电、煤焦综合、高科技环保型硅合金、金属硅、金属镁、硅钙、硅锰及适量精炼硅铁、化工等项目，全面实施“2223”战略即加快两化（工业化、城市化）进程、发展两大（大煤电、大化工）产业、建设两个基地（能源基地、重化工基地）、形成三条产业链（煤-电-冶金-化工、煤-焦-油（气）-化工、天然气-化工），走出一条有棋盘井特色的区域发展道路，将棋盘井镇建成鄂尔多斯市西部的工业经济核心区，全国较大的高载能工业基地，实现“工业重镇，经济强镇”的目标。

5.3.2 交通方便，通讯发达

鄂尔多斯交通十分便捷，周边和境内有京包（北京-包头）、包兰（包头-兰州）、包西（包头-西安）三条铁路干线，109、210 两条高速公路贯穿全市，鄂尔多斯机场与周边的五大民航机场形成了便捷的区域航空网络。

棋盘井镇于其西与乌海市接壤，并隔黄河与宁夏石嘴山市相望，南北东均与鄂托克旗阿尔巴斯苏木接壤，109 国道与鄂托克至乌海公路贯穿镇区，是鄂尔多斯市与宁夏、乌海市相通的重要交通枢纽。该地区资源丰富、交通便利，地理位置优越。为本项目及时与国内外工厂和用户进行技术业务联系提供了极为有利的条件。

5.3.3 电力配套条件良好

蒙西电网目前主供电网网架以 220kV 线路为主构成。220kV 线路西起乌海市的海勃湾电厂，经临河东郊变、乌拉山电厂、包头地区的麻池和古城变及呼和浩特市地区的东郊和昭君变，东至乌兰察布盟的丰镇电厂。棋盘井 220kV 变位于鄂尔多斯市鄂托克旗境内，该变电站于 2001 年建成投产了 1×120MVA 主变压器。

本项目所在工业园区建设 2×330MW 机组容量的鄂尔多斯电厂。鄂尔多斯电厂一期工程 2×330MW 机组、二期工程 2×330MW 机组和南区三期 2×330MW 机组。

本项目电源已引自工业园区鄂尔多斯电厂配套的 220kV 变电站和棋盘井 220kV 变，分别引 2 回 110kV 专线至界区，其供电电源可靠，供电有保障。

5.3.4 地方政府的大力支持

内蒙古政府和鄂尔多斯市政府已将硅材料产业规划为当地重点支持发展的产业，要在未来几年内，将鄂尔多斯多晶硅项目基地发展成为具有多晶硅、单晶硅、硅抛光片、太阳能电池用硅片及其他硅系列产品的生产能力的产业基地。力争到 2020 年，使自治区的多晶硅年产能达到 10 万吨，单晶硅产能达到 4 万吨，太阳能电池及组件超过 10G 瓦，全自治区的光伏产业产值达到 1000 亿元。

6、建厂条件

6.1 地理位置及社会经济条件

(1) 地理位置

棋盘井处于鄂尔多斯高原西部，位于内蒙古鄂尔多斯市鄂托克旗棋盘井镇，是鄂尔多斯市与宁夏回族自治区和乌海市相连的重要交通枢纽，地理坐标为北纬 39°22'32"，东经 107°00'44"，南距石膏储量居亚洲第一的查布石膏矿区 50 公里，距举世闻名的苏格里气田 140 公里，西距石嘴山市 20 公里，北与乌海市相毗邻。驰名中外的鄂尔多斯羊绒制品的主要原料基地——阿尔巴斯白绒山羊核心养殖区在棋盘井镇内。

棋盘井镇，是鄂尔多斯市鄂托克旗下辖的一个镇。是鄂尔多斯市八大工业基地之一。处于鄂尔多斯高原西部，北靠蒙西镇，南邻驰名中外的鄂尔多斯羊绒制品的主要原料基地--阿尔巴斯苏木，西隔桌子山与乌海市搭界。距举世闻名的苏里格气田 140 公里，距储量居亚洲第一的查布石膏矿区 30 公里，是鄂尔多斯市与宁夏、乌海市的重要交通枢纽，被称为“鄂尔多斯西大门”。

棋盘井镇全境 3614 平方公里。其中镇区规划占地面积 57 平方公里，控制辐射面积 3614 平方公里，是开发自治区西部有较大潜力的工业重镇。1992 年被伊克昭盟列为八大经济开发区，1996 年被自治区确定为“百镇”工程试点镇，2001 年被自治区批准为自治区级工业园区，成为内蒙古自治区蒙西经济技术开发区的重要组成部分。

城镇建设：目前全镇在册人口 7.6 万余人，下辖 7 个居民委员会，10 个嘎查村。

2006 年全镇实现地区生产总值 50 亿元，同比增长 43.9%；实现财政收入 6.41 亿元，同比增长 78%；出口创汇 1.5 亿美元，同比增长 131.8%；城镇居民人均可支配收入达到 12186 元，农牧民人均纯收入达到 6520 元，分别增长 18%和 20%；综合实力大幅提升。

(2) 社会经济

棋盘井镇隶属鄂托克旗，1979 年建镇，该地区资源丰富，是国家级重点镇，为鄂尔多斯市重点高载能工业规划区发展区。是鄂尔多斯煤炭、电力、冶金、化工、建材为住的重重的重化工基地，是自治区西部重要的工业城镇，到 2020 年，建设成为以市场为导向，以本地资源为依据，以科技进步和新产品为先导，以产品深加工为方向的高标准、高效益、高环保的规范的外向型工业园区及自治区重要的出口

创汇基地。

2004 年底，地区生产总值达 20 亿元，财政收入达 2 亿元，二、三产业比重为 85 比 15，出口创汇一亿美元。

2010 年，形成年产 100 万吨的规模，生产总值达 100 亿元，财政收入达 10 亿元，工业增加值只值 60 亿元，二、三产业的比重为 70 比 30，出口创汇 6 亿美元，城镇居民人均可支配收入达到 25000 元，到 2020 年比 2010 年的总体目标翻一番。

“十五”期间，棋盘井镇将围绕产业发展现状和基础布局，以工业园区的发展为载体，积极构筑高载能、煤炭、建材三大基础工业平台，将棋盘井镇建成鄂尔多斯市西部的工业经济核心区，全国较大的高载能工业基地，实现“工业重镇，经济强镇”的目标。截止 2003 年，全镇实现国内生产总值 9.5 亿元，财政收入 9528 万元，居民人均可支配收入达到 7000 元，出口创汇 5000 万美元。

（3）资源

棋盘井隶属鄂托克旗，棋盘井工业园区（又称鄂托克经济开发区）是内蒙古自治区“小三角”的重要组成部分，2001 年 4 月 20 日经内蒙古自治区人民政府批准后开始建设，2003 年正式运行。园区规划总面积 85 平方公里，园区所在地棋盘井镇总面积 3614 平方公里，总人口 8.2 万人。

棋盘井地区蕴藏着丰富的矿产资源，已探明储量的有煤炭、石灰石、硅石、耐火粘土矿、铁矿石、白云岩、天然碱、芒硝、盐、沸石和铜、锌、锰等矿产 40 多种。其中，已探明的煤炭地质储量为 29.6 亿吨、含碳酸钙 95%以上的石灰石地质储量 100 亿吨、硅石地质储量 10 亿吨、含三氧化二铝 30—50%的硬质耐火粘土矿地质储量为 4.0 亿吨、铁矿石储量 520 万吨。这些丰富的矿产资源为园区的发展奠定了坚实的基础，经过多年的努力，工业园综合经济实力不断提升，社会各项事业全面发展。

园区现有企业 89 家，其中规模以上企业 29 家，产值超 10 亿元企业 8 家，有 5 家企业被确定为“双百亿工程”重点培育企业。已构筑起煤炭、电力、冶金、化工、建材五大主导产业和煤化工、硅化工、氯碱化工、天然气化工四条循环产业链，形成年产原煤 2800 万吨、洗煤 4000 万吨、焦炭 500 万吨、铁合金 140 万吨、多晶硅 3000 吨、电石 150 万吨、水泥 300 万吨、化肥 200 万吨生产能力，电力装机容量达到 310 万千瓦。

建园至今，累计完成固定资产投资 900 多亿元，实现工业总产值 2500 多亿

元，完成基础设施建设投资 100 多亿元，重点实施了“引黄入棋”、井下疏干水和高盐水综合利用工程，现有 220KV 输变电站 2 座，110KV 输变电站 3 座，新修及改扩建道路 160 多公里；建成了污水处理厂、垃圾处理厂和消防站；实现了“九通一平”、“一场一站”，达到了鄂尔多斯市一类园区的建设标准。2013 年园区被国家发改委和财政部确定为国家循环化改造示范试点园区，2014 年成为国家首批低碳产业园区试点园区。

6.2 气象条件

已建厂址地处厂址地处西北内陆地区，属中温带季风型大陆性气候。其特征是冬长夏短，春迟秋早，寒暑变化剧烈，日照充足，降水量少，蒸发量大，干旱多风等特点。冬季漫长而寒冷，降雪稀少，气候干燥。每当高空西风槽东移时，西北气流急剧向东南推进，常形成大风降温寒流天气。夏季，受太平洋副热带高压控制，东南季风盛行，降水增多，但多年平均降水量仅有 157.9mm，其最大一日降水量达 110.6mm，常形成山洪爆发。

根据业主提供的气象资料，该地区地面常规气象统计资料如下：

(1) 气温

● 年平均气温	9.8℃
● 近年最热月平均气温	33.4℃
● 近年最热冷平均气温	-8.4℃
● 多年平均最高气温	16.4℃
● 多年平均最低气温	3.8℃
● 极端最高气温	40.2℃
● 极端最低气温	-32.6℃

(2) 降水量

● 年平均降水量	157.9 mm
● 日最大降水量	71.8 mm
● 一次最大降水量	110.6mm
● 年平均蒸发量	3249.0 mm

(3) 湿度

- 年平均相对湿度 42%
- 月平均最小相对湿度 0

(4) 气压

- 年平均气压 89.3 kPa
- 年最高值 91.9 kPa
- 年最低值 87.1 kPa

(5) 降雪

- 最大积雪深度 130 mm
- 最大冻土深度 -1300 mm

(6) 风

- 全年平均风速 2.9 m/s
- 近年最大风速 28m/s
- 主导风向(冬季) (频率 %) 西北
- 次常风向(夏季) (频率 %) 东南

6.3 工程地质和水文地质条件

(1) 地形地貌

棋盘井镇地处鄂托克旗西北部，各种断裂比较发育。受地壳运动影响比较平稳，岩浆活动较少。地表由棕红色、土黄色的沙砾岩、泥质沙砾石，棕红色砂岩、砂质泥岩组成，属山地丘陵区。

本项目已建厂址地形平坦，北面为桌子山，西面为岗德尔山向南延伸部分，东、南面则为略向山前向厂址方向倾斜的第四系台地，因此形成了四周相对较高的山前盆地，盆地面积 10km²。棋盘井镇地势较高，自然地面标高在 1233.00~1267.00m 之间，东高西低，南高北低，相对高差约 34.00m，场地的自然坡度约为 1%；场地大部分被风成沙覆盖，表面为半荒漠化草原。厂址北侧约 4km 处为由东北流向西南的季节性河流—乌珠林沟。

(2) 工程地质

已建厂址地质构造单元为中朝准台地鄂尔多斯台地北缘，地貌属山前冲洪积平原，地形较平坦，地势南高北低，地面标高变化在 1257.61~1260.70，高差为 3.09m。

场地内地层依据其成因及岩性不同可分为 4 大层，各层分述如下：

第①层第四纪风积、洪积粉沙：黄褐色，稍湿~~稍密状态，以风成砂位主，该层局部夹粉土、细砂、粗砂薄层或透镜体。

第②层第四纪冲洪积砂类土：由粗砂、砾砂、细砂、粉砂及混合土组成，分述如下：

②层粗砾砂：野外鉴定以粗砂为主，灰褐~红褐色，稍湿，稍密~中密状态。颗粒矿物成分以长石、石英为主。混粒结构，混 2~22%卵石，一般粒径 2~3cm，最大粒径 5cm，钻孔进尺较难。

②1 层细砂：灰褐色，稍湿~~稍密状态，以透视镜形式出现在第②层粗砂层的不同深度内，最大厚度 1.0m 左右。

②2 层粉砂：红褐色，湿~饱和，密实状态，分布第②层粗砾砂层底部。

②3 层混合土：由粗粒和粘性土混合土组成，稍湿~~密密状态，粗粒为卵石，其空隙充填粘性土和少量各种粒径砂，分布第②层粗砾砂层底部。

第③层第三纪泥岩：紫红色，稍湿~~坚硬状态（呈粘性土状），泥质胶结，固结成岩作用差，遇水软化，为极软岩，钻探 RQP>95%，其质量基本等级为 V 级。

第④层白垩纪砂岩：紫红色~灰色，中等风化，泥质胶结，固结成岩作用差，主要矿物成分长石、石英。为软岩，钻探 RQP>90%，其质量基本等级为 IV 级。

场地地下水贫乏，场地内地下水埋藏较深，在钻孔 30m 内未见地下水，地下水对基础设计与施工无影响。

本场地无可液化的土层。

（3）水文地质

棋盘井镇地处卓子山构造体系的南缘，区域内有西来峰大断裂一条，纵贯南北，属质性下断层，断距 80m，倾角 45.5deg，为区内极好的储水构造之一，以二叠系砂岩的奥陶系石岩风化壳和断层破碎带为主，储水构造带地下水补给径流条件较好。单井出水量可达 1600t/d 以上。上部为潜水，下部为承压水或半承压水，埋深 10~60m，水质较差，矿化度 3~10g/l 左右。

已建厂址场地地下水贫乏，主要含水层为②层角砾夹碎石，地下水为孔隙潜水类型。勘测期间正值枯水季节，河水干枯，场地内地下水埋藏较深，一般达 12.40~22.00m。

(4) 地震烈度

根据《中国地震动峰值加速度区划图》，厂址区域地震基本烈度为Ⅷ度，地震动峰值加速度为 0.20g。历史地震分区上，本区处于磴口—海勃湾亚地震危险区，历史上地震活动比较频繁，2 级以上地震密集分布，但大多为 2~4 级地震，地震震级不高，地震活动程度较低。历史上最强地震记录，距厂址以北约 120km 的八音木仁，1976 年 9 月 23 日曾发生过 6.2 级地震，震中烈度为 7 度。

已建场地土主要为密实的碎石土，属坚硬土，地形平坦、开阔，为抗震有利地段。场地类别主要为 I 类。

已建厂区用地范围处于乌达南北向挽近断陷带和桌子山东麓隐伏大断层之间的相对稳定区域。除场地周围断裂发育外，场地内未见其它不良地质作用，场地稳定，适宜建厂。

6.4 基础设施条件

近年来，棋盘井镇工业园区不断加大基础设施建设进度，园区内的基础设施已初具规模。

(1) 供水：本项目所需新鲜水由鄂尔多斯市西汇水务有限责任公司供水工程提供。该供水工程一期总投资 2.9 亿元，占地 111.55 万平方米，于 2005 年 5 月 9 日正式投产运行，供水能力为 4320 吨/日。另外，西汇水务公司另一项供水工程-联合化工双欣供水工程将于 2008 年 6 月完工，该工程设计取水能力为每天 40 万吨，供水能力每天 16.5 万吨。西汇水务公司最终取水能力为每天 40 万吨，供水能力为每天 30 万吨。西汇水务公司保证能够提供项目所需新鲜水。其水质符合《生活饮用水卫生标准》GB5749-2006 的要求。

(2) 供电：蒙西电网目前主供电网网架以 220kV 线路为主构成。220kV 线路西起乌海市的海勃湾电厂，经临河东郊变、乌拉山电厂、包头地区的麻池和古城变及呼和浩特市地区的东郊和昭君变，东至乌兰察布盟的丰镇电厂。棋盘井 220kV 变位于鄂尔多斯市鄂托克旗境内，该变电站于 2001 年建成投产了 1×120MVA 主变压器。

本项目所在工业园区建设 2×330MW 机组容量的鄂尔多斯电厂。鄂尔多斯电厂一期工程 2×330MW 机组已于 2005 年建成。二期工程 2×330MW 机组在 2010 年建成投产。三期工程 2×330MW 机组也已在 2015 年建成投运。

本项目电源已引自工业园区鄂尔多斯电厂配套的 220kV 变电站或棋盘井 220kV 变，分别引 2 回 110kV 专线至界区，其供电电源可靠，供电有保障。

(3) 电信：工业园区现已开通了光缆程控电话和移动电话。

(4) 市政道路、集中供水系统、供暖、排污管网、邮电、通信等覆盖工业园区。相应的文化、教育、卫生设施齐全，商贸基础雄厚，市场繁荣，投资环境优越。

工业园区配置条件好，地域宽阔，地势平坦，地质坚硬，建厂条件优越，为本项目提供了良好的建设依托条件。

6.5 交通运输条件

棋盘井镇位于乌海市东南，与乌海市接壤，北距乌海市 40km，西距宁夏石嘴山市 25km，距包兰铁路支线的海勃湾至拉僧庙段 4km，109 国道乌海市至鄂尔多斯市段从镇的中心通过，交通十分便利。

棋盘井的交通网络四通八达，距乌海机场 50 公里，离包兰铁路支线——海拉铁路 2 公里，荣乌高速、109 国道、东乌铁路横穿镇区。

(1) 铁路：棋盘井镇是一个新型的工矿企业城镇，在已建厂址西面的乌海境内有铁路通行，公乌素火车站距离厂址约 7.0km。已建厂址附近铁路线现状及规划情况如下：

1) 东乌铁路：东起包神铁路乌兰木伦站，经李家塔、霍洛苏木、查干桃林，沿毛乌素沙漠北缘向西行，经伊化甲醇厂、巴音什里，在乌兰镇折向西北，经棋盘井在公乌素车站接入海拉支线。远景经拉僧庙跨黄河接包兰铁路石嘴山站。该线路全长 322.85km，等级为地铁 I 级。近期 2010 年运量 1013 万吨，远期 2015 年运量 1165 万吨。该项目是京兰通道和包柳通道的重要联络线，填补了该区域内没有铁路的空白，对该地区的煤炭及高耗能产品运输提供了运输保障。项目总投资约 24.8 亿元。工业园距海拉铁路支线 2 公里。

2) 包西铁路：国家发展改革委于 2007 年 3 月 5 日批准了包头至西安铁路通道扩能改造工程可行性研究报告。包西铁路扩能改造工程自包头铁路枢纽包头站，经鄂尔多斯、榆林、延安至西安铁路枢纽张桥站，改建后正线全长 800.9km。其中，包头至大保当段 239.8km 新建双线，大保当至甘泉北段 355.3km 增建第二线，甘

泉北至张桥段 205.8km 新建双线。全线采用国铁 I 级，双线电气化牵引，日开行客车 25 对，年货运量 10000 万吨以上。项目总投资 209.5 亿元，其中陕西省境内线路长 627km，工程投资 163 亿元，资本金 57.65 亿元，铁道部出资 43.96 亿元，陕西省出资 13.69 亿元。计划 2009 年建成运营。

包头—兰州的铁路干线从厂址西面约 50.0km 的石嘴山市通过。

(2) 公路：棋盘井镇的西面有 110 国道，该国道主要在宁夏境内，109 国道和 215 省道从城镇中间通过。215 省道从已建厂址的东、北面通过，距已建厂址约 5.0km。109 国道从已建厂址的南面通过，距厂址约 2.0km，其路面宽约 7.0m，沥青路面。另外，厂址地区公路规划将工业园区的 109 国道部分已拓宽到 50.0m 宽。

本项目的大件运输，以及原料等将利用 109 国道中转进入厂区。

6.2 厂址方案

本项目新建部分是在现有厂区的预留场地上建设，不新增项目用地，其余部分利用厂内已有设施或在已有设施基础上改扩建，水、电、消防等公用工程及辅助设施均依托老厂，可以充分利用厂内现有的设施，方便生产和管理。

7、公用工程及辅助设施方案

7.1 总图运输

7.1.1 厂址概况

本项目是内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司年产 8000 吨高纯度、低耗能多晶硅材料技术改造项目，厂址位于鄂尔多斯市鄂克托旗棋盘井镇工业园区。

棋盘井镇位于乌海市东南，与乌海市接壤，北距乌海市 40km，西距宁夏石嘴山市 25km，距包兰铁路支线的海勃湾至拉僧庙段 4km，109 国道乌海市至鄂尔多斯市段从镇的中心通过，交通十分便利。

本项目红线内共占地面积为 381041 平方米（合 571.56 亩），包括预留项目工程扩建用地。

7.1.2 总平面布置

（1）布置原则

- 严格执行国家颁布的防火、防爆、安全、卫生等有关规范标准。
- 根据工艺生产要求，力求工艺流程顺畅，管线短捷。
- 符合工业园区总体布局，充分依托工业园区现有基础设施，以节省建设用地和投资。

- 做到人货分流、互不干扰，确保厂区内运输和消防通道畅通。

（2）工艺装置布置

工艺装置包括硅粉制备、三氯氢硅合成、冷氢化、精馏、工艺罐区、还原及后处理、尾气回收、废气处理、废水处理等工序。

根据原料互供的特点，本着工艺流程顺畅、方便管理的原则，全厂改扩规划建设 8000 吨/年多晶硅生产装置。在一期布置时，在一期各单元旁边已考虑进行了扩建。考虑到工艺管线短捷、成品运输方便，将还原工序布置在厂区的东面中部不变。其中新增的冷氢化布置在还原工序的西面。新建精馏工序在原有精馏单元预留空地、尾气回收在原有位置改造，工艺罐区预留地新增储罐。

（3）配套的公用工程和辅助设施

公用工程及辅助设施尽量位于负荷中心，靠近主要装置，以方便管理、节约能耗。水、电、气管线等还要兼顾外线进、出口的方位，避免管线浪费。

1) 污水处理场：占地面积 9600m²，布置在厂区西北角，场地最低处，本厂污水经地下管网排入污水处理场处理达标后排放城市管网系统。

2) 循环水、生产、消防水泵站及脱盐车站：占地面积 20300m²，布置在生产装置区的东北面，使线路短捷且便于生产管理。

3) 空压制氮站：占地面积 5550m² 布置在工艺罐区的北面，使管线短捷且便于生产管理。

4) 110KV 总变电站：占地面积 6000m²，布置在空压制氮站的北面，并靠近厂区边缘，便于厂外西边修文变电站的外线接入。

5) 仓库维修区(包括维修厂房、综合仓库、化学品库等)：占地面积为 15800m²，仓库维修区集中布置便于管理。硅粉库紧靠主生产装置布置。

6) 与本期改扩至 8000 吨/年多晶硅装置配套的原料及其它设施(液氯汽化、氢气制取和提纯、氯化氢合成和冷氢化等)：总占地面积为 26500m²。集中在多晶硅装置的西面面靠近货运出入口布置，便于物流运输。

7) 尾气处理和尾气回收布置在主装置的北面，总占地面积为 10000 m²。

8) 罐区装车站布置在厂区的东北角，设置单独一个物流出入口。

9) 厂前区：占地面积 35500m²，厂前区主要有办公楼、食堂和浴室、广场等组成。

全厂各设施具体位置详见附图 2—总平面布置图。

(4) 项目总平面布置主要技术指标表

表 7-1-1 项目总平面布置主要技术指标表

序号	项目名称	单位	数量	备注
1	总占地面积	公顷	38.1041	合计 571.56 亩
	其中：			
	一期工程占地面积	公顷	30.6	
	改造一期工程占地面积	公顷	2.501	
2	厂区围墙总长度	m	2560	
3	室外地坪面积	m ²	11940	
4	道路面积	m ²	87747	
5	人行道面积	m ²	3830	
6	建、构筑物面积	m ²	84460	
7	建筑系数	%	27.6	
8	利用系数	%	61.4	

序号	项目名称	单位	数量	备注
9	厂前区	m ²	35500	
10	绿化面积	m ²	45900	
11	绿地系数	%	15	

7.1.3 竖向布置

(1) 竖向布置原则

1) 满足厂区防洪、排洪及地下管线敷设高程的要求，确保道路及场地坡度合理，雨水排除顺畅。

2) 根据场地现有地形，选择适当的布置方式，以减少土石方工程量。

3) 确保厂内外道路的衔接对消防、运输的要求。

(2) 竖向布置方案

本项目厂址所在场地地势开阔，东南高、西北低。

本项目用地范围内未发现断层、滑坡等不良地质现象。本项目竖向设计在场地经初步平整后，采用平坡式布置。根据自然地形将场地设计为东南高、西北低，这样减少土石方工程量。

场地排水方向根据初步平整后的场地标高由东南向西北排放，符合自然地形，便于场地的雨水排放及污水的收集。

7.1.4 绿化布置

厂区内绿化主要以装置区周边空地及厂前区为重点，原则以绿化和实用为主，选择能吸尘及吸收有害气体效果佳的植物，本项目绿地率为 15%。

7.1.5 全厂运输

改扩后项目原料及成品均采用公路运输。全年总运输量 26198 吨，其中运入 12640 吨/年，运出 13558 吨/年。

表 7-1-2 改扩后全厂运输量表

序号	货物名称	运量 (t/a)		货物形态	包装方式	备注
		铁路	公路			
1	运入					
1.1	金属硅		9040	固体		
1.2	烧碱		1977	固体		

序号	货物名称	运量 (t/a)		货物形态	包装方式	备注
		铁路	公路			
1.5	氢氧化钠		64.0	固体		
1.6	生石灰		1559	固体		
	小计		12640			
2	运出					
2.1	多晶硅		8000	固体		太阳能级
2.2	废物		5558	固体		
	小计		13558			
	合计		26198			

7.1.6 道路设计

本项目道路采用城市型道路，主要道路宽度均为 9 米，转弯半径均为 12 米，各生产装置区内次要道路宽度为 4~7 米，转弯半径为 6~9 米。生产装置四周设环形消防道路，以满足装置安装、检修、运输和消防要求。

7.1.7 设计中采用的总图运输标准、规范

石油化工企业设计防火规范	GB50160-2008
建筑设计防火规范（2001 修订）	GBJ1650016-2014
化工企业总图运输设计规范	HG/T20649-1998
石油化工企业厂内道路设计规范	SH3023-2005
工业企业设计卫生标准	TJ36-1979
总图制图标准	GB/T50103-2010

7.2 给排水

7.2.1 概述

本项目给排水系统包括界区范围内的生活生产消防水泵房、循环水站、生活污水处理站及生产废水收集池、项目界区内的地下给排水管道的设计。地下给排水管道系统包括生活给水系统、生产低压消防给水系统，循环水系统，稳高压消防水系统，雨水、清净下水排水系统，生产废水排放系统，生活污水排放系统。

7.2.2 水源及供水概况

(1) 水源概况

本项目所需新鲜水由鄂尔多斯市西汇水务有限责任公司供水工程提供。该供水工程一期总投资 2.9 亿元，占地 111.55 万平方米，于 2005 年 5 月 9 日正式投产运行，供水能力为 4320 吨/日。另外，西汇水务公司另一项供水工程-联合化工双欣供水工程将于 2008 年 6 月完工，该工程设计取水能力为每天 40 万吨，供水能力每天 16.5 万吨。西汇水务公司最终取水能力为每天 40 万吨，供水能力为每天 30 万吨。西汇水务公司保证能够提供项目所需生活生产水。其水质符合《生活饮用水卫生标准》GB5749-2006 的要求。

(2) 改扩后供水概况

项目一期设计生活生产用水 $561.9\text{m}^3/\text{h}$ ，改扩后用水仅 $300\text{m}^3/\text{h}$ 。从西汇水务公司供水干管引一根 DN500mm 的管道至本项目界区内 1m，界区的供水压力约为 0.20MPa。

7.2.3 工厂给水

本项目根据用水性质的区分，给水系统划分为以下三个系统：

- 生活、生产低压消防给水系统
- 稳高压消防给水系统
- 循环水系统

(1) 生活、生产低压消防给水系统

本系统为本项目的生活设施以及装置的洗眼器、分析化验室等提供生活用水。生活水正常流量 $7\text{m}^3/\text{h}$ ，设计流量 $8\text{m}^3/\text{h}$ ，供水压力 0.4MPa (G)。

本系统为各个生产装置和辅助装置提供所需要的生产用水、冲洗设备和地面用水、以及全厂低压消防用水。生产水正常流量 $300\text{m}^3/\text{h}$ ，供水压力 0.4MPa (G)。

根据《石油化工企业设计防火规范》中有关规定，在公用工程装置区设置低压水消防。按 GB50160-92(1999 年版)和建筑设计防火规范 (GB50160-2008) 的规定，同一时间内火灾处数为 1 处，消防水量为 40L/s，火灾持续供水时间为 3 小时。

生活、生产低压消防水采用管道输送，环状供水，埋地铺设，主管管径 DN350，压力不低于 0.4Mpa (G)。低压消防保护对象的四周设置地上式消火栓，规格为 DN100，低压消火栓的间距不超过 120 米。

(2) 稳高压消防给水系统

本项目多晶硅装置区采用稳高压消防给水系统，消防用水量 160 l/s 考虑，压力 1.0 MPa，火灾延续时间 3 小时，火灾时总的消防用水量为 1960m^3 。稳高压消

防给水系统由消防泵站和高压消防给水组成。

本项目消防泵站包括：

1) 清水池

消防水池为半地下式结构水池分 2 个，单个平面尺寸约为 25.0×20.0m，池顶标高 3.3m，池底标高-1.0m，水深 4.0m，有盖。单个有效容积 1000m³，总有效容积 2000m³。

2) 消防泵房

消防泵房平面尺寸：18.0×9.0m，泵房梁底净高 7.5m。内设有 1 台电动消防泵、1 台柴油消防泵、两台消防稳压泵及隔膜式稳压罐。

电动消防泵性能如下：

Q=160L/S，H=100m，电机功率 250kW。

柴油消防泵性能如下：

Q=160L/S，H=100m，柴油机功率 250kW。

稳压泵性能如下：

Q=18m³/h，H=80m，电机功率 11kW。

泵房内设手动单梁起重机 SDQ-5 一台，起重量 5 吨，跨距为 7.5m。

隔膜式稳压罐：型号为 XQB10-1.2。

消防泵组和稳压泵组采用足自动/远控/就地三种方式，配套自动控制柜和配电柜。

3) 地下消防管网

本系统由地下消防水管网环状布置供水，安装分段阀，以确保本系统的可靠性和安全性。消防主管网 Φ325×8mm，管网上设地上式消火栓 SS150/80-1.6。在甲类塔群、罐区两侧设消防水炮。

(3) 循环水系统

循环水系统主要由冷却塔、塔下水池、循环水泵、旁滤器、加药装置、加氯装置、监测换热器和管网等组成。

设计采用的气象资料如下：

干球温度：θ=27.2℃

湿球温度：τ=21.1℃

气压：663 毫米汞柱

循环水量：20000m³/h

循环水给水温度：28 °C

循环水回水温度：38 °C

循环水给水压力：0.40MPa

循环水回水压力：0.20MPa

1) 冷却塔及塔下水池

根据气象条件及工艺要求，采用 5 槽钢筋混凝土机械抽风逆流式冷却塔，每槽冷却水量为 4000m³/h，风机直径 Φ9.14m，配用电动机功率为 185kW，风机设安全检测控制系统（油温、油位、振动）。

设地上式塔下水池二座，钢筋混凝土结构，一座池平面尺寸约为：37m×22.4m，另一座池平面尺寸约为：55.5m×22.4m。池顶标高 3.0m，池底标高 0.00m，水深 2.8m。

2) 循环水泵及吸水池

循环水泵房为半地下室，平面尺寸为 60×15m。共设 4 台循环水泵(三用一备)，采用自灌式启动。

水泵性能：Q=7000m³/h，H=47m；配套电机功率 1400kW。

设水泵吸水池一座，钢筋混凝土结构，吸水池 70m×5.5m，池顶面标高 3.0m，池底标高-2.0m，水深 4.8m，有盖。设连通渠将水泵吸水池与塔下水池相连，连通渠中设格网。

泵房内设电动双梁桥式起重机一台，起重量为 8t。

3) 机械过滤器

为保证循环水水质洁净，降低水中悬浮物含量，对循环水进行旁滤处理。设机械过滤器 4 台，单台过滤水量为 200m³/h，旁滤水量为 800m³/h，占循环水总量的 3.47%。

4) 加药装置

为防止换热设备及管道的腐蚀，减少结垢，保证工艺热交换装置经常高效、正常运行生产，需对循环水投加缓蚀剂、阻垢剂。采用二罐三泵（计量泵）成套加药设备一套，包括溶液罐、计量泵、插桶泵、自吸泵。加药装置设于加药间内，加药能力为 15kg/h。

5) 加氯装置

为防止循环水中菌藻生长，需向循环水中投加液氯，加氯浓度为 3~4mg/L。设置全自动柜式加氯机 2 台（1 用 1 备），单台加氯量为 60kg/h。加氯机设于加氯间内。

在加氯间隔壁建液氯钢瓶间，在氯钢瓶间内设置：

数字式台秤 1 台，最大称重量 2000kg；

手动悬挂起重机一台，型号为 SDXQ-2，起重量为 2t。

6) 智能化监测换热器

为了对循环水系统的循环水质进行不间断监测，指导运行，确定缓蚀剂、阻垢剂的品种及投加剂量，设置智能化监测换热器一台。

7) 循环水管网

本项目循环水管道采用焊接钢管，埋地管道采用加强级环氧煤沥青防腐，管网敷设采用枝状。

7.2.4 排水系统

本项目根据污水性质的区分，排水系统分为以下五个系统：

·生活污水系统

- 生产废水系统
- 清净下水系统
- 清净雨水系统
- 事故污水系统

本装置的排水系统是采取清污分流、按水质划分的排水系统。排水系统划分为生活污水系统、生产废水系统、假定清净下水系统、污染雨水系统、事故消防排水系统、雨水系统。

本项目污水处理站根据生活污水、生产废水的成分不同，分别进行处理。生活污水达到《污水综合排放标准》GB8978-96 之一级排放标准后，排入界外管道。生产废水排至本项目工艺装置 V8200—废水处理单元处理，处理后水回用配置碱液。

(1) 生活污水系统

本系统的污水主要来自于控制楼、综合办公楼及门卫等的生活用水，水量正常为 6m³/h。各建筑物排放的生活污水经化粪池预处理后，重力流排入生活污水总管，送至生活污水处理装置的调节池，再由生活污水提升泵提升至一体化生活污水处理

设备处理。采用接触氧化工艺，处理后的生活污水达到《污水综合排放标准》GB8978-96 一级排放标准排放。

设一体化生活污水处理装置两台，单台处理能力为 $Q=5\text{m}^3/\text{h}$ 。

(2) 生产废水系统

生产废水（地面冲洗水等）平均小时排水量为 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。生产废水系统收集后送入生产废水收集池，由水泵提升至 V8200 工艺废水处理单元，处理后回用配置碱液。设污水提升泵二台（一用一备）， $Q=5\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=15\text{m}$ ，配套电机 0.75 kw。

(3) 清净下水系统

本项目中的清净下水主要是来自循环水系统的排污及脱盐水处理站排污等，排水量为 $80.1\text{m}^3/\text{h}$ ，经清净下水管网最后汇入界外雨水管道。

(4) 雨水系统

雨水系统分为初期污染雨水和后期清净雨水。后期清净雨水经地面雨水的收集采用雨水口、雨水支管和雨水干管，汇集后以重力流的方式排至厂外。装置区的初期污染雨水在装置区内收集，缓慢地排入生产废水系统，后期清净雨水切换到本系统，最终排入界外雨水系统。

雨水按当地要求主要以自然渗漏和道路边沟收集的形式排放、雨水量参照包头市的暴雨强度公式计算如下：

$$q = \frac{9.96(1 + 0.9851g p)}{(t + 5.40)^{0.85}}$$

其中：q——设计暴雨强度 (L/s·ha)

t——降雨历时 (min) t=10min

p——设计重现期 (a) p=1a

(5) 污染消防水系统

本系统主要用于收集消防后的水排入污水消防事故池，杜绝消防后的水引起的水源污染。

为了收集消防时的排水，在工艺装置区和罐区界区线硬化地坪四周用明沟围绕，消防灭火时，消防排水经明沟收集后借用雨水管道送入事故消防水池。事故消防水池内的污水经过分析化验达到排放标准后，直接排放至界区外清净雨水系统，不合格水逐渐由污水泵小流量提升至工艺废水处理单元，处理后回用配置碱液。

事故消防水池的有效容积约 1620m³。

7.2.5 主要设备表

表 7-2-1 本项目给排水主要设备见下表。

序号	名称	材质	单位	数量	备注
一.	消防泵站				
1	电动消防水泵	组合体	台	1	配电机 250kW
2	柴油消防水泵	组合体	台	1	配柴油机 250kW
3	稳压泵	组合体	台	2	配电机 11kW
4	手动单梁悬挂起重机	组合体	套	1	起重 5t, 起吊高度 5m
二.	循环水站				
1	逆流式机械抽风冷却塔	组合体	套	5	配电机 185kW
2	风机动态安全监控系统	组合体	套	5	风机安全监控系统
3	循环水泵	组合体	台	4	配电机 1400kW
4	机械过滤器	组合体	套	4	Q=200m ³ /h
5	成套加药装置	组合体	套	1	加药量 23kg/h
6	加氯机	组合体	套	2	加氯量 48kg/h
7	数字式电子地上称		个	1	称量 2000kg
8	液氯钢瓶	钢	个	6	最大充氯量 1000kg
9	手动悬挂起重机	组合体	台	1	起重 2t, 起吊高度 4.5m
10	电动双梁桥式起重机	组合体	套	1	起重 15t, 起吊高度 9m
11	智能化监测换热器	组合体	套	1	
12	钢制格网	组合体	个	4	B×H=2000×1800
13	潜污泵	组合体	台	1	配电机 2.2 kW
三、	污水处理				
1	污水提升泵		台	2	Q=15m ³ /h, H=28m, N=3kW
2	一体化生活污水处理装置		套	2	Q=5m ³ /h

7.2.6 采用的设计规范

《室外给水设计规范》	GB50013-2006
《室外排水设计规范》	GB50014-2014
《工业循环水冷却设计规范》	GB/T50102-2014
《建筑设计防火规范》	GB50016-2014
《石油化工企业设计防火规范》	GB50160-2008

《生活饮用水卫生标准》	GB5749-2006
《污水综合排放标准》	GB8978-1996
《生活饮用水水源水质标准》	CJ3020-1993

7.3 供电及电讯

7.3.1 供电

(1) 电源状况

据业主提供电源状况资料,蒙西电网目前主供电网网架以 220kV 线路为主构成。220kV 线路西起乌海市的海勃湾电厂,经临河东郊变、乌拉山电厂、包头地区的麻池和古城变及呼和浩特市地区的东郊和昭君变,东至乌兰察布盟的丰镇电厂。棋盘井 220kV 变位于鄂尔多斯市鄂托克旗境内,该变电站于 2001 年建成投产了 1×120MVA 主变压器。

本项目所在工业园区建设 2×330MW 机组容量的鄂尔多斯电厂。鄂尔多斯电厂一期工程 2×330MW 机组、二期工程 2×330MW 机组和三期南区 2×330MW 机组。

本项目电源已引自工业园区鄂尔多斯电厂配套的 220kV 变电站或棋盘井 220kV 变,分别引 2 回 110KV 专线至界区,其供电电源可靠,供电有保障。

改造一期项目建设规模 3000+5000 吨/年多晶硅用电负荷估计需 134MW。

(2) 电力负荷性质及对电源要求

本项目属高新技术产业、产值高、技术先进,生产过程中有易燃、易爆及有毒介质产生,所以对供电可靠性要求较高,中断供电将造成人身伤亡及重大经济损失。此类负荷约占总负荷的 5%,属一类负荷特别重要的负荷,如还原炉的夹套冷却水泵和底盘冷却水泵、事故风机、仪表电源、火灾报警、事故照明、废气处理等;另外工艺及辅助生产装置中大部分负荷当发生停电时,会造成系统停车,需要较长时间才能恢复,造成较大的经济损失,属二级负荷,约占总负荷的 90%;其余负荷如厂前区、综合修理、仓库等为三级负荷,约占总负荷的 5%。

对于二级及以上的负荷需用双回路供电,其中一回故障时,另一回能带大部或全部负荷,使生产不致中断。二级及以上的用电负荷应由二个独立电源供电,当一个电源故障时,另一电源不致同时受到损坏。一级用电负荷中特别重要负荷,中断供电将发生中毒、爆炸、火灾的负荷除双电源供电外还应有应急事故电源供电。三级用电负荷对电源无特殊要求。

(3) 电力负荷估算

本项目工程 8000 吨/年多晶硅总需要电力负荷约为 134MW，年运行时间 8000 小时，年需要用电量约为 8×10^8 kWh，详见电力负荷估算表。

表 7-3-1 电力负荷计算表

序号	用电设备名称	动力				照明		视在容量 kVA
		安装容量 kW	设备容量 kW	需要容量		需要容量		
				kW	kvar	kW	kvar	
一	工艺装置负荷							
1	合成工序			472	442.5			
2	氯硅烷分离提纯			76	71.2			
3	氯硅烷贮存			120	112.5			
4	冷氢化			3510	2932			
5	还原			90926	48897			
6	尾气回收			6560	6150			
7	工艺废料处理			696	652.5			
二	公用工程负荷							
2	脱盐车站			152	142.5			
3	空分空压/冷冻站			8000	6825			
4	循环水站			5760	5400			
5	净水站			232	217.5			
6	制氢			9600	9000			
7	通风及空调			665	500			
8	全厂及装置照明					250	333	
	小计			127019	81676			
	同时系数 0.95			120668	77592			
	电容补偿				-24000			132033
	总计							
	功率因数							0.914

应急事故负荷估算约 2500kW。

(4) 供电方案及设计原则

1) 供电电源

本期项目已自建 110kV 总变配电站一座，其供电电源从鄂尔多斯电厂配套的 220kV 变电站或棋盘井 220kV 变，分别引 2 回 110KV 专线至界区。建两回 110kV 架空线路（每回出线的供电应互不干扰），每回 110kV 线路如选用 LGJ-400，持续容许负荷 $161\text{MVA} > 90.47\text{MVA}$ （一回线故障时的全部负荷，若 $\text{COS}\phi=0.9$ 计）。按经济电流密度每回线路输送功率为 67.2MVA 。正常运行时，每回 110kV 线路带负荷的一半， $67.2\text{MVA} > 90.47\text{MVA}/2$ 。

本项目工程 110kV 的供电方式为母线分段，总变电站区域内设置两台 $31.5\text{MVA}-110/10\text{kV}$ 变压器，并在还原厂房附近装设两台 $50\text{MVA}-110/10/10\text{kV}$ 分裂式变压器。全厂设置 4 台 110kV 的油浸式变压器作为主变。正常时 4 台主变同时工作，每台主变正常运行时带生产线负荷的约为变压器容量的一半；当一台主变或一段母线故障或停电检修时，余下正常工作的变压器能带全部的一、二级负荷。

此外设置两台低压 2500kW 应急发电机。每条工艺生产线的特别重要一级负荷接于低压应急母线段，正常时由系统母线供电，当两路电源同时故障时，由应急发电机供电。（主要供还原炉停炉用水泵、事故风机、废气处理等）

当火灾发生且电力系统中断供电时消防设备将由柴油泵驱动。

工艺生产用的 DCS 电源由不间断电源装置采用 UPS 供电。

事故照明由 EPS 供电。

总变综合自动化微机监控系统电源、电气开关设备的操作保护装置电源采用蓄电池直流供电。

综上所述，本项目的电源是可靠的，能满足本项目所需用电负荷对供电电源的要求。

2) 供电系统：详见附图—电气供电系统图。

110kV 系统双回架空进线至 GIS 开关，110kV 按单母线分段接线。4 台主变供 8000 吨/年多晶硅负荷，主变 10kV 侧单母分段接线。正常运行时使每段 110kV 母线负荷大致均匀分配。

3) 装置区域或街区 10/0.4kV 变电所的设置

由于本项目主要工艺生产车间均为有爆炸危险的区域，不宜设置变电所，全厂设三座 10kV 中压配电所。1#中压配电所附设在总变内，负责为尾气回收、废气处理、空分制氮、冷氢化等装置供电；2#中压配电所设置在还原厂房附近，负责为还原、冷冻、制氢、合成、精馏、罐区等装置供电；3#中压配电所设置在循环水装置

附近，负责为循环水、生产消防水站和厂前区等装置供电。供电采用电缆以放射式向各 10kV 用电户供电。根据将变电所设置在靠近负荷中心的原则，设置相应的 10/0.4kV 车间变电所，对 0.38kV 低压用电负荷供电。这些变电所均为双电源，双变压器、低压侧单母线分段，母联开关设 BZT 装置，其电源均引自总变 10kV 不同母线段。

4) 总变结构型式

110kV 采用 SF6 封闭式组合电器 GIS，为单层布置，110kV 架空进线，2 台经断路器架空出线至 31.5MVA 主变压器 110kV 侧；2 台经断路器电缆至 50MVA 主变压器 110kV 侧。110kV GIS 主厂房估计约 12m×30m。

总变区域内和 2#中压配电所附近各设两台主变置。每两台主变压器合设一个地下事故贮油池。

10kV 配电室为双层布置，楼上为 10kV 开关室及控制室，楼下为电缆室及电容滤波及补偿室。

5) 继电保护

为提高供电可靠性和运行管理水平，总变电所采用综合自动化微机监控保护系统，实现对全厂供配电系统的监控和保护，并能与上级变电所进行互连，还把与工艺运行有关的信号送至工艺控制室的 DCS 系统。

6) 功率因数补偿及滤波装置

本项目由于工艺生产需要采用了大功率整流设置，其产生的高次谐波必须进行治理，同时补偿无功功率。总补偿功率约 24000kVAR，10kV 侧补偿，补偿后功率因数约 0.914。

整流负荷为非线性负荷，会产生高次谐波电流流入电网，从而产生高次谐波电压，引起一系列危害电气设备的灾害。高次谐波分量的大小与系统阻抗及容量、整流相数、电网结构、供电电压等级、运行方式有关。最有效的治理方式是增加整流相数，若达不到规范要求才加滤波器。目前尚不能确定高次谐波分量的数值，本项目在可研阶段预留一笔预备金，如有必要加设滤波器。对谐波治理应结合功率因补偿考虑。

7) 供电外线

供配电电缆尽可能利用桥架在工艺管廊上敷设，以避免与地下管网交叉，并有利于运行维护。不能利用桥架的地方，则使用穿钢管埋地的方式。

(5) 主要设备材料选择

本项目生产过程存在氯化氢等腐蚀介质，且又存在氢、三氯氢硅等爆炸危险介质，要求设备能长期安全运行，故选择电气设备材料应采用技术先进，性能优良的产品，爆炸危险区采用防爆产品，氢气防爆产品标志为ⅡCT1，三氯氢硅防爆产品标志为ⅡCT4。

主要电气设备材料选择如下：

1) 10kV 配电装置：选用可移开式真空断路器柜，内装真空断路器，每个柜带分布式微机测控保护单元。

2) 低压配电柜：选用抽出式低压配电柜，变压器出线开关及母联开关选用带计算机接口的智能式断路器。

3) 电缆：动力电缆 ZR-YJV 阻燃交联聚乙烯电力电缆。

控制电缆 ZR-KYJV 阻燃交联聚乙烯电力电缆。

4) 电缆桥架：热浸锌钢质梯架或玻璃钢桥架（腐蚀环境）。

5) 防爆产品：按危险介质等级、危险区等级选择。

(6) 电修

本项目电修以小修及日常维修为主，电气设备的大中修依托社会化解决。本项目一期工程主要电气设备表如下：

表 7-3-2 主要电气设备表

序号	名称	规格型号	数量
1	10kV 手车开关柜	KYN-10kV	14 台
2	电力变压器	1600kVA-10/0.4kV	2 台
3	电力变压器	1000kVA-10/0.4kV	2 台
4	0.4kV 开关柜		30 面
5	现场操作柱	其中防爆型 60%	50 套
6	照明箱		10 面
7	检修箱		8 面
8	马路照明灯具（包括电杆）		20 套
9	工厂照明灯具	其中防爆型 60%	120 套
10	10kV 交联聚乙烯阻燃电缆		0.8 万米
11	0.4kV 交联聚乙烯阻燃电缆		12 万米

序号	名称	规格型号	数量
12	阻燃聚氯乙烯控制电缆	ZR-kVV-7×2.5	5 万米
13	钢制电缆桥架		16 吨
14	铜排		30 吨
15	接地材料	铜包钢	8 吨

7.3.2 电讯

(1) 行政电话系统

本项目厂前区所有行政电话接入工业园区电话网，并由业主向电信部门申请将这部分电话组成虚拟交换网。

在厂前区综合办公楼内设置电话电缆交接箱，容量初步确定为 600 回线，由工业园区市话局引来 400 对电话电缆，接至该交接箱，厂区内所有电话均由此交接箱引出。

(2) 调度电话系统

全厂设置一级电话调度系统，调度电话站设置在综合办公楼内。

调度电话总机选用 HA-6 型程控调度总机，该机具备内部自动交换群呼、全呼、监听、强插大中小型会议扩音呼叫等功能。

调度电话分机设置在综合办公楼内各生产管理办公室，各车间控制室、值班室、管理人员办公室及重要生产岗位等。程控调度总机容量选用 150 门。

(3) 无线对讲电话

为满足开车、调试及维修对移动通讯的要求，本项目设置 10 台 UHF 无线对讲机，选用本安型无线对讲机，可在防爆区内使用。无线对讲机使用频率由业主向当地无线电管理委员会申请批准后购买设备。

(4) 建筑物综合布线系统

在综合办公大楼内设置综合布线系统。综合布线系统主要针对话音和数据通讯卫星规划的一套网络传输系统，计算机和通讯网络均依赖布线系统作为网络连接的信息传输通道。采用综合布线系统用户能根据实际或办公环境的改变灵活方便地实现线路的变更与重组、调整构建网络模式，充分满足用户业务发展的需要。

(5) 火灾自动报警系统

全厂设置一套火灾报警系统，火灾报警控制器设置在综合办公大楼调度电话总

机值班室内。

烟雾探测器，手动报警按钮、声光报警器和信号及控制模块设置在控制室、机柜室、配电室、电缆夹层、柴油发电机房及质量控制中心二层走廊。综合仓库设置红外束感烟控制器，装置区现场设置防爆手动报警按钮。

火灾报警控制器选用 LD128（Q）型智能型火灾报警控制器（联动型）该控制器是智能化二总线火灾报警控制器可配接最多四个回路，每回路可带 128 个探测地址及 31 个联动模块。

没有设置火灾报警设备的地方采用“119”火灾报警专用电话报警。

（6）有线电视接收系统

综合办公楼会议室和业主指定的房间、倒班宿舍设置有线电视插座，并构成有线电视接收系统与工业园区有线电视系统联网。

（7）全厂电讯线路

全厂电讯线路室外敷设方式一般采取缆线穿钢管埋地敷设，在有管架的地方，则沿管架上仪表托盘内敷设。装置区内无管架处亦可穿钢管沿建构筑物架空敷设。室内敷设方式一般采取缆线穿管沿墙、楼板内、柱内、吊顶内暗设，只有在厂房内敷设线路较少时可采用穿管或线槽保护沿墙或天花板明设。

附电讯主要设备表。

表 7-3-3 主要电讯设备表

序号	名称	规格型号	数量	备注
1	电话交接箱	1000 对	1 个	
2	按键式桌挂两用电话机		200 台	
3	调度电话桌机		8 台	
4	8 芯单模光缆		2000m	
5	火灾报警控制器		1 台	
6	RJ45 插座板		120 个	
7	硬盘录象机	40G	1 个	
8	21"彩色监视器		1 个	
9	彩色定焦摄像机		5 台	
10	扩音呼叫电话系统		12 套	
11	编码型光电感烟探测器		250 个	

序号	名称	规格型号	数量	备注
12	编码型感温探测器		40 个	
13	编码型手动报警按钮		15 个	
14	防爆型编码手动报警按钮		10 个	
15	生产调度总机	30 门	1 套	
16	电调度总机	15 门	1 套	

7.4 自控技术方案

7.4.1 全厂控制系统及仪表选型

改造一期 8000 吨/年多晶硅改扩项目仪表检测和控制主要设计内容按照工艺专业的要求和一期多晶硅项目的经验，按照新增流化床氢化、还原改造、提纯改造和还原尾气回收改造等区域，进行检测控制仪表和自动控制系统的的设计。

1) 改造一期全厂控制的总体水平及操作原则

为了实现改扩后多晶硅工艺装置长周期安全、稳定的运行，并对工艺装置精确快速地进行控制，仪表和控制系统的的设计必须是先进和可靠的。

为了保证改扩后工艺装置安全运行，全厂工艺装置及公用工程将采用一套 DCS 和下挂 PLC 来控制，放置在全厂中央控制室内。

公用工程及辅助生产设施的自动化水平尽可能与工艺装置一致，控制部分采用 PLC，显示部分使用 DCS 操作站，仍放置在全厂中央控制室内。

2) 选型原则

改造一期全厂中央控制室内仍设置一套分散型控制系统 DCS (Distributed Control System) 对工艺装置进行监控和操作。

DCS 经过三十年的开发及运用，性能完全能满足工艺装置的各项要求。多晶硅装置具有一定的特殊性，工艺复杂，且介质大部分都是易燃、易爆、有毒介质，对 DCS 的可靠性、先进性提出了更高的要求。

工艺装置内包括成套包部分所有仪表原则上均为电子型。在危险区域内优先选择本安仪表，只有当无法选择本安型仪表时，才考虑采用隔爆型仪表。

3) 控制系统选型

改造一期分散控制系统 (DCS) 仍安装在装置的控制室中，工艺单元的操作和监控是由以 PC 为基础的操作站来完成。可靠的系统软件和硬件能满足连续长周期

平稳操作的要求。

DCS 构成主要分三部分，即过程接口部分，数据通讯系统和人机接口部分。

①过程接口包括数据采集单元和多路控制单元构成，它们是以微处理器为基础的设备，进行信号采集、转换、控制，还具有多种计算功能，并能按过程控制的要求，进行先进控制算法的组态和编程。

控制器、电源、调节 I/O 以及联锁 I/O 均要求一比一冗余配置。

②数据通讯系统以数字通信协议（TCP/IP）为基础，在所有的人机接口、控制单元和数据采集单元之间提供全冗余的高速数据通信系统。

它还提供有与其它系统或设备的通信接口

——上位管理机通信（全厂的信息管理系统最好能与 **DCS** 系统一体化）

——成套包 **PLC** 的通信等

③人机接口包括：

——以 **PC** 为基础的有 21" 以上彩色液晶监视器，键盘和鼠标
（或跟踪球）的操作站

——激光打印机

——辅助操作台

——工程师站，各带一台彩色激光打印机

——便携式 **PC**

——上位机等

④全厂工业电视，特别是还原炉的监视系统最好与 **DCS** 系统一体化。

4) 智能仪表管理系统

改造一期采用较先进的智能仪表管理系统远程管理调试现场仪表。此系统仍安装在中央控制室，支持 **OPC2.0** 标准，并提供与上位管理机的通讯接口。

5) 仪表选型

改造一期现场仪表应为全天候型，至少应该满足 **IP64** 的防护等级。

电动仪表应满足相应区域的防爆等级。

联锁和停车采用故障安全型式，当出现故障时，逻辑系统的输出将能使装置或某一关键部分安全停车。

成套设备自成系统，通过接口或硬接线将所有重要信号送控制室 **DCS** 系统。

①流量仪表

流量测量一般采用差压式流量变送器，涡街流量计、转子流量计等。

对于原料和成品的流量测量采用高精度的流量仪表。一些特殊的场合也可以采用面积式流量计、电磁流量计和质量流量计等。

②液位仪表、料位仪表

液位测量一般采用差压式液位变送器；易结晶、易堵介质的液位采用法兰式差压变送器。根据具体情况也可选用超声波液位计。雷达液位计、射频液位计等。料位仪表可选用放射性仪表。

避免使用玻璃管液位计。

③压力仪表

就地安装的压力表外径通常为 100mm，不锈钢全天候外壳。一般采用波登管测量元件。除非工艺有特殊要求，测量元件的材质至少应为 ANSI 316 S.S 或相当的材料。

用于指示报警或调节的压力采用压力变送器。

④温度仪表

对于最高工作温度在 500°C 及以下的温度测量采用 Pt100 铂热电阻，正常操作温度在 500°C 以上的采用 K 型热电偶。

就地温度指示采用双金属温度计，外径 100mm，万向型，带不锈钢全天候外壳。

一般情况下，所有温度计（RTD，T/C，双金属）都带温度计套管（TW），温度计套管也适用于临时的测温口。

⑤调节阀

调节阀通常采用单座球形阀，特殊介质将采用波纹管密封。其它种类的调节阀，如角阀、球阀、蝶阀、闸阀等根据工艺条件的要求选择。

调节阀最大允许的噪音为 85 分贝，（在调节阀下游 1 米处离开管道 1 米距离测量）将要求制造厂提供完整的资料来说明降低噪音的措施。

调节阀上的管件、接头等均应为不锈钢材质。

⑥分析仪表

分析仪表应带有预先装配好的采样预处理系统。分析仪应尽可能靠近采样点安装或安装在分析器小屋内。

在分析器小屋中，应安装有可燃气体检测器和其它相应的安全设备。

分析仪的放空气体应排放到安全的区域。

⑦可燃气体和毒性气体检测器

多晶硅装置的不同区域设置不同的可燃气体和毒性气体检测器。检测器本身带有发光二极管，表示该检测器是否正常工作。检测器直接将检测信号送 DCS，在 DCS 上显示并报警。

7.4.2 自动控制系统公用工程消耗

1) 仪表供电

仪表和控制系统采用 UPS 提供的 220V 50HZ 交流电源。

现场变送器采用两线制 24VDC 电源，由 DCS 供电。

全厂装置总耗电量约 80KVA。

2) 仪表供气

仪表气源操作压力： 0.7MPaG

仪表气源最大操作压力： 0.8MPaG

仪表气源最低操作压力： 0.45MPaG

操作压力下露点： -30℃

全厂装置仪表空气消耗最大值约： 2000Nm³/hr

正常值约： 1800Nm³/hr

7.4.3 设计中采用的主要标准及规范

自动化仪表工程施工及验收规范	GB50093-2002
爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范	GB50058-92
石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范	GB50493-2009
石油化工企业设计防火规范	GB50160
自动化仪表选型设计规定	G/T20507-2000

7.5 蒸汽和脱盐水供应

7.5.1 蒸汽供应

(1) 概述

本项目已建厂址所在地工业园区将采用集中供热，本项目正常生产、开车所需蒸汽将由工业园区自备热电站锅炉统一供给。

本项目冬季采暖所需热水将由工业园区供热站统一供给。

(2) 全厂蒸汽负荷

全厂蒸汽负荷见下表。

表 7-4-1 全厂蒸汽负荷表

序号	装置名称	压力 MPa.G	温度 °C	蒸汽用量 t/h	性质	备注
1	多晶硅装置	0.9	饱和	30.00	连续	正常
		0.9	饱和	45.00	间断	开车
	合计					
a	正常工况	0.9	饱和	30.00	连续	正常
b	开车工况	0.9	饱和	45.00	间断	开车

根据全厂蒸汽负荷表，本项目多晶硅装置正常运行、开车用汽均由工业园区自备热电站锅炉用管线提供。

(3) 蒸汽供应

由工业园区自备热电站锅炉送来的 0.9 MPa.G，饱和和低压蒸汽进入本项目厂区供多晶硅装置使用。本项目蒸汽冷凝液全部回收后，送回工业园区自备热电站循环使用。

7.5.2 脱盐水处理

(1) 概况

一期项目脱盐水处理总出力如下：

正常—60m³/h

设计—70m³/h。

改造一期实际用量—49m³/h

产水用做多晶硅装置工艺用水、高纯水处理原水。其中，多晶硅工艺装置正常工艺用水 20m³/h，高纯水处理装置正常原水 29m³/h。

系统控制水平：PLC 全自动控制。

(2) 产水水质要求

脱盐水水质如下：

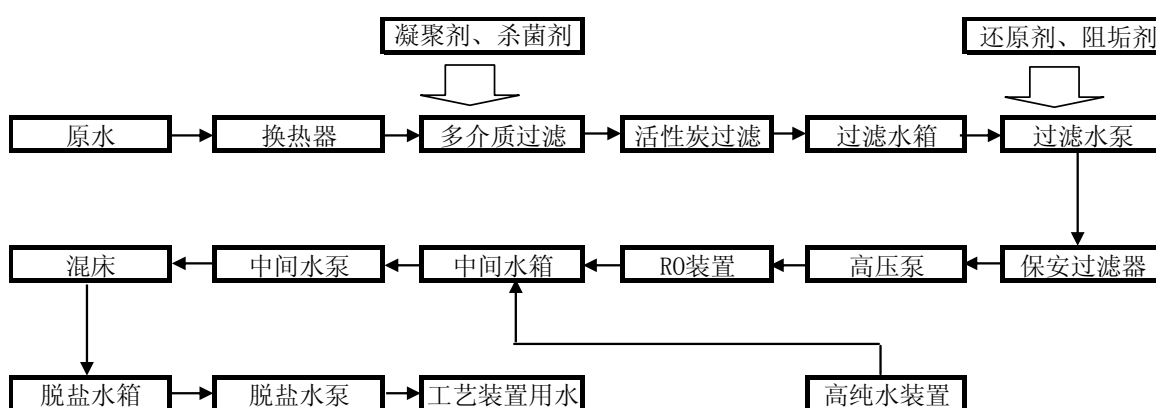
二氧化硅： $\leq 0.02\text{mg/l}$ 导电率： $\leq 5\mu\text{s/cm}$

PH： 6.5~8.0 温度：常温

压力： $\geq 0.5\text{MPa}$

(3) 工艺系统

脱盐水处理站简要工艺流程如下：



(4) 废水排放

多介质过滤器反洗水、反渗透浓水排放、中和废水排放：合计排放 $19.1\text{m}^3/\text{h}$ 。

7.5.3 高纯水站

(1) 概况

一期项目高纯水站出力： $25\text{m}^3/\text{h}$ ，产水用做多晶硅工艺装置硅棒清洗用水。

本站设置在硅棒清洗车间，送出高纯水为连续循环管路输送，循环管路上取水点离用水点距离小于 0.3m 。

本系统控制水平：PLC 全自动控制。

(2) 设计基础

本高纯水站的原水为本项-脱盐水处理站的产水，其水质如下：

流量： $29\text{m}^3/\text{h}$ ； 硬度： $\cong 0\mu\text{mol/l}$

二氧化硅： $\leq 0.02\text{mg/l}$ ； 导电率： $\leq 5\mu\text{s/cm}$

PH： 6.5~8.0； 温度： $22\pm 2^\circ\text{C}$

本高纯水处理站生产的高纯水水质如下：

产水量：25m³/h； 温度：20±2℃

导阻率：≥18MΩ/cm； PH： 6.8~7.2

细菌总数： <3 个/ml； 颗粒度（直径）0.5u）： <150 个/ml

SiO₂： <5ug/l； 有机物耗氧量： <0.3mg/l

Cu： <0.5 ug/l Mg： <0.2 ug/l

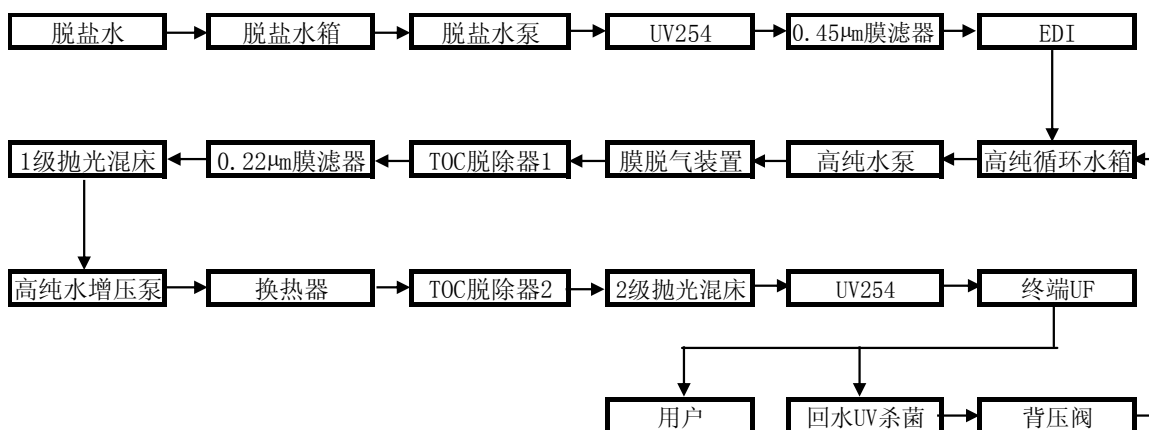
Mn： <0.2 ug/l Na： <0.5 ug/l

Fe： <1 ug/l Ca： <1 ug/l

Zn： <0.5 ug/l

(3) 工艺系统

本高纯水处理站简要工艺流程图如下：



(4) 废水排放

EDI 极水：大约 2m³/h，去脱盐水装置回收利用。其它排水大约 2m³/h 排放。

7.6 冷冻站

一期项目设置的冷冻站，满足年产 8000 吨多晶硅装置提供需要的各冷水冷量。

7.6.1 用冷要求

(1) -15℃系统

冷水流量：200m³/h

用冷温度：-15℃

温差： $\Delta t=3^{\circ}\text{C}$

用冷状况：连续

(2) 7°C 系统

冷水流量： $1380\text{m}^3/\text{h}$

用冷温度： 7°C

温差： $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$

用冷状况：连续

7.6.2 设计采用的主要标准规范

GB50274-1998 制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范

GB9237-2001 制冷和供热用机械制冷系统安全要求

本冷冻站设计采用的与其它相关专业一致的标准规范及一些通用标准规范未在此列出。

7.6.3 设计方案及能力

考虑到就近供冷的设计原则，本项目设一个多晶硅装置冷冻站。

本冷冻站根据用冷温度的要求，本站设置两个载冷剂供冷系统。

制冷主机采用螺杆式盐水机组的 -15°C 冷冻盐水系统，其载冷剂采用质量浓度为 25.7%的氯化钙盐水溶液，设置了一盐水配置/回收池，开车时盐水的初次配制及平时系统需要的补充盐水，均由该槽提供，当盐水系统检修时，设备及管道系统内的冷冻盐水也能回收进池，一是为了环保的要求，同时也可以短期停车后再开车时使盐水的余冷得以利用。 -15°C 冷冻盐水系统设计工况下的设备设计总能力为 $\sim 1320\text{kW}$ ，运行能力为 $\sim 880\text{kW}$ 。

7°C 冷冻水系统载冷剂采用纯水，由于冷负荷较大，制冷主机采用离心式冷水机组。 7°C 冷冻水系统设计工况下的设备设计总能力为 $\sim 14550\text{kW}$ ，运行能力为 $\sim 9700\text{kW}$ 。

载冷剂系统均采用开式循环，即回水槽为通大气的常压槽，回水靠余压自流入槽中，使系统的操作比较简单。

7.6.4 主要设备选型

螺杆式盐水机组三台，两开一备，每台设计工况下的制冷能力~440kW。

离心式冷水机组三台，两开一备，每台设计工况下的制冷能力~4850kW。

离心式盐水泵三台，两开一备，每台流量为~110m³/h，扬程为~70m。

离心式冷水泵三台，两开一备，每台流量为~760m³/h，扬程为~75m。

离心式补充盐水泵一台，流量为~10m³/h，扬程为~25m。

V=36m³的常压盐水回水槽一台。

V=100m³的常压冷水回水槽两台。

7.7 空气和氮气供应

本装置一期空压制氮站的设置，满足年产 8000 吨多晶硅装置提供需要的氮气及各类空气，不再扩建。

7.7.1 用气条件

本项目用气条件见下表。

(1) 氮气用量和要求

装置名称	气体类别	用量 Nm ³ /h		纯度 (vol) %	露点 (压力) °C	供气压力 MPa(G)	使用情况
		最大	正常				
多晶硅	氮气	4000	2000	O ₂ ≤5ppm	-50	0.7	连续

(2) 仪表空气用量和要求

装置名称	气体类别	用量 Nm ³ /h		露点 (压力) °C	供气压力 MPa(G)	使用情况
		最大	正常			
多晶硅	仪表空气		7000	-40	0.6	连续

(3) 工厂空气用量和要求

装置名称	气体类别	用量 Nm ³ /h		露点 (压力) °C	供气压力 MPa (G)	使用情况
		最大	正常			
多晶硅	工艺空气	1500	500	-40	0.6	连续，无油

7.8 分析化验、产品检验和贮运设施

(1) 分析化验和产品检验

本项目一期设置质量控制中心—分析化验室，承担生产所需的原料、产品和生产控制的分析化验工作，也负责生产过程中的废水、废气中有关分析项目的检测。分析化验室的主要设备包括光谱分析仪表、气相色谱仪、紫外分光光度计、K-F 水分分析仪，还包括实验室常规分析设备等。本次改造利用原有分析化验室。

(2) 储运设施

本项目需要设置的储运设施包括原料硅粉的储存、钢瓶液氯的存放和液氯蒸发系统、中间产品和副产品储罐、产品仓库、酸碱（包括石灰）库以及综合仓库。中间产品和副产品储罐包括 12 台 100m³ 氯硅烷贮槽（SS321，~12t/台），4 台 50 m³ 氯硅烷紧急排放槽（SS321，~7t/台），8 台氯硅烷装车泵（SS321，~20m³/h,30m），20 台氯硅烷输送泵（计量泵，SS321，~2m³/h， $\Delta P=1.2\text{MPa}$ ）。

7.9 维修及服务设施

(1) 维修

本项目已建维修车间，承担本项目中各部门的小修（机修、仪修、电修、建修）及日常维护任务。

1) 机修

本项目设备、管道、钢结构及储罐等金属安装重量约为 1000 吨，每年所需备品、备件量大概在 30 吨左右。机修将考虑包括金工和综合修理两个组。金工组主要负责备品备件的加工，综合修理以管焊、起重为主。

2) 电修

电修主要负责中、低压电气设备（包括电机、开关柜、控制柜、互感器等）和线路检修，电气仪表和自动装置的校验、调整和检修。

3) 仪修

本项目已在中央控制室附近设置仪修，负责全厂仪表、DCS、PLC 和计算机的日常维护、调校和维修。

(2) 服务设施

鉴于已建项目所在工业园区已建有完善的生活设施，本项目在一期工程建设厂前区，初步考虑设置综合办公楼、职工食堂及浴室。综合办公楼为 3 层约 2760 平方米。另建职工食堂/浴室为 2 层，约 2304 平方米。

7.10 土建

7.10.1 自然条件

(1) 地理位置及气象条件

参见本报告第 6 章“地理位置”、“气象条件”。

(2) 厂址的地形、地貌概况

本项目已建厂址地形平坦，北面为桌子山，西面为岗德尔山向南延伸部分，东、南面则为略向山前向厂址方向倾斜的第四系台地，因此形成了四周相对较高的山前盆地，盆地面积 10km²。棋盘井镇地势较高，自然地面标高在 1233.00~1267.00m 之间，东高西低，南高北低，相对高差约 34.00m，场地的自然坡度约为 1%；场地大部分被风成沙覆盖，表面为半荒漠化草原。

(3) 工程地质条件

已建厂址地质构造单元为中朝准台地鄂尔多斯台地北缘，地貌属山前冲洪积平原，地形较平坦，地势南高北低，地面标高变化在 1257.61~1260.70，高差为 3.09m。

场地内地层依据其成因及岩性不同可分为 4 大层，各层分述如下：

第①层第四纪风积、洪积粉沙：黄褐色，稍湿~~稍密状态，以风成砂位主，该层局部夹粉土、细砂、粗砂薄层或透镜体。

第②层第四纪冲洪积砂类土：由粗砂、砾砂、细砂、粉砂及混合土组成，分述如下：

②层粗砾砂：野外鉴定以粗砂为主，灰褐~红褐色，稍湿，稍密~中密状态。颗粒矿物成分以长石、石英为主。混粒结构，混 2~22%卵石，一般粒径 2~3cm，最大粒径 5cm，钻孔进尺较难。

②1 层细砂：灰褐色，稍湿~~稍密状态，以透视镜形式出现在第②层粗砂层的不同深度内，最大厚度 1.0m 左右。

②2 层粉砂：红褐色，湿~饱和，密实状态，分布第②层粗砾砂层底部。

②3 层混合土：由粗粒和粘性土混合土组成，稍湿~~密密状态，粗粒为卵石，其空隙充填粘性土和少量各种粒径砂，分布第②层粗砾砂层底部。

第③层第三纪泥岩：紫红色，稍湿~~坚硬状态（呈粘性土状），泥质胶结，固

结成岩作用差，遇水软化，为极软岩，钻探 RQP>95%，其质量基本等级为 V 级。

第④层白垩纪砂岩：紫红色~灰色，中等风化，泥质胶结，固结成岩作用差，主要矿物成分长石、石英。为软岩，钻探 RQP>90%，其质量基本等级为 IV 级。

场地地下水贫乏，场地内地下水埋藏较深，在钻孔 30m 内未见地下水，地下水对基础设计与施工无影响。本场地无可液化的土层。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》，厂址区域地震基本烈度为 VIII 度，地震动峰值加速度为 0.20g。

已建场地土主要为密实的碎石土，属坚硬土，地形平坦、开阔，为抗震有利地段。场地类别主要为 I 类。

已建厂区用地范围处于乌达南北向挽近断陷带和桌子山东麓隐伏大断层之间的相对稳定区域。除场地周围断裂发育外，场地内未见其它不良地质作用，场地稳定，适宜建厂。

(4) 水文地质

棋盘井镇地处桌子山构造体系的南缘，区域内有西来峰大断裂一条，纵贯南北，属质性下断层，断距 80m，倾角 45.5deg，为区内极好的储水构造之一，以二叠系砂岩的奥陶系石岩风化壳和断层破碎带为主，储水构造带地下水补给径流条件较好。单井出水量可达 1600t/d 以上。上部为潜水，下部为承压水或半承压水，埋深 10~60m，水质较差，矿化度 3~10g/l 左右。

已建厂址场地地下水贫乏，主要含水层为②层角砾夹碎石，地下水为孔隙潜水类型。勘测期间正值枯水季节，河水干枯，场地内地下水埋藏较深，一般达 12.40~22.00m。

7. 10.2 设计采用的主要规范及标准

建筑结构可靠度设计统一标准	GB50086-2015
建筑地基基础设计规范	GB50007-2011
建筑抗震设计规范	GB50011-2010
建筑结构荷载规范	GB50009-2012
混凝土结构设计规范	GB50010-2010
砌体结构设计规范	GB50003-2011

钢结构设计规范	GB50017-2003
工业建筑防腐蚀设计规范	GB50046-2008
建筑设计防火规范	GBJ16-1987
建筑地面设计规范	GB50037-2013
屋面工程技术规范	GB50345-2012
工业企业设计卫生标准	GBZ 1-2010
建筑桩基技术规范（96 年局部修订条文）	JGJ94-2008
高耸结构设计规范	GB 50135-2006

7.10.3 设计原则

（1）严格执行国家现行规范、规程、标准及规定，推广使用新技术，采用成熟技术新材料，并注意利用地方材料；节约工程费用，缩短建设周期。

（2）在保证工艺生产使用要求的前提下，力求布置合理、方便操作、经济适用、新颖美观，建筑造型简洁明快，厂区建筑风格协调统一，具有时代感。

（3）根据工艺及设备布置要求，合理确定结构形式，保证建构物具有足够的强度、耐久性及稳定性，并为施工安装提供便利条件。

（4）充分考虑生产特点，厂房尽量采用敞开及半敞开式，满足防火、防爆、防腐蚀，工业卫生，消防安全，通讯采光等要求。

（5）有爆炸危险的厂房，如高纯硅还原厂房、氢气制备及提纯厂房等，除加强通风换气、加强管道设备的密封和检漏外，已建筑结构上大量采用了轻质屋顶和轻质压型钢板墙体，泄压面积与厂房体积之比不小于 0.05，以最大限度地减少爆炸发生的可能性和爆炸的破坏性。

（6）对本项目工艺装置内承重的钢框架、支架、裙座、钢管架以及建筑物的钢柱、钢梁等按规范要求采取覆盖耐火层等耐火保护措施，使涂有耐火层的钢结构的耐火等级达到二级，耐火极限不低于 1.5h。耐火保护范围为：

1) 本项目所有容积大于 5m³ 的甲乙类设备的支架、裙座，如三氯氢硅精馏塔、合成炉、冷氢化炉、储槽等。

2) 爆炸危险区域内主管廊的钢管架和爆炸危险区外主管廊的钢管架 4.5 米以下的梁和柱。

3) 爆炸危险区内高径比大于 8 且总重量等于或大于 25 吨的非可燃介质设备，如四氯化硅精馏塔和储槽等。

4) 爆炸危险区内的所有钢结构框架。

(7) 各建构筑物内设置完备的安全疏散及防护设施，如疏散楼梯、安全出口、防护栏、事故照明等，主要的建构筑物如氢气制备及净化厂房、高纯硅还原厂房、空压制氮及各反应框架等均设有足够的疏散楼梯和安全出口，完全满足《建筑设计防火规范》的要求。

7.10.4 主要建构筑物的形式

(1) 建筑选型

根据生产和工艺的要求，需防火、防爆、防腐蚀的生产厂房采用有效的防火、防爆、泻压及防腐蚀措施。

厂房维护结构根据功能要求和厂房结构型式分别采用压型钢板、砖墙、加气混凝土砌块等。

屋面防水一般采用 PVC 防水卷材，挤塑板保温。

门窗采用塑钢门窗，厂房大门采用彩钢大门或钢木大门。内外墙根据厂房用途分别采用不同类型的涂料饰面。

钢结构厂房楼地面采用钢格栅板。

钢结构须根据生产使用情况采用相应的防火涂料及相应的防腐涂料。无特殊要求的可刷普通油漆。

(2) 结构选型

本项目主要厂房一般采用钢筋混凝土框架及钢筋混凝土排架，部分建筑物采用砖混结构。本项目基础形式根据业主所提供条件中的初步建议值，以天然地基的独立基础为主，荷载较大以及高耸构筑物可采用桩基，部分厂房或设备基础也可采用换土。本可研报告采用天然地基的独立基础为主。

7.10.5 主要建构筑物一览表

表 7-9-1 改造一期 8000 吨/年主要建构筑物一览表

序号	建构筑物名称	建筑面积(m ²)	层数	结构形式	基础形式
—	多晶硅装置				
1	氢气制取和提纯车间	1300	1	钢筋砼框架结构	独立基础
2	硅粉制备厂房	526	4	钢筋砼框架结构	独立基础
3	三氯氢硅合成厂房	1200	5	钢筋砼框架结构	独立基础

序号	建构物名称	建筑面积(m ²)	层数	结构形式	基础形式
4	冷氢化厂房	1200	5	钢筋砼框架结构	独立基础
5	HCL 合成厂房	1296	3	钢筋砼框架结构	独立基础
6	合成尾气干法回收厂房	1872	4	钢筋砼框架结构	独立基础
7	氯硅烷贮存工序				
7.1	氯硅烷贮罐遮阳棚	2020	1	轻钢结构	独立基础
7.2	泵房	200	1	砌体结构	带型基础
8	氯硅烷精馏框架	11080	8	钢筋砼框架结构	独立基础
9	还原厂房	7920	3	钢筋砼框架结构	带型基础
10	还原尾气干法分离厂房	1872	4	钢筋砼框架结构	独立基础
11	工艺废料处理厂房	3888	3	钢筋砼框架结构	独立基础
12	质量控制中心	7656	3	钢筋砼框架结构	独立基础
13	硅粉库	288	1	钢筋砼排架结构	独立基础
二	全厂公辅设施				
1	维修厂房	450	1	钢筋砼排架结构	独立基础
2	综合库	1008	1	钢筋砼排架结构	独立基础
3	冷冻站	630	1	钢筋砼排架结构	独立基础
4	空压制氮站	648	1	钢筋砼排架结构	独立基础
5	脱盐水厂房	420		门式钢架	独立基础
6	脱盐水控制室	296		钢筋砼框架结构	独立基础
7	脱盐水中和厂房	136		钢筋砼框架结构	独立基础
8	脱盐水泵房	150		钢框架	独立基础
9	中和水池			钢筋砼水池	
10	冷却塔框架	3510	3	钢筋砼框架结构	独立基础
11	冷却塔下水池	55×22.4×2.5		钢筋砼水池	地上水池
12	冷却塔吸水池	23×5.5×4.5		钢筋砼水池	半地下水池
13	循环水泵房	495	1	钢筋砼框架结构	独立基础
14	循环水辅助间	180		钢筋砼框架结构	独立基础
15	综合泵房	207	1	钢筋砼框架结构	半地下式结构,5T 电动单梁吊车
16	清水池(2 个)	25×20×4.3		钢筋砼水池	半地下水池

序号	建筑物名称	建筑面积(m ²)	层数	结构形式	基础形式
17	事故池	1400m ³		钢筋砼水池	地下水池
18	事故消防废水池	2000m ³		钢筋砼水池	地下水池
19	调节池	V=280m ³		钢筋砼水池	地下水池
20	监控池	V=24m ³		钢筋砼水池	地下水池
21	污水厂房	224m ²	1	钢筋砼框架结构	独立基础
22	罐区的泵房	240m ²	1	钢筋混凝土排架	独立基础
23	门卫	90×2m	1	砌体结构	带形基础
24	综合办公楼	5760m ²	3	钢筋混凝土框架	独立基础
25	职工食堂浴室	2304m ²	2	砌体结构	带形基础
26	地磅站	432m ²	1	钢筋混凝土排架	独立基础
27	设备基础			钢筋砼设备基础	C25: 1420m ³
28	110kV 总变配电站	1000m ²	1	钢筋砼框架结构	独立基础
29	10kV 开关室及主控室	3000m ²	3	钢筋砼框架结构	独立基础
30	低压变配电室	400m ²	1	钢筋砼框架结构	独立基础
31	各车间低压变电所	300×5m	1	钢筋砼框架结构	独立基础
31	主变压器基础			钢筋砼设备基础	C2: 50m ³
32	事故油坑			钢筋砼	C2: 25m ³

7.11 暖通

7.11.1 概述

本设计包括工艺装置及公用工程设施，如氢气制取和提纯、还原厂房、分析化验室、硅粉库、主控楼、维修厂房、综合库、冷冻站、空压制氮站、脱盐水处理站、循环水处理站等各建筑物的采暖、通风、空调、空气净化及除湿的设计。

7.11.2 设计采用的标准规范

本项目暖通设计采用的主要标准规范如下：

标准号(带年代号)	标准名称
GB50019-2015	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB50073-2013	洁净厂房设计规范
GB50189-2015	公共建筑节能设计标准

标准号(带年代号)	标准名称
SH3004-2011	石油化工采暖通风与空气调节设计规范
GB50016-2014	建筑设计防火规范
HG/T20698-2009	化工采暖通风与空气调节设计规定
GBJ87-1985	工业企业噪声控制设计规范
GB50242-2002	建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
GB50243-2002	通风与空调工程施工质量验收规范
GB50274-2010	制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范
GB/T50114-2010	暖通空调制图标准
GBZ1-2010	工业企业设计卫生标准
GBZ2-2007	工作场所有害因素职业接触限值
GB50058-2014	爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范
GB50155-2015	采暖通风与空气调节术语标准
GB50174-2008	电子计算机机房设计规范
GB50176-1993	民用建筑热工设计规范
GB3100-93	国际单位制及其应用
JGJ141-2004	通风管道技术规程
注：不仅限上述所列	

7.11.3 暖通空调室外设计气象参数

项目建设地点：内蒙古鄂尔多斯市鄂克托旗棋盘井镇工业园区。

设计气象参数：详见第 6 章建厂条件。

7.11.4 暖通空调设计方案

(1) 采暖

本项目除工艺有特殊要求外，所有未设集中空调的厂房及辅助建筑均设采暖系统。采暖热媒采用 95°C/70°C 热水，采暖热水循环使用，来自工业园区供热站。散热器采用钢制管柱式散热器。

(2) 通风空调

1) 还原房

室内空调设计参数如下：

	温度 (°C)		相对湿度(%)		洁净度等级	正负压 (Pa)	室内噪声 (dBA)	备注
	冬季	夏季	冬季	夏季				
还原厂房	20-22	24-26	30-50	50-70	8	+10	≤65	

还原厂房净化级别为 8 级，换气次数取 15 次/h，采用组合式全新风净化机组+亚高效过滤送风口的直流通风方式。气流组织形式为下部亚高效过滤送风口送风，采用防爆混流风机排风。

组合式全新风净化机组共选用八台，设于室内。加热热源采用来自外管网的低压饱和蒸汽，其气流流程为：

新风入口→初效过滤器→中效过滤器→预加热器→送风机→送风管→亚高效过滤送风口→洁净区→排风机→室外。

2) 质量控制中心

室内空调设计参数如下：

	温度 (°C)		相对湿度(%)		洁净度等级	正负压 (Pa)	室内噪声 (dBA)	备注
	冬季	夏季	冬季	夏季				
质量控制中心	20-22	24-26	30-50	50-70	6-8	+10	≤65	

质量控制中心净化级别为 6 级的区域，换气次数取 50 次/h；净化级别为 8 级的区域，换气次数取 15 次/h，采用组合式空调机组+高效过滤送风口的空调方式。采用的气流组织形式为顶部高效过滤送风口送风，房间侧下百叶风口回风。其气流流程为：

回风机→新回风混合→初效过滤器→中效过滤器→表冷器→加热器→送风机→送风管→高效过滤送风口→洁净区→房间侧下百叶风口→回风（排风）。

净化空调冷源 7°C 供水，12°C 回水的冷冻水；热源采用 95°C/70°C 热水。冷冻水接自冷冻站，而热水循环使用。

3) 硅粉库

室内设计参数

	温度 (°C)	相对湿度(%)	备注

	冬季	夏季	冬季	夏季	
硅粉库	--	--	≤60	≤60	

硅粉库采用风冷普通调温型除湿机除湿，以满足房间的湿度要求。

4) 主控楼

室内空调设计参数如下：

建筑物名称	温度(°C)		相对湿度(%)		新风量(m ³ /h.p)	正负压(Pa)	备注
	冬季	夏季	冬季	夏季			
主控室	20±2	26±2	50±10	50±10	40	+5	

主控室采用组合式恒温恒湿空调机组，保证室内设计温度、湿度要求，气流组织形式为上送上回。其气流流程为：

新回风混合→初效过滤器→中效过滤器→表冷器→加热器→送风机→送风管→散流器送风口→室内→百叶回风口→回风。

水冷恒温恒湿空调机布置在空调机房内。

5) 氢气制取和提纯厂房

设事故排风，采用防爆屋顶风机，通风换气次数为 12 次/h。

6) 循环水泵房

循环水泵房设置轴流通风机机械排风，通风换气次数为 6 次/h。

7) 配电室

设置轴流通风机机械排风,通风换气次数为 6 次/h。

7.11.5 主要设备表

序号	名称	主要参数	单位	数量
1	组合式净化新风机组	风量 80000m ³ /h	套	8
		机外余压 1000Pa		
2	组合式净化空调机组	风量 50000m ³ /h	套	4
		机外余压 1200Pa		
4	组合式恒温恒湿空调机组	风量 40000m ³ /h	台	2
		制冷量 200Kw		
5	防爆混流风机	风量 80000m ³ /h	台	6

序号	名称	主要参数	单位	数量
6	防爆屋顶风机	风量 7000m ³ /h	台	10
7	风冷普通调温型除湿机	除湿量 21Kg/h	台	2
8	轴流风机	风量 2500m ³ /h	台	12
9	轴流风机	风量 1700m ³ /h	台	10

8、节能与节水

8.1 节能

(1) 国家和地方关于节能降耗的有关政策

十一届全国人民代表大会四次会议于 2011 年 3 月 14 日表决通过了《中华人民共和国国民经济和社会发展十二五规划纲要》特别强调科学发展为主题，落实科学发展观，“坚持把建设资源节约型、环境友好型社会作为加快转变经济发展方式的重要着力点。深入贯彻节约资源和保护环境基本国策，节约能源，降低温室气体排放强度，发展循环经济，推广低碳技术，积极应对全球气候变化，促进经济社会发展与人口资源环境相协调，走可持续发展之路”。大力发展循环经济，“按照减量化、再利用、资源化的原则，减量化优先，以提高资源产出效率为目标，推进生产、流通、消费各环节循环经济发展，加快构建覆盖全社会的资源循环利用体系”。推行循环生产凡是，健全资源循环利用回收体系，推广绿色消费模式。同时“十二五”规划还强调需加强节约用水、节约用地等的落实。

2011 年 9 月《国务院 关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知》中节能减排综合性工作方案，进一步明确了实现节能减排的目标任务和总体要求：

a) 主要目标。到 2015 年，全国万元国内生产总值能耗下降到 0.869 吨标准煤（按 2005 年价格计算），比 2010 年的 1.034 吨标准煤下降 16%，比 2005 年的 1.276 吨标准煤下降 32%；“十二五”期间，实现节约能源 6.7 亿吨标准煤。2015 年，全国化学需氧量和二氧化硫排放总量分别控制在 2347.6 万吨、2086.4 万吨，比 2010 年的 2551.7 万吨、2267.8 万吨分别下降 8%；全国氨氮和氮氧化物排放总量分别控制在 238.0 万吨、2046.2 万吨，比 2010 年的 264.4 万吨、2273.6 万吨分别下降 10%。

b) 总体要求。坚持降低能源消耗强度、减少主要污染物排放总量、合理控制能源消费总量相结合，形成加快转变经济发展方式的倒逼机制；坚持强化责任、健

全法制、完善政策、加强监管相结合，建立健全激励和约束机制；坚持优化产业结构、推动技术进步、强化工程措施、加强管理引导相结合，大幅度提高能源利用效率，显著减少污染物排放；进一步形成政府为主导、企业为主体、市场有效驱动、全社会共同参与的推进节能减排工作格局，确保实现“十二五”节能减排约束性目标，加快建设资源节约型、环境友好型社会。

c) 《中华人民共和国节约能源法》已由中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第十三次会议于 2007 年 10 月 28 日修订通过，自 2008 年 4 月 1 日起正式施行。修订后的节约能源法规定，节约资源是我国的基本国策。必须加强用能管理，采取技术上经济可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，从能源生产到消费的各个环节，降低消耗、减少损失和污染排放、制止浪费，有效、合理地利用能源。国家实施节约与开发并举、把节约放在首位的能源发展战略。新的能源法有助于解决当前我国经济发展与能源资源及环境之间日益尖锐的矛盾。

(2) 能耗指标分析

按原化工部的相关规定，多晶硅装置的能耗指标是指从原料硅投入到多晶硅成品包装为止的生产过程的全部水、电、汽及公用工程的消耗，但不包括生活和其它非直接生产（如分析化验）的消耗量。任何能源均不得漏项和重复计算。据此，分别将原有一期和改造一期多晶硅装置能耗指标分析计算结果分别列表如下。

表 8-1-1 原有一期多晶硅能耗指标表/kg-Si

序号	项目	单位	消耗定额	能耗标准 10 ³ J	折能耗 10 ⁶ J	备注
1	循环水	m ³	46	2510	115.46	
2	动力电	kWh	260	11840	3078.4	
3	脱盐水	m ³	0.03	14230	1.01	
4	蒸气	t	0.071	3765600	357.73	
5	冷冻量	kCal	18600	4.18	77.75	
6	氮气	Nm ³	4.96	19660	97.51	
7	压缩空气	Nm ³	2.48	1170	2.90	
8	仪表空气	Nm ³	18.4	1170	21.53	
	共计				3752.29	
	折标煤	kg			128.24	

表 8-1-2 改造一期多晶硅能耗指标表/kg-Si

序号	项目	单位	消耗定额	能耗标准 10 ³ J	折能耗 10 ⁶ J	备注
1	循环水	m ³	14.38	784.38	36.08	
2	动力电	kWh	81.25	3700.00	962.00	
3	脱盐水	m ³	0.01	4446.88	0.32	
4	蒸气	t	0.02	1176750.00	111.79	
5	冷冻量	kCal	5812.50	1.31	24.30	
6	氮气	Nm ³	1.55	6143.75	30.47	
7	压缩空气	Nm ³	0.78	365.63	0.91	
8	仪表空气	Nm ³	5.75	365.63	6.73	
	共计				1172.59	
	折标煤	kg			40.08	

(3) 节能措施综述

高耗能是多晶硅生产的特点之一，故尽可能节约能源是多晶硅装置工艺改进的重要方向。为此，本装置采用了以下节能措施：

A. 在总平面布置设计中，按照动力系统尽可能地靠近主要负荷中心的原则进行布置，以减小动力消耗与输送损失

B. 三氯氢硅合成采用连续进料，使反应稳定，减少副反应发生，提高转化率，间接节约了能源。

C. 三氯氢硅合成气采用湿法除尘，即节约了冷却水，又除去了杂质，减小了后序工序的堵塞，延长了操作周期，间接节约了能源。

D. 采用先进、成熟的大型节能型还原炉，提高单炉产量，降低产品单耗。

E. 采用热能综合利用技术，如用出还原炉的高温热水生产蒸汽，供应精馏、气体净化再生等过程使用，可回收气体从还原炉带出热能的近 80%，降低了综合能耗。

F. 还原炉汽化器热源采用炉本身综合利用后热水，减少了蒸汽消耗，节约了能源。

G. 采用差压耦合压精馏，充分利用热能，节省了能耗。

H. 生产厂房大部分为开敞结构，少部分为建筑围护结构。前者有利于自然通

风，不仅节省了建筑本身的物耗能耗，而且节省了通风的设备和经常性的大量能耗。

I. 10kV 变电所的布置靠近 10kV 用电负荷大的还原车间及冷氢化车间，供电距离短，节能

J. 在机泵等用电设备选型上，对于正常生产时负荷变化较大的机泵选用变频调节，且采用高效节能的新型产品。

K. 采用高、低压静电电容器补偿装置，使企业总的功率因数不小于 0.9，电气线路损耗减少，从而节约能源。

L. 变电所变压器选用节能型干式变压器。

M. 照明采用高效节能灯具及节能光源。

N. 工厂的设备和管道均按工艺要求采取了相应的绝热（如保温、保冷、防烫）措施，既满足工艺、安全等方面的要求，同时也节约了能量。

O. 设备布置合理，在设备布置上尽可能利用设备之间的位差，减少泵的输送。管道布置要合理，加强设备及管道的保温及保冷措施，降低能耗。本项目的整体布局紧凑，根据设备的性质、种类集中布置，优化工艺路线，缩短工艺路线，减少连接点、降低因接点多而引起的泄露几率，同时较短的工艺路线可降低原料和产品的输送损失。

8.2 节水

为节约水的消耗，本装置采取了以下主要设计措施：

(1) 为加强水资源的节约、保护和科学利用，努力提高水的利用率，本项目尽量采用循环冷却水作为生产冷却水，其循环水利用率达 98%。

(2) 根据循环水系统的补充水的水质，尽可能提高循环水的浓缩倍数至 3 倍以上，减小冷却塔排污量。同时选择收水效果好的收水器，以减少排污量、风吹损失，从而降低新鲜水补充量。

(3) 采用热能综合利用技术，用出还原炉的高温热水生产蒸汽，供应精馏、气体净化再生等过程使用，可回收气体从还原炉带出热能的近 80%，节省了冷却水。

(4) 蒸汽冷凝水均加以收集，循环用作锅炉给水，必须排出的也循环利用于石灰乳的配置。

(5) 废气和废液洗涤水中和、蒸发后固体掩埋，蒸发冷凝液重新回用，提高水利用率。

(6) 设计中充分考虑选用节水型及节能型仪表和有关的各种阀门。生产装置

及各用水单位均设置流量仪表，对流量进行控制管理，以达到节水的目的。

8.3 节能效果分析

本项目采用成熟可靠的、较先进的生产工艺技术，并通过在各装置内使用高效节能机泵、高效设备及换热器、利用生产装置回收热能综合利用、冷凝水处理后回收使用，节水节电、设备管道保温及布置、电气、控制、建筑结构等领域采取节能措施，进一步降低项目能耗。

根据《光伏制造行业规范条件》：现有多晶硅项目还原电耗小于 80 千瓦时/千克，综合电耗小于 140 千瓦时/千克；新建和改扩建项目还原电耗小于 60 千瓦时/千克，综合电耗小于 100 千瓦时/千克。

本项目建成后单位产品综合电耗为 100 kW·h/kg 以下，达到了规范条件水平。

由此可见，本项目在采用先进工艺技术并充分落实各项节能措施的基础上，节能效果非常明显。

8.4 结论

通过能源消耗核算、类比，采用工艺技术节能比较论证，节能减排措施和效果分析后，可以得出以下结论：

(1) 本项目采用的工艺、技术、装备先进可靠，符合有关节能标准。

(2) 依据能源消耗核算结果，本项目建成达产后，本项目建成后总的年消耗能源折合标准煤当量值 320000 吨，用能种类包括电、蒸汽和水等，用能结构合理。

(3) 本项目建成后的单位产品电耗为 100kW·h/kg，在国内多晶硅行业中处于领先水平。

(4) 本项目拟采用的成熟可靠的、先进的生产工艺，并在各装置内使用高效节能机泵、高效设备及换热器、利用生产装置回收热能综合利用、冷凝水处理后回收使用，节水节电、设备管道保温及布置、电气、控制、建筑结构等领域采取节能措施，节能效果显著。本项目拟采取的节能降耗减排措施是较先进、可行的。

综上所述，本项目属于国家鼓励类产业，采用的工艺、技术、装备成熟、可靠、先进，产品能耗在本行业中处于领先水平。

9、环境保护

9.1 建设地区环境现状

9.1.1 地理位置

本项目已建厂址位于内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂托克旗棋盘井镇工业园区。

鄂托克旗位于内蒙古自治区鄂尔多斯市西部，北接杭锦旗，西与宁夏陶乐县、乌海市、阿拉善左旗交界，南连鄂托克前旗，东与乌审旗毗邻。其地理坐标位于北纬 38°18′~40°11′、东经 104°41′~108°54′之间，总面积 20687km²，是一个以牧为主的畜牧业大旗。

棋盘井镇总面积 3614 平方公里，其西与乌海市接壤，并隔黄河与宁夏石嘴山市相望，南北东均与鄂托克旗阿尔巴斯苏木接壤，109 国道与鄂托克至乌海公路贯穿镇区，是鄂尔多斯市与宁夏、乌海市相通的重要交通枢纽。该地区资源丰富、交通便利，地理位置优越。

工业园区地理坐标是北纬 39°21′，东经 106°58′。东距棋盘井镇约 5km，西距乌海市的公乌素约 7km，南距乌海市公乌素煤矿约 6km，北面 3.0~13.0km 范围是桌子山煤田的八大煤矿区，109 国道从硅电联产工业园区南面通过，交通便利。

9.1.2 地形、地貌及地质特征

棋盘井镇地处鄂托克旗西北部，各种断裂比较发育。受地壳运动影响比较平稳，岩浆活动较少。地表由棕红色、土黄色的沙砾岩、泥质沙砾石，棕红色砂岩、砂质泥岩组成，属山地丘陵区。

本项目已建厂址地形平坦，北面为桌子山，西面为岗德尔山向南延伸部分，东、南面则为略向山前向厂址方向倾斜的第四系台地，因此形成了四周相对较高的山前盆地，盆地面积 10km²。棋盘井镇地势较高，自然地面标高在 1233.00~1267.00m 之间，东高西低，南高北低，相对高差约 34.00m，场地的自然坡度约为 1%；场地大部分被风成沙覆盖，表面为半荒漠化草原。厂址北侧约 4km 处为由东北流向西南的季节性河流—乌珠林沟。

已建厂址地质构造单元为中朝准台地鄂尔多斯台地北缘，地貌属山前冲洪积平原，地形较平坦，地势南高北低，地面标高变化在 1257.61~1260.70，高差为 3.09m。场地地下水贫乏，场地内地下水埋藏较深，在钻孔 30m 内未见地下水，地下水对基础设计与施工无影响。

已建厂区用地范围处于乌达南北向挽近断陷带和桌子山东麓隐伏大断层之间

的相对稳定区域。除场地周围断裂发育外，场地内未见其它不良地质作用，场地稳定，适宜建厂。历史上最强地震记录，距厂址以北约 120km 的八音木仁，1976 年 9 月 23 日曾发生过 6.2 级地震，震中烈度为 7 度。

9.1.3 水文地质特征

棋盘井镇地处卓子山构造体系的南缘，区域内有西来峰大断裂一条，纵贯南北，属质性下断层，为区内极好的储水构造之一，以二叠系砂岩的奥陶系石岩风化壳和断层破碎带为主，储水构造带地下水补给径流条件较好。单井出水量可达 1600t/d 以上。上部为潜水，下部为承压水或半承压水，埋深 10~60m，水质较差，矿化度 3~10g/l 左右。

已建厂址场地地下水贫乏，主要含水层为②层角砾夹碎石，地下水为孔隙潜水类型。勘测期间正值枯水季节，河水干枯，场地内地下水埋藏较深，一般达 12.40~22.00m。

9.1.4 气象特征

已建厂址地处西北内陆地区，属中温带季风型大陆性气候。其特征是冬长夏短，春迟秋早，寒暑变化剧烈，日照充足，降水量少，蒸发量大，干旱多风等特点。冬季漫长而寒冷，降雪稀少，气候干燥。

根据业主提供的气象资料，该地年平均气温平均气温 9.8℃，极端最高气温 40.2℃，极端最低气温-32.6℃；年平均降水量 157.9 mm，年平均蒸发量 3249.0 mm；年平均相对湿度 42%，年平均气压 89.3 kPa，最大积雪深度 130 mm，最大冻土深度-1300 mm；年平均风速 2.9 m/s，近年最大风速 28m/s，主导风向为西北风，次主导风向为东南风。

9.1.5 环境质量现状

根据内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司多晶硅项目环境影响评价报告可知：

(1) 大气环境质量现状

已建厂址周围 SO₂ 小时浓度和日均浓度均满足(GB3095-1996)《环境空气质量标准》二级标准限值要求。评价区 TSP 超标现象严重，是由于当地气候干燥多风、地表植被稀少、地处平原、地面扬尘较大以及工业园区现有企业排放大量烟（粉）尘造成的。

(2) 地下水环境质量现状

地下水现状评价结果表明：监测因子 pH、总硬度、SO₄²⁻、NO₃-N、NH₃-N、

Cr⁶⁺、Cl⁻、F⁻监测数据均低于《地下水质量标准》(GB/T14848—93)中Ⅲ类标准，说明当地地下水水质较好。

(3) 声环境质量现状

鄂尔多斯市环境监测站于 2007 年 2 月 19 日在已建厂址厂界(东、南、西、北)周围布设了 4 个噪声监测点位，监测结果表明：昼、夜间环境噪声现状监测值均达到了《工业企业厂界噪声标准》(GB12348-90)Ⅲ类标准限值，说明已建厂址周围声环境质量较好。

9.1.6 生态环境现状

棋盘井工业园区位于内蒙古自治区西南部，属鄂尔多斯高原西部边缘的鄂托克旗境内，该区属中温带干旱荒漠区，植被属荒漠化草原向草原化荒漠过渡地带。本地区干旱多风，降水少且变率大，地表松散堆积物广布，风蚀作用强烈，植被盖度在 10%左右，种类组成成分简单，生产力低下，环境承载力差，整体生态环境脆弱。

9.2 设计中执行的环保标准

9.2.1 环境质量标准

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》1989 年 12 月 26 日
- (2) 《化工建设项目环境保护设计规定》HG/T 20667-2005
- (3) 《建设项目环境保护管理条例》中华人民共和国国务院第 253 号令
- (4) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准；
- (5) 《城市区域噪声标准》(GB3096-93) 3 类标准；
- (6) 《地下水质量标准》(GB/T14848—93)中Ⅲ类标准。
- (7) 《地表水环境质量标准》GB 3838-2002
- (8) 《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087-2013
- (9) 《声环境质量标准》GB 3096-2008

9.2.2 污染物排放标准

- (1) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准；
- (2) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准；
- (3) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599-2001；
- (4) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB 18599-2001)
- (5) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)；
- (6) 《危险废物填埋污染控制标准》(GB18598-2001)；

(7) 《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-2011);

(8) 《工业企业厂界噪声标准》(GB12348-2008)III类标准。

(9) 声环境执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中 3 类标准,即昼间为 65dB,夜间 55dB。

(10) 环境空气质量执行《环境空气质量标准》(GB 3095-1996)中的二级标准;HCl、Cl₂等参照《工业企业设计卫生标准》(GBZ 1-2010)中“居住区大气中有害物质最高允许浓度限值”执行。

9.3 主要污染源及污染物

9.3.1 废气

1) 多晶硅装置的废气主要来源

三氯氢硅合成的料仓投料、干法除尘料斗卸渣时,进行气体置换排放,其中氯化氢和氯硅烷占少量,大部分为氮气、氢气。

三氯氢硅提纯、多晶硅还原、四氯化硅氢化和尾气回收车间排放的废气经过低温冷凝后,不凝气体中大部分为用于系统保护及气体置换的氮气、氢气,同时含有少量氯硅烷。

在上述系统排放的尾气全部用管道送入尾气淋洗塔,用氢氧化钙进行洗涤,可控制氯化氢排放浓度小于 10mg/m³,最大排放量(故障情况下)0.0024kg/h,远低于《大气污染物综合排放标准》GB16297-1996 二级标准限值(15 米排气筒 HCl 最高允许排放浓度 100mg/m³、最高允许排放速率 0.26kg/h)。

2) 氯化氢制备装置废气主要来自:

氯气处理及 HCl 合成工序。事故氯气吸收塔排放的氯气采用两级碱液洗涤后高空达标排放;HCl 尾气塔排放的 HCl 采用水洗后高空排放,排放情况详见表 9.3-1。

表 9-3-1 废气排放一览表

序号	排放源	废气名称	排放量(Nm ³ /h)	污染物组成(vol)	排放特性			排放方式及去向
					温度(°C)	压力(Pa)	规律	
1	HCl 合成工序尾气(HCl)洗涤塔	开停车及事故排放气	100(最大)	H ₂ ~5% N ₂ ~95% HCl ≤80 mg/m ³	常温	微正压	间断	排空
2	HCl 合成工序尾气(Cl ₂)洗涤塔	开停车及事故排放气	50(最大)	H ₂ ~5% N ₂ ~95% Cl ₂ ≤65 mg/m ³	常温	微正压	间断	排空

序号	排放源	废气名称	排放量 (Nm ³ /h)	污染物组成 (vol)	排放特性			排放方式 及去向
					温度 (°C)	压力 (Pa)	规律	
3	各工序系统	尾气	895	氯硅烷 4% H ₂ 90% N ₂ 5% HCl 1%	常温	微正压	连续	送废气处理 工序
4	废气处理工序 废气洗涤塔	排气	3354	H ₂ 25% N ₂ 75% SiHCl ₃ 微量 SiH ₂ Cl ₂ 微量 SiCl ₄ 微量 HCl ≤100mg/m ³	常温	微正压	连续	排空
5	产品后处理及 硅芯制备工序	酸性 废气	2070	空气: ~100% 酸气:微量	常温	微正压	连续	吸附后排空 (H=15米)
本项目外排废气量 5574 Nm ³ /h								

9.3.2 废水

1) 酸性废水

多晶硅装置产生的酸性废水为三氯氢硅合成、精馏、还原、氢化、整理装置排放的废气的洗涤水、精馏装置废液洗涤水以及各装置地面冲洗水。酸性废水送至污水处理站，通过氧化钙中和、沉淀、过滤后大部分循环使用，小部分满足《污水综合排放标准》三级标准，送入园区污水处理中心。

2) 生产净排水

全厂清净排水经管网系统收集后送至回用水处理站进行回用处理。

3) 生活污水

本项目生活污水，经化粪池处理后，排入园区污水管网，排放情况详见表 9.3-2。

表 9.3-2 废水排放一览表

编号	污染源	废水量 (m ³ /h)	污染物排放特征		排放 方式	备注
			污染物	mg/l		
1	冷氢化水解吸收 处理废水	1~3	CaSiO ₃	2.6%(wt)	间断	送废水处理工 段
			金属氧化物(铁, 铝和铜)	3.4%		
			钙盐(氢氧化物、 氯、磷酸盐)	9.8%		
			Si	3.1%		
			H ₂ O	81.0%		
2	冷氢化检修废水	1~6	固体	0.25 kg/h	间断	送废水处理工 段
			HCL	0.2%(wt)		
			COD	100		

编号	污染源	废水量 (m ³ /h)	污染物排放特征		排放 方式	备注
			污染物	mg/l		
4	后处理工段废气 碱洗废水	3~6	NaCl	0.15%	间断	送三废处理工 段
			NaNO ₃	0.08%		
			NaF	0.01%		
			NaOH	0.49%		
5	还原工段钟罩清 洗碱性废水	1.5~12	NaCl	0.059kg/h	间断	送废水处理工 段中和/板框压 滤
			NaOH	0.11 kg/h	(年均量)	
			H ₂ O	0319 kg/h		
			SiO ₂	0.026 kg/h		
6	后处理厂房外排 冲洗水	2~6	pH	6~9	间断	至厂区净下水 管网
			COD	100		
			BOD	20		
			SS	70		
7	三废处理工段废 气处理产生废水	12~15	NaCl	68kg/h	间断	加碱中和、板 框压滤
			HCl	23.2 kg/h	(年均量)	
			KaCl	1.6 kg/h		
			固体	37.3 kg/h		
			NaF	0.3kg/h		
			NaNO ₃	4.0 kg/h		
8	三废处理工段板 框压滤废水	5~8	NaCl	29kg/h	间断	至厂区净下水 管网
			PH	6~9	(年均量)	
			COD	100		
			SS	70		
			NaNO ₃	1.12 kg/h		
			KCl	0.44 kg/h		
9	全厂生活用水	6	pH	6~9	间断	经化粪池处理 后，进入生活 污水处理系统 处理后排至厂 外
			COD	100		
			BOD	20		
			SS	70		
10	地面冲洗水	5~12	pH	6~9	间断	至厂区净下水 管网
			COD	100		
			BOD	20		
			SS	70		
11	外排净下水	24~100	无机盐	无机盐	连续	至厂区净下水 管网

本项目外排废水量 ~86.1t/h,

其中:6t/h 生活污水经生活污水处理站处理后达标排放; 80.1t/h 为假定清净下水直接排放

9.3.3 固体（液体）废物

本项目固体废弃物主要多晶硅装置原料制备和 SiHCl_3 合成工序产生的硅粉、废水处理工序产生的含 CaCl_2 、 NaCl 和硅渣等固体废物。固体（液体）废物排放情况详见表 9.3-3。

表 9.3-3 固体（液体）废物排放一览表

序号	装置名称	废物/废液	排放量	组成	排放	排放去向
		名称	t/a		规律	
1	冷氢化	硅粉废渣	122	硅粉, 少量二氧化硅等	间断	填埋（一般固废）
2	尾气回收	废活性炭	98.8m ³ /10a	活性炭, HCl, 氯硅烷等	间断	送有资质的固体废物处置中心处理
3	后处理	废酸液	136	HNO ₃ :52.2%, HF:12.46% HCl:28.46%	间断	厂家回收
5	后处理	废固	7.3	硅粉末	间断	厂家回收
6	制氢及提纯	脱氧器废触媒	208 kg/次	钯触媒	间断 一次/5 年	厂家回收
7	制氢及提纯	干燥器废分子筛	3470 kg/次	废分子筛	间断 一次/3 年	厂家回收
8	制氢及提纯	碱箱 V ₂ O ₅	56 kg/次	废 V ₂ O ₅	间断 一次/2 年	厂家回收
9	电解槽	碱液	34	KOH:30%(wt)	间断	去三废处理工段
10	废水处理工序(含氯废液)	板框压滤污泥	2167	H ₂ O:39.2%, NaCl:0.584%, 固体:59.75%, CaF ₂ :0.45%, NaNO ₃ :0.016%	间断	填埋场
		氯化钠和氯化钙固体	3882	CaCl ₂ 96%w NaCl 4%w	间断	送渣场填埋
11	生活设施	生活垃圾	75t/a		间断	环卫部门处理
12	TCS 合成	硅粉废渣	6.46	硅粉, 少量二氧化硅等	间断	填埋（一般固废）
固废产生量 5558t/a, 其中少量厂家回收, 大部分送渣场填埋。						

9.3.4 噪声

拟建项目主要噪声源有空压机、制氮机、压缩机、鼓风机、引风机、冷却塔、各类泵等，噪声级一般在75~95dB之间。

主要噪声设备及噪声源强见表9.3-4主要噪声设备及源强。

表9.3-4 主要噪声设备及源强

编号	噪声源	设备台数		声压级	排 放	备 注
		运转	备用	dB (A)	方 式	
1	氢气压缩机			95	连续	
2	制氮机			95	连续	
3	冷冻机			85	连续	
4	各种泵类			95	连续	

9.4 控制污染的主要环保措施

9.4.1 废气治理措施

1) 多晶硅产品后处理工序用免清洗保护处理（不用酸清洗），硅芯制备工序采用带料加工硅芯方式，一般也不用酸洗。极少量硅的清洗排出含酸性废气拟采用吸附剂吸附后达标排空。

2) 还原尾气中含 SiHCl_3 、 SiCl_4 、 HCl 、 H_2 等成分在尾气回收工序分离后， SiHCl_3 、 H_2 返回还原工序生产多晶硅， HCl 返回冷氢化工序， SiCl_4 也送冷氢化工序进一步回收利用。

3) 来自冷氢化工段反应器，急冷塔等氮气吹扫废气，其废气中主要污染物为硅粉，采取水洗处理，硅粉处理效率在97%以上，同时含氢废气送至三废处理工段集中处理。

4) 来自各工段的含氢尾气，集中送至三废处理工段，而后进入油封槽，油封槽充有凡士林油，首先吸收废气中氯硅烷。未被吸收的废气进入一级洗涤塔下部，与水进行逆流淋洗涤，尾气塔顶排出。尾气中的氯化氢和氯硅烷与水反应变成稀盐酸。少部分的废酸由循环泵送往平衡罐。由塔顶排出的废气进入二级洗涤塔下部，塔釜中的废碱液经碱液循环泵大部分送至塔中部喷淋洗涤尾气，再由新鲜水对尾气洗涤后由塔顶排出。洗涤尾气后的新鲜水自流至一级洗涤塔与废酸液混合，少部分碱液通过循环泵送往平衡罐。由二级洗涤塔顶排出的尾气经水封槽后排放。

5) 来自其他工段的不含氢废气集中进入三废处理工段，而后进入尾气洗涤塔，新鲜水由塔顶喷淋洗涤尾气后自流进入水检测罐，洗涤废气直接排空。检测罐废水经酸液输送泵送至塔顶喷淋洗涤尾气。当检测罐内废液的pH值达到4~5时，废液将被泵送至中和罐。

6) 后处理工段破碎多晶硅棒，产生含尘废气，采用布袋除尘器处理，粉尘去除效率达95%，回收的硅粉送供货商提纯处理。经过处理排放废气可达到《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)二级排放要求。

9.4.2 废水(液)治理措施

1) 本项目多晶硅工序残液用碱液中和处理后送工艺废水处理工序。

2) 多晶硅废气处理工序尾气洗涤塔排出的含 CaCl_2 、 NaCl 和 SiO_2 淋洗水送 1#废料处理工序后循环使用，不外排。

3) 本项目多晶硅产品后处理和硅芯制备工序的酸洗废酸主要含 HF 和 HNO_3 ，送 2#含氟废料处理工序处理后循环使用，不外排。

4) 本项目采用清污分流的排水系统，装置区设备/地坪冲洗水、生活污水经厂内污水处理站处理后达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，排入工业园区污水处理厂；循环水系统和脱盐水系统中和池排水等假定清净下水直接排放到园区水处理厂。

5) 为避免消防事故水对环境造成污染，为杜绝消防后的水引起的水源污染，本项目设有消防废水收集系统，并拟设消防废水收集池。

6) 本项目在厂区内设污水处理站，用于处理正常、非正常生产时排放的生产污水和事故状态下的废水。该污水处理站对生产污水采用中和处理；生活污水由生活污水管网收集后，由排水管道收集排至化粪池，经初级处理后进入园区生活污水处理系统处理。

9.4.3 固废处置措施

(1) 多晶硅装置

1) HCl 合成过程产生的废酸液

HCl 合成工段高温氯化氢气体经过冷却有少量的盐酸废液产生，浓度 31%(wt)，废酸液全部进入废酸罐集中收集，作为副产品外售，不会产生二次污染。

2) TCS 合成过程产生的含硅粉废渣

该废渣主要组分为硅粉，同时含有少量的 SiO_2 等，定期从水洗池中捞出，送填埋场填埋处理。

3) 冷氢化过程产生的含硅粉废渣

该废渣主要组分为硅粉，同时含有少量的 SiO_2 等，送三废处理后，定期从水洗池中捞出，送填埋场填埋处理。

4) 尾气处理和尾气回收过程产生的废活性炭

废活性炭本身属于一般废物，但活性炭吸附的物质属于危险废物，因此送有资质的固体废物处置中心处理。

5) 后处理产生的废酸液

硅芯腐蚀处理用到硝酸、氢氟酸，属《国家危险废物名录》中 HW32 的危险废物，均由生产厂家回收处理。

6) 后处理产生的硅粉末

后理工段破碎多晶硅棒，产生含尘废气，采用布袋除尘器处理，每年回收的硅粉，可送供货商提纯处理。

7) 制氢提纯装置产生的废固

制氢提纯装置产生的废固由厂家回收，废固包括脱氧器钨触媒，干燥器废分子筛及碱箱 V_2O_5 。

8) 三废处理装置，板框压滤污泥，属一般工业固废，全部送城市垃圾填埋场处置。

(2) 生活垃圾

由环卫部门统一处理

9.4.4 降噪措施

本工程噪声源主要是空压机、制氮机、合成压缩机、鼓风机、引风机、冷却塔、各类泵等，属于机械噪声。

为了减轻噪声污染，本工程采取下列噪声防治措施：

(1) 设备选型时尽量选用低噪声设备，采购时，要求设备生产厂家提供符合噪声允许标准的产品。

(2) 对强噪声设备，如压缩机、风机、各类泵等，通过加设减震基础、消声器，并放置在厂房内，采用建筑隔声；泵类加装隔声罩、减振。

(3) 合理布局，防止噪声叠加干扰，主要噪声设备布置尽量远离厂界。

(4) 加强车间周围及厂区空地绿化建设，尽量提高绿地率，以降低噪声的影响。

9.4.5 绿化

绿化在防止污染、保护和改善环境方面起着特殊的作用。具有较好的调温、调湿、吸灰、净化空气及减弱噪声等功能。本项目充分利用装置区空地、道路两旁进行绿化，总绿地率 15%。

综上所述，本工程采用了先进的工艺技术和设备，污染物排放很少，对环境的影响程度较轻。对生产过程中产生的废气、废水和废渣均进行了可靠的处理，达标排放。故装置投产后对环境的影响很小。

9.4.6 清洁生产简述

本项目采用先进的工艺技术，以硅粉、四氯化硅为原料合成三氯氢硅，四氯化硅循环利用，污染物排放量少，所有的废水、废气均采取了可行的处理方法进行处理，处理后的废水、废气可以达到国家标准规定的排放指标。本项目的大部分固体废物可综合利用，需要进行堆放的废渣中不含有毒有害物质，可以直接堆放。因此本项目符合清洁生产的要求。

9.4.7 环境管理与监测

本项目拟设专门的环保管理和监测机构，配备 2~3 名专职环保管理人员，并在车间设兼职环保人员。本项目环保监测工作主要依托中化室进行，并委托当地环境监测站进行定期和不定期监测，根据项目情况，考虑专门的环保监测分析设备费用约 84 万元（包括废水总排口 COD 在线监测仪）。

9.5 环境保护投资估算

本项目环保投资估算见表 9-5-1。

表 9-5-1 环保投资估算

序号	名称	费用（万元）	备注
1	多晶硅废气处理系统		计入工艺装置
2	HCl 合成工序尾气洗涤塔		计入工艺装置
3	酸性废气吸附系统		计入工艺装置
4	废料处理系统(含氯废液)		计入工艺装置

序号	名称	费用（万元）	备注
5	废料处理系统(含酸废液)		计入工艺装置
6	消声设施		计入工艺装置
7	污水处理站	196	
8	环境监测设备	105	
9	绿化	70	计入总图

9.6 初步环境影响分析

本项目对生产过程中排放的“三废”尽可能回收利用，尽可能采取可靠合理的治理措施，以保证污染物达标排放。项目投产后对周围环境的影响初步估计如下：

本项目正常生产时排放的废气主要为少量含氯硅烷、HCl 的废气，所排废气污染物均符合国家排放标准的要求。就扩散条件而言，拟建项目所在区域地势较为平坦、风速较大，有利于污染物的稀释扩散。因此本项目建成投产后，预计对周围大气环境质量影响不大。

本项目产生的工艺废水经废水（物）处理工序处理后循环使用，不外排，生活污水经厂内污水处理站处理后达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准后，排入工业园区污水处理厂，因此估计本项目正常时对地表水环境质量影响不大。

本项目产生的固体废物均妥善处理，或回收综合利用，或送渣场填埋，按规范要求处置的固废估计对外环境影响不大。

本项目产噪设备在采取了消声、降噪措施后，估计对周围声环境影响较小。

10、安全卫生

10.1 编制原则和依据

10.1.1 编制原则

认真贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，执行安全卫生设施“三同时”原则，对可能发生的各种事故和职业危害采取有效的防范措施，以确保生产安全和人体健康。

10.2.2 编制依据

(1) 国家和地方的有关法律、法规和规定

- 1)《中华人民共和国安全生产法》主席令第 70 号，2002 年 11 月 1 日起实施；
- 2)《中华人民共和国职业病防治法》主席令第 60 号，2002 年 5 月 1 日起实施；
- 3)《安全生产许可证条例》国务院令第 397 号；
- 4)《危险化学品安全管理条例》国务院第 344 号令，2002 年 3 月 15 日实施；
- 5)《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》国务院令第 352 号，2002 年 5 月 12 日实施；
- 6)《压力容器安全技术监察规程》质技监局锅发[1999]154 号；
- 7)《压力管道安全管理与监察规定》劳部发[1996]140 号；
- 8)国家发展和改革委员会、国家安全生产监督管理局《关于加强建设项目安全设施“三同时”工作的通知》发改投资[2003]1346 号；
- 9)《危险化学品建设项目安全许可实施办法》国家安监总局令第 8 号；
- 10)《建设项目职业病危害分类管理办法》(卫生部令第 49 号)。

(2) 采用的标准、规范

- 1)《工程建设标准强制性条文》石油和化工建设工程部分；
- 2)《工业企业设计卫生标准》GBZ1-2002；
- 3)《工作场所有害因素职业接触限值》GBZ2-2002；
- 4)《石油化工企业设计防火规范》GB50160-2008；
- 5)《建筑设计防火规范》GB50016-2014；
- 6)《化工企业安全卫生设计规定》HG20571-2014；
- 7)《建筑物防雷设计规范》GB50057—2010；
- 8)《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB50058—2014；

- 9) 《工业企业噪声控制设计规范》 GBJ87-1985;
- 10) 《职业性接触毒物危害程度分级》 GB5044-2015;
- 11) 《石油化工企业可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》 SH3063-1999;
- 12) 《化工企业静电接地设计规定》 (HG/T20675-1990);
- 13) 《化工企业气防站工作和装备标准》 HG/T23004-1992;
- 14) 《建筑抗震设计规范》 GB50011-2001;
- 15) 《氯气安全规程》 GB11984-2008;

10.2 建设项目危险有害因素分析

10.2.1 本项目涉及的有毒有害物质种类和数量

本项目涉及到多种有毒有害物质，包括易燃易爆气体、有毒气体、腐蚀品、氧化性物质、可燃粉尘等。具体物质名称和数量及危险特性见表 10.2-1。

表 10.2-1: 主要物料危险特性

名称	火灾危险性	密度 kg/m ³ (标准状态)	沸点 (°C)	熔点 (°C)	闪点 (°C)	自燃点 (°C)	空气中爆炸极限%	
							下限	上限
二氯氢硅	甲类	1260	8.3	-122	--	58	4.1	99
三氯氢硅	甲类	1370	31.8	-134	-13.9	104	1.2	90.5
四氯化硅	--	1480	57.6	-70	--	--	--	--
氢气	甲类	0.089	-252.8	-259.2	--	400	4.1	74.1
氯气	乙类	3.12	-34.5	-101	--	--	--	--
氯化氢	--	1.605	-85	-114.2	--	--	--	--
硅	乙类	2300	2355	1410	--	--	10	--
氢氧化钾	--	2040 (固)	1320	360.4	--	--	--	--
氢氧化钠	--	2120 (固)	1390	318.4	--	--	--	--
硝酸	乙类	1510 (无水)	86	-42	--	--	--	--

10.2.2 有毒有害物质职业危害性分析

多晶硅生产涉及到的原料、中间体、最终产品以及辅助物料中，危险性物料有：

(1) 二氯氢硅

分子式：H₂Cl₂Si

性质：易燃，其蒸气能与空气形成范围广阔的爆炸性混合物。遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与卤素及其它氧化剂剧烈反应。遇水或水蒸气剧烈反应，生成盐酸烟雾。

1) 对人体健康的影响

对上下呼吸道、皮肤和眼睛有腐蚀性和刺激性。本品遇水或空气中的水份迅速水解形成氯化氢（盐酸）。盐酸可致皮肤灼伤和粘膜刺激。接触后表现有流泪、咳嗽、咳痰、呼吸困难、流涎等。可引起肺炎或肺水肿。眼接触可致灼伤，导致失明。

2) 化学反应性及火灾危险性

本品易燃，有毒，具腐蚀性、刺激性，可致人体灼伤。易燃，其蒸气能与空气形成范围广阔的爆炸性混合物。遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与卤素及其它氧化剂剧烈反应。遇水或水蒸气剧烈反应，生成盐酸烟雾。

3) 急救措施

皮肤接触：立即脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗至少 15 分钟。就医。

眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟。就医。

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。

4) 消防措施

危险特性：易燃，其蒸气能与空气形成范围广阔的爆炸性混合物。遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与卤素及其它氧化剂剧烈反应。遇水或水蒸气剧烈反应，生成盐酸烟雾。

有害燃烧产物：氯化氢、氧化硅。

灭火方法：切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂：雾状水、泡沫、干粉、二氧化碳。

5) 泄漏应急处理

应急行动：迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并立即隔离 150m，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防毒服。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。如有可能，将残余气或漏出气用排风机送至水洗塔或与塔相连的通风橱内。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。

6) 操作处置注意事项

严加密闭，提供充分的局部排风和全面通风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴导管式防毒面具，穿胶布防毒衣，戴橡胶手套。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。避免产生烟雾。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、碱类、醇类接触。尤其要注意避免与水接触。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。

7) 储存注意事项

储存于阴凉、干燥、通风良好的库房。远离火种、热源。包装必须密封，切勿受潮。钢瓶温度不应超过 52℃。应与氧化剂、碱类、醇类、食用化学品分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。

8) 个体防护

呼吸系统防护：正常工作情况下，佩带过滤式防毒面具（全面罩）。高浓度环境中，必须佩戴氧气呼吸器。

眼睛防护：呼吸系统防护中已作防护。

身体防护：穿胶布防毒衣。

手防护：戴橡胶手套。

其他防护：工作现场禁止吸烟、进食和饮水。工作完毕，淋浴更衣。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。

(2) 三氯氢硅

分子式： HCl_3Si

性质：易燃液体。无色，与空气接触时冒烟，带有强烈的令人恶心的味道。与水起剧烈的反应形成有毒的和有侵害性的氯化氢。

1) 对人健康的影响

有毒，吸入该气体会导致死亡。与皮肤和眼睛接触会引起严重的灼伤和失明，刺伤眼睛，皮肤和呼吸道。吸入该气体会引起肺积水，往往会在几小时后出现，严重的会致命。长期或重复接触会导致皮肤病。

推荐防毒面具：

在任何浓度下，选用带通气孔，有面具防护的全屏防毒面具或带自动呼吸设备

的有通气孔的全屏防毒面具。

在特殊情况下进行救援时选用：过滤式，全屏式防毒面具或可自动呼吸的防毒面具

2) 化学反应性及火灾危险性

化学反应性：与空气形成有爆炸危险的混合物。与水接触形成氯化氢酸雾。与氧化剂接触能引起火灾和爆炸。与酸不相容。在潮湿条件下会腐蚀金属。

火灾危险性：易燃，在空气中会自燃，该物质的燃烧会形成有毒的气体氯化氢。气体比空气重，聚集在低处，在一定空间内与火接触会爆炸。气体会弥漫到很远的地方。近处应无明火源。储存器和其部分应分散安置于不同方向和较远的地方。如果该物质或被其污染的水流入水网，则应立即通知下游用水单位，水可能被污染。应通知有关医疗保健机构，消防部门和环境监测站等有关单位。使用干粉，**AFFF** 灭火器。不要用水或水基灭火器，否则会引起剧烈反应并形成有毒的氯化氢和易燃易爆的气体氢。一旦发生火灾，从无爆炸危险的安全地方向封闭的容器用高压水枪喷射使其冷却。

3) 急救措施

皮肤接触：立即脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗至少 15 分钟。就医。

眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟。就医。

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。

食入：用水漱口，给饮牛奶或蛋清。就医。

4) 消防措施

危险特性：遇明火强烈燃烧。受高热分解产生有毒的氯化物气体。与氧化剂发生反应，有燃烧危险。极易挥发，在空气中发烟，遇水或水蒸气能产生热和有毒的腐蚀性烟雾。

有害燃烧产物：氯化氢、氧化硅。

灭火方法：消防人员必须佩戴过滤式防毒面具(全面罩)或隔离式呼吸器、穿全身防火防毒服，在上风向灭火。灭火剂：干粉、干砂。切忌使用水、泡沫、二氧化碳、酸碱灭火剂。

5) 泄漏应急处理

应急行动：迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防毒服。从上风处进入现场。尽可能切断泄漏源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏：用砂土或其它不燃材料吸附或吸收。大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容。在专家指导下清除。

6) 操作处置注意事项

密闭操作，局部排风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴自吸过滤式防毒面具（全面罩），穿胶布防毒衣，戴橡胶手套。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。避免产生烟雾。防止烟雾和蒸气释放到工作场所空气中。避免与氧化剂、酸类、碱类接触。尤其要注意避免与水接触。搬运时要轻装轻卸，防止包装及容器损坏。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。倒空的容器可能残留有害物。

7) 储存注意事项

储存于阴凉、干燥、通风良好的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 25℃。包装必须密封，切勿受潮。应与氧化剂、酸类、碱类等分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。

8) 个体防护

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

眼睛防护：呼吸系统防护中已作防护。

身体防护：穿胶布防毒衣。

手防护：戴橡胶手套。

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

(3) 四氯化硅

分子式：SiCl₄

性质：液体，在空气中发烟。热稳定不变形。在与潮湿空气相互作用下该物质的气体迅速水解，形成气体溶胶，其主要成分为氯化氢，二氧化硅和其他混合物。

1) 对人健康的影响：

四氯化硅有毒。对眼睛及上呼吸道有强烈刺激作用。高浓度可引起角膜混浊，

呼吸道炎症，甚至肺水肿。眼直接接触可致角膜及眼睑严重灼伤。皮肤接触后可引起组织坏死。本品可引起溶血反应而导致贫血。

该物质有微弱的蓄电作用。对皮肤愈合，胚胎和内科有一定影响，但不具有诱变剂的作用。在工作区空气中该物质气溶胶和气体混合物允许的浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

与该物质接触时容易损伤中枢神经系统，上呼吸道，肺，皮肤，眼睛和血液成份。

剧烈中毒征兆：呼吸时流泪，眼睛剧痛，嗓子发痒，咳嗽，头疼，呼吸失调；吞入该物质时引发恶心，呕吐，腹痛。育龄妇女与该物质接触影响生育。

该物质在运输时在周围环境中形成二氧化硅和氯化氢。

2) 急救措施

皮肤接触：立即脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗至少 15 分钟。就医。

眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟。就医。

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。

食入：用水漱口，给饮牛奶或蛋清。就医。

3) 消防措施

危险特性：受热或遇水分解放热，放出有毒的腐蚀性烟气。对很多金属尤其是潮湿空气存在下有腐蚀性。

有害燃烧产物：氯化氢、氧化硅。

灭火方法：消防人员必须穿全身耐酸碱消防服。灭火剂：干燥砂土。禁止用水。

4) 操作处置注意事项：

密闭操作，注意通风。操作尽可能机械化、自动化。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴自吸过滤式防毒面具（全面罩），穿橡胶耐酸碱服，戴橡胶耐酸碱手套。防止蒸气泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、碱类、醇类接触。尤其要注意避免与水接触。搬运时要轻装轻卸，防止包装及容器损坏。配备泄漏应急处理设备。倒空的容器可能残留有害物。

5) 储存注意事项

储存于阴凉、干燥、通风良好的库房。远离火种、热源。库温不超过 25°C ，相对湿度不超过 75% 。包装必须密封，切勿受潮。应与氧化剂、碱类、醇类等分开存

放，切忌混储。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。

6) 个体保护措施:

呼吸系统防护：可能接触其蒸气时，必须佩戴自吸过滤式防毒面具（全面罩）或隔离式呼吸器。紧急事态抢救或撤离时，建议佩戴空气呼吸器。

眼睛防护：呼吸系统防护中已作防护。

身体防护：穿橡胶耐酸碱服。

手防护：戴橡胶耐酸碱手套。

其他防护：工作现场禁止吸烟、进食和饮水。工作完毕，淋浴更衣。单独存放被毒物污染的衣服，洗后备用。保持良好的卫生习惯。

(4) 氢气

分子式： H_2

性质：无色无臭气体，不溶于水，不溶于乙醇、乙醚。易燃，与空气可形成爆炸混合气体，爆炸限为 4.1~72%（体积）。电槽断电不良时产生电火花引起电槽失火，氢气放空时，受雷击时可引起火灾。

1) 对人体健康的影响

本品在生理学上是惰性气体，仅在高浓度时，由于空气中氧分压降低才引起窒息。在很高的分压下，氢气可呈现出麻醉作用。

2) 化学反应性及火灾危险性

化学反应性：与空气混合能形成爆炸性混合物，遇热或明火即爆炸。气体比空气轻，在室内使用和储存时，漏气上升滞留屋顶不易排出，遇火星会引起爆炸。氢气与氟、氯、溴等卤素会剧烈反应。

火灾危险性：本品易燃。

3) 急救措施

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。

4) 消防措施

危险特性：与空气混合能形成爆炸性混合物，遇热或明火即爆炸。气体比空气轻，在室内使用和储存时，漏气上升滞留屋顶不易排出，遇火星会引起爆炸。氢气与氟、氯、溴等卤素会剧烈反应。

有害燃烧产物：水。

灭火方法：切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。灭火剂：雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。

5) 泄漏应急处理

应急行动：迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。如有可能，将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。

6) 操作处置注意事项

密闭操作，加强通风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员穿防静电工作服。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、卤素接触。在传送过程中，钢瓶和容器必须接地和跨接，防止产生静电。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。

7) 储存注意事项

储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不超过 30℃，相对湿度不超过 80%。应与氧化剂、卤素分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。

8) 个体防护

呼吸系统防护：一般不需要特殊防护，高浓度接触时可佩戴空气呼吸器。

眼睛防护：一般不需特殊防护。

身体防护：穿防静电工作服。

手防护：戴一般作业防护手套。

其他防护：工作现场严禁吸烟。避免高浓度吸入。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。

(5) 氯化氢/盐酸

分子式：HCl

性质：无色有刺激性气味的气体，相对于空气的密度 1.27，易溶于水形成盐酸。不燃，具强刺激性。

1) 对人体健康的影响

氯化氢对眼和呼吸道粘膜有强烈的刺激作用，职业性接触毒物危害程度分级为 III 级（中度危害），空气中最高允许浓度 0.015 毫克/升。盐酸泄漏灼伤人体并污染环境。

急性中毒：出现头痛、头昏、恶心、眼痛、咳嗽、痰中带血、声音嘶哑、呼吸困难、胸闷、胸痛等。重者发生肺炎、肺水肿、肺不张。眼角膜可见溃疡或混浊。皮肤直接接触可出现大量粟粒样红色小丘疹而呈潮红痛热。

慢性影响：长期较高浓度接触，可引起慢性支气管炎、胃肠功能障碍及牙齿酸蚀症。

2) 化学反应性及火灾危险性

化学反应：无水氯化氢无腐蚀性，溶于水后（盐酸）有强腐蚀性。盐酸能与一些活性金属粉末发生反应，放出氢气，遇氰化物能产生剧毒的氰化氢气体，遇碱发生中和反应并放热。

火灾危险性：本品不燃，具强刺激性。

3) 急救措施

皮肤接触：立即脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗至少 15 分钟。就医。

眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟。就医。

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。

4) 消防措施

危险特性：无水氯化氢无腐蚀性，但遇水时有强腐蚀性。能与一些活性金属粉末发生反应，放出氢气。遇氰化物能产生剧毒的氰化氢气体。

灭火方法：本品不燃。但与其它物品接触引起火灾时，消防人员须穿戴全身防护服，关闭火场中钢瓶的阀门，减弱火势，并用水喷淋保护去关闭阀门的人员。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。

5) 泄漏应急处理

应急行动：迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并立即进行隔离，小泄漏时隔离 150m，大泄漏时隔离 300m，严格限制出入。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿化学防护服。从上风处进入现场。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。喷氨水或其它稀碱液中和。构筑围堤或挖坑收容产生的大量废水。如有可能，

将残余气或漏出气用排风机送至水洗塔或与塔相连的通风橱内。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。

6) 操作处置注意事项

严加密闭，提供充分的局部排风和全面通风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴过滤式防毒面具（半面罩），戴化学安全防护眼镜，穿化学防护服，戴橡胶手套。避免产生烟雾。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与碱类、活性金属粉末接触。尤其要注意避免与水接触。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。配备泄漏应急处理设备。

7) 储存注意事项

储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。应与碱类、活性金属粉末分开存放，切忌混储。储区应备有泄漏应急处理设备。

8) 个人防护

呼吸系统防护：空气中浓度超标时，佩戴过滤式防毒面具（半面罩）。紧急事态抢救或撤离时，建议佩戴空气呼吸器。

眼睛防护：必要时，戴化学安全防护眼镜。

身体防护：穿化学防护服。

手防护：戴橡胶手套。

其他防护：工作完毕，淋浴更衣。保持良好的卫生习惯。

(6) 硅（粉）

分子式：Si

性质：黑褐色无定形非金属粉末或硬而有光泽的晶体。不溶于水，不溶于盐酸、硝酸，溶于氢氟酸、碱液。易燃。

1) 对人体健康的影响

本品对人体无毒。高浓度吸入引起呼吸道轻度刺激，进入眼内作为异物有刺激性。

2) 化学反应性及火灾危险性

化学反应性：与钙、碳化铯、氯、氟化钴、氟、三氟化碘、三氟化锰、碳化铷、氟化银、钾钠合金剧烈反应。

火灾危险性：本品易燃。粉尘遇火焰或与氧化剂接触发生反应，有中等程度的危险性。

3) 急救措施

皮肤接触：脱去污染的衣着，用流动清水冲洗。

眼睛接触：提起眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗。就医。

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。

食入：饮足量温水，催吐。就医。

4) 消防措施

危险特性：与钙、碳化铯、氯、氟化钴、氟、三氟化碘、三氟化锰、碳化铷、氟化银、钾钠合金剧烈反应。粉尘遇火焰或与氧化剂接触发生反应，有中等程度的危险性。

有害燃烧产物：氧化硅。

灭火方法：采用干粉、干砂灭火。禁止用水。禁止用二氧化碳。

5) 泄漏应急处理

应急行动：隔离泄漏污染区，限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴防尘面具（全面罩），穿一般作业工作服。小量泄漏：避免扬尘，用洁净的铲子收集于干燥、洁净、有盖的容器中。大量泄漏：用水润湿，然后转移回收。

6) 操作处置注意事项

密闭操作，局部排风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。避免产生粉尘。避免与氧化剂接触。搬运时要轻装轻卸，防止包装及容器损坏。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。倒空的容器可能残留有害物。

7) 储存注意事项

储存于阴凉、干燥、通风良好的库房。远离火种、热源。包装要求密封，不可与空气接触。应与氧化剂等分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有合适的材料收容泄漏物。

8) 个体防护

呼吸系统防护：一般不需要特殊防护，但建议特殊情况下，佩戴自吸过滤式防尘口罩。

眼睛防护：一般不需要特殊防护，高浓度接触时可戴化学安全防护眼镜。

身体防护：穿一般作业防护服。

手防护：戴一般作业防护手套。

其他防护：工作服、帽等要定期清洗。工作完毕，淋浴更衣。保持良好的卫生习惯。

(7) 氢氧化钾（溶液）

分子式：KOH

性质：本品不燃，具强腐蚀性、强刺激性，可致人体灼伤。

9) 对人体健康的影响

本品具有强腐蚀性。粉尘刺激眼和呼吸道，腐蚀鼻中隔；皮肤和眼直接接触可引起灼伤；误服可造成消化道灼伤，粘膜糜烂、出血，休克。

10) 急救措施

皮肤接触：立即脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗至少 15 分钟。就医。

眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟。就医。

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。

食入：用水漱口，给饮牛奶或蛋清。就医。

11) 消防措施

危险特性：与酸发生中和反应并放热。本品不会燃烧，遇水和水蒸气大量放热，形成腐蚀性溶液。具有强腐蚀性。

有害燃烧产物：可能产生有害的毒性烟雾。

灭火方法：用水、砂土扑救，但须防止物品遇水产生飞溅，造成灼伤。

12) 泄漏应急处理

应急行动：隔离泄漏污染区，限制出入。建议应急处理人员戴防尘面具（全面罩），穿防酸碱工作服。不要直接接触泄漏物。小量泄漏：用洁净的铲子收集于干燥、洁净、有盖的容器中。也可以用大量水冲洗，洗水稀释后放入废水系统。大量泄漏：收集回收或运至废物处理场所处置。

13) 操作处置注意事项

密闭操作。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴头罩型电动送风过滤式防尘呼吸器，穿橡胶耐酸碱服，戴橡胶耐酸碱手套。远离易燃、可燃物。避免产生粉尘。避免与酸类接触。搬运时要轻装轻卸，防止包装及

容器损坏。配备泄漏应急处理设备。倒空的容器可能残留有害物。稀释或制备溶液时，应把碱加入水中，避免沸腾和飞溅。

14) 储存注意事项

储存于阴凉、干燥、通风良好的库房。远离火种、热源。库内湿度最好不大于 85%。包装必须密封，切勿受潮。应与易（可）燃物、酸类等分开存放，切忌混储。储区应备有合适的材料收容泄漏物。

15) 个体防护

呼吸系统防护：可能接触其粉尘时，必须佩戴头罩型电动送风过滤式防尘呼吸器。必要时，佩戴空气呼吸器。

眼睛防护：呼吸系统防护中已作防护。

身体防护：穿橡胶耐酸碱服。

手防护：戴橡胶耐酸碱手套。

其他防护：工作场所禁止吸烟、进食和饮水，饭前要洗手。工作完毕，淋浴更衣。注意个人清洁卫生。

(8) 氢氧化钠（溶液）

分子式：NaOH

性质：本品不燃，具强腐蚀性、强刺激性，可致人体灼伤。

1) 对人体健康的影响

本品有强烈刺激和腐蚀性。粉尘刺激眼和呼吸道，腐蚀鼻中隔；皮肤和眼直接接触可引起灼伤；误服可造成消化道灼伤，粘膜糜烂、出血和休克。

2) 急救措施

皮肤接触：立即脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗至少 15 分钟。就医。

眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟。就医。

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。

食入：用水漱口，给饮牛奶或蛋清。就医。

3) 消防措施

危险特性：与酸发生中和反应并放热。遇潮时对铝、锌和锡有腐蚀性，并放出易燃易爆的氢气。本品不会燃烧，遇水和水蒸气大量放热，形成腐蚀性溶液。具有

强腐蚀性。

有害燃烧产物：可能产生有害的毒性烟雾。

灭火方法：用水、砂土扑救，但须防止物品遇水产生飞溅，造成灼伤。

4) 泄漏应急处理

应急行动：隔离泄漏污染区，限制出入。建议应急处理人员戴防尘面具（全面罩），穿防酸碱工作服。不要直接接触泄漏物。小量泄漏：避免扬尘，用洁净的铲子收集于干燥、洁净、有盖的容器中。也可以用大量水冲洗，洗水稀释后放入废水系统。大量泄漏：收集回收或运至废物处理场所处置。

5) 操作处置注意事项

密闭操作。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴头罩型电动送风过滤式防尘呼吸器，穿橡胶耐酸碱服，戴橡胶耐酸碱手套。远离易燃、可燃物。避免产生粉尘。避免与酸类接触。搬运时要轻装轻卸，防止包装及容器损坏。配备泄漏应急处理设备。倒空的容器可能残留有害物。稀释或制备溶液时，应把碱加入水中，避免沸腾和飞溅。

6) 储存注意事项

储存于阴凉、干燥、通风良好的库房。远离火种、热源。库内湿度最好不大于 85%。包装必须密封，切勿受潮。应与易（可）燃物、酸类等分开存放，切忌混储。储区应备有合适的材料收容泄漏物。

7) 个体防护

呼吸系统防护：可能接触其粉尘时，必须佩戴头罩型电动送风过滤式防尘呼吸器。必要时，佩戴空气呼吸器。

眼睛防护：呼吸系统防护中已作防护。

身体防护：穿橡胶耐酸碱服。

手防护：戴橡胶耐酸碱手套。

(9) 硝酸

分子式： HNO_3

性质：纯硝酸是无色、易挥发、刺激性气味的液体。常用浓硝酸质量分数约为 69%，98% 以上的硝酸叫“发烟”硝酸。硝酸见光或受热易分解，且浓度越高越易分解。硝酸具有酸性和强氧化性，能与大部分金属发生反应。

1) 对人体健康的影响

其蒸气有刺激作用，引起眼和上呼吸道刺激症状，如流泪、咽喉刺激感、呛咳，并伴有头痛、头晕、胸闷等。口服引起腹部剧痛，严重者可有胃穿孔、腹膜炎、喉痉挛、肾损害、休克以及窒息。皮肤接触引起灼伤。

慢性影响：长期接触可引起牙齿酸蚀症。

2) 急救措施

皮肤接触：立即脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗至少 15 分钟。就医。

眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟。就医。

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。

食入：用水漱口，给饮牛奶或蛋清。就医。

3) 消防措施

危险特性：强氧化剂。能与多种物质如金属粉末、电石、硫化氢、松节油等猛烈反应，甚至发生爆炸。与还原剂、可燃物如糖、纤维素、木屑、棉花、稻草或废纱头等接触，引起燃烧并散发出剧毒的棕色烟雾。具有强腐蚀性。

有害燃烧产物：氧化氮。

灭火方法：消防人员必须穿全身耐酸碱消防服。灭火剂：雾状水、二氧化碳、砂土。

4) 泄漏应急处理

应急行动：迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防酸碱工作服。从上风处进入现场。尽可能切断泄漏源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏：将地面洒上苏打灰，然后用大量水冲洗，洗水稀释后放入废水系统。大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容。喷雾状水冷却和稀释蒸汽、保护现场人员、把泄漏物稀释成不燃物。用泵转移至槽车或专用收集器内，回收或运至废物处理场所处置。

5) 操作处置注意事项

密闭操作，注意通风。操作尽可能机械化、自动化。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴自吸过滤式防毒面具（全面罩），穿橡胶耐酸碱服，戴橡胶耐酸碱手套。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。防止蒸气泄漏到工作场所空气中。避免与还原剂、碱类、醇类、碱金属接触。搬运时要轻装

轻卸，防止包装及容器损坏。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。倒空的容器可能残留有害物。稀释或制备溶液时，应把酸加入水中，避免沸腾和飞溅。

6) 储存注意事项

储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。保持容器密封。应与还原剂、碱类、醇类、碱金属等分开存放，切忌混储。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。

7) 个体防护

呼吸系统防护：可能接触其烟雾时，佩戴自吸过滤式防毒面具（全面罩）或空气呼吸器。紧急事态抢救或撤离时，建议佩戴氧气呼吸器。

眼睛防护：呼吸系统防护中已作防护。

身体防护：穿橡胶耐酸碱服。

手防护：戴橡胶耐酸碱手套。

其他防护：工作现场禁止吸烟、进食和饮水。工作完毕，淋浴更衣。单独存放被毒物污染的衣服，洗后备用。保持良好的卫生习惯。

10.2.3 危险性作业分析

(1) 触电

生产装置中的配电箱、控制箱和电气开关如存有缺陷、绝缘不良、不按规定接地（接零）、未设置必要的漏电保护装置等原因都可能导致作业人员发生触电事故。装置中各种电气设备的非带电金属外壳，由于漏电等原因，若无良好的接地设施，也有可能发生触电伤害事故。

各类用电设备长期使用后，会由于化学腐蚀、机械损伤等原因使电气系统绝缘材料电阻值减小或老化击穿，或接地与接零装置长期缺少维护检测而变得不可靠等原因，均有可能使设备外壳带电，形成作业人员触电事故的隐患。

本项目中各种电气设备的检修，尤其是配电室内的重要电力设备，若由未经专门培训并取得电工上岗作业证的人员随意拆装、调试，更易造成人员触电事故。此外，若持证电气检修作业人员未在有效防护的情况下进行作业或不遵守安全操作规程，也会发生触电伤害事故。

(2) 机械伤害

外露的机械转动部件，如果防护设施未设置或不到位，有可能将人体的某一部

位带入运转设备，造成人员伤害；如电动机、高速分散机等运转设备，如不严格按照安全操作规程作业，尤其是在设备维修时，有发生机械伤害事故的潜在危险性。

（3）物体打击

作业人员在设备维修或者其他高处进行作业后，若由于疏忽未及时将使用的工具和更换的零部件清理干净，遗留在高处作业平台上。其他作业人员在巡检走动过程中可能不慎将物件从平台上碰落，造成高处坠物，使下方恰好经过的作业人员发生物体打击事故。

（4）噪声

本工程噪声源主要为空压机、真空泵和各种输送泵，其他的设备如风机等也会产生噪声，在整个车间均产生，是本项目工人接触的最主要的危害因素，且在工作时间内都将暴露于噪声环境中。操作人员长期在高噪声环境下作业会感到刺耳、不舒服，时间久了会损伤听觉，甚至会产生不同程度的耳聋，此外，噪声还对心血管和神经系统产生一定的影响。

（5）振动

振动对人身的危害也很严重，过大的机械振动和噪音，对运行人员的心理生理将产生不利的影晌。考虑振动和噪音对人体的影响时，要从机械和心理两方面进行。在低频和低振级的情况下，在 3~6HZ 范围内，胸-腹系统出现谐振效应；而在 20~30HZ 范围内，头-颈-肩系统出现谐振效应；在 60~90HZ 范围内，感觉到的是眼球谐振等等。因此，在 0~100HZ 范围内(这也正是汽轮发电机组振动频率的范围)，过大的振动在多数情况下将引起工作人员显著的疲劳感觉，降低工作效率，从而降低预防、判断和处理事故的能力。

（6）中暑、冻伤

现代化工厂一般都是敞开式、露天式布置，根据现场气候资料，若在夏天炎热天气或冬天寒冷天气时进行现场操作、检修、维修等操作时，有可能会在高温或低温环境下作业。高温作业容易引起中暑，低温作业容易冻伤。

10.3 设计中采取的安全卫生防护措施

10.3.1 安全技术措施

（1）在总图布置中，将结合地形、风向、工艺流程特点和相关标准规范的要求，以做到流程短捷、经济合理，并且在此基础上保证装置内各生产单元设备之间以及装置与厂区内其他建构筑物之间的安全间距满足防火要求，工厂与周围的企业

也要保持足够的安全间距。主要生产工序周围均设置环形消防车道，以满足紧急疏散和消防灭火的要求。建构筑物内外道路畅通并形成环状，以利消防和安全疏散。

(2) 采用先进的 DCS 控制技术。操作人员在控制室内对生产进行集中监控，对安全生产密切相关的参数进行自动分析、自动调节和自动报警，确保生产安全。

(3) 较为危险的设备和生产单元均采用敞开式框架结构，设备尽可能露天化布置，以减少有毒、有害气体的积聚。

(4) 厂房建筑设计中，采取防爆泄压和通风措施，个别地方设机械通风，避免火灾爆炸危险物质和有毒物质积聚。

(5) 按照生产装置的危险区划分，选用相应防爆等级的电气设备和仪表，并按规范配线。对厂房、各相关设备及管道设置防雷及防静电接地系统。

(6) 在可燃、有毒气体可能泄漏的场所，如液氯汽化工序、氯化氢合成、精馏工序和还原工序等，设置可燃及有毒气体探测器，以便及时发现和处理气体泄漏事故，确保装置安全。

(7) 生产系统严格密封，选用可靠的设备和材料，以防泄漏、燃烧和爆炸等条件的形成。

(8) 所有压力容器的设计、制造、检验和施工安装，均按有关标准严格执行。可能超压的设备均安装有安全阀、防爆膜等安全措施。

(9) 重要工序设置氮气保护系统，如氯化氢合成、三氯氢硅合成、多晶硅还原工序。当紧急情况发生时，氮气将自动加入还原炉内，以转换危险物料，确保设备安全。

(10) 采用双电源系统，对重要的用电负荷，如冷却水系统、消防用电设备设置双回路供电，自控系统和部分消防控制设备设置 UPS 供电，以确保安全生产。

(11) 在各危险地点和危险设备处，设立安全标志或涂刷相应的安全色。

10.3.2 职业卫生措施

(1) 在工艺和设备设计中，对“三废”采取治理措施，以减少环境危害。各个生产单元均采用密闭化生产，杜绝生产过程中的“跑冒滴漏”现象，满足节能、降耗、环保、消防安全和职业卫生等各个方面。

(2) 液氯汽化、三氯氢硅合成、还原等工序中设置局部通风系统，以防止有害气体对操作人员的危害。

(3) 在各工序操作人员可能接触有毒物料的地方，设置安全淋浴/洗眼器，以

最大限度地减少有毒物料对人体的伤害。

(4) 设计中尽量选用低噪声设备，并对噪声较大的压缩机、泵等设备，采取设消音器、隔声罩、隔音室等措施。

(5) 重要设备都配有电气防护，以防意外事故发生时，对人造成伤害。机械传动、转动装置的外露部分配置防护罩。

(6) 根据各工序物料的危害特性，在生产现场配置各种防毒面具、防护手套、护目镜、空气呼吸器、防护衣等个人防护用品。

(7) 本项目的生产装置区和厂前区根据需要配置符合卫生标准要求的卫生辅助用室（包括更衣室、休息室、盥洗室、浴室、厕所等）。

10.4 安全卫生管理

10.4.1 安全卫生管理机构

本项目设置安全管理办公室，配置专职的安全技术人员 3 人，负责全厂的安全卫生及消防管理工作。职业卫生监测可依托工厂的分析化验室和当地有资质的职业卫生监测机构，职业病防治机构依托当地的医疗卫生机构，不另单独设置。

10.4.2 气体防护站

厂区设气体防护站，负责全厂的有毒有害气体防护和中毒事故的紧急救援工作。

10.4.3 职业病防治

根据国家及地方的有关防治职业病的法律、规章制度、条例等建立完善的职业病防治制度。操作人员就业前及工厂运行中，对工厂操作人员进行职业健康检查，预防、控制和消除职业危害。

根据《中华人民共和国职业病防治法》第十五条和卫生部第 49 号令的规定，在项目可研阶段，业主应委托具有评价资格的单位对本项目进行职业病危害预评价，对本项目可能产生的职业病危害因素及其对工作场所和劳动者健康的影响作出评价，确定危害类别和职业病防护措施，并上报当地卫生行政部门予以审批。评价报告中的对策措施和结论将作为本项目职业卫生设施设计和验收的依据。

10.4.4 安全评价

根据中华人民共和国安全生产法和国家安监总局第 8 号令的规定，在本项目的可研阶段，业主应委托具有安全评价资格的评价单位开展本项目的设立安全评价和安全条件论证工作，并上报当地的安全生产监督管理部门备案。评价和论证报告中的对策措施和结论将作为本项目安全设施设计和验收的依据。

10.4.5 重大事故应急措施计划

在项目设计过程中，开车运转之前，业主应当与当地公安、企业消防队、当地消防及安全卫生管理、医疗机构密切配合，制定完善的重大事故应急措施计划，并报当地公安、消防、劳动安全、卫生、环保等部门审查批准、备案。适当时候应组织重大事故演习，以检验重大事故应急措施计划的可操作性及可行性。

10.5 安全卫生投资估算

本项目用于气防站装备和生产现场的个人防护设施、安全卫生教育设施、安全预评价、职业病危害预评价等的费用见下表，其他与安全相关的设施的投资已纳入各相关专业的投资估算中。

表 10-5-1 安全卫生投资估算表

序号	项目	投资额（万元）	备注
1	气防站设备	80	
2	生产现场个人防护设施	70	
3	安全评价	20	
4	职业病危害预评价	20	
5	安全卫生教育设施	10	
6	可燃及有毒气体检测	/	已纳入自控投资估算中
7	安全淋浴及洗眼器	/	已纳入管道投资估算中
8	防雷防静电接地设施	/	已纳入电气投资估算中
9	合计	200	

11、消防

11.1 编制原则和依据

11.1.1 编制原则

认真贯彻“预防为主、防消结合”的方针，严格遵循国家和地方的有关消防法规、标准和规范，搞好本工程的消防设计。

11.1.2 编制依据

(1) 国家和地方的有关法律、法规和规定

- 1) 《中华人民共和国消防法》主席令第 4 号；
- 2) 《建筑工程消防监督审核管理规定》公安部 30 号令；
- 3) 《危险化学品安全管理条例》国务院第 344 号令，2002 年 3 月 15 日实施。

(2) 设计中采用的标准规范

- 1) 《工程建设标准强制性条文》石油和化工建设工程部分；
- 2) 《石油化工企业设计防火规范》GB 50160—2008；
- 3) 《建筑设计防火规范》GB50016-2014；
- 4) 《建筑灭火器配置设计规范》GB50140-2005；
- 5) 《石油化工企业可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》SH3063-1999；
- 6) 《火灾自动报警系统设计规范》GB50116-2013；
- 7) 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058-2014；
- 8) 《高倍数、中倍数泡沫灭火系统设计规范》GB 5196-93，2002 年版。

11.2 工程的消防环境现状

本项目建设地址位于内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂克托旗棋盘井镇工业园区。工业园区规划总面积 60.28 平方公里，现已开发 25 平方公里，项目用地基本实现了“八通一平”。羊绒集团在棋盘井工业园区已构建起煤炭开采、煤炭采选、发电、高载能的循环经济产业框架。

在本项目已建厂区 5km 范围内有专职消防队，共有人员 7 人，消防车 2 辆；另有一政府专职消防队，消防车一辆，人员 8 人，可作为本项目消防依托。

11.3 工程的火灾危险性类别

多晶硅装置的火灾、爆炸危险性较大，主要生产单元的火灾危险性分类属甲类。

生产中的物料如氢气和三氯氢硅一旦发生泄漏，遇到火源后，就有火灾爆炸危险。

公用工程及辅助设施的火灾危险性分类大多为丁类和戊类，变配电设施的火灾危险性分类为丙类，厂前区行政服务设施和装置办公楼属一般民用建筑。

11.4 消防设施

11.4.1 消防设施设计原则

本项目的消防设施基于厂区内同一时间内只发生一次火灾的原则进行设计。

11.4.2 消防水系统

本项目多晶硅装置区设置一套独立的稳高压消防水系统，设计消防用水量 150 l/s，消防水压不低于 1.2MPaG，火灾延续时间按 3 小时，一次灭火最大用水量 1620m³。

本项目厂前区、公用工程和辅助设施区设置低压消防水系统，与生产给水系统合并，消防用水量 40L/S，消防水压 0.4MPaG，火灾延续时间 3 小时。

本项目的消防水管网沿各生产单元呈环状布置，并按规范要求设置消火栓，工艺装置区消火栓间距不大于 60m，其他区域消火栓间距不大于 120m，各生产厂房和库房也将设置室内消火栓。

11.4.3 可燃气体和有毒气体检测报警系统

本项目将设置 1 套可燃气体和有毒气体检测报警系统，在各个工序有可能散发可燃气体和有毒气体的地点设置检测探头，信号通过该系统控制盘进入装置的控制系統。

11.4.4 泡沫灭火系统

本项目将在氯硅烷罐区设置 1 套中倍数泡沫灭火系统，以便在氯硅烷发生泄漏时可以及时用泡沫覆盖和灭火，防止大量的有毒烟雾进入空气中对操作人员和环境造成危害。

11.4.5 小型灭火器材

本项目在厂区内按规范要求配置必要的各类手提式及推车式灭火器、灭火器箱及桶装干砂，以及时扑灭小型火灾和初始火灾。

11.4.6 全厂火灾报警系统

本项目将设计一套火灾报警系统，以便随时接收各火灾探测器和手动报警按钮传来的火灾报警信号，并能通过自动报警电话向消防站和当地消防部门报警。感温、

感烟、火焰等各类火灾探测器和手动报警按钮将按需要设置于装置区及各建构筑物内，位于防爆区内的火灾探测器和手动报警按钮将达到相应的防爆等级。

11.4.7 消防站

本项目的消防外协依托工业园区现有专职消防队，不再另建。

11.4.8 钢结构耐火保护

根据规范要求，对生产装置内所有需要作耐火保护的承重的钢框架、支架、裙座、钢管架等按规范要求采取覆盖耐火层等耐火保护措施，使涂有耐火层的钢结构的耐火极限满足规范要求。

11.5 消防投资估算

本项目消防投资估算见下表。

表 11-5-1 消防投资估算表

序号	项目	投资(万元)	备注
1	小型灭火器材	30	
2	泡沫灭火系统	160	
4	消防水泵站及消防水池	/	已纳入给排水及土建投资估算中
5	消防水管网	/	已纳入管道的投资估算中
6	可燃及有毒气体检测系统	/	已纳入仪表的投资估算中
7	火灾自动报警系统	/	已纳入电气的投资估算中
8	钢结构耐火保护	/	已纳入建筑的投资估算中
9	防雷防静电接地设施	/	已纳入电气的投资估算中
10	合计	190	

12、工厂组织、劳动定员和人员培训

12.1 工厂体制及组织机构

本项目建成后，将由内蒙古鄂尔多斯羊绒集团有限责任公司控股、其它合资方参与的合资公司—内蒙古鄂尔多斯多晶硅业有限公司经营管理。合资公司根据生产、经营、管理工作的实际需要，本着力求精简和高效的原则，设总经理 1 人，由合资公司董事会委派或聘任，并接受董事长和董事会的领导和监督。总经理全面主持、组织公司的日常生产、经营、财务等工作，副总经理 2 人（分管生产和经营）、总工程师 1 人（分管技术和研发）由总经理聘用，经董事会批准，将协助总经理工作。

合资公司实行公司和车间两级管理，设置经理办公室、安全管理办公室、生产运行部、技术中心、企管财务部、供销运输部、人事部、后勤服务部等职能部门。生产调度室设在生产运行部，了解生产需求并及时进行生产调度安排。环境监测、安全卫生以及职业病防治隶属于技术发展部管理。

12.2 生产班制及定员

本项目生产装置为 24 小时连续运行，为此实行四班三运转的班制，而管理部门及辅助系统将根据需要实行白班制、值班制、两班制和倒班制（或兼有）班制。

本项目为原系统技改、提升项目，新增冷氢化装置、尾气回收装置、反歧化装置等，对还原、干法回收、提纯等工序进行优化、改扩。新增及改造装置的自动化程度高，劳动强度增加不大，全公司定员 413，生产人员总共 368 人，辅助人员 4 人，管理人员 41 人。各工序生产劳动定员表见表 12-2-1 所示（采用四班三倒的工作模式）。

表 12-2-1 改造一期各车间工序生产劳动定员表

序号	车间工序	生产人员人数
1	还原车间	79
2	硅芯准备	12
3	后处理车间	41
4	尾气回收	31
5	三废处理	19
6	精馏车间	33
7	冷氢化车间	35
8	制氢车间	8

序号	车间工序	生产人员人数
9	公用工程	31
10	成品分析	14
11	综合分析	13
12	辅助部门(机电仪)	52
13	公司其余人员	45
合计		413

12.3 人员的来源和培训

(1) 高层管理、技术人员

合资公司管理人员由总经理聘任或从建设单位调用，竞争上岗；技术人员及生产技术骨干可在国内现有多晶硅生产企业选拔，或向社会公开招聘。

(2) 普通管理、技术人员和工人

可从鄂尔多斯羊绒集团有限责任公司在全国化工大学、大专学校代培的毕业生中选拔招聘。

(3) 员工培训

生产岗位的生产骨干和生产管理人员（这部分人员应在类似化工厂具有 3~4 年生产操作和管理的经验）应派往同类型工厂培训，培训时间不少于 3 个月。

对操作人员应派往同类型工厂进行全流程、全系统的培训，以应付各种突发事件，培训时间不少于半年。培训内容包括基础理论学习、模拟培训及工厂的实际生产操作和开、停车等过程，经考试合格后方可上岗。本项目在建设过程中的单机试车、仪电调试、联动试车、化工投料试车等都是对操作、维修人员的实地培训，应纳入培训计划之中。

各岗位人员均应通过考试合格后，持证上岗。全员都应参加安全、消防培训。

13、项目实施规划

13.1 项目计划进度

改造一期工程建设规模为：年产多晶硅 8000 吨，配套使用一期公辅设施。

项目建设周期拟分三个阶段，即前期阶段、设计阶段及施工安装和试车阶段。

（1）前期阶段

项目可行性研究报告→环境影响评价报告→对专利商及工程设计、施工、安装分包商的询价→技术附件、商务谈判→签约。

（2）设计阶段

初步设计（基础设计）→详细工程设计

（3）施工安装及试车阶段

地下工程施工及设备（机组）制造商的询价、采购→土建施工及设备（机组）制造、运输→设备、管道安装→吹扫、试压→联动试运→试车考核→投产

改造一期项目建设期限为 2016~2017 年，2016 年 9 月完成项目建设前期阶段工作，2017 年 3 月正式开工建设，2017 年 7 月底机械竣工，2017 年 10 月完成试车、性能考核后，正式投入商业运行。

13.2 项目主计划进度表

根据业主对项目建设进度的总体安排要求，本项目自 2017 年 3 月正式开工建设，预计将于 2017 年 7 月底机械竣工，2017 年 10 月完成试车、性能考核后，正式投入商业运行。详见表 13-2-1。

表 13-2-1 项目建设进度的总体安排表

标识号	任务名称	工期	开始时间	完成时间	二〇一六年							二〇一七年											
					6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	二期改扩项目进度计划安排	433 d	2016/7/25	2017/9/30																			
2	编制可行性研究报告	68 d	2016/7/25	2016/9/30																			
3	编制环境影响评价报告	35 d	2016/9/24	2016/10/28																			
4	FSR&EIA报告评审及批准	20 d	2016/10/16	2016/11/4																			
5	合同谈判、签订及生效	62 d	2016/8/25	2016/10/25																			
6	工程地质勘察	10 d	2016/9/1	2016/9/10																			
7	设计招标、评标、签订合同	18 d	2016/8/26	2016/9/12																			
8	总图会议	17 d	2016/9/9	2016/9/25																			
9	基础设计及审查会议	34 d	2016/9/9	2016/10/12																			
10	详细设计及审查会议	61 d	2016/9/26	2016/11/25																			
11	地下工程、土建施工	47 d	2016/11/1	2016/12/17																			
12	设备和材料安装	225 d	2016/12/18	2017/7/30																			
13	预试车、化工投料	31 d	2017/8/1	2017/8/31																			
14	性能考核	25 d	2017/9/1	2017/9/25																			
15	开始商业运行	5 d	2017/9/26	2017/9/30																			

说明：本项目进度安排表中的工期设定为自然日。

14、改扩项目投资估算

14.1 投资估算

14.1.1 项目概况

(1) 工程内容

本改扩项目为年产 8000 吨太阳能级多晶硅工艺装置新增的冷氢化工序和部分还原炉。配套一期的公用工程及辅助设施（包括供配电、给排水及消防水系统、循环水系统、脱盐水/高纯水站、冷冻站、空压制氮站、暖通、中央控制室、分析化验室、污水处理、总图运输、产品储运、厂区供电外线及道路照明、全厂电讯等），以及场外工程—蒸汽管线等，基本不动，满足改造一期项目生产需要。

(2) 建设地点

内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂克托旗棋盘井镇工业园区多晶硅厂区预留空地。

(3) 改扩占地面积

本项目工程占地约 2.074 公顷。

14.1.2 编制依据

(1) 中国石化咨[2006]203 号文颁发的《中国石油化工集团公司石油化工项目可行性研究投资估算编制办法（试行）》。

(2) 化工部化建发（1995）528 号文颁发的《化工引进项目工程建设概算编制办法》。

(3) 业主提供的有关资料及现行的有关文件。

14.1.3 估算方法

参考中国石化南京工程有限公司近年来承担类似工程项目设计数据并结合现行市场价格进行调整。

14.1.4 项目投资及投资分析

本改扩项目工程总投资为 41729 万元（含流动资金），一期净值资产按 131000 万元计算，合计资产总值 172729 万元。

- 建设投资 36981 万元（其中含进口设备 585 万美金）
- 建设期利息 679.16 万元
- 流动资金 4068.84 万元

14.1.5 其它说明

(1) 本估算中外汇为估算值，今后应以正式合同价为准进行调整。

(2) 本项目引进的设备、材料按《中华人民共和国进出口关税条例》中的优惠税率计算。

(3) 引进设备材料国内运杂费按硬件费的 4.0%计，国内设备运杂费按设备原价的 8.0%计。

(4) 基本预备费外汇部分按 3%计，国内部分按 6%计。

(5) 根据国家计委、国家经贸委计价格[2002]98 号文关于《停止收取供（配）电工程贴费有关问题的通知》，不再计取供（配）电工程贴费。

(6) 外汇部分未计涨价预备费；根据计投资[1999]1340 号文《国家计委关于加强基本建设大中型项目概算中“价差预备费”管理有关问题的通知》，国内部分不计涨价预备费。

(7) 根据财税字[1999]299 号文关于《暂停征收固定资产投资方向调节税的通知》，未计固定资产投资方向调节税。

14.2 投资估算与资金筹措

本项目是 8000t/a 多晶硅生产线的改扩项目。在原有 3000t/a 多晶硅生产线的基础上，采用当前国内外成熟、先进、稳定的多晶硅工艺技术和装备水平，结合现有的生产条件，对主工艺及公辅设施进行核算和优化，实现生产各工序的技术提升和设备优化；充分利用已有装置的能力，减少投入，新增部分装置和工序设备，将多晶硅产能由 3000t/a 提升至 8000t/a，执行标准为 GB/T25074-2010《太阳能级多晶硅》。根据投资估算结果，项目含流动资金的项目总投资为 41729 万元，见表 14-2-1：

表 14-2-1 项目总投资表

序号	内容	单位	数量（万元）	备注
1	项目总投资	万元	41729	含 585 万美元
1.1	建设资金	万元	36981	
1.2	建设期利息	万元	679.16	
1.3	流动资金	万元	4068.84	
2	资金来源		41729	
2.1	资本金	万元	11664.24	

序号	内容	单位	数量（万元）	备注
2.2	长期借款	万元	27216.57	
2.3	流动资金借款	万元	2848.19	

14.3 投资范围及内容

本估算包括：

1. 对还原工序现有的还原炉及相配套的工艺、管道及电器仪表、还原厂房结构等改造的工程费用及其他费用。
2. 对尾气回收装置及配套的活性炭、压缩机等改造的工程费用及其他费用。
3. 对氯硅烷提纯装置改造和新增提纯装置的工程费用及其他费用。
4. 对四氯化硅氢化工序及相配套的压缩机、配电等改造的工程费用及其他费用。
5. 对新增的制氮装置、氯硅烷罐区、管网改造及还原热能回收等工程费用及其他费用。

14.4 投资概算

本项目投资总概算书见下表 14-4-1。

表 14-4-1 投资总概算书

序号	工程和费用名称	建筑	设备	安装	工器具及生产家具费	其它费用	总价值
	(价值：万元)	工程		工程			
1	2	3	4	5	6	7	8
一	第一部分工程费用						
1	还原车间	321	7213	846			8380
2	干法回收装置	221	2742	475			3438
3	废气回收处理装置	45	148	15			208
4	提纯装置	414	4712	1615			6741
5	罐区	338	561	300			1199
6	冷氢化装置（含进口设备 585 万美金）	306	8301	2400			11007
7	制氮装置	80	395	130			605

序号	工程和费用名称	建筑	设备	安装	工器具及生产家具费	其它费用	总价值
8	电气仪表	0	407	35			442
9	厂区管网	360	0	300			660
	第一部分工程费小计	2085	24479	6116	0	0	32680
二	第二部分:其他费用						0
1	建设管理费					1552	1552
1.1	建设单位管理费					1452	1452
1.1.1	建设单位经费					1259	1259
1.1.2	建设单位差旅费					100	100
1.1.3	建设单位开办费					93	93
1.2	工程监理费					100	100
2	可行性研究费					0	0
3	环境影响评价费					30	30
4	劳动安全卫生评价费					20	20
5	工程勘察费					60	60
6	工程设计费					700	700
6.1	基本设计费					200	200
6.2	非标设计费					100	100
6.3	施工图预算编制费					60	60
7	施工图设计文件审查费					16	16
8	建设单位临时设施费					50	50
9	工程保险费					62	62
10	联合试运转费					200	200
11	特殊设备安全监督费					50	50
12	人员培训费及提前进场费					150	150
	第二部分其他费用小计	0	0	0	0	2890	2890
	第一、二部分合计	2085	24479	6116	0	2890	35570
三	预备费:						0
1	基本预备费					1411	1411
	预备费小计	0	0	0	0	1411	1411
	建设项目概算总投资	2085	24479	6116	0	4301	36981

15、财务分析

15.1 财务评价依据、基础数据与参数

15.1.1 财务评价依据的主要经济法规和文件

- (1) 国家发展改革委、建设部《建设项目经济评价方法与参数》(第三版);
- (2) 业主提供的相关基础资料。

15.1.2 财务评价基础数据与主要参数

- (1) 固定资产折旧、无形资产递延资产摊销

固定资产折旧、无形及递延资产摊销按平均年限法计算。

其中固定资产折旧年限为 15 年，残值率为 4%;

无形资产的摊销年限为 10 年;

递延资产的摊销年限为 5 年。

- (2) 投入物价格及消耗

表 15-1-1 投入物价格及消耗表

序号	名称	价格(含税)	年耗量
1	工业金属硅	12600 元/吨	9040 吨
2	化学品费	1000 万元/年	
3	生活水及生产水	5.0 元/m ³	240 万 m ³
4	电	0.25 元/kWh	8 亿 kWh
5	蒸汽	70 元/吨	24 万吨
6	排污费	5.0 元/m ³	24 万 m ³
7	液氯	500 元/吨	1977 吨
8	硅芯(带料加工)	6.4 万元/吨	112 吨

- (3) 产品价格及商品量

本项目进行财务评价的产品售价(出厂价)按下表确定。

表 15-1-2 产品售价及销量表

序号	名称	售价(含税)	商品量
1	太阳能级多晶硅	12 万元/吨	8000 吨/年

(4) 项目计算期

本改扩项目计算期设定为 16 年，其中建设期 1 年，生产期 15 年。

(5) 生产负荷安排

本项目满负荷运转时，年产多晶硅 8000 吨（商品量）。投产第一年生产负荷为 100%，以后年度生产负荷为 100%，产硅 8000 吨。

(6) 定员、职工工资及福利费计算

本项目总定员 413 人，年人均工资及福利费按 6 万元计。

(7) 维修费率

维修费取固定资产原值（扣除建设期利息）的 4%。

(8) 其他管理费

其它管理费取工资及福利费的 200%。

(9) 其他制造费

其它制造费取固定资产原值（扣除建设期利息）的 2%。

(10) 销售费

销售费取销售收入的 1.5%。

(11) 财务费用

参考中国人民银行最新发布的基准利率，银行长期借款有效年利率按 4.99%（5 年以上）计取，流动资金借款年利率按 4.35% 计取。只考虑改造一期新增借款部分。

(12) 增值税率

本项目产品的增值税税率按 17% 计。

(13) 城市维护建设税和教育费附加

城市维护建设税按增值税金的 5% 计取，教育费附加按增值税金的 3% 计取。

(14) 企业所得税

企业所得税税率暂按 25% 计取。

(15) 还款资金来源及还款方式

在还款期间将未分配利润、折旧费、摊销费全部用来还款。还款方式采用等额本金、利息照付方式。贷款偿还期暂定为 8 年，其中含 2 年宽限期，宽限期内不还本只还息。

(16) 财务基准收益率

参考行业相关规定，项目投资基准收益率取 11%，项目资本金基准收益率取

13%。

(17) 利润及利润分配

税后利润中提取 10% 的法定盈余公积金，剩余作为股东分红、未分配利润、偿还借款等。

15.2 资金筹措

15.2.1 项目总投资

表 15-2-1 投资表（单位：万元）

序号	项目	单位	金额	备注
1	建设投资	万元	36981	其中含进口设备 585 万美金
2	建设期利息	万元	679.16	
3	流动资金	万元	4068.84	
4	合计（工程总投资）	万元	41729	

15.2.2 资金筹措

本改扩项目新增总投资 41729 万元人民币（其中含进口设备 585 万美金），其中自有资金 11664.24 万元（占报批投资的 30%），债务融资 30064.75 万元。

本项目流动资金 4068.84 万元，其中自有铺底流动资金占 30%，计 1220.65 万元。流动资金贷款为 70%，计 2848.19 万元，贷款年利率按 4.35% 计。

15.2.3 资金使用计划

本项目建设期预计为 1 年，建设投资在建设期全部投入。

15.3 产品成本估算及分析

15.3.1 成本估算

本项目采用的成本费用估算方法为生产要素法。

(1) 总成本

总成本 = 外购原辅材料 + 公用工程 + 人员工资及福利 + 维修费 + 折旧费 + 摊销费 + 财务费用 + 其他费用

本项目年均总成本 61288.87 万元。

(2) 固定成本及变动成本

变动成本包括原辅材料、公用工程以及销售费用；固定成本则为总成本减变动

成本。本项目年均可变成本 32408.54 万元，年均固定成本 28880.32 万元。

(3) 经营成本

经营成本=总成本费用-折旧费-摊销费-财务费。本项目年均经营成本为 49870.40 万元。

15.3.2 单位成本分析

表 15-3-1 单位成本表

序号	项目	年均成本 (万元/年)	单位成本 (元/吨多晶硅)	比例 (%)
1	原辅材料	11348.03	14185.04	18.52%
2	公用工程	19829.74	24787.18	32.35%
3	工资及福利费	2478	3097.5	4.04%
4	维修费	6685.24	8356.55	10.91%
5	折旧费	10739.85	13424.81	17.52%
6	摊销费	56.67	70.83	0.09%
7	财务费用	621.95	777.43	1.01%
7.1	建设贷款利息	498.05	622.56	0.81%
7.2	流动资金利息	123.90	154.87	0.2%
7.3	其它财务费用			
8	其他费用	9529.39	11911.74	15.55%
8.1	其他制造费	3342.62	4178.28	5.45%
8.2	其他管理费	4956	6195	8.09%
8.3	其他销售费	1230.77	1538.46	2.01%
9	总成本费用	61288.87	76611.08	100.0%
9.1	固定成本	28880.32	36100.40	47.12%
9.2	可变成本	32408.54	40510.68	52.88%
10	经营成本	49870.40	62338.01	81.37%

15.4 销售收入和税金估算

15.4.1 销售收入估算

本项目满负荷运行时，年含税（增值税）销售收入为 96000 万元，不含税销售收入为 82051.28 万元。

15.4.2 税金估算

本项目在运行过程中涉及的税负主要有增值税及附加、企业所得税。本项目年均增值税及附加为 9450.48 万元，年均企业所得税为 5015.59 万元。

15.5 财务评价

15.5.1 盈利能力分析

(1) 主要评价指标

表 15-5-1 主要财务评价指标

序号	指标	项目投资税前	项目投资税后	项目资本金税后
1	财务内部收益率 (%)	16.64	13.02	14.33
2	财务净现值 (万元)	51334.54 (ic=11%)	17860.97 (ic=11%)	9069.89 (ic=13%)
3	投资回收期(年,静态)	6.47	7.54	7.40

由上述指标可以看出，项目投资所得税前财务内部收益率 16.64%、税后财务内部收益率 13.02%，项目资本金所得税后财务内部收益率 14.33%均大于基准收益率，盈利能力满足项目要求。

(2) 其它评价指标

其它评价指标见表 15-5-2。

表 15-5-2 其它重要评价指标

序号	指标	数值
1	年均总投资收益率	11.98%
2	年均资本金净利率	10.64%

15.5.2 偿债能力分析

(1) 还款资金来源及还款方式

对于银行长期借款，在还款期间将未分配利润、折旧费、摊销费全部用来还款。

还款方式拟采用等额本金、利息照付方式。贷款偿还期暂定为 8 年，其中含 2 年宽限期，宽限期内不还本只还息。

对于流动资金借款，采用期末偿还、期初再借的循环方式。

(2) 清偿能力指标

从借款还本付息计划表看，本项目在经营期限内，其利息备付率、偿债备付率两项指标均很理想，可以满足财务评价相关要求。详见借款还本付息计划表。

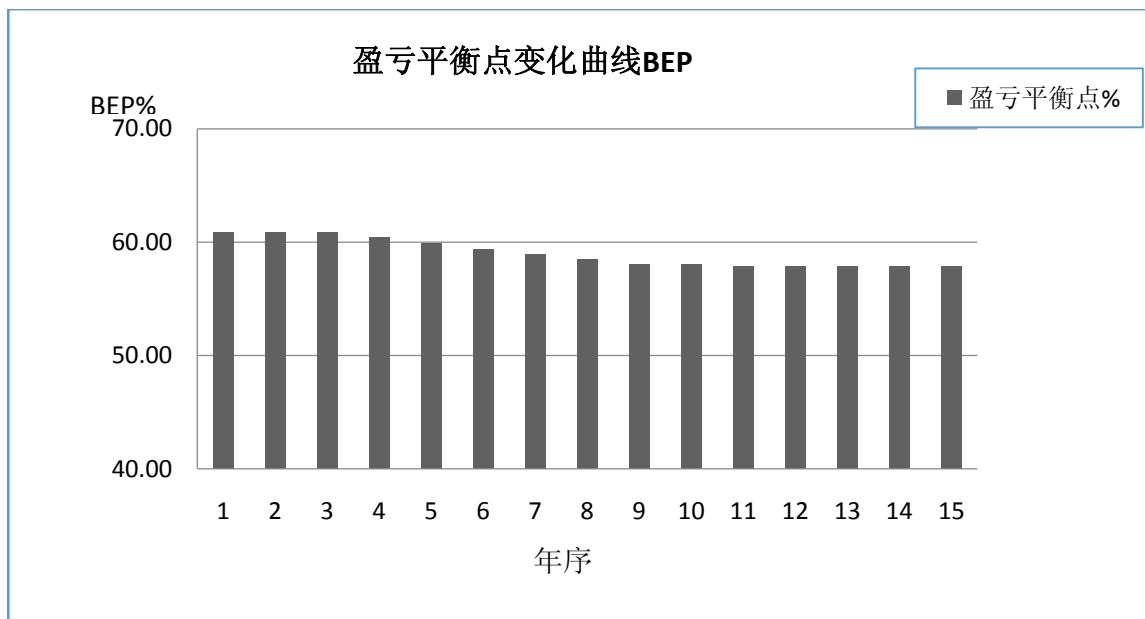
15.5.3 不确定性分析

(1) 盈亏平衡分析

以生产能力利用率表示盈亏平衡点 (BEP)

$BEP(\%) = \frac{\text{年固定成本}}{\text{年销售收入} - \text{年可变成本} - \text{销售税金及附加}} \times 100\%$

各年盈亏平衡点变化如下：



从盈亏平衡变化曲线可看出，从盈亏平衡点的计算表明，由于生产期内固定成本逐年减少，盈亏平衡点亦逐年降低。投产初期因贷款利息较大，盈亏平衡点处于较高水平。贷款偿清后，盈亏平衡点降低。生产经营期内盈亏平衡点大部分集中在 60.85%-57.88% 之间，总体上处于较低水平，说明此项目从生产负荷因素看，抗风险能力较强。

(2) 敏感性分析

分别以产品售价（销售收入）、原辅材料价格生产负荷及建设投资变化对项目项目所得税后内部收益率作单因素敏感性分析。

其分析结果见敏感性分析表。

由敏感性分析结果可以看出：各因素除销售收入外在做上述的10%不利变化时所得税后内部收益率高于基准收益率11%。各因素中销售收入最为敏感。

15.6 小结

(1) 主要财务评价数据见综合经济指标。

(2) 经济效益和抗风险能力分析

由财务评价指标知，项目投资税后内部收益率为 13.02%，项目资本金税后内部收益率为 14.33%，均高于基准收益率，有一定的盈利能力。从项目不确定性分析及贷款清偿能力分析的结果可以看出，项目的抗风险能力较强，贷款清偿能力较好。项目从财务评价角度看是可行的。

15.7 主要财务报表

附表 1 综合经济指标

附表 2 新增投资用款计划估算表

附表 3 流动资金估算表

附表 4 生产成本估算表

附表 5 固定资产折旧、摊销估算表

附表 6 总成本费用估算表

附表 7 销售收入及税金估算表

附表 8 利润及利润分配表

附表 9 贷款偿还平衡表

附表 10 财务现金流量表(全部投资)

附表 11 财务现金流量表(项目资本金)

附表 12 财务计划现金流量表

附表 13 资产负债表

附表 14 敏感性分析表

附表

附表 1 综合经济指标

序号	项目	单位	数值	备注
1	本项目建设总投资	万元	172729.00	
	其中：建设投资	万元	36981.00	
	建设期贷款利息	万元	679.16	
	流动资金	万元	4068.84	
	原有固定资产	万元	131000.00	
2	产品单位生产成本	元/吨	68029.36	
3	年平均总成本费用	万元	61288.87	
4	年平均经营成本	万元	49870.40	
5	年销售收入	万元	82051.28	正常年份
6	年平均利润总额	万元	20062.38	所得税前
7	年平均息税前利润（EBIT）	万元	20684.33	
8	年平均息税前折旧摊销前利润（EBITAD）	万元	22311.56	
9	年平均销售税金及附加	万元	700.04	
10	年平均增值税	万元	8750.44	
11	年平均所得税额	万元	5015.59	
12	年平均投资利润率	%	11.61	
13	年平均投资利税率	%	17.09	
14	年平均投资收益率	%	11.98	
15	年平均资本金净利润率	%	10.64	
16	盈亏平衡点	%	60.85	用生产能力利用率表示
17	贷款偿还期	年	8.00	生产期等额偿还
18	所得税前投资回收期	年	6.47	含建设期
19	所得税前净现值	万元	51334.54	基准收益率取 11%
20	所得税前内部收益率	%	16.64	
21	所得税后投资回收期	年	7.54	含建设期
22	所得税后净现值	万元	17860.97	基准收益率取 11%
23	所得税后内部收益率	%	13.02	
24	项目资本金所得税后投资回收期	年	7.40	含建设期
25	项目资本金所得税后净现值	万元	9069.89	基准收益率取 13%
26	项目资本金内部收益率	%	14.33	

附表 2 新增投资用款计划估算表

单位: 万元

序号	项目	年份	建设期	生产期			合计	备注
			2017	2018	2019	2020		
	投资分配比例%		100					
一	总投资		37660.16	4068.84	0.00	0.00	41729.00	
1	建设投资		36981.00				36981.00	
2	投资方向调节税		0.00				0.00	
3	建设期利息		679.16				679.16	
4	流动资金			4068.84	0.00	0.00	4068.84	
二	资金筹措		37660.16	4068.84	0.00	0.00	41729.00	
1	资本金		10443.59	1220.65	0.00	0.00	11664.24	
1.1	用于固定资产投资		9764.43				9764.43	
1.2	用于建设期利息		679.16				679.16	
1.3	用于流动资金			1220.65	0.00	0.00	1220.65	
2	借款		27216.57	2848.19	0.00	0.00	30064.75	
2.1	长期贷款		27216.57				27216.57	贷款有效年利率:
2.2	利息贷款						0.00	4.99%
2.3	流动资金贷款			2848.19	0.00	0.00	2848.19	
3	其他							

附表 3 流动资金估算表

单位:万元

序号	项目	周转天数	周转次数	生产期														
				2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
一	流动资产			7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18	7100.18
1	应收帐款	30	12	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06
2	存货			1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50
2.1	外购原材料			553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22
	工业硅粉等	15	24	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22	553.22
2.2	外购动力	15	24	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21	136.21
2.3	在产品			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.4	产成品	5	71	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88	759.88
2.5	备品备件	180	2	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20
3	现金	30	12	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62
二	流动负债			3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34
	应付帐款	30	12	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34
三	流动资金(一减二)			4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84	4068.84
四	流动资金本年增加额			4068.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

附表 4 生产成本估算表

序号	项目	单位	单价(元) (含税)	单价(元) (不含税)	单耗	年耗量	单位生产成本 (元/吨)	年成本 (万元)	备注
一	主要外购原料和辅助材料								
1	工业金属硅	吨	12600.00	10769.23	1.130	9040.00	12169.23	9735.38	多晶硅实际年产量 (吨):
2	硅芯(带料加工)	吨	64000.00	54700.85	0.014	112.00	765.81	612.65	8000
3	化学品费	吨					1250.00	1000.00	
	小计						14185.04	11348.03	
二	外购燃料及动力								
1	生活水及生产水	吨	5.00	4.42	300.00	2400000	1327.43	1061.95	
2	蒸汽	吨	70.00	61.95	30.00	240000	1858.41	1486.73	
3	液氨	吨	500.00	427.35	0.25	1977	105.61	84.49	
4	电	度	0.25	0.21	100000	800000000	21367.52	17094.02	
5	排污费	立方米	5.00	4.27	30.00	240000	128.21	102.56	
	小计						24787.18	19829.74	
三	副产品回收						0.00	0.00	
							0.00	0.00	
四	人工工资及福利费		60000			413	3097.50	2478.00	
五	制造费用								
	折旧费						13424.81	10739.85	
	修理费						8356.55	6685.24	
	其他费用						4178.28	3342.62	
	小计						25959.64	20767.71	
六	生产成本						68029.36	54423.49	
七	外购原料辅材料及燃料动力进项税额合计							5198.27	

附表 5 固定资产折旧、摊销估算表

单位: 万元

序号	项目	基数	折旧率%	生产期														
				2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1	机器设备原值	34461.65	6.40%	34461.65														
1.1	折旧费		15 年	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55	2205.55
1.2	折旧费累计			2205.55	4411.09	6616.64	8822.18	11027.73	13233.27	15438.82	17644.37	19849.91	22055.46	24261.00	26466.55	28672.10	30877.64	33083.19
1.3	净值			32256.11	30050.56	27845.02	25639.47	23433.92	21228.38	19022.83	16817.29	14611.74	12406.19	10200.65	7995.10	5789.56	3584.01	1378.47
2	房屋建筑物原值	2348.51	6.40%	2348.51														
2.1	折旧费		15 年	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30	150.30
2.2	折旧费累计			150.30	300.61	450.91	601.22	751.52	901.83	1052.13	1202.44	1352.74	1503.04	1653.35	1803.65	1953.96	2104.26	2254.57
2.3	净值			2198.20	2047.90	1897.59	1747.29	1596.98	1446.68	1296.38	1146.07	995.77	845.46	695.16	544.85	394.55	244.24	93.94
3	原有固定资产原值	131000.00	6.40%	131000.00														
3.1	折旧费		15 年	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00	8384.00
3.2	折旧费累计			8384.00	16768.00	25152.00	33536.00	41920.00	50304.00	58688.00	67072.00	75456.00	83840.00	92224.00	100608.00	108992.00	117376.00	125760.00
3.3	净值			122616.00	114232.00	105848.00	97464.00	89080.00	80696.00	72312.00	63928.00	55544.00	47160.00	38776.00	30392.00	22008.00	13624.00	5240.00
4	固定资产合计	167810.16		36810.16														
4.1	折旧费			10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85
4.2	折旧费累计			10739.85	4711.70	7067.55	9423.40	11779.25	14135.10	16490.95	18846.80	21202.65	23558.50	25914.35	28270.20	30626.05	32981.90	35337.75
4.3	净值			157070.31	146330.46	135590.61	124850.76	114110.91	103371.06	92631.21	81891.36	71151.51	60411.66	49671.81	38931.96	28192.11	17452.26	6712.41
5	无形资产原值	700.00	10 年	700.00														
5.1	摊销费			70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
5.2	摊销费累计			70.00	140.00	210.00	280.00	350.00	420.00	490.00	560.00	630.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
5.3	净值			630.00	560.00	490.00	420.00	350.00	280.00	210.00	140.00	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	递延资产原值	150.00	5 年	150.00														
6.1	摊销费			30.00	30.00	30.00	30.00	30.00										
6.2	摊销费累计			30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
6.3	净值			120.00	90.00	60.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

附表 6 总成本费用估算表

单位:万元

序号	项目	生产期														
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
	生产负荷(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	生产成本															
1	外购原辅材料	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03	11348.03
2	外购燃料和动力	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74	19829.74
3	副产品回收	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	人工工资及福利费	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00	2478.00
5	制造费用: 折旧费	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85	10739.85
	修理费	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24	6685.24
	其他费用	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62	3342.62
	小计	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49	54423.49
二	管理费用	5056.00	5056.00	5056.00	5056.00	5056.00	5026.00	5026.00	5026.00	5026.00	5026.00	4956.00	4956.00	4956.00	4956.00	4956.00
	其中摊销费	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
三	财务费用	1482.21	1482.21	1482.21	1255.83	1029.44	803.05	576.67	350.28	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90
1	流动资金借款利息	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90
2	长期借款利息	1358.32	1358.32	1358.32	1131.93	905.55	679.16	452.77	226.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
四	营业费用	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77	1230.77
五	总成本费用	62192.47	62192.47	62192.47	61966.08	61739.70	61483.31	61256.92	61030.54	60804.15	60804.15	60734.15	60734.15	60734.15	60734.15	60734.15
1	固定成本	29783.92	29783.92	29783.92	29557.54	29331.15	29074.77	28848.38	28621.99	28395.61	28395.61	28325.61	28325.61	28325.61	28325.61	28325.61
2	可变成本	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54	32408.54
六	经营成本	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40
	注: 流动资金贷款年利率	4.35%														
	盈亏平衡点%	60.85	60.85	60.85	60.39	59.93	59.41	58.94	58.48	58.02	58.02	57.88	57.88	57.88	57.88	57.88

附表 7 销售收入及税金估算表

单位:万元

序号	项目	生产期														
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
	生产负荷(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	销售价格															
1	多晶硅(元/吨)	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10	102564.10
二	销售量															
1	多晶硅(吨)	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000
三	销售收入															
1	多晶硅	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28
	小计	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28
四	销售税金及附加															
	其中: 消费税	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	城市维护建设税	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52	437.52
	教育费附加	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51	262.51
	小计	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04
五	增值税															
	销项税额	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72
	进项税额	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27
	小计	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44

附表 8 利润及利润分配表

单位:万元

序号	项目	生产期														
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
	生产负荷(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	销售收入	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28
2	销售税金及附加	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04
3	总成本费用	62192.47	62192.47	62192.47	61966.08	61739.70	61483.31	61256.92	61030.54	60804.15	60804.15	60734.15	60734.15	60734.15	60734.15	60734.15
4	利润总额	19158.78	19158.78	19158.78	19385.16	19611.55	19867.94	20094.32	20320.71	20547.10	20547.10	20617.10	20617.10	20617.10	20617.10	20617.10
5	税前弥补前年度亏损	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	应纳税所得额	19158.78	19158.78	19158.78	19385.16	19611.55	19867.94	20094.32	20320.71	20547.10	20547.10	20617.10	20617.10	20617.10	20617.10	20617.10
7	所得税	4789.69	4789.69	4789.69	4846.29	4902.89	4966.98	5023.58	5080.18	5136.77	5136.77	5154.27	5154.27	5154.27	5154.27	5154.27
8	税后利润	14369.08	14369.08	14369.08	14538.87	14708.66	14900.95	15070.74	15240.53	15410.32	15410.32	15462.82	15462.82	15462.82	15462.82	15462.82
9	可供分配利润	14369.08	14369.08	14369.08	14538.87	14708.66	14900.95	15070.74	15240.53	15410.32	15410.32	15462.82	15462.82	15462.82	15462.82	15462.82
9.1	盈余公积金	2155.36	2155.36	2155.36	2180.83	2206.30	2235.14	2260.61	2286.08	2311.55	2311.55	2319.42	2319.42	2319.42	2319.42	2319.42
9.2	公益金	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.3	应付利润	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13098.77	13098.77	13143.40	13143.40	13143.40	13143.40	13143.40
9.4	未分配利润	12213.72	12213.72	12213.72	12358.04	12502.36	12665.81	12810.13	12954.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	用于还款的利润	12213.72	12213.72	12213.72	12358.04	12502.36	12665.81	12810.13	12954.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	累计未分配利润	12213.72	24427.44	36641.16	48999.21	61501.57	74167.38	86977.51	99931.96	99931.96	99931.96	99931.96	99931.96	99931.96	99931.96	99931.96
11	指标计算															
	息税前利润 (EBIT)	5160.248	5160.248	5160.248	5160.248	5160.248	5167.748	5167.748	5167.748	5167.748	5167.748	5185.248	5185.248	5185.248	5185.248	5185.248
	调整所得税	20640.99	20640.99	20640.99	20640.99	20640.99	20670.99	20670.99	20670.99	20670.99	20670.99	20740.99	20740.99	20740.99	20740.99	20740.99
	已获利息倍数	13.93	13.93	13.93	16.44	20.05	25.74	35.85	59.01							
	息税前折旧摊销前利润 (EBITAD)	23096.84	23096.84	23096.84	23096.84	23096.84	23096.84	23096.84	23096.84	23096.84	23096.84	20740.99	20740.99	20740.99	20740.99	20740.99
	偿债备付率	12.35	12.35	3.04	3.15	3.27	3.40	3.53	3.69							

附表 9 贷款偿还平衡表

单位:万元

序号	项目	生产期									
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
1	用于还款利润	12213.72	12213.72	12213.72	12358.04	12502.36	12665.81	12810.13	12954.45	0.00	0.00
2	折旧费	2355.85	2355.85	2355.85	2355.85	2355.85	2355.85	2355.85	2355.85	2355.85	2355.85
3	摊销费	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
4	偿还借款本金资金来源	14669.57	14669.57	14669.57	14813.89	14958.21	15091.66	15235.98	15380.30	2425.85	2425.85
5	年初欠款	27216.57	27216.57	27216.57	22680.47	18144.38	13608.28	9072.19	4536.09	0.00	0.00
6	本年应计借款利息	1358.32	1358.32	1358.32	1131.93	905.55	679.16	452.77	226.39	0.00	0.00
7	本年偿还借款本金	0.00	0.00	4536.09	4536.09	4536.09	4536.09	4536.09	4536.09	0.00	0.00
8	本年偿还本利合计	1358.32	1358.32	5894.41	5668.03	5441.64	5215.25	4988.87	4762.48	0.00	0.00
9	年末欠款	27216.57	27216.57	22680.47	18144.38	13608.28	9072.19	4536.09	0.00	0.00	0.00
10	贷款偿还期(含建设期)	8.00	年								
	注: 贷款有效利率	4.99%									

附表 10 财务现金流量表(全部投资)

单位:万元

序号	项目	建设期	生产期														
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
	生产负荷(%)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	现金流入																
1	销售收入	0.00	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28
2	回收固定资产余值																6712.41
3	回收流动资金																4068.84
4	营业外收入																
	流入小计	0.00	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	92832.53
二	现金流出																
1	建设投资	36981.00	0.00														
2	原有固定资产	131000.00															
3	流动资金		4068.84	0.00	0.00												
4	经营成本		49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40
5	销售税金及附加		700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04
6	调整所得税		5160.25	5160.25	5160.25	5160.25	5160.25	5167.75	5167.75	5167.75	5167.75	5167.75	5185.25	5185.25	5185.25	5185.25	5185.25
	流出小计	167981.00	59799.53	55730.69	55730.69	55730.69	55730.69	55738.19	55738.19	55738.19	55738.19	55738.19	55755.69	55755.69	55755.69	55755.69	55755.69
三	净现金流量	-167981.00	22251.76	26320.59	26320.59	26320.59	26320.59	26313.09	26313.09	26313.09	26313.09	26313.09	26295.59	26295.59	26295.59	26295.59	37076.84
四	累计净现金流量	-167981.00	-145729.24	-119408.65	-93088.06	-66767.46	-40446.87	-14133.77	12179.32	38492.41	64805.51	91118.60	117414.20	143709.79	170005.39	196300.98	233377.82
五	所得税前净现金流量	-167981.00	27412.00	31480.84	31480.84	31480.84	31480.84	31480.84	31480.84	31480.84	31480.84	31480.84	31480.84	31480.84	31480.84	31480.84	42262.09
六	累计所得税前净现金流量	-167981.00	-140569.00	-109088.15	-77607.31	-46126.47	-14645.63	16835.21	48316.06	79796.90	111277.74	142758.58	174239.43	205720.27	237201.11	268681.95	310944.04
七	计算指标	所得税前		所得税后													
	投资回收期=	6.47	年	7.54	年												
	净现值(NPV)=	51334.54	万元	17860.97	万元												
	内部收益率(FIRR)=	16.64	%	13.02	%												

附表 11 财务现金流量表(项目资本金)

单位:万元

序号	项目	建设期	生产期														
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
	生产负荷(%)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
一	现金流入																
1	销售收入		82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28
2	回收固定资产余值																6712.41
3	回收流动资金																4068.84
4	营业外收入																
	流入小计	0.00	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	92832.53
二	现金流出																
1	建设投资中自有资金	141443.59	0.00														
2	流动资金中自有资金		1220.65	0.00	0.00												
3	经营成本		49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40
4	销售税金及附加		700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04
5	借款本金及偿还		0.00	0.00	4536.09	4536.09	4536.09	4536.09	4536.09	4536.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2848.19
6	借款利息支出		1482.21	1482.21	1482.21	1255.83	1029.44	803.05	576.67	350.28	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90
7	所得税		4789.69	4789.69	4789.69	4846.29	4902.89	4966.98	5023.58	5080.18	5136.77	5136.77	5154.27	5154.27	5154.27	5154.27	5154.27
	流出小计	141443.59	58063.00	56842.35	61378.44	61208.65	61038.86	60876.57	60706.78	60536.99	55831.11	55831.11	55848.61	55848.61	55848.61	55848.61	58696.80
三	净现金流量	-141443.59	23988.28	25208.93	20672.84	20842.63	21012.42	21174.71	21344.50	21514.29	26220.17	26220.17	26202.67	26202.67	26202.67	26202.67	34135.73
四	累计净现金流量	-141443.59	-117455.31	-92246.38	-71573.54	-50730.91	-29718.49	-8543.78	12800.72	34315.01	60535.18	86755.35	112958.02	139160.69	165363.37	191566.04	225701.77
五	计算指标																
	投资回收期=	7.40	年														
	净现值(NPV)=	9069.89	万元														
	内部收益率(FIRR)=	14.33	%														

附表 12 财务计划现金流量表

单位:万元

序号	项目	建设期	生产期															
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	合计
	生产负荷(%)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
1	经营活动净现金流量	0.00	26691.15	26691.15	26691.15	26634.55	26577.95	26513.86	26457.26	26400.66	26344.07	26344.07	26326.57	26326.57	26326.57	26326.57	37107.81	407759.96
1.1	现金流入		96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	96000.00	106781.25	1450781.25
1.1.1	销售收入		82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	82051.28	1230769.23
1.1.2	增值税销项税额		13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	13948.72	0.00
1.1.3	补贴收入																	0.00
1.1.4	其他流入																10781.25	10781.25
1.2	现金流出		69308.85	69308.85	69308.85	69365.45	69422.05	69486.14	69542.74	69599.34	69655.93	69655.93	69673.43	69673.43	69673.43	69673.43	69673.43	1043021.29
1.2.1	经营成本		49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	49870.40	748056.07
1.2.2	增值税进项税额		5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	5198.27	77974.12
1.2.3	销售税金及附加		700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	700.04	10500.53
1.2.4	增值税		8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	8750.44	131256.65
1.2.5	所得税		4789.69	4789.69	4789.69	4846.29	4902.89	4966.98	5023.58	5080.18	5136.77	5136.77	5154.27	5154.27	5154.27	5154.27	5154.27	75233.92
1.2.6	其他流出																	0.00
2	投资活动净现金流量	-167981.00	-4068.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-172049.84
2.1	现金流入	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.2	现金流出	167981.00	4068.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	172049.84
2.2.1	建设投资	167981.00	0.00															167981.00
2.2.2	维持运营投资																	0.00
2.2.3	流动资金		4068.84	0.00	0.00													4068.84
2.2.4	其他流出																	0.00
3	筹资活动净现金流量	167981.00	2586.63	-1482.21	-6018.31	-5791.92	-5565.54	-5339.15	-5112.76	-4886.38	-13222.67	-13222.67	-13267.29	-13267.29	-13267.29	-13267.29	-16115.48	40741.36
3.1	现金流入	168660.16	4068.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	172729.00
3.1.1	项目资本金投入	141443.59	1220.65	0.00	0.00													142664.24
3.1.2	建设投资借款	27216.57	0.00															27216.57
3.1.3	流动资金借款		2848.19	0.00	0.00													2848.19
3.1.4	债券																	0.00
3.1.5	短期借款																	0.00
3.1.6	其他流入																	0.00
3.2	现金流出	679.16	1482.21	1482.21	6018.31	5791.92	5565.54	5339.15	5112.76	4886.38	13222.67	13222.67	13267.29	13267.29	13267.29	13267.29	16115.48	131987.64
3.2.1	各种利息支出	679.16	1482.21	1482.21	1482.21	1255.83	1029.44	803.05	576.67	350.28	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	10008.35
3.2.2	偿还借款本金		0.00	0.00	4536.09	4536.09	4536.09	4536.09	4536.09	4536.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2848.19	30064.75
3.2.3	应付利润		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13098.77	13098.77	13143.40	13143.40	13143.40	13143.40	13143.40	91914.54
3.2.4	其他流出																	0.00
4	净现金流量	0.00	25208.93	25208.93	20672.84	20842.63	21012.42	21174.71	21344.50	21514.29	13121.40	13121.40	13059.27	13059.27	13059.27	13059.27	20992.33	276451.47
5	累计盈余资金	0.00	25208.93	50417.87	71090.71	91933.34	112945.76	134120.46	155464.96	176979.25	190100.65	203222.05	216281.32	229340.59	242399.87	255459.14	276451.47	

附表 13 资产负债表

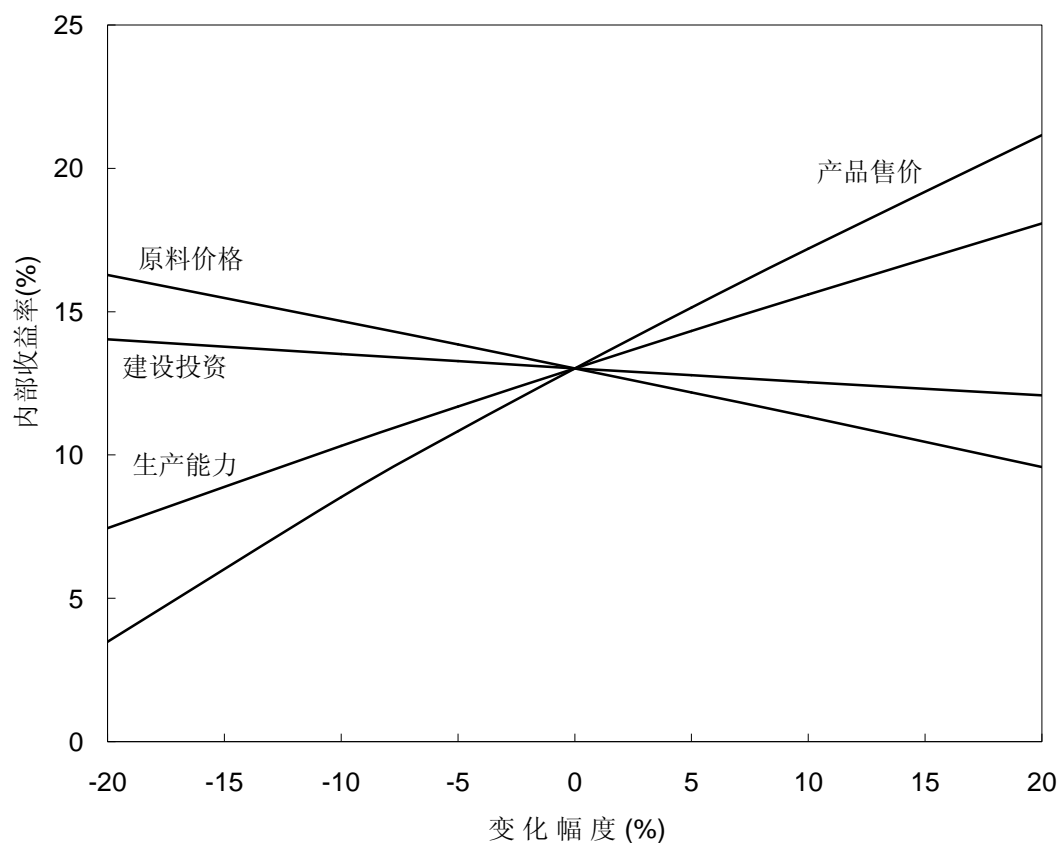
单位:万元

序号	项目	建设期	生产期														
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
一	资产	168660.16	190129.42	204498.50	214331.49	224334.27	234506.84	244871.70	255406.35	266110.78	268422.33	270733.88	273053.30	275372.73	277692.15	280011.57	282331.00
1	流动资产总额		32309.11	57518.04	78190.88	99033.51	120045.93	141220.64	162565.14	184079.43	197200.83	210322.22	223381.50	236440.77	249500.04	262559.32	275618.59
1.1	应收帐款		4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06	4589.06
1.2	存货		1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50	1510.50
1.3	现金		1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62	1000.62
1.4	累计盈余资金		25208.93	50417.87	71090.71	91933.34	112945.76	134120.46	155464.96	176979.25	190100.65	203222.05	216281.32	229340.59	242399.87	255459.14	268518.41
2	在建工程	37660.16	0.00														
3	固定资产净值	131000.00	157070.31	146330.46	135590.61	124850.76	114110.91	103371.06	92631.21	81891.36	71151.51	60411.66	49671.81	38931.96	28192.11	17452.26	6712.41
4	无形及递延资产净值		750.00	650.00	550.00	450.00	350.00	280.00	210.00	140.00	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二	负债及所有者权益	168660.16	190129.42	204498.50	214331.49	224334.27	234506.84	244871.70	255406.35	266110.78	268422.33	270733.88	273053.30	275372.73	277692.15	280011.57	282331.00
1	流动负债总额		5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52
1.1	应付帐款		3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34	3031.34
1.2	流动资金借款		2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19	2848.19
1.3	其他短期贷款																
2	长期借款	27216.57	27216.57	27216.57	22680.47	18144.38	13608.28	9072.19	4536.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	负债小计	27216.57	33096.09	33096.09	28560.00	24023.90	19487.81	14951.71	10415.62	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52	5879.52
3	所有者权益	141443.59	157033.33	171402.41	185771.50	200310.37	215019.03	229919.98	244990.73	260231.26	262542.81	264854.36	267173.78	269493.20	271812.63	274132.05	276451.47
3.1	资本金	141443.59	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24	142664.24
3.2	累计盈余公积金		2155.36	4310.73	6466.09	8646.92	10853.22	13088.36	15348.97	17635.05	19946.60	22258.15	24577.57	26897.00	29216.42	31535.84	33855.27
3.3	累计公益金		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.4	累计未分配利润		12213.72	24427.44	36641.16	48999.21	61501.57	74167.38	86977.51	99931.96	99931.96	99931.96	99931.96	99931.96	99931.96	99931.96	99931.96
三	计算指标																
	资产负债率 (%)	16.14	17.41	16.18	13.33	10.71	8.31	6.11	4.08	2.21	2.19	2.17	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08
	流动比率 (%)		549.52	978.28	1329.88	1684.38	2041.76	2401.91	2764.94	3130.86	3354.03	3577.20	3799.31	4021.43	4243.54	4465.66	4687.77
	速动比率 (%)		523.83	952.59	1304.19	1658.69	2016.07	2376.21	2739.25	3105.16	3328.34	3551.51	3773.62	3995.74	4217.85	4439.96	4662.08

附表 14 敏感性分析表

序号	项目	变化幅度(%)						
		-20	-10	-5	0	5	10	20
1	建设投资	14.03	13.52	13.27	13.02	12.78	12.54	12.08
2	产品售价	3.49	8.53	10.83	13.02	15.14	17.19	21.15
3	原料价格	16.28	14.67	13.85	13.02	12.18	11.33	9.58
4	生产能力	7.45	10.32	11.69	13.02	14.32	15.60	18.08

敏感性分析图



附图

一、区域位置图

二、总平面布置图

三、工艺流程简图

四、水平衡图

五、供电系统图