

试分析多晶硅行业数字化交付

刘建海

(新特能源股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 831100)

摘要: 多晶硅在集成电路、半导体、太阳能光电等领域应用十分广泛, 随着我国科技产品持续推出, 多晶硅行业也进入到发展高峰期。数字化是目前整个市场发展的一大趋势, 各个行业均不断探索数字化发展之路, 多晶硅行业想要跟上时代发展潮流, 保持长期稳定发展, 就必须实现数字化建设目标。基于此, 本文首先阐述我国多晶硅行业发展现状, 其次分析多晶硅行业数字化建设有利条件, 最后探讨多晶硅行业数字化建设措施。

关键词: 多晶硅; 数字化; 建设; 能源

中图分类号: F426

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2023.32.033

多晶硅在半导体、集成电路、太阳能光电等领域有广阔的发展空间, 第三产业的发展, 市场对多晶硅需求也急速增加, 我国多晶硅行业也面临着市场带来的巨大机遇和挑战, 迫切需要生产升级提升产品质量, 从而满足市场需求。与此同时, 环保也是多晶硅行业发展中所遇到的问题, 制定更加环保的生产工艺和管理模式, 推动多晶硅行业朝向绿色化生产模式发展。多晶硅行业数字化建设可以有效解决行业目前发展困境, 可以加强多晶硅生产效率、降低能源损耗、减少环境污染, 国家政府针对多晶硅数字化建设也给予了政策支持, 为多晶硅行业数字化发展奠定了基础。

1 多晶硅行业发展现状

多晶硅作为光伏行业生产的重要原材料, 采用改良西门子法, 将氯气和氢气结合生成氯化氢, 之后与硅粉(工业硅破碎研磨)反应生成三氯氢硅, 或者氢气和四氯化硅、硅粉在流化床内反应生成三氯氢硅, 之后与氢气发生还原反应生成多晶硅。2021—2022年“十四五”规划发布后, 新能源产业进入新的发展阶段, 对多晶硅材料需求量大幅增加^[1]。从上游原材料供给情况来看, 受到下游有机硅以及市场需求拉动影响, 目前我国

多晶硅产量逐年增加, 但也无法满足市场需求, 如图1所示。随着多晶硅生产企业产能规模不断扩大, 我国多晶硅进口量逐年下降, 出口呈上涨趋势。在此背景下, 多晶硅行业想要进一步发展, 就必须推动数字化建设进程, 促进多晶硅产业升级, 更好地满足市场需求。

2 多晶硅行业数字化发展的有利条件

2.1 国家政策扶持

随着环境治理以及新能源产业持续发展, 国家对多晶硅行业发展的政策扶持力度也在不断增加。特别是在“十四五”规划下, 政府进一步加大对多晶硅行业的支持, 涉及生产技术开发、市场拓展以及行业数字化建设等方面^[2]。国家大力鼓励多晶硅企业提升数字化建设水平, 强化企业管理质量, 推动多晶硅产业结构调整与转型。有了国家及政府的大力支持, 更有助于实现多晶硅行业数字化建设目标。

2.2 技术实力优势

如今, 我国多晶硅行业在技术开发、工业生产等领域已经较为成熟, 再加上近些年我国大力发展数字化技术, 数字技术与产业融合不断深化, 一些行业龙头企业在数字化建设中在国

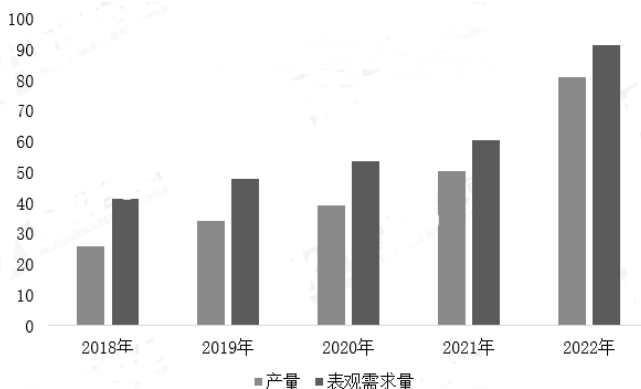


图1 2018—2022年我国多晶硅产量及需求量表现(单位:万吨)

实际上已经处于并跑阶段，甚至是领跑阶段^[3]。同时，多晶硅行业的生产设备逐渐实现数字化转型，减轻多晶硅企业的管理压力，降低了人为因素影响。再者，许多计算机专业高等院校以及数字化科研机构与多晶硅企业加强合作，为多晶硅行业数字化转型提供了技术基础和人才支持，为多晶硅行业数字化发展提供源源不断的动能。

2.3 环保意识提升

多晶硅生产中需要投入大量电能以及化学品，会增加环境污染。我国多晶硅行业日益壮大，相关企业也应承担起环境保护责任。如今，社会对环境污染关注度不断提高，国家针对多晶硅行业也提出了环保政策要求，鼓励多晶硅企业加强生产升级投入以及环境治理，借助数字化技术提升多晶硅企业内部管理水平以及生产技术水平，从而实现可持续发展目标。因此，多晶硅企业不仅要履行环保责任，同时还要借助数字化技术实现生产链升级，减少电能用量，提高资源利用率，以自动化控制手段减少人为因素影响，降低污染物排放。

2.4 企业自身优势

在国家政策扶持、技术优势、环保意识提升等条件下，多晶硅企业应利用自身资源，发挥自身优势实现数字化建设目标。由于多晶硅是高精产业的生产材料，多晶硅企业与这些高精企业联系更加密切，通过产业链上下游合作，可以借助这些高精企业的力量帮助多晶硅企业数字化建设，甚至可以针对企业自身需求制定相应的数字化平台，从而提升多晶硅企业的服务质量、产品质量，提升企业核心竞争力。

3 多晶硅行业数字化建设方案

多晶硅行业数字化建设，能够有效提高企业生产效率、提高产品质量、降低生产成本、快速响应市场变化。针对多晶硅行业配套项目数字化应用方案，以数字化交付为目标。通过数字化设计方案、数字化施工方案、数字化运维方案、数字化建设管理方案、网络与数据安全保障方案等方面，实现多晶硅行业数字化的“设计—施工—运维”整个流程建设目标，从而增强多晶硅企业市场竞争力，促进多晶硅行业可持续发展。

3.1 数字化设计方案

多晶硅行业数字化设计方案主要包含两个方面：(1) 实现产品设计快速迭代，紧跟时代发展需求；(2) 确保产品设计的稳定性、精准性。设计数字化方案需要借助 CAD 技术，CAD 软件设计与计算机模拟分析技术相结合，对所提出的数字化方案进行评估验证，确保设计方案的可行性。借助虚拟现实技术模拟整个系统运行情况以及产品设计情况，从而更好地保障企业生产以及产品设计。为了能够保障多晶硅生产的自动化控制，本次数字化平台可同时采集 DCS 数据，对测温、测压、流量、

控制系统等进行集成，实现精馏塔 APC 先进控制、还原炉的自动自适应运行、模拟培训、PID 整定及其他辅助系统，可以使系统参数得到精确控制，进而实现系统的稳定运行，节省人力^[4]。如图 2 所示，为了实现这几大系统功能，中央控制系统采用了分布式现场总线技术，主要包括执行机构、控制器（控制单元）、中央控制器。整个数字化平台可以同时实现通讯器与控制器冗余，极大地降低了系统故障率。采用工业以太网连接中央控制器、现场控制器。控制台下发动作指令，指令由中央控制器接收后通过网络系统下达给现场控制器，控制器根据生产情况判断执行下达的动作命令。

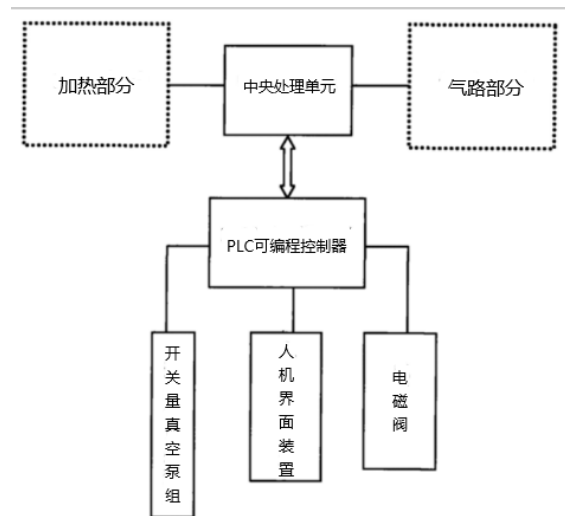


图 2 多晶硅生产控制系统

3.2 数字化施工方案

多晶硅行业数字化施工方案主要包括智能化设备控制系统、虚拟现实系统、远程监控系统等。充分应用这些数字化技术，可以实现施工过程自动化、可视化控制目标，进而对数字化施工全过程精准掌控，构建精准管理模式。在数字化施工方案当中，施工计划安排以及施工设计可借助 BIM 软件进行，在 BIM 平台上统一设计、统一管理，确保数字化施工方案得以实现，此外，借助智能化技术、物联网技术、模糊技术，在生产设备上安装检测器采集信息，并传输给中央控制系统，中央控制系统下达操作指令，从而实现生产设备的自动控制和自我诊断功能。远程监控技术可以远程监控施工过程，并且实现自动调试，极大地提高了数字化施工效率与质量。

施工网络架构包括信息网络（PIN）、局域网控制网（LCN）、万能控制网（UCN）构成三层安全工业网络架构，集成了高性能过程管理站（HPM）和数据服务器、操作站，不仅能够保障数据采集的可靠性、稳定性，还可以实时监测设备运行状态，为后期多晶硅企业优化管理、实现一体化管理目标奠定基础^[5]。HPM 作为整个平台系统的高性能过程控制站，可以确保系统运行安全，无论是设计方案还是施工方案，在整体架构中 HPM

都具备极高容错性。

3.3 数字化运维方案

数字化运维方案主要应用了物联网技术、大数据分析技术、人工智能技术等。借助这些技术可以对多晶硅整个生产流程进行智能化控制以及运维管理，旨在提高多晶硅产品生产质量和效率，降低生产风险和成本。在数字化运维中，可以借助大数据分析技术充分挖掘并分析生产线的实际运行情况，中央控制系统根据所采集的数据信息将指令下达给控制器，从而对生产系统进行优化调整以及质量控制。借助人工智能技术可以让生产系统实现自我优化、自我学习功能，结合以往系统运行存在的漏洞，强化自身控制管理能力，保障生产设备运行的稳定性、运行效率。物联网技术可以实现设备互联，借助传感器、监控器等对设备进行远程监控，实时对生产全过程进行管控。HPM融入了自我诊断功能，可以判断设备运行状况和故障。生产设备故障可以分为软件故障、硬件故障，HPM可以将故障状态呈现在LED显示中，HPM电路板具有带电插拔功能，后期维修十分方便^[6]。更换DO或AO时，用手操器即可维持输出。

借助以上技术，整个数字化平台可以预防故障或错误产生，但在实际运行中难免还会产生一些问题，但整个系统平台会采用以下逻辑让故障影响最小化。系统会自动修复软件故障，系统每个模块存储器均具备故障检测、修复功能。再次操作，让系统模块从故障状态下恢复正常。如果系统自动修复了故障，则通过通信系统将故障修复上传并存储。如果故障问题系统无法自动修复或纠正，则系统会封闭模块，让故障只对本单元模块产生影响。本数字化系统平台采用分布式设计方案，而一个模块单元往往是一个外围设备或电路板，如果模块单元故障无法自动修复，可以通过更换模块单元恢复正常生产。并且，本数字化平台针对易产生故障的模块单元进行备份，系统无法自动修复故障会自动切换到备用模块单元上，不会影响正常生产。自动记录故障数据到故障日记当中，以便为后期系统维护提供数据支持。维护人员可以查看故障日记，并且系统会自动给出维护建议。如果系统无法排除故障且人为也无法排除故障，则可以在安全状态下停机操作。

3.4 数字化建设管理方案

数字化管理方案主要包含PDM系统、ERP系统、项目管理软件。借助这些系统工具可以对整个多晶硅生产项目展开全过程、精细化管控，最大程度上确保数字化平台建设质量和效率。借助PDM系统可以实现产品全生命周期管理，并且共享产品相关信息；借助ERP系统可以实现项目的综合管理，包

括项目计划、预算、采购、库存等；项目管理软件可以管控项目开展进度，控制项目进行中的风险。

3.5 网络与数据安全保障方案

网络与数据安全保障是数字化平台建设与应用基础，为了确保整个数字化应用平台的安全性、可靠性，必须采取相应的网络和数据保障方案。在网络安全防护方面，数字化平台融入了防火墙、入侵检测系统、加密技术、访问控制等，通过多项安全技术同时保护系统安全。为了保障数据安全，平台采用了备份、恢复、加密、访问限制等方案，从而保证数据信息的机密性、完整性。

4 结语

综上所述，通过对多晶硅行业数字化平台的建设，以数字化交付为目标，充分采用大数据、物联网、人工智能、中央控制等技术，实现多晶硅行业从设计到运维全过程数字化应用方案，从而有效提高生产质量和效率，降低生产成本和风险，从而有效提升企业竞争力，推动多晶硅行业可持续发展。

参考文献：

- [1] 王金可, 刘春雨, 马跃, 等. 多晶硅行业中氯硅烷残液处理利用的研究进展[J]. 高校化学工程学报, 2022, (03): 522-523.
- [2] 肖俊清. 光伏之多晶硅: 从进口替代看行业机会[J]. 股市动态分析, 2019, (10): 21-22.
- [3] 吴锋. 集成电路用电子级多晶硅大规模产业化技术实践[J]. 山东化工, 2022, (01): 51-52.
- [4] 神干. 电子级多晶硅行业对FAE能力需求的研究[J]. 科技创新导报, 2021, (05): 417-418.
- [5] 李明翰, 曾海峰, 王有伟, 等. 基于离散元法的多晶硅仿真破碎分析与研究[J]. 计算机仿真, 2021, (06): 537-538.
- [6] 王军强. 浅谈改良西门子法生产多晶硅工艺及其质量控制[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021, (07): 225-226.

作者简介: 刘建海(1985-), 男, 江苏沛县人, 大学本科, 高级工程师, 主要从事新能源光伏领域、多晶硅的生产技术研发管理研究。