

◆产业赋能与业态融合◆

## 新洋丰硫酸生产数字化转型的创新实践和模式构建

侯欢欢, 陈 思, 祝云飞, 刘 胜

(新洋丰农业科技股份有限公司, 湖北 荆门 448000)

**[摘要]** 硫酸作为基础化工原料, 其生产过程的数字化转型是实现绿色化、智能化和高效化的关键路径, 但面临工艺复杂、技术路线模糊、人才断层及成本效益失衡等挑战。以新洋丰农业科技股份有限公司的硫酸生产数字化实践为典型案例, 系统研究了其在战略规划、技术创新、管理模式和产业推广等方面的创新突破。研究表明, 通过构建企业主导的“双主体责任机制”, 在硫黄制酸和硫铁矿制酸两大工艺路线上实现了从单点技术突破到全流程协同优化的系统性变革, 形成了具有行业示范意义的“新洋丰模式”。该模式的核心价值在于重新定义了企业在数字化转型中的主体地位, 通过“责任驱动+技术赋能”的创新机制, 为传统流程工业提供了可复制、可推广的转型方法论。

**[关键词]** 硫酸数字化; 新洋丰模式; 双主体责任; 三个创新

**[中图分类号]** TQ111.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-4566 (2025) 06-0115-06

### Innovative practices and model construction of digital transformation of sulfuric acid production in Xinyangfeng Company

HOU Huanhuan, CHEN Si, ZHU Yunfei, LIU Sheng

(Xinyangfeng Agricultural Technology Co., Ltd., Jingmen 448000, China)

**Abstract:** As a fundamental chemical raw material, the digital transformation of sulfuric acid production processes represents a critical pathway to achieving green, intelligent, and efficient manufacturing. But it is confronted with challenges such as complex processes, unclear technical routes, talent gaps and imbalance between costs and benefits. Taking the sulfuric acid digitization practice of Xinyangfeng Agricultural Technology Co., Ltd. (hereinafter referred to as Xinyangfeng) as a typical case, its innovative breakthroughs in strategic planning, technological innovation, management models, and industrial promotion are systematically investigated. The study demonstrates that by establishing an enterprise-led “dual-subject responsibility mechanism,” Xinyangfeng has realized systematic transformations from single-point technological breakthroughs to full-process collaborative optimization in two major process routes: sulfur-based sulfuric acid production and pyrite-based sulfuric acid production. This has given rise to the “Xinyangfeng Model,” which holds demonstration significance for the industry. The core value of this model lies in redefining enterprises’ principal role in digital transformation. Through an innovative mechanism of “responsibility-driven+technology-empowered,” it provides a replicable and scalable transformation methodology for traditional process industries.

**Key words:** digitization of sulfuric acid production; Xinyangfeng model; dual-subject responsibility; three innovations

#### 0 引言

从国际视野来看, 全球主要工业国家纷纷将流程工业的数字化转型作为提升产业竞争力的战略重点。德国“工业4.0”、美国“工业互联网”等国家战略都将流程工业智能化作为重要突破口。然而, 硫酸行业由于工艺机理复杂、多变量强耦合等特性, 其数字化进程明显滞后于石化、电力等行业, 面临着技术路线不清晰、转型模式不明确、实施路

径不系统等现实困境。

在这一时代背景下, 新洋丰农业科技股份有限公司(以下简称新洋丰)作为中国磷复肥行业的领

**[收稿日期]** 2025-06-01

**[作者简介]** 侯欢欢(1984-), 女, 湖北荆门人, 新洋丰农业科技股份有限公司副部长。

**[通信作者]** 陈 思(1994-), 男, 湖北黄冈人, 新洋丰农业科技股份有限公司副部长。

军企业，以硫酸生产为突破口，通过技术创新与管理变革的双轮驱动，不仅实现了生产效率和环保指标的显著提升，更开创了以企业为主体的数字化转型新模式。国家流程制造智能调控技术创新中心副主任冯恩波评价指出：“新洋丰模式的核心价值在于重新定义了企业在数字化转型中的主体责任，为流程工业提供了可复制的转型方法论。”

### 1 不同硫酸生产工艺的数字化难点分析

不同硫酸生产工艺的复杂性和多样性决定了其数字化转型面临多重挑战。不同原料路线、工艺配置和产品方案组合形成了差异化的技术难点，这些技术难点构成了数字化解决方案必须攻克的关键堡垒。

#### 1.1 硫黄制酸的瓶颈制约

硫黄制酸作为当前硫酸生产主流工艺，其核心工序包括硫黄焚烧、余热回收、 $\text{SO}_2$ 转化和 $\text{SO}_3$ 吸收4个环节。在数字化进程中主要面临三重挑战。

(1) 能源联调效率低下是该工艺最突出的痛点。硫黄焚烧产生的高温位热能理论上可通过余热锅炉-汽轮发电系统实现高效回收利用，但实际运行中发电效率普遍低于设计值15%~20%。究其原因，在于多参数强耦合特性：发电有功/无功功率、蒸汽管网压力、母线电压、功率因数等7~8个关键参数相互影响，传统PID控制（比例积分微分控制）无法实现协同优化。

(2) 尾排 $\text{SO}_2$ 控制是第二大难题，一是尾排工艺不同，有催化脱硫、氨法脱硫、过氧化氢脱硫等；二是纯滞后大且不同工况对象模型不同，需要控制参数不同，整定困难；三是尾排在线监测系统存在定时反吹，反吹时 $\text{SO}_2$ 监测数据异常，不能作为控制的科学依据。

(3) 干吸工段硫酸浓度控制大滞后特性同样困扰着生产企业。干燥塔和二吸塔的酸浓控制对水平平衡和产品质量至关重要，但因酸循环系统容积大、响应慢，常规控制策略难以应对负荷变化。实际操作中，操作员往往凭经验提前干预，导致酸浓波动大、产品一致性差，又增加能耗物耗。

#### 1.2 硫铁矿制酸的顽固难题

硫铁矿制酸虽然原料成本较低，但其工艺更复杂，数字化面临独特挑战。

(1) 焙烧工段人工依赖是最突出的问题。沸腾炉内风量、炉压、氧含量与温度4者存在复杂的非线性关系，在传统控制模式下依赖操作工经验调节，而关键参数的波动会向下游传导，最终影响尾

气排放指标。

(2) 原料适应性差是另一大痛点。硫铁矿作为天然矿石，其品位、杂质含量波动大，而传统控制系统缺乏智能调节能力，导致工况频繁波动。

(3) 环境负荷重则是无法回避的挑战。与硫黄制酸相比，硫铁矿制酸的“三废”产生量显著更高，特别是焙烧工序产生的矿渣和含重金属废水处理压力大，在环保标准日益严格的背景下，企业迫切需要数字化手段实现清洁生产。

#### 1.3 行业共性困境

除工艺特异性问题外，硫酸行业数字化还面临三大共性困境。

(1) 技术应用碎片化现象普遍。多数企业的数字化改造局限于集散控制（DCS）系统升级或单点自动化，缺乏全流程协同优化的视角。如有些企业投入巨资引入先进控制系统，但因未配套完善仪表检测网络，实际投用率不足。

(2) 人才断层严重制约转型深度。硫酸作为传统化工行业，既懂工艺又掌握数字化技术的复合型人才稀缺。调查显示，硫酸企业数字化项目过度依赖技术供应商，自有团队参与度不足，导致项目结束后难以持续优化。

(3) 成本效益失衡阻碍投资决策。硫酸产品附加值相对较低，企业对数字化投入回报敏感。常规数字化项目投资回收期较长，超出多数企业的心理预期。

#### 1.4 小结

这些痛点的存在，使得硫酸行业数字化进程滞后于其他流程工业，相关企业纷纷探索转型出路。浙江巨化股份有限公司通过增加二级脱硫塔和电除雾器的技术改造，在环保要求方面作出创新<sup>[1]</sup>。湖北三宁化工股份有限公司采用先进控制系统，提高了装置综合自动化水平<sup>[2]</sup>，并用人工智能（AI）赋能实现了“无人”值守<sup>[3]</sup>。广东广业云硫矿业有限公司通过控制系统升级改造，实现了自动化控制<sup>[4]</sup>。而新洋丰则是在DCS上创造性解决问题<sup>[5]</sup>，安全第一、效益优先<sup>[6]</sup>，这些创新实践走出了一条可持续转型之路。

### 2 新洋丰硫酸生产数字化转型战略框架

石化行业数字化智能化转型策略一般是“规划先行—选择试点—试点效果评价—复制放大—持续调整”路线<sup>[7]</sup>。新洋丰硫酸生产数字化实践的成功，也是因其系统化的战略设计和组织变革。与行业常见的“单点突破”或“技术驱动”模式不同，

新洋丰构建了涵盖顶层设计、技术路线和组织保障的三位一体转型框架，为企业主导的数字化转型提供了完整范式。

### 2.1 顶层设计：四化融合的演进路径

新洋丰的数字化转型绝非孤立的技术改造，而是纳入企业整体发展战略的系统工程。公司早在“十三五”时期就提出“机械化、自动化、数字化、智能化”的四化阶梯发展路径，明确了各阶段的战略重点和衔接关系。

在实施节奏上，新洋丰采用“基础建设—能力培育—全面赋能”的三阶段策略：2019—2022年完成基础自动化改造，包括码垛机器人、造粒系统自动化等；2022—2023年以新合成氨厂为试点推进并夯实数字化转型底座工程；2024年起以硫酸生产为突破口，实施“零手动”战略，探索5T（自动化技术（AT）、信息技术（IT）、工艺技术（PT）、运营技术（OT）、设备技术（ET））与AI（人工智能）的深度融合。这种渐进式路径有效降低了转型风险，确保了各阶段成果的可持续性。

### 2.2 技术架构：5T+AI的融合创新

面对硫酸生产的复杂工况，新洋丰没有简单套用现成的解决方案，而是创新提出5T+AI技术架构，实现了多维度技术的有机融合。

自动化技术（AT）层夯实基础。在实施先进控制前，新洋丰首先对硫酸装置的检测仪表和控制回路进行彻底排查，提升关键参数在线监测覆盖率，控制回路投用率达到95%以上。这一策略确保了高阶应用的落地基础。

信息技术（IT）层打通数据血脉。公司构建了统一的数据中台，整合硫酸生产实时数据、设备状态信息、能源消耗等多元数据集。通过开发专用数据清洗算法，解决了硫酸生产数据噪声大、间断多的难题，为高级分析提供了数据基础。

工艺技术（PT）层实现知识沉淀。项目组深入生产现场，记录每个班次的操作日志，将老师傅的“观火色调风量”等生产经验转化为量化规则，构建了涵盖多条工艺知识的专家规则库。这种“知识自动化”方法既保留了宝贵经验，又克服了人员流动带来的技术流失风险。

运营技术（OT）和设备技术（ET）层则聚焦价值实现。正在开发的生产动态评估数据库可实时计算生产成本、产品质量、能效等关键指标，指导优化决策；设备健康状态监测模块则通过振动、温度等多维数据分析，实现预测性维护，减少非计划

停车。

人工智能（AI）作为核心赋能要素，贯穿上述各技术层。在干吸工段硫酸浓度控制中，强化学习算法通过不断与环境交互，自主优化补水策略，克服了硫酸浓度控制大滞后特性；在异常工况处置中，深度学习模型实现了阀门故障的早期识别与自愈控制。这种“AI+”的架构设计，使系统具备持续进化能力。

### 2.3 组织机制：三位一体的保障体系

高层决策层提供强力支撑。公司成立由董事长直接领导的数字化推进领导小组，将硫酸生产数字化项目定位为“一把手工程”，建立了周例会、月度评审机制。比如在发电联调系统开发关键期，领导小组协调工艺、设备、电气3个部门骨干组成攻关团队，仅用48 h就解决了蒸汽压力波动导致的功率振荡问题。

技术执行层创新工作模式。抽调工艺、控制、仪表、设备等人员组成核心项目组，每个板块都由专人全程负责，从需求分析到上线运维一竿子到底，这种模式避免了传统项目中常见的推诿扯皮，极大缩短了项目周期。

基层应用层注重能力提升。针对一线操作人员开发的“理论+实操”培训体系，使员工在安全环境下掌握异常工况处置技能。

尤为关键的是，新洋丰建立了数字化人才内生机制。一方面与科研院校等共建产学研平台，引入前沿技术，共同培育数字化专业人才；另一方面设立内部数字化工程师队伍，通过项目实战培养核心团队，比如在尾排控制系统实施过程中，技术人员全程参与算法设计，项目结束后已能独立承担其他装置的推广工作，这种人才策略，确保了数字化转型的可持续性。

### 2.4 小结

新洋丰的战略框架表明，硫酸行业的数字化转型绝非单纯的技术命题，而是涉及战略规划、技术融合和组织变革的系统工程。这种系统思维正是其区别于行业常规实践的关键所在，也为其他传统制造业的智能化转型提供了参考样板。

## 3 新洋丰模式的核心创新与突破

新洋丰硫酸生产数字化实践之所以引起行业广泛关注，不仅在于其技术指标的提升，更在于其开创了以企业为主体的数字化转型新模式。这种被业界称为“新洋丰模式”<sup>[8]</sup>的创新实践，通过重构责任机制、攻克关键技术瓶颈，为流程工业数字化提

供了可借鉴模式。

### 3.1 模式创新：双主体责任机制

新洋丰模式最根本的创新在于颠覆了传统“乙方主导、甲方配合”的项目实施方式，创建了企业承担双80%责任的新型合作机制。这一机制明确了企业在数字化转型中的双重主体地位。

项目责任主体方面，新洋丰主动承担80%的主导责任。与常规企业将数字化项目外包给技术供应商不同，新洋丰将自身定位为行动者而非旁观者。在硫酸生产数字化项目中，公司高层负责战略决策与资源调配，工艺专家牵头控制策略设计，仪表团队主导系统集成，形成完整的责任链条。技术供应商则定位于“教练”角色，主要提供算法工具与方法论支持。

能力培育主体方面，新洋丰同样承担80%的责任。公司视数字化项目为人才培养平台，通过“干中学”机制锻造自有技术团队。在项目实施过程中，新洋丰技术人员不仅参与需求分析，更深入算法设计与参数整定环节，真正掌握核心know-how。项目结束后，该团队已能独立承担其他装置的复制推广，实现了从技术应用到自主创新的能力跃迁，这种能力内化策略确保数字化建设不是“交钥匙工程”，而是持续优化的起点。

### 3.2 技术突破：三大关键工艺创新

在双责任机制的保障下，新洋丰针对硫酸生产中较棘手的三大工艺难题，实现了原创性技术突破。

(1) 硫黄制酸发电联调实现自控。硫黄制酸过程中的发电控制环节，相较于其他生产环节，因其复杂性高成为数字化转型的关键难点。发电控制不仅需要实现单个发电机组的精准调节，保障发电系统稳定运行，还需从整体能源调度的宏观视角出发，与硫黄制酸工艺的各个环节深度融合，实现能源的高效利用与优化配置，这对自动控制技术的精准性、协同性和智能化水平提出了极高要求。面对这一挑战，新洋丰采用循序渐进的策略推进发电工段自动化升级。其选择从操作频繁的N75低压发电机这一单个发电机单元入手，以该单元为突破口，深入研究其运行特性和控制需求，逐步积累自动化升级经验，进而向整个发电工段推广。在具体控制策略上，新洋丰创新地将发电有功无功与中低压蒸汽管网压力、母线电压、发电机功率因数、电流等多个关键参数结合，进行系统解耦。通过建立复杂的数学模型和算法，分析各参数间的相互关系和影

响机制，将原本相互耦合、相互制约的变量进行分离，形成一套科学有效的控制策略。该策略实现了对发电系统的精细化控制，大幅度减少了因参数波动而需要的人工干预，使发电操作次数进一步降低。不仅提高了发电系统的稳定性和可靠性，也减少了人工操作带来的误差和安全隐患，同时还优化了能源的利用效率，实现了发电系统与硫黄制酸工艺整体的高效协同。

(2) 硫黄制酸尾排实现自控。硫黄制酸排放尾气SO<sub>2</sub>浓度控制的数字化转型难点在于多源扰动下的精准调控与实时响应。尾气SO<sub>2</sub>浓度受焚硫炉温度波动、催化剂活性衰减等多因素耦合影响，传统PID控制难以应对动态工况。尾洗脱硫不论是采取氨法还是过氧化氢脱硫工艺，在线监测设备都需要进行反吹，反吹期间，实测值失真，无法投自动。新洋丰创新研发了“滤波-速率双模控制体系”。首先，在常规工况下采用改进型滤波控制法：通过降低数据纯滞后时间，使系统响应速度提升，但缩短滤波时间导致高频噪声放大，引发控制系统震荡。实验数据显示，当蒸汽压力波动超过特定值时，SO<sub>2</sub>浓度调节量会出现幅度递增的周期性振荡，传统PID参数整定无法消除该现象。为此，新洋丰引入速率报警控制机制作为第二重保障——实时监测SO<sub>2</sub>浓度变化速率，当检测到短时间内浓度大幅度下降时，立即切换至设定值跟踪模式，即保持PID当前输出值；同时DED模块输出排放尾气SO<sub>2</sub>浓度真实值，待反吹结束且速率恢复正常后，系统自动切换回滤波控制模式，实现平稳过渡。

(3) 硫铁矿制酸焙烧实现自控。硫铁矿制酸传统焙烧工段依赖人工操作，工艺流程单一且缺乏灵活性，如原料配比、温度控制等环节标准化程度低，导致数字化系统难以直接适配。面对焙烧炉复杂工况、关键指标容错率低的严峻挑战，新洋丰深入生产现场，分析操作人员对焙烧炉控制的操作逻辑，深挖痛点、精准破题。为攻克风量、炉压、氧含量与炉温相互干扰的行业痛点，一方面结合历史数据和趋势深度分析、寻找规律；另一方面广泛查阅专业文献，引入行业前沿技术，实现跨界融合，创新破局。同时还编制《焙烧炉自控操作手册》，制定了完善的应急措施，针对氧表、温度等关键变量，增加冗余，确保故障时能立即切换，将误操作风险降至最低。历时一个月，最终将炉温波动降至±2.5℃，氧含量波动降至±0.3%，焙烧红渣残硫指标明显下降，沸腾炉运行稳定，各项指标均

达到行业领先水平。这一技术成果具有较大意义,从环保方面看,可减少SO<sub>2</sub>逃逸、残硫污染;从能效方面看,可降低原料与能源单耗,延长设备使用寿命,提升产能利用率;从技术竞争力看,标志着新洋丰掌握了精准控制技术,为硫酸生产数字化转型升级提供了有效示范。

### 3.3 行业范式转变

从“技术导向”转向“问题导向”。行业传统做法往往是引进先进控制系统后寻找应用场景,而新洋丰坚持“痛点在哪里,数字化就在哪里”的原则,如针对排放尾气SO<sub>2</sub>浓度波动这一具体问题开发专用解决方案,确保技术对症下药。

从“项目交付”转向“能力建设”。多数企业视数字化为交钥匙工程,关注点在于项目验收;而新洋丰将每个项目视为能力提升的契机,通过深度参与掌握核心技术,提升人员综合素养,如激励工程师自主开发焙烧优化算法,为持续改进奠定基础。

这些范式转变表明,新洋丰模式的价值不仅在于解决了企业自身的技术难题,更在于为硫酸生产乃至整个流程工业的数字化转型提供了新的方法论。

## 4 行业推广价值与实施路径

新洋丰硫酸数字化实践的真正价值,不仅体现在企业自身的技术经济指标提升,更在于其开创的模式对行业整体转型升级的示范意义。

### 4.1 跨场景验证的普适性

工艺维度,该模式已成功应用于硫黄制酸和硫铁矿制酸两类差异显著的工艺路线。在硫黄制酸场景,重点解决发电联调和尾排控制问题;在硫铁矿制酸场景,则主攻克焙烧工段人工依赖。这种灵活性证明其不是针对特定工艺定制的方案,而是可适配不同技术路线的方法论体系。

规模维度,新洋丰经验在年产80万t和20万t硫酸装置均取得成效。对于小规模装置,通过聚焦关键痛点仍能降低80%以上的操作频次,投资回收期控制在1年以内。

跨行业迁移的案例更凸显其广泛价值。新洋丰将硫酸生产数字化中积累的核心控制策略复制至其他化工及复合肥板块,在减少人员劳动强度、降低操作频次、减少生产成本及装置安全性方面取得良好成效。不同案例证明,这是一套流程工业数字化转型的通用方法论,其价值远超在硫酸行业应用产生的效益本身。

### 4.2 分阶段实施路径图

基于新洋丰实践,可提炼出硫酸行业数字化转型的“三阶十二步”实施路径,为不同基础企业提供参考:

基础准备阶段(6~12个月)着重能力建设。关键步骤包括:(1)制定与企业战略匹配的数字化规划;(2)成立“一把手”挂帅的专项团队,建立跨部门协作机制;(3)通过现状评估识别高人工干预、高能耗、高风险工艺环节;(4)选拔培养既懂工艺又懂数字化的复合型人才。此阶段不宜过早投入硬件,而应通过现状诊断明确真正痛点,避免资源浪费。

试点突破阶段(8~15个月)实现价值验证。核心工作包括:(5)补齐自动化短板,提升关键参数在线监测覆盖率;(6)建设工业互联网平台,破解数据孤岛;(7)针对1~2个痛点工艺开发解决方案,推荐优先解决环保瓶颈;(8)同步开展能力提升工作。此阶段选择“痛点明确、效果可见”的试点项目,快速建立团队信心。

全面推广阶段(12~24个月)完成系统部署。重点任务包括:(9)分步上线先进控制系统;(10)技术团队全程参与调试,掌握核心算法;(11)编制操作规程、应急预案等标准化文件;(12)建立月度评估机制,持续优化系统性能。推广不是简单复制,而要根据各装置特点调整控制策略。

### 4.3 转型风险防控

技术冒进风险:部分企业盲目追求“无人化”,忽视基础自动化建设。建议遵循“先基础、后高级”的渐进路径。

人才断层风险:过度依赖外部技术供应商,自身团队参与不足。应在每个项目中培养3~5名核心人才,确保能力内化。

数据安全风险:工业互联网平台网络攻击风险会增加,需建立多层次防护体系,如采用“5G专网+工业防火墙+数据脱敏”组合策略。

随着《“十四五”智能制造发展规划》深入实施,硫酸行业正迎来数字化转型的关键窗口期,抓住这一机遇,有望在未来5~10年内实现行业技术水平的飞跃。

## 5 现存挑战与未来展望

### 5.1 现存挑战

一是数据治理能力不足:尽管实现了关键工艺数据的实时采集,但数据标准化程度低、跨系统集

成难等问题制约了 AI 算法的深度应用，如硫黄制酸与下游磷酸装置的数据联动仍需人工干预。

二是技术迭代压力：随着工业 AI 技术快速发展，现有控制算法在多目标优化、预测性维护等方面仍需升级，例如转化器的催化剂活性预测模型的准确率有待提升。

三是组织惯性阻力：部分员工对数字化工具的接受度参差不齐，传统操作习惯与数字化流程的冲突偶有发生，需进一步加强文化引导与培训。

## 5.2 未来展望

随着人工智能、数字孪生等新技术的发展，硫酸生产的智能化、绿色化水平将持续提升，而新洋丰模式也将在这个过程中不断演进，为流程工业数字化转型提供持续动力。

一是 AI 融合应用将大幅度提升系统自学习能力。当前新洋丰的 AI 应用主要集中在预测控制领域，未来将通过持续学习新技术，在保护企业数据隐私前提下，实现跨厂知识共享。

二是数字孪生全覆盖重构生产运营模式。构建 OTS 平台，整合机理模型、实时数据和 AI 算法，实现工艺优化、故障预判、应急演练的数字化。

三是产业链协同优化创造新价值。向上衔接硫铁矿开采，通过品位预测指导配矿；向下联动磷复肥生产，实现“硫-磷-肥”全链智能调度。新洋丰正在探索的“硫酸-磷酸-复合肥”一体化优化系统，这将打破传统生产边界，重塑硫酸产业价值链。

随着工业 AI 与 5T 技术的深度融合，硫酸生产正迈向“少人化”，最终实现“安、稳、长、满、优”，这一进程中，新洋丰的经验价值将愈发凸显。未来研究可进一步追踪新洋丰模式的长期效果，这些研究将丰富流程工业数字化转型的理论体系，为中国制造业高质量发展提供更多的路径选择。

## 6 结论

新洋丰硫酸数字化转型以“责任机制创新”为核心驱动力，通过关键工艺自动化突破与全流程优化，实现了从传统生产模式向智能化、绿色化模式的跨越。其成功经验表明，化工企业数字化转型需以企业为主导，构建“技术引入—能力内化—持续创新”的闭环，同时注重人才培养与组织变革。未来，随着工业互联网与 AI 技术的深度融合，新洋丰模式将为更多传统制造业企业提供转型范本，推动行业向高效、安全、可持续方向发展。

### [参考文献]

- [1] 童继红,沈立平.巨化公司硫酸生产回顾及展望[J].硫酸工业, 2020(4):5-8,47.  
TONG J H, SHEN L P.Review and prospect of sulphuric acid production in Juhua Company[J]. Sulphuric Acid Industry, 2020 (4): 5-8,47.
- [2] 林超,朱乐,覃明武.先进控制在硫黄制酸生产过程中的应用[J].硫酸工业, 2022 (12):52-56.  
LIN C, ZHU L, QIN M W.Application of advanced control technology in sulphur-burning sulphuric acid production [J]. Sulphuric Acid Industry, 2022 (12):52-56.
- [3] 中控技术.中控技术携手湖北三宁打造化工行业首套“无人”值守硫酸装置[EB/OL].(2024-12-29)[2025-06-01].[https://mp.weixin.qq.com/s/U8-MExo\\_32wffuirxwi\\_Q](https://mp.weixin.qq.com/s/U8-MExo_32wffuirxwi_Q).
- [4] 广东广业云硫矿业有限公司.云硫化工厂硫酸装置控制系统实现自动化[EB/OL].(2020-7-23)[2025-05-30].<https://mp.weixin.qq.com/s/7DN5Pweu1BAZEACTEuf6zA>.
- [5] 互侃PID.硫酸装置零手动项目的总结[EB/OL].(2024-12-18)[2025-05-30].[https://mp.weixin.qq.com/s/P-d3\\_d3Yq00sfQXQPQkN\\_A](https://mp.weixin.qq.com/s/P-d3_d3Yq00sfQXQPQkN_A).
- [6] 冯少辉.PID参数整定与复杂控制[M].北京:化学工业出版社, 2023:12-13.
- [7] 李德芳.石化工业数字化智能化转型[M].北京:化学工业出版社, 2021:17-20.
- [8] 中国硫酸工业协会.硫酸数字化的新洋丰模式:一个创新三个突破[EB/OL].(2025-4-30)[2025-05-30].[https://mp.weixin.qq.com/s/o\\_el6X4Jdxg2BOUJTuoJ5A](https://mp.weixin.qq.com/s/o_el6X4Jdxg2BOUJTuoJ5A).