

◆产业赋能与业态融合◆

磷化工企业数字化转型路径探讨

刘帅杰, 李 扬

(新洋丰农业科技股份有限公司, 湖北 荆门 448000)

[摘 要] 数字化转型成为磷化工企业实现高质量发展的重要途径。介绍磷化工企业开展数字化转型的现状, 围绕政策、产业、市场及技术阐述推动数字化转型的因素, 从产品研发、生产管理、经营管理等方面探讨数字化转型的路径, 提出数字化转型面临的挑战, 并给出相应的建议。

[关键词] 数字化转型; 磷化工; 路径; 挑战

[中图分类号] F426.7 [文献标志码] A [文章编号] 2097-4566 (2025) 01-0115-05

Discussion on digital transformation path of phosphorus chemical enterprises

LIU Shuaijie, LI Yang

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

Abstract: Digital transformation has become an important direction for phosphorus chemical enterprises to achieve high-quality development. The current situation of digital transformation in phosphorus chemical enterprises is introduced. The factors that promote digital transformation are elaborated around policies, industries, markets and technologies. The path of digital transformation from product research and development, production management and business management is explored. The challenges of digital transformation faced by enterprises are proposed, and corresponding suggestions are provided.

Key words: digital transformation; phosphorus chemical; pathways; challenges

近年来, 随着大数据、人工智能、5G、云计算等前沿技术的蓬勃发展, 数字化转型成为化工行业实现转型升级、打造新质生产力的关键引擎。磷化工作为我国传统支柱性产业, 当前正处于由粗放式发展向精细化发展、由大向强的关键转型期^[1]。面对新形势, 如何有效实现数字化技术与磷化工产业的业态融合, 进一步推动磷化工行业实现高质量发展, 成了当前磷化工企业重点关注的发展方向。

1 磷化工企业数字化转型现状

我国制造业的数字化转型进程进一步加速。据中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展研究报告(2024年)》统计, 2023年我国制造业重点领域关键工序数控化率、数字化研发设计工具普及率分别达62.9%、79.6%, 分别是2013年的1.5倍和2.3倍。同时, 根据赛迪智库信息化与软件产业研究所统计, 截至2023年上半年, 石化化工行业关键工序数控化率、工业云平台应用率分别达79.6%和53.4%。

具体到磷化工行业, 数字化转型整体正处于起

步发展阶段。在数字化浪潮中, 大型磷化工企业已清晰地认识到了数字化转型在企业发展中的重要作用, 并进行了大量探索与尝试。根据公开信息, 贵州磷化(集团)有限责任公司在生产过程中引入了无人机、机器狗等进行生产监控, 并通过智能工厂的数字模型对生产工艺的关键节点进行调控与诊断^[2]; 湖北宜化松滋肥业有限公司将5G+工业互联网技术应用于工厂的安全管理^[3]; 湖北祥云(集团)化工股份有限公司对工业磷铵、硫酸等产品的部分生产装置进行了自动化、智能化改造, 并取得了节能降耗、降本增效的成果^[4]; 云南云天化股份有限公司试点建设了工业互联网+危化品安全生产平台, 并引入无人机进行自动巡检, 有效提升了安全管理水平^[5]; 湖北兴发化工集团股份有限公司在宜昌树崆坪磷矿智能矿山系统建设中, 通过研发矿井风流控制优化模型与智能远程调控系统, 并对水

[收稿日期] 2024-12-25

[作者简介] 刘帅杰(1994-), 男, 山西忻州人, 工程师, 从事精细化工及新能源材料研究。

泵进行自动化改造,使其与井下透水报警系统联动,实现了磷矿井下通风和排水智能化运行^[6];新洋丰农业科技股份有限公司成功实施了合成氨数字化转型一期项目,使合成氨装置自控率达到99%以上,不仅生产运行平稳性提升,还实现了合成氨增产、装置蒸汽用量及锅炉煤耗降低的目的。同时,除却上述这些列举的大型磷化工企业外,行业内还存在数量众多的中小型磷化工企业,受限于对数字化转型的认识不足、资金及人才缺乏等因素,在数字化转型方面意愿较低。

2 磷化工企业数字化转型的驱动因素

2.1 政策驱动

政策强有力的推动是驱动磷化工企业进行数字化转型的重要因素。“十四五”以来,我国政府高度重视石化化工行业的数字化转型,陆续出台了系列政策为开展数字化转型提供指引。2022年3月,工业和信息化部等六部门发布《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》,明确提出推进产业数字化转型,加快5G、大数据、人工智能等新一代信息技术与石化化工行业融合;2023年8月,工业和信息化部等七部门联合发布《石化化工行业稳增长工作方案》,提出在石化、化工领域,建设智能制造示范工厂,培育重点行业特色型工业互联网平台,促进行业智能化升级;2024年1月,工业和信息化部等九部门联合发布《原材料工业数字化转型工作方案(2024—2026年)》,进一步提出数字技术在研发设计、生产制造、经营管理、市场服务等环节实现深度应用。同时,在其附件《石化化工行业数字化转型实施指南》中,明确提出到2026年,石化化工行业关键工序数控化率达到85%以上,数字化研发设计工具普及率达到75%以上。

2.2 产业驱动

发展新质生产力决定了磷化工行业进行数字化转型是大势所趋。在数字经济背景下,数字化与智能化作为新质生产力的典型代表,已成为促进传统产业转型升级、实现高质量发展的强劲推动力^[7]。新质生产力强调通过创新手段,提高生产效率和产品质量,降低资源消耗和环境污染,促进产业向更高效、更环保、更可持续的方向前进^[8]。而从磷化工行业来看,我国虽然已经成为全球最大的磷化工生产与消费大国,但仍存在低端产能过剩、高端产能不足的问题,亟须向高端化、精细化转型发展;磷化工也是典型的高污染、高能耗行业,在“双碳”目标要求下向低碳化、绿色化发展是未来趋

势^[1,9]。因此,发展新质生产力、顺应数字化发展趋势成为磷化工进行转型升级的必然要求。

2.3 市场驱动

激烈的市场竞争是磷化工企业进行数字化转型的内驱动力。我国磷化工行业长期存在着严重的产能过剩、产品同质化竞争加剧等问题,特别是在磷复肥、磷酸盐等终端产品方面,导致市场竞争愈发激烈,叠加原材料、用工、环保、安全等各环节成本增加,继而影响了企业的经营效益^[1,9]。以磷矿石价格、用工成本为例,根据Wind统计,我国农村外出务工劳动力月收入从2012年的2 173元增加到2024年的4 853元,用工成本显著上升;据世界农化网统计,磷矿石的销售价格由2020年的350元/t左右上涨到2024年的1 000元/t左右。在这样的情况下,降本、提质、增效成为磷化工企业应对市场竞争的有效措施。而通过数字化技术进行产业赋能,可实现用工数量减少、生产效率提升以及能源消耗降低,从而使企业保持相对的竞争优势^[10]。

2.4 技术驱动

数字技术的发展为磷化工企业进行数字化转型提供了有力支持。随着人工智能、大数据、5G、云计算、物联网等新技术的快速发展与持续突破,智能机器人、智能传感器及自动化控制系统等智能化设备的生产制造能力成熟与实际应用,我国数字经济规模持续提升^[11-12]。根据中国信息通信研究院统计,当前我国数字经济已进入快速发展期,规模由2012年的11.2万亿元增长到2023年的53.9万亿元,增长近3.8倍。在此发展趋势下,数字技术已经在企业的研发、生产、市场营销以及供应链管理等各个环节得到了广泛的应用,积累了宝贵的经验,形成了成熟的数字化转型的解决方案。因此,数字化技术、设备及应用模式的发展与成熟,为磷化工企业进行数字化转型提供了坚实的基础。

3 磷化工企业数字化转型的路径探讨

3.1 产品研发数字化

产品研发是磷化工企业可持续发展的重要因素。特别是随着磷化工逐步向高端化、精细化方向进行转型发展,对于磷系新材料的设计、合成与工艺的研究愈发重要。传统的研究过程面对复杂的参数设定、海量的数据分析,存在耗时长、投入成本高、研发效率低等问题^[13]。而数字化技术赋能产品研发,可以解决传统研发模式下的这些弊端。一方面,通过建立数字化的研发与实验平台,既可以实现研发项目的智能管理与监控,加强资源数据共

享与积累,又可以实现对数据的自动采集与准确分析,提高研发效率与数据准确性^[14];另一方面,在产品研发中加大应用三维CAD(计算机辅助设计)、CAE(计算机辅助工程)、虚拟样机等数字化工具,利用虚拟设计与仿真模拟技术实现对产品的数字建模,并在设定的数字环境模型中进行测试验证与优化调整,从而降低产品研发成本与周期^[13-15]。

3.2 生产管理数字化

生产过程的自动化、智能化改造是进行数字化转型的重要基础。磷化工是以磷矿采选为源头,向下游延伸到磷酸、磷铵等中间产品,磷肥、精细磷酸盐等终端产品的生产过程,存在反应过程与生产环境复杂、装置设备型号杂以及工艺控制节点多等特点,因此自动化基础薄弱,无法有效对各类生产数据进行收集与分析。通过在生产线中引入自动化设备、物联网传感器、监测设备等智能设备建设自动化生产系统,譬如在劳动力密度较高的工序,可以运用无人值守系统、机械手等设备,整体提升生产过程的自动化与智能化水平,实现生产环节中各项生产数据、设备运行状态等信息的收集、传输、储存、反馈和控制,为实现全流程的生产管理数字化奠定基础^[12,16]。

在获取数据资源的基础上,应用大数据分析和人工智能技术,对数据资源进行深度整理和分析,建立起适配的模型算法,从而实现对生产过程的实时监控、预测和优化调整。譬如在生产管控端,通过物联网、算法模型等数字技术,建立智能生产分析与调度系统、质量管理与追溯系统、设备健康管理及预测性维护系统等智能系统,并以MES(生产执行系统)为核心构建生产运行平台,实现对生产过程的精细控制与优化,最大化提升生产效率与产品质量^[12-14,17-18];在安全管理端,建立起安全风险预警与评估系统,实现对生产过程及环境中潜在的危险源进行实时监控,对可能发生的风险发出预警^[17,19]。同时,以3D和AR/VR等为基础仿真数字孪生技术构建虚拟化工厂,是生产管理数字化的重要发展方向。通过虚拟化工厂链接智能生产系统,打通信息封闭性进行数据联通,实现生产端全流程的可视化展示与管理,将进一步提升生产管理的数字化水平^[14,20]。

新洋丰农业科技股份有限公司在实施合成氨项目的数字化转型中,对生产装置进行了全流程的控制优化,采用多变量鲁棒预测控制器并融入算法,提升了对合成氨生产过程的控制精度,实现了节能

降耗、提产增质的目的。同时,通过建立数据中心及运营平台,对生产过程的运行、生产管理、能源等数据进行采集和存储,实现了厂级的可视化管理。

3.3 经营管理数字化

经营管理数字化是企业提升运营效率、优化业务流程的重要手段。企业经营管理涉及采购、生产、销售、人力、财务等方面。供应链管理方面,利用物联网与大数据技术,建设供应链管理系统,通过对原料采购、产品生产、仓储物流等环节信息的采集与分析,实现供应链的高效管理与调度^[10-11,13];销售方面,建立CRM(客户管理系统),对客户需求进行有效跟踪与分析,更高效管理客户信息,提供更优质的服务^[7,10];在人力、财务方面,引入OA(办公自动化)办公系统、财务系统,打造自动化审批流程,提高运营效率。另外,还可使用大数据技术,对业务流程进行诊断,进一步发现业务流程中的卡点,为优化业务流程、提高组织效率提供支撑^[7-14]。同时,ERP(企业资源计划)系统是企业数字化转型的重要工具。通过建立和完善ERP,将供应链管理系统、客户管理系统、OA办公系统、财务系统等进行集成和联通,打破数据孤岛,充分利用数据资源,实现对企业全业务流程的动态管理,进一步提升企业的管理效率与质量^[17-18]。

4 磷化工企业数字化转型的挑战与建议

4.1 挑战

4.1.1 复合型人才缺乏

人才是企业进行数字化转型的重要驱动力。数字化转型需要的是既懂信息技术,又了解化工行业的复合型人才。磷化工企业在长期的发展过程中,培养了一批传统技术型人才。但是大数据、人工智能等新兴技术的发展速度较快,传统技术型人才较难迅速地达到一定的数字化知识水平,导致磷化工企业无法快速建立起一支适应数字化发展需求的复合型人才队伍^[12,16]。

4.1.2 认识与战略规划不足

对数字化转型的认识与规划不足是影响数字化转型的关键因素。一方面,数字化转型不仅是技术层面的更新,更是企业整个管理模式的变革,涉及企业的生产、销售、职能管理等多条业务线;另一方面,数字化转型不仅具有投入高、建设周期长、效果显现慢等特点,还需要注意数字化与企业发展状况的匹配度,不能急于求成。当前部分企业对数字化转型的认识不够深入,缺乏清晰明确的战略规

划,或仅着眼于技术改造层面,或过度追求系统的大而全,从而影响了企业数字化转型的预期效果,最终导致持续动力不足^[12-19]。

4.1.3 “数据孤岛”现象严重

实现对数字资源的充分整合与利用是数字化转型的重要基础。磷化工企业通常生产基地较多,业务线复杂,整体协调相对困难。特别是涉及的数据资源,往往保存在相互独立的不同部门,较难实现数据资源的共享与流通。同时,由于过去缺乏统一规划,生产、供销、经营管理等各自的数字化系统运行在不同的数据平台上,可能出现系统兼容问题,导致各系统之间数据流通与集成存在困难,从而产生“数据孤岛”现象,严重影响了企业内部数据资源的共享与整合^[21-22]。

4.2 建议

4.2.1 建设数字化人才队伍

建设数字化人才队伍要从引进与培养两个维度发力。人才引进方面,有针对性地引进人工智能、大数据、云计算等领域人才,既要提供符合市场待遇的薪酬福利,又要制定合理的后期培训计划,让他们了解企业生产及技术情况;人才培养方面,定期举行数字化技术培训等活动,提升员工的数字化意识与能力,也可与相关院校进行合作,为企业定向培养数字化人才^[13,23]。譬如新洋丰农业科技股份有限公司通过与河南化工技师学院合作,开展了数字化转型与应用专项培训班,为企业培养数字化专项人才。

4.2.2 强化战略规划

清晰明确且具有前瞻性与落地性的战略规划可有效指引企业推动数字化转型。首先,要对企业的发展现状进行全面评估,涉及技术、设备、业务、人力以及市场环境等各方面。其次在对企业现状评估的基础上,对企业数字化转型的目标、方向及路径进行整体规划与设计,规划要服务于企业长期发展战略。最后,在实施方案上,要注重分主次、分阶段实施,优先选择自动化基础好的项目进行试点,不断总结经验,打造标杆项目,形成成熟有效的方案后逐步推广^[23-24]。在战略规划制定过程中,在自身专业能力无法支撑的情况下,应积极聘请专业的咨询机构以及专家协助自有团队来制定战略规划。譬如新洋丰农业科技股份有限公司在集团层面制定了数字化转型工作战略规划,同时在实施中以合成氨等项目为重点开展工作,后续进行逐步推广。

4.2.3 加强组织保障

数字化转型既需要长期坚持,也需要跨部门的协作,这要求企业给予较强的组织保障。首先,公司领导层,特别是一把手的支持至关重要。因为数字化转型是一件周期长、见效慢、投入大的工作,需要企业领导层保持较强的意愿与动力。针对这种情况,可以采用邀请外部权威专家开展培训等方式,使企业领导层深入认识数字化转型,坚定开展数字化转型的信心。其次,要建立相应的数字化转型工作机制。数字化转型涉及多条业务线,需要在不同部门间进行大量的协调工作。建立工作机制,有利于加强部门合作与协调,实现数据资源的共享与整合。最后,建立专业的数字化转型工作组,制定相应的工作计划与实施方案,主导数字化转型工作的开始与实施^[12,22]。譬如新洋丰农业科技股份有限公司为推动企业的数字化转型,在集团层面成立了数字化转型工作领导小组,由董事长任组长,同时还成立数字化转型与应用项目推进部,负责具体开展数字化转型工作。

5 结论

在数字化发展浪潮下,数字化转型成为磷化工发展新质生产力、促进产业转型升级的重要方向。目前,大型磷化工企业已经在多个方面开展了数字化转型工作,并取得了一定成果。但数字化转型是一项复杂的系统性工程,涉及企业的产品研发、生产管理、经营管理等各个方面。从行业整体来看,数字化转型仍处于起步发展阶段。同时,磷化工企业推动数字化转型工作,还面临人才缺乏、认知不足、“数据孤岛”等一系列问题,需要磷化工企业结合企业实际情况,保持战略定力,从多个角度来进行应对。

[参考文献]

- [1] 王辛龙,钟艳君,许德华,等.我国磷化工产业现状、发展趋势及高质量发展路径[J].生态产业科学与磷氟工程,2024,39(7):9-21.
WANG X L, ZHONG Y J, XU D H, et al. Current situation, development trends and high-quality development pathways of China's phosphorus chemical industry[J]. Eco-industry Science & Phosphorus Fluorine Engineering, 2024, 39(7): 9-21.
- [2] 贵州省企业决策研究会.贵州磷化集团以数字化赋能高质量发展[EB/OL].(2024-07-08)[2024-12-01]. <https://mp.weixin.qq.com/s/veTBcjYihwMIUXw7ody83g>.
- [3] 易华,松滋肥业:以“5G+工业互联网”提升安全生产水平[J].中国农资,2022(1):12.
- [4] 李文泰.湖北祥云(集团):锚定高质量发展 迈向中国化工50强[EB/OL].(2024-09-30)[2024-12-01]. <http://www.wuxue>.

- gov.cn/zsy/zqyfc/12015283.html.
- [5] 云南省国资委.云天化数字化转型闯出“新路数”[EB/OL]. (2024-03-28)[2024-12-01]. <http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n2588129/c30228230/content.html>.
- [6] 柴修伟,张龙,胡建华,等.鄂西磷矿智能矿山建设现状与发展方向[J/OL].金属矿山, (2024-07-01)[2024-12-01]. <https://link.cnki.net/urlid/34.1055.TD.20240701.1212.002>.
- CHAI X W, ZHANG L, HU J H, et al. Current Situation and Development Direction of Intelligent Mine Construction in Western Hubei Phosphate Mine [J/OL]. Metal Mine, (2024-07-01)[2024-12-01]. <https://link.cnki.net/urlid/34.1055.TD.20240701.1212.002>.
- [7] 侯新颜.数字经济背景下新质生产力驱动产业升级的路径研究[J].环渤海经济瞭望,2024(9):4-8.
- [8] 苏东.新质生产力对促进河南化工行业发展的思考[J].河南化工,2024,41(12):1-3,16.
- SU D.Thoughts on Promoting the Development of Henan Chemical Industry with New Productivity [J]. Henan Chemical Industry,2024,41(12):1-3,16.
- [9] 高永峰.我国磷化工行业创新发展思路探讨[J].磷肥与复肥,2020,35(2):1-7.
- GAO Y F. Discussion on innovation and development of phosphorus chemical industry in China[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2020,35(2):1-7.
- [10] 刘德杨.化肥企业数字化转型的动因、路径及绩效研究—以司尔特为例[D].广州:广州大学,2023.
- LIU D Y. Research on the Motivation, Path, and Performance of Digital Transformation of Fertilizer Enterprises: Take Silter as an example[D]. Guangzhou:Guangzhou University,2023.
- [11] 沈丹.数字经济背景下化工企业数字化转型发展研究[J].老字号品牌营销,2024(20):77-79.
- [12] 尚舵,李渊源,何慧虹,等.石化化工行业数字化转型路径研究与探索[J].新型工业化,2023,13(12):27-40.
- SHANG D,LI Y Y, HE H H, et al. Research and Exploration of the Digital Transformation Path in the Petrochemical and Chemical Industry [J]. The Journal of New Industrialization, Compound Fertilizer,2022,37(3):18-19.
- [4] 高飞,刘志刚,杨振军,等.普通复合肥转产水溶复合肥浅析[J].磷肥与复肥,2023,38(1):16-17.
- GAO F, LIU Z G, YANG Z J, et al. Analysis on conversion of ordinary compound fertilizer to water-soluble compound fertilizer [J]. Phosphate & Compound Fertilizer,2023,38(1):16-17.
- [5] 韩纪宁.影响复合肥筛网粘堵的原因分析及解决对策[J].磷肥与复肥,2010,25(3):60.
- HAN J N. The analysis of the causes and the countermeasures [J]. Phosphate & Compound Fertilizer,2010,25(3):60.
- [6] 高飞,杨金,赵小森,等.复合肥生产洗涤系统中结晶现象的原因分析及处理措施[J].磷肥与复肥,2014,29(1):41-43.
- GAO F, YANG J, ZHAO X S, et al. Reason analysis and handling measures of crystallization phenomenon in washing system of compound fertilizer production [J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2014,29(1):41-43.
- [7] 王海川,刘春扬,王玉祥,等.筛分和破碎工序对系统的影响浅析[J].化肥工业,2014,41(1):15-18.
- WANG H C, LIU C Y, WANG Y X, et al. A Brief Analysis of Effects of Screening and Crush Process on System [J]. Chemical Fertilizer Industry,2014,41(1):15-18.
- [8] JIN H, GAO S M, GUO L T, et al. A mathematical model and numerical investigation for glycerol gasification in supercritical water with a tubular reactor [J]. J Supercritical Fluids, 2016, 107: 526-533.
- [9] 郭利,王海川.尿基复合肥转产硝基复合肥应注意的事项[J].化肥工业,2014,41(6):16-17,20.
- GUO L, WANG H C. Matters Needing Attention to Change the Line of Production from Urea-Based Compound Fertilizer to Nitro-Compound Fertilizer [J]. Chemical Fertilizer Industry, 2014,41(6):16-17,20.
- [10] 王金刚,杨振军,刘洪涛,等.不同因素对高氮复合肥结块的影响[J].磷肥与复肥,2023,38(4):14-15.
- WANG J G, YANG Z J, LIU H T, et al. Effect of different factors on caking of high nitrogen compound fertilizer [J]. Phosphate & Compound Fertilizer,2023,38(4):14-15.

(上接第52页)