

制造业数字化转型成熟度模型构建与评估指标体系设计

姜 洸

通号(西安)轨道交通工业集团有限公司 陕西 西安 710100

摘要: 文章聚焦制造业数字化转型,先分析其核心要素,涵盖技术、数据、组织、业务与战略。接着构建成熟度模型,阐述构建原则、维度设计、阶段划分与内在逻辑。设计评估指标体系,包括构建流程、具体内容及行业特色指标。最后提出转型路径与政策建议,针对不同成熟度阶段、规模企业给出转型路径与建议,并从激励引导、能力提升、环境优化三方面构建政策支持体系,为制造业数字化转型提供全面指引。

关键词: 制造业;数字化转型;成熟度模型;评估指标体系

引言:在数字化浪潮席卷全球的当下,制造业作为实体经济的关键支柱,其数字化转型迫在眉睫。然而,转型之路并非一帆风顺,企业面临着技术融合、数据管理、组织变革等诸多挑战。如何科学评估转型成效、明确转型路径,成为企业与行业共同关注的焦点。本文聚焦制造业数字化转型,构建成熟度模型与评估指标体系,针对不同成熟度阶段与规模企业提出转型路径,并构建政策支持体系,为企业转型提供指引。

1 制造业数字化转型核心要素分析

制造业数字化转型的核心要素涵盖技术支撑、数据驱动、组织协同、业务融合及战略引领五个关键方面。技术支撑是转型的基础保障,包括工业互联网、物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术的深度应用,通过搭建智能生产平台实现设备互联与生产过程可视化。数据驱动是转型的核心引擎,需构建全流程数据采集体系,实现从研发设计、生产制造到销售服务的数据贯通,通过数据挖掘分析优化生产调度与质量管控。组织协同要求打破部门壁垒,建立扁平化管理架构,培育数字化人才队伍,形成跨部门、跨产业链的协同机制^[1]。业务融合体现为数字化与研发、生产、供应链、服务等业务环节的深度渗透,如虚拟仿真研发缩短周期、智能排产提升生产效率。战略引领则需要企业高层制定清晰的数字化转型战略,明确转型目标与实施步骤,将数字化理念融入企业发展基因,确保转型方向与企业长期发展一致。

2 制造业数字化转型成熟度模型构建

2.1 模型构建原则

制造业数字化转型成熟度模型构建需遵循系统性、科学性、实用性、动态性及行业适配性原则。系统性原则要求模型涵盖技术、管理、业务、数据等多维度要素,全面反映转型全貌,避免单一维度评估的片面性。

科学性原则体现在指标选取需基于理论与实践总结,采用定量与定性相结合的方法,确保评估结果客观准确。实用性原则强调模型设计需贴合企业实际应用场景,评估流程简洁清晰,企业可自主开展评估并明确改进方向。动态性原则要求模型根据技术发展与行业变化及时优化调整,如融入新兴技术应用指标,适应数字化转型的迭代升级需求。行业适配性原则需考虑不同制造业细分领域的特点,在通用模型基础上预留行业定制空间,确保模型在机械、电子、汽车等不同行业均能有效应用,提升评估的针对性与有效性。

2.2 模型维度设计

模型维度设计围绕战略规划、技术应用、数据管理、业务运营及组织保障五个核心维度展开。战略规划维度聚焦企业数字化转型的顶层设计,包括转型战略制定、目标分解、资源投入规划及风险管控机制等内容,衡量企业转型的方向与保障能力。技术应用维度涵盖工业软件、智能设备、网络基础设施、信息安全技术等应用水平,评估企业数字化技术的部署与应用深度^[2]。数据管理维度涉及数据采集、存储、治理、分析及应用等环节,考核数据全生命周期管理能力与数据价值转化效率。业务运营维度贯穿研发设计、生产制造、供应链管理、市场营销及客户服务等业务流程,评估数字化对业务效率提升与模式创新的推动作用。组织保障维度包括数字化人才培养、组织架构优化、企业文化建设及激励机制完善等内容,衡量企业支撑数字化转型的组织与人才基础,各维度相互关联形成有机整体。

2.3 成熟度阶段划分与特征描述

成熟度阶段划分为初始级、规范级、集成级、优化级四个阶段,各阶段具有鲜明特征。初始级阶段企业数字化应用处于零散状态,仅在个别业务环节采用基础数字化工具,如财务软件、简单生产管理系统,数据未实

现贯通,转型缺乏统一规划,业务效率提升有限。规范级阶段企业已制定初步数字化转型规划,核心业务环节实现标准化数字化管理,如研发设计采用CAD软件、生产环节部署MES系统,建立基础数据采集机制,部门内流程实现数字化,但跨部门协同仍存在壁垒。集成级阶段企业实现跨部门、跨产业链的数据贯通与业务协同,搭建统一工业互联网平台,研发、生产、供应链等环节深度集成,通过数据共享实现全流程优化,开始开展个性化定制、服务型制造等新模式探索。优化级阶段企业形成数字化驱动的持续改进机制,人工智能、大数据等技术深度融入业务全流程,实现生产自主决策、供应链智能预警,构建数字化生态体系,引领行业数字化发展方向。

2.4 模型内在逻辑关系

模型内在逻辑体现为“维度支撑、阶段递进、要素联动”的有机统一。维度支撑表现为战略规划、技术应用、数据管理、业务运营、组织保障五个维度相互支撑,战略规划明确转型方向,技术应用提供实现路径,数据管理提供核心驱动,业务运营体现转型成效,组织保障夯实转型基础,任一维度的短板都会制约整体成熟度提升。阶段递进表现为从初始级到优化级的阶梯式发展,每个阶段都是前一阶段的升级迭代,初始级的零散应用为规范级的标准化管理奠定基础,规范级的部门内集成推动集成级的跨部门协同,集成级的流程优化支撑优化级的智能决策,形成循序渐进的发展脉络。要素联动体现为各维度内部及维度间要素的动态关联,如战略规划调整会带动技术投入与组织架构优化,数据管理能力提升会促进业务运营效率改善,各要素协同作用推动企业从低成熟度向高成熟度演进,确保转型过程系统协调。

3 制造业数字化转型评估指标体系设计

3.1 指标体系构建流程

制造业数字化转型评估指标体系构建遵循“目标导向—要素提取—指标筛选—权重确定—验证优化”的规范流程。首先以支撑企业数字化转型落地、精准评估转型成效为目标,明确评估核心方向与应用场景。其次基于成熟度模型的五个维度,提取战略投入、技术部署、数据质量、流程效率、人才储备等关键要素,形成指标池。随后采用德尔菲法与层次分析法相结合的方式筛选指标,邀请行业专家、企业高管及研究学者对指标池进行多轮评审,剔除冗余、模糊指标,保留具有代表性、可量化的核心指标。接着通过层次分析法确定各层级指标权重,结合指标重要性程度与行业共识,确保权重分配科学合理。最后开展试点验证,选取不同行业、不同

规模企业进行试评估,收集反馈意见优化指标内涵、计算方法及权重设置,形成兼具通用性与适用性的评估指标体系,保障评估结果的可靠性与实用性^[1]。

3.2 指标体系具体内容

指标体系按“一级指标—二级指标—三级指标”的层级架构设计,一级指标对应模型的五个维度,二级指标细化各维度核心领域,三级指标为具体量化或定性评估指标。战略规划维度下设转型战略完备性、资源投入占比、风险管控有效性等二级指标,三级指标包括战略文件覆盖率、数字化投入占营收比例、风险预案完善度等。技术应用维度包含工业软件普及率、智能设备联网率、信息安全达标率等二级指标,三级指标如CAD软件应用率、数控机床联网比例、安全漏洞修复及时率等。数据管理维度设有数据采集覆盖率、数据治理达标率、数据应用转化率等二级指标,三级指标包括关键业务数据采集率、数据质量合格率、数据驱动决策项目占比等。业务运营维度涵盖研发周期缩短率、生产效率提升率、客户满意度等二级指标,三级指标如新产品研发周期下降幅度、单位产值能耗降低率、客户投诉处理及时率等。组织保障维度下设数字化人才占比、组织架构适配度、企业文化认同度等二级指标,三级指标包括IT人才占比、跨部门协同频次、员工数字化认知达标率等。

3.3 行业特色指标设计

行业特色指标的构建是在通用指标体系基础上的创新与深化,它紧密结合各制造业细分领域独特的生产特点、技术壁垒以及严格的监管要求,旨在显著提升评估的精准度与针对性,为不同行业量身定制数字化转型的评估标准。机械制造业以离散制造与装备服务化为显著特征,因此聚焦于装备智能化与精密制造能力。重型设备远程运维覆盖率这一指标,能直观反映企业对大型装备的远程监控与维护水平,确保设备稳定运行;零部件加工精度达标率则体现了企业在精密制造方面的技术实力,是保障产品质量的关键;定制化生产订单占比反映了企业满足个性化需求的能力,契合当下市场多元化的发展趋势。电子制造行业技术密集且以批量生产为主,围绕芯片研发与柔性生产设计特色指标。芯片设计仿真通过率体现了企业在芯片研发阶段的技术验证能力;SMT生产线换线效率反映了企业快速调整生产以适应不同产品需求的能力;电子产品不良率控制水平直接关系到产品的质量与市场竞争力。汽车制造行业正朝着电动化、智能化转型,突出新能源与智能网联方向。动力电池能量密度达标率体现了新能源汽车续航能力的技术支撑;自动驾驶功能测试通过率反映了智能驾驶技术

的成熟度；整车OTA升级覆盖率则展示了车辆智能化升级的便捷性与及时性。化工制造行业流程型生产且安全环保要求高，侧重安全环保与流程优化。化工工艺数字化仿真率有助于提前优化生产流程；危化品仓储智能监控覆盖率保障仓储安全；废水处理达标率体现了企业的环保责任与能力。食品制造行业聚焦质量追溯与新鲜度管控，确保食品安全与供应链稳定。

4 制造业数字化转型路径与政策建议

4.1 不同成熟度阶段企业转型路径

初始级企业转型路径以基础搭建为核心，优先开展数字化意识培训与基础设备改造，部署财务、库存等核心业务系统，建立初步数据采集机制，重点实现单一业务环节数字化，如生产车间引入简易MES系统实现生产进度跟踪，同时制定短期转型规划，明确1-2年核心目标。规范级企业以流程优化为重点，推进跨部门业务系统集成，搭建企业级数据平台，实现研发、生产、供应链等环节数据贯通，开展部门内流程再造，如打通研发与生产系统实现设计图纸直接下发生产，同步完善数字化人才培养体系，提升团队数字化应用能力。集成级企业聚焦协同创新，搭建工业互联网平台实现产业链上下游数据共享，开展个性化定制、服务型制造等新模式试点，如汽车企业构建客户直连平台实现定制化配置生产，同时深化人工智能技术应用，优化生产调度与质量预测。优化级企业以生态构建为目标，打造数字化产业生态平台，推动跨企业协同研发与资源共享，实现全价值链智能决策。

4.2 针对不同规模企业的差异化建议

大型企业要发挥引领作用，聚焦核心技术突破与生态构建。加大自主研发投入，搭建企业级工业互联网平台，推动产业链上下游数字化协同，像装备制造大型企业开发自主工业软件与智能装备，带动配套中小企业升级；开展前沿技术试点，如将人工智能应用于生产质检、供应链预警，打造行业标杆。中型企业以集成提升为核心，依托第三方云平台降低成本，优先实现核心业务流程数字化集成，如电子中型企业用SaaS模式ERP系统打通数据，提升运营效率；加强与大型企业协同，融

入其产业链生态获取支持。小型企业以轻量化转型为重点，采用低成本、模块化数字化方案，如机械小型企业部署简易APP与云财务软件；借助政府公共服务平台获取服务，聚焦生产关键痛点改进，快速提升转型效果。

4.3 政策支持体系构建

政策支持体系围绕“激励引导、能力提升、环境优化”构建全方位保障。激励引导上，设制造业数字化转型专项基金，对符合条件企业按设备投入20%给予数字化改造补贴；推行税收优惠，数字化研发投入加计扣除，高成熟度评估通过企业享税收减免；建立示范项目评选机制，表彰标杆企业并推广经验。能力提升方面，搭建公共数字化服务平台，提供免费诊断、咨询与培训；支持高校与企业共建人才培养基地，开设特色专业定向输送人才；组织行业活动促进技术交流合作^[4]。环境优化上，完善工业互联网基建，加大园区5G等覆盖；建立数据安全与隐私保护法规，规范企业数据行为；推动行业标准制定，统一评估与应用标准，营造良好转型环境，推动制造业数字化转型高质量发展。

结束语

制造业数字化转型是顺应时代发展的必然趋势，成熟度模型与评估指标体系的构建为其提供了科学的评估工具，有助于企业明确自身定位与改进方向。不同成熟度阶段与规模企业的差异化转型路径，以及全方位的政策支持体系，为转型提供了切实可行的操作指南。未来，制造业需持续探索创新，充分利用数字化转型带来的机遇，提升核心竞争力，实现高质量发展，在全球产业竞争中占据有利地位。

参考文献

- [1]李君, 窦克勤, 刘帅. 场景驱动的制造业数字化转型[J]. 数字化转型, 2025, 2(8):24-33.
- [2]陈付山. 制造业数字化转型路径研究[J]. 价值工程, 2023, 42(34):5-7.
- [3]陈志恒, 孙世豪. 制造业数字化转型与新质生产力[J]. 调研世界, 2025(2): 32-43.
- [4]李雪灵, 刘源. 制造业数字化转型的悖论治理[J]. 研究与发展管理, 2023, 35(6):1-18.