

“五化融合、四阶递进、三维协同”视域下清远制造业转型路径研究

翟振坤

广东交通职业技术学院, 中国·广东 广州 510640

摘要: 当前, 清远制造业正面临全球产业链重构与中国高质量发展双重挑战。针对传统产业数智化基础薄弱、生态支撑体系欠缺、协同机制创新受阻等问题, 论文以“新质生产力理论”为统领, 提出“五化融合、四阶递进、三维协同”研究框架, 通过“智改数转赋能”释放转型动能、“数智生态构建”夯实转型基础、“协同机制创新”突破转型壁垒, 构建“三维一体”螺旋共生的转型实施路径, 旨在突破传统制造模式桎梏, 为湾区北部制造业转型提供理论依据, 为同类型城市制造业升级提供了“技术—生态—治理”协同创新的范式参考。

关键词: 制造业转型; 数智生态; 协同创新

Research on the Transformation Path of Qingyuan Manufacturing Industry from the Perspective of “Five Modernizations Integration, Four Stage Progression, and Three Dimensional Collaboration”

Zhenkun Zhai

Guangdong Communication Polytechnic, Guangzhou, Guangdong, 510640, China

Abstract: At present, Qingyuan's manufacturing industry is facing the dual challenges of global industrial chain reconstruction and domestic high-quality development. In response to the problems such as the weak digitalization foundation of traditional industries, insufficient innovation capabilities, and imperfect collaborative mechanisms, this paper takes the “new quality productivity theory” as the guiding principle, proposes a research framework of “five strategies, four loops, and three levels of collaboration”, and releases the transformation momentum through “intelligent transformation and digital empowerment”, consolidates the transformation foundation through “building a digital ecosystem”, and breaks through the transformation barriers through “innovating collaborative mechanisms”. It constructs a “three-dimensional and integrated” spiral and symbiotic implementation path for transformation, aiming to break through the constraints of the traditional manufacturing model and provide a theoretical basis for the transformation of the manufacturing industry in the northern part of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, as well as providing a paradigm reference for the “technology-ecology-governance” collaborative innovation of the upgrading of the manufacturing industry in the same type inclusive city.

Keywords: manufacturing transformation; digital and intelligent ecosystem; collaborative innovation

0 前言

在全球制造业加速向数智化演进的趋势下, 数字化转型已成为全球经济发展的重要引擎^[1]。清远作为珠三角产业转移承接地, 传统制造业占规上工业增加值比重 60%, 其平均利润率不足 5%、单位产值能耗超全省均值 20%, 面对国家“十四五”智能制造发展规划对规上企业全面数字化的硬性要求, 以及大湾区产业链重构带来的竞争压力, 清远制造业亟须通过数智化转型突破传统制造模式桎梏, 实现从“规模扩张”向“价值跃迁”的范式转换。

针对制造业转型升级的现实需求, 各领域学者从不同的研究视角提出应对策略。文献 [2-3] 提出通过构建产业协调发展体系, 健全数字基础设施等方面推动大湾区制造业转

型。文献 [4] 从优化数智化公共服务, 培育数智化制造业标杆企业等角度, 给出转型升级对策。文献 [5] 提出通过加快人才培养, 加强职业教育供给等方面规划转型路径, 推动数字经济与实体经济的深度融合。文献 [6] 针对大湾区制造业区域差异等特点, 建议实施切实解决数字化转型中的技术瓶颈、新基建的区域均衡布局等对策。文献 [7] 构建了粤港澳大湾区 9 座代表性城市制造业发展质量评估和比较体系, 为清远制造业转型提供了重要参考。截至 2024 年, 清远全市累计推动 590 家规上工业企业实施数字化转型, 带动 139 家企业实现产值两位数增长。依托广清“链式飞地”模式, 新材料、汽车装备制造等产业集群实现协同降本 12%。尽管取得了一系列成效, 但清远制造业在数智化转型过程中仍面临技术设备落后与更新缓慢、转型覆盖面仍显不足、人才短

缺与创新能力不足^[8]、产业集群协同性不足、政策落实与执行力度需加强^[9]等现实问题。

为加快推进清远制造业转型升级,破解当前面临的转型困境,论文以“新质生产力理论”为统领,提出“五化策略、四阶递进、三维协同”研究框架,旨在以清远为代表的湾区北部制造业转型提供理论依据与实施路径。

1 清远制造业数智化转型过程中的制约因素

1.1 清远传统制造业绿色数字化转型的多重壁垒

清远制造业中传统高耗能行业在转型过程中面临“高碳锁定”与“绿色生产力”培育的结构性冲突。一方面,传统设备数字化改造成本较高,以陶瓷行业为例,其窑炉设备平均使用年限超 10 年,数字化改造单线成本超 2000 万元,而中小企业年均净利润不足 500 万元,导致设备联网率仅 30%。传统生产模式的技术锁定效应,使企业陷入“改造成本沉没—市场竞争力下降”的恶性循环。另一方面,传统工艺隐性知识数字化率低,实用化工艺数据库缺失,导致数字孪生等新质生产力技术应用停留在表面监控层,未能实现能耗优化。此外,空间资源配置失衡加剧矛盾,70% 工业用地用于扩建传统产能,高碳能源结构制约数字技术减排效能。

1.2 高端化转型需求与生态支撑体系间的结构性失衡

当前,清远市先进制造业的研发投入强度约为 1.2%,显著低于广东省 2.6% 的平均水平。此外,高端装备制造等领域关键技术自给率不足 35%,以汽车零部件产业为例,广清协同中承接的仍以低附加值环节为主,智能传感器、电控系统等高技术部件依赖外部采购。此外,广清产业链“数据飞地”机制虽已启动,但跨域数据共享标准缺失,致使产能协同效率损失,生态断层削弱转型合力,新兴产业孤岛化的风险加剧。同时,高端化所需的复合型人才严重短缺,现有的制造业从业者中本科以上学历者占比不足 12%,人才结构不适应转型需求,数字化转型顾问、工业大数据分析师等数字化人才岗位缺口较大。

1.3 多主体多层次协同机制创新面临多维困境

清远制造业的数智化转型不仅是技术升级的单一过程,更是一场涉及制度重构、利益协调和文化变革的系统性工程。一方面,传统垂直管理的行政体系(如经信、科技、环保部门分立)与数智化转型所需的横向协同网络(产业链、创新链、数据链融合)存在结构矛盾。另一方面,跨区域协作存在“梯度分工失衡”,清远承接广州产业转移中低附加值环节占较高且因数据标准不统一,产业链协同效率有待提升。最后,“数据—价值”倒挂造成区域协作的利益分化。在区域产业链中,清远承担数据采集、设备运维等基础环节,而数据分析、算法优化等高附加值服务则由广州掌控,导致清远面临“贡献数据资源却难享数字红利”的困境。

2 “五化融合、四阶递进、三维协同”数智化转型机制与路径

针对前述制约因素,论文通过构建设备物联化、生产柔性化、决策智能化、服务生态化、人才复合化—“五化融合”,硬件筑基、联网互通、数据共享、服务创新—“四阶递进”,制度破界、资源融通、价值共生—“三维协同”的理论研究框架,系统整合技术赋能、生态支撑与制度保障,以新质生产力理论为驱动,深入研究清远制造业数智化转型机制与路径,旨在为同类型城市制造业升级提供了“技术—生态—治理”协同创新的范式参考。

2.1 “智改数转赋能”释放转型动能

“五化融合”作为数智化转型的动力层,旨在利用新质生产力技术驱动生产系统重构。其中,设备物联化是指针对陶瓷等清远传统制造行业,构建“人—机—物”实时交互的智能生产网络。具体而言,通过加装智能传感器、工业网关设备,实现设备状态实时监测;基于 OPC UA 等工业通信协议,实现跨品牌设备互联;利用工业互联网平台实现设备数据云端汇聚与分析;借助工业防火墙与区块链分布式存储技术,解决企业数据安全与网络攻击风险防护难题。生产柔性化的核心是以“数据驱动”替代“计划驱动”,针对清远材料、家具、汽车制造等先进制造行业,通过引入模块化可重构产线、数字孪生仿真与 AI 智能排产系统,构建敏捷响应市场需求的制造体系。以欧派家居,其依托 C2M 柔性定制平台,将客户 VR 设计数据直连 MES 系统,实现板材利用率提升至 92%、定制订单占比跃升 60%。决策智能化作为从经验决策向“人机协同”智能决策的重要引擎,其目标是将碎片化的生产、运营、市场数据转化为可量化、可预测、可执行的决策支持体系,具体实现路径包括开发“生成式 AI+ 工业场景”的决策辅助系统,用于实时解析设备告警信息并推荐处置方案;构建“决策即服务”(DaaS)平台,提供中小企业可订阅质量预测、排产优化等模块化服务;搭建工业知识图谱(如家具工艺库)与联邦学习系统,实现决策链路的全要素、全周期、全场景智能化。服务生态化通过重构产业关系网络,推动企业从单一产品交付者向“产品+服务+生态”的复合价值创造者转型,其本质是以工业互联网平台为枢纽,实现产业链上下游资源的高效整合与协同增值。例如,针对清远传统的再生金属产业,通过构建协同云生态平台,通过整合废铝回收商、熔炼厂、深加工企业及终端客户,动态匹配产能需求(如废铝库存分布、熔炉空闲率等),促成上下游企业共享闲置产能,降低行业平均库存成本。人才复合化作为数智化转型的核心人力资本战略,通过培育兼具工业知识、数字技能与创新思维的“数字工匠”,构建支撑全链条数字化转型的新型人才体系。例如,通过清远域内的校企合作,开设“工业数据分析师”等微专业,课程涵盖 PLC 编程、工艺参数优化算法及工业互联网平台操

作,培养既懂传统工艺生产经验又能操作数字孪生系统的复合型人才。

上述“五化策略”并非孤立推进,而是通过“物联交互—柔性增效—智能决策—生态增值—人才培养”的闭环逻辑,融合形成转型合力,将数据为纽带、价值共创为目标、人才为核心的转型逻辑深入融入制造业升级的全生命周期。

2.2 “数智生态构建”夯实转型基础

“四阶递进”作为数智化转型的支撑层,其将数智生态的构建划分为硬件筑基、数据融通、服务创新和价值共生四个阶段,目的是通过建立支撑数智生态的数字基座,激活数据要素市场,构建跨域协同网络,结合新兴数字产品服务的培育,最终建立自适应的生态治理体系,实现“竞争—合作—共生”的动态平衡。其中,筑基阶段的核心任务是解决“数据孤岛”与“技术代差”等问题,其实施过程包括 5G 专网、云计算中心等算力基础设施部署、多门类设备互联接口标准制定、工业大数据平台开发,进而为生态演进奠定可扩展、可互操作的底层架构。以清远智能家居产业数字化基座项目为例,通过部署工业机器人、AGV 及 RFID 系统,实现设备联网率 78%;统一跨设备通信协议,工艺切换时间缩短至 15 分钟;构建 PB 级数据湖与工艺知识图谱,支撑 AI 驱动的小批量排产优化。融通阶段的核心使命是破解筑基阶段累积的“数据孤岛”与“协作低效”困局,重构跨域协同规则。在清远实践中,主要围绕数据要素流通、产业链协同、生态价值释放三个方面展开,具体而言以“湾区北产业数据枢纽”为核心载体,构建覆盖生产、供应链、消费端的全域数据市场,利用区块链技术实现数据“可用不可见”的安全流通;基于工业互联网平台实现跨企业产能调度、工艺协同与知识共享;通过数据资产化运营与绿色金融工具创新,推动隐性价值显性化。在创新阶段,为推动产业生态从“要素驱动”向“创新涌现”跃迁,需要实现技术—市场—组织的非线性协同,以清远新能源汽车零部件“云工厂”项目为例,基于“生产资源暨服务”理念,通过整合湾区城市的闲置机床(设备资源),利用数字孪生建模与 AI 排产算法(信息资源),实现订单需求—加工能力—物流资源的实时匹配,客户在线提交图纸后,系统自动拆解工序并分配至最优工厂,高效实现多品种、批量化、定制化生产。共生阶段作为数智化转型的终极跃迁环节,目标是构建“竞争—合作—再生”动态平衡的生态系统。在实施过程中,首先基于区块链智能合约与通证经济,实现生态规则的分布式共治,例如针对清远传统产业联盟,可通过链上投票机制,动态调整碳配额分配规则,化解传统行政指令的刚性矛盾,提高成员续存率;其次,通过搭建“生态健康度监测系统”实时追踪资源流动与创新密度,进一步提升生态创新多样性指数;最后,通过“生态补偿基金”与“负外部性定价”机制,将环境成本、社会效益纳入价值循环,以清远陶瓷产业为例,对主动淘汰高耗能设备的企业给予碳积分奖励,投资者通过

认购陶瓷厂“空气净化效益证券化”等创新型减排项目产品,获得健康效益分红与消费折扣,实现经济—社会—环境价值的闭环流转。

2.3 “协同机制创新”突破转型壁垒

“三维协同”作为数智化转型的保障层,其核心功能围绕跨域协同、政企协同与产教协同三个维度展开,旨在破解多主体协作困境,为技术赋能与生态演进提供可持续的规则支撑。为突破行政区划与产业分工的传统边界,在跨域协同维度下,通过制度重构、技术赋能与利益平衡,构建跨区域资源高效配置与创新协同的新型治理模式。在具体实施中,以广清新能源汽车零部件产业带为例,跨域协同聚焦广清产业链重构,通过制定《广清智能制造数据交互标准》,统一设备通信协议、环保标准与数据确权,破解“政策梯度差”导致的要素错配;依托“湾区北产业协同中枢”,整合广清两地产能、订单、物流实时数据,通过 AI 动态匹配实现资源弹性调度;基于链群收益共享机制,通过量化企业贡献度,动态分配增值收益。政企协同维度围绕精准政策工具、风险对冲体系、组织嵌入机制三方面展开,其中精准政策工具是指政府一方面通过发放数字券扶持中小企业采购云服务,另一方面联合金融机构推出低利率专项贷款,利用揭榜挂帅机制发布技术需求榜单,对于揭榜企业授权数据使用权,推动企业提高研发投入。风险对冲体系是指以按比例政府补贴的方式设立“数字化转型保险池”与“产业链风险储备金”,用于覆盖由于数据泄露、技改失败等造成的企业运营风险,补偿企业由于突发性断链而造成的损失。组织嵌入机制的目的是吸纳企业代表进入政策制定委员会,推行“链长制”由副市长兼任重点产业链总协调人,统筹跨部门资源调度。产教协同作为清远制造业数智化转型的人力资本与知识创新引擎,其本质是通过重构教育供给与产业需求的动态适配机制,实现从“单向输送”到“共生共创”的范式跃迁。具体而言,首先,通过打造“数字工匠学院”,课程体系深度嵌入华为、腾讯等企业认证标准,实施“双导师制”,重点考核学生项目成果转化率与毕业生留存率;其次,在保护知识产权前提下参与产教协同的多方共享工艺规则,校企联合开展技术攻关,通过引入“技术经纪人”机制,推进专利产业化,提高产业化收益率;最后,校企联合建设“工业元宇宙实训基地”,一方面便于学员通过 VR 设备操作虚拟产线,提升岗位技能。另一方面,校企双方通过开发企业数字孪生项目,助力企业优化工业流程提升产能效益。

3 结语

结合制造业数字化转型前沿理论、新质生产力技术与清远作为粤港澳大湾区产业协同节点的特殊地位,论文提出“五化融合、四阶递进、三维协同”研究框架,基于“智改数转赋能”驱动生产系统重构与价值创造跃迁,结合“数智生态体系”提供转型所需的数字基础设施与资源网络,利用

“协同机制创新”破解多主体协同壁垒与制度摩擦，通过构建“智改数转需求”驱动“数智生态优化”“数智生态成熟”反哺“协同机制升级”的“三位一体”螺旋上升的转型实施路径，为清远制造业转型提供了具有实用性和可操作性的转型路线与行动纲领。下一步的研究中将围绕成效评估机制、培育创新平台等方面开展，旨在为清远制造业实现从“被动承接产业转移”到“主动定义新质生产力”的战略转向提供智力支持与政策支撑。

参考文献：

[1] 陶孜怡,王鑫欣.全球数字经济发展与中国数字化转型路径研究[J].中小企业管理与科技,2023(10):143-145.

[2] 廖嘉鹏,杨开,危文韬,等.数字经济推动下粤港澳大湾区制造业转型与发展路径研究[J].商业经济,2024,5(573):32-35.

[3] 廖嘉鹏,李韩镒,周旨祥,等.数字经济赋能粤港澳大湾区传统制造业转型升级机制研究[J].特区经济,2024(3):40-44.

[4] 郭小霞.粤港澳大湾区传统制造业数智化转型升级路径研究[J].

现代商业,2025(23):156-159.

[5] 肖威,张艳婷.数字经济背景下制造业数字化转型升级路径研究——以佛山市为例[J].广东轻工职业技术学院学报,2022,2(21):11-16.

[6] 滕堂伟.上海制造业数字化转型经验及对粤港澳大湾区的启示[J].科技与金融,2021(7):15-22.

[7] 陈荣,杨代友.粤港澳大湾区城市制造业高质量发展比较研究[J].城市观察,2022(4):18.

[8] 清远市人民政府.清远市产业“十四五”发展规划(清府函〔2022〕489号)[A].2022-11-17.

[9] 冯炳纯,袁晓莉,江海甄.清远市传统制造业数字化智能化转型升级路径研究[J].产业创新研究,2023(21):57-59.

作者简介: 翟振坤(1984-),男,中国河南卫辉人,博士,讲师,从事工业数字化技术与制造业转型机制研究。