

区域产业集群视角下智能工厂梯度培育的协同创新机制

孟根陶乐

内蒙古自治区阿拉善盟节能监测中心 内蒙古 阿拉善盟 750399

摘要: 本文聚焦区域产业集群下智能工厂梯度培育的协同创新机制, 阐述相关理论, 结合国家培育体系实际分析我国发展现状与核心问题。并且构建“要素联动-过程协同-保障支撑”框架, 提出基础级、先进级、卓越级、领航级工厂的差异化协同创新模式。因此, 从完善政策、增强意识、加强产学研合作、发挥桥梁纽带作用及依托数字化转型赋能等方面给出对策, 旨在整合资源、提升效率, 为推动智能工厂梯度培育协同创新提供参考。

关键词: 区域产业集群; 智能工厂; 梯度培育; 协同创新; 数字化转型

引言: 在全球制造业竞争格局重塑与数字化转型浪潮下, 区域产业集群的协同效应与智能工厂的梯度培育成为推动制造业高质量发展的关键力量。我国已构建“基础级-先进级-卓越级-领航级”智能工厂梯度培育体系, 为不同发展阶段的企业提供了清晰的进阶路径。本文旨在从区域产业集群视角出发, 探讨智能工厂梯度培育的协同创新机制, 以促进资源整合、效率提升与集群整体竞争力增强。

1 区域产业集群视角下智能工厂梯度培育的基础概念

1.1 区域产业集群理论

区域产业集群理论是产业经济学领域的重要分支, 核心内涵在于强调特定区域内相关企业、支撑机构(如科研院所、金融机构、行业协会等)通过地理邻近性形成集聚效应, 实现资源共享、分工协作与协同发展。该理论认为, 产业集群并非企业的简单扎堆, 而是通过产业链上下游的紧密联动、技术溢出效应的有效传导以及制度环境的协同适配, 降低企业交易成本、提升创新效率, 进而增强区域产业整体竞争力。从演化逻辑来看, 区域产业集群需经历形成、成长、成熟、升级等阶段, 不同阶段的核心驱动力与发展重点存在差异, 这也为智能工厂的梯度培育提供空间载体与产业基础。在全球化与数字化转型背景下, 区域产业集群理论进一步拓展“地理邻近”的内涵, 融入“数字邻近”维度, 为智能工厂之间的协同联动提供了理论支撑。

1.2 智能工厂梯度培育相关理论

智能工厂梯度培育相关理论以工业4.0理论、智能制造理论、数字孪生理论等为核心支撑, 结合我国制造业数字化转型实际, 由国家工信部和信通院联合研究构建了“基础级-先进级-卓越级-领航级”四阶梯度培育体系, 该体系经过实践检验具备高度合理性与科学性。工业4.0理论强调通过信息物理系统(CPS)实现生产要素

智能化互联, 推动生产模式向个性化定制转型; 智能制造理论聚焦生产过程智能化升级, 涵盖智能装备应用、生产调度优化、质量管控等环节; 数字孪生理论通过物理实体与虚拟模型实时映射, 实现全生命周期可视化管理与精准调控。《智能工厂梯度培育行动实施方案》明确, 该体系的评判依据核心是企业智能化水平, 而非企业规模, 具体标准为: 基础级智能工厂需实现核心数据实时采集与关键工序自动化; 先进级需达成生产经营数据互通与重点场景智能化应用; 卓越级需推动设计生产经营数据集成贯通与多场景系统级智能化; 领航级需实现全流程数智技术深度融合与未来制造模式探索^[1]。

2 区域产业集群中智能工厂梯度培育的现状与挑战

2.1 培育体系日趋完善, 路径清晰化

国家层面构建的智能工厂梯度培育体系已在全国范围内系统推进, 各地结合实际开展差异化实践。例如, 湖南省建立“国家—省—市”三级联动培育机制, 推动中联重科、铁建重工等企业迈向更高梯度; 河北省探索“共享智造”模式, 通过六大共享路径推动集群内资源优化配置。这些实践表明, 梯度培育体系正逐步与地方产业生态深度融合。

2.2 面临的结构性挑战: “四个不平衡”

尽管取得进展, 梯度培育在区域集群中仍面临严峻的结构性挑战, 主要体现在以下“四个不平衡”:(1) 企业发展水平不均: 龙头企业快速迈向卓越级、领航级, 而大量中小企业受限于资金、技术、人才, 滞留在数字化门槛之外。(2) 行业渗透深度不均: 工程机械、电子信息等优势行业智能化进程快, 传统劳动密集型行业进展缓慢。(3) 区域生态布局不均: 创新要素如技术服务商、高端人才、算力基础设施等集中在少数核心区域, 县域集群支撑薄弱。(4) 技术供给能力不均: 高端装备、工业软件、核心算法等领域仍存在对外依赖, 自

主可控的产业生态尚未完全形成。这些不平衡凸显了单纯依靠企业个体梯度攀升的局限性，亟需从集群整体生态视角构建协同创新机制。

3 机制构建：多层次协同创新理论框架

3.1 核心机制：基于“梯度-共享”双轴驱动的企业能力共生机制

该机制是协同创新体系的内核，旨在打通不同梯度企业间的资源与能力壁垒，实现从“点状升级”到“网络共生”的转变。机制包含两个相互关联的坐标轴：纵向梯度牵引轴以国家《智能工厂梯度培育要素条件》为标尺，引导企业明确自身所处“基础—先进—卓越—领航”的阶段性位置与升级目标，为企业提供能力发展的时间维度指引；横向共享协同轴则借鉴“共享智造”模式，构建覆盖制造流程、专业服务与协同创新的多层次资源共享网络，为企业特别是中小企业提供资源获取的空间维度支持。这两个坐标轴并非孤立运行，而是通过“双轴交互”实现深度耦合与价值循环：领军企业在向卓越级、领航级迈进中形成的先进技术、管理范式与数字化平台，可转化为集群的共享资源，通过平台赋能、工序外包等方式向产业链上的中小企业扩散；中小企业则通过共享网络获得赋能，提升自身能力，成为供应链中更可靠、高效的合作伙伴，并通过真实场景反馈驱动解决方案迭代。由此形成“创新引领—平台共享—中小企业提质—生态反哺—再升级”的良性共生循环^[2]。

3.2 支撑机制：多元主体参与的生态化赋能机制

协同创新的有效运行依赖于政府、企业、服务机构、高校及科研院所等多主体共同构建的支撑生态，形成合力赋能的系统环境。政府在其中扮演“织网者”与“赋能者”双重角色：一方面，需将国家梯度培育目标与地方产业集群规划精准对接，制定差异化、分梯次的扶持政策体系，例如对龙头企业支持建设“灯塔工厂”，对中型企业提供数字化诊断服务，对小微企业推行“补贴套餐”降低转型门槛；另一方面，应直接出资或引导建设集群公共服务平台，如共享算力中心、检测实验室、中试基地等，为中小企业提供普惠性创新基础设施。同时，产学研用协同转化机制至关重要，应通过共建实体化“共享实验室”、组建产业创新联合体等方式，推动高校和科研机构的前沿技术在真实产线上快速验证与迭代，形成“研发—应用—反馈—再研发”的闭环。另外，专业化服务商培育与导入机制也不可或缺，各地可借鉴湖南建立“省级服务商名录”与“数字化转型生态供给资源池”的经验，吸引和培育一批深谙行业痛点的解决方案服务商，为不同梯度企业提供精准、高

效的转型服务，从而构建起多层次、全链条的生态赋能网络。

3.3 实现机制：数据驱动的平台化运营与动态演进机制

在数字化时代，协同创新的高效落地与持续优化必须依托于数据驱动的平台化运营与动态演进机制。平台化运营是机制运行的“数字底座”，应构建或依托统一的工业互联网平台、数据资源公共服务平台，整合形成三大核心功能池：一是基础数据池，汇聚并脱敏行业数据，支撑数据分析与决策；二是服务商资源池，汇集各类数字化转型解决方案与专业服务；三是解决方案及产品池，提供可复用的模块化应用。通过该平台，可实现订单协同、产能共享、设备互联、供应链可视化等功能，使“共享智造”的各项路径得以在线化、透明化运行。与此同时，必须建立相应的动态评估与迭代机制，形成与梯度培育相配套的集群智能制造发展水平评估体系。该体系不仅应评价单个工厂的梯度晋级情况，更要评估集群整体的资源共享效率、协同创新成果转化率、生态活跃度等宏观指标，并借鉴河北对共享工厂进行分级管理的经验，推动共享模式从初期的设备与产能共享，逐步演进为“能力共享、服务共享、创新共享”的融合形态，从而确保协同创新机制本身能够随技术与产业需求持续优化、动态升级，形成自适应、可持续的演进能力。

4 推动协同创新机制落地的政策建议

4.1 强化集群层面的顶层设计与差异化政策供给

制定“一集群一策”的精准化智能工厂协同培育计划，明确基础级、先进级、卓越级、领航级各梯度工厂的阶段性培育目标、关键任务与实施路径，避免培育政策“一刀切”。整合财税、金融、土地、人才等多领域政策资源，形成适配集群发展的“政策包”，实现政策供给与企业需求的精准对接。针对领航级、卓越级等领军企业，加大重大科技专项、前沿技术研发补贴等政策倾斜力度，支持其牵头开展原创性技术攻关与未来制造模式探索，鼓励其将先进技术与管理经验转化为集群共享资源。针对基础级、先进级中小企业，重点推行“创新券”补贴制度，对企业使用集群内共享制造设备、数字化服务平台、技术咨询等服务的费用进行定向补贴，降低其智能化转型成本^[3]。同时，建立政策实施动态评估机制，定期结合集群发展成效与企业反馈优化政策内容，确保政策的适配性与实效性，为协同创新机制落地筑牢制度基础。

4.2 重点建设与运营集群级数字化公共服务平台

以政府为牵头主体,联合行业龙头企业、数字化服务机构共同建设集群级工业互联网公共服务平台,明确平台非营利性或微利性定位,保障中小企业能够低成本接入使用。平台核心功能需涵盖普惠性SaaS应用供给,提供适配不同梯度工厂需求的轻量化管理软件、生产调度系统等,降低企业数字化转型的技术门槛;搭建资源共享调度模块,整合集群内闲置的智能装备、生产产能、仓储空间等资源,实现供需精准匹配与高效流转,借鉴河北“共享智造”模式提升资源利用效率;强化数据服务与算力支持,构建集群级基础数据池,提供数据采集、治理、分析等服务,为企业决策与技术创新提供数据支撑。为保障平台可持续运营,政府可通过购买服务、运营补贴、税收减免等方式,弥补平台运营成本缺口;同时建立平台接入激励机制,对主动接入并共享资源的企业给予额外政策优惠,引导集群内企业广泛参与,推动平台成为协同创新的核心载体。

4.3 实施“链主引领、大中小企业融通”专项工程

依托区域产业集群产业链核心地位,遴选技术实力强、带动作用显著的卓越级/领航级企业作为“链主”企业,充分发挥其在技术、资源、管理等方面的优势,推广“格力协同屋”等先进协同模式,构建“链主引领、配套协同”的产业生态。深入开展“供应链数字化穿透”行动,支持链主企业搭建产业链协同平台,推动自身数字化能力向上下游中小企业延伸,实现订单、生产、质量、物流等数据全链条互通共享,提升产业链整体透明度与协同效率。建立“链主+人才”共享机制,鼓励链主企业设立共享人才池,向配套中小企业提供智能化操作、技术研发等方面的人才柔性支持,同时联合中小企业开展定向人才培养,解决集群内人才供需失衡问题。设立专项扶持资金,支持链主企业与中小企业开展联合技术攻关,对产业链协同创新项目给予资金补贴与知识产权保护支持,引导链主企业主动向中小企业开放技术成果与应用场景,形成“大带小、小补大”的融通发展格局,强化产业链协同韧性。

4.4 构建开放联动的技术创新与人才共育网络

支持区域产业集群与高校、科研院所深度合作,共建“智能制造创新中心”“共享实验室”等协同创新载体,将实验室建在产业链上,建立“企业出题、院所解题、政府奖题”的合作模式,聚焦集群内智能工厂梯度培育面临的共性技术瓶颈与关键技术需求开展联合攻关。推行“订单式”人才培养模式,由集群内企业根据岗位需求向高校、职业院校提出人才培养标准,校企共同制定课程体系,开展定向培养,强化实践教学环节,确保人才培养与企业需求精准匹配。定期组织开展“智能制造进集群”“标杆工厂现场会”“技术交流峰会”等活动,邀请行业专家、标杆企业负责人分享先进技术、成功经验与最佳实践,搭建企业间、政企间、校企间的沟通交流桥梁。同时,建立人才激励机制,对集群内引进的高端研发人才、技能型人才给予住房补贴、子女教育优惠等政策支持,鼓励人才在集群内自由流动,促进知识、技术、经验的快速扩散,为协同创新机制落地提供坚实的技术与人才支撑。

结束语

智能工厂梯度培育是锻造制造业核心竞争力的关键举措,区域产业集群则是实现规模效应与生态协同的重要载体。构建以“梯度-共享”双轴驱动为核心、生态化赋能为支撑、平台化运营为实现的协同创新机制,有助于破解转型不均衡难题,推动制造业从“点的突破”迈向“面的提升”。未来需持续深化机制探索、优化政策工具、强化主体协同,激发产业集群的创新活力,为我国式现代化贡献制造力量。

参考文献

- [1]曹剑君,吴碧瑜,李佳仪,等.浙江省与江苏省智能工厂梯度培育经验及对广东省的启示[J].自动化与信息工程,2025,46(5):16-23.
- [2]孙杰贤.构建智能工厂梯度培育体系推动制造业高质量发展[J].中国信息化,2024(11):17-18.
- [3]石菲.构建智能工厂梯度培育体系推动制造业高质量发展[J].中国信息化,2024(11):15-16.