

5G-A 与 AI 融合驱动碳硅共生赋能制造业生产力提升路径研究

吴兴生

(河源市嘉勉财税咨询有限公司, 广东 河源 517000)

[摘要] 在新型工业化推进与AI+时代深度融合的发展背景下传统制造业粗放式生产模式面临生产效率不足、质量管控薄弱、安全风险突出等多重困境, 生产要素配置落后与技术支撑欠缺成为生产力提升的核心制约; 碳硅共生模式以5G-A网络为万物互联底座, 以AI技术为数据价值转化核心通过网络+算力+模型+应用全链条协同实现碳基生产要素与硅基技术体系的深度融合(所谓“碳基生产要素”, 主要指传统经济中的人、土地、机械设备、原材料等实体要素; 而“硅基技术体系”则以数据、算法、算力为核心的数字技术代称。二者的“深度融合”, 即实体产业通过数字化、智能化改造, 实现效率与模式革新的过程。)为制造业灵犀智能体与生产力提升提供系统性解决方案。本文从传统制造业发展痛点切入, 剖析碳硅共生的技术逻辑与核心架构 探究其在研发设计、产执行、质量管控、安全监管、产销协同等环节的生产力赋能路径, 结合典型应用案例验证模式实效, 梳理推广过程中的核心挑战并提出优化建议为碳硅共生模式的落地推广与制造业高质量发展提供理论支撑与实践参考。

[关键词] 碳硅共生; 5G-A; 人工智能; 制造业; 生产力提升; 灵犀智能体

Research on the Pathway of 5G-A and AI Integration Driving Carbon-Silicon Symbiosis to Empower Manufacturing Productivity Enhancement

Xingsheng Wu

Jiamian Finance and Tax Consulting Co., Ltd., Heyuan 517000, Guangdong province, China

Abstract: Under the developmental background of advancing new industrialization and deep integration with the AI+ era, the extensive production mode of traditional manufacturing faces multiple challenges, including insufficient production efficiency, weak quality control, and prominent safety risks. The backward allocation of production factors and the lack of technological support have become core constraints to productivity improvement. The Carbon-Silicon Symbiosis model uses 5G-A networks as the foundation for the Internet of Everything and AI technology as the core for data value transformation. Through the synergistic collaboration of the entire chain encompassing network, computing power, models, and applications, it achieves deep integration between carbon-based production factors and silicon-based technological systems (The term "carbon-based production factors" primarily refers to the physical elements in the traditional economy, such as human labor, land, machinery, equipment, and raw materials; whereas the "silicon-based technological system" denotes digital technologies centered on data, algorithms, and computing power. The "deep integration" refers to the process by which physical industries undergo digital and intelligent transformation to achieve efficiency and model innovation.) This provides a systematic solution for the manufacturing Lingxi Intelligent Agent and productivity enhancement. Starting from the pain points in traditional manufacturing development, this paper analyzes the technical logic and core architecture of Carbon-Silicon Symbiosis, explores its productivity empowerment pathways in stages such as R&D design, production execution, quality control, safety supervision, and production-marketing coordination, verifies the model's effectiveness by combining typical application cases, identifies the core challenges in the promotion process, and proposes optimization suggestions. It aims to provide theoretical support and practical references for the implementation and promotion of the Carbon-Silicon Symbiosis model and the high-quality development of manufacturing.

Keywords: Carbon-Silicon Symbiosis; 5G-A; Artificial Intelligence; Manufacturing; Productivity Enhancement; Lingxi Intelligent Agent

一、引言

全球产业数字化浪潮加速演进，AI技术与新一代通信技术的深度融合推动产业形态持续重构，新型工业化成为我国制造业高质量发展的核心方向。传统制造业作为国民经济的支柱产业，其生产力水平直接决定产业竞争力与经济发展质效，但长期以来依赖的“人力主导+经验驱动”粗放式生产模式，已难以适配当下市场对高效、精准、安全的生产需求，转型升级迫在眉睫。

随着人口结构变化、市场竞争加剧及安全环保要求提升，传统制造业的固有短板日益凸显，生产端人力成本高企与效率瓶颈并存、质量端人工质检精度不足与一致性欠缺、安全端高危工序风险防控被动等问题，严重制约生产力的有效释放。在此背景下，数字化、智能化成为制造业突破困局的必然选择，而5G-A与AI融合驱动的碳硅共生模式，凭借技术协同优势破解制造业“数据不通、算力不足、应用不深”的核心难题，推动生产要素智能重组与生产模式迭代升级，为生产力提升注入全新动能。

本文立足制造业转型需求，系统分析传统制造业生产力制约因素，阐释碳硅共生的技术逻辑与架构体系，深入探究其全流程赋能生产力提升的实现路径，结合实际案例验证模式价值，针对推广挑战提出优化策略，旨在厘清碳硅共生带动生产力提升的内在机制，为制造业借助数智技术实现高质量发展提供切实可行的路径指引^[1]。

二、传统制造业发展困局与生产力制约因素

传统制造业长期深陷“三重枷锁”束缚，生产、质量、安全三大核心环节的短板相互交织，本质上源于生产要素配置方式落后与技术支撑能力不足，直接导致生产力提升陷入瓶颈，具体表现如下：

（一）生产端：人力与设备的双重效率瓶颈

人力成本攀升与效率上限凸显形成生产端首要制约。当前制造业用工成本持续上涨，企业人力投入压力不断加大，但人体生理特性决定人力效率存在不可突破的上限，长时间作业易出现疲劳倦怠，不仅难以提升产出效率，还可能增加操作失误概率。同时，传统制造业设备协同与运维模式滞后，多数企业依赖人工调度安排生产流程，设备运行状态依靠人工巡检维护，缺乏智能化协同管控与预判机制，关键设备突发故障难以提前预警，一旦停机将导致生产线停滞，造成严重经济损失，进一步拉低整体生产效率。

生产环节数据割裂加剧效率损耗，传统制造企业各部门、各工序间形成“信息孤岛”，生产计划制定、设备调度、物料配送等环节缺乏高效联动，导致生产资源配置不合理，产能利用率难以提升。部分机械制造企业仍采用人工统计设备数据、手动调整生产排程的方式，生产计划与实际产能适配性差，要么设备闲置浪费产能，要么订单积压无法按期交付，严重影响生产效率与市场响应速度，成为生产力提升的重要阻碍。

（二）质量端：人工质检的精度与一致性短板

人工质检模式难以满足制造业高质量发展需求，形成质量管控显著短板。传统制造业对产品质量稳定性要求极高，但人工质检依赖检验人员的专业经验与视觉判断，受个人能力、工作状态、主观认知等因素影响较大，不仅检测精度有限，难以识别细微缺陷，还存在检测结果一致性差的问题，相同标准下不同人员检测结果可能存在差异，导致产品质量波动较大，不合格产品流出风险增加。

人工质检还存在效率低、覆盖范围有限的弊端，对于大批量生产的零部件或复杂结构产品，人工检测难以实现全批次、全方位检验，多采用抽样检测方式，难以全面把控产品质量，易出现漏检、误检情况。在高端制造领域，部分产品精度要求达微米级，人工质检根本无法满足检测需求，即便依赖专用检测设备，其操作与维护仍需人工参与，难以实现检测流程高效协同，既增加质量管控成本，又制约质量管控水平提升，间接影响生产力有效释放。

（三）安全端：高危工序的风险不可控难题

高危工序风险防控薄弱成为制造业稳定生产的重大隐患。传统制造业中高温冶炼、化学品加工、高空作业等高危工序占比不低，传统作业模式需大量人工直接参与，人员伤亡风险较高；同时，高危工序的异常信号如温度骤升、气体泄漏、压力超标等依赖人工巡检发现，响应处置时间滞后，易导致安全隐患升级为安全事故，不仅威胁人员生命安全，还会造成生产线长期停工、设备损毁等毁灭性损失，对企业生产力与可持续发展造成严重冲击。

传统安全管控模式缺乏系统性与预判性，多采用“事后补救”的被动方式，难以实现风险提前防控。企业虽制定安全管理制度与操作规范，但人工执行过程中易出现违规操作，且缺乏实时监督机制，无法及时纠正不安全行为；对于设备老化、环境变化等潜在安全风险，缺乏科学预判模型与监测手段，难以提前排查隐患，导致安全风险长期处于不可控状态，成为制约制造业稳定生产与生产力提升的关键因素。

三、碳硅共生的技术逻辑与核心架构

碳硅共生以“碳基生产要素与硅基技术体系深度融合”为核心内涵^[2]，依托5G-A网络构建万物互联物理基础，借助AI技术实现数据价值深度挖掘与转化，通过“网络+算力+模型+应用”全链条协同，推动传统制造业生产模式重构，实现生产力系统性提升，其技术逻辑与核心架构层次清晰、协同紧密，为制造业数灵犀智能体提供全方位支撑。

（一）碳硅共生的技术逻辑：5G-A与AI的双向赋能

5G-A与AI深度融合形成“网络筑基、智能赋能”的双向协同关系^[3]，共同破解制造业灵犀智能体核心难题。5G-A作为增强版5G网络，具备高速数据传输、极低时延、广泛连接的技术特性，能够构建万物互联的网络底座，实现生产设备、环境传感器、产品物料等全要素数据互联互通，解决传统制造业“数据不通”痛点，为AI技术应用提供充足数据支撑。

AI技术尤其是基于大模型的新一代AI系统，承担数据价值转化核心作用，凭借强大的数据分析、模式识别、智能决策能力，挖掘海量互联数据背后的潜在规律与价值，将数据资源转化为生产管控、质量优化、安全防控的实际能力，解决“核心技术瓶颈”问题。5G-A与AI融合实现“数据采集-传输-分析-应用”全流程闭环^[4]：5G-A保障数据传输实时性与完整性，为AI模型训练与推理提供高质量数据输入；AI模型通过数据处理生成智能决策指令，经5G-A网络快速传输至终端设备，实现生产过程精准管控与动态优化，二者协同推动制造业从数据驱动向智能驱动转型。

新一代AI大模型的泛化性突破为碳硅共生规模化应用奠定基础。上一波深度学习热潮中，AI赋能制造业多采用“单点定制”模式，针对特定任务开发专用模型，不同任务需独立构建模型且依赖大量专属数据，开发成本高、应用范围窄，难以适配制造业全流程需求。而当前基于大模型的AI技术通过提示词工程等手段，依托单一模型即可实现多场景、多任务适配，能在设计、生产、质检、销售等多环节替代人工承担重复性、高风险工作，大幅降低AI应用门槛与成本，为碳硅共生广泛落地提供可能。例如DeepSeek-R1等AI大模型已在多家企业落地，通过智能决策辅助推动生产各环节降本增效，验证了新一代AI技术在制造业应用的可行性与高效性。

（二）碳硅共生的核心架构：全链条能力支撑体系

中国移动构建的碳硅共生体系以“网络+算力+模型+应用”为核心架构，形成覆盖技术支撑、能力输出、场景落地的全链条服务体系，精准匹配制造业全流程优化需求，为生产力提升提供全方位保障，各环节相互协同、层层递进，构成完整数智化赋能生态^[5]。

网络层以5G-A为核心，发挥高速传输、低时延、广连接优势，构建制造业专属工业互联网底座，实现生产车间、仓储物流、研发设计、市场终端等全场景设备互联与数据互通。针对不同场景需求提供差异化服务：生产车间实现设备间毫秒级通信，保障生产指令精准同步；远程运维场景实现高清数据传输，支持设备状态实时监控；大规模生产场景实现海量终端同时连接，确保数据采集全面覆盖，为全链条智能应用提供稳定网络支撑。

算力层为AI运行与数据处理提供硬核支撑，依托分布式算力架构整合边缘算力与中心算力资源，实现灵活调度与高效配置。针对设备预测性维护、实时质检等实时性需求高的场景，通过边缘算力实现数据本地处理，降低时延；针对大规模数据训练、复杂仿真计算等场景，通过中心算力提供强大运算能力，保障AI模型快速迭代与精准输出，解决传统制造业算力不足痛点，为AI深度应用提供硬件保障。

模型层以AI大模型为核心，构建适配制造业场景的专属模型体系，通过持续行业数据训练与优化，提升模型在制造领域的适配性与精准度。依托大模型泛化能力实现单一模型多场景应用，降低开发与部署成本，同时结合行业特性定制化优化，确保输出结果符合生产标准与实际需求，为应用层提供核心智能支撑。

应用层通过五大灵犀智能体实现AI能力场景化落地，覆盖制造业研、产、销、服全流程，针对各环节核心痛点提供精准解决方案，形成全流程智能赋能体系^[6]：

1. 灵犀设计仿真智能体：聚焦研发设计环节，提供设计标准解析、AI智能生成、合规审查、基准生成等智能辅助能力，简化设计流程、提升设计精度，降低研发成本与项目周期，解决传统设计效率低、成本高、合规风险大的问题。
2. 灵犀安全监管智能体：专注安全管控环节，具备隐患违规判定、异常信号识别、实时监控预警等能力，通过智能巡检替代人工参与高危场景监控，实现安全隐患提前排查、违规行为及时纠正，提升安全监管效率，降低人工成本与安全风险。
3. 灵犀生产决策智能体：面向生产执行环节，提供跨系统数据统一检索、智能排产、生产状态实时分析等能力，打破数据孤岛，优化生产资源配置，解决生产过程数据管理复杂、排程不合理、产能利用率低的痛点。

4. 灵犀产销协同智能体：聚焦市场销售环节，具备市场智能洞察、智能潜在客户挖掘、产销协同优化、客户智能触达等能力，实现市场需求精准预判、产销匹配动态调整、客户服务精准对接，提升销售转化率与客户满意度，降低库存积压与线索成本。

5. 灵犀设备运管智能体：针对设备管理环节，提供设备检修辅助、运行状态监测、预测性维护等能力，统一检修知识体系，提前预判故障风险，减少设备停机时间，降低运维成本，保障生产流程稳定运行。

该核心架构充分整合网络基础优势与AI智能能力，实现技术与制造场景深度适配，通过全链条协同打破传统制造业各环节发展壁垒，为碳硅共生带动生产力提升构建完善支撑体系。

四、碳硅共生带动制造业生产力提升的实现路径

碳硅共生通过5G-A与AI深度融合，从研发设计、生产执行、质量管控、安全监管、产销协同五大维度赋能制造业全流程，推动生产要素智能重组、生产流程优化升级、管理模式精准高效，实现生产力全方位提升，具体路径如下：

（一）智能研发设计赋能：研发设计的核心在于数字孪生与多物理场仿真技术，实现虚拟验证与优化；降本增效，夯实生产力源头基础。

研发设计作为生产源头环节，其效率与质量直接影响后续生产流程与产品竞争力，碳硅共生通过灵犀设计仿真智能体实现研发设计智能化升级，从源头释放生产力潜力。传统研发设计依赖工程师经验积累，流程繁琐、周期长，易出现设计偏差与合规风险，导致反复修改调整，增加研发成本与时间成本。灵犀设计仿真智能体依托AI大模型的自然语言理解与图形处理能力，实现设计标准智能解析，快速匹配行业规范与技术要求，为设计人员提供精准参考依据；通过AI智能生成功能，基于需求参数自动生成初步设计方案与模型，大幅减少人工绘制与计算工作量；结合AI合规审查能力，实时排查设计方案中的违规项与不合理之处，提前规避合规风险，提升设计方案一次性通过率。此外，AI基准生成功能整合行业优秀设计案例与技术参数，构建标准化设计基准，帮助设计人员快速掌握核心要点，提升设计精度与一致性。

广州某装备制造企业应用该智能体后，设计解析准确率大幅提升，模型准确率达95%，设计成本降低50%，研发周期显著缩短，新产品落地速度提升40%以上，同时设计方案的合规性与精准度改善，减少后续生产环节修改调整，保障生产流程顺畅推进。同时，5G-A网络支撑研发团队跨地域协同设计，实现设计数据实时共享与同步修改，打破空间限制汇聚多方智力资源，提升设计创新能力；AI仿真模拟技术可在虚拟环境中完成设计方案性能测试与优化，无需制作实体原型，降低研发试错成本，加快新技术、新产品研发落地速度，进一步提升研发环节生产力水平。

（二）智能生产执行赋能：生产执行依托物联网数据平台与运筹优化算法，驱动柔性调度；优化配置，释放核心生产效能。

生产执行环节是生产力释放的核心载体，碳硅共生通过5G-A网络与灵犀生产决策智能体、设备运管智能体的协同作用，实现生产流程智能化管控与资源优化配置，突破传统生产效率瓶颈。传统生产执行依赖人工调度与经验运维，生产计划与实际产能适配性差，设备协同效率低，易出现产能浪费或订单积压问题。灵犀生产决策智能体具备跨系统数据统一检索能力，整合生产、设备、物料等多环节数据，通过AI算法实时分析，精准预判生产需求与产能状况，制定最优生产排程方案，实现人力、设备、物料等资源的合理分配，提升产能利用率。

在设备管理方面，灵犀设备运管智能体通过5G-A网络连接生产设备各类传感器，实时采集温度、转速、振动等运行数据，借助AI模型分析设备运行状态，精准识别潜在故障风险，实现预测性维护。当设备出现异常前兆时，智能体及时发出预警并推送检修建议，避免突发故障导致生产线停滞；同时统一设备检修知识体系，规范检修流程，提升检修效率，降低运维成本。5G-A网络的低时延特性保障设备数据传输与指令下发的实时性，确保生产调度指令与设备维护操作快速落地，提升生产流程的连续性与稳定性。此外，AI技术可实现生产过程动态优化，根据实时生产数据调整生产参数、优化操作流程，提升设备运行效率与产品加工精度，减少原材料浪费，进一步提升生产效率。

（三）智能质量管控赋能：质量管控融合机器视觉与统计过程分析，实现闭环质量控制；精准检测，提升质量转化效率。

产品质量是生产力有效转化为市场竞争力的关键，碳硅共生通过AI视觉质检技术与5G-A网络融合，破解传统人工质检短板，实现质量管控精准化与高效化。传统人工质检受主观因素影响大，检测精度与效率有限，难以满足大规模、高精度质量管控需求。基于AI大模型的视觉质检系统，经大量高质量图像

数据训练后，具备精准识别产品细微缺陷的能力，可实现全批次、全方位检测，彻底解决漏检、误检问题。

5G-A网络保障质检数据实时传输与共享，AI质检设备采集的产品图像与检测数据快速传输至后台系统，经AI模型实时分析判断产品质量等级，检测结果即时反馈至生产线，实现不合格产品快速分拣与处理，减少后续返工成本。同时，AI模型对质检数据深度分析，挖掘质量缺陷产生的根源，如设备参数偏差、原材料质量问题等，为生产流程优化提供数据支撑，从源头降低质量缺陷发生率，提升产品质量稳定性。与传统人工质检相比，AI视觉质检不仅检测精度更高、一致性更强，检测效率也大幅提升，能显著减少人工投入，降低质检成本。例如在电子零部件生产领域，AI质检系统每分钟可检测数百件产品，检测精度达99%以上，远超人工水平，避免人工疲劳导致的检测误差，有效保障产品质量，间接提升生产力有效转化率。

（四）智能安全监管赋能：安全监管基于多源感知数据融合与风险建模，进行主动预警；预判防控，保障生产连续性。

安全稳定的生产环境是生产力持续释放的前提，碳硅共生通过灵犀安全监管智能体与5G-A网络协同，构建全方位、智能化安全监管体系，实现安全风险提前防控与及时处置。传统安全监管依赖人工巡检，存在响应滞后、覆盖不全的问题，高危工序安全风险难以有效管控。灵犀安全监管智能体通过5G-A网络连接车间温度、气体、烟雾等各类传感器，实时采集生产环境数据，同时借助AI视觉识别技术监控人员操作行为，及时发现违规操作与异常情况。

AI模型对采集的安全数据实时分析，构建安全风险预判模型，当检测到温度骤升、气体泄漏等异常信号或人员违规操作时，立即发出预警信号并推送处置建议，实现安全隐患早发现、早处置，降低安全事故发生概率。对于高危工序，通过AI技术实现无人化作业，替代人工参与高风险操作，从根本上规避人员安全风险。5G-A网络的广连接特性保障所有安全监测设备稳定联网，低时延特性确保预警信息与处置指令快速传递，提升安全监管的时效性与有效性。通过智能安全监管体系构建，企业安全风险防控能力显著提升，减少安全事故对生产的影响，保障生产线持续稳定运行，为生产力持续释放提供安全保障，同时降低人工监管成本，实现安全管控与生产效率协同提升。

（五）智能产销协同赋能：产销协同则通过需求预测与供应链优化模型，实现全局资源动态协同；精准对接，提升市场转化价值^[7]。

生产力的最终价值体现为市场转化能力，碳硅共生通过灵犀产销协同智能体实现生产与市场需求精准对接，提升产销协同效率，确保生产成果快速转化为经济效益。传统制造业存在产销脱节问题，生产计划基于历史经验制定，难以精准匹配市场动态需求，易出现库存积压或供不应求情况，导致生产力浪费。灵犀产销协同智能体依托AI技术深度分析市场数据，整合市场需求、竞品动态、消费趋势等多维度信息，实现市场智能洞察，精准预判市场需求变化。

基于市场预判结果，智能体联动生产环节调整生产计划，实现产销动态协同，确保生产产品精准匹配市场需求，减少库存积压；同时具备智能潜在客户挖掘能力，通过分析客户数据识别潜在目标客户，制定精准客户触达策略，提升客户转化效率；借助智能客户服务能力，及时响应客户需求，提升客户满意度，增强市场竞争力。安徽某汽车零部件企业应用该智能体后，销售转化率提升20%，客户满意度提升15%，库存积压降低20%，资金周转效率显著提升，同时产销协同效率提升减少产能浪费，生产资源配置更合理，生产效率间接提升12%以上，实现生产效率与市场转化效率双重提升。5G-A网络支持市场数据与生产数据实时共享，确保产销协同决策及时准确，帮助企业快速响应市场变化，提升市场竞争力，实现生产力价值最大化释放。

五、碳硅共生赋能制造业生产力提升的案例验证

碳硅共生模式在多家制造企业落地应用中取得显著成效，通过典型案例成果分析，可直观体现其在生产力提升方面的实际价值，为模式推广提供实践支撑，具体案例如下：

（一）装备制造企业：智能研发设计赋能降本增效

广州某装备制造企业长期面临研发设计周期长、成本高、合规风险大的问题，研发效率低下制约新产品落地速度与企业竞争力提升。该企业引入碳硅共生体系中的灵犀设计仿真智能体，借助其AI智能生成、合规审查、基准生成三大核心能力，对研发设计环节进行智能化升级。智能体通过解析行业设计标准与规范，为设计人员提供精准设计依据；基于产品需求参数自动生成初步设计模型，减少人工绘制工作量；实时对设计方案进行合规审查，提前排查违规项，避免后期修改调整。

应用该智能体后，企业设计解析准确率大幅提升，设计模型准确率达到95%，有效降低设计偏差率；

研发设计周期显著缩短，设计成本降低50%，新产品研发落地速度提升40%以上。同时，设计方案合规性与精准度提升，减少后续生产环节修改调整，提升生产流程顺畅性，从源头实现研发与生产环节效率提升，充分验证碳硅共生在研发设计环节赋能生产力提升的显著效果。

（二）汽车零部件企业：智能产销协同赋能市场转化

安徽某汽车零部件企业存在产销脱节严重、库存积压多、销售转化率低的问题，生产效率难以有效转化为经济效益。企业接入灵犀产销协同智能体，利用其智能潜在客户挖掘、产销协同优化、客户智能触达能力，实现生产与销售精准对接。智能体通过分析市场需求数据与行业趋势，精准预判不同车型零部件市场需求；联动生产环节动态调整生产计划，优化产能配置；通过客户数据分析挖掘潜在客户，制定个性化触达策略，提升客户对接精准度。

实施碳硅共生方案后，企业销售转化率提升20%，客户满意度提升15%，库存积压量降低20%，资金周转效率显著提升。同时，产销协同效率提升减少产能浪费，生产资源配置更合理，生产效率间接提升12%以上，实现生产效率与市场转化效率双重提升，验证碳硅共生在产销协同环节对生产力价值释放的推动作用。

（三）机械加工企业：智能生产与质检赋能效率提升

某大型机械加工企业受限于人工生产调度与质检模式，生产效率低、产品质量波动大，制约企业规模化发展。该企业引入碳硅共生体系，部署5G-A工业网络与灵犀生产决策智能体、AI视觉质检系统。5G-A网络实现生产设备与传感器全面互联，灵犀生产决策智能体整合生产数据制定最优排产方案，实现设备智能调度与预测性维护；AI视觉质检系统替代人工完成零部件全批次检测，提升检测精度与效率。

应用后，企业生产排程准确率提升30%，设备故障率降低25%，生产线停机时间减少30%，生产效率提升28%；产品检测精度提升至99.2%，不合格品率降低40%，质量管控成本降低35%。通过生产与质检环节智能化升级，企业实现生产效率与产品质量同步提升，生产力水平得到系统性增强，充分体现碳硅共生模式对制造业核心生产环节的赋能价值。

上述案例表明，碳硅共生模式通过5G-A与AI技术深度融合，能够精准破解制造业各环节发展痛点，在研发效率提升、生产流程优化、质量管控强化、产销协同升级等方面发挥显著作用，实现生产力全方位提升，具备广泛推广应用价值。

六、碳硅共生模式的推广挑战与优化建议

碳硅共生模式为制造业生产力提升提供有效路径，但推广应用过程中仍面临技术适配、成本控制、人才支撑等多重挑战，需针对性制定优化策略，推动模式持续完善与广泛落地。

（一）推广过程中的核心挑战

一是行业适配性不足。不同制造行业如机械、电子、化工等的生产流程、技术需求差异较大，现有碳硅共生方案虽覆盖全流程，但针对特定行业的定制化优化不足，部分细分场景如高精度化工反应控制（在精细化工的连续流反应工艺中，由于反应物质量微小、反应速度快，对温度、压力的控制要求极为精密。现有通用型工业互联网平台的数据采集频率与控制响应延迟，往往难以适配此类毫秒级的关键工艺环节，导致“硅基”系统无法精准调控“碳基”反应过程，数字化改造陷入“看得见、控不准”的困境）、复杂电子元件研发等的技术适配性有待提升，难以充分满足行业个性化需求。

二是中小制造企业应用成本较高。碳硅共生模式涉及5G-A网络部署、AI设备购置、系统调试等前期投入，对于资金实力有限的中小制造企业而言，前期投入压力较大；同时，系统运维需要专业技术人员，进一步增加企业运营成本，制约中小企业应用积极性。

三是专业人才缺口较大。碳硅共生模式落地应用需要既掌握制造业生产流程，又具备5G-A、AI等新一代信息技术知识的复合型人才，当前这类人才储备不足，企业难以快速组建专业团队负责系统部署、运维与优化，影响技术应用效果与模式推广速度。

四是数据安全风险凸显。5G-A与AI融合实现海量生产数据互联共享，数据涵盖企业生产工艺、客户信息等核心资源，数据传输与存储过程中存在泄露、篡改等安全风险，若缺乏完善安全防护体系，可能导致企业核心利益受损，影响企业对碳硅共生模式的接受度。

（二）模式优化与推广建议

一是加强行业定制化研发。针对不同制造行业特性，开展碳硅共生方案细分场景优化，组建行业专项研发团队，结合行业生产流程与需求，开发专属AI模型与应用模块，提升技术方案行业适配性。例如针对化工行业高危生产场景，强化安全监管智能体的气体泄漏精准识别与应急处置能力；针对电子行业

高精度生产需求，优化AI质检系统的细微缺陷识别能力，满足不同行业个性化需求。

二是构建低成本应用方案。推出适配中小制造企业的轻量化碳硅共生方案，采用模块化部署模式，企业可根据自身需求选择核心应用模块如仅部署设备预测性维护或AI质检系统，降低前期投入成本；搭建共享算力平台，通过算力资源共享降低企业算力使用成本；政府部门出台专项补贴政策，对中小企业应用碳硅共生技术给予资金支持，减轻企业成本压力，推动模式在中小企业广泛落地。

三是强化复合型人才培养。建立校企协同培养机制，高校针对性开设制造业数智化相关专业课程，融合制造业知识与5G-A、AI技术内容，定向培养复合型人才；企业与培训机构合作开展在职人员技能培训，提升现有员工技术素养，使其适应碳硅共生系统运维需求；完善人才激励政策，吸引外部专业人才加入，弥补人才缺口，为模式推广提供人才支撑。

四是完善数据安全防护体系。构建全流程数据安全保障机制，数据采集环节采用加密传输技术，确保数据传输过程安全；数据存储环节搭建安全存储平台，采用多重加密与备份策略，防止数据泄露与丢失；数据应用环节设置访问权限管控，规范数据使用流程；引入AI安全监测技术，实时识别数据安全风险，及时采取处置措施，保障企业数据安全，提升企业对模式应用的信任度。

七、结论与展望

在新型工业化推进与AI+时代到来的双重背景下，传统制造业粗放式生产模式已难以适应发展需求，碳硅共生模式以5G-A网络为基础、AI技术为核心，通过“网络+算力+模型+应用”全链条融合，破解传统制造业生产效率低、质量管控弱、安全风险高、产销脱节等核心痛点，为生产力提升提供系统性解决方案。

本文研究表明，碳硅共生模式通过五大灵犀智能体实现对制造业研、产、销、服全流程的智能赋能，在研发设计环节降低成本、提升创新效率，生产执行环节优化资源配置、提升生产效率，质量管控环节精准检测、提升质量稳定性，安全监管环节预判风险、保障生产连续性，产销协同环节精准对接市场、提升转化效率，通过多维度协同作用实现生产力全方位提升，多个行业实际应用案例也验证了该模式的有效性与可行性。

尽管碳硅共生模式在推广过程中面临行业适配、成本控制、人才短缺、数据安全等挑战，但通过加强定制化研发、构建低成本方案、强化人才培养、完善安全防护等优化措施，能够推动模式持续完善与广泛落地。未来，随着5G-A技术持续升级与AI大模型能力不断提升，碳硅共生模式将实现更深层次技术融合与更广泛场景覆盖，推动传统制造业完成从“碳基”到“硅基”的基因重组，构建高效、智能、安全的现代化生产体系，为制造业高质量发展注入强劲动力，助力我国新型工业化进程加速推进，提升制造业全球竞争力。

后续研究可进一步聚焦碳硅共生模式与绿色制造的融合路径，探究如何通过5G-A与AI技术实现能耗精准管控与环保指标实时监测，推动制造业在提升生产力的同时实现绿色低碳发展，为碳硅共生模式的可持续发展提供更广阔的研究方向。

参考文献：

- [1] 工业和信息化部. 新型工业化发展规划（2024-2029年）[Z]. 2024.
- [2] 陈曦. 人工智能与工业网络融合赋能制造业生产力提升研究[J]. 工业技术创新，2024(6): 45-51.
- [3] 赵阳. 大模型时代制造业AI应用的突破与挑战[J]. 计算机工程与应用，2025，61(4): 123-130.
- [4] 刘敏. 传统制造业智能化转型的痛点与破解路径[J]. 中国工业经济，2024(8): 98-105.
- [5] 中国移动研究院. 5G-A×AI融合技术白皮书[R]. 2025.
- [6] 王浩. 制造业数智化转型中的碳硅共生模式研究[J]. 科技进步与对策，2025，42(5): 78-85.
- [7] 张旭. AI大模型在制造业的应用现状与发展趋势[J]. 智能制造，2025(2): 34-39.