

智能制造关键问题研究

折向前 张 伟 张海龙

宁夏小巨人机床有限公司 宁夏 银川 755000

摘 要: 本文围绕智能制造关键问题展开研究。阐述了智能制造技术体系中智能感知与数据采集、工业互联网与通信技术、孪生与建模技术、人工智能与机器学习应用面临的关键挑战;分析了智能制造系统集成与协同在系统架构、人机协同、供应链协同方面的问题;探讨了智能制造标准与规范涉及的技术标准、安全隐私、评估认证问题;研究了智能制造管理与组织变革中的企业战略、组织架构、创新生态问题;最后展望了智能制造未来技术融合、可持续发展趋势及挑战应对策略。

关键词: 智能制造; 关键问题; 技术体系; 系统集成; 发展趋势

引言: 随着信息技术的迅猛发展,制造业正经历着深刻的变革。智能制造作为这一变革的核心驱动力,通过整合先进的传感技术、物联网、大数据分析、人工智能等手段,实现了生产过程的高度自动化与智能化。然而,在迈向智能制造的过程中,企业面临着诸如多源异构数据融合、跨平台兼容性、人机协同机制等诸多挑战。解决这些问题不仅需要技术创新,还需要管理模式与组织架构的深刻调整。深入研究智能制造的关键问题,探索有效的解决方案,对于推动制造业转型升级具有重要意义。

1 智能制造技术体系的关键问题

1.1 智能感知与数据采集

智能感知与数据采集是智能制造的基础环节,涉及从物理世界中获取信息并将其转化为数字信号的过程。多源异构数据融合是一项重大挑战。在智能制造环境中,来自不同传感器、设备和系统的数据形式多样,包括温度、压力、位置等多种参数。这些数据不仅格式各异,而且来源广泛,如何有效整合这些数据,提取有价值的信息,是一个复杂的问题。需要开发先进的算法和技术,以确保不同类型的数据能够无缝集成,并提供一致性的分析结果。传感器精度与实时性提升需求也是不可忽视的问题。高精度传感器对于准确监测生产过程至关重要,尤其是在精密制造领域。随着制造工艺的不断进步,对传感器的要求也越来越高。实时性也是一个关键指标,因为只有及时获取到最新的状态信息,才能做出迅速反应。为了满足这些需求,一方面需要改进传感器的设计,提高其测量精度;另一方面则要优化数据传输路径,减少延迟,确保信息能够在最短时间内被处理和利用。

1.2 工业互联网与通信技术

低时延、高可靠性的工业网络架构是实现智能制造的前提条件之一。在工业场景中,网络不仅要支持大量设备之间的高效通信,还要保证信息传递的及时性和准确性。传统的网络架构往往难以满足这种要求,因此需要构建专门针对工业环境的新型网络架构。这类架构应具备自适应能力,可以根据实际需求动态调整资源分配,确保在网络负载变化的情况下仍能保持稳定的性能表现。5G/6G在工业场景中的适配性优化同样是一个重要课题。新一代移动通信技术以其高速率、低时延的特点为工业互联网提供了新的可能性。然而,将这些技术应用于具体工业环境中时,还需克服一系列技术难题。例如,如何在复杂的工厂布局中实现信号的有效覆盖,以及如何保证在恶劣环境下网络的稳定性等。还需要探索适合特定应用场景的最佳配置方案,以充分发挥新技术的优势。

1.3 孪生与建模技术

虚拟-物理世界映射的精准度问题是孪生技术面临的核心挑战之一。数字孪生旨在通过建立物理实体的数字化模型来模拟其行为,从而实现预测性维护、故障诊断等功能。要达到高度精确的映射并非易事。这不仅要求对物理对象进行详细的三维建模,还需要考虑各种动态因素的影响。例如,随着时间推移或外界条件变化,物理对象的状态会发生改变,这就需要持续更新数字模型,以保持二者之间的一致性。动态建模与实时反馈机制的设计是另一个关键点。为了使数字孪生真正发挥作用,必须建立起一套完善的动态建模方法,能够根据实际情况快速调整模型参数。与此同时,还需设计高效的实时反馈机制,以便于及时发现并纠正偏差。这意味着需要开发出更加智能的算法,能够在海量数据中迅速识别异常模式,并采取相应措施加以应对。

1.4 人工智能与机器学习应用

在智能制造中,人工智能与机器学习应用面临诸多挑战。小样本学习与工业场景适配性是难题之一,部分工业领域样本收集困难,如何借助有限数据训练有效模型亟待解决。目前,研究人员正探索迁移学习、元学习等小样本学习方法,以寻求适用于工业场景的方案。算法的可解释性与安全性平衡也备受关注。随着人工智能技术广泛应用,人们对算法决策透明度要求提高,在涉及安全和质量的关键领域,了解模型得出结论的方式至关重要。深度学习等先进算法内部运作机制复杂,理解难度大。寻找既具备高性能又能提供充分解释性的算法成为研究热点。还需重视算法安全性,防止恶意攻击者利用漏洞对系统造成破坏,保障智能制造系统的稳定运行,推动人工智能在智能制造领域的有效应用。

2 智能制造系统集成与协同问题

2.1 系统架构与平台设计

模块化与可扩展性架构的构建是智能制造系统集成的重要基础。为了适应快速变化的市场需求和技术进步,智能制造系统需要具备高度的灵活性和可扩展性。模块化设计允许不同功能单元独立开发和部署,便于后续升级和维护。例如,将生产线的不同部分设计成独立模块,可以根据实际需求进行灵活组合,快速调整生产流程^[1]。这种设计不仅提高了系统的适应性,还降低了整体成本。跨平台、跨厂商系统的兼容性挑战也是不容忽视的问题。在现代制造环境中,设备和软件通常来自不同的供应商,这些系统之间往往存在接口不统一、协议不兼容等问题。要实现真正的系统集成,必须解决这些兼容性难题。一种解决方案是采用标准化接口和协议,确保不同系统之间的无缝连接。开放式的工业互联网平台可以提供一个统一的框架,支持多厂商设备的互联互通,从而促进信息共享和协同工作。

2.2 人机协同与智能决策

人类经验与AI决策的融合机制是智能制造中人机协同的核心内容。尽管人工智能技术在数据分析和决策制定方面具有显著优势,但人类的经验和直觉仍然不可替代。如何有效地结合两者的优势,成为提高生产效率和质量的关键。一方面,可以通过增强现实(AR)等技术手段,将AI分析结果以直观的方式呈现给操作人员,帮助其做出更加准确的判断;另一方面,利用机器学习算法不断优化决策模型,并根据实际情况进行动态调整,以更好地适应复杂多变的生​​产环境。动态环境下的人机交互优化是另一个重要课题。随着智能制造系统的智能化程度不断提高,生产过程中的不确定性和复杂性也在

增加。在这种情况下,人机交互的质量直接影响到系统的整体性能。为了提升交互体验,需要开发更加智能的用户界面,使操作人员能够轻松获取所需信息并进行有效控制。还需要建立高效的反馈机制,确保系统能够及时响应操作人员的指令,并根据实时情况作出相应调整。通过不断优化人机交互方式,可以显著提高生产效率和安全性。

2.3 供应链与产业链协同

端到端数据透明化与实时响应是实现供应链与产业链协同的基础。在智能制造背景下,供应链各环节之间的信息流动至关重要。通过建立全面的数据采集和传输网络,可以实现从原材料采购到成品交付的全过程监控,确保每个节点的信息都能被及时获取和处理。这不仅有助于提高供应链的整体透明度,还能为企业的决策提供有力支持。例如,当某个环节出现异常时,系统能够迅速发出警报,并启动应急预案,减少损失。跨企业协作中的利益分配与信任机制是供应链协同面临的另一大挑战。在多企业合作模式下,各方的利益诉求往往不尽相同,如何公平合理地分配收益是一个复杂的问题。由于信息不对称等因素的存在,企业在合作过程中可能会产生信任危机。需要建立一套完善的利益分配机制,确保各方能够在合作中获得应有的回报。同时加强信息共享和沟通,增进彼此了解,也是增强信任的有效途径。例如,利用区块链技术构建去中心化的信任体系,可以确保交易记录的真实性和不可篡改性,降低合作风险。

3 智能制造标准与规范问题

3.1 技术标准体系

在智能制造环境中,数据格式和接口协议的统一化需求显得尤为重要。由于智能制造系统通常由多个子系统组成,每个子系统可能来自不同的供应商,采用不同的技术和标准。为了实现信息的有效流通和共享,必须建立统一的数据格式和接口协议。例如,在工业互联网平台中,所有设备和系统需要遵循一套通用的标准来交换数据,这样才能保证数据的一致性和完整性。通过制定和推广这些标准,可以降低系统集成的复杂度,提高整体效率。边缘计算与云计算的协同标准是另一个重要方面。随着物联网技术的发展,越来越多的智能设备被部署在生产现场,这些设备能够实时采集大量数据。然而,并非所有数据都需要传输到云端进行处理,部分数据分析可以在边缘侧完成,以减少网络延迟并节省带宽资源。如何协调边缘计算与云计算之间的关系,成为一个亟待解决的问题。为此,需要制定一系列标准来明确哪些任务适合在边缘执行,哪些任务更适合在云端处

理,以及如何高效地在这两者之间传递信息。这些标准应涵盖数据传输、存储、处理等多个环节,确保整个系统的平稳运行。

3.2 安全与隐私规范

工业网络安全防护体系构建是智能制造安全的关键环节。随着智能制造系统的智能化程度不断提高,其面临的网络安全威胁也日益增多。为了有效应对这些威胁,必须构建一个多层次、全方位的网络安全防护体系。首先,要加强对网络基础设施的保护,包括防火墙、入侵检测系统等基本设施的部署。其次,要注重身份认证和访问控制机制的建设,确保只有授权用户才能访问敏感信息。还需要定期进行安全审计和漏洞扫描,及时发现并修复潜在的安全隐患。数据全生命周期的隐私保护机制同样不可忽视。在智能制造过程中,涉及大量的敏感信息,如生产工艺参数、客户订单详情等^[2]。如何在数据生成、传输、存储和销毁的各个阶段都确保其安全性,是一个复杂的课题。从数据生成开始,就需要采取加密措施,防止未经授权的访问;在传输过程中,要使用安全的通信协议,确保数据不被截获或篡改;在存储阶段,要实施严格的权限管理,限制对数据的访问范围;最后,在数据不再需要时,应按照规定的方法彻底删除,避免泄露风险。通过建立健全的隐私保护机制,可以有效防范数据泄露事件的发生,保护企业的核心竞争力。

3.3 评估与认证体系

智能制造能力成熟度模型有助于企业了解自身在智能制造转型过程中的位置,并为后续改进提供指导。该模型通常分为多个等级,从初级到高级逐步递进,涵盖了从基础信息化建设到全面智能化改造的各个方面。企业可以根据自身实际情况,对照相应等级的要求,找出差距并制定改进计划。这不仅帮助企业明确了发展方向,也为政府和行业协会提供了评价依据,便于开展针对性的支持和服务工作。系统可靠性与稳定性评估指标是衡量智能制造系统性能的重要标准。智能制造系统通常由众多子系统构成,任何一个环节出现问题都可能导致整个系统的瘫痪。因此,建立科学合理的评估指标体系至关重要。这些指标应覆盖硬件设备、软件应用、网络连接等多个层面,具体包括但不限于设备故障率、系统响应时间、网络带宽利用率等。通过对这些指标的持续监测和分析,可以及时发现潜在问题,提前采取预防措施,确保系统的稳定运行。

4 智能制造管理与组织变革问题

4.1 企业战略与转型路径

智能制造与企业核心竞争力的关联性是企业制定战略时必须考虑的重要因素。智能制造通过提高生产效率、优化资源配置、增强产品和服务的质量,直接提升了企业的市场竞争力。例如,利用先进的数据分析技术可以实现精准预测市场需求,从而更好地调整生产和库存策略;通过自动化生产线可以大幅减少人工成本并提高生产精度。智能制造不仅是技术上的升级,更是企业提升核心竞争力的关键手段。渐进式与颠覆式转型模式的权衡是企业在实施智能制造过程中面临的一个重要决策。渐进式转型指的是逐步引入新技术和新流程,在现有基础上进行改进和优化。这种方式风险较低,容易被员工接受,但可能无法彻底解决深层次的问题。相反,颠覆式转型则意味着对现有业务模式进行全面重构,往往涉及重大投资和技术突破。虽然这种模式具有较高的风险,但它能够带来根本性的改变,使企业在短时间内实现质的飞跃。企业在选择转型路径时需要综合考虑自身资源、市场环境和竞争态势等因素,找到最适合自己的发展路径。

4.2 组织架构与人才需求

跨职能团队与敏捷组织的构建对于推动智能制造至关重要。传统的企业组织架构通常按照职能部门划分,各部门之间存在明显的界限,信息流通不畅,难以快速响应市场变化。而在智能制造环境下,企业需要更加灵活、敏捷的组织形式来支持快速迭代和创新。跨职能团队由来自不同部门的专业人员组成,他们共同参与项目开发和执行,打破了部门壁垒,促进了知识共享和协作。敏捷组织则强调灵活性和适应性,鼓励员工自主决策,以更快的速度应对市场变化。通过建立这样的组织架构,企业可以更高效地推进智能制造项目,提升整体运营效率。复合型人才(技术+管理)的培养体系是确保智能制造成功实施的关键。智能制造不仅要求技术人员掌握最新的信息技术和工程技能,还需要具备一定的管理和沟通能力,以便在复杂的项目环境中有效协调各方资源。管理人员也需要了解基本的技术原理,才能做出科学合理的决策。企业应注重培养既懂技术又擅长管理的复合型人才。一方面,可以通过内部培训和外部进修相结合的方式,提升现有员工的知识水平;另一方面,还可以通过招聘引进具有相关背景的专业人才。建立良好的激励机制,激发员工的学习热情 and 创新能力,也是人才培养的重要环节。

4.3 创新生态与商业模式

开放式创新平台的构建有助于整合内外部资源,加速技术创新和应用。在智能制造时代,单靠企业内部的

研发力量难以满足日益增长的技术需求。通过建立开放式创新平台,企业可以与高校、科研机构以及其他企业开展广泛合作,共同攻克技术难题,分享研究成果。这种合作模式不仅可以降低研发成本,还能促进知识流动和技术扩散,形成良性循环。开放式创新平台还为企业提供了更多的商业机会,如联合开发新产品、拓展新市场等。通过这种方式,企业能够在激烈的市场竞争中占据有利位置^[3]。从产品制造向服务型制造的转型是制造业未来发展的重要趋势之一。传统的产品制造模式主要关注产品的设计、生产和销售,而服务型制造则强调为客户提供全方位的服务解决方案。例如,在工业设备领域,企业除了提供高质量的产品外,还可以为客户提供设备维护、远程监控、故障诊断等一系列增值服务。这种转变不仅增加了客户粘性,还为企业开辟了新的收入来源。为了实现这一转型,企业需要重新思考其业务模式,加大对服务领域的投入,培养专业的服务团队,借助物联网、大数据等新兴技术提升服务水平。还需加强与客户的互动,深入了解客户需求,提供个性化的服务体验。

5 智能制造未来发展趋势与挑战应对

5.1 技术融合与创新趋势

智能制造技术体系正处于持续演进过程中,多技术融合创新成为重要发展方向。数字孪生与人工智能的深度融合将催生更智能的生产决策系统,通过建立动态更新的数字模型实现生产过程的实时优化。这种融合不仅需要突破现有建模技术的局限性,还需开发适用于工业场景的混合智能算法,使物理实体与数字模型之间形成双向反馈机制。在工业机器人领域,5G通信技术与协作机器人的结合将重塑人机协作模式,实现更灵活的生产线布局 and 更高效的作业协同。随着边缘计算能力的提升,越来越多的智能终端将具备本地决策能力,形成分布式智能网络,降低对云端资源的依赖。量子计算技术的潜在应用为智能制造带来新的可能性。尽管目前量子计算仍处于发展初期,但在优化算法、材料模拟等方面的独特优势,可能为智能制造中的复杂问题求解提供突破性方案。例如,在供应链优化中,量子计算能够处理

传统计算机难以应对的大规模组合优化问题,实现更高效的资源配置。生物计算与智能制造的交叉研究也展现出潜在价值,通过模拟生物系统的自适应特性,开发具有自组织能力的制造系统,提升生产过程的鲁棒性。

5.2 可持续发展挑战应对

绿色制造与智能制造的协同发展是必须面对的重要课题。智能制造系统需要集成能源管理、环境监测等功能模块,实现生产全过程的能耗优化。通过数字孪生技术模拟不同生产方案的环境影响,结合人工智能算法进行多目标优化,可以在保证生产效率的同时降低碳排放。在材料循环利用方面,智能制造技术可支撑产品全生命周期管理,实现从设计阶段就考虑回收再利用的可能性,推动制造业向循环经济模式转型。智能制造系统自身的资源消耗问题不容忽视。随着工业物联网设备数量的指数级增长,海量数据的存储和处理需要消耗大量能源。开发低功耗传感器、高效能计算芯片以及绿色数据中心技术成为必要举措。在软件层面,需要研究面向节能优化的智能调度算法,在保证系统性能的前提下降低能源消耗。

结束语

智能制造作为制造业未来发展方向,虽前景广阔,但发展之路充满挑战。本文从技术、系统、标准、管理等多方面对智能制造关键问题进行了深入剖析,并探讨了未来发展趋势与挑战应对。智能制造的发展需要技术突破、标准完善、管理创新等多方面协同推进。相信随着研究的不断深入和实践的持续探索,智能制造将不断克服困难,实现更高水平的发展,为制造业的转型升级和可持续发展注入强大动力,推动全球制造业迈向新的高度。

参考文献

- [1]杜伯阳.智能制造和大数据挖掘在农业机械设计中的应用[J].农机化研究,2022(3):190-193.
- [2]沈晓辉.关于智能制造时代机械设计技术的几点思考[J].中国设备工程,2021(12):19-20.
- [3]单祖辉.人工智能在机械设计制造行业的应用[J].内燃机工程,2022,43(4):110-111.