

铁路轨道交通制造业数字化转型趋势与展望

张博涵

安阳钢铁股份有限公司运输作业部 河南 安阳 455000

摘要: 铁路轨道交通制造业作为国家战略性新兴产业,地位重要。当前全球产业成熟,我国面临市场竞争、新趋势等挑战,数字化转型成必然。目前在设计、生产、管理环节数字化成果显著。未来将呈现智能化生产制造、产品全生命周期数字化管理、供应链数字化协同等趋势,但也面临技术难题、人才短缺、资金投入压力等挑战。为此,企业需加强技术研发创新、培养引进人才、优化资金支持管理,以推动行业可持续发展。

关键词: 铁路轨道交通;制造业;数字化转型

1 铁路轨道交通制造业数字化转型现状

1.1 行业发展概述

铁路轨道交通制造业作为国家战略性新兴产业的重要组成部分,在国民经济中占据着举足轻重的地位。它不仅关乎国家的交通运输效率和安全,还对推动产业升级、促进区域经济发展具有深远影响。从全球范围来看,铁路轨道交通制造业经历了多年的发展,已经形成了较为成熟的产业体系。欧美等发达国家凭借其先进的技术和丰富的经验,在高端装备制造、信号系统、运营管理等领域占据领先地位。然而,我国铁路轨道交通制造业在快速发展的同时,也面临着一些挑战。一方面,随着市场竞争的加剧,客户对产品的质量、性能、交付周期等提出了更高的要求;另一方面,行业面临着节能减排、智能化发展等新趋势,传统制造模式难以满足这些需求。因此,数字化转型成为铁路轨道交通制造业实现可持续发展的必然选择。

1.2.1 设计环节数字化

在设计环节,数字化技术应用成果斐然。传统铁路轨道交通产品设计靠手工绘图与经验,周期长、效率低,准确性与优化性难保障。数字化设计技术如CAD、CAE的引入改变了这一状况。CAD技术让设计师能在计算机进行三维建模,直观呈现产品外观结构,便于修改优化方案,且与数据管理系统集成,实现设计数据共享与协同设计,提高团队效率^[1]。我国中车在动车组设计中广泛应用CAD,在虚拟环境精细设计外观、内饰、车厢布局等,大幅缩短设计周期。CAE技术用于模拟分析产品性能,像结构强度、流体动力学、热分析等,设计师能在设计阶段发现并解决问题,避免后期重大变更,降低研发成本与风险,如高铁车轴设计利用CAE精确计算应力应变,确保设计达标。

1.2.2 生产环节数字化

生产环节数字化是铁路轨道交通制造业转型核心之一。众多企业引入数控机床、工业机器人、自动化生产线等先进数字化制造技术,实现生产自动化与智能化。数控机床具备高精度、高效率、高柔性特点,能按编程指令自动加工零部件。在铁路轨道交通装备制造中,广泛用于车轴、车轮等关键零部件加工,提高加工精度与质量稳定性,如某企业用数控机床加工高铁车轴,尺寸精度达微米级,表面粗糙度达Ra0.8以下。工业机器人在焊接、装配等环节作用重大,焊接时能实现高精度作业,适应复杂焊缝。动车组车体焊接中应用工业机器人,提高效率与质量,增强车体结构强度和安全性。自动化生产线集成多种设备,实现零部件自动加工、装配和运输,减少人工干预,如中国中车动车组总装自动化生产线,缩短生产周期,保障产品质量。

1.2.3 管理环节数字化

管理环节数字化对提升铁路轨道交通制造企业运营效率与决策水平至关重要。目前企业普遍引入ERP、MES、PDM等信息化管理系统,实现资源优化配置与生产精细化管理。ERP系统整合企业财务、采购等各业务环节,实现信息共享与协同运作。企业借此能实时掌握运营状况,合理安排生产计划,优化库存管理,降低运营成本。如某企业实施ERP系统后,采购订单自动生成跟踪,采购周期缩短30%,库存周转率提高20%。MES系统专注生产现场管理,实现生产计划执行、过程监控等功能。企业可实时了解生产进度等信息,及时调整问题,保证生产任务完成。动车组生产中,MES系统采集工序数据,支持生产调度与质量追溯。PDM系统管理产品全生命周期数据,实现安全存储、共享与版本控制,方便人员协同工作,如中国中车建立的PDM系统,实现全球研发中心数据共享与协同设计,提高研发效率与质量。

2 铁路轨道交通制造业数字化转型趋势

2.1 智能化生产制造

随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展,智能化生产制造将成为铁路轨道交通制造业数字化转型的重要趋势。智能化生产制造将实现生产设备的自主感知、自主决策和自主执行,提高生产过程的柔性和适应性。在生产设备方面,将越来越多地应用智能传感器和物联网技术,实现对设备运行状态的实时监测和数据分析。通过对设备运行数据的分析,能够提前预测设备故障,实现预防性维护,减少设备停机时间,提高设备利用率^[2]。在生产过程中,人工智能技术将得到广泛应用。通过机器学习算法对生产数据进行分析 and 挖掘,能够优化生产参数,提高生产效率和产品质量。例如,利用机器学习算法对焊接工艺参数进行优化,能够提高焊接质量,减少焊接缺陷。同时智能机器人将在生产过程中发挥更加重要的作用,实现更加复杂的操作任务,如自主装配、智能检测等。

2.2 产品全生命周期数字化管理

产品全生命周期数字化管理是指从产品的设计、研发、生产、销售、使用到报废回收的整个过程中,实现数字化管理和协同运作。通过产品全生命周期数字化管理,企业能够实时掌握产品的状态和信息,为客户提供更加优质的服务,同时实现产品的优化升级和可持续发展。在设计阶段,利用数字化设计技术和仿真分析技术,实现产品的快速设计和优化。在生产阶段,通过数字化制造技术和信息化管理系统,实现生产过程的精细化和智能化管理。在销售和使用阶段,利用物联网技术实现对产品的远程监测和故障诊断,及时为客户提供维修和服务。例如,在高铁运营过程中,通过在列车上安装大量的传感器,实时采集列车的运行状态数据,如速度、温度、压力等,并将数据传输到地面监控中心。地面监控中心通过对数据的分析,能够及时发现列车存在的故障隐患,提前安排维修计划,确保列车的安全运行。在产品报废回收阶段,利用数字化技术实现产品的可追溯性和资源回收利用。通过对产品全生命周期数据的记录和分析,能够了解产品的材料组成和使用情况,为产品的回收和再利用提供依据。例如,对退役的高铁车辆进行拆解和回收时,可以根据数字化记录的信息,对有价值的材料进行分类回收和再利用,降低资源浪费和环境污染。

2.3 供应链数字化协同

供应链数字化协同是指通过数字化技术实现供应链上各个环节的信息共享和协同运作,提高供应链的响应速度和灵活性。在铁路轨道交通制造业中,供应链涉

及众多的供应商、制造商和客户,供应链的效率和稳定性直接影响到企业的生产和运营。通过建立供应链数字化协同平台,实现供应商、制造商和客户之间的信息实时共享。供应商能够及时了解制造商的生产需求和库存情况,合理安排生产和供货计划;制造商能够实时掌握供应商的供货进度和质量情况,及时调整生产计划;客户能够实时了解产品的生产和交付进度,提高客户满意度。例如,中国中车建立的供应链协同平台,实现了与全球范围内供应商的信息共享和协同运作,供应商可以通过平台实时查看订单状态、生产进度等信息,提前安排生产和发货,大大缩短了供货周期。同时,利用大数据和人工智能技术对供应链数据进行分析 and 预测,优化供应链的库存管理和物流配送。通过对历史销售数据、生产数据、市场趋势数据等的分析,能够准确预测产品的需求,合理安排库存水平,降低库存成本。例如,利用大数据分析技术对高铁零部件的需求进行预测,根据预测结果合理安排零部件的采购和生产,避免了库存积压和缺货现象的发生。

3 铁路轨道交通制造业数字化转型挑战

3.1 技术难题

铁路轨道交通制造业数字化转型涉及到多种先进技术的集成应用,如人工智能、大数据、物联网、工业互联网等。这些技术尚处于发展阶段,还存在一些技术难题需要解决。在数据采集和传输方面,铁路轨道交通装备运行环境复杂,对数据采集设备的可靠性和稳定性要求较高。同时大量的数据传输需要高速、稳定的网络支持,目前网络带宽和传输速度还不能完全满足需求^[3]。例如,在高铁列车上采集大量的运行状态数据,需要解决数据采集设备在高速运行、强电磁干扰环境下的可靠性和稳定性问题,同时需要建设高速、稳定的无线通信网络,确保数据能够及时、准确地传输到地面监控中心。在数据分析和处理方面,铁路轨道交通制造业产生的数据量巨大,且数据类型复杂多样。如何从海量的数据中提取有价值的信息,实现数据的深度分析和挖掘,是目前面临的一大挑战。例如,对高铁列车的运行状态数据进行分析,需要建立复杂的数学模型和算法,对数据进行实时处理和分析,及时发现潜在的故障隐患。

3.2 人才短缺

数字化转型需要既懂铁路轨道交通制造业务又懂数字化技术的复合型人才。然而,目前这类人才非常短缺,成为制约铁路轨道交通制造业数字化转型的重要因素。一方面,高校和职业院校在相关专业设置和人才培养方面还不能完全满足市场需求。铁路轨道交通制造专

业和数字化技术专业的课程设置相对独立,缺乏跨学科的融合,培养出的学生难以具备复合型知识和技能。另一方面,企业内部对员工的数字化培训还不够重视,培训内容和方式不能满足数字化转型的需求。许多企业员工对数字化技术的了解和应用能力有限,难以适应数字化转型的要求。

3.3 资金投入压力

数字化转型需要大量的资金投入,包括技术研发、设备更新、系统建设、人才培养等方面。对于铁路轨道交通制造企业来说,资金投入压力较大。在技术研发方面,企业需要投入大量资金进行数字化技术的研发和创新,以提高自身的核心竞争力。然而,数字化技术研发具有周期长、风险高的特点,企业往往需要承担较大的研发风险。在设备更新方面,企业需要引进先进的数字化制造设备,如数控机床、工业机器人、自动化生产线等,这些设备价格昂贵,企业需要投入大量资金进行购置和更新。在系统建设方面,企业需要建设各种信息化管理系统,如ERP、MES、PDM等,以及供应链数字化协同平台等,系统建设和维护也需要大量的资金投入。

4 铁路轨道交通制造业数字化转型策略

4.1 加强技术研发与创新

企业应加大在数字化技术研发方面的投入,建立产学研用相结合的技术创新体系。与高校、科研机构合作,共同开展数字化技术的研究和开发,攻克关键技术难题。例如,企业可以与高校合作建立联合实验室,开展人工智能、大数据、物联网等技术在铁路轨道交通制造业的应用研究,加速技术成果的转化和应用。同时,企业应鼓励员工进行技术创新,建立创新激励机制。对在数字化技术研发和创新方面取得突出成绩的员工给予奖励,激发员工的创新积极性和创造力。例如,设立技术创新奖励基金,对提出创新性数字化解决方案或取得数字化技术专利的员工进行表彰和奖励。

4.2 人才培养与引进

高校和职业院校应优化专业设置,加强铁路轨道交通制造专业和数字化技术专业的融合,培养复合型人才。开设跨学科的课程,如铁路轨道交通数字化制造、智能制造技术等,让学生具备铁路轨道交通制造业务和数字化技术的双重知识和技能。企业应加强内部员工的

数字化培训,制定系统的培训计划。根据员工的岗位需求和数字化技能水平,开展有针对性的培训课程,如数字化设计培训、数字化制造培训、信息化管理系统操作培训等^[4]。企业应积极引进外部数字化人才,尤其是具有丰富数字化技术经验和铁路轨道交通制造行业背景的复合型人才。通过提供优厚的薪酬待遇和良好的职业发展空间,吸引优秀人才加入企业。

4.3 优化资金支持与管理

企业应合理安排资金,优化资金投入结构。在保证企业正常生产经营的前提下,加大对数字化转型的资金投入。制定详细的数字化转型资金预算计划,明确资金投入的方向和重点,确保资金的有效使用。同时企业应积极拓展融资渠道,争取政府资金支持、银行贷款、风险投资等。政府可以出台相关政策,对铁路轨道交通制造业数字化转型项目给予资金补贴和税收优惠,鼓励企业加大数字化转型投入。企业还可以与金融机构合作,开展融资租赁等业务,缓解资金压力。例如,通过融资租赁的方式引进先进的数字化制造设备,减轻企业一次性资金投入的压力。

结束语

铁路轨道交通制造业数字化转型意义重大且势在必行。尽管当前在各环节已取得一定成果,但面对未来趋势,技术、人才、资金等挑战仍不容忽视。企业唯有积极应对,通过加强技术研发、重视人才培养与引进、优化资金管理等策略,才能突破困境,实现智能化生产、全生命周期管理及供应链协同,提升竞争力,在数字化浪潮中稳健前行,为国家交通事业和经济发展贡献更大力量。

参考文献

- [1]汪小勇.城市数字化转型给轨道交通带来的机遇和挑战[J].城市轨道交通研究,2021,24(4):8,121.
- [2]张斌,韩继生,朱超杰.轨道交通装备制造业数字化转型中存在的问题及应对策略[J].华东科技,2022(7):143-145.
- [3]杨敏杰.铁路轨道交通制造业数字化转型趋势与展望[J].科技创新与应用,2024,14(1):18-21.
- [4]李海博.城市轨道交通“数字化转型”的若干思考[J].城市轨道交通,2021(10):26-28.