

智能制造背景下机电一体化设备节能改造探析

杜成刚 132335198003253075

敬业集团

摘要：智能制造技术的快速普及为制造业转型升级提供了核心动力，也对工业生产环节的能效管理提出了更高要求。机电一体化设备作为制造生产的核心载体，其长期运行过程中存在能效水平偏低、能耗浪费严重等问题，已经成为制约制造企业绿色发展的关键瓶颈。本文以智能制造背景为基础，梳理了机电一体化设备节能改造的核心逻辑与现实价值，分析当前改造过程中存在的技术与管理层面问题，从智能管控体系搭建、核心部件升级、能耗动态监测等维度提出针对性改造路径，为制造企业开展机电设备节能改造、实现降本增效与绿色转型提供参考。

关键词：智能制造；机电一体化；节能改造；绿色制造

一、智能制造背景下机电一体化设备节能改造的现实意义

智能制造是新一代信息技术与先进制造技术深度融合的新型生产模式，其核心特征是通过感知、决策、执行、反馈的闭环系统实现生产过程的自动化、智能化管控，在提升生产效率、保证产品精度的同时，也为工业节能降耗提供了技术支撑。机电一体化设备融合了机械技术、电子技术、控制技术等多领域技术成果，是当前离散制造与流程制造领域应用最广泛的生产设备，其能效水平直接决定了制造企业整体能耗规模与碳排放强度。

长期以来，我国大量制造企业尤其是中小制造企业存在机电设备服役时间过长、控制模式老旧、核心部件磨损严重等问题，不仅设备运行精度难以满足智能制造生产要求，还存在较为突出的空载运行、负荷不匹配等能耗浪费现象。数据显示，我国工业领域机电设备平均能效水平比国际先进水平低 15%—20%，老旧机电一体化设备的能耗浪费占总能耗的比例超过 12%，节能改造空间十分可观。在双碳目标与智能制造转型的双重背景下，开展机电一体化设备节能改造，一方面能够直接降低企业生产能耗成本，提升产品市场竞争力；另一方面也符合国家绿色制造发展要求，帮助企业应对碳减排监管压力，同时也能借助智能化改造升级提升设备运行稳定性与生产精度，为企业全面实现智能制造转型奠定设备基础。

二、当前机电一体化设备节能改造存在的主要问题

尽管智能制造技术为节能改造提供了技术支撑，但当前多数制造企业在机电一体化设备节能改造过程中仍面临多重障碍。首先是改造理念存在偏差，部分企业将节能改造等同于核心设备整体更换，忽视了对现有服役设备的模块化升级改造，导致改造成本过高，不少中小企业难以承担一次性投入，进而放弃改造计划。实际上，多数机电一体化设备的能耗浪费主要源于控制模块、传动部件等局部环节的老化或技术落后，整体设备机械结构仍可满足生产需求，整体更换不仅大幅提升改造成本，还会产生大量工业固废，不符合循环经济理念。

其次，智能化能耗管控体系缺失。不少企业完成设备部件升级后，仍沿用传统人工管控模式，没有搭建基于物联网的能耗动态监测与智能调控系统，难以根据生产负荷实时调整设备运行参数，导致升级后的节能潜力无法充分发挥。部分企业虽然引入了监测系统，但由于不同品牌、不同年代设备的通信协议不统一，数据互联互通存在障碍，形成能耗数据孤岛，无法实现全局层面的能效优化。

最后，专业技术与人才储备不足。机电一体化设备节能改造涉及机械工程、自动控制、物联网技术等多个领域，对改造方案设计与施工团队的专业能力要求较高，部分本地改造服务商缺乏智能制造技术整合能力，无法提供系统性的改造方案，仅能完成局部部件更换，改造后节能效果达不到预期目标。同时，企业内部也缺乏具备设备智能管控能力的运维人才，改造后设备长期运维管理不到位，导致节能效果随着设备运行逐渐衰减。

三、智能制造背景下机电一体化设备节能改造的实施路径

第一，开展设备能耗诊断，制定模块化改造方案。在改造前，应依托智能制造监测技术对现有机电一体化设备开展全运行周期的能耗检测，精准定位能耗浪费的核心环节，区分机械结构、控制模块、传动系统等不同环节的能效问题，在此基础上制定模块化升级方案，避免不必要的整体更换。例如针对老旧机床设备，可对伺服驱动系统、数控控制模块进行智能化升级，保留原有合格的机械床身结构，改造成本仅为整体更换的 30%—40%，就能实现 10%—15%的能效提升。对于负荷波动较大的输送类机电一体化设备，可通过加装变频控制模块替换原有定频控制装置，根据输送负载动态调整电机输出功率，解决空载、轻载状态下的能耗浪费问题，实践证明这类改造的投资回收期通常不超过两年，经济效益十分显著。

第二，搭建智能能耗监测与管控系统，实现动态能效优化。依托物联网、大数据技术，为改造后的机电一体化设备加装能耗传感节点，实时采集设备的电压、

电流、功率、运行温度等参数，搭建统一的设备能耗管理平台，实现所有机电设备能耗数据的互联互通与集中分析。通过大数据分析模型识别设备运行过程中的不合理能耗工况，自动生成参数调整方案，由控制系统自动完成调控，实现生产过程中能效的动态优化。例如针对多台并联运行的机电设备，智能管控系统可根据总生产负荷自动调整运行设备数量，避免多台设备低负荷运行带来的能效损失，进一步挖掘节能潜力。

第三，升级核心节能部件，提升设备本身能效水平。针对机电一体化设备中能耗占比最高的动力部件，优先选择符合国家一级能效标准的高效电机、液压泵等部件替换原有低效部件，从源头降低设备能耗。同时可依托智能制造技术对传动机构进行优化，例如采用永磁同步电机替换传统异步电机，能效可提升 10% 以上；对润滑系统加装智能润滑装置，根据设备运行状态自动调整润滑油供给量，不仅能降低传动过程中的摩擦损耗，还能延长部件使用寿命，降低运维成本。对于存在余热排放的机电设备，可加装余热回收装置，将设备运行过程中产生的多余热量回收用于车间供暖或生产辅助环节，进一步提升能源利用效率。

第四，完善改造后运维管理体系，强化人才培养。企业应建立机电一体化设备能效定期评估机制，依托智能管控平台长期跟踪设备节能效果，及时发现因部件磨损、参数偏移带来的能效衰减问题，提前开展维护保养，保证节能效果长期稳定。同时要加强对运维人员的专业培训，提升其对智能化节能设备的操作与管控能力，掌握智能能耗平台的使用方法，能够及时处理设备运行过程中的异常问题，保障节能改造效益最大化。

四、结语

在智能制造与双碳目标的双重背景下，机电一体化设备节能改造是制造企业实现绿色转型与降本增效的核心抓手，相较于整体设备更换，依托智能制造技术开展模块化、智能化改造，能够在控制改造成本的前提下充分挖掘设备节能潜力，适配不同规模制造企业的改造需求。制造企业应转变改造理念，以精准能耗诊断为基础，从模块化升级、智能管控搭建、核心部件更新等多维度推进改造工作，同时完善长效运维管理体系，保障节能效果稳定发挥，最终实现企业经济效益与环境效益的双赢。

参考文献

- [1] 张曙. 智能制造与节能降耗[J]. 机械设计与制造工程, 2021, 50(01): 1-5.
- [2] 王健, 李刚. 工业机电设备节能改造技术应用与实践[J]. 中国机械工程,

2020, 31(12): 1452-1458.

[3] 刘宗巍, 赵赫, 赵万华. 双碳目标下制造业绿色转型路径探析[J]. 中国工程科学, 2022, 24(03): 12-20.