

机电一体化系统设计与优化策略探讨

林业才 220882198407290712

摘要

机电一体化是融合机械技术、电子技术、控制技术与信息技术的交叉学科，在现代工业生产中发挥着核心作用。本文首先阐述机电一体化系统的基本构成与设计原则，分析当前机电一体化系统中存在的集成度不足、兼容性较差、能耗偏高等常见问题，进而从模块化设计、智能化控制、能耗优化、可靠性提升四个维度提出系统优化策略，最后结合工业应用场景探讨优化策略的实践价值，为机电一体化系统的设计升级提供参考。

关键词：机电一体化；系统设计；优化策略；工业自动化

一、机电一体化系统的基本构成与设计原则

机电一体化系统并非机械结构与电子元件的简单拼接，而是多技术领域深度融合形成的有机整体，其核心构成可分为五个功能模块：第一是机械本体模块，作为系统的物理基础，承担支撑、执行动作的核心功能，直接决定系统的运动范围与承载能力；第二是信息检测与传感模块，通过各类传感器采集系统运行过程中的位置、速度、温度、压力等参数，为控制模块提供决策依据，是实现闭环控制的关键；第三是控制与信息处理模块，相当于系统的“大脑”，对接收到的传感信息进行运算处理，输出控制指令调节执行机构的动作，当前该模块已经逐步从传统的单片机控制向嵌入式工控系统、工业 PLC 方向升级；第四是执行驱动模块，根据控制指令完成具体的机械动作，常见的执行元件包括伺服电机、液压缸、气动缸等，其性能直接影响系统的响应速度与控制精度；第五是动力供给模块，为整个系统提供能源支持，保障各模块稳定运行。

机电一体化系统的设计需要遵循三项核心原则：首先是功能完整性原则，设计过程必须围绕系统需要实现的核心目标展开，确保每一个功能模块都能够满足预设的性能指标，避免出现功能冗余或功能缺失的问题；其次是集成优化原则，需要统筹考虑机械结构、电子元件、控制算法之间的匹配性，尽可能压缩系统体积、降低装配复杂度，提升系统的整体集成度；最后是可靠性与可维护性原则，设计阶段需要提前考虑工业场景的复杂环境因素，预留足够的性能冗余与故障诊断接口，方便后续的维护与升级。

二、当前机电一体化系统设计存在的常见问题

随着工业自动化水平的不断提升，传统机电一体化系统设计方案逐渐暴露出诸多不足，主要体现在四个方面：第一，系统集成度不足，部分早期设计的机电一体化系统仍然采用机械结构与控制模块分离设计的思路，各部件之间接线复杂、占用空间大，不仅提升了装配成本，还增加了故障发生的概率；第二，模块兼容性较差，部分设计过程中没有统一接口标准，不同厂商生产的元件之间难以实现无缝对接，当系统需要升级改造时，往往需要更换大量核心部件，提升了改造成本，也延长了改造周期；第三，能耗控制水平偏低，部分设计过程中只关注系统的运动性能与控制精度，忽略了能耗优化，导致系统在运行过程中存在较多无用功，不仅提升了生产运行成本，也不符合当前工业领域绿色低碳的发展要求；第四，智能化水平不足，传统机电一体化系统大多采用固定逻辑控制，无法根据运行环境的变化自动调整控制参数，当生产需求发生变化时，需要人工重新调试参数，适应性较差，难以满足当前多品种、小批量的柔性生产需求。

三、机电一体化系统的优化策略

针对当前机电一体化系统设计存在的问题，结合当前工业领域的发展需求，可从三个维度推进系统优化：

（一）推行模块化标准化设计，提升系统集成度与兼容性

模块化设计是提升机电一体化系统集成度与可维护性的核心策略，该策略将系统按照功能划分为多个独立的标准模块，设计过程中统一模块的接口尺寸、通信协议与电气标准，用户可以根据自身的生产需求快速选择对应模块进行组合，快速搭建符合要求的机电一体化系统。模块化设计不仅能够缩短系统的设计与装配周期，还能够在系统需要升级改造时，仅更换对应功能模块即可完成升级，大幅降低改造成本。例如当前工业领域应用广泛的工业机器人生产线，通过标准化的关节模块、末端执行模块、控制模块，能够快速适配不同的焊接、搬运、装配需求，大幅提升了生产线的柔性。在设计过程中，需要严格遵循国家乃至行业的统一标准，保障不同厂商模块之间的兼容性，避免出现接口不匹配的问题，同时优化模块内部结构设计，尽可能压缩模块体积，提升系统整体集成度。

（二）融入智能化控制技术，提升系统自适应能力

将人工智能、机器学习等技术融入机电一体化系统的控制环节，是当前机电一体化优化的重要方向。通过在控制模块引入智能控制算法，系统可以自动采集运行过程中的各类参数，通过机器学习模型分析参数变化规律，自动调整控制参

数，实现控制性能的动态优化。例如在数控机床机电一体化系统中，引入智能PID控制算法后，系统能够根据切削负载的变化自动调整进给速度与主轴转速，不仅能够提升加工精度，还能够延长刀具的使用寿命；在工业物流的分拣系统中，结合机器视觉与智能路径规划算法，分拣机器人能够自动识别不同品类的货物，规划最优的分拣路径，分拣效率相较于传统固定路径系统提升30%以上。

（三）推进系统能耗优化，实现绿色运行

在双碳目标的背景下，能耗优化已经成为机电一体化系统设计的重要方向，具体可从三个层面推进：首先是机械结构层面的能耗优化，通过优化机械结构的传动设计，减少传动环节的摩擦损耗，例如采用低摩擦系数的传动部件、优化齿轮啮合参数、采用直驱电机取代传统的齿轮减速机构，都能够有效降低传动过程中的能量损耗；其次是驱动控制层面的能耗优化，采用高效伺服驱动系统，结合能量回收技术，将执行机构减速过程中产生的势能转化为电能回送到供电网络，能够降低15%~20%的能耗，例如在电梯机电一体化系统中，应用能量回收技术后，节能效果十分显著；最后是运行调度层面的能耗优化，通过智能调度算法，根据生产任务调整系统运行状态，在待机状态下自动关闭非必要模块的电源，避免空载能耗。

四、结语

机电一体化系统是现代工业生产的核心装备，其设计水平直接影响工业生产的效率与质量。随着工业自动化与智能化的不断发展，对机电一体化系统的性能提出了更高的要求，设计过程中需要结合模块化设计理念，融入智能化控制技术，统筹推进能耗优化与可靠性提升，才能打造符合现代工业需求的高性能机电一体化系统。未来，随着信息技术与智能制造技术的不断发展，机电一体化系统还将向更高集成度、更高智能化的方向发展，相关优化策略也需要不断更新完善，更好地支撑我国工业产业的升级转型。

参考文献

- [1] 张策. 机械机电一体化系统设计[M]. 机械工业出版社, 2016.
- [2] 柳洪义, 王海霞. 机电一体化系统设计优化方法研究进展[J]. 中国机械工程, 2018, 29(12): 1487-1496.
- [3] 王田苗, 胡建军. 智能制造背景下机电一体化技术的发展趋势[J]. 机械工程学报, 2020, 56(1): 1-10.

