

# 机电一体化技术在电气工程设备中的应用分析

李迎亚<sup>1</sup> 赵天元<sup>2</sup>

1. 卫卫阿尔(石家庄)项目管理有限公司 河北 石家庄 050000

2. 石家庄先楚核能装备股份有限公司 河北 石家庄 050000

**摘要:** 随着工业智能化与电力系统升级的持续推进,机电一体化技术作为多学科融合的核心技术,在电气工程设备领域的应用愈发广泛。本文聚焦机电一体化技术在电气工程设备中的应用展开系统分析。阐述了机电一体化技术的四大构成要素及与电气工程设备的适配原理,明确两者融合的技术逻辑,剖析了技术应用的核心优势;探讨了该技术在电力发电、输电配电、电气检测及工业电气终端设备中的具体应用路径,涵盖参数监测、状态调节、协同控制等关键环节;最后展望技术升级、场景拓宽、绿色低碳及智能化深化四大发展方向。研究为机电一体化技术与电气工程设备的深度融合提供理论参考,助力行业技术升级与高质量发展。

**关键词:** 机电一体化技术; 电气工程设备; 具体应用

**引言:** 传统电气工程设备面临效率偏低、智能化不足、运维复杂等问题,难以满足现代工业对精准控制、稳定运行及低碳环保的需求。机电一体化技术通过机械、电子、控制与软件要素的协同优化,为电气工程设备的性能提升提供了有效解决方案。本文基于技术适配性分析,深入探讨其应用优势与具体实施路径,结合前景展望,为相关技术研发与工程实践提供借鉴,推动电气工程设备向高效、智能、可靠方向转型。

## 1 机电一体化技术核心基础及与电气工程设备的适配性

### 1.1 机电一体化技术的构成要素

机电一体化技术以多学科融合为核心,由四大基础要素构成。(1)机械要素是物理载体,提供结构支撑与运动执行基础,强调精度与可靠性;(2)电子要素包含传感器、处理器等硬件,负责信号采集与能量转换,是技术运行的核心枢纽;(3)控制要素基于控制理论,通过闭环调节实现设备按预设目标运行,保障操作准确性;(4)软件要素涵盖系统程序与算法,为硬件协同提供逻辑指导,是实现智能化功能的核心支撑,四者相互关联形成有机整体。

### 1.2 电气工程设备的技术特性与功能需求

电气工程设备具有能量转换、传输与控制的核心属性,技术特性体现为高电压适配性、强电磁兼容性与持续运行稳定性。其功能需求聚焦于三点:一是能量处理的高效性,需实现电能的精准转换与低损耗传输;二是运行状态的可控性,要求具备实时调节与响应能力;三是安全防护的完备性,需抵御各类电气故障与环境干扰,保障系统可靠运行。

### 1.3 两者融合的技术逻辑与适配原理

机电一体化与电气工程设备的融合,遵循“功能互补-结构协同-逻辑匹配”的核心逻辑。技术适配原理体现为:机械结构为电气部件提供安装支撑与防护,适配电气设备的空间布局与运行环境;电子元件承接电气设备的信号采集与能量转换需求,匹配其技术参数;控制模块与软件系统针对电气设备的可控性需求,构建闭环调节逻辑,实现运行状态的精准把控,最终形成“机械承载-电子执行-控制优化”的一体化系统<sup>[1]</sup>。

## 2 机电一体化技术应用于电气工程设备的优势

### 2.1 提升设备运行效率与稳定性

机电一体化技术通过多要素协同优化,大幅提升电气工程设备的运行效率与稳定性。其核心在于机械结构与电子控制的精准匹配,减少部件间的运行损耗与协同误差,使能量转换与传输过程更趋高效。控制模块的实时调节能力可快速响应运行状态波动,抑制异常工况扩散,降低设备故障发生率,延长连续运行周期,为电气工程系统的稳定输出提供保障。

### 2.2 强化设备智能化与自动化水平

该技术的融合使电气工程设备突破传统操作模式,实现智能化与自动化水平的显著提升。软件系统与控制算法的嵌入,赋予设备自主感知、判断与决策能力,无需人工干预即可完成参数调节、状态监测等操作。通过数据交互与逻辑运算,设备可自适应不同运行场景,优化操作流程,减少人为操作偏差,推动电气工程设备从“被动执行”向“主动调控”转变。

### 2.3 降低设备运维成本与能耗

机电一体化技术的应用有效降低了电气工程设备的运

维成本与能耗。智能化监测功能可提前预判潜在故障，避免大规模停机维修，减少维修耗材与人工投入。同时精准的控制逻辑能优化能量分配，减少无效能耗，实现资源高效利用。一体化的结构设计简化了设备维护流程，降低了后期保养的复杂度与成本投入，形成经济与环保的双重优势<sup>[2]</sup>。

### 3 机电一体化技术在电气工程设备中的具体应用

#### 3.1 电力发电设备中的智能控制应用

电力发电设备的运行涉及能量转换、动力传输等复杂过程，机电一体化技术的智能控制应用通过多模块协同，实现对发电全流程的精准把控。(1) 发电过程参数的实时感知与反馈，依托设备关键部位的传感器组件，持续采集转速、压力、温度、电压等核心运行参数。传感器采用耐高温、抗高压封装设计与电磁屏蔽技术，可在锅炉炉膛、汽轮机轴系等恶劣工况下稳定工作，将物理信号转化为4-20mA标准电信号或数字信号后，通过Profibus、Modbus等工业总线协议实时传输至PLC控制中枢，形成毫秒级响应的动态监测闭环，确保参数采集无延迟、无失真，为控制决策提供精准数据支撑。(2) 基于控制算法的运行状态调节，控制模块接收参数信号后，通过PID控制、模糊控制或模型预测控制等算法进行逻辑运算，对比设备额定运行阈值与实时参数偏差，结合能量转换效率模型生成精细化调节指令，通过伺服阀、变频调速器等执行元件，对燃料供给量、进气量、转子转速等关键环节动态修正，实时补偿工况波动偏差，保障设备在最优效率区间稳定运行。(3) 多设备协同联动控制，通过工业控制软件构建发电系统分布式控制逻辑，建立锅炉、汽轮机、发电机等核心设备的动作时序关联模型，借助数据交互总线实现运行状态实时共享，协调燃料燃烧、蒸汽产生、电能输出等环节的运行节奏，消除设备间动作延迟与协同冲突，保障能量转换与传输的连贯性，维持系统动态平衡。(4) 异常状态的预警与应急控制，借助数据监测与趋势分析模块，通过滑动窗口算法识别参数波动中的突变特征与趋势异常，当出现超温、超压、过流等超标运行状态时，自动触发声光预警并上传异常信息至监控平台，同时启动预设应急程序，通过切断非关键负载、调整参数或紧急停机等方式分级干预，遏制故障扩大，保障设备与人员安全。

#### 3.2 输电配电设备中的自动化调节应用

输电配电设备承担着电能传输与分配的核心任务，机电一体化技术的自动化调节应用聚焦于提升传输效率与供电稳定性，通过技术集成实现流程自动化管控。(1) 输电线路状态的实时监测与数据传输，利用安装于输电杆

塔、导线接头及绝缘子串的光纤光栅传感器、红外测温传感器等，精准采集线路温度、覆冰厚度、机械张力、绝缘泄漏电流等关键数据，结合LoRa、5G等无线通信模块，突破复杂地形与电磁干扰限制，将监测信息实时传输至配电控制中心，构建覆盖输电网络的立体监测体系，实现远程实时把控。(2) 电压与负荷的自动调节，控制模块通过负荷监测终端获取配电网负荷分布数据，结合电压质量监测结果，借助可控硅调压装置、高压变频器等电力电子元件，对输电电压幅值、电流相位进行毫秒级动态调节，根据峰谷负荷变化自适应分配电能，平衡区域电网负荷，抑制电压闪变与三相不平衡，避免局部过载或电压偏离额定范围。(3) 配电网的智能切换与重构，依托配网自动化软件构建的拓扑逻辑模型，实时更新线路运行状态与负荷数据，当线路出现故障或负荷超标时，通过故障定位算法快速锁定故障区域，自动检索最优供电路径，控制真空断路器、负荷开关等设备分合，实现供电线路快速切换与网络拓扑重构，缩小停电范围，保障关键负荷供电连续性。(4) 无功功率补偿与谐波治理，集成静止无功发生器(SVG)、有源电力滤波器(APF)等装置，控制单元实时监测电网无功功率因数与谐波频谱，基于瞬时无功功率理论计算补偿需求量，自动启动补偿与过滤机制，抵消感性无功与谐波分量，降低电网阻抗损耗，改善电能质量。

#### 3.3 电气检测设备中的精准传感应用

电气检测设备的核心需求是检测结果的准确性与可靠性，机电一体化技术的精准传感应用通过传感技术与数据处理的深度融合，提升检测能力。(1) 多维度检测参数的精准采集，采用高精度电压、电流、绝缘电阻及电磁辐射传感器组成的阵列式检测单元，传感器具备纳伏级信号检测能力与多级电磁屏蔽设计，可在强电磁干扰、高湿度等复杂环境中精准捕捉微弱信号，通过差分放大电路与抗混叠滤波技术，抑制环境噪声干扰，保障多维度检测数据的原始准确性。(2) 检测信号的实时预处理与转换，通过内置信号处理模块，对传感器采集的模拟信号进行低通滤波、基线校准、信号放大等预处理，去除环境干扰与电路噪声导致的失真，经16位以上高精度模数转换器将模拟信号转化为数字信号，存储至高速缓存单元，为后续分析提供高分辨率、低噪声的标准化数据。(3) 数据的智能分析与判断，软件系统嵌入基于IEC标准的专业检测算法，对预处理后的数字信号进行傅里叶变换、趋势分析等运算，将检测数据与预设标准阈值、行业规范指标精准比对，自动识别数据偏差特征，判断被检测设备绝缘性能、电气参数是否符合运行要求，生成量化

检测结果与等级划分。(4)检测流程的自动化控制,由嵌入式控制模块主导检测全流程,通过预设检测序列指令,自动控制传感器启动与切换、检测探头定位与移动、数据同步采集与加密存储,实现从启动、采集、处理到结果输出的全流程自动化,减少人为操作带来的系统误差,提升检测过程的一致性与可重复性。

### 3.4 工业电气终端设备中的集成驱动应用

工业电气终端设备直接服务于生产作业,机电一体化技术的集成驱动应用通过机械结构、驱动模块与控制系统的集成设计,提升设备的运行精度与协同能力。(1)驱动模块与机械结构采用模块化集成设计,将伺服电机、精密减速器、滚珠丝杠等驱动部件与执行机构一体化布局,经有限元分析优化传动路径,减少中间连接环节的间隙与摩擦损耗,同时通过密封防尘设计,增强对工业粉尘、油污等恶劣环境的适应能力。(2)依托伺服驱动技术与全闭环控制逻辑,通过增量式或绝对值编码器实时采集执行机构位置与速度反馈信号,控制模块对比反馈信号与预设轨迹指令,采用脉冲宽度调制(PWM)技术调节驱动电机输出参数,实现微米级精准定位与匀速运行控制,满足高精度加工与装配需求。(3)通过PLC与运动控制卡构建多轴协同控制逻辑,基于电子凸轮、电子齿轮等同步算法,预设各执行机构动作时序与联动关系,控制多个驱动模块按程序同步运行,实现送料、加工、出料等环节的精准配合,保障生产流程连贯协调。(4)借助负载监测传感器感知负载变化与阻力波动,驱动模块在控制单元指令下自动调整输出扭矩、运行速度等参数,通过自适应PID算法动态优化控制参数,降低工况突变对运行精度的影响,提升设备环境适应性与长期运行稳定性<sup>[3]</sup>。

### 4 机电一体化技术在电气工程设备中的应用前景展望

机电一体化技术在电气工程设备中的应用前景将围绕

四大核心方向持续拓展,展现出显著的发展潜力。(1)在技术升级层面,核心部件的精密化与多学科融合深度将持续提升,硬件性能与软件算法的协同优化的,将进一步突破现有技术瓶颈。(2)应用场景拓宽方面,将从传统工业、电力系统向新兴领域延伸,适配更多特殊工况与复杂环境的使用需求,覆盖范围持续扩大。(3)绿色低碳适配维度,技术将聚焦能耗优化与环保需求,通过高效能量转换与智能节能控制,助力电气工程设备实现低耗、减排的发展目标。(4)智能化深化方向,依托人工智能与大数据技术,设备将具备更高级的自主决策、自适应调节能力,推动电气工程设备向全流程智能化、无人化演进,为行业高质量发展注入持续动力<sup>[4]</sup>。

结束语:本文围绕机电一体化技术在电气工程设备中的应用展开全面研究,明确了技术构成与设备适配的核心逻辑,验证了其在提升运行效率、强化智能化水平、降低运维成本等方面的显著价值,并细化了多场景下的具体应用模式。机电一体化技术的深度应用,打破了传统电气工程设备的发展瓶颈,为行业转型注入新动力。随着技术精密化、绿色化与智能化的持续推进,其应用场景将进一步拓宽,融合深度将不断提升<sup>[4]</sup>。

### 参考文献:

- [1]汪贞利,吴应法,陈义方,陈阿国.机电一体化技术在工程机械设备中的应用[J].造纸装备及材料,2025,54(5):79-81.
- [2]魏思光.机电一体化工程技术的应用及发展趋势分析[J].模型世界,2020(18):7-9.
- [3]秦旭荣.基于PLC机电一体化技术在电气自动化中的应用[J].新潮电子,2025(7):145-147.
- [4]刘凌宇.机电一体化设备安装技术要点与发展前景研究[J].造纸装备及材料,2023,52(1):99-101.