

# 机电工程在工厂设备维护中的应用与优化

李阳宽

广东德润纺织有限公司, 广东 佛山 528000

DOI:10.61369/ME.2025030026

**摘要：** 机电工程在工厂设备维护中应用广泛且需优化。涵盖多模块集成、节能技术应用、智能诊断系统等。包括模块交互实现设备运行，多种节能技术降低能耗，智能系统监测故障。还涉及全生命周期碳排放测算、数字孪生等新技术应用，推动其发展。

**关键词：** 机电工程；设备维护；节能

## Application and Optimization of Mechatronic Engineering in Factory Equipment Maintenance

Li Yangkuan

Guangdong Derun Textile Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528000

**Abstract：** Mechatronic engineering is extensively applied yet requires optimization in factory equipment maintenance. This encompasses multi-module system integration, energy-saving technologies, and intelligent diagnostic systems – enabling equipment operation through module interaction, reducing energy consumption via various conservation techniques, and monitoring faults with smart systems. The study further addresses emerging technologies including full life-cycle carbon footprint calculation and digital twin applications, advancing development in this field.

**Keywords：** mechatronic engineering; equipment maintenance; energy conservation

### 引言

机电工程在工厂设备维护中扮演着关键角色。随着节能减排需求的日益增长，相关政策如 ISO55000 资产管理标准（2014 年颁布）对设备维护提出了更高要求。设备维护需涵盖全生命周期管理，从采购选型到使用及报废处理各阶段都应考虑能效等因素。机电工程通过集成多模块，如机械、电子和控制模块实现设备的有效运行。在设备运行监测方面，传感网络架构及智能诊断系统可实时采集和分析数据。同时，应用变频调速等技术优化能效，在石化企业、汽车制造等行业已取得节能减排成效。为进一步验证和提升机电工程在维护中的作用，还需进行碳排放测算及相关模型建立等工作，以推动其不断优化发展。

### 一、机电工程技术原理与维护基础

#### （一）机电系统集成特性分析

机电一体化系统集成了机械、电子和控制等多个模块。机械模块为系统提供物理支撑和运动机构，电子模块负责信号处理和能量转换，控制模块则对整个系统的运行进行协调和管理。这些模块之间通过特定的接口和通信协议进行交互，实现信息的传递和共享<sup>[1]</sup>。例如，传感器将机械系统的物理量转换为电信号，传输给电子模块进行处理，控制模块根据处理结果发出指令，调整机械系统的运行状态。在设备运行状态监测方面，传感网络架构起着关键作用。它由多个传感器节点组成，分布在设备的关键部位，能够实时采集设备的运行参数，如温度、压力、振动等，并将这些数据传输到监控中心，以便及时发现设备的异常情况，采

取相应的维护措施。

#### （二）工厂设备维护标准体系

在 ISO55000 资产管理标准下，工厂设备维护规程需系统梳理。设备维护应涵盖全生命周期管理，从设备采购选型开始，考虑其能效、可靠性等因素，确保符合节能减排技术规范要求<sup>[2]</sup>。在使用阶段，要制定详细的维护计划，包括定期检查、保养和维修。定期检查应依据严格标准，对设备关键部位及运行参数进行监测，及时发现潜在问题。保养工作要注重清洁、润滑等基础操作，同时结合设备特性进行针对性维护。维修则需准确判断故障原因，采用合适技术和零部件进行修复，确保设备恢复原有性能且满足节能减排要求。整个维护过程都应记录在案，以便追溯和持续改进维护策略。

## 二、节能导向的设备维护应用策略

### （一）设备状态监测与故障预警

构建基于振动分析、热成像的智能诊断系统，能够实时监测设备的运行状态。通过在关键部位安装传感器，收集振动和温度等数据，利用先进的算法进行分析处理，及时发现潜在的故障隐患<sup>[3]</sup>。同时，建立设备能效基准参数数据库，记录设备在正常运行状态下的各项能效指标。将实时监测到的数据与数据库中的基准参数进行对比，若出现偏差超出合理范围，即可判断设备可能存在问题，从而实现故障预警。这样不仅可以提高设备维护的及时性和准确性，还能有效避免因设备故障导致的能源浪费，达到节能的目的。

### （二）驱动系统能效优化方案

变频调速技术在流体机械中的应用是驱动系统能效优化的关键。通过合理应用变频调速技术，可根据实际工况需求灵活调整电机转速，从而有效降低能耗。同时，开发电机-负载动态匹配算法至关重要<sup>[4]</sup>。该算法能够实时监测电机与负载的运行状态，实现电机输出功率与负载需求的精准匹配。这样不仅可以避免电机在低效区间运行，提高能源利用效率，还能减少设备的磨损，延长设备使用寿命。在实际应用中，需综合考虑流体机械的特性以及工作环境等因素，不断优化算法和调速技术的应用，以达到最佳的能效优化效果。

## 三、维护实践中的节能减排效果验证

### （一）典型行业应用案例分析

#### 1. 石化企业泵组节能改造

在石化企业泵组节能改造方面，机电工程发挥了重要作用。通过对泵组的机电协同优化，实现了显著的节能减排效果。例如，某石化企业对其关键泵组进行改造，采用先进的机电技术，对电机的控制系统进行升级，使其能够根据实际工况自动调整转速，避免了传统固定转速运行时的能源浪费。同时，对泵体的机械结构进行优化，减少了内部摩擦损耗。通过这些措施的综合应用，该泵组的能耗大幅降低，达到了18%的节能率<sup>[5]</sup>。这不仅降低了企业的运营成本，还减少了对环境的影响，为石化行业的节能减排提供了有益的参考和借鉴。

#### 2. 汽车制造产线能效提升

在汽车制造产线中，机电工程的应用对于能效提升至关重要。通过对设备的精准控制和优化，可有效减少能源消耗。例如，采用先进的自动化控制系统，能够根据生产需求实时调整设备的运行参数，避免不必要的能源浪费<sup>[6]</sup>。同时，对电机等关键设备进行节能改造，如更换高效节能电机，可显著提高能源利用效率。在生产过程中，合理安排生产流程和布局，减少物料和产品的搬运距离，降低设备的运行时间和负荷，也有助于节能减排。此外，利用智能传感器对设备的运行状态进行实时监测，及时发现并修复潜在的故障隐患，避免因设备故障导致的能源浪费和生产延误。

### （二）全生命周期碳排放测算

#### 1. 维护周期与碳足迹关联模型

为验证维护实践中的节能减排效果，需进行全生命周期碳排放测算并建立维护周期与碳足迹关联模型。对于机电工程设备，首先应建立设备维护频率与润滑剂消耗的碳排放核算矩阵。考虑设备在不同维护频率下，润滑剂的使用量及相应的碳排放情况。通过详细记录和分析每次维护中润滑剂的消耗数据，结合其碳排放因子，构建核算矩阵。此矩阵能够反映出维护频率对碳排放的影响，为后续建立维护周期与碳足迹关联模型提供基础数据。同时，该模型应综合考虑设备运行时间、维护操作复杂度等多种因素，以准确评估设备在整个生命周期内的碳足迹，从而为节能减排措施的制定提供科学依据<sup>[7]</sup>。

#### 2. 改造项目碳减排效益评估

为验证机电工程在工厂设备维护中的节能减排效果，进行全生命周期碳排放测算及改造项目碳减排效益评估至关重要。采用LCA方法，对传统维护与机电优化方案的碳排放差异展开对比分析<sup>[8]</sup>。通过精确测算各阶段的碳排放，包括原材料获取、生产制造、使用过程及报废处理等，可全面了解不同方案的环境影响。在评估改造项目碳减排效益时，依据测算结果，明确机电优化方案在减少碳排放方面的优势，为工厂设备维护决策提供科学依据，推动机电工程在节能减排方面的应用与优化。

## 四、智能化维护体系优化路径

### （一）数字孪生技术深化应用

#### 1. 三维虚拟调试平台构建

数字孪生技术为机电工程设备维护带来新机遇。构建三维虚拟调试平台，需深入研究设备数字镜像与物理实体的实时数据交互机制。通过高精度传感器采集物理实体数据，包括设备运行状态、性能参数等，利用先进的数据传输技术将其传输至数字孪生模型。数字孪生模型依据接收的数据进行实时更新和模拟分析，为设备维护提供精准决策依据。同时，平台应具备反向控制功能，可根据数字孪生模型的优化结果对物理实体进行远程调试和维护操作，确保设备始终处于最佳运行状态，提高工厂设备维护的效率和质量<sup>[9]</sup>。

#### 2. 故障模式仿真与决策优化

基于机器学习算法开发维护策略迭代优化模型是故障模式仿真与决策优化的关键。通过对设备运行数据的收集与分析，利用机器学习算法挖掘潜在的故障模式及其关联因素。构建数字孪生模型，将实际设备与虚拟模型实时映射，在虚拟环境中模拟不同工况下的故障发生情况，为维护策略的制定提供依据。通过不断更新和优化算法，提高模型对故障预测的准确性和及时性。同时，结合维护成本、生产计划等多方面因素，对维护策略进行综合评估和调整，实现维护决策的最优化，从而提升工厂设备维护的效率和可靠性<sup>[10]</sup>。

### （二）物联网协同维护网络

#### 1. 多源数据融合处理架构

在机电工程工厂设备维护的智能化维护体系中，多源数据融

合处理架构至关重要。物联网协同维护网络产生大量多源数据，包括设备运行数据、环境数据等。这些数据具有不同的格式和特点。为实现有效融合，需建立统一的数据模型，对各类数据进行标准化处理。通过数据清洗去除噪声和错误数据，提高数据质量。利用特征提取技术挖掘数据中的关键特征，以便更好地理解设备状态。同时，采用合适的融合算法，如加权平均法、卡尔曼滤波等，将不同来源的数据进行融合，得到更准确、全面的设备状态信息，为后续维护决策提供有力支持。

## 2. 跨设备能量流优化模型

机电工程中，车间级余热回收与能量共享的智能调配方案是跨设备能量流优化的关键。通过物联网协同维护网络，可实时监测设备能量流数据。基于这些数据，建立能量流优化模型。该模型要考虑不同设备的能量需求、产生的余热以及可共享的能量情况。例如，某些设备在运行过程中会产生大量余热，而其他设备可能正需要这部分能量。通过智能调配，将余热合理分配给有需求的设备，实现能量的高效利用。同时，模型还要结合设备的运行状态和生产计划，动态调整能量调配策略，以达到整体节能和提高生产效率的目的。

### (三) 绿色维护新材料应用

#### 1. 自润滑复合材料的研发

在智能化维护体系优化路径中，绿色维护新材料应用至关重要，其中自润滑复合材料的研发是关键。以石墨烯增强型轴承材料为例，分析其摩擦功耗特性。石墨烯具有优异的力学性能和独特的二维结构，将其加入轴承材料中，可改变材料的微观结构。这可能会影响材料表面的粗糙度和硬度，进而影响摩擦系数。在实际应用中，通过实验测试不同工况下该材料的摩擦功耗，发现

其在一定条件下能有效降低摩擦损耗，提高设备的运行效率，减少能源消耗，为工厂设备的绿色维护提供了新的材料选择和理论依据。

#### 2. 生物降解型润滑剂替代

机电工程在工厂设备维护中，智能化维护体系优化路径包括绿色维护新材料应用，其中生物降解型润滑剂替代是重要方面。以植物基润滑油为例，评估其对设备密封系统的适应性影响至关重要。植物基润滑油具有可生物降解的特性，能减少对环境的污染。在设备密封系统中，其化学组成和物理性质可能会影响密封效果。需研究其与密封材料的兼容性，确保不会导致密封件的过度磨损或泄漏。同时，要考虑其在不同工作温度、压力条件下的性能表现，以保障设备的正常运行，实现绿色、高效的维护目标。

## 五、总结

机电工程在工厂设备维护中具有重要应用且需不断优化。在节能增益方面，系统归纳了其相关机制。提出基于数字孪生的全流程能效提升框架，为能效提升提供了新的思路与方法。同时指明智能材料与分布式能源管理相结合的绿色维护发展方向，这符合可持续发展的要求。强调技术创新与标准体系协同推进的重要性，只有两者相辅相成，才能更好地促进机电工程在设备维护中的应用。通过这些方面的研究与探索，有助于进一步提高工厂设备维护的效率和质量，实现节能、环保以及高效运行的目标，推动机电工程在工厂设备维护领域不断向前发展。

## 参考文献

- [1] 韩鑫鹏. H企业生产调度与设备维护联合优化研究与应用 [D]. 山东科技大学, 2021.
- [2] 王旭. 设备健康状态评价与维护方法优化研究——以S公司为例 [D]. 天津理工大学, 2023.
- [3] 李庭苇. 预制构件生产调度与设备预防性维护联合优化研究 [D]. 沈阳建筑大学, 2023.
- [4] 王晓东. Z集团设备维护管理体系改善研究 [D]. 大连理工大学, 2021.
- [5] 张慧平. 风力发电系统的故障分析和设备维护策略研究 [D]. 广东工业大学, 2021.
- [6] 夏禹. TPM在设备维护管理中的作用和应用分析 [J]. 中国设备工程, 2023(6): 20-22.
- [7] 李春旭. TPM在设备维护管理中的作用和应用分析 [J]. 中国设备工程, 2021(15): 17-18.
- [8] 魏庆军. 电气及自动化在机电工程中的应用分析 [J]. 中小企业管理与科技, 2021, 000(007): 169-170.
- [9] 季诚. 机电工程设备安装特点及优化策略分析 [J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(2): 57-60.
- [10] 耿庆锋. 机电工程设备安装质量特点及优化策略研究 [J]. 工业, 2022, (3): 43-46.