

# 电机节能控制技术在机械设备中的应用探讨

作者：潘元琳

身份证号：530103197302172941

**摘要：**电机是各类工业机械设备的核心动力驱动部件，广泛应用于机械加工、重工制造、自动化生产线等诸多场景，是工业生产能耗的主要载体。传统机械设备配套电机多采用恒定转速运行模式，无法适配设备动态负载变化，长期轻载、空载运行造成大量电能浪费，能耗利用率偏低。在工业节能减排、绿色生产的发展背景下，推广应用电机节能控制技术，成为机械制造行业降本增效、低碳转型的关键举措。本文结合机械设备运行工况，分析传统电机运行的能耗问题，介绍主流电机节能控制技术原理与特点，探究各类节能技术在机械设备中的具体应用场景，结合真实期刊研究成果提出技术应用优化策略，旨在提升电机运行能效，降低设备能耗，为工业机械绿色化、高效化生产提供参考。

**关键词：**电机设备；节能控制技术；机械设备；能效优化；工业节能

## 一、引言

随着工业生产规模化发展，机械设备自动化、连续化运行程度持续提升，电机设备装机数量与运行时长不断增加，工业用电能耗逐年攀升。电机系统广泛应用于工业、交通和家电等领域，能耗占全球总能耗的40%以上，是现代社  
会节能、降碳及可持续发展的重要途径之一。传统电机控制模式技术老旧，控制方式单一，无法根据设备负载、工况变化动态调节运行状态，普遍存在大马拉小车的能耗浪费问题。

现阶段，各类新型电机节能控制技术不断迭代优化，能够精准匹配机械设备动态负载需求，有效降低无效能耗，提升电能利用率。在双碳政策与精益生产理念推动下，深挖电机节能潜力、规范节能控制技术应用，对降低企业生产成本、减少能源消耗、推动机械制造行业绿色高质量发展具有重要的现实意义。

## 二、传统机械设备电机运行的主要能耗问题

### **（一）恒速运行适配性差**

多数传统机械设备电机采用工频恒速运行方式，转速、功率保持固定输出状态。但机械设备实际运行工况波动较大，存在空载、轻载、重载交替变化的情况，固定功率输出无法适配动态负载需求。在设备空载待机、低速加工等轻载工况下，电机依旧保持满功率运行，产生大量无效电能损耗，能源利用率极低。

### **（二）启动运行能耗损耗大**

传统电机多采用直接启动方式，启动瞬间电流较大，会产生剧烈电能冲击，不仅造成短时能耗激增，还容易损伤电机绕组与电路设备。同时，电机频繁启停、工况切换过程中，缺乏缓冲调控机制，电磁损耗与机械损耗大幅增加，长期运行会加剧设备老化，进一步提升能耗成本与运维成本。

### **（三）功率因数偏低，能源浪费严重**

常规异步电机在轻载运行状态下，功率因数会大幅降低，产生大量无功功率，造成电网电能浪费。机械设备长期间歇性运行、负载不稳定运行，会导致电机功率因数持续偏低，不仅降低自身运行能效，还会影响车间供电系统稳定性，引发线路发热、能耗损耗加剧等连锁问题。

## **三、主流电机节能控制技术原理与特点**

### **（一）变频调速节能技术**

变频调速技术是当前应用最广泛的电机节能控制技术，核心原理是通过变频器改变电机供电频率与电压，根据机械设备实时负载动态调节电机转速与输出功率，实现负载与功率的精准匹配。变频调速技术通过改变电机供电频率实现转速调节，在电机控制系统中展现出显著节能潜力与稳定性优势。该技术可有效解决恒速电机轻载冗余能耗问题，大幅降低电机空载、轻载运行损耗，适配绝大多数工况波动的机械设备。

### **（二）软启动控制技术**

软启动控制技术依托智能调控装置，实现电机平缓启动、平稳停机，替代传统直接启动模式。通过逐步提升电机电压与转速，消除启动瞬间的冲击电流，减少启动阶段的电能损耗与机械冲击。同时可实现电机软停机，避免惯性停机带来的设备抖动与能耗浪费，保护电机与机械设备本体，降低运维损耗。

### （三）功率因数补偿技术

功率因数补偿技术通过并联补偿装置，动态优化电机运行功率因数，减少无功功率损耗，提升电能利用率。该技术能够有效改善电机轻载运行工况下的电能质量，降低线路损耗与电网能耗浪费，提升电机整体运行能效，适配长期轻载、间歇性运行的机械加工设备。

## 四、节能控制在机械设备中的具体应用

### （一）变频调速技术的场景应用

变频调速技术广泛应用于风机、水泵、机床、输送设备等工况波动较大的机械设备。在机械生产线输送设备运行过程中，可根据物料输送量、生产节拍动态调节电机转速，避免恒定转速运行造成的能源浪费。机床加工设备可根据工件加工难度、切削负载调整电机功率，实现精准节能控制，在保障加工精度的同时，最大限度降低无效能耗。

### （二）软启动与补偿技术的配套应用

在重工机械、大型冲压设备、起重设备等大功率电机设备中，配套应用软启动与功率因数补偿技术。通过软启动控制规避大功率电机启动电流冲击，减少设备损耗与能耗波动；通过功率因数补偿优化供电质量，降低长期运行的无功损耗，实现设备稳定运行与节能降耗的双重目标。

## 五、电机节能控制技术应用优化策略

### （一）按需匹配节能控制方案

不同机械设备的运行工况、负载特性存在显著差异，需结合设备实际工况匹配对应的节能控制技术。针对工况波动频繁的设备，优先采用变频调速技

术；针对大功率启停频繁的设备，搭配软启动控制技术；针对长期轻载运行设备，配套功率因数补偿装置，避免单一技术应用的局限性。

## （二）强化设备日常运维管控

定期对变频器、软启动器、补偿装置等节能设备进行检测校准，排查线路老化、参数偏移、设备故障等问题，保障节能控制装置稳定运行。同时规范机械设备操作流程，杜绝设备空载长时间运行、违规重载操作等问题，从操作层面减少能耗浪费。

## （三）推动智能节能技术融合升级

依托大数据、智能传感技术，搭建电机能耗监测系统，实时采集设备运行能耗、负载变化、运行参数等数据，通过数据分析动态优化节能控制参数。实现电机节能控制的智能化、精准化调控，进一步挖掘设备节能潜力，提升整体节能效果。在此基础上，可引入自动化联动调控机制，将电机节能系统与生产线控制系统互联互通，根据整体生产节拍、设备联动状态自动调节各电机运行参数。杜绝设备独立调控产生的能耗偏差，实现整线电机设备的协同节能管控。同时，可利用历史运行数据建立能耗分析模型，总结不同工况下的最优节能参数，提前预判高能耗运行时段，主动完成参数优化，持续提升节能控制的精准度与稳定性。

## 六、结语

电机节能控制技术是机械设备降本增效、绿色升级的核心技术手段，能够有效解决传统电机恒速运行能耗高、适配性差、资源浪费等问题。变频调速、软启动控制、功率因数补偿等技术，在各类机械设备中具备良好的应用价值与节能效果。企业需结合设备工况精准匹配节能方案，强化设备运维管控，推动智能节能技术融合应用，持续提升电机设备能源利用率，降低工业生产能耗成本，助力机械制造行业实现高效、低碳、可持续发展。

## 参考文献

- [1] 姜文军. 变频调速技术在电机控制系统中的节能效果与稳定性研究[J]. 电气工程与自动化, 2025, 4(04): 59-63.
- [2] 王建国, 李娜. 变频调速技术在工业电机节能中的应用研究[J]. 电力自动化设备, 2020, 40(05): 189-193.
- [3] 马慧荣. 机电系统能效优化与节能技术研究[J]. 电气工程与自动化, 2025, 4(03): 90-94.
- [4] 张志强, 刘敏. 永磁同步电机在化工循环水泵节能改造中的实践[J]. 化工进展, 2021, 40(08): 321-325.