

术的优势，为能源的高效利用提供有力支持。

### 4.3 工程实施中的关键问题

尽管节能技术在工程实施中取得了显著成效，但在实际应用过程中，仍然面临一系列技术与管理方面的挑战。其中，初期投资较高是一个主要难题，许多节能改造项目需要较大的资金投入，且回报周期较长，这使得部分企业在短期经济压力下难以承受。此外，节能改造的周期较长，尤其是涉及到大规模设备或系统的改造时，需要较长的时间进行设计、施工和调试，这可能会影响企业的正常生产。操作人员的技术水平也是一个重要因素，许多技术人员缺乏节能技术的专业知识和操作经验，可能导致节能措施未能得到有效执行或无法达到预期效果。为了解决这些问题，必须通过制度保障与技术手段加以解决。政府和行业组织可以出台相关激励政策，鼓励企业进行节能技术改造，并提供必要的资金支持；同时，加强培训和技术支持，提高操作人员的专业能力，确保节能措施的顺利实施。

## 5 化工过程节能优化的发展路径

### 5.1 强化技术研发与创新能力

持续推进节能技术的研发是提升行业整体水平和实现可持续发展的关键。通过研发新型高效设备和优化节能方法，可以大幅降低生产过程中的能源消耗，提高资源利用效率。为了进一步推动节能技术的进步，必须加强对基础研究的投入，这不仅有助于发现新的节能技术，还能为工程实践提供扎实的理论支持。基础研究能够深入探讨能源使用和节约的核心原理，从而为创新型节能设备的设计与改进提供科学依据。同时，创新能力的提升还应着眼于技术集成和跨学科的协作。通过集成现有的先进技术，开发出更为高效、节能的系统和工艺，能够在满足生产需求的同时，有效降低能耗和环境负担。因此，技术研发与创新能力的强化，不仅是提升节能效果的必要条件，也是推动产业转型升级的核心力量。

### 5.2 推动数字化与智能化转型

随着数字化技术的不断发展，节能优化的手段逐渐走向智能化与精细化管理。通过建立数据平台和模型分析系统，企业能够实时监控和分析生产过程中的能源使用情况，从而实现精确的能耗管理。这些数字化工具使得生产过程中的每一项能源消耗都可以被量化并进行优化，有助于识别能源浪费的环节，实施有针对性的节能措施。智能化手段的引入，不仅提升了决策的效率，还使得节能措施更加精准。例如，基于大数据和人工智能的预测算法能够实时分析生产过

程中可能的能源浪费，并提供优化建议，帮助企业在保障生产效率的前提下，最大限度地减少能源消耗。此外，数字化与智能化转型有助于实现更高层次的资源配置与调度优化，使得整个生产体系的能源效率不断提高，进一步推动绿色制造的发展。

### 5.3 完善政策与管理体制

节能技术的推广和实施离不开政策的支持与引导。通过制定相关的标准和激励措施，政府可以鼓励企业加大在节能技术方面的投资，促进节能技术的广泛应用。政策措施应结合行业实际，注重引导和激励，提供相应的财政补贴或税收优惠，以降低企业采用节能技术的成本。此外，政策支持还应关注节能技术的研发和创新，通过加强技术创新的支持力度，为企业提供技术升级的动力。同时，完善的管理体制对于保障节能措施的长期实施至关重要。通过建立健全的节能管理制度与监督机制，确保节能技术在生产过程中得到充分执行，形成节能的长效机制。管理体制的完善，不仅要在技术层面做好管理，还应在操作流程、人员培训与绩效评估等方面提供全方位的保障，确保节能技术能够持续有效地推动行业的绿色发展。

## 6 结语

化工过程节能优化是实现绿色发展的关键环节，其核心在于通过系统化的方法提升能源利用效率。本文从能耗特征、技术体系及工程实践等方面进行了深入分析，强调节能优化应以整体视角为基础，结合多种技术手段加以实施。通过过程集成、能量梯级利用以及先进控制等技术手段，能够有效减少能源浪费，提升能效。随着技术进步与管理水平的提升，化工行业在节能降耗方面将不断取得新的突破。未来，行业应进一步加强技术创新与实践应用的结合，推动更加高效、低碳的生产方式，促进绿色化工的可持续发展，减少对环境的负面影响，同时提高企业的竞争力。

### 参考文献

- [1] 陈锐.石油化工炼油过程中的节能降耗技术[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(17):155-157.
- [2] 臧传奇,纪艳宇,桑圣印,等.化工工艺过程能耗管理与节能减排技术[J].石化技术,2025,32(07):342-344.
- [3] 马进进.石油化工炼油过程中的节能降耗技术研究[J].石化技术,2025,32(01):19-21.
- [4] 周新春.冶金精细化工过程中的节能减排技术与应用研究[J].世界有色金属,2024,(15):202-204.
- [5] 曲淑玲,马宏宇,丁红霞.化工设计中节能减排技术的研究与实践[J].化学工程与装备,2024,(06):165-167.

# Research on Energy-saving Control of Variable Frequency Drive Electromechanical System in Coal Preparation Plant

Xiaonan Mi

Taiyuan Coal Preparation Plant, Taiyuan, Shanxi, 030000, China

## Abstract

In coal washing and processing operations, mechanical and electrical equipment accounts for a significant proportion of total energy consumption in coal preparation plants, particularly in conveying, screening, and pumping systems whose operational modes directly impact overall energy efficiency. Traditional power frequency drive systems struggle to adapt to load fluctuations and process variations, leading to energy waste and accelerated equipment wear. To address energy conservation requirements and optimize system performance, this study systematically investigates energy-saving control methods for variable frequency drive (VFD)-controlled mechanical and electrical systems in coal preparation plants. Starting from VFD principles, the research analyzes application characteristics in typical equipment, proposes multi-parameter coordinated control strategies tailored to operational conditions, and explores data-driven energy-saving optimization pathways. Results demonstrate that effective implementation of VFD technology combined with intelligent control methods can significantly reduce energy consumption while enhancing equipment operational stability and economic efficiency.

## Keywords

Coal preparation plant; Variable frequency speed control; Electromechanical system; Energy-saving control; Load matching; Optimized operation

## 选煤厂变频调速机电系统节能控制研究

米晓楠

太原选煤厂, 中国·山西 太原 030000

## 摘要

在煤炭洗选加工过程中, 机电设备的能耗占据选煤厂总能耗的较大比例, 尤其是输送、筛分及泵类系统, 其运行方式直接影响整体能源利用效率。传统工频驱动模式难以适应负荷波动与工艺变化, 存在能源浪费与设备磨损加剧等问题。围绕节能降耗与系统优化运行需求, 本文对选煤厂变频调速机电系统的节能控制方法进行了系统研究。从变频调速原理出发, 分析其在典型设备中的应用特点, 结合运行工况提出多参数协同控制策略, 并探讨基于数据分析的节能优化路径。研究结果表明, 合理应用变频调速技术并结合智能控制方法, 可显著降低能耗水平, 提高设备运行稳定性与经济性。

## 关键词

选煤厂; 变频调速; 机电系统; 节能控制; 负荷匹配; 优化运行

## 1 引言

随着能源结构调整与绿色发展理念的深入推进, 煤炭行业对节能降耗的要求不断提高。选煤厂作为煤炭加工的重要环节, 其生产过程涉及大量机电设备运行, 能源消耗较为集中。传统运行模式下, 多数设备以恒速运行, 应对负荷变化能力有限, 导致电能利用效率偏低。同时, 设备长期在非最优工况下运行, 增加了维护成本与故障风险。变频调速技术通过改变电机供电频率, 实现对转速的连续调节, 为机电系统运行优化提供了有效手段。在选煤厂中, 不同工艺环节对设备运行状态的要求存在差异, 采用变频调速能够更好地

匹配负荷需求。然而, 在实际应用过程中, 如何实现节能控制与系统协调运行, 仍需从技术与管理层面进行深入研究。基于此, 本文围绕选煤厂机电系统特点, 对变频调速节能控制方法展开系统分析。

## 2 选煤厂机电系统运行特性与能耗分析

### 2.1 机电系统构成及运行模式

选煤厂的机电系统由输送机、破碎设备、筛分设备及泵类系统等多个环节组成, 这些设备在生产过程中形成连续的生产链条, 各环节运行状态相互影响。大部分设备采用电动机驱动, 传统运行模式通常为恒速运行, 难以根据负荷变化实现动态调节。恒速驱动在负荷波动情况下容易出现能量浪费, 同时对机械部件和电气设备产生额外负荷, 增加磨损与维护需求。机电系统的运行效率受设备设计、传动结构及

【作者简介】米晓楠(1995-), 男, 中国山西应县人, 本科, 助理工程师, 从事选煤机电研究。

动力匹配等因素影响,传统模式在面对复杂生产环境时表现出调节能力不足的问题。为了实现高效、稳定的生产,必须对机电系统的构成特性和运行模式进行深入分析,从而为优化控制策略和节能措施提供理论依据,并为后续智能化改造奠定基础。

## 2.2 能耗分布与影响因素

在选煤厂的整体能耗结构中,输送系统与泵类设备占据显著比例,其能源消耗与生产负荷密切相关。设备负荷受物料流量、粒度组成及工艺参数等因素影响显著,在负荷波动较大时保持恒定转速运行将导致能源浪费。能耗不仅取决于设备负荷,还受到运行环境的间接影响,如温度、湿度和粉尘浓度都会对设备效率产生不同程度的作用。长期高负荷或不均衡运行可能引起机械损耗、电机过热及控制精度下降,从而进一步增加能耗。在系统设计与运行管理中,准确评估各类设备的能耗分布及影响因素,能够为节能优化提供定量依据,同时为控制策略调整和智能化改造提供参考,实现生产过程的高效、可持续运行。

## 2.3 传统控制方式存在的问题

选煤厂传统控制方式主要依赖开关量控制和人工调节,缺乏精细化管理手段,在负荷波动情况下难以保持设备在高效运行区间。恒速运行和人工调节容易导致过载或空载现象,使设备能耗增加,同时降低生产效率。频繁启停不仅增加机械冲击,还对电气设备和传动系统产生负面影响,导致设备寿命缩短,并增加维修和维护成本。传统方式难以实现实时负荷匹配和能耗优化,对生产过程的适应性和可靠性提出挑战。系统性分析表明,优化控制策略和引入智能化调节技术是提升能效、降低运行成本和延长设备寿命的关键措施,为现代选煤厂的可持续发展提供了必要的技术支撑。

# 3 变频调速技术原理及其应用特点

## 3.1 变频调速基本原理

变频调速技术通过对电源频率和电压的协调调节,实现对电动机转速的精准控制。根据电机特性,转速与电源频率呈现近似线性关系,因此通过控制频率变化即可直接影响设备的运行速度。合理的频率调节能够使设备在不同负荷条件下维持高效运行状态,从而减少能源浪费并提高系统整体效率。在实际应用中,需要结合设备负荷特性建立频率与转速的映射关系,并考虑电机惯性和负载动态响应,确保调速过程平稳可靠。变频控制不仅能够实现能量优化,还能通过减少机械冲击和电流波动降低设备磨损,延长使用寿命。对系统控制策略的科学设计、实时监测与反馈调节是实现高效变频调速的关键环节,其理论基础为能效提升提供了坚实支撑,并为复杂工况下的精细化控制奠定了实践依据。

## 3.2 典型设备中的应用分析

变频调速在各类典型工业设备中展现出显著的应用价值。在输送系统中,通过对物料流量的实时监测与调速控制,

可减少空载运行时间,优化能源使用效率。泵类设备通过调节转速实现流量与压力的精确匹配,使设备在满足生产需求的同时降低能耗,尤其在部分负荷工况下节能效果明显。对于筛分设备,变频控制可以调整振动频率,提高物料分选精度和效率,减少能量消耗。不同类型设备的变频应用均体现了负荷匹配与能效优化的核心思想,同时对设备运行平稳性与可靠性具有积极作用。通过实践分析可发现,结合工况特性建立调速策略,不仅能够优化能耗,还能提升生产效率和设备寿命,为工业生产系统的智能化和可持续发展提供了有效技术支撑。

## 3.3 变频系统运行特性与优势

变频调速系统在运行特性和性能优势方面表现突出,其启动平稳性、调节范围广和控制精度高的特点为设备安全高效运行提供保障。软启动技术能够有效降低机械冲击和电流冲击,减少对电机和传动系统的磨损,从而延长设备寿命。系统能够根据实时负荷需求动态调整运行状态,使能量消耗与生产需求紧密匹配,实现节能目标。变频调速还具备快速响应能力,可在负荷波动或生产工况变化时保持稳定运行。整体而言,变频系统通过优化电机运行模式、提高控制精度和提升适应能力,在降低能源消耗、改善运行效率和延长设备寿命方面具有明显优势,同时为工业自动化和智能化提供可靠基础。其综合特性使其在现代工业生产中成为关键的能效优化手段。

# 4 节能控制策略与实现方法

## 4.1 基于负荷匹配的控制策略

基于负荷匹配的控制策略通过实时监测设备负荷变化,对变频器输出频率进行动态调节,使设备运行状态与负荷需求紧密对应,从而提升系统的能效表现。在实际运行中,设备负荷常随生产任务和工况波动而变化,固定频率运行往往导致能源浪费或动力不足。通过建立负荷与转速之间的映射关系模型,可以实现对驱动系统的精准控制,使输出功率与实际需求保持一致。这种策略不仅能够减少无效能耗,还能降低机械和电气部件的磨损,延长设备使用寿命。实验和运行数据表明,在部分负荷工况下,负荷匹配控制能够显著提升效率,并减少波动对系统稳定性的影响。模型的建立需要考虑负荷特性、机械惯性和控制响应时延等因素,以确保控制策略在动态变化条件下的可靠性和适应性。整体来看,负荷匹配控制在节能与可靠性之间实现了平衡,为高效设备运行提供了坚实基础。

## 4.2 多参数协同控制方法

多参数协同控制方法旨在通过对电流、温度、振动等多种运行参数的综合分析,实现对复杂工况下设备的精细化调控。单一参数往往无法全面反映设备真实状态,而多参数信息的协同使用可以揭示潜在异常和能耗特征,为控制策略提供更准确的决策依据。在实际应用中,通过数据融合和特