氧化铝厂电力拖动系统节能优化与自动化控制策略

李天庆

沈阳铝镁设计研究院有限公司 辽宁沈阳

【摘要】氧化铝生产中，电力拖动系统能耗占比高，自动化水平直接影响生产效率与成本。氧化铝厂电力拖动系统存在设备能耗高、自动化控制精度不足等问题。通过采用高效节能电机、智能变频调速技术实现系统节能优化，结合 PLC 与分布式控制系统提升自动化控制水平，改进传感器与通信网络保障数据传输，优化控制算法实现精准控制。经实践验证，该策略有效降低系统能耗，提高生产稳定性与控制精度，为氧化铝厂智能化、绿色化发展提供可行路径。

【关键词】氧化铝厂；电力拖动系统；节能优化；自动化控制；智能技术

【收稿日期】2025 年 6 月 12 日 【出刊日期】2025 年 7 月 10 日 【DOI】10.12208/j.sdr.20250091

Energy saving optimization and automation control strategy for the electric drive system in alumina plants

Tianqing Li

Shenyang Aluminum & Magnesium Engineering & Research Institute Co., Ltd, Shenyang, Liaoning

【**Abstract**】In alumina production, the electric drive system accounts for a significant portion of energy consumption, and the level of automation directly impacts production efficiency and costs. The electric drive system in alumina plants faces issues such as high equipment energy consumption and insufficient automation control accuracy. By adopting high-efficiency energy-saving motors and intelligent variable frequency speed control technology, the system can achieve energy-saving optimization. Combining PLC and distributed control systems enhances automation control levels, improving sensors and communication networks to ensure data transmission, and optimizing control algorithms for precise control. Practical tests have shown that this strategy effectively reduces system energy consumption, improves production stability and control accuracy, and provides a viable path for the intelligent and green development of alumina plants.

【**Keywords**】Alumina plant; Electric drive system; Energy saving optimization; Automation control; Intelligent technology

引言

在“双碳”目标与工业智能化发展背景下，氧化铝厂面临降低能耗、提升生产效率的双重挑战。电力拖动系统作为氧化铝生产核心动力装置，其能耗状况与自动化水平直接关系企业经济效益与可持续发展能力。当前系统存在能耗浪费、控制滞后等问题，亟需探索科学有效的节能优化与自动化控制策略，以满足行业转型升级需求，实现资源高效利用与生产流程智能化。

1 系统现存问题

在氧化铝厂的生产运营体系中，电力拖动系统犹如支撑生产活动持续运转的“动力心脏”，但当前其面临的设备老化与配置不合理问题，已成为制约企业高效发展的瓶颈。随着时间推移，部分电机设备历经多年高强度运转，内部的绕组绝缘层逐渐老化破损，机械部件磨损严重，这些问题不仅导致电机运行时振动加剧、噪音增大，更使得电能转化为机械能的效率大幅下滑。许多电机在长期运行过程中，电能损耗如同“无形的黑洞”，大量本应转化为有效动能的电能，却以热能、机械摩擦损耗等形式白白浪费，极大地增加了企业的生产成本。

传统的拖动控制方式在灵活性与适应性上存在明显缺陷，难以满足氧化铝厂复杂多变的生产需求。氧化铝生产过程涵盖矿石破碎、溶出、沉降、分解等

多个环节，每个环节的生产负荷随时可能因原料品质、工艺流程调整等因素发生变化。传统控制方式往往采用固定转速、恒定功率的运行模式，缺乏根据实时生产状况动态调节电机运行参数的能力[1]。这就导致在生产负荷较低时，电机依然维持高功率运转，形成严重的能源浪费；而当生产负荷突然增加时，电机又可能因无法及时调整输出功率而出现过载现象，不仅影响设备使用寿命，还可能引发安全事故，使电机长期处于非经济、不稳定的运行状态。

在自动化控制层面，传感器与通信网络的性能短板成为阻碍系统精准控制的关键因素。氧化铝厂的生产环境复杂恶劣，高温、高粉尘等因素对传感器的性能提出了极高要求。但部分传感器因选型不当或长期使用未及时维护，导致测量精度下降，无法准确捕捉电机转速、电流、电压等关键运行参数，以及生产流程中的物料流量、温度、压力等重要数据[2]。与此通信网络的稳定性不足，信号传输过程中容易出现丢包、延迟等问题，使得控制系统无法及时获取准确的数据信息，进而导致控制指令的下达出现偏差或滞后。这种信息传递的不畅，使得自动化控制系统难以根据实际生产情况迅速做出响应，无法实现对生产过程的精细化、精准化控制，严重影响了氧化铝厂的生产效率与产品质量。

2 节能优化措施

针对氧化铝厂电力拖动系统存在的能耗问题，采用高效节能电机替换老旧设备是从根源上降低能耗的重要举措。新型高效节能电机在设计理念与制造工艺上实现了全面革新，通过优化电机的磁路结构，采用高性能的硅钢片材料，有效降低了电机的铁损耗；改进绕组设计与加工工艺，选用高电导率的导线，减少了绕组电阻，降低了铜损耗。这些技术改进使得新型电机在将电能转化为机械能的过程中，能量转换效率得到显著提升，相比老旧电机，能够以更少的电能消耗输出相同的功率。新型电机还具备更高的功率因数，能够有效减少无功功率的消耗，降低对电网的无功需求，减轻供电系统的负担，从而在整体上实现电力资源的高效利用。

智能变频调速技术在氧化铝厂电力拖动系统中实现了节能优化的新突破。这项技术利用电力电子和控制理论，实时监测并自动调整电机转速和功率以适应生产需求[3]。在矿石破碎环节，系统可降低转速减少空转浪费；在溶出和分解工序，系统则提升转速以满足增大的生产负荷。这种按需供电方式有效降低能耗，减少机械磨损，延长设备寿命，实现节能与维护的双重效益。

对电力拖动系统传动结构的优化是提升系统整体运行效率的重要环节。在氧化铝厂的生产设备中，传动部件如皮带、链条、联轴器等在传递动力过程中，不可避免地会产生摩擦损耗、弹性滑动等能量损失。通过选用高效的传动部件，如同步带、高精度齿轮等，能够显著降低传动过程中的摩擦阻力，减少能量损耗。合理配置传动比也是关键因素，根据不同生产设备的工作特点与负载要求，精确计算并调整传动比，使电机与负载之间达到最佳匹配状态，避免因传动比不合理导致的能量浪费[4]。优化传动结构的布局与安装方式，减少传动环节中的冗余部分，提高传动系统的紧凑性与稳定性，也有助于进一步提升系统的整体运行效率，实现节能降耗的目标。

3 自动化控制策略

运用 PLC（可编程逻辑控制器）与分布式控制系统构建自动化控制架构，为氧化铝厂电力拖动系统的稳定运行提供了坚实的技术保障。PLC 凭借其强大的逻辑控制能力，能够对电力拖动系统中的各种电气设备进行精确的逻辑控制。无论是电机的启动、停止、正反转操作，还是复杂的顺序控制与联锁保护功能，PLC 都能通过预先编写的程序，有条不紊地执行各项指令。PLC 还具备出色的数据处理能力，可实时采集与处理电机运行参数、传感器数据等信息，通过内部的运算与逻辑判断，为系统的精准控制提供可靠依据。而分布式控制系统则将整个电力拖动系统的控制功能分散到多个子系统中，每个子系统负责控制特定的生产环节或设备。这种分散控制的方式不仅提高了系统的可靠性，即使某个子系统出现故障，也不会影响其他子系统的正常运行；同时还增强了系统的灵活性，便于根据生产需求的变化对系统进行扩展或调整，使整个自动化控制架构更加适应氧化铝厂复杂多变的生产环境。

升级传感器与通信网络是实现自动化精准控制的基础条件。在氧化铝厂高温、高粉尘的恶劣生产环境中，选用高精度、高可靠性的传感器至关重要。新型传感器采用先进的传感技术与材料，具备抗干扰能力强、测量精度高、稳定性好等优点，能够准确

捕捉电机运行过程中的转速、电流、电压等关键参数，以及生产流程中的物料流量、温度、压力等重要数据。对通信网络进行全面升级，采用光纤通信、无线通信等高速稳定的传输技术，构建起覆盖整个氧化铝厂的通信网络[5]。这些通信技术具有传输速度快、信号衰减小、抗干扰能力强等特点，能够确保传感器采集的数据快速、准确地传输至控制系统，减少数据传输过程中的延迟与误差，为控制系统及时、准确地下达控制指令提供有力支持。

实现电力拖动系统动态优化控制的关键在于优化控制算法。通过结合模糊控制、神经网络控制和专家系统等智能控制理论，对自动化控制系统的算法进行设计优化[6]。模糊控制模拟人类专家思维，根据模糊信息快速决策；神经网络控制通过学习历史数据，自动识别复杂模式，实现自适应控制；专家系统结合专业经验，提供决策支持。这些智能算法使自动化系统能根据实时变化自动调整控制策略，优化电机运行参数，确保生产过程稳定高效。

4 应用成效与价值

节能优化和自动化控制策略在氧化铝厂电力拖动系统中的应用，显著提升了企业的经济和社会效益。通过实施高效节能电机、智能变频技术及优化传动结构等措施，大幅降低了电力拖动系统的能耗，减少了电能浪费，降低了电力成本和生产成本，提高了企业盈利能力。自动化控制的提升确保了生产过程的稳定性和可靠性，减少了设备故障和停机时间，保障了氧化铝生产的连续性，提高了生产效率，满足市场需求，增强了市场竞争力。

在生产管理方面，自动化控制策略的应用降低了人工干预的程度，减少了操作人员的工作强度与劳动风险。传统的氧化铝生产过程中，操作人员需要频繁地对电机设备进行手动调节与监控，工作环境恶劣且劳动强度大[7]。而如今，自动化控制系统能够实时监测设备运行状态，自动调整控制参数，操作人员只需通过监控系统对生产过程进行远程监控与管理，大大提高了生产管理的便捷性与安全性。自动化控制还提高了产品质量的稳定性。通过精准控制生产过程中的各项参数，确保了氧化铝产品的品质一致性，减少了因人为操作失误导致的产品质量波动，提升了企业产品在市场中的信誉度与美誉度。

从行业发展的角度来看，氧化铝厂电力拖动系统节能优化与自动化控制策略的成功实践，为整个氧化铝行业的可持续发展提供了极具价值的技术方案与经验借鉴。在当前全球倡导节能减排、绿色发展的大背景下，该技术方案有助于推动氧化铝行业朝着高效、节能、环保的方向转型升级，促进整个行业的技术进步与创新发展[8]。这也为其他高耗能行业在能源管理与自动化控制方面提供了有益的参考，对于推动工业领域的能源节约与可持续发展具有重要的示范意义和推广价值。

结语：氧化铝厂电力拖动系统节能优化与自动化控制策略有效解决了能耗高、控制精度不足等问题，实现了节能增效与生产智能化。未来，随着人工智能、物联网等技术的发展，可进一步探索将数字孪生、预测性维护等技术融入系统，实时模拟系统运行状态，提前预判设备故障，实现更高效的能源管理与更精准的自动化控制，推动氧化铝行业向绿色、智能方向持续迈进。

参考文献

[1] 杨浩楠.电力拖动系统中三相异步电动机的调速控制[J].科技创新与应用,2024,14(34):154-157.

[2] 刘琪,莫东林.基于无线电力传输技术的电力拖动系统应用与研究[J].家电维修,2024,(09):98-100.

[3] 郭凯凯,刘晨,张乃峰,等.技能型社会视野下“电力拖动自动控制系统”课程教学改革[J].教育教学论坛,2024,(34):61-64.

[4] 迟晓红,易皓,王丰,等.直驱式永磁同步风力发电机调速仿真系统的教学应用——以“电力拖动及自动控制系统”课程为例[J].工业和信息化教育,2024,(08):46-50.

[5] 宋晓茹,程栋君,吕欣玥,等.基于 AT89C51 的智能温室大棚环境监测控制系统[J].电子制作,2024,32(16):113-116.

[6] 吕杰.电气工程中电力拖动系统自动控制与安全保护问题探析[J].电子元器件与信息技术,2024,8(05):24-26.

[7] 李德庚.电梯常见的运行速度曲线比较和关键参数分析[J].中国电梯,2024,35(04):11-14.

[8] 胡朝燕,潘欣裕.伺服系统虚拟实验平台设计[J].实验科学与技术,2023,21(06):67-72+78.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
OPEN ACCESS