

起重机械液压系统节能设计对可持续运行的保障作用

罗云孟

中国电建集团山东电力建设集团有限公司 山东 济南 471000

【摘要】：起重机械液压系统的节能设计对其可持续运行具有重要意义。通过优化液压系统的设计，提高能源利用效率，不仅能减少能耗，还能延长设备使用寿命，从而为企业带来显著的经济效益。本文探讨了液压系统在节能设计中的关键因素，如能效评估、液压元件选型、系统优化与控制策略，并结合实际应用案例分析了其在不同工作环境中的效果。节能设计不仅是提高设备运行稳定性和降低能耗的关键，更是实现绿色发展的必要路径。通过合理的设计与创新技术应用，液压系统的节能潜力得到了有效释放，推动了行业的可持续发展。

【关键词】：起重机械；液压系统；节能设计；可持续运行；能源效率

DOI:10.12417/2811-0528.25.23.010

引言

起重机械广泛应用于现代工业生产中，特别是在建筑、物流和矿业等领域。然而，传统液压系统在工作过程中常伴随高能耗和低效运转，严重影响了设备的长效性与经济性。节能设计成为当前液压系统优化的重要方向。有效的节能设计不仅能够显著降低能耗，还能提升系统的工作效率与稳定性，进而延长设备的使用寿命，减少维修频率，降低运营成本。随着全球能源紧张与环保意识的提升，液压系统的节能设计也为行业的绿色转型提供了动力。本研究旨在深入分析液压系统节能设计的关键技术，探讨其在保障起重机械可持续运行中的实际应用，并为行业提供可行的节能优化策略。

1 起重机械液压系统节能设计的现状与挑战

起重机械液压系统作为一种重要的动力系统，在现代工业生产中发挥着至关重要的作用。液压系统通过液体的压力传递动力，广泛应用于各类起重机械中，尤其是在建筑、港口、矿业等重型作业领域。随着工业化进程的不断推进，起重机械的使用频率和工作负荷不断增加，这也使得液压系统的能耗问题日益突出。虽然液压系统的使用效率不断提高，但许多现有的系统仍然存在着较高的能耗和低效运作的问题，导致能源浪费和环境污染，无法满足现代工业对节能减排的需求。

液压系统节能设计仍面临不少挑战。传统的液压系统设计往往缺乏整体优化，许多组件如泵、阀门、管路等存在能耗过高的问题，导致系统效率不高。液压系统的工作环境复杂多变，各类设备的使用场景差异较大，这使得节能设计的实施难度增加。比如，在高负荷或突发工况下，液压系统的能效容易下降，无法持续保持高效运行。由于液压技术的更新换代较慢，许多旧有的液压元件仍在使用的，无法充分发挥节能潜力。最后，缺乏针对性和个性化的节能控制策略，使得液压系统在特定工况下无法进行实时优化调整，进一步制约了节能设计的实施效

果。

在面对这些挑战时，液压系统的节能设计亟需突破传统思维，通过更为先进的技术手段和优化策略进行改进。只有通过合理的设计与创新应用，才能有效提高液压系统的能效，推动节能设计在实际工作中的落地实施。为此，液压系统的节能设计不仅需要关注单个部件的能效提升，还要从整体系统的角度进行优化，通过对系统运行状态的实时监控和调节，确保在不同工况下都能实现能源的最优利用。

2 液压系统节能设计的优化策略与技术

液压系统的节能设计优化主要依赖于合理的技术手段和科学的设计理念。近年来，随着科技的不断进步，液压系统的节能技术不断发展，从传统的机械优化逐步向智能化控制和数字化调节过渡。为有效降低能耗，提高系统效率，液压系统中的泵、阀门和驱动机构等关键部件需要进行合理选型和优化。通过采用更高效的液压泵、低功耗的电动机以及高性能的控制阀门，可以显著减少系统的能量损失，进而提升整体系统的运行效率。

在液压系统中，泵的效率对整个系统的能效影响巨大。选择适合工作条件的泵，并通过合理调节泵的转速和排量，可以避免过度消耗能源。液压系统中的压力控制和流量调节也是节能设计的重要方面。传统的液压系统大多依赖固定的压力和流量进行工作，这导致在负载变化时，系统能效无法得到有效提升。而采用变频调速、压力控制调节等技术，可以根据负载需求灵活调节液压系统的输出功率，实现能源的动态优化。

另一个有效的节能策略是优化液压油的选型和循环利用。液压油作为液压系统中的介质，其粘度、热稳定性等参数直接影响系统的能效。选用高效、低摩擦的液压油不仅能够减少能量的浪费，还能提高系统的可靠性和耐用性。液压油的定期更

换和过滤也能有效提高液压系统的工作效率，减少不必要的能量损耗。液压系统的智能化控制技术是近年来发展较快的一项节能技术。通过安装传感器、使用实时数据监控和分析系统，可以对液压系统的工作状态进行动态监控和调节。当系统负荷发生变化时，自动调节液压油的流量和压力，确保系统在最优工作状态下运行。这种智能控制不仅可以减少能源浪费，还能提高系统的稳定性和适应性，在多变的工作环境中实现节能目标。

3 液压系统节能设计对起重机械可持续运行的保障作用

液压系统的节能设计通过集成先进技术显著提升起重机械的能效与可靠性。鞍钢股份热轧带钢厂 1780 生产线采用“动态平衡-梯度回收-自动调控”三位一体节能体系，使系统驱动力降至传统模式的 20%，主泵机组从 6 台缩减至 2 台，单周期能耗降低 60%，年节电量达 400 万度（约 4000 MWh）。该体系通过液压平衡装置实时补偿负载，减少对大功率电机的依赖，并利用蓄能装置回收势能，直接供给后续动作循环，同时智能识别轻、中、重载工况以自适应调节。油路温度稳定控制于 $48\pm4^{\circ}\text{C}$ ，延长设备寿命并减少故障。此外，本钢北营公司通过精益化管理实现液压站故障停机时间缩短 75%，减少产量损失 4900 吨，经济损失降低 45 万元。负载敏感技术在高压低流量条件下节能率达 4.3%，最高节能功率 528W，进一步优化了能源利用效率。

以下为国内企业液压系统节能改造后的性能数据对比：

表 1 液压系统节能改造效益对比表

企业名称	鞍钢股份	本钢北营公司	捷强装备	山东兖矿智能制造	三一重机
项目类型	加热炉液压改造	液压站精益管理	负载敏感系统	水基液压系统	挖掘机能回收
年节电量 (MWh)	4000	1850	620	2800	1100

参考文献：

[1] 王华,赵琴.起重机械液压系统节能设计与优化研究[J].机械工程学报,2023,59(8):112-120.
[2] 刘鹏,陈浩.液压系统节能技术的现状与发展趋势[J].工程机械,2024,45(5):78-85.
[3] 高明,李娜.基于智能控制的液压系统节能设计策略[J].液压与传动,2023,42(12):96-104.

故障减少率(%)	70	75	60	65	55
维护成本节省(万元/年)	98	45	32	78	54
油温稳定范围($^{\circ}\text{C}$)	48 ± 4	50 ± 3	45 ± 2	42 ± 5	47 ± 4
CO ₂ 减排量(吨/年)	3200	1480	496	2240	880

Note:数据基于各企业公开报告及行业标准推导，CO₂ 减排量按中国电网平均碳排放因子 0.8 kg/kWh 计算。

这些数据表明，液压系统节能设计的综合效益主要体现在能耗降低、运行稳定性提升及环境影响的减少。通过采用智能控制技术，系统能够实时监测负载变化并自动调整输出功率，避免能源空耗，实现精确匹配实际需求的能量供给。能量回收装置的集成应用可将制动能和势能转化为液压能存储再利用，大幅提高能源利用效率。这些技术措施使系统故障发生率显著下降，维护间隔延长，更换零部件频率降低，从而减少因停机检修导致的生产中断。在环境保护方面，能耗的降低直接减少了温室气体排放，同时液压油泄漏风险的控制也降低了对土壤和水源的污染可能性。随着传感器精度提升和算法优化，系统能够更精准地预测维护需求，实现从预防性维护向预测性维护的转变。

4 结语

本文深入探讨了起重机械液压系统节能设计的重要性及其对可持续运行的保障作用。通过对液压系统节能设计的现状分析与优化策略的研究，可以看出，液压系统的节能优化不仅能够有效降低能耗，提升系统的运行效率，还能增强设备的稳定性和延长使用寿命。尤其是在高负荷作业的环境中，节能设计能够减少设备故障和维修成本，从而为企业带来可观的经济效益。未来，液压系统节能设计将继续向智能化、个性化和绿色环保方向发展，为实现更加高效和可持续的工业生产提供保障。