

机械工程设备节能降耗技术应用研究

杨汉卿 刘鹏远

中信重工机械股份有限公司 河南 洛阳 471000

摘要：针对机械工程设备能耗偏高、能源利用效率低的问题，本文分析了设备能耗特征、偏高成因及节能核心需求，构建了节能设计、高效驱动与智能控制三大核心技术体系，重点研究了动力传输、智能监测、绿色能源与余热回收等关键技术的实际应用。通过针对性技术选型与适配，实现设备能耗精准控制与优化。研究表明，所应用的节能技术可有效降低设备能耗，提升能源利用效率，为机械工程设备节能降耗提供技术支撑，契合行业绿色转型发展需求。

关键词：机械工程设备；节能降耗技术；关键技术应用

引言

随着工业绿色转型推进，机械工程设备节能降耗成为实现“双碳”目标、降低运行成本的关键举措。当前，工程机械等设备普遍存在能耗偏高、负载匹配失衡、运维滞后等问题，不仅增加能源支出，还加剧环保压力。基于此，本文结合设备能耗现状与核心需求，系统梳理节能降耗核心技术体系，深入研究关键技术应用路径，旨在解决设备能耗浪费难题，提升能源利用效率，为机械行业绿色、高效、可持续发展提供理论与实践参考。

1 机械工程设备能耗现状与节能降耗核心需求分析

1.1 机械工程设备能耗特征

机械工程设备能耗呈现差异化特征，核心设备能耗构成各有侧重。工程机械（如挖掘机、装载机）以燃油消耗为主，燃油能耗占比达85%以上，核心消耗环节集中在动力输出和作业负载切换；工业机床以电能消耗为主，能耗占比超90%，主要消耗于主轴运转、进给系统及辅助装置；动力传输设备（如风机、泵阀）电能消耗占比95%以上，能耗核心环节为电机运转及传动损耗，不同设备的能耗分布的差异，为针对性节能提供了明确方向。

1.2 能耗偏高的关键成因剖析

设备能耗偏高源于多维度叠加影响：（1）设备设计存在缺陷，部分老旧设备结构不合理、传动效率低，新型节能设计未广泛应用；（2）运行工况不合理，负载匹配失衡、启停频繁，部分设备长期处于空载、过载状态，加剧能耗浪费；（3）运维管理滞后，缺乏系统的能耗监测，部件磨损、润滑不足未及时处理，增加额外能耗；（4）能源利用效率低，未采用高效节能技术，能源转化过程中损耗严重，多重因素共同导致能耗居高不下。

1.3 节能降耗的核心需求与目标

结合行业绿色转型要求，节能降耗核心需求集中在三方面：提升能源利用效率，减少无效能耗；降低设备

运行成本，缓解能源支出压力；减少污染物排放，契合环保政策要求。量化节能目标设定为：核心设备能耗较现有水平降低15%–20%，工业机床、动力传输设备电能利用率提升至85%以上，工程机械燃油消耗降低18%以上，实现效率、成本、环保的协同优化^[1]。

2 机械工程设备节能降耗核心技术体系

2.1 节能设计技术原理与应用逻辑

节能设计技术是构建设备节能体系的基础，其应用逻辑围绕“结构优化-能量回收-效率提升”展开，具体技术及原理如下：（1）轻量化设计技术：核心原理是在保障设备结构强度、承载能力及作业稳定性的前提下，选用高强度、低密度新型材料替代传统厚重钢材，减少设备自身重量。应用逻辑为通过结构拓扑优化删减冗余结构，采用一体化成型工艺，降低设备运行时的动力负载，从源头减少驱动能耗，适用于工程机械、工业机床等设备。（2）高效传动结构优化技术：核心原理是减少传动环节的能量损耗，通过优化传动比、选用高精度传动部件，提升能量传递效率。应用逻辑为摒弃传统低效带传动，采用精密齿轮传动、谐波传动等结构，减少摩擦和振动损耗，简化传动链路，降低能量传递衰减，确保动力高效传递至作业端。（3）能量回收系统集成技术：核心原理是将设备运行中产生的多余能量进行回收、转化和再利用，减少能量浪费。应用逻辑为在设备关键能耗环节加装回收装置，将制动动能转化为电能储存，或把作业余热转化为辅助动力，实现能量循环利用，适配启停频繁或余热较多的设备。

2.2 高效驱动与动力匹配技术

高效驱动与动力匹配技术核心逻辑是提升能源转化效率，实现动力输出与作业负载的精准适配，减少无效能耗，具体技术及原理如下：（1）变频调速技术：核心原理是通过变频控制器调节电机供电频率，改变电机转

速,使电机输出功率与设备实际负载精准匹配。应用逻辑为根据负载波动动态调节供电频率,避免电机在额定转速下长期低负载或空载运行,减少电能浪费,适用于负载波动较大的设备。(2)永磁同步驱动技术:核心原理是采用永磁体替代传统励磁绕组,减少电机励磁损耗,提升运行效率和功率密度。应用逻辑为将永磁同步电机与驱动系统集成,其高效运行区间宽、启动能耗低,能在低负载工况下保持高效,替代传统异步电机降低驱动能耗,适用于各类中小型机械工程设备。(3)动力系统与负载精准匹配技术:核心原理是通过实时监测作业负载,动态调节动力系统输出参数,实现动力供给与负载需求的动态平衡。应用逻辑为利用传感器采集负载数据,通过控制系统调节动力输出功率、转速等,避免过载和空载造成的能耗浪费,实现动力系统高效运行。

2.3 智能控制与能量优化管理技术

智能控制与能量优化管理技术核心原理是通过智能化监测、分析与调控,实现能量按需分配,减少无效能耗,具体技术及原理如下:(1)基于物联网的能耗监测技术:核心原理是通过物联网终端、传感器实时采集设备各环节能耗数据,实现数据实时上传与可视化监控。应用逻辑为构建全覆盖监测网络,精准识别能耗异常环节,为能量优化提供数据支撑,避免能耗异常未及时发现导致的浪费。(2)基于AI算法的智能调控技术:核心原理是利用AI算法分析能耗、负载数据,挖掘设备最佳运行参数,实现能量动态优化调节。应用逻辑为通过算法模型预测负载变化,提前调整运行参数,使设备处于最佳能耗工况,调节辅助系统能耗,减少待机能耗,提升整体节能效果^[2]。

3 机械和设备节能降耗关键技术应用研究

3.1 动力传输与传动系统节能技术应用研究

高效传动装置的选型核心是结合机械和设备工况与能效需求,实现传动效率最大化,不同传动装置的选型与适配方案如下:(1)齿轮传动:传动效率高、结构紧凑,常规精密齿轮传动效率可达95%~98%,适用于机械工程中中高速、重载且对传动精度要求高的场景。选型需根据负载大小、转速范围确定齿轮模数与齿形,重载优先选用斜齿轮,高精度场景选用圆弧齿轮,适配时确保齿轮与电机、作业机构传动比匹配,减少能量衰减,适配工业机床、重型破碎机械等核心设备。(2)液压传动:柔性好、过载保护能力强,但存在泄漏损耗,效率约85%~90%,适用于机械工程中低速、重载且需平稳换向的设备。选型根据负载压力、流量需求选择液压泵、液压马达,适配时优化液压管路布局,减少管路阻力,

避免泄漏导致的能耗损失,主要应用于挖掘机、液压起重机等工程机械。(3)带传动:结构简单、成本低,但传动效率较低(约80%~85%),适用于机械工程中轻载、中低速且对传动精度要求不高的场景。选型根据负载大小选择带的类型与规格,适配时调整带的张紧度,减少打滑,降低能耗,适配小型输送机、风机等辅助设备。

3.1.2 传动系统能耗损失控制技术

机械和设备传动系统能耗损失主要源于摩擦与振动,核心控制技术围绕损耗机理展开,具体如下:(1)润滑优化技术:摩擦损耗主要产生于传动部件啮合处,核心是选用适配的高效润滑介质,在部件表面形成油膜减少摩擦阻力。实际应用中,根据传动装置类型选用合成润滑脂或专用润滑油,定期检测更换老化油脂,采用定量润滑方式,避免润滑过度或不足导致的能耗增加,适配各类机械传动系统。(2)结构减振技术:振动能耗源于传动部件不平衡运转,核心是通过结构优化减少振动。采用高精度动平衡加工工艺,对齿轮、轴等传动部件进行平衡校正;在传动机构与机架间加装减振垫,吸收振动能量,减少振动损耗,适配各类高速运转的机械传动系统。(3)间隙调整技术:传动部件间隙过大会导致冲击振动、增加能耗,核心是精准调整间隙。定期检测齿轮啮合间隙、轴承间隙,采用垫片调整、螺纹调节等方式将间隙控制在合理范围,避免能量浪费,提升传动稳定性,保障设备正常运行^[3]。

3.2 智能监测与运维管理节能技术应用研究

3.2.1 设备能耗实时监测技术体系

机械和设备能耗实时监测技术体系核心是实现能耗数据精准采集与传输,为节能优化提供支撑,具体构建与应用如下:(1)硬件部署:在设备关键能耗环节安装专用传感器,电机处装电流、电压传感器,燃油类设备装油耗传感器,传动系统装温度、振动传感器;每台设备配备数据采集终端,实现传感器数据的实时采集、过滤与初步处理,保障数据精准。(2)数据传输技术:采用无线物联网(IoT)技术,将采集数据通过4G/5G网络上传至云端平台,传输中采用加密技术保障安全;户外、偏远场景采用LoRa无线传输技术,解决信号覆盖问题,实现全场景监测。(3)系统构建:云端管理平台实现能耗数据可视化展示、长期存储与多维度分析,可实时显示单台及集群设备能耗,支持按时间段、设备类型查询统计,精准识别能耗异常环节,为节能优化与运维调整提供支撑。

3.2.2 基于状态的预测性维护技术

该技术核心是通过数据分析实现设备故障预警与精

准运维,减少能耗浪费,具体应用如下:(1)数据采集与分析:全面采集设备能耗数据、运行状态数据(振动、温度、噪声等),利用大数据算法深度挖掘,构建设备故障诊断模型,精准识别运行异常特征,建立能耗与故障的关联关系。(2)故障预警与状态评估:当运行数据超出正常阈值时,模型自动发出预警,明确异常部位与故障类型;同时通过算法评估部件老化程度,确定剩余使用寿命,为精准运维提供依据,避免故障扩大导致能耗激增。(3)精准运维实施:结合预警信息与设备工况,制定个性化维护方案,对异常部件精准检修、更换,避免过度维护或维护不及时,减少停机损耗与额外能耗,保障设备稳定高效运行。

3.2.3 智能运维管理系统的节能效益

智能运维管理系统的核心作用是优化运维流程、减少无效能耗,其节能逻辑如下:(1)优化维护周期:摒弃传统固定周期维护,通过实时监测设备状态动态调整维护周期,减少无效维护次数,降低维护过程中的能源消耗与成本投入,适配各类长期运行设备。(2)降低能耗损耗:通过精准运维保障设备处于最佳运行状态,减少部件磨损、故障导致的能耗上升;通过能耗数据分析优化运行参数,减少空载、过载等无效能耗,提升能源利用效率。

3.3 绿色能源与余热回收技术在机械工程设备中的应用

3.3.1 可再生能源与设备动力系统融合技术

核心是实现可再生能源与传统动力系统协同运行,替代部分传统能源、降低能耗,具体技术路径如下:(1)太阳能与动力系统融合:户外作业设备安装太阳能电池板,将太阳能转化为电能储存于蓄电池,为辅助系统(照明、控制电路)供电,替代部分传统电能;小型设备可采用太阳能与电机协同驱动,进一步降低电机能耗,适配户外工程机械、露天作业设备。(2)风能与动力系统融合:高风速场景设备旁安装小型风力发电机,将风能转化为电能接入动力系统,补充动力供给,减少传统能源消耗,适配港口起重机、户外输送机等,需结合风速条件部署。

3.3.2 设备余热回收利用技术方案

针对设备运行产生的废热、余压,通过专用技术实现能量再利用,具体方案如下:(1)余热回收装置设计:高温运行设备(工业机床、大型工程机械动力装置)上安装专用余热回收换热器,采集高温烟气、冷却水余热,通过换热器转化为热水或蒸汽,实现余热初步回收。(2)能量再利用系统:回收的热水或蒸汽用于车间供暖、设备预热,或通过余热发电装置转化为电能反馈至动力系统,实现余热循环利用,适配各类高温作业设备,提升能源综合利用率。

3.3.3 绿色能源与余热回收的协同节能模式

构建二者协同模式,实现优势互补、降低综合能耗,具体作用机制如下:(1)互补供给:可再生能源受天气、环境影响大、供给不稳定,余热回收能源供给稳定,二者协同可实现能源持续供给,避免单一能源依赖,保障设备稳定运行。(2)综合利用:整合太阳能、风能产生的电能与余热转化能量,统筹供给动力系统与辅助系统,优化能源分配,提升综合利用率,进一步降低设备能耗,契合机械工程绿色发展需求^[4]。

结束语

本文围绕机械工程设备节能降耗展开研究,明确了能耗现状与核心需求,构建了完善的节能技术体系,详细探讨了各类关键技术的应用逻辑与实施路径。研究证实,合理应用传动优化、智能监测、绿色能源回收等技术,可有效降低设备能耗、提升运行效率。未来可进一步推动节能技术与设备的深度融合,优化技术适配方案,攻克复杂工况下的节能难题,持续提升机械工程设备节能水平,助力行业实现绿色低碳高质量发展。

参考文献

- [1]韦昌湘.机械工程中节能减排技术的应用研究[J].现代工业工程,2025(12):125-127.
- [2]陈荣亨.化工机械设备节能降耗技术及应用研究[J].时代漫游,2022(1):27-29.
- [3]高修民.工程机械传动系统的节能优化技术研究[J].科学与信息化,2025(17):120-122.
- [4]胡小龙.机械工程设计中的节能降耗技术分析[J].行车指南,2023(4):0057-0058.