

# 常减压装置抽真空系统节能研究进展

方强强 王冬根

杭州和辰能源科技有限公司 浙江 杭州 311121

**摘要:** 常减压装置是石油化工行业中重要的设备,其抽真空系统在提高分馏效率、降低能耗方面起着关键作用。随着能源节约和环境保护需求的日益增加,研究并应用节能技术已成为提升常减压装置能效的重要途径。本文综述了近年来常减压装置抽真空系统节能研究的进展,重点分析了新型节能真空泵、自动化控制技术、系统集成与热能回收等方面的创新成果。通过对现有节能技术的评估,本文探讨了未来在智能化优化、绿色低碳技术等领域的研究方向,以期为常减压装置的节能改造提供理论支持和技术参考。

**关键词:** 常减压装置;抽真空系统;节能技术;真空泵;自动化控制;热能回收

## 引言

常减压装置是石油炼制过程中用于分馏原油的重要设备,其抽真空系统对于提高分馏效果、降低能耗起到了至关重要的作用。随着能源成本的上升以及环境政策的严格要求,如何在保证生产效率的同时实现能源的高效利用,成为业内亟待解决的课题。传统的抽真空系统在节能方面仍存在许多不足,尤其是在真空泵的能效和系统优化方面。近年来,随着节能技术的发展,新的真空泵设计、智能化控制系统、以及热能回收技术的应用,已逐步在常减压装置中得到推广。本文将结合最新的研究成果,系统梳理常减压装置抽真空系统节能的技术进展,分析各项技术的应用效果及其潜力,并展望未来发展方向,以期为相关领域的研究与实践提供参考。

## 1 常减压装置抽真空系统的节能技术现状

### 1.1 高效真空泵技术

高效真空泵是常减压装置节能的核心设备之一。近年来,低功耗、高效率的泵类设备已成为提升抽真空系统能效的主要方向。目前,采用变频调速技术的真空泵广泛应用于常减压装置,通过调节泵的转速和负荷,减少不必要的能量消耗。相比传统的恒速运行泵,变频泵能够根据实际需求动态调节,显著降低能源消耗。此外,采用油封式泵和干式泵技术也有助于减少摩擦损失,提高泵的整体效率。

### 1.2 自动化控制技术

**第一作者简介:** 方强强(1984年07月—),男,汉族,浙江金华浦江人,大专学历,中级工程师,研究方向:能源设备技术开发、能源工程管理。

**第二作者简介:** 王冬根(1985年12月—),男,汉族,本科学历,江西省吉安市人,中级工程师,研究方向:能源设备技术开发、能源工程管理。

自动化控制技术的引入,为常减压装置抽真空系统的节能提供了更加精准的调节手段。基于PLC(可编程逻辑控制器)或DCS(分布式控制系统)等自动化系统,通过实时监测真空度和其他工况参数,实现智能化控制和优化。自动化控制系统能够根据生产需要自动调整真空泵的运行参数,如启停、转速调节等,避免了人为操作不当导致的能源浪费,并且能够及时进行故障预警,降低设备运行成本。

### 1.3 系统优化与集成技术

系统优化技术是提升常减压装置抽真空系统节能效果的另一重要途径。近年来,行业中逐步引入多元化的系统优化策略,包括真空系统的联动控制、负荷平衡控制以及工艺流程的智能优化。通过集成化的控制系统,实现真空泵和相关设备的协同工作,最大限度地提高系统运行效率,避免冗余能耗。此外,优化设计中的气体压缩与回收利用也有助于提高系统的总体节能效果。

### 1.4 热能回收技术

热能回收是常减压装置节能技术中日益受到关注的一项技术。真空系统中,尤其是在泵的排气和冷凝过程中的废热,若能够有效回收并重新利用,将大大提升整个系统的能源利用效率。采用热交换器和热泵等技术,将废热转化为可用能源,不仅能够降低能源消耗,还能减少系统的冷却需求,提高能源的整体使用效率。目前,热能回收系统在部分常减压装置中已经得到应用,且取得了显著的节能效果。

## 2 节能优化措施的创新研究

### 2.1 智能化真空系统优化控制

智能化控制技术在真空系统节能中的应用是近年来的重要创新之一。通过引入基于人工智能(AI)和机器学习的算法,真空系统能够实时分析和优化运行状态,

动态调整泵的工作模式、转速和负荷。与传统的基于设定值的控制方法相比,智能化控制系统能够根据实时数据进行预测性调整,降低不必要的能量消耗,减少系统负荷波动。此外,智能控制系统还可以通过学习生产过程中的数据,优化能效配置,进一步提高节能效果。

### 2.2 变频调速技术与泵性能优化

变频调速技术在真空泵中的应用是提高系统能效的关键创新之一。传统真空泵的恒速运行方式在许多情况下无法与实际需求匹配,造成了大量的能源浪费。采用变频调速泵,可以根据系统的实时需求调整泵的转速,使之与真空需求保持最佳匹配,显著降低能耗。此外,优化泵的设计和材料,采用更高效的泵叶轮、改进泵体的气动性能,也能有效提高泵的工作效率和减少能量损失。

### 2.3 多级集成与协同优化技术

在常减压装置抽真空系统中,采用多级集成与协同优化技术是实现节能的另一创新方向。通过系统集成,真空泵与其他相关设备(如压缩机、换热器等)可以形成高度协同的工作模式。这种协同优化不仅能够减少设备间的冗余运行,还能在系统整体层面进行能源调度和负荷平衡,实现更高效的资源利用。例如,结合气体压缩和冷凝过程,设计出一体化的能源回收系统,将废气中的热能回收用于系统预热,降低加热成本,从而进一步提高系统的整体能效。

### 2.4 废热回收与余热利用创新技术

在常减压装置的真空系统中,废热回收和余热利用技术的创新应用已成为节能优化的重点。通过引入高效热交换器和热泵技术,废气和冷凝水中的热量可以有效回收并重新利用。例如,利用废气中的余热进行热水供应或驱动系统中的辅助设备,可以大大减少外部能源的消耗。此外,采用新型材料和技术(如相变储能技术)在热能存储和转换中的应用,也为节能优化提供了更广泛的可能性,进一步提升了系统的整体能效。

### 2.5 数字化与物联网技术应用

随着数字化和物联网技术的飞速发展,数字化平台在常减压装置节能优化中的应用取得了突破性进展。通过在真空系统中部署传感器和智能仪表,能够实时监测设备状态、能源消耗和工况变化。这些数据通过物联网平台进行集中管理和分析,不仅为操作人员提供实时的能效反馈,还能通过大数据分析进行预测性维护和优化建议,避免设备过度运行或能量浪费,最大限度地提高系统的运行效率。

## 3 数字化与智能控制技术在真空系统节能中的应用

### 3.1 数字化平台与实时监控技术

数字化平台通过集成传感器、智能仪表和监控系统,能够实时收集并监控真空系统的各项数据(如压力、流量、温度、功耗等)。这些数据通过物联网(IoT)技术传输至中央控制平台,实现全局数据集中管理。实时监控不仅可以帮助操作人员及时发现系统异常,还能为智能控制系统提供准确的数据支撑,确保系统运行的优化与节能。例如,针对真空系统中的关键部件,如真空泵、冷凝器和换热器,数字化监控能够提供实时运行状况,使得系统的每个环节都能根据需求进行精确调节,避免过度运行和能量浪费。

### 3.2 基于人工智能的预测性维护与优化

利用人工智能(AI)和机器学习算法,真空系统的智能控制系统能够分析历史数据和实时信息,进行预测性维护和优化决策。这些系统通过不断学习生产过程中能效变化的规律,能够提前预测设备可能出现的故障,制定精准的维护计划,避免故障导致的能量浪费和停机损失。此外,AI系统能够根据生产需求动态调整系统的运行模式,例如调整真空泵的转速和负荷,确保能效的最大化。通过这种智能化的控制,系统能够保持在最优状态运行,从而提高整体的节能效果。

### 3.3 自适应控制与能效优化

自适应控制技术的引入,使得真空系统能够根据不同的工况和外部条件自动调整工作参数,以实现最佳能效。例如,当原油负荷变化或外部气候条件发生变化时,智能控制系统能够自动识别并调整真空泵的转速、压力等参数,减少无效能量消耗。这种灵活的调整机制使得系统运行更加高效,避免了传统恒速运行模式下的能源浪费。此外,结合先进的模糊控制或神经网络控制技术,能够进一步优化系统运行,确保在复杂工况下也能达到最优能效。

### 3.4 集成化能源管理与优化调度

随着多种数字化和智能化技术的集成,能源管理系统(EMS)在真空系统中的应用越来越广泛。通过智能化调度和优化,能源管理系统能够实现对真空泵、压缩机、冷却系统等设备的统一管理和协调。该系统能够根据实时能效数据、负荷需求以及生产调度安排,自动选择最合适的设备组合和运行模式,确保资源的高效利用。例如,系统能够根据预设的能源消耗目标自动调整设备运行策略,避免设备间的冗余工作和能源浪费。结合能源回收和余热利用技术,数字化能源管理系统能够进一步提高整体系统的能源效率。

### 3.5 云计算与大数据分析

云计算和大数据技术的引入,使得真空系统的能效

管理和优化可以通过跨地域、跨工厂的云平台实现集中管理和分析。通过云平台,可以汇集和处理来自不同装置的海量数据,利用大数据分析工具对数据进行深度挖掘,优化能效预测和设备调度。基于云计算的技术支持,操作人员可以在任何时间、任何地点访问系统状态,进行远程监控和调整。这种全局化、集中化的数据分析与决策支持系统,提升了整个抽真空系统的节能管理能力。

#### 4 新型能源回收技术在抽真空系统中的集成与应用

新型能源回收技术在抽真空系统中的应用,尤其是在废热回收和能源回收装置集成方面,已经为石油化工行业提供了高效的节能和环保解决方案。废热回收技术通过热交换器和热泵的结合,能够将真空系统中产生的废热转化为可用的能源,从而大幅度降低了对外部热源的依赖。这种技术不仅能够有效减少能耗,还通过优化能源的回收和再利用,提高了整体系统的能源利用效率。同时,废热回收技术有助于降低系统的温度波动,进一步增强了设备的稳定性和可靠性,减少了设备因过热或过冷带来的损耗。

能源回收装置集成技术是通过废气回收、气体压缩以及智能化控制系统的协同优化,提高整个真空系统的能效。在这一过程中,废气的回收利用不仅减少了有害气体的排放,还能够将气体中的热能提取出来并用于加热其他工艺环节,从而降低了能源的整体消耗。而气体压缩技术则通过提升气体的压力,使其能量得到有效存储,并在需求高峰期进行释放,优化了能源的使用时机与方式。此外,智能化控制系统通过精准的监控和调节,能够实时优化设备的运行状态,避免因过度运行或不匹配的负荷造成的能源浪费。

这些技术的应用不仅降低了能源消耗,提升了能源利用效率,还显著减少了废气和废热的排放,符合现代环保要求,帮助石油化工行业朝着绿色低碳的方向发展。同时,通过对废热的有效回收与利用,减少了生产过程中的外部能源需求,降低了能源采购成本,并减少了对环境的负面影响。

随着热泵技术、热交换技术的不断发展以及智能化控制技术的深化,未来的新型能源回收技术将在低品位废热的高效利用和系统集成优化方面取得更大的突破。

新材料、新工艺和新技术的引入将进一步提高废热回收的效率,降低回收成本,推动系统集成的更加高效和智能化。这些技术将为石油化工行业的节能减排和可持续发展提供更大的支持,不仅能显著提高能效,还能够减少温室气体排放,为行业的绿色转型贡献更大的潜力。

#### 5 总结

常减压装置抽真空系统的节能研究已取得显著进展,尤其是在高效真空泵、自动化控制、系统集成与热能回收等领域。新型节能真空泵的应用,如变频调速泵和干式泵技术,有效降低了能耗,提高了系统效率。同时,自动化控制技术的引入使得系统能够根据实际需求智能调节运行参数,避免能源浪费,并增强了故障预警和优化调度能力。此外,系统集成与协同优化技术在真空泵与相关设备之间实现高效协作,进一步提升了整体能效。热能回收技术的应用,特别是废热回收与余热利用,减少了能源消耗,并提高了能源的再利用率。随着数字化和智能控制技术的应用,真空系统的节能效果得到了进一步优化。通过实时监测、人工智能算法、预测性维护与优化等手段,系统能够在动态变化的生产条件下保持高效运行。云计算和大数据分析技术的集成,提升了能源管理的精确性和全局优化能力,为石油化工行业的节能提供了坚实的技术保障。未来,随着新型能源回收技术和智能化系统的不断进步,常减压装置的抽真空系统将能够实现更高效、环保的能源利用,推动石油化工行业向低碳、可持续发展迈进。

#### 参考文献

- [1] 吴利军.常减压装置减顶抽真空系统扩能改造[J].石油石化绿色低碳,2022,7(03):17-23.
- [2] 车景华.某常减压装置的节能降碳研究[D].中国石油大学(北京),2022.
- [3] 张磊,郭鉴,吴帅,等.常减压蒸馏装置减顶板式空冷入口多点注水技术[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(03):187-189.
- [4] 田增芹.天津石化10Mt/a常减压装置减压深拔工艺技术优化[J].石油石化节能,2021,11(05):4-8+60-61.
- [5] 宋昭崢,王子健,车景华,等.常减压装置减顶抽真空系统节能研究进展[J].节能,2020,39(11):127-128.