

合成气制氢装置脱碳系统运行难点及解决策略

胡亚文

北京天地融创科技股份有限公司 北京 100013

摘要: 合成气制氢装置的脱碳系统在实际运行中面临着一些困难和挑战, 如碳捕集效率低、脱碳装置的稳定性问题以及脱碳过程对能耗的影响。本文通过研究和分析, 提出了一些解决这些难题的策略和方法。针对碳捕集效率低, 探讨了改进碳捕集技术的途径。对于脱碳装置的稳定性问题, 提出了优化装置设计的方案。同时, 针对脱碳过程对能耗的影响, 提出了提高能耗效率的方法。此外, 运行管理与控制也是提升脱碳系统运行效果的关键, 探讨了完善运行管理制度、实施自动化控制技术以及监测与优化脱碳过程的措施。这些解决策略的应用可以有效地提升合成气制氢装置脱碳系统的运行效率和稳定性, 实现低碳、高效的氢能生产。

关键词: 合成气制氢装置; 脱碳系统; 运行

Operation difficulties and solutions of decarbonization system in synthetic gas hydrogen production plant

Yawen Hu

Beijing Tiandi Sunac Technology Co., Ltd. Beijing 100013

Abstract: The decarbonization system of the synthetic gas-to-hydrogen production unit faces various challenges and difficulties during its practical operation, such as low carbon capture efficiency, stability issues in the decarbonization apparatus, and the impact of the decarbonization process on energy consumption. This paper, through research and analysis, presents strategies and methods to address these issues. In response to the issue of low carbon capture efficiency, this paper discusses avenues for improving carbon capture technology. To tackle the stability problems of the decarbonization apparatus, a proposal for optimizing apparatus design is put forward. Additionally, with regard to the impact of the decarbonization process on energy consumption, methods to enhance energy efficiency are proposed. Furthermore, operational management and control are critical to enhancing the effectiveness of the decarbonization system. Measures to improve operational management systems, implement automation control technology, and monitor and optimize the decarbonization process are discussed. The application of these strategies can effectively enhance the operational efficiency and stability of the decarbonization system in the synthetic gas-to-hydrogen production unit, facilitating low-carbon and efficient hydrogen production.

Keywords: Synthetic Gas Hydrogen Production Device; Decarbonization System; Operation

一、合成气制氢装置脱碳系统运行难点

1. 碳捕集效率低

碳捕集是合成气制氢装置脱碳系统的关键步骤, 用于去除产生的二氧化碳。然而, 目前存在的一个主要难题是碳捕集效率低, 即无法完全去除全部二氧化碳, 导致碳排放无法实现有效控制。

首先, 碳捕集剂选择不当。合成气制氢装置中常用的碳捕集剂包括氨溶液、胺溶液等。但不同的碳捕集剂对二氧化碳的吸附性能有所差异, 选择不当可能导致捕

集效率低下。因此, 需要对各种碳捕集剂进行系统研究, 选择最适合的碳捕集剂来提高捕集效率^[1]。其次, 传质速率限制。碳捕集过程中, 二氧化碳从气相传递到液相的速率是影响捕集效率的重要因素。如果传质速率较低, 将限制二氧化碳在液相中的吸附和反应过程, 从而导致碳捕集效率的下降。因此, 改善传质速率, 提高气液界面的质量传递效率是解决问题的关键。

2. 脱碳装置的稳定性问题

脱碳装置是合成气制氢装置脱碳系统的核心组成部

分, 用于将捕集的二氧化碳从碳捕集剂中分离出来。然而, 脱碳装置在实际运行中面临着一些稳定性问题, 限制了装置的长期稳定运行和高效脱碳。并且长时间运行后, 脱碳装置中的碳捕集剂可能会堆积、结垢或形成颗粒, 导致装置管道堵塞或堵塞物堆积, 影响脱碳效果。这可能由于碳捕集剂的附着性或反应产物的沉积引起。因此, 定期对脱碳装置进行清洗和维护是必要的。

脱碳装置的催化剂能促进二氧化碳的分解反应, 但长期运行后, 催化剂可能会失活, 导致反应效率下降。催化剂失活可能由于污染物的吸附、活性物质的损耗或结构破坏引起。因此, 定期检测催化剂的活性, 并采取适当的再生或更换策略, 能够保持脱碳装置的稳定性。

3. 脱碳过程对能耗的影响

脱碳是合成气制氢装置脱碳系统的关键步骤, 它涉及到能源的消耗和利用效率。脱碳过程对能耗的影响是合成气制氢装置能源利用率的重要因素。而脱碳反应是一个高温高压的过程, 对于达到足够的反应速率和选择性, 通常需要提供充足的热能。高温条件可以促进脱碳反应的进行, 但同时也带来了能源的消耗。因此, 通过优化反应温度和压力, 寻找合适的催化剂和反应条件, 可以降低脱碳过程的能耗。

脱碳过程涉及到多个步骤, 包括碳捕集、脱附、再生等, 每个步骤都会有能量损失。例如, 在碳捕集过程中, 吸附剂与二氧化碳的接触和分离需要消耗能量; 在脱附和再生过程中, 需要提供热能来释放吸附的二氧化碳。因此, 减少能量损失, 提高能源利用效率是关键^[2]。另外, 脱碳过程中可能产生副产品或废物。例如, 在某些脱碳方法中, 会生成二氧化硫等副产品或废气, 需要进行处理和排放控制。处理这些副产品或废物的过程也会消耗能量和资源。因此, 在脱碳过程中综合考虑副产品的处理和废物的利用, 能够减少能源的浪费和环境污染。

二、解决策略

1. 改进碳捕集技术

碳捕集是合成气制氢装置脱碳系统的核心环节, 其效率直接影响脱碳过程的能源利用率。目前存在一些碳捕集技术方面的难点, 包括捕集效率低、反应速率慢、吸附剂循环不稳定等问题。

(1) 优化吸附剂的选择

吸附剂是碳捕集技术的关键组成部分, 不同吸附剂具有不同的吸附性能和循环稳定性。研发新型高效吸附剂, 具有高吸附容量、快速反应速率和循环稳定性, 可以提高碳捕集的效率。例如, 采用金属有机框架材料(MOF)或离子液体等新型吸附材料, 具有高度可控的吸

附性能, 可提高捕集效率和吸附剂的循环寿命。

(2) 改进吸附-脱附循环过程

脱附过程是吸附剂循环的关键步骤, 影响着碳捕集系统的稳定性和效率。改进脱附过程, 减少脱附能量消耗和副产物生成, 可以提高碳捕集系统的能源利用率。例如, 采用温和的脱附条件、优化脱附气体组成和流量等措施, 可以降低脱附能量消耗, 并减少二氧化碳的排放^[3]。

(3) 增强吸附剂的循环稳定性

吸附剂的循环寿命直接影响碳捕集系统的可持续运行。在长时间运行中, 吸附剂可能受到热脱附、吸附剂疲劳和颗粒磨损等因素的影响, 导致吸附性能下降。为了提高循环稳定性, 可以通过表面修饰、载体改性等手段, 增强吸附剂的耐热性、抗疲劳性和抗颗粒磨损性能。

2. 优化脱碳装置设计

脱碳反应器是脱碳装置的关键组成部分, 对反应器结构和配置进行优化可以改善反应器的传质和传热性能, 提高脱碳效率。例如, 采用高效的反应器填料和催化剂, 设计合理的反应器内部结构, 可以增加接触面积和提高反应速率, 从而提高碳捕集效率。

脱碳装置的循环工艺包括吸附、脱附、再生等步骤, 通过优化这些步骤的操作参数和流程, 可以降低能耗和副产物的生成。例如, 合理控制吸附剂的进料流量、温度和压力, 以及脱附和再生过程中的操作条件, 可以减少能耗并提高系统的稳定性。为了改善脱碳装置的性能和运行稳定性, 可以引入辅助设备和技术支持, 如热交换器、循环气体净化装置等。这些设备和技术可以有效地提高能源利用效率, 减少能耗和副产物的排放^[4]。

3. 提高能耗效率

在脱碳过程中, 有大量的热能可以回收利用。通过合理设计热交换系统、采用余热回收技术, 将废热用于加热吸附剂的再生过程或其他能耗环节, 可以显著降低系统的能耗。此外, 结合能源管理系统, 对能源流进行监测和优化, 通过能量综合利用和能源互补等方式, 最大限度地提高能源利用效率。同时选择高效的脱碳装置和设备, 如采用低压降吸附床、高效换热器等, 可以降低能耗并提高系统效率。引入先进的分离和纯化技术, 如膜分离、离子交换等, 以替代传统的能耗较高的操作步骤, 从而减少能耗。

在运行管理方面, 建立完善的能耗监测体系和节能管理制度是必要的。通过实时监测和分析能耗数据, 发现能耗异常和潜在的节能机会, 并及时采取相应措施进行调整和改进。同时, 制定节能管理制度, 明确节能目标、责任和措施, 培养节能意识和习惯, 持续推进能耗

优化和改进。

三、加强运行管理与控制

1. 完善运行管理制度

合成气制氢装置脱碳系统的运行管理对于提高能源利用率和解决运行难点至关重要。建立完善的运行管理制度可以有效地管理和控制系统运行,优化运行效率,并提高系统的稳定性和可靠性。首先,建立健全的运行规程和操作指导。运行规程和操作指导是对运行人员的要求和操作步骤进行明确规定的文件,能够确保操作的一致性和正确性。通过建立健全的运行规程和操作指导,可以规范操作流程,减少人为错误,提高运行效率。其次,加强运行人员培训和技能提升。合成气制氢装置是高度复杂的系统,需要经验丰富的运行人员进行操作和监控。通过加强运行人员的培训和技能提升,提高其对系统运行的理解和把握能力,能够更好地应对运行中的问题和挑战,并及时采取相应的措施进行处理^[5]。

定期的检修和维护是确保设备和系统正常运行的关键。建立健全的检修和维护计划,包括定期检查、预防性维护和故障修复等工作,能够及时发现和解决潜在的问题,保证系统的稳定性和可靠性。同时,实施数据监测与分析。通过建立数据监测系统,对合成气制氢装置脱碳系统的运行参数、能耗数据等进行实时监测和记录。利用数据分析和统计,可以发现系统运行中存在的问题和潜在的改进空间,为运行管理提供科学依据。

2. 实施自动化控制技术

在合成气制氢装置脱碳系统中,实施自动化控制技术是提高能源利用率和解决运行难点的关键策略。自动化控制技术可以实现对系统运行过程的实时监测、精确调节和智能优化,从而提高系统的稳定性、效率和响应能力。

通过使用高精度、高可靠性的仪表和传感器,能够对关键的运行参数和指标进行实时监测和测量。例如,温度传感器、压力传感器、流量计等,可以准确获取系统运行状态的数据,为后续的控制和调节提供准确的基础。其次,引入先进的自动化控制系统可以根据实时监测的数据,进行快速的判断和决策,并自动调节系统的运行状态和参数。先进的控制算法,如模型预测控制(MPC)、自适应控制等,可以根据系统的动态特性进行智能优化和调节,提高系统的稳定性和能源利用效率。并且利用数据分析和大数据技术通过对历史数据的分析和挖掘,可以揭示系统运行的规律和特点,并为优化控制策略提供依据。大数据技术的应用可以对大量的数据进行存储、处理和分析,从而实现更精确、更智能的控

制和优化。

3. 监测与优化脱碳过程

在合成气制氢装置脱碳系统中,监测与优化脱碳过程是提高能源利用率和解决运行难点的关键策略。通过实时监测和精确优化脱碳过程,可以最大程度地减少能耗、提高脱碳效率,并确保系统的稳定运行。通过安装适当的仪表和传感器,监测关键的运行参数和指标,如脱碳效率、吸收剂浓度、温度、压力等。实时监测系统可以提供脱碳过程的实时数据,帮助运行人员了解系统的运行状态,并及时发现异常情况或潜在问题。同时通过收集和分析历史数据,了解脱碳过程的规律和特点,并识别出潜在的优化空间。基于数据分析的结果,可以制定相应的优化策略,调整操作参数、改进操作方式,以提高脱碳效率和能源利用率。

最后建立合成气制氢装置脱碳过程的数学模型,结合实时监测的数据进行模型参数的辨识和优化。利用模型预测控制(MPC)、优化算法等方法,实现对脱碳过程的优化调节。通过实时调整操作变量,使系统保持在最佳工作点,提高能耗效率和脱碳效率。同时,建立故障诊断与预测系统,通过监测设备状态和异常信号,及时发现潜在的故障,并进行预测和预警。通过快速的故障诊断和预测,能够减少停机时间,提高系统的稳定性和可靠性,进一步提高能源利用率。

四、结论

通过技术改进、运行管理与控制以及政策和经济因素的综合应用,合成气制氢装置脱碳系统的能源利用率可以得到提升。这将有助于推动清洁能源生产的可持续发展,并为实现低碳经济目标做出贡献。进一步研究和实践应该不断推动合成气制氢装置脱碳技术的创新和进步,以满足未来能源需求的同时减少环境污染和碳排放。

参考文献:

- [1]刘凯,赵维松,陈友福.合成气制氢装置脱碳系统运行问题分析与对策[J].炼油技术与工程,2023,53(04):25-28.
- [2]徐占武,郭宗斌,陈梓剑,李海华.煤制氢装置优化改造的碳排放分析[J].大氮肥,2022,45(05):293-297.
- [3]张海峰,方传锁.合成气制氢装置分液罐防堵堵技术探析[J].化工生产与技术,2021,27(02):43-45+10.
- [4]赵国忠.合成氨装置脱碳系统开车工艺流程探讨[J].大氮肥,2022,45(1):51-59.
- [5]上官岳锋,朱之明,丁国建,刘建国.合成氨联醇装置绝热变换系统运行分析及优化建议[J].中氮肥,2023(3):25-29.