

制氢装置优化操作技术的运用及其提高氢气收率的经济效益探讨

苗巧缘 (中石化(天津)石油化工有限公司, 天津 300450)

摘要: 随着氢能产业的迅速发展, 为解决制氢过程中的能耗和催化剂寿命等问题, 本文以制氢装置为研究对象, 通过优化操作技术, 提出了调控反应条件、采用高性能催化剂和催化剂再生技术等解决措施。研究成果表明, 这些技术的运用显著提高了氢气收率, 降低了能源消耗和维护成本。本文旨在为相关工程和决策人员提供实质性的参考, 推动制氢产业朝着更加经济高效和可持续发展的方向发展。

关键词: 制氢装置; 优化操作技术; 氢气收率; 经济效益

0 引言

氢气在能源领域具有重要作用, 然而, 现有制氢装置在提高氢气收率方面仍存在能耗高和催化剂使用寿命短等问题。本文旨在通过探讨优化操作技术的创新方案, 解决这些挑战, 提高氢气收率, 降低能源消耗和维护成本, 以实现制氢过程的经济效益和可持续发展。

1 制氢装置优化操作技术的原理和方法

1.1 原料气预处理

硫化物和卤素化合物是常见的原料气污染物, 它们在制氢过程中可能引发不可逆的催化剂中毒反应, 影响反应的效率和选择性。为确保催化剂的长期稳定性和高效活性, 必须采取措施有效去除这些有害物质。在预处理的过程中, 可以运用多种技术和方法, 如吸附、洗涤、催化转化等, 以保障原料气的纯净度。吸附剂可以被设计用来特异性地吸附硫化物和卤素化合物, 而洗涤则可通过溶液冲洗的方式将这些杂质有效地去除。同时, 催化转化方法也可被引入, 将有机的硫化物转化为相对无害的物质。通过预处理, 不仅可以最大程度地维持催化剂的活性, 还能提高制氢反应的选择性和稳定性, 确保氢气产品的质量达到预期标准。因此, 原料气预处理在工业制氢过程中扮演着关键的角色, 为后续反应阶段提供了可靠的基础。

1.2 反应温度控制

在理想的情况下, 维持合适的反应温度能够显著提高催化剂的活性, 通常在 320℃ 至 450℃ 的范围内取得最佳效果。这个温度范围既能保持反应速率的合理水平, 又有助于维持催化剂的长期稳定性。在适宜的温度下, 催化剂的活性达到最大值, 从而促进化学

反应的进行。低于这个温度范围, 反应速率可能会受到限制, 化学反应进行得较为缓慢, 从而影响产物的生成速率。因此, 确保反应温度在规定的 320℃ 至 450℃ 范围内是保障反应效率的重要措施。然而, 需要注意的是, 过高的反应温度也可能导致一系列问题, 最显著的是催化剂的结焦。高温环境下, 催化剂表面可能发生碳积和结晶, 降低其催化活性, 甚至导致催化剂失活。因此, 为防止这一问题的发生, 必须确保反应温度不过高, 维持在适度范围内。

1.3 压力调节

提高反应的压强被认为是促使化学反应取得更高产率的有效手段, 而在工业制程中, 常规的操作范围通常设置在 2 至 3MPa 之间。增加反应压力对于气相反应特别重要, 因为这可以促使气体分子更加紧密地接触, 增加碰撞的频率, 从而提高反应速率。高压环境还有助于克服反应物的吸附力, 促使分子更容易进入反应状态, 从而增加反应的选择性和效率。然而, 需要注意的是, 过高的压力也可能导致一些问题, 如设备的负担加大、耐压性能的要求提高等。因此, 在选择适当的反应压力时, 需要综合考虑反应的特性、催化剂的要求以及工艺经济性等因素。在实际操作中, 通过先进的自动化控制系统, 可以实现对反应压力的精准调节。这种系统能够根据反应过程的实时变化, 自动调整系统中的压力, 确保其在设定范围内波动。这不仅提高了反应的可控性, 还确保了安全性和稳定性, 为工业制程的可持续发展提供了有力支持。

1.4 优化催化剂

选择具有高活性和良好选择性的催化剂对于确保

反应的高效性至关重要。活性高的催化剂能够促进反应的快速进行，而选择性好的催化剂则有助于提高目标产物的生成率，减少副产物的产生，从而提高整体反应效率。定期进行催化剂的再生是维持其最佳活性的必要步骤。随着反应进行，催化剂可能会受到各种因素的影响，如中毒物质的积累、表面活性位点的损失等。通过定期的再生过程，可以有效地清除或修复这些影响催化剂活性的因素，延长催化剂的使用寿命，确保其维持在最佳活性状态。催化剂的再生过程通常包括物理方法（如热处理、洗涤）和化学方法（如吸附剂的使用）。热处理能够去除一些吸附在催化剂表面的有害物质，而洗涤则可以通过溶液的冲洗去除一些固定在催化剂上的杂质。吸附剂的使用则可以实现对有害物质的选择性吸附，从而提高催化剂再生的效果。

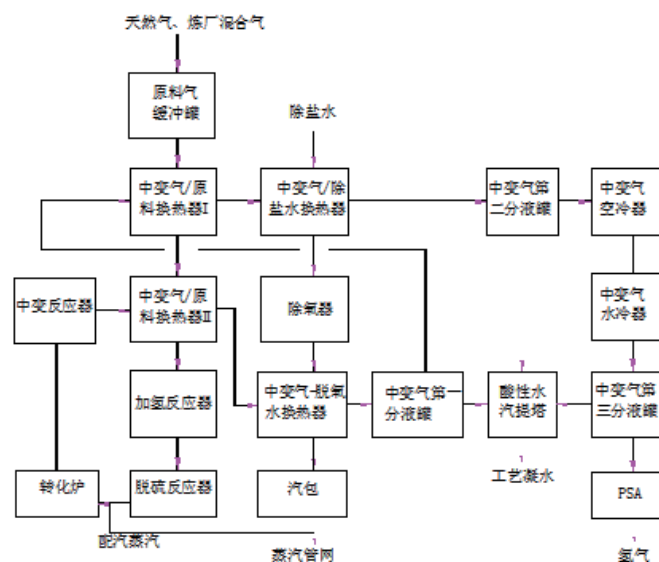


图 1 蒸汽转化制氢的工艺流程

2 制氢装置优化操作技术的应用

2.1 天然气制氢工艺

天然气制氢工艺的优化操作技术在现代工业中具有重要意义。该工艺主要通过蒸汽重整反应将天然气中的甲烷转化为氢气和二氧化碳，随后通过精馏等分离技术获得高纯度的氢气。为提高生产效率、降低能耗、减少环境影响，优化操作技术的应用显得尤为关键。通过提高反应器催化剂的活性，优化反应条件，以及改进废热回收系统，能够有效提高产氢效率。在实际运行中，采用先进的自动化控制系统进行实时监测和调整关键工艺参数，使制氢装置具备更高的稳定

性和可靠性。集成化设计是另一个关键点，通过整合不同单元操作，最大限度提高原料利用率。综合运用这些技术手段，天然气制氢工艺的优化操作不仅能够降低生产成本、提高能源利用效率，更有助于减少环境排放，符合可持续发展的战略目标。在当今氢能经济的推动下，这些优化技术的应用将为天然气制氢工艺的可持续发展提供强有力的支持。

2.2 焦化干气制氢工艺

在焦化干气制氢工艺中，优化操作技术的应用对提高氢气收率 and 经济效益至关重要。通过原料气的预处理，有效去除硫化物和卤素化合物等污染物，保障催化剂的长期稳定性和高效活性。在反应温度控制方面，维持适宜的温度范围（320℃至450℃）有助于提高催化剂的活性，促进化学反应的进行。调节反应压力，确保在2至3MPa的操作范围内，有助于提高气体分子的接触频率，增加反应速率。在催化剂的选择上，采用高性能催化剂，并通过定期再生技术，延长催化剂使用寿命，进一步提高反应效率。焦化干气制氢工艺还需关注降低设备运维成本，通过精细调控操作参数和选择高效设备，降低能源消耗，延长催化剂寿命，有效降低运行成本。在提高氢气收率方面，通过调整气化反应的操作参数、选择高效催化剂，并引入分离和回收技术，降低副产物生成，提高资源利用效率。综合运用上述技术手段，焦化干气制氢工艺的优化操作不仅有望显著提高氢气收率，还能够降低能源消耗和维护成本，实现更为经济高效和可持续的制氢过程。

3 制氢装置优化操作技术对经济效益的影响

3.1 降低设备运维成本

通过减少不必要的压力损失来节省动力，是提高系统能效的关键步骤。采用先进的管道设计和设备布局，以最小化流体阻力，有效降低压降，从而减少系统的能源消耗。此外，通过使用高效节能设备，如高效换热器和节能泵，以及实施精细调节操作参数，如温度和压力，都有助于降低不必要的动力消耗，进一步提高整个制氢装置的能效。延长催化剂使用寿命并减少更换频次，是另一关键方面。通过优化反应条件，如调控温度和压力，可以有效减缓催化剂的失活速度。选择高性能催化剂，具有更好的中毒物质抵抗能力，进一步提高催化剂的稳定性。引入催化剂再生技术，如气氛还原、洗涤和热处理，有助于恢复催化剂的活

性,延长其使用寿命。通过这些手段,成功减少了更换催化剂的频率,有效削减了设备运维成本。通过降低不必要的压力损失、节省动力,以及延长催化剂使用寿命、减少更换频次等一系列综合性的操作策略,制氢装置的运行成本得以显著降低,系统效能得以提升,为设备的经济效益创造了有力的条件。这不仅有助于提高产氢过程的整体效率,同时为企业创造更多的经济价值,推动制氢产业朝着更加可持续和经济高效的方向发展。

3.2 提高氢气收率

为提高氢气收率,关键在于实施一系列综合性的优化措施,以确保在单位原料消耗下获得更多的高质量氢气产品,同时减少副产物的生成,提高资源利用效率。首先,通过调整气化反应的操作参数,如反应温度和压力,实现气体产物的选择性增加,确保更多的原料转化为氢气而非副产物。采用高效的气化剂和先进的催化剂,有助于提高反应的选择性和催化活性,从而推动氢气的产率升高。在提高氢气收率的过程中,减少不必要的副产物也是至关重要的。通过改良反应条件,精细调节操作参数,例如油气比和催化剂的使用量,可以有效减少副产物的生成。此外,引入先进的分离和回收技术,将反应产物中的副产物进行有效提取和处理,有助于减少资源浪费,提高资源利用效率。在整个生产过程中,科学而高效的废物处理和循环利用也是重要的一环。将废弃物重新纳入生产链,通过再利用废料中的可回收物质,降低废物处理的成本,同时提高原料利用效率。这种循环经济的理念有助于减少环境负担,提高整体氢气生产的可持续性。通过细致的操作调控、高效催化剂的使用、废物处理的科学循环利用等手段,可以有效提高氢气收率,实现更为经济高效和可持续的制氢过程。

3.3 提高制氢利润

提高制氢利润的关键在于降低成本投入并提高产氢效率。通过有效的运营管理和技术创新,可以实现更加经济高效的制氢过程。首先,通过精密调控操作参数,如反应温度、压力和油气比,实现最佳生产条件,降低能耗和原料浪费,从而降低生产成本。引入先进的自动化控制系统,实时监测和调整生产过程,有助于提高系统的稳定性和能效,减少不必要的资源浪费。另一方面,优化催化剂的选择和运用是提高产氢效率的重要手段。采用高活性、长寿命的催化剂,以及实

施定期的催化剂再生操作,有助于延长催化剂的使用寿命,减少更换频次,从而降低生产中的设备维护成本。此外,选择适宜的气化剂和提高气化反应的选择性,能够有效提高氢气的产率,进一步提高产氢效率。精心设计废物处理和资源回收系统也是降低生产成本、提高利润的关键步骤。通过循环利用废弃物中的可回收物质,不仅减少了废物处理的成本,还提高了原料的利用效率,为制氢过程创造了更加可持续的生产模式。通过全面考虑生产流程中的每个环节,采用先进的技术手段和管理策略,旨在降低成本、提高产氢效率,从而直接推动制氢利润的提升。这种综合性的优化策略不仅有助于提高企业的经济竞争力,还为实现制氢过程的可持续和高效运行打下了坚实基础。

4 结语

随着氢能产业的推出和普及,制氢装置亟需创新与优化。构建智能操作系统和高效催化剂的制氢装置是未来的关键发展方向。积极探索创新技术、强化催化剂再生研究,将有助于提高氢气收率,降低生产成本。废弃物的循环利用和推动氢能产业朝着环保和经济高效的方向发展也至关重要。需要加强合作,推广先进技术,为氢能产业全面发展奠定坚实基础,实现更可持续的未来。

参考文献:

- [1] 李宝林. 变压吸附制氢装置技术改造运行总结 [J]. 内蒙古石油化工, 2023,49(10):81-85.
- [2] 钟涵轩. 光电制氢装置转化效率破纪录 [J]. 石油石化绿色低碳, 2023,8(05):82.
- [3] 贺明智, 陈茂林, 孟鑫. 基于规划算法的并联制氢装置效率优化控制方法 [J]. 可再生能源, 2023,41(10): 1401-1407.
- [4] 武钊. 优化操作提高制氢装置氢气收率方法分析 [J]. 山东化工, 2023,52(12):159-163.
- [5] 陈红亮. 制氢装置长期低负荷生产操作要点及运行 [J]. 化工设计通讯, 2020,46(06):179+183.
- [6] 李旭亮. 制氢装置的比较 [J]. 化肥工业, 2011,38(2):56-59,67.
- [7] 木合塔尔·买买提, 潘从锦, 于闯, 等. 制氢装置转化炉炉管检测及材质劣化分析 [J]. 化工设备与管道, 2023,60(5):31-35.
- [8] 张文祖. 制氢装置提能优化研究 [D]. 辽宁: 大连理工大学, 2016.