

煤制油气化厂气化炉选型与操作参数优化研究

郝双宁

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油气化一厂 宁夏 银川 751400

摘要: 煤制油气化厂气化炉选型与操作参数优化研究旨在提升气化效率、降低生产成本并增强气化炉的稳定性和适应性。本文综合分析了固定床、流化床和气流床气化炉的选型依据,包括煤质适应性、气化效率和生产成本等因素。深入探讨了气化温度与压力、氧气与蒸汽供给量以及气化炉内流场与传热传质特性的优化方法。研究结果为煤制油气化厂的选型与操作提供了理论依据和技术支持,有助于推动煤制油气化产业的可持续发展。

关键词: 煤制油; 气化炉选型; 操作参数; 优化研究

1 煤制油气化工艺概述

1.1 煤制油的基本原理与工艺流程

煤制油(Coal-to-Liquids, CTL),也称为煤液化,是以煤炭为原料,通过化学加工过程生产液体燃料和化工原料的煤化工技术。煤制油工艺主要可分为直接液化工艺和间接液化工艺两种。直接液化工艺是利用特定的工艺技术将固体燃料直接转变为液体的形式。这一过程首先将合适的煤磨成细粉,然后在高温高压条件下,通过催化加氢反应使煤液化直接转化成液体燃料。转化过程是在含煤粉、溶剂和催化剂的浆液系统中进行加氢、解聚,最终可制得优质的汽油、柴油和航空燃料。直接液化工艺包括煤液化、煤制氢、溶剂加氢、加氢改质等步骤,其优点在于热效率较高、液体产品收率高,但缺点是煤浆加氢工艺过程的总体操作条件相对苛刻。间接液化工艺则是先将煤炭气化转化为合成气(一氧化碳和氢气),经净化后,在催化剂作用下利用费托工艺合成为液体燃料(汽油、柴油和航空燃料)和化工原料。间接液化工艺的优点在于煤种适应性较宽、操作条件相对温和(压力较低),且煤灰等三废问题主要在气化过程中解决。

1.2 气化炉在煤制油工艺中的关键作用

气化炉在煤制油工艺中扮演着至关重要的角色。气化炉的主要功能是将煤转化为合成气(一氧化碳和氢气),这是煤间接液化工艺的关键步骤。气化炉通过提供高温高压环境,并利用气化剂(如氧气和水蒸气)与煤进行反应,生成合成气。气化炉的性能直接影响煤制油工艺的效率和质量,不同的气化炉类型和操作条件会导致不同的气化效果和产物质量^[1]。鲁奇加压气化工艺、BGL气化工艺和德士古水煤浆加压气化技术等也具有各自的特点和优势,适用于不同类型的煤和工艺需求。

1.3 不同气化工艺的特点与应用情况

不同的气化工艺具有各自的特点和应用情况。清华炉煤气化技术具有稳定性好、煤种适应性强、系统运转率高、安全性强、环境友好等优点,适用于高灰熔点煤种的气化。鲁奇加压气化工艺以碎煤为原料,煤气成分有利,产物热回收方便,设备国产化率高,造价较低,在投资上较气流床占有较大优势。BGL气化工艺是在Lurgi气化工艺基础上发展起来的,具有耗氧量低、气体出口处凝结的焦油和油类副产品可保护炉壁金属表面、灰渣无害并具非浸溶性等优点,适用于灰熔点低的煤种。德士古水煤浆加压气化技术则具有操作安全可靠、碳转化率高、有效组分含量高、环保效果好等优点,适用于大型化肥企业和煤制油项目的制氢装置。

2 煤制油气化厂气化炉类型

2.1 固定床气化炉

固定床气化炉,也称为移动床气化炉,是煤制油气化厂中常用的一种气化设备。在固定床气化炉中,煤料从炉顶加入,并缓慢向下移动,与从炉底通入的气化剂(通常是氧气、二氧化碳或水蒸气)进行逆流接触反应。由于煤料在炉内相对静止,因此称为固定床。固定床气化炉结构简单,操作稳定,对煤种适应性较强,尤其适用于块煤或型煤的气化。

2.2 流化床气化炉

流化床气化炉是另一种重要的煤制油气化设备。在流化床气化炉中,煤粒与气化剂在炉内形成流化状态,煤粒在气流的作用下悬浮于炉内,进行充分的气固接触和反应。流化床气化炉具有较高的气化强度和良好的热传递性能,适用于粉煤的气化。流化床气化炉对煤种的适应性也较广,能够处理多种不同性质的煤。

2.3 气流床气化炉

气流床气化炉是煤制油气化厂中最先进、最高效的气化设备之一。在气流床气化炉中,煤粉与气化剂在高

速气流的作用下被喷入炉内,形成高温、高压、短停留时间的气化过程。气流床气化炉具有极高的气化强度、热效率和碳转化率,适用于各种煤种的气化,尤其是高灰熔点、高水分、高硫分的劣质煤,气流床气化炉的产物气体质量好,易于后续处理和利用。

3 煤制油气化炉气化炉选型研究

3.1 煤质适应性

煤制油气化厂的选型研究,首先需要考虑的是气化炉对煤质的适应性。不同气化炉类型由于其设计原理和工艺特点的不同,对煤质的适应性也存在显著差异。煤质适应性不仅影响气化炉的稳定运行,还直接关系到气化效率和生产成本。固定床气化炉通常适用于块煤或型煤,对煤的水分、灰分、挥发分以及粘结性有一定要求。对于水分含量较高、灰分较大或粘结性较强的煤种,固定床气化炉可能面临排渣困难、气化效率下降等问题。固定床气化炉对煤的灰熔点敏感,若煤的灰熔点过高,可能导致气化炉内部结渣,影响正常运行。流化床气化炉则对煤质有较好的适应性,能够处理粉煤,适用于多种煤种,包括高灰分、高水分、高硫分等劣质煤。流化床气化炉通过高速气流使煤粒悬浮于炉内,形成流化状态,从而提高了气化反应的效率和均匀性。然而对于极细颗粒的煤粉,流化床气化炉可能面临磨损加剧、能耗增加等问题^[2]。气流床气化炉以其极高的气化效率和广泛的煤种适应性,成为煤制油气化厂中的优选设备。气流床气化炉能够处理各种煤种,包括高灰熔点、高水分、高硫分的劣质煤,通过高速气流将煤粉与气化剂喷入炉内,形成高温、高压、短停留时间的气化过程。

3.2 气化效率

气化效率是衡量气化炉性能的重要指标之一,它直接关系到煤制油气化厂的能源利用率和经济效益。固定床气化炉的气化效率相对较低,这主要是由于其气化过程中产生的煤气热值较低,且存在较多的焦油、酚类等副产品,这些副产品不仅降低煤气的质量,还增加后续处理的难度和成本。固定床气化炉的排渣方式也影响其气化效率,若排渣不畅,会导致炉内积渣,影响气化反应的进行。流化床气化炉的气化效率相对较高,这得益于其良好的气固接触和混合效果,在流化床气化炉中,煤粒与气化剂在高速气流的作用下形成流化状态,使得气化反应更加充分和均匀。流化床气化炉还可以通过调节气化剂的种类和比例,以及改变气化温度和压力等操作条件,来优化气化过程,提高气化效率。气流床气化炉以其极高的气化效率,成为煤制油气化厂中的佼佼者,气流床气化炉采用高温、高压、短停留时间的气化

方式,使得气化反应更加迅速和完全,从而提高了气化效率。

3.3 生产成本

生产成本是煤制油气化厂选型研究中不可忽视的重要因素。生产成本的高低直接关系到煤制油气化厂的经济效益和竞争力。固定床气化炉由于其结构简单、操作稳定,通常具有较高的可靠性和较长的使用寿命,因此其维护和更换成本相对较低。由于固定床气化炉的气化效率较低,且产生的煤气热值较低,导致后续处理和利用的成本较高,从而增加了整体生产成本。流化床气化炉虽然具有较高的气化效率,但其设备和操作相对复杂,需要较高的技术水平和维护成本。流化床气化炉在运行时需要较高的气速来维持流化状态,这增加能耗和设备磨损,进一步提高了生产成本。气流床气化炉虽然设备和操作成本较高,但其极高的气化效率和广泛的煤种适应性,使得其在煤制油气化厂中具有较低的生产成本,气流床气化炉能够处理各种煤种,且气化过程产生的煤气热值高、质量好,易于后续处理和利用。气流床气化炉还可以通过优化气化炉的结构和操作条件,来降低能耗和设备磨损,进一步降低生产成本。

4 煤制油气化炉操作参数的优化方法

4.1 气化温度与压力的优化

在煤制油气化过程中,气化温度和压力是两个至关重要的操作参数,它们直接影响气化反应的速率、产物的分布以及气化炉的稳定性和效率。一般来说,提高气化温度可以加速气化反应,提高气化速率,增加气体产物的产量和质量。过高的气化温度也可能导致气化炉内部材料的热应力增大,加速设备的老化和损坏,同时增加能耗和生产成本。因此在确定气化温度时,需要综合考虑气化反应的特性、气化炉材料的耐热性以及生产成本等因素。通过试验研究和数据分析,可以找到最佳的气化温度范围,使得气化效率和经济性达到最优^[3]。气化压力的优化则更多地考虑气化炉的稳定性和操作条件,提高气化压力可以增加气化炉内部的密度和传热效率,从而提高气化速率和产物质量。过高的气化压力也可能导致气化炉内部压力波动增大,增加操作难度和安全风险。气化压力的选择还需要考虑后续气体处理设备的压力承受能力。在确定气化压力时,需要综合考虑气化炉的稳定性、操作条件以及后续处理设备的压力要求等因素。通过合理的压力设定和调节,可以确保气化炉在稳定、高效的状态下运行。在实际操作中,气化温度和压力的优化往往需要进行多次试验和调整,通过改变气化温度和压力,观察气化产物的产量、质量以及气化炉的

运行状态,逐步找到最佳的操作参数组合。还需要考虑气化炉的材质、结构以及操作条件等因素,确保优化后的操作参数能够在实际生产中稳定运行。

4.2 氧气与蒸汽的供给量优化

氧气和蒸汽是煤制油气化过程中的重要气化剂,它们的供给量直接影响气化反应的进程和产物的分布。氧气的供给量直接影响气化反应的速率和产物的质量。增加氧气的供给量可以加速气化反应,提高气化速率,增加气体产物的产量。然而过多的氧气供给也可能导致气化炉内部温度过高,增加能耗和生产成本。氧气供给量的增加还会增加气化炉内部的氧化反应,导致固体残渣的含碳量降低,影响气化效率。在确定氧气供给量时,需要综合考虑气化反应的特性、气化炉的材质以及生产成本等因素。通过合理的氧气供给量设定和调节,可以确保气化反应在稳定、高效的状态下进行。蒸汽的供给量则主要影响气化产物的分布和气化炉的稳定性,蒸汽可以与煤中的碳发生水煤气反应,生成一氧化碳和氢气等气体产物。增加蒸汽的供给量可以促进水煤气反应的进行,提高气体产物的产量和质量。然而,过多的蒸汽供给也可能导致气化炉内部温度降低,影响气化速率和产物质量。蒸汽供给量的增加还会增加气化炉内部的湿度和腐蚀性,对气化炉的材质和运行稳定性提出更高的要求。在确定蒸汽供给量时,需要综合考虑气化产物的需求、气化炉的稳定性以及生产成本等因素。通过合理的蒸汽供给量设定和调节,可以确保气化产物在稳定、高效的状态下生成。在实际操作中,氧气和蒸汽的供给量优化往往需要进行多次试验和调整。通过改变氧气和蒸汽的供给量,观察气化产物的产量、质量以及气化炉的运行状态,逐步找到最佳的操作参数组合。

4.3 气化炉内流场与传热传质特性的优化

气化炉内的流场优化主要关注气化剂与煤粉的混合效果和气流分布的均匀性。通过改进气化炉的结构设计和操作条件,如增加气化剂的喷射角度和速度、优化气化炉内部的几何形状等,可以改善气化剂与煤粉的混合

效果,提高气化反应的速率和均匀性。合理的气流分布还可以减少气化炉内部的死角和涡流,降低能耗和生产成本^[4]。气化炉内的传热传质特性优化则主要关注气化炉内部的温度分布和热量传递效率,通过改进气化炉的材质和结构,如采用高导热系数的材料、增加气化炉内部的热交换面积等,可以提高气化炉内部的传热效率,降低能耗和生产成本。合理的温度分布还可以减少气化炉内部的热应力,延长设备的使用寿命。在实际操作中,气化炉内流场与传热传质特性的优化往往需要进行多次试验和调整。通过改变气化炉的结构设计和操作条件,观察气化产物的产量、质量以及气化炉的运行状态,逐步找到最佳的优化方案。还需要考虑气化炉的材质、结构以及操作条件等因素,确保优化后的气化炉能够在实际生产中稳定运行。

结束语

综上所述,煤制油气化厂气化炉的选型与操作参数优化是提高气化效率、降低生产成本的关键。通过科学合理的选型与操作参数优化,可以显著提升气化炉的性能和稳定性,为煤制油气化产业的发展注入新的活力。未来,随着技术的不断进步和研究的深入,煤制油气化炉的选型与操作参数优化将更加精准和高效,为能源产业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]张圆明,刘效洲,肖伟,等.基于熔铝炉的高效生物质气化燃烧系统的研究和设计[J].节能,2023,42(03):73-76.
- [2]彭维珂.基于等离子气化的固废高效资源化利用系统设计及性能分析[D].华北电力大学(北京),2022. DOI:10.27140/d.cnki.ghbbu.2022.001415.
- [3]李修春.智能高效上吸式生物质气化炉设计[J].农业机械,2021,(09):94-95. DOI:10.16167/j.cnki.1000-9868.2021.09.049.
- [4]吕复,吕元,吕宜德,等.高效节能型生物质气化炉新工艺设备选型设计创新要点[J].工业炉,2021,43(03):45-49.