

煤制油气化厂煤气化工艺的能效分析与优化策略

李 东

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: 煤制油气化厂煤气化工艺的能效分析与优化策略旨在探讨如何通过技术创新和管理改进,提升煤气化过程的能源利用效率。本文对煤气化工艺的能效现状进行全面分析,识别原料煤选择、气化炉操作参数、系统配套设备及余热回收等环节中的能效瓶颈。提出了针对性的优化策略,包括优化原料煤预处理、改进气化炉结构、精确调控操作参数、升级系统配套设备及强化余热回收利用等措施。预期这些策略的实施将显著提升煤气化工艺的能效水平,促进煤制油气化厂的可持续发展。

关键词: 煤制油气化厂; 煤气化工艺; 能效分析; 优化策略

1 煤制油气化厂煤气化工艺概述

1.1 煤气化基本原理

煤气化是指煤或焦炭、半焦等固体燃料在高温常压或加压条件下与气化剂(主要是水蒸气、空气或氧气,或其混合气)反应,转化为气体产物和少量残渣的过程。这是一个热化学过程,气化过程中煤经历一系列复杂的物理和化学变化,其变化程度和速率取决于煤种、温度、压力,也受到气化炉型决定的停留时间、传质传热条件和温度历程的影响。煤气化是一个强吸热反应过程,从气化热力学和动力学角度分析,高温有利于气化反应的进行。增加压力可以提高气化反应速率,增加气化炉生产能力,但气化反应是增体积反应,增加压力会使平衡向相反的方向进行,减小颗粒粒径,增加气、固停留时间都有利于提高碳转化率和气化反应器的气化能力。

1.2 煤气化工艺流程

煤气化工艺流程主要包括原料准备、气化反应、气体净化和产品利用等步骤。原料煤经过破碎、筛分等预处理后,送入气化炉。在气化炉内,煤与气化剂在高温高压条件下发生反应,生成气体产物,主要包括一氧化碳(CO)、氢气(H₂)、甲烷(CH₄)、二氧化碳(CO₂)等,同时产生少量的焦油、灰渣等副产品。生成的气体产物经过净化处理,去除其中的杂质和污染物,得到合格的气体产品^[1]。这些气体产品可以作为工业燃料气、民用煤气,或者进一步加工合成液体燃料、甲醇、乙醇、乙醚等化工产品。煤气化工艺类型多样,可分为固定床气化技术、流化床气化技术、气流床气化技术三大类。固定床气化技术适用于粒度较大的煤种,如碎煤固定层加压气化;流化床气化技术则可直接使用粒度较小的碎煤作为原料,如粉煤流化床加压气化;气流床气化技术大都以纯氧作为气化剂,在高温高压下完成气

化过程,粗煤气中有效气(CO+H₂)含量高,碳转化率高,如Shell气化工艺、GSP气化技术等。

1.3 煤气化工艺的主要设备

煤气化工艺的主要设备包括气化炉、煤气净化装置、煤气液化装置等。气化炉是煤气化的核心设备,其结构和性能直接影响气化过程的效率和产品质量。气化炉的种类和型号多种多样,根据气化工艺的不同可分为固定床气化炉、流化床气化炉和气流床气化炉等。煤气净化装置主要用于去除气化过程中产生的杂质和污染物,保证气体产品的质量和稳定性。煤气液化装置则用于将气体产品进一步加工成液体燃料或化工产品。煤气化工艺还需要配备相应的辅助设备,如原料预处理设备、气体输送设备、冷却设备等,以确保整个气化过程的顺利进行。这些设备的选择和配置应根据具体的煤气化工艺和原料特性进行综合考虑。

2 煤制油气化厂煤气化工艺能效现状分析

2.1 能效数据收集与整理

在煤制油气化厂的煤气化工艺能效现状分析工作中,能效数据的收集与整理是一个至关重要的起始步骤。这一步骤不仅要求全面覆盖煤气化工艺的所有关键环节,还需确保数据的准确性和时效性。具体来说,数据的收集范围应涵盖原料煤的采购、储存、预处理,气化炉的运行参数(如温度、压力、气体组分等),煤气净化与液化过程中的能耗与产物质量,以及最终产品的产量与销售情况等多个方面。为确保数据的真实性和可靠性,应采用多种数据来源进行交叉验证,如现场监测数据、设备运行记录、财务报表等。数据的整理和分析工作也需细致入微,通过统计图表、趋势分析等手段,直观地展示煤气化工艺的能效现状,为后续的分析 and 评估提供坚实的数据基础。

2.2 能效水平评估

能效水平评估是煤制油气化厂煤气化工艺能效现状分析的核心环节,其目的在于量化评价煤气化工艺的能效表现,并找出潜在的能效提升空间。评估过程中,需要综合考虑多种因素,包括气化炉的转换效率、煤气净化与液化装置的能耗效率、原料煤的利用效率等。通过对比实际能耗与理论能耗的差异,可以评估煤气化工艺的能效水平是否达到行业平均水平或先进水平^[2]。还可以采用能效指标进行量化评估,如能效比、单位产品能耗等,这些指标能够更直观地反映煤气化工艺的能效水平,并为后续的能效提升工作提供明确的目标和方向。评估结果不仅有助于企业了解自身的能效现状,还能为政府监管和行业自律提供有力的数据支持。

2.3 能效影响因素分析

能效影响因素分析是煤制油气化厂煤气化工艺能效现状分析的深入探索,其目的在于找出影响能效的关键因素,并提出针对性的改进措施。在煤气化工艺中,能效受到多种因素的影响,包括原料煤的质量与种类、气化炉的结构与性能、气化工艺的选择与优化、设备运行的稳定性与效率等。通过深入分析这些因素对能效的影响机制,可以揭示出能效提升的关键点和瓶颈所在。例如,原料煤的灰分、水分和硫分等特性会直接影响气化炉的运行效率和煤气质量;气化炉的结构设计和操作参数优化则能够显著提高转换效率和降低能耗;而设备运行的稳定性和维护状况则直接关系到整个煤气化工艺的能效水平。因此在分析过程中,需要综合考虑各种因素之间的相互作用和影响,提出切实可行的能效提升措施和建议,为煤制油气化厂的能效优化提供科学依据和技术支持。

3 煤气化工艺能效优化策略

3.1 原料煤选择与预处理优化

煤气化工艺的能效优化始于原料煤的选择与预处理阶段。原料煤的煤质特性直接影响气化炉的运行效率、煤气成分及后续处理成本。科学合理的原料煤选择策略对于提升煤气化工艺的能效至关重要。应根据气化炉的类型、工艺要求及市场需求,选择灰分低、硫分低、挥发分适中、固定碳含量高的优质煤种。这样的煤种在气化过程中能更充分地与气化剂反应,产生高质量的煤气,同时减少灰渣和含硫污染物的排放。原料煤的粒度、水分和含氧量也需严格控制,以确保气化过程的稳定性和连续性。原料煤的预处理包括破碎、筛分、干燥和脱除杂质等环节。通过优化预处理工艺,可以有效降低原料煤的含水量和灰分,提高煤粉的均匀性和流动

性,从而提高气化炉的进料效率和煤气品质。加强原料煤的筛分和除杂工作,可以减少气化炉内的堵塞和磨损,延长设备使用寿命。

3.2 气化炉结构与操作参数优化

气化炉是煤气化工艺的核心设备,其结构和操作参数的优化对于提升能效具有决定性作用。应根据原料煤的特性和气化工艺要求,选择合适的气化炉类型,如固定床气化炉、流化床气化炉或气流床气化炉。通过改进气化炉的内部结构,如增加预热段、优化炉膛形状和尺寸、提高耐火材料性能等,可以提高气化炉的热效率和运行稳定性。采用高效的气化炉内部构件,如分布板、喷嘴等,可以优化气化过程中的气流分布和煤粉燃烧,进一步提高气化效率。气化炉的操作参数包括温度、压力、气化剂种类和流量等。通过精确控制这些参数,可以优化气化过程,提高煤气产量和品质。因此需要在保证气化效率的前提下,合理设定气化炉的操作温度。通过优化气化剂的种类和流量,可以调整煤气中的一氧化碳和氢气比例,满足不同产品的需求^[3]。

3.3 系统配套设备与流程优化

煤气化工艺的系统配套设备和流程优化是提升能效的又一重要途径。应选用高效、节能、环保的设备,如高效除尘器、余热回收装置、高效压缩机等。这些设备不仅可以降低能耗和排放,还能提高系统的整体能效。同时加强设备的维护和保养,延长设备使用寿命,也是提高能效的重要措施。通过优化煤气化工艺的流程设计,可以减少能量损失和物料浪费。例如,采用多级除尘和余热回收技术,可以充分利用气化过程中产生的废热和废气,提高能源利用效率,通过优化煤气净化、加压和输送等流程,可以减少能耗和污染物的排放。

3.4 余热回收与综合利用

余热回收与综合利用是煤气化工艺能效优化的重要环节。在煤气化过程中,会产生大量的高温废气和灰渣,这些余热资源若能得到充分利用,将显著提高能效。应采用高效的余热回收装置,如余热锅炉、热管换热器等,将气化过程中产生的高温废气中的热能转化为蒸汽或热水,用于发电、供暖或热水供应等。这样不仅可以减少废热的排放,还能为企业创造额外的经济效益。对于气化过程中产生的灰渣和废水等废弃物,应进行综合利用或无害化处理。这样不仅可以减少环境污染,还能实现资源的循环利用,提高能效。

4 煤气化工艺能效优化实施案例

4.1 某大型煤制油气化厂能效优化案例

在某大型煤制油气化厂,面对日益严峻的能源形势

和环保要求,企业决定实施能效优化项目,以提升煤气化工艺的能效水平。项目团队首先对现有的煤气化工艺进行了全面的能效评估,发现原料煤的预处理、气化炉的操作参数以及系统配套设备等方面存在较大的能效提升空间^[4]。针对原料煤预处理环节,企业引入了先进的破碎、筛分和干燥设备,对原料煤进行精细化的预处理。通过优化预处理工艺,原料煤的粒度、水分和含氧量得到有效控制,显著提高气化炉的进料效率和煤气品质。企业还加强了对原料煤的质量监控,确保进入气化炉的煤质稳定可靠。在气化炉操作参数优化方面,企业根据原料煤的特性和气化工艺要求,对气化炉的操作温度、压力、气化剂种类和流量等参数进行精确调整。通过优化操作参数,气化炉的热效率和运行稳定性得到显著提升,煤气产量和品质也得到有效保障。企业还加强对气化炉的日常维护和保养,延长设备的使用寿命。在系统配套设备与流程优化方面,企业引入高效除尘器、余热回收装置和高效压缩机等设备,对煤气化工艺的流程进行优化。通过采用多级除尘和余热回收技术,企业成功地将气化过程中产生的高温废气和灰渣中的余热资源进行回收利用,提高了能源利用效率。优化后的煤气净化、加压和输送流程也显著减少能耗和污染物的排放。经过一系列能效优化措施的实施,该大型煤制油气化厂的能效水平得到了显著提升。据统计,项目实施后,企业的能耗降低了约20%,煤气产量和品质也得到了显著提升。通过余热回收和综合利用,企业还实现了资源的循环利用,减少了环境污染,取得良好的经济效益和社会效益。

4.2 不同煤气化工艺能效优化对比案例

为了更深入地了解煤气化工艺能效优化的效果,选取了两种典型的煤气化工艺——固定床气化工艺和气流床气化工艺,进行了能效优化对比。在固定床气化工艺方面,企业主要通过对原料煤的预处理、气化炉的结构和操作参数进行优化,以及引入高效除尘器和余热回收装置等措施,提高气化炉的热效率和运行稳定性,降低能耗和污染物的排放。经过优化,固定床气化工艺的能

效水平得到显著提升,但相较于气流床气化工艺,其在煤气产量和品质方面仍存在一定的差距。而在气流床气化工艺方面,企业则更加注重原料煤的选择和预处理、气化炉的选型和操作参数的精确控制,以及系统配套设备的优化和流程的改进^[5]。通过采用先进的原料煤预处理技术和高效的气化炉设备,气流床气化工艺在煤气产量和品质方面取得了显著优势。通过余热回收和综合利用等措施,气流床气化工艺的能效水平也得到了大幅提升。对比两种煤气化工艺的能效优化效果,发现气流床气化工艺在煤气产量、品质和能效水平方面均优于固定床气化工艺。这主要得益于气流床气化工艺在原料煤选择、预处理、气化炉结构和操作参数优化等方面的技术优势。因此在未来的煤气化工艺发展中,气流床气化工艺有望成为主流趋势。

结束语

综上所述,煤制油气化厂煤气化工艺的能效分析与优化策略是实现能源高效利用和环境保护的关键途径。通过深入分析煤气化工艺的能效现状,并采取有效的优化措施,不仅能够提高能源利用效率,降低生产成本,还能减少环境污染,促进企业的绿色转型。未来,随着技术的不断进步和管理的持续创新,煤制油气化厂的煤气化工艺能效将进一步提升,为能源行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]孙少东,李智,袁本峰,等.整体煤气化燃料电池发电与甲醇联产系统运行特性[J].洁净煤技术,2023,29(3):49-55.
- [2]张天辰,赵众.基于多模型切换控制的煤气化工业过程先进控制[J].煤炭学报,2023,48(4):1747-1758.
- [3]尉美玲.煤气化工艺节能减排技术及应用分析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(19):163-165.
- [4]魏东平,杜顺龙.煤气化沉降槽底部防堵工艺技术[J].氮肥与合成气,2023,51(10):6-7.
- [5]宗凯强,翟持.煤气化废水处理工艺技术进展[J].煤化工,2023,51(04):19-23+28.