

鲁奇气化炉在不同煤种应用中的适应性研究

刘海斌

伊犁新天煤化工有限责任公司 新疆 伊犁 835000

摘要: 鲁奇气化炉在不同煤种应用中的适应性研究旨在探索气化炉对不同煤种的气化性能、产物分布及运行稳定性等方面的影响。通过对比分析褐煤、烟煤和无烟煤在鲁奇气化炉中的气化特性,研究揭示煤种差异对气化过程的关键影响因素。结合气化炉参数的调整与优化、原料煤的预处理与选择以及新型气化炉技术的研发与推广等策略,本研究提出提高鲁奇气化炉煤种适应性的有效途径,为煤气化行业的可持续发展提供了理论支持和技术参考。

关键词: 鲁奇气化炉; 不同煤种; 适应性; 气化反应; 煤化工

1 鲁奇气化炉概述

1.1 鲁奇气化炉的结构与工作原理

鲁奇气化炉(Lurgi Gasifier)是一种用于煤炭气化的加压移动床反应器。其结构通常为立式圆筒形,炉体外径较大(如 $\phi 4000$ 毫米),炉体高度可达13000毫米,炉内燃料堆放高度为4000毫米,炉体容积为103.8立方米,总重量较重(如137.13吨,包括内件重量)。炉体由双层夹套筒体式外壳构成,夹套内可产生饱和蒸汽,用于回收热量。炉体内部包含关键部件如炉篦,它位于气化炉底部,用于均匀分布气化剂、排灰和破碎大块灰渣,以及稳定炉内工况。工作原理方面,煤炭首先经过破碎和干燥处理,然后通过煤锁按批次定量送入炉体内部。煤锁通过充气加压与炉内压力保持一致,防止气体泄漏。在炉内的不同高度,煤炭与气化剂(通常包括氧气、水蒸气以及其他可能的还原气体)逆流接触。煤炭自上而下通过炉膛,依次经过干燥区、干馏区、气化区、部分氧化区和燃烧区。在气化区,煤炭在一定的温度和压力下与气化剂反应生成合成气(主要成分为氢气 H_2 、一氧化碳 CO 以及其他烃类和惰性气体)。部分氧化区煤炭与氧气进一步反应,提供热量维持气化反应所需的高温条件;燃烧区则是剩余未完全反应的煤炭和气体被充分燃烧。固态排渣鲁奇炉中,煤灰在气化完成后形成固态灰渣,通过炉底的炉箅排出到灰斗。

1.2 鲁奇气化炉的技术特点与应用现状

鲁奇气化炉的技术特点显著,(1)原料适应性广:鲁奇炉能以碎煤为原料,进入炉煤的处理费用低,且对煤种适应性强,从褐煤、次烟煤、烟煤到无烟煤均可使用。(2)耗氧率低:与其他气化系统相比,鲁奇炉耗氧量较低,提高了总效率。(3)气化后煤气质量较好:粗煤气中 H_2/CO 的比为2.0,不经变换或少量变换即可用于F-T合成、甲醇合成、天然气合成等工艺^[1]。(4)产物热

回收方便:炉体夹套产生的蒸汽可用于发电或作为工艺蒸汽循环使用。(5)气化工艺成熟: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。

应用现状方面,鲁奇气化炉在煤化工产业中具有重要地位,广泛应用于生产合成气、甲醇、天然气等化工产品。同时,随着技术的发展,鲁奇气化炉也在不断改进,如BGL气化工艺就是在鲁奇气化工艺基础上发展起来的,将固态排渣改为熔融态排渣,提高了操作温度 and 生产能力。在我国,鲁奇气化炉行业是一个处于快速发展阶段的行业,市场竞争格局日趋激烈,国有企业、民营企业和外资企业都在积极参与。随着经济的发展和环保要求的提高,鲁奇气化炉的应用前景将更加广阔。

2 不同煤种的特性分析

2.1 煤的分类及基本性质

煤是一种复杂的固体可燃有机岩石,主要由碳、氢、氧、氮、硫等元素组成,并含有少量的无机矿物质。煤的分类主要基于其成煤年代、变质程度和化学成分。根据国际和国内标准,煤可以被划分为多种类型,如无烟煤、烟煤、褐煤等。无烟煤是煤化程度最高的煤种,具有高固定碳和低挥发分的特性,燃烧时火焰短且少烟。烟煤则介于无烟煤和褐煤之间,挥发分含量适中,易于点燃和燃烧,且热值较高。褐煤是煤化程度最低的煤种,水分含量高,热值低,易于风化自燃。煤的基本性质还包括其灰分、硫分、发热量等,这些性质对煤的利用方式和环境污染程度有着重要影响。

2.2 煤的物理性质及反应活性差异

煤的物理性质主要包括颜色、光泽、硬度、密度、导电性、导热性等。不同煤种的物理性质存在差异,如无烟煤通常呈黑色,光泽较暗,硬度较大;而褐煤则呈褐色或暗褐色,光泽较弱,硬度较小。这些物理性质的差异在一定程度上反映了煤的变质程度和化学组成。煤

的反应活性是指煤与氧、水蒸气等气体反应的能力。不同煤种的反应活性也存在显著差异。一般来说,煤化程度较低的煤种(如褐煤)反应活性较高,易于与氧、水蒸气等发生反应;而煤化程度较高的煤种(如无烟煤)反应活性较低,需要更高的温度和压力才能发生反应。这种反应活性的差异对煤的气化、焦化等利用方式有着重要影响。

2.3 煤的结渣性与灰熔点特性

煤的结渣性是指煤在燃烧或气化过程中,灰分中的矿物质在高温下相互反应形成熔融态物质并附着在受热面上的能力。结渣性强的煤种在燃烧或气化过程中容易形成大量熔融态灰渣,导致设备堵塞、磨损等问题。而结渣性弱的煤种则相对较少出现这些问题。煤的灰熔点是指煤中灰分在高温下开始熔化的温度。灰熔点的高低对煤的燃烧和气化过程有着重要影响。灰熔点较低的煤种在燃烧或气化过程中容易形成熔融态灰渣,导致设备结渣和堵塞;而灰熔点较高的煤种则相对较难形成熔融态灰渣,有利于设备的稳定运行,灰熔点还与煤中矿物质的种类和含量有关,不同煤种的灰熔点存在差异^[2]。

3 鲁奇气化炉在不同煤种应用中的气化反应特性

3.1 褐煤应用中的气化反应特性

褐煤作为煤化程度最低的煤种,在鲁奇气化炉中的气化反应特性尤为独特。其高挥发分含量使得褐煤在较低的温度下就能迅速发生热解反应,释放出大量的气体产物,如氢气、甲烷、一氧化碳等。这些气体产物不仅为气化过程提供了丰富的原料,还促进了气化炉内温度的升高,有利于气化反应的进一步进行。然而,褐煤的灰分含量相对较高,且灰熔点较低,这导致在气化过程中容易形成结渣。结渣不仅会影响气化炉的稳定运行,还可能导致设备堵塞和磨损,增加运行成本。此外,褐煤的高水分含量也是一个不容忽视的问题。水分会吸收大量的热量,导致气化炉内的温度降低,从而影响气化反应的速率和效率。在褐煤的气化过程中,需要严格控制气化温度和压力,以及气化剂的种类和流量,以确保气化反应的顺利进行和气体产物的高品质。

3.2 烟煤应用中的气化反应特性

烟煤在鲁奇气化炉中的气化反应特性介于褐煤和无烟煤之间,具有较高的反应活性和适中的灰分含量及灰熔点。烟煤的挥发分含量适中,热解反应产生的气体产物丰富,包括氢气、甲烷、一氧化碳等,这些气体产物为气化过程提供了充足的原料。烟煤的煤焦活性也较高,能够与气化剂充分反应,生成高品质的气化产物。这使得烟煤在气化过程中具有较高的转化率和产气率。

烟煤的灰分含量和灰熔点适中,不易形成结渣,有利于气化炉的稳定运行。烟煤的气化过程中也可能存在一些问题,如煤焦的磨损和气化炉内壁的腐蚀等。这些问题可能会导致气化炉的寿命缩短和运行成本增加。在烟煤的气化过程中,需要合理调整气化条件和气化剂的配比,以优化气化反应过程和提高气化产物的品质。

3.3 无烟煤应用中的气化反应特性

无烟煤作为煤化程度最高的煤种,在鲁奇气化炉中的气化反应特性主要表现为低反应活性和高灰熔点。无烟煤的挥发分含量极低,热解反应产生的气体产物有限,主要依赖于煤焦与气化剂的反应来生成气化产物。由于无烟煤的煤焦活性较低,气化反应速率较慢,需要较高的气化温度和压力来促进反应的进行。这使得无烟煤的气化过程相对较为困难,需要采取一系列措施来提高气化反应速率和气体产物的品质。无烟煤的灰分含量虽然不高,但灰熔点较高,不易形成结渣,有利于气化炉的长期稳定运行。无烟煤的气化过程中也可能存在一些问题,如气化炉内壁的积碳和气体产物的品质波动等。这些问题可能会影响气化炉的稳定性和气体产物的品质。

4 鲁奇气化炉煤种适应性的优化策略

4.1 气化炉参数的调整与优化

鲁奇气化炉作为一种重要的煤气化设备,其煤种适应性的优化策略首先体现在气化炉参数的调整与优化上。针对不同煤种的气化特性,合理调整气化炉的运行参数,可以显著提高气化炉的煤种适应性,确保气化过程的稳定性和高效性。对于高挥发分、低灰熔点的褐煤,气化炉的运行参数需要更加精细地控制^[3]。由于褐煤易于热解并产生大量气体,气化炉的温度应适当降低,以避免过高的温度导致气体产物的二次裂解。气化剂的流量和种类也需要根据褐煤的挥发分含量进行调整,以确保气化反应的充分进行。此外,针对褐煤灰熔点低的特点,气化炉的排渣系统需要特别设计,以防止灰渣在气化炉内积聚并影响气化过程的稳定性。对于烟煤,由于其挥发分含量适中、灰分和灰熔点也处于中等水平,气化炉的运行参数调整相对较为灵活。在气化过程中,可以通过调整气化炉的温度和压力,以及气化剂的配比和流量,来优化气化反应的速率和产物分布。针对烟煤可能存在的煤焦磨损和气化炉内壁腐蚀等问题,可以通过优化气化炉的结构和材料选择来加以解决。对于低挥发分、高灰熔点的无烟煤,气化炉的运行参数需要更加严格地控制。由于无烟煤的煤焦活性较低,气化反应速率较慢,因此需要提高气化炉的温度和压力,以促进气

化反应的进行。针对无烟煤灰熔点高的特点,气化炉的排渣系统需要更加高效地运行,以确保灰渣能够及时排出并避免对气化过程造成不利影响。在气化炉参数的调整与优化过程中,还需要充分考虑气化炉的负荷波动和原料煤的质量变化等因素。通过实时监测气化炉的运行状态,及时调整气化参数,可以确保气化炉在不同工况下的稳定运行。

4.2 原料煤的预处理与选择

原料煤的预处理与选择是提高鲁奇气化炉煤种适应性的另一重要策略。对于褐煤,由于其高水分和高灰分的特点,需要进行干燥和脱灰处理。通过干燥处理,可以降低褐煤的水分含量,提高气化反应的速率和效率,通过脱灰处理,可以降低褐煤的灰分含量,减少气化过程中产生的灰渣量,提高气化产物的品质。还可以根据褐煤的挥发分含量和灰熔点等特性,选择适合的预处理工艺和设备,以进一步提高褐煤的气化性能。对于烟煤,由于其挥发分含量适中、灰分和灰熔点也处于中等水平,预处理工艺相对较为简单。可以通过破碎、筛分和混合等工艺,将烟煤处理成适合气化炉进料要求的粒度分布和化学成分。还可以根据烟煤的煤质特性和气化炉的运行要求,选择适合的预处理设备和工艺参数,以进一步提高烟煤的气化性能。对于无烟煤,由于其低挥发分和高灰熔点的特点,预处理工艺需要更加精细。可以通过破碎、筛分和磨煤等工艺,将无烟煤处理成适合气化炉进料要求的粒度分布和化学成分。还可以通过添加催化剂或进行其他化学处理,提高无烟煤的煤焦活性,促进气化反应的进行,还可以根据无烟煤的煤质特性和气化炉的运行要求,选择适合的预处理设备和工艺参数,以进一步提高无烟煤的气化性能。在原料煤的选择过程中,需要充分考虑气化炉的运行要求和产物品质要求。通过对比分析不同煤种的气化性能和产物分布,选择适合气化炉运行的煤种和煤质特性,还需要考虑原料煤的供应稳定性和经济性等因素,以确保气化炉的长期稳定运行和经济效益。

4.3 新型气化炉技术的研发与推广

随着煤气化技术的不断发展,新型气化炉技术的研

发与推广成为提高鲁奇气化炉煤种适应性的又一重要策略。新型气化炉技术的研发方向主要包括高效气化技术、低污染气化技术和智能化气化技术等,高效气化技术旨在提高气化炉的运行效率和产物品质,通过优化气化炉的结构和工艺参数,实现更高的碳转化率和产气率^[4]。低污染气化技术旨在降低气化过程中产生的污染物排放,通过采用先进的污染控制技术和工艺参数优化,减少气化炉的污染物排放量和环境影响。智能化气化技术旨在提高气化炉的运行稳定性和自动化水平,通过引入先进的传感器、控制系统和人工智能技术,实现气化炉的实时监测、优化控制和故障诊断等功能。在新型气化炉技术的推广过程中,需要充分考虑气化炉的现有条件和运行要求。通过对比分析不同气化炉技术的优缺点和适用性,选择适合气化炉升级和改造的技术方案。要加强技术研发和人才培养,提高气化炉技术的创新能力和市场竞争力,还需要加强政策引导和市场推广,鼓励企业采用新型气化炉技术,推动煤气化行业的可持续发展。

结束语

本研究通过对鲁奇气化炉在不同煤种应用中的适应性进行深入探讨,不仅加深对气化炉煤种适应性机制的理解,还提出一系列切实可行的优化策略。这些研究成果不仅为煤气化技术的改进和升级提供重要依据,也为推动煤气化行业的绿色发展和可持续发展奠定了坚实基础。未来,随着煤气化技术的不断进步和创新,鲁奇气化炉的煤种适应性将得到进一步提升。

参考文献

- [1]高拥军,张磊,李华.焦炉上升管中荒煤气余热回收的结焦问题研究[J].当代化工研究,2024(1):134-136.
- [2]刘永飞,严巍,甄枫杰,等.神华煤干粉气化适应性工业试验研究[J].煤化工,2023,51(5):1-6.
- [3]周明,段泰山.振动筛在液态排渣气化炉上的工业应用[J].大氮肥,2020,43(04):232-235.
- [4]姚博贵,牛步娟,高宁,韩永芳,张凯,马玉玫,张建晓,李义民,罗永智.气化炉内部水冷壁排渣口设计和试制[J].压力容器,2019,36(04):68-73.