

干煤粉激冷气化装置除灰实践分析

贺行行

国家能源集团宁夏煤业烯烃一分公司 宁夏 银川 750411

摘要: 干煤粉激冷气化装置是煤化工领域的核心设备,其除灰系统的性能直接影响气化效率与运行稳定性。本文分析了除灰系统的构成与原理,探讨了灰渣搭桥与堵塞、细灰分离不完全及设备磨损等关键问题,并提出了优化激冷条件、改进灰渣处理工艺、提升细灰分离效率及增强设备抗磨损性能等改进措施。实践表明,这些措施显著提高了除灰系统的运行稳定性,降低了灰渣搭桥与堵塞现象,提升了细灰分离效率,并有效缓解了设备磨损问题,从而提高了气化装置的能效、降低了运行成本并增强了环保性能。

关键词: 干煤粉; 激冷气化装置; 除灰实践; 分析

引言: 干煤粉激冷气化装置作为现代煤化工领域的核心设备,其除灰系统的性能直接影响着气化装置的整体运行效率和稳定性。然而,在实际运行过程中,除灰系统常面临灰渣搭桥与堵塞、细灰分离不完全以及设备磨损等挑战。本文旨在深入探讨干煤粉激冷气化装置除灰系统的构成、原理及运行中的关键问题,并提出针对性的改进措施,以期提高除灰效率,降低能耗,保障气化装置的连续稳定运行,为煤化工行业的可持续发展提供技术支持和参考。

1 干煤粉激冷气化装置概述

干煤粉激冷气化装置是现代煤化工领域的关键设备之一,广泛应用于煤制气、煤制油、煤制烯烃等工艺过程中。该装置主要由磨煤与干燥系统、煤粉输送系统、气化炉、激冷室、合成气冷却系统等部分组成,各部分相互协作,共同完成煤粉的气化及合成气的生成与净化任务。(1) 磨煤与干燥系统是干煤粉激冷气化装置的前端处理部分。该系统利用专用的磨煤机将原煤研磨成细小的煤粉颗粒,并通过热风干燥器将煤粉中的水分去除,使其达到气化所需的干燥程度。磨煤与干燥系统的稳定运行对于保证煤粉质量和气化效率至关重要。(2) 煤粉输送系统负责将经过干燥处理的煤粉输送到气化炉中。该系统通常采用氮气或二氧化碳等惰性气体作为输送介质,以避免煤粉在输送过程中发生自燃或爆炸。煤粉输送系统的稳定性和可靠性直接影响到气化炉的连续运行和效率。(3) 气化炉是干煤粉激冷气化装置的核心部分^[1]。在气化炉中,煤粉与氧气等氧化剂在高温高压环境下发生剧烈的氧化还原反应,生成以一氧化碳和氢气为主要成分的合成气。同时,气化过程中还会产生大量的灰渣。灰渣的有效去除是保障气化炉正常运行和延长使用寿命的关键环节之一。(4) 激冷室位于气化炉

的出口处,用于对高温高压的合成气进行初步冷却和除灰。在激冷室内,合成气与激冷水进行热交换,使其温度迅速降低至后续处理所需的温度范围。同时,激冷室内还设置有除灰装置,用于去除合成气中携带的灰渣颗粒。激冷室的设计和运行参数对于保证合成气的质量和除灰效果具有重要影响。(5) 合成气冷却系统则进一步对经过激冷室初步冷却的合成气进行降温 and 净化处理。该系统通常包括废热锅炉、水煤气变换反应器等设备,用于回收合成气中的余热并调整其组分。经过合成气冷却系统的处理,最终得到的合成气可以满足后续化工生产或发电等用途的要求。

2 除灰系统构成与原理

2.1 除灰系统构成

除灰系统主要由气化炉内部的初步除灰装置与后续的灰渣处理单元两大核心部分组成。

2.1.1 气化炉内部初步除灰装置

(1) 激冷环: 位于气化炉出口,是除灰流程的第一道屏障。其设计精妙,通过均匀分布的水流对高温合成气进行快速冷却,同时利用水的冲击力使部分灰渣颗粒在激冷过程中初步固化,并引导它们落入激冷室底部。这一步骤有效降低了灰渣的流动性,为后续处理提供了便利。(2) 下降管: 作为连接气化炉与激冷室的通道,下降管的设计需确保合成气及固化的灰渣颗粒能够顺畅流动,同时避免灰渣在管道内积聚造成堵塞。

2.1.2 灰渣处理单元

(1) 锁斗系统: 位于激冷室底部,是除灰流程中的关键设备。它利用气化炉与激冷室之间的压力差,通过周期性的排渣操作,将沉积的灰渣输送至捞渣机进行进一步处理。锁斗系统的稳定运行对于保证气化炉的连续作业至关重要。(2) 捞渣机: 作为灰渣处理的终端设备,捞渣机

负责将锁斗系统排出的灰渣进行冷却、破碎，并通过输送设备将其送至后续处理工序。捞渣机的设计需充分考虑灰渣的产量、特性以及后续处理的要求。

2.2 除灰原理

除灰系统的工作原理主要基于气固分离与灰渣的固化处理。在气化炉内，高温合成气携带大量灰渣颗粒，这些颗粒在激冷环的作用下部分直接落入激冷室底部形成粗渣^[2]。同时，合成气在上升过程中还会经过一系列的气固分离设备，如旋风分离器等，以进一步分离出细灰颗粒。锁斗系统则利用压力差实现灰渣的间歇式排放，确保除灰过程的连续性和稳定性。捞渣机则作为最终处理环节，将排出的灰渣进行冷却、破碎并输送至后续处理工序。

2.3 除灰系统运行参数影响因素

除灰系统的运行效果受多种参数的影响，这些参数的合理设置与优化对于提高除灰效率、降低能耗及保障系统稳定运行具有重要意义。（1）激冷水量与水温：激冷水量的多少和水温的高低直接影响灰渣的激冷效果和固化程度。适量的激冷水和适宜的水温能够确保灰渣的有效固化，减少细灰颗粒的产生，同时避免过多的水分对后续处理造成负担。（2）锁斗循环时间：锁斗循环时间的合理设置对于保证灰渣的及时排放至关重要。过短的循环时间可能导致灰渣未能充分沉积，而过长的循环时间则可能引发锁斗堵塞等故障。因此，需根据气化炉的运行状态和灰渣的产量进行灵活调整。（3）捞渣机转速：捞渣机的转速需根据灰渣的产量和特性进行调整。适宜的转速能够确保灰渣的顺利输送和处理，同时避免对设备造成过大的磨损。在实际操作中，还需注意定期清理捞渣机内部的积灰，以保持其良好的运行状态。

3 除灰实践中的问题分析

3.1 灰渣搭桥与堵塞

（1）灰渣搭桥与堵塞是除灰系统中最为棘手的问题之一，它直接威胁到气化炉的连续稳定运行。灰渣搭桥现象通常发生在激冷室底部，当灰渣中的某些成分（如钙、钠等碱性金属氧化物）在高温下形成低熔点化合物时，灰渣的粘性会显著增加，从而在排渣口附近形成搭桥结构，阻碍灰渣的正常排放。此外，灰渣颗粒分布的不均匀性也是导致搭桥的重要原因。当大颗粒灰渣与小颗粒灰渣混合时，小颗粒灰渣容易填充在大颗粒之间的空隙中，形成紧密的结构，进一步加剧了搭桥现象。（2）解决灰渣搭桥与堵塞问题的关键在于优化激冷条件和改善灰渣的流动性。一方面，可以通过调整激冷水的流量、温度和压力等参数，使灰渣在激冷过程中得到更充分的冷却

和固化，降低其粘性。另一方面，可以通过在激冷室底部设置搅拌装置或振动器，提高灰渣的流动性，防止搭桥现象的发生。此外，定期清理激冷室和排渣口，及时去除积聚的灰渣，也是预防堵塞的有效措施。

3.2 细灰分离不完全

（1）细灰分离不完全是除灰系统中的另一个常见问题。尽管气化炉内设置了气固分离设备，如旋风分离器等，但由于设备设计选型不合理、操作参数偏离最佳值以及灰渣颗粒特性的变化等原因，仍有部分细灰颗粒未能有效分离，随合成气进入后续工艺系统。这不仅会降低合成气冷却设备的换热效率，加剧管道磨损，还会增加后续净化系统的负荷，影响整个气化装置的能效和环保水平。（2）解决细灰分离不完全问题的关键在于优化气固分离设备的设计和选型，以及调整操作参数。首先，应根据灰渣颗粒的特性和产量，选择合适的气固分离设备，如采用高效旋风分离器或静电除尘器等。其次，应根据设备的性能特点和操作要求，合理设置操作参数，如入口风速、分离效率等。此外，还可以通过在气固分离设备前设置预除尘装置，提前去除部分大颗粒灰渣，减轻气固分离设备的负担。

3.3 除灰设备磨损

（1）除灰系统中的设备，如激冷环、下降管、锁斗阀门等，在长期运行过程中面临着严重的磨损问题。这是由于灰渣颗粒在高速流动过程中对设备表面产生冲刷作用，尤其是在灰渣硬度较高、颗粒较大且流速较快的情况下，磨损更为显著。设备磨损不仅会降低除灰系统的可靠性和使用寿命，还可能导致泄漏等安全隐患，影响装置的正常运行。（2）解决除灰设备磨损问题的关键在于提高设备的耐磨性和优化运行条件。一方面，可以通过选用耐磨性能更好的材料来制造除灰设备，如采用高铬铸铁、陶瓷涂层等耐磨材料。另一方面，可以通过优化设备的结构和运行参数，减少灰渣颗粒对设备表面的冲刷作用。例如，在激冷环和下降管的设计中，可以采用流线型结构，降低灰渣颗粒的流速和冲击力；在锁斗阀门的设计中，可以采用密封性能更好的结构，减少泄漏的风险。此外，定期对除灰设备进行检查和维护，及时更换磨损严重的部件，也是保障设备正常运行的重要措施。

4 改进措施与实践效果

4.1 优化激冷条件与灰渣处理工艺

针对灰渣搭桥与堵塞问题，优化激冷条件与灰渣处理工艺成为首要任务。激冷条件的优化主要包括激冷水量的调整、水温的控制以及灰渣添加剂的使用。

4.1.1 激冷条件的优化。(1) 激冷水量的调整：通过精确计算气化炉内灰渣的生成量和所需冷却水量，合理调整激冷水的供给量，确保灰渣在激冷过程中得到充分的冷却和固化，从而降低其粘性。(2) 水温的控制：水温对灰渣的冷却效果和固化程度具有重要影响。通过实时监测和调整激冷水的水温，使其保持在最佳范围内，既能有效冷却灰渣，又能避免水温过低导致的能耗增加。(3) 灰渣添加剂的使用：在灰渣中添加适量的助熔剂，如硅酸钠、氧化铝等，可以降低灰渣的熔点，减少低熔点化合物的生成，从而有效预防灰渣搭桥现象的发生。同时，助熔剂的使用还能改善灰渣的流动性，使其更容易从排渣口排出。

4.1.2 灰渣处理工艺的改进。(1) 排渣口设计的优化：对激冷室底部的排渣口进行改进，采用流线型设计，减少灰渣在排渣口附近的积聚和搭桥现象。同时，增加排渣口的数量和尺寸，提高灰渣的排放效率。(2) 灰渣输送系统的升级：采用更高效的灰渣输送设备，如刮板输送机、链式输送机等，确保灰渣能够顺利从激冷室输送至后续处理单元。同时，对输送系统的控制逻辑进行优化，实现灰渣排放的自动化和智能化。

4.2 提高细灰分离效率与设备抗磨损性能

4.2.1 细灰分离效率的提升。(1) 气固分离设备的升级改造：采用新型高效的分离技术和设备，如高效旋风分离器、陶瓷过滤器等，这些设备具有更高的分离效率和更低的压降，能够更有效地去除合成气中的细灰颗粒。(2) 操作参数的优化：根据灰渣颗粒的特性，对气固分离设备的操作参数进行优化，如入口风速、分离效率等，确保设备在最佳状态下运行。(3) 预除尘装置的设置：在气固分离设备前设置预除尘装置，如布袋除尘器或静电除尘器，提前去除部分大颗粒灰渣，减轻气固分离设备的负担。

4.2.2 设备抗磨损性能的提升。(1) 耐磨材料的选用：在易磨损部位，如激冷环、下降管、阀门等，采用耐磨性能更好的材料，如高铬铸铁、陶瓷涂层等，这些材料具有更高的硬度和耐磨性，能够显著延长设备的使用寿命。(2) 耐磨涂层的喷涂：在设备内表面喷涂耐磨

涂层，如碳化硅、氧化铝等，这些涂层能够减少灰渣颗粒对设备表面的冲刷作用，降低磨损速率。(3) 设备结构的优化：对设备的结构进行优化设计，如增加壁厚、采用流线型结构等，减少灰渣颗粒对设备表面的冲击力和摩擦力，提高设备的抗磨损性能。

4.2.3 实践效果

通过上述改进措施的实施，除灰系统的运行稳定性得到了显著提高。灰渣搭桥与堵塞现象明显减少，细灰分离效率大幅提升，设备磨损问题得到了有效缓解。(1) 提高了气化装置的能效：细灰分离效率的提升减少了合成气中的灰渣含量，提高了合成气的纯度和热值，从而提高了气化装置的能效^[3]。(2) 降低了运行成本：设备磨损的减少延长了设备的使用寿命，减少了维修和更换设备的频率，降低了运行成本。(3) 增强了环保性能：细灰分离效率的提升减少了灰渣的排放量，降低了对环境的污染，符合国家的环保政策和要求。

结束语

综上所述，干煤粉激冷气化装置的除灰系统在现代煤化工领域中扮演着至关重要的角色。通过优化激冷条件、改进灰渣处理工艺、提升细灰分离效率以及增强设备抗磨损性能等一系列改进措施的实施，不仅显著提高了除灰系统的运行稳定性和效率，还有效缓解了灰渣搭桥与堵塞、细灰分离不完全以及设备磨损等关键问题。这些改进措施不仅提升了气化装置的能效和环保性能，还降低了运行成本，为煤化工企业的可持续发展奠定了坚实基础。未来，随着技术的不断进步和经验的积累，除灰系统还将进一步优化和完善，为煤化工领域的高质量发展注入新的活力。

参考文献

- [1]解政鼎,郑渤星,张焕照. 干煤粉激冷气化变换装置除灰实践分析[J]. 煤化工,2021,49(2):60-63.
- [2]董先营,曹文龙,王国梁. 干煤粉气化装置系统压差高的原因与改进措施[J]. 氮肥与合成气,2024,52(5).
- [3]张博. 煤气化装置气化系统的技术改造与优化[J]. 工程管理,2023,4(12):101-103.