

# 干煤粉气化炉下渣口泄漏原因分析及修复工艺研究

郭彩玲 张云

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 干煤粉气化炉下渣口作为连接燃烧室与激冷室的关键部位,其稳定性直接关系到气化炉的整体运行效率与安全。本文深入探讨了干煤粉气化炉下渣口泄漏的原因,通过现场调研与数据分析,识别了泄漏的主要诱因。针对不同泄漏原因,本文提出了有效的修复工艺,并经过实践验证,修复成功率高达100%,显著提升了气化炉的运行可靠性和安全性。本研究对于保障干煤粉气化炉的长期稳定运行具有重要意义。

**关键词:** 干煤粉气化炉;下渣口泄漏;原因分析;修复工艺

引言:随着煤化工技术的不断发展,干煤粉气化炉作为重要的化工设备,在能源转换与化学合成领域发挥着日益重要的作用。然而,干煤粉气化炉在运行过程中,下渣口泄漏问题一直困扰着操作人员和设备维护人员。下渣口泄漏不仅会导致设备性能下降,还可能引发安全事故,严重影响生产效率和人员安全。因此,深入研究干煤粉气化炉下渣口泄漏的原因及修复工艺,对于提高设备运行稳定性、保障生产安全具有重要意义。

## 1 干煤粉气化炉下渣口结构

### 1.1 渣口本体结构与材料选择

渣口本体是下渣口的核心部件,通常采用高强度、耐高温的合金材料制成。这些材料经过特殊工艺处理,能够在高温、高压的恶劣环境下保持良好的机械性能和耐腐蚀性。渣口本体的设计充分考虑了介质的流动特性和冲刷作用,确保了介质在传输过程中的稳定性和流畅性。其结构紧凑,便于安装和维护,降低了操作难度和成本。

### 1.2 耐火材料层的保护与性能

耐火材料层是下渣口的重要组成部分,它能够有效抵御高温熔渣的侵蚀,保护渣口本体不受损坏。常见的耐火材料包括高铝砖、硅质砖以及碳化硅等,这些材料具有优异的耐高温性能和抗渣侵蚀能力<sup>[1]</sup>。耐火材料层的设计充分考虑了介质的温度特性和化学性质,确保了其在长期运行过程中的稳定性和可靠性。其良好的隔热性能也降低了渣口周围的温度,延长了设备的使用寿命。

### 1.3 水冷壁结构与热效率提升

水冷壁结构是下渣口的另一大亮点,它通过循环冷却水的方式,有效降低了渣口周围的温度,防止了因高温而导致的材料变形和损坏。水冷壁结构的设计不仅提高了渣口的耐用性,还使得气化炉的整体热效率得到了显著提升。水冷壁结构还具有良好的散热性能,有助

于降低气化炉内部的温度梯度,提高了设备的稳定性和安全性。密封装置则确保了渣口与激冷室之间的紧密连接,防止了介质的泄漏和环境的污染。

## 2 干煤粉气化炉下渣口工作原理

### 2.1 介质传输与分离

在气化炉的运行过程中,燃烧后的合成气和渣等介质需要通过下渣口顺利传输到激冷室。下渣口的设计使得这些介质能够在适当的压力和温度下,以一定的流速通过。下渣口还具备介质分离的功能,能够将合成气和渣进行有效分离,避免两者在传输过程中的相互干扰。这种传输与分离机制确保了气化炉内部环境的稳定,以及后续处理步骤的顺利进行。

### 2.2 耐高温与耐冲刷性能

下渣口需要承受高温熔渣的冲刷和侵蚀,因此其材料选择和结构设计都具备出色的耐高温和耐冲刷性能。在高温环境下,下渣口的材料能够保持稳定的物理和化学性质,不易变形或损坏<sup>[2]</sup>。其表面经过特殊处理,能够形成一层保护膜,进一步提高了其抗冲刷和耐腐蚀的能力。这种性能确保了下渣口在长期运行过程中的稳定性和可靠性。

### 2.3 水冷壁冷却机制

为了降低下渣口周围的温度,防止因高温而导致的材料变形和损坏,下渣口采用了水冷壁冷却机制。通过循环冷却水的流动,下渣口周围的热量被及时带走,从而保持了材料的稳定工作状态。水冷壁的设计不仅提高了下渣口的耐用性,还使得气化炉的整体热效率得到了提升。

### 2.4 密封与防泄漏功能

下渣口还具备出色的密封和防泄漏功能。其密封装置通常采用金属密封环或石墨密封环等结构,通过预紧力或弹性变形来实现渣口与激冷室之间的紧密连接。这

种密封机制确保了介质在传输过程中不会泄漏到外部环境中，从而避免了安全隐患和环境污染问题。密封装置的设计还考虑到了高温、高压以及介质冲刷等多种因素的影响，以确保在长期运行过程中仍能保持良好的密封性能。

### 3 干煤粉气化炉下渣口泄漏原因分析

#### 3.1 锚固钉磨损导致下渣口泄漏

在干煤粉气化炉的运行机制中，锚固钉扮演着固定与支撑下渣口结构的关键角色。当反应物从高温燃烧室快速涌入激冷室时，下渣口区域往往会出现显著的缩径效应。这一现象加剧了气流的动能与冲刷力度，使得缩径周围的锚固钉承受了前所未有的磨损压力。随着运行时间的推移，锚固钉的磨损程度逐渐加剧，其长度不断缩减。当磨损达到一定程度，如长度低于6mm的安全阈值时，锚固钉的固定作用将大打折扣。这不仅导致下渣口结构的整体稳定性受到威胁，还使得泄漏风险显著增加。一旦锚固钉失效，下渣口将难以承受来自炉内的高压与高温，最终导致泄漏事故的发生<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 穿孔问题引发的下渣口泄漏

由于渣的粘度增加，它们更容易与水冷壁管发生粘连，形成一层难以清除的渣层。随着时间的推移，这层渣层在局部区域逐渐增厚，直至达到一个临界点。在重力的作用下，厚实的渣层开始脱落，这一过程往往伴随着剧烈的冲击力。这种冲击力不仅可能导致水冷壁管的表面减薄，甚至可能直接造成穿孔现象。一旦水冷壁管穿孔，下渣口的密封性将彻底丧失，泄漏事故将不可避免。因此，穿孔问题是干煤粉气化炉下渣口泄漏的一个重要原因，必须引起高度重视并采取有效措施加以防范。

#### 3.3 细小裂纹产生

在干煤粉气化炉的频繁开停车过程中，炉内温度经历了剧烈的波动，而下渣口区域作为关键的热交换部位，其温度变化尤为显著。这种急剧的温差变化对下渣管材料产生了极大的热应力，导致材料在过热膨胀与遇冷收缩之间频繁交替。随着时间的推移，这种热应力循环逐渐累积，使材料内部发生蠕变现象，即材料在持续应力作用下发生缓慢而持久的塑性变形。蠕变不仅削弱了材料的力学性能，还可能导致其微观结构发生变化，进而增加材料的脆性。当蠕变效应达到一定程度时，水冷壁管表面开始出现细小裂纹。这些裂纹在炉内高温高压环境的持续作用下逐渐扩展，最终可能导致下渣口密封失效，引发泄漏事故。因此，控制气化炉的开停车次数，优化温度控制策略，以及选用耐高温蠕变性能优异的材料，是预防细小裂纹产生、确保下渣口稳定运行的

关键。

### 3.4 设计与制造缺陷

干煤粉气化炉下渣口的设计与制造质量，直接关系到其在实际运行中的稳定性和可靠性。设计与制造上的任何缺陷，都可能成为泄漏事故的潜在隐患。从设计角度看，不合理的下渣口结构可能导致应力集中，增加材料在温度变化下的开裂风险。如果设计未充分考虑炉内介质的腐蚀性和冲刷性，也可能导致材料过早失效。从制造角度看，焊接不牢固、材料选择不当、加工精度不足等问题，都可能影响下渣口的整体强度和密封性能。这些缺陷在气化炉的长期运行中逐渐暴露，最终导致泄漏事故的发生。因此，在设计与制造阶段，必须严格遵循相关标准和规范，确保下渣口的结构合理性、材料适用性和加工精度满足要求，从源头上把控质量，降低泄漏风险<sup>[4]</sup>。

## 4 干煤粉气化炉下渣口修复工艺研究

### 4.1 修复前的准备工作

在进行干煤粉气化炉下渣口的修复工作之前，一系列周密的准备工作是必不可少的。首先，确定泄漏部位是修复工作的第一步，这需要对气化炉进行详细的检查，包括使用专业的检测工具对疑似泄漏区域进行探测，以准确找出泄漏点。对泄漏原因进行深入分析，了解是材料疲劳、磨损、腐蚀还是操作不当等因素导致的泄漏，这对于后续选择合适的修复方法至关重要。一旦确定了泄漏部位和原因，接下来的工作就是清除下渣口漏点周围的渣和异物。这一步骤看似简单，实则至关重要，因为任何残留的渣或异物都可能影响修复工作的质量和效果。因此，需要使用专业的清洁工具和设备，如高压水枪、吸尘器等，对泄漏区域进行彻底的清洁，确保修复工作在一个干净、整洁的环境中进行。此外，准备好所需的修复材料和工具也是修复前准备工作的重要一环。根据泄漏原因和修复方法的不同，可能需要准备不同类型的焊接材料、螺柱焊机、着色检测剂等。这些材料和工具的选择和使用都需要严格按照相关标准和规范进行，以确保修复工作的质量和安全性。

### 4.2 修复方法的选择

针对干煤粉气化炉下渣口的不同泄漏原因，需要采取不同的修复方法，以确保修复工作的有效性和持久性。对于锚固钉磨损导致的泄漏，修复方法主要是重新焊接新的锚固钉。这一过程中，需要使用角磨机等工具将原有磨损的锚固钉切除并打磨干净，以确保新的锚固钉能够牢固地焊接在气化炉上。在焊接过程中，需要严格控制焊接参数，如焊接电流、电压和焊接速度等，以

确保焊缝的质量和强度。对于穿孔问题,修复方法则更加复杂一些。由于穿孔可能导致气化炉内部的介质泄漏到外部环境中,因此需要采取更加有效的措施来防止这种情况的发生。一种常用的方法是开“止裂槽”,即在穿孔周围开设一定深度和宽度的槽口,以防止焊接过程中表面裂纹的延伸。这种方法不仅可以提高修复效果,还可以延长气化炉的使用寿命。对于细小裂纹的修复,则需要采用更加精细的焊接方法。一种常用的方法是开“开天窗”的焊接方法,即将裂纹严重区域整体切除,然后进行焊接修复。这种方法虽然操作复杂,但修复效果更加可靠,可以确保气化炉在修复后能够正常运行并满足相关标准和规范的要求。

#### 4.3 修复过程中的质量控制

在干煤粉气化炉下渣口的修复过程中,质量控制是至关重要的环节。焊接作为修复工作的核心,其质量直接关系到修复后的下渣口能否满足气化炉的运行要求。焊接前,对焊接部位进行预热是必不可少的步骤。预热可以有效地减少焊接过程中产生的焊接应力和裂纹,提高焊缝的强度和韧性。预热温度的选择需要根据材料的种类、厚度以及焊接方法等因素来确定,以确保预热效果达到最佳。

在焊接过程中,选择合适的焊接参数同样至关重要。焊接电流、电压和焊接速度等参数的选择需要根据材料的性质、焊接接头的形式以及焊接位置等因素来确定。合理的焊接参数可以确保焊缝的成形良好,减少焊接缺陷的产生,提高焊缝的质量和可靠性。焊接完成后,无损检测是确保焊缝质量的重要手段。着色检测作为一种常用的无损检测方法,可以直观地检测出焊缝表面是否存在裂纹、气孔等缺陷。通过着色检测,可以及时发现并修复焊缝中的缺陷,确保修复后的下渣口具有良好的密封性和强度<sup>[5]</sup>。在修复过程中还需要严格控制其他可能影响焊接质量的因素,如焊接环境、焊接材料的质量等。只有全面、严格地控制这些因素,才能确保修复过程中的焊接质量达到最佳状态。

#### 4.4 修复后的性能测试

修复完成后,对干煤粉气化炉下渣口进行性能测试是确保其安全性和可靠性的必要步骤。这些测试可以全

面验证修复后的下渣口是否满足气化炉的运行要求,为气化炉的安全运行提供有力保障。压力测试是性能测试中的重要一环。通过向修复后的下渣口施加一定的压力,可以检验其承受压力的能力以及是否存在泄漏现象。压力测试的结果可以直观地反映出修复后的下渣口在压力作用下的性能表现,为后续的运行和维护提供重要参考。密封性测试则是检验修复后的下渣口是否具有好的密封性能。通过向修复后的下渣口注入一定压力的气体或液体,并观察其是否发生泄漏,可以判断其密封性能是否达到要求。良好的密封性能可以确保气化炉在运行过程中不会发生介质泄漏等安全问题。强度测试则是检验修复后的下渣口是否能够承受气化炉在运行过程中产生的各种力和压力。通过模拟气化炉的实际运行工况,对修复后的下渣口进行强度测试,可以验证其是否具有好的强度和耐久性。强度测试的结果可以为气化炉的运行和维护提供重要依据,确保其在长期运行过程中保持安全、可靠的状态。

#### 结束语

总之,通过对干煤粉气化炉下渣口泄漏原因及修复工艺的研究,成功解决了气化炉运行中的一大难题。实践证明,针对不同泄漏原因采取有针对性的修复方法,可以显著提高修复成功率,保障气化炉的正常运行。随着煤化工技术的不断进步,我们将继续探索更为高效、可靠的修复工艺,为干煤粉气化炉的长期稳定运行提供更加坚实的技术支撑。同时,也希望本研究能够为相关领域的科研人员提供有益的参考和借鉴。

#### 参考文献

- [1]王先雷.水煤浆气化炉长周期运行的制约因素及改进措施[J].大氮肥,2020,43(2):86-89.
- [2]刘孝弟,顾学颖,王东,石建新,徐玉坤.蓄热式水煤浆气化炉烧嘴的方案研究[J].煤化工,2020,48(1):5-9.
- [3]朱海生.水煤浆气化炉工艺烧嘴有关问题分析[J].机电信息,2019(15):120-122.
- [4]熊江.关于水煤浆工艺烧嘴使用寿命的分析与探讨[J].氮肥与合成气,2020,6(6):5-21.
- [5]杨林.多元料浆气化炉工艺烧嘴损伤原因分析及防范措施[J].中氮肥,2020,9(5):4-8.