

# 钢厂煤气精脱硫工艺优化与效率提升

刘晓浩

西安航天源动力工程有限公司 陕西 西安 710100

**摘要：**钢厂煤气精脱硫工艺优化与效率提升是钢铁行业实现超低排放的关键。本文综述了高炉煤气成分与特点，分析了现有脱硫工艺的优缺点，并提出了预处理工艺优化、脱硫技术改进及能量梯级利用等策略。通过优化煤质与操作条件、加强设备检查与维护、应用新技术等措施，可显著提高脱硫效率，降低运行成本，助力钢铁行业绿色转型。

**关键词：**钢厂煤气精脱硫；高炉煤气工艺优化；效率提升

引言：高炉煤气作为钢铁生产脱硫工艺存在的效率不高、成本偏高等问题，本文旨在探讨煤气精脱硫工艺的优化策略，以提高脱硫效率，降低运行成本，促进钢铁行业绿色发展。通过深入分析与实践验证，为钢铁企业实现高效、环保的煤气脱硫提供科学依据和技术支持。

## 1 高炉煤气脱硫工艺概述

### 1.1 高炉煤气成分与特点

高炉煤气是在高炉炼铁生产过程中副产的一种可燃气体，具有其独特的成分与特性。高炉煤气的主要成分包括二氧化碳（约占6%至12%）、一氧化碳（约占28%至33%）、氢气（约占1%至4%）、氮气（约占55%至60%）、烃类（约占0.2%至0.5%），以及少量的二氧化硫等。高炉煤气的特性显著，如不燃成分占比较大，可燃成分相对较少，发热值较低，通常在3344至4180千焦/标米之间。高炉煤气是无色无味、无臭的气体，但由于一氧化碳含量很高，因此毒性极大。此外，高炉煤气的燃烧速度慢，火焰较长，焦饼上下温差较小。高炉煤气中还含有一定量的粉尘和硫化物，其中硫化物主要分为有机硫和无机硫两类，有机硫主要包括羰基硫、二硫化碳等，无机硫则主要是硫化氢。高炉煤气的含硫量与焦炭的含硫量密切相关，硫化物的存在不仅影响煤气的质量，还对环境造成潜在的危害。

### 1.2 现有脱硫工艺

高炉煤气的脱硫工艺是降低煤气中硫化物含量的重要手段。目前，常用的脱硫工艺主要包括以下几种：

（1）常见的脱硫流程是重力+袋式除尘+TRT余压发电+末端脱硫。该工艺首先通过重力和袋式除尘器去除煤气中的大颗粒粉尘，然后利用TRT（高炉煤气余压透平发电装置）进行余压发电，最后通过末端脱硫装置进一步去除煤气中的硫化物。（2）先进的脱硫技术是“有机硫水解转化+无机硫催化吸附”全干法精脱硫技术。该工艺首

先将高炉煤气中的有机硫通过水解转化为无机硫，即硫化氢，然后利用催化吸附剂对硫化氢进行高效吸附，从而实现精脱硫的目的。这种工艺具有设备简单、操作方便、无需再生等优点，是高炉煤气脱硫领域的一大创新<sup>[1]</sup>。

### 1.3 现有工艺的优缺点

现有的高炉煤气脱硫工艺在脱硫效率、投资及运行成本等方面各有优缺点。重力+袋式除尘+TRT余压发电+末端脱硫工艺虽然技术成熟，但在脱硫效率方面存在一定局限性，尤其是当煤气中硫化物含量较高时，脱硫效果可能不尽如人意。此外，该工艺的投资和运行成本相对较高，需要占用较大的场地和设备。而“有机硫水解转化+无机硫催化吸附”全干法精脱硫技术则具有脱硫效率高、占地面积小、设备简单等优点。然而，该工艺对催化吸附剂的要求较高，且吸附剂在使用过程中可能会逐渐失效，需要定期更换或再生，这在一定程度上增加了运行成本和维护难度。

## 2 高炉煤气精脱硫工艺优化

### 2.1 预处理工艺优化

预处理是高炉煤气精脱硫工艺的第一步，其目的在于提高煤气的清洁度，为后续脱硫过程创造有利条件。预处理工艺的优化主要包括两个方面：（1）采用高效除尘和预处理技术。高炉煤气中通常含有大量的粉尘和杂质，这些物质不仅会堵塞脱硫设备，还会影响脱硫效率。因此，在脱硫前必须对煤气进行高效的除尘处理。目前，常用的除尘技术包括重力除尘、布袋除尘和电除尘等。其中，布袋除尘和电除尘技术以其高效的除尘效率和稳定性得到了广泛应用。布袋除尘器通过布袋的过滤作用，可以有效去除煤气中的微小颗粒，除尘效率可达99%以上<sup>[2]</sup>。电除尘器则利用电场作用，使煤气中的粉尘颗粒带电并在电场力的作用下被收集，同样具有较高的除尘效率。除了除尘，预处理技术还包括煤气的冷

却和净化。通过冷却器将煤气温度降低至适宜范围，可以减少脱硫过程中的能耗和设备磨损。同时，通过净化设备去除煤气中的油雾、水雾等杂质，确保脱硫过程的稳定性和效率。（2）优化预处理装置设计。预处理装置的设计对于防止催化剂污染和中毒至关重要。在预处理过程中，应确保煤气中的杂质得到有效去除，避免其进入脱硫反应器。同时，预处理装置的材料和结构应具有有良好的耐腐蚀性和耐高温性，以适应高炉煤气的恶劣环境。此外，装置的设计应便于维护和检修，以降低运行成本。为了进一步提高预处理效果，可以采用多级除尘和净化工艺。通过多级除尘设备的组合使用，可以更有效地去除煤气中的粉尘和杂质。同时，利用先进的净化技术，如湿式电除尘器等，可以进一步去除煤气中的微小颗粒和有害气体，为后续的脱硫过程提供高质量的煤气。

## 2.2 脱硫技术改进

脱硫技术的改进是提高高炉煤气精脱硫效率的关键。针对现有脱硫技术存在的问题，可以从两个方面进行改进：（1）优化有机硫转化反应器设计。有机硫是高炉煤气中一种难以去除的硫化物。为了提高脱硫效率，可以采用有机硫转化技术，将有机硫转化为无机硫（如硫化氢），然后利用现有的脱硫设备进行去除。优化有机硫转化反应器设计是提高转化率和催化剂利用率的关键。反应器应具有良好的传质和传热性能，以确保反应物在反应器内充分混合和反应。同时，反应器应设计有合理的催化剂装量分布和分布方式，以提高催化剂的利用率和反应效率。此外，反应器还应具有良好的密封性和耐高温性，以适应高炉煤气的恶劣环境。（2）改进湿式氧化法脱硫技术。湿式氧化法脱硫技术是一种常用的高炉煤气脱硫方法。然而，该方法存在脱硫效率低、稳定性差等问题。为了改进这些问题，可以从以下几个方面入手：一是优化脱硫剂的种类和配比，选择具有高效脱硫性能的脱硫剂，如改良的碳酸钠溶液或氢氧化钠溶液；二是改进脱硫塔的结构和操作流程，如增加脱硫塔的塔板数量、优化塔内气液分布等；三是加强脱硫过程中的监控和调节，及时发现问题并采取措施进行调整。

## 2.3 能量梯级利用

高炉煤气精脱硫过程中产生的能量梯级利用是提高资源利用效率的重要手段。TRT（高炉煤气余压透平发电装置）前后的温位、水汽和系统压力等参数，为能量的高效利用提供了可能。在TRT前，可以利用煤气的余热进行预热和干燥等操作，降低后续工艺中的能耗。同时，通过调节TRT的入口压力和出口温度等参数，可以优化TRT的发电效率。在TRT后，可以利用煤气中的水汽进行

冷凝回收，产生的冷凝水可以用于高炉或其他工艺设备的冷却和补水，实现水资源的循环利用<sup>[3]</sup>。此外，TRT后煤气中的剩余压力和温度也可以被进一步利用，例如用于驱动其他机械设备或进行加热操作。在能量梯级利用的过程中，关键在于对高炉煤气中各种能量的精准捕捉和高效转换。为了实现这一目标，需要对高炉煤气的流量、温度、压力等参数进行实时监测和精确控制。通过采用先进的传感器和控制系统，可以实时掌握高炉煤气的能量状态，并根据实际需求进行灵活的调节和优化。除了对高炉煤气本身的能量进行利用外，还可以考虑将脱硫过程中产生的副产品进行资源化利用。例如，脱硫过程中产生的硫化物可以通过进一步处理转化为硫酸或硫磺等有用的化学品，实现废物的资源化利用。同时，脱硫过程中产生的废气也可以通过净化处理后排放，减少对环境的污染。在实现能量梯级利用的过程中，还需要注意以下几个问题：一是要充分考虑系统的整体性和协同性，避免各个环节之间的能量损失和浪费；二是要加强对设备的维护和管理，确保设备的稳定运行和高效利用；三是要注重技术创新和研发，不断探索更加高效、环保的脱硫技术和能量利用方式。

## 3 提高脱硫效率的改进措施

### 3.1 煤质与操作条件优化

（1）选择与设计煤种接近的煤质，保证煤质稳定。煤质是影响脱硫效率的首要因素。不同的煤种，其含硫量、灰分、挥发分等化学成分和物理特性有所不同，这直接影响到脱硫工艺的选择和脱硫效率的高低。为了提高脱硫效率，企业应与煤炭供应商紧密合作，选择与设计煤种尽可能接近的煤质，确保煤质的稳定性和一致性。为了实现这一目标，企业可以采取以下措施：一是建立煤质数据库，对入炉煤进行定期化验和分析，掌握煤质的动态变化；二是与煤炭供应商建立长期合作关系，明确煤质要求和供货标准，确保煤炭质量和供应的稳定性；三是根据煤质变化，及时调整脱硫工艺参数，如脱硫剂的用量、脱硫温度等，以适应煤质的变化。

（2）优化操作条件，如温度、压力、pH值等，提高脱硫效果。操作条件的优化是提高脱硫效率的重要手段。在高炉煤气脱硫过程中，温度、压力、pH值等参数的选择和控制在脱硫效果有着至关重要的影响。温度是影响脱硫剂活性和反应速率的关键因素。一般来说，适当的提高温度可以加速脱硫反应，但过高的温度可能导致脱硫剂失活，设备腐蚀等问题。因此，应根据脱硫工艺的要求和实际情况，合理设定和控制脱硫反应的温度。压力对脱硫效率的影响主要体现在对煤气中硫化物浓度和脱

硫剂溶解度的改变上。增加压力可以提高煤气中硫化物的溶解度,从而促进脱硫反应的进行。但过高的压力也会增加设备的能耗和运行成本。因此,在优化压力条件时,需要综合考虑脱硫效率、能耗和设备成本等因素,找到最佳的平衡点。pH值是脱硫过程中的重要控制参数之一。它直接影响脱硫剂的溶解度和活性,以及脱硫反应的进行方式和产物的性质。为了确保脱硫效率的稳定和提高,应将pH值控制在一定的范围内,以确保脱硫剂的有效利用和脱硫产物的稳定生成。

### 3.2 设备检查与维护

(1) 定期对脱硫装置进行检查和维护,防止堵塞和失效。脱硫装置是高炉煤气脱硫工艺的核心设备,其运行状况直接决定了脱硫效率的高低。因此,应定期对脱硫装置进行检查和维护,及时发现并处理设备故障和异常情况,防止设备堵塞和失效。检查内容主要包括脱硫塔的塔壁、塔板、喷嘴、除雾器等部件的磨损、腐蚀和堵塞情况。对于发现的问题,应立即进行处理和修复,以避免对脱硫效率造成不利影响。同时,还需要定期对脱硫液进行更换和补充,以确保脱硫剂的活性和脱硫效果的稳定<sup>[4]</sup>。(2) 改造和优化关键设备,如喷嘴、除雾器、喷淋层等。为了提高脱硫效率,需要对关键设备进行改造和优化。例如,采用新型喷嘴可以提高煤气的雾化效果,增加脱硫剂与煤气的接触面积和反应时间;采用高效除雾器可以减少煤气中的水滴含量,降低对后续工艺的影响;优化喷淋层的结构和布局可以提高脱硫剂的分布均匀性和利用率。在改造和优化设备时,企业应充分考虑设备的性能和成本等因素,选择性价比高的设备和方案。同时,加强与设备制造商的合作与交流,了解最新的设备技术和市场动态,为设备的改造和优化提供技术支持和保障。

### 3.3 新技术应用

(1) 探讨和应用新型脱硫剂、催化剂,提高脱硫效率。随着科技的不断发展,新型脱硫剂和催化剂不断涌现,为提高脱硫效率提供了新的途径。例如,一些高效、低毒的脱硫剂可以降低脱硫过程中的能耗和成本;

一些具有特殊催化性能的催化剂可以加速脱硫反应的进行,提高脱硫效率。企业应积极探索和应用这些新型脱硫剂和催化剂,并通过实验和现场测试验证其效果。同时,加强与科研机构和高校的合作与交流,了解最新的脱硫技术和研究成果,为新型脱硫剂和催化剂的应用提供技术支持和保障。(2) 引入自动化控制系统,提高脱硫装置的可靠性和稳定性。自动化控制系统的引入可以实现对脱硫过程的实时监测和控制,提高脱硫装置的可靠性和稳定性。通过自动化控制系统,可以实时监测脱硫过程中的温度、压力、pH值等参数的变化情况,并根据设定的工艺要求进行自动调节和控制。同时,自动化控制系统还可以实现设备的远程监控和故障诊断等功能,及时发现和处理设备故障和异常情况。为了引入自动化控制系统,企业需要加强信息化和智能化建设,提高数据采集和分析能力。同时,加强与自动化控制系统供应商的合作与交流,了解最新的自动化技术和市场动态,为系统的引入和升级提供技术支持和保障。

### 结束语

综上所述,钢厂煤气精脱硫工艺的优化与效率提升是实现钢铁行业绿色发展的关键一环。通过优化预处理、改进脱硫技术、实现能量梯级利用以及应用新技术等多方面的措施,不仅能够显著提高脱硫效率,还能有效降低生产成本,实现资源的最大化利用。这些成果不仅推动了钢铁行业的可持续发展,也为其他行业的节能减排提供了有益的借鉴与参考。

### 参考文献

- [1]杨璐.焦炉煤气精脱硫工艺的优化与应用研究[J].山西化工,2023,(08):102-103.
- [2]邓万里,杨静.焦炉煤气精脱硫工艺分析及设计优化[J].冶金动力,2023,(03):19-21.
- [3]韩新萍.焦炉煤气脱硫工艺分析与优化[J].武钢技术,2020,(02):10-12.
- [4]杨猛,安忠义.焦炉煤气精脱硫工艺方案比选和优化设计[J].冶金能源,2022,(06):53-54.