

炼油厂硫磺回收联合装置防腐措施及经济效益

曹华业 蔡 钦 戴卓文 黄永宝 钟港复

(中特检管道工程(北京)有限公司, 北京 100013)

摘要: 本文对炼油厂硫磺回收联合装置防腐措施及经济效益进行了深入探讨, 主要从装置的作用和重要性、腐蚀介质和腐蚀类型与特点、炼油厂硫磺回收联合装置的防腐措施三个方面进行分析, 最终得出炼油厂硫磺回收联合装置防腐措施能够取得的经济效益。通过本文的研究, 可以为炼油厂硫磺回收联合装置的设计和运行提供参考和指导。

关键词: 炼油厂; 硫磺回收联合装置; 腐蚀机理; 防腐措施; 经济效益

1 炼油厂硫磺回收联合装置概述

1.1 硫磺回收联合装置的作用和重要性

炼油厂硫磺回收联合装置是一种用于炼油过程中提取和回收硫磺的设备。在石油加工过程中, 原油中的硫化物会被转化为硫化氢(H_2S)等含硫化合物, 硫化氢是一种具有强烈毒性和腐蚀性的气体, 对人体健康和生态环境都有很大的危害, 同时还会对设备和工艺造成损害。硫磺回收联合装置采用一系列反应将硫化氢等含硫化合物转化为固体硫磺, 从而避免了有害气体的排放和环境污染。因此, 采用硫磺回收联合装置可以有效地将含硫化合物转化为固体硫磺, 并将其回收利用。硫磺是一种非常重要的资源, 通过回收利用硫化氢转化为硫磺, 可以充分利用硫资源, 减少对天然硫矿石的需求, 降低原材料成本, 实现资源的可持续利用。此外, 硫磺作为一种重要的工业原料, 在农业、化工、医药等领域有广泛的应用, 其市场需求量大, 回收利用可以增加企业的收入和利润。同时, 采用硫磺回收联合装置能够减少炼油过程中的环境污染和安全风险, 提高企业形象和信誉度, 从而带来更好的经济效益。

炼油过程中产生的硫化氢等含硫化合物是大气污染的主要来源之一。硫化氢和其他含硫化合物的排放会导致大气污染、酸雨等环境问题。通过硫磺回收联合装置的使用, 可以有效减少有害气体的排放, 改善空气质量, 降低环境污染的程度, 保护生态环境的健康。硫磺回收联合装置在炼油工业中非常重要。炼油过程中产生的硫化氢含有高毒性和易燃性, 极易引起爆炸和火灾事故, 对工人的生命安全和设备的运行稳定性构成严重威胁。采用硫磺回收联合装置可以有效地转化硫化氢为硫磺, 降低这种有害气体对工人及环

境的危害, 提高工作环境的安全性。

1.2 硫磺回收联合装置的组成与工作原理

硫磺回收联合装置是用于炼油过程中提取和回收硫磺的设备, 它由多个组成部分组成, 每个部分都有着特定的功能, 共同实现硫磺回收的目标。这种装置主要包括反应器、分离装置、储存设备和辅助设备等多个组成部分。在工作原理方面, 硫磺回收联合装置通过一系列步骤实现硫磺的提取和回收, 包括化学反应、分离和储存等过程。下面将详细介绍硫磺回收联合装置的组成和工作原理。

反应器是硫磺回收联合装置的核心部件, 用于将含硫化合物转化为硫磺。在炼油过程中, 原油中的含硫化合物被转化为硫化氢等气体。这些气体首先进入反应器, 在催化剂的作用下发生化学反应, 将硫化氢转化为固体硫磺。反应过程中, 一般需要提供适当的温度和压力条件, 以促进反应的进行。

分离装置用于将反应器中生成的硫磺与其他物质进行分离。硫磺气体会通过冷凝器冷却, 使硫磺从气态转化为液态。然后, 通过过滤器将液态硫磺中的杂质去除, 得到纯净的硫磺。最后, 通过沉淀器进一步去除残余的固体杂质, 确保硫磺的纯度。

储存设备用于存储回收得到的硫磺, 通常采用硫磺堆放罐或硫磺储罐等形式。储存设备要具备防爆、防腐蚀等特性, 以确保硫磺的安全储存。

辅助设备包括输送设备、控制系统、加热装置等, 用于实现硫磺回收过程的顺利进行和操作的控制。整个硫磺回收联合装置的工作过程需要通过控制系统进行操作控制。控制系统可以监测和调节反应器的温度、压力、流量等参数, 保证装置的正常运行, 并且能够对异常情况进行报警和处理。

硫磺回收联合装置通过化学反应、分离和储存等步骤，如图 1，实现对含硫化合物的转化和回收，从而达到提取和利用硫磺的目的。这种装置的工作原理可帮助炼油厂实现硫磺资源的有效利用和环境污染的减少。因此，硫磺回收联合装置在炼油工业中具有重要的意义，不仅可以提高资源利用率，还能保护环境，减少空气和水体污染。

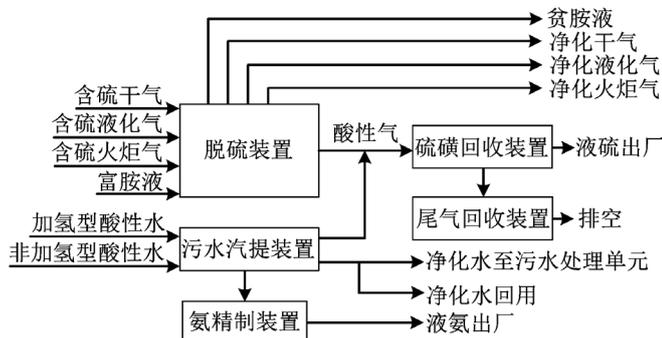


图 1 硫磺回收工艺流程

2 炼油厂硫磺回收联合装置腐蚀机理

2.1 腐蚀介质分析

炼油厂硫磺回收联合装置在运行过程中会接触到多种腐蚀介质，主要包括硫化氢、二氧化硫、水蒸气等。这些腐蚀介质在高温、高压、高速流动等环境下，对设备材料产生不同形式的腐蚀作用，导致设备表面的金属材料逐渐损失。下面将对这些腐蚀介质进行详细地分析。

2.1.1 硫化氢

$M+H_2S \rightarrow MS+H_2$ 。硫化氢是炼油厂硫磺回收联合装置中最主要的腐蚀介质之一。在高温、高压条件下，硫化氢会与金属表面发生化学反应，形成金属硫化物，导致金属表面的腐蚀。硫化氢的腐蚀作用是在酸性环境下进行的，通常情况下，硫化氢的腐蚀速率会随着环境酸度的增加而增加。此外，硫化氢还会在金属表面形成硫化物膜，阻碍阳极和阴极间的电子传递，产生局部腐蚀现象。因此，硫化氢对炼油厂硫磺回收联合装置的腐蚀作用是十分显著的。

2.1.2 二氧化硫

$M+SO_2+2H_2O \rightarrow MSO_4+2H_2$ 。二氧化硫是炼油厂硫磺回收联合装置中的重要腐蚀介质。在高温、高速流动的条件下，二氧化硫会与金属表面发生氧化还原反应，形成硫酸膜，导致金属表面的腐蚀。与硫化氢不同的是，二氧化硫的腐蚀作用是在酸性和碱性环境下同时进行的，且在碱性环境下腐蚀速率较高。此外，二氧化硫还会与水蒸气共同作用，生成硫酸雾，增加了金属表面的腐蚀速度。因此，二氧化硫对炼油厂硫

磺回收联合装置的腐蚀作用也是不可忽视的。

2.1.3 水蒸气

水蒸气在炼油厂硫磺回收联合装置中起着冷凝和洗涤的作用，但同时也是导致设备腐蚀的重要因素之一。在高温、高速流动的条件下，水蒸气会与金属表面发生腐蚀作用，产生氢氧化物或氧化物，导致金属表面的损伤。此外，水蒸气还会与硫化氢和二氧化硫共同作用，增加金属表面的腐蚀速度。因此，水蒸气对炼油厂硫磺回收联合装置的腐蚀作用也是非常明显的。 $M+H_2O \rightarrow MO+H_2$ 。其中，M 是金属，MO 是金属氢氧化物。金属氢氧化物会使金属逐渐溶解，导致金属的腐蚀。腐蚀速率可以用以下基本公式表示： $W=K\rho v$ 。其中，W 是腐蚀速率，K 是比例常数， ρ 是介质的密度，v 是介质的流速。根据上述公式，可以得出腐蚀速率与介质浓度、温度、湿度、流速等因素有关。

2.2 腐蚀类型与特点

2.2.1 高温硫化腐蚀

高温硫化腐蚀是指在高温条件下（通常指 310℃ 以上），系统中的硫化氢（ H_2S ）和硫（S）与金属铁直接反应生成硫化铁（ FeS ），从而导致设备发生严重的腐蚀现象。高温硫化腐蚀的程度主要受温度、硫化氢和硫的浓度影响。在高温下，硫化氢和游离态硫会与金属铁发生化学反应，生成硫化铁。这是一种恶劣环境下的快速腐蚀过程。生成的硫化铁具有一定的膨胀性，可能会破坏金属表面的保护层，加剧腐蚀的进行。此外，硫化铁在金属晶界处形成脆性相，容易引起金属的开裂和脱落，从而进一步加速腐蚀的发展。

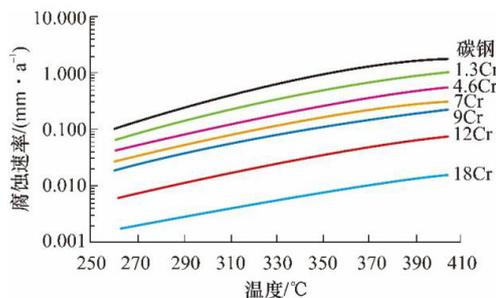


图 2

2.2.2 硫酸露点腐蚀

硫磺回收反应过程中，过程气中含有 SO_3 ，当结合水蒸气形成硫酸蒸汽时，会导致设备严重的露点腐蚀。硫酸露点腐蚀是指在高温下，硫磺回收装置中的过程气中含有硫酸蒸汽，当其遇冷点温度低于硫酸露点时，硫酸蒸汽会凝结并附着在金属表面上，导致设备发生腐蚀。过程气中的水蒸气与硫酸反应生成硫酸蒸汽。硫酸蒸汽具有很强的吸湿性，可以在金属表面形成液

相硫酸。液相硫酸具有强酸性，可以与金属表面产生化学反应，溶解金属表面的氧化物和保护层。同时，硫酸蒸汽中的离子可以导致电化学反应，形成阳极和阴极，使金属发生腐蚀。此外，当过程气中的硫酸蒸汽遇冷时，会凝结成液态硫酸，并附着在金属表面上。液态硫酸可以通过溶解金属表面的氧化物和保护层，直接接触金属导致腐蚀。硫酸露点腐蚀机理如下：
 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ ； $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ ； $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$

3 炼油厂硫磺回收联合装置防腐措施及经济效益

3.1 结构设计方面的防腐措施

炼油厂中的硫磺回收联合装置是一个重要的设备，用于将含硫废气中的硫化物转化为硫磺并进行回收利用。由于该装置在操作过程中暴露于高温、高湿、酸性环境下，容易受到硫化物的腐蚀。因此，在结构设计方面采取一系列防腐措施至关重要。

在结构设计上，应尽量减少介质对金属表面的接触时间，降低腐蚀速率。设计师应设计合理的流动方式，可以通过优化装置的内部结构和流体分布，使介质均匀地流过金属表面，减少局部腐蚀的可能性。

硫磺回收联合装置应增加防腐屏障，设计师可以通过在金属表面设置防腐层或隔离层，以降低介质对金属的直接接触，减缓腐蚀反应的进行。此外，设计师合理设计排气系统，能够确保废气中的硫化物得到有效地排除，减少对装置内部金属的腐蚀影响。

3.2 材料选择与防腐涂层

在炼油厂硫磺回收联合装置的设计中，材料的选择对于防腐至关重要。由于该装置在高温、高湿、酸性环境下工作，容易受到硫化物等介质的腐蚀。因此，需要选用耐腐蚀性能良好的材料，并采取适当的防腐涂层措施。在材料选择方面，不锈钢和镍基合金是常用的耐腐蚀材料。不锈钢具有较强的抗氧化和耐酸蚀性能，适用于高温、酸性环境。常见的不锈钢材料包括 304、316 等。而镍基合金由于含有高比例的镍和其他合金元素，具有优异的耐腐蚀性能和高温强度，适用于复杂腐蚀环境。常见的镍基合金包括 Inconel 和 Hastelloy 等。

除了材料选择外，采取适当的防腐涂层也是重要的防腐措施之一。防腐涂层可以提供额外的保护层，降低介质对金属的直接接触，减缓腐蚀反应速率。常用的防腐涂层包括喷涂耐腐蚀涂层、镀层等。喷涂耐腐蚀涂层是通过在金属表面喷涂一层特殊的涂料来提高耐腐蚀性能。这种涂层通常由耐酸碱、耐高温的聚

合物材料组成。喷涂涂层可以形成均匀地保护层，有效地隔离金属与介质的接触，减少腐蚀速率。同时，喷涂涂层还具有一定的耐磨损性能，可以延长装置的使用寿命。另一种常见的防腐涂层是金属镀层，如镀铬、镀镍等。金属镀层可以在金属表面形成一层保护型的金属膜，从而提高材料的耐腐蚀性能。镀层通常具有较好的电化学稳定性和耐酸碱性能，能够有效地降低腐蚀速率。在实际使用中，炼油厂硫磺回收联合装置的设计应根据具体的工艺要求、介质特性和设备工作条件等因素综合考虑材料选择和防腐涂层方案。同时，还需要及时修复可能出现的涂层损坏和腐蚀问题，以确保装置的正常运行和延长设备的使用寿命。

3.3 采取防腐措施取得的经济效益

防腐措施在炼油厂硫磺回收联合装置中的应用可以带来经济效益。这些措施可以延长装置的使用寿命，减少更换设备和大规模修复所需的成本。通过采取合适的结构设计和材料选择，可以使装置更加耐用，不需要频繁维修或更换，节省了昂贵的维修和更换成本。同时，防腐措施可以提高设备的可靠性，减少生产过程中的停工时间和生产线故障的发生率。通过保护设备免受腐蚀的侵害，防腐措施降低了设备失效的风险。设备的可靠性提高后，生产线的稳定性和连续性得到了保证，减少了生产损失和维修成本，提高了生产效率和利润率。采用防腐措施能够提升产品质量和企业的市场竞争力。通过确保硫磺回收联合装置的正常运行，防腐措施避免了腐蚀引起的设备故障和生产事故，从而保证了生产出高质量的硫磺产品。这不仅满足了客户的需求，还提升了企业在市场上的竞争力。同时，具备良好的装置防腐性能也能增强企业的形象和信誉，吸引更多客户和合作伙伴，为企业创造更大的利润和发展机会。

4 结语

本文的研究成果对于炼油厂硫磺回收联合装置的设计、运行和维护具有重要的实际意义。炼油厂通过加强对腐蚀机理的深入理解和有效的防腐措施的实施，可以有效延长设备的使用寿命，提高设备的安全性和稳定性，同时降低维护成本和生产风险。希望本文的研究成果能够为相关领域的工程技术人员提供参考和借鉴，促进炼油厂硫磺回收联合装置的可持续发展和应用推广。

参考文献：

- [1] 史彬. 硫磺回收联合装置生产设备的腐蚀与防护 [J]. 硫酸工业, 2021(04).