

# 硫磺回收装置腐蚀分析与防腐蚀措施

朱世勇

中国石化九江分公司 江西 九江 332004

**摘要:** 在硫磺回收装置中,造成硫磺收集装置锈蚀问题的因素有许多,包括了资源因素、环境因素及其操作原因等,尽管现代的硫磺收集设备已经在制造与使用时加入了相应的保护手段,可是却在各种因素的共同作用下,仍然不可避免的遭受着各种锈蚀的问题。由于硫磺处理设备的使用日益普遍,处理其锈蚀现象成为提高产品质量、延长设备使用寿命的关键措施。所以企业只有及时的做好安全措施才能保证自身的效益,维持硫磺处理装置设施的顺利运转。

**关键词:** 硫磺回收装置; 腐蚀分析; 防腐蚀措施

引言: 硫磺回收装置作为石油化工、天然气处理等领域中的关键单元,其核心功能在于将生产过程中产生的含硫化合物(如硫化氢 $H_2S$ 、二氧化硫 $SO_2$ 等)转化为单质硫磺(S),以减少对环境的污染并回收有价值的硫资源。该转化过程涉及复杂的化学反应和高温高压环境,对装置材料的耐腐蚀性提出了极高要求。基于此,硫磺回收装置的防腐蚀工作不仅是保障装置安全、稳定、长周期运行的基础,也是实现资源高效利用和环境保护的重要手段。以下从几个方面深入阐述硫磺回收装置防腐蚀的重要性。

## 1 硫磺回收装置腐蚀分析与防腐蚀措施

### 1.1 保障生产安全

硫磺回收装置中,硫化氢等含硫化合物具有极强的毒性、腐蚀性和易燃易爆性。一旦装置发生腐蚀泄漏,不仅会导致有毒有害气体释放,严重威胁现场操作人员的安全,还可能引发火灾、爆炸等灾难性事故,给企业和周边环境带来不可估量的损失。而有效的防腐蚀措施能够显著降低泄漏风险,确保生产作业在安全的条件下进行,保护人员安全,维护社会稳定。

### 1.2 提升装置运行效率与寿命

腐蚀是导致硫磺回收装置性能下降、故障频发、甚至提前报废的主要原因之一。腐蚀会破坏设备结构完整性,降低材料强度,增加流体阻力,影响热交换效率,最终导致设备效率降低,能耗增加<sup>[1]</sup>。通过科学合理的防腐蚀设计,如选用耐腐蚀材料、实施表面处理技术、优化工艺条件等,可以显著减少腐蚀对设备的损害,延长设备使用寿命,降低维修成本,提高整体运行效率。上述做法对于提升企业经济效益,增强市场竞争力具有重要意义。

### 1.3 保障产品质量与稳定性

硫磺回收装置的产品质量直接关系到下游产品的质

量和性能。腐蚀产生的杂质、微粒等污染物可能混入产品中,影响硫磺的纯度、颜色、粒度等关键指标,进而影响其在化肥、橡胶、造纸、医药等领域的应用效果。除此之外,腐蚀还可能引起装置内部结垢、堵塞等问题,进一步影响产品质量和生产的连续性。所以,加强防腐蚀管理,确保装置内部环境的清洁与稳定,对于保障硫磺产品质量,满足市场需求,提升企业品牌形象至关重要。

### 1.4 促进资源节约与循环利用

硫磺作为一种重要的化工原料和战略物资,其回收利用具有重要的经济价值和环保意义。硫磺回收装置通过一系列化学反应将含硫化合物转化为硫磺,实现了资源的再利用<sup>[2]</sup>。但是,腐蚀问题不仅会导致硫磺损失,还可能影响回收效率,增加原料消耗。加强防腐蚀措施的应用,能够减少因腐蚀造成的物料泄漏和损失,可以提高硫磺回收率,降低生产成本,促进资源的节约与高效利用。也能够减少因腐蚀产生的废弃物和污染物排放,最终有助于实现企业的绿色生产和可持续发展目标。

### 1.5 符合环保法规要求

随着全球对环境保护意识的增强和环保法规的日益严格,石油化工行业面临着越来越大的环保压力。硫磺回收装置作为减少硫化物排放的重要手段之一,其运行状况直接关系到企业的环保绩效和法律责任。当前阶段,加强防腐蚀管理,减少因腐蚀导致的泄漏和超标排放,是企业遵守环保法规、履行社会责任的必然要求。在经过持续改进防腐蚀技术和管理水平之后,企业可以更好地适应环保政策的变化,以提升企业的社会形象和公众认可度。

### 1.6 推动技术创新与发展

硫磺回收装置的防腐蚀工作不仅是对现有技术的挑战,也是推动相关技术创新与发展的重要动力。在应对

复杂多变的腐蚀环境时,企业需要不断探索新的防腐材料、技术和方法,以适应不同工况下的需求。技术的创新不仅有助于解决当前面临的问题,还可能带动相关产业链的发展,形成新的经济增长点。而且,防腐技术的提升也将促进硫磺回收装置向更高效、更环保、更智能的方向发展。

## 2 主要腐蚀类型

### 2.1 均匀腐蚀

均匀腐蚀是硫磺回收装置中最普遍的腐蚀形态。随着生产周期的延长,这种无差别的表面减薄虽然暂时影响较小,但是随着时间的累计,在硫化物与高温的双重夹击下,材料厚度均匀且持续地减少,直至达到临界值,必然会威胁到设备的结构完整性和承压能力。若不加以监控和干预,设备将逐渐失去原有的设计强度,为未来的安全运行埋下巨大的隐患。

### 2.2 点蚀

点蚀是在硫磺回收装置腐蚀类型中一种局部而深邃的腐蚀现象,如同在金属表面精心雕琢的微型洞穴,其破坏力远胜于均匀腐蚀<sup>[3]</sup>。在硫磺回收装置中,尤其是当不锈钢或合金钢等耐蚀材料遭遇含氯离子或硫化物的恶劣环境时,点蚀聚集性地涌现。点蚀的腐蚀坑虽小,却拥有尖锐的底部和宽阔的开口,它们能迅速穿透材料,形成泄漏通道,影响装置正常运行的同时,还可能引发严重的安全事故。

### 2.3 应力腐蚀开裂(SCC)

应力腐蚀开裂是在特定腐蚀环境与拉应力的影响下,会慢慢瓦解着设备的坚固防线。高温高压下的换热器管束、反应器壳体等关键部件,往往是SCC的主要攻击目标。应力腐蚀开裂不仅难以察觉,而且发展速度惊人,一旦发生,便可能迅速蔓延至整个结构,导致设备在毫无预警的情况下发生脆性断裂。其后果之严重,足以让整个生产系统陷入瘫痪。

### 2.4 氢脆

氢脆作为一种无形却威力巨大的腐蚀现象,其根源在于氢原子的渗透与积累。在硫磺回收装置的加氢反应过程中,氢气作为不可或缺的参与者之一,却也可能成为破坏者。当活跃的氢原子通过金属表面的微小裂纹或缺陷潜入内部时,它们便开始在晶格间积累。随着时间的推移,氢原子的数量不断增加,金属材料的韧性也随之下降。最终,这些看似坚固的金属材料变得脆弱不堪,稍受外力便可能发生断裂。氢脆的危害不仅在于其隐蔽性高、难以预测,更在于其一旦发生便可能造成无法挽回的损失。

## 3 腐蚀原因分析

### 3.1 材料因素

材料的耐蚀性直接关乎硫磺回收装置抵抗腐蚀的能力。不同材料对特定环境的适应性千差万别。不锈钢虽被誉为“不锈”,但在面对含有高浓度氯离子或硫化物的极端环境时,其表面保护膜易遭破坏,从而引发点蚀现象,逐步侵蚀材料本体。合金钢虽强度卓越,但其微观结构中的敏感区域在特定腐蚀介质与应力的共同作用下,易发生应力腐蚀开裂,导致材料性能骤降。

### 3.2 环境因素

硫磺回收装置的运行环境复杂多变,其中温度、压力、介质成分及pH值等因素均对腐蚀速率产生显著影响。高温高压环境不仅提高了腐蚀介质的活性,还加速了腐蚀反应的进行,使得设备表面更易受到侵蚀。含硫化物、水蒸气及氧气等作为主要的腐蚀性介质,在设备内部循环往复,不断挑战着材料的耐蚀极限。另一方面,介质的流速与湍流程度亦不容忽视,它们通过影响介质的分布与传质过程,间接作用于腐蚀速率,加剧了对设备的侵蚀作用。

### 3.3 设计因素

对于硫磺回收装置的设计来说,复杂的结构设计往往意味着更多的应力集中点与介质滞留区域,这些区域成为腐蚀的温床,加速了腐蚀过程的进行。并且,焊接接头的质量与布局同样重要,若焊接工艺不当或接头处理不彻底,易在接头处形成微观缺陷,成为腐蚀的突破口。

### 3.4 操作因素

操作过程中的不当行为也会加剧腐蚀的发生与速度。介质温度与压力的频繁波动不仅增加了设备的运行负荷,还加剧了腐蚀反应的剧烈程度,使设备表面更易受到侵蚀<sup>[4]</sup>。设备启停频繁则会导致材料内部应力的急剧变化,增加应力腐蚀开裂的风险。还有一点,介质成分的控制亦至关重要,若成分波动超出设计范围,将直接影响腐蚀介质的种类与浓度,进而改变腐蚀机制与速率。

## 4 应对硫磺回收装置腐蚀的策略

### 4.1 精准选材,提升基础耐蚀性

对于硫磺回收装置而言,材料选择是防止其腐蚀的基础。在硫磺回收装置的选材过程中,应充分考虑材料的耐腐蚀性、机械强度、加工性能以及经济性等多方面因素。对于直接接触腐蚀性介质的部件,如换热器管束、反应器壳体等,应优先选用高合金不锈钢、镍基合金等高级耐蚀材料。高级耐蚀材料不仅具有良好的耐氯离子、硫化物等腐蚀性介质的性能,还具备较高的抗应力腐蚀开裂能力。与此同时,对于焊接接头等关键部

位,应选择焊接性能优异的材料,并严格控制焊接工艺,确保接头的质量,避免成为腐蚀的起点。

#### 4.2 精细调控环境,降低腐蚀驱动力

环境因素对腐蚀速率影响不可忽视的,因此精细调控装置运行环境是减缓腐蚀的有效手段,详细做法需从以下几个角度出发:一是控制介质的温度与压力在合理范围内,避免过高或过低的温度、压力波动加剧腐蚀反应;二是优化介质成分,减少含硫化合物、水蒸气、氧气等腐蚀性介质的含量,降低腐蚀介质的活性;三是应注意介质的流速与湍流程度,通过合理设计流道结构、增加缓冲区域等方式,减少介质对设备表面的冲刷与侵蚀。在可能的情况下,还可引入缓蚀剂,通过化学作用减缓腐蚀反应的进行。

#### 4.3 优化设计,减少应力集中与介质滞留

设备设计的合理性往往关系到腐蚀风险的高低。为此,在硫磺回收装置的设计阶段,工作人员应采用先进的设计理念与方法,优化设备结构,减少应力集中与介质滞留区域。具体而言,有几个方面需要注意:一是可采用简化结构设计、优化部件形状与布局、增加圆角与过渡段等措施,降低应力集中程度;二是合理布置介质流动路径,避免介质在设备内部形成涡流、死区等滞留区域,减少介质对设备表面的长时间侵蚀;三是应关注焊接接头的布局与质量,确保焊接接头处无缺陷、无应力集中现象,提高接头的耐蚀性能。

#### 4.4 规范操作,减少人为因素导致的腐蚀

操作过程中的不当行为是加剧腐蚀的重要因素之一。因此,规范操作行为、减少人为因素对腐蚀的影响至关重要。那么,就要从多个方面入手:第一,应制定详细的操作规程与作业指导书,明确介质温度、压力、成分等参数的控制范围与调节方法,确保操作人员能够按照规范进行操作。第二,加强操作人员的培训与管理,提高其对腐蚀问题的认识与应对能力。并且,应建立完善的操作记录与监控体系,对操作过程中的关键参数进行实时监测与记录,及时发现并处理异常情况。第三,还应合理安排设备的启停计划,避免频繁启停对设备造成不必要的损伤与应力集中现象。

#### 4.5 加强在线监测与故障诊断,实现早期预警

在应对硫磺回收装置腐蚀方面,在线监测与故障诊

断技术是及时发现和处理腐蚀问题的重要手段。针对硫磺回收装置而言,首先,应安装先进的腐蚀监测设备和传感器,对设备的腐蚀状况进行实时监测和数据采集<sup>[5]</sup>。其次,需对监测数据进行分析处理,可以及时发现腐蚀隐患和异常现象,为后续的维护和检修提供有力支持。最后,应建立完善的故障诊断系统,利用人工智能技术对监测数据进行深度挖掘和分析,提高故障诊断的准确性和及时性。这样一来,在线监测与故障诊断技术的结合应用,可以实现腐蚀问题的早期预警和快速响应,降低事故发生的概率和损失程度。

#### 4.6 完善维护检修体系,确保设备长期稳定运行

维护检修是保障硫磺回收装置长期稳定运行的关键环节。想要有效应对腐蚀问题,需要建立完善的维护检修体系,包括制定详细的维护检修计划和方案、明确维护检修的责任人和职责分工、加强维护检修人员的培训和管理等。在维护检修过程中,应重点关注易腐蚀部位和关键部件的检查和维修工作,及时清除腐蚀产物和沉积物、修复或更换受损部件、调整和优化设备运行参数等。而且,还应加强与其他专业的协作配合,共同解决维护检修过程中遇到的问题和困难。

结语:综上所述,硫磺回收装置的防腐蚀工作对于保障生产安全、提升装置运行可靠性、保障产品质量与稳定性、促进资源节约与循环利用、符合环保法规要求以及推动技术创新与发展等方面都具有重要意义。因此,企业应当高度重视硫磺回收装置的防腐蚀工作,加大投入力度,提升管理水平和技术创新能力,为企业的可持续发展奠定坚实基础。

#### 参考文献

- [1]王燕文. 硫磺回收装置腐蚀分析与防腐措施[J]. 中国化工贸易,2020,12(20):180-181.
- [2]彭礼成. 硫磺回收联合装置的腐蚀与防护[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2019, 36(1): 31-36.
- [3]王志浩. 硫磺回收装置腐蚀分析与防腐措施[J]. 中国化工贸易,2019,11(20):200.
- [4]李晖. 浅谈硫磺回收装置腐蚀分析与防腐措施[J]. 化工管理,2020(12):126-127.
- [5]胡敏. 炼化企业硫化氢危害分析与防护设计若干问题探析[J]. 炼油技术与工程, 2019, 49(9):60.