

石油化工机械设备腐蚀的监测与防护

卜 明

中石化(天津)石油化工有限公司炼油部 天津 300271

摘 要: 石油化工机械设备腐蚀的监测与防护是确保生产安全与效率的关键。腐蚀主要由金属材质差异、结构复杂性、腐蚀性介质及操作环境等因素导致。通过超声波探伤、电化学法、声音测试及射线放射等监测技术,可实时评估设备腐蚀状况。防护措施包括选用耐腐蚀材料、强化表面防护、优化设备设计及合理控制操作工艺。这些措施共同构成了石油化工机械设备腐蚀监测与防护的完整体系,保障了生产安全与设备稳定运行。

关键词: 石油化工机械;设备腐蚀;监测;防护

引言:石油化工机械设备在运行过程中,长期接触腐蚀性介质和恶劣环境,导致设备腐蚀成为影响生产安全和设备运行效率的重大问题。腐蚀不仅会降低设备的性能和使用寿命,还可能引发安全事故。因此,对石油化工机械设备的腐蚀进行监测与防护至关重要。本文旨在探讨腐蚀的原因、监测方法及防护措施,为石油化工企业保障生产安全和提高设备运行效率提供技术支持和实践指导。

1 石油化工机械设备腐蚀的原因分析

1.1 自身原因

(1) 金属材质的抗腐蚀能力差异。石油化工机械设备大多采用金属材质,而不同金属的抗腐蚀能力存在显著差异。例如,不锈钢因其含有铬、镍等元素,能形成一层致密的氧化膜,从而具有良好的耐腐蚀性。而普通碳钢则相对容易遭受腐蚀。此外,金属的内部结构、晶粒大小、夹杂物等因素也会影响其抗腐蚀能力。因此,在设备设计选材时,应根据运行环境和腐蚀性介质的特点,选择合适的金属材质。(2) 设备结构的复杂性导致的腐蚀加速。石油化工机械设备的结构往往较为复杂,存在许多死角、缝隙和难以清洁的部位。这些部位容易积聚腐蚀性介质和污物,形成微电池腐蚀环境,从而加速设备的腐蚀。此外,设备的连接部位、焊接部位等也是腐蚀的薄弱环节,需要加强防护。

1.2 外部因素

(1) 腐蚀性介质的作用。石油化工生产过程中,会接触到各种腐蚀性介质,如酸、碱、盐、空气、水等。这些介质会对设备表面产生化学腐蚀或电化学腐蚀,导致设备腐蚀。其中,一些强腐蚀性介质如硫酸、盐酸等,对设备的腐蚀尤为严重。(2) 机械设备运转产生的热量导致的腐蚀加速。石油化工机械设备在运转过程中,会产生大量的热量。这些热量会使设备表面温度升

高,加速腐蚀性介质对设备的腐蚀作用。特别是在高温高压环境下,设备的腐蚀速率会显著增加。

1.3 原油中的腐蚀介质

(1) 无机盐的腐蚀。原油中含有大量的无机盐,如氯化钠、硫酸钠等。这些无机盐在设备中沉积后,会形成盐垢,对设备产生腐蚀作用。特别是当设备中存在水分时,无机盐会与水反应生成电解质溶液,加速设备的电化学腐蚀。(2) 硫化物的高温电化学腐蚀。原油中的硫化物在高温下会与金属发生反应,生成硫化物膜。这种膜虽然具有一定的保护性,但在高温和腐蚀性介质的共同作用下,容易发生破损和剥落,从而暴露出新的金属表面,加速腐蚀过程。(3) 氮化物的电化学腐蚀。原油中的氮化物也会对设备产生电化学腐蚀。氮化物在设备中沉积后,会形成电化学腐蚀电池,导致设备腐蚀。特别是当设备中存在水分和氧气时,氮化物的腐蚀作用会更加明显。

2 石油化工机械设备腐蚀的监测方法

2.1 常规监测方法

(1) 超声波探伤测定法。超声波探伤测定法是一种非破坏性检测方法,通过向被测材料内部发射高频超声波,并接收反射回来的信号,从而判断材料内部的缺陷、腐蚀程度以及厚度变化。该方法具有检测速度快、精度高、对人体无害等优点,尤其适用于检测大型、厚壁和复杂结构的石油化工机械设备。超声波探伤技术能够检测到金属内部的微小裂纹、气泡、夹杂物等缺陷,对于腐蚀早期的发现具有重要意义。(2) 电化学法、电阻法。电化学法是通过测量金属在电解质溶液中的电位或电流来评估其腐蚀速率的方法。这种方法可以实时监测设备的腐蚀情况,并提供腐蚀速率的定量数据。电阻法则利用金属腐蚀过程中电阻值的变化来反映腐蚀程度。这两种方法均适用于在役设备的腐蚀监测,能够及

时发现设备的腐蚀问题,为采取预防措施提供依据^[1]。

(3) 声音测试法、射线放射法。声音测试法是利用声音在材料中的传播特性来检测材料内部缺陷和腐蚀情况。该方法通过在材料表面施加声波,并接收反射回来的声波信号,从而判断材料内部的缺陷和腐蚀程度。射线放射法则利用X射线或 γ 射线等放射性物质对材料进行透照,通过检测透照后的图像来发现材料内部的缺陷和腐蚀。这两种方法虽然操作复杂、成本较高,但检测准确度高,适用于对关键设备或复杂结构的腐蚀监测。

2.2 特定环境下的监测方法

(1) 酸性环境腐蚀监测。在酸性环境中,设备的腐蚀速率往往较快,因此需要采用更为灵敏和精确的监测方法。超声波探伤测定法在这种环境下具有显著优势,能够实时监测设备内部的腐蚀情况,为及时采取措施提供可靠依据。此外,还可以结合电化学法或电阻法来定量评估腐蚀速率,从而更全面地了解设备的腐蚀状况。

(2) 不锈钢应力腐蚀开裂监测。不锈钢是石油化工机械设备中常用的材料之一,但其在某些特定条件下容易发生应力腐蚀开裂。针对这一问题,可以采用合适的监测技术来实时监测不锈钢材料的应力腐蚀开裂情况。例如,可以利用电化学阻抗谱技术来监测不锈钢表面的腐蚀行为和电化学性质变化,从而判断其是否处于应力腐蚀开裂的危险状态。此外,加强停工检修也是预防不锈钢应力腐蚀开裂的重要措施之一,通过定期检查和维护来及时发现并处理潜在的腐蚀问题。

2.3 监测技术的应用与发展

(1) 引入先进的技术和设备。随着科技的不断发展,越来越多的先进技术和设备被应用于石油化工机械设备腐蚀监测中。例如,利用光纤传感器技术可以实时监测设备内部的温度和压力变化,从而间接评估设备的腐蚀情况。此外,还可以采用物联网技术将多个监测点连接起来,实现远程实时监测和数据共享。这些先进技术和设备的应用不仅提高了监测的科学性和精确度,还降低了人工干预的风险和成本^[2]。(2) 结合实际情况选择合适的监测方法。在选择监测方法时,应根据设备的材质、结构、运行环境以及腐蚀类型等因素进行综合考虑。不同的监测方法具有各自的优缺点和适用范围,因此需要结合实际情况进行灵活选择。例如,对于大型、厚壁和复杂结构的设备,可以采用超声波探伤测定法或射线放射法进行内部缺陷和腐蚀监测;对于在役设备的腐蚀监测,则可以采用电化学法或电阻法来实时监测腐蚀速率;而对于不锈钢应力腐蚀开裂的监测,则需要结合电化学阻抗谱技术和停工检修来进行综合评估。通过

合理选择和应用监测方法,可以更有效地预防和控制石油化工机械设备的腐蚀问题。

3 石油化工机械设备腐蚀的防护措施

3.1 正确选用材料

(1) 耐腐蚀材料的分类与选择。在石油化工机械设备的制造中,正确选用耐腐蚀材料是防腐蚀工作的首要任务。耐腐蚀材料主要分为金属类和非金属类两大类。金属类耐腐蚀材料,如不锈钢、合金钢、镍基合金和钛合金等,是石油化工行业中最常用的材料。不锈钢因其良好的耐腐蚀性能、高强度和良好的加工性能,广泛应用于各种腐蚀性环境中。合金钢通过添加合金元素来提高其抗腐蚀性能,适用于特定的腐蚀性介质。镍基合金和钛合金则具有出色的耐高温、耐腐蚀性能,特别适用于高温高压和强腐蚀性环境。非金属类耐腐蚀材料,如玻璃钢、陶瓷、塑料和橡胶等,也在石油化工机械设备中得到广泛应用。玻璃钢以其轻质高强、耐腐蚀等特性,常用于制作储罐、管道等部件。陶瓷材料因其高硬度、高耐磨性和耐腐蚀性,常用于制造耐磨件和耐腐蚀件。塑料和橡胶则因其良好的化学稳定性和耐腐蚀性,常用于设备衬里、密封件等^[3]。(2) 合金钢材、玻璃钢等耐腐蚀材料的应用。合金钢材在石油化工机械设备中的应用十分广泛。例如,在含有硫化氢、氯化氢等腐蚀性气体的环境中,合金钢材因其良好的抗腐蚀性能而备受青睐。特别是在高温高压环境下,合金钢材能够保持较好的稳定性和强度,有效延长设备的使用寿命。玻璃钢在石油化工机械设备中也具有独特的应用优势。由于玻璃钢具有轻质高强、耐腐蚀等特性,它常用于制作需要承受较大压力且要求耐腐蚀的部件,如储罐、反应器等。此外,玻璃钢还具有易加工、易安装的特点,能够大大缩短设备的制造和安装周期。

3.2 强化设备表面的防护

(1) 采用电极电位高的金属在石油化工设备表面覆盖。为了增强设备的抗腐蚀性能,可以采用电极电位高的金属对设备表面进行覆盖。热浸镀锌和镀铝是两种常用的表面防护技术。热浸镀锌是将设备浸入熔融的锌液中,通过冶金反应在设备表面形成一层致密的锌层。这层锌层不仅具有良好的耐腐蚀性能,还能在设备受到腐蚀时起到牺牲阳极的保护作用。热浸镀锌技术因其工艺成熟、成本低廉、防腐蚀效果好等特点,在石油化工设备中得到了广泛应用。镀铝技术则是将铝元素通过电镀或化学镀的方式沉积在设备表面,形成一层致密的铝层。铝层具有良好的耐腐蚀性、耐高温性和耐磨性,能够有效提高设备的抗腐蚀性能。特别是在一些高温、高

湿、强腐蚀性环境中,镀铝技术表现出更加优异的防护效果。(2)选择合适的防腐蚀涂层。除了采用电极电位高的金属进行表面覆盖外,还可以选择合适的防腐蚀涂层对设备表面进行防护。防腐蚀涂层能够隔绝腐蚀性介质与设备表面的直接接触,从而降低设备的腐蚀速率。在选择防腐蚀涂层时,需要考虑涂料的耐腐蚀性、附着力、耐磨性、耐温性等因素。同时,还需要根据设备的运行环境和使用要求进行合理选择。例如,在高温环境下,应选择耐高温的涂料;在潮湿环境中,应选择具有良好防水性能的涂料。此外,还需要注意涂层的施工质量和维护管理,确保涂层能够长期保持其良好的防腐蚀性能。

3.3 设计阶段的防腐蚀考虑

(1)从设备设计开始做起。设备设计是防腐蚀工作的基础。在设备设计阶段,应充分考虑设备的运行环境和使用要求,设计出使用周期长、运作性能良好且防腐蚀的机械设备。这包括选择合适的材料、优化设备的结构形式、设置合理的防腐蚀裕量等。在材料选择上,应根据设备的运行环境和腐蚀性介质的性质进行选择。例如,在含有腐蚀性气体的环境中,应优先选择耐腐蚀性能好的材料。在结构形式上,应尽量简化设备的结构,减少死角和难以清洁的部位,以降低腐蚀的风险。同时,还需要设置合理的防腐蚀裕量,以应对设备在使用过程中可能产生的腐蚀损伤。(2)在设备安装过程中注意安装步骤和安装质量。设备安装过程中也是防腐蚀工作的重要环节。在安装过程中,应严格按照设备安装图纸和操作规程进行操作,确保设备的正确安装和定位。特别是在设备的连接部位和密封部位,应特别注意安装质量和密封性能,防止因安装不当导致的腐蚀问题。在安装过程中,还需要注意对设备表面的保护。避免在安装过程中对设备表面造成划伤和损伤,以免影响设备的防腐蚀性能。同时,在设备安装完成后,还需要进行严格的检查和验收工作,确保设备的安装质量和防腐蚀性能符合设计要求^[4]。

3.4 操作工艺的合理设计

(1)选择简单的机械设备设计。在石油化工生产中,设备的复杂程度直接影响其维护和清洁的难度。因

此,在设备设计阶段应尽量选择结构简单、易于清洁和维护的机械设备。这样不仅可以降低设备的维护成本,还可以提高设备的可靠性和安全性。在选择机械设备时,应优先考虑标准化、模块化的设计方式。这种设计方式不仅便于设备的拆卸和组装,还可以提高设备的互换性和通用性。同时,还需要注意设备的易清洁性。避免设备内部存在难以清洁的死角和缝隙,以降低腐蚀的风险。(2)控制工艺流程中的水含量。水是石油化工生产中常见的腐蚀性介质之一。因此,在工艺流程的设计中应严格控制水含量,以降低设备的腐蚀风险。可以通过设置冷却或干燥设备来去除工艺介质中的水分,保持设备的干燥状态。同时,还需要定期对设备进行排水和清洁工作,以去除设备内部积聚的水分和腐蚀性介质。此外,在工艺流程中还可以添加缓蚀剂来降低设备的腐蚀速率。缓蚀剂能够吸附在设备表面形成一层保护膜,从而隔绝腐蚀性介质与设备表面的直接接触。在选择缓蚀剂时,需要考虑其适用性、毒性和经济性等因素。同时,还需要注意缓蚀剂的添加量和添加方式,以确保其能够发挥最佳的防腐蚀效果。

结束语

综上所述,石油化工机械设备腐蚀的监测与防护工作对于保障生产安全、延长设备使用寿命至关重要。通过科学合理的监测方法和切实可行的防护措施,可以有效减缓设备腐蚀速率,降低企业维修成本,提高生产效率。未来,随着科技的不断发展,我们将继续探索更为高效、精准的监测技术和更为环保、经济的防护措施,为石油化工行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]徐绍方.石油化工设备防腐管理措施研究[J].中国设备工程,2019,(06):48-50.
- [2]杨阳.关于石油化工设备备件采购风险及防范措施的相关研究[J].商情,2020,(03):31-32.
- [3]杨喆思.石油化工设备常见腐蚀原因及防腐措施应用的分析[J].化工管理,2019,(05):51-52.
- [4]赵靛.石油化工机械设备腐蚀的监测与防护[J].化工管理,2021,(18):189-190.