

# 煤化工设备腐蚀与防护

刘艳雄 段军军

陕煤集团榆林化学有限责任公司 陕西 榆林 719300

**摘要:** 煤化工设备在运行过程中常受高温、高压、腐蚀性介质等因素影响,导致严重的腐蚀问题,影响设备性能与寿命,增加生产成本与安全风险。因此,采取有效防护措施至关重要。本文概述了煤化工设备腐蚀的主要原因,包括操作条件严苛、材料选择与设计缺陷等,并深入探讨了防护策略,如合理选材与优化设计、环境防腐处理、表面涂层防腐以及规范操作与维护等,旨在通过综合措施减少腐蚀损害,保障设备稳定运行,提升煤化工生产效益。

**关键词:** 煤化工;设备腐蚀;防护

引言:煤化工行业作为能源转化的重要领域,其设备在复杂工况下常面临严重的腐蚀挑战。设备腐蚀不仅影响生产效率,增加维护成本,还可能引发安全事故,对生产安全构成威胁。因此,深入研究煤化工设备腐蚀机理,探索有效的防护措施,对于保障设备长期稳定运行、提高生产效益具有重要意义。通过探讨煤化工设备腐蚀的成因,并探讨一系列科学、合理的防护策略,以此为煤化工行业的可持续发展提供有力支持。

## 1 煤化工设备腐蚀与防护的意义

煤化工生产过程中的设备若发生严重腐蚀,极易导致介质泄漏、管道破裂乃至设备爆炸等安全事故。这些事故不仅会造成巨大的经济损失,更可能危及生产人员的人身安全,引发社会不稳定因素。因此,加强煤化工设备的腐蚀防护,是确保生产安全、维护社会稳定的重要措施。第二,腐蚀是煤化工设备性能劣化、寿命缩短的主要原因之一。通过采取有效的腐蚀防护措施,可以减缓设备腐蚀速率,延长设备使用寿命,减少因设备更换和维修带来的额外成本。这不仅有助于企业降低生产成本,提高经济效益,还有利于实现资源的节约和环境的保护。第三,煤化工设备的腐蚀还可能影响产品的质量和产量。例如,设备内部的腐蚀物可能会混入产品中,导致产品纯度下降、性能变差。此外,腐蚀还可能导致设备堵塞、效率降低等问题,进而影响产品的产量。因此,加强煤化工设备的腐蚀防护,对于提高产品质量和产量具有重要意义。第四,煤化工设备腐蚀防护技术的不断发展和完善,不仅推动了防腐材料、防腐涂料等相关领域的技术进步,还促进了煤化工生产工艺的优化和升级<sup>[1]</sup>。这些技术进步和工艺升级有助于提高煤化工企业的核心竞争力,推动整个行业的可持续发展。煤化工设备腐蚀与防护的意义在于保障生产安全、延长设备寿命、提高产品质量和促进技术进步。因此,各煤化

工企业应高度重视设备的腐蚀防护工作,采取有效措施降低腐蚀风险,确保生产安全稳定进行。

## 2 煤化工设备腐蚀的原因

### 2.1 介质环境腐蚀性

在煤化工生产过程中,设备所处的介质环境往往包含多种具有强腐蚀性的化学物质。一方面,煤化工工艺中常涉及煤的气化、液化、焦化等过程,这些过程中会产生大量的酸性气体,如硫化氢( $H_2S$ )、二氧化碳( $CO_2$ )以及氯化氢( $HCl$ )等。这些酸性气体在水中溶解后,会形成具有强烈腐蚀性的电解质溶液,与设备材料表面的金属原子发生电化学反应,导致金属阳极溶解,形成腐蚀产物。另一方面,煤化工生产中的介质还可能含有各种盐类、有机酸、碱类物质以及固体颗粒等,这些物质的存在会进一步加剧设备的腐蚀。例如,盐类物质的存在会增加溶液的导电性,促进电化学腐蚀的进行;有机酸和碱类物质则可能直接与设备材料发生化学反应,破坏其表面结构;而固体颗粒的冲刷和磨损则会导致设备表面的机械损伤,进而加剧腐蚀过程。除此之外,煤化工生产中的介质环境还可能存在高温、高压等极端条件,这些条件会加速材料的腐蚀速率。高温环境下,材料的氧化反应会更加剧烈,导致腐蚀速度加快;而高压则可能改变介质的物理和化学性质,使其具有更强的腐蚀性。

### 2.2 操作条件严苛

在煤化工生产过程中,设备往往需要在极端且严苛的操作条件下运行,这些条件主要包括高温、高压、高湿以及介质的快速流动等。这些严苛的操作条件对设备材料构成了巨大的挑战,加速了腐蚀过程。

#### 2.2.1 高温环境

煤化工生产中的许多工艺过程都需要在高温下进行,如煤的气化、焦化等。高温环境会加速材料的氧化

反应,使金属材料的晶格结构发生变化,从而降低其耐腐蚀性能。此外,高温还会增加材料的热应力,导致设备结构变形和破坏。

### 2.2.2 高压条件

煤化工设备在运行过程中常常需要承受高压的作用。高压环境不仅会增加设备的机械应力,还可能改变介质的物理和化学性质,使其具有更强的腐蚀性。例如,高压会加速气体在液体中的溶解速度,使腐蚀性介质更容易与设备材料发生反应。

### 2.2.3 高湿环境

煤化工生产中的介质往往含有较高的水分,形成高湿环境。高湿环境有利于电化学腐蚀的进行,因为水是电化学腐蚀的必要介质之一。在高湿环境下,设备材料表面的水膜会加速电化学反应的速率,导致腐蚀速度加快。

### 2.2.4 介质快速流动

煤化工设备中的介质在流动过程中会对设备表面产生冲刷和磨损作用。当介质的流动速度较快时,冲刷作用会加剧,导致设备表面的保护膜被破坏,使金属基体直接暴露在腐蚀介质中。此外,快速流动的介质还可能在设备内部形成湍流和涡流等复杂流态,进一步加剧腐蚀过程。

## 2.3 材料选择与设计缺陷

在煤化工设备的构建过程中,材料的选择与设计直接决定了设备在后续生产环境中的耐腐蚀能力和使用寿命。然而,若在这些环节中存在缺陷,将显著加剧设备的腐蚀风险。(1)材料选择不当是导致煤化工设备腐蚀的主要原因之一。不同的材料具有不同的耐腐蚀性能,若所选材料未能充分考虑到生产环境中介质的性质、温度、压力等条件,就容易导致材料在短时间内发生严重腐蚀。例如,对于含有酸性气体的介质环境,若选用普通钢材而非耐腐蚀性能更强的不锈钢或镍基合金,就会加速设备的腐蚀进程。(2)设备设计上的缺陷也是导致腐蚀的重要因素。设计时应充分考虑到流体的流动状态、温度分布、应力集中等因素,以避免在设备内部形成难以清洗和维护的死角、缝隙等区域。这些区域容易积聚腐蚀性介质,形成局部腐蚀环境,从而加速设备的腐蚀。此外,设计缺陷还可能导致设备在运行过程中承受不必要的机械应力或热应力,进一步加剧腐蚀过程。

## 3 煤化工设备腐蚀防护措施

### 3.1 合理选材与优化设计

在煤化工设备的选材过程中,需深入分析生产环境中介质的性质、温度、压力、流速等参数,以及设备所处的具体工况条件,确保所选材料能够在这些极端条

件下保持稳定的耐腐蚀性能。具体而言,应优先考虑那些具有优异耐腐蚀性、良好的机械性能、加工性能以及经济性的材料。例如,对于含硫、氯等腐蚀性气体的环境,可选用不锈钢、镍基合金等耐腐蚀材料;对于高温高压环境,则需考虑材料的耐高温性能和抗蠕变性能<sup>[2]</sup>。除此之外,还应关注材料的微观结构和化学成分,这些因素对材料的耐腐蚀性能有着重要影响。通过选择合适的热处理工艺和合金化元素,可以进一步优化材料的耐腐蚀性能,提高其使用寿命。在设备设计阶段,应通过优化设计来减少腐蚀风险。首先,应确保设备结构紧凑、合理,避免不必要的复杂结构和死角,以减少介质滞留和积聚的可能性。其次,应合理布置流体通道,优化流体的流动状态,避免产生湍流、涡流等不利流态,从而减少冲刷腐蚀和空泡腐蚀的发生。同时,还应关注设备的应力分布和强度设计。通过合理的结构设计,可以分散和降低设备的应力集中,减少因应力腐蚀开裂而导致的设备失效。此外,还应考虑设备的可维护性和可检修性,便于在设备运行过程中进行定期的维护和检修工作,及时发现并处理潜在的腐蚀问题。

### 3.2 环境防腐处理

煤化工生产中的介质往往含有多种腐蚀性成分,如硫化物、氯化物、酸性气体等。通过介质净化与处理,可以有效降低这些腐蚀性成分的含量,从而减轻对设备的腐蚀作用。例如,采用脱硫、脱氯等工艺处理煤气,减少其中的腐蚀性气体含量;对循环水进行软化处理,降低其硬度和碱度,减少结垢和腐蚀的发生。高温和高湿环境会加速设备的腐蚀过程。因此,在煤化工生产过程中,应严格控制设备的运行温度和湿度。通过优化工艺参数,降低设备的运行温度;采用除湿设备或通风设施,降低设备周围的湿度。这些措施有助于减缓设备的腐蚀速率,延长其使用寿命。另外,在介质中加入适量的腐蚀抑制剂,可以在设备表面形成一层保护膜,阻止腐蚀介质与设备材料的直接接触,从而减缓腐蚀过程。腐蚀抑制剂的选择应根据介质的性质和设备材料的特性来确定,以确保其有效性和经济性。最后,建立完善的监测与预警系统,对设备的运行环境和腐蚀状况进行实时监测和预警。通过监测介质的成分、温度、湿度等参数,及时发现潜在的腐蚀风险;通过预警系统,提前采取措施进行干预和处理,防止腐蚀问题的进一步恶化。通过介质净化与处理、温度与湿度控制、腐蚀抑制剂的使用以及监测与预警系统的建立,可以显著降低设备的腐蚀风险,保障其安全稳定运行。这些措施的实施需要综合考虑设备的实际情况和生产环境的特点,以确保其

有效性和经济性。

### 3.3 表面涂层防腐

煤化工设备防腐防护措施中的表面涂层防腐是一种有效且常用的方法，它通过在设备表面涂覆一层具有防腐性能的材料，形成一道屏障，以隔绝腐蚀介质与设备基材的直接接触，从而减缓或防止腐蚀的发生。（1）涂层材料的选择。涂层材料的选择是表面涂层防腐的关键。在选择涂层材料时，需充分考虑介质的性质、温度、压力等因素，以及设备的使用环境和工况条件。常见的涂层材料包括油漆、防腐涂料、环氧树脂、聚氨酯等。这些材料具有优异的耐腐蚀性能、良好的附着力和耐磨性，能够有效地保护设备表面免受腐蚀的侵害。

（2）涂层施工技术。涂层施工技术的优劣直接影响到涂层的质量和防腐效果。在施工过程中，应严格控制涂层的厚度、均匀性和致密性，确保涂层能够完全覆盖设备表面，形成一道坚实的屏障，还应注意涂层施工的环境条件，如温度、湿度等，以避免因施工不当而导致的涂层质量问题。（3）涂层维护与修补。涂层在使用过程中可能会受到磨损、老化等因素的影响，导致其防腐性能逐渐降低。因此，定期对涂层进行检查和维护是必要的。一旦发现涂层出现破损、脱落等现象，应及时进行修补，以恢复其防腐性能。修补时应选择与原涂层相容性好的材料，并按照规定的施工工艺进行操作。（4）新型涂层技术的应用。随着科技的进步和材料的发展，新型涂层技术不断涌现，为煤化工设备防腐提供了更多的选择。例如，热喷涂技术可以将高速热熔喷涂材料喷射到金属表面，形成一层坚固的涂层；喷塑涂装技术则具有耐腐蚀性强、擦洗性能好等优点。这些新型涂层技术的应用可以进一步提高煤化工设备的防腐性能和使用寿命。

### 3.4 规范操作与维护

煤化工设备防腐防护措施中的规范操作与维护是确保设备长期稳定运行、减少腐蚀损害的重要环节。煤化工企业应结合设备特性和生产工艺要求，制定详细、科学的操作规程。操作规程应明确设备的操作程序、参数设置、注意事项及应急处理措施等，确保操作人员能够正确、安全地操作设备。通过规范的操作，可以减少因操作不当而导致的设备腐蚀问题。接着，企业应建立

定期巡检与维护制度，对煤化工设备进行全面的检查和维护。巡检内容应包括设备的运行状态、腐蚀情况、泄漏现象等，对发现的问题要及时处理并记录。同时，还应对设备的易腐蚀部位进行重点检查和维护，如管道接口、阀门、法兰等。通过加强巡检与维护，可以及时发现并消除腐蚀隐患，防止腐蚀问题的进一步扩大。另外，操作人员的技能水平直接影响设备的运行状况和防腐防护效果。因此，煤化工企业应加强对操作人员的培训和教育，提高其专业技能和防腐意识<sup>[3]</sup>。培训内容应包括设备操作知识、腐蚀原理及防护措施、应急处理技能等。通过培训，使操作人员能够熟练掌握设备的操作方法和防腐措施，减少因操作不当而导致的腐蚀问题。最后，预测性维护是一种基于设备状态监测和数据分析的维护方式。通过安装传感器和监测设备，实时采集设备的运行数据并进行分析处理，可以预测设备的故障和腐蚀趋势。在预测到设备可能出现腐蚀问题时，可以提前采取措施进行修复和防护，避免腐蚀问题的发生和扩大。预测性维护不仅可以提高设备的可靠性和安全性，还可以降低维护成本和停机时间。

### 结束语

综上所述，煤化工设备腐蚀问题复杂且严峻，但通过科学合理的选材、设计优化、环境控制、表面涂层及规范操作与维护等综合防护措施，可以有效减缓腐蚀速率，延长设备使用寿命，保障生产安全与稳定。未来，随着新材料的研发与防腐技术的不断进步，煤化工设备防腐防护将更加高效、环保，为煤化工行业的可持续发展奠定坚实基础。我们期待通过持续努力，推动煤化工设备防腐技术的不断创新与应用。

### 参考文献

- [1]张照民.炼油化工设备的防腐蚀管理对策[J].化工设计通讯,2020,46(03):53-54.
- [2]杨宏波,王源升,王轩,等.燃气轮机在海洋环境下的热腐蚀与防护技术研究进展[J].表面技术,2020,49(1):174-183.
- [3]王子涵.炼油厂设备腐蚀机理与防护措施[J].化工设计通讯,2020,46(2):32+39.