

关于化工机械设备的腐蚀以及防腐措施研究

侯飞龙（神华新疆化工有限公司，新疆 乌鲁木齐 831400）

摘要：化工机械设备腐蚀是化工生产常见的、难以避免的设备损耗问题，是在接触介质的作用下，发生的电化学反应，从而造成的化工机械设备形貌或者尺寸的改变。化工设备腐蚀很容易造成设备的泄露，严重的引起火灾或者爆炸。本文分别从化学腐蚀、电化学腐蚀以及大气腐蚀三个方面对化工腐蚀进行分析，并且提出化工设备腐蚀的应对措施，希望能够对化工生产的防腐工作有所帮助。

关键词：化工机械设备；腐蚀；防腐措施

1 绪论

化工生产的安全问题一直是化工企业最重视的，也是最大的问题，一旦出现安全问题往往会给企业以及附近居民造成巨大的生命和财产损失。2019年我国10大安全生产事故共造成223人死亡，其中江苏响水天嘉宜化工有限公司“3·21”特别重大爆炸事故直接死亡78人，重伤76人，造成极为恶劣的社会和经济影响。

设备故障是化工企业发生事故的主要原因之一，其中设备腐蚀会影响设备的正常运行，引发设备内气体或液体的泄露，进而引发爆炸或者火灾。做好机械设备的防腐工作，提高设备运营的可靠性是排除故障的主要措施之一^[1]。本文以化工设备防腐作为研究课题，深化研究机械设备的防腐原因，找出机械设备防腐新举措，提高企业生产安全。

2 化工机械设备常见腐蚀类型

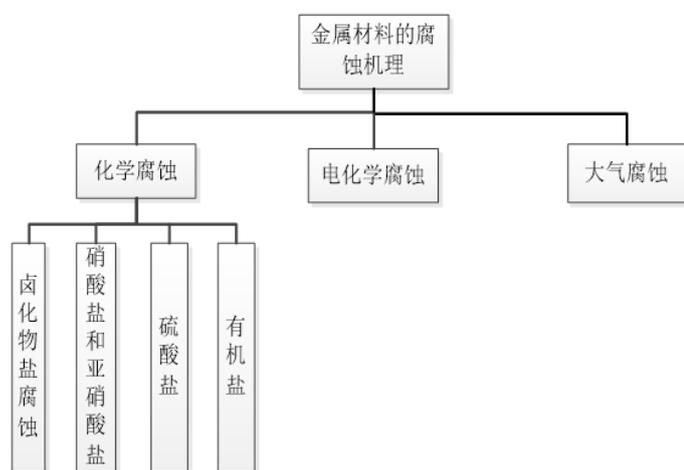


图1 金属设备材料腐蚀分类

按照金属腐蚀过程的机理，可以将金属的腐蚀机理分为三类：化学腐蚀、电化学腐蚀、大气腐蚀，下面分别对三种不同的腐蚀机理进行介绍。

2.1 化学腐蚀

化学腐蚀是设备腐蚀的主要原因之一，因为化工生产中难免需要硫酸、盐酸、磷酸等酸性物质蒸发到空气中，与金属表面发生化学反应，造成设备的损坏。主要的腐蚀物质有：卤化物盐、硝酸盐和亚硝酸盐、硫酸盐、

有机盐。

卤化物盐：卤化物盐内含有大量的氯离子，会促进金属物质的腐蚀进程，在金属表面形成点蚀和应力腐蚀，降低金属的强度或者造成金属穿孔。卤化物盐的腐蚀与其配位的阳离子具有很大的关系，其中 Fe^{3+} 氯化物则非常容易造成金属的点蚀； Na^+ 离子盐则不容易造成金属的点蚀^[2]。

硝酸盐和亚硝酸盐：在中性溶液中硝酸盐和亚硝酸盐一般不会造成金属腐蚀，而在酸性溶液中则恰恰相反，显示出非常强的氧化作用。

硫酸盐：硫酸盐对不锈钢的腐蚀性较差，主要是因为在不锈表面会形成能够抑制活化态腐蚀的保护层，避免形成点蚀，但是，在厌氧土壤中硫酸盐促进碳钢腐蚀。

有机盐：有机盐的腐蚀性相比酸性物质较差，因为大多数的有机盐呈现出碱性和非氧化性。但是，部分有机盐是不稳定的，很容易分解成小分子或者无机物，引起会引发缝隙腐蚀。

2.2 电化学腐蚀

化工机械设备的金属材质中含有比较复杂的金属元素，这些金属元素往往会与空气中的导电离子发生电化学反应，进而达到破坏金属构件和整体性能目的。金属材质中含有大量的阳离子，会与空气中的阴离子发生电化学反应，阳极反应则是金属元素放电的过程，放电之后逐渐的渗透到介质中来，如果表面形成保护膜会对金属起到保护作用，反之则会增大对金属的腐蚀性^[3]。阴极则会接收金属释放的电子，发生还原反应。形成的腐蚀电池由四部分组成，阳极、阴极、外回路、电解液。

阳极反应： $Me \rightarrow Me^{n+} + ne$

阴极过程： $D + ne \rightarrow [D.ne]$

电流流动：溶液中离子迁移，在回路上电子运动。

由于化工设备中的液体容量大，并且部分是更换的，所以往往会对设备造成持续性的腐蚀。一般来说，化工设备的电化学都是均匀性的腐蚀，但是也会因为金属不同部位的温度、浓度不同，造成腐蚀的不均匀性。

2.3 大气腐蚀机理

化工厂一般会有一定的气体泄露，厂区大多会呈现

酸性影响化工机械的腐蚀,是设备腐蚀的另一重要因素之一。化工区域空气污染严重,就会在空气中的污染物与机械设备发生一系列的化学反应,引起设备的腐蚀^[4]。例如在海边,水分较大,空气中的盐分也较大,就会大大的降低机械设备的使用寿命。电厂、焦化厂等会大量的排放硫化物、氮氧化物等,很容易引起酸雨,造成化工设备的腐蚀。大气腐蚀是一种全面性的,化工生产企业对于大气污染的腐蚀是难以控制的,只能做好设备自身的防腐。并且大气腐蚀对化工企业的工作人员也有一定的损害,应尽量控制好大气腐蚀的防御措施。

3 化工机械设备防腐措施

3.1 选择耐腐蚀的材料

防腐材料的选择是最直接的防腐措施,对于微酸性溶液则选择使用 316L 不锈钢或者更高等级的 2204、1.4529 双相不锈钢,也可以选择耐腐蚀的氟塑料等耐腐蚀的物质。输送或者盛装何种介质,选择何种材质是化工设备的基本常识,对于部分危害性较大往往也会选择高级别材料。例如,介质为稀硝酸、有机酸、碱液等选择 304 材质或 316L 材质;各种浓度的酸、碱、盐、氧化剂、氢氟酸等氧化性较强的介质选择 PP 材质。

同时,对于金属材料还可以采用导电设备,在设备外部接通电源,采用牺牲活泼电极的方式保护化工机械设备能够有效的应对电化学反应的影响。另一方面,对于部分腐蚀性溶液可以采用耐腐蚀的塑料容器,这样就可以有效避免酸性腐蚀,便于维修和设备的更换,也大大的降低了化工生产设备的生产成本,提高设备的使用寿命,促进企业稳定发展。例如,对于偏酸性的溶液可以采用碳钢衬胶、碳钢衬塑的方式;氨水等碱性溶液可以采用玻璃钢或者塑料容器盛装。因此选择正确的耐腐蚀材料,不仅能够保证生产安全,同样的也能够降低保存成本。

3.2 优化表面涂层工艺

化工设备的表面防腐是降低防腐成本、保证设备机械强度的有效措施,也是化工机械设备防腐最为有效、最为直观的防腐方法。对于表面防腐方式、防腐材料的选择非常重要,必须保证腐蚀介质与设备构件完全隔离开,避免渗透。对于暴露在空气中的表面设备需要做到 2 度以上的防腐油漆,1 度的防腐面漆;对于盛装腐蚀液体的容器,内里则根据溶液的性质选择采用衬胶、衬玻璃钢等不同的方式,这样既能够保证防腐,又能够保证设备的机械强度。目前,较为常用的防腐涂料包括聚乙烯醇缩丁醛+磷酸、环氧树脂、酚醛树脂和邻苯二甲酸树脂等油料涂漆。在化工设备的防腐应用中,应该避免涂层的老化,机械损伤,充分考虑设备应用的环境和条件,提高设备的使用寿命,做到有效防腐。

3.3 结构和工艺的防腐设计

工艺设计看似简单,但是如何做到适应工作条件,避免出现设备的热效应、机械应力以及积液等缺陷是比

较困难的。所以,应该尽量做到优化设计,降低设备的氧化腐蚀、缝隙腐蚀和应力腐蚀等。在设备的工艺设计和结构设计中,通常应考虑以下四点:

①设备的工艺构件外形要尽量简单,避免有积液部位,并且材质的组成应该选择相同材质的,避免多种材料复合形成电化学腐蚀。设备设计避免有类似 U 型弯式设计,防止存在积液造成浓度浓缩和固体的沉积,有效的避免排液不尽的问题;②尽量减少缝隙,很多设备都需要焊接,容易形成焊缝、对接口等缝隙,液体流动不畅则会对缝隙形成腐蚀。一般的碳钢材质、铝合金以及不锈钢等都会存在这种问题。缝隙腐蚀之后往往会在后续里产生孔蚀和应力腐蚀,时间久了就会发生结构的破坏。设计的时候应该对有积液的设备及管道设计排水孔,避免向上的设备有凹状设计;③化工设备在焊接的时候应该避免出现应力集中,采取连续焊接的工艺;严格按照焊接的要求操作,避免出现咬边、焊瘤、未焊透的问题,因为这些很有可能导致设备出现腐蚀点;④化工流体含有强腐蚀性是非常常见的,如果按照常规设计不考虑腐蚀余量这么很容易造成设备使用年限时间短,容易造成设备故障等问题。所以,应该考虑设备的强度问题,预留一定的设备强度和刚度,按照腐蚀深度的 2 倍以上进行设计。

4 总结

综上所述,化工机械设备的防腐工作是非常必要的,并且是一项系统性的工程,对化工生产来说具有非常重要的意义。化工机械设备的腐蚀主要有电化学腐蚀、化学腐蚀、大气腐蚀,化学腐蚀中又包含了氯化物盐腐蚀、硝酸盐、亚硝酸盐腐蚀、硫酸盐腐蚀等,腐蚀种类繁多。采取的预防措施主要有根据工艺条件选择合适的材料;对化工机械设备进行优化表面涂层防腐;优化机械设备的结构和工艺方法防腐设计等。具体的防腐措施必须根据介质性质、生产工艺要求等进行选择,并且可以根据工艺和介质采用新型塑料、硅、陶瓷等材料,不仅能满足设备寿命周期内的防腐要求,也能降低成本,从而保证安全生产目标的实现。

参考文献:

- [1] 成兵苏. 关于化工设备与机械状态的诊断分析探究实践 [J]. 建筑工程与管理, 2020, 2(1): 23-36.
- [2] 张忠礼. 钢结构热喷涂防腐技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [3] 赵敏, 康强利, 杨欢等. 石化企业设备防腐蚀管理现状及存在问题 [J]. 石油化工设备, 2010, 39(S1): 27-30.
- [4] 陈茂军, 罗兴. 高含 H₂S 和 CO₂ 天然气井中的钻采设备防腐措施 [J]. 表面技术, 2006(1): 33-35.

作者简介:

侯飞龙 (1991-), 男, 籍贯: 甘肃省通渭县, 学历: 本科, 毕业于电子科技大学, 现有职称: 初级工程师, 研究方向: 化工设备维护与管理。