

# 钢制储罐内外腐蚀产生机理及防护应用

邓建康（中国石化销售股份有限公司华南分公司，广东 广州 510620）

**摘要：**本文主要讨论了防腐工程的相关问题，包括防腐涂料的种类和施工方法、防腐涂料检测方法、材料选择与设计优化、现场监测与维护等方面。通过分析，强调了防腐工程在特殊工况下的必要性和经济性，并提出了进一步的展望。本文旨在为防腐工程的实践工作者提供参考和指导，促进防腐技术的不断创新和发展。

**关键词：**钢制储罐；腐蚀类型；防腐工程；防腐涂料

## 1 绪论

### 1.1 研究背景

石化工业是全球能源工业的重要组成部分，其发展对于推动世界经济的增长和提高人民生活水平具有重要的作用。然而，在石化企业的日常运营中，油品储存已经成为必须环节。钢制储罐作为储存油品最常见的设备之一，其在使用过程中极易受到腐蚀的影响，导致设备寿命缩短、设备安全隐患增加，给企业带来严重的经济损失和社会影响。根据数据显示，腐蚀是导致石油化工设备损坏的主要原因之一，其中储罐腐蚀占比较高，其损失额度更是高达数十亿元<sup>[1]</sup>。因此，深入研究油品钢制储罐内外腐蚀产生机理及防护应用，对于确保石化企业设备的安全运营、提高其经济效益和社会影响具有重要的现实意义和应用价值。

### 1.2 研究意义

钢制储罐在石化企业中广泛使用，而储罐腐蚀问题则是其常见的故障之一。对于沿海地区，由于其特殊的地理水文环境，其油品钢制储罐的腐蚀问题更加突出，给企业带来严重的经济损失和社会影响。深入研究油品钢制储罐内外腐蚀产生机理及防护应用具有重要的意义和价值，具体表现为：

#### 1.2.1 保证设备安全稳定运行

研究油品钢制储罐内外腐蚀产生机理及防护应用，可以帮助企业深入了解储罐腐蚀的机理，从而对储罐的防护工作做出更加科学合理的设计和选择，保证储罐的安全稳定运行，减少由于腐蚀导致罐体穿孔发生泄漏，严重时可导致储油罐发生着火、爆炸事故的发生。储罐腐蚀是导致石油化工设备损坏的主要原因之一，其中化学腐蚀、微生物腐蚀、环境腐蚀等多种因素都会对储罐产生腐蚀作用，因此对储罐腐蚀机理的深入研究至关重要。

#### 1.2.2 提高企业经济效益

钢制储罐是石化企业生产过程中必不可少的设

备，其安全运行直接关系到企业的生产效益。研究油品钢制储罐内外腐蚀产生机理及防护应用，可以帮助企业选择更加合适的防护技术，延长储罐的使用寿命，从而提高企业的经济效益。根据研究数据显示，对于同样规格的储罐，采用防腐技术后其使用寿命可延长1-2倍，且防腐涂料的使用成本远远低于更换储罐的成本，对储罐防腐技术的研究和应用具有重大意义。

总之，深入研究油品钢制储罐内外腐蚀产生机理及防护应用，对于保障石化企业设备的安全稳定运行、提高其经济效益和促进行业技术进步具有重要的现实意义和应用价值。在实践中，需要不断探索和创新，加强沟通合作，加大投入和支持，推动钢制储罐防腐领域的技术创新和进步，为实现石化企业的可持续发展和推动区域经济发展做出更大的贡献。

## 2 钢制储罐内外腐蚀产生机理

### 2.1 腐蚀的概念

腐蚀是一种金属材料在特定环境中与周围气体、水、化学物质等发生反应而逐渐失去原有的金属性能并逐渐破坏的现象。腐蚀可分为化学性腐蚀和电化学性腐蚀两种类型。化学性腐蚀是指在无电位差或电流的情况下，金属与周围环境中的化学物质发生反应而导致金属材料腐蚀的过程；而电化学性腐蚀是指金属在电解质中发生的电化学反应而导致金属材料腐蚀的过程。据统计，全球每年因腐蚀造成的损失总额约为2.2万亿美元，其中包括建筑物、桥梁、机器设备等许多领域。因此，腐蚀的研究和防治具有极高的现实意义和重要性。

### 2.2 钢制储罐内外腐蚀的类型

钢制储罐内外的腐蚀包括化学腐蚀、微生物腐蚀、环境腐蚀等多种类型。化学腐蚀是指金属材料与周围环境中的化学物质反应，导致金属腐蚀，主要包括酸腐蚀、碱腐蚀和盐腐蚀等类型。微生物腐蚀是指金属表面生物膜的形成和微生物代谢过程中产生的酸性、

碱性等物质与金属表面的反应，导致金属材料腐蚀，主要包括硫酸盐还原菌腐蚀、酸性菌腐蚀和微生物腐蚀等类型。环境腐蚀是指金属材料在特定环境中受到大气、水、土壤等环境因素的影响而腐蚀，主要包括大气腐蚀、水腐蚀和土壤腐蚀等类型。均质腐蚀是一种广泛的、表面均匀腐蚀的现象，可能导致材料失去原有的机械强度和导电性能。点状腐蚀则是一种局部腐蚀现象，由于在局部区域的腐蚀作用而导致在金属表面形成小孔，可能导致材料的局部破坏。

### 2.2.1 化学腐蚀

化学腐蚀是指金属与化学介质之间发生的化学反应而导致金属表面的损害。化学腐蚀危害程度的评价标准是腐蚀速率，而腐蚀速率是指单位时间内金属材料表面失去的质量或厚度。根据腐蚀速率的不同，可以将化学腐蚀分为不同的等级：

微腐蚀：腐蚀速率小于  $1\mu\text{m}/\text{年}$ ；

轻微腐蚀：腐蚀速率在  $1\text{--}10\mu\text{m}/\text{年}$  之间；

中度腐蚀：腐蚀速率在  $10\text{--}100\mu\text{m}/\text{年}$  之间；

严重腐蚀：腐蚀速率大于  $100\mu\text{m}/\text{年}$ 。

这种腐蚀方式与环境因素关系较大，如介质的酸碱度、浓度、温度等因素都会对化学腐蚀产生影响。化学腐蚀的程度往往比其他腐蚀方式更为严重，可以迅速损坏金属材料，造成设备失效。例如以下几个方面：①气温：高温会加速化学腐蚀的速率，而低温则会减缓化学腐蚀的速率；②相对湿度：相对湿度越高，金属材料的化学腐蚀速率越快。沿海地区相对湿度较高，尤其是在雨季和潮湿季节，金属材料易受到化学腐蚀的影响；③降水量：降水量较大时，会增加金属材料与水分接触的时间，从而增加化学腐蚀的风险；④盐度：海水中含有较高的盐度，会加剧金属材料的化学腐蚀速率。

### 2.2.2 电化学腐蚀

电化学腐蚀是金属腐蚀的一种常见形式，它的发生需要同时存在金属、电解质和外部电位差三个条件。在油品钢制储罐中，储罐内外表面与储存的油品之间形成电化学腐蚀环境，由于金属与电解质的接触，金属表面形成了阳极和阴极两个区域，并且在这两个区域之间形成了电位差。当电位差足够大时，就会发生电化学反应，导致金属表面发生腐蚀。

电化学腐蚀的形式有很多种，常见的包括点蚀、晶间腐蚀、应力腐蚀等。对于油品钢制储罐来说，常见的电化学腐蚀形式包括离子腐蚀、微生物腐蚀、电

化学腐蚀疲劳等。

在沿海区受到主要的影响因素就是大气湿度，空气中的水分含量对金属的腐蚀速率也有影响。湿度越大，金属的腐蚀速率也越快。

### 2.2.3 微生物腐蚀

微生物腐蚀是一种常见的金属腐蚀形式，其腐蚀速率可能比化学腐蚀和电化学腐蚀更快。在油品钢制储罐中，微生物腐蚀可能由于油品中存在的微生物和空气中的微生物污染而发生。当然，微生物腐蚀的机理比较复杂，其主要原因是微生物代谢产生的酸、碱、氧化还原物和其他有机物等物质，会对金属表面产生腐蚀作用。此外，微生物还可以形成一种称为生物膜的粘稠物质，在金属表面上形成一个特殊的微环境，从而促进了微生物腐蚀的发生。

### 2.2.4 环境腐蚀

环境腐蚀是指在特定环境中，金属材料与周围的大气、土壤、水等环境中的物质接触而引起的腐蚀。在油品钢制储罐中，环境腐蚀主要由于储罐所处的地理位置、气候环境等因素所导致，特别是沿海地区靠近海边腐蚀会更严重。

## 3 钢制储罐内外腐蚀防护技术

### 3.1 防腐涂料技术

#### 3.1.1 防腐涂料种类

防腐涂料是一种可以防止金属表面腐蚀的涂料，广泛应用于钢结构、储罐、管道、船舶等行业。常用的防腐涂料种类包括环氧涂料、聚氨酯涂料、丙烯酸涂料、氟碳漆和无机涂料。其中，环氧涂料是目前应用较广泛的一种防腐涂料，其市场占比最高；聚氨酯涂料具有很好的防腐性能和耐候性，也是应用较为广泛的一种涂料；氟碳漆具有极强的耐化学性和耐候性，在恶劣环境下能够长期保持色泽不变；无机涂料则耐化学性好，抗腐蚀性能也很强，常用于高温和强酸、强碱等特殊工作环境。因此，企业在选择和应用防腐涂料时需根据实际情况进行综合考虑，以达到最佳的防腐效果和经济效益。

#### 3.1.2 防腐涂料施工

在防腐涂料施工过程中，首先要进行基础处理，清除表面污垢和铁锈。其次，需要对涂料进行充分搅拌和稀释，以确保涂料的均匀性和附着力。在施工过程中，要注意环境的湿度和温度，以及涂料干燥的时间，以保证涂层的品质。此外，需要注意涂料的配比和施工顺序，选择合适的涂料种类和施工工具，以达

到最佳的防腐效果<sup>[2]</sup>。

### 3.1.3 防腐涂料检测

防腐涂料的质量检测是确保涂层质量符合相关标准和要求的措施，其中涂料厚度、附着力、耐腐蚀性和表面质量等方面都需要进行检测。国内研究者认为，涂料检测技术是保证涂料质量的重要手段，而目前我国涂料检测技术存在一些问题，如检测方法不规范、仪器设备落后等，需要进一步改进和完善<sup>[3]</sup>。此外，研究者还提出了一些新的涂料检测方法和技术，如基于红外光谱的涂层分析技术、电化学阻抗谱技术等，这些新技术将进一步提高涂料检测的精度和可靠性。

### 3.2 材料选择与设计优化

防腐蚀工程中的材料选择与设计优化是确保工程防护效果和使用寿命的重要因素。在选择材料和设计方案时，需要考虑使用环境、材料性能和预算等因素，以达到最佳防腐效果和经济效益<sup>[4]</sup>。

同时，需要针对具体设备和使用环境进行分析和评估，综合考虑多种因素，如介质性质、温度、湿度、工作压力等，以选择适合的材料和设计方案。此外，对于不同的材料和使用环境，需要进行相应的施工措施和维护保养措施，以确保防腐效果的持续和稳定。

正确的材料选择和设计优化对于防腐工程的防护效果和使用寿命具有重要意义。企业在进行防腐工程时应当充分考虑这些因素，以达到最佳的防腐效果和经济效益。

### 3.3 现场监测与维护

在防腐工程中，现场监测和维护是非常重要的环节，可以保证设备的长期稳定运行和防腐蚀效果；可以帮助企业及时发现设备问题，及时进行处理和维护，从而降低设备维护成本和防腐蚀工程的投资成本。同时，定期维护还可以提高设备的使用寿命和运行效率，增加企业的经济效益和社会效益。现场监测和维护的主要内容包括以下几个方面：

①涂层厚度检测：涂层厚度是涂层防腐效果的重要指标之一，需要定期检测涂层的厚度，以确保涂层能够发挥最佳的防腐效果；②涂层附着力测试：涂层附着力是指涂层与基层之间的粘结强度，需要定期进行检测，以确保涂层的附着性能符合要求；③环境参数监测：在特殊环境下，环境参数会对金属材料的腐蚀产生影响，需要定期监测环境参数，以调整设备的防腐保护方案；④设备运行状态监测：定期对设备进

行运行状态监测，检查设备是否存在损坏、渗漏等情况，及时发现问题并进行维护和修复，以保证设备的正常运行；⑤定期维护：对设备进行定期维护，包括清洗、除锈、涂装等工作，以确保设备的防腐保护效果和使用寿命。

在进行现场监测和维护时，需要注意以下几个方面：①监测和维护的周期应该合理，不要过于频繁或过于稀少；②监测和维护应该由专业人员进行，确保数据准确和维护效果良好；③监测和维护过程中需要注意安全和环保问题，不要对环境造成污染和危害。

因此，企业在进行防腐工程时，应该注重现场监测和维护工作的重要性，只有制定合理的监测和维护计划，确保设备的长期稳定运行和防腐效果，只有对罐体的防腐工作进行全面、有效的管理和维护，才能确保设备的正常运行和生产的稳定性。

## 4 结论

防腐蚀工程对于保护金属材料，延长设备使用寿命以及减少能源消耗具有重要意义。本文从材料选择、设计优化、防腐涂料施工、防腐涂料检测现场监测与维护等方面进行了探讨，并结合实际案例进行了具体阐述。

随着科技的不断进步和新型材料的应用，防腐蚀技术将会更加完善和高效。例如，采用纳米技术可以制备出具有优异防腐性能的涂料材料；采用3D打印技术可以制备出符合特定使用环境的设备结构等。同时，国家在政策层面上也将加大对于防腐蚀技术的支持，加强对于防腐涂料、防腐涂料检测等方面的标准和规范制定和执行。因此，防腐蚀工程在未来将会有更加广阔的发展前景。

### 参考文献：

- [1] 胡海燕, 王旭升. 炼油储罐腐蚀原因及控制 [J]. 化工环保, 2014(6):82-84.
- [2] 王建平, 张金辉, 汪景春. 防腐涂料施工技术探析 [J]. 现代涂料与涂装, 2015, 35(1):17-19.
- [3] 王仁华. 涂料质量检测的现状与发展方向 [J]. 涂料工业, 2020(4):1-4.
- [4] 孙光辉, 王志国, 杨冬梅, 等. 防腐材料与防护涂料在化工储罐中的应用 [J]. 涂料工业, 2020, 50(9):24-29.

### 作者简介：

邓建康 (1978,08-) 男, 汉族, 大学本科, 籍贯: 广东徐闻, 助理工程师, 研究方向: 油库储罐防腐技术应用。