

# 耐大气腐蚀桥梁钢的性能研究

## Research on the Performance of Atmospheric Corrosion Resistant Bridge Steel

张传运 王童

Chuanyun Zhang Tong Wang

酒泉钢铁集团宏兴钢铁股份有限公司炼轧厂 中国·甘肃 嘉峪关 735100

Jiuquan Iron and Steel Group Hongxing Iron and Steel Co., Ltd., Jiayuguan, Gansu, 735100, China

**摘要:** 大气腐蚀是桥梁结构材料长期暴露于恶劣环境中的重要问题之一。为评估桥梁钢材在大气腐蚀条件下的性能，我们进行了一项全面的研究。本研究采用了大气腐蚀试验、微观结构分析以及力学性能测试，以深入了解腐蚀对钢材性能的影响。通过对实验结果的综合分析，我们不仅能够评估钢材的腐蚀抵抗能力，还能为工程实践提供关于如何改进桥梁结构的建议，以提高其耐腐蚀性能。

**Abstract:** Atmospheric corrosion is one of the important problems that bridge structural materials are exposed to harsh environment for a long time. To evaluate the performance of bridge steel under atmospheric corrosion conditions, we conducted a comprehensive study. This study used atmospheric corrosion test, microstructural analysis and mechanical properties test to understand the influence of corrosion on steel performance. Through a comprehensive analysis of the experimental results, we are not only able to assess the corrosion resistance of steel, but also to provide suggestions for engineering practice on how to improve the bridge structure to improve its corrosion resistance.

**关键词:** 大气腐蚀; 桥梁钢材; 性能评估; 微观结构; 力学性能

**Keywords:** atmospheric corrosion; bridge steel; performance evaluation; microstructure; mechanical properties

**DOI:** 10.12346/etr.v5i12.8905

## 1 引言

桥梁结构在各种环境条件下承受着巨大的负荷和应力，包括大气腐蚀。大气腐蚀是由于气候、污染和其他环境因素引起的材料腐蚀过程，可能导致结构材料的性能下降和寿命减短。因此，评估桥梁钢材在大气腐蚀条件下的性能至关重要。

材的质量减损，包括表面腐蚀和金属的脱落。这可能降低钢材的强度和耐久性，从而减少结构的寿命。腐蚀产物的形成可能导致结构的视觉和美观性问题，影响桥梁的外观。大气腐蚀也可能导致安全隐患，因为腐蚀可能在不可见的地方导致隐患，如裂纹或材料的强度下降<sup>[1]</sup>。

## 2 大气腐蚀的机制和影响

大气腐蚀是一种复杂的化学过程，通常由大气中的湿度、氧气、盐、酸雨和其他化学物质引起。这些因素可以导致钢材表面的电化学反应，如氧化和还原反应。腐蚀的结果包括钢材表面的金属离子释放、氧化物和盐的形成。这些物质会降低钢材的强度和耐久性，最终可能导致结构的衰退和破坏。大气腐蚀对桥梁结构的影响是多方面的，它可能导致钢

## 3 研究方法

### 3.1 钢材样本采集和制备

采集过程必须严格遵守标准化程序，以确保样本的完整性和防止污染。这包括采用专业工具进行取样，避免交叉污染，并记录每个样本的详细信息，如采集地点、年份等。采集的样本需要经过一系列处理和准备步骤，以确保它们符合试验要求。这包括切割样本到所需尺寸，确保它们符合实验的标准规格。样本需要进行清洗，以去除可能附着在表面

【作者简介】张传运（1991-），男，中国安徽霍邱人，本科，助理工程师，从事金属材料工程研究。

的任何杂质、污垢或氧化物。清洗过程通常涉及用特定的溶剂或酸碱溶液进行浸泡和超声清洗，以确保表面光洁和无污染。样本需要抛光以消除任何可能存在的划痕或磨损，以保持其表面的均匀性和一致性。

### 3.2 大气腐蚀试验设计和设备

大气腐蚀试验的设计和所需设备在确保实验的可靠性和准确性方面起着关键作用。实验室环境必须精确控制，以模拟实际大气腐蚀条件。这包括温度、湿度和化学气氛的控制。温度的稳定性和湿度的精确控制是模拟大气条件的关键因素，因为它们会直接影响钢材的腐蚀速率。试验通常在腐蚀室、气候箱或其他专用设备中进行。这些设备通常具有高度自动化的控制系统，以确保实验条件的恒定性和可重复性。气候箱通常具有精确的温度和湿度控制，以模拟不同地理位置和季节的大气条件<sup>[2]</sup>。

### 3.3 实验参数的选择和解释

选择和解释实验参数是确保实验的准确性和可比性的关键因素。实验参数包括大气腐蚀试验的时间、湿度、温度和气氛控制等。这些参数的选择需要与实际大气腐蚀条件相匹配，以便产生可比较的实验结果。时间参数是试验持续时间选择，通常以月或年计。这通常需要考虑所模拟的大气环境和所研究钢材的应用情况。湿度和温度的控制需要模拟实际环境的变化，以便更准确地评估腐蚀速率。

## 4 大气腐蚀试验

### 4.1 试验过程和条件

试验中所模拟的大气条件是模拟现实世界中不同地理位置和气候条件下的大气腐蚀环境。在试验过程中需要精确控制温度和湿度。温度的稳定性对于准确模拟不同季节的大气条件至关重要。湿度水平也必须与实际环境相匹配，因为不同湿度水平会导致不同的腐蚀速率。需要模拟大气中存在的化学物质，如氧气、水蒸气、二氧化硫、氯化物等。这些因素的准确控制将确保试验结果的可靠性和可比性，以便更好地了解钢材的腐蚀性能。

### 4.2 腐蚀速率的监测和数据收集

为了准确评估大气腐蚀试验的结果，需要使用适当的测量技术来监测腐蚀速率。常见的测量方法包括重量损失法、电化学极化曲线分析和电阻法。重量损失法涉及定期称量试样，以测量试样的质量损失，从而计算腐蚀速率。电化学极化曲线分析涉及测量试样上的电极电势，以确定腐蚀速率。电阻法则是测量试样电阻的变化来评估腐蚀速率。实验中收集的数据必须仔细记录，并确保数据的准确性和一致性。

### 4.3 结果的图表和分析

如图1所示，结果的图表和分析是研究的关键部分，它们提供了有关钢材性能的详细信息。图表和图形将展示腐蚀试验的时间序列数据，以显示不同试样的腐蚀速率和变化趋势。这些视觉呈现方式有助于读者直观了解不同试样在大气

腐蚀条件下的表现。分析部分将比较不同试样之间的差异，包括腐蚀速率的变化和微观结构的差异。通过分析腐蚀速率与实验参数之间的关系，可以更好地理解腐蚀过程中的影响因素。

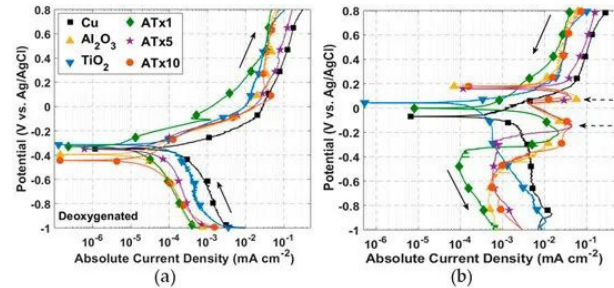


图1 Cu含量对腐蚀性能的影响

## 5 力学性能测试

### 5.1 抗拉强度和屈服强度测试

在本研究中，我们对桥梁钢材的力学性能进行了详尽的抗拉强度和屈服强度测试，旨在全面了解其在大气腐蚀条件下的表现。抗拉强度是衡量材料最大承受拉伸力的指标，直接反映了钢材在极端负载下的抗拉性能。屈服强度则表示材料在拉伸过程中开始发生塑性变形的点，是衡量其耐久性的重要参数。如图2所示，通过选取代表性的桥梁钢样本，并在模拟大气腐蚀条件下进行拉伸试验，我们获取了广泛的实验数据。这些数据不仅涵盖了不同腐蚀程度下钢材的强度表现，还揭示了在腐蚀环境中钢材的塑性行为，这有助于评估大气腐蚀对桥梁结构长期性能的影响。

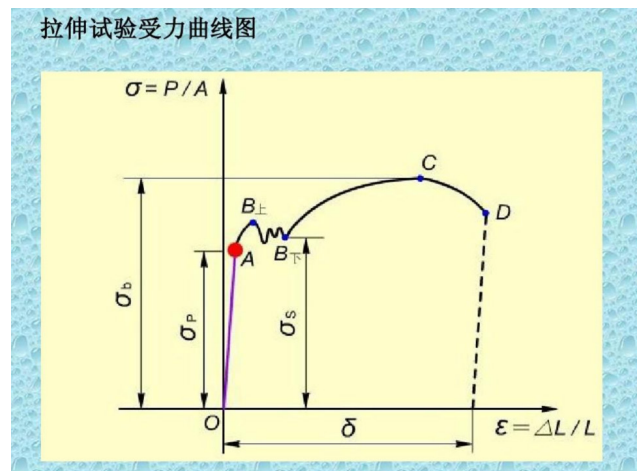


图2 拉伸试验受力曲线图

### 5.2 断裂韧性测试

为更全面地了解钢材在大气腐蚀条件下的性能，我们进行了断裂韧性测试。这一测试旨在评估钢材对裂纹扩展的抵抗能力，是判断其结构完整性的关键参数。在这个测试中，样本受到持续加载，并监测裂纹的扩展情况。通过对裂纹行为的深入研究，我们能够更准确地评估钢材在实际桥梁使用

条件下的稳定性。断裂韧性测试的结果提供了关于钢材在受到力学应力时是否容易发生裂纹以及裂纹扩展速度的详细信息。这对于确定结构在长期使用中的安全性至关重要，特别是考虑到大气腐蚀可能导致的局部强度损失。

### 5.3 结果和讨论

得到抗拉强度、屈服强度和断裂韧性的详尽测试结果后，我们将对这些数据进行深入的分析和讨论，以揭示大气腐蚀对桥梁钢材力学性能的影响机制。在深入的讨论中，我们将分析腐蚀对抗拉和屈服性能的具体影响。我们将关注不同腐蚀程度下的性能变化，并尝试找出可能导致这些变化的因素。这可能包括腐蚀引起的材料质量损失、微观结构的改变以及可能存在的其他环境影响。特别是，我们将关注断裂韧性的变化趋势，因为这直接关系到钢材在受到外力作用时的稳定性。将深入研究裂纹扩展的速度和路径，以了解腐蚀如何影响钢材的抗裂纹扩展能力。将探讨力学性能测试结果与大气腐蚀试验和微观结构分析的关联性<sup>[3]</sup>。

## 6 动态性能评估

### 6.1 力学性能的动态响应

通过绘制动态拉伸试验的应力—应变曲线，我们能够观察到钢材在不同频率下的力学性能变化趋势。图表将清晰地显示出大气腐蚀对抗拉强度和屈服强度的影响，进而为结构的安全性提供直观的参考。通过在不同频率下进行测试，我们能够模拟桥梁结构在风荷载、行车振动等实际使用条件下的性能表现，为动态负载下的实际应用提供更精准的数据支持。

### 6.2 韧性的动态评估

韧性是材料在受到冲击或动态负载时抵抗断裂的能力。通过进行动态韧性测试，采用冲击试验或动态断裂韧性测试方法，我们能够全面评估大气腐蚀条件下钢材的韧性表现。这项研究将揭示腐蚀是否导致钢材在受到动态负载时韧性的降低，从而增加了结构的脆性。

通过制作动态韧性测试的载荷—位移曲线，我们可以观察到材料在受到冲击负载时的响应情况。这将清晰地展示大气腐蚀对钢材在动态加载条件下韧性性能的影响程度。结果的图表和数据将为工程师提供有关结构在发生冲击负载时的耐久性和稳定性的重要信息，为设计更安全的桥梁结构提供支持。

### 6.3 冲击强度的评估

冲击强度是材料在遭受冲击负载时的抗性。通过进行冲击试验，我们可以模拟桥梁结构在发生碰撞、冲击等情况下的性能表现。这项评估将揭示大气腐蚀环境对钢材冲击强度的影响，为结构在实际使用中可能遇到的冲击负载提供重要信息。

通过绘制冲击试验的载荷—时间曲线，我们能够观察到钢材在冲击加载下的响应特征。图表和图形将直观地展示大气腐蚀对冲击强度的潜在影响，有助于工程师更好地理解结构在发生冲击事件时的表现。这将为桥梁结构在复杂交通和自然环境中的实际应用提供关键的设计和安全性参考。

## 7 结论

大气腐蚀是桥梁结构领域的一个重要挑战，但通过深入研究和综合性的腐蚀防护策略，我们可以降低其不利影响，提高结构的性能和寿命。这一领域的持续研究将有助于改进工程实践，以满足社会需求，确保桥梁结构的安全性和可持续性。

### 参考文献

- [1] 张军艳. 桥梁钢的耐大气腐蚀性能研究[J]. 中国锰业, 2018, 36(1):4.
- [2] 汪锋. 合金元素Cu和Ni对桥梁钢耐海洋大气腐蚀性能影响的实验研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2023.
- [3] 唐建伟. 400~500MPa耐大气腐蚀钢工艺及性能研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2023.