

钢结构耐久性研究及防护措施

程 磊

海洋石油工程股份有限公司 天津 300452

摘要：随着现代建筑技术的不断发展，钢结构因其高强度、轻质、施工周期短等优点，在高层建筑、桥梁、工业厂房等领域得到了广泛应用。然而，钢结构的耐久性问题一直是工程界关注的焦点。本文综述了钢结构耐久性的研究现状，分析了影响钢结构耐久性的主要因素，并提出了相应的防护措施，旨在为钢结构的长期安全使用提供理论支持和实践指导。

关键词：钢结构；耐久性；腐蚀；防护措施

引言

钢结构因其独特的性能优势，在现代建筑中占据重要地位。然而，钢结构在使用过程中容易受到环境因素的影响，导致结构性能下降，甚至引发安全事故。因此，研究钢结构的耐久性并提出有效的防护措施具有重要意义。

1 钢结构耐久性研究现状

1.1 研究方法概述

当前，针对钢结构耐久性的深入探究主要聚焦于锈蚀钢材性能的试验分析。研究者们采用了多样化的研究方法来获取锈蚀钢材的样本，以便全面评估其性能变化。其中，一种方法是从实际工程中拆换下的锈蚀钢构件中提取试件，这种方法能够直接反映工程实际中的锈蚀情况，具有较高的真实性。然而，由于实际工程中很难找到完全未锈蚀的对比试件，因此在进行对照研究时存在一定难度。另一种方法是在大气环境中自然裸露锈蚀钢试件，通过长期观测和记录锈蚀过程，来获取锈蚀钢材的性能数据。这种方法虽然能够模拟实际工程中的锈蚀环境，但试验周期较长，且受地域、气候等自然因素影响较大。此外，实验室模拟锈蚀钢试件也是一种常用的研究方法。通过人为控制试验条件，如温度、湿度、腐蚀介质等，可以在较短时间内获得锈蚀钢材的样本。然而，这种方法模拟的锈蚀环境与实际工程中的自然锈蚀情况可能存在一定差异，因此其相关性有待进一步研究验证。

1.2 锈蚀程度表征技术

为了准确描述钢材的锈蚀情况，研究者们采用了多种表征方法。其中，重量损失法是通过测量锈蚀前后钢材的重量变化来评估锈蚀程度；厚度测量法则是通过测量锈蚀钢材的厚度减薄量来反映锈蚀情况；而电化学测试法则是通过测量钢材在腐蚀介质中的电化学参数来评

估其锈蚀速率和程度。这些方法各有特点，能够从不同角度为钢结构的耐久性研究提供数据支持。

1.3 锈蚀对钢材力学性能的影响

锈蚀会显著影响钢材的力学性能，包括其屈服强度、抗拉强度和延伸率等关键指标。随着锈蚀程度的增加，钢材的屈服强度和抗拉强度通常会逐渐降低，而延伸率也会相应减小。这种性能下降的程度与锈蚀类型、分布以及钢材的原始性能等因素密切相关。例如，均匀锈蚀可能导致钢材整体性能的均匀下降，而局部锈蚀则可能在锈蚀区域产生应力集中，导致钢材在较低应力水平下发生破坏。因此，在研究钢结构耐久性时，需要充分考虑锈蚀对钢材力学性能的影响，以确保结构的安全性和可靠性。

2 影响钢结构耐久性的主要因素

2.1 环境因素

在探讨钢结构耐久性的众多影响因素中，环境因素无疑占据了举足轻重的地位。它不仅直接作用于钢结构表面，引发一系列物理化学变化，还通过长期累积效应，对钢结构的整体性能构成严重威胁。海洋环境，以其高盐度、高湿度的特点，成为钢结构腐蚀的“加速器”。海水中富含的氯离子具有极强的侵蚀性，能够轻易穿透钢材表面的保护层，引发电化学腐蚀反应，导致钢材厚度减薄、力学性能下降^[1]。同时，海洋环境中的风浪、潮汐等自然力量，也会加剧钢结构的疲劳损伤，缩短其使用寿命。工业大气环境同样对钢结构构成严峻挑战。工业排放的废气、烟尘中含有大量的二氧化硫、氮氧化物等腐蚀性气体，这些气体与水蒸气结合后形成酸雾、酸雨，对钢材表面造成强烈的化学腐蚀。此外，工业区域的高温、高湿环境也为微生物的生长提供了温床，这些微生物在钢材表面形成的生物膜会加速腐蚀过程，进一步降低钢结构的耐久性。除了上述特定的腐蚀

性环境外,温度、湿度、紫外线等自然条件也对钢结构产生着不可忽视的影响。高温会加速钢材内部的分子运动,导致材料性能的变化;湿度则直接影响钢材表面的水分含量,进而影响腐蚀速率;而紫外线则会对钢材表面的涂层造成破坏,降低其防护效果。这些因素相互交织,共同作用于钢结构,使其在使用过程中逐渐老化、劣化,最终影响整个结构的安全性和稳定性。

2.2 施工质量

在钢结构工程的实施过程中,施工质量的好坏直接关系到结构的耐久性,是确保钢结构长期稳定运行不可忽视的一环。其中,焊接质量和防腐涂层施工质量作为两个核心要素,对钢结构的抗腐蚀能力起着至关重要的作用。焊接是钢结构连接的主要方式之一,其质量的好坏直接影响到结构的整体强度和稳定性。焊接过程中产生的缺陷,如焊缝未熔合、夹渣、气孔等,不仅会降低焊缝的强度,还容易在缺陷处形成应力集中,成为腐蚀的“突破口”。这些应力集中点在高湿、高盐或腐蚀性介质的作用下,会加速腐蚀过程,导致钢材厚度迅速减薄,甚至引发结构失效。因此,严格控制焊接工艺,确保焊缝质量,是提升钢结构耐久性的重要措施。防腐涂层施工则是保护钢结构免受腐蚀侵害的另一道防线。涂层的施工质量直接影响其防护效果。如果涂层施工不均匀,存在漏涂、薄涂或涂层厚度不足等问题,就会使得钢材表面部分区域失去保护,成为腐蚀的易发区。此外,涂层与钢材表面的附着力也是关键因素,附着力不足会导致涂层脱落,进一步降低防护效果^[2]。因此,在防腐涂层施工过程中,应严格控制涂料的选用、涂装工艺和涂层厚度,确保涂层均匀、完整、牢固地附着在钢材表面,形成有效的防护屏障。施工质量是钢结构耐久性的关键基石。通过严格控制焊接质量和防腐涂层施工质量,可以有效提升钢结构的抗腐蚀能力,延长其使用寿命。同时,这也要求施工单位具备专业的施工技术和严格的质量控制体系,确保每一道工序都符合规范要求,为钢结构的长期稳定运行提供坚实保障。

2.3 材料性质

钢材作为钢结构的主体材料,其成分、组织结构等内在性质对结构的耐久性具有至关重要的影响。深入探究钢材的材料性质,对于提升钢结构的抗腐蚀能力和延长使用寿命具有重要意义。钢材的成分,特别是合金元素的种类和含量,对其抗腐蚀性能起着关键作用。例如,添加铬、镍等合金元素可以显著提高钢材的耐腐蚀性,因为这些元素能够在钢材表面形成致密的氧化物保护膜,有效阻挡腐蚀介质的侵蚀。同时,合金元素的添

加还能改善钢材的内部组织结构,提高其力学性能和耐腐蚀性。然而,合金元素的含量并非越多越好,过高的合金元素含量可能导致钢材成本上升,甚至引发其他性能问题。因此,在钢材设计时,需根据具体使用环境和性能要求,合理调配合金元素的种类和含量。钢材的热处理状态也是影响其耐久性的重要因素。通过热处理,可以改变钢材的内部组织结构,如晶粒大小、相组成等,进而影响其力学性能和腐蚀行为。例如,适当的热处理可以提高钢材的强度和韧性,使其更好地抵抗外界载荷和腐蚀介质的侵蚀。然而,不合理的热处理也可能导致钢材内部产生缺陷,如裂纹、夹杂物等,这些缺陷会成为腐蚀的起点,加速钢材的腐蚀过程。因此,在钢材加工和制造过程中,应严格控制热处理工艺,确保钢材获得理想的组织结构和性能。

3 钢结构防护措施

3.1 防腐涂层

在钢结构防护的众多手段中,防腐涂层以其高效、经济的特点,成为了保护钢结构免受腐蚀侵害的首选方法。防腐涂层不仅能够隔绝钢材与腐蚀介质的直接接触,还能通过其特殊的化学性质,中和或抑制腐蚀介质的活性,从而达到防腐的目的。环氧富锌底漆作为防腐涂层的重要组成部分,以其优异的附着力和防腐性能,成为了钢结构防腐的“基石”。它富含锌粉,能够在钢材表面形成一层致密的锌层,起到阴极保护的作用。同时,环氧树脂的优异粘结性,确保了底漆与钢材之间的牢固结合,为后续的涂层施工奠定了坚实的基础。环氧云铁中间漆则以其良好的屏蔽性和耐候性,进一步增强了防腐涂层的防护效果。它含有云铁片状颜料,能够形成迷宫效应,有效阻挡腐蚀介质的渗透。同时,环氧树脂的耐化学腐蚀性和耐水性,使得中间漆在恶劣环境下仍能保持稳定的性能。聚氨酯面漆作为防腐涂层的“外衣”,不仅具有优异的耐候性和耐紫外线性能,还能赋予涂层良好的装饰效果。它能够在涂层表面形成一层坚韧的薄膜,有效抵抗外界的机械损伤和化学腐蚀^[3]。同时,聚氨酯面漆的多样化色彩选择,也满足了不同环境下的美观需求。在选择防腐涂层时,需综合考虑使用环境、施工条件、成本预算等多方面因素。例如,对于海洋环境或工业大气等腐蚀性较强的环境,应选择耐腐蚀性能更强的涂层体系;对于施工条件有限或成本预算有限的工程,则应选择施工简便、成本较低的涂层方案。通过科学合理的涂层选择和施工,可以显著提升钢结构的耐久性,延长其使用寿命,为工程的安全稳定运行提供有力保障。

3.2 热浸镀锌

热浸镀锌，作为一种高效且持久的钢结构防腐方法，其核心在于将钢构件完全浸入熔融的锌液中。在这一过程中，高温的锌液与钢构件表面发生化学反应，形成一层紧密且均匀的锌铁合金层。这层合金层不仅具有极高的附着力，能够牢固地附着在钢材表面，还具备出色的抗腐蚀性能，为钢构件提供了坚实的防护屏障。热浸镀锌技术的显著优势在于其广泛的适用性。无论钢构件的形状如何复杂，如管状、板状、角钢等，均可通过热浸镀锌技术实现全面防护。这是因为热浸镀锌过程中，锌液能够流动并覆盖到钢构件的每一个表面，确保无遗漏地形成保护层。此外，热浸镀锌的防护效果持久且稳定。锌铁合金层具有自我牺牲的保护作用，当外界腐蚀介质试图侵蚀钢构件时，合金层中的锌会优先与腐蚀介质反应，从而保护了钢材本体不受侵蚀。这种自我牺牲的保护机制，使得热浸镀锌的防腐效果能够持续数十年之久，大大延长了钢结构的使用寿命。值得一提的是，热浸镀锌技术还具有良好的经济性。虽然初期投资相对较高，但考虑到其长久的防腐效果和较低的维护成本，热浸镀锌技术在实际应用中往往具有更高的性价比。特别是在对防腐要求极高的工程领域，如桥梁、海洋平台等，热浸镀锌技术更是成为了不可或缺的防腐手段。

3.3 阴极保护

阴极保护，作为一种科学且高效的电化学保护方法，其核心原理在于通过施加外部电流，巧妙地改变钢结构在腐蚀环境中的电位状态，使其从原本的阳极转变为阴极。这一转变至关重要，因为当钢结构成为阴极时，其表面发生的电化学腐蚀反应将被有效抑制，从而显著提升钢结构的抗腐蚀能力。阴极保护技术的适用范围广泛，尤其在海洋环境等腐蚀性较强的场合中，其防腐效果尤为显著。海洋环境因其高盐度、高湿度的特点，对钢结构的腐蚀威胁极大。而阴极保护技术通过为钢结构提供持续的阴极极化，能够在恶劣的海洋环境下

形成一道强大的防腐屏障，有效抵御海水的侵蚀。阴极保护系统的实施通常包括电流源、阳极材料以及连接结构与阳极的导线等关键组件。电流源负责提供稳定的直流电流，以确保阴极保护效果的持续性和稳定性；阳极材料则作为牺牲性的电极，在电流的作用下与海水中的阴离子发生反应，从而保护钢结构免受腐蚀；导线则将电流源、阳极与钢结构紧密连接，形成一个完整的电化学保护回路。值得注意的是，阴极保护技术的实施需要综合考虑多种因素，如钢结构的尺寸、形状、所处环境的腐蚀性等，以确保保护效果的最优化^[4]。同时，定期的监测和维护也是必不可少的，以确保阴极保护系统的稳定运行和长期有效性。阴极保护技术以其科学的原理、广泛的适用性和显著的防腐效果，在钢结构防腐领域展现出了巨大的潜力和价值。特别是在海洋环境等腐蚀性较强的场合中，阴极保护技术更是成为了保护钢结构免受腐蚀侵害的明智之选。

结语

钢结构耐久性研究及防护措施是确保钢结构长期安全使用的关键。本文综述了钢结构耐久性的研究现状，分析了影响耐久性的主要因素，并提出了相应的防护措施。未来，随着材料科学和防腐技术的不断发展，钢结构的耐久性和安全性将得到进一步提升。

参考文献

- [1]陈翔祥,张朴,曾鲜,等.海洋环境中钢结构耐湿硫化氢/海水腐蚀防腐涂层研究现状[J].材料保护,2023,56(08):157-167.
- [2]何童童.钢结构桥梁设计中的耐久性与腐蚀防护措施[J].新城建科技,2024,33(03):86-88.
- [3]陈蕙芸,李琰琛,朱宇.海洋能源钢结构的防腐技术研究与应用[J].山西建筑,2024,50(23):5-8+14.
- [4]孔祥强.海洋石油平台钢结构框架安装技术研究[J].冶金管理,2023,(11):58-59.