

市政桥梁钢结构防腐施工与长效防护措施分析

邱鹏 413025198410303614

摘要

市政桥梁作为城市交通网络的核心构成部分，其钢结构构件的耐久性直接决定桥梁整体使用寿命与通行安全。受城市环境中水汽、工业污染物、融雪盐等多重腐蚀因素影响，市政桥梁钢结构极易出现涂层脱落、钢材锈蚀等问题，严重时削弱结构承载力，引发安全隐患。本文结合市政桥梁钢结构腐蚀的主要诱因，系统分析当前防腐施工的常见工艺与技术要点，从施工管控、材料选型、后期维护多个维度提出长效防护优化措施，为提升市政桥梁钢结构防腐质量、延长桥梁服役周期提供参考。

关键词：市政桥梁；钢结构；防腐施工；长效防护

一、市政桥梁钢结构腐蚀的主要诱因

市政桥梁钢结构的腐蚀是外部环境材料与自身特性共同作用的结果，首先，城市大气环境中的腐蚀性介质是腐蚀的主要来源。我国多数城市存在不同程度的工业排放、汽车尾气污染，空气中二氧化硫、氮氧化物等酸性气体含量较高，这些气体溶于钢结构表面的凝结水后会形成酸性电解液，加速电化学腐蚀进程。在北方冬季城市，为保障道路通行通常会撒布融雪盐，含氯盐的融雪剂飞溅到桥梁下部钢结构后，氯离子会穿透钢结构表面的钝化膜，诱发点蚀与缝隙腐蚀，且氯离子难以清除，会持续加速腐蚀反应。

其次，水文环境与结构设计缺陷也会加剧腐蚀。跨越城市河道的市政桥梁，下部钢结构长期处于潮湿环境，部分潮汐河段的钢结构还会受到干湿交替作用，钢材表面反复浸湿干燥，氧浓度差电池效应会持续推动腐蚀发展。此外，部分早期建设的市政桥梁钢结构在设计阶段未充分考虑防腐预留，构件之间存在较多缝隙，接缝处容易积留水汽与腐蚀性杂质，日常维护难以清理到位，久而久之就会形成隐蔽的腐蚀病灶，等到锈蚀显现时已经对结构造成不可逆的损伤。

最后，防腐施工质量缺陷与后期维护缺失也会缩短防腐层寿命。部分施工单位在防腐作业阶段未严格按照工艺要求处理基层，钢材表面的氧化皮、锈蚀残渣未清理干净就涂刷防腐涂料，导致涂层与钢材基底结合力不足，使用三到五年就会出现涂层起皱、脱落问题，失去对钢材的保护作用。同时，多数市政桥梁管理

单位重建设轻维护，未建立定期腐蚀检测机制，小的锈蚀问题得不到及时处理，逐渐扩散成大面积腐蚀，最终威胁结构安全。

二、市政桥梁钢结构常用防腐施工工艺分析

当前市政桥梁钢结构防腐施工中，应用最广泛的是涂料防腐工艺，该工艺成本较低、施工便捷，适配绝大多数市政桥梁钢结构的防腐需求。涂料防腐施工的核心在于基层处理，按照现行规范要求，喷砂除锈是最常用的基层处理方式，需要将钢材表面除锈等级达到 Sa2.5 级，也就是钢材表面几乎没有可见的油脂、污垢，氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物基本清除，残留的痕迹仅为均匀分布的斑点。基层处理完成后需要在规定时间内涂刷底漆，避免钢材再次返锈，通常要求处理后 4 到 6 小时内完成第一道底漆涂刷。涂料防腐需要按照底漆、中间漆、面漆的分层施工要求，控制每层涂层的厚度，总干膜厚度通常需要达到 180 μ m 到 220 μ m 才能满足城市环境下的防腐要求。

热浸锌防腐是另一种常用的防腐工艺，主要应用于市政桥梁的小型钢结构构件，比如护栏、扶手、小型支撑构件等。热浸锌防腐是将除锈后的钢结构构件浸入熔融的锌液中，使钢材表面附着一层锌合金层，锌的电极电位比铁更低，电化学反应过程中锌会先被腐蚀，从而保护基层钢材，这种工艺的防腐寿命通常可以达到 15 到 20 年，维护成本较低。但热浸锌防腐对构件尺寸有一定限制，大型桥梁钢结构构件无法进行整体热浸锌处理，因此应用范围存在局限性，同时热浸锌工艺的成本高于普通涂料防腐，大规模应用会提升工程造价。

电弧喷涂防腐工艺是长效防腐的重要技术方案，主要针对大跨度市政桥梁的主承重钢结构。电弧喷涂是利用电弧将锌铝丝材熔化，通过高速气流将熔化的金属雾化喷射到钢材表面，形成金属喷涂层，再加上封闭涂料形成复合防腐体系，这种防腐体系的寿命可以达到 20 年以上，防护效果优于普通涂料防腐。电弧喷涂防腐的结合力较强，不容易出现整体脱落问题，即便局部出现损伤，剩余的涂层仍然可以发挥防护作用，但该工艺对施工设备与操作人员技术要求较高，施工过程中需要控制喷涂速度与涂层厚度，避免出现涂层不均匀、孔隙率过高的问题。

三、市政桥梁钢结构长效防护优化措施

首先，要从源头提升防腐材料选型的适配性，根据市政桥梁不同部位的腐蚀环境选择对应防腐材料。对于桥梁上部直接接触大气与车辆尾气的钢结构部位，可以选用耐候性较好的氟碳面漆，氟碳涂料的耐紫外线老化、耐酸性介质腐蚀性能优于普通丙烯酸涂料，使用寿命可以延长一倍以上。对于下部处于潮湿环境或容易接触融雪盐的部位，应当选用含阴极保护作用的富锌底漆，搭配耐氯离子腐

蚀的中间漆，提升抗渗防锈能力。同时，近年来新型防腐材料不断推广，比如石墨烯改性防腐涂料，其阻隔性能优于传统涂料，可以有效减少腐蚀性介质渗透到钢材表面，在同等防腐寿命要求下可以降低涂层总厚度，减轻钢结构自重，适合大跨度市政桥梁应用，有条件的项目可以逐步推广使用。

其次，要严格管控防腐施工全流程质量，从基层处理到竣工验收每一个环节都落实质量标准。基层处理是决定防腐施工质量的核心，施工单位应当根据施工现场环境调整除锈工艺，对于现场拼接的钢结构焊缝部位，要单独进行手工除锈处理，确保焊缝部位的焊渣、氧化皮清理干净，避免留下腐蚀隐患。涂装施工过程中要控制环境温度与湿度，通常要求环境温度在 5℃到 35℃之间，相对湿度不超过 85%，避免在阴雨、大雾天气进行涂装作业，防止涂层在固化过程中混入水分，影响涂层附着力与致密性。

最后，建立常态化检测维护机制，实现防腐防护的长效管理。市政桥梁管理单位应当将钢结构腐蚀检测纳入桥梁日常养护体系，每年至少进行一次全面腐蚀检测，对容易发生腐蚀的部位比如下部支撑结构、接缝部位、积水部位进行重点检查，采用超声波检测、磁粉检测等技术手段排查内部锈蚀，及时发现早期腐蚀问题。对于局部出现的涂层损伤、小范围锈蚀，要及时进行修补，清理锈蚀部位后重新涂刷防腐涂料，避免腐蚀范围扩大。此外，可以在腐蚀较为严重的部位增设附加阴极保护措施，比如对于涉水桥墩的钢结构部位，加装牺牲阳极，通过电化学保护进一步延长钢结构使用寿命，降低后期大规模防腐改造的成本。

四、结语

市政桥梁钢结构的防腐防护是保障桥梁安全运行、延长桥梁使用寿命的核心工作，相较于普通公路桥梁，市政桥梁所处的腐蚀环境更为复杂，对防腐施工与防护管理的要求更高。在工程实践中，应当根据桥梁的具体环境与结构特点选择合适的防腐施工工艺，从材料选型、施工管控、后期维护多个环节构建完整的长效防护体系，才能有效控制钢结构腐蚀进程，降低市政桥梁全生命周期的养护成本，保障城市交通网络的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 李辉. 市政桥梁钢结构腐蚀原因及防腐施工技术要点[J]. 工程技术研究, 2022, 7(12): 148-150.
- [2] 张军. 大跨度市政桥梁钢结构防腐施工工艺与防护措施[J]. 中国建筑防水, 2021, (05): 45-48.

[3] 王健. 城市桥梁钢结构长效防腐技术应用研究[D]. 东南大学, 2020.