

关于钢桥涂层腐蚀规律的分析浅谈

宗平

(泰国格乐大学 10220)

摘要: 桥梁是人类跨越天堑最为有效的发明。在我国公路、桥梁等交通基础设施建设中,桥梁钢结构是钢结构不可或缺的一部分,在公路桥梁的施工中发挥着越来越重要的作用。由于钢结构的便利性、安全性、耐用性等性能,人们对钢结构的认可度越来越高,虽然钢结构相比混凝土结构具有自重轻、材质均匀、质量稳定、易于工厂化、装配化施工、便于回收利用等优点,但是其缺点腐蚀问题也不容忽视,钢材暴露于大气环境中,容易受到氧气、雨水(酸雨)等环境因素的共同作用而发生化学反应,就会形成铁锈。若钢桥的关键部位发生严重锈蚀,将可能对钢桥的结构承载力产生危害。为了隔绝空气和水对钢材的腐蚀,防腐蚀涂层技术应运而生,成为减缓钢桥腐蚀速率最常用的手段,科学界对于钢桥涂层腐蚀规律的研究越来越迫切,因此我们能否掌握钢桥涂层的腐蚀规律对于钢桥的养护运营与决策具有重要意义。

关键词: 钢桥、涂层、防腐、腐蚀

Analysis and Discussion on the Corrosion Law of Steel Bridge Coatings

Zong Ping

(Thailand Gela University 10220)

Abstract: Bridge is the most effective human invention across the natural barrier. In the construction of highway, bridge and other transportation infrastructure in China, bridge steel structure is an indispensable part of steel structure, which plays an increasingly important role in the construction of highway bridge. Due to the convenience of steel structure, safety, durability, recognition of steel structure is higher and higher, although the steel structure compared to concrete structure has light weight, uniform material, stable quality, easy factory, assembly construction, facilitate recycling advantages, but the disadvantages of corrosion problems also not's t be ignored, steel exposed to atmospheric environment, vulnerable to oxygen, rain (acid rain) and other environmental factors and the action of chemical reaction, will form rust. If the key parts of the steel bridge are seriously corroded, it may harm the structural bearing capacity of the steel bridge. In order to isolate air and water to steel corrosion, anti-corrosion coating technology arises at the historic moment, become the most commonly used means to slow steel bridge corrosion rate, science for steel bridge coating corrosion law research is more and more urgent, so we can master the corrosion law of steel bridge coating for steel bridge maintenance operation and decision-making is of great significance.

Keywords: steel bridge, coating, anti-corrosion, corrosion

前言

三年的新冠疫情,致使我国的经济增速降至近三十年的冰点,人们的生命安全和财产饱受新冠疫情的危害,随着新冠疫情的结束,我国经济百废待兴,人民群众对于未来经济回暖的愿望十分迫切,国家必然会加大对基础设施的投资建设以拉动就业和经济发展,必然会同步加大对钢桥的投资建设以完善我国桥梁结构类型的占比并消耗过剩的钢铁产能。随着钢桥数量的不断增加,后期养护与运营压力逐年递增,并且大气污染、水污染、工业污染等环境污染问题仍比较突出,这些因素对钢桥涂层的腐蚀会产生不同程度的加速作用,对钢桥的危险也是不言而喻的。所以钢桥涂层的腐蚀问题给桥梁的后期养护带来了巨大的阻碍。

1 涂层腐蚀国内外研究现状

1.1 涂层腐蚀国内研究现状

国内学者对于涂层腐蚀的研究集中于飞机涂层、船舶涂层、钢结构桥梁涂层等领域。

蔡光义等(2017)[1]提出涂层附着于金属表面并且紧密结合,可避免腐蚀性物质与金属表面直接接触,并增加金属的使用寿命。但在金属结构服役的过程中,涂层会遭受盐水飞溅、紫外光、湿热及其他腐蚀因素的影响导致涂层产生微小孔隙,这个孔隙可能会成为氧气、腐蚀性离子、水分子等穿过涂层进入金属表面的通道,并导致涂层对金属基体的防腐效果下降,加快金属的腐蚀进程。

宋林林,解瑞等(2012)[4]通过模拟试验研究,沿海大气环境中丙烯酸聚氨酯涂层的失效过程可分为以下三个阶段:(1)第一阶段:水分子渗透过程,在第一阶段,湿润的空气携带水分子和氧气

等腐蚀性介质穿过涂层的微小孔隙进入涂层内部,导致涂层电容值的迅速增加,同时涂层电阻快速下降;(2)第二阶段:金属腐蚀过程,随着水分子及氧气等腐蚀性介质进入涂层达到一个相对平衡,此时涂层电容值也维持在一个相对稳定的值,这也意味着涂层腐蚀进入了第二阶段,此阶段腐蚀介质渗入逐渐饱和,对涂层腐蚀速率减慢,涂层电阻也减缓下降。(3)第三阶段:涂层完全失效过程,随着水分和氧等不断渗透通过涂层,电化学反应区不断增大,当电化学反应达到一定程度时,在涂层/金属界面开始积累大量腐蚀产物,当腐蚀产物的堆积影响到水分的扩散时,扩散步骤成为电化学反应控制步骤,腐蚀产物的出现妨碍了水分和氧的扩散过程,使得涂层性能下降速度减小。

目前国内对于涂层腐蚀规律的研究主要集中于飞机涂层、船舶涂层、管道涂层等领域,而对于钢桥涂层的腐蚀规律研究相对较少,对涂层腐蚀的规律也没有形成较为统一解释,虽然部分学者也研究了关于钢桥涂层腐蚀寿命,但是其研究难以应用于复杂的钢桥环境。

1.2 涂层腐蚀国外研究现状

国外对于涂层腐蚀规律的研究起步较早,许多有关涂层腐蚀的文章发表在《Corrosion Science》、《Corrosion US》、《Progress In Organic Coatings》等国际期刊上。国外学者对于涂层,并解释了涂层腐蚀降解机理,但是大多数研究仍然较为片面,忽视了钢桥所处的一些环境因素,理论与实际服役情况有较大的差异,这仍然是学术界值得去深究的一个研究课题。

2 钢桥涂层腐蚀的影响因素

(1) 紫外线

太阳光主要由红外线、可见光和紫外线这三种不同波长的光组成,其中紫外线主要分为短波紫外线(UVC)、中波紫外线(UVB)、长波紫外线(UVA)。防腐涂料是一种有机物,若是其高分子链吸收的能量大于化学键的离解能,则会导致分子链断裂,进而导致涂层的老化降解。大气层中的臭氧层能够吸收并基本消除 306.3nm 以下的紫外线,因此全部的 UVA 和部分的 UVB 能透过臭氧层到达地面,正是这两种紫外线给地面上的涂层带来很强的破坏力。虽然可见光和红外线也可到达地面,但是由于这两种光的波长过长,其具有的能量低于有机物高分子链的离解能,而紫外线具有的能量高于大部分有机物高分子链的离解能。综上所述,太阳光中的紫外线对防腐涂层的破坏最为严重,而紫外线中对防腐涂层起破坏作用的主要为中波紫外线 UVB 和长波紫外线 UVA。

(2) 降水

降水的形式有多种,主要为雨、雪、霜和冰雹等。降水分布比气温分布复杂许多,与多种因素有关,如大气运动、气团活动及地理位置等密切相关。降水对钢结构的腐蚀有重要的影响,一方面降水增加了空气的相对湿度,增加了结构的润湿时间,水更容易渗入结构缝隙而加快腐蚀过程,另一方面,降水具有冲刷作用,破坏了腐蚀产物的保护作用。防腐涂层本身具有吸水性,水分可以直接对涂料产生一定的降解作用,水分渗透涂层,还会引起涂层的起泡等病害。

(3) 温度

环境温度的变化是影响防腐涂层腐蚀的一个重要因素。在一天 24h 中,气温会出现一个最高值和一个最低值,最高气温一般出现在 14~15 时,最低气温出现在 4~7 时。在一年中,每个月份的温差也会出现一定的差别,根据各地的气象数据统计,我国气温的年变化一般为:在陆地上,最高气温出现在 7 月,最低气温出现在 1 月;在海上则最高气温出现在 8 月,而最低气温出现在 2 月。环境温度的变化会导致涂层的表面温度也会发生变化,从而影响涂层表面水分的凝聚、盐类的浓度、水膜的电阻等。此外,环境温度的变化还会导致凝露的发生,即水汽凝结成露珠附着在钢结构表面,同样会影响钢结构的腐蚀速率。

(4) 相对湿度

相对湿度即空气中的水汽含量。相对湿度是对钢结构腐蚀影响最严重的环境因素之一,在较高湿度环境下,较大温差交替循环变化可以使材料热胀冷缩,而高温时潮湿空气因“毛吸作用”更容易渗入材料组织内部,到温度降低时就会产生水汽凝露。钢结构的腐蚀一般为电化学腐蚀,发生电化学腐蚀最主要的条件是要在钢铁表面形成原电池。当相对湿度达到凝露的临界相对湿度,空气中的水汽会在钢结构表面形成水膜,从而促进了电化学的腐蚀过程,增加了钢结构的腐蚀速率。工程经验表明,钢结构在涂装前表面处理时最好控制相对湿度 40%~60% 的范围内,在此范围内,能有效保证在进行表面处理时钢结构不会返锈,并保证了钢结构表面处理的等级达到规范要求。

(5) 氯离子

钢结构在海洋环境、高盐分的河水环境以及沿海陆地环境中容易受到氯离子的腐蚀。尤其是海洋环境,海水具有高浓度的盐,同时海洋大气中的盐也较多,极易形成盐雾环境,钢结构表面会有很多细小的盐粒子,而氯离子具有强吸湿作用,海盐粒子吸收空气中的水分后容易在钢结构表面形成液膜,从而加速了电化学腐蚀的过程。因此,钢结构在海洋环境中的腐蚀比在内陆要严重得多。在沿海陆地环境中,由于风的携带,海洋中盐粒子进入沿海陆地,导致沿海陆地大气含盐量比内陆大气含盐量高,大气中的盐粒子加快了钢铁的腐蚀。此外,处于不同水环境中,钢结构的腐蚀严重程度也不同。水环境主要分为淡水环境和盐水环境,而这两种水环境的差异主要是含盐量差异较大。淡水的含盐量少,一般呈中性,腐蚀性

较低。盐水环境主要为海水,含盐量高,海水中氯化钠浓度一般可达 3%~3.5%,并溶有一定量的氧气,腐蚀性非常高。

3 钢桥涂层在实际服役过程产生的各种类型腐蚀病害分析

钢桥涂层在实际服役过程中会产生各种类型腐蚀病害,我们对各种类型腐蚀病害进行分析,经过现场调研,钢桥涂层腐蚀的病害类型主要包括起泡、开裂、脱落、锈蚀等。产生涂层腐蚀的可能原因如下:涂层涂装在钢结构的表面,在钢结构的服役过程中,涂层会受到紫外线、温度、相对湿度、降雨量、大气污染物、氯离子、荷载等因素的作用,这些因素会直接或间接地影响钢桥涂层的腐蚀,从而影响了涂层的使用寿命。

对于紫外线而言,太阳光包含可见光、紫外线、红外线,其中波长较短、能量较高的紫外线对涂层劣化降解会产生较大影响,紫外线能够破坏涂层高分子化学键,导致涂层发生降解,从而降低对钢桥的保护效果。

对于降水而言,降水的形式有多种,主要为雨、雪、霜和冰雹等。降水分布比气温分布复杂许多,与多种因素有关,如大气运动、气团活动及地理位置等密切相关。降水对钢结构的腐蚀有重要的影响,一方面降水增加了空气的相对湿度,增加了结构的润湿时间,水更容易渗入结构缝隙而加快腐蚀过程,另一方面,降水具有冲刷作用,破坏了腐蚀产物的保护作用。防腐涂层本身具有吸水性,水分可以直接对涂料产生一定的降解作用,水分渗透涂层,还会引起涂层的起泡等病害。

对于环境类别而言,钢桥在海洋环境、高盐分的河水环境以及沿海陆地环境中容易受到氯离子的腐蚀。尤其是海洋环境,海水具有高浓度的盐,同时海洋大气中的盐也较多,极易形成盐雾环境,钢桥表面会有很多细小的盐粒子,而氯离子具有强吸湿作用,海盐粒子吸收空气中的水分后容易在钢桥表面形成液膜,从而加速了电化学腐蚀的过程。

总而言之,涂层涂装在钢桥的表面,在钢桥的服役过程中,涂层会受到紫外线、温度、相对湿度、降雨量、大气污染物、氯离子、荷载等因素的作用,这些因素会直接或间接地影响钢桥涂层的腐蚀,从而影响了涂层的使用寿命,甚至危害钢桥的安全性和耐久性。

4 结论与展望

本文的研究主要是针对涂层腐蚀问题,在实际养护工程中,钢桥的腐蚀一直是很棘手的问题,现多以大面积腐蚀进行重新涂装为主要修复手段,手段单一且成本高昂,对于涂层的腐蚀规律很不明晰,修复处理的时间界限十分模糊,本文可用于指导实际养护工程中涂层修复决策;此外本文的研究,对于降低桥梁养护工程成本有一定的指导性意义。

但是本文仍然仅仅是涂层腐蚀领域研究中很小的一方面,考虑更全面、更细致的涂层腐蚀规律仍有待科学界进行更深入地探讨,希望本文能够为学者们的研究提供一丝帮助,解决涂层腐蚀领域的难点贡献力量。

参考文献:

- [1]蔡光义等(2017).有机涂层防护性能与失效评价研究进展[J].腐蚀与防护,2017,38(9):657-664.
- [2]吕平,李华灵等(2011).有机防护涂层老化研究进展[J].材料导报,2011,25(13):83-86.
- [3]胡建文,高瑾,李晓刚等(2009).紫外光对丙烯酸聚氨酯清漆的老化影响规律研究[J].中国腐蚀与防护学报,2009,29(5):371-375.
- [4]宋林林,解瑞等(2012).模拟海洋大气环境中丙烯酸聚氨酯涂层的失效规律[J].腐蚀与防护,2012,33(3):226-230.
- [5]张三平,萧以德等(2000).涂层户外暴露与室内加速腐蚀试验相关性研究[J].腐蚀科学与防护技术,2000,12(3):157-159