

文章编号: 0451-0712(2004)09-0038-03

中图分类号: U448.345.73

文献标识码: B

# 混凝土桥梁的腐蚀与防护

宋晓舒<sup>1</sup>, 安云岐<sup>2</sup>

(1. 绍兴袍江工业区管委会 绍兴市 312071; 2. 中国矿业大学 徐州市 221008)

**摘 要:** 针对我国混凝土桥梁所处的腐蚀环境, 指出表面防护涂层是极其有效的一种防腐蚀方法, 并分析了作为表面防护体系的封闭漆、中间漆、面漆应具有的特殊性质。

**关键词:** 混凝土; 桥梁; 腐蚀机理; 表面防护涂层

钢筋混凝土结构作为永久性建筑, 它是以水泥的水化物(主要是水化硅酸钙和水化铝酸钙)为粘结剂并结合一定级配的骨料如砂、碎石或其他惰性材料和钢筋制成的一种复合物。其中水泥水解过程中生成高碱性的氢氧化钙, pH 值可达 12.5~13.5, 能使钢铁表面形成具有钝化作用的钝化膜。混凝土的这种高碱性在相当长的时间内能很好地保护这种钝化膜, 防止钢铁进一步发生腐蚀, 因而钢筋混凝土是桥梁结构物非常重要的结构材料。但随之而来的是, 钢筋混凝土结构的腐蚀问题和耐久性问题逐渐暴露出来。

## 1 混凝土表面防护涂装的必要性

由于钢筋混凝土结构的破坏和腐蚀, 给各类建筑和工程造成了重大的安全隐患和经济损失。

据调查资料表明, 我国混凝土腐蚀现象普遍存在, 大多数混凝土桥达不到设计寿命。如 1981 年调查华南地区 18 座混凝土码头中, 钢筋锈蚀破坏或不耐久的占 89%, 使用寿命最短的仅为 7 年, 最长的为 25 年。据铁道部 2000 年桥隧抽检汇总资料统计, 全路混凝土梁有较严重裂损等病害的共计 6 529 孔, 占混凝土梁总数的 5.67%。

预防钢筋混凝土结构的病害和延长它们的使用寿命, 已经成为越来越紧迫的任务。

## 2 混凝土结构的防腐机理和破坏的主要因素

### 2.1 混凝土对钢筋的保护机理

混凝土由于水泥水化, 产生了大量的碱性产物,

加上水泥中少量的  $K_2O$ 、 $Na_2O$ , 所以 pH 值可高达 12.5~13.5。钢筋处于该环境中, 表面能形成 200~1 000  $\mu m$  厚的水氧化物, 组成致密、稳定的钝化膜层, 有效保护了混凝土中的钢筋不被锈蚀。当混凝土中的碱性水化物被溶析, 或因碳化降低了混凝土的碱度, 钢筋就容易受到侵蚀, 当混凝土的 pH 值 < 11.8 时, 钢筋表面的钝化层已不稳定, 并逐渐破坏。

### 2.2 混凝土中钢筋的腐蚀条件

混凝土中钢筋的电化学腐蚀必须满足 3 个基本条件: (1) 钢筋表面存在 2 个具有不同电位值的电极; (2) 钢筋表面存在有电解质液相薄膜; (3) 钢筋表面存在氧化物质。

### 2.3 造成混凝土结构破坏的主要因素

(1) 混凝土的中性化(主要是碳化)

混凝土的中性化, 是指混凝土中的碱性物质与酸性物质进行反应, 造成混凝土 pH 值降低。混凝土的碳化, 是最主要的中性化作用形式, 是指大气中的  $CO_2$  与混凝土中的  $Ca(OH)_2$  起化学反应, 生成中性的  $CaCO_3$ 。

$Ca(OH)_2$  是水泥水化的产物之一, 对于普通的硅酸盐水泥, 水化产生的  $Ca(OH)_2$  可达 10%~15%, 高碱度使钢筋表层钝化, 但是稳定性较差, 很容易与大气中的  $CO_2$  发生中和反应。水泥中性化的结果使混凝土碱度降低, 从而使钢筋失去钝化层的保护。

(2) 氯离子的腐蚀

氯离子半径小, 穿透能力强, 能够加速钢筋腐蚀, 对混凝土破坏主要表现在: ①氯离子进入混凝土

并到达钢筋表面,能破坏钢筋表面的钝化膜,使钢筋发生局部腐蚀;②氯离子的电化学作用,氯离子吸附并破坏钢筋局部钝化膜,露出钢铁基体,暴露区与周围钝化膜形成电化学腐蚀。因此,对于高氯离子含量的区域,防止氯离子的腐蚀是非常重要的工作。

### (3) 硫酸盐的侵蚀

工业生产中排放大量的  $\text{SO}_2$  气体,从而形成酸雨。我国酸雨覆盖面积已达国土面积的 30%,这使混凝土的防酸雨措施也显得非常重要。 $\text{SO}_2$  和进一步氧化的  $\text{SO}_3$  中和混凝土中的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,使混凝土中性化和酸化,混凝土内的钢筋丧失碱性保护而发生腐蚀。同时, $\text{SO}_2$ 、 $\text{SO}_3$  溶于水后可直接促进钢筋的电化学腐蚀。环境水中的硫酸根离子进入混凝土内部,与水泥的固相发生化学反应,生成难溶的盐矿物类——钙矾石和二水石膏,然后吸收大量的水而体积膨胀,造成混凝土的破坏。

### (4) 氧和水的作用

氧参与钢筋腐蚀电化学过程的阴极反应,因而钢筋的腐蚀速度受到水中溶解氧扩散过程的控制。

水不仅可加速混凝土的碳化,也为钢筋的腐蚀提供了条件。

### (5) 其他的作用

影响混凝土耐久性的其他因素还包括冻融交替、干湿交替、微生物、碱—集料反应等。

## 3 钢筋混凝土结构常见表面防护方法

对混凝土中钢筋腐蚀的防护主要从两方面着手:一是阻止或延缓侵蚀源的破坏作用;二是通过提高钢筋的防腐性能,或通过电化学方法提高钢筋的抗蚀能力。

### 3.1 使用优质的混凝土保护层

通常采用抗渗防水混凝土、聚合物混凝土或者掺入钢筋阻锈剂以对钢筋进行防护。在混凝土拌和物中直接掺入钢筋阻锈剂,在钢筋表面形成保护膜来抑制电化学反应。

### 3.2 钢筋混凝土表面防腐涂层

在混凝土基底的表面上涂覆涂料,待涂料中的溶剂或水分挥发后,各组分之间通过化学反应,在基底表面形成一层具有一定弹性的防水、防潮、防渗的连续薄膜。该涂料可形成重量轻、无缝隙的完整防水膜,特别适用于混凝土结构中形状不规则的复杂表面。

万方数据

### 3.3 钢筋防腐涂层

对混凝土中的钢筋可采用防腐涂层,但是混凝土中的钢筋防腐涂层要考虑与钢筋的粘结力的因素,国外使用较多的是环氧树脂涂层和聚乙烯缩丁醛涂层。钢筋涂覆层防蚀的价格比较高,且在施工时很难保证钢筋不受机械损伤,在钢筋涂覆膜遗漏处或涂覆不好的地方,将留下巨大的隐患。而且钢筋涂层使对钢筋腐蚀情况的无损检测和腐蚀控制带来了一些困难,使阴极保护技术受到限制。

### 3.4 电化学防腐技术

由于混凝土中钢筋腐蚀都是电化学腐蚀,因此可通过电化学的方式来延缓或制止钢筋的腐蚀。目前电化学保护技术中应用较多的是阴极保护技术,即钢筋整体成为阴极而被保护。阴极保护对水下区和潮差区的结构物保护效果较好,但对大气区的保护效果较差。

总之,预防混凝土中钢筋腐蚀的措施很多,但是每种方法都有其优势与不足,最为关键的就是要结合钢筋混凝土的使用环境以及潜在的腐蚀源,做到有的放矢,才能达到最佳的防腐效果。

## 4 我国桥梁所处的腐蚀环境及表面涂层防护

混凝土结构的公路桥梁自建造伊始,就遭受着大气中的水分、氧气和各种腐蚀介质(盐雾、城市的酸雨、汽车尾气、工业含硫烟尘、大气悬浮物等联合作用)的化学和电化学作用而引起腐蚀;太阳辐射是影响腐蚀行为的另一个因素,它促进铜或铁等金属表面的光能腐蚀反应及真菌之类生物的活动,而后者有利于腐蚀性盐雾和尘埃的积存,增加腐蚀性;雨量、雾量及其季节分布也影响金属腐蚀速度,频繁的降雨会冲掉表面的积盐而减轻腐蚀。

### 4.1 混凝土桥梁表面涂层的防护作用

表面涂层防护在混凝土桥梁养护完毕后进行,或对旧桥的疏松空隙进行表面预处理后再进行涂装,既不影响熟化期混凝土的排水、排气,也能有效阻止腐蚀介质在混凝土使用过程中侵入。混凝土桥梁表面涂层是阻止腐蚀介质进入混凝土的第一道防线,在混凝土表面形成一层耐候、抗渗、耐久的涂层,这无疑是一种成本低廉、施工方便、效果理想的方案。

混凝土表面防护涂层近年来在各国的桥梁工程上获得普遍使用,它能使混凝土的使用寿命延长 15~30 年,大大减少混凝土的维护费用。混凝土表面涂层按作用机理分为封闭型和隔离型。工程应用时

往往将封闭和隔离作用联合起来使用,其防护效果会更好。

混凝土表面涂装装饰、防水、防潮和防腐蚀作用,而防腐蚀作用是首要的。

由于环氧类涂料在抗氯离子渗透和对混凝土的总体保护上效果好。因此,国内外的混凝土桥梁大多采用环氧类涂料进行表面涂装防护。

#### 4.2 混凝土结构表面涂层体系说明

作为混凝土表面的防护体系,应该具有以下特点:憎水、耐水;防止水的渗透;抑制水蒸汽的扩散;耐常用化学和生物制剂;在宽广的温度范围内具有良好的柔韧性等特性。

适合涂装体系的封闭漆,必须具有良好的渗透性能,能有效地防止有害物质的侵入;具有致密的结构,能有效阻挡小分子或离子的入侵;具有良好的耐碱性(耐碱性是封闭漆能否长期使用和保持与混凝土良好结合力的重要指标);具有良好的柔韧性;与复合体系的其他部分具有良好的结合力;便于施工。

中间漆必须具有良好的屏蔽和抗渗透性,与底层和面层涂料有良好的配套性(层间附着力好);具有抗冲击性;具有相对大气候的稳定性。

面漆必须具有优良的耐候性。

#### 5 结语

混凝土结构的表面防护技术是一项关系国民经济是否健康发展的重大科学技术问题,国内外专家称之为“上万亿元的机会”。发达国家走过的路已经表明,如果不重视混凝土结构的耐久性问题,将付出极大的经济代价。

作为发展中国家,我国目前正在加大基础设施的建设,为了有效延长使用寿命,在混凝土表面制备一层耐候、抗渗、耐久的表面防护涂层,不但能有效减少混凝土的维护费用,同时还可以起到美化环境的作用,对我国的经济建设具有重大的意义。

#### 参考文献:

- [1] 李金桂,肖定全. 现代表面工程设计手册[M]. 北京:国防工业出版社,2000.
- [2] 曾晓雁,吴懿平. 表工程学[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [3] F Kaneko, H Nagasaka. Surface Engineering, 1990, 6 (2).
- [4] 虞兆年. 防腐蚀涂料和涂装[M]. 北京:化学工业出版社,1994.
- [5] 王泳厚. 实用涂料防蚀技术手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1994.

## 2005 年度《公路》月刊广告征订

《公路》月刊于 1956 年创刊,由中华人民共和国交通部主管,是中国公路行业出版最早的中央级综合技术类科学技术期刊,是公路运输类核心期刊,是全国优秀科技期刊。

经过为读者服务的近 50 年,《公路》月刊形成了自己鲜明的特点,“坚持科技第一”、“热忱为读者服务”是我们的一贯方针。《公路》月刊目前月发行量为 2 万份,拥有稳定的读者群,并深得读者们的信任与厚爱。

为做好 2005 年度《公路》杂志的广告计划,并及早着手设计和制作,《公路》月刊已经开始征订 2005 年度广告。请有意通过《公路》月刊向大众宣传自己产品的商家及在市场经济大潮中树立企业形象的设计、科研、施工、管理等单位,尽快与本刊联系,索要“广告刊登须知”及“价目表”。

为加强广告安排的计划性,本刊将按照收到征订合约的先后次序,安排广告刊出位置与时间的优先权,请及早与我们联系。

广告是市场营销活动的重要环节,本刊作为广告媒体,将竭诚为您服务。愿我们携手合作,共创美好未来。

广告联系人:王少侠 010—65259164,65279988 转 1801

谭昌富 010—65259168,65279988 转 1802

谢跃庆 010—65125565,65279988 转 1816

地址:北京东四前炒面胡同 33 号(100010)

E-mail:advt@chn-highway.com

《公路》杂志社