

# 环氧涂层钢筋及其在工程中的应用

王树群 ( 深圳市深港西部通道工程建设办公室 )

**摘 要：**钢筋腐蚀是使海工混凝土结构产生病害和缩短使用寿命的主要原因。经过长期实践和试验分析，人们根据钢筋腐蚀机理提出了若干种防腐措施，其中环氧(树脂)涂层钢筋是目前在氯盐环境下防止钢筋腐蚀最有效的方法之一。本文结合深圳湾公路大桥桥墩施工工程实例，从其制作、安装、运输、吊装、加工及修补等方面介绍了环氧涂层钢筋在此类结构中的成功运用。

**关键词：**环氧(树脂) 涂层钢筋 腐蚀 海工结构

环氧涂层钢筋是将普通变形钢筋通过除锈、清洗、打毛、加热后用电离子喷射法将环氧树脂涂敷于钢筋表面，经固化、冷却后再进行微孔处理而成。环氧涂层钢筋与其它材料的涂层钢筋相比，具有防腐性能稳定、生产工艺简单、耐磨损、对环境污染少、生产成本较低等特点。环氧涂层钢筋与普通钢筋相比，具有防腐性能良好、混凝土保护层可明显减薄等优点。目前在国内外得到广泛的应用。

## 1 环氧涂层钢筋应用的历史及现状

在海港工程的高桩码头，钢筋锈蚀严重影响混凝土结构耐久性，使码头使用寿命仅能维持 30 年左右。在美国的北方与加拿大，由于冬季需要在路面上撒大量除冰盐以融化冰雪，而盐水渗透到混凝土桥面板中，造成钢筋严重锈蚀，混凝土保护层剥落。在美国南方的海边，特别是处于浪溅区的混凝土结构和采用含盐骨料的混凝土结构也遭到类似的腐蚀破坏，高昂的修复经费，甚至超过其最初的建造费用。

以上问题促进了防腐技术的研究开发。通过大量试验，从 50 多种涂层材料中筛选出了最佳的钢筋防腐材料静电喷涂环氧树脂粉末，与涂层、阴极保护等防腐技术相比，涂层钢筋具有防腐效果好、喷涂工艺简单、涂层厚度易于控制、对环境无污染、最具成本效益等优势，因而得到迅速发展。

防水卷材除承担隔断水渗外，要承担与防护层、基本层粘接的作用，即为粘接材料提供“锚固”切向通透空隙。防水卷材中间层是聚乙烯不透水层，表面层是丙纶构成的足够强度的网状结构层。聚乙烯不透水层是模式的中心。由于采用面层增强卷材芯，层厚较小，这对克服合成高分子材料热膨胀大的缺点有利。

粘接层 N 承担防水卷材与工程结构基本层的粘接，同时阻止意外损坏卷材渗水的切向通透。

## 2 钢筋腐蚀机理

混凝土中钢筋的腐蚀是一种过程，其电化学腐蚀过程产生的  $Fe(OH)_2$  导致侵蚀后的体积比钢筋被侵蚀的体积大 2~3 倍，当这种体积膨胀力使钢筋周围混凝土承受的拉应力超过混凝土抗拉强度时就会产生顺筋裂缝，进而导致钢筋腐蚀。

通常，混凝土中钢筋钝化膜遭到破坏的机理，一是混凝土的碳化，二是氯离子的侵入。氯离子是一种极强的阳极活化剂，当氯离子渗透到钢筋周围达到一定的浓度(临界浓度)就会破坏钢筋钝化膜，导致钢筋产生电化学腐蚀。海水中含有丰富的氯离子，因此，处于海洋环境中的混凝土结构，氯离子的渗入是引起钢筋腐蚀的最主要原因，处于浪溅区的混凝土构件最易发生钢筋腐蚀破坏，其次是位于水位变动区和大气区的混凝土构件，位于水下区的混凝土构件，基本不会发生腐蚀破坏。

在八尺门大桥工程<sup>[2]</sup>中，工程人员用普通钢筋与环氧涂层钢筋在海水中进行抗腐蚀试验对比得出下表的参数：

抗腐蚀试验对比表

	1d	5d	10d	15d	30d	45d
普通钢筋	轻微浮锈	发生浮锈与锈斑	轻度锈蚀，锈斑增多	锈蚀加重，锈斑加深	中度锈蚀，锈斑严重	锈蚀较严重
涂层钢筋	无变化	无变化	无变化	无变化	无锈蚀，颜色稍淡	无锈蚀，颜色稍淡

基本层：这里指工程与防水系统连接的部分，并已用水泥材料找平的规则结构面或其他材料构件。

聚乙烯丙纶复合防水卷材适用于工业与民用建筑的屋面、楼面、地下室、卫浴间、厨房、地沟等部位的防水、防潮、防渗工程，也可用于水利、地铁、隧道、市政、化工、冶金等行业的防水、防污染、防渗漏以及管道防腐工程。

由表可见,环氧涂层可有效地防止处于恶劣环境下海水对钢筋的侵蚀。完整连续的环氧涂层有极高的化学稳定性,在钢筋表面形成了与水、氧、氯化物等侵蚀性介质接触的物理屏障,有效地保护了钢筋的完好,提高了构件的耐久性,保证了建筑物的设计寿命。

### 3 环氧涂层钢筋的设计和施工要求

环氧涂层钢筋的混凝土应采用优质混凝土和高性能混凝土,在应用中不得与外加电流阴极保护联合使用。

环氧涂层钢筋与混凝土的粘结强度宜取为无涂层钢筋的 80%,锚固长度应为无涂层钢筋的 1.25 倍,绑扎搭接长度受拉钢筋应为无涂层钢筋的 1.5 倍,受压钢筋应为 1.0 倍,且不应小于 250mm。承载力、裂缝宽度和刚度计算方法与无涂层钢筋构件相同,但裂缝宽度计算值应为无涂层钢筋的 1.2 倍,刚度计算应为无涂层钢筋的 0.9 倍。

同时,环氧涂层钢筋制作所用材料、加工工艺、检验方法应符合现行行业标准《环氧树脂涂层钢筋》JG30420 的有关规定,环氧涂层钢筋的质量(涂层厚度、连续性、柔韧性)应符合现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JTJ275 的有关规定,环氧涂层钢筋验收、存放、修改、加工、焊接、架立、浇筑等符合 JTJ275 有关规定。

## 4 工程实例

### 4.1 工程概况

**深圳湾公路大桥工程**,主桥 1#、3#、4# 墩为双独立墩实心钢筋混凝土结构,砼强度等级 C40。三个墩全部设计在承台顶高程 -2.0m 以上。为提高墩身在浪溅区的抗渗防腐能力,在承台顶以上 9m 范围内竖向、环向钢筋均采用了环氧涂层钢筋,保护层厚度 7.5mm。

### 4.2 环氧涂层钢筋施工

#### 4.2.1 涂层钢筋的现场验收、吊装

对到达施工现场的涂层钢筋进行验收,检查每捆涂层钢筋的原钢筋厂家铭牌、涂层钢筋厂家铭牌及相应的合格标记。采用高强度的尼龙带或麻绳为吊索,不得使用钢丝绳吊装涂层钢筋,避免吊索与钢筋之间因挤压、摩擦造成涂层破损。对长度超过 6m 的涂层钢筋,必须采用多支点吊装,避免钢筋两端因过大垂落造成钢筋之间的摩擦与碰撞,损坏涂层。

#### 4.2.2 涂层钢筋的贮存与搬运

每批涂层钢筋在施工现场的贮存期应尽量缩短,一般不宜超过 3 个月。

涂层钢筋在贮存期间,采用不透光的黑色塑料布

包裹,以避免环氧树脂涂层因紫外线照射引起涂层的褪色和老化。

涂层钢筋在堆放时,钢筋与地面之间、钢筋捆与钢筋捆之间以垫木隔开,且堆放层数不得超过 5 层。

#### 4.2.3 涂层钢筋的加工

按设计图纸对涂层钢筋进行弯曲、剪切加工,环境温度宜不低于 5℃;钢筋弯曲机的心轴套专用套管,平板表面铺布毡垫层,避免涂层与金属物直接接触挤压。涂层钢筋的弯曲直径,对直径  $d \leq 20\text{mm}$  钢筋,不得小于  $4d$ ;对直径  $d > 20\text{mm}$  钢筋,不得小于  $6d$ ,且弯曲速率不宜高于  $8\text{r}/\text{min}$ 。

#### 4.2.4 涂层钢筋的连接与定位

28mm 涂层钢筋的连接采用墩粗直螺纹接头进行机械连接;16mm 螺纹涂层钢筋和 16mm 圆钢涂层钢筋按设计长度进行加工,无需连接。

为保证涂层钢筋绑扎连接牢固和不损坏涂层,采用专用的包胶铅丝,对十字交叉钢筋,采用“X”型绑扣。

涂层钢筋的机械连接采用已经过涂装的墩粗直螺纹接头进行,并根据专用修补材料的使用要求,将接口处受损涂层修补好。

预埋涂层钢筋的底端与承台钢筋的钩接部位用胶带包裹,并采用包胶铁丝进行绑扎固定;预埋涂层钢筋采用钢管支架定位,在钢管与涂层钢筋相交部位用木条隔开,并采用包胶铁丝进行绑扎固定。

涂层钢筋铺装就位后,施工人员不得在其上行走,必须避免施工工具跌落砸坏钢筋涂层。

在同一构件中,环氧涂层钢筋与无涂层钢筋不得有电连接。

## 5 小结

采用涂层钢筋,初期建设成本虽高,但从成本效益分析来看,是十分值得的。例如广东汕头 LPG 码头<sup>[3]</sup>应用涂层钢筋,施工人工费用的增加约占水工工程总造价的 25%,但由于采用涂层钢筋将使海港高桩码头的使用年限从 30 年提高到 50 年,效益极其巨大。

目前,结构物的耐久性问题和建(构)筑物长期维护使用问题日益受到有关各方的重视,可以预见,涂层钢筋的应用会越来越多。

### 【参考文献】

- 钢筋混凝土结构设计原理,过镇海,清华大学出版社,2004
- 环氧树脂涂层钢筋在八尺门大桥工程中的应用,徐峰,公路,2002.9.
- 汕头 LPG 码头工程环氧树脂涂层钢筋的施工监理,张宏铨,水运工程,1999.8.