第四章　钢结构及网架长效防腐

一、概述

以往，钢结构及网架的防腐蚀没有受到应有的重视，只采用手工除锈、涂刷一般红丹底漆和普通油漆，使用半年或一年后，涂层起泡、透锈、脱落，钢材受到腐蚀，返修十分困难。

防腐层受到破坏是多种因素造成的，其主要原因是涂料性能差以及涂层施工方法不当。

钢结构和网架长期暴露在空气中，当气候变化时，空气的相对湿度超过某一临界值，在钢铁表面就会形成水膜，这空气湿度的临界值与钢铁表面状态和表面有无吸湿物有关。

表 4.1.1　不同表面状态的空气临界湿度

钢铁表面状态	临界湿度(%)
干净表面在干净的空气中	接近 100
被二氧化硫处理过的表面	80
干净表面在含 0.01%二氧化硫的空气中	70
在 3%氯化钠溶液中浸蚀过的表面	55

从上表可以看出，当空气被污染或在沿海地区空气中含盐时，临界湿度都很低，钢铁表面容易形成水膜。

钢铁的腐蚀主要是电化学腐蚀，钢结构在焊接时造成与母材材质的差异，焊渣及应力都会形成腐蚀电池的阴极和阳极区，尤其是钢铁表面除锈不彻底，钢材表面留有一层轧制的氧化铁皮。有些人认为这氧化皮不是锈，其实不然，这氧化皮是高温腐蚀产物，

主要是四氧化三铁，它在含微量盐的水中，与钢铁的电极电位差可达0.20伏。在水膜中，轧制的氧化皮将作为大的阴极，纯钢铁形成阳极。阳极不断被腐蚀，阴极逐渐扩大，钢结构被破坏。

二、涂层结构及材料

随国民经济的发展，钢结构工程日益增多，并向大型化发展，包括：超大型网架结构、跨海大桥、沿海城市的飞机场等。这些大型的钢结构工程需要维持30年、50年甚至100年的使用寿命。

最早使用红丹防锈底漆加醇酸面漆，涂100～150微米，其使用寿命一般只有两、三年，现在已被淘汰。为了达到长效防腐作用，目前国外较先进的防腐方案都选用几种高性能的防腐涂料，组成一个加厚的复合防腐涂层体系，即：重防腐蚀涂层体系。

从公式 $T = L^2/6D$ 可以看出：使用寿命T与涂层厚度L的平方成正比。增加涂层厚度，能加强涂层的隔离能力，是提高涂层寿命，保护钢铁的有效手段。采用新型的高固体份厚浆涂料，经少量次数的涂装，可以得到250～500微米的重防腐蚀涂层，而超重防蚀涂层厚度可达1000～2000微米。

重防腐蚀涂层是由底、中、面三层结构组成。表面处理采用喷砂除锈或抛丸除锈；一般底涂层选用富锌涂料，包括：无机富锌和有机富锌涂料，起阴极保护作用；中涂层选用厚浆型云母氧化铁或环氧玻璃鳞片涂料；面涂层采用耐水、耐化学介质、耐候性优良的厚浆型涂料，包括环氧型、氯化橡胶型、聚氨酯型和有机硅型涂料等。

三、底涂层

富锌涂料是由大量的微细锌粉与少量的成膜基料组成。锌的

电化学活性比钢铁高，在受到腐蚀时，有“自我牺牲”的作用，使钢铁被保护。腐蚀产物氧化锌又填充了空隙，使涂层更加致密。作为防腐蚀涂装系列的底漆，一般厚度为 30～40 微米，太厚易龟裂和剥落。

(一)、富锌涂料分类

1、水玻璃无机富锌涂料

五十年前研制的无机富锌涂料是以水玻璃为基料，加入锌粉，混合后涂刷。固化后要用清水冲洗，施工工艺复杂，工艺条件苛刻，表面处理必须在 Sa2.5 级以上，另外对环境温度、湿度都有要求，形成的涂膜易开裂，脱皮，目前已很少采用。

1994 年我公司承担北京首都机场四机位库钢结构防腐施工，设计部门曾选用过水玻璃无机富锌涂料作为底涂层，后因出现涂层开裂，被迫全部清除，改用正硅酸酯作基料的无机富锌涂料。

2、醇溶型无机富锌涂料

该涂料是以正硅酸乙酯为基料，以酒精为溶剂，经部分水解聚合，加入锌粉混合均匀后涂覆成膜。该底漆干燥快，施工适应性好。主要用于桥梁、石油化工设备和海洋工程防腐。

3、有机富锌涂料

有机富锌涂料是以环氧树脂为成膜基料，加入锌粉，固化后形成涂层。

环氧富锌涂料防腐性能优良，附着力强，并与下道涂层环氧云铁中层漆结合紧密，与其它高性能的中层漆和面层漆也有良好的粘结性。主要用于一般大气中的钢架结构和石油化工设备的防腐。

(二)、无机富锌底漆与环氧富锌底漆比较

1、无机富锌底漆与钢铁有化学反应，属化学结合，耐蚀性、耐久性优于环氧富锌。无机富锌表面处理要求较高，要求喷砂除锈至 $Sa2^1/_2$ 级，而环氧富锌为 Sa2 级。

2、无机富锌耐热性、耐溶剂性、导电性优于环氧富锌，但力学性能比环氧富锌差。

3、环氧富锌易与面层漆配套，无机富锌则受到一定限制，涂面层漆时易起泡和剥落。

4、无机富锌施工时对环境要求比环氧型高。

四、中涂层

中涂漆一般为环氧云铁防锈漆和环氧玻璃鳞片涂料或环氧厚浆涂料。

(一)、环氧云铁防锈漆

环氧云铁漆是以环氧树脂为基料加入云母氧化铁制成，云母氧化铁的微观结构像片状云母，其厚度仅为数微米，而直径为数十微米到 100 微米。它耐高温、耐碱、耐酸、无毒，片状结构可阻止介质渗透，增强了防腐性能，它收缩率低，表面有粗糙度，是一种优良的中层涂料。

应用实例如上海的南浦大桥：

主桥钢梁外壁：喷砂除锈 $Sa2^1/_2$ 级

第一层环氧富锌漆 80 微米

第二层环氧云铁漆 100 微米

第三层氯化橡胶云铁漆 45 微米

安装后：第四层氯化橡胶云铁漆 45 微米

(二)、环氧玻璃鳞片涂料

环氧玻璃鳞片涂料是以环氧树脂为基料,以薄片状的玻璃鳞片为骨料,再加各种添加剂组成的厚浆型涂料。玻璃鳞片厚度仅为2~5微米,片径为100~3000微米。由于鳞片在涂层中上下多层排列,形成独特的屏蔽结构,有以下特点:

1. 极优良的抗介质渗透性;

2. 优良的耐磨性;

3. 固化时收缩小,固化成膜后热膨胀系数小;

4. 与基体粘结性好,耐温度性好;

5. 良好的施工性能,施工方便,易修补。

玻璃鳞片涂料比云铁涂料有更多的优点。一般涂一遍可达150~300微米。日本关西海上机场和本州到四国跨海大桥的钢结构都使用环氧玻璃鳞片涂料,涂层厚度达到1000微米。

五、面涂层

(一)面涂层分类

用于面涂层的涂料按其价位可划分为三种:

普通级为环氧漆、氯化橡胶漆,氯磺化聚乙烯漆等;

中等级为聚氨酯漆;

高等级为有机硅改性聚氨酯漆、有机硅改性丙烯酸面漆、氟涂料等,价格较高,使用很不普遍。

(二)环氧型面涂层

环氧漆经化学固化后,化学性质稳定,涂层致密,有很强的粘接力,很高的机械性能。它耐酸、碱、盐,能抵抗多种化学介质的侵蚀。在东化公司试验室中,环氧漆试件浸在10%硫酸、氢氧化钠溶

液、盐水和汽油、柴油、原油等 16 种化学介质中，最长已达 15 年之久，仍保持完好，足可证明环氧漆是一种十分可靠的防腐涂料。

东化公司生产的环氧漆中，添加了云母粉组份，能有效减缓紫外线对环氧漆表面层的降解粉化，可在室内及非曝晒的环境下使用，其价格比聚氨酯漆低 30%以上。

(三)氯化橡胶型面涂层

氯化橡胶漆以氯化橡胶为成膜物，氯化橡胶是用天然橡胶与氯气反应制成，它属惰性树脂，成膜后密封性能非常好，水汽，氧气对漆膜的渗透率极低，而且耐酸、耐碱、耐水、耐氧化剂、耐各种腐蚀性气体的腐蚀，在用醇酸树脂改性后，耐候性好，在使用过程，漆膜理化性能变化很小，可以说是一种经济耐用的防腐材料。

六、涂装

涂料是防腐蚀的中间材料，必须经过涂装才能形成涂层，如果涂层厚薄不均，钢材表面的毛刺或锚纹的高峰会露出涂层，如果涂层施工遍数少，涂层有针孔，水中的氧、氯离子、水分子等会穿过这些薄弱的地方，使钢铁生锈腐蚀。腐蚀产物体积膨胀，形成锈包，体积逐渐扩大，最后涂层起泡脱落。

一种油漆，同一种条件，喷抛射除锈较手工除锈漆膜寿命可延长三倍到五倍。因此要想延长涂层的使用寿命，必须要采用喷砂、抛丸清理钢铁表面，将表面的污物、锈层、尤其是轧制钢材形成的氧化皮清理干净，达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和涂锈等级》(GB/T 8923－1988)标准要求的 Sa2.5 级。

涂料施工前，应按设计要求、产品说明书和国家有关技术标准的规定编写施工方案，对每道施工工序都应有要求，有质检、有记

录，例如喷砂后至涂底漆的时间间隔、无机富锌漆施工时环境温度和湿度的要求、先后两遍油漆的间隔时间、层间处理、油漆养生时间等等。

对于所用油漆要求有合格证、检验单、出厂日期、保质期等。

交工前要求按照有关技术标准的具体规定，用测厚仪和针孔检漏仪等仪器进行涂层质量检查验收。

七、东化公司钢结构防腐施工实例

东化公司历年曾承担多项钢结构及网架防腐施工，简述实例如下：

首都机场四机位库钢结构及网架采用喷射除锈达 Sa 2.5 级，涂刷环氧彩漆为底漆和中层漆，面漆为防火漆，防腐工程质量优良，预计可使用 30 年以上。

厦门工程机械厂钢结构采用抛丸除锈，喷涂进口环氧彩色漆，防腐工程质量优良。

锦西炼化总厂位于锦西化工厂东侧，化工厂的氯气、二氧化硫等强腐蚀性气体严重腐蚀厂内设备、钢结构及电缆桥架，桥架是高十米，宽四米的钢结构，全长十余公里，原采用普通油漆，使用过程腐蚀严重。九四年防腐大修采用环氧彩漆和氯化橡胶漆，至今涂层完好，桥架没有出现腐蚀。

这种复合涂层结构还可用于钢质贮水罐、湿式气柜、钢制游泳池、污水处理厂等与水相接触的设备及结构，均取得良好的防腐效果。