

钢桁架桥梁杆件摩擦面防腐涂层抗滑移性能研究

梁涛¹, 杨笑宇², 王延东³, 安云岐³, 倪雅³, 晁宇³

(1. 中铁大桥局一公司, 郑州 450053; 2. 中国矿业大学 材料学院, 徐州 221006;

3. 江苏中矿大正表面工程技术有限公司, 徐州 221008)

[摘要] 用于钢桁架桥梁杆件摩擦面的防腐涂层, 不仅要确保其防腐蚀设计寿命, 达到一般钢结构防腐涂层的外观、厚度和结合力要求, 还必须具有较强的抗滑移性能。采用钢桁架桥杆件摩擦面常用的 3 种涂装方案, 通过测定抗滑移系数, 对比研究了涂层的抗滑移性能, 并简单分析了几种涂层的附着力、耐候性和防腐蚀寿命, 为该类桥梁杆件摩擦面防腐涂层的设计提供了参考。

[关键词] 钢桁架桥; 摩擦面; 无机富锌防锈防滑涂料; 电弧喷涂; 抗滑移性能

[中图分类号] TG174.44

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2010)05-0042-03

Anti-slipping Property Research on Anti-corrosion Coating of Friction Surface of Steel Truss Bridge Bars

LIANG Tao¹, YANG Xiao-yu², WANG Yan-dong³, AN Yun-qi³, NI Ya³, CHAO Yu³

(1. 1st Branch Establishment of Iron Bridge Authority, Zhengzhou 450000, China;

2. Material Institute of CUMT, Xuzhou 221008, China;

3. Jiangsu CUMT Dazheng Surface Engineering Technology Co., Ltd, Xuzhou 221008, China)

[Abstract] Not only the design of anti-corrosion longevity of anti-corrosion coating used in friction surface of steel truss bridge bars should be ensured to meet the requirements of appearance, thickness and adhesion of general anti-corrosion coating of steel structure, but also the anti-corrosion coating should bear strong anti-slipping property. By testing the anti-slipping coefficient of three general proposals of coating in the friction surface of steel truss bridge bars, researched comparatively the anti-slipping property, and also analyzed simply the adhesion, weather resistance, and anti-corrosion longevity, offered references for the design of anti-corrosion coating of this kind of friction surface of steel truss bridge bars.

[Key words] truss bridge; friction surface; antiskid and antirust coatings of inorganic rich zinc; arc spraying; anti-slipping property

铁路是国家的大动脉, 随着我国基础建设的扩大和深入, 铁路建设加快, 铁路钢桥数量迅猛增加, 在我国对钢铁腐蚀防护越来越重视的背景下, 铁路桥梁的防腐涂装引起了人们的密切关注。我国铁路钢桥多采用钢桁架式结构, 近 3 年来, 杆件连接处摩擦面的防腐蚀方案出现了 3 种: 无机富锌防锈防滑涂料涂装、电弧喷涂金属(摩擦面常用的金属为铝、锌和铝镁合金等)涂装、在电弧喷涂金属涂层上再进行无机富锌防锈防滑涂料封闭涂装。用于桁架式铁路桥梁杆件摩擦面的防腐涂层, 不但要具有防腐蚀性能, 还要有一定的抗滑移功能, 因为这可以增强桁架式桥梁在交变载荷作用

下的稳定性和牢固性, 提高桥梁使用安全, 同时减少维护频次和建设费用。

1 试件的制备

1.1 试件

试件为按照 TB/T 2137—90 组装的双面拼接试件, 由涂装后的芯板和盖板(材质均为钢桥常用材质 Q370qE 钢)拼接而成, 芯板尺寸 24 mm×120 mm×360 mm, 盖板尺寸 16 mm×120 mm×330 mm。拼接时所用螺栓的规格为 M24 mm, 其孔尺寸 $\phi 26$ mm^[1]。

[收稿日期] 2010-06-13; **[修回日期]** 2010-07-26

[作者简介] 梁涛(1976—), 男, 工程师, 从事桥梁建设管理工作。

试验中制备 3 组试件,每组 4 个。

1.2 选用的涂装体系

3 组试件的芯板和盖板分别采用钢桁架式桥梁结

构杆件摩擦面常用的 3 种防腐涂装方案(见表 1)进行涂装。

表 1 3 种防腐涂装设计方案

Tab.1 Three kinds designed proposals of anti-corrosion coating

| 第 1 组试件涂装方案 ^[2] | | 第 2 组试件涂装方案 ^[2] | | 第 3 组试件涂装方案 | |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 涂装步骤 | 设计值 | 涂装步骤 | 设计值 | 涂装步骤 | 设计值 |
| 喷砂处理 | Sa 2.5 级, Rz 25~100 μm | 喷砂处理 | Sa 3 级, Rz 25~100 μm | 喷砂处理 | Sa 3 级, Rz 25~100 μm |
| 无机富锌防锈 防滑涂料 1 道 | 厚(120±40) μm | 电弧喷涂 金属涂层 | 厚(150±50) μm | 电弧喷涂金属涂层 涂装无机富锌 防锈防滑涂料 1 道 | 厚(150±50) μm, 厚 30 μm |

注:试件电弧喷涂涂装采用最常用的金属铝进行试验。

1.3 试件涂装

在相同的施工环境(环境温度 5~38 ℃,空气相对湿度低于 85%)下,采用相同设备进行喷砂除锈,按设计要求检测表面处理后的粗糙度、清洁度,合格后转入下道工序。第 2 组、第 3 组试件的电弧喷涂作业要求在喷砂后 4 h 内进行,电弧喷涂时一定要控制好喷涂电流、电压、气压、枪距等工艺参数,检测合格,除去金属涂层表面的浮灰和附着不牢的金属颗粒。3 组试件各道涂层均需检测外观、厚度、结合力,确保达到设计要求。

2 抗滑移系数试验及计算方法^[1]

按图 1 组装好试件,先打入冲钉定位,然后逐个换成贴有电阻丝片(或用压力传感器)的高强螺栓,拧紧,并用电阻应变仪准确控制每个高强螺栓的预拉力 P ,使之达到 $0.95P_{\text{设计}} \sim 1.05P_{\text{设计}}$ ($P_{\text{设计}}$ 为高强螺栓设计预拉力)。将试件装在试验机上,使试件轴线与试验机夹具中心线严格对中,在试件侧面划直线(划线位置见图 1),测出高强螺栓预拉力的实测值,然后进行拉力试验,平稳加载,加载速度为 3~5 kN/s,测得滑动荷载 N 。试验中发生如下情况之一时,认为达到滑动荷载:试验机发生回针现象;X-Y 记录仪中变形发生突变;试件侧面划线发生错动。抗滑移系数 f 可由下式

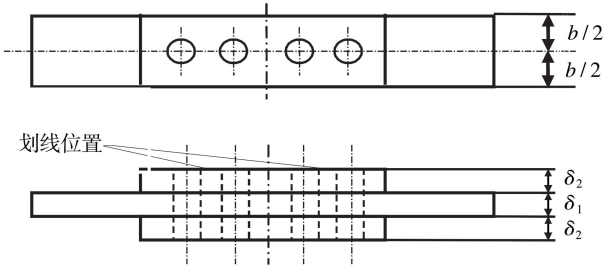


图 1 两栓连接试件

Fig.1 Connected test-piece of two cotters

算得:

$$f = N / (m \cdot \sum P)$$

式中: N 为由试验机测得的滑动荷载,kN; $m=2$,为摩擦面数; $\sum P$ 为与试件滑动荷载对应一侧的高强螺栓预拉力试验值之和,kN。

3 试验结果与分析

3.1 试件的抗滑移系数试验结果及分析

抗滑移系数试验的检测结果列于表 2 中。TB/T 1527—2004 中规定:钢梁出厂时,栓接表面抗滑移系数试验值应不小于 0.55,安装前不小于 0.45。表 2 的数据显示,3 组试件抗滑移系数的算术平均值分别为 0.72,0.87 和 0.63,均达到了 TB/T 1527—2004 的要求,其中,第 2 组试件(采用喷砂除锈→电弧喷涂涂装)的抗滑移系数最高,第 1 组试件次之,第 3 组试件最低。

3.2 结合强度分析

无机富锌底漆涂层是靠无机树脂粘结剂附着在金属上的,由于漆膜与钢铁膨胀系数不一样,使得漆膜产生内应力,因此附着力较低,其与底材的结合强度在 3.0~5.0 MPa 之间;而电弧喷涂铝涂层与底材的结合强度 $\geq 9.8 \text{ MPa}$ ^[3]。可见电弧喷涂铝涂层结合强度远远高于无机富锌防锈防滑涂料。电弧喷涂铝涂层+无机富锌防锈防滑涂层的复合涂层,与底材的结合强度 $\geq 8.0 \text{ MPa}$,高于 TB/T 1527—2004 中规定的 5.9 MPa^[4]。

3.3 涂层耐候性分析

无机富锌防锈防滑涂料漆膜的养护温度宜在 20~35 ℃,温度超过 35 ℃会使漆膜干燥太快,从而出现龟裂、粉化现象,耐候性较差。

金属铝和锌本身活性较强,在空气中有自钝化特性,电弧喷涂锌或铝涂层裸露在空气中会很快被空气

表 2 抗滑移系数试验测试结果

Tab.2 Testing result of anti-slipping coefficient examination

| 组别 | 螺栓预拉力/kN | | | 滑动载荷 /kN | 抗滑移 系数 f | f 平均值 |
|-------|----------|-----|-----|-------------|---------------|------------|
| | 1 | 2 | 合计 | | | |
| 第 1 组 | 1 | 227 | 234 | 461 | 636 | 0.69 |
| | | 225 | 227 | 452 | 696 | 0.77 |
| | 2 | 232 | 233 | 465 | 624 | 0.67 |
| | | 231 | 233 | 464 | 668 | 0.72 |
| | 3 | 230 | 232 | 462 | 666 | 0.72 |
| | | 234 | 232 | 466 | 689 | 0.74 |
| | 4 | 234 | 230 | 464 | 632 | 0.68 |
| | | 231 | 232 | 463 | 675 | 0.73 |
| 第 2 组 | 1 | 238 | 236 | 474 | 820 | 0.86 |
| | | 240 | 230 | 470 | 738 | 0.79 |
| | 2 | 235 | 233 | 468 | 800 | 0.85 |
| | | 234 | 231 | 465 | 782 | 0.84 |
| | 3 | 237 | 232 | 469 | 880 | 0.94 |
| | | 227 | 232 | 457 | 840 | 0.92 |
| | 4 | 241 | 227 | 468 | 838 | 0.90 |
| | | 230 | 232 | 462 | 792 | 0.86 |
| 第 3 组 | 1 | 232 | 223 | 455 | 537 | 0.59 |
| | | 228 | 235 | 453 | 535 | 0.59 |
| | 2 | 230 | 232 | 462 | 536 | 0.58 |
| | | 227 | 233 | 459 | 532 | 0.58 |
| | 3 | 229 | 238 | 467 | 626 | 0.67 |
| | | 232 | 232 | 464 | 631 | 0.68 |
| | 4 | 235 | 232 | 467 | 607 | 0.65 |
| | | 231 | 234 | 465 | 623 | 0.67 |

中的 O₂ 氧化,形成自然封闭,因此涂层耐候性较好。

在电弧喷涂涂层上采用无机富锌防锈防滑涂料进行封闭,填补金属涂层上的孔隙,可以避免金属涂层出现返锈现象,较单一的电弧喷涂涂层耐候性能更好。

3.4 防腐蚀寿命分析

无机富锌防锈防滑涂料涂层在太阳光、大气和雨水作用下会老化,水分通过针孔到达漆膜-钢铁交界

面,引起金属腐蚀并使涂层体积膨胀(电弧喷涂涂层无此现象),从而导致漆膜鼓泡开裂或局部整体脱壳,涂层防腐失效^[5]。无机富锌底漆涂层的耐腐蚀寿命一般为 12~25 a^[6]。

采用单一的电弧喷涂涂层,其防腐寿命可达 50 a 以上,钢桥在 30 a 内无需维护^[3]。而在电弧喷涂涂层上采用无机富锌防锈防滑涂料进行封闭处理,可产生协同效应,复合涂层的防腐寿命是单一电弧喷涂涂层的 1.5~2.3 倍^[6]。

4 结论

电弧喷涂涂层+无机富锌防锈防滑涂层的复合涂层,其防腐寿命较单一的无机富锌防锈防滑涂层和单一的电弧喷涂涂层要长,从而可延长桥梁的使用寿命,且该复合涂层的抗滑移性能、耐候性及结合强度均能达到该类桥梁摩擦面的设计要求,因此可广泛应用在钢桁架式桥梁结构杆件摩擦面的防腐中。

[参 考 文 献]

[1] TB/T 2137—90,铁路钢桥栓接面抗滑移系数试验方法[S].

[2] TB/T 1527—2004,铁路钢桥保护涂装[S].

[3] 任必年.公路桥梁腐蚀与防护[M].北京:人民交通出版社,2002:69,80.

[4] 刘新.桥梁涂装工程[M].北京:化学工业出版社,2009:223.

[5] 王延东,杨笑宇,洪伟,等.荆岳大桥钢箱梁油漆与电弧喷铝涂装方案对比[J].表面技术,2009,38(1):81—83.

[6] 何丽芳,郭忠诚.水性无机富锌涂料的应用研究[J].表面技术,2006,35(2):55—59.

(上接第 38 页)

[4] Kogut L, Etsion I. Elastic-Plastic Contact Analysis of a Sphere and a Rigid Flat[J]. Journal of Applied Mechanics, 2002, 69: 657—662.

[5] Lin L P, Lin J F. A New Method for Elastic-Plastic Contact Analysis of a Deformable Sphere and a Rigid Flat[J]. Journal of Tribology, 2006, 128: 221—229.

[6] Reedy J. Thin-coating Contact Mechanics with Adhesion [J]. Journal of Materials Research, 2006, 21(10): 2660—2668.

[7] 杨楠,陈大融,孔宪梅.多粗糙峰弹塑性接触的有限元分析[J].摩擦学学报,2000,20(3):202—206.

[8] 佟瑞庭,刘更,刘天祥.二维多粗糙峰涂层表面的弹塑性接触力学分析[J].机械科学与技术,2007,26(1):21—24.

[9] Liu G, Zhu J, Yu L, et al. Elasto-Plastic Contact of Rough Surfaces[J]. STLE Tribology Transactions, 2001, 44: 437—443.