

大气区钢结构氧化聚合型包覆防腐技术

侯保荣

(中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 大气区钢结构关键部位由于其结构复杂, 表面处理困难, 采用涂层防护无法起到良好的防腐效果, 而氧化聚合型包覆防腐技术针对钢结构的关键连接部位具有优异的防护效果。氧化聚合型包覆防腐技术由3层紧密相连的保护层组成, 依次为防蚀膏、防蚀带和外防护剂。该技术对钢结构表面处理要求低, 防蚀膏与钢结构表面紧密结合起到缓蚀防锈作用; 防蚀带粘贴在钢结构表面, 永久保持非固化、柔软的状态, 从而达到最佳的防腐性能; 外防护剂与空气接触氧化聚合, 形成坚韧的皮膜, 具有优异的耐老化性能, 由于该材料具有良好的柔软性, 能够抚平、粘贴在任何形状表面, 因此可以广泛适用于各种复杂形状的结构或构件, 被称为“可粘贴的重防腐涂料”。氧化聚合型包覆防腐技术施工工艺简单, 节省施工时间, 有效防护寿命长, 已证明是解决大气区钢结构关键部位腐蚀难题的十分适用的防腐技术。

关键词: 大气区; 钢结构; 包覆防腐; 氧化聚合

中图分类号: TM207 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-3962(2014)02-0101-05

Oxidative Polymerization Coated Anti-Corrosion Technology to Steel Structure at Atmospheric Zone

HOU Baorong

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science, Qingdao 266071, China)

Abstract: Paints cannot play a good effect for allotype junction of steel structure at atmospheric zone, because of the complex structure. The oxidative polymerization coated anti-corrosion technology has excellent performance for allotype junction of steel structure. Oxidative polymerization coated anti-corrosion technology consists of three closely linked protection layers, followed by anticorrosion grease, anticorrosion tape and outer protective agent. Anti-corrosion grease can change the rust into ferrous oxide film, the outer side of anti-corrosion tape has good UV-resistant property because of contacting with the air and forming oxidative polymerization film, the inner side of anti-corrosion tape pastes the steel structure surface and keeps the tape soft. So we call these kinds of materials anti-corrosion paint that can be stuck on. Oxidative polymerization coated anti-corrosion technology is simple construction process, saving construction time, with effective protection and long life, has proven to be suitable anti-corrosion technology to solve the atmospheric corrosion problem of key part of steel structure.

Key words: atmospheric zone; steel structure; oxidative polymerization; anti-corrosion tape

1 前言

海洋是巨大的资源宝库, 随着科学技术的发展和人口的不断增长, 陆地上的资源和生存空间愈加不能满足社会经济发展的需要, 海洋资源的开发利用在国民经济中占的比重越来越重。目前我国已有200多个海洋油气平台、几十座跨海大桥屹立在海上, 同时建设了大量的临海基础设施等海洋构筑物。由于钢铁材料韧性大、强度高、价格便宜, 目前这些构筑物大都用钢铁材料所制

成。海洋资源的开发所必须面对就是海洋环境的腐蚀问题。海洋腐蚀不仅造成资源和材料的巨大浪费, 而且还会导致突发性的灾难事故, 污染海洋环境, 破坏海洋生态, 甚至还会威胁到人民的生命安全。

海洋大气环境是海洋工程金属材料最常遇到的暴露环境, 这部分环境与陆地大气相比, 湿度更大, 空气中存在着含盐液滴, 使得该部位的腐蚀要比内陆严重的多^[1]。此外, 在海洋大气中的金属表面常会有真菌和霉菌存在, 保持了金属表面的水分从而增强了环境的腐蚀性。另外, 在工业大气环境中, 由于常伴有二氧化硫、二氧化碳等有害气体产生, 对金属的腐蚀也产生着极大的影响。据统计, 在自然环境中, 50%以上的腐蚀破坏是由大气腐蚀引起的。美国每年因为大气腐蚀破坏造成

收稿日期: 2013-11-21

作者简介: 侯保荣, 男, 1942年生, 中国工程院院士, Email: baoronghou@163.com

DOI: 10.7502/j.issn.1674-3962.2014.02.05

的经济损失约达 1 380 亿美元以上^[2]。由此可见大气腐蚀破坏的严重性。

钢铁材料在大气环境中受盐分、湿度及其他酸性气体的强烈影响,耐腐蚀性能较差,大大降低了钢构造物的使用寿命,直接影响钢结构物的使用安全,因此钢结构的腐蚀与耐久性值得高度重视。作为钢结构主要受力部位的焊接处、螺栓螺母、球形节点、法兰等异形节点,以及石油化工储罐的边缘板等由于形状复杂、材质不同,存在较多的缺陷、缝隙、边缘和棱角,表面凹凸不平,

易积存水、潮气、盐分等腐蚀性介质,极易发生应力腐蚀、电偶腐蚀、缝隙腐蚀和晶间腐蚀,特别是桥梁的钢索部位,由于桥梁在载荷作用下容易产生较大的挠度和震动,桥梁的拉索和吊杆非常容易腐蚀^[3]。根据有关调查结果,桥梁钢索的平均使用寿命约为 11 年,短的只有 4 年左右。腐蚀初期,产生的锈渍影响美观,如果连接构件的腐蚀进一步加深,甚至发生腐蚀断裂,会影响使用安全,以至会造成严重的安全事故。大气区钢结构典型关键部位的腐蚀照片如图 1 所示。

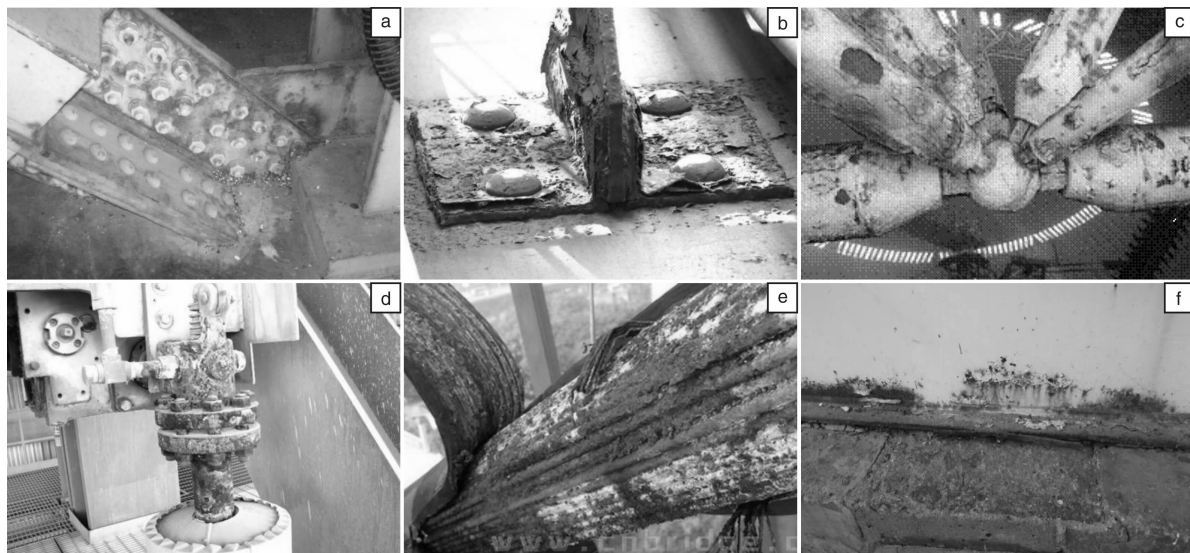


图 1 钢结构腐蚀照片: (a)螺栓, (b)铆接部位, (c)球形节点, (d)法兰, (e)钢索, (f)边缘板

Fig. 1 The corrosion of steel structure: (a) screw, (b) riveting part, (c) spherical node, (d) flange, (e) cable, and (f) plant edge

这些关键部件的面积虽小,但其腐蚀问题严重,是大气区钢结构设施防腐的短板,必须引起足够的重视,并需要采用一种高效、工艺简单且使用寿命长的防腐技术对其进行保护。

防腐涂料是钢结构表面防护最常用的防腐手段,具有成本低、工艺简单等优点^[4-5],但目前,传统的防腐涂料保护方法对施工表面的前处理等级及施工环境要求高,螺栓、法兰等关键节点部位形状不规则,难以进行喷砂等表面处理,难以达到表面处理要求;涂刷施工时,涂料很容易出现流挂、漏涂等现象,很难使这些关键部位和边缘部位得到足够的保护。因此,经常观察到节点部位涂层在这些部位容易发生剥落,需要经常进行后续维护;后续施工时必须将原来的涂层和锈层去除,表面处理复杂,后期维护费用高,防护效果不理想。

在国家“十二五”科技支撑计划等科研项目支持下,我们与日东电工有限公司合作,研究开发出了一套适合于大气区钢结构关键部位保护的氧化聚合型包覆防腐技术,已证明是一种优良的防腐蚀技术。

2 氧化聚合型包覆防腐技术

氧化聚合型包覆防腐技术,由 3 层紧密相连的保护层组成,依次为防蚀膏、防蚀带和外防护剂。

防蚀膏是氧化聚合型包覆防腐技术中最核心的材料,也是位于氧化聚合型包覆技术最内层的部分,直接与被保护的金属基体紧密接触,含有的特殊成分能将钢结构表面未处理干净的铁锈,转化成黑色的氧化亚铁膜,形成保护性封闭层,防止钢铁继续氧化、锈蚀,起到除锈、防锈双重作用。

防蚀带是将特殊调制的防蚀材料浸渍到纤维无纺布中制成,非常柔软,可以粘贴到各种复杂形状的结构表面。施工后防蚀带外表面通过氧化聚合作用变得干燥,而紧贴钢结构的一侧始终保持柔软状态,从而达到最佳的防腐性能。浸渍了特殊调制防蚀材料的无纺布,具有良好的密封性,可以将金属表面与水分、盐分、空气等腐蚀性因子隔离,从而达到最好的防护性能。此外,氧化聚合型防蚀带还具有良好的阻燃性和耐候性。如图 2 所示。

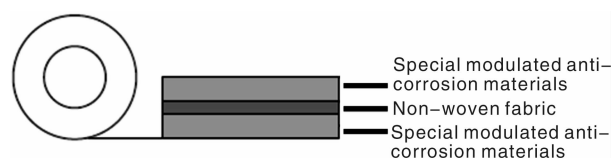


图 2 防蚀带结构示意图

Fig. 2 The schematic of anti-corrosion tape

外防护剂是可固化的防护材料，外防护剂涂刷在防蚀带表面，与空气接触之后，在较短时间内氧化

聚合成一种坚韧的皮膜，具有耐候、密封性能，有效防止紫外线照射老化和腐蚀介质进入，形成完整的保护膜。

3 氧化聚合型包覆防腐技术施工工艺与流程

氧化聚合型包覆防腐技术施工步骤分为表面处理、涂抹防蚀膏、缠绕粘贴防蚀带、涂刷外防护剂等，不同结构包覆方法如图 3 所示。

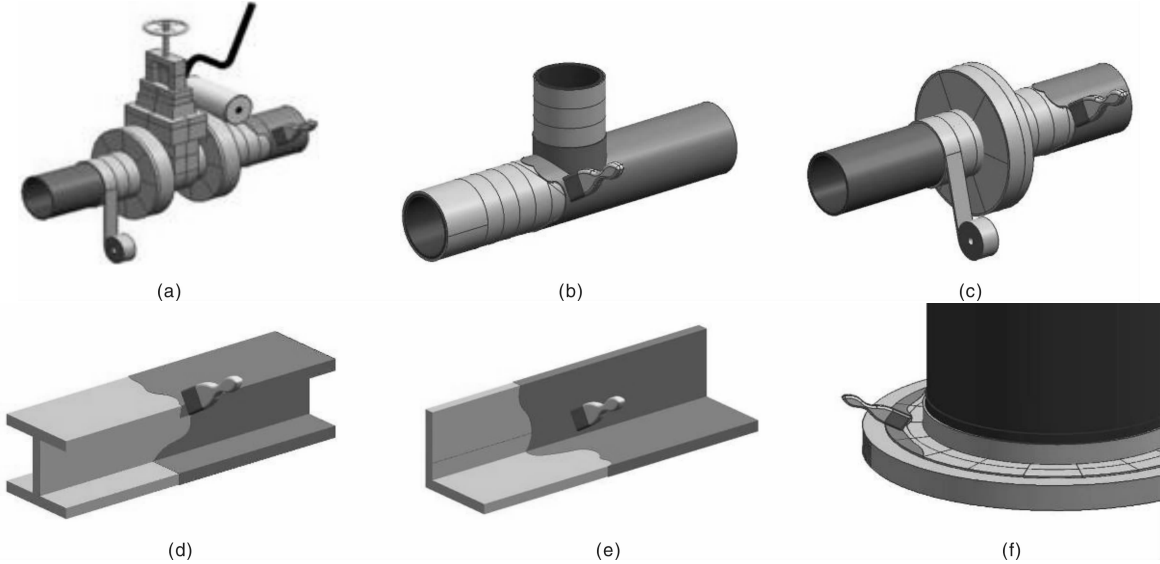


图 3 不同结构包覆示意图：(a) 阀门，(b) 三通，(c) 法兰，(d) H 型钢，(e) L 型钢，(f) 边缘板

Fig. 3 The coating process of different structure: (a) valve, (b) tee, (c) flange, (d) H-beam, (e) L-beam, and (f) plant edge

3.1 表面处理

为确保防蚀膏与钢结构表面充分结合，达到最佳的保护效果，也需要进行钢结构表面处理。施工区域钢结构表面处理以手动除锈为主，机械除锈为辅，表面处理要求无明显鼓泡和浮锈即可，附着牢固涂层可以保留。表面处理要求低是本技术的突出特点之一。

手工除锈时，若锈层较薄，可用钢丝刷清理后再用砂纸打磨。若锈层较厚，应先用铲刀铲除一次，再用钢丝刷、砂纸反复将基层打磨，最后用毛刷扫净浮锈。但如果表面锈层很严重的时候，可采用喷砂除去浮锈，使钢结构表面光洁度达到要求。

3.2 涂抹防蚀膏

防蚀膏在包覆防腐区域手工涂抹，使防蚀膏在钢结构表面均匀分布，钢结构表面的坑凹和缝隙处应用防蚀膏填满，确保包覆防腐范围内没有漏涂现象发生。

3.3 包覆防蚀带

防蚀带采取螺旋状缠绕或逐次粘贴的方式，每层依

次搭接 55%，保证每处均有 2 层防蚀带覆盖。对于垂直结构一般采用由下至上的方式进行。对于水平圆周可以沿圆周方向依次粘贴。随后用手沿防蚀带的缠绕和粘贴方向将防蚀带压平，挤出内部空气，使两层防蚀带及搭接处完全粘贴在一起。在突出部位（如螺栓）或转角处（节点、夹角）粘贴防蚀带，为了使防蚀带与钢结构结合紧密不残存气泡，应当把防蚀带剪开，用手多次抚平，确保防蚀带能紧贴钢结构表面。

3.4 涂刷外防护剂

使用前应将外防护剂充分混匀。用毛刷或辊子沾少许外防护剂，在防蚀带表面进行均匀涂刷。用手指触摸确认干燥后，再刷第二遍。

4 不同结构应用案例

目前，氧化聚合型包覆防腐技术已经在国内外的码头钢结构连接螺栓，沿海钢结构焊接部位，跨海、江大桥钢索，化工厂的原料储罐以及热电厂的管道法兰等

设施上得到广泛应用，并取得了良好的防腐蚀效果。

4.1 螺栓螺母

地脚螺栓与钢结构接触，由于不同金属之间电位不同，而且存在较多缝隙，极易发生腐蚀，威胁钢结构的耐久性和安全性。天津某码头管廊地脚螺栓共 4 000 余个，全部使用氧化聚合型包覆技术进行保护。如图 4 所示。

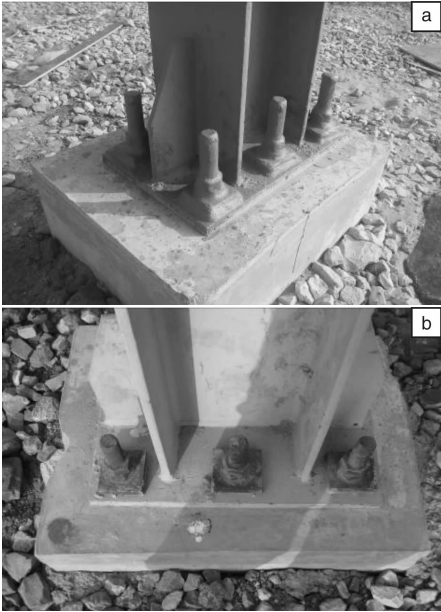


图 4 地脚螺栓包覆前后的照片：(a)施工前，(b)施工后

Fig. 4 The photos of screw before and after coating

4.2 桥梁钢索

斜拉桥、悬索桥等桥梁处于海洋大气环境，钢索受到载荷作用产生较大的震动，连接部位极易发生腐蚀，一般情况下使用 10 年就要进行换索工程，是对人力、物力和财力的极大浪费。日本大野大桥和日本大阪海鹰大桥采用氧化聚合型包覆防腐蚀技术，防护年限已达到 20 年以上。如图 5 所示。

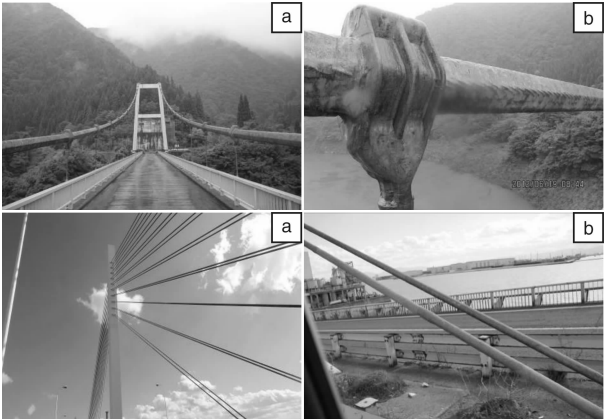


图 5 钢索包覆后的照片

Fig. 5 The photos of cable after coating

4.3 桥梁防水套

斜拉桥拉索底部与桥梁主体连接处通常使用防水套对内部结构进行防护，但防水套本身的防腐蚀性能不佳，长期使用会发生部件的老化、腐蚀、渗水，防水套内部存在积水，影响钢索的使用寿命。对青岛某海湾大桥和温州某大桥防水套使用氧化聚合型包覆防腐技术进行保护示范，效果如图 6 所示。

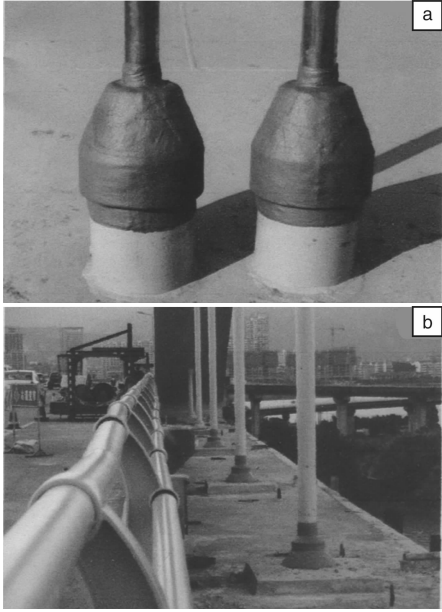


图 6 防水套包覆后的照片：(a)青岛某海湾大桥，(b)温州某大桥

Fig. 6 The photos of waterproof cover after coating: (a) a bridge in Qingdao, (b) a bridge in Wenzhou

4.4 法兰

丹东某电厂处于海洋大气和工业大气交叉环境中，大气中不仅有水分子和盐分等腐蚀性粒子，还存在二氧化硫等酸性气体成分，引起厂区中管道、阀门和法兰等设施的较严重腐蚀。采用氧化聚合型包覆防腐蚀技术，对法兰等异形构件进行包覆，隔绝腐蚀粒子，阻断腐蚀过程。如图 7 所示。

4.5 焊接处

大连某会议中心整体为钢结构构造，竖向承载构件转换多、钢结构类型多(涵盖了所有钢结构类型)、节点数量多(8.5 万个，复杂节点 1 000 余个)。仅钢结构焊缝总长度 36 万余米。钢结构焊缝全部采用氧化聚合型包覆技术进行保护，保证了该会议中心主体钢结构的耐久性和美观性。如图 8 所示。

4.6 储罐边缘板

淄博某建材公司原料储罐外面包裹一层保温层，因保温层渗水，储罐边缘板底部存在大量积水，造成边缘

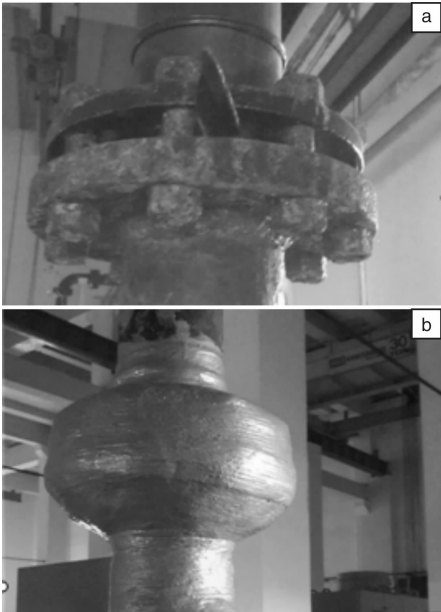


图 7 法兰包覆前后的照片：(a)施工前，(b)施工后
Fig. 7 The photos of flange before and after coating

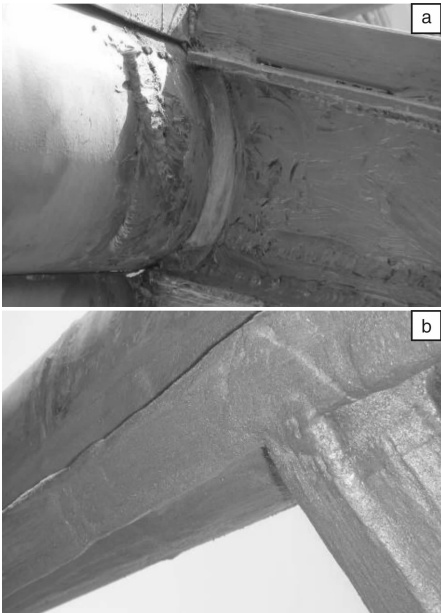


图 8 焊接部位包覆前后的照片：(a)施工前，(b)施工后
Fig. 8 The photos of welding parts before and after coating

板严重腐蚀，为保证生产安全性并延长储罐使用寿命，采用氧化聚合型包覆防腐技术对储罐边缘板进行保护。如图 9 所示。

目前，氧化聚合型包覆防腐技术在钢结构螺栓、储罐边缘板、跨海大桥拉索和防水套、钢结构焊接部位等

已开展了多项示范工程，取得了良好的防护效果。

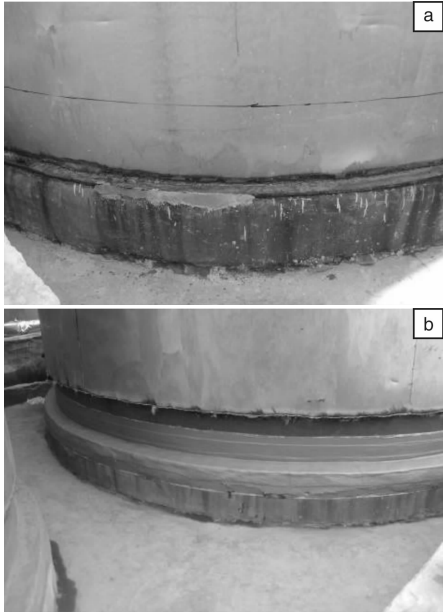


图 9 边缘板包覆前后的照片：(a)施工前，(b)施工后
Fig. 9 The photos of plant edge before and after coating

5 结 论

氧化聚合型包覆防腐技术表面处理要求低，防蚀膏、防蚀带能够有效隔绝腐蚀介质的渗透和侵蚀，具有优良长效的耐腐蚀性能，防蚀带和外防护剂具有长效的抗光照老化性能。氧化聚合型包覆防腐技术施工工艺简单，节省施工时间，有效防护寿命长，是解决大气区钢结构关键部位腐蚀难题的十分适用的防腐蚀技术。

参考文献 References

[1] Hou Baorong (侯保荣). *Theory and Application of Marine Corrosion Environment* (海洋腐蚀环境理论及其应用) [M]. Beijing: Science Press, 1999: 4-5.

[2] Chen Zhuoyuan (陈卓元). *Atmospheric Corrosion of Copper and Research Method* (铜的大气腐蚀及其研究方法) [M]. Beijing: Science Press, 2011: 1.

[3] Wei Gang (魏刚). *Bridge's Weakness* (桥梁的软肋) [N]. *China Science Daily* (中国科学报), 2013-2-22 (11).

[4] Ma Yongxin (马永新). 钢结构防腐蚀涂料施工技术[J]. *Shanghai Coatings* (上海涂料), 2010, 48(7): 51-53.

[5] Wang Jun (王军), Fu Qiang (付强), Yan Xuefeng (闫雪峰). 我国跨海大桥钢结构防腐保护与涂装[J]. *Modern Paint & Finishing* (现代涂料与涂装), 2008, 11(10): 37-41.