

文章编号: 1002-0268 (2010) 09-0135-03

青岛海湾大桥大沽河航道桥主缆防护技术

季 辉¹, 杜 清², 余陇刚²

(1 山东高速青岛公路有限公司, 山东 青岛 266061; 2 中交第二公路工程局有限公司, 陕西 西安 710065)

摘要: 青岛海湾大桥大沽河航道桥, 作为我国北方严寒地区第 1 座海上大跨径自锚式悬索桥, 其耐久性受胶州湾海洋环境影响较大, 加之悬索桥结构主缆系统的不可更换性, 选择一套安全、适用、经济的防护涂装方案至关重要。

关键词: 桥梁工程; 青岛海湾大桥; 主缆; 防护技术

中图分类号: U448.25 TU761.1⁺3

文献标识码: A

Main Cable Protection Technology for Daguhe Channel Bridge of Qingdao Bay Bridge

Ji Hui¹, Du Qing², Yu Longgang²

(1. Qingdao Expressway Co., Ltd Shandong Hi-Speed Group Qingdao Shandong 266061, China

2. CCCC Second Highway Engineering Co., Ltd, Xi'an Shaanxi 710065, China)

Abstract: Daguhe Channel Bridge of Qingdao Gulf Bridge is the first offshore long-span and self-anchored suspension bridge in Chinese northern cold region. Its durability is influenced by marine environment of Jiaozhou Bay and the cable system in suspension structure cannot be changed. It is very important to choose a set of protective coating method which is safety, applicable and economical.

Key words: bridge engineering; Qingdao Bay Bridge; main cable; protection technology

0 引言

腐蚀是一种自然现象, 任何工程都有建造、腐蚀、报废的过程, 腐蚀的控制必将贯穿工程寿命全过程。按照标准金属材料在青岛地区的腐蚀速度等级, 青岛大气环境的腐蚀严酷性等级属于 4 级 (按 ISO 9223—1992《金属和合金的耐腐蚀性大气腐蚀性分类》), 属腐蚀严重等级。大沽河航道桥总造价约 10 亿元, 设计使用寿命达 100 a。主缆作为悬索桥的生命线, 其防护体系的科学性及完整性将直接影响全桥的使用寿命, 在此结合国内外悬索桥主缆防护工艺, 对大沽河航道桥的主缆防护体系做一简要介绍。

1 大沽河航道桥概况

1.1 工程概况

大沽河航道桥为主跨 260 m 的 4 跨连续独塔自锚式钢箱梁悬索桥 (见图 1), 跨径布置为 (80+190

+260+80)m。主塔高 148.7 m, 钢箱梁重 2.1 万 t。除主缆锚固区为整幅梁段外, 其余均采用双箱分离式结构; 两根主缆分别由 61 股预置平行钢丝索股组成, 直径 502 mm, 吊索采用预置平行钢丝索股, 外包 7.0 mm 厚双层 PE 进行防护, 全桥共计 116 根; 索夹根据设计需要不同分为 3 种类型共计 72 个。

1.2 环境条件

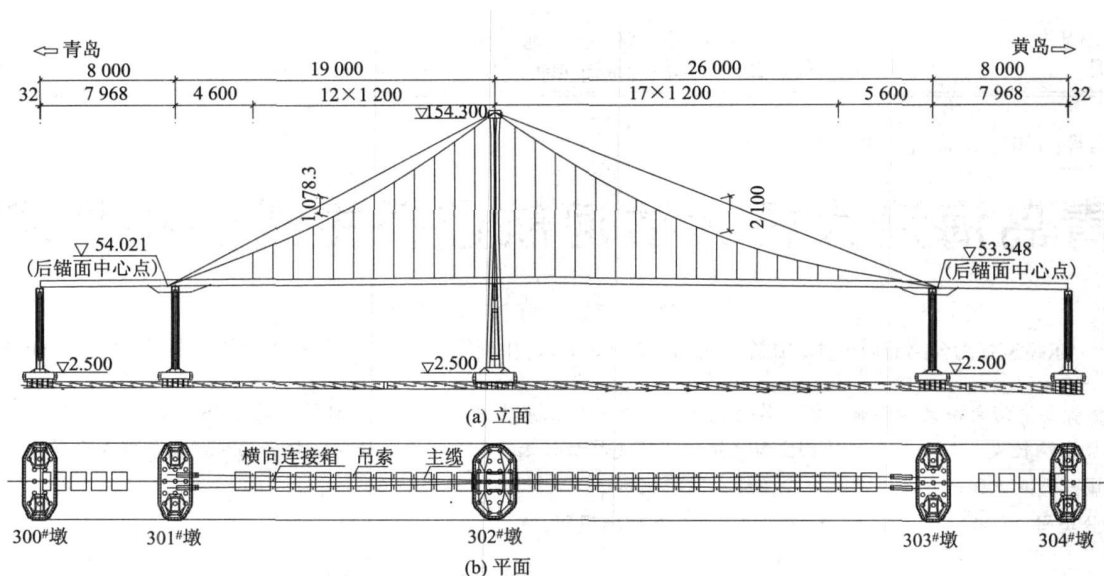
胶州湾地处北温带季风区, 又濒临黄海, 兼备季风气候与海洋气候特点。青岛海湾大桥所处大气环境为海洋大气, 即依赖于地貌和主要气流方向, 被海盐气溶胶 (主要是氯化物) 污染的环境大气。在此种环境下的主缆结构, 受风、流、潮、气的影响比较大, 腐蚀环境恶劣。

2 国内外悬索桥主缆防护方案对比

传统的主缆防护体系是通过主缆腻子缠丝涂装, 使悬索桥主缆形成主缆钢丝镀锌和防锈油膜、腻子、

收稿日期: 2010-08-04

作者简介: 季辉 (1975—) 男, 山东临沂人, 高级工程师, 研究方向为桥梁结构设计及项目管理。(jihu8008@163.com)

图 1 桥型布置图 (单位: cm)Fig 1 Arrangement of Daguhe Channel Bridge (unit: cm)

缠绕钢丝、表层涂装 4 大保护层构成的铠装防护, 其中最主要的是开发防腐性能更好的镀锌钢丝, 新型防护腻子材料, 增加密封剂等密封措施, 形成各种长效防腐涂装系统。根据各国悬索桥发展历程的不同, 主缆防护主要行程如下几个流派。

2.1 欧美悬索桥主缆防护

美国是现代悬索桥的发源地, 在美国现有的 100 多座悬索桥中大部分是老桥。这些老桥主缆防护主要采用传统的腻子缠丝涂装防护体系, 主要采用红丹腻子、圆钢丝缠丝和铅基涂料涂装。普鲁克林大桥至 1887 年建成以来, 由于防护到位, 至今仍然使用完好。

欧洲是现在悬索桥技术工艺进步的复兴之地, 悬索桥结构上的新技术, 新工艺都是从欧洲开始, 悬索桥钢箱梁、锚室、鞍室除湿防护、主缆除湿系统等新工艺都是在欧洲首先开发应用, 主缆防护主要沿用美国传统的主缆防护材料。

2.2 日本悬索桥主缆防护

作为 20 世纪后期的桥梁大国和桥梁强国, 日本悬索桥主缆防护起初也采用传统工艺, 但日本比较重视观察和研究主缆防护在实际应用过程中的效果, 注重自主研究开发新技术、新工艺、新材料。研究和应用了多种改进型腻子和涂装材料, 形成了专门的防腐腻子和软性涂料涂装体系; 针对圆钢丝缠绕的密封间隙和传统防护体系不能完全防护腐蚀等问题, 开发了主缆 S 型钢丝缠绕和主缆干燥除湿方法。通过改进后的传统主缆防护方法并结合主缆除湿防护, 使悬索桥主缆防护效果得到提升, 如明石海峡大桥。

2.3 中国悬索桥主缆防护

中国是崛起的桥梁建设大国, 但悬索桥主缆防护基本采用传统防护系统, 各桥的差别在于腻子材料不同和外层涂装系统组成的差异。国内较早应用的是北京航空材料研究院研制的不干性腻子涂装系列, 主要材料是采用聚异丁烯材料腻子、橡胶材料密封胶和聚氨酯涂料。

3 大沽河航道桥主缆防护方案

大沽河航道桥主缆防护仍沿用国内较为流行的传统防护系统, 圆形缠绕钢丝 + 防护腻子 + 密封漆方案, 但初期对防护的完整性认识不足, 主缆结构全长范围内均为受力结构, 如局部发生腐蚀损伤, 则全桥使用寿命将相应减短, 广州市的海印大桥 20 世纪 90 年代建成后, 由于拉索没有认真防护, 该桥建成后不到 10 a 由于拉索腐蚀严重, 便不能继续使用, 现代悬索桥的主缆是不可更换的部件, 如出现局部腐蚀, 后果不堪设想。大沽河航道桥在设计阶段只要求对主缆缠丝段进行涂装防护, 根据以往同类桥梁施工经验及中华人民共和国交通行业标准《悬索桥主缆系统防腐涂装技术条件》(JT/T694—2007) 相关要求, 施工完毕后应对缆索系统进行整体防护处理, 不可厚此薄彼, 由于防护体系的不完善而造成全桥使用寿命减少。应对主缆非缠丝区域及主缆相关钢结构表面等部位进行整体防护。目前国内已经施工完成的西堠门跨海大桥、武汉阳逻长江大桥、贵州坝陵河大桥等多座悬索桥, 均在施工完毕后对主缆外露面及索夹索鞍等进行整体性补充防护, 防护涂

装完成后大桥外观良好、防腐性能优良。

3.1 初期方案

- (1) 逐段拆除主缆上的捆扎带, 清洗主缆表面;
- (2) 在主缆表面刷涂磷化底漆一道, 干膜厚度 $10\text{ }\mu\text{m}$; 然后手工涂覆不干性嵌缝防护腻子, 平均厚度 $2\text{ }500\text{ }\mu\text{m}$ 要求腻子填满钢丝沟缝并且表面涂抹均匀;
- (3) 在防护腻子固化前, 用缠丝机在主缆上密缠直径 4 mm 的镀锌低碳钢丝。
- (4) 缠丝后清楚挤出表面防护腻子, 刷涂磷化底漆一道, 干膜厚度 $10\text{ }\mu\text{m}$ 然后刷涂环氧云铁底漆, 干膜厚度 $80\text{ }\mu\text{m}$;
- (5) 刮涂密封剂, 平均厚度 $2\text{ }000\text{ }\mu\text{m}$ 并用密封剂对索夹端口进行嵌缝;
- (6) 刷涂聚氨酯面漆, 干膜厚度 $60\text{ }\mu\text{m}$ 并在主缆顶面 30 cm 宽度范围内复涂聚氨酯面漆防滑图层;
- (7) 采用橡胶密封剂密封索夹环缝、直缝;
- (8) 箱梁内主缆散索段及塔顶索鞍非缠丝段利用除湿系统防护。

3.2 完善方案

主缆非缠丝区域防护方案, 如表 1、图 2、图 3 所示。

表 1 主缆非缠丝段防护涂层体系

Tab. 1 Protection coating system for non-armoured section of main cable

防护涂装部位	涂装材料	涂装厚度 / μm
主缆非缠丝区	磷化底漆	10
	环氧云铁底漆	80
	硫化型橡胶密封剂	5 000
	高强度玻璃布	2 000
	丙烯酸聚氨酯面漆	60

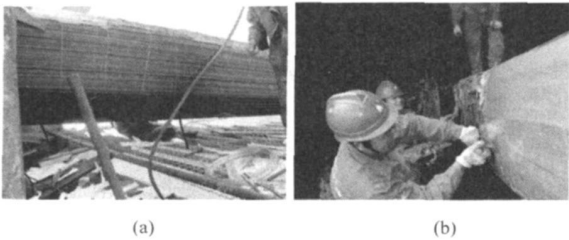


图 2 索鞍两侧主缆防护

Fig 2 Protection of saddle adjacent area

鞍座顶口密封防腐涂装方案: 先将鞍座顶口处索股表面、垫板、螺栓等部位清洗干净, 用密封剂将暴露的索股及顶口各接缝部位密封, 密封剂平均厚度 20 mm 然后刷涂丙烯酸聚氨酯面漆 2 道, 干膜厚度 $60\text{ }\mu\text{m}$ 如图 4 所示。

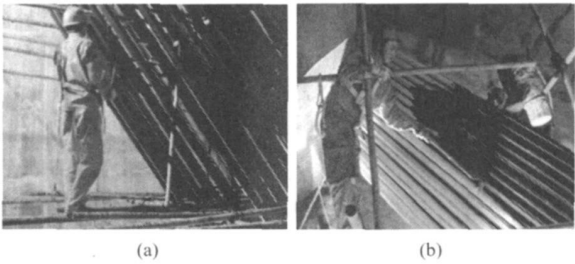


图 3 主缆散索段防护

Fig. 3 Protection of disperse cables area



图 4 索鞍防护

Fig. 4 Protection of saddle

其他钢结构表面防腐涂装方案, 如表 2 所示。

表 2 主缆钢构件防腐涂层体系

Tab. 2 Coating system for steel element of main cable

防护涂装部位	涂装材料	涂装厚度 / μm
相关钢构件表面 (索夹、索鞍、索股锚具、索股锚头、吊索于梁连接构件等)	环氧富锌底漆	40
	环氧云铁中间漆	120
	丙烯酸聚氨酯面漆	60

4 结语

根据国内现代悬索桥施工运营经验, 通过对主缆防护体系的完善, 虽然在建设阶段会增加部分投入, 但桥梁运营后, 维护费用降低, 全桥抗腐蚀能力也将进一步增强, 总体而言桥梁成本降低, 在此以青岛海湾大桥建设经验为载体, 希望能为国内再建同类桥梁建设提供有益经验。

参考文献:

References

[1] 叶觉明, 李荣庆. 现代悬索桥主缆防护现状与展望 [J]. 桥梁建设, 2009 (6): 67-71.
YE Jueming LI Rongqing State of the Art and Prospecting of Main Cable Protection of Modern Suspension Bridges [J]. Bridge Construction 2009 (6): 67-71
[2] 佛山市路桥建设有限公司. 大跨径自锚式悬索桥——广东佛山平胜大桥 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2008
Foshan Highway & Bridge Co., Ltd Large Span Self anchored Suspension Bridge Guangdong Foshan Pingsheng Bridge [M]. Beijing China Communications Press 2008