

钢结构斜拉桥常见病害空间特征分析

刘小玲¹, 文萌², 汪炳²

(1. 宁波大学 海运学院, 浙江 宁波 315200; 2. 宁波大学 土木与环境工程学院)

摘要:基于某大跨度钢结构斜拉桥的检测信息,对常见的病害进行空间特征分析。得出以下结论:斜拉索护套开裂病害在上游和下游分布相差很大,评估时以单侧最不利情形作为评估依据更为合理;上下游索力变化存在不一致性;钢箱梁涂装层缺陷检测应重点关注梁体两端的劣化状况;钢箱梁斜腹杆过焊孔裂纹分布与主梁的受力分布吻合,应重点检测跨中区域和辅助墩附近。钢塔涂装层缺陷检测应重点关注桥面处和塔顶区域。

关键词:钢桥;斜拉桥;病害;特征分析

近年来,斜拉桥由于其跨越能力强、外形美观等优点,得到了广泛的应用和发展。随着世界范围内对大跨径桥梁的需求增大,建成了数以百计的大跨径斜拉桥。但是,斜拉桥构造相对复杂,早期设计施工存在一些问题,再加上长时间的荷载和养护不到位的影响,大量斜拉桥在运营期内不可避免地出现了多种病害问题,成为结构安全的较大隐患。

国内外学者对不同类型斜拉桥的病害进行分类总结研究。田志强等通过国内外斜拉桥病害调研,总结出钢塔斜拉桥重要部件的典型病害;吴育苗、江向红等对混凝土斜拉桥的病害成因进行分析,并提出了相应的养护处理方案。学者们主要研究病害的成因和处治办法,但是对于病害的空间特征并未做深度挖掘。谢发祥等通过管养数据总结分析了高速公路板梁桥病害特征,并对其主要病害随跨径的发展特征进行了总结;韦锋等初步分析了混凝土刚构桥典型病害的分布特点,这些成果对斜拉桥的病害统计具有借鉴意义。鉴于此,该文以钢结构斜拉桥为例,基于已有的典型病害,对主要部件病害进行整理和归类,对病害的空

间特征进行统计与分析,为斜拉索的养护和维修提供参考。

1 某钢结构斜拉桥的检测概况

某斜拉桥位于江苏省南京市,主桥全长 1 288.0 m,呈南北向布置,跨径布置为(63+257+648+257+63) m。该桥于 2005 年 10 月 7 日正式通车。主梁采用正交异性钢箱梁形式,索塔为钢箱形式的弧线形塔,下部结构中采用桩柱式墩台,钻孔灌注桩基础。对于斜拉索系统而言,该桥采用双索面形式,斜拉索呈东西侧对称布置,每个索面有 84 根索,一共 168 根。斜拉索采用直径为 7 mm 的高强度平行钢丝外挤包高密度聚乙烯形式,最小型号为 109 根钢丝束,最大型号为 241 根钢丝束。目前桥梁正常运营,在 2010 年年度检测中属于 1 类桥,2012 年检测为 3 类桥,主要是主梁斜腹杆多处裂纹造成的。2013 年对之前的病害进行了维修,结构评定为 1 类桥。因此,该文以 2012 年检测报告中的病害为统计对象。

[12] JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

[13] Japan Society of Civil Engineers (JSCE). Recommendations for Design and Construction of Ultra-High Performance Fiber-Reinforced Concrete Structures[S].

[14] 马熙伦,陈宝春,黄卿维,等. 30 m 预应力 UHPC 小箱梁

优化设计[J]. 福州大学学报(自然科学版),2019(3).

[15] Jia-zhan Su, Xi-lun Ma, Bao-chun Chen, et al. Full-Scale Bending Test and Parametric Study on a 30 m Span Prestressed UHPC Box Girder [J]. Advanced Structural Engineering, 2019: 1-14.

收稿日期:2020-12-13(修改稿)

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:51808301);浙江省自然科学基金资助项目(编号:LQ19E080006)

作者简介:刘小玲,女,博士,讲师. E-mail:liuxiaolingseu@163.com

2 斜拉索常见病害特征分析

2.1 斜拉索病害在不同部位的分布特征分析

2012年,工程背景桥的斜拉索系统评分为83.9分。斜拉索系统在长时间荷载、风雨等自然环境的作用下,易出现各类病害问题,从该桥年检报告可以看出:斜拉索的上下锚头、索体、护套、减震系统等部位都出现了不同程度的病害,主要表现为钢护套表面防锈漆多处脱落、锚头的防腐油脂渗漏、下锚头圆形钢护筒内海绵碎裂等病害。

根据检测报告,表1为斜拉索系统中上锚头、拉索护套钢护筒段、下锚头、减震装置等部位的病害数量。

表1 斜拉索病害在不同部位分布		
部位	病害数量/处	病害类型
上锚头	20	防腐油脂渗漏
拉索护套(包括钢护筒段)	48	防锈漆脱落,钢护筒内海绵碎裂
下锚头	60	防腐油脂渗漏、涂装层起皮
减震装置	2	防锈漆脱落,表面油污

从表1可以看出:整体病害数量和种类并不多,说明目前斜拉索系统处于相对较好的状态。病害较多的地方为上锚头、拉索护套以及下锚头。20个上锚头存在防腐油脂渗漏问题,此类病害在距离桥面190.6~205.6m处多发,即对应最长的6根拉索位置,说明较长的拉索锚头处易发生防腐油脂渗漏,这些斜拉索承担着较大的索力,因此更容易受到破坏,应加强长索的病害检查。下锚头仅有7处防腐油脂渗漏,其余为涂装层起皮问题。护套病害主要是斜拉索钢护筒防锈漆脱落。

2.2 护套病害的空间分布特征

该桥运营时间不长,拉索的使用时间仅为7年,因此护套没有致命的病害,检测出护套病害类型中97%的病害为斜拉索钢护筒防锈漆脱落,这种病害存在于27.4%的拉索中。

经调查:①斜拉索钢护筒部分防锈漆脱落情况为:上游仅有5处病害,而下游有41处。桥梁的下游明显比上游斜拉索护套开裂数量多;②斜拉索护套开裂的病害在下游的分布情况为:普遍南塔岸侧以及跨中病害较多,这可能是由于常年多东南风造成。南京属于亚热带季风气候区域,夏季受海风影响,吹东南

风,同时湿度较大,造成了南边的涂装层出现较多的劣化问题。养护单位在评估时可以考虑以单侧最不利情形为评判标准。

2.3 索力的时空分布特征分析

对此桥的40根长索索力进行监测,由于是在通车状态下测量的,而第一次通车状态测量索力是在2009年,因此,将这两次结果进行对比。2012年相比2009年索力值相差不大,40根拉索索力合计增长了779kN,拉索变化率均在2%以内,表明该桥总体表现平稳。图1为上游20根拉索和下游20根拉索相比2009年的索力变化率,其中SA代表南塔岸侧索,SJ代表南塔江侧索,NJ代表北塔江侧索,NA代表北塔岸侧索。索长从短到长依次编号为1~21。索力变化幅度最大为1.9%,表明索力整体保持稳定。上下游索力变化增减基本一致,但是仍然存在某些拉索变化相异的情况。

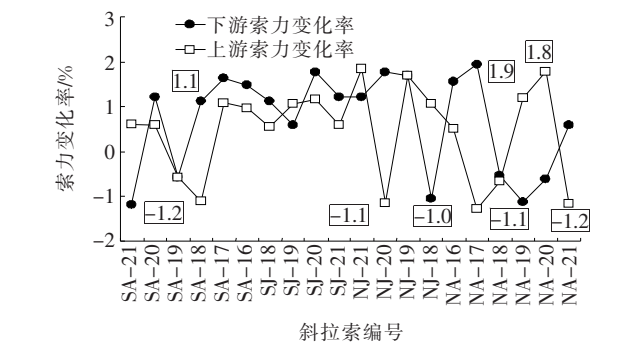


图1 2012年上下游索力变化率对比

由图1可以看出:北塔两边的索力出现了上下游变化不同的情况,而南塔两侧的上下游索力基本保持了相同的趋势,而且普遍索力增大。这样不对称的变化特征,需进一步检测两个塔的偏位情况,以做进一步判断。

3 钢箱梁常见病害特征分析

主梁评定为5类部件,主要是由斜腹杆过焊孔的受力裂缝导致。目前钢箱梁检测出主要病害是涂装层锈蚀以及斜腹杆过焊孔的裂纹,涂装层锈蚀小且散。

图2为钢箱梁每个箱室内涂装层锈蚀的总面积。由图2可见:大部分箱室内涂装层锈蚀状况较为一致,在梁体的两端涂装层问题相对较多。而在北塔侧一个箱室内出现了异常高的劣化面积,达到了1650cm²。在检测中应重点关注梁体两端的涂装层劣化状况。

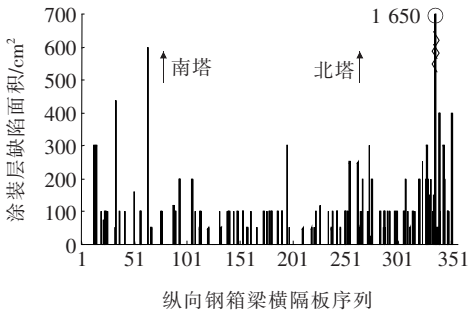


图 2 钢箱梁涂装层锈蚀分布图

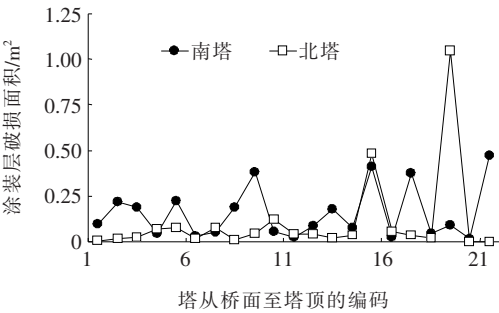


图 4 钢塔涂装层缺陷统计分布图

图 3 为钢箱梁斜腹杆过焊孔裂纹分布情况。由图 3 可以看出：钢箱梁斜腹杆过焊孔裂纹分布与主梁的受力分布吻合。在桥塔附近的钢箱梁受力较为稳定，斜腹杆过焊孔基本无裂纹，但是在跨中很大一片区域以及辅助墩附近，裂纹扩展迅速，甚至过焊孔整个断裂，因此在过焊孔裂纹检测中应重点关注受力不利点。

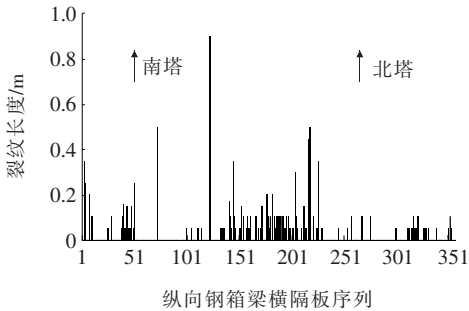


图 3 钢箱梁斜腹杆过焊孔裂纹分布图

4 钢塔常见病害分布特征分析

索塔评分为 84.9 分，评定等级为 2 级。钢塔的主要病害有较多涂装层缺陷（脱落、开裂、锈蚀）、190 个高强螺栓锈蚀，1 个高强螺栓丢失、焊缝不饱满等。其中最多的问题是涂装层缺陷。

图 4 为南北两个钢塔的涂装层缺陷统计分布。从图 4 可以看出：南塔和北塔涂装层缺陷在不同箱室的分布特征大致相同，在塔高较矮的地方，涂装层缺陷基本较少，而在塔高较高的地方，涂装层缺陷较多，甚至 19 号箱室的涂装层劣化面积达到了 1 m²。因此，在桥塔涂装层缺陷检查中应格外关注塔顶位置。

5 结论

通过对某大跨径钢结构斜拉桥 2012 年检测报告中病害的特征（主要分析部件包括斜拉索、钢箱梁、钢塔）进行分析，得出以下结论：

- (1) 斜拉索锚头防腐油脂渗漏多出现在长索中。斜拉索护套开裂病害在上游和下游分布相差很大，评估时可以考虑以单侧最不利情形为评判标准。上下游索力可能变化不一致，顺桥向索力变化应结合塔顶偏位作进一步判断。
- (2) 钢箱梁涂装层缺陷检测应重点关注梁体两端的劣化状况。钢箱梁斜腹杆过焊孔裂纹分布与主梁的受力分布吻合。应重点检测跨中区域和辅助墩附近。
- (3) 钢塔典型病害为涂装层缺陷，包括脱落、开裂、锈蚀等，应重点关注桥面处和塔顶区域。

参考文献：

[1] 黄侨,任远,许翔,等.大跨径缆索承重桥梁状态评估的研究现状与发展[J].哈尔滨工业大学学报,2017(9).

[2] 田志强,闫昕,赵玉贤,等.钢塔斜拉桥病害分析[J].公路交通科技(应用技术版),2012(10).

[3] 吴育苗,蒋湘成,朱利明.斜拉桥斜拉索体系病害分析与处理方案[J].世界桥梁,2013(3).

[4] 江向红.运营期混凝土斜拉桥的病害系统性检测与养护管理[J].工程与建设,2013(5).

[5] 谢发祥,丁鹏飞,陈欣,等.基于管养数据的高速公路板梁桥病害特征分析[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2018(6).

[6] 韦锋,杨洋,苏成,陈冉.华南地区混凝土刚构桥典型病害调查及分析[J].中外公路,2018(1).