

# 重复使用钢丝绳用做悬索桥施工 猫道承重索的检测

周 畅<sup>1</sup>, 金 仓<sup>2</sup>, 吴建强<sup>2</sup>

(1. 江苏省长江公路大桥建设指挥部, 江苏泰州 225321; 2. 中交第二公路工程局第二工程有限公司, 西安 710119)

**[摘要]** 猫道是悬索桥上部结构施工最重要的高空作业通道和场地,其线形、结构安全、抗风稳定性将影响整个上部构造施工各个主要分项工序的质量、进度和施工安全。猫道承重索是猫道结构的主要受力体,通常采用捻制的钢丝绳制作,在泰州大桥上部结构施工中,对于重复利用的猫道承重索钢丝绳,参照国内相关规范制订了完善的检验方案,对确保施工猫道的结构安全、降低施工成本,具有良好效果,对国内猫道钢丝绳的重复使用具有积极的借鉴意义。

**[关键词]** 悬索桥;猫道;承重索;重复使用

**[中图分类号]** U443 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2012)05-0033-04

## 1 前言

泰州大桥主桥采用主跨 $2 \times 1\ 080\text{ m}$ 三塔两跨连续钢箱梁悬索桥,为世界首创。猫道是悬索桥上部结构各分项工程施工最重要的高空作业通道和场地,其贯穿整个悬索桥上部结构安装工程始终。猫道的线形、结构安全、抗风稳定性将影响到整个上部构造施工各个主要分项工序的质量、进度和施工安全。

泰州大桥施工猫道承重索,为原润扬大桥和西堠门大桥施工中使用过的 $\phi 54\text{ mm}$ ( $6 \times 36\text{SW} + \text{IWR}$ )钢芯A类镀锌钢丝绳,破断拉力 $2\ 030\text{ kN}$ 。猫道承重索作为猫道结构的主要受力体,对施工猫道的结构安全起着决定性作用。对旧钢丝绳的重复使用,目前国内的检验和报废标准主要有《煤矿重要用途在用钢丝绳性能测定方法及判定规则》(MT 717—1997),《钢丝绳(缆)在线无损定检测方法和判定规则》(MT 970—2005),《起重机用钢丝绳检验和报废实用规范》(GB/T 5972—2006/ISO 4309),《重要用途钢丝绳》(GB 8918—2006),《架空索道用钢丝绳检验和报废规范》(GB 9075—1988),均为主

要针对重载反复收放的,而针对悬索桥施工猫道这样受恒载为主的标准尚未出台。随着大跨径悬索桥这种桥型在国内被广泛使用,每座桥全部采用新绳也不可能<sup>[1-3]</sup>。因此参照国内相关规范制订了完善的检验方案,进行了包含外观、面积减少(锈蚀、磨损、断丝)、性能3个方面的全面检测,对大型临时结构的材料的重复使用和保证工程施工安全起到了积极作用。

## 2 外观检查及维护

### 2.1 外观检查项目

外观检查的主要目的是检查旧钢丝绳明显的损伤,主要依靠目测,主要参考《起重机用钢丝绳检验和报废实用规范》(GB/T 5972—2006)进行。

对于具有下列情况之一的钢丝绳予以报废:

- 主要是整股钢丝绳断裂;
- 钢丝绳扭结严重;
- 绳芯外露、绳芯损坏;
- 局部外层钢丝伸长呈笼形状态;
- 腐蚀、磨损和断丝数符合报废条件;
- 变形、外观呈波浪形、笼形畸变、绳股挤出、钢丝挤出、绳径局部增大或减小、部分被压扁、整根钢丝绳绳芯被挤出,钢丝绳表面腐蚀凭视觉观察显著;
- 断丝局部聚

**[收稿日期]** 2012-03-15

**[基金项目]** 交通行业联合科技攻关项目(2008-353-332-170)

**[作者简介]** 周 畅(1977—),男,江苏扬州市人,高级工程师,研究方向为桥梁工程;E-mail:zhouchang@hotmail.com

集或断丝数符合报废条件;h. 由于电弧作用或受热过度而引起的损坏;i. 其他符合报废条件。

钢丝绳挤出、钢径局部增大或减小、钢丝绳部分被压扁如图 1 所示。

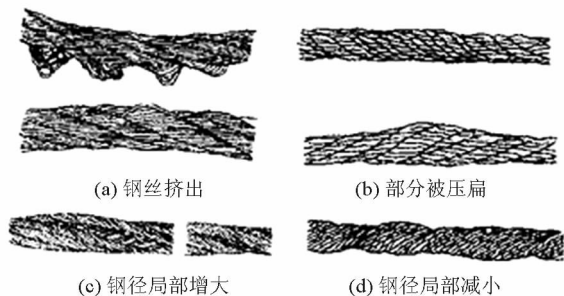


图 1 钢丝绳变形与缺陷

Fig. 1 Wire rope deformation and defect

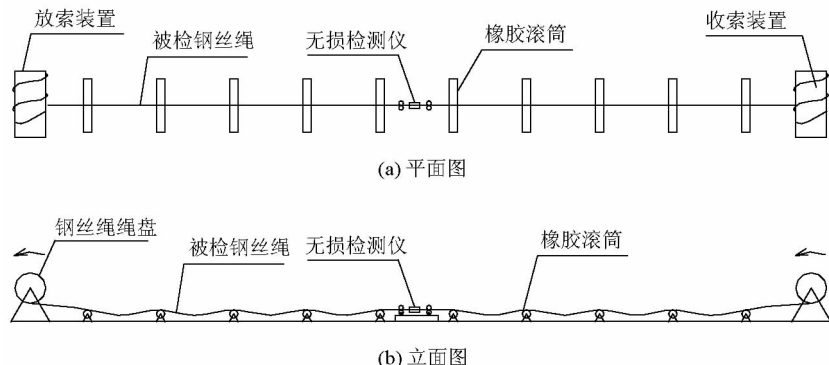


图 2 钢丝绳外观检查和无损检测示意图

Fig. 2 Schematic diagram for visual check and nondestructive testing (NDT) for wire rope

### 3 钢丝绳的无损检测

对钢丝绳的使用和报废情况的检验表明,内部损伤是许多钢丝绳失效的首要原因,通常的外部检验可能发现不了内部损坏的程度,甚至到了迫近断裂的危险地步也是如此。通常的方法是用两个夹钳以一定的间隔距离牢固地夹到钢丝绳上,朝着与钢丝绳捻向相反的方向对夹钳施加一个力,使外层绳股散开并脱离绳芯,进行内部检测。该方法不可能对钢丝绳全长都作内部检验,可靠性存在疑问。

泰州大桥施工猫道长约 3 050 m,全部承重索总长约 61 000 m,检测数量大。对于面积减少(内外部磨损,内部的锈蚀、断丝)采用常规方法不但检查工程量大,而且存在漏检的可能性。参考《钢丝绳(缆)在线无损定检测方法和判定规则》(MT 970—2005),采用无损探伤技术进行检测<sup>[4]</sup>。检测情况

### 2.2 外观检测方法

对用做猫道承重索的重复使用钢丝绳必须逐根展开进行外观检查,并记录检查结果。外观检查应在白天进行,安排两人以上从钢丝绳两侧同时观察,收放索装置间距应不小于 20 m,以便于观察。外观目检时的速度不得超过 0.5 m/s,检查结果应作记录并妥善保管。利用专用放索装置(具备放索和收索功能),通过逐段展开猫道承重索钢丝绳进行检查,详情见图 2,图中钢丝绳外观检查和无损检测同时进行。

### 2.3 钢丝绳的维护保养

外观检测合格、满足使用要求的钢丝绳,在检查过程中对钢丝绳局部轻微锈蚀部位除锈后,补涂富锌漆。做好完好状态、长度参数等标记。

如下:a. 对所有经过卷外观测检查合格的猫道架设钢丝绳,采用钢丝绳电脑探伤仪进行无损检测,检查其内部断丝及磨损断面缩小情况;b. 检测仪器名称:钢丝绳电脑探伤仪;c. 仪器型号:GNDT - CS60;d. 钢丝绳判断标准:《索道用钢丝绳检验和报废规范》(GB/T 9075—2008)<sup>[5]</sup>。

检测结果:经对 120 根  $6 \times 36\text{SW} + \text{IWR} - 54 - \text{A}$  钢芯绳进行无损定量安全检测,钢丝绳整体状况良好,断面损失在 0.39% ~ 2.86%,其磨损、断丝均未超标,检验合格,可继续使用。

### 4 钢丝绳的破断试验和拆股试验

为确保使用安全,对钢丝绳进行力学性能试验。依据中华人民共和国煤炭行业标准《煤矿重要用途在用钢丝绳性能测定方法及判定规则》(MT 717—1997),对“在用绳定期检验的技术要求”中规定:

“定期检验只做钢丝破断拉力和反复弯曲两种试验”,委托有资质的钢丝绳专业检测中心对钢丝绳取样进行试验,共完成8组试验,结果如下。

#### 4.1 整绳破断试验结果

按照《钢丝绳破断拉伸试验方法》(GB/T 8358—2006)规定进行破断试验,结果见表1<sup>[6]</sup>。

表1 钢丝绳整绳破断拉力试验结果

Table 1 Result of whole wire rope breaking pulling force test

编号	实测值/kN
SD29178	2 007
原4#	2 046
DB5-9	2 019
SD24212	2 041
SD29192	2 023
SD2X0810	2 045
原2#	2 035
DB6-2	2 007

注:结构规格为6×36WS+IWR—φ54 mm,强度为1 960 MPa

钢丝绳的最小破断荷载为2 007 kN,最大破断荷载为2 046 kN,与公称破断拉力2 030 kN相比偏差在2%以内,说明钢丝绳性能保持完好。

#### 4.2 拆股钢丝强度试验结果

钢丝的破断拉力检验按照《金属材料室温拉伸试验方法》(GB/T 228—2002)规定的方法进行,试验结果见表2<sup>[7]</sup>。

表2 拆股钢丝强度试验结果

Table 2 Result of wire strand strength test

编号	MPa							
	钢丝直径/mm							
	1.87		2.45		2.55		3.0	
最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	
SD29178	2 170	2 140	2 200	2 100	2 200	2 010	2 220	2 090
原4#	2 210	1 970	2 140	2 070	2 190	2 130	2200	2 100
DB5-9	2 050	1 970	2 140	2 060	2 180	2 110	2 120	1 980
SD24212	2 200	2 110	2 170	2 080	2 210	2 080	2 190	2 050
SD29192	2 150	2 070	2 190	2 090	2 160	2 110	2 180	2 050
SD2X0810	2 180	2 050	2 160	2 090	2 160	2 080	2 200	2 080
原2#	2 140	2 010	2 190	2 100	2 190	2 110	2 200	2 020
DB6-2	2 210	2 080	2 240	2 060	2 280	2 110	2 140	2 020

注:结构规格为6×36WS+IWR—φ54 mm,强度为1 960 MPa

根据《重要用途钢丝绳》(GB 8918—2006)规定,拆股钢丝强度低值为公称抗拉强度,表2数据均

大于1 960 MPa,符合规范规定,性能满足要求。

#### 4.3 拆股钢丝反复弯曲试验结果

拆股钢丝的反复弯曲试验按《金属材料线材反复弯曲试验方法》(GB/T 238—2002)规定的方法进行,试验结果见表3<sup>[8]</sup>。

表3 拆股钢丝反复弯曲

Table 3 Repeated bending of wire strand

编号	次/180°							
	钢丝直径/mm							
	1.87		2.45		2.55		3.0	
最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	
SD29178	14	11	16	11	14	12	15	12
原4#	13	10	15	10	13	10	15	12
DB5-9	13	10	15	12	14	12	14	12
SD24212	15	10	16	12	13	11	15	12
SD29192	14	9	15	11	14	10	14	10
SD2X0810	13	11	16	11	13	11	14	11
原2#	14	11	16	10	15	11	13	11
DB6-2	14	11	16	12	15	10	14	10

注:结构规格为6×36WS+IWR—φ54 mm,强度为1 960 MPa

根据《重要用途钢丝绳》(GB 8918—2006)规定,对于强度等级1 960 MPa、A级镀锌钢丝绳,拆股钢丝反复弯曲(次/180°),φ1.87 mm、φ2.55 mm最小值为9次,φ2.45 mm、φ3.0 mm最小值为10次(不同直径钢丝试验弯芯半径不同),满足规范要求。另外,依据中华人民共和国煤炭行业标准《煤矿重要用途在用钢丝绳性能测定方法及判定规则》(MT 717—1997),对矿井提升用钢丝绳定期检查(旧绳)的规定,“用做升降物料的光面和镀锌绳,钢丝的反复弯曲次数应不低于新绳允许弯曲次数的80%”,同样满足规范要求。

#### 5 总体检验情况

在对外观检查中发现主要损坏方式为折弯、锈蚀和磨损断丝三种情况。分析原因主要是在猫道拆除、吊装运输和保存过程中造成的折弯,拖拉中形成的磨损断丝,磨损后出现的锈蚀等。因此,针对猫道承重索钢丝绳的使用和保存,在工程施工和运输中应特别注意防止折弯、压扁、局部磨损。工程完工钢丝绳上盘前,应对局部锈蚀部位进行除锈,涂富锌漆,以利于再次使用。

无损检测和拆股力学试验总体情况比较良好,均接近于新钢丝绳的性能指标,主要原因是猫道钢丝绳

主要承受静力荷载,动载引起的荷载变化幅度较小,较起重和索道中的反复弯曲、磨损工况要良好的多。

原有猫道承重索共 120 根合计约 67 000 m,泰州大桥施工实际使用 100 根合计约 61 000 m,针对检验合格的钢丝绳进行优化组合配置,不足部分剔除,局部损坏折弯段钢丝绳重新浇筑锚头后使用,工程应用情况良好。

## 6 结语

泰州大桥上部结构施工中,考虑施工的经济性和节能环保,对于重复利用的猫道承重索钢丝绳,在国内还没有适用的检验和报废标准的情况下,为确保施工猫道的结构安全,积极探索通过多项检测手段,对旧钢丝绳的重复使用进行了全面检测,使旧材料的重复使用有据可依,同时打消安全顾虑,降低了施工投入。总结的重复使用钢丝绳用做悬索桥施工猫道承重索的检测方法和指标,对国内桥梁施工中规范化使用旧材料具有积极的借鉴意义,可供今后类似工程参考。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB 8918—2006 重要用途钢丝绳[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [2] 中华人民共和国煤炭工业部. MT 717—1997 煤矿重要用途在用钢丝绳性能测定方法及判定规则[S]. 北京:中国煤炭工业出版社,1998.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5972—2006 起重机用钢丝绳检验和报废实用规范[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [4] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. MT 970—2005 钢丝绳(缆)在线无损检测方法和判定规则[S]. 北京:中国煤炭工业出版社,2006.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 9075—2008 索道用钢丝绳检验和报废规范[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 8358—2006 钢丝绳破断拉伸试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 228—2002 金属材料室温拉伸试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 238—2002 金属材料线材反复弯曲试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2004.

# Testing of wire ropes used repeatedly as cat-walk load bearing cables in construction of suspension bridge

Zhou Chang<sup>1</sup>, Jin Cang<sup>2</sup>, Wu Jianqiang<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Provincial Yangtze River Highway Bridge Construction Commanding Department, Taizhou, Jiangsu 225321, China; 2. CCC-SHB Second Engineering Co. Ltd., Xi'an 710119, China)

**[Abstract]** cat-walk is the most important passage and place for working at high altitude in the construction of suspension bridge superstructure, and its profile, structural safety and anti-wind stability are related to the quality, progress and work safety of all main work sections in the construction of the whole superstructure. The load bearing cables are the main load-bearing components in cat-walk structure, usually made of twisted steel wires. In the construction of superstructure of Taizhou Bridge, for the cat-walk load bearing cable wire ropes for repeated use, complete inspection plan is formulated with reference to relevant specification in China, with good effect in ensuring the structural safety of constructing cat-walk and lowering construction cost, and this is of positive significance to the repeated use of cat-walk wire ropes in bridge construction in China.

**[Key words]** suspension bridge; cat-walk; load bearing cable; repeated use