

基于梁底有限高要求的旧桥换索方案研究

苏韩 雷欢 黄颖 朱元 韦耀淋 王恒也

(柳州欧维姆机械股份有限公司 广西柳州 545006)

摘要:上世纪90年代前后建造的拱桥,由于建造时大多数拱桥吊杆都是在施工现场进行制作、安装,因而存在结构设计中预埋管尺寸过小,不同程度的防腐等问题,因此许多拱桥5-10年后需要更换吊杆。而某些特殊桥梁由于通航要求较高,需要对梁底进行限高,由于现有拉索的锚固套过长而不能满足要求。本文针对以上问题,通过对挤压拉索锚固段长度及挤压力进行优化设计,得出了将挤压式锚固套锚固长度优化至原长度的67%、膨胀锥度为4°时拉索能够满足锚固效率的要求。并经过试验论证了该方案的有效性及其可行性。

关键词:旧桥换索 梁底限高 优化挤压锚

DOI: 10.13211/j.cnki.pstech.2016.03.006

1 引言

上世纪90年代以来钢管混凝土拱桥在我国得到了广泛的应用,但旧式吊杆体系基本上都是采用平行钢丝,并在现场镦头制锚,张拉到设计力值后在PE套管内灌注水泥砂浆对钢丝进行防腐^[1]。现实表明,由于受当时技术水平,材料质量以及施工质量等因素影响,上述吊杆防腐体系存在较多防腐问题,导致桥梁竣工后5-10年甚至更短的时间内,吊杆即出现了严重的病害^[2],近年来,不少中、下承式拱桥开展了吊杆检测及更换工作^[3-4],发现部分桥梁确实存在相关问题,如PE开裂、吊杆钢丝锈蚀、吊杆上下锚固套锈蚀等。拱桥吊杆若锈蚀严重,将会导致拱桥存在安全隐患,更换吊杆成为经济快捷的选择,但该类型的拱桥在原设计中没有考虑到后续更换,故存在预埋管尺寸过小导致穿索困难、拉索锚固段过长导致不能满足梁底限高要求等问题。目前,虽然已成功更换过拱桥吊杆,但均需要根据具体桥梁的结构进行特殊设计,导致成本增高与工期加长,因此研制出能够解决上述拱桥换索问题的吊杆,对于降低成本与缩短工期具有重要的意义。

本文针对旧式拱桥吊杆换索问题进行分析,研究能够满足更换要求,且具有广泛适用性的吊杆,供类似工程参考借鉴。

2 拉索锚固性能分析

2.1 现状分析

近些年,国内桥梁及大型建筑所采用的拉索

形式主要有:冷铸锚钢丝拉索、热铸锚钢丝拉索、夹片锚钢绞线拉索以及钢绞线整束挤压成品拉索等类型。目前我公司遇到的旧式拱桥换索最极端的情况为:拉索破断力要求满足3938kN;预埋管内径为 $\phi 115\text{mm}$,且不能扩孔;吊杆锚固套露出预埋垫板不得超过240mm。在此类拱桥换索工程中,拉索形式除挤压拉索外,均存在锚固套外径过大、长度过长的问題,且优化空间小,而挤压拉索也存在锚固套长度过长的问題。因而对拉索锚固区域进行优化,是解决旧式拱桥吊杆换索问题的关键。

2.2 影响因素分析

在现有挤压拉索中,吊杆锚固套露出预埋垫板既不能超过240mm(即将锚固套长度缩短至原长度的67%),又要确保拉索的锚固效率。为保证足够的锚固效率,需要对拉索锚固区域进行结构优化。影响挤压式拉索的锚固效率主要有以下2个因素:

- (1) 锚固长度;
- (2) 锚固套的挤压力;

2.3 改进方案

缩短挤压式锚固套的长度相当于将其锚固长度减少,同时为了达到拉索的锚固效率则必须将锚固套的挤压力增大。增大锚固套的挤压力有以下几种方式:

- (1) 增加锚固套的挤压余量,但原设计的

挤压余量合理，没有优化空间；

(2) 增加锚固套内预应力筋的摩擦力。即在预应力筋外粘结金刚砂、挤压簧、铜片等，以便增大钢绞线与锚固套之间的摩擦力，从而增加锚固效率。

(3) 增加锚固套端部的膨胀锥度。即将锚固套端部膨胀锥度依次增加至 3° 、 4° 、 5° ，在锥度基础上再进行镦头处理。

通过以上分析，本文将采用以下3种改进方案，通过逐渐减短锚固套长度，来提高锚固效率性能：

(1) 在锚固套中粘结金刚砂、增加铜片、增加挤压簧；

(2) 将锚固套端部膨胀锥度依次增加至 3° 、 4° 、 5° ；

(3) 在将锚固套端部膨胀锥度依次增加至 3° 、 4° 、 5° 时，同时进行镦头处理。

3 试验研究

考虑到试验成本问题，本文采用长为3.5m，强度为1860MPa级别，直径为 $\phi 15.2\text{mm}$ 的钢绞线作为试验拉索，通过在锚固套中粘结金刚砂、增加铜片、增加挤压簧；将锚固套端部膨胀锥度依次增加至 3° 、 4° 、 5° ；在将锚固套端部膨胀锥度依次增加至 3° 、 4° 、 5° 时同时进行镦头处理这3种方式制作单孔挤压拉索，进行拉索静载试验。

试验方法如下：按原锚固套长度80%、67%、50%的长度来制索，分别进行静载试验，通过对比每次静载试验结果，得出锚固效率性能提高最优方案，挤压过程如图1所示，试验过程如图2所示，试验数据如表1所示：

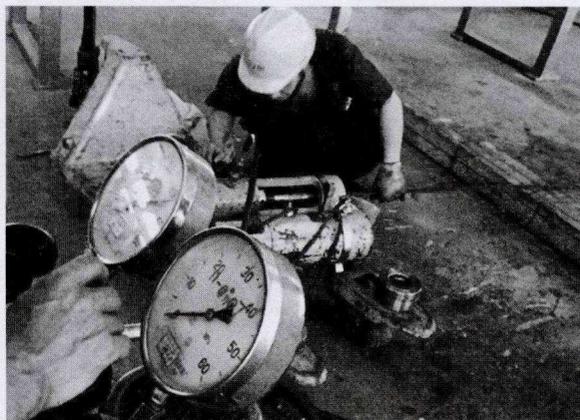


图1 单根钢绞线锚固套挤压过程

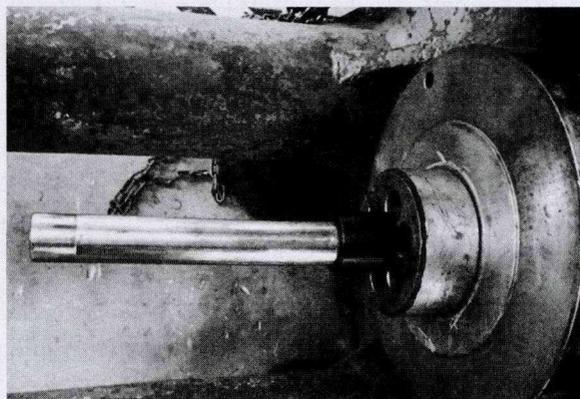


图2 单根钢绞线静载试验

表1 不同方案下单根拉索静载试验结果对照

序号	锚固套长度	改进方案	公称破断力(kN)	母材实际破断力(kN)	拉伸最大力(kN)	锚固效率(%)	延伸率(%)
1	80%	粘结金刚砂	260.4	272.7	207.3	0.76	--
2		增加铜片	260.4	272.7	223.6	0.82	--
3		增加挤压簧	260.4	272.7	240	0.88	--
4		膨胀锥度 3°	260.4	272.7	265.9	0.975	2.9
5		膨胀锥度 4°	260.4	272.7	270	0.99	3.36
6		膨胀锥度 5°	260.4	272.7	267.2	0.98	3.2
7		膨胀锥度 3° + 镦头	260.4	272.7	270.2	0.991	3.18
8	67%	膨胀锥度 4° + 镦头	260.4	272.7	268.6	0.985	3.25
9		膨胀锥度 5° + 镦头	260.4	272.7	267.8	0.982	3.04
10		膨胀锥度 3°	260.4	272.7	251.2	0.921	--
11		膨胀锥度 4°	260.4	272.7	266.7	0.978	3.3
12		膨胀锥度 5°	260.4	272.7	264.5	0.97	3.1
13		膨胀锥度 3° + 镦头	260.4	272.7	268.1	0.983	3.14

(续下表)

(接上表)

序号	锚固套长度	改进方案	公称破断力(kN)	母材实际破断力(kN)	拉伸最大力(kN)	锚固效率(%)	延伸率(%)
14		膨胀锥度4°+镦头	260.4	272.7	267.2	0.98	3.11
15		膨胀锥度5°+镦头	260.4	272.7	266.7	0.978	2.98
16		膨胀锥度4°	260.4	272.7	263.2	0.965	3.03
17		膨胀锥度5°	260.4	272.7	262.3	0.962	--
18	60%	膨胀锥度3°+镦头	260.4	272.7	263.7	0.967	3
19		膨胀锥度4°+镦头	260.4	272.7	264	0.968	--
20		膨胀锥度5°+镦头	260.4	272.7	262.6	0.963	--
21	50%	膨胀锥度4°	260.4	272.7	223.6	0.82	--
22		膨胀锥度3°+镦头	260.4	272.7	226.3	0.83	--

锚固性能合格依据^[5]: 锚固效率系数应 $\geq 95\%$, 延伸率应 $\geq 2\%$

从上述试验结果可以看出,在锚固套中粘结金刚砂、增加铜片、增加挤压簧对拉索锚固性能的提升非常有限,不能满足要求;增加锚固套端部膨胀锥度能够显著提高拉索锚固性能,当锥度增加至4°及以上时能够满足要求;增加锚固套端部膨胀锥度+镦头处理的方式对拉索锚固性能的提升非常显著;锚固套端部膨胀锥度增加至4°时效果优于3°与5°。

原因分析:

(1) 粘结金刚砂、增加铜片、增加挤压簧对锚固性能的提升有限,可能是由于以下原因造成:

1) 实际生产过程中,金刚砂并不能均匀的分布于钢绞线周围,而是集中在一侧,导致摩擦力不均匀;

2) 由于铜片太软,挤压过程中被挤压到钢绞线周边的缝隙中,从而失去作用;

3) 由于挤压簧硬度较高,安装过程中容易碎裂,在孔内分布不均匀,导致效果不明显;

(2) 就仅增加锚固套端部膨胀锥度而言,4°效果最好,原因是锚固套端部的膨胀锥度若过小,膨胀效果不明显;膨胀锥度若过大,钢绞线在进行锚固套挤压的过程中被挤压变位,导致锥套端部最大端出现回移,锥度最大端无法与锚固套进行挤压而降低作用效果。

(3) 采用端部膨胀锥度加镦头的方式可以显著提升锚固性能,原因是镦头可以有效的阻止由于膨胀锥度导致的钢绞线锚固套进行挤压的过程中端部出现回移的现象。

通过以上对单孔挤压拉索的试验研究,本文得到了膨胀锥度为4°与膨胀锥度为3°+镦头处

理的方式对单孔锚固性能的提升最显著,对于多孔位拉索仍然需要进一步的试验验证,本文选择长为3.5m,强度为1860MPa,直径为 $\phi 15.2\text{mm}$ 的钢绞线作为试验拉索,采用膨胀锥度增加至4°与膨胀锥度增加至3°+镦头处理的方式制作19孔拉索,每种方式3根,锚固套长度缩短至原长的67%(与实际工程要求一致)进行拉索静载试验,挤压过程如图3所示,两种方式挤压后锚固套端面如图4、图5所示,试验过程如图6所示,试验结果如表2所示:

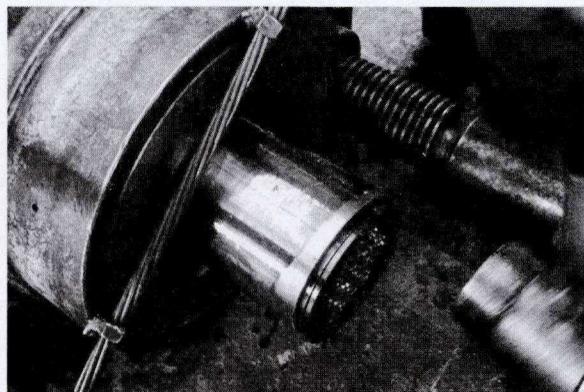


图3 19根钢绞线拉索挤压过程

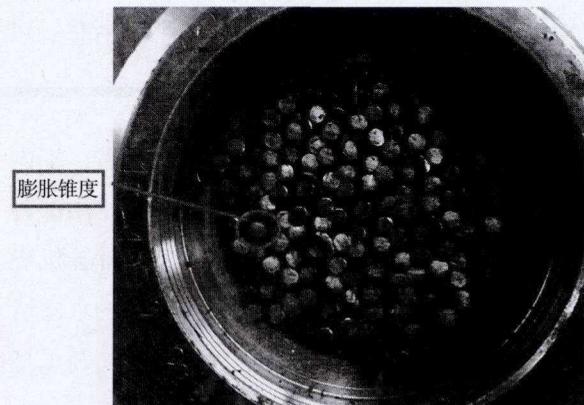


图4 锚固套端部膨胀锥度方案

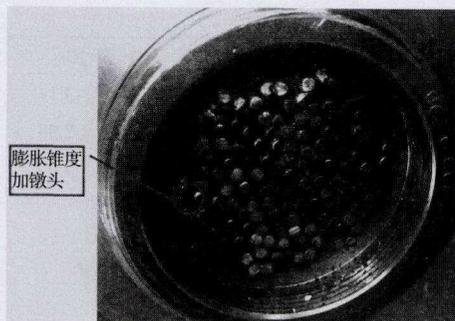


图5 锚固套端部膨胀锥度加镢头方案



图6 19根钢绞线静载试验

表2 19孔拉索静载试验结果对照

序号	改进方案	公称破断力(kN)	母材实际破断力(kN)	拉伸最大力(kN)	锚固效率(%)	延伸率(%)
1		4948	5253.5	5074.9	0.966	2.99
2	膨胀锥度4°	4948	5253.5	5085.4	0.968	3.2
3		4948	5253.5	5095.9	0.973	3.39
4		4948	5253.5	5122.2	0.975	3.65
5	膨胀锥度3°、镢头	4948	5253.5	5143.2	0.979	4.1
6		4948	5253.5	5111.7	0.973	3

锚固性能合格依据^[5]: 锚固效率系数应 $\geq 95\%$, 延伸率应 $\geq 2\%$

从试验结果可以看出, 以上2种方案均能够满足要求, 但就性价比而言, 由于镢头处理过程繁杂, 且容易出错, 因此选择将膨胀锥度增加至4°的方案更加优越。

4 结论

本文通过对增加挤压拉索锚固性能的不同改进方案进行研究, 得到了能够满足较为极端条件下使用的旧式拱桥换索用拉索, 具有很好的实际工程参考性。通过试验研究验证, 得到了以下结论:

(1) 在锚固套中粘结金刚砂、增加铜片、增加挤压簧的方案对提升拉索锚固性能的作用不明显, 在原锚固套长度减少80%长度的条件下, 不能实现锚固性能的优化;

(2) 增加锚固套端部膨胀锥度能够显著提高拉索锚固性能, 但不是锥度越大效果越好, 当锥度为4°时作用最优;

(3) 增加锚固套端部膨胀锥度+镢头处的方式对拉索锚固性能也非常显著, 当锥度为3°+镢头处理时作用最显著;

(4) 单孔得到的优化结果在多孔拉索上依然适用, 19孔拉索在按照单孔拉索优化结论进行试验后依然能够满足要求;

(5) 所有优化方案中, 锥度为3°+镢头处理与锥度为4°两种方式作用最为有效, 但从性价比上进行对比, 端部膨胀锥度为4°时方案最优。

参考文献

- [1] 孙振海, 韦达洁. 拱桥吊杆病害分析及更换设计[J]. 西部交通科技, 2011,7:64-67.
- [2] 张秀才, 谢奎, 任毅勇. 浅析“宜宾市小南门金沙江大桥”桥塌原因与修缮方案[J]. 河南城建高等专科学校学报, 2002,11(2):15-17.
- [3] 孙海霞, 唐继舜, 陈远久. 吊杆拱桥换索工程施工简介[J]. 四川建筑, 2007,27(2):189-190.
- [4] 张挺. 广西邕宁邕江大桥短掉杆更换施工[J]. 山西交通科技, 2004,6:47-49.
- [5] fib Acceptance of stay cable systems using prestressing steels Recommendation prepared by Task Group 9.2. January 2005.

(上接第15页)

本系统可与数据采集服务器分开部署, 提供采集系统的稳定性。信息查询系统可以不用部署到采集服务器上, 可以部署到值班室的计算机终端上。方便值班人员浏览查看图文并茂的水雨情信息。各种表格都提供打印功能, 只要安装了打印机即可随时打印数据表格。

参考文献

- [1] Joo Francisco Alves Silveira. 小型水坝安全管理现状[J]. 岩土工程学报, 2008(11): 26-31.
- [2] 王国营. 大型水坝实时监测系统的设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2006(25):193-196.
- [3] 梅风波. 水利枢纽工程大坝安全监测方式研究[J]. 价值工程, 2004(20):31-33.
- [4] 刘芸华, 付典龙, 刘洋. 峡江水利枢纽工程变形监测设计[J]. 陕西水利, 2014(06): 77-80.
- [5] 行增晖. 大坝安全渗流监测系统的设计与实现[D]. 南京理工大学, 2006.
- [6] 皮海琪. 大坝工程的安全监测控制管理[D]. 华南理工大学, 2011.