

一种钢管混凝土拱桥吊杆更换的新方法

严 军 朱万旭 易著炜 杨 帆 黄 颖

(柳州欧维姆机械股份有限公司 广西柳州 545005)

摘 要:本文以柳州文惠桥为例介绍了一种钢管混凝土拱桥吊杆更换的新方法。其采用锚头直径小、防腐性能较优的钢绞线整束挤压拉索替代已经受到严重腐蚀的水泥砂浆防护的钢丝拉索,较好地满足了实际工程的需求。

关键词:文惠桥 吊杆更换 锈蚀

1 前言

钢管混凝土拱桥为一种梁拱组合体系桥,因其造型美观、造价低廉而倍受人们喜爱。这种体系桥最致命的弱点是其横梁直接吊挂在吊杆上。而吊杆多又采用预应力钢丝或钢绞线,依靠钢丝或钢绞线的预应力来抵抗荷载作用。一座桥中哪怕只有少数钢丝断裂都可能造成灾难性的后果。但是,早期钢管混凝土拱桥限于当时的拉索技术工艺水平,其吊杆端部一般只是采用现场灌注水泥砂浆防护钢丝(钢绞线),造成该处(特别是下端)钢丝锈蚀非常严重,往往十年左右就不得不考虑更换吊杆。

目前,拉索的制作技术比较成熟,出厂前,其从自由段到端部可以全密封防腐。针对拱桥吊杆预留孔较小的特点,在参考国外成熟体系的基础上,我们开发了锚头尺寸小,钢绞线隔离防腐的OVM.GJ型拉索体系,满足了拱桥吊杆更换的工程需求。下面以柳州文惠桥为例,介绍该体系的特点及应用于吊杆更换的施工方法。

2 工程概况

柳州文惠桥于1995年建成通车,位于柳州市旧城的核心区。在柳江大桥下游约200米处南北向跨越柳江,是一座主跨为三孔净跨108米钢管混凝土拱结构的市政桥梁。该桥由广西交通规划勘察设计研究院设计,广西公路桥梁工程总公司承建,于1995年竣工通车,已经运行了11年,由于钢管混凝土拱桥在当时是一种较新的桥型结构,且文惠桥的设计、建造年代较早,因而在某些细部的设计理念、施工工艺、工程材料选取上

均存在一定局限性,以至在2002年对该桥进行检查时发现,锚具、吊杆钢丝及吊杆PE管的情况如下:

吊杆上端锚头锚杯内外均由混凝土充填饱满,钢丝锚头部分无锈蚀。在梁下端锚头附近梁体表面均有长期渗水痕迹,锚头下方有水滴出,打开锚头盖板,均有积水流出,锚杯内钢丝滴水,锚头部分锈蚀严重,钢丝锚头部分有锈蚀。吊杆的PE管均有环向裂缝(如图1),吊杆钢丝锈蚀较严重,蜂窝锈坑较普遍(如图2)。



图1 旧吊杆上PE护套开裂情况

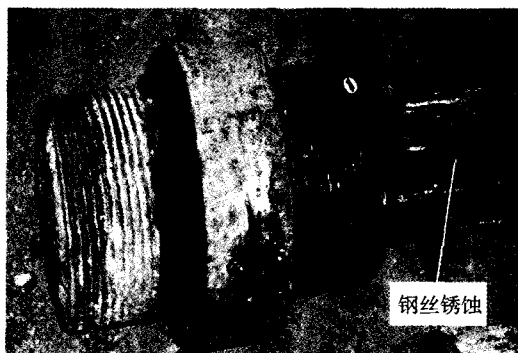


图2 旧吊杆端部钢丝锈蚀

为保证桥梁的结构安全和正常使用,必须对全桥54根旧 $\phi 5-127$ 丝墩头锚吊杆进行更换并加固桥梁。

3 更换吊杆的选择

由于原设计中采用的吊杆为 $\phi 5-127$ 丝平行钢丝墩头锚吊杆,该吊杆的锚头较小,所以原设

计中的预埋管内孔直径仅为 $\phi 158\text{mm}$ ，且由于在最初施工中各种施工设备及施工经验均不成熟，导致上、下预埋管之间的同轴度偏差比较严重，综合考虑各种因素后，该桥的设计采用我公司生产的OVM.GJ15-19型钢绞线整束挤压吊杆作为新吊杆，该型吊杆在满足施工简洁方便的前提下，还增加了安全系数，且作为一种新型的全隔离防腐吊杆，避免了平行钢丝吊杆中的腐蚀扩散性，具有良好的抗腐蚀效果。

OVM.GJ型钢绞线整束挤压吊杆与平行钢丝吊杆（包括热铸锚平行钢丝吊杆和冷铸锚平行钢丝吊杆）的性能对比如下：

(1) OVM.GJ型吊杆的钢绞线在两端锚具和索体内均为隔离防腐，防腐性能优越，抗振性能良好。OVM.GJ型吊杆的索体根据不同的吨位，采用相应的多根钢绞线，每根钢绞线外涂防锈油脂，热挤聚乙烯护套，然后整束缠包高强聚脂带后再挤包聚乙烯护套，三层防腐，相互隔离，避免了平行钢丝束中一处锈蚀，整体腐蚀的情况；

(2) OVM.GJ型吊杆的钢绞线在两端锚头处整体挤压锚固，安全可靠、疲劳性能好。其吊杆锚具结构如图3所示。在生产制作时，将成品索中的钢绞线两端与锚头挤压为一体后，锚头对钢绞线产生很大的握裹力，并且通过特殊方法使钢绞线端部胀为锥体，因此，在高、低应力甚至是负应力的情况下，钢绞线都不会滑脱，静载性能达到相关标准要求。我公司还特别通过试验来验证GJ型吊杆对钢绞线的握裹力。试验方法是将在GJ型吊杆在 860°C 下保温6h，将锚头部分的挤压应力消除后做静载拉伸，钢绞线没有从锚头滑脱，而是在自由段破断，极限应力 $>0.4\sigma_b$ ，延伸率 $>2.7\%$ （原因是钢丝退火后强度降低）。且GJ型吊杆的钢绞线进入锚头的折角比冷铸锚、热铸锚中钢丝的折角小，疲劳性能更加好，经过试验证明，该型吊杆可以通过上限 $0.45\sigma_b$ ，应力幅为250MPa的疲劳试验。

(3) OVM.GJ型吊杆的锚头结构紧凑，外径小，有利于整体结构的优化、美观。在吊杆极限承载力基本相同的情况下，OVM.GJ15-19型吊杆的锚头外径为140mm，比LZM7-85锚杯外径

205mm小65mm，比LZM7-73锚杯外径190mm小50mm，直径减少约30%，对于新桥施工可使预埋管尺寸减小，对于旧桥换吊杆施工更能充分保证吊杆的索力满足使用要求。

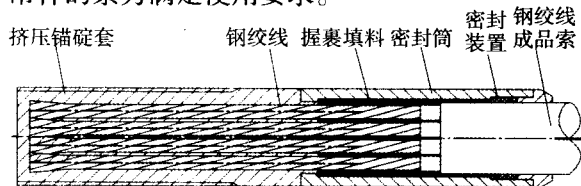


图3 钢绞线整束挤压拉索锚具结构

4 施工过程

4.1 施工准备

根据工程需要，做好人员准备和设备准备。

4.2 测量

封闭交通的情况下，选择在夜间或凌晨测定恒载状态下吊杆安装位置的拱肋端和系梁端的实际标高参数，作为吊杆加工厂家制作吊杆的长度依据，同时作为吊杆更换及桥梁加固的一个基点，并以之作为今后加固施工完成之后加固效果的一个评定参考。测量包括吊杆应力的测量和桥面控制点标高的测量以及拱类轴线的测量，同时与该桥建成存档数据进行比较分析。

4.3 平台搭设

4.3.1 移动式支架安装

移动式支架分为梁底平台和梁下平台。梁底平台由平台、通道、悬臂梁、支承小车构成，小车在人行道上行走。梁下平台安装先在桥面焊接制作，然后用汽吊分两部份吊装。支承小车在人行道上，为了避免应力过于集中，在人行道上先设轨道。平台移至锚头下方后，用手拉葫芦与横梁相连以增加平台稳定性。

4.3.2 拱上施工平台

拱上施工平台主要由脚手架组成。在桥面处吊杆四周架设脚手架直至拱顶，结构必须牢靠并且能满足一吨的起吊能力。

4.4 临时兜吊系统施工

4.4.1 拱上临时兜吊部分安装

拱顶上吊杆前后55cm处各焊接一个钢丝绳防滑块，用 $\phi 32$ 钢丝绳绕钢管拱8道，然后在其下方挂一个60T滑车和20T手拉葫芦。

4.4.2 横梁临时兜吊部分安装

在吊杆处人行道上预设点采用金刚钻机钻2个 $\phi 150$ 通孔,顺桥向间距110cm,偏开T梁在翼缘板上开孔,顺桥向用 $\phi 32$ 钢丝绳环抱吊杆横梁7道,伸出人行道路面与60T滑车相连,横梁底加垫铁垫块,垫块与横梁间垫5mm厚橡胶板,防止兜吊加载时破坏吊杆横梁。

4.4.3 拱上、横梁兜吊部分连接

用一根 $\phi 32$ 的钢丝绳通过钢管拱上滑车与横梁一侧的两个滑车相连组成滑车组,利用20T手拉葫芦收紧钢丝绳(每条梁的一端设有两套滑车组构成临时兜吊系统, $\phi 32$ 钢丝绳两端分别与拱上绕拱的钢丝绳,20T手拉葫芦连接,组成2端各4根 $\phi 32$ 钢丝绳提升横梁),让横梁的自重通过临时兜吊系统传递到钢管拱上。

4.4.4 临时系统应力施加

通过2台YCW100B加载,逐渐切断旧索使拉力转到临时兜吊系统上。临时兜吊加力应分级缓慢进行,提升过程中密切监控桥面及相邻跨吊杆附近桥标高是否在允许 $\pm 10\text{mm}$ 范围内,临时兜吊系统有无异常现象。

4.5 旧吊杆附件及旧吊杆拆除

4.5.1 旧吊杆拆除顺序

从北边第一个拱开始,每个拱吊杆施工顺序:2#→8#→3#→7#→4#→6#→5#→1#→9#,拆除一根旧索立即换上新吊杆。

4.5.2 旧吊杆割断

如图4所示,在桥面往上1.5m的地方截取30cm长的HDPE,清除钢丝表面油脂,利用间距100cm的两索夹分别夹持住两端吊杆外侧,两个索夹用2根 $\phi 16$ 的钢筋相连接,预防切割旧索时钢丝向四外射出伤人,要求上下游吊杆索切割转换受力过程应同步进行。用氧割逐根断丝,观测应力是否转移到兜吊系统上,被切割的吊杆应与相邻跨监测点的高程变动差不得超过 $\pm 10\text{mm}$ 。由于拱肋刚度都比较大,体系转换难度比较大,为了避免应力过分集中,采用临时吊杆分级加载,旧吊杆切除分3~5次循环,才能完全割断整根吊杆,旧吊杆的应力转移到了8根 $\phi 32$ 钢丝绳之上。图5为吊杆切断后的图片。

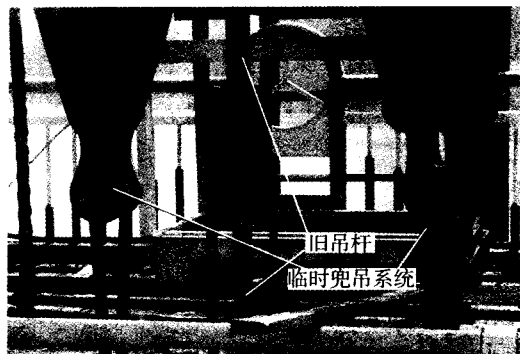


图4 吊杆切断前临时兜吊系统逐渐加力

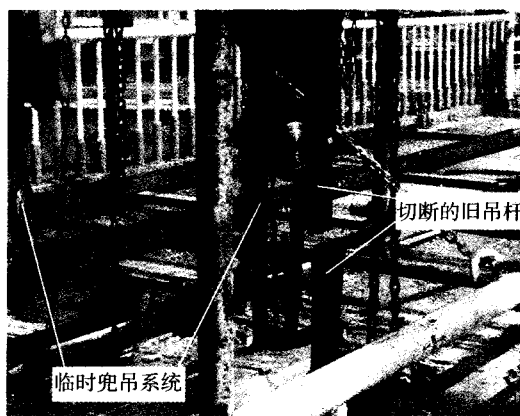


图5 吊杆切断后力完全转移临时兜吊系统

4.5.3 封锚砣凿除

旧吊杆完全割断后才可以开始凿除吊杆下锚头部分的封锚砣,下端封锚混凝土无法用风镐清除,故采用手持冲击电钻垂直钻孔,人工凿除,避免梁体遭受破坏。上端锚头部分的封锚砣可用风镐提前凿除。

4.5.4 上端锚头部件、预埋管内混凝土及旧吊杆体清除

上、下锚头部分用YCW150B千斤顶整体拔出吊梁(拱顶)外后,足够安装单孔连接器的长度后,用气割割断钢丝,取掉锚杯及螺母。上、下锚头部件取出后,用YDC240Q千斤顶、单孔连接器把预埋管内钢丝抽出,然后采用金刚钻机取芯钻孔方式,取出预埋管内混凝土及旧索,成孔孔径 $\phi 132$,取出芯体后预埋管剩余的混凝土采用人工凿除。上、下端必须对原锚垫板进行打磨除锈处理。

另:由于原设计中的预埋管低于桥面铺装层,雨水容易顺着管口流进管内,进而腐蚀锚头部分,为了加强防水效果,需将铺装层凿开,加焊一截长度约为400mm的预埋管。

4.6 新吊杆的安装

1) 新吊杆吊装采用8吨汽吊将吊杆上端吊起,从拱上预埋管处由上向下吊到安装位置,拧紧上端球形螺母及锁紧螺母,锚头外露螺纹长度不小于30mm。

2) 安装之前先在上端锚垫板定出吊杆安装的理论位置,误差保证在3mm之内,注意该误差值不含锚垫板安装的误差。

3) 注意确定两端锚具螺母的安装位置,以保证吊杆的可调节长度,注意球形垫板的安装方向和各部件的安装控制精度;在张拉调节前安装上、下减振装置。

4) 吊杆张拉调节过程就是应力转换过程:即吊杆应力由临时兜吊系统上转换到新吊杆上,转换过程采用分级、同步进行,并适时检测梁顶面标高。

5) 体系应力转换完成之后,需要对该吊杆位置的系梁顶面标高进行测量并记录,使标高控制在设计范围内。

6) 当全部吊杆更换完成之后,根据联测数据确定是否进行吊杆索力调整。调整时按1/2、1/4、1/8的程序进行,而且四点同步,为了减少调整步骤和次数,在全桥调整之前应准确测量出该工况下的索力和标高值报设计以正确指导下阶段调索的程序和步骤。

7) 新吊杆张拉加载速度一般应小于10MPa/min,直至张拉到设计要求停止,然后拧紧螺母。在张拉过程中,读数测量要准确,记录要全面,真实无误。

8) 由于所有1#、9#短吊杆上、下预埋管之间的同轴度偏差比较严重,且拱底至桥面之间的净空很小,外露的自由部分最小的只有约50cm长,加上人行道(车行道)距该索处的拱弦顶的距离比较短,不足以采用滑车+手拉葫芦的兜吊系统施工更换旧吊杆,最终采用了增加扁担梁的方式进行兜吊及体系应力转换,抽取钢丝、钻孔的施工与其他吊杆相似,终于顺利的完成了全部旧吊杆的更换。

4.7 新吊杆防腐

新吊杆张拉调节完成后,拆除临时兜吊系统,安装防水装置,然后在下端安装锚头保护

罩,在保护罩内、下预埋管内、上端锚头锚腔内均灌注防腐填充物,其中上端锚头锚腔内要求留2cm的高度不灌注,用于放置隔热用细沙,然后再将拱顶上锚头位置的盖板焊上。下端防水罩安装必须使防水罩内孔的密封腻子及遇水膨胀橡胶条密贴吊杆索体外表面,在密贴前先在接触面涂刷防水胶,要求刷涂的防水胶具有一定粘结力,且不能与密封腻子及遇水膨胀橡胶条产生化学反应。锚头保护罩虽然在工厂内已经进行了一定的防腐处理,但是现场还需要进行与拱及桥面护栏类似的防腐处理。

5 小结

在对柳州文惠桥吊杆的更换施工过程中,2#-8#吊杆进行得比较顺利,1#及9#吊杆由于上下预埋管的同轴度偏差较大,且拱底与桥面的净空很小,在清理预埋管内混凝土及梁的兜吊上存在一定的施工难度,经过我公司下属工程公司施工人员的团结努力,按期顺利完成了全部吊杆的更换施工。更换后的新吊杆索体外径为 $\phi 102\text{mm}$,比旧吊杆索体外径 $\phi 79\text{mm}$ 略大,增强了吊杆与桥拱的整体协调性,使桥梁看起来更加美观大方,如图6所示。



图6 更换吊杆后的柳州文惠桥

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准. 混凝土结构设计规范 GB50010-2002. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] 中华人民共和国行业标准. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范 (JTG D62-2004). 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [3] 中华人民共和国行业标准. 公路桥涵设计通用规范 (JTG D60-2004). 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [4] 中华人民共和国国家标准. 斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件 GB/T18365-2001. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 2001.
- [5] 中华人民共和国行业标准. 公路工程技术标准 (JTG B01-2003). 北京: 人民交通出版社, 2003.