

新昌县城西大桥新吊杆设计与更换施工

汪孝龙 韦福堂 孙长军

(柳州欧维姆工程有限公司 柳州 545005)

摘要:新昌城西大桥为钢筋混凝土箱型中承式吊杆拱桥,原吊杆采用4 ϕ 15钢绞线索体,根据等强度原则更换为 ϕ 5-85平行钢丝索,由于原锚固系统不适应新拉索的锚固功能要求,新的锚固系统采用全焊结构的抱箍结构形式,吊杆更换时采取高程和位移不变的原则进行控制。

关键词:等强度 抱箍 加固 更换

1 工程概况

城西大桥位于新昌县城市区西面,上跨新昌江,桥梁全长98.6m,跨径组合为1.3m+2 \times 3.0m+84.0m+2 \times 3.0m+1.3m,主跨为钢筋混凝土中承式无铰拱桥,边跨为简支板桥。桥梁全宽15.2m。下部结构为重力式抗推力桥台,基础至于半风化岩层上。该桥原设计荷载等级为汽-20级,挂车-100,人群荷载为3.0kN/m²

城西大桥拱肋为钢筋混凝土实心段面,拱肋高1.8m,宽1.1m,拱肋采用C40混凝土。

吊杆横梁采用预应力结构,高0.9m,宽0.32m;吊杆采用4束7 ϕ 5钢绞线,上端拱肋内采用扎花浇锚,下端吊杆横梁处采用夹片锚。钢绞线周裹沥青油麻,外面包以PVC管。

城西大桥于1994年10月开工建设,于1995年6月建成通车。2001年因为桥面破损,部分桥面拱起,拱肋混凝土表面有开裂现象,局部还有大面积表面混凝土脱落散失情况;吊杆外包的PVC管和沥青油麻破损严重,露出钢绞线,钢绞线和锚具发生不同程度的锈蚀;

拱肋荷载组合为:1.2恒载+1.2人群荷载+1.4城-B工况下,两个拱肋最大剪力值出现在拱

角附近,最大弯矩均出现在拱顶部位。在此荷载组合作用下,拱肋弯矩、剪力都达到最大值,其中最大弯矩为4064kN.m,剪力为639kN。

2 新吊杆结构设计

2.1 总体布置形式

吊杆在拱桥体系当中起到关键的受力和传力作用,通过吊杆将桥面系荷载传递到拱肋,再由拱肋传递到桥台。本桥新吊杆主要由两端锚固系统、冷铸锚、平行钢丝索等体系构成,对于本桥,在不破坏拱肋的前提下,新的锚固体系从结构上是个难点,经多方验证后,采用叉耳式抱箍结构形式,然后吊杆通过冷铸锚叉耳与该锚拉结构的叉销联结,形成一传力结构体系。新吊杆总体布置见图1。

2.2 拱肋端抱箍

本桥拱肋为钢筋混凝土结构实心断面,拱肋高1.8m,宽1.1m,拱肋采用C40混凝土。原吊杆以波纹管成孔作为索导管,穿出拱肋后,通过扎花浇锚锚在拱肋内,然后锚头用混凝土封锚。由于吊杆索采用4-7 ϕ 5钢绞线体系,原拱肋端的索导管比较小,而且当时成桥时管内灌注了混凝土,所以为更换吊杆索,若采用常规的锚固措

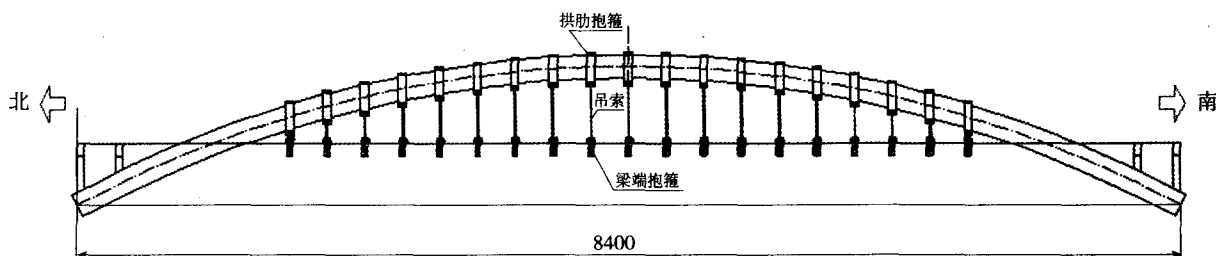


图1 新吊杆总体布置图

施,必须对原吊杆进行清孔和扩孔,而且对封锚部位进行开凿混凝土,这无形中削弱了拱肋截面参数,继而降低了拱肋的使用性能,而且施工难度非常大。针对以上因素,吊杆索拱肋端锚固系统采用抱箍结构形式,该抱箍由顶面承压板、侧向锚拉板、耳板和叉销组成,纵桥向长度为600mm,竖向高1800mm,除承压板厚为30mm之外,侧向锚拉板厚度为20mm,采用全焊结构。

抱箍为拼焊结构,采用原设计荷载挂-100与恒载人行荷载进行组合时,吊杆内力805.72kN,抱箍计算选取次吊杆所在拱圈及横梁抱箍,考虑到抱箍安全性的重要性,且在长期通过活载的情况下容易产生疲劳损坏,故在计算时采用2.5的系数作为安全储备,即采用 $805.72 \times 2.5 = 2014.3\text{kN}$ 作为抱箍所受的外力,以桥面力的形式加载到抱箍结构上。并就该荷载组合对抱箍的抗拉、抗剪强度进行验算,同时重点对其稳定性和抗疲劳性能进行验算。拱肋端抱箍结构见图2。

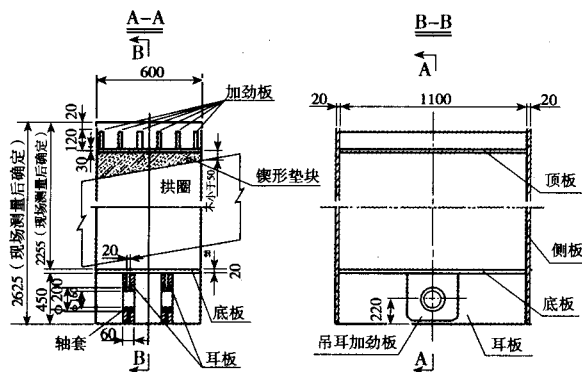


图2 拱肋端抱箍

2.3 梁端抱箍

桥面顶面到横梁顶面有300mm净空,主梁的抱箍设计考虑到抱箍受力满足要求前提下,还需要考虑抱箍不能高出桥面板,因为一是影响美观,二是销轴系统易被人破坏,第三就是良好的防水布置。梁端抱箍物理参数按照拱肋端抱箍选取,该抱箍主要为兜吊结构,两侧锚拉板和底面承重力以及销轴和耳板构成整个受力体系,局部危险点为承重板与侧板的焊缝位置和销轴的耳孔内圆弧面。梁端抱箍结构见图3。

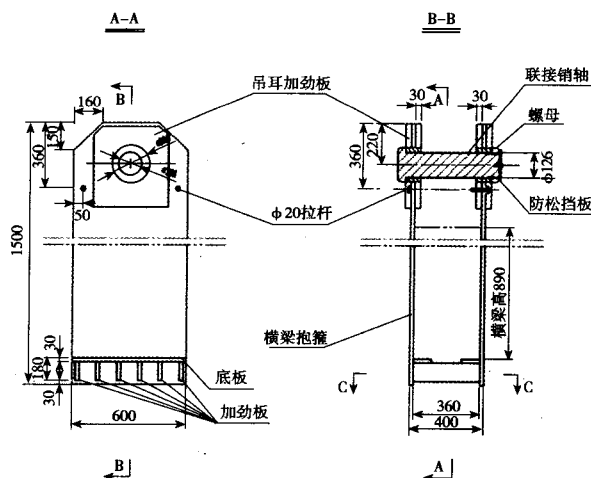


图3 梁端抱箍

2.4 吊杆索

吊杆索为适应两端的抱箍叉耳结构,吊杆两端采用叉耳和冷铸锚联结后与抱箍通过插销联结。为了方便张拉,吊杆索设置调整拉杆,张拉端设在主梁端。张拉连结套还有另一功能:通过连接套体连接方向适应抱箍的销轴方向,可以适应桥面的纵向位移及施工误差对下端拉杆的影响,减少其附加应力。吊杆按照组合荷载得到最大索力设计,但由于与旧吊杆的结构体系相比,新吊杆的应力储备系数比较大,因此张拉过程中,吊杆的控制索力对旧桥的荷载来说就显得比较重要。合理地确定柔性吊杆在全部恒载作用下的张拉力是一项重要的工作,合理的吊杆索力可以使桥梁在自重作用下接近于理论零弯矩状态,这样使拱肋基本处于纯压和吊杆纯拉的简单受力状态。由于本桥是旧桥加固,结构的徐变已经完成到一定程度,按照结构计算确定新吊杆索力着实不容易,但可以根据更换之前桥梁的结构状态,可以认为在该应力和位移的前提下是安全的,本着这个原则,在确保各控制点高程不变和位移基本不变的前提下实施吊杆更换,即以高程控制为主,应力控制为辅。本桥分三次张拉:第一次松弛旧吊杆,并记录旧吊杆的应力值;第二次张拉为新吊杆张拉到旧吊杆所持的应力值;第三次张拉是全桥吊杆更换之后全桥索,使高程趋于原始状态。吊杆结构见图4。

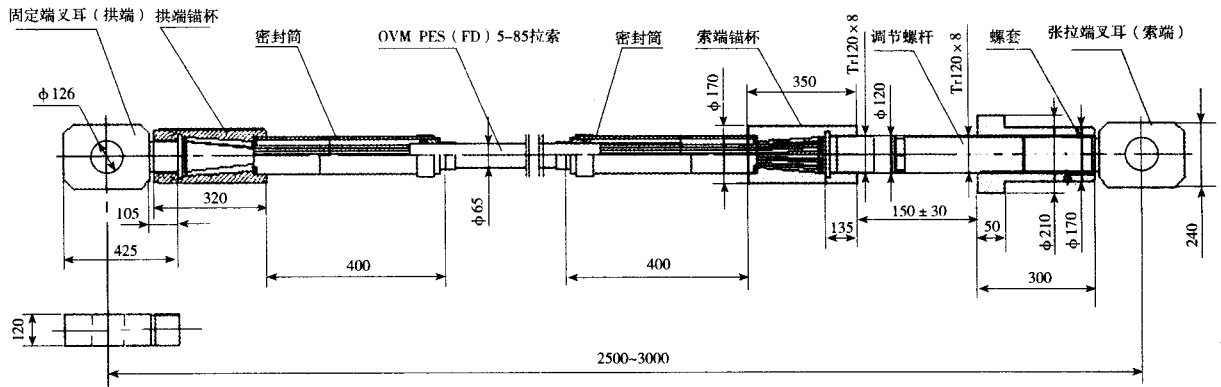


图4 吊杆结构图

2.5 楔型垫石

拱肋端抱箍顶面垫板的承压面属于面接触，而拱顶由于本身拱肋的悬链线结构，为适应面面接触，需在拱顶进行垫石找平处理，垫石采用楔型钢筋环氧树脂混凝土结构，竖向钢筋采用植筋工艺，水平网片钢筋绑扎在竖向钢筋上，垫石高度视吊杆的不同而不同，原则是吊杆轴线沿桥左右各300mm的位置拉水平，然后高点高出原拱肋表面50mm。

3 施工要点

3.1 楔形垫块设置

拱肋上端面楔形垫块采用环氧树脂混凝土，在拱肋上用吊垂、水平尺及钢尺等测量工具将设计给定的各吊杆抱箍安装所需楔形垫块位置标出，凿除拱圈表层混凝土，植入竖向钢筋后绑扎钢筋网及立模，按表1配比浇筑环氧树脂混凝土楔形垫块：

表1 环氧树脂混凝土配比

环氧树脂	乙二胺	二丁酯	二甲苯	水泥	沙子	碎石
100	8	10	5	120	150	220

拌制环氧树脂混凝土程序：先把水泥、沙子、碎石按配比拌和均匀放置一边，再把环氧树脂、二丁酯、二甲苯按配比称量好并放入容器内搅拌均匀，然后加入按配比称量好的乙二胺并搅拌均匀，使气泡逸出；将上述两部分混合并快速搅拌均匀后在最短的时间内浇注完毕。

3.2 体系转换系统

作为旧吊杆和新吊杆体系转换的辅助措施，

吊杆更换过程中，采用临时兜吊支承更换吊杆所在的横梁，该兜吊系统由上扁担梁、下托梁和柔性拉杆构成。在拱肋上固定扁担梁和张拉托架，梁下设置横梁托梁，钢绞线作辅助索，辅助索及托架安装时要求给后续抱箍安装预留足够操作空间。每根吊杆处共设4束共8根钢绞线。用YDC500-100型千斤顶进行单束张拉，在张拉时要求同横梁上下游八束辅助索同时同步进行张拉，张拉辅助拉杆至现存吊杆力，同时用标高控制校核。

3.3 拆除原吊杆

吊杆的拆除依据对称的原则，从中间向两岸间隔逐对拆除，每拆除一对旧吊杆，则相应的换上一对新吊杆，在拆除吊杆的过程中，要时刻监测桥面的标高的变化。使用气割对旧吊杆进行分丝切除，上端与拱圈底面切平，下端沿横梁顶面切平，然后将横梁底面锚具沿横梁底切平。每一根旧吊杆拆除后，均需进行一次标高测量。辅助索的张拉控制应力 P 按400kN计算，初始张拉力为20% P ，之后分级张拉，每级增加10% P 的张拉力，对桥面标高的变化进行严密监控，最大变化值控制在10mm之内，在辅助索的整个张拉过程都以桥面标高进行控制并由专业监控单位监控和下达指令。

3.4 上下端抱箍制造与安装

为减少现场焊缝，抱箍在工厂内实施大部分拼焊；其中上抱箍的顶板、加劲板和下抱箍的内侧吊耳加劲板在施工现场施焊。安装时以旧吊杆中心为基准点，在拱肋及横梁处用墨线标出抱箍安装位置。利用汽吊及手拉葫芦等辅助设备，沿

布设线安装上下端抱箍，并对抱箍加劲板进行现场施焊。对拱肋边与抱箍之间的缝隙，先用不同规格薄钢板进行塞满、固定，再灌注水泥砂浆填满侧板与拱肋侧面的空隙。

3.5 新吊杆安装与张拉

吊杆采用OVMPEs (FD) 5-85低应力索体，索体为PES5-85内黑外乳白色的双层PE外包的成品索，锚具型号为OVMLZ5K-85型冷轧镦头锚。吊杆均在厂家加工完成，两端为叉耳式锚具。

利用汽吊或卷扬机辅以手拉葫芦将新吊杆与抱箍进行联接。由于新吊杆承载力大，在控制力为400kN时，最长吊杆最大弹性伸长值约为3mm，短吊杆变形很难测出。旧桥换索主要以桥面原标高控制为主，吊杆通过调节杆螺牙间隙来调整，由于吊杆伸长量较小，所以张拉时采用如下控制措施：新吊杆上下叉耳销接后，用加长扳手对调节杆尽量调紧，以消除非弹性变形。按照理论计算的伸长量和高程控制值以及锚具的正常回缩，张拉时适当超张拉到一定数量值（注意：桥面高程变化 $<5\text{mm}$ ），然后锚固以便克服上下端抱箍的间隙累积值对吊杆应力的影响。

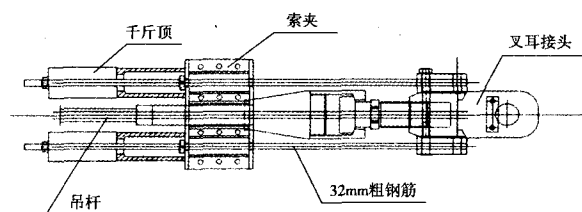


图5 新吊杆张拉系统

（上接第9页）

验。内缩量试验为的是测量平均内缩量，可以和设计规范的数据（一般偏小）比对，正常情况下会有些出入。工程设计给出的张拉伸长值都有一定变化幅度，一般不需要调整张拉力。在锚具处，曲线预应力筋锚固时产生的内缩现象，对降低张拉控制应力峰值是有益的，对长而平直的预应力筋应力降低非常微小，只有短预应力筋才不希望出现过大的内缩量。本标准没有规定将实测内缩量作为锚具验收标准。锚口摩阻力的总体平均值，在结构设计时已计入张拉控制力之中。夹片式锚具中的钢绞线都有二次弯折，这是产生锚口摩阻力的主因。为了减小摩阻力，必须减小钢

4 结束语

对于旧桥更换吊杆施工及旧桥加固，设计和施工均较复杂，不同的结构设计，必须按照相应的施工程序进行施工，而且设计的吊杆体系不但要满足承力功能，而且又不削弱旧桥结构的使用性能。由于历史原因，当时桥梁主体结构设计与施工技术水平留下了很多局限性，如今旧桥的加固必须克服这些困难和不足，才能保证桥梁加固施工的安全，延长该桥的使用寿命。研究新结构与旧结构的衔接的方法和工艺成为旧桥加固设计与施工的关键之一，而本桥采用的抱箍锚固结构能很好满足上述的新旧结构的结合问题。新旧吊杆更换是结构体系加固施工的又一关键问题，在本桥吊杆更换过程中严格加强监测，采用施工方便、可行的临时兜吊系统，有效解决了由于旧吊杆松弛造成桥梁旧结构局部开裂的问题，使力系平稳、安全过渡到新吊杆，保证施工安全。

参考文献

- [1] 交通部标准. 公路桥涵设计规范 [S]. 人民交通出版社, 1995
- [2] 顾安邦等. 公路桥涵设计手册 [S]. 人民交通出版社, 1997
- [3] 交通部标准. 公路桥涵施工技术规范 [S]. 人民交通出版社, 2000
- [4] 中国公路工程咨询总公司. 新昌城西大桥加固工程两阶段施工图设计文件, 2007

绞线的张角，增加喇叭管长度是主要办法。较长的喇叭管及其外围螺旋筋对锚固区荷载传递有利。螺旋筋内的混凝土是三向受力状态，有高承载能力，此时，螺旋筋的受力伸长量必须很小，所以做螺旋筋的钢材不求高强、只要求有足够截面积。张拉工艺试验的目的是证实全套设备工艺的可操作性。至于预应力筋穿束及灌浆等施工工艺，在施工规范中有专项规定，所以都不包括在锚具标准中。

做好预应力工程既要遵守规范标准，更应掌握原理、明了要点何在。美国PTI标准中就有多处允许工程师自己处置的余地。