

LSD液压提升系统在桥梁加固中的应用

梁 彧

(柳州欧维姆工程有限公司 广西柳州 545005)

摘要:以南宁市邕江大桥加固工程为背景,介绍了LSD液压提升系统应用于挂梁整体大位移提升的施工方案和技术特点,工程实践表明其具有同步控制、自动化程度高、施工灵活的优越性,能提高工程施工的效率和安全性。

关键词:LSD 液压提升系统 桥梁加固 挂梁提升

1 引言

广西南宁市邕江大桥是南宁市沟通邕江两岸的一座重要桥梁,邕江大桥为国内最早采用闭口薄壁杆件理论设计的一座悬臂式钢筋混凝土薄壁箱型城市桥梁。桥梁全长394.6m,桥梁全宽24.6m,设计荷载等级为汽-18、拖-80,桥梁结构跨径组成为(45+16)m(单悬臂简支梁)+23m(挂梁)+(16+55+16)m(双悬臂简支梁)+23m(挂梁)+(16+55+16)m(双悬臂简支梁)+23m(挂梁)+(16+45)m(单悬臂简支梁)。上部结构为两个独立的单箱三室截面,两个箱梁之间用简支板支承于箱梁的悬臂上;在墩台处设置刚接的连续横隔梁,其余的横隔梁均为简支,用以支承煤气、水管管道。下部结构北岸为埋置式桥台,南岸为U型桥台。桥墩采用双柱式,支承于分离式沉井基础上。1号墩和4~6号墩为筑岛及就地预制沉井基础,2号墩、3号墩因施工水位深达11m,采用预制双层薄壁钢筋混凝土浮运沉井。

邕江大桥于1964年7月正式通车。经过近45年的正常营运后,2007年经检测确定该桥存在不同程度影响安全运营和正常使用的病害,其中该桥大部分挂梁端部及箱梁牛腿均有斜向裂缝,且大部分裂缝超过0.2mm,须对其进行加固处理。另外,挂梁牛腿处钢支座严重锈蚀,已经不能正常使用。

故针对挂梁端部及箱梁牛腿进行粘贴钢板加固和牛腿处钢支座更换,考虑将单幅挂梁整体提升到一定高度,满足足够的施工空间后,方可进行加固处理。

本工程结合LSD液压提升系统设计挂梁整体

提升、回落方案,利用柔性钢绞线、LSD液压提升千斤顶集群、计算机控制、液压同步提升原理,结合贝雷片整体拼装的施工方法,将整幅挂梁整体提升到预定高度,在空中临时滞留,待牛腿处粘贴钢板加固施工完成和挂梁牛腿支座更换完成后,再进行同步整体回落。

2 LSD液压提升系统简介

LSD液压提升系统的工作原理^[1]是将预应力锚具锚固技术与液压千斤顶技术进行融合,通过锚具锚固钢绞线,再利用计算机集中控制液压泵站输出的流量和油压,驱动提升千斤顶活塞伸、缩,带动钢绞线与构件升、降,实现大型构件的整体同步提升与下降,示意图如图1。

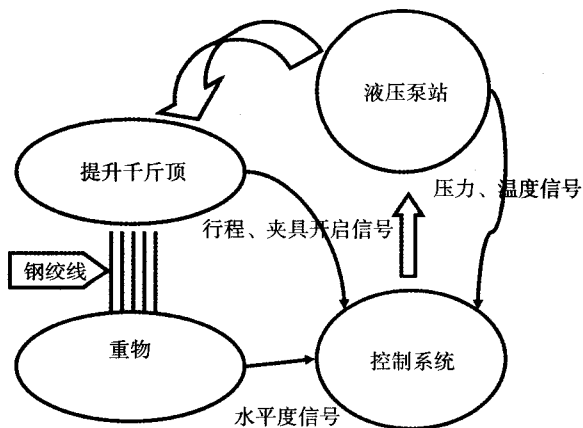


图1 LSD液压提升系统工作示意图

LSD液压同步提升系统主要由液压提升千斤顶(含钢绞线)、液压控制系统(液压泵站)、电气控制系统(含传感检测系统)构成。其特点^[2]如下:

(1) 提升构件的重量、提升高度不受限

制。由于提升吊点数可以扩展,提升器集群数不限,单根钢绞线长度可达数千米,因此可将超大型构件整体同步地提升到很高的高度就位;并由于楔形夹具的自锁作用,构件可在空中任意位置长期、可靠地锁定。

(2) 自动化程度高。整套提升设备采用计算机控制,能够全自动地完成同步提升、同步带载下降、负载均衡、姿态校正、参数显示及故障报警等多种功能。此外,手动、顺控、自动及单动、联动等多种操作方式十分适应于现场施工作业。

(3) 控制模式完备。液压提升设备不仅能完成简单的构件提升,而且能够根据不同的提升对象和施工要求,在提升过程中进行构件的姿态调整或应力控制,乃至实现多目标复合控制。

(4) 设备体积小,起重量与自重比大。

与相同起重量的其他起重设备相比,液压提升设备的体积仅为它们的1/5~1/10,而提升重量却能够达到其自重的50倍或更大,这就有可能进入其他起重设备无法进入的狭小空间或高空、地下等施工场合进行起重安装作业。

(5) 安全可靠性好。采用信号冗余传感技术、控制系统电磁兼容技术、控制软件抗干扰技术、误操作闭锁、液压系统爆裂自锁和楔形夹具逆向运动自锁等一系列措施,有效地避免事故的发生。

(6) 适应性、通用性强。提升系统采用了模块化、集成化和程序化设计,使液压系统、电气控制系统中的模块单元可以灵活组合,以适应不同的施工要求;系统结构紧凑,适合在狭小空

间作业,也给设备本身的运输和现场安装布置带来方便;硬件功能的软件化,只要通过更改软件就能够满足不同系统的提升要求。

此外,LSD液压同步提升系统还具有如下优越性:①设备性价比高。液压提升系统与传统的大型吊装设备(如履带吊等)相比,成本低廉。②施工工期缩短,施工成本降低。用传统吊装设备无法实现超重、超高空吊装的情况下,采用液压提升技术与在高空现场拼装相比,可以节约人工费、搭设脚手架等辅助工程费。③施工安全性高。采用了液压提升技术提升施工,对于大跨度、大面积构件,可以在地面组拼装,充分利用地面吊车性能,加大构件重量,大大减少了高空作业量,减少了施工中不安全因素、提高了施工人员的安全性。

3 挂梁提升工程施工方案及实施

本工程单幅挂梁(含桥面铺装)重约450吨,在挂梁上方沿纵向架设两组吊梁,每组吊梁全长30m,高1.5m,纵向采用10片贝雷梁拼装而成,横断面布置为单层8排型,如图2,3。吊梁通过反力墩支撑于箱梁悬臂端,每个反力墩由3片横向垫梁和贝雷梁构成,贝雷梁横断面同吊梁。每组吊梁设置2个吊点,每个吊点处分别设置2片横向分配梁、1片纵向分配梁,纵向分配梁上安放1台LSD2000型提升千斤顶(技术参数见表1),每台千斤顶通过13根钢绞线将支承在横向扁担梁上的挂梁吊起。由1台计算机主控台控制YTB型液压泵站驱动4台千斤顶同步提升、下降到设计位置。

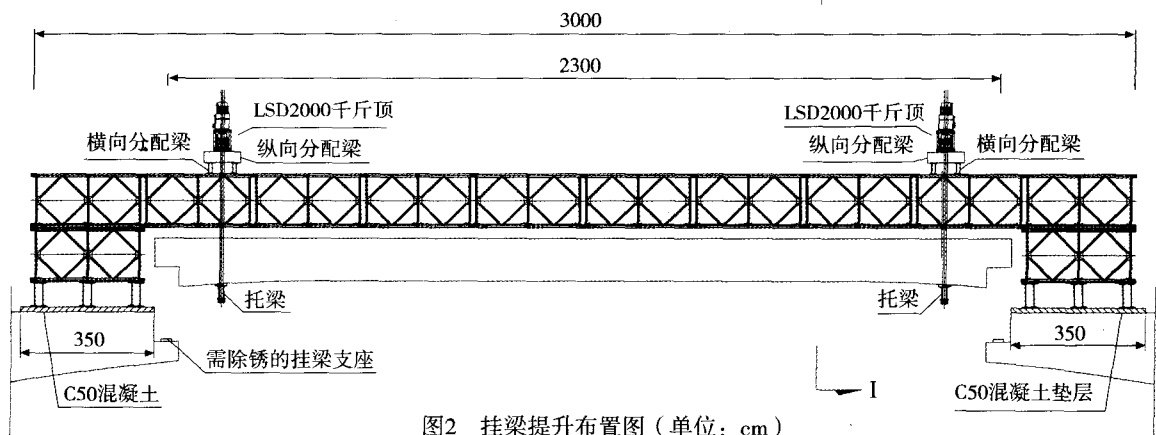


图2 挂梁提升布置图(单位:cm)

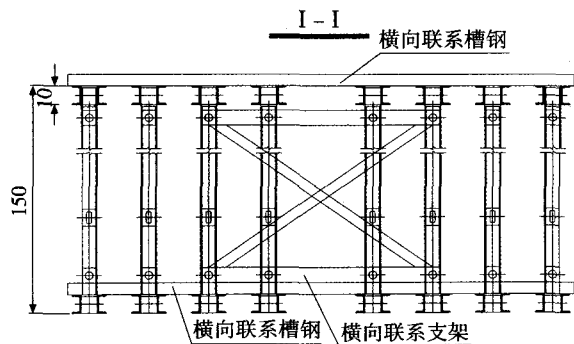


图3 I-I断面图(单位: cm)

表1 LSD2000型液压千斤顶技术参数

主顶公称提升力 (kN)	2000	主顶穿心孔径 (mm)	φ170
主顶额定油压 (MPa)	28	整机质量 (kg)	770
主顶提升活塞面积 (m ²)	7.34×10^{-2}	主顶提升行程 (mm)	300
主顶回程活塞面积 (m ²)	5.26×10^{-2}	主顶外形尺寸 (mm)	φ520 × 1160

3.1 反力墩、吊梁拼装就位

(1) 在挂梁桥面、箱梁近悬臂端2m范围内桥面将反力墩、吊梁和吊点的平面位置进行放样。为保证反力墩有坚实稳定的持力层,将反力墩垫梁位置处的桥面铺装凿除,浇筑C50混凝土,形成比原桥面铺装高约1cm的混凝土垫层。然后将反力墩的3片横向钢垫梁吊装就位,并在垫梁两端分别用槽钢焊接,使3片横向垫梁形成整体。另外,反力墩支撑处必须位于箱梁腹板中心线上,防止箱梁顶板产生过大局部应力,对结构产生不利影响。

(2) 吊梁拼装采取5片贝雷梁在桥面拼装为1组,2组同时整体吊装就位,再拼装成1排吊梁。在拼装完毕后,通过采用安装剪刀支撑架、横向联系槽钢和横向联系架加强贝雷梁之间、吊梁之间的联系,使之形成整体。另外,在吊梁的横向联系槽钢近贝雷梁两端各焊接1根短钢筋,对吊梁横向起限位作用。

(3) 对挂梁主体结构与箱梁悬臂等结构间的纵、横向联系进行拆除,如拆除桥面栏杆和人行道伸缩缝、行车道伸缩缝橡胶止水带、箱梁和

挂梁间纵向连接拉杆、中间通道木板和水管。另外,将纵向电线隔离、电缆线拉出足够长度满足提升施工要求。

3.2 提升系统的安装

将千斤顶按编号吊装到位,并按规定的工法安装导向、安全夹持器及传感装置。安装时注意如下事项:

(1) 千斤顶与底座间应用螺栓固定(以方便拆装),并保证千斤顶中心孔与预留孔中心对中,确保底座安装点与下部挂梁梁底扁担托梁上的吊点投影误差不大于5mm,以免提升时钢绞线受扭弯折。同时,在桥面的挂梁平面吊点位置处凿80cm × 80cm的孔洞,以便钢绞线穿过桥面板使千斤顶与梁底扁担托梁连接。

(2) 按设计编号在千斤顶、液压泵之间一一对应连接管线。连接完成后再次进行检查核对,确保管线连接无误。

(3) 控制室安放在桥面上,用电缆把控制信号送到提升平台处。电气线路电缆需铺放并固定好,避免人员踩踏或硬物损伤。

3.3 穿钢绞线、扁担托梁吊装就位

千斤顶就位后,在其下方搭设平台穿束。穿束时主要注意如下事项:

(1) 用液压泵站将千斤顶上夹持器的夹片打开,并支起安全、导向夹持器的夹片。

(2) 将钢绞线按编号由下向上依次穿过梳线板、安全夹持器、提升千斤顶、导向夹持器,并伸出导向夹持器1m左右,然后压紧夹持器的夹片。

(3) 钢绞线按左、右旋向间隔排布,为便于穿索,可用引线装置导向。

(4) 通过汽车吊把扁担托梁由桥面下放到水中的驳船,驳船行驶至桥下预备位置,桥面2台卷扬机通过吊索孔下放钢丝绳,将扁担托梁起吊至设计位置。用梳线板将穿过托梁预留孔的钢绞线梳整后反锚在下部吊点上的构件夹持器上,确保钢绞线间不缠绕、不交叉。钢绞线露出锚具压板长度控制为50mm以上,压板螺钉需紧固。同时,在托梁和挂梁之间设置支座,通过钢板和

橡胶垫块保证支座与托梁、挂梁间分别密贴,使托梁能够较均匀地承担挂梁以上各构件的重量。

(5) 调整构件夹持器的扭角,使钢绞线从上到下无整体扭转,如图4。

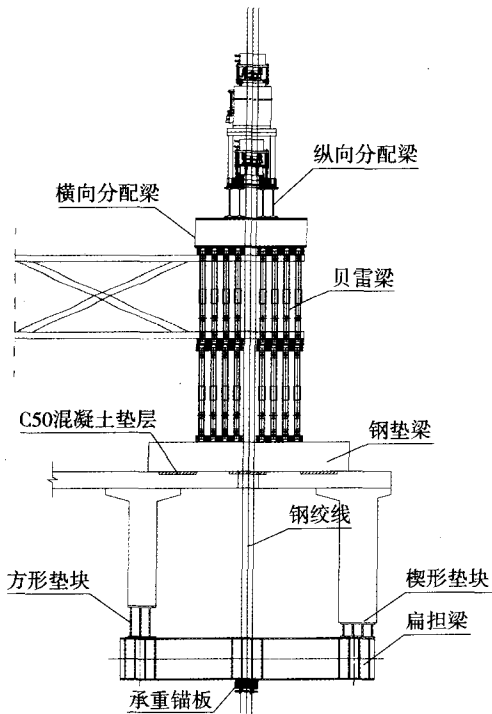


图4 吊索安装构造示意图

3.4 钢绞线预紧

钢绞线在正式受力前必须用倒链单根预紧,每根预紧力约1.5t,以保证每根钢绞线受力基本一致。单根预紧完成后将千斤顶调整到手动提升状态,利用主顶对整束钢绞线预紧。

3.5 系统空载调试

系统安装完成后进行试机,以保证手动、自动过程中操作与设备运行动作一一对应、正确。

3.6 提升前准备工作检查

提升前要再次对提升装置的液压系统、电路系统、锚夹具系统、控制与显示系统及钢绞线进行全面细致检查,并记录于表。同时检查反力墩、吊梁中的连接螺栓是否紧固,确保挂梁主体结构与箱梁悬臂等结构间的纵、横向联系完全拆除,无拖挂、无阻碍。

3.7 试提调整

(1) 控制所有千斤顶主顶回到起始位,进

入手动提升准备。

(2) 手动操作控制系统,适时调整泵站限压,给千斤顶逐次增加20%、40%、60%、80%载荷,加载时随时观测各处情况并作好记录。

(3) 手动加载将挂梁结构提升离开地面5mm左右,静置24小时,期间组织人员定时对各结构进行观测。

(4) 检查结构焊缝、结构变形是否正常。

(5) 检查所有设备(千斤顶、上下锚、各行程开关、控制开关、压力表、钢绞线、编码仪等)是否正常。

3.8 提升过程

(1) 启动自动提升系统,每次提升高度为1cm。提升时以竖向位移和压力传感器读数进行双控,其中竖向位移用桥面上设置的钢直尺读数确定,要求竖向位移差基本保持一致。竖向位移观测人员随时与油泵操作人员保持密切联系,指导操作人员进行操作。同时,各油泵操作人员通过压力传感器读数随时进行调整。

(2) 在自动提升过程中,如果各项吊点同步误差超过控制系统的设定误差,系统将自动调整;如果吊点同步误差超过控制系统设定的最大误差,系统将自动进入紧急停机,等待调整;调整完毕,进入准提升状态,再次启动自动提升。

(3) 提升过程中,观察提升过程中同步控制误差对构件的影响;注意记录提升过程中的油压最大、最小值,并时刻监测挂梁结构状态偏移是否在规定范围内,在误差出现时需及时进行修正。

(4) 提升过程随时监控负荷、结构状态、及提升通道是否畅通。

(5) 当挂梁结构提升就位后,停机悬置,期间将所有夹持器夹紧以确保悬挂安全可靠。

(6) 提升到位后,临时固定。

(7) 下放过程则是提升过程的逆向进行。

3.9 挂梁提升工程实施

全桥上下游侧各有3幅挂梁需进行提升、牛腿粘贴钢板、更换支座和回落施工,为避免挂梁提升、回落过程中梁体、牛腿等各构件产生局部

过大应力,故对挂梁各控制截面布置了应变测点和传感器,以便在提升、回落过程中对应力应变指标进行跟踪监控,保证挂梁在提升、回落过程中的结构安全和施工安全。各幅挂梁分别提升总高度约1.2m,由表2可知,在提升、回落过程中的最大拉、压应力值均满足规范要求^[3],挂梁梁体及牛腿截面安全。

表2 各幅挂梁提升、回落最大拉、压应力值

挂梁编号	挂梁提升		挂梁回落	
	σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)
上游侧第1幅	0.867	0.918	0.969	0.842
上游侧第2幅	0.926	0.230	0.434	0.498
上游侧第3幅	0.230	0.811	0.995	0.459
下游侧第1幅	0.281	0.230	0.765	1.122
下游侧第2幅	0.587	0.561	0.465	0.324
下游侧第3幅	0.383	0.689	0.645	0.510

*注: σ_1 为最大拉应力, σ_3 为最大压应力。

(上接第14页)

表2 主梁跨中截面应力计算结果比较

布索方式	截面轴力 (kN)	截面弯矩 (kN.m)	上缘应力 (MPa)	下缘应力 (MPa)
分离拉索	0	-17893	-3.97	5.30
通长拉索	5745	-20082	-3.85	6.55

5 结论

5.1 “跨中转联器”有效地改善了主梁的应力状况

通过前文论述分析以及在呼和浩特市东河跨河桥工程中的实际应用,验证了双塔部分斜拉桥采用通长索可以避免分离索产生的无索区对主梁受力的影响,使得梁内跨中产生拉索自锚式轴压力,并且更有效地发挥了拉索竖向力的作用,增加了拉索对主梁跨中的弯矩影响,有效地改善了主梁的应力状况。

5.2 “跨中转联器”施工方便

“跨中转联器”构造简单、施工方便,既避免了跨中锚区处大量密布钢筋的浪费以及由此给混凝土振捣施工带来的困难,同时又减少了拉索张拉槽对主梁截面的削弱,且其具有与拉索锚具相比经济性好的优点。

4 结语

液压提升系统在桥梁加固工程中对大型构件整体大位移提升、回落的应用,大大提高了工程施工的效率,缩短了施工周期;而且由于其自身具有同步控制、自动化程度高的特点,安全可靠,可分阶段提升,便于施工过程控制。因此,对于桥梁加固工程中大型构件整体大位移提升、回落施工,液压提升同步控制技术有着广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 莫天玲, 吴志勇等. LSD液压提升系统原理与应用[J]. 欧维姆通讯, 2000, (2): 13-16, 33.
- [2] 甘秋萍, 秦立方等. 液压提升系统简介[J]. 建筑机械, 2002, (11): 29-31.
- [3] 广西大学设计研究院. 邕江大桥加固工程施工监控竣工报告[R]. 广西: 2009.

5.3 “跨中转联器”形式种类较多

采用PE护套的钢绞线斜拉索时,“跨中转联器”的具体形式选择的余地较大。采用分丝管能够满足拉索相对滑动的要求,且摩擦系数小,拉索可以采用单根张拉及更换,对转向处混凝土的应力集中有明显改善,施工更为方便。采用曲线钢管的形式或体外索的转向器也能够满足上述要求;采用PE护套的平行钢丝拉索时,“跨中转联器”的形式选择将会受到限制,分丝管及曲线钢管形式的索鞍均不便于满足厂制冷(热)铸墩头锚的安装及更换要求,需要采取特殊的处理方式。

参考文献

- [1] 严国敏. 试谈部分斜拉桥—日本屋代南桥、屋代北桥、小田原港桥. 国外桥梁. 1996(1): 47-50
- [2] 惠斌, 徐德标. 潮白河大桥的结构体系. 2005全国桥梁学术会议论文集. 宁波: 2005.10.12~15
- [3] 刘钊, 孟少平, 臧华, 张宇峰, 黎兆亮, 谢正元. 部分斜拉桥索鞍锚固区设计探讨. OVM通讯, 2003, 4
- [4] 范立础. 预应力混凝土连续梁桥. 北京: 人民交通出版社, 1988年
- [5] 中国专利公报. 北京: 国家知识产权局知识产权出版社, 第48期专利公报, 2007.11.28