

液压提升设备在桥梁钢桁梁 高速提升中的应用

梁利文 李兴奎 刘文 吴志勇 甘秋萍 严李荣
吕振刚 张皓 庞俊辉 李江伟 杨赓

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

摘要:本文以上海闵浦大桥钢桁梁高速提升为例,阐述液压提升设备的设计计算、安装、钢桁梁提升施工工艺等情况,介绍了提升设备实现高速提升的几点关键技术。

关键词:液压提升设备 高速提升 钢桁梁提升施工工艺 收放线盘

液压提升技术在国内经过十多年的发展,已广泛应用于化工、造船、电力、民建、路桥等行业大型构件的整体吊装。此技术的应用,可实现大吨位、大跨度、大面积的超大型构件超高空整体同步提升与下放。但是,现有提升设备提升速度普遍在10m/h以下,而且对于循环吊装构件的工程,起吊前的辅助时间相当之长。显然,上述技术缺陷,势必会加长工程的建设时间。对于跨越繁忙航运江河的大桥建设,由于涉及到航道封航的问题,不允许每节段桁架梁的长时间吊装,否则会造成较大的经济损失。因此,液压高速提升技术的提出便势在必行,欧维姆公司研制的LSD2300液压高速提升系统,已成功应用于上海闵浦大桥桁架梁的吊装,为大桥实现2009年底通车作出了重要贡献,取得了良好的经济效益。

1 工程概况

浦东机场高速公路西起浙江上海市界,接浙江申嘉湖(杭)高速公路,东至浦东机场南进场路,全长83.404km。闵浦大桥是浦东机场高速公路跨越黄浦江段工程,主桥范围自桩号K48+606~K49+818m,全长1212m,跨径布置为 $(4 \times 63) + 708 + (4 \times 63) = 1212$ m,设上八下六共14个车道,为一座特大跨径双层结合钢桁梁斜拉桥。

中跨主梁采用全钢全焊接桁梁组合结构,正交异性桥面板与桁架组合为一整体,共同受力,

桁式采用N形桁,桁高9米,主桁宽27米,节间长15.1米。最大节段总量500t左右。中跨主梁共分为45个节段,东西对称。分标准节段、过渡段、合拢段。上述各节段施工工艺采用整体液压提升吊装方式,提升高度约为40米,要求整个吊装时间为5小时,其中从地面或水面开始起吊到提升到位要求控制在2.5小时以内。

2 液压提升设备配置

2.1 确定提升设备

根据施工工艺要求,在浦东、浦西两侧桥面各配置一套液压提升设备。两侧交替施工向合龙段靠拢。再有,根据每节段钢桁梁的重量以及钢桁梁的荷载分布情况并考虑避免钢桁梁产生重大变形,每节段上下游两侧各设置2个吊点,共4个。根据上述吊装要求,每套系统应包括如下设备:

(1) LSD2300-500液压千斤顶:4台,每台千斤顶装有16根 $\phi 17.8$ 低松驰高强度钢绞线作为重物的承重系。

(2) LSDB100 \times 2液压泵站:2台。

(3) 主控制台:1台。

(4) 为了减少钢桁梁提升前的辅助时间,提高钢绞线下放速度,每套提升设备配备4台收放线盘,用于钢绞线及吊具的高速下放。

2.2 提升设备的技术参数

(1) LSD2300-500液压千斤顶(见表1)。

表1 LSD2300-500液压千斤顶技术参数

主顶	额定油压	MPa	25
	活塞面积	m ²	9.21 × 10 ⁻²
	额定提升力	kN	2300
	回程油压	MPa	<20
	回程面积	m ²	4.34 × 10 ⁻²
	工作行程	mm	500
小顶	额定油压	MPa	8
	活塞面积	m ²	1.97 × 10 ⁻²
	额定拔压力	kN	157
整机	工作行程	mm	38
	外形尺寸	mm	φ 590 × 2800
	重量	Kg	2180
	钢绞线规格	mm	φ 17.8
	最多钢绞线根数	根	16

(2) LSDB100 × 2 液压泵站 (见表2)。

表2 LSDB100 × 2 液压泵站技术参数

项目	理论排量 (L/min)	额定压力 (MPa)	型号	电机	
				功率 (KW)	转数 (r/min)
大泵	200	31.5	QA315S4A-B35	110	1470
小泵	16	20	QA132M4-B5	7.5	1480
用油种类	32#(冬季)或46#(夏季)液压油				
油箱容积(L)	1300				
质量kg	空泵	4200			
	装油	5300			
外形尺寸 (长 × 宽 × 高) mm	3150 × 1950 × 2385				

2.3 校核提升设备的技术指标

为了保证提升设备在工程规定的时间内完成吊装, 确保钢桁梁吊装的安全, 有必要对提升设备的各项技术指标进行校核。

2.3.1 提升能力储备系数

$$230 \times 4 \div 500 = 1.84 > 1.5$$

2.3.2 钢绞线承载能力安全系数

每台千斤顶上装有16根φ17.8低松弛高强度钢绞线, 每根钢绞线的破力为36吨。

$$36 \times 16 \times 4 \div 550 = 4.18$$

具有足够的承载能力。

2.3.3 液压泵站额定压力校核

$$P = F/A = 2300 \times 10^3 / (9.21 \times 10^{-2}) = 24.97 \times 10^6 \text{ Pa} = 24.97 \text{ MPa}$$

式中: P —工作压力Pa

A —无杆腔活塞面积 m²

F —千斤顶的额定提升力N

系统压力具有足够的富余量。

2.3.4 提升速度校核

为了实现从地面或水面开始起吊到吊装到位控制在2.5小时以内的目标, 有必要对液压泵站的流量进行校核。系统采用一台泵站驱动两台千斤顶的配置, 根据上述液压泵站的技术参数, 每台千斤顶的流量为:

$$(1) \text{主顶伸缸流量: } Q_{\pm 1} = 100 \text{ L/min}$$

(2) 主顶缩缸流量取额定流量的85%, 则 $Q_{\pm 2} = 0.85 Q_{\pm 1} = 85 \text{ L/min}$,

$$(3) \text{上下夹持顶流量: } Q_{\small} = 8 \text{ L/min.}$$

根据提升设备特性, LSDB2300-500千斤顶每一有效行程约为480mm, 完成一有效行程, 需包括以下动作步骤: 紧上锚、松下锚、伸缸、紧下锚、缩缸、松上锚。

每行程主顶伸缸所需时间:

$$\begin{aligned} t_1 &= 60 S_1 L / (Q_{\pm 1} \times 10^6) \\ &= 60 \times 9.21 \times 10^4 \times 480 / (100 \times 10^6) \\ &= 26.5 \text{ S} \end{aligned}$$

S_1 —主顶活塞面积 mm²

L —主顶行程 mm

每行程主顶缩缸所需时间:

$$\begin{aligned} t_2 &= 60 S_2 L / (Q_{\pm 2} \times 10^6) \\ &= 60 \times 4.34 \times 10^4 \times 480 / (85 \times 10^6) \\ &= 14.7 \text{ S} \end{aligned}$$

S_2 —主顶回程面积 mm²

每行程小顶松或紧锚所需时间:

$$\begin{aligned} t_3 &= 60 S_3 L_2 / (Q_{\small} \times 10^6) \\ &= 60 \times 1.97 \times 10^4 \times 38 / (8 \times 10^6) \\ &= 5.6 \text{ S} \end{aligned}$$

S_3 —夹持顶活塞面积 mm²

L_2 —主顶行程 mm

完成一有效行程需要的时间:

$$T = t_1 + t_2 + 4t_3 = 26.5 + 14.7 + 4 \times 5.6 = 63.6 \text{ S}$$

则提升速度为:

$$\begin{aligned} V &= 3600 \text{ L} \times 10^{-3} / T 3600 \times 480 \times 10^{-3} / 63.6 \\ &= 27.2 \text{ m/h} \end{aligned}$$

考虑到机械效率问题, 机械总效率取0.85,

则实际提升速度为:

$$V_{\text{实}} = V_{\eta} = 27.2 \times 0.85 = 23.1 \text{m/h}$$

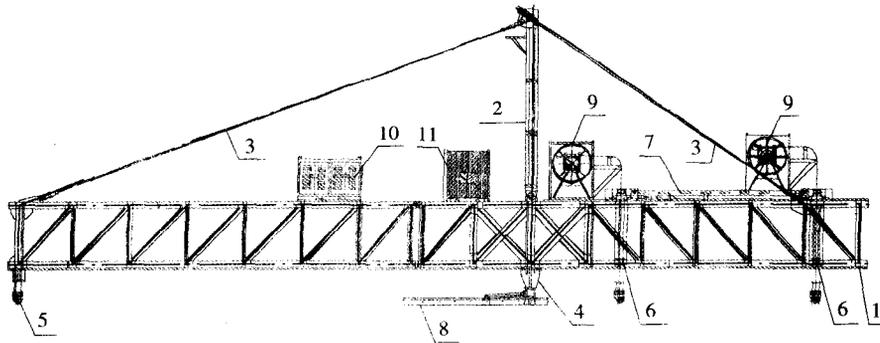
提升40米高度, 所需时间为:

$$T_{\text{提}} = 40 \div 23.1 = 1.73 \text{h} < 2.5 \text{h}$$

因此, 泵站的流量满足要求

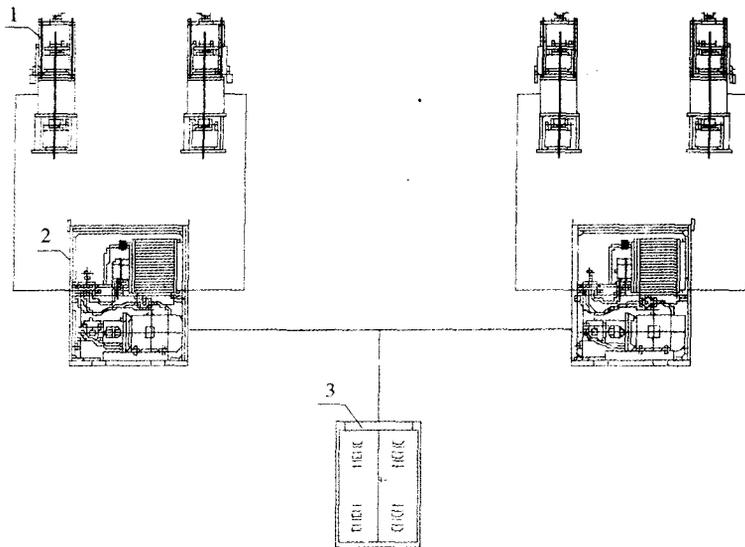
3 液压提升设备安装布置

在桥面的上下游两侧各布置一幅桥面吊机, 液压提升设备安装在桥面吊机上, 如图1。液压提升设备系统组成见图2。



1、主桁架 2、钢塔 3、斜拉索 4、前支点机构 5、后锚点机构 6、LSD2300-500提升顶 7、纵移系统 8、行走装置 9、收放线盘 10、LSDB100×2液压泵站 11、主控制室

图1



1、LSD2300-500千斤顶 2、LSDB100×2液压泵站 3、主控制室

图2 液压提升设备系统组成示意图

4 钢桁梁提升施工工艺

(1) 桥面吊机前移到吊装位置, 整平并锚固, 如图3。

(2) 用收放线盘把钢绞线及吊具下放到尚未起吊的钢桁梁吊点上, 吊具和钢桁梁上的吊耳穿上轴销连接并固定。

(3) 高速提升钢桁梁, 如图4。

(4) 钢桁梁就位、焊接, 如图5。

(5) 主、边跨安装斜拉索, 并根据指令张拉到设计吨位。

(6) 桥面吊机前移到下个标准节段吊装位置, 整平并锚固。

(7) 根据指令再次调索到设计吨位及标高。

(8) 准备下节段吊装, 如此循环一直到合龙。

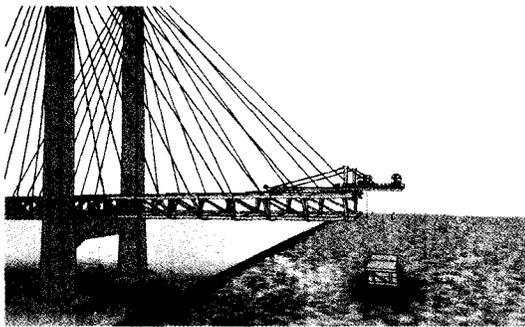


图3

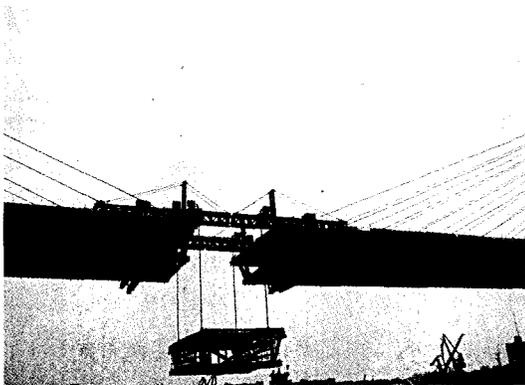


图4



图5

5 几点关键技术的应用

5.1 机电液技术一体化

提升设备系统采用钢绞线承重、提升千斤顶集群、计算机控制、液压同步等技术,为实现钢桁梁整体提升打下基础。

5.2 多种传感器的应用

为了使钢桁梁在提升过程中安全平稳,提升设备系统安装有多种传感器对设备的运行状况进行实时监控,包括压力传感器、编码仪、激光测距仪、行程开关等。压力传感器实时监控设备提升时的压力,防止系统过载。激光测距仪实时监

控每个吊点的起吊高度,根据测距仪反馈回来的信号情况,随时对各个吊点受力情况进行调整,防止吊点间由于高度差太大引起吊点的受力不平衡,避免造成钢桁梁变形。

5.3 负载—敏感—比例液压系统回路的应用

5.3.1 消除提升中负载转换时的振动

若液压系统中油液换向元件采用开关式电磁换向阀,由于系统的流量大,换向时油液的突然关闭或开启,便会产生较大的冲击。而钢桁梁由于在高速提升过程中突然停止,势必会引起振动,造成安全隐患。负载—敏感—比例液压系统回路中采用的比例多路换向阀能很好地解决上述问题,计算机向比例多路换向阀的电磁铁输送逐渐减弱(增强)的电流,阀芯开口根据电磁铁吸引力的变化逐渐关闭(开启),消除液流冲击。

5.3.2 同步提升

编码仪把每个提升千斤顶伸缸的位移值信号反馈回来,系统通过比较、计算,对比例阀的开口进行实时调节,控制进入提升千斤顶的油液,实现提升千斤顶同步伸缸。

5.4 收放线盘的应用

船舶把钢桁梁运抵到指定位置就位后,打开提升千斤顶夹片,开启收放线盘转盘,钢绞线及吊具在自重力的作用下,快速下放。收线放盘采用蜗轮蜗杆传动副传动,利用蜗轮蜗杆传的自锁功能防止钢绞线及吊具因超越负载而失速。经实践,此方法比用提升千斤顶下放钢绞线快约5~8倍,大大节约钢桁梁提升的辅助时间。

6 小结

LSD2300液压提升系统在上海闵浦大桥钢桁梁提升中的成功应用充分说明,高速提升技术应用于大型构件的整体提升是行之有效的,应当代表液压提升技术的一种发展方向,特别对于一些跨越繁忙航道的桥梁钢箱梁提升,跨越公路、铁路的立交桥的箱梁提升,更具有重大的现实意义,也必将会产生巨大的经济效益。

参考文献

- [1] 闵浦大桥主桥施工方案. 上海市基础工程公司.
- [2] 哈威产品说明书. 哈威液压股份有限公司.
- [3] 李兴奎, 甘秋萍等. 船厂龙门起重机塔架顶升与大梁提升技术[J]. 预应力技术, 2005. 4