

大跨度桥梁构件连续提升技术及工程应用

唐建国

内容摘要 本文介绍一种用于大跨度桥梁构件施工的液压连续提升技术,以虎门大桥钢箱梁吊装施工为背景,论述了该技术的可行性和性能特点及应用前景。

关键词 桥梁构件 连续提升

一、概述

通过上海东方明珠电视塔天线桅杆、北京西客站主站房钢桁架以及上海大剧院钢结构屋顶等多项重大工程的实践表明,采用液压提升千斤顶和高强度低松弛钢绞线提升超重、超大、超高构件的方法是一种高效新型的起重吊装方法,为我国大跨度桥梁构件施工采用液压提升技术提供了新的思路及成功实例。

广东虎门大桥主航道桥为跨度 888m 的悬索桥,加劲钢箱梁采用正交异性钢桥桥面的扁平单室钢箱,分节段在工厂制造,每个架设单元的标准节段为全截面箱梁,长 24m,重约 312t。架设这种节段单元通常是在架设位置的正下方从江面上直接起吊,传统的架设方法是采用卷扬机跨缆吊机,起升机构由钢丝绳、滑轮组和卷扬机组成。

上述常用机构的优点是操作简单,速度快,但有以下缺点:

(1) 提升重量受钢丝绳、滑轮组和卷扬机的限制,因为随着吊重的增加,滑轮组的倍率和钢丝绳的绳径都要增加,构造上难以处理。

(2) 对悬索桥跨度的限制大,因为卷扬机一般布置在地面上,随着悬索桥跨度的增大,塔身升高,钢丝绳从地面绕过塔

顶,穿入吊机上的定滑轮组,再放至水平上,每根钢丝绳要有足够长度,往往超过 100 米,有的甚至达数千米,不仅造价提高,搬运、使用也十分困难。

(3) 作业点分散。卷扬机布置在河岸地面,起重梁在主缆上,吊重在江面上,使通讯联系和协调指挥不便,也影响到其它平行作业面的工作。

鉴于以上原因,对于钢箱梁节段提升,需要寻求一种新的提升方式,液压提升技术很自然成为一种研究方向。

悬索桥钢箱吊装具有特殊性,主要体现在:

(1) 吊装在江河主航道进行,吊装时间受航道封闭时间的限制。

(2) 吊装需反复多次进行。

(3) 以往的吊装,大多是在地面上进行的,而悬索桥钢箱梁节段的提升是在驳船上进行的,因此驳船抛锚定位的准确性,水流的冲击以及钢箱梁节段离船过程中引起的船体升高,对吊装都会产生影响。

针对以上特点和要求,我公司研制开发了一种新的钢箱梁提升系统及其配套装置。

二、液压连续提升系统的工作原理

应用于广东虎门大桥钢箱梁吊装工

程中的液压连续提升系统,是在综合连续顶推千斤顶系统和 LSD 提升系统的优点的基础上开发的大吨位、快速液压吊装设备。该设备系统包括四台 YDCLT2000 -

200 连续提升千斤顶、两台 4YBZ90 - 25 连续提升泵站以及一套逻辑控制系统,其技术参数见表 1、表 2。

YDCLT2000 - 200 连续提升千斤顶的

表 1 OVM—YDCLT2000 - 200 连续提升千斤顶技术参数表

公称提升力	2000 KN	额定油压	< 31.5 MPa
活塞行程	200 mm	穿心孔直径	Φ170 mm
配钢绞线数	19 根	整机外形尺寸	Φ558 × 1950mm

表 2 4YBZ90 - 25 连续提升泵站技术参数表

额定流量	90 L/min	额定油压	< 31.5 MPa
机电功率	55 KW	电机转速	1460 n/min

基本结构主要由两台主千斤顶、两台小千斤顶以及上下两套夹具组成。上、下夹具分别与上、下主千斤顶的活塞相连接,同时,上下两套夹具分别用两个小千斤顶来控制夹片压紧或松开以及活塞和油缸之间的相对运动。钢箱梁通过钢绞线带着连续上升。两台连续提升泵站是四台连续提升千斤顶的动力源泉,由于一台连续提升泵站供给两台连续提升千斤顶的油量相等,因而各千斤顶具有良好的同步性能。大流量泵站使最大提升速度达 15m/h。为了使钢箱梁达到连续、同步提升,我们设计了性能可靠的逻辑控制系统。其工作原理是通过连续提升千斤顶各活塞行程位置上的传感元件把动作反馈到主控制台,通过主控制台对提升泵站上的电磁换向阀进行控制,进而控制各千斤顶的流量,达到同步动作的目的。

三、虎门大桥钢箱梁液压提升施工的技术关键

1、由于在施工中每台液压连续提升

跨缆起重机所装钢绞线最多可达 72 根,若受力均匀,则具有足够的安全系数,因为钢绞线是重复使用的,各节段钢箱梁的起吊高度不一,故其下料长度需满足其重复使用期间的最长要求,势必使连续提升千斤顶上端的钢绞线长度较长。而且液压提升跨缆吊机的吊钩与钢箱梁联接好后,也要求钢箱梁尽快地脱离驳船。基于上述原因,若采用吊钩与钢箱梁联接好后用单束穿心千斤顶进行预紧的办法显然是不可行的。在施工中,我们对每一根钢绞线的下料长度进行控制,尽量做到等长下料,并在规定的位置上做标识,在每束钢绞线足够长度的同一位置上安装固定锚具,使钢绞线随吊钩下放时,保持近似相等的长度以确保受力相等,从而很好的解决了钢绞线的预紧问题,确保了施工顺利进行。

2、在悬索桥上进行液压吊装不同于一般大型构件的液压吊装,其用于吊装的钢绞线必须重复使用,即有一个将钢绞线

重新放下进行重复吊装的要求,在施工中进行钢绞线的二次穿束是不可能也是不允许的。在施工中我们和桥梁施工技术人员一道从施工现场想办法,利用塔顶的施工卷扬机。在吊装时,小卷扬机与提升同步将钢绞线往塔顶牵引,起到收绞线的作用,二次倒索时,将其与钢绞线上的固定锚具挂住,利用液压起重吊机吊钩的重量将钢绞线整束带下,同时利用小卷扬机的反拉力,防止钢绞线整束滑下,达到二次倒索提升的施工要求。

3、钢绞线的重复使用性能

液压提升跨缆吊机在重复进行梁段的提升时,钢绞线因受到夹片的反复夹持而损伤,其强度降低程度可以通过试验了解,以便决定钢绞线重复使用次数。

试验方法:在额定的载荷下,通过对钢绞线的反复牵引,测试钢绞线的破损及强度降低程度。试验采用

$\Phi 15.24\text{mm}$ 的钢绞线 3 组进行牵引,每组试验 3 根,所用牵引力为 32t,即每根 10.6t。试验数据见表 3。

4、由于钢箱梁实际提升过程中,我们所采用钢绞线的受力情况为 5.5t/根,一次提升 60m,其每米上的咬痕约为 6 次,虎门大桥主航道悬索桥总共 39 节箱梁,共 4 套跨缆吊机,平均一套按 10 节箱梁计,其每米上的咬痕为 60 次,而本次试验做到 20cm 长的钢绞咬痕达 300 次,从试验可知钢绞线在夹片频繁夹持下,其强度降低程度是非常有限的,能够满足施工要求。

5、图 1 中连续提升千斤顶两端的安全装置、导向装置对确保吊装施工顺利进行有不可替代的作用。安全装置的作用是在千斤顶出现故障必须更换时,将安全装置锁死,使钢绞线的力转换到安全装置上,以便对千斤顶进行故障处

表 3 钢绞线试验数据记录

检测项目	直径 (mm)	屈服极限 (MPa)	破断拉力 Fb(kN)	强度极限 (MPa)	伸长率 (610mm)%	弹性模量 E(GPa)	断口位置	
标准规定	15.24 (+0.66~ -0.15)	/	≥ 260.7	≥ 1860	≥ 3.5	/	标距内	
实 测 值	150# -1	15.50	1700	268.0	1914	4.2	203.1	标距内
	150# -2	15.50	1700	269.0	1921	4.4	203.1	标距内
	150# -3	15.50	1686	270.0	1929	4.4	201.5	标距内
	200# -1	15.40	1643	265.0	1893	4.0	198.7	标距内
	200# -2	15.50	1664	266.0	1900	4.4	195.6	标距内
	200# -3	15.50	1678	265.0	1893	4.5	200.6	标距内
	300# -1	15.50	1657	263.0	1878	3.8	194.6	标距内
	300# -2	15.50	1643	262.0	1871	3.8	194.6	标距内
	300# -3	15.50	1650	264.0	1886	4.1	194.6	标距内

注: 1、试样外观检查钢绞线有明显的牙痕。

2、150# -1, 式中: 150 表示 20cm 长度范围内锚具夹片夹持次数, 1 表示一组钢绞线内的钢绞线编号。

理。导向装置的作用是保证从千斤顶出来的钢绞线垂直，改善千斤顶夹具的受力状态，并有效防止钢绞线由于千斤顶本身夹片受力不理想而在油缸回程时跟回，扭花钢绞线。

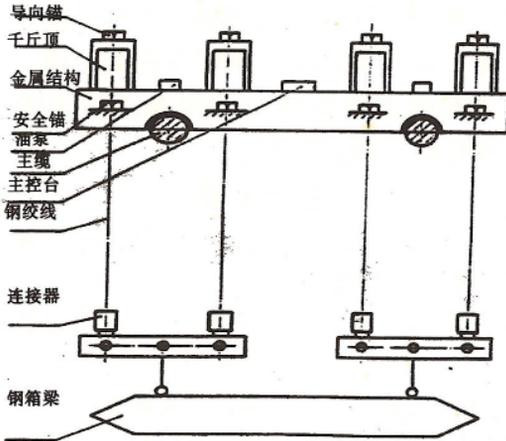


图 1

6、虎门大桥处在珠江入海口，航道非常繁忙，吊装封航时间有限（封航时间从 7:30 - 15:00），这就对液压提升系统提出快速吊装的要求，这是其它大型吊装所不曾有的。为此我们对钢箱梁液压提升系统和同步控制系统进行精心设计，使提升速度满足了施工的要求，并使钢箱梁在吊装过程中平稳，上、下游钢箱梁高度差控制在 30cm 以内。

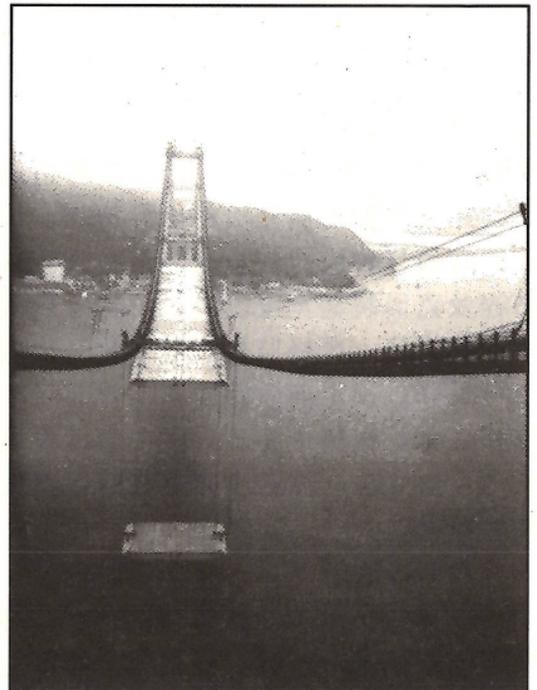
四、液压连续提升的优越性

1、提升吨位大。液压提升跨缆吊机的吨位是由千斤顶的额定提升力决定的，由于采用大吨位千斤顶，而且可以做到多点同步提升，所以液压提升跨缆吊机特别适用于大吨位构件的提升，这样通过增加箱梁的节段长度，可以减少

加劲钢箱梁的节段和工地焊缝数量，既提高了加劲钢箱梁的整体质量，又降低了成本。

2、不受跨度影响，作业面集中，不占用岸上施工地面。液压提升跨缆吊机的千斤顶、泵站主控台、辅助卷扬机都集中在吊机的主梁上，因此作业面集中，它不象卷扬机提升跨缆吊机卷扬机要布置在两岸地面，由于液压提升跨缆吊机不占用岸上施工场地而且不受悬索桥跨径的影响，因此，悬索桥的跨度越大，其优点越突出。

3、静定起吊：虎门大桥液压提升跨缆吊机采用两点起吊，受力明确，而且均匀，参见图片 1。



图片 1

4、经济效益及社会效益显著。根据统计分析表明，一套卷扬机跨缆吊机总

重 249t, 而一套液压提升跨缆吊机总重 100t, 采用后者节约材料 149t, 节约投资近 500 万元。由于液压提升跨缆吊起主要受力件受力简明, 可节约荷载试验费用 100 多万元, 并且安装工期短, 每套吊机可节省 15 天的安装时间。

从悬索桥向大跨度发展的趋势分析, 液压提升跨缆吊机吊装钢箱梁比传统的跨缆吊机更具发展前景。随着系统性能的完善和推广应用, 社会效益将十分明显。

五、结论与展望

虎门大桥钢箱梁的吊装成功标志着液压吊装钢箱梁技术在我国首次成功地运用于建桥工程实践, 为我国大跨度桥梁结构施工技术的发展作了一次成功的

尝试。联系法国诺曼底斜拉桥钢箱梁液压吊装的成功实践, 我们有理由相信, 液压连续提升技术将广泛地应用于我国大跨度悬索桥、斜拉桥、拱桥等结构工程施工。为使该项技术赶上国际同类技术水平, 我们将继续努力, 计划在 1998 年以内研制出提升速度 30m/h 以上、超大吨位连续提升千斤顶、泵站及控制系统, 为推进我国大跨度桥梁结构施工技术的发展作出积极的贡献。

参考文献

- [1]《大岛大桥施工总结》, 广东虎门大桥技术咨询公司, 1995 年
- [2] 尼尔斯丁·吉姆辛, 《缆索承重桥梁——构思与设计》, 人民交通出版社 1992 年
- [3] 钱冬生、陈仁福, 《大跨悬索桥的设计与施工》, 西南交通大学出版社

(上接第 30 页)

实行“信息施工法”, 即边监测边施工, 以反馈回的监测资料指导施工。因此, 在施加预应力前全面测量被加固体高程及路面裂缝宽度。在张拉锚索过程中和锁定后, 严格监视裂缝变化。由表二可见张拉锁定前后路面基本没有发生位移变化。在整个施工过程中裂缝发展 3.5~7.5mm, 张拉锁定后裂缝没有发展。如表 2。

六、结论

OVM 拉压分散型锚索结构合理, 可缩短锚索长度, 节省工程材料, 降低工程造价。同时, 由于受力更加均衡, 避免了由于应力集中导致锚索失效, 延长了锚索寿命。近年来, 土层锚杆的应用越来越广泛, 但由于地质条件千变万

化, 很难准确选取土体力学指标值, 给设计者提出了一道难题。随着 OVM 拉压分散型锚索的开发与应用, 无疑为解决软土地基的承载力问题提供了一种新思路。

参考文献

- [1] 程良奎、张作、杨志银, 《岩土加固实用技术》, 地震出版社。
- [2] 中国工程建设标准化协会标准, 土层锚杆设计与施工规范, CECS22:90
- [3] 周增富译、田裕甲校, 《VSL 锚固施工法设计施工规则》, 日本 VSL 锚固协会
- [4] 易著伟、顾寅、李伟斌, 《桂柳高速公路 K248 路基加固工程竣工报告》

备注: 参加该工程的还有 OVM 工程公司的李伟斌、顾寅、黄家齐、唐建武等工程技术人员。