

万州大桥钢管桁架自动连续顶推施工技术

⑨
30-31

韦勇生 唐建国 谢永红 孔建华

6448.145.4

【摘要】 本文主要介绍万州大桥钢管桁架自动连续顶推施工的技术关键

【关键词】 钢管桁架 柔性墩 连续顶推 公路大桥

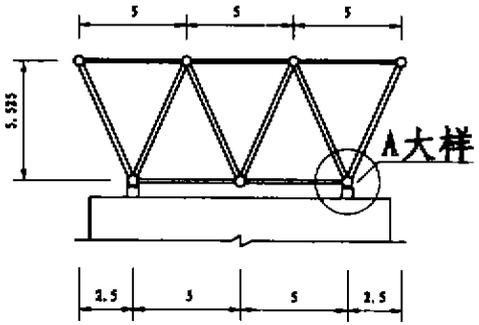
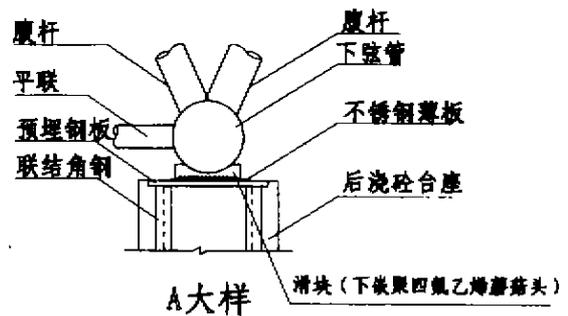
一、概述

万州大桥是重庆市万州区西北郊跨越苕溪河连接名亨小区与红光小区的一座公路大桥。该桥全长709.8m,宽21.5m。主孔为3孔120m带两边跨各75.4m、总长为510.8m的钢管混凝土组合桁架连续钢构,引孔为25m预应力空心板,桥面连续。主桥墩为双肋柔性薄壁墩,宽11.5m,每侧薄壁厚1m,薄壁间净距6m,墩高32.9~55.9m。临时支墩为钢管支墩和万能杆件支墩。大桥立面详见图一。

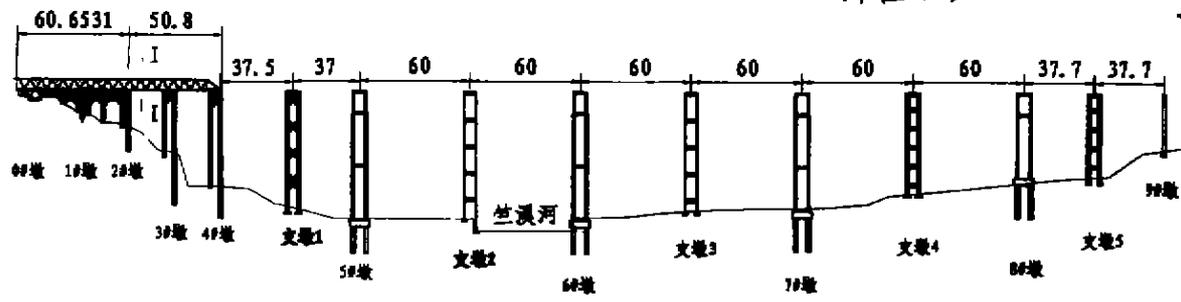
钢管混凝土桁架高6m。下弦采用3 ϕ 500钢管混凝土,上弦采用4 ϕ 450钢管混凝土,上平联为 ϕ 140钢管,下平联为 ϕ 159钢管,上、下弦用 ϕ 245、 ϕ 219钢管连接,形成空间桁架。桁架剖面详见图二。

整个钢管桁架分43段组拼(除第一和最后一段为9.27m外,其余均为12m)。桁架在磨刀梁引道大样台上焊成12m基本段,然后由龙门吊吊运至拼装台组拼。拼装台设在0#台和2#墩之

间,长60m。拼装台每次最多能组拼5段桁架。组拼满后往前顶推桁架,之后再组拼,再顶推,如此循环,直到桁架组拼完毕、顶推到位。



附图二 桁架 I—I 剖面图 (单位:m)



韦勇生,唐建国 柳州欧维姆工程有限公司工程师

钢管桁架的支承系统由0#台~2#墩的拼装平台、3#墩、4#墩、临时支墩1、5#墩、临时支墩2、6#墩、临时支墩3、7#墩、临时支墩4、8#墩、临时支墩5和9#墩组成。

滑动系统由滑道和滑块组成。在主墩及临时支墩上每墩设两条滑道、上、下游各一条，在组装台上不设集中滑道，采用分散滑道方式。滑道顶面铺不锈钢板。滑块由走板与聚四氟乙烯磨菇头组成。当顶推桁架时，垫在桁架下弦节点上的滑块与滑道相对滑动。为减少平移摩阻力，桁架顶推时在滑道上涂上足够的硅脂。

钢管桁架的顶推采用柳州市建筑机械总厂生产的YDCLD系列自动连续顶推系统，由柳州欧维姆工程有限公司负责顶推施工。

二、YDCLD系列自动连续顶推系统的工作原理

YDCLD系列自动连续顶推系统由连续顶推千斤顶、连续顶推液压泵站和主控台组成。每台千斤顶配一台泵站，并通过高压油管相连。每台千斤顶由两个分别装有夹紧装置的穿心式千斤顶串联而成，并配有六个行程开关。千斤顶的行程开关通过信号线和该顶的泵站相连。各泵站和主控台通过信号线串联。千斤顶用钢绞线作为顶推柔性拉杆，钢绞线一端穿过千斤顶的两个夹紧装置并被夹持住，另一端通过P型锚固定于钢管桁

架下弦节点的拉锚器上。整个系统如图三所示。

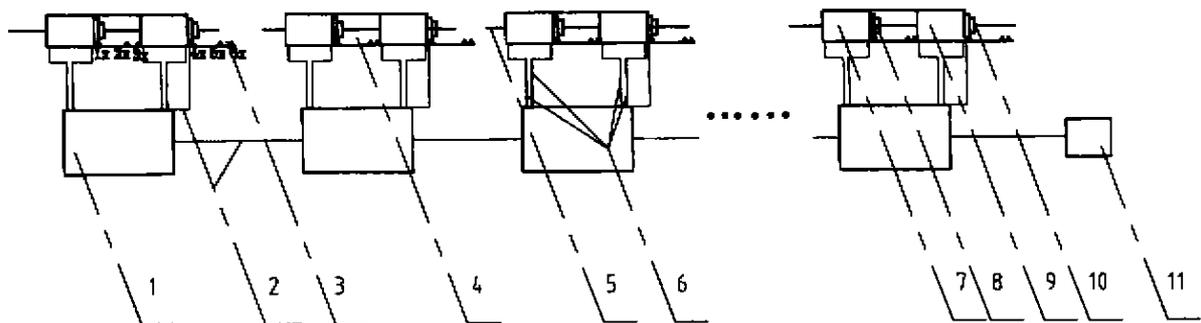
启动系统后，所有前置顶夹紧各自的钢绞线牵着钢管桁架同时往前行走，当某台前置顶首先走到并撞上5X时，所有后置顶亦同时往前行走。此时，所有前置顶与后置顶同时往前运动，后置顶的夹具自动夹紧钢绞线，荷载由前置顶向后置顶转移。当某台前置顶首先走到并撞上6X时，所有前置顶立即同时往回行走。此时，前置顶的夹具自动松开，荷载全部由后置顶承担。当某台后置顶首先走到并撞上2X时，所有前置顶同时往前行走。如此循环，周而复始，使钢管桁架保持连续、匀速向前运动。

三、万州大桥钢管桁架自动连续顶推施工的技术关键

1、顶推方案的确定

顶推法施工有单点(集中)顶推和多点(分散)顶推两种不同的方法。本桥为薄壁柔性高墩，为分散水平推力，采用多点自动连续顶推方法。顶推千斤顶分别设在1#墩、2#墩、3#墩、4#墩、临时支墩1、5#墩、临时支墩2、6#墩、临时支墩3、7#墩、临时支墩4、8#墩、临时支墩5、9#墩。随着桁架不断组拼顶推前移，当桁架移到某桥墩时，该墩上的千斤顶开始与后面的千斤顶一起施力顶推。现场设备平面布置图详见图四。

2、顶推设备的选择



1、泵站；2、信号线；3、行程开关；4、千斤顶；5、钢绞线；6、油管；7、后置顶；8、后夹紧装置；9、前置顶；10、前夹紧装置；11、主控台

图三 YDCLD系列自动连续顶推系统示意图

桁架滑移时滑道与滑块的摩阻系数应小于0.1。整个桁架竖向荷载为17260KN，若摩阻系数按0.1考虑，则顶推整个桁架的最大牵引力为1726KN。

根据桁架顶推的具体方案和理论计算得知，在桁架顶推的整个过程中，每个桥墩所受的最大摩阻力均不大于100KN。

根据以上条件，选择公称顶推力为200KN的YDCLD200-200连续顶推千斤顶22台，并配上ZLDB连续顶推液压泵站22台和ZK-J5S主控台1台。千斤顶和泵站的技术性能见表1及表2。

每台千斤顶配置30m长270级、 $R_{yb}=1860MP$

a、 $\Phi 15.24mm$ 高强度低松弛钢绞线1根。

3、顶推系统可靠性分析

1)、顶推能力储备系数

①、对于整个桁架

$$22 \times 200 / 1726 = 2.55$$

表1 YDCLD200-200连续顶推千斤顶技术性能表

项目	单位	性能指标	项目	单位	性能指标
公称压力	MPa	30	公称张拉力	KN	200
张拉活塞面积	m ²	0.746×10^{-2}	张拉行程	mm	200
回程活塞面积	m ²	0.422×10^{-1}	质量	Kg	72
穿心孔径	mm	54	外形尺寸	mm	180×180×1200

②、对于单个桥墩

$$200 / 100 = 2.0$$

2)、钢绞线安全系数

$$260.4 / 100 = 2.6 \text{ (260.4为钢绞线的最小破断拉力, 单位: KN)}$$

3)、夹紧装置安全系数

夹紧装置采用OVM锚具，OVM锚具的锚固效率系数 ≥ 0.95 ，则夹紧装置安全系数为：

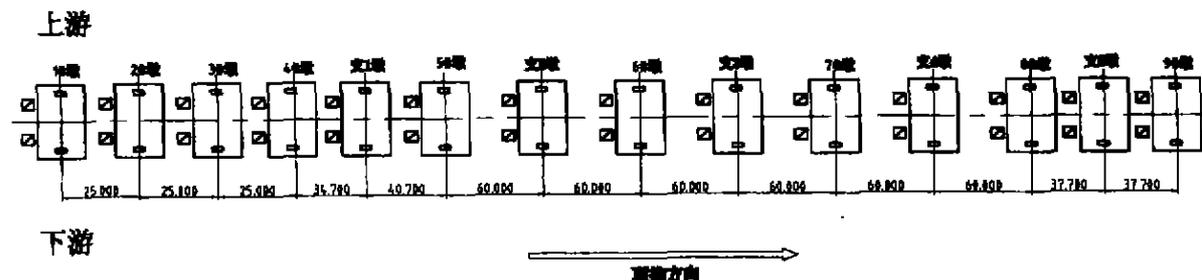
$$260.4 \times 0.95 / 100 = 2.5$$

4)、钢绞线重复使用性能

钢管桁架在顶推过程中，钢绞线受到夹片的反复夹持而损伤，其强度降低程度可通过试验了解。以下是我们曾做过的试验数据，试验方法如下：取3根270级、 $R_{yb}=1860MPa$ 、 $\Phi 15.24mm$ 高强度低松弛钢绞线，在额定荷载320KN（平均每根钢绞线受力106.7KN）作用下，用千斤顶对其进行反复牵引。试验共分3组，使每组钢绞线在

表2 ZLDB连续顶推液压泵站技术性能表

项目	单位	性能指标	项目	单位	性能指标
额定压力	MPa	31.5	油箱容积	L	250
额定转速	r/min	1460	容积效率	%	≥ 87
柱塞数	个	6	质量	Kg	400
额定流量	L/min	2×6	用油种类		10-30号液压油
电机功率	kw	7.5	外形尺寸	mm	1000×760×1050



符号:

- 1. ○ 水平千斤顶;
- 2. □ 液压泵站。

图四 顶推设备平面布置图

20cm长度范围内千斤顶夹片夹持次数分别达到150次、200次和300次。然后测定每根钢绞线的强度降低程度。钢绞线试验数据见表3。

在实际顶推施工中, 每根钢绞线的最大拉力为100KN。

钢绞线安装一次可顶推桁架24m, 则整个顶推施工过程一根钢绞线最多使用次数为:

$$510.8/24=22 \text{ 次}$$

每根钢绞线使用一次在18cm范围内夹片夹持数为2次, 则每20cm长度夹片夹持数为:

$$2/18 \times 20 \approx 2.2 \text{ 次}$$

因此, 整个顶推施工钢绞线在20cm范围内

夹片夹持数最多为:

$$22 \times 2.2 \approx 48 \text{ 次}$$

而试验做到在相同拉力下在20cm范围内夹片夹持数达300次。从测试结果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, 每根钢绞线完全能够满足整个顶推施工的要求。

从以上分析可知, 这套系统是相当可靠的, 完全满足万州大桥钢管桁架顶推施工的需要。

4、顶推过程各千斤顶施力控制

以第四次顶推施工为例, 具体介绍钢管桁架顶推过程各千斤顶施力控制。此次顶推钢管桁架总长153.27m、总重4430KN。采用1#墩、2#墩、

表3 钢绞线试验数据记录表

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)	/	≥260.4	≥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、试验后钢绞线外观检查有明显的咬痕;
2、150#-1中: 150表示钢绞线在20cm长度范围内夹片夹持次数为150次; 1表示每组中钢绞线编号。

表4 桁架支点受力表

桁架推出的距离(M)	6	12	18	24	30	36	42	48
各支点的受力N(T)								
1#墩	23.4×2	12.6×2	0×2	0×2	0×2	0×2	0×2	0×2
点1	9.4×2	11.0×2	8.5×2	19.8×2	0×2	0×2	0×2	0×2
点2	6.5×2	7.2×2	6.6×2	5.5×2	7.5×2	0×2	0×2	0×2
2#墩1	6.5×2	6.9×2	7.0×2	6.0×2	6.7×2	6.2×2	0×2	0×2
2#墩2	24.6×2	22.9×2	20.8×2	20.4×2	20.6×2	20.5×2	18.3×2	0×2
3#墩	37.9×2	38.4×2	38.2×2	38.0×2	32.8×2	31.0×2	30.3×2	50.5×2
4#墩	61.4×2	57.0×2	42.2×2	50.8×2	59.1×2	58.7×2	57.6×2	45.4×2
临时支墩1	51.7×2	65.6×2	98.2×2	81.0×2	72.4×2	72.0×2	70.0×2	65.9×2
5#墩	0×2	0×2	0×2	0×2	22.5×2	33.1×2	45.4×2	59.6×2

注: 23.4×2表示该处为上、下游2个支点, 每个支点受力23.4T。

桥梁建设

3#墩、4#墩和临时支墩1上的千斤顶进行顶推。顶推过程中桁架位移与支点关系详见图五。

1)、顶推过程中桁架各支点受力值(支点位于下弦节点处)见表4所列。

2)、顶推过程各千斤顶施力控制

由于1#墩和2#墩之间满架万能杆件,使其能够承受较大的水平力;而3#墩、4#墩、临时支墩

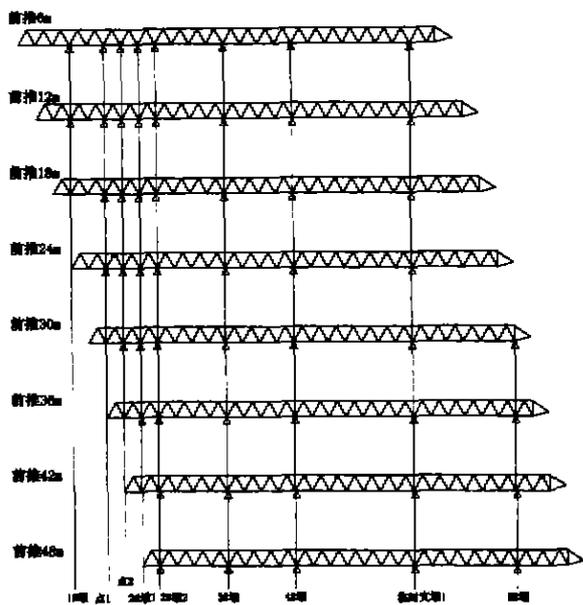


图5 顶推过程桁架位移与支点关系图

1和5#墩为柔性墩,不能承受水平力,故墩上千斤顶施力值F应与该墩所受的摩擦力持平,其数学表达式为:

$$|F_i - (\mu_i + K_i)N_i| \leq [F_{\#}]$$

式中:

F_i ---该墩千斤顶施力大小

μ_i ---摩擦系数

K_i ---上坡阻力系数

$F_{\#}$ ---该墩允许承受水平力

因此,各千斤顶施力大小可以采用如下控制:

制:

$$F_{1\#墩} = f_{1\#墩} + f_{点1} + f_{点2}$$

$$F_{2\#墩} = f_{2\#墩1} + f_{2\#墩2}$$

$$F_{3\#墩} = f_{3\#墩}$$

$$F_{4\#墩} = f_{4\#墩}$$

$$F_{临时支墩1} = f_{临时支墩1}$$

$$F_{5\#墩} = f_{5\#墩}$$

摩阻系数按0.1考虑,则摩擦力 $f=0.1N$,各千斤顶施力大小见表5。

5、顶推过程桥墩位移监测

为确保顶推安全,在顶推过程中要求各桥墩

表5 千斤顶施力控制表

桁架推出的距离	6	12	18	24	30	36	42	48
各千斤顶施力F(KN)								
1#墩千斤顶	39.3×2	30.8×2	15.1×2	0×2	0×2	0×2	0×2	0×2
2#墩千斤顶	31.1×2	29.8×2	27.8×2	51.7×2	34.8×2	26.7×2	18.3×2	0×2
3#墩千斤顶	37.9×2	38.4×2	38.2×2	38.0×2	32.8×2	31.0×2	30.3×2	50.5×2
4#墩千斤顶	61.4×2	57.0×2	42.2×2	50.8×2	59.1×2	58.7×2	57.6×2	45.4×2
临时支墩1千斤顶	51.7×2	65.6×2	98.2×2	81.0×2	72.4×2	72.0×2	70.0×2	65.9×2
5#墩千斤顶	0×2	0×2	0×2	0×2	22.5×2	33.1×2	45.4×2	59.6×2

表6 桥墩位移控制表

墩名	3#	4#	临支1	5#	临支2	6#	临支3	7#	临支4	8#	临支5	9#
位移控制值(mm)	±5	±5	±12	±5	±12	±5	±12	±5	±10	±5	±9	±5

桥梁建设

纵向水平位移控制在表6所示的范围。

前面是通过理论计算, 确定每台千斤顶施力大小来保证桁架的安全顶推。但在实际顶推过程中, 在一小段距离内, 千斤顶的施力是一定的, 而摩阻力是变化的, 加上各种其它复杂因素的影响, 致使桥墩往往发生较大的位移, 甚至超过允许范围。因此仅靠理论计算值控制千斤顶的施力是不够的。必须采取信息法施工; 首先按照理论计算值设定各千斤顶的施力大小; 其次在顶推过程中密切监测各桥墩的位移变化; 并随时根据情况调整各千斤顶的施力大小, 保证各桥墩位移在允许范围之内。具体做法如下:

- 1)、当某桥墩向顶推方向位移时, 适当增加该墩千斤顶的施力值, 直到该墩回位;
- 2)、当某桥墩向顶推反方向位移时, 适当减少该墩千斤顶的施力值, 直到该墩回位;
- 3)、当桁架顶推不动时, 适当增加1#墩和2#墩千斤顶的施力值, 直到桁架滑动。

四、结论与展望

该系统和施工技术为我国第一次成功应用于由柔性墩支承的钢管桁架顶推安装施工。它大大减少施工重量, 节约施工设备和用材, 顶推安全、快速, 降低施工成本。在该工程乃至类似工程中显示着其它施工设备和施工方法无法替代的优越性。实践证明它具有以下几点优点:

- 1、设备轻巧, 占地面积小, 不仅适用于各

种连续梁的顶推安装施工, 还可广泛应用于大型构件的提升和桥梁转体施工等多种施工领域, 尤其是高空作业和施工空间狭窄的地方;

- 2、多点连续顶推把顶推反力分散到各桥墩上, 而且每次顶推, 桥墩仅在启动时产生一次正负弯矩变化, 根除了间断式顶推中由于正负弯矩的反复变化而使桥墩前后摆动的现象, 大大改善了桥墩的受力状态;

- 3、采用该系统顶推, 前后顶连续施力, 顶推速度大大超过间断式顶推方法, 最快达48米/小时。此外, 顶推过程十分平稳、安全可靠;

- 4、在顶推施工中, 千斤顶、泵站和主控台的位置固定不变, 只需简单移动钢绞线和拉锚器即可继续顶推, 施工非常方便省事。

我们愿与广大工程技术人员一道继续努力, 通过施工实践不断完善、发展这套系统, 进而为推动我国桥梁预应力施工技术的发展作出应有的贡献。

参考文献

- 1、《万州大桥施工设计图》, 四川省交通厅公路勘察设计院;
- 2、《万州大桥钢管桁架顶推施工方案》, 广西路桥总公司;
- 3《YDCLD系列自动连续顶推系统使用说明书》, 柳州市建筑机械总厂。

更 正

2000年第二期《OVM通讯》封三左上角照片下的文字说明“全国人大代表、铁道部大桥局设计院副总工杨进高工……”应为“全国政协委员、铁道部大桥局设计院副总工杨进高工……”, 差错系作者责任。本刊特此更正, 并向杨进高工和广大读者致歉。

《OVM通讯》编辑部

2000年6月