

①

28-33

YDCLD自动连续顶推系统

在万州大桥钢管砼桁架连续刚构梁顶推施工中的应用

谢永红 韦福堂[✓] 韦勇生 U445-471

【摘要】重庆万州大桥主桥设计为钢管砼桁架连续刚构梁，就位采用单向、多点分散、自动连续顶推施工方法。顶推设备采用YDCLD自动连续顶推系统，操作、控制简单，速度快，改善了施工中柔性墩的受力状态。

【关键词】钢管砼桁架连续刚构 自动连续顶推

桥梁 钢管混凝土 桁架 施工

1 工程概况

万州大桥位于重庆市万州区，横跨苎溪河。大桥由主桥和引桥构成。(见图1)主桥75.4m+3×120m+75.4m，其上部构造采用钢管砼桁架连续刚构，下部构造采用薄壁桥墩。钢管桁架基本构造如下：钢管砼桁架下弦采用3Φ500钢管砼，上弦采用4Φ450钢管砼，桁架上平联采用Φ140钢管，下平联采用Φ159钢管，上、下弦采用Φ245、Φ219钢管连成空间桁架。引桥由东西岸组成，西岸引桥：4×25m；东岸引桥：3×25m+16m。

主桥钢管砼桁架总长510.8m，分43段组拼(除第一和最后一段长度为9.27m外，其余均为12m)。首先桁架在磨刀梁引道大样台上拼焊成12m基本段，然后由龙门吊吊运至拼装台组拼成钢桁架。大桥钢桁架就位采用多点分散、自动连续顶推施工工艺，因此在0#台和2#墩之间设置拼装平台，长度为60米。支承系统由主墩(5#~8#墩)、副墩(1#~4#及9#墩)和临时支墩(支墩1~支墩5)构成，而且均为柔性墩，水平承受反力有限，因此，用钢箱梁将0#台、1#、2#墩顶部连成一体，使2#墩成为主力墩。因为0#台和2#墩之

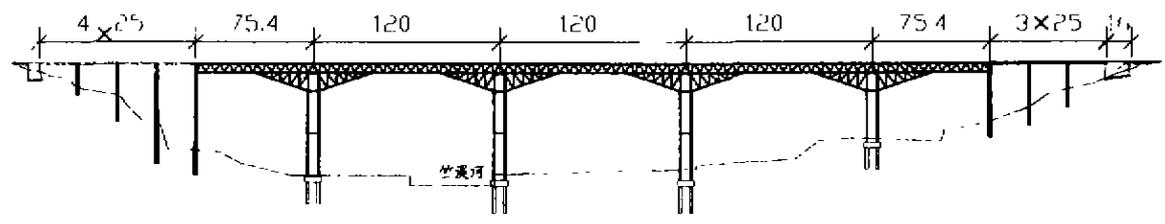


图1 万洲大桥全图

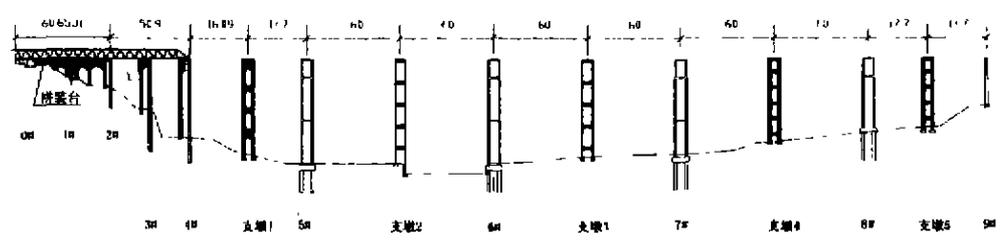


图2 钢桁架顶推施工图

谢永红、韦福堂：柳州欧维姆工程有限公司工程师

间长度有限,所以采用“边纵移桁架、边组拼桁架”的施工方法,前提是确保已拼装好的桁架长度大于1.5倍桁架悬臂长。当桁架端部超出主墩部48米时,必须设置临时支墩。(见图2)

2. 多点分散顶推施工原理

多点分散顶推施工的动力学基础可用下述数学表达式表示:

$$\sum_{i=1}^n F_i > \sum_{i=1}^n f_i$$

F_i --第*i*桥墩(或桥台)千斤顶施力大小;

f_i --第*i*桥墩(或桥台)水平摩阻力大小。

这个表达式的物理意义是:把顶推设备分散于各个桥墩(或桥台)、临时墩上,分散抵抗各墩水平反力。如果千斤顶施力之和小于梁体承受的所有墩水平摩阻力之和,则梁体不会动。施工中保证上式的前提下,还要注意以下技术要求:

1) 顶推施工时,保证钢桁架运动的连续性。如果不连续,梁体和滑道之间的摩擦系数总是 $\mu_{静} \sim \mu_{动} \sim \mu_{静}$ 的交替变化,这会产生严重的“爬行”现象,对墩造成反复冲击的不良影响。

2) 顶推施工时,保证顶推的同步性。一是千斤顶施力同步,二是千斤顶活塞进程、回程同步。如果上下游两条顶推线施力、运动不同步,会造成梁体轴线发生偏移;同时由于施力不同步,会产生负载集中的现象,加重早启动千斤顶的负担,甚至会超过顶推力,并使相应墩水平受力异常增大,使墩发生偏移,甚至超出其允许值,造成危险。

3) 顶推施工时,保证具有集中控制性。“多点分散”的一个特点是动力设备数量多,控制难度大,为了保证所有千斤顶启动同步、施力同步、运行同步,必须有一个集中控制点,对千斤顶进行远距离控制。

4) 顶推施工时,保证泵站调压的独立性。由于桥墩的独立性,承受水平反力不一致性,要求相应的泵站具有相对独立的调压性能,即某墩的泵站油压调整变化时,不干涉其他千斤顶的同步性,也不影响集中控制的一致性。

5) 顶推施工时,保证有主力墩的存在。

3 YDCLD自动连续顶推施工设备

顶推设备采用柳州建筑机械总厂生产的YDCLD系列自动连续顶推系统。

3.1 YDCLD自动连续顶推设备的选择

选择自动连续顶推设备的前提是考虑以下技术要求:

1) 万州大桥钢桁架竖向反力:17260kN;
2) 滑道与滑块摩擦系数 $\mu \leq 0.1$,考虑到上坡阻力,施工中取 $\mu = 0.1$,则牵引力 $F \leq 1726kN$;

3) 钢桁架在拼装顶推过程中,取各墩最大竖向反力时的摩阻力,理论计算值 $f \leq 100kN$;

4) 顶推设备保证具有一定的储备系数。

根据以上技术要求,顶推设备技术参数如表1、表2。

3.2 YDCLD200-200自动连续顶推千斤顶配套设备

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^{-2}	质量	kg	72
穿心孔直径	mm	54	外形尺寸	mm	180 × 180 × 1200

设备应用

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	液压油		10~30#液压油
电机功率	kW	7.5	外形尺寸	mm	1000 × 760 × 1050

3.2.1 技术参数

反力架：YDCLD200-200千斤顶专用反力架；

夹紧装置：YDCLD200-200千斤顶专用锚具，锚固效率系数≥0.95；

钢绞线：270级，Ryb=1860Mpa，φ15.24高强度低松弛钢绞线，拉锚端采用挤压套通过GYJ挤压机挤压成挤压头。

3.2.2 安装工艺

千斤顶及千斤顶配套设备安装工艺 (见图

3)

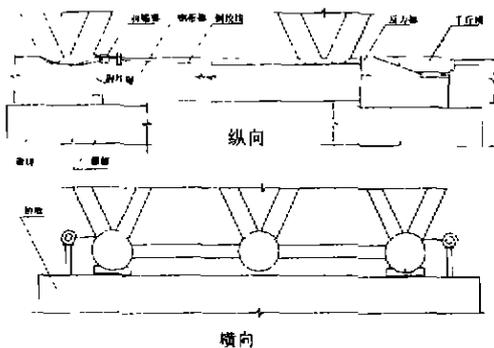


图3 安装工艺

4 YDCLD系列自动连续顶推系统的工作原理

理

YDCLD系列自动连续顶推系统主要由YDCLD自动连续顶推千斤顶、ZLDB自动连续液压泵站、ZLDBK中控台、行程开关和柔性拉杆 (钢绞线) 组成。YDCLD系列自动连续顶推千斤顶由两个穿心式千斤顶纵向串联而成。行程开关安装在千斤顶上，设后顶行程开关分别为

1X、2X、3X，前顶为4X、5X、6X。主控台的作用是捕捉千斤顶活塞位置信号，经逻辑组合后，发出控制信号，传送到液压泵站，液压泵站通过切换油路，使前后顶进程、回程相互切换。

如速度 (荷载) 周期曲线图 (图4及图5) 可知，当前顶 (其实后顶先开始原理也一样) 夹紧钢绞线牵引负载F (开始是F₀，即顶推前的预紧值，然后增加到F) 以V_推向前运动时，碰到5X，后顶也以V_推跟进，此时前顶继续牵引负载F前进，而后顶的夹紧装置开始自动地夹紧钢绞线，

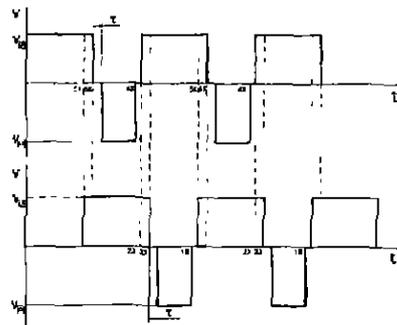


图4 速度周期曲线

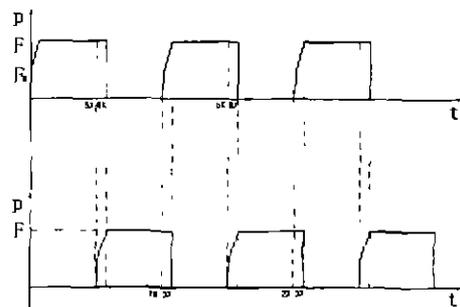


图5 负载周期曲线

设备应用

当前顶碰到6X时,前顶停止前进运动,而后顶却以 $V_{进}$ 继续前进,实现速度由前顶自动切换到后顶。对于负载,前顶由F变为0,而后顶完全夹紧钢绞线,使负载F由前顶转移到后顶。随后,前顶延时 τ (τ 可以是0,但一般为3~5s),而后以 $V_{回}$ 回程,直到碰到4X后回程结束。但后顶牵引荷载F以 $V_{进}$ 速度前进,直到碰到2X后,前顶也以 $V_{进}$ 跟进,夹紧装置开始自动地夹紧钢绞线,当后顶碰到3X时,后顶停止前进运动,而前顶以 $V_{进}$ 、F负载继续前进,实现速度、负载由后顶向前顶自动切换,此时,前顶已完成一个周期。随后,后顶延时 τ ,而后以 $V_{回}$ 回程,直到碰到1X后回程结束。当前顶碰到5X后,后顶开始跟进,直到前顶碰到6X后,后顶亦完成一个周期。就这样,前后顶在各自的周期内相互切换速度和负载,使顶推能自动、连续地进行。

5 自动连续顶推设备施工布置程序

钢桁架上墩后,该墩受到一定竖向反力时,应布置自动连续顶推设备,并施以一定牵引力,以平衡该墩的水平摩阻力。

5.1 主控台、泵站及千斤顶总体布置如图6所示:

5.2 主控台、泵站及千斤顶布置顺序如表3所示:

6 顶推施工过程

6.1 顶推施工过程图

万州大桥顶推施工重复性工作较强,而且每次顶推都要保证以下技术要求:

- 1) 保证柔性墩不受过大的水平作用力;
- 2) 保证柔性墩不受循环性的反复冲击;
- 3) 保证每一阶段顶推就位后,桁架轴线、高差符合设计要求。

根据这三个技术要求,顶推必须严格按照顶推施工工序进行。施工过程如图7所示:

6.2 顶推过程千斤顶压力控制

万州大桥顶推施工,归纳为“多点顶推,分级调压,差值控制”,每个墩上水平千斤顶施力大小应根据桥墩所受钢桁架的摩阻力大小来控制。桥墩承受水平力可用下式表示:

$$|F_i - (\mu_i + k_i) N_i| \leq [F_{许i}]$$

F_i -第*i*墩千斤顶施力大小;

μ_i -第*i*墩滑道摩擦系数;

k_i -第*i*墩滑道上坡阻力系数;

N_i -第*i*墩竖向反力;

$F_{许i}$ -第*i*墩容许水平作用力。

柔性墩受水平力保证上式成立的前提下,理论施力采用式 $F_i = (\mu_i + k_i) N_i$ 来调定,但实际施工时施力控制采用如下控制方法:

- 1) 千斤顶施力与摩阻力基本保持平衡,两者之差要小于该墩允许水平力;
- 2) 顶推过程中,由于摩擦阻力式变化的,泵站油压控制上分为三级,其中主力墩:15Mpa、20Mpa、25Mpa;柔性墩:5Mpa、8Mpa、12Mpa;
- 3) 在差值限定前提下,根据理论调定油泵压力后,无法推动钢桁架时,总推力不够部分由主力墩(2#墩)补足。

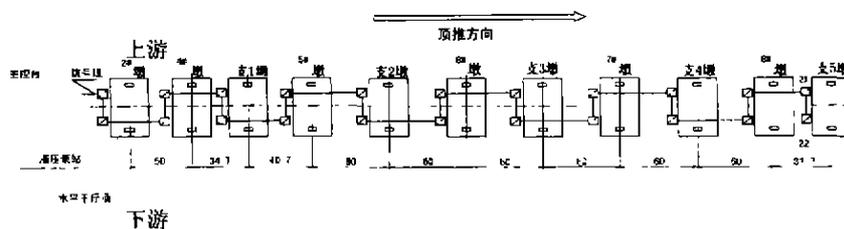


图6 顶推设备平面布置图

表3 主控台、泵站及千斤顶布置顺序

墩号	4#墩	支1墩	5#墩	支2墩	6#墩	支3墩	7#墩	支4墩	8#墩	支5墩
悬臂长度	24m	12m	12m	24m	12m	24m	12m	24m	12m	24m
布置	3#、4#	5#、6#	7#、8#	9#、10#	11#、12#	13#、14#	15#、16#	17#、18#	19#、20#	21#、22#

说明: 1#和2#泵站在拼装前60米时布置, 其它泵站则根据桁架上该墩后悬臂表中数字时开始布置。

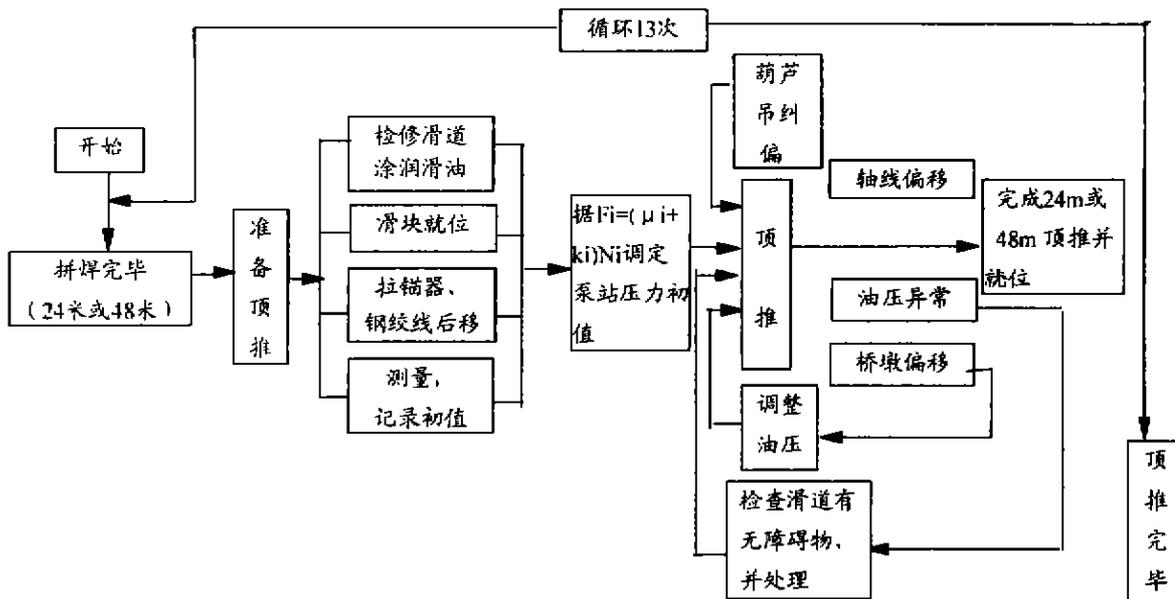


图7 顶推施工过程图

6.3 顶推过程偏移监控

6.3.1 顶推过程钢桁架轴线偏移监控

1) 钢桁架轴线偏移技术要求:

- 行走时: $\leq \pm 2\text{cm}$;
- 就位时: $\leq \pm 2\text{mm}$ 。

2) 经纬仪监测, 葫芦吊配合千斤顶纠偏

钢桁架行走时, 由于千斤顶同步性误差和导向轮变形, 桁架轴线会发生偏移, 因此, 施工中, 在钢桁架尾部设置一经纬仪监测点, 随时监视桁架轴线偏移情况, 特别是桁架尾端的偏移情

况, 因为它被最终用于就位时做就位指导。如果轴线发生偏移, 如图8所示, 用一个葫芦吊配合千斤顶就可以纠偏。方法是葫芦吊一端固定在桁架上, 预紧一定荷载后, 桁架继续前行, 葫芦吊和桁架共同作用下, 轴线会自动回位, 达到纠偏目的。

6.3.2 顶推过程柔性墩位移监控

- 1) 柔性墩水平偏移控制值如表4:
- 2) 挠度仪监测, 千斤顶施力控制

顶推过程中千斤顶施力是根据理论计算值确定的, 但实际顶推时, 墩的支反力随时变化的, 摩阻力也是变化的, 而且摩擦阻力变化较大, 只靠千斤顶理论施力来控制是不够的, 必须加强对柔性墩水平偏移的监测, 采用信息法施工。也就是每隔一个时间段, 反馈一个测量数据值, 经处

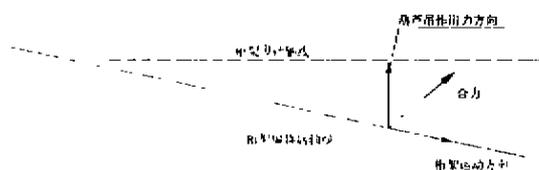


图8 钢桁架轴线纠偏方法

设备应用

理后,若发现某墩偏移存在危险,则通过调整该墩泵站压力值来纠偏,方法是:

① 若某墩沿顶推方向偏移时,则对该墩两台泵站都调高一级压力,以增加该墩千斤顶的施力值,直到该墩回位,而后以这一级压力值继续顶推施工;

② 若某墩沿顶推反方向偏移时,则对该墩两台泵站都调低一级压力,以减少该墩千斤顶的施力值,直到该墩回位,而后以这一级压力值继续顶推施工;

③ 若钢桁架顶推不动时,而且各墩泵站液压已达到调定值,此时,则给主力墩(2#墩)的泵站调高一级压力,以增加2#墩千斤顶施力值,直到桁架被推动,而后以这一级液压值继续施工,同时严格监视各柔性墩的偏移情况。

7 结论

1) 万州大桥钢桁架的成功顶推,是柳州建

筑机械总厂生产的YDCLD系列自动连续顶推系统又得到一次成功的尝试,说明其能够满足超重钢桁架连续梁自动连续顶推施工。

2) YDCLD自动连续顶推系统不但能够保证匀速、同步,而且通过分级调压,能够削弱关于顶推施工中的“爬行”现象的影响,减少顶推对墩的反复冲击,改善了桥墩在顶推过程中的受力状态。

3) YDCLD系列自动连续顶推系统性能优良,布置方便,操作简单,顶推速度快,最快达48m/h,但在万州大桥顶推中,平均速度为6~8m/h,主要原因是滑道、滑块易发生故障,严重干涉了顶推速度,今后将提高滑道、滑块的设计精度和加工、安装质量。

参考文献

1 《公路桥涵施工技术规范》交通部第一公路工程公司 人民交通出版社 1990年1月1日

2 《ZLD自动连续顶推系统》黄是勇 OVM通讯

表4 柔性墩水平偏移控制值

墩号	3#和4#墩	主墩	支1墩	支2墩	支3墩	支4墩	支5墩
偏移	< ± 5cm	< ± 5cm	< ± 12cm	< ± 12cm	< ± 12cm	< ± 10cm	< ± 9cm

我厂顺利通过BSI本年度第二次跟踪审核

2000年12月3~5日英国标准协会BSI太平洋有限公司评审员汤曦冉先生,对我厂质量体系进行了为期三天的本年度第二次跟踪审核。BSI评审员在审核过程中对我厂质监部、质检处、工艺处、人劳处、机二分厂、机三分厂等部门按ISO9001标准所涉及的质量体系要素进行了审核,共发现两个轻微不符合项,BSI评审员推荐我厂继续使用BSI认证证书。

这次的跟踪审核,汤先生对我厂贯彻ISO9000标准的工作给予了很高的评价和充分的肯定。

通过这次跟踪审核后,进一步强化了在生产经营活动中,从厂长到每个职工都直接地或间接地对产品质量负有责任意识,督促各职能部门认真按照质量体系文件的要求,落实好各自的质量职责和工作职责,认真作好生产过程中产品质量的控制工作,为用户提供合格优质的产品和服务,对存在问题各部门要认真及时的做好整改和预防工作,以保证我厂质量体系正常有效运行,同时,促成我厂的全面质量管理工作更上层楼。

(莫慧)