

# 斜拉桥顶推施工法

陈湘林 张贵明

**【摘要】** 湖南衡山湘江公路大桥主桥设计为斜拉桥和连续梁,采用两岸双向顶推方法施工。通过设置临时墩,将通航主跨转化为顶推跨径,待箱梁预制、顶推到位后,浇注索塔、挂索、张拉斜拉索,拆除临时墩,完成连续梁到斜拉桥的体系转换过程。顶推法施工斜拉桥,工艺比较简单,为扩大顶推法在大跨径桥梁中的应用进行了有益的探索。

**关键词:** 斜拉桥 顶推施工

## 1 概述

衡山湘江公路大桥座落在湖南衡山县城旁,跨越湘江中游,位于省道 1820 线上,东岸为京广铁路衡山火车站和已动工的京珠高速公路,西岸与国道 107 线相接,沿 107 线南行 13km,即可达到游览胜地——南岳衡山。桥位处河道顺直,河岸稳定,河槽呈 U 形,常水位深 4m 左右。

该桥由湖南省交通规划勘察设计院设计,湖南省路桥总公司承建。

### 1.1 设计标准

设计洪水频率:1/300,航道等级(2),净高 10m,底净宽 70m,设计荷载:汽一超 20 级;挂一 120,桥宽:12.0m + 2 × 1.5m = 15.0m;接线为平原微丘二级。

### 1.2 主要经济指标

混凝土:0.567m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 普通钢筋:103kg/m<sup>2</sup>

预应力筋:24.32kg/m<sup>2</sup> 造价:2887 元/m<sup>2</sup>

## 2 桥型方案选择和设计

### 2.1 桥型选择

桥位处湘江河槽宽约 680m,航道偏于衡山县城一侧,约 200m 宽,衡东侧为浅水河滩。根据桥址的水文地质条件,桥孔设计只要能满足通航和泄洪要求,跨径不宜过大。因此主桥考虑了三个桥型方案进行比较(引桥均采用 16m 跨径的简支空心板结构)。最后采用三塔斜拉桥方案。本方案由斜拉桥和连续梁两部分组成,采用多点顶推法施工。

湘江在本河段为千吨级航道,要求有两个净宽不小于 70m 的通航孔,预应力为混凝土箱形连

续梁采用顶推法施工时,其经济跨径一般在 40m ~ 45m 范围内,不能满足上述通航孔径的要求。需要采用临时墩,顶推到位后予以拆除,其跨径可在 70m 以上,箱梁顶推就位后,采用斜拉索代替临时墩受力,使顶推施工法的等截面连续箱梁方案可行。该工程未竣工之前,通航度暂无需达到千吨航道的要求,在施工期间设立临时墩,故不会影响通航与施工安全。

临时墩的安装、拆除及投资大小是决定本方案的重要因素。鉴于施工单位已在湘江上游曾建成一座顶推连续梁桥,通航孔径为 62m,孔中设立临时墩,因此具有施工经验和机械设备,建、拆临时墩的难题可以解决,投资也不大。加大顶墩施工不受自然条件影响,较为安全可靠,有利于提高工程质量和降低造价。

从游览区景观要求考虑,本桥型新颖、轻巧、美观。与其它桥型方案比较造价相差不大。

### 2.2 桥型设计

全桥由主桥和引桥两部分组成(见图 1),全桥长 1293.42m。

主桥部分由两联组成:

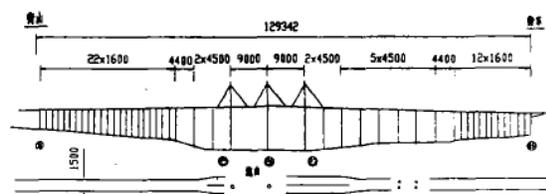


图 1 桥型总体布置

陈湘林 湖南省公路桥梁建设总公司副总工程师

张贵明 湖南省交通规划勘察设计院副总工程师

一联为  $44\text{m} + 2 \times 45\text{m} + 2 \times 90\text{m}$  (斜拉索孔)  $+ 2 \times 45\text{m}$ ; 另一联为  $44\text{m} + 6 \times 45\text{m}$ 。

引桥由东、西岸两部分组成, 即

(衡山岸西引桥)  $22 \times 16\text{m}$ , (衡东岸东引桥)  $12 \times 16\text{m}$

主桥上部构造为单箱单室预应力箱形梁(见图 2), 混凝土为 C40, 设纵、横、竖三向预应力, 纵向前期束为 48 根  $\varnothing 5$  平行钢丝束, 锚头锚具; 纵向临时束和后期束为 7 根  $\varnothing 15$  钢绞线, 夹片式群锚锚具; 横向为 2 根  $\varnothing 15$  钢绞线, BM15-2 扁锚; 竖向为冷拉 IV 级钢筋, 轧丝锚具。

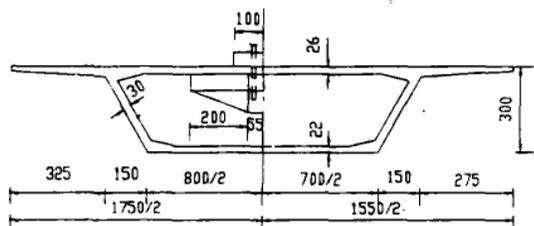


图 2 箱梁断面

桥面纵坡  $+2.2\% \sim -2.2\%$ , 半径  $R = 17000\text{m}$  的竖曲线, 主桥全部在竖曲线内。

桥墩: 索塔墩为钢筋混凝土空心结构, 一般墩为双柱式钢筋混凝土实心墩。

斜拉孔设单索面斜拉索, 塔高 26m, 根据截面尺寸纵向 3m, 横向 1.6m, 塔与梁身固结, 梁下置 3 个 15000kN 盆式橡胶支座, 可以视为体外索的连续梁结构。

斜缆为竖琴形布置, 每塔 6 对 12 根, 斜拉索采用柳州欧维姆建筑机械有限公司生产的 OVM-200 钢绞线拉索体系, 配用 LSM15-U 型锚具, 钢绞线为  $\varnothing 15.24$ , 低松弛。 $R_p = 1860\text{MPa}$ , 经工厂包 PE 防腐处理, 有 27 根和 37 根两种规格。

本桥下部构造及两联顶推箱梁的设计和施工与常规的设计、施工基本相同。其斜拉桥孔的设计具有以下特点:

(1) 斜拉索的张拉与一般斜拉桥在支架上现浇后挂索张拉相同, 不同之处是箱梁经历了顶推过程的受力。斜拉桥的受力状况采用有限元分析, 并进行三维应力验算;

(2) 中间临时支承点起顶高度“ $\sigma$ ”是按后期恒载和半个活载所产生的挠度作为预拱度设置的;

(3) 斜拉索的初张力根据一级恒载及支点抬高“ $\sigma$ ”所产生的垂直力求得, 即按刚性支承连续梁支点反力求得;

(4) 在张拉斜拉索时, 随时注意塔、梁变位及张力变化情况, 随时调整张力及次序, 避免突然受较大的作用力, 保证索力与箱梁标高接近设计要求;

(5) 箱梁中的纵向预应力后期束在斜拉索张拉后再张拉, 这是因为, 后期束大部分设在箱梁下缘, 张拉后对塔面产生负弯矩, 当跨中临时墩顶起箱梁时负弯矩更大, 当只有纵向预应力前期束的情况下, 在张拉斜拉索时, 验算箱梁各截面的强度能更好地满足受力要求。

### 3 主桥施工

3.1 主桥施工分为两个阶段进行(见图 3)。

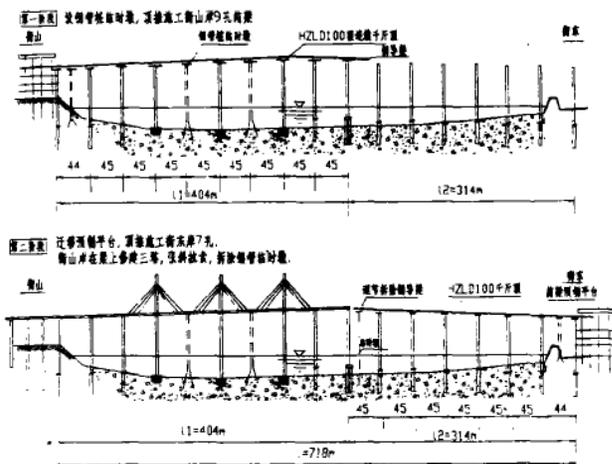


图 3 衡山湘江大桥双向顶推施工斜拉桥图

第一阶段:由衡山岸向衡东岸进行基础、墩身施工。在 2 孔 90m 的通航孔中设置临时墩,并在衡山岸设置顶推预制场,完成 9 孔斜拉桥箱梁顶推施工。

第二阶段:将箱梁预制场搬迁至衡东岸,完成了 7 孔连续箱梁的预制、顶推,直至主桥在过渡墩合拢;斜拉桥箱梁落梁,在箱梁上浇注三个索塔,张拉斜拉索,下降、拆除临时墩,完成斜拉桥的体系转移、成型。

### 3.2 钢管临时墩

在 2 孔 90m 的通航孔主跨中设置钢管临时墩,使斜拉桥箱梁在顶推施工过程中,跨径都为 45m。临时墩由基础、钢管墩身、墩帽组成(见图 4)。钢管高 25m,其基础为钻孔灌注桩基,墩身为 6 根  $\Phi 1.2\text{m}$ 、壁厚 12mm 的钢管,插入基础混凝土 2.0m。纵向 3 根钢管为一组,施工水位以下,钢管从基础垂直伸出水面,施工水位以上每组两根抗弯钢管向中间倾斜。钢管顶上浇注封顶混凝土。墩帽采用钢筋混凝土纵梁,纵梁之间用 2 根  $\Phi 0.8\text{m}$  钢管作横向联系。临时墩的拆除是采用潜水员下水切割方法,平河床以下切除、回收并清理,恢复航道。

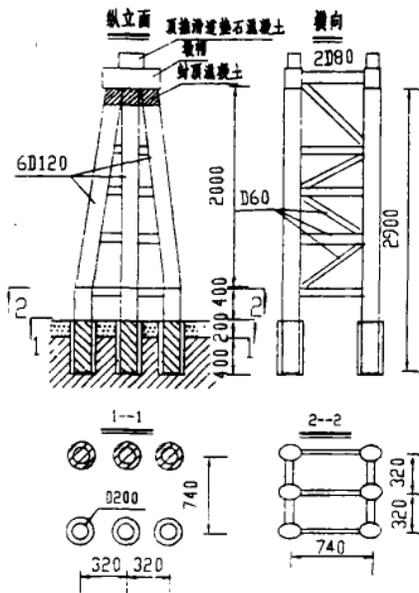


图 4 钢管临时墩构造

箱梁顶推过程,在确定临时墩滑道顶标高预

留值时,主要考虑了临时墩施工过程中叠层缝隙残余压缩,以及安装时的气温。临时墩是一个薄壁空心结构,而永久墩是实体结构,温度变化时,各自对温度的敏感程度不一样。在气温很低时,临时墩顶标高相对降低。通过在四氟滑板上加垫钢板,以调整临时墩滑道顶面标高,满足顶推的技术要求。

斜拉桥箱梁顶推到 29 号过渡墩后,进行衡东岸 7 孔 45m 的连续梁顶推施工,在 29 号与 30 号墩之间,又设一个临时墩,其作用是减少衡东岸顶推过来的箱梁悬臂负弯矩,使梁能平稳地顶推到 29 号墩上。这个临时墩由 2 根钢管立柱组成,纵向与 29 号墩连成整体,当钢导梁通过临时墩后分三次拆除下来。

### 3.3 箱梁顶推施工

箱梁预制场设在主桥桥台后面两孔 16m 的引桥范围内(见图 5),在第一孔主桥中设立过渡墩,并用纵梁使之与主桥台连起来,安装水平千斤顶作为顶推施力的主力墩。主桥第一孔成了顶推过程的过渡段,充分利用永久墩,既牢固可靠,又降低了成本。顶推主力墩离预制场近,顶推工程量减少,顶推到最后,水平千斤顶不必前移,箱梁尾段没有长悬臂过程,减少梁尾顶板负弯矩预应力束,充分利用了施工场地,仅占 2 孔引桥,并使全桥合拢工期缩短。

为了保证斜拉桥箱梁内拉索锚块及横隔墙与箱梁的整体性,在预制场一次浇注成型,避开了在不利截面处接头,每段预制长度有所变化。箱梁上斜拉索塔位设计有 3m 的横隔墙,箱梁预制顶推时只安装了钢筋,没有浇注混凝土,箱梁顶面留有索塔平面的预留孔,其目的是减少顶推过程中由于梁自重所引起的弯矩,索塔平面位置顶推到位后,还可以适当调整。

箱梁顶推是采用多点连续顶推工艺,在每个主墩上安装一台 OVM 公司生产的自动连续水平顶推千斤顶,用钢绞线作拉索,在梁底板插入牛腿式钢块拉锚器,牵引箱梁的底板,顶推过程比较顺利。

### 3.4 斜拉桥部分施工

由于箱梁已顶推到位,人员、设备和材料可直接从岸边上桥,第一次索塔混凝土与箱梁内顶推

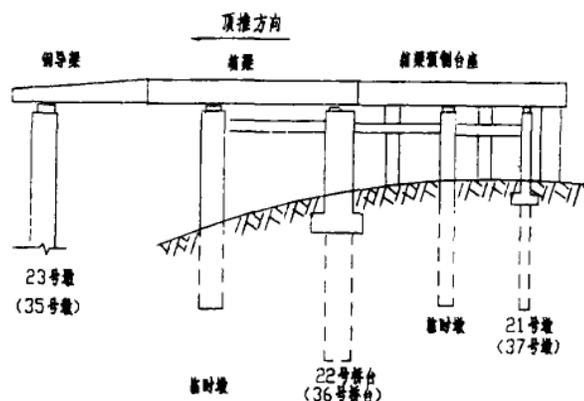


图5 顶推箱梁预制场纵向布置

时预留下的3m横隔墙一起浇注,保证了索塔与箱梁的整体性。索塔混凝土在岸上用输送泵直接泵送上塔。斜拉索施工,将斜拉索的固定端设在箱梁内,张拉端设在索塔上,挂索前,将两端锚具安装定位,要求锚孔形成的正六边形上、下两边呈水平面对应,已包PE防腐套的钢绞线在桥面上下料。采用人工挂索。要求上下锚孔的钢绞线不交叉缠绕,拉索挂完后,用YC20Q小千斤顶张拉,张拉中要求三个塔对称、每个塔两边对称、横向两根拉索对称。张拉过程分三次进行;第一次初拉,仅将单股索拉直,然后安装斜拉索索管口处的减震装置和索箍,使索成为正六边形形状;第二次张拉至设计索力的70%;第三次再拉至设计索力。安装了压力传感器测试索力,并在桥面设置标高观测点来指导调整索力和体系转换过程。

斜拉桥箱梁顶推到位后,永久墩都进行了落梁,即用竖直千斤顶将梁顶起来,拆除顶推滑道,安装永久支座。梁底标高落梁后比顶推时降低了2.4cm,但临时墩上未动,相当于预留了2.4cm高度,作为体系转移时主跨中挠度变形的预留量。斜拉索张拉完成以后,箱梁内完成后期纵向预应力索张拉、压浆,然后用竖直千斤顶使临时墩脱离梁体,不再受力,完成连续梁到斜拉桥的体系转移。

由于在桥面上作业,单根已包PE防腐套的钢绞线重量轻,从下料、拉索到张拉成型,PE防腐套完好无损。箱梁内固定端设置了排水槽,施工期间下雨不会积水于索管内。梁内固定端锚头的外留钢绞线,进行清洗油脂,用高标号水泥砂浆封闭,既防腐又固定锚具上夹片不至于朝下松动。

索管内加灌了建筑油脂,索塔上张拉端锚头外留索尾,重新套上PE索管,并安装防震压板和防护筒密封。外留索尾长度给斜拉索以后调索张拉留有余地。整根斜拉索,用玻璃纤维布、强力橡胶进行二层布三层胶的包扎,并涂上油漆,使斜拉索外表美观。

#### 4 结束语

衡山湘江公路大桥于1993年2月动工,于1995年12月建成通车。一座结构新颖、外形美观的低塔斜拉桥为著名南岳衡山旅游区增添了一个新的景点,为两岸交通带来很大的方便。

采用顶推法施工斜拉桥是一次尝试,为扩大顶推施工法在大跨径桥梁的应用,进行了一些探索。通过设计和施工,我们体会到,连续梁顶推施工法工艺比较简单,有现成的设备和成熟的经验,箱梁顶推到位后,在桥面进行斜拉桥部分施工,运输方便,施工安全;采用斜腿钢管临时墩能够满足顶推技术要求,结构牢固,钢管能重复使用;采用OVM200钢绞线拉索体系的斜拉索,挂索、张拉方便,防腐措施比较可靠。这样的桥型和施工工艺在通航孔有一定要求,河面比较宽的浅水河流中有一定的推广意义。

#### 参考文献

1. 谭之抗,岑国基。《柔性墩上多点顶推连续梁施力的新概念》(桥梁建设),1990(4)
2. [黄建勇],陆宗林。《OVM-200钢绞线拉索体系》中国公路学会桥梁学术论文集,1994。

#### 用户反馈

### 千斤顶使用情况说明

我公司于一九九八年五月在江苏省森达集团建设的制帮大楼裙楼预应力楼面工程施工中,使用了欧维姆建筑机械有限公司制造的YCW-150B型液压千斤顶作为张拉设备。经使用,我们感觉到该千斤顶在保证穿心孔尺寸及张拉行程不变的前提下,具有体积小、重量轻的优点,使得该千斤顶操作方便,使用灵活,特别适合于结构复杂、操作空间较小的工程使用。

江苏省江南建筑技术发展总公司

一九九八年七月