

文章编号: 0451-0712(2005)10-0056-05

中图分类号: U445.35

文献标识码: B

# 嘉陵江大桥重庆岸现浇段支架的设计与施工

翟庆龙, 彭正勇

(路桥集团第一公路工程局三公司 北京市 101102)

**摘 要:** 介绍了 61 m 高支架的设计构思和施工要点。采用该法施工, 不仅可以节省人力、物力, 同时还可做到安全快捷, 该支架的设计对类似工程有一定的参考价值。

**关键词:** 支架; 设计; 施工

## 1 工程概况

嘉陵江大桥主桥为 3 跨一联长达 520 m 的连续刚构桥, 其跨径布置为 140 m+240 m+140 m。重庆岸边跨长的 132.235 m, 其中 111.5 m 为在单 T 状态下由轻型挂篮悬臂浇注, 有 18.735 m 长的现浇段和 2 m 长的合拢段是在落地支架上浇注。

主桥上部构造为三向预应力混凝土箱梁, 纵向、横向预应力束采用高强低松弛钢绞线, 竖向预应力束采用精轧螺纹钢。现浇段内的箱梁断面, 梁高为 3.6 m, 底宽为 8 m, 顶宽为 15.36 m, 现浇段与合拢

段混凝土方量为 300 m<sup>3</sup>, 总重约 780 t。

现浇段位于河床漫滩, 基岩埋置较浅, 地表层为卵石类土(约 2 m 厚), 其下为砂质泥岩。嘉陵江洪水期大约在 5 月~10 月。

## 2 支架设计

依据地质特点和现有材料, 现浇段支架采用独柱基础, 平面钢管桁架墩柱, 型钢盖梁、贝雷纵梁组合形式支架, 见图 1 所示。支架高 61 m, 支架总重约 300 t。

收稿日期: 2005-09-14

和 22 号承台下层, 内表温差之小是其他工程少见的。

## 7 结语

灌河大桥索塔承台大体积混凝土的施工已经结束, 通过工程实践, 可得出如下结论。

(1) 从 2004 年 12 月到 2005 年 3 月, 历经多次寒潮的袭击, 承台未出现裂缝, 根据温度应力的变化规律, 以后再产生温度裂缝的可能性已很小。说明本工程的温度控制是成功的, 收到了预期的防裂效果, 保证了混凝土的质量。

(2) 温控监测结果表明, 温度特征值全部满足温控标准, 说明施工中采用的施工工艺和温控措施是有效的、合理的、成功的。

(3) 冷却水管是非常有效的降温措施, 对于降低承台混凝土的最高温升具有明显效果。

(4) 表面保温与养护对于减小内表温差、防止表面裂缝有重要作用。

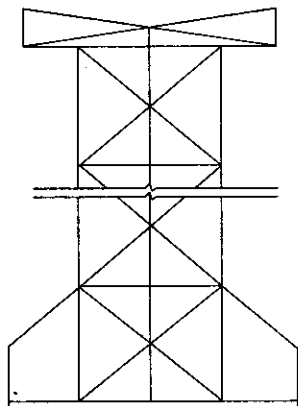
(5) 避免了温度裂缝是对承台温度控制的综合效果, 除冷却水管和表面保温与养护外, 本工程中采用的其他温控措施亦起到了应有的防裂效果。

(6) 温控监测成功率高, 数据规律性好, 真实地反映了混凝土内各部位的温度变化, 正确地揭示了承台的温度变化规律。

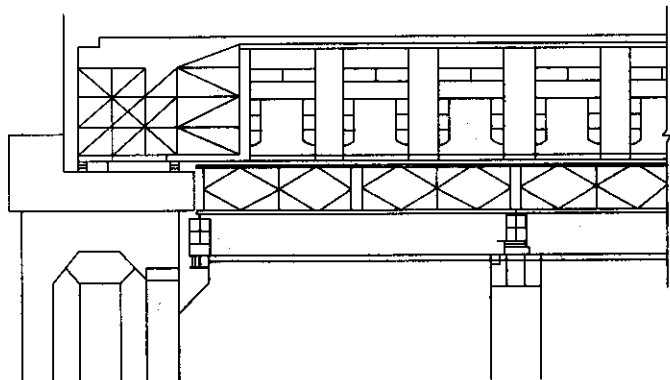
(7) 温控监测为施工及时提供了温度信息, 对及时改进温控措施、确保温控标准、防止裂缝等发挥了重要作用, 达到了温控监测目的。

## 参考文献:

- [1] 朱伯芳. 大体积混凝土温度应力与温度控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [2] 干坞设计规范[S].
- [3] SDJ 21-78, 混凝土重力坝设计规范[S].
- [4] JTJ 041-2000, 公路桥涵施工技术规范[S].



(1) 支架受力图示



(2) 现浇支架纵剖面

图 1 支架形式

支架是现浇结构的关键所在,其安全度、可靠性和可行性,直接影响结构的内在质量和施工安全,并且直接影响企业的经济效益,所以支架设计必须认真对待。

### 2.1 设计构思

考虑到桥位处地质情况良好和施工条件,基础座于岩层上,且用 7.5 号浆砌片石埋于卵石类土中。对平面尺寸为 15 m×20 m 的 61 m 高的支架,根据以往的施工经验,如采用万能杆件、贝雷片或搭设满堂支架,用钢量是很大的。该工程我们结合现有的一批旧钢管( $\phi=960$  mm,  $\delta=10$  mm),改用平面钢管桁架作为墩柱。此墩柱与相同截面积的型钢相比,钢管具有刚度大抗压性能好的优点,且承受风、水荷载时,圆管的流体动力性能比型钢好得多。在钢管顶设置卸落砂筒和型钢盖梁,为清晰传力线路,在型钢上加设 1 根重型钢轨,使贝雷纵梁支点明确,计算更接近实际。

支架加工设计分为 4 部分:(1)基础;(2)钢管平面桁架;(3)水平杆连接;(4)盖梁、纵梁。

基础采用 7.5 号浆砌片石,考虑基底承载力,平面尺寸确定为 2.0 m×2.0 m,砌体顶加设 50 cm 厚的混凝土,用以扩散柱底应力且埋设移动轨道。3 片钢管平面桁架与 8 号墩牛腿形成 4 个支承点,间距为 6.00 m+6.00 m+6.52 m,且每片桁架均用方钢连接,并与墩身预埋钢板连接形成三维框架。纵梁用 18 片贝雷梁(3+12+3),中间 12 条支承底板、腹板、顶板部分,边上的 3 条为支承翼板部分。

### 2.2 设计依据

(1)公路桥涵设计规范;

(2)公路桥涵施工技术规范;

(3)建筑钢结构设计手册。

### 2.3 设计荷载取值

(1)新浇注钢筋混凝土的重力  $q_{施}=26$  kN/m<sup>3</sup>, 超载系数取为 1.05。

(2)施工荷载(包括振捣荷载)  $q_{施}=5$  kN/m<sup>2</sup>。

(3)模板、支架按实际重量取值。

(4)风荷载、流水压力按设计提供的最大风速、流速进行计算,计算水位按经验水位取值,其中风速  $V_{风}=17$  m/s,水流流速  $V_{水}=3.2$  m/s。

风压按下式计算;

$$W=1.4k_1 \cdot k_2 \cdot w$$

式中: $k_1$  为风压高度变化系数; $k_2$  为地形、地理条件系数,取 1.2; $w$  为风压。

流水压力按下式计算:

$$P=k \cdot A \cdot \rho \cdot V_{水}^2 / 2g$$

式中: $P$  为流水压力; $k$  为形状系数,圆形取 0.8; $A$  为阻水面积; $\rho$  为水的密度; $V_{水}$  为水的流速; $g$  为重力加速度。

### 2.4 设计计算思路

(1)明确传力线路,依据自上而下的计算过程。翼板部分通过门架以集中力形式传于贝雷纵梁,顶板部分通过箱内支架以集中力形式传于贝雷纵梁,腹板、底板部分在箱梁横截面上按连续梁分配于贝雷纵梁作均布荷载计算。

(2)贝雷纵梁按 3 孔简支梁进行计算。第一是利用其优良的抗弯性能,避免因集中力过大而造成抗剪不足;第二是考虑箱梁混凝土一次浇注的连续性,避免未浇注部分对已浇注部分的扰动。

(3)强度校核包括正应力、剪应力、组合应力。

(4)稳定性校核包括钢管桁架压杆的平面内稳定和平面外稳定以及整体稳定验算。

(5)局部稳定验算包括:型钢盖梁支承点、贝雷纵梁支承点、集中力作用点处,视计算结果确定是否采用加劲补强。

## 2.5 设计难点处理

(1)结构体系的平面布置。由于水平联系将承重骨架(钢管平面桁架)联系形成三维框架,考虑风和水流的水平荷载,充分发挥骨架的侧向抗弯刚度,将骨架与风、水流方向垂直布置。计算中按平面框架进行计算。

(2)平面桁架主管间距的拟定。尽量使主管受力均匀,同时考虑型钢盖梁连续外伸梁的强度满足要求。

(3)支管管材的选取。考虑支管与主管的直径之比及直径与壁厚之比均应满足钢结构设计规范要求,充分发挥节点承载力,避免主管的冲剪破坏。

(4)平面桁架节间的拟定。由于支架高达 61 m,同时受风力、水力作用,主管与部分支管均为大吨位压弯构件,所以其自由长度不能太大,计算中采用 SPBO 有限元分析程序进行电算调试,选取合理的节间和支管布置形式,同时考虑施工的一致性,选取等间距的节间。

(5)电算荷载、计算模型的确定。柱顶承受的上部结构自重以节点集中力考虑;上部构造迎风阻力以节点集中力作用于柱顶;由于风压随高度而变化,简化计算时,风力在桁架节间内以均布荷载作用于柱身;流水压力以均布力作用于柱身。电算中输入支座信息、节点信息和单元信息便可计算。

(6)焊接节点按刚接验算,支座按铰接考虑。

(7)按规范要求,取竖向荷载的  $1/100$  作为柱顶的水平附加力。

(8)合拢时,由于悬浇段温度变化产生的垂直力应予考虑,计算中,将荷载叠加进去。

(9)合拢时,由于悬浇段温度变化产生的水平推力,按两墩的刚度分配后对支架进行验算。

## 2.6 设计细节处理

(1)柱头柱脚采用相同形式。因柱头、柱脚均为局部承压,故分别设置封顶、封底钢板,与管内井字架焊接,将集中力均匀传至柱身和基础。

(2)柱脚与基础的连接,在基础中埋置锚杆采用压梁将其压住。

(3)桁架节点处理,根据计算,当节点集中力大于规范规定内力限值时,予以加劲,加劲的办法为在节点处局部加厚主管,并在管内设置十字型槽钢。

## 2.7 立模标高,轴线调整

(1)依计算进行纵向压缩预拱度的设置。

(2)计算模型为有侧移刚架,依计算取一半侧移值进行调整。

## 3 支架施工

### 3.1 基础施工

(1)放样后,机械开挖至岩面,并检验基底,是否满足基底应力要求。

(2)独立柱下片石砌体的砌筑,一定要满足砂浆标号、岩石硬度和砌筑顺序,还应注意岩面是否倾斜。

(3)混凝土浇筑,行走轨道、预埋件设置。

### 3.2 钢管平面桁架制作

高达 61 m 的钢管平面桁架制作,包括主管对接(主管平均长 6 m)、主管支管相贯焊接、柱头与柱脚制作,全部属于焊接工作。如果基于常规进行每一节间的高空施工制作,可以说施工质量是无法保证的,设计也是失败的,再加上起重设备的能力只有 3 t,起重范围半径为 16 m 的摇臂扒杆,更是不可行的,因此我们采用地面平面制作,旋转扳起的办法施工。平面桁架地面制作步骤如下。

(1)主管对接采用 V 形坡口对焊。施工中严格检查坡口质量和是否焊透,同时使管直顺。施工中考虑起重能力和行走方便,对接管长在 20 m 左右。

(2)搭设桁架制作平台。精确放样定出管轴线并焊接定位装置,用 40 t 履带式起重机将对接管放在指定位置,进行第 2 次对接达到设计长度。

(3)主管、支管焊接采用角焊缝焊接。由于主管、支管内力的传递全由焊缝承担,因此焊接质量十分关键。施工中必须对每一道焊缝的焊脚尺寸、焊缝高度进行检查。

(4)节点质量保证。主管、支管相贯处,形成节点,需加劲处,预先在主管内焊接十字形的加劲槽钢。为使主管、支管管轴交点通过主管轴心,避免偏心对节点承载力有影响,支管焊接位置应由技术人员检查。对于支管相贯线平面展开图必须认真模拟实物直到满足规定要求,以后方可成批下支管料。

(5)柱头、柱脚的封顶、封底,应在加劲节点确认已经加劲后方可进行。

(6)安全措施实施。包括主管侧焊接人行的爬

梯、护笼及柱顶焊接施工平台等。

### 3.3 钢管平面支架旋转法起扳

采用旋转扳起的方法,节省了人力、物力、财力,特别是解决了高空起重的难题。

本次旋转扳起是利用基础设置转动铰链,8号高墩盖梁设置锚点(固定滑车)进行竖向转体施工的一种方法,主要是利用滑车组、卷扬机进行牵引。

柱脚转动铰链的设置,考虑在旋转过程中,在柱脚将产生很大的水平推力,导致预埋钢板被挤压和弯曲,在3根主管上均旋转2个转动铰链,见图2所示。施工中应十分注意转动轴线与管轴线的垂直,同时3个轴心应同心,否则旋转时将产生受力不均,后果不堪设想。由于基础砌体与50 cm厚的混凝土之间抗剪不足,在基础中设置了抗剪钢筋,用以抵抗水平推力,保证基础混凝土不被破坏。

钢管吊点的设置。平面钢管桁架具有较大的刚度是采用竖向转体施工的保证。为使钢管在自重作

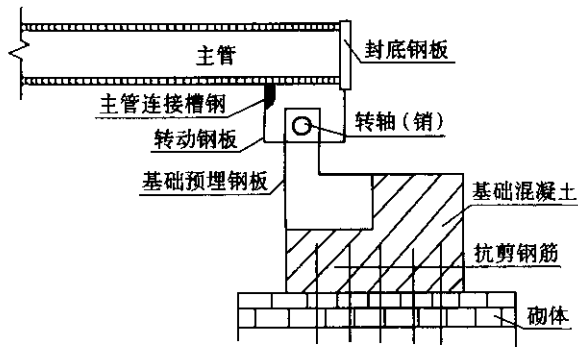


图2 柱脚转动铰构造

用下不产生不可恢复的塑性形变和较大的弹性变形,采用两点起吊;同时,保证在旋转过程中使两点同时受拉力,采用循环绳与柱身联接,随着立起角度的变化,自动调整绳的张角。吊点确定之后,便可决定起扳绳的数量。其计算模型,穿绳俯视、侧视图见图3所示。

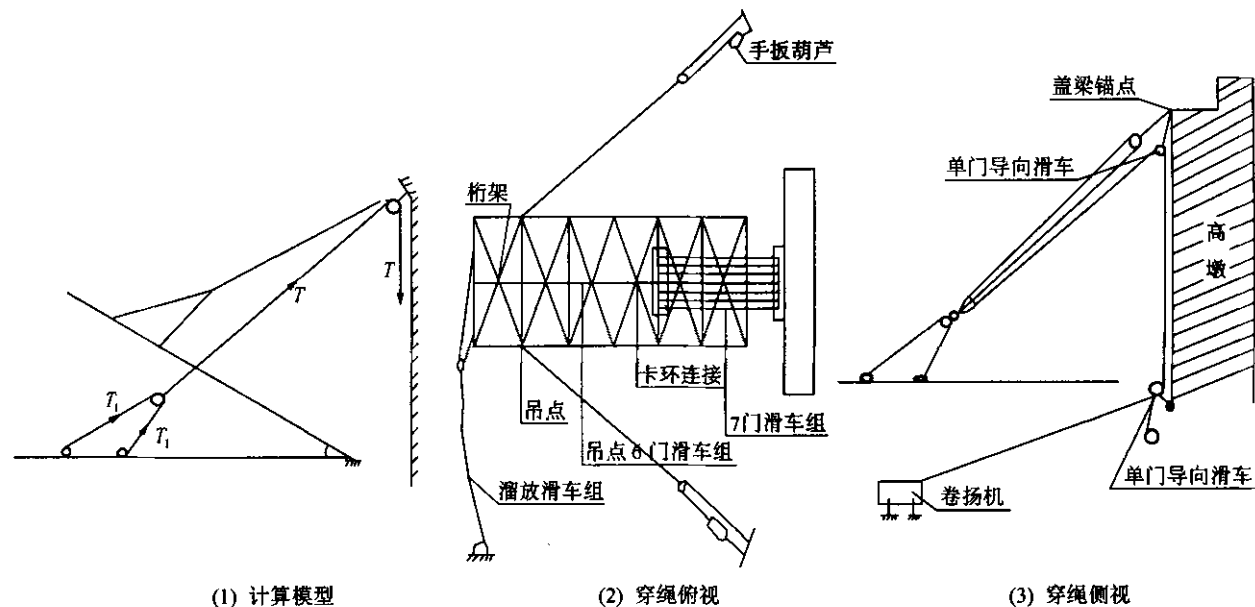


图3

考虑随着钢管的直立,7门滑车组用尽,钢管不能垂直到位,但此时所需拉力很小,在中间主管顶部设一3门滑车组即可满足进行扶正;同时,为防止钢管在快到位时突然前倾,在管后部设置溜放绳滑车组进行就位调整。这样钢管平面桁架前面牵引,后面溜放,左、右两侧控制,便可顺利准确地到位了。

由于起重时墩身弯矩过大,为防止混凝土开裂,对墩身另一侧施加最大起重力矩的1/2作为平衡弯矩。

在实际施工操作中,应注意以下几点。

- (1)在钢管桁架焊接完毕后,应仔细检查焊接质量和柱长及柱身与转动铰链的连接情况。
- (2)认真保养旋转过程中使用的所有滑车,保证滑车的良好润滑。
- (3)注意穿索的方法和检查钢丝绳质量,吊点采用捆绑绳固定一个单门滑车。
- (4)卷扬机的锚固,其中主板卷扬机最为重要。
- (5)对关键部位,如盖梁固定滑车锚点、转铰,应

派专人看守。对于大型起重构件的操作,还应设有总指挥,施工人员均应保持联络,听从统一指挥,观察旋转过程,防止发生意外情况。

(6)7 门滑车组约 1 200 m 长的钢丝绳通过卷扬机,再加上扶正卷扬机的更换,溜放卷扬机进行溜放使桁架一步步到位,完成整个扳转到位过程需要近 7 h。到位以后,立即进行水平联系杆的焊接,将钢管桁架与墩身联接起来,便可进行滑车组的拆除。

(7)利用第 1 片钢管桁架顶再设滑车锚点,重复以上步骤便可依次扳起第 2 片、第 3 片。最后进行水平联系杆的焊接。至此,整个支架旋转立起全部完成。

#### 4 支架平移

结合本桥为双幅桥的特点和施工顺序,设计时构思了支架的整体平移,并贯穿施工的整个过程,取得了降低成本、加快进度、保证安全的效果。

##### 4.1 平移方法

(1)结合支架基础布置,设置工字钢滑道,以满足平移的要求。

(2)利用 3 台 60 t 液压千斤顶作为牵引装置,使支架能整体横移到位。

##### 4.2 平移施工要点

(1)减少滑动面的摩擦力。

①由于上、下两半幅桥的施工要求,支架需在上游位置放置 7 个月左右,放置期间支架会被洪水浸泡,故在承压底座和滑道间涂抹一层黄油,以减少启动时的静摩擦力。

②清理工字钢轨道上的杂物,所有焊接接头均用磨光机磨平。

(2)避免支架在受力平面内的扭曲。

由于使用 3 台液压千斤顶牵引,为避免施力不均匀造成支架的扭曲,在受力平面内焊接交叉斜撑和受力拉杆,增强抗扭刚度。

(3)保证平移过程支架的前进方向和最终位置

准确。

平移前测量定出方向线,移动时由专人检查偏差,并通过左右两台千斤顶进行校正,在终点位置焊接止推型钢,以保证最终位置的准确。

(4)保证平移过程中支架的稳定。

平移前清理支架上部的零散物体,避免因晃动下落危及施工人员的安全。由于支架的高度和宽度分别为 60.2 m 和 18.4 m,平移过程中应特别注意各种不稳定因素,初滑时缓慢加压,到位时缓慢制动,以减少冲击力。

##### 4.3 支架平移的验算

(1)根据支架重量和摩擦系数,确定最大静摩擦力为 100 t 左右。并按最大静摩擦力的 1.5 倍配置 3 台 60 t 液压千斤顶。

(2)由于千斤顶反力架设置在工字钢滑道上,对工字钢滑道施加了偏心力矩,应合理确定位置,并进行验算。

(3)由于平移过程中,支架运动速度变化产生的惯性力,会对支架产生倾覆作用,需验算支架的抗倾覆稳定性。可按下式计算:

$$F=Q\times V/t$$

式中: $F$  为惯性力,kg; $Q$  为物体的重量,kg; $V$  为支架移动速度,取千斤顶油缸最大顶出速度,0.031 m/s; $t$  为制动时间,取 0.5 s。

按支架及上部模板重量计算的惯性力分别为:

上部模板重  $Q_1=100\ 000\text{ kg}$ ,  $F_1=6\ 154\text{ kg}$ ;

支架重  $Q_2=200\ 000\text{ kg}$ ,  $F_2=12\ 308\text{ kg}$ 。

根据支架的布置,计算的抗倾覆稳定系数  $K=3.85$ ,符合要求。

#### 5 结语

整个支架的平移过程仅用 2.5 d 的时间,节约了大量人力、物力,达到了安全、快捷的预期目标。

以上是我们在施工中的一些做法和体会,由于水平所限,不当之处,望同行指正。