

# 成都火车南站斜拉桥综合施工技术

冀嵩山, 钟鸣梓

(中铁八局集团成都铁路工程有限责任公司, 四川 成都 610081)

[摘要] 介绍成都火车南站跨线斜拉桥工程的设计、施工技术要点。从多层透水土质深挖桩基施工技术、A 形主索塔施工技术、斜拉索安装及防护工艺、斜拉桥主梁支架法现浇工艺、跨越电气化铁道站场施工安全防护技术等方面进行了阐述。

[关键词] 电气化铁路; 跨线斜拉桥; 综合施工技术; 安装工艺

[中图分类号] U448.27

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2004)05-0061-03

## Comprehensive Construction Technologies for the Oblique-pulling Bridge of Chengdu South Railway Station

Ji Song-shan, Zhong Ming-zi

(Chengdu Railway Engineering Co., Ltd., China Railway No.8 Bureau Group, Chengdu, Sichuan 610081, China)

**Abstract:** In this article, authors introduce key design and construction technique points of the over railway oblique-pulling bridge of Chengdu South Railway Station, such as multi-level strata deep excavation pile foundation construction techniques, A shape main cable tower construction techniques, oblique-pulling cable installation and protection methods, on-site pouring support frames of main beams of the oblique-pulling bridge methods, over-electrified railway construction safety and protection techniques and so on.

**Key words:** electrified railway; over-railway oblique-pulling bridge; comprehensive construction technology; installation method

### 1 设计要点

该桥为单塔双索面不等跨预应力混凝土结构, 孔跨形式为 (93 + 124 + 30) m, 采用空间扇形密索体系, 全桥宽 34.6 m, 桥梁长 247 m (不含两端牛腿)。主塔采用 A 形塔, 塔高为 78.3 m, 箱形断面, 设置环向预应力精轧螺纹粗钢筋, 塔内设置劲性骨架, 下横梁内设置预应力钢束。主梁标准断面采用双空心主肋形式, 梁高 2.1 m, 纵梁肋宽 4 m, 横梁为 T 形断面, 标准间距为 6 m。主梁纵肋及桥面板内设置纵向预应力钢束, 横梁内设置横向预应力钢束。斜拉索在主梁上的间距为 6 m, 在主塔上的索距为 1.5 ~ 4.3 m 不等, 斜拉索分别锚固在主梁钢锚箱内及主塔锯齿块上。下部结构为摩擦桩基础。主塔墩与索塔融为一体, 形成墩塔固结体系, 墩左右承台下各设 23 根桩, 桩径为 1.5 m。斜拉桥桥型布置如图 1 所示。

### 2 施工技术要点

#### 2.1 多层透水土质深挖桩基施工技术

斜拉桥主索塔桥墩设计桩长 35 m, 由于承台 (高 6 m) 埋入地面下 1 m, 故施工桩长 42 m。由于该墩桩基离车站一站台边缘仅 15 m, 场地十分狭窄, 且桩间距为 3.3 m, 钻机成孔设施设置及泥浆排放都较困难; 另外,

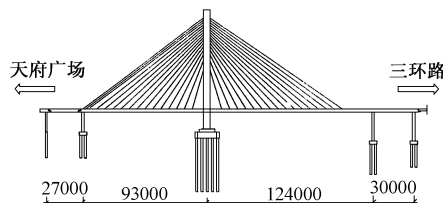


图 1 斜拉桥桥型布置示意

钻孔为逐孔成孔, 施工进度慢, 影响工期目标。通过对钻、挖孔方案的论证和比选, 确定该墩 46 根桩全部改为人工护壁开挖成孔施工。桥址处的土壤渗透系数  $K = 15 \sim 25 \text{ m/d}$ , 属多层透水土质。设置 18 口深 25 m、直径 50 cm 的圈状深井泵降水。同时, 采用锥台式护壁、安全防护板、多孔位提升架运输等技术工艺, 坚持孔内有害气体检测及通风, 保证了人工开挖的顺利进行。

挖孔中, 对个别桩孔砂层地段, 因辅以孔内明排水产生砂流出, 通过采取沿护壁周边向下插打钢筋填塞袋装砂石、插打木板填塞过滤袋、护壁后压注水泥浆等

[收稿日期] 2004-01-29

[作者简介] 冀嵩山 (1947—), 男, 河北保定人, 中铁八局集团成都铁路工程有限责任公司总工程师, 高级工程师, 成都市一环路北二段 100 号 610081, 电话: (028) 86434917

措施,以及坚持短进尺、快支护、勤堵截等作业,使得有水砂层地段深孔桩基人工挖孔取得成功。

桩基钢筋笼制作、安装及水下混凝土灌注均按施工规范要求进行。经超声波透射检测,成桩全部达到设计及规范要求,且 95 % 以上为 I 级桩。

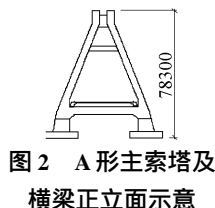
## 2.2 A 形主索塔施工技术

### 2.2.1 钢筋接头熔槽帮条焊接工艺

以劲性骨架(32c 槽钢、厚 12mm 钢板、80mm × 80mm × 8mm 角钢构成的空间桁架结构)定位的下塔柱钢筋布置很密,塔柱主钢筋伸入承台 4m,灌筑承台混凝土时尚未形成劲性骨架,采用闪光对焊的下塔柱主钢筋无定位空间骨架。若按常规帮条焊、搭接焊焊接,钢筋无法成束布置,分不清钢筋的排数、根数,难以灌筑混凝土。经设计方同意,采用了熔槽帮条焊(市政桥梁施工规范缺该焊接工艺)形式,钢筋绑扎成束容易,层距、间距明显,施工控制较好。

### 2.2.2 横梁预应力深埋锚施工技术

索塔下横梁预应力钢束的张拉锚固位置设在塔柱外侧,而该侧有塔柱密集的钢筋束和角钢劲性骨架。为了避开钢束锚固位置大量占用结构钢筋束和劲性骨架位置,采用横梁预应力深埋锚施工方法,将原设计埋置深度(15 ~ 20cm)沿张拉轴线方向延伸至 30 ~ 40cm,并相应延伸张拉接长板。同时,在原劲性骨架角钢上加焊 1 块 200mm × 3000mm × 20mm 的钢板,确保骨架的整体受力。解决了按设计钢束锚固位置切断塔柱竖向主筋束和劲性骨架,存在封锚时难以焊接恢复的问题。A 形主索塔及横梁正立面如图 2 所示。



### 2.2.3 钢筋墩粗直螺纹机械连接技术

随着塔柱的高度增加,“焊花”易引发事故。且钢筋随塔柱倾角布置,既增加了施工难度又不易保证焊接质量。经采用钢筋墩粗直螺纹机械连接,上述问题得以解决,满足了钢筋的设计抗拉强度和变形性能的要求。

### 2.2.4 精轧螺纹钢筋预应力技术

预应力精轧螺纹钢筋(直径 32mm)布置在中、上塔柱及塔顶的 4 个面,呈环向状态,从劲性骨架中间穿过。按设计长度工厂制作的精轧螺纹钢筋,其锚垫板未设置压浆孔,故应在波纹管的尾端插入压浆管。预应力精轧螺纹钢筋的张拉千斤顶采用 YCW-100 型,张拉杆采用自行研制的直径 32mm 精轧螺纹钢筋和与之配套使用的连接接头,并考虑利于现场搬运、安装与拆除的实际情况,将撑脚改用中间挖孔的厚 60mm 钢板

替代。张拉完成后,及时压浆、封锚。

### 2.2.5 高精度索道管定位技术

预埋在塔柱内的索道管下口位置截面必须全部密贴于索塔的垂直面,上口位置的锚垫板必须垂直于索道管。A 形索塔是 1 个斜面构筑物,索道管的位置处于三维空间体系,理论及实际锚固点的位置均不易定准。针对索塔施工特点并结合现场地形,对高精度(中心位置误差  $\pm 1\text{mm}$ )定位安装索道管采取了设置 TC1800 全站仪测量控制点;在劲性骨架上焊框构放测索道管的理论及实际锚固点;当塔吊将索道管上口实际锚固点及下口理论锚固点分别就位后,将加工好的微调螺杆临时焊接在索道管和劲性骨架上;通过精确测量和微调螺杆调整使索道管满足高精度定位后将其焊接固定在劲性骨架上等技术措施,达到了设计要求。

### 2.2.6 大块模板密接缝技术

索塔中、上塔柱采用整体翻模施工,高度达 80m。翻模施工需解决的技术难点是接缝的错台量。对于水平缝,将上下节模板连接处做成企口缝,下节段施工前先把上节段塔柱顶部四周 1 ~ 2cm 深入工切齐,实现水平缝整齐。对于竖向缝,则将单侧设计成整块大模板,保证了塔身无竖向缝。模板安装、拆除是采用塔吊进行的,作业时应确保行车、旅客的安全。

### 2.2.7 高位泵送混凝土施工技术

索塔 C50 混凝土 8500m<sup>3</sup>,均采用混凝土输送泵泵送施工。为解决垂直泵送 80m 高度,满足混凝土一次输送到位的需要,采用了输送高度达 150m 的 HBT-50 高压输送泵。根据混凝土最大用量及灌筑速度,利用自动配料机进行配料,并配备 4 台 JDY500 型强制式搅拌机,附着式振动器,满足了最大一次灌筑混凝土 520m<sup>3</sup> 的施工需要。

### 2.2.8 主塔斜腿浇筑的横向支撑预顶控制技术

A 形索塔塔柱水平倾角为 73.8575°,处于单悬臂状态的斜腿在自重和施工荷载的作用下,其外侧及根部产生拉应力,顶端则产生向内侧的挠度位移。对此,采用了万能杆件横向支撑预顶控制技术。根据计算,中塔柱、上塔柱分别设置 3、2 道横撑,施加不同的预应力后用杆件焊接完成横向支撑体系,保证了施工中索塔的几何尺寸正确,有效地防止了塔柱混凝土裂纹的产生。

### 2.3 体外预应力铁路拆装式桁梁顶推技术

斜拉桥主梁设计为支架法施工,为满足长达 76m 的跨线桁梁支架前端与接触网带电部分间的安全距离,于顶推前对支架结构顶部施加预应力,使其前端呈水平状态。再以矮塔悬臂手动葫芦顶推施工,实现了电气化铁路站场接触网不停电情况下的大跨度钢支架

安全架设。

#### 2.4 支架预加载及卸载控制工艺

模拟作用于支架上的主梁节段体自重及施工荷载,利用加水水箱重量的等效替换原理,实现每节段主梁浇筑前对支架预加载,以消除支架的非弹性变形及减小弹性变形。浇筑主梁混凝土时,等比例排放水箱中水,完成等效荷载替换的卸载控制。

#### 2.5 拉索安装软牵引工艺

主塔张拉端挂索,由于斜拉桥桥面较宽,索塔塔柱倾角大,桥下系电气化铁路站场,为确保铁路行车安全,未采用传统的塔吊方式,取而代之的是塔顶万能杆件桁梁结构组成的提升装置,以及附着在塔柱上的操作人员乘坐的升降挂篮方式。当斜缆锚头喂入索道管开始牵引前,放松提升吊点,使起吊钢丝绳转为保险绳功能。对牵引力最大(约500kN)的14~16号拉索采用了锚头软牵引安装工艺,即用5根 $\phi 15.24\text{mm}$ 钢绞线通过自行研制的联结器将锚头接长,YCW100千斤顶张拉牵引(最大牵引力达900kN,牵引长度3m),5孔锚具临时锚固。当牵出锚头螺纹露现锚垫板5丝后旋入锚固螺母。之后,进行千斤顶卸荷、卸下牵引装置。

#### 2.6 拉索软张拉技术

张拉过程中张拉杆端头相碰而无法进行对称张拉的14~16号斜拉索,采用了南北侧仅一侧张拉杆张拉,另一侧用钢绞线张拉的软张拉技术,即用19根

$\phi 15.24\text{mm}$ 钢绞线(长为1.2m),通过自行研制的张拉联结器、YCW400千斤顶、压力传感器、19孔锚具进行张拉,牵出一定长度后便割去钢绞线端头,满足对称张拉的空间要求。

#### 2.7 索力调整的多控技术

调索时除对主梁标高、应力及索塔顶部位移、塔底部应力加强监控外,还应重视控制温差应力影响。索力控制采用“双控”,即压力传感器读数为基准,伸长量作校核,确保索力偏差控制在设计允许值 $\pm 3\%$ 之内。调索完毕,索力实际超差值普遍偏小,精度较高。

#### 3 经验与体会

(1)成功地应用多点降水技术解决了多层透水土壤深挖桩基,桩长达42m,为成都地区挖孔桩之最。

(2)体外预应力铁路拆装式桁梁顶推技术,实现了电气化铁路接触网不停电情况下大跨度支架架设,确保了穿越电气化铁路站场的施工安全。

(3)拉索安装的软牵引工艺、软张拉技术、主塔斜腿浇筑的横向支撑预顶控制技术、索道管定位技术、索力调整的多控技术、钢筋的机械连接技术、大块模板密接缝技术,解决了施工过程中的难点。

(4)完善的施工监控方案、监控软件、信息化施工管理,是成功解决施工质量、安全和工期控制的关键。

(5)本桥的综合施工技术及工艺安全实用,可用于包括跨越电气化铁路的支架法修建斜拉桥工程。

## 关于“钢结构技术发展研讨会”的征文通知

近几年,我国钢结构生产与应用技术得到了快速发展,取得了可喜的成绩。为进一步推动我国钢结构构件生产与配套应用技术的发展,增进企业间的技术交流,促进各地钢结构技术水平的提高。《施工技术》编辑部与建设部科技发展促进中心拟定于2004年10月召开钢结构技术发展研讨会。现开始征集论文,论文水平优秀的刊登在《施工技术》杂志。

#### 1 征文内容

(1) 钢结构工程设计应用技术 有关设计、施工及工程验收标准、规范与技术规程; 钢结构工程设计标准图集的编制与应用; 钢结构施工图设计应注意的问题。

(2) 钢结构工程施工应用技术 钢结构构件加工技术的研究开发与应用; 钢结构施工应用技术的研究。

(3) 钢结构配套设备与配套技术的研究开发。

(4) 钢结构科技示范工程实施经验总结。

(5) 各地钢结构生产、设计与应用推广政策措施。

(6) 国外钢结构技术的应用现状与发展趋势。

#### 2 论文要求

征文以E-mail形式或邮寄文稿,寄文稿的同时请附电子文件。

截稿时间:2004年6月30日。

#### 3 联系办法

《施工技术》编辑部(北京车公庄大街19号 100044) 联系人电话:(010)68393529 68300059

E-mail:shigong@public.fhnet.cn.net

建设部科技发展促进中心(北京市三里河路9号 100835)

联系人:任民 毕既华 电话:(010)68343894 68394249

传真:68394249 E-mail:stdpc@vip.163.com