

文章编号: 0451-0712(2006)03-0163-04

中图分类号: U446.2

文献标识码: B

丹山斜拉桥塔柱 施工测量控制方法及精度分析

王海清, 张立春

(中交路桥北方工程有限公司 北京市 101119)

摘 要: 简要介绍了青岛丹山斜拉桥主塔施工测量的控制过程, 主要包括主塔纵横向轴线的测设、劲性骨架和模板的定位等, 并对各部分控制方法进行了定位精度分析, 可对同类型桥施工提供一定参考。

关键词: 斜拉桥; 塔柱; 劲性骨架; 测量控制

1 工程概况

青岛丹山斜拉桥是青(岛)银(川)高速公路青岛~即墨段上的一座大桥。该桥全长 1 290 m, 由南引桥、主桥和北引桥组成。其中南引桥为 6 孔 35 m 预应力混凝土 T 梁, 北引桥为 23 孔 35 m 预应力混凝土 T 梁, 主桥为双塔连体四索面预应力混凝土斜拉桥。主桥长 275 m, 跨径组合为 43 m+96 m+136 m。主梁为板梁式断面, 梁高 2.0 m, 靠近 T 梁处梁高渐变为 2.25 m。主桥梁体为半悬浮体系, 主塔横桥向布置为宝石型, 塔柱断面为 H 形, 斜拉索呈扇形布置, 在塔上交叉锚固, 共 120 根。主塔承台顶以上高 85.252 m, 由下、中、上塔柱和下、中横梁组成。

2 主塔施工测量内容及精度要求

主塔施工测量内容主要有塔柱、横梁和索导管三部分, 此外在塔柱、横梁和索导管的施工中, 由于施工周期较长, 荷载较大, 应对索塔基础进行沉降观测; 又由于主塔下塔柱向外倾斜, 有向外侧的挠曲变形, 而中、上塔柱则有向内侧的挠曲变形。过大的挠曲变形会对测量精度及结构受力产生一定影响, 因而必须对塔柱挠曲进行监测。

根据《公路工程质量检验评定标准》要求, 塔柱不同高度上纵向、横向的允许偏差不得超过高度的 1/3 000, 且不大于 30 cm。根据这一要求, 塔柱允许偏差下塔柱为 1.0~1.4 cm, 中、上塔柱为 1.4~2.84 cm。为了不影响主塔索导管的定位精度, 塔柱变形监测精度不应大于 0.50 cm。

3 施工测量控制方法及精度评定

3.1 施工测量控制

主塔柱采用翻模法施工, 每一节模板长为 4.80 m。为方便工程施工, 我们根据施工需要和工程实际情况, 将主塔塔柱分为若干施工节段, 节段划分见图 1 所示。

主塔施工根据水库周围的地形和距主塔的相对距离, 采用岸上控制点与主塔近点相结合的方法进行控制。

3.1.1 平面控制

主塔平面利用闭合导线点, 采用极坐标法在岸上测设出主塔横向轴线点 QYB 和 QYC 以及每半幅桥的纵向轴线点 QYF、QYG、QYM 和 QYN, 利用 J₂ 经纬仪拨角配合钢尺量距的方法进行测量控制。控制点布置见图 2 所示。

3.1.2 高程控制

高程控制根据岸上水准点用水准测量的方法将高程引测至距主塔较近处作为高程控制的基准, 并随时与岸上水准点联测复核, 以用于对主塔塔柱沉降监测和主塔高程测量控制。高程控制点位布置见图 3 所示。

3.1.3 塔柱施工测量

塔柱施工测量的重点是保证塔柱各部分的垂直度、倾斜度、断面尺寸, 以及内部构件的空间位置。具体内容包括: 塔柱已施工完毕的各节段的顶面轴线、劲性骨架的定位与检查、模板的调整定位与检查、预埋件定位、施工监测、竣工监测等。

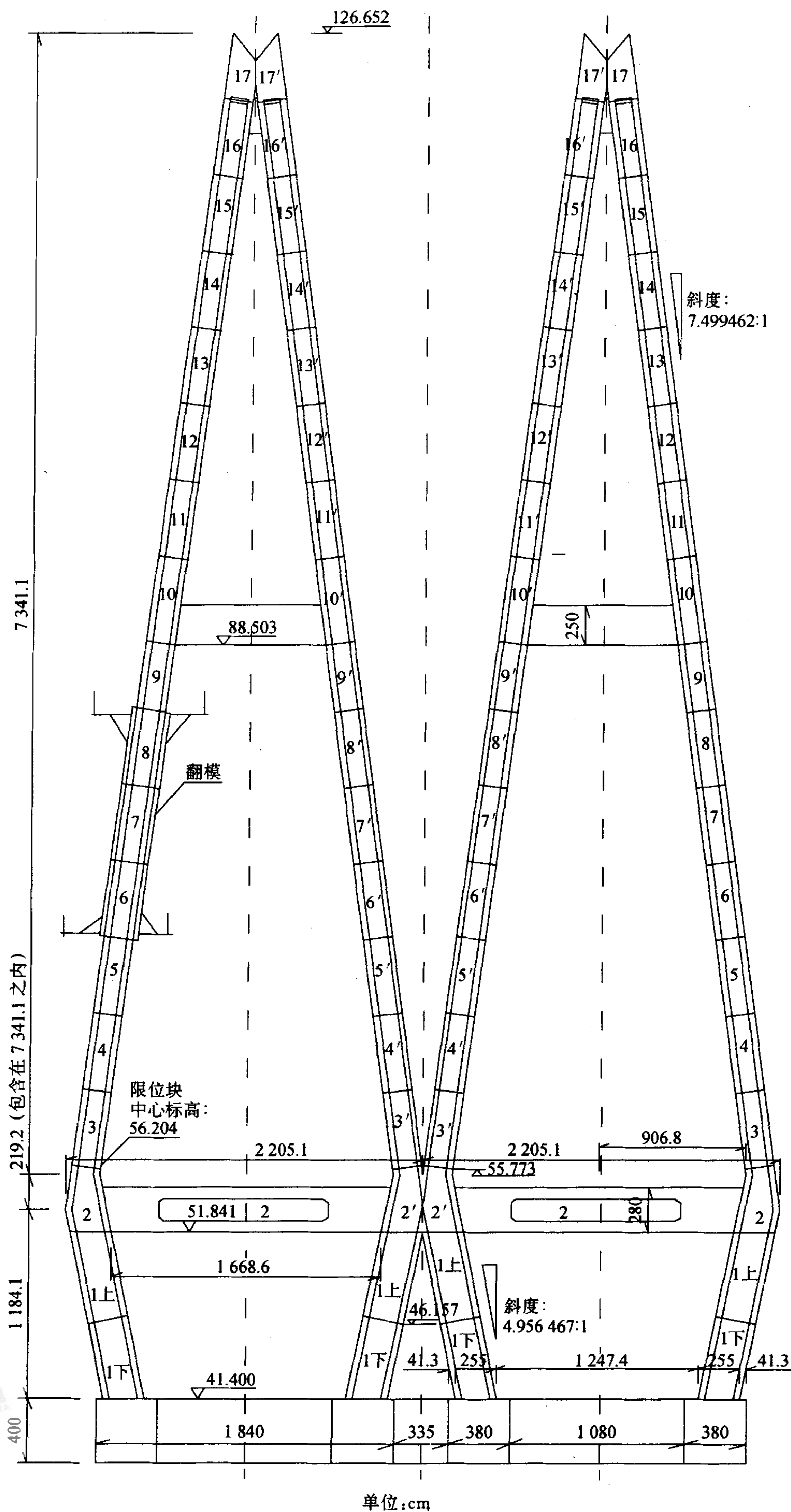


图 1 主塔分节施工示意

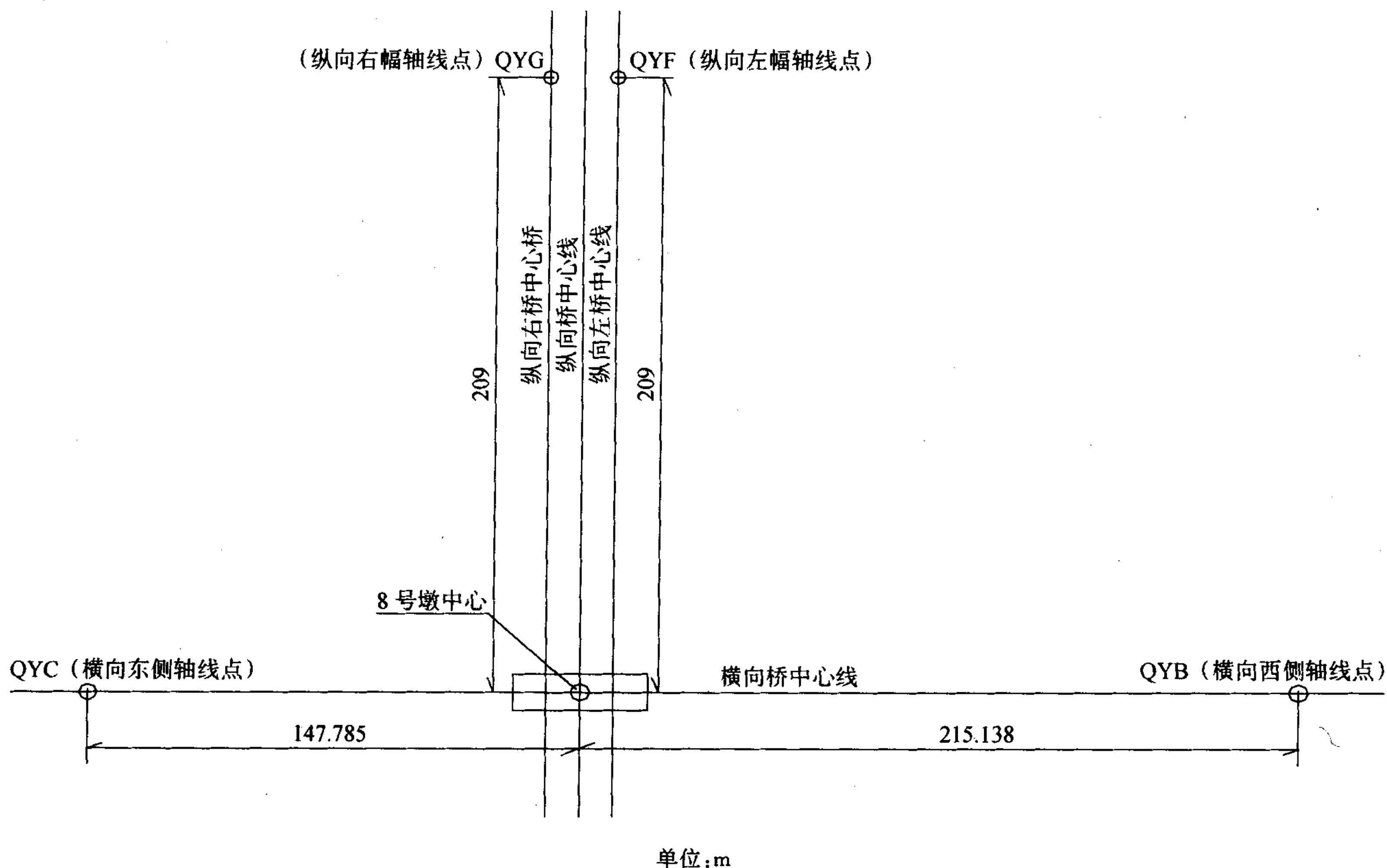


图 2 测量控制点布置

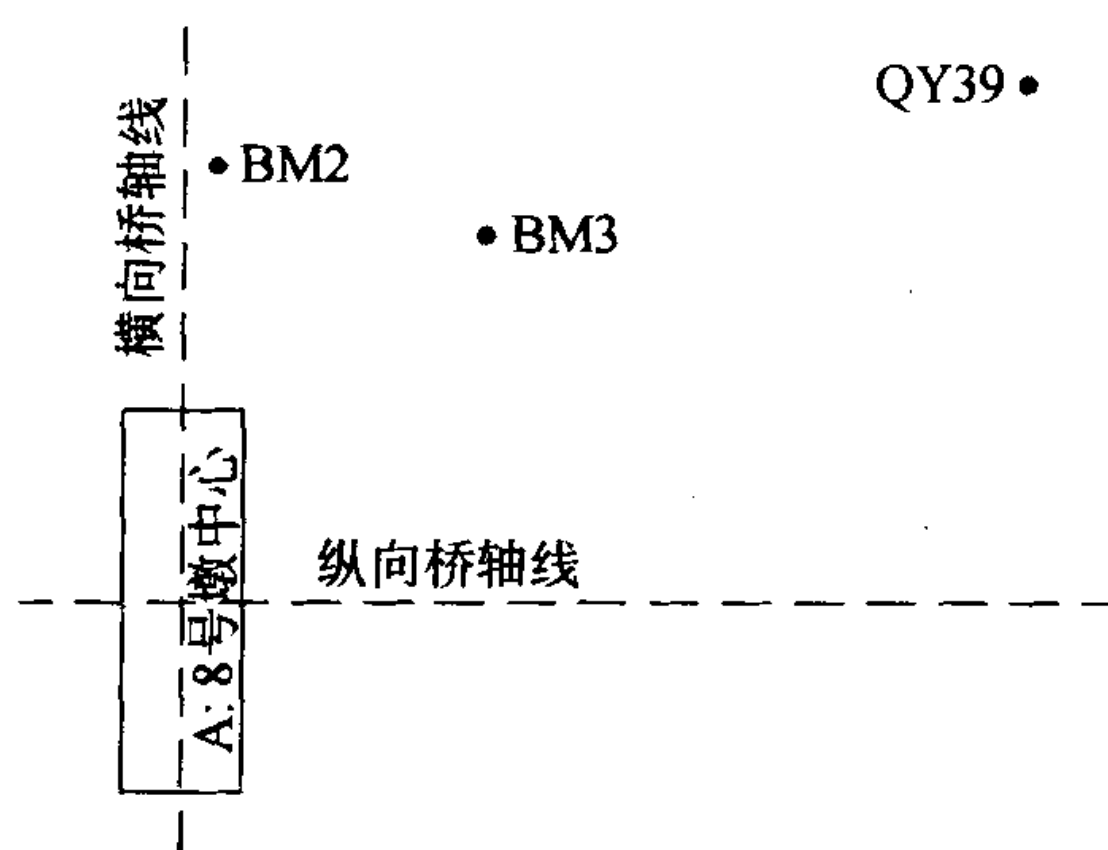


图 3 主桥水准点布置

3.1.3.1 塔柱施工完节点段顶面轴线测设

(1) 塔柱横向轴线的测设。

在 QYB 点或 QYC 点置 J_2 经纬仪, 后视任一导线点, 水平旋转照准部拨 β 角照准横向桥轴线方向; 竖向旋转望远镜瞄准已施工完节点段顶面, 配合对中杆以望远镜十字丝瞄准定出主塔横向轴线。

(2) 塔柱纵向轴线的测设。

在 QYF 点或 QYG 点置 J_2 经纬仪, 后视任一导线点或主塔下横梁上的中心点 (如果已测设), 竖向旋转望远镜照准已施工完节点段的顶面拉紧的钢尺, 并指挥左右移动钢尺使钢尺读数为 L_i (L_i 从钢尺

0 点开始, L_i 为该高程位置塔柱中心到半幅桥中心线的水平距离)。

读数 ($L_i + L_i$) 和 0 为两塔柱上的纵向轴线点。同样可定出另一纵向轴线点, 将两点连接起来即为每一塔柱的纵向轴线。

3.1.3.2 劲性骨架的安装、检查与精确定位

劲性骨架底面可直接根据已施工完顶面的轴线就位, 顶面的控制可在劲性骨架顶面轴线悬挂垂球, 通过调整其斜度与已施工完节点段顶面劲性骨架顶面轴线的投影重合, 粗略固定劲性骨架, 然后用测设主塔纵向、横向轴线的方法对劲性骨架进行精确调整, 并测设出劲性骨架的纵横向轴线, 最后对劲性骨架进行加固固定。

3.1.3.3 模板安装、检查与精确定位

模板就位以后用劲性骨架上定出的轴线进行粗略定位, 然后根据主塔倾斜率计算出本节段塔柱 4 个角点的大地坐标 (具体计算方法在此不作赘述)。全站仪置近处一个导线点上, 后视任一导线点, 利用全站仪的坐标测量功能测量出模板的 4 个角点坐标, 与计算坐标比较, 并调整塔柱模板, 使实测坐标与计算坐标相差不超过 5 mm, 然后固定模板。

3.1.3.4 预埋件的定位

预埋件的定位采用标高、轴线与钢尺相结合的方法。即先在劲性骨架上测设出标高线,根据劲性骨架上定出的轴线用钢尺量出预埋件的位置进行定位。

3.1.3.5 施工监测

混凝土浇注过程中用定点测量的方法对模板连续观测,即首先在模板上定出测量点位,经纬仪置一固定点,顺模板方向读出每一点位的读数,根据读数算出其偏位。若偏位较大,应及时予以纠正。

3.1.3.6 竣工测量

各节段竣工后,根据测设的轴线用钢尺量出轴线偏位、塔顶断面的几何尺寸,测量出断面高程,制表总结,统计分析,以指导施工和评定工程质量。

3.1.4 测量基准的传递

施工过程中测量控制基准中平面基准因是在岸上控制,除在下横梁上测设出中心点外,其余不再向上传递。

高程基准的传递采用水准仪配合经检定合格的钢尺进行。传递时同时设两台水准仪,将检定过的钢尺零点向下沿塔柱内侧垂下,钢尺下端挂一与检定同重的铅锤,上端挂在稳固的地方,保证钢尺铅垂。测量时下面水准仪后视一固定水准点,计算出视线高 H_A ,同时测定当时环境温度,并听口令同时用上下两台水准仪在钢尺上读数 a_2 和 a_1 ,上面水准仪在预设水准点上立水准尺读数 b 。调整仪器高重复测量3~4次。计算出每次测出的预设水准点上的高程,计算公式为:

$$H_B = H_A + [(a_2 - a_1) + \Delta L_T + \Delta L] - b$$

式中: ΔL_T 为温度改正值; ΔL 为尺长改正值。

取各次平均数作为水准点高程。

3.2 精度评定

3.2.1 轴线测量及劲性骨架定位精度分析

由于轴线测量和劲性骨架定位都是采用拨角法,每一轴线点点位中误差为 $M_{\text{中}} = \pm 3 \text{ mm}$,后视点位中误差和轴线点位中误差相同, J_2 经纬仪拨角误差为 $2'' \sim 5''$,轴线点到塔柱中心的最远距离为236 m,由拨角产生的最大误差为: $M_{\beta} = \pm (5/206\,265) \times 236 = 0.005\,7 \text{ m} = \pm 5.7 \text{ mm}$,钢尺量距

误差为 $M_{\text{钢}} = \pm 6 \text{ mm}$,则拨角法最终误差为:

$$M = \sqrt{M_{\text{中}}^2 \times 2 + M_{\beta}^2 + M_{\text{钢}}^2} = 9.3 \text{ mm}$$

满足工程施工需要。

3.2.2 模板定位精度分析

模板定位采用了全站仪坐标测量法,导线点的点位中误差为 $M_{\text{中}} = \pm 3 \text{ mm}$,全站仪坐标测量误差为 $M_P = \pm 5 \text{ mm}$,则全站仪坐标测量方法的最终误差为:

$$M = \sqrt{M_{\text{中}}^2 \times 2 + M_P^2} = \pm 6.56 \text{ mm}$$

也能够满足工程施工的需要。

3.2.3 高程基准传递精度分析

高程基准传递主要采用精密水准仪配合悬吊(倒挂)钢尺的方法进行水准测量。固定水准点的高程中误差 $m_A = \pm 2 \text{ mm}$,两台水准仪在钢尺和水准尺上的读数误差 $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = \pm 1 \text{ mm}$,钢尺本身长度误差 $m_b = \pm 3 \text{ mm}$ 。根据推导公式可推算水准点高程中误差 M_H 为:

$$\begin{aligned} M_H &= \sqrt{M_A^2 + M_1^2 + M_2^2 + M_3^2 + M_4^2 + M_b^2} \\ &= 4.12 \text{ mm} \end{aligned}$$

由此可见其测量方法的精度可以满足高塔柱施工技术规范要求。

4 结语

由于斜拉桥是多次超静定结构,主梁上的所有动荷载和静荷载包括主梁自重都通过锚固在主塔柱上的斜拉索传递到塔柱上,再由主塔柱向下传到基础,因此主塔对于整个斜拉桥来说是最重要的部位,控制好主塔柱的施工是整个斜拉桥工作的重中之重。根据丹山斜拉桥的施工过程控制情况及最终测量结果,我们所采取的施工测量控制方法在施工过程中未出现大的偏差,主塔最终误差都控制在规范标准的规定值以内,取得了很好的效果。

参考文献:

- [1] 聂让. 全站仪与高等级公路测量[M]. 北京:人民交通出版社,1998.
- [2] 钟孝顺. 测量学[M]. 北京:人民交通出版社,1998.
- [3] 刘士林,等. 斜拉桥[M]. 北京:人民交通出版社,1999.