

既有铁路桥墩中心的测定方法

胡华昌¹,全志强²

(1. 呼和浩特铁路局工务处,内蒙古呼和浩特 010057; 2. 包头铁道职业技术学院
测绘教研室,内蒙古包头 014040)

Measuring Method of the Existing Railway Bridge Pier Center Point

HU Huachang, QUAN Zhiqiang

摘要:长期以来,对于既有铁路桥墩中心,仅作粗略间接测量,难以获得桥墩中心的精确位置。桥上线路中心与桥墩中心的偏差不能精确测出,给桥上线路的养护、维修带来很多困难。为了解决这一难题,通过对多处铁路桥的测量、计算及总结,提出一套行之有效的精确测量桥墩中心坐标的方法。

关键词:桥墩中心;坐标;前方交会

一、引言

近些年来,随着铁路运能的不断增加,线路行车密度增大。速度的提高和轴重的加重,不仅要求有优良的线路设备和相关铁路设施,而且对一些设施的位置精度要求也在不断提高,如线路几何尺寸、行车平稳对线型平顺度的要求,以及电力杆、桥、隧的位置等。其中,既有桥中心与线路中心的偏移量的大小,是影响行车平稳而且存在安全隐患比较大的一项内容。

长期以来,对于既有桥墩中心,仅作粗略间接测量,如测量挡碴墙分中、测量护栏分中等。其测量精度低且数据可靠度不高,从而影响了线路整正以及线、桥关联的正常几何关系,并由此形成桥上的既有桥墩测量、整正工作没有一个精确的整正资料的现状,且对桥上的线路基本是“保持原状”的原则,仅作少量的拨改。对直线小桥,通过间接粗略方式按“保持原状”的原则或许可行,但对曲线桥特别是大型、特大型曲线桥,这样的拨改则是危险的。因此,在实际应用中,需要精确获得桥墩中心坐标。笔者通过大量实践,总结出了一套行之有效的精确测量桥墩中心坐标的方法。这种方法不仅简易可行,而且能长期重复检测、定测桥墩中心位置。

二、既有铁路桥墩中心的测定方法

1. 控制点布设

在桥两岸距桥中心线 300 m 左右处分别布设四个 C 级 GPS 永久性控制点,如图 1 所示。其中, A、

B、C、D 点最好能相互通视,困难的情况下,各点至少与一个相邻点通视。每个点均能看到本侧的桥梁墩台上各帽石的两个竖直棱边。如果通视有困难,可在上下游河槽中(季节河)或岸上临时增加两个控制点 E、F,距桥中线距离不要超过 600 m。控制点的坐标系应与该线路所用坐标系统一,如果无法统一,可设独立坐标系,条件允许时最好与国家点联测。

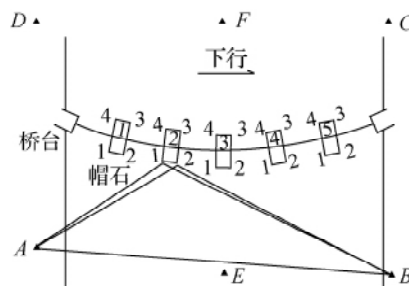


图1 桥梁控制点布设示意图

2. 观测

如图 1 所示,桥墩的编号,以下行前进方向小里程第一个起始墩开始按 1, 2, 3, 4, … 连续编号。对每个帽石的 4 个角(即竖直棱边)的编号,也以小里程方向开始从左侧按逆时针方向 1, 2, 3, 4 编号。

用 2" 以上精度的测角仪器,架设到桥一侧的 A、B 及 C、D 点上,分别瞄准本侧各个桥墩帽石的两个竖直棱边,进行测角(至少一测回)。观测完毕后,可按前方交会法分别算出帽石每一个竖直棱边的坐标 (x_i, y_i) 。

3. 前方交会

如图 2 所示,已知 A、B 点坐标,安置仪器于 A、B

上,分别观测 α 、 β 角,求待定点 P 的坐标。

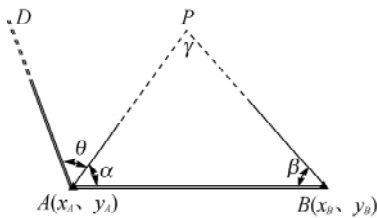


图2 前方交会原理示意图

(1) 计算已知边长和方位角

公式如下

$$\left. \begin{aligned} D_{AB} &= \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \\ \alpha_{AB} &= \arctan\left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}\right) \\ \gamma &= 180^\circ - \alpha - \beta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(2) 计算未知边长和方位角

公式如下

$$\left. \begin{aligned} D_{BP} &= D_{AB} \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = D_{AB} \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} \\ D_{AP} &= D_{AB} \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} = D_{AB} \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \\ \alpha_{AP} &= \alpha_{AB} - \alpha \\ \alpha_{BP} &= \alpha_{BA} + \beta = \alpha_{AB} + \beta \pm 180^\circ \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(3) 计算未知点坐标

由A点推算

$$\left. \begin{aligned} x_P &= x_A + \Delta x_{AP} = x_A + D_{AP} \cos \alpha_{AP} \\ y_P &= y_A + \Delta y_{AP} = y_A + D_{AP} \sin \alpha_{AP} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

由B点推算

$$\left. \begin{aligned} x_i &= \frac{(x_1^2 + y_1^2)(y_2 - y_3) + (x_2^2 + y_2^2)(y_3 - y_1) + (x_3^2 + y_3^2)(y_1 - y_2)}{2[x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2)]} \\ y_i &= \frac{(x_1^2 + y_1^2)(x_2 - x_3) + (x_2^2 + y_2^2)(x_3 - x_1) + (x_3^2 + y_3^2)(x_1 - x_2)}{2[y_1(x_2 - x_3) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_1 - x_2)]} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

其圆心坐标就是墩台帽石中心坐标,也就是桥墩中心坐标。计算出的4个圆心坐标 (x_i, y_i) ($i = 1, 2, 3, 4$), 其 $|x_{\text{最大}} - x_{\text{最小}}| \leq 2 \text{ cm}$ 且 $|y_{\text{最大}} - y_{\text{最小}}| \leq 2 \text{ cm}$ 时, 认为观测计算合格。可取4个圆心坐标的平均数作为最终的桥墩中心坐标。如第2个桥墩的中心坐标为

$$\left. \begin{aligned} \bar{x}_2 &= \frac{x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24}}{4} \\ \bar{y}_2 &= \frac{y_{21} + y_{22} + y_{23} + y_{24}}{4} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

三、结束语

只要各桥墩中心坐标能够准确确定, 就能以已

$$\left. \begin{aligned} x_P &= x_B + \Delta x_{BP} = x_B + D_{BP} \cos \alpha_{BP} \\ y_P &= y_B + \Delta y_{BP} = y_B + D_{BP} \sin \alpha_{BP} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

由A、B两点分别求出的P点坐标, 理论上是相等的, 可用于检核计算。

P点的坐标也可根据已知点A、B的坐标和所观测的水平角 α 、 β , 利用前方交会公式直接计算。即

$$\left. \begin{aligned} x_P &= \frac{x_A \cot \beta + x_B \cot \alpha + (y_B - y_A)}{\cot \alpha + \cot \beta} \\ y_P &= \frac{y_A \cot \beta + y_B \cot \alpha + (x_A - x_B)}{\cot \alpha + \cot \beta} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

应用式(5)时, 其中A、B、P的编号必须是逆时针方向。

(4) 检核

根据已知点A、D的坐标和计算出的P点坐标, 可求出AD、AP边的坐标方位角 α_{AD} 、 α_{AP} , 计算得 θ 角值, $\theta_{\text{算}} = \alpha_{AP} - \alpha_{AD}$ 。用经纬仪观测 θ 角, 得 θ 角的观测值 $\theta_{\text{测}}$ 。 θ 角的计算值与观测值之差 $\Delta\theta = \theta_{\text{测}} - \theta_{\text{算}}$, $\Delta\theta$ 不应大于2倍的测角中误差。

如桥墩较多, 可按方向观测法进行观测, 将结果直接输入平差软件进行计算, 即可获得各点坐标。

4. 墩台帽石中心坐标计算

由一个墩台帽石的4个竖直棱边1、2、3、4中的任意3个(1、2、3; 1、2、4; 1、3、4; 2、3、4)的坐标, 可求出3点所确定一个圆的圆心坐标。

根据1、2、3点求圆中心坐标的公式为

建立起的永久控制点用仪器将桥墩中心位置测设到桥梁顶面上, 并根据桥上线路的铺设线位, 用以测量桥上的线、桥偏心情况。另外也可以在统一坐标系下, 对既有线桥上及两侧或全线进行测量, 进行整体配线, 以使线、桥偏心符合行车规范的要求。

参考文献:

- [1] 王兆祥. 铁道工程测量[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002: 137-138.
- [2] 铁道部第二勘测设计院. 铁路测量手册[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999: 648-654.
- [3] 裴伯永, 盛兴旺. 桥梁工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006: 351-360.