

全站仪在公路施工放样中的应用^①

邱健壮¹，解明东²，王继芳³

(1. 山东农业大学 土木工程学院 山东 泰安 271018； 2. 沂水县水利局，山东 沂水 276400；
 3. 沂水县公用事业处，山东 沂水 276400)

摘要：首先介绍全站仪的基本含义，提出了全站仪应用于公路施工放样的关键，着重论述道路中线桩坐标、道路立交匝道中线桩坐标及桥墩、台中心和桥涵轴线控制桩坐标计算方法，并给出了计算公式。论述了全站仪在施工放样中比例因子的设置方法，从而阐明全站仪在公路施工放样中的具体操作和注意事项。
 关键词：全站仪；施工放样；中线；轴线；比例因子
 中图分类号：TU204 文献标识码：A 文章编号：1000-2324(2001)02-0217-04

THE APPLICATION OF GENERAL TOTAL STATION IN HIGHWAY CONSTRUCTION LAYOUT

QIU Jian-zhuang, XIE Ming-dong, WANG Ji-fang
 (College of Civil Engineering Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: The paper first introduces the key application of General Total Station, then emphatically expounds the method and formula of coordinate calculation of road central line, grade separation turn-to-turn central line, abutment central point and axial point of reference. Thus the concrete operation of General Total Station in highway construction layout is clarified.
 Key words: General Total Station; construction layout; central line; axis; scale factor

1 全站仪公路施工放样概述

全站仪，它的英文全称为“General Total Station”。其含义有两层：一是代替了常规的测绘仪器（经纬仪、测距仪、水准仪），二是观测数据实现了全自动读数、记录和计算。因此在工程测量中已经得到了广泛的应用，使传统的测绘模式发生了很大的转变，并且引起了测绘技术发生新的变革。
 现代化的全站仪一般由电子经纬仪、测距仪和计算机有机地组合而成，又称智能型全站仪。在公路建设中，应用全站仪进行施工放样，主要是测设道路中线桩、桥涵中心桩和桥涵轴线控制桩，而全站仪对于所测设点的平面位置，主要依据控制点坐标和测设点的坐标，进行现场放样，因此计算道路中线桩点坐标、桥涵中心和轴线控制桩坐标是全站仪施工放样的关键。

2 道路中线桩坐标计算

如图1所示，一条路线由直线段、圆曲线段以及缓和曲线路段组合而成，我们把每一个路段称为曲线元。曲线元与曲线元的连接点即为曲线元的端点。如果一个曲线元的长度及两端点的曲率半径已经确定，则这个曲线元的形状和尺寸也就确定了。当给出曲线元起点的直角坐标和起点的切线坐标方位角，则曲线元在直角坐标

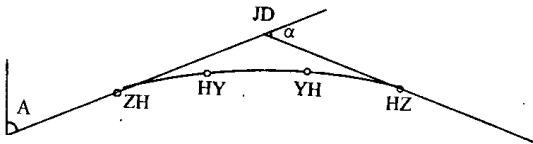


图1 直线、圆曲线和缓曲线组成的道路中线
 Fig.1 Road central line is made of straight line, circle and buffer curve

① 收稿日期：2000-09-15
 作者简介：邱健壮（1967-），男，讲师，从事工程测量方面的教学科研工作。

系中的位置即可确定。经路线勘测设计后, 交点 JD 的坐标 ($X_{JD}Y_{JD}$)、路线直线段的坐标方位角 (A)、各交点的转角 (α)、各圆曲线半径 (R)、缓和曲线长度 (L_s) 都已经确定出来, 这样根据各桩点的里程桩号, 即可计算出相应的中线桩点坐标 (X, Y)。

2.1 直线段的中桩坐标计算

各桩点的坐标 X_i, Y_i 计算公式如下:

$$\begin{aligned} X_i &= X_0 + D_i \cdot \cos A \\ Y_i &= Y_0 + D_i \cdot \sin A \end{aligned} \quad (1)$$

式中, X_0, Y_0 为直线起点坐标; D_i 为各桩点至直线起点的距离; A 为直线的坐标方位角。

2.2 缓和曲线段的中桩坐标计算

高等级公路在线路从直线变为圆曲线时, 为使行车平稳, 避免突然产生离心力, 而感到不适, 设计时往往在直线段和圆曲线段间加缓和曲线连接。

现在的公路设计一般将缓和曲线设计成回旋曲线, 回旋曲线的基本公式为:

$$\rho = \frac{c}{l} \quad (2)$$

式中, ρ 为回旋曲线上任一点的曲率半径; l 为该点至回旋线起点的曲线长度; c 为缓和曲线的曲率半径变化率。

直缓点 ZH 至缓圆点 HY 点间桩点的坐标 X_i, Y_i 计算, 可首先计算桩点的切线支距法坐标 x, y , 即以切线为 x 轴, 以与切线垂直方向为 y 轴, 以直缓点为原点建立起的直角坐标系。

缓和曲线在该坐标系中桩点坐标计算公式如下:

$$\begin{aligned} x &= l - \frac{l^5}{40 \cdot c^2} + \frac{l^9}{3456 \cdot c^4} \\ y &= \frac{l^3}{6c} - \frac{l^7}{336 \cdot c^3} + \frac{l^{11}}{42240 \cdot c^5} \end{aligned} \quad (3)$$

式中, l 为桩点至缓和曲线起点 ZH 曲线长; c 为缓和曲线的曲率半径变化率, 其值按下式计算 $c = R \cdot L_s$, R 为圆曲线的半径, L_s 为缓和曲线长度。

然后通过坐标变换, 将此坐标系坐标变换为测量坐标 X_i, Y_i , 坐标变换公式如下:

$$\begin{aligned} X_i &= X_{ZH} + x \cdot \cos A - y \cdot \sin A \\ Y_i &= Y_{ZH} + x \cdot \sin A + y \cdot \cos A \end{aligned} \quad (4)$$

式中, X_{ZH}, Y_{ZH} 为直缓点的坐标, A 为 ZH 点切线方位角。

在运用 (4) 式计算时, 当曲线为左转角, 应以 $y = -y$ 代入计算。

同样方法, 可以计算出圆缓点 YH 至缓点 HZ 间缓和曲线段中桩坐标。

2.3 圆曲线段的中桩坐标计算

计算圆曲线段中桩坐标, 可首先计算出偏角 θ 和弦长 d , 计算公式如下:

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{l}{2R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \\ d &= 2R \cdot \sin \theta \end{aligned} \quad (5)$$

式中, l 为桩点至圆曲线起点 (切点) 的弧长; R 为圆曲线半径。

则圆曲线中桩坐标 X_i, Y_i 计算公式如下:

$$\begin{aligned} X_i &= X_0 + d \cdot \cos (A + \theta) \\ Y_i &= Y_0 + d \cdot \sin (A + \theta) \end{aligned} \quad (6)$$

式中, X_0, Y_0 为圆曲线起点的坐标; A 为圆曲线起点的切线方位角。在运用式 (6) 计算时, 当曲线为左转角时, 应以 $\theta = -\theta$ 代入计算。

2.4 道路立交匝道中线桩的计算

立交是高等级公路和交通繁重的城市道路不可缺少的组成部分。立交的设置, 可以提高道路的通行

能力,减缓或消除交通拥挤和阻塞,改善交叉口的交通安全。组成立交的基本单元是匝道。交叉口所谓“匝道”,是指在立交处连接立交上、下道而设置的单车道单方向的转弯道路。

匝道的曲线元也是由直线段、圆曲线段和缓和曲线段组成的。所不同的是匝道因具有连接立交上、下道路的功能,因此设计上可能具有连接两圆曲线的缓和曲线,如图2中的CD段即为连接圆曲线BC和圆曲线DE的缓和曲线。对于其它曲线元中桩坐标计算方法与2.2和2.3中相同,不再赘述。这里单独论述两圆曲线间缓和曲线中桩坐标计算方法。

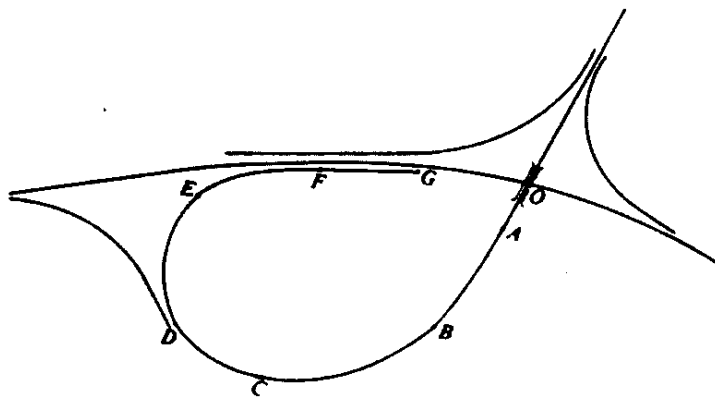


图2 立交匝道图

Fig.2 Stereoscopic crossing turn-to-turn road

与2.2中计算缓和曲线中桩坐标步骤相似,首先计算出各中桩在切线支距法坐标系中的坐标,公式如下:

$$\begin{aligned} x &= (l - l_0) - \frac{l^5 - l_0^5}{40 \cdot c^2} + \frac{l^9 - l_0^9}{3456 \cdot c^4} \\ y &= \frac{l^3 - l_0^3}{6 \cdot c} - \frac{l^7 - l_0^7}{336 \cdot c^3} + \frac{l^{11} - l_0^{11}}{42240 \cdot c^5} \end{aligned} \quad (7)$$

式中, c 为曲率半径变化率,其值为 $c = \left| \frac{L_s \cdot \rho_1 \cdot \rho_2}{\rho_1 - \rho_2} \right|$, L_s 为缓和曲线长度, ρ_1, ρ_2 为缓和曲线端点的曲率半径,即圆曲线的曲率半径,即圆曲线的曲率半径; $l_0 = \frac{c}{\rho_1}$; $l = l_0 + \Delta \cdot (s - s_0)$, 其中 s 为计算坐标的桩点里程, s_0 为起点里程, Δ 为符号函数,当 $\rho_1 > \rho_2$ 时 $\Delta = 1$, 否则 $\Delta = -1$ 。

然后将此坐标系坐标换算成测量坐标,公式如下:

$$\begin{aligned} X_i &= X_0 + \Delta \cdot x \cdot \cos T - y \cdot \sin T \\ Y_i &= Y_0 + \Delta \cdot x \cdot \sin T + y \cdot \cos T \end{aligned} \quad (8)$$

式中, X_0, Y_0 为缓和曲线起点坐标; $T = A - k \cdot \frac{l_0^2}{2 \cdot c}$, A 为起点切线方位角, k 为符号函数,当曲线右转角时 $k = 1$, 左转角时 $k = -1$ 。

3 桥涵中心和轴线控制桩坐标计算

3.1 墩、台中心坐标计算

首先应根据桥梁设计图纸中桥中心线桩号及墩台设计尺寸,计算各墩、台中心里程桩号,并依此计算各墩、台中心所在线路上的平面坐标,计算方法参考2.1~2.4所述。如果设计文件中给出各墩、台中心的坐标,可直接利用坐标进行测设。

3.2 轴线控制桩坐标计算

由于施工过程中,已放样的墩、台中心桩将被破坏,并且施工要求随时恢复墩、台中心及控制墩、台外轮廓线,为此还要放样出墩、台轴线控制桩如图3所示。

轴线控制桩坐标计算,依据墩、台中心坐标和轴线的方位角及控制桩距墩、台中心的距离计算。轴线方位角可根据线路在墩、台中心处的切线方位角及桥涵设计图纸中的有关数据推算;控制桩距中心距离可根据实地便于设桩和不受施工干扰处,实地测量出。

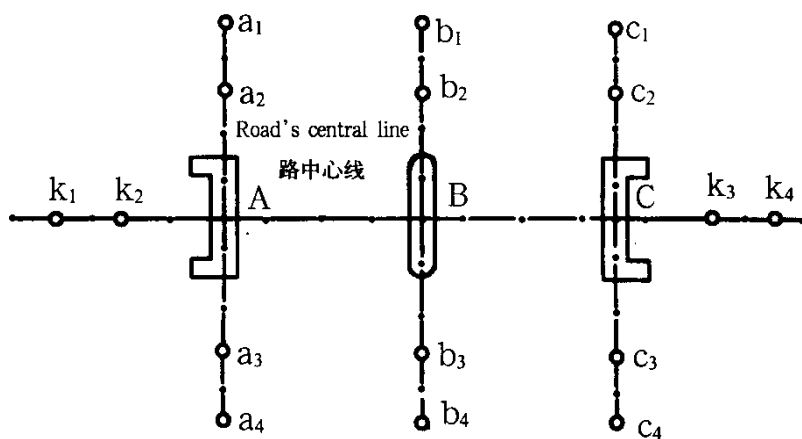


图 3 桥墩、台轴线控制桩示意图

Fig.3 Abutment central axis's stake of reference

4 全站仪在公路施工放样中的使用方法

4.1 放样步骤

导线控制一般在道路勘测阶段已经完成,对于高等级公路,布设的导线应该与附近的高级控制点进行联测,构成附和导线。

在测设道路中线过程中,由于原勘测设计时所建立的导线点密度不够或已遭破坏,往往需要在原有导线的基础上再加密一些施工导线点,以便反中桩逐个定出。现场放样如图 4 所示,将仪器置于导线上,按中桩坐标进行测设,把中桩逐个定出。具体操作可参照全站仪的“施工放样”的有关内容。值得指出的是,采用全站仪坐标法测设中桩,由于没有误差的逐点累积,故放样的点位精度较高。

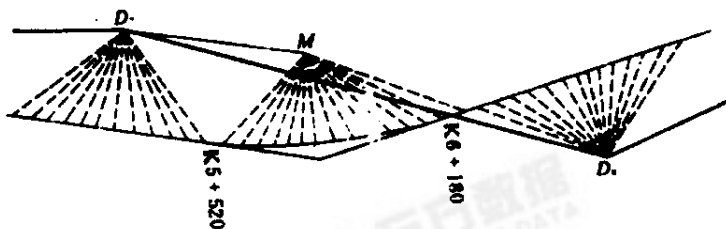


图 4 用全站仪测设道路中线示意图

Fig.4 Application of General Total Station in staking out road's central line

全站仪放样桥墩、台中心和桥涵轴线控制桩方法与放样中线一样,值得注意的是,放样平面位置后,需要进行经纬仪现场穿线,场地条件允许时还需用钢尺丈量相邻控制桩距离,以检验放样是否有误。

4.2 比例因子的设置

当应用全站仪进行施工放样时,若控制点坐标采用的是高斯平面直角坐标时,应对全站仪中的比例因子进行设置。不进行比例因子设置时的比例因子为 1:1.000000,也即不对距离进行改化。设置的比例因子包括高程因子和格网因子两项,分别对应地面水平距离到大地水准面的改化和到高斯平面的改化。

$$(1) \text{ 高程因子 } \Delta_1 = -\frac{H_m}{R} \quad (9)$$

式中 H_m 为控制点和被放样点的高程的平均值,实际计算时,可只取控制点的高程计算即可。 R 为地球的平均曲率半径 $R = 6.371 \times 10^6 m$

(2) 格网因子

(下转 223 页)

(上接 220 页)

$$\Delta_2 = \frac{Y_m^2}{2R^2} \quad (10)$$

式中 Y_m 为控制点与被放样点横坐标 (高斯坐标扣除带号和 500km 后的坐标真值) 的平均值, 实际计算时, 可只取控制点的横坐标计算即可; $R = 6.4 \times 10^6 m$ 。

注意: Δ_1 、 Δ_2 计算取至小点后 6 位; 则比例因子为:

$$1 : (1.000000 + \Delta_1 + \Delta_2)$$

5 结语

全站仪的应用为现代高等级公路的设计和施工提供了极大的便利。由于新技术的应用, 在高等级公路的设计中完全可以按需要设计曲线的曲率半径, 而不必顾及施工放样, 也使传统的曲线放样方法不再适应现代高等级公路的施工。因此及时掌握全站仪在高等级公路施工放样的技术是非常重要的。

参考文献:

- [1] 邹永廉. 测量学 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1996.
- [2] 李青岳. 工程测量 [M]. 北京: 测绘出版社, 1984.
- [3] 聂让. 全站仪在高等级公路中的应用 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1997.