

高等级公路占地边桩的测设

李全信

(郑州市规划勘测设计研究院 郑州 450052)

【提要】本文对高等级公路占地边桩的测设精度及放样方法进行了分析讨论,给出了线路中桩和边桩坐标的通用计算模型,还对特殊地段的边桩测设进行了探讨。文中所述的坐标放样法可广泛用于类似的线路测设工作。

【Abstract】The precision and the method of setting out the border occupied by highway are described in this paper. The general computer models for calculating the coordinates of middle and edge stake and the layout of the border in the special regions are also discussed. The coordinate layout method presented in this paper has many advantages and can be widely used in similar highway layout projects.

0 前言

高等级公路建设的迅猛发展,使得以征地和赔偿为目的的占地边桩的测设工作显得尤为重要,因为它直接关系到国家、集体和个人三者的利益,关系到线路的施工进度与质量。我国的公路勘测多由交通部门完成,但公路的征地工作多由城市勘测部门完成,这是由于这项工作涉及到公路所跨各行政区域的界线确权、占地面积分类、赔偿对象数目以及城市规划等诸多因素决定的。通常,征地测量是在线路的定测以后进行的,因此在此以前沿线所建的一、二级导线控制为测设占地边桩工作提供了良好的控制基础。

高等级公路的占地边桩是由设计部门给定的,它通常是依据线路中线的里程,以垂直于中线的支距确定的。由于线路所处地形的变化,因此即使相同宽度路面的地基所占土地的边桩到线路中线的支距(沿中线的法线方向)也不相同。在实地测放出支距变化处的边桩是线路征地测量的重要内容。虽然线路占地面积在设计完成后即已确定,但实地测放占地边桩仍然具有重要作用:(1)根据所放边桩,现场确定所占川土地的不同权属;(2)根据所放边桩现场清查占地范围内赔偿对象如树木、电杆、房屋、水井等

的数目,为征地赔偿提供精确、科学的统计数字,维护国家、集体和个人三者的利益;

(3)根据边桩所确定的土地界线,在理论上以坐标形式固定下来,具有重要作用;根据需要在实地埋设一定数量的界标,符合地籍测量的要求,便于占地附近农民确认占地界线,合理安排种植计划;(4)利用边桩的坐标值所计算的占地面积精度高,可做为宗地面积的一级控制。正因为占地边桩具有上述重要作用,因此必须对其测设提出明确的精度要求;在满足测设精度的前提下,运用合适的测设方法也是一项重要内容。本文结合几年来的测设实践,考虑光电测距仪、全站仪及便携机的普及,对高等级公路占地边桩的测设精度、测设方法及某些特殊问题的解决进行了论述。

1 高等级公路占地边桩所需的测设精度

传统测设边桩的方法是用偏角法等测出中桩后,再放样出边桩。显然,该方法不仅费工费时,精度损失大,而且也不利于用解析坐标法计算线路(尤其是曲线部份)的占地面积。全站仪及便携机的应用为新的测量方法提供了可能,定测阶段的一、二级导线控制为坐标法测设边桩提供了控制基础。几年来,我们利用坐标法测放占地边桩,较好

地完成了几百公里的征地测量任务。实践证明,坐标法测设边桩不仅精度高、速度快,而且作业还非常灵活;利用所编程序,运用便携机现场计算放样坐标的数据,工作轻松,可省去测设曲线的许多准备工作,测设曲线和直线一样易于操作。因此,本文下面的讨论皆基于桩位的坐标测设法。

1.1 从线路中桩测量的精度限差确定边桩精度

坐标法测放边桩不再与线路中桩的测放有关,即它是直接从控制点或工作点测放边桩的,因此从测设方法看,它的精度应与线路中桩的精度一样。现行各规范及资料都不曾对占地边桩的精度有论述,但对中桩的精度有明确的要求。文献[1]对中桩桩位的测设有下列规定:

表 1 线路中桩桩位测量的限差要求

线路名称	纵向误差(m)	横向误差(cm)
铁路、汽车专用公路	$\frac{S}{2000} + 0.1$	10
一般公路	$\frac{S}{1000} + 0.1$	10

表1中 S 为转点到中桩桩位的距离,单位m。考虑到线路的导线点间隔一般为300~500m,故放样中桩桩位的距离不会超过250m,因此桩位的纵向误差容许值为 $\pm(250/2000 + 0.1) = \pm 0.225\text{m}$;则桩位误差容许值为 $\pm\sqrt{0.225^2 + 0.1^2} = \pm 0.246\text{m}$ 。若视测放桩位的中误差 M 为容许值的一半,则推算出边桩桩位的测设中误差为: $M = \pm 0.246\text{m}/2 = \pm 0.123\text{m}$ 。

1.2 从线路占地边桩的意义确定边桩精度

线路占地的边桩桩位代表了线路征用土地的界线,是线路合法用地的依据。它在理论上以坐标形式表示,在实地以一定密度用界标形式固定下来。虽然现场不可能把每个边桩都以界标形式标定,但它所表示的位置却以坐标永远地保存下来,因此从这个意义

讲,线路的占地边桩具有法定意义,从地籍测量的观点看,应视之为界址点。文献[2]对界址点分为两类,显然,高等级公路远离市区的特点决定了占地边桩应以二类界址点看待,即桩位中误差 $M = \pm 7.5\text{cm}$,但这里所述的占地边桩的测设精度与一般界址点的精度概念有所差异:传统的界址点在实地已经存在,界址点的精度即为通过实测界址点的坐标所要求达到的精度,显然所获得的坐标值与实测界址点的精度密切相关;而线路占地边桩则是其桩位坐标从理论上已推出(下面详细介绍),桩位的坐标与测放精度无关,只有实地放出的边桩与测放精度相关。从比较中可以看出,边桩测设的精度还应较界址点的精度即 $M = \pm 7.5\text{cm}$ 有所放松。

综合2.1、2.2的分析,笔者认为高等级公路占地边桩的测设精度以 $M = \pm 10\text{cm}$ 为宜。如果要求过高,必定会造成许多人力和经济上的浪费;如果要求过低,不能满足确权 and 清查关键地物数目的要求。

2 高等级公路占地边桩的放样方法及精度分析

2.1 高等级公路占地边桩的坐标测设法

坐标测设法就是预先计算出线路占地边桩的坐标,然后利用线路沿线的控制点或线路的主要点,用极坐标或方向距离法测放出各边桩点。所计算的边桩坐标应统一到地面控制的坐标系,这样,曲线或占地边桩的测设就是一个简单的放点问题了。

如图1,在A点架站,后视另一控制点B,并配置度盘,使其读数为A到B的坐标

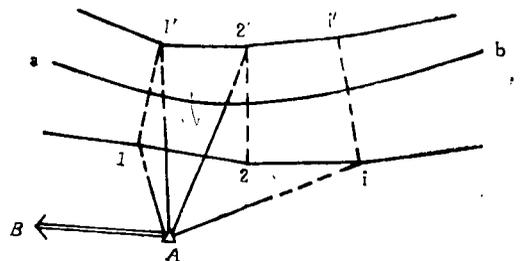


图 1 坐标法测放边桩

方位角, 然后转动经纬仪, 使其读数为A到1点的方位, 在该方向线上定一点1, 使1到A的距离为由控制点A与所放点1的坐标所反算的距离, 则1点即为所放的边桩, 同理可放出其它边桩, 这就是极坐标放点的方法。如果作业中配备全站仪和跟踪杆棱镜, 则测设速度较快。当所测放的边桩间隔较短时(如树林等地形, 要求边桩间隔小于50m, 利用方向距离法则更方便。如图1, 经纬仪在A点指向2'方位, 拉链者不需从A点拉距, 而仅需从已放出的桩1'拉距即可。当所放的边桩既位于经纬仪所指的方向线上, 又位于从1'拉距的圆弧上时, 即为所放的桩位2', 这就是方向距离放样法。实践表明, 两种方法根据实地放样的条件相互配合, 可有效地提高放桩的速度。

2.2 坐标法放样线路占地边桩的精度分析

用极坐标法使用跟踪杆棱镜直接放样边桩和用方向距离法使用钢尺交会边桩不仅实地操作简便, 而且精度也能满足上述分析得出的边桩±10cm的精度指标, 现简要分析如下。

影响极坐标法放样边桩的误差来源主要有: ①测站控制点和后视方向控制点的相对点位误差 m_1 , 由于线路沿线多为一级导线控制, 平均边长为300~500m, 实测相对精度满足1/14000, 因此 $m_1 = \pm 1.3\text{cm}$; ②瞄准后视方向误差约为±2", 一般放样时后视站距仪器不超过500m, 则由此引起的误差 $m_2 = 0.5\text{cm}$; ③仪器对中误差 $m_3 = \pm 0.2\text{cm}$; ④当放样点离测站点较近时, 可直接瞄准桩上的标志(铁钉)这时瞄准放样点的方向精度较高, 约为±2"; 当放样点离测站点较远时(但不超过250m), 则允许瞄准跟踪杆棱镜, 瞄准放样点的方向误差约为±20", 由此而引起的误差 $m_4 = \pm 2.4\text{cm}$; ⑤用跟踪杆棱镜测距精度不低于±(5mm + 5 × 10⁻⁶), 但跟踪杆是靠其上的园水准器竖直的, 因此对放样影响较大。根据实验, 顾及放样点的对中

和标定误差, 则测距和标定误差 $m_5 = \pm 2.5\text{cm}$ 。综合以上主要误差影响, 则放样边桩的点位中误差 m 为:

$$m = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2 + m_5^2} = \pm 3.7\text{cm}.$$

因此用跟踪杆棱镜直接放样边桩, 其精度除满足要求外, 还有很大的富余精度, 这给利用这些边桩继续用方向距离法放样提供了条件。

方向距离法放样与极坐标法放样的区别在于放样距离不是从已知点量起, 而是从已放好的桩位量起, 因此在分析放样精度时, 不仅要顾及以上分析的各项误差外, 还要考虑量距的起算点的误差对放样的影响。由文献[3]知, 方向距离法测设P点的点位中误差为:

$$m_p = \pm \frac{1}{\cos\alpha} \sqrt{0.5m_A^2 + m_g^2 + d^2 m_f^2} \quad (1)$$

式中 m_s 为距离量测的中误差, 对钢尺拉距, m_s 不会超过±2.0cm(50m以内); m_F 为仪器瞄准精度, 如前所述 $m_F = \pm 20''$; m_A 为拉距起算点的点位中误差, 设起算放点首先从直接用极坐标放样的点拉起, 则 $m_A = \pm 3.7\text{cm}$; d 为方向瞄准放样点到测站的距离, 一般不会超过250m; α 为方向线与测距边的交会角, 对于线路测设, 一般不会很大, 这里取 $\alpha = 40^\circ$ 分析。将上述各参数值代入(1)式可得 $m_p = \pm 5.3\text{cm}$ 。如果顾及上述放点的①~③项误差, 则方向距离法的放点精度为 $m \pm 5.5\text{cm}$, 满足±10cm的要求。实际作业中, 如果依次从已放出的点位拉距, 经计算, 所放点的精度依次为: ±6.7cm^[2]; ±7.5cm^[3]; ±8.2cm^[4]; ±8.7cm^[5]; ±9.1cm^[6]; ±9.4cm^[7]; ±9.7cm^[8]; ±9.9cm^[9]; ±10.1cm^[10] ([2]...[10]表示放点的发展次数)。可见, 用方向距离法放点, 只要从用极坐标直接测放的点开始拉距不超过十段, 则皆可满足测放精度的要求(若一段按40m计, 则十段可达400m)。如

果需要,在放出的最后点用极坐标法加以修正,即可又重新作为方向距离法拉距的起始点,因此实际作业十分方便。

通过大量的工程实践表明,采用极坐标法和方向距离法放点,作业非常灵活,测设速度较快,放桩精度又可以控制在±10m以内,因此,上述提出的边桩精度与放样方法是可靠实用的。

2.3 线路占地边桩坐标的计算模型

坐标测设法的关键在于现场计算各边桩的统一坐标,为此必须寻求通用的线路边桩坐标计算模型。为节省篇幅,这里仅给出曲线段的模型,直线段的模型由于较简单而略去。

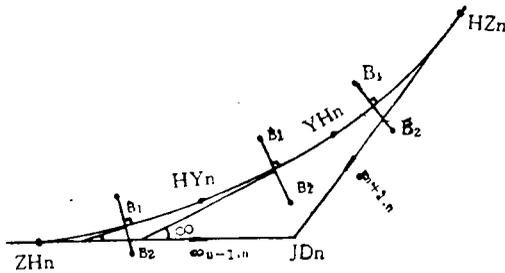


图 2 线路边桩的坐标计算

2.3.1 第一缓和曲线上任意点及相应边桩的坐标计算

①中桩坐标:

$$\begin{cases} X = X_{ZHn} + \left[(l - l_{ZHn}) - \frac{(l - l_{ZHn})^5}{90R^2l_s^2} \right] \\ \quad \times \cos \left[\alpha_{n-1,n} \mp \frac{30(l - l_{ZHn})^2}{Rl_s\pi} \right] \\ Y = Y_{ZHn} + \left[(l - l_{ZHn}) - \frac{(l - l_{ZHn})^5}{90R^2l_s^2} \right] \\ \quad \times \sin \left[\alpha_{n-1,n} \mp \frac{30(l - l_{ZHn})^2}{Rl_s\pi} \right] \end{cases} \quad (2)$$

式中: $\alpha_{n-1,n}$ 为 JD_{n-1} 到 JD_n 的方位角; l 为线路中线上任意点的桩号; l_s 为缓和曲线长; R 为与缓和曲线相接圆的半径; X_{ZHn} , Y_{ZHn} 为 ZH 点在路线控制坐标系中的坐标; 式中

的“ \mp ”表示曲线左偏时取负号,右偏时取正号;下文中的“ \pm ”表示曲线左偏时取正号,右偏时取负号(本文皆此规定)。

②边桩坐标:

占地边桩相对于线路方向可分为左边桩和右边桩,由于线路占地地形的变化,通常左边桩支距 B_1 与右边桩支距 B_2 并不相等,因此需分别给出相应的计算模型。由于缓和曲线是一个曲率渐变的曲线,因此曲线上每一点的切线(或法线)方位都在变化。描述曲线上任一点的切线方位的变化可通过该点的切线与直线 $ZH_n \rightarrow JD_n$ 的夹角 α 即下式反映^[4]:

$$\alpha = \frac{(l - l_{ZHn})^2 180}{2Rl_s\pi} \quad (3)$$

根据 α 与 $\alpha_{n-1,n}$ 不难得出曲线上任一点的法线方位,从而可推出计算边桩的公式为:

$$\text{I} \begin{cases} X_{\mp} = X + B_1 \cos(\alpha_{n-1,n} \mp \alpha - 90^\circ) \\ Y_{\mp} = Y + B_1 \sin(\alpha_{n-1,n} \mp \alpha - 90^\circ) \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{II} \begin{cases} X_{\mp} = X + B_2 \cos(\alpha_{n-1,n} \mp \alpha + 90^\circ) \\ Y_{\mp} = Y + B_2 \sin(\alpha_{n-1,n} \mp \alpha + 90^\circ) \end{cases} \quad (5)$$

2.3.2 圆曲线上任意点及相应边桩的坐标计算

①中桩坐标:

$$\begin{cases} X = X_{HY} + 2R \sin \frac{(l - l_{HYn})90}{R\pi} \\ \quad \times \cos \left[\alpha_{n-1,n} \mp \frac{90}{R\pi} (l_s + l - l_{HYn}) \right] \\ Y = Y_{HY} + 2R \sin \frac{(l - l_{HYn})90}{R\pi} \\ \quad \times \sin \left[\alpha_{n-1,n} \mp \frac{90}{R\pi} (l_s + l - l_{HYn}) \right] \end{cases} \quad (6)$$

②边桩坐标:

对于圆曲线,曲线上任一点的切线与直

线 $ZH_n \rightarrow JD_n$ 的夹角 $\alpha^{(4)}$ 为:

$$\alpha = \frac{180^\circ}{\pi R} (l - l_{ZH_n} - 0.5l_s) \quad (7)$$

这样只需将(7)式确定的 α 角代入(4)、(5)式即可求出相应的边桩。由于公式形式完全一样,故不再赘写。

2.3.3 第二缓和曲线上任意点及相应边桩的坐标计算

①中桩坐标:

$$\begin{cases} X = X_{HZ_n} + \left[(l_{HZ_n} - l) - \frac{(l_{HZ_n} - l)^5}{90R^2l_s^2} \right] \\ \quad \times \cos \left[\alpha_{n+1,n} \pm \frac{30(l_{HZ_n} - l)^2}{Rl_s\pi} \right] \\ Y = Y_{HZ_n} + \left[(l_{HZ_n} - l) - \frac{(l_{HZ_n} - l)^5}{90R^2l_s^2} \right] \\ \quad \times \sin \left[\alpha_{n+1,n} \pm \frac{30(l_{HZ_n} - l)^2}{Rl_s\pi} \right] \end{cases} \quad (8)$$

②边桩坐标:

$$\text{I} \begin{cases} X_{\pm} = X + B_1 \cos(\alpha_{n+1,n} \pm \alpha + 90^\circ) \\ Y_{\pm} = Y + B_1 \sin(\alpha_{n+1,n} \pm \alpha + 90^\circ) \end{cases} \quad (9)$$

$$\text{II} \begin{cases} X_{\mp} = X + B_2 \cos(\alpha_{n+1,n} \pm \alpha - 90^\circ) \\ Y_{\mp} = Y + B_2 \sin(\alpha_{n+1,n} \pm \alpha - 90^\circ) \end{cases} \quad (10)$$

式中 $\alpha = \frac{180^\circ}{R\pi} (l_{HZ_n} - l - 0.5l_s)$ 。

笔者利用上述模型所编制的通用程序,可实现线路中桩及边桩坐标的快速解算。现场作业时,只需输入曲线上每一点的桩及支距,即可获得所需中、边桩的坐标。这样就将烦琐的曲线测设问题转换成了连续的坐标放点问题了。

3 特殊地段占地边桩的测设

3.1 立交桥占地边桩的测设

高等级公路为提高速度和安全起见,通常设计为高出地面的全封闭结构,因此每隔

一定距离要修建大型互通式立交,有时相应地还设有管理服务区或生活区。这些用地多和道路占地一起征用,但由于其特殊性,因此需特殊对待。

如图3,为一线路的曲线段与另一线路的直线段相交,根据设计需征用的土地已以线路中线一定间隔上的点相垂直的边桩支距表示。实地放桩前,同样按前述模型根据曲线类型利用程序计算出占地边桩的坐标。由于立交征地通常面积可达数百亩,相对中线的支距可达几百米,因此利用现有的控制点通常难以满足直接放点的需求。解决的办法是,先利用全站仪做几个工作点,然后在工作点上测放边桩。这样,不仅能保证放样的精度,而且也能提高整体的测设速度。

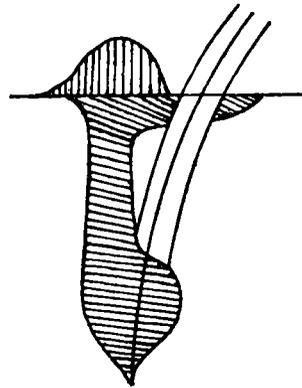


图3 互通式立交边桩的测设

3.2 重要界线的确权

线路测设中不可避免地要涉及到不同行政区域交界处的确权问题。由于这些界线起着分划宗地面积,确定权属的重要作用,因此要慎重对待。

如图4,一线路的曲线段跨越两行政交界处,为准确确定分界线,可在线路大致地征宽度处,于实地分界线测两个点A、B。由于A、B相距较近(通常40~60m),可近似将AB视成一直线。根据前述公式利用程序已方便求得交界处附近两端边桩(1,1',2,2')的坐标,因此利用直线相交公式可解求交界线上的边桩 J_1 和 J_2 的坐标,利用该坐

标即可准确地实现不同行政区域的土地分割目的。如果分界线不易用直线代表时,可实测三个或三个以上的点,拟合成一曲线,再求解曲线与直线的交点坐标即可实现目的。

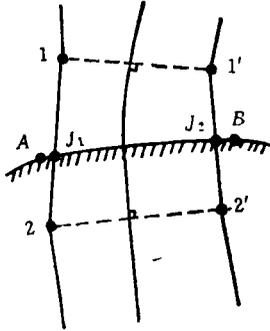


图4 重要界线的确定

4 结束语

几年来,我们利用本文模型所编制的程序,先后完成了107、310高等级公路占地边桩测设工作,总计达200km。利用全站仪和便携机,使繁琐的曲线测设工作变成了简单的坐标放样工作,不仅提高了作业效率,而且作业成果也更标准化和规范化。实际作业中如果配备两根跟踪杆棱镜和对讲机,则测

设速度能较常规方法快1倍以上。坐标法测设的另一明显优点是测设非常灵活,尤其在遇到障碍物和通视困难地区时更是如此。由于坐标法测设,一般不存在误差累计现象,因此只要实际作业中适当控制测放距离,就能保证占地边桩±10cm的精度要求。

鉴于线路占地边桩的坐标放样法具有以上优点,实践中应予推广。事实上,由于我国各基层队伍全站仪或光电测距仪与便携机的普及,应用坐标法放样的客观条件已经具备。显然,该文理论也可用于线路中桩的放样;当各边桩支距 B_1 或 B_2 都相同时,就是测放已知曲线的平行线问题了,因此本文所述的测设原理及数学模型可广泛应用于城市测量与工程测量中有关曲线测设的领域。

参 考 文 献

- 1 工程测量规范GB500026—93.中国计划出版社,1993
- 2 城镇地籍调查规程.农业出版社,1990
- 3 徐育康.碎部点解析测定法及其精度分析.军测学报,1992(1)期
- 4 李青岳.工程测量学.测绘出版社,1984

(上接第47页)

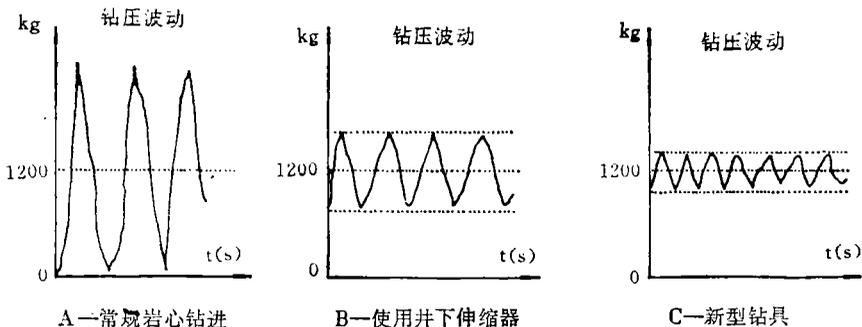


图10 三种钻杆柱钻进时钻头上正压力的波动

型钻具)时,孔底钻头上的动载。计算出的结果如图10所示。

从图10中三种情况下钻头上正压力波动大小的对比可知,笔者提出的两种方法具有明显的减振效果,并且对钻进工作很有利。

参 考 资 料

- 1 赵国珍,龚伟安编.钻井力学基础.石油工业出版社,1988
- 2 刘希圣主编.钻井工艺原理.石油工业出版社,1981