



公路施工中长大组合曲线的测设

陈久强¹, 刘尧利²

(1. 湖南大学, 湖南 长沙 410082; 2. 郴州市国土测绘队, 湖南 郴州 423000)

[摘要] 介绍了利用线路平面控制网的控制点测设道路工程中组合曲线中线桩点位的坐标计算、测设方法。这种点位坐标计算公式, 利用全站仪或测距仪配合计算器进行施测, 既快速方便, 又精度高, 是高等级道路工程建设中点位测设的好方法。

[关键词] 控制点; 组合曲线; 坐标; 点位; 测设

[中图分类号] U412.24

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-1205(2003)04-0045-03

Measure of Long Combination Curve in Highway Construction

CHEN Jiu-qiang¹, LIU Yao-li²

(1. College of Civil Engineering, Hunan University, Changsha, Hunan 410082, China; 2. Chenzhou Brigade of National Land Survey, Chenzhou, Hunan 423000, China)

[Abstract] A method for calculating and measuring the coordinates of centering stakes using line control counts in plane control meshwork is introduced in highway construction in this paper. The method, with total station or range instruments and calculator, is not only quick and convenient, but also results in higher precision in the measure of count positions of long combination curve in the construction of highways.

[Key words] control count; combination curve; coordinate; count position; measure

高等级道路具有车速高、通行能力大、行车安全、运输费用省和全天候运营的特点, 修建高等级道路是解决混合交通流内部和侧向干扰大、对向车辆分隔行驶的有效交通手段。城市交通建设也产生了从城市外环路和辐射路及交通量大的干道开始, 逐渐形成以高等级道路为骨干的城市道路网。为了保证高等级道路的行车高速度、高通行能力和安全行车, 随着计算机技术的发展, 在道路平面线型设计上, 当线路转向时, 也由原来的圆曲线加缓和曲线的线型, 发展成为由多种曲线交替连接(同向或反向)构成组合曲线, 成为复杂的曲线线型。立体交叉桥的匝道设计中为了减少占地面积、且使匝道线型与车辆行驶轨迹相符、改善车辆运行状态, 也采用了复杂的组合曲线。

由组合曲线构成的平面曲线, 从交通运输观点来看, 具有很强的优势, 它将是高等级道路设计中线路转向所采用的主要线型, 尤其是在大转角的平面

线型设计中将成为必然趋势。这种组合曲线, 在施工过程中若其中线桩定位精度不能保证, 就会人为地改变平面线型, 达不到设计目的, 也不能保证施工质量。因此, 组合曲线的中线桩测设, 就成为施工单位迫切需要解决的问题。本文仅就组合曲线的一般形式的测设数据计算和测设方法作以介绍。

1 组合曲线的基本线型

高等级道路为了保证由一直线方向平顺地过渡到另一直线方向, 或匝道形成一个环道, 在两直线相交处插入一段平缓的组合曲线, 其基本线型可以概括为: 完全缓和曲线段(L_1) + 圆曲线段(L_2) + 非完全缓和曲线段(L_3) + 圆曲线段(L_4) + 完全缓和曲线段(L_5)(见图1)。这种组合曲线形式是由大曲率半径开始, 由回旋曲线经几次曲率半径渐变至小曲率半径, 再由小曲率半径通过回旋曲线曲率半径渐变后, 过渡到大曲率半径, 最后与另一直线连接。这

[收稿日期] 2003-07-10

[作者简介] 陈久强(1955-), 男, 湖北襄樊人, 副教授, 主要从事土木建筑工程变形测量、工程测量、精密测量的方法和结构物加固处理的研究。

种组合曲线既可以保证行车的舒适性和高车速,又可以避免驾驶员行车程中的频繁操作,保证了行车安全和行车视距。

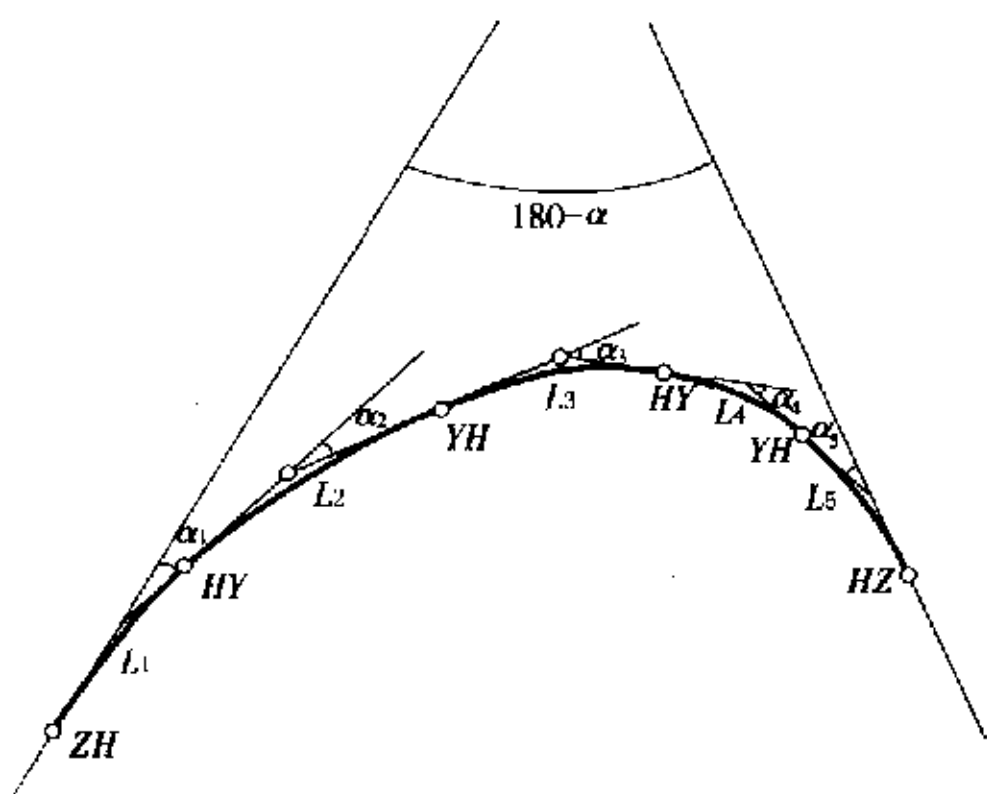


图 1 组合曲线结构

Figure 1 Structure of combination curve

由图 1 可知,全曲线的总偏角 α 及曲线长 L 分别为:

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 \\ L &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5\end{aligned}\quad (1)$$

当组合曲线为匝道时,如果设计选定圆曲线半径 R ,再测定线路转角 α ,即可根据经验曲线元参数、曲线长度计算式,计算出各段曲线的有关参数及曲线长度,这些数值就确定了组合曲线的线型。

2 组合曲线上中线桩的坐标计算

在高等级道路的中线桩测设中,只要知道了中线桩的坐标,即可采用测距仪或全站仪利用控制网的控制点直接测设中线桩点位,既快捷方便且精度高。因而,组合曲线中线桩测设的关键就转化为曲线上任一点 i 的坐标计算问题。

2.1 缓和曲线段和圆曲线段上点位的坐标计算

组合曲线的第一缓和曲线段 L_1 和第一圆曲线段 L_2 构成带缓和曲线的圆曲线,曲线上任一点 $i(x_i, y_i)$ 的坐标计算,可分 3 种情况。

① 当已知线路交点 $JD(x_j, y_j)$ 与直线上任一点 $N(x_N, y_N)$ 时,缓和曲线上任一点 $i(x_i, y_i)$ 按下式计算:

$$\begin{aligned}x_i &= x_N + d_{NH} \cos \alpha_{NJ} + x'_i \cos \alpha_{NJ} - y'_i \sin \alpha_{NJ} \\ y_i &= y_N + d_{NH} \sin \alpha_{NJ} + x'_i \sin \alpha_{NJ} - y'_i \cos \alpha_{NJ}\end{aligned}\quad (2)$$

② 当已知缓和曲线上任意两点 $P(x_P, y_P)$ 、 $Q(x_Q, y_Q)$ 时,缓和曲线上任一点 $i(x_i, y_i)$ 按下式计算:

$$\begin{aligned}x_i &= x_P + (l_i - l_P) \cos \alpha_{Pi} \\ y_i &= y_P + (l_i - l_P) \sin \alpha_{Pi}\end{aligned}\quad (3)$$

③ 当圆曲线前加缓和曲线后,使切线增长距离为 m ,圆曲线相对于切线的内移量为 p ,缓和曲线的回旋角为 β_0 ,圆曲线上任一点 $i(x_i, y_i)$ 按下式计算:

$$\begin{aligned}x'_i &= R \sin \alpha'_i + m \\ y'_i &= R(1 - \cos \alpha'_i) + p\end{aligned}\quad (4)$$

式(2)、(3)、(4)中: d_{NH} 为 N 点至直缓点(ZH)的距离(桩号差); α_{NJ} 为 N 点与 JD 点连线的坐标方位角; x'_i, y'_i 为 i 点在切线支距法中的坐标值; l_i, l_P 为 i, P 点距直缓点 ZH 的曲线长; α_{Pi} 为 P, i 点连线的坐标方位角,且 $\alpha_{Pi} = \alpha_{PQ} \pm \delta_Q \pm \delta_i$; α_{PQ} 为 P, Q 点连线的坐标方位角, δ_Q, δ_i 为 P 点至 Q, i 点的偏角,线路左转时 δ_Q 为正, δ_i 为负;反之 δ_Q 为负, δ_i 为正; $\alpha'_i = (180^\circ/\pi R)(l_i - l_0) + \beta_0$ 为 ZH 点与 i 点间曲线长度所对应的回旋角。

2.2 非完全缓和曲线段上点位的坐标计算

对于非完全缓和曲线段 L_3 上任一点 $i(x_i, y_i)$ 的坐标计算(见图 2),按切线支距法建立的直角坐标系 $x'-y'$, i 点的相应坐标为:

$$\begin{aligned}x'_i &= l_i - \frac{l_i^3}{40 R^2 l_0^2} + \frac{l_i^5}{3456 R^4 l_0^4} - \dots \\ y'_i &= \frac{l_i^3}{6 R l_0} - \frac{l_i^5}{336 R^3 l_0^3} + \frac{l_i^7}{422400 R^5 l_0^5} - \dots\end{aligned}\quad (5)$$

式中: l_i 为 i 点至非完全缓和曲线起点 YH 的曲线长, l_0 为非完全缓和曲线的全长, R 为 L_2 的曲率半径。

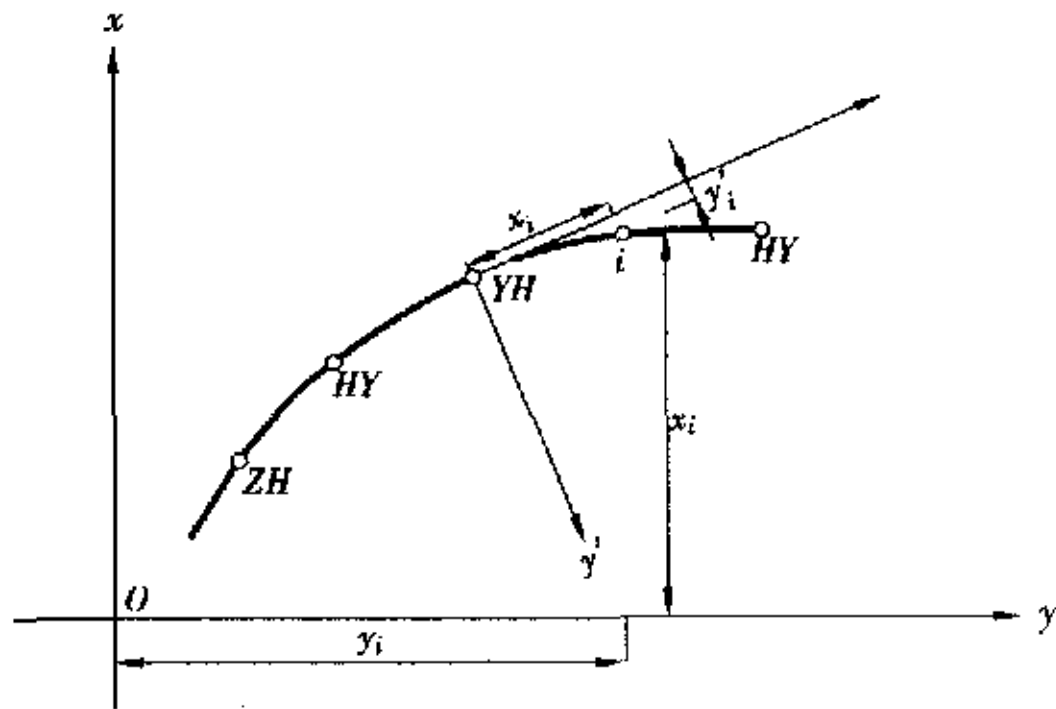


图 2 点位测设坐标计算

Figure 2 Coordinate calculation of count position

由于 YH 点既为非完全缓和曲线的起点,又为圆曲线 L_2 的终点,其坐标 (x_{YH}, y_{YH}) 及 HY 点的坐标

(x_{HY}, y_{HY}) 可以应用公式(4)、(2)求得。于是 YH 、 HY 点连线的坐标方位角为:

$$\alpha_{HY} = \arctg \frac{y_{HY} - y_{YH}}{x_{HY} - x_{YH}} \quad (6)$$

切线支距法直角坐标系 x' 轴的坐标方位角为:

$$\alpha'_x = \alpha_{HY} - \frac{180^\circ}{2\pi R} L_2 \quad (7)$$

于是:

$$\begin{aligned} x_i &= x_{YH} + x'_i \cos \alpha'_x + y'_i \sin \alpha'_x \\ y_i &= y_{YH} + x'_i \sin \alpha'_x + y'_i \cos \alpha'_x \end{aligned} \quad (8)$$

高等级道路的曲线组合往往是不同的,可以根据实际情况利用(2)、(3)、(4)、(8)计算中线桩点坐标。当组合曲线对称设置时, L_1 、 L_2 两段应以 L_1 起点(即 ZH 点)为起点; L_4 、 L_5 两段应以 L_5 的终点(即 HZ 点)为起点。当设计文件中的《逐桩坐标表》列出了曲线主点坐标时,可以利用曲线主点坐标应用上式计算组合曲线中线桩点坐标更为简便。

3 组合曲线的测设

利用上式计算出中线桩的坐标后,在附近控制点上设置测站,用极坐标法分别测设出 L_1 、 L_2 及 L_4 、

L_5 4 段的中线桩。实际测设中,应在测设 L_1 、 L_2 段的测站上测设出 L_4 的起点,在测设 L_4 、 L_5 段的测站上测设出 L_2 的终点,相互对应进行检核,以免出错。

当曲线很长时,可能视线受阻或其他原因不方便测设时,可以与常规测设方法配合分段测设,但要特别注意逐步进行检核。检核方法可以应用坐标测量的方法进行。

4 实例

某高等级公路的一交点,桩号为 $k4+230.48$, 偏角为 $\alpha_z = 25^\circ 35' 40''$, $R = 1\,200\text{ m}$, 计算行车速度为 100 km/h , 缓和曲线长度 $l_h = 110\text{ m}$, 计算得螺旋角 $\beta = 2^\circ 37' 33.8''$, 曲线内移值 $p = 0.420\text{ m}$, 切线增长值 $q = 54.996\text{ m}$, 切线长 $T_h = 327.664\text{ m}$, 曲线长 $l_h = 646.049\text{ m}$, 外失距 $E_h = 30.998\text{ m}$, 超距 $D_h = 9.279\text{ m}$ 。已知交点的坐标和直线段上某一点的坐标,按 $l_0 = 20\text{ m}$ 以整桩号测设中桩,传统的偏角法测设和应用上述方法测设曲线的实际点位偏差列入表 1(见表 1)。

表 1 点位偏差结果
Table 1 Deviation of count position

桩 号	点位差/mm	桩 号	点位差/mm	桩 号	点位差/mm
k3+902.816(ZH)	1.0	k4+140	3.2	k4+380	1.6
k3+920	1.5	k4+160	4.3	k4+400	2.5
k3+940	2.3	k4+180	2.4	k4+420	2.1
k3+960	2.4	k4+200	2.6	k4+438.865(YH)	1.2
k3+980	4.2	k4+220	2.0	k4+440	3.3
k4+000	2.6	k4+225.841(QZ)	1.4	k4+460	3.4
k4+012.816(HY)	1.2	k4+240	2.5	k4+480	6.3
k4+020	2.2	k4+260	3.6	k4+500	3.8
k4+040	2.4	k4+280	3.2	k4+520	2.4
k4+060	2.3	k4+300	3.4	k4+540	1.7
k4+080	2.4	k4+320	2.6	k4+548.865(HZ)	1.6
k4+100	3.0	k4+340	2.3		
k4+120	2.9	k4+360	3.2		

5 结语

由上例数据计算的测设点位中误差 $m = \pm 2.85\text{ mm}$, 符合规范要求。上述坐标计算公式在某立交桥的匝道测设中也进行了验证(算例从略), 其结果与设计值的误差均在允许范围以内, 竣工后的产品符合国家质量检验评定标准。

[参考文献]

- [1] 高速公路丛书编委会. 高速公路立交工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [2] 高速公路丛书编委会. 高速公路路基设计与施工[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [3] 邹永廉. 测量学[M]. 北京: 人民交通出版社, 1986.
- [4] 杨文渊, 钱绍武. 道路施工工程师手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.