

高等级公路纵断面勘测设计方法研究^{*}

孙 银 聪

(华侨大学土木工程系, 泉州 362011)

摘要 通过建立以过竖曲线圆心的水平线为横轴, 以过竖曲线起点的铅垂线为纵轴的坐标系统, 精确推算竖曲线上任意点的设计高程、里程和坡度, 并精确确定竖曲线上变坡点的位置、纵坡坡长等. 这是一种值得推广采用的道路精确勘测设计的新方法.

关键词 道路竖曲线, 坐标系统, 高程, 坡度, 坡长, 变坡点

分类号 U 412

在道路纵断面勘测设计中, 一般采用近似方法^[1~3]计算竖曲线元素, 竖曲线任意点的里程及对应的设计高程、道路纵坡坡长. 它对竖曲线上道路坡度和实际变坡点都未能进行分析和计算. 随着高等级公路的快速发展, 道路竖曲线半径不断加大, 纵坡长度也在不断增大, 路面材料越来越好. 因此, 道路工程对勘测设计和施工的精度、质量、速度都提出了很高的要求, 如果继续采用传统的近似方法已难以满足高精度、高质量、高效率 and 灵活方便的要求. 为此, 本文介绍高等级公路纵断面勘测设计的精确计算新方法, 并分析和计算竖曲线上实际的变坡点、纵坡度以及大于某一纵坡度的坡长.

1 计算原理

如图1所示, 设道路纵坡线的交点为 I , 其设计高程为 H_I , 里程为 D_I , 两侧的纵坡度分别为 i_1, i_2 , 竖曲线设计半径为 R_1 . 在图中建立以过竖曲线圆心 A 的水平线为横坐标轴 x , 过竖曲线起点 Z 的铅垂线为纵坐标轴 H 的 x_oH 直角坐标系, A 点的坐标为 $(x_A, 0)$, Z 点的坐标为 $(0, H_Z)$. 竖曲线各元素的精确计算公式为

$$\alpha_1 = \arctg i_1, \quad \alpha_2 = \arctg i_2, \quad \omega = \alpha_1 - \alpha_2, \quad T = R_1 \operatorname{tg}(\omega/2),$$

$$x_I = T \cos \alpha_1, \quad x_y = T(\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2), \quad x_A = R_1 \sin \alpha_1, \quad H_Z = R_1 \cos \alpha_1.$$

竖圆曲线在 x_oH 直角坐标系中的方程式为

$$(x - x_A)^2 + H^2 = R_1^2. \quad (1)$$

由式(1)可推算出竖曲线上任一与 Z 点的里程差为 x 的 P 点的纵坐标值 H , 并可计算其对应的设计高程 H 和里程 D . 即

$$H = \sqrt{R_1^2 - (x - x_A)^2} \quad (0 \leq x \leq x_y), \quad (2)$$

3 精确纵坡坡长计算

在道路纵断面设计时,对于较陡的纵坡必须按规范要求对其坡长进行限制.一般的算法是以相邻纵坡线交点 I, J 的里程之差 l_0 ,作为纵坡坡长.显然, l_0 与大于某一坡度 i_0 的实际坡长 l 相差较大.这对于设计坡度、坡长和竖曲线半径的选择都有不可忽视的影响,为此必须对坡长进行准确计算.如图 1 所示,拟计算坡度大于 i_0 ($i_0 > i_1$) 的实际坡长 l ,可设 M 点的坡度为 i_0 ,并将 $i = i_0, x = x_M$ 代入式(5),得

$$i_0 = (x_A - x_M) / \sqrt{R_1^2 - (x_A - x_M)^2} \quad (0 < x_M < x_A = x_N).$$

整理式(7)得一元二次方程为

$$x_M^2 - 2x_Ax_M + [x_A^2 - i_0^2R_1^2 / (1 + i_0^2)] = 0.$$

解方程式,得

$$x_M = x_A \pm i_0R_1 / \sqrt{1 + i_0^2}.$$

考虑到 $x_M < x_A$ 和 $i_0R_1 > 0$,因此式(9)应取负号,则

$$x_M = x_A - i_0R_1 / \sqrt{1 + i_0^2}.$$

将 x_M 代入式(4) 求出 M 点的里程 D_M . 同法,可在图 1 竖曲线 2 上求出坡度等于 i_0 的 K 点的里程 D_K . 因此,坡长大于 i_0 的准确坡长为

$$l = D_M - D_K.$$

由纵坡度大于 i_0 的实际坡长 l ,可判断 I, J 路段是否满足小于规定的最大坡长的要求.设计时,可对设计坡长、坡度、竖曲线半径进行适当调整,以满足行车的要求.

4 算例

某公路的相邻纵坡线交点 I, J 如图 1 所示,其设计高程 $H_I = 98.88 \text{ m}$, $H_J = 50.13 \text{ m}$;设计里程为 $D_I = 3+660.00$, $D_J = 2+910$;设计纵坡度分别为 $i_1 = 6.5\%$, $i_2 = i_3 = -5\%$;竖曲线半径 $R_1 = R_2 = 4\,000 \text{ m}$. 竖曲线设计高程和纵坡度计算,如表 1 所示.由表 1 可知,纵坡度等于 6% 的 K, M 两点的里程桩号,分别为 $D_M = 3+450.373$ 和 $D_K = 3+119.627$. 坡度大于 6% 的坡长 $l = D_M - D_K = 330.746 \text{ m}$ (原坡长 $l_0 = 750 \text{ m}$),而纵坡等于 5% 的 K, M 点的里程桩号则分别为 $D_M = 3+490.190$, $D_K = 3+079.81$,相对应的坡度大于 5% 的坡长 $l = 410.38 \text{ m}$. 根据 l 或 l ,可判断坡长是否满足规范要求.

表 1 公路竖曲线设计计算表^①

D/m	x/m	H/m	$i/(%)$	备 注
3+ 430.497	0	83.963	6.50	Z 点
3+ 450	19.503	85.183	6.01	
3+ 450.373	19.876	85.205	6.00	M 点
3+ 490.19	59.693	87.395	5.00	M 点
3+ 500	69.503	87.874	4.75	
3+ 550	119.503	89.937	3.50	
3+ 600	169.503	91.375	2.25	

续表

D / m	x / m	H / m	$i / (\%)$	备 注
3+ 650	219.503	92.187	1.00	
3+ 660	229.503	92.274	0.08	曲中点
3+ 689.942	259.445	92.386	0	N 点
3+ 700	269.503	92.373	- 0.25	
3+ 750	319.503	91.935	- 1.50	
3+ 800	369.503	90.872	- 2.75	
3+ 850	419.503	89.182	- 4.00	
3+ 889.700	459.203	87.395	- 5.00	Y 点

① 辅助计算条件: $\alpha_1= 3\ 43\ 08$, $\alpha_2= -\ 2\ 51\ 45$, $\omega= 6\ 34\ 53$, $T= 229.987\ \text{m}$, $x_A= 259.445\ \text{m}$,
 $x_I= 229.503\ \text{m}$, $H_Z= 3\ 991.577\ \text{m}$, $\Delta H= 3\ 907.614\ \text{m}$.

5 结 论

采用传统的近似算法推算竖曲线上点的设计高程和里程,存在一定的误差且随着道路纵坡的增大而增大. 它对于计算纵坡坡长也存在较大的误差,且在勘测设计时也没有确定变坡点的里程和对应设计高程. 因此,它直接影响路面的施工精度和质量,也不利于路面的纵向排水设计. 采用本文介绍的精确算法,既没有任何误差,不受坡度和半径大小的影且方便迅速,又可计算和测设具有极为重要作用的竖曲线变坡点 N . 本方法具有较高的实用价值和实际指导意义,因此建议用此方法取代传统的近似方法进行竖曲线的勘测设计,以提高设计和施工技术水平.

参 考 文 献

1 周荣沾. 城市道路设计. 北京:人民交通出版社,1995.89~91
2 何景华. 公路勘测设计. 北京:人民交通出版社,1996.89~94
3 孙家驊. 公路勘测设计. 重庆:重庆大学出版社,1994.107~129

A New Method for Surveying and Designing the
Vertical Section of a First Class Highway

Sun Yincong

(Dept. of Civil Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract As a new method for accurate survey and design of highway, the author devises a coordinate system with a horizontal line passing through the centre of vertical curve as its X axis and a plumb line passing through the starting point at vertical curve as its Y axis. By this coordinate system, the design elevation and mileage and slope of arbitrary point at vertical curve can be accurately calculated; while the point of variable slope and the slope length of longitudinal slope at vertical curve can also be accurate located or determined. This is a method merits spread and adoption.

Keywords vertical curve of a highway, coordinate system, elevation or height, slope, slope length, point of variable slope