

文章编号:1671-8879(2008)02-0040-04

## 基于可能速度的公路线形评价标准

张景涛<sup>1</sup>, 杨少伟<sup>1</sup>, 潘兵宏<sup>1</sup>, 张东省<sup>2</sup>, 赵一飞<sup>1</sup>

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064;  
2. 陕西省商界高速公路管理处, 陕西 西安 710000)

**摘要:**为了提高公路安全水平和公路线形设计质量, 分析了公路线形设计的连续性和应用可能速度的公路线形评价方法, 提出采用速差作为评价线形连续性的标准, 速差量作为度量速差的指标, 并根据可能速度计算公式求出了各设计速度的速差量, 建立了速差量与平曲线半径的关系。计算结果表明: 当设计速度为 120、100、80 km/h 时, 可能速度评价指标为 20 km/h; 设计速度为 60、40、30、20 km/h 时, 可能速度评价指标分别为 18、15、12、12 km/h。

**关键词:**道路工程; 线形; 可能速度; 评价标准; 速差

**中图分类号:**U412 **文献标志码:**A

### Evaluating standard of highway alignment based on possible velocity

ZHANG Jing-tao<sup>1</sup>, YANG Shao-wei<sup>1</sup>, PAN Bing-hong<sup>1</sup>, ZHANG Dong-sheng<sup>2</sup>, ZHAO Yi-fei<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Shangjie Expressway Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710000, Shaanxi, China)

**Abstract:** In order to improve the road safety level and the alignment design quality, the continuity of alignment design and the evaluating method based on possible velocity were analyzed. The velocity difference was used as the evaluating standard in alignment continuity, the velocity dispersions under different design velocity were calculated according to possible velocity calculation formula, the relationship between velocity dispersion and plane curve radius was found. The calculation result shows that the evaluating index of possible velocities is 20 km/h when the design velocity are 120, 100, 80 km/h; the evaluating indices of possible velocities are 18, 15, 12, 12 km/h when the design velocities are 60, 40, 30, 20 km/h. 4 tabs, 10 refs.

**Key words:** road engineering; alignment; possible velocity; evaluating index; velocity difference

## 0 引言

公路线形必须符合汽车行驶特性的要求, 线形设计应注重平、纵面的合理组合, 保证行车安全。目前, 中国尚无科学、合理的线形评价方法。针对设计速度和运行速度( $V_{85}$ )在公路线形设计中的局限性, 文献[1]提出可能速度和应用可能速度的公路线形

设计评价方法, 目的是检查公路线形设计的质量, 指导设计指标取值, 减少交通事故, 保障行车安全。可能速度是在良好的气候条件和交通条件下, 汽车行驶只受公路自身几何条件影响, 技术熟练的驾驶人驾驶汽车沿某条公路行驶时可能达到的速度, 简称可能速度。

在公路线形设计中采用可能速度对线形设计进

收稿日期: 2007-03-10

作者简介: 张景涛(1966-), 男, 河北辛集人, 副教授, E-mail: kc08@gl.chd.edu.cn



行评价,目的是检查设计质量,分析公路线形设计中存在的指标不连续等设计缺陷,指导设计指标取值,这对于提高公路线形设计质量、保障交通安全等都具有重要的应用价值<sup>[1-2]</sup>。应用可能速度对公路线形进行评价,需要有一个评价标准。为此,本文在分析公路线形设计的基础上,以线形设计的连续性对应用可能速度对线形评价的标准进行了研究。

## 1 公路线形连续性与评价标准

### 1.1 公路线形的连续性

公路线形设计最基本要求是线形必须是连续的,连续性是由公路平、纵线形指标大小所决定的,而平、纵线形又决定了可能速度,因此可能速度的连续与否直接反映了公路线形的连续性。线形设计要给驾驶人足够的反应和判断的时间和空间,使驾驶人对前方路况有一个明确的了解,获取必要的信息,采用期望的速度连续行驶。在连续的公路上,线形指标的过大突变,都会导致行驶速度的突变,形成不连续的线形,对行车安全极为不利<sup>[3]</sup>。

### 1.2 公路线形的评价标准

作为公路线形的设计评价,应该有相应的评价标准,否则就无尺度衡量线形设计的优与劣、安全与不安全。因为不连续的线形,必然引起可能速度的突变,所以应用可能速度的线形评价方法,采用“速差”作为评价标准,采用“速差量”作为评价指标。

“速差量”是可能速度图上相邻可能速度在较短距离内急剧下降的差值,用“ $\Delta V$ ”表示,单位为 km/h。

## 2 应用运行速度的评价标准

目前国内外应用运行速度的评价方法,评价指标采用相邻路段运行速度的差值  $\Delta V_{85}$ :当  $|\Delta V_{85}| < 10$  km/h 时,运行速度协调性好;当  $|\Delta V_{85}|$  为 10~20 km/h 时,运行速度协调性较好,条件允许时可以适当调整相邻路段的技术指标,使  $|\Delta V_{85}| \leq 10$  km/h;当  $|\Delta V_{85}| > 20$  km/h 时,运行速度协调性不良,相邻路段需要重新调整平、纵面线形。

运行速度( $V_{85}$ )是指当交通处于自由流状态,且天气良好时,在路段特征点上测定的第 85 个百分位上的车速。由此定义可知,采用运行速度的评价标准只满足了 85% 的车辆行驶安全性要求,其他 15% 的高速或超速行驶车辆的安全性没有考虑,而多数交通事故是与超速行驶有关的。另外,不同的设计速度对应不同的圆曲线半径、缓和曲线长度、制动距离及纵坡度等,从而产生不同的速差量,为此不能用

一个标准评价所有设计速度的公路,应根据不同的设计速度采用不同的评价标准<sup>[4]</sup>。

## 3 应用可能速度的线形评价标准

### 3.1 因素分析

#### 3.1.1 速差产生的原因

根据前述定义,速差是可能速度在短距离内的突变。对于特定车型,连续的平面直线路段和纵断面直坡路段不会产生速差,只产生转折。因为竖曲线半径较大,因此竖向允许速度远大于平曲线的横向允许速度,可能速度主要受横向允许速度制约。在平曲线前可能速度高于圆曲线横向最大允许速度时即产生速差<sup>[5]</sup>。

#### 3.1.2 速差的存在情况

如果可能速度与圆曲线内横向允许速度相交时,不产生速差;可能速度出了圆曲线(缓圆点)以后,以圆曲线的横向允许速度加速或减速行驶,减速行驶时一定不与第二缓和曲线(圆缓点—缓直段)相交,加速行驶时因轴向加速度小于横向加速度值,因此也不能与第二缓和曲线相交,也不存在速差。只有可能速度与第一缓和曲线(直缓点—缓圆段)相交时才产生速差<sup>[6]</sup>。

#### 3.1.3 制动条件和计算公式

可能速度图上的速差是由汽车制动来消除的,但该制动不是紧急刹车,而是使可能速度由某一速度在较短距离内降到另一速度的非急刹车过程<sup>[7]</sup>。

非急刹车并假定制动过程中制动减速度不变,则制动减速开始的可能速度计算公式为

$$V_z = \sqrt{V_h^2 + 26sa_j} \quad (1)$$

式中: $V_z$  为制动减速开始可能速度(km/h); $V_h$  为圆曲线内横向允许速度(km/h), $V_h = \sqrt{13R_p a_{h,\max}}$ , $R_p$  为平曲线半径(m), $a_{h,\max}$  为最大横向加速度( $\text{m/s}^2$ ),由设计速度与极限最小半径计算; $s$  为速差范围内制动距离(m); $a_j$  为制动减速度( $\text{m/s}^2$ )。

关于制动减速度  $a_j$  值,日本规定最大值为  $2.4 \text{ m/s}^2$ ;从最不利的路面状况考虑,若取潮湿状况路面附着系数为 0.3,则地面制动力允许减速度应小于  $2.94 \text{ m/s}^2$ ;中国规定一般为  $2 \sim 3 \text{ m/s}^2$ ,采用值为  $2.5 \text{ m/s}^2$ 。因此,本文采用  $a_j = 2.5 \text{ m/s}^2$ 。

关于制动距离  $s$  值,一般情况下制动减速过程是在直缓(或直圆)点前、后开始减速,减速到该圆曲线横向允许速度为止。最不利的情况是一些车辆可能进入平曲线后才开始减速,主要是因为直缓(或



直圆) 点位置不明显。因此,假定载重车辆(长 12 m)已驶过平曲线起点二分之一车身长开始减速;对于小客车车型(长 6 m),假定车辆驶过一个车身长开始减速<sup>[8]</sup>。这时产生的制动距离为

$$s = L_s - 6 \tag{2}$$

式中: $L_s$  为标准规定的缓和曲线长度(m)。

3.2 应用可能速度的评价指标

3.2.1 速差量计算表

圆曲线横向允许速度<sup>[9-10]</sup> $V_h$  和制动减速开始的可能速度  $V_z$  根据式(1) 计算出以后,这时速差量  $\Delta V$  可表示为

$$\Delta V = V_z - V_h \tag{3}$$

根据缓和曲线长度  $L_s$  以及本文采用的最大横向加速度  $a_{h,max}$ ,可计算得到各设计速度下极限最小半径、一般最小半径和不设超高最小半径对应的最大速差量  $\Delta V$ (表 1)。

表 1 速差量计算

设计速度 / (km · h <sup>-1</sup> )	$R_p$ / m	$V_h$ / (km · h <sup>-1</sup> )	$V_z$ / (km · h <sup>-1</sup> )	$\Delta V$ / (km · h <sup>-1</sup> )
120	650	120.0	143.2	23.2
	1 000	148.8	168.1	19.3
	5 500	$V_{max}$	$V_{max}$	
100	400	100.0	123.0	23.0
	700	132.3	150.4	18.1
	4 000	$V_{max}$	$V_{max}$	
80	250	80.0	102.8	22.8
	400	101.2	120.0	18.8
	2 500	$V_{max}$	$V_{max}$	
60	125	60.0	80.4	20.4
	200	75.9	92.8	16.9
	1 500	$V_{max}$	$V_{max}$	
40	60	40.0	59.0	19.0
	100	51.6	67.5	15.9
	600	126.5	137.3	10.8
30	30	30.0	46.2	16.2
	65	44.2	56.4	12.2
	350	102.5	112.8	10.3
20	15	20.0	36.2	16.2
	30	28.3	41.4	13.1
	150	63.2	72.3	9.1

注: $V_{max}$  为车辆可能达到的最大行驶速度,不作为评价指标计算控制。

3.2.2 可能速度评价指标

由表 1 可知,不同设计速度下的速差量  $\Delta V$  无法进行比较,因为平曲线半径、允许速度和制动距离不同,即使相同半径,其速差量也不一样。

在同一设计速度下,随着平曲线半径的增加,速差量减小,因为半径增大时可能速度较高,由式(1) 可得

$$\Delta V = (V_z - V_h) = \frac{26sa_j}{V_z + V_h} \tag{4}$$

显然, $\Delta V$  与  $(V_z + V_h)$  成反比。当可能速度高的时候,即使速差量  $\Delta V$  较小,也容易发生交通事故。可能速度的速差量  $\Delta V$  与平曲线半径  $R$  为抛物线关系,利用极限最小半径、一般最小半径、不设超高最小半径及其对应的速差量,可建立用公式表示的可能速度评价指标,即速差量  $\Delta V$  与半径  $R$  的表达式,如表 2 所示。

表 2 速差量与平曲线半径的关系

设计速度 / (km · h <sup>-1</sup> )	$\Delta V$ 与 $R$ 的表达式
120	$\Delta V = \frac{1\,778\,432.331\,0}{R^2} + \frac{11\,757.339\,2}{R} + 9.321\,1$
100	$\Delta V = \frac{456\,296.294\,6}{R^2} + \frac{6\,365.925\,9}{R} + 9.937\,0$
80	$\Delta V = \frac{185\,185.185\,2}{R^2} + \frac{3\,870.370\,4}{R} + 10.281\,5$
60	$\Delta V = \frac{17\,132.867\,1}{R^2} + \frac{1\,389.393\,9}{R} + 10.381\,4$
40	$\Delta V = \frac{9\,800.000\,0}{R^2} + \frac{726.333\,3}{R} + 9.616\,7$
30	$\Delta V = \frac{2\,335.937\,5}{R^2} + \frac{109.055\,0}{R} + 9.969\,3$
20	$\Delta V = \frac{950.000\,0}{R^2} + \frac{188.000\,0}{R} + 7.888\,9$

由表 1 速差量可知,设计速度为 120、100、80、60 km/h 时,不设超高的最小半径对应的圆曲线横向允许速度  $V_h$  及制动减速起始可能速度  $V_z$  值很高,即使小客车也达不到 200 km/h 以上的行驶速度,因此其速差值指标可不予考虑。

各设计速度下速差量平均值如表 3 所示。

表 3 各设计速度的速差量平均值

设计速度/(km · h <sup>-1</sup> )	120	100	80	60	40	30	20
速差量计算值/ (km · h <sup>-1</sup> )	21.3	20.6	20.8	18.7	15.2	12.9	12.8
速差量采用值/ (km · h <sup>-1</sup> )	20	20	20	18	15	12	12

根据以上分析、计算,本文提出采用可能速度进行公路线形评价的评价指标,如表 4 所示。

表 4 可能速度评价指标

公路等级	高速公路			一级公路			二级公路		三级公路		四级公路
设计速度/ (km·h <sup>-1</sup> )	120	100	80	100	80	60	80	60	40	30	20
可能速度评价 指标/(km·h <sup>-1</sup> )	20	20	20	20	20	18	20	18	15	12	12



## 4 结 语

(1)可能速度应用于公路线形设计的检查和评价是一种新方法,作为评价方法,就要有相应的评价标准。公路线形设计最基本的要求是线形必须是连续的,可能速度的连续与否,直接反映了公路线形的连续性。

(2)提出用速差作为应用可能速度线形设计的评价标准,速差可以反映线形设计的连续性,可以评价公路线形设计的质量和安全程度。

(3)采用速差量作为度量速差的指标,速差量是可能速度图上相邻可能速度值在较短距离内急剧下降的差值。

(4)根据中国相关技术指标的规定,提出了各级公路应用可能速度进行公路线形评价的评价指标。

### 参考文献:

### References:

- [1] 杨少伟,石飞荣,潘兵宏,等.可能速度及其在公路线形设计中的应用方法[J].长安大学学报:自然科学版,2004,24(3):1-4.  
YANG Shao-wei, SHI Fei-rong, PAN Bing-hong, et al. Application of possible velocity in design for highway alignment[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(3): 1-4.
- [2] Park Y, Saccomanno F F. Evaluating speed consistency between successive elements of a two lane rural highway[J]. Transportation Research: Part A, 2006, 40(5): 375-385.
- [3] 杨少伟,许金良,杨宏志.考虑平、纵、横三方面关系的横向加速度变化率[J].中国公路学报,1999,12(4): 12-16.  
YANG Shao-wei, XU Jin-liang, YANG Hong-zhi. Lateral change of acceleration according to the relationship of the horizontal, vertical and lateral geometry of highway[J]. China Journal of Highway and Transport, 1999, 12(4): 12-16.
- [4] 梁 夏,郭忠印,方守恩.道路线形与道路安全性关系的统计分析[J].同济大学学报,2002,30(2): 203-206.  
LIANG Xia, GUO Zhong-yin, FANG Shou-en. Statistic analyses of relations between road alignment and road safety[J]. Journal of Tongji University, 2002, 30(2): 203-206.
- [5] 慕 慧,杨少伟.公路弯坡路段线形设计[J].长安大学学报:自然科学版,2007,27(2): 26-29.  
MU Hui, YANG Shao-wei. Alignment design of curved section of highway[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2007, 27(2): 26-29.
- [6] 李铁洪,吴华金.长直线接小半径曲线公路交通事故成因及预防对策[J].中国公路学报,2007,20(1): 35-40.  
LI Tie-hong, WU Hua-jin. Causes and countermeasures of highway traffic accidents in long straight line combined with sharp curve[J]. China Journal of Highway and Transport, 2007, 20(1): 35-40.
- [7] 石飞荣,杨少伟.山区高速公路车辆下行最大纵坡及坡长限制分析[J].交通运输工程学报,2001,1(2): 68-73.  
SHI Fei-rong, YANG Shao-wei. The maximum longitudinal slope and its length of mountain-expressway under the condition of vehicle's driving down[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2001, 1(2): 68-73.
- [8] 周 伟,罗石贵.路段交通事故多发点的冲突判定方法[J].中国公路学报,2000,13(1): 81-86.  
ZHOU Wei, LUO Shi-gui. Traffic conflict identification of road accident blackspots[J]. China Journal of Highway and Transport, 2000, 13(1): 81-86.
- [9] 杨少伟,许金良,杨宏志,等.横向加速度变化率在公路设计中控制和评价[J].西安公路交通大学学报,2001,21(1): 46-48.  
YANG Shao-wei, XU Jin-liang, YANG Hong-zhi, et al. The lateral change of acceleration in evaluation and control of highway design[J]. Journal of Xi'an Highway University, 2001, 21(1): 46-48.
- [10] Suetomi T, Horiuchi A, Okamoto Y, et al. Driving simulator with large amplitude motion system[J]. Society of Automotive Engineer Transactions, 1991, 100(6): 94-101.