

文章编号: 1002-0268 (2003) 03-0054-03

# 下坡衔接平曲线线形与交通安全的关系

余善荣<sup>1</sup>, 孙家凤<sup>2</sup>, 姜智英<sup>3</sup>

(1. 温州市交通工程质量监督站, 浙江 温州 325000; 2. 交通部公路科学研究所, 北京 100088;  
3. 浙江省湖州市交通工程质量监督站, 浙江 湖州 313000)

**摘要:** 基于 GPS 实测数据, 以速度为中间媒介, 研究弯坡衔接线形对道路安全的影响, 总结弯坡衔接线形的两种速度特征曲线, 指明各速度特征曲线所对应的线形组合范围和适应的条件, 建立弯坡衔接线形的安全评判体系。

**关键词:** 弯坡衔接; 速度特征曲线; 加速度特征曲线

**中图分类号:** U491.31

**文献标识码:** A

## Relation between Downgrade Horizontal Curve Connection and Traffic Safety

YU Shan-rong<sup>1</sup>, SUN Jia-feng<sup>2</sup>, JIANG Zhi-ying<sup>3</sup>

(1. Wenzhou Traffic Engineering Quality Surveillance Station, Zhejiang Wenzhou 325000, China;

2. Research Institute of Highway, MOC, Beijing 100088, China;

3. Zhejiang Huzhou Traffic Engineering Quality Surveillance Station, Zhejiang Huzhou 313000, China)

**Abstract:** Based on GPS data on-the-spot survey with velocity as the medium, the paper is focused on influence of falling gradient horizontal curve connection on road safety, and concludes two velocity characteristic curves. At the same time, alignment range and conditions responding to velocity characteristic curve is put forward. A safety assessment system is set up for road alignment of falling gradient followed by curve.

**Key words:** Falling gradient followed by curve; Velocity character curve; Acceleration character curve

交通事故的发生可以视为道路交通综合系统突发的失衡现象而导致的事件,影响道路交通安全的因素是多方面的,其涉及到的因素包括道路、车辆、驾驶员、环境。道路因素是影响交通安全的潜在层次的原因,其对交通安全的影响主要集中在驾驶员的过失行为上,很少涉及到线形因素,但是不良的道路线形对行车安全影响却是不容忽视的一个重要环节。图1是某高速公路事故沿道路的分布图,从图上事故的聚集性可以肯定,事故多发点的存在是事故与线形因素有关的有力证明。

本文主要讨论弯坡衔接线形组合(即直下坡衔接平曲线的组合线形)的安全特性,以资在高速公路平纵线形组合设计中把握安全尺度。

道路交通事故的发生与线形设计指标之间应该是动态的、间接的相关性,二者之间通过事故主因人来起

作用,而驾驶员的驾驶行为特性完全通过车速来体现。因而,本文从实测数据出发,以不同区域4条高速公路为样本点,收集了4年的事故资料,采集直接反映道路条件信息的车辆速度数据,以速度为中间媒介,运用统计分析手段,建立弯坡衔接线形的安全评判体系。

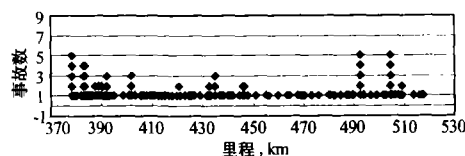


图1 山西省某高速公路2001年事故聚集图

### 1 速度特征曲线的建立

速度是道路几何特征对驾驶行为影响的最直接和最客观的体现,是研究线形对道路安全影响的媒介

收稿日期: 2002-11-25

作者简介: 余善荣 (1958-), 男, 浙江温州人, 高级工程师, 现从事交通工程质量安全检测与评价工作。

和切入点。本文列举了几个弯坡衔接线形样本点的速度变化情况,如图2和图3所示。表1为图2和图3中样本路段几何参数。

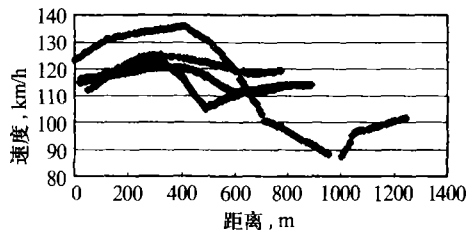


图2 弯坡衔接区段速度变化情况1

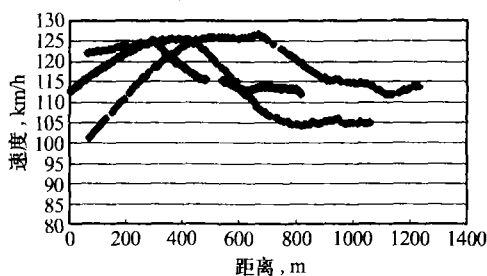


图3 弯坡衔接区段速度变化情况2

图2和图3中样本路段几何参数 表1

|    | 纵坡坡度 (%) | 平曲线半径 (m) | 曲线偏角 (°) |
|----|----------|-----------|----------|
| 图2 | 1.1      | 1000      | 19.51    |
|    | 2.5      | 800       | 24       |
|    | 2.2      | 1600      | 18.22    |
|    | 1.5      | 805       | 18.05    |
| 图3 | 2.7      | 400       | 60       |
|    | 2.5      | 500       | 34.89    |
|    | 2.0      | 600       | 76.39    |

从图2和图3可以看出,车辆在弯坡衔接区段的速度变化呈现两种不同的趋势,具体示意图见图4和图5。

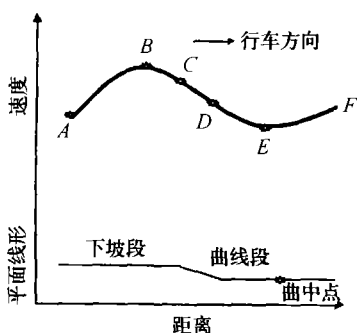


图4 过渡区段速度特征曲线1

速度特征曲线1和特征曲线2共同的特征:存在速度极大值B点,距离坡底的距离从100m到400m不等。速度从坡顶A点开始上升,到达坡凹点B点速度达到最大,随后速度逐渐下降。

两特征曲线的不同点:特征曲线1在曲中点前后50m达到最低点后,然后速度开始回升。特征曲线2没有出现速度最低点,在曲中点后速度保持平稳并略有下降。

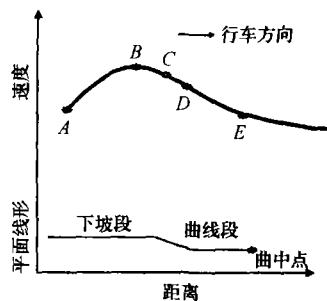


图5 过渡区段速度特征曲线2

两个速度特征曲线的适用范围:根据观测的样本量数据,并考虑线形的动态影响,即参考弯坡衔接段后所接的线形,可以定性得出两种特征曲线的存在条件。(1)特征曲线1的一般圆曲线半径 $R > 700\text{m}$ ,偏角 $\alpha < 25^\circ$ ;(2)特征曲线2的一般圆曲线半径 $R < 700\text{m}$ ,偏角 $\alpha > 25^\circ$ ,或其后又衔接小半径曲线。

## 2 速度特征曲线的求解

定义速度特征曲线AB段速度变化量为 $\Delta V_1$ ,BE段为 $\Delta V_2$ , $\Delta V_1$ 和 $\Delta V_2$ 作为速度特征曲线的描述性指标。一旦确定,就可以确定速度特征曲线的基本形态。

(1)  $\Delta V_1 = \Delta \bar{V}_1 \cdot L$   $\Delta \bar{V}_1 = (V_{\text{坡顶}} - V_{\text{坡底}})/L$   
其中,平均速度梯度 $\Delta \bar{V}_1$ 指坡顶和坡底之间的平均速度变化; $L$ 指坡长。

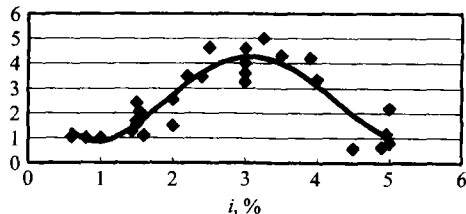


图6 下坡坡度-速度梯度对应相关关系散点图

$$\Delta \bar{V}_1 = 0.1706i^4 - 2.0895i^3 + 8.086i^2 - 10.304i + 4.9905$$

$$R^2 = 0.8009 \quad (i \text{ 为纵坡坡度值})$$

从图5可以看出,速度梯度与坡度的关系呈现“中间突出,两头平抑”的姿态,2.5%~4%之间的纵坡速度变化梯度最大。

$$(2) \Delta V_2 = \Delta \bar{V}_2 \cdot S \quad \Delta \bar{V}_2 = (V_{\text{直缓}} - V_{\text{最低}})/S$$

其中,速度梯度 $\Delta \bar{V}_2$ 指平曲线入口与速度最低点的平均速度变化; $S$ 指曲线入口至曲线上速度最低点之间的距离,km。

平曲线半径和平曲线偏角对行车速度和行车安全的影响是互动的,以 $\alpha/R$ 作为变量, $\alpha$ 为平曲线偏角, $R$ 为平曲线半径,m。对速度变化 $\Delta \bar{V}_2$ 值与 $\alpha/R$ 值进行统计回归。

$$\Delta \bar{V}_2 = -77037 \cdot (\alpha/R) + 22426 \cdot (\alpha/R)^2 -$$

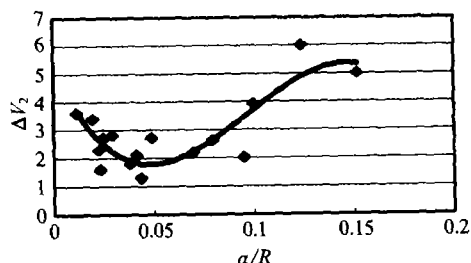


图 7 平曲线半径、偏角-速度梯度

$$1\,623.3 \cdot (\alpha/R) + 52.524$$

$$R^2 = 0.727\,3$$

平曲线偏角和半径的速度变化的互动影响在不同的区间范围作用不同。在  $\alpha/R$  大于 0.05 时,符合一贯的思维,即偏角越大,半径越小,则速度的变化越突出,对行车安全越不利。在  $\alpha/R$  值小于 0.05 的区间,随着偏角与半径比值的增大,驾驶员必须频繁转换方向盘又使其提高了警惕,速度变化有所减缓。

### 3 加速度特征曲线的建立

速度是线形特征的体现,加速度是速度的核心表征,更能体现线形对速度的影响规律。总结各样本路段加速度的特征,发现车辆有共同的颠簸状态,呈现出近似的加减速规律。在整个减速过程中,加(减)速度呈阶梯型变化。

图 8 中, ABCD 区段对应的平面线形为纵坡和缓曲线段, C 点为纵坡上速度最高点。D 点处于缓和曲线和圆曲线衔接点附近。E 点位于圆曲线中点前后。

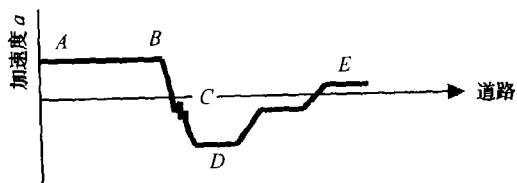


图 8 过渡区段车辆加速度特征曲线

从加速度特征曲线可以看出,整个过渡段中 BD 段加速度跳跃幅度最大。C 点为速度特征曲线的极大值点,位于纵坡的坡凹处,反映纵坡对速度的作用结果。同时加速度具有滞后效应,该段加速度的变化将波及到随后驾驶员对车辆的操作行为。因此, BD 段作为弯坡衔接区段加速度的特征变化段。

加速度与事故的关系分析如下式

$$Y = 1.056 \cdot e^{1.731(\Delta a)} \quad R^2 = 0.831\,1$$

其中, Y 为事故数;  $\Delta a$  为 BD 段加速度变化值,  $m/s^2$ 。

图 9 显示,加速度变化与事故数呈正相关性,加速度跳跃幅度逾大,发生事故的可能性也越大。

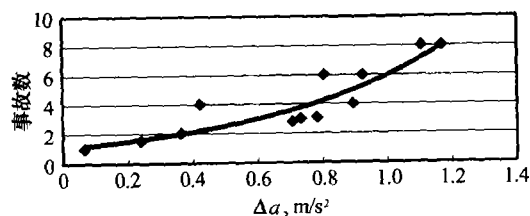


图 9 过渡区段加速度变化与事故数

### 4 结论

速度特征曲线反映的是道路影响车速的变化曲线,是道路线形变化的表征因素,而作为速度的核心要素的加速度,在一定程度上能够反映出道路线形所引起的车辆行驶状态的变化,反映了车辆行驶时的突然加速或减速的不稳定状态,这种变化往往是导致事故发生的原因。因此可以说,加速度是表征道路交通安全的一项最客观的指标,一定的加速度变化量,就对应着一定的道路安全水平。弯坡衔接线形的安全评价体系框图如图 10 所示。

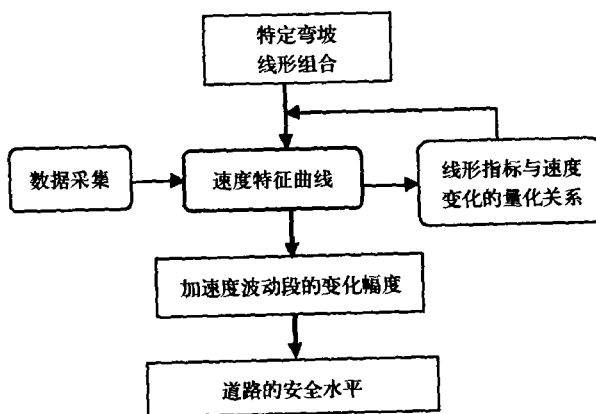


图 10 过渡区段安全评判体系框图

公路设计的发展趋势,将从基于汽车动力学分析转向综合考虑人、车、路和环境过渡,尤其是朝向强调驾驶行为的发展。基于这一点考虑,以加速度变化为评价道路安全的量化指标,建立弯坡衔接线形的安全评判体系。以此标准来评价公路线形设计的安全性和合理性,应当是公路建设与运营管理中的有效尝试。

### 参考文献:

- [1] 任福田, 刘小明. 道路交通系统安全分析[M]. 论道路交通安全. 人民交通出版社, 2001.
- [2] 陈永胜. 高速公路安全设计理论体系研究[D]. 北京工业大学博士论文, 2001.
- [3] Glennon J C, T R Neuman, E Leisch. Safety and Operational Consideration for Design of Rural Curves. Report HWA-RD-86-035 [R]. FHWA, U.S. Department of Transportation, 1985.