

文章编号: 1002-0268 (2003) 02-0028-03

高速公路平曲线半径与车辆行驶速度之间的关系分析

郑 柯, 荣 建, 任福田
(北京工业大学, 北京 100022)

摘要: 本文采用动态 GPS 仪, 现场测试高速公路上车辆行驶的动态速度, 并与高速公路各种平曲线半径相对照, 寻找不同驾驶员在平曲线半径与行驶速度间的变化规律; 在此基础上, 再与现行《公路路线设计规范》上的平曲线半径-设计速度相对比, 分析高速公路平曲线设计指标使用的恰当性和高速公路平曲线上实际行车状态的安全性。

关键词: 平曲线半径; 行驶速度; 设计速度; 横向力系数

中图分类号: U491.112

文献标识码: A

Analysis of Relation Between Curve's Radius and Steering Speed on Expressway

ZHENG Ke, RONG Jian, REN Fu-tian

(Beijing University of Technology, Beijing 100022; China)

Abstract: By kinetic GPS technology. The mobile steering speed of the vehicle is tested on expressway in locality, and the steering speed is compared with diversified curve's radii on the expressway, then the relation between radius and speed is found for different drivers. Based on it, comparing the radius and velocity with those in the Design Specification for Highway Route, the propriety of curve's radii and the safety of steering vehicle on the expressway are analyzed.

Key words: Radius of horizontal curve; Steering speed; Design speed; Factor of breadth-way force

汽车行驶速度是公路设计指标的重要依据,更是道路交通安全的重要因素。公路平曲线特别是与各级公路相对应的较小半径的平曲线,是道路交通安全的隐患所在。较小半径的平曲线之所以成为行车不安全之地,是因为在这些曲线上,一是驾驶操纵难度大,二是存在与车速的平方成正比的离心力。在这样的路段上驾车,需要驾驶员熟练的驾车技术和高度的注意力,稍一不慎,即有可能酿成事故。据美国的 Mashrur A. Chowdhury 等人在上世纪 90 年代对本国的一些设有指导速度标志的双车道小半径平曲线路段的车速调查,发现绝大部分车辆不按指导速度标志上要求的速度行驶,而是大大超过该指导速度;更严重的是,大部分车辆的行驶速度都超过了这些路段的设计速度。

高速公路以高速冠名。可想而知它的各方面条件

给驾驶员提供了高速行车的主、客观环境。在一些较小半径的平曲线上,只要当时道路上的交通状况适宜,因为没有横向干扰,多数驾驶员都可能产生高速通过的心理。本文针对这种状况,选择合适的高速公路路段进行行车试验,寻找高速公路平曲线半径与车辆行驶速度间的内在规律,为高速公路设计和道路交通安全的研究提供参考。

1 数据调查

1.1 调查条件选择

(1) 道路: 高速公路长 100km, 上面分布有《公路路线设计规范》规定的与山岭、重丘、平原微丘相对应的各类平曲线半径。

(2) 车辆: 桑塔那车型, 新旧适中。

收稿日期: 2002-05-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50122283)

作者简介: 郑柯 (1963-), 男, 江西上饶人, 在读博士生, 长沙交通学院工作。

(3) 驾驶员: 3 年驾龄以上, 45 岁以下的驾驶员 2 组各 2 名。一组为常在选定的高速公路上行车的驾驶员, 设为 A 组; 另一组为不常在该高速公路上行车的驾驶员, 设为 B 组。

(4) 动态 GPS: 能以 0.1 s 的间隔准确地测定行驶车辆在道路上任一点的三维位置坐标。

(5) 其他: 晴朗的天气, 路上交通流稀疏。

1.2 调查方法

设置好 GPS 的各项指标, 待其正常工作后, 把它的流动站安置在试验车上, 并记录试验车通过调查路段起点时 GPS 的时间, 其后在试验车运行在调查路段的区间时, 分别记录试验车超越相邻车道车辆 (一般都为货车) 的时间、试验车到达诸如隧道进出口、调查路段终点等特征点的时间。

2 平曲线半径与行驶速度之间的关系

把上节中调查得到的数据, 找出每个平曲线中点所对应的点速度, 并去掉个别异常数据点 (如隧道进出口、收费站前减速、纵坡大于 3% 上的平曲线等造成的影响)。按不同的驾驶组、路上试验车在平曲线中点处有无超车, 分别对数据进行处理拟合, 得到如图 1 至图 3 所示的在不同平曲线上的行驶速度规律。

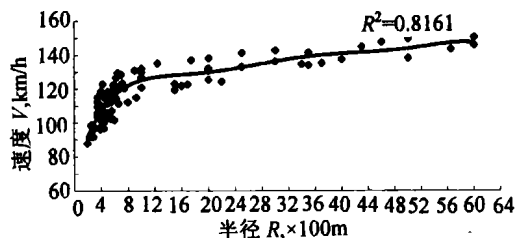


图 1 无超车影响下驾驶组 A 的 $R-V$ 关系

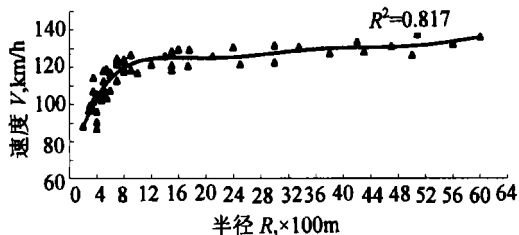


图 2 有超车影响下驾驶组 A 的 $R-V$ 关系

图 1 是驾驶组 A 在无超车条件下速度与半径的关系, 图 2 是驾驶组 A 在有超车条件下速度与半径的关系, 图 3 是驾驶组 B 在无超车条件下速度与半径的关系。

区分有无超车的影响, 是以试验车行驶到平曲线中点那一时刻前后 20s 内同一车道及相邻车道上没有其他行驶车辆为准。这个区分有无超车影响的标准, 是通过正式试验前的初步试验得出的。而且 20s 的值

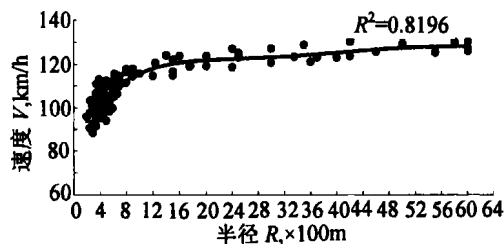


图 3 无超车影响下驾驶组 B 的 $R-V$ 关系

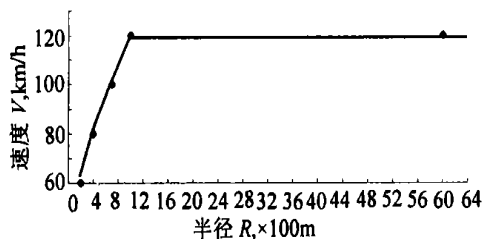


图 4 规范提供的 $R-V$ 关系

偏于保守, 即充分保证了图 1、图 3 上的无超车曲线是在丝毫不受道路上其他车辆的影响下得出的。

另外, 为便于对比分析, 把规范上规定的设计车速与平曲线半径之间的关系也示于图 4。

3 不同驾驶组 $R-V$ 关系特性结合设计速度的对比分析

3.1 不同驾驶组在有超车影响下 $R-V$ 关系对比

把图 1 至图 4 中的 4 条曲线合并在一个直角坐标系上, 则得图 5。在该图中, 曲线 A1 是驾驶组 A 在无超车条件下的 $R-V$ 关系、曲线 A2 是驾驶组 A 在有超车条件下的 $R-V$ 关系、曲线 B1 是驾驶组 B 在无超车条件下的 $R-V$ 关系、曲线 C 是规范提供的 $R-V$ 关系。

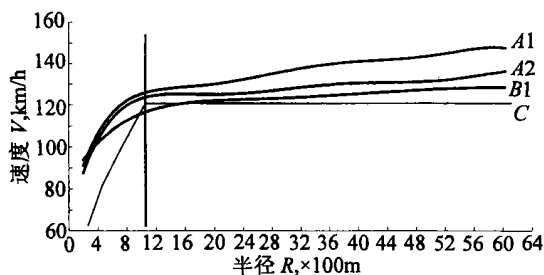


图 5 各种条件下 $R-V$ 关系对比

从图中可见, 曲线 A1 与 A2 形状上一致; 大小上, 有超车影响的 A2 自始至终都在无超车影响的 A1 之下, 且曲线在半径小的一头 A2 比 A1 小约 3~4 km/h, 在半径大的一头 A2 比 A1 小约 10~12 km/h。B1 与 A1、A2 相比, 首先是形状上不一致, 即 B1 比 A1、A2 平缓得多; 其次, 在大小上, 3 条曲线除了在半径小于 350m 之内有交叉外, 其他部分 B1 都低于 A1、A2, 且驾驶组 A1 纵使在有超车影响下, 在

半径大于 350m 以上弯道上的车速仍然比驾驶组 B 在无超车影响下的车速要平均高出约 5km/h。

3.2 所有调查获得的 $R-V$ 关系曲线与规范上的 $R-V$ 曲线对比

图 5 中曲线 A_1 、 A_2 、 B_1 总体上都高于规范提供的 $R-V$ 关系曲线 C 。且半径越小, 这种高出的差别就越大。在最小半径 200m 处, 不管是 A_1 、 A_2 还是 B_1 , 都比规范规定的最大速度高出 30km/h 左右; 其后, 随半径增大, 这种差值逐渐变小, 直至在半径为 1 000m、速度为 120km/h 附近才比较趋于一致。

3.3 曲线族的总体趋势与设计速度曲线的对比分析

从图 5 可见, 3 根曲线 A_1 、 A_2 、 B_1 大体上与设计速度曲线 C 的形状、变化相一致, 都在 $R=1\,000$ 附近发生突变。在 $R=1\,000$ 垂线的左侧, 3 根曲线都非常陡峭, 即平曲线上的行驶车速对半径的变化非常敏感, 半径稍稍增大, 车速就迅速升高; 而在垂线的右侧, 3 根曲线都变得非常平缓, 特别是曲线 B_1 , 基本上与设计速度曲线相吻合。

在此需要特别分析的是 $R=1\,000$ 垂线的左侧曲线。拿与设计速度曲线 C 比较接近的曲线 B_1 为例。据图 5, 按公式

$$\mu = \frac{V^2}{127R} \pm i \quad (1)$$

分别可绘出与曲线 B_1 、 C 相对应的半径从 200m 至 1 000m 之间的速度 V 与横向力系数 μ 之间的关系曲线。如图 6 所示。图中, 曲线 D_1 与曲线 B_1 相对应, 曲线 D_2 与曲线 C 相对应, 曲线 D_3 是美国公路设计时推荐值。(式 (1) 中, μ 为横向力系数; V 为设计速度或行驶速度, km/h; R 为平曲线半径, m; i 为超高。)

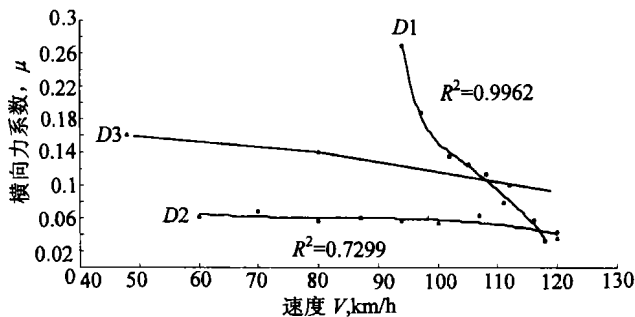


图 6 $V-\mu$ 关系曲线比较

从图 6 可见, 曲线 D_1 的形状很陡, 基本上都在曲线 D_2 之上, 大致从 $R=900$ m 开始, 随着半径的变小, 两者在竖向的差距即横向力系数 μ 的差值越来越大。虽然美国公路设计推荐的曲线 D_3 总体上在我国公路设计规范推荐的曲线 D_2 之上, 但与曲线 D_1 相比, 在

半径小于 800m 以下的部分 D_3 仍要低得多。

从公路设计理论中知: 驾驶汽车转弯时, 对横向力系数有 2 方面的要求。一是它必须小于汽车轮胎与路面间产生的最大横向附着系数 μ_0 , 即 $\mu \leq \mu_0$; 二是横向力系数 μ 必须满足乘员及驾驶员在汽车转弯时的舒适和便于汽车操纵的要求。对于第一方面的要求, 由于现代道路路面和汽车轮胎的高质量, 在路面干燥状况下是肯定能满足的。问题是第二方面的要求。据美国《公路与城市道路几何设计》一书指出: 用于所有乡区公路和市区高速道路平曲线设计的最大容许横向力系数应如图 6 中的 D_3 线所示; 并认为横向力系数如果高出此曲线上的值, 随 μ 的上升, 车上乘员的不舒适渐增, 驾驶员的紧张感也不断加重, 从而不断降低行车的舒适性与安全性。这是与道路设计、交通运营追求经济、快速、安全、舒适的目标背道而驰的。

4 小结

(1) 在其他条件相同时, 熟悉道路的驾驶员比不熟悉道路的驾驶员在各种半径的弯道上都具有更高的行驶车速; 哪怕熟悉道路的驾驶员在弯道上受到相邻车道货车的影响时, 仍比不熟悉道路的驾驶员在弯道上不受相邻车道货车影响时的行驶车速要高。

(2) 驾驶员在绝大部分不同半径的弯道上, 行驶车速都高于设计车速, 且以半径 $R_0=1\,000$ m 为界, $R < R_0$ 范围内, R 越小, 驾驶员的行车速度就比对应的设计车速大得越多, 在 $R > R_0$ 范围内, 驾驶员的行车速度随 R 的增大缓慢地增加, 并比对应的设计车速大得不像 $R < R_0$ 范围时那么多。

(3) 与行驶速度相对应, 在 $R < R_0$ 范围内, 行驶速度与横向力系数之间的关系曲线非常陡峭, 并都在《公路路线设计规范》推荐的设计速度与横向力系数关系曲线之上。说明在这些弯道上, 半径越小, 驾驶员在弯道上行车时就感到越不舒适, 行车所获得的安全性也越小。

参考文献:

- [1] 美国各州公路与运输工作者协会著, 饶东平, 金君实, 等译. 公路与城市道路几何设计[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1988.
- [2] 中华人民共和国交通部. 公路路线设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 1994.
- [3] Mashur A Chowdhury, Davey L Warren, Howard Bissel P E. Analysis of Advisory Speed Setting Criteria[J]. Public Road, 1991-11.
- [4] Francis P D Navin. Estimation Truck's Critical Cornering Speed and Factor of Safety[J]. Journal of Transportation Engineering, 1992, 118 (1).