

文章编号: 1002-0268 (2008) 08-0142-04

高速公路直线段最大长度合理取值研究

程国柱, 裴玉龙

(哈尔滨工业大学 交通研究所, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 从车辆运行状态的角度出发, 将直线段上车辆的运行分为加速行驶、匀速行驶和减速行驶 3 个过程, 分析了车辆在不同行驶过程中的行驶时间与行驶距离, 以直线段上最长行驶时间 70 s 作为最大直线段长度的控制条件, 推导了基于运行车速的高速公路直线段最大长度计算模型。模型表明设计速度为 120 km/h 的高速公路直线段最大长度要比 20 倍设计速度小, 而其他设计速度的高速公路则要视直线段相邻曲线起终点的运行车速而定。以现场实测数据为依据, 建立了高速公路平曲线起终点小型车运行车速与平曲线半径的回归模型, 并给出了计算实例。基于运行车速确定高速公路直线段最大长度能够较好地满足驾驶员的实际需求, 提出的计算模型可为高速公路设计及安全审计提供依据。

关键词: 交通工程; 高速公路直线段; 理论建模; 最大长度; 运行车速

中图分类号: U491.2⁺1

文献标识码: A

Study on Reasonable Value of the Largest Length of Straight Line Section on Freeway

CHENG Guo-zhu, PEI Yu-long

(Institute of Transportation Research, Harbin Institute of Technology, Harbin Heilongjiang 150090, China)

Abstract: From the viewpoint of vehicle's operation state, vehicle's running on straight line section of freeway is divided into three courses, i. e., accelerating course, even-speed course and decelerating course. Running time and distance in the three courses were analyzed. Taking the largest length of straight line section on which the running time is no more than seventy seconds as the control condition, the largest length of straight line section calculation model based on operation speed of freeway was presented. The model shows that the largest length of straight line section at speed of 120 km/h is less than that at twenty multiples of design speed on freeway and it needs to be determined by operation speed of start point and end point of adjacent curve for freeways with other design speed. Based on survey data, the regression model between operation speed of car and plane curve radius of freeway was established and the calculation example was presented. The largest length of straight line section of freeway determined by operation speed can meet driver's demand better, and its calculation model can provide gist for freeway design and safety audit.

Key words: traffic engineering; straight line section of freeway; theory modeling; the largest length; operation speed

0 引言

根据交通心理学知识, 从驾驶员心理和生理角度考虑, 直线段长度过长, 公路线形过分单调, 环境缺乏变化, 将导致以下弊端: 驾驶行为单一造成驾驶员

精神处于抑制状态, 易使驾驶员放松警惕, 遇到突发情况, 来不及反应而造成车祸; 易使驾驶员产生趋势心理, 即趋向于尽快通过长直线路段, 不自觉地提高车速; 由于长直线路段视觉参照比较少, 往往导致驾驶员对距离估计不足, 造成超速和车距不足; 长直线

收稿日期: 2007-03-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50578056); 黑龙江省科技攻关计划项目 (GB05D301-2)

作者简介: 程国柱 (1977-), 男, 吉林长春人, 博士, 讲师, 研究方向为道路交通安全. (guozhucheng@126.com)

路段在白天易产生由长时间阳光照射造成的眩光,夜间易造成车辆之间的相互灯光干扰,从而诱发交通事故。在《公路工程技术标准》(JTG B01-2003,以下简称《标准》)的条文说明中指出:“一般直线路段的最大长度(以m计)应控制在设计速度(以km/h计)的20倍为宜”^[1],这实际上是以设计速度作为控制直线段长度的依据,而目前很多国外道路设计者均采用运行速度进行设计^[2,3]。运行车速是指在理想的外部条件下,公路路段上第85%位的车辆运行速度。其中,理想的外部条件是指良好的天气、路面条件和自由流状态的交通条件^[4]。可见,运行车速更好地反映了车辆实际速度的要求。事实上,由于受前后平曲线上运行车速的影响,车辆在直线段的起点和终点的运行车速是存在差异的^[5]。由于车辆在前一段平曲线终点即直线段的起点处车速低于驾驶员的期望车速,同时驾驶员发现下一段平曲线存在时也将降低车速以适应平曲线的行驶需求,直线段上的车速并非保持设计速度匀速行驶,而是经历了一个变速过程^[6]。因此,不同直线段最大长度的限定也应该不同。鉴于上述原因,本文将对直线段的最大长度限制值进行探讨。

1 直线段上车辆运行过程分析

由于车辆在平曲线段行驶时受平曲线的约束,运行车速通常无法达到驾驶员的期望车速,因此在驶出平曲线驶入直线段时,通常驾驶员将加速行驶以期达到其期望车速^[7,8]。由于本文讨论的是直线段的最大长度,故假设车辆在驶入直线段时首先可加速直至达到驾驶员的期望车速,然后保持期望车速匀速行驶并直至驾驶员发现下一段平曲线为止开始减速。因此长度为 L 的直线段上车辆的运行可分为加速行驶、匀速行驶和减速行驶3个过程^[9],如图1所示。

1.1 加速行驶过程

直线段起点(即前一平曲线终点)处的运行车速为 v_1 ,驾驶员以加速度 a_1 加速行驶直至达到驾驶员的期望车速 v_d ,车辆行驶距离为 L_1 ,加速行驶时间为 t_1 ,则

$$t_1 = \frac{v_d - v_1}{a_1}, \quad (1)$$

$$L_1 = \frac{v_d^2 - v_1^2}{2a_1} = \frac{v_d + v_1}{2} t_1. \quad (2)$$

1.2 匀速行驶过程

在驾驶员发现下一平曲线前,保持期望车速 v_d 匀速行驶,车辆行驶距离为 L_2 ,匀速行驶时间为 t_2 ,公式为:

$$t_2 = \frac{L_2}{v_d}. \quad (3)$$

1.3 减速过程

当驾驶员发现下一平曲线时,便会降低车速以适应下一平曲线的行驶要求。车辆以减速度 a_2 减速,至下一平曲线起点处运行车速为 v_2 ,车辆行驶距离为 L_3 ,减速行驶时间为 t_3 ,公式如下:

$$t_3 = \frac{v_d - v_2}{a_2}, \quad (4)$$

$$L_3 = \frac{v_d^2 - v_2^2}{2a_2} = \frac{v_d + v_2}{2} t_3. \quad (5)$$

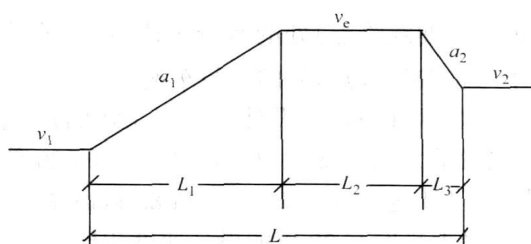


图1 直线段上车辆运行过程

Fig 1 Vehicle's running course on straight line section

2 直线段最大长度计算模型

2.1 模型推导

根据交通心理学研究成果,车辆在直线段上行驶的时间不宜超过70s^[1],因此本文采用直线段上最长行驶时间 $t_{max} = 70$ s作为最大直线段长度的控制条件,即:

$$t_1 + t_2 + t_3 \leq 70, \quad (6)$$

直线段长度为:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = \frac{v_d + v_1}{2} t_1 + v_d t_2 + \frac{v_d + v_2}{2} t_3 =$$

$$v_d(t_1 + t_2 + t_3) - \frac{t_1}{2}(v_d - v_1) - \frac{t_3}{2}(v_d - v_2) =$$

$$v_d(t_1 + t_2 + t_3) - \frac{(v_d - v_1)^2}{2a_1} - \frac{(v_d - v_2)^2}{2a_2}. \quad (7)$$

将车速单位由m/s化为km/h,并将式(6)代入式(7),得到如下关系式:

$$L \leq 19.4v_d - \frac{(v_d - v_1)^2}{25.9a_1} - \frac{(v_d - v_2)^2}{25.9a_2}. \quad (8)$$

式(8)中,高速公路平直路段驾驶员的期望运行车速 v_d ,根据《公路项目安全性评价指南》(JTG/T B05-2004,以下简称《指南》),小型车取为120km/h^[10]。直线段起点(即前一平曲线终点)处的运行车速 v_1 和直线段终点(即下一平曲线起点)处的运行车速 v_2 ,可根据曲线要素(曲线半径)与运行车速的回归模型获取。

因此直线段长度 L 仅与加速度 a_1 、减速度 a_2 有关。

高速公路直线段长度 L 不应大于式 (8) 右侧的最小值, 否则将无法满行驶时间 $t \leq 70$ s 的约束条件, 式 (8) 右侧的最小值出现在加速度 a_1 、减速度 a_2 都取最小值时。根据《指南》中平直路段上推荐加速度值的范围^[8], a_1 、 a_2 小型车最小值为 0.15 m/s^2 , 大型车为 0.2 m/s^2 。本文取小型车的加、减速度最小值 0.15 m/s^2 , 则高速公路直线段最大长度计算模型为:

$$L_{\max} = 2\,328 - \frac{(120 - v_1)^2 + (120 - v_2)^2}{3.885}, \quad (9)$$

式中, $L_{\max}$ 为高速公路直线段最大长度; v_1 为直线段起点(即前一平曲线终点)处的运行车速; v_2 为直线段终点(即下一平曲线起点)处的运行车速。

从模型中可以看出, 设计速度为 120 km/h 的高速公路直线段最大长度要比《标准》中规定的 20 倍设计速度小, 而设计速度为 100 km/h 和 80 km/h 的高速公路直线段最大长度与 20 倍的设计速度相比, 则要视曲线起终点的运行车速而定。

2.2 高速公路曲线半径与运行车速回归模型

课题组于 2005 年 7 月对哈尔滨绕城高速公路(设计速度 120 km/h)进行了交通调查。调查位置分别选在曲线起点与终点, 调查设备采用澳大利 Metro-Court5600 车辆分型统计系统, 调查数据如表 1 所示^[11]。对曲线起终点运行车速 v_1 、 v_2 与平曲线半径 R 进行回归分析, 得出的回归曲线如图 2 和图 3 所示, 回归模型为:

曲线终点回归模型:

$$v_1 = -3E - 7R^2 + 0.007R + 106.35, \quad (10)$$

曲线起点回归模型:

$$v_2 = -7E - 7R^2 + 0.013\,2R + 84.48. \quad (11)$$

表 1 高速公路平曲线半径及小型车运行车速

Tab 1 Plane curve radius and operation speed of minibus on freeway

里程桩号	半径/m	曲线起点车速	曲线终点车速
		/(km·h ⁻¹)	/(km·h ⁻¹)
K39+ 678.01	1 500	106	111.7
K37+ 943.38	2 500	108.2	127.9
K62+ 510.55	3 800	125.8	129.1
K52+ 553.0	5 500	139.6	134.1
K32+ 601.17	6 000	140.6	134.4
K28+ 666.46	6 500	140.9	139.9
K47+ 870.72	13 700	141.4	143.8

3 算例

以成渝高速公路 K72+ 760.77~ K75+ 051.14 段为例, 其曲线要素如下^[12]:

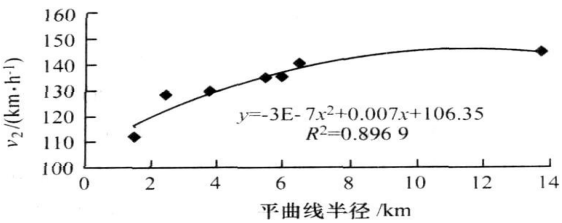


图 2 高速公路平曲线终点运行车速与平曲线半径回归曲线

Fig 2 Relation between operation speed at end point of plane curve section of freeway and plane curve radius (regression curve)

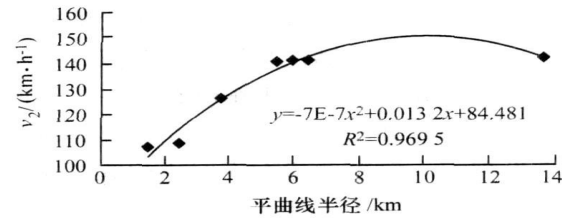


图 3 高速公路平曲线起点运行车速与平曲线半径回归曲线

Fig 3 Relation between operation speed at start point of plane curve section of freeway and plane curve radius (regression curve)

K72+ 760.77: YZ 点, $R = 488.98 \text{ m}$;
K75+ 051.14: ZY 点, $R = 672.5 \text{ m}$ 。

应用式 (10) 和式 (11), 算得的曲线起终点运行车速如下:

曲线终点 (K72+ 760.77): $v_2 = 109.7 \text{ km/h}$;

曲线起点 (K75+ 051.14): $v_1 = 93.04 \text{ km/h}$ 。

应用式 (9), 算得直线段最大长度为:

$$L_{\max} = 2\,114 \text{ m}。$$

该直线段长度实际为 $2\,290 \text{ m}$, 虽然满足《标准》中的规定, 但实际上已不能满足驾驶员在直线段上最长行驶时间 70 s 的要求, 存在一定的安全隐患。

4 结论

本文提出的高速公路直线段最大长度计算方法, 充分考虑了驾驶员的心理与生理需求, 以运行车速作为计算模型的变量较传统方法更能真实反应实际情况, 对我国高速公路的规划、设计及安全审计具有一定的借鉴价值。

参考文献:

References:

[1] JTG B01-2003, 公路工程技术标准 [S].

- JTG B01-2003, Technical Standard of Highway Engineering [S].
- [2] 高建平, 郭忠印. 基于运行车速的公路线形设计质量评价 [J]. 同济大学学报, 2004, 32 (7): 906-911.
GAO Jian-ping, GUO Zhong-yin. Evaluation of Highway Alignment Design Quality Based on Operation Speed [J]. Journal of Tongji University, 2004, 32 (7): 906-911.
- [3] 张航, 丁文霞, 龚万明. 高等级公路线形连续性分析与评价 [J]. 公路交通科技, 2007, 24 (3): 122-125.
ZHANG Hang, DING Wen-xia, GONG Wan-ming. Analysis and Evaluation of Highway Alignment Consistency [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24 (3): 122-125.
- [4] 陈胜营, 汪亚干, 张剑飞. 公路设计指南 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2000: 64.
CHEN Sheng-ying, WANG Ya-gan, ZHANG Jian-fei. Guide for Highway Design [M]. Beijing: China Communications Press, 2000: 64.
- [5] 范振宇, 张剑飞. 公路运行车速测算模型的研究和标定 [J]. 中国公路学报, 2002, 15 (1): 107-109.
FAN Zhen-yu, ZHANG Jian-fei. Analysis and Calibration of the Operating Speed Computing Models on Highway Sections [J]. China Journal of Highway and Transport, 2002, 15 (1): 107-109.
- [6] 贺玉龙, 卢仲贤, 马国雄, 等. 高速公路直线段车辆稳定运行速度模型 [J]. 公路, 2002 (10): 99-103.
HE Yu-long, LU Zhong-xian, MA Guo-xiong, et al. Stable Operation Speed Model on Straight Line Section of Freeway [J]. Highway, 2002 (10): 99-103.
- [7] 郑柯, 任福田. 高速公路顺直路段上驾驶员行车紧张性研究 [J]. 北京工业大学学报, 2003, 29 (2): 199-202.
ZHENG Ke, REN Fu-tian. Study on Driving Tenseness of Drivers on the Straight Segment of Freeway [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2003, 29 (2): 199-202.
- [8] 杨轸, 潘晓东, 方守恩, 等. 基于道路特征信息变化率的公路线形质量评价 [J]. 公路交通科技, 2006, 23 (10): 1-4.
YANG Zhen, PAN Xiao-dong, FANG Shou-en, et al. Highway Alignment Evaluation Based on Road Characteristic Information Variation [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2006, 23 (10): 1-4.
- [9] 尚大伟. 公路平纵线形事前交通安全评价指标研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2004: 9-10.
SHANG Da-wei. Study on Beforehand Traffic Safety Evaluation Indexes of Highway Horizontal and Vertical Alignment [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2004: 9-10.
- [10] JTG/T B05-2004, 公路项目安全性评价指南 [S].
JTG/T B05-2004, Guidelines for Safety Audit of Highway [S].
- [11] 程国柱. 高速道路车速限制方法研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007: 10-15.
CHENG Guo-zhu. Research on the Method of Setting Speed Limits on Freeway and Urban Expressway [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2007: 10-15.
- [12] 裴玉龙, 程国柱. 高速公路运行车速调查与限制车速问题研究 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003, 35 (2): 168-172.
PEI Yu-long, CHENG Guo-zhu. Research on Operation Speed and Speed Limit for Freeways in China [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2003, 35 (2): 168-172.

《公路交通科技》被国际检索机构收录情况

日前,《公路交通科技》被波兰《哥白尼索引》、美国《乌利希国际期刊指南》收录。

波兰《哥白尼索引》(Index Copernicus) 简称 IC, 是由 Medical Science International (国际医学) 创办的医药学、生物学国际检索系统, 是一个新的通向科学信息的世界性的门户; 它有益地补充了美国《医学索引》(Medline) 和美国科学信息研究所 (ISI) 的内容。如今, 该数据库已经对其他科学领域的期刊开放, 如数学、物理、化学、工程等。

《乌利希国际期刊指南》简称 Ulrich, 是世界上著名的国际在版期刊指南, 由美国鲍克公司出版。Ulrich 创刊于 1932 年, 其收录的刊物范围极广泛, 内容包括数百个学科领域。该指南的正文按学科分类编排, 每类按刊名字顺排列, 指明了某刊为哪些索引和文摘收录。著录项目包括杜威十进分类法的分类号、国别代号、国际标准期刊编号 (ISSN)、刊名 (非英文期刊有英文译名)、文种、创刊年代、定价、出版者名称和地址、编者等。书后有刊名索引、期刊停刊索引和国际组织机构出版物索引。