

文章编号: 0451-0712(2010)05-0062-05

中图分类号: U412.3

文献标识码: A

# 公路设计阶段安全评价综述

陈涛<sup>1</sup>, 魏朗<sup>1</sup>, 吴华金<sup>2</sup>, 张韦华<sup>1</sup>, 袁望方<sup>1</sup>

(1 长安大学交通部汽车运输安全保障技术重点实验室 西安市 710064; 2 云南交通咨询有限公司 昆明市 650031)

**摘要:** 在公路设计阶段, 通过安全评价(审计)可以有效提高公路的安全水平, 可以达到减少交通事故、提高交通效率的目的。综述了在公路设计阶段安全评价中基于运行车速的评价方法、基于车辆稳定性的评价方法、基于道路几何特征的评价方法和基于驾驶人指标的评价方法等4个主要研究方向, 阐述了当前公路设计安全评价中的一些研究重点, 并展望了今后的发展趋势。

**关键词:** 交通工程; 公路设计方案; 安全评价; 运行车速

公路安全评价的基本依据就是道路安全设计的基本理念: 在道路设计中充分考虑驾驶人驾驶行为特性、驾驶能力及所能承担的驾驶负荷, 减少驾驶人操作错误的可能性, 同时建设宽容的驾驶环境, 使道路具有一定的容错能力, 减轻驾驶人操作错误的后果。公路安全评价一般是通过直接或间接地建立道路设计方案指标(包括平、纵、横以及构造物位置)与交通事故率之间的关系, 来定量地评价设计道路的安全性。道路安全评价对于提高道路的安全水平, 减少生命财产损失具有重大意义, 是道路安全研究的重要内容。本文综述了公路设计方案安全检测与评价这一交叉前沿研究的研究进展, 分析了各相关

技术的原理和特点, 并指出了今后研究的若干难点和发展方向, 以推动其在国内的研究, 进一步促进我国交通安全的发展。

## 1 评价方法

### 1.1 基于运行车速的评价方法

在基于运行车速的评价方法中, 其原理是通过预测获得运行车速, 建立评价指标, 来评价公路设计方案的安全性。其评价过程如图1所示。基于运行车速指标的评价方法中, 研究的关键内容是预测运行车速和确定评价指标。

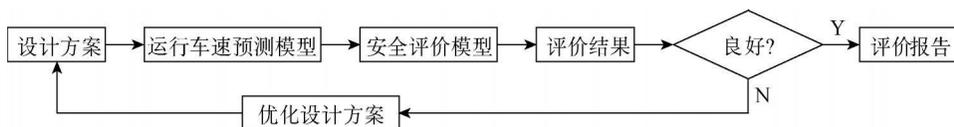


图1 基于运行车速评价法的评价过程

基于运行车速的相关评价因子主要是通过道路交通事故的统计分析来获得的。

1964年, Solomon 通过对 970 km 路段上的事故调查发现, 交通事故与车速的关系呈 U 型, 当车速接近或稍大于平均车速时事故率最低, 车速与平均车速的差值和事故率的关系模型为<sup>[1]</sup>:

$$I = 10^{0.000602\Delta v^2 - 0.006675\Delta v + 2.23} \quad (1)$$

式中:  $I$  为事故率,  $10^{-5}$  次  $\cdot \text{veh}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ ;  $\Delta v$  为车速与平均车速之差,  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

1991年, Monash 大学事故研究中心的 Fildes 等人的研究也得出类似的结论<sup>[2]</sup>:

$$I = 500 + 0.8\Delta v^2 + 0.014\Delta v^3 \quad (2)$$

式中:  $I$  为事故率,  $10^{-5}$  次  $\cdot \text{veh}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ ;  $\Delta v$  为车速差,  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

1997年, Popoff 等对平均车速、第 85% 位车速和第 15% 位车速差与事故率的关系进行了研究, 结果表明, 平均车速每降低  $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , 伤亡率将降低 7%<sup>[3]</sup>。研究得出的两个线性模型为:

$$R_c = 190.7\bar{v} - 17126.1 \quad (3)$$

$$R_c = -0.00298\bar{v} + 0.0405D - 3366 \quad (4)$$

式中:  $R_c$  为事故率,  $10^{-6}$  次  $\cdot$  veh $^{-1}$   $\cdot$  km $^{-1}$ ;  $\bar{v}$  为平均车速, km  $\cdot$  h $^{-1}$ ;  $D$  为第 85% 位车速与第 15% 位车速差, km  $\cdot$  h $^{-1}$ 。

1998 年, 英国交通研究实验室 BARUYA 的模型表明, 事故率和平均车速与超速行驶者的比例有很大关系, 平均车速和车速差都会对事故率产生影响。研究结果表明,  $\Delta v$  越大, 发生事故的可能性越大, 具体的模型为<sup>[4]</sup>:

$$\Delta \ln N = \frac{1.536}{\bar{v}} \Delta v \quad (5)$$

式中:  $N$  为年平均事故次数, 次  $\cdot$  年 $^{-1}$ ;  $\bar{v}$  为平均车速, km  $\cdot$  h $^{-1}$ ;  $\Delta v$  为车速差, km  $\cdot$  h $^{-1}$ 。

美国联邦公路局的调查结果(如表 1 所示)显示: 运行车速差越大, 则事故率越高<sup>[5]</sup>。

表 1 事故率和速度梯度的关系

运行速度梯度	平曲线个数/个	3 年累计事故数/次	事故率
$\Delta V_{85} \leq 10$ km/h	4 518	1 483	0.46
10 km/h < $\Delta V_{85} \leq 20$ km/h	622	217	1.44
$\Delta V_{85} > 20$ km/h	147	47	2.76
总和平均	5 285	1 747	0.52

注:  $\Delta V_{85}$  指相邻路段间的运行车速差。

表 3 基于运行车速差的评价标准

安全性评价	优		良		差	
	轿车	货车	轿车	货车	轿车	货车
$\Delta V_{ad} =  V_{85} - V_d  / (\text{km/h})$	< 10	< 10	$10 \leq \Delta V_{ad} \leq 20$	$10 \leq \Delta V_{ad} \leq 15$	> 20	> 15

注:  $V_{85}$  为第 85% 位运行车速, km/h;  $V_d$  为设计车速, km/h。

### 1.2 基于车辆稳定性的评价方法

基于车辆稳定性评价方法的评价指标主要是横向力系数。横向力系数  $\mu$  定义为:

$$\mu = \frac{V^2}{127R} - i_h \quad (7)$$

式中:  $i_h$  为路面横坡;  $V$  为车速, km/h;  $R$  为平曲线半径, m。

$\mu$  值受车速、路面种类及干湿状态影响。该方法主要是在获得运行车速的基础上, 通过计算车辆横向力系数的变化量  $\Delta \mu$  (见式(8))来进行道路的安全评价。评价标准如表 4 所示。

$$\Delta \mu = \frac{(\Delta V^2 + 2V \cdot \Delta V)}{127R} \quad (8)$$

式中:  $V$  为设计车速;  $\Delta V$  为运行车速与设计车速差。

哈尔滨工业大学裴玉龙等对中国部分高速公路的研究表明, 事故率随着车速标准差的增大而增大, 即车速分布越离散, 则事故率越高。其具体的关系模型为<sup>[6]</sup>:

$$AR = 9.5839e^{0.0553\sigma} \quad (6)$$

式中:  $AR$  为事故率,  $10^{-8}$  次  $\cdot$  veh $^{-1}$   $\cdot$  km $^{-1}$ ;  $\sigma$  为车速标准差, km  $\cdot$  h $^{-1}$ 。

综上, 可以得出基于运行车速的评价指标主要有: 相邻路段车速差、运行车速与设计车速差<sup>[7]</sup>、车速降低系数<sup>[8]</sup>、车速标准差等。在美国交互式道路交通安全设计模型(Interactive Highway Safety Design Model, 简称 IHSDM 模型)中, 应用了较为成熟的相邻路段车速差和运行车速与设计车速差作为评价指标。

在这些评价指标的基础上, 可以通过提出评价模型来实施安全评价。文献[9]提出基于运行车速差、路段长度的双指标高速公路线形评价模型, 文献[10]提出以车速标准差为参数的线形设计质量评价模型。美国 IHSDM 中采用的评价模型见表 2 和表 3。

表 2 基于运行车速的评价标准

安全性评价	优	良	差
$\Delta V_{85} / (\text{km/h})$	< 10	$10 \leq \Delta V_{85} \leq 20$	> 20

表 4 基于横向力系数的评价标准

安全性评价	优	良	差
$\Delta \mu$	$\geq +0.01$	$-0.04 \leq \Delta \mu < +0.01$	$< -0.04$

### 1.3 基于道路几何特征的评价方法

基于道路几何特征评价法的主要步骤是: 通过提出与道路设计参数相关的评价因子, 建立并标定评价模型, 从而对道路的安全状况进行评价。其评价过程如图 2 所示。线形评价因子是平、纵线形指标的函数, 常用的评价因子如表 5 所示<sup>[5]</sup>。评价模型中常用连续路段线形因子的大幅变化、某些路段上线形因子大的变化率以及单独特征和平均特征间大的差异来发现道路的潜在安全性问题。该方法可以用于不同公路设计方案的总体安全性评价, 常作为运行车速评价方法的补充。

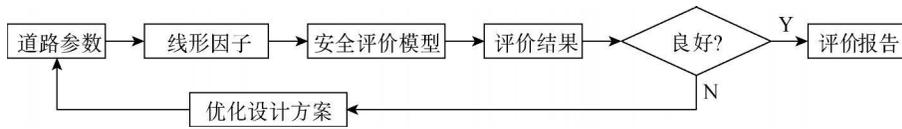


图 2 基于道路几何特征评价法的评价过程

表 5 常用的线形评价因子

平面线形因子	纵断面线形因子
平均半径 = $\sum R_i / n$ ( $R_i$ 为平曲线半径; $n$ 为平曲线个数)	曲率变化率 = $\sum A_i / \sum L_i$ ( $A$ 为坡度绝对差; $L$ 为路段长度)
$R_{max} / R_{min}$ ( $R_{max}$ 为最大半径; $R_{min}$ 为最小半径)	竖曲线平均曲率 = $(\sum (L /  A )) / n$ ( $L$ 为路段长度, km; $A$ 为坡度代数差; $n$ 为竖曲线个数)
平均直线段长度 = $\sum (L_T) / n$ ( $L_T$ 为直线段长度; $n$ 为直线段个数)	平均坡度 = $\sum  \Delta E_i  / \sum L_i$ ( $\Delta E$ 为路段高度差; $L$ 为路段长度)
曲线长 / 路段长 = $\sum (L_c) / L_i$ ( $L_c$ 为曲线段长度; $L$ 为路段长度)	复合因子 = $\sum \Delta_i / \sum L_i + \sum A_i / \sum L_i$ ( $\Delta$ 为路段偏角; $A$ 为坡度绝对差; $L$ 为路段长度)
曲率角 = $\sum (D_c) / \sum L_i$ ( $D_c$ 为路段曲度; $L$ 为路段长度)	
曲率变化率 = $\sum \Delta_i / \sum L_i$ ( $\Delta$ 为路段偏角; $L$ 为路段长度)	

### 1.4 基于驾驶人指标的评价方法

#### 1.4.1 工作负荷评价法

驾驶员在驾驶车辆过程中,总是遵循刺激→感觉→判断→行动这样一个活动过程。驾驶员通过自己的感官接受外界刺激信息,例如道路线形、宽度、路面质量、横断面组成、坡度、交叉口与车辆类型、交通量、行车速度、非机动车的行驶情况及干扰情况、交通信号及标志等,随着这些交通环境的不断变化,做出相应的反应。在接受外界信息、信息处理、形成清晰明确的判断这一系列的活动中,驾驶员所消耗的精力,定义为工作负荷。工作负荷是驾驶疲劳产生的主要原因。驾驶员的工作负荷可以用来评价公路的设计一致性与安全性<sup>[11]</sup>。工作负荷的测量有 5 种方法:主作业测量法、次要作业测量法、生理测量法、主观评价法和视线遮挡法。

主作业测量法通过直接考察驾驶员或整个系统的绩效来评价特定作业的工作负荷。它的基本假设是,随着驾驶难度的提高,操作需求增加,当心理工

作负荷要求超出有效资源容量时,作业绩效将出现下降。主作业测量的主要绩效指标包括操作准确性、反应时间等。次作业测量法采用双作业测量环境,要求驾驶员除操作主作业外再增加一项额外的作业(次作业),通过考察双作业情境下次作业恶化的程度来间接评价主作业的心理工作负荷。由于次作业绩效与主作业的资源需求成反比,所以次作业可反映主作业难以反映的资源需求。该技术在负荷技术领域内已有较长的应用历史。

生理测量法常用的指标包括心率、血压、瞳孔直径和事件相关电位等。心率测量应用较多的是心率变异,结果证明该指标对心理负荷的变化有较高的敏感性。事件相关电位测量是心理工作负荷评价中最具潜力的生理测量,其中 P300 被认为是反映认知加工负荷的有效指标。在公路安全评价研究中,常用的指标是血压、心率<sup>[12-13]</sup>。

主观评价法是根据驾驶者的主观判断来评价心理工作负荷,通常涉及个体知觉到的心理努力、时间负荷和应激负荷等。常用的评定量表有主观工作负荷评定技术 SWAT (Subjective Workload Assessment Technique)、美国航空航天局的作业负荷指数 TLX (Task Load Index) 等。

视线遮挡法(简称 VD 法)的评价因子为视线需求值(VD)。视线需求  $VD_i$  定义为:

$$VD_i = t_{gl} / (t_r - t_r) \tag{9}$$

式中:  $t_{gl}$  为视线请求时间,一般为 0.5 s;  $t_r$  为获得视线请求的时刻;  $t_r$  为上次视线请求的时刻。

VD 法已成为研究驾驶人工作负荷的主要方法。VD 法的实验方法如下。

(1)道路实验法。即通过实车道路实验进行测试,如 Tsyganov 使用实车实验的方法测试驾驶人的行为和反应<sup>[14]</sup>; Shafer 利用 VD 实验研究事故率和公路几何设计一致性间的关系<sup>[15]</sup>。

(2)驾驶模拟器法。即在驾驶模拟器上进行 VD 测试实验。Wooldridge 等通过比较实车道路实验和模拟器实验的结果,表明驾驶模拟器方法可以用来确定实际道路 VD 值的变化<sup>[16]</sup>。早期的驾驶模拟器是基于视频的<sup>[17]</sup>,后来被基于虚拟现实的驾

驶模拟器所代替<sup>[18]</sup>。如 Said 利用驾驶模拟器,研究了双车道公路三维线形,包括平纵结合路段的 VD 评价问题<sup>[19]</sup>; Tsimhoni 和 Green 利用美国密歇根大学的驾驶模拟器研究了道路曲率与 VD 值的关系<sup>[20-21]</sup>; Easa 和 Ganguly 的研究发现公路转角、曲线半径、反转曲线和复曲线的第一段圆弧对 VD 值有较大影响<sup>[22]</sup>。

目前基于驾驶模拟器的 VD 法研究已成为主流。但该方法因其阈值界限受试验人员、试验道路不同存在较大差异,以及试验干扰因素较多等原因,目前仅处于研究阶段。

综上所述,5种工作负荷测量技术都具有各自的特点。主作业测量无干扰但在低负荷时不敏感;次作业测量诊断性好但干扰性大;生理测量敏感性高但测定复杂;主观评价施测简便但易发生混淆。有关研究结果表明,在某些作业条件下,有时会出现单个评价指标对作业负荷变化不敏感的现象。另外,有研究发现,在一些作业条件下可能会发生各测量方法之间结果不一致的现象,尤其是主作业测量和主观评价之间更容易出现这种现象<sup>[23]</sup>。采用多种评估技术进行多维度综合评估,可显著提高心理工作负荷的评估敏感性。

#### 1.4.2 视距评价法

驾驶员对车辆的控制是根据视觉、听觉和车辆振动等多种因素决定的,其中视觉因素对驾驶员的驾驶行为影响最大,道路几何线形和视距等重要设计参数对驾驶员的动态视觉有着直接的影响。因此,通过研究驾驶人在道路上驾驶时的视觉行为,建立相应的评价因子,可以评价公路设计的安全性。在道路安全评价中常使用停车视距(SSD)作为评价参数。SSD是汽车以速度 $v$ 行驶时,普通驾驶员在驶抵车道上的障碍物之前可能做出反应并安全停车所需的最短距离,其计算式为:

$$SSD = R_T v + \frac{v^2}{254(f+G)} \quad (10)$$

式中: $R_T$ 为反应时间, s;  $v$ 为车速, km/h;  $f$ 为纵向摩擦系数;  $G$ 为纵坡度。

该评价方法主要是在三维公路线形条件下计算汽车的 SSD,进而获得该 SSD 容许的最大行车速度,通过建立包含该最大行车速度、运行车速、设计车速等因素的评估模型进行公路设计的安全性评价。在目前的公路设计规范中仅提供了二维线形,如平、纵线形条件下的 SSD 计算公式,因此,该评价

方法的难点是获得公路的三维视距。在这方面也取得了一些研究成果,如 Hassan 等开发了平纵线形结合的三维视距分析模型,该模型基于有限元技术将道路模型划分为微小的单元网格,视距通过检测驾驶人与道路的交点获得<sup>[24-25]</sup>; Ismail 等人通过提出道路和路侧特征的参数化表达来改进了 Hassan 的算法<sup>[26]</sup>。

## 2 研究重点与发展趋势

由于各种评价方法基础理论研究时的研究方法、数据质量、技术水平不尽相同,导致评价结果的表现形式也各有差别,为此需要尽可能运用较多的方法,根据安全评价的起源和定义,对各种方法评价的结果即潜在的不安全点(路或方案的某一段)进行归纳,不同方法的评价结果皆认为是不安全点,需要给予更多的关注。对安全性评价的结果即不安全点,应进行深入的分析,从而提出安全改善建议。

在公路设计的安全评价方面,尽管已经取得了一定的成果,但由于我国国情、设计规范、地形、地貌的差别,还存在一些研究的难点问题急待解决。

(1)道路交通事故数据的深入分析。我国的道路交通事故形态、特征、原因与欧美等发达国家存在较大差异,应在深入分析道路交通事故数据的基础上,提出符合我国国情的安全评价标准、评判指标等。

(2)运行车速模型的建立。该模型是安全评价方法的核心内容之一。该模型中应考虑公路等级的差别,桥梁、隧道构造物的不同影响,并细化预测车型,参考驾驶人的行为特征、车辆的固有属性等。

(3)道路几何特征因子的建立。提出涵盖平纵线形的道路安全性评价因子,并通过道路交通事故数据进行检验。

(4)三维视距计算模型的建立及软件开发。研究公路三维模型的快速生成技术,并开发公路平、纵、横指标相结合的视距检测方法,在此基础上,开发自动化程度较高的视距自动计算分析软件系统。

(5)从驾驶人的角度研究公路设计方案的安全性,具有重要的意义。关于驾驶人的行为模型、视觉特征等内容,需要深入研究。

(6)在公路设计方案的评价中,充分考虑车辆的动力学属性以及车流的构成,以提高评价的可靠性、准确性。

### 3 结语

(1)公路设计阶段的安全评价方法中,基于运行车速的评价方法得到了广泛应用,取得了许多研究成果,在我国的公路项目设计阶段应推广应用;运行车速的预测在我国研究的时间相对较短,还没有得到大规模的实际应用与验证,且用于建模的样本受采集区域条件的限制,可能无法全面反映我国的公路状况,还需进一步的研究与完善。

(2)基于车辆稳定性的评价方法、基于道路几何特征的评价方法、基于驾驶人视距的评价法作为安全评价方法的补充,在实际应用中,应综合考虑。

(3)驾驶人工作负荷评价法目前处于研究阶段,还难以有效指导工程实践。国内尚未开展利用驾驶员工作负荷来进行公路设计安全性评价的相关研究,应尽早开展这方面的研究,在驾驶员工作负荷的量测、驾驶负荷与道路系统的关系、驾驶负荷与公路安全性的关系等方面应进行深入研究。

### 参考文献:

[ 1 ] D Solomon Accidents on main rural highways related to speed, driver, and vehicle[ M]. Federal Highway Administration, Washington D C , 1964

[ 2 ] B N Fildes, G Rumbold A Leening Speed behavior and drivers' attitude to speeding[ R]. Monash University Accident Research Centre, Victoria, Australia, Report No. 16, 1991

[ 3 ] Liu G, Poroff A L Provincial-wide travel speed and traffic safety study in Saskatchewan[ J]. Transportation Research Record, 1997, 1595: 8- 13

[ 4 ] Baruya A. Speed-accident relationships on different kinds of European roads[ R]. London, Transportation Research Laboratory, 1998

[ 5 ] Kay Fitzpatrick, Mark D Wooldridge, Omer Tsimhoni, Jon M. Collins and etc Alternative design consistency rating methods for two-lane rural highways[ R]. FHWA-RD-99-172, 1999

[ 6 ] 裴玉龙, 程国柱. 高速公路车速离散性与交通事故的关系及车速管理研究[ J]. 中国公路学报, 2004, 17(1): 74- 78

[ 7 ] Alexei R Tsyganov Analysis of speed reduction for traffic safety estimation[ R]. Research Scientist Center for Transportation, 2000

[ 8 ] 杜博英. 车速在道路安全审计中的作用[ J]. 公路交通科技, 2004, 21(5): 125- 127

[ 9 ] 杨志清, 等. 基于运行车速的高速公路线形安全性评价[ J]. 重庆交通学院学报, 2006, 25(5): 132- 135

[ 10 ] 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: 自然科学版, 2004, 32(7): 906- 911

[ 11 ] Krammes R, et al Horizontal alignment design consistency for rural two-lane highways[ R]. Federal Highway Administration, Washington, D C , 1995

[ 12 ] 潘晓东. 人体信息技术在道路交通环境与安全性评价中的应用[ J]. 中国公路学报, 2001, 14(S1): 109- 115

[ 13 ] 郑柯, 荣建, 任福田. 驾驶员行车紧张度与平曲线半径和车速之间关系分析[ J]. 土木工程学报, 2003, 36(7): 57- 60

[ 14 ] Tsyganov T, Machemehl R, Easa S M. Investigation of driver behavior and reactions in traffic safety research roc , 6th CSCE Transportation Specialty Conf[ G]//Canadian Society for Civil Engineering, Ottawa, TR-194-1- TR-194-10, 2005

[ 15 ] Shafer M A, Brackett R Q, Krammes R A Driver mental workload as a measure of geometric design consistency for horizontal curves[ G]//Proc , 74th Annual Meeting, 950706, Transportation Research Board, Washington, D C , 1995

[ 16 ] Wooldridge M D, et al Comparison of driver visual demand in test track, simulator, and on-road environments[ G]//Proc , 79th Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, D C , 2000

[ 17 ] Hicks T G, Wierwille W W. Comparison of five mental workload assessment procedures in a moving base driving simulation[ J]. Hum Factors 1979, 21(2): 129- 144

[ 18 ] Mourant R R, Ge Z Measuring attentional demand in a virtual environments driving simulator[ G]//Proc , 41st Annual Meeting, Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, Calif , 1997: 1268- 1272

[ 19 ] Said M Easa1, Wenlong He Modeling driver visual demand on three-dimensional highway alignments[ J]. Journal of Transportation Engineering-ASCE, 2006(5): 356- 365

[ 20 ] Tsimhoni O, Green A Visual demand of driving curves as determined by visual occlusion[ G]//Proc , Vision in Vehicles 8 Conf , Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1999

[ 21 ] Tsimhoni O, Green A Visual demand of driving and the execution of display-intensive in-vehicle tasks [ G]//Proc , 45th Annual Meeting, Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, Calif , 2001: 1586- 1590

[ 22 ] Easa S M, Ganguly C Evaluation of driver mental workload on complex highway alignments[ J]. Journal of Transportation Engineering, 2005, 131(8): 583- 590

文章编号: 0451-0712(2010)05-0067-05

中图分类号: U443 33

文献标识码: A

# 虎门大桥钢桥面铺装维修方案 研究与工程实施

徐伟<sup>1</sup>, 张肖宁<sup>1</sup>, 涂常卫<sup>2</sup>

(1 华南理工大学道路工程研究所 广州市 51064; 2 广东虎门大桥有限公司 东莞市 523910)

**摘要:** 总结分析了虎门大桥钢桥面铺装病害特点和维修历程, 开展了通过提高铺装材料模量补强正交异性桥面板刚度的维修方案研究, 总结介绍了 TAF 环氧沥青混凝土铺装维修方案的内容和施工要点。对钢桥面铺装维修工程通车 1 年的情况进行了跟踪观测, 检查情况表明维修铺装工程整体表现优良。

**关键词:** 钢桥面铺装; 重载交通; 环氧沥青; 维修

近年我国对大跨径桥梁的钢桥面铺装开展了广泛深入的研究, 包括铺装力学分析、铺装材料研发、铺装方案设计、正交异性桥面板设计及铺装施工控制等, 多种铺装材料得到了应用, 新建桥梁钢桥面顶

板厚度也逐渐增加到 14 mm 或 16 mm, 钢桥面铺装性能和表现得到了显著改善<sup>[1-2]</sup>。但我国 20 世纪 90 年代建设的多数大跨径钢桥的桥面板厚度一般为 12 mm, 正交异性桥面板的刚度较薄弱, 加之我

基金项目: 国家自然科学基金资助项目, 项目编号 50808087

收稿日期: 2009-12-21

[23] Yeh Y Y, Wickens C D Dissociation of performance and subjective measure of workload[J]. Human Factors, 1988, 30(1): 111-120

[24] Hassan Y, et al Analytical model for sight distance analysis on 3-D highway alignments[J]. Transportation Research Record, 1996, 1523: 1-10

[25] Hassan Y, et al Modeling headlight sight distance on three-dimensional highway alignments[J]. Transportation Research Record, 1997, 1579: 79-88

[26] K Ismail, T Sayed New algorithm for calculating 3D available sight distance[J]. Journal of Transportation Engineering-ASCE, 2007, 133(10): 572-581

## Summary of Safety Evaluation in Highway Design Stage

CHEN Tao<sup>1</sup>, WEI Lang<sup>1</sup>, WU Hua-jin<sup>2</sup>, ZHANG Wei<sup>1</sup>, YUAN Wang-fang<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Ministry of Communications for Automotive Transportation Safety Technology, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. Yunnan Transport Consultants Ltd, Kunming 650031, China)

**Abstract:** In design stage, by safety evaluation, the designer can find the problems of design so that the traffic accidents can be reduced and the traffic efficiency can be promoted. Four research directions in highway safety evaluation which include evaluation methods based on operating speed, vehicle stability, road geometry, and driver's index are introduced. Some research focuses in highway safety evaluation are presented, and the future trends are also forecasted.

**Key words:** traffic engineering; highway design scheme; safety evaluation; operating speed

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>