

文章编号:1671-6833(2008)01-0079-04

# 高速公路安全保障工程虚拟现实技术研究

魏朗,袁望方,陈涛

(长安大学汽车学院,陕西西安710064)

**摘要:**针对道路在建成之前很难进行有效的安全保障设施设计,依托于在建西汉高速公路秦岭北麓路段施工图和现场勘查资料,采用驾驶人速度控制模式模拟计算系统软件预测研究路段的运行车速,同时在虚拟仿真的基础上对道路、隧道、桥梁的交通工程设施、照明等系统进行安全性评价,从而发现西汉高速设计过程中存在的行车安全性问题.设计出包括主动控速设施和配套标志的西汉高速主动安全控制系统方案.然后,采用虚拟现实技术对公路安全保障工程设施进行虚拟建模,并应用于虚拟的高速公路模型中,通过虚拟试验来评价公路安全保障工程方案的可行性,进而将设计方案应用于道路建设中来提高道路的运营安全性.

**关键词:**虚拟现实;安全保障工程;主动安全控制;车速

**中图分类号:**U 491.3 **文献标识码:**A

## 0 引言

道路交通系统由人、车、路(环境)三大要素构成.在人-车-路环境联合运行系统中,各要素存在以下特点:①如果道路线形的标准高而路面及交通环境条件差形成所谓“正反差”,此时驾驶人判断的安全车速低于路段的设计“车速”,车辆处于安全行驶状态,但是从提高公路利用率来讲,这种现象是不希望出现的.如果道路的设计安全水平低而给驾驶员的道路安全感觉反而相对较高形成所谓的“逆偏差”,驾驶员的驾驶行为决策倾向于使车辆处于较不安全的行驶状态(如过高的车速),容易引发道路交通事故.②道路车辆属于机电产品和高速运动的运动实体,有其固有属性和指标界限,直接涉及行驶安全的有车辆通过性、制动性和操纵稳定性.出发点是承认车辆的多极化属性与人的心理活动和行为的多样性.因此,道路要有准确的诱导能力和足够的容错能力.其设计安全性由公路的几何线性参数、路面状况及交通环境决定.道路的认知安全性取决于实际道路给驾驶员的安全感觉<sup>[1]</sup>.

基于计算机图形技术和虚拟现实技术,采用对公路及其安全保障工程措施虚拟建模和场景驱动方法<sup>[2]</sup>,对在建西汉高速公路进行主动安全控制系统设施设计,以实现公路线形、路面状况和

交通环境与驾驶人及车辆的互动协调性实时检测和定量化、形象化评价,来完成公路安全保障工程的可行性研究.

## 1 公路主动安全控制系统方案设计

### 1.1 公路主动控速设施设计

在公路车辆驾驶人速度控制模式模拟计算的基础上,分方向分车型进行车辆运行速度计算,根据驾驶人车速控制模型预测车辆在路段单元上的运行速度<sup>[3]</sup>,通过对陕西在建西汉高速公路车辆行驶速度和最高允许行车车速的预测,得出在某些路段重型车、中型车和小轿车的最大预测车速远远超过了西汉高速的计算控制车速,如表1所示.从表1可见,车辆在这些路段上运行,如果不采取强有力的控速措施,驾驶员几乎不可能自觉地将车速控制在道路条件真正允许的安全车速以下行驶.因此,笔者拟采用虚拟建模技术,通过对西汉高速公路的道路线形分析以及对下坡路段运营安全性检测计算与评价,确定西汉高速的主动控制措施.

主动控制设施的结构形式、设置尺寸以及色彩颜色都与需要控速路段的车流结构、车辆行驶速度和具体的道路条件有关.通过对西汉高速公路的道路线形分析,车辆行驶速度的预测,确定的主动控制措施有强制控制设施—减速丘、“V形车

收稿日期:2007-10-04;修订日期:2008-01-07

作者简介:魏朗(1957-),男,四川成都人,长安大学教授,博士,博士生导师,主要从事交通安全、车辆系统动力学研究,E-mail:44076682@qq.com.

道收缩标线”、箭头振荡减速标线、三维虚拟路障和热塑振荡标线.安全保障工程措施的实施,能够改善道路行车环境,从驾驶员主观感觉和客观安全效果两个方面提高道路的安全水平.另一方面,在不降低安全水平前提下,可以提高道路的通行能力.

### 1.2 主动控速设施配套标志设计

由驾驶行为理论可知,驾驶员对不可预知的障碍物的反应时间明显大于对可预知的感知反应

时间,突然受到刺激的驾驶员还会产生一定程度的紧张.因此,在设置主动控速设施,特别是设置对车辆能够产生较大冲击的减速丘时,还必须在其前面安装设置警告标志,使主动控制设施与这配套设施组成一个相互补充的整体,以提高主动控制设施的控速效果和消除其可能引起的安全隐患.本研究确定的强制控速配套标志有强制控速设施警告标志和危险路段指路标志等,警告标志与控速设施设置的位置关系如表2所示.

表1 西汉高速部分危险路段预测行车车速和计算控制车速对比表

Tab.1 Contrasts between calculated forecast speed and control speed of Xihan expressway

序号	平曲线半径/m	纵坡度/%	小轿车/(km·h <sup>-1</sup> )		大客、中型货车/(km·h <sup>-1</sup> )		重型车/(km·h <sup>-1</sup> )	
			计算控制车速	平均预测车速	计算控制车速	平均预测车速	计算控制车速	平均预测车速
1	1400	4.6	97±2	99.5	79±2	82.3	56±2	58.2
2	直线	4.6	100±2	102.4	82±2	84.5	59±2	62.1
3	460	4.6	72±2	93.2	55±2	75.3	36±2	59.3
4	460	3.8	75±2	91.5	59±2	73.6	40±2	55.2
5	360	3.8	70±2	83.4	53±2	70.2	38±2	53.1
6	360	5.0	68±2	76.3	55±2	63.5	42±2	49.6
7	直线	5.0	92±2	96.6	76±2	80.7	61±2	65.3
8	350	5.0	86±2	93.4	69±2	73.5	52±2	57.6
9	350	3.0	89±2	94.8	75±2	76.9	56±2	54.5
10	直线	3.0	93±2	95.5	78±2	80.3	60±2	63.2
11	200	3.0	63±2	90.3	52±2	78.5	36±2	58.3
12	200	4.7	60±2	83.5	49±2	69.8	38±2	60.2
13	390	4.7	68±2	79.3	57±2	63.5	49±2	52.5
14	340	4.7	70±2	75.2	59±2	62.1	50±2	53.6
15	340	2.8	73±2	74.8	62±2	63.5	51±2	52.2

表2 警告标志到控速设施的距离与计算车速的关系

Tab.2 The relations of design speed to the distance between caution sign and safety facilities

计算行车速度/(km·h <sup>-1</sup> )	70~100	40~70	<40
标志到减速带的距离/m	100~200	50~100	20~50

## 2 高速公路虚拟建模技术

### 2.1 虚拟高速公路建模及场景驱动

虚拟高速公路建模主要包括地形、道路线形(平曲线、纵曲线、横断面)、中央分割带、行车道、路肩、边坡、边沟、交通工程设施、植物等.虚拟高速公路(环境)模型的组成元素如图1所示.

首先,本研究根据对在建西汉高速公路秦岭北麓路段施工设计图的数据资料统计及施工现场实地勘查,得到西汉高速公路建模过程中需要的

道路建模参数及纹理贴图原始照片,然后在 MultiGen Creator 软件中逐步建模,图2为虚拟高速公路及场景建模流程图.根据虚拟高速公路及场景建模的流程图,通过对西汉高速公路秦岭北麓路段的道路建模、基础交通工程设施建模、基于公告板技术的植物建模和构建地形模型,最终生成西汉高速公路主动安全保障工程的基础模型,即未实施安全保障措施的虚拟道路(环境)模型.

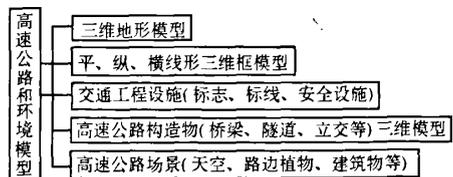


图1 三维高速公路(环境)模型的元素组成

Fig.1 Components of 3-D expressway model

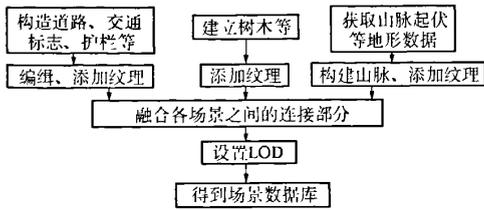


图 2 虚拟高速公路及场景建模流程图  
Fig. 2 Flow chart of the expressway and environment modeling

### 2.2 高速公路主动安全保障工程设施建模

安全保障工程设施是交通工程设施的一部分,除了满足设计规范的要求,还应在设计中吸取国内外高速公路建设的经验教训,同时考虑驾驶员的道路安全感,“以人为本,以车为本”,设置完善高速公路安全保障系统<sup>[4]</sup>. 西汉高速秦岭北麓路段是西汉高速公路的一部分(K33 + 52.5 ~ K58 + 870). 该路段从 K58 + 870 至 K33 + 52.5 下行线纵坡度的走势为连续下坡并且最大纵坡为 5%,最小平曲线半径为 170 m,大部分路段平曲线半径小于 300 m. 因此,针对西汉高速秦岭北麓路段整体情况的特殊性,进行危险路段安全设施研究,达到防患于未然的目的. 图 3 为在 西汉高速秦岭北麓路段现场勘查的部分纹理贴图原始照片、图 4 为三维虚拟路障模型、图 5 为减速带虚拟模型、图 6 为强制控速设施配套警告标志,用来提示驾驶员前方有车辆能够产生较大冲击的减速丘,以消除减速丘存在的安全隐患.



图 3 纹理贴图原始照片  
Fig. 3 Actual photo of textures

### 2.3 公路安全保障设施在虚拟高速公路中的场景驱动

在高速公路安全保障工程虚拟现实技术研究中,为评价所设计安全保障工程设施的可行性. 要求既能够逼真的提供道路及环境画面,同时还要

能实现场景的道路上进行模拟驾驶,实时交互控制. 因此,在整个道路及环境建模完成之后,需要在人-车-路(环境)联合运行虚拟仿真系统平台上进行视景驱动. 笔者的视景驱动系统采用能够较好支持 OpenFlight 数据库的交互式仿真软件 Vega,程序开发平台选用 Visual C++ 6.0 集成开发环境虚拟仿真平台如图 7. 该平台包括视景仿真图形工作站(三通道)、车辆动力学结算工作站、三通道 RC(Reality Center)系统和模拟驾驶操作实验台等<sup>[5]</sup>. 将安全保障工程设施模型应用于虚拟西汉高速公路模型中并进行场景驱动,如图 8 所示.

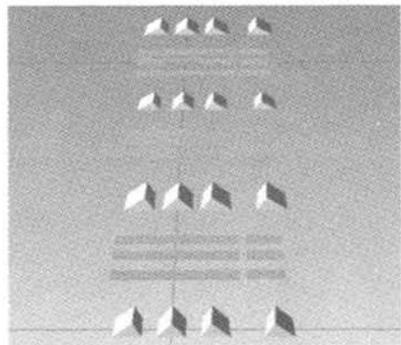


图 4 三维虚拟路障模型  
Fig. 4 3-D model of virtual road - block

图 5 减速带虚拟模型  
Fig. 5 3-D model of speed - down road - block



图 6 强制控速设施警告标志  
Fig. 6 Caution sign of speed control facilities



图7 人-车-路联合运行虚拟仿真实验室  
Fig.7 Virtual simulation lab of the combined operation of DVR



图8 西汉高速公路及安全保障工程设施模型及驱动  
Fig.8 Model and driver of Xihan expressway and safety ensuring facilities

### 3 驾驶员道路安全感评价仿真试验评价

本研究在已证明驾驶员道路安全感虚拟现实技术可行性的基础上<sup>[7]</sup>,从驾驶员的道路安全感觉和客观安全效果入手,通过在人-车-路联合运行实验室中的仿真试验,经过虚拟道路安保前后的车速对比得到安保前后的虚拟试验车速对比表,如表3所示。从表1和表3可见,试验结果为加入安全保障工程设施的虚拟道路危险路段行车速度从预测车速改善为计算安全控制车速,由此可见,安保工程设施的加入明显改善了虚拟道路行车环境,提高了道路的安全水平。同时,在不降低安全水平前提下,提高了道路的通行能力。因此,经过对西汉高速虚拟道路试验结果的分析,该路段安全保障工程的设计方案比较成功,为公路安全保障工程技术的发展提供了高科技手段。

### 4 结论

(1)根据在建西汉高速公路秦岭北麓路段施工图和现场勘查资料统计,通过对西汉高速公路的道路线形分析以及对下坡路段运营安全性检测计算与评价,确定出包括主动控速设施和配套标志的公路主动安全控制系统方案。

(2)对西汉高速进行了完整路段的道路和场景建模,以及高速公路主动安全保障工程设施建模,生成采用安保措施后的西汉高速虚拟模型。在人-车-路联合运行仿真平台上实现了基于Ve-

ga的视景模型驱动,并在有三通道投影的柱面屏幕上显示出能使试验者有较强沉浸感的视景。

(3)利用三维虚拟现实实时动态模拟试验平台,针对所建高速公路的虚拟现实状况,进行了驾驶员道路安全感评价的模拟试验,证明所设计安全保障工程设施在西汉高速中的可行性。

表3 西汉高速部分危险路段安保前后  
虚拟试验车速对比表

Tab.3 Contrasts of virtual test speed before and after safety ensuring engineering of Xihan expressway

序号	平曲线半径/m	纵坡度/%	小轿车	
			安保后平均车速/(km·h <sup>-1</sup> )	安保前平均车速/(km·h <sup>-1</sup> )
1	1 400	4.6	98	100
2	直线	4.6	98	103
3	460	4.6	71	95
4	460	3.8	73	95
5	360	3.8	68	86
6	360	5.0	68	78
7	直线	5.0	90	98
8	350	5.0	84	98
9	350	3.0	84	96
10	直线	3.0	89	92
11	200	3.0	62	93
12	200	4.7	61	85
13	390	4.7	67	81
14	340	4.7	71	77
15	340	2.8	70	75

### 参考文献:

- [1] 魏朗,高丽敏. 道路交通安全性评估模式的探讨[J]. 安全与环境学报,2004,4(6):93-95.
- [2] MultiGen Paradigm Inc. The MultiGen Creator Online Help Summary[M]. MultiGen; MultiGen Paradigm Inc, 2003.
- [3] 魏朗,陈涛. 汽车驾驶员车速控制模式的模拟研究[J]. 汽车工程,2005,27(6):696-701.
- [4] 吴汉杰,李琳. 浅谈高速公路交通安全设施设计[J]. 中南公路工程,2002,27(2):93-96.
- [5] 陈涛. 人一车一路(环境)联合运行虚拟仿真理论与实现技术研究[D]. 西安:长安大学汽车学院,2005.
- [6] 张铁军,唐铮铮,宋楠. 公路安全保障工程对下坡急弯路段车辆运行特征影响分析[J]. 公路交通科技,2007,24(1):130-133.
- [7] 袁望方. 驾驶员道路安全感虚拟现实评价技术研究[D]. 西安:长安大学汽车学院,2006.

(下转第95页)

- [5] 李桂香,赵明华,牟文龙,等. 资源节约型社会评价指标体系构建初探[J]. 济南大学学报:自然科学版, 2006,20(4):350-353.
- [6] 刘晓洁,沈 镭. 资源节约型社会综合评价指标体系研究[J]. 自然资源学报,2006,21(3):382-391.
- [7] 张 云,左其亭,凌敏华,等. 基于 GIS 的水资源评价信息系统开发研究与应用[C]//中国水论坛第四届学术研讨会论文集——人水和谐理论与实践. 北京:中国水利水电出版社,2006:927-932.
- [8] 张 云. 人水和谐量化理论及应用研究[D]. 郑州:郑州大学环境与水利学院,2006:39-47.

## The Evaluation System Development of Resource - efficient Society

WANG Li, ZUO Qi - ting, LIN Ping

(School of Environment and Water Conservancy, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** The resource-efficient society evaluation is the foundation of rational developing and fully using of resources. However, The resource-efficient society evaluation is complicated and there is none universal resource-efficient society evaluation system. In view of this situation, according to the needs of basic tasks and the practice work in a resource-efficient society, this paper researches into the functions, structure, data organization and the realization of key technologies of the resource-efficient society evaluation system. The evaluation system is used in the research on development level of resource-efficient society in the provincial-level administrative region in China. Results show that the evaluation system is accurate and convenient.

**Key words:** resource-efficient society; evaluation; system development; application

(上接第 82 页)

## Study on Expressway Safety Ensuring Engineering with Virtual Reality Technology

WEI Lang, YUAN Wang - fang, CHEN Tao

(School of Automobile, Chang' an University, Xi' an 710064, China)

**Abstract:** This paper introduces highway safety ensuring engineering based on virtual reality technology. As is known, it has become a severe challenge to guarantee the road traffic safety at the highway in China and in turn it is of great urgency to establish a pre - construction road safety ensuring system. According to the shop drawing and spot statistical data of Xihan expressway, this paper forecasts the vehicle speed of the sections of the expressway and assesses the safety probability on the traffic engineering facilities and lighting system of the roads, tunnels and bridges through virtual simulation, so as to find the operational safety problems of design in designing phase of Xihan expressway. Therefore, the authors design the active safety control system of Xihan expressway including active speed control facility and suitable signs. Then, the virtual simulation model of safety ensuring engineering has been done using virtual reality technology and applied to virtual expressway mode. And, finally, this paper studies whether the safety ensuring engineering is feasible using virtual test. All the application results show that the method can be taken as an effective means for the road operational in the road construction.

**Key words:** virtual reality; safety ensuring engineering; active safety control; vehicle speed