

第九届中国智能交通年会 优秀论文集

第九届中国智能交通年会学术委员会 编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

第九届中国智能交通年会 优秀论文集

第九届中国智能交通年会学术委员会 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

第九届中国智能交通年会大会论文集汇集了国内外城市道路、公路、铁路、航空、水运等不同智能交通领域的优秀论文 58 篇, 主要包含智能交通的发展与政策、智能交通技术、智能交通应用、智能交通的成果及转化以及智能交通领域最近的热点研究。对智能交通相关领域的技术人员、学者等有重要的参考价值。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

第九届中国智能交通年会优秀论文集/第九届中国智能交通年会学术委员会编. —北京: 电子工业出版社, 2014.10
ISBN 978-7-121-24533-6

I. ①第… II. ①第… III. ①公路运输—交通运输管理—智能控制—中国—学术会议—文集
IV. ①U495-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 239904 号

责任编辑: 赵 娜

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 880×1230 1/16 印张: 29.5 字数: 755.2 千字

版 次: 2014 年 10 月第 1 版

印 次: 2014 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 398.00 元 (含光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

编委会名单

主 编

吴忠泽

副主编

武 平 金茂菁 关积珍

编 委

杨 颖 郭丽君 贺 松 贾 研

学术委员会名单

主任委员

黄 卫

副主任委员

张 军 王笑京 王长君 严新平 贾利民 李克强

评审委员（按姓氏字母排序）

常振臣	戴 斌	付长青	顾怀中	关积珍	关 伟	郭继孚
龚进峰	胡家兴	胡江碧	姜廷顺	李正熙	梁玉庆	林维望
刘春煌	刘怀汉	陆化普	罗俊仪	马 林	冉 斌	施朝健
史其信	史天运	孙立军	王殿海	王 刚	王家捷	王军利
王 庆	王 炜	王 勇	王云鹏	谢 飞	谢振东	徐建闽
徐亚国	杨东援	杨 琪	杨晓光	余 志	张淑芳	张遂征
张 毅	赵新勇	朱 中				

目 录

优秀论文

城市交叉口道路指路标志布设方案的智能构建研究	3
交通事故三维车辆与道路耦合动力学建模算法研究	10
基于速度和比功率(VSP)划分的轻型车油耗模型	22
高速公路交通事件延误时间预测模型	29
车路无线通信网络测试系统开发	38
一系橡胶弹簧刚度变化研究	46
基于改进的遗传算法的城际铁路开行方案研究	54
一种基于模糊理论的避撞预警算法	63
指路标志数据库智能构建技术的研究及应用	71
高速公路大货车长期违法占道判别模型研究	77
基于车辆行驶数据的营运车驾驶员疲劳驾驶监控研究	85
双层K近邻短时预测算法参数分析及验证	97
双机热备自动过分相控制系统方案设计	104
自动驾驶车辆最短引导距离及引导策略研究与分析	115
城市干道动态绿波控制研究	125
基于多源交通数据可靠性的行程时间短时预测	132
动车组开行计划优化模型及求解算法的研究	141
基于时间序列相似挖掘算法的汽车运动研究	148
基于微粒群算法的智能交通传感器网络最优化覆盖调度研究	156
面向服务的大型铁路客运站管理系统研究	166
高速列车牵引传动系统可靠性建模及安全评估	175
一种基于小波去噪的车站广播设备的检测方法	181

录用论文

周期损失时间 L 进入负值的精细化最优自适应交通信号控制	191
过饱和状态交叉口群动态交通控制优化设计技术研究	201
ATIS环境下交通行为效应研究	212
交通事故引起的拥堵蔓延模糊神经网络预测方法与实例分析	220
行人与非机动车辆过街行为研究	229
基于RBF神经网络因子分析法的汽车保有量预测研究	236
基于行车日志的营运车辆运行动态监管研究	243
基于RFID和图像识别技术的综合交通违法监管系统设计	250
基于电警卡口的旅行时间计算方法	256
基于搭接相位的双向绿波协调控制设计方法	262
基于贝叶斯估计的OD预测方法研究	267

基于多元回归分析的综合交通枢纽客流预测方法研究	273
上海市公交专用道路段通行能力研究	279
基于网格时空背景差模型的高速公路车辆检测算法研究	288
城市综合客运枢纽换乘联运协同机制研究	294
基于电子车牌的未来道路监管前端系统形式初探	301
大城市中心区新能源公交车选型决策方法研究	307
动漫游戏体验技术在中小學生交通安全教育中的运用	318
国内外交通安全宣传教育网站对比研究	323
基于移动互联技术的非现场执法系统框架设计	331
基于智能模型的可持续交通宏观策略优化研究	339
动车组高级修作业管理系统的研究与开发	345
基于工作流的动车组关键配件全生命周期管理系统研究	351
基于 S1000D 的动车组维修技术信息管理平台研究	362
TEDS 监控设备联网应用技术研究	369
既有站铁路应急检票系统的应用研究	376
基于 NRF24L01 的高铁车地无线传输系统研究	381
铁路工地混凝土拌和站质量监控及生产管理系统研究与应用	386
铁路信息化顶层设计方法与实践研究	394
铁路信息化数据架构研究与设计	402
铁路车辆应急指挥信息系统的研究与开发	410
蓄电池快速充电系统在动车组上的应用	417
基于数值仿真的枕梁多道焊焊序优化	432
定制公交线路优化模型及求解算法	439
智慧交通大数据平台设计开发及应用	447
The Simulation Study of the Internet of Things (IOT) technology based on Modern Logistic Distribution Synergy	457

文后附录

优秀论文

城市交叉口道路指路标志布设方案的智能构建研究

郑健 黄敏 李尔达 潘嘉杰

(中山大学工学院 广东省智能交通系统重点实验室, 广东 广州, 510006)

摘要: 为了实现指路标志的智能化布设, 本文在现有的指路标志布设现状的基础上提取了指路标志布设规则, 提出了基于城市交叉口的道路指路标志智能布设方案。首先, 以城市道路交叉口为布设对象, 在每个交叉口处布设指路标志点; 然后, 根据交叉口的类型、几何特征、道路等级生成相应的指路标志牌面; 再次, 根据指路标志指引信息与路网的拓扑结构, 将指路标志指引信息分为三类: 状态性标识、连接性标识、方向性标识, 依据交叉口的道路等级、几何转向等信息给出了指引信息选取规则和生成算法。最后, 将该布设方案应用于道路命名改善方案下的广州大学城, 并对其指引可达性进行了分析评价。实验结果表明, 该布设方案是有效、可行的。

关键词: 指路标志; 布设方案; 交叉口; 指引信息选取; 可达性分析

Research on intelligent Deployment Program of Road guide signs Based on Urban Road Intersections

ZHENG Jian , HUANG Min, LI Erda, PAN Jiajie

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Intelligent Transportation System, School of Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, Guangdong, China)

Abstract: In order to realize intelligent deployment of guide signs, this paper extracted the deploying principles of guide signs from the existing guide signs system and proposed a program for deploying guide signs. Firstly, road intersections were taken as deployment objects, and guide sign points were deployed at each intersection. Secondly, guide sign panel was generated according to the geometry type of intersection and the level of road. Thirdly, according to the relationship of guiding information and road network topology, guide sign information was classified into three categories, namely, location signs, connection signs and direction signs. Then the guide sign deployment algorithms were constructed based on the previous studies. Finally, the deployment program was tested in Guangzhou Higher Education Mega Center and the guiding accessibility of the resulted deployment was analyzed, which revealed that the present program of deploying guide signs was feasible and effective.

Key Words: guide sign; deployment program; road intersection; selecting guide signs; analyzing the guiding accessibility

1 引言

指路标志是道路交通的语言,随着我国城市道路的迅猛发展,指路标志作为静态指引设施在道路指引等功能上起到的作用不容忽视。因此,对指路标志布设的研究越来越引起人们的重视。根据驾驶员对交通标志设置的需求,指路标志应该布设在驾驶员从车内最容易看到的地方,且一个地点不应设置多个指路标志^[1]。对于指路标志版面设置,从指路标志的易读性入手,有学者给出了标志牌面字体、边框、箭头、图形等设计的比例及标志牌设置的合适距离^[2-6]。当驾驶员不熟悉路线走向时需要指路标志指引,所以指路标志的布设要能够体现下游路线信息^[7]。有研究对道路网络进行了分层,并对道路指引信息进行分类,结合不同的道路功能需求布设指路标志^[8]。基于驾驶员的视认特性,通过模拟实验等手段,指出保障驾驶安全的前提下,每个标志牌显示的指引信息为4~6个是最利于驾驶员接收的数量^[9]。

本文结合前人的研究,在现有的指路标志布设现状的基础上提取了指路标志的布设规则,提出了基于交叉口的道路指路标志智能布设方案,该方案首先在每个交叉口处布设指路标志点;然后,根据交叉口的类型、几何特征和道路等级生成相应的指路标志牌面;再次,根据指路标志指引信息选取规则,设计生成了指引信息的选取算法,实现了对指引信息的智能选取。最后,将该指路标志布设方案应用于道路名称改善方案下的广州大学城,并且对布设结果的可达性进行了评价分析,实验结果表明,该布设方案是有效的、可行的。

2 指路标志数字化表述

2.1 路网

路网是由若干交叉口结点和路段组成的网状结构,描述了道路和交叉口之间的关系^[10],本文参考结点-弧段表示法定义路网数据,根据路网拓扑结构,交通路网数据包括交叉口位置、交叉口类型、交叉口几何特征、道路等级、道路转向等信息。根据交叉口位置数据可以确定指路标志的布设地点;根据交叉口类型、几何特征、道路等级等路网数据可以确定生成的指路标志牌面样式;路网数据中的道路转向、道路等级等为指路标志指引信息的选取提供了依据。

2.2 指路标志

指路标志数据主要涉及三部分:指路标志点、指路标志牌、指路标志项^[10]。三者的关系如图1所示。指路标志点与路网相关联,传达指路标志牌所在的地理位置,图中布设指路标志的E点即为指路标志点,一个标志点可布设一个或多个指路标志牌;指路标志牌传达前方交叉口的几何信息以及指引信息,图中指路标志牌传达了前方交叉口是十字形交叉口以及通过前方交叉口可以到达的六个目的地;所谓指路标志项就是指指路标志牌上的每个指引信息,将指引信息函数化、粒度化。用 RS 表示指路标志项^[11],主要的描述信息包括: $RS.larc$:指路标志项所处弧段; $RS.node$:指路标志项指示的交叉口; $RS.narc$:通过指示交叉口第一个到达的弧段,简称下一弧段; $RS.dir$: $RS.narc$ 相对于 $RS.larc$ 的转向; $RS.inf$:指路标志项指示的信息。图中指路标志牌共有6个指路标志项,以左转方向的指路标志项“石槎路”为例,对应的主要描述信息为: $RS.larc=AO$; $RS.node=O$; $RS.narc=OB$; $RS.dir=3$ (左转); $RS.inf=$ “石槎路”。

3 指路标志布设方案的智能构建

指路标志的布设即确定指路标志布设的位置、指路标志牌面样式以及提供的指引信息。本文根据归纳的指路标志布设规则,生成了指路标志智能布设方案。该方案首先选取每个交叉口并布设指路标志点,之后根据交叉口的路网数据选择指路标志牌面样式,然后根据指引信息选取规则生成牌面上的指引信息。该布设方案的整体流程如图2所示。



图1 指路标志数字化表述示意图

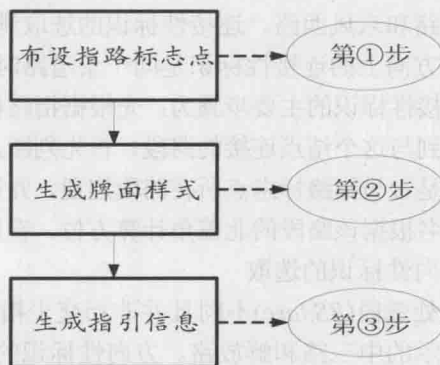


图2 指路标志布设整体流程

3.1 指路标志牌面样式的确定

指路标志牌面的选取与前方交叉口的特性有关,根据一般城市交叉口的几何特性设计了4种指路标志牌面样式,如图3中(a)、(b)、(c)、(d)所示。根据不同的需求选取相应的指路标志牌面。

生成指路标志牌的主要步骤为:首先在交叉口处布设指路标志点,然后在指路标志点上布设指路标志牌。根据交叉口的路网数据判断交叉口的类型,如果是非平面交叉口则选择牌面样式a;如果是平面交叉口,首先根据路网数据中的道路等级数据判断是否需要描述前方交叉口的几何形状,如果需要则根据交叉口的具体几何形状选择牌面样式b和c,如果不需要描述前方交叉口的几何形状,则选择牌面样式d。

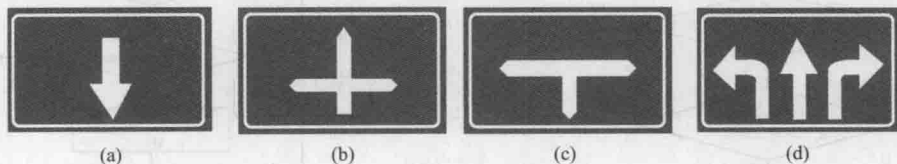


图3 指路标志牌面样式

3.2 指路标志指引信息的选取

根据指引信息与路网的拓扑结构,将指路标志项分为状态性标识、连接性标识、方向性标识^[10]。指引信息的选取顺序依次为:状态性标识的选取,连接性标识的选取,方向性标识的选取。

(1) 状态性标识的选取

称与所处弧段($RS.larc$)相同的指引信息($RS.inf$)为状态性标识。如图4中所示的北京西路。根据定义,直接选取指路标志所处的路段信息作为状态性标识。

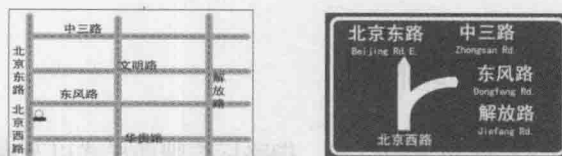


图4 指路标志项分类示意图

(2) 连接性标识的选取

称与所处弧段($RS.larc$)相交于指示交叉口($RS.node$)的下一弧段($RS.narc$)为连接性标识。如图4中所示的北京东路和东风西路。连接性标识的选取满足以下规则：连接性标识不能与状态性标识相同；当左转和右转方向上的连接性标识是同一条道路时，在连接性标识项后面加上方向性文字加以区分。

选取连接性标识的主要步骤为：先根据指路标志点所在的路段找到其关联的前方结点，然后再根据这个结点找到与这个结点连接的路段，首先判断是否与状态性标识相同，如果与状态性标识不相同，判断这条路段是否与指路标志点所在路段连通，并计算其转向，之后判断左右转方向上的连通路段是否同名，如果同名根据该路段的北偏角计算方位，在同名路段后面加上方向性文字。算法流程如图5所示。

(3) 方向性标识的选取

称与所处弧段($RS.larc$)不同且并非相交于指示交叉口($RS.node$)的指引信息($RS.inf$)为方向性标识。如图4中所示的中三路和解放路。方向性标识的选取满足以下规则：与连接性标识不同名称；方向性标识的道路等级要高于或等于状态性标识的道路等级；在满足以上两个条件下，选取道路等级最高的路段，如果等级最高的路段有多条，则按照直行>右转>左转>掉头^[12]的优先原则进行选取。

选取方向性标识的主要步骤为：先根据指路标志点所在的路段找到其关联的结点以及与这个结点相连接的路段，如果路段的编号与指路标志点所在的路段编号不一致且连通，则比较相邻弧段中的等级，选取等级最高者，若有多条，按照转向优先性做出选择：直行>右转>左转>掉头^[12]。选取完毕之后计算其转向。如果找不到则按照规则继续搜索下一个结点，当搜索范围超过预先设定的阀门则停止。算法流程如图6所示。

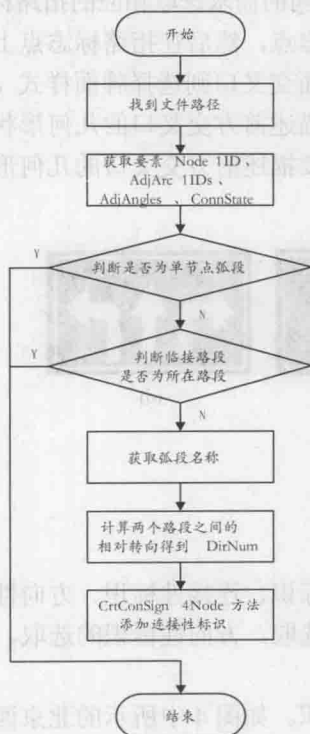


图5 选取连接性标识算法流程图

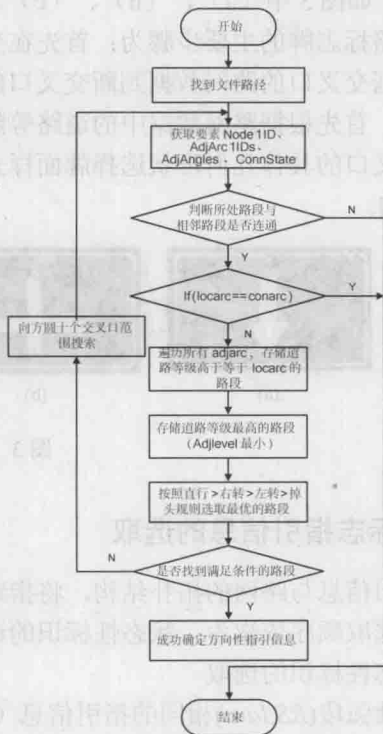


图6 选取方向性标识算法流程图

以图 7 为例介绍选取指引信息的具体流程。首先根据指路标志布设的路段,选取北三路作为状态性标识;之后根据连接性标识的选取规则,由于直行方向上的下一路段北三路与状态性标识相同,故放弃对直行方向上的连接性标识的选取。由于左右转方向上的连接性标识都是中环东路,故在后面加上方向性文字加以区分;然后根据方向性标识的选取原则,即选择道路指引等级最高的路段,如果最高路段有多条,按照直行>右转>左转>掉头的优先原则进行选取,此处选取外环东路、北一路、北四路分别作为直行、左转、右转方向上的方向性标识。



图 7 指引信息选取示意图

4 实例应用

基于广州大学城交叉口的路网特性和交通需求,制定了广州大学城各道路指引信息等级分类,利用 C#语言以及 Arc Engine 二次开发组件生成了广州大学城交叉口道路指路标志智能布设方案。该方案成功实现了对城市交叉口道路指路标志的智能布设。

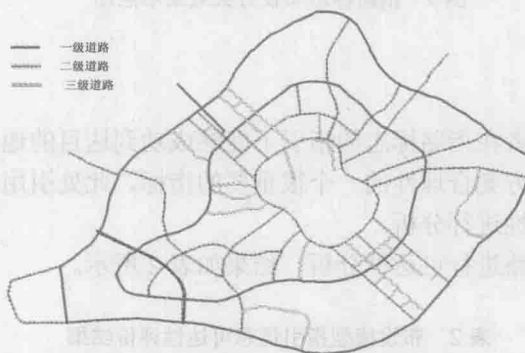


图 8 广州大学城路网结构图

表 1 广州大学城道路指引等级分类表

道路等级	道路名称
一级道路	外环东路、外环西路、中环东路、中环西路、生物岛隧道、南沙快速、金洲南路
二级道路	内环西路、内环东路、星海东路、中心大街北、中心大街南、中大西路、中大东一路、广外西路、广外东路、广中医路、广药路、华工北路、华工南路、广工一路、国医东路、国医西路、广美路、郭壆大街、广州大学路、北亭村大街、青蓝街、贝岗村大街、科普路、静宁路
三级道路	华师一路、精英路、模范路、风貌街、中大东二路、穗石村大街、明志街、立德街、尚法街、求真街、溪苑街、文秀街、俊贤街、广工二路、华师二路、华师三路、星海西路、主场东路、主场西路、南亭村大街、中心湖区环路

4.1 广州大学城路网特点与道路等级分类

结合小谷围岛的自然形态将大学城沿岛的自然边界走向规划了三条由内到外的三条环线,形成“外环、中环、内环”三大环的独特路网,环线之间的区域通过放射性的道路进行分割如图 8 所示。根据广州大学城的路网特性和交通需求,将广州大学城的道路按照车流量大小和功能高低分为三个等级,如表 1 所示。

4.2 广州大学城指路标志智能布设方案应用

以广州大学城为实验区域,应用该指路标志智能布设方案,共生成了 429 个指路标志点,429 个指路标志牌,1885 个指路标志项。效果图如图 9 所示。



图 9 指路标志布设方案效果示意图

4.3 评价分析

指路标志可达性是指出行者在指路标志的指引下能够成功到达目的地,对指路标志布设方案进行指引可达性分析是评价该布设方案合理性的一个很重要的指标。此处引用前人的可达性分析算法^[13],对该指路标志布设方案的合理性进行分析。

对选取中山大学附近的道路进行可达性分析,结果如表 2 所示。

表 2 布设模型指引信息可达性评价结果

	中大西路	中大东二路	中大东一路	广外东路
指引标识项数	33	5	20	27
连续标识项数	33	5	20	26
指引可达性	100%	100%	100%	96.3%

从分析结果图中可以看到,绝大部分交叉口布设的指路标志可达性是良好的,反映了该布设方案的可行性。对于少部分可达性不足 100%的指路标志项,由于受到指路标志牌面指引信息数量、指引优先等级等规则限制,部分交叉口标识牌上缺少对某些标识项的指引。

5 结语

指路标志智能布设方案的提出加快了指路标志信息化、智能化的步伐,使得指路标志从布设到管理变得更加方便、快速、精确。本文首先根据现有的指路标识布设现状提取出指路标志布设规则,然后根据相应的布设规则针对城市交叉口构建了指路标志智能布设方案。包括生成指路标志点,选取指路标志牌面样式,选取指路标志指引信息。最后将该布设方案应用于广州大学城并对其指引可达性进行评价分析。实验结果表明,该方案可有效支持城市交叉口指路标志的自动布设。该方案只针对交叉口进行道路指路标志的布设,对整个路网而言,除交叉口道路指路标志外,还有路段指路标志、兴趣点指路标志等,在后续的研究中,会对这些方面进行深入的探讨,以便更好地完善指路标志智能布设方案在指路标志智能布设系统中的功能。

参考文献

- [1] 刘浩学.公路交叉口交通标志设置的功效率分析 [A].交通运输工程学报, 2001.
- [2] Donald T.M., Martin T.P., et al. Proportion-Based Format System for Freeway and Expressway Guide Signs[J]. Journal of Transportation Engineering, 136(3): 267-275, 2010.
- [3] Vaughan W.L., Bryan J.K. and Fred R. Navigation Signing for Roundabouts[J]. Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board, 1973: 18-26, 2006.
- [4] Discetti P. and Lamberti R. Traffic Sign Sight Distance for Low-Volume Roads[J]. Journal of the Transportation Research Board, 2203: 64-70, 2011.
- [5] Guo T.Y., Deng W., Lu J. Placement distance of freeway exit advance guide sign and its safety impacts[J]. Journal of Southeast University: English Edition, 26(4): 622-627, 2010.
- [6] 刘伟铭,邓如丰,张阳等.高速出口前置指路标志的安全距离设置模型[J].华南理工大学学报(自然科学版), 41(2): 37-42, 2013.
- [7] 王跃辉,彭国雄.指路标志设置位置的研究.技术与方法, 2004.
- [8] Highway Guide and Information Sign Manual[S]. Alberta Infrastructure and Transportation. A4_2-A4_4, Oct. 2006.
- [9] 林雨,潘晓东,方守恩.指路标志信息量与认知性关系研究[A].交通运输工程与信息学报, 2005.
- [10] 黄敏,余志,张小兰.基于交叉口特征的指路标志建模方法[J].西南交通大学学报, 2007,42(1): 110-114.
- [11] M. Huang, H.B. Wu, M.L. Rao: Analysis Model for the Continuity Evaluation of Guiding Information. Applied Mechanics and Materials (Advanced Transportation), 2011, 97-98, 903-906.
- [12] 李敏,黄敏,钮中铭,李尔达.诱导系统数据模型在城市指路标志智能布设中的应用[J].计算机应用与研究, 2014,31(2): 457-460.
- [13] 李敏,黄敏,钮中铭,李尔达.基于道路指引等级的指路标志可达性分析及评价[A].第八届中国智能交通年会优秀论文集——智能交通[C].2013.

交通事故三维车辆与道路耦合动力学建模算法研究

贾丰源¹ 黄 练² 李春燕² 关志超^{2,3}

(1. 同济大学 汽车学院 上海 201804;

2. 深圳市综合交通运行指挥中心 深圳 518040;

3. 深圳市交通控制与仿真工程中心 深圳 518004)

摘 要: 当前, 道路交通日益向高速化和重型化发展。无论是在高速路网还是城市道路, 车辆行驶速度和轴重的提高, 车辆的行驶稳定性、舒适性、安全性以及道路的过早破坏成为人们关注的焦点问题。车辆和道路是一个相互作用的整体, 应当作为一个耦合的体系进行研究。但是, 车辆动力学和道路动力学是两个独立的学科, 车辆动力学将路面作为激励, 研究汽车的操控性、舒适性和安全性; 而道路动力学是将车辆作为移动载荷, 研究路基路面的响应、寿命和破坏类型。如何建立两个学科的结合与跨学科研究模式, 把符合实际振动状况的轮胎模型、车辆模型与道路模型有机地结合起来, 是一个充满挑战而且亟待解决的关键课题内容, 也是交通事故分析研判的理论基础之一。

关键词: 车辆工程; 交通事故; 车辆动力学; 道路动力学; 车辆与道路耦合

Research on Three-Dimensional of Vehicle and Road Coupling Dynamics of Model and Algorithm in Accidents

JIA Feng-yuan¹, HUANG Lian², LI Chun-yan², GUAN Zhi-chao^{2,3}

(1 Tongji University, College of Automotive Engineering, Shanghai, 201804, China

2 Shenzhen transportation operations command center, Shenzhen, 518040, China

3 Shenzhen Traffic Control and Simulation Engineering Center, Shenzhen, 518004, China)

Abstract: Road traffic is developing to higher speed of vehicle and more flow of vehicle at present. Raising vehicle speed and axle load, driving stability, comfort and safety and untimely damage of pavement have become the focus of attention whether in highway or in urban road. Vehicle and road is an interaction integral, so they should be regarded as a coupling system to study. But vehicle dynamics and road dynamics are two independent disciplines. Vehicle of incentive comes from pavement in vehicle dynamics theory. Vehicle dynamics studies on vehicle handling, comfort and safety. Vehicle is regarded as moving load in road dynamics theory. Road dynamics studies on response of subgrade and pavement, life of subgrade and pavement and destruction type. How to establish the combination of two disciplines and how to establish the combination of tire vibration model and vehicle model and road model is a challenging and critical issues to be solved. Meanwhile it is also the theoretical basis of analyzing traffic accident.

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划) 专题课题(SQ2008AA11Z2470423)、住房和城乡建设部科技计划项目(2011—2012)、深圳市政府科技计划项目(CXZZ20130322101420409)。

Key words: vehicle engineering, traffic accident, vehicle dynamics, road dynamics, vehicle and road coupling

1 引言

随着道路交通的迅猛发展,运输车辆向重型化、高速化演变。由汽车动载引起的道路路面过早损坏已成为突出问题,同时路面的过早损坏又严重影响行车的安全性、舒适性,引起车辆的振动加剧,从而进一步加大车辆对道路动载,以此往复产生恶性循环,引发大量交通事故。

交通事故中,车辆与道路耦合动力学建模是构建三维整车与地基板耦合模型,通过轮胎动载把车辆与道路连结起来,利用车辆动力学、道路动力学、轮胎动力学的模型建立车辆与道路耦合系统,同时研究汽车与道路的振动,深入研究汽车与道路相互作用机理,用以仿真车辆与道路耦合系统。通过振动理论、弹性动力学理论、Galerkin 方法和直接数值积分法研究车辆与道路系统的动态响应,比较耦合模型与传统汽车、道路模型的区别,分析车路耦合作用的影响,并考虑车路系统的非线性和道路黏弹性,分析车路耦合系统的非线性动力响应。

将三轴重型汽车的两个驱动轴等效为一个轴,采用七个自由度整车模型仿真车辆。道路路面和路基用黏弹性地基上双层薄板模拟,上层板代表道路路面层,下层板代表道路的路基,假设条件:①路面不平顺采用正弦函数;②路面各层材料为各向同性的线弹性材料;③车辆沿路面纵向,从路面长度中点向右行驶。建立三维车辆与道路耦合机理模型^{[1][2]},详见图 1 所示。

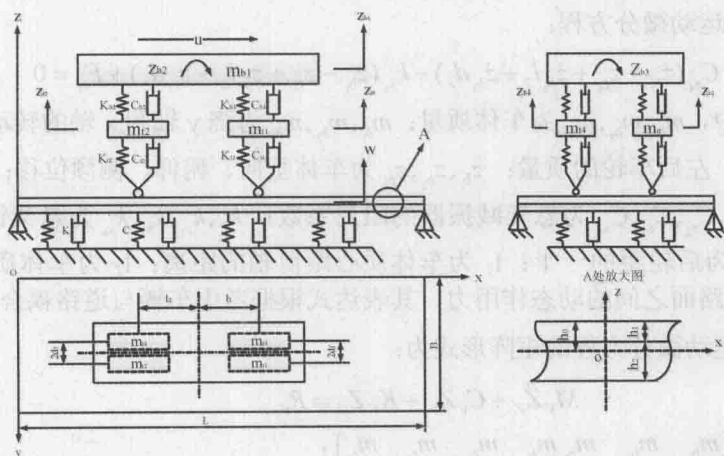


图 1 三维车辆与道路耦合机理模型结构

2 三维车辆与道路耦合体系建模

2.1 车辆体系运动微分方程模型

根据达朗贝尔函数原理,建立七个自由度整车的运动微分方程。

① 车辆的垂向运动微分方程:

$$m_b \ddot{z}_b + C_{s1} (\dot{z}_b - \dot{z}_{t1} - \dot{z}_{b2} l_1 - \dot{z}_{b3} d_f) + k_{s1} (z_b - z_{t1} - z_{b2} l_1 - z_{b3} d_f) + C_{s2} (\dot{z}_b - \dot{z}_{t2} + z_{b2} l_2 - \dot{z}_{b3} d_r) + k_{s2} (z_b - z_{t2} + z_{b2} l_2 - z_{b3} d_r) + C_{s3} (\dot{z}_b - \dot{z}_{t3} + \dot{z}_{b2} l_1 + \dot{z}_{b3} d_f) + k_{s3} (z_b - z_{t3} - z_{b2} l_1 + z_{b3} d_f)$$