

JIAOTONG SHIGU
SHUZHUA CHONGGOU
LILUN YU SHIJIAN

交通事故数字化重构 理论与实践

金先龙 张晓云 著



人民交通出版社
China Communications Press

3

U491.31-39

J813.1

Jiaotong Shigu Shuzihua Chonggou Lilun yu Shijian

交通事故数字化重构理论与实践

金先龙 张晓云 著

人民交通出版社

内 容 提 要

全书共九章:第一章分析了交通事故数字化重构技术的国内、外研究现状和发展趋势。第二章介绍了用于交通事故现场重构的摄影测量方法。第三、四、五、六、七章则分别讨论了用于交通事故过程重构的5种主流方法,包括:冲量/动量方法、能量/变形方法、多刚体模型方法、有限元模型方法以及行人数字模型方法。第八章和第九章主要研究了在交通事故数字化重构中需要用到的两种新技术:并行计算技术和远程计算技术。

本书体系完整、内容丰富、取材新颖。可供与交通事故处理、鉴定、分析、防范等相关的政府机关、研究机构、大专院校、交通警察、保险公司以及各类交通事故鉴定中心和交通事故物损评估中心的技术人员阅读参考,也可供汽车、摩托车等交通工具,公路、隧道、桥梁等交通建筑的规划、设计以及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

交通事故数字化重构理论与实践/金先龙,张晓云著.
北京:人民交通出版社,2007. 11
ISBN 978-7-114-06870-6

I. 交… II. ①金…②张… III. 数字技术—应用—交通
运输事故—处理 IV. U491. 31-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 157465 号

书 名: 交通事故数字化重构理论与实践

著 作 者: 金先龙 张晓云

责任编辑: 王振军 白 峰

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.25

字 数: 380 千

版 次: 2007 年 11 月第 1 版

印 次: 2007 年 11 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06870-6

定 价: 45.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

第一作者介绍

金先龙, 男, 博士, 1961年8月出生。现任上海交通大学机械与动力工程学院、上海交通大学机械系统与振动国家重点实验室教授、博士生导师; 上海交通大学高性能计算中心主任; 上海超级计算中心上海交通大学分中心主任; 全国专用汽车技术标准专业委员会副主任; 中国计算机学会高性能计算专业委员会理事; 上海市道路交通安全协会常务理事; 上海市道路交通事故预防咨询专家等。



金先龙教授长期致力于利用计算数学、计算力学的最新理论, 计算机科学与工程的最新技术, 解决工程实际问题。在理论上, 主要研究非线性结构动力学、流固耦合系统动力学的数值计算方法。在技术上, 主要研究并行计算、网格计算和分布计算等高性能计算技术。在应用上, 主要集中在交通运输安全工程领域, 重点研究交通运输工具(汽车、轻轨车辆等)安全性的数值模拟、交通运输建筑(高速公路、隧道、桥梁等)安全性的数值模拟以及交通安全事故的数字化重构和再现等。

1985年至今, 金先龙教授以第一作者或第二作者(第一作者是其指导的研究生)共发表学术论文120余篇, 其中, SCI收录16篇, EI收录80余篇。参加编写了《汽车工程手册(基础篇)》、《专用汽车设计》、《专用汽车构造》、《国外专用汽车新技术》等专业图书和教材。

2000年至今, 金先龙教授作为项目负责人和主要参加者先后承担了近20项国家和上海市的科研项目。其中包括: 国家自然科学基金重点项目1项、国家自然科学基金面上项目2项、国家863计划课题4项、国家教育部博士点基金项目1项、国家科技部社会公益项目1项、上海市科委攻关项目3项、上海市信息委信息化专项6项等。有6项成果通过了上海市科委组织的专家鉴定, 达到了国际先进水平。申请发明专利(已公开)10项, 获得计算机软件著作权8项。

2005年, 金先龙教授作为第一完成人的科研成果“基于超级计算机的结构动力学并行算法设计、软件开发与工程应用”获得了上海市科学技术进步奖一等奖。

第二作者介绍

张晓云，男，1975年5月出生，江苏镇江人，现任上海交通大学机械与动力工程学院讲师，中国机械工程学会高级会员。2004年毕业于上海交通大学车辆工程专业，获工学博士学位(导师：金先龙教授)，同年被评为上海市优秀毕业生。



2001年至今,张晓云博士作为主要研究成员参与了国家自然科学基金项目、教育部博士点基金项目、国家高技术研究发展计划(863计划)项目及上海市的多项科研课题,致力于汽车碰撞数值模拟、道路交通事故虚拟再现及工程CAE分析等方面的研究工作。2007年张晓云博士作为项目负责人承担了国家自然科学基金项目(50705058)“面向行人接触特征的车—人碰撞事故再现优化方法研究(2008.1~2010.12)”。

近五年来, 张晓云博士以第一作者身份在《机械工程学报》、《Vehicle System Dynamics》等刊物上发表论文20篇, 其中SCI检索期刊论文4篇, EI检索期刊论文15篇, ISTP检索论文3篇。

2005年，张晓云博士作为第五完成人的科研成果“基于超级计算机的结构动力学并行算法设计、软件开发与工程应用”获得了上海市科学技术进步奖一等奖。

前 言

世界范围内,交通事故经常发生,导致重大人员伤亡和财产损失。交通事故数字化重构技术的总体思路是:利用动力学原理、数值计算方法和计算机技术,根据事故发生后的现场遗留信息,推断事故发生时的初始条件,在此基础上模拟再现整个事故发生过程。

上海交通大学金先龙教授及其研究团队多年从事交通事故数字化重构技术的理论研究和应用推广工作,本书是近5年最新研究成果的总结。因此,本书作者在此要特别感谢这些研究成果的资助单位、合作单位和全体研究人员。

本书研究成果获得了国家和上海市多项科研项目的资助。其中,包括:国家自然科学基金项目(60174023)“汽车碰撞事故在超级计算机上的虚拟再现(2002.1~2004.12)”、教育部博士点基金项目(20010248008)“汽车碰撞事故在超级计算机上的虚拟再现(2002.1~2004.12)”、科技部社会公益项目(2004OIB2J046)“道路交通事故信息处理与现场重建研究(2005.1~2007.12)”、上海市信息化委员会信息化专项(200412)“安全事故防范的数字化公共平台及其应用(2004.9~2006.8)”、上海市科学技术委员会重大攻关项目(052112024)“数字技术运用于交通事故现场取证及事故再现研究(2005.9~2007.8)”。2007年又承担了国家863计划课题(2007AA11Z234)“行人交通事故的数字化重构技术及其应用示范(2007.8~2009.12)”和国家自然科学基金项目(50705058)“面向行人接触特征的车—人碰撞事故再现优化方法研究(2008.1~2010.12)”。

本书研究成果得到了上海超级计算中心、司法部司法鉴定科学技术研究所、上海市公安局交通警察总队等单位的大力支持和密切合作。上海超级计算中心提供了高性能计算机的硬件和软件资源;司法部司法鉴定科学技术研究所提供了大量交通事故案例和法医学鉴定结论,该研究所下属的上海道路交通事故鉴定中心的专家直接参与了交通事故数字化重构方案的确定和重构结果的讨论。上海市公安局交通警察总队事故防范处提供了部分案例和交通事故资料查询的便利,上海市公安局长宁分局交通警察支队、闵行分局交通警察支队和奉贤分局交通警察支队提供了交通事故现场取证的条件。

本书研究成果还包括了金先龙教授所指导的博士生和硕士生学位论文的部分研究内容。其中,包括:张晓云博士论文(2004年)“基于车身三维变形的汽车碰撞事故再现研究”、元文果博士论文(2006年)“基于并行有限元和神经网络的汽车碰撞事故再现方法研究”、申杰博士论文(2007年)“汽车—行人碰撞事故再现研究与应用”、孙奕硕士论文(2004年)“汽车—乘员—约束系统碰撞安全性的

数值模拟与匹配设计”、陆玉凯硕士论文(2005年)“摄影测量方法和有限元方法在汽车碰撞事故再现中的应用研究”、黄靖硕士论文(2005年)“汽车碰撞事故再现中车辆运动与乘员损伤的数值模拟研究”、喻学兵硕士论文(2006年)“道路交通事故远程仿真系统的研究”、杨群印硕士论文(2007年)“面向人体伤害的车—行人交通事故再现研究”。另外,在读研究生郭磊、刘军勇等也参与了本书的部分研究工作。

以本书研究成果作为主要内容之一,获得了2005年度上海市科学技术进步奖一等奖。

本书研究成果可应用于交通警察和司法鉴定部门的事故鉴定和处理,提高事故鉴定的客观性;可应用于司法机关对交通事故案件的审理,提高案件审理的公正性;可应用于保险公司的车险理赔,提高保险理赔的准确性;可应用于汽车等交通工具制造企业的新产品开发,提高交通工具的安全性;可应用于道路等交通设施的规划和设计,提高交通设施规划设计的合理性;可应用于对各类人员的交通安全培训,提高社会大众交通安全意识的警惕性。

真实交通事故是非常复杂的,受到许多不确定因素的影响。交通事故数字化重构技术还在不断发展和完善中,加之作者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,敬请读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 交通事故数字化重构的目的与意义	(1)
第二节 交通事故数字化重构的现状与趋势	(2)
一、交通事故现场重构技术的现状与趋势	(2)
二、交通事故过程重构技术的现状与趋势	(6)
第三节 本书内容安排	(14)
参考文献	(15)
第二章 基于摄影测量理论的交通事故现场数字化重构方法	(20)
第一节 引言	(20)
第二节 基本理论	(21)
一、近景摄影测量的基本概念	(21)
二、直接线性变换	(23)
三、数字相机的检校	(27)
四、光束法平差数学模型	(32)
五、事故现场摄影测量的拍摄方式和拍摄流程	(37)
六、事故现场摄影测量方法的适用性和精度分析	(40)
第三节 应用实践	(42)
一、典型软件	(42)
二、汽车制动路面印迹摄影测量的典型案例	(43)
三、汽车车身与隔离栏杆变形摄影测量的典型案例	(44)
四、汽车车身与公路护栏变形摄影测量的典型案例	(46)
第四节 本章小结	(49)
参考文献	(49)
第三章 基于冲量/动量原理的交通事故数字化重构方法	(52)
第一节 引言	(52)
第二节 基本理论	(52)
一、车辆运动模型	(52)
二、车辆碰撞模型	(59)
三、轨迹优化模型	(61)
第三节 应用实践	(63)
一、典型软件	(63)
二、机动车与固定物碰撞事故数字化重构的典型案例	(64)

三、机动车与机动车碰撞事故数字化重构的典型案列	(65)
四、多辆机动车碰撞事故数字化重构的典型案列	(67)
第四节 本章小结	(71)
参考文献	(71)
第四章 基于能量/变形原理的交通事数字重构方法	(74)
第一节 引言	(74)
第二节 基本理论	(74)
一、事故重构原理与数学模型	(74)
二、数学模型中关键参数的确定	(82)
三、车身变形的测量准则	(85)
第三节 应用实践	(87)
一、典型软件	(87)
二、机动车与机动车正面碰撞事故数字化重构的典型案列	(88)
三、机动车与机动车侧面碰撞事故数字化重构的典型案列	(93)
四、机动车与机动车追尾碰撞事故数字化重构的典型案列	(97)
第四节 本章小结	(100)
参考文献	(100)
第五章 基于多刚体模型的交通事数字重构方法	(103)
第一节 引言	(103)
第二节 基本理论	(103)
一、多刚体的基本概念	(103)
二、多刚体的建模方法	(105)
三、多刚体运动方程的数值计算方法	(108)
第三节 应用实践	(112)
一、典型软件	(112)
二、机动车与自行车碰撞事故数字化重构的典型案列	(113)
三、机动车与摩托车碰撞事故数字化重构的典型案列	(117)
四、机动车与机动车碰撞事故数字化重构的典型案列	(120)
第四节 本章小结	(124)
参考文献	(124)
第六章 基于行人假人模型的交通事数字重构方法	(126)
第一节 引言	(126)
第二节 基本理论	(126)
一、行人数字化假人的建模方法	(126)
二、行人行走状态的仿真方法	(130)
三、行人伤害机理与评价指标	(132)
四、车—人碰撞事故数字化重构的优化方法	(136)
第三节 应用实践	(140)

一、典型软件	(140)
二、轿车与行人碰撞事故数字化重构的典型案列	(141)
三、小客车与行人碰撞事故数字化重构的典型案列	(145)
四、大客车与行人碰撞事故数字化重构的典型案列	(149)
第四节 本章小结	(152)
参考文献	(153)
第七章 基于有限元模型的交通事故数字化重构方法	(156)
第一节 引言	(156)
第二节 基本理论	(156)
一、汽车有限元建模方法	(156)
二、基于响应面模型的汽车碰撞事故重构方法	(162)
三、基于神经网络模型的汽车碰撞事故重构方法	(170)
第三节 应用实践	(179)
一、典型软件	(179)
二、典型案例基本情况简介	(181)
三、响应面方法在典型案例事故重构中的应用	(185)
四、神经网络方法在典型案例事故重构中的应用	(189)
五、典型案例事故重构在汽车设计中的应用	(194)
第四节 本章小结	(196)
参考文献	(197)
第八章 交通事故数字化重构的并行计算方法	(200)
第一节 引言	(200)
第二节 并行计算的硬件与软件环境	(200)
一、并行计算的硬件环境	(200)
二、并行计算的软件环境	(203)
三、并行算法的评估标准	(206)
第三节 显式非线性有限元方法	(208)
一、有限元控制方程的建立	(208)
二、相关重要参数的选择	(214)
第四节 并行计算方法	(219)
一、区域分割方法	(219)
二、临界子区域数的确定	(222)
三、接触均衡的区域分割方法	(223)
第五节 应用实践	(224)
一、计算条件	(224)
二、空心管碰撞过程的数值模拟	(225)
三、汽车碰撞过程的数值模拟	(226)
第六节 本章小结	(230)

参考文献	(230)
第九章 交通事故数字化重构的远程计算方法	(233)
第一节 引言	(233)
第二节 远程计算的基本原理	(233)
一、基于 Web 的远程计算	(234)
二、基于对象的远程计算	(235)
三、基于消息和协同的远程计算	(237)
第三节 交通事故数字化重构的网络化建模	(237)
一、基于 XML 的多刚体系统模型	(237)
二、事故对象的参数化模型	(240)
三、事故场景的参数化建模	(242)
第四节 交通事故数字化重构的远程仿真	(243)
一、基于 Web 的交通事故远程仿真技术	(243)
二、交通事故远程仿真服务系统的设计与实现	(245)
第五节 应用实践	(256)
一、事故简介	(256)
二、车辆参数化建模	(256)
三、事故远程数字化重构分析	(258)
第六节 本章小结	(260)
参考文献	(261)

第一章 绪 论

第一节 交通事故数字化重构的目的与意义

随着社会的发展,科技的进步,带来了我国汽车工业的突飞猛进,但同时也导致了交通事故的大量发生。2000 年以来,我国交通事故相关统计数据如表 1-1 所示,统计数据表明我国交通事故死亡人数持续在高位徘徊,特别是从 2001 年~2004 年连续数年死亡人数突破 10 万大关,这使得我国成为汽车交通事故死亡人数最高的国家之一。交通事故的增加不仅给人们的生活、生产带来了巨大的损失,同时,交通事故处理的公正性和公平性也对我国和谐社会的建设提出了严峻的考验。

我国近年交通事故相关数据统计

表 1-1

年 份	事故次数 (次)	死亡人数 (人)	受伤人数 (人)	直接经济损失 (亿元)
2006	378781	89455	431139	14.9
2005	450254	98738	469911	18.8
2004	517889	107077	480864	23.9
2003	667507	104372	494174	33.7
2002	773137	109381	562074	33.2
2001	754919	105930	546485	30.9
2000	616973	93853	418721	26.7

综合分析我国目前道路交通事故现状,具有以下几方面的特点:

(1) 机动车超速、客车超员、不按规定驾驶等严重违法行为依然是导致事故的主要原因。2006 年上半年全国因未按规定让行、超速行驶、违法占道行驶等交通违法行为导致的交通事故占死亡总数的 30.5%,主要原因在于交通参与者交通安全意识和法律意识淡薄。

(2) 营运车辆交通事故数量大,特大事故居高不下,其中 2006 年上半年全国营运车辆肇事 55939 起,造成 16102 人死亡,分别占总数的 29.4% 和 38.4%,其主要原因在于交通运输市场机制不健全,道路运输企业安全生产责任制落实不到位,对运输车辆及其从业人员的安全监管效果不明显,在许多方面仍存在大量薄弱环节。另外,货运车辆盲目发展,无序竞争,超限超载现象普遍,屡禁不止。

(3) 公路危险路段、安全防护水平低的路段事故突出。据统计,2006 年上半年全国有超过 50% 的交通事故发生在无隔离道路上,而一次死亡 10 人以上的特大事故中,坠车事故也达到 73.1%,其主要原因在于道路整体安全技术水平较低,低等级公路的交通安全设施缺乏,交通标志线和交通控制设施不完善。

(4)农村地区交通事故依然居高不下,主要表现在道路交通工具安全技术水平普遍偏低,摩托车、拖拉机等安全性能较差的机动车占较大比例。

(5)随着国内经济水平的提高,私用车辆交通事故明显上升,而私用车辆驾驶员中有较大比例驾龄在3年以下。据统计,2007年1月至5月在重庆发生的交通事故中,私用车辆发生交通事故的频率最高,共发生事故1426起,其次是货运车辆发生的交通事故,共发生事故598起。交警部门从驾驶员的驾龄分析发现,3年驾龄内的驾驶员发生事故的次数最多,占事故总数的39%,其中在1年驾龄内的驾驶员所发生的交通事故次数占事故总数的15.38%。

根据我国道路交通事故的特点,如果在交通运输工具的设计、交通建筑环境的规划、交通管理法规的完善、交通安全意识的培养等几方面予以改进^[1],可以有效减少道路交通事故总量,保护人民群众的生命财产安全,而在以上几方面开展工作必须对交通事故的发生机理进行深入地研究。

另外,交通事故的增加不仅给人们的生活、生产带来巨大的损失,而且增大了事故处理部门的工作量。道路交通事故的处理包括事故现场勘测、事故分析和责任认定三部分。事故现场勘测完成的主要任务是现场测量(包括事故现场定位测量及事故现场各事故元素的测量)、绘制现场图、拍摄现场照片等,而责任认定则以事故过程分析的结果为基础,以《中华人民共和国道路交通安全法》等法律法规的规定为依据,作最后的事故处理。事故处理的一个重要环节,即事故分析过程主要是根据事故现场的采集、记录、调查和分析,将事故涉及车辆由碰撞后的终止位置反推回碰撞过程,再反推回碰撞前的运动状态,来分析事故原因。重现道路交通事故的发生过程对事故起因分析和快速、公正地裁定事故责任具有重要意义。因此,如何根据现场遗留痕迹反推碰撞接触时刻及碰撞前的车辆或人体状态(包括行人、自行车骑车人或车内人员)成为事故分析的重要目标。

由于交通事故的多样性、复杂性和瞬时性,用传统计算方法对事故做定量分析其精度是很低的,很多事故现场提供的信息不能得到有效分析和综合利用。随着计算机硬件和数值模拟技术的发展,使通过数字化重构方法进行交通事故虚拟再现在技术实现上成为可能。利用数字化方法进行道路交通事故现场处理和过程分析具有事故防范的应用前景;第一,该方法可应用于交通警察和司法鉴定部门的事故鉴定和处理,提高事故鉴定的客观性;第二,可应用于司法机关对交通事故案件的审理,提高案件审理的公正性;第三,可应用于保险公司的车险理赔,提高保险理赔的准确性;第四,可应用于汽车等交通工具制造企业的新产品开发,提高交通工具的安全性;第五,可应用于道路等交通设施的规划和设计,提高交通设施规划设计的合理性;第六,可应用于对各类人员的交通安全培训,提高社会大众交通安全意识的警惕性。

第二节 交通事故数字化重构的现状与趋势

一、交通事故现场重构技术的现状与趋势

1. 手工测量方法

目前,交通事故现场勘察主要是靠人眼判断、手摸、皮尺量、手工绘图等传统方法,这样易发生漏测、错测、漏画、错画等现象,如图1-1所示。传统的现场勘察方法还受到环境、气

候和时间的限制,如交通事故发生在深沟地段或遇雨雪、浓雾天气以及夜晚等都将给现场勘察带来很大的困难。另外,随着高速公路、高架公路及桥梁的发展,对交通事故现场处理提出了更高的要求,即应在最短的时间内采集最多的事故现场信息,同时以最快的速度恢复交通畅通。

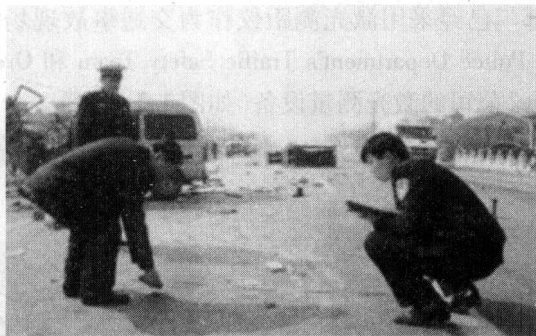


图 1-1 传统手工测量方法

传统的事现场勘测方法还有一个较大的缺陷就是无法对事故现场信息进行二次提取。一旦勘察结束,现场即被撤除,若收集证据不全,或数据间发生矛盾时,则无法进行二次提取,使事故处理陷入困境。

当前,在交通事故现场开展工作的交警主要通过手工绘图的方式,这导致了事故现场资料存储、建档和检索极不方便,对于重大、疑难交通事故的处理缺乏系统、完整、形象化的依据,事故现场形象化恢复和数字立体再现等新概念就更难以实现,所以传统的事现场勘察方法已经不适应当今交通事故快速处理的需要。

在过去的 10 多年当中,研究人员通过大量的研究和实验,并采用新技术(例如:全站仪、全球定位系统、激光测量装置、摄影测量等)来减少交通事故的影响和处理时间。尽管目前国内、外大部分交通警察仍然会首先使用传统测量方法,但是先进的数字测量方法作为交通事故现场快速处理的有效工具有着逐步取代现有传统方法的趋势。

2. 全站仪

自从 1990 年以来,许多国外的交通警察开始采用全站仪(Total Station)作为现场测量工具^[2,3]。它通过电子转换装置发射红外光束到交通事故现场测量点标杆的棱镜上,在接收到棱镜反射回来的光束后,可以精确的测量和记录指定测量点的距离和角度等坐标信息。信息采集后被带回办公室,通过全站仪的配套软件将数据存入电脑,并通过相关 CAD 软件绘制交通事故现场图。

用全站仪进行交通事故现场测量由 3 个基本步骤组成:

- (1) 现场数据采集。
- (2) 数据传入电脑。
- (3) 绘制交通事故现场图。

该方法的局限性在于仪器价格普遍偏高,不便于携带,测量需要专门的技术知识,因此目前不适合在我国普遍推广。

3. 激光测量

由于交通事故现场处理的特殊性,人们越来越倾向于采用便携式的测量设备进行交通事

故现场勘察。激光测量仪具有比传统的皮尺、测量轮等工具更快的测量速度、更高的测量精度。同时,相比全站仪,激光测量设备具有轻便易携带的特点,因此受到研究人员广泛地关注。

激光测量技术在交通事故快速处理中的应用包括激光测距和激光三维扫描,其中激光测距仪可以用于绘制交通事故现场图,激光扫描装置用于测量车辆变形^[4]。

国内、外许多交警部门已经采用激光测距仪作为交通事故现场测量的工具,如:California Police Dept.、Oregon Police Department's Traffic Safety Team 和 Oregon Sheriff's Department 采用了“Laser Technology”公司的激光测量设备(如图 1-2 所示)。

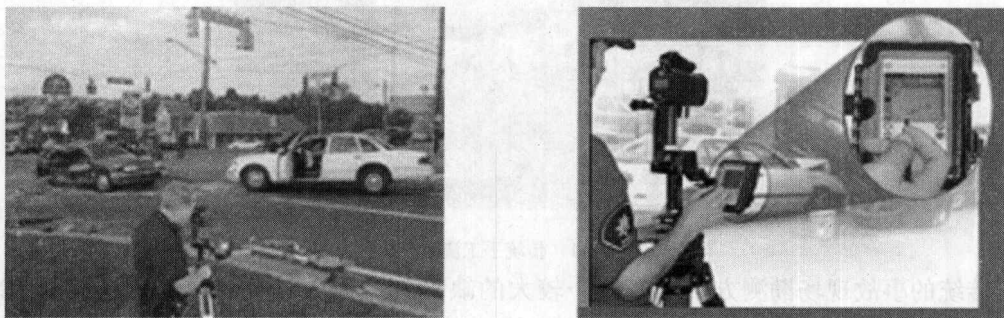


图 1-2 激光测距仪的使用

激光测距与全站仪的操作类似,只是不需要标杆标定测定点。进行测量时,激光测距仪与专用的便携式计算机相连接,被一起固定在单脚支架上面。通过使用安装在计算机中的 CAD 数据采集和绘图软件,能够完成足够精度的交通事故现场测量。

图 1-3 是采用激光扫描仪进行交通事故车辆扫描的例子。

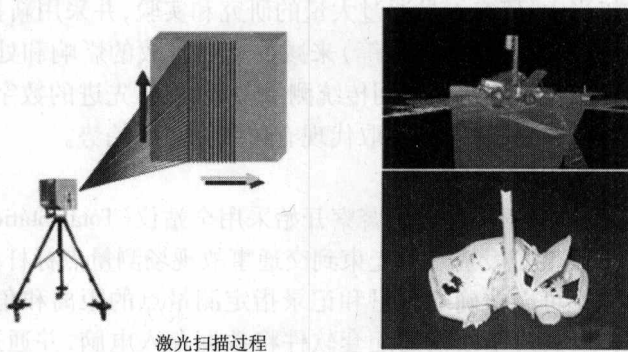


图 1-3 利用激光扫描仪测量事故车辆变形

4. 全球定位系统

虽然全站仪、激光测量等技术极大地缩短了交通事故现场勘察的时间,但是,在某些条件下,使用这些测量技术还是存在一定的不便,如:在测量较大的交通事故现场时,测量人员不能很好地衔接不同测量区域;另外,在比较恶劣的天气情况下,这些测量技术不利于保持测量的精度。全球定位系统(GPS)技术应用于交通事故现场测量能很好地弥补这些缺陷。它具有测量精度好、测量效率高等优点,能在任何恶劣天气中使用,同时可以有效地衔接较大的事故现场的不同测量区域^[5]。

2002年,美国国家道路交通安全局(NHTSA-National Highway Traffic Safety Administration)与Optimus公司在SBIR项目中开发了基于GPS系统的AutoDOCS系统。2003年,特拉华州购买了第一套该产品用于交通事故现场的测量。

图1-4是Optimus公司为了验证AutoDOCS系统的测量精度而设计的实验,左边的是标准图,右边的是系统测量结果图。AutoDOCS系统用了10min,测量了20个点的坐标,由图1-4可知,测得的最大偏差是5.1cm,平均偏差是1.7cm,可以达到测量精度要求。

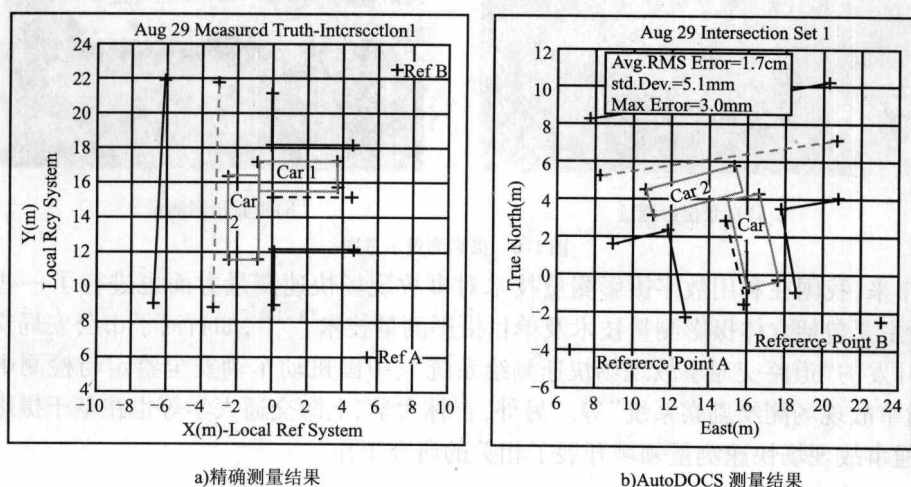


图1-4 GPS测量交通事故对比试验

5. 摄影测量

摄影测量是基于人眼视觉原理将影像的灰度信号通过耦合装置CCD转换为数字信号,然后应用图像处理、模式识别、人工智能以及计算机视觉等方法获取研究对象资料的一门技术,摄影测量工作原理如图1-5所示。

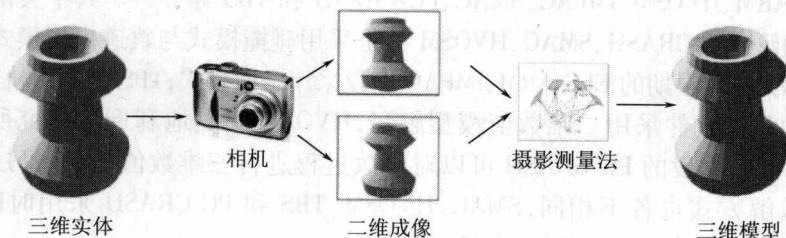


图1-5 摄影测量原理示意图

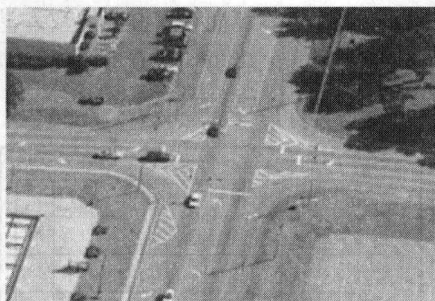
对比其他测量方法如全站仪、激光测量、全球定位系统等,摄影测量方法具有仪器设备普及、测量过程简单等优势^[6,7]。一般,根据测量对象和测量方式的不同,摄影测量可以分为远景摄影测量和近景摄影测量,如图1-6所示。

摄影测量技术在交通事故方面的应用主要包括:

- (1) 利用摄影照片测量事故现场。
- (2) 利用摄影照片测量车辆变形。
- (3) 利用摄影照片进行智能识别。

瑞典在20世纪40年代首先采用了摄影测量方法处理交通事故,德国等也相继展开了

相关工作。在欧洲一些国家研究和应用的基础上,日本于1967年率先在世界上推出了第一辆采用摄影测量方法勘察交通事故现场的专用警车。1989年新加坡研究了利用非量测相机进行现场测量的方法。



a) 远景摄影测量



b) 近景摄影测量

图 1-6 摄影测量示意图

近年来,我国在利用数字摄影测量技术对事故现场快速测量方面也进行了一些研究工作,其中主要包括立体摄影测量技术及单目摄影测量技术^[8~10],如石河子市公安局交通科学研究所开发的“道路交通事故现场快速测绘系统”、中国机动车辆安全鉴定与检测中心开发的“交通事故现场测绘勘察系统”等。另外,吉林大学、上海交通大学等也在基于摄影测量方法的交通事故现场快速测量领域开展了相关的研究工作。

二、交通事故过程重构技术的现状与趋势

6

近年来许多国家从能量、动量、实体的弹塑性变形等多个角度,根据碰撞阶段的特征参数(如车辆变形特性、回弹系数、接触面摩擦系数、碰撞中心等)以及从事故现场所拍摄的图像,建立了若干具有代表性的数值模型^[11],并且相继开发出了用于事故过程重构的应用软件,如CRASH、EES-ARM、HVOSM、IMPAC、SMAC、PC-CRASH和TBS等^[12,13]。其中美国国家道路交通安全局资助研究的CRASH、SMAC、HVOSM等是采用碰撞模式与轨迹模拟模式来描述车辆碰撞前、后行为的;而早期的EES-ARM、IMPAC^[14]仅采用碰撞模式;TBS则采用轨迹模拟模式。

多数事故重构软件采用二维数值模型解释,HVOSM和奥地利刑事研究所(Institute of Forensic Research)开发的PC-CRASH可以对事故过程进行三维数值显示。另外,现有事故重构软件的求解方式也各不相同,SMAC、HVOSM、TBS和PC-CRASH采用时间步骤分析,CRASH、EES-ARM和IMPAC则采用衡量问题求解。

由于交通事故形式多样,因此针对不同的事故类型所研究的事故重构方法也很多,以下为几种常用方法介绍。

1. 冲量/动量方法

基于冲量/动量原理的事故数字化重构方法以清晰的制动印迹或准确的停车位置为基本信息,并以此为优化目标,以汽车速度及初始接触位置等作为优化变量进行计算,当计算得到的制动印迹或停车位置与真实事故现场信息吻合时,则该状态下所对应的各项参数与真实情况接近。PC-CRASH^[15]是该方法的代表性软件,可以对事故过程进行三维动画演示,并且可以通过调用数据库中不同型号汽车及外界环境模型,使事故过程得到更加形象地显示。

文献[16]开发设计的计算机碰撞模拟再现系统,根据车辆碰撞位置和停止位置、车体上