

计算机技术在交通事故处理中的应用及事故再现系统的开发

杨扬^{1,2}, 熊坚²

(1 同济大学 交通运输工程学院, 上海 200092 2 昆明理工大学 交通工程学院, 云南 昆明 650224)

摘要: 随着计算机技术的发展, 越来越多的新技术在事故处理过程中得到应用, 使交通事故处理工作朝科学、快速、系统的方向发展. 本文介绍了目前计算机技术在事故处理过程中的应用, 在汽车碰撞理论研究的基础上, 开发了交通事故碰撞再现系统, 实现了对汽车碰撞事故的计算机模拟和再现, 为交通事故的分析和处理提供了科学的工具.

关键词: 计算机模拟; 交通事故; 事故再现

中图分类号: U491.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2005)06-0085-05

Computer Technology Used in Road Traffic Accident Disposition and Reconstruction

YANG Yang^{1,2}, XIONG Jian²

(1 School of Transportation Engineering Tongji University, Shanghai 200092, China

2 Faculty of Transportation Engineering Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract With the development of computer technology, more and more new technologies are used in road traffic accident disposition to make it more scientific, fast and systematic. The application of computer technology in the area of traffic accident disposition is introduced in this paper. Based on the theory of vehicle impact, a reconstruction and analysis system is put forward which can simulate and reconstruct the traffic accident. This system is a very powerful scientific tool for analysis and disposal of traffic accident.

Key words computer simulation; traffic accident; accident reconstruction

0 引言

随着汽车工业和交通运输业的高速发展, 交通事故已经成为当今全球性公害之一. 与世界各国相比, 我国的道路交通事故就显得更为严重, 是事故发生频率最高的国家之一. 从 20 世纪 90 年代以来, 我国的交通事故呈上升趋势, 死亡事故每年均在递增, 死亡人数居世界第一^[1]. 特别是近三年来, 交通事故呈迅速增长态势. 以 2003 年为例, 我国公安交通管理部门共受理一般以上道路交通事故 667 50 起, 造成 104 372 人死亡、494 174 人受伤, 直接经济损失 33.7 亿元^[2]. 面对如此大量的交通事故如何加快事故处理过程, 并不断完善我国事故调查和分析处理体系, 提高事故分析处理的科学性和准确性已成为当前交通管理中一个重要的研究方向. 随着计算机技术的不断发展, 借助于计算机辅助分析和处理交通事故已成为交通事故处理工作的改革和发展方向.

1 计算机技术在交通事故处理过程中的应用

1.1 道路交通事故现场图绘制的计算机实现

道路交通事故现场不能长期保留, 在现场勘查工作结束后, 要迅速拆除, 恢复交通. 为了交通事故处理工作的需要, 必须对事故现场上的各种交通元素以及有关的各种痕迹、物证和地形、地物、道路、交通设施

收稿日期: 2005-01-06

第一作者简介: 杨扬 (1974.9~), 男, 在读博士研究生, 讲师. 主要研究方向: 交通运输规划与管理.

E-mail: yyongji@163.com

等进行勘查,用现场绘图的方式记录下来.现场图是分析事故发生原因,认定事故责任的重要依据,可以补充现场笔录和现场照片所难以表达的事故现场的空间关系.

道路交通事故现场图的计算机快速绘制就是利用计算机来代替手工绘制现场图,使绘制出的现场图不但符合国家的有关技术标准和规范,而且可以达到比手工快速而且准确的目的^[3].现场图的绘制是由现场地形、现场元素、尺寸标注和文字说明几部分构成.各部分可以采用模块化和图形库的方式来实现,通过调用就可以实现现场图的数据化.

用计算机绘制现场图,其准确性无疑比手工绘制要好,只要勘测准确就能将整个现场图准确地表示出来,在绘图的过程中如果出现绘制错误,也可以“撤消”操作,而不用整张图重新绘制.绘制出的现场图便于实现电子化,有利于事故档案的计算机管理.

道路交通事故现场图的计算机绘制可以采用程序语言来编制实现,也可以在其他的绘图软件(如 AutoCAD等)上进行二次开发来实现.

1.2 道路交通事故现场摄影图像三维重建

摄影技术自40年代开始运用于交通事故分析以来,已得到广泛应用,但长期以来对事故现场照片的应用多局限于进行简单的定性分析.随着计算机技术和图像处理技术的发展,使利用摄影照片对交通事故进行定量分析成为可能.在交通事故现场遗留有大量信息,在现场恢复后将不复存在,因此利用计算机技术从事事故现场拍摄的照片中提取需要的信息,对于进行交通事故再现分析具有重要的意义.

对于交通事故现场摄影图像的研究主要集中在利用摄影照片测量事故现场和车辆变形.由于事故现场照片是利用二维方法平面记录三维信息,使得事故现场照片中隐含的大量信息得不到充分利用.近年来,对于从照片中提取信息的方法有二维方法和三维方法^[4].二维重建的方法主要用于路面上的痕迹(路面标线、轮胎拖痕、油迹、散落物等).三维重建的方法可以分为单目照片法和多目照片法,都是利用适当的观察设备,结合必要的定位方法,利用计算机编程的方法来实现三维再现的目的^[5].

对于用摄影照片重建交通事故三维现场的方法,一方面可以和道路交通事故现场图计算机绘制相结合,使事故的勘查工作更加简单方便.另外也可以提供给事故再现分析使用,便于分析的结果和摄影的实际情况相对照.

1.3 道路交通事故模拟再现的计算机实现

在交通事故的各种形态中,尤以汽车间的碰撞物质损坏最大,而且纠纷最多.对汽车间事故进行全面系统的分析已成为十分迫切的问题,然而汽车碰撞事故都是在瞬间完成的,许多细节无从知道,而且极易造成错觉.研究、分析汽车事故的全过程,不仅可以为处理交通事故提供科学依据,使交通事故在法律上得到公平的裁决,而且可以为改善道路条件、完善交通法规提供一般方法难以得到的宝贵资料.同时还能够使广大驾驶员从中受到深刻的教育.

汽车碰撞事故的分析是一项复杂的系统工程,全部过程涉及大量的数据和参数,而且许多参数需要经过反复验证,才能确定其合理值.因此仅用手算完成整个事故分析过程是十分困难的,而且很容易出错.如果利用计算机对事故过程进行分析,则能迅速准确地完成,并可以在屏幕上对事故进行数值和图像的输出^[6].

借助计算机技术,在实车碰撞试验的基础上,建立汽车碰撞的力学模型和运动学模型,结合现场勘查的资料,可以采用动画输出的方式模拟出事故发生的全过程.在模拟的过程中,可以动态调整各项初始参数,直到模拟结果和实际碰撞结果相一致,以求获得较满意的效果.用计算机模拟再现事故不但可以较直观地演示出事故发生过程,而且便于交通事故科学、快速、准确地处理.

1.4 道路交通事故统计分析

事故统计分析是对事故总体进行的调查分析,目的是调查交通事故总体的现状、发展动向以及各种影响因素对事故总体的作用和相互关系,以便从宏观上定量地认识事故现象的本质和内在规律性.

随着交通事故的急增,用传统的填表、电话、传真等方式已经越来越不适应实际工作的需要,而采用计算机来对事故情况进行统计和管理则具有无可比拟的优越性.根据公安部交通管理局制定的“道路交通事故登记表”,目前我国统计分析的交通事故信息数据可以分为48项.用传统的手工记录方式容易出错,而且在数据很多的情况下不易检索和管理.利用数据库则可以对交通事故的复杂信息进行科学管理,而且

可以根据实际分析需要, 对统计条目进行增减.

将事故的实际情况输入后, 还可以利用计算机对统计资料进行宏观分析, 直观地显示出在各种统计指标下的分析图表. 根据建立的交通数据库资料, 可以实现对信息的查询、统计、数据传递, 而且可以实现对四项指标快速统计以及事故原因等统计分析. 如果和道路 GIS 结合, 还可以用来对交通事故多发点和多发路段进行分析.

2 交通事故模拟再现系统的开发

2.1 汽车碰撞力学分析

交通事故是汽车与汽车、汽车与物体之间在 100 ms 左右时间里发生的剧烈撞击作用. 在这样短的时间内, 相撞的车与车之间, 动量和能量迅速交换, 物理量也急剧变化, 这就使得汽车碰撞问题的计算分析变得很复杂. 在复杂问题的求解过程中, 必须在复杂多变的项目里, 舍去次要因素, 找出主要因素、主要参变量间的关系, 求解简化后的方程, 从而模拟出事故的全过程.

汽车碰撞事故可以分为碰撞前运动、碰撞和碰撞后运动三个连续的阶段. 碰撞前的运动, 通常是从发现对方车辆或障碍物等其他物体开始, 接着采取制动和操纵转向盘等回避事故的操作; 碰撞是指发生事故的车辆相互接触的过程, 在这个过程中, 两车交换动量, 一部分动能以塑性变形的形式消耗掉. 碰撞后, 两车成为一体, 或者回弹相互离开, 做平移或平移加旋转运动. 由于路面等的摩擦, 碰撞后剩余动能被消耗掉, 最终停车. 由于交通事故的发生过程中, 车与车碰撞速度一般都比较快, 因此在分析事故碰撞的过程, 把它作为塑性碰撞过程来考虑^[7]. 从发生过碰撞事故的汽车上可以看出, 汽车的损坏只局限于相撞的部位, 其他大部分仍然是完好的, 为了分析简便, 设想汽车在碰撞时, 基本是做刚体运动, 因受冲击而变形的仅是汽车上的小部分.

2.2 汽车碰撞事故模型的建立

由于汽车碰撞事故的受力非常复杂, 常见的碰撞事故包括一维碰撞和二维碰撞. 从普遍性出发, 以二维刚体动力学理论来建立碰撞方程并求解. 二维系统采用的碰撞模型如图 1 所示. 由于汽车碰撞时的减速度很大, 通常是重力加速度的数十倍. 因此可以假定汽车的滚动阻力、牵引力、制动力、空气阻力等均忽略不记, 而将相互碰撞的汽车看作一个封闭系统. 在该系统中, 汽车与汽车之间的力、动量、能量相互转换遵守“能量守恒定律”. 在建立方程之前, 对碰撞系统做如下假定: 碰撞过程始终保持动量守恒, 忽略外界力的作用; 汽车的重心和转动惯量在碰撞前后不变; 碰撞终了时的合成冲量作用于撞击中心.

为了使事故分析更加接近交通事故的实际情况, 引入下面的两个参数:

一个是法向力弹性恢复系数:
$$k = - \frac{v_{rn}}{v_{ron}}$$

式中: v_{rn} 为碰撞后, 在碰撞点处两车公法线方向的相对速度; v_{ron} 为碰撞前, 在碰撞点处两车公法线方向的相对速度.

另外一个为切向力滑动摩擦系数:
$$\mu = \frac{P_x}{P_y}$$

式中: P_x 为碰撞点处切向的碰撞冲量; P_y 为碰撞点处法向的碰撞冲量.

用 6 个方程来描述汽车碰撞的动力学方程^[8], 其中 4 个是动量守恒, 另外 2 个是关于法向力弹性恢复系数和切向力滑动摩擦系数.

记 $X_0^T = [v_{10n} \quad v_{10t} \quad \tilde{\omega}_{10} \quad v_{20n} \quad v_{20t} \quad \tilde{\omega}_{20}]$ 和 $X^T = [v_{1n} \quad v_{1t} \quad \tilde{\omega}_1 \quad v_{2n} \quad v_{2t} \quad \tilde{\omega}_2]$ 为碰撞前后两车的质心速度和角速度.

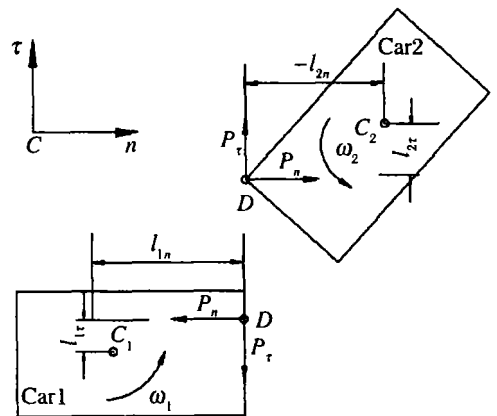


图1 二维碰撞模型示意
Fig.1 Two-dimensional impact model

为了便于计算机编程, 推导出矩阵方程形式为: $A_0 \cdot X_0 = A \cdot X$. 式中 6×6 的方阵 A 和 A_0 分别为:

$$A = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & m_1 & 0 & 0 & m_2 & 0 \\ \frac{m_1 l_{1r}}{2} & \frac{m_1 l_{1n}}{2} & J_1 & -\frac{m_2 l_{2r}}{2} & \frac{m_2 l_{2n}}{2} & 0 \\ -\frac{m_1 l_{2r}}{2} & \frac{m_1 l_{2n}}{2} & 0 & \frac{m_2 l_{2r}}{2} & -\frac{m_2 l_{2n}}{2} & J_2 \\ \mu & -1 & 0 & \mu & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -l_{1r} & -1 & 0 & l_{2r} \end{bmatrix} \quad A_0 = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & m_1 & 0 & 0 & m_2 & 0 \\ \frac{m_1 l_{1r}}{2} & \frac{m_1 l_{1n}}{2} & J_1 & -\frac{m_2 l_{2r}}{2} & \frac{m_2 l_{2n}}{2} & 0 \\ -\frac{m_1 l_{2r}}{2} & \frac{m_1 l_{2n}}{2} & 0 & \frac{m_2 l_{2r}}{2} & -\frac{m_2 l_{2n}}{2} & J_2 \\ \mu & -1 & 0 & \mu & -1 & 0 \\ -k & 0 & kl_{1r} & k & 0 & -kl_{2r} \end{bmatrix}$$

对于此矩阵方程, 在求解二维碰撞后两车的速度、角速度及方向的数学模型中, 采用高斯全选主元迭代法.

2.3 车辆特性点以及碰撞条件判定

车辆的特征点要能够最大限度地表示车辆的位置, 由于碰撞的发生主要集中在车辆的四个角点与四条边相撞或者是前、后边相撞. 因此, 为了确定车辆的位置以及发生碰撞时碰撞点的坐标, 选取车辆的四个角点及车辆的质心坐标点为车辆的特征点. 为了判断车辆是否发生碰撞, 我们把车辆简化为平面中的矩形, 矩形的大小由车长、车宽、重心到车辆前端面距离等参数决定.

由于实际的模拟过程中, 程序每隔一定的时间间隔, 计算出重心坐标, 然后以重心为基准画出车辆的外廓线, 这就使得两车发生碰撞的时刻, 不一定刚好和模拟计算的时刻相吻合. 因此, 我们采用一个很小的长度 ϵ 来判断车辆发生碰撞, 而不是用一个点来判断. 对于二维碰撞来说, 判断的条件要比一维碰撞复杂得多. 因为在实际二维碰撞过程中, 一般都是一辆车的角点和另外一辆车的边发生碰撞, 所以我们用角点与边线的关系来判断碰撞的发生. 因为每一辆车的每个角点都可能和另外一辆车的 4 条边相碰撞, 有 4 种可能, 那么判断一辆车的 4 个角点与另外一辆车的边碰撞共有 16 种情况. 所以对于二维碰撞中需要考虑的两车互相碰撞情况共有 32 种可能. 在进行模拟的过程中, 在每一个计算周期内 (步长) 都要分别判断 32 种情况.

2.4 事故模拟流程

碰撞事故模拟系统流程如图 2 所示.

整个系统由三部分组成, 一是数据的输入部分, 输入事故的相关参数, 第二部分是碰撞判断模块、碰撞力学计算模块和运动参数计算模块, 第三部分是模拟再现和数据记录, 将车辆从碰撞前到碰撞发生以及碰撞后的运动参数记录下来, 在模拟界面二维显示交通事故发生的全过程. 并且可以把这些运动参数写成一定的数据文件格式, 在网络环境下传递给驾驶模拟器调用. 在驾驶模拟器上通过三维场景显示, 直观再现交通事故发生的整个过程.

3 结语

随着计算机技术的发展, 借助于计算机对交通事故进行处理已经成为将来交通安全管理工作研究的一个重要方向. 采用计算机技术, 可以完成在交通事故处理过程中每个环节的计算机分析和处理, 有利于交通事故科学、快速、准确地处理. 利用开发的交通事故模拟再现系统, 基本上可以满足实际交通事故处理

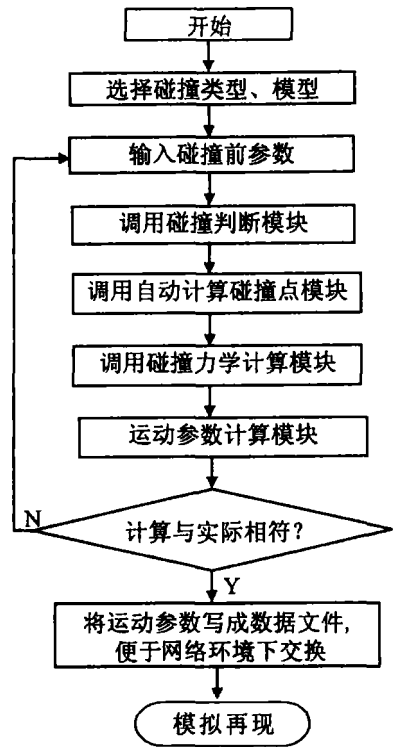


图2 碰撞事故模拟系统流程示意
Fig.2 System process of impact accident simulation

中常见的碰撞情况, 具有一定的实用价值.

参考文献:

- [1] 马骏. 交通运输管理 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1998. 2~ 3.
- [2] 中华人民共和国公安部. 公安部通报 2003 年全国道路交通事故情况 [EB/OL]. <http://news.sina.com.cn/c/2004-01-17/16111614195s.shtml> 2004-01-17
- [3] 许德. 道路交通事故现场图计算机快速生成的研究: 硕士学位论文 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2000. 20~ 35.
- [4] Nichols S Tunbas, J Rolly Kinney, Gregory C Smith. Photogrammetry and Accident Reconstruction Experimental Results [R]. USA: SAE Paper No940925, 1994. 1100~ 1105.
- [5] 鲁光泉. 交通事故现场摄影图像三维测量方法的研究: [硕士学位论文] [D]. 长春: 吉林大学, 2001. 1~ 5.
- [6] 杨扬, 熊坚, 孙显营. 车对车碰撞的计算机模拟 [J]. 昆明理工大学学报 (理工版), 2001, 26 (增刊): 298~ 301.
- [7] [日]江守一郎. 汽车事故工程 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1987. 57~ 60.
- [8] 李江. 交通事故力学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000. 57~ 60.
- [9] 杨扬. 道路交通事故模拟再现的研究及应用: [硕士学位论文] [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2002. 50~ 54.

(上接第 79 页)

3 结 论

1) 在用 280W 微波功率, 微波加热 3 min 以稀释一定比例的医院废水 100mL 为杀菌对象, 以质量分数 0.5% 的甲醛溶液 1mL 为消毒剂时, 出水的大肠杆菌指标参照粪大肠杆菌的出水指标, 达到国家二级排放标准.

2) 在以质量分数分别为 0.6% 的双氧水、甲醛和柠檬酸 1mL 为消毒剂, 在 350W 微波功率下加热, 以 100mL 医院废水为消毒对象, 随着微波辐照时间的增长, 大肠杆菌的残余量下降.

3) 只用微波辐照或只是采用甲醛消毒和在微波辐照下甲醛消毒的实验中, 证明了微波对甲醛消毒有协同作用.

4) 在用质量分数为 0.6% 的甲醛 1mL 为消毒剂, 处理大肠杆菌为 9.8×10^8 个 /L 医院废水 100mL 分别用 500W 电炉和 350W 功率的微波炉加热 120 s 残余大肠杆菌量分别为 17×10^4 个和未检出. 证明微波辐照远远优于传统的热传导加热.

参考文献:

- [1] 高东旗, 刘育京. 新洁而灭与理化因子协同杀灭大肠杆菌芽孢作用的研究 [J]. 中国消毒学杂志, 1994, 11(4): 206~ 213.
- [2] 徐燕. 微波与化合物协同对大肠杆菌芽孢杀灭作用的研究 [J]. 中国消毒学杂志, 1994, 11(3): 155~ 158.
- [3] 杨华明, 丁兰英. 微波与化学消毒剂协同杀菌作用的研究 [J]. 中国消毒学杂志, 1992, 9(4): 225~ 229.
- [4] 李荣芬, 李素卿. 微波杀菌机理研究: 对大肠杆菌通透性影响的观察 [J]. 中国消毒学杂志, 1995, 12(3): 129~ 132.
- [5] 刘怀田, 丁兰英, 杨华明. 微波与柠檬酸协同杀菌作用的研究 [J]. 中国消毒学杂志, 1995, 12(4): 241~ 242.
- [6] 金钦汉. 微波化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999. 1~ 5.