

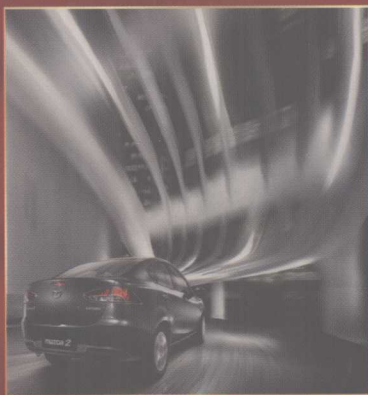


21世纪先进制造技术丛书

分布交互式 汽车驾驶训练模拟系统

The Distributed Interactive Vehicle Simulation
System for Driving Training

• 陈定方 尹念东 李勋祥 著 •



科学出版社
www.sciencep.com

21 世纪先进制造技术丛书

分布交互式 汽车驾驶训练模拟系统

**The Distributed Interactive Vehicle Simulation
System for Driving Training**

陈定方 尹念车 ~~李~~勋祥 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

分布交互式汽车驾驶训练模拟系统是一种融合了传感器、计算机图形学、计算机接口、人工智能、数据通信、网络、多媒体等先进技术,具有分布性、交互性、实时性特点的系统。它是能正确模拟汽车驾驶的动作,获得实车驾驶感觉的分布式交互仿真系统。本书在研制分布式交互汽车驾驶训练模拟器实践的基础上,全面、系统地介绍了分布交互式汽车驾驶训练模拟系统的最新研究成果,特别对汽车驾驶训练模拟器的系统结构、仿真系统、硬件系统、视景系统、汽车驾驶仿真监控管理系统的研究与应用进行了描述,着重介绍了相关的关键技术,具有系统性、先进性和实用性。本书反映了该领域研究的学科前沿和国际先进水平,具有重要的学术意义和实际应用价值。

本书适合从事分布式计算机仿真技术、虚拟实验技术研究和开发的工程技术人员阅读,也可作为高等学校大学生、研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分布交互式汽车驾驶训练模拟系统 = The Distributed Interactive Vehicle Simulation System for Driving Training / 陈定方, 尹念东, 李勋祥著. —北京: 科学出版社, 2009

(21 世纪先进制造技术丛书)

ISBN 978-7-03-024652-3

I. 分… II. ①陈…②尹…③李… III. 汽车-驾驶术-训练模拟器
IV. U471.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 081419 号

责任编辑: 耿建业 于宏丽 / 责任校对: 陈丽珠
责任印制: 赵 博 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年6月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2009年6月第一次印刷 印张: 16 1/4

印数: 1—2 500 字数: 304 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈双青〉)

《21 世纪先进制造技术丛书》序

21 世纪，先进制造技术呈现出精微化、数字化、信息化、智能化和网络化的显著特点，同时也代表了技术科学综合交叉融合的发展趋势。高技术领域如光电子、纳电子、机器视觉、控制理论、生物医学、航空航天等学科的发展，为先进制造技术提供了更多更好的新理论、新方法和新技术，出现了微纳制造、生物制造和电子制造等先进制造新领域。随着制造学科与信息科学、生命科学、材料科学、管理科学、纳米科技的交叉融合，产生了仿生机械学、纳米摩擦学、制造信息学、制造管理学等新兴交叉科学。21 世纪地球资源和环境面临空前的严峻挑战，要求制造技术比以往任何时候都更重视环境保护、节能减排、循环制造和可持续发展，激发了产品的安全性和绿色度、产品的可拆卸性和再利用、机电装备的再制造等基础研究的开展。

《21 世纪先进制造技术丛书》旨在展示先进制造领域的最新研究成果，促进多学科多领域的交叉融合，推动国际间的学术交流与合作，提升制造学科的学术水平。我们相信，有广大先进制造领域的专家、学者的积极参与和大力支持，以及编委们的共同努力，本丛书将为发展制造科学，推广先进制造技术，增强企业创新能力做出应有的贡献。

先进机器人和先进制造技术一样是多学科交叉融合的产物，在制造业中的应用范围很广，从喷漆、焊接到装配、抛光和修理，成为重要的先进制造装备。机器人操作是将机器人本体及其作业任务整合为一体的学科，已成为智能机器人和智能制造研究的焦点之一，并在机械装配、多指抓取、协调操作和工件夹持等方面取得显著进

展，因此，本系列丛书也包含先进机器人的有关著作。

最后，我们衷心地感谢所有关心丛书并为丛书出版尽力的专家们，感谢科学出版社及有关学术机构的大力支持和资助，感谢广大读者对丛书的厚爱。



华中科技大学

2008 年 4 月

序

分布式仿真技术是计算机图形学、人工智能、计算机网络、信息处理等技术综合发展的产物，具有很强的学科交叉性。分布式汽车驾驶训练模拟系统是一种能正确模拟汽车驾驶的动作，获得实车驾驶感觉的分布式交互仿真系统，具有网络化、智能化的特点。基于知识的汽车驾驶模拟器实际上是一个汽车驾驶教学专家系统，能使学员熟悉汽车性能，掌握基本的操作方法和驾驶技术，同时又能学习交通规则。模拟驾驶训练过程中的“沉浸感”、“交互性”与“实时性”具有立体视觉，可以提高用户的学习驾驶技术的兴趣和效果。汽车驾驶训练交互仿真系统（模拟器）具有安全、节能、经济和培训不受时间、气候、场地限制等优点，可以推动汽车驾驶培训行业的技术进步，并创造显著的社会和经济效益。

武汉理工大学智能制造与控制研究所长期以来在机械工程和计算机应用交叉的学科领域从事教学和科学研究工作。近年来，他们结合湖北省科技攻关计划项目“基于分布式虚拟汽车驾驶平台关键技术研究”（2004AA105B04）和国家自然科学基金等项目，与黄石理工学院一起对分布交互式汽车驾驶训练模拟系统的有关理论、关键技术等进行了系统、深入的研究，取得了包括高质量的学术论文、发明专利、计算机软件著作权等具有自主知识产权的重要成果，达到了国际先进水平。该项成果获得 2007 年度湖北省科技进步二等奖、武汉市科技进步二等奖、中国公路学会科学技术奖。中央电视台 CCTV10 科技之光科技前沿栏目以“足不出户学开车”为题显著地介绍了该项成果。

在以上成果的基础上，陈定方、尹念东、李勋祥撰写了《分布交互式汽车驾驶训练模拟系统》专著。该书总结了作者从事虚拟设计、虚拟实验、汽车操纵稳定性、汽车动力学、机电一体化技术研究的学术体验，是作者研究分布式汽车驾驶训练交互仿真系统的科学问题、关键技术和开发过程的总结与升华。

该著作反映了作者所在团队在这个领域的研究水平，具有比较高的学术价值，既是一本好的著作，对大学生、研究生们又是一部好的参考书。著作中包含丰富的图片资料，这可使读者在美的享受中，学习先进的设计、仿真技术。



中国工程院院士、浙江大学教授、博士生导师

2009 年 3 月

前 言

分布交互式汽车驾驶训练模拟系统是一种融合了传感器技术、计算机图形图像、计算机接口、人工智能、数据通信、网络、多媒体等先进技术，具有分布性、交互性、实时性等特点的系统。该系统是能正确模拟汽车驾驶的动作、获得实车驾驶感觉的分布式交互仿真系统。它由几十台单独的驾驶模拟器组成分布式网络，用先进的计算机视景系统、真实车辆的操纵控制系统实现交互式模拟驾驶，包括驾驶员与驾驶模拟器视觉、听觉、触觉的交互，以及驾驶员在同一驾驶场景中与其他驾驶员及智能物体的交互。分布交互式汽车驾驶模拟系统主要用于驾驶员的训练，也可以进行微观交通仿真，对驾驶员的控制特性进行研究。

分布交互式汽车驾驶训练模拟系统由包括视景系统、音响系统、仪表系统、评价系统、操作系统和汽车运动模型组成的若干台单独的驾驶模拟器和计算机网络组成分布式网络系统。分布交互式汽车驾驶训练模拟系统采用了多层次细节模型（LOD）技术、物理建模、碰撞检测与干涉检验、驾驶视景中的智能物体算法、网络实时通信和计算机协同技术、数据库技术、人工神经网络技术和模糊控制理论等多种先进技术。

本书的作者长期从事计算机图形图像技术、虚拟现实技术、汽车动力学、汽车驾驶培训的教学和研究工作，先后承担了一系列科学研究项目和用户委托的应用项目，在虚拟设计领域取得一系列研究成果，“基于分布式虚拟汽车驾驶平台关键技术研究”获得了湖北省 2007 年度科技进步二等奖、武汉市 2007 年度科技进步二等奖、中国公路学会 2007 年度科技进步二等奖。

为了总结研究工作，与更多的同行交流研究成果；同时，为了使有志于分布交互式汽车驾驶训练模拟系统研究的年轻学者尽快进入学科前沿，作者撰写了这本专著。本书阐述了分布交互式汽车驾驶训练模拟系统的理论基础，以所研制的分布交互式汽车驾驶训练模拟系统为例，介绍了分布式交互仿真技术在汽车驾驶训练模拟系统中的应用。

本书涉及的研究工作得到了以下项目的支持：

湖北省十五重点科技攻关计划项目（NO. 2004AA105B04）“基于分布式虚拟汽车驾驶平台关键技术研究”。

国家科技部 863 计划项目（NO. 2006AA11Z215）“雾天驾驶员视觉增强系统研究”。

湖北省 2007 年自然科学基金项目（NO. 2007ABA403）“基于分布式虚拟

现实技术的汽车驾驶模拟系统及驾驶行为”。

湖北省教育厅 2008 年科研计划重点项目 (NO. D20083001) “高速公路汽车驾驶控制模型的仿真研究”。

武汉市重大科技计划项目 (NO. 20011001003) “分布式虚拟设计/制造研究及应用”、(NO. 20023005133-04) “分布式虚拟设计/制造平台”。

国家自然科学基金项目 (NO. 69375018) “考虑图形数据特点的机械设计专家系统逆向推理策略研究”。

国家自然科学基金项目 (NO. 60073057) “分布交互三维视景行为特征建模方法研究”。

教育部高等学校重点实验室访问学者基金项目 “基于微机的分布式虚拟设计/虚拟制造系统研究”、“基于图像与景物几何相结合的微机 VR 系统研究”。

国家高技术研究发展计划 (863 计划) 项目 (NO. 2003AA414011) “面向汽车与装备制造产业链的应用服务平台开发与应用”。

湖北省重点学科：黄石理工学院 “机械电子工程” 学科建设项目。

深圳惠尔海洋工程设计有限公司 “海洋工程虚拟样机工程研究中心” 项目。

本书共 8 章，主要内容如下：

第 1 章 绪论，介绍汽车驾驶模拟器的类型、作用与意义和国内外研究的现状、研究的主要内容和关键技术。

第 2 章 汽车驾驶训练模拟系统的功能结构，对汽车驾驶的行为模式、汽车运动操纵特性与驾驶员模型、汽车驾驶训练仿真系统的功能要求和结构进行研究。

第 3 章 分布式汽车驾驶训练仿真系统，内容包括 DIS 系统的关键技术、几种典型的分布式仿真技术、分布式系统的应用模式、基于 Virtual C++ 的分布式仿真系统和基于 Virtools 的分布式仿真系统。

第 4 章 汽车驾驶训练仿真系统的硬件系统，介绍了汽车驾驶训练仿真操纵系统，内容包括离合器仿真操纵、制动器仿真操纵、加速仿真操纵、变速器仿真操纵、转向仿真操纵系统的功用和要求，以及汽车驾驶训练仿真操纵系统的设计。

第 5 章 汽车驾驶训练仿真视景系统，研究系统的总体设计、关键技术、开发平台、驾驶训练视景的控制与实现。

第 6 章 汽车驾驶仿真监控管理系统，研究 C/S 模式的通信网络与通信程序的算法与实现。

第 7 章 汽车驾驶训练仿真专家系统，包括汽车驾驶道路与交通规则、汽车驾驶道路违章情况判断处理和智能物体的研究。

第 8 章 分布式汽车驾驶训练仿真系统的研究与应用前景，对面向车辆-驾驶

员-道路的虚拟实验、面向驾驶员的研究、面向汽车的开发和应用、面向环境(道路)的开发和应用、道路交通仿真实景的设计及应用进行了描述和展望。

本书反映了作者研究和开发“分布交互式汽车驾驶训练模拟系统”的体系结构的规划和系统建立的特色,体现了当前该领域研究的学科前沿和国际先进水平。全书具有理论的系统性和技术的先进性,对分布式交互仿真系统的研究开发具有实际指导意义。本书适合从事分布式计算机仿真技术、虚拟实验技术研究和开发的工程技术人员阅读,也可作为高等学校大学生、研究生的教材或参考书。

在本书出版之际,感谢湖北省科学技术厅、湖北省教育厅、交通部科学技术司、交通部公路司、中国科学院计算技术研究所智能信息处理重点实验室、武汉理工大学和黄石理工学院对我们研究工作的支持。感谢华中科技大学熊有伦院士、浙江大学谭建荣院士、中国农业大学余群教授等专家长期以来对我们研究工作的指导、鼓励,这是我们能够长期从事应用基础研究的有效保证。要感谢多年来在一起学习与工作的博士后、博士研究生和硕士研究生们,没有他们的辛勤劳动和长期积累,不可能有这本书的出版。感谢中央电视台科技之光栏目的同志们拍摄“足不出户学开车”节目的创造性工作。感谢科学出版社编辑为策划、编辑和出版本书所付出的辛劳。

由于作者水平所限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评、指正。

作者

2009年4月于武汉

目 录

《21 世纪先进制造技术丛书》序

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 汽车驾驶模拟器的类型和国内外研究的现状	1
1.1.1 汽车驾驶模拟器的类型	1
1.1.2 汽车驾驶模拟器的发展	2
1.1.3 汽车驾驶模拟器研究的主要内容和关键技术	7
1.2 汽车驾驶训练模拟器的作用与意义	10
参考文献	11
第 2 章 汽车驾驶训练模拟系统的功能结构	13
2.1 汽车驾驶的行为模式	13
2.1.1 汽车驾驶的行为过程	13
2.1.2 汽车驾驶行为的三种典型模式	15
2.1.3 汽车驾驶行为的改进模式	16
2.2 汽车运动操纵特性与驾驶员模型	17
2.2.1 概述	17
2.2.2 线性二自由度汽车模型	22
2.2.3 模糊汽车模型的研究	25
2.2.4 简化的汽车模型	28
2.3 汽车驾驶训练仿真系统的功能要求	32
2.4 汽车驾驶训练仿真系统的功能结构	34
2.4.1 汽车驾驶训练仿真操作系统(驾驶舱系统)	34
2.4.2 驾驶数据采集系统	35
2.4.3 视景仿真系统	36
2.4.4 评价系统	37
参考文献	38
第 3 章 分布式汽车驾驶训练仿真系统	39
3.1 分布式交互仿真系统概述	39
3.1.1 DIS 系统的关键技术问题	40

3.1.2	几种分布式仿真技术	41
3.1.3	分布式系统的应用模式	43
3.1.4	分布式虚拟环境体系	44
3.2	分布式汽车驾驶训练仿真系统	45
3.2.1	系统结构	45
3.2.2	系统开发	47
3.3	系统视景模型控制实现	50
3.3.1	三维视景的坐标系统和单位	50
3.3.2	视景空间渲染变换	50
3.3.3	视景投影变换	51
3.3.4	驾驶员主视野视景模型	52
3.4	分布式系统通信模型的选择	54
3.4.1	系统通信协议的选择	55
3.4.2	套接字的应用	56
3.4.3	系统控制优先级处理	57
3.5	分布式仿真系统	62
3.5.1	基于 Visual C++ 的分布式仿真系统	62
3.5.2	基于 Virtools 的分布式驾驶训练仿真系统	63
3.5.3	基于 OSG 图形引擎的分布式仿真系统	70
	参考文献	76
第 4 章	汽车驾驶训练仿真系统的硬件系统	78
4.1	汽车驾驶训练仿真操纵系统的功用和要求	78
4.1.1	离合器仿真操纵系统的功用和要求	79
4.1.2	制动器仿真操纵系统的功用和要求	79
4.1.3	加速仿真操纵系统的功用和要求	80
4.1.4	变速器仿真操纵系统的功用和要求	80
4.1.5	转向仿真操纵系统的功用和要求	81
4.2	汽车驾驶训练仿真操纵系统的设计	81
4.2.1	设计要求	81
4.2.2	主要仿真操纵机构的设计	82
4.3	汽车驾驶操纵的数据采集	91
4.3.1	传感器的选择	92
4.3.2	数据采集与处理卡	98
	参考文献	100
第 5 章	汽车驾驶训练仿真视景系统	101

5.1 汽车驾驶模拟器的视景系统的总体设计	101
5.2 视景系统的开发平台	104
5.2.1 几何建模工具	105
5.2.2 三维图形接口工具	107
5.2.3 软件开发编程语言	113
5.3 驾驶训练视景的控制与实现	117
5.3.1 操作车辆的运动交互控制	117
5.3.2 实例：基于 OpenGVS 的虚拟汽车驾驶视景的实现	120
5.4 开发视景系统的关键技术	123
5.4.1 场景模型的组织原则	123
5.4.2 模型分割技术	124
5.4.3 场景建模技术	126
5.4.4 实例技术	130
5.4.5 图像与几何相结合的建模技术	131
5.4.6 数据库技术	133
5.4.7 视景特效技术	134
5.5 场景优化	138
5.5.1 特效渲染	138
5.5.2 光照模型及实现	140
5.5.3 凹凸表面纹理的实现	145
5.6 驾驶模拟器中多通道立体显示技术	159
5.6.1 立体视觉的产生	159
5.6.2 立体显示双目投影的数学建模	160
5.6.3 视觉深度控制	163
5.6.4 测试结果	164
5.7 驾驶训练视景的开发实例	166
5.7.1 基于 Creator 的建模	166
5.7.2 基于 Maya 的建模	170
5.7.3 三维等高线地形模型的生成与处理	173
5.7.4 场景的实例	175
参考文献	177
第 6 章 汽车驾驶仿真监控管理系统	179
6.1 监控系统的功能	180
6.1.1 监控服务器的功能	180
6.1.2 单台模拟器的功能设定	181

6.1.3 监控系统的通信	181
6.2 通信程序模块	182
6.2.1 基于 TCP/IP 的通信技术	182
6.2.2 面向连接的并发服务器交互	183
6.2.3 套接口工作过程	184
6.3 网络通信程序的算法	185
6.3.1 模拟器(客户机)通信程序的算法	185
6.3.2 服务器网络通信的算法与实现	188
6.3.3 模拟器(客户机)之间的通信算法	190
参考文献	193
第 7 章 汽车驾驶训练仿真专家系统	194
7.1 汽车驾驶交通道路与交通规则	194
7.1.1 分道行驶的原则	194
7.1.2 交通标志	195
7.1.3 交通标线	197
7.1.4 一个完整的城市交通体系	199
7.2 汽车驾驶道路违章情况判断处理	210
7.2.1 驾驶违章行为的判断处理	211
7.2.2 训练过程的管理	217
7.2.3 驾驶训练数据处理	219
7.3 智能物体的研究	221
7.3.1 面向智能体技术	221
7.3.2 超车的控制策略	225
参考文献	229
第 8 章 分布式汽车驾驶训练仿真系统的研究与应用前景	230
8.1 概述	230
8.2 汽车驾驶仿真系统应用及前景	230
8.2.1 面向车辆-驾驶员-道路闭环系统的虚拟实验	230
8.2.2 面向驾驶员的研究	232
8.2.3 面向汽车的开发和应用	235
8.2.4 面向环境(道路)的开发和应用	235
8.2.5 道路交通仿真实景的设计及应用	236
参考文献	238
附录 中央电视台科技之光节目解说词	239

第 1 章 绪 论

汽车驾驶模拟器(vehicle simulator),亦称汽车模拟驾驶仿真系统,是一种能正确模拟驾驶操纵汽车的动作、获得实车驾驶感觉的仿真系统。目前的汽车驾驶模拟器集合了传感器技术、计算机技术、计算机三维实时动画技术、计算机接口技术、人工智能技术、数据通信技术、网络技术、数据库技术、多媒体技术等多种先进技术。借助汽车驾驶模拟器,我们能对“汽车-驾驶员-道路”相互作用关系进行研究,并对驾驶人员进行训练。

1.1 汽车驾驶模拟器的类型和国内外研究的现状

1.1.1 汽车驾驶模拟器的类型

汽车驾驶模拟器有不同的类型,按其视景系统的不同,可分为被动式驾驶模拟器和主动式驾驶模拟器;按用途不同,可分为训练型驾驶模拟器和开发型驾驶模拟器;按照驾驶模拟器的运动机构不同,可分为座位固定式、整车转鼓式和座位可转动式三种形式。

被动式模拟器的视景系统一般是一段电影或录像,由主控台(中央控制台)控制,学员集体随录像的画面操作模拟器。模拟器只是简单地把学员操作信息送到主控台,由主控台判断操作是否得当。例如,当屏幕上出现红灯信号车辆停止前进时,驾驶者应当模拟真实驾驶过程完成抬起油门踏板、踩制动踏板、踩离合器踏板、换入空挡和拉手刹等一系列操作过程,模拟器记录这些操作,评价驾驶者的驾驶操作是否正确。由于驾驶者只能根据事先预设好的驾驶视频场景的变化做出反应,局限性很大,一般只用于操作装置讲解、基本驾驶动作和要领的训练、道路驾驶方法的示范教学、道路交通管理基本知识的了解和掌握。这种模拟器的开发较简单,成本低,但学员往往只集中于画面的变化,手脚操作与画面脱节、滞后,一旦失误,就不容易跟上画面的节奏,无法及时发现错误并纠正。

主动式模拟器的视景系统采用计算机实时生成技术,又称(computer image generate,CIG)视景系统。计算机视景系统实时地提供与驾驶地理位置对应的连续的驾驶室外场景,包括道路、路旁的建筑、交通车辆、山川、田野、天空、行人等,这些动画运动层次复杂、三维立体感强;音响系统模拟行车过程中的环境音响,如启动、刹车、发动机轰鸣等声音,使驾驶操纵者产生“沉浸感”;评价系统则对驾驶员驾

驶技能进行评价,并能根据操作规则和交通规则进行地智能纠正,使学员感觉像驾驶真实的汽车一样,有身临其境的感觉。

训练型驾驶模拟器主要用于车辆驾驶员的训练,也可以对微观交通系统进行仿真,并对驾驶员的控制特性进行研究。

开发型驾驶模拟器是在电子、液压、控制等技术支持下,从“人-车-交通环境”闭环系统的整体性能出发,利用计算机对汽车动力性、操纵稳定性、乘坐舒适性、制动性能等进行仿真研究和开发的大型实验装备。

1.1.2 汽车驾驶模拟器的发展

在国外,汽车驾驶模拟器的研究开发较早,汽车驾驶模拟器作为培训工具在发达国家早已普遍运用。日本在1970年就以正式法律规定,汽车驾驶学校必须装备汽车驾驶模拟器。美国在20世纪70年代中期就有五百多所汽车驾驶学校装备了汽车驾驶模拟训练器,大多数欧洲国家也相继制定了使用汽车驾驶训练模拟器的法规。

随着我国经济的快速发展,2008年人均GDP为2460美元,人们对拥有自己的家庭轿车从梦想开始变为现实。据国家统计局《2008年国民经济和社会发展统计公报》:截至2008年底,我国民用汽车保有量为6467万辆,其中,民用轿车保有量为2438万辆,私人轿车占民用轿车保有量的80%,为1947万辆。全年汽车产量934.55万辆,其中轿车产量503.7万辆,这标志着汽车开始走向家庭。驾驶人员的组成因此更加复杂,同时,汽车性能的提高、各种新技术在汽车上的采用、道路条件的改善,使汽车的行驶速度大大提高,这些情况使公路交通呈现出车辆高速化、车流密集化和驾驶员非职业化的特点,初学驾驶人员发生交通事故的比例上升。据统计,我国道路交通死亡人数占全世界的1/5,而我国汽车的保有量仅占世界的3%,新驾驶员发生事故的比例占50%以上。2008年共发生道路交通事故26.5万起,造成7.3万人死亡,30.5万人受伤,直接财产损失10.1亿元,道路交通每万辆车死亡人数为4.3人。自1987年起,我国道路交通死亡人数一直高居世界第一位,远高于其他国家。这从一个侧面说明,我国驾驶员的培训要达到较好的效果,应尽可能通过汽车驾驶模拟器提高驾驶能力,这将使对汽车驾驶模拟器的需求提高到一个新的阶段。

开发型驾驶模拟器现已成为研究汽车性能、探索“人-车-道路系统”相互关系的主要工具,受到了汽车工程领域的极大关注。20世纪80年代以来,德国、瑞典、日本、美国的各大汽车厂家都分别建立了开发型汽车驾驶模拟器。德国戴姆勒-奔驰公司于1985年建成的6自由度汽车驾驶模拟器,其性能代表当时汽车模拟驾驶器技术的最高水平。1989年,德国大众汽车公司则更新了原有驾驶模拟器的计算机系统 and 视景生成系统,并用于新产品的研制中。在20世纪80年代,瑞典VDT

公司也投资建成了汽车驾驶模拟器,用于瑞典车辆和交通系统的研究与开发。美国通用汽车公司于1989年开始研制开发型模拟器,至今为止已经开发出第二代产品,其性能指标居世界领先水平。1993年,美国福特汽车公司也开始研制自己的开发型驾驶模拟器。美国依阿华车辆中心于1993年就启用1300万美元来开发汽车驾驶模拟系统,1996年又增加投资3000万美元由TRW公司进行改进该系统,作为研究高速公路及车辆系统的国家研究基地的一部分,被称之为国家先进汽车驾驶模拟器(NDAS)。1993年,美国交通部(DOT)招标建立美国的大型驾驶模拟器,IOWA大学中标,现在正在执行中。1991年,日本马自达公司兴建了跑车型的开开发型驾驶模拟器。1995年,日本汽车研究所(JARI)也建成了带有体感模拟系统的驾驶模拟器。图1-1为戴姆勒-奔驰公司的汽车模拟器。

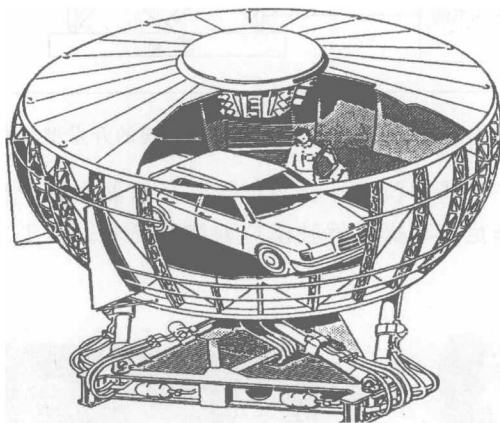


图 1-1 戴姆勒-奔驰公司的汽车模拟器

在国内,一些公司开发了汽车驾驶训练模拟器,但与国际先进水平相比,有较大的差距。目前,北京航空航天大学、国防科学技术大学、昆明理工大学、东南大学、吉林大学、武汉理工大学等单位正在此研究领域积极开展研究工作,并开发出了一些初期的产品。其中,北京航空航天大学研制的MCGI-9410T计算机成像系统、航空精密机械研究所研制的QM-CGI汽车驾驶训练系统较有代表性。吉林大学建设的具有6自由度运动系统的开发型驾驶模拟器,如图1-2所示,其规模和性能居世界先进水平。吉林大学汽车动态模拟国家重点实验室定位于汽车工程中的应用基础研究,围绕汽车动态仿真这一世界汽车领域的前沿性技术,在汽车设计、试验和生产过程中,虚拟地利用数学模型计算或者实物在环嵌入式仿真来替代实物样机测试,针对汽车整车及其底盘、传动和车身等总成系统,以及相关的设计、试验与生产设备的动态过程分析、验证、评价和控制等问题,进行理论方法的研究和应用技术的探索。

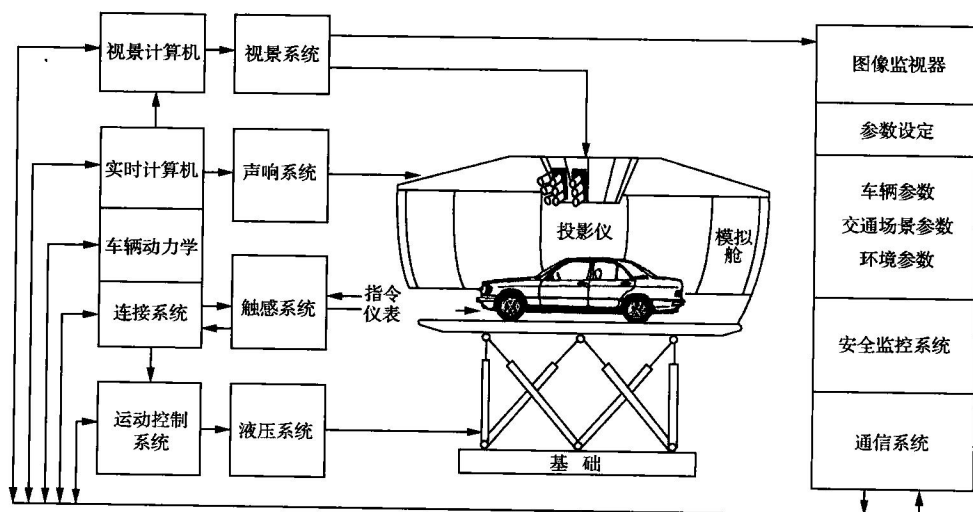


图 1-2 吉林大学建设的具有 6 自由度运动系统的开发型车辆驾驶模拟器

国内一些厂家和科研单位也在努力把驾驶模拟器作为产品进行推广。其中一些产品基本上能够满足汽车操纵驾驶模拟训练的要求。图 1-3 为国内典型的汽车驾驶模拟器产品。

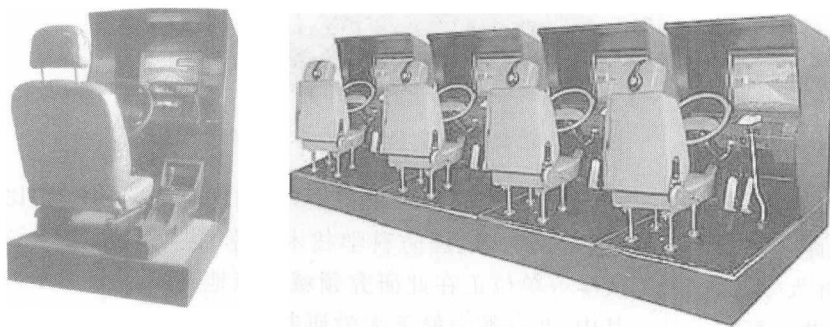


图 1-3 国内典型的汽车驾驶模拟器产品

早期的被动式模拟器通过 VCD、录像机等设备播放视频图像，驾驶者根据画面所显示的驾驶状况完成操作模拟，现有的汽车模拟器克服了原有模拟器的动作和画面严重脱节的缺点，驾驶视景系统的图形、图像是由计算机实时形成的，学员通过视景系统能够看到道路、自己的车辆、其他车辆、行人、建筑物、交通标志等，如图 1-4 所示。

计算机技术和虚拟现实技术的发展提出了主动式三维汽车驾驶训练模拟器。主动式三维汽车驾驶训练模拟器是应用计算机三维成像技术、多媒体技术等当前