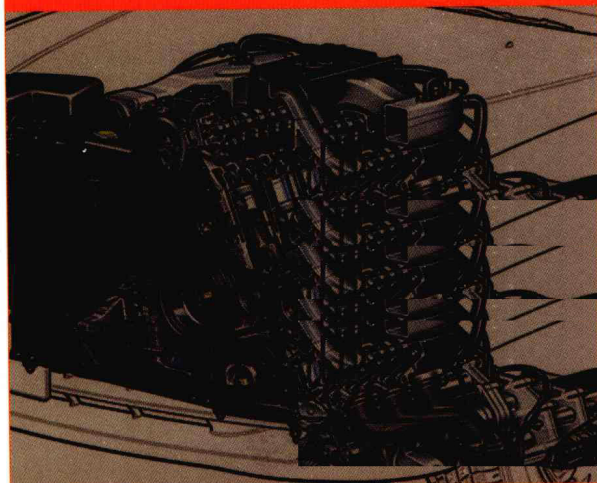


汽 / 车 / 先 / 进 / 技 / 术 / 译 / 丛

车辆动力学及控制

(美) Rajesh Rajamani 著
王国业 江发潮 等译



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车先进技术译丛

车辆动力学及控制

(美) Rajesh Rajamani 著

王国业 江发潮 等译



机械工业出版社

译者的话

本书论述了能足以体现车辆动力学特征、满足车辆控制系统设计需要的车辆动力学模型的建立方法以及车辆动力学控制系统的设计。本书较其他同学论著具有深入、系统和实用的特点，是一本既有理论研究意义又有实际应用价值的参考书。

Rajamani 教授是明尼苏达大学机械工程系先进控制和微型传感器实验室主任，IEEE/ASME 学报编委。我们关注 Rajamani 教授的研究是从 2002 年他发表的“基于 GPS 实时识别轮胎-路面摩擦系数”的文章开始的，Rajamani 教授长期从事车辆控制技术领域的研究，发表重要论文 70 余篇，涉及到本书内容的主要方面。2006 年我们在网上查到此书，看后觉得此书具有理论研究和实际应用价值，对我国从事车辆动力学及其控制领域的科研人员会有具体指导和帮助，于是有了翻译此书的想法。翻译和出版工作得到机械工业出版社汽车分社的大力支持，在此表示由衷感谢。

本书第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章由王国业翻译，第 4 章、第 5 章、第 9 章、第 10 章由江发潮翻译；第 11 章、第 12 章、第 13 章、第 14 章由侯春敏翻译，李淑艳老师审译了部分章节，樊月珍老师参与了本书的部分翻译工作。全书终稿由中国农业大学余群教授审阅，叶阳、曾蔚英、付燕荣、李元、章娟丽、刘恩托、朱妮、付晓丹、肖龙等参与了本书的部分翻译整理工作，在此表示感谢。

由于水平所限，本书难免有翻译不当之处，欢迎读者提出宝贵意见。

译者

前 言

作为一名车辆工程专业研究生的指导教师，我经常觉得需要一本对有关汽车控制系统的研究成果及其应用进行总结，以及建立开发这些系统所需的车辆动力学模型的论著。已经出版的为数不多的几本介绍车辆动力学的论著已远远不能满足当今车辆控制系统工程师的需要。车辆控制系统工程师们需要既简单又足以体现车辆动力学特征的，最主要地还要满足设计车辆控制系统需要的车辆动力学模型。本书将试图介绍这样的模型，以及由这些模型开发出的实际汽车控制系统。

本书涵盖了巡航控制、自适应巡航控制、制动防抱死系统、车道自动保持系统、高速公路自动行驶、横摆稳定性控制、发动机控制、被动悬架、主动悬架和半主动悬架、轮胎模型以及轮胎—路面参数识别。本书特别介绍了几种在文献中经常采用的轮胎模型。

随着汽车在全球范围内应用日广，发展能够更好地适应公路系统，更节能、更舒适、更安全，同时对环境的破坏达到最小的交通体系就显得更加重要。为了达到这诸多方面的，甚至互相冲突的要求，现代汽车越来越倚重于综合应用传感器、调节器和反馈控制的电子控制系统。

本书适合供那些在汽车行业和大专院校里从事这类控制系统研究的工程师和专家们参考，同时也适合作为车辆动力学和控制方向的研究生教材。

在本书出版后如果发现排版错误和其他错误将会在下面的网址上及时改正。<http://www.menet.umn.edu/~rajamani/vdc.html>。

如果读者发现了这些错误能够告知我们，我们将会很感激。

Rajesh Rajamani

目 录

译者的话

前 言

第 1 章 概论	1
1.1 驾驶员辅助系统	1
1.2 主动稳定性控制系统	2
1.3 平顺性	3
1.4 用于解决交通堵塞的技术	4
1.4.1 自动化公路系统	4
1.4.2 “交通友好”的自适应巡航系统	5
1.4.3 窄型工勤车辆倾斜控制	6
1.5 排放和燃油经济性	7
1.5.1 混合动力汽车	8
1.5.2 燃料电池汽车	8
参考文献	8
第 2 章 车辆侧向动力学	11
2.1 商业应用开发中的汽车侧向运动控制系统	11
2.1.1 车道偏离预警系统	11
2.1.2 车道保持系统	12
2.1.3 横摆稳定控制系统	13
2.2 车辆侧向运动的运动学模型	14
2.3 两轮车辆侧向动力学的模型	18
2.4 相对旋转坐标系中点的运动	22
2.5 关于路面误差力学模型的讨论	23
2.6 动力学模型中的横摆角速度和侧偏角的讨论	26
2.7 从车辆坐标系到地面坐标系	27
2.8 路面模型	28
2.9 本章小结	30
参数表	31
参考文献	32

第3章 自动车道保持系统的转向控制	34
3.1 状态反馈	34
3.2 动力学方程的稳态误差	36
3.3 稳态转向	39
3.3.1 稳态转向的转向角	39
3.3.2 方向角误差能否达到零值	42
3.3.3 非零方向角误差的影响	42
3.4 考虑不同的纵向速度	43
3.5 输出反馈	44
3.6 全反馈闭环系统	44
3.7 比例控制闭环系统分析	47
3.8 带超前补偿器的回路分析	52
3.9 带超前补偿器的仿真性能	55
3.10 闭环系统性能分析	56
3.10.1 随车速的性能变化	56
3.10.2 随传感器位置的性能变化	58
3.11 带超前传感器测量的补偿器设计	59
3.12 本章小结	60
参数表	61
参考文献	62
第4章 车辆纵向动力学	64
4.1 整车纵向动力学	64
4.1.1 空气阻力	65
4.1.2 轮胎纵向力	66
4.1.3 纵向轮胎力和滑动率之间的依赖关系	68
4.1.4 滚动阻力	69
4.1.5 法向载荷的计算	71
4.1.6 轮胎有效半径计算	72
4.2 传动系统动力学	73
4.2.1 变矩器	74
4.2.2 传动系的动力学模型	75
4.2.3 发动机动力学	76
4.2.4 轮胎动态性能	77
4.3 本章小结	78
参数表	78

参考文献	79
第 5 章 车辆纵向控制	81
5.1 引言	81
5.1.1 自适应巡航控制系统	81
5.1.2 避撞系统	82
5.1.3 自动化公路系统	82
5.2 纵向自动控制的优点	83
5.3 巡航控制系统	84
5.4 巡航控制系统的上层控制器	85
5.5 巡航控制系统的下层控制器	87
5.5.1 根据期望加速度计算发动机转矩	87
5.5.2 发动机控制	89
5.6 防抱死制动系统	89
5.6.1 目的	89
5.6.2 ABS 的功能	92
5.6.3 基于减速度门限值的算法	93
5.6.4 其他 ABS 控制算法	96
5.6.5 关于 ABS 的近期研究出版物	97
5.7 本章小结	97
参数表	97
参考文献	98
第 6 章 自适应巡航控制	101
6.1 引言	101
6.2 车辆跟随准则	102
6.3 控制系统结构	103
6.4 车队的稳定行驶	104
6.5 固定车距与自主控制	104
6.6 固定时距控制策略的自主控制	106
6.6.1 基于 CTG 车距控制策略的车队稳定行驶	107
6.6.2 典型的延迟值	109
6.7 过渡控制	111
6.7.1 过渡控制器的必要性	111
6.7.2 通过 $R-R$ 图设计转换控制器	112
6.8 下层控制器	115
6.9 本章小结	116

参数表	116
参考文献	117
第6章附录	118
第7章 车队的纵向控制	121
7.1 自动化高速公路系统	121
7.2 自动化高速公路系统中的车辆控制	121
7.3 纵向控制结构	122
7.4 车辆跟随准则	123
7.4.1 单个车辆的稳定行驶	123
7.4.2 车队的稳定行驶	124
7.5 信号及系统范数的背景	124
7.5.1 信号的范数	124
7.5.2 系统的范数	125
7.5.3 利用诱导范数研究信号放大	125
7.6 保证车队稳定行驶的设计方法	127
7.7 固定车距的自主控制	127
7.8 采用无线通信的固定车距控制策略	129
7.9 实验结果	131
7.10 下层控制器	132
7.11 参数未知车辆的自适应控制	133
7.11.1 重新定义符号	133
7.11.2 自适应控制器	134
7.12 本章小结	136
参数表	137
参考文献	138
第7章附录	139
第8章 电子稳定性控制	141
8.1 引言	141
8.1.1 稳定性控制原理	141
8.1.2 汽车厂商开发的稳定性控制系统	142
8.1.3 稳定性控制系统的种类	142
8.2 差动制动控制系统	143
8.2.1 车辆动力学模型	143
8.2.2 控制系统架构	145
8.2.3 理想的横摆角速度	146

8.2.4 理想的车辆侧偏角	146
8.2.5 目标横摆角速度和侧偏角的上限值	147
8.2.6 上层控制器设计	148
8.2.7 下层控制器设计	150
8.3 线控转向系统	151
8.3.1 概述	151
8.3.2 解耦输出的选择	152
8.3.3 控制器设计	153
8.4 独立的全轮驱动力分配控制	155
8.4.1 传统的四轮驱动系统	155
8.4.2 基于差速器在左右轮之间分配转矩	156
8.4.3 全轮转矩主动控制	156
8.5 本章小结	157
参数表	158
参考文献	160
第9章 汽油和柴油发动机的均值建模	162
9.1 基于参数方程的汽油发动机模型	162
9.1.1 发动机旋转动力学	163
9.1.2 有效转矩	163
9.1.3 摩擦和泵气损失	164
9.1.4 进气歧管压力方程	165
9.1.5 流出进气歧管的空气质量流量 $\dot{m}_{ao}$	165
9.1.6 流入进气歧管的空气质量流量 $\dot{m}_{ai}$	165
9.2 查表建立火花点火发动机模型	166
9.2.1 发动机 MAP 图	167
9.2.2 由发动机 MAP 图得到的二阶发动机模型	169
9.2.3 由发动机 MAP 图得到的一阶发动机模型	171
9.3 涡轮增压柴油发动机	172
9.4 涡轮增压柴油发动机的均值模型	172
9.4.1 进气歧管动力学模型	173
9.4.2 排气歧管动力学模型	173
9.4.3 涡轮增压器动力学模型	173
9.4.4 发动机曲轴动力学模型	174
9.4.5 控制系统目标	175
9.5 汽油发动机下层控制器	175

9.6 本章小结	176
参数表	176
参考文献	178
第10章 被动式汽车悬架的设计与分析	180
10.1 引言	180
10.1.1 整车、半车、四分之一汽车悬架模型	180
10.1.2 悬架的功能	181
10.1.3 非独立悬架和独立悬架	182
10.2 模型解耦	183
10.3 四分之一汽车悬架的性能变量	184
10.4 四分之一汽车模型的自然频率和模态分析	186
10.5 使用解耦的近似传递函数	187
10.6 悬架质量模型中的振动分析	191
10.7 非悬架质量模型的振动分析	192
10.8 基于完整四分之一汽车模型的验证	192
10.8.1 悬架刚度影响的验证	192
10.8.2 悬架阻尼影响的验证	194
10.8.3 轮胎刚度影响的验证	195
10.9 半车和全车悬架模型	197
10.10 本章小结	200
参数表	201
参考文献	202
第11章 主动悬架	203
11.1 引言	203
11.2 主动控制:综合性能和局限性	204
11.2.1 传递函数	204
11.2.2 LQR 算法及与 H_2 最优控制关系	205
11.2.3 基于 LQR 算法的主动悬架设计	206
11.2.4 LQR 控制器的性能研究	207
11.3 主动系统的渐近线	212
11.4 悬架问题的不动点及其影响	213
11.5 基于不动点的综合性能分析	214
11.5.1 平顺性/车辆行驶性的关系	215
11.5.2 平顺性/动挠度的关系	215
11.6 主动悬架系统的结论	216

11.7 简单的速度反馈控制器性能	217
11.8 主动悬架的液压执行器	219
11.9 本章小结	220
参数表	220
参考文献	221
第12章 半主动悬架	223
12.1 引言	223
12.2 半主动悬架动力学模型	224
12.3 理论结论: 最优半主动悬架	226
12.3.1 问题描述	226
12.3.2 问题定义	227
12.3.3 无阻尼约束的最优解	228
12.3.4 有约束最优解	229
12.4 最优半主动悬架控制率	230
12.5 仿真结果	231
12.6 半主动悬架系统传递函数计算	234
12.7 半主动悬架系统的性能	236
12.7.1 中等权重时的平顺性	236
12.7.2 “天棚阻尼”控制	237
12.8 本章小结	239
参数表	240
参考文献	240
第13章 轮胎纵向力与侧向力	242
13.1 轮胎力	242
13.2 轮胎结构	244
13.3 低滑移率下的轮胎纵向力	244
13.4 小侧偏角下的轮胎侧向力	247
13.5 魔术公式轮胎模型	249
13.6 统一地面法向力的轮胎侧向力模型的建立	250
13.6.1 小侧偏角下的侧向力	251
13.6.2 大侧偏角下的侧向力	253
13.7 法向压力抛物线分布的轮胎侧向模型的建立	255
13.8 轮胎侧向力与纵向力的联合产生	259
13.9 魔术公式轮胎模型	262
13.10 Dugoff 轮胎模型	264

13.10.1 简介	264
13.10.2 模型公式	265
13.10.3 Dugoff 模型的摩擦圆解释	265
13.11 动态轮胎模型	266
13.12 本章小结	267
参数表	267
参考文献	268
第14章 公路车辆的轮胎—路面摩擦力测量	270
14.1 引言	270
14.1.1 轮胎—路面摩擦系数的定义	270
14.1.2 轮胎—路面摩擦力估计的意义	270
14.1.3 轮胎—路面摩擦系数估计的回顾	271
14.1.4 基于滑移斜率方法的摩擦力估计的回顾	271
14.2 车辆纵向动力学和用于摩擦力估计中的轮胎模型	273
14.2.1 车辆纵向动力学	273
14.2.2 法向力的确定	274
14.2.3 轮胎模型	274
14.2.4 牵引和制动过程中摩擦系数的估计	275
14.3 纵向摩擦力识别方法总结	277
14.4 识别算法	277
14.4.1 RLS 算法	277
14.4.2 可变增益的 RLS 算法	278
14.4.3 参数迭代条件	279
14.5 加速度传感器偏差的估计	280
14.6 实验结果	282
14.6.1 系统硬件和软件	282
14.6.2 干混凝土路面实验	283
14.6.3 覆盖有疏松雪的混凝土路面实验	284
14.6.4 两种不同摩擦等级组成的路面上的试验	285
14.6.5 紧急制动实验	286
14.7 本章小节	287
参数表	288
参考文献	289
附录 常用英制—米制单位换算表	291

第 1 章 概 论

汽车工业在世界范围内得到快速发展, 1970 年全世界生产汽车 3000 万辆, 注册使用的车辆 2.46 亿辆, 到 2005 年, 年产量将达到 6500 万辆, 注册使用的车辆达到 8 亿辆 (Powers 和 Nicastrì, 2000)。汽车的应用日益广泛, 促进了汽车工业的发展。优化路网设施和充分利用燃料资源、提供安全舒适的交通运输体系, 同时尽可能地减少汽车对环境的影响, 满足诸多方面的、甚至是矛盾的社会需要, 对于汽车工业是一个巨大的挑战。

为应对这些挑战, 汽车需要不断依赖各种电子、机械系统, 更广泛地采用传感器、执行机构和反馈控制。近 20 年电子技术、传感器技术、计算机和控制技术的发展推动了汽车电子技术的发展。

本章作为概述, 概括性地论述了汽车工业领域和相关研究机构开发的一些主要电子机械反馈控制系统。下列各节述及以下五个方面:

- 1) 驾驶员辅助系统。
- 2) 主动稳定性控制系统。
- 3) 平顺性改进。
- 4) 交通拥堵的解决。
- 5) 节能与排放。

1.1 驾驶员辅助系统

在世界一些地区平均每分钟就有一人死于汽车碰撞事故 (Powers 和 Nicastrì, 2000)。2000 年, 包括汽车碰撞事故在内的汽车事故社会代价巨大, 其实际经济损失达世界 GDP 的 3%, 总计接近一万亿美元。来自美国国家公路安全运输联合会 (NHTSA) 的数据显示 1998 年美国发生公路事故 633.5 万起, 其中死亡事故 37081 起 (NHTSA, 1999)。也有数据显示, 在所有事故因素中人为因素占 90% 以上 (United States DOT Report, 1992)。

汽车厂商正在开发各种驾驶员辅助系统, 用以简化驾驶操作, 减轻驾驶员疲劳, 以利于减少道路交通事故的发生。以下是正在研发的驾驶员辅助系统的一些实例:

- 1) 避撞系统, 自动侦测前方车辆减速情况, 向驾驶员发出警告和辅助驾驶员进行制动。
- 2) 自适应巡航控制系统, 增强的巡航控制系统, 能够自动和前车保持安全

距离。

3) 车道偏离预警系统。

4) 车道保持系统, 能够在直行道路上自动保持方向。

5) 视野增强/夜视系统。

6) 驾驶员状态监视系统, 侦测驾驶员瞌睡、障碍物和行人状况, 并适时发出警示。

7) 安全事故记录、碰撞事故和重大事件自动通告系统。

这些技术将有助于减轻驾驶员的疲劳, 尽可能帮助驾驶员避免事故的发生, 也有助于减少交通拥堵现象。

避撞系统和自适应巡航控制系统将在第 5、6 章中深入讨论, 车道保持系统将在第 3 章中详尽论述。

1.2 主动稳定性控制系统

目前, 已有数家汽车厂商开发出防止车辆横摆、侧滑和侧倾的车辆稳定性控制系统, 并得到商业化应用。

防止车辆横摆、侧滑的稳定性控制系统常常被称为横摆稳定性控制系统, 深入的讨论将在本书第 8 章中进行。防止车辆侧倾的稳定性控制系统被称为主动侧倾稳定性控制系统。可将横摆稳定性控制系统和主动侧倾稳定性控制系统集成为集成稳定性控制系统。

图 1-1 为偏航稳定性控制系统功能示意图, 图 1-1 中下部曲线表示当道路是干燥且具有高轮胎—路面摩擦系数时, 车辆对驾驶员转向输入进行响应的轨迹。这种情况下, 高摩擦系数能够提供车辆通过转弯道路所需的侧向力。如果摩擦系数较小, 或者车速过高, 那么车辆将不能按照驾驶员的意图进行转向, 而是在更大的转弯半径 (更小的曲率) 上行驶, 见图 1-1 中的上部曲线。偏航控制系统的作用是尽可能地使车辆横摆角速度恢复到驾驶员所期望的正常运动状态的预期值。如果摩擦系数非常小, 将不可能完全像在高摩擦系数路面上实现驾驶员期望的理想车辆横摆角速度的转向操作, 在这一情况下, 偏航控制系统只能通过控制车辆横摆角速度尽量接近预期的理想值来取得部分控制效果, 如图 1-1 中间的曲线所示。

偏航控制系统已经用在产品化车辆上, 包括 BMW DSC3 (Leffler, et. al., 1998) 车上在 1995 年采用的 Mercedes ESP, 1996 年推出的凯迪拉克的 Stabilitrak 系统 (Jost, 1996) 和 1997 年推出的雪弗兰 C5 Corvette 主动处理系统 (Hoffman, et. al., 1998)。

多数产品化的系统是基于差分制动的控制系统, 大多数正在研发的横摆稳定性控制系统有两类: 线控系统和主动转矩分配控制系统。已产品化和正在研

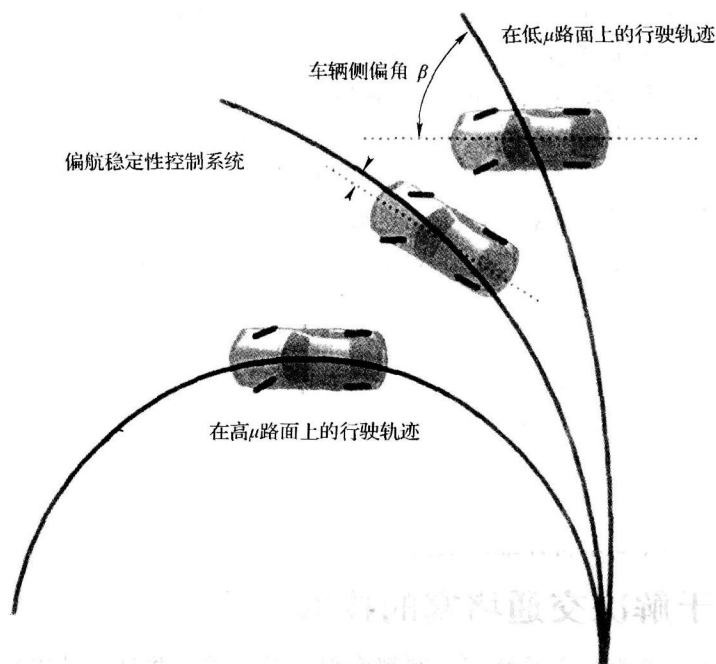


图 1-1 偏航稳定性控制系统的功能

发的这三类横摆稳定性控制系统将在本书第 8 章中详述。

横摆稳定性控制系统有助于保持车辆在预期车道上行驶，避免驾驶员不正常的转向操作。对于直接主动侧倾控制系统也已开展了大量研发工作，尤其对运动多功能车辆（SUV）和货车。有些系统，如集装箱货运列车侧倾稳定性辅助系统（Freightliner's Roll Stability Advisor）和 Volvo 侧倾稳定性控制系统（Volvo's Roll Stability Control system），利用传感器侦测车辆侧倾状态，当接近危险程度时进行及时纠正。通过差分制动实现侧倾稳定性控制，既能降低车辆的行驶速度也有利于增加不足转向，进而有助于减小车辆侧倾角速度。还有其他的防止侧倾的技术，包括由 Delphi 和 BMW（Strassberger and Guldner, 2004）开发的主动稳定杆系统（Active Stabilizer Bar Systems），通过调节稳定杆在悬架上的作用力降低转弯侧倾程度。

1.3 平顺性

长期以来，研究人员为显著改善车辆平顺性、操纵稳定性和动力性，对在车辆悬架中使用各种主动调节器的构想的追求一直没有停止（Hrovat, 1997; Strassberger and Guldner, 2004）。全主动悬架系统已在一级方程式赛车中实现，

例如, 莲花工程公司开发的悬架系统 (Wright and Williams, 1984)。在普通的旅行车市场, 已有越来越多的装备半主动悬架的汽车产品上市。德尔福的半主动 MagneRide 系统于 2002 年在 Cadillac Seville STS 车上率先问世, 目前, 已在全系列巡洋舰车型上作为选配部件。MagneRide 系统利用磁流变液减振器使阻尼和刚度具有实时快速响应特性, 半主动反馈控制系统即通过改变减振器特性提高平顺性。现行大多数半主动悬架、主动悬架系统的设计通过减小转弯侧倾来改善操纵性能。主动稳定杆系统也已开发成功, 例如, BMW 和 Delphi 所开发的主动稳定杆系统, 减小了转弯侧倾而不会降低正常行驶的平顺性 (Strassberger and Guldner, 2004)。

RoadMaster 系统是设计用来平衡静态载荷的另一类不同形式的主动悬架系统 (www.activesuspension.com), 作为可选配置用于货车、厢式货车和 SUV 配套市场。它由两个可变刚度的螺旋弹簧组成, 安装在后钢板弹簧上以平衡静态载荷, 使车辆满载时不至于造成车身底部严重下沉。

本书第 6、7、8 章将详细讨论被动、主动、半主动悬架的设计问题。

1.4 用于解决交通堵塞的技术

无论在大小城市, 交通堵塞问题都变得日益严重, 并且预计未来十年其严重程度还会增加一倍。全球每年超过 50 亿 h 花在道路上等车 (Texas Transportation Institute, 1999)。如果为了遏制交通堵塞进一步加剧, 大量修建公路和街道代价会过于昂贵。1999 年德克萨斯交通学会对 68 个城市区域交通状况的研究发现, 当增加 1800 mile 长的公路和 2500 mile 长的街道时, 才能抵消 1998 年到 1999 年一年间交通堵塞的增加程度。在可预见的未来, 这种建设规模是不大可能的。数据显示每年通过道路建设增加的交通量远滞后于交通量增加对它的需求量, 这就使得交通堵塞状况日益恶化。公共交通系统的发展艰难而缓慢, 建设足够密集的公共交通系统为每个出行个人提供点对点的交通通道在美国仍然很难做到。因此, 即使交通堵塞似乎抵消掉个人拥有车辆可能的行动自由, 但个人拥有车辆仍然是一种流行的交通选择模式。

交通堵塞问题并非只应由汽车厂商来直接解决, 在许多致力于研究减少交通堵塞的各类大学里也在开展着有重要意义的相关研究工作。如, 自动化公路系统研究、“交通友好”的自适应巡航系统研究和窄型工勤车辆倾斜控制研究。这些将在以后章节中详细讨论。

1.4.1 自动化公路系统

在加利福尼亚的一条道路上已经进行了大量有意义的关于自动化公路系统的试验研究。在自动化公路系统 (Automated Highway System, AHS) 中车辆完全由自动化系统控制, 紧密地排列着, 一起运动 (Hedrick, Tomizuka and Vara-

iya, 1994; Varaiya, 1993; Rajamani, Tan, et. al., 2000), 其交通能力达到目前采用普通驾驶车辆交通方式的公路的三倍。车辆进入 AHS 公路之前, 需要按规定进行一定改装, 改装后的车辆既可以在 AHS 公路上行驶也可以在常规公路上行驶。驾驶改装后的车辆, 驾驶员可以利用本地道路驾车出门, 通过 AHS 公路一旁比较拥挤的城区便道进入 AHS 公路, 最后驶出 AHS 公路进入普通公路到达目的地, 整个过程驾驶员无需离开车辆。这样 AHS 适合为像美国这样低密度人口的国家提供点对点的个人交通系统。

设计适用于 AHS 的车辆控制系统是一项令人感兴趣并富有挑战的工作, 车辆在 AHS 公路上行驶时的纵向控制将在本书第 7 章详细讨论, 在 AHS 公路上行驶时自动转向的侧向控制将在本书第 3 章中讨论。

1.4.2 “交通友好”的自适应巡航系统

如第 1.1 节所述, 作为普通巡航控制系统的扩展, 汽车厂商已开发出自适应巡航控制系统。自适应巡航控制系统使用雷达自动侦测同一车道的前方车辆。前方车辆速度较低时, 自适应巡航控制系统能自动从速度控制切换到距离控制, 通过自动控制节气门, 与前车保持在安全距离范围内。图 1-2 所示为自适应巡航控制系统的原理示意图。

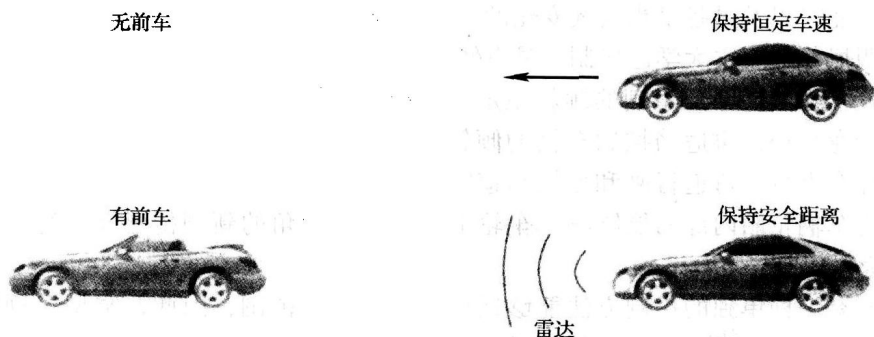


图 1-2 自适应巡航控制系统

自适应巡航控制系统已经产品化, 并已在今天的高速公路上使用。汽车厂商开发自适应巡航控制系统作为驾驶员辅助驾驶的工具, 用以改善驾驶汽车的方便性, 有利于提高安全性。然而, 随着在公路上行驶的具有自适应巡航控制系统的车辆比例不断增加, 自适应巡航控制系统也对交通流产生重要影响。

已有几个研究小组正在进行自适应巡航控制系统对高速公路交通状况影响的研究, 目标是使自适应巡航控制系统有助于提高交通流量, 促进交通畅通 (Liang and Peng, 1999; Swaroop, 1999; Swaroop 1998; Rajamani, 2003)。所研究的重要课题有:

- 1) 研究车辆间距离控制策略和算法对交通流稳定性的影响。