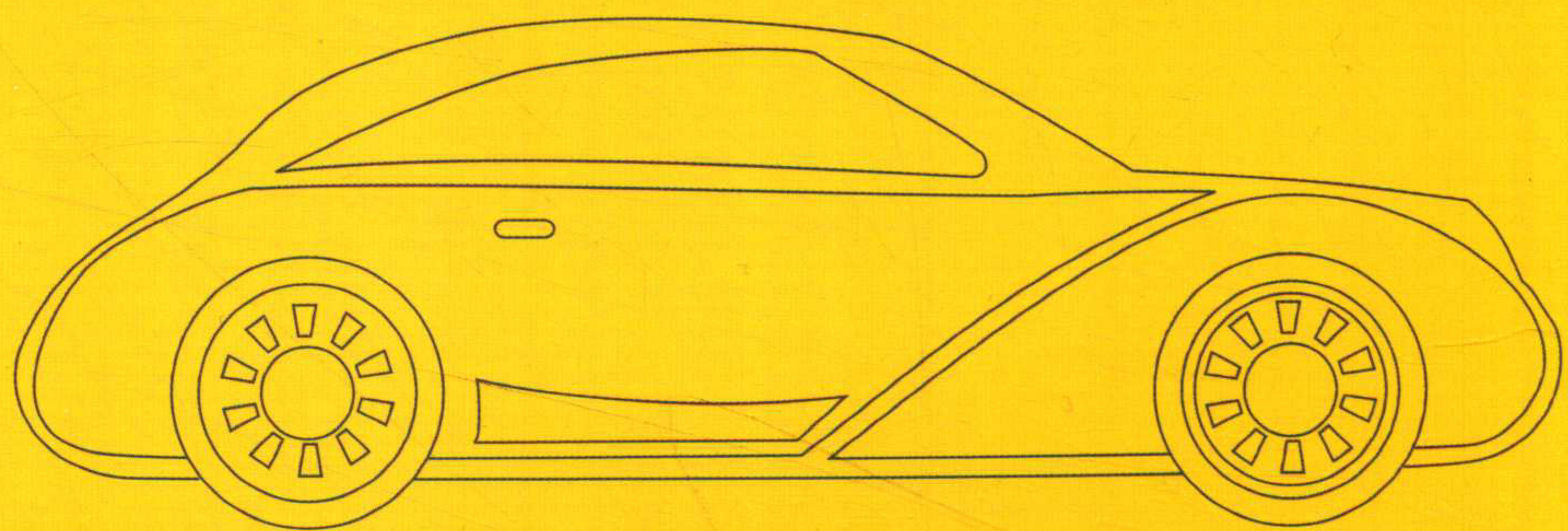


 Springer

[德] 曼弗雷德·米奇克 (Manfred Mitschke) 著
亨宁·瓦伦托维兹 (Henning Wallentowitz)

陈荫三 余 强 译



汽车动力学

原书第5版

**Dynamik der
Kraftfahrzeuge**
5. Auflage

清华大学出版社

汽车动力学

(原书第5版)

**Dynamik der
Kraftfahrzeuge**
5. Auflage

清华社官方微信号



扫我有惊喜

ISBN 978-7-302-53285-9



9 787302 532859 >

定价：120.00元

Dynamik der Kraftfahrzeuge

5. Auflage

汽车动力学

原书第5版

[德] 曼弗雷德·米奇克 (Manfred Mitschke) 著
亨宁·瓦伦托维兹 (Henning Wallentowitz)

陈荫三 余强 译

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书内容包括:概述;第Ⅰ篇:轮胎和空气动力学;第Ⅱ篇:驱动和制动;第Ⅲ篇:车辆振动;第Ⅳ篇:行驶的操纵稳定性。本书可供汽车工程技术人员、高等院校汽车工程专业师生使用和参考。

Translation from the German language edition:

Dynamik der Kraftfahrzeuge (5. Aufl.) by Manfred Mitschke and Henning Wallentowitz

Copyright © Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014

This Springer imprint is published by Springer Nature. The registered company is Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

All Rights Reserved.

本书中文简体字翻译版由德国施普林格公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)独家出版发行。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2018-2767

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

汽车动力学:原书第5版/(德)曼弗雷德·米奇克,(德)亨宁·瓦伦托维兹著;陈荫三,余强译.—北京:清华大学出版社,2019

ISBN 978-7-302-53285-9

I. ①汽… II. ①曼… ②亨… ③陈… ④余… III. ①汽车动力学 IV. ①U461.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 134553 号

责任编辑:许 龙

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:45.5

字 数:1106千字

版 次:2019年11月第1版

印 次:2019年11月第1次印刷

定 价:120.00元

产品编号:078798-01

译者序

Manfred Mitschke 教授所著《汽车动力学》一书，第 1 版于 1972 年问世，该版中译本由桑杰译出，于 1980 年 2 月在机械工业出版社出版。

《汽车动力学》第 2 版分为 A、B、C 三卷，相继于 1982 年、1984 年和 1990 年出版。三卷的中译本由陈荫三翻译，分别于 1992 年 3 月、1994 年 12 月和 1997 年 9 月在人民交通出版社出版。

《汽车动力学》第 4 版于 2004 年出版，中译本由陈荫三和余强翻译，2009 年 12 月在清华大学出版社出版。

此次《汽车动力学》第 5 版中译本仍由清华大学出版社出版。本书作为向国内读者介绍国外学术发展的理论译著，可供汽车工程技术人员、高等院校教师和研究生参考。

陈荫三 余强
2019 年 2 月于西安

第 5 版前言

为了将汽车的行驶特性从理论上进行总结，在 1972 年出版了《汽车动力学》第 1 版。在随后的 1982—1997 年又先后出版了新编第 2 版和部分新编第 3 版，并且将它们分为三卷，具体划分为：卷 A “驱动和制动”、卷 B “车辆振动”和卷 C “行驶的操纵稳定性”。

在第 4 版中又将所有内容编成了一卷。为了符合媒体中性产品的现实要求，现在的第 5 版中又对结构进行了重新编排，这样就使得本书不仅可以以纸质版的形式出版，也可以以 PDF 格式在电子书上出版，还可以以 EPUB 格式提供给移动终端。

在新版书中，除了提供新的研究成果外，还主要讨论了在汽车动力学领域技术的其他发展。车辆技术的基础没有改变，新的系统遵循的就是目前为止所有的有效的理论。希望本书能使这种联系更加清晰。掌握了这个理论体系，将来就可以开发车辆技术方面新的系统。已有的例子是自动接合的全轮驱动系统和车辆动力学控制系统，这些系统是基础理论的实际应用。作为本书的作者，我们在工业企业的工作中，应用这些基础理论改善了车辆的行驶性能，提升了行驶安全性和舒适性，也减轻了驾驶员的劳动强度。这种发展是无止境的。新型的转向系统和纵向动力学的自动控制是当前工作的领域。

和以前一样，为了使学生和实习的工程师更好地理解理论的实际应用，书中列出了大量的车辆参数、表格、曲线特征参数以及试验结果数据。

作者要感谢 Felix Wallentowitz (M. A.)，是他将第 4 版的纸质形式转化成电子化数据，修改了书中出现的错误和公式，他在工作中非常专心细致。

在此我们非常感谢施普林格出版社 (Springer-Verlag) 和莱比锡的 Le-tex Publishing Services 股份有限公司建设性的和充分理解的合作，本书完整的修订需要在排版和校正方面花费大量的精力，没有他们不可能实现本书纸质版和电子版两种形式的出版。

希望本书能使得工程师们的工作更加容易，对新问题的解决提供帮助。

M. Mitschke (M. 米奇克)

H. Wallentowitz (H. 瓦伦托维兹)

2014 年 8 月，布伦瑞克

目 录

1 概述	1
1.1 动力学问题概述	1
1.2 局部问题的划分	2
1.3 整书的编排	3

第 I 篇 轮胎和空气动力学

2 轮胎	7
2.1 轮胎的切向特性	7
2.1.1 车轮阻力	7
2.1.2 切向附着、滑移	14
2.2 轮胎的垂直特性	21
2.2.1 接地印迹面压力分布	21
2.2.2 轮胎弹性和阻尼	22
2.3 轮胎的侧向特性	25
2.3.1 侧向力,回正力矩,侧偏角	25
2.3.2 车轮外倾的影响	31
2.3.3 静止状态下的转向力矩	34
2.3.4 切向力对轮胎特性的影响	34
2.3.5 轮胎模型	37
2.3.6 轮胎的导入特性	39
参考文献	40
3 车辆空气动力学	42
3.1 空气阻力和力矩	42
3.1.1 流入速度和流入角,空气密度	43
3.1.2 迎风面积	45
3.2 空气阻力,空气阻力系数 c_x 和 c_w	45
3.3 空气升力,扰流罩	49
3.4 侧向风,压力中心	51
参考文献	52

拓展文献	53
------------	----

第Ⅱ篇 驱动和制动

4 引言	57
5 行驶阻力,功率需要	58
5.1 驱动的基本方程,牵引力	58
5.2 车辆的车轮阻力	60
5.3 上坡阻力	61
5.4 加速阻力	61
5.5 驱动轮上的总的阻力和力矩	63
5.6 驱动轮上的功率	65
5.6.1 忽略滑移率情况下的车轮功率	65
5.6.2 考虑滑移率时的车轮功率	66
5.6.3 常用换算	66
参考文献	67
6 功率的提供,汽车驱动特性场	68
6.1 特性场基础,理想供应特性场	68
6.2 动力装置(车辆发动机)的特性	71
6.2.1 蒸汽机	71
6.2.2 电力驱动	71
6.2.3 内燃机	75
6.2.4 混合动力驱动	79
6.2.5 燃气轮机	81
6.3 特性转换装置及其与内燃机的共同工作	82
6.3.1 对传动比的要求	82
6.3.2 转速转换器,一般性讨论	84
6.3.3 机械式(摩擦式)离合器	85
6.3.4 液力耦合器	86
6.3.5 扭矩-转速转换器,一般性讨论	87
6.3.6 内燃机和有级变速器的共同工作	88
6.3.7 自动换挡变速器	89
6.3.8 双离合变速器	91
6.3.9 无级变速器	95
6.3.10 自动变速器:内燃机和液力变矩器的共同工作	95
6.4 各种动力装置对汽车行驶的适用性	97
6.4.1 全负荷特性曲线的比较	97
6.4.2 质量比较,不同的能量储备系统,续驶里程	98

6.4.3	有害物质的排放,燃料电池	101
	参考文献	102
7	行驶功率和燃料消耗	105
7.1	行驶工况图	105
7.2	平路上最高车速,最小传动比	107
7.3	一定速度下的上坡能力	110
7.3.1	最高挡上坡能力,发动机和车辆的弹性	112
7.3.2	最大上坡能力,最大传动比,展开度	113
7.4	下坡行驶	115
7.5	平路加速性能	115
7.5.1	速度,路程,时间	116
7.5.2	对车辆加速性能的影响	119
7.5.3	中间挡传动比	122
7.5.4	牵引力的中断	124
7.6	燃料消耗和 CO ₂ 排放	125
7.6.1	对燃料消耗重要的影响	125
7.6.2	发动机效率不是常数时的燃料消耗	128
7.6.3	按最低油耗确定的特性转换装置传动比	134
7.6.4	节能挡传动比	135
7.6.5	发动机特性场的改进	135
7.6.6	CO ₂ 排放	136
	参考文献	138
	拓展文献	138
8	行驶极限	139
8.1	双轴车辆的运动方程	139
8.2	前轴和后轴的附着率	140
8.3	前轴驱动和后轴驱动时的附着率	143
8.3.1	平路上的匀速行驶	144
8.3.2	上坡匀速行驶	145
8.3.3	平路加速行驶	147
8.4	牵引辅助系统,车轮滑移控制系统,差速锁	148
8.5	全轮驱动	150
8.5.1	理想的扭矩分配	150
8.5.2	实际的扭矩分配	152
8.6	汽车列车和三轴车辆的上坡行驶	155
8.6.1	汽车列车	155
8.6.2	三轴车辆	157
	参考文献	159

9	制动	160
9.1	动能转换成热	160
9.2	制动过程,制动距离	163
9.2.1	制动过程,制动距离	163
9.2.2	停车距离,制动距离	164
9.2.3	紧急制动,正常制动	166
9.2.4	车队行驶时的间隔	166
9.3	相对减速度,最大减速度,质量系数	168
9.3.1	相对减速度,制动力的定义	168
9.3.2	相对减速度可能达到的范围	169
9.3.3	附着系数利用率,质量系数,制动距离的延长	170
9.4	双轴车辆的附着率和相对减速度	171
9.5	稳定性,转向能力,制动踏板的量化	174
9.6	制动力分配	177
9.6.1	制动力的理想分配	177
9.6.2	$B_H = f(B_V)$ 的阐述	177
9.7	对制动系的要求、相关法规	178
9.8	防抱死装置	180
9.8.1	电子制动力分配系统	185
9.9	车轮抱死过程	186
9.9.1	在 $0 \leq S \leq S_c$ 范围内的解	188
9.9.2	在 $S_c \leq S \leq 1$ 范围内的解	188
9.9.3	抱死过程中的重要参数	189
9.10	制动力定比分配、折线式分配、与装载状态相关的分配	190
9.10.1	制动力定比分配	190
9.10.2	折线式分配	191
9.10.3	与装载情况相关的制动力分配	193
9.10.4	速度变化的影响	195
9.11	踏板力,制动辅助系统	196
9.11.1	与减速度和踏板行程相关的踏板力	196
9.11.2	制动辅助系统	199
9.12	制动装置的失效	200
9.12.1	一个回路失效	201
9.12.2	制动助力装置失效	204
9.13	汽车列车的相对制动减速度	205
9.13.1	货车与多轴挂车	205
9.13.2	轿车和单轴挂车	206
9.13.3	鞍式列车	208
9.14	电力制动,缓行器	209

9.14.1	在传动轴上制动	209
9.14.2	在车轮上制动	210
9.15	制动能量回收	211
	参考文献	213
	拓展文献	214
第Ⅱ篇总结		217
第Ⅲ篇 车辆振动		
10	引言	221
10.1	振动等效系统	224
10.1.1	简化的振动等效系统	224
	参考文献	227
	拓展文献	227
11	导论,振动的激励,无规则振动	228
11.1	单质量系统	228
11.1.1	固有振动	229
11.1.2	强迫振动	231
11.2	车辆技术运用	233
11.2.1	液力减振器与橡胶减振器的比较	233
11.2.2	不同的激励形式	235
11.2.3	“无减振”车辆	243
11.2.4	座椅振动特性	244
11.3	正弦形式的激励	246
11.3.1	简谐激励	246
11.3.2	周期性激励	250
11.4	随机不平度,统计参数,功率谱密度	253
11.4.1	随机不平度	253
11.4.2	统计参数	255
11.4.3	功率谱密度函数	257
11.5	路面不平度的谱密度	258
11.5.1	$\Phi_h(\Omega)$ 的测量结果	259
11.5.2	$\Phi_h(\Omega)$ 的直观解释	261
11.5.3	单个障碍	262
	参考文献	263
	拓展文献	263
12	评价尺度及其计算	264
12.1	轮荷变化,行驶安全性,道路应力	264

12.1.1	行驶安全性	266
12.1.2	道路应力	267
12.1.3	轮荷冲击系数	268
12.2	弹簧挠度	268
12.2.1	座椅弹簧挠度	269
12.2.2	悬架挠度	269
12.3	坐姿人体上振动作用的评价	270
12.3.1	全身振动	271
12.3.2	多位置激励的振动评价	273
12.3.3	车辆通过单个障碍的评价	277
	参考文献	277
	拓展文献	278
13	汽车,地面不平度单点激励	279
13.1	运动方程,有关参数	280
13.2	随机振动,幅频特性,评价尺度	281
13.2.1	轮荷变化,行驶安全性	282
13.2.2	车身加速度,手和脚的用以评价的振动强度	286
13.2.3	座椅加速度,座椅用以评价的振动强度	286
13.2.4	动挠度	287
13.3	不平度和行驶车速的影响	287
13.3.1	与车辆行驶安全性相关的最高车速	288
13.4	汽车通过单个障碍	289
13.5	车身固有频率的影响	291
13.6	车身相对阻尼系数的影响	294
13.6.1	悬架弹簧和减振器优化,协调图	296
13.6.2	小结	298
13.7	座椅固有频率和座椅相对阻尼系数的影响	299
13.8	车轮质量的影响	301
13.9	轮胎弹性的影响	303
13.10	与装载情况的关系	304
13.10.1	装载情况的影响	304
13.10.2	车辆参数对装载情况的适应性	305
13.11	关于振动系统设计的提示	309
13.11.1	对于悬架弹簧的提示	309
13.11.2	对于阻尼、舒适性和行驶安全性的其他界限的提示	312
13.11.3	对于车轮质量、轮胎、座椅和装载状况的提示	314
13.12	关于非线性特性的说明	314
13.12.1	非线性弹簧和减振器特性的线性化	314
13.12.2	非线性弹簧特性	317

13.12.3	非线性减振器特性	318
13.12.4	折线形式的减振器特性	318
13.12.5	摩擦阻尼	321
13.12.6	车轮的腾空	323
13.13	可调节的悬架系统	324
13.13.1	在不平度激励下对理想控制悬架系统的要求	327
13.13.2	行驶平顺性和行驶安全性之间的矛盾,主动悬架系统的优势	329
13.13.3	极限值、平顺性最优、无车轮载荷波动	331
13.13.4	天棚减振器	333
	参考文献	334
	拓展文献	336
14	双轴汽车,单轮辙激励	337
14.1	运动方程,复数量	337
14.2	无联系质量系统的幅频特性和谱密度	340
14.2.1	轮荷变化,悬架挠度	340
14.2.2	车身的垂直加速度和俯仰加速度	341
14.2.3	座椅的垂直加速度	344
14.2.4	用以评价的振动强度	345
14.2.5	座椅弹簧挠度	347
14.3	车速和车辆大小的影响	347
14.3.1	车速的影响	347
14.3.2	车辆大小(轴距)的影响	349
14.3.3	车辆大小和车速的影响	350
14.4	座椅的位置	351
14.5	前后部分系统间的协调	352
14.5.1	前后有差别的车身固有频率	353
14.5.2	各种车身阻尼	355
14.5.3	在车速范围内的平均值	356
14.6	装载情况的影响	357
14.7	联系质量和轴距的影响	359
14.7.1	轴距相等,联系质量不等的轿车	359
14.7.2	俯仰转动惯量一定,轴距不同的大客车	360
14.8	垂直振动和俯仰振动固有频率,前后悬架弹簧的耦合	363
14.9	制动俯仰,俯仰中心	364
14.10	弹性支撑的驱动系统的影响(发动机颠簸)	368
14.10.1	驱动系统固有频率的影响	371
14.10.2	支撑装置阻尼的影响	372
14.10.3	驱动系统关联的影响	372
14.10.4	驱动系统质量的影响	374

14.10.5	车轮固有频率的影响	374
14.11	本章小结	375
	参考文献	376
	拓展文献	376
15	四轮汽车,双轮辙激励	377
15.1	(简化后的)四轮车辆运动方程	377
15.2	地面不平度的自谱、互谱以及相干性	381
15.2.1	帕希洛夫斯基提出的简化	383
15.2.2	垂直激励和侧倾激励的自谱,相干性	383
15.2.3	行程有关的谱密度	385
15.2.4	测量结果,相干函数的近似表达式	385
15.3	双车辙激励时的方差值	387
15.4	附加的侧倾振动的影响	388
15.4.1	车身侧倾加速度的幅频特性	388
15.4.2	考虑侧倾振动后的振动强度	391
15.4.3	轮荷变化和悬架挠度	392
15.4.4	车速的影响	394
15.4.5	一般情况	395
15.5	稳定装置的作用	396
15.6	本章小结	398
	参考文献	398
	拓展文献	398
16	各种悬架导向装置的作用	399
16.1	加速度的关联,弹簧-减振器系统的布置	399
16.1.1	具有纵向导向杆的汽车微分方程	400
16.1.2	悬架系统结构的影响	402
16.1.3	相关联的影响	403
16.2	在高频范围内的建模与评价	404
16.3	轮辙移动(轨迹的改变)	407
16.3.1	轮辙移动引起的车轮侧向力	407
16.3.2	装备摆臂式悬架的车辆方程	407
16.3.3	车辙偏移的影响	409
16.4	装用刚性车轴的车辆侧倾和侧向振动	411
16.4.1	运动方程	411
16.4.2	侧倾振动,轮荷波动	413
16.4.3	侧向振动,侧向力	416
16.5	本章小结	417
	参考文献	418

拓展文献	418
17 车辆纵向振动	419
17.1 由于地面不平度引起的车辆纵向振动	419
17.1.1 车辆通过不平地面时产生的圆周力	419
17.1.2 考虑刚性导杆支撑的车辆纵向振动	421
17.1.3 说明	423
17.2 由于发动机激励引起的纵向振动(汽车窜动)	424
17.2.1 运动方程组	424
17.2.2 随时间变化过程,理论与试验结果的比较	425
17.2.3 传动比和扭矩的影响	426
17.2.4 附着-滑移关系的影响	426
参考文献	428
18 由发动机激励引起的车辆振动	429
18.1 单缸发动机激励	430
18.1.1 曲柄连杆机构的运动学	430
18.1.2 质量力	431
18.1.3 质量扭矩	431
18.1.4 气体扭矩	432
18.1.5 单缸发动机总的激励	434
18.2 四冲程四缸直列发动机的激励	435
18.2.1 质量力	436
18.2.2 质量扭矩和气体扭矩	437
18.2.3 运行状态	440
18.2.4 燃烧过程不一致的影响	443
18.3 其他多缸发动机	445
18.4 对于车身的振动激励	445
18.4.1 车辆振动系统	445
18.4.2 驱动系统弹性支撑装置的优点	449
18.4.3 2阶及高阶成分对车身产生的激励	449
18.4.4 发动机低阶成分产生的激励	454
18.5 针对发动机激励的驱动系统支撑的设计	457
18.5.1 针对质量激励的设计	457
18.5.2 针对气体扭矩激励的设计	458
18.5.3 地面不平度激励和发动机激励产生振动的综合分析	458
参考文献	460
拓展文献	460
第Ⅲ篇总结	461

第IV篇 行驶的操纵稳定性

19	概述.....	465
	参考文献.....	468
	拓展文献.....	468
20	线性单轨模型,客观特征量,主观评价.....	469
20.1	双轴汽车的运动方程.....	469
20.1.1	曲率中心和瞬心.....	470
20.2	转向特性.....	471
20.3	线性单轨模型的微分方程.....	473
20.3.1	特殊情况:匀速行驶.....	475
20.3.2	轮胎拖距的考虑.....	476
	参考文献.....	476
	拓展文献.....	476
21	匀速圆周行驶.....	477
21.1	向心加速度.....	477
21.1.1	最大值(简化分析).....	477
21.1.2	由道路线形决定的数值.....	479
21.1.3	平均水平的驾驶员在弯道上达到的向心加速度.....	479
21.1.4	线性化的极限.....	480
21.2	与向心加速度有关的函数,圆周行驶参数.....	480
21.2.1	转向盘输入.....	482
21.2.2	前轮输入,侧偏角.....	484
21.2.3	质心处的侧偏角.....	485
21.2.4	在圆周中车辆的位置.....	486
21.2.5	转向盘力矩.....	486
21.2.6	圆周行驶参数.....	486
21.3	车辆客观特征值,主观陈述.....	487
21.3.1	不足转向与过多转向.....	487
21.3.2	质心处侧偏角梯度,转向盘转角-质心处侧偏角梯度.....	490
21.3.3	转向盘力矩.....	492
21.4	车辆参数对圆周行驶特性的影响.....	492
21.4.1	用于计算的基本模型.....	493
21.4.2	侧偏刚度的影响,质心处侧偏角的意义.....	493
21.4.3	转向系统参数的影响.....	495
21.4.4	质心位置的影响.....	496

21.4.5 载荷的影响	497
参考文献	497
拓展文献	498
22 瞬态特性	501
22.1 稳定性,固有频率,阻尼	501
22.1.1 稳定性和不足转向/过多转向	502
22.1.2 固有频率,相对阻尼系数	503
22.1.3 固有侧向扰动的考虑	506
22.2 操纵性能,时间函数,转向盘转角斜坡输入	507
22.2.1 拉普拉斯变换,传递函数和放大因数	508
22.2.2 阶跃响应	508
22.2.3 转向盘转角斜坡输入	512
22.2.4 车辆参数	513
22.2.5 转向盘转角输入速度和车速的影响	517
22.3 转向特性,频率特性	519
22.3.1 频率特性的解释	520
22.3.2 频率特性的评价	522
22.3.3 车辆参数的影响	523
22.4 在给定车道曲线上的行驶,“理想的”驾驶员,缓和曲线	525
22.4.1 在给定车道曲线情况下的稳定性	526
22.4.2 缓和曲线	528
22.4.3 转向盘输入	528
22.5 转向盘自由状态下车辆的行驶特性(自由控制)	529
22.5.1 运动方程	529
22.5.2 车辆参数的影响	531
22.6 侧风性能	533
22.6.1 定值侧向风,稳态性能	533
22.6.2 瞬态性能	536
22.7 第20~22章总结	546
参考文献	547
拓展文献	548
23 控制回路,驾驶员-汽车	550
23.1 车辆技术上的控制回路简介	550
23.1.1 稳定性,分割频率,相角储备	552
23.1.2 驾驶员传递函数,McRUER模型	553
参考文献	554
拓展文献	555