



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学汽车工程系列教材

汽车底盘设计 (第2版)

Automotive Chassis Design
(Second Edition)

王霄锋 编著

Wang Xiaofeng

清华大学出版社

Automotive Chassis Design
(Second Edition)



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学汽车工程系列教材

汽车底盘设计

(第2版)

Automotive Chassis Design (Second Edition)

王霄锋 编著

Wang Xiaofeng

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书旨在介绍汽车底盘设计的基本理论和方法。全书共分12章,内容包括:汽车的总体设计、汽车零部件的载荷及其强度计算方法、离合器设计、机械式变速器设计、万向节和传动轴设计、驱动桥设计、车架设计、车轮定位、悬架设计、转向系统设计、制动系统设计、汽车稳态操纵稳定性设计。书中内容主要涉及设计要求、结构方案的分析与选择、主要性能和结构参数的确定、性能和强度计算方法、计算载荷的确定等。书中包含了一些例题,以帮助读者更好地学习、理解有关内容。

本书是工科高等院校车辆工程专业的教材,也可以作为汽车行业及相关行业工程技术人员的参考书。

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

汽车底盘设计/王霄锋编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2018

(清华大学汽车工程系列教材)

ISBN 978-7-302-48980-1

I. ①汽… II. ①王… III. ①汽车—底盘—设计—教材 IV. ①U463.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 293297 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:沈 露

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:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

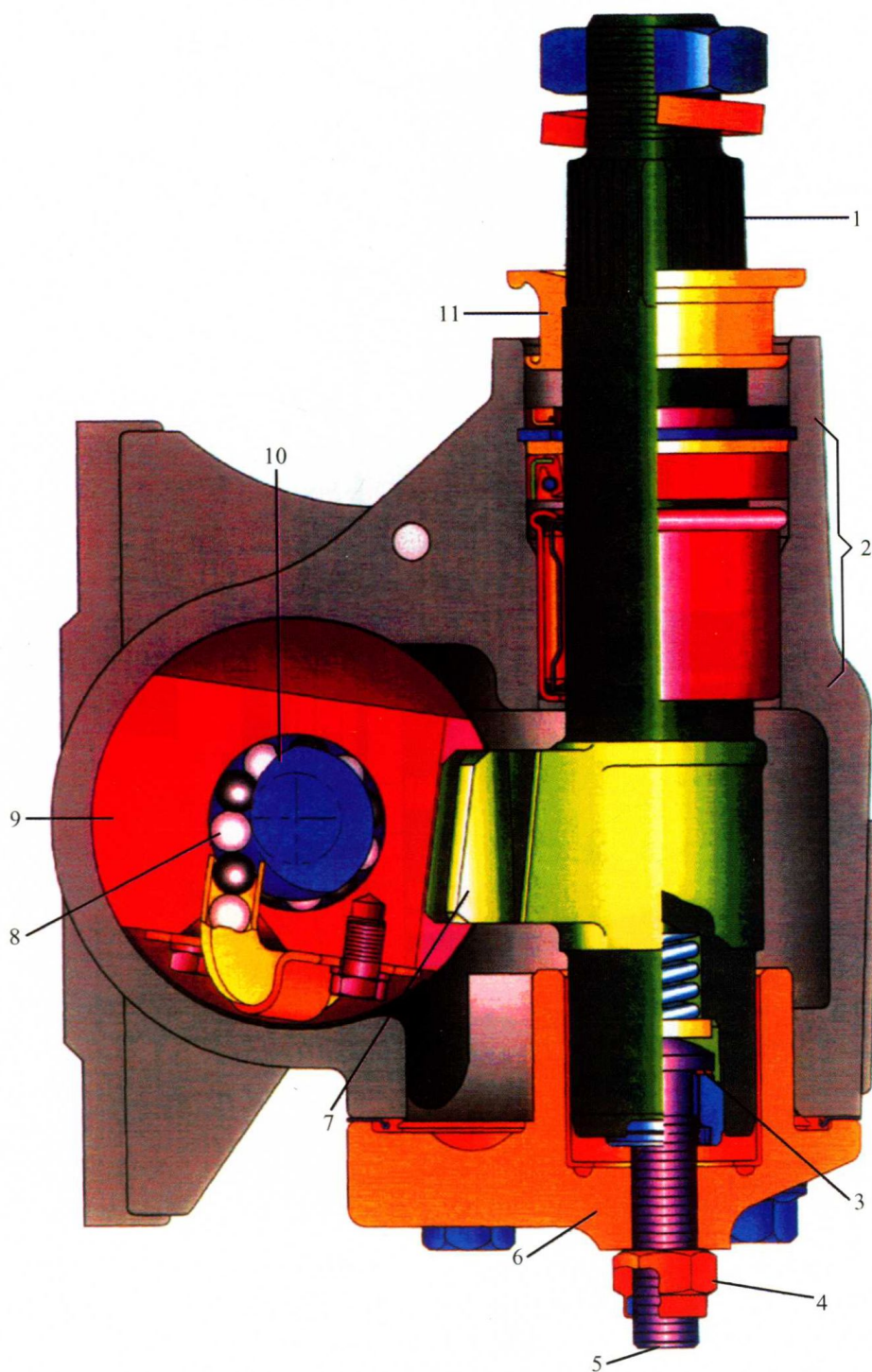
开 本:185mm×260mm 印 张:34 插 页:2 字 数:822千字

版 次:2010年4月第1版 2018年1月第2版 印 次:2018年1月第1次印刷

印 数:1~2500

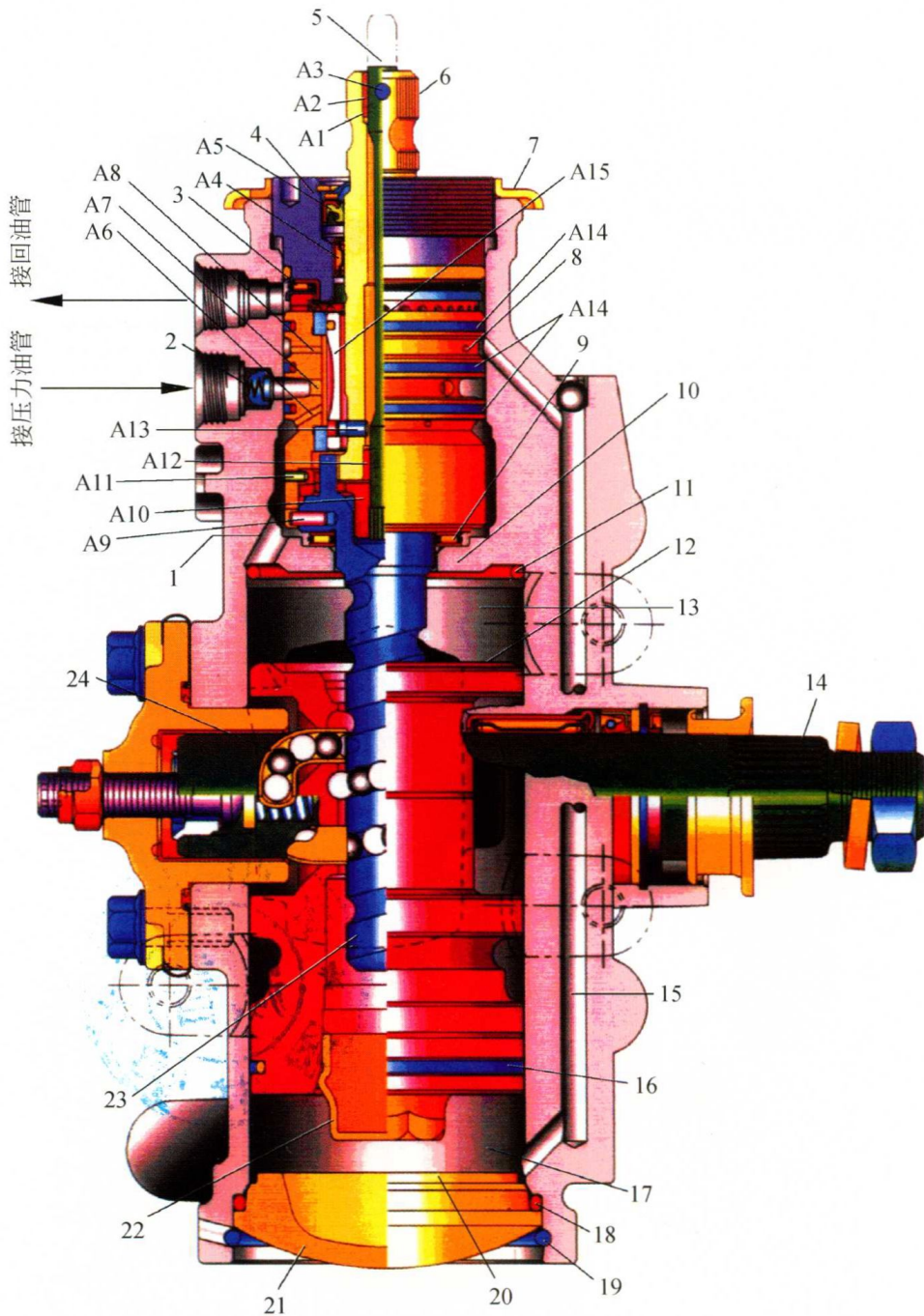
定 价:78.00元

产品编号:070013-01



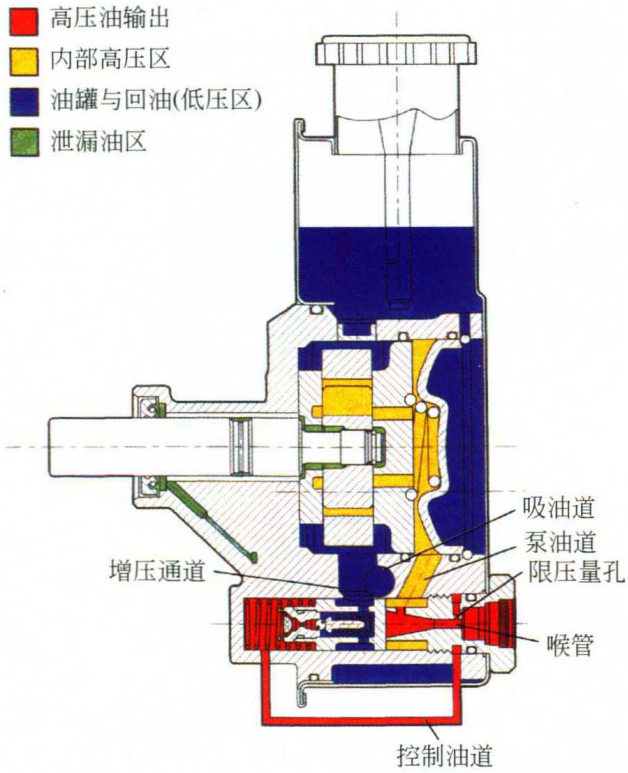
彩图 10-16 一种整体式动力转向器的剖视图(1)

- 1—转向摇臂轴(输出); 2—转向摇臂轴轴承和油封; 3—磨损垫圈; 4—锁紧螺母;
 5—预加载荷调整螺栓; 6—侧盖; 7—转向摇臂轴齿扇; 8—循环球;
 9—齿条; 10—螺杆; 11—尘封

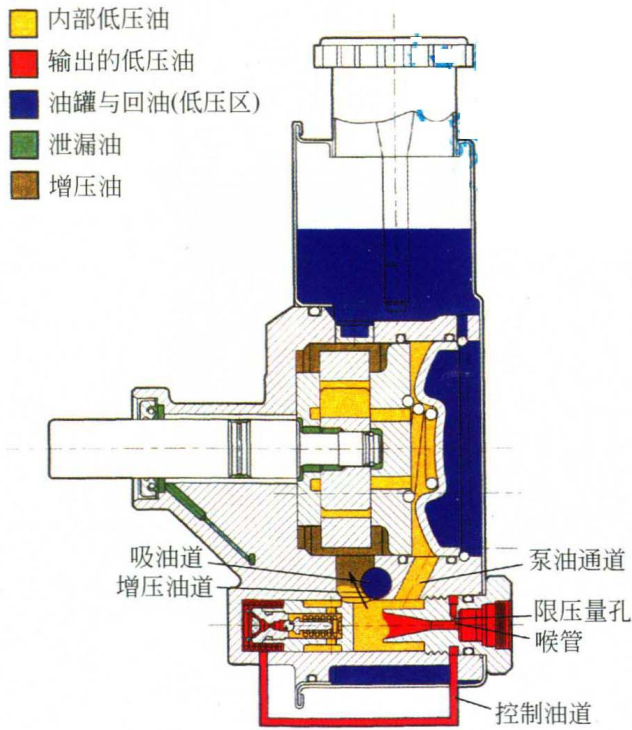


彩图 10-17 一种整体式动力转向器的剖视图(2)

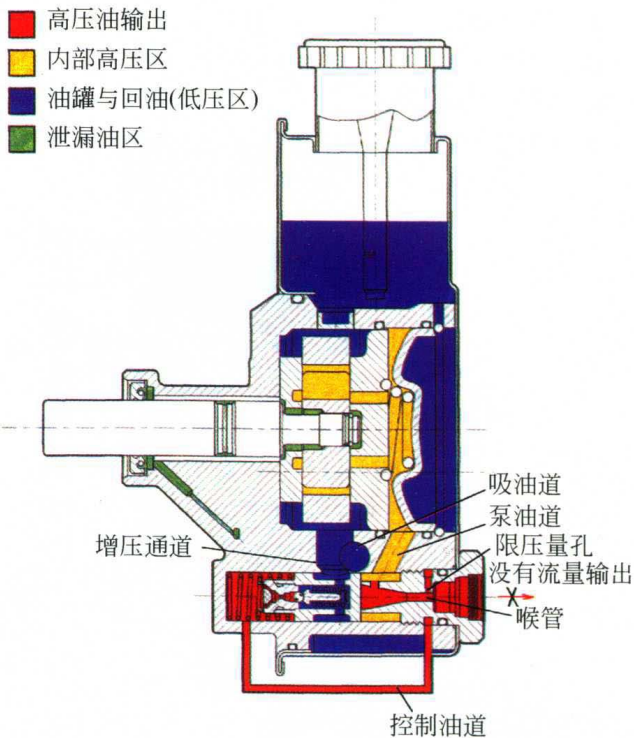
- 1—2号油缸油道；2—单向阀；3—上推力轴承系统；4—调整塞总成；5—扭杆；6—输入短轴；
 7—调整塞锁紧螺母；8—转阀总成；9—下推力轴承系统；10—挡壁；11—齿条行程限位器；12—齿条/活塞/螺母；
 13—2号油缸腔；14—转向摇臂轴(输出)；15—1号油缸油道；16—活塞密封环；17—1号油缸腔；18—O形密封圈；
 19—钢丝挡圈；20—齿条行程限位器；21—端盖；22—齿条塞；23—螺杆；24—循环球返回导管；
 A1—O形油封；A2—扭杆铜衬套；A3—扭杆固定销；A4—输入短轴径向滚针轴承；A5—输入短轴油封；
 A6—阀体中制出的2号径向油孔；A7—在阀体中制出的中心油孔；A8—在阀体中制出的1号径向油孔；
 A9—螺杆销；A10—扭杆帽；A11—扭杆帽销；A12—扭杆铜衬套；A13—阀芯销；
 A14—转阀密封环；A15—阀芯



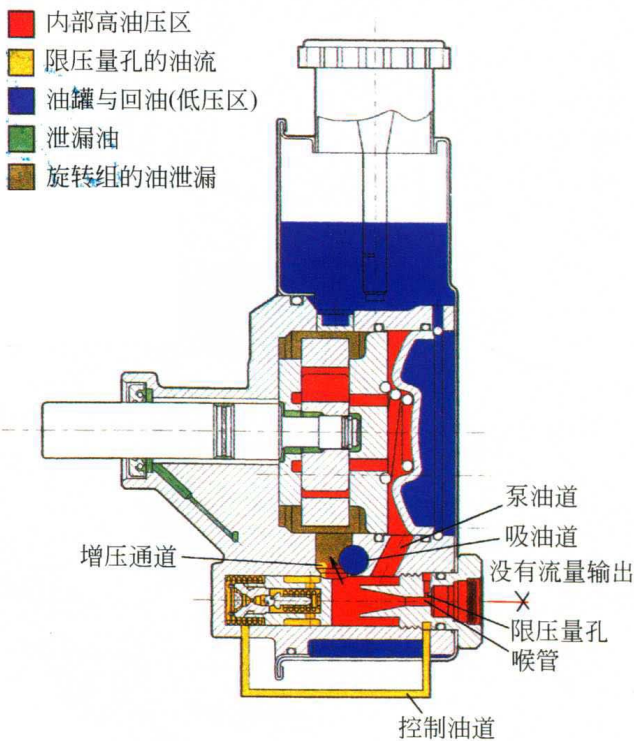
彩图 10-37 一种典型动力转向泵的流量与限压控制油道(低速工作模式)



彩图 10-39 动力转向泵的流量控制状态



彩图 10-40 动力转向泵的限压状态之一(泵的输出通道被堵死,其中的压力急剧上升)



彩图 10-41 动力转向泵的限压状态之二(柱塞中的限压阀被打开,造成柱塞两侧的压力差;柱塞被此压力差推向左侧,使增压通道被打开,从而使泵内的压力迅速降低)

前言



本书是在普通高等教育“十一五”国家级规划教材《汽车底盘设计》的基础上修订而成。该书第1版自2010年4月出版以来,一共重印6次,发行近万册,被许多高校的汽车类专业学生选作教材使用。在此期间,作者收到了不少读者的反馈意见。随着我国汽车技术的发展,作者在学习、研究、教学和技术工作(汽车总体设计、悬架设计、转向系统设计、悬架和转向系统的匹配设计、可靠性设计、强度计算、有限元分析等)中也有了一些新的感想,认为对第1版进行修订很有必要。

作者认为,为了培养车辆工程专业本科生利用所学的基础理论知识解决实际工程问题的能力,需要适当增加有关的公式推导过程,这对于培养他们的实际工作能力是很重要的。

由于汽车设计涉及的内容非常广泛,不可能在一本这样的教材中全面涵盖,必须有所取舍。编写本书的指导思想是向工科高等院校的本科生介绍汽车设计的基本知识,所涉及的内容基本上都是汽车机械设计的知识。本书所介绍的结构、设计、方法都是目前实用的,并且预计在相当远的未来也是适用的。这些知识对于从事汽车技术工作的人都是很需要的,是他们进行工作和继续学习的基础。

本书是工科高等院校车辆工程专业的教材,也可以作为汽车行业及相关行业工程技术人员参考书。希望本书有助于他们更好地学习、理解和掌握汽车底盘设计的基本理论和方法,特别是提高在实际工作中正确、有效应用它们的能力。

作者

2017年10月于清华园

85 汽车设计 1.10.1 汽车的装载质量(简称装载量)和载客量 25

71 1.10.2 汽车的质量 25

70 1.10.3 汽车的使用寿命 25

67 1.10.4 汽车的动力性 25

61 1.10.5 汽车的燃油经济性 25

83 1.10.6 汽车的噪声 25

08 1.10.7 汽车的安全性 25

12 1.10.8 汽车的排放 25

11 1.10.9 汽车的舒适性 25

12 1.10.10 汽车的其他性能 25

12 1.10.11 汽车的其他性能 25

12 1.10.12 汽车的其他性能 25

12 1.10.13 汽车的其他性能 25

12 1.10.14 汽车的其他性能 25

12 1.10.15 汽车的其他性能 25

12 1.10.16 汽车的其他性能 25

12 1.10.17 汽车的其他性能 25

12 1.10.18 汽车的其他性能 25

12 1.10.19 汽车的其他性能 25

12 1.10.20 汽车的其他性能 25

目录



1 汽车的总体设计 1

1.1 引言 1

1.2 汽车总体设计的任务与地位 1

1.3 汽车总体设计的工作顺序 2

 1.3.1 明确汽车设计的前提条件 2

 1.3.2 汽车设计、开发的一般程序 2

1.4 汽车设计的一般原则 5

 1.4.1 设计人员的工作宗旨 5

 1.4.2 产品的价位 5

 1.4.3 产品系列化、零部件通用化、零件标准化和统一加工标准 6

 1.4.4 提高汽车行驶性能的主要措施 7

1.5 材料、工艺与设计的关系 7

1.6 安全标准 7

1.7 汽车设计方法 8

 1.7.1 经验设计方法 8

 1.7.2 计算机辅助工程方法 8

 1.7.3 试验方法 9

1.8 汽车产品型号和形式的确定 10

 1.8.1 汽车的产品型号 11

 1.8.2 汽车的轴数 12

 1.8.3 汽车的驱动形式 13

 1.8.4 货车布置形式的选择 16

 1.8.5 大客车的布置形式 18

 1.8.6 轿车的布置形式 19

1.9 汽车主要尺寸的选择 22

1.10 汽车质量参数的确定 25

 1.10.1 汽车的装载质量(简称装载量)和载客量 25

1.10.2	整车整备质量 m_0 及其估算	26
1.10.3	汽车总质量 m_a 的确定	27
1.10.4	汽车的轴荷分配	27
1.11	汽车主要性能参数的选择	28
1.11.1	动力性能参数	28
1.11.2	燃料经济性指标	30
1.11.3	汽车的最小转弯直径	31
1.11.4	汽车通过性参数	31
1.11.5	汽车操纵稳定性参数	32
1.11.6	汽车行驶平顺性参数	32
1.11.7	制动性参数	33
1.12	汽车发动机的选择	35
1.12.1	发动机形式的选择	35
1.12.2	发动机性能参数的选择	36
1.13	轮胎的选择	36
1.14	汽车总布置图及各部件布置	40
1.14.1	基准线(面)	42
1.14.2	基准线画法	42
1.14.3	发动机系统和传动系的布置	43
1.14.4	车厢及驾驶室的布置	44
1.14.5	货箱的布置	50
1.14.6	悬架、转向系统、制动系统、电器系统的布置(略)	50
1.14.7	轴荷分配和质心位置的计算	50
1.15	运动校核	50
	练习题	52
2	汽车零部件的载荷及其强度计算方法	54
2.1	概述	54
2.2	车轮与路面接触点处的作用力	57
2.2.1	最大垂直力工况	57
2.2.2	最大侧向力工况	58
2.2.3	最大制动力工况	59
2.2.4	最大驱动力工况	60
2.3	发动机转矩引起的载荷	60
2.4	汽车零部件的强度计算	61
2.5	汽车零部件的许用应力与安全系数	62
2.5.1	静强度许用应力	62
2.5.2	疲劳强度许用应力的估计	63
2.5.3	材料的选择	69

3	离合器设计	76
3.1	概述	76
3.2	离合器的结构选择	76
3.2.1	从动盘数的选择	76
3.2.2	压紧弹簧的形式和布置	78
3.2.3	压盘的驱动方式	83
3.2.4	分离杠杆和分离轴承	84
3.2.5	离合器的通风散热	84
3.2.6	从动盘	85
3.2.7	离合器的动平衡	88
3.3	离合器基本参数和主要尺寸的选择	88
3.4	离合器压紧弹簧的设计	90
3.4.1	圆柱螺旋弹簧	90
3.4.2	膜片弹簧	91
3.5	扭转减振器	95
3.6	离合器的接合过程	96
3.7	离合器操纵机构的设计	100
3.7.1	对离合器操纵机构的要求	100
3.7.2	离合器操纵机构结构形式的选择	101
3.7.3	离合器操纵机构的主要计算	103
3.8	汽车传动系在非稳定工况下的载荷	104
3.8.1	由发动机激振转矩引起的传动系载荷	104
3.8.2	换挡时引起的动载荷	105
3.8.3	猛接离合器起步时的动载荷	105
3.8.4	紧急制动时的动载荷	107
3.8.5	传动系静强度计算载荷与安全系数	107
	练习题	107
4	机械式变速器设计	109
4.1	概述	109
4.2	变速传动机构的方案分析	110
4.2.1	两轴式变速器	110
4.2.2	中间轴式变速器	111
4.2.3	倒挡传动布置方案	114
4.2.4	多挡变速器的组合方案分析	115
4.3	变速器零部件结构方案分析	119
4.3.1	齿轮形式	119
4.3.2	换挡结构形式	119
4.3.3	轴承形式	121

4.3.4	各挡齿轮在轴上的安排顺序	121
4.3.5	变速器的装配问题	121
4.3.6	变速器整体结构刚性	121
4.4	变速器的操纵机构	121
4.4.1	直接操纵变速器	122
4.4.2	变速器的远距离操纵	122
4.5	变速器主要参数选择	124
4.5.1	中心距	124
4.5.2	变速器轴向尺寸	125
4.5.3	轴的直径	125
4.5.4	齿轮参数	127
4.5.5	各挡齿轮齿数的分配	131
4.6	同步器	133
4.6.1	锁销式同步器的工作原理	133
4.6.2	锁环式同步器	136
4.6.3	同步器主要参数的确定	138
4.7	分动器设计	141
4.7.1	可选全轮驱动车辆中的分动器(没有轴间差速器)	141
4.7.2	全时全轮驱动车辆中的分动器(有轴间差速器)	143
	练习题	149
5	万向节和传动轴设计	153
5.1	概述	153
5.2	普通十字轴式万向节	155
5.2.1	单万向节传动	155
5.2.2	双万向节传动	159
5.2.3	多万向节传动	160
5.2.4	十字轴式万向节的设计	161
5.2.5	十字轴式万向节传动轴的布置	164
5.3	准等速万向节	165
5.3.1	双联式万向节	165
5.3.2	凸块式万向节	166
5.3.3	三销轴式万向节	166
5.4	等速万向节	167
5.4.1	固定式球笼万向节	167
5.4.2	伸缩式球笼万向节	177
5.4.3	固定式球叉万向节	183
5.4.4	伸缩式球叉万向节	186
5.4.5	三枢轴式万向节	186

5.5	挠性万向节	187
5.6	传动轴设计	188
5.7	传动轴的中间支承	189
	练习题	191
6	驱动桥设计	193
6.1	概述	193
6.2	主减速器结构形式的选择	194
6.2.1	单级主减速器	194
6.2.2	双级主减速器	199
6.2.3	双速主减速器	202
6.3	主减速器锥齿轮的许用偏移量	205
6.4	主减速器锥齿轮的支承	206
6.5	锥齿轮啮合调整	208
6.6	润滑	209
6.7	主减速器齿轮的齿形	209
6.7.1	圆弧齿锥齿轮	209
6.7.2	延伸外摆线齿锥齿轮	210
6.7.3	双曲面齿轮	210
6.8	主减速器锥齿轮设计	211
6.8.1	计算载荷的确定	211
6.8.2	锥齿轮主要参数的选择	213
6.8.3	主减速器螺旋锥齿轮与双曲面齿轮强度计算	215
6.8.4	齿轮材料	218
6.9	主减速器锥齿轮轴承的载荷	219
6.9.1	锥齿轮齿面上的作用力	219
6.9.2	齿轮轴承的载荷	220
6.10	差速器设计	221
6.10.1	普通(对称)锥齿轮差速器	222
6.10.2	摩擦片式差速器	225
6.10.3	强制锁住式差速器	226
6.10.4	托森差速器	226
6.10.5	普通锥齿轮差速器齿轮设计	228
6.11	车轮传动装置	230
6.11.1	半浮式半轴	230
6.11.2	3/4 浮式半轴	230
6.11.3	全浮式半轴	230
6.11.4	全浮式半轴的强度、刚度计算	233
6.11.5	半浮式半轴的静强度计算工况及其静强度计算	233

6.12	驱动桥壳设计	236
6.12.1	驱动桥壳的形式	236
6.12.2	驱动桥壳的强度计算	237
	练习题	239
7	车架设计	242
7.1	车架的功用和要求	242
7.2	框式车架	242
7.2.1	边梁式车架	242
7.2.2	周边式车架	243
7.3	脊梁式车架	243
7.4	综合式车架	244
7.5	纵梁的形式	244
7.6	横梁的形式	245
7.7	纵、横梁的连接	246
7.8	车架宽度	247
7.9	车架的扭转刚度	247
7.10	车架的载荷工况及强度计算	248
	练习题	249
8	车轮定位	250
8.1	车轮外倾角	251
8.2	主销后倾角	253
8.3	主销内倾角	257
8.4	主销偏移距	258
8.5	前束	260
8.6	车轮定位参数的变化	262
	练习题	263
9	悬架设计	264
9.1	对悬架设计的要求	264
9.2	汽车悬架设计的一般步骤	266
9.3	悬架弹性特性	266
9.3.1	前、后悬架静挠度和动挠度的选择	266
9.3.2	悬架的弹性特性	268
9.3.3	组合式悬架的弹性特性	272
9.3.4	货车后悬架主、副簧的刚度分配	275
9.4	悬架的侧倾特性	278
9.4.1	悬架侧倾中心高度与轮距变化	279
9.4.2	侧倾角刚度的计算	282

9.4.3 汽车稳态转向时车身侧倾角及侧倾角刚度在前、后悬架上的分配	288
9.5 非独立悬架	289
9.6 独立悬架	293
9.6.1 双横臂式独立悬架	293
9.6.2 麦克弗森式独立悬架	296
9.6.3 单横臂式独立悬架	296
9.6.4 纵臂式独立悬架	296
9.6.5 斜置单臂式独立悬架	298
9.7 拖臂扭转梁式悬架	299
9.8 平衡悬架	303
9.9 悬架中的弹性元件	304
9.10 钢板弹簧的设计计算	306
9.10.1 钢板弹簧主要参数和尺寸的确定	306
9.10.2 钢板弹簧刚度验算	311
9.10.3 钢板弹簧总成在自由状态下的弧高及曲率半径计算	312
9.10.4 钢板弹簧组装后总成弧高	315
9.10.5 钢板弹簧强度验算	315
9.10.6 少片钢板弹簧的结构特点	317
9.10.7 渐变刚度少片钢板弹簧的有限元分析	318
9.11 扭杆弹簧的设计计算	321
9.12 螺旋弹簧的设计计算	324
9.13 空气弹簧和油气弹簧	326
9.14 独立悬架导向机构的设计	328
9.14.1 对前轮独立悬架导向机构的要求	328
9.14.2 对后轮独立悬架导向机构的要求	329
9.14.3 悬架的抗制动点头性能分析	329
9.14.4 悬架的抗加速仰头性能分析	336
9.15 独立悬架导向机构的受力分析与强度计算	338
9.15.1 双横臂式独立悬架的受力分析	339
9.15.2 麦克弗森式独立悬架的受力分析	341
9.15.3 悬架导向机构的强度计算工况	344
9.16 减振器主要参数及尺寸的选择	344
9.16.1 筒式减振器的类型	344
9.16.2 减振器主要性能参数的选择	351
9.17 横向稳定杆的设计	355
练习题	360
10 转向系统设计	363
10.1 概述	363

10.2	机械转向器	365
10.2.1	齿轮齿条式转向器	366
10.2.2	整体式转向器	369
10.3	转向系统的主要性能参数	372
10.3.1	转向系统的角传动比	372
10.3.2	转向系统的转矩传动比	372
10.4	转向器的效率	373
10.4.1	转向器的正效率	373
10.4.2	转向器的逆效率	373
10.4.3	影响转向器效率的因素	374
10.5	动力转向系统概述	375
10.5.1	动力转向的优点与缺点	375
10.5.2	对动力转向系统的主要性能要求	376
10.6	整体式动力转向器	377
10.6.1	整体式动力转向器的工作原理	379
10.6.2	对动力助力工作过程的基本理解	382
10.6.3	转阀的特性曲线	383
10.7	齿轮齿条式动力转向器	384
10.8	转阀特性曲线的计算	386
10.9	动力转向泵	388
10.9.1	对动力转向泵的要求	389
10.9.2	动力转向泵的低速工作模式	391
10.9.3	动力转向泵的流量控制状态	392
10.9.4	动力转向泵的限压状态	392
10.9.5	动力转向泵的特性曲线	393
10.9.6	动力转向泵的安装	394
10.10	动力转向油罐	395
10.11	动力转向油管	397
10.11.1	动力转向油管的功能	399
10.11.2	动力转向油管在车辆上的安装	400
10.12	转向器角传动比的变化规律	401
10.13	转向梯形设计	403
10.13.1	汽车转向时理想的内、外前轮转角关系	404
10.13.2	整体式转向梯形机构的设计校核	405
10.13.3	轮胎侧偏角对转向时内、外前轮转角之间理想关系的影响	407
10.14	转向杆系与悬架的匹配设计	409
10.14.1	在前悬架是纵置钢板弹簧的汽车中转向纵拉杆的布置	409
10.14.2	在采用双横臂式前悬架的汽车中的转向杆系布置	413
10.14.3	在采用麦克弗森式前悬架的汽车中的转向杆系的布置	416

10.14.4	前束角随着前轮上、下跳动的变化特性曲线	417
10.14.5	车轮前、后移动时前束角的控制	418
10.15	动力转向系统的参数设计	420
10.16	汽车转向传动机构元件	422
	练习题	426
11	制动系设计	429
11.1	概述	429
11.2	制动器的主要性能要求	431
11.2.1	制动器的效能因数	431
11.2.2	制动器效能的稳定性	434
11.2.3	制动器间隙调整	434
11.2.4	制动器的尺寸和质量	434
11.2.5	制动噪声	435
11.3	鼓式制动器	435
11.3.1	鼓式制动器的主要参数	438
11.3.2	压力沿衬片长度方向的分布规律	439
11.3.3	计算蹄片上的制动力矩	441
11.3.4	制动力矩与张开力之间的关系	442
11.3.5	采用液压或楔块式驱动机构的领从蹄式制动器的效能因数	446
11.3.6	采用非平衡式凸轮驱动机构的领从蹄式制动器的效能因数	447
11.3.7	鼓式制动器的自锁检查	448
11.3.8	增力式鼓式制动器效能因数的近似计算	448
11.4	盘式制动器	452
11.4.1	制动钳布置对车轮轮毂轴承载荷的影响	454
11.4.2	盘式制动器的优缺点	455
11.4.3	盘式制动器制动力矩的计算	456
11.5	摩擦衬片(衬块)磨损特性的计算	456
11.6	前、后轮制动力矩的确定	458
11.6.1	理想的前、后桥制动力分配	458
11.6.2	前、后桥制动力按照固定比例分配	459
11.7	应急制动和驻车制动所需要的制动力矩	462
11.7.1	应急制动所需要的制动力矩	462
11.7.2	驻车制动所需要的制动力矩	463
11.8	制动器主要元件	464
11.8.1	制动鼓	464
11.8.2	制动蹄	465
11.8.3	制动底板	466
11.8.4	制动盘	466