

清华大学汽车工程系列教材

汽车构造—底盘工程 (第2版)

Automobile Construction
Chassis Engineering
(Second Edition)

主 编 徐石安
Xu Shian

副主编 季学武 仇斌 上官文斌
Ji Xuewu Qiu Bin Shangguan Wenbin

清华大学出版社



本书第1版为普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学汽车工程系列教材

汽车文化 (第2版)	帅石金
汽车构造——发动机工程	赵雨东
▶ 汽车构造——底盘工程 (第2版)	徐石安
汽车发动机原理	王建昕 帅石金
汽车底盘设计	王霄锋
汽车可靠性工程基础	王霄锋
汽车发动机试验学教程	黄海燕
汽车电子学 (第2版)	王绍铤
汽车电子学教程	李建秋
汽车电器与电子设备	韩晓东
汽车碰撞安全性设计	张金换
动感形态与汽车造型设计	周力辉
立体设计表达：汽车油泥模型设计制作	周力辉
汽车造型设计二维表达	王 波
汽车造型创意设计方法	王 波

ISBN 978-7-302-26476-7



9 787302 264767 >

定价：39.80元

清华大学汽车工程系列教材

汽车构造—底盘工程 (第2版)

**Automobile Construction
Chassis Engineering
(Second Edition)**

主 编 徐石安
Xu Shian

副主编 季学武 仇斌 上官文斌
Ji Xuewu Qiu Bin Shangguan Wenbin

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书以传统的汽车底盘为对象,描述它的结构、工作原理及其和工程问题相关的结构细节。全书分为12章,前11章涉及汽车底盘的传动系、行驶系、转向系和制动系,最后一章为电动汽车,它为读者提供了解当今汽车上的热门话题——电动汽车的一些通用知识。

书中底盘结构突出了当前主流结构总成及其零部件并顾及结构历史发展及其前沿,书中包含了目前教材中普遍缺少的重要新结构、新内容(如发动机的悬置、双离合器变速器(DCT)等),书中也反映了总成间相互集成关系(如车桥和悬架),以及同整车结构的关系(如十字轴万向节结构在车上的布置)等。

本书可作为大学本科车辆工程专业汽车底盘构造的教材,也可供汽车工程技术人员作为汽车设计的辅助读物,对一般想了解汽车的人士阅读本书也非常有帮助。

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

汽车构造:底盘工程/徐石安主编.--2版.--北京:清华大学出版社,2011.11

(清华大学汽车工程系列教材)

ISBN 978-7-302-26476-7

I. ①汽… II. ①徐… III. ①汽车—底盘—结构—高等学校—教材 IV. ①U463.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第165995号

责任编辑:庄红权 杨 倩

责任校对:赵丽敏

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

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:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:26.75 字 数:647千字

版 次:2011年11月第2版 印 次:2011年11月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.80元

产品编号:042488-01

第 2 版前言

本版是在上一版的基础上,对书本内容作了进一步修改、充实和完善。它除了保持上版原有的风格、风貌之外,主要着力于补充了一些新的结构技术内容,并对一些不易理解的结构原理作了更为详细的解释和阐述。在文字叙述部分中增添了一些插图,力求使学生更易理解和领会文字内容,更愿意阅读本书。书中增添了结构简图的示意,其目的,一是让读者更易看懂结构工作原理,二是起示范效应,即示范如何用简洁的线图表达复杂的结构原理。

汽车的结构发展历经了上百年的历史,融合几代人的心血和智慧,吸收了各个时期的先进技术,因为汽车是一商品,它要适应用户乃至社会各方面在各时期对它的期望和苛求,例如,安全、舒适美观、节能、无公害等。正是这样,汽车才逐步发展到今天的地步。当今的社会,技术发展已到电子化、信息化的时代,汽车作为传统的机械产品,必然要引入这些新技术出现新的结构,教材中对此也有充分的反映。但从根本上来说,采用新技术的目的是,用它来改造传统技术上的不足,当今出现的新结构都反映了这一点。因此,传统汽车结构仍应是学习基础,问题是如何学,如何去充分认识学习传统结构的重要性。实际上,传统结构在其简单的结构原理中隐藏着大道理,唯有充分去挖掘才能更好理解、领会新技术应用原理,并有可能进一步启发如何用更新的技术来发展汽车结构技术,使它跃上新的台阶。基于上述认识,本书第 2 版继续坚持原先的编写方向。为了帮助大家学习,书中的一些复习思考题将有助于读者对结构的深入思考。

本书编写中并非只介绍一般汽车结构,还力求结合工程实际作结构原理性介绍,它将涉及力学、机、电、液、化学、控制等多面知识,这也许对刚入大学不久缺少工程实践的学生在理解上会有一些的难度,需要教师做更多的辅导,收存好本书,对今后专业课程的学习乃至工作,会有很好的参考和帮助。

本书第 2 版出书过程中,清华大学汽车工程系、华南理工大学机械与汽车工程学院的构造课教学小组的同仁们也参与了本版的审校工作,付出了辛勤的劳动。虽然经过大家

II 汽车构造——底盘工程(第2版)

努力,本书第2版做了较大的改进和提高,总难免有百密一疏之虞,希望能获得更多的批评、指正,希冀能进一步提高本书的质量以飨读者。

编 者

2011年10月于清华园

第1版前言

本书是在清华大学汽车工程系教学主任范子杰教授及前主任夏群生教授的鼓励和支持下编写而成的。

编写本书的宗旨是为汽车专业的学生提供一本较为深入了解当今汽车底盘结构及其原理的入门读物。同时本书也是一本为学习“汽车理论”和“汽车设计”打下良好底盘结构知识的专业基础教材。

一本好的结构教材不仅要向学生介绍全面的结构知识,更重要的是要培养学生的结构分析能力,启发他们的构造思路。现有的汽车构造教材已不能很好地反映当今我国汽车结构的状况和培养创新性人才对教材的要求。因此,本教材不是在现行教材体系的基础上简单补充新的结构知识,或者改成所谓以介绍轿车结构为主的体系,而是从根本上改变原先以介绍结构为主的写作思路,着重于抓住反映汽车底盘方面的典型结构进行分析,尽量介绍其原创或创新的结构思路,这就会使读者对汽车底盘结构的认识和理解更加深化,并能起到举一反三的效果,而不是靠“填鸭式”的方式来扩大结构知识面。

本书内容较丰富而全面,一些新增加的内容(如发动机悬置系统等)可作为备用的结构知识,课堂上不必一定讲授。但为了能更全面地了解现代汽车的构造,这些结构知识无疑是必需的。同时本书也充分注意到补充新的结构内容。

本书和一般汽车结构教材(下册)明显不同之处为:将“驱动桥”这一章改成为“主减速器及车轮传动”,把其中桥壳的内容移至它处。本书将车桥和悬架合成为一章,主要是因为两者的关系十分密切,特别对于断开式车桥和独立悬架,两者更融为一体无法分离;书中取消了一般汽车结构教材(下册)中车身、附件等有关内容,而增加了电动汽车这一新内容,跟上了当今汽车发展的潮流。

在本书的编写过程中得到了德国 Schaeffler 集团下属 Luk 公司的鼎力相助,提供了许多宝贵资料;其中,Luk 公司在华商务和市场开发负责人 K. Zeigenbein 先生、郭建威博士及陈涛博士等给予了不少协助,在此表示衷心的感谢。

本书由清华大学徐石安教授担任主编,并主要编写了第2~6、8、9章等章节。特邀华南理工大学汽车工程学院上官文斌教授(清华大学工学博士)编写了第1章中的发动机悬

IV 汽车构造——底盘工程(第2版)

置部分及第7章中的悬架部分。清华大学汽车工程系副教授季学武博士编写了第10、11章,仇斌副教授编写了第12章。另外上海景格汽车科技有限公司专门为本书制作了一套教学系统,也将在清华大学出版社出版,在此表示衷心的感谢。

由于编写者水平有限,难免对国内外的技术消化理解会有偏差,欢迎广大读者批评指正。

编者

2008年3月于清华园

目录

1	汽车底盘及传动系概述	1
1.1	汽车底盘概述	1
1.2	动力传动系统的组成及其功能	2
1.3	动力传动系统在汽车上的布置	4
1.4	动力总成悬置系统	9
1.4.1	悬置系统的功能	9
1.4.2	悬置系统的布置结构形式	10
1.4.3	悬置元件结构	13
	复习与思考	18
2	摩擦式离合器	19
2.1	离合器的基本功能、结构组成及其工作原理	19
2.2	摩擦式离合器的分类和基本要求	20
2.3	摩擦式离合器的结构	21
2.3.1	周置弹簧离合器	21
2.3.2	膜片弹簧离合器	26
2.3.3	双片离合器	33
2.3.4	湿式离合器	37
2.4	离合器主要零件结构	39
2.4.1	离合器盖总成	39
2.4.2	从动盘总成	40
2.4.3	离合器分离装置——分离轴承及分离套筒	48
2.4.4	扭转减振器	49
2.5	离合器操纵机构	54
2.5.1	机械式操纵机构	54
2.5.2	液压式操纵机构	56
2.5.3	助力器	59

2.5.4	分离轴承间隙自动调整机构	63
2.5.5	离合器操纵系统新进展——变传动比操纵系统	65
	复习与思考	66
3	手动变速器及分动器	67
3.1	汽车行驶基本原理及变速器功能	67
3.2	变速器的结构及布置	68
3.2.1	三轴式变速器	69
3.2.2	二轴式变速器	71
3.2.3	组合式变速器	72
3.2.4	变速器结构简化画法及倒挡齿轮布置	76
3.3	换挡机构及其同步器	77
3.3.1	定位、互锁及倒挡安全装置	78
3.3.2	同步器	79
3.4	变速器的轴承、润滑、密封和对中	83
3.4.1	变速器轴承和对中	83
3.4.2	密封和润滑	84
3.5	变速器操纵	86
3.6	分动器及其操纵	89
	复习与思考	90
4	自动变速系统	91
4.1	概述	91
4.2	液力自动变速器	91
4.2.1	液力变矩器结构、工作原理及其耦合器工况	93
4.2.2	行星齿轮变速系统	97
4.2.3	单向轮	102
4.2.4	液压操纵系统及其电控	103
4.2.5	选挡杆	106
4.3	机械无级变速器	107
4.3.1	金属带式 CVT 的结构及其工作原理	107
4.3.2	金属带式 CVT 的变速工作特性	109
4.3.3	金属传动带	110
4.4	牵引环式无级传动	111
4.5	机械有级自动变速器	112
4.5.1	概述	112
4.5.2	双离合器变速器	113
4.5.3	AMT 系统与 AT 系统的比较	117
	复习与思考	117

5 万向节与传动轴	118
5.1 概述	118
5.2 十字轴万向节	119
5.2.1 基本结构原理及不等速性	119
5.2.2 十字轴万向节的实际结构	120
5.2.3 十字轴万向节在汽车上的结构布置	122
5.3 等速万向节	126
5.3.1 等速万向节的应用	126
5.3.2 双联十字轴等速万向节	126
5.3.3 球笼式等速万向节	128
5.3.4 DOJ型和VL型等速万向节	130
5.3.5 球叉式等速万向节	130
5.3.6 三叉架式万向节	132
5.3.7 三销式万向节	133
5.4 挠性万向节	134
5.5 传动轴与中间支承	135
5.5.1 传动轴的组成和结构	135
5.5.2 传动轴的中间支承	137
5.5.3 驱动轴结构	139
复习与思考	140
6 最终传动——主减速器与车轮传动	142
6.1 主减速器的功能及其结构类型	142
6.1.1 单级主减速器——锥齿轮传动	143
6.1.2 双级主减速器	150
6.1.3 双速主减速器	154
6.1.4 贯通轴式主减速器	157
6.2 差速器	159
6.2.1 概述	159
6.2.2 齿轮差速器	159
6.2.3 摩擦盘式抗滑差速器	163
6.2.4 黏性联轴限滑差速器	164
6.2.5 托森差速器	165
6.2.6 凸轮式差速器	166
6.2.7 自由轮式差速器	167
6.2.8 主动控制式差速器	170
6.3 半轴	171
复习与思考	174

7	车桥与悬架	176
7.1	车桥(轴)	176
7.1.1	驱动桥(壳)	176
7.1.2	转向桥	178
7.1.3	车轮定位	179
7.2	悬架	184
7.2.1	概述	184
7.2.2	非独立悬架	187
7.2.3	独立悬架	192
7.2.4	半独立悬架	205
7.2.5	平衡悬架	206
7.2.6	悬架系统的结构元件	209
7.2.7	半主动悬架与主动悬架	225
	复习与思考	231
8	车轮与轮胎	232
8.1	轮胎	232
8.1.1	轮胎的要求	232
8.1.2	轮胎(外胎)的结构	233
8.1.3	无内胎轮胎的特点	236
8.1.4	轮胎的标记	236
8.1.5	轮胎断面的扁平率 H/B (高宽比)	238
8.1.6	轮胎胎面花纹	239
8.1.7	轮胎气压检测与调节	241
8.1.8	轮胎的使用	243
8.2	车轮	244
8.2.1	轮辋	244
8.2.2	轮辐	245
8.2.3	车轮规格及标准	246
8.2.4	车轮的安装与轮毂结构	247
	复习与思考	248
9	车架	250
9.1	引言	250
9.2	车架结构	251
9.2.1	车架宽度	252
9.2.2	车架纵梁	253
9.2.3	横梁	254

9.3 承载式车身	256
9.3.1 轿车车身骨架结构	256
9.3.2 平台式底架	258
9.3.3 大客车骨架结构	259
复习与思考	259
10 转向系统	260
10.1 转向系统概述	260
10.1.1 转向系统的功用及组成	260
10.1.2 转向系的布置及角传动比	261
10.1.3 转向盘自由行程	262
10.1.4 对转向系统的要求	262
10.2 转向操纵机构	262
10.2.1 转向操纵机构的布置及转向盘	263
10.2.2 转向操纵机构的角度及高度调整机构	264
10.2.3 转向操纵机构的安全装置	265
10.3 转向器	268
10.3.1 转向器的传动比、传动效率及啮合间隙	268
10.3.2 转向器结构	269
10.4 转向杆系	274
10.4.1 汽车转向时两前轮的运动关系(转角关系)及转向梯形	275
10.4.2 非独立悬架用转向杆系	276
10.4.3 独立悬架用转向杆系	279
10.5 转向减振器	281
10.6 助力转向系统	283
10.6.1 液压助力转向系统	284
10.6.2 电控液压助力转向系统	296
10.6.3 电动助力转向系统	300
10.7 四轮转向系统及多轴转向	302
10.7.1 四轮转向系统	302
10.7.2 多轴转向	305
10.8 前轮主动转向系统及线控转向系统	307
10.8.1 前轮主动转向系统	307
10.8.2 线控转向系统	309
复习与思考	310
11 汽车制动系统	311
11.1 制动系统概述	311
11.2 制动器	314

11.2.1	鼓式制动器	314
11.2.2	盘式制动器	321
11.2.3	摩擦材料	326
11.2.4	制动器的间隙调整	326
11.3	液压制动操纵机构	334
11.3.1	管路布置	334
11.3.2	制动主缸、轮缸及制动液	335
11.3.3	助力式液压制动系统	339
11.4	气压制动操纵机构	348
11.4.1	气压制动操纵机构的管路布置	348
11.4.2	气压制动操纵机构的供能装置	353
11.4.3	气压制动操纵机构的控制装置	359
11.4.4	制动气室	366
11.5	制动力调节装置	369
11.5.1	概述	369
11.5.2	制动力分配阀	370
11.5.3	电子制动力分配(EBD)及制动防抱死系统(ABS)	375
11.6	驻车制动系统	384
11.6.1	概述	384
11.6.2	驻车制动系统操纵传动装置	385
11.6.3	驻车制动促动装置	385
11.7	辅助制动系统	388
11.7.1	发动机缓速装置	388
11.7.2	电涡流缓速器	389
11.7.3	液力缓速器	390
	复习与思考	392
12	电动汽车	394
12.1	电动汽车概述	394
12.1.1	电动汽车的发展史	394
12.1.2	电动汽车的类型	395
12.2	纯电动汽车	395
12.2.1	纯电动汽车概述	395
12.2.2	电驱动装置	397
12.2.3	电动汽车用动力电池	401
12.2.4	传动系统	404
12.3	混合动力电动汽车	404
12.3.1	概述	404

12.3.2 混合动力电动汽车的种类.....	405
12.4 燃料电池电动汽车.....	408
12.4.1 概述.....	408
12.4.2 燃料电池的基本原理.....	410
12.4.3 燃料电池的分类.....	410
复习与思考.....	412
参考文献	413

1

汽车底盘及传动系概述

1.1 汽车底盘概述

汽车底盘接收动力装置(发动机、电动机等)的动力使汽车产生运动,并保证汽车按驾驶员的操纵意向正常行驶。按照我国习惯,汽车底盘一般分为四个系统,即传动系、行驶系、转向系和制动系。

传动系的功用是将动力装置的动力按要求传给驱动轮,其一般布置如图 1.1 所示。

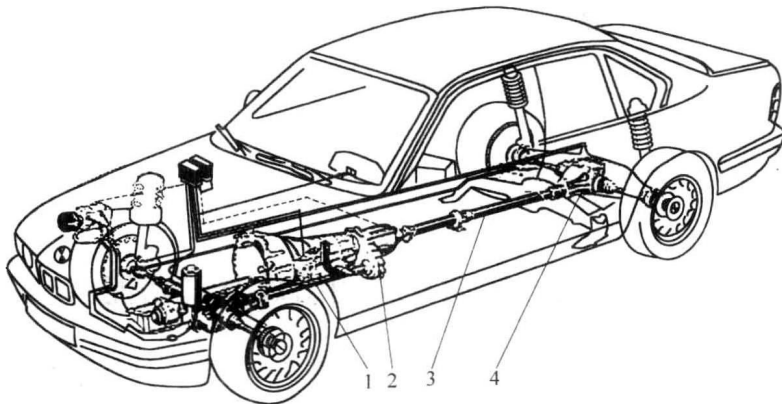


图 1.1 汽车传动系布置概貌

1-变速器; 2-分动器; 3-传动轴; 4-主减速器

行驶系如图 1.2 所示。图中承载式车身或车架,用它使汽车各总成及部件组合成为一整体,而轮胎则将整车支承于地面,并可靠附着于地面,产生汽车行驶时所需的各向作用力(纵向力和侧向力),它和悬架一道缓和地面对车辆的冲击和振动,保证汽车正常、可靠行驶。

转向系如图 1.3 所示,其功用是使汽车按驾驶员选择的方向行驶。

制动系如图 1.4 所示,其功用是使行驶中的汽车按要求减速直至停车、使停驶的汽车驻留原地不动。

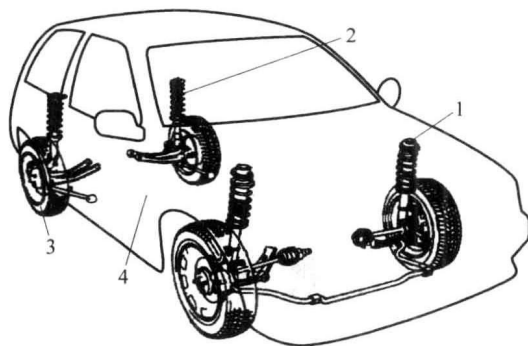


图 1.2 行驶系示意图

1-前悬架; 2-后悬架; 3-车轮和轮胎; 4-承载式车身

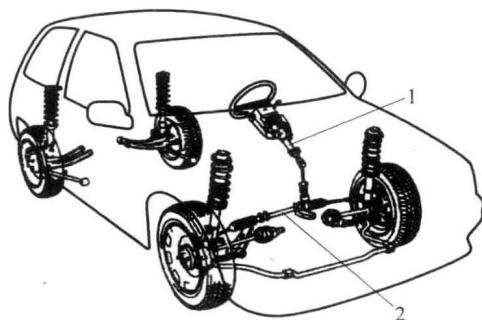


图 1.3 转向系示意图

1-转向操纵结构; 2-转向器

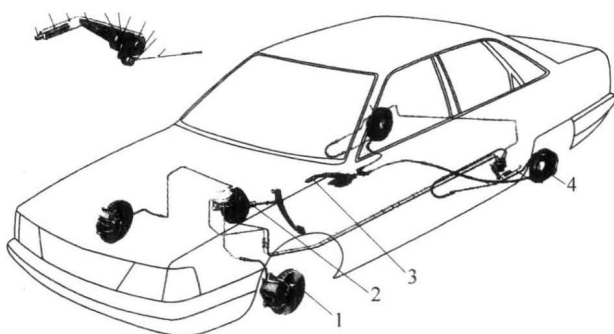


图 1.4 制动系示意图

1、4-制动器; 2-行车制动操纵机构; 3-驻车制动操纵机构

1.2 动力传动系统的组成及其功能

当今汽车主要以内燃机为动力。内燃机的工作特点可由其外特性来反映,如图 1.5 所示。从图中可看到,在油门全开的情况下,转矩在整个转速范围内变化不大,而功率变化却很大,随着转速的提高,输出功率急剧上升,通常要到 $3500 \sim 6000 \text{r/min}$ 才能达到最大功率;内燃机工作时,必须要有一最低转速(一般在 600r/min 以上),才能稳定工作。这些与汽车的使用要求很不适应。例如,汽车起步或上坡时阻力大,汽车速度不高,但要求有大的牵引力,来克服加速阻力或上坡阻力,这就要求发动机有大的功率输出;而在一般平坦道路上作等速巡航行驶时,由于此时行驶阻力不太大,所需的功率也不太大。由图 1.6 可直观地看出内燃机在功率供需上的矛盾。事实上,单靠调节发动机本身功率输出,来适应汽车不同行驶状况时所需要的功率是不现实的。因此,必须通过传动系对发动机发出的动力作改造,使之能适应外界对其功率-转速特性的要求。理想传动系的功率输出应是,功率输出不随车速的变化而改变,即作恒功率输出;或者说,其输出转矩随车速呈双曲线变化,转速低时转矩大,转速高时转矩小。