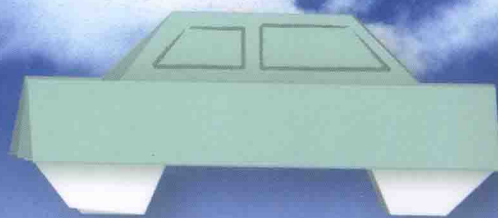


卓越工程师教育培养计划配套教材

车 辆 工 程 系 列

上海汽车工业教育基金会资助



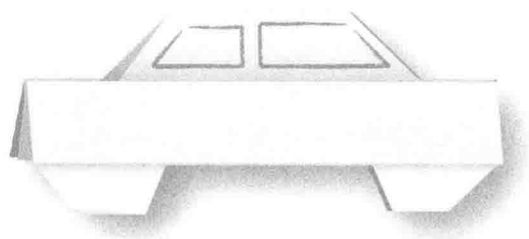
汽车设计

张缓缓 杨国平 编

清华大学出版社

卓越工程师教育培养计划配套教材

车 辆 工 程 系 列



汽车设计

张缓缓 杨国平 编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书系统地介绍了汽车设计理论与计算方法,包括整车及底盘各主要总成设计所需要的基本知识。内容包括汽车总体设计;离合器、机械式变速器、万向传动装置、驱动桥、悬架、转向系统和制动系统等各总成设计应满足的要求、结构方案分类与分析,主要参数的确定原则,零部件的计算载荷确定方法,强度计算方法,主要结构元件分析;以及最新设计方法及其在汽车设计中的应用等。本书还介绍了近年来在汽车设计中得到应用的最新成果以及一些现代汽车设计方法。

本书可作为高等院校车辆工程专业教材,也可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

汽车设计/张缓缓,杨国平编. —北京:清华大学出版社,2016
(卓越工程师教育培养计划配套教材. 车辆工程系列)
ISBN 978-7-302-44744-3

I. ①汽… II. ①张… ②杨… III. ①汽车—设计—教材 IV. ①U462

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 185974 号

责任编辑:许 龙 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

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:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:18.25

字 数:443 千字

版 次:2016 年 9 月第 1 版

印 次:2016 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.80 元

产品编号:050632-01

卓越工程师教育培养计划配套教材

总编委会名单

主 任：丁晓东 汪 泓

副主任：陈力华 鲁嘉华

委 员：（按姓氏笔画为序）

丁兴国	王岩松	王裕明	叶永青	刘晓民
匡江红	余 粟	吴训成	张子厚	张莉萍
李 毅	陆肖元	陈因达	徐宝钢	徐新成
徐滕岗	程武山	谢东来	魏 建	

卓越工程师教育培养计划配套教材

——车辆工程系列编委会名单

主 任：陈力华

副主任：王岩松 陈因达

委 员：（按姓氏笔画为序）

马 红	叶永青	华 健	邢彦锋	吴训成
吴伟蔚	张珏成	杨国平	陈凌珊	陈 浩
赵 波	赵晓昱	顾 静		

汽车是促进社会经济发展和提高人类生活质量不可或缺的交通工具。进入 21 世纪以来,我国综合国力进一步增强,人民生活水平不断提高,汽车产业高速发展。2009 年,我国因汽车产销量突破 1300 万辆而成为全球第一汽车产销大国。2010 年,我国汽车产销量均超 1800 万辆,稳居世界第一。2011 年,我国汽车产销量双超 1840 万辆,再次刷新全球历史纪录。2002 年至 2011 年的 10 年间,我国汽车产销量平均增幅超过 22%,汽车产业已经成为我国经济发展重要的支柱产业。

培养造就一大批适应汽车产业发展需求的人才队伍,是保障我国汽车产业长期繁荣与可持续发展的关键。伴随我国汽车产业的高速发展,汽车人才的短缺问题日益凸显。这不仅反映在人才培养数量上不能满足需求,而且体现在人才培养质量上存在较大差距。国外高校的汽车专业教育更加强调学生的动手能力和实践能力,学生有很多机会到汽车企业和制造车间进行实践锻炼,所以其开发创新能力更强。改革开放以来,我国的高等工程教育取得了巨大成就,但也存在人才培养模式单一,缺乏多样性和适应性,工程教育中工程性缺失、实践环节薄弱,评价体系导向重论文、轻设计、缺实践等问题。走中国特色新型工业化道路、建设创新型国家、建设人才强国等已经成为教育界和企业界的共识,这对高等工程教育改革发展提出了迫切要求。教育部于 2010 年开始实施的“卓越工程师教育培养计划”就是要培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为国家走新型工业化发展道路、建设创新型国家和人才强国战略服务。

上海工程技术大学车辆工程专业在建设过程中,以服务国家和地区经济建设为宗旨,始终坚持学科链、专业链对接产业链的办学模式。2010 年,车辆工程专业被列为教育部“卓越工程师教育培养计划”首批试点专业。为满足车辆工程专业“卓越工程师教育培养计划”的需要,上海工程技术大学车辆工程专业的骨干教师与上海汽车工业(集团)公司和上海交运(集团)公司的技术骨干合作编写了“卓越工程师教育培养计划”车辆工程专业系列教材。该系列教材包括《汽车发动机构造》《汽车底盘构造》《汽车车身结构》《汽车理论》《汽车设计》《汽车工程测试基础》《汽车制造工艺学》(配习题集)、《汽车车身制造工艺》《UG CAD 教程》《汽车造型基础》《车辆工程英语精读教程》《车辆工程英语听力教程》《汽车专业英语》等。

系列教材在编写过程中,按照理论与实践相结合的原则,参阅了大量的中外文参考书籍



和文献资料,吸收和借鉴了现有部分教材的优点,参考了汽车企业的相关材料。系列教材强调理论联系实际,体现“面向工业界、面向世界、面向未来”的工程教育理念,以社会对汽车车辆工程人才的需求为导向,以实际的汽车车辆工程为背景,以汽车工程技术为主线,着力于提升学生的工程素质,强化培养学生的工程能力。系列教材具有基础性、系统性、应用性等特点,能够满足车辆工程专业“卓越工程师教育培养计划”的教学目标和要求。

上海工程技术大学 陈力华

2012年1月

本书是由上海工程技术大学资助出版,根据“卓越工程师”教育培养计划要求而编写的。作者力图以科学性、先进性、系统性和实用性为宗旨编写本书。

本书在编写的过程中,注重对学生能力的培养,注重分析解决问题的思路,努力反映现代汽车设计中的先进技术和新的研究成果,并注重理论联系实际。

本书共9章,第1章为汽车总体设计,第2~8章分别为离合器、机械式变速器、万向传动装置、驱动桥、悬架、转向系统和制动系统设计,第9章为现代汽车设计方法。除第1章和第9章外,其余各章的主要内容包括:设计应当满足的主要要求、结构方案分类和分析、主要参数的确定原则、主要零件的强度计算和结构元件分析等。各章还附有应由学生独立完成的习题。

通过对课程中基本概念和设计实例深入浅出的剖析和应用,学生应掌握正确的思维方法,以提高分析和解决实际问题等方面的能力。通过对新技术的介绍,激励学生的求知欲,启迪学生的创新意识。

在本书的编写过程中,得到了上海工程技术大学车辆工程机电液系列课程教学团队的关心和支持,并为本书的编写提供了宝贵的意见。研究生叶克宝、向绪爱、赵培腾和彭博为本书做了大量的文字编辑工作,在此一并表示感谢。

本书可作为高等院校汽车专业“汽车设计”课程的教材,也可以作为其他有关专业的参考书,并可供有关的工程技术人员参考。

由于本书编写时间仓促,编者水平有限,书中难免有错漏之处,诚恳地欢迎使用本书的师生及广大读者批评指教,以便再版时订正。

编 者

2016年6月

第 1 章 汽车总体设计	1
1.1 概述	1
1.1.1 总体设计应满足的基本要求	1
1.1.2 汽车开发程序	1
1.2 汽车产品型号和形式的确定	2
1.2.1 汽车的分类	3
1.2.2 汽车的产品型号	3
1.2.3 汽车的形式	4
1.3 汽车主要参数的选择	10
1.3.1 汽车主要尺寸参数的确定	10
1.3.2 汽车质量参数的确定	12
1.3.3 汽车性能参数的确定	14
1.4 发动机的选择	17
1.4.1 发动机形式的选择	17
1.4.2 发动机主要性能指标的选择	18
1.4.3 发动机的悬置	19
1.5 车身形式	21
1.5.1 轿车的车身形式	21
1.5.2 客车的车身形式	21
1.6 轮胎的选择	21
1.7 汽车的总体布置	23
1.7.1 整车布置的基准线(面)——零线的确定	23
1.7.2 各部件的布置	24
习题	37
第 2 章 离合器设计	38
2.1 概述	38



2.2	离合器的结构方案分析	39
2.2.1	从动盘数的选择	39
2.2.2	压紧弹簧及布置形式的选择	40
2.2.3	膜片弹簧离合器	41
2.2.4	压盘的驱动方式	44
2.2.5	金属陶瓷离合器	44
2.2.6	湿式离合器	45
2.3	离合器主要参数的选择	46
2.4	离合器的设计与计算	48
2.4.1	圆柱螺旋弹簧	48
2.4.2	圆锥螺旋弹簧	49
2.4.3	膜片弹簧	51
2.5	扭转减振器的设计	52
2.5.1	扭转减振器的分类	52
2.5.2	减振器的主要参数	54
2.5.3	其他减振措施	56
2.6	离合器的操纵机构	57
2.7	离合器的结构元件	58
2.7.1	从动盘总成	58
2.7.2	离合器盖总成	60
	习题	61
第3章	机械式变速器设计	62
3.1	概述	62
3.2	变速器传动机构布置方案	63
3.2.1	两轴式变速器	63
3.2.2	中间轴式变速器	64
3.2.3	组合式变速器	65
3.2.4	倒挡的布置	66
3.2.5	部件结构方案分析	69
3.3	变速器主要参数的选择	71
3.3.1	挡数	71
3.3.2	传动比范围	71
3.3.3	中心距 A	71
3.3.4	外形尺寸	71
3.3.5	轴的直径	72
3.3.6	齿轮参数	72
3.3.7	各挡齿轮齿数的分配	75
3.4	变速器的设计与计算	77



3.4.1 齿轮的损坏形式	77
3.4.2 齿轮强度计算	77
3.4.3 轮齿弯曲强度计算	78
3.4.4 轴的强度计算	79
3.5 同步器设计	81
3.5.1 惯性式同步器	81
3.5.2 惯性增力式同步器	83
3.5.3 同步器的工作原理	83
3.5.4 主要参数的确定	84
3.5.5 同步器的计算	86
习题	88
第4章 万向传动轴设计	89
4.1 概述	89
4.2 万向节结构方案分析	90
4.2.1 十字轴万向节	90
4.2.2 准等速万向节	91
4.2.3 等速万向节	93
4.2.4 挠性万向节	95
4.3 万向节传动的运动和受力分析	96
4.3.1 单十字轴万向节传动	96
4.3.2 双十字轴万向节传动	97
4.3.3 多十字轴万向节传动	98
4.3.4 等速万向节传动	99
4.4 万向节设计	99
4.4.1 万向传动的计算载荷	99
4.4.2 十字轴万向节设计	100
4.4.3 球笼式万向节设计	101
4.5 传动轴结构分析与设计	102
4.6 中间支承结构分析与设计	104
4.7 设计实例	106
4.7.1 传动轴的形式	106
4.7.2 设计依据	106
4.7.3 传动轴的临界转速确定	107
4.7.4 传动轴轴管扭转应力的校核计算	107
习题	108
第5章 驱动桥设计	109
5.1 概述	109

5.2	驱动桥的结构方案分析	109
5.3	主减速器设计	111
5.3.1	主减速器的结构方案分析	111
5.3.2	主减速器主、从动锥齿轮的支承方案	120
5.3.3	主减速器锥齿轮的主要参数	124
5.3.4	主减速器锥齿轮的强度计算	126
5.3.5	主减速器锥齿轮轴承的载荷计算	128
5.3.6	锥齿轮的材料	130
5.4	差速器设计	131
5.4.1	差速器结构形式选择	131
5.4.2	普通锥齿轮差速器的齿轮设计	136
5.4.3	黏性联轴器结构及其在汽车上的布置	138
5.5	车轮传动装置设计	139
5.5.1	结构形式分析	139
5.5.2	半轴计算	141
5.5.3	半轴可靠性设计	142
5.5.4	半轴的结构设计	143
5.6	驱动桥壳设计	144
5.6.1	驱动桥壳结构方案分析	144
5.6.2	驱动桥壳的强度计算	145
	习题	146
第6章	悬架设计	148
6.1	概述	148
6.2	悬架结构形式分析	149
6.2.1	非独立悬架和独立悬架	149
6.2.2	独立悬架结构形式分析	150
6.2.3	前、后悬架方案的选择	151
6.2.4	辅助元件结构分析	153
6.3	悬架主要参数的确定	154
6.3.1	悬架静挠度 f_s	154
6.3.2	悬架动挠度 f_d	155
6.3.3	悬架的弹性特性	155
6.3.4	后悬架主、副簧刚度的分配	156
6.3.5	悬架侧倾角刚度及其在前、后轴的分配	156
6.4	弹性元件的计算	157
6.4.1	钢板弹簧	157
6.4.2	扭杆弹簧	164
6.5	独立悬架导向机构的设计	167

6.5.1	设计要求	167
6.5.2	导向机构的布置参数	167
6.5.3	双横臂式独立悬架导向机构设计	170
6.5.4	麦弗逊式独立悬架导向机构设计	173
6.6	减振器	175
6.6.1	减振器的分类	175
6.6.2	相对阻尼系数 ϕ	176
6.6.3	减振器阻尼系数 δ	177
6.6.4	最大卸荷力 F_0	178
6.6.5	筒式减振器的工作缸直径 D	178
6.7	悬架的结构元件	178
6.7.1	控制臂与连杆/拉杆	178
6.7.2	接头	180
	习题	183
第7章	转向系统设计	185
7.1	概述	185
7.2	机械式转向器方案分析	186
7.2.1	机械式转向器方案分析	186
7.2.2	防伤安全机构方案分析与计算	190
7.3	转向系统主要性能参数	193
7.3.1	转向器的效率	193
7.3.2	传动比的变化特性	194
7.3.3	转向器传动副的传动间隙 Δt	197
7.4	机械式转向器的设计与计算	198
7.4.1	转向系统计算载荷的确定	198
7.4.2	齿轮齿条式转向器的设计	198
7.4.3	循环球式转向器设计	199
7.5	动力转向机构	204
7.5.1	对动力转向机构的要求	204
7.5.2	动力转向机构布置方案分析	204
7.5.3	动力转向机构的计算	205
7.6	前轮主动转向系统及线控转向系统	209
7.6.1	前轮主动转向系统	209
7.6.2	线控转向系统	210
7.7	转向梯形	211
7.7.1	转向梯形结构方案分析	211
7.7.2	整体式转向梯形机构优化设计	212
7.8	转向传动机构强度计算	215

7.9 转向系统结构元件	216
习题	217

第 8 章 制动系统设计	218
--------------------	-----

8.1 概述	218
8.2 制动器的结构方案分析	219
8.2.1 鼓式制动器	219
8.2.2 盘式制动器	223
8.3 制动器主要参数的确定	225
8.3.1 鼓式制动器的主要参数	225
8.3.2 盘式制动器的主要参数	227
8.4 制动器的设计与计算	227
8.4.1 鼓式制动器的设计计算	227
8.4.2 盘式制动器的设计计算	231
8.4.3 衬片磨损特性的计算	232
8.4.4 前、后轮制动器制动力矩的确定	233
8.4.5 应急制动和驻车制动所需的制动力矩	233
8.5 制动驱动机构	235
8.5.1 制动驱动机构的形式	235
8.5.2 分路系统	236
8.5.3 液压制动驱动机构的设计计算	237
8.6 制动力调节机构	239
8.6.1 限压阀	239
8.6.2 制动防抱死机构(ABS)	240
8.7 制动器的主要结构元件	241
8.7.1 制动鼓	241
8.7.2 制动蹄	241
8.7.3 摩擦衬片(衬块)	242
8.7.4 蹄与鼓之间的间隙自动调整装置	243
8.8 辅助制动系统	246
8.8.1 发动机缓速装置	246
8.8.2 电涡流缓速器	246
8.8.3 液力缓速器	247
习题	249

第 9 章 现代汽车设计方法	250
----------------------	-----

9.1 概述	250
9.2 计算机辅助设计	251
9.2.1 CAD 的发展状况	251



9.2.2	CAD 技术在汽车行业中的应用	252
9.2.3	CAD 技术的发展趋势	253
9.2.4	CAD 系统的结构	254
9.2.5	CAD 的功能	255
9.2.6	CAD 的应用实例	256
9.3	汽车优化设计	258
9.3.1	概述	258
9.3.2	优化问题的数学模型	259
9.3.3	优化方法	260
9.3.4	解决优化设计问题的一般步骤	262
9.4	汽车机构动态仿真	262
9.4.1	仿真概念	262
9.4.2	仿真模型和仿真方法	263
9.4.3	汽车机构运动学仿真	264
9.4.4	汽车机构动力学仿真	264
9.5	有限元分析法	265
9.5.1	概述	265
9.5.2	有限元法的分析过程	266
9.5.3	有限元结构分析软件简介	269
9.5.4	有限元法在汽车设计中的应用	270
习题		271
参考文献		272

汽车总体设计

教学内容：本章主要介绍汽车设计的特点、汽车产品开发的过程，以及汽车设计的主要程序；重点讲解汽车整车概念设计时对汽车类型的选择、主要尺寸参数及性能参数的确定和汽车总布置设计等内容。

教学要求：本章主要掌握汽车总体设计程序、汽车主要参数的选择、汽车的总体布置，了解汽车车身形式、发动机和轮胎的选择。

1.1 概述

1.1.1 总体设计应满足的基本要求

由动力装置、底盘、车身、电器及仪表等四部分组成的汽车，是用来载送人员和货物的运输工具。作为一种重要的运输工具，汽车应该满足多方面的要求。把众多的、彼此有时相互制约的要求集中于一件产品上，就是汽车总体设计所要完成的主要任务。

汽车的总体设计应满足以下基本要求：

- (1) 汽车的各项性能、成本等，要达到企业在产品计划中所确定的指标；
- (2) 严格遵守和贯彻有关法规、标准中的规定，注意不要侵犯专利；
- (3) 尽可能贯彻“三化”，即标准化、通用化和系列化；
- (4) 进行有关运动学方面的校核，保证汽车有正确的运动和避免运动干涉；
- (5) 拆装和维修方便。

中国对汽车设计和生产等各方面的法规、标准正在不断完善，其中有些是结合我国具体条件制定的，有些是参照国外的法规、标准制定的。这些法规、标准的涉及面很广，如汽车外廓尺寸的标准《道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值》(GB 1589—2004)、汽车的污染排放标准以及有关道路法规对汽车轴荷的限定要求等。在汽车总体设计时，要特别注意正在实施的强制性标准。中国对汽车设计的强制性标准目前已有 40 项，且会随着时间发生变化，须在日常工作中密切注意这方面的最新标准。这些强制性标准与汽车类型有关，设计时一定要严格遵守。

1.1.2 汽车开发程序

汽车车型不同、生产纲领不同，新产品的开发阶段与工作内容也不同。一般新产品开发



要经历五个阶段,各阶段的主要工作内容见表 1-1。

表 1-1 汽车新产品开发的一般程序

阶 段	新 车 设 计	主要工作内容
设计任务书编制阶段	国家汽车发展型谱或上级机关指令	略
	工厂产品发展规划	
	概念设计	市场预测,使用调查,产品水平分析,形体设计,工艺分析,产品的目标成本,产品的通用化、标准化、系列化,绘制方案图,初步性能计算
	设计任务书的制定	绘制总布置草图,初选主要技术参数
技术设计阶段	技术设计	确定主要参数和结构,总成设计,绘制整车校对图,运动干涉校核,整车性能计算,出试制图和技术文件
试制、试验、改进、定型阶段	改进设计	试制总成和样车,总成试验,整车试验,使用试验,评价试验,改进设计
	鉴定定型	工艺审查,成本核算,价值分析,出生产准备用图,编制鉴定文件
生产准备阶段	小批量生产、用户试验	工艺调试,继续试验,改进设计,完成生产用图,小批试生产
生产销售阶段	批量生产与销售	正式销售,售后服务

1.2 汽车产品型号和形式的确定

汽车总体设计的首要任务之一是确定汽车的型号、布置形式。汽车的形式主要是指其轴数、驱动形式、布置形式。