

汽/车/自/主/研/发/系/列/丛/书
Automobile independently R&D series of books



洪永福 等编著

汽车

第2版

总体设计

Automotive Overall Design

纪念中国汽车工业建设60周年!

此书献给为中国汽车自主创新默默奉献者!



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车自主研发系列丛书

汽车总体设计

第2版

洪永福 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书研究了汽车总体设计在整个汽车设计开发过程中的作用和地位,系统地介绍了汽车总体设计在不同汽车种类设计的特点及汽车各主要总成的结构选型、布置方法、主要尺寸和性能参数设计指标的确定,以及汽车各系统的具体设计方法和汽车设计的总体分析、评价。

本书设计方法应用性强,叙述较为全面、系统,是作者从事汽车设计工作 30 年实践经验的总结。

本书可供汽车车型设计、汽车产品规划、企业决策者及大专院校有关车辆工程专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车总体设计/洪永福等编著. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2016. 9

(汽车自主研发系列丛书)

ISBN 978-7-111-54593-4

I. ①汽… II. ①洪… III. ①汽车-总体设计 IV. ①U462.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 194080 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:何士娟 李 军 责任编辑:何士娟 程足芬

责任校对:佟瑞鑫 张 薇 封面设计:路恩中

责任印制:李 洋

三河市国英印务有限公司印刷

2016 年 10 月第 2 版第 1 次印刷

169mm×239mm·22.25 印张·431 千字

0 001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-54593-4

定价:59.90 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

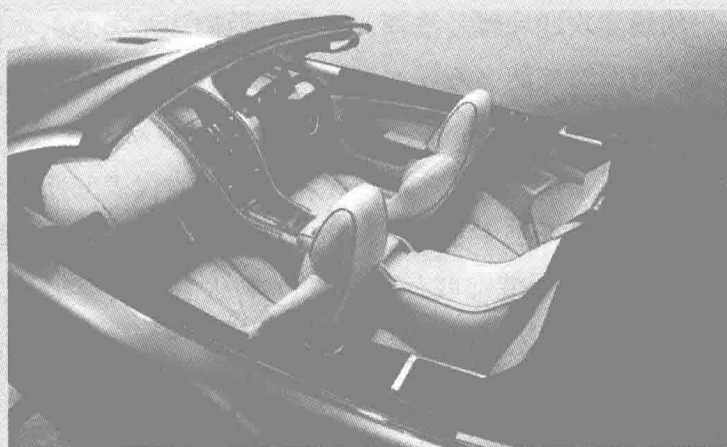
金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

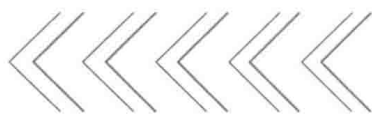
教育服务网:www.cmpedu.com

纪念中国汽车工业建设 60 周年！

此书献给为中国汽车自主创新默默奉献者！



第2版丛书序



自“汽车自主研发系列丛书”于2014年1月面世之后，受到了广大读者，特别是业内人士的热烈欢迎和厚爱推荐，在此对他们表示衷心的感谢！随着时间的推移，尽管网上依旧对该丛书好评如潮，但第1版丛书的不足却越发清晰。当代汽车技术发展迅猛，移动互联网、物联网、大数据等新生代技术交流和碰撞，全球正出现以信息网络、智能制造、新能源和新材料为代表的新一轮技术创新浪潮。厚爱本丛书的读者也提出了不少合理的建议，要求增加这样或那样的内容。机械工业出版社的编辑不断催促我尽快更新，本丛书已快脱销了。为此，我从2015年暑期即着手第2版的写作，夏去秋来，到第2版初稿完成时，竟又接近武汉的夏日了。

在第2版丛书中，一些错误已得到修正，有些部分被重新改写，已有章节得到了不少充实与完善。另外，还新增了部分内容，以适应技术革新的需要。

第2版丛书是第1版的重大升级，丛书中新增了工业4.0、中国制造2025、互联网、信息化、车联网、智能设备、新能源、智能产品、PLM、数字化工厂等多个重要概念，其中《汽车总体设计》用汽车电气系统总体设计等内容替换了原专用汽车的总体设计部分。

承蒙高校师生们的厚爱，本书被选定作为某些学校车辆工程专业的教材，也欢迎广大师生以此为基础，进行更为广泛、系统的学习。

为此，第2版丛书秉承第1版的写作风格，在深入浅出、通俗易懂方面下功夫。我时而感叹何必自苦，顶着工作的研究压力，却将各种假期的宝贵时间投入写作；但一想到我之费时费力，可使得数以千计的读者省时省力，心下也便释然了。

最后，我衷心地期望本丛书的第2版能够使广大读者学习和吸收到更多的养

料，也期望汽车企业能将其应用于汽车自主研发创新之中。当然，我也真诚地希望读者们继续对本丛书提出宝贵的修改意见，以期在今后的版本中日益完善。

欢迎行业相关人员联系 E-mail: flinde@qq.com, 或加入汽车自主研发群 (QQ 号 374254760) 共同探讨。

洪永福

2016 年 4 月于武汉

第1版丛书序一



——要把汽车“发明”的“发明”工作抓好

我记得，2003年福特汽车公司庆祝自己建立100周年活动的最终结语是：“100多年来，世界汽车工业的发明，是发明了发明的发明。”这句令人感兴趣但又有点较劲儿的话语里，存在着推动汽车发展的内在真谛。这就是说，人们在不断地发明汽车，但是搞好汽车发明，一定要把管理的发明工作做好，不然就很难使汽车发明技术得到发挥，也将使自己失去竞争力。在20世纪，全球最大宗的贸易争端是日美汽车大战。2011年，丰田在美国深深陷入“召回门”事件，表面看是一件质量事件，而美国国会却不断爆出干预动作，实际上把“召回门”事件上升到政治的高度。2012年1月7日，美国三大汽车公司因日元走弱提出抗议，对于第二任期刚开始的奥巴马政府来说，解决美国汽车工业竞争成为一件头等大事，一场日美之间围绕汽车贸易的大战就此打响。从科技上看，美国汽车工业并不落后于日本，而在精益生产管理上却长期达不到日本的管理水平，这成为日美汽车贸易战的一个本质所在。

2013年是中国汽车工业建设60周年的珍贵年份，东风汽车公司副总规划师洪永福，推出他在汽车工业精心积累30多年、以研发技术为中心的“汽车自主研发系列丛书”，呈献给广大汽车界读者。这对于深入传播汽车自主创新、探讨汽车研发工作的管理理念，十分有益。

关于中国汽车产业的自主创新，我曾以过去、现在和未来利用“三三”制来表述。第一个三十年是1949年~1979年，是属于探索和打基础阶段，从无到有，能生产大量货车；第二个三十年是1980年~2010年，我国主要搞引进技术，搞合资企业，实施零部件一体化，到21世纪第一个年代中期，大力开展自主品牌汽车研发和生产，这属于双轨并进阶段，使我国成为世界上产销第一汽车大国，并且在自

主品牌汽车研发和应用上取得一定的成果；第三个三十年可能是2011年~2040年，是我国从汽车大国走向汽车强国的重要阶段，所谓“强国”是带引号的，是相对于大国而言的，而真实含义是：首先建成有国际一流水平的汽车工业发达国家，大家可以平起平坐，不要事事多求于人；其次达到全球化汽车水平，很好地进入全球汽车产业的分工与合作体系中，即平等、合理、公正地实现中国汽车工业应有的地位和声誉。当然这些阶段之间有一定联系的，这是自然的一种变化过程。

我们预料，在2020年前，我们将拥有自主汽车品牌，在2030年前我们将拥有国际知名的汽车和汽车零部件跨国汽车集团，即企业品牌；到2040年，我们将建成具有中国特色的、先进的、整体的、系统的汽车产业，形成中国汽车品牌。建设汽车“强国”是个漫长、艰辛又要耐心的过程，这包括新能源汽车在内，一步一步阶梯性往上走，不能浮躁，也不能等待和松懈。

60年来，我国汽车产业取得了惊人的成果，进步是巨大的，但为什么我国在自主品牌汽车、零部件核心技术、汽车产业结构和素质落后的改进上，却总是滞后，不能令人满意？在宏观上，我国对汽车产业的总体规划不是很明确，自主品牌汽车明显起步晚，零部件核心技术水平差距越拉越大，只看数量，不重质量，只求形式，不讲实效，只有要求，缺少措施。目前出现的“后合资年代”，也是一种不想为而又不得不为的怪圈。归根到底，中国汽车产业的创新机制、体制没有跟上现实需求，没有能够对自主品牌汽车实行引导和拉动。在微观上，不论是大型汽车集团，还是中小型零部件企业，对应用数字化研发创新仍存在相当的依赖性，独立自主性差，不少产、学、研项目流于形式，投入不足，人才缺失等，造成自主品牌汽车的进展效果不理想，甚至落伍。我们一定要按照“十八大”提出的科学发展观精神，以创新为主线，以数字化研发管理为脉搏，提高精益化产品研发管理水平，相信中国自主品牌汽车的发展一定会进入一个新境界。

我推荐“汽车自主研发系列丛书”的目的，就是希望业界人士能更多地从建立自主品牌汽车发展的机制和制度上，促进汽车产品研发和市场应用走向常态化，提升研发工作水平和效果。最后，提请广大读者注意的是，我上述的自主品牌汽车的“三三”制，是建立在汽车产品研发机制和制度处于常态化情况下实现的，否则我的设想会推迟甚至会受到挫折。

陈光祖

2013年2月3日

第1版丛书序二



2013年，是中国汽车工业建设60周年的日子。在研究我国汽车产业的过去、现在和未来时，我们发现，多年以来，中国“以市场换技术”之路推动了中国汽车工业的发展，但这个美梦几乎在各个领域都破灭了。

一、自主品牌发展太晚，贻误了时机

应该从2000年开始发展自主品牌，甚至应该从合资开始就要研究自己怎么搞，但我们这个时间推迟得太晚了。

当前，我国汽车产业已经从提高研发能力的沉睡中清醒过来了，它一旦醒了，就一定会不甘落后、勇猛前进，努力摆脱国外汽车品牌高高在上占据中国汽车市场的局面。

二、中国汽车工业需要自主创新

国家振兴规划中，国家非常重视汽车产业，因为汽车产业搞上去可以保内需、保民生。

企业在制订战略的时候，是以充分考量企业的研发预期、研发能力为前提的。这就是说，研发不仅仅是企业管理者关心的事情，而且是企业领导者关心的事情。说得极端一点，**研发就是战略，战略就是研发**。研发活动与企业整体的流程作业融为一体，研发部门与所有其他功能部门的关系极为密切，技术创新成为创造竞争优势的重要因素。

“缺乏核心技术”是中国汽车企业共同的困境。但重视研发，成功地管理研发，以谋求核心竞争力，并不意味着企业要拥有核心竞争力就必须拥有核心技术。一个公司取得成功的关键并不在于它掌握了或者垄断了什么技术，而在于它

如何非常快地使用了该技术，利用这种技术来创造价值、创造自己独特的竞争优势。

汽车工业 100 多年的发展历史经历了几个重要的里程碑，当今的时代特征是全球化市场和信息化社会，大型汽车企业之间的联合与重组是适应这一时代特征的必然结果。市场竞争的背后是技术的竞争。技术的竞争不仅限于某一单项技术，而是包括汽车商品策划，由调研、规划、设计、生产到销售的一整套管理系统工程。其中最能体现企业特征的是由企业自身研发能力所保证的品牌。企业的研发能力是代表企业核心竞争力的重要标志，也是企业保持长期稳定发展的基本保障。

“汽车自主研发系列丛书”是根据 21 世纪我国汽车社会发展需要，增强自主创新能力、加强自主研发能力的要求，普及需要掌握的技能、科学发展的客观规律及市场经济需要的技术方法的一套书。它是根据汽车企业研发技术中心的特点，推动我国汽车企业采用不同的研发模式、研发管理、总体设计开发工程、能力建设的实战系列丛书。

“汽车自主研发系列丛书”包括：

《汽车商品规划》：告诉我们汽车商品规划不仅是一门艺术，还是一门学科，即使是最好的商品，商品规划的好坏也会对其业绩产生巨大影响。汽车商品规划的定义是：结合外部需求、外部竞争、内部优势，在企业既定经营目标指引下，调动企业资源，整合公司的资金、技术、生产、渠道、营销等多方面的资源，挖掘自有资源，结合市场需求开发适时对路的产品，达到产品综合竞争优势最大化，达到生产者与使用者双满意的产品组合创造效益最大化。

汽车商品规划面向市场，就必须真正做到以客户利益为一切经营活动的出发点。仅仅满足于让客户接受我们的产品是远远不够的，应该从向客户提供满意的产品转变到持续为客户创造价值的理念。以适应、引导、创造需求决定我们的商品计划，以销售能力决定生产能力。要构造延伸企业价值链，优化全价值链经营，提高企业的抗风险能力。从汽车商品企划、研发、采购、制造直至营销、服务、汽车后市场，每一个环节，都必须心系市场、心系用户。

《汽车总体设计》：呈现了汽车各类产品总体布置设计的一整套方法与实践，提供了从概念、架构、产品支持到需求分析、开发实现及应用设计等方法与实现的步骤；研究了汽车总体设计工程在整个汽车设计开发过程中的作用和地位；系统地介绍了汽车总体设计在不同汽车种类设计方面的特点，汽车各主要总成的结构选型、布置方法、主要尺寸和性能参数设计指标的确定，汽车各系统的具体设

计方法及汽车设计的总体分析、评价，以及产品定义、概念设计、布置协调校核、性能保证、指导设计、试验认证全过程的结构工程。该书设计方法应用性强，叙述较为全面和系统。

《汽车开发工程》：呈现了汽车研发是一个系统工程，它需要很多人介入这个系统，绝对不是一两个人可以完成的事情。汽车研发中心的能力建设，对加速汽车开发、优化汽车研发能起到一定的推动作用。该书系统全面介绍了汽车技术中心研发能力建设的模式、手段、方法、能力建设、技术过程管理、能力技术评价方法和一些成功企业技术中心的能力情况，对我国自主汽车研发中心的建设有极好的借鉴作用。

企业的研发能力是代表企业核心竞争力的重要标志，也是企业保持长期稳定发展的基本保障。

《汽车研发管理》：汽车研发管理是成功汽车产品开发的先导。该书在国内外汽车企业产品开发管理经验的基础上，结合我国汽车产品开发的实践，介绍了汽车企业确定项目管理思路的方法要点，以及如何进行汽车产品的项目策划和实施控制。

汽车是由一万多个零部件组成的复杂产品，每种产品从设计开发到投放市场都是一项艰辛而复杂的系统工程；又由于汽车产品的开发旨在用最少的投入，提供令用户满意的产品，并使企业获得最佳的经济效益。那么，汽车企业如何通过有效的汽车研发管理来实现这个目的，将是汽车企业研发成败的关键。

大家都想把汽车造得便宜，但汽车造完之后，再降成本已经很难了，在设计完成 1/3 的时候，70% ~ 80% 的成本已经定了。设计之初如果不将成本策划好，凭什么以低廉的价格、成本的优势去和别人竞争？

在汽车研发管理上，通常研发管理者又兼技术带头人，但往往一个技术领军人很难同时成为一个合格的领军人。领军人要花很多时间在团队建设、知识管理基础体系建设上，不仅要懂技术，更要在汽车研发管理上下功夫，而且要清醒地认识到你设计的是产品，不是作品，而且最后要成为商品，这就更需要了解市场。

如果说汽车商品规划是对汽车研发商品的行为进行策划后而形成的商品导向目标，那么汽车开发工程就是研发应具备的基础和能力，汽车总体设计是对汽车商品的总体设计、细致化、具体化，通过汽车产品设计将其外形、功能、性能等具体化。汽车研发管理是在研发目标、能力、设计基础条件下，通过研发管理的科学组织，以最少的代价设计出市场需要的汽车产品，所采取的一系列活动方法

和手段。

本丛书特色在于将汽车研发项目管理和市场化开发技术管理完美地结合起来，为基于研发管理平台之上的应用提供了面向汽车产品开发的应用架构。本书将图形化的图表单元作为应用系统的基本组成元素，使应用系统可以快速高效地搭建，建成的应用系统具有较强的可管理和可维护的能力。

这套丛书，每本既自成体系，又可相互融会贯通，对我国自主创新开发汽车有较强的指导借鉴作用。本书可以成为掌握基础技术管理的入门向导。

本书中所讨论的内容，来自作者多年的工作实践和孜孜不倦学习的总结，篇幅虽然不长，但是具有丰富的案例，其中不乏深刻的洞察。特别是其中通过案例探讨了中国市场环境下汽车研发组织的架构、发展模式、能力组织管理和设计工程经验，这些来自实践的经验总结，在目前市面上讨论汽车产品研发管理技术方法的著作中非常少见。希望本书能为企业产品开发组织提供一些现实参考。

在本丛书出版之际，我要衷心地感谢中国汽车工业咨询委员会委员、汽车资深专家陈光祖。陈老虽年事已高，但他用满腔的热情为中国的汽车工业献计献策。另外，我也由衷地感谢我的家人多年来对我的支持！感谢大家！

洪永福

2013年于武汉

前 言



汽车总体设计是人们运用科技知识和方法，有目标地创造汽车产品的过程。现代汽车设计工程具有高度的综合性，需要各种汽车技术相互配合。

汽车总体设计的费用往往只占最终汽车产品成本的一小部分（6% ~ 15%，并且随着产量的提升，所占成本的比例逐步降低），然而它对产品的先进性和竞争能力却有着决定性的影响，并往往决定 70% ~ 80% 的制造成本和营销服务成本。所以说汽车总体设计是汽车工业创新的核心环节，是一个国家和地区工业创新能力和竞争能力的决定性因素之一。

汽车总体设计是指对汽车产品设计项目、提供有技术依据的设计文件和图样的整个活动过程，是汽车产品项目生命期中的重要环节，是对汽车产品项目进行整体规划、体现具体实施意图的重要过程，也是将研发技术转化为生产力的纽带，是确定与控制产品造价工程的重点阶段。汽车总体设计是否经济合理，对汽车商品造价的确定与控制具有十分重要的意义。

汽车总体设计工作主要可分为 3 个阶段：整车的总体设计，主要解决社会需求转化为汽车性能的问题；汽车各子系统和总成的设计，主要解决汽车的功能和布置问题；零部件的设计开发，主要解决强度、寿命和生产技术的问题和系统性问题。

大多汽车公司建立了高性能的计算机辅助工程分析系统（由高速运算计算机、三维图形工作站，以及 NASTRAN、ANAQUS、LS - DYNA3D、PAM - CRASH、PAM - SAFE、MADYMO、AUTOFORM、FLOW - 3D、ADAMS 等模拟分析软件组成），其专业 CAE 队伍与产品开发同步地广泛开发 CAE 应用，在指导设计、提高质量、降低开发成本和缩短开发周期上发挥着日益显著的作用。CAE 应用于车身开发，在刚度、强度（应用于整车、大小总成与零部件分析以实现轻量

化设计)、NVH(降噪、减振、提高乘坐舒适度三项合称 NVH)及机构运动分析等已十分完善,而车辆碰撞模拟分析、金属构件冲压成形模拟分析、疲劳分析和空气动力学分析的精度还有待进一步提高,现在完全可以用于定性分析和改进设计,大大减少了费用高、周期长的试验次数;虚拟试车场整车分析正在着手研究,此外还有焊装模拟分析、涂装模拟分析等。

在与产品开发同步方面,美国福特汽车公司是这样做的:一个新车型开发项目配置一个结构分析小组,从该车型造型开始一直到该车型开发完成投产后半年的各个阶段内,配合产品设计开发进行分析,内容是以 NVH 为主的整车分析及局部分析。

如果说三维 CAD/CAE 是近 20 年来车身开发技术发展的最重要推动力,则可以说 CAE 技术是推动下阶段车身开发技术发展的重要力量。因为随着各种过程模拟分析理论的发展和试验研究的配合,CAE 技术的实用广度必将越来越大,在深度上也越加精确、成熟。

本书主要介绍汽车总体设计的工作内容与方法,也涉及主要总成的选型和车身造型设计。重点放在如何根据社会、市场的需求来选择和确定汽车应具备的性能参数和指标,如何优选汽车各个总成部件,通过合理的匹配和布置实现汽车所必需的功能,了解汽车设计的特点、任务和要求,掌握汽车设计工程的基本方法。

由于水平有限,本书难免会有不足及疏漏之处,还请广大读者批评指正。

目 录

第2版丛书序	
第1版丛书序一	
第1版丛书序二	
前言	
第一篇 汽车总体设计工程概论	
第1章 汽车设计特点	13
1.1 汽车设计特点	14
1.2 设计步骤	17
1.3 汽车总布置的关系	23
第2章 汽车总体设计的作用和地位	25
2.1 汽车总体设计的作用	25
2.2 汽车总体设计的地位	28
2.3 汽车总体设计中的辩证关系	30
第3章 汽车设计技术的发展趋势	34
3.1 汽车设计技术	34
3.2 近代设计技术	36
第二篇 载货汽车的总体设计工程	
第4章 整车形式的选择	43
4.1 发动机的种类和形式	44
4.2 汽车的轴数和驱动形式	45
4.3 驾驶室的形式	48
4.4 轮胎的选择	50
第5章 汽车主要性能指标的选择	51
5.1 主要尺寸参数的选择	53
5.2 整车质量参数的估算	57
5.3 主要性能参数的选择	63
5.4 发动机选型	67
5.5 传动系统参数的选择	71
5.6 汽车动力传动系统参数优化匹配方法	72
第6章 汽车总布置设计及运动件校核	78
6.1 总布置图的绘制	78
6.2 运动校核	93
第三篇 乘用车的总体设计工程	
第7章 轿车的概念设计	111
7.1 概念轿车设计概述	111
7.2 市场调查与需求分析	113
7.3 轿车的参数和分析	115
7.4 轿车概念车开发	116
7.5 轿车设计方案的制订	118
第8章 轿车形式与主要参数的选择	120
8.1 轿车形式的选择	120
8.2 轿车主要参数的选择	124
第9章 轿车总布置设计	136
9.1 轿车总体布置设计的任务	137
9.2 轿车总布置图的基准线及其画法	139

9.3 轿车主要总成部件的布置	141	趋势	230
9.4 轿车车身的设计	143	14.2 客车造型技术及应注意的问题	231
9.5 总布置设计的运动校核	154	14.3 客车造型展望	234
第10章 轿车车身造型与艺术设计	159	第五篇 汽车电气系统总体设计	
10.1 车身造型的演变与发展趋势	160	第15章 汽车电气系统的组成特点和要求 242	
10.2 车身造型与艺术设计的任务和特征	162	15.1 汽车电器的组成特点和要求	243
10.3 汽车艺术设计的程序与方法	166	15.2 汽车电子的组成特点和要求	246
第四篇 客车的总体设计工程		第16章 汽车电气系统的设计原则和要求 250	
第11章 客车设计方案的确定	182	16.1 汽车电气系统的设计现状	250
11.1 市场调查与需求分析	182	16.2 汽车电气系统的设计原则	252
11.2 客车形式的选择	183	第17章 汽车电气系统主要参数的设计与布置 254	
第12章 客车总体参数与主要总成的选择		17.1 设计目标的确定	254
12.1 客车主要参数的选择	186	17.2 电气系统主要参数设计	256
12.2 客车主要总成部件的选择	190	17.3 整车电路设计	261
12.3 客车性能参数的确定	201	17.4 电器件布置	263
第13章 客车总布置设计	206	第18章 电路线束和布线设计 265	
13.1 发动机与车门的布置	206	18.1 线束图设计	265
13.2 外廓尺寸和有关总布置尺寸	209	18.2 电线束设计	267
13.3 客车主要总成部件的布置	218	18.3 CAN总线设计	272
13.4 客车车身的布置设计	223	18.4 全车线束设计	275
13.5 运动校核	228	第六篇 新能源汽车的总体设计	
第14章 客车造型与艺术设计	230	第19章 电动汽车的结构与布置 284	
14.1 客车造型的演变与发展			

19.1	电动汽车的类别	284
19.2	电动汽车的特点	285
19.3	电动轿车的布置	287
第20章	电动汽车驱动方案的选择	292
20.1	电动汽车驱动系统	292
20.2	电动汽车驱动系统主要总成部件的选择布置	295
20.3	电动汽车驱动方案	299
第21章	电动汽车参数的选择与性能计算	302
21.1	电动机和传动系统的参数设计	302
21.2	电源系统的设计与计算	306
21.3	电动汽车性能仿真	308

第七篇 汽车的总体设计工程分析

第22章	汽车的设计分析	315
22.1	性能分析	315
22.2	成本分析	320
22.3	布置分析	321
22.4	设计分析	322
第23章	汽车的设计评价	324
23.1	汽车的评价指标体系	325
23.2	汽车的设计评价指标	329
23.3	汽车的总体设计评价	336
后记		339