

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

开发工程

Automotive Development Engineering

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
Automobile independently R&D series of books

洪永福 等编著

汽车

开发工程



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车研发中心能力建设的成败,直接关系到能否加速汽车开发,取得优质、高效的汽车研发成果,因此,汽车研发中心都希望能够建设出权责明确、流程合理、运作规范的模式,以便不断地优化投入结构,合理配置研发资源。为此,本书系统、全面地介绍了汽车研发中心能力建设的模式、手段、方法,能力技术过程管理,能力技术评价方法和一些成功企业技术中心能力情况,对我国自主汽车研发中心的能力建设有极好的借鉴作用。

本书兼顾汽车开发的科学发展过程方法和开发科技人才的管理的理论和实践,可供汽车技术中心、技术部门技术管理者、企业领导及相关专业的本科生、低年级硕士生等有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车开发工程/洪永福等编著.—北京:机械工业出版社,2014.10

(汽车自主研发系列丛书)

ISBN 978-7-111-47771-6

I. ①汽… II. ①洪… III. ①汽车—设计 IV. ①U462.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第196699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 责任编辑:何士娟 贺贵梅

封面设计:张静 责任校对:何士娟

三河市国英印务有限公司

2015年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·19.75印张·385千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47771-6

定价:59.8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

社服务中心:(010) 88361066

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

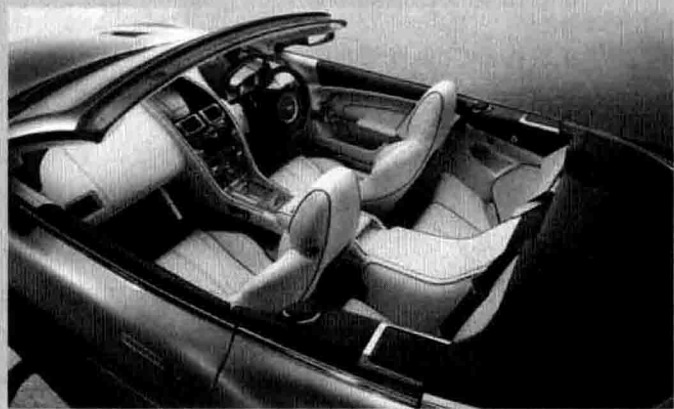
机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

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！



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,丰田汽车公司在美国深陷“召回门”事件,表面看是质量事件,而美国国会却不断爆出干预动作,实际上是把“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根源所在。

2013年是中国汽车工业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、探讨研发工作的管理理念,十分有益。

关于我国汽车产业的自主创新,我曾用“三三”制来表述。第一个三十年是1949~1979年,属于探索和打基础阶段,从无到有,能大量生产货车;第二个三十年是1980~2010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的汽车大国,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 ~ 2041 年，是我国由汽车大国走向汽车强国的里程碑。所谓汽车强国，是相对于汽车大国而言的，其真实含义：一是建成具有国际一流水平的汽车工业发达国家，大家可以平起平座，不要事事都求于人；二是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、公正地享有我国汽车工业应有的地位和声誉。当然，这些阶段之间有一定意义的，是一种自然的变化过程。

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，零部件核心技术与发达国家的差距越拉越大，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”，也是一种不想为而不得不为的怪圈，归根到底，我国汽车产业的创新机制、体制长久没有跟上现实需求，未能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，还是中小型汽车零部件企业，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，造成我国自主品牌汽车的进展效果不理想，甚至落伍。因此，一定要按照“十八大”提出的科学发展观精神，要以创新为主线，以数字化研发管理为脉搏，提高精益化产品研发管理水平，相信我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常态化情况下实现的，否则我们的设想会推迟甚至会受到挫折。

陈光祖
2013 年 2 月 3 日

丛书序二



2013 年是我国汽车工业建设 60 周年的日子。在研究我国汽车产业的过去、现在和未来时发现，多年以来，我国一直“以市场换技术”推动汽车工业的发展，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，就一定会不甘落后地勇猛前进，努力摆脱国外汽车品牌高高在上占据我国汽车市场的局面。

二、我国汽车工业需要自主创新

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

企业在制订战略时，是以充分考量企业的研发预期和研发能力为前提的。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。

缺乏核心技术是我国汽车企业共同面临的困境。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，利用该技术来创造价值，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，按照增强自主创新能力和提高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丛书。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的影响。汽车产品作为商品时，所具有的特性是结合外部需求、外部竞争和内部优势，在企业既定经营目标的指引下，调动企业资源，整合公司的资金、技术、生产、渠道和营销等多方面的资源，挖掘自有资源，根据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，从而实现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、引导和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》一书，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类型设计方面的特点，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，绝对不是一两个人的事情。汽车研发中心的能力建设，对加速汽车开发和优化汽车研发能起到一定的推动作用。

该书系统、全面地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汽车企业技术中心能力情况，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 10 000 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；又由于汽车产品开发旨在用最少的投入，提供用户满意的产品，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。

大家都想把汽车成本造得便宜，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，但往往一个技术带头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和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自己设计的是产品，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、功能和性能等具体化。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，所应采取一系列活动方法和手段。

本丛书特色还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的应用提供了面向汽车产品开发的应用架构。本丛书

通过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。

本丛书，既每本自成体系、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。本丛书可作为掌握基础技术管理的入门向导。

本丛书中所讨论的内容，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我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非常少见。希望该丛书能为我国汽车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我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一直对我的支持！

洪永福

2013年于武汉

前 言



我国汽车工业的创始人之一——孟少农曾指出，掌握产品开发能力比掌握生产能力更难，我国汽车企业开发落后的主要原因还是在企业内部，例如：企业规模较小，用于技术开发的资金有限；技术力量薄弱，经验不足；企业领导缺乏远见，认识不到技术开发的重要性，加之没有自主权，上级积极性不高。

要想实现真正的开发，必须建立一套行之有效、规范的研发管理、科研项目管理体系，建立：

1) **集成开发能力。**有能力做到各种技术的集成、研究开发和生产制造能力的协调、技术性能和经济指标的统一，以及其他各种矛盾的统一，从而使开发出的车型的综合性能和综合经济技术指标达到较高的水平。

2) **信息开发能力。**及时掌握目标市场国家的法规要求、资源状况和市场特点；有能力及时、准确地反馈用户的意见和要求；有能力构建产品开发的相关数据库，并与远程开发机构共享等。

3) **产品设计能力。**建立各部分的设计能力，包括车型、车身、动力总成、电子技术应用和其他总成及零部件的设计能力，采用 CAD、CAE、CAS、CAT、虚拟工程、快速成型和逆向工程等开发技术手段和方法的能力。

4) **研究试验能力。**汽车整车、各系统、总成、部件、节能、环保、安全、电子、新能源、新材料和新工艺的研究能力，不断地为车型开发提供先进的技术成果。同时，具有对整车及其各总成、零部件进行全面、系统的科学试验和测试研究的能力。

5) **产品试制能力。**建立必要的试制基地，形成完整的试制系统。

6) **综合评价分析能力。**建立综合评价数据系统和指标。

采取弱矩阵式组织结构来完成整体的资源分配，即在项目中的设计、试制、

试验共用人力、设备资源。从项目组织架构、项目经理队伍建设、项目推进及控制、资源平衡配置上较以往有了很大的改观。然而,随着项目投资和管理难度的逐步提升,之前手工编制的、仅分解到部门、月度滚动的项目计划方法已不能满足中心对研发体制的精耕细作的要求;另外,项目中的数模、图样、试验报告、试制报告、分析报告和评审记录等任务交付物被分散在不同系统和个人手中,严重影响效率进程和知识积累。

在对包括先进制造在内的六大领域研发能力的调查结果表明:我国汽车技术项目的整体研发能力居中,汽车相关科技研发水平落后世界领先水平5年左右;自主研发是未来汽车科技研发的主要形式;一些重大汽车技术项目有望在未来6~10年内实现产业化,其中某些企业界专家认为代用燃料汽车技术要落后领先水平6~10年。国内项目计划管理粗放,项目计划仅分解到部门,并未分解到个人,无法实施精细化的闭环计划控制;在高强度的计划下,计划可行度低、发现问题滞后,技术中心对整体的项目工作协调难、控制难,项目资源无法平衡配置。当多个项目同时进行,甚至遭遇插单等复杂情况时,无法有效地分辨项目的重要性,从而快速地分辨先、后级。项目中人员、预算、机器等资源排列冲突的情况时有发生,严重影响到项目的进程。缺乏有效的项目信息反馈机制,项目进展反馈不能实时反映(1次/月统计),手工汇总统计工作量大,信息滞后,影响对项目进度的集中控制,缺乏知识积累。项目进展状态与交付物状态不能实时相互验证,项目工作质量难以控制和追溯。

研发设备利用率低下,租用设备费用高,如何搞好二者的平衡,从而解决研发试验中的难题一直困扰着研发设备能力建设管理者。本书仅就汽车设计、试制、试验、设备资源,开发购置的仪器、设备(以下简称开发仪器、设备)在使用管理中的管理设计方法、程序及某些方法进行一些探讨。

汽车研发是一个很复杂的系统工程,需要上千人花费好几年的时间才能完成,一款汽车从立项研发到投入市场一般都需要3~5年左右的时间。不过随着技术的不断进步,研发的周期也在缩短。当然,我们说的是正向设计,事实上很多国内的企业都是逆向设计,但即使是逆向设计,同样也需要很长的时间。开发中,我们依然需要进行大量的各种分析等,依然需要去修改设计、试制、测试和检测等。

研究与开发及其技术在确保企业盈利能力方面会起到决定性作用。正是这样一种长期以来坚持的信念,同时基于我国60年来在众多企业的研发与管理方面所积累的经验,才使本书得以面世。尽管我们的经验是多种多样的,但从中总结出的普遍特点是研发组织很少能够从实质上或战略上作为完全的和同等的参与者

溶入希望走向繁荣的经营企业。

本书主要是写给处于我国汽车工业大发展时期、成长过程中的企业科技经营管理者看的，在汽车设计、工艺、试验早期研发的细节、经验和教训值得广大中小企业借鉴。本书还讲述了汽车的自主研发和设备建设管理如何克服现代化后带来的低效率等弊病，为我国汽车企业实现研发规模化、加快研发速度和提高研发效率贡献了丰富而宝贵的经验。如何从无到有地突破新产品的研发瓶颈，逐步形成和完善研发能力管理制度，如何建设开发能力，成就强大的汽车研发体系，对此本书也进行了比较详细的描述。相信对于包括汽车、机械、服务业在内的各行各业从事技术、研发项目管理的工作者们，也是一本不可多得的学习读物。

本书由洪永福、张炳恒、邱贤明、李建虹、李铁坚、洪冉、吕桂芬、邱虹等编著。由于作者能力和书稿的时间所限，在编写过程中难免有些疏漏，敬请读者指正。

编 者

目 录

丛书序一

丛书序二

前言

第一篇 开发研究内容	1
第 1 章 研究范围	8
1.1 目的	9
1.2 目标	10
1.3 方法	13
第 2 章 开发模式	16
2.1 国际模式	16
2.2 国内模式	19
2.3 开发模式分析	20
第 3 章 开发工程设立	23
3.1 能力的建立途径	24
3.2 开发创新整合设计	27
3.3 研发体系的建设	34
3.4 能力的建设方法	41
第二篇 设计工程建设	45
第 4 章 整车设计工程	50
4.1 整车设计	51
4.2 性能设计	57
4.3 系统设计	62
第 5 章 车身设计工程	64
5.1 设计草图	66
5.2 概念设计	68
5.3 整车造型	69
5.4 多媒体计算机 辅助设计	72

第 6 章 动力设计工程	76
6.1 发动机设计	76
6.2 系统设计	80
6.3 CAE 技术分析	85
第 7 章 电气系统设计工程	90
7.1 汽车电子电气架构 系统设计	91
7.2 电气工程设计	93
7.3 电气系统	96
7.4 CAN 总线设计	98
第 8 章 底盘设计工程	103
8.1 传动系统工程设计	103
8.2 CAE 分析	105
8.3 底盘系统设计	108
第 9 章 分析工程	110
9.1 设计工程分析	111
9.2 工程分析体系建立	117
第三篇 研发试验工程	119
第 10 章 整车试验工程	126
10.1 试车场建设	126
10.2 耐久性试验	130
10.3 可靠性试验	132
第 11 章 车身试验工程	135
11.1 车身结构试验	136
11.2 车身振动试验	137

11.3	人体工程试验	138
11.4	车身部件试验	139
第 12 章	发动机试验工程	145
12.1	发动机台架试验	145
12.2	排放试验	148
12.3	环境试验	150
第 13 章	底盘试验工程	152
13.1	传动系统试验	152
13.2	变速器试验	154
13.3	悬架试验	155
13.4	车轮试验	157
13.5	零部件试验	158
第 14 章	电子化试验工程	161
14.1	试验、测试分析	162
14.2	供电系统试验	163
14.3	抗干扰 (EMC)	
	试验	164
14.4	电器试验	165
第 15 章	性能试验工程	176
15.1	汽车性能试验	
	内容	176
15.2	道路试验	178
15.3	动力性试验	179
15.4	驾驶性试验	183
15.5	制动性试验	188
15.6	操纵性试验	191
15.7	安全性试验	220
15.8	环境适应性试验	221
15.9	NVH 试验	225

15.10	汽车风洞试验	235
-------	--------	-----

第四篇 研发集成与分析工程 239

第 16 章 开发集成平台 242

16.1	集成平台整体规划设计	242
------	------------	-----

16.2	系统的具体实施	245
------	---------	-----

第 17 章 有限元分析 248

17.1	建模	249
------	----	-----

17.2	分析	253
------	----	-----

第 18 章 虚拟工程 257

18.1	虚拟技术的应用	258
------	---------	-----

18.2	虚拟研发的新模式	260
------	----------	-----

18.3	多媒体分析	265
------	-------	-----

第五篇 可持续性工程 269

第 19 章 数据库工程 273

19.1	开发数据库	273
------	-------	-----

19.2	数据库建设	275
------	-------	-----

第 20 章 可持续性工程的建立 279

20.1	体制制度建设	280
------	--------	-----

20.2	基础性研究	284
------	-------	-----

20.3	技术情报	285
------	------	-----

20.4	新技术应用	290
------	-------	-----

第 21 章 开发工程的效益评价 293

21.1	开发总体效益评价	293
------	----------	-----

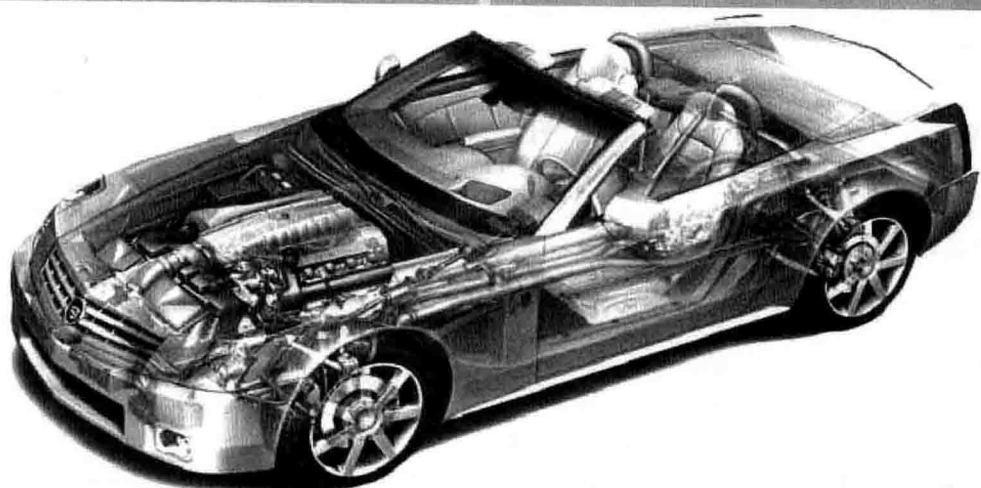
21.2	开发成本分析	297
------	--------	-----

21.3	研发能力评估与提升	299
------	-----------	-----

附录 开发术语 301

参考文献 302

第一篇 开发研究内容





本篇要点

开发是什么？能力是什么？开发的能力表现是什么？通过对汽车开发工程的研究，认识汽车开发工程是建立研发能力，能力是掌握了设计新汽车产品的分析、判断、解决、预测技术开发的方法和手段。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。

开发能力就是指掌握了汽车分析、判断、解决、预测技术问题方法。那么什么是汽车开发能力呢？**汽车开发能力就是指掌握了研究设计新汽车产品的分析、判断、解决、预测技术开发的方法。**所谓汽车企业开发能力，是指企业能否在掌握现有科学技术知识的基础上，按汽车开发流程，科学地把握市场需求，找到产品定位，确定产品定义，并组织人力物力去开发、制造、销售汽车产品的能力。它是企业创新资源投入积累的结果。对于引进汽车技术而言，可以把消化吸收后的创新活动视为开发活动，相应地把消化吸收后的再创新能力作为企业开发能力的衡量指标之一。正如知识结构不是一个平面一样，汽车开发能力结构也不是一个平面。汽车开发能力包含五个层次，见下表。

汽车开发能力的五个层次

层 次	表现特征	具体内容描述
第一层	会	对汽车设计知识点的一般性的、孤立的掌握
第二层	熟练	在这个层次上，意味着能够快速而有效地完成既定汽车设计。讲究简洁高效且错误率低，可维护性、可移植性好。设计讲究汽车产品稳定、成功率高、成本低，测试讲究能快速构建各种复杂的使用环境
第三层	分析总结	从熟练到分析总结是一个很大的变化。分析是从杂乱无章的表面现象中整理出事物的条理，并抓住事物的主要矛盾。总结要做到由此及彼，由表及里，由特殊现象到普遍规律，要做到归类、归纳、抽象、概括
第四层	全面规划	从分析总结到全面规划是一个质的飞跃。汽车研究关键技术时，不要求对系统作全面考虑，只需要在关键点上做一些试验，试验完成后，绝对不能把未经全面、仔细考虑的试验系统扩充为整个系统，仍旧需要作全面规划
第五层	趋势运筹	这是更进一步的质的飞跃。不仅要了解一方面的技术，还要了解不同技术间的因果关系和相互作用，更要了解汽车市场需求的变迁，从而清楚进行汽车开发需要做哪些工作

汽车设计开发流程

汽车新车型的研发是一个非常复杂的系统工程，以至于它需要数百人花费 3~4 年左