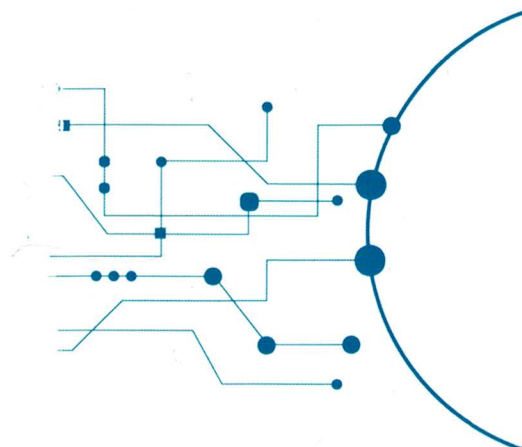


普通高等教育汽车工程类专业规划教材

汽车设计 与 开发集成



© 王秋成 编著

Automobile Design & Development Integration



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



王秋成，1964年出生，籍贯绍兴，博士、教授、博士生导师。现任浙江工业大学车辆工程研究所所长，Active Member of SAE International, 中国汽车工程学会（SAE-China）汽车制造分会委员会委员，浙江省新能源汽车产业联盟专家委员会委员。

普通高等教育汽车工程专业规划教材

汽车设计与开发集成

Automobile Design & Development
Integration

王秋成 编 著



机械工业出版社

本书分整车开发流程与管理、整车性能开发与评估、整车性能试验与验证三个部分：第1部分介绍了整车开发概述、新车型开发战略、新车型开发流程、汽车造型设计、虚拟样车流程、汽车电子电器系统架构等，第2部分以满足法律法规与消费者需求为前提，探讨了汽车动力与操控性、主（被）动安全性、车舱舒适性、防盗性、车载信息娱乐系统等整车性能开发与评估方法，第3部分阐述了整车性能试验规范与验证体系、新车排放试验与可靠性试验及其评估方法。本书涉及面广，可作为车辆工程专业的研究生和本科生教材，使汽车行业的技术开发与管理人员更好地理解整车开发的流程及其管理，了解不同开发目标之间的冲突与解决方法，以及不同学科和文化背景汽车开发人员之间的相互沟通与交流，认识到汽车行业技术进步是人类文明和社会可持续发展的强大动力。

图书在版编目（CIP）数据

汽车设计与开发集成/王秋成编著. —北京：机械工业出版社，2018.6
普通高等教育汽车工程专业规划教材
ISBN 978-7-111-59916-6

I. ①汽… II. ①王… III. ①汽车—设计—高等学校—教材 IV. ①U462

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第097660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：丁 锋 责任编辑：丁 锋

责任校对：郑 婕 封面设计：张 静

责任印制：张 博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2018年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.75印张·356千字

0001—3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-59916-6

定价：59.00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：010-88379833

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-88379649

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网：www.golden-book.com

前 言

Foreword

当今全球范围的交通拥堵与环境污染对于汽车工业的影响，使人们的注意力不仅聚焦于市场上销售的汽车，还关注于汽车是如何研发的。整车制造商不断开发新车型，汽车零部件供应商也通过供货深入集成到整车开发流程中，而市场分析师则评估汽车行业的投资机会和未来前景。因此，全面地理解汽车设计与开发流程是不可或缺的，这也是本书的核心内容。

让我们面对这样一个现实：1888年卡尔·奔驰、威廉·迈巴赫、戈特利布·戴姆勒等发明第一辆汽车之后，近130年来，乘用车的整体概念并没有发生多大的改变。虽然汽车零部件自那时起已经被大大优化，但是21世纪的汽车还是由内燃机通过变速器、传动轴和车轮将驱动力传递到路面，由弹簧减振单元来保证行驶稳定性和乘坐舒适性。车辆还是由转向盘转动前轮来转向，所需的控制单元还是被安装在驾驶人前的仪表板上。

然而，汽车开发流程却发生了戏剧性的变化。当初，只要一个杰出工程师工作几年就可完成的工作，如今已经被来自许多学科的汽车开发人员及其高度交错的合作网络所替代。汽车开发流程已经成为非常复杂、分散而又相互作用的子进程，这些子进程以非常复杂的状态快速运行着。但目前还缺乏一个完整而详细的汽车开发过程模型，尽管这一直是汽车开发技术人员多年以来的梦想。一方面，假如确实有这样一个模型，在它诞生时就可能会过时；另一方面，在操作层面上，真正的车辆开发在某种程度上依赖于个人经验、偏好和现实需求，而不是根据一丝不苟的详细计划。而且世界上许多著名品牌的整车制造商，其开发流程也各有特点。毕竟，汽车研发过程主要与人有关。

这主要有两方面的挑战，一是技术层面要整合分离的汽车零部件成为一辆完整的汽车，二是要协调几千个来自不同公司、专业、文化和社会背景的人之间的相互合作，这使得汽车开发充满挑战，又令人着迷。本书主要关注两个课题：第一点，顾客是当今买方市场的“上帝”，将满足顾客对整车特性的需求放在首位；第二点，是与设计人员相关的，他们的个人目标、思维方式及其相互关系。希望本书能反映和总结作者和来自世界各地汽车专家的交流成果以及本人30多年来在新产品开发领域的专业知识与经验积累。

本书与其说是一本有关汽车开发的专业书籍，还不如说是一本涉及面很广的教科书，使读者沉浸在汽车开发流程的知识海洋中，体验从新车概念到样车试验，从新产品开发战略到汽车功能开发的整合，从汽车电子/电气架构到车载信息娱乐系统开发的过程。作者著书是为了让读者熟悉当今在汽车开发流程中的技术范畴与目标冲突解决方案，而不是深入研讨其技术细节。例如，对于一个汽车主动安全开发人员，从汽车安全性开发的章节可能只反映出他的专业知识，但是通过阅读其他章节，他可以更深入地了解汽车开发流程，以及汽车电子/电气和嵌入式软件等开发人员对汽车主动安全的推动作用，进而更好地理解其在整车开发流程中的作用。

同其他汽车设计与开发专业书籍和教材相比，本书更多地侧重于整车开发流程与管理，同时强调汽车开发人员在整车开发过程中如何满足法律法规与消费者的需求。在汽车开发中，作者坚信顾客对整车特性的要求将主导新车概念开发。只要汽车动力与操控性、主（被）动安全性、车舱舒适性、防盗性、车载信息娱乐系统等性能满足顾客的要求，底盘开发等技术问题就迎刃而解了。

作者希望本书能帮助车辆专业的研究生、本科生，汽车行业的技术与管理人人员，广大汽车爱好者能够更好地理解整车开发的流程，认识到技术进步和人类文明之间的关系、不同开发目标之间的冲突，以及开发人员之间的相互沟通和依赖关系。希望能和大家分享作者充满挑战与令人着迷的整车开发流程。

最后，感谢浙江工业大学重点教材建设基金、专著与研究生教材出版基金的资助。感谢吉利汽车研究院朱凌博士对本书进行了仔细审阅，并提出了许多宝贵意见。在8年写作过程中，作者指导的研究生陈奇、马骏、斜李昕、陈蕴弛、何婷婷、魏瑞晖、卢文跃、邴源、王云涛、刘顺、郑叶泉、黄子俊等在不同时期参加了一些章节的文档整理与编辑工作，柳政卿博士详细校对与审核了整书样稿。

由于本书涉及面广，篇幅较长，加之作者水平有限，疏漏和不足之处难免，诚望专家、读者批评指正。

王秋成
2018年于杭州

目 录

Contents

前 言

第1部分 整车开发流程与管理

| | |
|------------------|----|
| 第1章 整车开发概述 | 2 |
| 1.1 整车开发的范畴 | 2 |
| 1.1.1 整车开发层次 | 2 |
| 1.1.2 整车开发内容 | 3 |
| 1.1.3 创新层次 | 3 |
| 1.1.4 选配及国别版本 | 3 |
| 1.2 开发平台和车型系列 | 4 |
| 1.2.1 新车型开发系列 | 4 |
| 1.2.2 整车开发平台架构 | 5 |
| 1.2.3 典型汽车企业平台架构 | 6 |
| 1.2.4 共享开发平台的局限性 | 8 |
| 1.3 新产品开发流程 | 8 |
| 1.3.1 新车型开发阶段划分 | 9 |
| 1.3.2 新车型开发流程 | 10 |
| 1.3.3 新车型开发流程图 | 11 |
| 1.4 汽车开发项目管理 | 11 |
| 1.5 全球合作开发项目 | 12 |
| 第2章 新车型开发战略 | 14 |
| 2.1 概述 | 14 |
| 2.2 新车型开发成败案例 | 15 |
| 2.2.1 成功车型 | 15 |
| 2.2.2 失败车型 | 17 |
| 2.3 新车型开发成功的先决条件 | 18 |
| 2.3.1 全球化的市场布局 | 18 |
| 2.3.2 完整的产品系列 | 19 |
| 2.3.3 良好的品牌形象 | 21 |
| 2.3.4 清晰的产品定位 | 22 |

| | |
|-------------------------|----|
| 第3章 新车型开发流程 | 24 |
| 3.1 方案策划阶段 | 24 |
| 3.1.1 技术可行性 | 24 |
| 3.1.2 经济可行性 | 25 |
| 3.2 概念设计阶段 | 27 |
| 3.2.1 新车型概念设计 | 27 |
| 3.2.2 整体布置草图 | 28 |
| 3.2.3 整车造型设计 | 28 |
| 3.2.4 新车型项目概念书 | 28 |
| 3.3 系列车型开发 | 29 |
| 3.3.1 工程设计阶段 | 29 |
| 3.3.2 零部件产品发布 | 31 |
| 3.3.3 整车集成阶段 | 31 |
| 3.3.4 样车试制阶段 | 32 |
| 3.3.5 投产准备阶段 | 33 |
| 3.4 后续开发和产品改进 | 34 |
| 第4章 汽车造型设计 | 35 |
| 4.1 汽车造型设计要求 | 35 |
| 4.1.1 造型风格独特 | 36 |
| 4.1.2 体现人机工程学 | 39 |
| 4.1.3 风阻系数小 | 40 |
| 4.1.4 实用性强 | 42 |
| 4.2 汽车车身造型设计 | 43 |
| 4.2.1 前卫设计阶段 | 43 |
| 4.2.2 概念设计阶段 | 43 |
| 4.2.3 技术设计阶段 | 45 |
| 4.3 汽车内饰设计 | 46 |
| 4.3.1 汽车内饰造型风格 | 46 |
| 4.3.2 汽车内饰设计内容 | 46 |
| 4.3.3 汽车内饰色彩与纹理设计 | 47 |
| 4.4 汽车造型设计验证 | 47 |
| 4.4.1 造型风格验证 | 48 |
| 4.4.2 人机工程学验证 | 48 |
| 4.4.3 储物实用性评估 | 49 |
| 第5章 虚拟样车流程 | 50 |
| 5.1 虚拟样车建模 | 50 |
| 5.1.1 虚拟样车技术简介 | 50 |

| | | |
|--------------|-------------------|-----------|
| 5.1.2 | 虚拟样车信息技术系统平台 | 50 |
| 5.1.3 | 车型技术参数 | 51 |
| 5.1.4 | 零件 CAD 建模 | 52 |
| 5.2 | 整车几何集成 | 52 |
| 5.2.1 | 空间干涉检测 | 53 |
| 5.2.2 | 功能间隙检查 | 54 |
| 5.3 | 深层次功能几何评估 | 55 |
| 5.3.1 | 行李箱储物空间 | 55 |
| 5.3.2 | 车辆运动学评估 | 55 |
| 5.4 | 虚拟样车模型版本 | 56 |
| 第 6 章 | 汽车电子电器系统架构 | 58 |
| 6.1 | 概述 | 58 |
| 6.2 | 系统开发管理 | 60 |
| 6.2.1 | 文化冲突 | 60 |
| 6.2.2 | 系统开发管理 | 61 |
| 6.3 | 顾客需求挖掘 | 61 |
| 6.3.1 | 需求启发 | 61 |
| 6.3.2 | 需求分析 | 62 |
| 6.3.3 | 需求表达 | 62 |
| 6.4 | 汽车 E-E 系统构架 | 63 |
| 6.4.1 | 逻辑系统构架 | 63 |
| 6.4.2 | 技术系统构架 | 63 |
| 6.5 | 汽车 E-E 系统设计与开发 | 66 |
| 6.5.1 | 软硬件组成 | 66 |
| 6.5.2 | 应用软件开发 | 67 |
| 6.5.3 | 系统模块测试 | 67 |
| 6.6 | 汽车 E-E 系统集成和验证 | 68 |
| 6.6.1 | 汽车 E-E 子系统集成 | 68 |
| 6.6.2 | 整车 E-E 系统集成 | 69 |
| 6.7 | 系统配套管理 | 69 |
| 6.7.1 | 配置管理 | 70 |
| 6.7.2 | 风险管理 | 70 |
| 6.8 | 能力成熟度模型集成 | 71 |
| 6.8.1 | 组织成熟度等级 | 72 |
| 6.8.2 | 过程能力等级 | 73 |
| 第 7 章 | 整车开发流程管理 | 74 |
| 7.1 | 可注册性 | 74 |

| | | |
|-------|----------------|----|
| 7.1.1 | 全球机动车法律法规的历史变迁 | 74 |
| 7.1.2 | 新车型认证技术规范 | 75 |
| 7.1.3 | 各国新车注册认证相关法律法规 | 77 |
| 7.2 | 目标管理 | 80 |
| 7.2.1 | 开发目标 | 80 |
| 7.2.2 | 目标协议 | 82 |
| 7.2.3 | 签发流程 | 83 |
| 7.3 | 设计问题管理 | 84 |
| 7.4 | 签发与变更管理 | 86 |
| 7.4.1 | 产品签发 | 86 |
| 7.4.2 | 设计变更 | 87 |
| 7.4.3 | 工程变更管理 | 88 |
| 7.5 | 质量管理 | 89 |
| 7.5.1 | 质量定义 | 89 |
| 7.5.2 | 产品交付前（内部）质量评估 | 90 |
| 7.5.3 | 产品交付后（外部）质量评估 | 91 |
| 7.5.4 | 全面质量管理体系 | 93 |
| 7.5.5 | 质量成本 | 95 |

第2部分 整车性能开发与评估

| | | |
|------------|-----------------|------------|
| 第8章 | 汽车动力系统设计 | 98 |
| 8.1 | 汽车动力系统分类 | 98 |
| 8.1.1 | 传统发动机节能降耗 | 98 |
| 8.1.2 | 生物燃料动力系统 | 99 |
| 8.1.3 | 可再生能源动力系统 | 99 |
| 8.2 | 传统汽车动力系统设计 | 100 |
| 8.2.1 | 汽车发动机节能降耗设计 | 100 |
| 8.2.2 | 动力传动与变速器设计 | 101 |
| 8.2.3 | 四轮驱动装置设计 | 102 |
| 8.3 | 新能源汽车动力系统设计 | 103 |
| 8.3.1 | 氢燃料汽车动力系统 | 103 |
| 8.3.2 | 混合动力汽车动力系统 | 105 |
| 8.3.3 | 纯电动汽车动力系统 | 106 |
| 8.3.4 | 燃料电池汽车动力系统 | 109 |
| 8.4 | 汽车动力性能试验与验证 | 111 |
| 第9章 | 汽车操控性设计 | 113 |
| 9.1 | 概述 | 113 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| 9.1.1 纵向动力学 | 113 |
| 9.1.2 侧向动力学 | 114 |
| 9.1.3 垂向动力学 | 115 |
| 9.2 汽车转向系统设计 | 115 |
| 9.2.1 转向系统设计的要求 | 115 |
| 9.2.2 液压助力转向机构设计 | 116 |
| 9.2.3 线控转向机构设计 | 116 |
| 9.3 汽车底盘系统设计 | 117 |
| 9.3.1 悬架系统设计 | 118 |
| 9.3.2 车轮总成设计 | 119 |
| 9.3.3 制动装置设计 | 120 |
| 9.3.4 四轮驱动装置设计 | 121 |
| 9.4 操控性试验与验证 | 122 |
| 第10章 车舱舒适性设计 | 124 |
| 10.1 概述 | 124 |
| 10.1.1 车舱舒适性的客户需求 | 124 |
| 10.1.2 车舱舒适性评价标准 | 124 |
| 10.2 行驶平顺性设计 | 125 |
| 10.2.1 相关法规和客户需求 | 125 |
| 10.2.2 行驶平顺性设计 | 126 |
| 10.2.3 行驶平顺性验证 | 128 |
| 10.3 声学舒适性设计 | 129 |
| 10.3.1 相关法规和客户需求 | 129 |
| 10.3.2 声学舒适性设计方法 | 129 |
| 10.3.3 声学舒适性试验与验证 | 131 |
| 10.4 热舒适性设计 | 133 |
| 10.4.1 相关法规和客户需求 | 133 |
| 10.4.2 车舱热舒适性设计方法 | 133 |
| 10.4.3 热舒适性验证 | 134 |
| 10.5 新车价值感知与体验 | 136 |
| 10.5.1 新车价值顾客体验 | 136 |
| 10.5.2 新车价值品位提升 | 136 |
| 10.5.3 新车价值体验与验证 | 137 |
| 第11章 汽车驾驶安全性设计 | 138 |
| 11.1 概述 | 138 |
| 11.1.1 汽车安全性概述 | 138 |
| 11.1.2 汽车安全性分类 | 139 |

| | |
|------------------------|------------|
| 11.1.3 汽车安全性影响因素分析 | 140 |
| 11.2 汽车安全性技术法规和标准 | 140 |
| 11.2.1 新车被动安全性强制性评估 | 141 |
| 11.2.2 新车被动安全性非强制性评估 | 141 |
| 11.3 汽车主动安全性设计 | 144 |
| 11.3.1 汽车主动安全性技术法规与标准 | 144 |
| 11.3.2 汽车主动安全性设计方法 | 145 |
| 11.4 汽车被动安全性设计 | 148 |
| 11.4.1 采用(超)高强度材料 | 148 |
| 11.4.2 安全带与安全气囊 | 149 |
| 11.4.3 车身耐撞性设计 | 150 |
| 11.4.4 车门防撞强化设计 | 151 |
| 11.4.5 转向系统与内饰件 | 151 |
| 11.5 汽车安全性评估与验证 | 152 |
| 11.5.1 汽车碰撞模拟仿真 | 152 |
| 11.5.2 假人碰撞试验 | 153 |
| 11.5.3 主动安全性评价 | 156 |
| 11.5.4 事故损伤医学鉴定 | 158 |
| 第12章 汽车防盗性设计 | 160 |
| 12.1 相关法规与设计要求 | 160 |
| 12.1.1 汽车防盗性分类 | 160 |
| 12.1.2 汽车防盗性的法律法规 | 162 |
| 12.1.3 新车防盗安全性评级 | 162 |
| 12.2 汽车防盗系统设计 | 163 |
| 12.2.1 防止非法移动车辆 | 164 |
| 12.2.2 防止入车偷窃 | 164 |
| 12.2.3 防止非法驾驶车辆 | 165 |
| 12.2.4 降低被盗件使用价值 | 165 |
| 12.2.5 降低汽车被盗风险 | 166 |
| 12.3 汽车防盗系统测试与评估 | 166 |
| 第13章 车载信息娱乐系统设计 | 167 |
| 13.1 概述 | 167 |
| 13.1.1 系统功能与客户需求 | 167 |
| 13.1.2 当前研究与发展现状 | 168 |
| 13.2 车载网络系统架构设计 | 170 |
| 13.2.1 车载网络结构模块 | 171 |
| 13.2.2 车载网络总线分类 | 172 |

| | |
|----------------------|-----|
| 13.3 车载信息娱乐系统架构设计 | 173 |
| 13.3.1 操作系统 | 173 |
| 13.3.2 CPU (ARM) 处理器 | 174 |
| 13.3.3 存储显示与接口模块 | 175 |
| 13.3.4 通信模块 | 177 |
| 13.4 车载信息娱乐硬件系统测试与验证 | 180 |
| 13.4.1 驾驶室“中控台”设计与实现 | 180 |
| 13.4.2 车载信息娱乐系统测试与验证 | 181 |

第3部分 整车性能试验与验证

| | |
|----------------------|-----|
| 第14章 整车性能试验与体系 | 184 |
| 14.1 整车性能试验简介 | 184 |
| 14.1.1 整车性能试验方式 | 184 |
| 14.1.2 整车开发各阶段的试验验证 | 184 |
| 14.2 整车试验规范与验证体系 | 186 |
| 14.2.1 整车试验规范的确定 | 186 |
| 14.2.2 整车试验项目类型 | 187 |
| 14.2.3 试验规范的分解与传递 | 187 |
| 14.3 整车试验项目清单 | 188 |
| 第15章 新车排放试验与验证 | 194 |
| 15.1 概述 | 194 |
| 15.2 新车尾气排放和能耗测试 | 195 |
| 15.2.1 相关法规要求 | 195 |
| 15.2.2 尾气排放和能耗测试方法 | 199 |
| 15.3 汽车挥发性排放物测定 | 201 |
| 15.3.1 相关法规要求 | 201 |
| 15.3.2 挥发性排放物分类 | 202 |
| 15.3.3 挥发性排放物测量与评估方法 | 203 |
| 15.4 汽车降噪设计 | 204 |
| 15.4.1 相关法规及客户要求 | 204 |
| 15.4.2 降噪设计措施 | 204 |
| 15.4.3 噪声测试方法与标准 | 205 |
| 15.5 汽车抗电磁辐射设计 | 205 |
| 15.5.1 相关法规要求 | 205 |
| 15.5.2 抗电磁辐射设计措施 | 206 |
| 15.5.3 测试方法与标准 | 206 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 第 16 章 新车可靠性试验与验证 | 207 |
| 16.1 概述 | 207 |
| 16.1.1 可靠性定义 | 207 |
| 16.1.2 失效严重性 | 208 |
| 16.1.3 可靠性与质量 | 208 |
| 16.1.4 可靠性与成本 | 209 |
| 16.2 汽车失效模式分析 | 209 |
| 16.2.1 汽车零部件失效 | 209 |
| 16.2.2 汽车电子器件失效 | 211 |
| 16.2.3 嵌入式软件失效 | 211 |
| 16.3 整车系统可靠性设计 | 212 |
| 16.3.1 汽车可靠性风险评估 | 213 |
| 16.3.2 抗电磁干扰性能 | 215 |
| 16.4 汽车可靠性试验与评估 | 217 |
| 16.4.1 加速寿命试验 | 217 |
| 16.4.2 可靠性模拟仿真 | 218 |
| 16.4.3 整车可靠性试验 | 219 |
| 16.4.4 非营利机构评估 | 220 |
| 参考文献 | 222 |

第1部分

整车开发流程与管理



第1章

整车开发概述

1.1 整车开发的范畴

车辆的产业化开发通常是以项目的形式进行组织的。这些车辆开发项目根据其技术内容、资金和持续时间的不同，存在很大差异。驱动车辆开发的主要因素包含：

- 设计层次；
- 设计内容；
- 创新层次；
- 可供选配项。

1.1.1 整车开发层次

一个车辆开发项目的设计层次描绘了项目从何时开始及其相应的设计工作内容。将所需设计工作内容按从高到低的顺序进行排列，设计层次通常可分为：

- **整车重新设计 (Complete redesign)**：从零开始，白手起家，包括从车辆概念到零部件的全新设计，而标准件和已有车型零件仅用在不可见的部位。根据汽车行业的行规，一款车型的生命周期是七年，因此一般每七年就对车型进行重新设计。重新设计需要重新规划、设计和测试，所以开发工作量最大，也是最耗费资金的车型阶段。

- **衍生设计 (Derivative design)**：基于现有开发平台和系统构架，再设计一款车型。这种衍生车型一般与基础车型共享开发系统和零件，以便最大限度地降低开发和生产成本，但不可轻易让消费者一眼就看出衍生车型与基础车型的共同点。

- **改款设计 (Variant design)**：与衍生车型相比，改款车型显然可组成一个车型系列(图 1-1 改款的宝马 3 系)。通常，改款车型包括两厢轿车 (coupe)、旅行车 (wagon) 或者敞篷车 (convertible) 等形式，这些改款车型的车身均源自于其基础车型，即传统三厢轿车 (sedan)。改款车型的开发平台和系统架构，包括车身与内外饰零件，均沿用其基础车型。早在基础车型设计阶段，就已经将后续车型规划在相应的车型系列中了(见 1.2.1 节)。

- **车型升级 (Model updates)**：指传统车辆七年设计寿命周期后期，对车型进行较小的设计变更以提升车型的售价(即零售价)。通常设计变更包括汽车外饰件、内饰件、新色彩造型和选配项。在尽可能低的开发成本下，更新车辆外观来提升消费者吸引力。

- **车型年 (A model year)**：车型年是指因成本或质量需要进行车辆设计变更，通常是在投产后数年内，通过收集顾客、经销商等方面的信息，不断进行设计变更，然后在旺季生产停工后，把设计变更导入汽车生产过程中，尽量减少对原有车型大批量生产的影响。如设计变更所需，还可能变更相应的汽车生产设备及生产线。

1.1.2 整车开发内容

设计内容是决定整车开发流程复杂程度的另一个因素。一款新车型提供给消费者越多复杂的功能，开发人员就需要在车辆设计、评估和验证过程中付出越多的努力。相对于基础车型，通常设计内容指标包括：

- 汽车零部件的数量；
- 电子控制单元的数量；
- 汽车软件代码的行数。

1.1.3 创新层次

随着技术创新成为汽车吸引潜在消费者的一个主要因素，汽车设计开发过程越来越复杂，尤其是整车及零部件测试方面。由于缺乏可借鉴的经验积累，需要进行广泛的系统评估。在开发过程中，可以预见大量的需要妥善解决设计问题。

以宝马5系的车身前部结构为例。在早期宝马5系车型中，车身前部是碳素钢结构设计，通过点焊的方法将不同规格的钢板冲压件焊接成为一体。这是一种传统的焊接工艺，已有比较完善的焊接强度、耐蚀性、耐撞性和老化特性等性能数据可查，可参考行业标准程序来评估相关设计。而新款的宝马5系前车身结构，是由碳素钢、铝合金、铸件和塑料件构成的，并采用点焊、激光焊接、胶接和铆接等多种联结工艺。但是这种极富创新的工艺解决方案，需要做大量且非常昂贵的测试验证，以确保整车在各种可能工况下的驾驶安全性和实用性，以及全生命周期的疲劳耐久性。

1.1.4 选配及国别版本

由于驾驶人员的多样性与复杂性，对车辆的测试验证工作，应与车辆提供的可选配置相对应。高端品牌通常提供非常多的功能配置，以便客户能够完全根据自身的需求来选择功能配置。虽然增加新车型的不同功能配置有助于提升客户满意度，并促成客户购买，但是相应测试工作量按照指数曲线倍增。以2009款新宝马7系为例，除了12种车身外观色彩和12种内饰颜色，更有超过200种不同的功能配置，可供客户选择和组合。理论上这将呈现多达 3.5×10^{30} 种可能的新车功能配置组合，而每种组合都需几何评估和功能评估，以确保100%可靠性。

为了减少测试验证工作的复杂性，首选方法是捆绑组合。例如，立体声音响系统可配置（无、低、高）三种层次，同时导航系统也可以选择相应的三种配置，因而将会有9种不同的功能配置组合。然而实际情况中，选用高保真音响而不选配导航仪，或者选用高档导航仪却不配立体声音响的概率是很低的。因此仅提供三种立体声/导航仪的捆绑组合（无/无、低/低、高/高），也是合理的：从而可减少其他六种组合的评估工作量。

其次，一些日本的整车制造商（OEM）倡导，只评估顾客最普遍的20%功能配置组合，这通常就能满足95%的新车订单。如果少数客户选择了一个稀有的功能配置，这将延迟此车的交付日期，因为这种稀有配置是在订单生效后，才开始新车的开发工作。

根据帕累托（Pareto）法则，各种独立组合的评估将使总工作量大幅下降。但是对于少数选择了小众化车辆配置的客户，由于制造商接到订单后车辆的评估工作才开始，车辆交付