



高等职业教育汽车制造与装配技术专业规划教材

QICHE ZHUANGPEI YU TIAOSHI JISHU

汽车装配与调试技术

刘敬忠 主 编



免费下载

配课件

www.ccpres.com.cn



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高等职业教育汽车制造与装配技术专业规划教材

Qiche Zhuangpei yu Tiaoshi Jishu
汽车装配与调试技术

刘敬忠 主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本教材是高等职业教育汽车制造与装配技术专业规划教材,按照国家对高职高专人才培养的规格要求及高职高专教学特点编写而成。本教材在简要叙述汽车研发制造过程的基础上,重点介绍汽车装配的工艺基础、汽车发动机装配与调试、手动变速器和驱动桥的装配与调试、汽车总装配流程与工艺、装配过程质量检验与整车调试、质量评审与质量分析、总装生产现场管理等技术。

本教材可作为高等职业院校汽车制造与装配专业的教学用书,也可作为汽车制造企业员工的培训教材,也可供社会读者了解汽车装配与调试技术自修、阅读。

图书在版编目(CIP)数据

汽车装配与调试技术 / 刘敬忠主编. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2015.5

高等职业教育汽车制造与装配技术专业规划教材
ISBN 978-7-114-12154-8

I. ①汽… II. ①刘… III. ①汽车-装配(机械)-
高等职业教育-教材 ②汽车-调试方法-高等职业教育-
教材 IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 065012 号

高等职业教育汽车制造与装配技术专业规划教材

书 名: 汽车装配与调试技术

著 作 者: 刘敬忠

责任编辑: 夏 韡

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 15.75

字 数: 360 千

版 次: 2015 年 6 月 第 1 版

印 次: 2015 年 6 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12154-8

定 价: 38.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

高等职业教育汽车制造与装配技术

专业规划教材编委会



主任委员：

赵 宇(长春汽车工业高等专科学校)

副主任委员：

宋金虎(山东交通职业学院)

马志民(包头职业技术学院)

贾永峰(陕西交通职业技术学院)

邵 茜(河南交通职业技术学院)

委 员：

刘敬忠(浙江同济科技职业学院)

卢洪德(山东交通职业学院)

郑 涛(长春汽车工业高等专科学校) 侯文志(山东交通职业学院)

王立超(长春汽车工业高等专科学校) 李敬辉(长春汽车工业高等专科学校)

李 莎(陕西交通职业技术学院) 刘冬梅(陕西交通职业技术学院)

徐生明(四川交通职业技术学院) 潘伟荣(广东交通职业技术学院)

谢慧超(湖南交通职业技术学院) 官海兵(江西交通职业技术学院)

张树铃(内蒙古交通职业技术学院) 刘 佳(包头职业技术学院)

杜理平(浙江同济科技职业学院) 崔广磊(包头职业技术学院)

林振华(浙江同济科技职业学院) 张 昊(河南交通职业技术学院)

贾东明(河南交通职业技术学院) 张杰飞(河南交通职业技术学院)

王 臣(包头职业技术学院) 刘冰松(神龙汽车有限公司)

黄立群(东沃(杭州)卡车有限公司)

前言

PREFACE

汽车制造与装配技术专业主要面向现代汽车制造及零部件生产与装配行业,培养基础扎实、实践能力强的高等技术应用型人才,能从事现代汽车制造及零部件加工,汽车装配调试,具备从事计算机辅助设计、数控编程、产品质量检测等生产现场控制岗位的能力。目前全国已有 100 多所院校开设此专业,该专业主要为汽车制造企业培养和输送人才,目前市场上适合此专业的高职教材很少,很多院校在开设该专业课程时,经常选用本科类似教材,在教材的深度和适用性上普遍不好,人民交通出版社通过广泛调研需求,成立教材编写委员会,确立组织编写高等职业教育汽车制造与装配技术专业规划教材。

本书是高等职业教育汽车制造与装配技术专业规划教材,根据国务院《关于加快发展现代职业教育的决定》和教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神,以及汽车制造与装配职业岗位群对人才技能的基本要求组织编写的,符合国务院《关于加快发展现代职业教育的决定》和教育部等六部门印发的《现代职业教育体系建设规划(2014~2020 年)》要求。

本书包括汽车装配技术、装配过程控制与管理共八个项目。汽车装配技术部分主要包括认识汽车研发制造过程、装配工艺基础、汽车发动机装配与调试、动力传动系统装配与调试、汽车总装工艺 5 个项目;装配过程控制与管理部分包括质量检验与整车调试、质量评审与质量分析、总装生产现场管理 3 个项目。

本书在编写过程中力求深入浅出,密切联系工厂生产实际,以汽车装配工艺流程和过程质量控制为主线,重点突出高职高专专业教学内容、技能培训、职业技能鉴定三位一体的工学结合特色,着重培养学生的应用能力。

汽车装配与调试所用装备种类多、数量大,各企业之间即使是同一功能的装备也存在较大的差异。由于设备的差异和生产组织方式的不同,导致各企业的生产工艺不尽相同,在工艺流程特别是总装工艺上各个企业都有所区别。基于此,在教学内容上,通过对总体流程的分解,进行教学项目规划与设计;在装配调试工艺方面,则突出关键工序,强调各工艺过程的质量控制要点;在装备方面,只介绍设备的种类和用途,而不涉及具体的操作与使用方法。各院校可以结合自身的实训条件和合作汽车企业的实际情况,开发相应的实训指导书。

本书由浙江同济科技职业学院刘敬忠副教授任主编,神龙汽车有限公司刘冰松作为主要参与者参与了本书的策划和编写工作,参加编写工作的还有浙江同济科技职业学院杜理平副教授和林振华讲师,以及东沃(杭州)卡车有限公司黄利群高级工程师。浙江同济科技职业学院廖君教授任主审。

本书在编写过程中,得到了多家汽车制造企业和零部件企业的大力支持,也得到了中国汽车工程师之家([www. cartech8. com](http://www.cartech8.com))、标准技术网([http://www. bzjsw. com/](http://www.bzjsw.com/))及其他汽车专业网站众多网友的热情帮助,同时参考与引用了有关文献、资料的部分内容,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,恳请广大读者对本书存在的缺点和错误提出批评和指正,邮件请至 [l-jzhong@163. com](mailto:l-jzhong@163.com)。

编 者
2015 年 1 月

目录

CONTENTS

项目一 认识汽车研发制造过程	1
学习任务一 认识汽车正向研发流程	1
学习任务二 汽车逆向设计的基本知识	15
学习任务三 汽车制造过程认识	17
训练与思考题	23
项目二 装配工艺基础	24
学习任务一 装配工艺认识	24
学习任务二 常用装配技术手段的认识与实践	36
学习任务三 装配精度控制的认识与实践	46
学习任务四 螺纹连接预紧控制的认识与实践	51
训练与思考题	57
项目三 汽车发动机装配与调试	58
学习任务一 认识发动机装试线	58
学习任务二 发动机装配工艺	63
学习任务三 发动机试验与调整	85
训练与思考题	102
项目四 动力传动系统装配与调试	104
学习任务一 手动变速器装配与调整	104
学习任务二 手动变速器试验	114
学习任务三 驱动桥装配与调试	125
训练与思考题	136
项目五 汽车总装工艺	138
学习任务一 汽车总装调试工艺流程认识	138
学习任务二 汽车总装工艺装备认识	142
学习任务三 内饰装配	152
学习任务四 底盘装配	164
训练与思考题	172
项目六 质量检验与整车调试	173
学习任务一 认识汽车生产企业质量管理体系	173
学习任务二 汽车整车厂质量控制的基本知识	180

学习任务三 外观质量检验与静态调整	183
学习任务四 动态试验与调整	193
训练与思考题	205
项目七 质量评审与质量分析	206
学习任务一 汽车产品质量评审	206
学习任务二 装配质量分析	212
训练与思考题	222
项目八 总装生产现场管理	223
学习任务一 6S 管理	223
学习任务二 定置管理	230
学习任务三 目视管理	234
学习任务四 看板管理	238
训练与思考题	241
参考文献	243

项目一 认识汽车研发制造过程

学习任务一 认识汽车正向研发流程

汽车既是一台高技术的复杂工业产品,也是一件唯美的艺术品。它需要有漂亮的外观和吸引客户的个性特征,同时它还应具有良好的行驶安全性、操纵稳定性、乘坐舒适性和强劲的动力。汽车研发过程融入了机械原理、机械制图、结构力学、多体动力学、空气动力学、人机工程学、工程材料学、电子与电气、自动控制技术、制造工艺、声学 and 光学等各种相关知识,当然更少不了诸如绘画、雕塑、色彩等基本艺术功底。所以,新车型研发是一项非常庞大的系统工程,往往需要几百人花费3~4年的时间才能完成。不同的汽车企业,其研发流程有所不同,但是大致有一些共同的特点。

一般来说,正向开发的量产汽车研发中的核心流程,也就是专业的汽车设计开发流程,其起点为项目立项,终点为量产启动,主要包括项目策划、概念设计、工程设计、样车试制与试验和投产启动五个阶段。除核心研发流程外,还包括组织、管理、工装设备等辅助流程,如项目进度与投资控制、工厂建设、工装制造、检具制造、模具制造、对供应商的评审与选择、工艺设计、物流设计、设备的采购制造与安装调试等多方面协同推进。

一、项目策划

一个全新车型的开发需要几亿元甚至十几亿元的大量资金投入,投资风险非常大,一般都要经过项目策划(图1-1),确定是否实施项目和如何实施。如果不经周密调查研究与论证,就草率上马新项目,轻则会造成产品先天不足,投产后问题成堆;重则造成产品不符合消费者需求,没有市场竞争力。市场调研和项目可行性分析是新项目研发过程至关重要的部分,汽车市场调研包括市场细分、目标市场选择、产品定位等几个方面。通过市场调研对汽车市场信息进行系统搜集、整理和分析,可以了解和掌握消费者的消费趋势、消费偏好和消费要求的变化,确定顾客对新的汽车产品是否有需求,或者是否有潜在的需求等待开发,然后根据调研数据进行分析研究,总结出科学可靠的市场调研报告,在新车型研发项目计划方面为企业决策者提供科学合理的参考与建议。

根据市场调研报告生成项目建议书,进一步明确汽车形式(是微型车还是中高级车等)和市场目标,以及在性价比方面所具有的创意与特点。在此基础上进行项目可行性分析,可行性分析从外部和内部两个方面进行,外部主要是分析国家和地方的相关政策法规,以及竞争对手和竞争车型的现状;内部则是对包括设计、工艺、生产及成本等方面的自身资源和研发能力的分析。在完成可行性分析后,就可以对新车型的设计目标进行初步设定,设定的内容包括车辆形式、动力参数、底盘各个总成要求、车身形式及强度要求等。



将初步设定的要求发放给相应的设计部门,各部门确认各个总成部件要求的可行性以后,确认项目设计目标,编制最初版本的产品技术描述说明书,将新车型的一些重要参数和使用性能确定下来。在方案策划阶段还应确定新车型是否开发相应的变形车,以及确定变形车的形式和种类。项目策划阶段的最终成果是一份符合市场要求、开发可行性得到研发各部门确认的新车型设计目标大纲。该大纲明确了新车型的形式、功能以及技术特点,描述了产品车型的最终定位,是后续研发各个过程的依据和要求,是一份指导性文件。



图 1-1 项目策划流程图

二、概念设计

概念设计阶段的主要工作是总布置草图设计和造型设计。除此之外,还要制订详细的研发计划,确定各个设计阶段的时间节点;评估研发工作量,合理分配工作任务;进行成本预算,及时控制开发成本;制作零部件清单表格,以便进行后续开发等工作。

1. 总布置草图设计

总布置草图设计的主要任务是根据汽车的总体方案及整车性能要求提出对各总成及部件的布置要求和特性参数等设计要求;协调整车与总成间、相关总成间的布置关系和参数匹配关系,使之组成一个在给定使用条件下的使用性能达到最优并满足产品目标大纲要求的整车参数和性能指标的汽车。绘制总布置草图是总布置草图设计的重要内容,在总布置草图上,汽车的主体线条和大方向上的细节设计应该都有所表现,在适当的地方增加简单说明,为下一环节做准备。总布置草图确定的基本尺寸控制图是造型设计的依据,也是详细总布置图确认的基础。

总布置草图设计时,车厢及驾驶室主要是依据人机工程学来进行布置,在满足乘员舒适性的前提下,确定乘员和货物的具体位置以及边界条件。在此基础上,确定发动机与离合器及变速器的布置、传动轴的布置、车架和承载式车身底板的布置、前后悬架的布置、制动系统的布置、油箱、备胎和行李舱等的布置、空调装置的布置。同时,对零部件的运动(如前轮转向与跳动)范围进行校核。经过汽车总布置设计,就可确定汽车的主要尺寸和基本形状(图 1-2)。

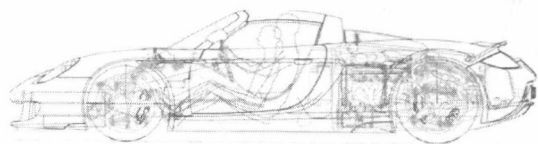


图 1-2 保时捷跑车总布置方案正视图

2. 造型设计

总布置草图设计以后,下一步就要进行造型设计。汽车的造型设计主要是为了把设计

师的思路 and 理念用更细腻的手法表现出来,加入细节描绘和色彩,通过精致的绘画表达这款车的直观感受和立体效果。效果图可以手绘,铅笔、钢笔、毛笔(水彩画或水粉画)都可,而目前较流行的是混合技法——用麦克笔描画、喷笔喷染以及涂抹、遮挡等。随着计算机辅助设计技术的发展,越来越多的设计师开始使用各种绘图软件进行效果图的绘制,主要的绘图软件有 Photoshop、Painter 及 Alias Skethbookd 等。只要效果良好,表现技法可不拘一格。汽车的造型设计现在已经成为汽车研发中至关重要的环节,将是决定模型制作的关键。

在造型设计阶段,外形设计和内饰设计同时进行,设计过程包括创意草图和效果图设计两个阶段。

创意草图是设计师快速捕捉灵感的最好方法,最初的草图都比较简单,也许只有几根线条,但是能够勾勒出设计造型的神韵,设计师通过设计大量的草图来尽可能多地提出新的创意。在一个设计项目开始阶段,由 5~10 名设计师分别开始绘制草图,每个设计师都将构想四个左右的模型草图,并且会对少数几个自己认为比较好的草图进行完善,包括绘制多个角度的草图,进一步推敲车身的形体,突出造型特征等。在初期,设计团队就需要具备非常敏锐的洞察力,从各处吸取灵感,了解潮流信息,搜集竞争对手同类车型的图片资料并进行造型上的比较,了解各种车型在市场上的受欢迎程度,留心其他设计领域,注重与消费者的交流等。一般情况下,一款车型的设计草图平均有 30~50 张,草图所要表达的并不是产品的设计细节,而是要把对未来产品的设想视觉化。

图 1-3~图 1-8 是菲亚特 BRAVO 设计草图,可以看出最初的草图形体是比较简练的,只强调部分的特征线。而后来的深入设计草图则比较完整地表达了车身的整个形态。

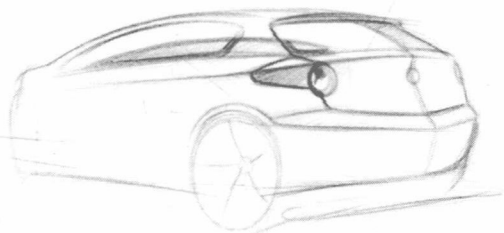


图 1-3 菲亚特 BRAVO 前期设计草图(一)

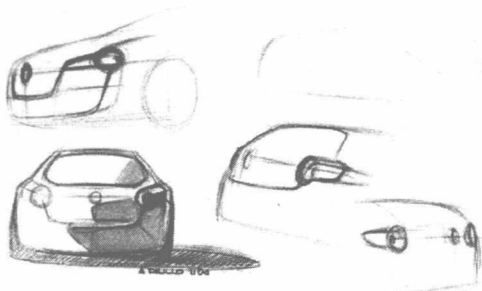


图 1-4 菲亚特 BRAVO 前期设计草图(二)

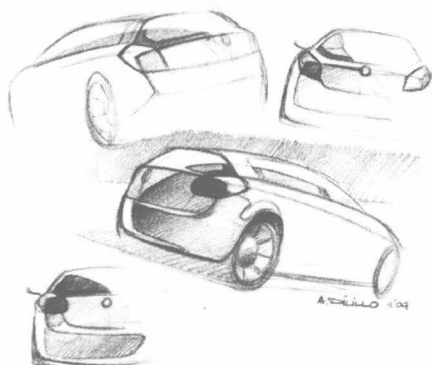


图 1-5 菲亚特 BRAVO 前期设计草图(三)

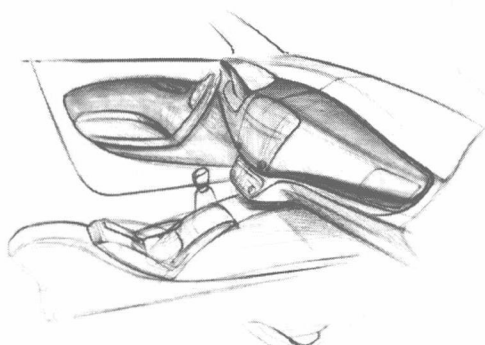


图 1-6 菲亚特 BRAVO 前期设计草图(四)

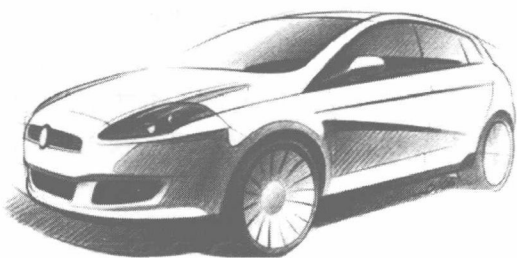


图 1-7 菲亚特 BRAVO 深入设计草图(一)

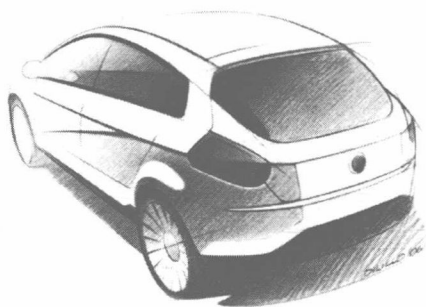


图 1-8 菲亚特 BRAVO 深入设计草图(二)

当草图绘制到一定阶段后,设计工作室内部会进行一次讨论,设计室负责人(如设计总监)将从设计师的创意草图中挑出几个相对较好的创意,进行精细设计,并绘制精细设计效果图(图 1-9 ~ 图 1-12)。绘制精细效果图的目的是为了让油泥模型师或者数字模型师看到更加清晰的设计表现效果,以便保证以后的模型能够更好地与设计师的设计意图相一致。



图 1-9 菲亚特 BRAVO 设计方案效果图(一)



图 1-10 菲亚特 BRAVO 设计方案效果图(二)

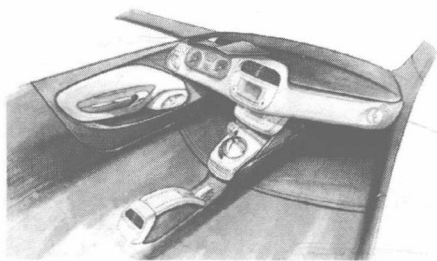


图 1-11 菲亚特 BRAVO 内饰设计方案效果图(一)

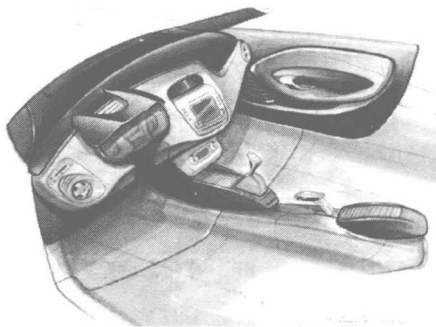


图 1-12 菲亚特 BRAVO 内饰设计方案效果图(二)

除外形外,汽车的外观颜色和内部装潢也是设计中非常重要的一部分,颜色与外形都会显著影响动感和舒适感。外观颜色在很大程度上影响汽车的个性特征,内部装饰件则决定车内氛围。内饰的设计风格要求与外形设计风格相一致,以确保整车风格的统一。设计师在选择汽车内饰装潢时必须做到:在任何光线下都能带来和谐的空间感,所用的材料必须符合未来的发展趋势,保证在未来的 5 ~ 10 年都不会过时。

效果图和最后的整车细节未必完全相同,但是表现出来的气质却是一脉相承。

3. 制作油泥模型

效果图设计绘制完毕后要进行一次评审,通过评审选择 3 ~ 5 个或者更多方案进行 1:5

的小比例模型制作。制作小比例模型主要是为了节约成本和节省时间,一般的汽车厂家都会使用油泥来制作小比例模型,其优点是易于修改,便于在模型制作阶段不断完善。

油泥模型有两种制作方法,一种是由油泥模型师人工雕刻,另外一种是由数字模型师先根据设计效果图在 alias 等软件里构建出三维数字模型,然后使用多轴加工中心铣削出油泥模型,最后经油泥模型师进行细节调整。在油泥模型制作过程中,设计师必须全程跟踪指导,以确保油泥模型能够符合自己的设计意图。

在完成小比例油泥模型制作之后,公司高层将组织造型设计师、结构设计师和工艺师对模型进行评审。这是第一次对实物模型的评审,将综合考虑包括美学、工艺、结构等多方面的因素,不过主要还是对模型外观美学的评判,通过评审挑选出其中的 2~3 个方案进行 1:1 的全尺寸油泥模型制作。

传统的全尺寸油泥模型都是完全由人工雕刻出来的,这种方法费时费力而且模型质量不能得到很好的保证,制作一个整车模型要花上三个月左右的时间。随着技术的进步,目前各大汽车厂家的全尺寸整车模型基本上都是由多轴加工中心铣削出来的,油泥模型师只需要根据设计师的要求对铣削出来的模型进行局部的修改,这种方法制作一个模型只需要一个月甚至更少的时间。

油泥模型制作完毕后,根据需要进行风洞试验以测定其空气动力学性能。为了更直观地观察模型,通常进行贴膜处理,以便检查表面质量和获得逼真的实车效果(图 1-13 ~ 图 1-15)。这时要进行一次全尺寸模型的评审会,从中选出最终的设计方案,并对其提出一些修改意见。油泥模型师根据修改意见调整油泥模型,修改完后再再次进行评审,并最终确定造型方案,冻结油泥模型。至此,造型阶段全部完成,项目进入工程设计阶段。



图 1-13 贴膜后的 S80 油泥模型方案(一)



图 1-14 贴膜后的 S80 油泥模型方案(二)



图 1-15 贴膜后的 S80 油泥模型方案(三)

三、工程设计

在完成造型设计以后,项目就开始进入工程设计阶段。工程设计阶段的主要任务是完



成整车各个总成以及零部件的设计,协调总成与整车和总成与总成之间出现的各种矛盾,保证整车性能满足目标大纲要求。工程设计就是一个对整车进行细化设计的过程,各个总成分发到相关部门分别进行设计开发,各部门按照开发计划规定的时间节点分批提交零部件的设计方案。

工程设计阶段的工作内容主要包括以下几个方面。

1. 总布置设计

总布置设计是在总布置草图的基础上,进行深入细化设计,精确地描述各部件的尺寸和位置,为各总成和部件分配准确的布置空间,确定各个部件之间的相互连接关系、详细结构形式、特征参数、质量要求等条件。主要的工作包括发动机舱详细布置图、底盘详细布置图、内饰布置图、外饰布置图以及电气布置图(图 1-16)。

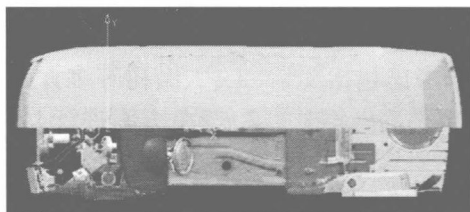


图 1-16 某轿车三维总布置俯视图

2. 车身造型数据生成

车身或造型部门在油泥模型制作完成后,使用三坐标测量仪对冻结的油泥模型进行测量,得到车辆外形和内饰两部分的点云数据(图 1-17),工程师根据点云使用汽车 A 面制作软件(如 Alias、IceM - surface、Catia 等)构建汽车的外形和内饰数字模型(图 1-18)。在车身造型数据完成以后,通常要使用这些数据重新铣削一个模型,目的是验证车身数据是否有错误。这个模型通常使用代木或者高密度塑料进行加工,以便日后保存。

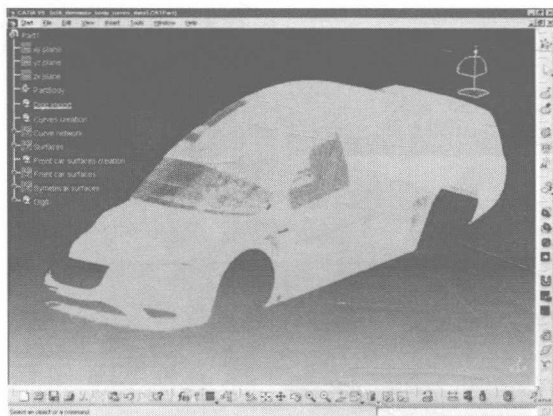


图 1-17 测量得到的点云数据

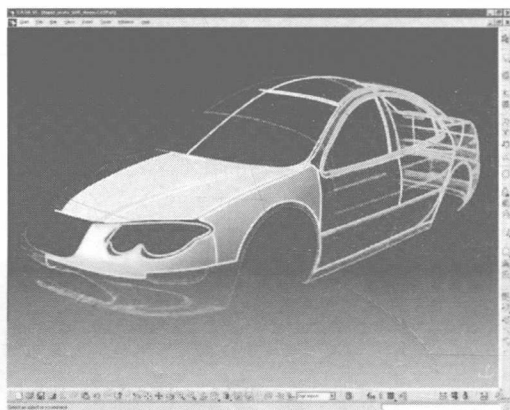


图 1-18 使用 Catia 软件生成车身表面文件

3. 发动机工程设计

一般新车型的开发都会选用原有成熟的发动机动力总成,发动机部门的主要工作是对新车型的特点以及要求,对发动机进行布置,确定与其他总成的连接关系,并进行发动机与传动系统的匹配。发动机工程设计与底盘工程设计同步进行,一直持续到样车试验阶段。

4. 白车身工程设计

白车身是指车身结构件以及覆盖件的焊接总成,包括发动机罩、翼子板、侧围、车门及行李舱盖在内的未经过涂装的车身本体。白车身是保证整车强度的封闭结构,设计工作任务

是确定车身结构方案,对各个组成部分进行详细设计,使用 UG、CATIA 等工程软件完成三维数模构建,并进行工艺性分析,完成装配关系图及车身焊点图(图 1-19)。

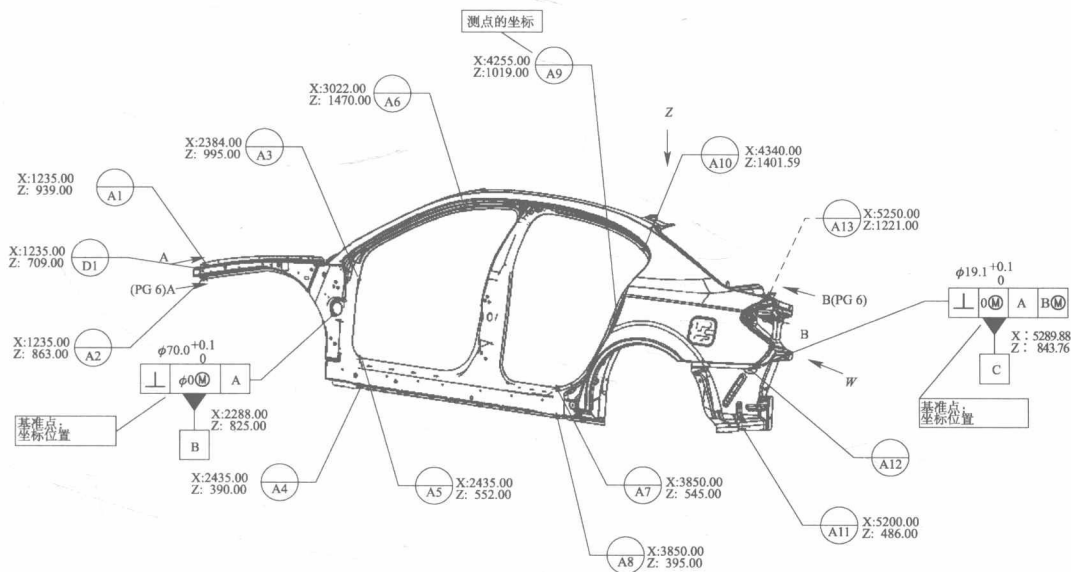


图 1-19 某轿车白车身侧围部分设计图

5. 底盘工程设计

底盘工程设计是对传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统四大系统进行详细设计,首先确定各个系统和零部件的尺寸、结构、工艺、功能及参数,然后进行结构设计和计算,完成三维数模(图 1-20、图 1-21)。在对零部件进行样件试验的基础上优化设计方案,最后完成设计图和装配图。

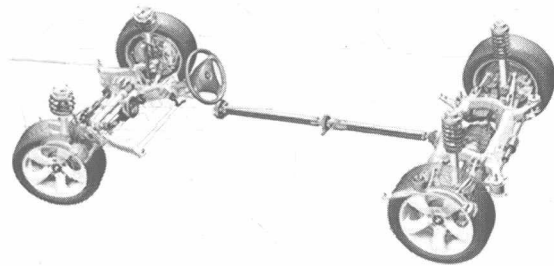


图 1-20 底盘三维设计图

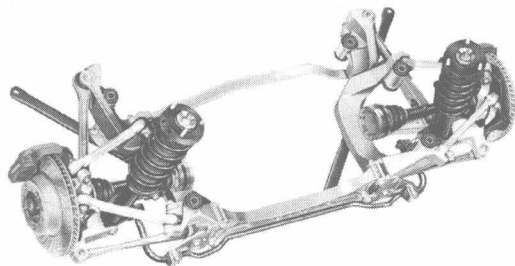


图 1-21 驱动桥三维设计图

传动系统的主要设计内容为离合器、变速器、分动器、驱动桥的设计,各个总成之间及与发动机之间的匹配分析。行驶系统的主要设计内容为悬架设计,在悬架设计过程中需对车辆的行驶平顺性、操纵稳定性等进行分析。转向系统的主要设计内容为转向器及转向传动机构的设计,进行内外转向轮的转角关系分析、梯形运动分析、车轮跳动分析、车轮跳动转向分析、转向系统可靠性分析等。制动系统的设计内容包括制动器及 ABS 的设计。

6. 内外饰工程设计

汽车外饰件的设计内容主要包括前后保险杠、玻璃、车门防撞装饰条、进气格栅、行李架、天窗、后视镜、密封条、车门机构及附件。内饰件的设计内容主要包括仪表板、转向盘、座



椅、安全带、安全气囊、地毯、侧壁内饰件、遮阳板、扶手、车内后视镜等。

7. 电气工程设计

电气工程负责全车的所有电气设计,包括刮水系统、空调系统、各种仪表、整车开关、前后灯光以及车内照明系统。

8. CAE 模拟与分析

有的公司还会在汽车设计的各个阶段,借助计算机辅助工程(CAE—Computer Aided Engineering)分析手段对工程设计进行虚拟验证和分析,从而大大减少汽车研发的成本和周期。主要的分析项目有强度分析、刚度分析、干涉分析、复杂钣金件冲压成型过程分析、复杂塑料件注射成型过程分析、整车模态分析、操纵稳定性分析、振动响应分析、整车被动安全性分析等。

通过对零部件进行强度分析(图 1-22、图 1-23),可以考核各零部件是否满足强度要求,并进行基于强度约束的结构优化。通过分析零部件的结构刚度(图 1-24),可以进行基于刚度约束的结构优化。对白车身的弯曲刚度和扭转刚度进行分析(图 1-25),按照行业标准进行车身刚度的评价。干涉分析则可以检查两个零件之间是否存在装配干涉或者运动干涉现象。

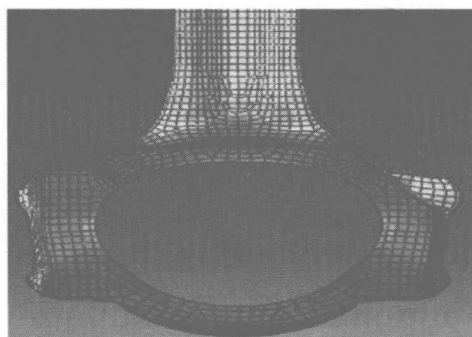


图 1-22 发动机连杆标准工况压应力分析

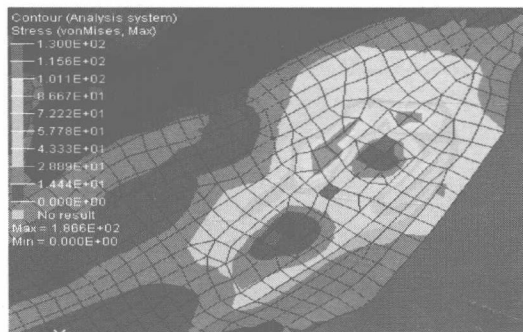


图 1-23 车门内板铰链安装处应力分析

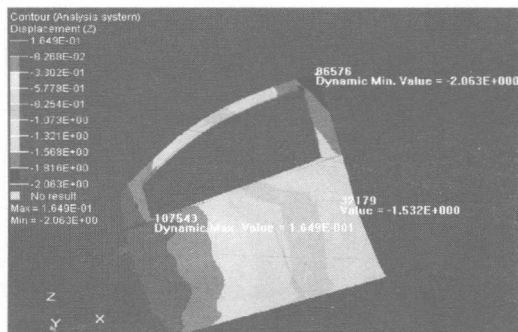


图 1-24 车门下沉位移分析

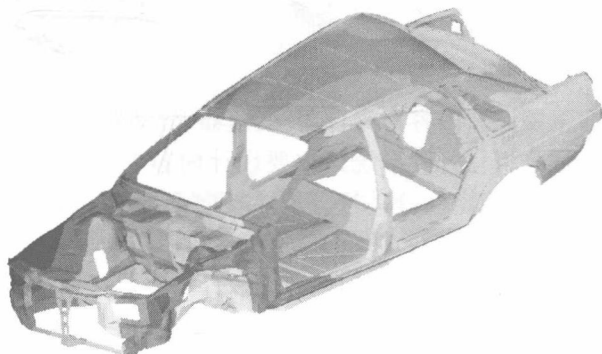
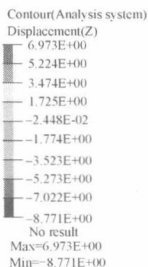


图 1-25 车身扭转变形分析

复杂钣金件冲压成型过程分析(图 1-26),是通过在计算机上模拟板料变形的全过程,分析冲压过程中材料的流动、厚度的变化、破坏、起皱、回弹,以及残余应力和应变,从而判断产品设计和冲压工艺方案的合理性,并对修模过程提供直观形象的指导。其应用可以贯穿产品和模具开发的全过程,每次模拟就相当于一次试模过程。在钣金件冲压上应用 CAE 模拟技术,可以显著地减少试模次数,缩短新产品开发周期,并降低开发成本。



图 1-26 钣金冲压褶皱预测仿真分析

复杂塑料件注射成型过程分析,可以进行填充、保压、冷却、翘曲、纤维取向、收缩等方面的分析,预测可能存在的气泡位置和熔接痕位置,确定最佳浇口位置和数目(图 1-27)。在模具加工之前,模具设计人员首先在计算机上对整个注射成型过程进行模拟分析,预测可能出现的缺陷,可以提高一次试模的成功率,有效降低生产成本,缩短试制周期。

通过模态分析,可以得到结构在某一易受影响的频率范围内的各阶模态特性,预测结构在此频率范围内的实际振动响应(图 1-28)。

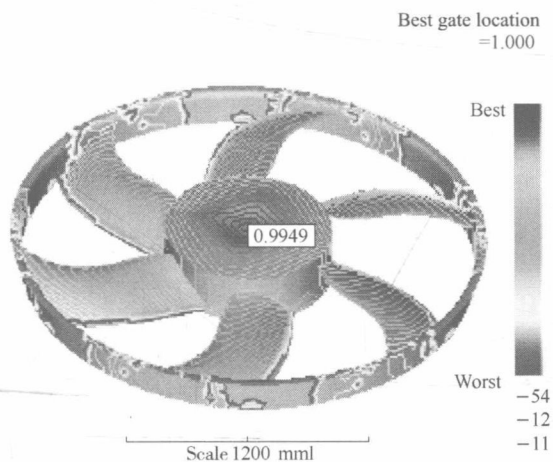


图 1-27 塑料风扇最佳浇口位置分析

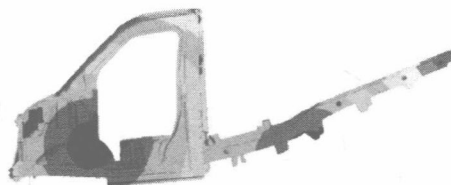


图 1-28 模态分析得到白车身 Z 向弯曲振型

使用 ADAMS 等多体动力学软件,可以对设计车辆的稳态回转性能、转向回正性能、转向轻便性、转向盘转向阶跃输入响应、转向盘转向脉冲输入响应、机动性(图 1-29)进行模拟分析,以评价车辆的操纵稳定性,优化设计方案。

振动响应分析可以分析在带内饰的整车环境下,转向盘、座椅、地板和车顶以及其他设计所关心的结构的振动情况(图 1-30),判断车辆的行驶平顺性是否满足要求。

车辆被动安全性分析用于模拟汽车的正面碰撞(图 1-31)、侧面碰撞、追尾碰撞、动态翻滚(图 1-32)等事故情况,对车辆结构的耐撞性及其乘员约束系统的有效性进行分析,并对车辆的被动安全法规符合性给予评价,从而有效提高车辆设计的安全性,同时大幅减少实车试验的庞大支出。

经过以上各个总成系统的设计和仿真分析与优化,工程设计阶段完成,最终确认整车设计方案。此时可以开始编制详细的产品技术说明书以及详细的零部件清单列表、验证法规。