



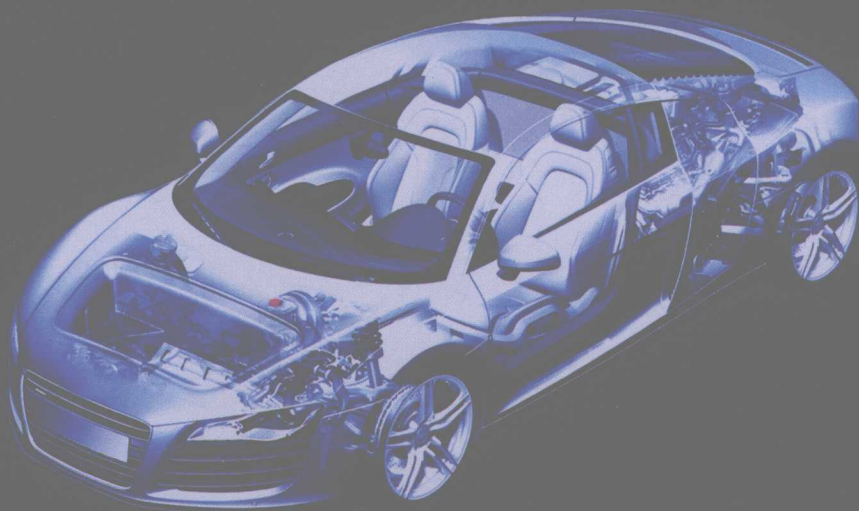
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材

汽车 车身设计

羊拯民 ○ 主 编

高玉华 ○ 副主编



参考文献

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材

汽车车身设计

主 编 羊拯民
副主编 高玉华
参 编 黄宏华 杨靖东
主 审 郭茂林 张代胜



机械工业出版社

本书系统而全面地介绍了汽车车身设计的基本理论、基本知识以及设计方法,内容涉及汽车空气动力学、人机工程学、汽车车身总布置、汽车造型、曲线和曲面生成的数学理论、防振降噪、防腐蚀、碰撞安全性、轻量化设计、结构强度和刚度的有限元计算方法等,同时对于汽车空调设计、车身材料的基本性能和选用也进行了阐述。

本书力求反映当代先进科学技术在车身设计中的应用,介绍了近几年发展起来的CAD/CAM/CAE、同时工程、虚拟现实技术和逆向工程技术等现代化车身设计与造型的先进技术的一些基本理论与方法。

本书理论联系实际,取材丰富,阐述深入浅出,可作为高等院校车辆工程专业本科生和研究生教材,也可作为工业工程设计等相关专业教材,还可供汽车制造厂、汽车改装厂、汽车修理厂和其他相关企业的工程技术人员及研究人员参考。

羊拯民主编

赵爱宁 责任编辑

王伟光 封面设计

图书在版编目(CIP)数据

汽车车身设计/羊拯民主编. —北京:机械工业出版社,2008.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材

ISBN 978-7-111-24800-2

I. 汽… II. 羊… III. 汽车—车体—设计—高等学校—教材
IV. U463.820.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第119013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:赵爱宁 责任编辑:赵爱宁 版式设计:霍永明

责任校对:陈延翔 封面设计:王伟光 责任印制:乔宇

北京中兴印刷有限公司印刷

2008年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·23.5印张·583千字

标准书号:ISBN 978-7-111-24800-2

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379712

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育汽车车身设计学科方向

教材编审委员会

主任：北京理工大学 林逸

副主任：吉林大学 张君媛

清华大学 周青

重庆交通大学 杜子学

上海交通大学 陈关龙

机械工业出版社 林松

委员：湖南大学 曹立波

同济大学 高云凯

江苏大学 朱茂桃

合肥工业大学 张代胜

扬州大学 陈靖芯

燕山大学 韩宗奇

武汉理工大学 乐玉汉

中国农业大学 张红

河南科技大学 谢金法

南京林业大学 郑燕萍

秘书：机械工业出版社 赵爱宁

机械工业出版社 冯春生

中国汽车工程学会

中国汽车工程学会汽车车身设计分会

编 者

序

汽车被称为“改变世界的机器”。由于汽车工业具有很强的产业关联度，因而被视为一个国家经济发展水平的重要标志。进入 21 世纪以来，随着国民经济的持续增长，轿车逐渐进入家庭，我国汽车工业进入空前的快速发展时期，已经成为国民经济的支柱产业。在“十五”末期，我国汽车年产量已达到 570 多万辆，在世界排名由第 11 位跃居第 3 位，已经成为世界汽车生产、消费和保有量大国。汽车工业正在成为拉动我国经济增长的发动机。汽车工业的繁荣，使汽车及其相关产业的人才需求量大幅度增长。与此相适应，作为高层次人才培养基地的汽车工业高等教育也得到了长足发展。据不完全统计，迄今全国开办汽车类专业的高等院校已达百余所。

虽然近几年中国汽车工业得到快速发展，市场需求稳步增长，汽车产能迅速扩大，技术水平不断提升，多元化资本进入汽车产业，但是从可持续发展的战略高度仔细分析我国汽车工业现状，仍然存在很多限制因素。中国汽车产品的质量和技术水平与国际水平存在着很大的差距，汽车产业自主开发能力十分薄弱。从未来发展趋势看，打造我国自主品牌、开发核心技术是我国汽车工业的必然选择。

十六大以来，党中央明确提出要把推动自主创新摆在全部科技工作的突出位置，把提高自主创新能力、建设创新型国家作为调整经济结构、转变增长方式、提高国家竞争力的中心环节，这对我国高等教育的办学体制、机制、模式和人才培养理念等都提出了全新的要求。

为了满足新形势下对汽车类高等工程技术人员培养的需求，在中国机械工业教育协会机械工程及自动化学科教学委员会车辆工程学科组的领导下，成立了教材编审委员会，组织制定了多个系列的普通高等教育规划教材。其中，为了解决车身开发方面的创新型人才培养中教材短缺、滞后等问题，组织编写了“普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材”。

本系列教材在学科体系上适应普通高等院校培养开发研究创新型人才的需求；在内容上除选择反映车身开发方面的基础理论和共性技术，如汽车车身设计、汽车造型设计、汽车车身试验学、汽车空气动力学、汽车人机工程学以外，还注重介绍反映当前国际汽车车身开发方面的新理论、新技术和新工艺，如汽车车身制造工艺学、汽车车身 CAD/CAM 技术、汽车车身 CAE 基础、汽车碰撞安全与乘员保护、汽车车身电子技术等；在教学上强调加强实践环节。

相信本系列教材的出版将对我国汽车类专业的高等教育产生积极的影响，为我国汽车行业创新型人才培养模式作出有益的探索。由于我国汽车工业还处于快速发展阶段，对人才不断提出新的要求，这也就决定了高等教育的人才培养模式和教材建设也处于不断变革之中。我们衷心希望更多的高等院校加入本系列教材建设的队伍中来，使教材体系更加完善，以更好地为培养汽车专业人才的高等教育事业服务。

中国汽车工程学会 常务理事
中国机械工业教育协会车辆工程学科组 副主任
林 逸



! 谢德武 李其 一 张 森 , 林 麦 代 大 师 的 师 生 情 , 林 麦 代 大 师 的 师 生 情 林 麦 代 大 师 的 师 生 情 林 麦 代 大 师 的 师 生 情
! 谢德武 李其 一 张 森 , 林 麦 代 大 师 的 师 生 情 , 林 麦 代 大 师 的 师 生 情 林 麦 代 大 师 的 师 生 情 林 麦 代 大 师 的 师 生 情
林 麦 代 大 师 的 师 生 情 林 麦 代 大 师 的 师 生 情 林 麦 代 大 师 的 师 生 情 林 麦 代 大 师 的 师 生 情 林 麦 代 大 师 的 师 生 情

前 言

五 讲 科

前 言

改革开放以来,我国汽车工业发生了翻天覆地的变化。特别是近年来,我国的汽车产量逐年增加,已跻身于世界汽车生产大国的行列,但目前具有我国独立自主知识产权的自主研发的车型仍不多。未来几年,随着我国自主创新意识的增强,制造民族品牌汽车的呼声逐年高涨,汽车行业将需要大批优秀的汽车车身设计的技术人才。为此,国内许多高校都开设了汽车车身设计课程。

汽车车身设计得好坏直接影响到汽车产品的质量和销售状况,国内外众多的汽车企业无论是在车身造型、表面涂装或者内饰设计上,还是在结构强度和刚度研究方面,都投入了大量的人力、物力,并取得了巨大的进展。但是,“汽车车身设计”仍是汽车发展过程中最年轻的学科之一。

车身是空间薄壁结构,其设计方法、制造、装配等多个环节都不同于一般的机械设计,特别是随着计算机技术的发展,新技术不断涌现,如CAD/CAM/CAE技术、数字化车身设计及空气动力学与人机工程学在车身设计中的应用,新的强度、刚度计算方法与试验方法的出现,都需要新的数学与力学理论及丰富的实践经验。因此,未来的车身设计师,不经过特别训练和学习,在企业中是难以迅速投入新产品车身的开发设计中来的。

本书就是为了适应高校教学的要求和我国汽车工业迅速发展的需要而编写的。该书是我们多年来教学、科研所积累的经验 and 体会,并参考国内有关厂家、研究单位、高等院校的研究成果编写而成的。它既阐述了汽车车身设计中碰到的理论问题,又力求理论联系实际,使学生能够学以致用,解决具体问题。

本书全面介绍了车身设计的基本理论和基础知识,内容涉及汽车空气动力学,人机工程学,汽车车身造型与曲线、曲面生成的数学理论,车身总布置,防振降噪,防腐蚀,碰撞安全性,轻量化设计及强度、刚度设计的有限元方法等,并介绍了现代车身设计方法的最新成就与最新进展。本书可作为高等学校车辆工程、汽车运用工程和工业设计等专业的本科生和研究生教材或教学参考书,也可供汽车制造厂、汽车改装厂、汽车修理厂和其他车辆制造部门及有关科研单位的工程技术人员参考。

本书由羊拯民担任主编,高玉华担任副主编。全书共分十一章,其中,第二、三、四、五、九、十章及第七章的第二、三节由羊拯民编写,第一、八章由高玉华编写,第六、十一章由黄宏华编写,第七章的第一节由杨靖东编写,全书由羊拯民统稿。

本书由中国第一汽车集团技术中心主任助理兼车身部部长、研究员级高级工程师郭茂林,合肥工业大学汽车系主任张代胜担任主审。他们仔细地阅读了全书内容,对全书的框架结构、内容取舍和文字编写提出了许多宝贵的修改意见,并为编写提供了非常有益的参考资料。另外,在编写过程中,合肥工业大学车辆教研室尹安东副教授阅读并审查了部分书稿,安徽省汽车工程学会周邦本高工、安徽安凯汽车股份有限公司副总经理兼技术中心主任熊良



平高级工程师为编写本书提供了大量的资料，对于他们的大力支持，在此一并表示感谢！

在编写本教材时还得到了合肥工业大学教务处的鼎力资助。在此表示衷心的感谢！

受水平和条件所限，书中难免有错、漏之处，诚恳地欢迎使用本书的师生和广大读者批评指正。

编者

随着汽车工业的发展，车身设计已成为汽车工业的重要组成部分。本书在编写过程中，参考了国内外大量的文献资料，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。全书共分四章，第一章为绪论，第二章为车身的总体设计，第三章为车身的结构设计，第四章为车身的制造工艺。本书可作为高等院校汽车专业及相关专业的教材，也可供从事汽车设计工作的工程技术人员参考。

本书由合肥工业大学汽车设计研究所的各位教师共同编写，其中：第一章由张某某编写，第二章由李某某编写，第三章由王某某编写，第四章由赵某某编写。全书由张某某担任主编，李某某担任副主编。在编写过程中，得到了合肥工业大学教务处的鼎力支持，在此表示衷心的感谢！

编者：张某某、李某某、王某某、赵某某



目 录

序

前言

第一章 汽车车身设计程序与方法 1

第一节 汽车车身设计的特点 1

第二节 汽车车身的设计程序 2

第二章 汽车的空气动力性能 12

第一节 概述 12

第二节 应用于汽车的空气动力学基本原理 12

第三节 空气作用在汽车车身上的力和力矩 15

第四节 汽车各部形态与气动力特性的关系 21

第五节 汽车的气动力特性对汽车性能的影响 32

第六节 提高汽车空气动力性能的措施 35

第三章 人机工程学在汽车车身设计中的应用 42

第一节 人体工程学中的一些基本知识 42

第二节 人体参数和人的感觉能力与一些物理量之间的关系 47

第三节 人机工程学在座椅设计中的应用 55

第四节 人机工程学在色彩设计中的应用 68

第四章 汽车车身的结构分析与设计 76

第一节 汽车车身的组成与结构类型 76

录

第二节 汽车车身的防腐蚀设计 99

第三节 汽车车身的抗振与降噪设计 102

第四节 汽车碰撞安全性设计 115

第五节 汽车车身轻量化设计 127

第五章 汽车车身总布置设计 132

第一节 车身总布置设计中应考虑的性能要求 132

第二节 轿车车身总布置设计 136

第三节 客车车身总布置设计 156

第四节 货车驾驶室及货箱设计 168

第六章 汽车造型 177

第一节 汽车造型的特征与要求 177

第二节 汽车造型的艺术性与相关因素 179

第三节 汽车造型设计的程序与方法 191

第四节 汽车造型的现代化 205

第七章 汽车车身的 CAD 技术 209

第一节 CAD 的支撑软件和硬件 212

第二节 车身曲线曲面拟合的数学基础 217

第三节 汽车车身计算机辅助设计 244

第八章 汽车车身结构的有限元计算方法 250

第一节 车身所承载荷 250

第二节 车身结构分析和模型建立 255



第三节	单元刚度矩阵的建立	257	第四节	车身骨架设计	326
第四节	坐标变换	274	第五节	车门及附件设计	328
第五节	结构的整体分析和整体刚度矩阵	278	第六节	车身的悬置设计	341
第六节	内力与应力计算	288	第十一章	汽车车身材料	345
第九章	汽车的空气调节	290	第一节	钢板	345
第一节	人的温度感觉	290	第二节	轻合金铝板	347
第二节	空调系统	292	第三节	塑料	348
第三节	空调设计	300	第四节	玻璃	351
第十章	汽车车身主要总成与附件设计	311	第五节	粘接密封剂	353
第一节	车身板壳零部件设计的共性问题	311	第六节	油漆材料	360
第二节	地板设计	314	第七节	绝缘材料	363
第三节	前壁设计	316	附录	M1类乘用车应贯彻的汽车强制性标准	364
			参考文献		367



第一章 汽车车身设计程序与方法

第一节 汽车车身设计的特点

我国的汽车工业从无到有、由小到大、从引进到自主创新,已获得很大发展,并已成为我国重要的支柱性产业。各国发展的历程与实践证明,汽车整车生产能力的提升主要取决于车身的生产能力,汽车的更新换代、改型改装、产品促销等都取决于车身。特别是轿车,其发展取决于车身技术水平。

汽车车身应为驾乘人员提供良好、舒适的乘坐和工作环境,使其免受振动、噪声、废气以及恶劣气候的影响;在运载货物时,应保证货物完好无损,装卸方便;同时,车身结构还应保证行车安全,减轻严重的事故后果。

作为我国汽车工业中最年轻而发展迅速的一个领域,车身工程越来越处于重要地位,受到业界的普遍关注。据统计,客车、轿车和一些专用汽车的车身质量约占整车自身质量的40%~60%,货车的车身质量约占整车自身质量的16%~30%。同时,汽车车身还是技术密集型和劳动密集型相结合的产品。

由于汽车使用功能的多样性,车身的设计、结构和制造均有其自身的特点,设备投资高、技术难度大,所以国内外有关汽车企业都投入了大量的人力、物力进行汽车车身的研究与开发。

汽车车身结构包括车身壳体、车前钣金件、车门、车窗、车身外部装饰件和内部装饰件、座椅以及通风、暖气空调装置等,在货车和专用汽车上还包括货箱和其他装置。轿车、客车的车身是一个薄壳封闭体,相当于一个临时住所或活动的建筑物,但又都受到质量和空间的限制。因此,汽车车身设计有别于汽车上其他总成的设计,有其自身的设计特点。

汽车车身设计的特点是:

1) 汽车车身设计涉及面广,远远超出一般机械产品的范围,因此车身设计人员需要有坚实的理论基础和丰富的实践知识。

汽车车身设计要考虑节能、环保、安全三大主题;设计与造型中要考虑空气动力学的影响,使其空气阻力最小以便降低能耗;同时,还应满足人机工程学要求,使驾乘人员乘坐舒适,操作轻巧、方便;设计时还涉及车身造型艺术、内部装饰、取暖、通风、防振隔声、密封、照明以及人体工程等。车身零部件的加工有各种工艺方法,涉及冲压、各种形式的焊接、涂装、电镀和塑料成型等。车身因占整车整备质量较大,因此设计时对钢铁、铝、玻璃、油漆等材料的性能和用途应非常熟悉,以便完成轻量化设计。

另外,由于车身壳体高、宽方向的尺寸大,具有大的弯曲和扭转刚度,因而会影响整车的刚性。据统计,车身刚度在整车刚度中所占的比率可在0~100%之间,如轿车车身约为30%~65%。因此,车身设计一方面要使车身轻量化;另一方面又要保证其具有足够的强度和刚度,以保证运行中的可靠性,这涉及结构力学、计算数学和计算机等方面的知识。



由上述可知,由于车身的独特性,因此设计与制造人员需懂得或具备生产工艺、结构力学、人体工程、技术美学、用户心理学、计算机科学以及企业管理等方面的知识。

2) 汽车车身设计方法有别于汽车上其他总成。车身不仅是一个产品,还是一件精致的艺术品,它以其优雅的雕塑形体、内外装饰及悦目的色彩使人获得美感享受。车身外形还可反映时代的风貌、民族传统和独特的企业形象。它的外形设计、制图和结构计算方法、制造与装配工艺均不同于其他总成的设计。在传统的车身设计中,要制作主图板和主模型;而在现代的汽车车身设计中要建立数字化车身模型,这是其他机械产品很少进行的工作。

3) 车身的结构设计有独特的要求。汽车车身的零件繁多、结构复杂,一般的普通轿车白车身由约 400~500 多个冲压件组成。汽车车身所受载荷复杂,包括驱动、制动、转弯等惯性力,还包括路面反力和作用于不同位置的发动机等总成载荷。汽车车身边界复杂,不同的悬架种类在不同情况下对车身产生不同的约束和支承,因此在设计计算时一般无法获得汽车车身结构的强度、刚度和模态的解析解。

现代汽车车身结构分析方法常采用数值模拟和试验分析方法,现代数值模拟分析方法主要是指有限元分析方法;现代试验分析方法主要是指电测法,即应用传感器、测量和分析仪器对车身实物零部件或小比例模型进行支承加载和测试,这是数值分析模型验证的主要手段。

另外,在车身设计时除满足车身应有一定的强度、刚度要求外,还应进行防振降噪、碰撞安全性、金属材料缓蚀性及轻量化方面的结构设计。

第二节 汽车车身的设计程序

由于车身结构不同于一般机械,它主要由复杂的空间曲面组成,不能用一般的机械制图方法将它完整地表现出来。在装车身上的大型覆盖件时,对互换性和装配精度也有较严格的要求,因此要求车身表面上的空间坐标各点连成的曲线必须在纵向和横向两个截面上反复协调使之光滑。正因为如此,决定了车身设计的复杂性。在车身设计发展的 100 多年间,其设计方法也在与日俱进,不断改进和完善,特别是近年来计算机辅助造型设计方法的广泛应用,为实现造型设计、结构强度分析和模具制造一体化工程提供了条件。

汽车车身设计方法可分为传统车身设计方法和现代车身设计方法。

一、传统车身设计方法

传统车身设计方法规定车身图样必须采用刻有坐标网格的铝板,同时还必须制作三维立体模型作为设计的依据,形成了整套较复杂的设计方法。该方法基本上分为初步设计和技术设计两个阶段,其过程如图 1-1 所示。

1. 初步设计

(1) 车身总布置草图设计 根据汽车总布置工程师下达的各尺寸绘制 1:5 的车身外形尺寸控制和内部尺寸布置图,如图 1-2 所示。在此图上要确定前悬和后悬的长度,前、后风窗的位置和角度,发动机罩高度等;确定座椅位置和转向盘的位置与倾角以及各操纵机构的位置等。

(2) 绘制 1:5 的彩色效果图 该图按照透视规律绘制并配以色彩,力求形象逼真。有

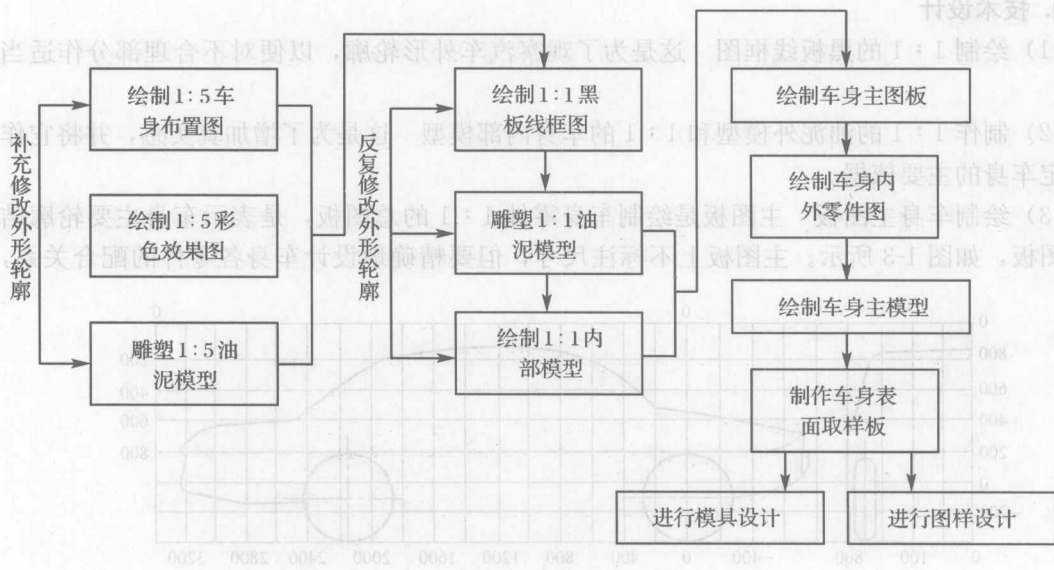


图 1-1 传统的车身设计流程

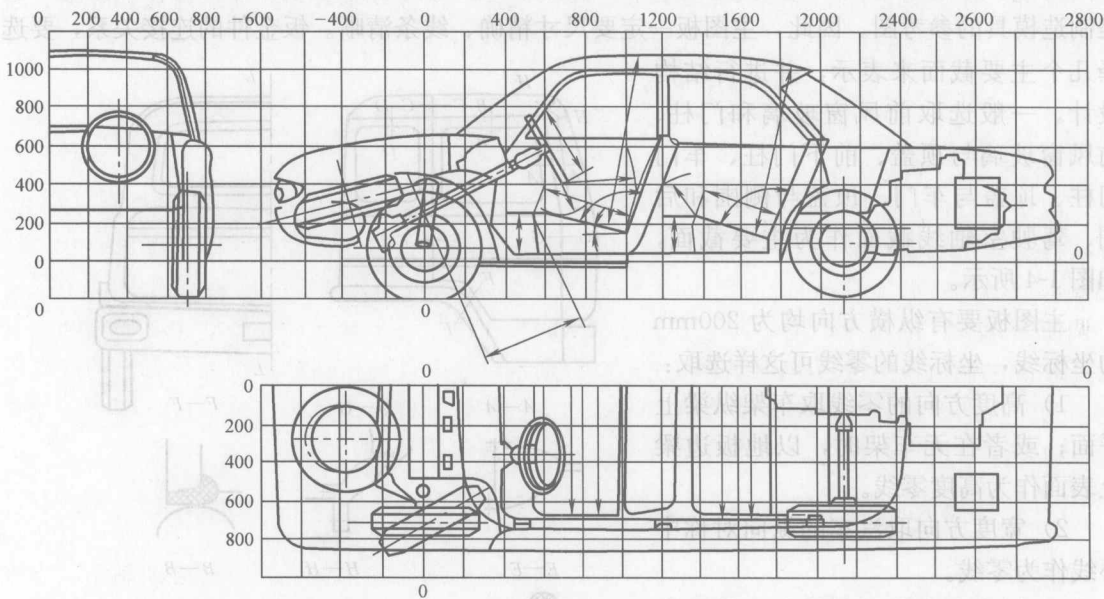


图 1-2 车身坐标线及轿车车身布置图

时除了要画车身外形效果图外，通常还应绘制内部效果图，详细地反映出车身的内部装饰和设施的效果。为了设计出理想的车身外形，往往要绘制好几个不同的效果图来进行比较选用。

(3) 雕塑 1:5 的油泥模型 小比例模型是以整车总布置的外形尺寸和彩色效果图为依据，利用油泥、石膏和木材做成的。通过模型可初步看出车身外形是否美观、匀称，工艺上是否可行，还可通过模型修正外形，以便协调车身各部的曲线。



2. 技术设计

(1) 绘制 1:1 的黑板线框图 这是为了观察汽车外形轮廓, 以便对不合理部分作适当修改。

(2) 制作 1:1 的油泥外模型和 1:1 的车身内部模型 这是为了增加真实感, 并将它作为确定车身的主要依据。

(3) 绘制车身主图板 主图板是绘制车身零件 1:1 的总图板, 是表示车身主要轮廓结构的图板, 如图 1-3 所示。主图板上不标注尺寸, 但要精确地设计车身各零件的配合关系,

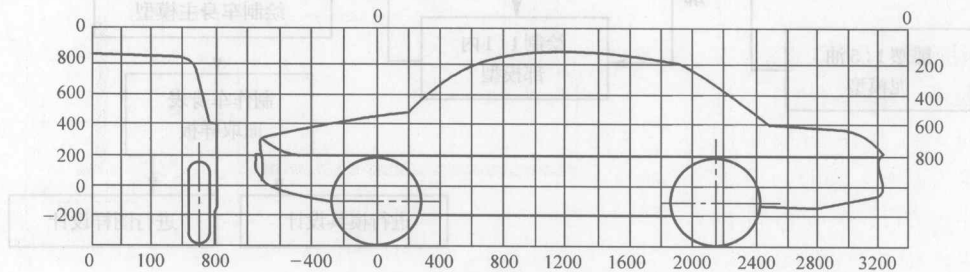


图 1-3 车身主图板

必要时还应作运动校核。主图板是制造第一辆样车进行零件结构设计和总成设计的依据, 也是制造模具的参考图。因此, 主图板一定要尺寸精确、线条清晰。钣金件的连接关系, 要选择几个主要截面来表示, 并进行结构设计。一般选取前风窗玻璃和门柱、前风窗玻璃与顶盖、前下门柱、车门门柱、顶盖与车门、顶盖与侧围和后围、驾驶室轴线截面作为主要截面, 如图 1-4 所示。

主图板要有纵横方向均为 200mm 的坐标线, 坐标线的零线可这样选取:

1) 高度方向的零线取车架纵梁上平面; 或者在无车架时, 以地板边梁上表面作为高度零线。

2) 宽度方向取汽车的纵向对称中心线作为零线。

3) 长度方向取过前轮中心的垂线作为零线。

为了保证车身零件的制造装配精度, 要求坐标网格线的精度为 $\pm 0.1\text{mm}$; 在纵横方向均为 1m 的网格中, 二对角线的误差不超过 1mm; 车身图的精度应保证为 $\pm 0.25\text{mm}$ 。

由于车身具有大型复杂的空间曲

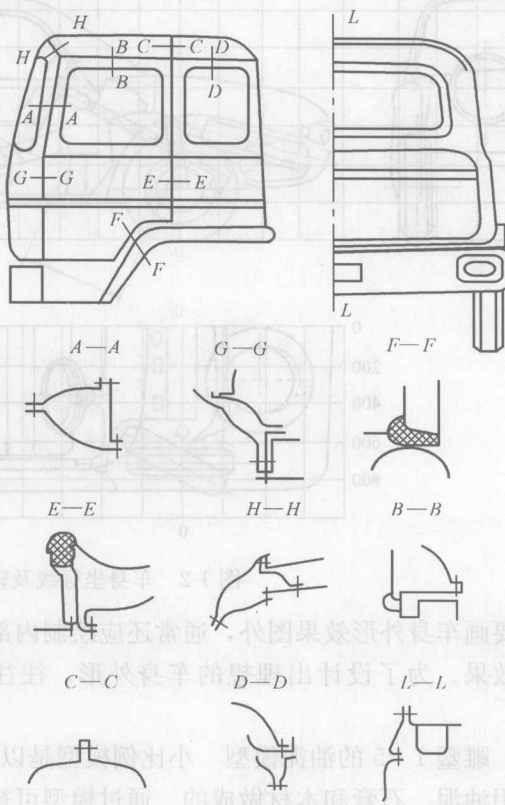


图 1-4 主要截面及其连接关系



面，因此必须用三维坐标来表示。为了确保尺寸精度，主图板通常以 1:1 的比例进行绘制。

由于制造冲模的需要，主图板上的轮廓均以零件的内表面为依据，即与实物差一板厚。

由于主图板面积有限，为了投影方便，以及获得高度的准确性，允许将部分投影重叠起来，但也要避免线条过密。

另外，在主图板上画左视图的侧表面时，可以和俯视图的左半部重叠起来。前视图和后视图可以画在一个视图上，各画一半。

(4) 绘制车身内外零件图 其图形和尺寸可以从主图板上取下，在零件图上标注尺寸时，应与主图板相同的坐标线为基线，如图 1-5 所示。零件上的尺寸按零件内表面标注，相互连接的零件，一般标注连接表面的尺寸；

对于在工作图上表示不出来

而且有主模型的零件，可在图上注明“所有未注明的零件内表面尺寸应根据主模型”；标注曲线尺寸时，要视曲率大小确定标注的疏密度。试制工作要标出明细表，可不编写技术条件。

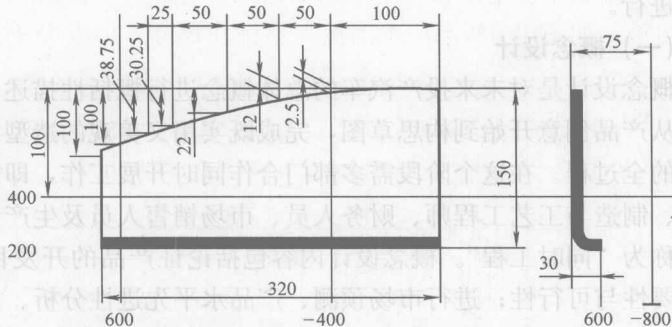


图 1-5 车身零件图

(5) 样车试制 试制样车可以发现问题，并检验其工艺性。样车试制完毕即可评定外形，进行道路试验。修改图样后，再进行第二轮试制。

(6) 主模型制作 这是因为图样样板不能表示全部车身表面，所以要建立立体模型，为制造和焊接创造方便条件。车身文件必须有主图板、工作图样、样板和主模型，而且必须保证上述四种文件的一致性。应当注意，主模型表面尺寸即为车身覆盖件的内表面尺寸。

主模型一定要用经过处理后变形小的硬木或半硬木制作，近年来也有用塑料制作的。

即使制作模型和绘图，客车车身设计过程也比轿车有所简化。这是因为对于大客车来说，直接影响造型效果的主要是车头和车尾两部分，有变化的曲面系集中于此两处；而车身中段（占车身总长的 70% 左右）基本上为纵向均匀的直线段，其中结构件已接近规格化和系列化，所以设计时应将重点放在车头和车尾两部分，中段只须注意与前、后两端相协调就可以了。

3. 传统车身设计方法存在的问题

1) 车身开发及生产准备周期长。

2) 设计的累计误差大。其主要原因是在设计和生产准备各个环节之间信息的传递是靠“移形”的办法进行的。例如，由主图板制作主模型，由主模型加工艺补充制造工艺模型，再由工艺模型反靠加工冲模，原始数据经过多环节的转换，人为的和设备造成的误差在所难免，导致加工出的冲模精度无法保证。

3) 费时费力，工作强度大。无论是绘制车身图样还是制作主模型，都将付出大量的艰苦劳动和时间。

4) 车身设计开发成本高。在发现问题后如果不得不更改设计时，将迫使生产准备工作



大量返工而造成浪费。

5) 产品的通用化与系列化程度低。

二、现代车身设计方法

现代车身设计流程如图 1-6 所示。通常分为概念设计和工程设计（或称技术设计）两个阶段进行。

（一）概念设计

概念设计是对未来投产汽车的总体概念进行概括性描述，属于设计的前期工作。这个阶段是从产品创意开始到构思草图，完成既实用又美观的造型设计，并制作模型和试制概念样车等的全过程。在这个阶段需多部门合作同时开展工作，即需要吸收高级管理人员、设计工程师、制造与工艺工程师、财务人员、市场销售人员及生产计划工作人员参加，所以概念设计又称为“同时工程”。概念设计内容包括论证产品的开发目的，进行使用调查，指出开发的必要性与可行性；进行市场预测、产品水平先进性分析、目标成本测算。为了在产品制造出来之前先给人们一个形体概念，往往需绘制概念草图、初步布置图和美术效果图，作为补充还要制作缩比模型等。

概念设计是产品设计的纲，决定着产品的设计方向和优劣。它是工程设计的雏形，在随后的设计中允许对车身的数形态进行修改。

在概念设计阶段，要对现有同类型车型的空气动力性能进行试验分析，定出目标。因此，在这个阶段要从大量的平面效果图中筛选好的方案，再制作数个缩比模型进行风洞试验，以优化设计方案。

在概念设计阶段，要对车型、工艺等进行分析并作出抉择，同时对车身变形种类作出规划，另外还应该关注车身结构的可靠性与维修的方便性。

（二）技术设计

现代汽车车身设计流程简介如图 1-6 所示。

传统的车身设计方法主要是基于手工完成的，车身造型设计是通过实物、模型、图样和样板来传递信息的。整个设计过程从制作 1:5 油泥模型和全尺寸主模型开始，然后由油泥模型手工绘制所有车身图样和模具加工图样。这种设计方法存在的问题在上面已详细叙述。

随着科学技术的进步，车身设计在技术设计阶段已发生了质的变化，出现了电子计算机辅助车身设计与数字化车身设计两种方法。

1. 电子计算机辅助车身设计

电子计算机辅助车身设计流程如图 1-7 所示。该设计方法的主要特点是利用电子计算机进行信息处理和信息传递，将车身外形的转移从模拟量的传递改变为数值量的传递，利用计算机辅助几何设计方法辅以制作缩比油泥模型，再用三坐标测量仪对油泥模型进行成百上千次的数据测量，在计算机上建立一个雕塑车身的数据库。这个模型可代替传统车身设计中的立体模型，用它进行结构分析和设计。最后将计算机建立的车身模型直接用于车身覆盖件模具设计和加工，使得结构设计、有限元分析和模具加工共享统一的车身设计数据库，确保数据和图形的传递准确无误。此外，设计、工艺和检验人员使用同一数据资源，既方便又准确。关于设计方法详见第七章。

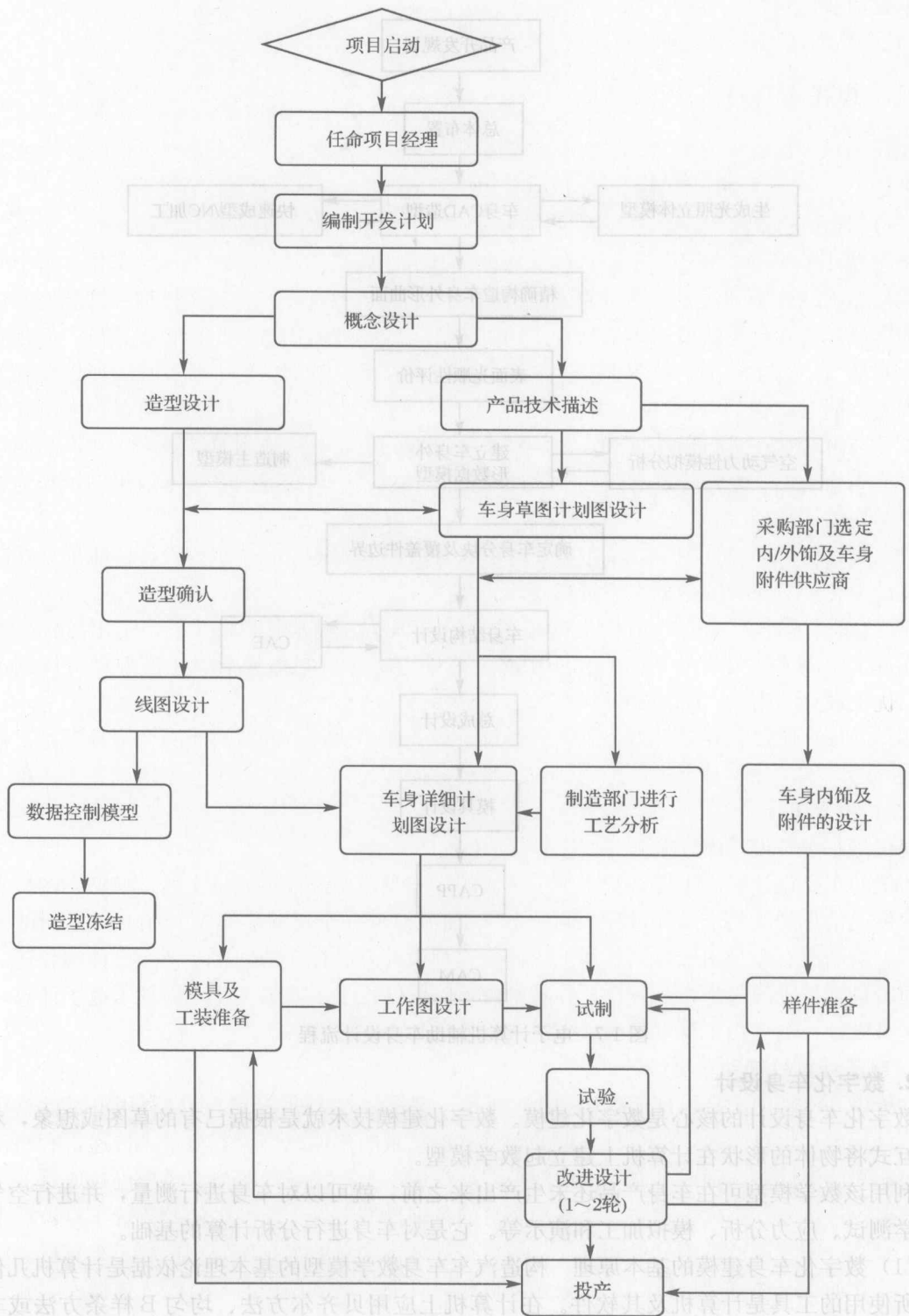


图 1-6 现代汽车车身设计流程简介

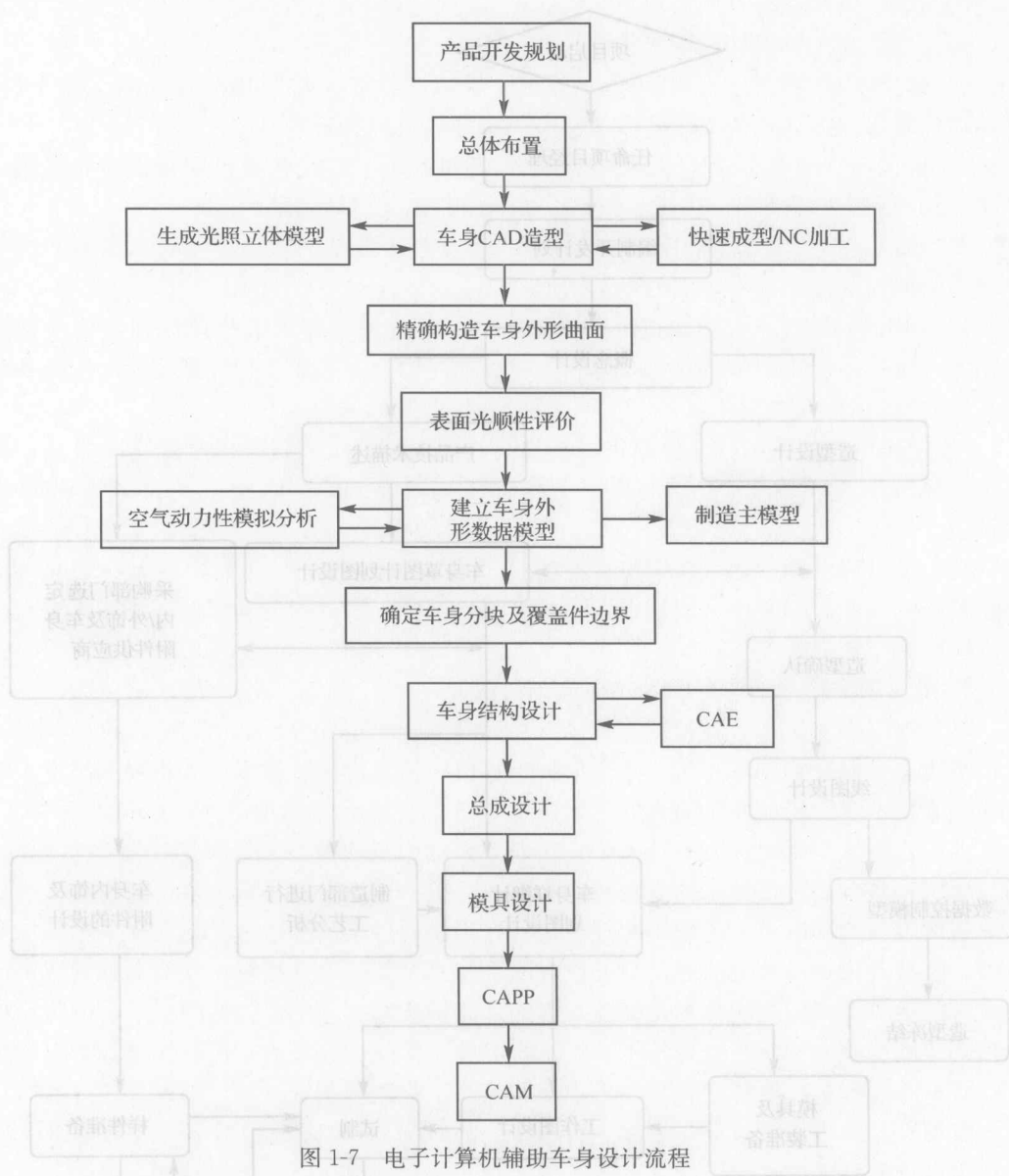


图 1-7 电子计算机辅助车身设计流程

2. 数字化车身设计

数字化车身设计的核心是数字化建模。数字化建模技术就是根据已有的草图或想象，利用交互式将物体的形状在计算机上建立起数学模型。

利用该数学模型可在车身产品还未生产出来之前，就可以对车身进行测量，并进行空气动力学测试、应力分析、模拟加工和演示等。它是对车身进行分析计算的基础。

(1) 数字化车身建模的基本原理 构造汽车车身数学模型的基本理论依据是计算机几何学，所使用的工具是计算机及其软件。在计算机上应用贝齐尔方法、均匀 B 样条方法或非均匀 B 样条方法 (NURBS) 等数学知识，将车身表面的自由曲线、曲面或其他形体转化为数学模型，亦即用数学方程来表达车身表面的曲线、曲面或形体。有关 B 样条与贝齐尔中