



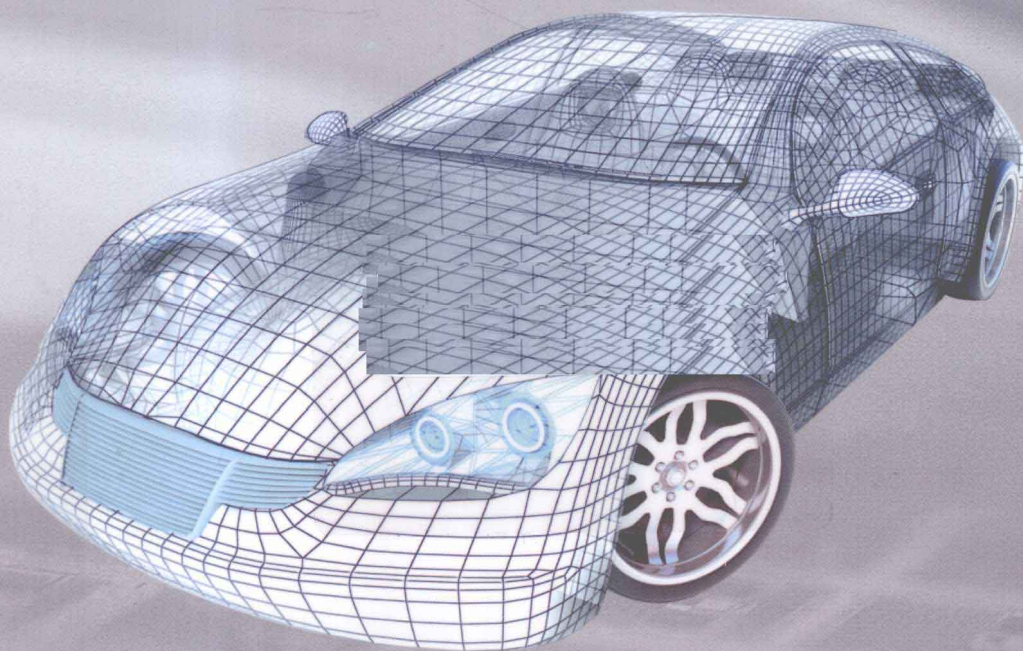
“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

车身CAD技术

CHESHEN CAD JISHU

(第二版)

陈 鑫 主编
林 逸 主审



人民交通出版社
China Communications Press



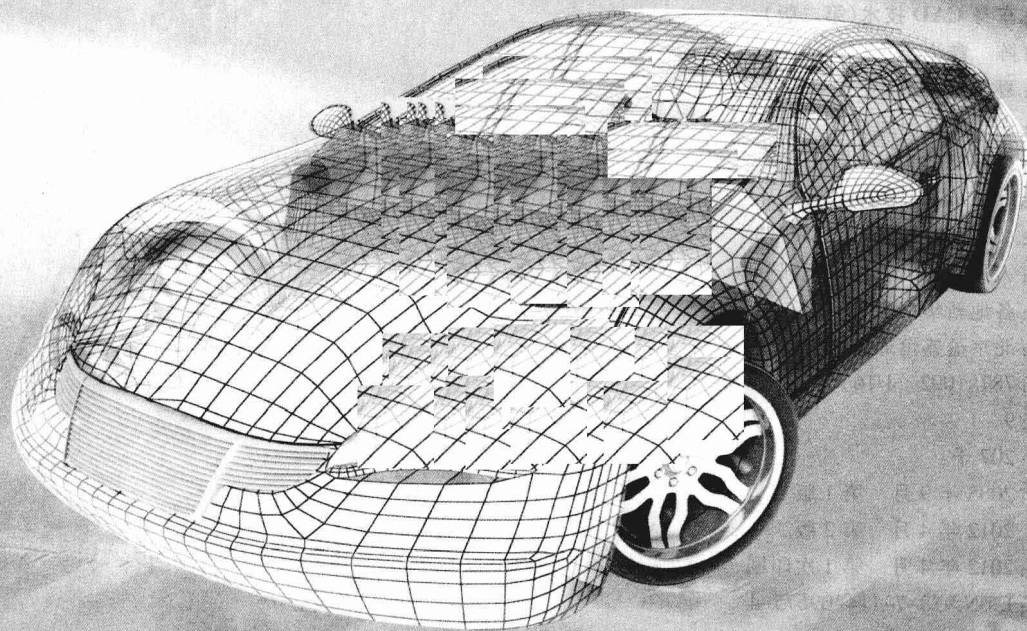
“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

车身CAD技术

CHESHEN CAD JISHU

(第二版)

陈鑫 主编
林逸 主审



人民交通出版社
China Communications Press

“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

编委会名单

编委会主任

龚金科(湖南大学)

编委会副主任(按姓名拼音顺序)

陈 南(东南大学) 方锡邦(合肥工业大学) 过学迅(武汉理工大学)
刘晶郁(长安大学) 吴光强(同济大学) 于多年(吉林大学)

编委会委员(按姓名拼音顺序)

蔡红民(长安大学) 陈全世(清华大学) 陈 鑫(吉林大学)
杜爱民(同济大学) 冯崇毅(东南大学) 冯晋祥(山东交通学院)
郭应时(长安大学) 韩英淳(吉林大学) 何耀华(武汉理工大学)
胡 骅(武汉理工大学) 胡兴军(吉林大学) 黄韶炯(中国农业大学)
兰 巍(吉林大学) 宋 慧(武汉科技大学) 谭继锦(合肥工业大学)
王增才(山东大学) 阎 岩(青岛理工大学) 张德鹏(长安大学)
张志沛(长沙理工大学) 钟诗清(武汉理工大学) 周淑渊(泛亚汽车技术中心)

教材策划组成员名单

顾燊鲁 黄景宇 林宇峰 张 兵 夏 韡

序

汽车是涉及多学科领域的高技术集合的产品。近 30 多年以来,我国国民经济持续快速增长,汽车产业已经成为国民经济的支柱产业,轿车也大规模进入普通家庭。

我国汽车工业的产业资本结构复杂,限制因素较多,自主开发能力薄弱的状况一直未能得到大的改观。但从未来发展趋势看,我国汽车工业发展形势仍比较乐观,打造自主品牌、提高核心竞争力是我国汽车工业发展的必然之路。

我国汽车技术的高等教育有着近 60 年的历史,但是也应看到我国的汽车技术教育水平还有待进一步提升。近几年我国高等学校汽车类专业的招生规模提高较大,但高校毕业生的就业形势仍然良好,这也体现了我国汽车工业大发展的人才需要。而我国汽车车身开发能力的提升,是我国汽车自主开发核心能力提升的一个重要内容。

这本《车身 CAD 技术》教材,是作者长期从事汽车车身设计和轻量化教学和科研经历的总结。本书比较详细地介绍了现代汽车车身计算机辅助设计,包括目前车身 CAD 领域的各项先进技术、理论、手段与方法。本书简明扼要,由浅入深,强调理论与实际应用相结合,对我国汽车行业的车身 CAD 技术教育和实践有着积极的促进作用。

黄金陵

第二版前言

不知不觉中,本书第一版出版已经6年有余。在这过去的几年中,我国的汽车开发和生产都进入了一个新的阶段。进入21世纪的第2个10年,我国成为全球汽车开发和生产大国的地位已经不可动摇。新时期,汽车技术进步的步伐已然势不可挡。汽车车身技术也已经成为各大汽车企业自主技术的重要组成部分。

本次再版,在上一版教材系统介绍车身CAD技术的发展、车身CAD技术的数字模型基础、车身坐标测量、车身CAD数字建模、车身逆向工程和现代车身CAD软件及应用等内容的基础上,删减了一些内容,补充了车身技术的新进展。包括:车身数字化和数字化车身,车身A级曲面,车身数字样机,车身曲面逆向建模实例等,并在每章最后增加了复习思考题。使得本书内容更加丰富而具有现时特征,努力做到与时俱进。再版后,本书更加适合于作为车辆工程专业本科生及研究生的教材或参考书,也可作为从事汽车及车身开发的工程技术人员的参考资料。

本次再版仍由吉林大学车身工程系的陈鑫主编。本书再版过程中,得到了吉林大学汽车工程学院的大力支持,特别是得到了车身工程系全体同事的帮助。书中的AliasStudio软件应用实例部分由同济大学的李彦龙副教授和一汽大众公司的范烽工程师共同编写;书中的Imageware软件应用实例部分由一汽轿车公司的孙正翠工程师编写。再版过程中,还得到吉林大学的黄金陵教授和靳春宁副教授的大力支持,一汽大众公司的于雪工程师等参加了本书的部分编写工作,在此表示衷心的感谢。同时,向书中引用资料的作者表示诚挚的谢意。

感谢林逸教授主审全稿;感谢黄金陵教授为本书作序。

由于编者学识和掌握资料有限,书中不足、不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

陈 鑫

2011年12月3日

于长春

第一版前言

CAD/CAM 技术是随着信息技术的发展而发展起来的, CAD/CAM 技术的应用和发展引起了社会生产模式的巨大变革。目前, CAD/CAM 技术已经取代了传统的设计制造技术, 广泛应用于机械、电子、汽车、船舶、航空、航天、轻工及建筑等领域, 其应用水平已经成为衡量一个国家技术发展水平及工业现代化水平的重要标志。车身 CAD 技术已经是车身开发过程中的基础性应用技术, 是现代车身开发工程技术人员必须掌握的基本工具。从某种意义上来说, 车身 CAD 技术的应用水平也代表着一个国家的汽车, 尤其是车身开发的水平。由于车身 CAD 技术的广泛应用, 使得车身设计的平台化战略和汽车系列化变得比较容易实现。目前, 作为高等学校的专业课程, 车身 CAD 技术已经成为车身工程以及车辆工程等专业的基础课程。

本书系统地介绍了车身 CAD 技术的发展、车身 CAD 技术的数学模型理论基础、车身三坐标测量、车身 CAD 建模、车身逆向工程和现代车身 CAD 软件及应用等内容。编者在多年教学、科研的实践过程中发现, 国内有针对性地、系统地介绍车身 CAD 技术, 强调车身 CAD 理论与车身开发的实际应用相结合的书籍比较少, 这与我国当前汽车工业飞速发展的状况很不适应。为此, 应人民交通出版社的邀请, 编者在吉林大学汽车工程学院车身工程系的本科生教学过程中多次使用的讲稿的基础上, 对其做了较大的补充和修改, 遂成此书。本书在编写过程中力求简明扼要, 由浅入深, 特别强调理论与实际相结合, 反映车身 CAD 技术近期在国内外的应用状况。本书可以作为车身工程及车辆工程本科生及研究生的教学参考书, 也可以作为从事汽车及车身开发的工程技术人员的参考资料。

本书由吉林大学的陈鑫主编, 烟台师范学院的陈燕, 吉林大学的崔岸、靳春宁为副主编。在本书编写过程中, 得到了吉林大学及汽车工程学院的大力支持, 特别是得到了车身工程系全体同事的帮助。书中的 6.2.1 节由李彦龙讲师和范烽设计师共同编写; 吉林大学的黄金陵教授, 沈阳理工大学的徐礼富讲师, 一汽—大众汽车公司的于雪工程师等参加了本书的部分工作, 编者在此表示衷心的感谢。同时向书中引用文献资料的作者表示深切的谢意。

全书由北京理工大学的林逸教授主审, 在此表示诚挚的感谢。

由于编者学识和掌握资料有限, 书中不足、不妥之处在所难免, 敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
第一节 CAD/CAM 技术的发展历程	1
第二节 计算机辅助几何设计	3
第三节 车身 CAD 技术的应用	4
第四节 车身 CAD 技术的发展趋势	9
第二章 计算机辅助设计基础	12
第一节 计算机硬件系统	12
第二节 计算机软件系统	18
第三节 车身 CAD 系统	22
第三章 车身曲线曲面的数字模型基础	26
第一节 参数曲线曲面的基本知识	26
第二节 参数样条曲线及孔斯曲面	30
第三节 贝齐尔曲线曲面	35
第四节 B 样条曲线曲面	40
第五节 非均匀有理 B 样条(NURBS)曲线曲面	57
第四章 车身坐标测量技术	61
第一节 坐标测量的概念	61
第二节 坐标测量机的作用与类型	62
第三节 接触式坐标测量机	63
第四节 非接触式坐标测量机	70
第五节 测量点的数据处理	75
第六节 坐标测量机在车身 CAD 中的应用	77
第五章 车身 CAD 数字建模技术	84
第一节 车身数字化和数字化车身	84
第二节 车身曲线曲面的光顺	85
第三节 车身 CAD 数字建模	91
第四节 车身逆向工程技术	97
第六章 车身 CAD 软件与应用	105
第一节 车身 CAD 软件简介	105
第二节 车身 CAD 软件的应用实例	112
附录	125
附录一 求解线性方程组的全选主元高斯消去法	125
附录二 求解三对角线方程组的追赶法	127
参考文献	130

第一章 绪论

本章介绍 CAD/CAM 技术的概念和发展历史, 车身 CAD 的发展、车身 CAD 设计流程、车身 CAD 的特点和车身 CAD 技术的研究热点。

第一节 CAD/CAM 技术的发展历程

一、CAD/CAM 技术的概念

计算机辅助设计及制造(CAD/CAM)技术是将计算机迅速、准确地处理信息的特点与人类创造思维及推理判断能力巧妙结合起来,用计算机硬件、软件的新成就,特别是计算机绘图、数据库、智能模拟技术,为现代设计提供理想的手段。

1973 年国际信息处理联合会(International Federation of Information Processing, 简称 IFIP)对 CAD 系统的定义:CAD 是将人和计算机混编在解题专业组中的一种技术,从而将人和计算机的最优特性结合起来。

计算机辅助设计(Computer Aided Design, 简称 CAD)是利用计算机强大的计算功能和高效率的图形处理能力,辅助工程技术人员进行产品设计和工程分析,以达到理想的目的或取得创新成果的一门技术。它是综合了计算机科学与工程方法设计的最新发展而形成的一门新兴学科。在人和计算机组成的系统中,工程技术人员以计算机为辅助工具,完成产品的描述、设计、分析、绘图等工作,并达到提高产品设计质量、缩短产品开发周期、降低产品成本的目的。一般认为 CAD 系统的功能包括:草图设计、实体零件设计、自由曲面设计、钣金设计、装配设计、工程图绘制、工程分析、图像渲染、数据交换接口等。

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, 简称 CAM),广义 CAM 一般是指利用计算机辅助完成从生产准备到产品制造整个活动的过程,包括工艺过程设计、工装设计、NC 自动编程、生产作业计划、生产控制、质量控制等。狭义 CAM 通常是指 NC 程序编程,包括刀具路径规划、刀位文件生成、刀具轨迹仿真及 NC 代码生成等。

计算机辅助工艺过程设计(Computer Aided Process Planning, 简称 CAPP)是指在人和计算机组成的系统中,根据产品设计阶段给出的信息,人机交互或自动地确定产品加工方法和工艺过程。一般包括毛坯设计、加工方法选择、工艺路线制定、工序设计、刀夹具设计等。计算机辅助工艺过程设计已逐渐形成为一门独立的技术分支。

CAD/CAM 技术可以大大缩短产品的制造周期,显著提高产品的质量,从而产生巨大的经济效益。CAD/CAM 技术在制造业广泛应用,其中以汽车、船舶、机床和航空航天等制造业应用最为广泛和深入。

二、CAD/CAM 技术的发展历程

自 1946 年世界上第一台计算机在美国问世以来,人们就不断地将计算机新技术引入机械

设计、制造领域。

1. 准备和诞生时期(20 世纪 50 年代至 60 年代)

20 世纪 50 年代,CAD 技术处于酝酿和准备阶段,此时计算机由电子管组成,用机器语言编程操作,主要用于科学计算,图形设备仅仅具有结果输出功能。

1950 年,美国麻省理工学院研制出旋风 1 号(Whirlwind-I)类似示波器的图形显示设备,只能显示简单的图形。1958 年,美国 Calcomp 公司研制出滚筒式绘图仪,美国 Cerber 公司研制出平板式绘图仪。

20 世纪 50 年代末,美国麻省理工学院在 Whirlwind 计算机上开发了 SAGE 战术防空系统,第一次使用了具有指挥和控制功能的阴极射线管 CRT(Cathode Ray Tube),操作者可以用光笔在屏幕上确定目标。它预示着交互式图形生成技术的诞生,为 CAD 技术的发展奠定了基础。

2. 蓬勃发展和进入应用时期(20 世纪 60 年代)

20 世纪 60 年代初,美国麻省理工学院林肯实验室的博士生伊万·萨瑟兰(I. E. Sutherland)发表了“SKETCHPAD:一个人机对话图形通讯系统”的博士论文,首次提出了计算机图形学、交互技术、分层存储符号的数据结构等思想,从而为 CAD 技术的发展和應用打下了理论基础。

该系统作了以下设想:设计者坐在阴极射线管显示器的控制台前,用光笔操作;从概念设计到产品设计、生产设计以至于制造,都可以实现人机对话;设计者可以随心所欲地对计算机所显示的图形进行修改、追加和删除;能在 10 ~ 15min 内完成通常要花几周时间的手工作业等。20 世纪 60 年代的计算机及图形设备价格昂贵,技术复杂,只有实力雄厚的大公司,如波音飞机、通用汽车等公司才能使用这一技术。

作为 CAD 技术的基础,计算机图形学在这一时期得到了很快的发展。1964 年,孔斯(S. A. Coons)提出了用小块曲面片组合表示自由型曲面,使曲面片在边界上达到任意高阶连续的理论方法。这一方法得到了工业界和学术界的极大推崇,称之为孔斯曲面。在 20 世纪 60 年代早期,法国雷诺汽车公司的工程师贝齐尔(P. E. Bezier)发展了一套被后人称为贝齐尔曲线曲面的理论,成功地用于几何外形设计,并开发了用于汽车外形设计的 UNISURF 系统。孔斯和贝齐尔被并称为 CAD 技术的奠基人。孔斯方法和贝齐尔方法是计算机辅助几何设计最早的创新性成果。

值得一提的是,计算机图形学的最高奖是以孔斯的名字命名的,而获得第一届(1983)和第二届(1985)孔斯奖的,恰好是萨瑟兰和贝齐尔,这也算是计算机图形学的一段佳话。而伊万·萨瑟兰也被誉为“计算机图形学之父”。

20 世纪 60 年代中期出现了商品化的 CAD 系统,如美国通用汽车公司使用的是 DAC-1 (Design Augmented by Computer)系统,该系统是通用汽车公司设计轿车和货车的主要 CAD 工具,DAC-1 系统的硬件是由 IBM 公司开发的。此时,CAD 技术开始进入发展和应用阶段,尽管还很不完善,但是却大大推动了人们对 CAD 的关注。

此时,美国 CAD 工作站安装数约 200 多台,供数百人使用。

3. 广泛应用的时期(20 世纪 70 年代)

由于电子电路设计采用了 CAD 技术,使集成电路技术得到很大发展。在此期间出现了廉价的固体电路随机存储器、图形逼真的光栅扫描显示器、光笔、图形输入板等多样的图形输入设备,也出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统。集成电路用于计算机,使计算机平台

的性能大为提高。

同时,图形软件和 CAD 支撑软件也不断充实提高。由于光栅显示器的产生,在 20 世纪 60 年代就已萌芽的光栅图形学算法迅速发展起来,区域填充、裁剪、消隐等基本图形概念,及其相应算法纷纷诞生,计算机图形学进入了第一个兴盛的时期,开始出现实用的 CAD 图形系统,并开始了图形软件功能的标准化。

20 世纪 70 年代,美国 Applicon 公司首先推出了一套基于小型计算机的完整 CAD 系统。美国 IBM 公司推出了光笔交互图形终端,用于飞机结构的设计与绘图,称为 CADAM 系统。20 世纪 70 年代后期,正值飞机和汽车工业蓬勃发展时期,飞机和汽车设计过程中遇到了大量的自由曲线、曲面问题,法国达索公司开发了以三维曲面造型为特点的 CATIA 系统,采用多截面视图、特征纬线的方式来近似表达自由曲面。

截至 20 世纪 70 年代末,美国 CAD 工作站安装数超过 12000 台,使用人数超过 2.5 万人,CAD 技术进入了广泛应用时期。

4. 突飞猛进的时期(20 世纪 80 年代)

由于集成电路技术的进一步发展,出现了大规模和超大规模集成电路,计算机硬件平台又向前推进了一大步,微型计算机进入市场。图形软件更趋成熟,二维、三维图形处理技术,以及有限元分析、优化、模拟仿真、动态渲染技术、科学计算可视化等各方面都已进入使用阶段,CAD/CAE/CAM 一体化的综合软件使 CAD 技术又上了一个层次,CAD/CAM 工作站迅速普及。1980 年,美国阿波罗公司生产出第一台以超级微型计算机为平台的工作站(Workstation)。

CAD/CAM 技术从大中企业向小企业扩展,从发达国家向发展中国家扩展,从产品设计发展到工程设计。计算机运算能力的提高,图形处理速度的加快,使得 CAD/CAM 技术得到充分发展。

20 世纪 80 年代中期以后,CAD/CAM 技术开始向标准化、集成化、智能化方向发展。到 1988 年,美国实际安装的 CAD 系统超过 63000 套。

5. 日趋成熟的时期(20 世纪 90 年代以来)

20 世纪 90 年代以来是 CAD 技术广泛普及、继续完善和向更高水平发展的时期。出现了成熟的高度标准化、集成化的 CAD 系统。由于个人电脑 PC 平台的性能越来越好,基于 PC 平台的物美价廉的系统相继出现,使 CAD 技术的普及应用更具广阔的前景。

这一时期的 CAD 技术正向着更加开放式、标准化、集成化、智能化、网络化、科学计算可视化、虚拟设计、虚拟制造技术等新趋向不断飞速发展。

第二节 计算机辅助几何设计

计算机辅助几何设计(Computer Aided Geometric Design,简称 CAGD)这一术语是 1974 年由巴恩希尔(Barnhill)与里森费尔德(Riesenfeld)在美国犹他大学的一次国际会议上提出,用以描述计算机辅助设计的数学方面内容。

计算机辅助几何设计主要研究的是工程中的几何造型问题,是对各种几何外形信息的计算机表示、分析和综合。

20 世纪 60 年代,CAGD 主要研究用线框图形和多边形构成三维形体。20 世纪 70 年代,几何造型采用多截面视图、特征纬线的方式来近似表达所设计的自由曲面。贝齐尔方法的出

现,使人们用计算机处理曲线及曲面问题变得可行,后来推出了以表面模型为特点的三维曲面造型系统 CATIA。有了表面模型,CAM 的问题可以基本解决。曲面造型技术是 CAD 技术的第一次创新。

20 世纪 70 年代末至 80 年代初,能够精确表达零部件全部属性的实体造型技术出现了,它以美国 SDRC 公司的 I-deas 软件为代表,实体造型技术的普及应用标志着 CAD 发展史上的第二次技术创新。

进入 20 世纪 80 年代,以基于特征的设计、全尺寸约束、全数据相关、存储驱动设计修改为特征的参数化设计成为第三次 CAD 技术创新的标志。尤以美国 PTC 公司的 Pro/ENGINEER 软件为代表。

20 世纪 90 年代,一种更加先进的实体造型技术——变量化技术成为新的发展方向,同时,变量化技术也驱动了 CAD 发展的第四次技术创新。

汽车等产品的几何外形设计,就是要建立产品几何外形的数字模型,并通过计算机对其进行描述、控制和编辑。就数学方法而言,早年的解析几何、微分几何所表达的规则曲线曲面已经不能满足要求。在 20 世纪 70 年代出现的计算几何,是由函数逼近论、微分几何、代数几何、计算数学、数控技术、计算机图形学等组成的边缘学科。计算几何提供了自由曲线曲面造型的数学方法,是 CAGD 的主要数学理论。

CAGD 的应用日趋广泛,除了围绕汽车、航空、船舶等大工业部门的几何外形设计以外,经过 30 年的发展,理论研究不断深化,方法日益丰富,应用愈加广泛。除了应用于机械零部件的设计领域外,CAGD 在越来越多的技术领域都有了广泛的应用。例如:人体造型(耳廓等)、人体器官(脑、心脏、胃等)X 光断层扫描立体图形重建;导弹地形匹配;飞机模拟训练;石油勘探地层结构图建立;建筑外观设计;电气造型设计;鞋帽外形设计;动画片和艺术造型设计等。

第三节 车身 CAD 技术的应用

一、车身 CAD 的发展历史

在汽车行业,为了保持产品的竞争能力,符合安全、环保、节能三大主题,以及满足用户对汽车舒适性和外形多样化方面的更高要求,各大汽车公司在产品的设计制造上都采用 CAD/CAM/CAE 一体化技术。

最早的汽车车身 CAD 的例子是通用汽车公司于 20 世纪 60 年代用 DAC-1 系统来设计汽车前风窗玻璃的形线。20 世纪 70 年代,通用汽车公司的 CADANCE、FBX 等系统先后研制完成并进入应用阶段。这一时期的特点是软件在企业内部开发,应用范围也局限于汽车外形的处理。20 世纪 80 年代车身 CAD 技术应用范围则由外形处理发展到结构分析、设计计算、内部构件、发动机设计等方面。

美国福特汽车公司从 1967 年开始开发应用 CAD 软件。到 20 世纪 80 年代,福特公司的汽车 CAD 技术遍及各种类型的零部件,在汽车底盘的设计分析中使用有限元方法(Finite Element Method,简称 FEM),公司已经可以实现 100% 的计算机辅助设计来绘制车身外表面钣金件,其 CAD 软件还可以进行结构分析和振动仿真等。

法国雷诺汽车公司的工程师贝齐尔运用他的理论实现了车身曲面的定义,并研制 UNISURF 系统。1974 年,他运用该系统在 5 个星期内,完成了从“蒙皮”的全尺寸粗糙图形到做出

最后的图形及全尺寸塑料模的全部工作。

20 世纪 80 年代初,日本各大汽车公司的 CAD 系统已经基本完善。如五十铃公司的车身 CAD 系统已具备了绘制自由曲线曲面、光顺处理、透视、断面展开、图形旋转及平移、复制等功能。

进入 20 世纪 90 年代,汽车车身 CAD 技术已经广泛应用于世界各大汽车公司。目前,诸如 Dasault 的 CATIA、UGS 的 NX、PTC 的 Pro/ENGINEER、Autodesk 的 AutoCAD 等商业化的三维和二维 CAD 软件,已经广泛应用于国内外不同规模的汽车设计和制造公司。可以说,今天的汽车开发已经离不开 CAD 技术。

我国的 CAD 技术应用于汽车行业开始于 20 世纪 70 年代,在解决汽车设计中的刚度强度计算、试验数据处理等方面取得了很多成果。由于计算机硬件、软件的发展和对外交流,20 世纪 80 年代我国开始逐步引进了国外先进的计算机绘图设备和软件,从此我国的 CAD 技术有了较快的发展。尤其 20 世纪 90 年代以来,我国的汽车工业迅速发展,与国外的联系越来越紧密,带动了我国的汽车车身 CAD 技术的快速发展。目前,国内各大汽车公司已经普及应用大型三维 CAD 软件,CAD 技术的应用水平已经能够满足汽车设计的要求。

二、现代车身设计流程

图 1-1 是汽车车身的设计流程框图。

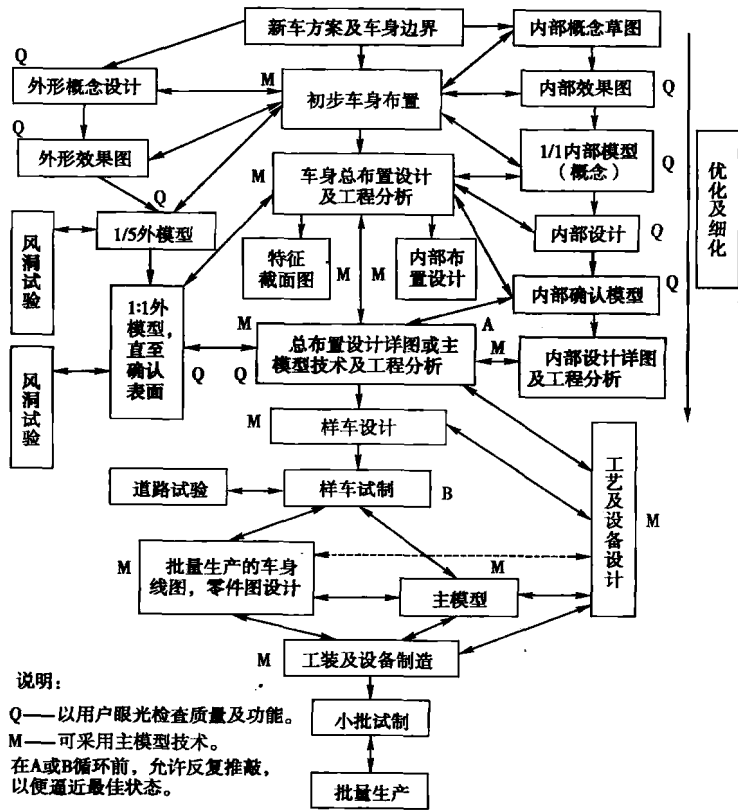


图 1-1 汽车车身的开发流程框图

汽车车身设计通常分为概念设计(Concept Design)和工程设计(Engineering Design)两个阶段来进行。

1. 概念设计

概念设计属于产品设计的前期工作,是指从产品构思到确定产品设计性能指标,以及布置定型和造型的确定,并下达产品设计任务书这一阶段的设计工作。

概念设计在轿车车身设计中占有极其重要的地位,它是对未投产新车型的总体概念的概括描述,是确定汽车性能、外形与内饰等主要方面的初步设计。

在现代设计方法中,概念设计阶段要广泛吸收造型师、结构工程师、工艺工程师、财务分析管理人员、部件采购人员、市场分析专家和销售人員同时参与设计工作。而计算机辅助概念设计是其主要的技术手段。

概念设计的主要内容有:产品开发目的、必要性和可行性分析;产品的性能目标和先进性分析;产品的造型设计、布置和尺寸要求;产品的使用调查;产品的目标成本分析;产品设计任务书的确定;产品开发的组织管理等。

在概念设计阶段,造型设计人员进行车身外形的构思,并绘制外形设计概念图,以提供外形设计方案,同时确定出汽车造型的基本思想和进行车身 CAD 几何建模。造型设计人员要构思多种外形方案,供选择、比较,并与布置工程师、结构工程师和工艺工程师等一起确定最终的几何模型。概念设计阶段的油泥模型可用于美学和空气动力学的评价。油泥模型比平面效果图更能直观地反映设计人员的意图,并可进行风洞试验,以初步认识车身外形的空气动力学性能,对车身外形的确定有很大作用。

现代汽车造型设计阶段广泛应用的是计算机辅助造型(Computer Aided Styling,简称 CAS)技术,无论是二维的汽车造型效果图,还是车身三维造型都大量应用计算机辅助造型软件,如 Photoshop、Rhino、Alias 等。

图 1-2 是车身二维造型效果图,图 1-3 是车身三维造型效果图。

但手绘构思草图(Sketch)也仍然是造型设计人员的重要基本功。

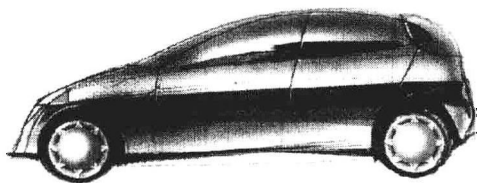


图 1-2 车身外形效果图



图 1-3 车身三维造型图

2. 工程设计

工程设计的主要内容是,在车身(总)布置(Layout)的配合下,进行 1:1 内部模型和外部模型的设计,以及样车试制与试验等,主要包括结构设计(Structural Design)、工程分析(Engineering)、试验(Testing)和试制等。

车身布置是车身具体结构设计的基础。车身布置的主要内容包括:确定车身内部、外部尺寸;确定乘坐与操作空间;校核各项性能及法规要求的尺寸数据,如风窗的刮扫面积、视野性、座椅的调整量、仪表板的防炫目等;确定车身的悬置形式及位置;确定发动机、传动系占用的空间,并对有关总成提出反要求;备胎、燃料箱、蓄电池、行李舱以及各种液罐的布置;确定由于车身附件及其他装置的特殊要求引起的车身布置及结构的变动等。

车身的内部模型设计包括:确定室内各部件的位置关系,进行室内色彩、材质设计,并表现各部件的外观形状特征等。车身内部实车模型的制作要在 CAD 内部数字模型基础上来进行,

通常采用木质框架,用发泡塑料和油泥制作内饰部件及车内零件,或安装真实的零件,有时也要采用快速原型技术制作零件,并进行内饰装饰设计以加强模型的真实感。同时要利用三维 H 点人体模型实际检验车身的内部布置设计。

车身结构设计包括:建立车身结构件 CAD 模型;绘制零部件图纸;进行零件装配和结构分析;进行车身内饰件和外饰件的设计等。

样车试制是为了进一步明确样车的车身外形尺寸、结构设计合理性、装配关系、材料使用情况、制造工艺性等,同时配合样车的试验。样车试验包括对样车进行结构性能试验、道路试验和碰撞安全试验等。

虽然应用车身 CAD 建立了车身数字模型,并可以将其作为车身主模型,但制作车身实物主模型也是有必要的,它可以作为生产检测的实物基准。经过总布置确认之后的主模型可以作为进一步设计的基础。

车身模具设计和制造以及工装设计是汽车批量生产的准备。经过调试工装设备、检验设计和生产的合理性、批量试制、试生产,最终实现批量生产。

现代车身布置和结构设计等都是应用大型三维 CAD/CAM/CAE 一体化的软件完成的,如 CATIA、NX 等。车身的结构分析、模态分析、NVH(Noise、Vibration、Harshness)分析、碰撞安全性分析等都可以在 CAD 模型的基础上进行。

图 1-4 是车身外形数字模型,图 1-5 是车身结构 FEM 分析模型,图 1-6 是车身碰撞安全性分析模型。

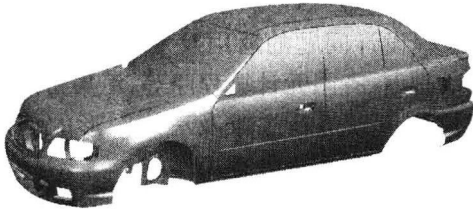


图 1-4 车身外形数字模型

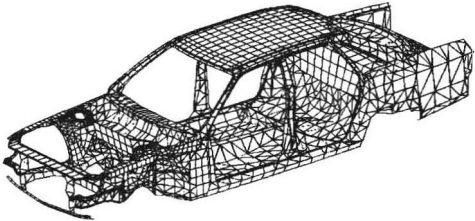
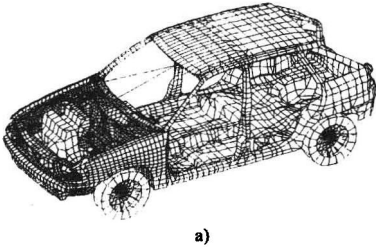
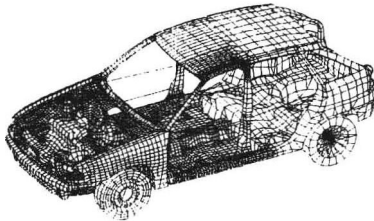


图 1-5 车身结构 FEM 分析模型



a)



b)

图 1-6 车身碰撞安全性分析模型

a) 正面碰撞模型;b)50% 偏置碰撞模型

由于车身 CAD 技术的广泛应用,使得车身设计的平台化战略和汽车系列化变得比较容易实现。目前,车身 CAD 技术已经是车身开发过程中的基础性应用技术。

三、车身 CAD 的特点

1. CAD 的特点——人-计算机结合

CAD 技术是在设计活动中,利用计算机作为工具,帮助工程技术人员进行设计的一切实

用技术的总和。CAD 方法是人和计算机相结合、各尽所长的新型设计方法。

在设计过程中,人可以进行创造性的思维活动,完成设计方案构思、工作原理拟定等,并将设计思想、设计方法经过综合、分析,转换成计算机可以处理的数字模型和解析这些模型的程序。在程序运行过程中,人可以评价设计结果,控制设计过程。

计算机则可以发挥其分析计算和存储信息的能力,完成信息管理、绘图、模拟、优化和其他数值分析任务。一个好的 CAD 系统既能充分发挥人的创造性作用,又能充分利用计算机的高速分析计算能力,找到人和计算机的最佳结合点。

人和计算机结合,在设计过程中两者发挥各自的优势,有利于获得最优设计结果,缩短设计周期。

在 CAD 过程中,计算机的任务实质上是进行大量的信息加工、管理和交换。也就是在设计人员的初步构思、判断、决策的基础上,由计算机对数据库中大量设计资料进行检索,根据设计要求进行计算、分析及优化,将初步设计结果显示在图形显示器上。

2. 完整的 CAD 系统具备的条件

在 CAD 作业过程中,逻辑判断、科学计算和创造性思维是反复交叉进行的。一个完整的 CAD 系统,应在设计过程中的各个阶段都能发挥作用,而要实现这一点,就必须具备以下三个条件:

(1)建立完备的产品设计数据库。产品设计数据库是用来存储设计某类产品时所需的各种信息,如有关标准规范、经验曲线、计算公式等,都按照数据结构关系存入计算机。数据库可供 CAD 作业时检索或调用,也便于解决数据管理和资源共享。

(2)建立完备的应用程序库。即将解决某一类工程设计问题的通用及专用设计程序,如通用数学方法计算程序、常规机械设计程序、优化方法程序、有限元计算程序等,汇集备用。

(3)建立多功能交互图形程序库。利用图形程序库可以进行二维及三维图形的信息处理,能在此基础上绘制工程设计图,建立标准件库、零部件库等图形处理工作。

3. 车身 CAD 的优势

早期的常规车身开发流程采取顺序式进行工作,这种方式存在着设计周期过长等问题,又不便于车身设计、工艺制造等方面的结合,有些问题要等到试制、试验后才能发现,而且这种方法更多的是靠经验,设计可信度较低,风险较大。

用早期的常规方式,车身钣金件的数据常常靠二维图纸和主模型来确定,因此很难保证两者的一致性。

常规车身开发靠主模型传递数据的方式精度低,并难以保证长久不变。而且,设计反复修改多,劳动强度大。完成全部车身开发及生产准备的周期一般为 3~5 年,财物耗费惊人。归纳起来,其主要缺点是精度差、周期长、劳动强度大、返工多、成本高等。

采用 CAD 技术的身开发,要建立一套完整的身数字模型,以此为基础绘制出身开发所需的所有图纸,并进行工程分析及加工制造。当车身制造与车身设计结合起来,车身 CAD 技术的重要作用才能充分的发挥出来,能够明显地缩短车身开发的周期,提高设计水平及制造的质量和精度。

车身 CAD 包括的内容很多,如造型设计、结构设计与分析、优化设计、计算机绘图等。

现在的国内外汽车公司都充分认识到车身 CAD、CAM 及 CAE 的一体化应用的优点,这是早期的常规车身开发所无法比拟的,主要表现在:

(1)提高设计质量和精度。车身设计完成,也就建立了车身结构的完整数字模型,并存入

数据库,经计算机数据管理系统可以实现多点数据共享,为生产准备、工装设计制造提供方便、详尽、准确的原始依据,从而消除了中间数据形式的转换,使模具的加工精度大大提高,模具修改的工作量大为减小。

(2)节省时间,提高生产效率,缩短了设计和制造周期。车身结构件的数字模型可以直接用来进行模具设计,提高模具设计的成功率,也提高了模具制造的速度。车身 CAD/CAM 一体化可显著缩短从设计到制造的周期,与传统的设计方法相比,其设计效率可提高 3~5 倍以上。

(3)大幅度地降低成本。计算机的高速运算和绘图工作,大大节省了劳动强度。同时,优化设计也带来了原材料的节省。在油泥模型、主模型及工艺设备的设计制造等方面,都使人力、物力、财力大为节约。采用 CAD/CAM 一体化技术,生产准备时间缩短,产品更新换代加快,大大增强了产品在市场上的竞争能力。

(4)车身 CAD 技术将车身设计人员从烦琐的手工计算和绘图工作中解放出来,使其可以从事更多的创造性劳动,减轻了设计者的劳动强度,改善了他们的工作环境和条件。

(5)可以很方便的将车身设计的模型用于强度、刚度、安全、NVH 等工程分析,也可以比较方便的对模型进行空气动力学模拟分析。这样也使得设计的可信度大为提高。有这样的基础,也将大为缩短样车试制与产品定型的时间。

第四节 车身 CAD 技术的发展趋势

1. 参数化设计和变量化设计

在车身 CAD 技术应用过程中,产品设计建模的速度十分重要。由于车身设计并行工程 (Concurrent Engineering) 的引入,使得在车身的概念设计阶段和车身的工程设计阶段就要进行车身结构的工程分析。因此,参数化的车身结构模型将发挥很大的作用。

参数化设计方法就是将模型中的定量信息参量化,使之成为可以任意调整的参数。参数化设计方法使零件模型具有易于修改的柔性,对于参数赋予不同数值,就可得到不同大小和形状的零件模型。

参数化模型表示了零件图形的几何约束和工程约束,几何约束包括结构约束和尺寸约束。结构约束是指几何元素之间的拓扑约束关系,如平行、垂直、相切、对称等;尺寸约束则是通过尺寸标注表示的约束,如距离尺寸、角度尺寸、半径尺寸等。工程约束是指尺寸之间的约束关系,通过定义尺寸参数及它们之间在数值上和逻辑上的关系来表示。

在参数化设计系统中,设计人员根据工程关系和几何关系来制定设计要求。参数分为两类:其一为各种尺寸值,称为可变参数;其二为几何元素间的各种连接几何信息,称为不变参数。参数化的本质是在可变参数的作用下,系统能够自动维护所有的不变参数。

参数化设计中的参数化建模方法主要有变量几何法和基于结构生成算法的方法,前者主要用于平面模型的建立,而后者更适合于三维实体和曲面模型。

参数化技术更适合于设计过程比较明确的工作,变量化设计则为设计对象的修改提供了更大的自由度,可以通过求解一组约束方程组来确定产品的尺寸和形状。约束方程驱动可以是几何关系,也可以是工程计算条件。约束结果的修改受约束方程驱动。变量化设计可以应用于公差分析、运动结构分析、设计优化,尤其在概念设计时更显得得心应手。变量化技术既保持了参数化技术的原有优点,同时又克服了它的一些不足之处,为 CAD 技术的发展提供了更大的空间。

参数化设计和变量化设计,使得车身结构设计可以随着尺寸的修改和使用环境的变化而自动修改。现在的主流 CAD 软件几乎都是基于变量化设计的。

2. 智能 CAD

智能 CAD 是指通过运用专家系统、人工神经网络等人工智能技术使在作业过程中具有某种程度人工智能的 CAD 系统。

专家系统的基本思想是使计算机的工作过程能尽量模拟领域专家解决实际问题的过程。专家系统是基于知识的系统,专家系统技术是知识获取、处理和运用的技术。知识工程是专家系统技术的基础。专家系统通常由知识库、推理机、知识获取系统、解释机构和一些交互界面组成,如轿车车门附件专家设计系统等。

人工神经网络具有下列特征:它包含大量的人工神经元,提供了大量可供调节的变量;信息是分步式存储的,从而提供了联想与全息记忆的能力;具有高度的自适应能力;高度的容错能力;很强的计算能力以及自组织能力。

目前,神经网络和专家系统有联合起来的趋势。基于神经网络的专家系统在知识获取、并行推理、适应性学习、联想推理、容错能力方面明显优于传统的专家系统。

3. 基于特征的设计

特征设计是用易于识别的、包含加工信息的几何单元,如孔、槽、倒角、加强筋等,来取代以往设计中所用的纯几何描述,如直线段、圆弧等。特征是构造零件的最基本的单元要素。特征使设计人员和工艺人员对同一特征具有相同的理解,并且特征定义包含了所有几何和非几何信息。基于特征的设计更适合于 CAD/CAM 的集成和 CIMS(Computer Integrate Manufacture System)中的建模需要。

4. 相关性设计

相关性设计为设计工作提供了极大的方便。用户无论是在什么地方进行修改,系统会自动地更新与修改有关的内容。例如,当用户修改三维设计模型中的结构时,在与之有对应关系的二维工程图中就会自动要求更新。这在结构复杂的车身结构件设计中尤为方便。

5. NURBS 几何造型技术

NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)即非均匀有理 B 样条,它在 CAD 中用来定义复杂的几何曲线曲面,在车身 CAD 领域,更是应用广泛。运用 NURBS 技术可以使系统在描述自由曲线曲面以及精确的二次曲线曲面时,能够采用统一的算法和表示方法。用 NURBS 技术构造的曲面易于生成、修改和存储,为系统提高对曲面的构造能力和编辑修改能力打下基础。

6. 装配设计和管理

装配设计是指系统能够同时完成产品或装配部件的设计,而不是个别零件的设计。由于车身结构涉及很多零件的装配关系,装配设计需要考虑的因素复杂,具有装配设计功能的系统需要采用的技术和手段也较多。如特征设计、相关性设计等。对于具有装配设计功能的系统还应能够提供有关装配方面的管理能力,如装配零件逻辑关系、装配干涉检查、生成装配明细表、零件装配展开关系、测算装配件的运动学及动力学特性等。近年来,车身开发的产品数据管理(Product Data Management,简称 PDM)技术广泛应用于车身 CAD 系统。

7. 车身 CAD 系统的集成化

CAD 系统的集成化是当前 CAD 技术发展的一个重要方面。集成化的形式之一是将 CAD 和 CAM 集成成为 CAD/CAM 系统,并进一步集成强大的工程分析、测试功能,使设计、制造和工程分析一体化,集成成为 CAD/CAM/CAE 系统。CAD/CAM 系统集成化的目的是提供一种能够