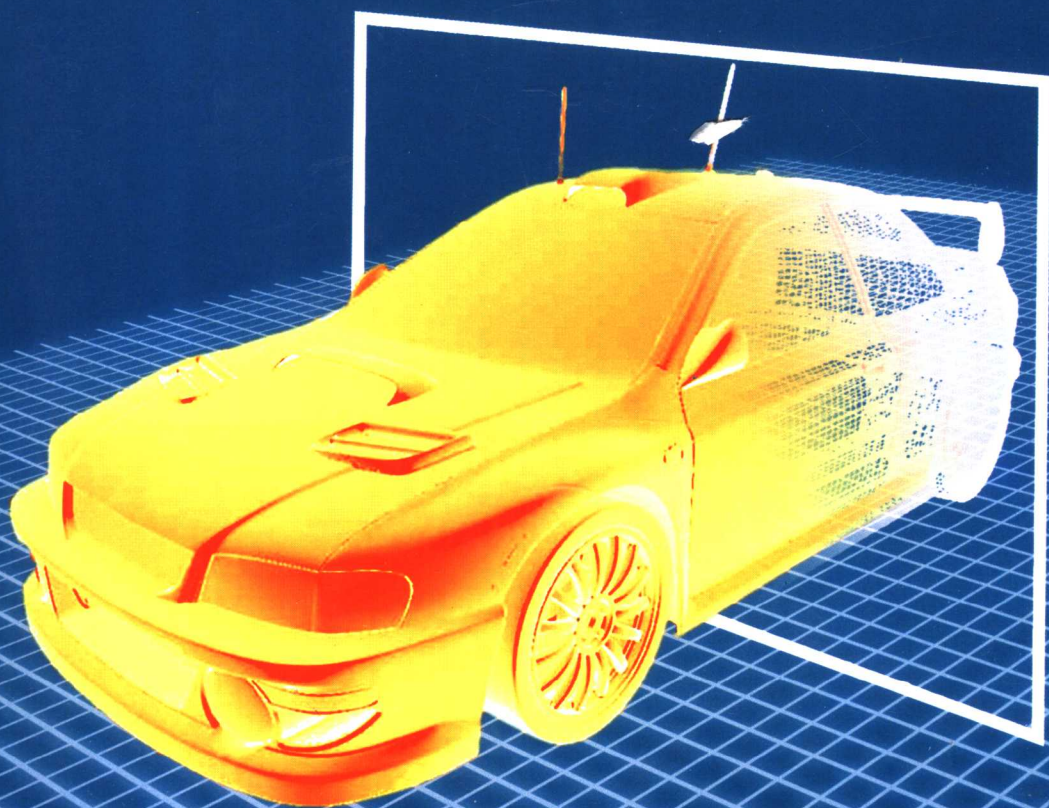


车辆

现代设计方法

冯国胜 杨绍普 著



科学出版社
www.sciencep.com

车辆现代设计方法

冯国胜 杨绍普 著



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地介绍了车辆计算机辅助设计 CAD、车辆计算机辅助工程 CAE、车辆优化设计、车辆可靠性设计、车辆性能的计算机仿真、车辆噪声分析及设计、车辆动态设计等现代设计方法在车辆设计中的应用,列举了基于 APDL 的有限元优化技术、遗传算法、神经网络、MMATLAB/SIMULINK、小波变换、矩阵摄动等方法在整车性能、发动机部件、发动机电控、车身和车架设计中的应用实例。本书是根据作者多年的教学、科研成果和工程实践撰写,注重理论和实际相结合,有助于读者对现代设计方法在车辆中的应用有一个较为全面的了解,具有很强的实用性。

本书适合高等院校机械、车辆工程专业的大学生、研究生、教师和相关专业的工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

车辆现代设计方法/冯国胜,杨绍普著. —北京:科学出版社,2006

ISBN 7-03-017126-8

I. 车… II. ①冯…②杨… III. 汽车-设计 IV. U462

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 031870 号

责任编辑:赵彦超 吕 虹/责任校对:赵桂芬

责任印制:安春生/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

天竺彩色印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2006 年 6 月第一次印刷 印张: 15 3/4

印数: 1—2 000 字数: 298 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

汽车作为一种方便快捷的交通工具,在人们的日常生活中起着越来越重要的作用。国民经济的迅速发展和人们对美好生活的追求促进了汽车工业的飞速发展。以最快的速度上市,以最高的质量、最低的成本、最好的服务来满足不同顾客的需求,是提高汽车制造企业竞争力的关键。计算机技术、信息处理技术、现代设计技术 CAD/CAE 为汽车的研发、设计提供了一种全新的解决方法,CAD/CAE 技术能够显著提高产品设计的科学性,减少盲目性,提高设计效率,其最大优点是可以在产品设计初期,即图纸设计阶段,通过建立基本的计算机分析模型,对所设计的产品进行强度、寿命及特性预测,从而指导产品设计,保证产品设计指标,有效地提高设计产品的可靠性,缩短设计周期,降低开发成本。

本书是作者二十多年从事汽车设计、制造、教学和科研工作的成果总结,其中大部分例子经过试验验证,成功地解决了多家企业的技术难题,并为之取得了可观的经济效益。本书重点讨论车辆计算机辅助设计 CAD、车辆计算机辅助工程 CAE、车辆优化设计、车辆可靠性设计、车辆性能的计算机仿真、车辆噪声分析及设计、汽车车架动态设计等七个方面。需要说明的是,这些现代的汽车设计方法并不是各自孤立的,它们既有自己的优势,又互相渗透,在车辆设计的技术领域中发挥着各自的重要作用。

本书获得了河北省科技攻关项目“汽车计算机辅助工程 CAE 及优化设计”(98213308D)、河北省自然科学基金项目“柴油机电控系统的智能控制及仿真”(F2004000428)、河北省石家庄市科研项目“车辆振动声学系统新技术研究”(03108481A)、河南省重点科技攻关项目“汽车车架动态特性分析及动态优化设计”(951120500)的资助。期望拙著能给汽车、内燃机界各位同仁在现代设计方法的应用方面提供点滴的启发和帮助。

感谢河北工业大学的郭长江教授,北京理工大学的张幽彤教授在百忙之中为本书审稿并提出了许多宝贵意见。感谢石家庄铁道学院和河北省教育厅在本书成稿过程中所给予的帮助和支持。

在本书的写作过程中,作者查阅和参考了一些国内外文献,在此谨向这些文献的作者、编者表示衷心的感谢。作者课题组及研究生邓江华、刘鹏、薛淑发等对本书做了一定的工作,一并表示感谢。

由于作者水平有限,谬误之处在所难免,愿诚恳地与专家学者和读者讨论、磋商。

作者

2005. 10

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 车辆现代设计方法的主要内容	2
1.3 车辆现代设计方法的意义与任务	5
第 2 章 车辆计算机辅助设计 CAD	6
2.1 引言	6
2.2 CAD 技术在车身设计中的应用	7
2.3 车身部件设计	12
2.4 车身骨架装配建模	21
2.5 客车外形色彩效果图的生成	23
第 3 章 车辆计算机辅助工程 CAE	25
3.1 引言	25
3.2 汽车车架的静态分析	26
3.3 客货车车架动态特性分析	35
3.4 轿车底板及其骨架的有限元静态分析	43
3.5 客车车身结构的有限元分析	48
3.6 柴油机曲轴静动特性的有限元分析	54
第 4 章 车辆优化设计	65
4.1 引言	65
4.2 汽车车架参数的优化设计	66
4.3 冶金专用车车架优化设计	70
4.4 轻型货车制动性能优化设计	83
4.5 客车外摆式乘客门机构参数的优化	87
4.6 柴油机电控参数优化	93
第 5 章 车辆可靠性设计	116
5.1 引言	116
5.2 汽车零件的可靠性设计	117
5.3 汽车零部件可靠性设计算例	120
5.4 系统故障树分析	128
5.5 轻型客车的可靠性试验	138

第 6 章 汽车性能的计算机仿真	143
6.1 引言	143
6.2 汽车动力性计算	144
6.3 汽车最高车速的计算方法及参数灵敏度	147
6.4 汽车动力性和经济性软件开发	151
6.5 汽车制动性软件开发	157
6.6 柴油机性能的神经网络建模	167
第 7 章 车辆噪声分析及设计	193
7.1 引言	193
7.2 车内噪声产生机理及构成	193
7.3 客车车内噪声有限元分析	196
7.4 客车车内噪声源识别	206
7.5 客车振动噪声的小波分析	215
7.6 吸声材料对车内声场影响	219
第 8 章 汽车车架动态设计	222
8.1 引言	222
8.2 汽车车架的动态分析	222
8.3 汽车车架的灵敏度分析和结构动力修改	231
参考文献	240

第 1 章 绪 论

1.1 概 述

汽车是国民经济和现代生活中不可缺少的一种交通工具,汽车工业是一个国家工业化水平的代表性产业,它的兴衰成败又决定和影响着一大批相关的工业产业。汽车设计理论用于指导汽车设计实践,而汽车设计实践经验的长期积累和汽车生产技术的发展与进步,又使汽车设计理论得到不断的发展与提高。

汽车设计的思想和方法一方面不断地影响着人类的生活与生产,推动社会进步;另一方面又受社会发展的反作用,不断变化和更新。为了反映设计思想和方法随社会发展的变化,人们通常用“传统设计”和“现代设计”这两个术语。不难理解“传统设计”和“现代设计”都只是相对概念,人们把当前认为先进的那部分系统称为现代的,而其余的都自然成为传统的。若干年后目前的现代部分就可能被新发展了的东西所取代,而成为传统的。二次世界大战后,世界科技与经济得到了迅猛发展,尤其是电子计算机技术的发展和广泛应用带来的信息革命,使人们的设计思想和方法有了一次飞跃性变化。计算机及相关技术的发展和成熟极大推动了 CAD 及 CAE(Computer Aided Engineering——计算机辅助工程)技术的发展和应用,并在此基础上形成了虚拟现实技术和并行设计技术等。汽车设计技术在近百年中由经验设计发展到以科学实验和技术分析为基础的设计阶段,自 20 世纪 60 年代中期在设计中引入电子计算机后,又形成了计算机辅助设计(CAD)等新方法,并使设计逐步实现半自动化和自动化。

在 CAD 技术实用化以前,传统的设计主要依靠手工操作来完成,这样不仅设计进度缓慢,在很大程度上还约束了人脑的设计思维进度。更为严重的是,在传统的设计中,三维的设计对象只能靠抽象的二维图形来表达,难以直观地将设计结果展现给工程技术人员和其他相关人员,如产品用户,因而不利于判断、评价和改进设计结果。有了 CAD 技术,设计中许多简单的人工重复劳动由计算机代替完成,设计人员可快速地从计算机那里获取开展进一步设计所必需的信息,设计结果的修改、复制、保存和传送等都变得容易。尤其重要的是,三维计算机图形能更直观地反映设计结果,从而为快速评价和优化设计提供了便利。计算机图形不仅能直观地反映结构设计,也能将工程中大量物理数据可视化,如应力场、速度场、温度场等等,这就为工程技术人员分析和应用这类数据提供了极大方便。先进的具有知识库和推理功能的 CAD 系统不仅可取代设计中大量的手工劳动,还可帮助设计

人员根据给定的知识库和设计要求开展逻辑思维,自动提供可能的设计方案。

传统的设计计算依赖工程问题的解析求解方法,使实际问题不得不尽量简化,其简化程度不取决于工程需要而取决于已有的数学工具能否求解。这一方面使大量相对复杂的工程问题无法进行计算求解,另一方面使很多工程问题的求解离实际情况有较大的差距。CAE技术的发展和日趋成熟为解决上述问题提供了有效途径。以有限单元法(Finite Element Method——FEM)为代表的CAE技术理论上能求解任何复杂的工程计算问题,其求解精度理论上只受计算机能力与物理模型的精度限制。CAE技术主要用来预测、估计设计产品的强度、寿命及性能,能够显著提高产品设计的科学性,减少盲目性,提高设计效率。它一般分为三个阶段:第一阶段是建立某一设计产品的计算机分析模型;第二阶段是用计算机对该模型进行计算分析;第三阶段是分析计算结果,验证计算方案。其最大优点是可以在产品设计初期,即图纸设计阶段,通过建立基本的计算机分析模型,对所设计的产品进行强度、寿命及特性预测,从而指导产品设计,使产品设计指标得到保证,有效地提高设计产品的可靠性,缩短设计周期。

随着计算机在汽车设计中的推广应用,一些近代的数学物理方法和基础理论方面的新成就在汽车设计中也日益得到广泛应用。现代汽车设计,除传统的方法、计算机辅助设计方法外,还引进了最优化设计、可靠性设计、有限元分析、计算机模拟计算或仿真分析、模态分析等现代设计方法与分析手段,甚至还引进了雷达防撞、卫星导航、智能化电子仪表及显示系统等高新技术。汽车设计理论与设计技术达到当前的高水平,是百余年来特别是近三十年来基础科学、应用技术、材料与制造工艺不断发展进步的结果,也是设计、生产与使用经验长期积累的结果。它立足于规模宏大的生产实践,以基础理论为指导,以体现当代科技成就的汽车设计软件及硬件为手段,以满足社会需求为目的,借助于材料、工艺、设备、工具、测试仪器、试验技术及经营管理等领域的成就,不断地发展进步。

1.2 车辆现代设计方法的主要内容

车辆设计方法是随经济和科技的发展不断发展的,现代设计方法和传统设计方法只是相对的概念。20世纪末,《现代设计丛书》编委会编写的设计系列丛书包括10册,即《创新设计》、《稳健设计》、《并行设计》、《优势设计》、《绿色设计》、《反求设计》、《智能设计》、《方案设计》、《模糊设计》和《虚拟设计》。这套丛书实际上反映了现代设计方法发展前沿的主要内容,但所涉及的设计思想和方法大多都在不断完善的过程中,有的概念和提法还没有一个统一的认识,大规模推广和应用这些方法还有一个过程。发展历史更长、理论更成熟和应用更广泛的现代设计方法应包括计算机辅助设计、机电产品造型设计、计算机辅助工程、优化设计、可靠性设计和

摩擦学设计等。这些设计方法之所以没有包含在上述的《现代设计丛书》里,其理由可理解为这些方法已进入成熟期,相对于《现代设计丛书》所讨论的方法要“传统”一些,但并不意味着这些方法已经过时。相反,这些方法在工程界已发挥或正在发挥巨大的作用,已产生和正在产生巨大的社会效益和经济效益。

结合作者所从事过的实际科研工作,本书重点讨论车辆计算机辅助设计 CAD、车辆计算机辅助工程 CAE、车辆优化设计、车辆可靠性设计、车辆性能的计算机仿真、车辆噪声分析及设计、汽车车架动态设计等七个方面。需要说明的是,这些现代的汽车设计方法并不是各自孤立的,它们既有自己的优势,又互相渗透,在汽车设计的技术领域中发挥着各自的重要作用。

计算机辅助设计(CAD)方法充分发挥了人和计算机系统的优势,是一种人机结合解决技术问题的现代方法。应用 CAD 技术,可以将各种现代的设计计算技术、计算机制图技术、人工智能技术、技术经济分析技术等有机地结合起来,极大地激发设计人员的创造力,缩短产品的设计周期,提高产品的设计质量。汽车的 CAD 系统一般可以完成一个完整的汽车整车或零部件的设计过程,它包括:输入关键数据进行几何造型;利用多种计算和分析方法进行工程分析;从生产工艺的角度进行设计评价;按照设计完成的数据进行自动绘图。第 2 章主要介绍 CAD 技术在车身设计中的应用,包括传统车身设计流程、车身设计的特点、车身部件设计、车身骨架装配建模、客车外形色彩效果图的生成。

计算机辅助工程 CAE 以有限元设计方法为代表,大量地应用于汽车零部件的设计计算,以解决复杂形状零部件的整体变形和应力分布的分析计算问题,使得一些薄弱环节在图纸设计阶段就可以被发现并作适当的修改。目前在汽车设计中,有限元方法普遍地应用于车架和车身的强度计算、车架和车身的振动特性分析、车身的结构动态特性对车内噪声的影响分析等。另外,在发动机的曲轴和连杆、变速器的壳体和齿轮、车桥的壳体和齿轮、转向系的转向节臂、悬架系的钢板弹簧和导向装置、车轮的轮辋、制动系的制动毂和制动盘等一些形状复杂的重要零部件的应力和变形计算中,有限元方法也提供了有力的设计手段。第 3 章主要介绍汽车车架的静态分析、客货车车架动态特性分析、轿车底板及其骨架的有限元静动态分析、客车车身结构的有限元分析、柴油机曲轴静动态特性的有限元分析。

优化设计方法在数学规划法的基础上,随着计算机的发展而发展起来,它适用于影响因素众多、计算技术复杂的多种设计方案的选择。优化设计方法提供了一种选优的最佳路径,在路径中针对具体问题的计算方法可以是多种多样的。因而,有限元设计方法、可靠性设计方法以及传统的设计方法都可以与优化设计方法很好地结合而发挥更大的作用。汽车设计中的影响因素是非常多的,而且可供选择的设计方案也为数众多,加之计算比较复杂,所以采用优化设计方法,可以将传统的设计内容、现代的设计方法和现代的设计手段较好地结合起来,最大限度地协调

各种技术指标,使设计出的汽车尽可能满足出自多种角度考虑的设计要求。第4章主要介绍汽车车架参数的优化设计、冶金专用车车架优化设计、客车外摆式乘客门机构参数的优化、轻型货车制动性能优化设计、柴油机电控参数优化。

可靠性设计方法随着汽车结构和使用条件日趋复杂化而在汽车设计中得以应用并推广。与安全系数设计方法相比,建立在大量统计数据基础上的可靠性设计方法有较大的不同。它以概率论和数理统计为理论依据,利用应力-强度模型,对汽车零部件的寿命进行较精确的计算,从而在设计阶段就有可能合理地解决汽车零部件的强度与轻量化之间的矛盾。在零部件计算的基础上,可靠性设计方法还可将复杂系统模型化,既能进一步计算出汽车总成和整车的可靠性,又能将总成或整车的可靠性要求分解到各个零部件上。第5章主要介绍汽车零件的可靠性设计、汽车零部件可靠性设计算例、系统故障树分析、轻型客车的可靠性试验。

应用计算机模拟仿真方法研究汽车性能是最重要而且有效的方法之一,采用模拟原理和仿真技术,借助计算机可以用数学模型来研究汽车的各种性能,并用计算机仿真,用这种方法不仅可以分析系统在正常工况下的特性,而且还可以分析各种偏离正常工况下(包括损坏)系统的特性,如在危险场合下的试验,破坏性试验等。被研究的对象在数学描述的情况下,可以在计算机上经济、快速、精确的模拟计算与仿真,从而成功地代替时间长而昂贵的汽车道路试验和台架试验,因此汽车性能的计算机模拟与仿真的研究和应用越来越为人们所重视。第6章主要介绍汽车动力性计算、汽车最高车速的计算方法及参数灵敏度、汽车动力性和和经济性分析软件、汽车制动性软件开发、柴油机性能的神经网络建模。

车内噪声与路面激励、发动机和底盘噪声特性、汽车运行状态密切相关。由于车身的几何形状复杂,加之室内壁面敷贴的吸声材料产生对声能的吸收,使得用传统的复变函数等数学方法来分析车内噪声响应难以进行,研究人员在进行车内噪声改进过程中,为了取得比较满意的效果,往往要经过多轮“实验测试-改进”的过程。随着计算机技术的发展,产品的设计与改进正朝着减少试验次数,更多地依靠计算机进行仿真分析的方向发展。进行车内噪声设计改进时,通过计算机仿真分析,可以在设计阶段对车内噪声响应进行动态分析,既节省了大量的人力,又可缩短产品的研制周期,提高产品参与市场竞争的能力。第7章主要介绍车内噪声产生机理及构成、客车车内噪声有限元分析、客车车内噪声源识别、客车振动噪声的小波分析、吸声材料对车内声场影响。

汽车在行驶过程中,不仅承受静载(人、货等)的作用,同时受路面不平度的影响,因而不断受到随时间变化的激振力的作用,因此对汽车车架进行静态特性以及结构参数的优化等方面的分析,在汽车结构的综合设计中是必不可少的。第8章主要介绍汽车车架的动态分析、汽车车架的灵敏度分析和结构动力修改。

尽管现代汽车设计所采用的技术手段和设计方法与传统汽车设计所采用的技

术手段和设计方法相比有很大的不同,但万变不离其宗,一些基本的传统设计方法仍然是进行汽车设计的基础,尤其在我国的目前,无论是汽车技术的发展水平,还是汽车设计的技术手段,都尚未具备全面使用现代设计方法的良好条件,所以,还是大量地以传统的技术手段和设计方法为主进行基础性的汽车设计工作;从另一个方面来看,汽车设计的大多数现代设计方法也是在传统设计方法的基础上发展起来的。因此,在学习汽车设计的知识时,首先应该掌握最基本的传统设计方法,只有在这个基础上,才有可能进一步掌握和应用现代的一些汽车设计新方法。

1.3 车辆现代设计方法的意义与任务

作为车辆工程技术方面的高级专业人才,无论从事哪项具体工作,都会以不同的方式不同程度地涉及到产品设计与创新。实际上,很多从事管理工作的人员也会直接或间接地与产品的设计与创新发生联系。在我国加入 WTO 后,各方面的竞争都将更加激烈,没有优秀的产品设计和创新是难以在竞争中取胜的。这就要求所有相关人员了解现代设计方法及其在市场竞争中的作用,要求产品开发各个环节,尤其是设计与制造环节的工程技术人员熟练地掌握现代设计方法,以创造出综合性能优良的产品。

设计对于一个产品来说是万里长征的第一步,它不仅对产品的制造过程有重要影响,也对产品走向市场和产品的整个使用周期有重要影响。把好产品设计关,不仅可降低制造成本,保证产品使用性能和使用寿命,增强产品的市场竞争力,从而产生很好的经济效益,同时,优良的产品设计可降低制造与使用能耗,减少制造与使用过程对环境的负面影响,便于资源回收和再利用,有利于人类的可持续发展。此外,为了挖掘市场潜力,开拓新的消费市场,设计人员要以创新性思维发明新的产品或赋予产品以新的功能,以开拓新的经济增长点,增强企业乃至一个国家在经济全球化进程中的竞争力。

要使设计技术更好地在经济和社会发展中发挥积极作用,设计人员及相关工程技术人员必须熟练地掌握现代设计方法与理论,并学会在实践中灵活地运用这些方法与理论,只有这样才可能避免由于设计阶段的不足,甚至错误造成制造阶段成本高、周期长和产品使用中性能差、能耗大等缺陷,才有可能及时地把握创新的思想火花,创造出社会需要的综合性能优良的新产品,才能不断提高企业的竞争能力。现代设计方法大都以计算机技术为基础,并有不同层次的计算机应用软件来支撑,对大量的公式和推导死记硬背是没有必要的,也是不可取的。因此,学习现代设计方法最主要的任务是掌握其理论与原理,了解其作用与局限性,并学会用它来解决工程实际问题。

第 2 章 车辆计算机辅助设计 CAD

2.1 引言

CAD 是设计者在图形工作站(或微机)上,通过输入装置(键盘、鼠标器、数字化仪等)输入指令,交互式完成工作图形的设计、分析、计算、优化,在计算机屏幕上绘出图形,经增删、修改、编辑后,通过输出装置(绘图仪、打印机等)输出设计图和有关文件。CAD 能使设计者的构思、制图、方案比较、分析计算、优化等形成一体化,因而可以高速度、高质量地完成设计工作。CAD 改变了传统设计的人工绘图方式,使设计者从繁重的伏案工作状态下解放出来,增强了设计者的想像力、判断

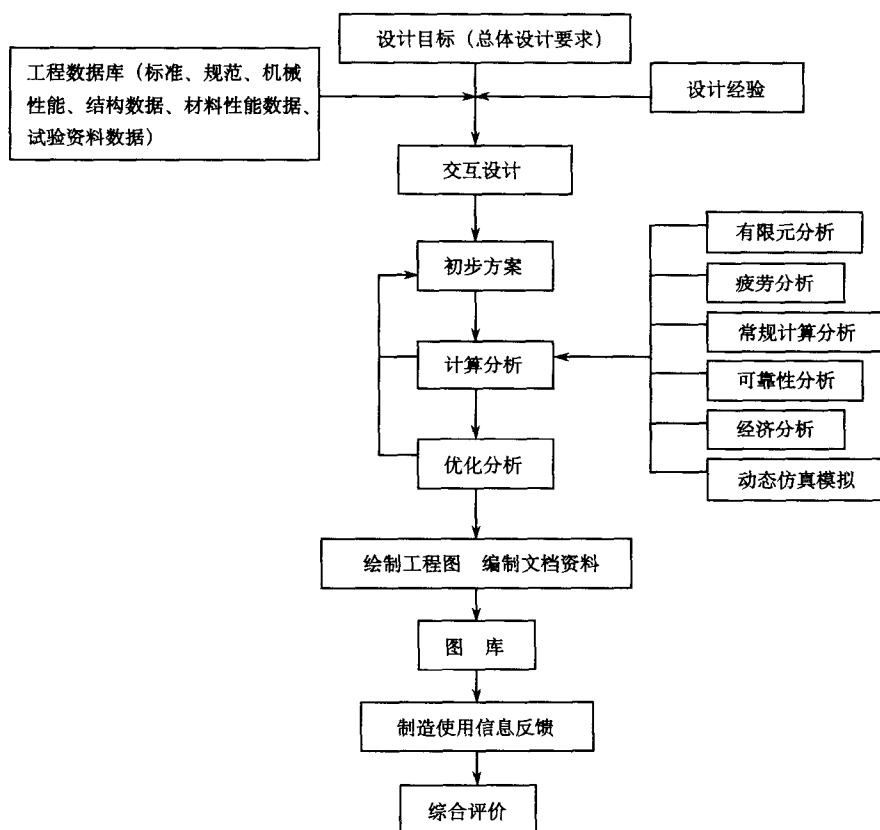


图 2.1 计算机辅助设计流程

力和创造力,从而提高了设计水平和质量。

CAD 应具备下列五大功能:

(1) 取得原始信息和数据:包括预测、信息分析、科学类比、系统分析、回归计算、取得设计对象的几个雏形;

(2) 设计:运用已积累的设计经验,运用联想法、逆向法、归纳法、类比法等思维逻辑,获得设计对象的几个设计方案;

(3) 分析、计算和决策:对简单结构进行力学分析计算,对复杂结构进行有限元分析,对动态特性进行动态分析,对具有明显优化效益的部分进行优化设计,对可靠性要求严格的部分进行可靠性分析与设计,对总体进行价值分析,确定经济—功能效益;

(4) 绘图、储存:通过对计算机绘制、修改、记录(储存)最终的设计对象图样和文档资料,用打印机或绘图仪输出工作图及技术文件;

(5) 综合评价:根据设计目标,用反馈的制造和使用信息,综合评价设计对象,为进一步改进设计做好原始信息及数据的准备。

图 2.1 为计算机辅助设计的流程。

2.2 CAD 技术在车身设计中的应用

2.2.1 传统车身设计流程

现代汽车工业日趋国际化,在汽车零部件几乎都在向“全球采购”方式发展的今天,作为新车型象征的车身,其设计与制造越来越成为汽车设计、制造中工作量最大、耗资最多的部分,也越来越成为生产和销售的关键。车身研制与生产技术的水平是汽车工业技术水平的重要标志,车身工程已成为汽车工业中发展最迅速且最具活力的分支之一。

1. 车身设计的特点

一般的机械零件的外形通常是比较规则的,可以由初等解析曲面来表示,并可以用画法几何和机械制图清楚地表达和传递它们的形状信息,而车身壳体则是由许多具有空间曲面外形的大型覆盖件所组成,这类形状一般不能用画法几何和机械制图清楚完整地表达出来,这给设计者对设计思想的描述带来了较大的困难,更为以后的制造过程带来困难。

2. 传统的车身设计方法及其缺点

一种传统的车身设计流程如图 2.2 所示。由于该过程的大部分阶段都是由手工完成,在设计精度、设计效率及经济性方面都存在不少缺点:

(1) 所需的人力、物力和财力比较大,设计周期长,需要手工制作许多实物模型;

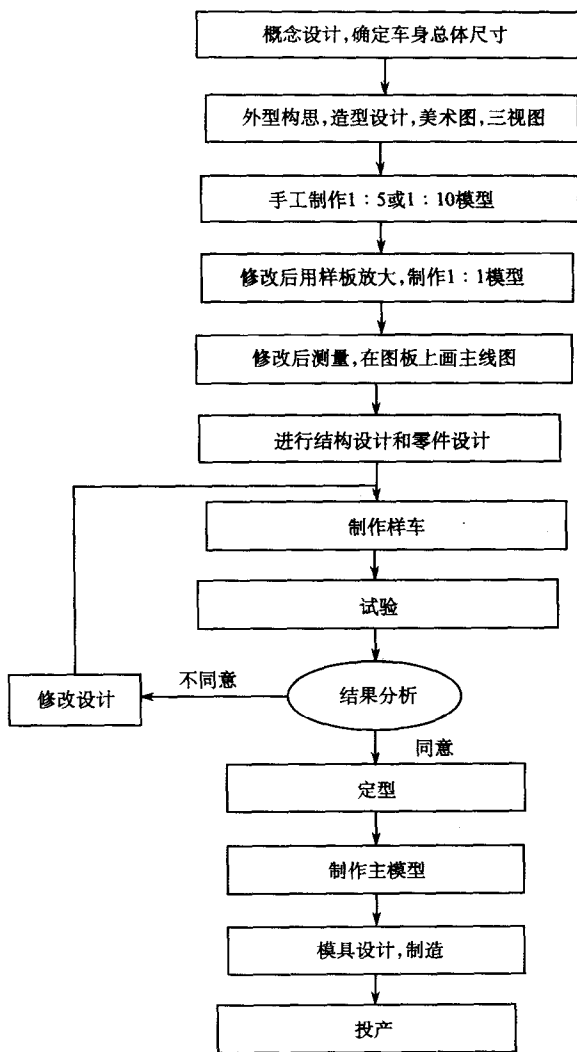


图 2.2 一种传统车身设计流程示意图

(2) 误差较大,各设计阶段之间的数据传递过程复杂且不准确,设计精度不能保证;

(3) 用二维图纸和三维模型相结合的方式不易于清楚地表达车身曲面;

(4) 车身定型过早,若是在定型点的后续设计中发现有重大的缺陷必须修改原设计(而出现这种情况的机会是相当多的),带来相当大的浪费;

(5) 不具备将设计项目横向展开进行并行工程的有效手段,不能尽早地对车

辆的综合性能作出分析评估,不能把设计置于各项功能目标明确的作业环境中。

基于上述原因,目前在技术先进的国外汽车行业,CAD 技术已被广泛应用,成为汽车车身设计领域使用的常规实用技术。

2.2.2 CAD 技术在车身设计中的应用

计算机辅助设计技术源于航空工业和汽车工业。最早进入汽车设计领域的是 1966 年美国通用汽车公司(GM)的 DAC-1(Design Augmented by Computer-1)。现在,世界上较大的汽车公司都已普遍采用 CAD 系统进行车身的三维设计(如内外覆盖件的曲面结构设计)以及发动机、底盘、车身三者间的大装配设计,零部件结构设计,并自动生成零件物料清单(BOM)、设计计算书、设计说明书等设计技术文件。各大汽车制造公司都拥有自己庞大的车身开发队伍,而且不惜投入巨额资金,建立先进的实验中心,开发或引进专门的软件进行车身设计。

国内从 20 世纪 70 年代起开始将计算机应用于汽车的结构计算,20 世纪 80 年代初开始开发车身外形设计软件,现在有不少研究机构进行车身 CAD 软件方面的研究。如交通部重庆公路研究所开发了一套客车 CAD 系统,其中的车身设计子系统能完成骨架结构预生成、骨架结构交互式设计及绘图、底架结构交互设计与绘图、车身结构合成和车身结构分析五项功能。吉林大学车身系针对车身造型研制了一套 ABMS 系统,该系统具有复杂自由曲线和曲面的几何造型能力。由于 CAD 技术在车身设计领域有着巨大的潜力,许多大型的 CAD/CAM 公司在设计新的软件或修改它们的已有软件以适应车身设计的需要。目前国内较大的汽车生产厂也都引进了先进的工作站及大型 CAD 软件用来进行车身设计。如一汽集团目前已引进多台 SGI 工作站及多种 CAD 软件,在网络环境下进行车身开发,其 JETTA-A2、小红旗等新车型的车身设计都在工作站上进行;二汽、上海大众及天津夏利等公司也投入大量资金和人力进行车身 CAD 方面的技术引进和消化吸收。如今在世界的车身设计领域应用较多的 CAD/CAM 软件包有美国 ALIAS 公司的 Autostudio、IBM 公司的子公司 Dassault 的 CATIA、ComputerVision 公司的 CADDS 5、EDS 公司的 UG II、参数技术(PTC)公司的 PRO/Engineer 及 Matra Datavision 公司的 EUCLID、STRIM 等。这些软件都属于通用机械设计软件,具有较强的曲面设计(surface modeling)、参数化设计(parametric modeling)或混合设计(hybrid modeling)功能,并能支持机械制造的全过程,即设计建模、工程分析、加工制造。有些甚至能较好地支持车身设计的最初阶段,即概念设计(concept design)阶段(如 autostudio),并通过一定的手段将其和建模阶段结合起来,将平面设计转换为三维模型。但它们毕竟大多不是专门用于车身设计的软件,因而对车身设计过程某些方面的支持缺乏足够的功能和灵活性。

在车身 CAD 中,设计数据管理越来越显示出其重要性,而且也越来越受到重

视。福特公司利用工程数据库进行概念设计、结构设计、结构分析,并进行技术档案及生产过程的管理。其他大汽车公司车身 CAD 系统也都利用工程数据库进行数据交换和信息传递,保持数据的一致性。

2.2.3 现代车身设计

1. 现代车身设计的流程

现代车身设计是指用现代的设计方法进行汽车车身的改进和设计,其最显著的特征是在计算机中建立三维模型,并以此作为各个设计阶段的依据。现代车身设计流程(针对新车型而言)大致可分为如下 6 个阶段:

- (1) 车型决策阶段;
- (2) 创意阶段;
- (3) 车身外表面建模阶段;
- (4) 车身产品建模与分析阶段;
- (5) 主模型加工与车身详细设计阶段;
- (6) 工艺设计阶段。

整个现代车身设计过程都应能得到车身 CAD 数据库/知识库的支持。图 2.3 是一种计算机辅助车身设计的流程(根据不同的具体情况可能有不同的流程)。一般来说,在进行新车设计之前,首先要进行车型决策,据此制定设计任务书,绘制草图。接下来便要进行外形设计,方法有两种,一种是造型设计,一种是仿形设计。造型设计是在车身外形概念设计阶段,根据设计任务书的要求,在明确产品开发所需要的造型风格、美学特点及空气动力学特性的基础上,由造型师直接利用计算机辅助设计系统对车身表面进行几何设计,产生车身的三维几何模型。仿形设计则是在概念设计阶段仍然按照传统的手工作法,根据方案选择和总布置产生的参数和约束进行车身外形的艺术设计,获得一个车身外形的实物模型,然后对模型(或样车)进行测量,得到代表车身曲线曲面形状的离散点集,运用这些离散点对车身表面进行计算机辅助几何设计,建立起计算机内逼近于真实模型的三维几何模型。后一种方法目前比较成熟,应用也比较广泛。

车身外表面三维数学模型产生之后,便可以进行计算机辅助空气动力学分析和软材料模型的加工。模型通过评审后可以在计算机内进一步建立产品模型(描述功能和属性),并在此基础上进行一系列的性能分析,包括人体工程分析(总布置)、结构强度分析、干涉检验、技术经济性分析等。对这些参数进行综合评价作出定型决策后可以进行样车试验、主模型加工和车身工程设计,包括车身所有零件、附件的设计以及有关模具、夹具的设计等。车身 CAD 的全过程(甚至包括后续的分析、加工及工艺设计等阶段)都是在数据库和知识库的支持下进行的。

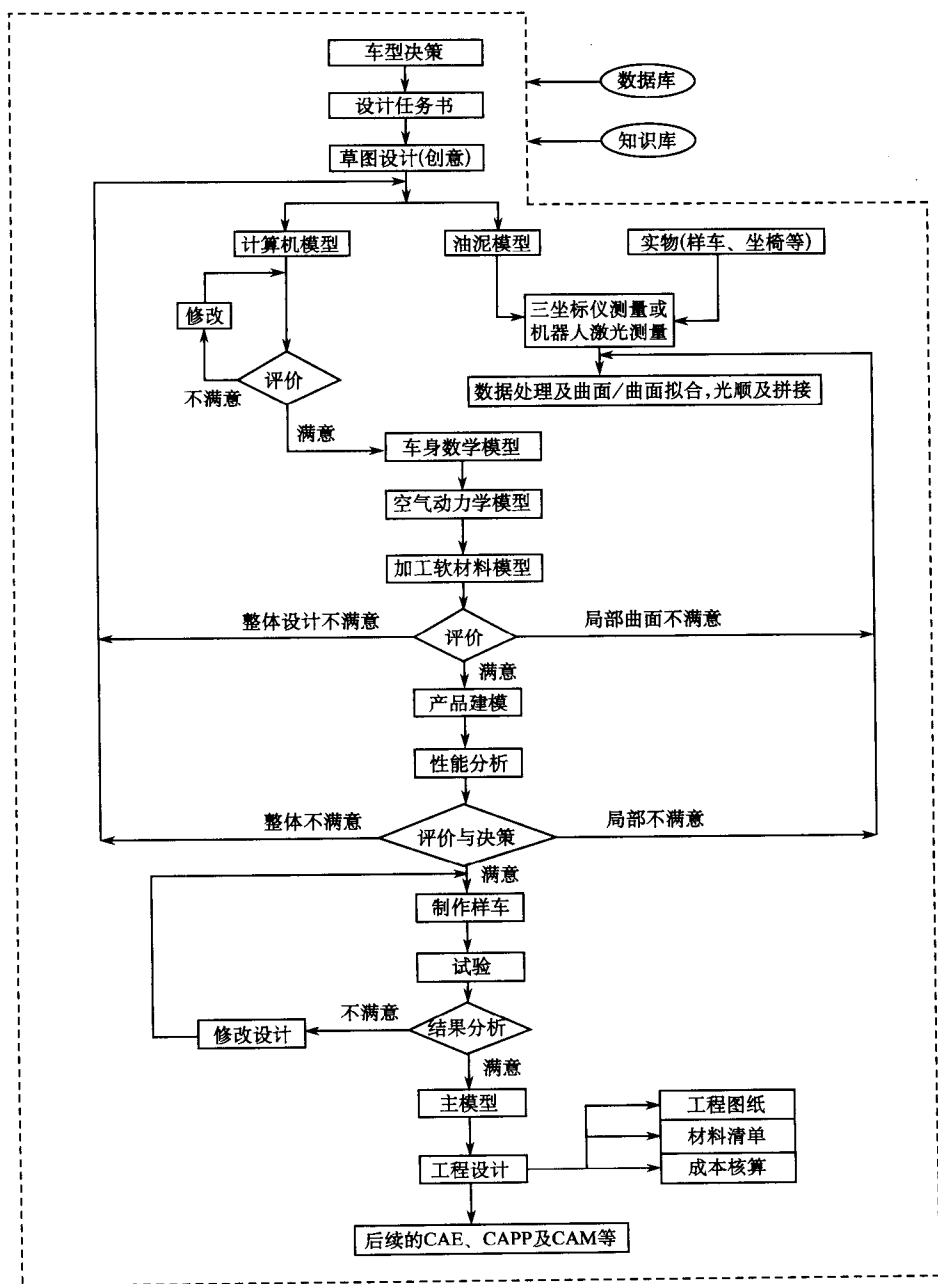


图 2.3 一种车身 CAD 流程