

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

CATIA V5 R21三维数字化建模 与动态仿真基础教程

齐从谦 王士兰 编著



清华大学出版社

013028364

TB472-39
281

21世纪高等学校规划教材



CATIA V5 R21三维数字化建模 与动态仿真基础教程

齐从谦 王士兰 编著



北航

C1635060

清华大学出版社
北京

TB472-39
281

内 容 简 介

本书以 CATIA V5 R21 中文版为蓝本,按照该软件各功能模块的逻辑关系对其主要功能进行系统化的组织,以 PLM 的思想及特征和参数化技术引领并贯穿各章内容,针对具体的特征、零件和产品的创建及数值仿真过程,进行深入细致的介绍。内容由浅入深,由简到繁,强调系统性、直观性和实践性。

全书分为 CATIA V5 R21 软件概览、CATIA V5 R21 特征与参数化建模、CATIA V5 R21 典型零件设计、CATIA V5 R21 曲面设计、CATIA V5 R21 工业民用产品创新设计、CATIA V5 R21 产品装配设计、CATIA V5 R21 机构运动仿真及 CATIA V5 R21 结构有限元分析等 8 章,各章节内容均包含大量来自实践的工程设计案例,以帮助读者理清思路,掌握诀窍,举一反三,熟练应用。本书重点是对 CATIA V5 R21 的三维数字化建模功能及使用过程中容易造成失误的很多细节做了细致入微的阐述,同时还对 CATIA V5 R21 的自由曲面建模、装配体建模、机构运动仿真及结构有限元分析等功能做了较为详尽的介绍。全书内容充实,重点突出,特色鲜明,书中具体内容和实例特为高等学校工科类机械设计制造及其自动化、机电一体化、模具设计与制造、汽车工程、工业工程、工业设计、动力工程、电力电子、航空航天等专业及艺术类数码艺术设计、工艺美术设计、产品外型设计等专业的广大学生和教师度身定做。可以作为上述各类专业的教学用书,也可以作为机电类、艺术类职业技术培训教材以及广大工程技术人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

CATIA V5 R21 三维数字化建模与动态仿真基础教程/齐从谦,王士兰编著.

—北京:清华大学出版社,2013.4

21 世纪高等学校规划教材·计算机应用

ISBN 978-7-302-30387-9

I. ①C… II. ①齐… ②王… III. ①工业产品—计算机辅助设计—应用软件—高等学校—教材

IV. ①TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 242815 号

责任编辑:闫红梅 赵晓宁

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:21.5

字 数:538 千字

版 次:2013 年 4 月第 1 版

印 次:2013 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00 元

产品编号:045599-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和教学方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人: 魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

法国 Dassult System(达索系统)公司最新发布的 CATIA V5 R21 是国际上最著名的 CAD/CAE/CAM 软件之一,在机械、汽车、模具、航空航天和消费类电子产品等设计、制造企业中得到了极为广泛的应用,极大地提高了用户的设计、制造能力和水平。CATIA V5 在中国的高端 CAD/CAM 市场占有很大的份额,是中国应用最为广泛的高端 CAD/CAM 产品之一。

CATIA V5 R21 基于特征技术和参数化技术,支持三维建模、零部件设计、装配设计、动态仿真、结构分析和零件数控加工,是产品设计师、机械工程师和高校师生最好的帮手。随着我国汽车、船舶、航空航天等制造业及其他领域的飞速发展,越来越多的企业和工程技术人员迫切需要更快更好地使用 CATIA V5 软件来进行设计、分析和制造各种类型的产品。熟练掌握 CATIA V5 R21 的应用,必将给设计者和广大企业带来极大的便利和实惠,帮助设计人员创造更好的业绩。

Dassult System 公司的 CATIA V5 软件的最新版本是 CATIA V5 R21,在操作界面上完全采用 Windows 风格并做出了创新性的改进,在操作过程中更符合设计者的逻辑思维过程,在操作命令方面更凸显其“集成、简约、直观、灵活、方便”的特色,从而有利于提高设计效率 and 设计质量。

然而,毕竟 CATIA V5 R21 是一个相当复杂的、专业化的软件系统,在建模和高级仿真过程中往往需要在多个“工作台”之间进行频繁切换,对初学者和入门者来说,CATIA V5 R21 又显得十分神秘。

本书以 CATIA V5 R21 中文版为蓝本,结合编著者 30 余年来从事 CAD/CAE/CAM 教学与科学研究经验进行编写,书中包含了编著者近年来的多项科研成果。书中内容按照 CATIA V5 R21 软件各工作台之间的逻辑关系进行系统化的组织;以 PLM 的思想及特征和参数化技术引领并贯穿于始终;注重机械原理、机械设计、机制工艺及机械加工等多方面知识的融合,比较全面地论述了 CATIA V5 R21 的强大功能,并针对具体的特征、零件和产品的创建和高级仿真过程,进行深入细致的介绍。全书内容由浅入深,由简到繁,强调系统性和直观性,重点是对 CATIA V5 R21 的三维数字化建模功能及使用过程中容易造成失误的诸多细节做了细致入微的阐述,同时还对 CATIA V5 R21 的自由曲面建模、装配体建模、机构运动仿真及结构有限元分析等功能做了较为详尽的介绍。各章节均列举了大量来自机械、汽车、发动机设计制造行业及民用产品的工程设计实践案例,特别是在解决问题的方式方法上注重对学生能力的培养,以帮助读者明确设计意图,理清设计思路,掌握设计诀窍,举一反三,灵活应用。

全书共分为 8 章,各章的主要内容如下:

第 1 章 CATIA V5 R21 软件概览,介绍 CATIA V5 R21 软件的演变和发展沿革及其所涵盖的主要子模块功能,CATIA V5 R21 的工作环境和工作界面,还介绍使用 CATIA V5

R21 进行建模和仿真操作的要领和技巧以及所要用到的一些基本工具和辅助工具。

第 2 章 CATIA V5 R21 特征与参数化建模,介绍使用 CATIA V5 R21 进行草绘、尺寸参数标注、修改及约束的方法,讲解进行“凸台”、“旋转”、“扫掠”、“实体混合”、“多截面实体”等特征建模的基本方法,是开展数字化设计的基础。

第 3 章 CATIA V5 R21 典型零件设计,讲解如何采用 CATIA V5 R21 的最新功能和基于三维特征和参数化建模理论设计典型零件和常用零件方法和技巧。这是利用 CATIA V5 R21 软件进行 CAD 的核心,是开展数字化设计的基本手段。

第 4 章 CATIA V5 R21 曲面设计,重点介绍 CATIA V5 R21 关于曲面建模的各种方法,如何创建自由特征数字化模型,自由式曲面建模的新功能,对于工业民用产品的外形设计、复杂型面的设计具有重要的指导意义。

第 5 章 CATIA V5 R21 工业民用产品创新设计,通过来自实践的工业和民用产品设计实例展示出了 CATIA V5 R21 的巨大功能和创新设计思想。

第 6 章 CATIA V5 R21 产品装配设计,介绍产品整机装配设计的方法。系统地论述了产品装配设计的过程和要点。

第 7 章 CATIA V5 R21 机构运动仿真,以 V6 发动机曲轴、连杆、活塞机构总成和汽车差速机构为例重点介绍 CATIA V5 R21 进行机构运动仿真的方法和技巧。

第 8 章 CATIA V5 R21 结构有限元分析,着重讲解 CATIA V5 R21 的工程分析(CAE)模块的重要功能——结构的有限元仿真。

本书内容充实、全面,组织编排合理。书中内容曾作为校内自编教材并以多媒体课堂教学形式多次在本科生教学、课程设计和职业培训中使用,反映效果很好。本书配有一套资料,其中含有各章讲解和创建的实例及若干视频文件(AVI 格式),读者可在清华大学网站上下载,以便上机演练时参考使用。

本书由齐从谦(上海师范大学天华学院)和王士兰(同济大学)共同编著。齐从谦完成第 1、第 3、第 5~第 8 章内容的编写及全书各章习题的编写;王士兰完成第 2 章和第 4 章内容的编写。最后由齐从谦对全书内容进行统稿。

本书内容充实,重点突出,特色鲜明,书中具体内容和实例特为高等学校工科类机械设计制造及其自动化、机电一体化、模具设计与制造、汽车工程、工业工程、工业设计、动力工程、电力电子、航空航天等专业及艺术类数码艺术设计、工艺美术设计、产品外型设计等专业的广大学生和教师度身定做。可以作为上述各类专业的教学用书,也可以作为机电类、艺术类职业技术培训教材以及机电行业广大工程技术人员的参考用书。

由于编著者水平有限,加之 CATIA V5 R21 本身就是一套博大精深的应用软件,书中难免有错误和疏漏之处,敬请各校师生及广大读者给予批评指正。

编 者

2012 年 9 月

目 录

第 1 章 CATIA V5 系统概览	1
1.1 CATIA V5 简介	1
1.1.1 CATIA V5 主要功能特色	1
1.1.2 CATIA 发展简史	3
1.1.3 CATIA 的行业应用概况	5
1.2 CATIA V5 用户界面及环境设置	8
1.2.1 CATIA V5 R21 的用户界面	8
1.2.2 CATIA V5 R21 工作环境设置	14
1.3 其他辅助工具及操作技巧	16
1.3.1 建模基准	16
1.3.2 三维动态罗盘——指南针	20
1.3.3 图形属性、层与可视化过滤器	22
习题 1	25
第 2 章 CATIA V5 R21 特征与参数化建模	27
2.1 特征与参数化建模简介	27
2.1.1 特征技术	27
2.1.2 参数化技术	28
2.2 草图	29
2.2.1 草图功能简介	29
2.2.2 草图综合举例	38
2.3 三维特征与参数化建模的基本方法	43
2.3.1 凸台/凹槽——拉伸特征	44
2.3.2 旋转体/旋转沟槽——旋转特征	47
2.3.3 孔特征	48
2.3.4 扫掠实体/扫掠槽——扫掠特征	50
2.3.5 加强肋——肋特征	51
2.3.6 混合成形——混合特征	51
2.3.7 多截面实体/多截面减料成形	52
2.4 特征的修饰和变换——工艺特征	55
2.4.1 修饰特征	55
2.4.2 特征变换(Feature Transformation)	63

2.5 特征和实体的布尔操作	69
2.5.1 与实体有关的操作	69
2.5.2 布尔操作(Boolean Operations)	71
习题 2	75
第 3 章 CATIA V5 R21 典型零件设计	78
3.1 轴/杆类零件设计	78
3.1.1 轴/杆类零件的设计特点	78
3.1.2 阶梯轴的创建	79
3.1.3 蜗杆轴设计	80
3.1.4 花键轴的设计	83
3.1.5 V6 发动机曲轴设计	84
3.1.6 螺杆设计	87
3.1.7 发动机气门挺杆设计	88
3.1.8 发动机连杆及连杆盖设计	89
3.2 盘类零件设计	91
3.2.1 盘类零件的设计特点	91
3.2.2 轴承盖设计	92
3.2.3 带轮设计	92
3.2.4 同步齿形带轮设计	94
3.2.5 凸轮设计	96
3.3 齿轮和蜗轮的设计	100
3.3.1 标准直齿圆柱齿轮设计	100
3.3.2 斜齿圆柱齿轮设计	106
3.3.3 直齿圆锥齿轮设计	112
3.3.4 弧齿锥齿轮的设计	116
3.3.5 蜗轮设计	122
3.4 箱体/壳体/腔体类零件设计	125
3.4.1 四缸内燃机配汽机构凸轮箱设计	125
3.4.2 汽车差速器行星齿轮室(腔体)设计	128
习题 3	130
第 4 章 CATIA V5 R21 曲面和外形设计	133
4.1 线框和曲面设计环境下的曲面建模	133
4.1.1 线框和曲面建模的基本方法	133
4.1.2 线框和曲面设计中的曲面操作	136
4.2 自由曲面和外形设计	141
4.2.1 自由曲线设计	142
4.2.2 自由曲面设计	148

4.3	曲线、曲面的形状编辑	157
4.3.1	曲线的编辑	157
4.3.2	曲面的编辑	160
4.4	想象与塑型	168
4.4.1	“想象与塑型”工作台操作要领	168
4.4.2	拉力器手柄的创建	173
4.4.3	汽车后视镜壳体的创建	174
4.5	曲面应用综合实例	177
4.5.1	3张曲面片构造微波炉旋钮	177
4.5.2	曲顶式花瓶的外形设计	180
4.5.3	矿泉水瓶底造型	183
习题 4		186

第 5 章 CATIA V5 R21 工业民用产品创新设计 188

5.1	十字推力杆车桥悬架设计	188
5.1.1	十字推力杆车桥悬架的结构特点	188
5.1.2	创建基准面和草图	189
5.1.3	创建多截面曲面和旋转曲面	190
5.1.4	实体操作	192
5.2	航空齿轮轴创新设计	193
5.2.1	航空齿轮轴的结构特点	193
5.2.2	创建航空齿轮轴毛坯	194
5.2.3	创建航空齿轮轴上的标准圆柱齿轮	195
5.2.4	创建航空齿轮轴上的锥齿轮	197
5.3	新款光电鼠标及主要零件设计	199
5.3.1	新款鼠标特征和结构造型分析	200
5.3.2	创建新型光电鼠标毛坯	200
5.3.3	创建鼠标主体部分	202
5.3.4	创建鼠标右半部分	206
5.3.5	创建电池舱盖	208
5.3.6	创建鼠标中键滚轮	208
5.4	新款汽车方向盘的设计	209
5.4.1	方向盘中部实体设计	210
5.4.2	创建左右两侧抓手	210
5.4.3	创建方向盘外环及底部指痕	212
5.5	中国传统手壶的创新设计	215
5.5.1	壶体设计	215
5.5.2	壶盖设计	219
习题 5		220

第 6 章 CATIA V5 R21 产品装配设计	222
6.1 装配设计综述	222
6.1.1 产品装配模型的层次结构	222
6.1.2 虚拟装配技术的优点和过程	223
6.1.3 CATIA 装配设计基本工具	224
6.2 光电鼠标外壳的装配设计	228
6.2.1 光电鼠标外壳总成	228
6.2.2 光电鼠标底部组件装配	229
6.2.3 鼠标外壳顶盖组件的装配	231
6.2.4 鼠标外壳组件的总体装配	232
6.2.5 组件装配的分解	233
6.3 V6 发动机曲轴、连杆、活塞机构总成装配设计	234
6.3.1 V6 发动机曲轴、连杆、活塞机构的特点	234
6.3.2 装配连杆子装配件	236
6.3.3 装配活塞子装配件	236
6.3.4 曲轴、连杆、活塞机构总成装配	237
6.4 汽车差速器机构总成装配设计	240
6.4.1 差速机构总成装配思路	240
6.4.2 差速壳子组件的装配	242
6.4.3 驱动半轴子组件的装配	245
6.4.4 驱动桥壳子组件的装配	248
6.4.5 差速器组件的总装配	249
习题 6	254
第 7 章 CATIA V5 R21 机构运动仿真	256
7.1 CATIA V5 R21 运动仿真概述	256
7.1.1 机构运动仿真的意义	256
7.1.2 CATIA V5 R21 的机构运动仿真环境	257
7.1.3 机构运动仿真基础知识	259
7.1.4 机构运动仿真的流程	262
7.2 V6 发动机曲轴、连杆、活塞机构总成运动仿真	266
7.2.1 V6 发动机曲轴、连杆、活塞机构总成运动仿真前处理	266
7.2.2 V6 发动机曲轴、连杆、活塞总成机构运动模拟	269
7.3 汽车差速机构运动仿真分析	278
7.3.1 汽车差速器的基本原理及连接关系	278
7.3.2 主减速器运动仿真	280
7.3.3 差速轮系的装配及运动副连接	282
7.3.4 差速机构总成的运动仿真	284

习题 7	291
第 8 章 CATIA V5 R21 结构有限元分析	293
8.1 有限元分析的基础知识	293
8.1.1 有限元分析简介	293
8.1.2 有限单元法及其基本术语	294
8.1.3 有限元分析的基本流程和应用领域	295
8.2 CATIA V5 R21 有限元仿真环境和工具	297
8.2.1 CATIA V5 R21 有限元仿真环境	297
8.2.2 CATIA V5 R21 有限元仿真的主要工具	298
8.3 CATIA V5 R21 有限元仿真分析步骤	301
8.3.1 有限元仿真分析的前处理	301
8.3.2 有限元分析的解算	303
8.3.3 有限元分析的后处理	304
8.4 有限元仿真分析实例	307
8.4.1 发动机连杆的有限元仿真分析	307
8.4.2 发动机活塞的静态仿真分析	319
8.4.3 发动机活塞的频率分析和屈曲分析	323
习题 8	329
参考文献	330

第

1 章

CATIA V5系统概览

1.1 CATIA V5 简介

1.1.1 CATIA V5 主要功能特色

CATIA(Computer Aided Tri-Dimensional Interface Application)软件系统是法国达索公司开发的现代制造业旗舰级解决方案。作为 PLM 协同解决方案的一个重要组成部分, CATIA 可以帮助制造厂商设计他们未来的产品,并支持从项目前阶段、具体的设计、分析、模拟、组装到维护在内的全部工业设计流程。通过使企业能够重用产品设计知识,缩短开发周期, CATIA 解决方案大大地加快了企业对市场需求的反应。自 1999 年以来,市场上广泛采用 CATIA 的数字样机流程,从而使之成为世界上最常用的产品开发系统。

CATIA 系列产品已经在汽车、航空航天、船舶制造、厂房设计、电力与电子、消费品和通用机械制造 7 大领域里成为首要的 3D 设计和模拟解决方案。

模块化的 CATIA 系列产品旨在满足客户在产品开发活动中的需要,包括样式和外型设计、机械设计、设备与系统工程、管理数字样机、机械加工、分析和模拟。

1. CATIA 先进的交互式建模技术

先进的交互式建模技术是 CATIA 软件的基本特色之一。这种先进的设计方法得益于 CATIA 的多重设计平台工作环境,其中包括机械设计工作平台(包括零件设计、装配设计、工程制图、线框与曲面设计等模块)、外形设计工作平台(包括自由样式设计、创成式外形设计、汽车 A 级曲面设计等模块)、工程分析与仿真工作平台(包括动态仿真、有限元静态分析、动态分析、模态分析等模块)、NC 加工平台(包括各类切削加工、快速原型制造等模块)、人机工程学设计与分析和知识工程模块等。依托上述各种工作平台, CATIA 能实现全方位的交互式建模和产品的并行设计开发,主要体现在如下几个方面:

(1) 设计对象的交互式建模。在 CATIA 的设计环境中,无论是实体还是曲面,做到了真正的交互操作:对待同一个设计对象,可以非常方便地切换到各个不同的设计平台以充分发挥每个功能模块的特色和强项,从而达到更为完美的设计效果。

(2) 变量和参数化交互式建模。在开始设计时,设计者不必考虑如何参数化设计目标, CATIA 提供了强大的变量驱动及后参数化能力来实现设计目标的参数化。

(3) 几何和智能工程交互式建模。一个企业可以将它多年的经验积累到 CATIA 的知识库中,用于指导本企业的新手,或指导新产品的开发,加快新型号产品推向市场的时间。

2. CATIA 灵活的可修改性

CATIA 具有在整个产品周期内的方便的修改能力,尤其是后期的可修改性。无论是实体建模还是曲面造型,由于 CATIA 提供了智能化的树结构,用户可方便快捷地对产品进行重复修改,即使是在设计的最后阶段需要做重大的修改,或者是对原有方案的更新换代,对于 CATIA 来说都是非常容易和便捷的。

3. CATIA 的所有模块具有全相关性

CATIA 的各个模块基于统一的数据平台,因此 CATIA 的各个模块存在着真正的全相关性,三维模型的修改能完全体现在二维,以及有限元分析、模具和数控加工程序中。

4. 并行工程的设计环境

CATIA 提供的多模型链接的工作环境及交互式建模方式,使得并行工程设计模式已不再是新鲜的概念,总体设计部门只要将基本的结构尺寸发放出去,各分系统的人员便可开始工作,既可协同工作,又不互相牵连。由于模型之间的相互关联性,使得上游设计结果可作为下游的参考,同时上游对设计的修改能直接影响到下游工作的刷新。实现真正的并行工程设计环境使得设计周期大大缩短。

5. 产品开发过程全覆盖

CATIA 提供了完备的设计能力,将覆盖产品开发的整个过程:从产品的概念设计到最终产品的形成,以其精确可靠的解决方案提供了完整的 2D、3D、参数化混合建模及数据管理手段,从单个零件的设计到最终数字化样机的建立。同时,作为一个完全集成化的软件系统,CATIA 将机械设计、工程分析及仿真、数控加工和 CATweb 网络应用解决方案有机地结合在一起,为用户提供严密的无纸工作环境,特别是 CATIA 中针对汽车、摩托车业的专用模块,使 CATIA 拥有了最宽广的专业覆盖面,从而帮助客户达到缩短设计生产周期、提高产品质量及降低费用的目的。

6. CATIA 拥有远远强于其竞争对手的曲面设计模块

1) 创成式造型设计(Generic Shape Design,GSD)

这是一整套非常完整的曲线操作工具和最基础的曲面构造工具,除了可以完成所有曲线操作以外,还可以完成拉伸、旋转、扫描、边界填补、桥接、修补碎片、拼接、凸点、裁剪、光顺、投影和高级投影、倒角等功能,连续性最高达到 G2,生成封闭片体容积,从而可以轻而易举地实现三维 CAD 中的曲面造型功能。

2) 自由风格造型(Free Style Surface,FSS)

CATIA 的自由风格造型能够做到几乎完全非参的自由形式曲面。除了包括 GSD 中的所有功能以外,还可完成诸如曲面控制点(可实现多曲面到整个产品外形同步调整控制点、变形),自由约束边界,去除参数,达到汽车 A 面标准的曲面桥接、倒角、光顺等功能,所有命

令都可以非常轻松的达到 G2。凭借 GSD 和 FSS, CATIA 曲面功能已经超越了所有 CAD 软件,甚至同为汽车行业竞争对手的 SIEMENS NX。

3) 汽车 A 级曲面(Automotive Class A, ACA)

汽车 A 级曲面同样也是完全非参数化的,此模块提供了强大的曲线曲面编辑功能和无比强大的一键曲面光顺功能。几乎所有命令都可达到 G3,而且不破坏原有光顺外形。可实现多曲面甚至整个产品外形的同步曲面操作(控制点拖动、光顺和倒角等)。对于像丰田等公司那样对 A 级曲面近乎疯狂(全 G3 连续等)的要求均可应付自如。目前只有纯造型软件,比如 Alias, Rinho 可以达到这个高度,却达不到 CATIA 的高精度。

4) 自由风格草绘(Free Style Sketch Tracer, FST)

自由风格草图绘制功能可参照产品的三视图或照片描出基本外形曲线。

5) 数字曲面编辑器(Digitized Shape Editor, DSE)

数字曲面编辑器可根据输入的点云数据,进行采样,编辑,裁剪,以达到最接近产品外形的要求,可生成高质量的网格(mesh)小三角片体,并且也能做到完全非参。

6) 快速曲面重构(Quick Surface Reconstruction)

根据输入的点云数据或者网格化之后的小三角片体,提供各种方式生成曲线,以供曲面造型,并做到完全非参。

7) 外形雕刻(Shape Sculpter)

外形雕刻编辑功能可以对小三角片体进行各种操作,功能几乎强大到与 CATIA 曲面操作相同,且完全非参。

8) 汽车白车身扣件(Automotive BIW Fastening)

在汽车白车身设计过程中,汽车白车身扣件功能可提供各钣金件之间的焊接方式和焊接几何尺寸。

9) 想象与塑型(Imagine & Shape)

这是一个极具创意和灵活性的复杂型面造型工具,可以像美工师揉捏橡皮泥那样将一个球状或圆柱状的基形随意拖动、拉伸、扭转、揉捏来构造产品外形,还能以增加新的基型等方式来达到更复杂、更理想地设计外形。可以极其快速地完成产品外形概念设计。鉴于该功能是在数字化环境下实现的,笔者称其为“数字化油泥”。

10) 复原助手(Healing Assistant)

这也是一个极其强大的曲面缝补工具,可以将各种破面缺陷自动找出并进行缝补。

1.1.2 CATIA 发展简史

1. CATIA 的诞生

CATIA 是法国 Dassault System 公司旗下的 CAD/CAE/CAM 一体化软件。Dassault System 成立于 1981 年,在 20 世纪 80 年代 Dassault Aviation 成为其第一个用户,Dassault Aviation 是世界上著名的航空航天企业,其产品以幻影 2000 和阵风战斗机最为著名。

从 1982 年到 1988 年,CATIA 相继发布了 V1 版本、V2 版本和 V3 版本,并于 1993 年发布了应用于 UNIX 平台、功能强大的 V4 版本。20 世纪末又推出了基于计算机平台的 V5 版本,V5 版本应用于 UNIX 和 Windows 两种平台。进入 21 世纪以来,随着网络应用平

台的迅速普及,Dassault System 公司又于 2009 年推出基于网络平台和服务架构的 V6 2009 版本。现在的 CATIA 软件主要已形成 V5 和 V6 两个版本系列并存的应用格局。

CATIA 如今在 CAD/CAE/CAM 以及 PDM 领域内的高端软件和领导地位已得到世界范围内的承认,并广泛应用于航空航天、汽车制造、造船、机械制造、电子/电器、消费品行业,它的集成解决方案覆盖所有的产品设计与制造领域,其特有的 DMU 数组化样机模块功能及混合建模技术更是推动着企业竞争力和生产力的提高。

CATIA 所提供的企业解决方案,迎合所有工业领域的大、中、小型企业的需要。包括从大型的波音 747 飞机、火箭发动机到化妆品的包装盒,几乎涵盖了所有的制造业产品。在世界上有超过 13 000 的用户选择了 CATIA。CATIA 源于航空航天业,但其强大的功能已得到各行业的认可,在欧洲汽车业,CATIA 已成为事实上的标准。CATIA 的著名用户包括波音、克莱斯勒、宝马和奔驰等一大批知名企业。其用户群体在世界制造业中具有举足轻重的地位。波音飞机公司使用 CATIA 完成了整个波音 777 的虚拟数字化装配,创造了业界的一个伟大奇迹——无纸化制造,从而也确定了 CATIA 在 CAD/CAE/CAM 行业内的领先地位。

CATIA 软件的销售利润也从最开始的 100 万美元增长到现在的近 20 亿美元。Dassault System 公司的直属雇员人数由当初的 20 人发展到现今的 2000 多人,合作开发运营商则遍布世界各地,雄居于世界 CAD/CAE/CAM 领域的领导地位。

2. 划时代产品——CATIA V5

CATIA 的 V5 版本开发始于 1994 年,该版本是 IBM 和达索系统公司长期以来在为数字化企业服务过程中不断探索的结晶。围绕数字化产品和电子商务集成概念进行系统结构设计的 CATIA V5 版本可为数字化企业建立一个针对产品整个开发过程的工作环境。在这个环境中,可以对产品开发过程的各个方面进行仿真,并能够实现工程人员和非工程人员之间的电子通信。产品的整个开发过程包括概念设计、详细设计、工程分析、产品定义和制造乃至产品在整个生命周期中的使用和维护。新的 V5 R21 版本界面更加友好,功能也日趋强大,并且开创了 CAD/CAE/CAM 软件的一种全新风格。

与它之前的各版本相比,CATIA V5 R21 版本具有诸多创新性的变化:

(1) 重新构造的新一代体系结构。

为确保 CATIA 产品系列的发展,CATIA V5 新的体系结构突破传统的设计技术,采用了新一代的技术和标准,可快速地适应企业的业务发展需求,使客户具有更大的竞争优势。

(2) 支持不同应用层次的可扩充性。

CATIA V5 对于开发过程、功能和硬件平台可以进行灵活的搭配组合,可为产品开发链中的每个专业成员配置最合理的解决方案。允许任意配置的解决方案可满足从最小的供货商到最大的跨国公司的需要。

(3) 在 Windows 和 UNIX 硬件平台间的独立性。

CATIA V5 是在 Windows NT 平台和 UNIX 平台上开发完成的,在所支持的所有硬件平台之间具有统一的数据、功能、版本发放日期、操作环境和应用支持。CATIA V5 在 Windows 平台的应用可使设计师更加简便地同办公应用系统(如微软公司的 Office 系列)共享数据;而在 UNIX 平台上也仿效 NT 风格的用户界面,使用户在 UNIX 平台上高效便捷地处理复杂的工作。

微软当前的 Windows XP 和 Windows 7 平台同样可以有效地支持 CATIA V5 系统的可靠运行。

(4) 专用知识的捕捉和重复使用。

CATIA V5 结合了显式知识规则的优点,可在设计过程中交互式捕捉设计意图,定义产品的性能和变化。隐式的经验知识变成了显式的专用知识,提高了设计的自动化程度,降低了设计错误的风险。这个集成的参数化 3D CAD、CAID、CAM 和 CAE 解决方案可以灵活地伸缩、搭配,能够大幅度地提高设计速度,同时最大限度地增强创新力度并提高质量,最终创造出不同凡响的产品。

1.1.3 CATIA 的行业应用概况

1. 航空航天

CATIA 源于航空航天工业,能以其精确安全的可靠性满足商业、国防和航空航天领域各种应用的需要。在航空航天业的多个项目中,CATIA 被应用于开发虚拟的原型机,其中包括美国 Boeing 飞机公司的 Boeing 777(如图 1-1 所示)和 Boeing 737,法国 Dassault 飞机公司的阵风(Rafale)战斗机(如图 1-2 所示)、加拿大 Bombardier 飞机公司的 Global Express 公务机,以及美国 Lockheed Martin 飞机公司的 Darkstar 无人驾驶侦察机。



图 1-1 采用 CATIA 开发的世界上第一架
无纸化制造飞机——波音 777



图 1-2 法国“阵风”战机

最值得称道的是,Boeing 飞机公司在 Boeing 777 项目开发中,应用 CATIA 设计了除发动机以外的所有机械零件,并将包括发动机在内的 100% 的零件进行了预装配。Boeing 777 也是迄今为止唯一采用 100% 数字化设计和装配的大型喷气客机——无纸化飞机。参与 Boeing 777 项目的工程师、工装设计师、技师以及项目管理人员超过 1700 人,分布于美国、日本、英国的不同地区。他们通过 1400 套 CATIA 工作站联系在一起并行工作。Boeing 的设计人员对 777 的全部零件进行了三维实体造型,并在计算机上对整个 777 进行了全尺寸的预装配。预装配使工程师不必再制造一个物理样机,工程师在预装配的数字样机上即可检查和修改设计中的干涉和不协调。Boeing 飞机公司宣布在 777 项目中,与传统设计和装配流程相比较,应用 CATIA 节省了 50% 的重复工作和错误修改时间。尽管首架 777 的研发时间与应用传统设计流程的其他机型相比,其节省的时间并不是非常的显著,但 Boeing 飞机公司预计,777 后继机型的开发至少可节省 50% 的时间。CATIA 的后参数化处理功能