

独立学院应用型创新人才培养系列规划教材

数字化设计及制造技术实训指导

主 审 谢黎明

主 编 靳 岚 沈 浩



科学出版社

独立学院应用型创新人才培养系列规划教材

数字化设计及制造技术 实训指导

主审 谢黎明

主编 靳 岚 沈 浩

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书为工程技术实训教材。全书内容广泛,既涵盖了数控加工工艺基础和数控加工程序编制等方面的理论知识,又新增了计算机技术辅助工艺设计(CAXA 工艺图表)的重要内容,而且对数控车床、铣床的结构特点及操作加工方法也作了介绍。

本书在取材和叙述上力求层次分明合理,便于教学和实训。

本书是为高等学校机械类现代工程技术训练编写的教材,也可作为近机械类或非机械类实践教学的教材。

图书在版编目(CIP)数据

数字化设计及制造技术实训指导/靳岚,沈浩主编. —北京:科学出版社, 2011

独立学院应用型创新人才培养系列规划教材

ISBN 978-7-03-030169-7

I. 数… II. ①靳…②沈… III. ①数字技术-应用-机械设计-高等学校-教学参考资料②数字技术-应用-机械制造工艺-高等学校-教学参考资料
IV. ①TH122②TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 016476 号

责任编辑:胡云志 冯 蕾 / 责任校对:郭瑞芝
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

铭浩彩色印装有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 2 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2011 年 2 月第一次印刷 印张:23 1/2

印数:1—3 000 字数:550 000

定价:49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

新世纪之初,中国工程院的调查报告指出:今天中国的制造业直接创造国民生产总值的 $\frac{1}{3}$,占整个工业生产的 $\frac{4}{5}$,为国家财政提供 $\frac{1}{3}$ 以上的收入,贡献出口总额的 90%。处于工业中心地位的制造业,特别是装备制造业是国民经济持续发展的基础,是工业化现代化建设的发动机和动力源,是技术进步的主要舞台,是国家安全的重要保障,是国际竞争中取胜的法宝。只有用先进的制造技术不断地改造和提升各产业部门的装备和生产运行水平,发展现代文明的物质基础,才能实现对环境友好的可持续发展。

20 世纪以来,数控加工技术已经成为金属切削加工技术的重要发展方向之一。航空航天、汽车船舶、模具制造及高精仪器等对数控切削加工的高需求,推动着数控技术的迅猛发展及广泛应用。

数字化设计制造的根本是数控技术,数控技术是现代制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,离开了数控技术,先进制造技术就成了无本之木。数控技术的广泛应用给机械制造业的生产方式、管理模式带来深刻的变化,其关联效益和辐射能力更是难以估计。数控技术及数控装备已成为关系国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志,实现制造装备及生产过程数字化,已经成为当今制造业的发展方向。

我国数控技术及产业虽然在改革开放以来取得了显著的成就,但是与发达国家相比仍然有较大的差距,其原因是多方面的,但最重要的是数控人才的匮乏。目前,随着数控技术在中国的普及和发展,国内数控机床用量的剧增,迫切需要培养大量高素质、能力强的数控人才。为此,在编写过程中,从高等教育的实际出发,以培养应用型人才为目的,在理论上以“必须、够用”为度,加强实践的针对性和技术的实用性,以数控机床的结构、数控加工工艺及数控编程为主要内容,培养学生的动手能力和创新意识。

本书作为高等工科院校的实训教材,力求反映数控技术、数控加工工艺、数控编程和数控机床的基本知识,并兼顾到理论联系实际,层次合理,叙述简练,便于实训教学。

本书编写时参阅了很多院校和企业的教材、资料和文献,部分来源于网络,并得到很多专家和同事的支持和帮助,在此谨致谢意!在本书的出版过程中,得到了兰州理工大学技术工程学院等单位的大力支持,在此表示诚挚的感谢!

谢黎明教授为本书的编写给予关心和帮助,在主审过程中提出许多宝贵的修改意见,在此表示衷心感谢!

由于编写时间仓促和水平、经验所限,书中难免存在缺点和不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 9 月

目 录

前言

第 1 章 数字化设计及制造技术概论	1
1.1 数字化设计技术	1
1.2 数字化制造技术	3
1.3 数字化设计及制造技术的主要内容	5
1.4 数字化制造技术的未来发展方向	8
1.5 现代数字化设计及制造技术软件	9
1.6 本书为什么选用 CAXA 软件作为数字化设计制造实训平台	16
第 2 章 数控加工程序编制基础	17
2.1 数控编程的基本概念	17
2.2 数控加工程序的程序段结构和常用编程指令	25
2.3 数控程序编制的内容及步骤	35
2.4 编程实例	37
2.5 数控加工过程仿真	39
第 3 章 数控加工工艺基础	41
3.1 数控加工工艺主要内容与特点	41
3.2 数控加工工艺设计基础	42
第 4 章 计算机辅助工艺设计	62
4.1 CAXA 工艺图表简介	62
4.2 工艺模板定制	67
4.3 工艺卡片填写	82
4.4 工艺附图的绘制	106
4.5 高级应用功能	113
4.6 打印	122
4.7 知识库管理	125
4.8 实例	129
第 5 章 数控车削加工	133
5.1 数控车工艺分析	133
5.2 数控车削的自动编程	154
5.3 CAXA 数控车加工主要内容	161
第 6 章 数控铣削加工	188
6.1 数控铣床加工工艺基础	188
6.2 CAXA 制造工程师简介及运行环境	200

6.3	CAXA 制造工程师 CAM 系统	209
6.4	CAXA 制造工程师编程实例	241
6.5	CAXA 制造工程师加工方法总结	271
第 7 章	数控线切割加工工艺及编程	273
7.1	数控线切割加工概述	273
7.2	数控线切割加工的主要工艺指标及影响因素	275
7.3	数控线切割加工工艺分析	278
7.4	数控电火花线切割编程方法	290
7.5	线切割加工基本操作	294
第 8 章	数控车床操作实训	297
8.1	数控车床简介	297
8.2	数控车床的主要加工对象	300
8.3	数控车床的安全使用常识	301
8.4	CK630 系列数控车床简介	302
8.5	数控车床控制面板 (FANUC Oi 系统)	304
8.6	FANUC Oi 系统常用功能界面	309
8.7	FANUC Oi 系统加工程序的编辑	313
8.8	FANUC Oi 系统车床常用代码	315
8.9	FANUC Oi 系统设置工件零点的几种方法	316
8.10	数控车床的操作	317
第 9 章	数控铣床操作实训	323
9.1	数控铣床简介	323
9.2	数控铣床的基本操作	330
9.3	华中世纪星数控系统的主要指令代码	339
第 10 章	实训项目	342
10.1	实训目的和要求	342
10.2	实训内容和步骤	342
10.3	进度安排与成绩考核	344
10.4	实训过程中的注意事项	345
10.5	减速箱部件的数控加工实例	347
10.6	二维文字的加工实训	352
10.7	二维外轮廓加工实训	353
10.8	二维内型腔加工	354
10.9	孔及外轮廓的加工实训	356
10.10	子程序的应用实训	357
10.11	数控铣削综合训练	358
参考文献		360
附录 数控加工实训报告		361

第1章 数字化设计及制造技术概论

数字化设计及制造技术是指利用计算机软硬件及网络环境,实现产品开发全过程的一种技术,即在网络和计算机辅助下通过产品数据模型,全面模拟产品的设计、分析、装配、制造等过程。数字化设计与制造不仅贯穿企业生产的全过程,而且涉及企业的设备布置、物流物料、生产计划、成本分析等多个方面。数字化设计与制造技术的应用可以大大提高企业的产品开发能力、缩短产品研制周期、降低开发成本、实现最佳设计目标和企业间的协作,使企业能在最短时间内组织全球范围的设计制造资源开发出新产品,大大提高企业的竞争能力。

1.1 数字化设计技术

数字化设计,可以分成“数字化”和“设计”两部分。

数字化就是把各种各样的信息都用二进制的数字来表示,数字化技术起源于二进制数学,在半导体技术和数字电路学的推动下使得很多复杂的计算可以由机器或电路完成。发展到今天,微电子技术更是将我们带到了数字化领域的前沿。

设计就是设想、运筹、计划和预算,它是人类为了实现某种特定的目的而进行的创造性活动。设计具有多重特征,同时广义的设计涵盖的范围很大。设计有明显的艺术特征,又有科技的特征和经济的属性。从这些角度看,设计几乎包括了人类能从事的一切创造性工作。设计的另一个定义是指控制并且合理的安排视觉元素:线条、形体、色彩、色调、质感、光线、空间等,涵盖艺术的表达和结构造型。设计是特殊的艺术,其创造的过程是遵循实用化求美法则的。设计的科技特性表明了设计总是受到生产技术的发展的影响。

数字化设计就是数字技术和设计的紧密结合,是以先进设计理论和方法为基础、以数字技术为工具,实现产品设计全过程中所有对象和活动的数字化表达、处理、存储、传递及控制。其特征表现为设计的信息化、智能化、可视化、集成化和网络化;其主要研究内容包括产品功能数字化分析设计、产品方案数字化设计、产品性能数字化设计、产品结构数字化设计和产品工艺数字化设计;其方法是产品信息系统集成化设计。

产品的竞争力主要体现在研发周期、成本、质量和服务等几个方面。为提高这些方面的竞争力,世界各国知名制造厂商都在大力采用数字化设计制造技术改进企业。如美国通用汽车公司应用数字化设计制造技术后,将新轿车的研发周期由原来的48个月缩短到24个月,碰撞试验的次数由原来的几百次降低到几十次,应用电子商务技术后又将销售成本降低了10%。

美国波音公司以 Boeing-777 为标志,建立了世界上第一台全数字化飞机样机(图1-1),这是制造业数字化设计制造技术发展的一个里程碑。采用产品数字化定义

(DPD)、数字化预装配 (DPA) 和并行工程 (CE) 后, 达到了设计更改量和返工量比传统方法减少 50%、研制周期缩短 50% 的显著效果, 最重要的是可以保证飞机从设计、制造到试飞一次成功。以制造联合攻击战斗机 JSF 为代表的全球性虚拟制造企业, 开创了数字化网络生产方式。美国与英国、土耳其、意大利等八国建立了以项目为龙头的全球虚拟动态联盟, 充分利用这些国家已有的技术、人力、资金和设备等资源, 实现异地设计制造, 在加速产品研制和生产方面, 取得了巨大的成功, 总体上达到了缩短设计周期 50%、缩短制造周期 66%、降低制造成本 50% 的效果。

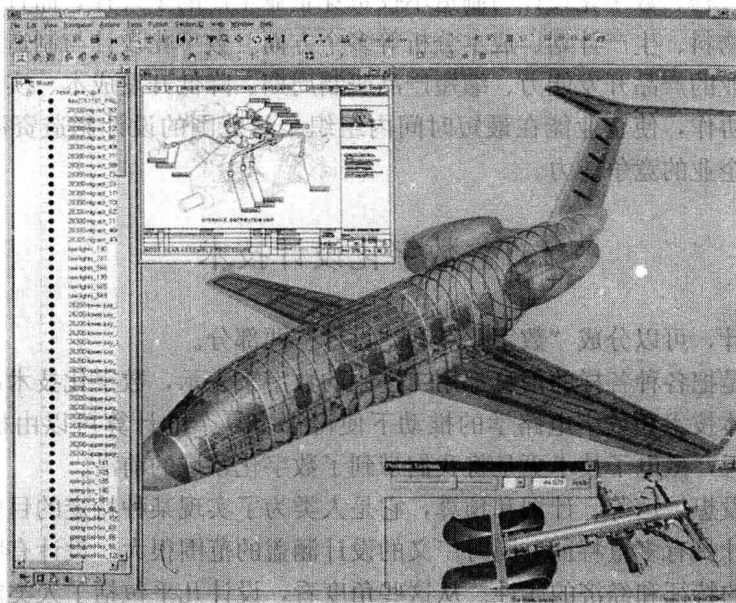


图 1-1 飞机制造业采用的数字化样机

目前为止, 数字化设计技术的发展历程可以大体上划分为以下五个阶段:

(1) CAx 工具的广泛应用。自 20 世纪 50 年代开始, 各种 CAD/CAM 工具开始出现并逐步应用到制造业中。这些工具的应用表明制造业已经开始利用现代信息技术来改进传统的产品设计过程, 标志着数字化设计的开始。

(2) 并行工程思想的提出与推行。20 世纪 80 年代后期提出的并行工程是一种新的指导产品开发的哲理, 是在现代信息技术的支持下对传统的产品开发方式的一种根本性改进。PDM (产品数据管理) 技术及 DFx (如 DFM、DFA 等) 技术是并行工程思想在产品阶段应用的具体体现。

(3) 虚拟样机技术。随着技术的不断进步, 仿真在产品过程中的应用变得越来越广泛而深刻, 由原先的局部应用 (单一领域、单点) 逐步扩展到系统应用 (多领域、全生命周期)。虚拟样机技术正是这一发展趋势的典型代表。

虚拟样机技术是一种基于虚拟样机的数字化设计方法, 是各领域 CAx/DFx 技术的发展和延伸。虚拟样机技术进一步融合先进建模/仿真技术、现代信息技术、先进设计制造技术和现代管理技术, 将这些技术应用于复杂产品全生命周期和全系统, 并对它们

进行综合管理。虚拟样机技术与传统产品设计技术相比,强调系统的观点,涉及产品全生命周期,支持对产品的全方位测试、分析与评估和强调不同领域的虚拟化的协同设计。

(4) 协同仿真技术。协同仿真技术将面向不同学科的仿真工具结合起来构成统一的仿真系统,其可以充分发挥仿真工具各自的优势,同时还可以加强不同领域开发人员之间的协调与合作。目前 HLA 规范已经成为协同仿真技术的重要国际标准,基于 HLA 的协同仿真技术也将会成为虚拟样机技术的研究热点之一。

(5) 多学科设计优化技术(MDO)。复杂产品的设计优化问题可能包括多个优化目标和分属不同学科的约束条件。现代的 MDO 技术为解决学科间的冲突,寻求系统的全局最优解提供了可行的技术途径。目前 MDO 技术在国外已经有了许多成功的案例,并出现了相关的商用软件,典型的如 Engineous 公司的 iSIGHT。国内关于 MDO 技术的研究和应用也已经展开。

宏观上看,数字化设计技术的发展历程正相当于现代信息技术在产品设计领域中的应用由点发展为线,再由线发展为面的过程。仿真的广泛应用正在成为当前数字化设计技术发展的主要趋势。随着虚拟样机概念的提出,使得仿真技术的应用更加趋于协同化和系统化。开展关于虚拟样机及其关键技术的研究,必将提高企业的自主设计开发能力,推动企业的信息化进程。

1.2 数字化制造技术

数字化制造技术是在数字化技术和制造技术融合的背景下,在虚拟现实、计算机网络、快速原型、数据库和多媒体等支撑技术的支持下,根据用户的需求,迅速收集资源信息,对产品信息、工艺信息和资源信息进行分析、规划和重组,实现对产品设计和功能的仿真以及原型制造,进而快速生产出达到用户性能要求的产品的整个制造过程。

通俗地说,数字化就是将许多复杂多变的信息转变为可以度量的数字和数据,再以这些数字和数据为基础建立起适当的数字化模型,把它们转变为一系列二进制代码,引入计算机内部,进行统一处理,这就是数字化的基本过程。计算机技术的发展,使人类第一次可以利用“0”和“1”编码技术来实现对一切声音、文字、图像和数据的编码、解码,从而各类信息的采集、处理、贮存和传输实现了标准化和高速处理。数字化制造就是指制造领域的数字化,它是制造技术、计算机技术、网络技术与管理科学的交叉、融和、发展与应用的结果;也是制造企业、制造系统与生产过程、生产系统不断实现数字化的必然趋势。数字化制造内涵包括三个层面:以设计为中心的数字化制造技术、以控制为中心的数字化制造技术和以管理为中心的数字化制造技术。

数字化制造技术的起源主要从以下八个方面展现出来:

1. NC 机床(数控机床)的出现

1952年,美国麻省理工学院 MIT 首先实现了三坐标铣床的数控化,数控装置采用真空管电路。1955年,第一次进行了数控机床的批量制造,当时主要是针对直升飞机

的旋翼等自由曲面的加工。

2. CAM 处理系统 APT (自动编程工具) 出现

1955 年美国麻省理工学院伺服机构实验室公布了 APT (Automatically Programmed Tools) 系统。其中的数控编程主要是发展自动编程技术, 这种编程技术是由编程人员将加工部位和加工参数以一种限定格式的语言 (自动编程语言) 写成所谓源程序, 然后由专门的软件转换成数控程序。

3. 加工中心的出现

1958 年美国 K&T 公司研制出带 ATC (自动刀具交换装置) 的加工中心。同年, 美国 UT 公司首次把铣、钻等多种工序集中于一台数控铣床中, 通过自动换刀方式实现连续加工, 成为世界上第一台加工中心。

4. CAD (计算机辅助设计) 软件的出现

1963 年在美国出现了 CAD 的商品化的计算机绘图设备, 进行二维绘图。70 年代, 出现了三维的 CAD 表现造型系统, 70 年代中期, 出现了实体造型系统。

5. FMS (柔性制造系统) 的出现

1967 年, 美国出现了多台数控机床连接而成的可调加工系统, 这就是最初的柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS)。

6. CAD/CAM (计算机辅助设计/计算机辅助制造) 的融合

进入 70 年代, CAD 与 CAM 开始走向共同发展的道路。由于 CAD 与 CAM 所采用的数据结构不同, 在 CAD/CAM 技术发展初期, 主要工作是开发数据接口, 沟通 CAD 和 CAM 之间的信息流。不同的 CAD、CAM 系统都有自己的数据格式规定, 都要开发相应的接口, 不利于 CAD/CAM 系统的发展。在这种背景下, 美国波音公司和 GE 公司于 1980 年制订了数据交换规范 IGES (Initial Graphics Exchange Specifications), 从而实现 CAD/CAM 的融合。

7. CIMS (计算机集成制造系统) 的出现和应用

80 年代中期, 出现计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS), 波音公司成功将其应用于飞机设计、制造和管理, 将原需八年的定型生产缩短至三年。

8. CAD/CAM 软件的空前繁荣

80 年代末期至今, CAD/CAM 一体化三维软件大量出现, 如: CADAM, CATIA, UG, I-DEAS, Pro/E, ACIS, MASTERCAM 等, 并应用到机械、航空航天、汽车和造船等领域。

1.3 数字化设计及制造技术的主要内容

数字化设计及制造技术已经越来越多地应用在加工领域, CAD/CAM 软件技术也在飞速发展, 也出现了很多的其他软件产品, 这些软件产品根据自身的开发档次及其适用度, 被广泛应用在不同加工场合, 大大节省了设计及制造的时间周期, 并在一定程度上提高了精度和速度。

数字化设计及制造技术集成了现代设计制造过程中的多项先进技术, 包括三维建模、装配分析、优化设计、系统集成、产品信息管理、虚拟设计与制造和多媒体和网络通信等, 是一项多学科的综合技术。涉及的主要内容有:

1. CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM

CAD/CAE/CAPP/CAM 分别是计算机辅助设计、计算机辅助工程、计算机辅助工艺过程设计和计算机辅助制造的英文缩写, 它们是制造业信息化中数字化设计及制造技术的核心, 是实现计算机辅助产品开发的主要工具。

PDM 技术集成并管理与产品有关的信息、过程及人与组织, 实现分布环境中的数据共享, 为异构计算机环境提供了集成应用平台, 从而支持 CAD/CAE/CAPP/CAM 系统过程的实现。

1) CAD——计算机辅助设计

CAD 在早期是英文 Computer Aided Drawing (计算机辅助绘图) 的缩写, 随着计算机软硬件技术的发展, 人们逐步地认识到单纯使用计算机绘图还不能称之为计算机辅助设计。真正的设计是整个产品的设计, 它包括产品的构思、功能设计、结构分析和加工制造等, 二维工程图设计只是产品设计中的一小部分。于是 CAD 的缩写由 Computer Aided Drawing 改为 Computer Aided Design, CAD 也不再仅仅是辅助绘图, 而是协助创建、修改、分析和优化的设计技术。

2) CAE——计算机辅助工程分析

计算机辅助工程分析 (Computer Aided Engineering, CAE) 通常指有限元分析和机构的运动学及动力学分析。有限元分析可完成力学分析 (线性、非线性、静态、动态), 场分析 (热场、电场、磁场等), 频率响应和结构优化等。机构分析能完成机构内零部件的位移、速度、加速度和力的计算, 机构的运动模拟及机构参数的优化。

3) CAPP——计算机辅助工艺规划

世界上最早研究 CAPP 的国家是挪威, 始于 1966 年, 并于 1969 年正式推出世界上第一个 CAPP 系统 AutoPros, 又于 1973 年正式推出商品化 AutoPros 系统。

美国是 60 年代末开始研究 CAPP 的, 并于 1976 年由 CAM-I 公司推出颇具影响力的 CAPP-I's Automated Process Planning 系统。

4) CAM——计算机辅助制造

计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacture, CAM) 能根据 CAD 模型自动生成零件加工的数控代码, 对加工过程进行动态模拟、同时完成在现实加工时的干涉和碰

撞检查。

CAM 系统和数字化装备结合可以实现无纸化生产,为 CIMS (计算机集成制造系统)的实现奠定基础,CAM 中最核心的技术是数控技术。

通常零件结构采用空间直角坐标系中的点、线、面的数字量表示,CAM 就是用数控机床按数字量控制刀具运动,完成零件加工。

5) CAD/CAM 集成系统

随着 CAD/CAM 技术和计算机技术的发展,人们不再满足于这两者的独立发展,从而出现了 CAM 和 CAD 的组合,即将两者集成(一体化),这样以适应设计与制造自动化的要求,特别是近年来出现的计算机集成制造系统(CIMS)的要求。这种一体化结合可使在 CAD 中设计生成的零件信息自动转换成 CAM 所需要的输入信息,防止了信息数据的丢失。产品设计、工艺规程设计和产品加工制造集成于一个系统中,提高了生产效率。

CAD/CAM 集成系统是指把 CAD、CAE、CAPP、CAM 和 PPC (生产计划与控制)等各种功能不同的软件有机地结合起来,用统一的执行控制程序来组织各种信息的提取、交换、共享和处理,保证系统内部信息流的畅通和协调各个系统有效地运行。国内外大量的经验表明,CAD 系统的效益往往不是从其本身,而是通过 CAM 和 PPC 系统体现出来;反过来,CAM 系统假如没有 CAD 系统的支持,花巨资引进的设备往往很难得到有效地利用;PPC 系统假如没有 CAD 和 CAM 的支持,既得不到完整、及时和准确的数据作为计划的依据,订出的计划也较难贯彻执行,所谓的生产计划和控制将得不到实际效益。因此,人们着手将 CAD、CAE、CAPP、CAM 和 PPC 等系统有机地、统一地集成在一起,从而消除“自动化孤岛”,取得最佳的效益。

6) PDM——产品数据库管理

随着 CAD 技术的推广,原有技术管理系统难以满足要求。在采用计算机辅助设计以前,产品的设计、工艺和经营管理过程中涉及到的各类图纸、技术文档、工艺卡片、生产单、更改单、采购单、成本核算单和材料清单等均由人工编写、审批、归类、分发和存档,所有的资料均通过技术资料室进行统一管理。自从采用计算机技术之后,上述与产品有关的信息都变成了电子信息。简单地采用计算机技术模拟原来人工管理资料的方法往往不能从根本上解决先进的设计制造手段与落后的资料管理之间的矛盾。要解决这个矛盾,必须采用 PDM 技术。

PDM (产品数据管理)是从管理 CAD/CAM 系统的高度上诞生的先进的计算机管理系统软件。它管理的是产品整个生命周期内的全部数据。工程技术人员根据市场需求设计的产品图纸和编写的工艺文档仅仅是产品数据中的一部分。

PDM 系统除了要管理上述数据外,还要对相关的市场需求、分析、设计与制造过程中的全部更改历程、用户使用说明及售后服务等数据进行统一有效的管理。

2. ERP——企业资源计划

企业资源计划(ERP)系统是指建立在信息技术基础上,对企业的所有资源(物流、资金流、信息流、人力资源)进行整合集成管理,采用信息化手段实现企业供销链

管理,从而达到对供应链上的每一环节实现科学管理。

ERP 系统集成信息技术与先进的管理思想于一身,反映时代对企业合理调配资源、最大化地创造社会财富的要求,成为企业在信息时代生存、发展的基石。在企业中,一般的管理主要包括三方面的内容:生产控制(计划、制造)、物流管理(分销、采购、库存管理)和财务管理(会计核算、财务管理)。

3. RE——逆向工程技术

对实物作快速测量,并反求为可被 3D 软件接受的数据模型,快速创建数字化模型(CAD)。进而对样品做修改和详细设计,达到快速开发新产品的目的。

4. RP——快速成型

快速成型(Rapid Prototyping)技术是 90 年代发展起来的,被认为是近年来制造技术领域的一次重大突破,其对制造业的影响可与数控技术的出现相媲美。RP 系统综合了机械工程、CAD、数控技术、激光技术及材料科学技术,可以自动、直接、快速、精确地将设计思想物化为具有一定功能的原型或直接制造零件,从而可以对产品设计进行快速评价、修改及功能试验,有效地缩短了产品的研发周期。

5. 异地、协同设计

在因特网/企业内部网的环境中,进行产品定义与建模、产品分析与设计、产品数据管理及产品数据交换等,异地、协同设计系统在网络设计环境下为多人、异地实施产品协同开发提供支持工具。

6. 基于知识的设计

将产品设计过程中需要用到的各类知识、资源和工具融到基于知识的设计或 CAD 系统之中,支持产品的设计过程是实现产品创新开发的重要工具。设计知识包括产品设计原理、设计经验、既有设计示例和设计手册/设计标准/设计规范等;设计资源包括材料、标准件、既有零部件和工艺装备等资源。

7. 虚拟设计、虚拟制造

综合利用建模、分析、仿真以及虚拟现实等技术和工具,在网络支持下,采用群组协同工作,通过模型来模拟和预估产品功能、性能、可装配性、可加工性等各方面可能存在的问题,实现产品设计、制造的本质过程,包括产品的设计、工艺规划、加工制造、性能分析、质量检验并进行过程管理与控制等。

8. 概念设计、工业设计

概念设计是设计过程的早期阶段,其目标是获得产品的基本形式或形状。广义的概念设计应包括从产品的需求分析到详细设计之前的设计过程,如功能设计、原理设计、形状设计、布局设计和初步的结构设计。从工业设计角度看,概念设计是指在产品的功能和原理基本确定的情况下,产品外观造型的设计过程,主要包括布局设计、形状设计

和人机工程设计。计算机辅助概念设计和工业设计以知识为核心,实现形态、色彩、宜人性等方面的设计,将计算机与设计人员的创造性思维、审美能力和综合分析能力相结合,是实现产品创新的重要手段。

9. 绿色设计

绿色设计是面向环保的设计(Design for Environment, DFE),包括支持资源和能源的优化利用、污染的防止和处理、资源的回收再利用和废弃物处理等诸多环节的设计,是支持绿色产品开发、实现产品绿色制造,促进企业和社会可持续发展的重要工具。

10. 并行设计

并行设计是以并行工程模式替代传统的串行式产品开发模式,使得在产品开发的早期阶段就能很好地考虑后续活动的需求,以提高产品开发的一次成功率。

数字化设计及制造技术中各组成部分作为独立的系统,已在生产中得到了广泛的应用,不仅大大提高了产品设计的效率,更新了传统的设计思想,降低了产品的成本,增强了企业及其产品在市场上的竞争力,还在企业新的设计和生产技术管理体制建设中起到了很大作用。数字化设计及制造技术已成为企业保持竞争优势、实现产品创新开发、进行企业间协作的重要手段。

1.4 数字化制造技术的未来发展方向

随着计算机技术的不断提高,Internet 网络技术的普及应用,以及用户的不同需求,CAD、CAE、CAPP、CAM、PDM 等技术本身也在不断发展,集成技术也在向前推进,其发展趋势主要有以下几个方向:

(1) 利用基于网络的 CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM 集成技术,实现产品全数字化设计与制造。在 CAD/CAM 应用过程中,利用产品数据管理 PDM 技术实现并行工程,可以极大地提高产品开发的效率和质量。企业通过 PDM 可以进行产品功能配置,利用系列件、标准件、借用件、外购件以减少重复设计。在 PDM 环境下进行产品设计和制造,通过 CAD/CAE/CAPP/CAM 等模块的集成,实现产品无图纸设计和全数字化制造。

(2) CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM 技术与企业资源计划 ERP、供应链管理 SCM、客户关系管理 CRM 相结合,形成制造企业信息化的总体构架。CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM 技术主要用于实现产品的设计、工艺和制造过程及其管理的数字化;企业资源计划 ERP 是以实现企业产、供、销、人、财、物的管理为目标;供应链管理 SCM 用于实现企业内部与上游企业之间的物流管理;客户关系管理 CRM 可以帮助企业建立、挖掘和改善与客户之间的关系。上述技术的集成,可以整合企业的管理,建立从企业的供应决策到企业内部技术、工艺、制造和管理部门,再到用户之间的信息集成,实现企业与外界的信息流、物流和资金流的顺畅传递,从而有效地提高企业的市场反应速度和产品开发速度,确保企业在竞争中取得优势。

(3) 虚拟设计、虚拟制造、虚拟企业、动态企业联盟、敏捷制造、网络制造以及制

造全球化,将成为数字化设计及制造技术发展的重要方向。

虚拟设计、虚拟制造技术以计算机支持的仿真技术为前提,形成虚拟的环境、虚拟设计与制造过程、虚拟的产品和虚拟的企业,从而大大缩短产品开发周期,提高产品设计开发的一次成功率。特别是网络技术的高速发展,企业通过国际互联网、局域网和内部网,组建动态联盟企业,进行异地设计、异地制造,然后在最接近用户的生产基地制造成产品。

(4) 以提高对市场快速反应能力为目标的制造技术将得到超速发展和应用。瞬息万变的市場促使交货期成为竞争力诸多因素中的首要因素。为此,许多与此有关的新观念、新技术在 21 世纪将得到迅速的发展和应用。其中有代表性的是:并行工程技术、模块化设计技术、快速原型成形技术、快速资源重组技术、大规模远程定制技术和客户化生产方式等。

(5) 制造工艺、设备的可重构性将成为企业装备的显著特点。先进的制造工艺、智能化软件和柔性的自动化设备、柔性的发展战略构成未来企业竞争的软、硬件资源;个性化需求和不确定市场环境,要求克服设备资源沉淀造成的成本升高风险,制造资源的柔性和可重构性将成为 21 世纪企业装备的显著特点。将数字化技术用于制造过程,可大大提高制造过程的柔性和加工过程的集成性,从而提高产品生产过程的质量和效率,增强工业产品的市场竞争力。

现代产品开发设计要求有效地组织多学科的产品开发队伍,充分利用各种计算机辅助技术和工具并充分考虑产品设计开发的全过程,从而缩短产品开发周期,降低成本,提高产品质量,生产出满足用户需求的产品。

1.5 现代数字化设计及制造技术软件

现代机械产品的设计及制造已经离不开数字化设计制造软件的应用了。现代数字化设计及制造软件是以某种操作系统(如 Windows、UNIX)为平台的行业应用软件,其中用于机械产品设计与分析的软件介绍如下:

1. 中端的 CAD/CAE 集成软件

1) SolidWorks

SolidWorks 是全球领先的三维产品设计解决方案,提供机械设计、工程分析、运动仿真、数据管理和通信工具。SolidWorks 有近 100 万的专业工程,是目前最流行的基于 Windows 的应用类型。其优异的性能、易用性和创新性,极大地提高了机械设计工程师的设计效率,在与同类软件的激烈竞争中已经确立了它的市场地位,成为三维机械设计软件的标准,在全球拥有近十万用户。

SolidWorks 软件的最新版本在设计创新、使用方便性和提高整体性能等方面都得到了显著地加强,包括增强了大装配处理能力、复杂曲面造型能力以及专门为中国市场的需要而进一步增强的中国国标(GB)内容等。

SolidWorks 应用程序是一套机械设计与分析自动化软件,它采用了大家所熟悉的

Microsoft Windows 图形用户界面。SolidWorks 每一个新版的新增功能都有 200 多项, 2007 版最重要的新增功能是推出了智能特征技术 SWIFT, 包含了 FeatureXpert (特征专家)、MateXpert (配合专家)、SketchXpert (草图专家) 和 DimXpert (尺寸专家) 四个专家级智能系统; 2008 版又在用户界面、工业设计、草图绘制、特征与零件创建、运动算例、COSMOSWorks、尺寸与公差以及装配体和工程图等方面都有所增强。

SolidWorks 主要功能:

- (1) SWIFT: 让你专注于设计而非 CAD, 如图 1-2 所示。
- (2) 设计重用: 轻松安全地使用 2D 和 3D 数据, 如图 1-3 所示。



图 1-2 专注于设计

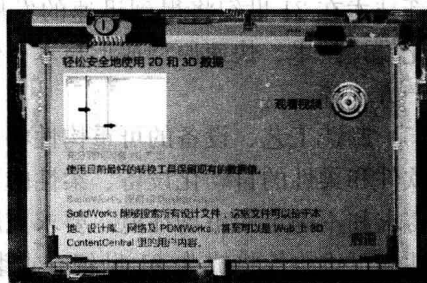


图 1-3 设计重用

- (3) 验证: 唯一一款人人都能使用的集成分析工具, 如图 1-4 所示。
- (4) 2D 工程图: 普通 2D 工程图创建, 如图 1-5 所示。

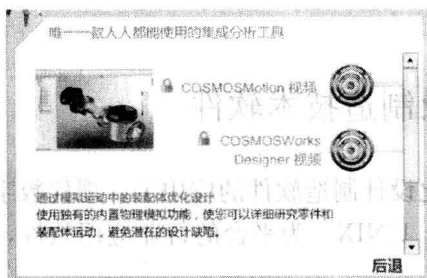


图 1-4 集成分析工具

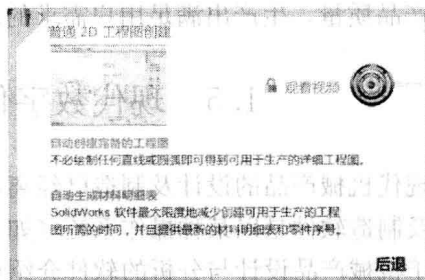


图 1-5 普通 2D 工程图创建

- (5) 大型装配体: 提高管理大型装配体的速度和灵活性, 如图 1-6 所示。
- (6) 设计数据: 通过数据管理提高效率, 如图 1-7 所示。

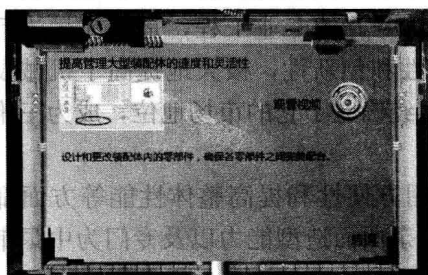


图 1-6 大型装配体

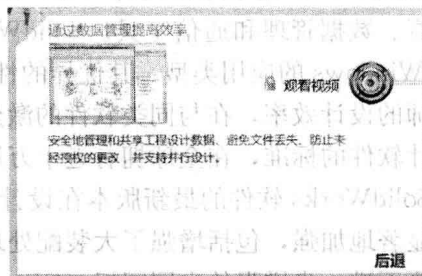


图 1-7 设计数据

(7) SolidWorks 创新日活动：带领 SolidWorks 用户、非用户探索，如图 1-8 所示。

SolidWorks 的集成分析工具即设计验证工具。使用 SolidWorks 设计验证工具模拟真实条件并测试多种“假设情形”，以优化产品设计。它包括如下产品：

(1) COSMOSWorks：是完全嵌入 SolidWorks 软件内部的功能强大、简单易用的设计验证和优化软件。

(2) COSMOSMotion：是完全嵌入 SolidWorks 软件内部的完整的运动模拟和运动学软件包。

(3) TolAnalyst：允许直接在 SolidWorks 内执行公差叠加分析。设计者可以快速检查各种公差情形，以确保其设计合适而且可正确工作。

(4) COSMOSFloWorks：使用通常在高端计算流体动力学程序中才提供的强大功能来重新定义流体分析。

(5) COSMOSEMS™：是一款 3D 现场仿真器，它允许电子产品设计人员仿真零部件暴露在低频电磁电流和电磁场中时的效果。

(6) COSMOSDesignSTAR：设计人员可以通过 COSMOSDesignSTAR 对使用 Autodesk Inventor、Solid Edge 和 SolidWorks 创建的 CAD 模型进行分析，而不必在每次修改设计时都重新导入数据。

2) Solid Edge

Solid Edge 是功能强大的与 SolidWorks 齐名的中端三维 CAD 软件，允许制造公司转换它们的创新流程并取得竞争优势。Solid Edge 具有独特的四步骤流程，即出色的核心建模、嵌入的设计管理、内置的有限元分析以及流程化的工作步骤，实施向三维设计世界的转换，因此可以获得完全集成的而且可管理的设计领域利益，使越来越复杂的产品设计变得更加轻松。

UGS Velocity 系列™是一个综合性、模块化、集成化的解决方案组合，用于解决中端市场对产品生命周期管理 (PLM) 的需求。UGS Solid Edge 软件是功能强大的二维/三维混合设计系统，是 UGS Velocity 系列™的一个核心组成部分。它采用“流”技术开发，具有优异的软件性能和友好的用户界面。通过借助推理逻辑和决策管理概念捕捉工程师的立体建模设计意图，Solid Edge 的“流”技术大大提高了 CAD 用户的基本生产率。“流”技术使 Solid Edge 比市场上的任何其他中端 CAD 系统更易于学习、使用且生产率更高。

为了使用户需要的命令更易于访问，Solid Edge 提供了单独的环境来供用户创建零件、构造装配和制作图纸。每个环境都是自包含的。例如，用户创建图纸所需的所有命令都在“工程图”环境中。这些环境紧密地集成在一起，使得在这些环境之间切换以完成设计工作是一项轻而易举的事情。

Solid Edge V20 提供了 170 多个增强功能，包括：



图 1-8 SolidWorks 创新日活动