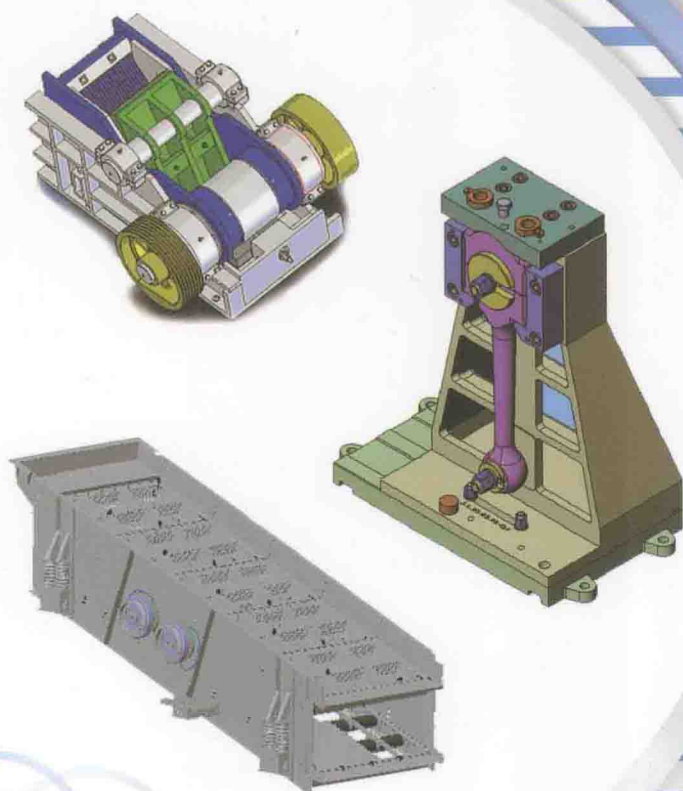


郭年琴 郭晟○著



矿山机械 CAD/CAE案例库

 冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

江西理工大学优秀学术著作出版基金资助

矿山机械 CAD/CAE 案例库

郭年琴 郭晟 著

北 京
冶金工业出版社
2015

内 容 提 要

本书共分8章,简述了CAD/CAE的基本概念、系统的功能和组成以及发展概况和趋势,重点介绍颚式破碎机、超重型振动筛、悬挂摇床、扒渣机、大型梭车、气体压缩机工装夹具等矿山机械的CAD/CAE设计案例,以及中小型企业产品数据管理系统(PDM)开发案例,对矿山机械CAD/CAE的开发方法、实践经验等进行了分析、总结。

本书可供机械、矿山类科研、设计人员参考,也可作为相关专业高校师生教学书。

图书在版编目(CIP)数据

矿山机械CAD/CAE案例库/郭年琴,郭晟著. —北京:冶金工业出版社,2015.3

ISBN 978-7-5024-6833-0

I. ①矿… II. ①郭… ②郭… III. ①矿山机械—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TD402

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第015067号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010) 64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子邮箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 曾 媛 美术编辑 杨 帆 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6833-0

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京百善印刷厂印刷

2015年3月第1版,2015年3月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 14.75印张; 354千字; 224页

49.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010) 64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010) 64044283 传真 (010) 64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010) 65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

CAD/CAE 技术是一项综合性的新技术,是 CAD/CAE/CAM 集成系统的基础。CAD/CAE 技术的发展推动了几乎一切领域的设计、制造技术革命,从根本上改变了传统的设计、生产、管理的模式,为企业在激烈的市场竞争中发挥着越来越重要的作用。CAD/CAE 技术的发展与应用程度已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之一,也成为工程设计与制造技术人员必须掌握的知识。

本书结构严谨,内容丰富、新颖,为读者提供了丰富的应用实例和程序,实用性较强。以作者对矿山机械 CAD/CAE 课题研究开发的实例,介绍 CAD/CAE 的基本理论和方法,引导读者掌握 CAD/CAE 技术开发应用的基本知识,并针对生产中的实际问题,学会用 CAD/CAE 方法去分析和解决问题,为读者正确学习和掌握 CAD/CAE 软件提供帮助。

本书针对矿山机械的一些典型设备研究设计的若干环节,进行 CAD/CAE 的二次开发,实现三维零件造型设计和装配设计、优化设计、有限元分析、运动学动力学模拟仿真等,研究开发了一些新型的矿山机械,如颚式破碎机、超重型振动筛、悬挂摇床、扒渣机、大型梭车等,通过 CAD/CAE 方法的应用,提高了矿山机械设备的性能,解决了一些具体的问题,得到了生产实际应用,能为读者提供有价值的参考。

本书共分 8 章。第 1 章为 CAD/CAE 概述,介绍了 CAD/CAE 的基本概念、历史地位和作用,阐述了系统的功能和组成以及发展概况和发展趋势。第 2 章为颚式破碎机 CAD/CAE 设计案例,介绍了课题“颚式破碎机三维动态模拟与仿真系统”的开发方法,颚式破碎机 CAD 设计,优化设计和有限元计算分析。第 3 章为超重型振动筛 CAD/CAE 设计案例,介绍了超重型振动筛虚拟样机模型的建立及虚拟装配、动力学仿真以及有限元分析。第 4 章为悬挂摇床 CAD/CAE 设计案例,介绍了三层悬挂式摇床的三维设计、运动学仿真分析、摇床头的参数优化设计、悬挂摇床头动力学仿真分析。第 5 章为扒渣机 CAD/CAE 设计案例,介绍了 LWL-120 型扒渣机三维设计、扒斗连杆机构的参数优化设计

以及运动学动力学仿真分析。第6章为大型梭车 CAD/CAE 设计案例,介绍了梭车参数优化设计、刮板运输机运动学仿真、梭车刮板运输机链轮有限元接触分析以及梭车刮板运输机链轮结构优化设计。第7章为气体压缩机工装夹具 CAD 设计案例,介绍了气压机工装夹具设计系统的总体设计、夹具信息处理以及工装夹具三维参数化设计。第8章为中小型企业产品数据管理系统(PDM)开发案例,介绍了 PDM 技术研究、中小型企业 PDM 系统建模、中小型企业 PDM 系统图纸管理模型、中小型企业 PDM 系统的数据库系统以及中小型企业 PDM 系统设计与实现。

本书一些内容取材于作者课题组在矿山机械 CAD/CAE 设计研究应用的科研实践相关成果以及作者学生的硕士学位论文。研究生刘兵吉、聂周容、沈云、张美芸、黄伟平、刘伟、曹建坤、罗乐平、陈海林、匡永江、娄宏敏、林景尧、王胜平、许赞赞、陈鹏等在完成相关研究课题时付出了辛勤的劳动;张岐生老师、何正惠老师、李德麟老师、姚践谦老师、黄鹏鹏老师、蔡启林老师等也一同参与了项目研究;经过大家的努力,多年坚持矿山机械 CAD/CAE 科研积累,形成了教学科研相结合的特色,作者主讲的计算机辅助设计与制造课程获评为江西省教育厅研究生优质课程、江西理工大学研究生优质课程的建设,在此对相关人員一并表示感谢。

感谢江西省科技厅科技支撑计划项目和江西省教育厅科技项目的支持和资助,感谢合作研究单位广东矿山通用机械厂、江西长林机械厂、湖北松滋矿山机械厂、江西铜业集团(德兴)铸造有限公司、江西赣州有色冶金机械有限公司、江西四通重工机械有限公司、上海重矿冶金设备集团有限公司、江西省石城县赣东矿山机械制造厂等的支持与资助。江西理工大学对于本书的出版也提供了大力帮助,在此一并表示感谢。

在课题研究以及本书的撰写过程中参考引用了许多文献资料,在此向其作者们表示衷心的感谢!

由于笔者水平所限,书中难免存在疏漏和错误,恳请读者批评指正。

著 者

2014 年 10 月

目 录

1 CAD/CAE 概述	1
1.1 CAD/CAE 的基本概念	1
1.1.1 CAD 技术	1
1.1.2 CAE 技术	1
1.1.3 CAPP 技术	2
1.1.4 CAM 技术	2
1.1.5 CAD/CAE/CAM 集成技术	2
1.2 CAD/CAE/CAM 的历史地位和作用	3
1.3 机械 CAD/CAE 系统的功能和组成	4
1.3.1 CAD/CAE 在产品生产过程各阶段的作用	4
1.3.2 机械 CAD/CAE 系统的功能	5
1.3.3 机械 CAD/CAE 系统的组成	7
1.4 CAD/CAE 技术的发展概况和发展趋势	9
1.4.1 CAD/CAE 技术的发展概况	9
1.4.2 CAD/CAE 技术的发展趋势	11
2 颚式破碎机 CAD/CAE 设计案例	14
2.1 概述	14
2.2 颚式破碎机三维动态模型与仿真系统	14
2.2.1 系统设计思想	14
2.2.2 总体方案设计	15
2.2.3 系统的运用	17
2.3 复摆颚式破碎机机构参数化双向设计	20
2.3.1 参数化双向设计的原理及实现过程	20
2.3.2 系统的组成	21
2.3.3 系统的创建与使用	21
2.3.4 系统的关键技术	23
2.3.5 结语	23
2.4 新型低矮式破碎机 CAD 设计	23
2.4.1 CAD 机构设计	24
2.4.2 低矮式破碎机的三维建模	26

2.4.3	试验	28
2.4.4	结语	28
2.5	新型 PC5282 颚式破碎机动颚有限元优化设计	28
2.5.1	动颚设计与受力分析	28
2.5.2	动颚的有限元模型建立与分析	29
2.5.3	动颚有限元优化设计	30
2.5.4	结语	32
2.6	应用	32
3	超重型振动筛 CAD/CAE 设计案例	34
3.1	概述	34
3.2	2YAC2460 超重型振动筛虚拟样机模型的建立及虚拟装配	34
3.2.1	模型的建立	35
3.2.2	虚拟装配	38
3.3	2YAC2460 超重型振动筛的仿真分析	39
3.3.1	COSMOS/Motion 简介	39
3.3.2	添加约束、力和驱动	40
3.3.3	动力学仿真分析	41
3.3.4	共振现象的 Simulink 仿真	44
3.4	超重型振动筛的有限元计算与分析	48
3.4.1	筛框有限元模型的建立	48
3.4.2	筛框静力学分析	57
3.4.3	振动筛筛框模态分析	60
4	悬挂摇床 CAD/CAE 设计案例	64
4.1	概述	64
4.2	基于 SolidWorks 的新型三层悬挂式摇床的三维设计	64
4.2.1	主要零件的三维建模	64
4.2.2	装配建模	66
4.2.3	虚拟装配的干涉检查	68
4.2.4	工程图设计	69
4.3	基于 ADAMS 的新型三层悬挂式摇床的运动学仿真分析	70
4.3.1	虚拟样机模型的建立	70
4.3.2	摇床仿真结果与分析	71
4.3.3	摇床动态参数特性研究	74
4.4	悬挂摇床头的结构参数优化设计	75
4.4.1	设计变量的选取	75
4.4.2	约束条件的选择	75

4.4.3	目标函数的确定	77
4.4.4	优化设计数学模型	78
4.4.5	结果分析	78
4.5	悬挂摇床头动力学仿真分析	79
4.5.1	动力学分析	79
4.5.2	动力学仿真及结果分析	79
4.5.3	结论	82
5	扒渣机 CAD/CAE 设计案例	83
5.1	概述	83
5.2	LWL-120 型扒渣机三维设计	84
5.2.1	三维零件模型建立	84
5.2.2	扒渣机总装配模型	88
5.2.3	三维设计工具箱迈迪工具箱的使用	88
5.3	扒渣装置上扒斗连杆机构的参数优化设计	89
5.3.1	参数优化设计概述	89
5.3.2	LWL-120 履带式扒渣机介绍和特性分析	90
5.3.3	扒渣装置的扒斗连杆机构的参数优化设计	91
5.4	LWL-120 型扒渣机扒渣装置的运动学仿真分析	97
5.4.1	建立扒渣装置的三维模型	97
5.4.2	扒渣装置液压缸驱动函数的建立	98
5.4.3	扒渣装置的运动学仿真分析	101
5.5	扒渣力仿真测试及扒渣装置的动力学仿真分析	105
5.5.1	扒渣力的仿真与测试	105
5.5.2	扒渣装置在扒渣工况下的动力学仿真分析	108
6	大型梭车 CAD/CAE 设计案例	113
6.1	概述	113
6.2	梭车参数优化设计	114
6.2.1	参数优化设计概述	114
6.2.2	梭车正常运输的条件	116
6.2.3	梭车优化设计相关参数	116
6.2.4	梭车参数优化设计	119
6.3	梭车三维模型的建立及刮板运输机运动学仿真	123
6.3.1	梭车三维模型的建立	123
6.3.2	动画制作	127
6.3.3	梭车刮板运输机运动仿真	127
6.4	梭车刮板运输机链轮有限元接触分析	130
6.4.1	有限元接触分析理论	131

6.4.2	传统接触分析理论以及计算	132
6.4.3	链轮有限元接触分析	133
6.5	梭车刮板运输机链轮结构优化设计	137
6.5.1	结构优化理论	137
6.5.2	链轮的结构尺寸优化	138
7	气体压缩机工装夹具 CAD 设计案例	144
7.1	概述	144
7.2	气压机工装夹具设计系统的总体设计	144
7.2.1	设计思想	144
7.2.2	系统结构体系框架	146
7.2.3	系统的功能模块	147
7.3	夹具信息处理	148
7.3.1	夹具设计过程分析	148
7.3.2	夹具结构分析	150
7.3.3	装夹特征分析及其信息表达	151
7.3.4	夹具规划	153
7.4	工装夹具三维参数化设计	155
7.4.1	SolidWorks 二次开发	155
7.4.2	标准件库的创建	157
7.4.3	SolidWorks 插件开发	159
7.4.4	三维参数化设计系统模块的功能实现	164
7.4.5	气压机零件工艺卡片设计	172
8	中小型企业产品数据管理系统(PDM)开发案例	175
8.1	概述	175
8.2	PDM 技术研究	176
8.2.1	PDM 在企业中的地位	176
8.2.2	PDM 的体系结构	178
8.2.3	PDM 实现的相关技术	179
8.2.4	PDM 的实施	180
8.3	中小型企业 PDM 系统建模	181
8.3.1	面向对象的建模方法	181
8.3.2	系统的三大模型	185
8.4	中小型企业 PDM 系统图纸管理模型	188
8.4.1	CAD 图纸的整理和规范化	188
8.4.2	图纸信息智能提取模型	191
8.4.3	图纸信息嵌套查询模型	194
8.4.4	钢结构图纸的双向设计模型	195

8.5 中小型企业 PDM 系统的数据库系统	196
8.5.1 数据库技术概述	196
8.5.2 系统数据库设计	199
8.6 中小型企业 PDM 系统设计与实现	202
8.6.1 企业需求分析与方案拟订	202
8.6.2 系统的整体设计	205
8.6.3 系统功能的实现	207
参考文献	220

1.1 CAD/CAE 的基本概念

随着计算机技术的迅速发展, 矿山机械产品设计和生产的方法都在发生着显著的变化, 以前一直只能靠人工完成的许多作业过程, 通过计算机的应用已逐渐实现了高效化和高精度化。计算机技术与数值计算技术、机械设计、制造技术相互渗透与结合, 产生了计算机辅助设计、计算机辅助工程与计算机辅助制造这样一门综合性的应用技术。它具有高智力、知识密集、综合性强、效益高等特点。这种利用计算机来达到高效化、高精度化的目的, 实现自动化设计、数值模拟计算及生产制造的方法分别称为 CAD (Computer Aided Design, 计算机辅助设计)、CAE (Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程) 和 CAM (Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造) 技术。CAD、CAE 和 CAM 技术的发展, 不仅改变了人们设计、制造各种产品的常规方式, 有利于发挥设计人员的创造性, 还可大大提高企业的管理水平和市场竞争能力。

1.1.1 CAD 技术

CAD 是指在人和计算机组成的系统中, 以计算机为辅助工具, 通过人机交互方式进行产品设计构思和论证、产品总体设计、技术设计、零部件设计、有关零件分析计算 (包括强度、刚度、热、电、磁的分析和设计计算等)、零件加工图样的设计和信息的输出, 以及技术文档和有关技术报告的编制等, 以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。CAD 系统的主要功能如下:

- (1) 草图设计;
- (2) 零件设计;
- (3) 装配设计;
- (4) 复杂曲面设计;
- (5) 工程图样绘制;
- (6) 工程设计计算;
- (7) 真实感及渲染;
- (8) 数据交换接口。

1.1.2 CAE 技术

CAE 是指利用计算机辅助进行工程模拟分析、计算, 主要包括有限单元分析法、有限差分法、最优化分析方法、计算机仿真技术、可靠性分析、运动学分析、动力学分析等内容, 其中有限单元分析法在机械 CAD/CAM 中应用极为广泛。CAE 的主要任务是对机械工程、产品和结构未来的工作状态和运行行为进行仿真, 及时发现设计中的问题和缺

陷,保证设计的可靠性,实现产品设计优化,缩短产品开发周期,提高产品设计的可靠性,节省产品研发成本。CAE 技术是以现代计算力学为基础,以计算机数值计算、仿真为手段的工程分析技术。CAE 技术已成为机械 CAD/CAM 技术中不可或缺的重要环节。

1.1.3 CAPP 技术

CAPP (Computer Aided Process Planning, 计算机辅助工艺设计)是指在人和计算机组成的工程系统中,根据产品设计阶段给出的信息,采用人机交互方式或自动方式来确定产品加工工艺流程和加工工艺方法的过程。在 CAD/CAM 集成环境中,通常工艺设计人员可以依据 CAD 过程提供的相关信息和 CAM 系统的基本功能,实现对产品的加工工艺路线进行设计和对加工状况的仿真,以生成控制产品加工过程的相关信息。CAPP 的主要功能如下:

- (1) 毛坯设计;
- (2) 加工方法的选择;
- (3) 工艺路线的制定;
- (4) 工序的设计;
- (5) 工艺文件的编制、管理;
- (6) 刀具、夹具、量具等工艺装备的设计。

在工艺路线的制定中,通常包括加工设备的选型、工具(如刀具、夹具和量具等)的选择;工序的设计包括工步、工位设计,切削参数(如切削速度、进给量和切削深度等)的选择,加工余量分配及工序尺寸计算,消耗定额的计算及工时定额计算等。

对一些特殊的加工要求,有时需要设计专用刀具、夹具等工艺装备。

1.1.4 CAM 技术

CAM 是借助计算机进行产品制造活动的简称,有广义和狭义之分。广义 CAM 一般是指利用计算机辅助完成从毛坯到产品制造过程中的直接和间接的各种活动,包括工艺准备、生产作业计划制定、物流过程的运行控制、生产控制、质量控制等方面的内容。其中,工艺准备包括计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助工装设计与制造、数控编程、计算机辅助工时定额和材料定额的编制等任务,物流过程的运行控制包括物料加工、装配、检验、输送、储存等生产活动。狭义 CAM 通常指计算机辅助数控程序的编制,包括刀具路线规划、刀位文件生成、刀具轨迹仿真及后置处理和 NC(数控)代码生成等作业过程。

1.1.5 CAD/CAE/CAM 集成技术

从 CAD 和 CAM 技术的发展历程可知,CAD、CAE、CAM 等各单项技术大多数都是各自独立发展的。众多性能优良、相互独立的商品化 CAD、CAE、CAPP、CAM 系统在各自领域都起到了重要的作用,形成了一系列高性能的“自动化孤岛”。这些各自独立的“自动化孤岛”相互割裂,不能实现系统之间信息的自动传递和转换,信息资源不能共享,严重制约了各自的发展和性能的有效发挥。随着 CAD、CAE、CAM 技术的广泛应用,迫切需要 CAD 系统的信息应用到生产(如 CAE、CAPP、CAM 等)、管理(MIS、MRP II

等)等后续各个环节,由此提出了 CAD/CAE/CAM 集成的概念,以解决 CAD、CAE、CAPP 和 CAM 系统之间数据自动传递和转换的问题。集成化的 CAD/CAE/CAM 系统借助于工程数据库技术、网络通信技术及标准格式的产品数据接口技术,把分散的 CAD、CAE、CAM 模块高效、快捷地连接起来,实现软、硬件资源共享,保证整个系统内的信息流动畅通无阻,发挥集成化带来的更高效益。对于 CAD/CAE/CAM 系统来说,集成应具备以下三个基本特征:

(1) 数据共享。系统各部分的输入可一次性完成,每一部分不必重新初始化,各子系统产生的输出可为其他有关的子系统直接使用,不必人工干预。

(2) 系统集成化。系统中功能不同的软件系统按不同的用途有机地结合起来,用统一的执行控制程序来组织各种信息的传递,保证系统内信息流畅通,并协调各子系统有效地运行。

(3) 开放性。系统采用开放式体系结构和通用接口标准。在系统内部各个组成部分之间易于数据交换,易于扩充;在系统外部,一个系统能有效地嵌入另一个系统中作为其组成部分,或者通过标准外部接口有效地连接,实现数据交换。

1.2 CAD/CAE/CAM 的历史地位和作用

早在 1985 年,美国信息制造业专家 W. H. Slatterback 曾经预言,从 1985 年到 2000 年期间,美国的制造业面临的变化将比 20 世纪前 75 年的变化要大得多,其根本原因是 CAD/CAE/CAM 技术的应用越来越普遍。目前在许多发达国家,CAD/CAE/CAM 技术不仅广泛用于航空航天、汽车、电子和机械制造等产品的生产领域,而且逐渐发展到服装、装饰、家具和制鞋等应用领域。此外,CAD/CAE/CAM 技术作为计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)的技术基础,会随着网络化、全球化的发展进入一个新的台阶。CAD/CAE/CAM 技术的普及和应用,不仅对传统制造业提出新的挑战,而且已对新兴产业的发展、劳动生产率的提高、材料消耗的降低、国际竞争能力的增强起到重要作用,已成为衡量一个国家科学技术现代化和工业现代化水平的重要标志之一。

1989 年,美国评出近 25 年间 10 项最杰出的工程技术成就,其中第 4 项就是 CAD/CAE/CAM。1991 年 3 月 20 日,海湾战争结束后的第 3 周,美国政府发表了跨世纪的国家关键技术发展战略,列举了 6 大技术领域中的 22 项关键项目,认为这些项目对于美国的长期国家安全和经济繁荣至关重要。而 CAD/CAE/CAM 技术与其中的两大领域 11 个项目紧密相关,这就是制造与信息、通信。制造技术为工业界生产一系列创新的、成本上有竞争能力和高质量的产品投入市场打下基础;而信息和通信技术则以惊人的速度不断发展,改变着社会的通信、教育和制造方法。制造技术的关键项目有计算机集成制造、智能加工设备、微米和纳米级制造技术、系统管理技术;信息和通信技术包括软件、微电子学和光电子学、高性能计算机和互联网、高清晰度成像显示、传感器和信号处理、数据存储器 and 外围设备、计算机仿真和建模。

CAD/CAE/CAM 技术推动了几乎所有领域的设计、制造技术革命,CAD/CAE/CAM 技术的发展和水平已成为衡量一个国家科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。

CAD/CAE/CAM 技术从根本上改变了过去的手工绘图、发图、凭图样组织生产过程的技术管理方式, 将它变为在计算机上交互设计, 通过网络发送产品技术文件, 在统一的数字化产品模型下进行产品的设计打样、分析计算、工艺计划和工艺文件的制定、工艺装备的设计及制造、数控编程及加工、生产作业规划、质量控制、编印产品维护手册、组织备件订货供应、产品广告宣传等。企业建立一个完善的 CAD/CAE/CAM 系统, 就等于建立了一种新的设计和生产技术管理体制。有了这样的新体制, 就可以方便地进行下列工作:

(1) 实现生产组织的平行工程作业, 使产品的设计、生产工艺准备、调度管理、仓库物流、零部件制造及装配、销售及客户服务等各个部门的工程技术人员可以从统一的产品数据库中获得所有设计、制造等工程信息, 并行协同工作, 及早协调处理各种问题。

(2) 在产品的设计阶段就可用三维几何模型模拟产品、零部件、设备的制造、装配和工作过程。及早发现结构布局 and 系统安装的空间干涉错误, 提高产品设计的可靠性, 缩短产品开发和生产准备周期。

(3) 彻底改变传统的工程图样发放管理模式, 可利用网络等现代信息技术, 实现跨地域迅速、有效地发放、更改及管理图样等技术文档。

(4) 进行产品的功能和性能仿真。1996 年, 联合国通过了《全面禁止核试验条约》, 但这并不意味着核国家不再发展和研究核武器, 核武器的开发研制可通过计算机仿真技术进行研究, 通过模拟仿真评价核武器的性能。同样, 机械产品的开发也可以利用仿真技术全部或部分替代样机的试验过程, 通过虚拟的数字化产品模型, 模拟产品的使用工况, 分析产品的使用性能, 这样可大大缩短产品开发周期, 节省样机试制和检测的成本。

(5) 利用产品的三维模型可提前进行产品的外观造型设计和市场推广。这点对轻工业产品尤其重要, 及早让订货单位从屏幕上评审产品的造型、色彩、装潢和包装。

1.3 机械 CAD/CAE 系统的功能和组成

1.3.1 CAD/CAE 在产品生产过程各阶段的作用

不同的产品有着不同的生产过程。就机械产品而言, 其开发生成过程大致可以分为初步设计、详细设计、生产准备和产品制造四个阶段, 如图 1-1 所示。

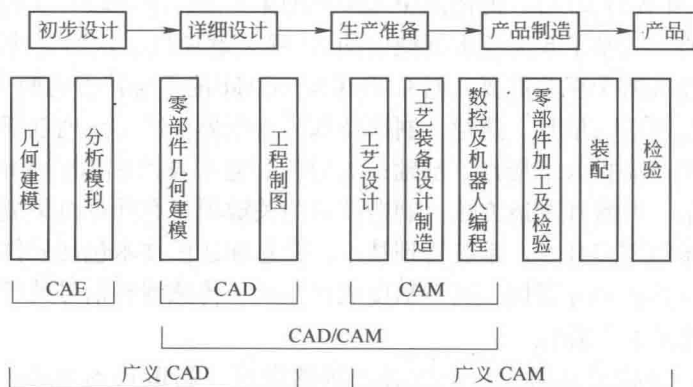


图 1-1 机械产品 CAD/CAE 涉及的范围

机械产品初步设计阶段是指在确定产品设计目标和方案的基础上,研究满足功能要求的总体运动实现方法和机构的几何结构,建立机械结构大致的三维几何模型和运动模型,并进行性能预测、运动学及动力学分析、强度及刚度分析、机构运动模拟等分析工作,最终获得产品的详细设计参数的阶段。在这一阶段可利用计算机建立产品的数字化虚拟模型,利用仿真技术进行产品性能的模拟分析仿真,提高产品设计的可靠性,缩短开发周期,降低开发成本。在初步设计阶段可运用 CAE 工程分析系统对设计进行仿真、模拟分析和优化,因此这一阶段的许多工作属于 CAE 的工作范围。

初步设计阶段后就进入产品的详细设计阶段。在详细设计阶段,需要对初步设计阶段的结果进行细化,拆分总体结构,建立各零部件的三维实体模型,进一步确定产品各零部件的几何形状和尺寸细节、公差精度和表面质量、材料和热处理工艺等工程技术要求,最终根据工程设计规范绘制工程图样,编制各种设计文档,为指导生产、质量控制、管理和物流控制提供技术文件。在详细设计阶段,通常要运用 CAD 系统对具体结构进行设计、计算和几何建模,并绘制工程图样,因此这一阶段许多工作属于 CAD 的工作范围。

完成产品的详细设计后,首先要根据产品的设计文件制定产品生产的工艺过程,这包括零件的加工工艺过程设计、加工工序的设计、部件及产品装配工艺的设计,编制加工工艺过程卡、工序卡等工艺文件,设计毛坯工程图,选择加工工艺装备和工夹量具,设计并制造专用工艺装备,为形成生产规模和保障质量做准备。在现代制造系统中,这部分生产准备内容可以由 CAPP 系统辅助完成。在完成工艺设计和工装准备后,工程技术人员还要对数控加工和机器人、物流控制、自动装配等自动化系统的控制程序编程。对数控加工机床等自动控制系统的编程通常认为是在狭义 CAM 范围的内容。

在产品制造阶段,要完成产品零部件的实际加工生产、部件及产品的装配和质量性能的检验。在这一阶段,CAM 就是利用数控机床等自动化装备辅助完成零件的高效加工,利用机器人等辅助进行产品装配和物料输送,利用计算机自动检测设备检测零件加工质量和产品性能。

CAD/CAE/CAM 技术的运用大大提高了产品生产的自动化程度,对保证产品质量、提高劳动生产效率、降低劳动成本、缩短产品研发周期起到了极大的促进作用。

1.3.2 机械 CAD/CAE 系统的功能

1.3.2.1 交互式三维几何建模功能

交互式三维几何建模是指通过人一机交互的方式来生成和编辑三维几何图形,建立设计对象的三维虚拟模型的过程。利用交互式三维几何建模功能,可以构造各种零部件和产品的几何模型,描述零部件的几何形状、尺寸和结构、空间布局及装配关系,并且可以为计算分析、工作仿真、工程图样绘制、工艺过程设计、数控加工编程等后续工作提供产品的几何信息。因此,几何建模是 CAD/CAE/CAM 系统的核心,为产品的设计、制造和管理提供最基本的模型信息。一个系统的几何建模能力是衡量 CAD/CAE/CAM 系统功能强弱的重要指标之一。CAD 几何建模技术经历了线框造型、曲面造型、实体造型和参数化特征造型等过程。

1.3.2.2 工程计算和工程数据存储、检索功能

机械产品设计中需要完成大量繁琐的工程计算和校验,如根据梁的几何模型计算其抗

弯、抗扭截面模量,校验梁的设计强度和刚度;回转件的质量中心计算及动、静平衡配重计算;部件或产品总质量的估算等。在进行设计计算中还要查阅检索大量的设计数据和标准,如材料的极限强度、屈服强度和热处理硬度。公差范围和极限尺寸,标准件的系列参数等。这些计算与数据检索都具有较高的重复性和规律性,非常适合计算机系统处理。计算机辅助设计不仅可以解决工程绘图和几何建模等问题,还可以利用计算机的高速计算功能和海量数据存储及高效检索功能,辅助工程设计人员开展设计计算和资料检索工作,使其摆脱繁重的计算和数据检索等重复性劳动,让他们有更多的精力从事创新性设计。

高性能的 CAD 系统都具有较强的工程计算和工程数据库检索能力,可结合参数化、变量化设计功能,将其计算结果直接与几何模型的参数关联,实现设计计算的自动化。

1.3.2.3 工程绘图功能

工程图样是指导生产和经营管理的重要技术文件。目前大多数产品的详细设计参数都是通过工程图样记录和表达的。因此,工程绘图是 CAD/CAE/CAM 系统中必要的、最基本的功能。

1.3.2.4 结构分析和优化功能

在工程设计中,常常要对结构的力学物理性能进行分析、优化,最终获得符合要求的设计结果。CAD/CAE/CAM 系统中根据产品的设计模型和工作状况,如负载类型及其大小、热源及环境温度场等,对产品进行结构静力学分析、动力学分析、运动学分析、热力学分析或仿真评价设计质量和安全性、可靠性,并通过优化目标模型对设计参数进行优化设计,最终获得最优设计参数。

1.3.2.5 模拟仿真功能

利用产品的虚拟模型,在计算机系统中模仿产品的实际工作环境和工作过程,对产品的各项功能进行仿真,可以在设计阶段对产品的工作性能进行分析和评价,及早发现设计中存在的错误和问题,提出修改意见,改进设计方案,提高产品开发的成功率和可靠性。

1.3.2.6 加工工艺设计和工艺文件的管理功能

加工工艺是连接设计与制造的桥梁。根据产品的设计要求和企业的工艺装备,计算机从产品的设计信息中获取零件的加工特征,根据工艺知识和推理决策系统,编制出零件的加工工艺过程,选择加工装备,最后生成加工工艺文件,并能对工艺文件进行输出、检索和编辑管理。

1.3.2.7 数控自动编程和数控加工仿真功能

数控编程是实现数控加工的基础和关键,对于复杂零件和需要多坐标联动数控加工的零件,手工编程将无法满足数控加工编程的要求。CAD/CAM 集成数控加工自动编程是目前数控编程的高效率、高可靠编程方法,可以满足高精度、多轴联动复杂零件的数控加工编程的需要。利用 CAD 建立的产品模型和 CAPP 生成的工艺方案,由 CAM 系统自动生成刀位数据文件,通过后处理得到数控机床的加工程序,并通过计算机模拟数控程序的加工过程,观察加工效果,验证数控代码的可行性和安全性。

1.3.2.8 产品的工程数据管理

随着科学技术的进步,现代机电产品的复杂性越来越高,CAD/CAE/CAM 系统的数据量也越来越大,数据的种类也越来越复杂,数据的时效性、数据的安全性、数据管理的

有效性等问题日显突出。在 CAD/CAE/CAM 系统中利用工程数据库,建立统一的网络化运行环境,将产品全生命周期中各个信息孤岛的信息集成起来,利用计算机系统控制整个产品的开发设计、加工制造过程,通过逐步建立虚拟的产品模型,最终形成完整的产品数据、生产过程描述及生产过程控制数据管理系统。

1.3.3 机械 CAD/CAE 系统的组成

机械 CAD/CAE 系统由硬件系统、软件系统两大部分组成。硬件系统是 CAD/CAE 系统运行的基础,软件系统是 CAD/CAE 系统的运行核心。硬件系统主要包括计算机主机系统、图形外部设备和网络通信设备,广义上讲硬件系统还包括用于数控加工和自动化装配等方面的数控机床和机器人等生产加工设备。软件系统由系统软件、支撑软件和应用软件等组成。随着 CAD/CAE 系统功能的不断完善和提高,软件成本在整个系统中所占的比重越来越大,目前一些高端软件的价格已经远远高于硬件系统的价格。

1.3.3.1 CAD/CAE 的硬件系统

CAD/CAE 的硬件系统主要由计算机主机、外存储器、输入/输出设备、网络通信设备和数控生产加工设备等组成。

计算机主机是 CAD/CAE 系统的硬件核心,其性能直接影响到 CAD/CAE 系统的总体性能。按照主机性能等级的不同,可将计算机分为巨型机、小型机、图形工作站和 PC 机等不同档次。计算机主机主要由中央处理单元 (CPU)、内存 (RAM)、输入/输出 (I/O) 设备、图形加速处理单元 (GPU) 等组成。计算机主机的功能主要取决于 CPU、GPU 的性能和内存的容量。

外存储器简称外存,用来存放暂时不用或等待调用的程序、数据、设计模型等信息。当使用这些信息时,由操作系统根据命令调入内存。外存储器的特点是大容量,目前常用的有 U 盘、硬盘、硬盘阵列、DVD 光盘、蓝光光盘等,大容量外存通常可达数百 GB 或更高。

输入/输出设备包括输入设备和输出设备两类。输入设备是指通过人一机交互作用,将各种外部数据转换成计算机能识别的信号的装置,主要分为键盘输入类 (如键盘)、指点输入类 (如鼠标)、图形输入类 (如数字化仪)、图像输入类 (如扫描仪、数码相机等)、语音输入类等。将计算机处理后的数据转换成用户所需的形式,实现这一功能的装置称为输出设备。输出设备能将计算机运行的中间或最终结果、过程,通过文字、图形、影像等形式表现出来,实现与外界的交流与沟通。常用的输出设备包括显示输出 (如图形显示器)、打印输出 (如打印机)、绘图输出 (如自动绘图仪) 等。

网络通信设备包括网卡 (网络适配器)、集线器 (hub)、路由器 (router)、交换机 (switch)、网桥 (bridge)、中继器 (repeater)、网关 (gateway)、调制解调器 (modem) 等装置,通过传输介质连接到网络上,以实现资源共享。网络的连接方式通常有无线和有线两种形式,有线网络的传输介质通常有双绞线、同轴电缆和光纤等,其拓扑结构可分为星形、总线形、环形、树形,以及星形和环形的组合等形式。先进的 CAD/CAE/CAM 系统都是以网络的形式出现的。

1.3.3.2 CAD/CAE 的软件系统

CAD/CAE 的软件系统由系统软件、支撑软件和应用软件等组成。