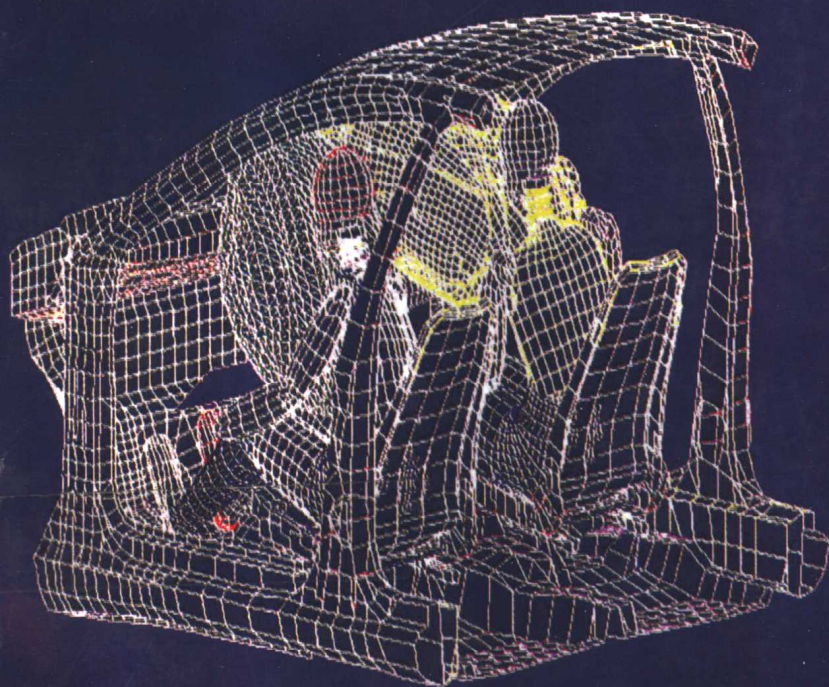


计算机应用系列教材（高等学校用）

COMPUTER
AIDED
ENGINEERING

计算机辅助工程

主编 郝静如



航空工业出版社

计 算 机 辅 助 工 程

主 编	郝静如
副 主 编	田竹友
	陆 偶
主 审	朱耀祥

航空工业出版社

内 容 提 要

本书根据全国普通高等学校计算机基础课指导小组关于计算机教学改革的思想,重点加强对学生计算机应用基础知识的教育和能力培养。全书内容围绕机械工程实践,覆盖了传统的多门独立设置的课程,系统而有重点地讲授有关知识。全书分为6个主要部分,共10章,包括:计算机辅助设计系统和图形学基础;工程数据和常用数学方程的计算机处理;计算机辅助工程分析;计算机辅助制造及集成制造系统;计算机辅助生产管理;计算机网络基础。每章后有复习思考题。书内附有程序。

本书的编写具有明确的实用性,引用大量实例和新的发展动态,力求加大信息量。

本书主要作为高等工科院校机械类专业学生的计算机应用型教材,也可作工程技术及管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助工程/郝静如主编.-北京:航空工业出版社,
2000.1

ISBN 7-80134-338-7

I . 计… II . 郝… III . 计算机辅助技术-教材 IV .
TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 11057 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2000 年 1 月第 1 版

2000 年 1 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:21.75

字数:554 千字

印数:1—2000

定价:32.00 元

前 言

计算机技术的飞速发展使人类步入了信息时代,信息技术的发展水平、运用水平和教育水平已经成为衡量社会进步程度的重要标志,世界范围内多层次、多侧面的计算机理论及应用的教育热潮正在形成和迅速发展。

计算机辅助工程 CAE 是一门范围广泛的、多学科交叉渗透的理论与实践相结合的学科,实际上,其内容是长期以来计算机技术在各个领域不断发展应用而积累形成的,分为若干部分,如 CAD、CAM、CAPP、MIS 等,目前学校中传统的学习该科目的方式是将上述各部分内容独立设课,分别作为必修课或选修课。事实上存在着一个需要,即把这几部分知识,包括计算机辅助设计、分析、制造、生产计划和管理等作为一个整体教授给学生,特别对于机械工业的工程实际,更需要对从概念到使用的工程方法进行系统的处理。

本书主题也与全国普通高等院校计算机基础课指导小组关于课程内容和体系改革的思想相符合,在计算机文化基础和计算机技术基础上,加强对学生计算机应用基础的教育和能力培养,增强学生建构本专业及相关领域中计算机应用系统的能力,加强与有关基础课程、专业课程、实践性教学环节之间的渗透与融合,广泛融入最新内容,使学生了解和掌握计算机技术在现代工程实际中的应用,从而能以较高的视角审视,并能自如地面对和投身于迅猛普及的计算机工程世界。

本书也是对教学方法改革的尝试,改变以往对知识内容传统的讲授方式,提纲挈领,将内容串联精讲,筛选核心内容,提高课堂效率,压缩课内学时,把学生引入知识的大门,先浏览这个大千世界,激发起学生的求知欲。

本书的特点是力求知识的整体化,具有明确的实用意识,内容的安排上注重广而不刻意追求深,注重实际应用而简化理论分析,增加其通俗易懂性,尽可能用较少的学时使学生掌握较多的知识,为学生今后在某一方面进行深入研究打下良好的基础。

全书共 10 章,分 6 个部分。

第 1 章绪论,概括全局。第 2、3 章介绍计算机辅助设计环境、计算机图形处理技术和几何建模,以及 CAD 系统的软件。第 4 章介绍工程数据和常用数学方程的计算机处理方法。第 5 章对计算机辅助工程分析中常用的有限元法、优化设计、可靠性设计和计算机仿真等几项技术进行了重点介绍,该部分力图以较少的篇幅,由浅入深,使对此几项技术不熟悉的初学者能在短时间内理解基本要领,并能解决较简单的实际问题。第 6、7、8 章有重点地介绍了制造业中计算机的主要技术:CAPP、NC 技术、工业机器人、FMS 和 CIMS 计算机集成制造系统,内容简练并注意反映最新发展状况。第 9 章主要介绍计算机辅助生产管理中的 MRP II 系统及应用,办公自动化的使用情况,对于扩大机械类学生在管理方面的知识面有所裨益。第 10 章对计算机集成制造的技术支持系统、计算机网络的基本知识作了介绍。

书中有关部分的程序示例用 Turbo C 语言编写,为了使初学者易于读懂,程序中尽可能详细地标注了中文注释。为使读者加深理解并掌握要点,每章后附有思考题。

各章在书中的顺序按内容的系统性安排,并保持相对独立性,教学时可根据需要对顺序进行调换。全书内容讲授的参考学时为 70~80 小时。也可根据学时的具体情况安排部分内容自

学。

本书可作为工科院校机械类专业学生的计算机应用普及型教科书,也可作为工程技术人员快速自学参考书和企业管理人员的技术与信息获取读本。

参加本书编写工作的有北京机械工业学院郝静如(第1、5章),田竹友(第2、3章),米洁(第4章和第5章程序),王红军(第6、7、8章和第5章第4节),曲立(第9章),陆侗(第10章)。郝静如任主编,并负责全书统稿工作,田竹友、陆侗任副主编。

朱耀祥先生对全书进行了审阅,并提出了宝贵的修改意见。姚文席、王科社、邢济收、许宝杰、孙义敏、戈新生等先生也分别对书中有关部分进行了审阅并提出修改建议,在此表示诚挚的谢意。

本教材是北京市教委的教改项目,由于是作为教学、教材改革的尝试,且编者经验和水平有限,书中错误和不足之处在所难免,诚望有关专家和读者给予批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机辅助工程内容简介	1
1.2 计算机辅助工程的主要技术和术语	3
1.3 计算机和工程师	4
1.4 计算机辅助工程技术的现实意义	5
复习思考题.....	5
第 2 章 计算机辅助设计环境	6
2.1 CAD 技术及发展趋势	6
2.1.1 何谓 CAD	6
2.1.2 CAD 在机械设计领域的应用	7
2.1.3 CAD 技术的发展趋势	8
2.2 CAD 系统及分类	8
2.2.1 CAD 系统的构成	8
2.2.2 CAD 系统的分类	9
2.3 CAD 系统的硬件	11
2.3.1 微机 CAD 系统硬件的组成及基本功能	11
2.3.2 主机	12
2.3.3 外存储器	13
2.3.4 输入设备	13
2.3.5 输出设备	14
2.4 CAD 系统的软件	18
2.4.1 系统软件	18
2.4.2 支撑软件	20
2.4.3 应用软件	21
2.5 工程化 CAD 软件的开发与维护	22
2.5.1 软件工程化和规范化	22
2.5.2 CAD 软件文档	23
复习思考题	24
第 3 章 计算机图形学基础	25
3.1 计算机图形学概述	25
3.2 Turbo C 的图形功能	26
3.2.1 屏幕设置	26
3.2.1.1 坐标系	26

3.2.1.2 图形系统初始化	26
3.2.1.3 屏幕管理	29
3.2.2 基本绘图函数	29
3.2.3 图形属性控制	30
3.2.3.1 控制颜色	30
3.2.3.2 线的特性设定和填充	31
3.2.4 图形模式下的文本输出	33
3.2.5 绘图程序实例(弹簧振子振动轨迹图)	34
3.3 二维图形变换	36
3.3.1 图形变换的概念	36
3.3.2 二维基本图形变换	37
3.3.2.1 变换原理	37
3.3.2.2 二维变换的齐次坐标矩阵表示方法	39
3.3.3 二维图形的组合变换	41
3.3.4 二维图形变换程序设计	46
3.4 三维图形变换	52
3.4.1 三维图形的基本变换	52
3.4.1.1 三维平移变换	52
3.4.1.2 三维比例变换	53
3.4.1.3 三维错切变换	55
3.4.1.4 三维对称变换	57
3.4.1.5 三维旋转变换	58
3.4.1.6 三维组合变换	60
3.4.2 三维图形的投影变换	62
3.4.2.1 正投影变换	62
3.4.2.2 正轴测投影变换(轴测图)	68
3.4.2.3 斜轴测投影变换	68
3.4.3 三维图形的透视变换	71
3.4.4 连续旋转变换	75
3.4.5 三维图形变换程序设计	79
3.5 几何建模简介	89
3.5.1 线框建模	90
3.5.2 表面建模	90
3.5.3 实体建模	92
3.5.4 三维实体建模的计算机内部表示	94
复习思考题	97
第4章 工程数据及常用数学方程的计算机处理	99
4.1 数表的程序化	99
4.2 线图的程序化	100
4.2.1 插值	100

4.2.2 公式化	102
4.3 数据文件	107
4.4 数据库	110
4.4.1 数据的层次	110
4.4.2 数据库类型	110
4.5 代数方程组的计算机解法	112
4.5.1 线性方程组的数值解法	112
4.5.2 非线性方程组的解法	116
4.6 数值积分方法	118
4.7 常微分方程的数值解法	120
第5章 计算机辅助工程分析	125
5.1 有限元分析法	125
5.1.1 有限元概念	125
5.1.1.1 一维杆件的有限元分析	125
5.1.1.2 二维弹性平面问题的有限元分析	128
5.1.1.3 求解线性方程组需注意的问题	132
5.1.2 有限元建模	133
5.1.2.1 构件的有限元网格	134
5.1.2.2 节点外载荷	135
5.1.2.3 边界约束条件	135
5.1.3 有限元软件	135
5.1.3.1 有限元的解题过程	135
5.1.3.2 有限元分析软件简介	137
5.1.4 有限元法实例	138
5.2 优化设计	143
5.2.1 优化设计数学模型及基本概念	144
5.2.2 优化设计方法	146
5.2.2.1 一维函数黄金分割法(0.618法)	146
5.2.2.2 数值迭代方法	147
5.2.2.3 常用优化方法介绍	148
5.2.2.4 常用优化方法的特点及应用	157
5.2.3 优化设计的步骤	157
5.2.4 优化软件及设计实例	158
5.2.4.1 优化软件	158
5.2.4.2 设计实例	158
5.3 计算机辅助工程分析在可靠性设计中的应用	162
5.3.1 可靠性的定义	162
5.3.1.1 机械可靠性的特征量	163
5.3.1.2 可靠性设计方法与传统设计方法的主要区别	163
5.3.1.3 可靠性设计的优点	164

5.3.2 可靠性工程中常用的概率分布	164
5.3.2.1 随机变量的分布	164
5.3.2.2 随机变量的数字特征	165
5.3.2.3 可靠性工程中常用的概率分布	165
5.3.3 计算机辅助工程分析在可靠性设计中的应用	168
5.3.3.1 分布函数的假设检验和分布参数估计	168
5.3.3.2 确定应力分布和强度分布的方法(蒙特卡洛 Monte Carlo 模拟法)	171
5.3.3.3 机械零件可靠度的计算机辅助计算方法	173
5.3.3.4 计算机在机械疲劳强度可靠性设计中的应用	180
5.4 计算机仿真简介	186
5.4.1 基本概念	186
5.4.2 计算机仿真的主要步骤	187
5.4.3 计算机仿真在机械工程中的应用实例	188
复习思考题	190
第 6 章 计算机辅助制造	191
6.1 概述	191
6.1.1 CAM 的发展与制造工程	191
6.1.2 计算机递阶控制结构	191
6.1.3 CAD/CAM 数据传递	193
6.1.3.1 CAD/CAM 集成的工程数据库特点	194
6.1.3.2 CAD/CAM 的数据交换	195
6.2 成组技术与计算机辅助工艺过程设计	196
6.2.1 成组技术	196
6.2.1.1 零件分类编码系统	197
6.2.1.2 零件的分组	203
6.2.1.3 成组技术的应用	207
6.2.2 CAPP 的基本原理	210
6.2.2.1 概述	210
6.2.2.2 CAPP 系统的基本原理	210
6.2.2.3 CAPP 系统零件信息的描述与输入	212
6.2.2.4 派生式 CAPP 系统	215
6.2.2.5 创成式 CAPP 系统	216
6.2.2.6 CAPP 系统中的工序设计	220
6.2.2.7 CAPP 系统的程序设计基础	224
6.2.2.8 典型系统介绍	224
6.3 数控技术	235
6.3.1 数控机床	235
6.3.1.1 数控机床的组成	235
6.3.1.2 数控机床的类型	236
6.3.1.3 数控机床的坐标轴	237

6.3.2 数控加工及数控编程	238
6.3.2.1 数控加工工艺	238
6.3.2.2 数控加工的程序段格式	240
6.3.2.3 数控编程方法及其发展	241
6.3.3 数控自动编程法	242
6.4 工业机器人	244
6.4.1 工业机器人的定义和主要术语	245
6.4.1.1 工业机器人的定义	245
6.4.1.2 工业机器人的组成	245
6.4.1.3 机器人的主要术语	246
6.4.2 机器人的基本结构形式和基本原理	247
6.4.2.1 坐标系	247
6.4.2.2 机器人的性能特征	249
6.4.3 工业机器人的控制系统和传感器	249
6.4.3.1 工业机器人的控制系统	249
6.4.3.2 工业机器人的驱动系统	250
6.4.3.3 工业机器人的传感器	250
6.4.4 工业机器人的编程语言	251
6.4.4.1 初始动作级编程语言	251
6.4.4.2 结构化编程语言	252
6.4.5 工业机器人的应用	253
6.4.5.1 机器人的实际应用举例	253
6.4.5.2 工业机器人应用的安全措施	255
6.4.6 工业机器人的发展趋势	255
复习思考题	255
第7章 柔性制造系统	257
7.1 概述	257
7.1.1 柔性制造系统的定义	257
7.1.2 FMS的发展趋势	258
7.2 FMS的系统结构	258
7.3 FMS的组成	259
7.3.1 FMS的加工单元	260
7.3.2 物料运送及管理系统	261
7.3.2.1 FMS工件传送及管理系统	261
7.3.2.2 FMS刀具交换及管理系统	263
7.3.2.3 FMS的清洗工作站	264
7.3.2.4 FMS的测量工作站	264
7.3.3 信息流	265
7.4 FMS的单元控制器和工作站控制器	265
7.4.1 单元控制器	265

7.4.2 工作站控制器	266
7.5 FMS 规划	268
复习思考题	268
第 8 章 计算机集成制造系统及 21 世纪制造模式	269
8.1 CIMS 基本概念和主要内容	269
8.1.1 计算机集成制造系统的概念	270
8.1.2 CIMS 的组成	271
8.2 CIMS 技术支持系统	272
8.2.1 CIMS 网络	272
8.2.2 制造业企业信息	273
8.2.3 CIMS 网络的建立	273
8.3 21 世纪制造模式	273
8.3.1 精益生产和并行工程	274
8.3.2 敏捷制造	275
8.3.3 智能制造系统	276
8.3.4 全能制造系统	277
第 9 章 计算机辅助生产管理与办公自动化	278
9.1 计算机辅助生产管理概述	278
9.1.1 生产管理基础	278
9.1.2 计算机辅助生产管理	279
9.2 MRP I 及应用	280
9.2.1 MRP 概念与原理	280
9.2.2 闭环 MRP 及 MRP I	282
9.2.3 MRP I 实施与运用	284
9.3 办公自动化	285
9.3.1 办公自动化概念	285
9.3.2 办公自动化功能	286
9.3.3 办公自动化设备	287
复习思考题	288
第 10 章 计算机网络基础	289
10.1 数据通信技术基础	290
10.1.1 模拟、数字通信和数据通信的一般结构	290
10.1.2 数据通信方式和传输方式	292
10.1.3 传输介质	293
10.2 计算机网络	294
10.2.1 协议与 OSI 参考模型	294
10.2.2 计算机网络的拓扑结构与网络分类	296
10.2.3 计算机局域网结构	297
10.2.4 ATM 网	298
10.2.5 网络互联	299

10.3 网络计算环境.....	300
10.4 计算机系统的经济合理性.....	301
复习思考题.....	303
附录.....	304
附录 5-1 求解平面问题的有限元计算程序	304
附录 5-2 黄金分割法计算程序	311
附录 5-3 复合形法优化程序	313
附录 5-4 χ^2 分布检验源程序	319
附录 5-5 蒙特卡洛法综合应力(强度)分布源程序	322
附录 5-6 蒙特卡洛法计算可靠度源程序(正态分布)	325
附录 5-7 标准正态分布表	328
附录 5-8 χ^2 分布表	333
附录 5-9 K-S 表	334
参考文献.....	335

第1章 绪论

计算机辅助工程是指工程项目借助于计算机完成。要注意“辅助”一词,因工程项目的管理和控制从根本上还要由人来进行,人们首先要从理论上对工程进行论述和规划,而理论需要专门知识和智能,常说的人工智能计算机专家系统,实际上还是执行人的智能所遵循的规律,它的工作质量取决于人所储存的专门知识,所以它仍是一个计算机辅助系统。工程是一个范围广、多学科的领域,本书主要围绕机械工程领域内的生产实践活动和计算机技术的应用情况进行介绍,但要看到,当代多学科交叉、跨学科合作的崭新的产品设计与加工方式已给传统的机械工程概念以新的含义,它更多地融入了现代设计方法、信息技术、自动控制技术、计算机技术等多学科的内容,从这个角度来说,本书内容同样适用于工科其他相关专业。现代计算机技术的应用是一场大革命,它已改变了传统的生产过程,创造了巨大的效益,计算机辅助工程技术的普及和全面应用将会使企业和社会进入一个新的发展阶段。

1.1 计算机辅助工程内容简介

当我们将工程的内容只限定在某一个领域时,计算机辅助工程仍包含很广的范围,按活动的过程顺序和工作性质,可划分为如图 1-1 所示的 4

个主要部分,该 4 部分之间有密切关系且在许多情况下互相交叉。因为快速制造产品的过程包括从了解需求开始到产品市场化结束的整个过程,难以想象设计者在不了解加工条件和供需计划的情况下可以有效地工作,只有熟悉制造厂家的加工能力和生产流程等情况,设计部门才能作出合理的设计;设计与建模分析之间的联系也很密切,事实上建模分析是设计的重要内容,建模分析

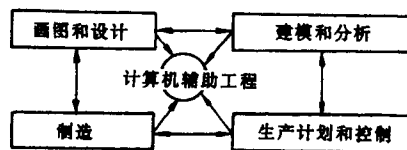


图 1-1 计算机辅助工程的内容

已部分取代了实验室的实物试验,根据计算机的仿真结果即可对设计方案进行评价并提出修改方案;计算机系统在制造与设计之间的协调能力更具显著作用,它能迅速反馈信息,甚至在加工过程中也能根据用户的最新建议对设计进行修正。以上几部分传统的运行方式是只能严格按前后顺序进行传递的开链式流程,计算机技术将这相互独立的几部分融于一体,形成系统内的闭路循环,这可叫做并行工程,并行工程是产品开发模式的根本变革。

本书各部分的主要内容和特点如下:

(1) 计算机辅助设计环境

对计算机辅助设计 CAD 系统的基本构成及工作方式、CAD 系统的硬件配置和软件环境,以及工程中常用的 CAD 软件进行了介绍。该部分内容对进行 CAD 工作的设计者来说是应该了解和掌握的基本知识。本书的第 2 章介绍了该部分内容。

(2) 计算机图形学基础

计算机辅助画图和设计系统提供了在计算机中进行三维建模的手段,通过建模产生零件图,进而用零件图组装成设备总图,更高级的三维设计系统可对模型进行几何分析,如检查一

个装配体内各部分零件之间的尺寸配合情况等,理想的 CAD 系统应能够同时具有几何建模、装配建模以及尺寸与公差建模的功能。本书中主要介绍图形处理技术的基本内容,包括 Turbo C 语言的图形功能、二维图形变换及程序设计、三维图形变换及程序设计、几何建模等。此外还对工程实用绘图软件作了介绍。该部分内容是计算机辅助工程的技术基础。本书的第 3 章介绍了具体内容。

(3) 工程数据及常用数学方程的计算机处理

传统工程设计的量化形式包括数表、线图和公式等几种,在 CAD 设计中,利用计算机快速运行程序和准确进行数值分析的特点,恰当地将传统的数表、线图进行公式化和程序化;用特定方法对大批量的数据进行组织管理;对工程中常见的代数方程组求解和对微积分方程进行离散化数值计算,可以用于解决不同类型的工程实际问题。本书第 4 章对这些基本方法进行了介绍。

(4) 计算机辅助工程分析

工程分析是 CAD 技术的基本任务之一,分析工程模型所得到的结论是设计者作为决定设计可行性和优化方案的依据。在计算机使用以前,分析工作通过实验室中的物理模型或生产试验进行,通常要为加工模型和模型在试验中被破坏而付出昂贵的代价。利用计算机能快速运行程序的能力,通过数值分析方法进行辅助工程分析,是计算机应用中卓有成效的领域之一,计算机可以高效地对复杂的零部件进行静、动态分析,且可以根据需要反复设置和优化模型,得到理想而准确的结果。

在现代设计过程中广泛采用的数值方法有优化方法、有限元法、计算机仿真(模拟分析),此外还有可靠性分析、边界元法等。书中第 5 章对上述前 4 种常用方法从基本原理到实际应用进行了介绍,该部分力图以简明的思路使读者掌握方法的要领,并能利用现有软件解决简单问题,不刻意对方法的理论进行深入探讨,从而较大地提高了读者的应用实效。

(5) 计算机辅助制造及其集成

计算机辅助工程是一个系统,如图 1-1 所示的 4 个部分之间有密切的信息传递,辅助设计阶段建造的零件模型以一定形式存入系统,并传递到制造加工阶段,数控机床通过程序控制零件的加工过程(CAD/CAM),计算机在制造系统的应用叫做计算机辅助制造(CAM),辅助制造系统涉及的范围和技术面很宽,书中按以下三部分进行了介绍。

第 6 章计算机辅助制造重点介绍了 CAM 的主要技术。包括成组技术的原理及应用。计算机辅助工艺过程(CAPP)技术的基本原理,重点讨论了派生式 CAPP 系统和创成式 CAPP 系统的特点及设计方法,介绍了 CAPP 的零件信息输入和工序设计技术,还介绍了典型系统的组成。围绕数控机床 NC 技术,讨论了 NC 机床、NC 系统及 NC 加工与 NC 编程的基本概念和基本原理。阐述了工业机器人技术的基本概念、基本原理和工业机器人的控制系统和传感器,对工业机器人的应用概况及发展趋势作了介绍。

第 7 章柔性制造系统对 FMS 的产生、发展、基本概念、基本组成和发展趋势进行了讨论。重点讨论了 FMS 的系统结构、FMS 的物流、信息流和 FMS 的控制技术。

第 8 章介绍了计算机集成制造系统 CIMS 的概念和内容,讨论了 CIMS 技术支持系统, CIMS 网络的特点、组成和开发技术。介绍了 21 世纪先进制造运行模式的特点及发展趋势。

(6) 计算机辅助生产管理

管理是制造业的组成部分,它和设计、制造部分相互联系影响,共同保证企业生产经营活动目标的实现。计算机辅助管理,是制造业计算机应用系统中的分系统,是产、供、销、人、财、物

一体化的闭路应用系统。

近些年来,随着管理领域专业化程度的提高,管理已逐渐从一般事务工作为主转化为科学性的专业化工作。日益增加的市场竞争、产品制造和市场需求关系的复杂化也是促进管理进步的关键因素,进而促进了计算机管理技术的发展。计算机管理包括经营管理、生产管理、物料管理、财务管理、人力资源管理、质量管理等。本书第9章主要围绕生产过程,对计算机辅助生产管理和办公自动化进行介绍。

(7) 计算机网络基础

CIMS是建立在信息集成的基础之上,面对市场上各式各样的平台性能,层出不穷的开发工具,需要选择恰当的软硬平台,并以恰当方式组成CIMS支持系统,既保护已有资源,又兼顾各种系统。本书第10章介绍了构造CIMS技术运行系统的计算机网络基本知识和处理技术。

1.2 计算机辅助工程的主要技术和术语

图1-2是产品从计划说明书到顾客使用全过程的流程图,其中每一阶段中计算机辅助工程的主要技术都以常用专用字母标注并作了说明。

如果图1-2中的所有环节都在最大程度上使用了相关软件,而且它们都连接在一个计算机集成制造的环境里,则可看到一个全自动化的工厂。在这样一个计算机辅助自动化的工厂里,由于计算机能快速传递信息,使产品在形成过程中的各阶段都几乎处在并行状态,缩短了产品加工周期。比如,设计阶段和工程分析阶段几乎是同步进行的,产品设计刚一完成,计算机辅助工艺过程设计阶段就迅速优化出工艺方案,编制出完整详细的工艺计划文件,甚至在加工过程中,也能临时根据最新情况修改设计。这种并行工程是建立在信息集成基础之上的最优运行模式,它以动态优化方式完成全过程,达到缩短产品开发周期、改善产品质量、降低生产成本的目的。

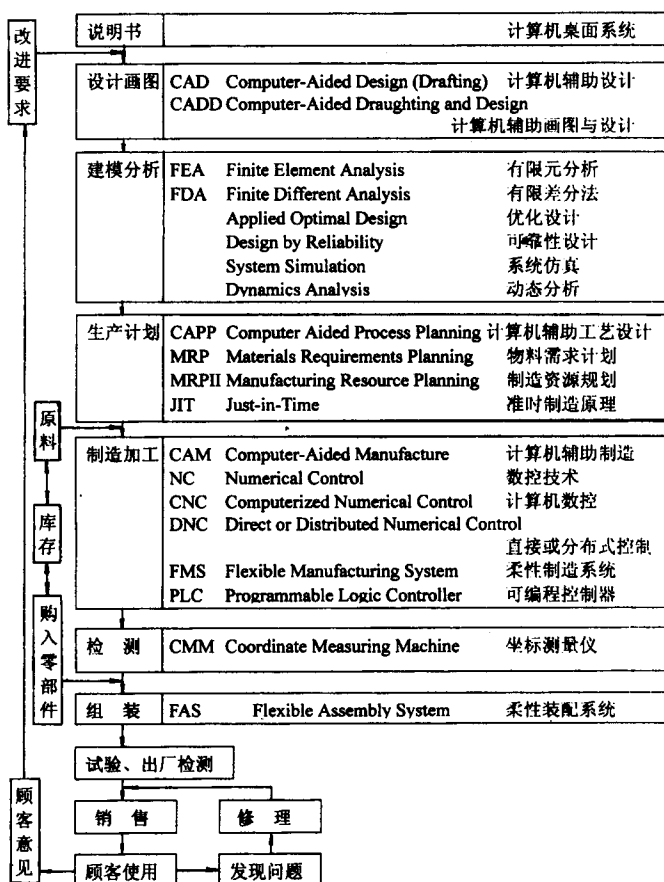


图1-2 产品形成全过程中的计算机辅助工程技术

1.3 计算机和工程师

计算机辅助工程技术的应用改变了传统工程的面貌,传统工程中所有的智能型工作都是由人进行完成的,现在有了计算机的参与,人的劳动大大减轻,人的工作性质和范围也随之发生了变化。工程师作为高级专门技术人才,首先应该在其专业领域里具有专长,能够熟练运用专业知识和技巧,创造性地和有独到见解地分析和处理具体问题。在一定程度上说,工程师的工作更多地转向智能的开发,提出新颖的思路,对疑难问题作出决策。而一些繁复的常规技术问题,如数值分析等工作,计算机的参与会大大减少人力的消耗,最大限度地解放劳动力。

为了进一步探讨计算机到底能在多大程度上取代人的工作,我们可以对人和计算机的能力进行比较对照,以下围绕工程师完成工程任务所需具有的几方面的能力进行分析。

(1) 分析推理能力

工程师具有专业知识和经验,对问题具有直接分析推理和决断的能力,计算机自身没有智能和推理的能力,只有被人工智能化后,才能在有限的范围内靠逻辑推理解决问题,这里所说的计算机的逻辑能力取自于人赋予它的知识和一系列规则,这些规则来源于专家们对问题的思维和处理方式,这种计算机所具有的智能可以加快传统问题的解决,但是对遇到的新问题是盲点而束手无策,所以被叫做“拷贝”智能。

(2) 数值分析能力

工程师可以独立进行数值分析工作,分析工作质量与智力因素和数值方法的选用密切相关,工作速度取决于问题的复杂性和大小,但对复杂的数学物理方程等问题,人工已难于用数值方法求解。相形之下计算机是数值分析的有力工具,不论问题多么繁复,只要给定合理的分析方法和计算程序,计算机会严密地按照程序进行运算,高质高效地完成全部数值分析计算工作。即使如此,计算机的工作从根本上依然取决于工程师选择正确的分析方法、对分析技术的程序化和输入准确的原始数据。

(3) 数据存储与处理能力

人的记忆有时间性并受某些条件的影响,当人回忆已发生的事件时,往往难以准确地把握事实,甚至有可能丢掉全部信息。相形之下,计算机数据存储量大,存储时间长,处理数据简捷,而且存储的数据可被不同程序或用户所共享。例如,计算机辅助设计阶段完成的零部件和组装件都可被储存起来,为进一步完成整体设计所调用,节省了重复设计画图的人力。计算机的数字处理能力还有另一重要意义,即它是计算机集成制造系统成功运行的关键。

(4) 相关性数据或文字处理

工程师凭记忆和经验查找和处理相关性数据或文字,如要在不同文件中修改同一个数据时,往往需做大量的重复性劳动,而且难免会有遗漏。而计算机能迅速查找,从而提供准确的相关数据,并能根据需要同步对相关数据或文字进行统一处理。

(5) 误差检测能力

工程师可以根据知识、经验凭直观或推理判定误差。计算机的误差检测能力建立在逻辑分析的基础之上,比如用于词汇拼写检查的处理程序,程序会扫描一个词汇文件并对照字典核查每个单词,作出是否有错误的判断,更进一步的程序还可按照这种逻辑分析的方式,检测出简单的语法错误。

(6) 信息传递能力

人通过感官,如通过听、说来接收和传递信息,但作为传播媒介,它们通常是低效的和不可靠的。计算机在此方面是十分有效的工具,它可通过不同的渠道获取信息,也可按一定格式快速准确地输出文字和图形数据,利用打印机或绘图机等外围设备,计算机系统可给出高质量的文件或图纸,并且可快速将信息传递到工厂中的某个工段。计算机的这种高效传递信息的能力是先进的计算机集成制造系统的又一项关键。

综上所述,工程师和计算机完成工程任务的能力各具特点,简单归纳如表 1-1 所示。

表 1-1 工程师和计算机的工程能力的比较

序号	项目	工程师的特点	计算机的特点
1	论证推理	依靠智能、知识和经验,直接进行分析推理并判断,速度较慢	依赖于人工智能,利用给定程序进行判断,速度快
2	数值分析	依靠智力和知识,选择数值分析方法,对分析技术进行程序化,提供准确的原始数据	有效地根据程序进行运算,快速准确地进行数值分析
3	数据存储与处理	收集和记忆得不准确,可靠性低,存储量小	记忆准确,存储量大,可被共享
4	相关信息处理	凭记忆和经验,做大量重复性劳动	能迅速查找,提供准确的相关信息,并进行同步处理
5	误差检测	凭直观或推理	依靠逻辑分析,进行系统识别
6	信息传递	通过感官传递信息,低效和不一定可靠	通过多种方式获取信息,通过输出设备输出高质量文件,或系统内高速传递

1.4 计算机辅助工程技术的现实意义

今天,人们每天的社会活动和生产活动,其实质都是在产生、发送、接收信息和对相关信息作出相应反应,信息处理的速度和质量已成为一个国家、一个企业或一个部门发展程度的基本标志,计算机辅助工程技术即是产业信息化的具体实现。

21 世纪的企业经营环境是高质量、多功能、多样化的新产品和高质服务不断涌入高速多变、高度细分的国际市场。不断更新和扩展设计观念和思想,综合考虑多学科技术、经济和社会因素,将不断创新的复杂产品快速推入市场,以满足用户多层次、多角度的价值观和消费观,是当代企业取得竞争优势的重要手段,所以,能否更好地吸收最新信息,创造性地对新的可能性做出及时反应是现今企业经营成败的关键,企业摸准市场的脉搏,把握住瞬息万变的契机,及时调整产品规划,以高度集成的自动化方式生产出质量好、成本低、产出快、上市早的新产品,才能使企业在激烈的市场竞争中立于不败之地。由此可见,计算机辅助工程技术的全面应用及普及有重大的现实意义。

复习思考题

- 1-1 计算机辅助工程技术的范围是什么? 具体包括哪些内容?
- 1-2 就你所知,谈谈计算机辅助工程技术当前应用和推广的程度。