

现代制造技术系列教材

计算机辅助制造

王先逵 主编

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

计算机辅助制造是指利用计算机辅助完成从原材料到产品的全部制造过程,其中包括直接制造过程和间接制造过程。本书所论述的范围主要有:计算机辅助制造的支撑环境、计算机辅助成组技术、零件信息描述、计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助数控加工、计算机辅助工装设计、计算机辅助质量控制等。书中还对当前先进制造技术的内容和发展作了系统综述,并从制造系统的角度,论述了柔性制造系统、集成制造系统(包含并行工程)和智能制造系统等制造技术的发展阶段。

本书可作为高等院校机械工程专业本科生、研究生的教材或参考书,同时可供从事机械制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助制造/王先逵主编. —北京:清华大学出版社, 1998
(现代制造技术系列教材)

ISBN 7-302-03198-3

I. 计… II. 王… III. 计算机辅助制造 IV. TP391.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 32557 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:北京丰华印刷厂

发行者:新华书店总店北京科技发行所

开 本: 787× 1092 1/16 印张: 13.75 字数: 339 千字

版 次: 1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-03198-3/TH·80

印 数: 0001~5000

定 价: 14.00 元

《现代制造技术》系列教材

出版说明

近半个世纪以来,制造技术的发展日新月异。特别是近 20 年来,随着科学技术的迅猛发展,尤其是以计算机、信息技术为代表的高新技术的发展,使制造技术的内涵和外延发生了革命性的变化,传统制造技术不断吸收信息、材料、能源及管理等领域现代成果,综合应用于产品的设计、制造、检测、生产管理和售后服务。在生产技术和生产模式等方面,许多新的思想和概念不断涌现,而且,不同学科之间相互渗透、交叉融合,衍生新的研究领域,迅速改变着传统制造业的面貌。

在实际工作中,我们迫切感觉到需要一套系列教材,既能反映现代制造技术的进展,又有反映制造技术的基本原理。因此,围绕着教学改革,清华大学制造工程研究所将陆续编写和出版一套制造技术教材,以满足机械制造及其自动化专业的教学需要,尤其是满足我校“本硕贯通培养”教学改革的需要。

由于教育改革的步伐很快,组编和出版这套教材是一次尝试,我们热忱欢迎选用本系列教材的老师、学生和科技工作者提出批评和建议。

《现代制造技术》系列教材
编辑委员会

1998. 9. 18

现代制造技术系列教材丛书编辑委员会

主 任: 金国藩

副主任: 汪劲松 王先逵

委 员(按姓氏笔划):

叶蓓华 冯之敬 成 晔 陈 悬

郑 力 郁鼎文 徐家球 张 昆

潘尚峰 赵广木 冯平法

前 言

制造技术是当代科学技术发展最为活跃的领域,是产品更新、生产发展、国际间经济竞争的重要手段。制造业是各种产业的支柱工业,各种产业的发展有赖于制造业的支持。制造技术的水平对制造业的发展有着举足轻重的影响。

计算机辅助制造是制造技术的重要组成部分,从广义来说,它是指利用计算机辅助完成工程设计与分析、生产管理与控制、财务会计与供销等全盘工作,即从原材料到产品的全部制造过程,包括直接制造过程和间接制造过程。因此,本书的内容主要有:计算机辅助制造的支撑环境、计算机辅助成组技术、零件信息描述、计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助数控加工、计算机辅助工装设计、计算机辅助质量控制等。

本书在编写过程中,力求贯彻以下几点:

- 1) 尽量反映现代制造技术中有关计算机辅助制造的最新发展和内容,如模糊决策、人工神经网络等的应用,以反映内容的先进性。
- 2) 从系统论、信息论、控制论所形成的系统科学和方法论的角度,以制造系统工程学为主线来论述计算机辅助制造的内容,使之在体系上有科学性。
- 3) 理论联系实际,注意多介绍一些方法、实例,如阐述多种零件信息描述方法,零件成组分类方法等,以满足技术上的实用性。
- 4) 贯彻名词术语、代(符)号、量和单位等现行国家标准,以满足行业和社会的需求。
- 5) 尽量多用图、表,图文并茂,使读者便于理解。

本书可作为高等院校机械工程专业本科生和研究生的教材或参考书,同时也可供从事机械制造的工程技术人员参考。

本书第1章、第2章、第3章、第4章、第5章、第6章、第9章由王先逵编写,第7章由段广洪、王先逵编写,第8章由吴丹编写,全书由王先逵、吴丹统稿,王先逵主编。

在本书的编写中,得到了清华大学精密仪器与机械学系制造工程研究所领导和其他教师的热情帮助,提出了不少宝贵意见,在此谨向他们表示衷心感谢。由于时间紧迫,水平有限,书中会有不少错误和不足之处,恳请读者不吝赐教。

编 者

1998年2月于清华园

目 录

第 1 章	概述	1
1.1	计算机辅助制造的基本概念	1
1.2	制造技术及其发展	2
第 2 章	计算机辅助制造的支撑环境	14
2.1	计算机硬件	14
2.2	计算机软件	16
2.3	数据库系统	21
2.4	计算机网络与通信	24
第 3 章	计算机辅助成组技术	32
3.1	基本原理	32
3.2	成组工艺实施方法	33
3.3	零件的分类编码系统	33
3.4	零件的分类成组方法	46
3.5	成组工艺过程设计	59
第 4 章	零件信息描述	63
4.1	零件信息描述的要求	63
4.2	零件信息描述的内容	63
4.3	零件信息描述方法	64
第 5 章	计算机辅助工艺过程设计	86
5.1	概述	86
5.2	计算机辅助工艺过程设计系统结构	90
5.3	工艺设计的决策方式	95
5.4	计算机辅助工艺过程设计的原理和方法	121
第 6 章	计算机辅助数控加工	131
6.1	计算机辅助数控加工的内容	131
6.2	计算机辅助数控加工程序编制	132
6.3	前置处理与后置处理	137
6.4	加工仿真	138
第 7 章	计算机辅助工装设计	142
7.1	概述	142
7.2	计算机辅助机床夹具设计	143
7.3	计算机辅助制造中的刀具系统	152
第 8 章	计算机辅助质量系统	162

8.1 计算机集成质量系统 162

8.2 计算机辅助加工过程监控 166

8.3 计算机辅助质量检测 170

8.4 计算机辅助测试 178

第9章 机械制造系统..... 182

9.1 机械制造系统自动化 182

9.2 柔性制造系统 184

9.3 计算机集成制造系统 188

9.4 并行工程 197

9.5 智能制造系统 206

参考文献..... 210

第 1 章 概 述

1.1 计算机辅助制造的基本概念

1.1.1 计算机辅助制造的概念

一般来说, 计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM)是指应用计算机来进行产品制造的统称。有广义 CAM 和狭义 CAM 之分。广义 CAM 是指利用计算机辅助完成从原材料到产品的全部制造过程, 其中包括直接制造过程和间接制造过程。狭义 CAM 是指制造过程中某个环节应用计算机, 在计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)中, 通常是指计算机辅助机械加工(computer aided machining), 更明确地说, 是指数控加工。它的输入信息是零件的工艺路线和工序内容, 输出信息是刀具加工时的运动轨迹(刀位文件)和数控程序。本书所阐述的计算机辅助制造, 介于广义 CAM 与狭义 CAM 之间, 基本上是广义 CAM 的一部分。计算机辅助制造是先进制造技术的重要组成部分, 是提高制造水平的重要举措。

1.1.2 计算机辅助制造系统

1. 计算机辅助制造系统的概念

计算机辅助制造系统是通过计算机分级结构控制和管理制造过程的多方面工作, 它的目标是开发一个集成的信息网络来监测一个广阔的相互关联的制造作业范围, 并根据一个总体的管理策略控制每项作业。

从自动化的角度来看, 数控机床加工是一个工序自动化的加工过程, 加工中心是实现零件部分或全部机械加工过程自动化, 计算机直接控制和柔性制造系统是完成一族零件或不同族零件的自动化制造过程, 而计算机辅助制造是计算机进入制造过程这样一个总的概念。

2. 计算机辅助制造系统的结构

一个大规模的计算机辅助制造系统是一个计算机分级结构的网络, 它由两级或三级计算机组成, 中央计算机控制全局, 提供经过处理的信息; 主计算机管理某一方面的工作, 并对下属的计算机工作站或微型计算机发布指令和进行监控; 计算机工作站或微型计算机承担单一的工艺过程控制或管理工作。

图 1-1 表示了计算机辅助制造系统的分级结构, 可以看出其功能是全面的、广泛的, 涉及整个制造领域。

计算机辅助制造系统的组成可以分为硬件和软件两方面: 硬件方面有数控机床、加工中心、输送装置、装卸装置、存储装置、检测装置、计算机等; 软件方面有数据库、计算机辅助工

艺过程设计、计算机辅助数控程序编制、计算机辅助工装设计、计算机辅助作业计划编制与调度、计算机辅助质量控制等。

图 1-1 计算机辅助制造系统的分级结构

1.2 制造技术及其发展

1.2.1 制造技术的重要性

制造技术是当代科学技术发展最为活跃的领域,是产品更新、生产发展、国际间经济竞争的重要手段,各工业化国家纷纷把先进制造技术列为国家的高新关键技术和优先发展项目,给予了极大的重视和关注。美国,这个在世界上制造技术长期处于领先地位的国家,近来已感到巨大的威胁。根据日本科学技术厅对日美尖端技术比较进行的调查,在生命科学、物质和材料科学、信息和电子科学、海洋和地球科学、能源科学、生产和机械科学 6 个尖端技术研究领域中,日本在生产和机械科学方面处于领先地位,而其余 5 个领域均落后于美国。美国在 1994 年底出版了《21 世纪制造企业战略》报告,它是美国国防部根据国会要求拟定一个较长时期的制造技术规划而委托里海(Lehigh)大学编制的,报告中提出了制造企业战略,中心思想是在 2006 年以前夺回美国制造业在世界上的领先地位。

制造技术的重要性主要体现在以下几方面:① 制造业是各种产业的支柱工业,各种产业的发展有赖于制造业的支持,其中包括尖端、专用设备的提供,高水平通用设备的供应等。例如计算机工业发展与印刷线路板、集成电路芯片的水平关系密切,需要制造业提供高水平的印刷线路板 and 大规模集成电路芯片等生产设备。因此,各种产业的水平和发展将会受到制造技术的水平 and 发展的制约。② 在国际国内经济竞争中,根据市场需求做出快速响应和决策的能力是十分重要的,它取决于制造技术的水平。强有力的制造技术可以快速推出具有世界水平的全新产品,并能提供给世界各地。③ 国家在经济上的独立性、在工业上的自力更生能力、在很大程度上体现在制造技术的水平上。高精技术产品、关键设备能够自己提供,而不依赖进口是国家经济独立、工业上自力更生能力的重要标志,高超的制造技术水平不仅可以

满足国内市场的需求,而且可以出口创汇,增强国力,提高国际地位。

1.2.2 先进制造技术的特点

先进制造技术即现代制造技术,前者强调先进,后者强调现代,时代感强,在一定程度上也体现了先进,从强调先进考虑还是称先进制造技术为好。

先进制造技术的特点表现如下:

1) 制造工程是一个系统工程 机械制造过程是一种离散的生产过程,制造过程中的各个环节之间可以彼此关联或不关联。由系统论、信息论和控制论形成的系统科学和方法论,从系统各组成部分之间的相互联系、相互作用、相互制约的关系来分析对象,这种用系统论的观点来分析和研究制造过程,就出现了制造系统的概念,并形成了现代制造系统工程学。制造系统是由物质流、能量流和信息流三个基本要素组成的,而信息流的引入是形成制造系统最关键的要素。计算机技术、数控技术、微电子技术、传感器技术等的发展促使了制造系统的进一步发展。

2) 设计与工艺一体化 制造工程的主要工作内容可分为设计和工艺两大部分。大生产的出现,产生了分工,设计和工艺分开了,甚至分属于不同部门,造成了工艺从属于设计、工艺与设计脱离等现象,严重影响了制造技术的发展。但在实际上,产品设计往往受到工艺条件的制约,即受到制造可行性限制,在加工精度、表面粗糙度、尺寸等方面不能满足设计要求,出现了工艺手段主宰产品的局面。因此,设计与工艺必须密切结合,要以工艺为突破口,形成设计与工艺的一体化。

3) 精密加工技术是关键 精密和超精密加工技术是衡量先进制造技术水平的重要指标之一,它代表了制造技术在精度方面的极限。当前,纳米加工技术代表了制造技术的最高精度水平。从加工能力来分析,它包含质量、生产率和经济性,而质量是首位。精密加工技术是提高质量的关键和重要措施,以工艺为突破口应以精密工艺为突破口。工艺是生产中最活跃、最革命的因素,工艺变化将引起制造技术的一系列变化。例如激光加工工艺的出现,就形成了各种激光加工设备和技术,不仅使制造技术的水平有了很大的提高,而且使制造技术的范畴也有了很大的扩展。

4) 产品生命周期的全过程 现代制造技术是一个从产品概念开始,到产品形成、使用,一直到处理报销的集成活动和系统,是一个功能系统和信息系统。它包括了产品生命周期的全过程,其中有市场需求、设计开发、制造生产、销售经营、使用维修、报废处理。在产品的设计中,不仅要进行结构设计、零件设计、装配设计,而且特别强调拆卸设计,使产品报废处理时,能够进行材料的再循环,节约能源,保护环境。因此,现代制造技术中,从产品制造的角度来分析,就包含了产品技术、生产技术、拆卸技术和再循环技术 4 个方面。

5) 人、组织、技术三结合 制造技术经过数百年漫长的发展,在人的作用和机器功能、技术支撑和经营管理、技术推动和市场驱动等方面的关系一直未能理清。近几十年,制造技术有了长足的进步和迅速的发展,提出了人机协同的观点,强调了即使在高度自动化的今天,人的创造性和作用的永恒性;在制造科学技术的发展中,提出了由技术支撑转变为人、组织、技术的集成,强调了经营管理、战略决策的作用;在制造工业战略决策中,提出了市场驱动、需求牵引的概念,强调用户是核心,用户的需求是企业成功的关键,并且强调快速响应市场需求的重要性。

6) 制造形成了科学 制造科学是由机械、计算机、信息、材料、自动化等学科有机结合而发展起来的一门跨学科的综合科学。机械制造是一门古老的学科,但在信息时代又焕发出青春的光芒,它已具有随不同对象和时间而改变的功能结构及信息系统,正在不断充实、完善和发展,形成了一门真正的科学。

1. 2. 3 现代制造技术的内容和发展方向

1. 制造系统自动化

机械制造过程是一种离散的生产过程,与连续的生产过程相比,实现自动化更为困难。机械制造自动化的发展经历了单机自动化、自动线、数控机床、加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造系统和并行工程等几个阶段,并进一步向柔性化、集成化、智能化发展。自动化的目的不仅是提高生产效率和改善劳动条件,而且往往是保证产品质量的必要措施,同时它可以提高对市场变化的响应速度和竞争能力。

并行工程是集成地、并行地设计产品及其相关的各种过程(包括制造过程的支持过程)的系统方法,该方法要求产品开发人员在设计一开始就考虑在产品整个生命周期中,从概念形成到产品报废处理的所有因素,包括质量、成本、进度计划和用户要求。并行工程是产品开发过程的集成,它要求把经营、人、技术进一步集成起来。当前并行工程还只限于一个企业内

图 1-2 测量仪器、机床、自动机床所能达到的最高精度与年代的关系

部,今后将会向企业之间集成。

2. 精密工程和微型机械

精密工程包括精密加工和超精密加工技术、微细加工和超微细加工技术、纳米(nm , 10^{-9}m)技术等方面。当前,以纳米技术为代表的超精密加工技术和以微细加工为手段的微型机械技术代表了这一时期精密工程的方向。

各国学者都很重视对精密加工的研究成果进行历史回顾和发展展望的研究,以便指导现阶段的工作和预测下阶段的发展。预计在 2000 年,加工精度可达到纳米级,由于原子晶格间距是 $0.2\sim 0.4\text{nm}$,因此纳米加工技术是当今的极限工艺。图 1-2 示出了随着年代的推移,各种测量仪器、机床和自动机床所能达到的最高精度,图中展示了到 2000 年的发展趋势。精密工程的发展大致沿着以下几个方面:

(1) 超精密加工设备及其新型结构的研究

美国、日本、英国等国家很重视新型超精密加工机床的研究。图 1-3 是英国国立物理学实验室(NPL)开发的四面体结构立轴超精密磨床,它由 6 个柱连接 4 个支持球构成一个罐状的四面体,静刚度为 $10\text{N}/\text{nm}$,加工精度可达 1nm 以上。图 1-4 是日本一台比较理想的盒式超精密立式车床,其结构设计特点为:① 整个机床采用了盒式结构,加工区域形成封闭空间,自成系统,不受外界影响;② 采用热对称结构、低热变形复合材料,从结构上使热变形得到抑制;③ 采用冷却液淋

图 1-3 四面体结构立轴超精密磨床

浴、恒温油循环、热源隔离等措施,以保证整个机床处于恒温状态;④ 整个机床有隔振结构。这台机床反映了现代超精密机床的发展趋向。

图 1-5 是美国 Giddings & Lewis 公司生产的变异式加工中心,称为 VARIAX 机床。该机床采用三角形构架结构,用 6 个伸缩柱支撑并连接上、下平台,上平台装有主轴头,下平台装有工作台。各个伸缩柱由各自的伺服电机与滚珠丝杠驱动,调整这 6 个伸缩柱就可以改变主轴与工件之间的相对空间位置,满足刀位轨迹要求。在 6 个伸缩柱的平台外,有 3 根“气体弹簧”支撑,承受重力负载,以减轻 6 个伸缩柱的负担。该机床有刚性好、运动速度快、精度高三大特点,结构新颖,但运动计算复杂。

(2) 金刚石砂轮超精密磨削

它是当前超精密加工的重要研究方向之一,其主要加工方式有外圆磨、无心磨、沟槽磨和切割等,被加工材料有陶瓷、半导体等难加工材料。研究的关键问题有金刚石砂轮的修整、微粉金刚石砂轮超精密磨削等。

(3) 先进超精密研磨抛光加工

近年来出现了油石研磨、磁性研抛、滚动研磨、弹性发射加工、液体动力抛光、液中抛光、磁流体抛光、挤压研抛、砂带研抛、超精研抛、机械化学抛光、化学机械抛光等众多有成效的加工方法。超精密研磨抛光,有以下几个发展动向:① 采用软质磨粒,甚至比工件硬度还要软的磨粒,如 SiO_2 、 ZrO_2 等,在抛光时不易造成被加工表面的机械损伤,如微裂纹、磨粒嵌入、洼坑、麻点等;② 非接触抛光,或称浮动抛光,抛光工具与工件被加工表面之间有一薄层磨

图 1-4 盒式超精密立式车床

- 1. 用低热变形复合材料制成的拖板； 2. 淋浴冷却液； 3. 陶瓷滚珠丝杠； 4. 对称热源装置；
- 5. 冷却液喷射装置； 6. 切屑回收装置； 7. 热变形补偿微位移工作台； 8. 卡盘附件； 9. 切屑回收装置；
- 10. 油温控制装置； 11. 隔振功能和水平调整功能装置； 12. 空气静压主轴； 13. 冷却散热片；
- 14. 热对称壳体结构； 15. 恒温循环装置； 16. 两个热对称圆导轨； 17. 热源隔离装置；
- 18. 热流控制功能和衰减能调整功能装置； 19. 滚珠丝杠驱动用电子冷却轴；
- 20. 热对称三点支撑结构

图 1-5 变异式加工中心(VARIAX)结构示意图

料流, 不直接接触; ③ 在恒温液中进行抛光, 既可减小热变形, 又可防止尘埃或杂物混入抛光区, 影响加工质量; ④ 采用复合加工。

(4) 纳米加工和微型机械

精密和超精密加工正向着纳米级精度发展, 向着去除、附着、变形加工等原子级、分子级加工方向发展。这种加工已深入到物质微观领域, 某些物理量的转变是以最小单位——量子跳跃式进行, 而不是连续的, 因此, 今后超精密加工将以量子为基础, 以量子力学为指导进行发展。微型机械是近年来发展起来的新型学科, 具有很强的生命力, 已逐渐应用于机械工程、生物工程、海洋工程、宇宙工程。医疗技术等方面。图 1-6 为微型电机, 图 1-7 为微型齿轮。

图 1-6 微型电机

图 1-7 微型齿轮

3. 特种加工

这种加工是指一些利用声、光、电、磁、原子等能源的物理的、化学的非传统加工方法, 如电火花加工、电解加工、超声波加工、激光加工、电子束加工、离子束加工等。从加工方法本身又包括分离(去除)加工、结合(附着、注入、接合)加工和变形加工。加工的概念不仅包含使工件的形状、尺寸变化, 还包括表面层材料的化学成分、组织结构、力学物理性质的变化。特种加工方法的主要加工对象是难加工材料。当前高能束流加工主要指激光束加工、电子束加工和离子束加工, 是极有前途的特种加工方法。不少特种加工方法同时又是精密和超精密加工方法。传统加工和特种加工相结合的复合加工方法有较大的发展前途。

4. 表面工程技术

表面工程技术是指表面功能性覆层技术, 通过附着(电镀、涂层、氧化膜)、注入(多元共渗、渗氮、离子溅射)、热处理(激光表面处理)等手段, 能赋予工件表面耐磨、耐蚀、耐疲劳、耐热、耐辐射以及光、磁、电等特殊功能, 这是近年来发展的新技术, 对制造技术的发展有重要意义。

当前, 值得提出的是激光改性处理, 有几种处理方法:

- 1) 固态相变 利用激光进行热处理;
- 2) 激光上光 通过激光使工件表层金属快速熔化和凝固而达到光亮,并可弥补表面的气孔、砂眼等缺陷;
- 3) 激光合金化 通过激光加热进行表面涂敷,使工件表面覆盖一层合金;
- 4) 激光镀膜 在真空中通入一定的气体元素,如氮等,作为靶材,通过激光激发,使靶材与工件表面产生化学作用形成镀膜。

激光加工、离子束加工是很有前途的表面改性处理方法。

5. 快速成形制造(rapid prototype (part) manufacturing, RPM)

零件是三维空间实体,它可由在某个坐标方向上的若干个“面”叠加而成,因此,利用离散、堆集成形概念,可以将一个三维实体分解为若干二维实体制造出来,再经堆积而构成三维实体,这就是快速成形(零件)制造的基本原理,其具体制造方法很多,有分层实体制造、立体印刷、选择性激光烧结、熔丝沉积制造、粘接成形等。图 1-8 为分层实体制造示意图,根据零件分层几何信息,用数控激光机在铺上的一层箔材上切出本层轮廓,去除非零件部分,再铺上一层箔材,用加热滚辗压,以固化粘接剂,使新铺上的一层箔材牢固地粘结在成形体上,再切割该层轮廓,如此反复,直至加工完毕。图 1-9 是立体印刷示意图,液槽中盛有紫外激光固化液态树脂,开始成形时,工作台台面在液面下一层高度,聚焦的紫外激光光束在液面上按该层图形进行扫描,被照射的地方就固化,未被照射的地方仍然是液态树脂。然后升降台带动工作台下降一层高度,第二层上布满了液态树脂,再按第二层图形进行扫描、新固化的一层被牢固地粘在前一层上,如此重复,直至零件成形完毕。这种方法又称激光立体光刻。可见快速成形制造与 CAD/ CAM、数控、激光和材料等学科有关。

图 1-8 快速成形分层实体制造

图 1-9 快速成形立体印刷

6. 传统加工工艺及其设备的改造和革新

工艺及其设备的改造和革新的技术潜力很大,如高速切削、超高速切削(切削速度 $>1\text{km/s}$)、高速磨削(磨削速度达到 120m/s)、强力磨削(大吃刀量缓进给磨削)、可以与铣削相媲美的强力砂带磨削、精密和超精密砂带磨削等。从工具角度来看,涂层刀具、超硬材料刀具(金刚石、立方氮化硼、陶瓷等)、超硬磨料磨具(金刚石、立方氮化硼等)的问世对加工质量

和效率的提高、加工材料范围的扩大等方面均有重要意义。旧设备的改造和挖潜,如将普通机床改造成数控机床,对整个机械工业的发展和水平都有重要作用。

7. 智能制造技术

智能制造是指将专家系统、模糊推理、人工神经网络等人工智能技术应用在制造中,解决多种复杂的决策问题,提高制造系统的实用性和水平。人工智能的作用是要代替熟练工人的技艺,具有学习工程技术人员实践经验和知识的能力,并用以解决生产实际问题,从而将工程技术人员、工人多年来累积起来的丰富而又宝贵的实际经验保存下来,并能在生产实际中长期发挥作用。

专家系统(ES)是当前主要的人工智能技术。它首先是要采集领域专家的知识,分解为事实与规则,存储于知识库中,通过推理机进行推理和作出决策。主要适于解决一些比较简单确定性问题;在过程控制中,推理判断有一段延迟过程,不易满足实时性要求。

模糊推理又称模糊逻辑,它是依靠模糊集和模糊逻辑模型进行多个因素的综合考虑,采用关系矩阵算法模型、隶属度函数、加权、约束等方法,处理模糊的、不完全的乃至相互矛盾的信息。主要解决不确定现象和模糊现象,需要多年经验的感知判断问题。

神经网络是人脑部分功能的某些抽象、简化与模拟,由数量巨大的以神经元为主的处理单元互连而构成,通过神经元的相互作用来实现信息处理。它可大规模并行分布处理信息,具有类似人的自学、学习联想、自适应等能力和高度的鲁棒性。在智能控制、模式识别、非线性优化等方面有良好的应用前景,适于实时处理动态多变的复杂问题。

目前,智能制造是在以人为系统的主导者这一总的概念指导下发挥人的创造能力,强调了人的作用。

8. 制造单元和生产单元

现代制造系统多采用制造单元(manufacturing cell, MC)的结构形式,各制造单元在结构和功能上有并行性、独立性和灵活性,通过信息流来协调各制造单元间的协调工作的整体效益。从而改变了制造企业传统生产的线性结构。制造单元是制造系统的基础,制造系统是制造单元的集成,制造单元可分为装配、加工、传输、检测、储存、控制等单元,强调各单元独立运行、并行决策、综合功能、分布控制、快速响应和适应调整等。

现代制造业的发展,对机械产品的生产提出了生产系统的概念,强调生产是一个系统工程,认为企业的功能应依次为销售—设计—工艺设计—制造—装配,把销售放在第一位,这对企业的经营是一个很大的变化,强调了商品经济意识。从功能结构上看,制造系统是生产系统的一部分,可以认为制造系统是一个生产单元,今后的生产单元是一个闭环自律式系统,图 1-10 中对比了现在和未来的生产组织结构。

9. 精良生产

它是 50 年代日本丰田汽车公司工程师丰田英二和大野耐一根据当时日本实际情况所提出的一种新的生产方式。当时日本处于第二次世界大战后,国内市场很小,汽车种类繁多,无足够资金和外汇购买西方生产技术。精良生产综合了单件生产和大批大量生产方式的优点,使工人、设备投资以及开发新产品的时间等一切投入都大为减少,而生产出的产品品种

图 1-10 现在和未来的生产组织结构对比

和质量却又多又好。这种生产方式到 60 年代已发展成熟, 80 年代中期受到美国重视, 认为它会真正改变世界的生产和经济形势, 对人类社会产生深远影响。分析表明, 当今世界汽车制造业的生产水平相差甚为悬殊的根本原因不是企业自动化水平高低、生产批量大小、产品品种多少, 而是生产方式不同。日本汽车业之所以能发展到今天的水平, 其中的一个主要原因是因为采用了这种新型生产方式。这种生产方式被称之为精良生产, 也有人称之为无故障生产。

精良生产的主导思想是以“人”为中心, 以“简化”为手段, 以“尽善尽美”为最终目标。

精良生产的特点是:

1) 强调人的作用, 以人为中心 工人是企业的主人, 生产工人在生产中享有充分的自主权。所有工作人员都是企业的终身雇员, 企业把雇员看作是比机器更为重要的固定资产。要充分发挥职工的创造性。

2) 以“简化”为手段, 去除生产中一切不增值的工作 要简化组织机构, 简化与协作厂的关系, 简化产品开发过程、生产过程、产品检验过程, 减少非生产费用, 强调一体化质量保证。

3) 精益求精, 以“尽善尽美”为最终目标 持续不断地改进生产, 降低成本, 力争无废品, 无库存和产品品种多样化。

精良生产不仅是一种生产方式, 而且是一种现代制造企业的组织管理方法。可以说, 精良生产的核心是“精心”, 它已受到世界各国的重视。

10. 敏捷制造

美国在 1994 年底出版了《21 世纪制造企业战略》报告, 它是美国国防部根据国会要求拟定一个较长时期的制造技术规划而委托里海大学编定的, 报告中提出了既能体现国防部与工业界的各自利益, 又能获取共同利益的一种新的制造模式, 即敏捷制造, 并将它作为制