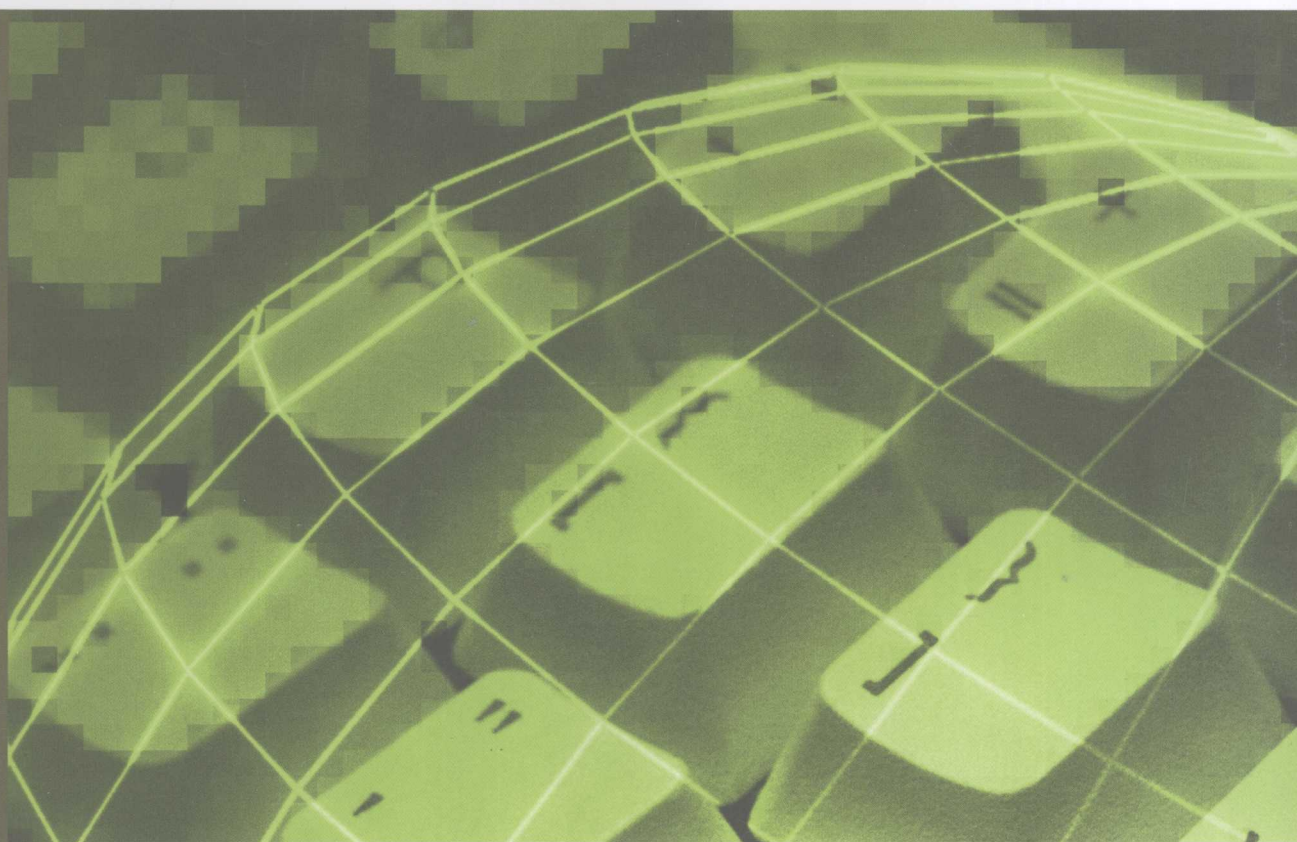




数 控技术及自动化

袁安富 编著



清华大学出版社
<http://www.tup.com.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

内容简介

数控技术及自动化

袁安富 编著

清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共设 5 章：第 1 章主要涉及数控技术的概况及其在国民经济中的作用和地位，同时也阐述数控技术与自动化的关系；第 2 章主要讲述数控机床的总体设计要求、分类组成及机械、电气方面的配置；第 3 章的主要内容为数控加工，包括数控加工过程、插补原理和数控编程等；第 4 章主要讲述数控系统，即从软件和硬件两个方面对其进行叙述；第 5 章从三个方面阐述数控技术与自动化的关系。

全书内容侧重于工程应用，系统地叙述数控技术及其与自动化的关系。对于一般工科学生而言，通过本书可以系统了解数控技术、数控加工的整个过程，对于自动化专业学生而言，通过本书可以进一步了解自动化理论在具体实践中的应用；对于一般工程技术人员而言，本书也可以作为这方面的参考书。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目 (CIP) 数据

数控技术及自动化/袁安富编著. —北京：清华大学出版社；北京交通大学出版社，2009.1
ISBN 978-7-81123-291-2

I. 数… II. 袁… III. 数控机床-高等学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 188180 号

责任编辑：吴嫦娥

出版发行：清华大学出版社 邮编：100084 电话：010-62776969

北京交通大学出版社 邮编：100044 电话：010-51686414

印刷者：北京交大印刷厂

经 销：全国新华书店

开 本：185×260 印张：15.75 字数：394 千字

版 次：2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-81123-291-2/TG·6

印 数：1~4 000 册 定价：29.00 元

本书如有质量问题，请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评，我们表示欢迎和感谢。

投诉电话：010-51686043, 51686008；传真：010-62225406；E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前言

随着科学技术的发展和社会的进步,机械制造业发展很快,它已经从传统的单机加工方式转变为集成式加工方式,又由于网络的出现和网络技术的成熟,现代制造业又向网络化方向发展。

数控技术作为制造业的标志,已经成为现代制造业的一个基础。近二三十年来,随着材料工业、微电子工业、计算机技术、自动化技术和传感器技术的发展,数控技术的应用也越来越广泛。传统的机械加工模式已逐步向柔性化、自动化等方向发展。因此,现代数控加工成了一个多学科成就的结晶体。它不仅包含了机构学、材料学、机械设计和机械加工,还包含了自动化理论、有限元理论、热力学、振动、计算机技术、图形学等。

自动化技术从其问世以来,就对制造业起到了很大的推动作用,它使制造业有可能从手工、单机的加工方式向集成、高效的自动化加工方式发展。而且,随着自动化技术、制造业和其他相关学科的不断发展,自动化和制造业之间的合作和渗透也不断加深。

本书是按照以下的结构编排的。

第1章为绪论,简略介绍制造业和数控技术的发展史、现状、它们之间的相互关系,以及它们在国民经济中所起的作用。

第2章主要介绍数控机床,包括数控机床的工作原理、性能要求、组成部分,以及数控机床的机械和电气配置。

第3章主要介绍数控加工,着重介绍数控加工的过程、插补原理、数控刀具材料和数控编程。

第4章主要介绍数控系统,即以 SINUMERIK 840D 数控系统为例,从硬件和软件这两个方面对数控系统作介绍,同时以附件的形式对 SINUMERIK 840D 系统的安装、调试作一定的介绍。

第5章主要介绍现代制造业的发展及其与自动化的关系,并从现代制造业的发展趋势、制造业自动化定义、特征、内涵及相关技术对其作阐述,并以机器人为例对两者之间的关系作进一步的说明。

研究生李玲对本书做了大量的校对工作,同时也衷心感谢在编写这本书的过程中,给予我大力支持和帮助的各位朋友和同仁,没有他们的帮助,没有他们所付出的辛勤劳动,不会

有本书的结果。

为方便教师教学，本书配套的教学课件，可从北京交通大学出版社网站 (<http://press.bjtu.edu.cn>) 下载，或发邮件至 cbswce@jg.bjtu.edu.cn 索取。

由于作者水平有限，书中难免会出现错误，望批评指正。

编者

2009年2月

目 录

第 1 章 数控技术的发展历史及其现状	(1)
1.1 制造业及其数控技术的发展历史	(1)
1.2 数控技术的现状	(4)
1.2.1 数控机床加工的现状	(4)
1.2.2 数控技术的现状	(5)
1.2.3 我国数控技术水平	(9)
1.3 数控技术和自动化技术的关系	(11)
1.3.1 数控技术对制造业的影响	(11)
1.3.2 数控技术在国民经济中的地位和作用	(12)
1.3.3 数控技术和自动化技术的关系	(13)
1.4 现代制造业的发展趋势	(14)
参考文献	(20)
第 2 章 数控机床	(22)
2.1 概况	(22)
2.2 数控机床工作原理	(23)
2.3 数控机床总体设计要求	(25)
2.3.1 机床加工性能要求	(25)
2.3.2 机床的刚度要求	(26)
2.3.3 机床抗振性要求	(29)
2.3.4 机床低速运动的平稳性和运动精度要求	(31)
2.3.5 数控机床热稳定性要求	(31)
2.3.6 数控机床可靠性要求	(32)
2.3.7 数控机床的经济效益	(32)
2.3.8 人-机关系要求	(32)
2.4 数控机床的组成	(33)
2.4.1 机床本体	(33)
2.4.2 CNC 装置	(33)
2.4.3 输入输出设备	(33)
2.4.4 伺服系统	(34)
2.4.5 PLC	(34)
2.4.6 检测装置	(34)
2.5 数控机床的分类	(34)
2.5.1 按机床数控运动轨迹分类	(34)
2.5.2 按伺服系统控制方式分类	(36)

2.5.3 按功能水平分类	(37)
2.5.4 按工艺用途分类	(38)
2.6 数控机床的机械配置	(38)
2.6.1 机床床身	(40)
2.6.2 机床主轴	(42)
2.6.3 机床导轨	(44)
2.6.4 机床传动系统	(49)
2.6.5 机床进给传动系统	(49)
2.6.6 机床回转工作台	(52)
2.6.7 机床辅助装置	(54)
2.7 数控机床的电气配置	(59)
2.7.1 数控装置	(59)
2.7.2 伺服机构	(60)
2.7.3 光栅	(61)
2.7.4 磁栅	(65)
2.7.5 感应同步器	(67)
2.7.6 旋转变压器	(71)
2.7.7 编码器	(74)
2.8 数控机床伺服系统的性能分析	(86)
2.8.1 进给伺服系统的数学模型	(86)
2.8.2 阶跃信号作用下伺服系统的动静态性能	(87)
2.8.3 斜坡信号作用下伺服系统的动静态性能	(88)
参考文献	(90)
第3章 数控加工	(91)
3.1 数控加工概述	(91)
3.2 数控加工过程	(92)
3.2.1 对零件进行工艺消化	(92)
3.2.2 确定加工路线和制定加工工艺	(93)
3.2.3 数值计算	(93)
3.2.4 编制加工程序	(93)
3.2.5 制作控制介质及校验	(93)
3.2.6 加工程序的模拟和首件检查	(94)
3.2.7 数控加工的工艺特点	(94)
3.3 插补原理	(95)
3.3.1 数字增量插补	(96)
3.3.2 脉冲增量插补	(97)
3.3.3 逐点比较法	(97)
3.3.4 数字微分法	(107)
3.3.5 数据采样插补	(115)

3.3.6 曲面直接插补	(118)
3.4 数控刀具及其材料	(121)
3.4.1 概述	(121)
3.4.2 数控刀具的角度和切削用量	(121)
3.4.3 刀具材料	(124)
3.5 数控编程	(128)
3.5.1 数控编程基础	(128)
3.5.2 数控加工中的坐标系	(132)
3.5.3 数控程序的结构与格式	(134)
3.5.4 零件图的数学处理	(135)
3.5.5 刀具半径补偿	(141)
3.6 常用数控指令	(145)
3.7 数控加工实例	(153)
3.7.1 车削加工实例一	(153)
3.7.2 车削加工实例二	(155)
3.7.3 铣削加工实例	(157)
参考文献	(158)
第4章 数控系统	(159)
4.1 概述	(159)
4.2 数控加工软件	(160)
4.2.1 数控加工软件概述	(160)
4.2.2 SINUMERIK 840D 软件介绍	(163)
4.3 数控加工硬件	(168)
4.3.1 SINUMERIK 840D 系统总体介绍	(168)
4.3.2 SINUMERIK 840D 系统硬件结构及配置	(174)
4.3.3 NCU 的主要功能部件	(177)
4.3.4 人机通信中央处理单元 MMC—CPU	(189)
4.3.5 操作员面板 OP031	(189)
4.3.6 单 I/O 模块	(190)
4.3.7 机床操作面板 MCP	(192)
4.3.8 IFRF 主电源模块	(193)
4.3.9 驱动系统	(195)
参考文献	(199)
第5章 现代制造业的发展及其与自动化的关系	(200)
5.1 制造业自动化定义、特征、内涵及相关技术	(200)
5.1.1 制造业自动化的定义	(200)
5.1.2 制造业自动化的特征	(201)
5.1.3 制造业自动化的内涵	(202)
5.1.4 制造业自动化所涉及的技术	(203)

5.2 机器人技术	(207)
5.2.1 机器人概况	(207)
5.2.2 机器人的分类	(209)
5.2.3 工业机器人驱动与控制系统	(210)
5.2.4 机器人软件	(212)
5.2.5 机器人技术的学科前沿	(212)
5.3 数控自动化制造系统中的检测与监控技术	(214)
5.3.1 切削过程监视数据采集	(215)
5.3.2 运行状态信号检测方法	(216)
5.3.3 主要检测项	(217)
参考文献	(219)
附录 A SINUMERIK 840D 应用系统的安装与调试	(221)
A.1 硬件的安装	(223)
A.2 软件的安装与调试	(223)
A.3 机床数据 MD 的调试	(228)
附录 B SINUMERIK 840D 程序的诊断报警	(232)
B.1 SINUMERIK 840D 程序的诊断报警概述	(232)
B.2 NCK 报警	(233)
B.3 HMI 报警/信息	(233)
B.4 SIMODRIVE 611D 报警	(234)
B.5 PLC 报警/信息	(234)
B.6 系统故障报警	(234)
B.7 SINUMERIK 840D 的报警删除标准	(240)

第1章 数控技术的发展历史及其现状

本章摘要:

本章主要讲述制造业及其数控技术的发展历史和现状,数控技术与自动化的关系及它们在国民经济中所起的作用。

在制造业发展的历史长河中,制造业的发展可分为两个阶段——古代制造业和近代制造业,从第一台蒸汽机问世至今,经历了原始的手工加工、机械加工乃至今天借助于计算机的集成制造系统。

制造业真正的发展是在最近 200 年的时间内,随着西方封建制的逐步解体和资本主义登上历史舞台,各种制造业和相关的制造技术取得了长足的进步。并且由于制造业的发展和加工手段的进步,带来了人类社会的发展和进步。

在此过程中,其他相关学科对制造业的发展起到了很大的贡献,如电气技术的应用,使制造业有了新的动力来源;自动化技术的应用,使制造业从手工方式转变为自动化加工的方式。此外,计算机技术的应用及数控机床的问世,给制造业带来了很多根本性的变化,它改变了传统的制造模式,也改变了传统的企业管理模式甚至人们的思维方式,使得小批量多品种制造方式成为可能,人们可根据自己的兴趣和爱好来挑选产品。

1.1 制造业及其数控技术的发展历史

1680 年荷兰人惠更斯利用大气压使装在气缸里的活塞产生运动。虽然,这种动作并不能完全满足人们的预期要求,但它给了人们一个启迪,即可以利用非人力的方式来从事一些繁重的劳动,并提高生产力。

1712 年,世界上第一台实用的蒸汽机问世了,同时英国在发明纺织机的基础上,使铁制品逐渐得到了使用和推广。随着铁器的推广,采矿业也得到了很大的发展,如吸水机在采矿业中得到了大量的应用,这样使制造工业逐渐得到了发展。

但是上述机器存在着一个缺点,在其工作过程中,要不断地进行加热和冷却,热效率非常低。鉴于此,1765 年,瓦特提出了一种新的方案——用管子将装有蒸汽的汽缸和另外的容器连接起来,然后抽空该容器内的空气,将汽缸内的蒸汽流入抽空空气的容器中去,而且如果冷却该容器,蒸汽就会在这里冷却,这样热效率得到了很大的提高,因而这种类型的蒸汽机得到了飞速的发展。到 1780 年,这种蒸汽机不仅仅在采矿业中被大量使用,而且在纺织业及其他很多工厂也作为动力源被大量使用。

蒸汽机是在使用气缸和活塞的瓦特蒸汽机基础上发展起来的,从运动的方式来看,蒸汽机只做回转运动,它们需要用煤作为燃料,将燃烧煤所产生的蒸汽通过管道来输送。因此人们就产生了一个设想,即将燃料直接放入汽缸里燃烧,这就是关于内燃机的最初想法。到了 1838 年,这种设想变成了现实。再经过约 40 年的不断改进和发展,四冲程的内燃机车已经

替代了蒸汽机车,成为铁路运输新的主要工具。

到了19世纪20年代,蒸汽机作为动力源在整个工业界已经居于首位。1855年,丹麦的肖尔特取得了自激发电机的专利,并被英国的维尔德、德国的西门子等公司采用。随后,在1870年,比利时的格拉姆制造了第一台实用的自激发电机。在发电机问世的同时,利用电能将其转化为机械能的电动机也问世了,从而为电在工业上的应用创造了条件。

19世纪的中叶,由于战争的需要和工业生产的发展,迫切需要高精度的零件,以满足枪支和其他工业产品对质量和使用性能的要求。因此,对高精度机床的需求被人们提到了议事日程,正因为如此,诸如铣床、仿形机床、转塔机床等机床相继问世。

19世纪末,随着电子技术的发展,电子产品开始应用于多个领域和部门。在机械制造业,电子技术的发展对机床自动化方面起到了很大的推动作用。例如,随着电子控制的气体切割机的诞生,可加工出适于桥梁、铁架、凸轮等所需要的钢板。

20世纪初,汽车工业相继在一些国家出现了,当时的加工方式仍是传统的加工模式,每一台机床均有一个操作工人,零件加工完后,操作工人将零件从机床上卸下来,再安装到另一台机床上。但是,汽车工业的特点为大批量生产,这种传统的加工模式越来越不适应市场的形势,故当时的一些企业家与机械师开始研究改进已有的生产模式,希望通过缩短零件的加工时间来提高生产效率,通过降低生产成本来满足人们不断增长的需求。1947年,福特公司研制成了世界上第一条自动化生产线,从此许多地方的汽车制造厂都在很短的时间内安装了这种生产线,使机床自动化迈向了一个新台阶。

20世纪50年代,美国麻省理工学院研制成了世界上第一台数控机床,当时数控机床主要应用于军事领域。但是,不久人们就看到了这种有别于传统机床的新型机床具有广阔的前景,其中最大的特点就是数控机床只要编制加工程序就能加工形状复杂的零件,而无须像普通机床那样,需要制作大量的工装夹具。而且,零件形状越复杂,它的优越性就越明显。正因为如此,在1965年的芝加哥全美机床展览会上,数控机床引起了世界各国人士的普遍关注。

从20世纪70年代中期开始,世界市场由过去传统的相对稳定演变成了瞬息多变的市場,剧烈的市场竞争迫使产品的更新周期越来越短,也迫使人们必须去探索新的理念和方法去指导和组织生产、管理企业。为了提高企业和产品的市场应变能力,满足用户多样化的需求,迫使机械加工技术不断向着高速度、高精度、高效率方向发展。而数控技术的推广应用,为机械制造业由刚性自动化向柔性自动化的过渡和发展做出了重要贡献,它揭开了机械制造业第三次历史性技术改造的序幕。

进入20世纪80年代后特别是90年代,数控机床的总体发展趋势是:数控装置由NC(Numerical Control)向CNC(Computer Numerical Control)发展;广泛采用32位CPU组成多微处理器系统;提高系统的集成度,缩小体积,采用模块化结构;驱动装置向交流、数字化方向发展;CNC装置向人工智能化方向发展;采用新型的自动编程系统;增强通信功能;不断提高数控系统的可靠性等。

回顾上述制造业的发展历程,可以看到制造自动化技术的发展同制造技术的发展是密不可分的,表1-1列出了制造自动化技术发展中经历的重大事件。

表 1-1 制造生产和制造自动化的发展简史

年 份	制造生产和制造自动化发展重大事件
1900	电液仿形机床 (意大利)
1913	福特: 流水装配线 (美国)
1920	卡培克 (Capek) 术语: 机器人 (捷克斯洛伐克)
1923	凯拉 (Keller): 仿形牛头刨床 (美国)
1924	自动生产线 (英国)
1924—1926	硬质合金刀具 (德国)
1930	机床数控专利 (美国)
1936	哈德尔 (Harder) 术语: 自动化
1945	数控铣床 (美国)
1947	哈德尔 (Harder): 底特律机械自动线 (美国福特公司)
	遥控机械手 (美国)
1950	全自动锻压机 (美国福特公司)
	全自动活塞生产 (前苏联)
1950—1960	过程自动化 (美国)
1952	帕森斯 (Parsons): 3 轴数控立式铣床 (美国 MTT)
1954	德沃尔 (Devol): 工业机器人专利 (美国)
1958	自动编程系统 (美国)
	加工中心 (美国)
1958 前后	自动绘图机 (美国)
1959	工业机器人 (极坐标型) (美国)
1960	自适应控制铣床 (美国)
	FMS (美国)
1962	工业机器人 (圆柱坐标型) (美国)
	二维 CAD (美国)
1965 前后	低成本自动化 (美国宾州大学)
	生产过程的计算机直接数字控制 (DDC) (美国)
1966	自动编程语言 EXAPT (德国)
1967	CAD/CAM 软件: CADAM (美国)
1968	DNC 系统 (美国)
1969	CAM (美国)
1970	IMS: 机器人生产线作业 (本体焊接) (美国)
	FMS 专利 (英国)
1973	哈林顿 (Harrington): 计算机集成制造 CIM 概念
	三维实体模型 CAD (英国、日本)
1977	无传送带小组装配法 (瑞典)
1980	制造自动化协议 (MAP) (美国)
	CAE (美国)
1989	CIM 专利: 生产实施法 (美国 A&T)
	精良生产 (日本)
1991	智能制造系统 IMS 研究 (日本、美国、欧共体)
	全球制造 (日本、美国、欧共体)
	敏捷制造 (美国)
	虚拟制造 (美国)
1994	先进制造技术计划 (美国)
1996	绿色制造 (美国)

1.2 数控技术的现状

随着计算机技术的发展,数控技术发展很快,已经从原来的简单加工发展成为五坐标数控加工技术,它们在复杂性面的加工上显示出了独特的优势,在航空航天领域中占据了举足轻重的地位。近几年来,除了传统的串联数控机床外,也有了并联数控机床。

1.2.1 数控机床加工的现状

目前数控机床处于第五代或处于从第五代向第六代发展的过渡时期,因此数控机床已经具有了相当高的技术水平,无论是从主轴性能、机床的加工能力还是从机床的加工精度均如此。图 1-1、图 1-2 和图 1-3 分别为采用五坐标数控加工中心加工的人脸、石墨卡尺和铜电极。

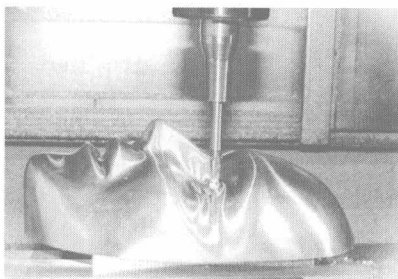


图 1-1 数控机床的产品之一

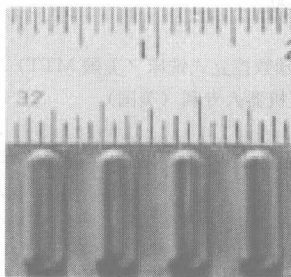


图 1-2 数控机床的产品之二

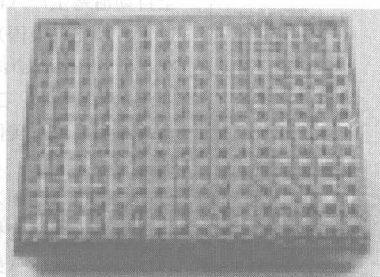


图 1-3 数控机床的产品之三

下面所述为美国一个著名的机床制造厂生产的第五代加工中心的主要性能参数。

工件管理:以零件程序管理为特征;多个安装支撑包;主轴功率的图形显示功能;多个负载测量显示;双程序管理系统;操作员的快速安装系统。

刀具管理:99 把刀的程序管理系统;可扩展到 200 把刀。

公共接口:以整个工厂为目标的可扩展 LAN 通信,快速多任务处理系统。

单元集成:控制系统,GE Fanuc, A2100。

主轴性能:电机功率,25 kW;转速范围,10~7 000 r/min。

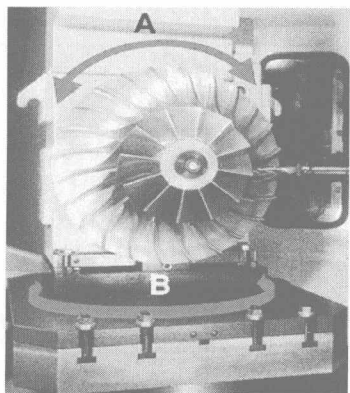


图 1-4 数控机床 A、B 轴的含义

机床的性能:5 轴表面传感器;刀具传感器;5 轴刀具长度补偿;5 轴刀具直径补偿;连续加载;受控扭矩加工;配有导轨的防碰撞传感器和温度传感器。

机床精度:

● 定位精度

X 轴, ± 0.003 mm; Y 轴, ± 0.003 mm; Z 轴, ± 0.004 mm。

● 重复精度

X 轴, ± 0.001 mm; Y 轴, ± 0.001 mm; Z 轴, ± 0.001 mm; A 轴, 360 度转动, 分度: 0.001 度 (含义参见图 1-4); B 轴, 270 度工作台转动 ($-90^\circ \sim 180^\circ$), 分度:

0.001 度。

1.2.2 数控技术的现状

数控技术是机械、电子、自动控制理论、计算机和检测技术密切结合的机电一体化高新技术,它能把机械装备的功能、可靠性、效率和产品质量提高到一个新水平,使机械电子行业发生深刻的变化。数控技术是现代制造技术的一种,也是现代制造业的基础,是现代制造业的集中体现。

进入 20 世纪 80 年代以来,随着计算机技术的迅速发展,以数控技术为基础的制造业已开始从传统单一的数控加工向柔性化制造方向发展,各种新的制造方式也相继问世,如柔性加工单元(Flexible Manufacturing Cell)、柔性加工系统(Flexible Manufacturing System)、柔性生产线(Flexible Manufacturing Line)、自动化柔性制造车间、精益生产(Lean Production)、敏捷制造(Agile Manufacturing)、自动化工厂(Factory Automation)、计算机集成制造系统(Computer Integration Manufacturing System)、虚拟制造(Virtual Manufacturing)等。

1. 柔性制造系统

20 世纪 80 年代初,以信息集成为核心的柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)开始得到实施。FMS 以自动化技术、信息技术及制造技术为基础,将以往企业中相互独立的工程设计、生产制造及经营管理等传统模式转变为各单一的加工单元,通过相互之间传送带有机地结合起来,成为一个有机的结合体,并在计算机控制下协调工作。因此, FMS 进一步降低了产品周转过程中的非加工时间(非价值增值时间)。

随着世界市场从传统、相对稳定的市场向动态多变市场的发展, FMS 发展颇为迅速,同时,微电子技术、计算机技术、通信技术、机械与控制设备等领域的技术成果又加快了 FMS 的发展。近几年来, FMS 作为一种现代化工业生产的科学“哲理”和工厂自动化的先进模式已为国际上所公认。FMS 的关键技术为:①计算机辅助设计;②模糊控制技术;③人工智能、专家系统及智能传感器技术;④人工神经网络技术。

2. 精益生产

丰田汽车在 1953 年先通过一个车间看板系统的试验,不断加以改进,逐步进行推广,经过 10 年的努力,发展为准时生产制,同时又在该公司早期发明的自动断丝检测装置的启示下研制出自动故障检报系统,从而形成了丰田生产系统。这种生产方式现已在公司范围内实现,然后又推广到其协作厂、供应商、代理商及汽车以外的各个行业,全面实现丰田生产系统。到 20 世纪 80 年代初,日本的小汽车、计算机、照相机、电视机及各种机电产品自然而然地占领了美国和西方发达国家的市场。

美国麻省理工学院在剖析和总结日本丰田汽车公司创造的丰田生产模式后,他们认为,日本人为了达到更高的生产率和更大的生产柔性,将人放置于系统的中心位置,即在人—组织—技术组成的三角形中,只有人具有对环境改变作出柔性反应的能力。因此,企业要成功,不能只是在生产过程中采取个别、互不相关的步骤,而是要使生产过程中所有环节在总体效益上达到最优化。1990 年,在国际汽车计划(IMVP)研究报告中提出了以改革生产管理为中心的 LP 体系,他们称之为“世界级制造技术的核心”,并于 1992 年宣布要以精益生

产来“统一制造技术的发展方向”。

LP 生产的核心内容就是准时生产方式 (Just In Time, JIT)。该种方式通过看板管理,成功地制止了过量生产,实现了“在必要的时刻生产必要数量的必要产品”,从而彻底消除了产品制造过程中的浪费,以及由此衍生出来的种种间接浪费,实现生产过程的合理性、高效性和灵活性。

JIT 方式是一个完整的技术综合体,包括经营理念、生产组织、物流控制、质量管理、成本控制、库存管理、现场管理等在内的较为完整的生产管理技术体系。精益制造是在 JIT 生产方式、成组技术 GT 及全面质量管理 TQC 的基础上逐步完善的,它构造了一幅以 LP 为屋顶,

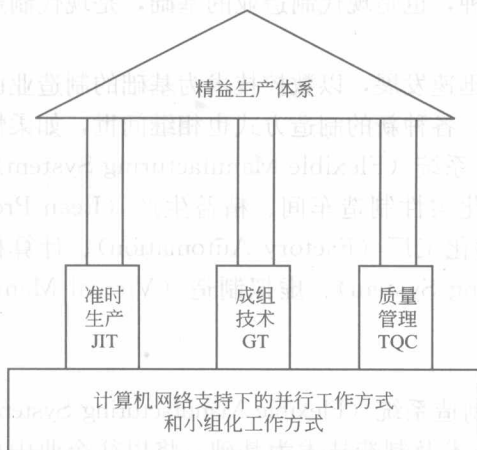


图 1-5 精益制造体系

以 JIT、GT、TQC 为三根支柱,以 CE 和小组化工作方式为基础的建筑画面(如图 1-5 所示)。精益制造强调以社会需求为驱动,以人为中心,以简化为手段,以技术为支撑,以“尽善尽美”为目标,主张消除一切不产生附加价值的活动和资源,从系统观点出发将企业中所有的功能合理地加以组合,利用最少的资源、最低的成本向顾客提供高质量的产品服务,从而使企业获得最大的利润。

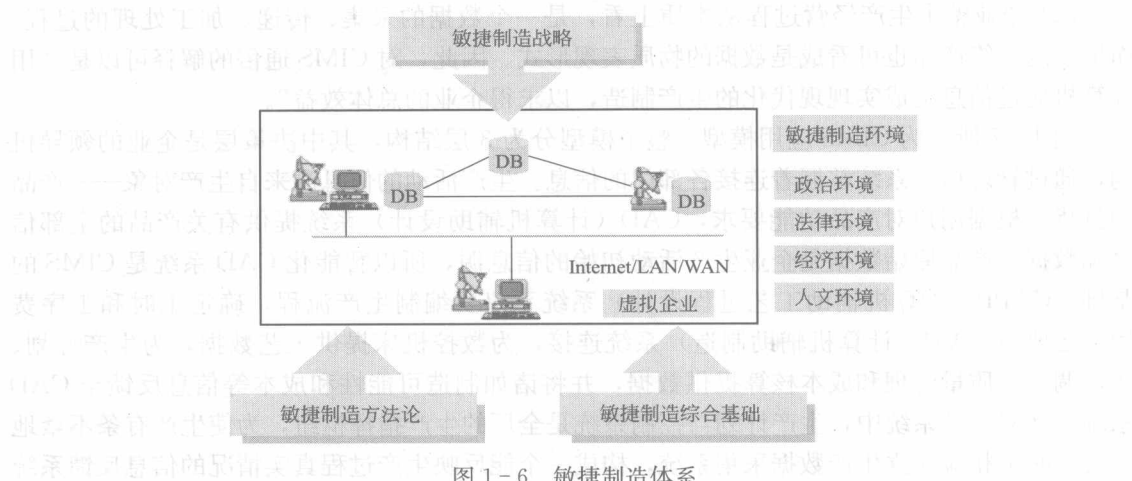
3. 敏捷制造

先进制造生产模式是应用推广先进制造技术的组织方式,它以获取生产有效性和适应环境变化对质量、成本、服务及速度的新要求为首要目标,以制造资源集成作为基本原则,将企业经营所涉及的各种资源、过程与组织进行一体化的并行处理,使企业具有精细、敏捷、优质、高效的特征。

敏捷制造 (AM) 这一概念是在 20 世纪 90 年代初,美国 Lehigh University 在研究和总结美国制造业的现状和潜力后提出来的,至今还没有一个确切的定义。但大致意思是:在敏捷制造模式中,与敏捷制造有关的所有人都可以通过计算机网络进行通信;用户和供应商与企业共同承担风险和费用,供应商不仅提供零件和产品,还协助用户扩大其交易市场的范围。通过敏捷制造模式,缩短产品的开发周期,加快产品更新换代的频率。

敏捷制造是对广义制造系统而言的。制造环境和制造过程的敏捷性问题是敏捷制造的重要组成部分,图 1-6 为敏捷制造方式的一个体系结构图,从图中可以看出,敏捷化是制造环境和制造过程面向 21 世纪制造活动的必然趋势。

这种制造模式的主要特点是不确定性。首先,顾客的要求是不确定的。最初顾客对所需产品可能只有大致模糊的要求,随着产品设计和制造过程的不断深入,对其各项要求才会逐步清晰和逐步完善。其次,设计方案(包括工艺和 NC 程序)在最后进行加工之前也是不确定的,在加工过程中也可能需要一定的修改。此外,这种制造模式的另一个特点就是所有资源均是共享资源。第三,管理人员无法事先准确地确定每道工序的加工工时。多种产品同时生产,共同竞争系统中的资源,所生产的产品必须一次成功。很显然,传统的递阶式组织管理结构和控制结构已不适应。



下面引用了美国 CINCINNATI 公司对精益制造和敏捷制造这两种制造方式的观点，作为对这两种制造方式的对比，供读者参考。

Lean Manufacturing (精益制造)

- Operation oriented processing (定向加工过程)
- Sequential “manual movement” flow (顺序“手工移动”流)
- High variety of processing equipment (种类繁多的加工设备)
- Operator intense (per machining station) (每加工站的操作人员感到紧张)
- Limited variety & setup flexibility (品种和装置的柔性有限)
- Basic “manual transfer” processing (基本“手动转移”过程)

Agile Manufacturing (敏捷制造)

- Process oriented manufacturing (定向制造过程)
- Automated part/pallet delivery system (自动零件/托盘传递系统)
- Pool of on-line fixture setups (大量在线装夹装置)
- High variety & varying volume (多品种、多批量加工)
- Automatic “smart route” processing (自动制定“最佳加工路径”)
- Computerized workload management (计算机化的载荷管理)
- Computerized process management (计算机化的加工过程管理)
- Pre-staging & automatic job execution (预先补给及自动执行任务)
- Less labor intense (劳动强度较低)

4. 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统 (CIMS) 这一概念是由美国的 J. Harrington 于 1973 年首次提出，但是直到 20 世纪 80 年代才得到人们的认可。它将整个企业作为一个有机的整体，其中的每一个部门均按一定的指令要求协同工作，从而最大限度地发挥整个企业的效率和潜能。对于 CIMS 的认识，一般包括以下两个基本要点。

(1) 企业生产经营的各个环节，如市场分析预测、产品设计、加工制造、经营管理、产品销售等一切的生产经营活动，是一个不可分割的整体。

(2) 企业整个生产经营过程从本质上看,是一个数据的采集、传递、加工处理的过程,而形成的最终产品也可看成是数据的物质表现形式。因此,对 CIMS 通俗的解释可以是“用计算机通过信息集成实现现代化的生产制造,以求得企业的总体效益”。

图 1-7 所示为 CIMS 应用模型,整个模型分为 3 层结构,其中决策层是企业的领导机构,通过管理信息系统掌握着连接各部门的信息。生产活动的信息来自生产对象——产品的订货。根据用户对产品功能要求,CAD(计算机辅助设计)系统提供有关产品的全部信息和数据。产品原始数据是企业生产活动初始的信息源,所以智能化 CAD 系统是 CIMS 的基础。CAPP(计算机辅助工艺过程设计)系统不仅要编制生产流程,确定工时和工序费用,还要与 CAM(计算机辅助制造)系统连接,为数控机床提供工艺数据,为生产计划、作业调度、质量管理和成本核算提供数据,并将诸如制造可能性和成本等信息反馈至 CAD 系统。在 CIMS 系统中,生产计划与控制系统是全厂的生产指挥枢纽,为使生产有条不紊地进行,必须相应建立生产数据采集系统,构成一个能反映生产过程真实情况的信息反馈系统以了解各部门的实时动态信息。

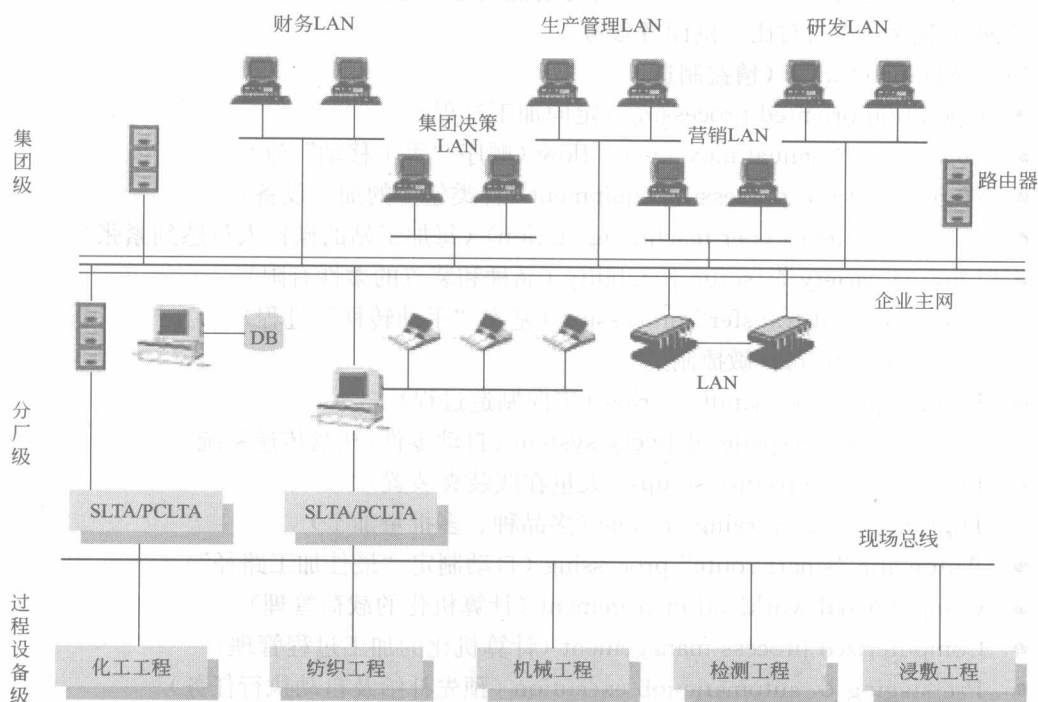


图 1-7 CIMS 应用模型

5. 虚拟制造

所谓虚拟制造 (VM),就是将实际制造过程提前在计算机上实现,即采用计算机仿真与虚拟现实技术,在计算机上群组协同工作,实现产品的设计、工艺规划、加工制造、性能分析、质量检验,以及企业各级过程的管理与控制等产品制造的本质过程,以增强制造过程各级的决策与控制能力。图 1-8 所示为虚拟制造系统的体系结构示意图,从中可以看出,“虚拟制造”虽然不是实际的制造,但却实现实际制造的本质过程,是一种通过计