

国家“九五”重点图书

先进制造技术丛书

 上海普通高校“九五”重点教材

现代制造技术导论

上海市教育委员会组编

蔡建国 吴祖育 主编

XIAN DAI ZHI ZAO JI SHU DAO LUN



上海交通大学出版社

国家“九五”重点图书 先进制造技术丛书
世界银行贷款资助项目
上海市教育委员会组编

现代制造技术导论

蔡建国	吴祖育	主编
童劲松	陆志强	编写
奚立峰	王宇晗	

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书系统扼要地阐述了基于计算机的各种柔性自动化技术的概念、原理和应用,其内容覆盖了计算机辅助设计、计算机辅助工艺设计、计算机数控、计算机物料控制、全面质量管理、计算机辅助生产计划和柔性制造系统,以及现代制造技术发展动向,使读者对现代制造技术与现代制造系统有一个较为全面的认识。

本书读者对象主要为高等院校机械制造及自动化专业的师生,也可供从事现代制造技术的工程技术人员和现代化企业管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代制造技术导论/蔡建国,吴祖育主编. —上海:
上海交通大学出版社,2000
ISBN 7-313-02509-2

I. 现… II. ①蔡…②吴… III. 计算机辅助制造:
机械制造 IV. TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 44050 号

现代制造技术导论

蔡建国 吴祖育 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市印刷二厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14 字数:342 千字

2000 年 11 月第 1 版 2000 年 11 月第 1 次印刷

印数:1~1050

ISBN 7-313-02509-2/TH·091 定价:26.00 元



版权所有 侵权必究

前言

现代制造技术所涵盖的内容极其广泛,正确地说,它应包括三个主要组成部分,即:先进的制造工艺与装备、先进的组织与管理以及制造过程的柔性自动化。如今,由于编写时间紧迫,无法将这三部分内容都包括在本书中,因此,暂且只能集中精力把制造过程的柔性自动化技术作为本书的主要内容。

今天所谓的“制造”概念,与我们传统上所理解的已大不一样。为了正确定义这个概念,特别是区分“制造”与“生产”的不同,国际生产工程界曾经经历了十余年的激烈争论(主要是在美国与欧洲国家之间展开),最终就这两个概念及其内涵取得了一致的认识。这就是:“制造”这个概念比“生产”这个概念要广。实际上,前者包含了后者。因此,所谓“制造”,是指从市场分析、产品开发、产品的生产技术准备(含产品设计、编制产品工艺、设计和制造工艺装备等),到产品的生产(指产品的加工和装配)、产品的生产组织与计划管理(含物流控制和仓储)、产品的质量保证以及产品的包装和发送等的全部活动和过程。综上所述,可以看出,所谓的“生产”,则仅仅是产品制造活动中的一个组成部分或一个阶段而已。因此,今天制造技术所覆盖的内容,并非单纯指与产品生产有关的制造工艺技术。由此可见,把制造技术,尤其是把现代先进制造技术,单纯理解为制造工艺方法及其实现手段,那显然是一种错误的、狭隘的看法。持有这种观点的人,实际上仍然没有摆脱传统的陈旧观念(过去国内不少人是把“生产”所涵盖的范围看成比“制造”要广)的束缚。

《现代制造技术导论》这门课程,是根据我们机械工程及自动化的教学改革需要而设计的。它是作为进一步学习有关专业课程的一门把设计、制造、控制与生产管理综合于一体的先导课。在我们集体的努力之下,通过集思广益、群策群力,我们不仅在短时间内开出这门新课程,同时也编写出相应的教材。经过连续三届的教学实践,学生们普遍欢迎开设这门新课程,并对教材内容提出了许多积极的改进意见。与此同时,这门新课程的教材也被上海市教委列为世界银行贷款资助出版的重点教材。在此基础上,我们对原来的教材重新修订大纲进行编写,其内容作了较大的修改。

本书是由蔡建国和吴祖育负责主编和审定定稿,但是,本书的编写大纲,则是由编写组全体人员进行认真细致的研究讨论后确定的。本书共分9章:第一章由吴祖育编写,第二、五章由童劲松编写,第三、七章由奚立峰编写,第四章由王宇晗编写,第八章由陆志强编写,第六、九章由蔡建国编写。

原来的教材曾由李锐副教授、莫建中博士、冯夏勇博士参与编写,在此向他们表示由衷的感谢!同时也向为本书的计算机修改、排版与打印付出辛勤劳动的周晓军老师以及向使用过本书并提出宝贵修订意见的同学们一并致谢!

虽然,本书是在三届教学实践基础上进行编写的,但科技发展日新月异,人们对知识更新期望值在不断增加,再加上我们的水平有限,本书难免存在不足甚至错误。在此,我们恳切地希望读者能提出宝贵意见,并不吝指正。

编者

于2000年元月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 机械制造技术发展的特点	1
1.1.1 制造技术的进展是各单项技术发展的结果	1
1.1.2 多品种少批量生产方式所占比重的增加	2
1.1.3 单机自动化向综合自动化的转变	3
1.2 机械制造自动化的模式	4
1.2.1 机械制造自动化的任务和内容	4
1.2.2 机械制造自动化的效益和意义	4
1.2.3 机械制造自动化模式的多样性	5
1.2.4 制造自动化与成组技术	5
1.3 现代机械制造技术的主要内容	6
1.3.1 柔性制造自动化技术概述	7
1.3.2 各柔性自动化技术间的关系	9
1.3.3 有关制造系统理论与建模概况	10
1.4 设置本课程的目的意义和学习要求	13
1.4.1 目的意义	13
1.4.2 本课程的特色	14
1.4.3 学习要求	14
第二章 计算机辅助设计	15
2.1 计算机辅助设计的发展	15
2.1.1 计算机辅助设计的发展过程和应用领域	15
2.1.2 计算机辅助设计迅猛发展和广泛应用的必然性	16
2.2 计算机辅助设计技术的基本原理	17
2.2.1 常规设计过程	17
2.2.2 计算机在设计过程中的应用	18
2.3 计算机辅助设计系统的支撑环境	20
2.3.1 计算机辅助设计系统的硬件支撑环境	20
2.3.2 计算机辅助设计系统的软件支撑环境	23
2.4 概念设计与专家系统 CAD	24
2.4.1 专家系统概述	24
2.4.2 概念设计阶段的专家系统 CAD	25
2.4.3 概念设计的专家系统应用	26

2.5 几何造型中的常用模型	26
2.5.1 二维设计	26
2.5.2 线框造型	27
2.5.3 曲面造型	28
2.5.4 实体造型	29
2.5.5 特征造型	31
2.5.6 一般 CAD 造型系统中的主要功能	32
2.6 交互式计算机图形学基础	33
2.6.1 交互任务与交互技术	33
2.6.2 三维图形的显示	34
2.6.3 详细设计阶段中的计算机辅助设计	36
2.7 计算机辅助工程分析	37
2.7.1 有限元分析	37
2.7.2 机构分析	38
2.7.3 模态分析	39
2.8 计算机辅助设计的数据管理	39
2.8.1 数据库管理系统	40
2.8.2 工程数据的特点	40
2.8.3 工程数据模型	40
2.8.4 工程数据库管理系统	41
2.9 面向制造的设计	43
2.9.1 DFM 的基本原理和规则	44
2.9.2 计算机辅助 DFM 设计	44
2.10 计算机辅助设计技术的发展趋势	45
第三章 计算机辅助工艺规程设计	48
3.1 概述	48
3.1.1 工艺规程设计的任务	48
3.1.2 传统的工艺规程设计方法	48
3.1.3 计算机辅助工艺规程设计的基本功能和作用	49
3.1.4 CAPP 系统的基本结构	50
3.1.5 CAPP 与现代制造技术	51
3.2 成组技术简介	51
3.2.1 成组技术的基本原理	51
3.2.2 零件分类编码系统	52
3.2.3 零件分组方法	54
3.2.4 成组技术在工艺规程设计中的应用	54
3.3 零件信息的描述与输入	56
3.3.1 图纸信息的人机交互式描述与输入	57

3.3.2 从 CAD 系统直接输入零件信息	57
3.3.3 面向 CAPP 系统的零件信息模型	58
3.4 工艺规程自动设计方法	58
3.4.1 变异式方法	59
3.4.2 创成式方法	61
3.4.3 人工智能方法	65
3.5 存在的问题和发展趋势	66
3.5.1 存在的问题	66
3.5.2 发展趋势	67
第四章 机床数控技术	69
4.1 数控技术的产生与发展	69
4.1.1 概述	69
4.1.2 数控技术的发展历程	69
4.2 数控机床的结构及分类	70
4.2.1 数控机床的分类	70
4.2.2 数控机床的基本结构	72
4.2.3 数控装置的组成原理和主要功能	73
4.3 数控加工编程	75
4.3.1 数控加工编程的概念	75
4.3.2 数控加工编程的有关规定	76
4.3.3 数控加工编程方法	77
4.3.4 计算机辅助数控加工编程(自动编程)	80
4.4 数控装置的功能分析及其实现	80
4.4.1 CNC 装置的功能分析	80
4.4.2 CNC 系统工作特点	84
4.4.3 硬件结构	86
4.5 伺服系统及检测元件	87
4.5.1 常用伺服执行元件	88
4.5.2 测量系统	89
4.6 DNC 系统	90
4.7 现代数控技术的发展趋势	90
4.7.1 数控装置	90
4.7.2 伺服系统	93
第五章 物流管理与控制	95
5.1 物流概述	95
5.1.1 物流的定义	95
5.1.2 企业物流系统	95

5.1.3 企业物流管理和控制系统的组成	97
5.1.4 企业物流管理和控制的作用	98
5.2 物料搬运和存储设备	99
5.2.1 物料搬运的方式	99
5.2.2 物料搬运设备	102
5.2.3 物料存储设备	107
5.3 供应物流与销售物流	109
5.3.1 供应物流系统	109
5.3.2 销售物流系统	110
5.4 生产物流系统	111
5.4.1 生产物流概述	111
5.4.2 工厂及车间布局设计	113
5.4.3 生产物流的组织、计划与控制	115
第六章 产品质量管理	122
6.1 产品质量和产品质量管理的基本概念	122
6.1.1 产品质量	122
6.1.2 质量管理	123
6.2 全面质量管理	126
6.2.1 全面质量管理的概念和内容	126
6.2.2 全面质量管理的实施过程	127
6.2.3 支持全面质量管理与不断改善质量的七种工具	129
6.2.4 全面质量管理的经济观念与质量成本	137
6.3 质量保证体系	139
6.3.1 质量保证体系的基本概念	139
6.3.2 质量保证体系的建立	140
6.3.3 质量保证体系工作效率分评价	142
6.4 ISO 9000 系列标准和国际质量认证体系	143
6.4.1 ISO 9000 系列标准产生的背景	143
6.4.2 ISO 9000 系列标准简介	143
6.4.3 ISO 9000 系列标准在我国贯彻实施的情况	144
第七章 生产计划与控制	146
7.1 生产计划与管理	146
7.1.1 传统的生产计划与管理	147
7.1.2 传统的生产计划与管理存在的问题	149
7.1.3 计算机集成生产管理系统	150
7.1.4 成本计划与管理	152
7.1.5 计划层次	153

7.2 库存管理和 MRP(物料需求计划)	156
7.2.1 库存管理	156
7.2.2 MRP 基本概念	160
7.2.3 MRP 的输入	161
7.2.4 MRP 工作原理	163
7.2.5 MRP 输出报告	166
7.2.6 MRP 的效益	166
7.2.7 MRP II 制造资源计划(Manufacturing Resource Planning)	167
7.3 车间生产控制	168
7.3.1 车间生产控制的功能	169
7.3.2 车间生产控制系统	170
7.3.3 车间生产的计算机监控	172
第八章 柔性制造系统和柔性制造单元	175
8.1 概述	175
8.1.1 柔性制造系统和单元的概念	177
8.1.2 FMS 和 FMC 的比较	179
8.2 柔性制造系统的系统规划	180
8.3 柔性制造系统组成	184
8.3.1 柔性制造系统的一般组成	184
8.3.2 FMS 的工作过程	187
8.4 柔性制造系统软件系统及通信网络	188
8.5 实例分析	191
8.6 总结	195
第九章 现代制造技术的最新进展和发展方向	197
9.1 现代机械制造企业所面临的严峻的生存环境	197
9.2 现代机械制造企业和现代制造技术	198
9.3 现代先进制造技术及其所伴生的新的制造模式的发展趋势	199
9.3.1 面向可持续发展的设计(DFSD: Design for Sustainable Development)	199
9.3.2 功能质量配置(QFD: Quality Function Deployment)	201
9.3.3 并行工程	203
9.3.4 快速原型技术	205
9.3.5 新的制造模式	206
中英文对照表	212

第一章 绪论

广义而言,制造是无所不包的。对于国民经济各部门,输入某种原材料、能源和信息(即工业三大要素),经加工处理(即变换、储存、输送)后输出具有规定功能和性能的成品就称为制造。而机械制造业则是所有工业部门的基础,它担负着为工农业生产各个部门提供先进的技术装备和精良的工艺。因此,它的发展对提高国民经济水准有着举足轻重的作用。显然,机械制造业只有在技术上超前发展才有可能满足国民经济各部门的要求,也就是说,机械制造业的高技术开发应用必须有一个超前期。

据工业生产统计,20 世纪初劳动生产率的提高,只有 5%~10% 是依靠新的科技成果取得的,而到 70 年代末,就有 60%~70% 是依靠新的科技成果取得的。可见,高技术的开发应用对国民经济的增长有着极其重要的意义。

现代制造技术涉及领域十分广泛。在总体上大致可分为与新工艺、新技术、新材料、新设备有关的单项制造技术,和与生产类型有关的综合自动化(包括生产组织和各种管理技术等)制造技术两大类。前者如各种少切削、无切削加工方法(精密铸造、精密锻造、模压、冲压、烧结、注塑成型等),以及利用激光、电镀、超声、电火花、电解、自动补偿技术等加工方法进行难加工材料的精密加工或超精密加工。后者只是指随计算机和数控机床产生与发展而发展起来的各种柔性加工自动化技术。它涉及产品设计、制造、销售、售后服务,以及相应的管理,直至整个企业规划设计的计算机化和网络化,这是现代制造技术与传统机械制造区别的主要标志,其目标是寻求机械制造的总体最佳效果。它体现了机械制造中最新技术进步的一个更为重要的方面,也是本书介绍的主要内容。

1.1 机械制造技术发展的特点

1.1.1 制造技术的进展是各单项技术发展的结果

从总体上看,机械制造技术的进展总是从产品市场需求和提高生产率、降低成本、提高质量出发的,促进新工艺、新技术、新材料、新设备这几方面的发展几乎是同步的,且它们又互为条件相互促进。

蒸汽动力的发现,当时由于有铸铁和低碳钢的存在,以及有加工精度为 1mm 的镗床的工艺手段,才使蒸汽机的发明成为现实。由此导致了史无前例的工业革命,同时也为机械制造业提供了机械动力。

随后,由于合金钢、铝合金、钛合金、复合材料、精密陶瓷及其他新材料的出现,导致在1775年以后的200年中,材料强度提高了10倍,而硬度、耐磨性、耐蚀性、耐热性等提高得更多,因此,作为刀具材料的性能也相应提高。与此同时,电镀、电解、电火花、激光、超声波等加工方法相继出现,使难加工材料的切削成为可能。

由于1946年世界上第一台电子计算机的出现,促成了1952年世界上第一台数控铣床的诞生,这标志着计算机辅助制造(CAM)的开端。随着电子技术、信息技术和计算机技术的突飞猛进,计算机广泛地在设计、制造、管理和控制等方面的成功应用,使机械制造自动化进入了一个崭新时代——柔性制造自动化和智能化。

1.1.2 多品种少批量生产方式所占比重的增加

随着社会物质文明和精神文明的进展,对产品品种和性能多样性的要求越来越高,尤其在个性化方面要求日益明显,产品品种的日益增多和其生命周期越来越短已成为不可逆转之势,因此,使多品种少批量生产方式占有较大比重。

据国际生产与研究工程协会(CIRP)对欧美等工业国家的调查统计表明:在机械制造业中就产品的产量而言,单件生产(约30件以下)占35%左右,小批量生产(约50~1000件以下)占50%左右,大批大量生产(约分别为1000件和5000件以上)只分别占10%和5%左右。就其产值来看,单件小批生产的产值占全行业的60%,而大批大量生产的产值则占40%。

在进一步调查多品种小批量生产中的材料和零件在车间的总时间分配现状(见图1-1)可知:有95%的时间用于运输、存放和等待加工,在机床上的时间只有5%。而这5%时间中真正用于切削的时间约为30%(即占整个时间的1.5%),其余70%时间用于定位、装夹和测量的辅助动作上。因此,在多品种小批量生产中如何提高机械加工自动化以提高劳动生产率成为十分迫切的问题。在这里,物料运输、存放和等待加工占用大量时间的主要原因是与传统的机群制(用单一工序的设备组成一个工段或车间)组织生产有密切关系,再加上管理(生产调度)不善,造成物料供应与加工的脱节。如果从自动化角度考虑,采取改变制造模式(如将机群制改变为成组生产单元——以零件组的工艺需求来安排)、改进组织管理等措施,就有可能大大改变这种状况。

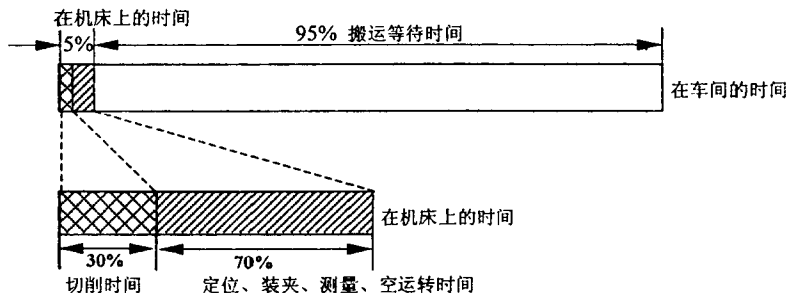


图 1-1 传统小批量生产中零件制造过程的时间分配

1.1.3 单机自动化向综合自动化的转变

机械制造自动化过程总是由单机自动化发展到多机的系统自动化,而系统的自动化又促进了单机自动化功能的完善和标准化。

国际和国内机械制造自动化的发展历程简述分别见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 国际机械制造自动化的发展概要

时间/年	自动化进展标志项目	国 别
1870	自动制螺丝机	美国
1895	多轴车床	美国
1924	机械加工自动线	前苏联
1946	成组加工工艺	前苏联
1947	底特律机械加工自动线	美国
1950	汽车活塞自动工厂	前苏联
1952	数控铣床(NC——硬接线数控)	美国
1958	加工中心(有自动换刀刀库、多工序加工功能的数控机床)	美国
1959	Unimate 极坐标式工业机器人	美国
1960	自适应控制数控铣床	美国
1961	碳电阻制造的计算机控制自动化	美国
1962	圆柱坐标式 Verstram 工业机器人	美国
1963	计算机辅助设计(CAD)绘图	美国
1965	计算机数控(CNC——软接线数控)	美国
1968	群控(DNC——一台计算机控制多台数控设备)系统相继出现	英、美、日
1970	工业机器人操作的焊接自动线	美国
70 年代	柔性制造单元(FMC)出现,并产生由此组成的柔性制造系统(FMS)	以美国为代表的发达国家
1973	哈林顿(Harrington):计算机集成制造 CIM 概念	美国
1980	多品种小批量生产的无人化机械制造工厂——富士工厂 (除装配外,从毛坯外购件入库、搬运、加工、成品入库等完全自动化)	日本
1986	已投入运行的 FMS 约有 400 个	世界各国
1991	智能制造系统 IMS 项目研究	日本、美、欧盟

表 1-2 中国机械制造自动化的发展概要

时间/年	自动化进展标志项目
1956	加工汽车发动机气缸体端面孔组合机床自动线
1958	数控立式铣床(NC)
1959	加工轴承内外环自动线(环套类加工自动线)

(续表)

时间/年	自动化进展标志项目
1969	电机转子轴承自动线(加工轴类零件自动线)
70 年代初	为第二汽车制造厂提供了 57 条自动线和 8000 多台自动化设备,研制工业机器人
1973 1975	研制计算机数控(CNC) 引进CNC-7系统(由日本 FANUC、德国 Siemens、美国 GE 公司联合设计)
1980 年以后	● 自动更换主轴箱的组合机床自动线出现,标志着刚性自动线向柔性方向发展 ● 研制加工中心 ● 第一汽车制造厂在 1985 年建立了厂的计算机辅助生产管理(CAPM)系统。单就减少在制品储备一项,可减少占用资金达 13.6% ● 计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE——工程计算与规划)、计算机辅助工艺规程(CAPP)和自动数控程序编制(NCP)的开展和应用
1984 1986 1987 以后	研制成柔性制造单元(FMC) 第一个柔性制造系统(FMS)投入运行(用于加工直流伺服电机零件) 引进 4 个柔性制造系统
1990	建立机器人工程示范基地,研制成喷漆、焊接、搬运的工业机器人
1990 年以后	开展计算机集成制造系统(CIMS)研究,并在全国四个机械制造厂首先试点应用,今后将有重点地逐步推广应用

1.2 机械制造自动化的模式

1.2.1 机械制造自动化的任务和内容

自动化的任务是研究如何取代人对整个机械制造过程(即将原材料变为成品的过程)中的计划、管理、组织、控制与运行操作等方面的直接参与。就其设备方面而言,可包括局部动作自动化、单机自动化和制造系统自动化;而在功能内容上可涉及产品工程设计自动化、切削加工自动化、工件装卸自动化、工件储运自动化、零件与产品清洁及检验自动化、断屑与排屑自动化、装配自动化、机器故障诊断自动化、生产准备及生产管理自动化等。

1.2.2 机械制造自动化的效益和意义

从一般意义上讲,机械制造自动化的目标是提高劳动生产率;保证产品的质量;降低产品的成本,这就意味着自动化的结果要大大提高设备的利用率;减少大量的工人;减少生产面积;根本改善劳动条件。

但就当前机械产品市场激烈竞争态势来看,面向市场的机械制造自动化的目的不仅仅在于上述的追求,更主要的目的是在于提高制造业的竞争能力,也就是对于市场的适应能力和响应速度。这就涉及到对制造系统 5 个属性——成本属性 C、时间(生产率)属性 T、质量属性 Q、柔性属性 F 和环境属性 E 的要求进行评价并作出科学决策,以获得最佳的经济和社会效益。对于制造系统的前 3 个属性 C、T、Q 是在 70 年代前后提出的,一般都很明确且得到共识,

在 20 世纪 80 年代中期后提出的 F 属性要求,包括了系统适应外部环境变化的能力,可用原系统满足新产品要求的程度来衡量;以及系统适应内部变化的能力,可用系统受干扰(如机器故障)与无干扰情况下的生产率之比来衡量。进入 90 年代以后,为了体现各类现代制造系统与当前全球关注的资源、环境、人口三大问题的关系,对制造系统提出了环境属性 E 的要求。这里的 E 是指一种包括生态、环境、资源利用、职业健康、安全性等一系列问题的广义环境性。制造自动化系统的环境性好是指生态环境影响小,资源利用率高,人在其中的工作状态好等。由此可见,正是对制造系统的要求日益提高,推动了机械制造自动化模式的不断更新和发展。

1.2.3 机械制造自动化模式的多样性

机械制造自动化模式在很大程度上取决于一个产品的批量大小(或称生产类型)。此外,还要根据工件的形状、尺寸和重量、工件材料、加工工艺、加工精度、工厂的技术与经济状况等因素,即综合考虑技术发展与经济效益来确定适应市场竞争需要的自动化模式。因此,机械制造自动化的模式具有多样性,完全可以根据实际需要加以创新。

在大批量的生产条件下,显然由于人工进行机床操作和工件搬运传送,工人的劳动强度大,且由于长期重复地进行同样的操作,会使工人感到单调和厌烦,结果会影响加工质量和生产效率,所以,必须采用自动化生产。同时,由于加工品种固定不变,实现自动化相对比较容易。适用于大批量生产类型的自动化模式有专用自动机床、专用自动化组合机床、专用加工中心等刚性单机自动化和由这些自动化单机组成流水作业的刚性自动线。

对于单件、小批量生产类型与上述类型相反。一个工厂所要加工的零件品种很多,但每件数量并不多,而且很少重复。如果还是采用上述刚性的自动化模式,显然是不合理的,即使在技术上可行,但在经济上则是不允许的。这时,就需要采用柔性的自动化模式。数控机床的出现为单件、小批量的自动化提供了必要的条件。对于这种生产模式的自动化,关键应是如何实现工件的存放、运输及生产准备和各种辅助工作的自动化。

1.2.4 制造自动化与成组技术

为了实现多品种单件小批量生产自动化,首先应该利用成组技术。成组技术是把许多类似问题划分为一组,采用相同的解决方法,从而对产品零件的标准化、制造的专门化和管理的规范化具有很好的促进作用。一群零件经过分析归纳,利用零件的形状、结构和工艺等方面的相似性,将其分成若干的相似零件组,根据零件组选择相应的自动化加工设备。当零件组内品种在一定范围变化时,对这些设备作适当调整,就可以适应品种变化的加工要求。事实上,在多品种小批量生产的条件下,推广成组技术,就是在不减少生产的情况下,增加同组或同种零件的生产批量,也就是改变生产类型。这样,就可简化生产管理和加工控制,为实现制造自动化创造条件。

能适应品种在一定范围变化而满足加工要求的柔性自动化模式有可变自动机床、可变自动化组合机床、可变自动线,数控机床、加工中心、柔性制造单元、柔性制造系统以及计算机集成制造等。机械制造自动化模式可归纳如表 1-3 所示。

表 1-3 机械制造自动化模式类别与技术特征

名 称	自动化模式	特 征	引入的新技术	适用生产类型
传统机械制 造自动化	专用自动机 专用自动线	基本上刚性	● 继电器逻辑控制(RC) ● 可编程逻辑控制(PLC) ● 组合机床	单一品种大 批量生产
现代机械 制造自动化	数控机床 (单工序) 加工中心 (多工序复合)	柔性单机 自动化 柔性多工序 集中自动化	● 微电子技术/数字电路 ● 在线检测技术 ● 计算机控制技术 ● 自动编程技术	单件或数件 多品种生产
	柔性制造单元 (FMC) 柔性制造系统 (FMS)	柔性与效率 的合理结合	● 成组技术(GT) ● 计算机辅助设计(CAD) ● 计算机辅助工艺规程(CAPP) ● 物料储运自动化技术 ● 网络通信与群控(DNC) ● 计算机生产管理与质量保证技术 ● 物料需求计划(MRP)与制造资源计划(MRP II)	多品种中、 小批量生产
	柔性生产线 (FML)			数个品种 批量生产
	计算机集成制 造系统(CIMS)	工程设计、制造、 经营管理全厂的 自动化,追求综 合最佳效益	● CAD/CAPP/NCP 或 CAD/ CAM 集成 ● 信息技术 ● 质量保证技术 ● 产品数据管理(PDM) ● 柔性自动化加工系统 ● 仿真技术与车间动态调度 ● 数据库技术 ● 计算机通信网络技术	多品种批量生产

1.3 现代机械制造技术的主要内容

本书所介绍的现代机械制造技术主要涉及柔性制造自动化技术,以及与此相关的组织、管理、质量保证的系统技术概要。

就柔性而言,产品的人工设计、计算和绘图,用于产品制造的人工操作通用机床,产品质量的人工检验以及人工操作物料输送设备等等都有很好的柔性,但这种柔性显然不是通过可编程来实现的,完全因人而定,效率低且完成的质量具有随意性。如果引用计算机辅助进行产品设计、制造、质量控制及管理,则首先要进行有关的标准化、规范化工作,这样就可显著提高产品开发、制造的效率与质量。其柔性也就体现在计算机的可编程特点上,而自动化则体现在计算机负担了大量重复枯燥乏味的工作。随着计算机智能化程度的提高,这种柔性自动化水平也相应获得提高。

1.3.1 柔性制造自动化技术概述

■ 计算机辅助设计(CAD)

产品设计是产品整个生命周期(市场调研决策—设计—制造—销售—使用—维修服务)中最重要的环节,因为它对产品性能与成本的影响起着决定性作用。

所谓 CAD,是用计算机软、硬件系统辅助人们对产品或工程进行设计、计算、修改及显示输出的一种设计方法。

在此方法中,人与计算机密切合作,在决定设计策略、信息处理、修改设计及分析计算等方面充分发挥各自的特长。如计算机在信息储存与检索、分析与计算、图形绘制与文字处理,以及代替人作大量重复枯燥工作等方面有特殊优点;但在设计策略、逻辑控制、信息组织及发挥创造性方面,人将起到主导作用。两者的有机结合就能提高设计质量,缩短设计周期,降低设计费用。可见,这与 60 年代初出现的 CAD 主要解决绘图问题不同,现在的 CAD 已成为一门综合性应用新技术。

■ 计算机辅助工艺规程设计(CAPP)

CAPP 即按所设计产品及其零件的结构形状和尺寸与技术要求,利用计算机进行产品零件制造工艺过程 and 操作方法等的工艺文件设计。CAPP 不仅改变了人工设计的费时、速度慢、工艺规程可改性差、质量不稳定、难以达到优化目标的不足,而且在颇大程度上降低了对生产经验丰富工艺工程师的依赖。这也就是说,即使工艺经验较少的工艺人员也能借助 CAPP 系统设计出高质量的工艺规程。

■ 计算机数控机床(CNC Machine Tool)

根据工件轮廓尺寸和技术要求,利用已选定 CNC 机床所规定的指令与程序格式,编制工件数控加工程序和制备控制指令介质,经检验合格后,输入到 CNC 机床,以控制机床自动加工出符合图纸要求的工件。这就是所谓的数控加工。它是一种可编程的自动化加工设备,是构成现代制造系统最基本的设备。它的作用:一是可进行多工序复合加工,减少工件输送链;二是可联网,为制造系统提供设备状态和工件加工状态的信息,这也为制造系统总体优化创造了条件。

■ 物流控制技术

物流控制是指工件和工具(刀具—夹具—量具等)的存储、输送与装卸的操作控制。其自动化程度的提高不仅可以大大减轻工人的劳动强度,而且可以大大节省物料输送所占有的准备时间,从而达到高效率的生产。

对它的基本要求就是“随叫随到”,以保证零件加工不发生停工待料状态。要达到这个要求并不轻而易举,需要根据生产的实际情况,进行适时的调度控制,显然对它的控制也必须纳入计算机控制范畴。其内容包括自动化仓库、无节拍的随机输送设备(如传送带、有轨与无轨小车等)和装卸(或称搬运)设备(如机械手、工业机器人、堆垛机等)的控制。据统计,一个柔性

制造系统(FMS),其物料储运设备与控制的投入,约占整个投入的三分之一。如果对物料储运设备选用恰当,控制合理,则前述 95% 的物料搬运等待时间可减少到 25% 左右。这是一个很好的收益。

■ 质量保证体系

质量保证体系是个质量工程问题,即按满足客户要求的产品指标,在设计、制造、检验、销售、服务等方面实施全面质量管理和质量保证技术。因此,质量工程(QE)就是所有质量保证技术和质量管理方法的总合。它包括设计质量工程和制造质量工程。

设计质量工程主要指:预期规划的质量功能配置——性能或功能质量指标满足产品性能、质量和成本综合的功能优化的健壮性设计,以及满足产品的时间质量指标的可靠性(可靠性、维修性、保障性)设计。

制造质量工程是指所制造的产品符合设计质量。其含义是产品生产过程,即从原材料入厂、零件制造、产品装配、试验、包装、运输到交付使用全过程的质量保证与质量控制的原理、方法和技术。所以,制造质量工程也称为在线质量工程。

至今,质量控制技术已从 20 世纪初至 40 年代的质量检验管理阶段发展到 40 年代到 50 年代的统计质量管理(SQC)阶段,60 年代则开始进入全面质量管理(TQC)阶段。质量检验管理是对产品进行“事后检验”,因而不能预防废品产生和提高产品质量;统计质量管理则是用于零件的制造过程,故能预防废品的发生;而全面质量管理贯穿于设计、备料、制造、销售、服务等各个环节。因此,它是现代机械制造系统中一个至关重要的子系统。

全面质量管理首先是使企业全体成员都应有很强质量意识,都要参与维护产品的质量,而不仅仅是领导者;其次是质量管理贯穿于市场需求分析、产品开发设计、备料、制造、包装、销售发运直到维修、接受用户反馈意见等各个环节,即所谓质量环;再次是在人员的各个层次上和上述各个环节上实行一整套可操作的质量保障措施,例如根据产品使用要求,制定总体和各个环节的质量规范和指标、检验规程和验收标准,在对各类人员分析的基础上制定人员质量意识和操作技能的培训计划与有步骤的实施计划,以及简单易行的监督措施等。最后,利用计算机辅助质量管理技术及时对质量环上各方面信息(静态的、动态的)进行综合分析,提出不断改进措施,从而使企业在激烈的市场竞争中立于不败之地。

当前,发达国家的质量概念提高到以“顾客满意”为标准的境地,也就是企业所开发的产品一开始就有用户参与,反应其各自的个性要求,并满足之。

■ 生产计划与控制

生产计划是在定单或按市场需求分析决策制订生产任务的基础上,综合企业自身的制造资源与可控能力而履行定单合同或既定生产任务的一种安排。它规定了什么产品零件、在什么地点、采用何种设备与工艺方法及质量保证手段、在什么时间内完成的程序。如果在运转过程中产生阻塞或特殊情况就需要对原有生产计划进行修改,也就是要进行重新排序。由此可见,生产计划是优化利用制造系统生产能力、并能协调组织生产的依据。生产控制则是对生产计划执行过程中的监督和调整,并使计划按合理要求目标进行。为了适应市场需求变化的快速响应,强调采用计算机作为主要工具来辅助进行生产计划的制订、监督执行和控制是十分必要的。