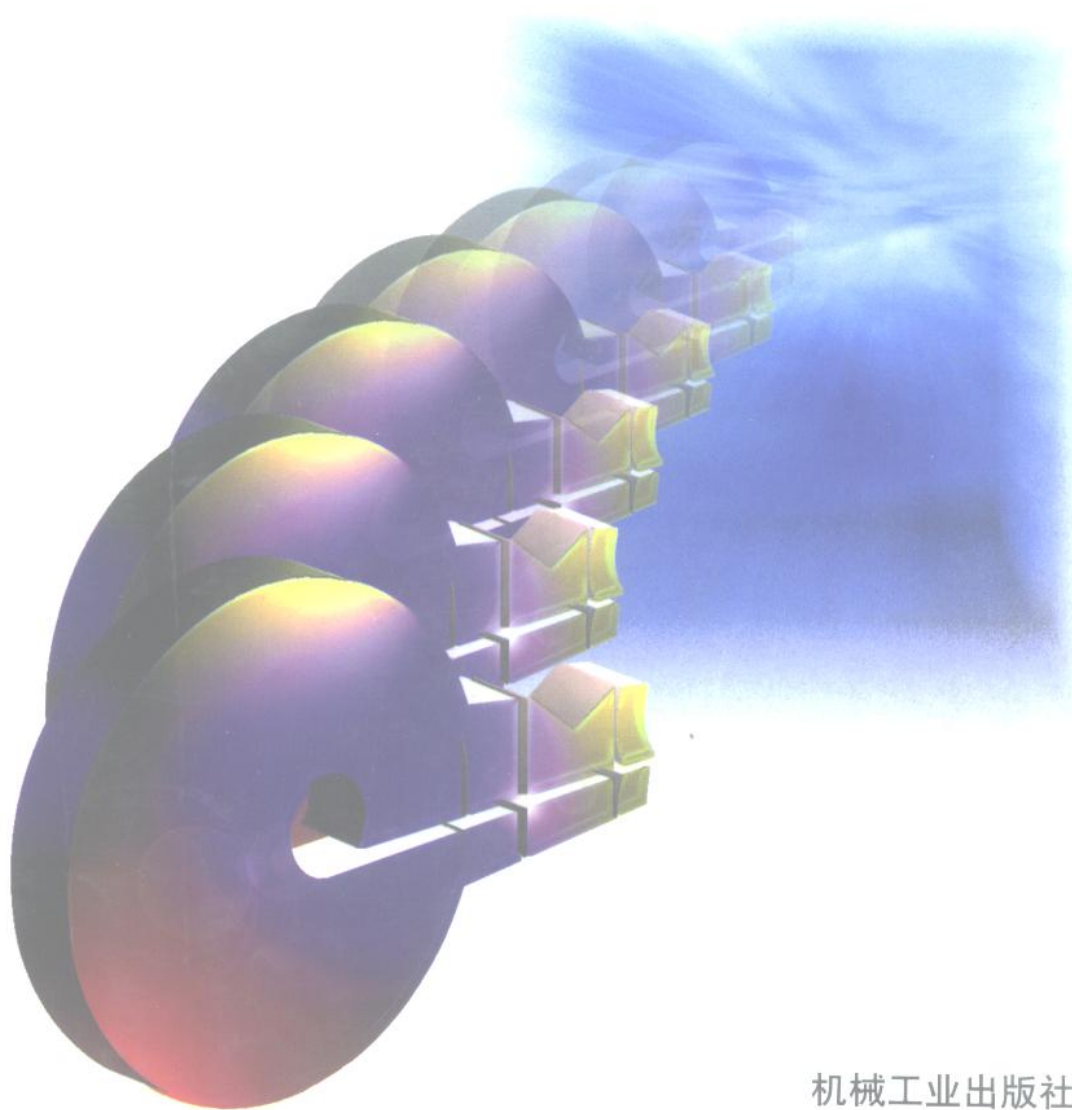




CIMS系列培训教材

CIMS 制造自动化

刘飞 等 编著



机械工业出版社

CIMS 系列培训教材

CIMS 制造自动化

刘 飞 杨 丹 王时龙 编著



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

内 容 简 介

本书从工程应用角度阐述了制造自动化系统的基本概念、关键技术和系统构成、控制及运筹管理。主要内容包括制造系统及制造自动化概述、制造自动化典型设备及其控制、物料运输与存储系统、制造自动化系统生产计划、调度与控制、制造自动化信息系统、制造自动化系统典型案例等。本书是国家 863/CIMS 应用工程培训教材,也可以作为高等院校机电工程、机械工程、工业工程、自动化等学科专业研究生和高年级本科生的教材以及高等院校和广大制造业企业的科技人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

CIMS 制造自动化/刘飞编著. —北京:机械工业出版社, 1996.8

CIMS 系列培训教材

ISBN 7-111-05332-X

I. 制… II. 刘… III. 计算机集成制造-技术培训-教材 N. TH166

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 14361 号

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 宋凤英 刘岗 版式设计: 李松山 责任校对: 卢锦宝

封面设计: 姚 毅 责任印制: 赵永洪

林业大学出版社印刷厂印制·新华书店北京发行所发行

1997 年 3 月第 1 版·1997 年 3 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·19.5 印张·484 千字

0 001—5000 册

定价: 33.00 元

编辑委员会

主任委员：吴 澄

副主任委员：周 济

委 员：田连会 刘 飞 祁国宁 孙家广
张申生 李芳芸 李伯虎 李美莺
娄勤俭 柴天佑 顾冠群 徐晓飞
崔德刚 曾庆宏 穆世诚 薛劲松
戴国忠

序

这一套《CIMS 系列培训教材》是参加国家高技术研究和发展计划（863 计划）的科技人员经过 10 年研究和应用实践之后奉献给广大读者的。

二十世纪世界的一个重大变革是形成了一个统一的全球市场，每一个国家都不可能离开这个全球市场求得自身的发展。统一的全球市场形成的直接后果是市场竞争更加激烈，表现为产品更新换代加快、质量更好、价格更便宜、产品的技术含量更高，并且围绕产品的服务也越做越好。这就要求企业（制造商）能尽快响应市场的变化，制造出性能价格比优良的、满足用户各种要求的产品，并提供良好的服务。对于技术含量高的产品，竞争更为激烈，因为技术含量高就有可能取得产品的市场独占性，从而获取高利润。

我们把市场对产品的压力归结为：时间 T （即开发新产品的时间或成熟产品的上市时间），质量 Q ，成本 C 和服务 S 。 T 、 Q 、 C 、 S 是制造业的一个永恒主题，企业不断完善 T 、 Q 、 C 、 S 是一个永无止境的过程，对各国企业都一样，但我国企业的压力大得多。

国家 863 计划的 CIMS 主题，以促进我国企业的信息化、现代化为宗旨；近 10 年来，以提高企业市场竞争力、提高企业效益为目标，以信息技术、现代管理技术改造国有企业、支持新兴企业为切入点，用高技术解决我国企业的难点和热点问题。

CIMS，即计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing Systems）是用信息技术（包括计算机技术、自动化技术、通信技术等）和现代管理技术，加强制造技术，改造传统制造业，支持新兴制造业，提高企业市场竞争能力的一种高技术。具体地说，以企业的产品为龙头，在产品的设计过程、管理决策过程、加工制造过程、产品的质量管理和控制过程等方方面面，采用各种计算机辅助技术和先进的科学管理方法，使企业优化运行，达到产品上市快、质量好、成本低、服务好，从而提高企业的效益和市场竞争能力。

立足国情，按照企业的需求开展对 CIMS 的研究和关键技术攻关，是应用技术研究和开发的一个重要指导思想。它也使我国的 CIMS 得到了长足的进展和国际同行的关注。

1994 年，清华大学国家 CIMS 工程研究中心获得了美国 SME（制造工程师学会）的 CIMS “大学领先奖”，这标志着我国 CIMS 的研究水平进入国际先进行列。1995 年，北京第一机床厂荣获 SME 的 CIMS “工业领先奖”，这标志着我国一些试点企业的 CIMS 应用达到国际先进水平。“大学领先奖”和“工业领先奖”一般每年在世界范围内各评选一名。中国已经成为除美国外唯一获得此两项大奖的国家。

更加重要的是，CIMS 的应用在我国取得了显著的经济效益和社会效益。成都飞机公司、沈阳鼓风机厂、北京第一机床厂、东风汽车集团模具厂、山西经纬纺机厂和杭州三联电子有限公司等不同的大、中、小企业是其中的代表。当前，CIMS 的进一步试点推广应用已扩展到机械、电子、航空、航天、轻工、纺织、石油、化工、冶金、通信、煤炭等行业的 60 多家企业。CIMS 在我国正面临着一个发展的好势头。

进一步的推广应用，并且能取得预期的效益，关键之一在于人才，在于培训。这一套教材正是为这目的而写的。我们希望它们能为我国制造业的发展，“圆我工业强国之梦”作出贡献。

由于参加编写的作者都是第一线的科技工作者，任务繁忙，时间不足，加上编写的经验不够以及学术上的不足，使这套 CIMS 教材难免有错误和不足。我们愿意和广大读者一起，使之精益求精。

国家 863 计划 CIMS 主题专家组组长

吴 澄

一九九六年十月

前 言

本书是国家 863/CIMS 主题专家组为在全国推广应用 CIMS 所组织编写的系列培训教材之一。

制造自动化系统既是 CIMS 中的一个分系统,又是现代制造工厂的重要组成部分。制造自动化技术涉及的学科知识广泛,是机械制造技术、自动化技术、控制工程技术、计算机技术、系统工程技术等多学科技术相结合的产物,是一门正在迅速发展新兴技术,也是当前全球重点发展的先进制造技术的重要组成部分。

本书是根据作者多年来的研究成果并参考国内外涉及制造自动化的大量研究文献综合写成。主要内容包括制造系统的基本概念、制造自动化发展概述、功能目标模型和实施战略、制造自动化典型设备及其控制、物料运输与存储系统、制造自动化系统生产计划、调度与控制、制造自动化信息系统、制造自动化系统典型案例等。本书注重工程应用性,并尽量考虑了可读性,对部分难度较大的章节,用“*”注出,以便读者取舍,文中所引用文献均以上角方括号数字标出,以便读者查询。

本书主要由重庆大学刘飞、杨丹和王时龙编著。各章的执笔人:第 1 章 刘飞,第 2、3 章 王时龙,第 4、5 章 杨丹,第 6 章 杨丹、王时龙,全书由刘飞统稿。重庆大学黄德才、胡立德、孙棣华、陈进,北京机床研究所杜陀,成都飞机公司胡家齐,南京航空航天大学王宁生也参加了部分编写工作或提供了有关素材和成果。全书由徐宗俊教授主审。

本书涉及的有关研究工作,曾得到国家 863/CIMS 主题项目资助和国家自然科学基金资助。本书引用了部分参考文献中的有关资料,特别是国家 CIMS 实验工程和 CIMS 典型应用工厂——成都飞机公司所发表的文献资料,在此表示衷心的感谢。

由于制造自动化是一门正在迅速发展的综合性技术,编写本书在国内是一种新的尝试,特别是因 CIMS 应用工程急需培训教材,使得本书编写时间非常仓促,因此,书中错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

1996 年 3 月

目 录

序

前言

第 1 章 概 述	1
1.1 制造系统概述	1
1.1.1 制造系统的内涵和理论体系框架	1
1.1.2 计算机集成制造系统概述	6
1.2 制造自动化系统(MAS)概述	9
1.2.1 制造自动化技术发展中的重大事件	9
1.2.2 制造自动化技术的发展过程简析	11
1.2.3 制造自动化技术的应用和研究中的几个趋势	12
1.2.4 CIMS 中制造自动化系统涉及的领域范围和系统构成	14
1.3 制造自动化的功能目标模型和实施战略	17
1.3.1 制造自动化的功能目标模型	17
1.3.2 实现制造自动化系统的关键	18
1.3.3 实施制造自动化系统的战略步骤	19
1.3.4 实施制造自动化系统的总体决策框架模型	20
第 2 章 制造自动化典型设备及其控制	25
2.1 加工设备	25
2.1.1 专用自动化机床及自动线	25
2.1.2 组合机床自动线	32
2.1.3 数控(NC)机床	36
2.1.4 加工中心	64
2.1.5 DNC 系统	76
2.1.6 柔性制造单元 FMC 及柔性制造系统 FMS	80
2.2 测量设备	97
2.3 辅助设备	99
2.3.1 刀具系统	99
2.3.2 夹具系统	107
2.4 设备选择与布局	110
2.4.1 设备的选择	110
2.4.2 设备的布局	113
第 3 章 物料运输与存储系统	117
3.1 概述	117
3.2 有轨小车 RGV 及传送带	119
3.2.1 有轨小车 RGV 的结构及特点	119
3.2.2 自动线的传送带	120
3.3 自动导向小车(AGV)	123
3.3.1 AGV 的概念及特点	123
3.3.2 AGV 的一个实例简介	124

3.4 搬运机器人	127
3.4.1 搬运机器人的发展进程	128
3.4.2 搬运机器人的组成及应用时需考虑的问题	128
3.4.3 搬运机器人的手爪选择	129
3.4.4 搬运机器人的传感器	131
3.4.5 关节驱动装置	134
3.4.6 机器人程序设计方法	134
3.4.7 程序语言系统的发展趋势	136
3.5 自动化立体仓库	137
3.5.1 自动化立体仓库的组成与结构	137
3.5.2 物料搬运机构及堆垛机	138
3.5.3 自动化仓库的计算机控制	138
3.5.4 两种可靠的仓库认址检测系统	139
3.6 物料管理的条形码技术	143
3.6.1 条形码技术的概念	143
3.6.2 条形码技术的实施方法	143
3.6.3 条形码技术的应用实例简介	144
第4章 制造自动化系统的生产计划调度与控制	147
4.1 制造自动化系统(MAS)的生产管理	147
4.1.1 制造系统生产管理的概念	147
4.1.2 计算机辅助生产管理系统	148
4.2 MAS 生产计划调度与控制体系	153
4.2.1 MAS 生产计划调度与控制的对象	154
4.2.2 MAS 生产计划调度与控制的框架模型	154
4.2.3 MAS 生产计划调度与控制问题分类	157
4.3 自动化单机的生产调度	157
4.3.1 单级单机自动化系统的生产调度	158
* 4.3.2 单级并行加工系统的生产调度	161
4.4 自动生产线的生产计划调度与控制	164
4.4.1 自动生产线的生产计划调度与控制	164
4.4.2 自动生产线的生产作业计划与期量标准	165
* 4.4.3 基于均衡生产原则的生产作业计划模型与算法	168
4.4.4 自动生产线的生产活动控制	172
4.5 柔性制造系统(FMS)的生产计划调度与控制	176
4.5.1 概述	176
4.5.2 单元控制系统	177
4.5.3 FMS 生产计划调度与控制系统框架	178
4.5.4 FMS 生产作业计划	180
* 4.5.5 FMS 静态调度	183
* 4.5.6 FMS 实时动态调度	193
* 4.5.7 FMS 的生产运行仿真	198
4.6 DNC 的生产计划调度与控制	206

第 5 章 制造自动化信息系统	209
5.1 制造自动化信息系统(MAIS)及其系统特性	209
5.2 制造自动化信息系统的支撑技术	211
5.2.1 数据库技术	211
5.2.2 制造自动化系统中的网络技术	219
5.3 制造自动化信息系统(MAIS)的模型	234
5.3.1 MAIS 模型分类及表达工具	234
5.3.2 MAIS 的功能模型	235
5.3.3 MAIS 的信息模型	240
* 5.3.4 MAIS 的物理配置模型-单元控制器底层网络方案选择与论证实例	255
5.4 MAS 中的物料流管理信息系统	260
5.4.1 FMS 零件管理信息系统实例	260
* 5.4.2 FMS 刀具管理信息系统实例	266
5.5 MAS 与 CIMS 其它子系统的信息交换	274
5.5.1 MAS 与设计自动化子系统的信息交换	277
5.5.2 MAS 与 MIS 的信息交换	278
第 6 章 典型案例	281
6.1 成都飞机公司 CIMS 自动化集成分系统的总体结构	281
6.2 CAC—CIMS/FA 功能	286
6.2.1 CIMS/FA 车间控制器功能	286
6.2.2 CAC—CIMS/FA 中 FDNC1 单元控制器功能	291
6.3 CAC—CIMS/FA 实现中的关键技术	293
6.4 CAC—CIMS/FA 实施效果与效益分析	295
6.4.1 实施效果	295
6.4.2 推广应用情况、效益分析	296
参考文献	298

第 1 章 概 述

1.1 制造系统概述

制造自动化是制造系统的有机组成部分,同时制造自动化系统本身也可看成是一种层次上的制造系统,因此制造自动化和制造系统有着不可分割的有机统一关系。本节简要介绍制造系统的内涵和理论体系框架以及计算机集成制造系统概况。

1.1.1 制造系统的内涵和理论体系框架

1.1.1.1 制造系统的定义和内涵

制造业是将可用资源与能源,通过制造过程,转化为可供人们使用或利用的工业品或生活消费品的行业。它涉及到国民经济的很多行业,如机械、电子、轻工、化工、食品、军工、航天等。可以说,制造业是国民经济和综合国力的产业支柱。

制造过程是制造业的基本行为。制造过程可定义为将制造资源(原材料、劳动力、能源等)转变为有形财富或产品的过程。

制造过程是在制造系统中实现的。在对制造系统作出定义之前,首先应了解“系统”的一些基本概念。

系统工程的有关理论指出,“系统”是由相互作用和相互依赖的若干组成部分按一定规律结合而成的具有特定功能的有机整体。系统由两个或两个以上的要素(组成部分)构成,这些要素可以是单一、不能再分的基本单元,也可以是能继续细分,由其他次一级要素构成的集合。构成系统的要素各自具有自身的特性和内在规律,但它们彼此之间相互联系,相互影响,有机地结合在一起,由此形成了不同于任一组成要素的整体并体现出整体特性和整体功能。不同要素有机结合在一起可以构成系统。相同要素因为有机结合的方式不同也可以构成不同的系统。但是组成要素的简单叠加构不成系统。因为这些要素之间没有通过相互联系和影响而协调为一个整体,也没有表现出不同于组成要素的整体特性。系统强调的是各组成要素有机结合,对外呈现综合性的整体功能,而不是各要素功能的累加。系统的各要素组成的是一个整体,如果系统的整体性受到破坏,就不再成为系统。时钟是一个计时系统,当它的要素(齿轮、齿条、机架、联接件、指针等)通过装配而彼此联系,构成协调运行整体时,它显示出计时的整体功能。当将时钟拆卸成一个个分散的零件后,时钟就丧失了计时的功能,不再成为一个计时系统。

根据上述系统的定义和制造过程的概念,下面讨论制造系统的概念和定义。

关于制造系统的定义,尚在发展和完善之中,至今还没有统一的定义。现列举国际上比较权威的几个定义作为参考。

英国著名学者 J. Parnaby 1989 年给出的定义为制造系统是工艺、机器系统、人、组织结构、信息流、控制系统和计算机的集成组合,其目的在于取得产品制造的经济性和产品性能的国际竞争性。

国际生产工程学会(CIRP)1990年公布的制造系统的定义是制造系统是制造业中形成制

造生产（简称生产）的有机整体。在机电工程产业中，制造系统具有设计、生产、发运和销售的一体化功能。

美国麻省理工学院（MIT）教授 G. Chryssolouris 于 1992 年在文献 [2] 中给出的定义为制造系统是人、机器和装备以及物料流和信息流的一个组合体。

国际著名制造系统工程专家、日本京都大学人见胜人教授于 1994 年在文献 [7] 中指出，制造系统可从三个方面来定义：

（1）制造系统的结构方面 制造系统是一个包括人员、生产设施、物料加工设备和其他附属装置等各种硬件的统一整体。

（2）制造系统的转变特性 制造系统可定义为生产要素的转变过程，特别是将原材料以最大生产率转变成为产品。

（3）制造系统的过程方面 制造系统可定义为生产的运行过程，包括计划、实施和控制。

综合上述的几种定义，可将制造系统定义如下：

制造过程及其所涉及的硬件包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置，其有关的软件包括制造理论、制造技术（制造工艺和制造方法等）和制造信息等组成了一个具有特定功能的有机整体，称之为制造系统。以上定义可看成是制造系统的基本定义。根据所研究的问题的侧重面的不同，借鉴人见胜人教授的观点，制造系统还可有以下三种特定的定义：

（1）制造系统的结构定义 制造系统是制造过程所涉及的硬件（包括人员、设备、物料流等）及其相关软件所组成的一个统一整体。

（2）制造系统的功能定义 制造系统是一个将制造资源（原材料、能源等）转变为产品或半成品的输入输出系统。

（3）制造系统的过程定义 制造系统可看成是制造生产的运行过程，包括市场分析、产品设计、工艺规划、制造实施、检验出厂、产品销售等各个环节的制造全过程。

由上述制造系统的定义可知，机械加工系统就是一种典型的制造系统，它由机床、夹具、刀具、被加工工件、操作人员、加工工艺等组成。机械加工系统输入的是制造资源（毛坯或半成品、能源和劳动力），经过机械加工过程制成产品或零件输出，这个过程就是制造资源向产品（成品）或零件的转变过程。一个正在制造产品的机床、生产线、车间和整个工厂可看作是不同的制造系统；加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造系统均是典型的制造系统；另外，开发一个新产品、技术改造项目、与制造有关的工程项目、科研课题以及它们所涉及的硬件和软件，也可以从某种角度看成为制造系统。

制造系统根据产品生产模式的不同可分为离散型制造系统（如机械制造系统）和连续型制造系统（如化工产品制造系统）。鉴于前者量大面广，且自动化涉及的有关问题比后者复杂得多，因此本书主要是介绍离散型制造系统及其制造自动化技术。

1.1.1.2 制造系统的理论体系框架

制造系统理论对于指导人们正确地研究、设计、制造、管理和运行制造系统及其制造自动化系统具有重要的作用。

总结国内外关于制造系统理论研究的成果，并综合作者们多年的研究工作，提出下面关于制造系统理论体系的初步框架。这个理论体系框架主要包括制造系统的基本特性以及制造系统的“三流”结构论、信息制造观、人机集成论、集成决策观等。

1. 制造系统的基本特性 现代制造系统是有大量决策变量和多个优化目标的复杂大系

统。可以将制造系统看作一个以生产率最高为优化目标的技术—经济系统，也可看作一个追求社会适应性最优的自然技术系统；还可看作一个人—机集成系统或一个制造信息处理系统。

如前所述，由于从不同的观点看待制造系统，需要重点解决不同方面的问题，但各方面的问题又不是相互孤立的，因此，必须用系统科学和工程的观点和方法来研究描述制造系统的概念和制造系统的基本特性。概括地说，制造系统的基本特性包括集合性、相关性、目的性、环境适应性、动态特性、反馈特性、随机特性等。

(1) 集合性 制造系统是由两个或两个以上的可以相互区别的要素（或环节、子系统）所组成。

(2) 相关性 制造系统内各要素是相互联系的。集合性确定了制造系统的组成要素，而相关性则说明这些组成要素之间的关系。制造系统中任一要素与存在于该制造系统中的其他要素是互相关联和互相制约的，当其某一要素发生变化时，则其他相关联的要素也需要相应地改变和调整，以保持系统的整体最优性。

(3) 目的性 一个实际的制造系统是一个整体，要完成一定的制造任务，或者说要达到一个或多个目的。制造系统的主要目的就是要将制造资源转变成财富或产品。

(4) 环境适应性 一个具体的制造系统，必须具有对周围环境变化的适应性。外部环境与系统是互相影响的，两者之间必然要进行物质、能量或信息的交换。制造系统应是具有动态适应性的系统，表现为以最少的时间延迟去适应变化的环境，使系统接近理想状态。

(5) 动态性 制造系统的动态性主要表现在以下几个方面：

1) 制造系统总是处于生产要素（原材料、能量、信息等）的不断输入和有形财富即产品的不断输出这样一种动态过程中。

2) 制造系统内部的全部硬件和软件也是处于不断的动态变化之中。

3) 制造系统为适应生存的环境，特别是在激烈的市场竞争中总是处于不断发展、不断更新、不断完善的变化中，极端情况是制造系统组织结构的突变或重组，使制造系统向更高的形式进化。

(6) 反馈特性 制造系统在运行过程中，其输出状态如产品质量信息和制造资源利用状况总是不断地反馈回制造过程的各个环节中，从而实现制造过程的不断调节、改进和优化。图 1-1 是制造系统反馈特性的示意图。

(7) 随机特性 制造系统中有很多随机因素，从而使制造系统的某些性质具有随机特性。如制造系统关于产品的市场需求、产品制造装配的质量等均具有随机性。制造系统的随机特性为解决制造系统控制等问题带来了极大的困难。

2. 制造系统的三流结构论 制造系统在运行过程中，无时无刻不伴随着“三流”的运动，即总是伴随着物料流、信息流和能量流的运动。下面以机械加工系统为例予以简要说明。

机械加工系统的“三流”运行图可用图 1-2 表示。

(1) 物料流 机械加工系统输入的是原材料或坯料（有时也包括半成品）及相应的刀具、量具、夹具、润滑油、冷却液和其它辅助物料等，经过输送、装夹、加工检验等过程，最后输出半成品或产品（一般还伴随着切屑的输出）。整个加工过程（包括加工准备阶段）是物料输入和输出的动态过程，这种物料在机械加工系统中的运动被称为物料流。

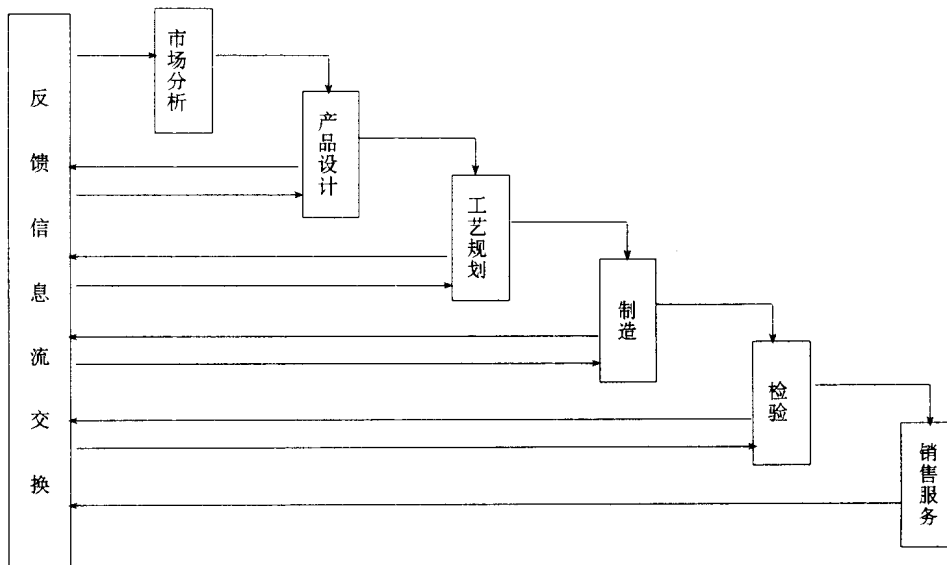


图1-1 制造系统的反馈特性示意图

(2) 信息流 在机械加工系统中，必须集成各方面的信息，以保证机械加工过程的正常进行。这些信息主要包括加工任务、加工工序、加工方法、刀具状态、工件要求、质量指标、切削参数等等。这些信息又可分为静态信息（如工件尺寸要求、公差大小等）和动态信息（如刀具磨损程度、机床故障状态等）。所有这些信息构成了机械加工过程的信息系统，这个系统不断地和机械加工过程的各种状态进行信息交换，从而有效地控制机械加工过程，以保证机械加工的效率和产品质量。这种信息在机械加工系统中的作用过程称为信息流。

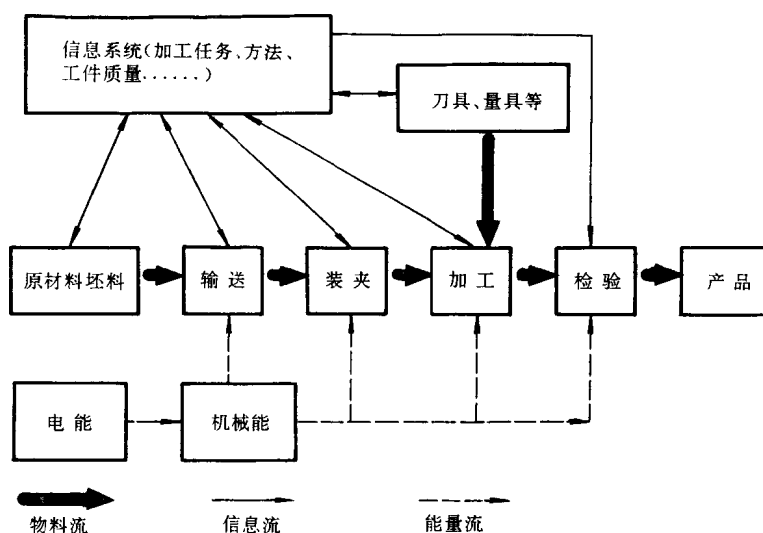


图1-2 机械加工系统的“三流”运动示意图

(3) 能量流 能量是一切物质运动的基础。机械加工系统是一个动态系统,其动态过程是指机械加工过程中的各种运动过程。这个运动过程中的所有运动,特别是物料的运动,均需要能量来维持。来自机械加工系统外部的能量(一般是电能),多数转变为机械能。一部分机械能用以维持系统中的各种运动,另一部分通过传递、损耗而达到机械加工的切削区域,转变为分离金属的动能和势能。这种在机械加工过程中的能量运动称为能量流。

制造系统中的物料流、信息流、能量流之间相互联系,相互影响,组成了一个不可分割的有机整体。

3. 现代制造系统的信息制造观 传统制造观是指所谓的机械制造观,其本质在于认为制造过程是对原材料进行加工处理,使之转变为具有一定用途的产品的过程,其中使用了能源作为加工制造的驱动源。传统制造观注重用制造系统中的物料流与能量流来描述制造系统。

随着计算机、自动化及通信技术等高新技术在制造系统中的应用,一种新的制造观即信息制造观正在孕育和发展之中。这是因为信息在制造系统中起着越来越重要的作用。首先,信息是连接各系统的要素,从而也是形成具有一定生产组织结构的制造系统的纽带;第二,产品制造过程中的信息投入已逐步成为决定产品竞争力的关键因素;第三,现代制造系统(如CIMS)研究和开发的重点之一是如何提高制造系统的信息处理能力;第四,制造系统中的信息已成为制造系统中与设备等同等重要的制造资源,如同能量一样是驱动制造系统运行的重要驱动源;第五,智能制造的概念从本质上看是指制造系统在信息处理的某些方面“具备”一定的智能。

因此从上述诸方面看,制造过程的实质可看作是对制造过程中各种信息资源的采集、输入和加工处理过程,最终形成的产品是信息的物质表现。从信息的角度看,制造过程实质上是一个使原材料的熵降低,使产品信息含量增高的过程。上述即为信息制造观的主要思想。

当前研究制造信息的一个重要方面是考虑如何有效地建立起与制造系统功能相适应的制造信息系统,其中除涉及到信息系统的分析、设计与实现的硬、软件技术外,还应考虑制造信息的分类与描述问题。

4. 制造系统的人机集成论 智能制造系统概念的提出,引起了世界各国制造自动化领域研究者的重视,以致于使人们曾一度认为制造自动化的最终目标是形成完全“无人化的自动化工厂”。智能制造系统的基本理论建立在人工智能理论与技术的基础上,通过建立“世界模型库”,从而用人工智能的方法求解制造系统在物料、信息及决策三方面的模型以达到对制造系统进行目标状态控制的目的。但是,基于人工智能的智能制造系统研究存在以下问题:

- 由于目前对人类思维机理探索尚有很大局限性,故模拟人的思维的人工智能技术也存在局限性。

- 应用建立世界模型库的思路解决制造系统的决策问题,存在现代计算机信息处理技术难以解决的信息组合爆炸问题。

- 在制造系统中存在大量非结构化、动态的决策问题,对此应用“世界模型库”难以解决。

- 完全的无人化制造自动化并不适合中国的国情。

通过对无人制造自动化的反思,学者们认为在现代制造系统中,人的作用不但依然是重

要的，而且在信息与知识的处理与生产方面变得更加关键，人的作用是计算机难以代替的。

目前，学术界对于人在制造自动化系统中有着机器不可替代的重要作用已成为共识。鉴于此，国内外学者对于如何将人与现代制造系统有机结合，在理论与技术上展开了积极的探索，具有代表性的是“人机一体化制造系统”的新思想。所谓人机一体化制造系统，就是发挥人的核心作用，采用人一机一体的技术路线，将人作为系统结构中的有机组成部分，使人与机器处于优化合作的地位，实现制造系统中人与机器一体化的人机集成的决策机制，从而使人与机器协同工作，以取得制造系统的最佳效益。

人机一体化制造系统理论与建模技术的研究，将开辟一条智能制造系统研究的新途径，形成制造系统理论与建模技术的学科前沿之一。

5. 制造系统的集成决策观 制造系统是一个复杂的大系统。制造过程中时刻面临着各种复杂的决策问题，为此需要将制造企业的经营、管理、计划、产品设计、加工制造、销售及服务等全部生产活动集成起来，将各种局部自动化系统集成起来，将各种资源集成起来，将人、机系统集成起来，实现整个企业的信息集成和功能集成，以形成最优决策并加以实施，达到制造全过程的整体优化和提高制造企业的综合效益的目的。

1.1.2 计算机集成制造系统概述

计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing Systems, 简称 CIMS) 是一种高层次的制造系统。

鉴于本书是 CIMS 系列培训教材的组成部分，并考虑到本书单独使用的需要，以及便于了解本书内容与 CIMS 其他内容的关系，因此，下面简要介绍一下 CIMS 的基本概念及构成。

1.1.2.1 CIM 和 CIMS 的基本概念

CIM (Computer Integrated Manufacturing, 计算机集成制造或计算机综合制造) 是美国约瑟夫·哈林顿 (Joseph Harrington) 博士于 1973 年在其《Computer Integrated Manufacturing》一书中首先提出的。哈林顿提出的 CIM 概念中有两个基本观点：

(1) 企业生产的各个环节，即从市场分析、产品设计、加工制造、经营管理到售后服务的全部生产活动是一个不可分割的整体，要紧密连接，统一考虑。

(2) 整个制造过程实质上是一个数据的采集、传递和加工处理的过程，最终形成的产品可看作是数据的物质表现。

这两个观点至今仍是 CIM 的核心部分，其实质内容是信息（数据）的集成。

虽然，哈林顿是根据计算机技术在工业生产中的应用，预见其必然的发展趋势而提出 CIM 概念的，但当时并未引起人们广泛的注意。直到 80 年代，这一概念才被广泛接受。以后，CIM 概念不断得以丰富和发展。尽管如此，至今还没有一个公认的 CIM 定义。

综合国内外有关的理解和定义，可将 CIM 理解如下：

CIM 是组织管理和运行企业生产的一种新概念和新哲理，它借助于计算机软硬件，综合运用现代制造技术、管理技术、信息技术、自动化技术和系统工程技术，将企业从市场分析、经营决策、产品设计、工程设计、制造过程各环节直到销售和售后服务整个制造生产中的信息进行统一控制和管理，以优化企业生产经营活动。

CIMS (Computer Integrated Manufacturing Systems, 计算机集成制造系统) 是基于 CIM 哲理而组成的现代制造系统。

CIMS 至今也没有统一公认的定义，其中一个重要原因就是 CIMS 本身总是处在不断发

展之中。

综合已提出的各种有关的定义和理解,本书将 CIMS 理解为“CIMS,即计算机集成制造系统,是现代制造企业的一种生产、经营和管理模式”。它以计算机网络和数据库为基础,利用计算机软硬件将制造企业的经营、管理、计划、产品设计、加工制造、销售及服务等全部生产活动集成起来,将各种局部自动化系统集成起来,将各种资源集成起来,将人、机系统集成起来,实现整个企业的信息集成和功能集成,达到企业全局优化和提高企业综合效益的目的。

对上述理解可进一步阐述如下:

(1) CIMS 是一种组织、管理与运行企业生产的现代制造系统,其宗旨是使企业的产品质量好,成本低、上市快,从而使企业赢得竞争。

(2) CIMS 强调企业生产的各个环节,即市场分析、经营决策、管理、产品设计、工艺规划、加工制造、销售、售后服务等全部活动过程是一个不可分割的有机整体,要从系统的观点进行协调,进而实现全局优化。

(3) 企业生产的要素包括人、技术及经营管理。实施 CIMS 要更加重视发挥人在现代化企业生产中的主导作用。

(4) 企业生产活动中包括信息流(采集、传递和加工处理)及物质流两大部分。现代企业中尤其要重视信息的管理运行及信息流与物质流间的集成。

(5) CIMS 是基于现代管理技术、制造技术、信息技术、自动化技术、系统工程技术的—门综合性技术。具体地讲,它综合并发展了企业生产各环节有关的计算机辅助技术,即计算机辅助经营管理与决策技术(MIS、MRP、MRP II、MRP III、DDS、EI 等)、计算机辅助设计与工程分析技术(CAD、CAE、CAPP 等)、计算机辅助制造与控制技术(CAM、CNC、DNC、FMC、FMS 等)、自动化物流储运技术(工业机器人、自动导向小车、立体仓库等)、信息集成技术(网络、数据库、标准化等)、计算机仿真和实验技术、计算机辅助质量管理与控制等。

1.1.2.2 CIMS 的构成

一个制造企业从功能看,可以简单地分为设计、制造和经营管理三个主要方面。由于产品质量对一个制造企业的竞争和生存愈来愈重要,因此,常常也把质量保证系统作为企业功能主要方面之一。为了实现上述企业功能的集成,还需要有一个支撑环境,包括网络、数据库和集成方法——系统技术。CIMS 的功能构成如图 1-3 所示。

根据 CIMS 的功能组成,CIMS 通常应由管理信息系统、产品设计与工程设计自动化系统、制造自动化(柔性自动化)系统、质量保证系统以及计算机网络和数据库系统等 6 个部分有机地集成起来的。所以一般说 CIMS 是由 4 个功能分系统和两个支撑分系统组成。图 1-4 表示了 6 个分系统的框图及其与外部信息的联系。但这并不意味着实践中任何一个企业实施 CIMS 都必须实现这 6 个分系统,而应根据具体需求、条件,在 CIM 思想指导和总体规划下局部实施或分步实施。

1.1.2.3 CIMS 的递阶控制结构

鉴于 CIMS 的控制与制造自动化技术的关系非常密切,所以此处专门介绍一下其控制结构。

由于 CIMS 的功能和控制十分复杂,采用常规控制系统很难实现。为此,CIMS 的控制系