

《机电集成技术》丛书

7

机械控制计算机

杨天怡 方卫宁 梁锡昌 编著



重庆出版社

《机电集成技术》丛书

7

TP273
Y26-2

机械控制计算机

杨天怡 方卫宁 梁锡昌 编著

重庆出版社

责任编辑 王 灿

封面设计 吴庆渝

技术设计 刘黎东

JIXIE KONGZHI JISUANJI

机 械 控 制 计 算 机

机电集成技术丛书

杨天怡 方卫宁 梁锡昌 编著

重庆出版社出版、发行 (重庆长江二路 205 号)

新 华 书 店 经 销 安 康 印 刷 厂 印 刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 13.5 插页 4 字数 334 千

1997 年 12 月第一版 1997 年 12 月第一版第一次印刷

印数: 1—3 000

*

ISBN 7—5366—3582—6/TH·4

科技新书目 425—333

定价: 19.00 元

丛 书 序

早在 18 世纪,以纺织机和蒸汽机为代表的机械的出现,推动了人类社会发展的第二次产业革命。作为工业革命先锋的机械,曾经对人类经济和社会发展作出过巨大的贡献。但是,世间一切事物的发展规律,总是从产生、发展、壮大,到达鼎盛时代,然后逐渐衰亡。机械工业的历史也是如此,机械工业产生后,逐渐发展,直至 20 世纪三四十年代以汽车广泛进入家庭为顶峰,之后,机械本身的许多零部件,如传动、控制、计算机等,逐渐被其他技术代替,机械产业在国民生产总值中的比重逐渐下降,发展到 90 年代,国内外许多机械工厂的经济效益低下,相当多的工厂,其百元利税已低于银行贷款利率,而无利可图,机械工业被某些经济学家视为夕阳工业。

我国是一个社会主义的大国,必须从经济及社会的协调发展的角度,来确定机械产业的地位。机械产业的任务是向国民经济各个部门提供现代化装备(即硬件),如冶金需要冶金设备,发电需要发电设备,交通需要火车、汽车、飞机,建筑需要工程机械,造纸需要造纸机械,电视机厂需要各种装配机械,农业需要拖拉机,国防需要飞机、大炮等。概括起来看,可以说现代文明社会的任何工业生产、农业生产、第三产业、国防建设都是由现代化的机械设备所支撑的。另外,作为国家财富,如工厂、矿山等,都是由厂房和设备组成的,其中设备投资占一半以上,也就是说,机

2115010-1
械设备占国家财富的比重在一半以上。由此看出，机械设
备产业又是国家基础产业，必须与社会协调发展，制造出更好的机械
设备满足国民经济各个部门的需要。以我国目前的外贸为例，机电
产业是我国出口的第二大产业，这说明它给我国创造了大量外汇；
但另一方面，它又是我国进口的第一大产业，消耗了我国大量的
外汇，表明我国的机电产业远不能满足我国社会经济发展的需要，
急需加快发展，尤其是发展更高精尖、智能的现代产品。

前面谈了机械产业的发展历史，它的基础地位。现在来讨论
一下机械的定义和内涵。我们翻阅了各种辞典，却没有找到一个
对机械的满意的定义。这里，我们试着归纳机械专家们的意见，将
机械定义为：机械是由动力模块、传动变换模块、执行模块、电
脑模块、控制模块组成的，能完成一定工作的装备。首先，任何
机械都应该能作某种工作，如提升物体、收割、代步、包装、制
造零件等，目前机械完成的工作，主要指运动、操作类的工作。而
要完成一定的工作，就得有执行部件，如抓具、收割刀、车轮、包
装手、刀具等，从模块化的思想出发，统称为执行模块；机械要
动作，就得有动力源，即能量变换模块；要将标准动力传递并变
换到适合执行部件的需要，都得有传动变换模块；机械要具有自
行工作的智能，就得有运算、存储、学习等功能的电脑模块；要
完成电脑与机械各模块的信息通讯控制，就得有控制模块。这就
是多数现代机械的基本组成，也可以说，现代机械是由机类模块
(原动力模块、传动变换模块及执行模块的总称)，电脑类模块和
电子控制类模块组成的，能完成一定工作的系统。机械是一个 me-
chanical cell, electron cell and computer cell integrated system, 即
机械是一个机电集成系统 (MECIS)。例如，一台国产三坐标数控
铣床，它的机械部分，包括电动机、变速箱、伺服电机、机座等，
统属机类的模块，值 10 多万元；它的计算机值 10 多万元；数控
箱值 20 多万元，总售价约 50 万元。一架国产的战斗机，它的发

动机、机翼、机身等机类模块，值约 2000 万元；它有 300 多个计算机，值 3000 万元；它的电子控制模块值 4000 万元，总售价 1 亿元。从成本分析可以大致看出，现代机械类产品的成本构成中，机类模块、电脑模块、电子控制模块已达到三分天下的局面。其他两类模块和机类模块比较起来，其技术难度和复杂性上，也毫不逊于机类模块，也就是说，从机电集成机械的技术构成上讲，也是三分天下的局面了。好在这些集成设备的总体设计、评价，非原机类专家莫属，总工程师仍须由机械专家担任。上面讲到一台现代机械是一个机电集成系统，因此，机械也可以定义为由电脑模块、控制模块、各种机构模块组成的，能完成某种任务的机电集成系统。推广来看，一条生产线是一个机电集成系统，一个生产厂也是一个机电集成系统。

近 20 年的发展表明，纯粹由机构组成的机械正在消亡，代之以机电集成系统构成的新型机械正在兴起。作为反映生产的机械科学必须更新，并采用新的机电集成理论代替。这就是机械科学面临的挑战，传统的纯机械专家和工程师面临的挑战。以机床厂为例，如果生产老式车床，每台售价只有几万元，工厂必然垮台，而生产数控车床，每台售价猛增为几十万元，如能转产，将推动工厂向高科技产业转移。

撰写本丛书的构思之一是，工程类学科的理论是产业或一大类产品（如汽车）的反映，既然生产实践已由纯机械发展到机电集成装备，则像现在这样的纯机械理论就理应予以更新，及时地发展为机电集成学科理论。在机电集成装备已差不多三分天下的局面下，在机电集成理论的内容比例上，对三者也差不多应是三分天下，给予同等重视。采用机电集成理论培养出来的专家，是三者皆懂行的专家，才能担任整个机电设备的总工程师，否则只能是只懂某一行的部件工程师。

撰写本丛书的构思之二是，由于机械产业起源很早，当时的

文明程度、基础研究和一般工程方法均不发达，因此，各种机械的著述多是产品的直接反映，如汽车、机床、飞机等。随着产品种类的增多，机械著述门类跟着增多。其研究方法，仍多沿用经验总结，实验找规律的方法，内容多而庞杂，很难掌握。总之，缺乏科学性和系统性，至今尚没有提出反映各种机械共同规律的，只要掌握了它，就能对各类机械一通百通的理论体系。现代工程的共同基础是系统论、信息论、控制论和智能论。我们用系统论的观点来分析机械，将不难发现，不论是哪种机械，如汽车、轧钢生产线、纺织机……，不论它们的用途或外观有多大的不同，它们内在的共同性，都是由整机、部件和元件几个层次构成；都是由运动传递、能量传递、信息传递，以及润滑、控温等系统构成的。采用现代系统论来分析机械，很容易讲清楚机械的内部规律，共同规律。采用信息论的方法，我们更容易认清机械信息的产生、变换、传递、处理、控制、显示的共同性，将可统一目前分布于测试、诊断、监控等各种专著中的零星、局部的叙述。采用现代控制论来研究机械的共同控制原则、方法、系统，亦有统一和提高各种控制著述的作用。现代机械的发展，正在走向智能化，机器人的迅猛发展充分证明了这一点，今后的车床自带车工、汽车自带司机的时代正在到来。理论总是要先导于实践的，因此，必须用智能论的基础来牵引机械产业向智能机械、生产流程向智能制造迈进。为此，我们采用了新的系统，即用机械系统学、机械信息学、机械控制学、机械智能学来分析、认识机械，试图找到机械的共性理论。

撰写本丛书的构思之三是模块化。我们的目标是希望找到机电集成的共性理论，掌握这套理论就能成为掌握宏观机电集成技术的人才。这要涉及计算机、自动化、机械三个大学科的浩瀚知识，涉及到知识量过多的处理问题。现在国内外从事机电一体化专家均为此不得其解。我们记得在 60 年代时，学习工业电子学

得从设计放大器的元件讲起，后来集成电路的出现，把自动化专家们从元件设计中解放出来，发展到功能模块的选用，因此，我们这些外行也能拼凑控制电路了。借鉴这种思想，我们认为机械也应当可以由零件设计发展成为部件的选用、模块化选用。用模块来构成机电装备。于是，任何机械都是由机械类模块、控制类模块、电脑模块所组成，将模块的功能和选用讲清楚了，组成机械的单元就掌握了。从而将机械专家从模块中的元件设计中解放出来，只要懂得选用各种机、电、计算机模块就行了。因此本丛中《机械模块学》、《机械控制模块学》、《机械控制计算机》三个分册专门讲述模块化、标准化、系列化和选用原则等问题。

由以上四大理论认识机械的共性，由三种模块认识机械的单元，由此便构成了机械工程新理论体系。我们希望，通过此新体系来造就一代掌握现代机电集成机械的宏观人才。

本丛书的理论意义在于，使机械理论及时地反映生产现实，因而能指导生产发展，解决当前机械工业面临的经济效益低下问题。从长远看，它将引导机械工业向机电集成的高新产业发展。

本丛书的实际意义在于，它解决了当前机械工厂总工程师无法掌握机电集成产品所需具备的机械、电子、计算机三个学科知识的问题，它还解决了大学本科机械工程师一个人在四年学习期间无法全面掌握机械、自动化、计算机三个方面的知识问题。

《机电集成技术丛书》编委会

1994年4月

序 言

随着计算机技术以及自动控制技术的发展,计算机在机械中的应用越来越广泛,采用计算机控制的机械系统越来越多,如计算机控制的数控机床、加工中心、自动化仓库、无人搬运小车、工业机器人等等;以计算机为核心的柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)发展也很快。计算机控制系统已成为现代机械的一个重要组成部分,在机械设备智能化方面发挥着举足轻重的作用。机械系统的计算机控制问题变得十分重要。

本书主要讨论机械控制所需的微型计算机、工业控制计算机的基础知识,各种工业控制计算机的结构原理以及它们在机械控制中的应用问题。全书分八章。第一章概述机械系统的计算机控制以及计算机控制技术的相关技术。第二章介绍微型计算机的基本知识,典型微处理器和典型微型计算机,讨论的具体对象是目前最为流行的16位、32位微处理器和微型计算机。第三章介绍工业控制计算机的基本知识,讨论工业控制计算机及分类、工业控制计算机的过程I/O技术和数据通信技术。第四、五、六、七章分别讨论单片微型计算机、总线式工控机、可编程控制器(PC)、分散控制系统(DCS)的结构原理及与应用有关的问题。第八章概述计算机集成制造系统(CIMS)的有关知识,内容包含FMS、CAD/CAM、MIS以及CIMS。

本书取材广泛,力求先进、系统、实用。但篇幅所限,所述

内容不可能十分详尽，对某一部分感兴趣的读者，可参阅有关论著。本书可作为机械各专业本、专科教材和有关技术人员的参考书。

由于时间仓促，加之水平有限，书中难免有许多不妥与错误之处，诚请读者批评指正。

编 者

1996 年 10 月

丛书编委会成员

主编：梁锡昌（机械制造教授，重庆大学机械传动国家重点实验室主任）

编委：黄天铭（机械工程博士、教授）；尹佑盛（自动控制学士，机械工程博士、博士后，副教授）；游理华（机械工程博士、博士后，教授）；杨天怡（计算机硕士，机械工程博士，副教授）；刘冲（机械工程博士、博士后，副教授）；孙跃（自动控制硕士，机械工程博士、副教授）；詹捷（机械工程硕士、副教授）。

1994 年 4 月

目 录

丛书序	1
序言	6
第一章 机械控制计算机概论	1
1.1 计算机控制与机械工业技术革命	1
1.2 机械系统的计算机控制	3
第二章 微型计算机基础	9
2.1 微处理器、微型计算机和微型计算机系统	9
2.2 Intel 8086/8088微处理器	15
2.3 Intel 80386微处理器	67
2.4 Intel 80486及 Pentium 微处理器	97
2.5 微型计算机中的输入输出接口	103
2.6 典型微型计算机系统和微机工作站	143
第三章 工业控制计算机基础	158
3.1 工业控制计算机概论	158
3.2 工控机的过程 I/O 通道	175
3.3 工控机的数据通信技术	195
第四章 单片微型计算机及应用	229
4.1 8051派系单片机	229
4.2 MK68200单片机	250
4.3 单片机的应用	259

4.4	单片机的多机与网络系统	267
第五章	STD 总线工控机及应用	277
5.1	STD 总线及其规范	277
5.2	STD 总线工控机控制系统设计	291
5.3	STD 总线工控机的应用	295
第六章	可编程控制器及应用	304
6.1	可编程控制器的工作原理	304
6.2	常用可编程控制器	308
6.3	可编程控制器的选择	325
6.4	可编程控制器的应用	334
第七章	分散型控制系统 (DCS)	339
7.1	分散型控制系统的发展	339
7.2	分散型控制系统的结构及特点	343
7.3	基本控制器	349
7.4	NETWORK—90及应用	353
第八章	计算机集成制造系统 (CIMS)	381
8.1	CIMS 概述	381
8.2	柔性制造系统 (FMS)	386
8.3	管理信息系统 (MIS)	397
8.4	计算机辅助设计 (CAD) / 计算机辅助制造 (CAM)	406

第一章 机械控制计算机概论

1.1 计算机控制与机械工业技术革命

现代机械工业向着高层次发展的重要特征之一，就是：在生产技术准备、工艺制造过程和生产管理等各方面，愈来愈多地采用计算机控制。融计算机技术和自动控制技术为一体的计算机控制技术在机械工业中的广泛应用，使机械工业的产品结构和生产系统结构发生了质的跃变。计算机控制技术使信息和智能与机械装置及动力设备有机结合，一方面极大地提高了机电产品的性能和产品的竞争性，另一方面又极大地提高了产品生产系统的生产效率和企业的经济竞争能力，引起了机械工业的巨大变革。

计算机控制技术的引入极大地改变了机械工业产品的面貌和性能。加工中心可以将多台普通机床上的多道工序在一次装夹中完成，并且还具有工件和刀具自动检测、刀具动态轨迹自动显示、自动保护和自动故障诊断等极强的应用功能。配有机器人的大型激光加工中心，能完成包括自动焊接、划线、切割、钻孔、热处理等各种操作在内的加工过程，能加工金属、塑料、木材、陶瓷、橡胶等各种材料。这种极强的复合功能，离开计算机控制是难以实现的。汽车发动机微机控制系统能根据曲轴位置、气缸负压、冷却水温度和发动机转速、吸入空气量、排气中的氧浓度及基准时

间设定值等运行状态信息,计算最佳点火时间,控制点火动作,减少汽车耗油量,提高汽车的性能。计算机控制的精密插齿机能节省 30% 的机械传动部件,使机械产品体积减小,重量减轻,结构简化。总之,采用计算机控制可使机械产品在功能、精度、水平、性能/价格比、质量等方面都得到提高,实现产品的升级换代。

采用计算机控制使机械工业生产过程向着高度自动化、柔性化、智能化的方向发展,可有效地提高生产过程对市场需求的适应能力,提高企业的市场应变和市场竞争能力。过去几年,柔性制造系统(FMS)发展很快。FMS是由多级计算机控制的,由若干独立的加工工作站和一个物料输送系统组成的,能够高效地制造多品种中小批量零件的生产系统。根据大量资料综合表明,FMS与单机流水线生产相比,在减少机床数量和工人数量、缩短生产周期、降低成本、提高机床利用率和生产效率等方面都有显著效益。这些显著效益有力地促进了FMS的发展与应用。计算机控制在机械工业中的进一步发展则是将柔性制造设备和计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)以及管理信息系统(MIS)有机地结合起来,构成计算机集成制造系统(CIMS)。CIMS将工厂生产的全部活动,包括产品开发、产品销售、生产准备与组织管理、产品制造装配及检验,都交由计算机控制完成,这是计算机控制在机械工业应用中的高级形式。日本山崎株式会在美浓加茂工厂建成一个 CIM—FMS—21 系统,该系统含 5 条 FMS、38 台机床,能加工 543 种机床零件,月产 200 种机床的 11 120 个零件。

总而言之,计算机控制技术在现代机械工业中应用极广,在机械工业产品和机械工业生产过程的控制中,占有极其重要的位置。

1.2 机械系统的计算机控制

1.2.1 机械系统采用计算机控制的目的

机械系统是多种多样的，采用计算机控制谋求达到的目的也是多种多样的。计算机控制在系统中的作用有小有大，可以是一个简单机械手的控制，也可以是一个车间、一个工厂的控制与管理；实现的控制规律可以是简单的顺序控制，也可以是复杂的最优控制、自适应控制乃至具有人类智慧功能的智能控制；控制方式上可以是开环，也可以是闭环。机械系统采用计算机控制的目的，可大致归纳如下：

1. 对机械系统的直接控制

(1) 顺序控制

使生产机械或生产过程按规定的时序或事序而顺序动作的自动控制称为顺序控制。在机械工业生产过程中，运输、加工、检验、装配等许多工序都要求顺序控制。

(2) 数字程序控制

根据输入的指令和数据，使生产机械按规定的工作顺序、运动轨迹、运动距离和运动速度而动作的自动控制称为数字程序控制。数字程序控制主要用于铣床、车床、加工中心、线切割机以及焊接机、气割机等自动控制。采用数字程序控制的机床称为数控机床。

(3) 直接数字控制

根据被控量的设定值和测量值，按某种控制规律决定控制量的大小，并直接控制执行机构执行这个决定，使被控量达到设定要求的自动控制，称为直接数字控制。机床主轴的转速控制、热处理炉的温度控制等常采用直接数字控制。直接数字控制实现的

控制规律可以是简单的 PID 控制，也可以是较复杂的非线性控制、自适应控制、最优控制等。

2. 对机械工业生产过程的监督控制

根据生产过程的状态、原料和环境因素，按生产过程的数学模型，计算出最优参数，作为设定值传送给下一级计算机进行直接数字控制，使生产过程始终处于最优工况的自动控制称为监督控制。

3. 实现机械工业生产过程自动化

在车间或全厂形成自动化生产方式，构成 FMS 或 CAD/CAM 系统或 CIMS。

4. 对影响生产过程的各种参数进行巡回检测、处理、分析，且将其显示和打印出来供操作人员观测，构成过程参数的巡检与处理系统

这种系统不产生控制，其目的在于通过大量参数的积累和分析处理，了解系统运行状态，建立系统数学模型，对生产过程进行趋势分析，寻找最佳运行参数等。

5. 内装在产品中，形成高性能的智能化产品

如机器人、智能仪器、智能汽车等。

1.2.2 机械系统中的计算机控制模块

从自动控制的角度出发，我们称以计算机为核心构成的自动控制系统为计算机控制系统。但从系统的角度而言，它只是现代机械系统的一个组成部分（模块）——计算机控制模块。在一个现代机械系统中，除了计算机控制模块外，还包含动力模块、传动模块和执行模块。这些模块可进一步分解，产生二级模块、三级模块、……，直至基本要素（集成电路芯片、标准部件等）。

系统的控制目的不同，相应配置的计算机模块在结构上，规模上也有所不同。监督控制是一种两级计算机结构；FMS、CIMS