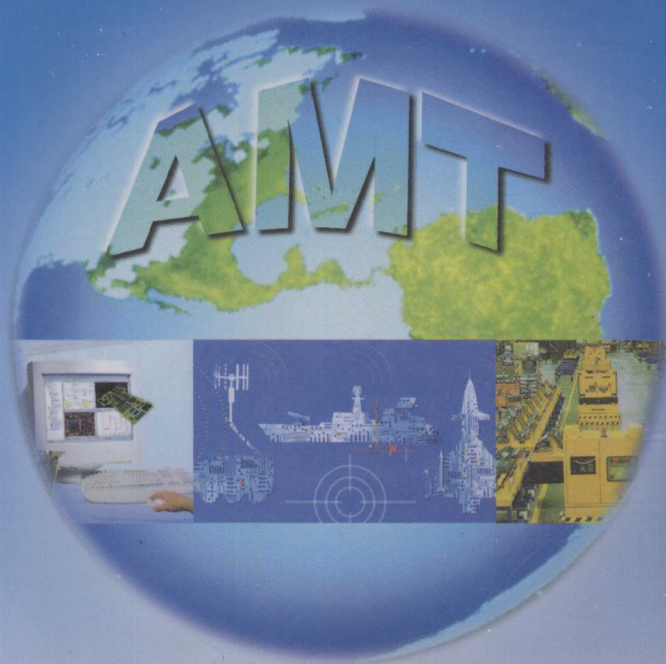


先进制造技术丛书

柔性制造系统 运行控制理论与技术

张友良 徐骏善 吴琼雷 编著



兵器工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

柔性制造系统运行控制理论与技术/张友良等编著.
-北京:兵器工业出版社,2000.6
(先进制造技术丛书/冯诚主编)
ISBN 7-80132-763-2

I. 柔… II. 张… III. 柔性制造系统:适应性控制
制系统 IV. TH165

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 62139 号

出版发行:兵器工业出版社

责任编辑:周宜今 尤兰琴

责任技编:魏丽华

社址:100089 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销:各地新华书店

印 刷:北京黄坎印刷厂印装

版 次:2000 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

印 数:1—1050

封面设计:底晓娟

责任校对:莫丽珠

责任印制:王京华

开 本:850×1168 1/32

印 张:5.75

字 数:137 千字

定 价:25.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

内 容 简 介

本书全面深入地介绍了柔性制造系统在运行控制中所涉及的理论与技术,主要包括柔性制造系统控制系统的概念和理论、计划与调度、运行控制的仿真、刀具管理,以及通用单元控制器的设计方法,此外还介绍了连续柔性生产线的仿真等内容。

本书可以作为先进制造技术领域专业技术人员的参考书,也可以作为本科生、研究生相关课程的教材。

《先进制造技术丛书》编委会

主 编 冯 诚

副主编 田雨华

编 委	于安成	陈 岩	游洛延	王偌鹏
	吴复兴	赵连城	宁汝新	戴树智
	张世琪	许怡如	吴盛济	康磊晶

《柔性制造系统运行控制理论与技术》编写人员

(按姓氏笔画排序)

张友良 吴琼雷 徐骏善

开展先进制造技术研究
迎接二十一世纪新挑战
贺先进制造技术丛书出版

朱光亚



一九九九年
四月十七日

發展先進製造技術
提高我國綜合實力

李繼耐

一九九九年
五月

序

当今世界,科学技术的迅猛发展,正在促进人类社会发生巨大而深刻的变化。世界经济以前所未有的速度快速增长,三年来全球经济增长率几乎是前 20 年的两倍;全球经济一体化格局日渐形成,一个既有竞争对抗、又有开放合作的时代已经到来。人类社会正以崭新的面貌迎来 21 世纪。

为迎接新世纪的挑战,无论是工业发达国家还是发展中国家,都在积极制订科学技术发展战略和规划,加强对科学技术研究、开发与推广应用的投入力度。而在所有科学技术领域中,先进制造技术倍受各国政府的重视。这是因为,先进制造技术是发展经济、增强综合国力、保障国家安全的有力支柱,是企业提高竞争能力和技术创新能力的重要手段。60 年代,美国制造业曾一度衰退,有些方面已落后于日本。为此美国政府不得不采取一系列措施,大力发展先进制造技术,复兴制造业,不久便“夺回生产优势”,并带动了美国经济的显著回升,提高了国际竞争能力。

美国经济振兴的做法给了我们重要的启示:只有大力发展先进制造技术,经济才能发展,竞争能力才能增强,国家才能兴旺发达。曾担任几届美国总统防务和科学顾问的西蒙·拉莫先生在他所著的《科学事业高技术时代的得与失》一书中明确写到:“提高制造技术水平是各国在世界科技竞争中取胜的关键。”这就是说,一个国家只有把制造技术搞上去,才能促进科学技术的发展,进而才能在国际科技竞争中取得主动地位。

改革开放给我国带来了新生与发展。随着社会主义市场经济的建立,我国企业已实实在在地感受到竞争的压力,并被卷入激烈的市场竞争中。这种竞争,归根结底乃是科技实力的竞争。如何有效地利用先进制造技术改造企业,提高企业的竞争能力,已是当务之急。目前从总体上讲,我国企业在生产经营管理、工程设计、生产制造、检测监控以及系统技术等方面都不能满足市场竞争需要。先进制造技术可为企业实现信息集成、功能集成、过程集成,乃至集团集成,以实现从局部优化运行到全局优化运行,使企业能够以最短的交货期、最经济的方式生产出用户满意的优质产品,并能为用户提供满意的服务。

为了促进我国先进制造技术的发展,原国防科工委作为国务院的一个部委,早在 1984 年就提出柔性制造技术的发展战略,并组成专家组开展预先研究,经过“七五”、“八五”的探索与实践,基本掌握了柔性制造系统的规划设计、关键设备研制、调试以及系统集成技术,为国防工业企业技术改造提供了可行的技术基础。“九五”期间在原有研究工作基础上,拓宽了研究范围,不仅涵盖广义的柔性集成技术,而且还增加了超精加工技术、特种加工技术、热加工及精密成形技术和表面工程技术等五大技术领域,同时注意进行推广应用试点,现已初见成效。

专家组经过十多年来的辛勤耕耘,已取得一定的收获。为进一步推广应用先进制造技术,部分知名专家对“七五”、“八五”和部分“九五”的科研成果进行整理、综合,并在此基础上编写、出版一套《先进制造技术丛书》,即《21 世纪的先进制造技术》、《先进生产模式理论与实践》、《先进制造系统规划设计》、《产品开发集成技术》、《柔性制造系统运行控制理论与技术》、《柔性制造系统物料运储技术》、《柔性制造检测监控技术》、《柔性制造系统的可靠性技术》共 8 册。这套丛书系统地阐述了近年来先进制造技术的最新研究成果和实践。正当我国工业企业处于改革、重组之际,这套丛书对我国从事制造领域研究、开发及应用的广大科技工作者、企业

家和各级领导具有重要的参考价值,并为他们提供相关的技术支持和必要的借鉴。

在工业时代,制造技术为人类创造了大量物质财富;随着从工业时代向信息时代过渡,先进制造技术必将放射出更加夺目的光彩。无疑,这套丛书对读者是十分有益的。

马叙荣

1999.8.16

出版说明

《先进制造技术丛书》是我社承担的“九五”国家重点图书,由原国防科工委柔性制造系统技术专业组的部分知名专家教授,在整理、综合“七五”、“八五”和部分“九五”科研成果的基础上编写而成的。该丛书的出版,为我国国防工业企业,乃至全国大中型企业的技术改造提供了最新研究成果和实践经验,从而提供了可行的技术支持和必要的借鉴。

为使该丛书真正成为双效益精品图书,编著者和出版者以“十年磨一剑”的精神,在策划、撰写、编辑、印刷等各个环节进行了密切配合,经过 5 年的共同努力,该丛书即将与读者见面。

为确保该丛书技术上的先进性、实用性和系统性,内容上的高质量、高标准,原国防科工委柔性制造系统技术专业组成员、该丛书的主编冯诚和副主编田雨华,从编写大纲的多次反复论证,到书稿的审查修改,严把内容质量关,为保证该丛书的质量及顺利出版付出了艰辛的努力。

为确保该丛书的出版质量,我社采取了一系列有效措施,胡星光社长、王坚总编辑多次召开出版协调会,并指定总编辑助理杨建华负责编辑、印刷过程中的统一组织协调工作;王坚总编辑和孙永德副总编辑进行二次编辑加工;何保武副编审进行全套丛书的印前审读。

出版者
2000 年 6 月

前 言

原国防科工委柔性制造系统技术专业组,从“七五”开始就组织国内有关高等院校和研究院所的一批精干的研究人员,深入开展了以柔性制造系统(FMS)技术为主的研究。经过近10年的努力,取得了一批丰硕的成果:建立了我国第一套全部自行开发的长春FMS实验系统,此后又在北京建成了第二套准生产型FMS系统;在理论上提出了单元控制器的开放体系结构并研制了FMS通用单元控制器;建立了FMS的调试环境。

本书是在汇集了上述研究成果并参考了国内外相关领域中的有关文献的基础上编写而成的。本书全面深入地介绍了FMS运行控制中所涉及的理论与技术,主要包括FMS控制系统的概念和理论、FMS的计划与调度、FMS运行控制的仿真、FMS的刀具管理、FMS通用单元控制器的设计方法以及连续柔性生产线的仿真等。许多内容属于首次公开发表。

本书可以作为先进制造技术领域专业技术人员的参考书,也可以作为本科生、研究生相关课程的教材。

本书第1章、第2章、第3章由张友良编写,第5章由吴琼雷编写,第6章、第7章、第8章由徐骏善编写,第4章由徐骏善、吴琼雷共同编写。

全书由张友良统稿,南京航空航天大学的王宁生教授主审,并为本书提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,错误或不当之处敬请读者批评指正。

编著者

1999 年 12 月于南京

目 录

1 概述	(1)
1.1 制造业面临的激烈竞争以及新一代生产模式	(1)
1.2 FMS 及其控制技术的发展	(3)
1.3 FMS 的定义、组成和实施	(7)
1.4 FMS 在计算机集成制造系统中的地位	(10)
2 FMS 的控制系统	(17)
2.1 FMS 的生产运行过程	(17)
2.2 FMS 的递阶控制结构	(19)
2.3 具有开放性的单元控制器结构模型	(21)
2.4 动态重构单元控制器	(25)
2.4.1 单元的动态逻辑重构	(25)
2.4.2 动态逻辑单元重构的原则和方法	(27)
2.4.3 动态逻辑单元重构问题的数学模型	(29)
2.4.4 动态逻辑单元重构的实例	(32)
3 FMS 的计划与调度	(38)
3.1 FMS 的生产作业计划	(38)
3.2 FMS 的调度	(40)
3.3 FMS 的调度决策及规则	(41)
3.3.1 调度决策	(41)
3.3.2 调度规则	(43)
3.3.3 FMS 的故障调度	(47)
4 FMS 运行控制的仿真	(49)
4.1 系统仿真的一般概念	(50)
4.2 FMS 建模的基本理论与方法	(52)

4.2.1	排队论	(52)
4.2.2	活动循环图法	(56)
4.2.3	Petri 网	(60)
4.3	仿真策略和 Petri 网实例	(69)
4.3.1	仿真策略	(70)
4.3.2	利用 Petri 网对系统建模实例	(73)
5	连续柔性生产线的仿真	(77)
5.1	连续系统仿真建模的理论及方法	(77)
5.1.1	仿真模型	(77)
5.1.2	建模过程	(82)
5.1.3	多元线性回归模型的建模方法	(86)
5.1.4	多项式回归模型	(93)
5.1.5	回归正交组合试验的设计	(97)
5.1.6	仿真优化及评价	(108)
5.2	发射药柔性生产线仿真实例	(109)
6	FMS 的刀具管理	(115)
6.1	FMS 的刀具系统	(115)
6.2	FMS 的刀具管理	(116)
6.3	FMS 的刀具调度	(118)
6.3.1	FMS 的刀具分配策略	(118)
6.3.2	FMS 刀具的调度策略	(119)
6.4	FMS 刀具的一种优化控制算法	(121)
6.4.1	均值控制	(122)
6.4.2	刀具优化控制的评价函数	(122)
6.4.3	刀具优化控制的仿真结果	(124)
7	FMS 通用单元控制器	(127)
7.1	研究通用单元控制器的目的	(127)
7.2	通用单元控制器的需求分析	(129)
7.2.1	功能需求分析	(129)

7.2.2	信息需求分析	(130)
7.3	通用单元控制器的结构	(131)
7.3.1	单元控制器及其功能界定	(131)
7.3.2	单元控制器功能总体模型	(132)
7.3.3	功能模型的详细分析	(134)
7.3.4	单元控制器的可通用性	(135)
7.4	通用单元控制器的设计思想	(136)
7.4.1	通用单元控制器的设计约束	(136)
7.4.2	单元的抽象化及其参数表示	(137)
7.4.3	单元活动行为的规范化	(139)
7.5	通用单元控制器的软件设计	(146)
7.5.1	组件化程序设计方法	(146)
7.5.2	通用单元控制器的开放软件框架结构	(150)
7.5.3	软件开发环境	(153)
7.5.4	单元控制器的组件划分	(154)
7.5.5	单元控制器的组件设计	(157)
7.5.6	组件间的通信机制	(160)
8	通用单元控制器的应用实例	(162)
8.1	FFS 500—2 系统的构成及平面布局	(162)
8.2	FFS 500—2 系统的控制系统结构	(163)
8.3	通用单元控制器在 FFS 500—2 系统中的应用 ...	(164)
主要参考文献		(166)

1 概 述

1.1 制造业面临的激烈竞争 以及新一代生产模式

与 80 年代和 90 年代初期相比,制造业面临的全球市场竞争现在变得更加激烈。造成这一严峻形势的原因是因为制造业面临着主要来自四个方面的强大压力。首先是市场全球化的发展,新兴国家和地区由于经济的迅速发展而加入到竞争行列,使得原来的世界市场份额的分配格局不再维持而出现了重新分配国际市场份额的激烈竞争。其次是来自顾客方面的压力。随着社会的进步,顾客对产品的要求越来越高:多变的型号、低的价格、高的质量和良好的服务,而产品的批量越来越小。第三个压力是来自社会方面的压力。人类要求一个更加安全和舒适的生存环境,因此无污染和无公害的绿色产品和清洁制造的呼声日益高涨,成为制造业必须考虑的一个现实问题。第四个巨大的压力来自于技术的进步。由于新技术的迅速涌现,使得产品的技术愈来愈复杂,而产品的开发周期越来越短。在 20 世纪 70 年代以前,产品的技术相对比较简单,一个新产品上市,很快也就会有相同功能的产品跟着上市。为了满足顾客的基本需要,当时市场竞争的核心是如何提高劳动生产率,与此相适应的就是采用适合大批量生产的刚性生产线技术,并按照泰勒的管理思想,工人在固定节拍运行的生产线上从事简单而重复的操作,达到了很高的劳动生产率,并且降低了成本。然而到了 80 年代,由于制造业受到了前述四个方面的巨大压力,赢得市场竞争力的主要矛盾已经从单纯提高劳动生产率转变

为以加速新产品上市为核心的时间(T)、质量(Q)、成本(C)和服务(S)的诸要素的矛盾。

这里的时间是指新产品上市的时间(Time - to - Market)要快,新产品占领市场的时间(Time - in - Market)要长,在本质上就是新产品开发的周期要短。产品上市以后,要面向顾客对产品不断改进,以延长占领市场的时间,这实际上就是延长产品的生命周期。面向新世纪的具有竞争力的产品质量的概念是指“对顾客需求的满足程度”。企业不但要按规范生产出合格的产品,同时还要满足顾客的诸如交货期、价格、售后服务等方面的要求。因此,这里的质量指的是产品全生命周期的质量。质量控制的概念也与传统的概念不同。它不只是指在生产和制造时进行检验和控制质量,而且是覆盖了从产品设计、制造、上市和售后服务的整个生命周期的质量保证活动。降低成本是提高制造企业竞争能力的第三个重要因素。与传统的概念不同,在竞争时代是市场决定了产品价格,也就是说价格决定于顾客愿意付出多少。而顾客当然希望产品的质量越高越好,而付出越少越好。因此制造企业必须降低产品成本,而这种成本的降低并不是以牺牲质量为代价的,相反成本的降低是通过减少产品在生命周期的浪费和避免开发过程中的差错来获得的。面向新世纪的具有竞争力的产品成本不仅仅是指产品设计和制造的成本,而且还要有用户购买产品以后的运行成本、维护成本和报废以后的处理成本的全成本概念,即一切从用户的立场出发去考虑降低产品的成本问题。面向顾客做好服务是企业扩大产品市场份额的重要手段。这里的服务是指新产品开发前的用户需求调查分析、产品开发过程中的用户参与以及产品销售以后维护保养的终生服务,因此是产品全生命周期的服务。总结上面的分析,不难得出以下结论:面对新世纪的全球市场竞争,体现制造企业竞争能力的四个要素是具有全新概念的时间、质量、成本和服务。其核心是一切以满足顾客需求为出发点。21世纪企业面临的竞争环境不仅是一个持续多变的,而且是一个变化节奏