

柔性制造系统的控制技术

[德国] G.PRITSCHOW G.SPUR M.WECK

吴启迪 陈炳森 译 张曙 校



海科学技术文献出版社

711165-
P32

柔性制造系统的 控制技术

[德国]G. Pritschow

G. Spur

M. Weck

吴启迪 陈炳森 译

张曙 校

上海科学技术文献出版社

(沪)新登字301号

柔性制造系统的控制技术

[德国] G.Pritschow G.Spur M.Weck

吴启迪 陈炳森 译

张曙 校

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号 邮政编码 200031)

全国新华书店经销

上海科技文献出版社昆山联营厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 20 字数 139,000

1994年8月第1版 1994年8月第1次印刷

印数: 1—800

ISBN 7-5439-0373-3/T·301

定价: 9.60元

《科技新书目》309-280

译 序

本书系德国 HANSER 科学出版公司推出的“机械加工进展”(Fortschritte der Fertigung auf Werkzeugmaschinen)系列丛书之一。这是一本论文集,书中收集的文章集中地反映了德国柏林工业大学、斯图加特大学和亚琛理工大学三个重要工业院校,在柔性制造系统(FMS)控制技术领域内最新的研究水平及成果,它围绕 FMS 的计划协调、过程控制技术,特别是在 CIMS 的环境下, FMS 控制系统的开放体系及递阶结构设计,以及数据库、通信接口和人机界面等相关技术的研究,结合他们开发的系统原型设计,都有较为详尽的介绍。我们相信,本书的翻译,将对我国广大从事 FMS 和 CIMS 技术研究的科研和工程技术人员有一定的参考价值。

本书第一、三、五章由陈炳森译,第二、四、六章由吴启迪译,全书由陈炳森统稿,并由张曙总校。由于书中内容较多涉及到许多新的技术知识,又限于我们的业务和外语水平,故译文中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

译 者 1992. 11

前 言

国际市场的激烈竞争对企业的生产条件有着很大的影响。企业要参与竞争,必须加快技术革新步伐,扩大产品品种,缩短生产周期,并提高产品质量。上述这些要求都只有在经济地实现先进的生产模式的基础上才能做到。柔性制造系统(FMS)利用计算机辅助系统集成原理将显著地提高生产柔性,制造系统内各种设备之间的物流和信息技术的集成,对于提高 FMS 的生产效益有着决定的意义。

FMS 的计算机控制技术是集成生产系统的重要组成部分,因此它对提高企业的竞争能力有着举足轻重的影响。

本书收集的各篇论文取自 1990 年 1 月在德国亚琛市召开的 CIMS 国际学术会议论文集,它集中反映了德国柏林工业大学、斯图加特大学、亚琛理工大学三个重要工业院校,当前在 CIMS 领域内的实际研究水平。对于各位论文作者的辛勤劳动,在此表示衷心的感谢。与此同时,作者对 Carl Hanser 出版社的积极支持和精心编排、印刷表示深切的谢意。

斯图加特大学 G. Pritschow

柏林工业大学 G. Spur

亚琛理工大学 M. Weck

于 1990 年

目 录

译序

前言

第一章 绪言	1
第二章 柔性制造系统的控制结构	3
2.1 柔性制造系统的一种模块化、开放式的控制结构	
COSMOS 2000	3
2.1.1 引言	3
2.1.2 对一个新颖的控制结构的要求	4
2.1.3 COSMOS 2000 系统结构	7
2.1.4 功能区的信息集成技术	15
2.1.5 COSMOS 2000 系统结构内部的信息流	16
2.1.6 COSMOS 2000 系统中软件模块的组织	20
2.1.7 第一个试验应用实例的实现	22
2.1.8 评估	24
2.2 有适应性的计划控制系统 ALSYS	27
2.2.1 引言	27
2.2.2 计划控制系统功能	29
2.2.3 ALSYS 相对于设备的独立性	33
2.2.4 ALSYS 相对于计算机的独立性	36
2.2.5 相对于过程的独立性	39
2.2.6 实例	41
2.2.7 结论	43
第三章 生产控制软件	47

3.1	印制电路板自动化装备的控制系统	47
3.1.1	引言	47
3.1.2	印制电路板制作过程	47
3.1.3	生产过程分类模型	52
3.1.4	生产过程分类是控制层的一个组成部分	58
3.1.5	控制系统设计方案	61
3.1.6	评价分析	64
3.2	计算机辅助工艺装备准备	67
3.2.1	引言	67
3.2.2	车间辅助工艺装备的管理	68
3.2.3	计算机辅助工装准备的方案设计	70
3.2.4	实施	75
3.2.5	结论	75
第四章	Petri 网在计划控制技术中的应用	79
4.1.	引言	79
4.2.	对系统设计和组织管理辅助工具的要求	81
4.3.	Petri 网理论基础知识	84
4.4.	输入负荷过程	88
4.5.	结论	94
第五章	柔性制造系统的组成及其通讯结构	96
5.1	面向制造过程的用户操作界面的配置	96
5.1.1	引言	96
5.1.2	图形交互的对话方式	97
5.1.3	面向制造过程的用户操作界面的配置方案	100
5.1.4	物料流的图象设计	106
5.1.5	评价分析	110
5.2	柔性制造系统控制用的数据库	111

5.2.1	概述	111
5.2.2	用于制造系统控制的数据库	114
5.2.3	在技术系统中数据维护的要求	117
5.2.4	数据模型的比较	121
5.2.5	数据库设计过程	125
5.2.6	数据库在柔性制造系统控制技术中的应用实例	130
5.2.7	结论	135
5.3	分布式制造系统的开放式通讯	137
5.3.1	引言	137
5.3.2	开放式的制造系统	139
5.3.3	分布式计划控制级的设计方案	147
5.3.4	分布式机床控制装置的设计方案	150
5.3.5	结论	152
第六章	工业机器人集成在制造主控系统中的递阶控制	154
6.1	引言	154
6.2	递阶控制系统的基本原理	155
6.3	递阶系统中隐含的并行运行方式	158
6.4	控制结构分类	159
6.5	机器人控制的结构	160
6.6	异步控制结构	163
6.7	模型控制的系统集成	164
6.8	图形显示	167
6.9	结论	168

第一章 绪 言

当前,柔性制造系统(FMS)已成为制造领域内应付激烈的市场竞争最好的手段。它的应用将有利于缩短生产周期,实现多品种小批量的经济生产。

由于组成柔性制造系统的结构复杂,因此对整个系统的控制提出了很高的要求,上至生产计划控制,下至各个设备的控制装置都将纳入系统控制的任务范围。

为了从技术上实现多种不同机床的信息流与物料流的连接,并集成到整个控制系统中去,这往往需花费很高的开发费用,故而,迄今为止要建立一个典型的示范系统,其投资相当可观。因此,为了使柔性制造系统推广应用,有必要对整个系统及各部分的功能进行系统的研究。

FMS控制系统的研究重点,除了信息流、物料流控制的系统结构之外,还包括制造过程控制的规划方法,系统组成元件的通讯方式和接口,以及新的机床控制装置的设计开发,这些内容将在本书的各个章节中详细介绍。

本书第二、三章着重介绍FMS的计算机递阶控制结构。在第二章中阐明过程控制系统的通用模式,而第三章将针对印制电路板装配和刀具管理系统讨论具体的控制结构。

第四章重点放在FMS的计划协调控制层,并以作业计划与调度为例来说明系统设计的方法。

第五章主要介绍计算机控制系统的各个组成部分,并着重反映在用户操作界面、数据库应用及通讯接口等方面的实际研

究成果。

最后，在第六章讨论工业机器人的分层控制方式，及在计算机控制生产系统中对机器人的控制所提出的一些特殊要求。

第二章 柔性制造系统的控制结构

2.1 柔性制造系统的一种模块化、开放式的控制结构 COSMOS 2000

亚琛理工大学 M. Weck 教授

N. Lange 工学博士

2.1.1 引言

近年来,在生产技术中产生了越来越明显地要求增加产品品种、降低产品市场寿命、提高产品复杂程度,同时又要求缩短供货周期的趋势。这就促使生产设备必须适应这种小批量的生产方式,同时又能保证高效、高质量、经济地进行加工制造。因此柔性自动化生产系统在这里起着十分重要的作用。

一个柔性制造系统的控制与监测功能包括多方面不同形式的任务。图 2.1.1 给出了柔性制造系统要求的控制功能范围的概况。

考虑到柔性制造系统将来的发展,控制结构应当具有如下一些新颖的特征:

- 易于适应不同的系统类型;
- 最大限度地实行系统模块化;
- 尽可能地独立于硬件要求;
- 对于新的通信结构以及相应的局域网协议(V. 24, MAP, 现场总线)具有开放性;
- 可在高级数据库的基础上实现整体数据维护。

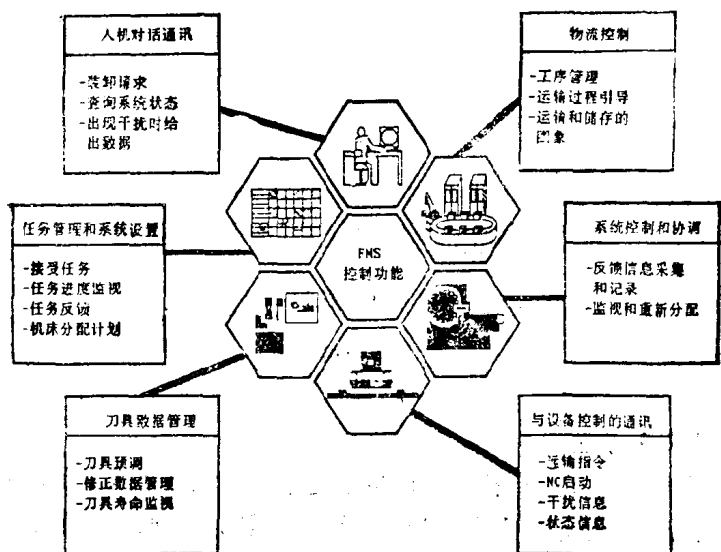


图 2.1.1 柔性制造系统所要求的控制功能范围

- 对其他要求集成的 OIM 部件备有最简单的接口；
- 采用统一标准；
- 具有友好的用户界面。

亚琛理工大学机床实验室早在 1984 年就结合各项研究工作开发成功了一套柔性制造系统的控制软件，并已在实际中应用。根据由此取得的经验，并考虑到技术的新发展和提出的更高要求，我们将开发一个新的、能满足上述各项评价指标的柔性制造系统结构。下面就详细地介绍这种新的系统结构。

2.1.2 对一个新颖的控制结构的要求

与图 2.1.1 所示的要求相比较，FMS 计划控制方面的现状则是大相径庭了。目前对于各种类型的生产任务存在大量相互之间差异很大的 FMS 控制软件。这些控制软件虽经过实际检

验可供使用,但是各种控制软件的安装对于每一种应用情况几乎都仅仅是一种特定的专用解决方式。因而对于制造系统的布局变化或很一般的生产过程变动就要求这些控制软件作相应的适配,而这首先就要求投入经费和时间。当然 FMS 计划控制软件要重新开发。对于不同的应用目标,软件往往必须全部重新加工,绝大部分必须重写。由此造成的大量资金投入,使人们对 FMS 的经济效益产生了疑问。从另一方面看,按照不同系统构成的控制软件往往具有复杂性限制,而且如果这种软件仅仅是为某种固定的机床型式或一种特定的生产过程开发的,则一般来说已由软件编程人员指定了可以联接的被控制机床的最大数量。

目前已有的计划控制软件还有一个缺点是,不能由其他软件使用者对控制软件所存储的数据进行存取,即使这些使用者都处于同一系统之中。

正由于当前所有控制软件的一系列不足之处,有必要探讨新型的 FMS 计划控制系统。

这里着重讨论这样一种可能性,即根据生产的不同需求,能否实现一种分散型的控制系统,而在该系统中不同部分之间的接口又是清楚透明的。这将为用户提供灵活使用 FMS 控制系统的可行性,他们可根据各自的边界条件任意进行组合,从而使控制软件与生产过程达到最佳的匹配。

此外,在开发软件时,还必须注意,软件及其所采用的数据结构应分成两个部分,一个是与用户无关的,而另一个是可由用户定义的。一般来说,软件并不能仅仅通过一个组合过程即可适应新的使用领域。通常要经过部分专门编写的程序才能扩展到特定的装置上。为了解决这类问题,在软件开发阶段即考虑到这种情况,构造一个可通用的部分,在该部分设置可扩展到特定

装置部件的一些清楚透明的接口。

另一个重要问题是数据库系统。现在采用的一般是一个关系型的，有时是分布式的数据库。有关数据库的详细情况将在 5.2 节中再讨论。通过这一数据库系统应当能够保证，其他的使用者可通过一个确定的标准化接口存取生产控制中出现的数据。最终选择的数据库应能保证用户具有一个可最佳满足使用要求的数据库系统。与此同时还应当有一个先进的通信系统。这一系统包含计算机之间的通信联系以及计算机与机床之间的通信联系。通过这一系列措施可以为用户创造实现他们所要求的最佳系统的条件。

还有一个重要方面是建立先进的用户操作界面。在复杂的系统运行过程中必须以合适的形式向操作者提供图形显示。通过这样一种图形操作界面，可使操作者方便地在 FMS 控制过程中处理大量的数据信息流。这一点对于一个可能出现故障和还未实现完全自动化的过程来说，尤其有其优点。同时，通过一个图形操作界面可以使用户更容易实现与制造过程的配合，这一操作界面应当可以根据不同的系统布局而重新组合，从而在系统发生变化时仅需作微小的变动。在第 5.1 节中将详细介绍这样的操作界面。

在软件开发中还有一个重要的原则，即应当尽可能地采用标准。如考虑到编程语言问题，就建议采用较标准的语言，比如 C 语言。这样，便可保证适应性，即相对于硬件和操作系统的独立性。如谈到数据库，则推荐具有标准 SQL 功能的数据库，这样，在必要的时候可实现数据库系统的数据交换，而不必大量改变软件本身。

在新的结构方案 DOSMOS 2000 方面已按照新设计 FMS 的要求作了大量的开发工作。除系统总体设计之外，已在下列

方面进行了原型开发:

——数据库与数据结构;

——操作界面;

——通信,DNC 连接和协议;

——传送控制, 刀具管理、装配控制、制造控制以及缓冲库控制和试运行控制。

整个控制系统的第一个原型, 目前已在机床实验室所装备的制造与装配系统中试用。目前 COSMOS 2000 控制结构在构思上还在进一步扩展, 开发工作也在继续, 下面还要详细叙述。这些工作是与工业界中许多著名的企业共同进行的。这一工作班子既包括了 FMS 的制造厂家和用户, 也包括了一些软件公司。

2.1.3 COSMOS 2000 系统结构

COSMOS 2000 系统结构的各个软件模块构成了一个可灵活组合的控制软件, 它亦可适应将来各种要求。这一点对于所包含的所有模块都是适用的, 不管它们分别应当起何种作用。

整个控制结构严格按照一个分散、递阶的结构形式, 分成明确的上下层次。COSMOS 2000 系统内部分为计划控制和单元控制两级(图 2.1.2)。在这两级之上是一个不包括在 COSMOS 2000 控制软件之内的计划管理级, 例如由一个 PPO 系统产生的计划任务的数据, 它们将是 COSMOS 2000 系统的输入量。

COSMOS 2000 总体方案除具有严格分级的特点之外, 它的控制软件的另一个重要特点是其模块化结构。这种处理最主要的优点是能方便地修改、更换或插入各个模块。要做到这一点, 其前提条件是, 所有模块都必须明确定义与系统结构的接口, 即指明所涉及到的相应功能所必需的输入数据和所能提供的输出数据和信息。换言之, 应当将各个模块的功能、任务和相

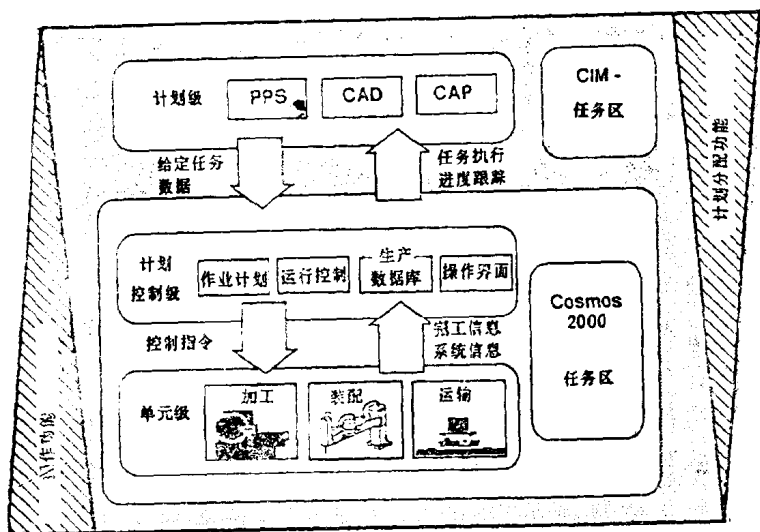


图 2.1.2 柔性制造系统的计划控制技术

互间的界面定义清楚。

这种模块化结构如图 2.1.2 所示，可适用于各种领域。单元级就具有一系列功能范围相对独立的模块。每一个功能范围负责完成整个系统内的一种类型的任务，比如加工、装配或运输等。这些任务分别由一个控制模块来管理，该模块应满足明确规定的功能要求。

我们的思路是，对于各个功能范围来说，一方面应完成与该功能结构相关的那些系统规定的任务，另一方面也给出了占相当份量的功能，它们对各个部分都是统一的，比如，与其他模块的数据和信息交换，任务队列类型等等。在开发 COSMOS 2000 控制软件过程中，我们力图做到，对于所有的功能模块共用部分建立一个灵活的程序框架，使所有用户可方便地将他们各自规定的功能连接进去。

这种模块化结构不仅用于单元级,也适用于制造主控计算机应满足的所有功能,例如生产作业计划或作业任务管理也必须具有模块化结构并具有清晰定义的接口。这里亦应力图做到,通过建立一个统一的程序框架,使适应各种不同的制造环境,用户只须花费很少的工作量即可将其应用程序结合进去。

对于复杂的系统来说,要求控制台对各种不同的操作提供最优适用的操作界面。在 COSMOS 2000 系统结构设计中,开发了可灵活组合的图形操作界面,这样只须花费很少的工作量,即可根据用户要求为任何制造设备提供相匹配的操作界面。用户可以通过总控制操作台监视设备从数据库存取多种重要数据,并可在显示屏幕上看到以图形或字符形式显示的系统映象。同时也可以从总控制台直接对整个设备进行操作,例如急件任务的控制投放,这不是由上级的 PPO 系统预先给出的(参阅第 5.1 节)。

2.1.3.1 总控计算机功能概述

制造总控机的任务是,对柔性制造系统中全部生产过程进行监视和协调。这就必须对制造系统形形色色的功能领域逐个进行核对。COSMOS 2000 系统结构中不同的功能模块具有很明确的边界和接口定义,在联结到整体结构上时,不仅考虑到各部分间的可互换性和可变更性,以适应各种形式制造的要求,而且还考虑到整个系统的高可靠性,在某些部分停止运行时具有保护措施。

COSMOS 2000 系统的任务范围起始于计划分配级以下(见图 2.1.2),主要处理生产计划、作业计划(基于生产能力)、NC 程序编码,以及产生系统和功能区的工艺计划。为了使 COSMOS 2000 系统结构能控制加工过程,必须具备全系统范围内的相关信息。因而计划分配级部分必须将制造必需的数据