

现代工业企业自动化丛书

柔性制造自动化的原理与实践

吴启迪 严隽薇 张 浩 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 提 要

本书是《现代工业企业自动化丛书》之一。全书围绕柔性制造系统中的自动化技术这一主题展开论述。首先介绍柔性制造系统的基本组成, 然后就柔性制造自动化的基本技术、基础理论和相关的支持技术等一系列问题作了详细的论述, 同时给出两个 FMS 实际例子, 并着重介绍它们的应用系统结构及软件。

本书读者对象为机电类专业教师和高年级学生以及从事自动化特别是制造业自动化的工程技术人员。高中以上文化程度、对自动化、计算机应用技术有兴趣的人员均可阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

柔性制造自动化的原理与实践/ 吴启迪等编著. —北京: 清华大学出版社, 1997
ISBN 7-302-02657-2

. 柔... . 吴... . 柔性制造系统-自动化-概论 . TH165

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 19116 号

出版者: 清华大学出版社 (北京清华大学校内, 邮编 100084)
印刷者: 北京通县人民文学印刷厂
发行者: 新华书店总店北京科技发行所
开 本: 787× 1092 1/ 16 印张: 13. 75 字数: 321 千字
版 次: 1997 年 9 月 第 1 版 1997 年 9 月 第 1 次印刷
书 号: ISBN 7-302-02657-2/TP · 1372
印 数: 0001 ~ 4000
定 价: 18. 00 元

《现代工业企业自动化丛书》编委会

名誉主任：张钟俊

顾问：吴钦炜

主任：白英彩

副主任：邵世煌 王行愚 吴启迪 孙廷才

编委：(按姓氏笔划)
于海川 王行愚 白英彩 孙振飞 孙廷才
江志道 刘元元 邵世煌 吴启迪 张兆琪
杨德礼 周德泽 柴天佑 虞孟起 魏庆福

序

当今世界先进工业国家正处于由“工业经济”模式向“信息经济”模式转变的时期,其中技术进步因素起着极为重要的作用,它在经济增长中占 70% ~ 80%。“以高新技术为核心,以信息电子化为手段,提高工业产品附加值”已经成为现代工业企业自动化重要的发展目标。从我国经济发展史来看,其工业经济增长主要是依靠投入大量资金和劳动力来实现的,尚未充分发挥技术进步在工业经济增长中的“二次效益倍增器”的作用。“如何加快发展电子信息技术、调整产业结构,适应世界经济发展需求”是当前我国工业企业自动化界研究的重要课题之一。

工业自动化是一门应用学科,它主要包括单机系统自动化、工业生产过程自动化和工业系统管理自动化等三个方面。企业自动化包括企业生产管理信息电子化、信息处理的自动化以及网络化。现代工业企业自动化涉及到自动化技术、计算机技术、通信技术、先进制造技术和管理学等诸多学科,它需要各学科的专家和工程技术人员通力合作,从而形成“多专业知识与技术集成”的现代工业自动化发展思路。目前工业企业自动化系统主要呈现开放性、集散性、智能性和信息电子化与网络化的特点。在现代工业企业自动化中,计算机控制技术充当了极为重要的角色,它是计算机技术和控制理论有机的结合。自动控制理论的发展是伴随着被控制对象的复杂性、不确定性等因素的研究成果而发展的,它由经典控制理论(频域方法)和现代控制理论(时域方法)发展到第三代控制理论——智能控制理论。计算机控制系统分为数据采集与处理系统、计算机在线操作指导控制系统、直接数字控制系统、监督控制系统、分级控制系统和集散控制系统以及分布式智能控制系统。从当前计算机技术和自动控制技术发展状况来看,高性能工业控制机系统、智能控制系统和基于网络系统的虚拟企业自动化系统将是未来工业企业自动化的重要发展方向。

从系统工程的角度来看,工业自动化技术研究与应用过程分为三个阶段:自动化技术研究阶段、科研成果向实用转化阶段和产品应用阶段。经过我国科技工作者半个世纪卓有成效的研究,在自动化技术研究与应用方面取得可喜的成绩,并给我国的工业自动化事业带来了深刻影响和变革,产生了巨大的社会 and 经济效益,其中有的技术已经接近或达到世界先进水平,但从应用以及成果向产品的转化的总体发展角度来看,仍存在着一些问题,仍需花大力气进一步探索和研究。例如,我国在工控机及其配套设备的生产方面尚需进一步构成规模经济;建立并发展企业网络及其协议和数据库集成技术,为全面实现我国“金企工程”提供技术和手段;开发系列的工控机软件包、实时操作系统,以提高工控机系统的总体水平;充分运用以工控机为核心的电子信息技术来改造我国各类传统工业的工装设备及产品;在我国的部分现代企业中大力倡导推行 MIS, MRP- 和 CIMS/ CIPS 以及信

息网络系统,以提高企业管理水平和竞争能力等。在20世纪40年代,计算机刚问世不久,它的应用除在军事、政要部门之外,主要是在各传统工业领域的应用。在60年代~70年代,各国的工业计算机应用极为普遍促进了其工业企业自动化高速发展,而我国的工业企业自动化非但没有大踏步前进,反而停滞不前。到了90年代这个问题就显得十分严重了,因此我们必须“补上这一课”。我们编写了《现代工业企业自动化丛书》(目前暂定42册,并根据实际需要不断增加新的书目),该《丛书》内容既包括工业生产过程自动化,又包括现代企业管理自动化技术,如基于总线工控机系统、工程数据库、CIMS/CIPS以及企业网络技术。其编写原则为:理论与实践密切结合,为实现工业企业自动化提供典型示范系统。编委会特邀请了国内在该领域有扎实理论基础和富有实践经验的专家分别承担各分册的编审任务,以期在向读者展示国内外相关技术的最新成果和发展动态的同时,提供解决现代企业自动化的思路、方法、技术和设备等。

该《丛书》以工程技术人员为主要读者对象。我们相信该《丛书》的出版必将在推动我国工业企业自动化应用的普及和发展进程中起到积极的作用,为进一步提高我国工业企业自动化水平做出贡献。

清华大学出版社颇具魄力和眼光、高瞻远瞩,及时提出组稿这套《丛书》的任务,他们为编好《丛书》做了认真、细致的准备工作,并为该丛书的出版提供了许多有利的条件,在此深表谢意。同时对于参加各分册编审任务的专家、学者所付出的艰辛劳动表示衷心感谢。编审《丛书》的任务十分繁杂而艰巨,加之时间仓促,书中出现疏漏、欠妥之处也是难免的,希望广大读者不吝赐教,以使我们逐步完善这个《丛书》系列。

中国科学院院士、上海交通大学教授

前 言

《柔性制造自动化的原理与实践》一书是《现代工业企业自动化丛书》中的一本。本书的宗旨是以制造行业为背景讲述柔性生产自动化所涉及的基本概念、基本原理,并介绍典型柔性制造系统(FMS)的控制系统实例。

由于市场需求情况的变化,消费者希望得到符合各自要求的“柔性”产品,而不是大批量生产的“刚性”产品。因此,传统的生产方式受到了挑战,柔性生产与制造应运而生。60年代提出、90年代迅速发展并被广泛应用的柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, 简写 FMS)即是这种变化的制造业的革新成果。

FMS 的一般定义为:

是一个计算机控制的生产系统;

采用半独立的数控(NC)机床;

这些机床通过物料输送系统连接。

NC 机床提供灵活的加工操作;物料输送系统将 NC 机床互相连接起来,形成一个整体系统;计算机则连续地监控设备的操作,并提供控制功能和输出的工程记录。可以采用仿真技术来预示系统部件的行为,并给出所需要的准确的量测值。

关于 FMS 的论文、专著已有很多,大多是从制造系统出发,描述制造业的变革。本书作为《现代工业企业自动化丛书》中的一本,更多地从自动化技术出发,重点在 FMS 自动化的原理与实践,即着重介绍 FMS 的总控技术。本书第 1、第 2 章对 FMS 的产生、发展和基本组成进行了描述。第 3、第 4 章是具有上述特色的核心部分。第 5 章所介绍的实践例子是本书作者所在课题组业已完成的科研项目的成果。第 6 章的内容则反映了我们的研究生所做的论文工作。

本书编著由同济大学 CIMS 研究中心组织,采取先按章节分工编写,然后总编会审的方式编著。吴启迪编写 1.1 至 1.3 和 1.5 节;严隽薇主编第 3 章、第 4 章和 1.4、5.1 两节;张浩编写第 2 章和 3.2、3.3、5.2、6.3 等四节;张克技编写 4.5、6.1 和 6.4 等三节;程振宏和乔非分别编写 4.6 和 6.2 节。

全书由吴启迪教授指导编著、负责书稿主审;严隽薇教授负责内容编排与初审;张浩研究员与贺飞鸣等研究生负责文字与插图排版和录入工作。在此对为本书的素材作出贡献的有关教师和研究生们表示衷心的感谢。

本书出版之时适逢同济大学建校 90 周年,这是我们献给校庆的礼物。

编 者

1996 年于同济大学

目 录

第 1 章 概述.....	1
1.1 过程自动化和制造技术过程	1
1.1.1 从过程和过程自动化谈起	1
1.1.2 工业生产技术过程的分类和制造技术过程的特点	3
1.2 柔性制造技术的形成与发展	5
1.2.1 柔性制造技术产生的背景	5
1.2.2 柔性制造系统的发展历史	6
1.2.3 信息技术的发展为柔性制造技术奠定基础	7
1.3 柔性制造系统基本框架	7
1.3.1 FMS 的控制功能和控制结构	7
1.3.2 简单示例	8
1.4 柔性制造自动化的基本概念	12
1.5 本书内容安排.....	16
第 2 章 柔性制造系统的基本组成	17
2.1 组成柔性制造系统的基本功能模块.....	17
2.2 加工设备.....	17
2.2.1 柔性制造系统对加工设备的要求	17
2.2.2 各类自动化加工设备	19
2.2.3 加工设备在柔性制造系统中的控制与集成	21
2.3 工件流支持系统.....	25
2.3.1 托板交换装置	25
2.3.2 工件流的运输装置	26
2.3.3 工件装卸站及托板缓冲库	28
2.4 刀具流支持系统.....	28
2.4.1 FMS 中的刀具	28
2.4.2 刀具的供应方式	30
2.4.3 刀具的管理	31
2.5 信息流支持系统.....	38
2.5.1 FMS 的信息流模型	38
2.5.2 FMS 的信息流要素、联系和特征	39

第 3 章	柔性制造自动化的基本技术	43
3.1	柔性制造的自动化级别	43
3.2	规划设计自动化	45
3.2.1	规划设计的任务与目标	45
3.2.2	系统设计规划的计算机辅助技术	54
3.3	生产计划与管理自动化	61
3.3.1	生产计划与管理的任务与目标	61
3.3.2	生产计划与管理软件的系统结构	70
3.4	调度自动化	71
3.4.1	动态调度的任务与目标	71
3.4.2	调度方法	71
3.4.3	自动调度实例	75
3.5	加工过程自动化	80
3.5.1	FMS 中加工过程自动化的任务与目标	80
3.5.2	与 FMS 加工过程自动化相关的技术	81
3.6	系统监控自动化	88
3.6.1	FMS 监控器概述	88
3.6.2	刀具的监控	94
3.6.3	工件的监视	95
3.6.4	故障诊断	95
第 4 章	柔性制造自动化的基础理论与支持技术	96
4.1	引言	96
4.2	离散事件动态系统(DEDs)的理论与方法	96
4.2.1	DEDs 的建模方法学	96
4.2.2	DEDs 的监控理论	98
4.2.3	DEDs 控制理论的主要成果	99
4.3	FMS 体系结构理论与方法	100
4.3.1	CIM 系统的体系结构	100
4.3.2	FMS 面向功能构成的递阶分层体系结构	101
4.3.3	实现分布式计算与处理的 CLIENT/SERVER 结构	107
4.3.4	多视图的 FMS 体系结构	112
4.4	FMS 系统管理软件设计技术	114
4.4.1	实时系统的技术设计策略	114
4.4.2	软件开发技术中的结构化分析与设计方法	118
4.5	FMS 中的计算机通信	127
4.5.1	局部网络通信及协议	127

4.5.2	FMS 中的计算机网络技术	130
4.6	FMS 中的数据库	138
4.6.1	工程数据库的特点	138
4.6.2	数据库的几种类型	140
4.6.3	FMS 数据库的设计方法	141
第 5 章	FMS 的实例	143
5.1	一个箱体零件柔性制造系统 SJ-FMS	143
5.1.1	总体方案	143
5.1.2	SJ-FMS 的作业计划管理软件	150
5.1.3	SJ-FMS 的协调控制级软件	153
5.1.4	SJ-FMS 数据库系统设计	157
5.1.5	SJ-FMS 的规划设计与系统仿真软件	163
5.2	FMS 的适应性总控系统 ALSYS	169
5.2.1	引言	169
5.2.2	计划控制系统的功能	170
5.2.3	ALSYS 的独立性	172
5.2.4	ALSYS 构成的示教 FMS	178
第 6 章	柔性制造自动化的新技术.....	186
6.1	面向对象开发方法在 FMS 中的应用	186
6.2	Petri 网及其在 FMS 中的应用	189
6.2.1	Petri 网在 FMS 建模中的应用	189
6.2.2	Petri 网在 FMS 分析中的应用	190
6.2.3	Petri 网在 FMS 调度和控制中的应用	191
6.2.4	Petri 网与面向对象技术的结合趋势	191
6.3	基于人工智能的 FMS 作业计划调度仿真及生产过程监视和故障诊断 ...	192
6.3.1	智能化作业计划调度仿真	192
6.3.2	智能化的生产过程监视和故障诊断	196
6.4	用集成化的计算机平台技术缩短 FMS 软件的开发周期	197
参考文献		201

第 1 章 概 述

1.1 过程自动化和制造技术过程

1.1.1 从过程和过程自动化谈起

在自动化领域中,“过程”和“过程自动化”是经常用到的术语,我们把几乎所有的控制对象都称之为“过程”。在本书中涉及的柔性制造系统,当然也不外乎是一种“过程”,只不过是一个特定的、具体的、复杂的过程而已。那么,究竟什么是“过程”呢?

笼统地提到“过程”,首先是指一个事件的历程、进程和经过。如果提到的是“技术过程”,则可以更具体地说,在这过程中发生了物质的变化;更确切地说,是能量或者信息状态发生了变化。

因此,我们可以给过程下一个定义,即:技术过程是一个历程,在此历程中物质、能量或信息的状态发生了变化,它从其初始状态过渡到了终止状态。图 1.1 给出了这一定义的示意。

图 1.1 技术过程示意图(一)

如果把注意力集中到状态随时间变化的过程,并掌握过程的各种结果(例如监测),同时考虑对过程运行所施加的影响(例如控制与调节),还可作如下定义:一个过程是指某一系统中各个物质、能量或信息改变其形态、被传送或存储、互相影响的分过程之总和。技术过程则是指这样一个过程,其物理量可通过技术手段来加以量测和可对其施加影响。

图 1.2 技术过程示意图(二)

接着,我们再来讨论,什么是“过程自动化”?图 1.3 给出了自动化系统最一般的形式。图中所示“人”的作用是借助显示媒介(如显示屏幕)跟踪过程的进程,同时给以控制

和影响。如果过程可以通过信息系统自动地运行, 则“人”的任务是在出现异常情况时加以干预。

图 1.3 过程自动化系统

“信息和通信系统”(包括计算机系统和可编程微电子器件)进行信息的测量、处理、显示和输出, 包括必要的通信。

“技术过程”中还应设置传感器测量过程变量, 设置执行机构用以控制过程。

过程自动化系统有两个几乎同义的名称, 即“过程控制系统”和“过程数据处理”。这三个名称并无本质差别, 之所以会形成不同说法, 主要因为着眼点不同。

如果从利用信息处理装置使技术过程实现自动化角度看, 我们只要按需对运行结果提出技术要求(如对空调器设定室温)。此时, 往往把系统称为“过程自动化系统”。

如果着眼点在于对技术过程进程的控制和对单一分过程自动化运行的支持, 则往往称系统为“过程控制系统”, 这里“控制”一词包含引导、控制和调节。

可以看出, 在这三个同义词中, 最具普遍性的表达是过程自动化系统。

在过程自动化系统中, 需要进行技术开发的往往是信息和通信系统部分。这一般用一个过程计算机系统来实现。该计算机系统除了具有一般的运算、比较、传输与存储功能之外, 特别还应具有优先中断和实时数据处理与交换的可能性。图 1.4 给出了过程计算机系统的示意图。

过程计算机系统又可分为硬件与软件两部分。硬件功能模块如图 1.5 所示, 而软件系统程序分级结构如图 1.6 所示。

作为过程自动化系统特例, 柔性制造系统的基本情况与上述情况一致。只是本节所描述的情况更一般、更原则, 它不仅适用于离散型的柔性制造系统, 也适用于连续的过程控制系统。

图 1.4 过程计算机系统

图 1.5 过程计算机系统硬件功能模块

1.1.2 工业生产技术的分类和制造技术过程的特点

上一节中叙述了一般的技術过程及其自动化。现在让我们来讨论技术过程中的一类，即所谓“工业生产技術过程”。工业生产即是指商品生产，其分类可见下图(图 1.7)。

从图 1.7 可见，工业生产技術包括主要技术(即图中所示的能量技术、过程技术和制造技术)和辅助技术(即图中所示的开采运输技术和信息技术)。信息技术是自动化的先导，在过程技术中一般通过过程计算机来实现，是本书要讨论的核心问题。制造技术的任

图 1.6 过程计算机系统软件功能模块

图 1.7 工业生产技术的分类

务,一般地讲,是对商品的几何形状进行加工。制造技术是本书要讨论的核心问题的主要应用背景,因为柔性制造技术是一种先进制造技术。狭义地讲,制造技术仅是对物体进行几何造型的工艺过程。欲对工件进行加工,工艺过程本身可以是互不相同的。反过来说,对一个物体进行几何造型的生产技术不能仅局限于制造技术,它还必须有其他辅助技术的配合,即要包括开采运输技术(运输、搬运、仓储、缓冲库存等等)和信息技术。而信息技术,如前所述,对于制造过程自动化是十分重要的。因此,广义地看,制造技术过程应当是一种工业生产技术过程,它包括运输技术、信息技术、质量保证技术等过程。

除了图 1.7 根据参与过程的物质来进行的分类之外,还可以根据主要过程变量及其处理过程对技术过程进行分类。比如可分为:

连续流动过程:全部或分段连续过程,如化工过程;

序列过程:用二进制信息表示,用布尔代数方程来描述;

事件过程:用二进制数字表示单独排列的物体的离散位置与状态变化。

一般地, 各种过程变量可能同时出现。生产技术过程通常是事件和序列过程的结合, 因此被称为离散事件系统。事件和序列这两种过程往往难以区分, 只是事件过程对于单列可辨识物体中出现事件的反应表现在前台, 而在序列过程中, 则往往表现为以一种固定序列给出的输入控制指令, 并且是以当前过程数据来描述过程特点的。

从以上叙述的技术过程的分类, 制造技术过程的特点也已可见一斑。为归纳本节的内容, 再见下列分类表。在这个表中读者可自己总结制造技术过程所处的位置和特点。

表 1.1 技术过程分类

类别	技术过程			
分类原则				
过程形式	确定性		随机性	
时间特性	连续过程		离散过程	
形变和/ 或传输量	材料过程	能量过程		信息过程
所属领域	过程控制	制造过程	分配过程	测量和检测过程
涉及的变量: · 取值范围内连续的物理量 · 有关事件的二进制信息表示 · 与对象有关的信息表达(二进制符号字)	连续流量过程		序列过程	事件过程

1.2 柔性制造技术的形成与发展

1.2.1 柔性制造技术产生的背景

首先, 让我们讨论一下制造业中较传统的生产技术。

对于大批量、少品种的情况, 一般采用自动流水线, 包括物流设备和相对固定的加工工艺, 这可称为固定自动化(fixed automation) 方式。自动流水线通常相当昂贵, 设备基本固定, 不灵活, 只能加工一个零件, 或者几个相互类似的零件。如果要改变产品的品种, 自动流水线要作较大的改动, 在投资和时间方面的耗费很大。自动流水线的优点是生产率很高, 由于设备是固定的, 所以设备利用率也很高, 最终的结果是, 每一产品的成本很低。追求高生产率, 是选择自动流水线最主要的依据。这种生产方式至今仍然用得很多。比如空调器的生产, 由于批量大, 所以可根据几种不同品种的要求, 建立几条自动流水线, 在一段时间内可以以高生产率进行生产, 生产线的投资与产品销售产生的效益相比, 是完全可以盈利的。因此, 昂贵的生产线的投资成本有可能在一段时间内收回, 并且取得较高的利润。

对于小批量、多品种的情况, 一般可采用单台数控(NC) 机床。它可提供加工一族产品系列的灵活性。从一种类型的零件转换到另一种类型的零件, 不需要改变机床硬件, 仅需要改变控制程序(NC 程序) 及夹具刀具。NC 程序是 NC 机床的控制逻辑, 表示为指令和加工步骤。NC 机床加工产品生产率低, 成本高。优点是灵活性较大。

对于中等批量、中等品种的情况,就要考虑一个折中方案。在金属品制造中,中等批量、中等品种的情况是最主要的一种情况。根据美国统计资料,在金属加工工业中,这类情况约占 75%。因此,如何解决这种情况下的制造问题,是一个十分关键的问题。如果采用以上两种较为传统的方式,将会产生如下一系列不利情况:

- 机床利用率太低;
- 加工时间增长;
- 中间缓冲库存增大;
- 刀具利用率太低;
- 车间空间利用率太低等。

这些因素都将导致成本的提高。

因此,结合自动流水线与 NC 机床的特点,将 NC 机床与物料输送设备通过计算机联系起来,形成一个系统,来解决中等批量、中等品种的问题。这就形成了所谓“柔性制造系统”(Flexible Manufacturing System, 简称 FMS)。可以讲,FMS 是 NC 机床或设备自动化的延伸。FMS 的一般定义可以用以下三句话来概括:

- 是一个计算机控制的生产系统;
- 系统采用半独立的 NC 机床;
- 这些机床通过物料输送系统联成一体。

其中,NC 机床提供了灵活的加工工艺,物料输送系统将 NC 机床互相联系起来,计算机则不断对设备的动作进行监控,同时提供控制作用并进行工程记录。计算机还可通过仿真来预示系统各部件的行为,并提供必要的准确的量测。

1. 2. 2 柔性制造系统的发展历史

前面叙述了 FMS 产生的原因。实际上,FMS 最初是由英国 Molins 公司雇员 Theo Williamson 于 60 年代提出来的。1965 年 Molins 公司取得了该项发明的专利。当时,称此方案为“System 24”,是指系统可在无人情况下工作 24 小时。对此系统共用了 264 条特征进行描述。此后,Molins 公司虽然卖出了不少“System 24”,但并未得到迅速的发展。直到 70 年代末,才引起了比较普遍的重视。其主要原因是:

- 国际市场竞争日趋激烈;
- 要求缩短生产周期;
- 要求降低成本。

由于 FMS 兼顾了生产率和灵活性,所以具有生命力。经过几个阶段的发展,在美国和其他工业化国家,也包括东欧,得到了广泛的应用。

今天,真正成规模的 FMS 并不多,但 FMS 的构想和思路得到了充分的承认,特别是在一些原来采用大批量自动化生产线进行生产的离散型金属制品企业。如果要在保证质量的前提下提高利润和生产率,FMS 是一种很好的选择。但是应当注意,对 FMS 的过分的宣传,也可能造成某种误导。由于 FMS 相对于传统技术加进了许多高科技成分,同时又有不少吸引人的优点,因此往往使用户感到迷惑和期望过高,从而造成代价昂贵,而又不能完全符合用户期望的后果。而且,FMS 往往要求用户与销售商之间保持密切的协调

关系,要求双方素质都比较高,否则很容易出现额外的代价损失。应当强调,在 FMS 中仍然要明确人的作用。

作为小结,也便于读者实际上作选择,我们对传统机床、自动化生产线,以及几种柔性制造情况(柔性自动化生产线、柔性制造单元、柔性制造系统)作一简单、直观的比较,主要对其灵活性和生产效率进行比较。所谓“柔性”的几种系统,指都需要具备物料输送系统的情况。图 1.8 即为比较的示意图。

图 1.8 几种制造技术的比较

1.2.3 信息技术的发展为柔性制造技术奠定基础

如 1.1 节所述的过程自动化概念同样适用于制造过程的自动化。FMS 的信息系统方案原则上同图 1.4, 1.5, 1.6。制造过程的控制与监测属于计算机辅助制造(CAM)范畴,这是先进制造技术领域中的一项关键技术。由于计算机工作站与网络技术的发展,使 CAM 的实施成为现实。一般地,制造过程自动化分为总控级、单元级和设备级三层。根据需要,亦可将单元级与设备级并为一层,仅将监测与控制功能分开,以便分层评价。对于 FMS 自动化技术来说,关键技术在于总控技术。

1.3 柔性制造系统基本框架

1.3.1 FMS 的控制功能和控制结构

一般说来, FMS 的控制任务分为三级(见图 1.9)。

加工控制与加工计划一般是离线进行的,这通常根据年度、月生产计划作出。总控系统是 FMS 的心脏,这一级包括引导(监控)计算机与单元计算机,目前的状况,大多也是离线地与上一级相连,随着计算机集成系统的实现,逐步过渡到在线。过程级则直接控制设备,所谓的 CAM,常常是指这一级。以下对总控级作较为详尽的介绍。

图 1.9 FMS 控制分级

总控级从垂直方向的信息处理来看,分为工艺控制、组织调度控制和工况数据采集与处理。对工艺与组织的控制主要是对工艺与组织调度信息的处理,信息的流向从图 1.13 中可以清楚地看到。在此图中,水平方向的信息流表示得不清楚,实际上水平方向信息也是相互交换的。而且闭环控制也越来越多地被用于 FMS,例如为了控制质量,所采集的状态数据往往要反馈到工艺与组织调度部分,以期调整工艺与调度。总控系统可分为以下诸项子任务:

工艺控制,如 NC 程序管理和分配;

调度控制,如根据任务单进行内部调度,产生工件与刀具流的控制数据;

工况数据处理,这包括工况、机床和状态数据的采集与处理,显示、文档及控制功能处理,系统图形显示等;

监控与诊断,如根据工作负荷检查 NC 程序、刀具、托板、工件是否具备要求的条件,检查出现故障的情况与原因等。

总控系统与加工控制、加工计划、刀具预调等部分都有信息交换接口,因为它承担着以下一些任务:

接受加工单数据;

提供加工进度的反馈信息;

处理历时较长的干扰;

接受 NC 和工作计划数据;

给出校正数据;

从刀具预调仪取刀具数据;

向加工辅助工具传送实际刀具状态数据;

总控级的实现采用两级计算机,即引导计算机和单元计算机两级的硬件结构也是一种很有优点的方案。这种递阶方式为模块化结构提供了基础,从而增强了控制功能优化组合的灵活性,使并行处理成为可能,提高了效率,增大了可靠性。

1.3.2 简单示例

在 FMS 的论述中经常谈到所谓柔性制造单元(FMC),一般总是先从 FMC 谈起。从