

# FMS

# 柔性制造系统

● 主编

商向东

FLEXIBLE  
MANUFACTURING  
SYSTEM

沈阳出版社

柔性制造系统

商向东 主编

---

沈阳出版社出版发行

(沈阳市沈河区南翰林路10号)

全国新华书店经销

沈阳农业大学印刷厂印刷

---

开本：787×1092毫米 1/16

1996年12月第1版

印张：17.5

1996年12月第1次印刷

字数：404千字

印数：1—3000

---

责任编辑：葛军 邓继红

封面设计：庄庆芳

责任校对：张燕

版式设计：晓君

---

ISBN 7-5441-0728-0/T·33

定价：28.00元

## 内 容 简 介

柔性制造系统(FMS)是近些年来发展起来的新技术,适用于多品种、中小批量生产,可以提高企业适应市场多变的能力,增强竞争力。本书较系统地介绍了FMS。

全书分五篇、十五章。第一篇概述FMS的发展历史和技术背景及其定义、特点、适用范围、主要构成和类型。第二篇详述FMS的制造资源系统,包括其加工技术装备、辅助工艺装备、支承装备和质量保证装备。第三篇详述FMS的信息资源系统,包括其控制系统、计算机系统硬件、计算机系统软件、仿真和数据库。第四篇详述FMS的系统规划和运行管理,包括其规划、管理、调度和调度方法。第五篇介绍制造技术的发展动态和FMS应用实例。

本书实用性较强,内容通俗易懂,对我国今后制造业的技术改造和引进新技术有重要的参考价值。

该书主要供从事机械制造、计算机应用的工程技术人员使用,也可用于高等院校机械制造和自动化专业本科生和研究生的教材,对从事有关管理工作的人员也有一定参考价值。

# 前 言

柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System 简称 FMS) 是近些年来发展起来的新技术, 适用于多品种、中小批量生产。它是对今后制造业的发展影响最大的先进制造技术之一。它是电子计算机技术在生产过程及其装备上的应用, 是以微电子技术、智能化技术与传统加工技术融合在一起, 具有先进性、柔性化、自动化、智能化、省力化、效率高的制造技术。它也是从机械转换、刀具更换, 夹具可调、模具转位等硬件柔性化的基础上发展成为自动变换、人机对话转换、智能化任意变化地对不同加工对象实现程序化柔性制造加工的一种崭新技术。

当今机械产品市场的激烈竞争, 是柔性制造技术发展的直接原因。因此, 柔性制造技术发展的目的不仅是节省劳动力, 改善生产条件, 更主要的是提高机械产品的市场竞争能力, 即对于市场变化的适应能力和速度, 包括提高生产效率, 提高和保持产品质量的一致性, 降低生产成本, 缩短生产周期, 加速产品的更新换代等。当然, 它又是提高机械制造业经济效益的重要途径。

我国为了实现四个现代化, 加速“两个转变”的完成, 即由计划经济体制向社会主义市场经济体制转变和由粗放型经济向集约型经济转变, 也把 FMS 列为重点攻关项目, 而且现在国内已经有许多有条件的工厂已经和正在引进各自所需的 FMS 和 FMC, 许多研究所和高等院校也纷纷开展研究课题或者与工厂挂钩共同开发 FMS, 因此, 当前普及柔性制造系统及其应用的知识有着很重要的意义。

为了满足国内广大科技工作者和有关管理工作者的需要, 编者立足于较系统、全面的介绍 FMS。通过阅读本书, 读者可对 FMS 有个整体上的认识。

本书共分五篇, 十五章。第一篇介绍了 FMS 的概况, 第二篇详述了 FMS 的制造资源系统, 第三篇详述了 FMS 的信息资源系统, 第四篇详述了 FMS 的系统规划和运行管理, 第五篇介绍了制造技术的发展动态和 FMS 应用实例。

本书在编写过程中, 得到了王先逵老师, 刘大成老师的大力支持, 在此表示深切的谢意。

参加本书编写的有商向东、王燕玲、于慎波、张幼军。错误之处, 敬请读者指正。

编者

1996 年 12 月

# 目 录

## 前 言

## 第一篇 概述

### 第一章 FMS 概述

- § 1.1 发展 FMS 的历史和技术背景 ..... 1
- § 1.2 FMS 的定义和优点 ..... 6
- § 1.3 FMS 的适用范围 ..... 8
- § 1.4 FMS 的主要构成 ..... 8
- § 1.5 FMS 的类型 ..... 9

## 第二篇 FMS 的制造资源系统

### 第二章 FMS 的加工技术装备

#### ——车削中心与加工中心

- § 2.1 概述 ..... 17
- § 2.2 车削中心 ..... 18
  - 2.2.1 车削中心的类型、结构和完成的加工 ..... 18
  - 2.2.2 车削中心的坐标轴、编程和格式信息 ..... 20
  - 2.2.3 工件装夹和工件更换装置 ..... 24
  - 2.2.4 自动化性能 ..... 26
- § 2.3 加工中心 ..... 30
  - 2.3.1 加工中心的类型、结构和完成的加工 ..... 30
  - 2.3.2 加工中心的坐标轴系和格式信息 ..... 34
  - 2.3.3 托盘和工件装载及程序选择 ..... 36
  - 2.3.4 自动化性能 ..... 39

### 第三章 FMS 的辅助工艺装备

#### ——刀具与夹具

- § 3.1 概述 ..... 42
- § 3.2 切削刀具与刀具管理 ..... 43
  - 3.2.1 切削刀具的控制 ..... 43
  - 3.2.2 刀具管理 ..... 45

3.2.3	刀具管理策略	48
3.2.4	刀具预调、识别和数据传递	49
3.2.5	刀具监测和故障检测	53
§ 3.3	工件装夹	55
3.3.1	普通夹具	55
3.3.2	夹具支承和定位原理	57
3.3.3	组合夹具	59
3.3.4	FMS 环境中的夹具概述	62

## 第四章 FMS 的支承装备

### — 自动化物料搬运和存储系统

§ 4.1	概述	67
§ 4.2	自动导向小车 (AGV)	67
4.2.1	AGV 的发展史	67
4.2.2	AGV 的类型、特点及功用	68
4.2.3	AGV 的技术组成	70
§ 4.3	机器人	75
4.3.1	FMS 环境中机器人概述	76
4.3.2	FMS 环境中机器人的应用	78
§ 4.4	自动检索存取系统 (ASRS)	82
4.4.1	ASRS 介绍	82
4.4.2	ASRS 的控制系统简介	84
§ 4.5	其它支承装备	86
4.5.1	传送带和托盘浮动系统	86
4.5.2	队列回转车和自动工件转换装置	89
4.5.3	冷却液和切屑的排出和回收系统	90

## 第五章 FMS 的质量保证装备

### — 坐标测量机与清洗和去毛刺设备

§ 5.1	概述	92
§ 5.2	坐标测量机 (CMM)	92
5.2.1	CMM 的类型、结构和一般功能	92
5.2.2	CMM 工作过程描述	94
5.2.3	CMM 在 FMC 和 FMS 中的重要性	96
5.2.4	接触和非接触式检测原理	97
§ 5.3	清洗和去毛刺设备	99
5.3.1	清洗站的类型和工作描述	99

5.3.2 去毛刺站的类型和工作描述 .....	103
--------------------------	-----

### 第三篇 FMS 的信息资源系统

#### 第六章 FMS 的控制系统

§ 6.1 概述 .....	106
§ 6.2 FMS 的控制系统结构 .....	107
6.2.1 FMS 控制系统的分级 .....	107
6.2.2 FMS 控制系统中各级的工作 .....	108
6.2.3 FMS 控制系统中的协调 .....	112
§ 6.3 FMS 控制系统策略 .....	112
§ 6.4 FMS 控制系统的发展动向 .....	113
§ 6.5 FMS 控制系统结构示例 .....	114

#### 第七章 FMS 的计算机系统硬件

§ 7.1 概述 .....	116
§ 7.2 一般功能和应用 .....	116
§ 7.3 硬件结构 .....	118
§ 7.4 可编程控制器 .....	122
§ 7.5 单元控制器 .....	123
§ 7.6 通讯网络 .....	124
§ 7.7 计算机硬件环境配置 .....	128

#### 第八章 FMS 的计算机系统软件

§ 8.1 概述 .....	130
§ 8.2 一般结构及要求 .....	130
§ 8.3 功能描述 .....	133
§ 8.4 运行综述 .....	137
§ 8.5 软件规范及选择 .....	139
8.5.1 软件设计要求 .....	139
8.5.2 文档 .....	141
8.5.3 软件源程序可供选择的方案 .....	142

#### 第九章 FMS 的仿真

§ 9.1 概述 .....	143
§ 9.2 系统建模与仿真模型 .....	144
9.2.1 系统建模 .....	144
9.2.2 仿真模型 .....	145

9.2.3	仿真的基本步骤 .....	146
§ 9.3	FMS 建模及仿真 .....	146
9.3.1	仿真技术在 FMS 中的作用 .....	146
9.3.2	FMS 建模方法简介 .....	147
9.3.3	FMS 仿真研究的主要问题 .....	148
9.3.4	仿真的输入、运行及输出 .....	149
§ 9.4	FMS 总体设计的评价 .....	149
§ 9.5	FMS 仿真中的故障处理 .....	151
9.5.1	FMS 常见故障分类 .....	151
9.5.2	故障类型的处理 .....	152
9.5.3	故障产出的处理 .....	152
9.5.4	故障修复 .....	153
§ 9.6	仿真实例 .....	154

## 第十章 FMS 的数据库

§ 10.1	概述 .....	157
10.1.1	FMS 中数据库的含义 .....	157
10.1.2	在 FMS 环境中数据库的重要性 .....	158
10.1.3	数据库技术 .....	159
§ 10.2	制造数据系统 .....	160
§ 10.3	制造数据流 .....	161
10.3.1	概述 .....	161
10.3.2	上游、下游问题 .....	161
§ 10.4	在规划 FMS 时 CAD 所考虑的问题 .....	162
10.4.1	零件库 .....	162
10.4.2	成组技术 .....	163
10.4.3	用于 FMS 数据准备的 CAD 的特殊要求 .....	163
§ 10.5	规划 FMS 时 CAM 所考虑的问题 .....	165
§ 10.6	FMS 的数据库系统 .....	166
10.6.1	主要软件功能 .....	166
10.6.2	数据库支持功能 .....	167
10.6.3	数据库设计过程 .....	167

## 第四篇 FMS 的系统规划和运行管理

### 第十一章 FMS 的规划

§ 11.1	概述 .....	170
--------	----------	-----



§ 11.2	规划准备 .....	171
§ 11.3	规划步骤 .....	174
11.3.1	定义规划目标 .....	175
11.3.2	项目内容研究 .....	176
11.3.3	系统结构方案设计及评估 .....	177
11.3.4	系统招标与设计 .....	188
11.3.5	招标评估 .....	189
§ 11.4	人力资源的规划 .....	190
11.4.1	人力资源的组织结构 .....	191
11.4.2	FMS 的人力配置 .....	194
11.4.3	员工的培训 .....	195
<b>第十二章 FMS 的管理</b>		
§ 12.1	概述 .....	199
§ 12.2	生产管理组织结构 .....	199
§ 12.3	JIT 适时管理/适时制造 .....	201
12.3.1	JIT 的概念 .....	201
12.3.2	JIT 模式的基本原理 .....	202
12.3.3	JIT 的效益及与 FMS 的关系 .....	203
§ 12.4	成组技术 (GT) .....	204
12.4.1	基本概念 .....	204
12.4.2	零件族的构成和 GT 单元 .....	205
12.4.3	实施 GT 的准则 .....	208
12.4.4	GT 的效益及与 FMS 的关系 .....	208
§ 12.5	制造资源计划 MRP I .....	209
12.5.1	MRP I 的基本内容 .....	209
12.5.2	主计划 .....	211
12.5.3	物料需求计划和能力需求计划 .....	215
12.5.4	作业执行层的运行计划 .....	218
12.5.5	MRP I 的特点及效益 .....	219
<b>第十三章 FMS 的调度和调度方法</b>		
§ 13.1	概述 .....	221
§ 13.2	FMS 的调度 .....	221
§ 13.3	运筹学方法在 FMS 管理中的应用 .....	225
13.3.1	线性规划 .....	225
13.3.2	线性规划的一般模型 .....	227

13.3.3	建立线性规划模型的方法	228
13.3.4	应用实例	229
13.3.5	多目标规划	231
13.3.6	线性目标规划的一般模型	232
13.3.7	建立线性目标规划模型的一般方法	233
§ 13.4	启发式调度规划	234
13.4.1	常见调度规划	235
13.4.2	启发式调度规划	237
§ 13.5	调度的知识基系统	239

## 第五篇 制造技术展望

### 第十四章 先进制造技术

§ 14.1	概述	244
§ 14.2	集成制造技术——计算机集成制造系统 (CIMS) 和并行工程 (CE)	245
14.2.1	CIM 和 CIMS	245
14.2.2	CIMS 的控制结构和构成	246
14.2.3	并行工程 (CE)	248
14.2.4	CIM 与 CE 的关系	252
§ 14.3	智能制造技术 (IMT)	253
§ 14.4	生产模式技术	254
14.4.1	精良生产	254
14.4.2	敏捷制造	255

### 第十五章 FMS 的发展和实例

§ 15.1	概述	256
§ 15.2	北京机床研究所的 JCS—FMS—1	257
§ 15.3	柔性制造与柔性装配综合系统	258
§ 15.4	日立精机 FMS—112/113/114	261

参考文献	264
------	-----

# 第一篇 概述

优质、高产、低耗历来是工业生产部门追求的目标。自动化生产系统是实现这一目标的基础。传统的刚性自动化生产线已在大批量生产中发挥了巨大作用。但是,如何解决中、小批量生产中的自动化问题,特别是随着市场对产品要求的变化,即产品的品种要多,规格要多,更新换代要快,越来越引起人们的重视。所以,近些年来国内外都在大力发展高度自动化的柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,简称FMS)。这在我国机械制造行业中已引起极大的重视。本篇主要介绍FMS的发展历史和技术背景、FMS的定义和优点,FMS的适用范围、FMS的主要构成和FMS的类型。

## 第一章 FMS 概述

### § 1.1 发展FMS的历史和技术背景

机械制造自动化已有几十年的历史,最早由于技术水平的局限性,自动化的引入只在大量生产领域里,从三十年代到五十年代人们主要建立由机械或液压式的自动车床、组合机床和专用机床组成的单品种生产自动线,这种自动线有其固定的生产节拍,而要改变生产品种则是非常困难和昂贵的。故这种自动线称为刚性自动化生产线。到了六十年代,当国外多数大量生产的工作已经实现自动化后,人们认识到大量生产只是机械制造业的一小部分,只占15%~25%,而中小批量生产则占75~85%;在日本,多品种、中小批量生产企业的产量是大批大量生产企业的两倍,而其雇员人数为大批大量生产企业的四倍,由此可见,在国民经济生产部门中比重占绝对优势的多品种、中小批量生产企业的劳动生产率极大地落后于大批大量生产企业。另一方面,由于从六十年代开始到七十年代计算机技术得到了飞速发展,计算机控制的数控机床(CNC机床)在自动化领域中取代了机械式或液压式的自动机床,在CNC机床上只要改变软件程序即可加工新的零件,改变加工对象的灵活性很大,而所需调整的时间却很少,故CNC机床非常适合于多品种、中小批量生产领域。CNC机床称得上是柔性加工设备,它为柔性制造系统打下了很好的基础。于是近二十年来,人们把自动化生产技术的发展重点转移到中、小批量生产领域。

通常使用普通加工设备进行多品种小批量生产时,在零件的生产过程中,坯料和在制品的运输,存放时间约占生产过程时间的95%,花在机床上的时间仅5%,而这5%中真正进行切削加工的时间只占30%,其它70%时间用于零件的定位、装夹、换刀、测量、机床的调整和维修以及清除铁屑、待料等。数控机床只是减少了机床上部分的非切削时间和部分的工序间零件搬运、存放等时间(由于能进行集中工序加工),因此,为了进一步提高劳动生产率,缩短零件生产周期,充分发挥机床利用率,必须在中小批量生产领域里进一步

提高自动化程度,对上述各个环节尽量实现自动化,如仓库的工件存取自动化、工件输送和搬运自动化、工件装卸自动化、刀具输送和交换自动化、机床上刀具寿命管理自动化和刀具磨损的自动检测与自动补偿、刀具破损的自动检测与自动换刀、工件精度自动测量、自动清除切屑、机床运行状态和加工状态的自动监视和故障的自动诊断等。

近二十年来,由于微处理器技术、自动检测技术的迅速发展,微型机成功地应用于CNC机床、工业机器人、自动化仓库、无人化搬运小车和分布式多级计算机控制系统,加之成组技术的应用,国外已经成功地开发了上述各个自动化环节并通过计算机控制系统把它们联结成以数控机床为基础的各种规模的自动加工系统。在该系统中由于数控机床实现工件装卸自动化和其它辅助功能自动化,使切削时间可以提高到90%以上,并且日夜24小时开机,日班把工作准备好,夜班(二班、三班)实现无人化加工,于是机床利用率和人员劳动生产率又获得成倍增长。

在发展自动化加工系统中因自动化程度和范围的不同,系统曾经有过各种不同称呼,但它们都是计算机控制的制造系统。经过近二十年的实践和各种工业技术的发展,目前工业先进国家一致认为FMS是今后若干年内机械制造自动化发展的重点。据联合国有关组织统计,1985年全世界拥有FMS350余条,1990年已达到1500条,主要分布在日本、美国、俄罗斯、德国、英国等工业发达国家。美、日一条FMS加工零件品种数一般为7种以上,最多达150种,多用于大企业;德国的FMS加工零件品种数可多达50~250种,是世界上柔性最强的系统,大部分用于中型企业;俄国的FMS多是在西方技术的基础上改进的。表1-1列出了86个美、日两国各种规模的代表性FMS简况,表1-2列出了17个美国在1984/1985年间安装与订货的重要的FMS系统简况。从表中可知,美国是世界上建成FMS最早的国家(1967年)。而日本起步晚一些,最早的FMS在1970年建成,可是后来者居上,目前日本却是制造和使用FMS最多的国家。表1-3列出了美、日以外各国一些规模较大的FMS简况。

国内第一套FMS系统是由北京机床研究所于1985年10月开发完成(简称JCS-FMS-1),用于加工数控机床伺服电机轴、法兰盘、壳体、刷架体4类零件,其中单元控制由日本FANUC公司提供。1987年以后,郑州纺织机械厂、大连机床厂、沈阳飞机制造厂等企业先后从德、美等国引进FMS系统。80年代末,我国已具有较好的开发FMS系统的能力,如大连组合机床所开发了ZHS FMSS-11 FMS系统;济南铸锻机械研究所与北京机械工业自动化研究所合作开发的板材加工FMS系统已在水关厂正常运行。目前国内已有15条左右FMS投入调试和使用,这些FMS一般由数台数控机床或加工中心(最多五台)、AGV有轨搬运车或机器人、刀库和毛坯库等组成,分别加工机床箱体、压缩机壳体、减速机机座、控制箱体和轴类等零件。

表1-1 代表性FMS简介

系统名称	制造厂	用户	引入年份	机床台数	加工对象
日本 Production Master 系统 101	日立精机	日立精机	1970	5	壳体状零件(机床)
Production Master 系统 102	日立精机	日立精机	1972	9	机床零件(壳体)
TIPROS1	丰田工机	丰田工机	1972	2	机床零件(箱体)
Parts Center1	大隈铁工	大隈铁工	1972	4	机床轴类件
Production Master 系统 801	日立精机	Kobe 钢厂	1973	3	泵壳体

系统名称	制造厂	用户	引入年份	机床台数	加工对象
Production Master 系统 802	日立精机	Yamar 柴油机厂	1973	3	壳体零件 (柴油机)
FANUC 生产系统	FANUC 等	FANUC	1974	8	电机传动件
Production Master 系统 803	日立精机	Yamar 柴油机厂	1974	10	气缸体 (大型柴油机)
Production Master 系统 804	日立精机	Yamar 柴油机厂	1975	16	气缸体 (柴油机)
Transfer Center	牧野铣床	ヤンマー柴油机厂	1976	10	大型气缸体 (柴油机)
箱体形 Parts Center	丰田工机	石川岛播磨重工	1976	4	柴油发动机零件
Production Master 系统 103	日立精机	锻大田产业	1976	8	阀门壳体
Production Master 系统 805	日立精机		1977	2	拖拉机零件
圆形体 Parts Center	东芝机械	石川岛播磨重工	1977	4	圆形体工件
TIPROS2	丰田工机	Fuso Seiko	1977	2	壳体状零件 (农机)
TIPROS3	丰田工机	Fuji Xerox	1977	5	复印机箱体
TIPROS	丰田工机	レオン自动机	1978	2	食品加工机零件
Production Master 系统 104	日立精机		1978	7	拖拉机箱体零件
Production Master 系统 105	日立精机	久保田铁工	1979	8	拖拉机箱体零件
Production Master 系统 106	日立精机	日立精机	1979	5	机床零件 (壳体)
TIPROS	丰田工机		1979	3	冷冻机壳体零件
TIPROS	丰田工机	扶桑精工	1979	2	模型等
TIPROS	丰田工机		1979	4	齿轮箱、壳体
Production Master 系统 806	日立精机		1980	2	
系统 HOKUETSU	东芝机械	北越工业	1980	6	压缩机缸体、壳体
PPMS	东芝机械	东芝タンガロイ	1980	6	刀具体、刀柄
SPS	大隈铁工		1980	3	电机轴
船用推进器柔性加工系统	东芝机械	ナカシマ推进器厂	1981	1	船用推进器
DNC 轴加工线		富士电机	1981	4	电机轴
FMF	山崎铁工	山崎铁工	1981	18	机床大型零件
FMF 机器人工厂	FANUC	FANUC	1981	32	机器人零件、小型床身、工作台 (机床)
FMF (伊贺厂)		森精机伊贺厂	1981	13	机床中、小箱体零件
FMF (犬山厂)		村田机械	1981	10	机床和纺织机械零件
		新日本工机	1981	4	箱体零件
	新潟铁工	新潟铁工	1981	6	中大型柴油机零件
NCCenter 无人搬运系统		村田机械	1981	6	框架、齿轮箱
Production Master 系统 807	日立精机		1981	4	圆形体 (盘)
	丰田工机		1982	4	汽车零件
	丰田工机		1982	(20)	壳体零件
中小件加工线		冢本工作机械	1982	2	中小型框架、支架
FMSMC-1	大隈铁工	大隈铁工	1982	7	机床床身、滑鞍等
	大隈铁工		1982	4	钻井用具
FMF 电机工厂	FANUC	FANUC	1982	60	电机零件
FMF	牧野铣床	牧野铣床	1982	10	箱体零件 (机床)
FMS-T5003 VHR	东芝机械		1982	2	箱体零件
Production Master 系统 107	日立精机		1982	3	箱体类、轴类
DNC 系统 NEFAMS	新潟铁工		1982	2	箱体类
AFMSTIPROS-90	丰田工机		1982	3	轴类、箱体类

系 统 名 称	制 造 厂	用 户	引 入 年 份	机 床 台 数	加 工 对 象
LMG-1	滝沢铁工		1982	2	轴类、箱体类
MCS-101	大隈铁工		1982	4	轴类、箱体类
DMS	大阪机工		1982	2	箱体零件
FMS-M1002H	牧野铣床		1982	6	模具
FMMS-21 美浓加茂 FMF	日立精工		1982	2	箱体零件
FMS	大阪机工	大阪机工	1983	3	机床箱体零件
高性能带激光技术的综合系统	山崎铁工	山崎铁工	1983	43	机床零件
美国 Omniline 1	滝沢铁工	滝沢铁工	1983	16	机床零件
Omniline 2	通产省组织		1984		传动齿轮箱零件
FMS	White Sundstrand	Sundstrand 飞机工厂	1976	12	飞机零件 (箱体、盖)
FMS-1	White Sundstrand	Ingersoll	1970	6	机床零件 (壳体)
Omniline 3	Kearney & Trecker (K&T)	Rockwell Inter	1971	8	飞机零件 (壳体)
FMS	K&T	Allis-Chalmers	1971	10	拖拉机 (壳体、盖)
柔性加工系统	White Sundstrand	Caterpillar	1974	10	拖拉机发动机气缸
可交换多轴箱机床加工系统	K&T	AVCO	1975	14	飞机发动机 (壳体)
Xero' S Webster	Bendix		1976		中批量机械加工
FMS	Ingersoll		1978		农业机械零件
Omniline 4	K&T	Xero' s Webster	1978	6	复印机轴
FTL	White Sundstrand	International Harvester	1980	9	拖拉机零件 (壳体)
NC-生产线	Excello	Caterpillar	1980	4	拖拉机零件 (壳体)
FTL	K&L	Caterpillar	1980	5	拖拉机零件 (壳体)
Omniline 5	BBC	Caterpillar	1980	34	拖拉机零件 (壳体)
FMS	Masser-Ferguson	Masser-Ferguson	1980	10	减速器零件 (盘状)
FMS	White Sundstrand	General Dynamics	1980		壳体
Omniline 6	K&T		1981	12	拖拉机零件 (壳体)
Omniline 7	K&T		1981	10	光学测量仪器 (壳体、板)
VMM	White Sundstrand	Caterpillar	1981		拖拉机零件 (壳体)
ICAM	Cincinnati Milacron		1981	13	壳体
FMS (Vought)	美国空军组织	美国空军	1981		飞机发动机缸盖
FMS (Erie)	Cincinnati Milacron	LTV 公司	1982	8	飞机钣金零件
FMS	Gedong & Lewis	G. E. 公司	1983	9	B-1 飞机零件
FMS	K&T	Hughes 公司	1983	9	机床零件 (电机机座和齿轮箱)
FMF (Florence)	Mazak	Harris	1983	7	飞机铝制壳体零件
FMC (机器人型)	Litton	Mazak	1983	28	印刷机棍子、缸体等
	Burgmaster	Lucas	1984	2	机床主机、齿轮箱等
		Caterpillar	1984	2	机床零件
		Mercury Marine	1984	10	货车轴承座
			1984	11	发动机机体

表 1-2

1984~1985 年在美国安装和订货的一些具有规模的 FMS

制造厂	用户	投资 (百万美元)	引入年份	机床台数	加工对象
Cincinnati Milacron	FMC 公司	8	1984	4 台加工中心	Bradley 战斗机和多级火箭系统
White Consolidated Ind. (WCI)	美国陆军	15.3	1984 末	8 台加工中心 2 台 CNC 车床	炮后膛零件
Cincinnati Milacron	Cincinnati Milacron 塑料公司	—	1985	4 台加工中心	71 种塑料机械零件
Comau	Borg Warner	9.6	1985	4 台加工中心、立车	80 种压缩机零件
Ingersoll Engineers	通用汽车公司	9	1985	7 台加工中心	焊接钻、夹具
Trumpf	Onan 公司	2.5	1985	激光冲压机和换刀机器人	1000 种钣金零件
新日本工机	波音飞机公司	—	1985	5 台加工中心	飞机结构零件
Kerrney & Trecker	Sundstrand 公司	8~10	1985	6 台加工中心 2 台车削中心	液压传动零件
ACME-Lasalle 机床厂	Vickers	18	1985	11 台 CNC 机床	液压活塞泵、油缸体
LucasiLitton 工业公司	自用	6	—	2 台加工中心	机床零件
丰田公司	Sundstrand 飞机厂	—	—	2 台加工中心	—
Ingersoll 工程公司	自用	20	1986	9 台加工中心	机床零件
Lamb Technicon	通用汽车公司 Detroit 柴油机	—	1986	—	发动机零件
Westinghouse 工业电子公司	General Dynamics	—	1987	6 台加工中心	F-16 战斗机的 80 种铝制零件
Giddings&Lewis	Mc Donnell Douglas	18	1987	2 台车削中心 5 台镗铣床	导弹体
WCI	西屋公司机电部	—	1987	2 台 CNC 车床 1 台加工中心	核反应堆冷却泵零件
White-Sundstrand	自用	20	1988	11 台加工中心 2 台 CNC 车床	机床零件
	GE 飞机发动机分厂	16	1985	20 台车削中心	发动机旋转体零件

表 1-3

其它各国一些规模较大的 FMS

国别	用户	投资	引入年份	NC 机床台数	加工对象
联邦德国	Adam Opel	FFS800-6 系统 5000 万美元	1983	15 台	汽缸机械
	齿轮工厂			16 台	齿轮与齿轮箱
	Ford 工厂			23 台	驱动轴车削(系统)
	Werner Messerschmidt			6 台	箱体零件
英国	600 集团	300 万英镑	1985	9 台	机床零件
	Ford 汽车公司	400 万英镑	1985	11 台	传动零件
	飞机集团	1000 万英镑	1987	16 台	飞机零件
	KTM 公司			4 台	机床箱体零件
	Rolls-Royce			4 台	叶片
	Renault	4500 万法郎	1982	7 台	传动装置

国别	用户	投资	引入年份	NC机床台数	加工对象
法国	Jaeger Rotain		1982	18台	起重机
			1983	7台	
意大利	Mandelli	30000 万美元 17 台 装配机器人, 56 台 搬运机器人, 72 个 自动装配站	1981	5台	机床零件
	Maserati		1984	10台	发动机零件
	Fial 汽车厂 同上 (FAS)			8台	轮毂与方向接头 发动机装配
苏联	机床制造厂	ASV-20 系统		10台	旋转体零件
	电气机车制造厂			34台	旋转体零件
民主德国	VEB 机床厂	Rota Fz200 系统		19台	车床齿轮
	电机工厂			25台	电机
捷克斯洛伐克	ZPS	IVU-400 系统		10台	箱体零件
	Skoda			15台	箱体件
	TOS			25台	非旋转体件
瑞典	ABBygg-Och	8000 万瑞典克朗	1979	23台	搬运设备零件
	Volvo		1982	14台	柴油机曲轴

## § 1.2 FMS 的定义及优点

由于FMS尚在发展,目前尚无统一的定义,但综合一些有关文献可以认为:柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,简称FMS)是计算机控制的,由若干半独立的工作站和一套物料传送系统所组成的,能高效地完成多品种,中小批量生产的自动化制造系统。图1-1是柔性制造系统的示意图。上述定义和示意图突出了FMS的三个重要组成部分:

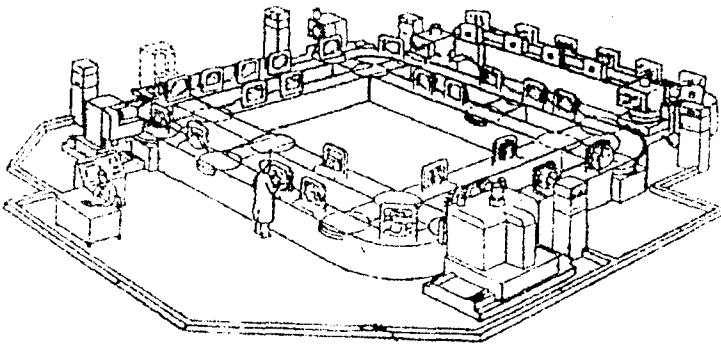


图 1-1 柔性制造系统示意图

- CNC 机床;
- 在各机床之间和装卸站之间运送零件和刀具的传送系统;
- 使各机床、零件运送装置和工件协调工作的总体控制系统。

在大多数FMS中,进入系统的毛坯在装卸站装夹到夹具托盘上,然后,物料传送系统(Material Handling System,简称MHS)把毛坯连同夹具和托盘一

起,送往将要对工件进行加工的机床旁排队等候。在系统中工件的流动由计算机控制,计算机的作用就象交通管理员。如果系统设计正确,待加工零件总是排队等候在机床旁,只要机床一空闲,零件就立即被送上去加工。托盘交换的时间越短,机床空闲时间就越少。



在 FMS 中, 由于从机加工计划管理、加工件的储存、搬运和装卸到加工过程控制的全部自动化, 以及二、三班无人化加工的实现, 使 FMS 具有下列无可比拟的优点:

- 极大地提高劳动生产率;
- 大大缩短了生产周期;
- 提高产品质量;
- 充分提高机床利用率;
- 较多地减少操作人员;
- 较大地降低成本;
- 减少在制品数量和库存容量。

表 1-4 说明 FMS 的效益情况。由于各个 FMS 的情况不同, 以及各厂原来加工系统也各不相同, 所以效益的比较数字变化幅度较大。据有关部门统计表明: 它使汽车换代寿命由原来的 15 年缩短到 5 年或更短; 它可减少编制工艺的工作量, 节省 50% 以上劳动力; 设备利用率也可提高 50%~100%; 生产场地可减少 50% 以上; 且可降低成本 60%。

表 1-4 FMS 效益统计表

	东芝タンガロイ			新潟内燃机工厂		
	原来加工方法	FMS	效益	原来加工方法	FMS	效益
机床台数	50 台	6 台	减少 88%	31 台	5 台	减少 84%
操作人员	70 人	16 人	减少 77%	31 人	4 人	减少 87%
开机率	20%	70%	3.5 倍	—	—	—
占地面积	1480m <sup>2</sup>	350m <sup>2</sup>	减少 76%	—	648m <sup>2</sup>	—
工序数	15	8	约 $\frac{1}{2}$	—	—	—
加工周期	18.6 日	4.2 日	约 $\frac{1}{4}$	16 日	4 日	$\frac{1}{4}$
系统价格	1 亿 4 千万日元	5 亿日元	约 4 倍	6 亿日元	6 亿日元	—
加工成本			2~3 年后约 $\frac{1}{2}$			

	森 精 机			新日本工机		
	普通系统	FMS (日班有人二、 三班无人)	比例	普通系统	FMS	比例
机床台数	54	13	1/4	15	4	27%
开机时间 (22 日/月)	176 小时/月	528 小时/月	3 倍			
机床利用率	67%	93%	1.38 倍	30%	85%	2.8 倍 (切削时间率)
操作人员	27 人	3 人	1/9	15	二班共 4 人	27%
加工周期				15 日	2 日	13%

	山崎铁工所美浓加茂 FMMS-21		
	原来生产系统	FMMS-21	比 例
机床台数	90 台	43 台	47%
人员	195 人	39 人	1/5
加工周期	35 日	3 日	0.09%
占地面积	16500m <sup>2</sup>	6600m <sup>2</sup>	40%