

柔性制造系统

《柔性制造系统》编委会 编著



兵器工业出版社

TH-1165

T=6

383786

柔性制造系统

兵器工业出版社

(京) 新登字 049 号

图书在版编目 (CIP) 数据

柔性制造系统/柔性制造系统编委会编著. —北京:兵器工业出版社, 1995. 5

ISBN 7—80038—891—3/TH·59

I. 柔… II. 柔… III. 柔性制造系统 IV. TH165

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 06330 号

兵器工业出版社 出版发行
(北京市海淀区车道沟 10 号)
航空工业出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 20.125 字数: 496.08 千字

1995 年 5 月第 1 版 1995 年 5 月第 1 次印刷

印数: 2000 册 定价: 32.00 元

《柔性制造系统》编委会

主 编：谭益智

副主编：王偲鹏

编委：(以姓氏笔划为序)

马玉林 邓宏筹 王润孝 田雨华

杨正琦 张友良 张晓坤 戴树智

前 言

我国开展柔性制造系统(FMS)技术的研究、开发和应用已有十几年,特别是近十年来,部分院校、研究所分工协作,系统、深入地开展了FMS总体规划与设计技术、FMS运行控制与仿真技术、FMS通信网络与标准化技术、FMS检测与监控技术、FMS应用工程技术、FMS集成配套技术的研究和开发,并通过柔性制造试验系统进行了验证,部分成果已进行了实际应用。本书便是在总结上述研究和应用成果,以及吸收国外先进技术成果基础上编著而成的,并力求在技术叙述上有一定深度,以便对今后FMS技术在企业的推广应用有较大的指导和参考价值。

《柔性制造系统》编委会由王偲鹏倡议组成,并由王偲鹏组织全体委员讨论确定本书编著内容和提纲,各编委分工执笔编著,并经编委会讨论修改,最后由谭益智、王润孝统稿。全书编者的主要分工如下。

第1、4章由谭益智主笔,第2章由邓宏筹主笔,第3章由王润孝主笔,第5章由张友良主笔,第6章由马玉林主笔,第7章由杨正琦主笔,第8、9章由戴树智主笔,第10章由田雨华主笔。

除编委外参加编著的还有付宜利(第6章)、马云富、张犹华、王幼成(第7章)。

全书由崔连信、周华等编辑加工。

《柔性制造系统》编委会

1995年3月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 柔性制造系统产生的历史背景	(1)
1.2 柔性制造系统的定义和组成	(3)
第 2 章 FMS 的规化与设计	(6)
2.1 系统规划及设计的作用和意义	(6)
2.2 系统规划与设计的主要步骤	(7)
2.2.1 系统可行性论证	(7)
2.2.2 初步设计	(7)
2.2.3 技术设计和详细设计	(8)
2.3 系统的可行性论证	(8)
2.4 系统的初步设计	(9)
2.4.1 产品对象工艺分析及工艺方案的确定.....	(10)
2.4.2 加工设备配置方案的确定.....	(12)
2.4.3 系统的功能模型设计.....	(12)
2.4.4 系统的信息模型设计.....	(19)
2.4.5 FMS 分系统方案设计	(20)
2.4.5.1 工件运送及管理系统方案设计.....	(20)
2.4.5.2 刀具运送及管理系统方案设计.....	(20)
2.4.5.3 各辅助工作站配置方案.....	(22)
2.4.6 检测监控分系统方案设计.....	(22)
2.4.7 系统的控制结构体系方案.....	(22)
2.4.8 系统的通信网络及数据管理分系统的配置方案.....	(22)
2.4.9 FMS 设计方案的计算机仿真	(23)
2.4.10 系统的可靠性分析	(25)
2.4.10.1 系统可靠性分析的目的	(25)
2.4.10.2 系统可靠性分析的主要内容	(25)
2.4.10.3 系统可靠性的分析方法	(25)
2.4.11 初步设计评审	(30)
2.5 系统的技术设计及详细设计.....	(31)
2.5.1 技术设计及详细设计的概念.....	(31)
2.5.2 系统功能模型的 IDEF0 完成图设计	(31)
2.5.3 系统的数据交换及管理系统的详细设计.....	(32)
2.5.4 单元控制器及工作站控制器的详细设计.....	(32)
2.5.5 工件运送和管理系统设备及其控制器硬件的技术设计.....	(32)

2.5.6	刀具运送和管理系统设备及其控制器的技术设计	(33)
2.5.7	FMS 生产场地正式工艺布置图设计	(33)
	参考文献	(34)
第3章	FMS 的加工系统	(35)
3.1	加工系统功能及机床配置	(35)
3.1.1	加工系统在 FMS 中的作用	(35)
3.1.1.1	加工系统的作用	(35)
3.1.1.2	选择机床的原则	(36)
3.1.2	FMS 对机床的要求及配置	(37)
3.1.2.1	FMS 对机床的要求	(37)
3.1.2.2	FMS 的机床配置形式	(37)
3.2	机械加工设备	(38)
3.2.1	数控加工中心	(38)
3.2.1.1	数控加工中心的分类	(38)
3.2.1.2	数控加工中心的结构特点	(40)
3.2.1.3	数控加工中心实例	(41)
3.2.2	车削机床及车削加工中心	(43)
3.2.2.1	车削加工中心的类型	(43)
3.2.2.2	车削加工中心的结构	(44)
3.2.2.3	车削加工中心的加工对象与效益	(46)
3.2.3	其它设备	(47)
3.2.3.1	主轴箱更换式机床	(47)
3.2.3.2	坐标测量机	(53)
3.3	机床辅具及自动上下料装置	(54)
3.3.1	机床夹具	(54)
3.3.2	托盘	(55)
3.3.3	自动上下料装置	(55)
3.3.3.1	托盘交换器	(56)
3.3.3.2	机器人	(56)
3.4	自动换刀装置及刀库	(59)
3.4.1	自动换刀装置	(59)
3.4.1.1	数控加工中心机床上的自动换刀装置	(59)
3.4.1.2	车削中心机床上的自动换刀装置	(60)
3.4.2	刀具库	(62)
3.5	柔性制造系统对加工设备的控制功能要求	(65)
3.5.1	FMS 对控制装置的要求	(65)
3.5.2	FMS 对支持设备和项目的要求	(65)
3.5.3	FMS 对机床保护方面的要求	(66)
	参考文献	(66)

第 4 章 FMS 的运储系统	(67)
4.1 零件的自动运输和管理系统	(67)
4.1.1 零件自动运输系统的组成和基本形式	(67)
4.1.2 自动导向小车	(75)
4.1.3 自动导向小车的导向方法	(78)
4.1.4 零件的装卸	(81)
4.1.5 工件在托盘中的定位精度的分析和计算	(83)
4.2 刀具的自动运输和管理系统	(87)
4.2.1 FMS 刀具自动运输和管理系统的组成	(87)
4.2.2 切削刀具、刀杆的选择	(88)
4.2.3 对刀仪及刀具装卸站	(90)
4.2.4 刀具交换装置	(91)
4.2.5 FMS 刀具的管理	(94)
4.3 自动化仓库	(96)
4.3.1 自动化物料仓库的组成与结构	(96)
4.3.2 物料搬运机构及堆垛机	(98)
4.3.3 自动仓库的计算机控制	(98)
参考文献	(99)
第 5 章 FMS 的运行控制系统	(100)
5.1 FMS 的生产运行过程	(100)
5.2 FMS 控制系统	(101)
5.2.1 FMS 的递阶控制结构	(101)
5.2.2 具有开放性的单元控制器结构模型	(103)
5.2.3 动态重构单元控制器	(105)
5.3 FMS 的计划与调度	(106)
5.3.1 FMS 的生产作业计划	(107)
5.3.2 FMS 的调度	(107)
5.3.3 FMS 的调度决策及规则	(108)
5.3.3.1 调度决策	(108)
5.3.3.2 调度规则	(109)
5.3.4 FMS 故障的调度	(111)
5.4 FMS 运行控制的仿真	(111)
5.4.1 系统仿直的一般概念	(112)
5.4.2 FMS 建模的基本理论与方法	(113)
5.4.2.1 排队论	(113)
5.4.2.2 活动循环图 (ACD) 法	(115)
5.4.2.3 Petri 网	(118)
5.4.3 仿真策略与仿真语言	(122)
5.4.3.1 仿真策略	(122)

5.4.3.2	仿真语言	(124)
5.4.4	FMS 运行的仿真评价	(129)
5.4.5	FMS 运行仿真实例	(132)
	参考文献	(139)
第 6 章	FMS 的质量保证系统	(140)
6.1	概述	(140)
6.1.1	FMS 质量保证系统结构、功能概念	(140)
6.1.2	质量保证、质量管理与质量控制	(142)
6.1.3	质量系统的发展与现状	(143)
6.2	生产过程中的质量保证技术	(144)
6.2.1	质量规划	(144)
6.2.2	质量检验控制	(146)
6.2.3	质量评价与改进	(147)
6.2.4	质量信息系统及其管理技术	(147)
6.3	FMS 系统状态的检测与监控	(148)
6.3.1	FMS 运行状态的检测监控	(148)
6.3.1.1	FMS 运行状态的检测	(149)
6.3.1.2	检测监控系统的模块化及其集成	(150)
6.3.2	状态检测监控装置与典型系统简介	(151)
6.4	FMS 加工过程的检测与监控	(154)
6.4.1	加工过程的实时监控技术概述	(154)
6.4.2	刀具破损的检测	(155)
6.4.2.1	电功率法刀具破损检测	(156)
6.4.2.2	声发射法刀具破损检测	(158)
6.4.2.3	刀具破损检测技术的综合应用	(161)
6.4.3	工件尺寸的自动检测	(163)
6.4.3.1	柔性坐标测量与循环内检测技术	(163)
6.4.3.2	机器人辅助测量技术	(164)
6.4.3.3	自动测量中的传感器技术	(166)
6.5	FMS 实时监控与尺寸自适应控制	(168)
6.5.1	FMS 实时监控系统功能	(168)
6.5.2	自适应控制技术及其系统	(169)
6.5.3	统计质量控制方法	(172)
6.6	FMS 故障诊断技术	(173)
6.6.1	FMS 故障诊断专家系统	(173)
6.6.2	故障诊断专家系统	(174)
6.6.3	故障诊断专家系统知识库	(177)
	参考文献	(180)
第 7 章	FMS 的数据管理与通信网络	(181)

7.1	FMS 信息系统的开放体系结构	(181)
7.2	FMS 信息模型	(184)
7.2.1	FMS 信息模型的设计	(184)
7.2.2	FMS 信息的传递、交换与处理	(185)
7.3	数据管理	(187)
7.3.1	概述	(187)
7.3.2	FMS 数据库实例	(193)
7.4	通信网络	(200)
7.4.1	计算机网络体系结构	(200)
7.4.2	通信网络协议标准	(202)
7.4.3	FMS 通信网络结构	(206)
7.4.4	mini-MAP 网络的实现技术	(211)
7.4.5	MMS 在 TCP/IP 协议下的实现	(217)
	参考文献	(219)
第 8 章	FMS 的安装、调试与验收测试	(220)
8.1	安装环境条件	(220)
8.1.1	FMS 的基础设计	(220)
8.1.2	起吊运输	(220)
8.1.3	设备安装	(221)
8.2	试车调试	(221)
8.2.1	设备与子系统调试	(221)
8.2.2	系统联调	(222)
8.3	验收测试	(223)
8.3.1	验收的组织	(223)
8.3.2	验收资格审查	(224)
8.3.3	制订验收大纲和工作计划	(224)
8.3.4	运行考核	(225)
8.3.5	现场测试	(225)
8.3.6	系统的验收评审	(228)
	参考文献	(228)
	附表	(229)
第 9 章	柔性制造系统的应用	(239)
9.1	企业决策分析	(239)
9.1.1	科技生产力的概念	(239)
9.1.2	企业技改决策实例	(242)
9.1.3	FMS 需求论证	(247)
9.2	组织实施	(250)
9.2.1	FMS 项目办公室	(250)
9.2.2	技术论证	(251)

9.2.2.1	FMS 技术可行性论证内容	(252)
9.2.2.2	提供多种可行性方案	(253)
9.2.3	投资效益论证	(254)
9.2.3.1	资金时效分析	(255)
9.2.3.2	FMS 投资时效分析	(259)
9.2.3.3	FMS 综合效能测定方法	(262)
9.2.4	制订实施计划	(263)
9.3	技术实施	(267)
9.3.1	FMS 总体方案评审	(267)
9.3.2	招标与评审	(269)
9.3.2.1	编写招标书	(270)
9.3.2.2	评审投标	(273)
9.3.3	安装与调试	(276)
9.3.3.1	人员准备	(276)
9.3.3.2	运行生产	(277)
9.4	教育培训	(279)
9.4.1	高技术企业职工必须经过专门的岗位培训	(279)
9.4.2	人的两重性	(280)
9.4.3	培训内容	(281)
9.4.4	培训方式	(282)
	参考文献	(283)
	附表	(284)
第 10 章	柔性制造系统发展趋势	(288)
10.1	FMS 仍会迅速发展	(288)
10.2	FMS 系统规模减小, 发展标准单元	(291)
10.3	FMS 系统性能迅速提高	(292)
10.4	站在 CIMS 的高度考虑 FMS 规划设计	(304)
10.5	FMS 实施越来越重视组织管理和人的因素	(304)
	参考文献	(305)

第 1 章 绪论

1.1 柔性制造系统产生的历史背景

自本世纪 50 年代、60 年代以来,一些工业发达的国家和地区,在达到了高度工业化的水平以后,就开始了从工业社会向信息社会转化的过程。形成了一个从工业社会向信息社会过渡的时期。这个时期的主要特征是电子计算机、遗传工程、光导纤维、激光、海洋开发等新技术的日益广泛而深入的应用。估计在本世纪末,下世纪初,或者在几十年以内,将出现这样一种新情况,现在已经突破的和将要突破的新技术,会很快地用于生产或社会,给社会生产力带来新的飞跃,并相应地对经济、社会带来新变化。对机械制造业来说,对它的发展影响最大的是电子计算机的应用。出现了所谓机电一体化新概念。出现了一系列如:机床数字控制(NC)、计算机数字控制(CNC)、计算机直接控制(又称群控,群管理)(DNC)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助设计(CAD)、成组技术(GT)、计算机辅助工艺规程编制(CAPP)、计算机辅助几何图形设计(CAGD)、工业机器人(ROBOT)等等新技术。

对这些技术综合运用的结果,在 70 年代末、80 年代初出现了“柔性制造系统”(FMS),它是一个由电子计算机控制的系统,在它上面可同时加工形状相近的一组或一类产品。随着科学技术进一步的发展,更进一步地发展出了所谓“计算机集成制造系统”(CIMS)、“未来工厂”、“自动化工厂”等新概念和新技术。

随着 CIMS 技术迅速向纵深发展,其技术内容不断扩展,提出了并行工程(Concurrent Engineering)、精良生产(Lean Production)、灵活制造(Agile Manufacturing)、虚拟公司(Virture Corperation)等涉及技术、企业管理体制的新概念。并强调人与技术、经营三者的集成,从而对 CIMS 以及相关管理体制、人的作用有了更深入的了解。

随着 CIMS 技术向纵深发展,柔性制造技术的概念也有了新发展。在 CIM 环境下,FMS 已跳出了传统 FMS 的概念的局限,在 CIM 概念下,FMS 被定义为在广义上的可编程的控制系统,它具有处理高层次分布数据的能力,具有自动的物流,它使 CIM 的概念得以在车间实施,从而实现小批量、高效率的制造,以适应不同产品生命周期的动态变化。

这些新技术为什么会产生在当前这个时代呢?有多种内在的和外部的因素。但最根本的有两个:一是市场发展的需要;一是科学发展到一个新阶段,为新技术的出现提供了一种可能。

1. 从市场的特点来看,本世纪初,工业化形成的初期,市场对产品有充分的需要。这一时期的特点是,产品品种单一,生命周期长,产品数量迅速增加,各类产品的开发、生产、销售主要由少数企业控制着。促使制造企业通过采用自动机或自动生产线提高生产率来满足市场的需求。

60 年代以后,世界市场发生了很大的变化,对许多产品的需求呈现饱和趋势,在这种饱和的市场中,制造企业面临着激烈的竞争。企业为了赢得竞争就必须按照用户的不同要求开

发新产品。这个时期市场的变化，归纳起来有以下一些特征。

1) 产品品种日益增多，为了竞争的 需要生产企业必须根据用户的不同要求，开发新产品。所谓量体裁衣。为适应这种品种的多变，企业必须改变旧有的适用于大批量生产的自动线生产方式。代之以应变能力强的，很快适应生产新产品的，新的生产形式。寻求一条有效途径，解决单件小批量生产的自动化问题。

2) 产品生命周期明显缩短，由于生产生活的需要对产品的功能不断提出新的要求，同时由于技术的进步为产品的不断更新提供了可能，从而使产品的生命周期越来越短，以汽车为例，1970 年平均生命周期为 12 年，1980 年缩短为 4 年，1990 年仅为 18 个月。

3) 产品交货期的缩短即缩短从订货到交货的周期是赢得竞争的重要手段。据说美国 A—B 公司的交货期最少可缩短为几十小时。

2. 从科学技术的发展条件来看，近 40 年来，科学技术几乎在各个领域发生了深刻变化，出现了新的飞跃，有人推测(詹姆斯·马丁)，人类的科学知识在 19 世纪是每 50 年增加一倍，20 世纪中叶每 10 年增加一倍，70 年代每 5 年增加一倍。目前每 3 年增加一倍。

1945 年美国制造出第一台电子计算机以后经历了电子管、晶体管、小规模集成电路、大规模和超大规模集成电路的发展过程。

计算机的发展和应用给制造业带来了深刻的变化，出现了一系列的新技术新概念，CAM、CAPP、FMS、CIMS 经过 30 年的发展，技术上日益成熟，已部分地或完全地应用于生产实际。

与此同时，自动控制理论，制造工艺，以及生产管理科学，也都有了日新月异的变化。这就为 FMS 的发展提供了发展环境。

计算机辅助制造技术的发展应从数控机床的发展算起，自 1952 年美国麻省理工学院研制成功第一台数控铣床，计算机辅助制造技术就公认为是解决单件小批生产自动化的有效途径。仅 40 年的时间，就有了飞速的发展。先是控制元器件方面的不断革新，电子管、晶体管、小规模集成电路、中规模大规模集成电路的相继出现，仅用了 20 年就发生了四次根本性的变革。与此同时，机床本身也在机械结构和功能方面有了极大的进展，滚珠丝杠、滚动导轨、变频变速主轴的应用，加工中心的出现，都给机床结构带来了极大的变化。伺服系统也从步进电机、直流伺服至交流伺服，控制理论方面也有了长足进步。

70 年代初期出现了计算机数控所谓 CNC，对计算机软件的发展带来了一个极大的转机。过去的硬件数控系统要做某些改变或是增加一些功能，都要重新进行结构设计，而 CNC 系统只要对软件做一些必要的修改，就可以适应一种新的要求。与此同时，工业机器人和自动上下料机构、交换工作台，自动换刀装置都有很大的发展，于是出现了自动化程度更高柔性更强的所谓柔性制造单元，简称 FMC，又由于自动编程技术和计算机通讯技术的发展而出现了一台大型计算机控制若干台机床，或由中央计算机控制若干台 CNC 机床的计算机直接控制系统，所谓 DNC。

70 年代末，80 年代初，计算机辅助管理物料自动搬运，刀具管理和计算机网络，数据库的发展以及 CAD/CAM 技术的成熟，出现了更加系统化，规模更加扩大的柔性制造系统，即所谓 FMS。

根据有关方面的统计，美国目前大约有 100 多条全功能柔性制造系统能够运行。其应用行业主要有航空航天业、军事/国防工业、汽车工业、电子/计算机工业、半导体/光电子工业、食品工业、石油化工、生物医学工业等方面。

应用柔性制造系统可获得明显的效益。这主要是由于以下几方面的因素。

1) 主要设备利用率高: 在典型情况下, 采用柔性制造系统中的一组机床所获得的生产量是单机作业车间环境下用同等数目机床所获得的生产量的 3 倍。通过计算机对零件作业进行调度, 一旦某一机床空闲, 计算机便调一零件到该机床, 柔性制造系统可以获得很高的生产率。零件在物料运贮系统上的移动和将相应的 NC 程序传输给机床是同时进行的。另外, 零件到达机床时已被夹在托盘上 (此工作在单独的装卸站完成, 因此机床不用等待零件的装调)。

2) 降低主要设备成本: 由于设备利用率高, 因而在加工同样数目的零件时, 系统内所需的机床数目少于单机情况下的机床数目。通常加工中心的减少量是 3 : 1 的比例。

3) 降低直接人工成本: 由于机床完全由计算机控制, 只需要一个系统管理人员和非技术人员在装卸站进行工件的装卸。然而人工成本降低是以需要熟练技术人员为抵偿的, 而目前这样的熟练人员如计算机专家在工厂是缺少的。

4) 减少在制品库存量及生产周期: 柔性制造系统与常规加工车间相比, 其在制品的减少量相当惊人。有报告说在设备相同条件下, 在制品减少了 80%, 这是零件等待切削加工的时间减少的结果, 其原因可以归结为以下几点:

— 生产零件所要求的全部设备集中在一个小范围内 (在柔性制造系统内)。

— 由于零件都集中在加工中心上加工, 所以减少了零件的装夹次数和加工零件的机床数目。

— 采用计算机有效地调度投入的零件批量和在系统内调度零件。

5) 能响应生产变化的需求: 当市场需求变化或工程设计变化时, 柔性制造系统具有生产不同的产品的柔性。同样, 对临时需要的备用零件可以随时投入混合在一起生产, 而对正常的柔性制造系统的生产活动没有什么干扰。

6) 具有维持生产的能力: 许多柔性制造系统都设计成能在一台或多台机床出现故障时, 有降级使用的能力。这是通过使机床具有冗余加工能力以及物料运贮系统可以避开出故障的机床来实现的。

7) 产品质量高: 由柔性制造系统加工的产品同由未连成系统的 NC 机床加工的产品相比, 质量得到明显改善。这是由于柔性制造系统具有较高的自动化程度, 减少了夹具和机床的数目、夹具结构合理耐用以及零件与机床匹配恰当, 因而保证了工件的一致性及优良质量, 也大大减少了返修费用。

8) 运行柔性: 运行柔性从另一方面提高了生产率。有些系统在第二班和第三班期间能进行无人看管运行。目前这种接近无人看管运行的系统还不普遍, 但是随着高质量的传感器及计算机控制器被开发出来, 对非预见性问题如刀具破损, 零件流阻塞等能进行检测处理, 这种无人看管的系统将会普及。在此种运行方式下, 检测、装夹和维护都可以放在第一班进行。

9) 生产能力的柔性: 在车间平面布置合理的情况下, 可以把柔性制造系统的初期产量规定得低些, 随着需要, 可以添加机床, 从而增加生产能力。

1.2 柔性制造系统的定义和组成

根据“中华人民共和国国家军用标准”有关“武器装备柔性制造系统术语”的定义, 柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, 简称 FMS) 是由数控加工设备、物料运储

装置和计算机控制系统等组成的自动化制造系统，它包括多个柔性制造单元，能根据制造任务或生产环境的变化迅速进行调整，适用于多品种、中小批量生产。

该标准还对与 FMS 密切有关的术语的定义作了规定。

美国制造工程师协会的计算机辅助系统和应用协会把柔性制造系统定义为“使用计算机控制、柔性工作站和集成物料运贮装置来控制并完成零件族某一工序或一系列工序的一种集成制造系统”。

还有一种更直观的定义是：“柔性制造系统，至少由两台机床，一套物料运输系统（从装载到卸载具有高度自动化）和一套控制系统的计算机所组成的制造系统，它采用简单地改变软件的方法便能制造出某些部件中的任何零件”。还有各种其他的定义来描述柔性制造系统。

各种定义的描述方法虽然不同，但它们都反映了 FMS 应具备下面这些特点：

1 从硬件的形式看它有三部分组成：

1) 两台以上的数控机床或加工中心以及其他的加工设备，包括测量机，清洗机、动平衡机，各种特种加工设备等。

2) 一套能自动装卸的运储系统，包括刀具的运储和工件原材料的运储。具体结构可采用传送带、有轨小车、无轨小车、搬运机器人，上下料托盘，交换工作站等等。

3) 一套计算机控制系统。

2 从软件内容看主要包括：

1) FMS 的运行控制；

2) FMS 的质量保证；

3) FMS 的数据管理和通讯网络。

3 从 FMS 的功能看它必须是：

1) 能自动进行零件的批量生产；

2) 简单地改变软件，便能制造出某一零件族的任何零件；

3) 物料的运输和储存必须是自动的（包括刀具工装和工件）；

4) 能解决多机条件下零件的混合比、且无须额外增加费用。

图 1-1 是一个典型的柔性制造系统的示意图。在装卸站将毛坯安装在早已固定在托盘上的夹具中。然后物料传送系统把毛坯连同夹具和托盘输送到进行第一道加工工序的加工中心旁边排队等候，一旦加工中心空闲，零件就立即送上加工中心进行加工。每道工序加工完毕以后，物料传送系统还要将该加工中心完成的半成品取出并送至执行下一工序的加工中心旁边排队等候。如此不停地进行至最后一道加工工序。在完成零件的整个加工过程中除进行加工工序外若有必要还要进行清洗，检验以及压套组装等工序。

FMS 是一个复杂的系统，因此在建造 FMS 时，需要得到上层领导的全力支持才能获得成功。为避免在规划、设计及操作方面出现失误，必须认真地作好每一步工作。

在作出采用柔性制造系统的决策以前，一定要组织专人认真地进行论证。一旦作出决策，首先应组建一个执行小组，来确定目标、制定计划、了解当前技术状况、筹备招标、评估投标结果、组织系统的安装和运行事宜。执行小组必须由公司的上层人士担任领导，还应包括每个部门的代表，小组成员的素质要高，范围要广，应包括技术规划专家、财务计划专家、制造工艺工程师、系统工程师、计算机工程师、产品设计工程师和设备维修工程师。

小组成立以后，应进一步组织可行性分析论证。组织有关人员完成初步设计和技术设计

及详细设计。在具体实施的过程中还要进行两方面的工作，组织实施和技术实施。组织实施包括机构的设置，需求论证，技术论证，投资效益论证，制定实施计划和网络图等。技术实施包括方案评审，招标评审，安装调试，运行试生产和验收。此外还应注意对决策层，应用层和操作层人员的培训工作。

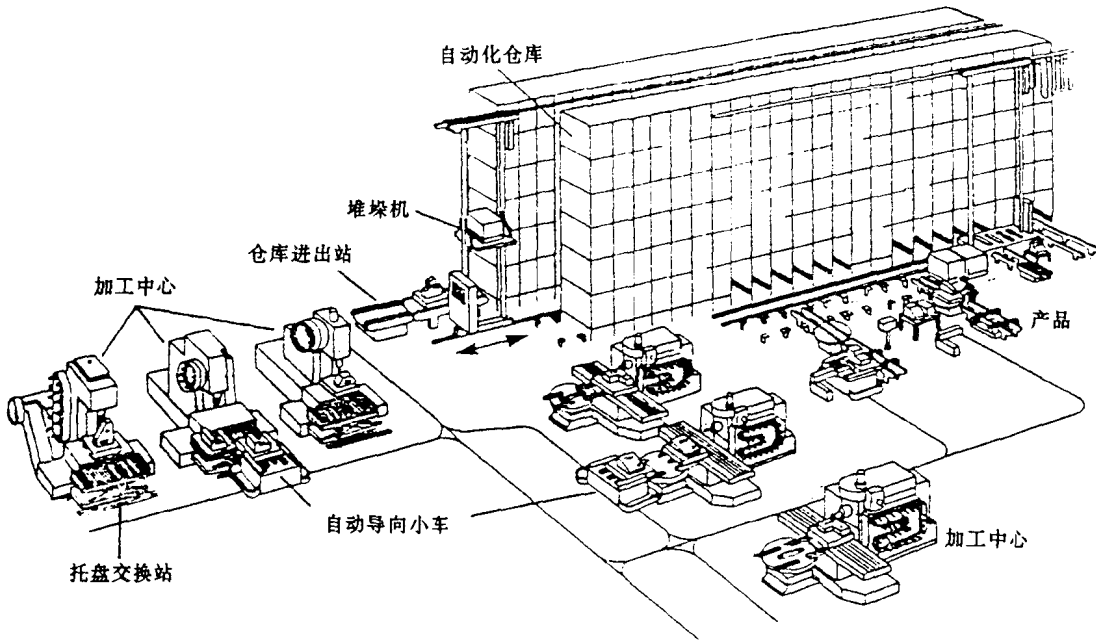


图 1-1 典型的柔性制造系统

第 2 章 FMS 的规划与设计

2.1 系统规划及设计的作用和意义

FMS 是一个高投资的高技术项目, 尽管就世界范围而言, 它已经是一种成熟技术, 并已在工业生产部门得到较为广泛的应用, 但由于多种复杂因素, 导致某些 FMS 项目的应用效果不佳, 国外也有资料报导, 有些 FMS 甚至完全失败, 究其原因, 系统规划不周, 设计失误是失败的主要因素。美国威廉·易·舒德尔教授, 在研究评价 CIMS 的论文中, 曾列举了几个失败的 FMS 实例, 并指出了导致失败的一些因素, 见表 2.1。

表 2.1 开发 FMS 及 CIMS 失败的实例

打算建立 FMS 的公司	开发失败的因素
斯梯那公司 (Stella)	<ul style="list-style-type: none">• 是一个盈利的公司, 总经理并不认为需要自动化, 总工程师说服了总经理• 总经理并未组织本公司的可行性论证及设计, 而是雇用一家系统集成者为公司做设计• 总经理要求是一个交钥匙工程, 忽视了它是否能满足公司效能需求的一面• 斯梯那不愿冒失败和生产停顿的风险, 承制商不得不增加许多冗余设计环节, 这使系统成本大大超过原预计, 结果, 总经理中途取消了该项目
皮杰公司 (Peggy)	<ul style="list-style-type: none">• 总经理虽然重视 FMS 和 CIMS, 并把它们作为企业摆脱亏损求生存的门路, 但缺乏经验• 总经理不组织本公司的可行性论证而是雇用几个承制商来开发设计, 要求按交钥匙工程来完成• 由于投标额度低, 承制商选用廉价设备, 不能保证产品质量• 双方互不信任, 总经理为削减费用, 终止了一些国外开发的软件, 系统性能降低 <p>已证实系统不能满足皮杰的需求, 项目陷于停顿</p>
查理公司 (Charleme)	<ul style="list-style-type: none">• 原是一个亏损的企业, 从未雇人开发过新生产工艺技术• 新任总经理只口述了要实施自动化的类型式样, 未组织论证, 便要一个承制商来进行设计及实施• 由于雇员的大量调整更换, 及各种频繁的冲击和打击, 阻碍了系统开发的进行• 实际结果 FMS 远比人们想象的性能为低, 该项目实际上已被放弃了
艾伦公司 (Arleme)	<ul style="list-style-type: none">• 公司是一个盈利的较新企业, 总经理要求自动化以达到稳定的产品质量, 但未组织论证及本公司设计队伍, 而是雇用承制商作设计• 承制商向总经理抱怨说中层管理人员犹豫不决, 不及时作出设计的选择, 总经理认为这表明公司未达到接受管理复杂自动化系统的水平• 几次缩小系统的规模, 结果所实施的系统过于简单, 效果不能符合要求
卡特皮拉公司 (Caterpillar)	<p>以生产拖拉机, 牵引车, 建筑及筑路机械而闻名于世, 它在 1989 年兴建了一条大型 FMS 系统由 24 台加工中心组成, 原设计生产纲领为月产 4 万件液压器件, 据报导建成后实际生产量始终未达到设计能力, 这意味着经济效益未达到预期的要求</p>