

柔性制造 系统手册

[美] 查尔斯·斯塔克·德雷珀试验室 著
徐兰如 等译

宇航出版社

柔性制造系统手册

[美] 查尔斯·斯塔克·德雷珀实验室 著

徐兰如 等译

宇航出版社

内 容 摘 要

柔性制造系统是一项新技术，用于形状相似的各种零件的中、小批量生产，可以提高生产能力；也是机械制造厂走向无人化的一个重要阶梯。这本柔性制造系统手册是美国陆军坦克自动车辆司令部研究发展中心1983年2月的技术报告。

手册共分五篇。第一篇概述柔性制造系统的特点和定购的步骤与注意事项；第二篇详述系统的各组成部分；第三篇介绍如何规划、选择、定购柔性制造系统以及安装、使用方面应注意的问题；第四篇附录，主要是招标书与投标书的实例。第五篇是计算机用的各种软件包及说明，尚未公开发表。

本手册对负责工业企业技术改造的各级领导，对负责规划、设计、技术引进、招标、订货的工程师、企业管理人员很有参考价值，并可作为研究设计单位的工程技术人员、大专院校机械专业师生的参考资料。

FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM HANDBOOK

Charles Stark Draper Lab.

1983

柔性制造系统手册

〔美〕查尔斯·斯塔克·德雷珀试验室 著

徐兰如、李泉宝、刘尔巽、俞鲸、孙家钟 译

宇航出版社出版 新华书店北京发行所发行
各地新华书店经销 天津市大邱庄印刷厂印刷

开本：850×1168 1/32 印张：12.625字数：326千字

1987年11月第1版第1次印刷 印数：1—2500册

统一书号：15244·0229 定价：3.50元

ISBN7-80034-051-1/TB·018

译 序

柔性制造系统是一项新技术，用于形状相似的多种零件的中、小批量生产，可以提高生产能力；也是机械制造厂走向无人化的一个重要阶梯。

工厂无人化是生产自动化的方向。自动化生产技术发展到今天，已经走过了许多阶段。五十年代的生产自动化以汽车制造厂的大量生产线为代表，突出的优点是：流水式大量生产，质量一致，生产效率高，生产费用低。但是生产任务不能变化，只能生产一种产品，而且生产装备的第一次投资相当大。如要生产另一种产品，生产线就得进行改造，需要花相当长的时间和相当多的费用。

随着生产的发展，用户的要求不断提高：要求经常更新花色品种；要求多品种、小批量、按合同生产。大量生产的自动生产线难以适应这些要求。人们设想，如何才能使一条自动化的生产线经过短时间的调整就能生产出另一种类似的新产品？如果在同一条生产线上能同时进行几种产品的生产那就更好了！

到了六十年代，由于计算机和机床结合起来，产生了数控机床，进而发展为数控加工中心。这种机床能够在同一根主轴上完成铣切、钻孔、镗孔、攻丝、开槽等工序，一次装卡可以加工几个面，可以自动更换刀具，全部工作过程都由计算机控制。六十年代末设计出以数控加工中心为基础的，可以承担多品种加工任务的柔性制造系统。

经过近二十年的发展，当前的柔性制造系统主要由四大部分组成：（1）机床设备，（2）自动检测设备，（3）物料传送

系统，(4)控制和监控系统。柔性制造系统的主要特点是具有适于多品种、小批量零件生产的柔性，也可称为灵活性；能够在系统中同时进行几种零件的生产；如要改为制造新品种零件，所需的调整时间很短；控制系统能使工件、机床、刀具准确地相遇并按工艺规程进行加工、检测、撤离；监控系统能在出现问题时立即发出信号，并进行一定程度的补救。

柔性制造系统还在发展：一方面与计算机辅助设计和计算机辅助制造(CAD/CAM)系统相结合，在设计新产品时，可以充分利用原有产品系列的资料，迅速而准确地设计出来。并可根据计算机设计出的组件、零件图，利用原有的典型工艺资料进行工艺程序的设计，准备刀具和夹具，按定货单要求安排生产计划。另一方面是生产更加自动化，实现无人化，更多的使用机器人，采用更好的监控系统，以保证生产正常进行。系统日夜三班都在运转，第一班中各专业人员全部在现场进行调整、维护、更换、装卡等工作，并为第二、第三班做好准备。到第三班时，现场除掉一、二个值班员外，整个系统进行无人化的自动生产。这种所有的设计、制造、装配、质量保证、物料传送工作全在一个中央计算机控制下进行的系统称为计算机集成制造系统(CIM, Computer Integrated Manufacturing)。在这个大系统中，柔性制造系统仅是它的一个组成部分。

我国机械制造行业也必然要走这一条发展道路。为了迅速赶上世界水平，尽快缩短差距，从国外引进一些现成的东西，提高我们的起步水平，完全必要。要引进什么样的柔性制造系统？多大规模为宜？怎样做可行性研究？怎样提出招标书？怎样评审投标文件？怎样为接收、安装、运转做准备工作？如果这些问题解决得好，则我们引进的项目便能很快地投入使用，收到预期的经济效益。为此，我们选译了这本手册。

本手册是美国麻萨诸塞州的查尔斯·斯塔克·德雷珀(Charles Stark Draper) 试验室为美国陆军坦克自动车辆司令部

编写的技术报告，编号为12703。手册共分五篇，前四篇批准公开发行，列入AD报告。第五篇是专用计算机软件包，未解密发行。

第一篇简要说明什么是柔性制造系统？在什么情况下可以采用？有什么好处？然后说明要实现一个柔性制造系统必经的七个步骤及其主要内容。这一篇是写给企业的董事长、总经理等高层领导看的，告诉领导人根据什么下决心，下了决心后如何进行工作。特别指出，要选择一名技术水平、工作能力相当的人员负责这项工作，并吸收有关方面的人员组成工作班子。从开始分析可行性，提出招标书，然后与供应厂商谈判，评价投标，定货，直至验收，安装，试运转一直负责到底。

第二篇回答了以下五个问题：（1）为什么要采用柔性制造系统？（2）柔性制造系统是否符合你的需要？（3）使用中会遇到什么问题？（4）怎样才能设计出一套合用的系统？（5）柔性制造系统运转时需要什么条件？

第三篇从规划一个柔性制造系统谈起，直至阐述如何写招标书，如何评审投标，如何验收安装、试车、运转等问题。这一篇是供从事具体规划、设计、招标订货、验收、安装、试运转工作的技术人员与管理人员阅读的。

第四篇是附录，列出一个招标书和一个投标书的实样。还有一章论述柔性制造系统的精度问题。

这本手册没有什么高深的技术理论，却有很多经验之谈，内容丰富，涉及面广。它不仅对准备采用柔性制造系统的工厂、公司的领导人和工作人员有用，而且对其他工厂企业各方面的人都有用处。对于要从国外引进其他新技术设备的工作也有参考价值。类似这样内容的书在我国译出的还很少。这本书反映的美国军方工厂企业的研究、采购、订货的实际情况，虽然和我们的情况有很多不同。但是，当前我们各方面都在引进技术、引进设备，很多领导与技术人员要与美、日、西欧的企业、工厂打交道，这本书

将有一定的参考价值。希望它在我国的四化建设，对外开放，引进技术等工作中能提供有益的信息。

本书中出现的缩写词很多，译者择编附于第四篇第七章专用名词汇编之后。第三篇、第四篇有一些重复的图表和说明，译者加以删简。

本书第一、二、三篇由孙家钟译，徐兰如、李泉宝校。第四篇由李泉宝、俞鲸、刘尔巽、徐兰如分译互校，全书由徐兰如、李泉宝校。错误之处，请读者指正。

1986年7月

目 录

第一篇 概 论

第一章 引 言	(3)
第二章 什么是柔性制造系统	(4)
2.1 柔性制造系统的优点	(5)
2.2 什么时候采用柔性制造系统	(7)
2.3 经营管理和组织机构问题	(9)
第三章 柔性制造系统的购置	(10)
3.1 购置柔性制造系统的步骤	(10)
3.2 建立柔性制造系统的工作组	(12)
3.3 柔性制造系统的实施计划	(12)
3.4 招标	(13)
3.5 评审	(13)
第四章 小 结	(14)

第二篇 柔性制造系统介绍

第一章 柔性制造系统的组成部分	(17)
1.1 柔性制造系统说明	(17)
1.2 工作站	(20)
1.2.1 机械加工站	(20)
1.2.2 装卸站	(22)
1.2.3 控制站	(23)
1.2.4 清洗站	(23)
1.3 物料传送系统	(24)
1.3.1 零件传送	(24)
1.3.2 缓冲储存	(27)
1.4 控制系统软件	(27)
1.4.1 控制系统结构	(27)
1.4.2 软件介绍	(30)

3.5 其他重要单元.....	(34)
1.5.1 夹具和托盘.....	(34)
1.5.2 刀具.....	(35)
1.5.3 冷却液和切屑处理系统.....	(36)
1.5.4 人员.....	(37)
1.5.5 检验系统.....	(38)
1.5.6 柔性制造系统的线外工作.....	(38)
第二章 柔性制造系统的三个实例.....	(39)
2.1 安装在阿芙柯-莱卡明公司的卡尼和特雷克 (Kearney & Trecker) 的柔性制造系统.....	(39)
2.1.1 概况.....	(39)
2.1.2 系统组成.....	(44)
2.2 安装在底特律柴油机公司艾利森分部 (Detroit Diesel Allison) 的柔性制造系统.....	(44)
2.2.1 概况.....	(44)
2.2.2 系统组成.....	(45)
2.3 卡特匹勒 (Caterpillar) 拖拉机公司的G & L柔性制造系统.....	(47)
2.3.1 概况.....	(47)
2.3.2 系统组成.....	(47)
第三章 柔性制造技术的发展趋势.....	(49)
第四章 机床性能数据汇总表.....	(53)

第三篇 用户指南

第一章 柔性制造系统的规划.....	(89)
1.1 采用柔性制造系统所需的条件.....	(89)
1.2 确定生产目标.....	(90)
1.3 实现柔性制造系统的步骤.....	(90)
第二章 柔性制造系统的设计与评审.....	(94)
2.1 用户的第一步工作.....	(94)
2.2 零件和机床的选择.....	(96)
2.2.1 选择方法.....	(96)

2.2.2	基本原则	(98)
2.2.3	预选零件和机床	(99)
2.2.4	数据收集	(101)
2.2.5	采用柔性制造系统时的生产成本	(102)
2.2.6	柔性制造系统机床费用数据	(104)
2.2.7	零件和机床的选择	(104)
2.2.8	投资分析	(105)
2.2.9	人工选择过程的多次重复	(106)
2.2.10	实例研究	(106)
2.3	方案设计	(108)
2.3.1	方案设计问题	(110)
2.3.2	方案设计程序	(117)
2.3.3	方案设计实例：通用电器公司的柔性制造系统	(118)
2.4	评审待选的柔性制造系统设计方案	(121)
2.4.1	评审矩阵表	(124)
2.4.2	运行原则	(125)
2.4.3	模拟	(126)
2.4.4	经济分析	(130)
2.4.5	评审矩阵表：通用电气公司柔性制造系统设计方案的评审	(134)
2.5	柔性制造系统设计方案的最终选择	(135)
第三章 如何编写招标书 (137)		
3.1	编写招标书的原则	(137)
3.2	招标书的内容	(139)
3.2.1	技术要求	(139)
3.2.2	系统的控制和监测	(144)
3.2.3	文件	(145)
3.2.4	供货厂商的职责	(145)
3.2.5	安装后的服务	(145)
3.3	系统的选购项目	(146)
3.3.1	检验	(146)

3.3.2	切屑和冷却液的回收	(147)
3.3.3	刀具室	(147)
3.3.4	无人操作	(148)
第四章	如何评审卖方的投标书	(149)
4.1	评审投标书	(149)
4.2	选择卖方	(151)
4.3	最终的订货技术条件	(151)
第五章	安装和试运转	(154)
5.1	接收柔性制造系统的准备工作	(154)
5.1.1	工作人员	(154)
5.1.2	配备柔性制造系统的工作人员	(155)
5.1.3	质量控制	(156)
5.1.4	生产和库存管理	(157)
5.1.5	维护工作的准备	(158)
5.2	安装准备工作	(159)
5.2.1	安装现场的准备	(159)
5.2.2	安装场地以外的准备	(159)
5.2.3	其他准备工作	(160)
5.3	安装和调试	(160)
5.3.1	机床和系统的验收试验	(160)
5.3.2	典型的调试问题	(161)
第六章	怎样运转柔性制造系统	(163)
6.1	第一级的工作	(165)
6.1.1	规划决策	(165)
6.1.2	评审柔性制造系统的性能	(166)
6.1.3	辅助支援服务	(166)
6.2	第二级的工作	(167)
6.2.1	分批和均衡	(167)
6.2.2	柔性制造系统中零件的分批	(168)
6.2.3	柔性制造系统工作负荷的均衡	(168)
6.3	第三级的工作	(169)

6.3.1	派工计划和调度	(170)
6.3.2	工件和物料传送系统的运动	(171)
6.3.3	刀具管理	(171)
6.3.4	系统的监测和诊断	(172)
6.3.5	对故障的反应	(172)
6.4	柔性制造系统各工作级的一体化	(173)
6.5	运转柔性制造系统的其他问题	(174)
6.5.1	柔性制造系统人员的配备	(174)
6.5.2	上下班之间的合作	(175)
6.5.3	实时零件编程	(176)

第四篇 附 录

第一章	“招标书”示例	(179)
1.1	柔性制造系统的招标书	(179)
1.1.1	目标	(179)
1.1.2	招标书中的术语定义	(179)
1.1.3	应用规范、标准和规则	(180)
1.1.4	产品说明	(181)
1.1.5	生产要求	(181)
1.1.6	系统所用加工设备	(181)
1.1.7	技术支援和服务	(192)
1.1.8	切削工具	(193)
1.1.9	专用刀具、夹具	(195)
1.1.10	供选用的项目	(197)
1.1.11	对选用设备特殊附加性能的说明	(198)
1.1.12	柔性制造系统的控制系统	(200)
1.1.13	系统工艺说明	(200)
1.1.14	系统生产和验收试验	(202)
1.1.15	保证书	(203)
1.2	有关柔性制造系统的一些问题	(203)
1.3	设备订购标准	(205)
1.3.1	一般要求	(205)

1.4	数控下传输入子系统说明	(212)
1.4.1	系统操作	(212)
1.4.2	中心计算机装置	(213)
1.4.3	软件、文件编制和培训	(214)
1.4.4	今后扩展的能力	(215)
1.4.5	目标图表和进展报告	(216)
1.4.6	操作试验和验收	(216)
1.5	机床验收试验规范和步骤	(216)
第二章	加工棱柱体零件的柔性制造系统投标书示例	(217)
2.1	投标信	(217)
2.2	系统说明	(220)
2.2.1	设备说明	(220)
2.2.2	机床说明和零件流程	(221)
2.2.3	运行原则	(221)
2.2.4	生产计划	(222)
2.2.5	路线的确定	(222)
2.2.6	模块化	(222)
2.2.7	运行方针	(222)
2.2.8	生产参数及设想	(223)
2.2.9	生产要求	(223)
2.2.10	时间	(223)
2.2.11	设想	(223)
2.2.12	零件公差	(224)
2.2.13	需要的人员	(224)
2.2.14	零件编程、夹具及刀具	(225)
2.2.15	外围设备(由买方提供)	(225)
2.2.16	系统平面布置图	(225)
2.3	机床说明	(225)
2.3.1	007型立柱可移动式数控加工中心机床的特点	(225)
2.3.2	系统运行所需的其他设备	(233)
2.4	007型计算机数控装置	(234)

2.4.1	引言	(234)
2.4.2	控制特性	(235)
2.4.3	显示器及键盘	(235)
2.4.4	线性插补	(235)
2.4.5	圆弧插补	(235)
2.4.6	螺旋插补	(236)
2.4.7	进给率控制	(236)
2.4.8	输入加工范围的校核	(236)
2.4.9	快速横向运动(定位模式)	(236)
2.4.10	自动加速/减速(ACC/DEC)	(236)
2.4.11	预备代码	(236)
2.4.12	其他代码	(237)
2.4.13	正/负编程	(237)
2.4.14	英制公制转换输入	(237)
2.4.15	绝对尺寸/增量尺寸输入	(237)
2.4.16	前导零的省略	(238)
2.4.17	可编程的停留	(238)
2.4.18	程序停与选择停	(238)
2.4.19	程序块删除	(238)
2.4.20	操作者信息显示	(238)
2.4.21	数控数据输入	(239)
2.4.22	位置调定	(239)
2.4.23	格栅调整	(239)
2.4.24	格栅补偿	(240)
2.4.25	动力进给与增量精密进给	(240)
2.4.26	禁止调定	(240)
2.4.27	轴反转	(240)
2.4.28	进给率超控	(240)
2.4.29	快速横向超控	(240)
2.4.30	单个/连续程序块运行	(240)
2.4.31	自动目标点对中(TPA)	(241)

2.4.32	试运转	(241)
2.4.33	伺服机构误差探测	(241)
2.4.34	加工过程中的诊断	(241)
2.4.35	“离线”诊断	(241)
2.4.36	刀具数据管理	(242)
2.4.37	溜板反馈装置	(242)
2.4.38	稳定进给的自动返回	(243)
2.4.39	FMS中托盘的偏置	(243)
2.4.40	数控程序编辑	(243)
2.4.41	固定循环G80系列	(244)
2.4.42	FMS接口	(244)
2.4.43	刀具数据带输入	(244)
2.4.44	计算机数控初始程序的输入	(245)
2.4.45	人员培训	(245)
2.4.46	环境要求	(245)
2.5	物料传送	(245)
2.5.1	引言	(245)
2.5.2	选择的理由	(245)
2.5.3	说明	(246)
2.5.4	小车规格	(246)
2.5.5	物料装卸	(247)
2.5.6	停车	(247)
2.5.7	行车速度	(248)
2.5.8	导引系统	(248)
2.5.9	安全措施	(248)
2.5.10	正常运行	(248)
2.5.11	蓄电池	(249)
2.5.12	设备清单	(249)
2.6	柔性制造系统的控制	(250)
2.6.1	系统的设计原则	(250)
2.6.2	柔性制造系统概述	(250)

2.6.3	基本功能	(251)
2.6.4	系统的特性	(253)
2.6.5	数据分配	(254)
2.6.6	计算机之间的通讯	(254)
2.6.7	交通管理	(255)
2.6.8	刀具管理	(255)
2.6.9	工作命令处理程序及待运区管理员	(256)
2.6.10	编制计划	(257)
2.6.11	特殊考虑事项	(258)
2.6.12	数控零件程序修订方案的选用	(258)
2.6.13	必备的计算机软件及硬件	(258)
2.6.14	远程作业输入所需的选购设备	(259)
2.6.15	适用于FMS计算机APT编译程序的选购设备	(259)
2.7	工程计划管理和计划编制系统	(259)
2.8	文件	(262)
2.9	对买方技术要求的意见	(262)
2.10	零件加工过程及时间分析表	(262)
2.10.1	设想条件	(262)
2.10.2	第 I 部分: 摘要	(263)
2.11	定价、交货、期限及条件	(268)
2.11.1	分期付款	(268)
2.11.2	定价及发货	(268)
2.11.3	装运进度表	(274)
2.11.4	投标号、期限和条件	(274)
2.11.5	终止订货赔款的进程表	(275)
2.11.6	系统保证书的说明	(275)
2.11.7	1970年职业防护与保健法案中与FMS设备有关的部分	(278)
2.12	买方的责任	(279)
2.12.1	买方与卖方合作	(279)
2.12.2	基础	(279)
2.12.3	零件检验	(279)

2.12.4	冷却剂防护罩及切屑控制	(280)
2.12.5	人员	(280)
2.12.6	铸件	(280)
2.12.7	买方对验收试验的支持	(280)
2.12.8	其他装备	(280)
2.13	机床验收	(280)
第三章 柔性制造系统零件和机床选择实例研究：石岛兵		
	工厂	(283)
3.1	实例研究	(283)
3.1.1	说明	(283)
3.2	工作量分布的研究	(283)
3.3	机床分类	(289)
3.4	零件数据的修订	(289)
3.5	零件、机床的选择结果	(294)
第四章 通用电气公司柔性制造系统实例研究		
		(295)
4.1	买方应当熟悉柔性制造系统技术要求的制定过程	(295)
4.2	通用电气公司转塔稳定系统零件的制造系统	(295)
4.2.1	工艺过程设计	(298)
4.2.2	计算机辅助系统设计方法	(304)
4.2.3	几种备选的系统方案	(306)
4.2.4	在线检验	(312)
4.2.5	系统性能估算	(313)
4.2.6	成本数据	(316)
4.2.7	投资分析	(320)
4.2.8	采购说明书	(324)
第五章 管理信息报告实例		
		(326)
5.1	计算机数控机床工作站使用报告	(326)
5.2	工作站的加工情况	(326)
5.2.1	工作站运行情况摘要	(328)
5.2.2	工作站机床组合运行情况摘要	(330)
5.3	数控检验站使用情况报告	(331)