

FANUC



系统实用技术丛书

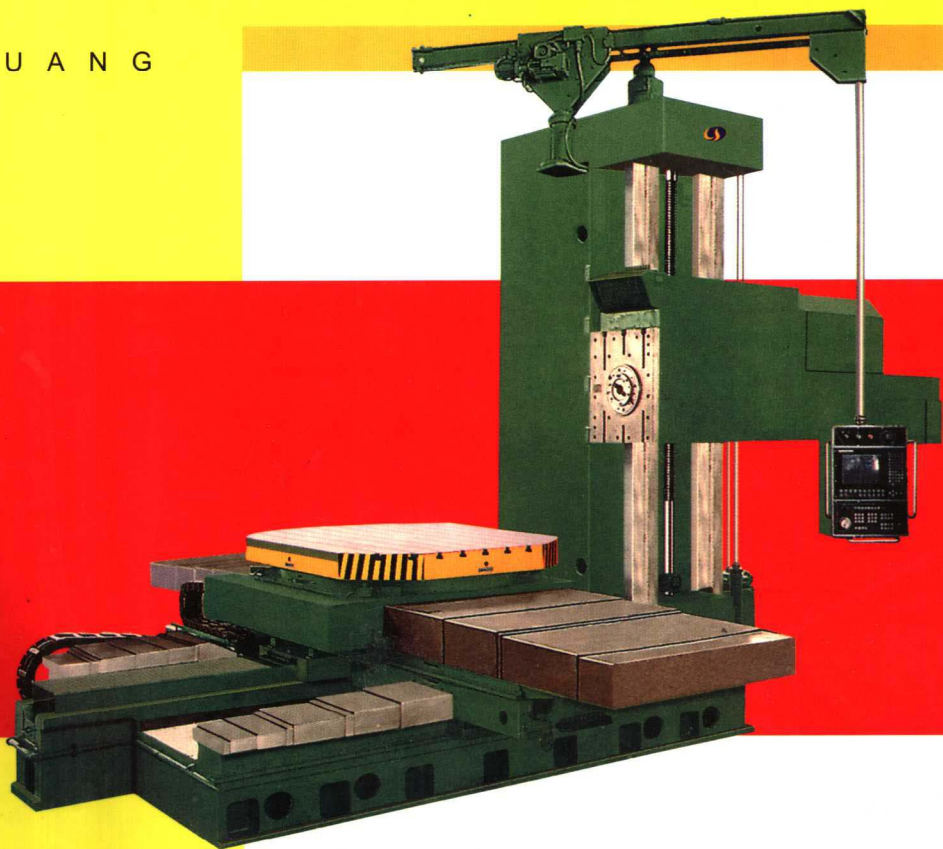


数控车床

SHUKONG

关颖/编著

CHECHUANG



辽宁科学技术出版社

T659.1
8021

FANUC系统实用技术丛书

数控车床

关颖/编著

辽宁科学技术出版社

·沈阳·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床/关颖编著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社,
2005.1

(FANUC 系统实用技术丛书)

ISBN 7-5381-4221-5

I. 数… II. 关… III. 数控机床: 车床 IV.
TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 082988 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市第二印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 18.75

字 数: 400 千字

印 数: 5001~9000

出版时间: 2005 年 1 月第 1 版

印刷时间: 2005 年 5 月第 2 次印刷

责任编辑: 韩延本 王正飞

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 张丽萍

定 价: 32.00 元

编辑部电话: 024-23284372

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502 23284357

E-mail: lkzsb@mail.lnpgc.com.cn

http://www.lnkj.com.cn

《FANUC 系统实用技术丛书》编委会

主任：邹伟

副主任：赵福成

委员：李超 栾敏 徐衡 关颖
胡育辉 孙红雨 赵宏立 段晓旭

序

中国制造业飞速发展。同时，高级技工，尤其是数控机床高级人才严重短缺的现象已经引起了社会的广泛关注。通过调研我们发现，所有机械工厂的主管和技术人员都已经认识到数控机床在加工精度、自动化程度、生产效率、劳动强度等各方面都有普通机床无法比拟的优越性。在 21 世纪的今天，一个机械制造企业，如果不用数控机床完成自己的关键制造过程，将不会有任何竞争力。数控系统是数控产品的核心，使用数控产品的关键也自然是熟悉并掌握它的数控系统。在现有的数控系统中，FANUC 系统凭借其高可靠性及完整的质量控制体系已成为最成功的 CNC 系统之一。我国数控机床中配备最多的数控系统也是 FANUC 系统。这也意味着 FANUC 系统在我国拥有最广泛的使用者。图书要为读者服务，于是，我们策划出版了这套“FANUC 系统实用技术丛书”。

本套丛书目前出版四种，分别是《数控机床维修》、《数控铣床加工中心》、《数控车床》、《数控加工实例》。本套丛书的编写队伍经过了严格的筛选，都是具有多年专业教学经验的职业技术教师与生产一线的工人技师。他们经常为一些数控方面的培训班授课，了解并掌握一线工人最需要的知识，同时很多人本身就具有相当丰富的实践经验。本套丛书可以说是编者多年教学与实践经验的一个总结。本套丛书体现了以下几个特点。

1. 在素材的组织上，突出了实用的特点，搜集了大量的相关权威资料并加以细致的整理，力求让读者能够在最短的时间内掌握最有用的技巧。
2. 在写作风格上，语言通俗易懂，尽最大可能把复杂的知识用平白的语言叙述出来，使读者更加容易接受。
3. 由于是实用技术图书，因此在编写过程中精选了大量的实例，使读者可以很容易地与自己的工作实践相结合。
4. 图文并茂，为了更清楚地说明内容，同时也为了节省读者的宝贵时间，书中选配了大量的图片，这样既可以提高阅读效率，又使读者接受起来更加容易。

本套丛书可以作为从事数控技术工作人员的参考书，帮助制造业技术工人更新知识、提高职业技能，也可以作为高职、高专数控专业和其他机电专业的培训教材。

“FANUC 系统实用技术丛书”仅仅是我们数控方面选题的一个组成部分，随着调研的深入，会有更多实用性的数控技术图书与读者见面。我们同时也十分希望读者朋友能够将您对这个领域图书的想法和意见反馈给我们，您的意见就是对我们最大的支持和帮助。我们希望与读者共同努力，在数控领域多出精品图书，为您的工作提供更多更好的帮助。

前 言

近年来，高新技术企业以前所未有的速度迅猛发展，数控机床的占有率也逐年提高。本书是针对目前我国现代制造业职工队伍的整体素质偏低，高级技工，特别是数控机床操作工严重短缺，而市场又急需的现状而编写的。

数控机床综合了精密机械、电子、电力拖动、自动控制、自动检测、故障诊断和计算机等多方面的技术，是典型的高精度、高效率及高柔性的机电一体化产品。目前配备 FANUC 数控系统的数控机床在国内应用广泛，尤其数控车削加工是机械加工中最主要的数控加工方法之一。本书围绕数控车床的设备、工艺、编程与操作等核心内容，以数控车削加工为主线，全面、系统地介绍了数控技术的基础知识、数控车床的数控系统与机械结构、车削加工的工艺分析、编程技术、数控车床的操作和常见故障的分析与消除方法，注重实际能力的培养。在素材的组织上，突出了实用特点，内容通俗易懂，便于技术工人自学。

本书精选了大量典型实例，特别适用于数控车床技术工人的培训教材，也可供传统制造业技术工人更新知识、提高职业技能、学习数控知识使用。还可作为高职、高专数控专业和其他机电专业，以及相关工程技术人员参考书籍。

本书编写过程中参考了在数控技术方面的诸多论述、教材和数控机床维修手册，本书编者对参考文献中的各位作者深表谢意。

王力钢、关键、董鹏飞、兰梅、李炎、刘晓娜、肖平、吕永江、毕秋杰、李超、奔敏、钱珊、周玮、王淑艳、赵宏立、孙红雨、於春月、陈光等同志提供了大量的建议和帮助，在此谨致谢意。限于编者的水平有限，书中难免有疏漏与欠妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 FANUC 数控系统概述	1
第一节 FANUC 系统的组成	1
第二节 FANUC 系统的结构、性能特点	2
一、F6 系列	2
二、F11 系列	2
三、F15 系列	2
四、F0 系列	3
五、F20 系列	4
六、F16/18 系列及 160/180 系列	4
第三节 系统的总连接图	6
第四节 FANUC 0-T 系统的主要功能	8
一、编程	8
二、刀具功能	8
三、插补功能	8
四、辅助功能/主轴功能	9
五、设定功能/显示功能	9
六、控制轴	9
七、操作	10
八、编辑操作	10
九、数据输入/输出	10
十、其他	10
第二章 FANUC 数控系统装置	11
第一节 计算机数控 (CNC) 装置	11
一、CNC 装置的特点	11
二、CNC 装置的工作原理	13
三、CNC 装置的硬件结构	14
四、CNC 系统的软件结构	18
第二节 数控机床的检测装置	21
一、对检测装置的要求	21
二、检测装置的分类	22
三、数控测量装置的性能指标	22
四、常用的位置检测装置——光栅	23

五、感应同步器	25
六、磁尺	27
七、旋转变压器	27
第三节 伺服系统	28
一、机床伺服驱动系统概述	28
二、常用的伺服电机	30
第四节 可编程控制器与接口技术	36
一、可编程控制器的性能指标	36
二、可编程控制器 (PLC) 的作用及特点	37
三、可编程控制器 (PLC) 的类型	37
四、PLC 的工作过程	39
五、PLC 程序执行的特点	40
六、数控机床 PLC 的控制对象	40
七、输入/输出与通信接口	41
第三章 FANUC 系统——数控车床的加工工艺	43
第一节 数控车削加工零件概述	43
一、数控车削加工零件的类型	43
二、数控车削的加工特点	43
三、数控车床加工的主要对象	44
第二节 数控车床加工工艺剖析	45
一、数控车削加工的主要内容	45
二、车削加工的工艺特点	46
第三节 数控加工工艺文件的拟定	49
一、工序划分的原则	49
二、加工顺序安排原则	50
三、加工路线的确定	50
四、工件在数控车床上的定位与装夹	53
五、刀具的选择	61
六、切削参数的选择	63
第四节 典型零件数控车削加工工艺	66
一、零件工艺分析	66
二、确定装夹方案	67
三、确定加工顺序和进给路线	67
四、选择刀具及切削用量	67
第四章 FANUC 系统——数控车床编程及其应用	69
第一节 FANUC 系统——数控车床简介	69
一、数控车床的用途	69
二、数控车床的分类	69

三、配有 FANUC 数控系统的数控车床	70
第二节 FANUC 系统——数控车床编程基础	71
一、数控车床的编程特点	71
二、数控系统功能	72
三、程序的结构与格式	76
第三节 常用指令及编程方法	77
一、FANUC 系统数控车床编程基础知识	77
二、数控车床的基本编程方法	82
第四节 车削固定循环与子程序	89
一、单一形状固定循环	89
二、复合形状多重固定循环	90
三、螺纹加工循环	94
四、钻孔固定循环 (G80 - G89)	98
五、子程序	104
第五节 数控车床刀具补偿功能	105
一、刀具的偏移	105
二、刀具的几何磨损补偿	105
三、刀具半径补偿	106
四、刀具补偿量的设定	107
第六节 用户宏程序	108
一、变量	109
二、系统变量	110
三、算术和逻辑运算	110
四、用户宏程序语句	111
五、用户宏程序的调用	113
第七节 数控车床编程综合实例	117
第五章 FANUC 系统——数控车床操作	125
第一节 FANUC 系统——数控车床机械结构	125
一、数控车床的组成、布局和特点	125
二、FANUC 系统——数控车床主传动系统及主轴部件	127
三、FANUC 系统——数控车床进给传动系统及传动装置	130
四、FANUC 系统——数控车床自动回转刀架	133
五、FANUC 系统——数控车床润滑系统	136
六、FANUC 系统——数控车床排屑系统	136
七、FANUC 系统——数控车床尾座	137
第二节 FANUC 系统——数控车床操作设备	137
一、FANUC 系统——数控车床系统操作设备	137
二、FANUC 系统——数控车床机床操作设备	141

第三节 FANUC0i-TA 系统数控车床的操作方法	145
一、电源接通前后的检查工作	145
二、手动操作机床	146
三、自动运行	148
四、机床的试运转	155
五、机床的急停	156
六、程序的编辑	157
七、设定和显示数据	164
八、图形模拟	170
第四节 数控车床避免碰撞的方法	172
一、避免程序中的坐标值超越卡爪尺寸	172
二、当工件形状特殊时避免发生碰撞	172
三、防止程序中 G00 的负值引起碰撞	173
第五节 数控车床的对刀与找正	173
一、试切法对刀	174
二、测量法对刀 (机外对刀——对刀仪对刀)	174
三、机内光学对刀法——ATC 对刀	175
第六章 FANUC 系统——数控车自动编程	177
第一节 自动编程软件概述	177
一、CAXA 制造工程师	177
二、Mastercam	177
三、UGII CAD/CAM 系统	178
四、Pro/Engineer	178
五、CATIA	178
六、CIMATRON	178
第二节 CAXA 数控车 2000 自动编程	179
一、界面与菜单介绍	179
二、系统的交互方式	182
三、CAXA 数控车 2000 的 CAD 功能	184
第三节 CAXA 数控车 2000 的 CAM 功能	191
一、数控车 CAM 功能概述	191
二、CAXA 数控车 2000 软件的车削加工	192
第四节 CAXA 数控车 2000 自动编程实例	209
一、轴类零件的加工	210
二、套类零件的加工	219
三、套类零件中孔的加工	230
四、手柄零件的加工	235
五、轴类零件的螺纹加工	248

第七章 数控车床的故障诊断与排除	257
第一节 数控车床安全生产规则及日常维护	257
一、数控车床安全生产规则	257
二、日常维护	257
第二节 数控车床常见故障和常规处理方法	258
一、数控车床常见故障分类	258
二、故障诊断及常规处理方法	260
第三节 数控系统的维护和故障诊断	262
一、数控系统的预防性维护	262
二、数控系统故障诊断	263
第四节 数控车床机械故障诊断	264
一、数控车床机械故障诊断的方法	264
二、数控机床机械故障诊断及维修	264
第五节 数控车床故障诊断维修实例	270
附录 FANUC 0i-TA 系统 G 报警表	279

第一章 FANUC 数控系统概述

日本 FANUC 公司是世界上最大的专业生产数控装置和机器人、智能化设备的著名厂商之一，也是世界上最有影响的专业厂之一，技术领先，实力雄厚，为当今世界工业自动化事业做出了重要贡献。

该公司自 20 世纪 50 年代末期生产数控系统以来，已开发出 40 多种系列的数控系统，特别是 20 世纪 70 年代中期开发出 FS5、FS7 系统以后，所生产的系统都是 CNC 系统。20 世纪 80 年代，FANUC 公司较有代表性的系统是 F6 系列和 F11 系列。目前，主要产品有 F0 系列和 F15 系列。

FANUC 系统是目前最成功的 CNC 系统之一，具有以下几方面特点。

- (1) 高可靠性及完整的质量控制体系。
- (2) 采用大规模及超大规模的专用集成电路芯片。
- (3) 全自动化工厂生产制造。

(4) 良好的控制软件设计。经过在世界各地数年的运行，积累了丰富的数据，因此在软件设计时考虑了可能出现的各种故障情况，加入了许多保护和提高可靠性的措施，如开机和状态切换时的层层检测和过压、过流、反馈断线等报警，使得机床运行中出现故障时，系统能及时处理，从而避免了元部件的损坏。

(5) 数字式进给伺服和数字式主轴驱动。数字控制、数据的串行传输大大提高了运行的可靠性。主轴控制信号的传送使用光缆，使信号免受外界干扰。该系统故障率低，操作简便，易于故障的诊断和维修，因此在我国市场占有率极高，应用也最为广泛。

第一节 FANUC 系统的组成

FANUC 系统早期有 3 系列及 6 系列，现有 0 系列、10/11/12 系列、15、16、18、21 系列，及 160/180 系列等，而应用最广泛的是 FANUC 0 系列系统。

系统机能分标准机能和选择机能，其中，选择机能是根据用户要求选用的，一般的数控车床配制 0-TD 系统较为合理，如果需要增加一些特殊功能，就要选择 0-TC、0-I 或更高一级的系统。

下面介绍 FANUC 系统的组成。

- 0D 系列 {
- 0-TD 用于车床
 - 0-MD 用于铣床及小型加工中心
 - 0-GCD 用于圆柱磨床
 - 0-GSD 用于平面磨床
 - 0-PD 用于冲床

OC 系列 {

- 0 - TC 用于通用车床及自动车床
- 0 - MC 用于铣床及加工中心
- 0 - GCC 用于内外圆磨床
- 0 - GSC 用于平面磨床
- 0 - PC 用于回转头冲床
- 0 - TTC 用于双刀架及 4 轴车床

Oi 系列 {

- Oi - TA 用于 4 轴车床
- Oi - MC 用于铣床及加工中心，可控制 4 个轴
- 16i 用于最大 8 轴、6 轴联动
- 18i 用于最大 6 轴、4 轴联动
- 160/18MC 用于加工中心/铣床/平面磨床
- 160/18TC 用于加工车床/磨床
- 160/18DMC 用于加工中心/铣床/平面磨床的开放式 CNC 系统
- 160/180TC 用于车床/圆柱磨床的开放式 CNC 系统

第二节 FANUC 系统的结构、性能特点

一、F6 系列

主板采用大板结构，上面插有电源模块、存储器板等小板。该 CNC 系列为多微处理器控制系统，其 CPU、PMC 所用的 CPU 以及图形显示的 CPU 均为 8086。

二、F11 系列

主板也是采用大板结构，它也是一种多微处理器控制系统，其 CPU 为 68000。在控制线路中采用下列专用大规模集成电路：BAC（总线仲裁控制器）、IOC（输入输出控制器）、MB87103（位置控制芯片）、OPC（操作面板控制器）以及 SSU（系统支持单元）。在系统中还采用了 4M 位大容量磁泡存储器、大容量 I/O 模块、A/D 和 D/A 模块以及 ATC（自动刀具交换装置）和 APC（自动托盘交换装置）控制用定位模块。CNC 系统和操作面板，I/O 单元之间采用光缆连接，从而使连接更简单，抗干扰能力提高。其系统结构框图如图 1-1 所示。

三、F15 系列

它是一种模块化、多总线结构的微处理器控制系统，也被称为 AI（人工智能）CNC，其 CPU 采用 32 位的 68020。F15 系列有 F15 - MA、F15 - TA、F15 - TF、F15 - TTA 及 F15 - TTF 等规格，它们具有下述特点。

(1) 在插补功能上除了具有直线、圆弧、螺旋线插补外，还具有假想轴插补、极坐

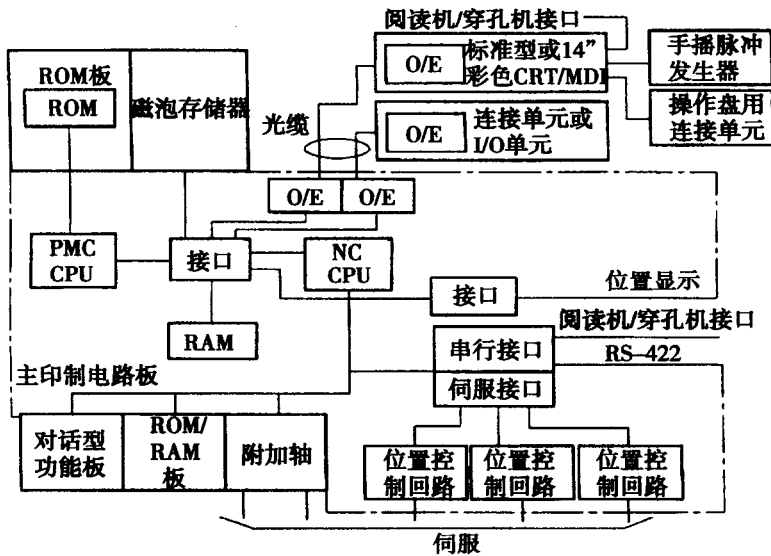


图 1-1 F11 系列结构框图

标插补、圆柱面插补、指数函数插补、渐开线插补及样条插补等多种。

(2) 在补偿功能方面，具有螺距误差补偿、丝杠反向间隙补偿、坡度补偿、线性度补偿以及各种刀具补偿。

(3) 在切削进给加/减速功能方面，具有插补前直线加/减速、插补后直线加/减速以及插补后钟形加/减速等多种。

(4) 在故障诊断方面，引进了专家系统，即采用了人工智能。该系统以知识库作依据，采用推理软件来查找故障原因。

四、FO 系列

这是目前在中国市场上销售量最大的一种系统，它是一种采用高速 32 位微处理器的高性能的 CNC。它在结构上采用传统的结构方式，即在主板上插有存储器板、I/O 板、轴控制模块以及电源单元。只是其主板较其他系列的主板要小得多，因此在结构上显得非常紧凑，体积很小，FANUC 公司自称它是世界上最小的系统。

FO 系列有 FO-MA, FO-TA, FO-MC, FO-TC, FO-MD, FO-TD 等多种规格。其中 FO-MD 和 FO-TD 是在 FO-MA 及 FO-TA 的基础上简化而成的，所以大家也称它为简易型数控系统。由于它们价格较低，被大量用于数控车床及数控铣床。FO 系列数控系统具有下述特点。

(1) 本系统是一种小型高精度、高性能的软件固定型 CNC。控制电路中采用了高速微处理器、专用 LSI (大规模集成电路)、半导体存储器等。这不仅提高了系统可靠性，还提高了系统的性能价格比。

(2) 为了便于系统的维修，内部具备多种自诊断功能：

①微处理器不断地监视系统内部的工作状态，并能分类显示 CNC 内部状态。一旦发生故障，报警指示灯立即亮，并使 CNC 停止工作。同时在 CRT 上可分类显示出故障的详细内容；

②在 CRT 显示器上，可显示出从 CNC 输出或向 CNC 输入的接通、关断信号；

③通过 MDI（手动数据输入）可以以“位”为单位接通、关断从 CNC 输出的接通、关断信号。

(3) 可用 CRT 显示检查数控系统的快速进给速度、加/减速时间常数等各种参数设定值。

(4) 由于采用了高速微处理器的数字式交流伺服系统，无漂流影响，实现了高速、高精度控制。

在 0 系列中还有一种规格是 0-PC，它是专为转塔冲床开发的高性能 CNC，有下述特点：电子器件采用表面安装的 LSI 及超薄型显示单元；高性能的数字伺服系统；利用 M、S、T 和 B 代码直接加工指令，缩短了加工循环时间，提高了加工效率；超级控制功能。除了 0-C 系列的标准功能外，还增加了冲压功能、晶格点阵功能、多段数据加工功能、C 轴控制功能等。

五、F20 系列

它是继 0 系列之后开发的系统，适合于一般的数控铣床和车床。它的特点是：具有高效的手动操作能力，在手动方式下具有引导功能，能用手轮操作加工圆弧、斜线，而且能将手轮操作的过程存储和再生，这将大大提高批量加工能力；另外，数控程序也很容易用引导功能建立起来，在引导画面下直接操作，能很快编制出简单的加工程序。

六、F16/18 系列及 160/180 系列

它是专门为工厂自动化设计的数控系统，是目前国际上工艺与性能最先进的数控系统之一，在美国、日本、欧洲的制造业中已普遍使用。它具有以下特点。

(1) 采用超大规模集成电路。系统的开发与微芯片发展同步，采用了超大规模集成芯片，如 CPU 为 80486，66MHz 主频。机床强电的控制程序和零件加工程序存储在芯片和存储器卡中，用户可方便地修改、调整 PMC 程序，并省去了 EPROM 的写入设备。加工程序、系统参数、机床参数均可存入存储卡，更换与操作极为方便。为了提高系统的运行速度和处理能力，采用了 64 位的 RISC 芯片，与 80486 并行运行。伺服进给使用了 32 位数字信号处理器。除了通用芯片外，FANUC 公司还开发了专用超大规模逻辑电路的芯片，包括地址译码和锁存、位置反馈信号的处理、细插补和位置误差的比较与误差的脉宽调制、串行数值信号的处理与数据传送、电子手轮信号的处理等 20 余种，大大地提高了系统的可靠性，缩小了系统的体积。

(2) 立体化、高密度的元件安装。上述提到的超大规模集成芯片均为表面安装方式，而且全部元件均采用立体化的安装方式（这是日本 FANUC 公司的专利技术）。印制线路板除主板外，均按物理功能分成小模板，根据用户的要求和系统的规模分别插在主板上，使得系统扩展容易，维修方便，简化了系统的总体设计，体积小，全部数控单

元只有 $(380 \times 150 \times 20) \text{ mm}^3$ 左右。

(3) 采用超薄型液晶显示器。它是一个 213.36 mm (8.4in) 或 241.3 mm (9.5in) TFT 彩色液晶显示器, 有 4096 种颜色, 256 种颜色同时显示。可以说是色彩丰富、清晰度高、小型化的显示器, 非常适于图形显示。

(4) 可靠性高。数控系统所用的元件, 全部经过严格的高温存储、耐老化处理和筛选。印制线路板上的元件、部件的插装、焊接及系统组装全部自动化, 大部分的工作都由机器人完成。产品经温升、高压、欠压等考验, 出厂前还经过高温连续运行试验, 因此产品质量可靠。

(5) 系统功能强。这表现在两个方面:

①高速、高精度。系统采用了 64 位的 RISC 处理器, 与 80486 协调工作, 大大提高了数据的处理能力。另外也提高了系统的分辨率 (可达 $0.1 \mu\text{m}$)。系统具有超前预测控制功能, 可实现微小程序段 (即短距离移动) 的连续轮廓的高速加工, 且加工误差小, 适合于复杂的立体型面的模具加工;

②有多种特殊曲线的插补功能。如渐开线、抛物线、指数函数曲线、圆弧螺线、多头螺线、变螺距螺线、锥螺线、端面螺线、柱面体槽、极坐标插补等, 并有多种固定加工循环。

(6) 系统内可以集成通用微机板。可使用 MS-DOS 和 WINDOWS 操作系统, 可共享 IBM 微机的应用软件。在此基础上, FANUC 公司还开发了 MMC—人机会话功能, 方便了系统的操作、诊断与维修。系统具有操作历史和报警历史的记忆与显示, 伺服波形图的显示, 还有 Help 功能, 该功能实际上是一个用于系统维护的专家系统, 当出现报警和故障时, 提示操作和维修人员应采用的处理措施。

(7) 高速 PMC。该 PMC 基本指令每步的执行时间为 $0.1 \mu\text{s}$, 梯形图最高可达 24000 步。它由一个独立的 32 位微处理器处理, 可直接在系统的操作面板上编制梯形图, 也可用 PC 机 (如 IBM) 编制, 然后通过串行口在 CNC 系统上调试 PMC 程序。调好的程序不必用 EPROM 写入器写入, 可直接存入内存存储器中, 另外, 也可用 C 语言写 PMC 程序。FANUC 公司还在此系统上开发了显示 PMC 程序的流程图软件。

(8) 多种编程方法。如菜单编程、图形会话编程 (Super CAP)、符号图形编程 (Symbolic CAP) 以及示教编程。

(9) 高精度、智能型数字式交流伺服系统的应用。新型的交流伺服电动机具有体积小、转矩/惯量比大、加速快、磁极结构特殊以及运行平稳等特点。伺服电动机即使在极低转速下满负荷运行, 转速脉动率也小于 1%。而伺服单元的伺服控制采用单独的 32 位数字信号处理器控制, 根据现代控制理论, 设计成具有预测控制、前反馈控制、控制观测器、电子式电流最佳控制 (即 HRV 控制)。位置脉冲编码器为每转 65536 个脉冲, 可用增量式或绝对式位置编码器, 还可实现双位置环反馈。

(10) 智能型高效率数字式交流主轴系统的应用。本系列采用 α 系列的主轴电动机, 它具有输出功率大、恒功率范围宽以及加速快等特点。控制系统采用 32 位高速信号处理器控制, 通过高速串行接口与 CNC 交换数据, 它实际上也是一个位置闭环控制系统, 除能调节转速外, 还可实现主轴径向的任意位置定位、C 轴的轮廓控制、双主轴的精确

同步，并具有非正常负载的检测功能，可检测出刀具的折断、磨损和加工中的负载故障。

(11) 联网功能。F-16/18 系统既可单机运行，也可通过 Remote buffer 接口与个人计算机相连，由计算机控制加工，实现信息传递。该系统还可通过 I/O Link（串行口）接多种设备，如机器人、运动控制器、强电设备等，组成柔性线的基本单元。另外，经 DNCI 或 DNCZ 接口可与 Cell Controller 连接，也可接以大网，由主机控制实现车间的自动化。FANUC 公司自动化工厂已有多条柔性线在运行，用于自己产品的生产。

而 F-160/180 系列是在 F-16/18 系列的基础上开发出来的，它提供了一个开放系统接口，如与 IBM PC 兼容功能，便于用户实现具有个性化的功能。

第三节 系统的总连接图

FANUC 0-T 或 0-I 系统是最常用的两轴控制的 CNC 系统，在控制电路中采用了 32 位高速微处理器及大规模集成电路、半导体存储器，实现了高速度、高可靠性的要求。CNC 主印制电路板、电源板、输入/输出接口板全部安装在一块板上，与机床的强电箱易于组合在一起，而且系统内有强有力的 PMC，实现了机械加工的高速化及机床强电电路的简化。在 CRT 画面上可编辑和显示梯形图，便于监视和维修，从而提高了机床电器控制的可靠性。

图 1-2 是 FANUC 0-T 系统的总连接图。

其中：M1 M2 M18 M19 为输入/输出接口；

M5 为外部传输接口；

M12 为主轴脉冲发生器接口；

M26 为主轴模拟电压接口；

M3、CCX5 为 CRT 控制接口；

M27 为主轴位置编码器接口；

CP15 为 CRT 电源接口；

M184、M187 为 X、Z 轴伺服控制接口；

M185、M188 为 X、Z 轴伺服电动机反馈接口；

M186、M189 为 X、Z 轴编码器反馈接口；

CP3 为 ON/OFF 控制；

CPI 为输入电源接口；

CPA7 为电池盒接口；

M19、M15 为选择件。