

FANUC数控系统 装调及实训

第2版

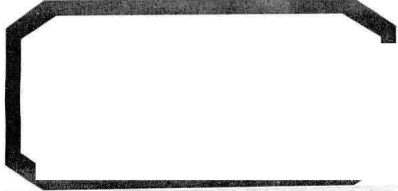


免费赠送课件

王悦 主编 · 左维 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



FANUC 数控系统装调 及实训

第 2 版

主 编 王 悦
副主编 左 维
参 编 王春光 王文彦

机械工业出版社

本书围绕如何高效使用 FANUC Oi 系统所提供的功能,通过图解及实例对 FANUC Oi 系列数控系统的硬件连接、机床数控系统调试及系统常见故障诊断与排除所需的常用机床参数含义、PLC 编程指令及相关操作方法、FANUC 辅助 PLC 编程软件 FAPT LADDERⅢ的使用方法、常用加工程序编制指令及操作等进行了说明。为便于读者学习,可联系 296447532@qq.com 获取课件。

本书既可以作为职业院校数控维修专业的教材,又可以作为工程技术人员从事维修工作的辅助指导材料。

图书在版编目(CIP)数据

FANUC 数控系统装调及实训/王悦主编. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-111-50879-3

I. ①F… II. ①王… III. ①数控机床—安装②数控机床—调试方法
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 162641 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:周国萍 责任编辑:周国萍 杨明远

版式设计:赵颖喆 责任校对:刘怡丹

封面设计:马精明 责任印制:刘 岚

北京富生印刷厂印刷

2015 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.25 印张·378 千字

0001—2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-50879-3

定价:46.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

编辑热线:010-88379733

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

近年来,随着装备制造业自动化水平的不断提升,数控技术得到了迅速发展,已广泛应用在金属加工、汽车制造、航空航天、消费电子、模具制造、木工机械、注塑机械等行业,并且已经达到一个引人瞩目的市场规模。随着数控机床使用规模的不断扩大,对数控系统调试与维修人员的需求量和技能要求都有了显著提升,因此编写此书,以期对从事 FANUC 数控系统应用、调试与维修工作的技术人员进行指导。

本书围绕如何高效使用 FANUC Oi 系统所提供的功能,通过图解及实例对 FANUC Oi 系列数控系统的硬件连接、机床数控系统调试及系统常见故障诊断与排除所需的常用机床参数含义、PLC 编程指令及相关操作方法、FANUC 辅助 PLC 编程软件 FAPT LADDER III 的使用方法、常用加工程序编制指令及操作等进行了说明。

目前在职业教育领域,越来越多的院校开设了“数控系统调试与维修”课程,针对数控维修专业课程注重实际操作的特点,本书强化了课程的实践教学,实训课题典型、实用,以期达到强化使用者实际技能的目的。本书为第2版,相对于第1版,本书在内容组织上增强了任务驱动向导性,旨在更方便直接地服务于数控系统装调维修实践教学。为便于读者学习,本书配有课件,可联系 296447532@qq.com 获取。

本书尤其适用于指导刚进入数控设备应用与维护岗位的技术人员,以及数控维修、机电一体化等专业高校学生,掌握数控系统结构和调试技术,并完成简单机床电气系统故障的诊断与维修。

本书绪论、第1章由天津海运职业技术学院王文彦编写,第3章由天津中德职业技术学院左维编写,第5章由天津中德职业技术学院王春光编写,第2章和第4章由中德职业技术学院王悦编写。全书由王悦统稿。

虽然本书是在多年工程实践应用的基础上编写的,但限于编者的水平,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

目 录

第2版前言

绪论	1
0.1 数控系统的组成	1
0.1.1 输入/输出设备	1
0.1.2 数控装置	1
0.1.3 可编程序控制器	2
0.1.4 伺服驱动单元	2
0.2 数控系统的分类	3
0.2.1 按控制运动的方式分类	3
0.2.2 按驱动装置的特点分类	3
0.2.3 按加工方式分类	6
0.3 数控系统软件结构的特点	6
0.4 FANUC 数控系统	6
0.4.1 FANUC 数控系统产品系列及其主流系统的特点	6
0.4.2 FANUC 数控系统的组成	8
0.4.3 FANUC i 系列数控系统的组成	9
0.4.4 FANUC 数控系统的特点	11
0.4.5 FANUC 数控系统型号命令原则	11
0.5 FANUC 驱动技术的发展	11
0.6 数控机床典型机电部件	13
0.7 本书的学习方法	15
第1章 数控系统调试控制基本操作	17
1.1 FANUC Oi-C 数控系统操作面板	17
1.1.1 字母键/数字键	17
1.1.2 程序编辑键	17
1.1.3 换档键 SHIFT	18

1.1.4	取消键 CAN	18
1.1.5	输入键 INPUT	18
1.1.6	功能键	18
1.1.7	复位键 RESET	21
1.1.8	帮助键 HELP	21
1.1.9	操作软键	21
1.2	配备 FANUC Oi-C 系统的数控机床的操作面板	22
1.2.1	自动运行方式 (MEM)	22
1.2.2	编辑方式 (EDIT)	23
1.2.3	手动数据输入方式 (MDI)	23
1.2.4	DNC 方式	23
1.2.5	返参方式 (REF)	23
1.2.6	手动连续运行方式 (JOG)	23
1.2.7	手轮操作方式 (HANDLE)	23
1.3	NC 状态显示	23
1.4	数控机床的基本操作	25
1.4.1	手动操作	25
1.4.2	加工参数设置	27
1.4.3	程序检查	29
1.4.4	程序自动运行	29
1.5	数控系统基本操作实训	31
1.5.1	手动操作实训课题	31
1.5.2	MDI 运行实训课题	31
第 2 章	FANUC Oi 系统硬件	32
2.1	FANUC Oi 系列数控系统的硬件简介	32
2.1.1	FANUC Oi-B 系统的硬件组成及各部分的功能简介	32
2.1.2	FANUC Oi-C 系统的硬件组成及各部分的功能简介	33
2.2	FANUC Oi-B 系统的结构及各部分的功能	34
2.3	FANUC Oi-C 系统的结构及各部分的作用	41
2.4	伺服系统硬件连接实训课题	57
2.4.1	CNC 系统硬件连接	57
2.4.2	伺服系统异常及其故障排除	58
2.4.3	控制主轴用变频器设置及故障排除	59
第 3 章	FANUC Oi 系统参数设定	60
3.1	系统参数基本设定方法	60
3.1.1	参数画面的调出方法	60
3.1.2	参数的分类	61

3.1.3 参数的设定方法	63
3.2 常用系统参数设定	65
3.2.1 常用数控系统参数及其含义	65
3.2.2 数控系统初始化参数	74
3.3 系统参数设定实训	91
第4章 FANUC 0i 系统 PMC 编程及调试	93
4.1 FANUC 0i 系统 PMC 概述	93
4.1.1 顺序程序的执行过程	93
4.1.2 PMC 程序的结构	94
4.1.3 PMC 接口	94
4.1.4 PMC 的地址	95
4.1.5 梯形图中的符号	100
4.2 PMC 编程	100
4.2.1 基本逻辑程序实例	100
4.2.2 常用内部信号	103
4.2.3 PMC 的功能指令及功能指令编程	108
4.2.4 第二级程序典型控制环节	124
4.3 数控系统中有关 PMC 的界面及其操作	133
4.3.1 显示梯形图程序	133
4.3.2 查找信号或指令	133
4.3.3 PMC 程序的启动与停止	134
4.3.4 PMC 程序的编辑	134
4.3.5 PMC 参数的设定	137
4.3.6 PMC 参数的传输	141
4.4 梯形图编程软件操作	142
4.4.1 界面介绍	142
4.4.2 创建顺序程序	144
4.4.3 编辑顺序程序	146
4.4.4 在线连接 FAPT LADDER- III	153
4.4.5 打印顺序程序	159
第5章 FANUC 0i 系统基本编程及加工	163
5.1 数控车削编程及加工	163
5.1.1 数控车削的基本编程及加工	163
5.1.2 数控车削复杂零件的编程及加工	176
5.2 数控铣削编程及加工	183
5.2.1 数控铣削的基本编程及加工	183
5.2.2 数控铣削加工循环指令	189

5.3 编程模拟软件的使用	195
附录 常用 PMC 功能指令	202
功能指令 1 一级程序结束 END1 (SUB1)	203
功能指令 2 二级程序结束 END2 (SUB2)	204
功能指令 3 三级程序结束 END3 (SUB48)	204
功能指令 4 定时器 TMR (SUB4)	204
功能指令 5 固定定时器 TMRB (SUB24)	205
功能指令 6 延时导通定时器 TMRC (SUB54)	205
功能指令 7 BCD 译码 (SUB4)	206
功能指令 8 DECB 译码 (SUB25)	207
功能指令 9 CTR 环形计数器 (SUB5)	207
功能指令 10 CTRB 固定计数器 (SUB56)	208
功能指令 11 CTRC 追加环形计数器 (SUB55)	209
功能指令 12 ROT 旋转指令 (SUB6)	210
功能指令 13 ROTB 旋转指令 (SUB26)	211
功能指令 14 COD 代码转换 (SUB7)	212
功能指令 15 CODB 二进制代码转换 (SUB27)	213
功能指令 16 MOVE 逻辑传输指令 (SUB8)	213
功能指令 17 MOVOR 逻辑或传输指令 (SUB28)	213
功能指令 18 MOVB 一字节数据传送 (SUB43)	213
功能指令 19 MOVW 二字节数据传送 (SUB44)	214
功能指令 20 MOVN 任意字节数据传输 (SUB45)	214
功能指令 21/22 公用线控制开始 COM (SUB9/SUB29)	214
功能指令 23/24 跳转指令 JMP/JMPE (SUB10/SUB30)	215
功能指令 25 标号跳转指令 1JMPB (SUB68)	215
功能指令 26 标号跳转指令 2JMPC (SUB73)	216
功能指令 27 标号 LBL (SUB69)	216
功能指令 28 奇偶校验 PARI (SUB11)	216
功能指令 29 数据变换 DCNV (SUB14)	217
功能指令 30 扩展数据变换 DCNVB (SUB31)	217
功能指令 31 BCD 大小比较 COMP (SUB15)	218
功能指令 32 二进制大小比较 COMPB (SUB32)	219
功能指令 33 BCD 一致判断 COIN (SUB16)	219
功能指令 34 移位寄存器 SFT (SUB33)	220
功能指令 35 BCD 数据检索 DSCH (SUB17)	220
功能指令 36 二进制数据检索 DSCHB (SUB34)	221
功能指令 37 BCD 变址数据修改 XMOV (SUB18)	222
功能指令 38 二进制变址修改数据传送 XMOVB (SUB35)	222

功能指令 39	BCD 加法运算 ADD (SUB19)	223
功能指令 40	二进制加法运算 ADDB (SUB36)	223
功能指令 41	BCD 减法运算 SUB (SUB20)	224
功能指令 42	二进制减法运算 SUBB (SUB37)	225
功能指令 43	BCD 乘法运算 MUL (SUB21)	225
功能指令 44	二进制乘法运算 MULB (SUB38)	226
功能指令 45	BCD 除法运算 DIV (SUB22)	227
功能指令 46	二进制除法运算 DIVB (SUB39)	227
功能指令 47	BCD 常数赋值 NUME (SUB23)	228
功能指令 48	二进制常数赋值 NUMEB (SUB40)	228
功能指令 49	信息显示 DISPB (SUB41)	229
功能指令 50	外部数据输入 EXIN (SUB42)	229
功能指令 51	CNC 数据读取 WINDR (SUB51)	230
功能指令 52	CNC 数据写入 WINDW (SUB52)	230
功能指令 53	上升沿检测 DIFU (SUB57)	231
功能指令 54	下降沿检测 DIFD (SUB58)	231
功能指令 55	异或 EOR (SUB59)	231
功能指令 56	逻辑乘 AND (SUB60)	232
功能指令 57	逻辑和 OR (SUB61)	233
功能指令 58	逻辑非 NOT (SUB62)	233
功能指令 59	程序结束 END (SUB64)	234
功能指令 60	有条件子程序调用 CALL (SUB65)	234
功能指令 61	子程序无条件调用 CALLU (SUB66)	235
功能指令 62	子程序开始 SP (SUB71)	235
功能指令 63	子程序结束 SPE (SUB72)	235
参考文献		236

绪 论

0.1 数控系统的组成

在数控机床行业中，数控系统是指计算机数字控制装置、可编程序控制器、进给驱动与主轴驱动装置等相关设备的总称。有时仅指其中的计算机数字控制装置，并将计算机数字控制装置称为数控装置。

数控系统的组成如图 0-1 所示。

0.1.1 输入/输出设备

输入设备的作用是将控制介质（信息载体）上的数控代码传递并存入数控

系统内。根据控制介质的不同，输入设备可以是光电阅读机、磁带机或软盘驱动器等。数控加工程序、数控系统参数、PMC 程序不仅可以通过键盘用手工方式直接输入数控系统，还可以由计算机用 RS232C 或采用网络通信方式传送到数控系统中。

零件加工程序输入过程有两种不同的方式：一种是边读入边加工，另一种是一次将零件加工程序全部读入数控装置内部的存储器，加工时再从存储器中逐行调出进行加工。

各种类型的数控机床中最直观的输出设备是显示器，有 CRT 显示器或彩色液晶显示器两种。输出设备的作用是为操作人员提供必要的信息。显示的信息可以是正在编辑的程序、坐标值、报警信号等。

总之，输入/输出设备是机床数控系统和操作人员进行信息交流、人机对话必须具备和必要的交互设备。

0.1.2 数控装置

数控装置就是通常所说的计算机数控系统，它由专用或通用计算机硬件加上系统软件和应用软件组成，完成数控系统的运动控制功能、人机交互功能、数据管理功能和相关的辅助控制功能，是数控系统功能实现和性能保证的核心组成部分，是整个数控体系的中枢。

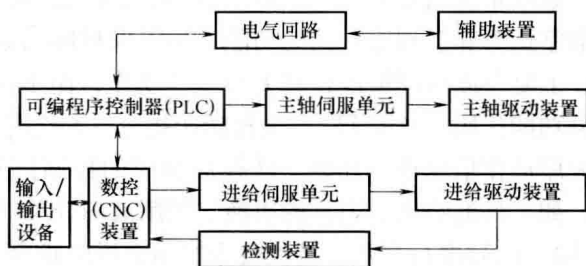


图 0-1 数控系统的组成

数控装置从内部存储器中取出或接受输入设备送来的一段或几段数控加工程序，经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后，输出各种控制信息和指令，控制机床各部分的工作，使其进行规定的有序运动和动作。这些信号中最基本的信号是经插补运算决定的各坐标轴的进给速度、进给方向和位移量指令（送到伺服驱动系统以驱动执行部件作进给运动）。其他信号还包括主轴的变速、换向和起停信号，选择和交换刀具的刀具指令信号，控制切削液、润滑油起停、工件和机床部件松开、夹紧、分度工作台转位的辅助指令信号等。

数控装置主要由中央处理单元（CPU）和总线、存储器（ROM、RAM）、内置 PLC、输入/输出（I/O）接口电路、与 CNC 系统其他组成部分联系的接口等组成。

0.1.3 可程序控制器

可程序控制器亦可称为可程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller）。

数控系统通过 CNC 和 PLC 的协调配合来共同完成数控机床的控制，其中 CNC 主要完成与数字运算和管理等有关的功能，如零件程序的编辑、插补运算、译码、位置伺服控制等。PLC 主要完成与逻辑运算有关的一些动作，而不涉及轨迹上的要求。PLC 处理 CNC 送来的辅助功能代码（M 代码）、主轴转速指令（S 代码）、刀具指令（T 代码）等顺序动作信息，对顺序动作信息进行译码，转换成对应的控制信号，控制辅助装置完成机床相应的开关动作，如工件的装夹、刀具的更换、切削液的开关等一些辅助动作。PLC 还可以与机床侧的输入/输出信号进行交互，接收机床控制面板的指令，一方面直接控制机床的动作，另一方面将一部分指令送往数控装置用于加工过程的控制。

用于数控机床的 PLC 一般分为两类：一类是内装式 PLC，将 CNC 和 PLC 综合起来设计，也就是说，PLC 是 CNC 装置的一部分；另一类是独立型 PLC。

0.1.4 伺服驱动单元

伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分，它是机床工作的动力装置，CNC 装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施。驱动装置接受来自数控装置的指令信息，经功率放大后，将控制器数字量的指令输出转换成各种形式的电动机运动，带动执行元件实现其所规划出来的运动轨迹。因此，它的伺服精度和动态响应性能是影响数控机床加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。

伺服驱动系统包括驱动放大器和执行机构两个主要部分，其任务实质是实现一系列数模或模数之间的信号转化，表现形式就是位置控制和速度控制。执行机构包括步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机，相应的驱动系统分别为步进驱动系统、直流伺服驱动系统、交流伺服驱动系统。目前使用的主要是直流伺服驱动系统和交流伺服驱动系统。

检测装置是伺服系统的一个重要组成部分。检测装置将数控机床各坐标轴的实际位移量检测出来，经反馈系统输入到数控装置中。数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较，控制运动部件按指令设定值运动。

0.2 数控系统的分类

0.2.1 按控制运动的方式分类

1. 点位控制数控系统

点位控制数控系统的特点是机床移动部件只能实现由一个位置到另一个位置的精确定位，在移动和定位过程中不进行任何加工。机床数控系统只控制行程终点的坐标值，不控制点与点之间的运动轨迹，因此几个坐标轴之间的运动无任何联系。可以几个坐标同时向目标点运动，也可以各坐标依次向目标点运动。

这类数控系统主要用于数控冲床、数控钻床等。

2. 点位直线控制数控系统

点位直线控制数控系统的特点是，机床移动部件不仅要实现由一个位置到另一个位置的精确移动定位，而且要控制工作台以一定的速度沿平行坐标轴方向或 45° 斜率直线方向进行直线切削加工。

这类数控系统主要用于简易数控车床、数控镗铣床等。

3. 轮廓控制数控系统

轮廓控制数控系统不仅可以完成点位及点位直线控制数控系统的加工功能，而且能够对两个或两个以上坐标轴进行插补，因而具有各种轮廓切削加工能力。它不仅能够控制机床移动部件的起点与终点坐标，而且能控制整个加工轮廓每一点的速度和位移，将工件加工成指定的轮廓形状。轮廓控制数控系统的结构要比点位直线控制系统复杂，在加工过程中需要不断进行插补运算，从而实现相应的速度与位移控制。

常用的数控车床、数控铣床、数控磨床都采用轮廓控制数控系统。

0.2.2 按驱动装置的特点分类

数控系统按有无检测装置可分为开环数控系统和闭环数控系统。对于闭环数控系统，根据检测装置所检测的位移量又可分为全闭环数控系统和半闭环数控系统。

1. 开环数控系统

开环数控系统即无位置反馈的系统，其驱动元件主要是功率步进电动机或电液脉冲马达。这两种执行元件工作原理的实质都是进行数字脉冲到角度位移的变换，它不用位置检测元件实现精确定位，而是靠驱动装置本身的精度实现定位，转过的角度正比于指令脉冲的个数；转速由控制脉冲的频率决定。开环数控系统的工作原理如图 0-2 所示。

开环数控系统结构简单，成本较低。但由于系统对移动部件的实际位移量不进行检测，也不能进行误差校正，所以



图 0-2 开环数控系统的工作原理图

步进电动机的失步、步距角的误差、传动链上齿轮与丝杠等的传动误差都将影响被加工零件的精度。开环数控系统仅适用于加工精度要求不高的简易经济型数控机床。

2. 闭环数控系统

闭环数控系统是利用位置检测元件测出机床进给传动链的执行元件（如机床工作台）的实际位移量或实际所处位置，并将测量值反馈给数控（CNC）装置，与指令值进行比较，求得误差，依此驱动执行元件运动以补偿误差，即构成闭环位置控制。可见，闭环数控系统是误差控制随动系统。闭环数控系统的工作原理如图 0-3 所示。

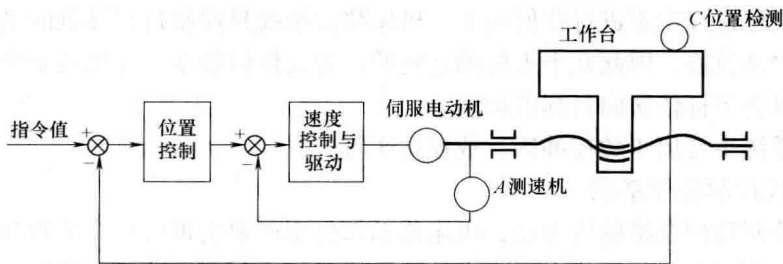


图 0-3 闭环数控系统的工作原理图

由于闭环数控系统是反馈控制，反馈检测装置精度很高，所以系统传动链的误差（包括传动链中各元件的误差和传动过程中出现的误差）可以得到补偿，从而大大提高了跟随精度和定位精度。系统精度与传动元件制造精度无关，只取决于检测装置的制造精度和安装精度。

通常机械传动环节中会出现一些可变的误差，如丝杠与螺母、工作台与导轨的摩擦特性；各部件的刚性；位移测量元件安装的传动链间隙等。这些都将直接影响伺服系统的调节参数，并且在闭环系统中对这些非线性参数进行调整和设计有较大难度，设计和调整得不好很容易造成系统的不稳定。

3. 半闭环数控系统

大多数数控机床采用半闭环数控系统。半闭环数控系统中位置检测元件不直接安装在进给坐标的最终运动部件上，而是在伺服电动机的轴或数控机床的传动丝杠上装有角度检测装置，通过检测丝杠的转角间接地检测进给坐标上最终运动部件的实际位移，然后反馈到数控装置中，对误差进行修正。半闭环数控系统的工作原理如图 0-4 所示。

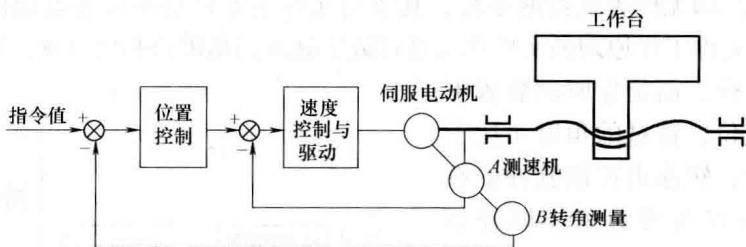


图 0-4 半闭环数控系统的工作原理图

由于这种系统的闭环环路内不包括滚珠丝杠螺母副及工作台，因此可获得稳定的控制特性，而且由于采用了高分辨率的测量元件，可以获得比较满意的精度。但是环外的传动误差没有得到系统的补偿，因而这种数控系统的精度低于闭环系统。

4. 反馈补偿型开环控制及反馈补偿型半闭环控制

反馈补偿型开环控制的特点是基本控制采用开环伺服系统, 另外附加一个校正电路。通过装在工作台上的直线位移检测元件测得的反馈信号输入到校正电路, 补偿进给系统误差。

指令脉冲既供给到驱动系统控制步进电动机按指令运转, 又供给到感应同步器的检测系统。工作在鉴幅方式的感应同步器既是位置检测器, 又是比较器, 将正弦、余弦发生器给定的滑尺励磁信号与由步进电动机驱动的定尺移动位置进行比较。反馈补偿型开环数控系统原理如图 0-5 所示。

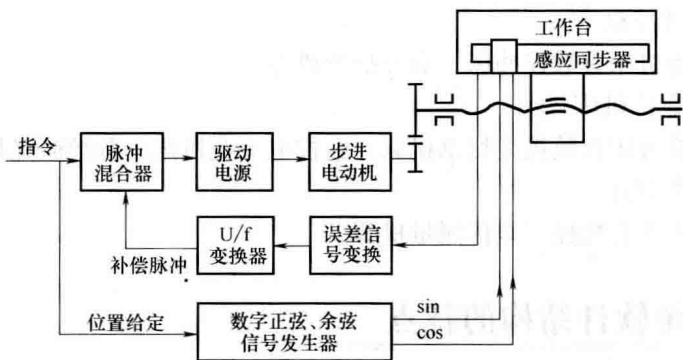


图 0-5 反馈补偿型开环数控系统原理图

误差信号经过一定处理, 由电压频率变换器产生变频脉冲, 把它与指令脉冲相加减, 实现对开环系统进行位置误差补偿的目的。

反馈补偿型开环控制具有开环的稳定性和闭环的精确性, 不会因为机床的谐振频率、爬行、死区、失动等因素引起系统振荡, 不需间隙补偿和螺距补偿。

反馈补偿型半闭环控制的特点是用半闭环控制方式取得高速度控制, 再用装在工作台上的直线位移检测元件实现全闭环误差修正。反馈补偿型半闭环数控系统的工作原理如图 0-6 所示。

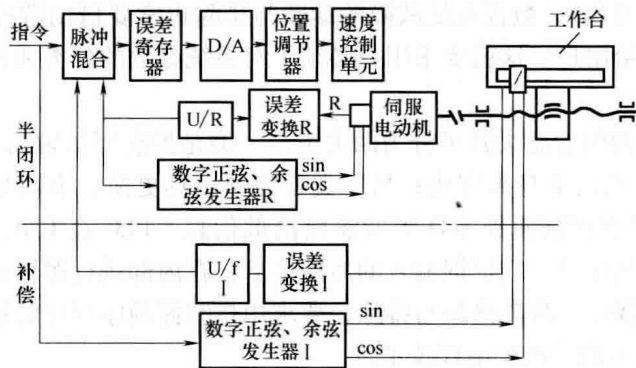


图 0-6 反馈补偿型半闭环数控系统工作原理图

半闭环控制的检测元件旋转变压器 R 检测系统的正弦、余弦励磁信号由其反馈脉冲自动修改, 故转角始终按指令值变化; 直接位置检测的感应同步器 I 检测系统的正弦、余弦励磁信号的电气角由数控装置给定。感应同步器不断比较指令转角与实际转角, 若出现偏差, 产生误差信号, 经变换后产生补偿脉冲加到脉冲混合电路, 对指令脉冲进行随机补偿, 提高

整个系统的定位精度。反馈补偿型半闭环控制系统比全闭环系统容易调整,稳定性好,适用于高精度大型数控机床的进给驱动。

0.2.3 按加工方式分类

1. 金属切削类数控机床

金属切削类数控机床有数控车床、数控铣床及数控加工中心、数控钻床、数控镗床、数控磨床等。

2. 板材加工类数控机床

板材加工类数控机床有数控冲床、数控折弯机等。

3. 特种加工类数控机床

特种加工类数控机床有数控线切割机床、数控电火花机床、数控激光切割机床等。

4. 其他类型数控机床

其他类型数控机床有数控三坐标测量机等。

0.3 数控系统软件结构的特点

CNC 系统软件可分为管理软件与控制软件两部分。管理软件包括零件程序的输入、输出,显示,诊断和通信功能软件;控制软件包括译码、刀具补偿、速度处理、插补运算和位置控制等功能软件。

数控(CNC)装置的存储器中除了存储有上述系统软件外,还存储有用户软件、各种系统参数等。系统软件是数控系统正常工作必不可少的,数控系统会按照工作过程顺序调用,无需用户设置。从应用的角度,对数控系统的软件应该主要了解数控系统的参数和 PLC 程序。

参数的主要作用表现在,数控机床在出厂前,对所采用的 CNC 系统设置许多初始参数来配合、适应相配套的数控机床的具体状况,部分参数还要经过调试来确定(例如,某些用于补偿机床误差的参数),数控系统故障的诊断与排除也常要借助数控系统的参数。参数表或参数纸带会交付给用户。这就要求用户必须了解系统参数的分类和作用、主要参数的含义以及设置方法。

CNC 系统内部处理的信息大致可分为两大类,一类是控制坐标轴运动的连续数字信息,这种信息主要由 CNC 系统本身来完成;另一类是控制刀具更换、主轴起停、换向变速、零件装卸、切削液开/停和控制面板 I/O 等的逻辑离散信息。PLC 在 CNC 系统中是介于 CNC 装置与机床之间的中间环节,它根据输入的离散信息,在内部进行逻辑运算,并完成输出功能。对数控系统进行调试、故障诊断与排除,要求用户掌握顺序程序的接口以及顺序程序的执行、与 PLC 有关的参数、PLC 编程技术。

0.4 FANUC 数控系统

0.4.1 FANUC 数控系统产品系列及其主流系统的特点

FANUC 公司始建于 1956 年,1959 年首先推出了电液步进电动机,在后来的若干年中逐

步发展并完善了以硬件为主的开环数控系统。进入 20 世纪 70 年代, 微电子技术、功率电子技术, 尤其是计算机技术得到了飞速发展, FANUC 公司毅然舍弃了使其发家的电液步进电动机数控产品, 一方面从 GETTES 公司引进直流伺服电动机制造技术, 另一方面加强了与 SIEMENS 公司的合作关系, 学习其先进的硬件技术。1976 年, FANUC 公司研制成功数控系统 5, 随后又与 SIEMENS 公司联合研制了具有先进水平的数控系统 7, 从这时起, FANUC 公司逐步发展成世界上最大的专业数控系统生产厂家, 产品日新月异, 年年翻新。

目前国内市场常见的 FANUC 数控系统有 FANUC 0C/D 系列、FANUC 0i- A/B/C/D 系列、FANUC 21/21i 系列、FANUC 16/16i 系列、FANUC 18/18i 系列、FANUC 15/15i 系列、FANUC 30i/31i/32i 系列、FANUC Power- Mate 系列、FANUC Open CNC (FANUC 00/210/160/180/150/320 等)。其中, FANUC 0C/D 系列、FANUC 0i- A/B/C 系列以及 FANUC 21i 系列适用于 4 轴(数控轴)联动及以下的普及型数控机床。

FANUC 0C/D 系列是 20 世纪 90 年代的产品, 早已停产, 但目前在国内有一定的保有量。FANUC 0D 是北京 FANUC 公司生产的早期产品, 硬件结构是双列直插型的芯片, 大板结构, CPU 是 Intel486 系列, 驱动采用全数字伺服。

FANUC 0i- A/B/C 系列是 2000 年后北京 FANUC 公司的新一代产品, 硬件采用 SMT 表面贴装技术, 驱动采用 α 及 αi 系列或 β 及 βi 系列全数字伺服, 特别是 αi 系列采用 FSSB (FANUC Series Servo Bus) 总线结构, 光缆传输, 具有 HRV (High Response Vector, 高精度矢量控制) 1~3 功能, 可以实现高速高精度轮廓加工。

FANUC 0i- D 系列是 2007 年前后北京 FANUC 公司推出的最高可以实现 5 轴联动控制的新型数控系统, 其性能及更加用户友好型的设计理念主要体现在:

(1) 方便地完成用户定制界面 利用 FANUC PICTURE 软件, 用户可以在 PC 上方便快捷地创建机床操作画面, 然后将画面数据通过存储卡存储到 CNC 的 F- ROM 中。使用带触摸屏的机床操作显示器, 减小了机床操作面板的尺寸。利用 FANUC PICTURE 编辑用户界面示意图如图 0-7 所示。

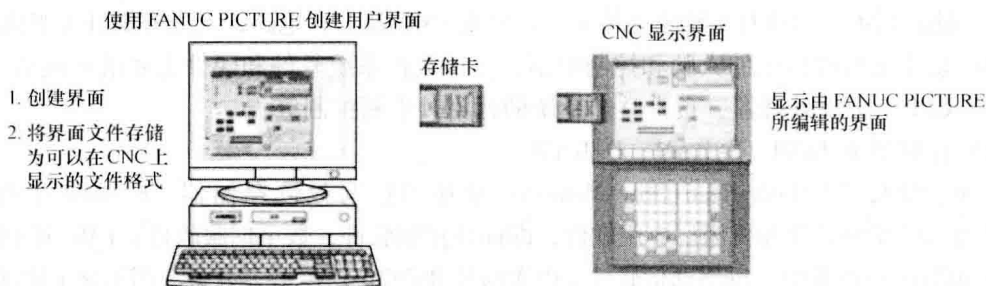


图 0-7 利用 FANUC PICTURE 编辑用户界面示意图

(2) 先进的伺服功能 通过极其平滑旋转的伺服电动机、高精度的电流检测、高响应和高分辨率的脉冲编码器等硬件和伺服 HRV3 控制技术的有机结合, 可以实现高速、高精度的进给控制, 并且通过自动跟踪的 HRV3 滤波器, 可以避免因频率变化而造成的机床共振; 通过使用高速 DSP 和先进的主轴 HRV3 控制技术, 提高了电流控制的快速响应和高稳定性, 此外通过缩短速度回路的取样时间和高分辨率的检测电路, 实现了高响应、高精度的主轴控

制,还提高了C轴轮廓控制的性能。

(3) 伺服调试指南功能 软件编制了伺服和主轴调整所需的测试程序、参数的设定值、数据的测量等完整的调试环境,通过SERVO GUIDE(伺服调试工具)的帮助,可以在短时间内完成主轴和伺服相关参数的最优化。

(4) 实用的磨床控制功能 系统提供了磨床控制常用的圆柱磨削的加工循环、连续砂轮修正补偿、斜轴控制、在摆动终点的进刀磨削、砂轮的垂直修正控制等功能,使得FANUC Oi-D系统可以应用于磨床,从而扩大了该系统的应用范围。

FANUC 21/21i系列数控系统与FANUC Oi-C是同类系统,FANUC公司本土生产,主要在海外市场销售。

FANUC 16i/18i系列数控系统属于FANUC公司的中档系统,适用于5轴以上的卧式加工中心、龙门镗铣床、龙门式加工中心等。

FANUC 15/15i系列数控系统是FANUC公司的全功能系统,主要体现在软件丰富、可扩充、联动轴数多。

FANUC 30i/31i/32i是新一代数控系统,采用新一代数控系统HRV4,可以实现纳米级加工,被用于医疗器械、大规模集成电路芯片模具加工等。

FANUC Open CNC包括FANUC 210/160/180/150/320等,从名称上看,Open CNC是开放式数控系统,即在系统系列标志后面加“O”。它可以在FANUC公司产品平台上,灵活挂接非FANUC公司的产品,如工业PC+Windows软件平台+FANUC NC硬件+FANUC驱动,或FANUC硬件平台+Windows软件平台。使用开放式数控系统,便于机床制造厂开发工艺软件和操作界面。

FANUC i系列性能比较如图0-8所示。

0.4.2 FANUC数控系统的组成

通用型FANUC系统(即非Open CNC),其CNC系统平台及各种软件完全由FANUC公司开发,没有Windows界面。硬件采用F-Bus(FANUC总线)。配备FANUC数控系统的电气控制系统一般由CNC、伺服及主轴驱动单元、内置式PMC及I/O电路,以及外围开关组成。

CNC系统是数控机床的大脑和控制中枢,一般数控系统软件和硬件主要组成包括:

(1) CPU 中央处理器,负责整个系统的运算、中断控制等。

(2) 存储器 F-ROM、S-RAM、D-RAM

1) F-ROM,即Flash Read Only Memory,快速可擦写只读存储器。F-ROM中存放着FANUC公司的系统软件和机床厂应用软件,即插补控制软件,数字伺服软件,PMC控制软件,PMC应用程序(梯形图),网络通信软件,以太网及RS232、DNC控制软件,图形显示软件等。

2) S-RAM,即Static Random Access Memory,静态随机存储器。S-RAM主要用于存放机床厂及用户数据,主要包括系统参数及数字伺服参数、加工程序、用户宏程序、PMC参数、刀具补偿及工件坐标补偿数据、螺距误差补偿数据。

3) D-RAM,即Dynamic Random Access Memory,动态随机存储器。D-RAM是工作存储器,在控制系统工作时,起缓存作用。

(3) 数字伺服轴控制卡 目前数控系统广泛采用全数字伺服交流同步电动机控制技术。全数字伺服的运算以及脉宽调制已经以软件的形式打包装入CNC系统内(存储在F-ROM),