

■ 龚仲华 编著

FANUC-0iC

数控系统 完全应用手册



FANUC-0iC 数控系统 完全应用手册

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

FANUC-0iC数控系统完全应用手册 / 龚仲华编著. —北京: 人民邮电出版社, 2009. 5
ISBN 978-7-115-19286-8

I. F… II. 龚… III. 数控机床—技术手册 IV. TG659-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第186934号

内 容 简 介

本书从数控系统设计、操作、编程以及维修人员的实际需要出发,在广泛吸收国外先进设计思想、先进标准的基础上,对 FS-0iC 系统选型、编程、设计理论与方法、硬件与软件设计技术、功能调试、系统维修等多方面内容进行了全面阐述;完整、系统地介绍了 FS-0iC 在设计、使用、维修过程中所涉及的全部知识,内容涵盖了 FANUC-0iC 系列 CNC、PMC、 α/β 驱动的规格、操作、编程、连接、功能、维修等全部技术资料。本书可以解决广大技术人员因资料不全造成的工作困难;帮助读者全面系统地掌握 CNC 控制系统设计、调试、维修的理论与方法;达到不再借助其他参考书,即可掌握 FS-0iC 全部应用知识的目的。

全书内容先进实用,知识体系全面系统,编写深入浅出,理论联系实际,面向工程应用,是迄今 FANUC-0iC 系统应用类书籍中最为完整、系统的工程设计参考资料与应用技术手册,也是高等学校教师和学生在教学培训时的优秀参考书籍。

FANUC-0iC 数控系统完全应用手册

- ◆ 编 著 龚仲华
责任编辑 姚予疆
执行编辑 付方明
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 57
字数: 1 659 千字 2009 年 5 月第 1 版
印数: 1—3 500 册 2009 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19286-8/TN

定价: 98.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

CNC 是一种用于数控机床等自动化设备的计算机控制装置。FANUC 公司是全球最早研发、生产 CNC 的厂家，技术在世界上处于领先水平，产品遍及全球。FS-0iC 系列 CNC 是该公司当前的主导产品之一，该产品以高性能价格比与高可靠性著称，在国内外数控设备中得到了广泛的应用。

FS-0iC 的技术资料多达数十种、几千万字，内容相互关联，且很多为原文资料。作为长期从事 CNC 控制系统工程设计的技术人员，作者本人感到在系统选型、设计、安装、调试与维修过程中，需要查阅与携带的技术资料过多，相信其他电气设计人员与使用、维修人员，尤其是初学者同样会遇到此类问题。因此，如何将 FANUC 公司所提供的众多技术资料删繁就简、融会贯通，为工程设计人员提供一册全面、系统、便于使用的参考书，解决广大操作、维修人员因技术资料不全带来的实际困难，是作者多年来一直思考的问题，希望通过本书予以解决。

CNC 控制系统是一个由 CNC、伺服/主轴驱动器、PMC、强电控制回路、机械/液压/气动执行部件等构成的整体。虽然，就 FANUC 公司自身的产品而言，FS-0iC 只是一种功能精简型 CNC，但对于一般数控机床的使用来说，其硬件配套与软件功能已十分齐全。为了实现机床的动作，发挥 CNC 的功能，不但需要编制正确的程序，而且还需要系统软硬件选择功能、机床参数与控制信号等各个方面的支持。作为系统的设计人员与数控机床使用、维修人员，不能简单地通过加工程序就试图实现 CNC 的全部功能，而是需要从系统选型开始就进行充分的考虑。从 CNC 的功能出发，在系统选型、实现形式（编程）与实现条件（参数与信号的保证）等方面进行综合考虑，为读者提供一条全面系统、完整清晰的分析问题和解决问题的思路，是本书的编写目的与基本宗旨。

CNC 控制系统的可靠性、安全性事关系统设计与最终产品的成败。系统设计不但需要考虑系统本身的连接要求、参数设定、PMC 程序编制等，而且与强电回路设计、机械/液压/气动系统的配合、电器安装与连接设计等诸多因素密切相关，必须在设计阶段就给予全面考虑。广泛吸收国外先进标准、先进设计思想，在正确的理论指导下进行工程设计，是提高数控设备可靠性的重要手段。本书通过大量国外先进机床的实例，系统介绍了 CNC 控制系统设计的基本理论与方法，希望能够为读者全面了解、系统掌握 CNC 控制系统的设计技术提供帮助。

根据以上要求，从满足广大设计、操作、编程、维修人员的实际需要出发，本书通过对系统选型、数控编程、硬件设计、软件设计、功能调试、系统维修 6 个方面内容的综合阐述，完整地介绍了 FS-0iC 在设计、使用、维修过程中所涉及的全部内容，旨在通过学习，使读者能不再借助其他参考书，便可掌握 FS-0iC 的全部知识。

全书有“系统选型篇”、“编程篇”、“硬件设计篇”、“PMC 编程篇”、“功能调试篇”和“维修篇”6 篇共 28 章，内容涵盖了 FS-0iC 的全部技术参考资料，包括 FS-0iC 及其配套的 α/β 系列伺服/主轴驱动在设计、使用、维修中所需要的全部内容。

第 2~4 章为系统选型篇。本篇系统介绍了 FS-0iC 的 CNC 与伺服/主轴驱动系统硬件和软件的基本组成、主要技术参数与选用原则，内容涵盖 FS-0iC 规格说明书、连接说明书（硬件）、 α/β 系列伺服/主轴驱动与电机规格说明书等技术资料，并提供了系统的配置实例与伺服/主轴电机的技术参数与安装尺寸，可以供系统选型与设计计算参考。

第 5~9 章为编程篇。本篇对 FS-0iC 的全部通用指令编程、自动倒角与蓝图编程、用户宏程序编程、对话编程与 0i 引导编程等进行了全面、系统的介绍；指令说明具体，应用实例丰富，并通过车削加工、铣削（加工中心）加工程序的标准格式，融会贯通了 FS-0iC 的程序结构与体系，希望能够为初学者提供方便，对编程人员水平的提高有所裨益。

第 10~14 章为硬件设计篇。本篇广泛吸收国外先进标准与先进设计思想,对数控机床主轴与进给系统的设计计算、电机选择方法、高速进给系统的设计原则与参数确定方法等设计理论进行了深入浅出的介绍;对 CNC 控制系统的 CNC/PMC/伺服/主轴驱动的主回路和控制回路的设计方法、设计原则、设计步骤等内容进行了全方位阐述。全篇通过大量的实例,突出了高速加工机床的设计与计算、安全电路设计等先进的理论与方法;同时对散热设计、安装与连接设计等容易被设计者忽视的内容进行了详细描述,相信它对 CNC 机床与控制系统的的设计人员会有所启发与帮助。

第 15~18 章为 PMC 设计篇。全篇从 PMC 的基础知识入手,对 FS-0iC 配套 PMC-SA1/SB7 的性能、硬件设计与配置方法、所有编程指令的格式与编程要点、I/O 从站配置步骤、PMC 参数设定方法、PMC 程序的编辑、PMC 的动态检测等全部内容进行了深入、具体的介绍。大量 FS-0iC 常用的实用程序示例,可以为 PMC 程序设计者提供编程参考。

第 19~25 章为功能调试篇。本篇在全面介绍 CNC 控制系统功能调试的基本方法与步骤的基础上,强调了 CNC 控制系统的软、硬件调试与检查重点及具体方法、步骤。在此基础上,以 CNC、伺服驱动、主轴驱动的功能为主线,从硬件配置、机床参数设定、控制信号要求等方面对功能实现条件进行了综合说明,它可以为机床调试与维修人员提供完整、清晰的分析问题、解决问题的思路。

第 26~28 章为维修篇。本篇对 FS-0iC 的状态诊断与故障分析的基本方法,日常维护的设定与检查,CNC、伺服驱动器、主轴驱动器、电机的报警显示与故障处理方法,数控机床典型故障的综合分析与处理步骤等内容进行了全面、系统的介绍,它可以为机床调试与维修者提供帮助与参考。

本书编写过程中得到了 FANUC 技术人员与经飞、黄佩玲、丁迪、王健、陆寒香等同志的大力帮助,在此一并表示感谢。由于全书所涉及的参考资料与内容众多,编写工作量较大,书中的缺点错误在所难免,殷切期望得到广大读者与同行专家的帮助指正。

编著者

目 录

第1章 绪论	1
1.1 数控系统及其组成	1
1.1.1 数控技术的基本概念	1
1.1.2 数控系统及其组成	3
1.2 CNC的工作原理与特点	5
1.2.1 数控机床的工作过程	5
1.2.2 插补原理	6

第1篇 系统选型篇

第2章 FS-0iC的组成与硬件	14
2.1 FS-0iC概述	14
2.1.1 产品型号与系列	14
2.1.2 FS-0i与FS-0i Mate	16
2.1.3 FS-0iC的组成与原理	16
2.2 CNC单元及主要附件	19
2.2.1 CNC单元与附件规格	19
2.2.2 CNC与MDI/LCD单元	20
2.2.3 标准机床操作面板	21
2.3 I/O-Link从站设备	24
2.3.1 I/O-Link从站的分类与规格	24
2.3.2 操作面板I/O单元	27
2.3.3 机床I/O连接单元	31
2.3.4 分布式I/O单元	32
2.3.5 β i系列伺服驱动	35
2.4 FSSB从站设备	36
2.4.1 FSSB从站设备	36
2.4.2 FSSB从站的配置原则	37

第3章 FS-0iC的功能与软件	39
3.1 坐标轴控制功能	39
3.1.1 机床坐标系与参考点	39
3.1.2 坐标轴控制与插补功能	41
3.1.3 轴撤销与位置跟随功能	45
3.1.4 位置误差补偿功能	46
3.2 轴安全保护功能	47
3.2.1 运动保护功能	48
3.2.2 禁区保护功能	49

1.2.3 CNC控制的特点	6
1.3 伺服驱动系统的分类	7
1.3.1 开环、半闭环、闭环驱动	7
1.3.2 模拟伺服与数字伺服驱动	9
1.4 常用的CNC产品	11
1.4.1 FANUC公司产品简介	11
1.4.2 其他CNC产品简介	13

3.3 进给控制功能	51
3.3.1 进给速度控制功能	51
3.3.2 加减速控制功能	52
3.4 主轴控制功能	55
3.4.1 主轴的控制方式与功能	55
3.4.2 主轴转速控制功能	57
3.4.3 主轴位置控制功能	59
3.4.4 多主轴控制功能	60
3.5 辅助功能	61

第4章 伺服与主轴驱动	64
4.1 α i系列伺服驱动器	64
4.1.1 电源模块	65
4.1.2 伺服驱动模块	65
4.1.3 主轴驱动模块	67
4.1.4 驱动器附件	69
4.2 β i系列伺服驱动器	69
4.2.1 结构与型号	69
4.2.2 产品规格	71
4.2.3 驱动器附件	72
4.3 伺服电机	72
4.3.1 α is/ α HVi系列伺服电机	73
4.3.2 α i/ α HVi系列伺服电机	75
4.3.3 β is系列伺服电机	76
4.3.4 伺服电机的安装尺寸	77
4.4 主轴电机	80
4.4.1 α i系列主轴电机的分类	80
4.4.2 标准 α i系列主轴电机	81
4.4.3 α iP系列大范围恒功率输出主轴电机	82

4.4.4 α iT 主轴直连型电机	84
4.4.5 α iL 强制冷却主轴直连型电机	85

4.4.6 β i 系列主轴电机	85
4.4.7 主轴电机的安装尺寸	85

第 2 篇 编 程 篇

第 5 章 FS-0iC 编程基础

5.1 编程的基本概念	89
5.1.1 编程的基本要求与方法	89
5.1.2 程序的组成	90
5.1.3 程序段的组成与结构	92
5.1.4 子程序编程	93
5.2 坐标系的建立与选择指令	95
5.2.1 机床坐标系的建立与选择	96
5.2.2 工件坐标系的建立与选择	97
5.3 位置、速度的单位选择与编程	100
5.3.1 位置单位的选择与指定方式	101
5.3.2 速度单位的选择与指定方式	102
5.4 基本移动指令的编程	103
5.4.1 快速定位、直线插补与暂停	103
5.4.2 圆弧插补与加工平面选择	106
5.5 加工准备指令的编程	110
5.5.1 行程保护与参数的输入	110
5.5.2 刀具补偿与工件坐标系原点的输入	111
5.5.3 刀具长度测量与位置偏置	112

第 6 章 FS-0iTC 的编程

6.1 FS-0iTC 代码体系与编程特点	114
6.1.1 FS-0iTC 代码体系	114
6.1.2 FS-0iTC 的编程特点	116
6.2 FS-0iTC 的特殊编程	117
6.2.1 FS-0iTC 的特殊编程方式	117
6.2.2 FS-0iTC 的专用编程指令	118

6.3 普通车削加工固定循环	123
6.3.1 简单固定循环	123
6.3.2 复合型车削固定循环	126
6.3.3 其他车削循环	131
6.4 车削中心固定循环	133
6.4.1 固定循环的基本说明	133
6.4.2 钻孔循环 G83、G87	136
6.4.3 攻丝与镗孔循环 G84/G88、G85/G89	138
6.5 自动倒角与蓝图编程	139
6.5.1 自动倒角	139
6.5.2 蓝图编程	140
6.6 刀具偏置与刀尖半径补偿	143
6.6.1 刀具偏置	144
6.6.2 刀尖半径补偿	146
6.7 数控车床程序的基本格式	148
6.7.1 程序的基本格式	148
6.7.2 车削加工编程实例	150

第 7 章 FS-0iMC 的编程

7.1 FS-0iMC 代码体系与编程特点	153
7.1.1 FS-0iMC 的编程特点	153
7.1.2 FS-0iMC 的 G 代码体系	154
7.2 FS-0iMC 的特殊编程	157
7.2.1 基本移动指令	157
7.2.2 切削速度自动控制指令	158
7.2.3 坐标变换指令	159
7.2.4 自动倒角	166
7.3 FS-0iMC 的通用固定循环	167
7.3.1 孔加工固定循环概述	167
7.3.2 循环动作说明	171
7.3.3 固定循环的编程实例	177
7.4 FS-0iMC 的特殊固定循环	178
7.4.1 G83 小孔排屑钻孔循环	178
7.4.2 G74、G84 刚性攻丝	181
7.5 FS-0iMC 的刀具补偿	183
7.5.1 刀具长度偏置	183
7.5.2 刀具半径补偿	186

7.6 FS-0iMC 的程序格式	189	9.1.3 对话编程的程序编辑	215
第 8 章 用户宏程序编程	191	9.2 Oi 引导编程的基本操作	216
8.1 宏程序变量	191	9.2.1 常规指令的引导编程	216
8.1.1 变量的基本概念	191	9.2.2 加工循环的引导编程	219
8.1.2 变量的分类	192	9.3 OiTC 引导循环	220
8.1.3 系统变量	193	9.3.1 孔加工循环	221
8.2 用户宏程序指令	198	9.3.2 内外圆与端面车削循环	222
8.2.1 算术与逻辑运算指令	198	9.3.3 槽加工循环	223
8.2.2 转移与循环指令	199	9.3.4 螺纹加工循环	225
8.2.3 外部数据输出指令	201	9.4 OiMC 引导循环	225
8.3 宏程序调用、返回与变量赋值	203	9.4.1 孔群加工循环	226
8.3.1 宏程序调用与返回	203	9.4.2 平面铣削加工循环	229
8.3.2 自变量传送赋值	204	9.4.3 型腔/槽铣削加工循环	230
8.3.3 宏程序编程实例	206	9.5 OiC 的轮廓编程	232
8.4 宏程序执行与中断	207	9.5.1 轮廓编程的基本操作	232
8.4.1 宏程序的执行	207	9.5.2 轮廓参数的定义	235
8.4.2 宏程序中断	209	9.5.3 相邻两图形的轮廓计算	236
第 9 章 对话编程与 Oi 引导编程	213	9.5.4 相邻三图形的轮廓计算	238
9.1 FS-OiC 的对话编程	213	9.6 OiC 的辅助计算功能	240
9.1.1 对话编程与引导编程	213	9.6.1 辅助计算的内容与操作	240
9.1.2 对话编程的程序输入	214	9.6.2 坐标点的辅助计算	242
		9.6.3 直线与圆弧的辅助计算	243
第 3 篇 硬件设计篇			
第 10 章 CNC 控制系统总体设计	246	10.5 采用 S 形加减速的进给系统	
10.1 设计原则与步骤	246	设计	272
10.1.1 系统设计原则	246	10.5.1 进给系统加减速特性	
10.1.2 系统的设计步骤与内容	247	分析	272
10.2 CNC 的选择	251	10.5.2 S 形加减速的基本设计	
10.2.1 CNC 的型号与规格的		原则	276
确定	251	10.5.3 S 形加减速的主要参数	
10.2.2 CNC 功能的确定	252	确定	278
10.3 主轴系统的设计	257	10.6 进给系统驱动器的选择	282
10.3.1 电机基本参数的确定	257	10.6.1 驱动器的基本要求与	
10.3.2 电机功率的选择	258	电流计算	282
10.3.3 加减速时间的计算	261	10.6.2 不同原则下的加减速	
10.4 伺服进给系统设计	263	电流计算	284
10.4.1 伺服电机的基本选择	263	10.6.3 驱动器选择实例	285
10.4.2 进给系统的稳态设计	264	第 11 章 电路图设计的基本准则	288
10.4.3 伺服进给系统的动态		11.1 主回路与控制回路设计准则	288
设计	269	11.1.1 电路图设计概述	288

15.3.2 SA1/SB7 的程序特点	395
15.4 确定控制要求与选择 I/O 单元	396
15.4.1 PMC 控制要求的确定	396
15.4.2 FS-0iC 的 I/O 单元选择	399
15.5 PMC-I/O 地址的设定与实例	400
15.5.1 PMC-I/O 地址的设定	400
15.5.2 PMC 的地址设定实例	402
第 16 章 PMC 指令与编程 (一)	405
16.1 PMC-SA1/SB7 基本指令的编程	405
16.1.1 SA1/SB7 的地址格式与范围	405
16.1.2 基本逻辑运算符与特点	407
16.1.3 逻辑梯形图编程要点	408
16.1.4 典型梯形图程序	412
16.2 PMC-SA1/SB7 功能指令概述	414
16.2.1 功能指令的编程格式	414
16.2.2 数据的存储格式	415
16.2.3 功能指令的分类	416
16.3 定时与计数指令	418
16.3.1 定时指令	418
16.3.2 计数指令	420
16.3.3 回转控制指令	421
16.4 数据比较、译码、转换与传送	423
16.4.1 数据比较指令	423
16.4.2 数据译码指令	425
16.4.3 数据转换指令	426
16.4.4 数据传送指令	428
16.5 逻辑运算扩展与算术运算指令	429
16.5.1 边沿检测指令	429
16.5.2 字节、字、双字逻辑操作指令	429
16.5.3 算术运算指令	431
16.6 PMC 程序编制实例	433
16.6.1 自动换刀控制程序设计	433
16.6.2 波段开关倍率控制程序设计	435
16.6.3 倍率调节键控制程序设计	439
第 17 章 PMC 指令与编程 (二)	442
17.1 程序控制指令	442
17.1.1 程序结束指令	442
17.1.2 公共线控制指令	443
17.1.3 跳转控制指令	445
17.1.4 子程序控制指令	448
17.2 数据表操作指令	450
17.2.1 数据表的基本概念	450
17.2.2 数据检索	451
17.2.3 数据表的变址传送	453
17.3 文本显示与 MMC 数据读写指令	454
17.3.1 文本显示的指令	454
17.3.2 外部文本输入与显示指令	455
17.3.3 MMC 数据读写指令	457
17.4 CNC 状态信息的读入	458
17.4.1 CNC 与 PMC 的数据交换	458
17.4.2 CNC 状态信息的读入	462
17.4.3 加工程序执行信息的读入	464
17.5 CNC 数据的读入与写出	468
17.5.1 CNC 偏置值的读写	468
17.5.2 机床参数与设定数据的读写	469
17.5.3 用户宏程序变量的读写	470
17.5.4 I/O-Link 输入/输出程序号的写出	471
17.6 驱动参数读写指令	471
17.6.1 伺服驱动参数的读入/写出	471
17.6.2 串行主轴参数的读入	473
17.7 刀具寿命管理数据读写指令	474
17.7.1 刀具寿命管理数据的读入	474
17.7.2 刀具寿命管理数据的写出	476
17.8 PMC 轴控制	478
17.8.1 PMC 轴控制的基本概念	478

20.2 位置控制系统的建立与设定	549	21.3.2 利用编码器零脉冲建立参考点	591
20.2.1 闭环位置控制系统的 基本概念	549	21.3.3 碰撞式回参考点	593
20.2.2 CNC 指令与机床测量 系统的匹配	550	21.3.4 绝对式编码器（或光栅） 回参考点	595
20.2.3 半闭环系统参数计算与 设定实例	552	21.4 轴安全保护功能的建立与 调试	596
20.3 伺服设定的引导操作	553	21.4.1 运动保护功能及其设定	596
20.3.1 伺服设定引导页面	553	21.4.2 禁区保护功能及其设定	597
20.3.2 伺服设定参数说明与 引导操作	554	21.4.3 与安全保护功能相关的 信号与参数	598
20.3.3 伺服电机代码表	555	21.5 坐标轴特殊选择功能的调试	600
20.4 位置全闭环系统的建立与 设定	557	21.5.1 位置开关功能	600
20.4.1 位置全闭环系统的基本 结构	557	21.5.2 倾斜轴控制功能	602
20.4.2 位置全闭环系统的建立与 设定	559	21.5.3 坐标轴回退功能	603
20.4.3 全闭环系统参数计算与 设定实例	562	21.6 坐标轴的误差补偿	604
20.4.4 绝对式光栅全闭环系统的 设定	564	21.6.1 反向间隙补偿与螺距 误差补偿	604
20.5 主轴驱动系统的配置	566	21.6.2 螺距误差补偿实例	606
20.5.1 主轴的功能配置与选择	566	第 22 章 自动运行	608
20.5.2 串行主轴的引导操作	569	22.1 自动运行的启动与停止	608
20.6 串行主轴驱动的结构配置	571	22.1.1 自动运行的内容与条件	608
20.6.1 主轴系统的结构形式	571	22.1.2 自动运行的启动与停止	610
20.6.2 串行主轴的配置参数	574	22.1.3 自动运行的控制信号、 参数与状态清除	611
20.6.3 串行主轴的配置实例	576	22.2 程序运行控制	613
第 21 章 基本坐标轴调试	578	22.2.1 程序运行控制的方式	613
21.1 坐标轴运行方式与条件	578	22.2.2 程序运行控制信号	615
21.1.1 坐标轴调试与准备	578	22.2.3 程序运行控制参数	615
21.1.2 坐标轴的特殊运行方式	579	22.3 插补功能	616
21.1.3 坐标轴运动的基本条件与 状态检查	581	22.3.1 运动轨迹、位置控制与 功能设定	616
21.2 坐标轴的手动功能调试	583	22.3.2 运动速度控制参数	619
21.2.1 手动操作的控制信号与 参数	583	22.3.3 加减速控制参数	622
21.2.2 手动操作的动作与要求	585	22.3.4 插补控制信号	623
21.3 手动回参考点的调试	587	22.4 程序与编程功能	624
21.3.1 手动回参考点的方式与 要求	587	22.4.1 程序输入/输出与编辑 功能	625
		22.4.2 程序格式的定义参数	626
		22.4.3 坐标系设定参数	630
		22.4.4 刀具补偿、测量与寿命 管理参数	630

22.4.5	固定循环控制参数	634	23.5.2	串行主轴速度控制信号	677
22.4.6	用户宏程序控制参数	636	23.6	FS-0iTC 的定向与定位控制	679
22.4.7	程序输入/输出信号	638	23.6.1	功能特点、控制参数与 控制信号	679
22.5	操作与显示功能	639	23.6.2	定向与定位功能的使用 条件	682
22.5.1	操作与显示参数	639	23.6.3	定向与定位的动作过程	684
22.5.2	数据输入/输出控制 参数	646	23.7	串行主轴的定向与定位	686
22.5.3	操作与显示信号	649	23.7.1	功能特点与参数设定	686
22.6	辅助功能控制	650	23.7.2	控制信号与动作过程	688
22.6.1	辅助功能的特点与 处理	650	第 24 章	主轴调试 (二)	692
22.6.2	辅助功能控制参数与 信号	652	24.1	Cs 轴控制功能	692
22.7	外部数据输入与程序号检索	654	24.1.1	Cs 轴控制的基本说明	692
22.7.1	外部数据输入	654	24.1.2	Cs 轴的设定与方式 转换	696
22.7.2	程序号检索	656	24.1.3	Cs 轴的基本操作	696
第 23 章	主轴调试 (一)	659	24.2	刚性攻丝功能	698
23.1	主轴功能调试概述	659	24.2.1	刚性攻丝的基本要求	698
23.1.1	模拟主轴与串行主轴的 特点	659	24.2.2	刚性攻丝功能使用要点	704
23.1.2	速度控制与位置控制 功能	660	24.2.3	刚性攻丝的动作调试	705
23.1.3	主轴其他控制功能	661	24.3	多主轴控制	707
23.2	主轴转速控制功能	662	24.3.1	多主轴控制功能	707
23.2.1	转速控制功能说明	662	24.3.2	多主轴控制的配置与 参数	709
23.2.2	CNC 转速控制参数	663	24.3.3	多主轴控制信号	711
23.2.3	转速控制信号与旋转 条件	665	24.4	主轴同步控制	711
23.3	主轴传动级交换控制	666	24.4.1	主轴同步控制的结构	711
23.3.1	传动级交换的基本形式	666	24.4.2	主轴同步控制功能的 使用	713
23.3.2	T 型换挡功能说明	667	24.4.3	主轴同步的控制	714
23.3.3	M 型换挡功能说明	668	24.4.4	主轴同步的动作过程	716
23.4	主轴转速控制的其他功能	671	24.5	串行主轴附加控制功能	717
23.4.1	主轴转速模拟量的 调整	671	24.5.1	串行主轴附加控制功能 概述	717
23.4.2	线速度恒定控制	672	24.5.2	PMC 主轴控制	720
23.4.3	外部主轴定向准停与 换挡转速输出	673	24.5.3	Y/ Δ 切换控制	722
23.4.4	主轴速度波动检测与 实际转速输出	675	24.5.4	电机切换控制	725
23.5	串行主轴速度控制	676	第 25 章	特殊轴控制功能	728
23.5.1	功能特点与控制参数	676	25.1	PMC 轴的功能与控制	728
			25.1.1	PMC 轴的功能特点与 控制通道	728

25.1.2	PMC 轴控制命令的组成	729	25.4.2	循环操作的动作控制	748
25.1.3	PMC 轴的控制	730	25.4.3	循环操作响应数据的读入	750
25.1.4	PMC 轴的运行控制	731	25.5	I/O-Link 轴的直接命令控制	752
25.2	PMC 轴控制信号与参数	732	25.5.1	I/O 地址分配与信号说明	752
25.2.1	PMC 轴控制信号	732	25.5.2	控制标记的功能	754
25.2.2	PMC 轴控制参数	735	25.5.3	控制命令与响应数据	755
25.3	I/O-Link 轴的功能与基本控制	736	25.6	Power Mate 管理器	758
25.3.1	I/O-Link 轴的特点与控制方式	736	25.6.1	Power Mate 管理器的功能与显示	758
25.3.2	I/O-Link 轴的 CNC 控制参数与信号	738	25.6.2	Power Mate 管理器的操作	759
25.3.3	I/O-Link 轴参数与控制信号	739	25.7	轴其他控制功能	761
25.4	I/O-Link 轴的循环操作控制	745	25.7.1	双电机驱动功能	761
25.4.1	控制命令与响应数据	745	25.7.2	主-从同步控制功能	762

第 6 篇 维 修 篇

第 26 章 CNC 状态诊断与检查 766

26.1	系统配置与状态显示	766
26.1.1	CNC 配置的检查	766
26.1.2	伺服与主轴配置的检查	769
26.1.3	软件配置的变更	770
26.1.4	CNC 基本工作状态的显示	771
26.2	模块工作状态的指示	772
26.2.1	故障诊断的方法与主板状态指示	772
26.2.2	附加功能板工作状态指示	774
26.3	CNC 诊断数据的显示	777
26.3.1	CNC 诊断信息显示	777
26.3.2	伺服驱动诊断	778
26.3.3	FSSB 总线诊断	782
26.3.4	主轴诊断	782
26.4	负载表与波形显示	784
26.4.1	负载表显示	784
26.4.2	波形显示的基本设定	785
26.4.3	波形显示	787
26.5	日常维护页面的显示与设定	789
26.5.1	日常维护状态显示与编辑	789

26.5.2	日常维护页面的设定	791
--------	-----------	-----

第 27 章 CNC 报警与处理 793

27.1	CNC 报警的分类与显示	793
27.1.1	CNC 报警的分类	793
27.1.2	现行报警的显示	794
27.1.3	报警履历的显示	795
27.2	操作履历的显示	797
27.2.1	操作履历的显示格式	797
27.2.2	操作履历显示的设定	800
27.3	常见报警的处理	801
27.3.1	常见报警的处理	801
27.3.2	回参考点报警的处理	802
27.4	伺服、主轴系统报警的处理	805
27.4.1	位置测量系统报警的处理	805
27.4.2	驱动器报警的处理	806
27.4.3	FSSB 总线报警的处理	809
27.4.4	串行主轴通信报警的处理	809
27.5	CNC 故障的综合分析	810
27.5.1	手动操作不能进行	810
27.5.2	回参考点故障	812
27.5.3	自动工作不能进行	813

第 28 章 驱动器报警与处理	815	28.4 电机与编码器的检查与维修	829
28.1 α i 系列电源与伺服模块的检查 与维修	815	28.4.1 电机的基本状态检查	829
28.1.1 电源模块的状态指示与 风机维修	815	28.4.2 编码器的检查	830
28.1.2 伺服驱动模块的状态指示 与维修	818	28.5 伺服驱动器故障的分析与 处理	831
28.1.3 利用伺服调整页面的故 障检查	819	28.6 I/O-Link 轴的报警处理	834
28.2 α 系列主轴模块的检查与 维修	820	附录 A PMC 信号地址分配表	839
28.2.1 α 系列主轴驱动的基本 诊断	820	附录 B PMC 信号说明表	846
28.2.2 SPM 的报警显示	821	附录 C 串行主轴参数汇总表	861
28.2.3 SPM 的错误显示	825	附录 D FS-0iC CNC 报警总览	869
28.3 β i 系列驱动器的故障诊断与 维修	826	附录 E 串行主轴 CNC 报警与 PSM 模块 报警总览	883
28.3.1 β i 系列驱动器的故障 显示	826	附录 F PMC 报警总览	887
28.3.2 熔断器与风机的更换	828		

第1章 绪 论

本章提要

本章介绍了数控系统的一般概念与基础知识,主要内容有:

- ① 数控技术的基本概念, CNC 控制的特点, CNC 与 PLC 控制系统的主要区别;
- ② 数控系统的基本组成与各组成部件的作用;
- ③ CNC 的工作过程、插补原理与主要特点;
- ④ 伺服驱动系统的分类, 开环、半闭环、闭环系统的组成与特点;
- ⑤ 模拟伺服与数字伺服驱动的区别, 数字伺服驱动的基本类型与特点;
- ⑥ 常用的 CNC 产品简介。

1.1 数控系统及其组成

1.1.1 数控技术的基本概念

1. 数控技术、数控系统与数控机床

数控技术简称数控 (Numerical Control, NC), 是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法。由于现代数控都采用了计算机进行控制, 因此, 也可以称为计算机数控 (Computerized Numerical Control, CNC)。

了对机械运动及加工过程进行数字化信息控制, 必须具备相应的硬件和软件。用来实现数字化信息控制的硬件和软件的整体称为数控系统 (Numerical Control System), 数控系统的核心是数控装置 (Numerical Controller)。由于数控系统、数控装置的英文缩写也采用 NC (或 CNC), 因此, 在实际使用中, 在不同场合 NC (或 CNC) 具有 3 种不同含义, 即: 既可以在广义上代表一种控制技术, 又可以在狭义上代表一种控制系统的实体, 此外, 还可以代表一种具体的控制装置——数控装置。

CNC 和计算机技术的发展始终保持同步, 至今已经历了从电子管、晶体管、集成电路、计算机到微处理机的演变, 系统的功能日益增强, 应用领域日益扩大, 发展异常迅速, 更新换代十分频繁。

机床控制是 CNC 应用最早、最广泛的领域, 数控机床的水平代表了当前数控技术的性能、水平和发展方向, 因此, 人们在介绍数控技术时往往以数控机床为代表来介绍有关内容。采用 CNC 控制的机床, 称为数控机床 (NC 机床), 它是一种综合应用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和机床设计等先进技术的典型机电一体化产品, 是现代制造技术的基础。

2. NC 机床、加工中心、FMC、FMS 与 CIMS

数控机床种类繁多, 有钻、铣、镗加工类, 车削加工类, 磨削加工类, 电加工类, 锻压加工类, 激光加工类和其他特殊用途的专用数控机床等, 凡是采用了数控技术进行控制的机床统称 NC 机床。

为了提高 CNC 机床的工作效率, 缩短辅助加工时间, 人们借鉴了车床上可以通过回转刀架交换刀具的思路, 开发了具有自动刀具交换功能的铣、镗类数控机床。这种带有自动刀具交换装置 (Automatic Tool Changer, ATC) 的铣、镗类数控机床称为加工中心 (Machining Center, MC)。加工中心通过刀具的自动交换, 可以一次装夹完成多工序的加工, 实现了工序的集中和工艺的复合, 从而缩短了辅助加工时间, 提高了机床的效率, 它是目前数控机床中产量最大、应用最广的数控机床之一。特别是近年来, 随着技术的不断进步, 功能复合 (如铣、车复合, 车、磨复合等) 的“万能”加工中心、高速高精度加工中心等正在不断出现, 它们已成为当前装备制造业的发展方向与国家制造技术水平的标志之一。

在加工中心的基础上,通过增加多工作台(托盘)自动交换装置(Auto Pallet Changer, APC)以及其他相关装置组成的加工单元称为柔性加工单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)。FMC不仅实现了工序的集中和工艺的复合,而且通过工作台(托盘)的自动交换和较完善的自动检测、监控功能,可以进行一定时间的无人化加工,从而进一步提高了设备的加工效率。FMC既是柔性制造系统的基础,又可以作为独立的自动化加工设备使用,因此,其发展速度也较快。

在 FMC 和加工中心的基础上,通过增加物流系统、工业机器人以及相关设备,并由中央控制系统进行集中、统一控制和管理,这样的制造系统称为柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)。FMS 不仅可以进行长时间的无人化,而且可以实现多品种零件的全部加工或部件装配,实现了车间制造过程的自动化,它是一种高度自动化的先进制造系统。

随着科学技术的发展,为了适应市场需求多变的形势,对现代制造业来说,不仅需要发展车间制造过程的自动化,而且要实现从市场预测、生产决策、产品设计、产品制造直到产品销售的全面自动化。将这些要求综合,构成的完整的生产制造系统,称为计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)。CIMS 将一个工厂的生产、经营活动进行了有机的集成,实现了更高效益、更高柔性的智能化生产,是当今自动化制造技术发展的最高阶段。

3. NC、SV 与 PLC

NC (CNC)、SV 与 PLC (PC、PMC) 是数控设备中最为常用的英文缩写,在实际使用中,在不同的场合具有不同的含义。

① NC (CNC) 是数控 (Numerical Control) 的常用英文缩写。如前所述,NC (CNC) 在广义上代表一种控制技术——数控技术;在狭义上代表一种控制系统的实体——数控系统;此外,还可以代表一种具体的控制装置——数控装置。

② SV 是伺服驱动 (Servo Drive, 简称伺服) 的常用英文缩写。按日本 JIS 标准规定的术语,它是“以物体的位置、方向、状态等作为控制量,追踪目标值的任意变化的控制机构”。简言之,它是一种能够自动跟随目标位置等物理量的控制装置。

在数控机床上,伺服驱动的控制对象通常是机床坐标轴的位移(包括速度、方向和位置),其执行机构是伺服电机,对输入指令信号进行控制和功率放大的是伺服放大器(也称驱动器、放大器、伺服单元等),实际位移量的检测通过检测装置进行。伺服驱动不仅可以和数控装置配套使用,而且还构成独立的位置(速度)随动系统,故也可称为“伺服系统”。

在数控机床上,伺服驱动的作用主要有两个方面:一是按照数控装置给定的速度运行,二是按照数控装置给定的位置定位。因此,伺服驱动的精度和动态响应性能是影响数控机床的加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。

③ PLC 原称 PC,它是可编程序控制器 (Programmable Controller) 的英文缩写,随着个人计算机的日益普及,为了避免和个人计算机(也称 PC)混淆,现在一般都将可编程序控制器称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 或可编程序机床控制器 (Programmable Machine Controller, PMC)。因此,在数控机床上,PC、PLC、PMC 具有完全相同的含义。为了与 FANUC 的习惯相统一,除非特殊需要,本书在后述的内容中将可编程序控制器统称为 PMC。

PLC 具有响应快、性能可靠、使用方便、编程和调试容易等特点,并可直接驱动部分机床电器,因此,被广泛用来作为数控设备的辅助控制装置。目前,大多数数控系统都带有内部 PLC,专门用于处理数控机床的辅助指令,从而大大简化了机床的辅助控制电路。

4. CNC 控制与 PLC 控制

CNC 与 PLC 控制是两种不同的控制方式,它们的控制要求和控制对象有较大的不同。相对来说,PLC 控制的对象范围较广,它不仅可以用于几乎所有机床的自动控制,而且还可以用于生产线、化工、矿山与石油、能源与交通、文化与娱乐等多种控制场合。PLC 的控制对象以开关量为主,但也可以对模拟量、温度、流量、压力等进行控制;而 CNC 是以机床坐标轴(或刀具)的运动轨迹