

SHUKONG XITONG CANSHU  
YINGYONG JIQIAO

○ 白 斌 编著

# 数控系统参数 应用技巧



化学工业出版社

SHUKONG XITONG CANSHU  
YINGYONG JIQIAO

白 斌 编著

# 数控系统参数 应用技巧



化学工业出版社  
· 北京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

数控系统参数应用技巧/白斌编著. —北京: 化学工业出版社, 2009. 1  
ISBN 978-7-122-04244-6

I. 数… II. 白… III. 数控机床-数控系统-参数  
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 186289 号

---

责任编辑: 王 烨  
责任校对: 王素芹

装帧设计: 周 遥

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 北京市彩桥印刷有限责任公司  
850mm×1168mm 1/32 印张 6 $\frac{3}{4}$  字数 178 千字  
2009 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

目前,随着国内数控机床用量的剧增,机械制造行业对数控机床调试、维修及应用人才的需求越来越突出,急需培养一大批数控应用型高级技术人才。本书正是为了适应我国工业发展及数控应用型技术人才培养的需要而编写的。

数控系统制造商对加工运动轨迹的控制不是以程序的方式向机床生产厂家和最终用户开放,而是以参数形式开放,机床生产厂家和最终用户面对的是成千上万个可以访问的参数,他们可以通过参数来了解、分析系统,通过修改参数来调整、修理机床,使系统能准确无误地完成加工任务。

本书着重介绍了发那科(FANUC)数控系统和西门子(SIEMENS)数控系统的常用机床参数及其在维修和加工方面的具体应用,可帮助数控机床维修维护及操作人员正确使用好参数,并妥善解决生产和维修过程中的实际问题。

本书可供从事数控技术应用的技术人员使用,也可作为高职、高专、成人高校及本科举办的二级职业技术学院机电专业教材。

由于编者水平有限,加之数控技术发展迅速,本书难免存在不足之处,诚请广大读者批评指正。

编著者

# 目 录

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 第 1 章 数控技术应用基础 .....                                | 1  |
| 1.1 数控机床的系统组成 .....                                 | 1  |
| 1.2 数控机床的分类 .....                                   | 3  |
| 1.3 数控系统的发展方向 .....                                 | 11 |
| 第 2 章 FANUC 数控系统参数基础 .....                          | 13 |
| 2.1 参数的操作 .....                                     | 13 |
| 2.2 FANUC 数控系统参数的设定 .....                           | 14 |
| 2.3 常用功能参数的意义 .....                                 | 18 |
| 2.4 FANUC 0 数控系统参数设置 .....                          | 25 |
| 第 3 章 SIEMENS 数控系统软件基础 .....                        | 34 |
| 3.1 区域和分类 .....                                     | 34 |
| 3.2 840D 数控系统软件调试基础 .....                           | 36 |
| 3.3 STEP7-300 可编程序控制器 .....                         | 38 |
| 3.4 840D 系统维护基础 .....                               | 40 |
| 第 4 章 机床数据的备份方法 .....                               | 45 |
| 4.1 传输软件的功能及异步串行数据传输 .....                          | 45 |
| 4.2 数控机床传输软件的使用方法 (计算机侧超级终端系统通信软件) .....            | 48 |
| 4.3 FANUC Oi 数控系统与 PC 机的数据传输方法 (使用 PCIN 通信软件) ..... | 54 |
| 4.4 CF 卡备份数据方法 (BOOT 系统方式) .....                    | 58 |
| 4.5 通过外部输入/输出设备传送数据 .....                           | 67 |

|              |                                |            |
|--------------|--------------------------------|------------|
| 4.6          | 西门子数控系统数据备份                    | 71         |
| 4.7          | DNC 软件在备份数据方面的应用               | 75         |
| <b>第 5 章</b> | <b>FANUC 数控系统与机床联机调试 (参数)</b>  | <b>81</b>  |
| 5.1          | 基本参数设定                         | 81         |
| 5.2          | 其他主要参数的设定                      | 85         |
| 5.3          | 主轴参数设定                         | 89         |
| <b>第 6 章</b> | <b>SIEMENS 数控系统软件调试</b>        | <b>92</b>  |
| 6.1          | S7-300 简介                      | 92         |
| 6.2          | TOOLBOX 的使用                    | 93         |
| 6.3          | 840D PLC 程序的编制                 | 94         |
| <b>第 7 章</b> | <b>系统参数在维修方面的应用</b>            | <b>99</b>  |
| 7.1          | 数控机床常用维修方法                     | 99         |
| 7.2          | FANUC 数控系统参数在维修中的应用            | 113        |
| 7.3          | 数控系统参数消除振荡及提高位置精度的方法           | 120        |
| <b>第 8 章</b> | <b>数控机床参数在加工方面的应用</b>          | <b>126</b> |
| 8.1          | DNC 加工技术的发展                    | 126        |
| 8.2          | 数据服务器的运行操作                     | 128        |
| 8.3          | 高速、高精加工中的参数调整                  | 146        |
| 8.4          | FANUC SEVRO GUIDE 调试软件调整方法     | 154        |
| 8.5          | FANUC SERVO GUIDE 软件在模具加工方面的应用 | 165        |
| 8.6          | FANUC 系统参数在实现刚性攻螺纹的应用          | 173        |
| <b>附录 1</b>  | <b>报警一览表</b>                   | <b>177</b> |
| <b>附录 2</b>  | <b>数控系统常用术语</b>                | <b>192</b> |
| <b>参考文献</b>  |                                | <b>203</b> |

# 第 1 章 数控技术应用基础

## 1.1 数控机床的系统组成

数字控制机床 (Numerically Controlled Machine Tool) 简称数控机床。数控机床的核心是数控系统, 数控系统从控制上来说主要包含了数字控制技术、PLC 控制技术、伺服驱动技术、位置测量技术、电机技术和计算机通信技术。这些技术既包含有硬件的知识, 又有软件的知识。随着计算机技术的高速发展, 在当今数字化控制时代, 更强调的是软件技术, 这就对数控应用和维修人员提出了较高的要求。

数控机床是机电一体化的典型产品, 是集机床、计算机、电机及拖动、自动控制、检测等技术为一体的自动化设备。现代数控系统都为计算机数控系统 (Computer Numerical Control, 简称 CNC)。数控机床的基本组成包括数控系统、伺服系统、强电控制柜、辅助控制装置、反馈系统及机床本体和各类辅助装置组成。

### (1) 数控系统

数控系统是机床实现自动加工的核心, 是整个数控机床的灵魂所在。主要由输入装置、监视系统、主控制系统、可编程控制器、各类输入/输出接口组成。

### (2) 伺服系统

伺服系统是数控系统和机床本体之间的电气联系环节。主要由伺服电动机、驱动控制系统和位置检测与反馈装置等组成。伺服电动机是系统的执行元件, 驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。

数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令，再经过驱动系统的功率放大后，驱动电动机运转，通过机械传动装置拖动工作台或刀架运动。

### (3) 强电控制柜

强电控制柜主要用来安装机床强电控制的各种电气元器件，除了提供数控、伺服等一类弱电控制系统的输入电源，以及各种短路、过载、欠压等电气保护外，主要在 PLC 的输出口与机床各类辅助装置的电气执行元件之间起连接作用，控制机床辅助装置，如各种交流电动机、液压系统电磁阀等。此外，它也与机床操作台有关手动按钮连接。强电控制柜由各种中间继电器、接触器、变压器、电源开关、接线端子和各类电器保护器件等构成。它与一般普通机床的电器类似，但为了提高对弱电控制系统的抗干扰性，要求各类频繁启动或切换的电动机、接触器等其中的电磁感应器件中必须并接 RC 阻容吸收器；对各种检测信号的输入均要求用屏蔽电缆连接。

### (4) 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置 ATC (Automatic Tool Changer)、ZID 自动交换工作台机构 APC (Automatic Pallet Changer)、GONGJ 工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液控制装置、排屑装置、过载和保护装置等。

### (5) 机床本体

数控机床的本体是指其机械结构实体，与传统的普通机床相比较，同样由主传动系统、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等部分组成，但数控机床的整体布局、外观造型、传动机构、工具系统及操作机构等方面都发生了很大的变化，归纳起来包括以下几个方面。

① 采用高性能主传动及主轴部件。具有传递功率大、刚度高、抗振性好及热变形小等优点。



② 进给传动采用高效传动件。具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点，一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。

③ 具有完善的刀具自动交换及其管理系统。

④ 在加工中心上一般具有工件自动交换、工件夹紧和放松机构。

⑤ 机床本身具有很高的动、静刚度。

⑥ 采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工，为了操作安全等，一般采用移动门结构的全封闭罩壳，对机床的加工部件进行全封闭（图 1-1）。

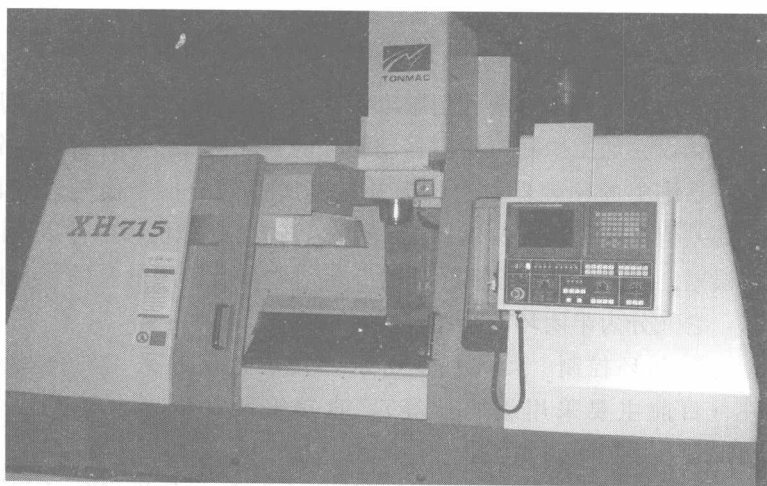


图 1-1 全功能数控加工中心

## 1.2 数控机床的分类

数控机床的品种规格很多，分类方法也各不相同。

### (1) 按伺服控制的方式进行分类

① 开环控制数控机床 这类机床的进给伺服系统是开环的，即没有检测反馈装置，一般它的驱动电动机为步进电机，步进电机的主要特征是控制电路每变换一次指令脉冲信号，电动机就转动一个步距角，并且电动机本身就有自锁能力。这种控制方式最大特点是控制方便、结构简单、价格便宜。数控系统发出的指令信号是单向的，所以不存在控制系统的稳定性问题，但由于机械传动的误差不经过反馈校正，位移精度不高。早期的数控机床均采用这种控制方式，目前由于驱动电路的改进，仍有较多应用。目前一般经济型如 SIEMENS 802S 数控系统采用这种控制方式，使得整个机床的价格很低。

② 闭环控制机床 这类数控机床的进给伺服系统，其驱动电动机可采用直流或交流两种伺服电机，并需要配置位置反馈和速度反馈装置，在加工中随时检测移动部件的实际位移量，并及时反馈给数控系统中的比较器，它与插补运算所得到的指令信号进行比较，其差值又作为伺服驱动的控制信号，进而带动位移部件以消除位移误差。按位置反馈检测元件的安装部位和所使用的反馈装置的不同，它又分为半闭环和全闭环两种控制方式。

a. 半闭环控制 如图 1-2 所示，其位置反馈采用转角检测元件（目前主要采用编码器等），直接安装在伺服电动机或丝杠端部。

采用半闭环控制系统的数控机床，电气控制与机械传动间有明显的分界，因此调试维修与故障诊断较方便，且机械部分的间

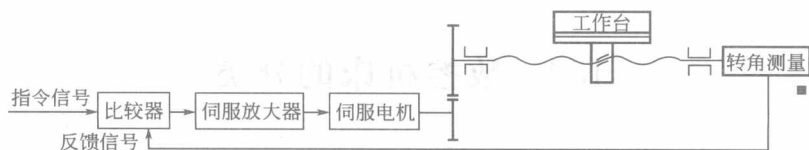


图 1-2 半闭环控制系统

隙摩擦死区刚度等非线性环节都在闭环以外，因此系统的稳定性较好。

伺服电机和光电编码器通常做成一体，电动机和丝杠间可以直接连接或通过减速装置连接；位置检测单位和实际最小移动单位间的匹配，可以通过数控系统的参数（电子齿轮比）进行设置。它具有传动系统简单、结构紧凑、制造成本低、性能价格比高等特点，从而在数控机床上得到广泛应用。如图 1-2 所示为半闭环控制系统的结构原理图。

b. 全闭环控制 如图 1-3 所示，其位置反馈装置采用直线位移元件（目前一般采用光栅尺），直接安装在机床的移动部件上，即直接检测机床坐标的直线位移量。

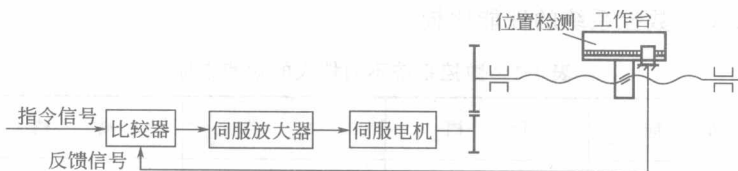


图 1-3 全闭环控制系统

采用全闭环控制系统的数控机床的特点是：机床移动部件上直接安装有直线位移检测装置，检测装置检测最终位移输出量。实际位移值被反馈到数控装置或伺服驱动中，它可以直接与输入的指令位移值进行比较，用误差进行控制，最终实现移动部件的精确运动和定位。从理论上说，对于这样的闭环系统，其运动精度仅取决于检测装置的检测精度，它与机械传动的误差无关，显然，其精度将高于半闭环系统，而且它可以对传动系统的间隙、磨损自动补偿，其精度保持性要比半闭环系统好得多。图 1-3 为全闭环控制系统的结构原理图。

由于全闭环控制系统的工作特点，它对机械结构以及传动系统的要求比半闭环更高，传动系统的刚度、间隙、导轨的爬行等各种

非线性因素将直接影响系统的稳定性，严重时甚至产生振荡。解决以上问题的最佳途径是采用直线电动机作为驱动系统的执行器件。采用直线电动机驱动，可以完全取消传动系统中将旋转运动变为直线运动的环节，大大简化机械传动系统的结构，实现了所谓的“零传动”。它从根本上消除了传动环节对精度、刚度、快速性、稳定性的影响，故可以获得比传统进给驱动系统更高的定位精度、快进速度和加速度。

## (2) 按数控系统的功能水平分类

按数控系统的功能水平，通常把数控系统分为低、中、高三类。低、中、高三档界限是相对的，不同时期，划分标准也会不同。就目前的发展水平看，可以根据表 1-1 中的一些功能指标，将各种类型的数控系统分为低、中、高档三类。表 1-2 所示为各系列 FANUC 数控系统的性能比较。

表 1-1 数控系统不同档次的功能指标

| 功 能    | 低 档        | 中 档         | 高 档              |
|--------|------------|-------------|------------------|
| 系统分辨率  | 10 $\mu$ m | 1 $\mu$ m   | 0.1 $\mu$ m      |
| G00    | 3~8m/min   | 10~24m/min  | 24~100m/min      |
| 伺服类型   | 开环及步进电机    | 半闭环及直、交流伺服  | 闭环及直、交流伺服        |
| 联动轴数   | 2~3        | 2~4         | 5 轴或 5 轴以上       |
| 通信功能   | 无          | RS232 或 DNC | RS232、DND、MAP    |
| 显示功能   | 数码管显示      | CRT；图形、人机对话 | CRT；SAN 三维图形、自诊断 |
| 内装 PLC | 无          | 有           | 功能强大的内装 PLC      |
| 主 CPU  | 8 位、16 位   | 16 位、32 位   | 32 位、64 位        |
| 结构     | 单片机或单板机    | 单微处理器或多微处理器 | 分布式多微处理器         |

表 1-2 FANUC 数控系统性能比较

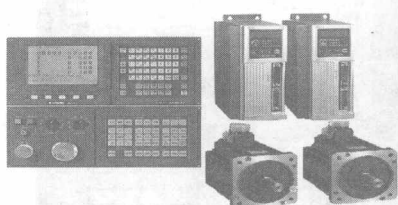
| 系统性能      | 0 系统                                 |                                              | 0i-A                                                     |                                                          | 0i-B                                                     |                                                          | 0i Mate-B                                                |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|           | 0D                                   | 0C                                           | A 包                                                      | B 包                                                      | A 包                                                      | B 包                                                      |                                                          |
| 控制轴数      | 4                                    | 6                                            | 4                                                        | 4                                                        | 4                                                        | 4                                                        | 3                                                        |
| 同时控制轴数    | 4                                    | 4                                            | 4                                                        | 4                                                        | 4                                                        | 4                                                        | 3                                                        |
| PMC 控制轴   | 可以                                   | 2                                            | 可以                                                       | 可以                                                       | 可以                                                       | 可以                                                       | 可以                                                       |
| 串行主轴数     | 2                                    | 2                                            | 2                                                        | 2                                                        | 2                                                        | 2                                                        | 1                                                        |
| 模拟主轴数     | 1                                    | 1                                            | 1                                                        | 1                                                        | 1                                                        | 1                                                        | 1                                                        |
| 显示器       | 9" CRT (单色) 8.4" LCD (彩色)            | 9" CRT / 7.2" LCD (单色) 8.4" / 10.4" LCD (彩色) | 9" CRT / 7.2" LCD (单色) 8.4" / 10.4" LCD (彩色) 触摸屏 (PC 功能) | 9" CRT / 7.2" LCD (单色) 8.4" / 10.4" LCD (彩色) 触摸屏 (PC 功能) | 9" CRT / 7.2" LCD (单色) 8.4" / 10.4" LCD (彩色) 触摸屏 (PC 功能) | 9" CRT / 7.2" LCD (单色) 8.4" / 10.4" LCD (彩色) 触摸屏 (PC 功能) | 9" CRT / 7.2" LCD (单色) 8.4" / 10.4" LCD (彩色) 触摸屏 (PC 功能) |
| 伺服电机      | $\alpha C / \alpha / \beta$          | $\alpha C / \alpha / \beta$                  | $\alpha C / \alpha / \beta$                              | $\alpha C / \alpha / \beta$                              | $\alpha C / \alpha / \beta$                              | $\alpha C / \alpha / \beta$                              | $\beta is$                                               |
| 伺服控制 FSSB |                                      |                                              |                                                          |                                                          | 有                                                        | 有                                                        | 有                                                        |
| 串行主轴电机    | $\alpha / \alpha p$                  | $\alpha / \alpha p$                          | $\alpha / \alpha p$                                      | $\alpha / \alpha p$                                      | $\alpha i$                                               | $\beta i$                                                | $\beta i$                                                |
| 输入/输出点数   | 104/72                               | 96/64 (1024/1024)                            | 96/64 (1024/1024)                                        | 96/64 (1024/1024)                                        | 96/64 (1024/1024)                                        | 96/64 (1024/1024)                                        | (240/160)                                                |
| PMC 梯形图软件 | PMC/L, M<br>L=6 $\mu$ s, M=2 $\mu$ s | SA3<br>(0.15 $\mu$ s)                        | SA1<br>(5 $\mu$ s)                                       | SA1<br>(5 $\mu$ s)                                       | SB7<br>(0.033s)                                          | SA1                                                      | SA1                                                      |
| 梯形图编程环境   | 编辑卡, 计算机                             | 编辑卡, 计算机                                     | 编辑卡, 计算机                                                 | 编辑卡, 计算机                                                 | 编辑卡, 计算机                                                 | 编辑卡, 计算机                                                 | 编辑卡, 计算机                                                 |
| 零件程序容量    | 320m                                 | 640m                                         | 320m                                                     | 320m                                                     | 640m                                                     | 320m                                                     | 640m                                                     |
| 刚性攻螺纹     | 可以                                   | 可以                                           | 可以                                                       | 可以                                                       | 可以                                                       | 可以                                                       | 可以                                                       |
| 伺服 HRV 控制 |                                      | HRV1                                         | HRV1                                                     | HRV1                                                     | HRV3                                                     | HRV1                                                     | HRV1                                                     |
| 先行控制      |                                      |                                              | G08 P1                                                   | G08 P1                                                   | G08 P1                                                   | G08 P1                                                   | G08 P1                                                   |

续表

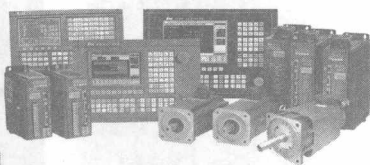
| 系统性能          | 0 系统  |    | 0i-A    |     | 0i-B      |     | 0i Mate-B |
|---------------|-------|----|---------|-----|-----------|-----|-----------|
|               | 0D    | 0C | A 包     | B 包 | A 包       | B 包 |           |
| AI 轮廓控制       |       |    | G05.1Q1 |     | G05.1Q1   |     | G05.1Q1   |
| 程序预读段数        |       |    | 12      |     | 40        |     | 20        |
| MACRO 执行器     |       | 有  | 有       |     | 512Kb     |     |           |
| 存储卡           |       |    | 有       |     | 有         |     | 有         |
| 图形显示          | 有     |    | 有       |     | 有         |     | 有         |
| MANUAL GUIDE  |       |    | 有       |     | 有         |     | 有         |
| RS-232C 口     | 1     | 2  | 2       | 2   | 2         | 2   | 1         |
| DNC2          | 可     | 可  | 可       | 可   | 可         | 可   |           |
| HSSB          |       |    | 可       |     | 可         |     |           |
| 以太网           |       |    |         |     | 可         |     |           |
| PROFIBUS      |       |    |         |     | 可         |     |           |
| REMOTE BUFFER |       | 可  |         |     |           |     |           |
| 数据服务器         |       |    |         |     | 可         |     |           |
| I/O LINK 伺服轴  |       |    | 7 轴     |     | 7 轴       |     | 1 轴       |
| 伺服波形显示        | 有     |    | 有       |     | 有         |     | 有         |
| 维护信息画面        |       |    |         |     | 有         |     | 有         |
| 远程诊断          |       |    |         |     | 诊断包+以太网   |     |           |
| 伺服调试引导        |       |    |         |     | 可         |     | 可         |
| 硬件结构          | 功能单元板 |    | 功能模块板   |     | 高度集成板(模块) |     |           |

目前国内流行的国产及进口高、中档数控系统如图 1-4 所示。  
FANUC 数控系统系列的主要功能及特点如下。

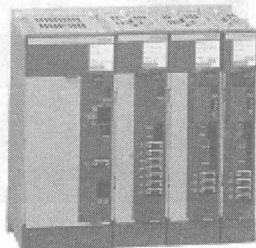
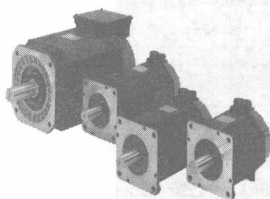
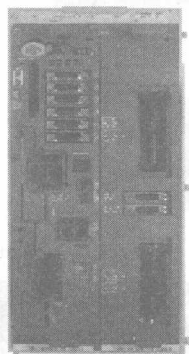
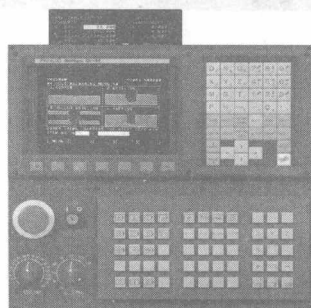
① FANUC Oi 系统与 FANUC16/18/21 等系统的结构相似，均为模块化结构。主 CPU 板上除了主 CPU 及外围电路之外，还集成了 FROM&SRAM 模块、存储器和主轴模块、伺服模块等。其集成度更高，因此 Oi 控制单元的体积更小，便于安装排布。



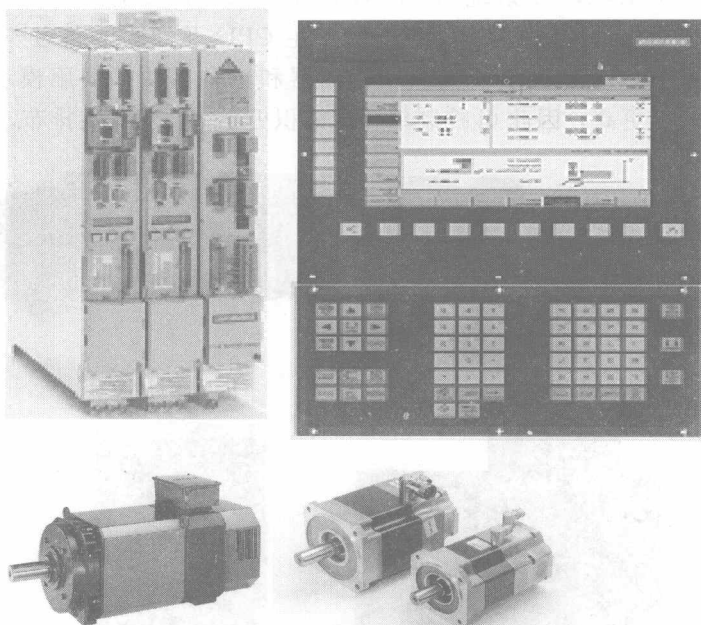
(a) 广州数控系统



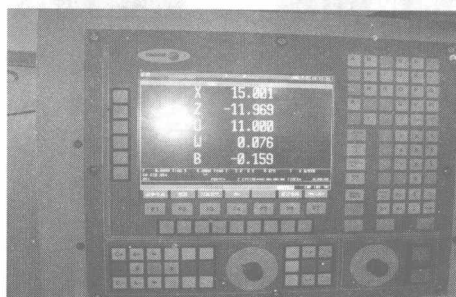
(b) 华中数控系统



(c) FANUC 数控系统



(d) SIEMENS 数控系统



(e) FAGOR 数控系统

图 1-4 各种数控系统比较



② 用户程序区容量比 0MD 系统大一倍，有利于较大程序的加工。

③ 使用存储卡存储或输入机床参数、PMC 程序以及加工程序，操作简单方便。使复制参数、梯形图和机床调试程序过程十分快捷，缩短了机床调试时间，明显提高数控机床的生产效率。

④ 系统具有 HRV（高速矢量响应）功能，伺服增益设定比 0MD 系统高一倍，理论上可使轮廓加工误差减少一半。

⑤ 机床运动轴的反向间隙，在快速移动或进给移动过程中由不同的间隙补偿参数自动补偿。该功能可以使机床在快速定位和切削进给不同工作状态下，反向间隙补偿效果更为理想，这有利于提高零件加工精度。

⑥ 0i 系统可预读 12 个程序段，比 0MD 系统多。结合预读控制及前馈控制等功能的应用，可减少轮廓加工误差。

⑦ 0i 系统的界面、操作、参数等与 21i、18i、16i 基本相同。熟悉 0i 系统后，自然会方便地使用上述其他系统。

### (3) 按加工工艺及机床用途的类型分类

① 金属切削类 指采用车、铣、镗、铰、钻、磨、刨等各种切削工艺的数控机床。它又可被分为两类：

a. 普通型数控机床 如数控车床、数控铣床、数控磨床等；

b. 加工中心 其主要特点是具有自动换刀机构的刀具库，工件经一次装夹后，通过自动更换各种刀具，在同一台机床上对工件各加工面连续进行铣、车、镗、铰、钻、攻螺纹等多种工序的加工。

② 金属成型类 指采用挤、冲、压、拉等成型工艺的数控车床。

③ 特种加工类 主要有数控电火花切割机、数控激光加工机等。

## 1.3 数控系统的发展方向

随着科学技术的发展，世界先进制造技术的兴起和不断成熟对数控技术提出了更高的要求。数控系统作为数控机床的核心关键部