



高职高专**机电一体化专业**规划教材

数控机床电气系统的 装调与维修 (FANUC-0i系统)

黄登红 主编

熊轶娜 何文学 副主编

化学工业出版社

机械设计基础

电工电子技术基础

电气控制与PLC应用技术

单片机原理及应用技术

传感器与测试技术

机电检测技术

液压气动系统安装与调试

► 数控机床电气系统的装调与维修 (FANUC-0i) 黄登红

- 本书理论与实践紧密结合,是体现教、学、做一体化的工学结合的教材,即先提出学习任务,阐述该任务中涉及的相关知识,然后给出任务实施示范,让学生具体操作,在操作中进一步理解相关知识,让学生在完成学习任务,在工作过程中学习,真正掌握相关技能。
- 本书精选数控机床电气系统装调与维修中典型的作业项目作为教学内容,以企业典型的数控系统为教学载体,且所有任务均来源或改编自企业真实机床的装调与维修实践,使读者学到的知识与技能更好地与未来就业岗位上的“典型工作任务”相吻合。

液压与气动技术

电气控制与机床电路检修技术

过程检测一体化教程

变频技术及其应用

电机控制技术

可编程控制技术及应用

传感器技术与应用

李正峰

刘春梅

徐德明

丁振杰

郭 雷

郭 燕

肖春芳

廖传林

殷培峰

程 蓓

官英双

李贤温

于晓云

张运吉



化学工业出版社

教学资源网

www.cipedu.com.cn

专业教学服务支持平台

ISBN 978-7-122-11598-0



9 787122 115980 >

定价: 26.00元

本书基于数控机床制造与维修过程中电气控制系统装调与维修的工作任务,以 FANUC-0i 数控系统为例,为学习者提供了数控系统配置、数控系统及外围电路连接、PMC 编程与调试、主轴及进给轴参数设置与调整、典型故障诊断等理论和实践知识,是数控机床控制技术的核心教材。

本书采用项目教学模式编写,把数控机床电气控制系统装调与维修分为若干项目,每一个项目又分为若干个具体的学习任务,每个学习任务中均有任务描述、相关知识、任务实施步骤、检查和评估等。读者依据书中所述方法,通过一个个任务的学习和实践,逐步掌握数控机床电气控制系统装调与维修的技能。

本书理论与实践紧密结合,是体现教、学、做一体化的工学结合的教材,适合高职高专及成人教育学院数控技术、数控设备应用与维护、机电一体化等专业的师生使用,也适合作为数控技术培训教材使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床电气系统的装调与维修(FANUC-0i 系统)/
黄登红主编. —北京:化学工业出版社,2011.7
高职高专机电一体化专业规划教材
ISBN 978-7-122-11598-0

I. 数… II. 黄… III. ①数控机床-电气系统-安装-
高等职业教育-教材②数控机床-电气系统-调试方法-高
等职业教育-教材③数控机床-电气系统-维修-高等职业
教育-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 122919 号

责任编辑:王听讲
责任校对:边涛

文字编辑:吴开亮
装帧设计:刘丽华

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:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张13¼ 字数 41千字 2011年8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: 26.00 元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

随着数控机床的大量应用,在职业教育数控专业和其他机电专业中,普及数控机床控制技术 & 电气系统的装调与维修知识,提高学生的数控机床维护与故障诊断能力就显得日益重要。

本书基于数控机床制造与维修过程中电气控制系统装调与维修的工作任务,以 FANUC-0i 数控系统为例,全面、系统地介绍了数控系统配置、数控系统及外围电路连接、PMC 编程与调试、主轴及进给轴参数设置与调整、典型故障诊断等理论和实践知识。

本书精选数控机床电气系统装调与维修中典型作业项目作为教学内容,采用任务驱动的教学模式编写,即先提出学习任务,阐述该任务中涉及的理论知识,然后给出任务实施示范,让学生具体操作,在操作中进一步理解相关知识,并掌握相关技能。

本书理论与实践紧密结合,是体现教、学、做一体化的工学结合的教材,适合高职高专及成人教育学院数控技术、数控设备应用与维护、机电一体化等专业的学生和教师使用,也适合一般数控技术培训机构使用。

我们将为使用本书的教师免费提供电子教案,需要者可以到化学工业出版社教学资源网站 <http://www.cipedu.com.cn> 免费下载使用。

本书由黄登红主编,熊轶娜、何文学副主编。参与本书编写工作的有:长沙航空职业技术学院黄登红、熊轶娜、宋福林,湖南科技职业技术学院何文学,长沙哈量凯帅精密机械有限公司戴今平,湖南电气职业技术学院温够萍,湖南生物机电职业技术学院何荣誉、王波,株洲职业技术学院罗海。

本书编写过程中参考了数控技术方面的诸多论著、教材和数控机床维修手册,在此对所列参考文献的作者深表谢意。

本书的疏漏之处恳请读者指正。

编者

2011年6月



目 录

CONTENTS

项目一 数控机床电气系统的连接	1
任务 1 介绍数控机床及其所配数控系统的功能特点	1
1.1 数控机床控制任务	1
1.2 数控机床控制系统组成	1
1.3 数控机床规格指标和精度指标	3
1.4 FANUC 数控系统特点、配置及选型	4
1.5 任务决策和实施	14
任务 2 连接数控机床外围电气控制线路	15
2.1 常用电气元件及其功能	15
2.2 数控机床外围电气控制线路	17
2.3 任务决策和实施	21
2.4 检查和评估	22
任务 3 连接 FANUC-0iC (0i Mate C) 数控系统	23
3.1 FANUC-0iC 系统数控装置硬件结构和功能接口	23
3.2 数控系统的连接	25
3.3 任务决策和实施	30
3.4 检查和评估	32
3.5 任务拓展——数控系统抗干扰措施	32
项目二 数控机床数据的传输操作	36
任务 4 使用 RS-232 接口进行机床数据的备份与恢复	36
4.1 机床数据分类与存储	36
4.2 RS-232 异步串行通信数据格式	37
4.3 RS-232 数据传输软件的使用	37
4.4 数控系统 RS-232 异步串行通信设定及数据传输的操作	40
4.5 任务决策和实施	43
4.6 检查和评估	46
4.7 知识拓展——数控机床与计算机 RS-232-C 通信电缆的连接	46
任务 5 使用 CF 存储卡进行机床数据的备份与恢复	48
5.1 使用 CF 存储卡进行数控机床数据的系列传输	48
5.2 使用 CF 存储卡进行机床数据的分区传输	51
5.3 任务决策和实施	54
5.4 检查和评估	54
5.5 知识拓展——存储卡在线加工	55
项目三 数控机床 PMC 控制及应用	57
任务 6 在数控系统中完成 PMC 程序的输入和编辑	57

6.1	FANUC PMC 性能及规格	57
6.2	PMC 的信号地址	58
6.3	PMC 梯形图程序特点	61
6.4	PMC 梯形图基本操作	64
6.5	任务决策和实施	68
6.6	检查和评估	69
任务 7	使用一个普通按钮控制一个指示灯的亮灭	70
7.1	PMC I/O 装置的选型	70
7.2	PMC I/O Link 地址设定	71
7.3	任务决策和实施	73
7.4	检查和评估	74
7.5	任务拓展——实现指示灯的闪烁控制	75
任务 8	实现数控系统的工作方式选择	76
8.1	系统的工作方式	76
8.2	系统工作方式信号	77
8.3	系统工作方式的 PMC 控制	77
8.4	任务决策和实施	80
8.5	检查和评估	81
任务 9	实现数控程序的运行控制	82
9.1	数控机床加工程序功能开关的用途及相关信号	82
9.2	操作面板加工程序功能开关的 PMC 控制	83
9.3	任务决策和实施	85
9.4	检查和评估	85
9.5	知识拓展——“FAPT LADDER-Ⅲ”传输软件的使用	86
任务 10	实现数控机床倍率开关的功能	91
10.1	数控机床操作面板倍率开关的功能及倍率信号地址	91
10.2	倍率开关的 PMC 控制	93
10.3	任务决策和实施	96
10.4	检查和评估	97
任务 11	实现数控机床 M 代码的控制功能	98
11.1	数控机床标准 M 代码的功能和使用说明	98
11.2	M 代码控制时序	99
11.3	M 代码 PMC 控制	99
11.4	任务决策和实施	102
11.5	检查和评估	102
任务 12	实现数控车床的自动换刀控制	103
12.1	刀架工作原理	103
12.2	自动换刀的 PMC 控制	104
12.3	电动刀架控制中的常见故障	110
12.4	任务决策和实施	110
12.5	检查和评估	112
12.6	知识拓展——12 工位就近选刀电动刀架的工作原理及其控制	112

项目四 主轴驱动系统调试与故障诊断	117
任务 13 模拟量控制的主轴驱动系统的调试	117
13.1 数控机床主轴传动方式配置及特点	117
13.2 异步电动机变频调速原理	119
13.3 模拟量主轴驱动装置的连接	120
13.4 变频器功能参数设定及操作	122
13.5 任务决策和实施	126
13.6 检查和评估	129
13.7 知识拓展——变频器的调试	130
任务 14 模拟量驱动主轴的故障分析和排除	131
14.1 变频器的报警代码及可能原因	132
14.2 典型故障的诊断	133
14.3 任务决策和实施	134
14.4 检查和评估	135
14.5 知识拓展——数控车床自动换挡控制及常见故障诊断	135
任务 15 串行数字控制的主轴驱动系统的调试	139
15.1 串行数字主轴特点和产品系列	140
15.2 串行数字主轴的连接	141
15.3 串行数字主轴初始化操作及参数设定	141
15.4 串行数字主轴典型的反馈检测器配置	142
15.5 主轴准停控制	148
15.6 任务决策和实施	149
15.7 检查和评估	151
任务 16 串行数字主轴的故障分析和排除	152
16.1 串行数字主轴主要的接口信号	152
16.2 串行数字主轴设定调整画面	153
16.3 串行数字主轴常见故障诊断	155
16.4 任务决策和实施	159
16.5 检查和评估	161
16.6 知识拓展——数控铣床和加工中心自动换挡控制及常见故障诊断	161
项目五 进给驱动系统调试与故障诊断	165
任务 17 进给伺服系统的连接和调试	165
17.1 进给伺服系统的组成和功能特点	165
17.2 进给伺服系统的连接	167
17.3 伺服参数的初始化设定	168
17.4 伺服 FSSB 设定	171
17.5 其他常用伺服参数设定和调整	175
17.6 任务决策和实施	178
17.7 检查和评估	179
任务 18 数控机床回零调整和故障检修	179

18.1	挡块方式回零原理及其常见故障诊断	180
18.2	无挡块回零的设定和调整	183
18.3	任务决策和实施	184
18.4	检查和评估	185
18.5	知识拓展——采用距离编码式光栅尺的零点设定和调整	186
任务 19	机床行程保护设置及超程故障处理	187
19.1	软件限位和硬件限位的设置	187
19.2	轴超程故障处理	190
19.3	任务决策和实施	190
19.4	检查和评估	190
任务 20	进给伺服系统的故障分析和排除	191
20.1	伺服不能就绪报警（报警号“401”）	191
20.2	伺服过热报警	192
20.3	伺服移动误差过大报警（报警号为“411”）	193
20.4	伺服停止误差过大报警（报警号为“410”）	194
20.5	α i 系列电源模块的报警代码及故障分析	194
20.6	α i 系列伺服驱动模块的报警代码及故障分析	196
20.7	β i 系列单轴驱动器的故障诊断与维修	197
20.8	交流伺服电动机的维修	198
20.9	任务决策和实施	200
20.10	检查和评估	201
参考文献		203

项目一 数控机床电气系统的连接

任务1 介绍数控机床及其所配数控系统的功能特点

【任务描述】

自己选择或由老师分配某一台数控机床，通过查阅机床相关资料，向其他同学介绍该机床及其所配数控系统的功能特点。

【相关知识】

1.1 数控机床控制任务

数控机床的主要功能是根据加工程序完成零件的精密自动化的制造，因此，在作为控制对象的数控机床上有三大控制任务。

1. 坐标轴运动的控制

坐标轴运动的位置控制，就是对机床的进给控制。这是数控机床区别于普通机床最根本的地方，即用电气驱动替代了机械驱动，数控机床的进给运动是由进给伺服系统完成的。

对坐标轴的控制包括以下几个方面。

① 连续进给时控制各瞬间坐标轴移动的位置（即刀具相对于工件的运动轨迹）。根据需要，运动轨迹可为直线、平面曲线或空间曲线，这时，切削出的工件形状是很复杂的。为实现复杂的曲线轨迹运动，要求几个坐标必须同时运动，也就是坐标轴联动。

② 坐标位置的精确定位。连续轨迹运动时，其结束点要求准确地停在指令位置，其误差应最小。此外，在运动中的位置误差也应最小，以保证工件加工精度最高。

③ 运动（或定位）速度的控制。对运动速度的控制包括以下几个方面。

a. 在坐标轴联动时各坐标轴运动速度的比率。各坐标轴只有按相应比率的速度运行才能加工出合乎要求的直线或曲线轨迹，这一比率由数控插补器根据所需轨迹计算得出。

b. 启动、制动或拐角处切削时自动加、减速控制。

c. 空行程时的快速进给。为提高生产率而设，如 G00 代码。

2. 主轴运动的控制

和普通机床一样，数控机床的主运动主要完成切削任务，其动力约占整台机床动力的 70%~80%。基本控制是主轴的无级调速、正反转和停止、自动换挡变速。对加工中心和有些数控车床而言，还必须具有定向控制和 C 轴控制。

3. 辅助功能的控制

除了对进给运动的轨迹进行连续控制外，还要对机床的各种开关功能进行控制，这些功能包括主轴的正反转和停止、主轴的变速控制、冷却和润滑装置的启动和停止、刀具自动交换、工件夹紧和松开及分度工作台转位等。这些辅助功能控制任务的多少体现了机床自动化程度的高低。

1.2 数控机床控制系统组成

为了完成以上三大控制任务，数控机床控制系统包括了数据输入输出装置、CNC 装置、

坐标轴进给伺服系统、主轴驱动系统、可编程控制器接口单元以及检测装置等,如图 1-1 所示。

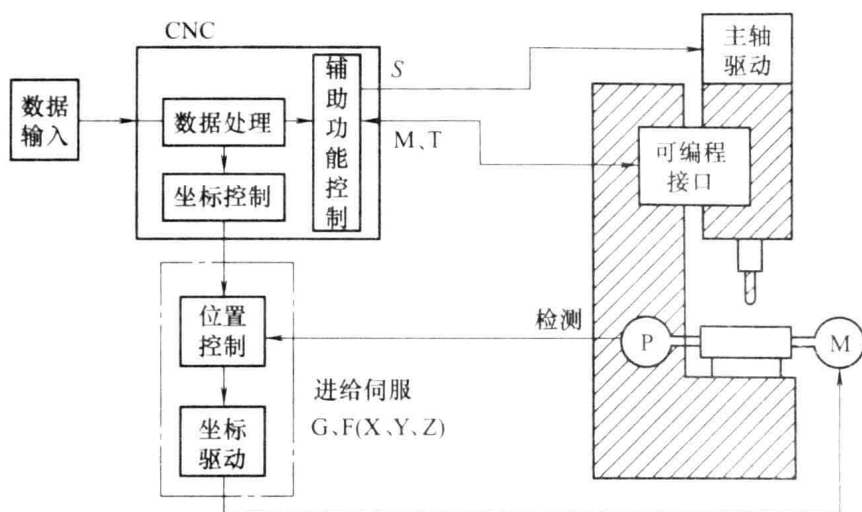


图 1-1 数控机床控制系统示意图

1. 输入/输出装置

早期有纸带阅读机/纸带穿孔机。现代的程序输入/输出方式如下。

① 直接由操作者通过 MDI (手动数据输入) 键盘输入零件程序,并通过显示屏给操作者提供信息。

② 通过软驱、存储卡、USB 接口进行零件程序的输入/输出。

③ 采用通信方式进行零件程序的输入/输出。

2. CNC 装置

这是数控机床控制系统(计算机数控系统)的核心。其主要作用是根据输入的零件程序和操作指令进行相应的处理(如运动轨迹处理、机床输入/输出处理等),然后输出控制命令到相应的执行部件(伺服单元、驱动装置和 PLC 等),从而加工出需要的零件。目前,数控装置采用的是数字计算机,包括硬件和软件。实际上,数控软件是一种特殊的、用于机床实时控制的操作系统。

3. 坐标轴进给伺服系统

被控量是坐标轴移动的位置,机床有几个坐标,就应有几套进给系统。根据加工零件的形状,由插补器进行计算,并以一系列脉冲的方式,在单位时间内将位置指令传输给伺服系统,命令驱动电动机旋转某一精确的转数,驱动电动机的旋转使滚珠丝杠旋转,滚珠丝杠螺母副将旋转运动转换成直线轴(滑台)运动。反馈装置(如滑台上的直线光栅尺)使数控系统确认指令转数已完成。由于各坐标轴的指令脉冲数不等,因此各坐标轴的位移量也就不同,从而形成了所需的刀具运动轨迹。进给伺服系统工作框图如图 1-2 所示。

4. 主轴驱动系统

主轴驱动系统是数控机床的大功率执行机构,其功能是接受数控装置对 S 代码处理后输出的代表某一速度的模拟电压或数字信号(二进制数字值),驱动主轴进行切削加工。主轴驱动系统由主轴驱动装置、主轴电动机和检测主轴速度与位置的检测装置组成。

5. PMC 与 I/O 接口电路

数控机床主轴的启停、润滑与冷却的开关、工件装卸、工作台交换等动作,是通过控制继电器、接触器、电磁阀等元器件来执行的。上述动作的控制信号有一定的顺序或时序,数控机床一般采用 PMC 逻辑控制装置来实现。PMC 实际上就是 PLC,由于 FANUC 数控系统的 PLC 专门用于控制机床,有多条专用指令,故称为可编程机床控制器(Programmable

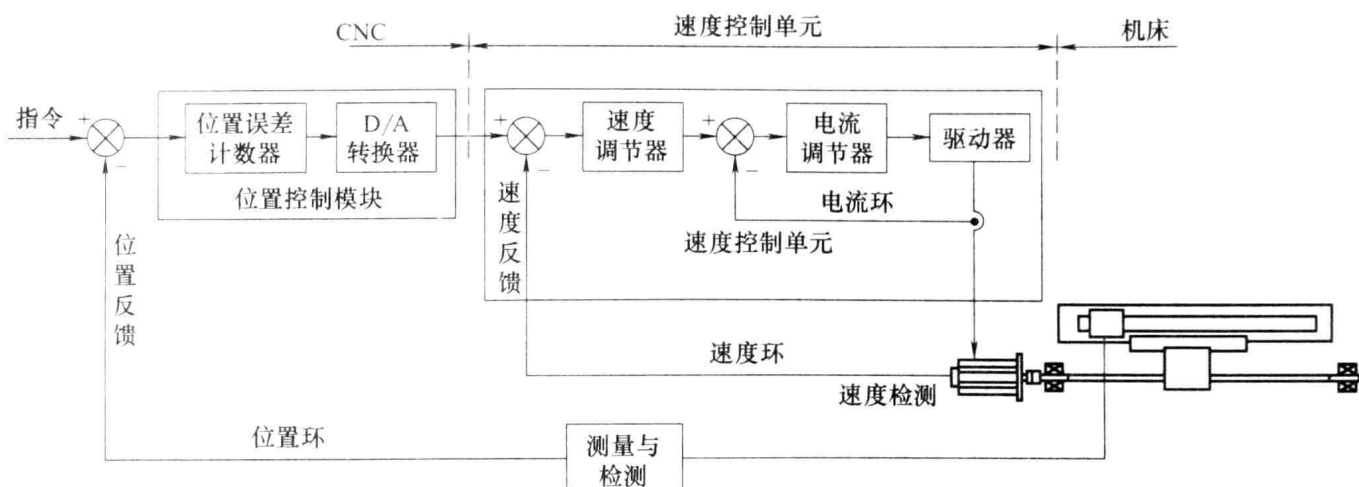


图 1-2 位置控制系统的结构图

Machine Controller, PMC)。

FANUC PMC 主要是以软件的方式嵌入数控装置中，PMC 软件又含两部分内容。一部分是 PMC 系统软件，这部分是 FANUC 公司开发的系统软件，如 PMC-SA1、PMC-SA3、PMC-SB7 等是指 PMC 系统软件的版本。另一部分是 PMC 用户软件，这部分是机床厂根据机床具体情况和要求编写的梯形图程序。这两部分程序都存储在数控装置中的 FROM（闪存）中。

I/O 接口电路负责接收和发送机床输入输出的开关信号或模拟信号，是 PMC 信号输入输出的硬件载体。

完成辅助功能的控制，除 PMC 和 I/O 接口电路外，还需要按钮、接近开关、传感器、电磁阀等信号的输入输出执行元器件。

6. 检测装置

位置和速度的检测通过光电编码器、光栅尺等检测装置来实现，详见后面项目五相关内容说明。

1.3 数控机床规格指标和精度指标

1. 规格指标

规格指标是指数控机床的基本能力指标，主要有以下几方面。

① 工作台面尺寸。机床安装工件的最大范围，通常应稍大于最大加工工件的尺寸，以便预留夹具所需的空间。

② 行程范围。CNC 可控制的机床坐标轴运动区间，它反映该机床坐标轴允许的加工范围。通常情况下工件的轮廓尺寸应在行程范围之内，个别情况下工件轮廓也可在行程范围之外，但机床只能对行程范围内的部分进行加工（即加工范围不能大于行程范围）。数控机床具有自动保护行程的功能，可通过设置软件参数与硬件开关作双重行程保护。

③ 控制轴数。数控系统能够控制的机床坐标轴数目，包括直线轴和回转轴。

④ 联动轴数。数控系统可同时控制按一定规律完成一定轨迹插补运动的机床坐标轴数目。它与控制轴数是不同的概念，联动轴数越多，说明数控机床可以加工越复杂的空间线型或型面，相应的数控系统就越复杂，编程也越困难。

⑤ 承载能力。机床能承载的加工工件的最大重量。

⑥ 主轴功率和进给轴扭矩。主轴功率和进给轴扭矩间接反映了机床刚度和强度能力。

⑦ 零件程序的容量。表示 CNC 系统可存储零件程序的大小，容量越大，越有利于加工

大型复杂零件。

⑧ PLC 的输入/输出点数。表示 CNC 系统可控制的外部开关量个数。

2. 精度指标

(1) 几何精度

几何精度是综合反映机床关键零部件和总装后的几何形状误差的指标。几何精度指标可分为以下两类。

① 机床基础件和运动大件（如床身、立柱、工作台、主轴箱等）的直线度、平面度和垂直度。如工作台的平面度、各坐标轴运动方向的直线度和相互垂直度、相关坐标轴运动时工作台面和 T 形槽侧面的平行度等。

② 机床执行切削运动的主要部件——主轴的几何精度。如主轴的轴向窜动、主轴孔的径向跳动、主轴箱移动导轨与主轴轴线的平行度、主轴轴线与工作台面的垂直度（立式）或平行度（卧式）等。

(2) 位置精度

位置精度是综合反映机床各运动部件在数控系统控制下空载所能达到的精度。根据各轴所能达到的位置精度就能判断出加工零件时零件所能到达的精度。位置精度指标如下。

① 定位精度。定位精度指数控机床工作台等移动部件在指令的终点到达后实际位置与指令位置的一致程度，两者的误差称为定位误差。

定位误差来源于伺服驱动系统误差、检测系统误差以及机械传动环节的几何误差等，它将直接影响零件加工的精度。分度精度（分度工作台在分度过程中理论要求回转的角度值和实际回转的角度值的一致程度，其误差称为分度误差）和回零精度（数控机床各坐标轴达到规定的零点的精度，其误差称为回零误差）实际上是定位精度的两个特例，可以统称为定位精度。分度精度既影响零件加工部位在空间的角度位置，也影响孔系加工的同轴度，回零精度直接影响机床坐标系的建立精度。

② 重复定位精度。重复定位精度是指在相同条件下（同一台数控机床上，操作方法不变，应用同一零件程序）加工一批零件所得到的连续结果的一致程度。

重复定位精度受伺服系统特性、进给系统的间隙与刚性以及摩擦特性等因素的影响。一般情况下，重复定位精度是呈正态分布的偶然性误差，它影响一批零件加工的一致性，是一项非常重要的精度指标。

(3) 分辨率与脉冲当量

分辨率是指两个相邻的分散细节之间可以分辨的最小间隔。对测量系统而言，分辨率是可以测量的最小位移增量，对控制系统而言，分辨率是可以控制的最小位移增量，即数控装置每发出一个脉冲，反映到机床坐标轴上的位移量，通常称为脉冲当量。

脉冲当量是设计数控机床的原始数据之一，也是数控机床很重要的精度指标，其数值的大小决定了数控机床的加工精度和表面质量。脉冲当量越小，数控机床的加工精度和表面质量越高。目前普通精度级数控机床的脉冲当量一般为 0.001mm，精密或超精密数控机床的脉冲当量可达到 10nm (0.00001mm)。

1.4 FANUC 数控系统特点、配置及选型

数控系统是数控机床的电气控制系统。数控机床根据功能和性能的要求配置不同的数控系统。目前，我国数控机床行业占据主导地位的数控系统有日本的 FANUC（发那科）、德国的 SINMENS（西门子）等公司的数控系统及相关产品。这里以 FANUC 典型系列产品为例，介绍现代数控系统的特点、配置及选型。

1. FANUC-0C/0D 系统

FANUC-0C/0D 数控系统是 FANUC 公司于 20 世纪 80 年代开发并生产的产品，是当时中国市场上销售量最大的一种系统。

(1) FANUC-0C 系统主要特点

① 丰富的控制功能。具有刀具寿命管理、极坐标插补、圆柱插补、多边形插补等特有的控制功能，并且提供了专用的定制型用户宏程序，从而能够容易地实现一些特殊的机械加工。

② 高可靠性的硬件。该产品采用了高品质的元器件，并且大量采用了专用 VLSI (Very Large Scale Integration) 芯片，在一定程度上提高了数控系统的可靠性和系统的集成度。该产品还使用了表面安装技术，进一步提高了数控系统的集成度，尽管采用大板结构，但与老系列 FANUC-0A/0B 相比，数控系统的体积大幅度减小。

③ 高精度加工。采用多种补偿功能，可实现高精度加工。例如，丝杠的螺距误差等传动链中的机械误差，可通过存储型螺距误差补偿予以补正。刀具路径补偿，在切削内拐角时，具有进给速度自动减速的功能（自动拐角倍率），从而防止刀具在拐角处发生过载，同时获得良好的表面粗糙度。另外，系统具有伺服前馈控制等高加工精度的功能。

④ 高效率和高速度加工。由于采用了高速微处理器（1988 年以后的产品主 CPU 为 Intel 80486/DX2）及多 CPU 方式进行分散处理，实现了高速连续切削，通过 PMC 来实现坐标轴（PMC 轴）的控制，进一步缩短了辅助功能的执行时间，特别适合自动换刀（ATC）的控制和回转工作台（APC）的分度控制。系统不仅控制主轴速度，还进行主轴位置控制，像控制进给伺服电动机那样控制主轴电动机，从而实现刚性攻螺纹和主轴定位控制功能。

⑤ 高精度数字伺服系统。由于采用了高分辨率位置检测器和高速微处理器及软件伺服控制功能（全数字控制），实现了高速、高精度的伺服控制。该系统最多提供控制轴数为 6 轴，联动轴数为 4 轴，一个模拟量主轴或两个串行数字主轴（仅限于使用 FANUC 的主轴驱动装置）。

主要产品有：0-TC（用于数控车床），0-MC（用于数控铣床、钻床、加工中心），0-GCC（用于内外圆磨床），0-GSC（用于平面磨床），0-PC（用于冲床），0-TFC（用于双主轴和双刀架多功能数控车床）等。

(2) FANUC-0C 系统基本配置

图 1-3 为 FANUC-0MC 系统的基本配置图。

显示装置和操作面板：显示器标准配置为 9in 单色 CRT，选择配置为 10.4in 彩色 CRT；显示器和系统 MDI 键盘为一体；机床操作面板可以选择 FANUC 公司专用操作面板，一般机床生产厂家采用各自的机床操作面板。

CNC 装置：系统基本配置为 4 个 CNC 轴且为 4 个联动轴，选择配置为 6 个 CNC 轴且为 4 轴联动；图形显示板、宏执行器、PMC 扩展板及远程通信板为选择配置。

伺服驱动单元：系统伺服放大器标准配置为 α 系列伺服模块；主轴电动机和进给电动机为 α 系列伺服电动机。

(3) FANUC-0D 系统主要特点

0D 系统是 FANUC 公司在 0C 系统基础上研制开发出的普及型数控系统。0D 系统和 0C 系统的主要区别如下。

① 系统进给伺服轴配置为 3 轴 3 联动，系统主轴配置为一个串行数字主轴或一个模拟量主轴。

② 系统不支持图形显示板、特制宏程序盒及扩展 PMC 板控制功能。

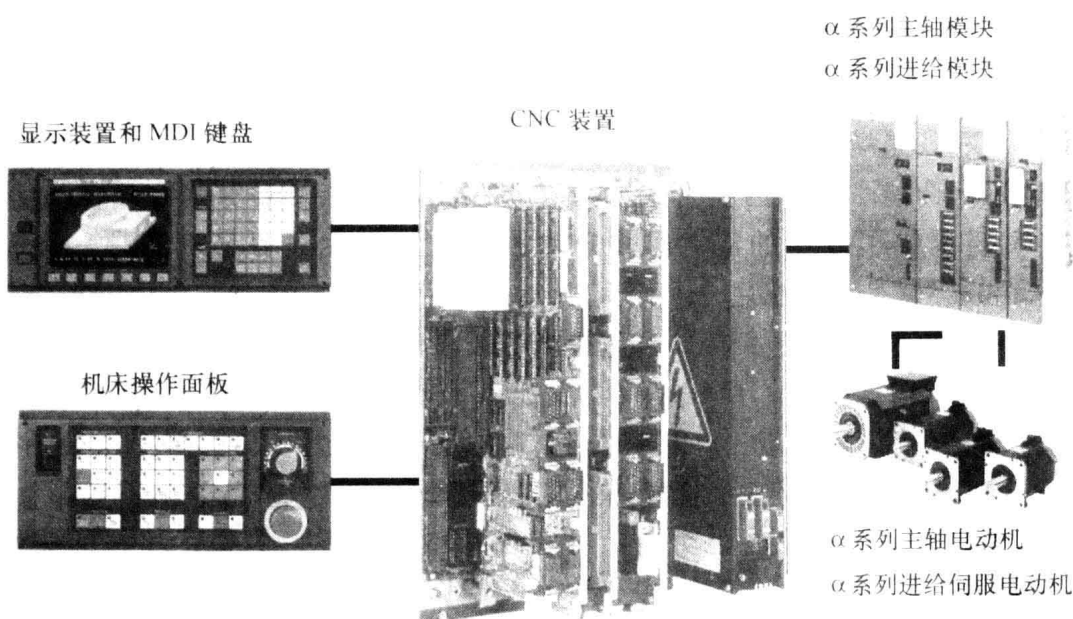


图 1-3 FANUC-0MC 系统基本配置

③ 只能采用 RS-232 数据传输, 不能实现远程 DNC1 和 DNC2 数据传输。

④ 系统控制软件进行了简化, 取消了圆柱插补和多边形插补等功能软件。

主要产品有: 0-TD (用于数控车床), 0-MD (用于数控铣床、加工中心), 0-GCD (用于内外圆磨床), 0-GSD (用于平面磨床), 0-PD (用于冲床) 等。

FANUC-0D II 为高可靠性、多功能数控系统, 其功能与 FANUC-0C 基本相同, 只是控制轴数最多为 4 轴。

(4) FANUC-0D 系统基本配置

图 1-4 为 FANUC-0TD 系统的基本配置。

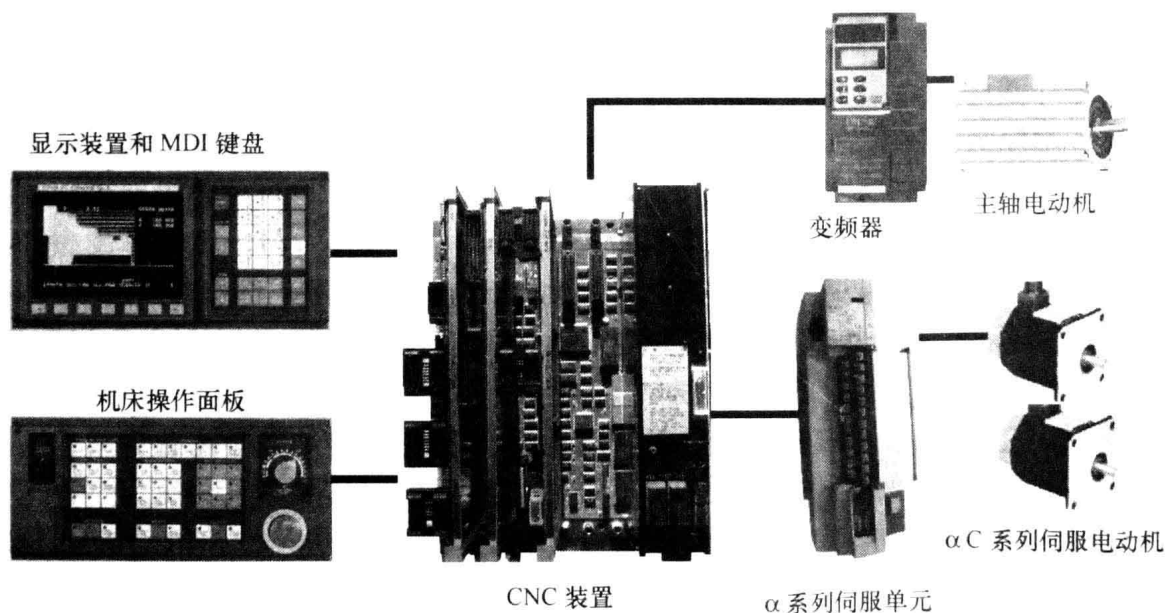


图 1-4 FANUC-0TD 系统基本配置

显示装置和操作面板: 显示器标准配置为 9in 单色 CRT; 显示器和系统 MDI 键盘为一体; 机床操作面板可以选择 FANUC 公司专用操作面板, 一般机床生产厂家采用各自的机床操作面板。

CNC 装置：FANUC-0TD 系统配置 2 个 CNC 轴且为 2 个联动轴，FANUC-0MD 系统配置 3 个 CNC 轴且为 3 个联动轴。

伺服驱动单元：系统伺服放大器标准配置为 α 系列或 β 系列伺服单元，选择配置为 α 系列伺服模块；主轴电动机可以是变频器驱动普通异步电动机，选择的是串行主轴电动机，进给电动机为 αC 系列或 β 系列进给伺服电动机。

2. FANUC-16/18/21/0iA 系统

20 世纪 90 年代，随着电子技术的发展，特别是大规模集成电路和电子贴膜技术的应用，使得系统的硬件体积大大缩小，计算机技术的发展使系统控制软件以功能包的形式存储在闪存中，便于用户选择（系统功能包分为 A 包和 B 包）。FANUC 公司逐步推出了高可靠性、高性能、模块化的 FANUC-16/18/21/0iA 系列 CNC 系统。

(1) 系统功能特点

① 系统 CNC 结构形式为模块结构。系统 CNC 模块除了主 CPU 及外围电路之外，还集成了 DRAM 模块、FROM/SRAM 模块、PMC 控制模块、存储器和主轴模块、伺服模块等，控制单元体积更小，便于安装排布。

② 可使用编辑卡或编程软件编辑梯形图。系统的 PMC 控制程序（梯形图）存储在 FROM 中，通过编辑卡或编程软件进行 PMC 程序的编辑和修改，特别是在用户现场扩充功能或实施技术改造时更为便利。

③ 可使用存储卡进行系统数据的备份和回装。通过系统引导画面把系统 FROM 和 SRAM 中的数据备份到存储卡或把存储卡中的数据回装到系统中。在维修中特别是系统在死机的情况下，解决数据丢失故障非常方便。

④ 具有更强大的诊断功能和操作消息显示功能。系统有报警历史画面、操作履历画面及帮助功能等，便于发生故障时查找原因及资料信息，同时系统具有硬件配置和系统软件功能包，便于掌握系统的配置情况及其具有的功能。

⑤ 系统可以选配硬盘实现远程存储在线加工。FANUC-16/18 系统可以选择系统子 CPU 板，标准配置为 2GB 硬盘，通过网线可以实现远程加工程序的在线加工，特别适用于模具加工行业。

⑥ FANUC-16 系统最多可控 8 轴，6 轴联动；FANUC-18 系统最多可控 6 轴，4 轴联动，18MB5 为 5 轴联动；FANUC-21 系统最多可控 4 轴，4 轴联动。

(2) FANUC-0iA 系统内部结构

FANUC-0iA 系统由 FANUC-21 系统简化而来，是具有高可靠性、高性价比的数控系统，最多可控 4 轴，4 轴联动。该系统数控装置由主模块和 I/O 模块组成。

主模块包括系统主板和各功能小板（插接在主板上），内部结构如图 1-5 所示。主模块的功能是提供主轴（模拟量和数字串行主轴）的控制信号接口、各个伺服进给轴控制信号接口、伺服进给轴的位置反馈信号接口（光栅尺或分离型编码器）、存储卡和编辑卡接口等。系统主板上安装有系统主 CPU、系统引导文件存储器 ROM、动态存储器 DRAM、伺服 1/2 轴的控制卡等。功能小板有用来实现 PMC 控制的 PMC 模块、用来存储系统控制软件、PMC 顺序程序及用户文件（系统参数、加工程序、各种补偿参数等）的 FROM/SRAM 模块、用于主轴控制（模拟量主轴或串行主轴控制）的扩展 SRAM/主轴控制模块以及 3/4 伺服轴控制模块。如图 1-5（b）所示，①为 PMC 控制模块，②为扩展 SRAM/主轴控制模块，③为 FROM/SRAM 模块，④为 3/4 伺服轴控制模块。

I/O 模块如图 1-6 所示，其功能是为机床提供输入输出信号接口、LCD（或 CRT）视频信号接口、系统 MDI 键盘信号接口、机床手摇脉冲发生器的信号接口、RS-232 系统通信信

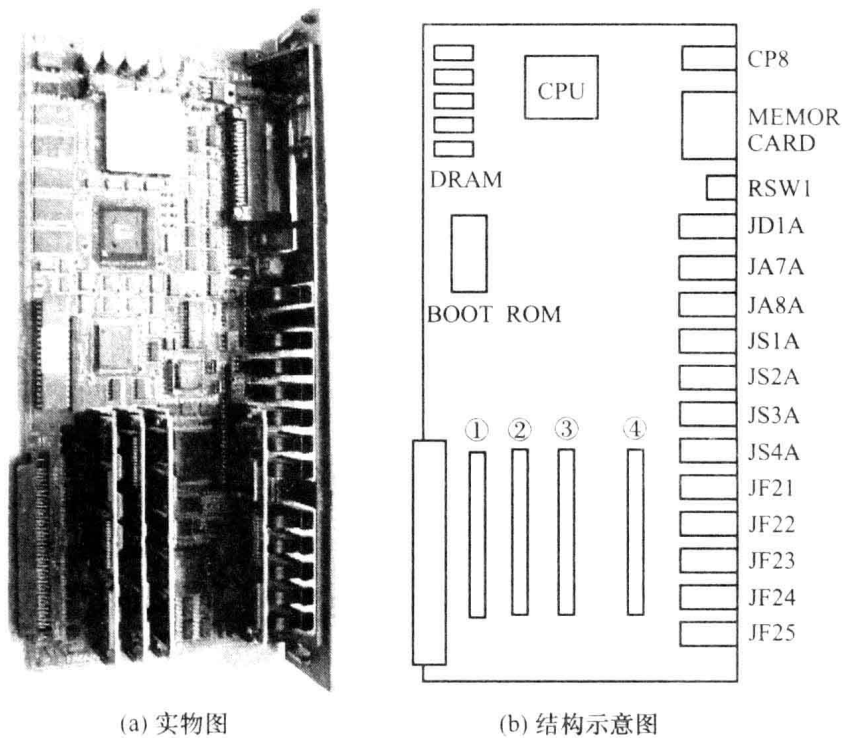


图 1-5 FANUC-0i MA 系统内部结构

号接口及选择功能板插槽接口等。内部由系统电源板（为系统提供各种直流电源）、图形显示板（为系统选择件）及 I/O 板组成。

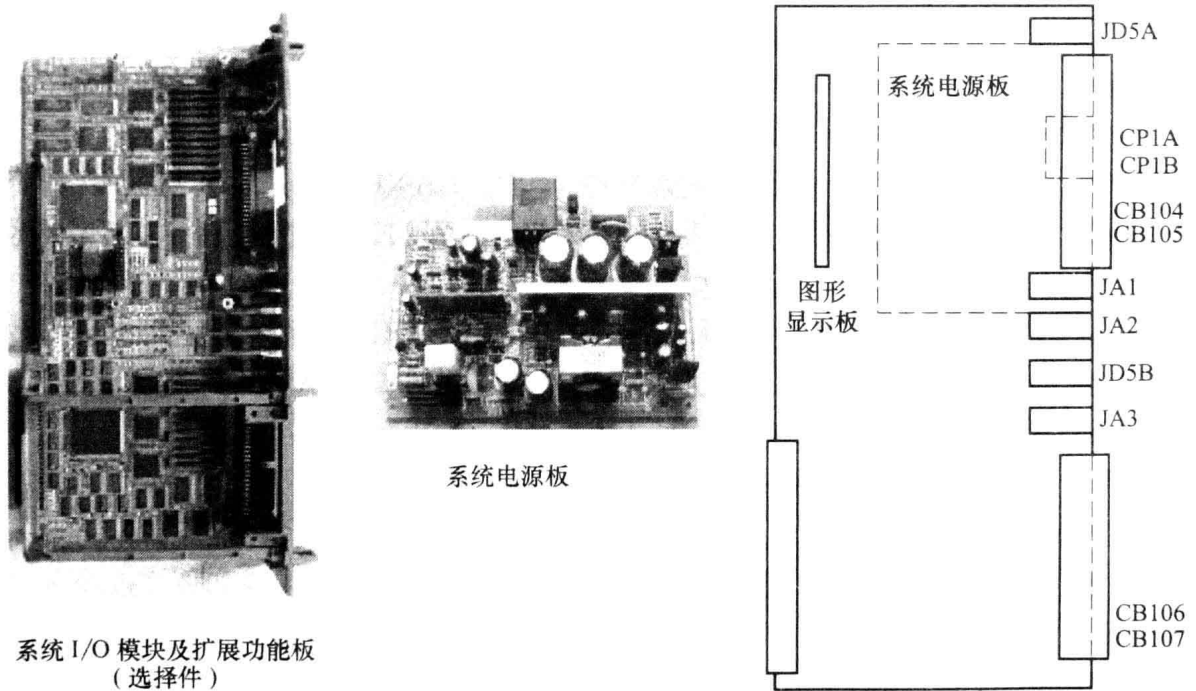


图 1-6 FANUC-0i MA 系统 I/O 模块结构

(3) FANUC-0iA 系统的选型配置

用户根据实际机床功能和加工需要进行系统功能包（A 包或 B 包）的选择配置。图 1-7 为 FANUC-0iMA 的配置。

系统 B 包标准配置的显示器为 9in 单色 CRT，A 包标准配置的显示器为 8.4in 彩色 LCD，选择配置为 10.4in 高分辨率的彩色 LCD；显示器和系统 MDI 键盘为一体；机床操作面板可以选择 FANUC 公司专用操作面板，也可以选择机床生产厂家各自的机床操作面板。

FANUC-0iMA 系统配置为 4 轴 4 联动, FANUC-0TA 系统配置为 2 轴 2 联动。内置 I/O 模块提供 96 点输入/64 点输出, 可以选择 I/O Link 外置 I/O 装置提供 1024 点输入/1024 点输出, 也可以选用 I/O Link 总线接口实现附加伺服轴控制。

FANUC-0iMA 系统伺服放大器可以配置 α 系列伺服模块, 驱动 α 系列串行主轴电动机和 $\alpha/\alpha C$ 系列进给伺服电动机; FANUC-0iTA 系统主轴电动机配置可以是变频器驱动的普通异步电动机, 也可以是 α 系列串行主轴电动机, 进给电动机配置可以是 αC 系列或 β 系列进给伺服电动机。

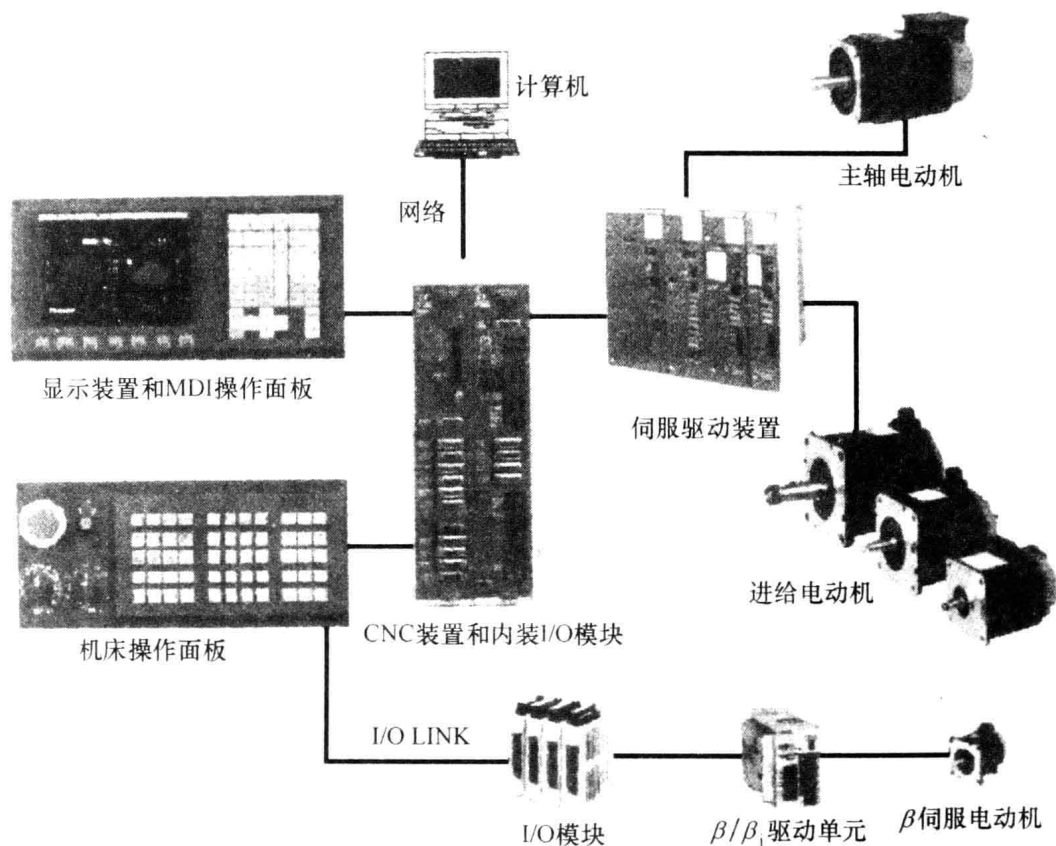


图 1-7 FANUC-0iMA 系统配置图

3. FANUC-16i/18i/21i 系统

20 世纪 90 年代末到本世纪初, 随着总线控制技术和网络技术的全面发展及应用, FANUC 公司把总线控制技术应用到系统伺服和 PMC 控制上, 先后开发出具有网络控制功能的超小型 CNC 系统 FANUC-16i/18i/21i 系列。

FANUC-16i/18i/21i 系统结构形式有两种, 一种为分离型 CNC 系统 (CNC 系统和显示装置是分体的), 另一种为超薄型 CNC 系统 (CNC 系统与显示装置一体化), 如图 1-8 所示。

系统功能特点如下。

① 以纳米为单位计算发送到数字伺服控制器的位置指令, 在与高速、高精度的伺服控制部分配合下实现高精度加工。通过使用高速 RISC 处理器及最先进的伺服控制技术, 可以在进行纳米插补的同时, 以适合于机床性能的伺服优化软件使机床在最佳工作状态下进给加工。

② 超高速伺服总线通信技术 FSSB (FANUC 伺服系列 BUS 总线)。利用光导纤维将 CNC 控制单元和多个伺服放大器连接起来的高速串行总线, 可以实现高速度的数据通信, 减少了连接电缆, 降低了故障率。

③ 丰富的网络功能。数控机床通过以太网实现远程高速在线加工和现场管理, 适合构