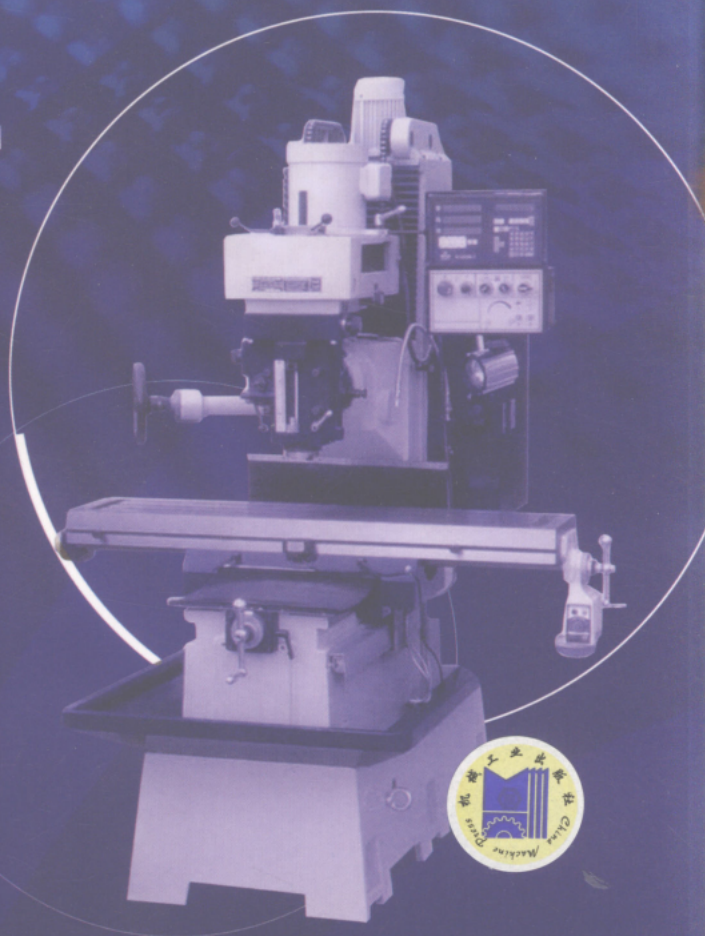
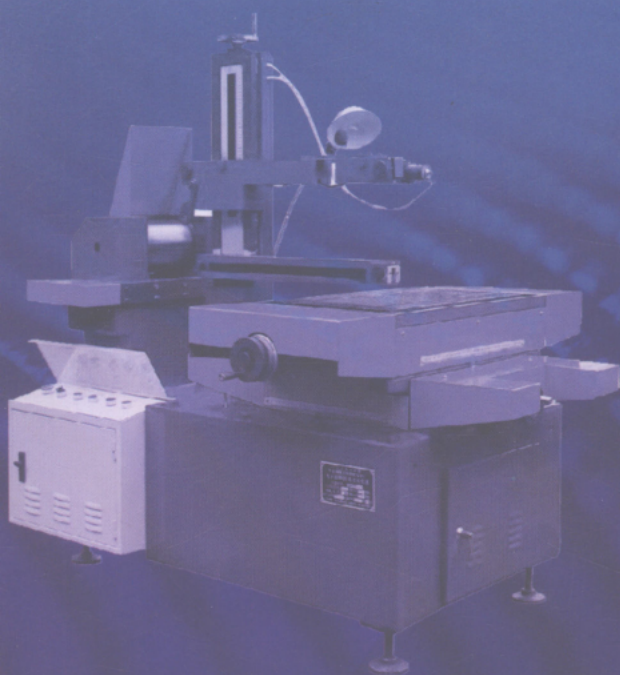


教育部职业教育院校重点专业 规划教材
数控技术应用专业项目化教学教改教材

数控系统

SHU KONG XI TONG

张伦玠 主编





教育部职业教育院校重点专业规划教材 数控技术应用专业项目化教学教改教材

专业基础课

1. 机械制图与计算机绘图
2. 机械制图与计算机绘图习题集
3. 公差配合与技术测量
4. 电工电子技术
5. 机床电气控制
6. 单片机原理与接口技术
7. 液压与气动
8. 液压与气动试验指导书
9. 机械设计基础
10. 金工实训
11. 金属材料与热处理(1)
12. 金属切削机床(1)
13. 机械制造工艺与装备(1)
14. 金属切削原理与刀具(1)
15. 机械制造基础(2)

专业课·方案二

1. 轴类零件车削加工与编程操作
2. 盘套类零件车削加工与编程操作
3. 特型面车削加工与编程操作
4. 螺纹车削加工与编程操作
5. 平面铣削加工与编程操作
6. 二维轮廓铣削加工与编程操作
7. 孔系加工与编程操作
8. 曲面铣削加工与编程操作
9. 钳工实训

专业课·方案一

1. 现代数控设备
2. 数控系统
3. CAD/CAM 技术应用
4. CAD/CAM 习题集
5. 数控加工工艺(1)
6. 数控机床加工程序编制(1)
7. 数控加工工艺与编程(2)
8. 数控专业英语
9. 数控机床故障诊断与维修
10. 数控加工技术实训
11. 数控车削考工实训
12. 数控铣削考工实训
13. 数控特种加工实训
14. 加工零件的质量控制与检测
15. 模具概论与其典型结构
16. 数控加工技术习题集

ISBN 978-7-111-22767-0

总体策划: 汪光灿

封面设计/电脑制作: 陈沛

编辑热线 010-88379193

地址: 北京市百万庄大街22号
联系电话: (010)68326294
(010)68993821

邮政编码: 100037
网址: <http://www.cmpedu.com> (机工教材网)
E-mail: cmp@cmpedu.com
网址: <http://www.cmpbook.com> (机工门户网)
E-mail: cmp@cmpbook.com

定价: 23.00 元

ISBN 978-7-111-22767-0



9 787111 227670 >

教育部职业教育院校重点专业规划教材

数控技术应用专业项目化教学教改教材

数 控 系 统

主 编 张伦玠

副主编 王 青

参 编 徐 伟

龙雄辉

主 审 柳 宁



机械工业出版社

本书介绍了数控系统的工作原理及其应用,并在此基础上从经济型数控系统、专机型数控系统和开放型数控系统三方面分别介绍它们的系统组成、硬件结构、软件结构以及数控系统的应用。书中重点介绍了开放型数控系统的发展与应用,并以开放式数控系统作为典型数控系统加以介绍,主要包括数控系统与外围电路、器件和设备的接口连接以及机床数控系统连接电路设计等。此外,还详细介绍了几种数控系统常见故障报警及排除方法。本书具有比较完整的体系和实用价值,可作为职业院校数控、机电等专业教材,也可作为其他本、专科数控、机电等专业的参考教材及供数控技术应用行业的工程技术人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控系统/张伦玠主编. —北京:机械工业出版社, 2007. 11

教育部职业教育院校重点专业规划教材. 数控技术应用专业项目化教学
教改教材

ISBN 978-7-111-22767-0

I. 数… II. 张… III. 数控机床 - 数控系统 - 高等学校: 技术学校
- 教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 173150 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 汪光灿 版式设计: 霍永明 责任校对: 李秋荣

封面设计: 陈 沛 责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷 (北京双新装订有限公司装订)

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14.5 印张 · 357 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-22767-0

定价: 23.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379182

封面无防伪标均为盗版

前言

用数字化信息进行控制的自动控制技术称为数字控制技术。采用数控技术控制的机床,或者说装备了数控系统的机床称之为数控机床。数控技术是典型的机电一体化技术,它将微电子设备(主要是微机)的信息处理功能和机械的几何运动结合于一体,微机通过数字量去控制机械运动。

数控系统是数控机床的核心部分。数字控制(Numerical Control)技术是一种高技术含量的自动控制技术。数控系统是实现数字控制技术的装置,它以微处理器为核心,用总线连接有关部件,带有集成于一体(或独立)的PLC装置,通过驱动、伺服、位置检测等环节对机床实现加工过程的控制。

本书以机床数控系统为主线,重点介绍计算机数控技术原理及一般数控系统的硬件结构和软件结构。在此基础上,根据经济型数控系统、专机型数控系统和开放式数控系统三大体系,分别在硬件结构和软件结构以及典型应用方面加以介绍。其中,对于代表数控系统未来发展方向并具有可扩展性、可移植性、互换性、可操作性和可配置性等诸多优点的开放式数控系统进行重点介绍,使读者在学习掌握数控基本原理和各种数控系统的同时,熟悉各种数控系统的特点和应用并把握数控系统的发展方向。与此同时,本书还重点介绍了数控系统的连接技术,具有很强的实操性,使读者在掌握数控系统接口连接电路的基础上,循序渐进地了解几种数控系统常见的故障报警及排除方法。最后,本书对典型的数控机床控制电路设计进行了举例说明,使读者能在学习本课程后,系统地体会到数控系统在常见数控机床中的实际应用。本书的另外一个特色是在数控系统三大体系中分别对目前数控系统比较前沿的技术加以介绍,如基于USB、基于软件的数控系统及网络化的数控系统等。

本书共8章,由张伦玠老师任主编(编写第1章、第2章、第6章),副主编为王青老师(编写第3章、第4章、第8章),参编为徐伟老师(编写第5章)和龙雄辉老师(编写第7章)。全书由暨南大学柳宁副教授主审,他提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

在本书的编写过程中,参阅了有关院校、公司、科研院所的一些教材、资料和文献,并得到了许多专家、学者的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

限于编者的水平和经验,书中欠妥和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2007年2月

目 录

前言

第一章 计算机数控系统	1
第一节 概述.....	1
第二节 CNC 系统的硬件结构	6
第三节 CNC 系统的软件结构	15
思考题	25
第二章 数控机床 PLC 控制	27
第一节 可编程序控制器概述	27
第二节 PLC 应用的基本电气知识 ...	35
第三节 数控机床 PLC 系统的设计 及调试	40
第四节 数控机床 PLC 控制应用 实例	45
思考题	52
第三章 经济型数控系统	54
第一节 概述	54
第二节 基于 USB 的经济型数控 系统	58
第三节 基于软件的经济型数控系统 设计	63
思考题	66
第四章 专机型数控系统	68
第一节 概述	68
第二节 FANUC 数控系统	73
第三节 SIEMENS 802D 型数控系统 ...	86
第四节 FAGOR 数控系统在切割机 上的特殊应用	91
思考题	93
第五章 开放式数控系统	94
第一节 概述	94
第二节 华中 I 型数控系统	103
第三节 网络化数控系统	106
思考题	112

第六章 数控系统连接实例	113
第一节 概述.....	113
第二节 基本连接.....	115
第三节 软驱单元的连接.....	117
第四节 手持单元的连接.....	119
第五节 数控系统开关量输入/输出 ...	123
第六节 数控系统与外部计算机的 连接.....	139
第七节 数控系统与主轴装置的 连接.....	141
第八节 数控系统与进给驱动装置的 连接	149
思考题	165
第七章 数控系统常见故障报警及 排除	170
第一节 数控系统现场维修要求.....	170
第二节 SINUMERIK 810/820 系统 维修.....	176
第三节 FANUC 0 系统维修	184
第四节 华中数控系统故障及其解决 措施.....	203
第五节 华中数控系统报警信息.....	210
思考题	213
第八章 数控机床电气控制电路设计 实例	214
第一节 数控机床电气控制电路设计 原则.....	214
第二节 TK40A 数控车床电气控制 电路.....	215
第三节 XK714A 数控床身铣床电气 控制电路.....	221
思考题	226
参考文献	227

第一章 计算机数控系统

第一节 概 述

数控机床中广义的数控系统是由程序、输入输出设备、计算机数控系统（CNC 系统）、可编程控制器、主轴驱动系统和进给伺服驱动系统等组成的一个整个的系统，又称为 CNC 系统。广义数控系统中的核心是计算机数控系统（CNC 系统），也就是狭义的数控系统，由于它在整个系统中的重要性，本章将对其进行较详细的讨论，本章以后所涉及到的数控系统，均是指狭义的数控系统。

一、CNC 系统的组成

从自动控制的角度来看，数控系统是一种轨迹控制系统，即本质上是以多执行部件（各运动轴）的位移量为控制对象，并使其协调运动的自动控制系统，是一种配有专用操作系统的计算机控制系统。

把计算机技术应用于机床的控制系统，是数控机床发展史上的一个重要里程碑，这是因为它综合了现代计算机技术、自动控制技术、传感器及测量技术、机械制造技术等领域的最新成就，使机械加工技术达到了一个崭新的水平。计算机数控（CNC）与传统的硬线数控（NC）相比有很多的优点，其中最根本的一点就是，CNC 的许多数控功能是由软件实现的，因而较硬线数控具有更大的柔性，即它很容易通过软件的改变来实现数控功能的更改或扩展。今天，硬线数控已被计算机数控所取代。

由上述讨论可知，从外部特征来看，CNC 系统是由硬件（通用硬件和专用硬件）和软件（专用）两大部分组成的。

1. 数控系统的一般硬件结构

广义数控系统的结构框图如图 1-1 所示，即由计算机基本系统、设备支持层、设备层部分组成，它是 CNC 系统的物质基础。

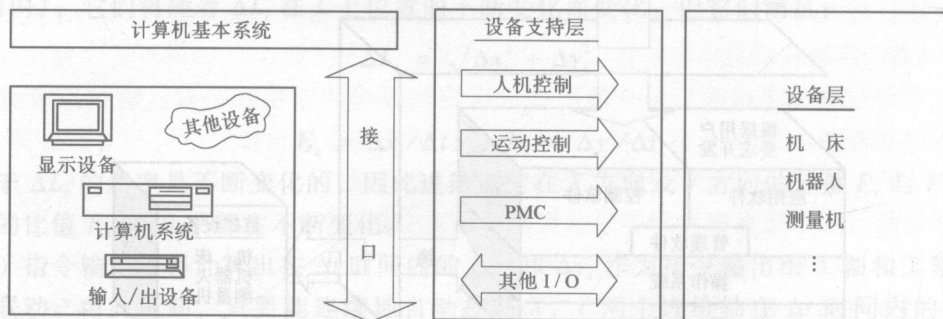


图 1-1 CNC 的一般硬件结构

2. CNC 系统软件的功能性结构

从本质特征来看，CNC 系统软件是具有实时性和多任务性的专用操作系统；从功能特征来看，该操作系统由 CNC 管理软件和 CNC 控制软件两部分组成。它是 CNC 系统的灵魂，其结构框图如图 1-2 所示。

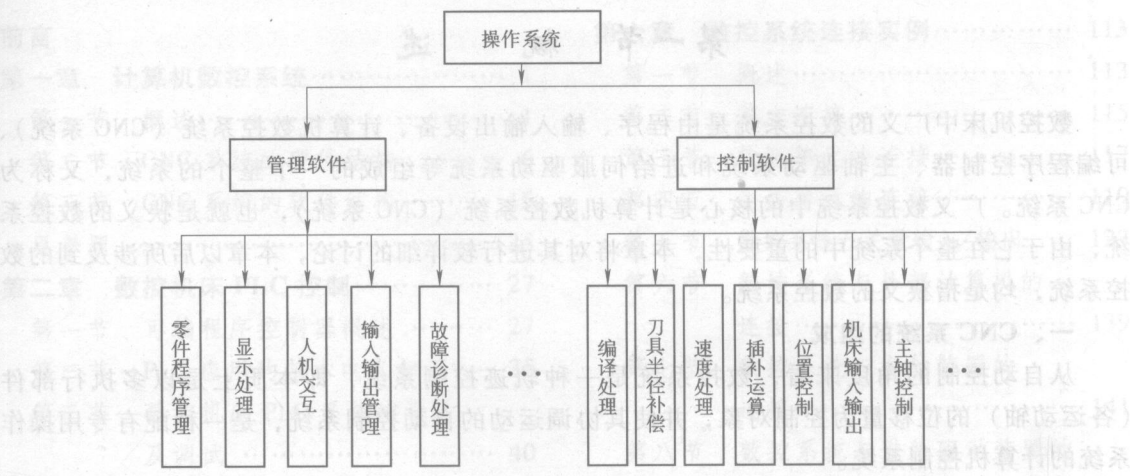


图 1-2 CNC 软件系统功能框图

3. CNC 系统硬件、软件的作用和相互关系

CNC 系统的系统软件在系统硬件的支持下，合理地组织、管理整个系统的各项工作，实现各种数控功能，使数控机床按照操作者的要求，有条不紊地进行加工。

CNC 系统的硬件和软件构成了 CNC 系统的系统平台，如图 1-3 所示。该平台有以下两方面的含义：

- 1) 该平台提供 CNC 系统基本配置的必备功能。
- 2) 在该平台上可以根据用户的要求进行功能设计和开发。

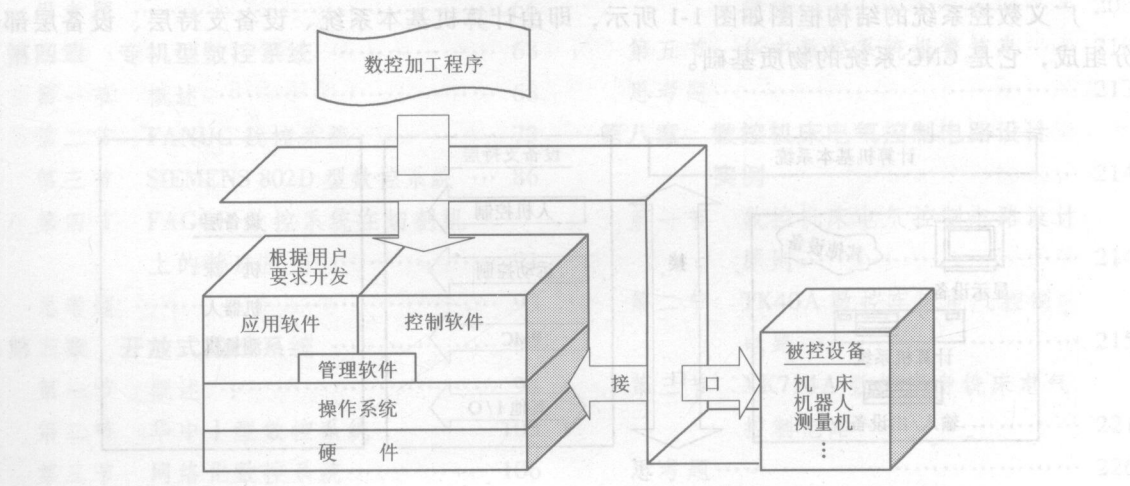


图 1-3 CNC 系统的系统平台

CNC 系统平台的构筑方式就是 CNC 系统的体系结构。体系结构为系统的分析、设计和建造提供框架。在下一节里将分别按硬件和软件两方面对 CNC 系统的体系结构进行讨论。

二、CNC 系统的工作过程

首先, 让我们来回顾一下在普通机床上加工零件的过程。机床操作者总是根据工序卡的要求, 在加工过程中不断地操作机床改变刀具与工件的相对运动轨迹和运动参数 (位置、速度等), 使刀具对工件进行切削加工, 从而得到所需要的合格零件。

在 CNC 机床上, 加工过程中的人工操作均被数控系统所取代。其工作过程如下: 首先要将被加工零件图上的几何信息和工艺信息数字化, 即将刀具与工件的相对运动轨迹, 用代码按规定的规则和格式编成加工程序, 数控系统则按照程序的要求, 进行相应的运算、处理, 然后发出控制命令, 使各坐标轴、主轴以及辅助动作相互协调运动, 实现刀具与工件的相对运动, 自动完成零件的加工。

图 1-4 为将要加工的零件, 其形状用曲线 L 描述。加工该零件就是要控制刀具 T 相对于该零件按轨迹曲线 L 运动。CNC 系统对输入加工程序的运算和处理的核

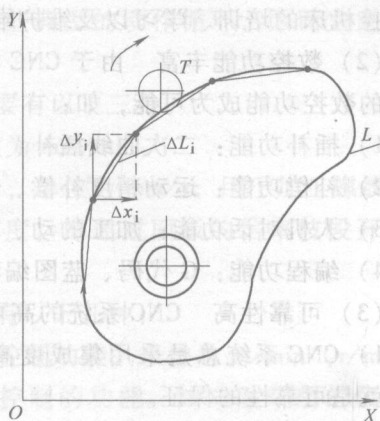


图 1-4 数控加工原理

(1) 逼近处理 首先对曲线 L 进行逼近处理, 即按系统的插补时间 Δt 和加工所要求的进给速度 F , 将 L 分割成若干短直线 $\Delta L_1, \Delta L_2, \dots, \Delta L_i, \dots$, 这里

$$\Delta L_i = F \Delta t \quad (i = 1, 2, \dots)$$

则当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 折线段之和接近曲线 L , 即

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{i=0}^{\infty} \Delta L_i = L$$

当 F 为常数时, 由于 Δt 对于一个数控系统而言恒为常数, 故 ΔL_i 的长度也为常数, 只不过其斜率与在 L 上的位置有关。

(2) 插补运算 在计算出 ΔL_i 后, 必须将其分解为 X 轴及 Y 轴移动分量 Δx_i 和 Δy_i (在 Δt_i 时间内), 它们将随着 ΔL_i 在 L 上位置的不断变化而变化, 但它们满足:

$$\Delta L_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$$

且有

$$F_x = \Delta x_i / \Delta t \quad F_y = \Delta y_i / \Delta t$$

由于 ΔL_i 的斜率是不断变化的, 因此进给速度在 X 方向及 Y 方向的分量 F_x 与 F_y , 以及它们之间的比值 F_x / F_y 几乎都在不断变化。

(3) 指令输出 将计算出在 Δt 时间内的 Δx_i 和 Δy_i 作为指令输出给 X 轴和 Y 轴, 以控制它们联动。由此可知, 只要能连续地自动控制 X 、 Y 两个进给轴在 Δt 时间内的移动量, 就可以实现曲线轮廓零件的加工。

三、CNC 系统的优点

(1) 具有灵活性和通用性 与早期的硬线数控系统相比, CNC 系统在功能的修改和扩

充、适应性方面都具有较大的灵活性和通用性。这是由于 CNC 系统的数控功能大多由软件在通用性较强的硬件的支持下实现的,因此,若要改变、扩充其功能,均可通过对软件的修改和扩充来实现。另一方面,CNC 系统的硬件和软件大多是采用模块化的结构,使系统的扩充、扩展变得较方便和灵活。不仅如此,按模块化方法组成的 CNC 系统基本配置部分(软件和硬件)是通用的,不同的数控机床(如车床、铣床、磨床、加工中心、特殊机床)只要配置相应的功能模块(软件和硬件),就可满足这些机床的特定控制功能。这种通用性对数控机床的培训、学习以及维护维修也是相当方便的。

(2) 数控功能丰富 由于 CNC 系统中的计算机具有较强的计算能力,因此,使其实现复杂的数控功能成为可能,如:

- 1) 插补功能:二次曲线插补、样条插补、空间曲面插补。
- 2) 补偿功能:运动精度补偿、随机补偿、非线性补偿等。
- 3) 人机对话功能:加工的动、静态跟踪显示,高级人机对话窗口。
- 4) 编程功能:G 代码、蓝图编程、部分自动编程功能。

(3) 可靠性高 CNC 系统的高可靠性可以从以下几方面看出:

1) CNC 系统总是采用集成度高的电子元件、芯片,采用 VLSI (超大规模集成电路)本身就是可靠性的保证。

2) 许多功能由软件实现,使硬件的数量减少。

3) 丰富的故障诊断及保护功能(大多由软件实现),从而可使系统故障发生的频率降低,发生故障后的修复时间缩短。

(4) 使用维护方便

1) 操作使用方便:现在大多数数控机床的操作采用了菜单结构,用户只需根据菜单的提示,进行正确操作。

2) 编程方便:现代数控机床大多具有多种编程的功能,并且都具有程序自动校验和模拟仿真功能。

3) 维护维修方便:数控机床的许多日常维护工作都由数控系统承担(润滑、关键部件的定期检查等),另外,数控机床的自诊断功能,可迅速确定故障位置,方便维修人员。

(5) 易于实现机电一体化 由于采用计算机,使硬件数量相应减少,加之电子元件的集成度越来越高,使硬件的体积不断减小,控制柜的尺寸也相应减小。因此,数控系统的结构非常紧凑,使其与机床结合在一起成为可能,减少占地面积,方便操作。

四、CNC 系统的功能

CNC 系统的功能是指满足用户操作和机床控制要求的方法和手段。数控系统的功能包括基本功能和选择功能。

基本功能:数控系统基本配置的功能,即必备的功能。

选择功能:用户可根据实际要求选择的功能。

CNC 系统的主要功能有:

(1) 控制功能 CNC 能控制和能联动控制的进给轴数。CNC 的控制进给轴有移动轴、回转轴、基本轴和附加轴。例如,数控车床至少需要两轴联动,在具有多刀架的车床上则需要两轴以上的控制轴。数控镗铣床、加工中心等需要有 3 根或 3 根以上的控制轴。

联动控制轴数越多,CNC 系统就越复杂,编程也越困难。

(2) 准备功能 即 G 功能, 指令机床动作方式的功能。

(3) 插补功能和固定循环功能 所谓插补功能是数控系统实现零件轮廓(平面或空间)加工轨迹运算的功能。一般 CNC 系统仅具有直线和圆弧插补, 而现在较为高档的数控系统还备有抛物线、椭圆、极坐标、正弦线、螺旋线以及样条曲线插补等功能。

在数控加工过程中, 有些加工工序如钻孔、攻螺纹、镗孔、深孔钻削和切螺纹等, 所需完成的动作循环十分典型, 而且多次重复进行, 数控系统事先将这些典型的固定循环用 G 代码进行定义, 在加工时可直接使用这类 G 代码完成这些典型的动作循环, 因而大大简化编程工作。

(4) 进给功能 数控系统进给速度的控制功能, 主要有以下三种:

- 1) 进给速度: 控制刀具相对工件的运动速度, 单位为 mm/min 。
- 2) 同步进给速度: 实现切削速度和进给速度的同步, 单位为 mm/r , 用于加工螺纹。
- 3) 进给倍率(进给修调率): 人工实时修调进给速度, 即通过面板的倍率波段开关在 $0\% \sim 200\%$ 之间对预先设定的进给速度实现实时修调。

(5) 主轴功能 数控系统的主轴的控制功能, 主要有以下几种:

- 1) 切削速度(主轴转速): 刀具切削点切削速度的控制功能, 单位为 m/min (r/min)。
- 2) 恒线速度控制: 刀具切削点的切削速度为恒速控制的功能, 如端面车削的恒速控制。
- 3) 主轴定向控制: 主轴轴向定位控制于特定位置的功能。
- 4) C 轴控制: 主轴轴向任意位置控制的功能。
- 5) 切削倍率(主轴修调率): 人工实时修调切削速度, 即通过面板的倍率波段开关在 $0\% \sim 200\%$ 之间对预先设定的主轴速度实现实时修调。

(6) 辅助功能 即 M 功能, 用于指令机床辅助操作的功能。

(7) 刀具管理功能 是实现刀具几何尺寸和刀具寿命的管理功能。

加工中心都应具有此功能, 刀具几何尺寸是指刀具的半径和长度, 这些参数供刀具补偿功能使用; 刀具寿命一般是指时间寿命, 当某刀具的时间寿命到期时, CNC 系统将提示用户更换刀具; 另外, CNC 系统都具有 T 功能即刀具号管理功能, 它用于标识刀具库中的刀具和自动选择加工刀具。

(8) 补偿功能

1) 刀具半径和长度补偿功能: 该功能按零件轮廓编制的程序去控制刀具中心的轨迹, 以及在刀具磨损或更换时(刀具半径和长度变化), 可对刀具半径或长度作相应的补偿。该功能由 G 指令实现。

2) 传动链误差: 包括螺距误差补偿和反向间隙误差补偿功能, 即事先测量出螺距误差和反向间隙, 并按要求输入到 CNC 系统相应的存储单元内, 在坐标轴运行时, 对螺距误差进行补偿; 在坐标轴反向时, 对反向间隙进行补偿。

3) 智能补偿功能: 对诸如机床几何误差造成的综合加工误差、热变形引起的误差、静态弹性变形误差以及由刀具磨损所带来的加工误差等, 都可采用现代先进的人工智能、专家系统等技术建立模型, 利用模型实施在线智能补偿, 这是数控技术正在研究开发的技术。

(9) 人机对话功能 在 CNC 系统中配有单色或彩色 CRT(阴极射线管)、LCD(液晶显示屏), 通过软件可实现字符和图形的显示, 以方便用户的操作和使用。在 CNC 系统中这

类功能有：菜单结构的操作界面；零件加工程序的编辑环境；系统和机床参数、状态、故障信息的显示、查询或修改画面等。

(10) 自诊断功能 一般的 CNC 系统或多或少都具有自诊断功能，尤其是现代的 CNC 系统，这些自诊断功能主要是用软件来实现的。具有此功能的 CNC 系统可以在故障出现后迅速查明故障的类型及部位，便于及时排除故障，减少故障停机时间。

通常不同的 CNC 系统所设置的诊断程序不同，可以包含在系统程序之中，在系统运行过程中进行检查，也可以作为服务性程序，在系统运行前或故障停机后进行诊断，查找故障的部位。有的 CNC 系统可以进行远程通信诊断。

(11) 通信功能 CNC 系统与外界进行信息和数据交换的功能。

通常 CNC 系统都具有 RS-232C 接口，可与上级计算机进行通信，传送零件加工程序，有的还备有 DNC（直接数字控制/分布式控制）接口，以实现直接数控。更高档的系统还可与 MAP（制造自动化协议）相连，以适应 FMS、CIMS、IMS（整体维修解决方案）等大制造系统集成的要求。

第二节 CNC 系统的硬件结构

CNC 系统的硬件结构，若按其中含有 CPU 的多少来分，可分为单机系统和多机系统。

(1) 单机系统 它是指整个 CNC 系统只有一个 CPU，它集中控制和管理整个系统资源，通过分时处理的方式来实现各种数控功能。其特点是投资小，结构简单，易于实现，但系统功能受到 CPU 字长、数据宽度、寻址能力和运算速度等因素的限制。现在这种结构已被多机系统的主从结构所取代。

(2) 多机系统 它是指整个 CNC 系统中有两个或两个以上的 CPU，也就是系统中的某些功能模块自身也带有 CPU，根据这些 CPU 间的相互关系的不同又可将其分为：

1) 主从结构系统。在该系统中只有一个 CPU（通常称为主 CPU）对系统的资源（系统存储器、系统总线）有控制和使用权，而其他带有 CPU 的功能部件（通常称之为智能部件），则无权控制和使用系统资源，它只能接收主 CPU 的控制命令或数据，或向主 CPU 发出请求信息以获得所需的数据。只有一个 CPU 处于主导地位，其他 CPU 处于从属地位的结构，称之为主从结构。

2) 多主结构系统。在该系统中有两个或两个以上的带 CPU 的功能部件对系统资源有控制或使用权。该结构系统功能部件之间采用紧耦合（即均挂在系统总线上，集中在一个机箱内），有集中的操作系统，通过总线仲裁器（软件和硬件）来解决争用总线问题，通过公共存储器来交换系统信息。

3) 分布式结构系统。该系统有两个或两个以上的带有 CPU 的功能模块，每个功能模块有自己独立的运行环境（系统总线、存储器、操作系统等），功能模块间采用松耦合，即在空间上可以较为分散，各模块间采用通信方式交换信息。

早期的计算机数控系统都是单机系统，到了 20 世纪 80 年代中期，市场上已有多机系统的产品了，其中绝大部分是主从结构的系统。目前，多主结构和分布结构的系统由于结构较复杂，操作系统的设计较困难，加之主从结构系统能满足数控加工的大多数要求，故这两种结构的 CNC 系统较少。

从硬件的体系结构来看, 单机结构与主从结构极其相似, 因为主从结构的从 CPU 模块与单机结构中相应模块在功能上是等价的, 只是从模块的能力更强而已, 因此, 在本章也称单机结构与主从结构为单主结构的系统。

一、单机或主从结构模块的功能介绍

图 1-5 是单机或主从结构的 CNC 系统硬件结构框图。这类 CNC 系统的硬件由若干功能不同的模块组成, 这些模块既是系统的组成部分, 又有相对的独立性, 即所谓的模块化结构。采用这种结构对 CNC 系统的设计和生产以及维修都有极大好处。实现这种结构的方法称为模块化设计方法。

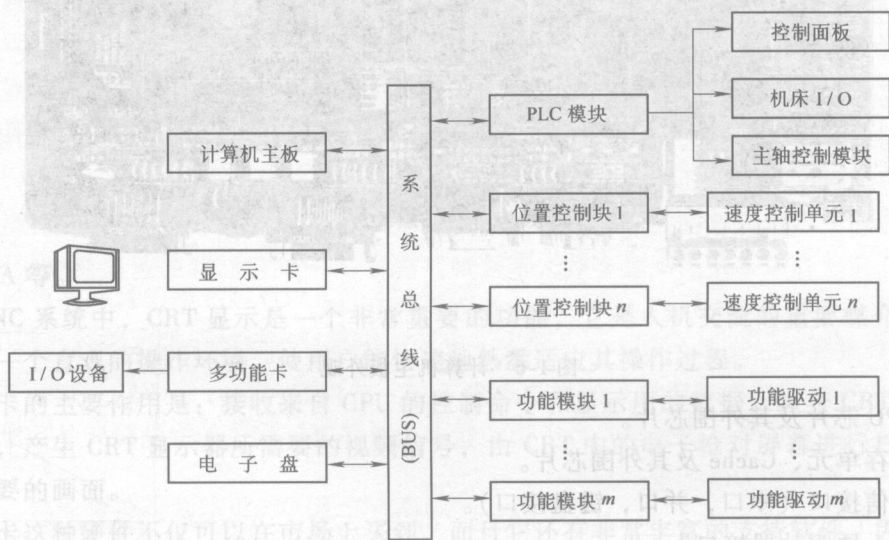


图 1-5 单机或主从结构的 CNC 系统硬件结构

所谓模块化设计方法就是：将控制系统按功能划分成若干种具有独立功能的单元模块, 每个模块配上相应的驱动软件, 按功能的要求选择不同的功能模块, 并将其插入控制单元母板上, 组成一个完整的控制系统, 其中单元母板一般为总线结构的无源母板, 它提供模块间互联的信号通路。这种方法称之为模块化设计方法。

实现 CNC 系统模块化设计的条件是总线（Bus）标准化。而采用模块化结构时, CNC 系统设计工作则可归结为功能模块的合理选用。

下面我们从功能方面来讨论图 1-5 所示 CNC 系统中各硬件模块的作用。

（一）计算机主板和系统总线（母板）

（1）计算机主板 它是 CNC 系统的核心, 由于目前 CNC 系统普遍采用了基于 PC 机的系统体系结构, 即 CNC 系统的计算机系统在功能上完全与标准的 PC 机一样, 各硬件模块也均与 PC 机总线标准兼容。其目的是利用 PC 机丰富的软件和硬件 OEM 资源, 提高系统的适应性、开放性, 降低价格, 缩短新产品的开发周期。CNC 系统的计算机系统与普通的商用 PC 机在结构上略有不同, 从系统的可靠性出发, 它的主板与系统总线（母板）是分离的, 即系统总线是一单独的无源母板。主板则做成插卡形式, 且集成度更高, 即所谓的 All-In-One 主板。

计算机主板外观如图 1-6 所示, 这种主板主要包括以下的功能结构:

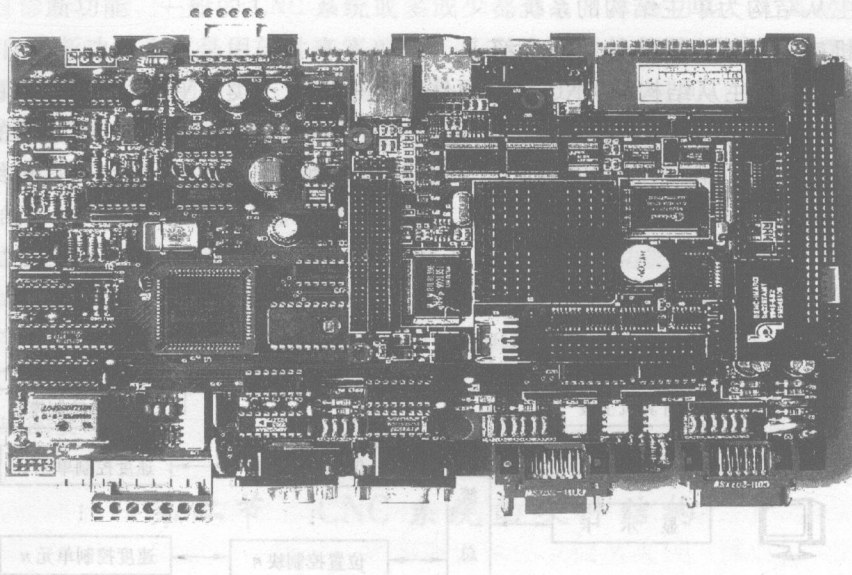


图 1-6 计算机主板外观

- 1) CPU 芯片及其外围芯片。
- 2) 内存单元、Cache 及其外围芯片。
- 3) 通信接口 (串口, 并口, 键盘接口)。
- 4) 软、硬驱动器接口。

各功能模块的组成原理与普通微型计算机的原理完全一样, 这里不再赘述。

计算机主板的主要作用是: 对输入到 CNC 系统中的种种数据、信息 (零件加工程序, 各种 I/O 信息等) 进行相应的算术和逻辑运算, 并根据其处理结果向其他功能模块发出控制命令, 传送数据, 使用户的指令得以执行。

(2) 系统总线 (母板) 它是由一组传送数字信息的物理导线组成的, 它是计算机系统内部 (CNC 系统内部) 进行数据或信息交换的通道, 从功能上来讲, 它可分三组:

- 1) 数据总线: 它是各模块间数据交换的通道, 线的根数与数据宽度相等, 它是双向总线。
- 2) 地址总线: 它是传送数据存放地址的总线, 与数据总线结合, 可以确定数据总线上的数据的来源地或目的地, 它是单向总线。
- 3) 控制总线: 它是一组传送管理或控制信号的总线 (如数据的读、写、控制, 中断、复位、I/O 读写及各种确认信号等), 它是单向总线。

一般作为工业用 PC 机的总线母板是独立的无源四层印刷电路板, 即其规格有 6 槽、8 槽、12 槽、14 槽等。用户可根据 CNC 系统功能板的多少进行选择。无源母板的外观如图 1-7 所示。

(二) 显示模块 (显示卡)

显示卡是一个通用性很强的模块。现在市场上出售的有 VGA 卡、SVGA 卡, 早期的有

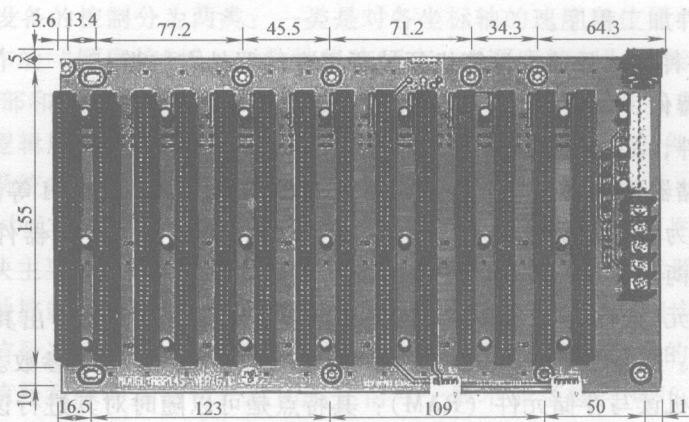


图 1-7 无源母板（总线）外观

CGA、EGA 等。

在 CNC 系统中，CRT 显示是一个非常重要的功能，它是人机交流的重要媒介，它给用户提供了一个直观的操作环境，使用户能快速地熟悉适应其操作过程。

显卡的主要作用是：接收来自 CPU 的控制命令和显示用的数据，经与 CRT 的扫描信号调制后，产生 CRT 显示器所需要的视频信号，由 CRT 中的电子枪对屏幕进行扫描，从而产生所需要的画面。

显卡这种硬件不仅可以在市场上买到，而且它还有非常丰富的支持软件，因此无需用户自己开发。

（三）输入/输出模块（多功能卡）

该模块也是标准的 PC 机模块，一般不需要用户自己开发。它是 CNC 系统与外界进行数据和信息交换的接口板，即 CNC 系统中的 CPU 通过该接口可以从外部输入设备获取数据，也可以将 CNC 系统中的数据输送给外部设备。这些输入/输出设备是：

- 输入设备：软盘驱动器。
- 输出设备：打印机。
- 输入/输出设备：磁盘驱动器、磁带机等。
- 通信接口：串行接口 R-S232。

如果计算机主板选用的是 All-In-One 主板，则此板可省略。

以上三部分，再配上键盘、电源、机箱，实际上是一部通用的微型计算机系统。这个系统是 CNC 系统的核心，从某种意义上讲，它的档次和性能决定了 CNC 系统的档次和性能，因此，CNC 系统计算机子系统的合理选用是至关重要的。

（四）电子盘（存储模块）

（1）电子盘存储内容 电子盘是 CNC 系统特有的存储模块，在 CNC 系统中它用来存放下列数据和参数：

- 1) 系统软件、系统固有数据。

2) 系统的配置参数 (系统所能控制的进给轴数、轴的定义、系统增益等)。

3) 用户的零件加工程序。

(2) 存储器件种类 目前在计算机领域所用存储器件有三类:

1) 磁性存储器件, 如软磁盘、硬磁盘, 它们都是可随机读写的。

2) 光存储器件, 如光盘。

3) 半导体存储器件, 又称电子存储器件, 如 RAM、ROM、FLASH 等。

前两类一般作为外存储器, 其特点是容量大, 价格低。电子存储器件一般作为内存储器, 其价格高于前两类。若按其读写性能来看, 它又可分为三类。

① 只读存储元件 (ROM、PROM 和 EPROM): 其特点是只能读出其存放的数据, 而不能随时修改它们。它用于固化调试通过了的系统软件和系统固有的参数。

② 易失性随机读写存储元件 (RAM): 其特点是可以随时对其进行读写操作, 一旦掉电其信息将会全部丢失。它又有动态和静态之分, 动态: 价格低, 速度慢, 主要用作计算机系统的内存; 静态: 价格高, 速度快, 主要用作计算机系统的缓存器 Cache。

③ 非易失性读写存储元件: 其特点是可以随时对其进行读写操作, 即使掉电信息也不会丢失。它用于存放系统的配置参数, 零件加工程序。一般它们读的速度要快于写的速度。这类存储器件有 EEPROM、FLASH、带后备电池的 RAM。

在 CNC 系统中, 常采用电子存储器件作为外存储器, 而不采用磁性存储器件, 主要是考虑到 CNC 系统的工作环境有可能受到电磁干扰, 磁性器件的可靠性低, 而电子存储器件的抗电磁干扰能力相对来讲要强一些。因为这些由电子器件组成的存储单元是按磁盘的管理方式进行的, 故称其为电子盘。

目前电子盘的规格有 1.44MB、2.88MB、6MB、12MB、128MB、256MB 等。电子盘的逻辑框图如图 1-8 所示。

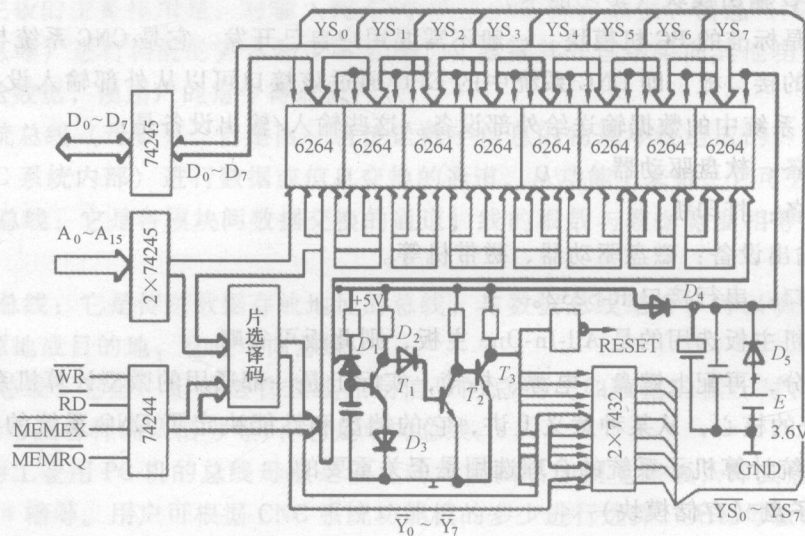


图 1-8 电子盘的逻辑框图

(五) 设备辅助控制接口模块

CNC 系统对设备的控制分为两类：一类是对各坐标轴的速度和位置的“轨迹控制”；另一类是对设备动作的“顺序控制”。对数控机床而言，“顺序控制”是指在数控机床运行过程中，以 CNC 内部和机床各行程开关、传感器、按钮、继电器等开关量信号状态为条件，并按预先规定的逻辑顺序对诸如主轴的起停、换向，刀具的更换，工件的夹紧、松开，液压、冷却、润滑系统的运行等进行控制。

在 CNC 系统中实现顺序控制的模块是设备辅助控制接口模块。由图 1-5 可看出，设备辅助控制接口模块主要接收来自操作面板、机床上的各行程开关、传感器、按钮、强电柜里的继电器以及主轴控制、刀库控制的有关信号，经处理后输出去控制相应器件的运行。

通过对以上信号进行分析可知，CNC 系统与设备之间要交换的信息有三类：开关量信号、模拟量信号和脉冲量信号。然而上述信号一般不能直接与 CNC 系统相连，需要一个接口（即设备辅助控制接口）对这些信号进行变换处理，其目的是：

- 1) 对上述信号进行相应的转换，以满足 CNC 系统输入输出的要求。输入时，必须将被控设备有关的状态信息转换成数字形式，以满足计算机对输入输出信号的要求；输出时，应满足各种有关执行元件的输入要求。信号转换主要包括电平转换、数字量与模拟量的相互转换、数字量与脉冲量的相互转换以及功率匹配等。

- 2) 阻断外部的干扰信号进入计算机，在电气上将 CNC 系统与外部信号进行隔离，以提高 CNC 系统运行的可靠性。

由此可知，设备辅助控制接口的功能必须能完成上述两个任务：即电平的转换和功率放大；电气隔离。

目前，设备辅助控制接口的实现方式有以下几种：

- 1) 简单 I/O 接口板。如图 1-9 所示，在该接口电路中，光电隔离器件起电气隔离和电平转换作用；调理电路对输入信号进行整形、滤波等处理。其他功能块的作用是显而易见的，这里不再赘述。而信号间的互锁、联锁、延时控制，则由后续的继电器逻辑来实现，其柔性较差，体积庞大。

- 2) PLC (Programable Logic Controller) 控制：这种控制是目前 CNC 系统用得最广泛的方式。它的基本结构框图如图 1-10 所示。CNC 机床用的 PLC 一般分为两类：

一类是 CNC 系统的生产厂家为实现数控机床的顺序控制，而将 CNC 和 PLC 综合起来设计，称为内装型 (Built-in Type) PLC (或称集成式、内含式)。内装型 PLC 是 CNC 系统的一部分，它与 CNC 中 CPU 的信息交换是在 CNC 内部进行的。这种类型的 PLC 一般不能独立工作，它是 CNC 系统的一个功能模块，是 CNC 系统功能的扩展，两者是不能分离的。由于 PLC 与 CNC 之间的连线较少，且 PLC 内的信息也能通过 CNC 系统的显示器显示，使 PLC 的编程更为方便，而且故障诊断的功能也有提高，从而提高了 CNC 系统的可靠性。

另一类是由专业化生产厂家生产的 PLC 产品来实现顺序控制，称为独立型 (Stand-alone Type) PLC，或称为“通用型” PLC。独立型 PLC 是独立于 CNC 系统的，它具有完备的硬件和软件功能，能够独立完成规定的控制任务。在数控机床选用独立型 PLC 时，主要考虑能满足以下要求：输入/输出信号接口技术规范、输入/输出点数、程序存储容量以及运算和控制功能等。由于这种类型 PLC 的生产厂家较多，品种、类型丰富，使用户有较大的选择余地，可以选择自己熟悉的产品，而且其功能的扩展也较方便。独立型 PLC 与 CNC 系统之