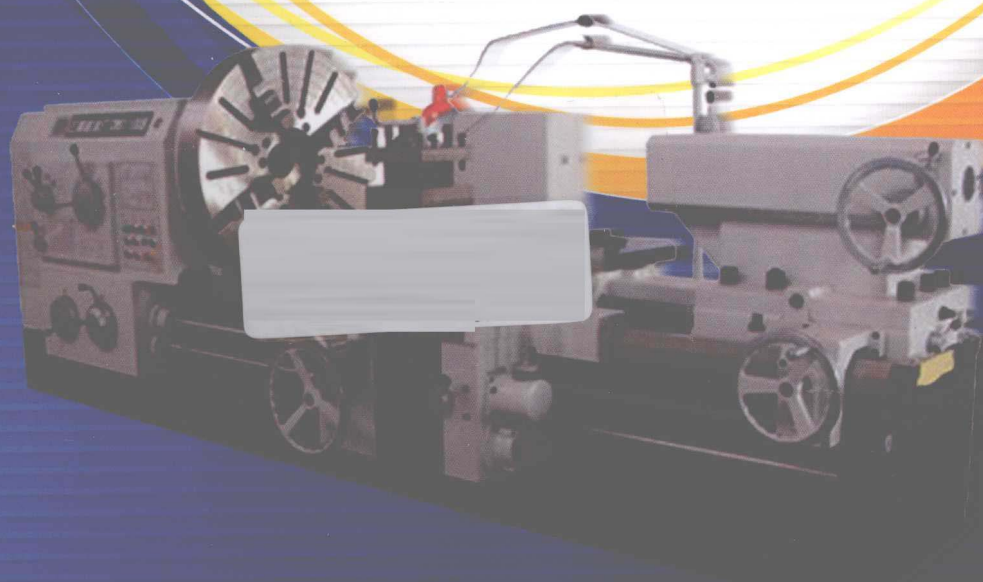


# 数控机床数控系统 维修与调试实用技术

严峻 编著

- 内容重点突出
- 理论与实践结合
- 最新国家及行业标准



# 数控机床数控系统维修与 调试实用技术

严 峻 编著



机械工业出版社

全书共分8章,详细介绍了机床数控系统的结构、数控主轴驱动系统、数控伺服驱动系统、可编程序控制器(PLC)、数控电气系统、数控系统的参数调整、数控位置检测装置以及数控系统整体等故障诊断及维修调试技术和方法,并且列举了大量的故障诊断及维修实例,以提高读者解决实际问题的能力。

本书内容重点突出,强调理论知识与实践结合,突出国家及行业标准的应用,实践范围全面、内容典型,有很强的可操作性。

本书可供从事数控技术维修和调试的人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

数控机床数控系统维修与调试实用技术/严峻编著. —北京:机械工业出版社,2013.3

ISBN 978-7-111-41817-7

I. ①数… II. ①严… III. ①数控机床—数字控制系统—维修②数控机床—数字控制系统—调试方法 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第049501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 郑 铨

版式设计:潘 蕊 责任校对:樊钟英

封面设计:路恩中 责任印制:张 楠

高教社(天津)印务有限公司印刷

2013年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19印张·478千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-41817-7

定价:49.00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

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物，是典型的机电一体化产品。它的出现及所带来的巨大效益，引起世界各国科技界和工业界的普遍重视。发展数控机床是当前我国机械制造业技术改造的必由之路，是未来工厂自动化的基础。

随着数控机床的大量使用，企业急需大批能熟练掌握现代数控机床编程、操作、故障诊断与维修调试的专业人员和工程技术人员。为了适应中、高级数控技术人员培训和学习的需要，本书主要介绍数控机床的数控系统故障诊断与维修调试关键技术，内容简明扼要，图文并茂，通俗易懂，所采用的实例翔实可靠。

本书作者参阅了大量数控机床方面的技术资料，并结合多年从事数控机床操作、维修及教学的经验，以当今国内主流数控机床的数控系统为典型，全面系统地介绍了数控机床故障诊断与维修调试的技术和方法，内容涉及数控机床的各个关键数控部分。

全书共分 8 章，详细介绍了机床数控系统的结构、数控主轴驱动系统、数控伺服驱动系统、可编程序控制器（PLC）、数控电气系统、数控系统的参数调整、数控位置检测装置以及数控系统整体等故障诊断及维修调试技术和方法，并且列举了大量的故障诊断及维修实例，以提高读者解决实际问题的能力。

本书在写作过程中，参考了数控技术方面的诸多论著、教材和数控机床调试手册，编著者对参考文献中各书的作者深表谢意。由于编著者水平有限，书中难免存在错误，恳请同行及读者批评指正。

编著者

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 数控系统的结构与调试技术···· 1

### 1.1 数控系统的组成及工作过程···· 1

#### 1.1.1 数控系统的组成···· 1

#### 1.1.2 数控系统的特点···· 3

#### 1.1.3 计算机数控系统的工作过程···· 3

### 1.2 计算机数控系统的数据信息···· 5

#### 1.2.1 数控机床的控制信息···· 5

#### 1.2.2 数控机床的接口信息···· 5

#### 1.2.3 CNC 装置的数据转换信息···· 7

### 1.3 CNC 装置的硬件结构···· 8

#### 1.3.1 单微处理器结构···· 8

#### 1.3.2 多微处理器结构···· 10

### 1.4 CNC 系统软件结构及控制···· 12

#### 1.4.1 CNC 系统的软硬件界面···· 13

#### 1.4.2 CNC 系统的软件结构与控制···· 13

### 1.5 CNC 系统常用的外设及接口·· 17

#### 1.5.1 数控机床输入/输出 (I/O) 接口···· 17

#### 1.5.2 异步串行通信接口···· 20

#### 1.5.3 网络通信接口···· 21

### 1.6 常用数控系统···· 22

#### 1.6.1 FANUC 公司的 CNC 装置···· 23

#### 1.6.2 SIEMENS 公司的 CNC 装置···· 25

#### 1.6.3 华中“世纪星”数控系统···· 27

#### 1.6.4 航天数控系统···· 28

### 1.7 数控系统的调试技术···· 29

#### 1.7.1 分辨力的计算···· 29

#### 1.7.2 输入机床参数的顺序···· 29

#### 1.7.3 各坐标轴的控制调整···· 30

#### 1.7.4 各坐标轴参数极限的调整···· 30

#### 1.7.5 偏置值和最大进给率的调整···· 30

#### 1.7.6 输入机床参数···· 30

#### 1.7.7 设置 M 功能代码···· 31

#### 1.7.8 各直线坐标轴滚珠丝杠的误差

补偿···· 31

1.7.9 机床各坐标轴参考点及机床零点的设定···· 32

1.7.10 进给保持的应用···· 33

## 第 2 章 数控机床电气系统的连接与调试···· 34

### 2.1 数控机床的电气控制系统···· 34

2.1.1 电气控制系统的构成形式···· 34

2.1.2 电气系统连接的基本过程···· 35

2.1.3 数控系统电源的连接···· 38

### 2.2 数控系统电器部件的安装与连接···· 40

2.2.1 基本单元连接···· 40

2.2.2 总体连接···· 41

2.2.3 伺服/主轴放大器的连接···· 42

2.2.4 急停的连接···· 43

2.2.5 电动机制动器的连接···· 44

2.2.6 电源的连接···· 44

2.2.7 电气接线的关键技术···· 45

### 2.3 电气系统的通电与调试···· 48

2.3.1 电气系统的通电检查···· 48

2.3.2 电气系统的调试···· 49

### 2.4 数控机床电气手册的识别···· 52

2.4.1 电气手册的识读···· 52

2.4.2 查找回路的方法···· 56

## 第 3 章 数控系统的调试与参数调整···· 61

### 3.1 FANUC Oi 系统的调试···· 61

3.1.1 调试前的检查···· 61

3.1.2 系统参数设定···· 62

3.1.3 FANUC Oi Mate-MB 基本参数···· 67

3.1.4 伺服系统的设定与调试···· 69

3.1.5 主轴参数设置与调整···· 71

3.1.6 刀具参数设置···· 72

3.1.7 PMC 梯形图的调试···· 72

3.1.8 伺服参数的优化 .....	74	3.8 数据的恢复 .....	109
3.1.9 螺距误差补偿与反向间隙 补偿 .....	76	3.9 螺距误差补偿 .....	110
3.2 通电试车 .....	76	3.9.1 螺距误差补偿的方法 .....	110
3.2.1 各控制回路的调试 .....	76	3.9.2 螺距误差补偿的操作步骤 .....	111
3.2.2 资料整理, 数据备份 .....	77	<b>第4章 数控系统的故障诊断与维修</b>	
3.2.3 使用外接 PC 进行数据的备份与 恢复 .....	79	<b>技术</b> .....	112
3.3 SINUMERIK 802C 系统的 调试 .....	80	4.1 数控系统故障的分类与诊断 .....	112
3.3.1 通电和系统引导 .....	80	4.1.1 数控系统发生故障的部位及分类 形式 .....	112
3.3.2 PLC 调试 .....	81	4.1.2 数控系统的故障自诊断 .....	113
3.3.3 初始化调试 .....	82	4.1.3 启动自诊断 .....	114
3.3.4 主轴调试 .....	84	4.1.4 在线诊断 .....	115
3.3.5 调试完成后的工作 .....	86	4.1.5 离线诊断 .....	118
3.4 SINUMERIK 802CBL 系统参数的 设置和调整 .....	87	4.2 故障诊断的专家系统 .....	119
3.4.1 SINUMERIK 802CBL 系统 口令 .....	87	4.2.1 专家系统的概念 .....	119
3.4.2 系统数据的显示和修改 .....	88	4.2.2 故障诊断专家系统的架构 .....	120
3.4.3 参数设置 .....	89	4.2.3 故障名词解释 .....	121
3.5 SINUMERIK 802CBL 系统数据 备份与传输 .....	91	4.2.4 故障诊断专家系统的应用 .....	121
3.5.1 系统的数据保护 .....	91	4.2.5 人工神经网络 (ANN) 诊断 .....	122
3.5.2 SINUMERIK 802CBL 数据 保存 .....	92	4.3 实时控制中的三种故障自 诊断 .....	122
3.6 SINUMERIK 840D 系统的 调试 .....	94	4.3.1 ROM、PROM、EPROM 只读存储器 软件诊断 .....	122
3.6.1 开机准备 .....	94	4.3.2 RAM 随机存储器软件诊断 .....	123
3.6.2 开机和启动 .....	95	4.3.3 反馈电路故障诊断 .....	123
3.6.3 NC 和 PLC 总清 .....	97	4.4 数控系统软、硬件故障诊断 分析 .....	124
3.6.4 PLC 软件系统的安装与调试 .....	98	4.4.1 数控系统硬件故障诊断分析 .....	124
3.6.5 机床数据 (MD, Machine Data) 的 调试 .....	103	4.4.2 数控系统软件故障诊断分析 .....	131
3.6.6 MMC 软件的安装 .....	106	4.5 数控系统的故障诊断及维修 实例 .....	134
3.7 SINUMERIK 840D 的数据 备份 .....	107	4.5.1 电源的故障诊断及维修 .....	134
3.7.1 数据备份的方法 .....	107	4.5.2 系统显示的故障诊断及维修 .....	138
3.7.2 系列备份 (Series Start-up) .....	107	4.5.3 急停报警类故障诊断及维修 .....	140
3.7.3 分区备份 .....	109	4.5.4 操作类故障诊断及维修 .....	144
		4.5.5 参考点、编码器类故障分析与 维修 .....	146
		4.6 参数设定错误引起的故障 .....	150
		4.6.1 数控系统参数丢失 .....	150
		4.6.2 参数设定错误引起的部分故障	

现象 .....	150	5.6.6 动态跟踪梯形图诊断故障 .....	187
<b>第 5 章 可编程序控制器的调试与故障</b>		<b>第 6 章 数控主轴驱动系统的故障</b>	
<b>诊断</b> .....	151	<b>诊断</b> .....	189
5.1 可编程序控制器的组成与		6.1 主轴驱动系统 .....	189
<b>分类</b> .....	151	6.1.1 数控机床主轴驱动系统的	
5.1.1 可编程序控制器的组成 .....	151	<b>分类</b> .....	189
5.1.2 可编程序控制器的分类 .....	151	6.1.2 不同类型主轴系统的特点和使用	
5.2 可编程序控制器的功能 .....	153	<b>范围</b> .....	190
5.2.1 PLC 的接口 .....	153	6.1.3 常用的主轴驱动系统 .....	192
5.2.2 PLC 的几种控制功能 .....	155	6.1.4 主轴定向控制方案 .....	194
5.2.3 可编程序控制器对继电器控制系统的		6.2 直流主轴伺服系统 .....	195
<b>仿真</b> .....	155	6.2.1 直流主轴驱动系统的控制回路与	
5.2.4 可编程序控制器 I/O 延迟		<b>主电路</b> .....	195
<b>响应</b> .....	157	6.2.2 直流主轴伺服系统的故障诊断及	
5.2.5 PLC 的数据处理功能 .....	159	<b>排除</b> .....	198
5.2.6 数控机床中 PLC 的程序编制		6.2.3 故障诊断实例 .....	201
<b>步骤</b> .....	160	6.3 交流主轴驱动系统 .....	203
5.3 PLC 在数控机床上的调试 .....	161	6.3.1 交流主轴驱动系统的特点 .....	204
5.3.1 主轴的控制 .....	161	6.3.2 交流主轴驱动系统的原理 .....	204
5.3.2 CNC 装置刀库的控制 .....	165	6.3.3 交流伺服主轴驱动系统常见故障	
5.4 数控机床电气系统与 PLC 的		<b>诊断及排除</b> .....	206
<b>关联控制</b> .....	168	6.3.4 故障诊断实例 .....	208
5.4.1 数控机床 PLC 的控制对象 .....	168	6.4 主轴通用变频器 .....	210
5.4.2 PLC 和 NC 的关系 .....	169	6.4.1 变频器技术 .....	211
5.4.3 PLC 在数控机床中的作用 .....	170	6.4.2 通用变频器的组成及端子	
5.4.4 PLC 和外围电路的关系 .....	171	<b>功能</b> .....	211
5.5 可编程序控制器的故障诊断 .....	179	6.4.3 CNC 系统与变频器的信号	
5.5.1 PLC 控制模块的故障诊断		<b>流程</b> .....	212
<b>方法</b> .....	179	6.4.4 变频器功能参数的设定及	
5.5.2 与 PLC 有关的故障特点 .....	180	<b>操作</b> .....	215
5.5.3 PLC 故障检测显示 .....	181	6.4.5 SIEMENS MICROMASTER 420 型	
5.6 与 PLC 有关的故障检测思路和		<b>通用变频器</b> .....	216
<b>实例</b> .....	181	6.4.6 变频器的参数及故障诊断 .....	217
5.6.1 根据故障号诊断故障 .....	181	6.4.7 通用变频器常见的报警及	
5.6.2 根据动作顺序诊断故障 .....	182	<b>保护</b> .....	220
5.6.3 根据控制对象的工作原理诊断		6.4.8 通用变频器常见的故障诊断及	
<b>故障</b> .....	183	<b>处理</b> .....	221
5.6.4 根据 PLC 的 I/O 状态诊断		6.4.9 通用变频器故障诊断实例 .....	223
<b>故障</b> .....	184	<b>第 7 章 数控伺服驱动系统的故障</b>	
5.6.5 通过 PLC 梯形图诊断故障 .....	186	<b>诊断</b> .....	225
		7.1 伺服系统的结构与工作原理 .....	225

7.1.1 伺服系统的组成 .....	225	8.1.1 检测装置的分类 .....	258
7.1.2 伺服系统的工作原理 .....	226	8.1.2 数控机床对检测元体和位置 检测装置的要求 .....	260
7.1.3 伺服系统的类型 .....	228	8.2 旋转编码器的原理及故障 诊断 .....	261
7.1.4 数控机床对进给伺服系统的 要求 .....	231	8.2.1 增量式旋转编码器 .....	261
7.1.5 进给伺服系统的基本形式 .....	232	8.2.2 绝对式旋转编码器 .....	262
7.2 伺服驱动系统 .....	235	8.2.3 编码器在数控机床中的应用 .....	264
7.2.1 直流伺服驱动系统 .....	235	8.2.4 位置检测装置的故障诊断 .....	267
7.2.2 交流伺服系统 .....	237	8.2.5 光电脉冲编码器的故障诊断与 维修 .....	269
7.3 进给伺服系统的故障诊断及 排除 .....	238	8.3 光栅尺的原理及故障诊断 .....	277
7.3.1 故障的现象、原因及其排除 .....	239	8.3.1 光栅的结构和原理 .....	277
7.3.2 故障定位 .....	243	8.3.2 信号处理 .....	281
7.3.3 故障诊断与维修实例 .....	244	8.3.3 光栅尺的维修 .....	281
7.4 步进电动机驱动系统的故障诊断 及其排除 .....	247	8.3.4 故障诊断与维修实例 .....	282
7.4.1 步进电动机的结构原理及 分类 .....	248	8.4 旋转变压器和感应同步器的 原理及故障诊断 .....	284
7.4.2 步进电动机驱动器 STEPDRIVE C (或 STEPDRIVE C+) .....	249	8.4.1 旋转变压器 .....	284
7.4.3 步进电动机驱动系统的故障诊断 分析 .....	250	8.4.2 感应同步器 .....	286
7.4.4 操作错误引起的进给故障 .....	253	8.4.3 旋转变压器和感应同步器的 维修 .....	288
7.4.5 机床数据错误引起的进给 故障 .....	254	8.5 磁栅的原理及故障诊断 .....	289
7.4.6 故障诊断与维修实例 .....	255	8.5.1 磁栅 .....	289
<b>第8章 数控位置检测装置的故障 诊断</b> .....	<b>258</b>	8.5.2 磁性标尺 .....	290
8.1 数控机床的位置检测装置 .....	258	8.5.3 拾磁磁头 .....	290
		8.5.4 故障诊断与维修实例 .....	293
		<b>参考文献</b> .....	<b>294</b>



# 第 1 章 数控系统的结构与调试技术

## 1.1 数控系统的组成及工作过程

数控系统是数控机床的核心。配备有数控系统的数控机床，可以按照事先编好的加工程序实现机床的运动和动作。整个数控机床功能的强弱主要由数控系统决定。因此，数控系统的发展，在很大程度上代表了数控机床的发展方向。

数控系统自动阅读输入载体上的数字值，并将其译码，从而控制机床移动和加工零件。随着数控系统的不断发展，特别是计算机数控系统的应用与发展，数控机床几乎所有的控制功能都能由数控系统来实现。

现代数控系统采用微处理器或专用微机，由事先存放在存储器里的系统程序（软件）来实现控制逻辑，实现部分或全部数控功能，并通过接口与外围设备进行连接。这类数控系统，称为计算机数控（Computer Numerical Control）系统，简称 CNC 系统。

将计算机数控系统中大部分硬件安装在一个柜式的装置中，称为计算机数字控制装置，简称 CNC 装置。计算机数控系统的核心是计算机数字控制装置。

### 1.1.1 数控系统的组成

数控系统一般由输入/输出装置（I/O 装置）、计算机数字控制装置（CNC）、驱动控制装置、机床电气逻辑控制装置、可编程序控制器（PLC）等部分组成。计算机数控系统中的这些装置，实现了数控机床的信息输入、运算及控制以及伺服系统中的位置控制和 PC 控制等功能。图 1-1 所示为计算机数控系统的基本组成。

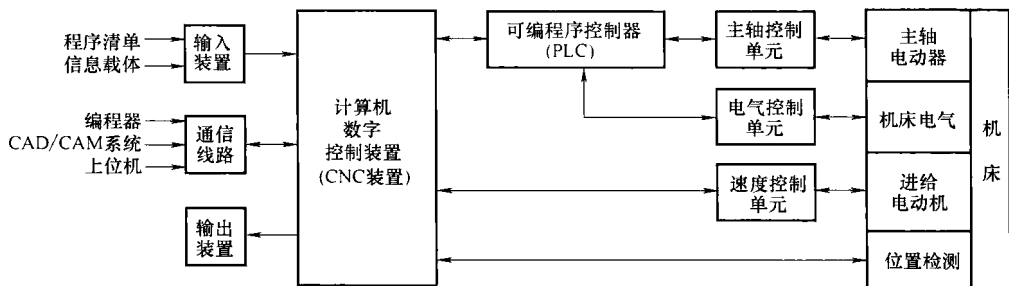


图 1-1 计算机数控系统的基本组成

#### 1. 输入/输出装置

CNC 机床在进行加工前，必须接受由操作人员输入的零件加工程序，然后才能根据输入的加工程序进行加工控制，从而加工出所需的零件。在加工过程中，操作人员要向机床数控装置输入操作命令，数控装置要为操作人员显示必要的信息，例如坐标值、报警信号等。此外，输入的程序有时并非全部正确，还需要编辑、修改和调试。以上工作都是机床数控系统和操作人员进行信息交流的过程。要进行信息交流，CNC 系统中就必须具备必要的交互

设备，即输入/输出装置。

输入装置将数控加工程序和其他各种控制信息输入数控装置，数控装置可显示输入的内容和数控系统的工作状态等。纸带阅读机、磁盘驱动器、键盘和控制面板、CRT 显示器等都属于 I/O 装置。

## 2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心。CNC 系统由硬件和软件共同完成数控任务，它与数控系统的其他部分通过接口相连。数控系统硬件结构的分类方式很多：按 CNC 装置中各印制电路板的插接方式可分为大板式结构和功能模板式结构；按 CNC 装置中微处理器的个数可以分为中微处理器结构和多微处理器结构等。但总的来说，CNC 装置与通用计算机一样，是由中央处理器（CPU）及存储数据与程序的存储器组成。存储器分为系统控制软件程序存储器（ROM）、加工程序存储器（RAM）及工作区存储器（RAM）。ROM 中的系统控制软件程序由数控系统生产厂家写入，用来完成 CNC 系统的各项功能；数控机床操作者将各自的加工程序存储在 RAM 中，供数控系统控制机床加工零件。工作区存储器是系统程序执行过程的活动场所，用于堆栈、参数保存、中间运算结果保存等。中央处理器（CPU）执行系统程序，读取加工程序，经过加工程序段译码、预处理计算，然后根据加工程序段指令进行实时插补，并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈情况比较，从而控制机床的各坐标轴的位移，同时将辅助动作指令通过 PLC 发往机床，并接收通过 PLC 返回的机床各部分信息，以决定下一步操作。

数控装置控制机床的动作概括起来主要有：

- ① 机床主运动，包括主轴的起/停、转向和速度选择。
- ② 机床的进给运动，例如点位、直线、圆弧、循环进给的选择，坐标方向和进给速度的选择等。
- ③ 刀具的选择和刀具的长度、半径补偿。
- ④ 其他辅助运动，例如工作台的锁紧和松开、工作台的旋转与分度、工件的夹紧与松开、切削液的开/关及空运行等。
- ⑤ 自诊断及通信功能等。

## 3. 驱动控制装置

驱动控制装置用于控制各个轴的运动。其中进给轴的位置控制部分常在数控装置中以硬件位置控制模块或软件位置调节器实现。即数控装置接收实际位置反馈信号，将其与插补计算出的命令位置相比较，通过位置调节确定轴位置控制给定量，再输出给伺服驱动系统。

驱动装置将伺服单元的输出变为机械运动。它和伺服单元是数控装置和机床传动部件间的联系环节。它们有的带动工作台，有的带动刀具，通过几个轴的联动，使刀具相对于工件产生各种复杂的机械运动，加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件。与伺服单元相对应，驱动装置有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。

## 4. 机床电气逻辑控制装置

机床电气逻辑控制装置接收数控装置发出的数控辅助功能控制指令，进行机床操作面板及各种机床机电控制/监测机构的逻辑处理和监控，并为数控系统提供机床状态和有关应答信号。在现代数控系统中，机床电气逻辑控制装置已经普遍采用可编程控制器，有内装式和外置式两种类型。

## 5. 可编程序控制器

在数控机床上,可编程序控制器主要完成对机床的主轴、刀具和各种开关信号的控制。例如对主轴的正与反转、启动和停止、刀具交换、工件夹紧与松开、切削液的开与关、润滑系统的起动等进行顺序控制。

可编程序控制器接受各种开关顺序动作信号,例如控制开关、行程开关、压力开关和温度开关等输入元件输入的的顺序动作信号,对其进行译码后转换成继电器、接触器、电磁阀等输出元件所需要的输出信号,驱动辅助装置完成一系列开关动作,实现对机床的主轴、刀具和各种开关信号的顺序控制。当 PLC 用于控制机床顺序动作时,称为 PMC (Programmable Machine Controller) 模块。它在 CNC 装置中接收来自操作面板、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,控制相应器件的运行。

### 1.1.2 数控系统的特点

#### 1. 可用存储的软件实现控制

现代的 CNC 系统都是把系统软件存储在半导体只读存储器 (ROM) 或可擦除的只读存储器 (EPROM) 中,硬盘作为存储器现已成为一个新趋势。使用这样的器件,软件的内容存入后,可长期保持不变,提高了 CNC 系统的性能和稳定性。

#### 2. 有存储零件程序和修改零件程序的能力

一般 CNC 系统在存储器中划出一部分空间用以存储零件程序,有的 CNC 系统甚至有专门的区域存储用户编写的子程序。CNC 系统都有编辑功能,程序员可以利用 CNC 系统的显示装置和软件编辑功能来修改零件程序。

#### 3. 有故障诊断功能

CNC 系统有诊断程序。当 CNC 系统出现故障时,能显示出故障信息,使操作和维修人员能了解发生故障的部件,减少停机维修时间。

#### 4. 可用软件取代机床的继电器控制

应用 PLC 把机床的各种开关控制作为软件控制,由 CNC 系统的计算机来处理,使机床的全部动作都由软件加以控制和监视。

#### 5. 可实现调节控制

CNC 系统把计算机引入机床位置控制回路中,利用计算机的数据处理能力,可实现各种控制策略。

#### 6. 能保证零件按正确的程序进行加工

CNC 系统中的计算机配备有相应的软件,能够保证零件程序在加工前送入 CNC 系统的存储器,经检查正确后才被调用;并且能够监视零件程序在机床上的执行情况,以保证机床服从命令;同时在检测到错误时,可在零件变成废品之前采取措施。

### 1.1.3 计算机数控系统的工作过程

CNC 系统的工作过程是在计算机硬件的支持下执行软件控制功能的全过程,包括输入、译码处理、刀具补偿与速度处理、插补运算、位置控制、输入/输出处理、显示和诊断。实际上,CNC 系统的工作过程是加工过程中各种信息的加工处理过程。图 1-2 所示为 CNC 系统的信息流程。

### 1. 输入、编辑和存储

输入 CNC 系统的零件加工程序信息主要是零件加工程序、机床控制参数、刀具补偿数据等。输入方式主要有键盘手动 (MDI) 输入、磁盘输入、串行通信接口输入和连接上级计算机的 DNC 接口输入。

现代 CNC 系统的计算机所具有的内存容量都比较大,不但可以把一个工件加工程序装入内存,还可以在内存中同时保存数个加工程序。有的 CNC 装置还配备有电池保护的存储器,用以保存常用的工件加工程序。在配备有外部存储设备的 CNC 系统中,还具有对磁盘上的程序文件进行存入、调出、查找和删除等管理功能。

根据 CNC 系统的存储容量大小,输入的零件加工程序可一次全部输入到 CNC 系统内的存储器中,加工时再从存储器中将程序调出进行加工。若 CNC 系统的存储容量有限或程序过大,则可采用一边输入一边加工的方式。

此外,CNC 系统还能够对存储在内存中的工件加工程序进行编辑和修改。CNC 系统在输入过程中还要对程序进行校检,发现程序错误时发出报警显示。

### 2. 译码处理

一个零件加工程序由若干程序段组成,每个程序段中含有零件的轮廓信息(如起点、终点、直线、圆弧等)、进给速度信息(F指令)和其他辅助信息(M、S、T指令)。CNC 系统中的译码程序以一个程序段为单位进行译码处理,将上述信息按一定的语法规则译成计算机能够识别的数据形式,并以一定的数据格式存放在指定的内存区域。

### 3. 刀具补偿与速度处理

为了编程的方便和减轻编程工作量,通常零件加工程序是以零件轮廓轨迹来编程的。CNC 系统根据刀具尺寸参数进行刀具半径补偿和刀具长度补偿,使零件轮廓轨迹转换成刀具中心轨迹,并进行程序段之间的自动转接和切削判断。

根据零件加工程序中给定的各坐标合成进给速度的 F 指令值,CNC 系统计算出各进给坐标方向的分速度,并进行机床允许最低速度和最高速度的限制判断和自动加减速控制。

### 4. 插补运算

插补的任务是在一条已知起点和终点的曲线上进行“数据点的密化”,从而确定各坐标轴在规定的位移范围内进给运动的规律,获得所要求的轨迹。

CNC 系统根据零件加工程序中给出的直线起点、终点坐标,或圆弧起点、终点坐标,以及圆心坐标或圆弧半径,进行直线插补或圆弧插补。插补程序在每个插补周期内运行一次,按指令进给速度计算出一个微小的直线数据段,一边插补一边加工,经过若干个插补周

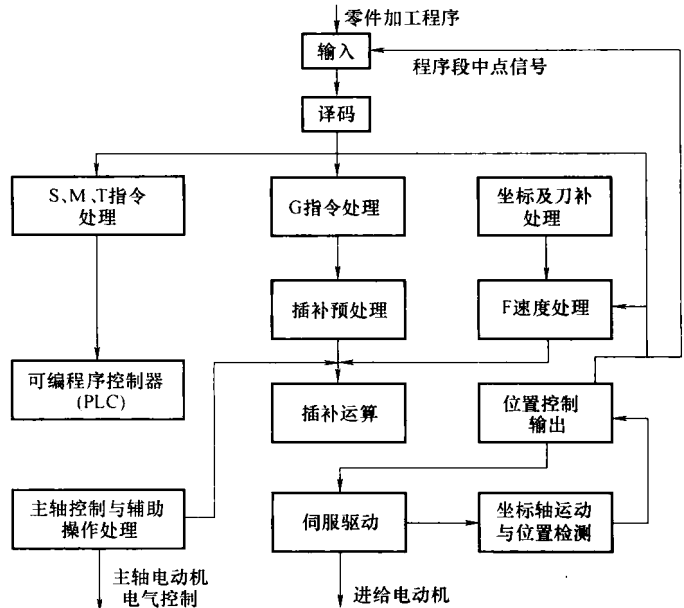


图 1-2 CNC 系统的信息流程

期，完成一个程序段的加工。

当一个程序段正在插补加工时，下一个程序段进行输入、译码、刀具补偿和速度处理，保证在前一个程序段插补结束后，后一个程序段马上开始插补加工，使整个零件加工过程连续流畅。

### 5. 位置控制

位置控制的任务是在每个采样周期内，检测机床运动部件实际位移值，与插补计算出的理论值进行比较，用其差值控制进给电动机。位置控制可由软件来完成，也可由硬件来完成。

### 6. 输入/输出处理

输入/输出处理是指 CNC 系统与机床之间来往信号（如换刀信号、主轴变速信号、切削液信号等）的输入、输出处理和控制在。

### 7. 显示

CNC 系统通过 CRT 显示器或 TFT 液晶显示器显示加工过程中的静态和动态信息，为操作者提供方便。这些信息主要是：零件程序、坐标系统、补偿参数、刀具位置、机床状态、加工轨迹和报警信息等。

### 8. 诊断

现代 CNC 系统都具有故障自动诊断系统。在 CNC 启动和运行期间，系统内的自动诊断程序对系统硬件、软件和外围设备进行开机扫描检查和定时中断周期扫描检查，发现故障及时报警显示；在 CNC 系统停机时，可以通过脱机诊断程序进行脱机诊断；还可以采用远程通信方式与远程诊断中心联网，由远程诊断中心的计算机对 CNC 系统进行远程故障诊断、故障定位和故障修复。

## 1.2 计算机数控系统的数据信息

计算机数控系统的数据信息由数控机床的控制信息、数控机床的接口信息和 CNC 装置的数据转换信息三部分组成。以下分别介绍数控机床上数据信息的传递和转换过程。

### 1.2.1 数控机床的控制信息

数控机床的控制信息分为两类：一类是对坐标轴运动进行的“数字控制”信息，主要是对数控机床进给运动的坐标轴位置进行控制，例如：工作台前后左右的移动、主轴箱的上下移动和围绕某一直线轴的旋转运动等，对车床的 X 轴和 Z 轴、铣床的 X 轴及 Y 轴和 Z 轴的移动距离，各轴运行的插补、补偿等的控制。这种控制即是用插补计算的理论位置与实际反馈位置相比较，以其差值去实现对进给电动机的控制。另一类是“顺序控制”信息。对数控机床来说，顺序控制是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、继电器等的开关量信号状态为条件，并按照预先规定的逻辑顺序，对诸如主轴的起停和换向、刀具的更换、工件的夹紧与松开、液压与冷却和润滑系统的运行等进行的控制，主要控制的都是开关量信号。

第一类信息由计算机处理；第二类信息由 PLC（或计算机）处理。

### 1.2.2 数控机床的接口信息

数控机床“接口”是指数控装置与机床及机床电气设备之间的电气连接部分，如图 1-3 所示。

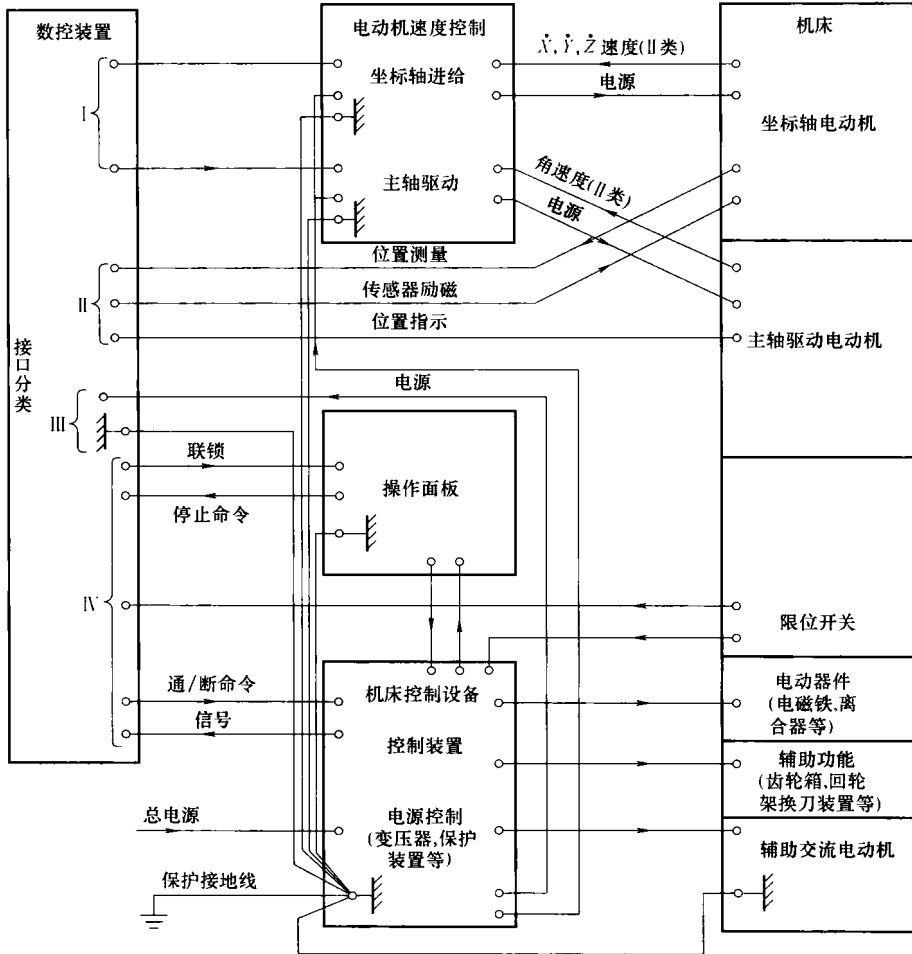


图 1-3 数控装置与数控机床电气设备之间的接口

### 1. 接口规范

根据 ISO 4343—2000《机床数控控制的接口规范》的规定，接口分为四类：

第 I 类 与驱动命令有关的连接电路。

第 II 类 数控装置与测量系统和测量传感器间的连接电路。

第 III 类 电源及保护电路。

第 IV 类 通/断信号和代码信号连接电路。

第 I 类和第 II 类接口传送的信息是数控装置与伺服单元、伺服电动机、位置检测和速度检测之间的控制信息及反馈信息，它们属于数字控制及伺服控制。

第 III 类接口的电源及保护电路由数控机床强电线路的电源控制电路构成。强电线路由电源变压器、控制变压器、各种断路器、保护开关、接触器、功率继电器及熔断器等连接，为辅助交流电动机、电磁铁、离合器、电磁阀等功率执行元件供电。强电线路不能与低压下工作的控制电路或弱电线路直接连接，只能通过断路器、热动开关、中间继电器等器件转换成在直流低压下工作的触点的开合动作，才能成为继电器逻辑电路和 PLC 可接收的电信号。反之亦然。

第Ⅳ类接口的通/断信号和代码信号是数控装置与外部传送的输入、输出控制信号。当数控机床不带 PLC 时, 这些信号直接在数控装置和机床间传送; 当数控装置带有 PLC 时, 这些信号除极少数的高速信号外, 均通过 PLC 传送。

## 2. 接口的任务

1) 从 CNC 装置来看, 由机床向 CNC 传送的信号称为输入信号; 由 CNC 向机床传送的信号称为输出信号。这些主要输入、输出信号的类型有:

- ① 直流数字输入/输出信号。
- ② 直流模拟输入/输出信号。
- ③ 交流输入/输出信号。

直流模拟信号用于控制进给坐标轴和主轴的伺服控制或其他接收、发送模拟量信号; 交流信号用于直接控制功率的执行器件。接收或发送模拟信号和交流信号需要专用的接口电路。应用最多的是直流数字输入/输出信号。

2) 接口电路的主要任务是:

① 进行电平转换和功率放大。由于数控装置内的控制信号是 TTL 电平, 要控制的设备或电路不一定是 TTL 电平, 因此要进行电平转换和功率放大。

② 为防止干扰引起的误动作, 使用光电隔离器、脉冲变压器或继电器, 使 CNC 和机床之间信号在电气上加以隔离。

③ 采用模拟量传送时, 在 CNC 和机床电气设备之间要接入数/模 (D/A) 和模/数 (A/D) 转换电路。

④ 在传输过程中, 由于衰减、噪声和反射等影响, 信号会发生畸变, 为此要根据信号类别及传输线质量采取一定措施, 并限制信号的传输距离。

### 1.2.3 CNC 装置的数据转换信息

CNC 装置是一种位置控制系统。它是根据输入的数据段插补后, 得出理想的运动轨迹, 然后输出到数控系统的执行部件, 加工出需要的零件。因此, 数据处理、轨迹插补和伺服控制成为 CNC 装置三个基本组成部分。

当加工零件程序输入 CNC 系统后, 接着的任务就是进行数据处理。数据处理的目的是进行插补运算前的准备工作。它主要包括译码、运动轨迹计算及 F 值计算这三个部分。译码的作用是将输入的零件程序数据段翻译成数控系统能识别的语言; 运动轨迹计算是将工作轮廓轨迹转化为刀具中心的运动轨迹; F 值计算 (速度计算) 主要解决加工运动的速度问题。经过数据处理之后的数据段, 由插补计算出理论位置, 通过位置控制实现坐标轴的位置伺服。其数据转换流程如图 1-4 所示。

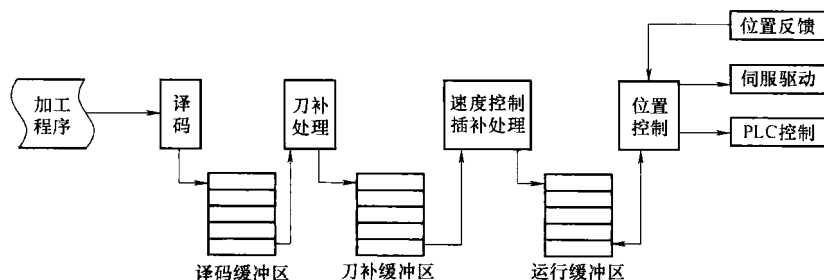


图 1-4 CNC 装置的数据信息转换流程

## 1.3 CNC 装置的硬件结构

CNC 装置是在硬件的支持下执行软件来进行工作的，其控制功能在相当程度上取决于硬件结构。CNC 装置硬件结构根据控制功能的复杂程度可分别采用单处理器结构和多处理器结构。随着机械制造技术的发展，对数控机床提出了复杂功能、高进给速度和高加工精度的要求，更高层次的自动化 FMS 和 CIMS 系统也对数控机床提出了新的控制要求，因此多微处理器结构得到迅速发展。它反映了当今数控系统的新水平。

数控系统的硬件结构按其应用面分为专用型和通用型两种。其中专用型是指专门为某种数控目的而设计的。它有两种结构。其一为整体大板结构，特点是主电路做在一块板上；其二为模块化结构，各模块主要按功能划分，每个模块制成尺寸相同的印制版，各板插到带有插槽的母板中。通用型硬件结构则是基于 PC 的数控装置，只需装入不同的软件，便可构成不同类型的 CNC 装置，具有较大的通用性。

### 1.3.1 单微处理器结构

目前单微处理器结构的 CNC 装置一般是专用型的，其硬件由系统制造厂家专门设计、制造，不具备通用性。在单微处理器结构中，只有一个微处理器，以集中控制、分时处理的方式来完成数控的各个任务。某些 CNC 装置虽然有两个以上的微处理器，但只有一个微处理器能够控制系统总线，占有总线资源，而其他微处理器只作为专用控制部件，不能控制系统总线，不能访问主存储器，它们只能作为一智能部件工作，各微处理器组成主从结构。这种 CNC 装置属于单微处理器结构，如图 1-5 所示。

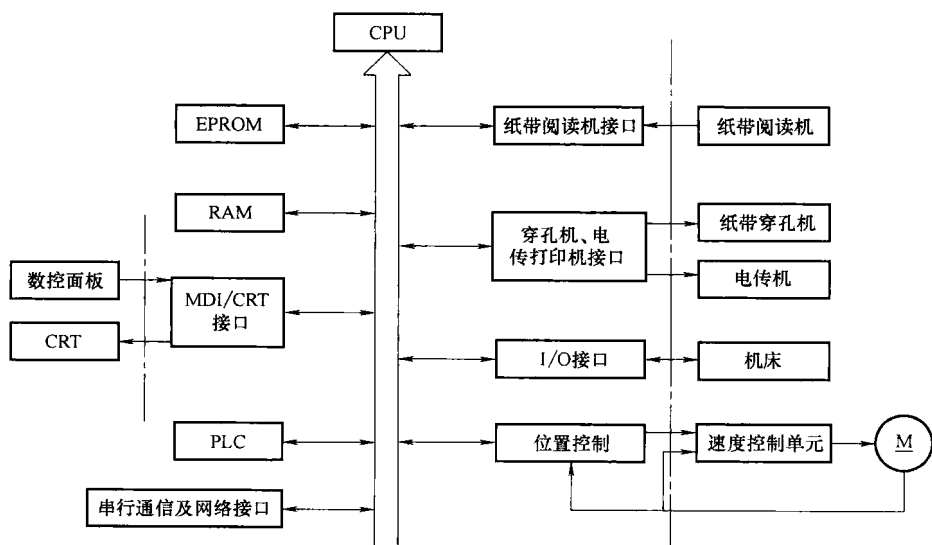


图 1-5 单微处理器结构

#### 1. 微处理器和总线

微处理器（简称 CPU）是 CNC 装置的核心，主要由运算器和控制器两部分组成。运算器含算术逻辑运算、寄存器和堆栈等部件，对数据进行算术和逻辑运算。在运算过程中，运



算器将运算结果存放到存储器中,通过对运算结果的判断,设置状态寄存器的相应状态(进位、奇偶和溢出等)。控制器从存储器中依次取出组成程序的指令,经过译码,向CNC装置各部分按顺序发出执行操作的控制信号,使指令得以执行,同时接收执行部件发回来的反馈信息。控制器根据程序中的指令信息及这些反馈信息,决定下一步命令操作。目前CNC装置中常用的8位、16位和32位微处理器有: Intel公司的8088, 8086, 80186, 80286, 80386, 80486,直到目前的Pentium系列CPU等; Motorola公司的6800, 68000, 68010, 68020, 68030; Zilog公司的Z80, Z8000, Z80000等。根据实时控制和处理速度的要求,按字长、数据宽度、寻址能力、运算速度及计算机技术发展的最新成果选用相应的微处理器。例如:日本FANUC 15/16 CNC系统选用Motorola公司的32位微处理器68020作为控制核心(CPU);英国CT(Control Technique)公司的Direct Ax FNC系列CNC系统选用32位RISC芯片为控制核心(CPU),它具有每秒25M次的浮点运算能力和每秒20M指令的数据处理能力。

总线按信号的物理意义,可分为数据总线、地址总线、控制总线。数据总线为各部件之间传送数据。数据总线的位数和传送的数据宽度相等,采用双向总线。地址总线传送的是地址信号,与数据总线结合使用,以确定数据总线上传输的数据来源或目的地,采用单方向线。控制总线传输的是管理总线的某些控制信号,例如数据传输的读写控制、中断复位及各种确认信号,采用单方向线。

## 2. 存储器

存储器用于存放数据、参数和程序等。系统控制程序存放在只读存储器EPROM(Erasable and Programmable Read Only Memory)中,即使系统断电,控制程序也不会丢失。程序只能被CPU读出,不能随机写入,必要时可用紫外线擦除EPROM,再重写监控程序。常用的EPROM有2732、2764、27128、27256、27512等。运算的中间结果存放在随机存储器RAM(Random Access Memory)中。常用的RAM有6264、62256等。存放在RAM中的数据能随机地进行读写,但如不采取适当的措施,断电后存放信息会丢失。基于PC平台的CNC系统多采用硬盘、软盘、电子盘等作为程序存放的介质。

## 3. I/O(输入/输出)接口

CNC装置和机床之间的信号一般不直接连接,而通过输入(Input)和输出(Output)接口(I/O)电路连接。接口电路的主要任务如下。

① 进行必要的电气隔离,防止干扰信号引起误动作。要用光耦合器或继电器将CNC装置和机床之间的信号在电气上加以隔离。I/O信号经接口电路送至系统寄存器的某一位CPU定时读取寄存器,经数据滤波后做相应处理。同时,CPU定时向输出接口送出相应的控制信号。

② 进行电平转换和功率放大。一般CNC装置的信号是TTL(Transistor-Transistor Logic,晶体管-晶体管逻辑)电平,而机床控制的信号通常不是TTL电平,并且负载较大,因此要进行必要的信号电平转换和功率放大。

## 4. MDI/CRT接口

MDI手动数据输入通过数控面板上的键盘操作。当扫描到有键按下时,将数据送入移位寄存器,经数据处理判别该键的属性及其有效性,并进行相关的监控处理。CRT(Cathode Ray Tube)接口在CNC软件控制下,在单色或彩色CRT(或LCD)上实现字符和图形显示,对数控代码程序、参数、各种补偿数据、坐标位置、故障信息、人机对话编程菜单、