

全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材

高等职业教育教学改革精品教材

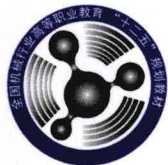
数控机床故障 诊断与维修实训

SHUKONG JICHUANG GUZHANG
ZHENDUAN YU WEIXIU SHIXUN

王丽洁 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS


针对教材使用者
赠 电子教案



全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育教学改革精品教材

SHUKONG JICHUANG GUZHIANG
ZHENDUAN YU WEIXIU SHIXUN

ISBN 978-7-111-33231-2

策划编辑：崔占军、边萌 / 封面设计：鞠杨

地址：北京市百万庄大街22号

电话服务

社服务中心：(010)88361066

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

邮政编码：100037

网络服务

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

定价：20.00元

ISBN 978-7-111-33231-2



9 787111 332312 >

全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育教学改革精品教材

数控机床故障诊断与维修实训

主 编 王丽洁
副主编 呼刚义 徐德凯
参 编 杨 鹏 吴 东
主 审 梅小宁

机械工业出版社

本书根据 21 世纪我国对数控机床加工行业高素质高技能型人才培养的需要,着重介绍数控机床故障诊断与维修实训的基本内容。

本书共 11 个学习领域:数控系统综合实训台的结构及其组成、数控系统的连接与调试、数控系统的参数设置与调整、步进单元的调试及使用、交流伺服系统的调试及使用、主轴单元的调试及使用、换刀机构故障的检测与排除、PLC 故障的检测与排除、PLC 编程与调试、梯形图程序的编写、数控机床位置精度检验与补偿。每个学习领域中的实训课题都包括实训目的与要求、相关知识概述、实训步骤与内容、实训报告与思考。

本书可作为高等职业教育机电类专业数控机床故障诊断与维修基本实训教材,也可供有关教师及工程技术人员作为参考资料或培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维修实训/王丽洁主编. —北京:机械工业出版社, 2011.2

全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材 高等职业教育教学改革精品教材

ISBN 978-7-111-33231-2

I. ①数… II. ①王… III. ①数控机床-故障诊断-高等学校:技术学校-教材②数控机床-维修-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 013846 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:崔占军 边 萌 责任编辑:边 萌 胡大华

责任校对:陈延翔 封面设计:鞠 杨 责任印制:杨 曦

北京蓝海印刷有限公司印刷

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 11 印张 · 268 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-33231-2

定价:20.00 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

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部 : (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部 : (010)88379649

封面无防伪标均为盗版

读者购书热线: (010)88379203

前 言

科学技术高速发展,使制造业发生了根本性的变化。由于数控技术的广泛应用,普通机床逐渐被高效率、高精度的数控机床所代替,形成了巨大的生产力。数控技术是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低和拥有量是衡量一个国家工业现代化的重要标志。专家们认为:21世纪机械制造业的竞争,其实质是数控技术的竞争。我国政府已把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。

多年来随着我国数控机床保有量的迅速增加,数控机床的维护与维修是当前日益突出的矛盾。因此,数控机床维护与维修技能人才培养成为现代制造技术发展新的需求,也成为新的人才培养目标。

本书根据21世纪我国对数控机床加工行业高素质高技能型人才培养的需要,着重介绍数控机床故障诊断与维修实训的基本内容。

本书融理论教学、实践操作、项目训练为一体。在内容选择上,突出了普遍性、实用性、综合性和先进性的特点,主要围绕华中世纪星数控系统综合实训台,在掌握其结构原理的基础上,学生亲自动手进行系统安装、调试,并通过故障设置,学会故障诊断分析方法,科学合理地提出维修方案并修复故障;形式上采用项目教学法,适合职业教育的发展思路,根据设备结构组成,由浅入深共安排了11个学习领域,每个实训课题都包括了相应的实训目的与要求、相关知识概述、实训步骤与内容、实训报告与思考。教学的内容是完成项目的过程,学生在项目实践过程中能更好地理解 and 把握课程需要的知识和技能。

本书由王丽洁主编,呼刚义、徐德凯任副主编。其中学习领域1、2、3、6、7、8由王丽洁编写,学习领域4、5由杨鹏编写,学习领域9、10由呼刚义编写,学习领域11由徐德凯编写,附录由吴东编写。全书由王丽洁统稿,梅小宁担任主审。

本书可作为高等职业教育机电类专业中数控机床故障诊断与维修基本实训教材,也可供有关教师作为相关课程的参考资料或培训用书,还可供从事数控机床故障诊断与维修的工程技术人员参考。

由于数控技术的飞速发展,加上我们认识的局限性,教材难免有不足之处,恳请读者和各位同仁批评指正。

编 者

目 录

前言

学习领域1 数控系统综合实训台的结构

及其组成 1

1.1 实训目的与要求 1

1.2 实训仪器与设备 1

1.3 相关知识概述 1

1.3.1 数控系统的结构及组成 1

1.3.2 数控系统的其他常用部件 7

1.4 实训步骤与内容 16

项目一 数控系统综合实训台的组成 部件 16

项目二 数控系统综合实训台部件的 连接 18

项目三 数控系统综合实训台的基本 操作 18

1.5 实训报告与思考 20

学习领域2 数控系统的连接与调试 21

2.1 实训目的与要求 21

2.2 实训仪器与设备 21

2.3 相关知识概述 21

2.3.1 数控装置的接口 21

2.3.2 机床电气原理及其设计 29

2.4 实训步骤与内容 38

项目一 数控系统的连接 38

项目二 数控系统的调试 47

项目三 数控系统连接故障的设置 48

2.5 实训报告与思考 50

学习领域3 数控系统的参数设置与

调整 51

3.1 实训目的与要求 51

3.2 实训仪器与设备 51

3.3 相关知识概述 51

3.3.1 参数的概念 51

3.3.2 参数的设置操作 52

3.3.3 参数的详细说明 54

3.4 实训步骤与内容 62

项目一 数控系统参数的备份与恢复 62

项目二 数控系统参数的设置 63

项目三 数控系统参数的修改与调试 69

项目四 数控系统参数故障的设置 72

3.5 实训报告与思考 73

学习领域4 步进单元的调试及使用 74

4.1 实训目的与要求 74

4.2 实训仪器与设备 74

4.3 相关知识概述 74

4.3.1 进给单元的基本知识 74

4.3.2 步进电动机的工作原理 75

4.3.3 步进电动机的主要特性 78

4.3.4 步进电动机控制系统的主要故障 及诊断 79

4.4 实训步骤与内容 80

项目一 步进电动机驱动器参数的设置 80

项目二 步进电动机绕组的连接 81

项目三 步进电动机的特性测定 82

项目四 步进驱动器故障的设置 83

4.5 实训报告与思考 83

学习领域5 交流伺服系统的调试及

使用 84

5.1 实训目的与要求 84

5.2 实训仪器与设备 84

5.3 相关知识概述 84

5.3.1 交流伺服电动机的分类及工作 原理 84

5.3.2 交流伺服系统的组成 85

5.3.3 交流伺服系统的主要报警内容 86

5.3.4 交流伺服系统的主要故障及 诊断 87

5.4 实训步骤与内容 88

项目一 伺服驱动器的调节 88

项目二 交流驱动器故障的设置 90

项目三 全闭环数控系统的实现 90

5.5 实训报告与思考 92

学习领域6 主轴单元的调试及使用 93

6.1 实训目的与要求 93

6.2 实训仪器与设备	93	9.3.1 华中数控系统内置式 PLC 的 基本原理	120
6.3 相关知识概述	93	9.3.2 C 语言基础知识	122
6.3.1 数控机床主轴控制系统简介	93	9.4 实训步骤与内容	125
6.3.2 变频器的基本原理及连接	94	项目一 华中数控系统 PLC 程序的编译 与调试	125
6.3.3 变频器面板按键的定义及功能 参数	96	项目二 简单 PLC 程序的编写	129
6.3.4 变频器主要报警装置及其故障 诊断	98	9.5 实训报告与思考	133
6.4 实训步骤与内容	100	学习领域 10 梯形图程序的编写	135
项目一 变频器的控制方式	100	10.1 实训目的与要求	135
项目二 变频器智能端子的使用及 电动机特性	101	10.2 实训仪器与设备	135
项目三 变频器的初始化及参数设置	102	10.3 相关知识概述	135
项目四 变频器故障的设置	103	10.3.1 华中数控系统梯形图寄存器 说明	135
6.5 实训报告与思考	103	10.3.2 华中数控系统梯形图元件 介绍	135
学习领域 7 换刀机构故障的检测与 排除	104	10.3.3 华中数控系统梯形图的安装及 使用	135
7.1 实训目的与要求	104	10.4 实训步骤与内容	139
7.2 实训仪器与设备	104	项目一 基本元件的使用	139
7.3 相关知识概述	104	项目二 功能模块的使用	141
7.3.1 刀架的基本组成与工作原理	104	10.5 实训报告与思考	143
7.3.2 刀架的电气控制	104	学习领域 11 数控机床位置精度检验 与补偿	145
7.4 实训步骤与内容	105	11.1 实训目的与要求	145
项目一 刀架及换刀常见的故障及其 诊断	105	11.2 实训仪器与设备	145
项目二 刀架参数故障的设置	107	11.3 相关知识概述	145
7.5 实训报告与思考	108	11.3.1 数控机床精度的检验	145
学习领域 8 PLC 故障的检测与排除	109	11.3.2 数控机床位置精度的测试与 补偿	146
8.1 实训目的与要求	109	11.4 实训步骤与内容	150
8.2 实训仪器与设备	109	项目 Z 轴的螺距补偿	150
8.3 相关知识概述	109	11.5 实训报告与思考	154
8.3.1 数控系统综合实训台 PLC 的 功能介绍	109	附录	155
8.3.2 标准 PLC 的基本操作及参数 配置	112	附录 A 数控系统综合实训台相关 电路图	155
8.3.3 PLC 故障的诊断方法	117	附录 B 卧式车床几何精度检验项目	161
8.4 实训步骤与内容	117	附录 C 加工中心几何精度检验项目	163
项目一 标准 PLC 调试的内容及方法	117	附录 D 卧式加工中心切削精度检验 项目	167
项目二 标准 PLC 的修改与调试	118	参考文献	169
8.5 实训报告与思考	119		
学习领域 9 PLC 编程与调试	120		
9.1 实训目的与要求	120		
9.2 实训仪器与设备	120		
9.3 相关知识概述	120		

学习领域 1 数控系统综合实训台的结构及其组成

1.1 实训目的与要求

- (1) 了解数控系统综合实训台的组成以及各部分的功能。
- (2) 掌握各部分之间的信号传输和控制关系。

1.2 实训仪器与设备

- (1) 数控系统综合实训台一套。
- (2) 专用连接线一套。

1.3 相关知识概述

1.3.1 数控系统的结构及组成

数字控制机床是采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床，它是数控技术的典型应用。它将普通机床加工中需要人工完成的部分工作，包括机床加工过程中切削速度、进给速度、进刀量等工艺参数的控制和加工中需要机床实现的辅助动作：如主轴起停、换刀、冷却液泵开闭、工件夹紧松开、润滑系统起停等，都由以计算机为核心的控制系统来完成。计算机数控系统是以计算机为核心的数控系统，它是实现数字控制的装置。计算机数控系统的组成如图 1-1 所示。

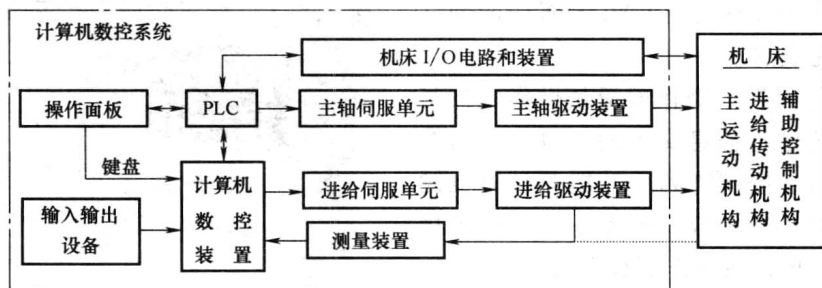


图 1-1 计算机数控系统组成框图

本教材相关实训是围绕华中 HED—21S 型数控系统综合实训台^①展开的。

- (1) 实训台的主要部件

^① 本书参考了实训台附带的各种设备的说明书。

- 1) HNC—21TF 型数控装置。
- 2) 日立变频器及三相异步电动机。
- 3) 三洋交流伺服驱动器及交流伺服电动机。
- 4) 雷塞步进电动机驱动器及步进电动机。
- 5) 工作台。
- 6) 四工位刀架。
- 7) 光栅尺。
- 8) 磁粉制动器。

9) 数控机床常用的电气元器件, 如低压断路器、接触器、开关电源、变压器、输入/输出转接板等。

(2) 实训台的主要功能

- 1) 掌握数控系统的编程方法。
- 2) 进行数控系统的电气设计、安装、调试、维修等实际操作。
- 3) 掌握数控系统的控制原理、电气原理、电气设计方法、元器件的选用, 内置式可编程逻辑控制器 [(Programmable Logic Controller) PLC] 的调试、编写与编译。
- 4) 掌握数控系统的电气布局、安装及电气调试等方法。
- 5) 熟悉数控机床常用的部件, 以及这些部件的原理、调试方法和常见故障的维修。
- 6) 能够模拟工业生产过程, 达到工业现场实习效果。

1. 计算机数控装置 (CNC 装置)

CNC (Computer Numerical Control) 装置是计算机数控系统的核心, 它包括微处理器 CPU、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及与 CNC 系统其他组成部分联系的接口及相应控制软件。CNC 装置根据输入的加工程序进行运动轨迹处理和机床输入/输出处理, 然后输出控制命令到相应的执行部件, 如伺服单元、驱动装置和 PLC 等使其进行规定的有序的动作。CNC 装置输出的信号有: 各坐标轴的进给速度、进给方向和位移指令, 还有主轴的变速、换向和起停信号, 选择和交换刀具的指令, 控制冷却液泵、润滑系统的起停, 工件和机床部件松开、夹紧, 分度工作台转位辅助指令信号等。这个过程是由 CNC 装置内的硬件和软件协调完成的。

(1) 操作面板 操作面板是操作人员与机床数控系统进行信息交流的工具, 它由按钮站、状态灯、按键阵列 (功能与计算机键盘类似) 和显示器组成。数控系统一般采用集成式操作面板, 在操作面板上有三大区域: 显示器区、NC (Numerical Control) 键盘区、机床操作控制面板区。华中世纪星 HNC—21M 型数控系统面板如图 1-2 所示。

1) 显示器区一般位于操作面板的左上部, 用于菜单、系统状态、故障报警的显示和加工轨迹的图形仿真。较简单的显示器只有若干个数码管, 显示的信息也很有限, 较高级

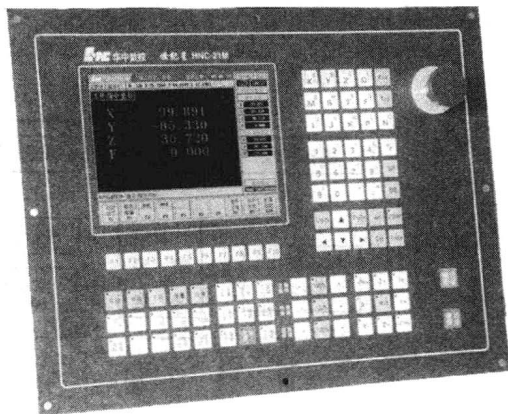


图 1-2 华中世纪星 HNC—21M 型数控系统面板图

的数控系统一般配有阴极射线管 [CRT (Cathode Ray Tube)] 显示器或点阵式液晶显示器, 显示的信息较丰富。低档的显示器或液晶显示器只能显示字符, 高档的显示器可以显示图形。

2) NC 键盘包括标准化的字母数字式多文档界面 [MDI (Multiple Document Interface)] 键盘和 F1 ~ F10 十个功能键, 用于零件程序的编制、参数输入、手动数据输入和系统管理操作等。

3) 机床操作控制面板 [MCP (Machine Control Panel)] 用于直接控制机床的动作或加工过程。一般主要包括: 急停、轴手动方式、速率修调 (进给修调、快进修调、主轴修调)、回参考点、手动进给、增量进给、手摇进给、自动运行、单段运行、超程解除、机床动作的手动控制。例如: 冷却液泵起停、刀具夹紧与放松、主轴正反转、主轴停转等在操作面板上都有相应功能的控制按钮或旋钮。

(2) 数控装置的接口 数控装置的接口是数控装置和数控系统的功能部件 (主轴模块、进给伺服模块、PLC 模块等) 与机床进行信息传递、交换和控制的端口, 也称之为接口。接口在数控系统中占有重要的位置。不同功能的模块与数控系统相连接时, 应采用与其相应的输入/输出 (I/O) 接口。

数控装置与数控系统各个功能模块和机床之间的来往信息和控制信息, 不能直接连接, 而要经过 I/O 接口电路连接起来, 为此接口电路的主要任务是:

1) 进行电平转换和功率放大。因为一般数控装置的信号是 TTL 逻辑电路产生的电平, 而控制机床的信号则不一定是 TTL 电平, 且负载较大, 因此, 要进行必要的信号电平转换和功率放大。

2) 提高数控装置的抗干扰性能, 防止外界的电磁干扰引起误动作。接口采用光电耦合器件或继电器, 避免信号的直接连接。

3) 输入接口接收机床操作面板的各开关信号、按钮信号、机床上的各种限位开关信号及数控系统各个功能模块的运行状态信号, 若输入的是机械触点信号, 则要注意消除其接触颤动造成的干扰。

4) 输出接口是将各种机床工作状态灯的信息送至机床操作面板上显示, 将控制机床辅助动作信号送至电控柜以控制机床主轴单元、刀库单元、液压单元、冷却单元等部件电控系统中的继电器和接触器线圈的带电和断电, 从而对机械装置进行控制。

华中世纪星数控系统的接口如图 1-3 所示。

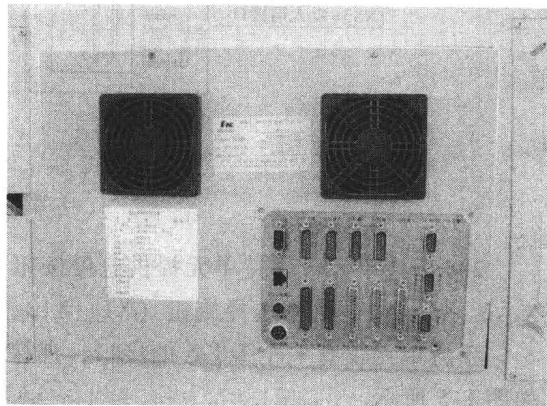


图 1-3 华中世纪星数控系统接口图

华中世纪星数控系统的接口及代号功能如下。

XS1: 电源接口。

XS2: 外接 PC 键盘接口。

XS3: 以太网接口。

XS4: 软驱接口。

XS5: RS232 接口。

XS6: 远程 I/O 板接口。

XS8: 手持单元接口。

XS9: 主轴控制接口。

XS10、XS11: 输入开关量接口。

XS20、XS21: 输出开关量接口。

XS30 ~ XS33: 模拟式、脉冲式(含步进式)进给轴控制接口。

XS40 ~ XS43: 串行式 HSV—11 型伺服轴控制接口。

若使用软驱单元, 则 XS2、XS3、XS4、XS5 为软驱单元的转接口。

有关各接口的结构形式、连接方式将在学习领域 2 中详细介绍。

(3) 数控装置的辅助部件

1) 软驱单元 本系统所配套的软驱单元提供了包括 3.5in 软盘驱动器在内的 RS232 接口、PC 键盘接口、以太网接口的集成装置。需要通过转接线与 HNC—21 型数控装置连接使用。软驱单元接口如图 1-4 所示, 图 1-4a 前视图接口用于和外部计算机连接, 图 1-4b 后视图接口用于和数控系统连接。在软驱单元内部, 已用电缆将 XS5 与 XS5'、XS2 与 XS2'、XS3 与 XS3' 之间的对应引脚相连。

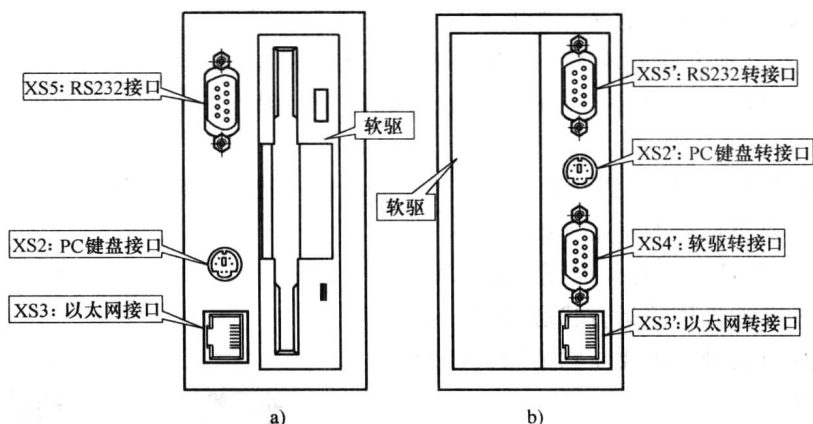


图 1-4 软驱单元接口图

a) 前视图 b) 后视图

2) 手持单元 手持单元提供急停按钮、使能按钮、工作指示灯、坐标选择旋钮 (OFF、X、Y、Z、A)、倍率选择旋钮 (X1、X10、X100) 及手摇脉冲发生器。

手持单元仅有一个 DB25 的接口, 连接到 HNC—21 型数控装置的手持控制接口 XS8 上。如图 1-5 所示。

2. 伺服单元

伺服单元分为主轴伺服和进给伺服, 分别用来控制主轴电动机和进给电动机。伺服单元接收来自 CNC 装置的进给指令, 这些指令经变换和放大后通过驱动装置转变成执行部件进给的速度、方向和位移。因此伺服单元是数控装置与机床本体的联系环节, 它把来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。伺服单元根据接收指令的不同, 有脉冲单元和模拟单元之分; 就其控制系统而言又有开环控制系统、半闭环控制系统和闭环控制

系统之分，其工作原理亦有差别。

本实训台采用的伺服驱动单元有以下三种。

(1) 步进驱动单元 步进驱动器接受数控装置发出的进给脉冲信号（包含速度、位移、转向信息），将单序列脉冲信号放大并根据步进电动机类型将脉冲信号在空间展开成多相输出，驱动电动机按指令要求的转向、转速和角位移运动。步进驱动方式的分辨率取决于电动机相数、磁极对数、齿距角、电动机工作相数以及脉冲细分系数。本实训台步进驱动器采用深圳雷塞 M535 型步进电动机驱动器，该驱动器是细分型高性能步进驱动器，适合驱动中小型的各种两相或四相混合式步进电动机。该驱动器电流控制采用先进的双极性等角度恒转矩技术，每秒两万次的斩波频率。在驱动器的侧边装有一排拨码开关组，可以用来选择细分精度，以及设置动态工作电流和静态工作电流，以满足驱动器和驱动电动机匹配的要求。

(2) 交流伺服驱动单元 交流伺服驱动器接受数控装置发出的进给指令信号（脉冲、电压或数字量），将其放大并根据伺服电动机类型在空间展开成多相电压可调的交流电输出，驱动电动机按指令要求的转向、转速和角位移运动。为形成闭环控制，驱动器同时检测电动机上编码器的反馈脉冲以及电动机电流，形成双闭环控制系统。本实训台交流伺服驱动器采用 SANYO（日本三洋公司）Q 系列的 QS1A01AA0M601P00 型伺服驱动器，该驱动器可提供位置控制、速度控制和转矩控制三种控制方式，通过设置交流伺服参数并修改相应连线即可方便地实现控制模式的切换。QS1A01AA0M601P00 型伺服驱动器为三相 220V 交流输入，输入电流为 2.5A，输出电流为 2.2A。

(3) 变频主轴单元 主轴驱动器接受数控装置经 PLC 发出的转向、转速信号（经 PLC 转换为双极性电压信号），将其转换为频率可变的三相交流驱动信号，驱动主轴电动机按指令要求的转向、转速运动，并受 PLC 控制，根据控制需要实现定向停止（准停）。驱动器（实际是变频器）具有完善的保护功能，并可以通过参数设定使电动机性能得到调节。主轴电动机的转速信号经测速装置（一般采用编码器）检测并反馈到数控系统。

本实训台采用日立公司的 SJ100—007HFE 型变频器。该变频器采用正弦波脉宽调制 [PWM (Pulse Width Modulation)] 控制，额定容量为 1.9kVA，额定输入电压为三相交流 380V，额定输出电流为 2.5A，输出频率范围为 1~360Hz，适用电动机容量为 0.75kW。

3. 驱动装置

驱动装置的功能是将伺服单元的电气输出转变为机械运动，输出并驱动机械部件按照控制指令运动。它与伺服单元一起构成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，有的驱动刀具，通过几个轴的综合联动，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、精度符合要求的零件。与伺服驱动器相对应，驱动装置也有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机三种。

伺服单元和进给驱动装置合称为进给伺服驱动系统，它是数控机床的重要组成部分。它

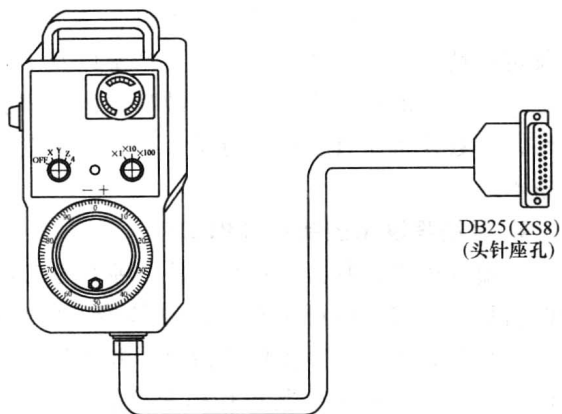


图 1-5 手持单元

包括机械、电子等各种部件和电动机,涉及对强电、弱电的控制。数控机床的运动速度、跟踪及定位精度、表面加工质量、生产率以及工作可靠性,往往主要取决于伺服系统的动态和静态性能,一般数控机床的主要故障也出在伺服系统上。所以提高伺服系统的技术性能和可靠性,对数控机床具有重大意义。研究和开发高性能的伺服系统,一直是现代数控机床的关键技术之一。

4. 可编程逻辑控制器 (PLC)

可编程逻辑控制器 (PLC) 是一种专为工业环境下应用而设计的通过数字运算操作的电子控制系统。它采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械设备和生产过程。当 PLC 用于控制机床顺序动作时,称为 PMC (Programmable Machine Controller) 可编程机床控制器模块,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,这些信号经处理后输出,去控制相应器件的运行。

CNC 装置和 PLC 协调配合共同完成数控机床的控制。其中 CNC 装置主要完成与数字运算和管理有关的功能,如零件程序编辑、插补运算、译码、位置伺服控制等。PLC 主要完成与逻辑运算有关的一些动作,没有运动轨迹控制上的具体要求,它接受 CNC 装置的控制代码 M (辅助功能)、S (主轴转速)、T (选刀、换刀) 等顺序动作信息,对其进行译码并转换成对应的控制信号,来控制辅助装置完成机床相应的开关动作,如工件的装夹、刀具的更换、冷却液泵的开、关等一些辅助动作;它还接受机床操作面板的指令,一方面直接控制机床的动作,另一方面将一部分指令送往 CNC 装置用于对加工过程的控制。

数控机床的 PLC 有内置式和独立式两种,内置式 PLC 被集成于主板内,整个系统结构紧凑;独立式 PLC 与系统通过电缆连接,结构上是独立的,在使用上可通过扩展模块来扩展控制功能或控制规模,使用比较灵活。

5. 机床本体

机床本体即数控机床的机械部件,包括主运动部件、进给运动执行部件(工作台、拖板及其传动部件)和支承部件(床身立柱等),还包括具有冷却、润滑、转位和夹紧等功能的辅助装置。加工中心类的数控机床还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。数控机床机械部件的组成与普通机床相似,但是由于数控机床的高速度、高精度、大切削量和连续加工等要求,其机械部件在减小摩擦、提高机械结构的响应速度以及对机械零件精度、刚度、抗震性等方面要求更高。因此,近年来设计数控机床时采用了许多新的加强刚性、减小热变形、提高精度等方面的措施。由于本教材主要介绍数控装置及其外围部件,因此数控机床的机械结构部分可参阅其他相关资料。

6. 工作台

本实训台的工作台为水平面 XZ 双坐标工作台,如图 1-6 所示。在工作台上集成了雷塞 57HS13 型四相混合式步进电动机、MSMA022A1C 型交流伺服电动机、光栅尺。机械部分采用滚珠丝杠传动的模块化十字工作台,用于实现目标轨迹和动作。X 轴执行装置通过四相混合式步进电动机,采用开环控制模式。Z 轴执行装置采用交流伺服电动机,交流伺服驱动器和交流伺服电动机组成一个速度闭环控制系统。安装在交流伺服电动机轴端的增量式码盘(脉冲编码器)充当位置传感器,用于间接测量机械部分的移动距离,可构成位置半闭环控

制系统；也可采用安装在十字工作台上的光栅尺直接测量机械部分的移动距离，构成一个位置全闭环控制系统。

7. 电动刀架

刀架是数控机床实现刀具装夹和加工刀具自动换刀的主要部件，刀架形式多样，常用的有四方刀架、回转式刀架、排式刀架，当然加工中心的刀库和换刀机械手也可归类为自动换刀装置。

本实训台主要实现数控车床的功能，所以采用 LDB4 型四工位电动刀架，外形如图 1-7 所示。刀架电动机的起停、转向受控于 PLC。换刀时，电动刀架接受数控装置通过 PLC 发出的换刀指令，控制刀架电动机转动寻刀，同时刀架检测刀具位置并将其信号反馈到 PLC，刀具到位后，电动机反转将刀具位置锁紧并将完成换刀信息由 PLC 反馈到数控装置，数控系统才执行下一道指令。电动刀架的电气控制分强电和弱电两部分，强电部分由三相电源驱动三相交流异步电动机正、反向旋转，从而实现电动刀架的松开、转位、锁紧等动作。弱电部分主要由位置传感器，即发信盘构成，发信盘采用霍尔传感器发出信号。该数控电动刀架（LDB4）的电动机采用三相异步电动机，功率为 90W，转速为 1300r/min。

其工作过程详见学习领域 7。

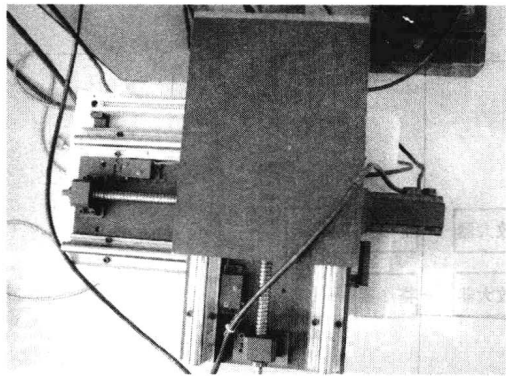


图 1-6 双坐标工作台

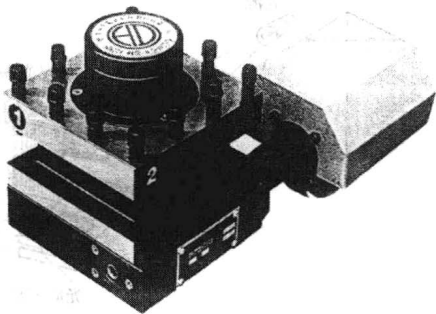


图 1-7 四工位电动刀架

1.3.2 数控系统的其他常用部件

1. 测量类部件

(1) 光栅尺 光栅尺是利用光的透射、衍射原理，通过光敏元件测量莫尔条纹移动的数量来测量机床工作台的位移量，一般用于机床数控系统的闭环控制。光栅尺外形如图 1-8 所示。

光栅主要由标尺光栅和光栅读数头两部分组成。通常标尺光栅固定在机床床身上，光栅读数头安装在运动部件上（如工作台或丝杠上），光栅读数头相对标尺光栅移动。

由于光栅尺安装在机床上，容易受到油雾、冷却液的污染，造成信号丢失，影响位置控制精度，所以对光栅尺要经常维护，保持光栅尺的清洁。另外特别是对于玻璃透射光栅尺要防止振动和敲击，以免损坏光栅尺。

下面以透射光栅为例介绍光栅尺的工作原理。

透射光栅测量系统原理示意图如图 1-9 所示, 它由光源、透镜、标尺光栅、指示光栅、光敏元件和信号处理电路组成。信号处理电路包括放大、整形和鉴向倍频等。通常情况下, 标尺光栅与工作台装在一起随工作台移动, 光源、透镜、指示光栅、光敏元件和信号处理电路均装在一个壳体内, 做成一个单独部件固定在机床上, 这个部件称为光栅读数头, 其作用是将光信号转换成所需的电脉冲信号。光栅读数是利用莫尔条纹的形成原理进行的, 图 1-10 所示是莫尔条纹形成原理图。将指示光栅和标尺光栅叠合在一起, 中间保持 $0.01 \sim 0.1\text{mm}$ 的间隙, 并且指示光栅和标尺光栅的线纹相互交叉保持一个很小的夹角 θ 。当光源照射光栅时, 在 $a-a$ 线上, 两块光栅的线纹彼此重合, 形成一条横向透光亮带; 在 $b-b$ 线上, 两块光栅的线纹彼此错开, 形成一条不透光的暗带, 这些横向明暗相间的条纹就是莫尔条纹。

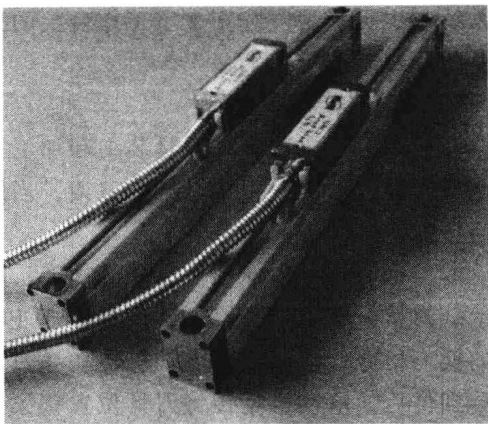


图 1-8 光栅尺

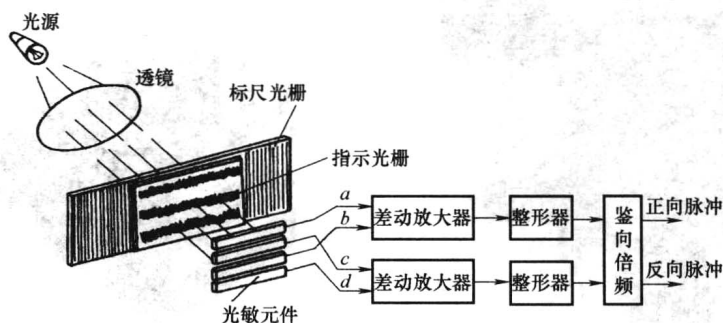


图 1-9 透射光栅测量系统原理示意图

两条暗带或亮带之间的间距叫莫尔条纹间距 B , 设光栅的栅距为 W , 光栅条纹夹角为 θ , 则其关系为

$$B = W / 2 \sin(\theta/2) \quad (1-1)$$

因为夹角很小, 所以可取 $\sin(\theta/2) \approx \theta/2$, 故上式可改写成

$$B = W / \theta \quad (1-2)$$

由上式可见, θ 越小则 B 越大, 相当于把栅距 W 扩大了 $1/\theta$ 倍后, 转化为莫尔条纹。例如: 栅距 $W = 0.01\text{mm}$, 夹角 $\theta = 0.001\text{rad}$, 则莫尔条纹的间距 $B = 10\text{mm}$, 相当于扩大了 1000 倍。两块光栅每相对移动一个栅距, 则光栅某一固定点的光强按明——暗——明规律变化一个周期, 即莫尔条纹移动一个莫尔条纹的间距。因此, 光电元件只要读出莫尔条纹的移动数, 就可以知道光栅移动了多少栅距, 也就知道了运动部件的准确位移量。

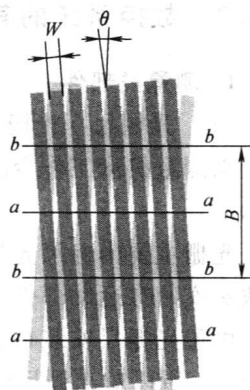


图 1-10 光栅测量产生的莫尔条纹

(2) 光电脉冲编码器 数控机床上常使用光电脉冲编码器, 图 1-11 所示为增量式光电脉冲编码器结构示意图。增量式光电脉冲编码器的测量精度取决于它所能分辨的最小角度 α (分辨角或分辨率), 编码器以每旋转 360° 提供明或暗线的数量称为分辨率, 也称为解析分度或直接称为线数。而这与光电码盘圆周内所等分狭缝的条数有关, 即圆光栅线纹数。

$$\alpha = 360^\circ / \text{狭缝数} \quad (1-3)$$

由于光电编码器每转过一个分辨角就发出一个脉冲信号, 因此根据脉冲数目可得出工作轴的回转角度, 再由传动比换算出直线位移距离。根据脉冲频率可得工作轴的转速, 根据光栅板上两个狭缝中信号相位的前后, 可判断出光电码盘的正、反转方向。

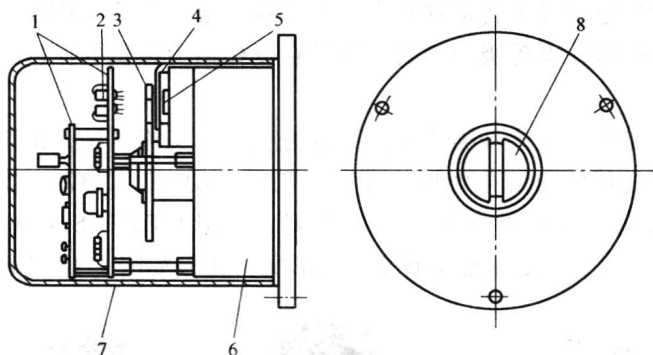


图 1-11 增量式光电脉冲编码器结构示意图

1—印制电路板 2—光源 3—圆光栅 4—指示光栅轴 5—光电电池组 6—底座 7—护罩 8—工作轴

2. 电气控制类部件

(1) 小型断路器 小型断路器主要用于照明配电系统和控制回路, 用于电路的通断控制及电路的断电、过载、短路保护, 是一种手动闭合、手动或自动断开的自动电器。小型断路器结构外形及其图形文字符号如图 1-12 所示。

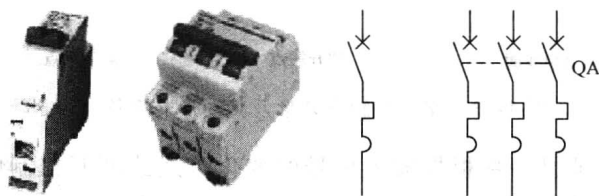


图 1-12 小型断路器结构外形及其图形文字符号

机床常用 MB1—63 型、DZ30—32 型、DZ47—60 型等系列小型断路器。以 DZ47—60 型高分断小型断路器为例, 适用于照明配电系统 (C 型) 或电动机的配电系统 (D 型)。其主要用于交流 50Hz/60Hz, 单极 230V, 二、三、四极 400V 线路的过载、短路保护, 同时也可以用在正常情况下不频繁地通、断电器装置和照明线路上。

(2) 接触器 接触器是利用线圈电路控制主触点来通断负载电路的自动控制电器, 同时其辅助触点可以连接成各种功能控制电路。接触器的主触点一般只有常开触点, 而辅助触点常有两对具有常开和常闭功能的触点。小型的接触器也经常作为中间继电器配合主电路使用。交流接触器的触点, 由银钨合金制成, 具有良好的导电性和耐高温烧蚀性。交流接触器的动作动力来源于交流电磁铁, 电磁铁由两个“山”字形的硅钢片叠成, 其中一个固定