

Numerical Control Machine

数控机床 原理 维护维修技术

(数控及机械制造专业)

编写 / 技能型紧缺人才培养规划教材编写委员会

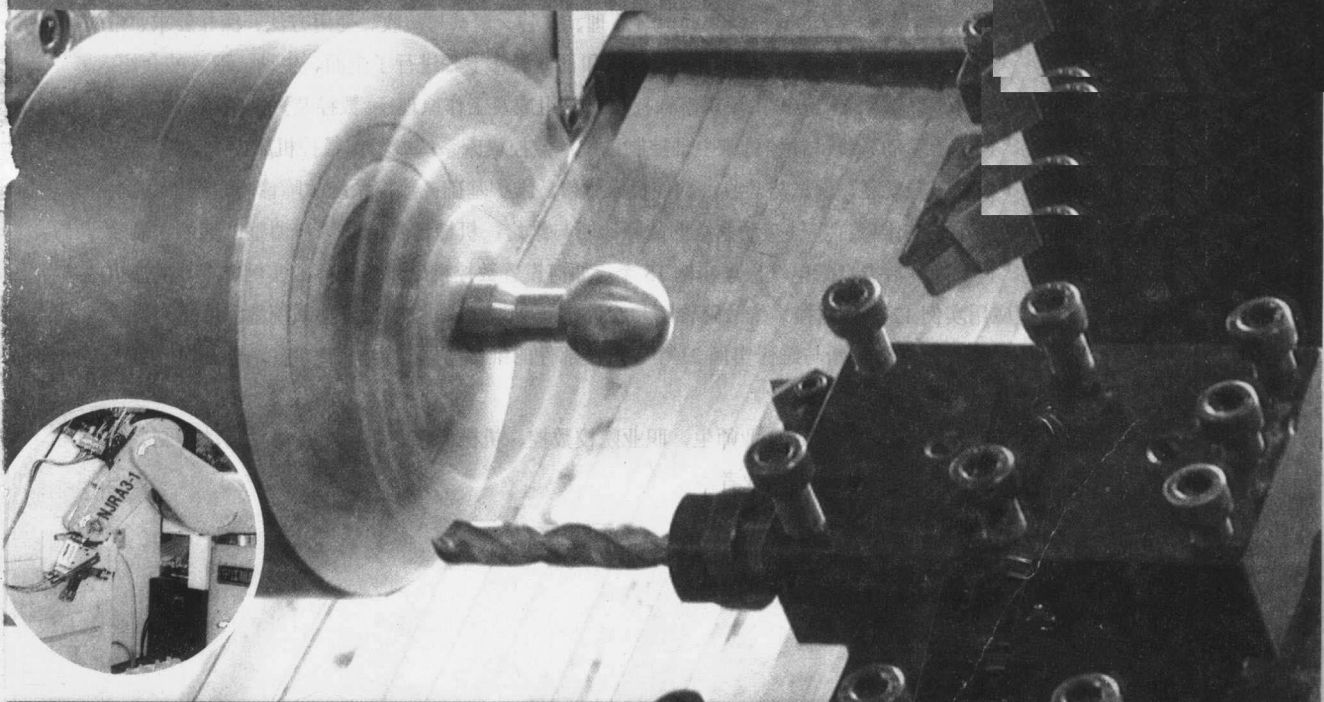
主编 / 杨波

ISBOOK
慧图书

教育部职业教育与成人教育司全国职业教育与成人教育教学用书规划教材

“十一五”全国计算机技能型紧缺人才培养规划教材

中国计算机学会职业教育专业委员会专家组审定



Numerical Control Machine

数控机床 原理 维护维修技术

(数控及机械制造专业)

编写 / 技能型紧缺人才培养规划教材编写委员会

主编 / 杨波

海洋出版社

北京

内 容 简 介

本书是专为全国高校数控及机械制造专业编写的优秀教科书。本书从易教易学的实际目标出发,通过近200个典型实例,将国内应用最为广泛的数控机床的电气原理、安装、调试与验收、使用方法、保养要求、常见的系统故障现象、系统故障诊断方法、系统故障排除方法和具体操作步骤进行了全面、生动、细致的介绍。

本书内容:全书由16章及附录构成。主要讲解数控机床的组成及工作原理; 数控装置的接口; 数控机床电气原理; 数控机床进给驱动系统; 数控机床主轴控制系统; 数控机床系统参数; 数控机床的PLC系统; 数控综合实验台; 数控机床的安装、调试与验收; 数控机床维修、维护基础; 数控系统故障诊断与维修实例; 数控机床进给系统故障诊断与维修; 主轴驱动系统的故障诊断与维修; 机械部件的维修与调整; 辅助控制装置的维修以及实验。其中讲解数控机床电气原理实例15个、如何设置数控机床系统的参数实例9个、数控机床的PLC系统编程应用实例12个、数控系统故障诊断与维修实例81个、数控机床进给系统故障诊断与维修实例26个、主轴驱动系统的故障诊断与维修实例21个、机械部件的维修与调整实例22个、辅助控制装置的维修实例11个。

适用对象:全国高校数控及机械制造专业师生,职业院校数控、机械制造、机电一体化、自动控制专业师生,企业从事数控机床维护维修的广大从业者。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床维护维修技术/杨波主编. —北京:海洋出版社,2007.9

ISBN 978-7-5027-6863-8

I.数… II.杨… III.数控机床—维修 IV.TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第134056号

总策划:WISBOOK

责任编辑:吴清平 王勇 韩颖鹤

责任校对:肖新民

责任印制:周京艳 魏志新

排版:海洋计算机图书输出中心 晓阳

出版发行:海洋出版社

地址:北京市海淀区大慧寺路8号(716房间)印
100081

经 销:新华书店

技术支持:www.wisbook.com/bbs

发行部:(010) 62132549 (010) 62113858
(010) 62174379 (传真) 86489673

网 址:www.wisbook.com

承 印:北京东升印刷厂

版 次:2007年9月第1版第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:25.5

字 数:604千字

印 数:1~6000册

定 价:35.00元

本书如有印、装质量问题可与发行部调换

数控机床维护维修技术

主 编：杨 波

副 主 编：单春阳 于吉鲲

参编人员：霍志伟 路东健 李 飞

刘 野 马 阳 李 鹏

主 审：魏 杰

写在前面的话

当前我国正向现代化、信息化、工业化的国家大步迈进，迫切需要数以千万计的高技能人才和数以亿计的高素质劳动者。社会各行业、工业企业等部门人才短缺、特别是技能型人才严重短缺。近年来，我国的职业教育已日益被经济建设所依赖，技能型人才需求存在巨大缺口，因此培养培训任务迫在眉睫。

温家宝总理在2005年11月7日的全国职业教育工作会议上强调，要大力发展中国特色的职业教育，加快培养高技能人才和高素质劳动者。教育部、劳动与社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部也联合颁发了《教育部等六部委关于职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》，教育部办公厅和信息产业部办公厅颁发了《关于确定职业院校开展计算机应用与软件技术专业领域技能型紧缺人才培养培训工作的通知》及《职业院校计算机应用与软件技术专业领域技能型紧缺人才培养指导方案》。这足以说明职业教育在国家人才培养工程中的重要性以及国家对技能型人才需求的紧迫性。

培养培训软件技术专业领域技能型紧缺人才是职业教育的根本使命和当前的紧迫任务，目的就是要刻不容缓地把走进校园的学生培养成适合国家发展和企业需要的有用人才，培养他们成为有一技之长的劳动者和实用型人才，培养的目的主要是面向就业。

根据以上精神和指导方案，中国计算机学会职业教育专业委员会与海洋出版社海洋智慧图书有限公司，特组织北京、河北、内蒙古、大连、长春、唐山、武汉、深圳、肇庆和杭州等地主要职业院校负责人和一线教师，召开教材研讨会，相互交流经验，介绍需求，共同策划和编写了本套《“十一五”全国计算机技能型紧缺人才培养规划教材》。本套教材是面对目前全国职业院校学生的现状和职业需求而编写的、颇具特色的实用培养培训教材。

我们特将这套教材倾心奉献给全国广大的教师和学生，为国家“职业教育与培训创新工程”推波助澜，为满足社会巨大的人才培养需求做出应有的贡献！

整套书的编写宗旨

- 三符合：符合教育部教学大纲、符合市场技术潮流、符合职业院校专业课程需要。
- 技术新、任务明、步骤细致、实用性强，专为技能型紧缺人才量身定制。
- 软件功能与具体范例操作紧密结合，边讲解边动手，学习轻松，上手容易。
- 三适应：适应新的教学理念、适应学生水平现状、适应用人标准要求。

整套书的特色

- 理论精练够用、任务明确具体、技能实操落实，活学活用。

教材编委会

前 言

机械制造业发展的一个新趋势是越来越广泛地应用数控技术。普通机床逐渐被高效率、高精度的数控机械所代替，数控机床是数控机械的典型代表，它已成为企业保证产品质量、提高生产率和管理水平的关键设备之一。

随着机械制造设备的数控化，企业急需大批掌握数控设备保养与维修的技术人员。如何才能通过科学的方法、行之有效的措施，迅速诊断故障发生的原因，随时解决出现的问题，既是保证数控机床安全、可靠运行，提高设备使用率的关键所在，也是当前数控机床使用过程中急需解决的问题之一。

本书内容包括四个部分：数控机床维护维修基础篇、华中数控综合实验台的认识及实验篇、数控机床常见故障的分析与排除篇、机床电气原理图及端子和信号定义说明表。数控机床维护维修基础篇介绍了数控机床方面的基本知识、常用部件的内部结构和工作原理；华中数控综合实验台的认识及实验篇介绍了数控综合实验台的部分实验，通过实验，使学习者了解数控系统常用部件的基本原理及一些最新技术，学习、掌握数控机床编程操作、调试及维修的基本技能；数控机床常见故障的分析与排除篇通过列举大量的数控机床维修实例，深入浅出地探讨数控机床故障诊断方法与处理方法；机床电气原理图及端子、信号定义说明表提供了完成实验和数控机床常见故障的分析与排除的部分参考资料。

本书内容丰富、全面、实用，特别是大量一线数控机床维护和维修的实践经验，对于培养和提高学习者的动手能力、为就业提前做好基础大有益处。

本书可作为高等工院校的机械制造、机电一体化、自动控制及其他相关专业数控机床维护维修技术的教材；高等职业技术学院数控机床实验、基本操作训练教材；有关教师与企业从事数控机床设计、维修、调试、使用的各类工程技术人员的参考用书。

本书由杨波主编，单春阳、于吉鲲副主编；霍志伟、路东健、李飞、刘野、马阳、李鹏编写，魏杰主审。

由于时间仓促，加上数控技术发展日新月异，许多问题还有待探讨。本书的谬误与不妥之处在所难免，恳请读者不吝赐教，提出宝贵意见。

编 者

目 录

第 1 章 数控机床的组成及常用元器件 1	
1.1 数控机床工作原理及组成..... 1	
1.1.1 数控技术与数控机床..... 1	
1.1.2 数控机床的结构及组成..... 2	
1.2 数控机床的分类..... 7	
1.2.1 按照工艺用途方式为类..... 7	
1.2.2 按照控制运动的方式分类..... 8	
1.2.3 按照伺服系统控制方式分类..... 9	
1.2.4 按照数控装置的功能水平分 类..... 10	
1.3 数控机床常用的位置检测装置..... 11	
1.4 数控机床常用的控制电器及其选择..... 14	
1.4.1 低压断路器..... 14	
1.4.2 接触器..... 17	
1.4.3 继电器..... 20	
1.4.4 电源电器..... 26	
1.4.5 熔断器..... 29	
1.4.6 开关电器..... 31	
1.4.7 控制按钮和指示灯..... 33	
1.4.8 导线和电缆..... 34	
1.4.9 配线技术..... 35	
1.5 习题及思考题..... 35	
第 2 章 数控装置的接口 37	
2.1 数控装置各接口管脚介绍..... 37	
2.1.1 电源接口 (XS1)..... 38	
2.1.2 键盘接口 (XS2)..... 38	
2.1.3 以太网接口 (XS3)..... 39	
2.1.4 软驱接口 (XS4)..... 40	
2.1.5 RS232 接口 (XS5)..... 41	
2.1.6 远程 I/O 接口 (XS6)..... 41	
2.1.7 手持单元接口 (XS8)..... 42	
2.1.8 主轴控制接口 (XS9)..... 42	
2.1.9 开关量输入接口 (XS10、 XS11)..... 43	
2.1.10 开关量输出接口 (XS20、 XS21)..... 43	
2.1.11 进给轴控制接口 (XS30~ XS33)..... 44	
2.1.12 串行式 (HSV-11 型) 伺服 控制接口 (XS40~XS43)..... 44	
2.2 输入输出装置及其相关参数..... 45	
2.2.1 开关量输入/输出接口特性..... 45	
2.2.2 I/O 端子板..... 48	
2.2.3 远程 I/O 端子板..... 50	
2.2.4 PLC 地址定义..... 50	
2.3 习题及思考题..... 52	
第 3 章 数控机床电气原理 53	
3.1 数控机床电气系统的组成..... 53	
3.1.1 电气控制系统的组成..... 53	
3.1.2 电气控制系统的分类..... 54	
3.1.3 电气系统常用元件的选择..... 55	
3.1.4 电气系统原理图..... 56	
3.2 数控机床电气控制的逻辑表示..... 59	
3.2.1 数控机床电气的逻辑表示..... 59	
3.2.2 逻辑运算原则..... 59	
3.3 数控机床电气基本控制线路..... 60	
3.3.1 自锁控制电路..... 60	
3.3.2 互锁控制电路..... 60	
3.3.3 实现按顺序工作的联锁控制..... 60	
3.4 数控机床的电气柜..... 61	
3.4.1 电气柜的保护..... 61	
3.4.2 电气柜的配线技术..... 62	
3.5 数控机床电气控制系统线路应用示 例..... 64	
3.5.1 概述..... 64	
3.5.2 数控车床系统设计举例..... 64	
3.5.3 数控铣床系统设计举例..... 71	
3.6 数控机床常见电气故障分析与维修..... 78	
3.6.1 NC 系统故障..... 78	
3.6.2 伺服系统故障..... 80	
3.6.3 外部故障..... 82	
3.7 习题及思考题..... 83	

第 4 章 数控机床进给驱动系统	84	6.2.1 FANUC 数控装置的参数	128
4.1 数控机床对进给驱动系统的基本要 求	84	6.2.2 SIEMENS 数控装置的参数	137
4.2 进给驱动系统的分类	86	6.3 华中数控系统的参数	139
4.3 步进电动机驱动的进给系统	88	6.3.1 概述	139
4.4 交流伺服电动机驱动的进给系统	94	6.3.2 参数说明	140
4.4.1 交流伺服电动机工作原理	95	6.3.3 参数详细介绍	141
4.4.2 进给驱动装置的接口	97	6.4 数控机床参数在故障诊断中的应用	154
4.5 进给驱动装置的选型	105	6.5 习题与思考	158
4.6 习题与思考题	108	第 7 章 数控机床的 PLC 系统	159
第 5 章 数控机床主轴控制系统	109	7.1 概述	159
5.1 普通主轴的控制	109	7.1.1 PLC 的结构与特点	159
5.1.1 三相笼型感应电动机原理	110	7.1.2 PLC 的安装、调试与编程	162
5.1.2 感应电动机的简化等效电路	111	7.1.3 数控机床 PLC 的功能	164
5.1.3 感应电动机的调速方法及特 性	111	7.2 PLC 的输入输出元件	164
5.1.4 感应电动机矢量控制	112	7.2.1 输入元件	165
5.2 交流主轴驱动装置的特性	113	7.2.2 输出元件	166
5.2.1 交流变频主轴驱动装置的特 性	113	7.3 PLC 的指令系统	166
5.2.2 交流伺服主轴装置的特性	114	7.3.1 基本指令	167
5.3 主轴驱动装置的接口	114	7.3.2 功能指令	168
5.4 主轴驱动装置的选型	116	7.4 典型 PLC 系统	171
5.4.1 不同类型的主轴系统的特点 和适用范围	117	7.4.1 输入、输出接口与引脚定义	172
5.4.2 功率选择	118	7.4.2 原理	175
5.5 数控机床的主轴系统	118	7.5 数控机床 PLC 故障诊断	177
5.5.1 数控机床主传动系统的要求	118	7.5.1 数控机床 PLC 诊断故障的 一般方法	177
5.5.2 主轴的传动方式	119	7.5.2 PLC 程序对数控机床初始 故障的诊断	182
5.5.3 主轴换挡	120	7.6 习题与思考	184
5.5.4 主轴定向功能	121	第 8 章 数控综合实验台	185
5.5.5 主轴进给功能	123	8.1 实验及维护保管须知	185
5.6 习题与思考题	124	8.1.1 相关符号说明及安全注意事 项	185
第 6 章 数控机床系统参数	125	8.1.2 日常的维护与保管	186
6.1 概述	125	8.2 华中 HED-21S 型综合实验台的基本 组成部件	186
6.1.1 数控机床参数的分类	125	8.2.1 华中 HED-21S 型综合实验台 的组成	186
6.1.2 掌握数控机床参数的重要性	126	8.2.2 华中“世纪星”HNC-21 数 控装置的特点	187
6.1.3 备份参数、装入参数与批量 调试	126	8.2.3 输入/输出装置	188
6.2 常见数控系统的参数	128		

8.2.4 步进驱动单元.....	189	10.3.3 故障诊断的一般步骤.....	216
8.2.5 主轴变频单元.....	189	10.4 故障诊断的基本方法.....	220
8.2.6 交流伺服单元.....	189	10.4.1 维修遵循原则.....	220
8.2.7 十字工作台.....	190	10.4.2 常用的故障诊断方法.....	220
8.2.8 负载实验台.....	191	10.4.3 干扰及其预防.....	224
8.2.9 电动刀架.....	191	10.5 习题与思考题.....	225
8.2.10 电源.....	192	第 11 章 数控系统故障诊断与维修	
8.3 习题与思考.....	192	实例	226
第 9 章 数控机床的安装、调试与验收	193	11.1 电源类故障诊断与维修.....	226
9.1 数控机床的安装、调试.....	193	11.1.1 电源不能接通类故障.....	226
9.1.1 安装的环境要求.....	193	11.1.2 小结.....	229
9.1.2 安装调试步骤.....	193	11.2 系统类故障.....	230
9.2 数控机床的验收.....	196	11.2.1 系统显示类故障.....	230
9.2.1 床外观的检查.....	197	11.2.2 CNC 单元故障.....	233
9.2.2 机床几何精度的检查.....	197	11.3 运行类故障诊断及维修.....	235
9.2.3 机床定位精度的检查.....	198	11.3.1 手动操作类故障.....	235
9.2.4 机床切削精度的检查.....	198	11.3.2 自动运行的故障.....	237
9.2.5 机床性能及数控系统性能检查.....	198	11.3.3 急停报警类故障.....	238
9.3 习题与思考题.....	199	11.4 数控系统故障维修实例.....	240
第 10 章 数控机床维修、维护基础	200	11.4.1 电源类故障.....	240
10.1 数控机床维修、维护的基本要求.....	200	11.4.2 系统显示类故障.....	245
10.1.1 维修人员的要求.....	200	11.4.3 系统硬件故障.....	250
10.1.2 技术资料的要求.....	201	11.4.4 急停报警类故障.....	251
10.1.3 工具及备件的要求.....	202	11.4.5 其他原因引起的故障.....	254
10.1.4 数控机床的管理.....	204	11.5 习题与思考题.....	259
10.2 数控机床常见故障.....	210	第 12 章 数控机床进给系统故障诊断与维修	260
10.2.1 主机故障和电气故障.....	210	12.1 伺服驱动系统常见故障.....	260
10.2.2 系统性故障和随机故障.....	210	12.1.1 进给伺服常见报警.....	260
10.2.3 有显示故障和无显示故障.....	211	12.1.2 进给伺服驱动系统常见故障及处理.....	264
10.2.4 破坏性故障和非破坏性故障.....	212	12.1.3 进给伺服驱动系统日常维护.....	267
10.2.5 机床品质故障.....	212	12.2 步进电机常见问题.....	268
10.2.6 硬件故障和软件故障.....	212	12.2.1 步进电机常用术语.....	268
10.2.7 数控机床自身故障和数控机床外部故障.....	213	12.2.2 步进电机发热及处理对策.....	269
10.3 数控机床的故障诊断.....	213	12.2.3 步进电机常见故障及分析.....	270
10.3.1 故障诊断的基本内容.....	213	12.2.4 步进电机的选择.....	272
10.3.2 故障分析的基本方法.....	214	12.2.5 其他说明.....	273
		12.3 进给系统故障维修实例.....	273

12.4 习题与思考题.....	283	15.1.1 液压系统的安装、调试 与维护.....	325
第 13 章 主轴驱动系统的故障诊断 与维修	284	15.1.2 液压系统的故障分析与 排除.....	327
13.1 主轴驱动系统常见故障.....	284	15.2 常用液压回路故障维修.....	331
13.1.1 概述.....	284	15.3 气动系统故障维修.....	333
13.1.2 分类.....	284	15.3.1 气动系统的安装、调试与 维护.....	334
13.1.3 主轴驱动系统常见故障.....	285	15.3.2 气动系统的故障及维修.....	335
13.1.4 主轴驱动系统使用及维护... ..	287	15.3.3 常用气动回路故障维修.....	340
13.2 主轴伺服系统故障诊断.....	288	15.4 润滑系统的故障维修.....	340
13.2.1 主轴伺服系统故障形式.....	288	15.5 自动排屑装置的故障维修.....	341
13.2.2 主轴伺服系统常见故障.....	288	15.6 习题与思考题.....	342
13.3 主轴伺服系统故障维修实例.....	291	第 16 章 实验	343
13.4 习题与思考题.....	298	16.1 数控综合实验台部件了解与认识.....	343
第 14 章 机械部件的维修与调整	299	16.1.1 实验目的.....	343
14.1 数控机床的主传动系统.....	299	16.1.2 实验工具.....	343
14.1.1 数控机床主传动的特点.....	299	16.1.3 实验内容.....	343
14.1.2 数控机床主轴的变速方式... ..	299	16.2 数控综合实验台连接与调试.....	344
14.1.3 主轴部件.....	301	16.2.1 实验目的.....	344
14.2 数控机床进给运动传动部件.....	302	16.2.2 实验工具.....	345
14.2.1 滚珠丝杠螺母副.....	302	16.2.3 实验内容.....	345
14.2.2 传动齿轮间隙消除机构.....	304	16.3 数控系统参数设置与修改.....	348
14.2.3 回转进给坐标系统的典型 结构.....	307	16.3.1 实验目的.....	348
14.2.4 导轨.....	308	16.3.2 实验工具.....	348
14.3 数控机床的位置检测装置.....	309	16.3.3 参数介绍.....	348
14.3.1 检测装置的功用及分类.....	309	16.4 步进电机的调试与故障设置.....	355
14.3.2 直线型检测装置.....	310	16.4.1 实验目的.....	355
14.3.3 旋转型检测装置.....	311	16.4.2 实验工具.....	355
14.4 自动换刀装置.....	312	16.4.3 实验内容.....	355
14.4.1 自动换刀装置的形式.....	313	16.5 交流伺服系统调整及使用.....	360
14.4.2 刀具交换装置.....	313	16.5.1 实验目的.....	360
14.4.3 刀库.....	315	16.5.2 实验工具.....	360
14.5 常见故障及诊断.....	316	16.5.3 实验内容.....	360
14.5.1 滚珠丝杠副的常见故障及 排除方法.....	316	16.6 变频调速系统构成、调整及使用.....	365
14.5.2 机械部件产生的故障.....	316	16.6.1 实验目的.....	365
14.6 习题与思考题.....	324	16.6.2 实验工具.....	365
第 15 章 辅助控制装置的维修	325	16.6.3 实验内容.....	365
15.1 液压系统故障维修.....	325	16.7 标准 PLC 的修改与调试.....	370

16.7.1	实验目的.....	370	16.9.3	理论回顾.....	377
16.7.2	实验工具.....	370	16.9.4	对工作台的 Z 轴进行螺距 补偿实验.....	379
16.7.3	实验内容.....	370	16.10	全闭环的实现.....	382
16.8	数控编程及模拟.....	372	16.10.1	实验目的.....	382
16.8.1	实验目的.....	372	16.10.2	实验工具.....	382
16.8.2	实验工具.....	373	16.10.3	实验内容.....	382
16.8.3	实验内容.....	373	附录 A.....		385
16.9	数控机床位置精度测试与补偿.....	376	附录 B.....		394
16.9.1	实验目的.....	376	参考文献.....		396
16.9.2	实验工具.....	376			

第 1 章 数控机床的组成及常用元器件

1.1 数控机床工作原理及组成

1.1.1 数控技术与数控机床

数控技术，简称数控（Numerical Control, NC），是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法。由于现代数控都采用了计算机进行控制，因此，也可以称为计算机数控（Computerized Numerical Control, CNC）。

为了对机械运动及加工过程进行数字化信息控制，必须具备相应的硬件和软件。用来实现数字化信息控制的硬件和软件的整体称为数控系统（Numerical Control System），数控系统的核心是数控装置（Numerical Controller）。

采用数控技术进行控制的机床，称为数控机床（NC 机床）。它是一种综合应用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和机床设计等先进技术的典型机电一体化产品，是现代制造技术的基础。机床控制也是数控技术应用最早、最广泛的领域，因此，数控机床的水平代表了当前数控技术的性能和发展方向。

数控机床种类繁多，有钻铣镗床类、车削类、磨削类、电加工类、锻压类、激光加工类和其他特殊用途的专用数控机床等，凡是采用了数控技术进行控制的机床统称 NC 机床。带有自动刀具交换装置（Automatic Tool Changer, ATC）的数控机床（带有回转刀架的数控车床除外）称为加工中心（Machine Center, MC）。它通过刀具的自动交换，可以一次装夹完成多工序的加工，实现了工序的集中和工艺的复合，从而缩短了辅助加工时间，提高了机床的效率，减少了零件安装、定位次数，提高了加工精度，加工中心是目前数控机床中产量最大、应用最广的数控机床。

在加工中心的基础上，通过增加多工作台（托盘）自动交换装置（Auto Pallet Changer-APC）以及其他相关装置，组成的加工单元称为柔性加工单元（Flexible Manufacturing Cell, FMC）。FMC 不仅实现了工序的集中和工艺的复合，而且通过工作台（托盘）的自动交换和较完善的自动检测、监控功能，可以进行一定时间的无人化加工，从而进一步提高设备的加工效率。FMC 既是柔性制造系统的基础，又可以作为独立的自动化加工设备使用，因此其发展速度较快。

在 FMC 和加工中心的基础上，通过增加物流系统以及相关设备，并由中央控制系统进行集中、统一控制和管理，这样的制造系统称为柔性制造系统（Flexible Manufacturing System, FMS）。FMS 不仅可以进行长时间的无人化加工，而且可以实现多品种零件的全部加工或部件装配，实现了车间制造过程的自动化，它是一种高度自动化的先进制造系统。

我国虽然早在 1958 年就开始研制数控机床，但由于历史原因，一直没有取得实质性成果。20 世纪 70 年代初期，曾掀起研制数控机床的热潮，但当时是采用分立元件，性能不稳定，可靠性差。1980 年北京机床研究所引进日本 FANUC 数控系统，上海机床研究所引进美国 GE 公司的 MTC-1 数控系统。在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上，北京机

床研究所又开发出 BS03 经济型数控系统和 BS04 全功能数控系统，航天部 706 所研制出 MNC864 数控系统。20 世纪 90 年代末，华中数控自主开发出基于 PC-NC 的 HNC 数控系统，达到了国际先进水平，提高了我国数控机床在国际上的竞争力度。

据 1997 年不完全统计，全国共拥有数控机床 12 万台。目前，我国数控机床生产企业有 100 多家，年产量达到 1 万多台，品种满足率达 80% 以上。数控机床及其加工技术进入了实用阶段。

随着科学技术的发展，为了适应市场需求多变的形势，对现代制造业来说，不仅需要发展车间制造过程的自动化，而且要实现从市场预测、生产决策、产品设计、产品制造直到产品销售的全面自动化。将这些要求综合，构成完整的生产制造系统，称为计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System-CIMS)。CIMS 将一个工厂的生产、经营活动进行了有机的集成，实现了更高效益、更高柔性的智能化生产，是当今自动化制造技术发展的最高阶段。

1.1.2 数控机床的结构及组成

数控机床一般由数控装置 (CNC)、数控装置的辅助部件、输入输出设备、伺服单元、驱动装置 (或称执行机构)、可编程控制器 (PLC) 及电气控制装置、机床本体及测量装置组成。图 1-1 所示是数控机床的硬件构成。

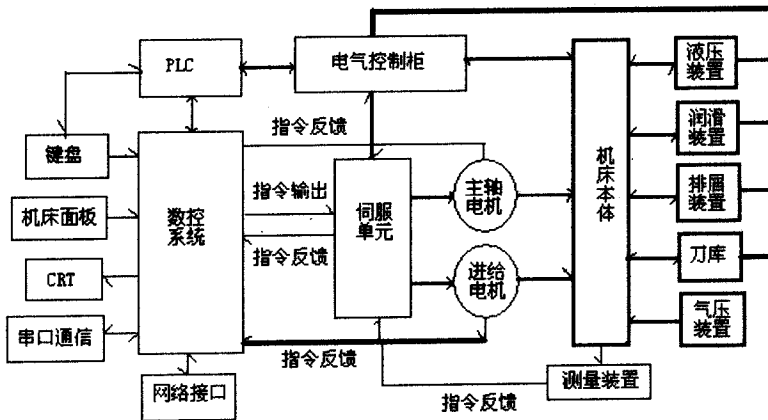


图 1-1 数控机床的硬件构成

1. 数控装置 (CNC 装置)

数控装置是计算机数控系统的核心，是由硬件和软件两部分组成的。它接受的是输入装置送来的脉冲信号，信号经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后，输出各种信号和指令，控制机床的各个部分，使其进行规定的有序动作。这种控制信号中最基本的信号是各个坐标轴 (即作进给运动的各执行部件) 的进给速度、进给方向和位移量指令 (送到伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动)，还有主轴的变速、换向和启停信号，选择和交换刀具的刀具指令信号，控制切削液、润滑液的启停、工件和机床部件松开、夹紧、分度工作和转位的辅助指令信号等。

数控装置主要包括微处理器 (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等。

(1) 操作面板

操作面板是操作人员与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，分为三大区域：显示区、NC 键盘区、机床控制面板区。图 1-2 所示是华中“世纪星”HNC-21 数控系统面板图。

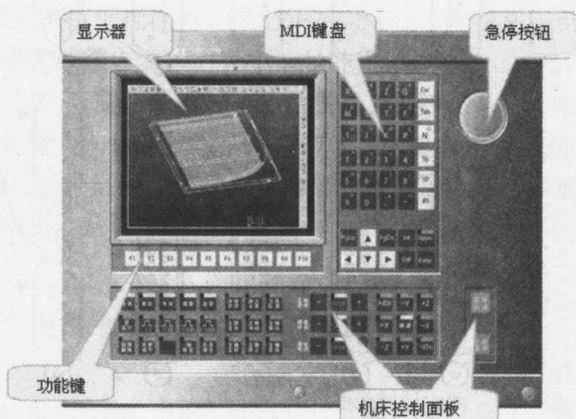


图 1-2 华中“世纪星”HNC-21 数控系统面板图

显示器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，显示信息也很有限，较高级的系统一般配有 CRT 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，高档的显示器能显示图形。

NC 键盘包括标准化的字母数字式 MDI 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。

机床操作面板（MCP）用于直接控制机床的动作或加工过程。一般主要包括：

- 急停方式选择
- 轴手动按键
- 速率修调
- 回参考点
- 手动进给
- 增量进给
- 手摇进给
- 自动进给
- 单段运行
- 超程解除
- 机床动作手动控制，如：冷却液启停、刀具松紧、主轴正反转、主轴停止等。

(2) 数控系统的接口

计算机数控装置的接口是数控装置与数控系统的功能部件（主轴模块、进给伺服模块、PLC 模块等）和机床进行信息传递、交换和控制的端口。计算机数控装置的接口在数控系统中占有重要的位置。不同功能模块与数控系统相连接，采用与其相应的输入输出接口。图 1-3 所示是“世纪星”HNC-21 的接口，图 1-4 所示是“世纪星”HNC-21 接口与其他部件的连接图。

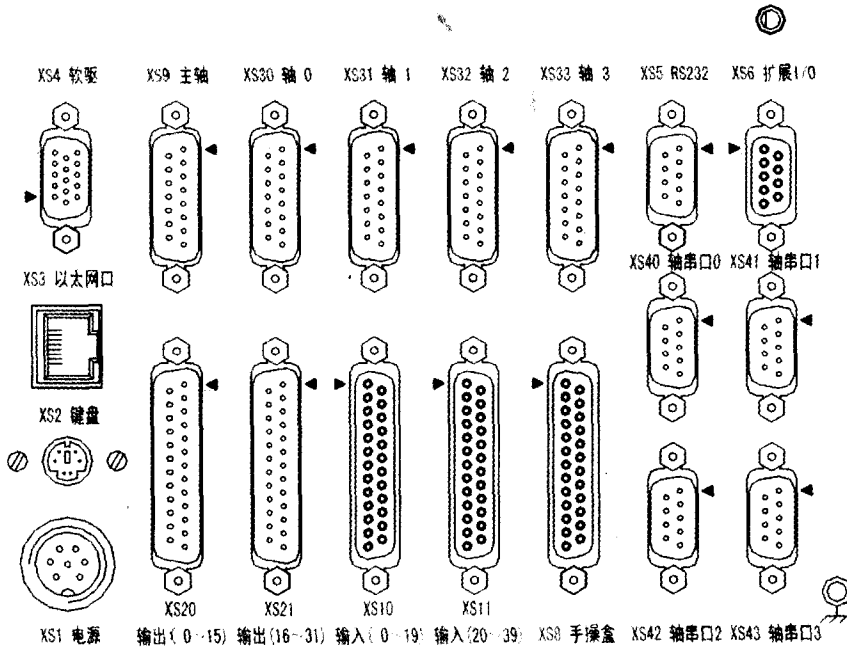


图 1-3 “世纪星” HNC-21 的接口

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 若使用驱动单元, 则 XS2、XS3、XS4、XS5 为软驱单元的转接口

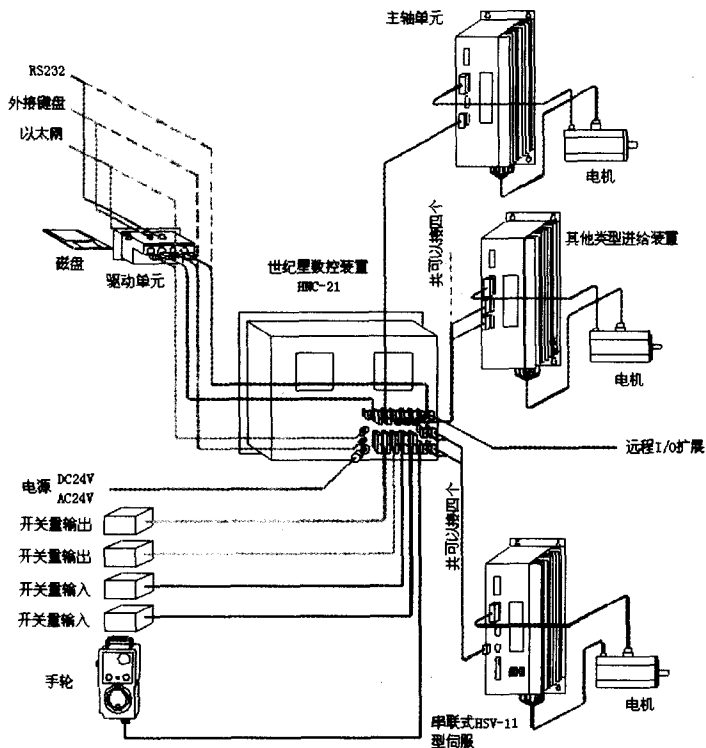


图 1-4 “世纪星” HNC-21 接口与其他部件的连接图

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,而要通过 I/O 接口电路连接,该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噪声而引起的误动作。这是因为接口采用光电耦合器件或继电器,避免了信号的直接连接。

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,若输入的是触点输入信号,需要消除振动。

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配电柜,从而控制机床主轴单元、刀库单元、液压单元、冷却单元等的继电器和接触器。

2. 数控装置的辅助部件

(1) 软驱单元

软驱单元提供软盘驱动器、RS232 接口、PC 键盘接口、以太网接口。需要通过转接线与 HNC-21 数控装置连接使用。图 1-5 所示是软驱单元接口,前视图接口用于和外部计算机连接,后视图接口用于和 HNC-21 连接。图 1-5 中各接口的引脚定义与图 1-3 中的同名接口相同。在软驱单元内部,已用电缆将 XS5 与 XS5'、XS2 与 XS2'、XS3 与 XS3' 之间的对应引角相连。

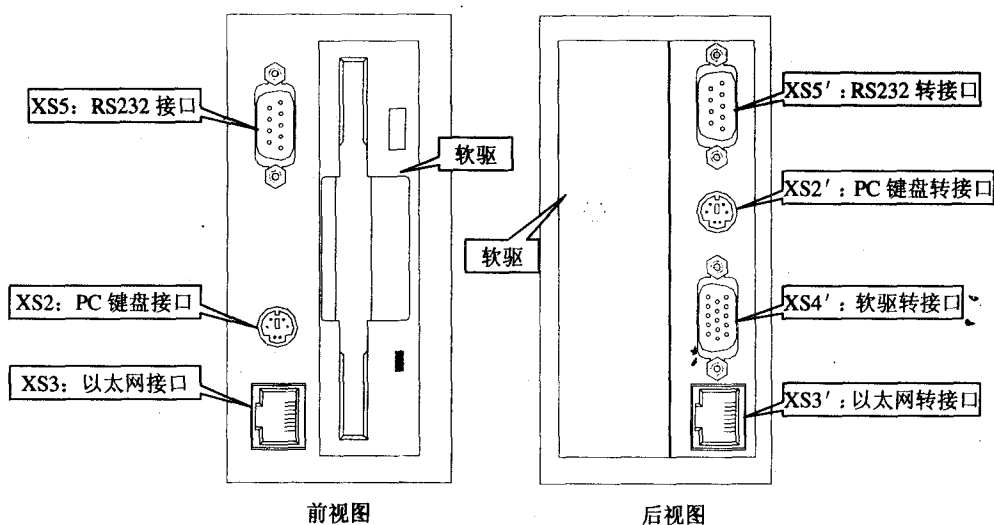


图 1-5 软驱单元接口

(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 (OFF、X、Y、Z、4)、倍率选择 ($\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$) 及手摇脉冲发生器。图 1-6 所示是手持单元接口。

手持单元仅有一个 DB25 的接口,手持接口插头连接到 HNC-21 数控装置的手持控制接口 XS8 上。



图 1-6 手持单元接口

3. 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的进给速度、进给方向和进给位移。因此伺服单元是数控装置和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。根据接收指令的不同，伺服单元有脉冲单元和模拟单元之分。伺服单元就其系统而言，又有开环系统、半闭环系统和闭环系统之分，其工作原理也有差别。

常用的伺服驱动单元简介如下。

(1) 步进驱动单元

深圳雷塞 M535 步进驱动器是细分型高性能步进驱动器，适合驱动任何两相或四相中小型混合式步进电机。电流控制采用先进的双极性等角度恒力矩技术，每秒钟两万次暂波频率。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。

(2) 交流伺服驱动单元

SANYO Q 系列的 QS1A01AA0M601P00 交流伺服驱动器，提供位置控制、速度控制、转矩控制三种控制方式（需要设置交流伺服参数，并修改相应连线）。QS1A01AA0M601P00 交流伺服驱动器额定输入电压为三相交流 220V，输入电流为 2.5A，输出电流为 2.2A。

(3) 变频主轴单元

日立 SJ100-007HFE 主轴变频器采用正弦波脉宽调制 (PWM) 控制，额定容量 1.9kVA，额定输入电压为三相交流 380V，额定输入电流为 2.5A，输出频率范围为 1~360Hz，适用电机容量为 0.75kW。

4. 驱动装置

驱动装置将伺服单元的输出变为机械运动，它与伺服单元一起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，通过几个坐标轴的联动，使刀具相对于工件产生各种复杂的机械运动，加工出形状、尺寸和精度符合要求的零件。与伺