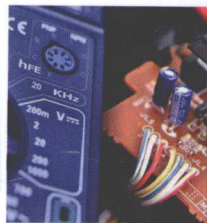


数控机床 故障诊断与维修 实用手册

◎ 李金伴 汪光远 陆一心 杨建新 编

Shukong Jichuang Guzhang Zhenduan
Yu Weixiu Shiyong Shouce



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

013043603

数控机床故障诊断与维修 实 用 手 册

李金伴 汪光
陆一心 杨建

TG659-62
17



北航

C1651792

机械工业出版社

TG659-62
17

808840810

本手册以数控机床的故障诊断与维修为目的,介绍了最为常见的 FANUC、SIEMENS、广州数控设备有限公司的数控系统、华中“世纪星”系列数控系统。从数控机床常见故障诊断与维修的角度出发,介绍了数控机床的维修基础知识、数控系统、进给伺服驱动系统、主轴驱动系统、检测系统、数控机床可编程序控制器、数控机床接口、数控机床强电的故障诊断与维修等内容。深入浅出地阐明了数控机床故障诊断的理论依据,系统地讲述了故障诊断与维修的基本方法和步骤,通过实例具体详细地介绍了故障的诊断与分析处理过程。

本手册可以作为从事数控机床使用与维修的高级工、技师、高级技师、工程师以及工程技术人员工具书,也可以作为大专院校数控专业师生及有关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维修实用手册/李金伴等编.
—北京:机械工业出版社,2013.6
ISBN 978-7-111-41894-8

I. ①数… II. ①李… III. ①数控机床-故障诊断-技术手册②数控机床-维修-技术手册 IV. ①TG659-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 054934 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:马晋 责任编辑:马晋 邓振飞

版式设计:潘蕊 责任校对:张媛

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

130mm × 184mm · 17 印张 · 503 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-41894-8

定价:39.80 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

数控技术的发展日新月异,尤其是以计算机、信息技术为代表的高新技术的发展,使制造技术的内涵和外延发生了革命性的变化,传统制造技术不断吸收信息、材料、能源及管理等领域现代成果,综合应用于数控技术的产品设计、制造、检测、生产管理和售后服务。在生产技术和生产模式等方面,许多新的思想和概念不断涌现,而且,不同学科之间相互渗透、交叉融合,衍生出新的研究领域,迅速改变着传统制造业的面貌。

数控技术已成为当代国际间科技竞争的重点。数控技术对现代制造业的影响是多方面的和重大的,制造业是各种产业的支柱工业,数控技术和数控装备是制造工业现代化的重要基础,直接影响到一个国家的经济发展和综合国力,关系到一个国家的战略地位。发展数控技术和数控机床是当前制造工业技术改造、技术更新的必由之路。

随着数控机床应用的普及,对数控机床的有效利用率要求越来越高,一方面要求数控机床的可靠性要高,另一方面数控机床出现故障后要尽快排除。所以要求数控机床的维修人员不但要有扎实的理论知识,快速发现问题、解决问题的能力,和丰富的实际经验,而且还要有足够的数据库、资料、和图样。为了适应数控机床的故障诊断与维修需要,我们特编写了此手册。

本手册以数控机床的故障诊断与维修为目的,介绍最为常见的FANUC、SIEMENS、广州数控设备有限公司的数控系统、华中“世纪星”系列数控系统,从数控机床常见故障诊断与维修的角度出发,介绍了数控机床的维修基础知识、数控系统、进给伺服驱动系统、主轴驱动系统、检测系统、数控机床可编程序控制器、数控机床接口、数控机床强电的故障诊断与维修等内容。深入浅出地阐明了数控机床故障诊断的理论依据,系统地讲述了故障诊断与维修的基本方法和步骤,通过实例具体详细地介绍了故障的诊断与分析处理过程。

本手册以图表数据为主,突出实用便查的特点;在介绍故障诊断与维修内容时,采用流程图的形式,更易于读者理清思路,掌握操作步骤。

本手册可以作为从事数控机床使用与维修的高级工、技师、高级技师、工程师以及工程技术人员的工具书,也可以作为大中专院校数控专业师生及有关技术人员的参考用书。

本手册由李金伴、汪光远、杨建新、陆一心编写,全书由李金伴统稿,由张建生、王善斌教授担任主审。另外,李捷辉和罗信玉也为本手册的编写做了很多工作,特对他们表示感谢。本书在编写过程中参考了相关书籍和资料,在此对这些书籍和资料的作者表示衷心感谢!限于编者的水平和经验,书中难免会有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 数控机床的组成和分类	1
1.1 数控机床的组成	1
1.2 常见的数控机床分类方法和驱动控制方法	5
1.3 数控机床的适用范围和特点	10
1.3.1 数控机床的适用范围	10
1.3.2 数控机床的特点	11
第 2 章 数控机床的安装、调试及验收	17
2.1 数控机床的開箱檢驗和外观检查	17
2.1.1 開箱檢驗	17
2.1.2 外观检查	17
2.2 数控机床的安装与调试	18
2.2.1 数控机床的初就位和组装	18
2.2.2 数控系统的连接	18
2.2.3 电源检查	19
2.2.4 参数的设定和确认	20
2.2.5 数控机床通电试运行	22
2.2.6 数控机床试运行	23
2.2.7 数控机床安装后的开机调试	23
2.3 数控机床的验收	28
2.3.1 机床性能及数控功能的验收	29
2.3.2 数控机床精度的验收	30
2.4 数控机床的可靠性、可维护性	42
2.4.1 数控机床的可靠性	42
2.4.2 数控机床的可维护性	44
第 3 章 典型的数控系统	52

3.1	概述	52
3.2	日本数控系统	53
3.3	德国 SIEMENS 数控系统	65
3.4	美国数控系统	73
3.5	广州数控设备有限公司数控系统	77
3.6	华中数控系统	106
第4章	数控机床机械机构的故障诊断与维修	119
4.1	数控机床主运动系统的故障诊断与维修	122
4.1.1	主轴部件的维护	123
4.1.2	主传动链的故障诊断与维修	123
4.2	数控机床进给运动系统的故障诊断与维修	129
4.2.1	滚珠丝杠螺母副的故障诊断与维修	129
4.2.2	数控机床振动与爬行问题	132
4.2.3	数控机床进给伺服系统的故障诊断与维修	133
4.3	数控机床刀具自动交换装置 (ATC) 及工作台自动 交换装置 (APC) 的故障诊断与维修	137
4.3.1	刀库及换刀机械手的维护	137
4.3.2	刀架、刀库及换刀装置的故障诊断与维修	138
4.4	数控机床工作台与导轨副的故障诊断与维修	141
4.4.1	回转工作台的常见故障与维修	141
4.4.2	导轨的常见故障与维修	143
4.5	数控机床尾座与卡盘的故障诊断与维修	144
4.5.1	尾座的常见故障与维修	144
4.5.2	卡盘的常见故障与维修	145
第5章	数控机床液压与气动装置的故障诊断与维修	147
5.1	数控机床液压系统的维护	147
5.2	数控机床液压系统的点检	148
5.3	数控机床液压系统的故障诊断与维修	149
5.4	数控机床气动系统的故障诊断与维修	157
5.4.1	数控机床气动系统的维护	157
5.4.2	数控机床气动系统的点检与定检	158

5.5 数控机床润滑系统的故障诊断与维修	159
第6章 数控装置的故障诊断与维修	164
6.1 数控装置故障的规律及诊断流程	164
6.2 硬件故障诊断与维修	165
6.2.1 硬件故障检测	165
6.2.2 硬件故障的诊断与维修实例	166
6.3 软件故障诊断与维修	179
6.3.1 软件故障发生的原因	179
6.3.2 软件故障的排除方法	180
6.3.3 法国 NUM 数控装置的故障诊断与维修	181
6.3.4 美国 ACRAM ATIC 数控装置的故障诊断与维修	189
6.4 FANUC 系统的典型故障诊断与维修	197
6.4.1 根据报警显示的故障及处理方法	197
6.4.2 无报警显示的故障及处理方法	197
6.4.3 FANUC 0 典型数控装置的故障诊断与维修	211
6.5 SIEMENS 系统的故障诊断与维修	220
6.5.1 根据报警显示的常见故障诊断与维修	220
6.5.2 无报警显示的故障诊断与维修	225
6.5.3 SIEMENS 典型数控装置的故障诊断与维修	226
第7章 数控机床进给驱动系统的故障诊断与维修	257
7.1 数控机床进给系统的类型特点	257
7.2 数控机床进给伺服系统的故障诊断与维修	257
7.2.1 STEPDRIVE C/C + 进给伺服系统的结构与特点	257
7.2.2 STEPDRIVE C/C + 进给伺服系统的调整与维修	258
7.2.3 步进系统的常见故障诊断与维修	260
7.3 FANUC 进给伺服系统的故障诊断与维修	269
7.3.1 FANUC 进给伺服系统的简单分类及特点	269
7.3.2 FANUC 进给伺服系统的常见共性故障诊断与维修	272
第8章 数控机床的强电控制及其故障诊断与维修	302
8.1 数控机床电器类别及其作用	302

8.2	数控机床电路工作原理分析	305
8.3	数控机床常用电器故障诊断与维修	311
8.3.1	数控机床的熔断器熔断机理及其故障诊断与维修	311
8.3.2	数控机床中开关失效与实例分析	312
8.3.3	数控机床中空气断路器故障诊断与维修	314
8.3.4	数控机床中继电器、接触器、执行电器常见故障 诊断与维修	316
8.3.5	数控机床中电器故障诊断与维修	326
8.4	数控机床电源故障诊断与维修	330
8.5	PLC 在数控机床控制中的应用和故障的诊断方法	346
8.5.1	可编程序控制器分类	346
8.5.2	PLC 界面显示	347
8.5.3	PLC 在数控机床中的配置	350
8.5.4	可编程序控制器与外部的信息交换	351
8.5.5	PLC 在数控机床中实现 M 控制功能的实例	352
8.5.6	PLC 在数控机床上实现 M 功能的控制	355
8.5.7	PLC 在数控机床上实现 T 功能的控制	359
8.5.8	PLC 常见故障诊断与实例	365
第9章	数控机床主轴控制系统及其故障诊断与维修	377
9.1	数控机床直流主轴控制系统与常见故障	377
9.1.1	数控机床直流主轴控制系统的构成特点	377
9.1.2	数控机床直流主轴控制系统的常见故障	379
9.2	数控机床交流主轴控制系统与常见故障	386
9.2.1	数控机床交流主轴控制系统的构成特点	386
9.2.2	数控机床交流主轴控制系统的常见故障	388
9.3	FANUC 主轴伺服系统的常见共性故障诊断与维修	398
9.3.1	直流晶闸管主轴伺服单元	398
9.3.2	交流模拟主轴驱动单元	398
9.3.3	交流数字主轴驱动单元	398
9.3.4	α 系列电源模块 PSM 单元	398
9.3.5	α 系列电源模块 PSMR 单元	398

9.3.6	α 系列主轴模块 SPM 单元	398
9.4	SIEMENS 伺服系统的故障诊断与维修	426
9.4.1	6RA26 系列直流伺服系统	427
9.4.2	6SC610 系列模拟交流伺服系统	433
9.4.3	611A 系列模拟交流伺服驱动系统	438
9.4.4	611U/Ue 系列数字式交流伺服驱动系统	444
第 10 章	典型数控机床的故障诊断与排除实例	453
10.1	数控车床故障诊断与维修实例	453
10.1.1	CNC 系统	453
10.1.2	伺服系统	460
10.1.3	主轴系统	466
10.1.4	刀架系统	474
10.1.5	尺寸及外设	480
10.2	数控铣床故障诊断与维修实例	486
10.2.1	CNC 系统	486
10.2.2	伺服系统	489
10.2.3	主轴系统	494
10.2.4	辅助部件	497
10.3	加工中心故障诊断与维修实例	498
10.3.1	CNC 系统	498
10.3.2	伺服系统	501
10.3.3	工作台	507
10.3.4	刀库机械手	515
10.4	电火花线切割机床故障诊断与维修实例	522
参考文献		531

第1章 数控机床的组成和分类

1.1 数控机床的组成

数控机床是由机床、数控系统、外围技术三部分组成，如图 1-1 所示。

数控机床是由普通机床发展而来的，它采用计算机数字控制方式，其各个坐标方向的运动均采用单独的伺服电动机驱动，取代了普通机床上联系各坐标方向运动的复杂齿轮传动链。数控机床的结构框图如图 1-2 所示，它是由 X 、 Y 、 Z 三个坐标来实现刀具和工件间的相对运动的立式数控铣床。数控机床由信息输入、信息运算及控制、伺服驱动系统和位置检测反馈、机床本体、机电接口五大部分组成。

(1) 信息输入 这一部分是数控机床的信息输入通道，加工零件的程序和各种参数、数据通过输入设备送进计算机系统（数控装置）。早期的输入介质为穿孔纸带、磁带，目前较多采用软盘；在生产现场，特别是一些简单的零件程序都采用手动数据输入（MDI）方式；手摇脉冲发生器输入都是在调整机床和对刀时使用；也可以通过通信接口，由上位机输入数控系统。

(2) 信息运算及控制 数控装置是由中央处理单元（CPU）、存储器、总线和相应的软件构成的专用计算机，它接收到输入信息后，经过译码、轨迹计算（速度计算）、插补运算和补偿计算，再给各个坐标的伺服驱动系统分配速度、位移指令。这一部分是数控机床的核心。整个数控机床的功能强弱主要由这一部分决定。它具备的主要功能如下：

- 1) 多轴联动、多坐标控制。
- 2) 实现多种函数的插补（直线、圆弧、抛物线、螺旋线、极坐标、样条等）。

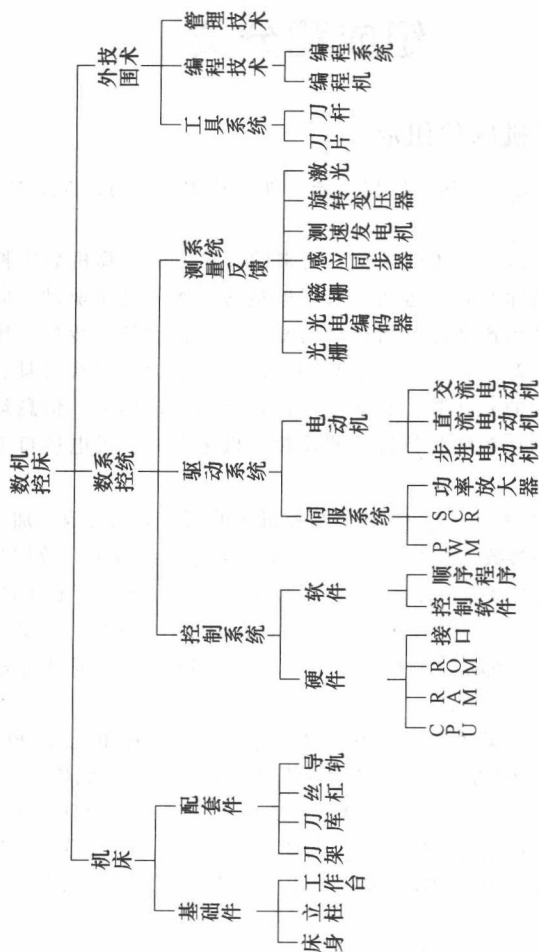


图 1-1 数控机床的组成图

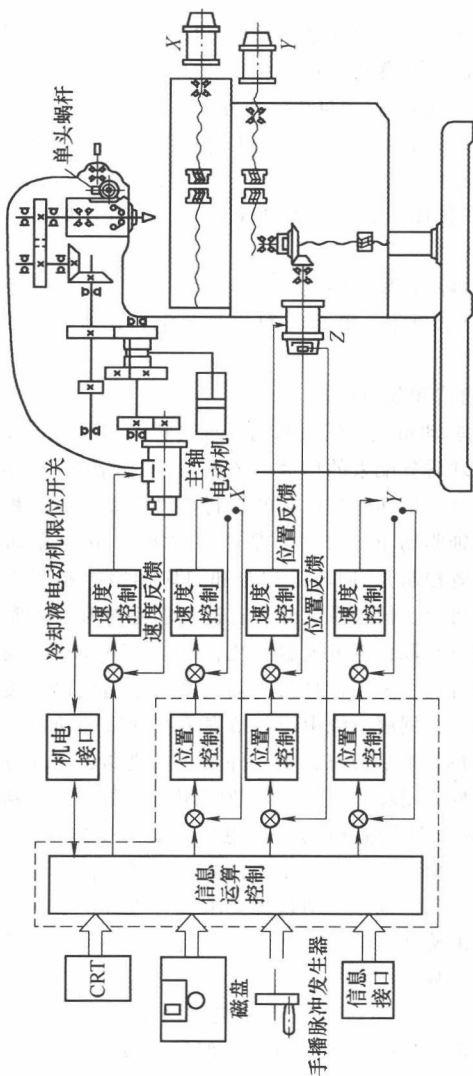


图 1-2 数控机床的结构框图

3) 具有多种程序输入功能 (人机对话、手动数据输入、由上级计算机及其他输入设备的程序输入), 以及编辑和修改功能。

4) 具有信息转换功能: 包括 EIA/ISO 代码转换, 米制/英制转换、坐标转换、绝对值/增量值转换等。

5) 具有补偿功能: 刀具半径补偿、刀具长度补偿、传动间隙补偿、螺距误差补偿等。

6) 具有多种加工方式: 各种循环加工、重复加工、凸凹模加工和镜像加工等。

7) 具有故障自诊断功能。

8) 具有显示功能: 用 CRT 可以显示字符、轨迹、平面图形和动态三维图形。

9) 具有通信和联网功能。

(3) 伺服驱动系统 伺服驱动系统又称为伺服驱动装置, 它接受计算机运算处理后分配来的信号。该信号经过调解、转换、放大后去驱动伺服电动机, 带动数控机床的执行部件运动。数控机床的伺服驱动装置分为主轴驱动单元 (主要是速度控制)、进给驱动单元 (包括速度控制和位置控制)、回转工作台和刀库伺服控制装置以及它们相应的伺服电动机等。伺服系统分为直流伺服系统和交流伺服系统, 而交流伺服系统正在取代直流伺服系统; 以步进电动机驱动的伺服系统在某些具体场合仍可采用; 直线电动机系统是适应高速度、高精度的一种伺服机构。在伺服系统中还包括安装在伺服电动机上 (或机床的执行部件上) 的速度、位移检测元件及相应电路, 该部分能及时将信息反馈回来, 构成闭环控制 (交流数字闭环控制中还包括电流检测反馈)。常用的检测装置是由测速发电机、旋转变压器、脉冲编码器、感应同步器、光栅、磁性检测元件、霍尔检测元件等组成的系统。一般来说, 数控机床的伺服驱动系统要求具有很好的快速响应性能, 以及能够灵敏而准确地跟踪指令的功能。所以, 伺服驱动及检测反馈是数控机床的关键环节。

(4) 主机 (机床本体) 数控机床的主机包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和基础部件, 如床身、底座、立柱、床鞍、工作台 (刀架)、导轨等。数控机床与普通机床不同, 它的主运

动、各个坐标轴的进给运动都由单独的伺服电动机（无级变速）驱动，所以它的传动链短、结构比较简单。普通机床上各个传动链之间有复杂的齿轮联系，在数控机床改由计算机来协调控制各个坐标轴之间的运动关系。为了保证数控机床的快速响应特性，在数控机床普遍采用精密滚珠丝杠和直线滚动导轨副。为了保证数控机床的高精度、高效率和高自动化加工，机床的机械结构应具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及抗热变形性能。在加工中心上还具备有刀库和自动交换刀具的机械手，同时还有一些配套设施，如切削液系统、自动排屑系统、防护系统、润滑系统、编程机和对刀仪等。

(5) 机电接口 数控机床除了点位、轨迹控制功能采用数字控制外，还有许多其他的功能也是由数字控制的，如主轴的起停，刀具的更换，工件的夹紧松开，各种辅助交流电动机的起停，电磁铁的吸合、释放，离合器的开、合，电磁阀的打开与关闭等。它们的动力是由电源变压器、控制变压器，各种断路器、保护开关、接触器、功率断路器及熔断器等组成的强电路提供的，而这种强电路是不能与低压下工作的控制电路或弱电线路直接连接的，只能通过断路器、热动开关、中间继电器等转换成直流低压下工作的开关量控制信息，成为继电器逻辑电路或 PLC 可接收的信号。其他还有为了保证人身和设备安全，或者为了操作、为了兼容性所必需的如急停、进给保持、循环起动、NC 准备好、行程限位、JOG 命令（手动连续进给）、NC 报警、程序停止、复位、M 信号、S 信号、T 信号等信号也需由 PLC 来传送。这些动作都按机床工作的逻辑顺序由 PLC 来完成。PLC 控制的虽是动作的先后逻辑顺序，但它处理的是数字信息 0 和 1，不管是由 PLC 本身所带的 CPU、还是由数控装置内的 CPU 来处理这些信息，数控机床的计算机都能将数字控制信息和开关控制信息很好地协调起来，实现机床正常的运转和工作。

1.2 常见的数控机床分类方法和驱动控制方法

在数控机床的发展进程中，人们从不同的角度对常用数控机床分类、评价，以便充分发挥数控机床的作用。目前常见的数控机床的分类和驱动控制方法见表 1-1。

表 1-1 常见的数控机床的分类和驱动控制方法

分类方式	常见的数控机床		驱动控制方法
按加工工艺及机床用途分类	金属切削类数控机床	采用车、铣、铰、钻、磨、刨等各种切削工艺的数控机床。它又可被分为： ①普通型数控机床。如数控车床、数控铣床、数控磨床等 ②加工中心。其主要特点是具有装备自动换刀机构的刀具库，工件经一次装夹后，通过自动更换各种刀具，在同一台机床上对工件各加工面连续进行车、铣、铰、钻、攻螺纹等多种工序的加工，如加工中心、车削中心、钻削中心等	① 步进驱动控制 ② 直流伺服驱动控制 ③ 交流伺服驱动控制
	金属成型类数控机床	采用挤、冲、压、拉等成型工艺的数控机床，常用的有数控压力机、数控折弯机、数控弯管机、数控旋压机等	
	特种加工类数控机床	主要有数控电火花线切割机、数控电火花成形机、数控火焰切割机、数控激光加工机等	
	测量、绘图类数控机床	主要有三坐标测量仪、数控对刀仪、数控绘图仪等	
按数控系统的功能水平分类	低档数控机床	装备经济型数控系统，主要用于车床、线切割机床以及旧机床改造等，低档数控机床的精度为 $10\mu\text{m}$ ，进给速度为 $8 \sim 15\text{m/min}$	步进驱动控制
	中档数控机床	装备全功能数控或标准型数控系统，中档数控机床的精度为 $1\mu\text{m}$ ，进给速度为 $15 \sim 24\text{m/min}$	① 步进驱动控制 ② 直流伺服驱动控制 ③ 交流伺服驱动控制
	高档数控机床	高档数控机床的精度为 $0.1\mu\text{m}$ 或更小，进给速度为 $24 \sim 100\text{m/min}$ ，或更高	

(续)

分类方式	常见的数控机床		驱动控制方法
按伺服控制的方式分类	开环控制数控机床	这类机床的进给伺服驱动是开环的,即没有检测反馈装置,一般它的驱动电动机为步进电动机,步进电动机的主要特征是控制电路每变换一次指令脉冲信号,电动机就转动一个步距角,并且电动机本身就有自锁能力	步进驱动控制
	半闭环控制数控机床	半闭环控制方式是在工作台上装有直线位移测量元件实现全闭环修正,以获得高速度与高精度的统一	① 步进驱动控制 ② 直流伺服驱动控制
	闭环控制数控机床	这类数控机床的进给伺服驱动是按闭环反馈控制方式工作的,其驱动电动机可采用直流或交流两种伺服电动机	③ 交流伺服驱动控制
按机床运动的控制轨迹分类	点位控制数控机床	点位控制只要求控制机床的移动部件从一点移动到另一点的准确定位,对于点与点之间的运动轨迹的要求并不严格,在移动过程中不进行加工,各坐标轴之间的运动是不相关的,如数控钻床、数控坐标镗床、数控压力机、数控焊机和数控弯管机等	① 步进驱动控制 ② 直流伺服驱动控制
	直线控制数控机床	直线控制数控机床也称为平行控制数控机床,其特点是除了控制点与点之间的准确定位外,还要控制两相关点之间的移动速度和路线(轨迹),这类数控机床主要有比较简单的数控车床、数控铣床、数控磨床等	③ 交流伺服驱动控制