



国家示范性高职高专教改特色教材

主 编 华小红 李强伟

副主编 杨海霞 许允立

数控编程技术 与加工仿真

SHUKONG BIANCHENG JISHU
YU JIAGONG FANGZHEN

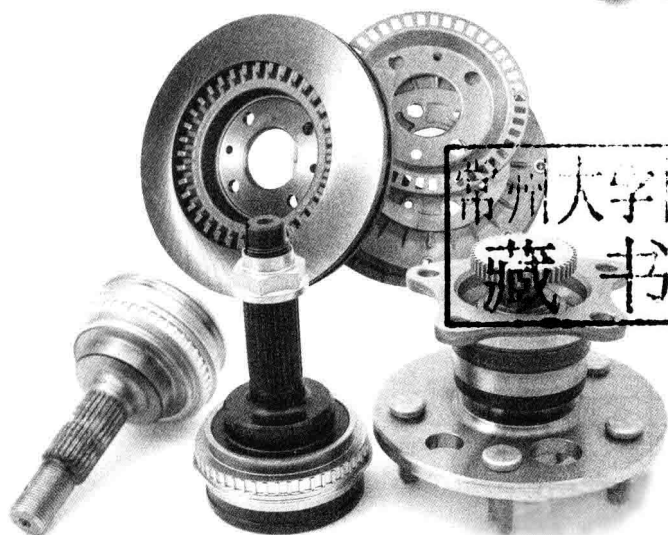


江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS



国家示范性高职高专教改特色教材

数控编程技术 与加工仿真



常州大学图书馆
藏书章

主 编 华小红 李强伟
副主编 杨海霞 许尤立



江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

数控编程技术与加工仿真/华小红,李强伟主编

. —镇江: 江苏大学出版社, 2012. 2

ISBN 978-7-81130-302-5

I. ①数… II. ①华…②李… III. ①数控机床—程序设计—高等职业教育—教材②数控机床—加工—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 015819 号

数控编程技术与加工仿真

主 编/华小红 李强伟

责任编辑/张静文 陈持平 张文涛

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84440890

传 真/0511-84446464

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/扬中市印刷有限公司

经 销/江苏省新华书店

开 本/787 mm×1 092 mm 1/16

印 张/12.25

字 数/250 千字

版 次/2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-302-5

定 价/28.00 元

如有印装质量问题请与本社发行部联系(电话:0511-84440882)



前 言

数控技术是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物。它的出现及所带来的巨大效益,已引起了世界各国科技与工业界的普遍重视。目前,随着国内数控机床用量的剧增,急需培养一大批掌握数控机床编程、操作和维护的应用型高级人才。实际生产中,数控车床和数控铣床(加工中心)是应用最多的数控机床,FANUC(发那科)、SINUMERIK(西门子)是目前国内应用最多、最典型的数控系统。

本书编写坚持“工学结合”理念,紧密联系生产实际,架构设置从工作过程的具体环节展开,包括理论知识、操作步骤、操作要领以及注意事项等内容,其目的是将理论知识与实践技能进行有机的整合,一方面激发学生的学习兴趣,另一方面使学习更有针对性。项目实例是根据职业岗位工作领域、工作过程、工作任务和职业标准所涉及的典型零件数控加工编程选取的,大多数来源于生产实践,具有示范性,有利于培养学生的职业能力。

全书共15章,由苏州工业园区职业技术学院华小红和苏州大学李强伟共同担任主编,常州纺织职业技术学院杨海霞和苏州工业园区职业技术学院许尤立担任副主编。参加编写的还有苏州工业园区职业技术学院孙重阳,苏州工业职业技术学院李有智、殷铭,芜湖职业技术学院于长有以及昆山广播电视大学刘红梅。全书由苏州工业园区职业技术学院华小红统稿。本书的编著者既有教师,又有数控加工技师或考评员,同时还有多次担任江苏省数控技能大赛的导师和直接参与者。本书的特色是从理论到实践,循序渐进、步步深入;图表结合、简明扼要、符合规范。本书编写参阅了有关教材、资料和文献:《数控编程与操作技能实训教程》、《数控加工编程与操作》、《数控加工工艺规划》、《数控加工编程及操作》、《数控机床编程与操作》、《数控技术》、《数控机床加工工艺、编程及操作实训》;同时江苏大学出版社也给予了热情的帮助和支持,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中错误与不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2012年1月

目 录

第 1 章 数控技术概述 001

- 1.1 数控技术的基本概念和数控加工的特点 001
- 1.2 数控机床的组成与分类 005
- 1.3 数控机床的发展趋势 010

第 2 章 数控加工工艺 014

- 2.1 数控加工工艺 014
- 2.2 数控车削加工工艺 016
- 2.3 数控铣削(加工中心)加工工艺 018
- 2.4 数控工艺设计常见问题分析方法 025

第 3 章 数控编程基础 026

- 3.1 数控机床坐标系的确定 026
- 3.2 数控机床编程基础 028

第 4 章 数控车削系统界面与模拟软件的基本操作 034

- 4.1 数控车床系统界面介绍 034
- 4.2 数控车削系统的基本操作 040

第 5 章 数控车削轴类零件的编程 060

- 5.1 加工对象及任务 060
- 5.2 任务技术准备 060
- 5.3 任务实施 067
- 5.4 质量评价 070
- 巩固与拓展 070

第 6 章 数控车削盘类零件的编程 071

- 6.1 加工对象及任务 071
- 6.2 任务技术准备 071
- 6.3 任务实施 073



6.4 质量评价 076

巩固与拓展 076

第7章 数控车削仿型类零件的编程 077

7.1 加工对象及任务 077

7.2 任务技术准备 078

7.3 任务实施 080

7.4 质量评价 083

巩固与拓展 083

第8章 数控车削孔类和槽类零件的编程 084

8.1 加工对象及任务 084

8.2 任务技术准备 084

8.3 加工实施 087

8.4 质量评价 091

巩固与拓展 091

第9章 数控车削螺纹类零件的编程 093

9.1 加工对象及任务 093

9.2 任务技术准备 093

9.3 任务实施 099

9.4 质量评价 102

巩固与拓展 103

第10章 数控车削综合类零件的编程 104

10.1 加工对象及任务 104

10.2 任务技术准备 105

10.3 任务实施 108

10.4 质量评价 114

巩固与拓展 115

第11章 数控铣削系统界面与仿真的基本操作 116

11.1 数控铣削系统界面介绍 116

11.2 数控铣削系统的基本操作 125

第12章 数控铣削简单轮廓零件的编程 142

12.1 加工对象及任务 142

12.2 任务技术准备 143



12.3	任务实施	146
12.4	质量评价	149
	巩固与拓展	150
第 13 章 数控铣削型腔和槽类零件的编程 151		
13.1	加工对象及任务	151
13.2	任务技术准备	152
13.3	任务实施	157
13.4	质量评价	161
	巩固与拓展	162
第 14 章 数控钻削孔类零件的编程 163		
14.1	加工对象及任务	163
14.2	任务技术准备	164
14.3	任务实施	172
14.4	质量评价	177
第 15 章 数控铣削综合特征零件的编程 178		
15.1	加工对象及任务	178
15.2	任务技术准备	179
15.3	任务实施	182
15.4	质量评价	186
	巩固与拓展	187



第1章 数控技术概述

【学习目标】

1. 掌握数控机床的组成、工作原理、分类及工作过程。
2. 能够识别不同类型的数控机床。
3. 掌握与数控技术有关的基本概念和数控加工的特点。
4. 了解数控机床的发展历史及其发展趋势。

数控机床是一种以数字量作为指令信息形式,通过数字逻辑电路或计算机控制的机床。它综合运用了机械、微电子、自动控制、信息、传感测试、电力电子、计算机、接口和软件编程等多种现代技术,是典型的机电一体化产品。

数控机床具有适应性强、效率高、精度高、精度保持性好等特点,这些优点和数控机床自身的工作原理与结构是分不开的。本章将逐一介绍数控机床的特点并分析其原因。

1.1 数控技术的基本概念和数控加工的特点

1.1.1 数控技术的基本概念

数字控制简称数控(NC),是一种借助于数字化信息(数字、字符或其他符号)对某一工作过程(如加工、测量、装配等)进行编程控制的自动化方法。通常使用专门的计算机(或单片机)和机器设备按照使用者(或生产厂家)预先编写的程序进行工作。

数控技术(Numerical Control Technology)是采用数字控制的方法对某一工作过程实现自动控制的技术。

数控系统(Numerical Control System)是实现数字控制的装置,它是数字控制技术的物理实体体现,由硬件和软件两部分组成。

数控机床(Numerical Control Machine)是采用数字控制技术对工件的加工过程进行自动控制的一类机床。利用数控机床加工时,首先将机械加工过程中的各种控制信息(刀具、切削用量、主轴转速、加工轨迹等)用相应的代码数字化,然后把数字化的信息输入数控装置(数控系统的核心部分),经运算处理后再由数控装置发出各种控制信号,以控制机床的动作,按图纸要求的形状和尺寸,自动地加工零件。

总之,数控机床是数字控制技术与机床相结合的产物,从狭义的方面看,数控一词就是“数控机床”的代名词,从广义的范围来看,数控技术本身在其他行业中有更广泛的应



用,称为广义“数字控制”。数控机床就是将加工过程的各种机床动作,由数字化的代码表示,通过某种载体将信息输入数控系统,控制计算机对输入的数据进行处理,然后控制机床的伺服系统或其他执行元件,使机床加工出所需要的工件,其过程如图 1-1 所示。

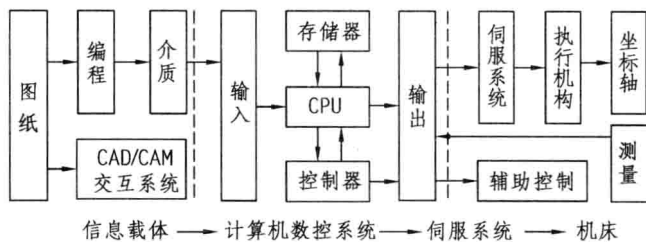


图 1-1 数控机床的工作过程

1.1.2 数控机床的产生

随着社会生产和科学技术的不断进步,社会对机械产品多样化的要求日益强烈,产品更新越来越快,产品结构日趋复杂,精度要求日趋提高,特别是在宇航、航海、军事等领域,对所需的机械零件的精度要求更高。由于这类零件形状复杂、经常改动、生产批量少,而造成加工困难、生产效率低、劳动强度大,质量难以保证。机械加工工艺过程的自动化和智能化是适应生产发展的最重要手段。

为解决上述这些问题,一种灵活、通用、高精度、高效率的“柔性”自动化生产设备——数控机床,便应运而生了。

1948 年,美国帕森斯公司 (Parsons) 接受美国空军的委托,开始研制直升机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于轮廓检验样板的形状复杂,精度要求高,一般加工设备难以适应,因此首次提出采用数字脉冲控制机床的初始设想。1949 年,该公司与美国麻省理工学院伺服机构实验室 (MIT) 开始共同研究探讨用三坐标曲线数据控制机床运动,并于 1952 年 3 月成功试制了世界上第一台三坐标数控铣床,成功地实现了三轴联动,并可以控制铣刀对空间曲面进行连续加工。该数控铣床综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的技术成果,是一种新型的机床,可用于加工复杂曲面零件,是机械制造行业的一次技术革命。1959 年,美国 Keaney&Trckre 公司开发成功了具有刀库、刀具交换装置、回转工作台的数控机床,可以在一次装夹中对工件的多个面进行多工序加工,如进行钻孔、铰孔、攻螺纹、镗削、平面铣削、轮廓铣削等加工。至此,数控机床的新一代类型——加工中心 (Machining Center) 诞生了,并成为当今数控机床发展的主流,从此机床进入了数控时代。当今世界著名的数控系统厂家有日本的法那科 (FANUC) 公司,德国的西门子 (SINUMERIK) 公司、美国的 A - B 公司、意大利的 A - BOSZA 公司等。

我国数控机床的研制始于 1958 年,20 世纪 60 年代末到 20 世纪 70 年代初,我国已经研制出一些晶体管式的数控系统并用于生产,如数控线切割机床、数控铣床等。然而当时数控机床的品种和数量都很少,稳定性和可靠性也比较差,只在一些复杂的、特殊的零件加工中使用。这是我国数控机床发展的初级阶段。目前,我国数控机床生产企业有 100 多家,年产量增加到 1 万多台,品种满足率达 80%,并在有些企业实施了 FMS 和 CIMS 工



程,这表明数控机床进入了实用阶段。国内的数控系统有华中数控,广州数控等。

1.1.3 数控加工的特点

数控机床的出现,较好地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题。与普通机床加工相比,数控加工具有以下明显特点。

1. 具有高度柔性

柔性,又称适应性,是指数控机床具有随生产对象变化而变化的适应能力。在数控机床上改变加工零件时,只需重新编制程序,输入新的程序后就能实现对新零件的加工,而不需改变机械部分和控制部分的硬件,且生产过程是自动完成的,生产周期短,这就为复杂结构零件的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的方便。在机械产品中,单件与小批量产品占70%~80%。这类产品的生产不仅对机床提出了高效率、高精度和高自动化要求,而且还要求机床具有较强的适应产品变化的能力。适应性强是数控机床最突出的优点,也是数控机床得以生产和迅速发展的主要原因。在数控机床的基础上,可以组成具有更高柔性的自动化制造系统——FMS。

2. 加工精度高、质量稳定

数控机床加工的精度高,这与数控机床机械机构部分的制造精度和各种补偿措施有着很大的关系。在设计与制造数控机床时,采取了很多措施以使数控机床的机械部件达到很高的精度和刚度,使数控机床工作台的脉冲当量普遍达到 $0.0001 \sim 0.01 \text{ mm}$,而丝杠螺距误差与进给传动链的反向间隙等均可由数控装置进行补偿,对于高档数控机床则可采用光栅尺进行工作台移动的闭环控制,这些技术的应用使数控机床可获得比本身精度更高的加工精度。另一方面,数控机床是在程序指令控制下进行加工的,一般情况下不需要人工干预,因此消除了操作者人为产生的加工误差,提高了同一批零件生产的一致性,使产品合格率高,加工质量稳定可靠。

3. 能完成复杂形状零件加工

对于形状复杂的工件,如直升机的螺旋桨、汽轮机叶片等,轮廓为形状复杂的空间曲面,其加工在普通机床上难以实现或无法实现,而数控机床几乎可以实现任意轨迹的运动,可以加工任何形状的空间曲面,可以完成普通机床难以完成或根本不能加工的复杂零件的加工,因此在航空航天、造船、军工、模具等加工工业得到了广泛应用。

4. 生产效率高

数控机床可有效减少零件的加工时间和辅助时间,数控机床的主轴转速和进给量的范围大,允许机床进行大切削量的强力切削。数控机床目前正进入高速加工时代,数控机床对部件的快速移动、定位及高速切削加工,极大地提高了生产效率,另外,配合加工中心库的使用,实现了在一台机床上进行多道工序的连续加工,减少了半成品的工序间周转时间,提高了生产率。一般来讲,主要有以下几个方面影响数控机床的生产效率。

(1) 切削用量的选择

数控机床主传动系统一般采用无级变速方式,不仅转速变化范围比普通机床大,而且其进给量选取范围也比较大,均可以在其变化范围内任意选择。因此,数控机床每一道工序都可选用最合理的切削速度和进给速度。此外,由于数控机床结构的刚性好,因此可以选取较大的切削深度(背吃刀量)进行强力切削,从而提高了数控机床的切削效率。



(2) 空行程运动速度

数控机床加工过程中,移动部件的空行程速度一般采用机床最大快移速度,其速度一般在 15 mm/min 以上,在高速加工数控机床上快进速度甚至可以达到 200 m/min 左右,因此其空行程运动速度远远大于普通机床的运动速度,从而可以获得较高的加工效率。

(3) 工件装夹及换刀时间

在数控机床上加工,当更换被加工零件时,几乎不需要重新调整机床,这不仅节省了零件安装调整时间,缩短了工件装夹时间,且刀具可自动更换,自动换刀最快可以在 0.9 s 内完成,因而辅助时间相比普通机床大为减少。

(4) 检验和测量时间

数控机床的加工质量稳定。当批量加工零件时,一般只做首件检验和工序间关键尺寸的抽样检验,因此节省了停机检验时间。在加工中心机床上加工时,一台机床可以实现多道工序的连续加工,生产效率的提高更为显著。

由上述内容可以看出,数控机床的生产效率很高,一般为普通机床的 $3\sim5$ 倍,对某些复杂零件的加工,生产效率可以提高十几倍甚至几十倍。

5. 减轻劳动强度、改善劳动条件

由于数控机床是自动完成的,许多动作不需操作者进行,只需要监视设备的运行状态即可,所以大大降低了劳动强度,改善了劳动条件。

6. 有利于生产管理的现代化

数控机床使用数字信息并用标准代码处理、传递信息,特别是在数控机床上使用计算机控制,易于与计算机辅助设计系统连接,形成 CAD/CAM 一体化系统,有利于生产管理的现代化。

数控机床与普通机床的比较如表 1-1 所示。

表 1-1 数控机床与普通机床的比较

数控机床	普通机床
操作者可在较短的时间内掌握操作和加工技能。	要求操作者有长期的实践经验。
加工精度高、质量稳定,较少依赖于操作者的技能水平。	高质量、高精度的加工要求操作者具有较高技能水平。
编写程序花费较多时间。	适合加工形状简单、单一工序的产品。
加工零件复杂程度高,适合多工序加工。	加工过程要求具有直觉和技巧。
易于加工工艺标准化和刀具管理规范。	操作者以自己的方式完成加工,造成加工方式多样化,很难实现标准化。
适于长时间无人操作和加工自动化。	准备环节必不可少,如材料的预去除及夹具的制作等。
适于计算机辅助生产控制。	很难提高加工的专门技术,不利于知识系统化和普及。
生产率高。	生产率低,质量不稳定。



1.2 数控机床的组成与分类

数控机床的诸多优点,源于其具体的组成结构。那么数控机床是由哪些部分组成,数控机床可以分为哪些类型,工作过程又如何,这些问题在学习完本节内容之后就会得到答案。

1.2.1 数控机床的组成

数控机床一般由程序载体、输入/输出装置、数控装置、辅助控制装置、伺服驱动装置、测量反馈装置和机床本体等部分组成,如图 1-2 所示。

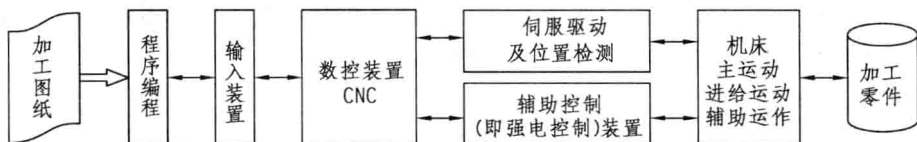


图 1-2 数控机床的基本结构和组成

1. 程序载体

对数控机床进行控制,首先必须在人与机床之间建立某种联系,这种联系的中间媒介物称为程序载体(或称控制介质)。在程序载体上存储着被加工零件所需要的全部几何信息和工艺信息。这些信息是在对加工工件进行工艺分析的基础上确定的,它包括工件在机床坐标系内的相对位置、刀具与工件相对运动的坐标参数、工件加工的工艺路线和顺序、主运动和进给运动的工艺参数及各种辅助操作。用字母、数字和符号构成标准代码,按规定的格式编制工件的加工程序单,再按程序单制作穿孔带、磁带等多种程序载体,用手工直接输入方式将程序输入到数控系统中。编程工作可以由人工进行,也可以由计算机辅助编程系统完成。操作者根据数控工作要求编制数控程序,并将数控程序记录在程序介质(如穿孔纸带、磁带、磁盘等)上。

2. 输入/输出装置

输入/输出装置的作用是实现零件程序和控制数据的输入、显示、存储、打印等。输入是指将程序及加工信息传递给计算机。在数控机床产生的初期,输入装置为穿孔纸带,现已趋于淘汰,目前广泛使用的输入装置有键盘、磁盘、移动 U 盘等。输出是指输出内部工作参数,如机床正常、理想工作状态下的原始参数、故障诊断参数等。常见的输出装置有显示器、打印机等。

3. 数控装置

数控装置是数控系统的核心,数控机床的各项控制任务均由数控装置完成。数控装置的作用是接收输入信息,对输入信息进行译码、数值运算、逻辑处理,并将处理结果传送到辅助控制装置和伺服驱动装置以控制机床各运动部件的运动。数控装置一般由专用计算机或通用计算机、输入/输出接口、可编程控制器(PLC)和相应的系统软件组成。

4. 伺服控制装置

伺服控制装置接收来自数控装置的位置控制信息,将其转换成相应坐标轴的进给运动和精确定位运动。由于伺服控制装置是数控机床的最后控制环节,它的伺服精度和动



态响应特性将直接影响数控机床的生产效率、加工精度和表面加工质量。强电控制装置的主要功能是接收数控装置所控制的内置式可编程控制器(PLC)输出的主轴变速、换向、启动或停止,以及刀具的选择和更换,分度工作台的转位和锁紧,工件的夹紧或松夹,切削液的开或关等辅助操作的信号,经功率放大直接驱动相应的执行元件(如接触器、电磁阀等),从而实现数控机床在加工过程中的全部自动操作。

5. 检测反馈系统

检测反馈装置的作用是对机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态加以检测,把检测结果转化为电信号反馈给数控装置,数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较,通过比较计算出实际位置与指令位置之间的偏差,并发出纠正误差指令,控制驱动装置按照指令设定值运动,从而构成半闭环控制系统。半闭环系统中,位置检测主要使用感应同步器、磁栅、光栅、激光测距仪等。

6. 机床本体

机床本体是数控机床的主体,与传统机床相似,包括机床的主运动部件(主轴)、进给运动部件(工作台、拖板)、基础部件(底座、立柱、滑鞍、导轨)、润滑系统、冷却装置、换刀装置、排屑装置、防护装置等。但为了满足数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点,数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构及操作机构等方面都已发生了很大的变化。

1.2.2 数控机床的分类

数控机床的规格、品种繁多,其分类方法也较多,一般可根据其工艺用途、运动方式、控制方式和功能水平,从不同角度进行分类。

1. 按工艺用途分类

目前,数控机床的品种规格已达 500 多种,按其工艺用途可以划分为以下四大类。

(1) 金属切削类数控机床。是指采用车、铣、镗、钻、铰、磨、刨等各种切削工艺的数控机床。它又可分为普通数控机床和数控加工中心两类。

普通数控机床一般是指在加工工艺过程中的一个工序上实现数字控制的自动化机床,有数控车、铣、钻、镗及磨床等。普通数控机床在自动化程度上还不够完善,刀具的更换与零件的装夹仍需人工来完成。

数控加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。在加工中心上,可使零件一次装夹,实现多道工序的集中连续加工。加工中心由于减少了多次安装造成的定位误差,所以提高了零件各加工面的位置精度,近年来发展迅速。加工中心的类型很多,一般分为立式加工中心、卧式加工中心和车削加工中心等。按控制轴数可分为三轴、四轴和五轴加工中心。

(2) 金属成型类数控机床。是指采用挤、压、冲、拉等成型工艺的数控机床,常用的有数控弯管机、数控压力机、数控冲剪机、数控折弯机、数控旋压机等。

(3) 特种加工类数控机床。主要有数控电火花线切割机、数控电火花成型机、数控激光与火焰切割机等。

(4) 测量、绘图类。主要有数控绘图机、数控坐标测量机、数控对刀仪等。

2. 按运动控制方式分类

按运动控制方式,数控机床可分为点位控制数控机床、直线控制数控机床和轮廓控制

数控机床。

(1) 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是机床的移动部件只能实现从一个位置点到另一个位置点的精确移动,而在移动、定位的过程中,不进行任何切削运动,且对运动轨迹没有要求。如图 1-3 所示,在数控钻床上加工孔 3 时,只需要精确控制孔 3 的中心位置即可,至于走 2-3 路径还是 2-4-3 路径并没有要求。为了减少机床移动和定位时间,一般是先以快速移动接近定位终点坐标,然后以低速准确移动到达定位终点坐标,这样不仅定位时间短,而且定位精度高。

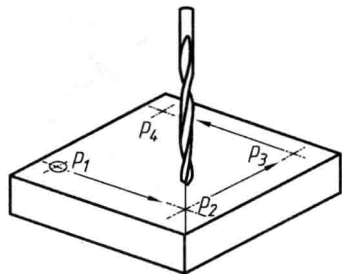


图 1-3 点位控制数控机床

常见的点位控制数控机床主要有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床、数控点焊机和数控弯管机等。

(2) 直线控制数控机床

直线控制系统是控制刀具或机床工作台以给定速度,沿平行于某一坐标轴方向,由一个位置到另一个位置的精确移动,也称点位直线控制系统,如图 1-4 所示。

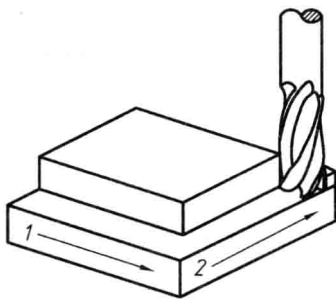


图 1-4 直线控制数控机床

(3) 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床又称连续控制数控机床、多坐标联动数控机床,其特点是能够实现同时对两个或两个以上的坐标轴进行协调运动,使刀具相对于工件按程序规定的轨迹和速度运动,在运动过程中进行连续切削加工。由此可见,轮廓控制数控机床不仅能控制机床运动部件的起点与终点坐标位置,而且能控制整个加工过程每一点的速度和位移量,即可以控制刀具的运动轨迹,从而可以加工出轮廓形状比较复杂的零件,如图 1-5 所示。数控机床有数控车床、数控铣床、加工中心等,可实现联动加工是这类数控机床的本质特征,可用于加工曲线和曲面形状零件。现代的数控机床基本上都是这种类型。若根据其联动轴数,轮廓控制数控机床还可细分为两轴联动数控机床、三轴联动数控机床、四轴联动数控机床和五轴联动数控机床,如图 1-6 所示。

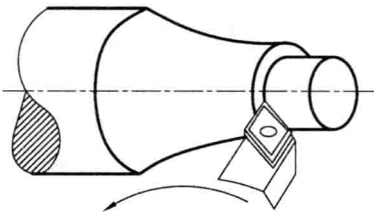


图 1-5 轮廓控制数控机床

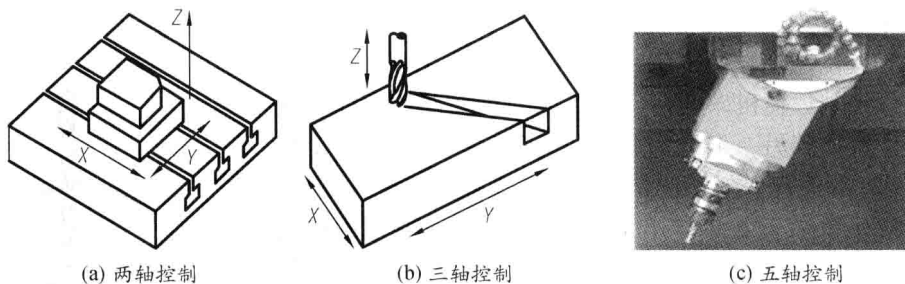


图 1-6 联动控制数控机床

3. 按控制方式分类

按控制方式不同,数控机床可分为开环控制数控机床、半闭环控制数控机床和全闭环控制数控机床。

(1) 开环控制数控机床

开环控制数控机床是指没有位置反馈装置的数控机床,一般以功率步进电机作为伺服驱动元件,其信号流是单向的,如图 1-7 所示。

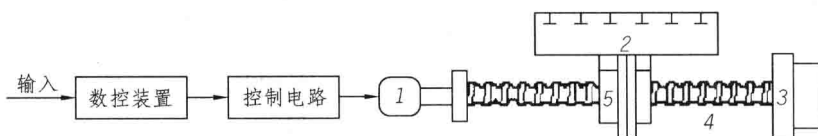


图 1-7 开环控制数控机床

开环控制数控机床的特点如下:

① 开环控制数控机床无位置反馈装置,其结构简单、工作稳定、调试方便、维修简单、价格低廉。

② 开环控制数控机床的加工精度主要取决于伺服驱动电机和机械传动机构的性能和精度,如步进电机步距误差以及齿轮副、丝杠螺母副的传动误差都会影响机床工作台的运动精度,并最终影响零件的加工精度,因此加工精度不高。

③ 开环控制数控机床主要适应于负载较轻且变化不大的场合。

(2) 半闭环控制数控机床

半闭环控制数控机床采用半闭环伺服系统,系统的位置采样点是从伺服电机或丝杠的端部引出,通过检测伺服电机或者丝杠的转角,从而间接检测移动部件的位移,并与输入的指令值进行比较,用差值控制运动部件向减小误差的方向运动。图 1-8 所示为半闭环控制数控机床的结构。

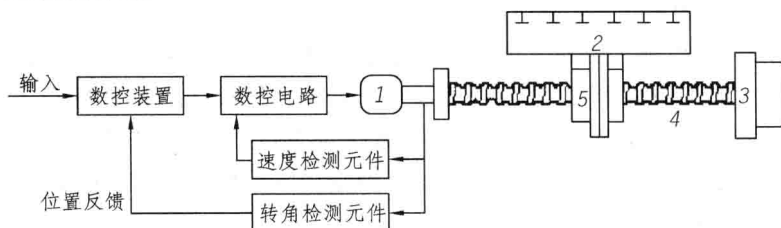


图 1-8 半闭环控制数控机床

半闭环控制数控机床的特点如下：

① 半闭环环路内不包括或只包括少量机械传动环节，因此可以获得稳定的控制性能，其系统的稳定性较好。

② 半闭环系统能够消除电动机或丝杠的转角误差，因此，其加工精度较开环系统好，但比全闭环系统差。

③ 半闭环系统难以消除由于丝杠的螺距误差和齿轮间隙引起的运动误差，但可以对这类误差进行补偿，因此加工精度进一步提高。

④ 半闭环伺服系统具有设计方便、传动系统简单、结构紧凑、性价比较高且调试方便的特点，因此在现代 CNC 机床中得到了广泛应用。

(3) 全闭环控制数控机床

全闭环控制数控机床采用闭环伺服控制，其位置反馈信号的采样点从工作台直接引出，可直接对最终运动部件的实际位置进行检测，利用工作台的实际位置与指令位置差值进行控制，使运动部件严格按实际需要的位移量运动，因此能获得更高的加工精度。图 1-9 所示为全闭环控制数控机床的结构。

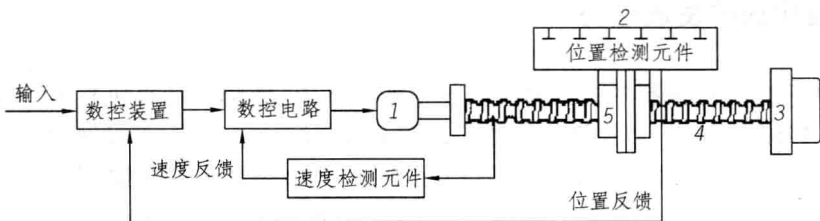


图 1-9 全闭环控制数控机床

全闭环控制数控机床的特点如下：

从理论上讲，全闭环控制可以消除整个驱动和传动环节的误差、间隙和磨损对加工精度的影响，即机床加工精度只取决于检测装置的精度，而与传动链误差等因素无关。但实际上对传动链和机床结构仍有严格要求。

由于全闭环控制环内的许多机械传动环节的摩擦特性、刚性和间隙都是非线性的，很容易造成系统的不稳定，所以使得全闭环系统的设计、安装和调试都相当困难。因此全闭环系统主要用于精度要求较高的镗铣床、超精车床、超精磨床以及较大型的数控机床等。

4. 按数控系统功能水平分类

按数控系统的功能水平不同，数控机床可分为低、中、高三档。低、中、高档的界线是相对的，不同时期的划分标准有所不同。就目前发展水平来看，数控系统可以根据表 1-2 的一些功能和指标进行区分。其中，中、高档一般称为全功能数控或标准型数控。在我国还有经济型数控的提法。经济型数控属于低档数控，是由单片机和步进电机组成的数控系统，或其他功能简单、价格低的数控系统。经济型数控主要用于车床、线切割机床以及旧机床改造等。

表 1-2 数控系统不同档次的功能及指标

功 能	低 档	中 档	高 档
系统分辨率	10 μm	1 μm	0.1 μm
G00 速度	3 ~ 8 m/min	10 ~ 24 m/min	24 ~ 100 m/min
伺服类型	开环及步进电机	半闭环及直、交流伺服电机	闭环及直、交流伺服电机
联动轴数	2 ~ 3	2 ~ 4	5 轴或 5 轴以上
通信功能	无	RS-232 或 DNC	RS-232, DND, MAP
显示功能	数码管显示	CRT: 图形、人机对话	CRT: 三维图形、自诊断
内装 PLC	无	有	功能强大的内装 PLC
主 CPU	8 位、16 位	16 位、32 位 CPU	32 位、64 位 CPU
结构	单片机或单板机	单微处理器或多微处理器	分布式多微处理器

1.3 数控机床的发展趋势

数控机床是在机械制造技术和控制技术的基础上,伴随着计算机技术的发展而发展起来的,从 1952 年至今,数控机床按数控系统的发展经历了五代,其发展过程如下:

1948 年,美国帕森斯公司接受美国空军委托,开始研制直升机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于检验样板的形状复杂、精度要求高,一般的加工设备难以适应,于是提出了采用数字脉冲控制机床的设想。

1949 年,帕森斯公司与美国麻省理工学院(MIT)开始共同研究,并于 1952 年试制成功世界上第一台数控机床——三坐标数控铣床,当时的数控装置采用电子管元件。

1959 年,数控装置采用了晶体管元件和印制电路板,出现带刀库和自动换刀装置的数控机床,称为加工中心(Machining Center),使数控装置进入了第二代。

1965 年,出现了由集成电路构成的第三代数控装置,其特点是不仅体积小、功率消耗少,而且可靠性提高,价格进一步下降,促进了数控机床品种和产量的发展。

以上三代数控系统,由于其数控功能均由硬件实现,故历史上又称其为“硬线数控”。

20 世纪 60 年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称 DNC)和采用小型计算机控制的计算机数控系统(简称 CNC),使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。

1974 年,研制成功由微处理器和半导体存储器构成的微型计算机数控装置(简称 MNC),这是第五代数控系统。第五代与第三代相比,数控装置的功能扩大了一倍,而体积则缩小为原来的 1/20,价格降低了 3/4,可靠性也得到极大的提高。

20 世纪 80 年代初,随着计算机技术的进一步发展,出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置,数控装置日趋小型化,可以直接安装在机床上;数控机床的自动化程度进一步提高,具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。

数控机床是利用数字化信息对机床动作进行控制的一种高效能自动化机床,是集机、