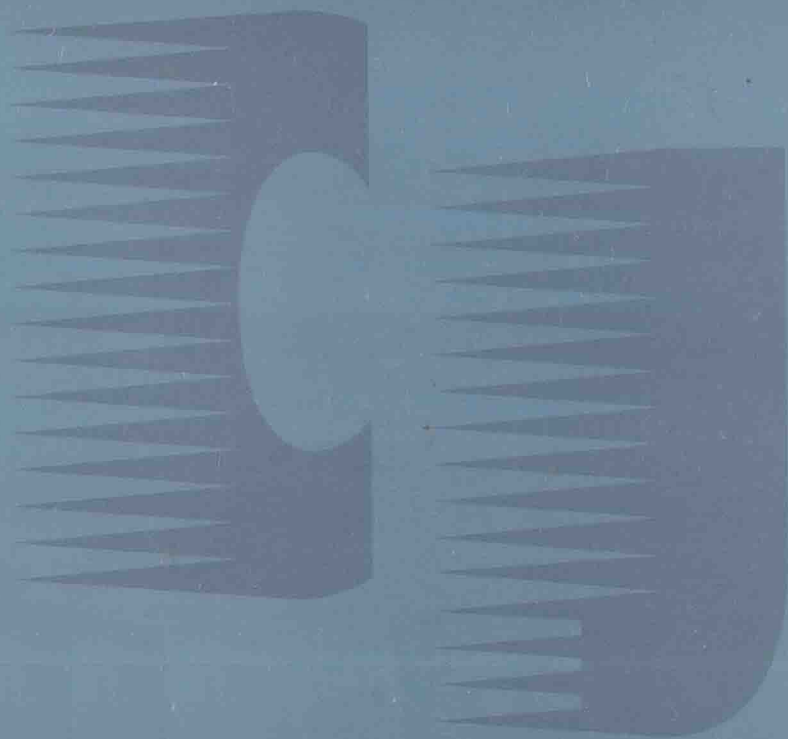


实用技能培训教材

数控机床操作 技术

余姚市教育局 组编



浙江科学技术出版社

实用技能培训教材

数控机床操作技术

余姚市教育局 组编

浙江科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床操作技术 / 余姚市教育局组编. —杭州: 浙江科学技术出版社, 2004. 8

实用技能培训教材

ISBN 7-5341-2429-8

I. 数... II. 余... III. 数控机床—操作—技术培训—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 064806 号

实用技能培训教材
数控机床操作技术
余姚市教育局 组编

浙江科学技术出版社出版
杭州飞达工艺美术印刷厂印刷
浙江省新华书店发行

开本 850×1168 1/32 印张 4.875 字数 118 000

2004 年 8 月第 1 版

2004 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-5341-2429-8

定 价: 7.00 元

前 言

全面建设小康社会，提前基本实现现代化，这是党的十六大对沿海发达地区提出的要求。余姚作为全国经济百强县，有条件、有责任要率先为基本实现现代化作出积极的贡献。全面建设小康社会，关键是加速发展社会经济，努力提升劳动力的职业技能素质，全面提高劳动生产效率。如果没有劳动者技能的质的提升，就会大大影响社会经济的发展，影响实现现代化。

近几年，随着农业产业结构的调整、规模经营的不断扩大和城乡一体化进程的不断推进，农业从业人员对农业新技术的掌握、失地农民对就业技能的需求均日益迫切。为帮助农业从业人员、失地农民和再就业劳动者掌握和提高职业技能，余姚市教育局组织有关人员，编写了这套《实用技能培训教材》。

我们真诚希望通过这套教材的编写、出版、发行，有助于进一步促进农村产业结构和种植结构的调整，有助于优势产业的进一步拓展，有助于加快城市化发展。同时，我们也希望通过这套教材的出版发行，为营造学习型城市增添氛围，更利于广大群众学习、掌握职业技能，提高综合素质，尽快适应现代化发展的需要。

余姚市教育局

2004年7月

本书编委会

主 编	陶尧土	
副主编	熊培军	
编 委	许家昌	叶信灿
	张国瑞	金轩尧
	施银来	张国年
	汪 芳	黄灵杰

目 录

第一章 数控加工概述	1
第一节 数控机床的产生	1
第二节 数控机床的加工过程	1
第三节 数控机床的组成	2
第四节 数控机床的加工特点	4
第五节 数控机床的分类	5
思考题	9
第二章 数控车床编程基础	10
第一节 数控系统的功能	10
第二节 坐标系统	13
第三节 数控车床基本编程方法	15
第四节 G90、G92、G94 单一形状固定循环程序段	25
第五节 G72 螺纹复合固定循环程序	27
第六节 M 功能（辅助功能）程序段	29
第七节 综合举例	32
思考题	35
第三章 数控车床操作	36
第一节 数控车床概述	36
第二节 系统操作面板介绍	37
第三节 编辑工作方式	43
第四节 手动及手动步进给工作方式	48

第五节 自动工作方式	56
思考题	61
第四章 数控铣床编程基础	62
第一节 数控系统的功能	62
第二节 坐标系统	66
第三节 数控铣床基本编程方法	67
第四节 数控铣床编程要点及举例	78
思考题	84
第五章 数控铣床操作	86
第一节 数控铣床概述	86
第二节 机床结构与特点	89
第三节 实验操作	92
第六章 加工中心	105
第一节 数控加工中心的组成	105
第二节 数控加工中心的操作	107
第三节 操作面板各功能介绍	113
第四节 机床操作步骤	129
第五节 实验操作	135
附: G 功能代码和 M 功能原代码介绍	139
第七章 数控机床安全与文明生产	143
第一节 文明生产和安全操作规程	143
第二节 数控机床日常维护	144
思考题	150

第一章 数控加工概述

第一节 数控机床的产生

数字控制（Numerical Control，简称 NC 或数控）技术是一种自动控制技术，起源于 20 世纪 40 年代后期美国 John C.Parsons 建议的机床自动控制方法。凡是在生产过程中应用数字信息实现自动控制和操纵的生产设备都为数控设备。用数字信息控制的金属切削机床称为数控机床（Numerically Controlled Tool）。

1952 年，Parsons 公司和麻省理工学院（MIT）合作，研制出世界上第一台三坐标数控铣床，并用它加工出直升机叶片轮廓检测用的样板。这是一台以穿孔纸带为控制介质，应用脉冲乘法器原理的直线轮廓控制的数控机床，其数控装置采用电子管元件。

50 多年来，数控机床经历了电子管、晶体管、小规模集成电路、大规模集成电路、专用计算机、通用计算机和计算机网络等多个时代的发展，现已成为集现代电子技术、自动控制技术、液压气动技术、精密测量技术、计算机与网络技术和机床结构等新技术为一体的高技术、高精度加工机器，并逐渐成为机器制造业的主要加工装备。

第二节 数控机床的加工过程

数控机床是能将被加工零件的尺寸参数、加工顺序及机床开闭冷却液、更换刀具、夹具松紧转变为数字信息来控制机床的各

种运动，自动地将零件加工出来的金属切削机床。其加工过程可用图 1-1 来表示。

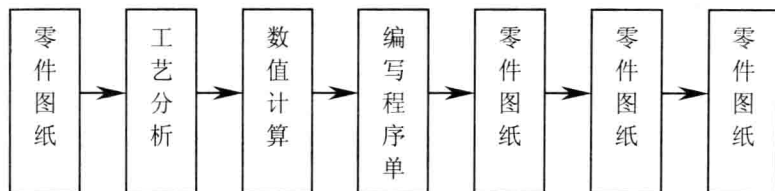


图 1-1 数控机床加工过程

其主要加工步骤如下：

(1) 根据被加工零件工作图中所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等，进行工艺分析，并经必要的主要的计算，获取相关数据；

(2) 将加工顺序、切削用量刀具与工件相对运动的轨迹和距离等，使用数控装置能够识别的专用代码，编制数控加工程序单；

(3) 将数控加工程序单制成穿孔纸带（新式数控机床多数不再采用穿孔纸带，故此步骤可省去）；

(4) 将加工程序输入数控装置；

(5) 数控装置根据输入信息，进行系列运算和控制处理，并将结果以脉冲信号形式送往机床的伺服结构；

(6) 伺服机构（如步进电动机、交流电伺服电动机、电液脉冲马达等）驱动机床运动部件，按规定的顺序、速度和走刀方向进行加工，制造出符合图纸要求的零件。

第三节 数控机床的组成

数控机床主要由控制介质（信息载体）、数控装置、伺服系统

和机床体等四部分组成，闭环和半闭环控制的数控机床还有测量装置。数控机床的组成见图 1-2。

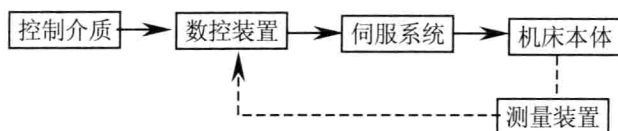


图 1-2 数控机床的组织

1. 控制介质

控制介质又称信息载体，它是操作者与数控机床之间建立的某种联系，是中间媒介物，用于记录零件加工过程中所需要的各种加工信息，以控制机床的运动，实现零件加工。常用的控制介质有穿孔纸带、磁带、磁盘等。

2. 数控装置

数控装置一般就是控制机床运动的微型计算机。对单台数控机床而言，是通用的微型计算机，用它控制机床时称之为计算机数控（CNC）。其特点是输入信息的存储、数据的处理、插补运算及各种运动控制，全部或部分由计算机软件来完成，并且它还增加了很多逻辑电路难以实现的功能。计算机和机床及其驱动设备之间，只要采用一种接口设备连接即可，用户只要改变其控制软件和接口，就可改变控制功能。因此其通用性及适用性都很强，目前已被广泛应用。

数控装置接受控制介质送来的信息加以变换和处理，能对机床以下动作实现控制：

- （1）实现机床主轴的启停、变向和速度转换；
- （2）确定进给方向、进给速度和进给方式，如点定位、走直线、走圆弧、循环进给等；
- （3）选择刀具，进行刀具半径或长度补偿，完成如开闭冷却液、刀具更换、夹具的夹紧或松开等各种辅助操作功能。

3. 伺服系统

伺服系统由速度控制装置、位移控制装置、伺服驱动装置和相应的机械传动装置组成。它接受来自数控装置的指令信息，通过步进电动机或交直流伺服电动机及减速齿轮副、滚珠丝杠螺母副等传动机构，去拖动机床的移动部件运动，运动的位移和速度分别正比于输出装置发出的脉冲信息的数量和频率。由于伺服系统是数控系统的执行部分，其精度、刚度、响应速度及稳定性对加工精度、表面质量和生产率有较大影响。

4. 机床本体

数控机床加工时，为了提高其工作效率，常常是大进给量高速强力切削，粗、精加工通常也一次安装，并自动完成整个加工过程。因此数控机床本体往往具有功率大、刚度好、传动路线短、能自动变速等特点。有的还配备自动刀库，可在加工中途自动更换刀具。

第四节 数控机床的加工特点

数控机床的加工有如下特点：

(1) 自动化程度高。在数控机床上加工零件时，除了手工装夹毛坯外，全部加工过程都由机床自动完成。这样减轻了操作者的劳动强度，改善了劳动条件。

(2) 加工适应性强。数控机床能实现多坐标轴联动，加工程序根据加工零件的要求而变换，而机床本身不必调整，适合当代多品种、小批量高生产率的生产需要。

(3) 加工精度高，加工质量稳定。数控加工的尺寸精度通常在 $0.005\sim 0.1\text{mm}$ 之间，不受零件复杂程度的影响。加工中消除了操作者的人为误差，提高了同批零件尺寸的一致性，使产品质量保持稳定，降低了废品率。

(4) 生产效率高。数控机床常采用大进量高速强力切削, 自动化程度高, 装夹定位和过程检验少, 因而提高了生产率。

(5) 易于建立计算机通信网络。由于数控机床是使用数字信息, 易于与计算机辅助设计系统连接, 形成计算机辅助设计与制造紧密结合的一体化系统。今后, 随着基于 PC 的网络数控技术的发展, 机床可通过 PC 机连接到 Internet 网上, 实现远程资源共享和远程加工控制。

第五节 数控机床的分类

数控机床品种很多, 功能也各不相同, 通常可按以下五种方法进行分类。

1. 按照工艺用途分类

数控机床发展至今, 几乎所有机床种类都向着数控化的方向发展。在机械加工机床方面, 有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、加工中心; 在塑性加工机床方面, 有数控冲床、数控折弯机; 在特种加工方面, 有电火花线切割、激光加工机床; 在非加工设备中也大量采用了数控技术, 如多坐标测量机(仪)、工业机器人等。

2. 按运动方式分类

(1) 点位控制(Posihoning Control)数控机床。点位控制数控机床移动时不进行加工, 仅进行快速定位运动, 中间无轨迹要求, 只要求从一点准确地到达指定的加工坐标点位置即可主要用于数控钻床、数控冲床及数控坐标镗床等。图 1-3 为点位控制机床移动示意图。

(2) 直线控制(Line Mohon Control)数控机床。直线控制机床不仅要求控制位移终点的坐标, 还要保证被控制的位移是以

指定的速度，沿着平行于某坐标轴或与某坐标轴呈 45° 的斜线方向进行直线切削加工，主要用于数控车床、简易数控镗铣床和一些加工中心上。图 1-4 为直线控制机床加工示意图。

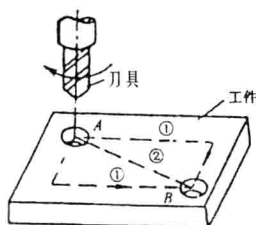


图 1-3 点位控制机床移动示意图

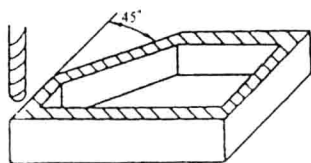
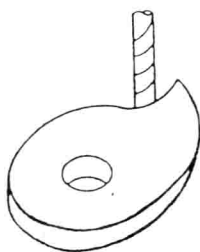


图 1-4 直线控制机床加工示意图

(3) 轮廓控制 (Contouring Control) 数控机床。轮廓控制又称连续控制，该类机床加工时能对刀具相对于零件的运动轨迹进行连续控制，以加工任意斜率的直线、圆弧，采用逼近法 (Approach method) 还能加工抛物线、椭圆线等二次曲线以及列表曲线和样条曲线等。由于这种控制方式多采用两坐标或多坐标联动控制，可加工任意形状的曲线或型腔，主要用于数控铣床、车削中心、数控凸轮磨床和数控线切割机床等。图 1-5 为轮廓控制机床加工示意图。



3. 按控制方式分类

图 1-5 轮廓控制机床示意图

(1) 开环控制 (OPened Loop Control) 方式。开环控制方式如图 1-6 所示。它是一种不带位置测量反馈装置的控制系统，控制装置输出信号是单向的。

开环控制方式通常采用步进电动机做驱动元件，其转角和转速分别由输入脉冲的数量和频率决定。每当数控装置发出一个脉

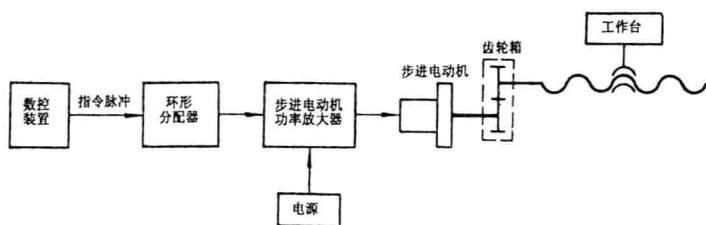


图 1-6 开环控制系统

冲信号，就使步进电动机转子旋转一个固定角度（该角称为步距角），而机床工作台将移动一定的距离，即脉冲当量。

由于开环控制系统没有位置反馈和校正系统，工作台的位移精度完全取决于步进电动机的旋转精度和机械传动系统的传动精度，因而精度较低。但其成体低，线路简单，调整方便，适用于一般精度要求不高的中小型数控机床。

(2) 闭环控制（Closed Loop Control）方式。如图 1-7 所示。

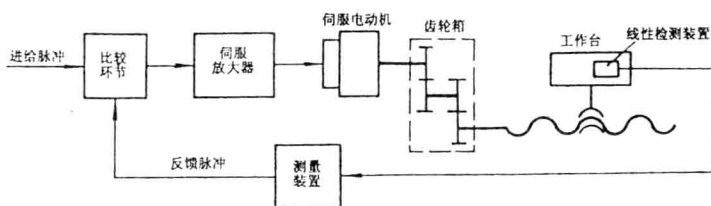


图 1-7 闭环控制系统

这是一种在机床移动部件上直接安装有位置测量反馈（Feedback）元件的控制方式。它根据移动部件的实际位移和加工程序中规定的位置信息相比较，以其差值来控制伺服电动机工作，只有差值为零时伺服电动机才停止旋转。这样就可补偿伺服系统的误差，因而精度很高，常用于高精度机床上。

(3) 半闭环控制（Half Loop Control）方式。如图 1-8 所示。

这是一种将位置测量反馈元件（如旋转变压器）安装在丝杠上的控制方式。这样取得的反馈信息不是直接取自于机床运动部件，而是取自于丝杠或伺服电动机的转角。这种方式只补偿伺服系统的误差，不校正机械传动系统的误差，其精度介于开环控制和闭环控制之间。但其成本相对较低，调试方便，且系统容易稳定，因此应用比较广泛。

4. 按控制轴数分类

(1) 两坐标数控机床。这种数控机床的数控装置仅能同时控制两个坐标，实现两坐标联动，如数控车床只能控制 X、Z 两个坐标运动。

(2) 三坐标数控机床。这种数控装置能同时控制三个坐标，实现三个坐标联动的数控

机床可走空间斜线，如数控铣床能控制 X，Y，Z 三个坐标联动，故又被称为三坐标数控铣床。

(3) 二又二分之一坐标数控机床。这种数控机床本身有三个坐标可进行三个方向的运动，但控制装置只能同时控制两个坐标，第三轴只能进行等距离的周期运动，不能走空间斜线。图 1-8 为二又二分之一坐标数控机床加工空间曲面示意图。

(4) 多轴坐标数控机床。四坐标以上的数控机床统称为多坐标数控机床，第四、五轴多用于工作台的回转运动或分度运动，以适应复杂零件的加工。

5. 按性能价格比分类

(1) 经济型数控机床。这类数控机床的数控系统主要采用性

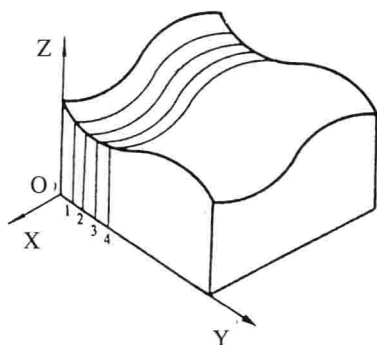


图 1-8 二又二分之一坐标数控机床

能较佳而价格低廉的单板、单片计算机进行控制，其机床结构一般较为简单，且功能简化、精度适中，整台机床价格仅为同类全功能型数控机床的 $1/10 \sim 1/8$ 。

(2) 全功能型数控机床。这类机床的总体结构先进，控制功能齐全，辅助功能完善，加工自动化程度高，可靠性好，性能稳定，适用于精度较高的零件加工。

思考题

1. 什么是数控？它与其他自动数控相比有何区别？
2. 简述数控机床的组成及工作原理。
3. 简述数控机床的加工特点。
4. 数控机床是如何进行分类的？

第二章 数控车床编程基础

第一节 数控系统的功能

1. 标准功能 G 代码

对于数控车床来说,采用不同的数控系统,其编程方法也不相同。下面以 CJK6136A2 型数控车床的 KENT-10T 数控系统为例,介绍有关程序编制的问题。

OTE 系统的标准功能如表 2-1 所示。

表 2-1 G 代码及其含义

组别	G 代码	功 能 及 含 义
A	G00	快速点定位
	G01	直线插补
	G02	顺时针圆弧插补 (可在 0~180 度内自动过象限)
	G03	逆时针圆弧插补 (可在 0~180 度内自动过象限)
	G32	等螺距螺纹加工
	G90	外圆单一形状固定循环
	G92	螺纹单一形状固定循环
	G94	端面单一形状固定循环
	G98	每分钟进给量编程
	G99	每转进给量编程
B	G04	延时
	G28	快速返回参考点
	G72	螺纹复合固定
	G82	多头螺纹复合固定循环
	G59	可编程零点偏置