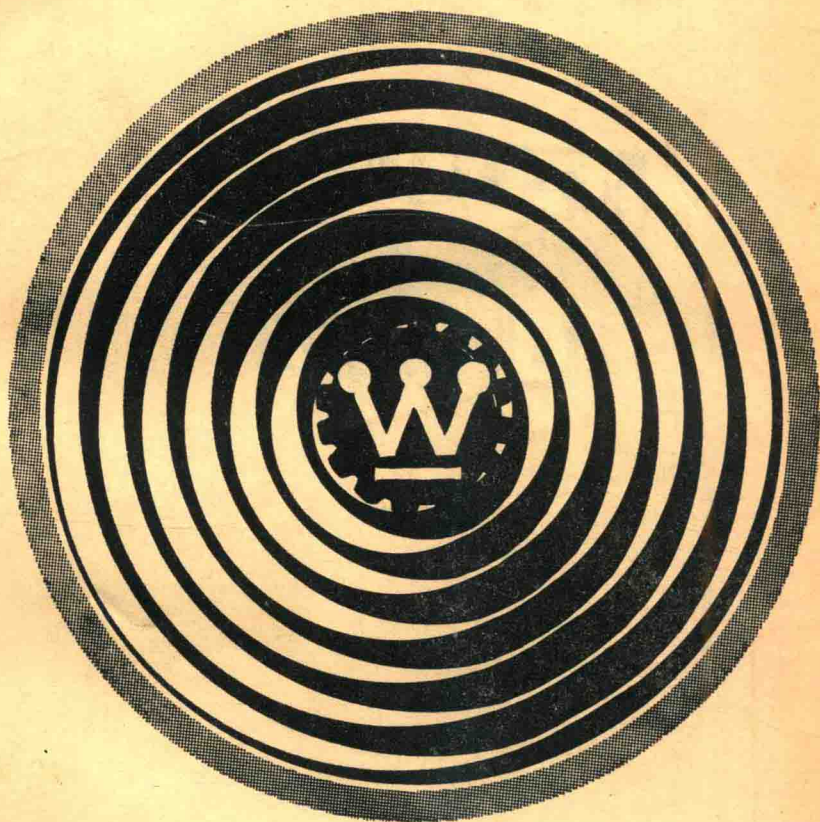


《机电一体化》丛书

7

数控技术与计算机辅助设计

林益耀 应皓 曹林根 段嗣福 编著



中国矿业大学出版社

鲁010第字登第(卷)

《机电一体化》丛书

数控技术与计算机辅助设计

林益耀 应 皓 曹林根 段嗣福 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国矿业大学出版社

(苏)新登字第010号

内 容 提 要

本书第一篇着重讲述了数控技术的基本概念、有关程序的编制、数控装置和伺服系统；第二篇主要介绍计算机辅助设计基本方法及其在机械设计中的应用。系统地阐述了机械CAD的基本理论，介绍了部分典型机械零件设计程序的编制方法，并列举了用BASIC语言编写的程序。

责任编辑：崔兰秀 李殿臣 安乃隼
技术设计：孙惠兰

《机电一体化》丛书

数控技术与计算机辅助设计

林益耀 应皓 曹林根 段嗣福 编著

中国矿业大学出版社出版发行

新华书店经销 中国矿业大学出版社印刷厂印刷

开本787×1092mm^{1/16} 印张9 字数214千字

1992年1月第一版 1992年1月第一次印刷

印数：1—2000册

ISBN 7-81021-644-9

TP·26

定价：6.00元

出版说明

这套《机电一体化》丛书是为中国煤炭学会、中国矿业大学、《煤炭科学技术》编辑部联合筹办的“机电一体化工程刊授进修班”编写的。

全书由8个分册组成，即

《机械工程控制基础》；《电子技术基础》；《基本算法及BASIC程序设计》；《现代设计方法》；《机械工程测试技术》；《微机原理与接口技术》；《数控技术与计算机辅助设计》；《机械电子学》。

各分册主要内容如下：

《机械工程控制基础》：介绍机械工程控制的基本理论及其在机械工程控制系统中的应用。内容包括机械工程控制的基本概念、系统的数学模型、传递函数、时间响应分析、频率特性分析、系统识别、系统的稳定性分析、系统的校正与设计。

《电子技术基础》：首先叙述了模拟电子技术，包括半导体二极管、三极管基本工作原理，基本放大电路的组成及工作原理，集成运放特性及其基本应用。数字电子技术讲述了数字电路的基本逻辑单元典型组合电路和时序电路的组成及工作原理，同时还介绍了电力半导体开关元件基本整流电路直流斩波电路。

《基本算法及BASIC程序设计》：本书介绍了一元方程求实根、函数插值、数值积分、线性方程组的数值解法、回归及曲线拟合、微分方程的数值解法等各种算法的数学定性推导及说明，并给出了它们的流程框图及BASIC程序。

《现代设计方法》：本书包括下面三个方面。可靠性设计——可靠性指标分析与计算、可靠性数学基础概要、机械系统可靠性预测和可靠性指标分配、机械零件可靠度计算、可靠性试验技术及可靠性数据收集及统计分析。有限元素法——以平面问题及其实际应用为中心，主要内容有有限元法数学力学基础；有限元分析与步骤，有限元法的程序及实例分析等。优化设计——优化设计数学模型及基本知识；优化计算的数学基础；常用的优化计算方法；机械设计优化实例。

《机械工程测试技术》：机械工程动态测试中常用的传感器、中间变换电路及记录仪器的工作原理，测量装置、静动态特性的评价方法，测试信号的分析 and 处理以及几个常见物理量的动态测试方法。通过学习使学生及工程技术人员达到正确地选用测试装置，初步掌握进行动态测试的基本知识和技能。

《微机原理与接口技术》：微机基本组成和基本原理，指令系统及汇编语言程序，常用接口芯片和接口技术及51系列96系列单片机，可编程控制器（PC）的原理和应用，以及各系统在机械工程中的典型应用，并介绍微机系统和微机的外部设备。

《数控技术与计算机辅助设计》：数控技术部分主要介绍了数控的基本概念、程序编制（软件）、数控装置的各个组成部分（硬件）以及伺服系统和检测装置。计算机辅助设计部分主要介绍计算机辅助设计的基本方法在机械设计中的应用。

《机械电子学》：本书所研究的是机械学、电子学和软件科学相结合的产物，从机械的动力控制、传动控制到执行机构所需的控制出发，系统研究了模拟电路、数字电路、A/D变换器在机械控制上的应用，以及各类机械控制及监控用的电源、伺服放大、步进马达、电液伺服、传感器和执行器件、以及机械电子化的典型应用。

本套丛书由《煤炭科学技术》编辑部组织编辑，王廷圣统编。

前 言

本书第一篇讲述数控技术。数控(NC)是体现机电一体化的现代技术,已应用于各种机械设备。它主要是在计算机技术和伺服系统发展的基础上,适应机械加工的需要而产生的,在数控机床上得到最广泛和最有成效的应用。因此,本篇即以数控机床作为典型来介绍数控技术,着重阐述数控技术的基本内容和基本知识。

第二篇讲述计算机辅助设计。随着计算机技术的发展,特别是微型计算机的普及,计算机的应用已日益广泛地深入到各个领域。计算机辅助设计(CAD),随着计算机软件 and 硬件的日趋完善,并在机械设计工作中以其高效率、高质量和高可靠性而显示出强大的生命力。本篇较系统地介绍了计算机辅助设计中必须掌握的基本知识和方法:机械设计中数表和线图信息的程序化处理;数据文件的建立和调用;通用机械零件设计计算程序的编制原则、方法和实例;计算机绘图等。

书中第一篇由上海交通大学林益耀、上海工程技术大学应皓、曹林根编写;由林益耀主编。第二篇由中国矿业大学段嗣福编写。

本书可供有关工程技术人员自学之用,也可供有关高等院校教学参考。

由于编者水平所限,书中不妥甚至错误之处,恳请读者批评指正。

编者

1992年1月

目 录

第一篇 数控技术

第一章 绪论	(1)
§1-1 数控技术	(1)
§1-2 数控机床的基本组成和工作原理	(2)
§1-3 数控系统的分类	(4)
第二章 程序编制	(7)
§2-1 程序编制概述	(7)
§2-2 程序编制的有关规定	(8)
第三章 数控装置	(19)
§3-1 输入系统	(19)
§3-2 运算器	(27)
§3-3 控制器	(42)
§3-4 计算机数控 (CNC) 系统	(48)
第四章 伺服系统和检测装置	(52)
§4-1 伺服系统概述	(52)
§4-2 常用伺服驱动元件	(53)
§4-3 位置检测装置	(62)

第二篇 计算机辅助设计

第五章 计算机辅助设计概论	(70)
§5-1 计算机辅助设计的发展和应用	(70)
§5-2 计算机辅助设计系统的硬件和软件	(72)
§5-3 计算机辅助设计系统的型式	(74)
第六章 机械设计中数表和线图信息的程序化处理	(75)
§6-1 数表程序化	(75)
§6-2 线图的程序化	(84)
§6-3 有关数据的处理	(87)
第七章 机械设计中数据文件的建立和调用	(89)
§7-1 数据文件的概念	(89)
§7-2 随机文件的建立和修改	(90)
§7-3 数据文件的调用或查询	(94)
第八章 机械设计程序设计的基本方法	(98)
§8-1 软件需求分析拟定任务书	(98)
§8-2 系统设计	(98)
§8-3 模块程序设计	(99)

§8-4 软件的调整与测试	(101)
第九章 齿轮传动的程序设计	(103)
§9-1 直齿圆柱齿轮传动程序设计的过程和要求	(103)
§9-2 线图及表格的程序化处理	(104)
§9-3 直齿圆柱齿轮传动的程序设计	(110)
§9-4 程序运行及其输出结果	(111)
第十章 带传动的程序设计	(113)
§10-1 V带传动程序设计的过程和要求	(113)
§10-2 V带传动程序设计中线图及表格的程序化处理	(114)
§10-3 V带传动的程序设计	(120)
§10-4 程序运行及其输出结果	(122)
第十一章 计算机绘图	(124)
§11-1 概述	(124)
§11-2 图形显示软件与程序设计	(124)
§11-3 计算机绘图图例	(134)
§11-4 计算机绘图图例	(134)
§11-5 计算机绘图图例	(134)
§11-6 计算机绘图图例	(134)
§11-7 计算机绘图图例	(134)
§11-8 计算机绘图图例	(134)
§11-9 计算机绘图图例	(134)
§11-10 计算机绘图图例	(134)
§11-11 计算机绘图图例	(134)
§11-12 计算机绘图图例	(134)
§11-13 计算机绘图图例	(134)
§11-14 计算机绘图图例	(134)
§11-15 计算机绘图图例	(134)
§11-16 计算机绘图图例	(134)
§11-17 计算机绘图图例	(134)
§11-18 计算机绘图图例	(134)
§11-19 计算机绘图图例	(134)
§11-20 计算机绘图图例	(134)
§11-21 计算机绘图图例	(134)
§11-22 计算机绘图图例	(134)
§11-23 计算机绘图图例	(134)
§11-24 计算机绘图图例	(134)
§11-25 计算机绘图图例	(134)
§11-26 计算机绘图图例	(134)
§11-27 计算机绘图图例	(134)
§11-28 计算机绘图图例	(134)
§11-29 计算机绘图图例	(134)
§11-30 计算机绘图图例	(134)
§11-31 计算机绘图图例	(134)
§11-32 计算机绘图图例	(134)
§11-33 计算机绘图图例	(134)
§11-34 计算机绘图图例	(134)
§11-35 计算机绘图图例	(134)
§11-36 计算机绘图图例	(134)
§11-37 计算机绘图图例	(134)
§11-38 计算机绘图图例	(134)
§11-39 计算机绘图图例	(134)
§11-40 计算机绘图图例	(134)
§11-41 计算机绘图图例	(134)
§11-42 计算机绘图图例	(134)
§11-43 计算机绘图图例	(134)
§11-44 计算机绘图图例	(134)
§11-45 计算机绘图图例	(134)
§11-46 计算机绘图图例	(134)
§11-47 计算机绘图图例	(134)
§11-48 计算机绘图图例	(134)
§11-49 计算机绘图图例	(134)
§11-50 计算机绘图图例	(134)
§11-51 计算机绘图图例	(134)
§11-52 计算机绘图图例	(134)
§11-53 计算机绘图图例	(134)
§11-54 计算机绘图图例	(134)
§11-55 计算机绘图图例	(134)
§11-56 计算机绘图图例	(134)
§11-57 计算机绘图图例	(134)
§11-58 计算机绘图图例	(134)
§11-59 计算机绘图图例	(134)
§11-60 计算机绘图图例	(134)
§11-61 计算机绘图图例	(134)
§11-62 计算机绘图图例	(134)
§11-63 计算机绘图图例	(134)
§11-64 计算机绘图图例	(134)
§11-65 计算机绘图图例	(134)
§11-66 计算机绘图图例	(134)
§11-67 计算机绘图图例	(134)
§11-68 计算机绘图图例	(134)
§11-69 计算机绘图图例	(134)
§11-70 计算机绘图图例	(134)
§11-71 计算机绘图图例	(134)
§11-72 计算机绘图图例	(134)
§11-73 计算机绘图图例	(134)
§11-74 计算机绘图图例	(134)
§11-75 计算机绘图图例	(134)
§11-76 计算机绘图图例	(134)
§11-77 计算机绘图图例	(134)
§11-78 计算机绘图图例	(134)
§11-79 计算机绘图图例	(134)
§11-80 计算机绘图图例	(134)
§11-81 计算机绘图图例	(134)
§11-82 计算机绘图图例	(134)
§11-83 计算机绘图图例	(134)
§11-84 计算机绘图图例	(134)
§11-85 计算机绘图图例	(134)
§11-86 计算机绘图图例	(134)
§11-87 计算机绘图图例	(134)
§11-88 计算机绘图图例	(134)
§11-89 计算机绘图图例	(134)
§11-90 计算机绘图图例	(134)
§11-91 计算机绘图图例	(134)
§11-92 计算机绘图图例	(134)
§11-93 计算机绘图图例	(134)
§11-94 计算机绘图图例	(134)
§11-95 计算机绘图图例	(134)
§11-96 计算机绘图图例	(134)
§11-97 计算机绘图图例	(134)
§11-98 计算机绘图图例	(134)
§11-99 计算机绘图图例	(134)
§11-100 计算机绘图图例	(134)

第一篇 数控技术

第一章 绪 论

§1-1 数控技术

一、什么是数控技术

数控技术是数字控制技术的简称(英文术语为Numerical Control或其缩写NC),它是指以数字形式的命令(指令)来控制一台或一台以上机械的动作。它所控制的对象一般是位置、角度等机械量,这些量的大小是用数字来表示的,而且是可测的。所以数控技术是通过“数字量”主要对各种生产过程进行控制的一门技术。

近30年来,数控技术获得了迅速的发展,它不仅在机械加工中获得普遍的应用,如数控机床;而且也广泛应用于其他设备中,如数控检查机、数控排字机、数控肋骨冷弯机、数控绕线机、数控电焊机、数控坐标测量机、数控绘图机、数控绣花机等。

数控是与机床的控制密切结合而发展起来的。因此,数控一词,一般是在“机床数控”这一狭义上定义的。在广义的情况下,数字控制的对象就不再限于位置、角度等机械量,而包括其他各种各样的物理量(如温度、压力、流量等)。本书将着重以机床的数字控制方面的应用为例,对数控技术进行介绍。

二、什么是数控机床

数控机床是指用数控装置代替人操纵机床加工机器零件。采用数字控制的机床称为数控机床。在数控机床上,对机床的各种控制(如主轴开停、换刀、冷却液开关、工件的松夹)、工艺参数(如主轴的转速、进给量、切深)、走刀顺序(如轨迹等)和位移与方向,都以数字和文字编码的形式来表示。把这些数字和文字进行编码,通过控制介质(如穿孔纸带、磁带、磁盘及手动键盘等)送给数控装置或专用计算机,数控装置或计算机经运算和处理后,发出各种指令,控制机床按照人们预先要求的操作顺序依次动作,自动进行加工。

数控机床与一般自动化机床(如自动车床、仿形机床等)不同。通常所说的自动化机床,虽然在加工时,也不需要人直接参与操作,但这种机床所能实现的各种动作,如主轴的开停、刀具的移动、转位以及各种动作之间的先后顺序等,是靠凸轮、靠模、挡块等装置来控制的。加工不同的工件,需要制作不同的凸轮和靠模,并重新调整机床。数控机床则不同,在数控机床上加工不同零件时,除了重新装卡工件和更换刀具外,只需要更换控制介质,而且不需要对机床作任何调整。可见数控机床具有以下两个特点:

① 采用程序指令。编制程序指令比起制作自动机床上采用的凸轮、靠模或调整限位开关等要简便得多,因而生产准备时间可大大缩短。

② 适应性强。数控机床可以随着加工零件的改变,迅速地改变它的机能。这对于产量小、品种多、产品更新频繁、生产周期又短,以及对精度要求高的复杂形状零件的加工,具有无可比拟的优越性。

数控机床的应用范围，原则上可以不受限制，但在实际应用时，必须充分考虑其技术和经济效果，例如以下几个方面：

1. 数控机床可以加工普通机床难以加工的复杂零件；
2. 可以获得更高的精度和稳定的质量；
3. 减少了设备，有利于新产品试制；
4. 可以适应不同品种及尺寸规格零件的自动加工。一般借助通用工夹具，只要更换一条程序纸带，即可改变工件的品种，因此大大缩短生产周期；
5. 减少加工件的检验时间，提高了生产率；
6. 减轻劳动强度，改善劳动条件；
7. 由于要用计算机控制，并需要有伺服驱动机构和技术要求高的机床，因此价格较昂贵；
8. 要求具有较高技术水平和文化程度的工人和维修人员进行操作和维修。

§1-2 数控机床的基本组成和工作原理

一、数控机床的基本组成

数控机床的基本组成见图1-1。人们根据零件图，把加工所需的一切信息，编制成程序，并按照数控装置规定的指令代码记录在控制介质上（如穿孔纸带）。这部分称数控软件。

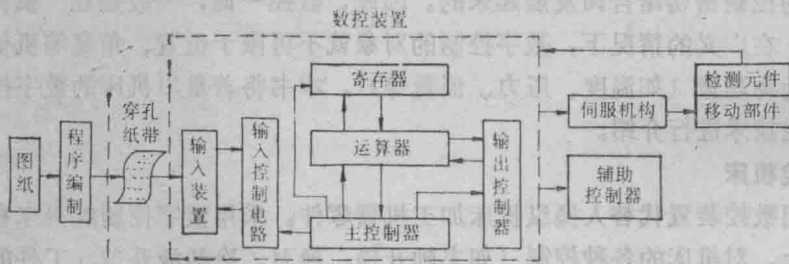


图 1-1 数控机床的基本组成

控制介质上指令信息的转换是通过数控装置来完成的。数控装置是数控机床的运算和控制系统，它利用输入装置（目前大多采用光电阅读机），在接受所读出的数据和指令后，进行必要的运算和逻辑分析，然后将运算结果送到相应的伺服驱动机构去，以操纵机床的运动，并控制输入过程的进行。

确切地说，图中虚直线的右部是目前常用的数控机床部分，它由以下几部分组成，现分述如下：

1. 数控装置

图1-1中虚线方框所包括部分为数控装置。在数控装置起动后，输入控制电路发出命令使光电阅读机工作，穿孔纸带从阅读机中自动走过，阅读机将穿孔纸带上的代码孔变成相应的电信号（脉冲代码），经译码后，将译出的数码送到运算器，将译出的控制代码送到寄存器（包括指令寄存器和辅助功能寄存器）和主控制器。主控制器是数控装置的“心脏”部分，它控制运算器的运算过程，运算结果由输出控制器送往各坐标轴执行机构控制机床移动部件的运动；控制脉冲的输出；同时通过输入控制电路控制阅读机的启动和停止。

数控装置是数控技术中的核心部件，也是数控机床与其他自动化机床控制技术中具有本

质区别的特征所在。70年代中期以前，数控装置绝大部分由集成电路按组合逻辑制成，70年代中期以来，几乎已被微型机数控装置所代替。

2. 伺服机构

伺服驱动机构简称伺服机构。它在数控系统中的作用是：接受数控装置发出的脉冲信号，并把它转换成模拟量（如转角、电压、相位等），经功率放大后去驱动移动部件。相对于每一个脉冲信号的机床移动部件的最小位移量叫脉冲当量，它标志着数控机床的位移精度的分辨率，一般选用 $0.001\sim 0.01\text{mm}/\text{脉冲}$ 。伺服机构包括控制线路、功率放大电路及驱动元件等，可分为开环、闭环和半闭环三种。在开环的伺服系统中，常用功率步进电机作为驱动元件，每当输入一个脉冲，它就转过一定角度。在闭环及半闭环系统中，大多采用宽调速电机。

3. 辅助控制器

辅助控制器控制机床主轴的开停、转速的变换、进给速度的改变、冷却液的开闭、刀具的交换等。

4. 检测装置

当伺服机构为闭环或半闭环系统时，检测装置用以对移动部件的实际位移进行测量，并反馈到数控装置进行比较，以校正误差。检测装置也可视为伺服系统的一部分。

5. 机床

数控机床与普通机床相比，其传动系统的结构简单，但在性能上，如动态刚度、阻尼、精度、热变形、耐磨性等方面的要求却高得多。

二、数控机床的工作原理

在数控中，位置的信息是以数字量来处理的。数控机床即是把刀具与工件的运动坐标按以某一最小位移量（即脉冲当量）为单位进行分割，并按照沿某坐标移动多少个脉冲当量来给出刀具与工作的相对运动。以两坐标运动为例，将各坐标轴分割成若干以脉冲当量为单位的格点，并使刀具或工件按格点作阶梯状移动，而数控装置给出的仅是数字指令的格点移动量（即脉冲数）。

现讨论图1-2中刀具从0点到P点时的运动，可以设想有两种情况：

情况1：如图1-2a所示，只要求得到刀具从0点到P点之间的距离，而对刀具的移动轨迹不作要求，这相当于钻床的钻孔。刀具的移动可沿X方向走到R点，再沿Y方向走到P点；或者先使刀具沿Y方向走到S点，再沿X方向走到P点。这样的控制称为点位控制。

情况2：当刀具从0点向P点移动时，刀具的移动轨迹如图1-2b所示作直线移动，或如图1-2c所示的圆弧移动。这分别相当于在车床和铣床上加工出锥体和圆弧凸轮等零件的轮廓。像这样刀具沿工件轮廓移动的控制称为轮廓控制。在轮廓控制中，刀具轨迹是在X、Y两个方向以脉冲当量为单位作阶梯状进给而一步步靠拢曲线，最终完成曲线加工。例如在加工直线或圆弧时，是通过如图1-2b和c那样非常接近于直线或圆弧的格点运动使其逼近于轮廓线。这种以某一线段拟合曲线的方法称为插补，其算法称为插补运算。如果以直线段拟合曲线段则称为直线插补，如图1-2b和c称为直线

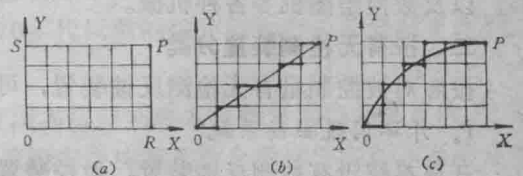


图 1-2 数控机床加工原理

插补；也可用其他特定曲线来拟合曲线，则称为曲线插补。

要实现图1-2a那样的运动，给X坐标6个脉冲指令，再给Y坐标4个脉冲指令，就能实现刀具从0点到P点的移动。这一过程中，设有插补和插补运算。如图1-2b和c那样使刀具沿直线或圆弧移动时，必须进行插补和插补运算，分配给X坐标和Y坐标的指令脉冲序列必须按一定要求进行，如图1-2c的情况下，要按X、Y、Y、X、Y、X、Y、X、X、X的顺序（X、Y分别表示分配给相应坐标的脉冲）。

§1-3 数控系统的分类

数控技术已广泛应用于各类机床和各种机械中，数控系统品种虽繁多，但就其控制原理及主要性能看，可按下列几种原则分类。

一、按控制系统分类

1. 点位控制系统

这种控制系统的特点是只控制移动部件从一点移动到另一点的准确定位，如图1-2a所示，至于两点之间的移动速度和移动路线则取决于生产率。为了保证在精确定位的基础上有尽可能高的生产率，通常两点之间先是以快速移动，在到达离终点一定距离时，采用三次降速，最终以低速趋近终点。采用这类控制系统的有数控钻床、镗床和冲床。

2. 直线控制系统

这种控制系统除了要保证位移起点与终点的准确位置外，还要保证使运动轨迹呈一直线；刀具在运动过程中进行切削。一般地说，直线运动的轨迹是平行于各坐标轴的直线。在同一时间，一般只控制一个坐标轴的移动。另外，其辅助机能比点位控制系统要多。采用这种控制系统的机床有数控车床、镗铣床、磨床以及数控火焰切割机、线切割机等。图1-3是一台直线控制系统数控车床加工示意图。

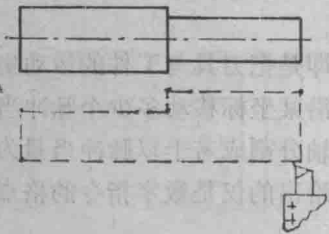


图 1-3 直线控制系统数控车床加工示意图

3. 轮廓控制系统（或称连续控制系统）

这种控制系统的特点是能够对两个或两个以上的坐标方向同时运动进行严格的不间断地控制。为了使刀具沿工件轮廓的相对运动轨迹符合图纸要求，必须使各坐标方向运动的位移控制和速度控制按规定的比例关系协调一致。如图1-2b、c所示。因此在这类控制系统中，数控装置具有插补功能，且辅助功能比较齐全，如有刀具半径或长度补偿机能、主轴转速控制功能、自动换刀功能等。采用这类控制系统的有数控铣床、加工曲面的数控车床和加工中心，以及数控绘图机等各种机械。

二、按有无检测装置分类

按照对被控制量有无检测反馈装置，可以分为下列三种。

1. 开环伺服驱动系统

开环系统没有检测反馈装置，数控装置发出信号的流程是单向的，它对移动部件的实际位置不作检测。采用这种系统的机床或其他机械，其定位精度不高，主要取决于伺服机构和机械等传动环节的精度。它的优点是系统简单、工作稳定，使用和调试维修方便及成本低等。

开环系统有两种方案：一种是采用功率步进电机直接驱动执行件，如图1-4a所示；另一

种是在输出扭矩较小的反应式步进电机与丝杠之间加设液压扭矩放大器（组成电液步进马达），依靠压力油将输出扭矩放大；如图1-4b所示。

2. 闭环伺服系统

在这一系统中，移动件上设有线位移检测元件（如光栅等），检测出移动部件的实际位移量，经反馈回路送回数控装置与规定的位移指令值进行比较，按差值进行控制，直至差值消除移动部件才停止移动。其典型结构如图1-5所示。

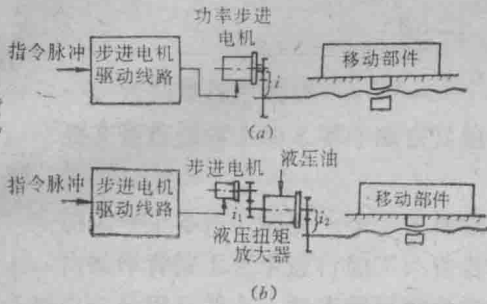


图 1-4 开环伺服系统

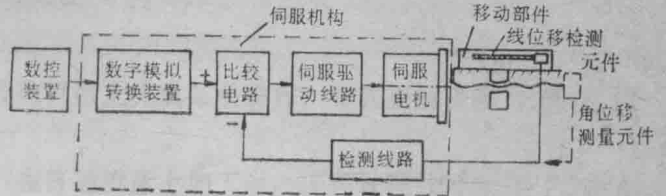


图 1-5 闭环（半闭环）伺服系统

采用这类控制系统的特点主要是消除了传动环节的误差，定位精度高。其缺点是系统复杂，且因从电机、丝杠到移动部件全部包括在控制回路内，传动环节中的各种特性如丝杠、导轨的摩擦特性、各支承环节的刚性、丝杠螺母副的间隙等都会影响调节参数，调整不当将会造成数控系统的不稳定，且维修困难，成本也高。所以这种系统仅用于精度很高的镗铣床、加工中心等。

3. 半闭环伺服控制系统

如果在图1-5中将检测元件从移动部件移到丝杠端（或伺服电机端），通过检测丝杠的转角（如用感应同步器等）间接地测量移动部件的位移，如图中虚线所示，这种系统就构成了半闭环或部分闭环系统。因丝杠螺母副、移动部件等不在控制环内，因此比较容易获得稳定的控制特性。但另一方面因定位精度仍依赖于丝杠螺母副精度，故导致半闭环系统的精度低于闭环系统。这种控制系统广泛用于各类连续控制系统中。

三、按数控装置内部逻辑构成的方式分类

1. 硬件数控（NC）

NC的输入运算、插补运算、控制等功能均由集成电路组成，并经由专用组合逻辑电路来实现。对于不同机床或机械的不同控制电路，需设计不同的组合逻辑电路，故通用性、灵活性均较差，且制造周期长、成本高、功能弱。70年代以前的数控装置绝大部分属于此类。

2. 计算机数控（CNC）

CNC是采用小型或微型计算机加上通用或专用大规模或超大规模集成电路制成的数控装置，亦称软件数控。它与NC不同之处在于数控的主要功能几乎全用软件实现，而不是专用的组合逻辑电路。对于不同的控制对象，只要改变软件即可实现，所以适应性强，有利于大量生产和提高质量，缩短制造周期和降低成本。在60年代末已出现以小型计算机为主体的CNC装置，70年代中期以来，随着微电子技术的发展和微计算机的出现，新生产的数控装置几乎都是以微型计算机为主体的CNC装置。

习 题

1. 什么是数控技术?
2. 数控机床与一般的自动化机床主要区别在哪里?
3. 什么叫脉冲当量?
4. 数控机床由哪几部分组成? 各部分的基本功能是什么?
5. 简述数控系统的分类。



数控机床的组成及各部分的功能。数控机床由数控装置、伺服驱动、电动机、滚珠丝杠、工作台等组成。数控装置是数控机床的核心，它接收来自计算机的加工程序，并将其转换成机床能够执行的指令。伺服驱动和电动机负责接收数控装置的指令，并驱动滚珠丝杠和工作台运动。滚珠丝杠将旋转运动转换为直线运动，工作台则带动刀具进行切削加工。位置反馈和速度反馈用于实时监测机床的运动状态，并将信息反馈给数控装置，以实现精确的位置和速度控制。

数控机床的分类。数控机床可以根据不同的标准进行分类。按加工精度可分为普通数控机床和精密数控机床；按加工对象可分为车削数控机床、铣削数控机床、磨削数控机床等；按控制方式可分为开环控制数控机床和闭环控制数控机床；按伺服驱动方式可分为步进电机驱动数控机床和伺服电机驱动数控机床。此外，还有复合加工中心、柔性制造系统等特殊类型的数控机床。

数控机床的特点。数控机床具有加工精度高、加工效率高、加工自动化程度高、加工柔性好等特点。它能够加工各种复杂形状的工件，且加工精度稳定。通过更换刀具和程序，可以实现多品种、小批量的加工。此外，数控机床还具有操作方便、维护简单等优点。随着技术的发展，数控机床的智能化和集成化程度不断提高，为制造业的发展提供了强大的技术支持。

数控机床的发展趋势。随着科学技术的不断进步，数控机床将朝着高精度、高效率、高柔性、智能化的方向发展。未来，数控机床将更加注重加工质量的稳定性和一致性，同时提高加工效率和降低能耗。此外，数控机床还将与物联网、大数据等技术深度融合，实现生产过程的实时监控和智能决策。随着新材料、新工艺的不断涌现，数控机床的应用领域也将进一步扩大，为制造业的转型升级提供强有力的支撑。

第二章 程序编制

§2-1 程序编制概述

一、什么是程序编制

要在数控机床上加工零件或在其他数控机械上完成某些操作，首先要解决程序编制问题。

加工一个零件，需要一个工艺规程。在普通机床上加工时，工艺规程被写在工艺卡片上，由操作者按工艺卡进行加工；在自动机床上加工时，工艺规程被规定在凸轮、靠模以及各种电气行程开关上，机床就可按此规定的“程序”进行加工。

所谓“程序”，就是机床动作的先后次序和位移量，而编制程序，则不仅包括机床动作的先后次序和机床动作的位移量，而且也包括工艺参数。普通机床的工艺过程及工艺参数的确定，自动机床的凸轮和靠模形状的确定，都是编制相应的程序。对于数控机床，程序编制就是将所加工零件的全部操作程序的信息指令：包括零件的工艺过程、工艺参数（主轴转速、进给量和切深）、走刀顺序、位移量与方向以及其他辅助操作（主轴开停、换刀、变速、冷却液开停以及夹紧等），按数控机床规定的代码和程序段格式记录在控制介质上，然后输入到数控装置来控制机床的运动，以加工出符合图纸要求的零件。由此可知，根据加工零件的图纸要求到制成控制介质的过程称为数控机床的程序编制。

二、程序编制的内容和步骤

程序编制可分为手工编制程序和自动编制程序两种。

1. 手工编程

手工编程就是由人按图纸上给出的零件形状和尺寸等信息，根据机床数控系统所具有的功能，对零件进行程序编制。手工编程的过程如图 2-1 所示。

(1) 工艺规程分析与制定。根据零件图纸，对零件形状、尺寸和技术要求等进行工艺分析，在分析基础上，确定加工方法、工艺路线和工步顺序以及选择机床、刀具、夹具和切削用量。

(2) 运动轨迹的坐标计算。根据零件图形的几何尺寸、走刀顺序及设定的坐标系，计算出零件轮廓和刀具运动轨迹的坐标值。对直线，计算其起点和终点坐标值；对圆弧，计算其圆心、半径、圆弧的起点和终点，以及几何元素的交点或切点的坐标值。

(3) 编写程序单。按照数控装置规定使用的指令代码及程序段格式，将已确定的工艺参数、走刀顺序、刀号、辅助操作和已计算出的坐标计算数据，逐段填写在程序单上。程序段开始应加上程序的顺序号，程序段结束应有程序段结束号。

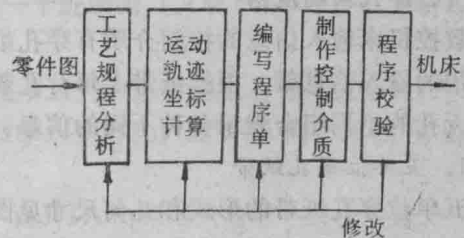


图 2-1 手工编程程序

(4) 制作控制介质。将程序单上的内容记录在控制介质上。常用穿孔机在纸带上打出代码孔,或用磁带机录制在磁带上,使用时通过输入装置把信息输送给数控装置。

(5) 程序校验。控制介质制作完毕后,必须经过校验才能投入使用。一般的方法是将控制介质上的内容直接输入数控装置进行机床的空运转检查:即在机床上用笔替代刀具,坐标纸替代工件,进行空运转画图,以检查机床运动轨迹与动作的正确性。在具有屏幕图形显示的数控机床上,用图形的静态显示(所形成的运动轨迹)或动态显示(模拟刀具和工件的切削过程)来校验程序。这些方法只能检查运动的正确性,而不能检查出由于刀具调整不当或计算不准确而造成的工件误差。首件试切工件的方法,则不仅可检查出程序单及控制介质是否有错,还可测得加工精度是否符合要求。当发现有错误时,应针对产生错误的原因,进行修改。

以上是手工编程的一般内容和步骤。它适用于几何形状不太复杂的零件。对复杂的,特别是具有非圆曲线表面的零件;或者几何元素并不复杂,但程序量很大的零件(如锅炉热交换器隔片上的几千个孔);或者三维铣削(如加工螺旋桨或凸轮),手工编程将很难胜任,因此必须解决编程的自动化问题。

2. 自动编程

自动编程又称计算机编程,它是用计算机来完成手工编程中的大部分内容。自动编程需要按规定的数控“语言”及其格式,把加工零件的有关信息、用手工编写一个简短的零件源程序,输入到电子计算机中,然后由电子计算机通过预先存入的数控程序系统(数控软件系统)及外围设备(如打印机、自动穿孔机),自动完成运动轨迹计算、加工程序单的编制和控制介质的制作。所编的程序还可通过屏幕或自动绘图仪进行图形检查,若有错误可在屏幕上进行修改或增删,直至程序单正确为止,最后直接得到数控机床所需的控制介质。由此可知,计算机编程系统由数控编程语言(数控语言)和数控程序系统(数控软件系统)两部分组成。

§2-2 程序编制的有关规定

数控技术经过30多年来的不断实践和发展,在输入代码、坐标指令、加工指令、辅助指令以及程序格式等方面已逐步趋向统一。

一、穿孔带的规格

数控机床输入信息的控制介质有穿孔纸带、磁带、磁盘及手动键盘。其中穿孔纸带是目前常用的输入信息带。根据纸带上每行孔数的不同,可分为五单位和八单位纸带。纸带上有孔和无孔的不同组合表示各种不同的信息。

1. 五单位穿孔纸带

五单位穿孔纸带的形式和几何尺寸见图2-2所示。纸带上纵向称为列,横向称为行,每行有6个孔位,其中 S_0 为小孔,称为同步孔(或中导孔、牵引孔等),用以产生同步读入信号(见第三章)和起引导作用。孔 S_1 用作奇偶校验(详后),称为校验孔,其余大孔根据它们的不同组合,表示不同的输入信息,称为信号孔。

这种纸带由于孔道数少,所能表示的代码数受到限制。因为每行只有四个信号孔位,结合孔位“有孔”、“无孔”两种状态,所能表示的信息符号只有 $2^4 = 16$ 个,因此这种纸带适用于简单的数控机械(如数控绣花机)上。

表 2-1 数控机床用EIA编码表

代 码 孔							代 码 符 号	定 义
8	7	6	5	4	3	2 1		
		○			•		0	数字 0
					•	○	1	数字 1
					•	○	2	数字 2
					•	○	3	数字 3
					•	○	4	数字 4
					•	○	5	数字 5
					•	○	6	数字 6
					•	○	7	数字 7
					•	○	8	数字 8
					•	○	9	数字 9
					•	○	A	绕着x轴的转角
					•	○	B	绕着y轴的转角
					•	○	C	绕着z轴的转角
					•	○	D	第三进给速度机能
					•	○	E	第二进给速度机能
					•	○	F	进给速度机能
					•	○	G	准备机能
					•	○	H	输入(或引入)
					•	○	I	不用
					•	○	J	没有被指定
					•	○	K	没有被指定
					•	○	L	不用
					•	○	M	辅助机能
					•	○	N	序号
					•	○	O	不用
					•	○	P	平行于x轴的第三坐标
					•	○	Q	平行于y轴的第三坐标
					•	○	R	平行于z轴的第三坐标
					•	○	S	主轴速度机能
					•	○	T	刀具机能
					•	○	U	平行于x轴的第二坐标
					•	○	V	平行于y轴的第二坐标
					•	○	W	平行于z轴的第二坐标
					•	○	X	x轴方向的主运动坐标
					•	○	Y	y轴方向的主运动坐标
					•	○	Z	z轴方向的主运动坐标
					•	○	.	小数点(句号)
					•	○	+	加
					•	○	-	减
					•	○	*	乘
					•	○	/	除
					•	○	略/除	略/除
					•	○	=	等号
					•	○	(括号开
					•	○)	括号闭
					•	○	\$	单元符号
					•	○	:	选择(或计划)倒带停止
					•	○	STOP(ER)	纸带倒带停止
					•	○	TAB	制表(或分隔符号)
					•	○	CR	程序段结束
					•	○	DELETE	注销
					•	○	SPACE	空格