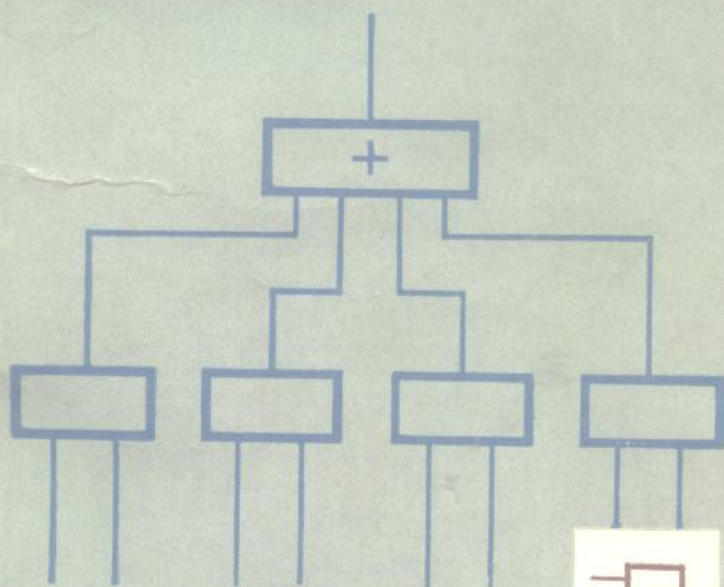
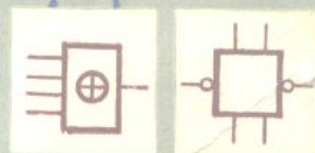


铁路职工技术
培训用书

数控 技术



SHUKONGJISHU



73.0
443

铁路职工技术培训用书

数 控 技 术

高 峰 编

张风翥 审

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 8 3 年·北京

1472/35 08

内 容 简 介

本书力求通俗易懂，由浅入深，图文并茂。为了便于职工自学与实践，每章附有例题、习题及应用举例。

书中系统、全面地叙述了数控技术基本概念、数字系统中数的表示方法、逻辑代数的基本原理及其在电路设计中的应用、基本逻辑单元、基本逻辑部件、时序电路、插补器、数控系统的位置检测装置、数模与模数转换电路及数控装置。

本书可供具有初中文化程度的工人、干部及工程技术人员自学和数控技术普及教材之用，也可作为工厂技工学校、中等专业学校、职工大学、工厂业余学校及数控技术短期培训教学参考用。

铁路职工技术培训用书

数控技术

高峰 编

张凤翥 审

中国铁道出版社出版

责任编辑 陈广存 封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：15.125 插页：1 字数：336千

1983年9月第1版 1983年9月第1次印刷

印数：0001—8,000册 定价：1.20元

目 录

第一章 基本概念	1
第一节 数字控制技术	1
一、什么是数字控制技术	1
二、什么是数控机床	3
第二节 数控机床的分类	5
一、按机械运动轨迹来划分	5
二、按数控装置有无插补功能来划分	7
三、按伺服机构的控制方式来划分	8
第三节 数控技术的产生与发展	11
一、数控技术的发展历程	12
二、我国数控技术发展简述	14
第二章 数字系统中数的表示方法	16
第一节 进位计数制	16
一、十进制数的表示	16
二、二进制数的表示	17
三、二进制的特点	19
四、八进制数的表示	22
第二节 进位制数之间的转换	23
一、十进制整数转换成二进制整数	23
二、十进制小数转换成二进制小数	25
三、二进制数转换成十进制数	26
四、任意两个进位制数的转换	27
第三节 数的定点与浮点表示	28
第四节 原码、补码与反码	33
一、机器数与真值	33
二、原码表示法	34

三、补码表示法	36
四、反码表示法	49
第五节 一些简单的编码	52
一、十进制数二进制编码	52
二、奇偶校验码	54
三、循环码	56
第三章 逻辑代数的基本原理及其在设计中的应用	61
第一节 逻辑代数	61
一、逻辑代数概述	61
二、逻辑代数的基本运算规则和定律	63
三、逻辑代数的代入、反演、对偶规则	66
四、逻辑函数的“相等”，“大小”，“简化”， “扩展”和“最小化”	70
五、逻辑表达式的类型	74
六、“与-或”表达式的代数最小化运算	76
七、“或-与”表达式的代数最小化运算	82
第二节 逻辑代数的应用	88
一、逻辑网路的分析与综合的概念	88
二、最小项及逻辑函数的最小项表达式	98
三、最大项及逻辑函数的最大项表达式	105
第三节 卡诺图	111
一、逻辑函数卡诺图表示法	111
二、卡诺图的绘制	116
三、卡诺图上的“圈”及其标注	124
四、逻辑函数表达式的几何化简法	133
五、“与-或”网络转换成其它类型网络	142
六、具有多输出端的逻辑网络及其化简	158
七、具有无关最小项的逻辑函数的化简	164
八、输入之反不可利用的逻辑网络及其化简	169
九、多变量逻辑函数的几何化简法——卡诺图边框的	

改进	181
第四节 组合逻辑网络设计	187
一、组合逻辑网络一般概念	187
二、半加器 (BJ) 的设计	188
三、全加器 (QJ) 的设计	189
四、综合加法器	193
五、补码发生器的设计	194
六、二十进制码数码转换器	197
七、格雷码与二进制码转换器	205
第四章 基本逻辑单元	214
第一节 门电路	215
一、“与”门电路	215
二、“或”门电路	216
三、“非”门电路	217
第二节 复合门电路	218
一、分立元件组成的“与非”门电路	219
二、晶体管-晶体管逻辑“与非”门电路 (TTL电路)	220
第三节 触发器	222
一、 R - S 触发器	222
二、时钟选通控制 R - S 触发器	225
三、维持阻塞触发器	229
四、主从触发器	231
第四节 几种触发器功能及其转换	234
一、 D 触发器	234
二、 T 触发器、 T' 触发器	237
三、 R - S 触发器	238
四、 J - K 触发器	239
五、各种触发器的转换	242
第五节 触发器的应用	247
一、代码寄存器	247

二、移位寄存器	250
第五章 基本逻辑部件	256
第一节 计数器	256
一、计数器的结构及分类	256
二、二进制计数器	257
三、十进制计数器	264
四、其他进制计数器	273
五、移位寄存器型计数器	275
六、循环码计数器	281
七、计数器的设计 and 要求	284
第二节 译码器	285
一、二进制译码器	287
二、二-十进制译码器	289
第三节 顺序脉冲发生器	292
一、顺序脉冲分配器	292
二、过渡干扰脉冲的消除	294
第四节 数字比较器	296
一、并联比较器	296
二、串联比较器	298
第五节 数字检零器	299
第六节 脉冲同步电路	300
第六章 时序电路	306
第一节 时序电路概述	307
第二节 时序电路的分析	312
第三节 时序电路的综合	317
一、决定状态图或状态表	318
二、状态化简	322
三、状态分配	332
第四节 时序电路的综合举例	337
第七章 插补器	349

第一节	逐点比较法圆弧插补	349
一、	插补原理	349
二、	插补计算	350
三、	插补计算的逻辑框图及流程图	356
第二节	直线插补	362
一、	插补原理和计算	362
二、	插补计算的逻辑框图及流程图	366
第三节	插补计算与顺圆、逆圆、象限的关系	368
第四节	插补计算小结	373
第五节	圆弧插补的过象限问题	376
第八章	数控系统中的位置检测装置	380
第一节	计数式测量元件	380
一、	光电式测量元件	380
二、	半导体式测量元件	383
第二节	直接编码测量元件	384
一、	基本原理	384
二、	非单值误差的消除	385
三、	码盘的种类及其优缺点	387
四、	组合码盘	389
第三节	感应同步器及磁尺检测装置	390
一、	旋转变压器	390
二、	感应同步器	393
三、	磁尺工作原理	397
第四节	光栅与激光检测装置	401
一、	光栅位置检测装置	401
二、	激光位置检测装置	403
第五节	自整角机	404
一、	自整角机的功用	404
二、	基本原理	405
第九章	数模与模数转换电路	408

第一节 数模转换电路 (D/A)	408
一、并行数模转换电路	408
二、串行数模转换电路	417
第二节 模数转换电路 (A/D)	422
一、线性电压比较法	423
二、积分比较法	425
第十章 数控装置	429
第一节 数控定位系统	429
一、开环控制系统	429
二、闭环(半闭环)控制系统	432
三、定位系统应用实例	438
第二节 数控机床的数控装置	441
一、点位系统的数控装置	441
二、直线数控系统的数控装置——数字脉冲乘法器	444
三、连续数控系统的数控装置	449
附录一 常用逻辑电路图图形符号说明	467
一、原则	467
二、基本逻辑单元图形符号表	469
三、其他符号	471
四、文字符号	472
附录二 常用字母表	473
一、汉语拼音字母	473
二、英文字母	473
三、拉丁字母	474
四、希腊字母	475
附录三 罗马数码	476

第一章 基本概念

第一节 数字控制技术

一、什么是数字控制技术

本书的意图是向读者介绍数字控制技术的基础知识。因此，“什么是数字控制技术”这个问题作为本书的开头是恰当的。为了回答这个问题，就必须弄清“数字”这个术语在使用方面的意义。

在我们的生活中所遇到的，大多数是一种连续的物理量，例如时间，温度，距离，重量等等。但是从另一方面，例如在会话、数据处理、记录保存以及其它一些活动中是不能取得这些变量的精确值的，可是人们又必须把测量到的变量用某种实际的数字值来代表，如对于温度的测量并记录为 72°C ，而实际的温度是处于 72°C 与 73°C 之间的某一个值。并且还处在不断的变化之中。

人们通过对某种数值的测量，把准确度，分辨力及确定数字值的时间这三个概念结合在一起，这种过程通常称为使变量数字化。

变量被数字化以后，说明了原来的变量用一个数字值代替了，这个数字值的数表示了该变量在某一特定时刻的大小。一旦人们把某个值转换成数字形式以后，就能对它进行处理或储存，而不会再降低准确度或分辨力。

数字控制技术是一门通过“数字量”来对各种设备进行控制的一门技术。一般简称为数控技术。

国外最近已把数控技术用在日常生活领域中。例如，有一种安全简便的电子号码锁就是一例。这种锁只有在输入正确的四位数指令序列后，锁内的继电器才自动将锁打开。使用时如果第一次输入的数据不正确，那么即便是再输入正确的指令，锁还是打不开。在这种情况下，必须先输入一个二位数的复位密码，才能使四位数指令再起作用，这种双保险的方法可确保锁不会被外人碰对四位数指令而被打开。数控技术用于生产领域中则更日趋广泛。例如，控制机床或其他设备的操作指令（或程序）以数字形式给出的一种控制方式。当将这种指令提供给数控机床或其他设备的控制装置时，则机床或其他设备便能按照给定的程序，自动地进行工作。

简单地说，数控技术就是通过数字量去控制生产过程。要表示数字量一般是利用某种元件的两种状态，例如：接点元件的开和关，电子元件的高电位和低电位，脉冲的有和无等等。顺序控制装置就是数字控制的一个例子。它的输入是行程开关的通与断两个状态（或光电信号的有和无），输出则是继电器的通与断两种状态。

除了顺序动作和时序动作外，有一些量的自动调节（如温度、速度、位置等等）也可以用数字量去进行。如果被控制量的参数很多，并且需要通过一些计算再去控制，则可以用计算机去控制，计算机控制一般也是用数字量来完成的。

数字控制的优点，可归纳如下几点：

1. 使用的基本单元统一，便于集成化；
2. 显示直观，便于多点控制；
3. 精度较高，质量稳定；
4. 抗干扰性能好。

数字控制也有一些缺点，例如，在某些情况下，采用数

字控制比较复杂，有一些控制参数转化为数字量比较困难等等。

数控技术在近二十多年来获得极为迅速的发展，它不仅在机械加工中越来越普遍得到应用，而且在其他设备中也广泛应用。例如，数控精密火焰切割机，数控肋骨冷弯机、数控弯板机、数控检查机、数控弯管机、数控压力机、数控绘图机、数控线切割机、数控绕线机、数控电焊机、数控坐标测量机，以及数字通讯等等也在被广泛地应用着。特别是高效自动化机床，是机床自动化方面一个新的、重要发展方向。它是随着半导体元件和计算技术的发展而产生的，并综合地应用了计算技术、自动控制、精密测量、机床结构设计和工艺等各个技术领域里的最新技术成就而发展起来的一种既具有广泛的通用性，又具有很高的自动化程度的新型机床。因而数字控制机床的出现，也标志着机床工业进入了一个新的发展阶段。也是当前工业电子化和自动化的主要发展方向。

下面我们着重以数控机床方面的应用为例加以介绍。

二、什么是数控机床

所谓数控机床，就是把对机床的各种控制（如主轴起停、换刀、冷却液的开关等），操作要求（如主轴转速、进给速度），运行尺寸（如轨迹）等，都用数字和文字编码的形式表示出来，把这些数字和文字编码通过信息载体（如穿孔纸带、穿孔卡片、磁带等）送给专用电子计算机或数控装置，再经过计算机的变换处理，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，自动地进行加工。因此，我们把这种机床称为数控机床，这种机床同其他各种自动化机床相比的一个显著区别，在于当这种机床上的加工对

象改变时，除了重新装卡工件和更换刀具外，只需要更换一条穿孔纸带，就可以自动地加工所需要的新的工件，并不需要对机床作任何的调整。

而一般所谓程序控制机床，它是利用一些挡块、行程开关等，控制机床按要求的操作顺序，自动加工循环中各种动作的先后顺序，对于机床运动部件的位移量则不能进行控制，仍要靠预先调整好的尺寸的挡块等方式来保证。因而这种机床无论是适应性方面，还是在加工精度方面都远不及数控机床。

数控机床它具有以下两个特点：

1. 采用程序指令

数控机床的特点之一是它所采用的程序指令。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以大大缩短。

2. 适应性强

数控机床的另一个特点是它的适应性强。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、种类多、产品更新频繁、生产周期要求又短、并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。同时，对于同类零件系列中不同尺寸零件的加工，甚至用不着更换刀具和夹具，只要更换一条程序带，就可以从一种尺寸零件的加工改为同一系列中另一尺寸零件的加工，通常更换穿孔带是很快的，而机床实际停工时间是很短的，主要是装卸零件或按需要更换刀具或夹具的时间，因此机床的利用率就可以大大的提高。

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经济效果。一般数控机床还具有以下优点：

1. 可以加工普通机床难以加工的复杂零件；
2. 提高加工精度及使成批工件精度的一致性；
3. 减少了设备，有利于新产品试制；
4. 换批调整方便，有利于实现中小批生产的自动化；
5. 减少了加工件的检验时间，提高了生产效率；
6. 减轻劳动强度，改善劳动条件。

目前虽然由于数控机床的设备成本还比较高，使用还不很普遍，但随着数控技术的普及和电子元件、机床成本的进一步降低，数控机床的使用范围会越来越广，将成为广泛实现单件、小批生产机械加工自动化的重要途径之一。

第二节 数控机床的分类

随着电子计算技术的发展，近十余年来，现代化电子计算技术和数控技术的应用正在逐步改变着铁路运输和机车车辆工业的面貌，促使铁路运输事业不断向机械化和自动化方向发展。

目前就数控机床和数控装置来说，品种虽日益增多，但根据其工作方式的不同，大体上可按下述三个原则来分类。

一、按机械运动轨迹来划分

1. 点位控制

点位系统只控制定位点的最终位置，不控制点与点之间的运动轨迹。采用这类控制方式的特点是只要求控制刀具或机床工作台从一点移动到另一点的准确定位，至于点与点之间移动的轨迹原则上不加控制，且在移动过程中刀具不进行切削，如图 1—1 所示。采用这类控制系统的机床如钻床、镗床和冲床等。

2. 直线控制

直线控制方式的特点是除了控制点与点之间的准确定位外，还要保证被控制的两个坐标点间移动的轨迹是一条直线，且在移动的过程中刀具能以指定的进给速度进行切削，如图 1—2 所示。采用这类控制系统的机床如加工中心机床、车床、铣床和磨床，以及数控火焰切割机和线切割机

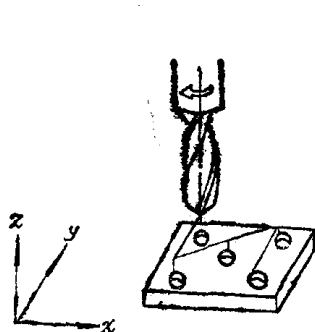


图 1—1 点位控制加工方式

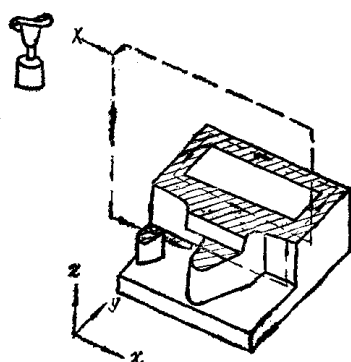


图 1—2 直线控制加工方式

3. 连续控制（或称轮廓控制）

连续控制方式的特点是能够对两个或两个以上坐标方向的同时运动进行严格的不间断控制。为了满足刀具沿工件轮廓的相对运动轨迹符合工件加工轮廓的直线或曲线表面要求，必须将各坐标方向运动的位移控制与速度控制按规定的比例关系精密的协调起来。因此在这类控制方式中，就要求数控装置具有插补运算的功能，即根据输入的基本数据（如直线的终点坐标或圆弧的起点和终点坐标、圆心坐标和半径等），通过数控装置中插补器的内部运算，把直线或曲线的形状描述出来，一边运算，一边将计算结果向坐标方向分配

进给脉冲，在运动过程中刀具在工件表面连续进行切削，如图 1—3 所示。采用这类控制系统的机床如铣床、车床、磨床、齿轮加工机床和加工中心机床，以及线切割机和数控绘图机等。

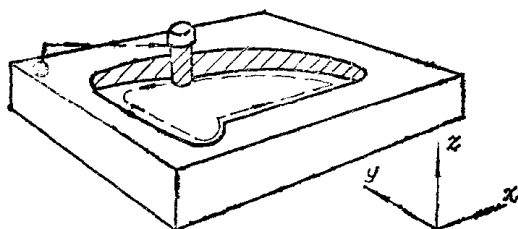


图 1—3 连续控制加工方式

二、按数控装置有无插补功能来划分

1. 内插补控制系统

在数控装置内部具有插补运算功能，即数控装置本身就是一个插补器，可直接与机床或其他设备相联。其优点是可以充分发挥数控系统的特点，当用户需要更换零件和重新编制加工程序时，就不必借助于计算中心，因此灵活性比较大。缺点是由于每台机器上所配的数控装置都需要带有插补器，因此在结构上较复杂，操作和维修要求较高，造价也比较贵。

2. 外插补控制系统

数控装置本身若不具备插补功能，就必须借助于外加的插补器配合，才能去控制机床。因此在这种插补方式中插补器都是与机床分开的，一般将它放到计算中心，以便与计算机联接起来为多台带外插补控制系统的数控机床服务。在这种场合下输入程序经插补器插补运算后，大都将其输出信号

(脉冲或相位)，以磁性记录形式录制在磁带上，然后将录制好的磁带经过与机器相联的磁带控制机，把录制在磁带上的信号重新放出来去控制机床或其他设备，使它按给定的程序加工出蓝图所需的零件。这样就可以使与机器相联的数控装置做得很简单，不仅降低了它的造价，而且还可以提高机器工作的可靠性。缺点是它的灵活性较差，这是因为用户需要更换零件和重新编制加工程序时，就必须完全依赖于计算中心。这类外插补磁带控制系统，已将逐渐趋向几乎被内插补系统所代替。

三、按伺服机构的控制方式来划分

1. 开环控制系统

数控装置是根据穿孔带上的数据指令，经过运算，发出指令脉冲，送给电液脉冲马达，使其转动一定的角度，再通过传动齿轮和丝杠螺母，带动机床工作台移动一定的距离。这种不带有位置测量装置，也不能将被控制量的实际值反馈回去和指令值进行比较的系统，称为开环控制系统。如图 1—4 所示。

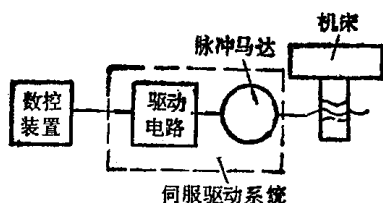


图 1—4 开环控制系统框图

采用这类控制系统的机床或其他设备的定位精度，主要取决于伺服驱动元件和机器传动机构的精度。它的优点是系统简单，工作稳定，易于掌握使用，调试和维修也方便，成本低。缺点是进一步提高定位精度受到限制。

2. 闭环控制系统

在数控装置中不仅要根据穿孔带上的指令要求，给伺服