

机床数控装置

[德] Rudolf Sautter

傅荣 译 朱荫椿 校

清华大学出版社



机 床 数 控 装 置

[德] Rudolf Sautter 著

傅 荣 译 朱荫椿 校

清 华 大 学 出 版 社

(京)新登字 158 号

Numerische Steuerungen für Werkzeugmaschinen

2. Auflage. 1987

Prof. Dipl.-Ing. Rudolf Sauffer

ISBN 3-8023-0804-2

©Copyright 1985, Vogel und Druck KG, Würzburg(BRD)

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标志,无标志者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

机床数控装置/(德)绍特尔(Sautter, R)著;傅荣译.-北京:清华大学出版社,1994

ISBN 7 302 01481-7

I. 机… II. ①绍…②傅… III. 数控机床 数字控制-控制设备
IV. TG502.35 TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 1906 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内 邮编 100084)

责任编辑:王如琦

印刷者:北京密云胶印厂

发行者:新华书店总店北京科技发行所

开 本:850×1168 1/32 印张:7.5 字数:192 千字

版 次:1994 年 9 月第 1 版 1994 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-01481-7/TP·588

印 数:0001—3000

定 价:8.90 元

前 言

当前,数控技术被各种机床广泛采用,从而能进一步实现柔性自动化设计,并把各种机床纳入计算机控制加工的总体方案中。微电子技术的飞速发展,使得数控装置的效能大大提高,而价格却不断下降。

在这一发展中,微处理机占有重要的地位,而这种带有外围设备的微处理机,作为微型计算机成为任何数控装置的固定的组成部分。固定布线的数控(NC)因此变成了计算机数字控制(CNC)。目前的技术水平又能把数控装置与机床间的适配控制器结合进CNC,成为可编程序存储控制器(PC)。从而以可任意编程的电子控制器替代按专题布线的继电器适配控制器,以相应的程序适配机床的专用需求。

CNC的功能使程序的编制大为简化,以人和控制器之间对话方式直接在机床上编程。甚至连小型企业对CNC机床也颇感经济实惠。由于CNC机床完成工作过程所需的一切信息均以数字形式输入控制器,因此CNC机床可加入包括整个作业流程的数据组合系统。即使在批量生产中。CNC机床也可逐步代替单一目的的专用机床以及用凸轮和类似模拟存储器媒体控制的机械加工装置。

本书介绍的是机床数控现代发展水平的概貌,先介绍数控装置的功能与结构,此后关于数控装置程序编制的章节则是本书突出的重点,以编程实例,详细说明CNC控制装置的各种特定用途。

极限控制和优化控制(AC=自适应控制)、数控装置与主导计

算机系统(DNC)的连接以及多台 CNC 机床经传输系统的计算机控制连接构成的柔性加工系统也将予以介绍。最后一章则是有关 CNC 技术的缩略语及其名词解释。

本书首先是学习机床数控技术专业的未来工程师们的良师益友,此外,向迄今仍在使用常规机床进行生产的工人师傅、技术人员和工程师们传播机床数控装置的作用原理和用途的知识。

再版前言:

我非常高兴此书头版发行以来很快又再版发行。书中介绍的基本原理仍然适用。第 16,17 两章按当今情况重新作了相应的修改。

作者 鲁道夫·绍特尔(Rudolf Sautter)

本书所用的公式符号

符号	单位	名 称
F	N	力
J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	惯性矩
L	mm	轨道长度
M	$\text{N} \cdot \text{m}$	力矩
N	1	内插补节拍数
R	mm	半径
T	s	时间
U	V	电压
d	mm	直径
f	Hz	频率
h	mm	节距(螺距)
i	1	增量计数器
i	A	电流
k_v	s^{-1}	速度放大系数
l	mm	长度
m	kg	质量
n	min^{-1}	转速
s	mm/U	进给
t	s	时间间隔
u	mm/min	进刀速度
Δ_x	mm	x 轴滞后量
Δ_f	mm	位置调节的输出精度
Φ	Am^{-1}	磁场强度
η	1	有效作用系数
ω	rad/s	角速度

目 录

1	问题的提出和释义	(1)
2	数控装置的研制及其现状	(3)
3	数控的种类	(5)
4	数控装置的功能与结构	(7)
4.1	数控机床的功能原理	(7)
4.2	数控装置的信号流	(8)
4.3	控制信息	(10)
4.4	数系和数据代码	(11)
4.4.1	十进制数	(11)
4.4.2	二进制数	(11)
4.4.3	复合的字母数字符号系统	(12)
5	数控装置的信息处理	(19)
6	CNC 控制器	(23)
6.1	CNC 控制器的结构	(23)
6.2	CNC 控制器的硬件单元	(24)
6.2.1	微处理机	(25)
6.2.2	微型计算机	(27)
6.3	微处理机的工作方式	(29)
6.4	多处理机 CNC 控制器的发展阶段	(32)
6.5	多处理机控制器的功能简介	(33)
7	几何程序数据的处理	(38)
7.1	内插补	(38)
7.2	内插补的种类(方式)	(40)
7.3	插补的方法	(41)

8	CNC 机床的进给	(47)
8.1	进给方法	(47)
8.2	位置调节	(48)
8.3	CNC 机床的进给传动装置	(52)
8.3.1	进给传动装置的任务	(52)
8.3.2	直流电动机	(55)
8.3.3	三相交流电动机	(56)
8.3.4	机械传动链节	(58)
8.3.5	进给传动装置的计算依据	(60)
9	CNC 机床的位置测量方法	(63)
9.1	位置测量方法概述	(63)
9.2	位置测量仪	(67)
9.2.1	模拟测量仪	(67)
9.2.2	数字位置测量系统	(71)
10	数控装置的处理程序	(75)
10.1	输入数据	(75)
10.2	坐标和基准点	(75)
10.3	程序段的构成	(81)
10.4	程序段代码的说明	(85)
10.5	用于描述数控机床特性的代码	(100)
11	数控装置程序编制的方法	(102)
11.1	概述	(102)
11.2	在 CNC 机床上直接编程	(102)
11.3	在工作准备阶段编程	(107)
11.4	手工编程	(108)
11.4.1	手工编程的几何基础	(109)
11.4.2	手工编程的工艺基础	(113)
11.5	CNC 控制器特有的编程可能性	(122)
11.5.1	刀具校正	(122)
11.5.2	轮廓描述	(124)

11.5.3	切削分配	(129)
11.5.4	极坐标	(130)
11.5.5	工作周期	(131)
11.5.6	子程序技术	(137)
11.5.7	参数编程	(139)
11.5.8	镜像处理	(144)
11.6	编程举例	(146)
11.7	自动编程	(156)
11.7.1	自动编程的应用	(156)
11.7.2	在独立编程台上进行自动编程	(157)
11.7.3	处理程序和后置处理程序	(159)
11.7.4	程序设计语言	(162)
11.7.5	以 EXAPT1 作例说明一种 NC 程序设计语言	(166)
11.7.6	EXAPT1 零件程序举例	(170)
12	CNC 控制器的工作方式	(174)
12.1	CNC 控制器的操作	(174)
12.1.1	操作板	(174)
12.1.2	屏幕显示	(176)
12.1.3	控制器的数据输入及输出	(176)
12.2	机床调整数据	(178)
12.3	误差补偿	(179)
12.4	CNC 机床上的测量	(180)
12.5	CNC 控制器的操作方式	(184)
12.5.1	手动控制	(184)
12.5.2	程控操作	(184)
12.5.3	程序中中断	(185)
13	开关信息的处理——存储可编程序的控制器	(186)
14	直接数字控制(DNC)	(189)
15	自适应控制(AC)	(193)
16	柔性加工系统(FFS)	(196)

17	计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)	(292)
18	CNC 工艺和有关 CNC 计算机技术的缩略语	(208)
19	附表	(210)
20	参考文件	(224)

1 问题的提出和释义

DIN 19226 对控制的概念定义如下:

“控制”是指在一有界限的系统中的一种过程,在此过程中根据系统固有的规律性,一个或多个参数作为输入参数,影响着另一些参数,作为输出参数。

数控(NC)的特征是以二进制数字信号作为控制器的输入参数。输入参数以控制程序的形式输入控制器。

应用数控技术对机床进行控制,其输入参数也可以叫做输入信息或输入数据。

一台机床的控制,需用几何信息来控制刀具和工件间的相对运动。这种信息也叫做定位数据,此外,还需要能使机床具有必要工艺数值的工艺信息,诸如:进给速度,主轴转速、主轴旋转方向、刀具准备、冷却剂的接通和关断。

所谓机床的控制,并非仅局限于数字控制。在使用常规机床进行批量加工时,生产流程同样可用程序进行控制。该程序在本质上有别于数控机床的程序,表现在定位数据和工艺信息的存储方式和后续处理的不同。

常规机床的控制,其几何信息的储存,多数情况下是用模拟的形式,如用曲线规、样板或工件专用成型刀具,而其工艺附加信息则以数字形式表现在凸轮挡块、插头或开关等手段中。存储的调用和信息进一步处理则采用机械、液压、气动或电气的手段。

数控的特点是,制造某一工件所需的一切控制信息均以数字

形式来表达。信息数据可以经字母数字键盘手动输入或经机器可读数据载体(穿孔纸带、磁带)读入。另外一种可能性是通过与大型计算机的数据存储器联机直接输入数据。

数控的另一特征是各轴的受控轨迹运动。若干运动过程可以由一个调节器同时监控的多轴运动而实现,这些运动过程使刀具沿非轴向平行轨迹或弯曲的轨迹运行。因此,即使是复杂形状的工件也可用简单的标准刀具进行生产。

数控机床的优点在于:

□ 与手控机床相比,工作成果与操作者的技巧无关,操作者在这里基本上只起个监控作用。

□ 比常规控制的自动化机床有更大的灵活性。一般、特别是在有计算机辅助的情况下收集所需信息、编制程序,比制作曲线规、样板和实样工件要省事得多。同样,数控机床校调所需的时间也较短。用它从事小批量生产时就更为划算。

数控机床独特的优点在于:由于采用了数字电子工作方式,从而把全部操作过程完全转化为电子数据处理,这就为整个生产的进一步自动化创造了前提条件。

由电子技术带来的成本提高以及可靠性、可用性问题,应看作数控技术的美中不足。但是,随着微电子技术的发展,特别是功能块逐渐一体化为集成电路,这些问题是可以逐步解决的,现代化的控制装置通过使用集成自动监控,诊断程序和模块插件板,因而变得更加容易维护了。

2 数控装置的研制及其现状

数控装置的研制始于 40 年代末的美国马萨诸塞理工学院。1953 年第一次公开展出了一台数控铣床。欧洲的第一台数控机床是 1959 年在巴黎机床博览会上面世的。直到 1960 年,数控装置的制造还停留在电子管和电机继电器的技术水平。这种控制器比较庞大、敏感和昂贵,一般的车间难于采用。当时多半仅用于飞机制造业。

1960 年以后,电子管被分立的电子半导体元件、二极管和晶体管所代替。大量的单个元件象以前一样需要相应的结构体积、大量的焊接及插塞连接,因此仍然存在加工费用昂贵及这一代控制器的可靠性问题。控制信息只能用穿孔纸带输入。因为控制器信息存储容量较小,所以信息只能逐步读入。在加工多个相同的工件时,每次同样要重新读入穿孔纸带。程序一有变更,比如优化加工速度,就要修改或重做穿孔纸带。

微电子技术的发展,尤其是在集成电路领域,总是很快被引用到数控装置上。这样,数控装置逐步变得更有效,更可靠、更小型和更经济。

大约从 1970 年起,布线程序控制器被可编程序存储控制器取代。由于小型计算机加入控制器的一体化,就有可能用灵活的软件代替任务专一的硬件。通过不断扩大存储器的容量,先是单一程序,然后是整个程序库均可存入控制器中,通过手动输入可直接在机床上对控制器进行校正。

现在数控的技术水平使计算机功能能进一步被微处理机采用。这种结构形式制造出来的数控装置能用统一方案处理用途各

异的大批量工件。

为了把数据输入数控器,即使现在穿孔纸带仍被广泛采用。有的生产者提出用盒式磁带作为另一种可供选择的办法。计算机数控(CNC)效能的不断提高,车间编程是很有吸引力的,特别是那些没有设置专门编程部门的小型企业。所谓车间编程,也就是操作者在机床上直接进行程序编制,用于常见的程序流程的专用功能使这种编程方式简化了。

输入的数据、存储的内容、关于运行状况的报告以及给操作员的指令会一一在屏幕上显示出来,而且总的趋势是由单色、仅有字母数字符号显示的屏幕向彩色图形屏幕发展。这样工件草图和刀具运动情况均得以显示。

3 数 控 的 种 类

不同类型的机床在刀具和工件之间有不同的相对运动,因此它们有不同的要求:

□ 钻床的刀具需定置在工作区的一个固定点上,以便在此进行——钻孔、扩孔、铰孔、攻丝——加工。定位时不嵌接刀具。在单个轴的运动之间定位时不需具备函数关系。定位速度与生产过程的工艺情况无关。

点焊机及弯板机移动调节止档时也会出现相应的定位任务。

使这种运动过程得以实现的数控称作点位控制。

□ 加工简单的圆柱形零件的车床,只加工带轴向平行轮廓的工件的铣床,它们的控制装置需控制每次一个轴的转速,并使之适应当时不同的加工工艺运动。

此种类型的控制称为直线控制。

□ 如果在一运动的起点与终点之间产生的是任意轨迹运动,则需要所谓的轮廓控制。轮廓控制需分别驱动各轴作位置调整。各轴的瞬时位置额定值必须逐个进行充分计算。由于多数的机械零件可以通过刀具作直线和圆弧形运动制造出来,因此绝大多数的轮廓控制仅限于实现直线和圆弧形的轨迹运动。

轮廓控制也包含了点位控制和直线控制的用途。此外,点位控制和直线控制也用于车床、铣床、加工中心(这是带全自动换刀的万能机床,在这种机床上可以实施各种不同的制造方法,如钻、铣、攻丝、镗),以及线切割机和气割机。

3.1 是点位控制、直线控制和轮廓控制的工作方式图解。

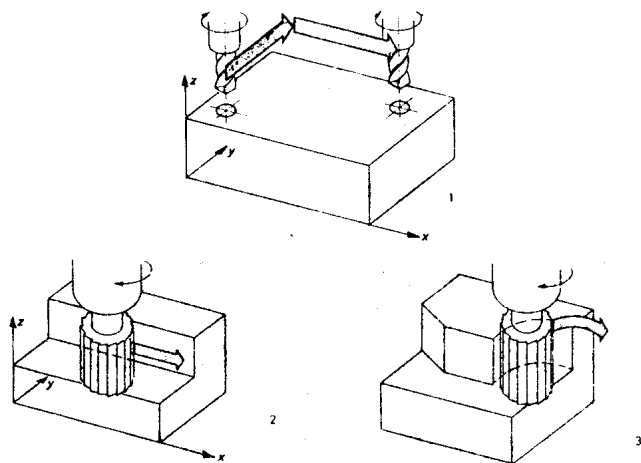


图 3.1 数控的种类

1 点位控制 2 直线控制 3 轮廓控制

4 数控装置的功能与结构

4.1 数控机床的功能原理

图 4.1 是数控机床的功能原理的图示

机床——以立铣为例——有三个直线轴(x 轴、 y 轴、 z 轴)

为加工某一工件所需的信息称之为零件程序。零件程序既可以经数据载体(穿孔纸带或磁带)读入控制器,也可经操作板键盘手动输入控制器。经操作板还可以输入所有其他的信息,如刀具数据、校正系数和机床调整数据。最后,它还可以把程序数据直接由生产主导计算机的存储器转入数控装置。

控制逻辑依靠系统软件编辑程序数据,特别是它以取决于程序设计移动速度的计算频率给机床各轴提供定位额定值、进给轴上的测位发送器向位置调节器报告该轴当时的实际位置。位置调节器将额定位置 and 实际位置进行比较。比较的结果是一个额定值规定,用于各进给轴的转速调节器。机床的有关滑板据此而移动,于是就以编程的加工速度造出所要求的轮廓。

通过一专用适配程序——机床调整数据,数控装置便与其所控制的机床的特定情况相匹配。机床调整数据确定最大的快进速度、轴的配置、控制器的导通状态以及工作区限。

零件程序也包括直接涉及机床的信息,比如接通冷却润滑剂的指令、主轴转速指令和换刀指令,控制逻辑把这些指令经数控装置中的集成适配控制转交给机床的执行元件(阀、继电器、接触器)。相反,适配控制器从终端开关、压力继电器和另外装在机床上的信号发生器收到应答信号,再把应答信号转换成启动信号和准