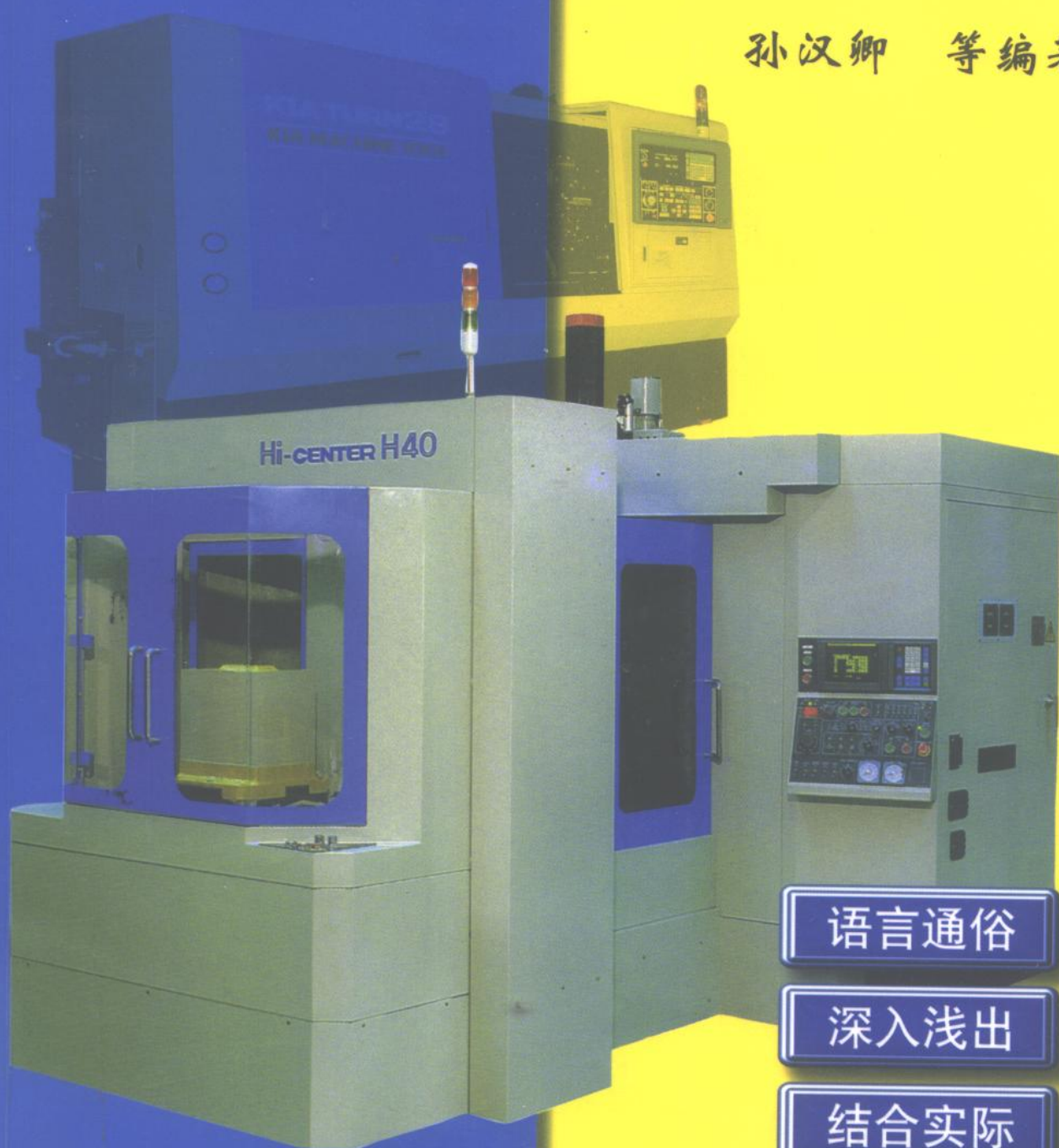


一把帮你精通维修技术的金钥匙

数控机床维修技术

孙汉卿 等编著



语言通俗

深入浅出

结合实际

简单易学



机械工业出版社
China Machine Press

数控机床维修技术

主 编 孙汉卿

参 编 田力飞 孙朝霞 赵 睿



415327



机 械 工 业 出 版 社

本书介绍了数控设备的主要组成部分,列举了工厂中常见的一些数控系统,并对其工作原理及维修作了论述及分析。

书中着重介绍了伺服系统,因为伺服系统是最常见的故障源。在维修方面介绍了基本维修方法、故障诊断、报警及机床参数,列举了常用 FANUC 及 SIMENS 公司产品的性能,同时对其他公司的数控系统产品作了一些必要的介绍。最后几章对机床硬件的维修进行了探讨,特别是对现代的检测技术及维修中所需现代检测手段、仪器也扼要作了介绍。

图书在版编目 (CIP) 数据

2P40/3710

数控机床维修技术/孙汉卿等编著. —北京:机械工业出版社, 2000. 5
ISBN 7-111-08002-5

I. 数… II. 孙… III. 数控机床-维修 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 06096 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:边 萌 版式设计:张世琴 责任校对:张 媛

封面设计:姚 毅 责任印制:路 琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm¹/₁₆·26.25 印张·646 千字

0 001—5000 册

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677 - 2527

编 者 的 话

我国近年来生产、引进了很多数控设备。怎样维护好这些设备，让它服务于工业生产，是维修人员的首要任务。

经过长时间的摸索，我们终于弄清了维修数控机床所需的知识，编写这本培训教材的目的，是把这些知识集中到一本书中，帮助读者尽快走进数控机床维修领域的大门。

本书是面对维修人员写的，所有的内容均是从维修角度出发，最终达到帮助读者掌握维修技术，完成维修任务为目的。但是，由于数控设备的维修多是在无图样与资料的情况下进行，所以读者必须先看懂设备的基本原理，才有可能进行维修。

本书作者多年从事数控机床及国内外各种工业电气设备的调整、维修工作，理论功底扎实，实践经验丰富，是作者多年工作的结晶。所以，本书实用性很强，可供数控维修工程技术人员参考，也可作为设备维修专业的培训教材。

目 录

编者的话

第一章 绪论 1

- 第一节 概述 1
- 第二节 数控机床的产生及其特点 1
- 第三节 数控机床的基本概念 2
- 第四节 数控机床的分类 3
- 第五节 数控机床的发展 4
- 第六节 自适应控制及以数控机床为基础的
生产自动化系统 5
- 第七节 数控功能的基本术语 7

第二章 程序的编制 10

- 第一节 概述 10
- 第二节 代码 10
- 第三节 准备功能代码及辅助功能代码 13
- 第四节 程序的编写 16
- 第五节 刀具补偿指令编程的应用 22
- 第六节 数控车床与数控铣床程序编制的
特点 24

第三章 计算机数字控制系统 27

- 第一节 概述 27
- 第二节 数控装置的基本构成 27
- 第三节 数控系统的硬件 28
- 第四节 数控系统的软件 29
- 第五节 插补软件介绍 30
- 第六节 刀具补偿 36
- 第七节 可编程序控制器 38

第四章 伺服系统基础知识 40

- 第一节 概述 40
- 第二节 伺服的概念 41
- 第三节 运算放大器的应用 42
- 第四节 调节器控制单元的共性问题 48
- 第五节 速度调节器 56
- 第六节 LT—2 型电枢电流调节器 59
- 第七节 本章小结 64

第五章 直流伺服系统 66

- 第一节 概述 66
- 第二节 直流伺服电动机 66

- 第三节 直流伺服电动机主电路及其控制
方式 70

- 第四节 逻辑无环流可逆调速系统 74

- 第五节 晶闸管触发脉冲控制单元 80

- 第六节 脉冲宽度调制 (PWM) 直流可逆调速
系统 89

第六章 位置环及其位置的检测 93

- 第一节 概述 93
- 第二节 位置伺服的概念 93
- 第三节 位置伺服控制 95
- 第四节 脉冲编码器 96
- 第五节 旋转变压器 100
- 第六节 感应同步器 103
- 第七节 光栅尺 112
- 第八节 磁栅尺 117

第七章 交流伺服系统 122

- 第一节 概述 122
- 第二节 交流伺服电动机 123
- 第三节 交流电动机的一般调速方法 125
- 第四节 交流变频调速系统 126
- 第五节 交流永磁同步电动机调速系统 142
- 第六节 相量变换调速系统 145

第八章 主轴驱动 158

- 第一节 概述 158
- 第二节 直流主轴驱动 158
- 第三节 交流异步电动机的相量变换控制
方法 162
- 第四节 交流主轴驱动 168
- 第五节 主轴定向控制 171
- 第六节 典型生产厂家的产品 174

第九章 液压伺服系统 176

- 第一节 概述 176
- 第二节 四边滑阀放大器 178
- 第三节 喷嘴挡板阀放大器 188
- 第四节 四边滑阀控制液压缸 192
- 第五节 负载的匹配 198
- 第六节 电液伺服系统 199

第十章 数控机床的机械结构	210	第五节 西门子 810 GA3 报警号	339
第一节 概述	210	第十四章 数控系统硬件的维修	347
第二节 机床主轴部件	210	第一节 概述	347
第三节 机床进给传动部件	214	第二节 数控机床控制系统的硬件	348
第四节 回转工作台	217	第三节 硬件故障的检查与分析	350
第五节 自动换刀装置	222	第四节 数字 IC 故障	354
第六节 数控机床中采用的一些特殊结构	240	第五节 逻辑探针、脉冲发生器、电流跟踪器及其应用	355
第十一章 数控机床故障诊断、维修的		第六节 对数字电路的测试	359
基本概念	250	第十五章 数控系统软件故障的分析及	
第一节 数控机床故障诊断与维修的重要		维修	366
意义	250	第一节 概述	366
第二节 数控机床维修的特点	251	第二节 典型 CNC 装置的软件结构	367
第三节 故障类型及日常维修	252	第三节 西门子系列软件系统	369
第四节 现场维修注意事项	254	第四节 CNC 系统故障的诊断技术	370
第五节 现场维修的实施	256	第五节 软件故障形成的原因及排除	374
第六节 数控机床的安装与调试	258	第十六章 故障检测技术	376
第七节 数控机床的验收	262	第一节 概述	376
第十二章 常用的 NC 系统、PLC 系统		第二节 地址“捕捉器”	376
及伺服系统	271	第三节 活动 I/O 口	379
第一节 常用数控系统	271	第四节 逻辑状态分析	382
第二节 常用驱动系统	287	第五节 特征量分析	384
第三节 典型数控系统的结构与工作原理	291	第六节 计算机的故障模拟	386
第四节 可编程序控制器	306	第十七章 典型故障分析	389
第五节 PC 编程	311	第一节 概述	389
第十三章 机床数控系统的参数及		第二节 位置偏差过大的报警	389
报警	318	第三节 机床“爬行”与振动	392
第一节 概述	318	第四节 归基准点的故障分析	394
第二节 FANUC 数控装置的参数	319	第五节 典型的 CNC 系统的维修方法	398
第三节 FANUC 6M 的报警号	326	参考文献	411
第四节 西门子 810 GA3 机床数据	332		

第一章 绪 论

第一节 概 述

这本书不是大学生学习数控知识的教科书，而是为工厂中的工人和技术人员，学习数控的最基本的知识，维修数控设备而写。这本书不是一本资料书，而是入门的书。

很多工厂从国外引进很多先进的数控设备，这些设备过去我们不用说了，连见也没见过。这些设备随机提供的资料很少，真正说明问题的图样，恐怕一张也没有；数控设备所涉及的知识学科甚广，如何掌握它，维修它就是迫切要解决的问题。这些数控设备都是放在极主要的工位上，出现故障就会影响整体生产节奏。

很多工厂有数百台数控设备，靠别人来修是不可能的。这些设备型号、厂家五花八门，有的甚至在国内还找不到维修的单位。在这种形势下，只能靠办班来培训人材，经过十多年的摸索，十多年的培训，确实培养出一大批这方面的人材，他们能够维修这些设备。他们不仅能查出故障，而且还可以修好；印刷板上的硬件可修复或代换，软件也可以维护。这是一条自力更生的路，是一条不依赖外援的路。我们并不是“夜郎自大”不要外援，而是外援的附加条件太苛，望而生畏，实在无法满足。

我们开始培训是没有教材的。哪一个技术与数控有关，就学习哪一个技术。我们办过各种各样的班，例如数显、数控、计算机、光电编码器、电力半导体、变流技术、变频技术、液压伺服等等。说实在的，我们是处于盲目地，相当于“有病乱投医”，是经过近十年的探索，总算对数控设备有了一个初步的认识，也敢于把这些不成熟的东西捧出来，由同行们鉴别，将广泛听取各方面的意见，再修改出版，只要这本书有益于大家维修数控设备，就心意足了。

数控的资料很少，有的即使测绘了，也不能公开，因为涉及到知识产权问题。但为了说明问题，我们又不得不举一些例子。有人说，维修不用懂什么理论，其实正相反，数控设备在没有资料，没有图样的情况下，只有依靠理论来维修。所以学好数控设备的理论部分十分重要，它可以帮助你修各种型号、各个厂家的产品。当然，有资料、有图样那是相当方便的，有时，你不懂什么道理，只要看图就可以修好它。

第二节 数控机床的产生及其特点

从 1952 年美国研制出第一台数控机床以来，经过 40 年多的发展，数控设备已遍布全世界，不仅工业发达国家已广泛采用，就是发展中的国家也大量采用。为什么会这样呢？主要是二次大战之后，生产发生了一个重要变化，那就是多品种，而不是大批量生产，中小批量生产占了上风。另一个重要变化就是一个产品的销售寿命变短，多则五年，少则一年。再一个因素由于计算机技术的突飞猛进的发展，给数控设备提供了良好的技术基础。这样，大量

的出现无人工厂。当然无人也不是一个人也没有，不过是在一个很大的车间里，有数百台设备，仅有六七个人的工厂是非常多的。

为了适应多品种、换型快、中小批量生产的需要，未来的加工设备一定是数控技术的天下。

还有一个十分重要的因素，就是随着工业向前发展，愈来愈多的零件要求加工精度高，加工形状复杂。有所谓“纳米级加工”，用手工加工几乎是不可能。因此，随着生产的发展，数控技术要广泛应用在各个领域。

数控机床有如下特点：

(1) 用数控机床加工可以获得更高的精度和稳定的质量，不会把人的情绪融合到零件上去。尤其是可以用软件来进行精度校正，这样，生产出的产品有比生产它的机床的精度还要高的加工精度与重复加工精度。

(2) 生产的效率非常高，是普通机床的 2~3 倍，在某种条件下，甚至可提高十几倍到几十倍（例如实现自动换刀、自动装夹）。

(3) 可以大大减轻工人的体力劳动强度，但是脑力劳动强度却增强了。工人要想掌握好这种设备要付出劳动。要操作好，充分发挥出它的功能，更要付出辛勤的劳动。

(4) 更换品种极其方便，只要更换程序，就可以实现。因此，大大缩短了换型的周期，甚至一个晚上就可以实现换型。

(5) 数控加工中心可以实现各种动作，可铣、钻、镗等，只要更换一下刀具即可实现。这样，节省了工序之间运输及重新装夹等辅助空间与时间。

(6) 可实现无人化系统，即多种 FMS (Flexible Manufacturing System) 柔性加工系统再加上微机管理就可以实现无人化工厂。进一步实现了现代化管理。

第三节 数控机床的基本概念

一、数字控制 NC (Numerical Control)

数控简称 NC。是用数字信号对机床的运动及加工过程进行控制的一种方法，称之为数控。数控技术中引进了计算机，又称之为 CNC 数字控制，头一个 C 就是 Computer。

数控系统是一种控制系统，它自动阅读输入载体上给定的数字，进行译码、处理，驱动机床产生各种运动。并且反馈外界信息的变化，最后加工出合格的产品来。

一个数控系统包括：数控装置、可编程序控制器、主轴驱动、进给伺服驱动等部分。

二、数控装置

数控装置是数控机床的中心环节，由输入装置（按键盘、纸带阅读机、软盘驱动器、磁带机等）、控制器（即是一台专用计算机，所以是专用的就是它里面有着一整套专为处理数控加工管理的软件）、运算器和输出装置四大部分组成。

由于数控装置是采用计算机来完成管理与运算功能，使数控装置可靠性大大提高，价格也大幅度下降。

整个数控装置要完成的工作有：开机初始化、数控程序的输入、数控程序的编译、启动机床、进行刀具轨迹的计算、插补的计算等工作，然后将计算结果送给每个坐标轴。

三、可编程序控制器 PC (Programmable Controller)

PC 是专管开关量的处理的器件，并且负责传递来自于机床或 NC 的信息。

四、伺服系统

伺服系统就是位置控制系统，能准确控制机床的位置。因为只有这样，才能准确地控制零件的尺寸。伺服系统近年来发展很快，从开环到半闭环，到闭环；从直流到交流。由于伺服系统的发展，反过来又带动整个数控机床的发展。

第四节 数控机床的分类

一、按工艺用途分类

按工艺用途分类，数控机床可分为数控钻床、车床、铣床、镗床、磨床和齿轮加工机床等，还有压床、冲床、弯管机、电火花切割机、火焰切割机、凸焊机也都采用数字控制。

加工中心是带有刀库及自动换刀装置的数控机床，它可以在一台机床上实现多种加工。工件一次装夹，可完成多种加工，既节省辅助工时，又提高加工精度。加工中心特别适用于箱体、壳体的加工。车削加工中心可以完成所有回转体零件的加工。

二、按运动方式分类

1. 点位控制 PTP (Point to Point) 点位控制就是保证单点在空间的位置，而不保证点到点的路径精度的控制。这种控制方法用于数控冲床、数控钻床、数控点焊设备中；还可用在数控坐标镗铣床上。

2. 点位直线控制 点位直线控制就是既要求点的位置精度，又要求走直线的精度。在数控镗铣床上使用这种控制方法，可在一次装夹箱式零件中对其平面和台阶完成铣削，然后再进行钻孔、镗孔加工。这样，可以大大地提高生产率。

3. 轮廓控制系统 CP (Control Path) 轮廓控制是对两个或两个以上的坐标轴同时进行控制。它不仅能保证各点的位置，而且要控制加工过程中各点的位移速度，也就是刀具移动的轨迹。要保证尺寸的精度，还要保证形状的精度。在运动过程中，同时要向两个坐标轴分配脉冲，使它们能走出所要求的形状来，这就叫插补运算。它是一种软仿形，而不是靠模仿形。所以大大缩短了生产准备时间，更重要的是这种软仿形的精度要比硬仿形要高很多倍。

三、按控制方式分类

1. 开环控制 开环控制就是无位置反馈的一种控制方法，它采用的控制对象、执行机构多半是步进式电动机或液压转矩放大器（即电液脉冲马达）。这种控制方法在六十年代应用很广泛，但随着机械制造业的发展，它逐渐不能适应要求。例如：精度要求愈来愈高，功率也愈来愈大，步进电动机做不成大功率；用电液脉冲马达，机构就相当庞大，所以目前被闭环系统所取代。最近据说有的公司又在开发与研究新的开环控制系统。不管怎么说，开环系统由于结构简单、控制方法简便，所以价格也便宜。对要求精度不高，且功率需求不太大地方，还是可以用的。经济型简易数控车床的应用就是一例。

2. 半闭环控制系统 半闭环控制系统是在丝杠上装有角度测量装置（光电编码器、感应同步器或旋转变压器）做为间接的位置反馈。因为零件的尺寸精度应由刀架的运动来测量，但半闭环控制系统不是直接测量刀架的实际位移，而是测量带动刀架的丝杠转动了多大

角度，然后，根据螺距进行计算，计算出它的位置。这种方法，显然是有局限性的，必须要求丝杠加工的精确，确保在丝杠上的螺母只有很小的间隙。当然，还可以通过软件进行补偿，但是，对这些器件的精度与传动间隙的要求也是必要的。

为什么采用这种方法呢？一是在电动机上安装光电编码器比较简单，甚至电动机出厂时已装有光电编码器，要安装一个感应同步器或者光栅尺，那就要复杂，投资也不小。第二就是把传动环中最大的一个惯量环节，工作台或刀架的移动放到整个传动闭环的外面，这样，在调节上就比较方便了，使系统调试简单。

3. 闭环控制系统 闭环控制系统就是对机床的移动部件的位置直接用直线位置检测装置进行检测，再把实际测量出的位置反馈到数控装置中去，与输入指令比较是否有差值，然后用这个差值去控制，使运动部件按实际需要值去运动，从而实现准确定位。这种方法，其精度要取决于测量装置的精度，而与传动链的精度无关，因此这种控制要比半闭环精度高。

虽然如此，闭环控制系统对机床的要求，以及对机床的传动链仍然要求的非常高，因为传动系统刚度不足、传动系统有间隙或机床导轨摩擦力大引起运动爬行，这些不仅使调试困难，还会使系统出现振荡现象。

第五节 数控机床的发展

数控机床不仅在数量上逐年递增，而且在质量上也有了惊人的发展，这表现在加工中心的出现，柔性加工单元的出现，使无人化加工变成了现实。这样，就大幅度刺激了数控装置的进一步发展，特别是随着计算机的不断更新，数控装置所采用的计算机位数多到 32 位，甚至 64 位，而且运算速度也大大加快，存储空间也有极大扩展。

数控装置由一台计算机控制多台机床的群控，又称之为计算机直接控制系统（DNC）。在这个基础上形成了多台数控机床，在统一的管理下，实现统一运输，统一刀具，统一调度加工的柔性制造系统（FMS），这样发展必然要求数控设备要进行通信联网。这一系列的发展，互相促进制约。

另一个主要分支就是伺服系统，也就是执行机构的发展。数控的执行机构及其控制器的发展也是非常快的。从步进电机，到功率步进电机；从液压转矩放大器、电液马达，到小惯量的直流电动机，然后又出现大惯量直流电机，又出现了今天广泛采用的交流电机。关于这些发展，可以看有关的书籍，均有记载，不再赘述。

伺服控制器的发展与计算机和电力半导体的发展是分不开的。

近年来，由于计算机技术的高速发展，电力半导体用集成电路制造工艺方法来制造，使电力半导体有很大突破。现在所提供给电动机的不是一个不变的电源，而是一个什么都可以变的能量供给系统，为此，从根本上动摇了原来电机学的一些理论，而要以崭新的面貌去理解、学习。

微处理器在伺服系统中担当着非常重要的角色，可随时随地根据转速的测定来调整转矩。位置伺服控制已从脉冲当量为 0.01mm（脉冲当量是数控装置向伺服发出一个脉冲，伺服的位移量）减小到 $1\mu\text{m}$ 、 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.01\mu\text{m}$ ，甚至到纳米，即毫微米的加工技术。

第六节 自适应控制及以数控机床为基础的生产自动化系统

一、自适应控制的应用

自适应控制是自动控制的一个分支，它的功能就是在整个加工过程中不断评价自身的状态，自身的指标与参数，不断调整这些参数；以达到或接近某一期望的最佳状态。

数控机床加工是按程序，来保证加工尺寸的精度或几何形状精度的。但是，达到这个目标，所能采取的策略是很多的，这些策略提供了一个可能，允许我们提出一个期望，或者是期望函数。例如，在加工过程中，不断的检查某些代表加工状态的参数，如切削力，切削温度等参数，通过对这些参数的评价，经过最佳化装置的处理，对主轴转速或者进给速度进行调整，使机床加工过程是在最佳的状态指标下工作，这些最佳的指标可以是最大的生产率，或者是最低的综合费用。

这种自适应控制已在数控磨床、数控线切割机床和数控电火花成形机床上得到了广泛地应用，不仅提高了生产效率，还可在延长刀具使用寿命，改善工件表面质量等方面获得最佳状态。

自适应控制系统可分为三类：约束适应控制或称之为限制控制（简称 ACC）、最佳适应控制（简称 ACO）和学习适应控制（简称 TAC）。这几种控制的原理方框图示于图 1-1 中。它是在机床、工件、刀具所决定的约束范围内，按照预定的目标不断地自动调整切削用量的系统。

二、以数控机床为基础的自动化生产系统

随着微电子技术与计算机技术的飞速发展，它们的最新技术成果不断被应用到机械制造业中。这些技术都是以数控机床为基础，再结合高级自动化技术又进一步提高了数控技术的技术经济效益。

1. 计算机直接控制技术 DNC (Direct Numerical Control) 就是一台计算机控制多台数控机床。计算机做到自动编辑程序，编好后，通过电缆送到数台数控机床的数控箱中去。中央计算机有足够的内存，可以统一存储与管理大量的零件程序。利用分时操作系统，中央计算机可以同时完成一群数控机床的管理与控制，所以，

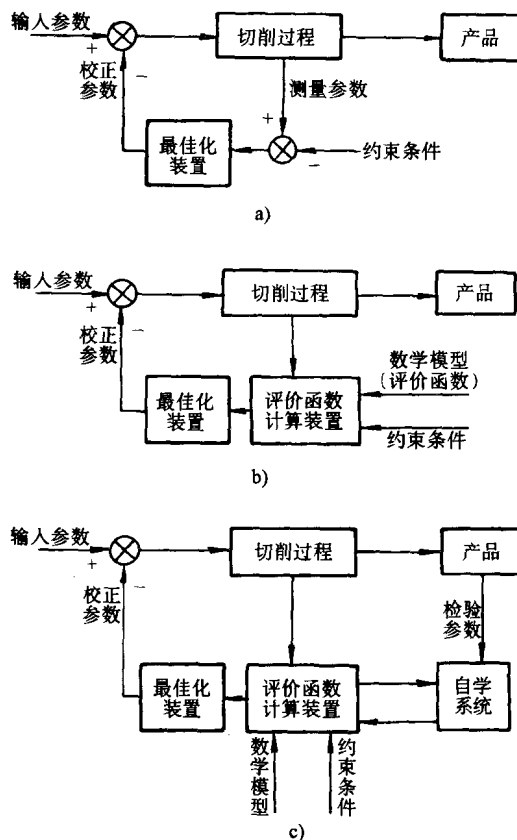


图 1-1 约束适应控制原理图

a) ACC b) ACO c) TAC

也称之为群控系统。

最初, DNC 系统数控机床本身不带单独的数控箱, 所有的插补运算全部由中央计算机来完成。而每一台数控机床脱离开主计算机就无法工作, 因此一旦中央计算机出了故障, 则多台数控机床全部停止工作。目前的 DNC 系统中的每台数控机床都带有各自的数控装置, 并与中央计算机联网, 实现分级控制。当然, 每台数控机床与上位机的通信能力是非常强的。随着 DNC 技术的发展, 中央计算机不仅能为零件自动编程, 控制整个数控机床的加工过程; 还可以控制工件的传输; 控制刀具的更换与管理, 形成一个以计算机为中心的指挥系统。处理加工、工件传送、刀具更换与补偿、信息的传输、加工过程的管理等自动化系统, 就称之为柔性加工系统。

2. 柔性加工系统 FMS (Flexible Manufacturing System) 柔性制造系统的定义, 还未形成定论, 所以叫做柔性制造系统就在于这个“柔”字。柔性系统并不是定死哪台机床干什么活。需要哪一台干什么活由当时情况来决定, 来调度。

柔性制造系统具有以下几个特点:

(1) 采用 DNC 方式控制两台或两个以上的数控加工中心机床。

(2) 在机床上利用交换工作台或工业机器人等装置, 实现零件的自动上料与下料。

(3) 在各台机床之间有工件的自动输送系统, 例如有轨小车, 高频制导小车, 光电制导小车。也有工业机器人和各种传送带等自动传送工作 (也称之为物流), 由计算机来对物流进行自动控制。

(4) 配有管理信息系统 MIS (Management Information System)。提供刀具或机床的使用情况, 提供系统运行的状态以及生产控制的计划等, 也称之为信息流。

(5) 常常有供各台加工中心使用的刀库, 这些刀库中的每一把刀都带着各种信息, 例如, 补偿值, 使用时间等等。由专用工业机器人或专用机械手负责调用、更换等工作, 也称之为刀具流。

通过对上面这些装置的控制与处理, 获得一个最佳的工作状态。

由于柔性制造系统具有以上的特点, 因而它不仅可以节省上料、下料与调整的时间, 而且还可以在无人看管的条件下实现两班或三班及假日的自动生产。工业发达国家的很多公司都是利用柔性制造系统来生产。

目前还有一种趋向, 就是把自动化仓库也并在 FMS 中。在传送工件这条线的空间位置做一些料位, 形成局部的立体自动化仓库。把待加工或加工完了而未及时运走的零件放在上面存贮。

世界各国都在竞相研制 FMS, 其主要问题是可靠性。柔性制造系统的设计普遍采用了计算机仿真技术, 大大地提高了柔性制造系统的可靠性。这样, 就为使用 FMS 减少了风险。再一个就是逐步推广了软件与硬件的标准化, 特别是机械制造自动化协议 (Manufacturing Automation Protocol 简称 MAP) 的出现, 明显的降低了实现柔性制造系统所需的时间与投资。因此, 80 年代 FMS 开始迅速发展。FMS 会使数控机床充分发挥作用。

3. 计算机集成制造系统 (CIMS) CIMS 的核心是一个公用数据库, 对信息资源进行存储与管理, 并与各个计算机系统进行通信。在这个基础上, 有三个计算机系统。

首先, 进行产品设计与工艺设计的计算机辅助设计与计算机辅助制造系统, 即 CAD/CAM 系统。这个系统使机械制造自动化技术发展为设计、制造一体化。它可以对产品进行

三维几何造形, 然后对产品性能进行分析与仿真, 还可以自动绘制零件图, 编制各种文件, 并能够为零件自动编制程序, 甚至进行工艺设计。

第二个计算机系统就是计算机辅助生产计划与计算机生产控制系统 (CAP/CAC)。此系统对加工过程进行计划、调度与控制。FMS 是这个系统的主体, 当它与 CAD/CAM 系统连接起来时, 数控机床就可以用 DNC 方式从 CAD/CAM 系统获得零件的加工程序, 从而实现产品从设计到生产出产品零件的无图样加工。

第三个系统就是工厂自动化系统, 它实现产品自动装配与测试, 材料自动运输与处理等。

在这三个计算机系统外围, 还有对市场预测, 编制产品发展规划, 分析财政状况, 进行生产管理和对人员的管理。

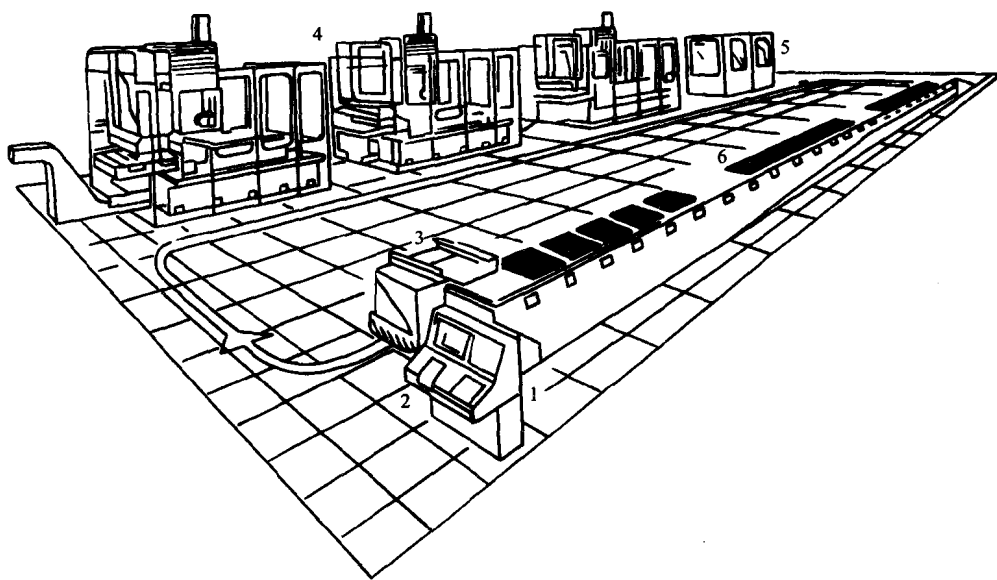


图 1-2 加工箱体零件的柔性制造系统的实例

1—带有记录生产数据的主计算机控制与主计算机接口 2—生产数据记录打印
3—感应式无轨小车 4—卧式镗铣加工中心 5—零件清洗站 6—插盘与上、下料工作站

第七节 数控功能的基本术语

一、数控系统的术语

- (1) 代码 (Code): 计算机能够识别的, 用符号形式表示的数据和程序。
- (2) 命令脉冲 (Command Pulse): 数控装置给数控机床传递的运动命令的脉冲群, 每个脉冲与机床的单位移动量相对应。
- (3) 指令 (Instruction): 规定操作及其运算点的数值或地址的语句。
- (4) 命令 (Command): 使运动或功能开始操作的控制信号。
- (5) 手动数据输入 (Manual Data Input): 用手工把加工程序的信息送入数控装置的一种

方法。

(6) 格式 (Format): 信息规定安排形式。

(7) 地址 (Address): (用于数控时) 位于字头的字符或字符组, 用以识别其后的数据。

(8) 最小命令增量 (Least Command Increment): 由数控装置给予数控机床操作部分的命令所含有的最小位移量。

(9) 绝对值方式 (Absolute Dimension System): 在某一个坐标中, 用原点为基准, 表示位置坐标值的一种方式。

(10) 增量方式 (Incremental Dimension System): 在某一坐标中, 用由前一个位置点起的坐标值增量来表示位置的一种方式。

(11) 自动加(减)速 (Automatic Acceleration or Deceleration): 使机床在变速时不产生冲击而自动地进行平滑加速(减速)的一种功能。

(12) 固定循环 (Fixed Cycle Cammed Cycle): 这是预先给定的一系列, 用来控制机床轴的位移, 或使主轴运转, 从而完成各项加工, 诸如镗、钻、攻螺纹等等。

(13) 进给量 (Feed Rate): 刀具自工件进给的相对速度称为进给量, 单位为 mm/min 或 mm/r。在控制带上, 把指定数字紧接在字符 F (进给功能) 后面。

(14) 进给量数 (Feed Rate Number): 进给功能的表示方法之一, 表示进给量的代码化的数, 用跟在地址符 F 后面的数字表示。

$$FRN = \text{常数} \times \frac{\text{进给量 (mm/min)}}{\text{进给量所在程序段的位移距离 (mm)}}$$

设进给量 = 110mm/min, 位移距离为 20mm, 常数为 100, 则 $FRN = 550$ 。

(15) 暂停 (Dwell): 程序上规定的一种延时, 它的持续时间是可变的, 但无周期性(或顺序性), 也不形成闭锁(或保持)。通常用它来保证完成切削操作。

(16) 保持 (Hold): 相对于由程序规定的停留时间的暂停而言, 保持则是只要操作者不进行解除时, 就一直停留在某一种状态。

(17) 准备功能 (G 功能) (Preparatory Function): 建立机床或控制系统工作方式的一种命令。用地址 G 和它后面的数字来指定控制动作方式的功能。

(18) 辅助功能 (Miscellaneous Function): 控制机床或系统开关动作的功能的命令, 它是以地址 M 和后面的代码数来指定的。

二、数控机床的术语

(1) 机床基准点 (Machine Datum): 给机床部件设定的零位。

(2) 机床原点 (Machine Home): 当机床所有部件都处于原始位置上时, 机床坐标系的一种状态。

(3) 机床参考位置 (Machine Tool Reference Position): 给机床各个轴预设的位置, 便于采用增量控制系统时, 用来设定初始位置。

(4) 机床零件位、系统原点 (Machine Zero, System Basic Origin): 机床坐标的原点。

(5) 复位 (to Reset): 使装置复原到预定的初始位置上, 但不一定是初始位置。

(6) 零点偏移 (Zero Offset Reference Offset Zero Shift): 这是数控系统的一种特性。容许把数控测量系统的原点, 在相对机床基准点的规定范围内移动, 而永久原点的位置被存储在数控系统中。

(7) 反向间隙 (Back Lash): 相互作用的零件之间, 由于松动和偏差所产生的偏移。

(8) 刀具偏置 (Tool Offset): 这是按规定的部分或全部程序作用于机床轴的相对位移, 那个受控制的位移方向, 仅由偏置值的正、负号来确定。

(9) 精度 (Precision): 分辨几乎相等诸值的能力的度量。

(10) 定位精度 (Position Accuracy): 实际位置与指令位置的一致程度。不一致是表现为误差。被控制机床坐标的误差, 也包括驱动此坐标的控制系统的误差在内。对指定坐标用 $\pm$ 数字表示。

(11) 重复精度 (Reperability): 在同一条件下, 操作方法不变, 进行规定次操作, 得到和连续结果的一致程度, 它可用概率为 95% 的, 规定次测量的误差范围表示。

第二章 程序的编制

第一节 概 述

在数控机床使用过程中，常常是由于程序编制的错误，而使机床不能正常工作。维修人员也应具备这方面的知识，可以帮助操作人员或工艺人员查找问题。

在本章中只能概略的介绍编程的规定及方法，可以通过这些介绍，了解编程的基本思路，在具体应用过程中还要研读编程手册。

什么是程序的编制呢？用一句通俗的话来说，就是人通过编制程序，告诉机器自己的意愿，也就是让机器怎样去干。这样说来，编制程序时一定要把加工过程中，所需要的条件给全，一定要准确并只有唯一解。至于更高一些的要求就是，如何获得最佳的工艺！

以前，把程序编好，还要制备纸带，用纸带把信息告诉机床，现在，在工厂已见不到这种情况了，多数是通过数据传输，直接把程序送到现场。

第二节 代 码

编制程序就是用机器认识的二进制码，或者类似汇编语言，用助记符代码来编写，然后再由编译程序翻译成目标程序，使机器能予以理解。

数控机床经过 40 多年的发展，已逐步形成了一套代码，一套程序格式，并日趋统一，标准化。

目前，在世界上通行两套代码标准：一套是国际标准化组织制定的 ISO 代码（表 2-2），另一套是美国电子工业协会制定的 EIA 代码（表 2-1）。

ISO 编码是偶数孔，第 8 列是补偶列。EIA 是每行为奇数孔，其第 5 列是补奇列。

我国早期的数控产品多数是 EIA 编码，现在已制定出 GB8870—88 的代码标准，它与 ISO840 标准等效。

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

(续)

代 码 孔								代码符号	定 义
8	7	6	5	4	3	2	1		
			○		○	○		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
		○	○		○		○	/	省略/除
		○	○	○	○	○	○	,	逗号
			○		○	○		=	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