

国 内 外 微电子技术改造普通 机床技术资料汇编

第 七 册

陕西省微电子技术改造普通机床技术服务中心编

一 九 八 五 年 八 月

承印：西安市莲湖区兴华誉印服务部

地址：西新街5号 电话：23770

本 册 概 要

为了普及数控技术知识，推广用微电子技术改造普通机床，我们根据有关资料，编辑了这册《经济型数控车床讲义》，这个讲义主要以单板机控制的开环数控车床为主，同时介绍了经济型数控的一般知识。对于具体的微控系统的使用知识，在本资料第二册中已典型选编，不再重述。TP801 单板机结构原理一章主要应用了现成资料，对于计算机的基础知识，如二进制知识等，因已比较普及，不再赘述。由于时间和水平的原因，本讲义还很不完备，仅供参考。

目 录

第一章 数控机床及其发展	1
第二章 TP-801 单板机的原理和结构	21
第三章 接口技术	82
第四章 驱动系统	104
第五章 经济型数控车床工作原理	135

第一章 数控机床及其发展

微电子技术的发展给数控机床的广泛使用创造了有利的条件。它不仅使新机床产品技术实现机电仪一体化，而且可以用其改造旧机床，使旧机床面貌一新。这种用微电子技术改造的普通机床，称之为经济型数控机床。

第一节 什么是数控机床？

自从机床诞生之后，人们在机械加工中真正实现了用机器加工另件所需的几何形状和尺寸。为此，通过机械传动，加之人手操作使刀具相对工件作 $X-Z$ 两坐标（如车床）或 $X-Y-Z$ 三坐标（如铣床）运动来完成机器另件的加工。为了保证工件达到一定的几何形状和尺寸，刀架在座标中需按一定的次序，一定的速度，移动一定的尺寸才能保证另件的加工精度。在普通机床中这一切全靠人脑手并用实现控制的，而在程控机床、生产线、组合机床、自动线中，这一切由人事先调整挡块或其它程序控制装置实现控制的。这种机床加工效果如何与操作人员的技艺水平，工作时的心里状况有很大关系。要想把人从机床操作中代替下来，必须有一种自动执行机构，并通过信息实行控制。随着技术发展，步进电机产生了。步

... 1 ...

进电机的特点有三：1. 给它通一个电脉冲，它能准确地转过一个角度，例如 0.75° ，这就可以方便地将电信息量转换为位移量，起了传感器的作用；2. 在停止时，由于磁滞作用能严格自锁不转；3. 系具有一定传动扭矩的动力机，可以驱动工作台位移进行切削加工。这种一举三得的电机，是数控机床诞生的前提之一。如果用计算机控制步进电机的转动方向和步数，步进电机和丝杠连接，并通过丝母驱动刀架位移，按螺距和步进电机步距的关系设计齿轮传动比，控制机每发一个脉冲便可使刀架位移 0.01mm 或 0.005mm 等，这个数值常叫脉冲当量。

如果在机床的纵横丝杆上装上两个步进电机，用计算机按一定的程序，一定的频率，一定的脉冲数指挥刀架按一定的轨迹运动，便可以加工出你事先设计的另件来。

电子计算机可以进行数值计算，信息处理，适时控制，其响应速度极快。只要人把另件加工的工序按计算机的要求编成程序，用 $0 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 9 \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F$ 等字符用纸带，磁盘或计算机的内存贮器存贮起来，加工时由计算机调用运算，通过计算机与外接电器的接口和驱动电源按一定的程序、数量、频率指挥两个步进电机驱动刀架自动加工出直线、斜线、曲线。而且十分精确，这种用数字控制的机床就叫数控机床。

机床数控化在机床技术进步中具有重大的技术经济意义：

2. 它解决了一百多年来不能解决的中、小批量生产自动化问题。而在机械工业中，中、小批量生产占70%以上，数控机床出现以前，没有一种机床可以解决这个问题。

2. 数控化意味着把操作者的熟悉程度、技术经验、身体条件、情绪、生产过程等即把人为的许多因素通过脑力劳动变为知识，并把知识固化于机器设备之中，机床从自由劳动生产工具变为智能生产工具。先进的数控机床已实现人机对话。

3. 过去机床加工高效率、高精度、高柔性是相互矛盾的，三者不可统一。如通用机床柔性高，而效率低；组合机床效率高，但柔性差，不好调整等。而现代数控机床三者兼优。

数控机床与传统机床的性能比较

数 控 机 床	传 统 机 床
1. 易于加工异形复杂零件	十分困难，甚至不可能
2. 易于保证加工精度，特别是形位精度。	除坐标镗外，一般加工精度难以保证。
3. 有可能实现软件精度补偿，优化控制	很难实现
4. 加工质量一致性好	一致性差
5. 改变加工对象容易	除通用机床，其它机床较困难
6. 加工效率高	除专用机床，其它效率低

7、工件加工周期短	加工周期长
8、便于1人管2~3台机床	一人只管一台机床
9、便于产品 优化设计	产品另件尺寸受加工能力限制
10、初始投资大	初始投资少
11、要求工人文化水平高。技能低	对工人技能要求高
12、对生产计划、准备、调度要求高	相对要求较低

第二节 数控机床的发展

数控机床是在电子计算机技术和机电液技术发展的基础上发展起来的，它随着电子元件的更新，电子计算的换代而换代的。

1. 历史过程

1952年，美国麻省理工学院首先把机械和电子技术结合为一起，产生了具有信息存储、处理功能的新型机床。那时由于采用了电子管元件，使得原来很庞大的机床在控制柜面前显得很渺小。

1959年，出现了晶体管数控机床。

1965年，第三代数控机床——集成电路数控进入了实用化阶段。

1970年，首先在美国芝加哥机床展览会展出了CNC一小型

计算机数控机床。

1974年，日本首先制成微处理器组成的计算机数控机床。从此数控机床进入了机电仪一体化的时代，获得了新的发展。各国数控系统种类繁多，但归纳起来有三个基本类型。

(1) 1~2个微处理器十大规模集成电路系统，如日本法拉科年产2~3万台。

(2) 多微处理器系统，由一个主微处理器协调多个微处理器工作，功能较全，如美国GE公司。

(3) 一个微处理器系统，单板机，用于中、低档数控。

近年来，世界各国数控机床发展相当快，居首位的日本，1983年生产数控机床26393台，产量数控化率（数控机床产量/机床总产量）18.9%，产值数控化率达60.8%，当前全世界每年生产数控机床55000台~60000台。我国打算七五期间生产数控机床3000台，2000年增至15000台，产量数控化率达15%，产值数控化率7%，相当日本七十年代水平。

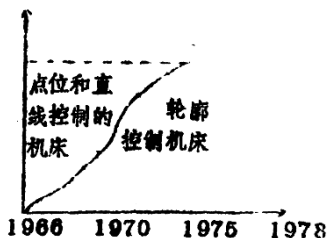
2. 经济型数控的产生。国外发展数控机床，一开始就有两种发展趋势。一方面发展高档数控机床；一方面也出现了所谓廉价数控机床，以满足中小企业技术改造需用。七十年代初，日本就曾开始对旧有机床进行数控改装，日本富士通所属一家公司就曾专门从事对旧有机床进行数控改装，他们还制造了一些机床数控附件，使

普通机床数控化。据说很受中、小企业欢迎。但随着电子计算机降价，机床更新换代加快（国外一般为十年）早期降价的点、直线控制机床减少，轮廓控制的数控机床增多。如日本点位直线控制系统1969年占50%，而78年只占7%。当前，国外某些场合为保持适用的功能而较多地降低产品价格，也生产经济型的低档的数控装置，如我国进口南斯拉夫火花公司的PNC-40系统，不用伺服系统，用快速电磁离合器进行切换控制机床。

图一 为日本数控机床的变化
可以明显看到，国外数控机床的变化趋势。

值得注意的是，国外先进的工业国都在采用先进的数控设备，淘汰老机床，提高劳动生产率。如美国1983年机床拥有量比197

图一、日本数控机床的变化



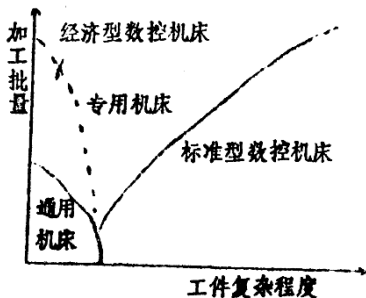
3年下降了23.1%，而同期数控机床却增加了2.6倍。劳动生产率每年递增1.7%，但数控机床并不可能代替全部的普通机床。为使普通机床数控化，国外近年发展了一种MDI数控车床。这类车床兼有传统的普通车床使用可靠，简单和数控车床自动化程度高的重要性。价格和仿型车床差不多。这类称之为手动数控的车床将来有可能代替普通车床。代表的厂家有西德的计得美公司的MIM

瑞士的高布西，美国的科切斯特，西德的伯林格尔和韦塞尔公司，日本的大隈和澄泽公司都生产这种经济的数控车床。

经济型的数控比较适合我国国情。因为我国电子产品价格高于机械产品，企业改造资金有限，还不可能一下采用高档数控设备。第三世界对经济型数控也很有兴趣，如香港鹰达国际有限公司总经理朱裕伦知道南京计算技术研究所用单板机改造普通车床成功后，两次到该所要求合作开发这一项目。今年，香港东源公司用日本控制系统改装了国产CW6140车床。当然在数控机床发展中，高、中、低档都各有其适用范围。经济型数控适用于简单件，批量品种变化范围较大的生产场合，使用得当，有较高的经济效益。

图二、系各类机床的适用范围图。可以看出各类机床适用区间。

图二、各类机床的适用范围



3. 驱动技术的发展

当前我国经济型数控机床价格不能下降的原因是尚未找到一种廉价的驱动系统。

数控机床的驱动系统随着电子技术、电机技术的发展而发展。50年代初数控技术一起步就采用了步进电机驱动系统。60年代广泛采用了步进电机+液压力矩放大器=电液脉冲马达，解决了大功率步进电机性能差的缺陷。液压传递力和运动平稳，反应灵敏，惯量小，功率高，使步进电机进入实用阶段。同一个时期人们也改进了大功率步进电机技术，以便克服采用液压带来噪音大，效率低，发热高，体积大的弊病。使数控机床全部用电力驱动，1969年，美国盖梯斯公司采用大惯量直流伺服电机系统问世，使数控机床的驱动系统进入一个新的历史阶段。这种电机调整范围可达到1:20000，慢速达到十多分钟一转，它在较低的转速下能发展较大的扭矩进行重切削。而在快速进给的空行程中，电机具有较高的转速，缩短空程。它有较好的加速惯性，过载特性，无需减速器便可以直连丝杠，实现恒扭矩和恒功率切削，是当代普遍使用的驱动系统。它直接带有检测装置，检测几何位置及速度反馈进给控制系统。自从这种驱动系统出现后，前几种驱动系统逐渐被代替，80年代也很少再使用。但到1983年，国外为克服大惯量电机电刷磨损大的缺陷发明了交流伺服电机系统，这种电机没有电刷和换向火花，很有发展前途。

国外数控机床集中的厂家有英国通用电气公司，德国西门子公司，日本的富士通——法纳科公司。法纳科是以步进电机驱动系统

起家的。1974年底，他们发现大惯量直流伺服电机具有广阔的发展前途，经过两种方案论证，五月份定案，立即到美国盖蒂斯公司两小时谈判，就拍板签了合同。花了一亿日元买了美国专利。到1976年7月，法纳科以大惯量直流伺服电机为基础的闭环控制系统，结束了它自己开创的开环数控系统而闻名于世界。北京机床研究所引进了法纳科的这一技术。

在经济型数控机床中常常应用快速电磁离合器作为驱动元件，采用普通交流电机齿轮变速加电磁离合器，用光栅尺作检测，达到加工尺寸电磁离合器释放并锁紧定位，用这种方法，可以使重复定位精度达到 $0.002 \sim 0.01 \text{ mm}$ ，例如奥地利海德公司七十年代出产的数控车床，就采用这种驱动系统，造价比较便宜。

44 加工中心的发展

加工中心是数控机床发展的发达形式，可以说是当代的机床体系。美国工程师曾统计，中小批量生产中，工件实际切削时间只占加工周期的1.5%，而每年机床实际切削时间与可利用时间的比率，小批量仅占6%，中批量占8%，为了缩短加工周期，提高工效和精度，最好的办法是工序集中，一次安装中把零件加工成成品。1958年，英国尼一特雷克公司通过自动换刀把铣、镗、钻、攻丝等多种工序集中在一台数控机床上，称之为加工中心。加工中心的特点是：(1) 有一个刀库；(2) 一般加工是箱体零件；(3) 工件

在一次安装中通过工作台转位加工，不需专用工装；(4) 可以在一台机床上完成不同职能的多工序综合加工。

还有一种可更换主轴头的加工中心，主轴头由一系列多刀动力头组成，实现多刀加工，从而成为可调的工序集中的现代机床体系，代替了固板的组合机床。

在一台加工中心上加上上下料的交换工作台及测量和监控刀具磨损和加工状况的系统，便称为FMC—柔性加工单元。这种加工单元一般可以连续24小时无人运转。它可以在延长一段时间内实现无人看管，着眼于充分利用八小时以外的时间，使机床自动工作，提高机床利用率。单元化是八十年代机床发展的趋势。

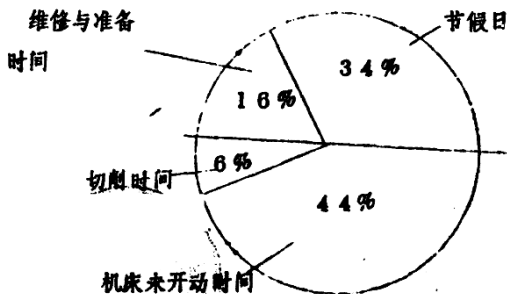


图3、小批量生产机床利用率分析图

把多台数控机床和相应的自动上下料装置和自动搬运装置联合一起形成有很大灵活性的信息流，物流流自动化的制造系统初称之为FMS—柔性制造系统，代替了早年的自动化线。1982年，全世界已有203台柔性制造系统。

日本人把带有立体仓库的大型柔性制造系统称为FA，自动化工厂。如日本的法拉科富士通工厂，山崎铁工所的21世纪工厂。

FA=数控机床+自动装置+计算机辅助设计和制造系统。

任仲夷同志赴日参观法纳科的无人工厂情况汇报说：它极像托夫勒所描写的那种属于“第三次浪潮”的企业，使人耳目一新。这个工厂的主要任务，就是用机器人生产机器人，制造这种使机械与电脑相结合的装备单元。这个工厂不在闹市，而在富士山下，丛林之中。高速公路旁，一进厂区就象进了一座大型豪华别墅。工厂大楼，像高级宾馆，一尘不染。加工车间有55名机器人，只要三五个工人就可以管理了。因此车间很少看到人，也听不到噪音，只看到许多机械手在自动的操作，无人操作的小车在划定的轨道上安全运行。自己装卸，自己运输部件和原材料，装配好的机器人，正在展臂伸手，作出各种姿势，接受电脑的质量检查。职工之家和宿舍的管理，也用电脑。车间里的工人全部是中专毕业生。工厂有一个技术研究所，其人员占全厂职工总数的30%。

这就是数控技术带来的现代化无人工厂的概貌。

目前，世界上正在酝酿计算机集成制造系统十办公室自动化成为高级的计算机集成自动化工厂，预计本世纪末几年内可以实现。

第三节 我国数控机床的发展情况

一、发展历程

我国数控机床从诞生至今经历了四个发展阶段。

(1) 第一阶段（1958～1965）

1958年清华大学、北京机床研究所研制成电子管数控铣床，后因技术不成熟，数控机床一直处于研究阶段，没有应用于生产，影响面不大。

(2) 第二阶段（1965～1972）

从1965年起，我国开始研究晶体管数控机床，60年代末，70年代初清华大学研制成功劈锥数控铣床，机械部机床所等单位研制成功非圆数控杆齿机，在生产中发挥了作用，数控引起国内有关部门的重视。

(3) 第三阶段（1972～1979）

1972年，清华大学首先在国内研制成功集成电路数控铣床，机械部机床局1973年召开了数控攻关会，1974年北京第一机床厂开始小批量生产XK5040数控铣床，1976年3月机械部在北京举办自动化仪表展览会，展出了三年攻关成果34种40余

台数控机床。有四台加工中心。但由于国产电子器件质量不过关，数控系统的稳定性、可靠性得不到解决，加上价格贵，使用不当，未能持续发展。到1979年国民经济开始调整，数控机床生产一直处于停顿，只有数控线切割保持年产600~700台的水平。据国家统计局统计，1973~1979年我国生产数控机床4108台。其中数控线切割机床占86%，1981年调查，国产数控机床能正常使用的只占40%，其余的不能使用或不能正常使用。全国数控机床发展处于低潮，声誉不好。

(4) 第四阶段

1980年，我国从日本法纳科公司引进了具有70年代水平的微处理器数控制造技术，解决了国内数控系统的稳定性、可靠性问题，为我国数控机床的稳定发展创造了条件。

二十多年来，我国已发展了六十多种数控机床产品，但在1980年前三起三落，发展缓慢，其主要经验教训是：

- a. 数控机床的质量是关系到它的发展的至关重要的重大问题。
 - b. 数控机床的价格太贵是限制它发展的重要因素。
 - c. 建立完善的用户服务体制是发展和推广数控机床的重要条件。
 - d. 引进国外先进技术是迅速提高我国数控技术水平的捷径。
- 六五期间，我国数控机床已获得了新发展，引进了数控技术。