

数控机床参考資料

第一机械工业部机械研究院机电研究所

一九七六年四月

写在前面

数控机床是程序控制机床的一种。

数控机床以数字语言通过数控装置，不仅能控制机床动作的程序，而且能精确控制各个运动坐标的位移量。其基本工作原理为：把工件的工艺要求编制成程序单，然后穿孔等方法把程序以数码形式记录在指令带上。工作时，数控装置依指令进行运算，并将运算结果输入驱动装置，以控制驱动装置中的驱动机，操纵工作部件有次序地按要求的移动量自动工作，以加工出所需要的工作形状和精确尺寸。

数控机床的产生成功地解决了机械制造业中占机加工总量70%以上的中、小批量生产自动化问题，提高了劳动生产率和加工精度，缩短了生产准备时间。因此，廿多年来数控机床在世界各国得到广泛发展。

我国对数控机床的研制是从1958年开始，北京第一机床厂和清华大学协作研制了数控铣床。无产阶级文化大革命以来，在毛主席革命路线指引下，数控机床发展很快。到1975年底为止，数控机床品种已发展到45种，有六米数控铣床、数控坐标磨床及自动换刀数控铣镗床等。此外，上海丰收拖拉机厂组合机床和北京阀门厂阀体机加工自动线采用顺序控制器控制也取得了很好效果。

为使我国在1980年以前建成一个独立完整的工业体系及在本世纪内实现四个现代化，在贯彻“自力更生”方针的同时，本着“认真学习外国的好经验，也一定要研究外国的坏经验——引以为戒”的精神，我们收集了一些资料编写了国外数控机床发展概况综述和选择四篇译文一起出版，供搞这方面工作的同志参考。因编者水平所限，错误和不当之处难免，希读者加以批评指正。

目 录

(综 述)

国外数控机床发展概况

一、数控机床的产生和发展.....	(1)
二、加工中心发展概况.....	(4)
三、国外几种机床数控系统的发展概况.....	(5)
四、国外数控机床的科研工作动向.....	(19)
五、今后加工技术展望.....	(22)
六、结束语.....	(22)

* ~~~~~ 译 文 * ~~~~~

1、制造过程控制的现在和未来.....	(23)
2、通过对机器讲话把语言变成行动.....	(28)
3、数控机床的现状.....	(32)
4、加工中心现状.....	(37)

国外数控机床发展概况

一、数控机床的产生和发展

1. 数控机床的产生

世界上第一台数控机床1952年产生于美国。数控机床这一新型加工技术的发明同科学技术上任一发明一样是同生产需要相联系的。二次世界大战后,美国空军面临制造高精度量规的任务,这种量规用以加工和检查形状复杂的飞机零件。而传统的加工方法实难满足加工精度和重复精度的要求,也不能适应航空工业品种多变、小批生产复杂工件的需要,因此迫切需要发展新技术。美麻省理工学院伺服机构研究室研究员帕森兹正研究检查直升飞机叶片轮廓用样板的加工机床,经四年的试验研究实现了三坐标铣床的数字控制。

2. 数控机床的发展

美国 自1952年美制成第一台三坐标数控铣床后,用了三年时间集中力量从事数控装置的改良和程序编制的研究。1955年发表了自动编制程序的初步研究成果。同时,美空军拨款3500万美元制造了100台数控机床。1957年本迪克斯(Bendix)公司研制出 Dynapath10 系列数控系统,是带有线性插补器的三轴连续控制,可作为当时的代表性产品。1960年以后,半导体元件被采用使数控装置在可靠性等方面有很大提高,并使数字控制应用范围由铣床、镗床扩大到车床、磨床、专用机床和测量机等,这也使数控机床在汽车、机床、造船等一般机械工业中得到广泛应用。到1966年美国拥有的6000台数控机床中约有85%是点位式数控机床。1966年以后数控系统集成电路化,降低了成本和进一步提高了可靠性,这时期产品可以本迪克斯公司的Dynapath100系列为典型例子。此时,数控机床进入大发展时期,数控机床年产量约达3000台,占美机床总产量的1.3~1.5%。据统计美1970年数控机床拥有量为20,000台,到1974年则已达30,000台,发展十分迅速。

从技术发展看,1959年3月卡尼·杜列可公司发表了称作“Milwaukee-Matic”具有自动换刀装置的机床,该机床在刀库中藏有丝锥、钻头、铰刀等各种工具,按穿孔纸带指令可自动更换刀具,缩短机床加工零件的装卸时间和刀具更换时间,这就是“加工中心”的第一次出现。随着计算技术的发展,1968年出现了计算机进行多台机床控制的直接数控系统(DNC),与此同时开始研制自适应控制机床,使机床能自动适应已变化的环境,如材料的被加工性、工具性能及事故等。1970年后出现计算机全盘控制的生产系统自动化,用来解决生产过程中

非生产时间这个经济问题,其中包括自动设计、机床控制、材料运输、成本核算等生产管理项目的全盘数字控制化,亦称之为“集成生产系统”。美国数控机床主要用在航空和宇宙空间工业,最初用于解决复杂零件的加工问题,因而主要集中生产数控铣床,后来发展到钻床上,近年来数控车床发展很快。1965年数控车床产量为496台,数控钻床为923台,到1969年数控车床产量增到633台,而数控钻床降到260台。

英国 在1954年英国孚伦梯(Ferranti)公司就研制成一台数控样机,1955年至1957年间研制了各种类型的数控机床,1962年开始推广应用,在1969年数控机床产值已占机床总产值的8%,数控机床拥有量在1971年还占第二位,但近年来拥有量和年产量都已落到日本后面。大约80%数控机床采用点位系统,在技术上1967年莫林斯公司研制的“Molins24系统”比较成功,它是由6台数控机床组成的计算机控制系统,从编制生产调度程序和数控程序,到物料贮运和检查都可自动化,据称该系统生产率可代替290台单轴普通机床。

近几年来,英国机床工业研究协会(MTIRA)和英国国家工程研究所(NEL)都在发展小型计算机数控系统。MTIRA采用PDP11/05型计算机,进行适应控制的研究。NEL采用Minic计算机,进行群控研究。数控机床主要生产公司有埃曼克—联合电气(Airme^c—AED)公司,生产Axiamatic系列位置控制系统和Plan-E-Fral轮廓控制系统,伊美电子(E·M·I·Electronics)公司,主要生产Emicons1000位置控制系统。此外还有美资的辛辛那提·米拉克隆(Cincinnati Milacron)和通用电气(General Electric)公司。最大的数控设备制造公司有普利赛(Plessey)公司,生产NC—11系列。该系列包括NC—1100点位及直线铣床数控设备,NC—1130钻床和铣床数控设备以及NC—1160车床数控设备。在软件方面英国国家工程研究所发展了NELAPT语言。

日本 从1952年日本东京工业大学与池贝铁工所开始研究数控车床起,1956年开始进行“机床自动化”三年特别研究计划,在1958年由牧野铣床制作所完成日本第一台数控铣床,1959年由日本机械研究所制成数控座标镗床,1960年由日立制作所研制成自动换刀数控车床,1967年池贝铁工和富士通研制成直接数字控制系统(DNC),1968年完成自适应控制机床。日本开始比美国落后约10年,近年来机床和控制系统已逐渐接近美国水平,1973年数控机床拥有量为7,000台,年产量为2888台。一些新技术,如DNC系统,适应控制系统,多座标控制机床,激光定位座标铣床都已实际使用。如东芝机械的大型五座标铣床用于水轮机叶片加工已有5年,津上制作所的激光定位座标镗床已小批生产,并已设计无人化机械加工车间,预计1980年后才能投入生产。与美、英不同,日本数控机床主要集中于一般机械工业,约有50%数控机床集中于机床工业,20%的数控机床集中于电机、汽车、造船等一般机械工业。日本重视数控系统的标准化和数控元件的专业化生产,如富士通公司生产的数控系统就占全国所使用的数控系统80%以上,此外开环伺服元件、液压元件、反馈量测元件及闭环伺服元件等都有专业化生产,这是日本数控机床迅速发展的重要原因之一。此外日本很注意系统工程学问题和基本理论研究,日本机械技术研究所进行信息集约化及切削条件数据库、设计自动化和多轴数控机床性能研究,高效精密磨削适应控制等研究,并已取得一定的研究成果。日本国内约有50多家公司生产数控机床,主要厂家为“大隈铁工所”“池贝铁工”“日立精机”“牧野铣床制作所”“东芝机械”及“丰田工机”等。日本近年来也是主要发展数控车床,50家企业中有27家生产数控车床,数控车床产量已占整个数控机床的40%。日本数控机床切削时间率一般为50%~70%。加工精度较高,一般可达到0.01~0.02毫米。但

是软件还较落后,1973年“日本机床工业会”对155家企业调查,完全靠手工编程的企业有98家,占63.2%,自动编程的只有2家,占1.3%。纸带制备时间一般为1~10小时。

法国 法国数控机床的发展远远落后于其它主要资本主义国家,直至60年代初才着手研制,1971年数控机床产量仅150台,拥有量为1360台。落后的主要原因是:1)对民用工业应用数控机床不重视,民用工业对数控机床缺乏了解和信任。2)法国机床企业规模小,技术能力低。3)国外机床大量流入,影响法国机床工业的发展。4)民用机械工业因循守旧,设备更新慢。

近几年法国认为机床工业发展缓慢影响了机械工业的发展,因此采取了一些措施来推动数控机床的发展。(1)1972年4月发起一个“百台数控机床”运动,来推动数控机床的普及应用。(2)于1972年5月成立了法国数控机床研究中心,研究中心有一个数控机床操作表演厅,一个技术培训处,一个程序编制中心和资料室,研究中心有六台数控机床和三台计算机。(3)加强自动化生产促进协会的活动,为用户提供软件设备,编程序控和数控语言,培训使用数控机床的人员等。(4)大力发展计算机工业,完善控制装置。(5)利用各种技术刊物宣传介绍数控机床,推广使用数控机床。

经采用上述措施,法国数控机床有了较大发展。1973年产量比1972年增长70%,389台中数控车床114台,占29%;数控铣床88台,占23%;数控钻镗床58台,占15%;加工中心45台,占12%。数控机床主要生产厂有福莱斯特(Forest),雷诺(Renault),佩蒂(Berthiez)等厂。

苏联 在1958年搞出数控机床样机,从1970年后得到较快发展,1970年生产1687台,比1969年增加3.2倍,1973年已年产3783台数控机床,主要组织莫斯科红色无产者机床厂等六个机床制造厂大批量生产。六十年代末期在汽车制造等部门出现利用计算机管理组合机床自动线事例,如莫斯科第一轴承厂的第二自动化车间和利哈乔夫汽车厂的自动化车间用计算机控制并且还管理中间仓库。1972年苏联机床展览会展出一套由计算机控制、10台机床组成的机械加工系统,也进行适应控制机床的研制,如奥尔忠尼启则机床厂的1722型自适应车床。但整个技术水平与美、日、西欧等国比起来还是落后的,主要原因是自动化手段发展慢,集成电路落后,所以计算机等控制装置也落后,不得不向国外购买技术。另外对中、小批量生产自动化不够重视导致发展落后。

西德 自1957年开始研制数控机床,1959年制成第一台数控钻床。1960年研制第一台数控车床。至1973年拥有数控机床3500台,其中车床占40%。

西德数控机床大部分采用自动换刀,加工中心换刀方式全部采用刀库,车床的93%采用自动换刀,而换刀方式89%采用转塔刀架,钻、镗、铣床32%采用自动换刀,换刀方式99%采用转塔刀架。主要为了实现一机多能和缩短辅助时间,也有采用快换刀夹的,西德席士·弗罗利浦(Schiess-Froriep)重型车床采用快换刀夹,更换时间仅需2~3分钟。

西德的数控机床技术水平落在美英日后面,计算机控制机床只占1%,群控系统只有一套,控制六台车床。数控系统在西德已有定型系列产品,主要是西门子(Siemens)公司和阿埃格-德律风根(AEG-TELEFUNKEN)公司进行生产。

西德很注意软件的研究,1964年由西德的奥匹兹和西蒙教授和25家公司合作研究出一种EXAPT通用数控语言,1967年成立了国际性的EXAPT协会并研究出专为车床使用的EXAPT I型语言。同时也发展功能有限的专用程序语言,西德吉尔·玛期脱

(Gildemeister) 公司发展了一种称作“简易程编系统”(Easyprog)的专用语言,适于车削、镗削和铣削加工。编程系统是一种组件装置,最简单形式仅是一个带电键打字机、阅读机和穿孔机的台式装置,采用ISO代码,并有向EIA转换的能力。

二、加工中心发展概况

加工中心是六十年代后期发展起来的能自动控制主轴和工作台多轴线运动、备有换刀装置、不改变工具装夹即可完成多种切削工序的新型数控机床。具有刀具库和换刀装置,是加工中心区别于一般数控机床的主要标志。近年来,加工中心发展迅速,日本1970年生产338台,已占数控机床总数的20%。

加工中心有四个突出优点:1)机床利用率高,灵活机动。工件一次装夹后即能完成铣、钻、镗、车、磨和切齿等多种工序,所以一台加工中心一般可代替5台普通数控机床。一般机床实际切削时间为20%,加工中心利用率可高达80%以上。2)生产率高,加工费用低。生产率要比普通机床高一倍以上,加工费用可降低50%。3)零件精度高,废品率低。定位精度可达20微米以下,因仅更换刀具,工件一次定位后进行多工序切削而无需重新装夹,因此加工零件精度高。4)占地面积小,生产周期短。一台加工中心比完成同样工序的多台普通机床占地面积要少70%左右。工件可一次加工完成,生产周期短。

加工中心美国在1958年由卡尼·杜列可公司研制成功,但加工中心直到六十年代后期才日益获得广泛应用。日本生产的加工中心所占比例由1967年的5%上升到1973年的27.8%,美国加工中心在数控机床中所占比重在1973年已达30%。

加工中心按切削控制方式有点位、直线及连续控制三种。控制轴线数从三轴到七轴多种。主轴有立式、卧式,轴数有单轴和多轴,最多有达20轴的。换刀装置有手动式,自动式及转塔式。刀库分存储单刀和多轴切削头两种,存储单刀从10把至多达100多把的。主轴功率从0.9至250马力不等,定位精度在5~40微米之间,可无级变速及进给。

日本牧野铣床制作所的MCPA-70型,日立精机的6MB型,池贝铁工的A080HNC型及安田工业的YBM-80NR-3型加工中心,伺服机构多用电液脉冲马达,数控装置全采用富士通公司的FANUC260或FANUC220装置,设定单位0.01毫米/脉冲。美国辛辛那提公司10HC卧式和20HC-1800立式加工中心电机功率7.5瓩,主轴转速25~4000转/分,鼓形刀库装在立柱侧面,有配重平衡。刀具更换不需沿Y轴方向另外定位,多刀使用时提高孔加工同心度和节约辅助时间。法国福莱斯特(FOREST)公司的TC₃型加工中心,工作台:900×500毫米;工作台行程:X 800毫米,Z 400毫米,主轴箱行程Y 500毫米;刀具库:圆盘型,24把刀具;主轴转速:63~2800转/分,直流拖动无级变速,速度为5~1000毫米/分。

近年来,加工中心的发展主要在以下七个方面:

1) 数控装置 数控装置已转为采用集成电路的小型计算机数控装置。控制功能上从控制三轴线发展为控制多轴线及能按复合角度切削工件完成多种工序并能仿形加工的加工中心。控制方式已有小型计算机控制及群控方式。分辨能力可达0.2微米。控制功能最多可达140种。能同时控制三根轴线、缓冲与重复存贮、删去字组、搜索与按顺序运动;能补偿刀具尺寸和仪表误差、以数字显示位置和指令顺序号、指示误差、对准零位、恢复到参考值及

备有人工代用装置等。多数装置有单向性，能校正丝杠误差，自动控制切削螺纹及英制和米制的转换。

2) 缩短空转时间 (1)加速工件更换：设置装卸工件的辅助工位，让切削和装卸在不同工位上进行。如西德克尔曼公司EL100g立柱移动式加工中心有三个固定工作台都起装夹工件和转位作用，立柱轮流移向不断更换新工件的工作台。(2)缩短换刀时间：改进刀具识别、选择及交换方式以缩短换刀时间。(3)完善数控装置：提高自动化水平，将更多的轴线、切削和辅助机能置于自动控制之下、缩短机床空转时间。

3) 扩大加工范围 (1)采用移动式立柱或工作台：西德布尔公司TC—800的立柱可沿X、Y、Z轴线各移动800毫米，克虏伯公司KN10工作台可沿X、Y轴线移动750毫米和500毫米，床头沿Z轴线移动500毫米。移动立柱或工作台可使小机床加工大工件。(2)扩大机床转速范围：美国森斯特兰公司的加工中心转速为20~4000转/分，可调300种速度。西德施泰勒公司的加工中心转速为40~5000转/分，调速范围35种至无级变速。(3)装两种用途刀库：西德黑勒公司BEA 3加工中心，装有携带59把刀装在立柱侧面的刀库及环绕在立柱上端，由十套多轴切削头组成的两种刀库，使机床既适于成批生产，也适于单件加工。

4) 提高生产率 (1)采用多轴切削头，一道工序中同时钻孔或攻丝。(2)增加主轴数目，用自动换刀装置分配刀具，各主轴同时切削。(3)应用双重刀架，刀架间距离可调。(4)加大主轴功率，最大功率可达250马力。(5)提高位移速度。(6)改进润滑冷却，提高进给率和零件表面质量。

5) 使加工中心适于批量生产 加工中心适于单件或小批复杂件生产，近几年因自动化水平提高，也可用加工中心来进行批量生产。可用加工中心组合成机床群，如美国赛伦(Salem)汽轮机叶片加工厂用15台加工中心加工叶片，一次装夹可完成多次加工工序。另一种是将刀具和夹具均不相同的几台加工中心组成机床组分几步来完成极复杂零件的加工。也有在各台加工中心间用自动装卸传送系统连接起来，不规则地自动运送工件和存储工位相结合来提高利用率和生产率。

6) 构成制造中心 用一台加工中心的若干部件同许多特殊切削头构成“制造中心”的数控机床。美国辛辛那提公司用存储64种特殊切削头的宝塔式刀库，并用计算机控制切削头和工件的队列，使这台机床具有自动换刀的灵活性和自动传递式生产的专用性。

7) 简化结构，广泛应用组合部件，实行标准化 瑞士“西浦”公司制造的8000系列加工中心由三种型式装有小型计算机数控系统的机器组成，其主轴垂直，控制按三个座标进行，可手动也可自动从40把的刀库更换刀具。

三、国外几种机床数控系统的发展概况

1. 顺序控制器和可编程序控制器

顺序控制器即是完成顺序动作及其控制任务的机械、电气或电子式逻辑控制装置。机械、电气式的可由凸轮或同步马达驱动的鼓形开关来提供逻辑功能，也称作固定顺序控制器。采用矩阵插销板等方式的称为半固定顺序控制器。而采用磁芯存储器或集成电路存储器

等装置，有准计算机功能而且顺序可变的则称为可编程序顺序控制器。

数控机床能缩短生产准备时间，减轻劳动强度，提高生产率和产品质量，具有很多优点，但受数控系统调整和程序编制工作的影响，机床利用率在70%，并需专人编制程序，影响数控机床的广泛应用也是重要原因之一。为解决上述问题，国外一方面加强程序编制自动化研究，利用计算机数控系统来简化程编工作，另一途径就是发展顺序控制系统，以减少繁重的程编工作，提高机床利用率。顺序控制器和可编程序顺序控制器控制机床是目前国外数控机床发展动向之一，1975年在巴黎举行的第一届世界机床展览会就有10多家厂家展出这类数控机床。

工件机加工，可把操作过程分为一系列简单步骤，把这些步骤按一定顺序连接起来就构成一整套复杂的操作过程。如汽车发动机制造即是由一连串简单操作组成：汽缸钻孔、铰孔、油路钻孔、汽门导管钻孔、倒棱等工序。每个独立操作完成后，将汽缸从一个工位转到另一工位，这种传递也按顺序进行。因此可通过限位开关，起停开关和接近开关以及存储在存储器内编好的程序来决定输入，并使电动机开关、液压（气动）阀、线圈、定时器转到“开”或“关”位置上，以实现对机床的控制。可以一工件孔加工为例说明：

顺 序	工 序	设定时间
1	等待	
2	工件送入（高速）	
3	工件送入（低速）	
4	钻头前进	2 秒
5	孔加工（前进）	
6	孔加工（后退）	
7	切屑排出	3 秒
8	钻头后退	2 秒

该工件孔加工都是顺序动作及定时控制，完全可用顺序控制器来控制。

插销板式顺序控制机床可以奥地利海德(Heid)公司的DFNCP-250型数控车床为例。该机床可通过插销板直接输入程序号、功能、尺寸要求、主轴转速、进给速度、刀具号及六角回转刀架运动形式和辅助功能等，不需专业程编人员。工人可按零件加工要求（尺寸指令和其它加工控制信息），将带“数字”的插销插入插销板相应位置，在面板上即可直观地看到各工序所要加工达到的尺寸等指令数码。插销板由接线板、插销座及插销头组成。插销座内装有四只二极管，一端各自和镀金铜片触头焊接，另一端为公共接点，利用插销插接的排列组合输入各种指令来控制机床动作。系统没有纸带、光电阅读机等输入装置，减少了发生故障和差错的机会，提高了可靠性。该机床刀架可准确定位在0.01毫米之内，拖板重复定位精度为0.003毫米，可满足一般加工要求。这种系统可控制车床，也可控制点位的钻、镗床，在铣床上也可应用。

在较为复杂、顺序经常变化的工艺场合适合采用可编程序顺序控制器，通过布尔方程、梯形图等可简单地编程序以改变操作顺序进行控制。可编程序顺序控制器的出现是美国通用

汽车公司进行企业技术改造,寻找简单又适合特定要求的机床控制工具时,由数字设备公司在1969年研制成功的。

美国通用汽车公司采用大量的PDP-14可编程序控制器及Modicom-084可编程序控制器控制各种机床,应用例子见下表所示。

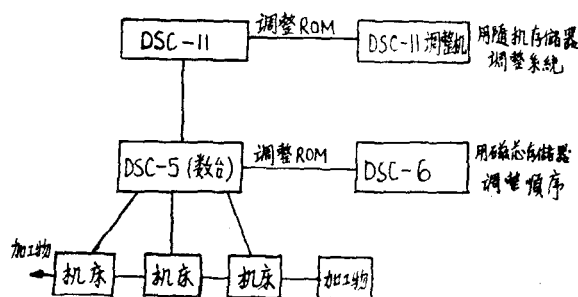
控 制 内 容	可编程序控制器型号	输入点数	输出点数
镗床自动装卸	Modicom-084	79	40
车床自动装卸	PDP-14	128	51
车 床	PDP-14	100	65
车 床	Modicom-084	100	65
102位运输线	PDP-14	90	60
102位运输线	PDP-14	160	90
2工位环形砂轮磨床	PDP-14	62	32
齿轮成形精密磨床	Allen-Bradley PMC	68	37
自动测量设备	Allen-Bradley PMC	60	40
20工位自动装配机	PDP-14	110	70
电子束焊接机	PDP-14	130	70
8工位自动焊接机	PDP-14	125	72

通用汽车公司大量采用可编程序控制器的主要原因是,老机床可保留下来继续使用,此外控制器和计算机有兼容性,为进一步自动化创造了条件。控制器可靠性较高,在产品变化频繁情况下,因控制器程序易编,也可节约费用。此外,在群控中,单台机床采用可编程序控制器也是较经济实用的。该公司采用可编程序控制器实现自动化的另一原因是,生产机器尽管是重复动作,但一般不完全按时序动作,要根据生产主循环发生故障的情况来选择规定程序。此外,还可提供非时序的手动方式。

日本日立制作所1970年为机械加工用的可编程序控制器设计了DSC-5, DSC-6, DSC-11型系列。各控制器规格如下表示。

	DSC-5	DSC-6	DSC-11
存储装置	256字集成电路只读存贮器	1千字只读存储器	256字只读/随机存储器
容量	最大2千字	最大4千字	最大4千字
运算方式	布尔代数, 指令数5	布尔代数, 指令数7	加减运算, 逻辑运算
电源	交流100伏50/60赫兹100伏安	同左	交流100伏50/60赫兹150伏安
输入输出	输入交流100伏 输出直流24伏, 0.2安无接点输出 交流100伏, 1安无接点输出	输入交流100伏 直流24伏60毫安无接点输出	数字输入 直流24伏电压输入 接点输入 直流24伏电压输入 模拟输入 直流0~5伏电压输入 数字输出 直流24伏0.2安无接点输出
输出输入点数	合计254点	输入最大240点 输出最大240点	数字、接点输入, 输出合计192点 模拟输入最大128点
环境温度	温度0~50℃ 湿度35~90%	同左	同左

日本可程序控制器除可控制单台机床外, 已有群控方式的应用, 下示群控方式的控制框图。



用可程序控制器群控的系统框图

用可程序控制器控制磨床的也有报导, 日本机械株式会社用C-600控制磨床。C-600采用集成电路, 输入输出点数512点, 随机存储器。与一般控制方式相比, 用可程序控制器控制费用减少, 操作简便, 机床利用率高。

可编程序控制器控制机床在西欧也有采用,如西德Werner公司用P2000控制铣床。

可编程序控制器发展很快,据调查预测,美国1970年生产50台,1971年300台,1972年1,200台,1973年3,400台,1975年预计达到13,000台。美国机床年产量到1979年将达20万台,数控机床占3%达6,000台,加工中心占其中25%,为1,500台,其中30%将使用可编程序顺序控制器。可编程序控制器美国主要由几个大的数控机床生产厂生产,莫狄康公司(Modicon)占35%,数字设备公司(DEC)占25%,Allen—Bradley占20%。美1973年之前主要在汽车工业应用,以后才应用到其它工业。所以,顺序控制器是实现机械工业自动化的一个有力工具。

2. 小型计算机控制(CNC)

小型计算机是由数字设备公司在1968年研制的,当时认为有如下三点即可称为小型计算机。(1)字长8~16位以下;(2)存储容量4千字~16千字以下;(3)价格在2.5万美元之下。小型计算机功能全,灵活性高,通用性好,编程简单,又便于分散管理,对环境要求不高,价格又较便宜。用小型计算机可用灵活的程序技术代替数控技术,用于控制自动换刀机床、镗铣床和多座标铣床等各类机床。

CNC在美国和西欧发展较迅速,特别是近两年来发展较快,这也是第一届世界机床展览会上的展出重点。

西德莱茵钢公司用美数字设备公司的PDP—14控制组合机床,荷兰飞利浦公司用9205型小型计算机控制铣镗床,法国电气遥控机械公司用T2000控制各种机床,日本富士通用FANUC—200A控制各种机床,美国通用电气公司(GE)、本迪克斯公司(Bendix),辛辛那提公司(Cincinnati),都已有实际应用。

小型计算机控制机床目前国外向两个方面发展,一方面是使编程尽量简单,比如发展准计算机式的可编程序控制器,另一方面是加强控制功能,如对机床实行适应控制。系统还可和大型计算机联用,一般认为生产效率可提高30%。小型计算机控制可靠性大为提高,与普通数控相比,减少把干扰作为数据读入的可能性。

小型计算机控制推广应用的问题是系统价格还比较高。目前小型计算机国外价格有上千美元一台的,随大面积集成电路的应用,最近国际自动控制会议上有论文分析,近期小型计算机价格可低到2~3百美元,这样小型计算机控制机床的系统会得到更快速发展。

3. 直接数字控制(DNC)

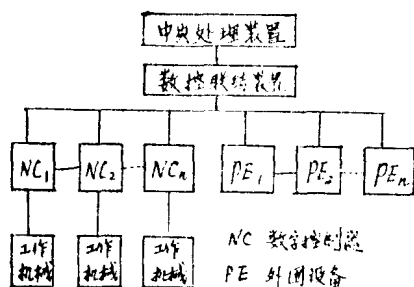
机床的直接数字控制是把使用程序的计算机作为主要部分,用一台计算机的存储程序,用来同时控制数台机床。

直接数字控制系统的主要机能为:(1)用一台计算机和数台机床在线联结,依靠计算机直接控制机床群。(2)加工数据一次记入存储器中,加工时现场无须处理纸带。(3)具有加工程序的调整机能。(4)具有现场作业的指示机能。(5)具有运转情况的控制机能。(6)可对有关机器进行计算机控制。(7)具有编制作业日程计划的机能。

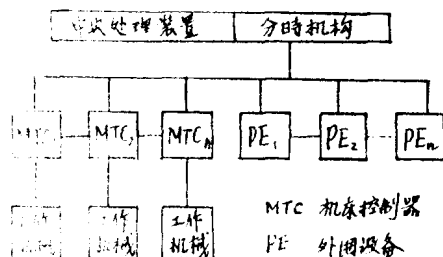
直接数字控制系统根据输入方式不同可分为两类:即“程序运转”方式和“呼叫运转”方式。前者是按预定的程序决定各零件的加工顺序,进行加工。后者通过编码器发出不同代码信号,将工件名称、机床号送给计算机,计算机从外存储器中取得加工数据,控制机床加工。直接数字控制系统按控制系统分也可分为两类:即“间接型”和“直接型”。间接型是由数控联结装置,把计算机和一般数控装置联结起来,计算机以纸带、图象或数据方式向数

控装置发出指令,即附属于数控装置的读数装置读取并控制机床运转。直接型是由计算机、分时机构和机床控制器组成。机床控制器由伺服机构、简单手动操作电路和中断电路组成。通过机床控制器把分时机构、伺服机构和机床联结起来。直接系统有两个特点:(1)依靠分时机构的多重性,在控制机床台数多时较经济。(2)运算控制部分集中,每台机床只配一个机床控制器,可靠性高和便于维修。

两种类型系统的框图由下图表示。



间接型框图



直接型框图

下面以日本日立精机的SEIKI PRODUCTION MASTER SYSTEM100型和500型两种系统来介绍这两种类型。

SEIKI100型为间接型直接数控系统。装于日立精机公司的习志野工厂。该系统控制包括一条有13台机床（数控机床8台：立铣2台、加工中心4台、立钻1台、转塔车床1台；有自动循环控制的普通机床5台：3ML—P型卧铣1台、1MP—H型及2MP—V型铣床各1台、摇臂钻1台、5D型转塔车床1台。）及毛坯自动仓库和滚子式及链式自动传送带组成的自动生产线。计算机控制系统采用富士通的FACOM—R，内存容量8千字，外存磁鼓容量262千字，还有D—1400打字机1台，F—755V纸带读出器1台，给定值表示器7台。它可加工小箱体、箱盖、拨叉、法兰等机床零件150种。工件按序号装在箱形随行夹具里，并存放至毛坯仓库的空格内。系统启动后，按指令程序控制三座标的架式起重机，从指令的毛坯仓库格子里取出工件。每一工件随行夹具侧面，装有地址编码板，到达每一机床装卸工位前的传送带侧面都安装一个译码器，阅读地址码，判断随行夹具是否应送到机床旁边的工件输入装卸工位上，如果是，则由人工装到机床上按动给定值表示器由DNC加工，加工完后由人工卸到传送带上，自动送往成品出品处。通过给定值表示器操作者可与DNC联系，也可更改加工计划。传送带中段与计算机室之间，有一控制显示器与中央控制装置联系，并显示各台机床加工状态。经使用DNC后，操作者由原13名减至6名，占地面积由365米²减至216米²，生产率提高25%。

SEIKI500型是直接型直接数控系统。已用于加工铸钢、铸铁、不锈钢等5种材料，112种零件的加工系统。本系统由8台数控机床（通用数控机床2台，专用数控机床6台），普通机床1台组成。中央控制装置的磁芯容量12千字，外存磁鼓容量131千字。本系统有如下特点：

- (1) 可加工300种类以上工件。
- (2) 每台机床侧设置工件等待用货箱，可调整加工时间的不平衡。
- (3) 采用自由流通传送带连接的直接数控连续自动生产线。

(4)加工工序和工件尺寸等都记忆在计算机内,按指令顺序加工。

(5)各工具寿命记忆在计算机内,不断用寿命减去工具实际使用时间,使用寿命到了,计算机即报警,可更换工具。

(6)专用数控机床带两个加工头,一个加工头发生故障时,即可旋转工作台由另一加工头工作。

(7)专用数控钻床可按工件不同,按计算机指令改变孔的间距。

本系统应用很广泛,适合于多种类、小批量零件加工,使用本DNC系统可以代替好几条自动线的作用。

DNC系统在日本发展很快,除SEIKI系统外,还有富士通的FANUC·SYSTEM-T10型系统,直接结合型,可控制24台机床。丰田工机的TIPROS TOYODA系统,由DNC分别通过CNC和MTC控制两台机床及自动传送带的混合型DNC系统,可加工四种不同齿轮箱体零件。本系统特点是适应性强,可随时插入临时加工任务,随意改变加工批量。开动率高,利用CNC适应控制,开动率提到80%。可自动编程和生产管理,还有刀具寿命预测系统。大隈铁工的Parts Center-1型系统由1台DNC装置,3台数控机床,1台尺寸测量装置,及上下料机械手组成自动线,进行顶尖材料类零件的加工。牧野铣床制作所的DNC系统则是由有适应控制的加工中心机床组成。

美国通用电气公司Common Dir型群控系统利用GE-PAC30型计算机控制30台机床。万能控制(Omni Control)公司用IBM360/50系统控制255台机床,美国雪佛莱汽车厂的一套自动化系统用13台计算机控制200多台机床及自动线、900米长自动传送带和3个备有起重机和堆垛机的仓库。西屋公司在赛伦汽轮机叶片厂中也采用1台计算机控制31台机床。

DNC系统是加工生产自动线的重要控制手段,国外认为DNC能适用以下范围就可期望获得效果。(1)能利用自动编程制作数控纸带。(2)纸带制作、检验应方便。(3)工件尺寸稍有差别时可不用再作纸带。(4)纸带应容易修正,管理应方便简单。(5)能形成与自动设计组合起来的机加工系统。(6)可无纸带运行。(7)能进行多品种加工。(8)机床间用机械手或传送带连接。(9)设置几个加工中心时工具管理应简单。(10)能收集加工运转实际信息。(11)能提高机床控制效率。(12)机床设备要易于改进。(13)能进行成品自动测量和检验。

从国外目前应用情况看,DNC系统在美国系统虽很复杂,但还未超过试验阶段,在民用方面用得不多,原因是很多种类并非是工业实际所要求,价格又过高。日本发展较快,已有40套左右DNC系统在运行(见后表),并集中在民用工业系统,其主要原因是注意发展廉价型的控制系统和注意实用化。

DNC的主要优点为:

(1)减少因穿孔带或计算装置引起的停顿时间。

(2)能较快接受信息,提高生产率。

(3)能选用最佳切削用量,更好利用设备。

(4)降低了用在组织措施上的费用。

(5)群控系统可连接到全厂信息系统中去,可改进生产管理计划。

随计算机的发展和广泛应用,今后DNC系统会日益获得发展。

日本主要群控(DNC)装置运行情况

No	运行单位	系统	机床(机床制造厂)	工作内容	引进时间	引进目的
1	日本国有铁道/大船	K	专用机床生产线(池贝)	主电机检修生产线	1967.3	省力化, 提高生产率
2	" / 大宫	K	车床×7 (")	加工车辆修理用部件	1968.3	省力化, 缩短生产周期
3	" / 鹰取	K	车床×5 (")	"	1969.3	"
4	机械振兴协会	K	镗床×1 (日立精机)	一般用户委托加工	1970.7	
			铣床×1 (")			
			车床×1 (池贝)			
			磨床×1 (丰田工机)			
5	富士通	T10	制图机×1 (武藤工业)			
			磨床×2(冈本、丰田工机)	脉冲电机零件加工		
			铣床×5 (牧野、新潟、大阪机工、远州制作)	(会话型APT)		
			车床×11 (池贝、鹭野、山崎、大阪工作、三菱、昌运、潼泽)			
			多工序自动数控车床×1 (安田)			
			制图机×1 (大日本网板印刷) 机械手			
6	本田工机	T10	车床×1 (池贝)	本田专用机制造, 发动机	1970.2	自动编程, 省力化
			镗床×3 (东芝、大隈、本田)	试制(会话型APT)		高级NC功能, 生产管理
			铣床×1 (牧野)			
7	日本国有铁道/浜松	K	专用机床生产线(池贝)	主电机检修生产线	1970.12	省力化, 提高生产率
8	" / 次田	K	"	"	1971.3	"

续表

No	运 行 单 位	系 统	机 床 (机床制造厂)	工 作 内 容	引进时间	引 进 目 的
9	吉田工业	T0	成形磨床×16(日立精工)	阀、铝框挤压模的研磨加工	1971.6	省力化,提高生产率,降低设备费
10	住友重机	T10	车床×7(池贝、大隈)	机械手控制	1971.6	
11	川崎重工	K0	机械手(川崎重工)	各种零件机械加工	1972.2	
12	某建设机械工厂	K0	NC, 包括通用机自动化装置	机床制造	1972.2	
13	池贝铁工/沟口	K0	车床×10, 自动装卸机, 多工序自动数控车床×2(池贝、丰田工机)	机床制造	1972.3	提高生产率
14	日立精工/习志野	K0	车床×1(日立精工) 多工序自动数控机床(日立精工、K&T) 通用机×5, 输送机/自动仓库	机床制造	1972.3	省力化, 生产过程管理 输送自动化
15	日本国有铁道/大井	K	专用机生产线	主电机检修生产线	1972.4	省力化, 提高生产率
16	富士通/川崎工场	T0	自动布线机×8	电子计算机自动布线	1972.4	提高质量, 提高生产率
17	加衣	T10	铣床×2(牧野)	压模、模具加工(会话型APT)	1972.6	自动编程, 高级NC功能
18	三菱重工/横滨	K0		(会话型FAPT)	1972.6	缩短纸带制作时间, 程序编制省力化
19	关东特殊钢	K0		(会话型FAPT, 纸带校验)	1972.6	"
20	富士通/明石工场	T0	多工序自动数控机床×2(丰田工机) 车床×3(昌运、大阪工作) 铣床×1(日立工机)	电子计算机输入输出装置零件	1972.7	降低设备费, 提高生产率

续表

No	运 行 单 位	系 统	机 床 (机 床 制 造 厂)	工 作 内 容	引 进 时 间	引 进 目 的
21	富士	T0	多工序自动数控机床×5 (丰田工机) 输送线	静电复印机的零件加工	1972.7	多种加工, 省力化 (几乎 达到无人化)
22	高岳		多工序自动数控机床×6 (大隈、日立精机、新日本 工机、丰田工机) 车床×6 (池贝、日立精机)	配电盘等零件加工	1972.7	降低设备费, 提高生产率
23	ヤマザンデイナー	T0	多工序自动数控机床×5 (牧野) 输送线	柴油机加工	1972.7	多种加工, 省力化 (几乎 无人化)
24	鹭野机械	K0	车床×2 (鹭野), 自动 装卸机	机床制造	1972.10	提高生产率, 省力化
25	山川工业	K0		(会话型FAPT, 纸带校 验)	1972.10	缩短纸带制作时间, 程序 编制省力化
26	山武哈尔维尔	T0	连续自动工作机床 (日立 精机)	中型阀加工	1972.11	省力化 (几乎无人化), 多种加工
			8工位自动机床 (MTC ×10)			缩短工作周期
27	川崎重工	K0	机械手 (川崎重工)	机械手控制	1972.12	
28	トキコ	T0	多工序自动数控机床×6 (安田)	检测仪器零件加工	1973.1	减低成本
			专用铣床×1 (细井)			
			车床×4 (池贝、市民)			
29	福岡县金属工业试验厂	K0		(会话型FAPT)	1973.3	程序编制省力化, 缩短作 纸带时间
30	丰田车体	K0	机械手 (川崎重工)	车身焊接试验设备	1973.3	
31	三菱重工/高砂	K0		(纸带校验)	1973.4	提高数控车床开动率
32	日本小型轴承	K0		(会话型FAPT)	1973.4	程序编制省力化, 缩短作 纸带时间