

数 控 机 床 及 其 在 仪 器 仪 表 生 产 中 的 应 用

沈 阳 仪 器 仪 表 研 究 所

1 9 7 3 年

毛主席语录

古为今用，洋为中用。

外国有的，我们要有的，外国没有的，我们也要有的。

目 录

综 述

国外数控机床及其在仪器仪表生产中的应用.....	1
--------------------------	---

现 状

数控加工系统的现状.....	37
小型精密数控机床的展望.....	6
有关数控机床的一些统计.....	7

应 用

加工小零件的数控车床.....	9
一种适用于成批生产精密小零件的数控车床.....	45
非球面加工的自动化.....	47
数控和适应控制的电火花加工机的实际应用.....	12
数控加速了印刷电路板的打孔.....	18
数控线切割电火花加工机床.....	21
精密非球面的制造.....	24

产品报道

D—16型小型精密数控车床.....	35
一种适用于加工中小零件的机械加工中心.....	35
E—30型小型精密数控车削中心.....	36

国外数控机床及其在仪器仪表 生产中的应用

沈阳仪器仪表研究所技术情报室

一、前言

什么叫做数控机床？顾名思义，数控机床是利用一些特定的数字或字母去控制其工作的机床。其中所采用的数字和字母称为代码，也叫做数控的语言。数控机床由数控装置和机床本身两部分组成。

数控机床是程序控制机床的一种。程序控制机床几乎包括一切自动机床，但不同的自动机床所达到的效果因控制方法不同而不同。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。数控机床的最大特点，也是最大的优点是：能大大缩短生产准备周期；变换加工对象时，只需简单地变换程序带便成了。而不要象其它自动机床那样复杂费时的机床调整。

利用数控机床加工零件时，首先需要根据加工零件图上所规定的尺寸、形状进行分段，再将加工工艺要求，加工路线和坐标增量以及机床的其它功能，以特定的数字和字母（或其它代号）形式写入程序单中，再用穿孔机把它打在穿孔带上，此过程称为程序编制过程。编程序方法有人工编制和用计算机编制两种方法。然后把穿孔带送到数控装置的阅读器上，并由阅读器将穿孔带上的程序数据逐段读入数控装置，数控装置一边进行运算，一边向机床各坐标的伺服机构分配进给脉冲，驱动机床，使刀具和工件严格地按照穿孔带上给出的各段程序所规定的相对运动加工零件，从而使机床精确地加工出符合图纸要求的零件来。

数控机床成功地解决了外形复杂的零件中的单件小批生产自动化问题。提高了劳动生产率和加工精度，缩短了生产准备周期，降低了对工人技术水平的要求，成为机床自动化的一个重要发展方向。近年来引起了世界各国的高度重视。

二、数控机床的产生和发展

1. 数控机床的产生

世界第一台数控机床产生于美国。早在1940年，美国麻省理工学院就已着手研究机床的数字控制。后来，在1947年，美国密西根洲特瓦斯城（traverse city）的巴森兹（Parsons）公司，为了加工直升飞机浆片轮廓的检查样板，曾首先试用计算机来解决一些钻孔定位、曲面加工的问题。当时，他们制造一种直升飞机，需要50多个不同的

样板。

一年后,1948年,该公司向美国空军部门提出了采用数控专用机床来加工直升飞机浆片板规的设想,得到了重视并订了合同。后来,此合同于1949年移交给麻省理工学院伺服机构实验室进行研究。到1952年,便研制出世界第一台三坐标的万能数控立式铣床。这台机床采用脉冲多谐振荡器,应用内补法,程序由穿孔带输入。这台机床的试制成功,肯定了机床数控的成功,为机床自动化开辟了一个新的方向。

英国和日本继美国之后,也分别于1954年和1955年着手研制数控机床,并于1958年造出了第一台数控机床。西德则于1959年造出第一台数控机床。

由于数控机床在解决占整个金属加工工业70%以上的单件小批生产自动化方面,表现了极大的优越性,所以自六十年代以来,随着计算机技术的发展,数控机床发展很快。发展至今,不论在技术上,应用上都到了很成熟的阶段。一些数控机床搞得较早的国家,正在进一步扩大应用方面做工作。

数控技术和计算机技术几乎是平行发展的,并且是密切相关的。电子计算机的发展,经历了三代,并且正进入第四代——大规模集成电路计算机。计算机的第一代是1940年美国IBM公司和哈佛大学共同研制的采用电磁继电器的计算机。(而真正的第一台电子计算机是1946年美国摩尔工程学校研制的。)数控装置也经历了三代。第一代是1958年以前麻省理工学院研制的采用真空管、继电器式的数控装置,可靠性差,体积大。第二代是采用半导体器件的数控装置。第三代则为采用集成电路的数控装置,提高了可靠性,缩小了体积,降低了成本。为进一步扩大数控机床在工业中的应用范围,创造了条件。

2. 机械加工中心 (MC)

数控机床的一个重要发展,是欧美、日本在五十年代末和六十年代初研制成功的数控加工中心。

所谓“机械加工中心”机床,就是将被加工工件一次安装到机床工作台后,即可利用数控自动地进行铣、钻、铰、镗、攻丝等各种工序的加工。机床本身贮有一定数量的刀具,根据需要可迅速自动地更换,工作台可以自动地找出需要加工部位的精确坐标($\pm 5\mu$)位置,全部工作循环由数控实现自动化。

如上所述,机械加工中心机床相当于扩大了工艺范围的全自动坐标镗床。因此,这类机床既具有万能性,又有高效专用的特点。

3. 三种控制系统

目前国外应用于机床方面的数控系统大体可分为三类:即普通数控(NC);计算机数控(CNC)和直接数控(DNC)。

(1)普通数控:这种控制系统由具有固定程序的专用计算机组成。就是说,这种数控系统只适用于限定的机床,是专用的。

(2)计算机数控:这种数控装置本身就是一部小型的通用计算机,因此它具有灵活性、编程简单,整个系统易变,有可能进一步提高自动化水平,对环境要求不高等优点。这种控制系统最适用于点位控制机床,如钻、镗床等。这种控制是美国数字设备公司于1968年研制成功的。

(3)直接数字控制:它是用一部大型的通用计算机同时控制一群机床(所以又称群控),以实现无人车间或无人工厂。其中又可分为间接式DNC和直接式DNC;前者是用一联锁装置将大型计算机与每台机床联起来。后者是经一分时机构使计算机直接管理各台机床。这种控制搞得最早的是美国(1966年),其次是日本(1968年)。这种控制,由于具有一系列优点,已深受各主要工业国家的重视。据西德“工业生产杂志”1971年报道:世界各主要工业国家已有30套直接数控系统投入生产,而据日本富士通介绍,已向该公司定购的已高达20套。

4. 适应控制

所谓适应控制,就是,这种控制系统在控制加工的过程中,机床的加工规范(如主轴转速、进给量等)能够根据加工条件的变化(如碰上硬点或加工材料不均匀等)自动地进行调整,保证整个加工过程处于最佳状态,从而能提高质量和效率,保护机床和刀具不会因过荷受损坏。

普通的数控机床只能按照已定程序进行加工,没有自动调节加工规范的机能。为了弥补这个不足,美国本狄克斯公司早在1964年便研制成功了一台适应控制铣床。之后,美国的其它公司,日本、西德、英国也相继生产了适应控制车床、铣床、磨床、加工中心等。

适应控制在单件、成批和大批生产中均表现出良好的效果。据报道:采用适应控制,机床效率可提高25—200%,表面加工精度提高1—4倍,刀具寿命提高50%。

目前,数控正迅速向着适应控制过渡。

三、数控技术在仪器仪表生产中的应用

在国外,随着数控技术的发展和数控装置成本的不断降低,数控加工的应用范围越来越广。从原来用于航空部门扩大到汽车、建筑、机床、造船、通讯和电子设备、仪器制造部门,从军工厂进入民用工厂。

一般来说,数控特别适用于下列零件的加工:凸轮、齿轮、汽轮机叶片、模具、靠模、工具、钻模、样板、波导零件、底板、电子零件的安装板、电动机零件和具有加强筋结构的整体机翼等。

下面仅就国外在仪器仪表制造行业中,应用数控技术的情况分几个方面作一简述,情况可能是极不全面的,很可能是挂一失万的。

1. 仪表普通数控机床

在普通大型数控机床得到迅速发展的同时,出现了一些小型精密数控机床。这些机床一般是用于生产手表、照相机、计量仪器和电子设备等各种精密产品中的零件的。

据报道,在出现的仪表数控机床中,多为数控车床。如美国华纳—斯韦赛公司最近设计并生产的1-SC型数控车床就是其中之一。它是一部完全新型的仪表数控转塔车床。它在卡盘上能加工的最大零件尺寸为 $\phi 200 \times 200$ 毫米。特点是:转塔上有12个工位,转塔与主轴中心线没有固定的相对位置,转塔置于一个独立的溜板上,可使转塔作纵横运动。这种独特的转塔布置与其12个刀具工位相结合,可使车床在一次循环中,由数控完

成车端面和车内外圆的全部工作。它既能用于重复性的成批生产，又能进行加工卡盘类零件，既可加工小零件，又能加工大工件，表现了极大的万能性和适应性。

从文献报道看，在小型精密数控机床方面，日本颇为领先。如日本大阪松下电气工业公司生产了一种数控自动车床。这种车床是用来成批生产各种钟表和电子设备方面的精密小零件的。它的特点是能经济地适应批量变化很大的各种成批生产中，既可用于小批生产、也适用于中批、大批生产。而且加工精度比相应的瑞士自动车床高，因而完全可与瑞士的相应自动车床比美。

此外，日本西铁城(Citizen)钟表公司最近生产了一些小型数控车床。其中有D—16型和D—17型小型数控车床和E—30型小型车削中心。其中D—16型和D—17型可加工最大的零件尺寸为 $\phi 20 \times 100$ 毫米，具有自动装卸工件和自动变换刀具的功能。机床体积很小，占地面积仅为 1755×1800 毫米。重量仅为1600公斤。

E—30型的车削中心的最大加工尺寸，棒料为 $\phi 32$ 毫米，卡盘为 $\phi 100$ 毫米，最大加工长度为300毫米，可完成各种二次车削工序，加工精度可达5微米。

同时，日本的三菱公司也生产了一种型号为HL300N的小型数控车床。据报道，这种数控车床最适于加工小零件。

从上面的例子可看出，这些小型精密数控机床都有一个共同的特点：万能性好，适应性大。这就有利于提高机床的使用性能和价值，以弥补仪表数控机床比一般的仪表机床贵得多的缺点。

2. 仪表专用数控机床

这类机床主要是指非球面数控加工机，印刷电路板打孔用的多轴数控钻床，电子束数控焊接机，线切割数控机床和电火花数控加工机床等。

在光学系统中，在相同的条件下，非球面透镜比球面透镜有很多优点，因而很多特殊的光学系统都采用非球面透镜。随着电子计算机的广泛应用，进一步促进了这种应用，因此光学非球面透镜加工机也就应运而生。

早在1961年，美国贝尔—豪威尔公司在美国空军合同的支持下，研究了非球面数控加工机。其中采用了一种所谓“静电螺母”作为测量器件的控制系统，将刀架定位到1—2微时的精度。控制刀具运动的程序数据由穿孔带输入，程序编制借助计算机来进行。

此外，日本的工业技术院大阪工业技术试验所，在近年来，也一直在研究应用数控技术来进行非球面加工。他们采用电子计算机和在线系统来控制非球面加工机。据报道，这种非球面加工机，他们已在设计上设计完毕，正在各厂家进行试制。其中的数控装置是富士通制造的FANUC—240型数控装置。

上述两非球面加工机，在结构上都类似于车床结构；美国的为卧式车床结构，日本的为立式车床结构。

印刷电路板的钻孔工作，几年前就有采用高速数控多轴钻床的。如美国的Monarch机床公司，Elgin公司，海拉尔公司都采用了这种钻床来钻印刷电路板的孔。这种数控钻床有四个转塔，每个转塔有四个钻轴。Elgin公司的这种钻床装有液压进给系统，数控装置是Gemak Centary120型数控装置。用这种方法钻孔，不但提高了钻孔质量，而且大大提高了生产率。据海拉尔(Heralcl)报道，采用这种方法钻孔，每分钟可钻1600个孔。

此外,还有一种21轴的数控钻床,是用来钻真空管底座上的孔的。其钻孔精度可达0.127毫米,重复精度达0.025毫米。

值得一提的是,美国国际商业机器公司(IBM)的恩德科特(endicott)工厂,在电子设备的生产工作中,采用了直接数控系统进行迭层电路面板(Laminated Circuit Panel)的钻孔工作。该厂采用IBM1710控制系统来直接控制一群24轴的液压数控钻床。这种钻床是通过一种磁心缓冲存储器与计算机联接的。利用这种加工系统,可在不到一分钟的时间内,在 10×15 吋²的叠层电路面板上钻出6000个精密的孔。

另外,美国国际商业机器公司在计算机制造的焊接工作中,将数控技术应用到电子束焊接机上,改变了原来用手工操作的情况,大大提高了生产率,提高了焊接质量。

仪器仪表生产中所使用的模具,尤其是一些特殊材料制造的精密模具,国外不少厂家采用了数控电火花加工机床来制造。如瑞士的AgiE工业电子有限公司,美国长岛Volkart Bross有限公司,采用了数控线切割机床来加工模具和电火花加工用的工具电极。用这种线切割机床,16小时便可加工出一套硬质合金模具。间隙为0.075毫米,形状精度达 $\pm 5\mu$ 。

日本的三菱电机公司采用一种数控和适应控制的电火花加工机床来加工透镜挤压模。机床型号为DIA XDM—500型。由于在电火花加工机床上采用了数控和适应控制技术,大大提高了模具的加工精度,缩短了模具生产周期,降低了对工人的技术水平要求。

3. 普通数控机床在仪器仪表生产中的应用

随着数控机床的发展,在仪器仪表制造行业中所采用的普通数控机床也越来越多。虽然普通数控机床直接用来加工仪表零件是不经济的,但它可间接地为仪器仪表生产服务。据“美国机械师”杂志报道,1968年,美国仪器仪表制造业中,就有363台程序控制机床。这些程序控制机床虽然不全是数控机床,但必定有不少是数控机床。这些程序控制机床占当时该行业的全部加工设备千分之七左右。

4. 其它方面

随着电子仪器工业的发展,要求电子工业提供质量更高的电子元件和电路。因此,国外有些公司已把数控技术应用于电子元件的生产方面。如美国马萨诸萨州Burlington有限公司的Spacerays部门,在1970年便生产了一种数控微调电阻系统,型号为YT60C。这种系统有一个数控的2坐标零件定位工作台。利用这工作台可自动地将整盘的许多陶瓷小基片精确地定位在微调激光束之下。利用该微调系统,可将每基片上的许多电阻元件中的每一个电阻元件都微调到所要求的不同阻值。据报道,该微调系统可在1秒钟左右将集成电路中的电阻元件微调到高于1%的精度。而且可以微调处于运行状态的电路。据称,这是世界上第一台采用数字计算机控制的工业激光系统,是应军用要求研制的。

此外,美国的莫托罗拉半导体公司也采用了相仿的系统来微调厚膜和薄膜电阻。微调精度可达0.1%。微调过程是完全自动的。它是一种在线控制系统。

5. 结 语

由上可见,数控技术在仪器仪表生产中的应用是有前途的。因此,随着数控技术的发展和数控装置成本的不断降低,数控这一先进技术,在仪器仪表的生产中,必然会有越来越多的应用。

(潘启纪编写)

小型精密数控机床的展望^{*}

最近，（日本）精密加工技术获得了引人注目的发展，它生产着各种精密产品如手表，照相机、计量仪器、电气产品等，并畅销国外。生产这些优质的精密产品所使用的设备中很多是小型精密机床。近年来，这些小型精密机床获得了很大的改进，提高了质量。目前（日本）用于生产的几乎都是国内生产的。

近一个时期，国内外形势十分逼人，各企业竞相努力来推进生产的合理化和设备的省力化。因此小型精密机床生产，已由过去多用途的通用机床生产迅速过渡到专用、自动高效的机床生产方面。

近几年来值得注意的是，在制造出各种类型的大型数控机床的同时，在小型精密机床方面，尽管有一些困难，也于最近出现了具有程序控制和数字控制的小型机床。

现将生产小型数控精密机床方面的困难略举二、三如下：

第一是缺乏技术研究力量。小型机床的应用范围是很广的，它的产量少，而且多属于多品种小批量生产，所以生产这些小型机床的厂家多属中小企业。近来由于技术的迅速发展，它们不得不倾注力量来确保生产和改进产品质量，因而难以抽出力量来从事新产品的研制工作。同时，由于企业规模小，就不能有足够的资金来研制新产品，也是影响新产品研制工作的原因之一。

第二是数控装置的价格问题。小型机床的特点是形状小，价格便宜。和主机的价格相比，数控装置的价格要高好几倍，结果它就成为一种相当昂贵的机床了。这样，小型数控机床的用户到底会有多少也是值得考虑的一个问题。机床的价格越高，其使用范围就越有限。

第三是保证使用这一点也要加以考虑。这些小型的高精密机床出售后，为了保证用户使用，应当采取保修措施。

尽管上面谈到了种种困难，但是各企业都在设法加以解决，以便生产出性能好、价格便宜的小型精密数控机床。

许宝瑜译自《マシニスト》

1972年，Vol.16, №4

^{*} 本文作者是日本小型工作机械协会

有关数控机床的一些统计

世界各主要工业国家数控机床拥有量:

美国20000台; 英国3114台; 西德2500台; 日本3500台; 苏联、东欧2500台; 法国1000台; 意大利1000台 (以上为1970年统计); 瑞典300台; 加拿大300台; 瑞士100台; 荷兰70台; 比利时50台 (以上为1968年统计)

各国数控机床产量 (台):

	美 国	日 本	英 国	西 德	法 国
1954~58	193				
1959	203				
1960	402				
1961	518		553		
1962	} 2293		(56~65)		
1963				38	
1964				108	
1965	2100	39		162	
1966	2939	90	323	268	
1967	2957	129	458	429	
1968	2917	388	558	490	
1969	2917	984	543	574	152
1970	1819	1651		762	147

数控机床各国开始研究和生产情况:

	开 始 研 究	生 产 第 一 台 数 控 机 床	商 品 生 产	生 产 第 一 台 加 工 中 心	开 始 生 产 群 控
美 国	1947年	1952年	1956年	1958年	1966年
日 本	1954年	1958年	1959年	1960年	1968年
英 国	1952年	1957年			
西 德		1958年			

世界生产数控机床的厂家:

1. 车床: 71家;
2. 钻床、镗床、座标镗床和镗铣床: 101家;
3. 加工中心: 50家;
4. 磨床: 13家;
5. 其它机床和装备: 102家;
6. 数控系统: 51家。

目前世界各国数控机床型号:

约有800种型号, 均按订户要求, 单件生产。

1967年生产的点位控制机床和轮廓控制机床的比例

(点位控制指断续控制, 轮廓控制指连续控制)

	总 数		点 位		轮 廓	
	台 数	%	台 数	%	台 数	%
美 国	2,671	100	2,050	76	621	24
英 国	450	100	422	94	28	6
西 德	418	100	229	55	189	45
日 本	129	100	90	70	39	30
法 国	90	100	—	—	—	—
瑞 典	80	100	—	—	—	—
意 大 利	45	100	30	67	15	33

美国和日本数控机床在金属切削机床总产量和总产值中的比例:

	1967年		1968年		1969年		1970年	
	产 量 %	产 值 %	产 量 %	产 值 %	产 量 %	产 值 %	产 量 %	产 值 %
美 国	1.2	18.7	1.3	24.9	1.3	22.7		18.3
日 本	0.08	1.68	0.21	3.75	0.41	5.48		9.06

苏联数控机床生产情况:

苏联1970年生产数字控制机床1666台, 1971年生产2539台, 1975年计划产量为1970年的4.5倍。苏联设计和制造了60—65种数字控制机床。

对美国6千个拥有数字控制机床的金属加工工厂调查结果:

36%有5—9台数控机床; 18%有10台或10台以上; 其余为5台或不到5台。平均每个工厂拥有数字控制机床5.3台。1000人或1000人以上的工厂数字控制机床拥有量占数字控制机床总拥有量的43.9%; 500—999人的工厂占29.1%, 100—499人的工厂占24.6%, 少于100人的工厂占2.4%。

机床平均价格:

美国数字控制机床每台平均价格为11万美元, 而日本为5.2万美元。1970年, 美国生产数字控制机床1819台, 价值2.01亿美元, 日本生产1651台, 价值0.855亿美元, 以产量计日本仅比美国低10%, 而以产值计日本仅是美国的42%。

日本数字控制机床发展速度最快:

1965年仅生产39台, 而1970年即达1651台, 1971年计划2250台, 1972年预计3389台, 1973年预计3650台。

转摘自《国外机械工业消息》

1972, 10, 20, No. 54

加工小零件的数控车床*

这种新型、独特的12工位转塔车床可与滑枕式 (ram-type) 普通车床相比美。此外, 它还可以完成大型车床的工作, 并能自动化。

这种新型的华纳—斯韦赛(Warner & Swasey)1-SC 数控转塔车床也许不是一种完全新型的转塔车床, 究竟是不是, 难以证实。刚好六个月前, 我们曾进行了一次世界调查, 并于“Machinery”(机械)一月号56页上发表了一个关于车床的专题报告。我们并没有接触到世界上我们希望接触的每一个车床制造公司。也没有谁给我们送来象图1所示的1-SC车床的资料。

这样就有可能在某些地方, 出现另一种小型、价廉的12工位转塔车床。但究竟有没有, 我们不曾见过。

据说, 华纳—斯韦赛已开始设计一种用于加工小零件的数控转塔车床。这就意味着他们要定出如何尽可能快而准确地将数量很多、安装良好的刀具引向工件的方法。为此, 他们抛开了有关转塔车床方面的书本, 从零开始。例如换刀装置, 他们在研究过许多方案后采用了一种新型的, 非一般的12工位的转塔, 从而使其看起来甚至不象转塔车床了。实际上, 他们的设计很接近于一台重新设计的非常成功的AC/AB机床。

这种新车床可与单轴自动车床和大型数控车床以及小批生产用的滑枕式转塔车床相比美。它有一个10吋的卡盘, 并能通过2吋的棒料。它能进行如图2所示的重载切削——以每转0.2吋的进给, 0.3吋的切深加工钢件。此外, 它可以快速加工小而短的零件。

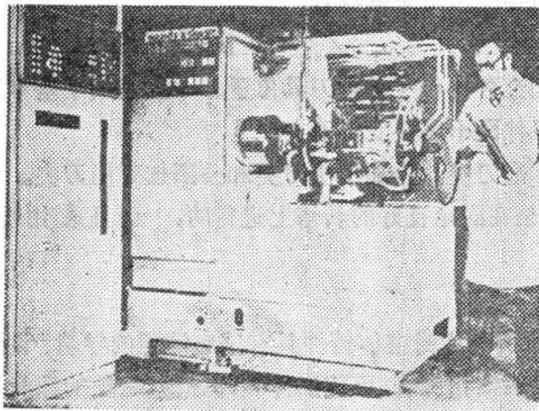


图1 新型的1-SC型两坐标数控车床

转塔布置

12工位转塔的布置类似于AC/AB自动机上的转塔布置, 但1-SC转塔与主轴不装在同一箱体上, 而且与主轴中心线没有固定的关系。它有一个独立的溜板, 可使转塔作纵横两坐标的充分运动。两坐标的运动是通过极短的精密滚珠丝杠实现伺服驱动的。

这种独特的转塔布置与转塔的12个刀具工位相结合, 可使1-SC转塔车床, 在一次循环中, 由数控

完成车端面和车外圆的全部工作。由于1-SC转塔车床加工内、外圆都很好, 而且不会破坏刀具的刚性, 因而取消了独立的横向溜板。在全长车削和成形加工中, 转塔和工件都不会产生干涉。不加工的刀具完全离开工件和工件装卡装置。图3示出了它的典型刀

*《美》Frank Hall

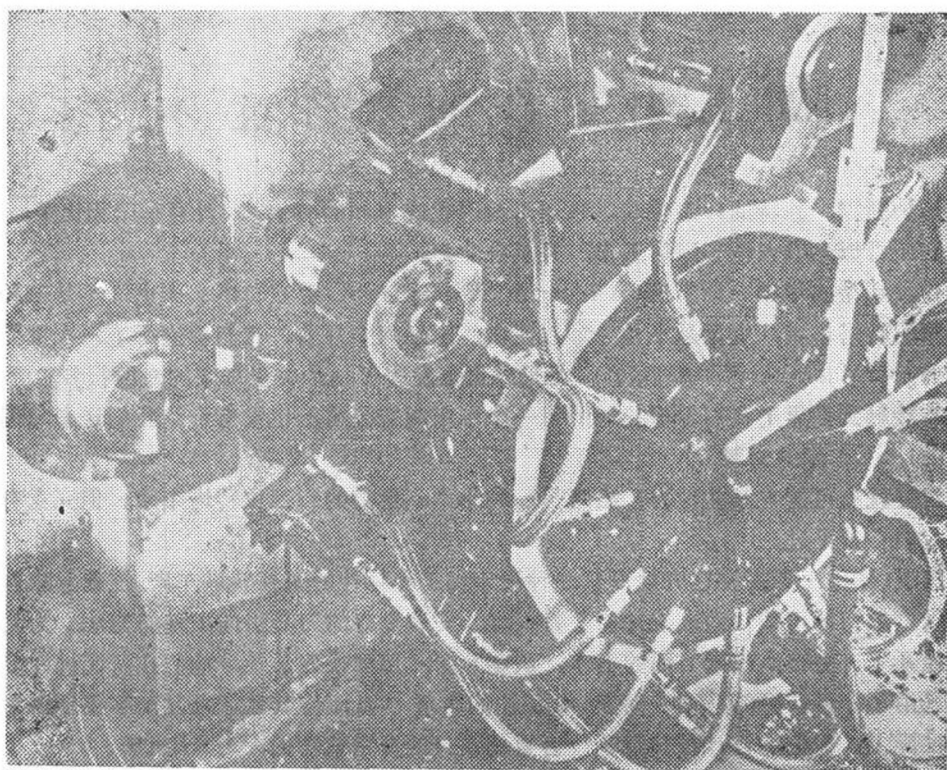


图 2 正在做重载切削的1-SC型转塔车床

具布置。

转塔可在两个方向高速分度，并由一曲线离合器夹紧。

刀具调整

转塔的12个面为任何的内、外车削充分提供了各种刀具位置。一旦完成了基本刀具调整，就可以加工各种棒类和卡盘类工件而不需要变换刀夹。

刀具调整是简单的。只要求两种标准刀夹：孔加工用刀夹和外圆加工用刀夹。

1-SC 转塔车床的全部刀具调整都是在固定良好的转塔上进行的，而且采用通用 (off-hic-Shelf) 刀具。

床头和床身

在1-SC转塔车床中，刚性良好的床头和床身整体铸件具有感应淬硬的导轨，设计有最大的排屑空间。利用控制方位与刀具调整相配合，可使工件装卸容易。密封的床身导轨和精密的滚珠丝杠进给机构都是自动压力润滑的。所有的精密导向表面都是全封闭的。

床头箱

VS驱动床头箱可为主轴提供两种转速范围。每种范围有25级速度。低速挡为25—651转/分，高速挡为261—2014转/分，均为等比速度。在低速挡中，84—209转/分是恒扭矩传动；221—651转/分是恒功率传动。在高速挡中，261—655转/分是恒扭矩传动，690—2014转/分是恒功率传动。床头箱中共有三根轴。

主电动机是一个具有固体线路控制的15马力的直流电机。主轴是一根具有6吋法兰锥端的美国标准 A—1 型主轴，其上有内螺孔和2.5吋的通孔。在主轴上可安装10吋气动卡盘或8吋手动卡盘。

机床控制电路

床头箱的逻辑和伺服电路是简单、紧凑的，完全取消了继电器。车床中的数字控制和机械部分之间的联系采用固体电路。床头箱中的逻辑电路仅包括四个电路板。主轴驱动和伺服驱动都是带反馈的 (regenerative)。这种新型的无制动的伺服马达驱动使它具有永磁伺服马达的特性。伺服驱动电路是采用可控硅整流器控制的三相半波电路。数控系统是 GE7542 型的或是华纳—斯韦赛的相应类型的数控系统。

由于控制部分昂贵，现有的大多数数控车床都设计得比较大。而现在，象这种 1-S C 型的小型数控车床是可取的，因为控制部分已由于集成电路的发展而变得便宜了。

这种新型车床，价格为68750美元。在加工5—10个以上的工件或作重复生产时，它可取代大型滑枕转塔车床。它也可完成溜板式转塔车床、加工小件用的数控倾斜床身式车床以及加工小件和进行小批量生产的 AC/AB 自动车床所做的工作。

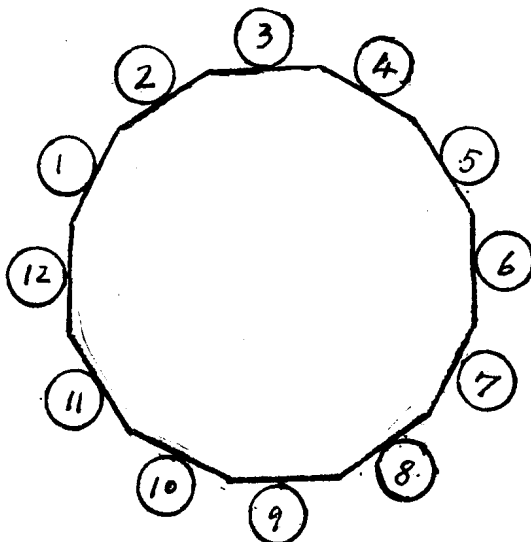


图 3 包括棒料拔出器在内的1-SC转塔车床的典型刀具布置

- ① 挡料器，中心钻或钻头。
- ② 挡料器，麻花钻或扁钻。
- ③ 挡料器
- ④ 挡料器，切内槽的Manchester“L”式切槽刀
- ⑤ 挡料器，单刃变丝刀具（丝锥，铰刀或抛光器）
- ⑥ 切断刀夹及工件挡块
- ⑦ 外圆车刀，端面车刀及切槽刀
- ⑧ 螺纹头，加工内螺纹
- ⑨ 精车外圆及端面的车刀头（80°）
- ⑩、⑪ 粗车外圆及端面的车刀头
- ⑫ 挡料器、棒料拔出器

潘启杞译自《Machinery》1972年，Vol.78，№7，p.37—39

王致新校

数控和适应控制的 电火花加工机的实际应用^{*}

回顾一下电火花加工机的技术发展过程,可以知道它已由电容器放电时代发展到电源固体化时代,而现在固体化已告一段落,正朝着另一个飞跃的时代进军。就是说,近年来随着闭环系统的适应控制被采用,省力化和自动化控制已越来越占据主导地位。

此外,一般机床的数控化确是卓有成效的,而且正从单机的数控化朝着由计算机控制的群控管理和直接数字控制方面发展。尤其是以使用计算机对整个机械工厂进行控制为目标的研究工作也正在进行。

在日本,电火花加工机和数控机床的生产台数都获得了迅速的增长,可以毫不夸张地说,电火花加工机和数控机床是70年代实现金属加工省力化和合理化的尖兵。

DIA XDM—500型的数字—适应控制电火花加工机就是把这两种迅速发展起来的不同技术相结合而研制成的,其目的是为了进一步实现省力化和合理化并扩大其应用范围。

现就数字—适应控制电火花加工机在多件加工、趋近加工、多挡加工、组装加工方面所具有的优点加以论述。

1. 数字—适应控制电火花加工机概述

DM—500EC型数字—适应控制电火花加工机,可以解决电火花加工过程所特有的加工条件转换、粗加工和精加工用的电极更换以及电极定位过程所遇到的困难,并可解决没有熟练操作者时所遇到的一系列问题。

和普通机床不同,电火花加工机的数控化,不仅实现了定位的自动化,而且加工条件都是程序控制的,电极也可自动更换,因此加工效果非常显著。电火花加工的适应控制装置的研制成功,说明了电火花加工机的数控化已进入生产实用阶段。采用这一装置可以避免在加工过程中常会发生的电弧放电,因此可保证高效率的连续无人操作。

DM—500EC型电火花加工机由机床主体、辅助设备(工作液供给装置、液压装置)数控装置((MELDAS—4200型)和二台配电箱、电火花加工用电源(DE—90T)等构成。其原理图如图1所示。此外,主机具有下列特点:

1. 将加工程序编入穿孔带来进行加工和操作机床,这样即使不熟练的操作者也能可靠地保证产品精度。
2. 由于加工技术实现了程序化,因而能够有效地使用软部件。
3. 由于实行了数控化,加工几乎是自动进行的,因而可大大节省人力。
4. 电极形状复杂,而且在加工中可进行多挡转换,因而在节省人力方面可发挥巨大威力。

^{*} 本文作者:日本三菱电机的齐藤长男、佐藤国彦。

5. 通过控制X、Y、Z三座标的运动,可用单电极加工出不同的孔型(组 装 加 工、电火花仿型加工)。

6. 可同时加工几个相同的工件。

7. 用一个电极进行粗加工后,可通过数控装置缓慢驱动工作台沿水平方向移动一个距离来实现精加工;此外还可在X、Y坐标移动数微米至数十微米的距离,而在Z坐标方向上进行加工,这种加工称为趋近加工。

具有上述特点的数字一适应控制电火花加工机的应用实例叙述如下。

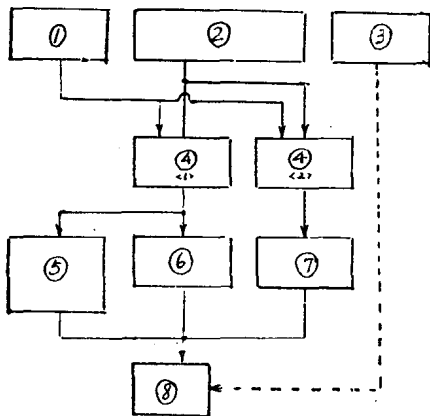


图 1 NC电火花加工机方块图

①手工数据输入 ②MELDAS-4200型数控装置 ③Optimizer型适应控制装置 ④配电箱
⑤机床主体 ⑥DE-90T型电源 ⑦工具电极自动变换装置 ⑧加工

始到完了,需要进行多次条件转换,而且加工时间多达几小时以至几十小时。特别是在夜间进行连续操作的情况较多。在此情况下,如果不需人工操作而能在所定时间自动转换加工条件,就会在节省人力中取得很大效果,机器运转率和生产效率也将显著提高。

应用实例①: 用多挡转换来加工玻璃挤压金属模

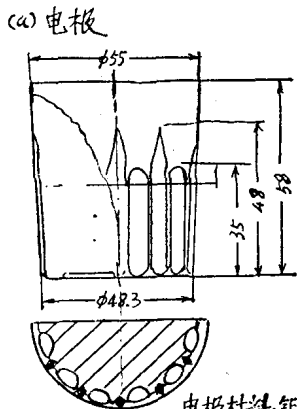
如图2所示,在玻璃挤压金属模加工中进行十挡加工条件的转换。关于这一点,已有过报道;加工条件的挡数越多加工时间就会缩短,即使如此,也需要11小时49分。因此采用十挡转换,以缩短加工时间。目前在市场上出售的电火花加工机所使用的程序控制装置仅为4挡转换。挡数这么多,由穿孔带指令进行控制就更为有利。

2. 数字一适应控制电火花加工机的应用实例

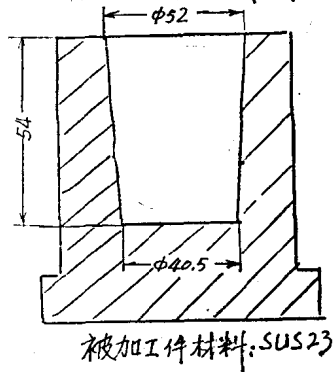
(1)加工条件的多挡转换

电火花加工机一般被称为省力化的机器,但根据粗、中、精加工的不同,必须选择最佳的脉冲电流值,并根据加工的稳定性选择最佳的脉冲间隙、工作液压力以及稳定放电的各个数值。

特别是在锻造模和玻璃挤压金属模方面,从加工开始



(a) 电极
电极材料: 铜



(b) 被加工件在加工前的形状
被加工件材料: SUS23

图 2 玻璃挤压金属模加工实例

(c) 加工数据

电 源 线 路			T P 线 路						
电 极 极 性	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
加 工 调 整	2	3	4	3	2	1	1	2	
脉 冲 宽 度	8	9	10	9	8	7	7	4	
脉 冲 间 隙	5	5	5	5	5	5	5	4	
间 隙 调 整	1	1	1	1	1	1	1	4	
电 流 微 调	4	4	4	4	4	4	2	4	
电 压 转 换	80 V	80 V	80 V	80 V	80 V	80 V	80 V	80 V	
加 工 电 压	40 V	40 V	40 V	40 V	40 V	40 V	40 V	40 V	
加 工 电 流	5 A	8 A	16 A	8 A	5 A	2.5 A	2 A	2.5 A	
放 电 稳 定	↓3↑2	↓3↑3	↓3↑4	↓2↑4	↓2↑4	↓2↑5	↓1↑4	↓1↑4	
加工液压(kg/cm ²)	喷压0.5	喷压0.5	喷压0.5	喷压0.5	喷压0.5	喷压0.5	—	—	
电极送进深度(mm)	→24.2	→28.0	→49.5	←52.6	→53.6	→53.6	→53.65	→53.65	
加 工 时 间	12分	13分	4小时31分	3小时07分	1小时37分	1小时21分	31分	5分	

电 流 线 路				S F 线 路	
电 极 极 性	⊖			⊖	
加 工 调 整	3			2	
电 容 器	3			2	
加 工 电 压	120 V			120 V	
放 电 稳 定	↓ 2 ↑ 2			↓ 1 ↑ 3	
加 工 压 力 (kg/cm ²)	—			喷压 0.5	
电 极 送 进 深 度 (mm)	53.65			→ 53.66	
加 工 时 间	3分			4分	
共 计 加 工 时 间				11小时49分	

(d) 加工结果

表面光洁度 7—8μR_{max}

电极损耗比 1—2%

在此例中,开始因放电面积小,故须降低电流,随着加工的进行,须逐渐增大电流值,使所有放电面积都能进行加工,而且须在加工完后减少电流值。

数字一适应控制电火花加工机在这种多档转换加工中,用穿孔带控制可发挥最大的优点。DM—500EC型电火花加工机因拥有最佳控制装置,所以脉冲间隙可自动转换,并可进行稳定高效加工。

(2) 组装加工和多件加工

电火花加工法的优点在于,不管加工什么金属,或是加工多么复杂的孔型,只需能制成电极就易于进行加工,而电极的制作则是问题的难点。

普通的电火花加工机也可以将若干个简单形状的电极组装在一起进行复杂形状的加工。但电极组装时的定位和定心操作要费很多人力和时间,很难看出有什么优点。至于数字一适应控制电火花加工机,则可自动进行工作台的定位,电极更换也可高精度地自动进行,因此电极的控制、电极更换时的定心操作、工作台的定位、全由穿孔带所代