

机 床 情 报

(增 刊)

从英国工业技术展览会看英国的机床

北 京 机 床 研 究 所

一 九 七 三 年 北 京

从英国工业技术展览会

看英国的机床

北京机床研究所九室国外情报组

1973年3月26日至4月7日，在北京举办了英国工业技术展览会。这次展出的机床比较多，我们通过参观和技术座谈，对英国的机床工业有了进一步的了解。本文拟将所得印象作一概括介绍，供读者参考。

英国机床工业概况

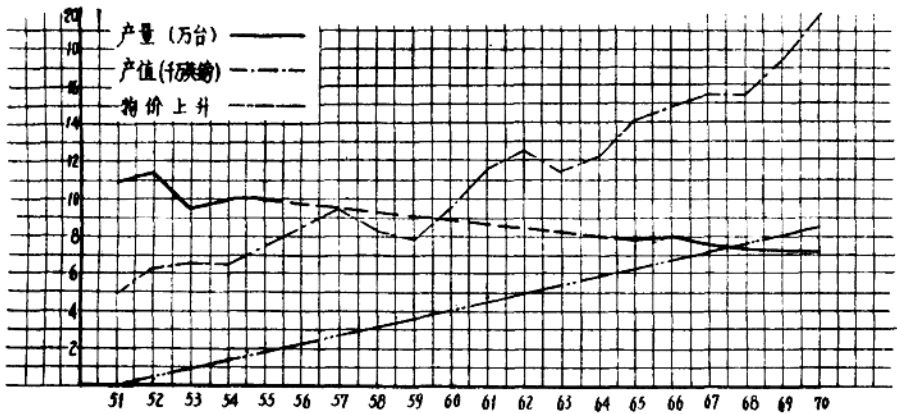
英国是世界上最早建立机床工业的国家，但是，随着两次世界大战的结束，经济地位逐步下降，机床工业也由繁荣走向衰退。根据1970年的统计，英国的机床工业总产值已落后于西德、苏联、美国和日本，居于世界第五位。

1970年金属切削机床及锻压机械的总产量是72,700台，产值为198,700千英镑，其中金属切削机床为58,400台，157,700千英镑（参见附表1）。从1951年到1970年，这二十年中，英国机床产量的总趋势是下降，而产值增长较快，扣除物价上涨因素后，约增长一倍多（参看图1）。这反映了英国机床内容的变化，即普通的低挡产品减少，高效、数控、精密的机床增多。这是资本主义经济规律所决定的。为追求最大利润，资本家努力生产有竞争能力的和产值高的商品，但随之而来的是加深了他们对国际市场的依赖性。今天，英国仍然是一个主要机床出口国家。近几年中，出口量占其产量的三分之一，而进口量只占其产量的四分之一左右。进口的来源主要是西德、美国和瑞士，这些约占它全部进口值的百分之六十以上。在进口的产品中，以车床为最多，其次是磨床和铣床。英国出口廉价的车床换回复杂昂贵的车床；而磨床、螺纹加工机床、钻床等，则是以出口高价商品换回低价商品，来满足国内市场的需要。

从附表1中可以明显看到，铣床的产品在二十年中增长了一倍，磨床增长了百分之三十六，而刨插机床却从2,868台减至800台。这反映着“以铣代刨”工艺的发展和磨削工艺的广泛应用。1956年英国开始生产数控机床，1966年到1970年，五年中有较大的发展，产量增长将近一倍，1970年已达到600台，约占机床产值的10%。这说明，英国的数控机床在技术上已经基本过关，开始进入普及使用的阶段。

1970年英国机床工业职工人员总数为58,544人。工人的劳动生产率（按产值计算）在二十年中增长了三倍多，扣除物价上涨因素后，大约净增长一倍多（图2）。这个增长速度在西欧来说还是最高的。按全员计算，1970年平均每人生产1.2台机床。

战后三十年来，帝国主义经济的畸形发展，垄断资本更趋集中，许多机床厂纷纷倒闭。目前，英国已形成了少数几个大的机床工业集团，象艾尔弗雷德·赫伯特(Alfred Herbert)、



年份	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
产量(万台)	10.90	11.23	9.52	9.87	9.97										8.10	8.13	7.49	7.34	7.31	7.27
产值(万英镑)	4.86	6.20	6.62	6.56	7.54	8.35	9.52	8.39	7.88	9.49	11.57	12.72	11.42	12.17	14.13	14.91	15.56	15.31	17.19	19.87

图1 机床产量产值逐年变化表

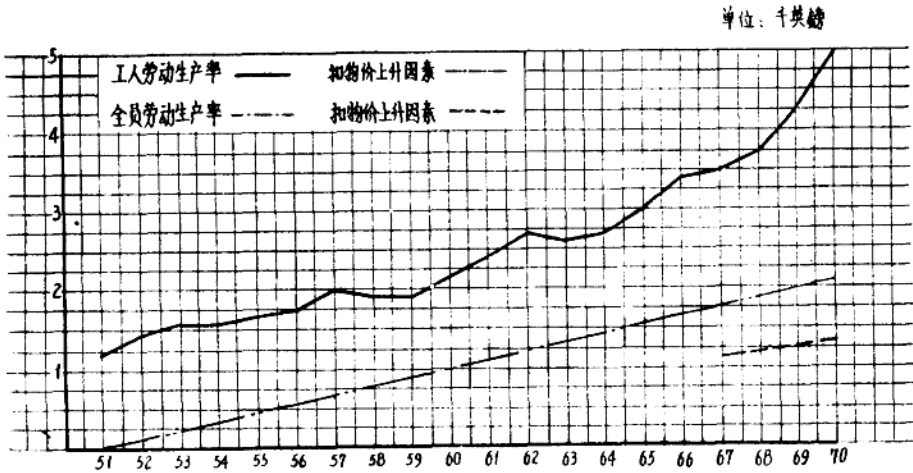
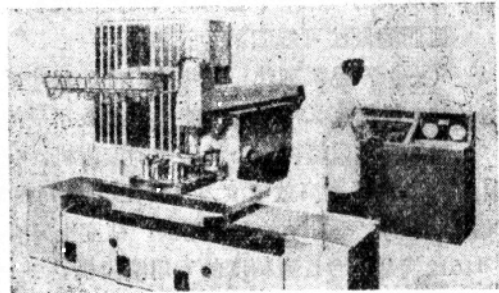
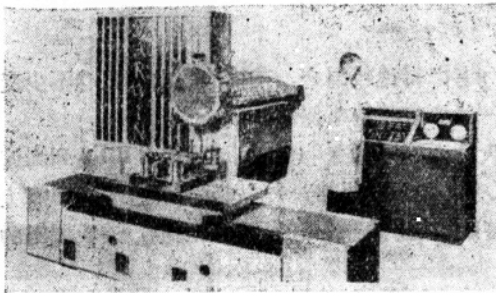
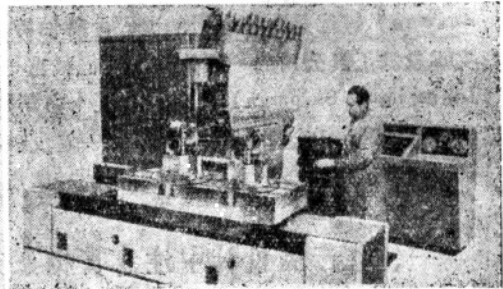
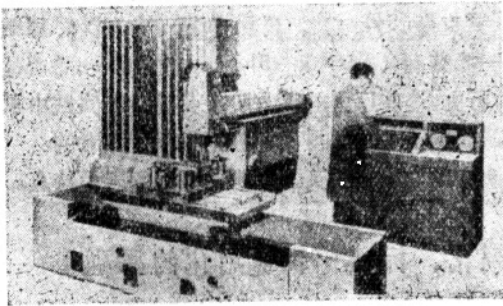
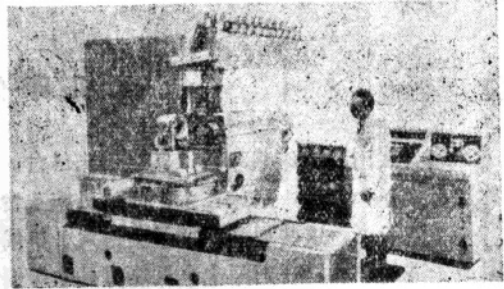
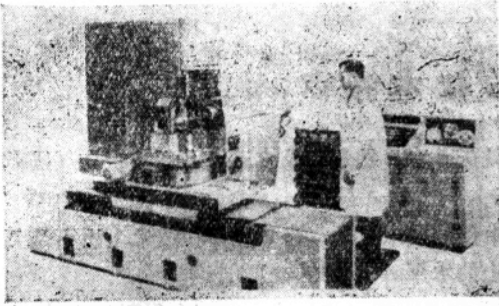


图2 劳动生产率逐年变化表

馬屈克斯—邱吉爾(Matrix—Churchill)、斯特夫利(Staveley)、威克曼(Wickman)、乔治·科恩六百家(George Cohen 600)和埃廖特(Elliott)等六家大集团,就垄断英国机床总产值的百分之六、七十。与此同时,国际资本输入,在英国开办了许多外资(如美国、西德等)机床公司,英国本国的机床工业受排挤。在资本主义世界,倾轧竞争中,英国许多中小企业首当其冲,受害不浅,千方百计寻找出路,以获生机。



1) Modula系列 (左侧三个图)

2) Modulamatic系列 (右侧三个图)

图3 馬温公司的积木化数控銑床

阿德科克——希普利公司展出的布里奇波特 (Bridgeport) 型工具銑床是积木化原则的另一种运用。图4是该系列的基型——BRJ型万能工具銑床，图5是它的一个变型——Sychro Trace 三座标仿形銑床。这个系列还有许多种变型，但它们的床身立柱、升降台和工作台都是基本(通用)部件，而滑枕、銑头、横梁、动力进给装置、仿形头和集中润滑装置都是一个独立的通用部件。这些独立的单元又各有几种性能规格可供选择，因而扩大了可能组合的方案。这个系列运用积木化原则的一个突出特点是：运动的功能部件各有独立的动力装置，从而保证了组合装配时，灵活方便，牵连较少。如銑头部件的拖动电机就直接装在主轴箱的上方，它有无级变速的2J型，也有通过塔轮皮带变速的M型和J型。这就可以组成不同主轴性能的工具銑床，也可以把几个銑头装在一起组成多头仿形銑床。它的动力进给装置也是

一个有单独动力的部件（图5），当需要机动进给时，能方便地把它装在纵向或横向进给丝杠上（图6）。由于有这个特点，所以在组成电气仿形、液压仿形或数字控制机床时，也可以换上相应的动力进给装置，如同服电机、液压马达及液压伺服力矩放大器等，发展变型品种非常方便。

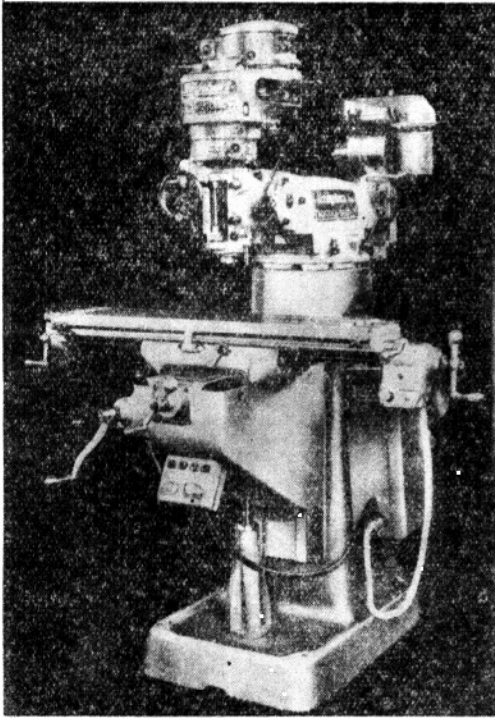


图4 BRJ型万能工具铣床

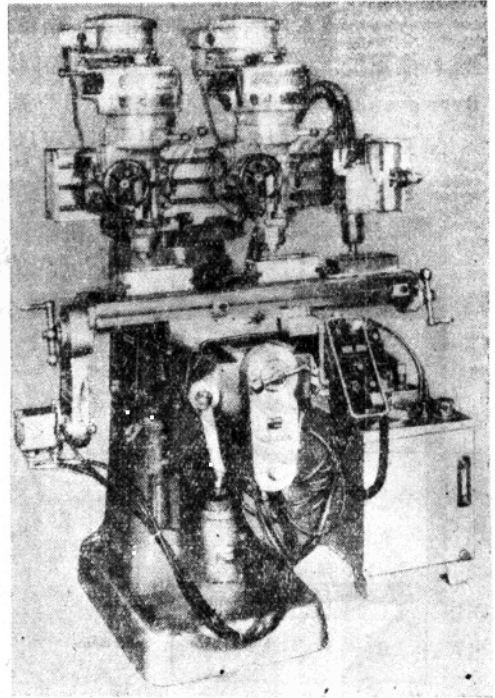


图5 Sychro—Trace仿形铣床

有些公司为方便本厂的部件组装与用户维修，在设计中也部分地采用积木化单元结构。如沃纳·斯韦西·阿思奎斯（Warner Swasey Asquith）公司展出的OAC型单轴卡盘自动车床，它的转塔分度装置，进给变速装置、主轴变速装置和快速行程装置等，都做成独立的单元部件。

近几年来，积木式的设计原则，在数控系统的设计中也得到广泛应用，国内都把它叫做组件化。这次展出的数控机床的数控柜多数都是按此原则设计的。数控柜的插件是按照“一种功能一个插件”的原则设计的。用户需要的特殊功能，只要将其相应的功能插件插入线架即可获得。这样做，可以采用先进的工艺方法来生产数控系统的功能插件；系统的可靠性能提高，维修方便，成本也可以降低。

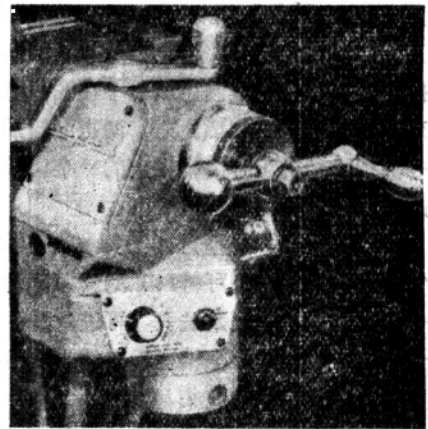


图6 横向进给动力装置，
有无级变速，并有快速行程

二、进一步提高机床的自动化程度

这次展览会上展出的自动、半自动机床共有 31 台，占全部机床展品的 79%，它反映了当前国外自动化发展的趋势。

(一) 普通机床 从展览会上可以看出，普通万能机床的自动化程度都有很大提高，半自动机床的自动化功能也进一步完善。

1. 自动工作循环。馬屈克斯机床公司新设计的机床有多种自动工作循环。如展出的 S10—24 型花键磨床就有三种磨削循环：磨削出头或不出头花键时所用的双行程分度二次进给工作循环；只适于磨削出头花键的单行程分度循环；高效率的多行程分度循环。展出的另一台 79—3 型自动丝锥磨床，也有三种磨削循环，分别适应于生产小丝锥、精度高硬度也高的丝锥和柄部尺寸小于螺纹底径的丝锥。这台机床还可以提供自动对线装置及自动上料装置。

2. 用于砂輪自动修整、补偿的“基准调整机构”

在磨床自动化中，砂輪的自动修整与补偿是个重要内容，尤其在內圆磨床上更为突出。在

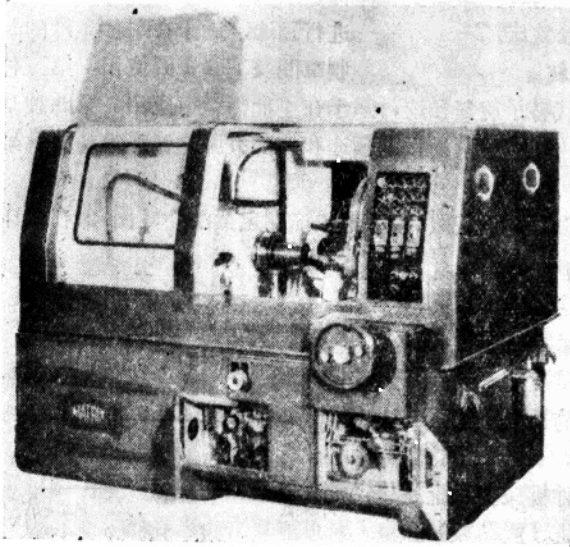


图9 69号3型內螺紋磨床

展览会上看到了很多这种机构，如威克曼公司的 345 型內圆磨床和馬屈克斯公司的 69 号 3 型內螺紋磨床等都各有特点。基本做法是，把砂輪修整进给机构与补偿进给机构联动起来，甚至把两者做成一体，以便较简单地获得精确的补偿。在 69 号 3 型內螺紋磨床(图 9)上采用的“基准调整机构”(图 10)的特点就是：在第一次修整砂輪后，只要按照工件基准调整好砂輪的位置，以后再修整砂輪或调换新砂輪时，都不会影响工件与砂輪的相对位置。因为它的前后位置是用死挡块定位的，精度可靠性也比较高。

这套机构还能实现砂輪自动进给、砂輪修整进给。

3. 可选用的自动化功能部件

除了机床上固有的自动化功能外，一些机床公司还为用户提供了可选用的自动化功能部件，使机床的自动化程度更能符合具体的使用条件，从而获

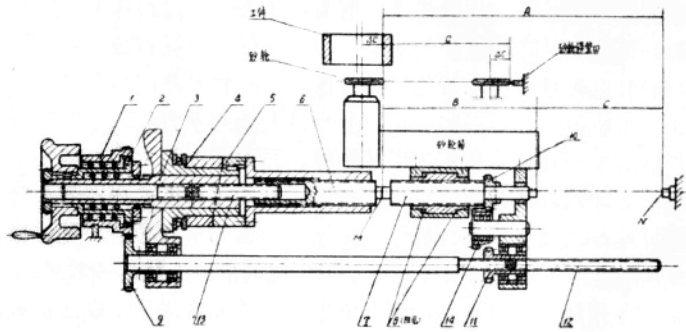


图10 69号3型內螺紋磨床的“基准调整机构”示意图

得良好的經濟效果。

赫伯特公司展出的43H—72型Jigmil銑銑床(圖11),有五種位置預選控制系統可供選擇:

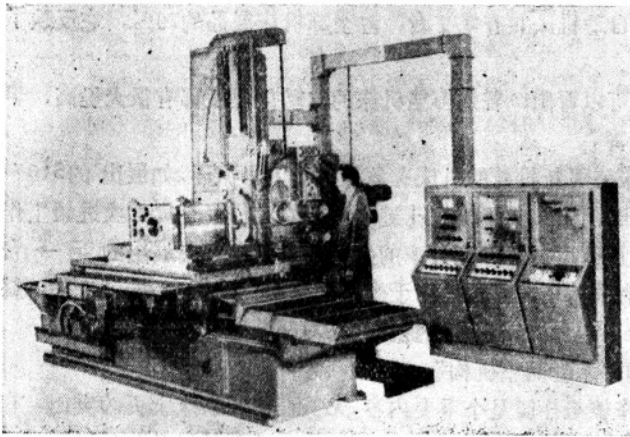


圖11 赫伯特公司的43H—72型銑銑床,
帶 Datatrol 兩座標數控系統

基本上與第二種相同,只是用紙帶預選代替了旋鈕預選,適用于小批生產中應用。第四種是簡單的兩座標數控系統,除位置預選外,還有切削用量的預選和一部分固定循環等功能。第五種是一個較完善的三座標數控系統。

所有這些預選定位系統都用同一種自動定位裝置,按所謂“搖擺定位法”(圖12)在機床上實現定位。溜板到達定位點後就在其附近擺動,並逐步降速,最後以12毫米/分的速度到達定位點,然後絲杠反轉,約退出螺紋間隙的一半距離再鎖緊。這樣可以避免在絲杠上產生鎖緊應力,提高定位精度的一致性。

一台機床配備了這樣多的可供選用的預選定位系統後,它的適應能力自然也就大為提高了。

(二) (簡單) 程序控制機床 這種機床實質上是用擋塊開關控制刀架行程長度,用插銷板(或轉鼓)和繼電器元件控制加工程序的“順序控制”機床。調這種機床的調整工作程序比較簡單、直觀,工人也不需特殊培訓即可掌握,在成批生產中使用,能夠較快地見到效果。而且這種系統成本低,維修方便,所以它是我國當前生產中值得繼續重視的一項自動化技術的一個方面。

這次展出五台這類機床。從中可以看到程控技術的新發展。為保證插銷板程控機床邏輯系統的可靠性,在插銷的端部都裝有一個二極管,保證了邏輯的單向導通。邏輯線路的元件也有很大改進,只有3M程控轉塔車床(圖13)還是用傳統的步進選線器和普通的大繼電器。Autoward No. 3轉塔車床上用的是陰極管與小型繼電器,它的線路採用印刷插件板的形式。SP300A精密卡盤自動車床(圖14)上用的是集成電路組成的插件板。用集成電路或陰極管代替有觸點的繼電

第一種是定位樣板預選系統。預先按全部待加工孔的XY座標值分別在兩塊板條上精確地鉗出孔來。然後,再在每個孔上裝一個控制擋板,通過一套自動定位裝置來控制各個孔的座標位置。用這個系統,生產準備時間較長,樣板的專用性也較強,只能適于批量較大的成批生產。第二種是用電氣多位旋鈕來預選孔的座標位置。基準面可以任意選擇,工人可按圖紙上標注的尺寸進行預選,適于在單件生產的試制車間及工具車間使用。第三種

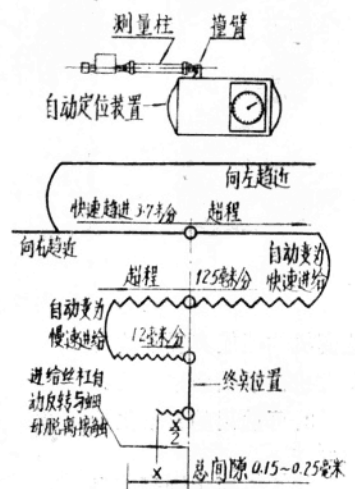


圖12 搖擺定位過程

英国工业技术展览会上 的数控机床

机床生产公司 名称及型号	数控系统生产 公司及型号	系统类别	插补原理	测量反馈 元件	驱动元件	讀数机	附注
邱吉尔·雷德曼 车床 Red Century 350NC	美国G·E通用电器 Mark Century 7542	两座标连续系 统, 半闭环	DDA(数字微 分分析器)直 线、圆弧插补	无刷式旋轉变 压器及测速发电 机 分辨率0.002毫米	液压伺服阀及 液压马达	光电式 300行/秒 纖維光束光源	
馬溫 自动换刀 数控机床 Modulamic 24HCAS	馬溫公司 300型	三座标连续系 统, 半闭环	DDA 直线圆弧插补	旋轉变压器, 测 速发电机 分辨率0.002毫米	液压伺服阀及 液压马达	光电式	有进给率計 算器(FRN) 及緩冲寄存器
馬溫 多工序机床 Modula	馬溫公司购买 普莱塞的NC22 系统配制而成	同上	同上	同上	同上	同上	
邱吉尔·維若 自动换刀数控机床 Vero 2000	美国大斯帕利·兰 UMAC6	三座标连续 系统, 半闭环	DDA 直线圆弧插补	旋轉变压器测速发 电机	液压伺服阀 及液压马达 直流电机	光电式 300行/秒	
赫伯特 登敦床 Jigmill43H-72	英国赫伯特公司設 計, 普莱塞制造 Datarol II	三座标点位 系统, 闭环	相位系统	旋轉变压器 及感应同步器 分辨率0.002毫米	交流电机	机械式 40行/秒	
阿契代尔 钻床 NCR 4A5	英国普莱塞 PTL100	两座标点位 系统, 半闭环		旋轉变压器三个	直流电动机	机械式	

据介绍,这种计算机数控系统在欧美很受重视,由于它比较灵活,适于在中小企业内采用。今后,随着微型组件的大量生产和小型计算机的推广使用,它的成本将会进一步降低。英国人认为,这是一种很有前途的新的数控系统,他们正准备进一步把它运用到镗铣床上去。

三、重视提高机床精度、精度保持性及工作可靠性

英国的资本家为了加强他们在国内外竞争的能力,利用工人多年生产中的智慧与经验,在改进机床产品质量方面做了不少努力,这次展出的机床,虽然很少是国际上最有声誉的产品,但是仍然反映了这个特点。

(一) 注意减少机床热变形

热变形是影响机床工作稳定性的一个重要因素,尤其是液压传动的机床,消除“热”的影响更具有普遍意义,而减少主轴热变形则更是主要关键。

1. 改进对液压系统“热源”的控制

首先应当是保证液压系统设计合理,元件制造精确和在机床上布局适当,这样就能减少液压系统发热和减少热变形的影响。如琼斯—希普曼公司的1074E1U 2 外圆磨床,液压件虽然装在机床床身内,温升也只有 $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。

但是绝大多数机床厂,都是把液压系统放在机床外边,很多机床上还采用了热交换器。

2. 恒温控制机床主轴

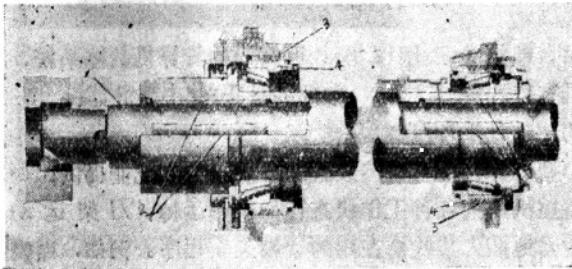


图17 43H—72型的主轴冷却结构

- 1—主轴; 2—主轴套筒;
- 3—冷却液; 4—冷却套;

控制主轴温升最简单常用的办法是通以油雾或压力油,来进行强化冷却。在Jigmil43H-72型镗铣床上为了严格控制主轴的温度,专门在主轴上采用了一套恒温控制系统。如图17所示,在前后主轴轴承的外边各套着一个波纹状的冷却套4,中间通以循环的冷却水3。这个冷却系统有单独的恒温控制装置。据说,可使温度变化保持在 2°C 以内。

3. 隔绝其它热源对主轴的影响

邱吉尔·雷德曼公司的Red Century 350NC 数控车床,为减少主电机及变速箱温度变化对主轴的影响,将变速机构及主轴分别装在两个箱体內(图18)。

美国沃纳·斯韦西公司在1949年设计的AC系列无床身式的卡盘自动车床,彻底改变了转塔车床的传统布局形式。它的一个很大优点,就是减少了热变形对加工精度一致性的影响。传统形式的转塔车床的主要缺陷是“热主轴,冷转塔”。机床开动一段时间后,主轴因温度升高而向上抬起,转塔却因温升极微,几乎没有变形,这样,在一批工件中,前后的尺寸一致性就很差。这种无床身的自动卡盘车床(图19),就从根本上改变了这种状况。转塔轴在机床主轴的上方,并与主轴装在同一个箱体內,保证了两者温升相同。邱吉尔齿轮机床公司

展出的 CA9—10卡盘自动車床（图20）的結構布局，基本与它相同，只是把轉塔軸放在主軸的下方。

（二）改进基础铸件的结构，提高机床的靜动态刚度

为了适应高速切削与強力切削的发展，他們也比較重視基础铸件結構的改进。邱吉尔齒輪机床公司在設計 PH系列滾齒机时，对机床的铸件結構做了很多試驗，新的机床床身橫断面尺寸加大了，也改善了加强筋的布局，並把立柱与床身做成一个整体，負荷能力有很大提高，与装在小立柱上的減震器配合使用，明显地提高了机床的抗震能力。OAC型卡盘自动車床的底座与床头箱也做成一个整体铸件，保證了在連續重切削条件下的加工质量。据称，这种整体铸件的机床就是在沒有良好的地基条件下，也能得到較滿意的加工精度。

这种整体結構铸件，工艺性差，制造比較困难，但是对机床的性能却有很大提高。因此，在鑄造工艺上努力改进，使之服务于机床性能的要求，还是必要的。

（三）提高导轨的耐磨性，发展塑料导轨

导轨是影响机床精度及运动稳定性的一个关键部位，英国机床在提高其导轨耐磨性方面的办法如下：

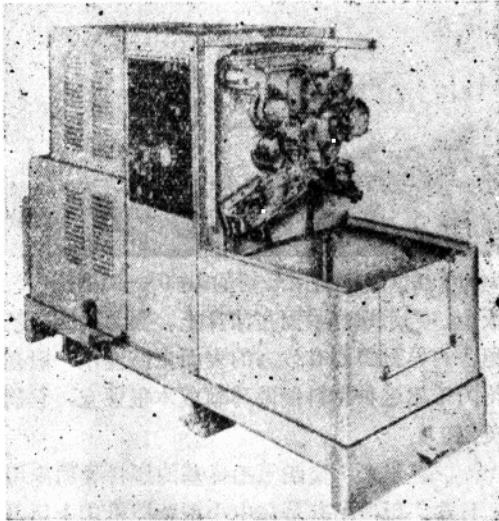


图19 沃納·斯韦西·阿思套斯机床公司生产的OAC車床

2. 塑料导轨有了新发展

据馬溫公司介紹，他們选用导轨形式的原則是：負荷大的地方用滾动导块式的导轨；中

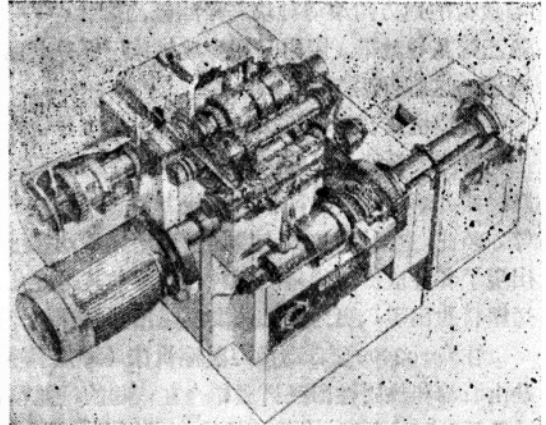


图18 Red Century 350NC数控車床的主軸箱

1. 采用鍍鋼导轨与鍍鉻导轨

为提高导轨的耐磨性，鑄鉄导轨多是采用細晶粒的孕育鑄鉄（国外叫密烘鑄鉄），而在一般自动化机床上則多采用淬硬到Rc60的鍍鋼导轨。哈丁公司甚至在 SP300A 精密卡盘自动車床上采用了整体的燕尾形鋼导轨，来提高导轨的精度保持性。

阿德科克—希普利公司則为他們生产的仿形銑床提供一种鍍鉻导轨，用以保証仿形精度的稳定。据介紹，这是采用 Poeton—Tibon 精密处理方法在导轨上鍍鉻的，它可以均匀地得到0.05毫米的鍍层，表面硬度可以达到Rc70。鍍鉻层略有疏松，是比較理想的存油表面。用这种方法鍍鉻后，还增强了表面的抗腐蚀性。为提高精度，在鍍鉻前，他們对导轨进行仔細的手工刮研。

等負荷的地方用滚动导块与聚四氟乙烯 (PTFE) 基的導軌帶；負荷小的地方則全部用聚四氟乙烯基導軌帶。國內只在少数机床厂部分产品中用塑料導軌，而展品中塑料導軌用得比較普遍，這值得注意。

数控机床及精密机床的发展，对机床導軌的材料和結構提出了更高的要求，即要求：1) 摩擦系数要低，甚至在干摩擦条件下也应当尽量低；2) 不使摩擦系数随速度上升而下降；3) 磨損率要低，抗磨損能力要高；4) 有良好的尺寸稳定性及足够的接触刚度，等等。为此，在結構形式上发展了滚动導軌及靜压導軌（在展品中有采用）；在材料探索方面出现了各种成份和牌号的塑料導軌。尤其是近几年来，由于具有独特低摩擦系数的聚四氟乙烯塑料的出现，更为在机床发展应用塑料導軌开辟了良好的前景。

在Vero2000型自动换刀数控机床（即加工中心）上采用了Ferobestos作为導軌材料。它是由石棉和热固性酚醛树脂結合在一起的，並孕育以石墨填料来改善其摩擦特性。它的摩擦系数为0.12~0.2，有較好的抗磨損能力，热膨胀系数为 $10.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，与鋼接近。这是在机床上应用得較多的一种塑料導軌。

馬溫公司的两台数控机床与邱吉尔·維若公司的数控車床，都采用了聚四氟乙烯基的塑料導軌。这种材料的摩擦特性是比較理想的，在已知的各种導軌材料中，它的干摩擦系数是最低的。但是由于純聚四氟乙烯的耐磨性太差，所以必須要填加以其它材料来改善性能。如馬溫公司采用的DU型塑料導軌帶，由这次参加展出的格拉瑟 (Glacier) 金属公司生产，它是一种填充鉛和青銅的聚四氟乙烯基材料。它的起始摩擦系数为0.06，綫膨胀系数为 $11 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。这类導軌帶已經制成約2毫米厚的带条，一种是有鋼基板的（图21），一种是沒鋼基板的，机床厂买来后可以用环氧树脂把它直接粘在導軌上，也可以粘在中間金属板上，再用螺釘緊固在床身上。因为聚四氟乙烯基的塑料導軌抗划伤的能力較差，所以与它配合的導軌面要有較高的表面光洁度，一般在 $\nabla 9$ 以上，導軌需用砂輪周边磨出。据說，在英国采用这种材料制做導軌成本很便宜，它們都是专业厂生产的，至多也不过是每平方米50英鎊。

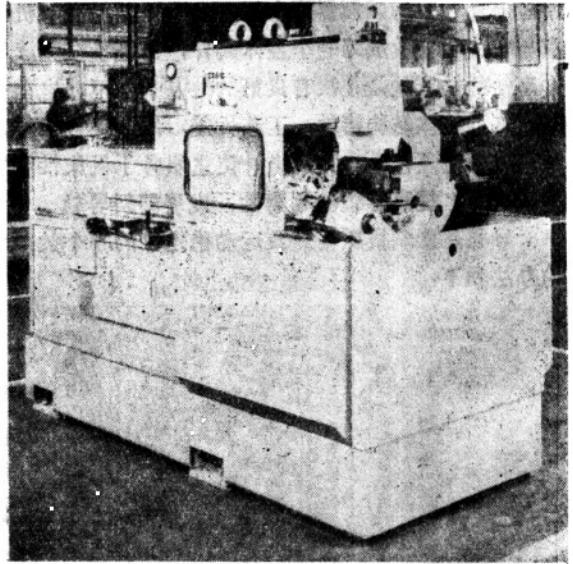


图20 邱吉尔齒輪机床公司的CA 9—10車床

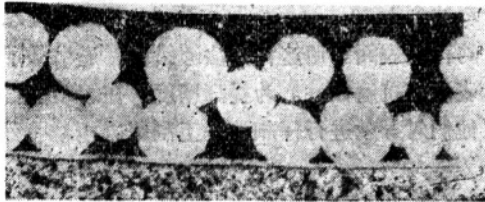


图21 DU型塑料導軌帶的剖面图

近年来，聚四氟乙烯基的塑料導軌应用日益广泛，尤其是在中小型数控机床上用得最多。由于它有很好的干摩擦特性，使用在难以潤滑的部位上（如車床、銑床及銓床的立導軌，立車和龍門銑床的橫梁導軌等），有相当的优越性；就是用在一一般容易潤滑的

部位上，一旦潤滑中斷時，它又是難得的備用“潤滑”表面。

四、齒輪高效加工方法的進展

在齒輪加工中，一向很重視高速滾齒、高速插齒的研究發展工作。如採用硬質合金滾刀可以使切削速度達到200米/分，賽克斯公司也曾在他們生產的HS200插齒機上以每分鐘1440次沖程的高速進行過切削（在1972年奧林匹亞展覽會上，粗、精插削 $Z=24$ ， $M=2.5$ 的一個齒輪，僅用40秒）。

為適應高速滾齒插齒工藝的發展，幾年來機床的結構已有很大改進。動態穩定性的剛度提高了，傳動鏈簡化縮短了，採用賽克斯公司那種刀具主軸讓刀方式的插齒機也增多了，等等，因此一般說來，英國高水平的機床本身是可以適應高速切削要求的，而當前進一步發展的主要關鍵卻是刀具。

1. 重點轉向研製新型高速鋼齒輪刀具

據介紹，他們對整體的硬質合金與鑲片硬質合金的滾刀及插齒刀進行過許多試驗，當初認為很有前途，曾進行大肆宣揚，但是近來卻提出“慎重”甚至是保留的結論。他們認為除有色金屬齒輪及模數小於1.5的鋼質齒輪採用硬質合金刀具具有肯定的效果外，其它方面，尚不明確。賽克斯公司甚至認定進一步發展是沒有前途的，其理由是，在滾、插削過程中，切屑厚度是不斷變化的，這樣常會使硬質合金刀刃產生崩裂，而且磨損規律非常不定，工件材料對它也有很大影響，在精切條件下，情況更為惡劣。另外，據說硬質合金齒輪刀具的價格昂貴，以滾刀論，約比普通高速鋼滾刀高十五倍。由於這些原因，近來又趨向於致力研製新牌號高速鋼齒輪刀具。此外，據稱粉末冶金高速鋼滾刀更有發展前途，它有細密的結晶組織，主要性能也接近硬質合金，其壽命約為普通高速鋼的兩倍半。這是值得注意的動向。

2. “雙行程切削法”加工齒輪

這是一種提高滾齒、插齒生產率的有效方法。它的目的是在充分利用機床與刀具的切削能力的前提下，達到最高的生產率與最好的加工精度。在滾齒機上將全部加工余量分粗精兩次行程切除。第一個行程是低速大走刀量粗切，切除大部分加工余量。第二個行程是高速小走刀量精滾，只切去很小一點余量。據介紹採用這種切削方法後，機動時間可縮短15%，刀具壽命相應延長，精度也提高了（尤其是齒向精度）。

在插齒機上採用余量預選分配機構，同樣也是為了達到這個目的。在粗加工中採用低速大圓周走刀量，在精加工中就自動轉變為高速小圓周走刀量。

五、推廣成組加工工艺提高机床生产效率

英國的機床公司，為了使車間內的生產組織形式適應數控機床等高效自動化機床的應用，以達到進一步提高勞動生產率的目的，最近幾年來，比較重視成組工藝的研究和推廣。如赫伯特公司正在按軸類零件和套類零件來調整生產工段組織，並使管理和計劃工作能適應成組工藝的要求。

成組工藝（或叫成組加工）並不是新技術，但是最近幾年，歐洲大陸及日本等國已開始重視起來，發展也較快。他們認為，這是中小批生產廠的一種有效的技術組織結構，也是采

用生产自动化技术的組織保障,是数控技术应用的一个重要組成部分。我国,在五十年代末、六十年代初期,少数工厂及研究单位曾經探索过这种方法的应用,限于当时生产管理及工艺系統的水平,未能坚持下去並加以推广。对此,今后也似乎应当加以考虑。