

目 录

一、高精度机床产品概况.....	4—1
二、坐标镗床.....	4—5
三、螺纹磨床.....	4—20
四、高精度滚齿机.....	4—29
五、高精度刻线机.....	4—41
六、高精度外圆磨床.....	4—47
七、高精度无心磨床.....	4—52
八、弧齿锥齿轮加工机床.....	4—53

一、高精度机床产品概况

随着科学技术的高速发展,在现代机械、宇宙、航空、电子、造船、汽车、轴承、机床等工业中需要精密加工的零件越来越多,加工的精度要求也越来越高,因此,许多国家对于精密加工特别重视。由此,对于高精度机床(即高精度精密机床)的需要日益增加。近年来,瑞士、西德、日本、美国、苏联等国家,均在加速发展高精度机床。我国随着社会主义建设的飞速发展,对于高精度机床的需要更加迫切。在1958年大跃进的年代里,机床行业的广大职工遵照毛主席“破除迷信”、“解放思想”的指示,贯彻执行“独立自主,自力更生”的方针,首先试制成功齿轮磨床、座标镗床和高精度丝杠车床等几个品种,开创了我国发展高精度机床的历史。

1960年,为了加强对发展高精度机床的领导,中央有关部门成立了高精度机床六人领导小组,一机部相应地成立了高精度机床战役指挥部,把发展高精度机床作为机床行业的第一个重要战役来打,先后于1960、1962年召开了两次高精度机床会议,编制了发展56个品种的规划,并按全国统一部署拟定了这些品种的生产点,专业分工和基本建设计划,使高精度机床进入了有领导、有计划和有措施的发展阶段。1964年在上海又召开了第三次高精度机床会议,在会上总结了经验,明确了“高精度机床基本上立足于国内”的奋斗目标。这次会议标志着我国高精度机床由“从无到有”的发展阶段,开始进入“由仿制到自行设计”的阶段。在此期间,我国发动了史无前例的无产阶级文化大革命运动。在毛主席无产阶级革命路线指引下,全国各地工业学大庆运动的进一步开展,广大职工认真贯彻执行“鞍钢宪法”,所有这一切,大大地促进了高精度机床的飞速发展。国内生产建设所需的高精度机床已基本实现自给。到目前为止,高精度机床主机生产厂共有25个,建成了共有25000米²的恒温车间,研制了一批生产高精度机床的加工母机和精密测试仪器设备。按地区分布已基本上形成了一线和二、三线两套高精度机床的生产基地(见表1)。截至1975年,高精度机床共发展66个品

表1 高精度机床生产厂分布情况

地 区	华 东	中 南	西 南	西 北	东 北	华 北
生产厂(个)	9	1	3	4	2	6

种(见表2)。年产量达2000台,为1965年的3.4倍。历年累计生产了16000余台。其中有部分产品,如昆明机床厂的T42200大型双柱座标镗床、宁江机床厂的T4132A小型座标镗床、上海机床厂的S7450大型螺纹磨床及昆明机床厂的QGA405型光电圆刻线机等,无论在结构、性能、加工精度,以及采用新技术、新元件等方面,均已达到世界先进水平(见表3)。同时,在三大革命运动的斗争中,锻炼和培养了一支由工人、技术人员和领导干部组成的、比较稳定的和能攻善战的生产高精度机床的专业队伍,在攻克高精度丝杠副、蜗轮副、主轴系统、测量系统等关键技术方面积累了经验。以上这些显著的成果,为我国高精度机床的进

表 2

现有高精度机床品种数

序号	产 品 类 别	品 种 数	型 号
1	座标镗床	14	
	(1) 单柱座标镗床		T4132, T4132A, T4145, TK4145, (T4163, T4163A, T4163B), (TK4163B, TK4163A)
	(2) 双柱座标镗床	7	(T4240, T4240B), T4263, TP4280, T42100, T42200, T4280, TA4280
	(3) 卧式座标镗床	1	T4663
2	座标磨床	1	M2932A
3	齿轮磨床	13	
	(1) 双砂轮磨齿机	3	Y7032, YA7063A, Y70200
	(2) 锥面砂轮磨齿机	2	(Y7131, Y7132), Y7150
	(3) 蜗杆砂轮磨齿机	2	Y7215, (Y7232, YA7232A)
	(4) 成形砂轮磨齿机	1	Y73100
	(5) 大平面砂轮磨齿机	2	(Y7420, Y7125), Y7432
	(6) 内齿轮磨齿机	1	Y7550
	(7) 摆线齿轮磨床	2	Y7654, Y76100
4	螺纹磨床	15	
	(1) 半自动丝锥磨床	3	SB722, SB725A, S725D
	(2) 丝杆磨床	4	S7332, (Y7520K, S7420), SG7430, S7450
	(3) 千分尺丝杆磨床	1	JCS001
	(4) 万能螺纹磨床	2	(SA7512, S7512), (S7520, S7525, Y7520W)
	(5) 内螺纹磨床	1	S7620
	(6) 蜗杆磨床	1	S7712
	(7) 滚刀铲磨床	3	(S788, S7810), SG788, SG7825
5	高精度滚齿机	4	
	(1) 卧式滚齿机	3	YG3603, YG3612, YG3612A
	(2) 蜗轮分度滚齿机	1	YG3780
6	高精度长、圆刻线机	6	
	(1) 长刻线机	3	QG4110, QG4115, QGA4110
	(2) 圆刻线机	3	QG4010, QG405, QGA405
7	高精度丝杠车床	4	
	(1) 丝杠车床	3	SG865, SG8615, SG8630
	(2) 螺母车床	1	SG85110
8	高精度外圆磨床	7	MGB135, MG1412, MG1420, MG1420(MG1432, MG1432A), MGB1432, H120
9	高精度平面磨床	0	
10	高精度车床	1	CG6125
11	高精度内圆磨床	0	
12	高精度无心磨床	1	MG1050
13	弧齿锥齿轮机床	1	Y2080

注: () 内的几个型属于同一品种。

一步发展和赶超世界先进水平打下了坚实的基础。

1975年在第一机械工业部于昆明召开的高精度机床发展规划会议上,宣告了我国发展高精度机床的第一战役在无产阶级的文化大革命的凯歌声中已胜利结束,并总结经验,鼓午斗志,乘胜前进,为实现毛主席提出的“两步宏图”继续进军,提出了使我国高精度机床进入世界先进行列的战斗任务。

表 3

国内外高精度机床精度水平表

(单位: 毫米)

机床名称	项目	国名	中	国	瑞	士	西	德	日	本	美	国	美	国	苏	联
磨床	厂名	型号	宁江机床厂 T4132A		麦泽厂	3-DR			三井	2A						
	工作台面积		320×500		320×595				340×510							
	定位精度		0.002		0.002				0.002							
磨床	厂名	型号	昆明机床厂 T42200				科尔布									
	工作台面积		2000×3000				KBN-P100									
	定位精度		0.01				2200×3250		0.02							
磨床	厂名	型号	宁江机床厂 M2932A		麦泽厂	4SM-DR			三井	2GA						
	工作台面积		320×500		320×580				300×650							
	定位精度		0.002		0.002				0.002							
磨床	厂名	型号	兼川机床厂 Y7032		马格	SD-30-X										
	最大工件直径		$\phi 320 \times M10$		$\phi 320 \times M12$											
	相邻误差		精度 8~4 级		精度 8~4 级											
(蜗杆砂轮磨 齿机)	厂名	型号	上海机床厂 YA7232A		赖斯豪尔	NZA			冈本	SHG-360						
	最大工件直径		$\phi 10 \sim 320$		$\phi 10 \sim 300$				$\phi 25 \sim 360$							
	相邻误差		五级		相邻误差 8 微米				相邻误差 5 微米累 积误差 20 微米 4 级							
螺纹磨床	厂名	型号	上海机床厂 S7450				林德纳									
	工件直径×长度		$\phi 400 \times 5000$				GL-4									
	相邻误差		0.02 1 级				$\phi 400 \times 4000$									
高精度滚齿机	厂名	型号	宁江机床厂 YG3612A		米克隆	102										
	工件直径×模数		$\phi 125 \times M1.5$		4~5 级											
	相邻误差		可加工 5 级													
(蜗轮母机)	厂名	型号	重庆机床厂 YG3780													
	工件直径×模数		$\phi 800 \times M6$													
	相邻误差		可达 4 级以上												苏联	543 $\phi 800 \times M6$ 只达 4 级

续表 3

机床名称	项目	国名	中	国	瑞	士	西	德	日	本	英	国	美	国	苏	联
高精度长、圆 划线机	厂名	型号	昆明机床厂 QG4115	西浦	1000				机械实验所 Diridic-L 1000							
	最大划线长度 任意线距误差		1500 1~1.5微米	±0.5微米					±1.5微米							
高精度丝杠车 床	厂名	型号	昆明机床厂 QGA405								NPL		Baldwin			
	直径×划线长度 划线误差		φ500×125 ±0.2秒								0.3秒		0.3秒			
高精度外圆磨 床	厂名	型号	沈阳第一机床厂 SG8630	赫斯豪尔 LP35					东芝 自制自用		考文垂	41			中伏尔加 1622	
	加工直径×中心距 精度等级		φ80×2800 1级	中心距3500 0.003/1000					中心距6000 0.006~0.01/1000		中心距1800 0.0075/1350				中心距2500 0.009/300	
高精度车床	厂名	型号	上海机床厂 MG1432A	斯图德RHU500					三井 MUG27-50		琼斯·希普曼	1212型	布朗-夏普		苏联 3M151B	
	回转直径×中心距 椭圆度 光洁度		φ320×1000 0.5微米 ∇ _{1.4}	φ80 0.25微米 ∇ _{1.4} 以上					φ270×500 0.2微米 ∇ _{1.3~1.4}		φ127×304 0.25微米 ∇ _{1.4} 以上		φ250×500 0.25微米 ∇ _{1.4} 以上		0.5微米 ∇ _{1.3}	
高精度无心磨 床	厂名	型号	上海仪表机床厂 CG6125	肖布林 Schaublin160					江黑铁工 GL-120		哈丁	HLV-H10"	大陆 DR-1m		中伏尔加 1B616	
	中心高×中心距 圆锥度 光洁度		φ250×500 1微米 ∇ _{1.3}	φ320 0.3~0.4微米 0.1微米					φ240 0.4~0.6微米 0.7微米		φ279 0.5微米 0.25微米		φ270 0.2微米		φ320 2微米	
高精度无心磨 床	厂名	型号	无锡机床厂 MGT1050						日平 CLG2B		威克曼 No.3		辛辛那提			
	直径×长度 椭圆度 光洁度		φ20×65 0.6微米 ∇ _{1.1}						φ22×65 0.5微米 ∇ _{1.1}		φ200 0.38微米		Grip3-300 φ84 0.2微米 ∇ _{1.1c}			

按生产技术发展的实际需要, 现在我国高精度机床包括以下十三类, 即:

1. 座标镗床
2. 座标磨床
3. 齿轮磨床
4. 螺纹磨床
5. 高精度滚齿机
6. 高精度长、圆刻线机
7. 高精度丝杠车床
8. 高精度外圆磨床
9. 高精度平面磨床
10. 高精度车床
11. 高精度内圆磨床
12. 高精度无心磨床
13. 弧齿锥齿轮加工机床

以下按类分别加以介绍。

二、座 标 镗 床

(一) 生产概况

1958年, 在毛主席“鼓足干劲, 力争上游, 多快好省地建设社会主义”总路线的光辉照耀下, 乘大跃进的强劲东风, 昆明机床厂广大职工破除迷信, 解放思想, 敢想敢干, 克服了没有恒温条件等困难, 造出了我国第一台座标镗床。

十多年来, 在毛主席革命路线指引下, 我国座标镗床生产从无到有, 从小到大, 迅速发展。目前已有昆明机床厂、北京第二机床厂、中捷人民友谊厂、上海第三机床厂、宁江机床厂、汉川机床厂等六个工厂生产座标镗床, 产品品种发展了14个, 年产量达 $\times \times \times$ 台, 使国家建设需要的座标镗床基本上实现自给, 对祖国的国民经济建设和国防建设起了积极作用。

无产阶级文化大革命以来, 座标镗床行业广大职工提高了“独立自主、自力更生”发展祖国座标镗床生产的觉悟和““打破洋框框, 走自己工业发展道路”的志气, 实行工人、干部、技术人员和制造厂、使用单位、科研单位广泛的“三结合”, 促进了座标镗床生产的飞跃发展, 技术水平有了很大的提高。我国的座标镗床生产已从仿制阶段跨入了自行设计的新阶段。“三线厂”已建成投产, 地区布局更加合理。数字控制、激光、光栅、可控硅等新技术已在产品上成功地应用, 感应同步器、磁尺等新技术的研究工作初见成效。各厂先后研制成功了一批具有六十年代水平的产品。昆明机床厂的T42200大型双柱座标镗床、宁江机床厂的T4132A小型座标镗床, 在定位精度和结构性能方面已跨入世界先进水平的行列。

我国的座标镗床生产比资本主义国家晚了近五十年, 但是发展速度在世界上是首屈一指的。经过十多年的努力, 培养了一支以工人为主体的工人、干部和技术人员三结合的, 又红又专的技术队伍, 现在, 从事座标镗床设计、制造的人数近2000人(不包括铸、锻工人); 建立了初具规模的生产基地, 加工装配面积约25000平方米, 其中恒温面积约11000平方米;

配置了一定数量的关键加工设备和计量仪器。

表 4 我国和主要资本主义国家座标镗床产量比较表

国 别	年 份	座标镗床产量 (台)	机 床 产 量 (台)	座标镗床占机床的 构成比 (%)
中 国	1974			
美 国	1971	313	211432	0.09
日 本	1974	718	168372	0.43
英 国	1971	183	45625	0.4

从上表可以看出,我国座标镗床产量超过美、英等国(产值无法比较)。但是,技术水平还落后于瑞士、美国、西德、日本、苏联等国,系列、品种、规格也不齐全,要全面赶上和超过世界先进水平,还须付出巨大的努力。

(二) 品种、系列、规格及“三化”水平

我国目前成批生产的立式座标镗床共有14个品种,工作台台面宽从320毫米至2000毫米。中等规格的品种基本齐全,大、小规格的品种尚有缺口。如飞机、电力、造船、机床行业急需的T42300型(3000×4000毫米)大型座标镗床,仪表、钟表行业急需的T4120型(200×320毫米)小型座标镗床,目前还没有。

我国目前成批生产的座标镗床见表5。

我国的座标镗床系列不完整,只有立式系列,没有卧式和生产型座标镗床系列。卧式座标镗床正在研制,生产型座标镗床还是缺口,这个问题值得引起高度重视。

卧式座标镗床的工艺性能比立式的广泛,精度可以和立式机床并驾齐驱,国外发展很快。根据调查,我国飞机、汽车、拖拉机、内燃机、机床等行业急需卧式座标镗床加工箱体零件。进口一台中等规格的卧式座标镗床要花30多万元,加上数控装置,共达70多万元,十分昂贵。1975年,一机部机床工具局组织的精密机床调查组调查到的259台座标镗床中,国产的仅有92台,只占35.9%,卧式座标镗床共37台,全部是进口的,占进口总数的21.1%。

据调查,由于某些零件的形状特殊,有的用户要求特殊规格的机床。如将T4163的工作台加长至2000毫米,将相当于DIXI 75规格的机床的纵向行程加大至1500毫米等。这些专用机床,有的是基型产品拖板、工作台刚性不足;有的则没有基型产品,暂时还不能满足需要。

美国、英国、西德、瑞士等国发展了多种刚性好、功率大、效率高,能在生产线上使用的生产型座标镗床,主电机功率有的达到10千瓦,每分钟能切下金属250厘米³(镗),300厘米³(铣)。我国进口的生产型座标镗床数量不多,但反映较好,多数用户提出需要这类机床。

总的看来,我国座标镗床行业的“三化”水平不高。主要原因是生产的品种都是由各厂按需要和各自的生产条件分头发展起来的。如品种较多、产量较大的昆明机床厂和北京第二机床厂,开始时生产的产品有的是仿苏的(如T4163),有的是仿瑞士的(如T4240, T42100),机床的结构、风格各异,部件无法通用。文化大革命中自行设计的产品(如

表 5

我国目前成批生产的座标镗床

序号	制 造 厂	型 号	布 局	工作台尺寸 (宽×长) (毫米)	座标行程 (毫米)	定位精度 (毫米)	测 量 系 统	主电机功率 (千瓦)	机 床 重 量 (公斤)	说 明
1.	宁江机床厂	T 4132	单 柱	320×500	250×400	0.003	光屏-金属尺	0.55	2500	已改型为 T 4132 A, 尚未 批量生产
2.	上海第三机床厂	T 4145	单 柱	450×710	400×600	0.004	光屏-金属尺	2	4500	
3.	上海第三机床厂	TK 4145	单 柱	450×710	400×600	0.008	光 栅	2 (直流)	4500	小批, 两座标数控
4.	上海第三机床厂	T 4163 A	单 柱	630×1100	600×1000	0.004	光屏-金属尺	4	7000	
5.	上海第三机床厂	TK 4163 A	单 柱	630×1100	600×1000	0.008	光 栅	4 (直流)	7000	小批, 两座标数控
6.	北京第二机床厂	T 4240	双 柱	400×560	400×500	0.004	丝杠-校正尺	1.1	2240	已改型为 T 4240 B, 未批 量生产
7.	北京第二机床厂	TP 4280	双 柱	800×1120	700×1000	0.010	金属尺 (读数尺拔数)	2.2/3	8000	
8.	北京第二机床厂	T 4663	卧 式	630×800	550×800	0.005/800	光学系统或磁分度	7.5 (直流)	8000	T 形床身
9.	中捷人民友谊厂	T 4263	双 柱	630×900	600×800	0.006	光屏-金属尺	2.2	6000	
10.	汉川机床厂	T 4280	双 柱	800×1120	800×1000	0.005	光屏-金属尺	2.2/3	8000	
11.	昆明机床厂	T 4163	单 柱	630×1100	600×1000	0.004	镜面轴	2.2/3	5560	
12.	昆明机床厂	T 4163 B	单 柱	630×1100	600×1000	0.004	光屏-金属尺	2 (直流)	5500	
13.	昆明机床厂	TK 4163 B	单 柱	630×1100	580×900	0.010	金属反射光栅	2 (直流)	6000	小批, 三座标数控
14.	昆明机床厂	TA 4280	双 柱	840×1100	800×1100	0.003	光屏-金属尺	2.2/3	11000	
15.	昆明机床厂	T 42100	双 柱	1020×1600	1020×1420	0.005	光屏-金属尺	2.2/3	17000	带水平主轴箱
16.	昆明机床厂	T 42200	双 柱	2000×3000	2000×3000	0.010	光栅数显	6.15	32000	小批

T42200, T4163B), 也没有很好地考虑通用化的问题, 因此, 显得通用化水平较低。加以标准化工作没有跟上生产发展的要求, 造成一个厂内, 一个产品和另一个产品的手柄、手轮完全不同。

补齐立式座标镗床系列中的大、小缺口产品, 制订卧式、生产型座标镗床系列型谱, 选好基型, 规格相同或相近的座标镗床、座标磨床、座标测量机的基础件、主要部件尽量通用, 做好标准化工作, 是发展座标镗床生产不可忽视的问题。

(三) 技术水平

革命是历史的火车头。经过无产阶级文化大革命的战斗洗礼, 我国座标镗床生产的技术水平有了很大的提高, 跨入了自行设计的新阶段。各座标镗床制造厂先后发展了一些具有六十年代水平的新产品, 少数产品在定位精度和结构性能方面达到了世界先进水平。数字控制、光栅、可控硅等新技术成功地应用在产品上。

宁江机床厂1973年试制成功的 T4132A 型座标镗床, 在分析、测试国内外同类机床的立柱布局的基础上, 采用框式死立柱结构, 主传动系中无相对移动, 在立柱中间设置丝杠, 使主轴箱机动上下。为了避免由于主轴箱悬伸致使导轨受颠覆力矩所引起的局部变形, 在立柱后面设置了卸荷辅助导轨, 用板形弹簧和轴承卸荷; 使局部变形减小为 $0.002/1000$ 毫米。试制证明, 这种立柱结构是小型座标镗床的一种较好的布局形式, 具有以下优点:

1. 立柱与底座固定连接, 刚度高; 采用三点支承;
2. 主轴箱与立柱导轨在移动中始终接触, 精度稳定; 主轴箱移动范围大;
3. 主轴箱与主电机固定在一起, 传动简单, 并能起平衡作用;
4. 主轴箱可机动上下, 操作方便;
5. 主轴箱重量所产生的颠覆力矩, 由立柱后面的辅助导轨卸荷, 可减少导轨的局部变形。

为了提高和保证镗孔精度, 该产品的主轴系统结构作了如下改进:

1. 主轴传动系统采用与花键轴并联的传动方式, 这样可使套筒在主轴箱移动过程中接触长度不变, 利于提高套筒上下移动过程中的稳定性;
2. 套筒上下移动采用单独齿条传动, 使套筒外圆为一完整的圆柱面, 有利于提高套筒的磨加工和超精加工精度, 加工椭圆度和锥度可达 0.001 毫米;
3. T4132 的主轴组采用双列滚柱轴承, 不可调隙, 温升高 (达 15°C), 磨损后无法调整。新设计的主轴组采用由特殊径向止推滚珠轴承和双列滚珠轴承的组合方式, 使镗孔精度达到了设计要求。

为了提高结构刚性以提高机床在整个加工空间内的精度, 上海第三机床厂的新产品 T4163A 的拖板厚度较大, 且采用多导轨支承。床身和拖板之间由中部一条 V 形导轨导向并和左右两条平导轨组成滑动导轨。床身上把中央 V 型导轨伸长, 使拖板中央也能相应伸长, 穿过立柱下部, 以增加导轨长度, 从而提高了拖板的精度和稳定性。该机床的工作台及拖板导轨均装有卸荷装置。

双柱座标镗床的横梁与框架系统对整台机床的几何精度、座标精度影响极大。国外在设计大型座标镗床时, 有的采用固定横梁的形或 (横梁不作升降移动) 来保证精度。这种布局形式虽能提高横梁框架系统的刚性, 但不能加工厚度较大的工件, 且操作不方便。昆明机床

厂生产的 T42200 型大型双柱座标镗床采用活动式横梁, 针对活动横梁的薄弱环节, 采用了如下措施:

1. 为了提高横梁系统的支承刚度, 除了在设计上注意横梁大件结构的刚度外, 并将横梁的刹紧机构及升降丝杠设计在左右立柱的内侧。

由于横梁结构的特点, 其本身最薄弱部位是在与立柱结合的导轨面处, 若将刹紧点布置在导轨外侧, 则跨距这样大的横梁, 将由于局部刚度不足, 在主轴箱载荷作用下产生较大的变形。T42200 型机床将刹紧点及升降丝杠都布置在立柱导轨内侧, 使横梁的支承点避开了本身的薄弱部位, 并使两支点之间的跨距相应缩小, 因而显著提高了横梁的支承刚度, 减小了弯曲变形。

2. 横梁升降系统采用液压油缸平衡, 以减少升降丝杠受力变形及螺纹磨损。平衡油缸装于立柱腔内, 活塞杆与横梁用链条联接。当压力油推动活塞杆时, 即将横梁抬起。这样, 横梁升降时, 螺母只和丝杠螺纹的下螺旋面接触, 而螺纹的上螺旋面只是在横梁移动停止时作为定位接触, 因而不受磨损, 以保持横梁的水平位置 (不因螺纹磨损而倾斜), 从而保证了精度。

3. 将横向反射光栅尺装在横梁前下部, 以尽量缩短光栅尺至鉴定面的高度及光栅尺刻线面至主轴中心距离, 有利于提高横向座标精度。

4. 光栅尺座贴在横梁上, 结构较小, 横梁上避免了为安置光学测量系统所开的一条通槽, 从而提高了横梁的刚度。

该机床的工作台、床身导轨均采用滚动导轨, 避免低速爬行影响精度和提高导轨寿命, 同时改善了结构工艺性, 有利于导轨的精加工、测量和装配调整。

为了解决形状复杂、精度高的零件的加工问题而出现的数字控制机床, 因其使用效果显著, 已成为机械加工技术中的一项重大技术革新, 在国外已进入普及应用阶段, 不断沿着进一步完善控制功能和提高效率的方向发展着。

在无产阶级文化大革命的推动下, 我国座标镗床行业的职工和其他行业的职工大破“电子神秘论”努力发展数字控制座标镗床。上海第三机床厂、昆明机床厂先后试制成功了 TK4163A, TK4163B 和 TK4145 等数控机床, 现已小批投产。

上海第三机床厂的 TK4163A 型数控座标镗床的数控装置采用 DTL 型集成元件, 由单与非门组成逻辑电路, 电源及功率较大处用晶体管线路。系统以光栅作为位置测量装置的脉冲计数式闭环点位系统, 可以同时控制机床工作台和拖板两座标定位工作, 用穿孔带或拨码盘输入数据, 任意选择座标原点, 作相对座标或绝对座标的定位工作, 单向定位, 在距离定位点 10 毫米内, 分十级减速至定位点。

昆明机床厂广大职工批判地吸收国外先进技术, 大胆创新, 在较短时间内研制成功 TK4163B 型数控座标镗床。机床的数控系统为 KMK-D301 半闭环系统, 采用正逻辑形式, 串行计算机原理, 逐步比较的方法, 动态存储器采用镍线, 以钢带反射光栅作位置反馈, 实现平面的精密座标定位, 同时配合主轴套筒的定位和循环功能及各种辅助动作, 实现对坯件的钻、扩、铰、镗等孔加工和端面、直线铣削等面加工。座标定位采取三级减速, 单向定位, 以克服反向间隙, 保证精度。

可控硅在座标镗床上应用日趋普遍。T4132A 型机床的主传动系统采用可控硅无级变速, 结构简化, 操作方便, 机床零件比老产品减少了 37%。T42200 型机床主传动采用可控硅

交流变频无级调速,不但便于选择主轴转速,而且可减少复杂的齿轮传动,减轻主轴箱的重量。TK4163B型数控机床上采用可控硅直流驱动系统,所需功率不大,线路简单可靠,调整维修方便,可节省机械零件。此外,TK4163A、TK4145、T4240C、T4663等机床都采用可控硅无级调速,收到了良好的效果。

用于数控、数显的光栅测量系统近来也有所发展。T42200型机床的座标定位系统采用反射光栅数字显示,和一般的光学定位方法相比,有下列优点:

1. 操作方便,能消除操作者的主观误差,且便于实现机床自动化;

2. 由于衍射条纹是光栅上某一段千百条刻线的共同反映,因此个别刻线误差(如断线)在构成衍射条纹时,不会引起整个条纹的位移,即不会造成定位误差。这种“平均效应”提高了光栅的性能,使高精度定位比较容易实现;

3. 衍射条纹允许光栅尺个别断线,故可将几根光栅尺串联起来使用,以实现大量程的座标定位;

4. 光栅的栅距较小,而且衍射条纹本身具有可调整的“放大”能力,因此光栅读数头一般不需要复杂的细分和光学放大装置,结构比较简单,调整比较容易。

该机床的金属反射光栅尺的精度为5微米/米,经过修正后,机床的定位精度达到10微米/3000毫米。

TK4163A、TK4163B、TK4145等数控机床的测量系统也采用玻璃衍射光栅或金属反射光栅。

昆明机床厂、北京机床研究所以激光波长为基准,成功地刻制出金属、玻璃光栅尺和感应同步器的模板,光栅精度达1微米/米,感应同步器模板精度达2微米/250毫米,在激光技术的应用方面取得了可喜的成果。

磁尺数显系统在我国是近几年才发展起来的一种测量系统。它由磁头、磁尺和数显三部分组成。北京机床研究所与北京第二机床厂、宁江机床厂等单位协作,已完成整套试验系统的研制,现正在宁江机床厂的T4132型座标镗床上进行验证。这种系统的优点是对环境要求低,抗干扰能力强,安装调整方便,工作稳定。

传统的光屏一刻线尺测量系统中的金属刻线尺水平日益提高,北京机床研究所、北京第八机床厂生产的金属刻线尺在质量和精度方面已接近世界水平,线距精度已突破5微米/1000毫米大关。

(四) 产品主要性能

随着布局形式、主要部件结构的改进和新技术的应用,座标镗床的性能逐步得到改善,自动化水平和精度有所提高。T42200型大型双柱座标镗床和T4132A型小型单柱座标镗床的定位精度分别为10微米和2微米,已达到世界先进水平,T4163A、T4163的定位精度4微米、T4145、T4240B的定位精度为3微米,这些已达世界中等水平。

(五) 先进产品水平

表 6

国内外座标镗床先进水平对比表 (一)

项 目	中 国	瑞 士	日 本
制造厂家	宁江机床厂	毫 泽 厂	三井精机
产品型号	T 4132A	3-DR	2A
布局形式	单 柱	单 柱	单 柱
定位精度 (毫米)	0.002	0.002	0.002
测量系统	光屏-金属尺	感应同步器	光屏-金属尺
工作台尺寸 (宽×长) (毫米)	320×500	320×595	340×510
座标移动量 (毫米)	250×400	250×400	200×300
工作台进给量 (毫米/分)			
工作台快速移动 (毫米)			
主轴转速 (转/分)	(2 档) 100~2000	(2 档) 60~3000	(2 档) 100~3000
主轴进给量 (毫米/转)	0.03~0.06		(8 级) 0.025~0.1
主电机功率 (千瓦)	0.55 (直流)		0.75
工作台最大载重 (公斤)	80		
钻孔直径 (毫米)	16	20	16
镗孔直径 (毫米)	60	75	50
机床重量 (公斤)	约2000		1200
特 点	主传动系统采用可控硅无级变速, 立柱采用框式结构以增强刚性。		数字显示

表 6

国内外座标镗床先进水平对比表 (二)

项 目	中 国	西 德	东 德	苏 联
制造厂家	上海第三机床厂	林 德 纳	米克洛马特	莫斯科厂
产品型号	TK4145	LB-141	BKOE400×630/1	2B440A
布局形式	单 柱	单 柱	单 柱	单 柱
定位精度 (毫米)	0.008	0.005	0.002	0.004
测量系统	光 栅	光屏-金属尺或光栅		光屏-玻璃尺
工作台尺寸 (宽×长) (毫米)	450×700	400×800	400×630	400×800
座标移动量 (毫米)	400×600	400×600	250×400	400×710
工作台进给量 (毫米/分)	(无级) 20~1200	(14级) 25~500	(4 级) 63~1000	16~320
工作台快速移动 (毫米)	1200	2500	1000	800
主轴转速 (转/分)	(无级) 40~2000	(无级) 70~2000	(19级) 45~2800	50~2000
主轴进给量 (毫米/转)	(4 级) 0.02~0.16	(3 级) 0.03~0.15	(4 级) 0.014~0.5	0.02~0.16
主电机功率 (千瓦)	2		2	2 (直流)
工作台最大载重 (公斤)	150		120	
钻孔直径 (毫米)	25	25		20
镗孔直径 (毫米)	200	200	100	250
机床重量 (公斤)	4500	3800	2300	4238
特 点	定位精度手动为0.004毫米, 可数控。	可数显或数控, 定位精度手动为0.003毫米	不能数控	曾改程控, (2B440II), 但未投入批量生产

表 6

国内外座标镗床先进产品水平对比表 (三)

项 目	中 国	中 国	西 德	苏 联
制造厂家	昆明机床厂	上海第三机床厂	林 德 纳	莫斯科厂
产品型号	TK4163B	TK4163A	LN-16	2Д450-ПП
布局形式	单 柱	单 柱	单 柱	单 柱
定位精度 (毫米)	0.010	0.008	0.005	0.008
测量系统	金属反射光栅	光 栅	感应同步器	光屏-玻璃尺
工作台尺寸(宽×长)(毫米)	630×1100	630×1100	600×1160	630×1120
座标移动量 (毫米)	580×980	600×1000	600×1000	600×970
工作台进给量 (毫米/分)	(无级) 3~3000	(无级) 2~1200	(无级) 1~2500	
工作台快速移动 (毫米)	3000		2500	2400
主轴转速 (转/分)	(无级) 32~2000	(无级) 20~1500	(21级) 20~2009	(17级) 50~2000
主轴进给量 (毫米/转)	(无级) 5.3~530毫米/分	(4级) 0.03~0.24	2.8~1830毫米/分	(16级) 2~250毫米/分
主电机功率 (千瓦)	2 (直流)	4 (直流)	6	2
工作台最大载重 (公斤)	600	600		600
钻孔直径 (毫米)	40	40	60	30
镗孔直径 (毫米)	250	250	400	200
机床重量 (公斤)	6000	7000	9000	7900
特 点	三座标数控; 定位精度手动为0.004毫米	二座标数控; 定位精度手动为0.004毫米	三座标数控; 为数控设计的基型	程控, 未投入批量生产; 定位精度手动为0.004毫米

表 6

国内外座标镗床先进产品水平对比表 (四)

项 目	中 国	日 本	苏 联
制造厂家	中捷人民友谊厂	三井精机	古比雪夫厂
产品型号	T 4263	5 A	2455
布局形式	双 柱	双 柱	双 柱
定位精度 (毫米)	0.006	0.003	0.004
测量系统	光屏-金属尺	光屏-金属尺	光屏-金属尺
工作台尺寸(宽×长)(毫米)	630×900	660×850	630×900
座标移动量 (毫米)	470×800	500×750	500~800
工作台进给量 (毫米/分)	40~900	(液压无级) 0~2000	2.5~500
工作台快速移动 (毫米)	1000	2000	1500
主轴转速 (转/分)	(18级) 32~1600	(18级) 40~2000	(无级) 40~2000
主轴进给量 (毫米/转)	(无级) 0.025~0.18	(6级) 0.02~0.3	2.5~500毫米/分
主电机功率 (千瓦)	2.2		4.5
工作台最大载重 (公斤)	500		
钻孔直径 (毫米)		60	40
镗孔直径 (毫米)	250	250	250
机床重量 (公斤)	6000	6000	7000
特 点			

表 6

国内外座标镗床先进产品水平对比表 (五)

项 目	中 国	中 国	瑞 士	日 本
制造厂家	汉川机床厂	昆明机床厂	西 浦	津 上
产品型号	T 4280	TA4280	6R	JB5S
布局形式	双 柱	双 柱	双 柱	双 柱
定位精度 (毫米)	0.005	0.003	0.003	0.003
测量系统	光屏-金属尺	光屏-金属尺	感应同步器	光屏-金属尺
工作台尺寸(宽×长)(毫米)	800×1120	840×1100	842×1100	800×1000
座标移动量 (毫米)	700×1000	800×1100	700×1000	700×1000
工作台进给量 (毫米/分)		(无级) 0~2000	(铣) 500	30~2500
工作台快速移动 (毫米)		1800	2500	
主轴转速 (转/分)	(18级) 20~960	(18级) 36~2000	(17级) 40~2000	(2 档) 40~2000
主轴进给量 (毫米/转)	(6 级) 0.03~0.25	(6 级) 0.03~0.3	(6 级) 0.04~0.35	(6 级) 0.04~0.35
主电机功率 (千瓦)	2.2	2.2/3	8 (马力)	3.7
工作台最大载重 (公斤)	750	1000	1500	
钻孔直径 (毫米)	20	40	60	(60) 40
镗孔直径 (毫米)	250	300	300	250
机床重量 (公斤)	8000	11000	10600	8000
特 点	主轴转速预选	各运动部件之间有互锁装置和保险机构	静压套筒, Z 座标移动由横梁上下实现, 可带数字显示。	可改用激光干涉仪作测量系统

表 6

国内外座标镗床先进产品水平对比表 (六)

项 目	中 国	西 德	西 德
制造厂家	昆明机床厂	布克哈特	科 尔 布
产品型号	T 42200	HYOP300	KBN-P100
布局形式	双 柱	双柱(死横梁)	双 柱
定位精度 (毫米)	0.01	0.005/1米	0.02
测量系统	金属反射光栅	感应同步器	光 栅
工作台尺寸(宽×长)(毫米)	2000×3000	1850×3000	2200×3250
座标移动量 (毫米)	2000×3000	1800×2750	2000×3000
工作台进给量 (毫米/分)	0~2600	(无级) 2.5~1000	10~250
工作台快速移动 (毫米)	2600	5000	6000
主轴转速 (转/分)	(无级) 6~1360	(30级) 10~1000	(16/24级) 7~1400
主轴进给量 (毫米/转)	(无级) 0.02~0.44	(无级) 2.5~1000毫米/分	(16/24级) 0.06~6.0
主电机功率 (千瓦)	6.15	25	15
工作台最大载重 (公斤)	3000	14750	14000
钻孔直径 (毫米)	60	70	100
镗孔直径 (毫米)	400	400	250
机床重量 (公斤)	32000	47000	41500
特 点	数字显示, 可控硅交流变频无级调速	数控, 可带自动换刀	生产型, 可装备点位或连续轨迹数控系统, 可改自动换刀

表 6

国内外座标镗床先进水平对比表 (七)

项 目	中 国	日 本	瑞 士
制造厂家	北京第二机床厂	三井精机	迪 克 西
产品型号	T 4663	H 5 B	3 S
布局形式	卧式 (T形床身)	卧式 (T形床身)	卧式 (纵向床身)
定位精度 (毫米)	0.005	0.003	0.003
测量系统	光屏-金属尺	感应同步器	光屏-金属尺
工作台尺寸 (宽×长) (毫米)	630×800	700×700	700×700
座标移动量 (毫米)	550×800	508×760	560×710
工作台进给量 (毫米/分)	(无级) 6~2000	0~3600	0~600
工作台快速移动 (毫米)		5000	4000
主轴转速 (转/分)	(无级) 15~1000	(18级) 40~2000	(无级) 32~2500
主轴进给量 (毫米/转)	(6级) 0.05~0.75	2~1782毫米/分	
主电机功率 (千瓦)	7.5 (直流)	5.5 (直流)	8 (马力)
工作台最大载重 (公斤)	600	1800	1200
钻孔直径 (毫米)	30	60	
镗孔直径 (毫米)	250		
机床重量 (公斤)	8000	7300	9500
特 点	无数控, 可控硅无级调速; 工作台分度精度 ± 2 秒	数控、带刀库自动换刀; 工作台分度精度 ± 2 秒	可改数控

(六) 主要生产技术经济指标

总的看来, 我国座标镗床行业的生产效率比国外低。主要原因是高效、自动化和专门化机床少, “三化”水平低。国内新产品设计、试制、投产周期一般为 3~5 年。座标镗床的主要生产技术经济指标见表 7。

表 7

座标镗床主要技术经济指标

产品型号	每台生产工时 (小时)	重 量 功 率 比 (千瓦/公斤)	产品型号	每台生产工时 (小时)	重 量 功 率 比 (千瓦/公斤)
T 4145	4000	2/4000	T 4240	3845	1.0/2700
T 4163A	9600	4/7000	T 4240B	9973	0.8/2800
T 4163	9640	2.2~3/5740	TP4280	15616	2.2~3/8000
T 4280	11000	2.2~3/8000	T 4663	19158	7.5/8000
T 42100	62595	2.2~3/17000			

(七) 技术发展中存在的问题

在毛主席无产阶级革命路线指引下, 我国座标镗床生产已打下了坚实的基础, 取得了很大的成绩, 但还存在下列主要问题:

1. 产量不高, 系列品种不全

1974年, 我国座标镗床产量 290 台, 1975年 262 台, 赶不上日本1963年的水平 (日本座

标镗床产量：1963年460台，1974年718台）。在调查中，有的用户反映，即使是量大面广的产品，有时也连续几年订不到货。

缺乏卧式和生产型座标镗床系列。立式系列中，大型、小型机床品种规格不全，数控机床仍处在研制阶段，自动换刀数控座标镗床尚未发展。

2. 产品质量问题

(1) 精度保持性较差。机床的精度保持性和使用寿命是衡量机床质量好坏的重要标志之一。产品精度保持性较差、使用寿命短的主要原因是材料和制造工艺水平问题。六个座标镗床制造厂现在只有中捷人民友谊厂采用耐磨铸铁。用丝杠定位的机床，丝杠没经过淬硬，磨损很快，致使机床精度很快丧失。

(2) 操作性能较差。量大面广的产品(T4163、T4240)结构陈旧，目镜不清晰，视场小，容易产生视差。手柄太多，且不集中，操作不便。产品自动化程度、切削效率不高，数显、数控机床品种很少，且不够稳定可靠，大多数产品不能粗铣。

(3) 附件不全，配件缺乏，维修困难。附件不全，严重影响机床使用性能的发挥。有的产品，出厂时连转台都没有，所带刀杆太少，结构陈旧，笨重不好用。配件缺乏，供不应求。专业维修队伍力量薄弱，后备力量不足。

(4) 漏油、噪声问题普遍存在，噪声一般都在75分贝以上。

3. 基础理论研究工作，机床试验、工艺试验没有很好开展。

(八) 主要发展趋势

现代座标镗床向三种类型发展。一是以加工工、夹具为主的高精度型，如我国各座标镗床厂、瑞士西浦厂和豪泽厂的大部分产品；二是以加工成批零件为主的生产型机床，如瑞士奥立康厂的KC系列和西德科尔布厂的KBN-P系列，精度稍低些，但可以大功率切削；三是两者都兼而有之，精度比较高，还能进行成批生产，主要用于导弹、航空及其他军工零件加工，如西浦厂的8000系列、美国普拉特·惠特尼厂和佛斯狄克厂、瑞士迪克西厂的产品。

近年来，瑞士、美国、日本和东德等国的座标镗床生产发展迅速，苏联进展缓慢，英国则呈现停滞。总的发展趋势可以从下列几方面来分析。

1. 机床精度的提高

(1) 精度水平没有新的突破，达到先进水平的厂家越来越多

十多年前，具有世界先进水平的机床是以瑞士西浦和豪泽等少数厂的产品为代表的。达到的精度水平见表8。

表8 座标镗床产品的精度水平

台面宽度(毫米)	200~320	450~800	1000	1000以上
定位精度(微米)	2	3	5	5/1000毫米

至今，精度水平并没有新的突破，这说明六十年代初期达到的先进水平，仍能满足现代生产的需要。

然而，近十年来在精度方面很多国家都赶上来了。包括我国的部分产品在内，美国普拉

特·惠特尼厂和莫尔公司、东德米克洛马特厂、西德林德纳厂和布克哈特厂、日本三井精机和津上制作所的典型产品均已达到上述水平。

(2) 测量系统迅速发展, 数字显示方法应用日趋广泛

目前所采用的各种测量系统, 都可以达到相当水平。至于在数显的测量系统中, 光栅和感应同步器的应用越来越多。在使用性能方面, 感应同步器优于光栅, 但在精度方面以光栅较好。主要是感应同步器需要2000倍细分, 带来的误差较大, 而且接长对精度又有一定影响, 所以瑞士西浦厂的6R型机床还需用校正尺来提高精度。

值得提出的是: 西德海登海茵光学厂的黑白光栅测量系统除具有精度高的特点外, 还有自动寻找绝对零位装置, 具有类似于码尺系统的绝对测量的性能, 使之在数显和数控机床应用中, 性能更为完善。

激光干涉测量在坐标镗床的应用虽然还处于需要进一步试验研究的阶段, 但随着美国Hewlett Packard公司的双频激光系统的出现, 用一个激光光源控制三个坐标轴, 更增加了在坐标镗床上应用激光干涉技术的可能性。一般认为: 以激光干涉测量作为特高精度的测量系统是最有希望的。

目前生产的坐标镗床仍然以光屏对线为最普遍。新型的光屏对线系统更多采用光学调零和光学微调小数的方法, 以保证分划板永远在光屏视场中央对线。同时借助于刻线尺上每毫米刻线附刻数值, 小数也采用内读数字形式, 形成内读完整的坐标值。东德生产的BKOE 630×10000P型机床的光屏读数设计成用机械计数器的外读数来显示整个数字坐标值。

总之, 光屏对线测量系统正朝着使用方便、对线准确、读数直观(有的亦可称为“数字显示”)的方向发展。

(3) 加强大件的结构刚性, 提高导轨的几何精度, 使机床精度更加稳定可靠

随着生产坐标镗床经验的积累和对精度分析的深入研究, 普遍认识到刚性不足的机床, 在一定鉴定面上很高的定位精度, 只是一种表面现象。它不能保证机床得到可靠的加工精度。采用修刮导轨的几何形状或借助修正装置来弥补刚性不足的办法同样是片面的。

现代坐标镗床的设计则注重治本。单柱机床力求工作台在整个行程上避免向外伸出滑座, 而滑座在床身导轨跨距外应尽量减少悬伸。因此很多新机床均加宽床身导轨跨距, 采用多导轨支承, 因而提高了机床在整个加工空间内的精度。

提高结构刚性的另一个途径是床身采用箱形结构, 特别是增加滑座高度和改善内部筋壁的布置。日本三井精机及西德林德纳和瑞士迪克西的机床, 近年来在这方面都有较大的改进。西浦8000系列55型机床的改进是十分突出的, 由于大件结构的变化, 相同规格机床重量增加了7%, 机床承载能力有了成倍提高。

现代坐标镗床已经不只是用定位精度作为机床定位精度的唯一指标, 而同时要研究导轨几何精度的指标。人们认识到, 只有导轨的几何精度得到保证, 机床的定位精度在整个加工空间才是比较可靠的。因此现在均用角度值而不是线性值控制导轨直线性, 以便正确控制对定位精度的影响。不少中型机床工作台移动的直线性已达到2秒, 有的甚至更高些。瑞士西浦厂和迪克西厂、美国莫尔公司的产品, 导轨几何精度均较高, 这些产品的精度都有稳定可靠的特点。

美国莫尔公司近年来在保证机床的精度寿命方面作出了很大的努力, 取得了新的成就。在机床上采用淬硬研磨的镶钢导轨, 以高硬度的研磨丝杠作测量系统。能保证机床使用十年