

第22章 坐标镗床的修理

鲍廷镛

第1节 坐标镗床的型号、 结构及传动系统

(一) 国内坐标镗床的发展及型号

我国机床工业是在建国后才开始发展起来的,为了满足国内的需要,昆明机床厂于1958年试制成功我国第一台坐标镗床,即T4128电感式单柱坐标镗床(台面宽280mm,坐标定位精度 $\pm 0.006\text{mm}$),于1959年又试制成功T4163单柱坐标镗床,为工厂发展坐标镗床奠定了基础。机床在试制成功后立即投入批量生产,截至1983年底,累计生产1194台(包括出口、援外110台),初步满足了我国国民经济发展的需要,为国家节约了进口同类型机床所需大量外汇。

50年代,在缺乏设计、制造精密机床经验的情况下,仿制苏联产品是非常必要的。但是,当时制造精密机床的王牌厂家是瑞士西浦厂(SIP),其坐标镗床产品代表着世界水平。要在不长期内赶上或超过世界先进水平,必须以西浦厂作为瞄准目标。因此,该厂在仿制T4163的同时,按照西浦厂的MP-3K,改进设计制成T4240双柱坐标镗床(丝杆定位,台面宽400mm,坐标定位精度0.006);1962年又按照西浦厂的2P,改进制成T4132光学式单柱坐标镗床。该机床应用了自制的精密刻线尺作为检测元件,采用光屏读数,为进一步发展大型坐标镗床创造了条件。

昆明机床厂发展大型、精密机床的一大突破是1965年测绘试制成功T42100双柱坐标镗床(台面宽1020mm)。

T42100双柱坐标镗床的试制成功,标志着我国精密机床的制造已接近60年代的国际水平。它与

瑞士西浦厂同规格的名牌产品8P相比,精度和制造均达到了同等水平。这台机床带有水平主轴箱,采用了自制的长为1450mm的精密刻线尺作为检测元件,光屏读数,坐标定位精度达到0.005mm。1966年,昆明机床厂继T42100后又制成另一大型的TA4280双柱坐标镗床(台面宽800mm,坐标定位精度0.003mm)。

我国目前规格最大的T42200双柱坐标镗床是1971年研制成功的。它是为满足国防工业急需而自行设计、制造的产品。机床工作台台面尺寸为2000×3000mm,载重量达30000N。机床的主要特点在于采用了自制的反射光栅、数字显示及晶闸管交流变频无级调速等一系列新技术,坐标定位精度为0.01mm。

在1958~1971年十四年间,昆明机床厂先后发展了七种坐标镗床,台面宽从280mm大到2000mm,自成一完整的系列。坐标测量系统从电感应丝杆(T4128)→镜面轴—光学目镜(T4163)→精密丝杆(T4240)→精密刻线尺—光屏(T42100、TA4280、T4132)发展到光栅数显(T42200)。

70年代以来,昆明机床厂在多年来的生产经验和掌握国外发展情况的基础上,在改进老产品结构,采用各种新技术,发展新品种,加速产品更新换代方面做了大量工作。

T4163单柱坐标镗床因采用镜面轴、光学目镜作为坐标测量系统,操作性能受到一定限制,不能适应发展数控品种的需要。为此,昆明机床厂在1971年自行设计制造了T4163B坐标镗床。这台机床在结构上作了不少改进,如采用精密刻线尺代替原来的镜面轴作为检测元件,采用光屏读数取代原来的目镜读数,从而使操作性能大为提高,坐标定位精度从原来的0.006mm提高到0.004mm。又如主传动改为直流无级调速,进给拖动改用可控硅无

级调速,既减少了传动元件,又为实现数控创造了条件。同年,在该机床上配备点位半闭环数控系统,除保留原来的坐标测量系统外,利用反射光栅和十倍频电路作为数控定位,制成TK4163B程序控制坐标镗床,坐标定位精度为0.01mm。

同样,1978年昆明机床厂自行设计制造成功的T42100A双柱坐标镗床与原来的T42100的主要区别在于拖动系统以电气取代液压,使之能配备点位数控装置,从而制成TK42100A数控双柱坐标镗床。

1980年,为了提高产品在国际市场上的竞争能力,该厂与荷兰飞利浦公司(philips)合作生产

TK4163B数控单柱坐标镗床。机床以T4163B为基型。采用了飞利浦公司的NC6663三坐标CNC系统。机床可以实现两坐标曲线插补,三坐标空间直线插补;拖动系统改为伺服电机脉宽调制型驱动系统;主轴为数字模拟式直流伺服系统,输入方式以手动数据输入为主,配备阅读机和快速打孔机,以使机床数控功能更加完善。

T4163C是昆明机床厂630mm单柱坐标镗床的第三代产品。机床是经过总结多年生产经验,在T4163及T4163B的基础上,扬长避短,加以改进而制成的。改进后的T4163C坐标镗床,既保持了T4163机床的结构刚性,又发挥了T4163B机床的

表22-1-1 单柱坐标镗床主要技术参数

型 号	T 4163	T 4163 B (TK4163 B)	T 4163 C
坐标测量系统	镜面轴/光学目镜	刻线尺/光屏 (飞利浦检测系统)	刻线尺/光屏
坐标定位精度 (mm)	0.006	0.006(0.01)	0.006
工作台工作面尺寸 (mm)	630×1100	630×1100	630×1100
工作台纵向行程 (mm)	1000	1000(970)	1000
工作台横向行程 (mm)	600	600(570)	600
工作台进给速度 (mm/min)	25~400	25~400	25~400
工作台快速移动 (mm/min)	1200	1200	1200
工作台最大负载 (kg)	450	600	600
主轴锥孔	10°	3:20	10°
主轴中心线至立柱面距离 (mm)	700	700	700
主轴最大行程 (mm)	250	250(210)	250
主轴箱最大行程 (mm)	300	(300)	240
主轴端至工作台面距离 (mm)	260~740	250~800	260~740
主轴转速 (无级) (r/min)	55~2000	32~2000	55~2000
主轴进给量 (无级) (mm/r)	0.03~0.16	0.03~0.16	0.03~0.16
主电机功率 (直流) (kW)	2	2	2
最大镗孔直径 (mm)	φ 250	φ 250	φ 250
最大钻孔直径 (mm)	φ 40	φ 40	φ 40
铣刀最大直径 (mm)	φ 120	φ 125	φ 120
机床外形尺寸 (长×宽×高) (mm)	2920×2300×2510	2230×2300×2610	2320×2300×2610
机床净重 (kg)	6670	6950	6800
备 注		(Philips数控系统)	

操作性能。改进是成功的，目前已逐步代替 T 4163 机床投入批量生产。

80年代初，昆明机床厂自行设计制造成功 TG4280双柱坐标镗床，用以代替60年代生产的 TA4280机床。产品在设计中特别注意了通用化。该机床与 T 42100A 机床的通用化系数达到75%。

TG4280A 是在 TG4280上增加三坐标数字显示的双柱坐标镗床。机床的全套检测系统采用了 An-lam Electronics Europe Limited 的 Wizard 数显表及光栅尺，直观，可靠。检测系统的主要参数性能：

光栅尺分辨率 0.002mm

数显位数 1 位符号 + 6 位数字

功能 清零、预置、公英制转换

原 TG4280 的坐标定位精度为 0.003mm，采用数显表及光栅尺后，因光栅尺分辨率为 0.002mm，因此 TG4280A 的坐标定位精度降低至 0.005mm。

昆明机床厂目前在生产中的坐标镗床有四个规格（台面宽 630、800、1020 及 2000mm）、十个品种。除台面宽 630mm 的为单柱型式外，其余均为双柱型式。机床的主要技术参数列于表 22-1-1、表 22-1-2 和表 22-1-3。

表 22-1-2 双柱坐标镗床主要技术参数

型 号	TG4280(TG4280A)	T 42100	T42100A(TK42100A)	T 42200
坐标测量系统	刻线尺/光屏 (Wizard 光栅/数显)	刻线尺/光屏	刻线尺/光屏(光栅)	光栅/数显
坐标定位精度 (mm)	0.003(0.005)	0.005	0.005(0.010)	0.01
工作台工作面尺寸 (mm)	800×1200	1020×1600	1000×1600	2000×3000
工作台纵向行程 (mm)	1000	1420	1400	3000
主轴箱横向行程 (mm)	手动 970 机动 770	1000	1000	2000
横梁升降行程 (mm)	720		770	1000
主轴端至工作台面最大距离 (mm)	870	1000	1130	1300
立柱间距离 (mm)	1120	1450	1460	2760
工作台移动速度(铣削)(mm/min)	25~500	0~300	25~500	0~300
工作台快速移动 (mm/min)	2000	2000~2500	3000	300~2600
工作台最大负载 (kg)	1000	2000	2000	3000
主轴锥孔	3:20	3:20	3:20	3:20
主轴转速 (r/min)	(16级)18~1800	(18级)40~2000	(16级)18~1700	(无级)1~1360
主轴进给量 (mm/r)	(无级)0.03~0.4	(8级)0.25~0.3	(无级)0.02~0.35	(无级)0.02~0.44
主电机功率 (kW)	3	2.2/3	3	5
最大镗孔直径 (mm)	φ 330	φ 250	φ 360	φ 400
最大钻孔直径 (mm)	φ 40	φ 50	φ 50	φ 60
铣刀最大直径 (mm)	φ 130		φ 150	φ 150
机床外形尺寸 (长×宽×高)(mm)	3390×2415×2870	4170×3120×3700	4430×3040×3740	6525×3915×3773
机床净重 (kg)	9000	17000		34000
备 注	(数控)	带水平主轴箱	(数控)带水平主轴箱	

表22-1-3 部分国内坐标

产品名称	型 号	工作台尺寸 (宽×长) (mm)	技 术 参 数								
			最大加工直径 (mm)		主轴中心线 至立柱距离 (mm)	主轴端面至工 作台面距离 (mm)	工作台 荷重 (kg)	主轴转速 (r/min)		工作台行程 (mm)	
			钻孔	镗孔				级数	范 围	纵向	横向
高精度单柱光学坐标 镗床	TG4120 B	200×400	10	32	250	50~400	100	无级	200~3000	250	160
单柱光学坐标镗床	T 4120 B	200×400	10	32	250	50~400	100	无级	200~3000	250	160
高精度单柱光学坐标 镗床	TG4132 B	320×500	15	100	345	80~510	200	无级	100~2000	400	250
单柱光学坐标镗床	T 4132 B	320×500	15	100	345	80~510	200	无级	100~2000	400	250
高精度单柱光学坐标 镗床	TG4145 B	450×700	25	200	500	120~650	300	无级	50~1500	600	400
单柱光学坐标镗床	T 4145 B	450×700	25	200	500	120~650	300	无级	50~1500	600	400
立式单柱坐标镗床	T 4145	450×700	25	150	480	最小150	250	无级	40~2000	600	400
单柱坐标镗床	T 4163	630×1100	40	250	700	260~740	600	无级	55~2000	1000	600
单柱坐标镗床	T 4163 B	630×1100	40	250	700	250~800	600	无级	32~2000	1000	600
数控单柱坐标镗床	TK4163 B	630×1100	50	250	700	200~800	1500	无级	10~2500	1000	600
立式单柱坐标镗床	T 4163 A	630×1100	40	250	650	最小300	600	无级	20~1500	1000	600
双柱坐标镗床	T 4240	400×560	25	150	立柱间距 560	10~500	350	8	45~1250	500	主轴箱 350
双柱光学坐标镗床	T 4240 B	400×560	25	110	立柱间距 550	0~505	350	12	50~1950	500	主轴箱 350
双柱坐标镗床	T 4263 B	630×900	35	250	253	最大670 最小20	500	18	32~1600	800	630
双柱坐标镗床	TG4280	800×1120	40	300	立柱间距 (导轨内侧) 1120	870	1000	16	18~1800	1000	主轴箱 横 向 800
数显双柱坐标镗床	TG4280 A	800×1120	40	300	立柱间距 (导轨内侧) 1120	820	1000	16	18~1800	1000	主轴箱 770
高精度光学坐标镗床	TG4280	800×1120	20	250	立柱间距 1100	100~880	750	18	20~960	1000	700
双柱光学坐标镗床	TP4280	800×1120	20	250	立柱间距 1120	50~890	750	18	20~960	1000	主轴箱 700
光学坐标镗床	T 4280	800×1120	20	250	立柱间距 1100	100~880	750	18	20~960	1000	700
双柱坐标镗床	T 42100	1020×1600	19.5	250	立柱间距 1445	垂直主轴1000; 水平主轴中心线 880	2000	垂直18 水平15	40~2000 40~1000	1420	垂直主 轴 箱 1020
双柱坐标镗床	T 42200	2000×3000	60	400	立柱间距 2760	1300	3000	无级	6~1360	3000	主轴箱 行程 2000
卧式光学坐标镗床	T 4663 A	630×800	30	250	主轴中心线 至工作台面 60~560		600	20	13~1000	Y轴 500	X轴 600
卧式坐标镗床	T 4680 A	800×1000	40	240	50~700		1000	无级	13~1000	650	760

镗床的型号与规格

机床精度 (mm)	工作精度 (mm)		电机功率 (kW)		重量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)	按订货供应附件	生产厂	备 注
	坐标精度	圆度 表面粗糙度 R_a (μm)	主电机	总容量					
0.002		0.8	0.6	0.77	1.3	1230×910×1851	23种以上	宁江机床厂	
0.004		0.8	0.6	0.77	1.3	1230×910×1851		宁江机床厂	
0.002		0.8	1.1	1.16	2.3	1540×1260×2021	22种以上	宁江机床厂	
0.004		0.8	1.1	1.16	2.3	1540×1260×2021		宁江机床厂	
0.003		0.8	1.5	2	4.7	2080×1628×2391	28种以上	宁江机床厂	
0.005		0.8	1.5	2	4.7	2080×1628×2391		宁江机床厂	
0.005	0.005	0.8	2	4	4	1900×1600×2250		上海第三机床厂	
0.006	0.006	0.8	2	2.74	6.8	2320×2300×2580	F 1360机械水平转台	昆明机床厂	
0.006	0.006	0.8	2	4	6.95	2230×2300×2610	F 1360机械水平转台	昆明机床厂	
0.005	0.005	0.8	7.5	20	9	3050×3180×3290		昆明机床厂	
0.006	0.006	0.8	2	5	7	2640×2300×2670		上海第三机床厂	
0.005 (特订) 0.004	0.005	0.8	1.1	1.625	2.25	1820×1620×1900	万能镗刀架	北京第二机床厂	
0.005 (特订) 0.003	0.005	0.8	0.8	1.975	2.8	1832×1670×1965		北京第二机床厂	带有万能镗刀架
±0.003	0.002	0.8	2.2	5.2	6	3156×2065×2545		中捷人民友谊厂	
0.003	0.005	0.8	3	8.24	9	3390×2415×2867	F 1360·1机械水平转台等3种	昆明机床厂	
0.005	0.005	0.8	3	8.24	9	3390×2415×2867	F 1360·1机械水平转台等3种	昆明机床厂	
0.003	0.004 $\phi 200$	0.8	2.1 2.8 2.1	5.7	8	3061×2300×2585	万能转台, 水平转台及各种精镗刀杆	汉川机床厂	高精度数显水平转台 (订货附件)
0.01	0.005	0.8	2.8	5.7	8	3070×2273×3044	—	北京第二机床厂	
0.006	0.006 $\phi 200$	0.8	2.1 2.8	5.7	8	3061×2300×2585	万能转台, 水平转台及各种精镗刀杆	汉川机床厂	高精度数显水平转台 (订货附件)
0.005	0.005	0.8	2.2 3	9.3	17	4170×3120×3650	GY61000光学圆转台等6种	昆明机床厂	
0.01	0.01	0.8	5	9.5	32	6525×3915×3773	1500mm水平转台等	昆明机床厂	
X、Y轴 0.006	0.005	0.8	7	10.78	8	3167×4036×2466		北京第二机床厂	
±0.003		0.8	7.5	13.75	14	3950×2445×2555	1种	宁江机床厂	

(二) 国外部分坐标镗床的结构与特点

1. Sip620和Sip720CNC坐标镗床

坐标镗床整个机床框架支撑在三个支点上, 这种结构不受地坪凹凸的影响, 可以长期保持稳定的几何精度, 不需专门的地基。

Sip制造的同步感应尺是该公司根据供给全世界各计量单位的传统直线标准研制而成的真正标准尺。这些标准尺安装在工作台及主轴箱溜板上, 构成了一个与坐标定位有关的基本测量系统, 从而确保了工作台和主轴箱高度准确定位。

X和Y坐标的刚性传动机构是由直流电机和循环滚珠丝杠传动的, 事实证明这种直接传动系统大大减少了定位时间。闭环伺服系统为控制X和Y坐标提供了精确定位。

高精度主轴用于安装切削刀具, 它决定着机床加工性能的好坏, 高精度主轴安装在圆锥滚柱轴承上, 能确保主轴的旋转精度, 而且在最高的转速情况下, 也能保持平稳旋转和温升最低。

该机床具有高质量的静压套筒导向系统可使套筒和刀具准确的自动对准和精确的位移。有效的润滑避免了套筒与导向表面之间的接触。

套筒装置和刀具重量由一个平衡锤来进行补偿。此外有一个环形夹紧装置可有效地夹紧套筒。

Sip620和Sip720型机床都配有一个能对横梁位置上的主轴箱重量进行永久性补偿的自动装置, 这个系统可以保证: 对工作台面的平行位移和与基准端面垂直的镗孔。

CNC系统采用了最新设计原理。每个操作者可按需要准确地进给选择, 可实现全手动和全自动坐标定位。

采用微机处理技术的CNC系统, 它具有最先进的技术即使在最恶劣的条件下也能确保操作的可靠性及安全性

	Sip620	Sip720
X和Y坐标在全行程上的定位精度(对两个方向)	0.003mm	0.003mm
工作台行程	1000mm	1500mm
主轴箱行程	700mm	1000mm
静压主轴套筒移动量	300mm	300mm
横梁垂直移动量	780mm	900mm
工作台至主轴端距离	1000mm	1265mm

	SiP620	SiP720
立柱间距约	1100mm	1600mm
工作台表面	1100 × 842mm	1600 × 1240mm
铣削进给量	1~6000mm/min	
快速移动速度	6 m/min	
主轴静压套筒Z坐标读数	0.01mm	
18级主轴转速在两个方向上的	40~2000r/min	
6个自动进给量	0.04~0.35mm/r	
主轴锥度	莫氏4号	
主轴功率	5.9kW	
CNC控制系统X-Y坐标的读数	0.001mm	

2. 三井精机4 DN. 6 CN, 7 CN数控坐标镗床

该机床具有以下特点:

(1) 精度高 定位精度为 $\pm 2.5\mu\text{m}$ 。全闭环控制系统, 保证X、Y、Z坐标高精度定位、采用专用的感应同步尺测量坐标值, 并由一个数显装置显示。机床为双立柱箱形结构、三点支承、重切削时精度可靠。机床采用再循环式润滑系统和经平衡的主轴箱使热位移减至最小。X、Y、Z由DC直流电机直接驱动, 并用大直径滚珠丝杠快速伺服同步驱动, 轮廓加工精度高。

(2) 效率高 主轴由主电动机直接驱动, 并以精密轴承三点支承。主轴箱设计可安装高刚性大直径主轴, 以适应重切削, 主轴内为NT锥孔。

(3) 操作简便 具有多种操作方式: 手动、手动数据输入、数控带和储存方式, 特别适用于精密切削。数显装置和集中控制的按钮站, 使操作迅速而简便, 刀具机动夹紧, 省时省力。横梁采用弹簧及液压装置自动夹紧。

(4) 数控性能广, 机床附件多 标准型机床为三坐标同时控制。有较多的刀具、卡具、检具, 为用户选用。机床采用全闭环控制系统, $1\mu\text{m}$ 的高精度定位是通过有效位置值与来自精密位置检测器反馈的控制值自动对准而获得的, 这种控制系统比过去采用的方法更为简单, 效率更高。

(5) 采用精密感应同步尺:

1) 采用特殊的线性感应同步尺能在全行程范围内获得一致的加工精度。

2) 感应同步尺包括一无磨损的非接触定位传

感元件,可延长实际使用寿命。

3) 可沿机床行程的全长范围内连续测出精度

(6) 机床性能参数:

	4 DN	6 CN	7 CN
工作台纵向行程 (mm)	610	1020	1330
工作台横向行程 (mm)	410	760	1020
横梁垂直行程 (mm)	460	750	920
套筒垂直行程 (Z向)(mm)	180	300	300
立柱间距约 (mm)	780	1120	1600
工作台面至主轴 端最大距离 (mm)	613	950	1225
工作台工作面 (mm)	790 × 600	1280 × 960	1830 × 1200
X坐标快速行程 (mm/min)	5000	5000	5000
最大负载能力 (kg)	750	1200	2000
Y坐标快速行程 (mm/min)	5000	5000	5000
横梁垂直行程 (mm/min)	500	560	800
主轴转速 r/min	40~450	40~3200	40~3200
主轴直径 (mm)	φ70	φ75	φ75
主轴锥度	NT40	NT40	NT40
套筒Z坐标快速 行程 (mm)	3000	3000	3000
最大钻孔直径 (mm)	φ32	φ60	φ60
最大镗孔直径 (mm)	φ130	φ300	φ300
主轴电机 (kW)	DC5.5	AC7.4	AC7.4
工作台电机 (kW)	GE型10	GF型20	GF型20
溜板电机 (kW)	GE型10	GF型20	GF型20
	4DN	6CN	7CN
套筒电机 (kW)	GF型10	GF型10	GF型10

XYZ坐标最小 0.001 0.001 0.001

分辨率 (mm)

XYZ坐标 ±0.0025 ±0.0025 ±0.0025

定位精度

(mm)

长度 (mm) 2566 3525 4610

高度 (mm) 1919 2750 3325

地面至工作台 775 940 1000

距离 (mm)

重量 (kg) 4500 9000 14000

耗电功率 (kVA) 24 26 31

3. Dixi型坐标镗床

迪克西公司 现有 Dixi200, 300, 400, 500和350等5个规格14个型号的坐标镗床产品。从手动、手动数据预选、数控(3~6坐标)加工中心、带自动交换工件的工作台的加工中心、带自动交换工件工作台和切屑输送器的加工中,可用在柔性制造系统中。最近几年开发的400系列和Dixi350中检测元件已采用德国海登海茵(Heidenhain)的感应同步器,赶上世界潮流,该公司的坐标镗床主要性能技术参数见表22-1-4。

(三) 坐标镗床数字控制简介

1. 机床数字控制的概念

机床数字控制是一种以电子技术为手段,实现机床加工自动化的控制系统。传统的机械式自动机床,采用凸轮、齿轮、连杆等机械零件及液压系统实现加工的自动化,当工件变换后,必须更换相关的机械零件及进行较复杂的调整。加工件的形状结构、加工内容不能任意更换,但数字控制不需进行复杂的调整而能实现较复杂的自动加工手段。

数字控制的机床一般包括数控柜、电器柜等电子设备,机床上所有动作均由数控柜里一条穿孔带控制。加工零件时,机床所需的动作指令,即刀具和工作台位移量的指令,以及零件各工步的顺序指令均用特定的数字形式给出。这种数字形式称为代码。将这种代码用穿孔的形式打印在窄长的纸带上,用这种纸带装在控制机床的数控柜里。启动整个控制装置后,机床就按照穿孔带上指令自动地加工工件。由于所有控制指令均以数字形式给定,所以这种自动机床称为数字控制机床。

因此,在数控机床上加,当调换加工件后,

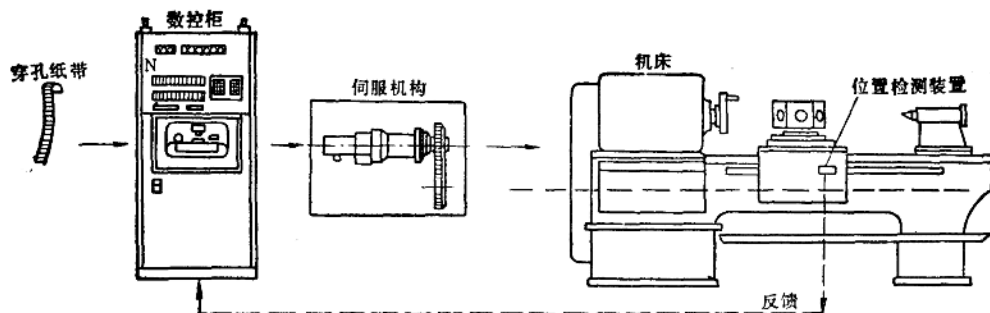


图22-1-1 数控机床基本结构框图

除更换必要的刀具和更换相应的穿孔带外，不必调整机床。更换相应的穿孔带后可加工任何工件。而且在数控机床上加工可以实现用最佳的切削用量切削。在粗加工、半精加工、精加工工序中自动地采用不同的切削深度、切削速度和进给量。此外，在数控机床上加工不需划线，不需采用模具就能达到较高的位置精度和尺寸精度，故有较高的生产效率。特别适用于单件复杂零件加工，可以省去模具费用。

2. 数控机床的简单工作过程

数控机床主要由机床、数控装置、伺服装置，检测装置，以及穿孔带等组成。它们之间的关系见图22-1-1所示。

穿孔带的代码记载着人们要求机床进行各种动作的命令（即加工中各种参数）。穿孔带装在数控柜中的光电阅读机上，通过光电阅读将穿孔带上信号转变为电信号，送入数控装置中。数控装置接到信号后进行运算和控制，然后将运算的结果以脉冲形式送到相应的伺服驱动装置上去，用以操纵机床的运动。伺服装置驱动机床的工作台、主轴等部件运动。在数控装置的控制下，工作台、拖板的运动也可以合成一个运动，从而能对各种形状的零件进行加工，或按图加工出各种形状及尺寸。

为了提高加工精度，有的数控机床装有位置检测装置，这种装置可将刀架的实际位移量测量并反馈到数控柜里，以保证刀架的实际移动量与穿孔带的控制位移量相符。

3. 数控系统的分类

(1) 数控系统按照所控制的刀具与机床的相对运动轨迹来分，基本上可分为下述三个类

型。

1) 点位控制系统 见图22-1-2a，点位控制系统只能控制刀具（主轴系统）或工作台从一个点到另一个点的准确定位。如数控钻镗床钻好A处孔后要将工作台移位钻B处孔。这种点位控制，要求A孔、B孔的坐标位置正确。至于从A点到B点的移动轨迹不受限制，即钻头可以沿A→P→B路径，也可以沿着A→Q→B路径，或者从A点直线到B点。工作台在移动过程中不进行切削。这种系统一般应用于数控钻床、数控镗床、冲床等。

2) 直线控制系统 见图22-1-2b，直线控制系统的特点是除控制位移终点的位置外，还要保证被控制的两个坐标之间位移的轨迹是一条平行于各坐标轴的直线，（也有与坐标轴成45°的直线），并且通过数控装置可以选择进给速度（刀具进行切削）。这种系统应用于车床、铣床及磨床等。

3) 轮廓控制系统 见图22-1-2c，轮廓控制系统的特点是能够对两个或两个以上坐标方向的运动同时进行连续控制，它不仅控制两个坐标行程位置，并且还控制两个坐标的运动速度。这种系统可以应用在铣床、车床、磨床、齿轮加工机床上。

(2) 按伺服系统的控制方式分类：数控机床的控制系统按照被控测量有无检测反馈装置可分为开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统三大类型：

1) 开环控制系统 数控装置根据穿孔纸带上的数据和指令值，经过运算发出控制命令送到伺服机构，使其转过一定的角度，拖动滚珠丝杠，使工作台移动一定的距离。这种没有信号反馈和位置检

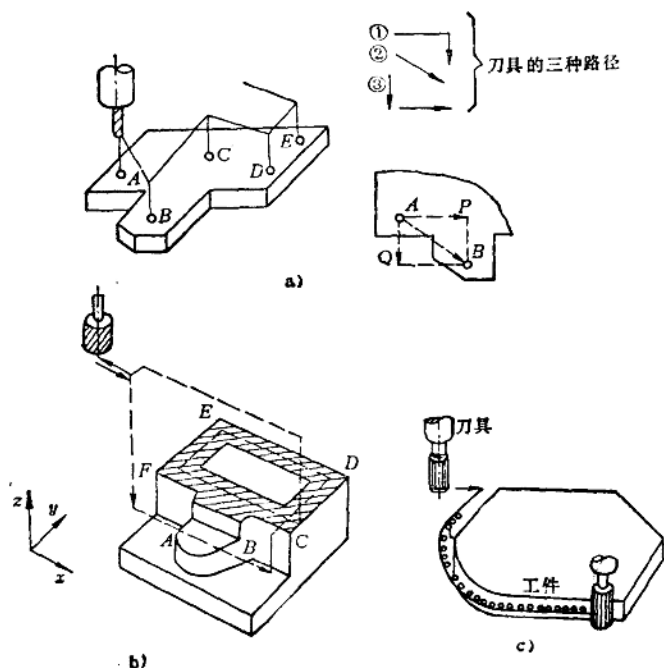


图22-1-2 数控系统的分类示意

a) 点位控制系统示意图 b) 直线控制系统示意图
c) 轮廓控制系统示意图

测,也不能把被控制量的实际值和指令值进行比较的系统叫做“开环系统”见图22-1-3。对于开环系统,工作台是否真正准确地移动了所要求的距离是不进行测量的。所以开环系统加工精度低,但其优点是结构简单、造价低、调试维修方便。

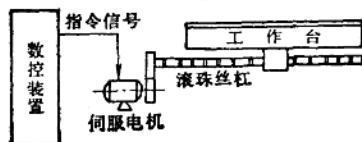


图22-1-3 开环控制系统

2) 闭环控制系统 在工作台(或刀架)上安装一个测量装置,把工作台真正的移动距离测量出来,并转换成电信号反馈给数控装置,将实际测量出来的工作台移动量与数控装置命令的移动量进行比较,用两者的差值去控制伺服机构。如果实际移动的距离不等于命令值,则令伺服机构继续拖动工作台移动,直至工作台实际移动的距离和要求移动

的距离相等时为止。这种系统叫做“闭环控制系统”。如图22-1-4。

3) 半闭环控制系统 闭环控制系统是直接测出工作台(或刀架)的移动量,如果将测量装置装在丝杠或电动机轴上,则测出的丝杠或伺服电机的转角。再换算成机床的位移量送到数控装置与命令值进行比较,然后用其差值进行控制。这种控制方式由于滚珠丝杠与螺母间存在着传动间隙和传动精度的误差,它没有真正测出工作台的实际移动量,机床并没有完全包括在控制环内,所以把这种控制方式称为“半闭环控制系统”如图22-1-5。

半闭环控制系统的加工精度不如闭环控制系统高,但较开环控制系统高,所以目前在数控机床控制系统中得到广泛应用。

在半闭环系统中,检测装置有旋转变压器、脉冲编码器等。

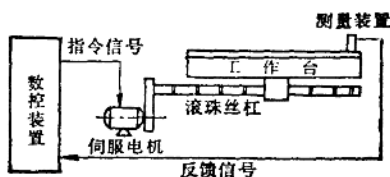


图22-1-4 闭环控制系统

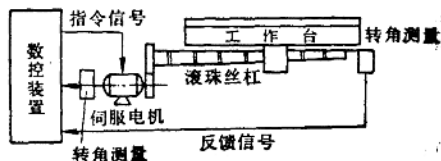


图22-1-5 半闭环控制系统

4. 数控机床的优点

(1) 提高工件加工精度 数控机床加工中各部件的动作,是由穿孔带上代码发出的指令自动工作的,只要代码正确,加工中不会由于人为的因

素,如操作者不熟练、疏忽造成的加工误差,也可避免由划线、对刀和测量产生的误差,故提高了加工精度。此外,数控机床能加工复杂的曲面,如船用螺旋桨、汽轮机叶片等,这类曲面用手工加工及仿形加工的精度都是很低的,而数控机床加工精度能接近于数学上曲面。

(2) 缩短生产准备时间 用一般机床加工,都需要进行划线和制作必要的模具以及专用工夹具,这类模具、工具、夹具的制造要费去很大的资金和很长的生产准备时间,但用数控机床加工,这些资金和准备时间都可省去。

(3) 特别适宜于小批量多品种、技术要求高的零件的生产,或新产品的试制工作。

(4) 减少检验时间 数控机床加工,只要检查第一个零件,经检验合格后,便由机床的精度保证产品质量的一致性。这样省去了检验及检验前候验的时间。

(5) 不需手艺高的操作工,并减少操作者的体力劳动。

(四) TK 4163 B 坐标镗床的简介

TK 4163 B 单柱数字程序控制坐标镗床,是 T 4163 单柱坐标镗床的改进型机床。在机床的三个坐标位置上(即工作台、拖板的纵横移动方向,主轴箱垂直移动方向)采用点位半闭环数控装置。故可以精确地实现自动定位,对平面上任意坐标孔位的镗削加工,逐个地自动进行。自动定位的重复定位精度可达 0.002mm 。应用该机床镗孔,镗削的圆度误差不大于 0.003mm ,孔距的定位误差在规格允许的任意长度上小于 0.01mm 。该机床除镗孔外,还适宜于作平面的精密铣削和进行零件的精密划线以及零件的精密测量。该机床外形见图 22-1-6 所示。

机床上安装有金属反射光栅,作为数字控制的长度基准,机床还安装有精密刻线尺和光屏读数装置,利用光学系统可以用手动操作进行定位。

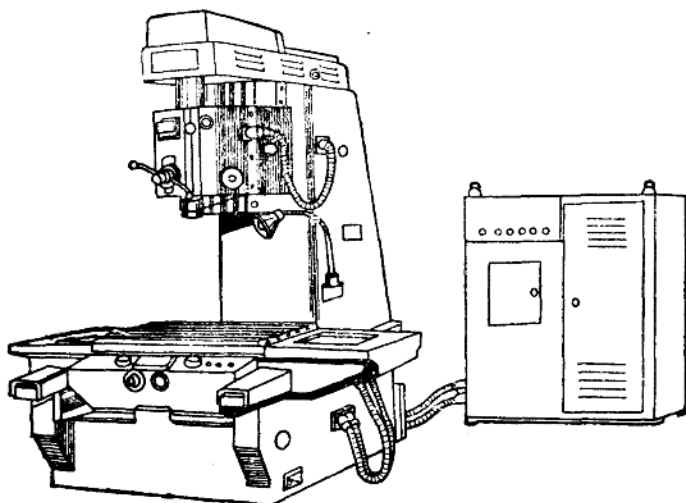


图22-1-6 TK4163 B坐标镗床

机床在三个坐标方向上的进给速度均可无级调速。数控定位时,工作台或拖板在向定位点趋近过程中自动三次降速,并以单向为定位基准,使定位时稳定可靠。如所定位置不是原选定坐标时,机床电子控制系统能检测到并使机床再次定位。

(1) 机床主要技术规格

工作台面尺寸	630×1100mm
坐标移动量	600×1000mm
光屏直接每格读数	0.001mm
坐标定位精度	0.004mm
数控重复定位精度	0.002mm
数控坐标定位精度	0.01mm
最大镗孔直径	250mm
最大钻孔直径	40mm
最大铣刀直径	125mm
工作台允许荷重	600kg
主轴端至工作台面最大, 最小距离	800mm, 250mm
主轴中心线至定柱距离	700mm
工作台及数控快速移动	1200mm/min
铣削进给速度(纵横向 无级调速)	25~400mm/min
主轴转速范围(无级调 速)	32~2000 r/min
主轴进给量范围(无级 调速)	53~530mm/min

外, 机床还有一个 10 r/min 的低速, 以供铰孔、刮端面用。

进给传动中主轴的进给由 0.37 kW , 3000 r/min 的直流电动机拖动, 经二级蜗轮副降速, 通过晶闸管调速, 使主轴进给在 $5.3 \sim 530 \text{ mm/min}$ 内无级调速。

主轴箱进给, 通过功率为 0.25 kW , 转速为 2800 r/min 的电机带动蜗轮副, 传至齿轮齿条, 带动主轴箱升降, 其速度为 490 mm/min (图 22-1-7)。

纵、横向进给运动用直流电机拖动, 经两级蜗轮减速传至齿轮, 推动齿条带动拖板、工作台移动。快速移动速度为 1200 mm/min 。经可控硅变速还可在 $25 \sim 400 \text{ mm/min}$ 范围内实现无级调速, 作为铣削时进给速度。数控定位采用三级降速、单向定位。正反向快速移动时用 $v_1 = 1200 \text{ mm/min}$, 单向移动时用 $v_2 = 200 \text{ mm/min}$ 。

数控精定位时, 用专用直流小电机驱动, 用可控硅分级降速, 获得 $v_3 = 20 \text{ mm/min}$ 和 $v_4 = 5 \text{ mm/min}$ 的趋近速度。在趋近定位点时, 分级降速, 自动从 v_3 转到 v_4 , 使定位时平稳。快速驱动用大电机 1 传动, 数控精定位用的小电机 2 传动, 两者通过无滑环无摩擦的电磁离合器 3 衔接。

2) 机床主要部件结构

① 图 22-1-8 所示是 TK4163B 型坐标镗床的主轴结构。主轴系统的前后轴承都采用了高精度的向心推力圆锥滚子轴承, 前轴承 5 采用双列的圆锥滚子结构和前后轴承反装的结构形式, (即锥体大端安装在主轴两端), 增强了主轴的刚度。轴承装配中作了适当的预紧, 进一步加强主轴的动刚度。主轴、主轴套及轴向垫圈同轴承的结合面都经

过精细的磨削, 前轴承 5 的隔套 C 的两面经精密研磨。隔套的长度应保证在螺母 4 拧紧后, A、B、C 轴向接合产生足够的预紧力。后轴承 3 利用弹簧 2 压紧, 弹簧的压紧力大小, 由螺母 1 调整。这种结构在主轴受热膨胀伸长时, 由于弹簧 2 的调节, 不会引起主轴的弯曲变形, 或引起后轴承预紧力的变化。

② 图 22-1-9 所示是 TK 4163B 型坐标镗床的工作台拖板部件, 工作台、拖板都采用滚柱导轨, 故在进给运动时, 动作十分灵敏。在工作台、拖板中间设置侧向导轨, 用斜楔铁对水平面运动导向。

工作台在纵向 (或拖板在横向) 定位时夹紧机构如图 22-1-9A-A 剖面所示, 夹紧力采用摆动液压缸驱动, 夹紧动作时, 打开电磁阀, 压力油进入油缸推动叶片 11, 带动偏心轴 9 转动一定角度, 此时轴 9 上偏心轴颈使杆 10 向上移动, 推动螺钉 5, 使夹紧杆 4 摆动, 从而夹紧钢带 3, 因其另一侧固定在工作台上或拖板上, 故锁住了工作台或拖板的移动。应用这种夹紧方法夹紧时, 限制了工作台纵向运动方向的自由度。因夹紧力垂直向下, 而且并不直接作用在工作台或拖板上, 在机床纵、横方向并不受力, 所以夹紧后不会影响工作台或拖板的定位精度, 而且夹紧力也不会引起工作台、拖板的变形。

(3) 机床的坐标测量系统 考虑到用数控及手控的两种定位方法, 采用两套不同的坐标测量系统。数控工作时, 应用光栅及其测量装置定位; 手动操作应用光屏—金属线纹尺的测量装置定位。

1) 光栅测量装置 光栅尺安装在机床上, 光栅读数头安装在移动的部件上。图 22-1-10 为光栅及光栅读数头装置, 光栅尺 1 安装在尺座 9 中, 尺

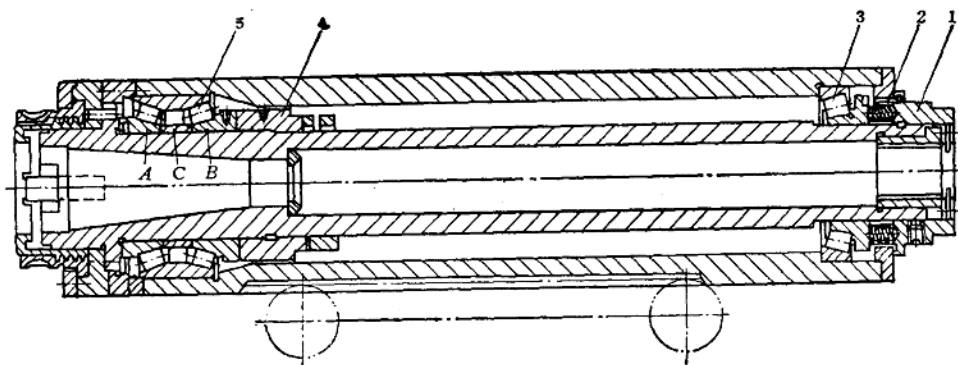


图 22-1-8 TK4163B 坐标镗床主轴结构

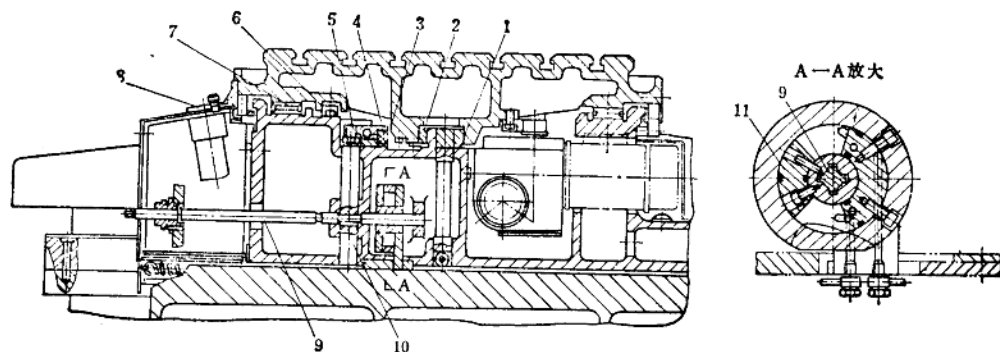


图22-1-9 工作台及拖板部件

1—侧向导轨 2—斜楔铁 3—夹紧钢带 4—夹紧杆 5—螺钉 6—线纹尺
7—滚柱导轨 8—光屏罩 9—偏心轴 10—杆 11—叶片

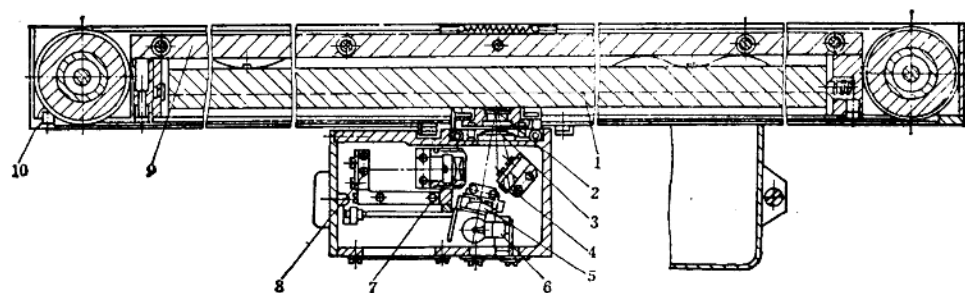


图22-1-10 反射光栅尺及光栅读数头结构

座外加保护罩 10, 光栅读数头由光源 6、透镜 5、折射镜 4、前物镜 3、后物镜 7、指标光栅 2、光电元件 8 构成。

指示光栅同反射光栅靠得很近, 两光栅面相互平行, 线纹间倾斜角为 θ 。当光源 6 发出光束经透镜 5, 3 通过指示光栅 2, 照射到光栅 1 上, 其反射光经指示光栅后, 由于光的衍射效应, 在与光栅近似的垂直方向上呈现出明暗相间的条纹, 即莫尔条纹。光栅刻线宽为 a , 刻线距 b , 栅距为 τ , 莫尔条纹宽 ω (见图 22-1-11)。指示光栅相对光栅尺移动一个栅距时, 莫尔条纹也移动一个距离 ω 。莫尔条纹移动时, 经折射镜 4 和物镜 7 聚焦, 使光电元件 8 接受到光强的一次变化。通过光电元件, 将光强的变化转换成电信号。光强的连续变化产生的电信号经电路的放大、整形、计算便可连续输出脉冲。在数码显示装置中, 以数字的形式显示出工作台的位移量。

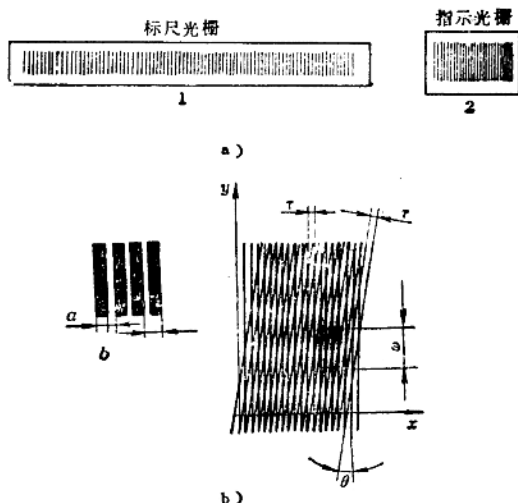


图22-1-11 光栅尺及莫尔条纹的示意图

a) 光栅尺 b) 莫尔条纹示意图

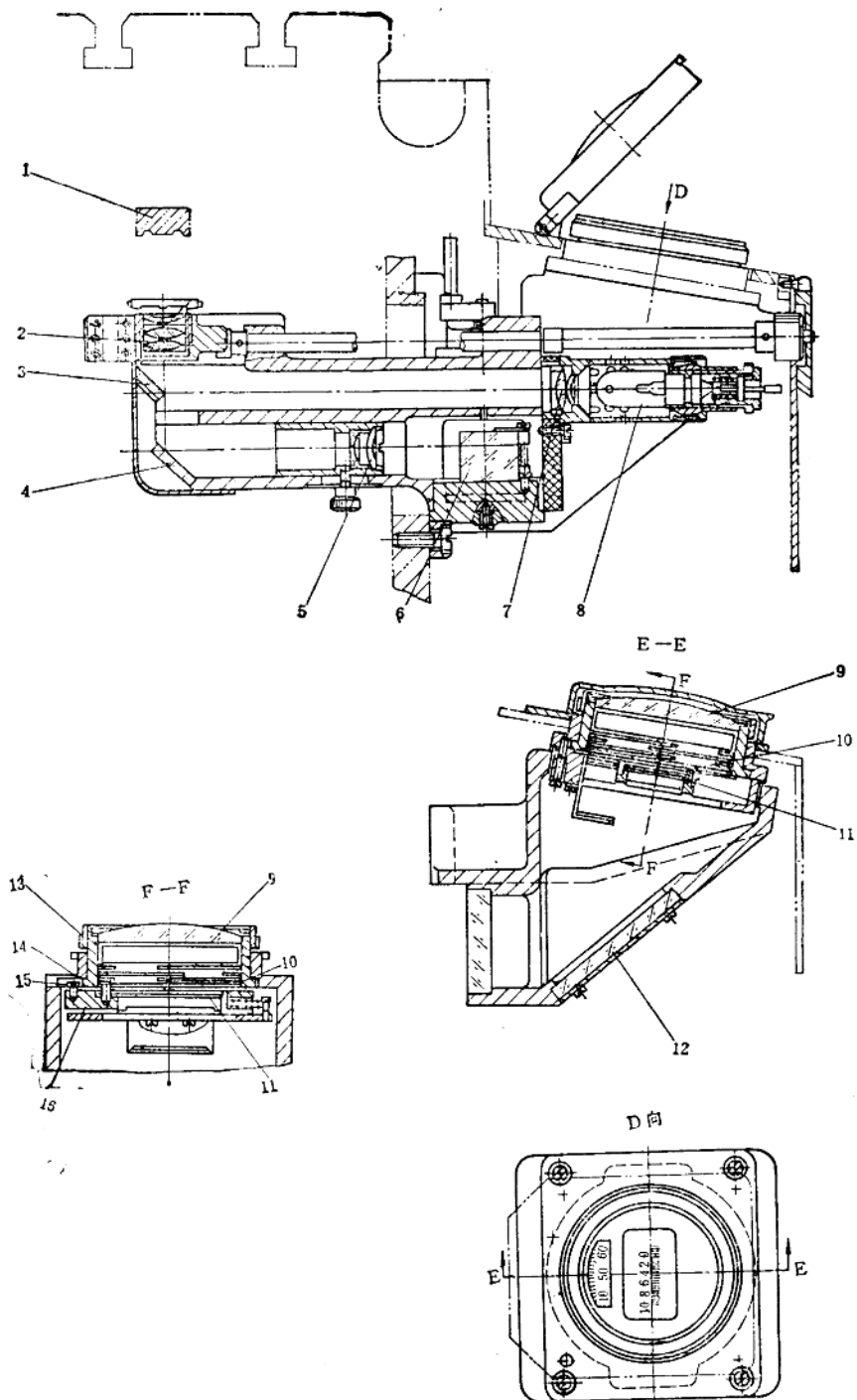


图22-1-12 TK4163B型坐标镗床光学测量装置结构图

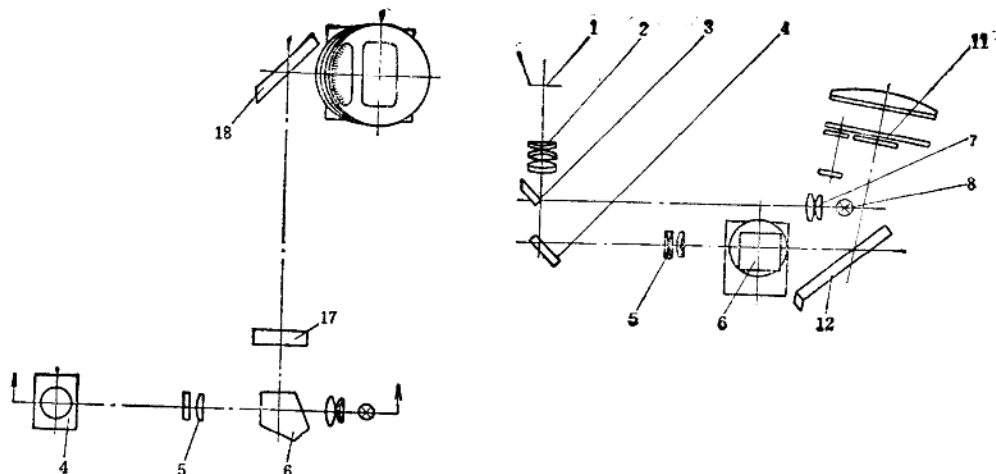


图22-1-13 TK4163B型坐标镗床光学原理图

本机床用数字程序控制时, 机床数控系统对工作台的伺服电机发出的控制位移量信号, 同从光栅读数头得到的实际位移量信号能进行自动检测和比较, 比较后的差值信号反馈到工作台的伺服电机上, 使其作补充位移, 重新定位, 直至差值为零时工作台才停止移动, 实现数字程序控制。

2) 光屏读数装置, 在手控操作时, 机床以光学定位系统进行定位。光学定位系统由精密线纹尺、光学系统、光屏读数装置等构成。光学测量装置及其原理见图 22-1-12 和图 22-1-13。图 22-1-12 是该装置的部分结构图。从图中可见精密线纹尺 1 固定在工作台下侧, 与工作台一起作纵向移动。该尺的刻线间距为 1 mm。光源及测量的光学装置安装在拖板中, 不得作纵向移动。工作台移动时其坐标位置的变化通过光源 8 发出光束, 经聚光镜 7 聚光, 然后经过反射镜 3 及前物镜组 2, 照射到标准金属刻线尺 1 的表面上, 金属尺刻线的像, 经反射镜 4, 后物镜组 5, 五棱镜 6, 修正平镜 17, 反射镜 18 及 12, 投射到分划板 11 上, 分划板上刻有 11 组双线 (图 22-1-13), 每两组双线之间的实际距离为 3 mm。由于物镜组放大倍率为 30 倍, 故线纹尺上刻线距宽 1 mm 的两条线纹的象在分划板上为 30 mm, 在光屏 9 中可以看到线纹的象。如在分划板 11 上从 0 移动到 1, 则工作台

纵向位移量为 0.1 mm。

图 22-1-12 F-F 视图中刻度盘 10 和阿基米德螺旋线凸轮 14 连在一起, 转动滚花手轮 13 时, 刻度盘 10 带动凸轮 14 一起转动。凸轮 14 推动滚子 15, 使分划板框架 16 和分划板 11 移动。在刻度盘 10 的圆周上刻有 10 格刻线, 刻度盘每转过一格, 凸轮推动分划屏板移动 0.03 mm, 在加工对线时相当于工作台纵向坐标位移了 0.001 mm。

因此, 本机床利用光屏对线定位, 定位距离可达 0.001 mm 数值。

(五) T 4163 坐标镗床传动系统

机床外观见图 22-1-14。

机床传动系统见图 22-1-15。主轴的传动, 由可调速的直流电动机 M_1 , 通过 V 带传动及三级变速齿轮来实现。第一级速度的传动, 经主、被动 V

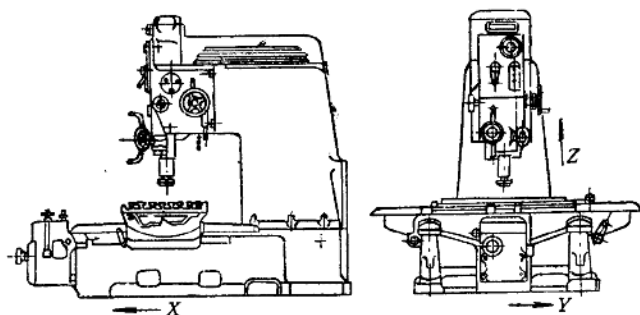


图22-1-14 机床外观图

