

第十九章 Y7520W 螺纹磨床的修理

一、机床传动系统

(一) 机床传动系统及传动零件主要技术参数表

Y7520W 螺纹磨床适用于磨削圆柱形、锥形螺纹的塞规和环规，精密丝杠和蜗杆，丝锥、小模数滚刀和螺纹铣刀的铲磨，磨滚压多线砂轮的滚轮、圆螺纹梳刀等。

图 19-1-1 是机床的传动系统图，也可简化为运动链形式，如图 19-1-2 所示。

(1) 工件主轴和工作台传动 由直流电动机经过皮带轮，将旋转运动传给蜗杆轴，经蜗杆轴上的蜗杆 01 (头数 $T=2$ ，模数 $m=3$ ，左旋) 和蜗轮 03 (齿数 $Z=36$ ， $m=3$)，将旋转运动带动工件主轴旋转。

工件主轴的工作转速可作无级调整，调整范围为 0.3~45 转/分，为了减少工作台空行程时间，工件主轴可作每分钟 90 转的快速回转。

主轴的旋转运动由离合器控制，分别由塔形齿轮上的小齿轮 03 ($Z=60$ ， $m=2$) 和齿轮 04 ($Z=60$ ， $m=2$) 啮合，以及在磨削大螺距或为了使工作台取得快速返行程时，由大齿轮 05 ($Z=96$ ， $m=2$) 和齿轮 06 ($Z=24$ ， $m=2$) 啮合。上述运动一方面经螺距调整交换齿轮，传给丝杠，另一方面经差动机构交换齿轮传给蜗杆。

螺母 28 有内外螺纹，内螺纹与丝杠配合，外螺纹与螺母座的内螺纹配合。螺母 28 上部的支脚顶在校正尺上，螺母座的两端面装在滑座的支脚内，螺母座还能沿着工作台底面上的小导轨移动。滑座装在床身内的小导轨上，它一面被弹簧拉着，另一面则靠在支杆上，并用螺钉支住。当转动手把时，工作台可作微量移动进行对刀。手把固定后，滑座和螺母座都不能移动，因此当丝杠旋转时，工作台连同丝杠沿着床身导轨作纵向移动。

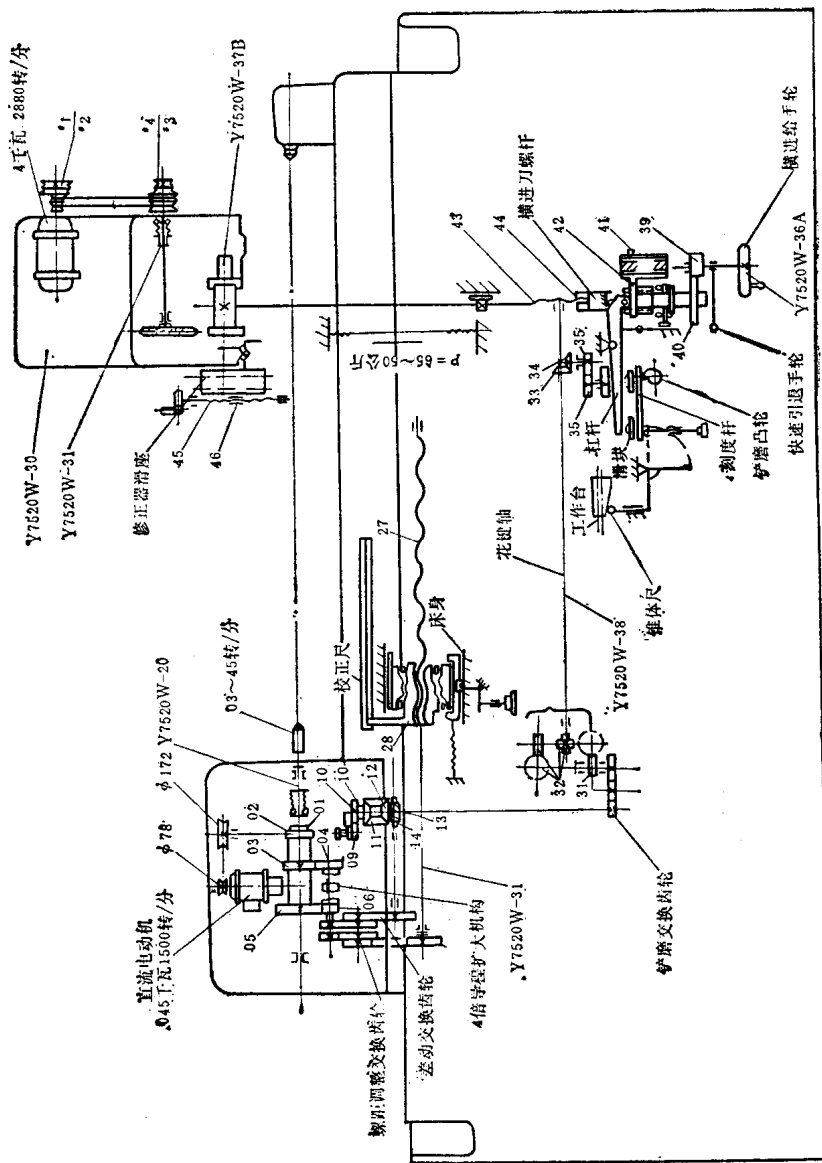


图 19-1-1 机床传动系统图

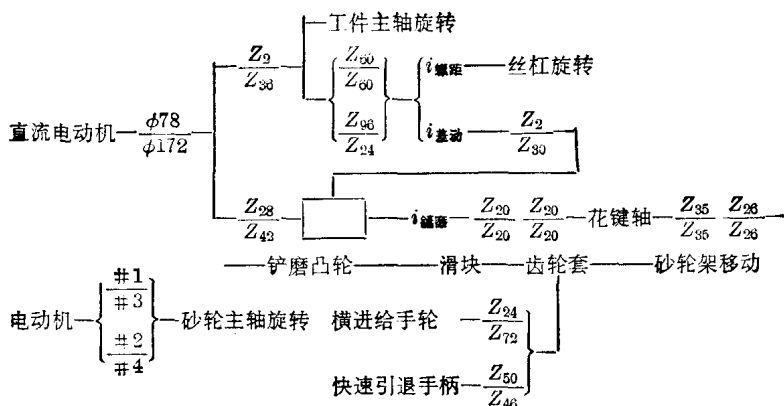


图 19-1-2 机床运动链形式

校正尺装在工作台底面上。如果校正尺调整到与丝杠平行,则当工作台移动时,螺母 28 不转动。如果校正尺调到与丝杠倾斜,当工作台移动时螺母便作微量转动。由于螺母的内外螺纹的螺距与方向不同(螺母 28 的内螺纹为 1 吋 6 牙、左旋的,而外螺纹的螺距为 4 毫米、右旋的),便使丝杠与工作台增加辅助的纵向移动,用以补偿磨削工件的螺距累积误差。

螺距调整交换挂轮的计算: 工件主轴转一转,工作台移动一个螺距,由图 19-1-2 得知:

$$1 \times \frac{Z_{60}}{Z_{60}} \times i_{\text{螺距}} \times \frac{25.4}{6} = \text{螺距}$$

$$\therefore i_{\text{螺距}} = \frac{6 \times \text{螺距}}{25.4} = \frac{I \times III}{II \times IV}$$

若用螺距扩大机构: 即

$$1 \times \frac{Z_{90}}{Z_{24}} \times i_{\text{螺距}} \times \frac{25.4}{6} = \text{螺距}$$

$$\therefore i_{\text{螺距}} = \frac{6 \times \text{螺距}}{25.4 \times 4} = \frac{I \times III}{II \times IV}$$

同理: 在磨削英制螺纹时:

$$i_{\text{螺距}} = \frac{6}{1'' \text{牙数}} = \frac{I \times III}{II \times IV}$$

在磨削模数螺纹时:

$$i_{\text{螺旋}} = \frac{6\pi \times m}{25.4} = \frac{I \times III}{II \times IV}$$

或

$$i_{\text{螺旋}} = \frac{6\pi \times m}{25.4 \times 4} = \frac{I \times III}{II \times IV}$$

(2) 铲磨机构和切入磨削机构的传动 由直流电动机经蜗杆轴上齿轮 09 ($Z=28$, $m=15$) 同时带动齿轮 10 ($Z=42$, $m=1.5$) 和锥齿轮 10 ($Z=32$, $m=1.5$) 旋转。齿轮与锥齿轮是一个零件, 空套在十字轴上, 当铲磨直槽工件及切入磨削时, 差动挂轮架内不装交换齿轮。锥齿轮旋转时, 使空套在十字轴上的两个锥齿轮 11 ($Z=32$, $m=1.5$) 在另一锥齿轮 12 ($Z=32$, $m=1.5$) 上滚动, 使十字轴旋转, 然后经过铲磨交换齿轮和两对螺旋齿轮 31、32 ($Z=20$, $m=2$) 转动花键轴, 经锥齿轮副 33、34 ($Z=35$, $m=2$)、齿轮副 35 ($Z=26$, $m=2$) 使铲磨凸轮或切入磨凸轮旋转, 由于凸轮的旋转使刻度杆产生摇摆运动, 经杠杆使齿轮套作前后移动, 然后再经过横进给机构的螺母, 横进给丝杠及托架将直线往复铲磨运动传动砂轮架, 使其完成铲磨或切入工作。

铲磨挂轮(铲磨槽数交换齿轮)计算: 当铲磨工件为 Z 槽时, 工件主轴转一转, 铲磨凸轮转 Z 转, 由图 19-1-2 得知:

$$1 \times \frac{Z_{36}}{Z_2} \times \frac{Z_{28}}{Z_{42}} \times \frac{1}{2} \times i_{\text{螺旋}} \times \frac{Z_{20}}{Z_{20}} \times \frac{Z_{20}}{Z_{20}} \times \frac{Z_{35}}{Z_{35}} \times \frac{Z_{26}}{Z_{26}} = Z$$

$$\therefore i_{\text{螺旋}} = \frac{Z}{6} = \frac{I}{III}$$

当铲磨带螺旋形槽的工件时, 除上述铲磨运动之外, 经差动挂轮内的交换齿轮, 经蜗杆 13 传给锥齿轮 12, 使十字轴获得辅助旋转。这个辅助旋转运动, 使铲磨凸轮的转数(对工件每转而言)增加或减少。

差动挂轮计算: 工件主轴转一转, 铲磨凸轮转 Z 转, 这时丝杠转 $t_{\text{丝}}/t$ 再通过差动机构凸轮又转 $Z \frac{t_{\text{丝}}}{s}$ 转, 由图 19-1-2 得知:

$$\frac{t_{\text{轴}}}{t} \times \frac{1}{i_{\text{螺距}}} \times i_{\text{差动}} \frac{Z_2}{Z_{30}} \times \alpha_{\text{差动}} \times i_{\text{链磨}} \times \frac{Z_{20}}{Z_{20}} \times \frac{Z_{20}}{Z_{20}} \times \frac{Z_{35}}{Z_{35}} \times \frac{Z_{26}}{Z_{26}} \\ = Z \times \frac{t_{\text{轴}}}{s}$$

式中 t ——丝杠螺距(1/6");

$$i_{\text{螺距}} = \frac{6 \times \text{螺距}}{25.4};$$

$$\alpha_{\text{差动}} = \frac{1}{2};$$

$$i_{\text{链磨}} = \frac{Z}{6};$$

$t_{\text{轴}}$ ——工件轴向齿距(毫米);

s ——工件螺旋槽导程(毫米);

代入上式得:
$$\frac{i_{\text{差动}}}{180} = \frac{t_{\text{轴}}}{s}$$

即
$$i_{\text{差动}} = \frac{180}{i}$$

式中 $i = \frac{s}{t_{\text{轴}}}$ 。

(3) 锥螺纹磨削机构的传动 锥体尺固定在工作台的槽内, 当工作台移动时, 锥体尺压下顶杆, 经杠杆使刻度杆产生摇摆运动, 再经过杠杆使端部圆头作前后移动, 以后动作与铲磨机构传动相似, 使砂轮架产生与工作台移动相适应的横向直线运动。

(4) 砂轮主轴的传动 砂轮主轴是由交流电动机, 通过皮带轮使砂轮主轴转动, 借调换皮带轮, 使砂轮主轴有四种不同的转速。

(5) 砂轮架横进给 当转动横进给手轮, 经过齿轮 39 ($Z=24$, $m=2$) 和齿轮 40 ($Z=72$, $m=2$) 使螺母旋转, 从而使横进刀丝杠作前后直线运动, 通过托架使砂轮架进给或退出。

将砂轮架快速进退手柄向上扳动时, 齿轮 41 ($Z=50$, $m=2$) 和齿轮 42 ($Z=46$, $m=2$) 使套筒旋转, 由于齿轮套筒端面凸轮的作用, 通过螺母和横进给丝杠使砂轮架快速进给。当快速手柄向下扳动时, 砂轮架受拉力弹簧作用, 而快速退回。

传动零件主要技术参数列于表 19-1-1。

表 19-1-1 传动零件主要技术参数

部 件	传动 图上 编号	制造厂零件编号	名 称	齿数 或 线数	模数或 螺 距 (毫米)	螺 旋 角 及 旋 向	压 力 角	修 正 量 (毫米)	精 度	材 料	热处理 及 硬 度
头 架	01	Y7520W-20-369	蜗 杆	2	3	9°27'44" 左	20°		II	40Cr	HRC50
	02	Y7520W-20-201a	蜗 轮	36	3		20°		II	锡 青 铜 6-6-3	
	03	Y7520W-20-327a	齿 轮	60	2		20°		I	40Cr	HRC50
	04	Y7520W-20-392	齿 轮	60	2		20°		I	40Cr	HRC50
	05	Y7520W-20-328a	齿 轮	96	2		20°		I	40Cr	HRC50
	06	Y7520W-20-382	齿 轮	24	2		20°		I	20Cr	HRC59
	07	Y7520W-20-366	齿 轮	22	1.5		20°		II	45	HRC50
	08	Y7520W-20-362a	齿 轮	53	1.5		20°		II	40Cr	HRC50
	09	Y7520W-20-364	齿 轮	30	1.5		20°		II	40Cr	HRC50
	10	Y7520W-20-361	齿 轮	45	1.5		20°		II	40Cr	HRC50
	11	Y7520W-20-360	锥齿轮	32	1.5		20°		II	45	HRC28
	12	Y7520W-20-358	锥齿轮	32	1.5		20°		II	45	HRC28
	13	Y7520W-20-379	锥齿轮	32	1.5		20°		II	45	HRC47
	14	Y7520W-20-111	蜗 杆	2	2	4°58'10" 左	20°		II	HT20-40	
	15	Y7520W-20-331	蜗 轮	30	2	4°58'10" 左	20°		III	45	HRC28
	16	Y7520W-20-321	蜗 杆	2	1	8° 7'48" 左	20°		III	45	HRC28
	18	Y7520W-20-393	齿 轮	32	1	8° 7'48" 左	20°		III	45	HRC28
	19	Y7520W-20-375	齿 轮	14	1.25	45° 左	20°		III	45	HRC28
			齿 轮	14	1.25	45° 左	20°		III	45	HRC28

(续)

部 件	传动 图上 编号	制造厂零件编号	名 称	齿数 或 线数	模数或 螺距 (毫米)	螺旋角 及旋向	压 力 角	修正量 (毫米)	精 度	材 料	热处理 及 硬 度
头 架	20	Y7520W-20-380	齿 轮	28	1		20°		III	45	HRC28
	21	Y7520W-20-338	齿 条		1		20°		III	45	HRC28
	22	Y7520W-20-337	齿 轮	40	1.5		20°		III	45	HRC28
尾 架	23	Y7520W-21B-310	齿 轮	10	1.5		20°		III	45	HRC47
	24	Y7520W-21B-351a	齿 条		1.5		20°		III	20Cr	HRC59
	25	Y7520W-21B-310	齿 轮	10	1.5		20°		III	45	HRC47
	26	Y7520W-22A-300	齿 条		1.5		20°		III	20Cr	HRC59
工作 台	27	Y7520W-23-300	丝 杆	1	1/6"	1°50'19" 左				9Mn2V 45 锡 青 铜 10-0.5	HRC56
	28	Y7520W-23-301	螺 母	1	1/6"	1°50'19" 左					
砂 轮 架	29	Y7520W-30-308	蜗 杆	1	3	3°21'59" 右	20°		III	45	HRC28
	30	Y7520W-30-101	齿 轮	196	3	3°21'59" 右	20°		III	HT20-40	
铲 磨 机 构	31	Y7520W-38-315	齿 轮	20	2	45° 右	20°		II	40Cr	HRC50
	32	Y7520W-38-302	齿 轮	20	2	45° 右	20°		II	40Cr	HRC50
	33	Y7520W-38-307	锥 齿 轮	35	2		20°		II	45	HRC28
	34	Y7520W-38-327	锥 齿 轮	35	2		20°		II	45	HRC28
	35	Y7520W-38-329	齿 轮	26	2		20°		II	40Cr	HRC25

(续)

部 件	传动 图上 编号	制造厂零件编号	名 称	齿 数 或 线 数	模数或 螺距 (毫米)	螺 旋 角 及 旋 向	压 力 角	修 正 量 (毫米)	精 度	材 料	热处理 及 硬 度
横 进 给 机 构	36	Y7520W-36-355	齿 轮	26	2		20°		II	45	HRC28
	39	Y7520W-36-337	齿 轮	24	2		20°		II	45	HRC28
	40	Y7520W-36-110	齿 轮	72	2		20°		II	HT20-40	
	41	Y7520W-36-107a	齿 轮	50	2		20°		III	HT20-40	
	42	Y7520W-36-329a	齿 轮	46	2		20°		II	20Cr	
	43	Y7520W-36-332a	丝 杆	1	3	左				45 锡青铜 6-6-3	HRC28
	44	Y7520W-36-200	螺 母	1	3						
万 能 修 整 器	45	Y7520W-50-367	丝 杆	1	1	1°59'21" 右				45	HRC28
	46	Y7520W-50-108	螺 母	1	1	1°59'21" 右				HT21-40	
砂 轮 修 整 头	47	Y7520W-51-302	齿 轮	14	1		20°		II	45	HRC28
	48	Y7520W-51-338	齿 轮	42	1		20°		II	45	HRC28
内 螺 纹 砂 轮 修 整 器	49	Y7520W-57-311	齿 轮	10	1		20°		II	45	
	50	Y7520W-57-310	齿 轮	45	1		20°		II	45	
	51	Y7520W-57-315	丝 杆	1	1.25	2°2' 右				45	HRC28
	52	Y7520W-57-102	螺 母	1	1.25	2°2' 右				HT20-40	

制造厂名: 汉江机床厂

(二) 机床滚动轴承配置

1) 图 19-1-3 为机床滚动轴承配置图。

2) 滚动轴承一览表见表 19-1-2。

表 19-1-2 滚动轴承一览表

安 装 部 位	轴 承 名 称	型 号 (精度等级)	规 格	数 量	备 注
头 架	单列向心球轴承	25	5×16×5	1	胶木保持器
头 架	单列向心球轴承	201	12×32×10	2	
头 架	单列向心球轴承	204	20×47×14	1	
头 架	单列向心球轴承	205	25×52×15	3	
头 架	单列向心球轴承	205	25×52×15	2	
头 架	单向推力球轴承	8112	60×85×17	1	
内 圆 磨 架	单列向心球轴承	108	40×68×15	2	
内 圆 磨 具	单列向心推力球轴承	C436205E	25×52×15	4	
砂 轮 架	双向推力球轴承	38205	20×47×18	1	
砂 轮 轴	单列向心推力球轴承	46208	40×80×18	1	
横进给机构	单列向心球轴承	201	12×32×10	1	
横进给机构	单列向心球轴承	204	20×47×14	1	
横进给机构	单列向心球轴承	205	25×52×15	2	
横进给机构	单列向心球轴承	206	30×62×16	2	
横进给机构	单列向心球轴承	7000108	40×68×9	2	
铲 磨 机 构	单列向心球轴承	203	17×40×12	1	
铲 磨 机 构	单列向心球轴承	204	20×47×14	5	
磨顶尖装置	单列向心球轴承	203	17×40×12	3	

二、机床几何精度和传动精度分析

Y7520W 万能螺纹磨床用来磨削普通螺纹、蜗杆、锥形螺纹、环形螺纹和铲磨等工件。其螺纹精度主要是考核：螺纹中径、螺距和螺纹齿形的误差。在磨削过程中，影响上述加工精度的因素很多，主要的有以下几方面：

- 1) 在磨削过程中，机床——砂轮——工件系统振动和变形等；
- 2) 砂轮修整后的几何形状误差；
- 3) 机床的几何精度；
- 4) 机床的传动精度(包括工件在机床上的定位安装精度)。

这里，只研究机床几何精度和传动精度。

(一) 机床几何精度对加工精度的影响

机床几何精度(包括机床安装精度和各部件之间的相关位置精度)都是为了保证机床运动的平稳性和加工精度，但最终是反映在砂轮和工件的相关位置上。

(1) 砂轮中心不正确对螺纹齿形的影响 砂轮的理想位置应该使其轴线的水平截面通过工件轴心，并使砂轮圆锥面的两侧面与工件螺纹面相对称。为了说明砂轮中心不正确对螺纹齿形的影响，通过砂轮中心作 X 、 Y 、 Z 座标轴，如图 19-2-1 所示，砂轮沿 Z 轴平移和绕 Y 、 Z 轴扭转，都会使螺纹

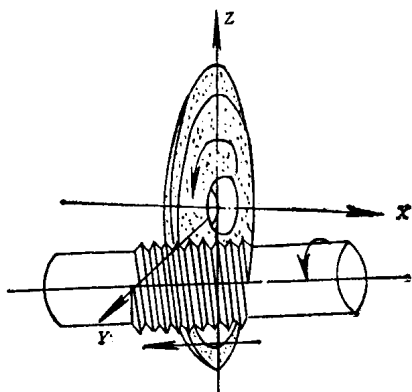


图 19-2-1 砂轮中心不正确对螺纹齿形的影响

齿形产生误差，因此对机床几何精度必须有相应的要求(表 19-2-1)。

表 19-2-1 砂轮中心不正确对螺纹齿形的影响

代 号	误 差 因 素	影响螺纹精度项目	对机床几何精度的要求
Z	砂轮中心沿座标 Z 轴产生位移, 即砂轮中心高于或低于工件中心	影响螺纹齿形直线性和半角	砂轮轴中心线与头架中心线不等高度
Y	砂轮轴中心绕 Y 轴扭转时	影响螺纹底径尖度和齿形直线性	砂轮架螺旋角可以调整
Z	砂轮轴中心绕 Z 轴扭转时	影响螺纹齿形半角其值大小与砂轮扭转角相等, 但整个齿形全角不变	砂轮轴中心线在水平面对工作台移动的不平行度

(2) 头尾架中心线与床身导轨不平行度对螺距和螺纹齿形的影响 头尾架在水平平面内与床身导轨不平行度, 会使螺纹产生锥度(图 19-2-2), 在工件螺纹全长上产生的误差是渐增的, 其最大的螺

距累积误差可由下式算出:

$$\delta_s = \Delta y_{\text{最大}} \times \operatorname{tg} \alpha_{\text{工件}} (\text{微米})$$

式中 $\Delta y_{\text{最大}}$ ——为工件在加工长度中心线的最大倾斜量(微米);

$\alpha_{\text{工件}}$ ——工件螺纹的齿形半角(度)。

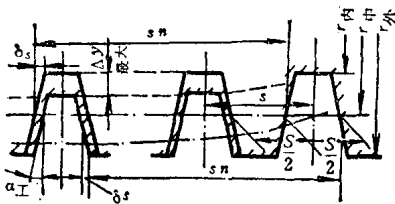


图 19-2-2 头尾架在水平平面内与床身导轨不平行度, 引起螺纹产生锥度

上述误差还会影响齿形半角造成一面半角增加, 一面半角减少, 齿形全角不变。

头尾架中心线在垂直平面内对床身导轨的不平行度会使螺纹齿形上各点沿全长有逐渐增大或减小的位移, 产生双曲线回转体, 引起螺距误差, 造成螺纹中径锥度, 如图 19-2-3 所示。

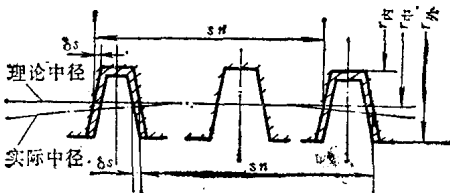


图 19-2-3 头尾架中心线在垂直平面内对床身导轨的不平行度, 引起螺纹中径产生锥度

(3) 床身纵向导轨的扭曲对螺纹螺距误差的影响 床身纵向导轨扭曲,当移动工作台时头架主轴中心发生变化,即工件中心相对砂轮中心的相关位置是变化的,偏向或偏离砂轮架。因此,在磨削螺纹过程中,有位移误差 Δy 的存在。图 19-2-4 表示工件中心由理想位置,即实线位置变为虚线所示的位置。其近似计算式为:

$$\Delta y = \Delta z \frac{L_2}{L_1}$$

$$\delta_s = \Delta z \frac{L_2}{L_1} \operatorname{tg} \alpha_{\text{工}} \neq$$

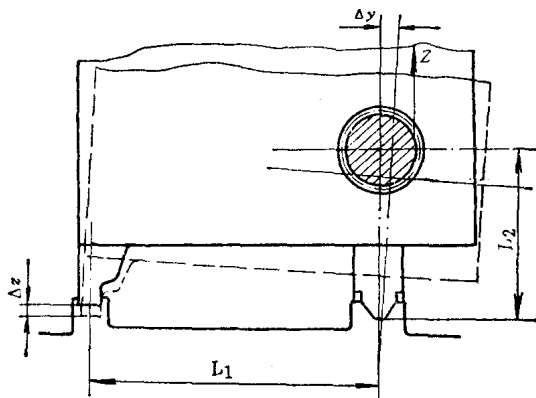


图 19-2-4 床身纵向导轨的扭曲对螺纹螺距误差的影响

除了上述机床各部件相关位置精度对螺纹加工精度有影响外,其旋转件本身精度也会给螺纹带来加工误差。特别是头架主轴的旋转精度对螺纹加工精度影响更大,如工件主轴的径向跳动及轴向窜动,工件中心与主轴中心不重合(造成工件旋转不均匀),都会引起螺距的周期误差。关于传动件的旋转精度对加工螺纹精度的影响,将在下节作分析。

(二) 机床传动精度分析及误差计算

Y7520 W 螺纹磨床具有精密的滚动导轨和螺距校正装置,可以磨削公制、英制和模数的螺纹。磨削螺纹最大长度为 400 毫米,最大直径为 150 毫米。

磨削时,螺旋面的形成是靠砂轮与工件间按照一定规律作相对运动来实现的。当工件主轴转一周,工作台应移动一个螺纹的导程,而且移动量应该是准确、均匀的。这种有规律的相对运动是由机床

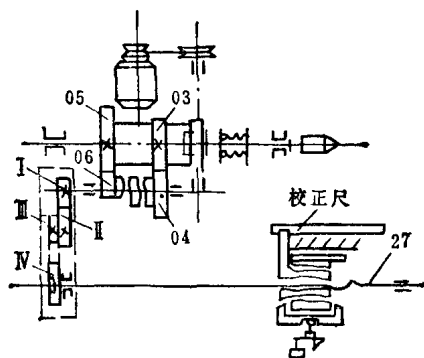


图 19-2-5 内联系传动链

上的传动链来保证的,由于组成传动链的各个环节有一定的误差,所以砂轮与工件间的瞬时相对位置就不会完全一致,这样就会反映在工件上产生一定的误差。传动精度就是指在传动链中,各环节精度对砂轮与工件间相对运动的均匀性和准确性的影响程度。

在 Y 7520 W 螺纹磨床的传动系统中与传动精度有关的部分如图 19-2-5 所示。

内联系传动计算公式为:

$$1_{\text{工件主轴}} \times \frac{Z_{03}}{Z_{04}} \left(\text{或} \frac{Z_{05}}{Z_{06}} \right) \times i_{\text{螺距}} \times t = s$$

式中 $i_{\text{螺距}}$ ——螺距交换挂轮为 $\frac{I \times III}{II \times IV}$;

t ——机床上丝杠螺距;

s ——工件(毛坯)螺距。

图 19-2-5 表示螺纹磨床内联系传动链,其中的传动件和支承件的制造误差和安装误差以及温差引起的热变形,都会造成被加工工件的螺距误差(包括每牙螺距误差、螺距的累积和周期误差)。

(1) 传动件和工件定位安装的误差计算:

1) 齿轮误差的计算: 在螺纹磨床中,考核固定圆柱齿轮和交换齿轮对其加工螺距精度的影响,主要是齿距累积误差 Δt_{Σ} 、安装时的径向跳动 $\delta_{\Sigma r}$ 、轴向窜动 $\delta_{\Sigma a}$,这三项误差反映到齿轮节圆切向的线性误差为:

$$\Delta S' = \Delta t_{\Sigma i} (\text{微米})$$

$$\Delta S'' = \delta_{Ei} (\text{微米})$$

$$\Delta S''' = \delta_{bi} \operatorname{tg} \beta_i (\text{微米})$$

由于最大径向跳动相当于偏心量的两倍，也相当于偏心引起的齿距累积误差，因此 $\Delta S''$ 没有考虑齿轮啮合角的影响。

式中 β_i ——齿轮的螺旋角(度)。

由上式可算出这些误差的综合影响，反映在齿轮节圆切向的合成线性误差为：

$$\begin{aligned} \delta S_{\Sigma i} &= \sqrt{(\Delta S')^2 + (\Delta S'')^2 + (\Delta S''')^2} \\ &= \sqrt{(\Delta t_{\Sigma i})^2 + (\delta_{Ei})^2 + (\delta_{bi})^2 \operatorname{tg}^2 \beta_i} \end{aligned}$$

对直齿圆柱齿轮而言：

$$\delta S_{\Sigma i} = \sqrt{(\Delta S')^2 + (\Delta S'')^2} = \sqrt{(\Delta t_{\Sigma i})^2 + (\delta_{Ei})^2}$$

2) 丝杠误差的计算：为了简化计算，不考虑丝杠与螺母的啮合情况，实际上丝杠与螺母的啮合是多个螺旋面的啮合，因而它可使丝杠的误差平均化，从而提高加工精度。计算时只考虑丝杠螺距的累积误差 $\Delta t_{\Sigma i}$ 、安装时的径向跳动 δ_{Ei} 和轴向窜动 δ_{bi} 。这三项误差反映到工件上的误差为：

$$\Delta S' = \Delta t_{\Sigma i} (\text{微米})$$

$$\Delta S'' = \delta_{Ei} \operatorname{tg} \alpha_{\Sigma} (\text{微米})$$

$$\Delta S''' = \delta_{bi} (\text{微米})$$

式中 α_{Σ} ——丝杠螺纹的齿形半角(度)。

由上式可算出这些误差的综合影响，反映在工件螺距上的合成线性误差为：

$$\begin{aligned} \delta S_{\Sigma i} &= \sqrt{(\Delta S')^2 + (\Delta S'')^2 + (\Delta S''')^2} \\ &= \sqrt{(\Delta t_{\Sigma i})^2 + (\delta_{Ei})^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_{\Sigma} + (\delta_{bi})^2} \end{aligned}$$

3) 工件运动的误差计算：可忽略不计工件中心孔与头、尾架顶尖由于配合不良所引起的误差。实践证明，作为工艺和测量基面的中心孔，它对螺纹中径的振摆和螺距的每牙误差，尤其是螺距的周期误差有着显著的影响。为了简化起见，对以上这些因外界因素所造成的影响可不加计算。这里只考虑机床固定误差，即工件主轴的径

向跳动 δ_{Et} 和轴向窜动 δ_{bt} 。这两项误差反映到工件的误差为:

$$\Delta S'' = \delta_{Et} \operatorname{tg} \alpha_{\text{工件}} (\text{微米})$$

$$\Delta S''' = \delta_{bt} (\text{微米})$$

由上式可算出这些误差的综合影响, 反映在工件螺距上的合成线性误差为:

$$\begin{aligned} \delta S_{\Sigma} &= \sqrt{(\Delta S'')^2 + (\Delta S''')^2} \\ &= \sqrt{(\delta_{Et})^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_{\text{工件}} + (\delta_{bt})^2} \end{aligned}$$

由于 δS_{Σ} 是以工件每一转为周期而变化, 因此它仅影响加工螺距的周期误差, 在计算加工螺距的相邻误差和累积误差时, 也可以不考虑。

4) 工件安装误差的计算: 主要是考虑工件的旋转轴线对工作台运动方向的不平行度而引起的误差。

$$\Delta S'' = \frac{\Delta y \operatorname{tg} \alpha_{\text{工件}}}{L} l (\text{微米})$$

式中 Δy ——在工件全长上相对于工作台运动方向的偏移量(微米);

L ——工件长度(毫米);

l ——工件螺纹部分的测量长度(毫米)。

5) 热变形引起的误差: 主要是考虑机床丝杠和工件的热胀冷缩, 由于机床丝杠和工件之间的温度差(一般是工件温度高于机床丝杠温度), 从而引起加工工件的螺距误差。

$$\Delta S''' = 1000l[\alpha(t_{\text{工件}} - t_{\text{标}}) - \alpha'(t_{\text{丝}} - t_{\text{标}})] (\text{微米})$$

式中 α 、 α' ——工件和丝杠材料的线膨胀系数;

$t_{\text{工件}}$ 、 $t_{\text{丝}}$ ——磨削时工件和丝杠的实际温度;

$t_{\text{标}}$ ——标准温度 20°C 。

在通常情况下, 工件和机床丝杠的材料线膨胀系数是相同的, 即

$$\alpha = \alpha' = 12 \times 10^{-6}$$

因此上式可改为:

$$\Delta S''' = 12 \times 10^{-6} \times l(t_{\text{工件}} - t_{\text{丝}}) (\text{微米})$$

(2) 传动精度计算 在传动系统中, 传动误差是根据一定传动比而依次传递的, 上述的切向合成线性误差, 若此传动件的半径为

r_i , 则角度误差应为:

$$\Delta\varphi_i = \frac{\delta S_{zi}}{r_i}$$

此角度误差与角位移一样, 可以根据传动比依次传递, 使工件产生不均匀旋转的角度误差。通过工件的螺旋角大小, 间接地影响工件螺距精度。若在传动链的某一环节 i 上, 产生的角度误差 $\Delta\varphi_i$, 则传到末端件的角误差应为:

$$\Delta\varphi_{\text{末}} = \Delta\varphi_i \times i_i$$

式中 i_i ——由环节 i 到末端件的传动比。

若折合成传给工件的线性误差, 则

$$\delta S_i = \Delta\varphi_i \times \frac{S}{2\pi} \times i_i$$

将 $\Delta\varphi_i$ 以 $\frac{\delta S_{zi}}{r_i}$ 代入, 并经过整理得:

$$\delta S_i = \delta S_{zi} i'_i \sin^2 \frac{\varphi_i}{2} \quad (\text{微米})$$

$$i'_i = \frac{S}{\pi D_i} \times i_i$$

式中 i'_i ——为线性传动比;

D_i ——某 i 传动环节的计算直径(毫米), 如齿轮的节圆。

在上式 δS_i 值中, 考虑了一个修正系数 $\sin^2 \frac{\varphi_i}{2}$, 这是因为工件在移动一定长度时; 传动件相应旋转一个角度 φ_i 。如果 $\varphi_i > \pi$ 时, 那末说明传动件的误差已全部反映到工件上, 可以用线性误差最大值代入计算, 即 $\sin^2 \frac{\varphi_i}{2} = 1$, 若 $\varphi_i \leq \pi$, 线性误差分布近似于正弦曲线, 故在误差计算中, 应乘一个小于 1 的修正系数。

使工件产生长度方向的误差, 如传动链中的丝杠误差对工件误差的影响, 它是直接反映在工件上的, 即 $i'_i = 1$, 上式变为:

$$\delta S_i = \delta S_{zi} \sin^2 \frac{\varphi_i}{2} \quad (\text{微米})$$

传动链中各环节所引起的工件螺距误差, 列于表 19-2-2, 表 19-2-3。