

一种新型经纬仪编码器联轴节的研制

张 有

一、概 述

编码器是经纬仪的精密测量元件。以独立状态工作的编码器，其自身可以做到较高的精度，一般可达到 $\sigma = 1 \sim 2''$ ；但实际的工作状态，是将编码器各不相同的部件与总机机体及转动的轴相联接，由经纬仪的横轴或竖轴传动，带动码盘，从而测出转角。编码器与总机的联接型式有刚性和柔性之分，所谓刚性联接（即为散装），是将码盘等运动及不动的部件，分别紧固在相应的轴上及壳上，通过不断的精密测量及修正加工，来达到较高的联接精度。而柔性联接，则是将整体编码器用联轴节与相应的轴相联接。不管怎样的联接，都会带来不可避免的随动误差，问题是如何使这项误差最小。可以看到，要提高编码器的测角精度，提高编码器自身的精度固然重要，但还必须要有高精度的联轴节与之相配合，组成精密的传递系统，从而使综合测角精度得以保证。因而慎重的设计出精密联轴节切不可忽视。

理想的联轴节应该既能适应平动，又能适应径向弯曲，而且从输入到输出的传动过程中，没有多余的支撑负载加到编码器上。对于传递两个轴线不重合的轴之间的运动，常见的机械结构为万向节联接（图1），它有公共的圆心线，但两轴间有一定的角度误差，大小为 $\Delta\varphi = \text{tg}^{-1}(\text{tg}\varphi_1/\cos\lambda)$ ，其轴的二次谐波曲线近似正弦（图2），对于 1° 的 λ 将带来 $16''$ 的转角

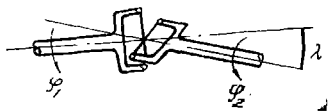


图 1

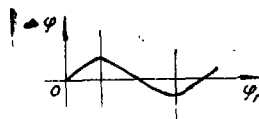


图 2

误差，即输出角交替超前或落后于输入角 $16''$ 。当采用双万向节时，可以减少上述的传动误差，如果两轴不平行，会产生如下误差：

$$\Delta\varphi = \frac{1}{2} \text{tg}\alpha_2 \Delta\alpha \sin 2\varphi_1$$

其中 $\Delta\alpha$ —输入输出轴之间交角；

α_2 —中间轴与输出轴之间的夹角。显然，这里的传动角误差 $\Delta\varphi$ 比单万向节情况小得多。

另一方面，联轴节只有在轴向、径向都是柔软的，而扭转刚度又相当高，才能达到精密传递的目的。所以应用联轴节来精密地传递扭转运动的最佳联接条件是，除上述要求外，两联接轴要尽可能同轴，且要尽可能平行。而实际上，由于加工、装配、材料应力、弹性等，都会带来影响，因而编码器的主轴装置与联轴节一道，还应能调节角度及平行度。

为此研制了一种新型经纬仪编码器的联轴节，其设计采用了弹性膜片与弹性轴组合的形式（图3），其原理与双万向节联轴节结构相同。

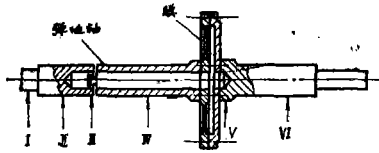


图 3

二、简单计算及精度实验装置

1. 简单计算：如图 3，其总的随动误差为各段轴的扭转变形代数数和，

$$\Sigma \Delta \varphi_n = \Sigma \frac{1nM_k}{GJ_{\rho n}},$$

其中： $n=1\sim 6$;

$$G = 8.1 \times 10^5 \text{ 公斤/厘米}^2,$$

$$l_{1-6} = \left\{ \begin{array}{l} 2.2 \\ 5.8 \\ 0.15 \\ 15.5 \\ 1 \\ 12 \end{array} \right\} \text{ [厘米];}$$

$$J_{\rho 1-6} = \left\{ \begin{array}{l} 8.1 \\ 62.5 \\ 6.16 \\ 49.2 \\ 43.8 \\ 53.1 \end{array} \right\} \text{ [厘米}^4\text{];}$$

$$\Delta \varphi_{1-6} = \left\{ \begin{array}{l} 0.066 \\ 0.025 \\ 0.013 \\ 0.04 \\ 0.006 \\ 0.055 \end{array} \right\} M_k \text{ [秒];}$$

所以总变形 $\Delta \varphi' = \Sigma \Delta \varphi_n \approx 0.3 M_k$ (秒)。

此外，弹性膜的扭转角变形：

$$\begin{aligned} \Delta \varphi'' &= \frac{l}{GJ_{\rho}} M_k \\ &= \frac{0.1}{8.1 \times 10^5 \times 0.1(13.4^4 - 4.8^4)} M_k \\ &\approx 7.8 \times 10^{-6} M_k \text{ (秒);} \end{aligned}$$

计算表明，联轴节的随动误差主要取决于轴系的结构因素 J_{ρ} , J_{ρ} 越大, $\Delta \varphi$ 越小, 此外还正比于 M_k , 而膜片的影响极小, 可忽略不计。

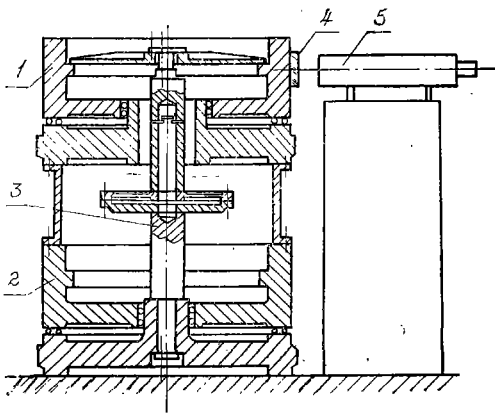


图 4

2. 实验装置

如图 4 所示, 采用现有经纬仪的垂直轴两台 (不装编码器部分), 之间用一支架支承, 稳定地放置在平台上, 垂直轴 1 的下部与垂直轴 2 的上部同时转动; 1 的上部通过联轴节与 2 的下部联成一体, 静止不动。反射镜 4 贴牢于 1 的上部; 稳定地置于平台上的自准平行光管 5 瞄准反射镜 4; 轴系转动一周, 观测从 4 返回的自准象在水平方向的偏角, 该角的大小, 即为联轴节的扭转角度误差——随动误差。

三、实验结果

用图 4 所示的实验装置, 对不同的弹性膜厚度 δ , 调整不同的偏心距 e , 从而可测得不同的阻力矩 M_K , 在这样的条件下, 以每秒 $25^\circ \sim 30^\circ$ 的角速度, 连续地正转及倒转, 记录装置 (TA80 自准测角仪 + LM-6 型笔记录仪) 即描绘出随动误差 $\Delta\varphi$ 对系统转动角 φ 的变化曲线, 取各种情况的最大值列表如下:

$\delta = 1.4$ 毫米

M_K (克-厘米)	e (毫米)	$\Delta\varphi$ (秒)
2700	0.15	$2'' \sim 3''$
	0.03	
	0.08	
3000~4500	同上	$3'' \sim 4''$
4500~5400	同上	$4'' \sim 5''$

$\delta = 0.64$ 毫米

M_K (克-厘米)	e (毫米)	$\Delta\varphi$ (秒)
<3500	0.08	$2.5'' \sim 3.5''$
	0.02	
3500~6000	同上	$4'' \sim 5''$

$\delta = 0.95$ 毫米

M_K (克-厘米)	e (毫米)	$\Delta\varphi$ (秒)
600~800	0.01	$< \pm 0.5''$
	0.04	
1400	同上	$\leq \pm 0.5''$

由上述数据, 显而易见, 联轴节的随动误差, 主要取决于阻力矩 M_K , 而造成阻力矩增大的主要因素是: 编码器轴系的总摩擦阻力; 联轴节装配所造成的输出输入轴的不同心度; 膜片的厚度; 弹性轴的结构形式; 仪器运转的速度及变化率等等。

实验结果表明, 膜厚 $\delta = 0.9 \sim 1.0$ 毫米, 调整偏心距不大于 0.05 毫米, 所带动的编

码器负载力矩不大于 1000 克-毫米的情况, 联轴节的随动误差不大于 ± 0.5 秒 (如图 5 所示),



图 5 联轴节随动误差测试曲线: $e = 0.01 \sim 0.04$ $\delta = 0.95$

这个精度是相当高的, 达到这个要求也并不很困难, 实测该编码器样机, 其轴系摩擦阻力矩不大于500克一厘米, 所以研制的联轴节能满足要求。

四、结 论

1. 实验结果与理论计算基本相符, 略高于计算值的原因, 是由于计算简化, 测量仪器有微小的漂移, 以及其他的或然因素。

2. 本弹性膜—弹性轴结构的联轴节, 原理上与双万向节联轴节相同, 故只有存在较大调整误差(偏心距 e)及膜片轴向刚度过大(即 δ 太厚)时, 才会导致阻力矩 M_x 显著增大, 从而使随动误差加大, 试验中对这一影响不敏感, 原因是联轴节较长。因而本结构适宜于传动距离较远的场所。

3. 结构上造成随动误差较大的因素是系统轴系的刚度, 及各结构元件之间的联接刚度, 因而该结构适用于轴系周围空间较大的场合, 以便能提高轴系的扭转刚度。

4. 尽量减小负载阻力矩 M_x 甚为重要, 这就要求编码器设计及系统安装调试要足够好。

综上所述, 该高精度联轴节, 原理正确, 通过实验、证明可以应用, 能够达到预期目的, 但它的应用也尚有一定的局限性, 即所传递的负载不能过大, 应限制在1000克一厘米以内; 要求传动的距离较长, 且传递轴的径向尺寸要足够大。

软X射线滤光片用超薄聚丙烯膜

金轸裕 王海云

一、前 言

随着宇宙软X射线探测技术的发展, 超薄聚合物材料越来越多地作为软X射线滤光片用, 也作为窗口材料, 应用于正比计数器等^{[1][2][3][4][5][6]}。如, 聚对二甲苯(Parylene-N)、聚脂(Mylar)、聚碳酸酯(Kimfoil)、聚乙烯醇缩甲醛(Formvar)、聚丙烯等。但人们一致认为: 聚丙烯是其中最好的软X射线窗口材料^{[8][5][6]}。

因为聚丙烯是非极性的结晶型高聚物, 它不含氧, 所以在所有聚合物中, 对不同波长X射线的质量吸收系数最小^[7], 因此, 用它研制而成的双向拉伸的薄膜材料, 不仅有良好的机械强度, 而且有对于超软X射线的良好的透过率。

超薄聚丙烯膜在国外也都是在实验室采用简陋的装置, 把非定向聚丙烯膜进行双向拉伸的^{[5][6][8]}。1978年末, 我们曾同吉林省塑料皮革研究所协作, 在实验室通过双向拉伸获得了超薄聚丙烯膜^[*]。当时采用十字形样片法, 把厚膜剪成十字形, 放置于两块电热板之间,

* 作者注: 原文见吉林省塑料皮革研究所、长春光机所于1978年12月写的“超薄聚丙烯薄膜研制技术总结”