

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”

温度调节至 $130^{\circ}\text{C}\sim 145^{\circ}\text{C}$ ，四个人从四个方向，把十字形样片拉薄，实现中心部分的双向拉伸，一般可以拉出直径为 $50\sim 100$ 毫米的超薄聚丙烯膜。这种方法具有装置简单、制得的薄膜面积较大、膜厚均匀等优点，但也存在温度梯度过大，四个人的拉力不均等缺点。

后来，我们采用套管拉伸方法，既方便了温度的控制，又可以一个人操作。下面详述这一方法及其所得薄膜的性能和应用情况。

二、薄膜的双向拉伸

1. 原始膜的选择

一定要选用非定向的聚丙烯膜作原始膜（厚度在 $25\sim 90$ 微米均可），并要求表面平整，透明，不得有脏点或突起点。我们用的是 31 微米厚的吹塑膜。

2. 拉伸方法

(1) 拉伸装置

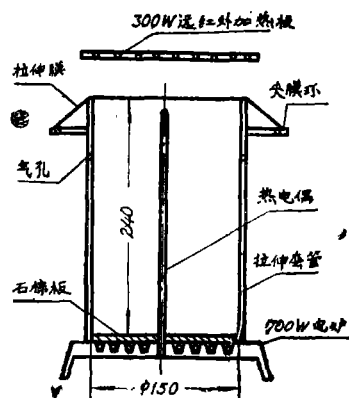


图1 拉伸装置

拉伸装置如图1所示，在功率为 700 瓦的电炉盘上安置内径 150 毫米、高 240 毫米，壁厚 5 毫米的用高岭土烧制的耐火材料套管（不宜用金属材料做管，因在拉伸温度下，能把膜粘附而破裂），在此套管中心插热电偶，使其端部接近套管顶端平面（这样可使所示温度接近薄膜的真实温度）。为使薄膜两面温度一致，在套管上部吊一功率为 300 瓦的远红外加热板。底部的电炉和上部的加热板均由温度控制装置控温。为使套管顶部温度均匀，在套管上部打一些气孔，以使管内气体对流，并在电热丝上放置石棉板。待温度控制到所需温度时，用铝制夹膜环夹好膜，放置于拉伸套管上预热。

(2) 工艺条件及几个关键问题

在 $115\sim 120^{\circ}\text{C}$ 下预热 25 秒，并在此温度下，以 $4\sim 7$ 秒时间拉伸，之后放置 $20\sim 30$ 秒，进行热定型。取膜时，将一个直径 120 毫米的铝环放置于均匀、超薄部分的膜之上，把另一个铝环合好之后，把其它剩余部分剪掉。拉伸好的膜放到烘箱中，加热到 120°C ，缓慢冷却到室温。将此经过热处理的膜，贮存在清洁的干燥器内待用。

在拉伸过程中，几个关键问题如下：

a) 关于拉伸温度和拉伸速度的选定：在双向拉伸中选定拉伸温度和拉伸速度是重要的技术课题^[9]。拉伸温度及时间因拉伸装置及原始膜的厚薄而异，应该根据实验的摸索而定。拉伸温度和拉伸速度与拉伸膜的厚薄有直接的关系^[8]。要获得 1 微米厚度的膜，拉伸温度要高，拉伸速度要快（预热，在 120°C 进行 25 秒；拉伸，在 120°C 进行 4 秒）；而要获得 0.5 微米以下的膜，拉伸温度要低，拉伸速度也要慢（预热，在 110°C 进行 25 秒；拉伸，在 115°C 进行 7 秒）。

b) 关于温度的控制和拉伸方式：作为结晶型高聚物的聚丙烯的拉伸特点是线拉伸，即在拉伸时沿着纵向，先开一条或几条“缝”，随后使这条“缝”从纵、横两向扩散。这一过程的实质是，经过拉伸，原来纵向排列的结晶有部分破坏然后沿着新的拉伸方向重新排列结晶。这就要求一定要把温度控制好，使拉伸部位均匀受温，以保证双向均匀拉伸。不然就要

使膜面厚薄不均,纵、横向抗撕强度也不均^[10]。

c) 关于拉伸起点和拉伸终点: 在预热过程中, 若发现膜面随着软化而发亮, 即*可以拉伸, 这就是拉伸起点的特征。拉伸终点的特征是膜面非常透明并产生干涉条纹^{[5][6][8][*]}。呈现出浅红与淡兰色干涉条纹的, 大都是厚度为1微米左右的膜; 而呈现出红紫色和深绿色干涉条纹的, 大都是厚度为0.5微米左右的膜。

d) 关于热处理: 热处理对于双向拉伸超薄聚丙烯膜来说, 是促使其内部应力、缺陷以及结构不均匀性等方面的不平衡状态向平衡方向发展的有效措施。通过热处理可以大大减小薄膜晶体中的内部应力, 降低缺陷浓度, 同时也可使晶体的片层厚度、球晶大小及总的结晶度等改变, 最终导致拉伸膜的性能得到改善^[11]。热处理温度不宜过高, 时间不宜过长。温度过高, 会把膜融化; 时间过长, 会使膜老化。

三、薄膜的性能及应用

1. 物理机械性能

- ① 厚度: 在 $\phi 120$ 毫米范围内0.45~1.00微米 (用JDS型接触式干涉仪测试)
- ② 抗张强度: 634—1619.4千克/厘米²
(被测薄膜厚度为1.34微米)
- ③ 脆折温度: 约-17℃
- ④ 可见光^[*]及红外光透过率

表 1

波长(微米)	0.5	0.6	0.7	2.5	5.0	6.0	9.0	10	20	50
透过率(%)	90.5	91.0	90.0	90.0	90.0	85.5	84.2	85.0	94.0	97.0

2. 老化性能

我们进行了实验室条件下的阳光老化实验。每天照射4小时阳光, 老化八个月之后的1微米厚的聚丙烯膜抗张强度为540千克/厘米²; 老化四个月后的1微米聚丙烯膜抗张强度为700千克/厘米²

3. 软X射线的透过率

超薄聚丙烯膜的软X射线透过率是分别用一些元素的K-X射线来测量的。我们测到了厚度为1.0微米(质量厚度= 9.0×10^{-5} 克/厘米²)的薄膜对铝K_α线和碳K_α线的透过率。表2列了1微米薄膜对此两种射线的实测数据和其他几种波长软X射线的理论计算透过率。

表 2 1微米聚丙烯薄膜的软X射线透过率

元 素	波长(埃)	能量(千电子伏)	透过率(%)
Al K _α	8.34	1.49	95.0
Na K	11.57	1.07	(85.5)
F K _α	18.3	0.68	(62.6)
O K _α	23.6	0.52	(37.2)
C K _α	44.7	0.28	82.7
B K _α	67.6	0.18	(59.9)

注: 表中括弧内的透过率数据是理论计算值。

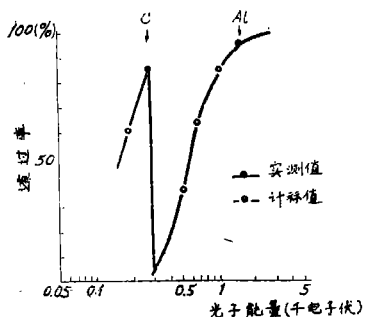


图2 1微米薄膜的软X射线透过率

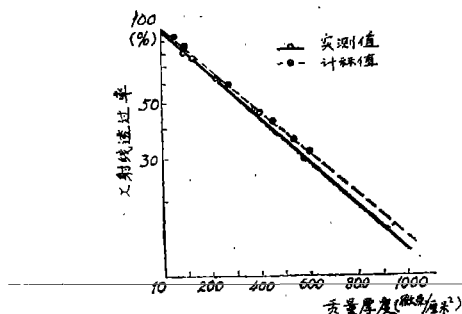


图3 碳K_α线对不同厚度聚丙烯膜的透过率

图2是根据这些数据画成的1微米薄膜软X射线透过率曲线。

我们又测试了铝K_α线和碳K_α线对各种不同厚度聚丙烯薄膜的透过率，表3列示了这些数据，并与理论计算的透过率做了对比。图3表明，聚丙烯薄膜的软X射线透过率的对数值与薄膜的厚度成直线关系。

表3 铝K_α线和碳K_α线对不同厚度聚丙烯膜的透过率

薄膜厚度		透 过 率 (%)			
微米	微克/厘米 ²	8.34 埃波长		44.7 埃波长	
		实 测 值	理 论 计 算 值	实 测 值	理 论 计 算 值
1.0	90	95.0	95.1	82.7	84.0
1.4	126	90.9	89.8	77.0	69.2
2.5	225	94.7	88.4	62.4	64.6
4.4	396	74.5	80.4	45.2	46.4
13.8	1242	79.1	50.5	11.4	9.0
16.6	1494	57.9	44.0	8.2	5.6

从透过率实测值与理论计算值的对比中可以看出：碳K_α线对不同厚度聚丙烯膜的透过率基本符合理论计算值，而铝K_α线的透过率实测值大部分偏高于理论计算值。后者是测试过程中的误差造成的。

4. 应用情况

软X射线滤光片是这样制作的：在每厘米有28条粗细为40微米的镍网上粘附超薄聚丙烯膜，然后固定于直径36毫米的框架上，对聚丙烯膜进行真空镀铝，铝膜厚度在1400±100埃

表4 碳K_α线对软X射线滤光片的透过率

滤光片的种类	透 过 率 (%)	
	实 测 值	理 论 计 算 值 (注)
1300埃铝膜+0.5微米聚丙烯膜+镍网	43.0	30.6
1500埃铝膜+0.5微米聚丙烯膜+镍网	34.0	26.9
2000埃铝膜+0.5微米聚丙烯膜+镍网	25.5	18.7

注：透过率的理论计算方法：用44埃波长软X射线下的铝的质量吸收系数24910，根据 $\frac{I}{I_0} = e^{-\mu d}$ 计算三种厚度铝膜的透过率为41.01%，36.7%，26.05%，分别乘以镍网的透过率80%和0.5微米聚丙烯膜的透过率91.6%即可。

左右。

我们测试的三种滤光片的软X射线透过率的实测值和理论计算值如表4所列。

从表4可以看出透过率的实测值均大于理论计算值，这除了测试误差外，由于铝膜的针孔引起。

四、结 语

1. 根据所测试的性能数据和文献资料表明：超薄聚丙烯膜是比较好的软X射线窗口材料。

2. 超薄聚丙烯膜，可以在实验室用多种简便易行的双向拉伸方法来制得，我们所采用的方法是其中之一。

致谢：在薄膜软X射线透过率测试中，本所三室杨名恪、崔松鹤等同志给予大力支持，还有长春应化所六室张芬玉等同志协助测试了薄膜抗张强度，在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] G.S.Vaiana et al., Spa.Sci.Instrum., 1977, 3, 1, 19.
- [2] M.A.SpiVack; Rev.Sci.Instrum., 1970, 41, 1614.
- [3] S.Haykawa et al., Jpn.J.Appl.Phys., 1970, 9, 5, 542.
- [4] H.Huizenga et al., Rev.Sci.Instrum., 1981, 52, 5, 673.
- [5] A.J.Caruso, H.H.Kim; Rev.Sci.Instrum., 1968, 39, 1059.
- [6] T.Kato et al., Jpn.J.Appl.Phys., 1972, 11, 9, 1351.
- [7] "Handbook of Chemistry and Physics"(1974—1975) E—135
- [8] D.M.Barrus, R.L.Blake; Rev.Sci.Instrum., 1977, 48, 116.
- [9] 久我睦男; Plastics Age, 1977, 23, 8, 99.
- [10] 钱知勉“塑料性能应用手册”上海科学技术文献出版社, 1977
- [11] 曾繁森, 王敏; 广东塑料, 1980, 3, 15.