

圆柱形曲板的内压实验

韩子健 薛以年
韩金虎 王振江
(中国科学院力学研究所)

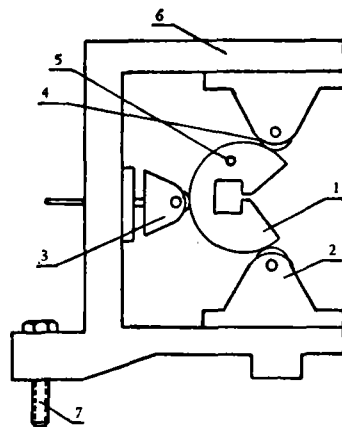


图2 直边夹具示意图

1. 圆饼夹头 2. 轴承支座 3. 可调轴承支座
4. 轴 5. 圆孔 6. 直边夹具基座 7. 大螺栓

文献[1]进行了圆柱形曲板在侧压作用下的应力分析计算。我们相应地做了圆柱形曲板的内压实验。

实验装置、试件和边界条件的实现

整个实验装置见图1。以压缩空气通过试件下部的橡皮囊进行加载，气压由U型水银压力计读出。为了实现曲板四边拉住筒支的边界条件，我们设计了一套专用的夹具。

直边夹具见图2。它是由十八块圆饼夹头组成的，每个圆饼夹头装在一对上、下轴承支座和一个可调轴承支座中间，而上、下轴承支座固定在每侧直边夹具的基座上，基座固定在刚性台块上；试件装入夹具，承受内压载荷后，圆饼夹头可在上、下轴承支座上自由转动。这样便实现了直边拉住筒支的边界条件。曲边夹具见图3。它是由十五个U型夹头组成的。这些U型夹头固定在曲边夹具的支架上，且排成弧线以适应试件曲边的装入。每个U型夹头上有一

对可调的上、下尖头螺钉，以便夹住试件，曲边支架固定在刚性台块上。这样试件便实现了曲边拉住筒支的边界条件。

试件是用铝合金薄板辗压成一定曲率的圆柱形曲板(见图4)。试件四边的正反面均铆上锯齿型边条，且使直边和曲边锯齿型边条的每个凸缘分别与圆饼夹头和U型夹头一一对应。为了尽可能消除由边条而增加的扭转刚度，将直边边条的每一个凹处锯开，锯到凸缘连线为止。

试件尺寸见表1，其中 a 为直边长， b 为曲边弧长， R 为曲率半径， t 为厚度。试件正反面成对地布贴了若干电阻丝应变片(见图5)，用以测

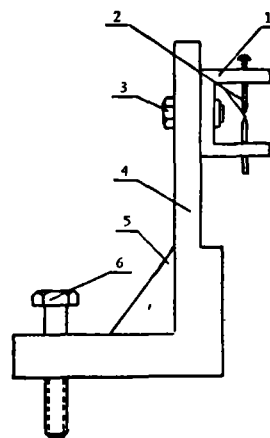


图3 曲边夹具示意图

1. U型夹头 2. 尖头螺钉
3. 螺栓 4. 曲边夹具支架
5. 加强筋 6. 大螺栓

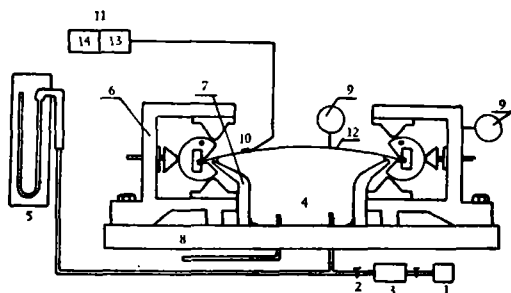


图1 实验装置示意图

1. 空气压缩机 2. 减压阀门 3. 稳压罐 4. 橡皮囊
5. U型水银压力计 6. 直边夹具(曲边夹具未画出)
7. 档板 8. 刚性台块 9. 百分表或千分表 10. 应变片
11. YJS-8型静态数字应变仪 12. 试件
13. ZP-3自动平衡转换箱 14. 数字显示和打印输出机

表1 (单位: mm)

No.	a	b	R	t
1	449	450	450	1.47
2	449	449	950	2.18

表2 试件1在 $q = 0.342 \text{ kg/cm}^2$ 下的中面应力值 (kg/cm^2)

位置	a/10 b/10		实/理	a/5 b/5		实/理	a/2 b/2		实/理
	实验值	理论值		实验值	理论值		实验值	理论值	
σ_x^c	30.2	37.6		22.4	41.0		44.0	34.2	
σ_y^c	136	116	1.17	128	110	1.17	97.8	109	0.897
τ^c	17.6	3.25		23.7	0		—	0	
σ_1^c	27.3	37.5		25.4	41.0		44.0	34.2	
σ_2^c	139	116	1.19	131	110	1.19	97.8	109	0.897
τ_{max}^c	69.4	58.2	1.19	65.4	55.0	1.19	48.9	54.5	0.897

表3 试件2在 $q = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ 下的中面应力值 (kg/cm^2)

位置	a/10 b/10		实/理	a/5 b/5		实/理	a/2 b/2		实/理
	实验值	理论值		实验值	理论值		实验值	理论值	
σ_x^c	30.3	55.0		44.7	60.0		86.4	62.5	
σ_y^c	158	135	1.17	187	165	1.13	148	165	0.897
τ^c	24.3	12.5		32.4	10.0		—	0	
σ_1^c	23.8	53.9		37.4	59.1		86.4	62.5	
σ_2^c	164	136	1.21	194	166	1.17	148	165	0.897
τ_{max}^c	82.2	68.1	1.21	96.9	83.0	1.17	74.0	82.5	0.897

量应变分布; 挠度分布则由百分表或千分表读出。

对于两直边放松为滑动简支边界条件的内压实验, 只要把两直边的锯齿型边条除掉, 同样装在这套夹具上即可进行。

实验结果的分析 and 讨论

为了与理论计算^[1]作比较, 这里仅讨论试件的中面应力分布; 并且限于篇幅, 本文只给出了一部分主要的实验结果。

1. 四边拉住简支边界条件的情况

试件1的载荷范围从 1 kg/cm^2 到 1.84 kg/cm^2 ; 试件2的载荷范围从 0.263 kg/cm^2 到 0.763 kg/cm^2 。实验结果表明: 试件1的应力最大值

在 $x = \frac{a}{10}, y = \frac{b}{10}$ 处; 试件2的应力最大值在

$x = \frac{a}{5}, y = \frac{b}{5}$ 处, 与理论计算一致。主要的实验值与理论值的比较列于表2和表3中。

表2和表3中 $\sigma_x^c, \sigma_y^c, \tau^c$ 为曲板中面应力; σ_1, σ_2 和 τ_{max}^c 为曲板中面主应力和最大剪应力。可以看到, 试件1的最高应力水平处 ($a/10 b/10$) σ_y^c 的实验值比理论值高 17%, 相应的主应力 σ_2^c 或最大剪应力 τ_{max}^c 高 19%; 试件2的最高应力水平处 ($a/5 b/5$) σ_y^c 的实验值比理论值高 13%, 相应的主应力 σ_2^c 或最大剪应力 τ_{max}^c 高 17%。同时, 实验所测得的主应力方向, 与理论计算结果相比, 稍有偏转。这是由于 σ_x^c, τ^c 或 σ_1^c 的实验值与理论值相比, 有较明显的差别而引起的。但是, 按最大剪应力准则进行应力水平比较时, 并没有什么影响。实验值偏高以及主应力方向稍有偏转的主要原因: 直边和曲边的夹头实际上接触不到角点处, 所以试件的四个角点没有被拉住; 试件周边的锯齿型边条是铝质的, 硬度不够, 因而加载时四边有不同程度的松动; 曲边工型夹头的螺钉刚度不够; 尤其是直边圆

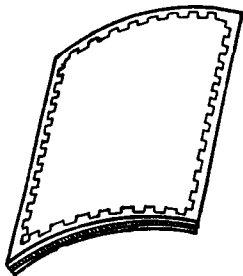


图4 试件示意图

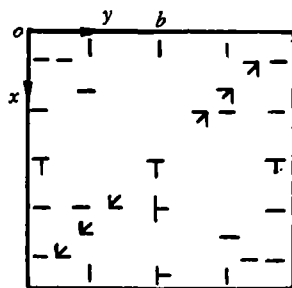


图5 应变片布贴示意图

表4 试件1在 $q = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ 下的中面应力实验值 (kg/cm^2)

位置 应力	a/20 b/20		a/10 b/10		a/5 b/5	
	σ_x^c	28.6		2.68		74.0
σ_y^c	44.9		42.3		117	
τ^c	227		221		164	
σ_f	-189		-129		-68.5	
σ_s	263		257		259	
τ_{max}^c	226		207		164	

表5 试件2在 $q = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ 下的中面应力实验值 (kg/cm^2)

位置 应力	a/10 b/10		a/5 b/5		3a/10 3b/10	
	σ_x^c	-89.4		98.0		213
σ_y^c	10.5		126		158	
τ^c	219		160		83.8	
σ_f	-267		-48.4		95.8	
σ_s	188		272		274	
τ_{max}^c	228		160		137	

饼夹头的轴承支座刚度不够，没有达到完全拉住的效果。尽管如此，实验所测得的应力分布

(上接第52页)

谐振的单峰式的响应——“理想的”单自由度的响应曲线；加速度计C的频响曲线由明显的双峰变为具有明显的主峰及一小附加峰，情况有

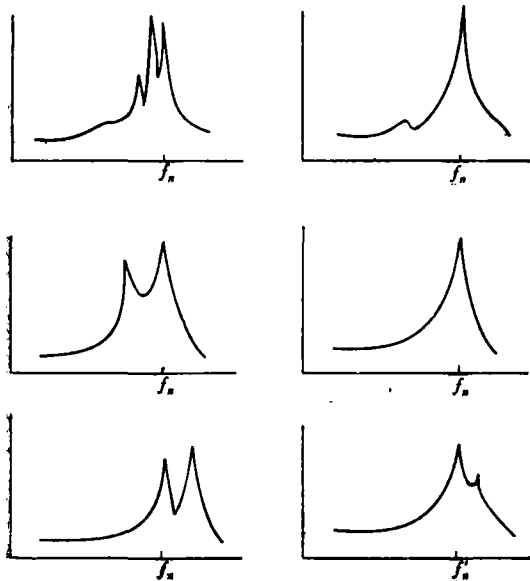


图 4

与理论计算结果还是符合良好的。

关于挠度分布如前面所述。经过对测量值作必要的修正，即扣除因圆饼夹头水平位移而产生的附加挠度值以后，实验值比理论值仅偏高18%。实验值偏高的原因，我们认为主要是由于周边及角点没有完全被拉住而引起的。

2. 直边滑动简支边界条件的情况

试件1的载荷范围从 0.5 kg/cm^2 到 1 kg/cm^2 ；试件2的载荷范围从 0.21 kg/cm^2 到 0.71 kg/cm^2 。主要的应力实验值见表4、5。实验结果表明：最大剪应力将在角点达到最大值，即最高应力水平发生在角点处，并且比直边边界条件在曲面内不放松时大大提高。这与理论计算的结果是一致的。由于应变片很难贴到角点处，因此未作数值上的比较。

由挠度测量可知，直边滑动简支边界条件情况的中点挠度，比四边拉住简支情况增加二至三倍。

参 考 文 献

- [1] 薛以年，力学与实践，1，4(1979)。

了改善(图中纵标为灵敏度，横标为频率)。

此外，预紧力的大小对加速度计的横向灵敏度也有明显的影响。当预紧力过小时，横向灵敏度普遍偏大；当预紧力过大时，有时也会出现横向灵敏度偏大的现象。适当的预紧力矩，就会使晶体有较好的接触刚度与预应变。当其承受横向振动时，有较强的横向刚度。这有助于减小横向输出。下面给出不同预紧力矩下，加速度计E、F横向灵敏度的变化情况：

预紧力矩	M	1.5M	2M	2.5M	2M
加速度计E	8.5%	4.3%	2.5%		
加速度计F	12%	4.2%	3.7%	4.6%	2.4%

当然，预紧力矩的大小还要考虑线性以及极限加速度等因素。对某种设计型式的加速度计，在工艺稳定的条件下，经过一定的经验积累，便会得出适宜的预紧力矩值。

参 考 文 献

- [1] В. С. Пеллинец, «Измерение Ударных Ускорений», Стандизд., 1975.