

关于压力传感器动态测试和 标定中的两个疑点澄清

张挺 范良藻

(中国科学院力学研究所)

在动态压力测量技术中,总是首先关心传感器的波形质量和它的灵敏度。这是有关测量真实性和保证测量精度的两个重要问题。

目前存在两种不全面的看法:一是测得的压力波形不合理想,统归咎于传感器质量不佳;二是由于激波管标定所得灵敏度和静标定所得的不经常一致,于是习惯有传感器的动态灵敏度和传感器静态灵敏度这种提法,这就产生了一个问题,这两者以哪一个作为计算压力幅值的标准。本文拟提供一些实验结果,希望对这两个问题能作一澄清。

图1a是我们最近研制成功的KL-I型

瞬态空压传感器在激波管端面所测得的正反射激波阶跃压力波形。必须着重指出,该波形是在传感器承压端面与激波管终端法兰盘内端面很平整衔接的情况下拍摄的。但是如果我们人为地使衔接处产生高低约0.05毫米的微小不平整,则波形就将如图1b所示,产生比较显著的差别。可见,若要获得理想的预计波形,除去要有一支性能良好的传感器外,还须充分注意传感器的安装质量。另外,图1a和图1b都反映了客观实在。

为了使上述结论更令人信服,再用我们正在研制的一种动态压力传感器DY-101重复上述类似的实验,即人为地改变传

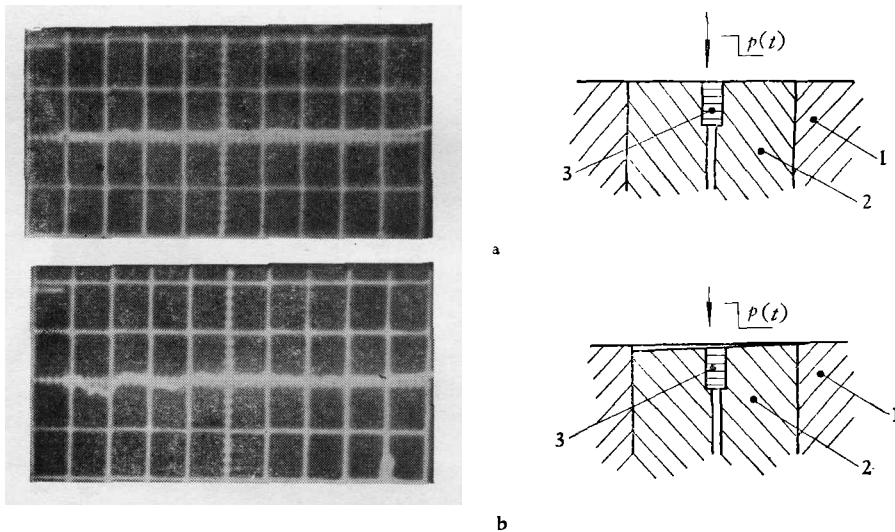


图1 KL-I 激波管端面试验结果
1 端面法兰 2 安装压块 3 传感器

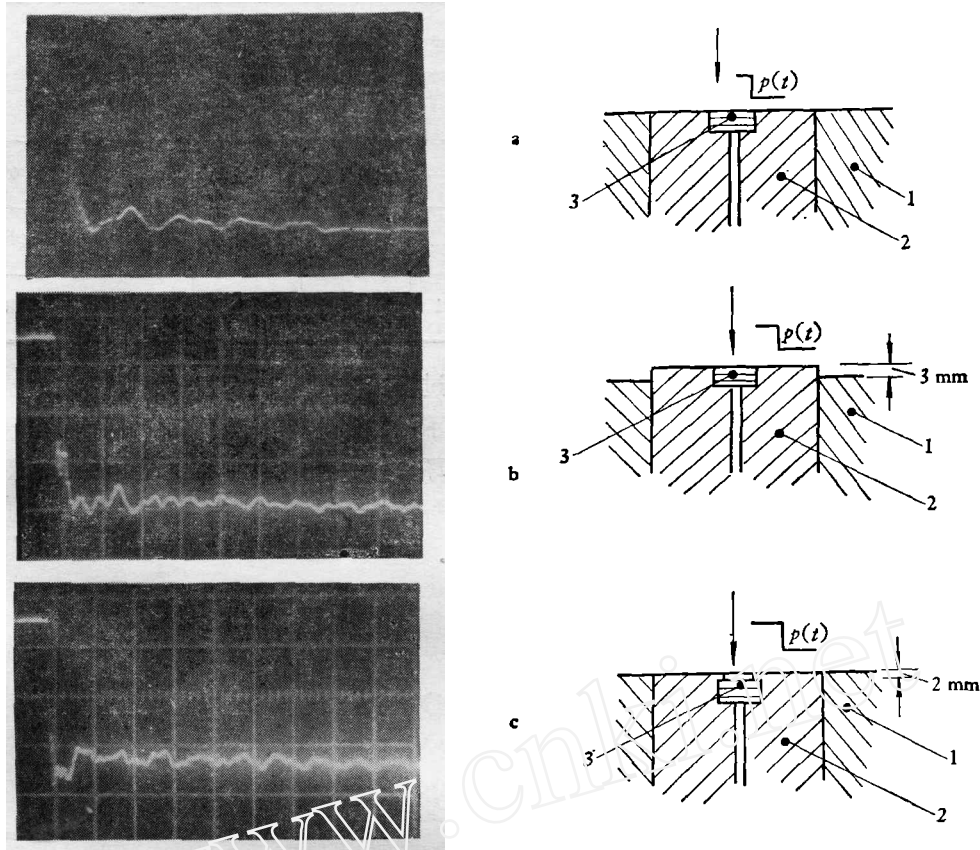


图 2 DY-101 激波管端面试验结果

1 端面法兰 2 安装压块 3 传感器

传感器的安装方式来观察波形之间的区别。

从图 2a 至图 2c 可以看出,传感器的安装应尽可能地平整,在反射面有局部的凸出与凹入都将干扰反射激波波后的流场,从而使波头后面的波形细节产生可观的改变。所以无论在实验室还是在野外现场进行动态压力测量,传感器的安装方式与安装质量应注意考虑。如果我们把由此引入的波形差异视为被研究对象本质的不同,或归咎于传感器的质量不佳,我们就会作出错误的判断。

为了验证压力传感器的“动态灵敏度”与“静态灵敏度”是否一致,我们仍用上述两种传感器作动静两种标定。从表 1 和表 2 所列数据,可以看出两者的差异都在 5% 的实验误差范围以内,有的偏高,有的偏

低,并不存在一般所说静态灵敏度偏高的现象。

表 1 KL-1 动态及静态灵敏度对比

$P_c/\text{kg}/\text{cm}^2$	传感器号		
	1	2	3
激波管标定灵敏度 S_d	5.5	8.3	5.5
静态标定灵敏度 S_s	5.6	8.4	5.4
S_s/S_d	1.018	1.012	0.982

激波加载对波头而言,当然是一快速瞬态载荷,但在激波管端面反射的阶跃压力波形已过渡到平台区时,载荷的性质等效于静态。由此测得的压力传感器的灵敏度应该和静标定所得一致。

对于激波阶跃波形的压力载荷,压力

表 2 DY-101 动态及静态灵敏度对比

$P_c/\text{kg/cm}$ \begin{matrix} \text{传感器号} \\ \text{1} \end{matrix}	2	3	4	5	6	7	
激波管标定灵敏度 S_d	47.34	51.32	51.25	52.54	52.26	47.64	48.26
静态标定灵敏度 S_s	49.83	48.67	51.82	48.46	50.59	48.60	50.49
S_s/S_d	1.052	0.948	1.011	0.922	0.968	1.020	1.046

传感器一般是不能瞬时跟踪的,都有一个过渡过程,产生了所谓过冲,上升前沿和自振。此时传感器的响应并不是外加载荷的忠实写照。过渡过程一结束,传感器的响应即转入稳态过程,此时与静态过程无任何物理实质上的区别。因此每当我们在标

定过程中发现两种标定方法所得灵敏度数值不一致的时候,就应该在测量过程的各个环节上去查找原因,而不要用某种权宜的解释将矛盾掩盖起来。这就是我们的观点。

THE CLARIFICATION OF TWO QUESTIONS IN DYNAMIC MEASUREMENT AND CALIBRATION OF PRESSURE TRANSDUCERS

Zhang Ting Fan Liang-zao

(Institute of Mechanics, Academia Sinica)