

圆筒式压强传感器的有限元分析

□徐国欣

【摘要】电阻应变式圆筒式压强传感器是一种应用广泛的液气体压强测试工具。本文通过有限元分析，对这种目前研究资料极少的圆筒式压强传感器提供了其内部真实的应力和应变的分布状况。

【关键词】圆筒式压强传感器；切向应力；轴向应力；切向应变；轴向应变

概述

液气体压强是一项十分重要的工业过程控制参数。目前对于压强的测量和控制，有指针式压力表，压电式、振弦式、电容式和电阻应变式等多种传感器。由于精度高稳定性好，又便于把信号送入电脑进行智能控制，电阻应变式压强传感器已成为压强测控中的主流产品。电阻应变式压强传感器按结构分主要有圆筒式和圆膜式二种。由于加工和使用方便，电阻应变式圆筒式压强传感器很早就被广泛应用。但是到目前为止，对圆筒式压强传感器的研究资料相当缺少，本文借助有限元分析工具，剖析其内部应力和应变的分布状况。

1 对一款量程为60MPa圆筒式压强传感器的有限元分析

图1是一款量程为60MPa的圆筒式传感器的示意图，在建立有限元模型加载和运算后，取图1中从A到B的长55mm段做路径L1，得到其路径上应力的分布图如图2所示（图中上面一条为切向，中间一条为轴向，下同），得到应变分布图如图3所示。由图2可见，在长度为55mm的轴向路径上，在机械结构变化处有应力尖峰，薄壁圆环段除两头外，中部应力和应变是基本稳定的，可选择为贴应变计的区域。图4是距A点25mm的C-C截面中以

圆筒外表面为路径的应变图（切向应变为上面一条）。说明在此截面的圆周上切向应变连续而均匀，适宜在圆周方向粘贴应变计。图2中圆筒中部外表面切向应力为 174.345N/mm^2 ，切向应变并不是 $174.345/206000=846\mu\epsilon$ ，这是由于圆筒表面是双向受力状态，压强使圆筒外周膨胀产生拉伸应变，压强对孔底的作用又使圆筒产生轴向拉伸，有限元分析得到的圆周表面的轴向应力为 86.813N/mm^2 ，由泊松比效应知其合成的切向应变为 $\epsilon_{\tau} = \frac{\sigma_{\tau} - \mu\sigma_z}{E} = (174.345 - 0.3 \times 86.813) / 206000 = 720\mu\epsilon$

其值与图3中有限元结果相符。

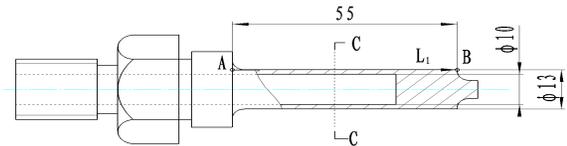


图1 60MPa传感器示意图

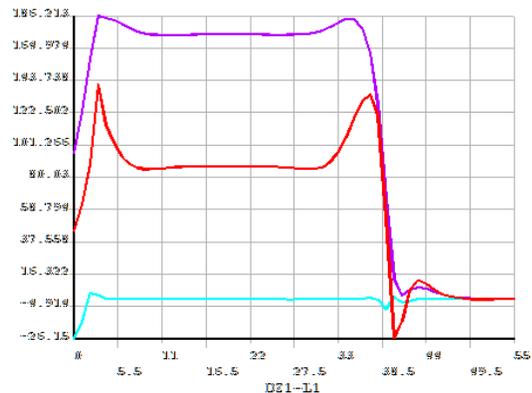


图2 路径L1-应力分布图

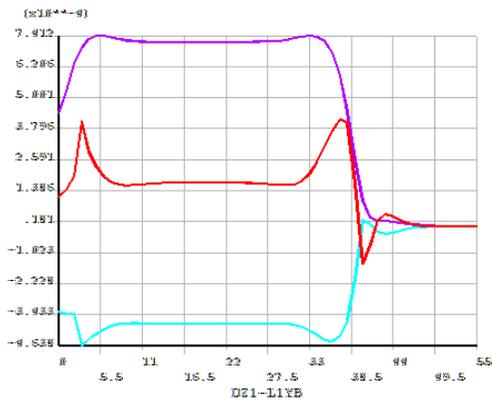


图3 路径L1-应变分布图

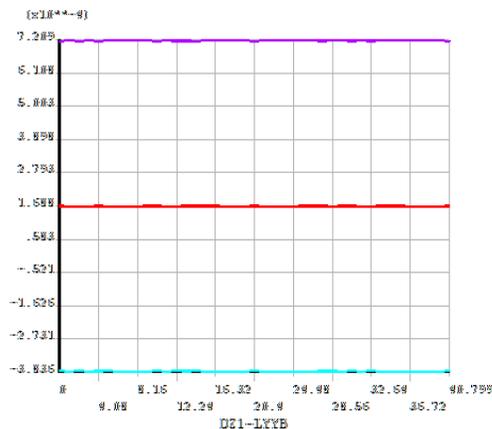


图4 C-C截面圆筒外表面路径-应变图

2 有限元结果与理论计算值的比对

参考文献介绍当压强为P，圆筒外径与内径之比为a，圆筒内孔受力时圆筒外表面理论切向应力为

$$\sigma_{\tau} = \frac{2P}{a^2 - 1}, \quad \text{切向应变 } \varepsilon_{\tau} = \frac{2(1-0.5\mu)P}{E(a^2 - 1)}$$

本例为P=60，a=1.3得 $\sigma_{\tau}=174\text{N/mm}^2$ $\varepsilon_{\tau}=718\beta\varepsilon$ 均与有限元结果十分接近。由于本传感器上无压缩应变，当组成惠斯登电桥后，传感器的理论输出灵敏度 $S=k\varepsilon/2=0.74\text{mV/V}$ 。本例实测灵敏度接近0.8mV/V，略大于有限元分析结果，误差原因可能为有限元参数设置与实际值的误差及机械加工误差有关。

3 对一款铣扁圆筒式压强传感器的有限元分析

由于平面上贴应变计可使用通用夹具，且在平面上贴应变计工艺质量高，有利于传感器的长期稳定性，为此，笔者把图1传感器圆筒外径从13mm增加到16mm，再铣扁至13mm，铣扁的C-C截面如图5所示。在经过有限元分析后，在C-C截面图中取与中

点相距左右各4.5mm的E和F两点连线做路径L2，此路径的应力图如图6所示。图6显示同样是壁厚1.5mm处，铣扁后的截面上的拉伸应力（图中上面一条）大大提高。图中的应力变成中间最大向两边急剧减少的尖峰形。由于太大的应力梯度不利于应变片的工作稳定性，因此，说明铣扁后在平面上贴片并不理想。

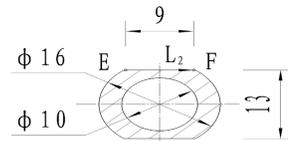


图5 铣扁C-C截面图

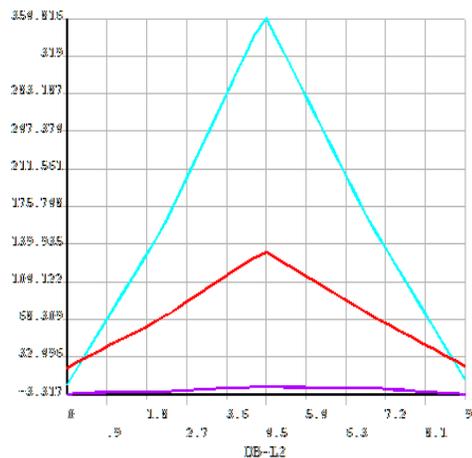


图6 铣扁后C-C截面路径L2-应力图

4 结束语

本文通过有限元分析揭示了圆筒式压强传感器内部的应力和应变的分布情况，由于不同人的有限元分析结果可能会有所不同，因此上述分析所得到的结果仅供对此类理论分析资料很少的圆筒式压强传感器在设计时参考。

参考文献

陶宝祺，王妮. 电阻应变式传感器[J]. 北京：国防工业出版社，1993.

作者简介：徐国欣，男，汉族，浙江余姚，工程师。机械专业毕业，曾任余姚传感器厂技术科长，长期从事电阻应变式传感器和智能仪表的设计制造工作。