

利用激光主观斑纹测量曲面的位移和形变

X. G. Zhou, D. W. Li, F. P. Chiang

(美国纽约州立大学机械工程系)

当粗糙的光学表面被相干激光束照明时, 形成随机的干涉图案, 称之为斑纹。当通过成像系统看到或记录下这些图案时, 这些图案叫着主观斑纹, 否则就叫着客观斑纹。用这些斑纹来测量位移和形变实验应力分析研究方面引起了很大的兴趣。绝大部分位移、形变测量研究都是用平板表面做的。应用激光斑纹法于曲面相当复杂。这是因为斑纹运动受照明和接收的角度以及表面元的取向和离焦距离的影响。本文推导了用于柱面的主观斑纹法的场方程。这项研究的重要性在于许多工程结构都包含有圆柱形的元件这一事实。因此, 我们的方法具有很大的应用潜力。

实验安排如下, 照相机调焦在靠近柱面的一个面上。由于记录透镜的孔径有限, 我们假定焦平面上的斑纹是从物面发出的一小的光线锥形成的。由此假设我们导出了焦平面上(和后来的在象平面上)斑纹运动与物体表面的运动之间关系的方程。表面元的所有六个自由度都予以了考虑, 用局部坐标系($\phi-\xi\eta\zeta$)和球坐标系($O-xyz$), 我们获得如下场方程:

$$\begin{aligned}\Delta x' = M & \left[u \left(\cos \theta + \frac{D}{\rho_{sQ}} \frac{\sin^2 \alpha_s}{\cos \theta} \right) - v \left(\frac{D}{\rho_{sQ}} \frac{\cos \alpha_s \cos \beta_s}{\cos \theta} \right) \right. \\ & \left. + w \left(\sin \theta - \frac{D}{\rho_{sQ}} \frac{\cos \alpha_s \cos \gamma_s}{\cos \theta} \right) + D \delta \phi_n \left(1 + \frac{\cos \gamma_s}{\cos \theta} \right) - D \delta \phi_t \frac{\cos \beta_s}{\cos \theta} \right] \\ & + \frac{x'}{L_1} (w \cos \theta - u \sin \theta) \\ \Delta y' = M & \left[-u \left(\frac{D}{\rho_{sQ}} \cos \beta_s \cos \alpha_s \right) + v \left(1 + \frac{D}{\rho_{sQ}} \sin^2 \beta_s \right) - w \left(\frac{D}{\rho_{sQ}} \cos \beta_s \cos \gamma_s \right) \right. \\ & \left. - D \delta \phi_t (\cos \theta + \cos \gamma_s) + D \delta \phi_c (\cos \alpha_s - \sin \theta) \right] + \frac{y'}{L_1} (w \cos \theta - u \sin \theta)\end{aligned}$$

共进行七个实验来验证这些方程的有效性。