散斑剪切干涉法中的导致分离法

张鸿庆　柯敬唐　田　中

（郑州工学院）

测量物体表面的应变场一直是人们所关心的课题。1979年Hung提出的散斑剪切照相机，使测量面内导数和离面导数的组合变得易于实现，但分离它们却存在着困难。本文推导了激光束对称照射四次曝光，用散斑剪切干涉法分离导致数的公式，并以梁的弯曲为实例进行了测试验证。

试件在对称的两束准直光照射下，通过剪切照相机在象平面的底片上成象。对物表面相距为S_x的两点$P(x, y, z)$及$P'(x+\delta_x, y, z)$进行分析。设光源S_1照明P及P'的光波的复振幅分别为F_1及F_1'；光源S_2照明P及P'的光波复振幅分别为F_2及F_2'。则物体变形前两次曝光的光强为

$$I_1=(F_1+F_1')(F_1^*+F_1'^*)=2A^2[1+\cos(\phi_1'-\phi_1)]$$

$$I_2=(F_2+F_2')(F_2^*+F_2'^*)=2A^2[1+\cos(\phi_2'-\phi_2)]$$

当物体变形后在S_1及S_2照射下的光强为

$$I_3=2A^2[1+\cos(\phi_1'^{\circ}-\phi_1^{\circ})]$$

$$I_4=2A^2[1+\cos(\phi_2'^{\circ}-\phi_2^{\circ})]$$

式中ϕ_1、ϕ_1'，ϕ_2、ϕ_2'，$\phi_1'^{\circ}$、ϕ_1°，$\phi_2'^{\circ}$、ϕ_2°分别为各自的位相，故四次曝光底片接受的总光强为

$$I=I_1+I_2+I_3+I_4=4A^2\left[2+\cos\left(\beta_1+\frac{\Delta_{13}}{2}\right)\cos\frac{\Delta_{13}}{2}+\cos\left(\beta_2+\frac{\Delta_{24}}{2}\right)\cos\frac{\Delta_{24}}{2}\right]$$

式中$\beta_1=\phi_1'-\phi_2$；$\beta_2=\phi_2'-\phi_2$. $\Delta_{13}=\delta_{13}(x+\delta_x, y)-\delta_{24}(x, y)$. Δ_{13}及Δ_{24}是由P、P'变形引起的位相增量$\delta_{13}(x+\delta_x, y)$及$\delta_{13}(x, y)$之间的位相差。上式中由$\Delta_{13}$及$\Delta_{24}$组成的两组条纹经过在四次曝光之间移动光源或变换准直透镜产生的云纹条纹，在同一方向记录的散斑图经过傅里叶变换滤波之后云纹条纹相减为

$$\frac{\Delta_{13}}{2}-\frac{\Delta_{24}}{2}=\frac{(2n_1+1)\pi}{2}-\frac{(2n_2+1)\pi}{2}=\frac{(2n+1)\pi}{2}$$

而Hung推导的光程差为

$$\Delta_{13}=\frac{2\pi}{\lambda}\left[(1+\cos\theta)\frac{\partial\omega}{\partial x}+\sin\frac{\partial u}{\partial x}\right]\delta_x$$

$$\Delta_{24}=\frac{2\pi}{\lambda}\left[(1+\cos\theta)\frac{\partial\omega}{\partial x}-\sin\frac{\partial u}{\partial x}\right]\delta_x$$

由上述各式联立即可导出四次曝光法分离后的导数的公式

$$\frac{\partial u}{\partial x}=\frac{(2n+1)\lambda}{4\sin\theta\cdot\delta_x}\qquad(n=0,\ 1,\ 2\cdots\cdots)$$