

全息干涉测量法在犯罪痕迹学中的应用

Trnka Jan 穆 锋

(捷克科学院热机研究所, 布拉格, 18200)

摘要: 本文报导应用二次曝光的全息干涉测量原理来研究遗留在弹性材料上的变形恢复痕迹的一种方法。记录研究了 PVC 地板表面上人的鞋底痕迹。

关键词: 痕迹 全息干涉测量

Application of holographic interferometry in criminal traceology

Trnka Jan, Mu Feng

(Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic,
Dolejskova 5, 18200 Prague 8, The Czech Republic)

Abstract: This paper presents a method of traceology that uses the principle of double exposure holographic interferometry to investigate the displacement recovery traces on viscoelastic materials. A special concern was put into research of recording the traces of human shoes on surfaces of PVC floors.

Key words: trace holographic interferometry

一、引 言

人类的每一个行为或者动作都会在某种程度上使其周围的环境产生某些物理变化, 在犯罪学中这一变化称为痕迹。科学技术的进步使得人们对这一痕迹的记录成为可能。由于全息干涉测量法具有在不同的时间间隔下对相同的表面进行比较的独特能力^[1, 2], 所以在粘弹性材料的表面, 可以记录下一种新型痕迹^[3, 4]。我们建议称之为“变形恢复痕迹”。1975年 Bradford 首先进行了这方面的研究^[5], 而更深入的理论研究则由 Porada 在 1987 年对塑料表面的痕迹进行全息记录时给出^[6]。由于众所周知的原因, 有关这方面的研究在一般的公开期刊上很难见到, 所以, 不易得到更多的信息和参考资料。

粘弹性是指固体在变形时, 其应力与变形的关系不仅仅互为函数关系, 还与时间有关。当一段时间间隔内所施加的应力撤去后, 材料中变形的积累并不是立即消失, 而是逐渐地消失。这一过程称为恢复。

粘弹性是所有塑料所具有的属性。虽然许多传统材料如木材和金属也是粘弹性的, 它们的主要差别在于塑料的模量相对较低, 屈服时的变形相对较大。这样, 对痕迹学的研究就提供了较大的可能性。

二、变形恢复痕迹的象全息记录原理

目前, 许多商用建筑材料常常用于室内地面的装饰, 而这些材料大都为塑料制品。当它们受到压力时, 其表面会产生微小的变化, 当这一压力撤去后, 其表面就会产生由于压力作用而遗留的痕迹。但是这一凹陷非常小, 它隐藏在原本就不平的表面下(如图 1 所示)。

在撤去压力后, 受压表面慢慢向其初始状态恢复。恰恰是这一表面运动可以利用象全息干涉法采用二次曝光进行记录。

用于痕迹记录的光路图如图 2a, b 所示。由氦氖激光器发出的相干光由双折射镜 BS 分离为

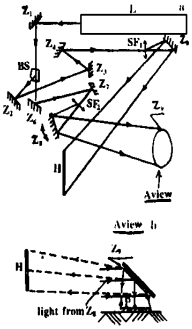


Fig. 2 Configuration of the optical arrangement used for the trace record

参考光束和目标光束。参考光束在经过 Z_2, Z_3, Z_4 的反射后经由 Z_5 投在全息象板 H 上, 目标光束由 Z_6, Z_7, Z_8, Z_9 反射后照在样品上, 样品固定在工作台的平面上。参考光束和目标光束由显微镜的物镜扩散后由空间滤光片过滤, 见图中的 SF_1 和 SF_2 。

图 3 给出了痕迹产生和变化的过程及二次曝光记录的方法。图中符号的意义为: d 为表面凹陷, t_σ 为应力所持续的时间, t_a 为应力撤去后到第一次全息曝光的时间间隔, 称为“痕迹寿命”, t_h 为两次曝光的时间间隔, Δ 为 t_h 时

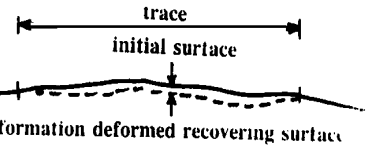


Fig. 1 Surface deformation

间内由于材料形状恢复而产生的表面位移。

通常认为全息干涉测量法的灵敏度为 $\Delta_{min} = \lambda/4$, (对 He-Ne 激光器而言则有 $\Delta_{min} = 0.15\mu m$), 它是明亮背景下产生一条黑色条纹的法向位移值, 其条件是光源的方向及观察方向都与被测表面相垂直。只要这一表面位移大于或等于干涉仪产生的条纹, 那么这一区域内的变化就可以被发现。

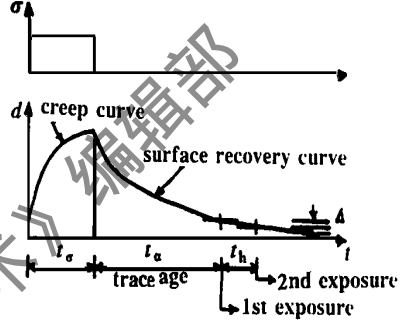


Fig. 3 Trace history and record

从图 3 中可以看出, 痕迹寿命 t_a 越长, 记录痕迹的可能性就越小; 二次曝光的时间间隔 t_h 越长, 记录痕迹的可能性就越大。但是 t_h 的最大问题总是由被研究的情况所限制, 通常认为 20min 为实际限制。

三、测试实验

为了证明采用全息干涉法对位移恢复痕迹的记录是可行的, 我们进行了一系列的实验。实验特别集中在记录鞋底在 PVC 材料表面上所留痕迹。在这里给出三个实验及其结果。

试验 1: 鞋后跟在单层硬 PVC 地板表面的痕迹, 地板粘在硬刨花板上。

用新鞋做这样的实验, 因其边部没有磨损, 所以可获得较清晰的结果。在图 4 中, 两个痕迹干涉图记录着在痕迹寿命 30min 和 60min 时的情况, 其曝光时间间隔分别为 5min 和 10min。在第二个干涉图中, 时间间隔的增加抵消了在较高痕迹寿命时较低的恢复速度。其背景上的条纹是由于刨花板的移动造成的。从这个例子中可以看出, 这些条纹的存在有时是不可避



Fig. 4 Trace record for
a - $t_a = 30min, t_h = 5min$
b - $t_a = 60min, t_h = 10min$

免的,但它并不干扰对痕迹的记录。

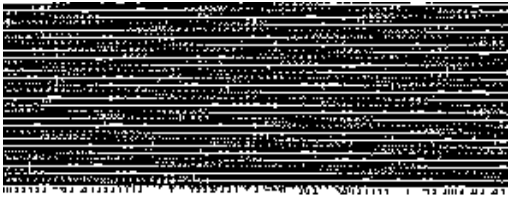


Fig. 5 Trace record from experiment 2

a—bottom of the boot b— $t_a = 1$ hour, $t_h = 5$ min c— $t_a = 2.5$ hours, $t_h = 10$ min

更深。如图 5b, 5c 所示, 在不同的痕迹寿命时期, 后跟的轮廓线在所有痕迹记录中都清晰可见。

试验 3: 男式运动鞋底在与试验 2 相同材料上的痕迹测试。

鞋底见图 6a。鞋作用在地板上的时间 $t_o = 2.5$ min, 作用力为 0.8kN, 图 6b 所示为痕迹寿命 60min, 二次曝光时间 2min 的痕迹干涉图的记录。鞋的轮廓清晰可见, 特别是前半部。但在鞋后跟部分的同心圆则是因其底部垫有油毛毡而产生的结果。这种缺陷或称为不均匀性, 可能在很大程度上起到破坏痕迹图形的作用。

试验 2: 女式靴子后跟和鞋底在下面垫有油毛毡的 PVC 硬地板上的痕迹测量。

靴子的底部见图 5a。这一次, 地板更软也更易屈服。所以痕迹中的凹陷会更明显些。靴子踩在地板上的时间 $t_o = 5$ min, 作用力为 0.65kN, 地板粘在坚固的水泥平板上, 这样背景上的条纹就不会出现了。由于鞋后跟的作用力较大, 加之地板底下垫有油毛毡, 所以其凹陷程度也就



Fig. 6 Trace record from experiment 3

a—bottom of the sports shoe b— $t_a = 60$ min, $t_h = 2$ min

四、试验结果与讨论

试验已经证明, 二次曝光全息干涉测量法对粘弹性地板在一定时间间隔内与任何物体经过压力接触变形后所产生的有价值的数提供了依据。在一定条件下, 鞋印的位移恢复痕迹在几个小时之内是可以记录下来的。可以期望由较高压强且作用时间长的痕迹, 如家具腿作用后留下的痕迹, 将会保留更长的时间。

参 考 文 献

- 1 Erf R K. Holographic nondestructive testing. New York: Academic Press, 1974
- 2 Vest CH M. Holographic interferometry. New York: John Wiley & Sons, 1979
- 3 Antropius K, Porada V, Trnka J. Holographic recording of displacement recovery traces (in Czech). Praha: Cs. Kriminalistika, 1985; 18(1): 53~ 63
- 4 Trnka J, Porada V, Antropius K. Recording of displacement recovery traces by holographic method of double exposure (in Czech). Praha: Cs. Kriminalistika, 1985; 18(4): 329~ 337
- 5 Bradford W R. Hologram interferometry for scene of crime investigation. Feltham, Middlesex, England: EMI Electronics Ltd, 1975
- 6 Porada V. Theory of criminalistic traces and identification (in Czech). Praha: Academia, 1987: 286~ 313

收稿日期: 1996-02-12