

种子填充法在物体表面位移场测量中的运用

马 琨, 李行一, 熊 成, 吴成峰, 樊则宾
(昆明理工大学 理学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 针对工程实际大构件而产生大位移, 以图像处理技术为依托, 以建筑物或者大型构件表面的斑形标记为载体, 用种子填充方法产生标号图像, 分别计算各个标号图像区域的重心; 然后根据每幅图片各个相应区域的重心坐标就可以得到随时间变化的斑形标记重心的位移场. 从而达到测定物体形变的目的. 运用图像处理的方法来测量物体的位移场. 由于所采用的斑形标记比散斑颗粒大得多, 所以该方法可以实现远距离测量, 达到省时省力, 节约检测费用的目的.

关键词: 种子填充; 数字图像平滑、区域分割、区域重心、形变位移场

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2004)05-0080-03

Application of Seeds Filling Method in the Surface Displacement Measurement of Workpiece

MA Kun, LI Xin-Yi, XIONG Cheng, WU Cheng-feng, FAN Ze-bin
(Faculty of Science, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: The target of this application is to use digital image processing method to measure the displacement of big structure, such as bridge, high building. The area center of the gravity of spots painted on the surface is gained by seed filling methods, and the displacement field of structure surface is gained by the area center of gravity coordination.

Key words: digital image smoothing; area division; seeds filling method; area center of gravity; displacement field

0 引 言

在实际公路桥的建设中, 对其验收是通过测量桥梁表面的应变、位移, 所采用的方法是传统的电测方法, 该方法存在耗费大量的人力、财力(检测一座桥大概 30 万元)和时间, 信号容易被噪声干扰, 当测量对象距离很远时, 测量精度受到大大影响. 数字散斑相关测试技术是 20 世纪 80 年代发展起来的一种用于测量物体位移、粒子移动的一种计算机辅助测试方法. 这种方法通过对物体表面的粒子变形前后的光强分布图进行相关运算来确定物体的位移及应变. 该方法需要对测试变形区进行大量繁琐和费时的计算工作以寻求相关最大点, 其精度受到表面所制散斑的颗粒大小, 镜头分辨率的限制, 特别是在一些特殊工况情况下, 无法对工件表面进行制斑, 使该方法不能得到广泛的运用.

本论文是针对工程实际大构件而产生大位移而作的应用开发, 以图像处理技术为依托, 以建筑物或者大型构件表面的斑形标记为载体, 运用数字散斑法确定局域宏观平移与形变, 通过对一系列 CCD 摄入图像以相同的算法处理, 最终得到图像的位移场, 从而达到测定物体形变的目的. 运用图像处理的方法来测量物体的位移场. 由于所采用的斑形标记比散斑颗粒大得多, 所以该方法可以实现远距离测量, 达到省时省力, 节约检测费用的目的.

1 实验理论

首先在目标对象(例如一座桥梁)侧表面做一系列突出的斑形标记(墨点), 在不同的时期用 CCD 摄像

收稿日期: 2003-10-31. 基金项目: 云南省自然科学基金(No. 99057), 云南省教育厅科研资助项目(No. 20032).

第一作者简介: 马 琨(1966~), 男, 博士, 副教授. 主要研究方向: 现代光测力学及其工程应用.

头将同一个图像区域进行采样(即得到同一图像区域不同时期的图像),分别输入计算机,然后对每幅图像分别经过以下同样的图像处理过程:采用平滑(采用中值滤波,更好的保护墨点边缘)去噪,选定阈值(根据直方图选取阈值)做二值化处理后获得确定的斑形标记图,再用区域分割方法产生标号图像(此处是处理的关键所在,采用了顺序扫描种子填充算法),分别计算各个标号图像区的重心;然后根据每幅图片各个相应区域的重心坐标就可以得到随时间变化的斑形标记重心的位移场,从而得出物体表面宏观形变

1.1 标记图像区域——种子填充

1.1.1 基本概念

种子填充算法是图形学中的算法,是轮廓提取算法的逆过程.种子填充算法首先假定封闭轮廓线内某点是已知的,然后算法开始搜索与种子点相邻且位于轮廓线内的点.如果相邻点不在轮廓线内,那么就达到轮廓线的边界;如果相邻点位于轮廓线内,那么这一点就成为新的种子点,然后继续搜索下去.种子填充区域的连通情况又有四连通和八连通之分.

四连通区域

各像素点在水平和垂直四个方向上是连通的.

八连通区域

各像素点在水平、垂直及四个对角线方向都是连通的.

一个八连通区域的边界是四连通式的,而一个四连通式区域的边界则是八连通式的.因此,一个八连通区域的算法可以用在四连通式的区域上,但是由于它可以“跳过”像素之间的对角线连线,故有可能越界而产生意想不到的结果.

最简单的种子填充算法称为漫水法.这是对内定义区域进行填充的算法,这一算法所采用的基本方法是:首先在区域内测试一点 (x, y) 的像素值,看其是否具有原始给定的值,也就是决定该点是否在区域内未被填充过.如果是,则改变其颜色或亮度值,然后再在其四个方向或八个方向上扩展,继续测试,通过反复调用,实现八连通或四连通式的区域填充.

边界填充算法与漫水算法的基本思想都是一样的,所不同的是,在测试 (x, y) 点的像素是否处在区域之内且又未被访问过时,包括两部分的内容:①与边界值相比较,以检测此像素是否为该区域的一部分;②与新值比较,以检测该像素是否已被访问过.这种测试的前提条件是:在初始状态,区域内没有一个像素已设置为新值,但允许新值等于边界.

我们可以用堆栈的方法,对边界定义的区域进行填充.基本流程是:

- 1) 种子像素压入堆栈;
- 2) 当堆栈非空时,从堆栈中推出一个像素,并且将该像素设置成所要的值;
- 3) 对每个与当前像素邻接的四连通或八连通像素,进行上述两部分内容的测试;
- 4) 若所测试的像素在区域内没有被填充过,则该像素压入堆栈;

上述种子填充过程虽然很简单,但却是深度递归的,所以效率较低.主要原因是我们并未考虑像素间的相关性,而孤立的对单个像素点进行测试.扫描线种子填充的测试对象是一个个像素段.这里,像素段是指区域内相邻像素在水平方向的组合,它的两端以边界值的像素为边界,其中不包括具有新值的像素.对于区域内的每一像素段,我们可以只保留最右(或最左)端的像素作为种子像素.因此,区域中每一个未被填充的部分,至少有一个像素段是保持在堆栈里的.扫描线种子填充算法适用于边界定义的区域.

扫描线种子填充算法是按下述步骤进行:

- 1) 包含种子像素的堆栈中推出区段的种子像素;
- 2) 按着扫描线,对种子像素的左、右像素进行填充,直到遇到边界像素为止;
- 3) 区段内最左和最右的像素记为 X_1 和 X_r .在 $X_1 \leq X \leq X_r$ 时,检查与当前扫描线相邻的上、下两条扫描线是否全为边界像素或已填充过;
- 4) 含边界像素,也不包含已填充的像素,那么把每一像素段的最右像素取作为种子像素,并压入堆栈;
- 5) 初始化时,向堆栈压入一个种子像素,并在堆栈为空时结束.

1.2 图像区域重心的计算,位移场的给出

画出位移场是本论文的最终目的,具体的操作过程在这里再简述如下.

每幅经过图片经过平滑、二值分割、标记图像、区域重心和数据存档处理后,每幅图片的区域重心已经存档(即一个全局二维数组里),所以在画位移场时只需要根据每幅图片相应的区域重心标号来画出相应的位移场.

1) 图片灰度化(本实验中所得图片本来就是灰度的,程序中提供了相关的处理),

2) 图像平滑,采用中值滤波(3×3),尽量减少噪声点对图像及相关处理的影响,

3) 图像区域分割,采用灰度阈值二值化(我们根据实际情况没有采用边缘提取算法),

4) 标记图像,对二值图像的各区域做相应的标记,采用的是种子填充算法,

5) 根据各个像素点所属区域,得到各区域的重心,

6) 根据每幅图片相应重心做出位移场.

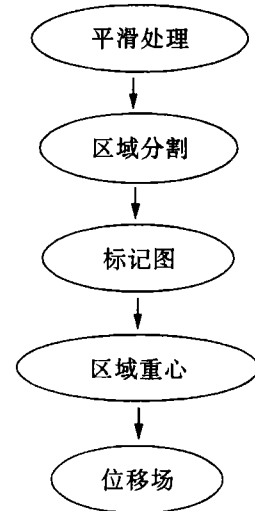


图1 图像处理程序图

Fig.1 Digital imaging processing procedure

2 实验结果:

我们对环氧树脂三点弯进行实际拍摄,对所采集的图像平滑、二值分割、标记图像、种子填充、区域重心和数据经标定处理后,根据三点弯变形的公式.

$$y = -\frac{Px}{48EI}(3l^2 - 4x^2), 0 \leq x \leq \frac{l}{2}, y_{\max} = -\frac{pl^3}{48EI}$$

其中: E 为杨氏模量, I 为贯矩, $I = \frac{hb^3}{12}$, h 为矩形截面的高, b 为矩形截面的宽.对于环氧树脂来说, $E = 34\ 000\ \text{kg/cm}^2$,可以算出理论位移值.我们对百分表处的圆斑通过种子填充法测得在相应点的位移为 $0.696\ \text{mm}$,理论值为 $0.648\ \text{mm}$,通过百分表测得的位移为 $0.770\ \text{mm}$

4 结论

本论文创新之处就在于给出的是一种简单可行的方法,测量的结果是区域的位移场的给出,通过简单的数学计算很容易就能得出应变场,进而可以对构件的强度进行论证.由于种子填充的数目有限,因而一次的测量范围不是

很大,会引入系统误差.论文在实验室取得了很大的成功,希望能用于桥梁或者是高层建筑的测量.

参考文献:

- [1] K. R. Castleman. 数字图像处理[M]. 北京:北京电子工业出版社,2001.387~418.
- [2] 李行一,马琨,肖正杰. 物体表面位移场测定的数字图像处理[J]. 计算机应用研究,2003 精扩本,386~388.
- [3] 马琨,张文栓,李行一,赵占林. 应用 CCD 在摄像系统实际分辨率的分析[J]. 计算机应用研究,2003 精扩本,384~385.
- [4] Laermann K. H. New achievements and perspectives of optical methods in experimental solid mechanics[J]. Optical and laser in engineering, 1995, 22: 249~270.

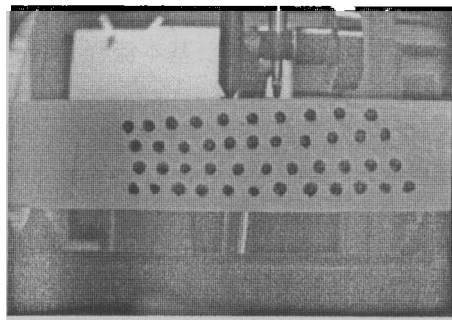


图2 实验装置图
Fig.2 Experimental setup

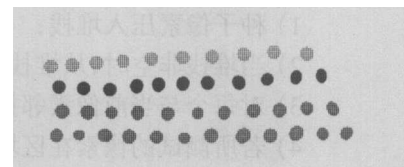


图3 种子填充区域
Fig.3 Seed filling area