

文章编号:1007-2829(2003)02-0031-06

模式识别在薄板成型应变场测量中的应用

王雪芹¹, 樊红丽¹, 王勇²

(1. 北京理工大学 机械与车辆工程学院, 北京 100081;
2. 中国科学院 力学研究所表面改性实验室, 北京 10080)

关键词: 图像处理; 数字图像; 应变场; 模式识别

摘要: 对数字图像分析法测量薄板成形中的应变场问题进行了研究, 对其中的核心问题“网格识别”进行了讨论。提出识别点集的三个特征值, 即网格线的连续性, 网格线的封闭性和网格的长度, 并在点集识别的基础上计算出测量点坐标。提出由中心点间距和中心连线角度构建的距离判据, 解决了中心点位置关系的识别问题, 进而计算出标距长度。

中图分类号: TH 161⁺. 11 文献标识码: A

0 引言

通过测量变形前后网格变化来反映试件的变形场和变形程度是研究板料成形塑性变形行为、优化模具设计和薄板成形工艺设计的有效手段, 也是建立成形极限图 (FLD)^[1] 的基本方法。

测量试件的变形场的网格一般通过贴膜、印刷或是光刻的方法制备到被测试件表面^[1]。在成形时, 由于网格与试件共同变形, 因而可以通过测量网格的变化来获取试件的变形场和变形程度。网格的基本形式有圆形和方形两种 (见图 1), 就反映试件的变形场而言, 圆形网格和方形网格并无本质区别。但在测量标距长度及其变化所代表的变形区域上有所差别。

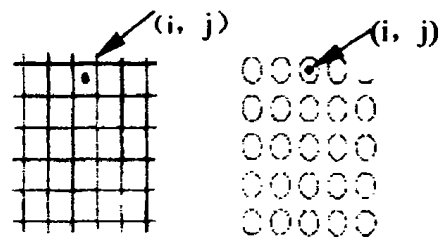


图 1 网格的基本形式 (方形、圆形)

传统的人工网格测量法的原理是: 将指定测量区域网格中心点 (方形网格) 或圆心点 (圆形网格) 作为测量点, 将相邻两交点连线 (方形网格) 或圆的初始直径 (圆形网格) 作为标距。假设在标距长度内试件的变形是均匀的、平面的, 故可用标距长度的变化代表所在区域试件的变形情况, 进而可用不同区域之间标距长度变化的差异来反映整个试件

收稿日期: 2002-09-30

作者简介: 王雪芹 (1975-), 女, 山西临汾人, 北京理工大学机械与车辆工程学院硕士生。

的应变场情况。显然,用这种方法测定应变场,其精度取决于初始标距长度的大小,初始标距愈小就愈能反映所在区域的实际变形情况。其缺点也是显而易见的:测量中网格线中心或边界的确定会因人而异,由于变形造成的线条粗化和模糊,也会影响到测量的精度;用显微镜来测量距离,是将三维的变形近似为二维来测量,理论上会产生误差;要提高精度,则需要用更小的网格来做试验,这样测量工作量将会大大增加,而且后续数据处理工作繁杂;测量效率低。

1 数字图像分析法

由于用网格法表示应变场在板料成形和模具设计等研究中具有重要地位,而传统的人工测量方法又有诸多缺点,因此网格测量自动化一直是应变场测量领域的研究热点^[2-5]。利用数字图像处理技术测量原理是:将拍摄图像和灰度增强处理^[6]两个过程结合在一起,把网格边线和背景分离开。通过编辑处理,将网格图像中不需要的线手工清除,为后续的认识工作奠定基础。通过骨架化处理,识别出网格线的中心线。识别出测量点并计算出标距。在这些处理过程中网格点的识别和测量是重点和难点。

2 网格图像识别

网格图像识别的目的有四个,分别是:组成网格点集的识别;网格中心点的识别;网格几何位置关系的识别;网格几何参数的度量。

2.1 网格点集识别

网格识别前的图像处理工作不可避免地会带来直线、孤立的点和微小圆环等干扰图形,我们不仅要不同的网格的点集区分开,而且还要排除上述干扰图形的影响。

通过对网格骨架特点的分析,再结合网格线的长度特点,我们选择网格线的连续性、网格线的封闭性和网格线长度应大于 30 像素作为识别组成网格点集的三个特征值。

通过对网格特征值的分析,我们确定了解决网格点集识别问题的数据结构链表,在图像识别中称其为链码^[6]。在离散图像中,线条或边界是由一串离散的像素点组成的。若用网格覆盖图像,并且像素点位于网格的交点上,则离散图像的线条可以看作是由短的线条组成的链。这些短的线段正好是网格相邻交点的连线。在这样的基础上就可以用链码来描述任意曲线或者闭合的边界。

所谓链码就是从起点开始沿曲线观察每一线段的走向并用相应的指向符来表示,结果形成一个数列。从图像中的某一点出发,其周围共有 8 个点,即 8 个方向。分别将这 8 个方向用 0-7 来表示,如图 2 所示。

链码方法描述网格曲线是用这 8 个数值记录网格边界,这 8 个数值就是链码方法的“码”。具体对圆形网格的边界编码方法如下:首先寻找到圆形网格的一个边界点,将该边界点的像素值置为 1,作为处理过的标志。以此边界点作为当前点,从方向 0 开始顺时针寻找该点周围的像素,当发现黑色像素点时,将该像素置为 1,同时记录方向码;然后再以该像素点作为当前点,继续按照顺时针方向寻找下一个边界像素点,直到发现某一当前点

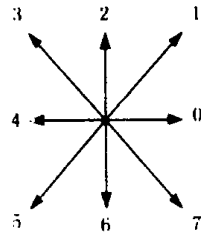


图 2 链码方向示意图

的 8 个方向除了白色象素点以外就只是象素值为 1 的点。最后记录下该圆形网格链码的长度。

链码数据结构所选取的点是八连通点,保证了用链码提取的点集是连续的点集。提取到的链码经过封闭性和长度这两个特征值的依次分类就可得到所需要的圆形网格的点集,其识别流程图如图 3 所示。

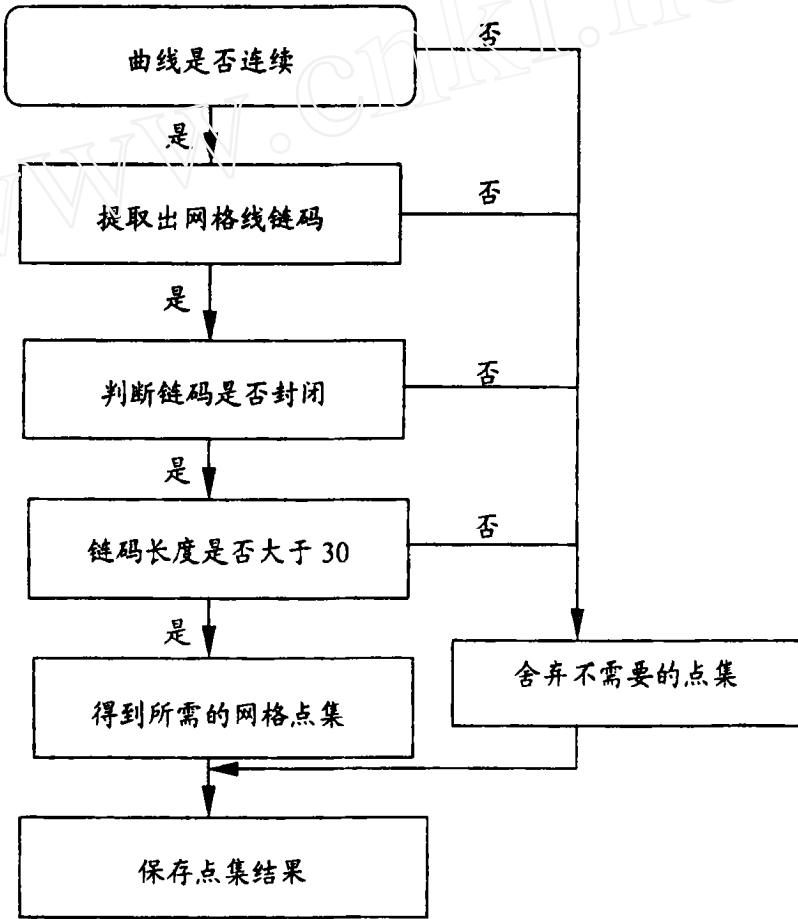


图 3 网格点集识别流程图

2.2 网格几何位置关系识别

因为应变场的表示中还有个位置因素,所以仅仅识别出网格点集是不够的,还需要识别出网格之间的几何位置关系。网格几何位置识别的目的是:将网格圆形中心点坐标与图像中的网格一一对应,并按照我们可以理解的顺序排列。在本文中,我们制定的网格的排列规则是按照行和列来排列网格。

因为前面所论述的图像处理 and 图像识别工作没有对网格的图像进行旋转处理,所以我们可以用网格中心的位置来代表网格的几何位置,将网格的几何位置识别问题简化为网格中心的几何位置识别问题。

通过分析得到图形的特点和网格中心的位置特点:相邻的网格中心距离在一定的范围内,同一行或同一列的网格中心夹角在一定范围内。因此我们得到网格中心识别的两

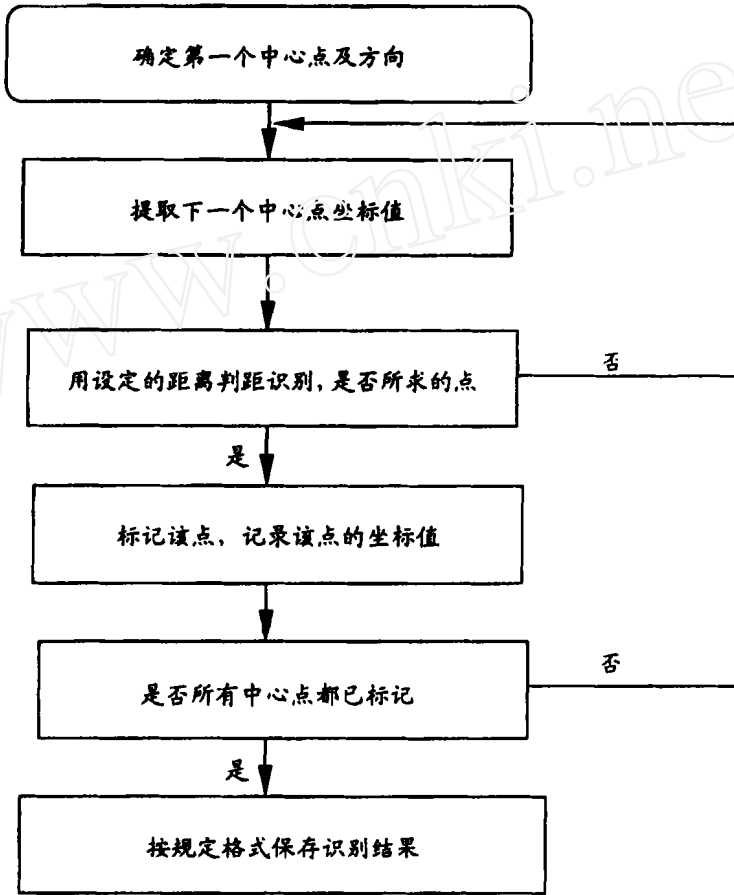


图 4 网格中心点几何位置识别流程图

个特征值:网格中心间距离 d , 网格中心间夹角 θ 。并由这两个特征值组成一个距离判距式(1)

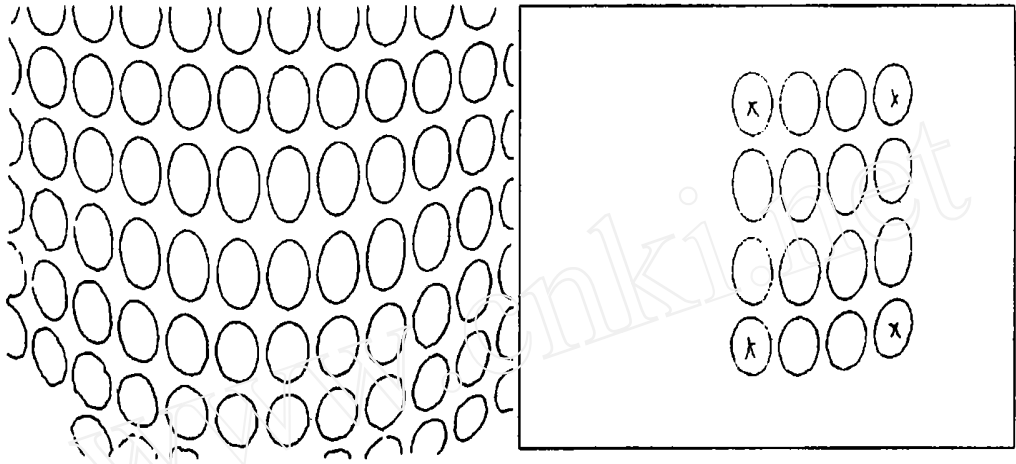
$$\begin{cases} \text{是所求的点} & < 0.5 \\ \text{不是所求的点} & > 0.5 \end{cases} \quad (1)$$

其中 k, p 由式(2)求得, k, p 分别为距离和夹角的权值。当我们选取合适的权值时,即可完全、正确地识别出网格中心的位置关系:

$$= k \times d + p \times \theta \quad (2)$$

在这个识别过程中需要人机交互,由人指定第 0 行第 0 列网格中心的大概位置和下一个网格中心的方向,由识别算法完成其余网格中心的位置关系识别和中心坐标值的精确计算。网格几何位置识别算法流程图如图 4 所示。

图 5 为我们需要识别的网格(画 x 的网格所围的区域),表 1 为以坐标的形式反映的网格中心点识别结果(按图像坐标给出)。



骨架化处理结果图

选取的测量区域

图 5 选取的测量区域示意图

表 1 圆心坐标(图像坐标系下)

	0 列 x, y (象素)	1 列 x, y (象素)	2 列 x, y (象素)	3 列 x, y (象素)
0 行	300.292 388 9	361.552 928	422.119 751	481.439 025
	107.807 014 5	107.541 175 8	104.215 568 5	98.128 051 76
1 行	300.693 542 5	361.838 714 6	422.530 395 5	481.443 786 6
	195.166 671 8	195.172 042 8	189.392 257 7	179.899 414 1
2 行	300.306 823 7	361.982 940 7	423.045 440 7	482.089 386
	288.454 559 3	289.369 323 7	282.340 911 9	268.229 064 9
3 行	299.472 381 6	361.833 343 5	423.118 011 5	428.797 454 8
	369.153 381 3	369.450 622 6	363.242 248 5	350.411 407 5

2.3 网格几何参数计算

在前面所论述的网格点集的识别、网格中心的识别和网格几何位置关系的识别结果中,已经包含了网格几何参数计算所需要的信息。

我们进行网格应变场测量的目标是:测量点和标距。测量点坐标是网格几何中心的坐标,标距是相邻网格中心的距离。网格应变场测量自动化的测量点和标距的度量问题由此基本解决,得到在图像坐标系下以象素为单位表示的结果。

3 结论

研究了网格点集能够识别的有效途径,提出通过识别网格点集的三个特征值,即网格线是连续性的,网格线是封闭性和网格线长度大于 30 象素来识别其点集。同时该方法还能够排除直线、孤立的点和微小圆环对圆形网格点集识别的干扰。在网格点集识别的基础上,采用点集坐标取平均的方法求得网格中心点的坐标。将网格的几何位置识别简化为网格中心的几何位置识别。通过人机交互,确定出第一行第一列网格中心的坐标和相

邻网格中心的方向,再由位置识别算法完成其余网格中心的几何位置关系识别和中心坐标值的精确计算。从而得到测量所需的标距长度。网格应变场测量自动化的测量点和标距的度量问题已经解决,得到在图像坐标系下以像素为单位表示的结果。

参考文献:

- [1] 赵清澄,石沅. 试验应力分析[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [2] J. H. Vogel and D. Lee, An Automated Two - View Method For Determining Strain Distributions on Deformed Surfaces[J]. Journal of Material Shaping Technology, 1989(6) :171 ~ 175.
- [3] A. S. Voloshin, C. P > Burger. Half - fringe Photoelasticity: A New Approach to Whole - field Stress Analysis[J]. Fibre Science and Technology, 1984, 21(4) :341 ~ 351.
- [4] T. C. Chu, W. F. Ranson. Application of Digital - Image - Correlation Techniques to Experimental Mechanics[J]. Experimental Mechanics, 1985, 25(3) :232 ~ 244.
- [5] 王勇,罗耕星,陈光南. 数字图像分析法在薄板成形应变场测量中的应用[J]. 金属成形工艺, 2002, 20(3) :27 ~ 30
- [6] 朱志刚,等. Kenneth. R. Castleman 数字图像处理, [M]. 北京:电子工业出版社, 2000.

The application of model recognition in measuring strain - field of deforming sheet

WANG Xue - qin¹, FAN Hong - li¹, WANG Yong²

(1. Beijing Institute of Technology No. 5, Zhongguancun Nandajie, Haidian District 10081; 2. Laboratory of Surface Modification, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences 100080)

Key words: image process; digital image; strain - field; model recognition

Abstract: The method based on digital - image - analysis to measure the strain - field of deforming sheet is explored and the key of the method "grid recognition" is discussed. Three characteristic parameters are given to recognize the points which constitute a grid. These characteristic parameters are the continuum, the closure and the length of the grid. Then the position of the experiment points are calculated by averaging the grid points. The length of the gauge can be calculated after the relationship of the centers is recognized by giving a distance criterion with angle and length of two experiment points.