

计算机云纹技术用于三维物体 360°面形轮廓测量

张海波 伍小平

(中国科技大学近代力学系, 合肥 230026)

摘 要 本文讨论了计算机云纹用于三维物体 360°面形轮廓测量的原理, 并对一样品进行了测试, 实验表明, 此种方法优于其它测量方法, 可快速获得样品 360°面形展开图.

关键词 计算机云纹技术, 360°三维物体面形测量.

1 引 言

三维面形测量方法, 即 $Z = f(x, y)$ 表示的三维面形, 应用比较成功, 但对三维 360°面形测量方法, 即以 $Z = f(r, \theta)$ 表示的三维面形, 则需继续研究改进. 虽然 Haliona 等人曾提出一种基于相位测量原理的 360°面形测量方法^[1], 但测量时需要反复移动投影栅, 数据获取率低, 需要较长时间测量, 这极不利于现场测试. 另外在计算机视觉研究中, 从不同观察方向得到物体不同视角三维形状图, 然后进行匹配接合成一全场视觉图^[2], 这样的数字处理过程既繁琐且只能提供有限的精度. 另一个较少应用的方法是用阴影云纹法与全景照相机连起来^[3], 其机械上结构复杂, 还有麻烦的条纹后处理. 本文提出利用计算机云纹技术来实现三维物体 360°面形测量. 实验表明, 此法计算速度快, 自动化程度高, 适合于三维物体 360°面形轮廓的快速得到, 计算结果迅速显示在计算机屏幕(或用打印机打印出), 这在工程应用中, 显示出极大的应用价值.

2 计算机云纹技术用于 360°三维物体面形测量原理

投影云纹^[4]是一种有效的三维形状测量方法, 可以得到几何形状的等高线, 计算机及图像处理技术迅速发展, 极大地推动了光测技术的自动化程度, 也为云纹实用技术提供了良好基础, 计算机云纹技术测量三维物体形状是投影云纹方法的计算机模拟, 并用计算机来控制旋转台使被测物旋转一周, 就可实现物体 360°面形轮廓自动测量.

测量原理框图见图 1. 用摄像机代替照相机来记录, 摄得的数据通过图像板存贮, 计算机编制软件来处理. 光学部分与投影云纹类似, 用一投影仪将栅线投影到被测物表面, 在物面形成带有表面形状信息的畸变栅, 先设旋转台不转, 用 CCD 摄像机摄入这畸变的栅线图,

通过图像板数字化后存储于计算机中，计算机生成一个参考栅，栅距大小可通过计算畸变的物栅线图平均栅距来确定，将这幅计算机参考栅图与畸变物栅图像通过一定的计算方式组合^[5,6]，得到的第三幅图像即为计算机云纹，由投影云纹原理知，这计算机云纹表征了物面的等高线，如果再摄入一幅参考平面的栅线图并以同样的计算机参考栅来计算，二次云纹等高线数据相减的结果显然就是物面相对于参考面的等高线了

在这方法里，参考栅是通过计算机软件来形成的，栅距大小很容易改变，并且通过软件可以实现参考栅的准确移动，这使得相移技术^[7]很容易且精确无误的实现，摒弃了一般实现相移技术中极难控制的相移器和摄取多幅位相变化变形栅线图。这即利于动态问题测量，又可用计算机软件来计算位相，使得数据处理实现快速自动提取，利用上述原理的二维位相计算软件^[8]，可快速得到全场二维位相值。物体等高线数据传输到三维绘图软件，可在计算机屏幕或打印机上得到物体的三维形貌图或等高线图。

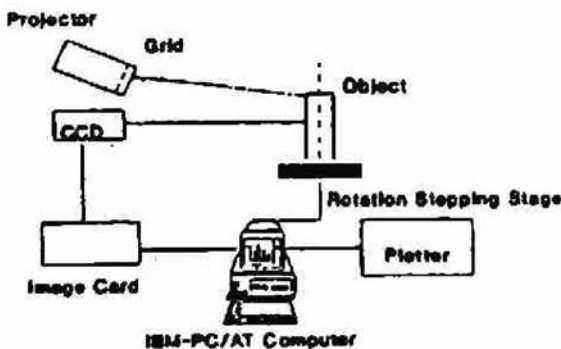


Fig. 1 Block diagram of the complete system

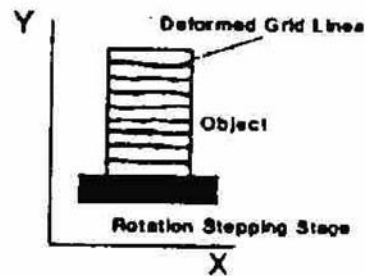


Fig. 2 The grating projected on the object

为测量三维物体 360°面形，通过软件控制旋转工作台的驱动电机，旋转台每转一个小角度，通过 CCD 摄像机，摄入物体变形栅，栅线的主方向与三维物体旋转轴平行，如图 2 所示，通过软件控制存贮物体中间 y 方向上一窄条带的的数据，这样当旋转台转过 360°后，就存贮了三维物体 360°全景的变形栅线图，用二维位相计算软件来处理这张全景变形栅线图，就得到了物体 360°全景面形轮廓展开图。



Fig. 3 Measured specimen a can

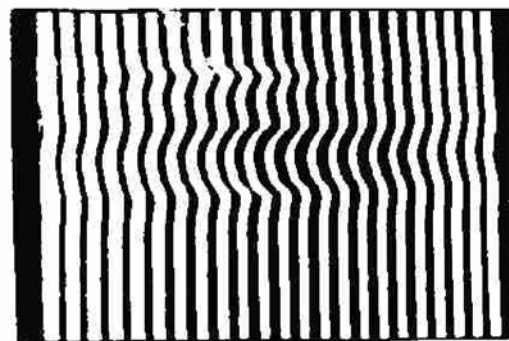


Fig. 4 Deformed unwrapped grating pattern

3 实 验

实验所用样品为一易拉罐，表面喷上均匀白漆，易拉罐表面有一压扁处和一凸起处，如图 3，图 4 所示的旋转台转过 360°后记录到的 360°全景变形栅线图，用计算机云纹方法处理这个变形栅线图，实验时投影栅在物面上的节距 P_R 为 1 mm，投影方向为与成像夹角 25°，物体每次转动 3°，形成的计算机云纹如图 5 所示。最后得到的易拉罐展开面形图如图 6 所

示,凹凸处有良好的视觉效果,此实验表明,计算机云纹方法可快速进行 360°面形轮廓测量.



Fig. 5 Computer moire

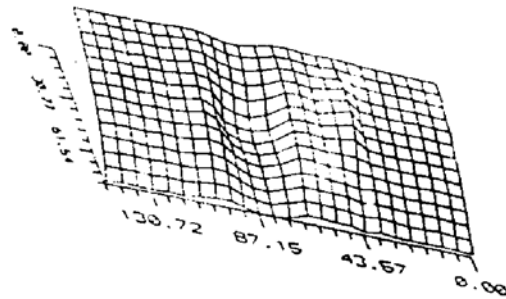


Fig. 6 The can unwrapped topograph

结 论 用计算机技术模拟投影云纹去测量 360°三维物体形状是一种行之有效的方法,计算机云纹技术中由计算机软件生成控制参考栅,使得相移法自动处理条纹技术得以实现,数据快速全自动处理,没有条纹级数判定以及形状凹凸判断的麻烦,计算机控制旋转台使物体旋转进行 360°面形测量,实验表明,可快速全自动得到所需结果,这证明了此法有着极大应用潜力.

参 考 文 献

- [1] M. Halioua Automated phase measuring profilometry: A phase mapping approach. *Appl. Opt.* 1985, **24**: 185~192
- [2] B. Bhanu, Representation and shape matching of 3D object. *IEEE Trans. Pattern Anal. Maching intell.*, 1984
- [3] C. G. Saunders, *Replication from 360° Moire Sensing Moire Topography and Spainal Deformity*, M. S. Moreland Eds (Pergammon, New Yord 1981)., P76~81
- [4] 赵清澄, 石沉, 实验应力分析, 北京, 科学出版社 1987, 9
- [5] A. Asundi, B. M. Dohhins, Digital moire of moire. *Expt. Tech.*, 1992, **16**(3): 13~18
- [6] A. Asundi, Logical moire and its application. *Exp. Mech.*, 1991, **15**(9): 236~243
- [7] V. Srivcsah, Automated phase-measuring profilometry of 3-D diffuse subjects. *Appl. Opt.* 1983, **27**: 3421~3432
- [8] 张海波, 相移数字云纹和 ESPI 新技术研究. 中国科学技术大学, 博士论文, 1992, 12

Computer Moire Technique Used for 360° Measurement of Surface Topography of 3D Objects

Zhang Haibo Wu Xiaoping

(Department of Modern Mechanics, University of Science & Technology of China, Hefei 230026)

(Received 5 July 1993; revised 17 September 1993)

Abstract In this paper, the principle of computer moire used in 3D 360° object surface measurement is discussed. The experiment verifies that the computer moire method is a very sucessful method and the result can be got automatically with high speed.

Key words computer moire technique, 3D 360° object surface measurement.