

自动三维度量学及在人体头面部测 量中的应用

金观昌

(清华大学工程力学系)

高 梓

(北京医科大学口腔医学院)

关键词 三维度量学; 人体头面部测量

内 容 提 要

本文叙述一种新的无需参考物体或平面的自动三维度量学测量系统的原理, 以及应用这种系统对人体头面部进行测量。

一、导 言

对物体和生物体的三维形状的自动测量是工业质量控制、机器人视觉、医药等十分需要的一种测量技术。它具有快速、非接触、高精度、自动化等优点。自八十年代已有不少著作叙述这种三维度量的方法, 其中一部分是基于云纹原理 (Piroddi, 1982), 另一部分是投影条纹法测量物体与参考物体或平面的相对高度 (Michalski et al., 1986)。云纹测量方法对于高度变化大的物体测量灵敏度较低, 而使用参考物体会带来不少麻烦。因此发展一种高精度的无需参考物体能适用于现场使用的自动三维度量系统是十分必要的。

人体测量在医学、人类学、考古学研究中是十分需要的, 到目前为止主要的测量方法是用一些专用的仪器如直脚规、弯脚规等人工操作, 测量的准确度和速度都受到限制, 在测量二点对某一标准平面的垂距差即高度差时往往比较困难。通常在研究项目中要对多个民族、多个年龄组的人群进行 20—30 项头面部长、宽、高度测量, 以便统计分析, 涉及的工作量十分庞大, 迫切需要采用自动测量。1986 年作者曾应用镜面光学与摄像机系统对牙颌模型的长、宽、高和周径等三维形状进行自动测量(丁晓青等, 1987)。本文叙述一种新的绝对坐标自动表面形状测量方法并应用于人体头面部的三维尺寸测量工作。使用这种测量系统可以无需放置参考物体, 测量精度为 $\pm 1\%$, 可以打印物体各点的坐标值、截面形状及立体视图。

二、测量系统原理

自动三维形状测量系统的原理见图1。众所周知,光学编码技术是表示物体三维形状的一个常用方法。当投射一组条纹到被测物体时,物体的高度变化产生对条纹的调制、编码,记录这组调制条纹图并经处理就可给出物体的原来形状。具体地说,当与观察方向成某一角度方向投射一组平行、等间距的直线条纹时,则随着物体高度的变化,条纹将有弯曲或间距的变化(见图2)。

可以推导,这些弯曲和间距的变化取决于光源条纹投射系统条纹位置函数,条纹坐标

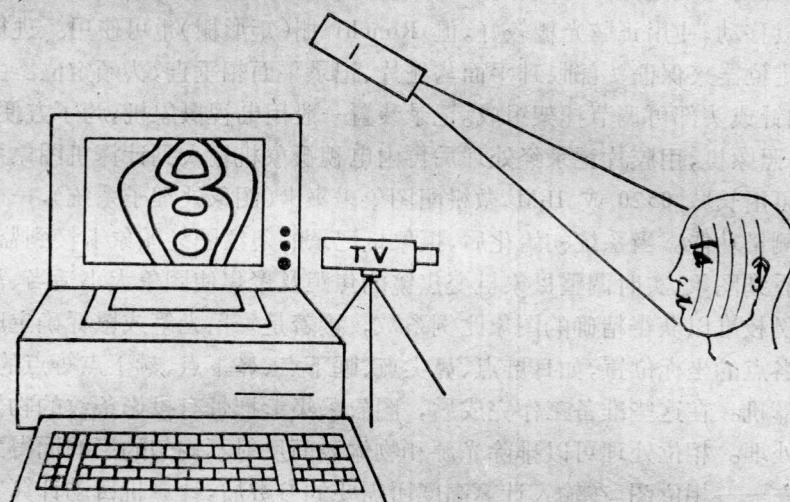


图 1 系统原理结构图
Schematic diagram of the system

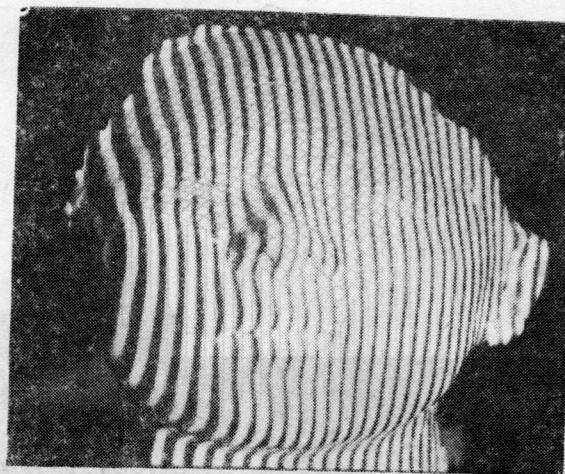


图 2 头面部投射条纹图
Projection fringe pattern of the human face

系统与观察系统(即由电视摄像机或照相机组成的系统)的几何关系,当输入这些参数(坐标位置、夹角等)计算机即可计算出高度。

为了精确测量,对条纹图案采集条纹级数是不够的,采用一种称为相移的方法可以获得条纹的相位值 ϕ ,由于相位 ϕ 的单位“度”是条纹“级数”的 $1/360$,因而测量的精度可以大大提高。

三、测量系统及测试结果

测量系统由投影光源、人体头颅定位器、记录装置和计算机图象系统组成。投影光源采用点光源(如幻灯机光源)一特制的 1 线/毫米左右的光栅片作为模板,栅片由一传动系统夹持并可以移动,使用正弦光栅较好,但 Ronchi 栅(矩形栅)也可使用。进行头面部测量时用头颅定位器来保证头部眼耳平面与栅片、记录平面相垂直,头颅定位器由左、右耳塞、左瞳点指针或头部可调节托架组成。记录装置一般用电视摄像机,为了方便外出、现场使用,也可用照像机,用胶片记录经处理后再由电视摄像机输入到计算机图象系统。计算机图象系统可用长城 0520 或 IBM 微机配图象采集卡(图象处理子系统),一个专用软件包保证实现测量功能。当系统初始化后,摄像机记录的条纹图经图象卡接到监视器上,在监视器上可看到图象,实时调整摄像机变焦镜的焦距及聚焦使图象大小适当、清晰,随后进行尺寸比例校准以获得精确的图象比例系数,接着是采用光笔或鼠标确定所要测量的人体头面部各点的坐标位置,如耳屏点、鼻尖点、眼下点、鼻下点、颏下点等点的坐标值,并同时存入计算机。在这些准备工作完成后,图象采集卡把带有投影条纹的物体图象存储及进行相位处理。相位处理可以排除光源和物体表面反射不均匀的影响而得到用光强表示的相位分布——相位图。在输入计算高度所需要的参数后,计算机自动计算物体表面各点的高度数据。这些数据可以用打印机输出,也可以画出截面图在屏幕上或打印在纸上。除此之外,立体透视图和假彩色等值线图还可以显示在屏幕上或打印输出,它们可以更形象

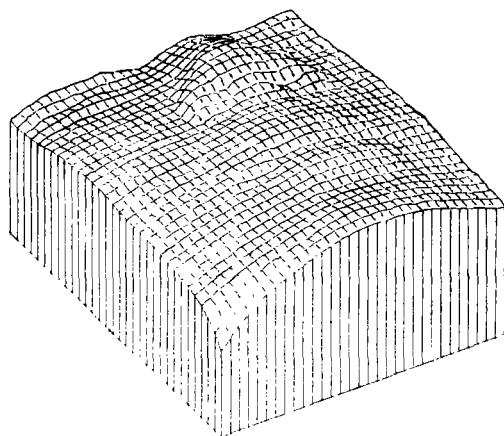


图 3 人体头面部立体视图
Three-dimensional plot of the human face

地表示物体的三维形状。

对人体头面部的模型和活体进行了多次测量(保持眼耳平面在水平位置), 测试数据可靠、测量精度高(一般可达1%), 对颜面肤色没有特别要求, 不需涂粉。表1列出了测试数据。图3为打印机输出的面部立体透视图。

表1 人体头面部三维尺寸数据(与水平面一致的高度差, 单位: 毫米)

测量点	耳屏—鼻根	耳屏—眶下	耳屏—鼻下	耳屏—颏下	鼻高	鼻深
自动测量	67.46	61.74	73.21	62.9	44.20	13.03
卡尺测量	67.6	62.6	73.2	63.6	44.5	13.4

四、结 论

本文所提出的非接触式基于光学——计算机图象自动三维形状测量系统被证明是一种理想的精确的三维物体形状(坐标)测量方法, 由于不需要参考物体、测量十分方便, 对于重复性多次测量应用具有处理速度快、成本低的优点。在人体头面部测量应用中表明是适用的、方便的, 特别在需要对大量的群体测量如各民族、各年龄组人体测量和人体生长发育规律等研究课题更具重要意义。

(1989年12月23日收稿)

参 考 文 献

- 丁晓青、金观昌、高柠等, 1987。一种用单摄象机图象分析系统的三维物体测量新方法。清华大学学报, 27(4): 88—94。
 Michalski, Marcelo, Hector J. Rabal, and Mario J. Garavaglia, 1986. "Operations using fringe projection". *Appl. Opt.*, 25(23): 4338—4342.
 Piroddi, L., 1982. "Shadow and projection moire techniques for absolute or relative mapping of surface shapes". *Opt. Eng.*, 21(4): 640—649.

AUTOMATED 3-D PROFILOMETRY AND ITS APPLICATION TO HUMAN FACE MEASUREMENTS

Jin Guanchang

(Department of Engineering Mechanics, Tsinghua University)

Gao Ning

(School of Stomatology, Beijing Medical University)

Key words 3-D Profilometry; Human face measurements

Abstract

A new automated 3-D profile measurement system without any reference object or plane is presented. The principle and its application to human face measurements are also described.