

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0655-03

# 人体的激光扫描三维建模系统的研究\*

王 涛<sup>1,2</sup> 郭 玲<sup>2</sup> 李喜福<sup>1</sup> 姚建铨<sup>1</sup> 王 鹏<sup>1</sup> 陈 进<sup>1</sup> 于意仲<sup>1</sup> 张百钢<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 天津大学精密仪器与光电子工程学院, 天津 300072)  
(<sup>2</sup> 河北工业大学机械学院, 天津 300130)

**提要** 给出了一种利用激光技术及空间三维测量原理实现对人体外部形状三维建模的新方法。提出了人体的光点三维信息采集方式并推导出了相关的数学模型,提出了人体的特征识别模式原理,由此建立了人体的激光扫描三维建模系统。

**关键词** 人体建模, 激光扫描, 特征识别

**中图分类号** O438 **文献标识码** A

## Study on Laser Scanning Three-dimensional Modeling of Human Body

WANG Tao<sup>1,2</sup> GUO Ling<sup>2</sup> LI Xi-fu<sup>1</sup> YAO Jian-quan<sup>1</sup> WANG Peng<sup>1</sup>  
CHEN Jin<sup>1</sup> YU Yi-zhong<sup>1</sup> ZHANG Bai-gang<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Optoelectronics Information Science and Technology Lab, Institute of Lasers and Optoelectronics, College of Precision Instrument and Optoelectronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072)  
(<sup>2</sup> College of Mechanism Engineering, Hebei Industry University, Tianjin 300130)

**Abstract** A novel three-dimensional human body modeling method, on the basis of laser technology and three-dimensional space measurement's principle, is reported. The three-dimensional collection mode of human body, its mathematical model, and the principle of human body feature identifying are introduced. The laser scanning human body three-dimensional modeling system was established.

**Key words** human body modeling, laser scanning, feature identifying

## 1 引 言

现代医疗、现代服装、军事及刑侦等很多领域都需要对人体外部形状及尺寸进行快速建模,实现人体外部形状的数字化、立体化、网络化。本文介绍了一种利用激光技术及空间三维测量原理实现对人体外部形状三维建模的新方法。提出了人体的激光光点三维信息采集方式,推导出了人体外部形状三维坐标的数学模型,提出了人体外部形状的模式集成原理及特征识别模式原理,由此建立了人体的激光扫描三维建模系统,实现人体三维模型的建立。

## 2 人体的激光扫描三维建模系统的提出

利用激光对人体进行全身扫描,由三台 CCD 摄

像仪摄录下激光扫描信息,输入到计算机内,由智能软件对采集信息进行处理、运算、识别及建模<sup>[1]</sup>。

激光发射器发射出的激光由分光镜分成三路,对应于反射镜组分别输入到三台扫描仪上,它们均匀分布在绕人体上升的单周期螺旋线上,对人体进行全身扫描。对应三台扫描仪的位置设置三台 CCD 摄像仪,由它们联合摄录采集扫描点的空间信息,在进行信息匹配,数模变换,构成人体外形的三维空间信息采集系统。在由计算机智能软件运行,处理、运算、识别后,建立人体三维模型数据库,最后多元化建模,实现人体外形的快速实时建模。

## 3 人体外形信息的空间数学模型的建立

根据空间几何理论<sup>[2]</sup>,能影射到三台摄像机上的人体光点 A 的位置很少,且两台摄像机就可完成三维立体成像了,大多数的扫描点由就近对应的其

\* 激光技术国家重点实验室资助课题。

中两台摄像机完成三维立体成像,因此,这里仅考虑两台摄像机三维立体成像的数学模型的合成,再用于三台摄像机的两两匹配即可实现对人体全身的扫描光点 A 的三维立体数学模型的合成。

图 1 中,1 为扫描器 1,2 为摄像机 1,3 为扫描器 2,4 为摄像机 2,5 为扫描器 3,6 为摄像机 3,7 为激光器。为简洁,图中略去了传送光路及反射镜组。人体立于物空间  $O$ - $XYZ$  坐标系内,激光扫描人体的光点 A 在物空间内的坐标为  $A(X, Y, Z)$ 。人体的光点 A 影射到摄像机 1 和摄像机 2 的像平面上,所形成的像点分别为  $a_1$  和  $a_2$ ,摄像机 1 和摄像机 2 的像空间坐标系分别为  $O_1$ - $x_1y_1z_1$  和  $O_2$ - $x_2y_2z_2$ ,像空间坐标原点取其投影中心,它们在物空间上的坐标分别为  $O_1(X_{O_1}, Y_{O_1}, Z_{O_1})$ ,  $O_2(X_{O_2}, Y_{O_2}, Z_{O_2})$ 。像点在像平面上的坐标分别为  $a_1(x_1, y_1)$ ,  $a_2(x_2, y_2)$ ,摄影主距分别为  $f_1, f_2$ ,转

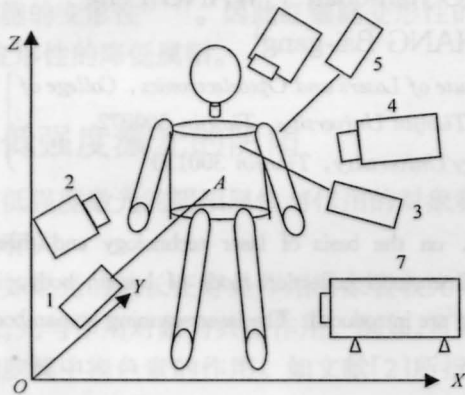


图 1 人体外形的激光扫描建模原理示意图

Fig.1 Schematic of laser scanning human body modeling

换矩阵为  $R_1, R_2$ 。

$$R_1 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ c_{11} & c_{12} & c_{13} \end{bmatrix},$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \end{bmatrix}$$

根据摄影测量原理得:

$$\begin{bmatrix} X - X_{O_1} \\ Y - Y_{O_1} \\ Z - Z_{O_1} \end{bmatrix} = \lambda_1 R_1 \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -f_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} X - X_{O_2} \\ Y - Y_{O_2} \\ Z - Z_{O_2} \end{bmatrix} = \lambda_2 R_2 \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -f_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

式(1), (2) 即为物点  $A(X, Y, Z)$  与像点  $a_1(x_1, y_1), a_2(x_2, y_2)$  坐标间关系式。 $\lambda_1, \lambda_2$  为比例系数  $R_1, R_2$ , 分别由两个摄像机的结构及方位参数确定, 均属系统固有参数, 为已知。

设定:

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \end{bmatrix} = R_1 \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -f_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} u_2 \\ v_2 \\ w_2 \end{bmatrix} = R_2 \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -f_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

分别代入式(1), (2), 解得:

$$X = \left[ (x_{O_2} - x_{O_1}) + \left( \frac{u_1}{w_1} z_{O_1} - \frac{u_2}{w_2} z_{O_2} \right) \right] / \left( 1 - \frac{w_1}{u_1} \frac{u_2}{w_2} \right) - \frac{u_1}{w_1} z_{O_1} + x_{O_1} \quad (5)$$

$$Y = \left[ (x_{O_2} - x_{O_1}) + \left( \frac{u_1}{w_1} z_{O_1} - \frac{u_2}{w_2} z_{O_2} \right) \right] / \frac{w_1}{v_1} \left( \frac{w_1}{u_1} - \frac{u_2}{w_2} \right) - \frac{v_1}{w_1} z_{O_1} + y_{O_1} \quad (6)$$

$$Z = \left[ (x_{O_2} - x_{O_1}) + \left( \frac{u_1}{w_1} z_{O_1} - \frac{u_2}{w_2} z_{O_2} \right) \right] / \left( \frac{u_1}{w_1} - \frac{u_2}{w_2} \right) \quad (7)$$

其中  $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2$  分别由参量  $x_1, y_1, x_2, y_2$  确定, 见式(3), (4), 其他均为系统固有值, 由系统结构确定。式(5), (6), (7) 即为由像点坐标推算物点坐标的数学模型。全部计算过程, 用运算程序完成。实际运行中由计算机智能软件识别人体光点 A 对应的最佳匹配摄像仪组合。

## 4 人体模型的建立

系统采集的激光扫描人体外形的光点信息, 是一个庞大的信息群, 直接建模, 信息处理量大, 运算时间长, 甚至发生信息“堵塞”。因此, 提出建立人体的主体特征模式法。

### 4.1 建立人体的主体特征模式

首先建立身高特征模式, 即先搜索比较最高度

坐标  $Z$ , 预先建立最高度坐标  $Z$  比较库, 由上至下从开始扫描时就直线建立最高度坐标  $Z$  的特征模式。身高定下后, 由人体的标准常规体形, 确定肩、胸、腰、臀等主要部位的初步高度位置, 由此可跨越到肩、胸、腰、臀等主要部位的识别确认。

以初步高度为搜索起点, 首先建立头部模型, 再识别确认肩部的位置及形状, 依次类推, 来识别确认胸、腰、臀等主要部位的位置及形状, 并相应建立人体的主要部位模型的数据库。

#### 4.2 连接建立人体的全部模型

由上至下, 首先由头部与肩部模型连接出颈部模型, 由肩部模型连接派生出手臂模型, 再向下与腰、臀部模型连接出上身的模型, 最后, 由臀部模型连接出派生出腿部的模型。即完成了连接建立人体的全部模型。

#### 4.3 智能软件编制

依据上述建模原理编制采集、运算、识别及建模程序<sup>[3]</sup>。在此基础上, 编辑智能识别软件, 先将目标

人体“示教”给采集、运算、识别系统后建立目标样板模型数据库, 随后“系统”就可以根据“数据库”识别跟踪目标了。

## 5 结 论

人体的激光扫描三维建模系统为人体建模提供了新的途径。提出了人体的激光光点三维信息采集方式及推导得出的数学模型, 有效地解决了人体外部形状信息的获得。主体特征模式原理较好地解决了信息处理、识别及建模的编程问题。

总之, 人体的激光扫描三维建模系统是可行的, 具有一定的理论与实用价值。

## 参 考 文 献

- 1 李家宝. 机械加工自动化机构. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1989. 78~180
- 2 王之卓. 摄影测量原理. 北京: 测绘出版社, 1979. 1~128
- 3 郭桂蓉. 模糊模式识别. 长沙: 国防科技大学出版社, 1992. 2~66