

# 人体测量技术的现状与发展趋势†

罗仕鉴 朱上上 孙守迁  
(浙江大学计算机系 浙江 杭州 310027)

**摘要** 文章介绍了人体测量的内容,讨论了其相关技术和软件,重点分析了非接触式三维数字化人体测量技术,并指出了人体测量技术的应用领域和发展趋势,对我国人体测量的研究具有重要的参考价值。  
**关键词** 人体测量;人机工程;非接触;智能化;网络化  
**中图分类号** TB 18 JQ 984      **文献标识码** A

- 1 引言
- 人体测量是通过测量人体各部位的尺寸来确定个体之间和群体之间在人体尺寸上的差别,用以研究人的形态特征,从而为工业设计、人机工程、工程设计、人类学研究、医学等提供人体基础资料<sup>[1]</sup>。
- 目前,世界上已有 90 多个大规模的人体测量数据库,其中欧美国家占了大部分,亚洲国家约有 10 个,而日本占了一半以上。如 CASER( Civilian American and European Survey of Anthropometry Research )人体测量研究计划,在美国、荷兰、意大利等得到了广泛应用<sup>[2]</sup>;日本 HQL 协会( Research Institute of Human Engineering for Quality Life )提出了人体测量和增进人类福祉计划<sup>[3]</sup>;英国 3D 电子商务中心( The Centre for 3D Electronic Commerce )在网上开展了三维人体数据方面的商务活动<sup>[4]</sup>。
- 随着时代发展和社会进步,人体数据测量技术也在不断发展和更新。
- 2 人体测量的种类与内容
- 人的作业状态一般有静态和动态两种形式,所以人体测量也分为静态和动态两种<sup>[5]</sup>。从实用角度来看,人体测量内容一般有以下三类:
- 2.1 形态的测量 它可以得到人体的基本尺度、体型和其它数据,主要有人体长度测定(包括廓径);人体体型测定;人体体积和重量的测定;人体表面积测定。
- 2.2 生理的测定 主要内容有人体出力测定;人
- 体触觉反应测定;任意疲劳测定等。
- 2.3 运动的测定 主要内容有动作范围测定;动作过程测定;体型变化测定;皮肤变化测定等。
- 3 人体测量技术
- 从技术发展来看,人体测量技术可以分为普通测量技术和三维数字化人体测量技术。
- 3.1 普通测量技术 普通人体测量仪器可以采用一般的人体生理测量的有关仪器,包括人体测高仪、直角规、弯角规、三脚平行规、软尺、测齿规、立方定倾器、平行定点仪等,其数据处理采用人工处理或者人工输入与计算机处理相结合的方式。此种测量方式耗时耗力,数据处理容易出错,数据应用不灵活,但成本低廉,具有一定的适用性。
- 3.2 三维数字化人体测量技术 从仪器本体的原理来讲,三维数字化人体测量分为手动接触式、手动非接触式、自动接触式、自动非接触式等,最终可以根据所需速度、精度和造价确定合适的方式,下面介绍典型的几种。
- 3.2.1 手动接触式三维数字化测量仪 美国佛罗里达 Faro 技术公司的 FaroArm<sup>[6]</sup>是典型的手动接触式数字化测量仪。测量时,操作者手持 Faro 手臂,其末端的探针接触被测人体的表面时按下按钮,测量人体表面点的空间位置。三维数据信息记录下探针所测点的 X、Y、Z 坐标和探针手柄方向,并采用 DSP 技术通过 RS232 串口线连接到各种应用软件包上。
- 3.2.2 非接触式( no contact )三维数字化测量仪

† 本文得到国家计委产业化前期关键技术与成套设备研制开发项目资助:面向区域经济发展的高技术产品开发系统(计高技 1998 J077 批文 编号 98-15)

作者简介:罗仕鉴(1974-)男,湖北嘉鱼人,讲师,研究方向为数字化人机工程、计算机辅助工业设计、人机交互等。

运用真实人体数据的技术,即非接触式测量技术,典型的是英国的 LASS (Loughborough Anthropometric Shadow Scanner) 技术和美国 TC2 开发的白光相位测量技术 (Phase Measurement Profilometry)<sup>[7]</sup>。随着计算机技术和三维空间扫描仪 (3D Scanner) 技术的发展, Vitronic (Germany)、Cyberware (US)、Telma (France) 等公司纷纷出现, 高解析度的 3D 资料足以描述准确的人体模型。下面重点介绍两种:

### 3.2.2.1 VITUS-3D 人体扫描仪<sup>[8]</sup>

VITUS 全身 3D 人体扫描仪是德国 Vitronic 公司的产品, Vitronic 由于 Vitus smart 而获得了 2002 年欧洲 IST (Information Society Technologies) 奖。Vitus smart 是 Vitronic 公司的最新一代产品, 由于体积小, 可以将它放在更衣室中。Vitus smart 能够提供足够的人体尺寸, 以便进行量身定做和大规模定制, 实现电子商务。

同 VITUS 其它产品一样, VITUS smart 使用光线条纹扫描方法, 8 个三角形的探头能够在 10 s 内扫描 1 m × 1 m 和 2.1 m 高的区域, 而分辨率可以达到 0.5 mm, 如下图所示:

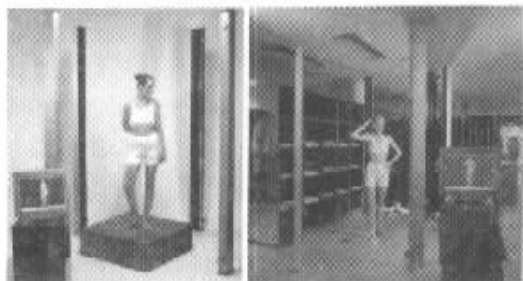


图 1 VITUS smart-3D 全身人体扫描仪

VITUS 除了全身 3D 扫描仪之外, 还有 3D 脚部扫描仪 (PEDUS)、3D 头部扫描仪 (VITUS ahead)。目前这些仪器已经在大规模人体测量、汽车驾驶研究等方面得到了应用。

### 3.2.2.2 Cyberware 全身 3D 扫描仪<sup>[9]</sup>

较 VITUS 而言, Cyberware 数字化扫描仪种类更齐全, 系统更复杂, 价格更昂贵。它最初是由斯坦福大学 Marc Levoy 研制的。Cyberware 数字化仪由平台 (载体)、传感器 (光学系统)、计算机工作站、Cyberware 标准接口 (SCSI) 及 CYSURF 处理软件构成。平台一般有 3 个自由度 (X、Y、Z), 伺服电机驱动, 典型的分辨率为 0.5 mm。

软件系统 (Models WB4 和 Model WBX) 构成, 它能够测量、排列、分析、存储、管理扫描数据。扫描时间只需几秒到十几秒, 整个扫描参数的设置及扫描过程全部由软件控制。可以输出为 3D Studio & 3D Studio MAX、ASCII、Digital Arts、DXF、DXF (3D FACES)、IGES 106 124 126 128、Inventor、OBJ、PLY、SCR (AutoCAD mesh)、SCR (AutoCAD slice)、STL 以及 VRML 等格式。

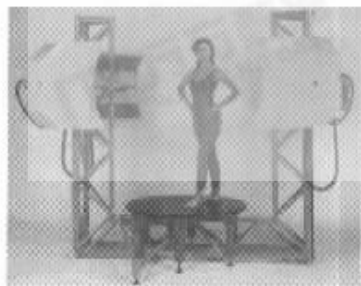


图 2 Cyberware 全身数字化扫描仪

Cyberware 3D 扫描仪和软件已经在产品设计、CAD/CAM、研究、动画、电影、重建、化妆品调查、医疗器械设计、人体测量、人机工程、雕塑等方面得到了应用。

接触式三维数字化扫描仪扫描系统用探针感觉被测物体表面并记录接触点的位置; 非接触式三维数字化扫描仪扫描系统是近几年发展起来的, 用各种光学技术检测被测物体表面点的位置获取三维信息的输入。

3.3 图形处理软件 三维数字化测量仪必须配以软件才能完成测量及实体生成。三维数字化测量仪软件应具有以下功能: ①在操作方面, 提供简单的人机交互界面、自动三维数字化测量和尺寸选择; ②自动对准和装配并到最后的多边形模型; ③线框模型可以渲染成三维实体; ④模型进行比例变化、位置变化、光顺、剪切和粘贴等操作; ⑤在管理方面, 提供数据压缩打包、归类和概要编排; ⑥提供用户输入或者二次开发接口。

目前, Cyberware 软件包包括了多种软件, 如 CySurf Surfacing Software (将采集的图像生成 NURBS 曲面); Decimate Polygon Reduction Software (删除非基本顶点, 将多边形网格减少 98%, 所有 Cyberware 数字化测量仪都配有该软件); Echo Digitizing Software 及 CyScan NT (分别是 SGI 工作站和基于 WindowsNT PC 机上用于控制扫描平台运动和确定三维范围及数据处理的软件)。

## 4 人体测量学的应用

人体测量学对人类的发展具有重要的研究和应用价值,主要体现在以下方面:

4.1 体质变异研究 对不同种族、不同人群进行人体测量和分析比较,可以找出他们之间的共同点与差异,找出人类体质特征变异的规律。

4.2 生长发育研究 对不同年龄群体或个体进行人体测量,绘出生长曲线和生长速率曲线,可以找出人体生长发育的规律。

4.3 为建立适应我国国民体型的原型提供依据

我国目前尚无适合本国国民体格的原型,而世界发达国家如英、法、美、日等都早已形成较成熟的原型技术,并根据风格的不同形成各种流派,在服装设计和生产中起着重要作用。要建立适合的原型,最根本的途径就是首先建立人体体型尺寸的检测系统,在不同区域进行大量的人体测量,为我国原型的建立提供数据依据。

4.4 在工业、国防、医学、法医、教育、体育、建筑、美术等领域有广泛的应用 人体测量数据可以应用于机器、家具、武器、车辆和飞机座舱、船舶、房屋、课桌等的设计,并形成了一门应用学科——人类工效学或人体工程学。为标准服装人台设计和服装规格标准的制订提供依据,应用于服装立体裁剪、商品检查或服装展示等。

4.5 虚拟环境 应用于因特网上购物、电子商务、产品广告、人机工程研究等。

目前,基于人体测量等技术而建立起来的人体数据咨询、仿真设计软件也较多。如英国 Open Ergonomics 公司开发的 PeopleSize 2000<sup>[10]</sup> 人体数据咨询系统,包括英国儿童(从出生起)、成年人的尺寸以及其它一些国家人的尺寸,其中包括部分中国人人体尺寸(18-45 岁,这些尺寸是由新加坡南洋理工大学的 Professor L. Lim 提供的)。这些数据是在 1994—1995 年间测量了 13 678 至 16 443 个样本得到的,基本覆盖了英国的各个阶层,包括人体全身尺寸、人体头部尺寸、手部尺寸、足部尺寸等。利用此人体测量数据库,他们还进行了一些人体姿势分析、座椅等的设计,为民航、铁路、汽车、国防、劳动安全等服务,如图 3 所示。

Delima 公司<sup>[11]</sup>(国际上较早的数字化企业)已经将 3D 虚拟人体溶入到从过程计划、成本预算、质量控制、人机分析到数字化制造中;另外,基于开放的 C 商业平台(open c-commerce platform OCP),EDS Unigraphics 公司<sup>[12]</sup>提出了 e-Factory 概念,也将虚拟人体作为咨询、仿真、评价的一个重要

因素。Transom 公司开发的 Transom JACK 人机工程软件,包括人体数据录入接口、人体数据咨询系统、人机工程仿真系统、人机工程评价系统等。其中虚拟人体建立在生物力学、运动学、人体测量学、认知心理学等学科基础上,可以代替真实人体实现行走、搬运、举升、关节运动、视觉范围、调节姿势等活动,评价安全姿势、举升与能量消耗、疲劳与体能恢复、静态受力、人体关节移动范围等人机工程性能指标<sup>[13]</sup>。由于 JACK 具有的优势,已经在航空、车辆、船舶、工厂规划、维修、产品设计等领域广泛应用。



图 3 PeopleSize 2000 人体数据咨询系统

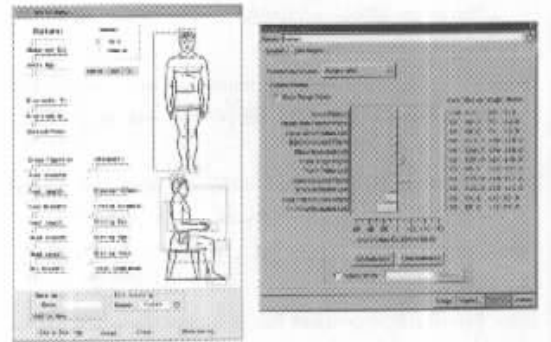


图 4 JACK 中的人体数据咨询及评价系统图示

长庚大学和台湾清华大学等<sup>[14]</sup>院校和企业已经花了近 5 年时间,联合进行了非接触式人体测量技术和台湾人体数据库的研究,取得了一定的成果。

## 5 人体测量技术的发展趋势

随着计算机技术和网络技术的发展,人体测量技术也将呈现新的面貌。

5.1 智能化 人工智能技术的发展,为人体测量技术智能化、人性化奠定了基础。包括扫描过程的智能化、人机界面的智能化、数据采集与分类的智能化、NURBUS 曲面的自动合成与光顺智能化等。

5.2 网络化 21 世纪是网络的世纪,人体测量将依托网络向更广泛的领域拓展。测量技术、商



业模式的网络化,是今后人体测量技术的必然趋势,设计过程、制造过程和流通过程的一体化,将使人体测量在网络经济时代发生重大的变革。

## 6 结论

三维人体测量技术正在逐步走向成熟,并且已应用于很多领域,但在过程测量、在线测量等线方面,还存在很多有待改进、开发的地方,如在线网格生成,三维空间的边界可操作性、三维网格的粗糙性、网格边界可移动性、网格的光顺性,电子商务等,这些都对复杂加工应用产生很大的影响。

3D 人体测量技术在资料完整性与再利用性上明显优于传统的测量方式。目前,我国还没有进行 3D 人体数据库的建立,而现行的人体数据库系统已经不符合现代人体特征,急切需要建立适应我国人体特征的人体数据库系统,以适应现代工农业生产、国防建设等的需要。

## 参 考 文 献

- [1] 丁玉兰,郭刚,赵江洪.人机工程学[M].北京理工大学出版社,2000.
- [2] VITRONIC Inc. VITRONIC wins an "OSKAR fuer den Mittelstand 2001"[EB/OL]. <http://www.vitus.de/english/index.html> 2001.9.
- [3] 志 タベ ス. Research institute of human engineering for quality life[EB/OL]. <http://www.hql.or.jp>, 2001.10.
- [4] Centre for 3D Electronic commerce. Commercial Benefits[EB/OL]. <http://www.3dcentre.co.uk> 2001.10.
- [5] 赖维铁.人机工程学[M].华中理工大学出版社,1989.
- [6] Faro Inc. Faro products[EB/OL]. <http://www.faro.com>, 2001.10.
- [7] 李雯雯,张文斌.信息化:服装人体计测的发展方向[EB/OL]. <http://www.ergocn.com> 2001.6.
- [8] VITRONIC Inc. VITUS-3D body scanner[EB/OL]. <http://www.vitus.de/english/index.html> 2001.9.
- [9] Cyberware Inc. 3D Development[EB/OL]. <http://www.cyberware.com> 2001.9.
- [10] Open Ergonomics Ltd. PeopleSize2000[EB/OL]. <http://www.openerg.com/psz.htm> 2001.9.
- [11] DELMIA Corp. DELMIA and dassault systems[EB/OL]. <http://www.delmia.com> 2001.9.
- [12] EDS Inc. e-Factory[EB/OL]. <http://www.ugs.com/products/efactory> 2001.10.
- [13] 罗仕鉴,郑加成.基于人机工程的虚拟产品设计与评价系统研究[J].软件学报(增刊),2001.(12):388-392.
- [14] 长庚大学.台湾人体体型银行[EB/OL]. <http://3d.cgu.edu.tw> 2001.10.

[收稿日期] 2001-10-11

[修回日期] 2002-01-07

(上接第 30 页)

- [9] Schmidt L, Hunter E. The validity and utility of selection methods in personnel psychology: practical and theoretical implications of 85 years of research findings[J]. Psychology Bulletin, 1998, 124(2):262-274.
- [10] Sackett PR, Dreher GF. Constructs and assessment center dimensions: some troubling empirical findings[J]. Journal of Applied Psychology, 1982, 67(4):401-410.
- [11] Schippmann JS, Prien EP, Katz JA. Reliability and validity of in-basket performance measures[J]. Personnel Psychology, 1990, 43:837-859.
- [12] Gaugler BB, Thornton GC. Number of assessment center dimensions as a determinant of assessor accuracy[J]. Journal of Applied Psychology, 1989, 74(4):611-618.
- [13] Shore TH, Thornton GC, Shore LM. Construct validity of two categories of assessment center dimension ratings[J]. Personnel Psychology, 1990, 43:101-116.
- [14] Sagie A, Magnezy R. Assessor type, number of distinguishable dimension categories, and assessment center construct validity[J]. Journal of Occupational and Organizational Psychology, 1997, 70:103-108.
- [15] Byham WC. What is assessment center? The assessment center method, applications and technologies[EB/OL]. <http://www.assessmentcenters.org> 2001-09-05.
- [16] Thornton GC, Byham WC. Assessment center and managerial performance[M]. New York: Academic Press, 1982.
- [17] Chan D, Schmitt N. Video-based versus paper-and-pencil method of assessment in situational judgment tests: subgroup differences in test performance and face validity perception[J]. Journal of Applied Psychology, 1997, 82(1):143-159.

[收稿日期] 2001-11-05

[修回日期] 2002-01-09