

采用显微图像测量系统实现人体组织典型参数测量

魏本征^{1,2} 赵志敏¹ 李洪均¹

(¹ 南京航空航天大学, 江苏 南京 210016; ² 山东中医药大学理工学院, 山东 济南 250355)

摘要 人体组织典型参数的获取对于各类疾病的诊断和治疗有着极其重要的作用。采用高性能显微图像测量系统实现人体组织典型参数在体测量,对系统研制过程中所涉及的基本原理,以及图像采集系统、成像系统与图像处理软件等关键性技术问题作了阐述。该显微图像测量系统能快速、有效地完成对人体组织典型图像指标的直接测量和定量分析,基本实现了人体组织典型参数图像观测的数字化与检测的高智能化。实验结果表明,采用该系统在体观测人体组织典型参数,可以实时观测人体组织显微图像,计算并保存毛细血管网络形态学参数和微血流动力学的各项参数,同时具有快速简单、精确度高等特点,可作为医学研究的重要手段之一。

关键词 图像处理; 显微图像; 测量系统; 在体检测; 组织参数

中图分类号 TN911.73 文献标识码 A doi: 10.3788/AOS200828s2.0153

Application of Micrograph Measuring System on Body Tissue's Typical Parameters

Wei Benzhen^{1,2} Zhao Zhimin¹ Li Hongjun¹

¹ Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, Jiangsu 210016, China
² College of Science and Engineering, Shandong University of Traditional Chinese Medicine,
Jinan, Shandong 250355, China

Abstract The obtaining of body tissue's typical parameter is very important to the diagnoses and curing of diseases. In this thesis we designed a micrograph measuring system with high performance to measure the typical parameters of body tissue. A series of key techniques involved such as the principle of the system, image grabbing system, image creating system, and the image processing software, are explained. Having a high degree of intelligence, the system can measure and analyze the imaging observation fast and effectively, and the digital parameter also can be acquired automatically. The experimental results show that this system can observe the micrograph of body tissue, calculate and save the morphological parameters of micro-blood vessel network and kinetic parameters of micro-blood stream simply and accurately. So this system can be used as an important tool in the medical research area.

Key words image processing; micrograph; measuring system; on-body measurement; tissue's parameter

1 引 言

图像测量系统是集光学、光电子学、精密机械、计算机技术等多种现代科学技术融合为一体的综合测量系统,它的测量原理是通过通过对被测物体图像边缘的处理而获得物体的几何参数。图像测量技术是将数字图像处理技术应用到精密测量领域的一种新

测量方法,该技术把图像作为信息传递的载体,依据视觉的原理和数字图像处理技术对物体的成像图像进行分析研究,得到需要测量的信息。数字图像处理亦称计算机图像处理,指将图像信号转换成数字格式,并利用计算机对其进行处理的过程,优点是处理精度高,处理内容丰富,可进行复杂的非线性处

基金项目: 国家自然科学基金(10172043)、国际合作项目(BZ2008060)、航空科学基金(05G52047)和教育部博士点专项基金(20040287012)资助课题。

作者简介: 魏本征(1977—),男,博士研究生,讲师,主要从事医学图像处理与光学成像技术等方面的研究。

E-mail: wbz99@nuaa.edu.cn

导师简介: 赵志敏(1955—),女,教授,博士生导师,主要从事光电检测与信息处理等方面的研究。

E-mail: zhaozhimin@nuaa.edu.cn

理,有灵活的变通能力^[1~3]。在广泛而复杂的应用中,数字图像处理的目的只有两种:1)增强图像对人类视觉的效果;2)使图像便于特征和结构的测量。图像测量技术正是利用数字图像处理技术在精密测量领域达到第二个目的的一种新应用,使得图像测量方法具有非接触、高速度、动态范围大、信息丰富等优点,已受到国内外测量领域的重视^[3,4]。

显微图像的处理作为图像处理领域的一个重要组成部分,不仅具有一般图像处理的特点,而且在图像处理的内容上更具有自己的特色^[4~6]。具体来说,显微图像处理系统中,先由显微系统将被测对象放大,并成像于 CCD 的靶面上,CCD 将所捕捉到的图像通过图像采集系统送到计算机,最后由计算机实现对所拍摄到的显微图像进行处理和测量。

数字显微技术自 20 世纪 90 年代起逐渐成为国际发展热点,显微图像分析系统的性能也有了很大的提高。近几年来,高性能的数字显微图像系统已经应用于显微细胞图像分析、工业金相组织分析、粉尘颗粒检测、材料显微结构观察等领域,但是目前还缺少针对实现人体组织典型参数测量的高性能显微图像测量系统^[4,5,7,8]。围绕实现人体组织典型参数测量的问题,本文阐述了所设计显微图像测量系统的基本原理及其关键技术,给出了系统实现方案,并通过实验测试给出了微观和细观结构的测量数据与分析。

2 显微图像测量系统

2.1 基本原理

图像处理系统一般由图像采集系统、图像处理系统、图像输出系统组成,再加上相应的照明系统、接口硬件,如果需要具备纠偏功能,还要配备相应的伺服机构。它的基本系统框图如图 1 所示。

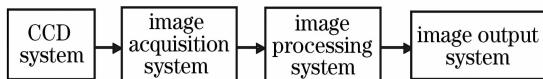


图 1 数字图像处理系统基本框图

Fig. 1 Elementary block of digital image processing system

本文使用显微测量系统对人体组织典型参数进行观测。系统基本原理是采用显微成像系统拍摄人体组织显微图像,经图像采集系统处理,在计算机上采集到数字化图像信息,同时通过实时监控设备可以观测图像的变化情况。在计算机上使用图像处理系统,计算出人体组织的典型参数,并在显示器上实时显示。

图 2 为显微测量系统的原理图。

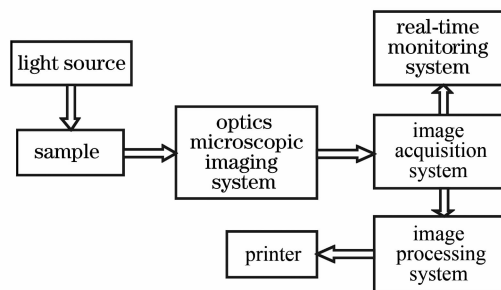


图 2 系统原理图

Fig. 2 Principle block of the system

本测量系统实现了人体组织典型参数图像观测的数字化,并可以同时进行处理,通过高智能化的检测,完成对人体组织典型参数的图像指标的定量分析。这种直接从人体组织显微图像中获取反映人体功能状态组织参数的方法,是医学研究的重要手段之一^[9~12]。

2.2 成像系统

CCD 摄像机是本显微图像测量系统的图像获取装置,是目前工业上使用最广泛的成像系统。CCD 摄像机集光电成像技术与微电子加工技术于一体。CCD 首先是一种微型图像传感器,其次,还可用于模拟信号处理、数字信号的存储等技术领域^[13~15]。

在本系统中,我们使用了 JVC 的 TK-C720EC 型彩色摄像机拍摄图像,它拥有 1/3 英寸的行间转移(IT) CCD,可用于提供精确的色彩再现和无拖尾、无几何失真的优质图像,且能够输出水平分辨率 470 线的彩色图像,通过应用最新技术,在周围环境的光线非常弱,甚至为 1.5Lux 的情况下仍能够确保极佳的图像质量,它还具有长时间在恶劣环境中工作的能力,还提供了双重边缘清晰度修正功能(水平和垂直),双重边缘修正具有 2H 线记忆能力同时可以自动调节摄像机的参数,以确保在几乎完全黑暗的环境中拍摄出清晰、自然的图像(水平清晰度 470 线)。

2.3 图像采集系统

图像采集系统的功能通常由插在主机扩展槽中的图像采集卡完成。图像采集系统的输入是原始的物理图像(物质或能量的实际分布),经过采样(空间离散化)和量化(灰度值离散化)^[7,8,15~17],输出是计算机能够处理的数字图像。

图像采集卡的选择除了与所用的 CCD 的分辨率有关外,还与单位时间内采集的图像的帧数有关。本系统的图像采集系统使用了维真图像多功能视频

捕捉卡。本卡采用 32 位 PCI 总线,支持即插即用功能;提供了中文化操作接口,使用更容易;支持 NTSC, PAL 视讯系统;可以捕捉动态 AVI 文件,解析度 PAL 352×288 每秒 25 帧,全彩,NTSC 320×240 每秒 30 帧全彩。静态捕捉图像,解析度 768×576 全彩,并可同时采集 MPEG4 格式图像。

为提高 CCD 图像的时-空分辨率、改善图像采集效果,本系统首先对 CCD 像素进行 Binning 处理,使用 3×3 规则的像素“合成”一个虚拟像素,这能大大提高 CCD 的时间分辨率。然后,系统再根据微小光斑形状受衍射条件限制、亮度成高斯分布的特性,对图像的空间分辨率进行恢复,以达到提高空间分辨率的目的。

2.4 图像处理系统

图像处理系统由高速度的计算机和相应的图像处理软件完成。图像处理系统可将一幅数字图像变为另一幅经过修改(或改进)的数字图像,或将一幅数字图转化为一种非图像 的表示,得到测量对象的形态分析参数。图像处理软件中的显微图像分析技术是在显微图像数字化的基础上,来分析显微图像中的相关参数的。显微图像分析技术使组织形态的分析,从传统的定性观察转变为定量分析,并能提取诸多形态学待征及密度参数,进行多种参数的测量。显微图像分析技术主要有聚焦、预处理(平滑、去噪、伪彩色)、分割、特征提取以及分析识别等几个关键技术。图像处理系统利用 VC++6.0 编程实现。

图像显示和输出是数字图像处理 的最后环节,即使不是以增强图像对人类视觉的效果为目的的图

像测量或图像分析系统,图像的显示在监视和交互地控制分析过程中也是必须的。显示系统配置不当,会使一幅成像清晰,经过恰当数字化和精确处理的数字图像被一个有噪声或不精确的显示系统所劣化^[1,4,9,17]。

本系统数据处理软件可以实时采集 CCD 拍摄的动态图像信息,将其在电脑上同步显示,还可以方便地捕捉单帧图像作为资料存储。系统图像解析度高,可以对所拍摄的动态图像进行实时处理,例如,可以实时对所拍摄的毛细血管进行形态学参数和动力学参数测量。此外,该系统还可保存测量数据以备比较,这极大提高了显微图像分析的精确度,能为临床诊断和医学研究提供定量、准确、迅速的诊断手段。

3 实验测量与数据分析

使用本显微图像测量系统对人体组织的典型参数进行测量,实验选取在室温状态下人体的毛细血管作为观测目标。实验中,对被测量部位,采用三种不同波长(分别为 0.6328 μm , 0.5461 μm , 0.4725 μm)的光照射,实时在显微镜下观察同一部位,观察结果表明,红光(0.6328 μm)照射后观察的图像较其他光和未加光照射情况下更为清晰,且图像的亮度和对比度明显增加。随着对比度的增加,图像更加清晰,更易于观察。光照时,本系统可随时对图像进行在线实时监测。

图 3 为使用测量系统拍摄的某一正常人毛细血管管祥图像,表 1 为一组测量数据。

表 1 实验数据

Table 1 Experimental data

	Before light illumination	Blue light illumination	Green light illumination	Red light illumination
Afferent branch / μm	12.4	12.5	12.4	12.4
Efferent branch / μm	16.5	16.5	15.7	19.3
Yop of capillary loops / μm	8.4	9.5	9.9	9
Length of capillary loops / μm	199	208	158	199

从图 3 可以看出,本显微图像测量系统采集到的图像清晰度高,图像背景噪声较小,管祥轮廓特征明显,宜于图像处理系统实现形态参数的自动测量。

从表 1 可以看出,红光照射后管祥比正常情况下舒张,这是因为红光具有温热效应,这使得血管扩张,血流量增加,与实际情况符合。

实验结果表明,本显微测量系统对于毛细血管

祥的形态学参数的测量精度高,得出的结果与实际情况相符合。与国外同类显微图像分析产品相比,系统的检测性能毫不逊色,在图像背景噪声和检测灵敏度方面还要优于同类产品^[4]。因此系统具有高检测灵敏度,具有高时-空分辨率,能够实时测得各项特征参数,可以以较高的精度对人体典型组织的形态和流态参数进行测量。

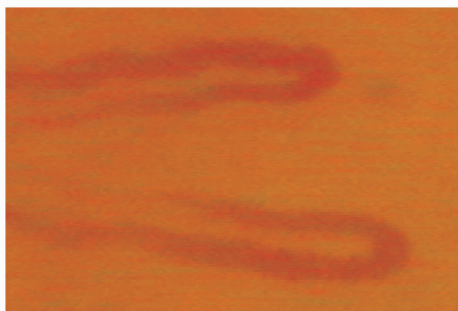


图 3 毛细血管管袢图

Fig. 3 Image of capillary vessel

4 结 论

显微图像相关技术作为一种可见的、非接触的全场测量手段,具有原始数据采集方式最为简单、测量环境要求最低等优点,可用于当今许多学科提出的微米或更小量级的细观形态量的定量测试与分析。

本文设计研究的高性能数字显微图像测量系统,能对一些测量对象的细观变形行为进行测试分析,特别是在人体组织的典型参数测量方面有着很多优势。首先,使用数字图像处理方法在体测量人体组织典型参数方法直观,在完全可视化的状态下进行,是一种无损测量方法,对人体没有任何伤害,适合在体测量。其次,该测量系统具有灵活的变通能力,操作方便简单,可根据不同情况选择不同算法,处理精确度高。另外,它具有测量精度高,测量系统内容丰富,可进行复杂的非线性处理等特点。

综上所述,本测量系统具有很好的发展潜力,在在体测量人体组织典型参数方面的应用前景十分广阔。目前这种测量系统还处于实验与反复验证阶段,但它会日益完善,最终达到推广与实用阶段。

参 考 文 献

- 1 Yang Yong, Wnag Yanlei, Li Ming *et al.*. Research of high-accuracy digital image correlation measurement system[J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(2): 197~201
杨 勇,王琰蕾,李 明等. 高精度数字图像相关测量系统及其技术研究[J]. 光学学报, 2006, **26**(2): 197~201
- 2 Huang Xiaowei, Li Hui, Qiu Yishen *et al.*. Image processing technology in leukemia diagnosis[J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2006, **43**(10): 42~46
黄晓伟,李 晖,邱怡申等. 图像处理技术在白血病患者诊断中的应用[J]. 激光与光电子学进展, 2006, **43**(10): 42~46
- 3 Wang Bingzhen, Liu Wenyao. Camera calibration method for micro-image measuring system[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2006, **33**(2): 119~122
王兵振,刘文耀. 一种显微图像测量系统的标定方法[J]. 光电工程, 2006, **33**(2): 119~122
- 4 Xiao Songshan, Fan Shifu. Development of digital microscopic imaging system with high-performance[J]. *Chin. J. Scientific*

- Instrument*, 2002, **23**(6): 612~616
肖松山,范世福. 高性能数字显微图像系统的研制[J]. 仪器仪表学报, 2002, **23**(6): 612~616
- 5 D. Carl, B. Kemper, G. Wernicke *et al.*. Parameter optimized digital holographic microscope for high-resolution living-cell analysis[J]. *Appl. Opt.*, 2004, **43**(6): 6536~6544
- 6 L. Miccio, D. Alfieri, S. Grilli *et al.*. Direct full compensation of the aberrations in quantitative phase microscopy of thin objects by a single digital hologram [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2007, **90**(4): 041104
- 7 Zhao Zhimin, Ma Junyan, Sun Xin *et al.*. Photoelectric detection system for damage detection to composite materials[J]. *J. Data Acquisition & Processing*, 1999, **14**(1): 57~60
赵志敏,马军艳,孙 欣等. 复合材料损伤探测的光电检测系统[J]. 数据采集与处理, 1999, **14**(1): 57~60
- 8 Sun Jie, Yuan Yuehui, Wang Chuanyong. Comparison and analysis of algorithms for digital image processing in autofocus criterion[J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(1): 35~39
孙 杰,袁跃辉,王传永. 数字图像处理自动图像聚焦算法的分析和比较[J]. 光学学报, 2007, **27**(1): 35~39
- 9 Chen Lei, Zhang Enyao, Wang Jia *et al.*. New progress of noninvasive methods for skin blood flow imaging in microcirculation[J]. *Optical Technique*, 2003, **29**(3): 690~695
陈 蕾,章恩耀,王 佳等. 皮肤微循环无损光学成像技术的新进展[J]. 光学技术, 2003, **29**(6): 690~695
- 10 Zhao Zhimin, Xin Yujun, Wang Lexin *et al.*. Measurement and analysis of absorption spectrum of human blood[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2008, **28**(1): 138~140
赵志敏,辛玉军,王乐新等. 人体血样吸收光谱的检测分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2008, **28**(1): 138~140
- 11 Wang Lexin, Zhao Zhimin, Guo Linfeng *et al.*. Experimental investigation and application of low luminescence of serum[J]. *Chinese J. Lasers*, 2008, **35**(5): 797~800
王乐新,赵志敏,郭林峰等. 血清微弱发光的实验研究与应用[J]. 中国激光, 2008, **35**(5): 797~800
- 12 Li Aiping, Wu Lihong, Luo Feng *et al.*. Evaluation of the nailfold microcirculation in healthy checkup [J]. *Chin. J. Microcirculation*, 2008, **18**(2): 49~50, 54
李爱萍,吴立红,罗 峰等. 体检人群甲襞微循环检测结果分析[J]. 微循环学杂志, 2008, **18**(2): 49~50, 54
- 13 Chen Yuan, Zhao Zhimin, Chen Zhen. The improvement of extrinsic calibration of laser rangefinder with CCD and its applications[J]. *Applied Laser*, 2008, **28**(3): 219~222
陈 远,赵志敏,陈 震. 激光雷达和 CCD 外部标定方法的改进及其应用研究[J]. 应用激光, 2008, **28**(3): 219~222
- 14 Yu Xiaolei, Zhao Zhimin, Guo Linfeng. Research on the laser speckle interferometric fringes based on CCD analysis technique [J]. *Applied Laser*, 2007, **27**(5): 378~381
俞晓磊,赵志敏,郭林峰. 激光散斑干涉条纹的 CCD 分析技术[J]. 应用激光, 2007, **27**(5): 378~381
- 15 Song Yizhong, Zhao Zhimin. Fast Fourier transform used for designing digital low-pass filter[J]. *J. Optoelectronics · Laser*, 2007, **18**(10): 1169~1172
宋一中,赵志敏. 快速傅立叶变换辅助设计数字低通滤波[J]. 光电子·激光, 2007, **18**(10): 1169~1172
- 16 Yu Xiaolei, Zhao Zhimin, Wang Donghua. Selection of light source for on-line nep detection system[J]. *Chinese J. Lasers*, 2008, **35**(5): 788~791
俞晓磊,赵志敏,汪东华. 棉结在线检测系统中的光源选择[J]. 中国激光, 2008, **35**(5): 788~791
- 17 Li Peng, Zhao Zhimin, Hong Xiaoqin *et al.*. A fiber optic microbend sensor with real time repairing functions[J]. *Applied Laser*, 2008, **28**(1): 45~47
李 鹏,赵志敏,洪小芹等. 具有实时修复功能的光纤微弯传感器研究[J]. 应用激光, 2008, **28**(1): 45~47