

# 基于激光三角法的地表粗糙度测试仪的研制

李晓洁<sup>1,2</sup>, 赵凯<sup>1,2\*</sup>, 郑兴明<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; 2. 长春净月潭遥感实验站, 长春 130012)

**摘要:** 针对接触法测试地表粗糙度需要人工参与、测试时间长等问题, 该文提供了一种快速的地表粗糙度测试的仪器及测试方法。基于激光三角原理, 将激光投影到待测目标上, 摄像机接收反射光的图像, 通过图像处理算法及坐标转换得到被测区域的三维坐标, 再根据粗糙度计算公式得到地表粗糙度参数的结果。将该仪器分别进行了精度及野外测试试验, 精度试验测量结果的平均相对误差最大值为 2.93%, 仪器典型分辨率在垂直仪器扫描方向为 0.78 mm, 仪器扫描方向为 1 mm, 垂直大地方向为 0.83 mm。试验结果表明, 农田表面空间自相关系数的测量结果反映出了农田的垄结构特征, 验证了该文仪器及方法的可行性及有效性。

**关键词:** 地表粗糙度, 三维, 扫描, 相关长度

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.08.018

中图分类号: TN249

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-08-0116-06

李晓洁, 赵凯, 郑兴明. 基于激光三角法的地表粗糙度测试仪的研制[J]. 农业工程学报, 2012, 28(8): 116-121.

Li Xiaojie, Zhao Kai, Zheng Xingming. Development of surface roughness tester based on laser triangulation method[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(8): 116-121. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

地表粗糙度是在一定尺寸的地表上, 用以描述地表微地形的随机性或不规则性, 被定义成地面表面积与其投影面积之比, 常用来刻画一个单位地表单元地势起伏的复杂程度, 是地表曲面特征描述的宏观因子, 在一定程度上反映了地质构造运动的幅度。地表粗糙度的测量是坡面侵蚀研究的关键问题之一, 是表征土壤水文特征和影响土壤性质的一个重要参数, 影响土壤表面的散射和热辐射特性<sup>[1-3]</sup>。在利用微波辐射计进行对地观测的过程中, 陆地表面特性参数(如土壤水分、土壤粗糙度和植被冠层)是土壤微波辐射的重要影响因素<sup>[4-5]</sup>。

地表粗糙度的测定方法通常有非接触式和接触式测量 2 种测定方式。接触式的测量方法主要有测针法<sup>[6-7]</sup>、链条法<sup>[8]</sup>和杆尺法<sup>[9]</sup>。现有技术中的接触法测量所用装置测量成本低, 但是其测量值需要通过尺量得到, 且测量过程需要人工参与, 耗费时间较长, 其测定的精度和速度都难以满足要求。如果地表粗糙度测试方法的精度不够, 将不能满足微波遥感中毫米波、厘米波的测量。

非接触式的测量方法大多基于计算机视觉原理, 需要结合摄像机拍摄的图像和目标与摄像头的位置关系, 无需人工参与, 可自动完成三维信息的获取<sup>[10]</sup>。文献[11]提供了一种主动式光学土壤表面粗糙度测量装置, 该装置采用点扫描的方式, 虽然其精度可达 0.1 mm, 但是其测量时间相对较长。

本文结合农业生产的实际需求, 设计了基于激光三角法的地表粗糙度测试仪, 它扫描成像速度较快, 精度较高, 无损且易于实现自动化, 依靠软件进行数据处理与图像调整, 是一种可靠的主动式光学非接触测量方法, 可以获取地表的三维坐标值, 得到其形态结构, 从而计算出地表粗糙度参数, 可为数据反演地表参数的精度需求以及被动微波遥感提供数据支持。

## 1 结构与原理

### 1.1 激光三角法测量原理

本文地表粗糙度测试仪采用了激光三角测量方法的直射式结构<sup>[12-16]</sup>, 如图 1 所示。激光器发出的光垂直入射到被测物体表面上, 当物体表面变化时, 入射光点将沿入射光轴移动, 接收透镜接收的像点也将在探测感应单元上移动。设光点在感应单元上的位移为  $h'$ , 根据几何关系可得表面变化的位移  $h$  (mm)

$$h = \frac{ah'}{b \sin \theta - h' \cos \theta} \quad (1)$$

式中,  $a$  为接收透镜前主面到其与激光束光轴交点的距离, mm;  $b$  为接收透镜后主面到感应单元的距离, mm;  $\theta$  为激光束光轴与接收透镜光轴之间的夹角, ( $^\circ$ )。

利用线结构光, 结合一维扫描机构, 能够实现对物体的三维测量。

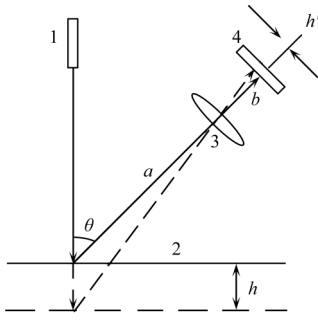
收稿日期: 2011-08-17 修订日期: 2012-03-19

基金项目: 国家自然科学基金委员会资助项目(40971189); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-340)

作者简介: 李晓洁(1982-), 女, 黑龙江桦南人, 助理研究员, 博士, 主要研究领域为三维信息获取、光谱测试、定量遥感。长春 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 130012。Email: lixiaojie@neigae.ac.cn

\*通信作者: 赵凯(1962-), 男, 吉林长春人, 研究员, 主要从事微波遥感技术研究。长春 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 130012。

Email: zhaokai@neigae.ac.cn



注：a 为接收透镜前主面到其与激光束光轴交点的距离；b 为接收透镜后主面到感应单元的距离； $\theta$  为激光束光轴与接收透镜光轴之间的夹角； $h'$  为光点在感应单元的位移， $h$  为表面变化的位移

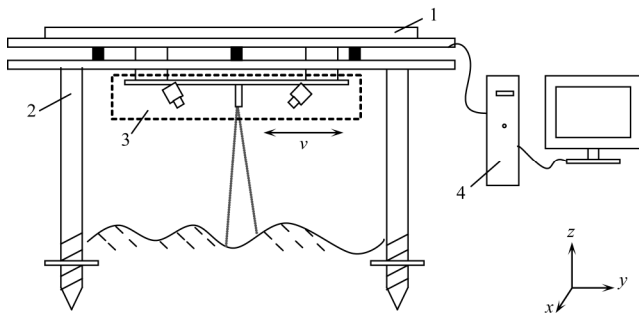
1. 激光器 2. 被测表面 3. 接收透镜 4. 探测感应单元

图 1 直射式单点激光三角法测量原理图

Fig.1 Measurement principle of direct type single point laser triangulation

### 1.2 仪器结构及原理

图 2 所示为本文地表粗糙度测试仪的结构图，其组成包括电动移动单元、调整支架平台单元、成像单元和电脑。其中，电动移动单元固接在调整支架平台单元上，成像单元与电动移动单元固定连接后，面对地面置于调整支架平台单元上，电脑与电动移动单元及成像单元连接，电脑中存储有地表粗糙度测试仪的运行软件。



注：v 表示运动方向。

1. 电动移动单元 2. 调整支架平台单元 3. 成像单元 4. 电脑

图 2 地表粗糙度测试仪结构图

Fig.2 Structure of surface roughness tester

成像单元由电荷耦合元件 (CCD, charge-coupled device) 与线光源激光器组成。激光器发射的光平面与土壤表面相交形成一个光带，CCD 以光轴与光平面呈现的固定角度接收这条光带，由此获得某一水平位置地表的轮廓信息。利用电动移动单元实现沿水平方向的扫描，即用形成的光带扫过地表，通过精确控制扫描位置确定地表水平方向的坐标；CCD 记录下一系列反映地表轮廓特征的图像，并结合激光光源记录深度和高度方向坐标，利用系统标定结果计算出地表完整的三维信息数据。最后，根据地表粗糙度计算公式得到相应参数值。

定义传感器获取图像中每一像素代表的实际距离为系统的分辨率，则被测地表距传感器的远近会对分辨率产生影响，因此只能给出系统在某些典型位置处的分辨

率，称为典型分辨率。在摄像机的帧速固定的情况下，扫描速度越快，则水平方向的扫描间隔越长，水平分辨率越低。因此，可以根据需要使用需要，调整运行速度以提高或降低水平分辨率。

定义系统测试的典型位置为距成像单元 400 mm 处，测试仪器的扫描方向为  $y$  轴正方向，垂直大地方向为  $z$  方向，向上为正，建立右手坐标系。设计系统的主要参数如下：

测量范围为  $x$  方向 0~500 mm； $y$  方向 0~600 mm； $z$  方向 0~400 mm；典型分辨率： $x$  方向为 0.78 mm； $y$  方向为 1 mm； $z$  方向为 0.83 mm；扫描时间：20 s。

根据上述参数，选择本系统的器件参数。左 CCD 摄像机和右 CCD 摄像机为 Point Grey 公司的型号为 FFMV-03M2M 的数字摄像机，其最大像素为 752×480，最高帧速 60 幅/s，配以 Computer 公司生产的 5 mm 镜头，采用 1394 接口进行图像采集与传输；激光器采用半导体线结构光源，激光器波长 650 nm，功率为 5~20 mW 可调。

运行软件的处理流程如下：

1) 通电后仪器进行初始化、测试仪自检、读入系统参数缺省值。

2) 电动移动单元作直线运动；计算机发出命令，电动移动单元的电机开始转动，带动电动移动单元按照指定的零位位置和限位位置、指定的速度和指定的范围作匀速直线运动。

3) 数据采集；计算机发出命令，与电动移动单元连接的成像单元中的激光器向待测地表发射出垂直方向的激光束，在地表形成一条激光光带；左 CCD 摄像机和右 CCD 摄像机同时同步采集激光光带的图像，对待测地表扫描成像。

4) 图像处理；对获得的图像经过噪声点删除算法、光带提取算法后得到激光光带中心位置的图像像素坐标。

5) 坐标变换；通过仪器的特征参数将图像的像素坐标转换为空间的  $x, y, z$  三维坐标。

6) 地表粗糙度数据计算；把得到的  $x, y, z$  坐标值，带到式 (2) 的粗糙度参数计算公式中，计算出所测范围内的地表粗糙度参数。

随机表面的粗糙度是以波长为度量单位的统计参数来表征的，表征表面粗糙度的 2 个基本参量：一是表面高度变量的标准离差；另一个是表面相关长度<sup>[17]</sup>。

表面高度变量的标准离差：1) 假设有一表面处于  $x-y$  平面内，在  $x-y$  平面之上某点  $(x, y)$  的高度为  $z(x, y)$ ；2) 在表面之上取统计意义上有代表性的 1 块，尺寸分别为  $L_x$  和  $L_y$ ，并假设这块表面的中心处于原点，则表面的平均高度  $\bar{z}$  为

$$\bar{z} = \frac{1}{L_x L_y} \int_{-L_x/2}^{L_x/2} \int_{-L_y/2}^{L_y/2} z(x, y) dx dy \quad (2)$$

其二阶矩为

$$\overline{z^2} = \frac{1}{L_x L_y} \int_{-L_x/2}^{L_x/2} \int_{-L_y/2}^{L_y/2} z^2(x, y) dx dy \quad (3)$$

表面高度的标准离差就为  $\sigma$

$$\sigma = (\overline{z^2} - \overline{z}^2)^{1/2} \quad (4)$$

一维表面剖视值  $z(x)$  的归一化自相关函数可以定义为

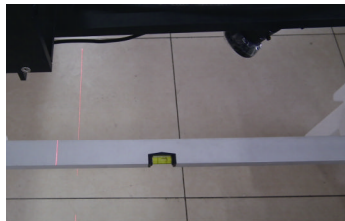
$$\rho(x') = \frac{\int_{-L_x/2}^{L_x/2} z(x)z(x+x')dx}{\int_{-L_x/2}^{L_x/2} z^2(x)dx} \quad (5)$$

它是  $x$  点的高度  $z(x)$  与偏离  $x$  的另一点  $x'$  的高度  $z(x+x')$  之间相似性的一种度量, 对于离散数据, 相距  $x'=(j-1)\Delta x$  的归一化自相关函数则由下式给出, 其中  $j$  为  $\geq 1$  的整数,

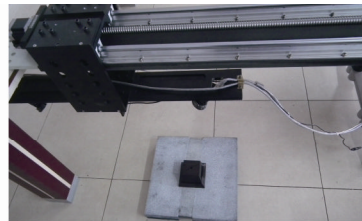
$$\rho(x') = \frac{\sum_{i=1}^{N+1-j} z_i z_{j+i-1}}{\sum_{i=1}^N z_i^2} \quad (6)$$

当相关系数  $\rho(x')$  等于  $1/e$  时的间隔  $x'$  值被定义为表面相关长度  $l$ , 即  $\rho(l)=1/e$ ,  $l$  的单位为 mm。

表面相关长度值  $l$  提供了估计表面上 2 点相互独立的一种基准, 即如果该两点在水平距离上相隔距离大于  $l$ , 那么该两点的高度值, 从统计意义上说是近似独立的。



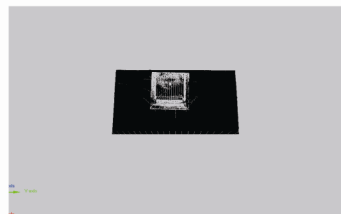
a. 扫描水平尺的实验照片



b. 扫描梯形物体的实验照片



c. 图a的扫描结果



d. 图b的扫描结果

图 3 实验室测量的照片及结果

Fig.3 Photos and results of laboratory measurements

表 1 尺寸测量结果

Table 1 Results of size measurements

尺寸	测量平均值/mm	方差	实际值/mm	平均绝对误差/mm	平均相对误差/%
水平尺宽度	49.44	0.33	50.00	0.56	1.12
梯形高度	74.11	0.11	72.00	2.11	2.93
梯形底边长	117.32	1.72	115.00	2.32	2.02

2.2 野外应用试验

为了测试本文所述仪器的使用效果, 选择了东北农

根据以上的测试原理可知, 影响仪器自身测量精度的因素主要有以下几点:

1) 对成像于 CCD 摄像机上的每一幅图像, 光带中心位置的确定, 决定了像素坐标值的准确度。

2) 标定过程用来确定二维图像与物体三维信息之间的映射关系, 决定了像素坐标转换到空间位置坐标的精度。

3) 测量现场周边环境的杂散光将影响接收信号的信噪比。

上述因素的影响, 在系统控制和数据处理软件中, 进行了有效处理<sup>[18-21]</sup>。

2 试验与结果

2.1 精度试验

为了验证本文所述仪器的精度, 在实验室对物体进行扫描测试。图 3 所示为测试试验的照片, 其中图 3a、b 为被测的水平尺和梯形物体的照片, 图 3c、d 为对应的本仪器的扫描结果。由图中可以看出, 扫描结果再现了被测物体的轮廓。为了衡量扫描结果的可靠性, 对扫描结果中水平尺的宽度、梯形底边的长度、梯形的高度等尺寸在不同位置进行多次测量, 得到尺寸的测量平均值, 使用游标卡尺测量的结果为实际值, 得到的结果及误差表如表 1 所示。由表中几组数据的结果可以看到, 测量的方差最大值为 1.72 mm, 平均绝对误差最大值为 2.32 mm, 平均相对误差最大值为 2.93%。

业大学的农田实验基地为测试地点, 于 2011 年 3 月进行了测试试验。图 4 所示为使用本文地表粗糙度测试仪在野外田地地进行地表粗糙度测试的现场图, 将测仪器放到支架上, 调整仪器至水平, 即可对被测区域进行扫描并得到地表的三维数字化结果, 并可计算出地表粗糙度参数。

图 5a 所示为使用接触式测试仪得到的被测样地某一竖直截面的地表粗糙度照片, 图 5b 所示为使用本文测试仪得到的被测区域的三维点云图, 单次测量面积为 500 mm×600 mm=0.3m<sup>2</sup>, 测量时间为 20 s。图 5c 为图 5b 点云在竖直面内的投影, 图 5d 为图 5b 得到的三维点云

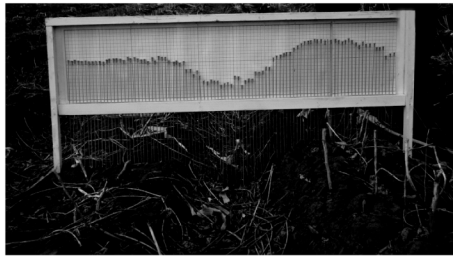
通过插值与拟合算法后得到的地表三维表面模型。从图中可以看到，图 5c 中投影曲线的形状与图 5a 中测试板图片的曲线形状大致相同。

由图 5d 的地表三维数据，根据公式 (6)，可计算出被测地表的空自相关系数。图 6a 和图 6b 分别为图 6d 的数据沿 x 方向和 y 方向的空间自相关系数计算结果，图中横坐标代表沿 x (或 y) 方向任意两点间的空间距离，纵坐标为由公式 (6) 计算的空间自相关系数。从结果可以看到，x 方向的空间自相关系数结果差异较大，反映出该方向的随机分布特征，说明该方向的地表不含有明显的几何特性；y 方向的空间自相关系数计算结果比较集中，说明该方向的分布具有一定的规律性，这与农田垄具有周期结构的事实吻合，而计算结果的平均值大致为线性，这与垄的正弦周期结构，其相关系数为直线的结果较为吻合。以上结果说明本文仪器能够真实反映地表形

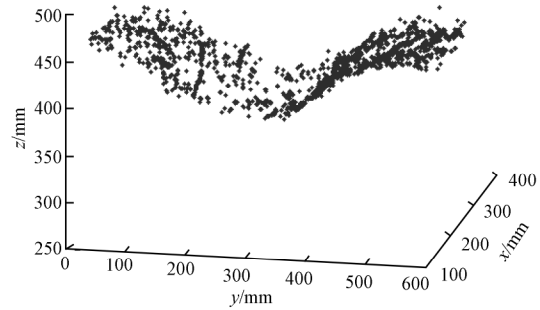
状，所得的空间自相关系数可直接作为农田微波辐射模型的已知数据，结合空间卫星遥感数据进行农田参数反演。



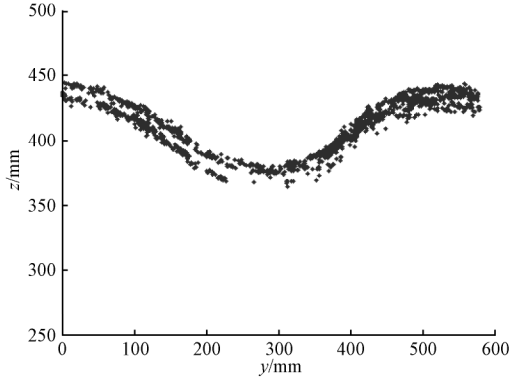
图 4 地表粗糙度测试仪野外试验现场  
Fig.4 Surface roughness tester at field test site



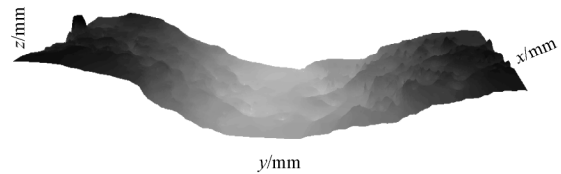
a. 接触式测试仪得到的某一截面的地表粗糙度照片



b. 本文测试仪得到的被测区域三维点云图



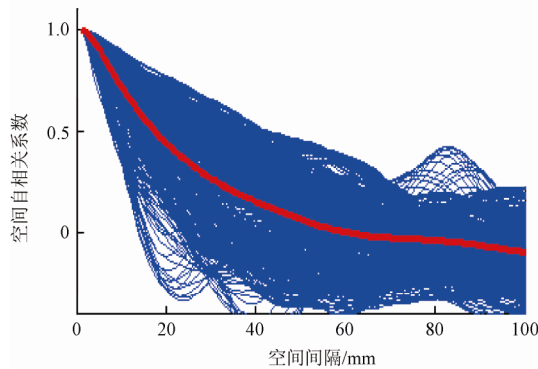
c. 图6b点在竖直面内的投影



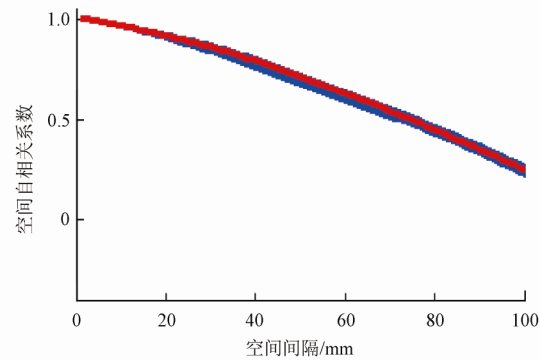
d. 图6b的点云通过算法后得到的地表三维表面模型

图 5 地表粗糙度测试仪野外测试结果

Fig.5 Field test results of surface roughness tester



a. x方向相关长度计算结果



b. y方向相关长度计算结果

注：细实线所示为每个  $x \in [0,400]$  (图 a) 和  $y \in [0,600]$  (图 b) 间隔 1 mm 截面的空间自相关系数，粗实线为所有自相关系数的平均值。

图 6 农田表面空间自相关系数计算结果

Fig.6 Spatial autocorrelation coefficient of soil surface

### 3 结 论

本文提供了一种地表粗糙度测试仪器及方法, 该仪器有如下特点:

1) 无需现场标定, 无需对被测区域粘贴标记点, 可以快速、自动地得到被测区域的地表粗糙度参数、二维自相关函数等。

2) 仪器的平均相对误差最大值 2.93%。野外测试试验表明, 顺垄方向的地表呈现随机分布特征, 垂直垄方向的地表呈现正弦周期结构, 与实际结果吻合, 说明了本文仪器的有效性。

3) 与接触式测量方法相比, 减少了人工参与过程, 解决了三维测量的问题; 单次测量面积 0.3 m<sup>2</sup>, 测量时间 20 s, 具有较高的测量效率。

4) 该仪器可用于地表粗糙度参数的测试, 结果可以直接用于微波辐射计测量地表参数的已知数据, 进行数据反演。还可用于土壤裂纹检测, 为判断土壤质地提供检测手段, 服务于农业生产和土壤改良。

本文的地表粗糙度测试仪结构简单, 使用方便, 成本低, 可广泛应用于农田、大地的测量, 为农业生产和粮食估产以及微波反演提供可靠的数据支持。

#### [参 考 文 献]

- [1] Sun Y R, Lin J H, Schulze Lammers P, et al. Estimating surface porosity by roughness measurement in a silt-loam field[J]. *J Plant Nutr Soil Sci*, 2006, 169(5): 630—632.
- [2] 牛伊宁, 南志标, 沈禹颖. 陇东黄土高原地表粗糙度对耕作土壤径流的影响[J]. *干旱区研究*, 2011, 28(3): 389—393.  
Niu Yining, Nan Zhibiao, Shen Yuying. Effect of surface roughness on runoff over cultivated soil in the Longdong Loess Plateau[J]. *Arid Zone Research*, 2011, 28(3): 389—393. (in Chinese with English abstract)
- [3] 张露, 郭华东, 廖静娟, 等. 利用极化 SAR 数据探索同极化相关特征随地表粗糙度变化的研究[J]. *高技术通讯*, 2008, 18(12): 1304—1309.  
Zhang Lu, Guo Huadong, Liao Jingjuan, et al. Research on the dependence of copolarized correlation characteristic on surface roughness using PolSAR data[J]. *Chinese High Technology Letters*, 2008, 18(12): 1304—1309. (in Chinese with English abstract)
- [4] Zheng Xingming, Zhao Kai. A method for surface roughness parameter estimation in passive microwave remote sensing[J]. *Chinese Geographical Science*, 2010, 20(4): 345—352.  
郑兴明, 赵凯. 被动微波遥感中一种表面粗糙度参数估计方法[J]. *中国地理科学*, 2010, 20(4): 345—352.
- [5] Mittal G, Singh D. Critical analysis of microwave scattering response on roughness parameter and mois-true content for periodic rough surfaces and its retrieval[J]. *Progress In Electromagnetics Research*, 2010, PIER100: 129—152. (in Chinese with English abstract)
- [6] 刘斌, 冯其波, 匡萃方. 表面粗糙度测量方法综述[J]. *光学仪器*, 2004, 26(5): 54—55.  
Liu Bin, Feng Qibo, Kuang Cuifang. Survey of measurement methods for surface roughness[J]. *Optical Instruments*, 2004, 26(5): 54—55. (in Chinese with English abstract)
- [7] 吴志峰, 刘平, 朱立安. 一种土壤粗糙度的测量方法[P]. 中国: CN03114152.8, 2003-10-08
- [8] Garc'ia Moreno R, D'iaz A'lvarez M C, Tarquis A M, et al. Shadow analysis of soil surface roughness compared to the chain set method and direct measurement of micro-relief[J]. *Biogeosciences*, 2010, (7): 2477—2487.
- [9] 沈禹颖, 牛伊宁, 南志标. 一种地表粗糙度的测量装置[P]. 中国: CN101603822, 2009-07-24
- [10] Fr'ed'eric Darboux, Huang Chihua. An instantaneous-profile laser scanner to measure soil surface microtopography[J]. *Soil Sci Soc Am*, 2003, 67(1): 92—99
- [11] 蔡祥, 孙宇瑞, 林剑辉, 等. 基于激光反射的土壤表面粗糙度测量装置设计与试验[J]. *农业机械学报*, 2010, 41(1): 68—72.  
Cai Xiang, Sun Yurui, Lin Jianhui, et al. Design of a laser scanner for characterizing soil surface roughness[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 2010, 41(1): 68—72. (in Chinese with English abstract)
- [12] 崔凤奎, 宋战波, 王晓强, 等. 三维表面粗糙度激光三角法测量原理研究[J]. *矿山机械*, 2010, 38(14): 30—33.  
Cui Fengkui, Song Zhanbo, Wang Xiaoqiang, et al. Study on principle of laser triangulation used for measurement of 3D surface roughness[J]. *Mining and Processing Equipment*, 2010, 38(14): 30—33. (in Chinese with English abstract)
- [13] 刘红轩, 曲兴华, 邢书剑, 等. 基于激光三角法的大内径测量系统[J]. *计算机测量与控制*, 2011, 19(3): 506—509.  
Liu Hongxuan, Qu Xinghua, Xing Shujian, et al. Large-scale diameter measuring system based on laser triangulation[J]. *Computer Measurement and Control*, 2011, 19(3): 506—509. (in Chinese with English abstract)
- [14] Ali Peiravi1, Behrai Taabbodi, A Reliable. 3D laser triangulation-based scanner with a new simple but accurate procedure for finding scanner parameters[J]. *Journal of American Science*, 2010, 6(5): 80—85.
- [15] 杨习荣. 地表粗糙度测量装置及地表粗糙度测量方法[P]. 中国: CN102135423, 2010-01-25
- [16] 许智钦, 孙长库, 叶声华, 等. 逆向工程技术[M]. 北京: 中国计量出版社, 2002, 13—16.
- [17] FT 乌拉比, RK 穆尔, 冯建超. 微波遥感(第二卷): 雷达遥感和面目标的散射、辐射理论[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 233—236.
- [18] Xiaojie Li, Baozhen Ge, Dan Zhao. Auto-calibration of a laser 3D color digitization system, digital human modeling[C]// *Digital Human Modeling, HCII 2009*, German, Springer, 2009, 5620: 691—699.
- [19] 葛宝臻, 李晓洁, 邱实. 基于共面点直接线性变换的摄像机畸变校正[J]. *中国激光*, 2010, 37(2): 488—494.  
Ge Baozhen, Li Xiaojie, Qiu Shi. Camera lens distortion correction based on CO-plane point direct liner transformation[J]. *Chinese Journal of Lasers*. 2010, 37(2): 488—494. (in Chinese with English abstract)

- [20] 李晓洁, 葛宝臻. 一种用于激光光带中心提取的改进梯度质心法[C]// 2010 年中国光学大会论文集, 天津, 中国光学学会, 2010, 7: 38—42.  
Li Xiaojie, Ge Baozhen. An enhancement gradient barycenter method for locating the center of laser light stripe [C]// China Optical Conference 2010, Tianjin, China Optical Conference, 2010, 7: 38—42. (in Chinese with English abstract)
- [21] Xiaojie Li, Baozhen Ge. Correction of world coordinate error in the three-dimensional laser scanning system of human body[C]// 2011 3<sup>rd</sup> International Conference on Computer Design and Applications, Singapore, IEEE, 2011, 16: 495—498.

## Development of surface roughness tester based on laser triangulation method

Li Xiaojie<sup>1,2</sup>, Zhao Kai<sup>1,2\*</sup>, Zheng Xingming<sup>1,2</sup>

(1. *Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China;*

2. *Changchun Jingyue Remote State, Changchun 130012, China)*

**Abstract:** In order to solve the problems of manual intervention and long testing time existed in using contact method to test surface roughness, a fast testing method and an instrument for surface roughness were proposed. Base on laser triangle principle, laser was projected onto the testing object and the image of reflected light was received by camera, and the 3D coordinate of measurement area through the image processing algorithms and coordinate transformation was obtained, and then the parameter results of the earth's roughness were obtained on the basis of the roughness computing formula. Also, field experiments and precision experiment were conducted with this instrument. The maximum of average comparative error for measurement result was 2.93% through precision experiment. The instrument's typical resolution level was 0.78, 1 and 0.83 mm, in the scanning's vertical direction, in the scanning and in the earth's vertical direction, respectively. The experimental results showed that the spatial autocorrelation coefficient of soil surface can express row structural characteristic of furrowed soil, which verified the feasibility and availability of the instruments and methods proposed in this paper.

**Key words:** surface roughness, three dimensional, scanning, correlation length