

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102589441 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201210006924. 3

(22) 申请日 2012. 01. 11

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

(72) 发明人 刘谦 骆清铭 杨万能 段凌凤
黄成龙 方伟 蒋霓 冯慧

(74) 专利代理机构 北京市德权律师事务所
11302

代理人 周发军

(51) Int. Cl.

G01B 11/02 (2006. 01)

G01N 21/84 (2006. 01)

G01N 23/04 (2006. 01)

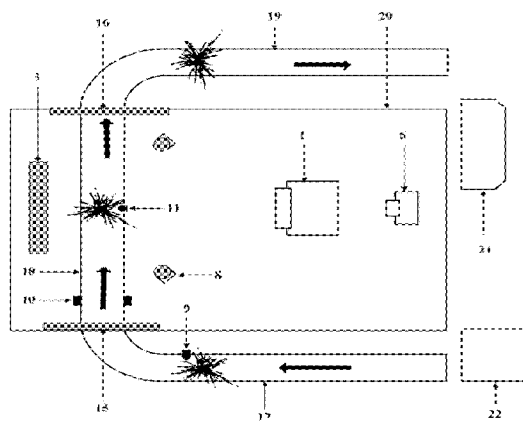
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 7 页

(54) 发明名称

盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统及
测量方法

(57) 摘要

本发明涉及一种盆栽水稻表型参数全自动无损高通量的测量系统及测量方法,本发明由可编程控制器控制,输送线输送盆栽水稻,采用 X 射线成像系统拍摄水稻断层图像,三维可见光成像系统拍摄可见光图像,由工作站对所得图像进行处理,得到水稻各项参数。本发明首次提出并实现 X 射线断层扫描成像测定水稻分蘖数的新方法,将提取各个参数集成到一套系统中,成功建立第一套全自动、高通量、多参数和高精度的盆栽水稻表型参数自动提取系统。



1. 一种盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统,其特征在于,包括 X 射线源、X 射线探测器、顶视相机、侧视相机、光源、输入端接近开关、检测区对射式光电开关、检测区接近开关,旋转台、盆栽水稻小车、输入端电动门、输出端电动门、输入端输送线、检测区输送线、输出端输送线、铅房、可编程控制器和 workstation;

所述 X 射线源与所述 X 射线探测器分别安装于检测区输送线的两侧,所述顶视相机固定在所述铅房顶部,所述侧视相机固定安装于检测区输送线一侧,所述旋转台安装在检测区输送线上,所述输入端电动门和输出端电动门安装在铅房两侧,所述 workstation 分别与 X 射线探测器、顶视相机、侧视相机和可编程控制器相连,所述可编程控制器分别与 X 射线源、光源、输入端接近开关、检测区对射式光电开关、检测区接近开关、旋转台、输入端电动门、输出端电动门、输入端输送线、检测区输送线、和输出端输送线相连;所述盆栽水稻小车用于固定盆栽水稻使其在输入端输送线、检测区输送线、输出端输送线上运行平稳,所述光源用于为成像提供充足的照明。

2. 根据权利要求 1 所述的盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统,其特征在于,所述检测区输送线上还安装升降台,所述旋转台安装在升降台上,所述升降台用于将盆栽水稻和电动旋转台顶升至上位,便于所述 X 射线源、侧视相机的扫描、拍摄,所述可编程控制器相连所述升降台。

3. 根据权利要求 1 所述盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统的测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤 i、打开 workstation 和可编程控制器;

步骤 ii、所述输入端输送线输送带小车的盆栽水稻,所述输入端接近开关检测到小车,所述输入端电动门打开;

步骤 iii、盆栽水稻通过所述输入端电动门,经检测区输送线输送,所述检测区对射式光电开关检测到水稻花盆,检测区接近开关感应到小车,所述输入端电动门关闭,所述输入端输送线停止,所述检测区输送线停止,所述小车落在所述旋转台上;

步骤 iv、所述旋转台带动盆栽水稻旋转,同时,顶视相机拍摄盆栽水稻的顶视图片,侧视相机每隔一定角度拍一张图片,得到若干张侧视图像;X 射线成像系统对水稻进行断层扫描,每隔一定角度获取该方向的投影值,共得到若干个方向的投影正弦图;

步骤 v、拍摄完之后,所述旋转台停止旋转,所述输出端电动门打开,所述输入端输送线和所述检测区输送线启动送走盆栽水稻并将下一盆水稻植株送到检测区,延时一段时间后所述输出端电动门关闭;

步骤 vi、所述 workstation 接收到数据,进行数字图像处理和分析后,得到水稻的表型参数包括株高、分蘖和生物量。

4. 根据权利要求 3 所述盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统的测量方法,其特征在于,所述步骤 iv 中,在旋转台开始旋转之前,由升降台顶升盆栽水稻至上位;所述步骤 iv 中,所述旋转台停止旋转后,所述升降台下降。

5. 根据权利要求 3 或 4 所述盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统的测量方法,其特征在于,所述步骤 iv 的数字图像处理和分析株高,包括以下步骤:(5-a) 中值滤波:将植株图像进行中值滤波去除噪声;(5-b) 二值化:将中值滤波后的图像转化为二值图,这一步骤将绿色部分提取出来,判断条件是 RG 两色分量的相对大小,R 偏大为黄色,G 偏大为绿

色 ;(5-c) 去除小区域 :设定面积阈值,去掉连通区域面积在阈值以下的小区域 ;(5-d) 搜索叶尖点 :对二值图进行逐像素扫描,按一定的准则搜索所有叶尖点 ;(5-e) 提取轮廓 :为每一个叶尖点搜索轮廓,从其附近的背景点开始搜索轮廓,直到找不到下一个轮廓点为止 ;(5-f) 计算叶尖点高度 :从叶尖点开始搜索叶片外围轮廓,计算每个叶尖点高度,将所有叶尖点高度中的最大值作为该角度下的水稻株高值。(5-g) 比较所有角度下得到的水稻株高值,取最大值作为当前水稻的株高。

6. 根据权利要求 3 或 4 所述盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统的测量方法,其特征在于,所述步骤 iv 的数字图像处理和分析生物量,包括以下步骤 : (6-a) 目标物体分割 ;(5-b) 面积统计 :对经过上述处理后的图像,进行面积统计,得到植株一个角度下的投影面积 ;(5-c) 对所有顶视图像和侧视图像进行分割后,采用侧视平均绿叶像素面积和顶视绿叶像素面积双变量的二元回归法计算生物量像素值,即 $PV = \sqrt{A_{side_mean}^2 \times A_{top}}$, $\ln(FW) = a \ln(PV) + b$, PV :植株体积, FW :植株鲜重,即文中的生物量。

7. 根据权利要求 3 或 4 所述盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统的测量方法,其特征在于,所述步骤 iv 的数字图像处理和分析分蘖数,包括以下步骤 : (7-a) 卷积滤波逆投影,将得到的各个方向的投影正弦图,以投影正弦图为起点,直接在空域中进行修正,即将投影正弦图与一个事先设计好的卷积函数进行卷积运算,然后将卷积结果作反投影,得到分蘖断层重建图 ;(7-b) 中值滤波 :对重建出的图像进行中值滤波去除噪声 ;(7-c) 最大熵自动阈值二值化 :将中值滤波后的图像转化为二值图 ;(7-d) 腐蚀 :将粘连在一起的区域分开 ;(7-e) 填充 :填充区域内的小孔 ;(7-f) 去除小区域 :设定面积阈值,去掉连通区域面积在阈值以下的小区域 ;(7-g) 区域计数 :对经过上述处理后的图像,进行连通区域的计数,最终得到分蘖数。

盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统及测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及属于机器视觉检测技术,尤其涉及到一种盆栽水稻表型参数的测量系统及测量方法。

背景技术

[0002] 当今农业工程学科中,农作物育种是热点研究领域之一,而研究农作物的育种离不开对农作物全生育期各种表型参数的测量和分析。在对表型分析的同时,联系植物的生长发育、遗传变异、环境等各方面情况,可以对农作物的育种提供有价值的信息,同时为促进改良株型和改善管理提供强大的工具。

[0003] 水稻是世界主要粮食作物之一,据 2009 年世界粮食峰会关于食品安全的报告,到 2050 年,需要增长 70% 的粮食以满足人口的增长。中国是世界上最大的水稻消费国,对水稻的需求显得尤为重要。

[0004] 研究水稻的生长信息时,表型数据是极为重要的。水稻的生长发育、生理变化、遗传变异等过程都会引起表型性状的变化。水稻的表型性状很大程度上决定了品种的地区和季节适应性,是筛选和培育新品种的重要参考标准。水稻表型数据的数字化自动测量系统可以高通量提取水稻的表型参数数据,从而快速筛选出有价值的基因,进而加快遗传改良鉴定的速度,这将极大的促进水稻功能基因组学的发展。

[0005] 因此,在水稻的遗传育种研究中,获取和分析表型性状参数是不可或缺的,如何准确、快速、无损的获取这些表型参数一直是农业研究中的一个难题。目前,这些表型参数的获取主要依靠人工测量,测量效率低、可重复性差、主观误差大,数据质量参差不齐,以致对后续分析产生影响。人工测量的这些缺点使得测量性状参数时只能采取抽样的方式,无法实现大批量的测量,因此也就无法对单株水稻样本进行连续跟踪观测,远不能满足现代育种的要求。开展盆栽水稻表型参数的自动化获取和分析平台,可降低现代育种成本,减少育种周期,在水稻育种研究领域有极大的应用前景和经济效益。

[0006] 在此背景前提下,国外已经有一些比较成熟的产品,如德国的 Lemnatec 公司设计了一套玉米表型参数测量系统,而国内尚未发现此类产品。为了给国内甚至世界水稻育种平台提供快速检测手段,本发明设计和制作一个全自动高通量无损检测盆栽水稻表型参数的系统。从系统的美观和稳定性考虑,本系统输送线设计由不锈钢构成,控制部分使用可编程逻辑控制器件,测量部分使用可见光成像系统和 X-射线成像系统构成。

发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是提供一种盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统及其测量方法,该系统能够自动测量盆栽水稻的表型参数,包括株高、分蘖和生物量。

[0008] 本发明提供的一种盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统,其特征在于,包括 X 射线源、X 射线探测器、顶视相机、侧视相机、光源、输入端接近开关、检测区对射式光电开关、检测区接近开关,旋转台、盆栽水稻小车、输入端电动门、输出端电动门、输入端输送线、

检测区输送线、输出端输送线、铅房、可编程控制器和 workstation；

[0009] 所述 X 射线源与所述 X 射线探测器分别安装于检测区输送线的两侧,所述顶视相机固定在所述铅房顶部,所述测试相机固定安装于检测区输送线一侧,所述旋转台安装在检测区输送线上,所述输入端电动门和输出端电动门安装在铅房两侧,所述 workstation 分别与 X 射线探测器、顶视相机、侧视相机和可编程控制器相连,所述可编程控制器分别与 X 射线源、光源、输入端接近开关、检测区对射式光电开关、检测区接近开关、旋转台、输入端电动门、输出端电动门、输入端输送线、检测区输送线、和输出端输送线相连;所述盆栽水稻小车用于固定盆栽水稻使其在输入端输送线、检测区输送线、输出端输送线上运行平稳,所述光源用于为成像提供充足的照明。

[0010] 所述检测区输送线上还安装升降台,所述旋转台安装在升降台上,所述升降台用于将盆栽水稻和电动旋转台顶升至上位,便于所述 X 射线源、侧视相机的扫描、拍摄,所述可编程控制器相连所述升降台。

[0011] 所述盆栽水稻表型参数的全自动无损测量系统的测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0012] 步骤 i、打开 workstation 和可编程控制器;

[0013] 步骤 ii、所述输入端输送线输送带小车的盆栽水稻,所述输入端接近开关检测到小车,所述输入端电动门打开;

[0014] 步骤 iii、盆栽水稻通过所述输入端电动门,经检测区输送线输送,所述检测区对射式光电开关检测到水稻花盆,检测区接近开关感应到小车,所述输入端电动门关闭,所述输入端输送线停止,所述检测区输送线停止,所述小车落在所述旋转台上;

[0015] 步骤 iv、所述旋转台带动盆栽水稻旋转,同时,顶视相机拍摄盆栽水稻的顶视图片,侧视相机每隔一定角度拍一张图片,得到若干张侧视图像;X 射线成像系统对水稻进行断层扫描,每隔一定角度获取该方向的投影值,共得到若干个方向的投影正弦图;

[0016] 步骤 v、拍摄完之后,所述旋转台停止旋转,所述输出端电动门打开,所述输入端输送线和所述检测区输送线启动送走盆栽水稻并将下一盆水稻植株送到检测区,延时一段时间后所述输出端电动门关闭;

[0017] 步骤 vi、所述 workstation 接收到数据,进行数字图像处理和分析后,得到水稻的表型参数包括株高、分蘖和生物量。

[0018] 所述步骤 iv 中,在旋转台开始旋转之前,由升降台顶升盆栽水稻至上位;所述步骤 iv 中,所述旋转台停止旋转后,所述升降台下降。

[0019] 所述步骤 iv 的数字图像处理和分析株高,包括以下步骤:(5-a) 中值滤波:将植株图像进行中值滤波去除噪声;(5-b) 二值化:将中值滤波后的图像转化为二值图,这一步骤将绿色部分提取出来,判断条件是 RG 两色分量的相对大小,R 偏大为黄色,G 偏大为绿色;(5-c) 去除小区域:设定面积阈值,去掉连通区域面积在阈值以下的小区域;(5-d) 搜索叶尖点:对二值图进行逐像素扫描,按一定的准则搜索所有叶尖点;(5-e) 提取轮廓:为每一个叶尖点搜索轮廓,从其附近的背景点开始搜索轮廓,直到找不到下一个轮廓点为止;(5-f) 计算叶尖点高度:从叶尖点开始搜索叶片外围轮廓,计算每个叶尖点高度,将所有叶尖点高度中的最大值作为该角度下的水稻株高值。(5-g) 比较所有角度下得到的水稻株高值,取最大值作为当前水稻的株高。

[0020] 所述步骤 iv 的数字图像处理和生物量分析,包括以下步骤:(6-a) 目标物体分割;(5-b) 面积统计:对经过上述处理后的图像,进行面积统计,得到植株一个角度下的投影面积;(5-c) 对所有顶视图像和侧视图像进行分割后,采用侧视平均绿叶像素面积和顶视绿叶像素面积双变量的二元回归法计算生物量像素值,即 $PV = \sqrt{A_{side_mean}^2 \times A_{top}}$, $\ln(FW) = a \ln(PV) + b$, PV:植株体积, FW:植株鲜重,即文中的生物量,实验证明系统用此方法提取生物量参数较 Lemnatec 的方法具有更高的相关性。

[0021] 所述步骤 iv 的数字图像处理和分蘖数分析,包括以下步骤:(7-a) 卷积滤波逆投影,将得到的各个方向的投影正弦图,以投影正弦图作为起点,直接在空域中进行修正,即将投影正弦图与一个事先设计好的卷积函数进行卷积运算,然后将卷积结果作反投影,得到分蘖断层重建图;(7-b) 中值滤波:对重建出的图像进行中值滤波去除噪声;(7-c) 最大熵自动阈值二值化:将中值滤波后的图像转化为二值图;(7-d) 腐蚀:将粘连在一起的区域分开;(7-e) 填充:填充区域内的小孔;(7-f) 去除小区域:设定面积阈值,去掉联通区域面积在阈值以下的小区域;(7-g) 区域计数:对经过上述处理后的图像,进行连通区域的计数,最终得到分蘖数。

[0022] 本发明由预设的可编程控制器和计算机程序控制,采用 X 射线成像系统拍摄水稻的断层图像,通过数字图像处理和生物量分析技术得到分蘖数;可见光成像系统拍摄可见光图像,通过数字图像处理和生物量分析技术得到株高及生物量。

[0023] 本发明在利用工业控制技术的基础上整合三维可见光成像,X 射线断层扫描成像,国际上首次实现基于 X 射线断层扫描技术的分蘖数在体无损提取,且将提取各个参数集成到一套系统中,成功建立第一套全自动、高通量、多参数、无损和高精度的盆栽水稻表型参数自动提取系统。

附图说明

[0024] 下面结合附图和具体实施方式对本发明的技术方案作进一步具体说明。

[0025] 图 1 为本发明盆栽水稻表型参数自动测量系统的侧视示意图。

[0026] 图 2 为本发明盆栽水稻表型参数自动测量系统的顶视示意图。

[0027] 图 3 为本发明盆栽水稻表型参数自动测量系统的工作流程图。

[0028] 图 4 为目标物体分割程序框图。

[0029] 图 5 为株高测量的程序框图。

[0030] 图 6 为生物量测量的示意图。

[0031] 图 7 为分蘖测量的程序框图。

[0032] 图 8 为株高系统测量值 (X) 与人工测量值 (Y) 散点图。

[0033] 图 9 为生物量系统两次重复测量结果散点图。

[0034] 图 10 为分蘖数系统测量值 (X) 与人工测量值 (Y) 散点图。

具体实施方式

[0035] 本发明提供的盆栽水稻表型参数全自动高通量的测量系统,包括 X 射线源 1、X 射线源支架 2、X 射线探测器 3、X 射线探测器支架 4、顶视相机 5、侧视相机 6、侧视相机支架 7、

光源 8、输入端接近开关 9、检测区对射式光电开关 10、检测区接近开关 11、电动旋转台 12、电动升降台 13、盆栽水稻小车 14、输入端电动门 15、输出端电动门 16、输入端输送线 17、检测区输送线 18、输出端输送线 19、铅房 20、可编程控制器 21 和工作站 22。X 射线源 1 固定在 X 射线源支架 2 上，X 射线探测器 3 固定在 X 射线探测器支架 4 上，顶视相机固定在铅房 20 顶部测试相机 6 固定在测试相机支架上 7，电动旋转台 12 安装在电动升降台 13 上，输入端电动门 15 和输出端电动门 16 安装在铅房 20 两侧，电动门是盆栽水稻进出铅房 20 的通道，铅房 20 和电动门的主要作用是防止辐射，形成暗室，排除环境光的干扰，形成一个稳定的光照环境，工作站 22 分别与 X 射线探测器 3、顶视相机 5、侧视相机 6、和控制器 21 相连，控制器 21 分别与 X 射线源 1、光源 8、输入端接近开关 9、检测区对射式光电开关 10、检测区接近开关 11 电动旋转台 12、电动升降台 14、输入端电动门 15、输出端电动门 16、输入端输送线 17、检测区输送线 18、和输出端输送线 19 相连。小车 14 用于固定盆栽水稻使其在输送线上运行平稳，电动升降台 13 用于将盆栽水稻和电动旋转台 12 顶升置上位，电动旋转台 12 用来带动盆栽水稻旋转，盆栽水稻由输入端输送线 17 通过检测区输送线 18 送至检测区域（电动旋转台所在位置），检测完之后再由检测区输送线 18 送至输出端输送线 19，顶视相机 5 置于检测区域正上方，侧视相机 6 和 X 射线源 1 置于检测区域一侧的不同高度，X 射线探测器 2 置于检测区域稻另一侧，光源 8 置于检测区域两侧，以便为成像提供充足的照明。检测模块包括两套成像系统：可见光成像系统及 X 射线成像系统。其中，可见光成像系统主要包括顶视相机 5、侧视相机 6、光源 8，用于测量株高及生物量；X 射线成像系统主要包括 X 射线源 1 及 X 射线探测器 3，用于测量分蘖。

[0036] 其中，包括输入端输送线 17、检测区输送线 18、输出端输送线 19、电动旋转台 12 和电动升降台 13 构成输送线运输系统，为定做的，输送线采用不锈钢，防腐蚀且耐用。输入端电动门 15、输出端电动门 16 和铅房 20 构成一个暗室，该暗室提供了一个安全而稳定的成像环境。X 射线源 1 和 X 射线探测器 3 构成 X 射线成像系统，该成像系统采用扇束 X 射线源，发出扇形 X 射线束，与之相对应的 X 射线探测器也是采用线阵列，X 射线成像系统采用线扫描的方式成像。顶视相机 5、侧视相机 6、光源 8 构成可见光成像系统。

[0037] 此外本发明中小车 14 用来固定盆栽水稻让其在输送线上平稳运行，也为订做。通过接近开关来判断小车的位置从而确定盆栽水稻的位置，可以避免水稻叶片的干扰，同时检测区对射式光电开关 10 可以用于判断操作人员是否将盆栽水稻放入了小车中，若没有放入则不进行检测，保证了系统高效稳定的运行。

[0038] 水稻表型参数全自动无损高通量测量系统的测量方法，按以下步骤进行：(1) 打开工作站和控制器；(2) 输入端输送线输送带小车的盆栽水稻，输入端接近开关检测到小车，输入端电动门打开。(3) 盆栽水稻通过输入端电动门，经检测区输送线输送，检测区对射式光电开关检测到水稻花盆，检测区接近开关感应到小车，输入端电动门关闭，输入端输送线停止，检测区输送线停止。(4) 电动升降台上升达到上位后，电动旋转台开始旋转，总共转 360° ，此间，顶视相机拍摄一张顶视图片，侧视相机每隔 12° 拍一张图片，共 30 张侧视图像，同时，X 射线成像系统对水稻进行断层扫描，每隔 0.84° 获取该方向的投影值，总共取 282.24° ，共得到 336 个方向的投影正弦图。(5) 拍摄完之后，电动升降台下降，输出端电动门打开，输入端输送线和检测区输送线启动送走盆栽水稻并将下一盆水稻植株送到检测区，延时一段时间后输出端电动门关闭；(3) 工作站接收到数据，进行数字图像处理 and 分

析后,得到水稻的表型参数包括株高、分蘖和生物量。

[0039] 数字图像处理和分析包括以下几个方面:(1)株高测量。株高通过分析 30 张不同角度下拍摄的侧视图像得到。对于每一张侧视图,图像处理算法主要包括目标物体分割和轮廓跟踪两部分。目标物体分割程序框图如图 4 所示,具体步骤如下:(a) 中值滤波:将植株图像进行中值滤波去除噪声;(b) 二值化:将中值滤波后的图像转化为二值图,这一步骤将绿色部分提取出来,判断条件是 RG 两色分量的相对大小,R 偏大为黄色,G 偏大为绿色;(c) 去除小区域:设定面积阈值,去掉连通区域面积在阈值以下的小区域。轮廓跟踪程序框图如图 4 所示,具体步骤如下:(a) 搜索叶尖点:对二值图进行逐像素扫描,按一定的准则搜索所有叶尖点;(b) 提取轮廓:为每一个叶尖点搜索轮廓,从其附近的背景点开始搜索轮廓,直到找不到下一个轮廓点为止;(c) 计算叶尖点高度:从叶尖点开始搜索叶片外围轮廓,计算每个叶尖点高度,将所有叶尖点高度中的最大值作为该角度下的水稻株高值。最后,比较 30 个角度下得到的水稻株高值,取最大值作为当前水稻的株高。

[0040] (2) 生物量测量。测量算法分为图像处理和建模两部分,图像处理按照以下步骤进行:(a) 目标物体分割;(b) 面积统计:对经过上述处理后的图像,进行面积统计,得到植株一个角度下的投影面积。计算部分:对 1 张顶视图像和 30 张侧视图像进行分割后,采用侧视平均绿叶像素面积和顶视绿叶像素面积双变量的二元回归法计算生物量像素值 ($PV = \sqrt{A_{side_mean}^2 \times A_{top}}$, $\ln(FW) = a \ln(PV) + b$, PV:植株体积, FW:植株鲜重,即文中的生物量),实验证明系统用此方法提取生物量参数较 Lemnatec 的方法具有更高的相关性,计算示意图如图 5 所示。

[0041] (3) 分蘖数测量,程序框图见图 7,具体提取步骤如下:(a) 卷积滤波逆投影:将得到的 336 个方向的投影正弦图,以投影正弦图作为起点,直接在空域中进行修正,即将投影正弦图与一个事先设计好的卷积函数进行卷积运算,然后将卷积结果作反投影,得到分蘖断层重建图;(b) 中值滤波:对重建出的图像进行中值滤波去除噪声;(c) 最大熵自动阈值二值化:将中值滤波后的图像转化为二值图;(d) 腐蚀:将粘连在一起的区域分开;(e) 填充:填充区域内的小孔;(f) 去除小区域:设定面积阈值,去掉连通区域面积在阈值以下的小区域;(g) 区域计数:对经过上述处理后的图像,进行连通区域的计数,最终得到分蘖数。

[0042] 整个过程中,输送带运输系统、X 射线成像系统和可见光成像系统都是连续工作。

[0043] 实例:

[0044] 1、实验标准材料:处于灌浆时期的盆栽水稻,样品总数 2830 份

[0045] 人工方法测量方法:人工测量株高的方法是手工收拢叶片、拉直测高,分蘖数的测量方法是分开稻株、逐一计数,十人配合测量,每天工作 8 小时,一天可以测量 280 盆左右。结果见图 8、图 9 和图 10。

[0046] 将盆栽水稻放在输入端输送带的小车上,沿图 2 中大箭头方向运行,按上述方法进行的操作。

[0047] 最后得到总的运行时间 16 小时(每天工作 8 小时,耗时两天),平均 20s/株,人工和系统测量株高的平均绝对误差为 19mm,相对误差为 2.4%,人工测量值与系统测量值的相关系数 0.99;生物量两次重复测量的相关系数 0.98;分蘖数的绝对误差 ± 1.3 蘖,分蘖数人工测量结果及系统测量结果的相关系数为 0.99。

[0048] 2、实验标准材料：199 份处于分蘖时期和 198 份处于抽穗时期的盆栽水稻。

[0049] 人工测量生物量方法：在盆沿处剪下水稻，放在电子天平上称重。

[0050] 将盆栽水稻放在输入端输送线的小车上，沿图 2 中大箭头方向运行，按上述方法进行操作。

[0051] 最后得到生物量的平均绝对误差分别为 8.39g 和 8.62g，相对误差为 13.21% 和 8.25%，相关系数分别为 0.94 和 0.98。

[0052] 最后所应说明的是，以上具体实施方式仅用以说明本发明的技术方案而非限制，尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明，本领域的普通技术人员应当理解，可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换，而不脱离本发明技术方案的精神和范围，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

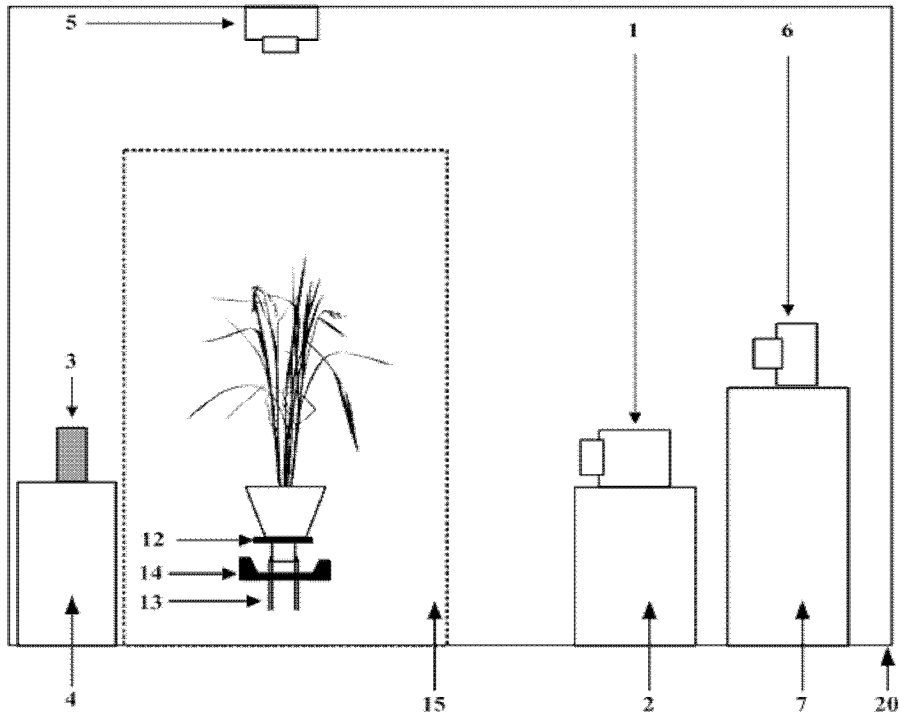


图 1

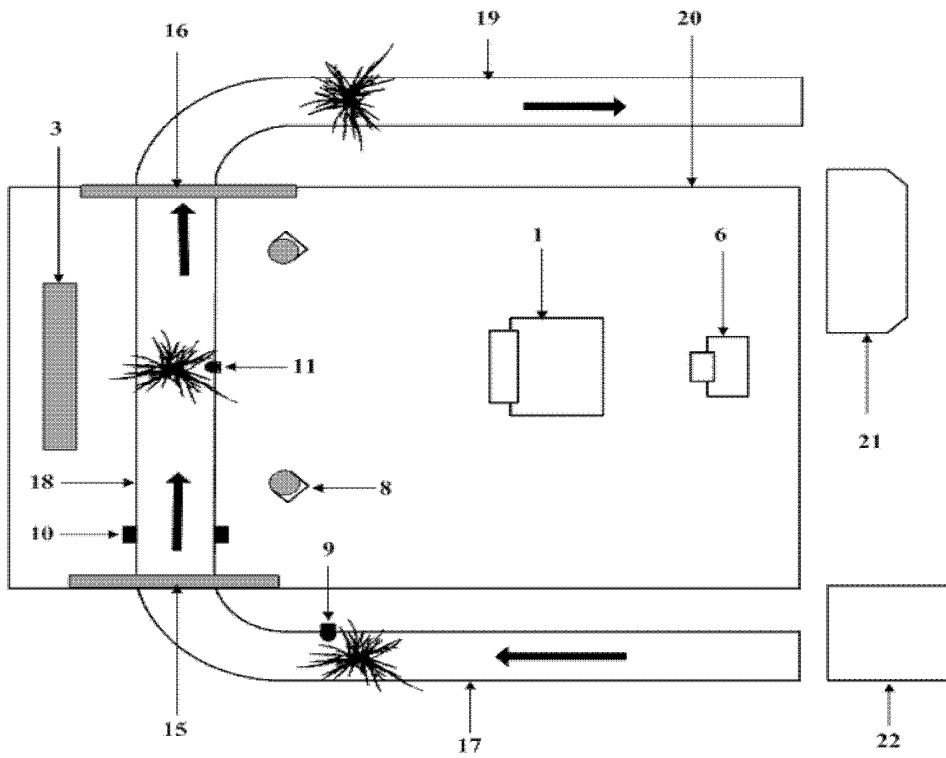


图 2

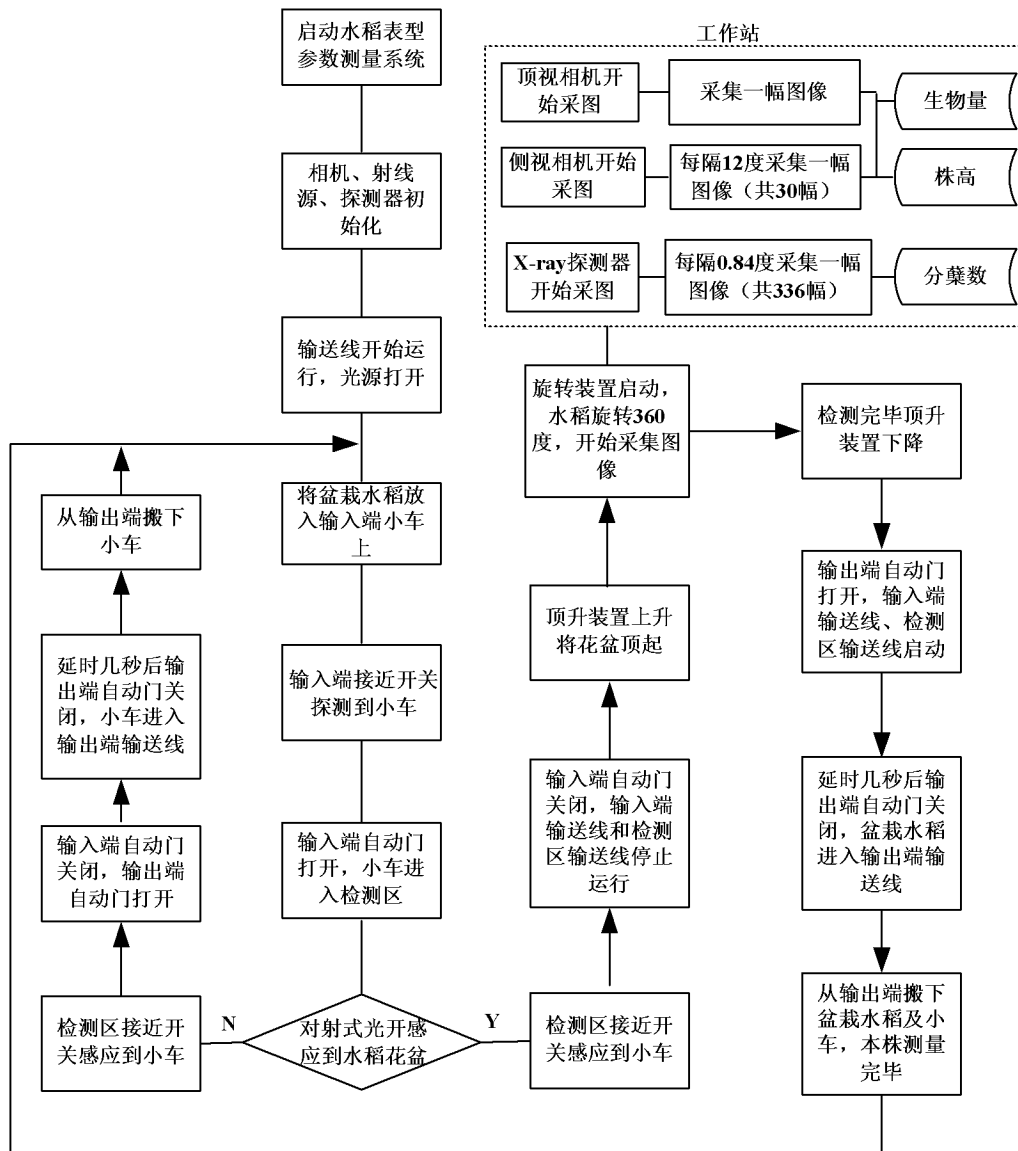


图 3

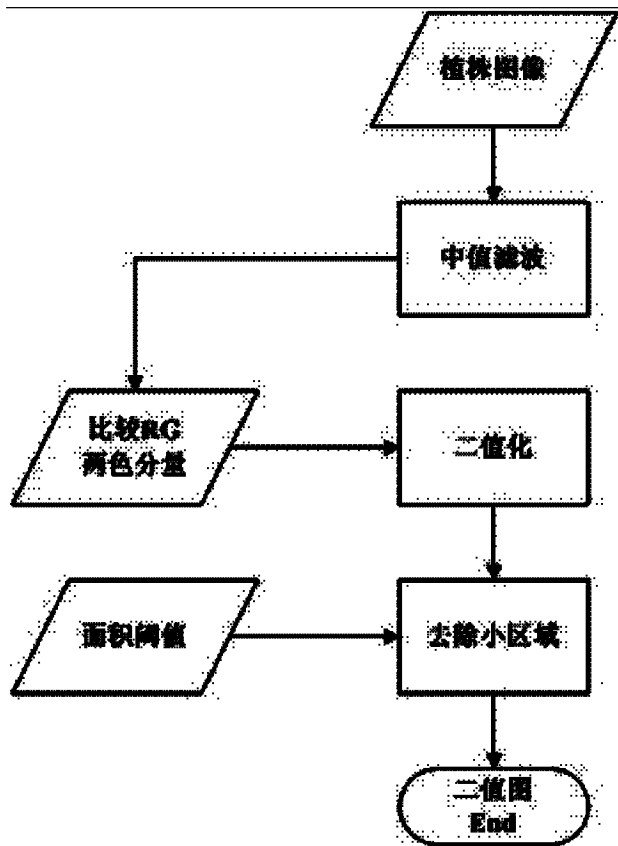


图 4

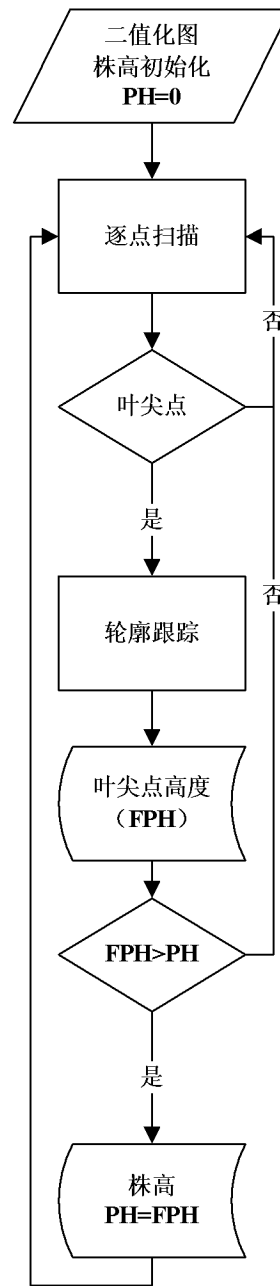


图 5

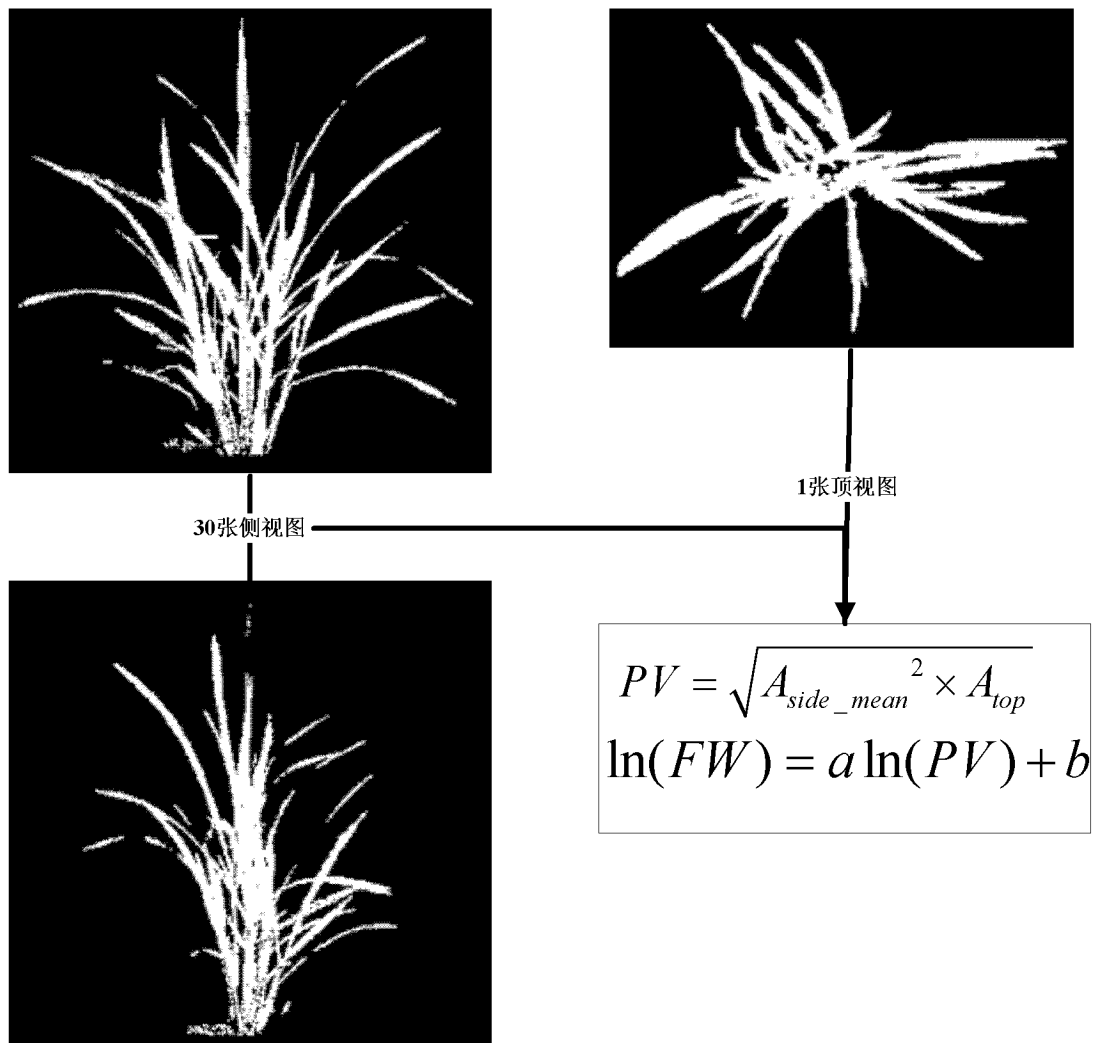


图 6

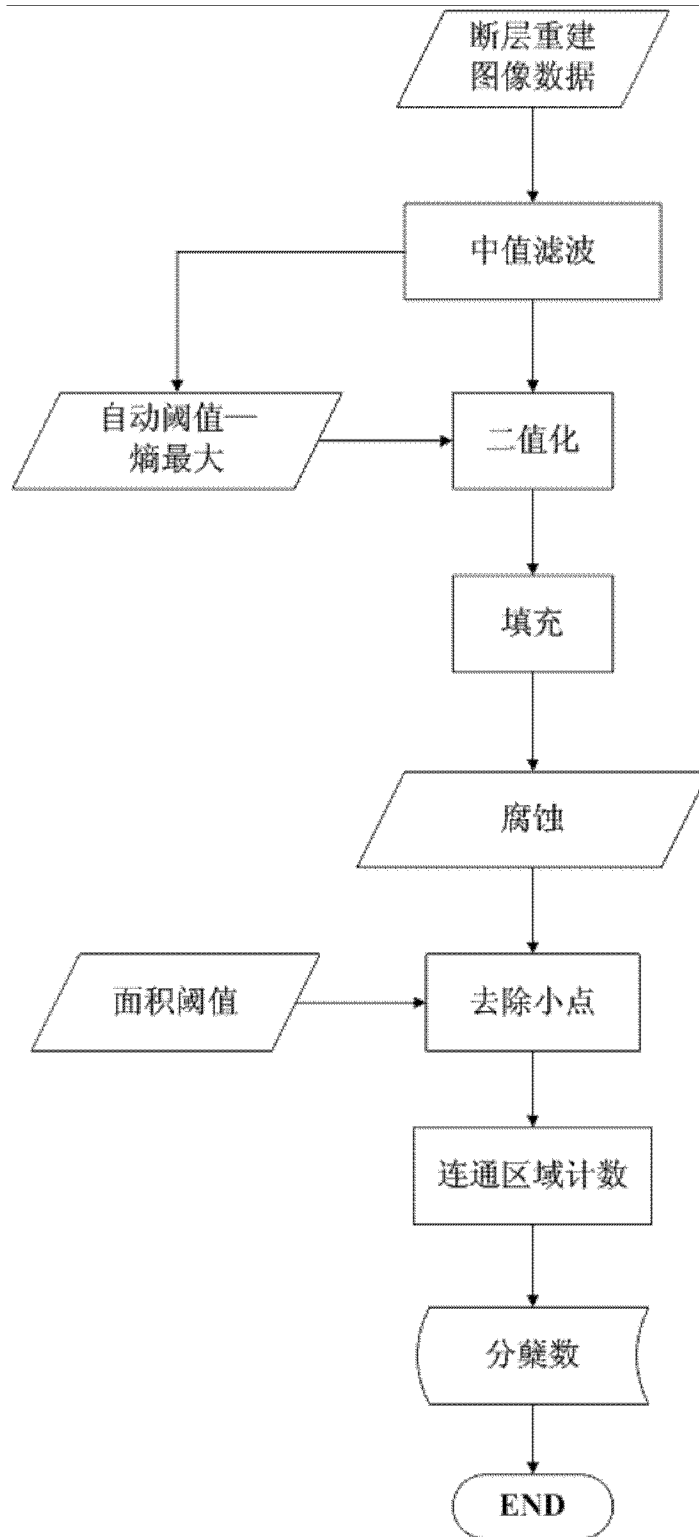


图 7

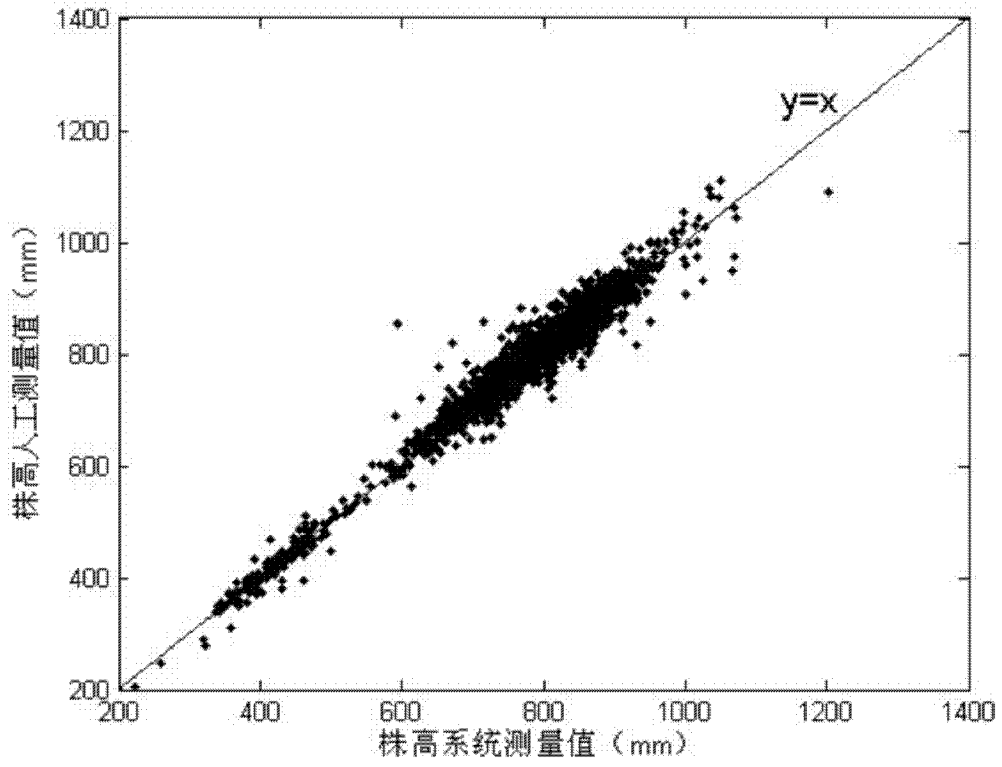


图 8

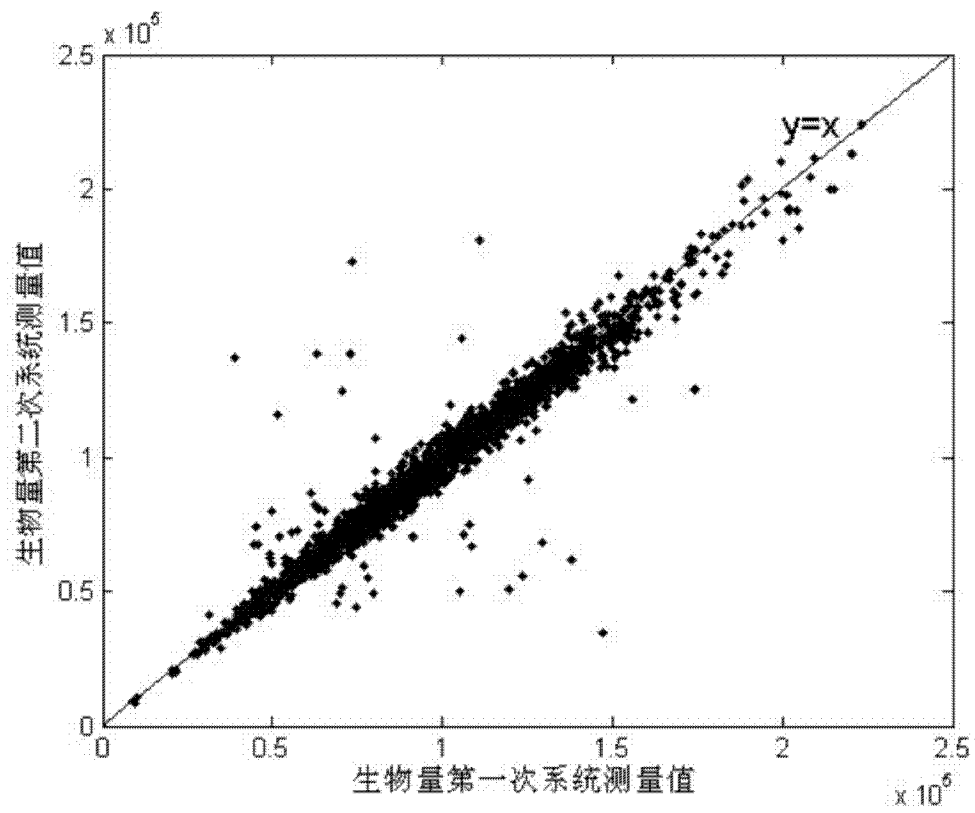


图 9

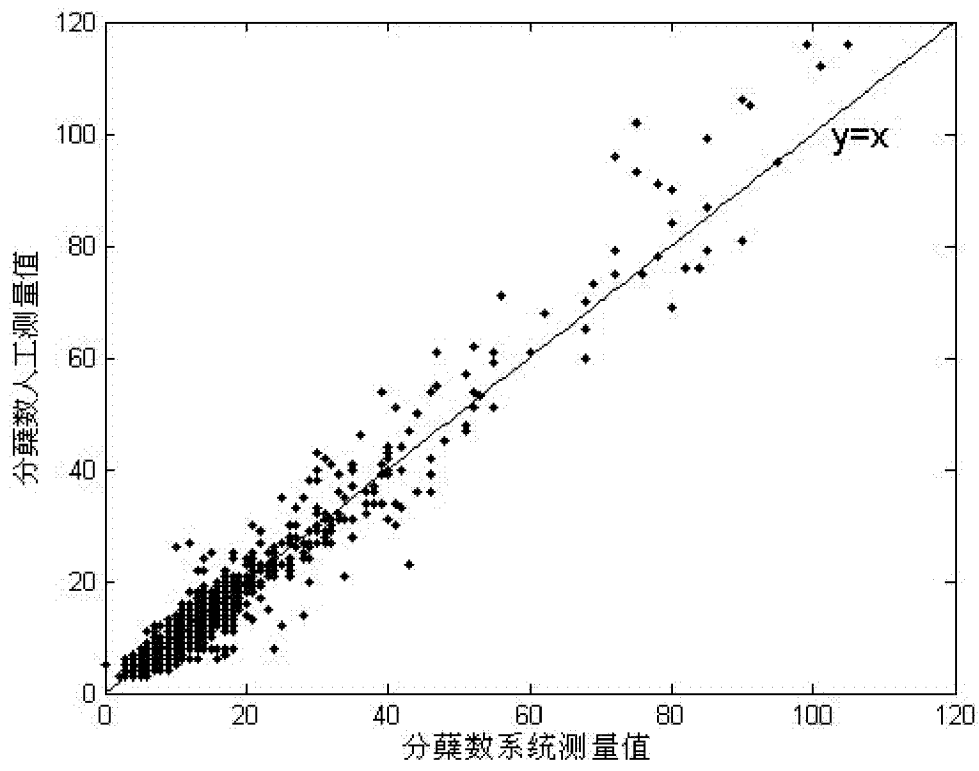


图 10