



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105009731 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 04

(21) 申请号 201510374598. 5

(22) 申请日 2015. 06. 30

(71) 申请人 华中农业大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区狮子山街
1号

(72) 发明人 杨万能 梁秀英 黄成龙 段凌凤
陈国兴 熊立仲

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限
公司 42104

代理人 樊戎 康晨

(51) Int. Cl.

A01C 1/00(2006. 01)

G01B 11/00(2006. 01)

G01N 15/02(2006. 01)

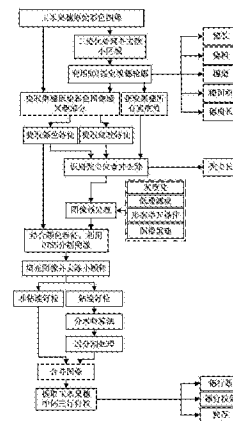
权利要求书2页 说明书14页 附图4页

(54) 发明名称

玉米考种方法及其系统

(57) 摘要

本发明公开了一种玉米考种方法及其系统,该方法包括玉米果穗图像处理分析和玉米籽粒图像处理分析等步骤;该系统包括玉米果穗传送装置 110、玉米果穗图像采集装置 120、用于控制玉米果穗传送装置 110 传送进程的第一 PLC 装置 130、玉米果穗称重装置 140、第一计算机 150、玉米果穗条码扫描仪 160、玉米果穗位置检测装置 170 等。本发明具有同时测量多个玉米果穗的多个性状,大大提高了检测速度等优点。



1. 一种玉米考种方法,其特征在于:该方法包括以下步骤:

第一步:扫描玉米果穗(401)的编号信息并传送至第一计算机(150),将同一编号的多个玉米果穗(401)称重并将重量信息传送至第一计算机(150)进行存储;

第二步:将多个玉米果穗(401)置于传送带(112)上的两个T型挡板(115)之间,使玉米果穗(401)在输送过程中不滚动,驱动传送带(112)运行,使玉米果穗(401)置于暗箱(121)的正下方,CCD面阵列相机(122)采集玉米果穗(401)图像并将图像传输至第一计算机(150);

第三步:对玉米果穗(401)图像进行处理分析,提取玉米果穗(401)的性状参数,并对提取的性状进行存储和显示;

第四步:将采集提取完穗部性状的玉米果穗(401)放入脱粒机(301)进行脱粒;

第五步:扫描第四步中脱完粒度玉米籽粒的编号信息并传送至第二计算机(250),

第六步:将上述经过扫描的玉米籽粒放入振动给料机(302)中,振动给料机(302)将玉米籽粒散落于输送带(212)上,驱动输送带(212)运行,线阵相机(221)连续采集玉米籽粒图像并将图像传输至第二计算机(250);

第七步:对采集到的玉米籽粒图像进行拼接,并将拼接完成后的图像进行处理分析,提取玉米籽粒的性状参数,并对提取的性状进行存储和显示,将所有参与测量的籽粒称重即总粒重,通过总粒重和总粒数计算百粒重。

2. 根据权利要求1所述的玉米考种方法,其特征在于所述第三步中玉米果穗图像处理分析包括如下步骤:

第1步:将原始彩色图像进行二值化处理并进行去除小区域、填充操作后,利用ROI方法提取果穗轮廓,计算果穗轮廓的长度即穗长,计算果穗中间部分轮廓宽度的平均值即穗粗,对果穗图像像素值求和得穗面积,对果穗轮廓边缘像素值求和得穗周长,分别计算离果穗轮廓两端部1/3处轮廓宽度值,求出此部分果穗轮廓边缘与果穗长度方向的夹角;

第2步:如果果穗轮廓边缘与果穗长度方向的夹角小于4度,则果穗为圆柱型,否则果穗为圆锥型;

第3步:提取果穗原始彩色图像中间1/2部分的RGB颜色值和纹理特征,根据果穗轮廓宽度、RGB颜色值和纹理特征识别果穗秃尖位置,计算秃尖长度并去除秃尖;

第4步:对去除秃尖后的果穗原始图像进行灰度化、低通滤波、形态学开操作以及图像重建处理,结合颜色特征利用OTSU方法分割图像,充分分割后的图像并去除小颗粒,根据玉米颗粒面积将图像分成粘连玉米籽粒图像和非粘连玉米籽粒图像,将粘连玉米籽粒图像进一步进行分水岭和过分割图像处理后再与非粘连玉米籽粒图像合并,提取玉米果穗中间三行玉米籽粒,计算玉米果穗行数、穗行粒数和粒厚。

3. 根据权利要求2所述的玉米考种方法,其特征在于所述第七步中玉米籽粒图像处理分析包括如下步骤:

第11步:提取第N帧图像并进行二值化、开操作、填充等图像处理;

第12步:将第11步中处理后的图像分成2部分即第N帧切下部分和剩下部分图像,将第N-1帧切下部分图像和第N帧剩下部分图像合并,将合并后的图像去除小区域后求投影面积的平均值,识别图像中粘连颗粒和非粘连颗粒,利用非粘连颗粒计算颗粒数 N_2 、平均粒长和平均粒宽;

第 13 步 :将粘连颗粒的面积除以投影面积的平均值得粘连颗粒数 N_1 , 则图像中玉米籽粒总粒数为 $N_{mk} = N_1 + N_2$;

第 14 步 :通过电子天平获得所有玉米籽粒的总粒重 W , 则百粒重 = W/N_{mk} 。

4. 一种为实现权利要求 1-3 中任意一项所述方法而设计的玉米考种系统, 其特征在于包括玉米果穗传送装置 (110)、玉米果穗图像采集装置 (120)、用于控制玉米果穗传送装置 (110) 传送进程的第一 PLC 装置 (130)、玉米果穗称重装置 (140)、第一计算机 (150)、玉米果穗条码扫描仪 (160)、玉米果穗位置检测装置 (170)、用于对采集完穗部性状的玉米果穗进行脱粒的脱粒机 (301)、用于接收玉米籽粒的振动给料机 (302)、玉米籽粒传送装置 (210)、玉米籽粒图像采集装置 (220)、用于控制玉米籽粒传送装置 (210) 传送进程的第二 PLC 装置 (230)、玉米籽粒称重装置 (240)、第二计算机 (250) 以及玉米籽粒条码扫描仪 (260), 其特征在于: 所述玉米果穗条码扫描仪 (160)、第一 PLC 装置 (130)、玉米果穗图像采集装置 (120) 以及玉米果穗称重装置 (140) 均与第一计算机 (150) 相连, 所述玉米果穗图像采集装置 (120) 和玉米果穗位置检测装置 (170) 位于玉米果穗传送装置 (110) 上方, 所述振动给料机 (302) 的出料口位于玉米籽粒传送装置 (210) 上方, 所述第二 PLC 装置 (230)、玉米籽粒图像采集装置 (220)、玉米籽粒称重装置 (240) 以及玉米籽粒条码扫描仪 (260) 均与第二计算机 (250) 相连。

5. 根据权利要求 4 所述的玉米考种系统, 其特征在于所述玉米果穗传送装置 (110) 包括第一机架 (111) 以及设有传送带 (112) 和步进电机 (113) 的皮带传送机 (114), 所述皮带传送机 (114) 安装在第一机架 (111) 上, 所述传送带 (112) 上设有多个等间距布置的 T 型挡板 (115), 所述步进电机 (113) 的信号输入端与第一 PLC 装置 (130) 的信号输出端相连。

6. 根据权利要求 4 所述的玉米考种系统, 其特征在于所述玉米果穗图像采集装置 (120) 包括暗箱 (121) 以及位于暗箱 (121) 内的 CCD 面阵列相机 (122) 和多个 LED 不闪平面光源 (123), 所述暗箱 (121) 位于皮带传送机 (114) 上方, 所述 CCD 面阵列相机 (122) 安装在暗箱 (121) 顶部正中央, 所述多个 LED 不闪平面光源 (123) 等间距安装在暗箱 (121) 顶部, 所述 CCD 面阵列相机 (122) 的数据输出端与第一计算机 (150) 的数据输入端相连。

7. 根据权利要求 4 所述的玉米考种系统, 其特征在于所述玉米果穗位置检测装置 (170) 包括位于传送带 (112) 上方的涡流传感器 (171) 以及安装在传送带 (112) 上的金属片 (172), 所述涡流传感器 (171) 的信号输出端与第一 PLC 装置 (130) 的信号输入端相连。

8. 根据权利要求 4 所述的玉米考种系统, 其特征在于所述玉米籽粒传送装置 (210) 包括第二机架 (211) 以及设有输送带 (212) 和伺服电机 (213) 的皮带输送机 (214), 所述皮带输送机 (214) 安装在第二机架 (211) 上, 所述伺服电机 (213) 的信号输入端与第二 PLC 装置 (230) 的信号输出端相连。

9. 根据权利要求 4 所述的玉米考种系统, 其特征在于所述玉米籽粒图像采集装置 (220) 包括用于动态获取玉米籽粒图像的线阵相机 (221) 以及为线阵相机 (221) 提供局部照明的线阵光源 (222), 所述线阵相机 (221) 位于皮带输送机 (214) 上方, 所述线阵光源 (222) 与垂直方向呈 20 度角分布在线阵相机 (221) 两侧, 所述线阵相机 (221) 的数据输出端与第二计算机 (250) 的数据输入端相连。

10. 根据权利要求 4 或所述的玉米考种系统, 其特征在于所述暗箱 (121) 的内壁设有黑色吸光绒布, 所述玉米果穗称重装置 (140) 和玉米籽粒称重装置 (240) 均为电子天平。

玉米考种方法及其系统

技术领域

[0001] 本发明涉及机器视觉检测技术领域,具体为一种玉米考种方法及其系统。

背景技术

[0002] 玉米是世界三大作物之一,是世界重要的粮食、饲料及工业原料作物。穗部性状和籽粒性状是决定玉米产量的重要农艺性状,玉米性状的获取即玉米室内考种是玉米育种过程中对育种材料进行评定优劣、决定取舍的一个重要环节,该环节包括玉米果穗的穗长、穗粗、穗长宽比、穗行数、穗行粒数、穗型、秃尖长、粒厚、穗重及玉米籽粒的粒长、粒宽、总粒数、总粒重、百粒重等性状的测量,而目前玉米性状测量主要采用人工测量,数据采集工作量巨大,存在速度慢、效率低、准确度差等问题,研究玉米穗粒性状自动提取技术有助于减轻育种工作者的劳动量,保证数据的客观性、准确性,提高工作效率。

[0003] 目前,机器视觉技术已应用于农产品表面缺陷与损伤、尺寸和表面颜色等农产品重要品质特征的检测,已有研究者用机器视觉检测玉米果穗的性状参数,将单个玉米果穗置于旋转台,带动玉米果穗旋转,用相机拍摄果穗的各个侧面并进行图像拼接,此种方法可无损检测果穗的各个侧面,但是平均检测时间为 102s/穗,检测时间过长不利于大批量果穗性状测量;采用扫描仪采集图像,速度慢且玉米果穗有损伤,也不宜用于在线检测;玉米籽粒性状的检测目前主要采用静态采集籽粒图像,但是存在人工干预。

发明内容

[0004] 本发明的目的是为了克服上述不足提供一种玉米考种方法及其系统。

[0005] 一种玉米考种方法,该方法包括以下步骤:

[0006] 第一步:扫描玉米果穗的编号信息并传送至第一计算机,将同一编号的多个玉米果穗称重并将重量信息传送至第一计算机进行存储;

[0007] 第二步:将多个玉米果穗置于传送带上的两个 T 型挡板之间,使玉米果穗在输送过程中不滚动,驱动传送带运行,使玉米果穗置于暗箱的正下方,CCD 面阵列相机采集玉米果穗图像并将图像传输至第一计算机;

[0008] 第三步:对玉米果穗图像进行处理分析,提取玉米果穗的性状参数,并对提取的性状进行存储和显示;

[0009] 第四步:将采集提取完穗部性状的玉米果穗放入脱粒机进行脱粒;

[0010] 第五步:扫描第四步中脱完粒度玉米籽粒的编号信息并传送至第二计算机,

[0011] 第六步:将上述经过扫描的玉米籽粒放入振动给料机中,振动给料机将玉米籽粒散落于输送带上,驱动输送带运行,线阵相机连续采集玉米籽粒图像并将图像传输至第二计算机;

[0012] 第七步:对采集到的玉米籽粒图像进行拼接,并将拼接完成后的图像进行处理分析,提取玉米籽粒的性状参数,并对提取的性状进行存储和显示,将所有参与测量的籽粒称重即总粒重,通过总粒重和总粒数计算百粒重。

[0013] 进一步、所述第三步中玉米果穗图像处理分析包括如下步骤：

[0014] 第 1 步：将原始彩色图像进行二值化处理并进行去除小区域、填充操作后，利用 ROI 方法提取果穗轮廓，计算果穗轮廓的长度即穗长，计算果穗中间部分轮廓宽度的平均值即穗粗，对果穗图像像素值求和得穗面积，对果穗轮廓边缘像素值求和得穗周长，分别计算离果穗轮廓两端部 1/3 处轮廓宽度值，求出此部分果穗轮廓边缘与果穗长度方向的夹角；

[0015] 第 2 步：如果果穗轮廓边缘与果穗长度方向的夹角小于 4 度，则果穗为圆柱型，否则果穗为圆锥型；

[0016] 第 3 步：提取果穗原始彩色图像中间 1/2 部分的 RGB 颜色值和纹理特征，根据果穗轮廓宽度、RGB 颜色值和纹理特征识别果穗秃尖位置，计算秃尖长度并去除秃尖；

[0017] 第 4 步：对去除秃尖后的果穗原始图像进行灰度化、低通滤波、形态学开操作以及图像重建处理，结合颜色特征利用 OTSU 方法分割图像，填充分割后的图像并去除小颗粒，根据玉米颗粒面积将图像分成粘连玉米籽粒图像和非粘连玉米籽粒图像，将粘连玉米籽粒图像进一步进行分水岭和过分割图像处理与非粘连玉米籽粒图像合并，提取玉米果穗中间三行玉米籽粒，计算玉米果穗行数、穗行粒数和粒厚。

[0018] 进一步、所述第七步中玉米籽粒图像处理分析包括如下步骤：

[0019] 第 11 步：提取第 N 帧图像并进行二值化、开操作、填充等图像处理；

[0020] 第 12 步：将第 11 步中处理后的图像分成 2 部分即第 N 帧切下部分和剩下部分图像，将第 N-1 帧切下部分图像和第 N 帧剩下部分图像合并，将合并后的图像去除小区域后求投影面积的平均值，识别图像中粘连颗粒和非粘连颗粒，利用非粘连颗粒计算颗粒数 N_2 、平均粒长和平均粒宽；

[0021] 第 13 步：将粘连颗粒的面积除以投影面积的平均值得粘连颗粒数 N_1 ，则图像中玉米籽粒总粒数为 $N_{mk} = N_1 + N_2$ ；

[0022] 第 14 步：通过电子天平获得所有玉米籽粒的总粒重 W，则百粒重 = W/N_{mk} 。

[0023] 本发明所述的玉米考种系统，包括玉米果穗传送装置 110、玉米果穗图像采集装置 120、用于控制玉米果穗传送装置 110 传送进程的第一 PLC 装置 130、玉米果穗称重装置 140、第一计算机 150、玉米果穗条码扫描仪 160、玉米果穗位置检测装置 170、用于对采集完穗部性状的玉米果穗进行脱粒的脱粒机 301、用于接收玉米籽粒的振动给料机 302、玉米籽粒传送装置 210、玉米籽粒图像采集装置 220、用于控制玉米籽粒传送装置 210 传送进程的第二 PLC 装置 230、玉米籽粒称重装置 240、第二计算机 250 以及玉米籽粒条码扫描仪 260，所述玉米果穗条码扫描仪 160、第一 PLC 装置 130、玉米果穗图像采集装置 120 以及玉米果穗称重装置 140 均与第一计算机 150 相连，所述玉米果穗图像采集装置 120 和玉米果穗位置检测装置 170 位于玉米果穗传送装置 110 上方，所述振动给料机 302 的出料口位于玉米籽粒传送装置 210 上方，所述第二 PLC 装置 230、玉米籽粒图像采集装置 220、玉米籽粒称重装置 240 以及玉米籽粒条码扫描仪 260 均与第二计算机 250 相连。

[0024] 本发明利用 T 型挡板阻止玉米果穗滚动并使果穗之间不粘连，可同时测量多个玉米果穗的多个性状，大大提高了检测速度。能自动识别玉米果穗位置，并只当玉米果穗位于 CCD 相机下方时才采集图像。CCD 相机安装于暗箱顶部，获取稳定的玉米果穗图像，通过图像处理可高通量获取穗长、穗粗、穗长宽比、穗行数、穗行粒数、穗型、秃尖长、粒厚和穗重。玉米籽粒输送线连续工作，动态获取批量玉米籽粒图像，通过图像拼接、图像处理程序高通

量获取玉米籽粒的粒长、粒宽、总粒数、总粒重和百粒重。在考种前,通过条码扫描仪扫描所要考种的玉米果穗和玉米籽粒编号,并将扫描到的编号通过串口传送至计算机系统进行存储,以方便用户对测量数据进行管理。本发明可同时在线检测 1 个或 2 个或 3 个玉米果穗的多个性状,能自动识别玉米果穗位置,玉米果穗传送速度可调;本发明通过调整相机视野,可扩展至同时测超过 3 个果穗的多个性状;可动态采集和处理玉米籽粒图像,高通量提取玉米籽粒的多个性状,测量 6 个穗的所有籽粒,用时大约 72s。

附图说明

- [0025] 图 1 为本发明结构示意图;
[0026] 图 2 为玉米籽粒的 6 个性状测量结果示意图;
[0027] 图 3 为本发明的玉米果穗图像处理流程;
[0028] 图 4 为本发明的玉米籽粒图像处理流程图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图及实施例进一步说明本发明。

[0030] 实施例:本发明所述的玉米考种系统,包括玉米果穗传送装置 110、玉米果穗图像采集装置 120、用于控制玉米果穗传送装置 110 传送进程的第一 PLC 装置 130、玉米果穗称重装置 140、第一计算机 150、玉米果穗条码扫描仪 160、玉米果穗位置检测装置 170、用于对采集完穗部性状的玉米果穗进行脱粒的脱粒机 301、用于接收玉米籽粒的振动给料机 302、玉米籽粒传送装置 210、玉米籽粒图像采集装置 220、用于控制玉米籽粒传送装置 210 传送进程的第二 PLC 装置 230、玉米籽粒称重装置 240、第二计算机 250 以及玉米籽粒条码扫描仪 260,所述玉米果穗条码扫描仪 160、第一 PLC 装置 130、玉米果穗图像采集装置 120 以及玉米果穗称重装置 140 均与第一计算机 150 相连,所述玉米果穗图像采集装置 120 和玉米果穗位置检测装置 170 位于玉米果穗传送装置 110 上方,所述振动给料机 302 的出料口位于玉米籽粒传送装置 210 上方,所述第二 PLC 装置 230、玉米籽粒图像采集装置 220、玉米籽粒称重装置 240 以及玉米籽粒条码扫描仪 260 均与第二计算机 250 相连。振动给料机 302 主要由振动电机和斜槽组成,将玉米籽粒放于斜槽内,振动电机工作,玉米籽粒随着电机的振动滑入玉米籽粒传送装置 210。

[0031] 所述玉米果穗传送装置 110 包括第一机架 111 以及设有传送带 112 和步进电机 113 的皮带传送机 114,所述皮带传送机 114 安装在第一机架 111 上,所述传送带 112 上设有多个等间距布置的 T 型挡板 115,所述步进电机 113 的信号输入端与第一 PLC 装置 130 的信号输出端相连。步进电机 113 用于提供动力的,皮带传送机 114 采用现有的,还包括链轮和链条等。T 型挡板 115 粘贴在传送带 112 上,用于阻止玉米果穗 401 滚动并使玉米果穗 401 之间不粘连。传送带 112 上可同时放置 1 个或 2 个或 3 个玉米果穗 401,可实现高通量在线检测,提高检测效率。步进电机 113 旋转并通过链轮、链条带动传送带 112 运行,步进电机 113 的驱动器驱动信号由第一 PLC 装置 130 控制输出,使传送带 112 做不同速度运行,以提高传送效率。

[0032] 所述玉米果穗图像采集装置 120 包括暗箱 121 以及位于暗箱 121 内的 CCD 面阵列相机 122 和多个 LED 不闪平面光源 123,所述暗箱 121 位于皮带传送机 114 上方,所述 CCD

面阵列相机 122 安装在暗箱 121 顶部正中央,用于对玉米果穗成像,所述多个 LED 不闪平面光源 123 等间距安装在暗箱 121 顶部,为 CCD 面阵列相机 122 提供均匀的照明;所述 CCD 面阵列相机 122 的数据输出端与第一计算机 150 的数据输入端相连,采集得到的图像通过 USB 接口送入第一计算机 150,通过图像处理程序提取各个玉米果穗的各个性状。所述暗箱 121 的内壁设有黑色吸光绒布以形成稳定的成像环境。

[0033] 所述玉米果穗位置检测装置 170 包括位于传送带 112 上方的涡流传感器 171 以及安装在传送带 112 上的金属片 172,所述金属片 172 为 4 块,4 块金属片 172 等间距均匀粘在传送带 112 的外表面,所述涡流传感器 171 的信号输出端与第一 PLC 装置 130 的信号输入端相连。金属片 172 粘贴在传送带 112 上,用于位置的检测。第一 PLC 装置 130 根据涡流传感器 171 发出的信号控制步进电机 113 的启动、停止和速度变化;第一 PLC 装置 130 通过串口和第一计算机 150 相连,当金属片 172 置于涡流传感器 171 下方时即玉米果穗 401 位于 CCD 面阵列相机 122 正下方时,涡流传感器 171 向第一 PLC 装置 130 发出信号,第一 PLC 装置 130 控制传送带 112 停止,第一计算机 150 采集图像。

[0034] 所述玉米籽粒传送装置 210 包括第二机架 211 以及设有输送带 212 和伺服电机 213 的皮带输送机 214,所述皮带输送机 214 安装在第二机架 211 上,所述伺服电机 213 的信号输入端与第二 PLC 装置 230 的信号输出端相连。伺服电机 213 用于提供动力带动输送带 212 连续运行,伺服电机 213 由第二 PLC 装置 230 控制。

[0035] 所述玉米籽粒图像采集装置 220 包括用于动态获取玉米籽粒图像的线阵相机 221 以及为线阵相机 221 提供局部照明的线阵光源 222,所述线阵相机 221 位于皮带输送机 214 上方,所述线阵光源 222 与垂直方向呈 20 度角分布在线阵相机 221 两侧,所述线阵相机 221 的数据输出端与第二计算机 250 的数据输入端相连。线阵相机 221 采集得到的图像通过千兆网卡送入第二计算机 250,第二计算机 250 通过图像处理程序对图像进行拼接处理,将拼接后的图像进行分割并提取玉米籽粒的各个性状,最后显示和保存各性状数据。

[0036] 所述玉米果穗称重装置 140 和玉米籽粒称重装置 240 均为电子天平,它们分别用于获取 1-6 个玉米果穗的重量和批量玉米籽粒的重量。

[0037] 第一计算机 150 根据接收到的第一 PLC 装置 130 发出的信号获取 CCD 面阵列相机 122 采集到的图像,并对图像进行处理、存储和显示各玉米果穗性状的测量结果;第一计算机 150 根据接收到的玉米果穗称重装置 140 发出的信号接收数据,并处理和存储数据;第一计算机 150 接收玉米果穗条码扫描仪 160 发出的数据,并存储条码数据。第二计算机 250 接收玉米籽粒条码扫描仪 260 发出的数据并保存条码数据,为玉米籽粒的编号,以便后续管理。

[0038] 本发明工作流程如下:用玉米果穗条码扫描仪 160 扫描玉米果穗 401 的编号信息并传送至第一计算机 150,将同一编号的 1-6 个玉米果穗 401 用电子玉米果穗称重装置 140 称重并传送至第一计算机 150 进行存储;将 1-3 个玉米果穗 401 置于传送带 112 上两个 T 型挡板 115 之间,使玉米果穗 401 在输送过程中不滚动;传送带 112 的动力由步进电机 113 提供,传送带 112 的速度由第一 PLC 装置 130 输出脉冲频率的大小来控制;当传送带 112 运行带动金属片 172 经过涡流传感器 122 时,涡流传感器 122 将信号传送至第一 PLC 装置 130,第一 PLC 装置 130 根据设定的程序控制步进电机 113,使玉米果穗 401 置于暗箱 121 的正下方,第一 PLC 装置 130 同时向第一计算机 150 发出信号,CCD 面阵列相机 122 采集玉米果

穗 401 图像并将图像传输至第一计算机 150, 第一计算机 150 中预装的 LabVIEW 软件程序对玉米果穗 401 图像进行处理分析并提取玉米果穗 401 的穗长、穗粗、穗长宽比、穗行数、穗行粒数、穗型、秃尖长、粒厚以及穗重, 并存储和显示各性状; 第一 PLC 装置 130 控制步进电机 113 继续运行, 并循环以上步骤。

[0039] 将采集完穗部性状的玉米果穗 401 放入脱粒机 301 进行脱粒。用玉米籽粒条码扫描仪 260 扫描玉米籽粒的编号信息并传送至第二计算机 250, 将批量玉米籽粒放入振动给料机 302 中, 振动给料机 302 将玉米籽粒散落于输送带 212 上, 输送带 212 由第二 PLC 装置 230 控制伺服电机 213 驱动; 线阵相机 221 连续采集玉米籽粒图像并将图像通过千兆网卡传输至第二计算机 250, 第二计算机 250 的 LabVIEW 软件程序对采集到的玉米籽粒图像进行拼接, 并将拼接完成后的图像进行处理分析以提取玉米籽粒的粒长、粒宽、总粒数, 最后存储和显示各性状; 玉米籽粒称重装置 240 将所有参与测量的籽粒称重即总粒重并将数据通过串口线传送至第二计算机 250, 第二计算机 250 通过总粒重和总粒数计算百粒重。

[0040] 其中第一计算机 150 主要完成玉米果穗 401 图像采集与处理: 根据第一 PLC 装置 130 发出的信号采集图像, 并对采集到的图像进行处理。图像处理主要包括去除背景信息、提取图像颜色信息、形态学处理、图像二值化、去小区域、分水岭算法分割粘连玉米籽粒、过分割处理、玉米果穗 401 特征性状的获取等。单个玉米果穗图像处理流程如图 3 所示, 具体流程如下: (1) 将原始彩色图像进行二值化处理并进行去除小区域、填充操作后, 利用 ROI 方法提取果穗轮廓, 计算果穗轮廓的长度为穗长、果穗中间部分轮廓宽度的平均值为穗粗、果穗图像像素值求和得穗面积、果穗轮廓边缘像素值求和得穗周长, 分别计算离果穗轮廓两端部 1/3 处轮廓宽度值, 求出此部分果穗轮廓边缘与果穗长度方向的夹角, 如果夹角小于 4 度, 则为圆柱型, 否则为圆锥型; (2) 提取果穗原始彩色图像中间 1/2 部分的 RGB 颜色值和纹理特征, 根据果穗轮廓宽度、RGB 颜色值和纹理特征识别果穗秃尖位置计算秃尖长度并去除秃尖; 对去除秃尖后的果穗原始图像进行灰度化、低通滤波、形态学开操作、图像重建等处理后, 结合颜色特征利用 OTSU 方法分割图像; 填充分割后的图像并去除小颗粒, 根据玉米颗粒面积将图像分成粘连玉米籽粒图像和非粘连玉米籽粒图像, 将粘连玉米籽粒图像进一步进行分水岭和过分割图像处理与非粘连玉米籽粒图像合并, 提取玉米果穗中间三行玉米籽粒, 计算玉米果穗行数、穗行粒数和粒厚。

[0041] 第二计算机 250 主要完成玉米籽粒图像的采集与处理: 将线阵相机 221 采集到的图像进行拼接, 对拼接完成的图像进行处理, 图像处理主要包括去除背景、分割图像、拼接图像、二值化、形态学处理、去除小区域、分割玉米籽粒图像、玉米籽粒特征获取等。图像处理流程如图 4, 具体流程如下: 提取第 N 帧图像并进行二值化、开操作、填充等图像处理, 将处理后的图像分成 2 部分即第 N 帧切下部分和剩下部分图像, 将第 N-1 帧切下部分图像和第 N 帧剩下部分图像合并, 将合并后的图像去除小区域后求投影面积的平均值, 识别图像中粘连颗粒和非粘连颗粒, 利用非粘连颗粒计算颗粒数 N_2 、平均粒长 (粒长) 和平均粒宽 (粒宽); 将粘连颗粒的面积除以投影面积的平均值得粘连颗粒数 N_1 , 则图像中玉米籽粒总粒数为 $N_{MK} = N_1 + N_2$; 通过电子天平获得所有玉米籽粒的总粒重 W, 则百粒重 = W/N_{MK} 。

[0042] 实验效果和参数如下:

[0043] 玉米果穗

[0044] 采集 86 行自交系玉米果穗, 每行测 1-10 个果穗不等并求其平均值, 将每行玉米果

穗（每次放 1-3 个果穗）用本发明所述数字化玉米果穗考种机进行考种。穗长和穗粗测量结果见表 1 和表 2。可以看到，平均测量相对误差值，穗长为 2.42%，穗粗为 3.37%。

[0045] 表 1 穗长测量误差

[0046]

序号	人工测量值 (cm)	系统测量值 (cm)	绝对误差 差	相对误差绝对值 (%)
1	11.67	12.29	-0.62	5.33
2	12.98	13.07	-0.09	0.70
3	15.09	15.51	-0.42	2.82
4	11.43	11.68	-0.25	2.16
5	10.30	10.45	-0.15	1.46
6	11.63	12.12	-0.49	4.22
7	11.52	11.46	0.06	0.53
8	11.63	11.33	0.31	2.62
9	14.90	14.71	0.19	1.28
10	10.70	10.80	-0.10	0.89
11	12.20	12.48	-0.28	2.31
12	13.08	13.09	-0.01	0.08
13	12.80	13.39	-0.59	4.62
14	10.17	10.68	-0.52	5.10
15	10.23	10.42	-0.19	1.85

[0047]

16	13.61	13.68	-0.07	0.49
17	15.94	16.39	-0.45	2.83
18	15.10	15.35	-0.25	1.63
19	12.10	12.31	-0.21	1.71
20	10.73	10.99	-0.26	2.44
21	12.60	12.84	-0.24	1.91
22	13.21	13.53	-0.32	2.40
23	11.20	11.47	-0.27	2.41
24	11.66	12.02	-0.36	3.13
25	16.25	16.45	-0.20	1.26
26	10.80	11.02	-0.22	2.00
27	13.85	14.27	-0.42	3.02
28	14.86	15.21	-0.35	2.35
29	13.16	13.42	-0.26	1.97
30	14.48	15.01	-0.54	3.73
31	13.39	13.79	-0.41	3.05
32	12.08	12.78	-0.70	5.81
33	14.85	15.22	-0.37	2.51
34	13.98	14.22	-0.23	1.66
35	8.50	8.75	-0.25	2.97
36	14.01	14.31	-0.30	2.12
37	13.52	13.77	-0.25	1.82

[0048]

38	14.31	14.17	0.14	1.01
39	11.75	11.68	0.07	0.57
40	10.63	10.79	-0.16	1.46
41	18.40	19.16	-0.76	4.11
42	12.20	12.43	-0.23	1.86
43	14.78	15.10	-0.32	2.14
44	11.24	11.67	-0.43	3.84
45	11.00	11.19	-0.19	1.75
46	12.83	13.00	-0.17	1.32
47	10.33	10.58	-0.25	2.46
48	13.84	14.15	-0.32	2.28
49	12.94	13.20	-0.26	2.02
50	14.31	14.86	-0.55	3.84
51	13.90	13.78	0.12	0.89
52	10.88	11.13	-0.25	2.29
53	13.40	12.76	0.64	4.77
54	12.59	12.89	-0.30	2.40
55	15.07	15.45	-0.39	2.56
56	11.15	11.29	-0.14	1.28
57	10.12	10.32	-0.20	1.95
58	11.39	11.89	-0.50	4.40
59	13.90	14.36	-0.46	3.32

[0049]

60	12.56	12.70	-0.14	1.08
61	11.83	12.13	-0.31	2.60
62	9.91	10.36	-0.45	4.53
63	11.50	11.92	-0.42	3.67
64	11.90	11.98	-0.08	0.68
65	12.65	12.90	-0.25	1.94
66	9.18	9.56	-0.37	4.05
67	8.40	8.42	-0.02	0.27
68	9.55	9.87	-0.32	3.34
69	10.87	11.39	-0.53	4.83
70	13.37	12.77	0.59	4.43
71	12.30	12.56	-0.26	2.09
72	11.55	11.48	0.07	0.58
73	12.05	12.19	-0.14	1.16
74	11.04	11.36	-0.32	2.92
75	14.08	14.19	-0.11	0.79
76	10.45	10.86	-0.41	3.92
77	13.08	13.42	-0.34	2.58
78	12.74	12.82	-0.08	0.65
79	15.40	15.79	-0.39	2.55
80	14.76	14.95	-0.19	1.31
81	11.05	11.28	-0.23	2.08

[0050]

82	8.26	8.42	-0.17	2.03
83	10.78	11.15	-0.37	3.43
84	16.63	15.99	0.64	3.85
85	15.93	16.51	-0.58	3.63
86	14.85	15.05	-0.20	1.36
平均 值				2.42%

[0051] 表 2 穗粗测量误差

[0052]

序号	人工测量值 (cm)	系统测量值 (cm)	绝对误差 差	相对误差绝对值 (%)
1	4.43	4.37	0.07	1.47
2	3.77	3.88	-0.11	3.01
3	4.20	4.32	-0.12	2.96
4	3.76	3.74	0.02	0.63
5	3.66	3.57	0.09	2.35
6	3.63	3.51	0.12	3.30
7	4.01	4.16	-0.15	3.77
8	4.63	4.83	-0.19	4.18
9	3.34	3.45	-0.11	3.24
10	3.50	3.60	-0.10	2.93
11	3.74	3.96	-0.22	6.01
12	3.84	3.92	-0.08	2.20

[0053]

13	4.48	4.56	-0.08	1.81
14	4.07	4.23	-0.16	3.93
15	3.15	3.22	-0.07	2.30
16	4.21	4.36	-0.15	3.57
17	4.41	4.17	0.24	5.43
18	4.55	4.86	-0.31	6.83
19	4.17	4.39	-0.22	5.32
20	4.20	4.38	-0.18	4.29
21	3.94	4.01	-0.07	1.65
22	3.83	3.96	-0.13	3.29
23	4.03	4.12	-0.10	2.47
24	3.94	3.96	-0.02	0.43
25	4.00	4.03	-0.03	0.74
26	4.18	4.23	-0.05	1.20
27	4.25	4.37	-0.12	2.80
28	4.17	4.25	-0.08	1.97
29	4.52	4.43	0.09	1.90
30	2.93	2.90	0.03	1.01
31	4.01	4.00	0.01	0.33
32	4.29	4.18	0.11	2.49
33	4.65	4.37	0.28	5.96
34	4.57	4.46	0.11	2.42

[0054]

35	3.93	3.68	0.25	6.35
36	3.87	3.67	0.20	5.06
37	4.32	4.08	0.24	5.64
38	3.86	3.65	0.21	5.32
39	4.75	4.60	0.15	3.23
40	4.47	4.24	0.23	5.16
41	4.60	4.65	-0.05	1.11
42	4.12	3.94	0.18	4.37
43	4.02	3.78	0.24	5.93
44	4.56	4.38	0.18	3.85
45	3.80	3.59	0.21	5.49
46	4.82	4.78	0.04	0.83
47	3.28	3.07	0.20	6.24
48	4.05	3.87	0.18	4.46
49	3.91	3.69	0.22	5.59
50	4.22	4.06	0.16	3.70
51	4.30	4.30	0.00	0.02
52	3.82	3.58	0.24	6.23
53	3.98	3.80	0.18	4.63
54	4.24	4.03	0.21	5.00
55	5.37	5.46	-0.10	1.81
56	4.02	3.78	0.23	5.77

[0055]

57	4.29	4.02	0.26	6.18
58	4.76	4.50	0.26	5.44
59	4.18	4.11	0.07	1.67
60	4.50	4.37	0.13	2.83
61	4.03	3.86	0.16	4.09
62	4.66	4.58	0.09	1.85
63	4.32	4.46	-0.14	3.21
64	3.34	3.32	0.02	0.70
65	4.23	4.14	0.09	2.04
66	4.35	4.39	-0.04	0.84
67	3.27	3.14	0.12	3.80
68	3.95	3.95	0.00	0.05
69	5.07	4.82	0.24	4.82
70	4.93	4.77	0.16	3.22
71	3.70	3.43	0.27	7.24
72	4.40	4.36	0.04	1.02
73	4.21	4.07	0.15	3.49
74	4.38	4.19	0.19	4.33
75	3.93	3.74	0.19	4.94
76	4.67	4.57	0.09	2.01
77	5.04	4.97	0.07	1.30
78	3.73	3.69	0.04	0.95

[0056]

79	3.80	4.04	-0.24	6.27
80	3.59	3.48	0.11	3.17
81	4.70	4.82	-0.12	2.59
82	3.96	3.79	0.16	4.14
83	3.96	4.12	-0.16	4.10
84	5.33	5.24	0.09	1.78
85	4.37	4.67	-0.31	6.99
86	4.14	4.12	0.02	0.51
平均				
值				3.37%

[0057] 玉米籽粒

[0058] 利用本发明对 673 份玉米籽粒的 6 个性状（粒长、粒宽、粒长宽比、总粒数、总粒重、百粒重）进行了测量，测量结果如图 2 所示，粒长、粒宽、粒长宽比和总粒数的人工测量值（3 人测量结果的平均值）与该系统测量值的决定系数 R^2 分别为 0.97, 0.97, 0.83 和 0.99, 平均绝对百分误差 (MAPE) 分别为 1.24%, 2.33%, 2.72% 和 0.66%, 均方根误差 (RMSE) 分别为 0.16mm, 0.24mm, 0.04 和 2.23; 从 673 份样本中随机挑选 10 份对系统进行重复性测试, 12 个所测性状的变异系数都在 3% 以内; 系统可 24 小时连续工作, 测 6 穗所有籽粒大约花费 72s。与人工测量比较, 该系统具有自动化、高通量和无人工干预等优点, 解决了传统测量方法存在速度慢、主观误差大、时间长等问题。

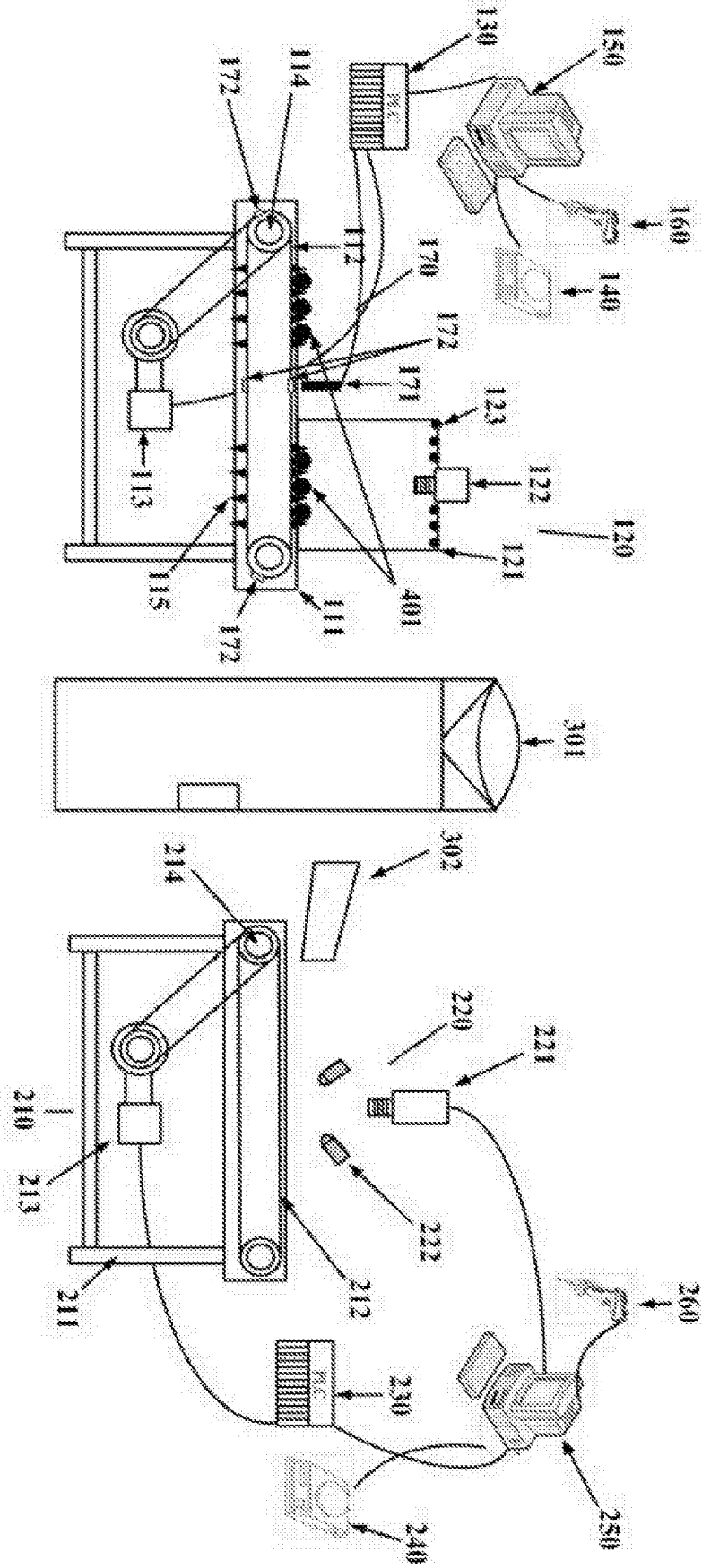


图 1

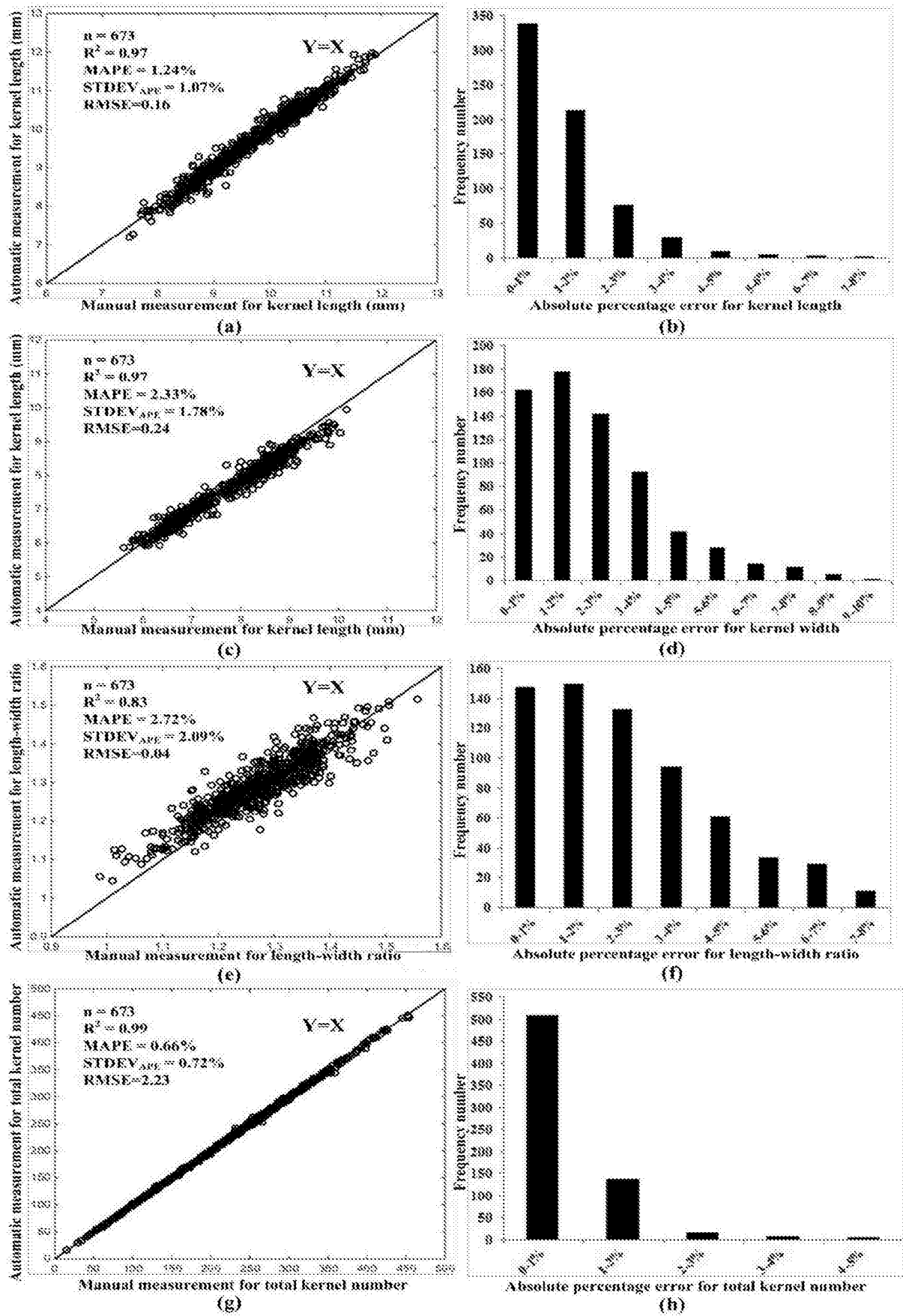


图 2

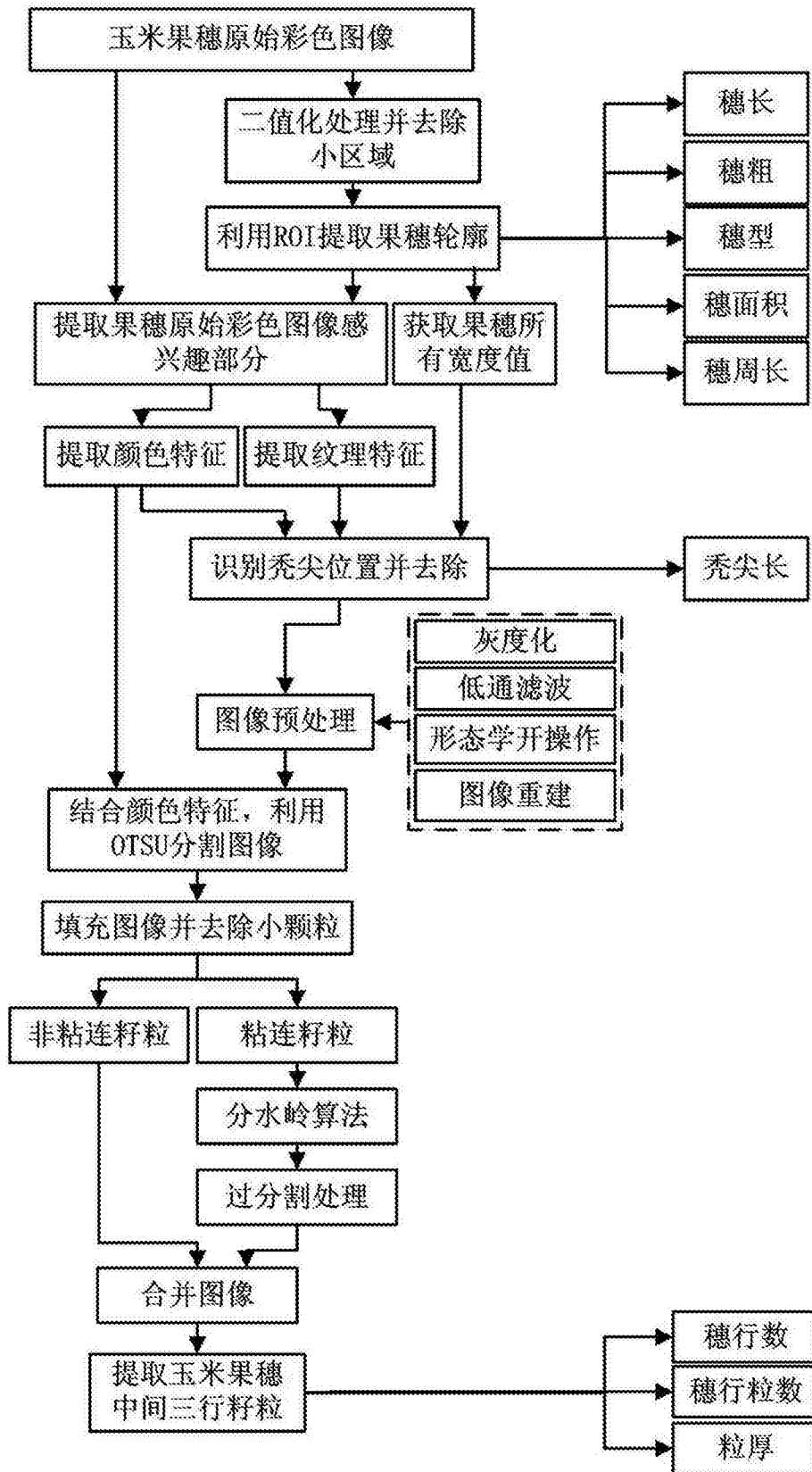


图 3

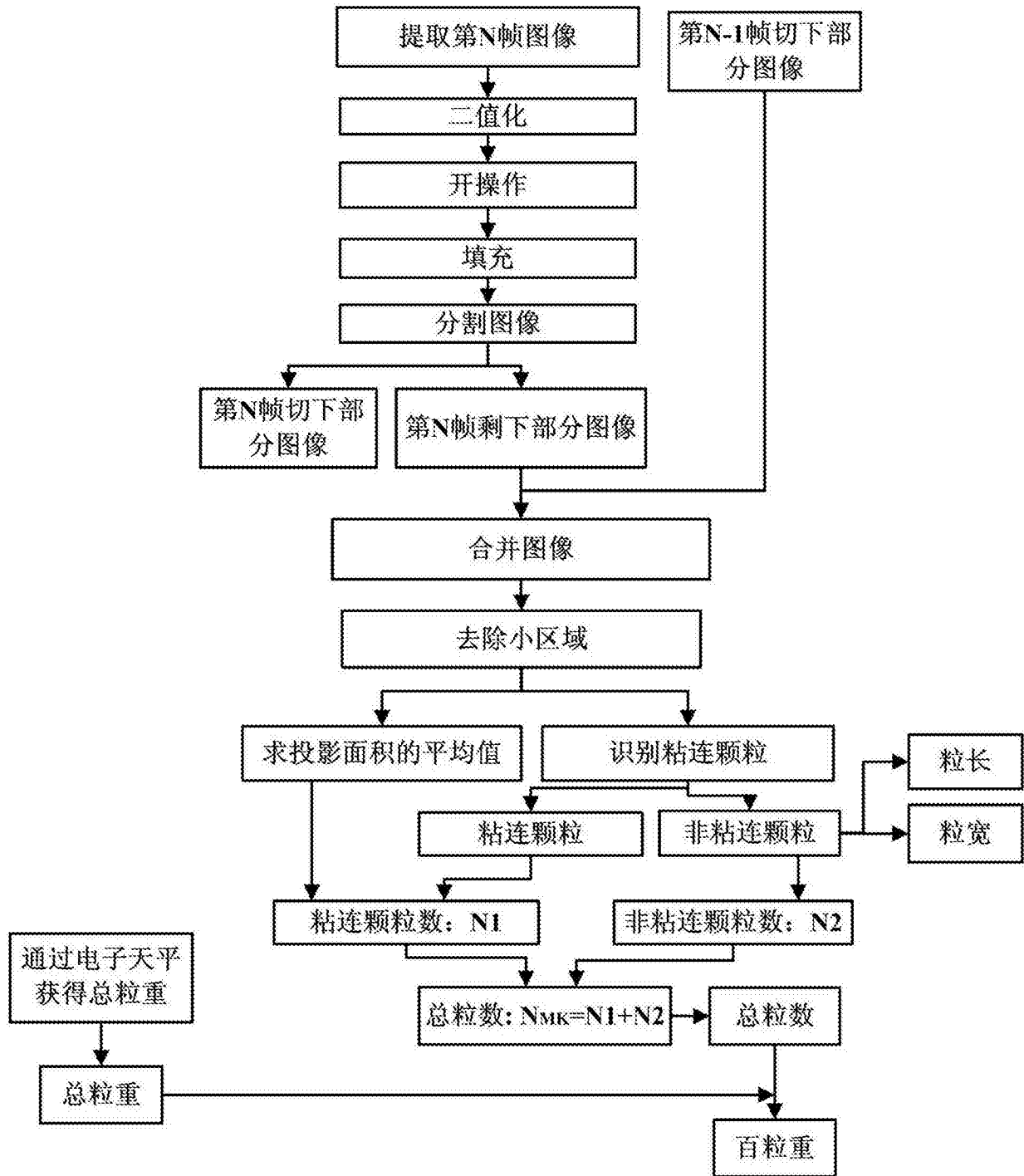


图 4