



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109000596 B

(45)授权公告日 2020.01.10

(21)申请号 201810886157.7

审查员 王书伦

(22)申请日 2018.08.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109000596 A

(43)申请公布日 2018.12.14

(73)专利权人 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 廖庆喜 刘立超 舒彩霞 廖宜涛

张青松 魏国梁

(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 张继巍

(51)Int.Cl.

G01B 11/30(2006.01)

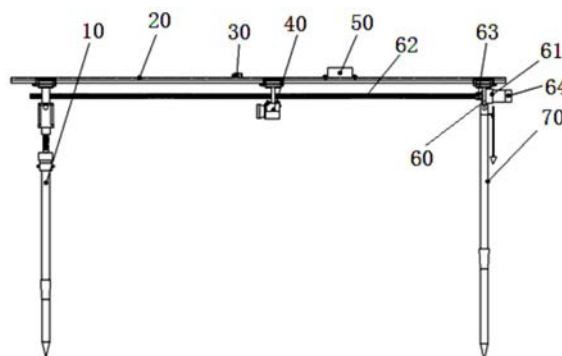
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

农田地表平整度测量系统及测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种农田地表平整度测量系统及测量方法,包括第一支撑装置、第二支撑装置、激光扫描装置、电动丝杆装置、直线导轨及控制器;支撑装置可滑动地安装在直线导轨一端,第二支撑装置可滑动地安装在直线导轨另一端,激光扫描装置可滑动地安装在直线导轨上且位于第一支撑装置和第二支撑装置之间,电动丝杆装置的一端与第一支撑装置相连、电动丝杆装置的另一端与第二支撑装置相连,电动丝杆装置、第一支撑装置及激光扫描装置均与控制器电连。通过电动丝杆装置带动激光扫描仪沿直线导轨移动,通过一次架设测量系统,可获得多个测量区域内地表剖面线上的高度分布数据,从而提高了测量精度和测量效率。



1. 一种农田地表平整度测量系统,其特征在于:包括第一支撑装置(10)、第二支撑装置(70)、激光扫描装置(40)、电动丝杆装置(60)、直线导轨(20)及控制器(50);其中,所述支撑装置(10)安装在所述直线导轨(20)一端,所述第二支撑装置(70)安装在所述直线导轨(20)另一端,所述激光扫描装置(40)可滑动地安装在所述直线导轨(20)上且位于所述第一支撑装置(10)和所述第二支撑装置(70)之间,所述电动丝杆装置(60)的一端与所述第一支撑装置(10)相连、所述电动丝杆装置(60)的另一端与所述第二支撑装置(70)相连,所述电动丝杆装置(60)、所述第一支撑装置(10)及所述激光扫描装置(40)均与所述控制器(50)电连;还包括安装在所述直线导轨(20)上且与所述直线导轨(20)平行布置的倾角传感器(30);

所述第一支撑装置(10)包括第一触地杆(11)、通过第一锁紧连接套(12)与所述第一触地杆(11)相连的第一连接杆(13)、固定安装在所述第一连接杆(13)顶端的调平电机(14)、与所述调平电机(14)输出轴相连的调平丝杆(15)、与所述调平丝杆(15)通过螺纹配合的调平叉(16)及与所述调平叉(16)相连的第一滚珠滑块(17);所述第一滚珠滑块(17)包括第一滚珠滑块本体(173)、固定在所述第一滚珠滑块本体(173)下端的第一支撑轴承(172)及固定在所述第一支撑轴承(172)下端的第一轴承(171),所述第一滚珠滑块本体(173)安装在所述直线导轨(20)上;所述第二支撑装置(70)包括第二触地杆(71)、通过第二锁紧连接套(72)与所述第二触地杆(71)相连的第二连接杆(73)、安装在所述第二连接杆(73)顶端的第二滚珠滑块(77)、安装在所述第二滚珠滑块(77)侧部的角度尺(74)及安装在所述角度尺(74)指针(75)下端的吊线坠(76);所述第二滚珠滑块(77)包括第二滚珠滑块本体(773)、在所述第二滚珠滑块本体(773)下端的步进电机安装孔位(772)及固定在所述步进电机安装孔位(772)下端的第二销孔(771),所述第二滚珠滑块本体(773)安装在所述直线导轨(20)上。

2. 根据权利要求1所述农田地表平整度测量系统,其特征在于:所述调平叉(16)与所述第一轴承(171)通过销钉(80)铰接。

3. 根据权利要求1所述农田地表平整度测量系统,其特征在于:所述激光扫描装置(40)包括第三滚珠滑块(42)和安装在第三滚珠滑块(42)下端的激光扫描仪(41);所述第三滚珠滑块(42)包括第三滚珠滑块本体(421)及在所述第三滚珠滑块本体(421)下端的丝杆螺纹孔(422),所述第三滚珠滑块本体(421)安装在所述直线导轨(20)上且沿所述直线导轨(20)滑动。

4. 根据权利要求1所述农田地表平整度测量系统,其特征在于:所述电动丝杆装置(60)包括步进电机(61)及通过膜片联轴器(63)与所述步进电机(61)输出轴相连的丝杆(62),其中,所述步进电机(61)安装在所述第二滚珠滑块本体(773)下端的步进电机安装孔位(772)上且丝杆(62)的自由端依次穿过所述第二支撑装置(70)、所述激光扫描装置(40)和所述第一支撑装置(10)。

5. 根据权利要求4所述农田地表平整度测量系统,其特征在于:所述步进电机(61)上带有旋转编码器(64),所述编码器(64)与所述控制器(50)相连。

6. 一种农田地表平整度测量系统的测量方法,所述农田地表平整度测量系统,包括第一支撑装置(10)、第二支撑装置(70)、激光扫描装置(40)、电动丝杆装置(60)、直线导轨(20)及控制器(50);其中,所述支撑装置(10)安装在所述直线导轨(20)一端,所述第二支撑装置(70)安装在所述直线导轨(20)另一端,所述激光扫描装置(40)可滑动地安装在所述直

线导轨(20)上且位于所述第一支撑装置(10)和所述第二支撑装置(70)之间,所述电动丝杆装置(60)的一端与所述第一支撑装置(10)相连、所述电动丝杆装置(60)的另一端与所述第二支撑装置(70)相连,所述电动丝杆装置(60)、所述第一支撑装置(10)及所述激光扫描装置(40)均与所述控制器(50)电连;还包括安装在所述直线导轨(20)上且与所述直线导轨(20)平行布置的倾角传感器(30);

所述第一支撑装置(10)包括第一触地杆(11)、通过第一锁紧连接套(12)与所述第一触地杆(11)相连的第一连接杆(13)、固定安装在所述第一连接杆(13)顶端的调平电机(14)、与所述调平电机(14)输出轴相连的调平丝杆(15)、与所述调平丝杆(15)通过螺纹配合的调平叉(16)及与所述调平叉(16)相连的第一滚珠滑块(17);所述第一滚珠滑块(17)包括第一滚珠滑块本体(173)、固定在所述第一滚珠滑块本体(173)下端的第一支撑轴承(172)及固定在所述第一支撑轴承(172)下端的第一轴承(171),所述第一滚珠滑块本体(173)安装在所述直线导轨(20)上;所述第二支撑装置(70)包括第二触地杆(71)、通过第二锁紧连接套(72)与所述第二触地杆(71)相连的第二连接杆(73)、安装在所述第二连接杆(73)顶端的第二滚珠滑块(77)、安装在所述第二滚珠滑块(77)侧部的角度尺(74)及安装在所述角度尺(71)指针(75)下端的吊线坠(76);所述第二滚珠滑块(77)包括第二滚珠滑块本体(773)、在所述第二滚珠滑块本体(773)下端的步进电机安装孔位(772)及固定在所述步进电机安装孔位(772)下端的第二销孔(771),所述第二滚珠滑块本体(773)安装在所述直线导轨(20)上;

所述激光扫描装置(40)包括第三滚珠滑块(42)和安装在第三滚珠滑块(42)下端的激光扫描仪(41);所述第三滚珠滑块(42)包括第三滚珠滑块本体(421)及在所述第三滚珠滑块本体(421)下端的丝杆螺纹孔(422),所述第三滚珠滑块本体(421)安装在所述直线导轨(20)上且沿所述直线导轨(20)滑动;

所述电动丝杆装置(60)包括步进电机(61)及通过膜片联轴器(63)与所述步进电机(61)输出轴相连的丝杆(62),其中,所述步进电机(61)安装在所述第二滚珠滑块本体(773)下端的步进电机安装孔位(772)上且丝杆(62)的自由端依次穿过所述第二支撑装置(70)、所述激光扫描装置(40)和所述第一支撑装置(10);

其特征在于:所述测量方法包括如下步骤:

1) 架设好测量系统,通过第二支撑装置(70)中的吊线坠(76)和角度尺(71)确定第二连接杆(73)为误差范围内的铅锤方向,并使第一支撑装置(10)与第二支撑装置(70)保持共面,粗调第一支撑装置(10)及第二支撑装置(70)高度使直线导轨近似水平;

2) 给系统上电,待系统初始化完成后,控制器(50)读取倾角传感器(30)采集的倾角数据,并根据倾角数据发送控制指令给调平电机(14),调平电机(14)根据控制器解算倾角数据得到的控制指令调整直线导轨(20)至水平状态;

3) 设置第三滚珠滑块(42)间歇移动距离L和第三滚珠滑块(42)间歇移动次数A,待参数设置完成后,控制器(50)控制步进电机(61)运转和激光扫描仪(41)工作;

4) 激光扫描仪(41)在步进电机(61)运转过程的每次第三滚珠滑块(42)间歇停顿时,控制器(50)发送指令使激光扫描仪(41)在该第三滚珠滑块(42)间歇停顿位置连续采样M次,获得M组距离扫描数据,M为自然数,然后计算该第三滚珠滑块(42)间歇停顿位置处的厢面平整度;计算完成后发送步进电机(61)运转指令使激光扫描仪(41)移动到下一个第三滚珠

滑块(42)间歇停顿位置进行扫描采样,直至达到设置的第三滚珠滑块(42)间歇移动次数A,完成一次数据采样过程;最后计算厢面平整度的平均值;

所述步骤4)中每次第三滚珠滑块(42)间歇停顿位置处厢面平整度和厢面平整度平均值的计算过程如下:

4a)对每次第三滚珠滑块间歇停顿位置接收的距离扫描数据进行提取和转换:STM32F4单片机接收并提取由激光扫描仪采集的每组距离扫描数据的各数据点用 d_{ij} 表示,于是获取的距离扫描数据集可表示为 $\{(d_{ij}) | i=1,2,\dots,M; j=1,2,\dots,N\}$,其中 i 为第三滚珠滑块间歇位置的采样序号, M 为连续采样的最大次数; j 为每组距离扫描数据中的数据对应序号, N 为每组距离扫描数据的个数;对每个第三滚珠滑块间歇位置采集的 M 组距离扫描数据按对应距离数据位置求均值,得到该第三滚珠滑块间歇位置的一组距离测量数据 $\{(d_j) | j=1,2,\dots,N\}$;

4b)将步骤4a)中得到的一组距离测量数据按照极坐标与直角坐标转换公式转换成直角坐标系下的一组坐标数据集,转换后的一组坐标数据集为 $\{(y_j, z_j) | j=1,2,\dots,N\}$,其中 (y_j, z_j) 为 d_j 在 $N=j$ 时所转换的二维直角坐标点;

4c)对步骤4b)中获得的一组坐标数据集通过线性回归消除倾斜趋势后,计算厢面平整度 DV ;

厢面平整度 DV 计算过程如下:

计算时首先提取已消除倾斜趋势的单组距离测量数据在厢面内的有效数据 z_j ,则厢面平整度可表示为 $DV = \sqrt{\frac{1}{C-1} \sum_{j=1}^C (z_j - \bar{z})^2}$,其中, C 为厢面内有效数据点个数, \bar{z} 为每个厢面内各点距离 z_j 的平均值;

4d)重复步骤4a)~4c),得到所有第三滚珠滑块间歇位置的厢面平整度数值 $\{(DV_k) | k=1,2,\dots,A+1\}$,再进行均值处理,测量完成后完整厢面的平整度 \overline{DV} 为各距离测量数据所得平整度的平均值,即

$$\overline{DV} = \frac{\sum_{k=1}^{A+1} DV_k}{A+1}。$$

农田地表平整度测量系统及测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及农田测量技术领域,具体涉及一种农田地表平整度测量系统及测量方法。

背景技术

[0002] 农业耕整地作业生产中,作业厢面平整度、厢沟深度及宽度稳定性、厢宽稳定性等参数是判断土地耕整质量的重要指标,也是评价土地耕整后田块是否符合作物播种农艺要求的重要依据。上述指标均可通过对地表剖面高度数据进行计算处理获得,而针对地表剖面高度轮廓的测量方法,传统多采用直接接触测量法,如尺杆法、插杆法、针式轮廓线法及板式轮廓线法等,这些测量方法不仅需要大量人力配合,费时费力、效率低下,且在接触测量过程中还会破坏原有测量表面,使测量数据的可靠性降低。

[0003] 中国发明专利(授权公开号CN102706295B、授权公告日2014.11.05)公开了一种地表粗糙度测量系统及测量方法,利用激光测距装置测量与地面点的距离的方法,能够代替接触测量法,不会破坏原有测量表面,但该方法每次作业只能测量单个土壤剖面高度数据,效率较低,且在多组数据测量过程中,需要多次架设支撑装置,使得每组测量数据之间存在一定误差。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对上述技术的不足,提供一种能够一次性测量完成被测区域内多组土壤剖面高度数据的农田地表平整度测量系统及测量方法,实现农田耕整过程中厢面平整度参数的准确、快速获取,从而提高测量效率和测量精度。

[0005] 为实现上述目的,本发明所设计的农田地表平整度测量系统,包括第一支撑装置、第二支撑装置、激光扫描装置、电动丝杆装置、直线导轨及控制器;其中,所述第一支撑装置可滑动地安装在所述直线导轨一端,所述第二支撑装置可滑动地安装在所述直线导轨另一端,所述激光扫描装置可滑动地安装在所述直线导轨上且位于所述第一支撑装置和所述第二支撑装置之间,所述电动丝杆装置的一端与所述第一支撑装置相连、所述电动丝杆装置的另一端与所述第二支撑装置相连,所述电动丝杆装置、所述第一支撑装置及所述激光扫描装置均与所述控制器电连。

[0006] 进一步地,还包括安装在所述直线导轨上且与所述直线导轨平行布置的倾角传感器。

[0007] 进一步地,所述第一支撑装置包括第一触地杆、通过第一锁紧连接套与所述第一触地杆相连的第一连接杆、固定安装在所述第一连接杆顶端的调平电机、与所述调平电机输出轴相连的调平丝杆、与所述调平丝杆通过螺纹配合的调平叉及与所述调平叉相连的第一滚珠滑块;所述第一滚珠滑块包括第一滚珠滑块本体、固定在所述第一滚珠滑块本体下端的所述第一支撑轴承及固定在所述第一支撑轴承下端的所述第一轴承,所述第一滚珠滑块本体安装在所述直线导轨上。

[0008] 进一步地,所述调平叉与所述第一轴承通过销钉铰接。

[0009] 进一步地,所述第二支撑装置包括第二触地杆、通过第二锁紧连接套与所述第二触地杆相连的第二连接杆、安装在所述第二连接杆顶端的第二滚珠滑块、安装在所述第二滚珠滑块侧部的角度尺及安装在所述角度尺指针下端的吊线坠;所述第二滚珠滑块包括第二滚珠滑块本体、在所述第二滚珠滑块本体下端的步进电机安装孔位及固定在所述步进电机安装孔位下端的第二销孔,所述第二滚珠滑块本体安装在所述直线导轨上。

[0010] 进一步地,所述激光扫描装置包括第三滚珠滑块和安装在第三滚珠滑块下端的激光扫描仪;所述第三滚珠滑块包括第三滚珠滑块本体及在所述第三滚珠滑块本体下端的丝杆螺纹孔,所述第三滚珠滑块本体安装在所述直线导轨上且沿所述直线导轨滑动。

[0011] 进一步地,所述电动丝杆装置包括步进电机及通过膜片联轴器与所述步进电机输出轴相连的丝杆,其中,所述步进电机安装在所述第二滚珠滑块本体下端的步进电机安装孔位上且丝杆的自由端依次穿过所述第二支撑装置、所述激光扫描装置和所述第一支撑装置。

[0012] 进一步地,所述步进电机上带有旋转编码器,所述编码器与所述控制器相连。

[0013] 还提供一种如上述所述田地平整度测量系统的测量方法,所述农田地表平整度测量系统,包括第一支撑装置、第二支撑装置、激光扫描装置、电动丝杆装置、直线导轨及控制器;其中,所述支撑装置安装在所述直线导轨一端,所述第二支撑装置安装在所述直线导轨另一端,所述激光扫描装置可滑动地安装在所述直线导轨上且位于所述第一支撑装置和所述第二支撑装置之间,所述电动丝杆装置的一端与所述第一支撑装置相连、所述电动丝杆装置的另一端与所述第二支撑装置相连,所述电动丝杆装置、所述第一支撑装置及所述激光扫描装置均与所述控制器电连;还包括安装在所述直线导轨上且与所述直线导轨平行布置的倾角传感器;

[0014] 所述第一支撑装置包括第一触地杆、通过第一锁紧连接套与所述第一触地杆相连的第一连接杆、固定安装在所述第一连接杆顶端的调平电机、与所述调平电机输出轴相连的调平丝杆、与所述调平丝杆通过螺纹配合的调平叉及与所述调平叉相连的第一滚珠滑块;所述第一滚珠滑块包括第一滚珠滑块本体、固定在所述第一滚珠滑块本体下端的第一支撑轴承及固定在所述第一支撑轴承下端的第一轴承,所述第一滚珠滑块本体安装在所述直线导轨上;所述第二支撑装置包括第二触地杆、通过第二锁紧连接套与所述第二触地杆相连的第二连接杆、安装在所述第二连接杆顶端的第二滚珠滑块、安装在所述第二滚珠滑块侧部的角度尺及安装在所述角度尺指针下端的吊线坠;所述第二滚珠滑块包括第二滚珠滑块本体、在所述第二滚珠滑块本体下端的步进电机安装孔位及固定在所述步进电机安装孔位下端的第二销孔,所述第二滚珠滑块本体安装在所述直线导轨上;

[0015] 所述激光扫描装置包括第三滚珠滑块和安装在第三滚珠滑块下端的激光扫描仪;所述第三滚珠滑块包括第三滚珠滑块本体及在所述第三滚珠滑块本体下端的丝杆螺纹孔,所述第三滚珠滑块本体安装在所述直线导轨上且沿所述直线导轨滑动;

[0016] 所述电动丝杆装置包括步进电机及通过膜片联轴器与所述步进电机输出轴相连的丝杆,其中,所述步进电机安装在所述第二滚珠滑块本体下端的步进电机安装孔位上且丝杆的自由端依次穿过所述第二支撑装置、所述激光扫描装置和所述第一支撑装置;

[0017] 包括如下步骤:

[0018] 1) 架设好测量系统,通过第二支撑装置中的吊线坠和角度尺确定第二连接杆为误差范围内的铅锤方向,并使第一支撑装置与第二支撑装置保持共面,粗调第一支撑装置及第二支撑装置高度使直线导轨近似水平;

[0019] 2) 给系统上电,待系统初始化完成后,控制器读取倾角传感器采集的倾角数据,并根据倾角数据发送控制指令给调平电机,调平电机根据控制器解算倾角数据得到的控制指令调整直线导轨至水平状态;

[0020] 3) 设置第三滚珠滑块间歇移动距离L和第三滚珠滑块间歇移动次数A,待参数设置完成后,控制器控制步进电机运转和激光扫描仪工作;

[0021] 4) 激光扫描仪在步进电机运转过程的每次第三滚珠滑块间歇停顿时,控制器发送指令使激光扫描仪在该第三滚珠滑块间歇停顿位置连续采样M次,获得M组距离扫描数据,M为自然数,然后计算该第三滚珠滑块间歇停顿位置处的厢面平整度;计算完成后发送步进电机运转指令使激光扫描仪移动到下一个第三滚珠滑块间歇停顿位置进行扫描采样,直至达到设置的第三滚珠滑块间歇移动次数A,完成一次数据采集过程;最后计算厢面平整度的平均值。

[0022] 进一步地,所述步骤4)中每次第三滚珠滑块间歇停顿位置处厢面平整度和厢面平整度平均值的计算过程如下:

[0023] 4a) 对每次第三滚珠滑块间歇停顿位置接收的距离扫描数据进行提取和转换:STM32F4单片机接收并提取由激光扫描仪采集的每组距离扫描数据的各数据点用 d_{ij} 表示,于是获取的距离扫描数据集可表示为 $\{(d_{ij}) \mid i=1,2,\dots,M; j=1,2,\dots,N\}$,其中i为第三滚珠滑块间歇位置的采样序号,M为连续采样的最大次数;j为每组距离扫描数据中的数据对应序号,N为每组距离扫描数据的个数;对每个第三滚珠滑块间歇位置采集的M组距离扫描数据按对应距离数据位置求均值,得到该第三滚珠滑块间歇位置的一组距离测量数据 $\{(d_j) \mid j=1,2,\dots,N\}$;

[0024] 4b) 将步骤4a)中得到的一组距离测量数据按照极坐标与直角坐标转换公式转换成直角坐标系下的一组坐标数据集,转换后的一组坐标数据集为 $\{(y_j, z_j) \mid j=1,2,\dots,N\}$,其中 (y_j, z_j) 为 d_j 在 $N=j$ 时所转换的二维直角坐标点;

[0025] 4c) 对步骤4b)中获得的一组坐标数据集通过线性回归消除倾斜趋势后,计算厢面平整度DV;

[0026] 厢面平整度DV计算过程如下:

[0027] 计算时首先提取已消除倾斜趋势的单组距离测量数据在厢面内的有效数据 z_j ,则

厢面平整度可表示为 $DV = \sqrt{\frac{1}{C-1} \sum_{j=1}^C (z_j - \bar{z})^2}$,其中,C为厢面内有效数据点个数,z为每个厢面内各点距离 z_j 的平均值;

[0028] 4d) 重复步骤4a)~4c),得到所有第三滚珠滑块间歇位置的厢面平整度数值 $\{(DV_k) \mid k=1,2,\dots,A+1\}$,再进行均值处理,测量完成后完整厢面的平整度 \overline{DV} 为各距离测量

数据所得平整度的平均值,即 $\overline{DV} = \frac{\sum_{k=1}^{A+1} DV_k}{A+1}$ 。

[0029] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0030] 1) 本发明采用激光扫描仪测量农田作业地表轮廓参数,通过电动丝杆装置带动激光扫描仪沿直线导轨移动,通过一次架设测量系统,可获得多个测量区域内地表剖面线上的高度分布数据,从而提高了测量精度和测量效率;

[0031] 2) 用倾角传感器和调平电机能够自动调节直线导轨使其水平布置,确保激光扫描仪测量数据的准确性,免除数据后处理中系统误差修正的程序;

[0032] 3) 用非接触式测量方法,避免了传统接触式测量方法的不足,适用于多种农业测量工况;

[0033] 4) 该测量系统采用拼接方式,容易拆装,人为因素造成测量误差几率小。

附图说明

[0034] 图1为本发明农田地表平整度测量系统整体结构示意图;

[0035] 图2为图1中第一支撑装置结构示意图;

[0036] 图3为图2中第一滚珠滑块结构示意图;

[0037] 图4为图1中第二支撑装置结构示意图;

[0038] 图5为图4中第二滚珠滑块结构示意图;

[0039] 图6为图1中激光扫描装置结构示意图;

[0040] 图7为图1中控制器原理模块示意图;

[0041] 图8为一组距离测量数据的原始数据图;

[0042] 图9为图8中消除倾斜趋势的数据图。

[0043] 图中:第一支撑装置10、第一触地杆11、第一锁紧连接套12、第一连接杆13、调平电机14、调平丝杆15、调平叉16、第一滚珠滑块17、第一轴承171、第一支撑轴承172、第一滚珠滑块本体173;

[0044] 直线导轨20、倾角传感器30;

[0045] 激光扫描装置40、激光扫描仪41、第三滚珠滑块42、第三滚珠滑块本体421、丝杆螺纹孔422;

[0046] 控制器50;

[0047] 电动丝杆装置60、步进电机61、丝杆62、膜片联轴器63、编码器64;

[0048] 第二支撑装置70、第二触地杆71、第二锁紧连接套72、第二连接杆73、角度尺74、指针75、吊线坠76、第二滚珠滑块77、第二销孔771、步进电机安装孔位772、第二滚珠滑块本体773;

[0049] 销钉80。

具体实施方式

[0050] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0051] 如图1所示为农田地表平整度测量系统,包括第一支撑装置10、第二支撑装置70、激光扫描装置40、电动丝杆装置60、直线导轨20、倾角传感器30及控制器50;其中,第一支撑装置10可滑动地安装在直线导轨20一端,第二支撑装置70可滑动地安装在直线导轨20另一端,激光扫描装置40可滑动地安装在直线导轨20上且位于第一支撑装置10和第二支撑装置70之间,电动丝杆装置60的一端与第一支撑装置10相连、电动丝杆装置60的另一端与第二

支撑装置70相连,倾角传感器30安装在直线导轨20上且与直线导轨20平行布置,且倾角传感器30、电动丝杆装置60、第一支撑装置10及激光扫描装置40均与控制器50电连。

[0052] 结合图2所示,第一支撑装置10包括第一触地杆11、通过第一锁紧连接套12与第一触地杆11相连的第一连接杆13、固定安装在第一连接杆13顶端的调平电机14、与调平电机14输出轴相连的调平丝杆15、与调平丝杆15通过螺纹配合的调平叉16及通过销钉80与调平叉16相连的第一滚珠滑块17。本实施例中,如图3所示,第一滚珠滑块17包括第一滚珠滑块本体173、固定在第一滚珠滑块本体173下端的第二支撑轴承172及固定在第一支撑轴承172下端的第二轴承171,第一滚珠滑块本体173安装在直线导轨20上,调平叉16与第二轴承171通过销钉80铰接,使得调平电机14在转动过程中始终保持调平叉16与第一滚珠滑块17在同一中心线上;又销钉80与调平叉16及第二轴承171之间均采用过盈配合,从而防止了调平叉16和第一滚珠滑块17之间产生串动。另外,调平丝杆15跟随调平电机14旋转,从而带动调平叉16上下平移,用于调节第一支撑装置10高度与第二支撑装置70匹配,从而使直线导轨20呈水平布置。

[0053] 如图4所示,第二支撑装置70包括第二触地杆71、通过第二锁紧连接套72与第二触地杆71相连的第二连接杆73、通过销钉80安装在第二连接杆73顶端的第二滚珠滑块77、安装在第二滚珠滑块77侧部的角度尺74及安装在角度尺71指针75下端的吊线坠76;对应地,如图5所示,第二滚珠滑块77包括第二滚珠滑块本体773、在第二滚珠滑块本体773下端的步进电机安装孔位772及固定在步进电机安装孔位772下端的第二销孔771,第二滚珠滑块本体773安装在直线导轨20上,第二连接杆73与第二销孔771通过销钉80铰接。吊线坠76配合角度尺71可以辅助操作人员在架设第二支撑装置70时通过观察指针75位置和吊线坠76与第二连接杆73的平行度,确定第二连接杆73是否为铅锤方向。

[0054] 结合图6所示,激光扫描装置40包括第三滚珠滑块42和安装在第三滚珠滑块42下端的激光扫描仪41;同理,第三滚珠滑块42包括第三滚珠滑块本体421及连接在第三滚珠滑块本体421下端的丝杆螺纹孔422,第三滚珠滑块本体421安装在直线导轨20上且沿直线导轨20滑动,激光扫描仪41安装在丝杆螺纹孔422的下端。激光扫描装置40在控制器50的控制下用于采集地表距离数据。

[0055] 再次如图1所示,电动丝杆装置60包括步进电机61及通过膜片联轴器63与步进电机61输出轴相连的丝杆62,其中,步进电机61安装在第二滚珠滑块77中部的步进电机安装孔位772上,丝杆62的自由端依次穿过步进电机安装孔位772的通孔、第三滚珠滑块42上的丝杆螺纹孔及第一支撑轴承172的轴承孔,通过步进电机61带动丝杆62旋转,从而带动激光扫描仪41随第三滚珠滑块42沿直线导轨20呈直线运动。另外,本实施例中,步进电机61尾部带有旋转编码器64,用于检测步进电机61转速。

[0056] 如图7所示,控制器50包括STM32F4单片机、与STM32F4单片机输出端相连的57步进电机驱动模块、与STM32F4单片机输出端相连的调平电机驱动模块、与STM32F4单片机双向通信的W5500网口通讯模块、与STM32F4单片机输出端相连的TFLCD显示屏、与STM32F4单片机输入端相连的按键输入模块及与STM32F4单片机输出端相连的SD卡存储模块,以及12V/5V供电模块,12V/5V供电模块分别给STM32F4单片机、57步进电机驱动模块和调平电机驱动模块供电。其中,57步进电机驱动模块分别与步进电机61和编码器64相连、调平电机驱动模块与调平电机14相连、W5500网口通讯模块与激光扫描仪41相连、倾角传感器30与STM32F4

单片机输入端相连,另外,步进电机61为57步进电机、调平电机14为42步进电机、激光扫描仪41的型号为LMS511、倾角传感器30的型号为SIS420倾角传感器、编码器64的型号为E6B2-CWZ6C、调平电机驱动模块为42步进电机驱动模块。

[0057] 倾角传感器30平行安装在直线导轨20上,用于测量直线导轨20与水平方向的夹角,控制器50的STM32F4单片机读取倾角传感器30采集的倾角数据,并根据倾角数据发送控制指令给调平电机14,从而使调平电机14转动,带动调节叉16沿调节丝杆15上下移动,最终使直线导轨20呈水平布置。

[0058] 通过控制器50中的按键输入模块设置第三滚珠滑块42间歇移动距离L和第三滚珠滑块42间歇移动次数A,并通过TFTLCD显示屏显示所设置的参数数值,待参数设置完成后,控制器50控制步进电机61运转和激光扫描仪41工作;

[0059] 激光扫描仪41通过W5500网口通讯模块与STM32F4单片机建立通讯,STM32F4单片机接收到激光扫描仪在第三滚珠滑块42间歇位置发送的M组距离扫描数据,并对M组距离扫描数据进行均值化处理,获得一组第三滚珠滑块42在该间歇位置的距离测量数据(地表一条剖面线上的高度分布数据),并通过标准差公式计算获得厢面平整度,再将距离测量数据和对应的厢面平整度数据存储到SD卡存储模块中,待激光扫描仪41在第三滚珠滑块42的带动下间歇移动A次后,激光扫描仪停止工作,完成测量距离 $A \times L$ 的长度范围内A+1组距离测量数据和对应厢面平整度的获取和存储,最后对所有计算得到的A+1个厢面平整度数据进行均值处理,得到测量区域内总厢面平整度。同时STM32F4单片机通过串口通讯模块与电脑建立通讯连接后,可将测量数据实时发送到电脑上,供操作人员进行深入分析。

[0060] 本发明农田地表平整度测量系统的测量方法包括如下步骤:

[0061] 1) 架设好第二支撑装置70、第一支撑装置10、直线导轨20、激光扫描装置40及电动丝杆装置60,通过第二支撑装置70中的吊线坠76和角度尺71辅助操作人员确定第二连接杆73为误差范围内的铅锤方向,并使第一支撑装置10与第二支撑装置70保持共面,粗调第一支撑装置10及第二支撑装置70高度使直线导轨近似水平;

[0062] 2) 安装倾角传感器30和控制器50,并给控制器50供电,待系统初始化完成后,控制器50的STM32F4单片机读取倾角传感器30采集的倾角数据并根据倾角数据发送控制指令给调平电机14,调平电机14根据控制器解算倾角数据得到的控制指令调整直线导轨20至水平状态;

[0063] 3) 通过按键输入模块设置第三滚珠滑块42间歇移动距离L和第三滚珠滑块42间歇移动次数A,并通过TFTLCD显示屏显示所设置的参数数值L和A,待参数设置完成后,控制器50控制步进电机61运转和激光扫描仪41工作;

[0064] 4) 激光扫描仪41在步进电机61运转过程的每次第三滚珠滑块42间歇停顿时,STM32F4单片机发送指令使激光扫描仪41在该第三滚珠滑块42间歇停顿位置连续采样M次,获得M组距离扫描数据,M优选为20次;采样完成后发送步进电机61运转指令使激光扫描仪41移动到下一个第三滚珠滑块42间歇停顿位置进行扫描采样,直至达到设置的第三滚珠滑块42间歇移动次数A,完成一次数据采样过程;

[0065] 为获取更加精确的距离测量数据,在该步骤中对每次第三滚珠滑块间歇停顿位置连续采集的M组距离扫描数据进行求均值处理,以使测量值能够更加接近真实值,具体计算过程如下:

[0066] 4a) 对每次第三滚珠滑块间歇停顿位置接收的距离扫描数据进行提取和转换: STM32F4单片机接收并提取由激光扫描仪采集的每组距离扫描数据的各数据点用 d_{ij} 表示, 于是获取的距离扫描数据集可表示为 $\{(d_{ij} | i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N)\}$, 其中 i 为第三滚珠滑块间歇位置的采样序号, M 为连续采样的最大次数, 本实施例优选为20; j 为每组距离扫描数据中的数据对应序号, N 为每组距离扫描数据的个数, N 与激光扫描仪扫描范围及角度分辨率有关, 本实施例中激光扫描仪的角度扫描范围为 150° , 角度分辨率为 0.3125° , 即每组距离扫描数据共有 $N=481$ 个距离数据; 对每个第三滚珠滑块间歇位置采集的 M 组距离扫描数据按对应距离数据位置求均值, 得到该第三滚珠滑块间歇位置的一组距离测量数据 $\{(d_j | j=1, 2, \dots, N)\}$;

[0067] 4b) 将步骤4a) 中得到的一组距离测量数据按照极坐标与直角坐标转换公式转换成直角坐标系下的一组坐标数据集, 转换后的一组坐标数据集为 $\{(y_j, z_j) | j=1, 2, \dots, N\}$, 其中 (y_j, z_j) 为 d_j 在 $N=j$ 时所转换的二维直角坐标点;

[0068] 4c) 对步骤4b) 中获得的一组坐标数据集通过线性回归消除倾斜趋势后, 计算厢面平整度 DV ; 以其中一组距离测量数据为例, 原始数据如图8所示, 通过将每个数据点的高度数值减去对应的线性回归方程中坐标点的高度数值, 即可消除倾斜趋势, 如图8所示; 可以看出, 在经过消除趋势前后, 厢面平整度 DV 从18.72mm减小到11.34mm, 计算结果更加准确;

[0069] 其中, 厢面平整度 DV 计算过程如下:

[0070] 计算时首先提取已消除倾斜趋势的单组距离测量数据在厢面内的有效数据 z_j , 则

厢面平整度可表示为 $DV = \sqrt{\frac{1}{C-1} \sum_{j=1}^C (z_j - \bar{z})^2}$, 其中, C 为厢面内有效数据点个数, z 为每个厢面内各点距离 z_j 的平均值;

[0071] 4d) 重复步骤4a) ~ 4c), 得到所有第三滚珠滑块间歇位置的厢面平整度数值 $\{(DV_k | k=1, 2, \dots, A+1)\}$, 再进行均值处理, 测量完成后完整厢面的平整度 \overline{DV} 为各距离测量

数据所得平整度的平均值, 即 $\overline{DV} = \frac{\sum_{k=1}^{A+1} DV_k}{A+1}$ 。

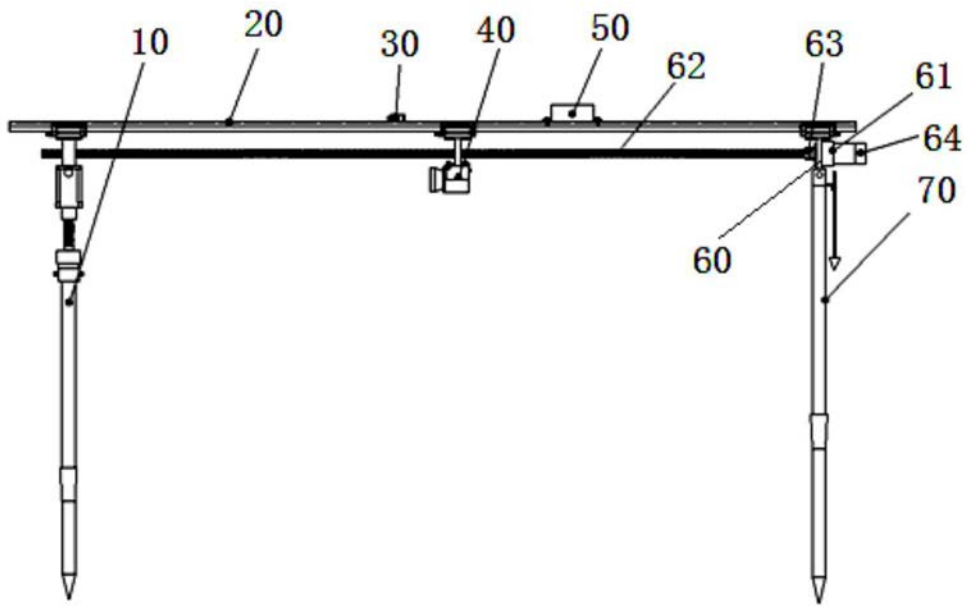


图1

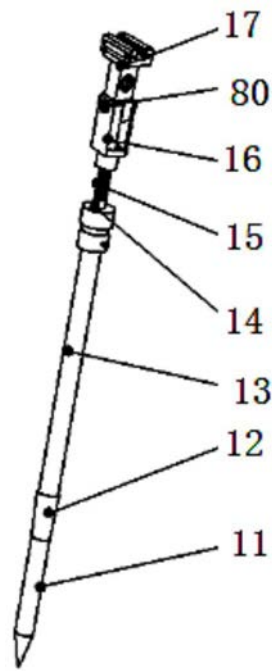


图2

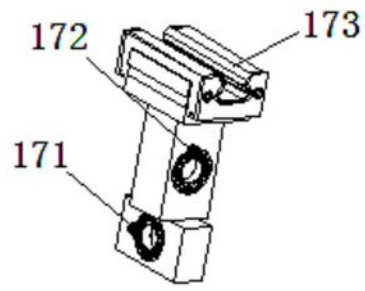


图3

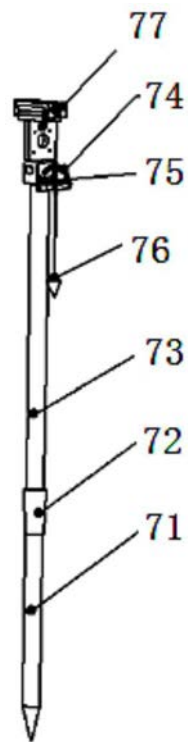


图4

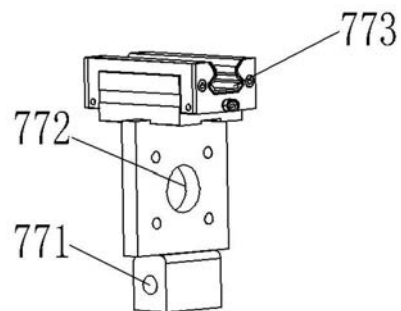


图5

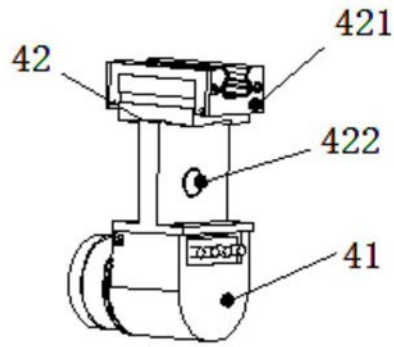


图6

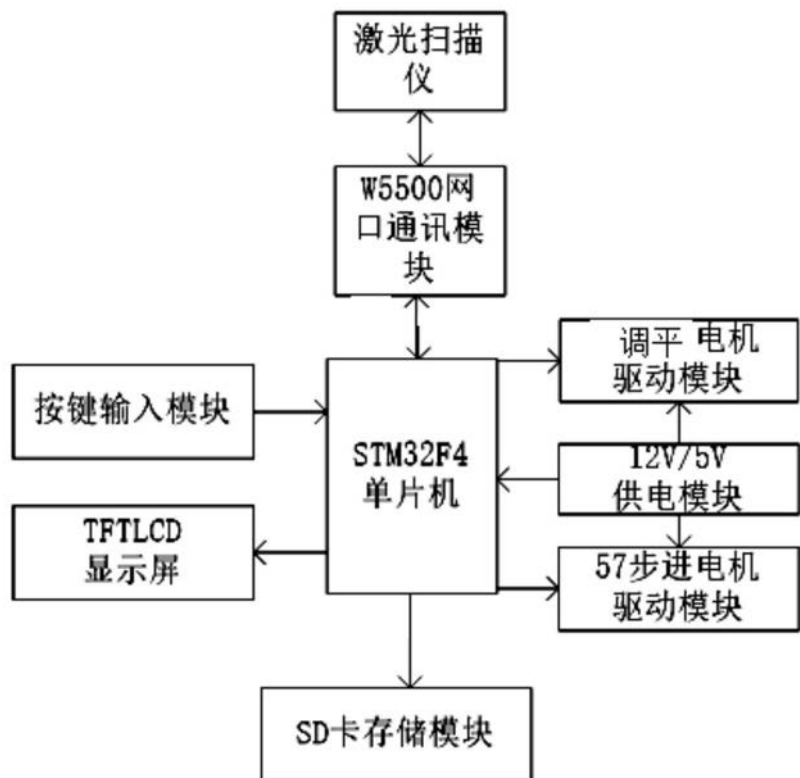


图7

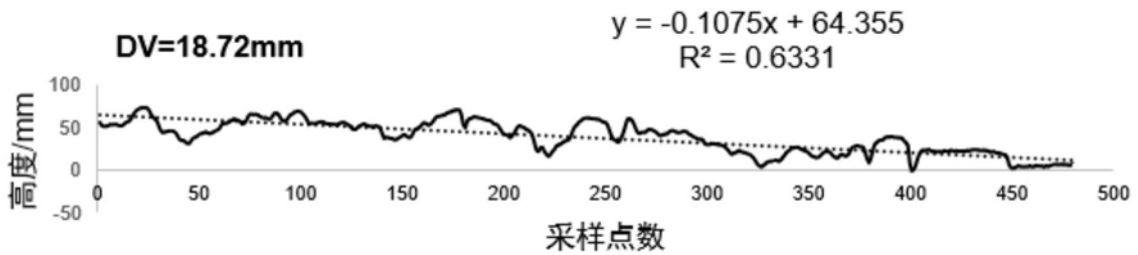


图8

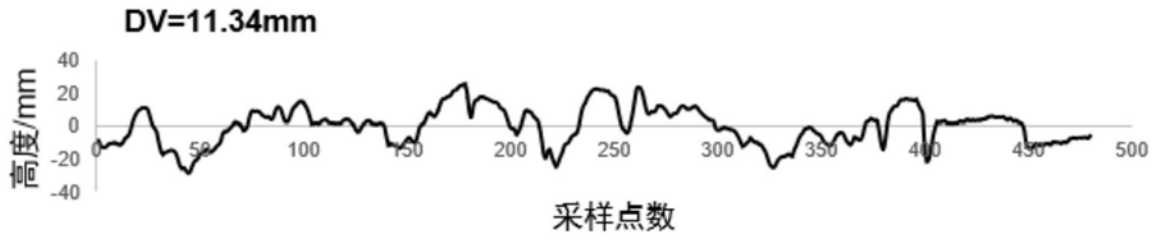


图9