

果园升降平台调平装置的设计与试验

王小龙¹, 谢方平^{1,2*}, 刘大为¹, 李旭¹, 卢伟¹

(1.湖南农业大学工学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省现代农业装备工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 对湖南农业大学工学院设计的果园升降平台设计了 1 种“方向+角度”的调平装置, 以改善升降平台的稳定性。调平装置通过液压马达驱动工作平台旋转, 对工作平台横轴方向进行调节; 通过液压缸伸缩调节工作平台纵轴与水平面的夹角实现对工作平台的调平。调试结果表明, 该调平装置调平误差在 $\pm 1^\circ$, 能适应 $0 \sim 15^\circ$ 的调平要求。

关 键 词: 果园升降平台; 方向调平; 角度调平

中图分类号: S225.93

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2014)05-0548-04

Design and experiment for the leveling device of the orchard lifting platform

WANG Xiao-long¹, XIE Fang-ping^{1,2*}, LIU Da-wei¹, LI Xu¹, LU Wei¹

(1.College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Hunan Provincial Engineering Technology Research Center for Modern Agricultural Equipment, Changsha 410128, China)

Abstract: A direction and angle leveling device for the orchard lifting platform was designed by Hunan Agricultural University to solve the problem of poor stability of the orchard lifting platform. In this device, rotation of the working platform is driven by the hydraulic motor to adjust horizontal axis of the working platform and the working platform is leveled by adjusting the angle of between vertical axis and horizontal plane of the working platform through the hydraulic cylinder. The debugging results showed the leveling error ranged from -1° to $+1^\circ$, and the platform can adapt to the demand of leveling against a slope range of 0° to 15° .

Key words: orchard; lifting platform; leveling of direction; leveling of angle

南方果树的种植多集中在丘陵山地, 地势起伏大, 道路狭窄, 果树修剪和果实采摘等作业机械尺寸较小, 作业人员容易失稳, 存在安全隐患, 因此, 设计适应丘陵山区的果园升降作业平台尤为重要^[1-5]。丘陵山区的分散种植模式, 使得运用 Timbco T425B、JOHN DEERE 759G 等具备自动调平功能的工程车辆^[6]成本高, 推广应用难度大。

2007 年, 新疆机械研究院研制的 LG-1 型多功能果园作业机是国内第一台多功能果园作业机械。该机集采摘、修剪、喷药、运输、动力发电等功能于一体^[7]。但该机作业平台并不具备调平功能, 主

要适应平原地区。刘凯等^[8]提出的小型农业作业车辆调平机构, 可以在较复杂路面条件下实现调平功能, 满足调平装置结构设计及功能要求。但该调平机构是由 2 个液压缸直立支撑工作平台, 受结构限制, 液压缸行程较短, 调节角度有限。

高空作业车工作平台常采用静液压调平机构和电液比例调平机构。静液压调平机构具有结构简单、成本低、精度高的特点。电液比例调平机构调平过程连续、平稳, 调平性能好, 控制精度高、动态响应快^[9-11]。但它们通常要求工作地形较为平坦, 配套底盘较为庞大, 不利于转弯、掉头。

收稿日期: 2014-01-24

基金项目: 国家“十二·五”科技支撑计划项目(2011BAD20B102); 湖南省科学技术厅项目(2013NK3001)

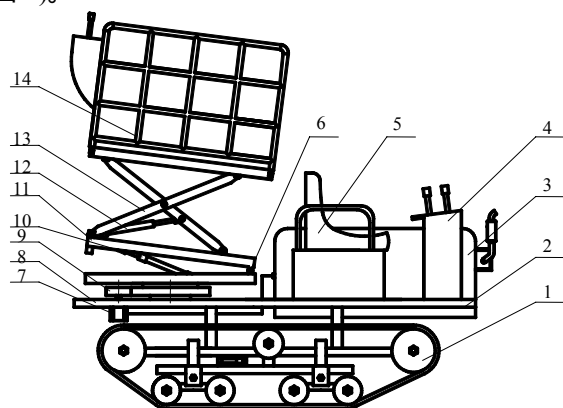
作者简介: 王小龙(1989—), 男, 安徽涡阳人, 硕士研究生, 主要从事机械性能创新设计研究, xiaolong_wang0108@163.com; *通信作者, hunanxie2002@163.com

笔者综合考虑南方丘陵山区的地理、经济条件,对湖南农业大学工学院研制的适合小型果园升降平台设计了1种结构轻便、操作简单的调平装置,该装置可以在较大范围内进行角度调平,不仅可为作业人员提供一个平稳的工作平台,而且能提高果园作业机械的安全性和舒适性。

1 调平装置的总体结构

1.1 工作原理

果园升降平台由履带式行走装置、动力装置、调平装置、升降装置、工作平台、操作面板等组成(图1)。



1 行走装置;2 支架;3 动力装置;4 操作面板;
5 驾驶座椅;6 铰链;7 液压马达;8 回转支承;9
下调平台;10 调平油缸;11 上调平台;12 升降油缸;
13 剪叉机构;14 工作平台。

图1 果园升降平台结构

Fig.1 Structure diagram of orchard lifting platform

调平装置主要由方向调平装置、角度调平装置组成。方向调平装置由回转支承、液压马达等组成,通过支撑板连接在支撑平台上;角度调平装置由上、下调平台、调平液压缸等组成,上、下调平台通过销轴铰接。升降装置、工作平台等连接在上调平台上。

调平装置采用“方向+角度”的方式进行调节。方向调节是指通过液压马达带动回转支承旋转一定角度,对工作平台的横轴方向进行调平;角度调节是指通过液压缸的伸缩,使得上调平台绕铰链中心轴旋转一定角度,对工作平台的纵轴方向进行调平。经2次调节,可使工作平台处于水平位置。

2 调平原理

以 $OA_0B_0C_0$ 表示地平面,以平面 $OA_1B_1C_1$ 表示

沿 X 轴方向坡度为 α 和沿 Y 轴方向坡度为 β 的坡面,建立调平坐标系,如图2所示。坐标系 $OX_0Y_0Z_0$ 以 $\{0\}$ 表示水平面坐标系,坐标系 $OX_1Y_1Z_1$ 以 $\{1\}$ 表示坡面坐标系;果园升降平台在坡面上任意位置作业时,以平面 $DEFG$ 表示下调平台,平面 $D'EFG'$ 表示上调平台,用 EF 表示铰链中心轴,用 Z_2 轴表示回转支承中心轴, Y_2 轴平行于铰链中心轴 EF , 建立调平装置坐标系 $O_2X_2Y_2Z_2$, 以 $\{2\}$ 表示。

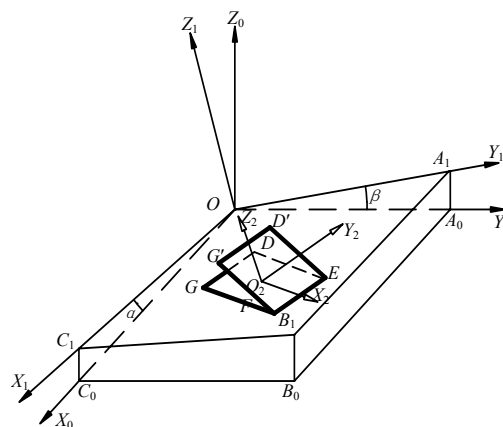


图2 调平坐标系

Fig.2 Diagram of leveling coordinate

果园升降平台在斜坡上任意位置作业,其调平过程的坐标系变化可由图3表示。为方便描述,平移坐标系 $\{2\}$,使其坐标原点 O_2 与水平面坐标系 $\{0\}$ 的坐标原点 O 重合,形成新坐标系 $\{2'\}$ 。取坐标系 $\{2'\}$ 作为调平装置未调平的坐标系,用坐标系 $\{2'\}$ 的坐标原点 O 表示调平装置的回转中心点, Z_2' 轴表示方向调平装置的回转中心轴, Y_2' 轴表示角度调平装置的铰链中心轴,平面 $OX_2'Y_2'$ 表示未调平的上调平台平面。

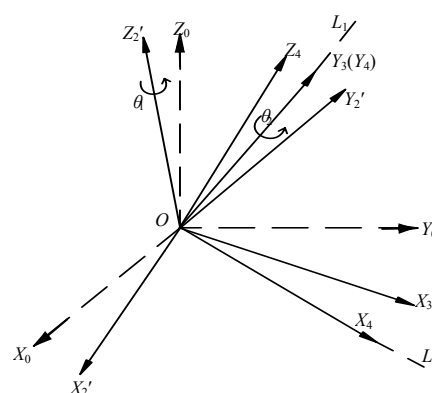


图3 坐标旋转

Fig.3 Diagram of coordinate rotation

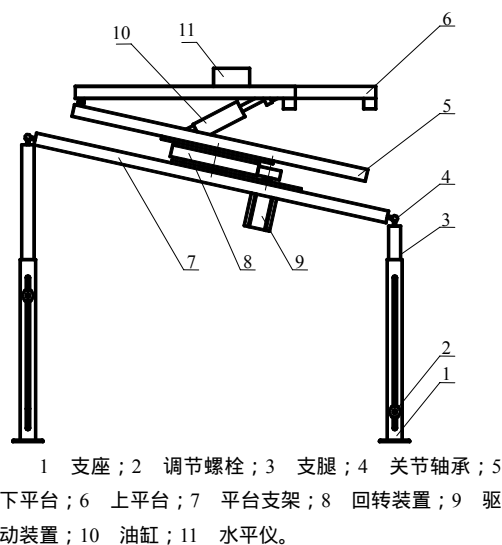
虚线 L_1 表示平面 $OX_2'Y_2'$ 与平面 OX_0Y_0 的交线,逆时针旋转 Z_2' 轴 θ_1 角,使得坐标系 $\{2'\}$ 的 Y_2' 轴与

L_1 重合,即通过绕回转支承中心轴 OZ_2' 旋转,对上调平台横轴方向进行调平,得到新的坐标系 $OX_3Y_3Z_3$,以 $\{3\}$ 表示;同理,虚线 L_2 表示 OX_3Y_3 与 OX_0Y_0 的交线,逆时针旋转 Y_3 轴 θ_2 角,使得坐标系 $\{3\}$ 的 X_3 轴与 L_2 轴重合,即通过绕铰链中心轴 EF 旋转,对上调平台纵轴方向进行调平,得到调平后坐标系 $OX_4Y_4Z_4$,以 $\{4\}$ 表示,其中平面 OX_4Y_4 表示已调平的上调平台平面。由平面几何知识易知,2 条相交直线确定 1 个平面,故平面 OX_4Y_4 与平面 OXY 重合。

3 调平试验与分析

3.1 调平试验台的设计

试验台由斜坡模拟装置、方向调平装置和角度调平装置组成(图 4)。斜坡模拟装置由 4 个支腿、支座和平台支架组成,支腿可在支座内上下自由滑动,调节螺栓可固定其在支座内的相对位置,支腿与平台支架用关节轴承连接,可模拟 $0 \sim 15^\circ$ 的任意斜面。



1 支座;2 调节螺栓;3 支腿;4 关节轴承;5 下平台;6 上平台;7 平台支架;8 回转装置;9 驱动装置;10 油缸;11 水平仪。

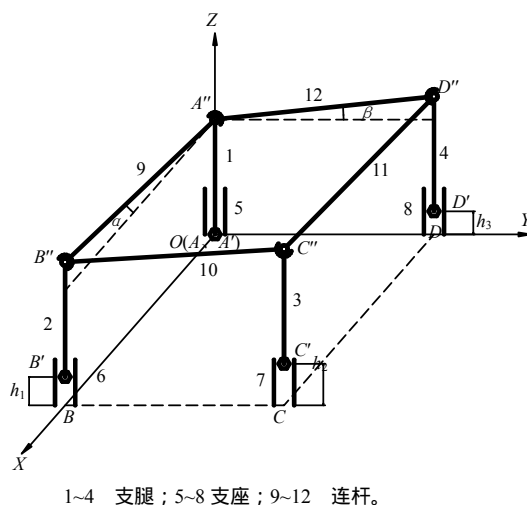
图 4 调平试验台结构

Fig.4 Structure diagram of leveling test bed

方向调平装置由回转支承、步进电机、步进电机驱动器、51 单片机等组成。回转支承下端通过钢板用螺栓连接在平台支架上,上端面通过钢板连接在下平台上,使平台可随回转支承自由旋转。

角度调平装置由上、下平台和液压缸组成,其中上、下平台通过铰链连接,通过液压缸的伸缩,带动下平台绕铰链中心轴旋转,从而调节上调平台倾角。

斜坡模拟装置如图 5 所示。 A' 、 B' 、 C' 、 D' 分别表示调节螺栓, A'' 、 B'' 、 C'' 、 D'' 分别表示关节轴承。通过调节各支腿上的调节螺栓与地面间的高度,可使平台支架与水平面呈不同夹角,从而达到模拟斜坡的目的。保持支腿 1 与地面相接触,以其上的调节螺栓 A' 为坐标原点,支腿 1 为 Z 轴,支座所在的平面为水平面(用 $ABCD$ 表示),建立如图 5 所示的水平面坐标系 $OXYZ$ 。当支腿 2、3、4 升高至距离水平面高度分别为 h_1 、 h_2 、 h_3 时,平台支架与水平面 X 轴方向夹角为 α ,水平面 Y 轴方向夹角为 β ,其中连杆 9 和 12 分别为 L_1 和 L_2 。



1~4 支腿;5~8 支座;9~12 连杆。

图 5 斜坡模拟装置

Fig.5 Diagram of slope simulate device

3.2 试验方法

试验前校零:试验允许误差为 $\pm 0.2^\circ$ 。水平仪安装在上平台上,调节支腿高度和液压缸伸缩长度,确保调平前上平台处于水平状态。

取工作平台横轴方向作为 X 轴方向,纵轴方向作为 Y 轴方向。 X 轴方向在 $5 \sim 15^\circ$ 每隔 2° 取 1 个检测点, Y 轴方向在 $5 \sim 13^\circ$ 每隔 2° 取 1 个检测点,模拟果园升降平台在 15° 斜坡上的任意工作位置。

调平前,记录水平仪显示的 X 、 Y 轴倾斜角度;调平时,根据倾斜角度,先驱动步进电机旋转上平台至 X 轴倾角为 0° 时,停止旋转并锁死电机;再调节液压缸伸缩长度至 Y 轴倾角为 0° 时,停止动作并保持。记录此时水平仪显示的 X 、 Y 轴倾角。调平误差为 2 个方向的倾角平方和的算术平方根。

3.2.1 角度调节

履带式车辆在大于 20° 的坡面上以较高速度转

弯时,易产生过转弯和完全甩尾现象,导致车辆侧滑甚至侧翻^[12]。考虑升降平台的结构及爬坡性能,结合生产需要,可调节角度在 $0 \sim 15^\circ$ 范围内。

3.2.2 使用稳定性分析

如图 6 所示, AB 表示工作平台, CD 表示底盘, O_1O_2 表示升降装置, P 表示作业人员重心位置。当作业人员进行作业时,易引起倾翻。依据经典力学知识对其能适应的最大倾角进行分析表明,作业车调平机构应保证作业人员不倾翻的条件为: F

$$G \cdot \sin \alpha; \mu mg \cdot \cos \alpha \quad mg \cdot \sin \alpha; \alpha = \arctan \mu。$$

式中: F 为作业人员最大静摩擦力; G 为作业人员重力; α 为最大倾角; μ 为滑动摩擦系数(经查文献知,橡胶与铸铁或钢的滑动摩擦系数 $\mu=0.3 \sim 0.5$,这里取 0.3),代入数据可知, $\alpha = 16.7^\circ$ 。

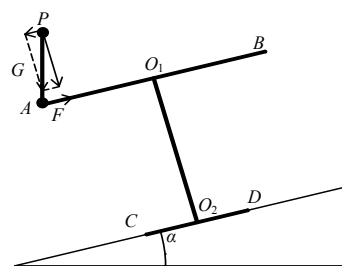


图 6 升降平台受力分析

Fig.6 Diagram of the forces of lifting platform

参照高空作业车国家标准^[13],调平机构应保证工作平台底面与水平面的夹角不大于 5° 。考虑到较大的倾角可能造成作业人员紧张,工作舒适性也会降低,实际上,调平后工作平台底面与水平面的夹角不大于 2° ,即可满足使用要求。

3.3 结果与分析

记录水平仪测量角度,试验结果列于表 1。

表 1 调平误差测量结果

Table 1 Test results of leveling error

(°)

调平前 Y 轴 倾角	调平前 X 轴 倾角	调平误差	调平前 Y 轴 倾角	调平前 X 轴 倾角	调平误差	调平前 Y 轴 倾角	调平前 X 轴 倾角	调平误差	调平前 Y 轴 倾角	调平前 X 轴 倾角	调平误差
0	5	0.40	7	5	0.36	11	5	0.85	15	5	0.64
	7	0.50		7	0.22		7	0.64		7	0.78
	9	0.30		9	0.50		9	0.50		9	0.64
	11	0.40		11	0.32		11	0.45		11	0.41
	13	0.40		13	0.45		13	0.32		13	0.28
	15	0.50		15	0.81		15	0.36		15	0.42
5	5	0.22	9	5	0.45	13	5	0.76			
	7	0.32		7	0.58		7	0.64			
	9	0.45		9	0.22		9	0.36			
	11	0.63		11	0.54		11	0.58			
	13	0.50		13	0.50		13	0.36			
	15	0.22		15	0.63		15	0.50			

从表 1 结果可以看出,不同分组下的调平误差并未随调平前 X 轴和 Y 轴的倾角改变而出现规律性变化,且调平误差都在 1° 以内。说明采用“方向+角度”方式可适应 $0 \sim 15^\circ$ 任意坡面的调平作业。

参考文献:

- [1] 孟祥金,沈从举,汤智辉,等.果园作业机械的现状与发展[J].农机化研究,2012,34(1):238-241.
- [2] 刘大为,谢方平,李旭,等.果园采摘平台行走机构的研究现状及发展趋势[J].农机化研究,2013,35(2):249-252.
- [3] 洪添胜,杨洲,宋淑然.柑橘生产机械化研究[J].农业机械学报,2010,41(12):105-110.
- [4] 孙振杰.履带式多功能果园作业工作平台的设计与研究[D].保定:河北农业大学机电工程学院,2012.
- [5] 李震,朱余清,洪添胜,等.果园轻筒型挖穴机的电动助力系统设计[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2013,39(4):435-439.

- [6] 林剑明.山地林业履带拖拉机底盘及其机体调平[J].林业机械,1987(5):19-22.
- [7] 刘西宁,朱海涛,巴合提.牧神 LG-1 型多功能果园作业机的研制[J].新疆农机化,2009,30(1):42-44.
- [8] 刘凯,姚立红,龙萍,等.小型农业作业车辆调平机构的设计与仿真[J].江苏农业科学,2012,40(11):401-403.
- [9] 胡元.高空作业车工作平台调平机构[J].工程机械,2006,37(12):34-37.
- [10] 黄玲玲,曹希文.车载式高空作业车平台调平机构[J].起重运输机械,2010,54(11):80-82.
- [11] 王浩.高空作业平台工作机构的动力学仿真研究[D].南京:南京林业大学机械电子工程学院,2011.
- [12] 史青录,孙逢春.履带式车辆斜坡转向稳定性研究[J].农业机械学报,2007,38(7):22-26.
- [13] GB/T9465—2008,高空作业车[S].

责任编辑:罗慧敏

英文编辑:罗维