

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.04.023

1PJ-4.0型水田激光平地机设计与试验*

胡炼 罗锡文 林潮兴 杨伟伟 许奕 李庆

(华南农业大学南方农业机械与装备关键技术教育部重点实验室,广州 510642)

摘要: 设计了三悬挂 1PJ-4.0 型水田激光平地机。水田激光平地机液压系统,包括高程液压油路、水平液压油路和折叠液压油路,平地铲高程运动采用平行四连杆结构。对水田激光平地机的高程运动和水平运动性能进行了测试试验,分析结果表明:平地铲上升过程响应时间为下降过程响应时间的 2 倍,全程 400 mm 上升所需时间为 3.31~4.23 s,下降所需时间稳定在 1.7 s 左右;上升速度随油门开度增大而加快,平地铲下降速度较稳定。平地铲水平调节时,顺时针转动全程 20°所需时间与逆时针转动所需时间一致。田间平整作业试验表明,与拖拉机配套的三点悬挂 1PJ-4.0 型水田激光平地机可以稳定工作,能显著改善田面平整情况,田面最大高程差从平地前的 32 cm 降低到 4.9 cm,相对高度的标准偏差值从平地前的 12.28 cm 下降到平地后的 2.64 cm,平地后绝对差值小于等于 3 cm 采样测量点累计百分数达 69.4%。

关键词: 平地机 水田 激光平地 设计 试验

中图分类号: S222.5^{*1}; S123 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)04-0146-06

引言

农田表面平整度直接影响灌溉效率和效果,超过 20% 的灌溉用水因农田表面不平整而被浪费^[1],同时影响作物生产。传统的大水漫灌方式和土地不平整是造成农业灌溉水浪费的主要原因之一,在水田方面尤为突出^[2-3]。水稻生产对田面平整和灌水排水要求很高,应用激光平地技术进行农田土地平整,可以有效改善农田表面状况,提高农田灌溉水的利用率,实现精细灌溉^[4-9]。然而旱地激光平地技术和机具不能直接在水田中应用^[10],为了满足水稻种植对田面平整度的需求,华南农业大学研发了与插秧机底盘配套的水田激光平地机^[11-12]。该型平地机在试验和推广应用中的平地效果好,提高了肥料的利用率,可有效抑制田间杂草,并有助于提高水稻产量^[11-16]。然而,与插秧机底盘配套的水田激光平地机的应用和推广也受到以下几点因素的制约:①乘坐式高速插秧机价格较高导致与插秧机配套的水田激光平地机的成本高,且平地铲与不同型号插秧机的连接结构通用性不好。②我国各地乘坐式高速插秧机保有量和型号不同,在一些东南亚国家如泰国、缅甸、老挝等国家乘坐式高速插秧机较少。③一般插秧机功率都较小,造成与插秧机配套的水

田激光平地机作业效率低,每小时平地面积仅 0.2~0.33 hm²。为此,李庆等^[17]和严乙桢等^[18]分别研究了与轮式拖拉机配套的水田激光平地机,但需设计不同的连接装置来配套不同型号的轮式拖拉机,且液压力获取方式均需根据拖拉机结构重新设计。本文将激光平地技术与大马力轮式拖拉机结合,设计 1PJ-4.0 型与轮式拖拉机配套的三点悬挂式水田激光平地机,分析机械系统和液压系统,并对高程运动和水平运动性能进行相关试验,在田间进行平整作业试验。

1 1PJ-4.0 型水田激光平地机设计

1.1 整体结构设计

1PJ-4.0 型水田激光平地机通过三点悬挂平台与拖拉机挂接,整机结构分为三点悬挂平台和平地铲总成两大部分,如图 1 所示。三点悬挂平台一端为三点悬挂结构,与拖拉机三点悬挂装置连接;另一端通过四连杆连接结构和高程液压油缸与平地铲总成挂接。平地铲总成由水平转动基座、水平转动机构、水平液压油缸、激光接收器安装杆、平地铲和拖板等主要部件组成。通过高程液压油缸的伸缩运动驱动平行四连杆结构绕三点悬挂平台端支点转动,实现平地铲总成上下运动,即高程运动。激光接

收稿日期:2013-11-17 修回日期:2014-01-12

* 公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203059)、“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2014BAD07)和华南农业大学校长基金资助项目

作者简介:胡炼,助理研究员,主要从事农业电气化与自动化和精细农业研究,E-mail:lianhu@scau.edu.cn

通讯作者:罗锡文,教授,博士生导师,主要从事农业机械化工程和精细农业研究,E-mail:xwluo@scau.edu.cn

收器安装杆固定在水平转动基座上,保证激光接收器与平地铲总成同步上下运动。在平地作业过程中,若激光接收器高于或低于设定的激光参考平面,即平地铲高于或低于设定的平整深度,则通过高程液压油缸的伸长或缩短来控制平地铲保持设定的深度。

平地铲和拖板与水平转动机构固定为一体,利用水平液压油缸的伸缩运动带动平地铲和拖板转动,实现平地铲倾斜角度调节。在平地作业过程中,若拖拉机的左右轮受水田硬底深浅不一而导致拖拉机和平地铲倾斜时,通过水平液压油缸的伸缩来调节水平转动机构使平地铲保持水平^[16-19]。

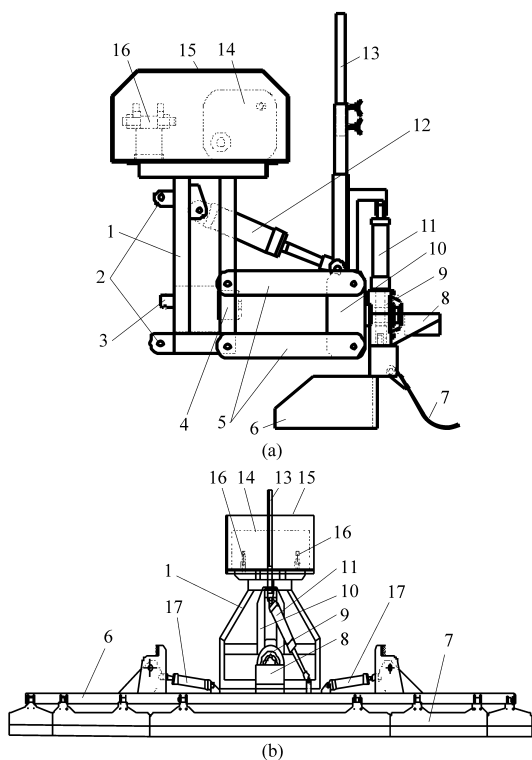


图1 1PJ-4.0型水田激光平地机结构简图

Fig.1 Structure of type 1PJ-4.0 laser land leveling machine for paddy field

(a) 侧视图 (b) 后视图

1. 三点悬挂平台 2. 三点悬挂连接点 3. 变速箱 4. 液压油泵
5. 平行四连杆 6. 平地铲 7. 拖板 8. 水平控制盒 9. 水平转动机构
10. 水平转动基座 11. 水平油缸 12. 高程油缸
13. 激光接收器安装杆 14. 液压油箱 15. 罩体 16. 液压阀
17. 折叠油缸

1.2 液压系统设计

液压系统如图2所示,1PJ-4.0型水田激光平地机液压系统分为高程液压油路、水平液压油路和折叠液压油路3个部分。拖拉机的动力输出(转速为540 r/min和720 r/min)经平地机上的一个1:3增速齿轮箱驱动双联液压油泵,前泵输出油压至高程液压油路和折叠液压油路,后泵输出油压到水平

液压油路。通过高程液压油路油缸的伸缩实现驱动平地铲下降和上升,当平地铲(与激光接收的相对位置)低于或高于参考激光平面时,控制系统控制高程液压油路的三位四通电磁换向阀切换,驱动高程双作用油缸缩短或伸长,实现平地铲上升或下降;当平地铲处于参考基准平面时,控制系统不动作,使平地铲保持在基准平面位置。当平地铲水平倾斜时,控制系统控制水平液压油路的三位四通电磁换向阀切换,驱动水平油缸伸缩,调整平地铲保持水平;当平地铲处于水平时,控制系统不动作保持平地铲水平。平地作业前,通过折叠液压油路的三位四通电磁换向阀控制2个折叠油缸伸长,使平地铲展开;作业完成后,可收起平地铲,方便行走与存放。

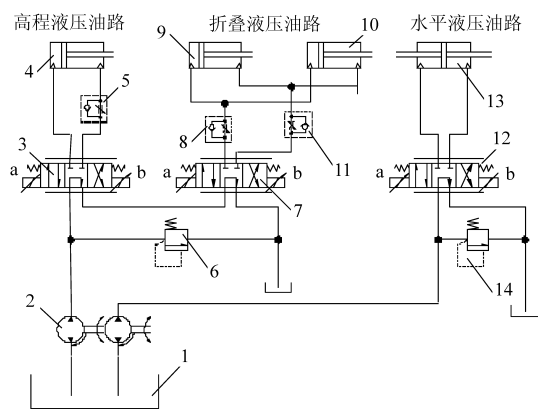


图2 液压系统原理图

Fig.2 Diagram of hydraulic system of laser land leveling machine for paddy field

1. 双联齿轮油泵 2. 油箱 3. 高程电磁换向阀 4. 高程油缸
5. 高程单向节流阀 6. 高程折叠溢流阀 7. 折叠电磁换向阀
8. 左折叠单向节流阀 9. 左折叠油缸 10. 右折叠油缸 11. 右折叠单向节流阀
12. 水平电磁换向阀 13. 水平油缸 14. 水平溢流阀

2 试验与分析

2.1 材料与方法

1PJ-4.0型水田激光平地机平地铲幅宽为4 m,土壤切削角为90°,铲面高30 cm,高程接收器安装杆2.4~2.8 m可调,总机质量430 kg,平地铲质量200 kg,配套轮式拖拉机型号为雷豹TB-554。该轮式拖拉机动力输出轴的转速(540 r/min和760 r/min两挡)经变速箱增至1 620~2 280 r/min,试验中选取540 r/min挡,经测试PTO实际输出转速为175~662 r/min(DT22368型红外转速表,欣宝科仪器仪表研制中心)。

在1PJ-4.0型水田激光平地机的高程油缸上、水平油缸上以及平地铲与地面之间分别安装直线位移传感器,通过手动电控高程液压油路和水平液压油路的三位四通电磁换向阀,采用数据采集器记录

平地机高程运动和水平运动的响应时间和运动位移等信息。测试系统由计算机、数据采集模块、电磁阀电流检测电路、直线位移传感器以及相关电源电路等组成,如图3所示。油泵从油箱吸油并将高压油输送至电磁换向阀,通过电磁换向阀控制高压液压油流动方向推动油缸伸长或缩短,从而实现机构的运动。测试系统同时采集电磁换向阀、油缸和机构的运动信号,以获得相互之间的响应时间和运动信息。驱动电磁换向阀换向的电源采用12V蓄电池,手动开关控制电磁换向阀的方向切换,电流检测电路检测电磁换向阀上线圈上电时刻,直线位移传感器1检测油缸运动信息,直线位移传感器2检测机构运动信息。

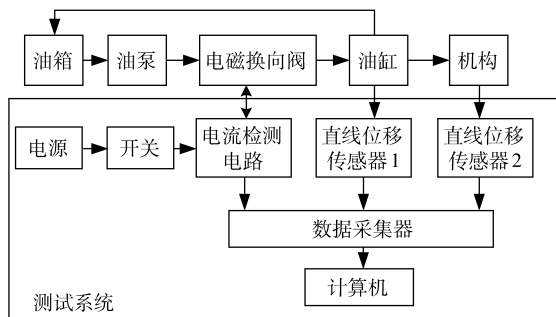


图3 性能测试示意图

Fig. 3 Sketches of performance testing

电磁阀电流检测采用电流监测芯片INA169(Texas Instruments Inc.),在电磁线圈与驱动电流之间串联一个电阻,电阻两端的差分电压经INA169转换为电流输出,并通过外部电阻转换为电压。直线位移传感器选用WXY15-400RI型拉线位移传感器,测量行程400mm,极限拉线速度300mm/s,电阻输出范围0~10kΩ,输出精度0.1%。数据采集器采用Agilent U2331A型USB模块化数据采集器,其配有64个SE/32个DI通道,分辨率为12bit,采样率为1MSa/s。

2.2 试验结果与分析

2.2.1 直线位移传感器标定结果

分别在平地铲高程油缸、水平油缸和平地铲上安装拉线位移传感器,通过三位四通电磁阀手动上电控制平地铲升降和转动,在平地铲运动范围内选取不同的测量点,采集拉线位移传感器的电压数据和人工测量油缸的伸长量或平地机运动量,拟合获得:

平地铲离地高度

$$H = -42.08S_h + 629.17 \quad (R^2 = 0.9799) \quad (1)$$

式中 H ——平地铲离地高度,mm

S_h ——测量铲高传感器输出电压,V

平地铲高程油缸伸长量

$$L = 161.68S_l - 37.166 \quad (R^2 = 0.9625) \quad (2)$$

式中 L ——平地铲高程油缸伸长量,mm

S_l ——测量油缸伸长量传感器输出电压,V

平地铲倾斜角度

$$\theta = 47.956S_\theta - 24.603 \quad (R^2 = 0.998) \quad (3)$$

式中 θ ——平地铲倾斜角度,(°)

S_θ ——测量铲水平油缸伸长量传感器输出电压,V

2.2.2 平地铲高程与水平系统响应时间

将轮式拖拉机油门分为3个: $\frac{1}{4}$ 开度、 $\frac{1}{2}$ 开度和

$\frac{3}{4}$ 开度。通过手动控制平地铲在4个不同初始离地高度上升与下降以及4个不同倾斜初始角度左旋与右旋,同步采集高程电磁换向阀2路线圈的电流信号、直线位移传感器1的信号和直线位移传感器2的信号。图4为其中一组电磁阀线圈电流信号、高程油缸和平地铲高程响应曲线。在试验数据分析时,油缸的初始位置和平地铲升降的初始位置为电磁阀上电前的连续20个采样点求取的平均数;油缸的运动速度由油缸伸长或缩短10mm计算获得;平地铲的运动速度由平地铲上升或下降30mm计算得到。

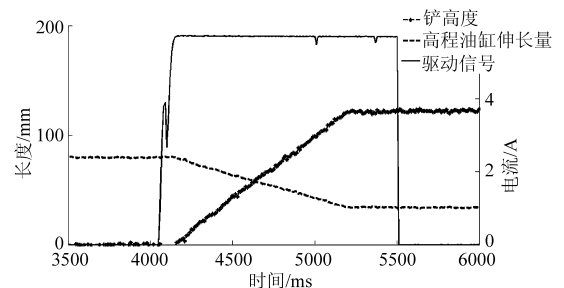


图4 高程系统响应曲线

Fig. 4 Response curves of height position control system

在3个不同油门开度下,平地铲高程运动时,高程油缸和平地铲高程运动的响应试验结果如表1所示。高程油缸和平地铲的上升响应时间长于下降响应时间,约为下降响应时间的2倍,说明平地铲的自重对响应时间有重要影响。油缸和平地铲的响应时间随油门开度的增加而呈缓慢上升趋势,与拖拉机的振动频率和强度增加相关。上升过程中,油缸和平地铲的运动速度受油门开度影响较大,因为油门开度越大拖拉机PTO转速增高,由215r/min增加至581r/min,双联定量齿轮油泵的输出流量增大,导致油缸运动速度和平地铲上升速度随油门开度增大而加快。然而,平地铲下降时油缸运动速度和平地铲下降速度较稳定,因为高程液压油路中的单向节流阀调节稳定了平地铲的下降速度。平地铲全程

400 mm 上升所需时间为 3.31 ~ 4.23 s, 下降所需时间稳定为 1.7 s 左右。

在 3 个不同油门开度下, 平地铲水平转动时, 水平油缸和平地铲水平转动的响应试验结果如表 2 所示。水平油缸的响应时间和平地铲转动响应时间较稳定, 水平油缸的运动速度和平地铲转动角速率随油门开度增大而增大, 同样与拖拉机 PTO 转速有

关。平地铲顺时针转动全程 20° 所需时间为 0.43 ~ 0.56 s, 逆时针转动所需时间为 0.58 ~ 0.62 s。由以上分析可知, 平地铲顺时针转动和逆时针转动在响应时间和运动速度等方面虽由于机械结构因素存在一定的差异, 但响应时间和运动速度差别不大, 说明选用双杆油缸因无有杆腔和无杆腔差异而具有较好的对称性。

表 1 高程油缸和平地铲高程运动的响应

Tab. 1 Response of height cylinder and plow up or down

平地铲 运动方向	油门开度	油缸响应 时间/ms	油缸运动速度 /(mm·s ⁻¹)	平地铲响应 时间/ms	平地铲运动速度 /(mm·s ⁻¹)	运动全程 400 mm 平均时间/s
上升	$\frac{1}{4}$	103.4	37.3	94.7	96.7	4.23
	$\frac{1}{2}$	114.2	44.1	106.4	114.6	3.60
	$\frac{3}{4}$	119.8	45.9	114.6	125.2	3.31
下降	$\frac{1}{4}$	52.4	82.6	48.3	232.2	1.77
	$\frac{1}{2}$	53.8	85.2	49.9	240.0	1.72
	$\frac{3}{4}$	57.8	85.8	49.5	238.1	1.73

注: 各数据均为 4 个不同位置数据的平均值。

表 2 水平油缸和平地铲水平转动的响应

Tab. 2 Response of leveling cylinder and plow rotating

平地铲 转动方向	油门开度	油缸响应 时间/ms	油缸运动速度 /(mm·s ⁻¹)	平地铲响应 时间/ms	平地铲转动角 速率/(°·s ⁻¹)	转动全程 20° 平均时间/s
顺时针	$\frac{1}{4}$	39.5	118.8	51.9	39.2	0.56
	$\frac{1}{2}$	34.9	133.4	50.7	42.1	0.53
	$\frac{3}{4}$	39.7	150.1	54.4	53.1	0.43
逆时针	$\frac{1}{4}$	37.4	111.5	47.7	34.8	0.62
	$\frac{1}{2}$	34.2	124.1	45.9	36.3	0.60
	$\frac{3}{4}$	34.6	133.4	47.7	37.3	0.58

注: 各数据均为 4 个不同位置数据的平均值。

2.2.3 田间平整作业

田间试验在华南农业大学试验农场进行, 试验田块前茬为水稻, 长 50 m, 宽 50 m, 平地前田块经泡田和旋耕。选取间距 8 m 的网格线的纵横交叉点作为采样测量点, 在田边选取合适高度架设激光发射器, 以激光发射器的旋转激光面为高度基准面, 利用手持激光接收器确定激光面位置, 米尺测量记录平地前和平地后田面相对激光平面的高度数据。配备有激光高程控制系统和水平控制系统的水田激光平地机田间作业情况如图 5 所示。

利用农田表面相对高程的标准偏差值 S_d 和田块内所有采样测量点的高程与期望相对高程的绝对差值 $|h_i - \bar{h}|$ 来评价土地平整的精度^[20], 用标准偏



图 5 平地机田间平地作业

Fig. 5 Leveling in paddy field

差反映农田表面平整度的总体状况, 根据其小于等于 3 cm 的测点累计百分比数 α 评价田间地面形状

差异及其分布的特征,统计分析结果如表3所示。

表3 田间平地试验结果统计
Tab.3 Results of paddy field testing

平地状态	最大高程差/cm	S_d /cm	α /%
平地前	32	12.28	8.33
平地后	4.9	2.64	69.4

田间平地作业过程中,1PJ-4.0型与轮式拖拉机配套的三点悬挂式水田激光平地机可以稳定工作。田面最大高程差从平地前32 cm降至4.9 cm,相对高度的标准偏差值 S_d 从平地前的12.28 cm下降到平地后的2.64 cm,平地后绝对差值 $|h_i - \bar{h}| \leq 3$ cm的采样测量点累计百分数达69.4%,表明经1PJ-4.0型与轮式拖拉机配套的三点悬挂式水田激光平地机平地作业后可以显著改善田面平整情况。

3 结论

(1) 设计了1PJ-4.0型与轮式拖拉机配套的

三点悬挂式水田激光平地机以及由高程液压油路、水平液压油路和折叠液压油路组成的水田激光平地机液压系统,平地铲高程运动通过平行四连杆结构实现,结合机械、液压和电子技术等实现了平地铲高程和水平自动控制。

(2) 试验研究了1PJ-4.0型与轮式拖拉机配套的水田激光平地机的高程系统和水平系统的响应特性。高程油缸和平地铲的上升响应时间长于下降响应时间,约为下降响应时间的2倍,平地铲全程400 mm上升所需时间为3.31~4.23 s,下降所需时间稳定在1.7 s左右;水平系统的响应时间和运动速度差别不大,具有较好的对称性。

(3) 田间平整作业表明平地作业后田面平整情况得到显著改善,田面最大高程差降低到4.9 cm,相对高度的标准偏差值为2.64 cm,绝对差值小于等于3 cm的采样测量点累计百分数达69.4%。

参 考 文 献

- Janssen M, Lennartz B. Water losses through paddy bunds: methods, experimental data, and simulation studies[J]. Journal of Hydrology, 2009, 369(1-2):142-153.
- Pereira L S, Oweis T, Zairi A. Irrigation management under water scarcity[J]. Agricultural Water Management, 2002, 57(3): 175-206.
- 胡忠飞, 王玉家, 刘庆君. 水田激光控制平地技术大有可为[J]. 农业机械化与电气化, 2001(3):31.
Hu Zhongfei, Wang Yujia, Liu Qingjun. Much can be done in laser-controlled leveling technique for paddy field[J]. The Application and Popularization of Agricultural Mechanization and Electrification, 2001(3):31. (in Chinese)
- 侯明亮, 宋正河, 毛恩荣. 激光平地机液压控制装置的设计与试验[J]. 农业机械学报, 2005, 36(8):34-37.
Hou Mingliang, Song Zhenghe, Mao Enrong. Study and test of hydraulic control device in laser land leveling machine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(8):34-37. (in Chinese)
- 侯明亮, 毛恩荣, 刘刚. 激光控制平地系统控制技术的研究与试验[J]. 农业工程学报, 2006, 22(1): 110-113.
Hou Mingliang, Mao Enrong, Liu Gang. Study and test of the control technology for the laser controlled land leveling system[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(1): 110-113. (in Chinese)
- 许迪, 李益农, 刘刚. 激光控制农田土地精细平整应用技术体系研究进展[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 267-272.
Xu Di, Li Yinong, Liu Gang. Research progress on the application system of laser-controlled precision land leveling technology[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(3): 267-272. (in Chinese)
- Agarwal M C, Goel A C. Effect of field leveling quality on irrigation efficiency and crop yield[J]. Agricultural Water Management, 1981, 4(4): 457-464.
- Finney C. The benefits of land leveling on irrigation schemes in Turkey and Sindh Province, Pakistan[J]. IC ID Journal, 1996, 45(1): 1523-1539.
- 何文芳, 闫新军. 推广激光平地技术提高农田灌溉效率[J]. 新疆农机化, 2001(4):14-15.
- 李庆, 罗锡文, 汪懋华, 等. 采用倾角传感器的水田激光平地机设计[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 88-93.
Li Qing, Luo Xiwen, Wang Maohua, et al. Design of a laser land leveler for paddy field[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(4): 88-93. (in Chinese)
- Luo Xiwen, Zhao Zuoxi, Li Qing. Study on leveling control for a paddy laser leveler[C]//2007 ASABE Annual Meeting, ASABE Paper 071078, 2007.
- 赵祚喜, 罗锡文, 李庆, 等. 基于MEMS惯性传感器融合的水田激光平地机水平控制系统[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6):119-124.
Zhao Zuoxi, Luo Xiwen, Li Qing, et al. Leveling control system of laser-controlled land leveler for paddy field based on MEMS inertial sensor fusion[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(6):119-124. (in Chinese)
- 冯贤超. 水田激光平地机负载监控系统的研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2011.
Fei Xianchao. Research of automatic load monitoring system of laser-controlled land leveling system[D]. Guangzhou: South China

- Agricultural University, 2011. (in Chinese)
- 14 李庆, 罗锡文, 陈剑都. 平地铲自动折叠机构液压系统设计[C]//中国农业工程学会2011年学术年会论文集, 重庆, 2011.
 - 15 胡炼, 罗锡文, 赵祚喜, 等. 超声波传感器评定水田激光平地机水平控制系统性能[J]. 农业机械学报, 2009, 40(增刊): 73-76.
Hu Lian, Luo Xiwen, Zhao Zuoxi, et al. Evaluation of leveling performance for laser controlled leveling machine in paddy field based on ultrasonic sensors[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(Supp.): 73-76. (in Chinese)
 - 16 胡炼, 罗锡文, 赵祚喜, 等. 基于ADIS16300和LPR530的水田激光平地机水平控制系统[C]//中国农业工程学会2011年学术年会论文集, 重庆, 2011.
 - 17 李庆, 王在满, 周志艳, 等. 适用于水田的激光平地机具液压系统设计[J]. 农机化研究, 2007(10): 90-91.
Li Qing, Wang Zaiman, Zhou Zhiyan, et al. Design of a hydraulic system for laser land leveler for paddy field[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(10): 90-91. (in Chinese)
 - 18 严乙桢, 罗锡文, 资双飞, 等. 基于50马力轮式拖拉机的水田激光平地机设计与试验[C]//中国农业工程学会2011年学术年会论文集, 重庆, 2011.
 - 19 黎永键, 赵祚喜. 水田激光平地机平地铲姿态测量系统的设计[J]. 农机化研究, 2012(2): 69-75.
Li Yongjian, Zhao Zuoxi. Design of attitude measurement system for fat shovel of laser-controlled land leveler for paddy field[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2012(2): 69-75. (in Chinese)
 - 20 刘刚, 林建涵, 司永胜, 等. 激光控制平地系统设计与试验分析[J]. 农业机械学报, 2006, 37(1): 71-74.
Liu Gang, Lin Jianhan, Si Yongsheng, et al. Development and experiment on laser controlled leveling system[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(1): 71-74. (in Chinese)

Development of 1PJ-4.0 Laser Leveler Installed on a Wheeled Tractor for Paddy Field

Hu Lian Luo Xiwen Lin Chaoxing Yang Weiwei Xu Yi Li Qing

(Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: A 1PJ-4.0 laser leveler installed on a wheeled tractor through the hydraulically driven 3-point linkage is developed. The harrow of the laser leveler can move up and move down by a cylinder and a planar four bar linkage. Hydraulic systems of the laser leveler are designed, including height position control hydraulic system, leveling control hydraulic system and folding hydraulic system. Experiments are carried out to investigate the dynamic response characteristics of the height position control system and leveling control system, respectively. The response time of leveling harrow moving up is almost twice as much as moving down. The moving up velocity of leveling harrow increases with the rate of accelerator pedal deepness, while the moving down velocity of leveling harrow is stable because a one-way throttle valve has been applied in the height position control hydraulic system. The average moving up time is about 3.31~4.23 s and the move down time is 1.7 s in testing space of 400 mm. It is bilateral symmetry of rotate angular velocity in the clockwise and reverse to control plow leveling. The results of the paddy field experiment show that the laser leveler installed on wheeled tractor for paddy field can work steadily, and the surface smoothness of paddy field can be obviously improved. The maximum height variation of paddy field surface decreases from 32 cm before leveling work to 4.9 cm, and the relative standard deviation reduces from 12.28 cm to 2.64 cm. The cumulative percentage of the sampling points, which have smaller than or equal to 3 cm of absolute difference value, is more than 69.4%.

Key words: Leveler Paddy field Laser leveling Design Experiment