

# 1PJY-3 0 型综合激光平地机的研制

韩 豹

(东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030)

**摘 要:** 由于受土地平整机具自身缺陷和人工操作平整精度有限的制约, 土地平整精度在达到一定程度后就无法继续提高。为此, 设计了1PJY-3 0型综合激光平地机。该文介绍了该机的总体结构、工作原理、关键部件的设计以及试验效果。试验结果表明: 该机作业后, 方田面积达到 $0.5 \text{ hm}^2$ 以上, 平地精度 $\pm(1.5 \sim 2) \text{ cm}$ , 灌溉节水 $30\% \sim 45\%$ , 平整后的田块在灌水沉淀后即可进行机械插秧作业。

**关键词:** 激光平地; 水田精平; 激光制导技术; 综合平地机

**中图分类号:** S275; S281

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2003)03-0116-04

## 1 引言

生产实践证明, 扩大现有水田条田面积, 可提高水稻有效种植面积和机械化作业效率, 降低水稻生产成本。但是, 田块面积的加大关键在于解决精平问题。水稻在整个生育期内需要定时定量地灌水、排水和调节水层深浅, 这就要求水田表面的平整度不大于 $\pm 1.5 \text{ cm}$ 。否则, 在凸起处肥料流失严重、分蘖少、穗短粒少; 低凹处由于水排不净、肥力超标、无效分蘖多、贪青晚熟、病虫害不易防治, 严重影响水稻产量<sup>[1]</sup>。

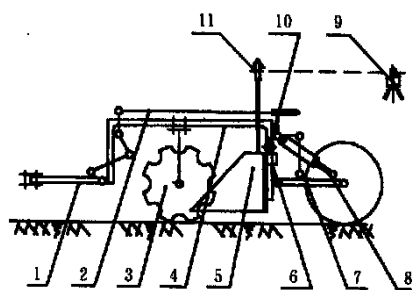
常规的土地平整方法由于受土地平整机具与人工操作平整精度有限的制约, 土地平整精度在达到一定程度后就无法继续提高。目前, 激光制导技术在土地平整中得到应用, 弥补了常规土地平整机具的不足, 使常规的土地平整机具实现了自动化控制, 减少了普通平地机具平时对驾驶员的依赖性, 有效地提高了水田平整的精度和作业效率, 满足当前水田条田大而平的农艺要求<sup>[2~4]</sup>。

生产实践证明, 由于激光平地机集光、机、电、和液压技术于一体, 技术先进、操作方便、效率高, 在激光控制范围内精平时可达正负高差 $3 \sim 4 \text{ cm}$  ( $\pm 1.5 \text{ cm}$ )<sup>[2~4]</sup>, 达到田表平整, 既可节约大量水资源, 有利于水稻生长和田间灭草以及对肥料的吸收, 同时又因条田面积加大数倍以上, 因此也为水稻全程机械化作业创造有力条件。

## 2 总体结构和工作原理

### 2.1 总体结构

1PJY-3 0型综合激光平地机主要由综合平地机、液压系统和激光制导系统三大部分构成, 如图1综合平地机主要由机架、机架纵向平衡调整机构、圆盘耙组、平地铲和平地铲角度调整机构及地轮等构成。



1 牵引架 2 机架纵向平衡调整机构 3 圆盘耙组 4 机架 5 平地铲 6 平地铲角度调节机构 7 地轮及地轮支架 8 机架纵向调整油缸 9 激光发射器 10 平地铲角度调整油缸 11 激光接收器

图1 1PJY-3 0型综合激光平地机结构示意图

Fig 1 The structure of 1PJY-3 0 Laser-Controlled Composite Leveling Machine

激光制导系统主要由激光发射器、激光接收器、接收器调整支杆、监控箱和电源等组成。该机应用美国600型激光发射器, 安装在三角架上, 只能进行水平旋转和自动安平, 水平转速可达 $300 \text{ r/min}$ , 精度为 $\pm 8'$ , 有效工作半径 $300 \text{ m}$ , 当仪器被碰撞偏离水平时, 报警器便提示操作者, 同时激光发射器停止工作; 接收器为360°全方位接收的RZS-s型圆柱状接收器。当检测到激光基准面位置后, 把信号直接传送给控制箱; 控制箱安装在机车驾驶室内操作手容易控制的位置, 该机的监控箱, 既可显示平地铲刃相对已完成平面的位置, 又能在自控状态下输出电子信号驱动液压电磁阀。

### 2.2 工作原理

位于田块内的激光发射器发射出一束极细的并能水平旋转的激光束, 为整个施工场地提供恒定的水平基准面。激光接收器位于平地机之上并通过伸缩支杆与平地铲刚性连接。当接收器检测到激光信号后立即把接收到的激光信号转换为电信号并连续发送给位于驾驶室內的监控箱进行处理, 显示平地铲相对位置的变化或者自动控制液压系统不断地上下调节行进中的平地铲, 完成田面挖填土工作。例如, 当激光束扫在接收器的上半部, 表明刮土铲的铲刃位于完成平面的下方, 监控箱就会给电磁阀发出一个提高平地铲的修正信号并通过油缸提升刮土铲铲刃的位置。随着机器前进, 激光制导系

收稿日期: 2002-07-04 修订日期: 2002-12-15

基金项目: 农业部科研项目(垦-04-01-11)

作者简介: 韩 豹, 副研究员, 哈尔滨市香坊区 东北农业大学工程学院, 150030

统对监控箱连续发出平地铲位置的修正信号, 通过液压系统控制平地铲, 把高处土壤切下填到低处, 达到田地表面平整<sup>[3~6]</sup>。

### 3 1PJY-3 0 型综合激光平地机的设计

#### 3.1 综合平地机总体设计

国内现有激光平地机平地作业时存在如下问题:

1) 适应性差。现有激光平地机平地时要求对田块预先进行旋耕作业, 然后才能使用激光平地机进行平地; 在翻耕田块上平地作业, 效果也不理想。

2) 平后的田块局部出现硬土层, 造成灌水后田地表面凹凸不平, 必须再次进行旋耕, 重新造成田块表面不平整, 既消耗动力, 增加成本, 又降低作业效率。

3) 平地铲前刮起的土壤左右流动性差, 导致平地铲阻力增大和上下调整的灵敏度降低, 影响平地效果。

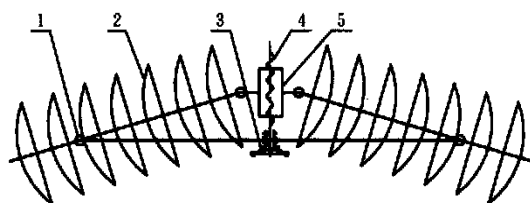
4) 铲起的土壤在运土过程中损失较大。

5) 在作业过程中, 机具左右平衡只靠 2 个地轮, 无法满足接收器直立状态的工作要求, 造成接收器倾斜作业, 影响接收效果。

综上所述, 针对原有激光平地机存在的问题, 1PJY-3 0 型综合激光平地机在总体设计上, 首先在平地铲前设计了一组圆盘耙, 耙组的角度可调, 最大耙深可达 22 cm。主要用于对耕翻地田表的杂草进行剪切、耙碎, 增强机具适应性, 消除硬土层; 其次是根据苏联进行的双刃推土铲破土试验和不同形状刮土铲刃的切土能量消耗实验结果<sup>[5]</sup>。主平地铲设计成三角形; 此外, 为使平地机作业时, 接收器保持直立接收状态, 设计了机架纵向调平机构与平地铲角度自动调平装置。

#### 3.2 缺口圆盘重耙的应用设计

试验表明: 刮板式激光平地机的适应性比较差, 必须在旋耕地上进行平地作业, 即使在翻耕地上也无法保证正常作业<sup>[2~4]</sup>。为此, 在平地铲前增加了一组缺口圆盘重耙, 改善该机作业的适应性能。如图 2。耙组共由 14 片缺口重型圆盘耙构成, 耙片间距为 230 mm, 作业幅宽 3.1 m, 最大耙深 22 cm, 耙组角度在  $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$  范围内可调<sup>[7,8]</sup>。



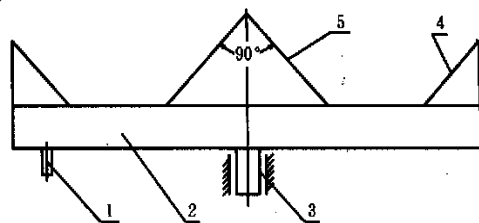
1 固定底座 2 缺口圆盘耙 3 耙角调整手轮 4 调整丝杠 5 丝母及调整底座  
图 2 圆盘耙及其角度调整结构示意图

Fig 2 Schematic diagram of the disc harrow and its angle adjusted

#### 3.3 平地铲的设计

激光平地机在作业过程中, 切土、挖土、集土和运土都是由平地铲工作部件来完成的, 由于圆盘耙的应用,

改善了平地作业条件, 因此铲前拥起的土壤对铲壁形成的阻力主要来自集运土的阻力。包括: 铲前拥起的土壤与地面的摩擦力、拥起土壤内部阻力、拥起土壤与铲壁面的摩擦阻力和铲刃与地面的摩擦阻力。试验表明: 平地铲集运土阻力与铲前的拥土量和土壤的状况有关, 与机器前进速度无关。即平地时铲前拥土越多, 土质越坚硬, 平地铲所受的阻力就越大。同时根据装辅加刀的推土铲破坏土丘的比能耗试验结果<sup>[5]</sup>: 当铲刀呈三角形、圆弧形等入土形状时, 能大大减少工作部件破坏土丘时的能量消耗。而三角形铲刀, 入土角  $\beta = 90^{\circ}$  时切土能量消耗较小。为此平地铲设计成三角形, 如图 3。一是增强运土能力, 减少运土损失; 二是减小铲运土阻力, 降低能耗; 三是增加铲前土壤的流动性能, 提高平地精度和作业效率。



1 角度调整支点 2 平地铲横梁 3 平地铲旋转轴 4 边刮土铲 5 主刮土铲  
图 3 三角形主平地器结构示意图

Fig 3 Schematic diagram of the leveling device

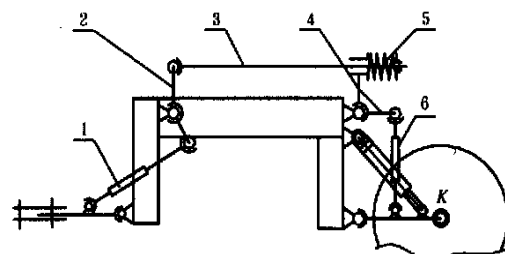
#### 3.4 机架纵向调平机构的设计

接收器支杆与平地铲刚性联接, 在平地作业时, 为保证接收器不受牵引机车前后摆动的影响, 正常全方位接收, 机架应保持纵向水平状态。为此该纵向调整机构在设计过程中主要考虑以下 2 个问题:

1) 保证机架整体同步升降, 维持原水平状态。

2) 作业时机架平衡状态不受牵引机车前后左右摆动的影响。

为此, 纵向调平机构的设计如图 4 所示。当升降油缸伸长, 地轮绕  $K$  点沿顺时针转动某一角度时, 机架后部升高, 与此同时, 通过一套连杆、摆杆和拉杆作用, 使机架前后同步上升。反之亦然。另外当牵引机车在凹凸不平的田块上作业时, 由于导向拉杆和缓冲弹簧的作用, 机架仍能保持原纵向水平工作状态。



1 可调前连杆 2 前摆杆 3 导向拉杆 4 后摆杆 5 缓冲调整螺母 6 可调后连杆  
图 4 平地机的调平机构示意图

Fig 4 Schematic diagram of adjusting level of the machine

### 3.5 平地铲角度自动调平控制装置的设计

在平地时,由于铲刀倾斜,影响平地效果。为此,在保证机架纵向平衡状态下,对平地铲的横向(与前进方向垂直的铅垂平面内)角度的调整也是十分必要的。该机应用了一套平地铲角度自动调平控制装置,该装置可保证当机架在 $\pm 0.4^\circ (\pm 24^\circ)$ 范围内左右摆动(即平地铲铲刀两端相对变化 $\pm 1.05\text{ cm}$ )时,该控制装置不起作用;当超出此范围时将进行自动调整。

该装置由不锈钢矩形管制成,其内充入一定量的液体,使两个浮子浮起一定高度,当该装置处于水平状态时,两个浮子处于同一平面并使光电传感器与光源隔离,此时电磁阀处于中立状态;当装置倾斜一定角度(超过 $\pm 0.4^\circ$ 或 $24^\circ$ )时,因高端浮子下降,对应的光电传感器经过光—电转换和放大处理后,驱动电磁阀,平地铲角度调整油缸工作,直至平地铲回到原水平状态,浮子重新遮挡住光源,电源中断,电磁阀又处于中立状态。为消除机架等外界因素的干扰,矩形管内设有流体阻尼器。

## 4 试验结果

试验场地预先进行旋耕,平整度较好,旋耕深度 $14\sim 16\text{ cm}$ 、土壤含水率 $24.6\%$ ,条田为 $80\text{ m}\times 60\text{ m}$ 。图5为该机不使用激光制导系统,依靠驾驶员控制平地机作业2遍的平整结果;图6为该机使用激光制导系统,自动控制平地机作业2遍的平整结果。

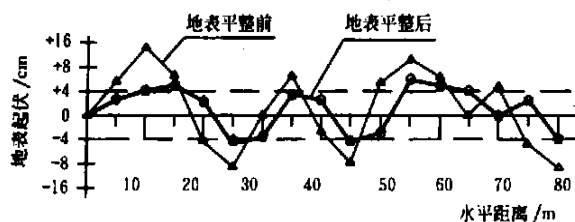


图5 液压平地机平整精度曲线

Fig 5 Curves of grading precision of the hydraulic leveling machine

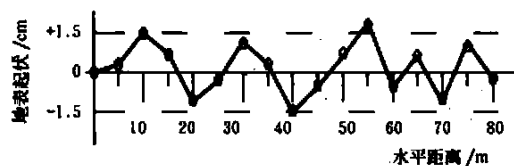


图6 激光平地机平整精度曲线

Fig 6 Curves of grading precision of the laser-controlled leveling machine

试验结果表明:

1) 在不使用激光制导系统情况下,依靠驾驶员控制平地机对 $0.5\text{ hm}^2$ 以上的田块进行平地作业,平整精度达到 $\pm 4\text{ cm}$ 时,就无法再进一步提高;如图5。而在同一地块,应用激光制导系统后,平整精度则可达到 $\pm 1.5\text{ cm}$ ,如图6。满足水稻栽培的农艺要求。

2) 由于平地铲前的圆盘耙对平整后的田面具有较

好的翻耕、耙碎效果,既改善了平地铲作业条件,增强了机具适应性能,又能达到田表的碎土层均匀一致的良好效果。

3) 使用激光平地机进行水田精平地作业,条田面积可扩大到 $0.5\text{ hm}^2$ 以上,提高有效种植面积 $5\%$ 以上,效益显著。如黑龙江省现有水田近 $180\text{ 万 hm}^2$ ,其中有 $1/2$ 以上是不足 $1000\text{ m}^2$ 的条田,如果使用激光平地机逐年将其改造成 $3000\text{ m}^2$ 以上的条田,就可提高有效种植面积 $5\%$ 以上,相当于全省至少新增水田有效面积达 $5\text{ 万余 hm}^2$ ,增收水稻约 $40\text{ 万 t}$ 。

4) 提高水稻生产机械化程度。田块面积扩大后,可以把现有的旱田整地、收获等大型机械投入到水田作业当中,有利于机械在田间进行各项作业,因此可大幅度提高水稻生产的机械化程度。

5) 节约水资源。该机作业后的田块,平整精度在 $\pm 1.5\text{ cm}$ 以内,可实现稻田浅水灌溉或间歇灌溉,达到精确用水,保证水稻在各阶段生长过程中都能获得所需要的最佳水层。试验证实,每公顷水田可节水 $35\%$ 左右。

6) 减少肥料流失,有利稻田封闭除草。由于稻田水层深浅均匀,肥料与农药入池后,分布均匀,既可避免产生脱肥、肥料流失和提高肥料利用率,又可避免产生药害,达到封闭除草的良好效果。

## 5 结论

1) 平地铲前圆盘耙的设计与应用,较好地改善了激光平地机的作业条件,有利于增强激光平地机的适应性和提高平地作业质量与效率。

2) 三角形平地铲的设计与应用,有利于改善平地铲前土壤的流动性,减少土壤对铲壁形成的阻力,降低能耗和运土损失。

3) 纵向调整机构和平地铲角度自动调整装置的应用,可明显改善接收器的接收效果,提高平地质量。

4) 提高激光发射器的水平转数和激光平地机的作业速度,有利于平整精度的提高。

### [参考文献]

- [1] 管士美,李建军,刘晓东. 水田整地技术[J]. 黑龙江农业, 2002, 3: 35
- [2] 李益农,许迪,李福祥,等. 农田土地激光平整技术应用及初步评价[J]. 农业工程学报, 1999, 15(2): 79~84
- [3] 韩豹,韩许,付雅琴,等. 1PJY-6型激光平地机[J]. 现代化农业, 1996, (10): 31~32
- [4] 安柏悦,牟庆阳. 激光平地技术的应用[J]. 农业机械, 2000, 9
- [5] 门永范译. 农田基本建设机械译文集[C]. 北京: 机械工业出版社, 1980, 178~184
- [6] 蒋炳奎,廖万彩. 国外水稻耕作机械发展动向(下)[J]. 农业机械, 2000, 12: 18~19
- [7] 罗锡文. 农业机械化生产学(下)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002
- [8] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(上册)[M]. 北京: 机械工业出版社出版, 1998

## Development of 1JPY-3 0 laser controlled composite leveling machine

Han Bao

(College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** The key question enlarging paddy field is how to accurately level the ground. At the present, on account of being restricted by the shortage of old leveling machines and limited level of manual operation, the accuracy of leveling land can not be continually improved after a certain level. For this reason, the type of 1JPY-3 0 laser controlled composite leveling machine was designed. The article introduced the structure, the work principle, the design of the critical components and its experimental effects. The results of experiment show that the area of the every paddy field was enlarged more than  $0.5 \text{ hm}^2$ , the accuracy of leveling was controlled between  $\pm 1.5 \text{ cm}$ , the irrigation water-saving was about 30% to 45%. By using the machine, and the paddy fields which was leveled can carry out transplanting after irrigated and precipitated four days.

**Key words:** laser controlled land leveling; accurately leveling of paddy field; laser guidance technology; a composite leveling machine