

基于微型开沟机的施肥覆土装置设计

吉俊宝 樊启洲 张衍林

华中农业大学工学院, 武汉 430070

摘要 为实现开沟施肥覆土一体化联合作业,在微型手扶开沟机基础上,设计了排肥装置和覆土装置,主要有排肥装置的肥料箱、重心配置、覆土板和仿形装置结构设计。实现了动力从行走轮传到排肥器、肥料箱重心稳定、排肥量可调、覆土板能在上下高度差约80 cm实现仿形功能。田间试验结果表明,设计配有排肥和覆土装置的开沟机工作时施肥量达到50 kg/h,覆土率达78.3%,覆土均匀度较好。

关键词 开沟机; 排肥; 覆土; 装置

中图分类号 S 224.24 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)04-0122-04

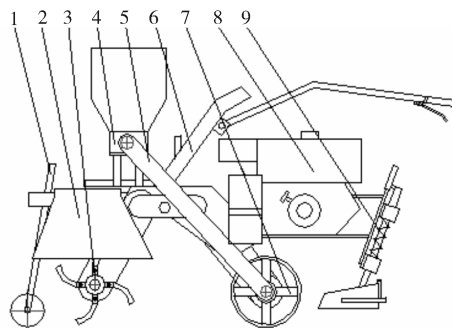
果树施肥是一项较关键的园艺作业工序。因果园种植模式的原因,挂果期和盛果期的果园机械化水平均较低。目前,果树施肥在中国几乎全靠人工完成,其劳动强度大且效率低^[1]。中国现有开沟机多与大中型拖拉机配套,没有与微型机配套的开沟机,且没有遥控机械^[2-3]。人工驾驶的作业机整体高度普遍较大,在果园中行驶通过性不好,小型果园管理也不能正常作业。

在果树管理上,施肥是一项作业量大、劳动强度大的工作。尤其是施用有机肥时,施肥深度一般控制在0.1~0.2 m^[4],需在每棵果树两侧、根系集中分布层稍远和稍深处各挖1条连续或断续的宽200 mm、深150 mm的沟。另外,在狭窄地段、山区梯田或大棚内开沟作业时,大型拖拉机不能进入。随着中国农业产业结构的优化调整,研制与微型果园机械配套并能在传统果园开沟施肥的作业机械尤为迫切。根据果园生产空间狭小的特点,生产上适宜选用机身小巧、相对动力大、操作灵活的田园微型耕作机^[5]。

为实现开沟施肥覆土一体化联合作业,笔者所在课题组对微型手扶旋转开沟机进行了改装,设计了配有排肥和覆土装置的开沟机,实现了开沟施肥覆土一体化功能。该开沟机体型小,开出的沟深为150~200 mm、宽为300~400 mm,采用的动力是10 kW汽油机,适合在空间狭小的果园作业。

1 总体方案设计

设计的开沟机主要用于山地果园追肥。通常追肥流程为开沟、施肥、覆土,所以整体结构布置时,开沟器分布在前面,施肥装置安装在中间,覆土结构悬挂于尾部(图1)。



1. 沟深调节地轮 Wheel of adjusting groove depth; 2. 挡土板 Soil retaining plate; 3. 开沟器 Opener; 4. 排肥装置 Distributing device; 5. 排肥传动链 Distributing transmission chain; 6. 机架 Chassis; 7. 行走轮 Road wheel; 8. 汽油机 Petrol engine; 9. 覆土装置 Covering device.

图1 总体方案示意

Fig. 1 Chart of overall design

本设计主要解决的问题是如何将动力传输到排肥装置的排肥轴。该手扶开沟机的开沟器主轴转速为600~700 r/min,行走轮转速为30~45 r/min,排肥器排肥轴正常工作的转速为30~35 r/min。如果动力从开沟主轴传到排肥装置,则传动比达到

收稿日期: 2013-01-29

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-27)

吉俊宝, 硕士研究生, 研究方向: 农业生物环境与能源工程. E-mail: Junbaoji87@126.com

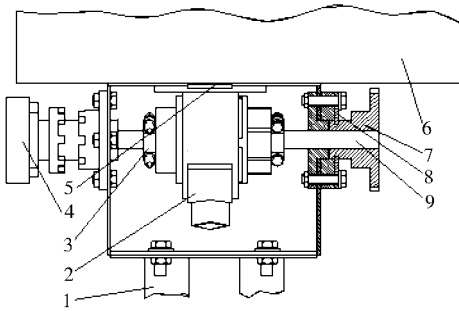
通讯作者: 张衍林, 教授, 研究方向: 农业生物环境与能源工程. E-mail: zhangyl@mail.hzau.edu.cn

20,需采用涡轮蜗杆传动;如果动力从行走轮传到排肥装置,两者速度相当,传动比小,则可采用链传动。考虑到经济成本和安装的操作性,设计时最终选择链传动。

2 主要部件结构设计

2.1 施肥装置

1)排肥装置。排肥装置主要由支架、外槽轮排肥器、排肥量调节装置、排肥轴、卡箍、插板、肥料箱、排肥轴链轮、调节轴套半圆固定板等部分组成(图 2)。

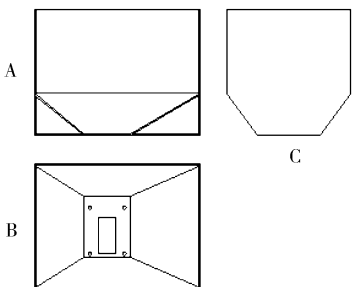


1. 支架 Holder; 2. 排肥器 Distributing device; 3. 卡箍 Clamp; 4. 排肥量调节装置 Fertilizer consumption control device; 5. 插板 Spile; 6. 肥料箱 Fertilizer box; 7. 排肥轴链轮 Distributing shaft sprocket; 8. 调节轴套半圆固定板 Adjusting collar button fixed plate; 9. 排肥轴 Distributing shaft.

图 2 排肥装置总体结构设计

Fig.2 Overall structure design of fertilization device

2)肥料箱设计。设计的开沟机主要作业于狭窄的山地果园,要求机器灵活轻便。开沟机两行走轮之间的间距很小,整个排肥装置及肥料箱通过支架立在开沟机的前上方,工作时的平衡性差,故肥料箱内装入的复合肥不宜过多,但考虑作业效率又不能过低,所以选取 1 次装肥量 25~30 kg。通过试验测得复合肥的平均密度 $\rho=0.835 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ 。



A. 主视图 Front view; B. 俯视图 Top view; C. 左视图 Left view.

图 3 肥料箱结构设计

Fig.3 Structure design of fertilizer box

肥料箱分 2 个部分,上部分是长 400 mm、宽 300 mm、高 200 mm 的长方体,下部分是截面为梯形、高 100 mm 的四面体,梯形的下表面是长 150 mm、宽 100 mm 的长方形(图 3)。由几何关系可得,肥料箱的体积 $V=0.024+0.00675=30.75 \times 10^{-3} \text{ m}^3$,肥料箱实际装肥的质量 $M=\rho V=0.385 \times 10^3 \times 30.75 \times 10^{-3}=25.7 \text{ kg}$,显然,实际装肥量满足设计要求。

3)排肥传动计算。设计的开沟机行走轮有 2 个档位,其工作的平均速度分别为 $n_1=45 \text{ r/min}$, $n_2=30 \text{ r/min}$ 。通过查阅行业标准^[6],外槽轮排种器排种轴转速为 30~35 r/min、排种轮工作长度为 20~25 mm,若采用快速档,则传动比为 1.3~1.5;若采用慢速档,则传动比为 1。因快速档工作不利于机身的稳定,故选慢速档为工作档位。排肥轴的转速为 30 r/min。

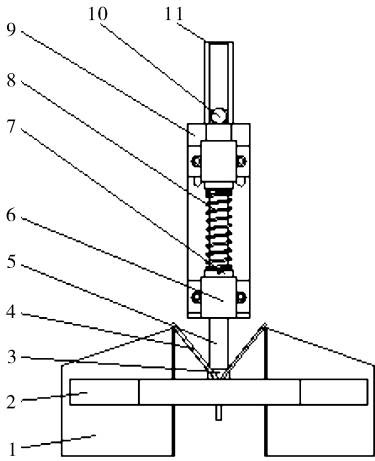
4)排肥装置工作原理。工作时打开插板,启动开沟机的发动机,动力从发动机传到开沟机的行走轮轴,开沟机的行走轮通过链传动传输到排肥轴,排肥轴带动槽轮转动,肥料箱的复合肥在振动和重力的作用下落到排肥器,进入排肥管,洒落在肥沟内,实现施肥的功能。

2.2 覆土装置

1)结构设计。覆土装置主要部分是覆土器。目前,常用的覆土器有链环式、弹齿式、抓盘式、圆盘式、刮板式等^[7]。链环式、弹齿式、抓盘式为全幅覆盖,常用于行距较窄的条播施肥方式,圆盘式、刮板式主要用于行距较宽、所需覆土量大等情况。由于设计针对的是单排肥器排肥,故采用刮板式覆土器。刮板式覆土装置主要结构如图 4 所示。

覆土装置机构主要由底座、圆弧形刮板、支架、导杆、压簧、导套、滑块、滑槽等组成。2 块刮板及加强筋焊接在支架上,支架与导杆之间通过套筒连接,导杆在导套内进行上下运动,2 个导套之间装有压簧,压簧下端是限制套筒,套筒与轴通过开口销固定在一起,导杆上端连接滑块,滑块在滑槽内上下滑动,滑槽焊接在底座上,整个覆土装置通过导套与底座连接,底座悬挂在开沟机上。

2)覆土装置工作原理。工作时开沟器开出的沟槽横断面为梯形,并将土壤抛甩至沟两边,在两边分别形成两行横截面为三角形形状的土堆^[8]。覆土装置悬挂在手扶开沟机后面,通过底座的限位螺栓的调节,使刮板与地面保持一定高度。2 块弧形刮板



1. 刮板 Scraping plate; 2. 支架 Holder; 3. 底端套筒 Bottom sleeve; 4. 加强筋 Reinforcement plate; 5. 导杆 Guide-bar; 6. 导套 Linear bearing; 7. 限制套筒 Limit sleeve; 8. 压簧 Compressed spring; 9. 底座 Base; 10. 滑块 Slipper; 11. 滑槽 Sliding way.

图 4 覆土装置结构设计

Fig. 4 Structure design of covering soil device

呈“八”字形放置,刮板随开沟机向前推进,给两边的土一个垂直于刮板内侧的正压力,在正压力的作用下,使两边的土向沟内侧移动,进入沟槽中,对肥料进行覆盖,实现覆土功能。遇到起伏不平整地面时,刮板下端受到地面的作用力,刮板、限位套筒及导杆上移,使整个覆土装置在滑槽内上移。由于整个覆土装置与地面呈一定角度悬挂,在装置整体上移的同时还会产生向前运动的趋势,为了防止导杆卡在导套内,故在导套内装有直线轴承,减少导杆与导套的摩擦。当恢复平地时,在压簧的作用下,整个覆土装置下移至初始状态,实现仿形功能。

3) 覆土装置设计计算。梯形沟槽里的土壤被刀片甩至两边地表,呈三角形分布。在覆土板的作用下,大部分土被推回沟里,沟面上剩余的土同样呈三角形分布,如图 5 所示,阴影部分为土壤,两边空白梯形部分则是被推回肥沟里的土。沟型两边的甩土和覆土情况相同,呈对称分布,故取其中一半进行分析计算。为了减少肥料体积对计算结果的影响,在开沟、覆土过程中,关闭插板,使复合肥不能进入沟槽内。

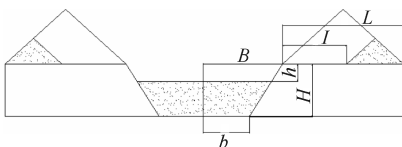


图 5 覆土前后沟形示意

Fig. 5 Chart of groove before and after cocoring soil

图 5 中, b 为梯形沟槽下底边长; B 为覆土后梯形沟槽下底面至地面的距离(简称高度); h 为梯形沟槽深度; H 为开沟时土被甩至最远处与上沟壁距离(简称最大距离); l 为覆土后上沟壁至剩余土最近距离(简称最小距离)。

剩余在沟面上的土体积用 Q_1 表示,则 $Q_1 = S_{\Delta} \text{阴影} v$ 。

假设覆土后沟内的土均匀分布,设其土的理想体积为 Q_2 ,则 $Q_2 = Q_1 = S_{\text{梯形阴影}} v$ 。

梯形沟槽内被甩出来的土体积用 Q_3 表示,则

$$Q_3 = \frac{b+B}{2} H v \quad (1)$$

被刮土板刮回梯形沟的土实际体积用 Q_4 表示,则

$$Q_4 = \left[\frac{b+B}{2} H - Q_2 \right] v \quad (2)$$

覆土率用 ϵ 表示,则

$$\epsilon = \frac{Q_4}{Q_3} \times 100\% \quad (3)$$

覆土后的均匀度用 λ 衡量,则

$$\lambda = \frac{|Q_2 - Q_4|}{Q_2} \times 100\% \quad (4)$$

由几何关系计算得

$$Q_1 = \left(\frac{b+B}{2} H \right) \left(\frac{L-l}{L} H \right)^2 v \quad (5)$$

$$Q_2 = \frac{(H-h)[B(H-h)+b(H+h)]}{2} v \quad (6)$$

将(5)式代入(2)式得

$$Q_4 = \frac{Hl(B+b)(2L-l)}{2L^2} v \quad (7)$$

将(7)、(1)式代入(3)式得

$$\epsilon = \frac{(2L-l)l}{L^2} \times 100\% \quad (8)$$

将(6)、(7)式代入(4)式得

$$\lambda = \left| 1 - \frac{Hl(B+b)(2L-l)}{L^2(B+b)(H-h)^2 - 2bhL^2(H-h)} \right| \times 100\%$$

3 田间试验

2012 年 9 月,在华中农业大学工科基地外一片空地中进行试验,土壤为红土壤,土壤硬度与山地柑橘园相似。开沟机开出沟形是已定的,参数 H 、 B 、 b 由开沟机决定,其中 $H=150$ mm,梯形沟槽上口宽 460 mm,下口宽 270 mm,故 $B=230$ mm, $b=135$ mm。开沟机甩土时所用据沟壁最远距离 L 除了由开沟机转速决定以外,还与挡土板的结构设计有关。田间试验测定数据见表 1。将 L 、 l 、 h 的平均值分别代入(8)、(9)式可得 $\epsilon=87.3\%$, $\lambda=12\%$ 。

表1 田间性能测试
Table 1 Field performance test

编号 No.	最大距离 Max distance	最小距离 Min distance	高度 Height
1	340	185	55
2	370	190	40
3	350	190	60
4	330	180	45
5	370	190	50
均值 Average	352	187	50

4 讨 论

设计配有排肥和覆土装置的开沟机,施肥装置采用单排肥器排肥,排肥器标准化且更换方便。但是,目前国内外尚无关于覆土器覆土问题的系统研究^[8]。设计的开沟机其覆土率为78.3%,可提高的空间很大。由公式(3)可知,梯形沟槽内被甩出来的土体积 Q_3 是一定的,故提高覆土厚度就能提高覆土率。任文涛^[9]通过对水稻种绳覆土厚度试验,测得影响覆土厚度的因素有开沟深度、覆土器挡板角度和行驶速度,三者之间与覆土厚度均成正比关系。但土槽试验结果表明,“八”字型覆土器在高速作业时,覆土性能不稳定且覆土性能差^[10],因此,可以通过增大覆土挡板的角度来提高覆土率。另外,新疆农垦科学院机械设备研究所研制了2种覆土装置,一种是采用滚筒式覆土机构^[11],另一种是滚轮式膜上覆土机构^[12]。该2种覆土机构除了能实现

覆土功能,同时还能将超过一定规格尺寸的土块颗粒分离出来,从而提高覆土质量。这些都应作为进一步开发覆土器的研究方向。

参 考 文 献

- [1] 李德胜. 果园施肥开沟机的研究现状[J]. 农业科技与装备, 2011(6):53-55.
- [2] 王京风. 微型果园开沟机的设计分析与优化[D]. 杨凌:西北农林科技大学图书馆,2010.
- [3] 董晓英. 小型果园割草机的研制[J]. 农机化研究, 2001(4):57-58.
- [4] 张加清. 大棚果园开沟深施肥的设计研究[J]. 农机化研究, 2012(3):119-122.
- [5] 肖远金. 果园生产机械的选型与配备[J]. 农村百事通, 2007(19):87.
- [6] 国家机械工业局. JB/T 9783-1999 播种机外槽轮播种器[S]. 北京:机械科学研究院,1999.
- [7] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:71-72.
- [8] 苟文. 套作模式链环覆土器的参数优化[J]. 农业工程学报, 2011,27(12):33-37.
- [9] 任文涛. 水稻种绳直播机作业参数对种绳覆土厚度影响的试验[J]. 农机化研究,2013(5):167-174.
- [10] 王景立. 双圆盘式覆土器运动参数的试验研究[J]. 农机化研究,2011(3):155-158.
- [11] 刘洋. 一种具有筛土功能的膜上覆土机构的研制[J]. 新疆农机化,2010(2):14-15.
- [12] 刘洋. 两种膜上覆土机构特点及其性能分析[J]. 新疆农机化, 2010(3):49-50.

Design of fertilization and covering devices based on micro walking ditcher

JI Jun-bao FAN Qi-zhou ZHANG Yan-lin

College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract The article is based on micro handed ditcher and it designs fertilization devices and covering soil devices which mainly include the transmitting designment of distributing device, central assignment, covington soil and simulation forms in order to achieve the cooperation of ditching, fertilization and covering soil. It implements the power from the wheel to rows fertilizer, the stability of the central point of fertilizer box, the adjustment of fertilizer consumption, covering plate achieving simulation function under this condition which its altitude is around 80 cm. The experimental conclusion in field shows that the speed of fertilization is 50 kg/h, the rate of covering soil is by 78.3% and its degree of uniformity is good.

Key words walking ditcher; distributing fertilizer; covering soil; device