

88-92

第23卷 第5期
1995年10月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 23 No. 5
Oct. 1995

1EX-60 型坑田机生熟土分离器的研究

郭贵生 吴希锈 杨有刚 樊相印

(西北农业大学机械与电子工程学院, 陕西杨陵 712100)

摘要 根据坑田耕作法农艺要求, 研制了 1EX-60 型坑田机。本文对坑田机主要工作部件——生熟土分离器的工作原理及主要影响因素进行了分析和试验, 提出了生熟土分离器的最佳运动参数和结构参数, 并研究了钻头转速对土垄形状的影响关系。

关键词 坑田机, 生熟土分离器, 结构设计

中图分类号 S222.290.3

坑田耕作法(区田法)是按一定行距、间距, 挖出一定深度和直径的坑, 熟土放回坑内, 生土放在坑的四周, 形成一定高度的圆垄, 在坑内种植粮食作物^[1]。实践证明, 这种耕作方法具有保土、保水、保墒的作用, 并有利于集中施肥、浇水、管理等优点, 是一种很好的旱农耕作方法。

但迄今为止, 其全部工序由人工完成, 劳动强度大, 挖坑时间长, 受农时限制, 没有得到广泛的应用。因此, 早日研制省力高效坑田机械, 对广阔的西北干旱半干旱地区推广坑田耕作法, 减少水土流失, 提高粮食产量有着十分重要的作用和非常深远的意义。为此, 前人对多种土壤耕作机械及挖坑机的工作原理和结构^[2~3]进行了分析, 并结合坑田耕作法的特点, 坑径定为 600 mm, 坑深定为 500 mm, 进行了 1EX-60 型坑田机的设计。

1 农艺上对坑田机的要求

①保证熟土和生土能有效的分开, 分离率要达到 90% 以上; ②保证熟土能回填坑内, 且熟土尽量疏松平整; ③生土能抛向坑的四周, 并形成圆形土垄。

2 结构确定

根据农艺上对坑田机的要求, 基本结构定为以挖坑机螺旋钻头输送土壤, 再加生熟土分离器来分离生土和熟土。故生熟土分离器是本研究的主要任务, 也是坑田机的关键部件, 它的作用就是将钻头输送出来的熟土和生土分开, 并且将熟土回填坑内, 生土放在坑的四周, 形成圆形土垄。因此, 生熟土分离器结构设计是否合理决定着坑田机的工作性能。

通过螺旋钻头输送土壤的运动分析及土壤被抛出坑外的运动规律、土垄形状的研究,

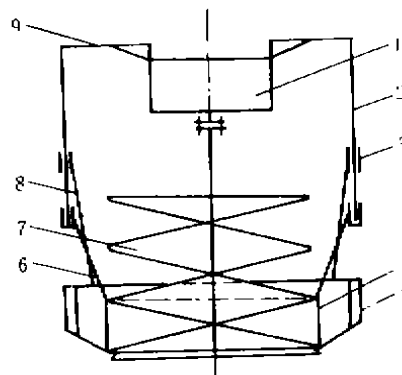


图1 分离器结构示意图

1. 变速箱; 2. 导杆; 3. 导杆滑套; 4. 内圈; 5. 外圈;
6. 内圈拉杆; 7. 钻头; 8. 外圈吊杆; 9. 支承架

收稿日期: 1994-09-14

并对几种方案进行了比较,最后确定图1所示方案。它主要由生熟土分离器内圈、外圈、内圈吊杆、外圈吊杆、导杆、滑套、支承架等组成。它能使生熟土在一次挖坑过程中进行分离,工作效率高,结构简单,操作方便。

3 工作原理

3.1 工作过程

工作时,钻头旋转同时向下作进给运动,钻尖切去中心部分的土壤,继而刀片切下的土壤沿螺旋面上升,当土壤没有坑壁和分离器内圈壁阻挡时,土壤将在离心力作用下抛向坑四周。在开始工作时,钻头螺旋输送的是熟土,而外圈比内圈略高,土壤抛向四周时,因外圈壁的阻挡下落在内、外圈之间,其容积等于熟土层的体积。当熟土将内、外圈之间容积充满后,此时内外圈无高度差,钻头输送的生土在离心力作用下,则抛向分离器外圈的四周,形成土垄。当钻头达到规定深度以后,钻头提起的同时,外圈因有滑套而不动,内圈被拉杆提起,此时在内外圈底部形成一定间隙,填充在内外圈之间的熟土靠自重沿外圈底部斜面落到坑的内部。当钻头提升到一定高度以后,生熟土内外圈滑套沿拉杆方向间隙消除,这段时间内,熟土全部回填坑内,外圈也被提起,分离工作过程结束。

3.2 加分离器后土流的运动分析

由于分离器的存在,其内圈相当于坑壁,钻头使土壤沿着分离器的内圈向上运动,上升到内圈的顶点以后,将以一定的初速度作抛体运动,因内圈比外圈低,作抛体运动的土流将受到外圈壁的阻挡,沿着外圈壁落到内、外圈之间,如图2所示。当内外圈之间的容积充满以后土流继续运动,先在外圈壁处堆集,这种堆集过程逐渐向内圈移动,同时土壤也向内圈壁处下滑,而后面的土流对它具有一定的挤压作用。抛土、下滑、挤压过程,使内圈壁处增加了一定高度 H ,使抛土过程的起点增加,抛土轨迹提高,从而使土流在具有一定冲击速度和抛土轨迹高度增加两个因素的共同作用下,克服了内外圈之间的土壤阻力,越过外圈,如图3所示。

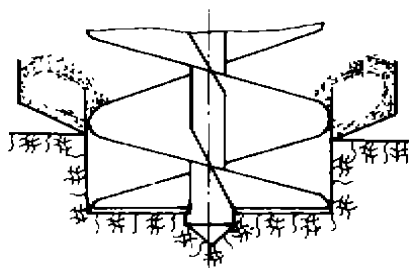


图2 钻头在熟土层工作时土流的运动

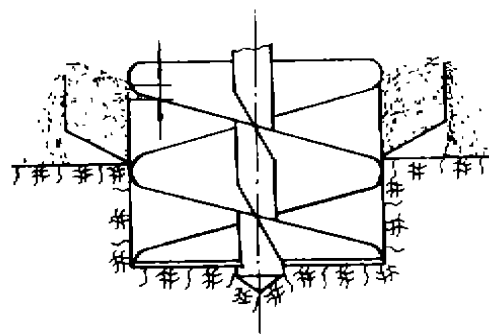


图3 钻头在生土层工作时土流的运动

3.3 钻头运动参数选择

由生熟土分离器工作原理和土流运动可以看出,影响分离器效果主要运动参数是钻头转速。当转速较小时,抛土半径小,在钻头开始工作阶段,熟土被抛出坑外,遇到分离器

外圈的阻挡落于分离器内。但生土因抛土半径小,不能越过分离器外圈堆集在熟土的上层,使分离很难进行。要保证生熟土能顺利的进行分离,只有在较高转速下,结构上保证使熟土抛出坑以后遇到外圈下落,而当分离器内被熟土充满以后,生土层的土壤就在强大的离心力作用下,越过外圈抛出。

另外由钻头升运土壤理论知,坑壁对土壤产生阻止其旋转的摩擦力,该摩擦力引起外层土壤沿着钻头螺旋片表面向上运动,因分离器的内圈起到坑壁的作用,而金属与土壤之间的摩擦系数小,内圈与土壤之间的摩擦力也较小,这将影响土流向上运动的速度。故要将生熟土分离,钻头转速要取偏高值。但钻头转速也不能太高,因钻头在高转速下进行工作,熟土有分离器外圈阻挡,可落到分离器内,而生土因抛土半径大,使坑的周围不能形成满足农艺要求的土垄;另一方面,钻头高转速时,振动大,功率消耗严重,故坑田机工作转速以中等偏高为宜。

增加钻头的进给量,能提高土壤升土速度,分离效果好,工作效率增加。但受土流内半径的限制,功耗也呈直线增加。故进给量应根据钻头转速、土流内半径及土壤工况而定。如土壤松软,可采用较大进给量,而较硬的土壤,采用较低进给量以保证钻头正常工作^[4-6]。

4 转速对土垄形状的影响

虽然人们对螺旋钻头升土进行了大量的研究,但对抛土后形成的土垄形状从无人提起。土垄的形成与钻头转速有着密切关系,但也无人分析过。由于坑田机生熟土分离与钻头抛土后形成的土垄有关,故有必要对不同转速下土垄的形成进行研究。为了分析转速对土垄形状的影响,在试验土壤(粘土)坚实度为 6.21 kg/cm^3 ,含水率为 14.5% ,坑径

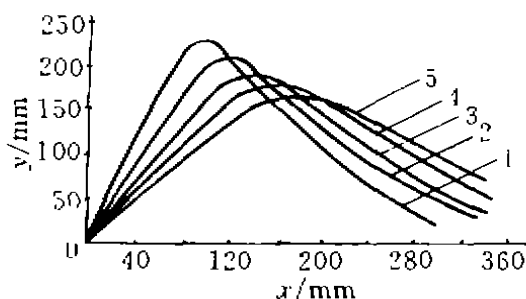


图 4 转速对土垄形状的影响

600 mm,坑深 500 mm,进给量 25.6 mm/r 的情况下,对不同转速形成的土垄,测量其离坑壁 x 处的高度 y ,得到一组数据曲线,如图 4 所示,对图中曲线进行分析,认为以下式:

$$y = ax^b \cdot e^{cx} \quad (1)$$

拟合最好。为了进行回归处理,将(1)式变换为: $\ln y = \ln a + b \ln x + cx$ 。

令 $u = \ln y$, $b_0 = \ln a$, $\ln x = v$, $x = t$, 则 $u = b_0 + bv + ct$ 。将原始数据进行变换,按线性回归求出 b_0, b, c 。

则得

$$u = b_0 + bv + ct$$

$b_0 = \ln a$, $a = e^{b_0}$, 将求得的 a, b, c 代入(1)可得回归方程。

对数据用计算机进行处理,得到不同转速下土垄回归方程列于附表。由计算机输出的拟合度信息可知相关指数 R^2 均较高,说明方程拟合度很好。由图 4 可看出,随着钻头转速由低向高变化,土垄高度逐渐减小,最高点离坑壁的距离增大。该图对生熟土分离器的结

构设计具有一定的参考价值。

5 结果与讨论

试验是在土壤坚实度为 6.21 kg/cm^2 和含水率为 14.5% 的工况下,将分离器安装调试好后进行的。为了研究生熟土的分离情况,在熟土层内(25 cm 深)均匀加入一定数量的直径

约 3 cm 的小石块。首先在自重(钻头)作用下,钻头转速由低向高变化,试验结果表明,低转时速(120 r/min)分离效果差,熟土可回填坑内,但生土无法抛出分离器外圈,随着转速的增加(150 r/min),分离效果有明显好转,当钻头转速最大(220 r/min)时,分离效果最好,即抛出分离器外圈的生土量多,这与前面的分析结果一致。由试验情况看,这种结构的分离器完全能将熟土回填坑内,在较高转速下生土能抛向圈外,满足要求,但也存在问题,滑套在导杆上有时出现卡死现象,是由于分离器支承架的刚度不够,在钻头下降的过程中有变形,影响了导杆的平行,因而出现卡死现象,解决的办法是加强分离器支承架的刚度,减小其变形,重新确定滑套的长度和滑套与导杆之间的间隙,并且由 2 个导杆滑套变为 3 个导杆滑套。

由试验结果结合转速对土垄形状影响曲线可以看出,当内外圈之间的距离在 120~180 mm 之间取值时合理,因为这个范围是钻头在中偏高转速下抛土轨迹的最高点,大于或小于这个范围,对生熟土分离和分离器结构都不利;同时内外圈之间的高度差以 150~180 mm 为宜,因为高度差太小时,不能阻挡熟土落入分离器,太高则生土也被挡在分离器内。

6 结束语

1)试验结果表明,1EX-60 型坑田机生熟土分离器能满足农艺要求,并且一次性完成作业任务,结构简单,操作方便。

2)钻头的转速,生熟土分离器内外圈间距及高度差是影响生熟土分离的主要因素。

3)转速对土垄形状的影响可用方程 $y = ax^b \cdot e^{cx}$ 拟合,该方程对研究坑田机生熟土分离器的合理结构具有指导意义。

附表 不同转速时土垄回归方程

$n(\text{r/min})$	回归方程	R^2
99	$y = 0.188x^{1.894} \cdot e^{-0.0102x}$	0.9788
126	$y = 0.201x^{1.864} \cdot e^{-0.0174x}$	0.9645
156	$y = 0.138x^{1.821} \cdot e^{-0.0128x}$	0.9315
174	$y = 0.098x^{1.801} \cdot e^{-0.0109x}$	0.9593
204	$y = 0.194x^{1.567} \cdot e^{-1.4499x}$	0.9794

参 考 文 献

- 1 郭文韬著.中国古代农作制和耕作法.北京:农业出版社,1981.188~204
- 2 镇江农业机械学院编.农业机械学.北京:中国农业机械出版社,1981.1~135
- 3 东北林学院编.林业机械.北京:中国林业出版社,1983.130~169
- 4 李整民.挖穴机运行工况及相关参量的研究.农业机械学报,1985(3):87~97
- 5 刘少刚.挖坑机钻头转速及进给量的优化选择.林业机械,1989(3):27~37
- 6 黄仁楚.挖坑机工作参数的研究——钻头转速及土壤因子对功率消耗和阻力矩的影响.东北林业大学学报,1987(5):83~89

A Study on the Subsoil and Top Soil Separator of the 1EX-60 Type Pit Digger

Guo Guisheng Wu Xixiu Yang Yougang Fan Xiangyin

(College of Mechanical and Electronic Engineering,

Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract 1XE-60 type pit digger was developed according to the technical requirements of pit digging method. After an analysis and test of the main workparts of the machine, working principles and main factors of the subsoil and top soil separator, the optimum motion and structure parameters of the subsoil and top soil separator were advanced. The relation between the speed of screw auger and the shape of soil ridge was analysed as well.

Key words Pit digger, immature and mellow soil separator, constructional design

欢迎订阅 1996 年《新疆农业科学》

《新疆农业科学》是包括农林牧副渔业的综合性农业科技期刊,主要报道新疆农业科研新成果和生产技术新经验,宣传现代农业科学知识和实用技术,除刊登学术论文、科研报告、调查报告、技术经验总结外,还辟有进展与成就、问题与建议、国外农业科技、科技信息等栏目,适合广大农业科技人员、农林牧院校师生、农村工作干部和有一定文化知识的农林牧业生产者阅读。

本刊为双月刊,国内统一刊号 CN65-1097/s,国际刊号 ISSN1001-4330,邮发代号 58-18,每册定价 1.40 元,全国各地邮局均办理订阅手续。