

1SZ-460型杠杆式深松机设计与试验^{*}

李艳龙 刘宝 崔涛 张东兴

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

【摘要】 深松作业可以打破犁底层,在不翻动土壤的前提下可有效改善土壤的透水、透气性能,为植物根系提供更大的伸展空间。本文针对普通深松机械作业中存在的牵引阻力大、土壤松碎效果差等问题,研制出一种基于杠杆原理的振动式深松机。深松铲形式为窄凿型,能最大限度地保护土壤、减少水分蒸发。样机在30 cm耕深时振动作业与无振动作业的牵引阻力对比试验表明,振动深松作业可有效降低机具牵引阻力,降阻幅度可达13%~18%。

关键词: 振动深松机 土壤深松 偏心轴 杠杆 牵引阻力

中图分类号: S222.12⁺⁹

文献标识码: A

Design and Field Experiment on 1SZ-460 Lever-type Subsoiler

Li Yanlong Liu Bao Cui Tao Zhang Dongxing

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

Soil deep loosening operation can break the hard-pan without flipping the soil. It can effectively improve the water and air permeability performance of the soil, and provide a broader space to the plant roots. To solve the existing problems, such as insufficient loosening depth, big tillage resistance and the power consumption for general types of deep loosening machines, a new type of the lever vibrating ripper is developed. The ripper is consist of five main parts, the stander, eccentric axis, crisscross connector, deep loosening shovels and wheels for depth control. The crisscross connector makes this machine achieve double vibrations. The power is transmitted effectively and tersely by the gimbal and the lever, which can enlarge the vibration displacement and increase amplitude with the increasing deep tillage. The form of shovels is narrow chisel-type so that it can maximize the protection of the soil and reduce the moisture evaporation. Contrastive experiment of vibrating and non-vibrating subsoiling operation is carried out to analyze the impact of vibration on the traction resistance. The experimental results indicate that the operation traction resistance can be reduced 13%~18%.

Key words Vibration subsoiler, Soil deep loosening, Eccentric axis, Lever, Traction resistance

引言

深松作业可以打破犁底层、疏松土壤,在不翻动土壤前提下可有效改善其透水、透气性能,为植物根系提供更大的伸展空间^[1~2]。试验表明,深松作业可大幅度提高作物产量,特别是深根系作物的产量^[3]。但是,目前深松机械作业普遍存在牵引阻力

大、土壤松碎效果差等问题。本文针对这些问题,利用杠杆原理,研发一种振动式深松机。

1 振动深松机总体结构及工作原理

1.1 总体结构

杠杆式振动深松机主要由机架、偏心轴、十字轴挂接器、杠杆、深松铲以及限深轮等组成,如图1所

收稿日期: 2009-07-10 修回日期: 2009-08-01

^{*} 现代农业产业技术体系建设专项资金资助

作者简介: 李艳龙,硕士生,主要从事机械装备与计算机测控研究,E-mail: liyl1228@126.com

通讯作者: 张东兴,教授,博士生导师,主要从事机械装备与计算机测控研究,E-mail: zhangdx@cau.edu.cn

示。振动深松机的核心结构由与振动相关的部件构成,该结构将直接影响机器的工作质量和使用寿命,其应用中常见的结构形式主要有曲轴滑槽、偏心振子、弹簧振动机构等^[4]。杠杆式振动深松机与振动相关的核心结构主要由偏心轴和十字轴挂接器组成。

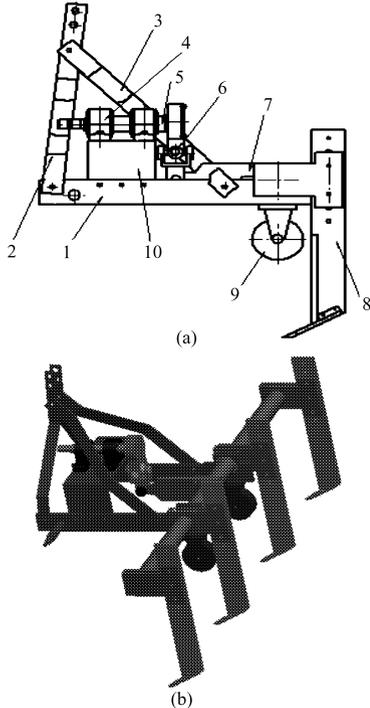


图1 杠杆式振动深松机

Fig.1 Structure of vibration ripper

(a) 二维结构示意图 (b) 三维实体造型

1. 机架 2. 悬挂架前架板 3. 后拉杆 4. 轴承座 5. 偏心轴
6. 十字轴挂接器 7. 杠杆 8. 深松铲 9. 限深轮 10. 门型板

1.2 工作原理

深松铲振动动力由拖拉机动力输出轴通过万向传动轴经偏心轴一端输入,偏心轴另一端将往复运动及相应动力传递给十字轴挂接器,再通过铰接在机架上的杠杆,带动深松铲产生振动,实现对土壤的深松作业。通过调整深松铲柄与杠杆末端固定板上相应孔的不同配合位置,可以对深松铲铲尖与限深轮距地面垂向高度进行调节,实现深松作业的耕深调整。

杠杆式振动深松机的主要技术参数如表1所示。

2 主要工作部件设计

2.1 偏心轴

深松铲的周期振动由拖拉机动力输出轴通过偏心轴(图2)驱动产生。偏心轴与旋转中心一致的一端为六槽花键,与拖拉机动力输出轴联结;轴的另一端为偏心端,位于两安装轴承之外,并与十字轴挂接

器上端联结。参照文献[5],确定偏心距为10 mm。由于此轴及其支撑轴承将承受较大周期性冲击载荷,因此在保证轴自身强度的前提下,选用工作承载能力较大的单列滚柱轴承作为轴的支撑轴承。

表1 杠杆式振动深松机主要技术参数

Tab.1 Technical parameters of vibration subsoiler

参数	数值
外形尺寸(长×宽×高)/mm	910×1 840×1 200
配套动力/kW	45~60
机器质量/kg	180
作业行数	2或4
工作振幅/mm	18~22
最大作业幅宽/mm	1 800
最大入土深度/mm	350
深松铲入土角/(°)	25
作业效率/hm ² ·h ⁻¹	1.0~1.5

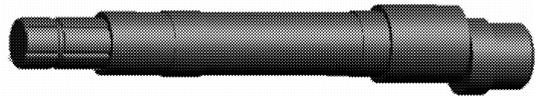


图2 偏心轴三维实体造型

Fig.2 3-D solid modeling of eccentric axis

2.2 十字轴挂接器

十字轴挂接器的结构如图3所示。上端是轴承座和端盖,轴承座内置双列圆柱滚子轴承与偏心轴的偏心端联结。轴承座下端焊接上卡爪,其两相对孔通过滚针轴承与十字轴相应端联结。十字轴另外两端与下卡爪同样通过滚针轴承联结,下卡爪的下端与杠杆的一端铰接。十字轴与卡爪之间通过卡簧实现轴向定位。十字轴挂接器的作用是将偏心轴偏心端的圆周运动转变为十字轴中心位置的上下振动,并进而转变为杠杆铰接端的振动。

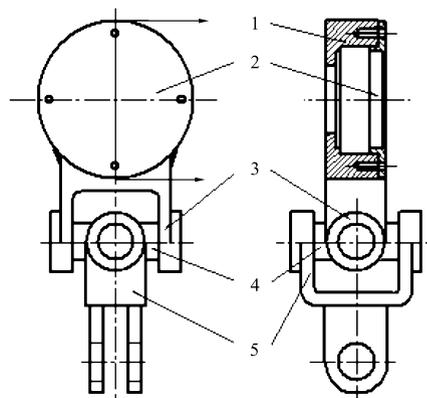


图3 十字轴挂接器结构图

Fig.3 Structure of universal connector

1. 轴承座 2. 端盖 3. 上卡爪 4. 十字轴 5. 下卡爪

2.3 深松铲

深松铲主要是由铲头和铲柄 2 部分组成,如图 4、5 所示。因其在坚硬土壤中工作,因此深松铲除了应具有较强的松碎土壤能力,还要有足够的强度、刚度和耐磨性能^[6]。由于本文所研制的杠杆式振动深松机主要针对玉米的深松作业,因此考虑中耕期间行间深松不伤根的要求,铲头选用尖头凿型铲。它利用楔子原理碎土,工作中土体受铲面的挤压,当挤压力大于土体的剪切强度时,土体被剪切破坏。实验表明,尖头凿型铲的碎土效果和牵引阻力均与入土角 α 有关。

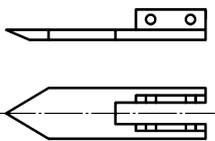


图 4 铲头结构示意图
Fig. 4 Structure of shovel head

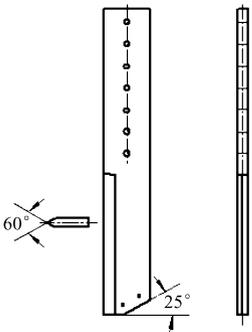


图 5 铲柄结构示意图
Fig. 5 Structure of share shaft

牵引阻力随着 α 的增大而增加,当 α 超过 40° 时牵引阻力急剧增加,所以 α 一般不超过 25° 。同时,牵引阻力也随着铲头宽度的增大而增加,因而铲尖宽度一般不超过 50 mm,但如果铲头宽度过小,则松土范围将减小,松土效果也将不明显。据此,本文所设计的铲头宽度为 50 mm,入土角 α 为 25° 。

铲柄采用直杆式,其上设有距离为 50 mm 的 7 个等距孔,通过螺栓与杠杆末端的固定板相连接,且同时可调节深松深度。铲柄入土部分的横截面设计成双面楔形,夹角为 60° ,以起到更好的碎土和减阻作用。铲柄下端有 2 个通孔,其中心的连线与水平面为 25° 夹角,用以固定铲头并保证入土角 α 为 25° 。

3 执行机构振动运动过程

3.1 十字轴挂接器的运动

十字轴挂接器可以将偏心轴偏心端的圆周运动最终转变为铰接在下卡爪上的杠杆端的小角度振动。图 6 为十字轴挂接器在正视方向的运动分析图。

设偏心轴的偏心距为 a ,则轴承座中心绕着直径为 $2a$ 的圆作圆周运动,并带动上卡爪以及与其连接的十字轴和下卡爪运动。如图 6 所示,当运动到图 6a 位置时,上卡爪摆动到最低位置且竖直,十字轴水平,下卡爪摆动到下端最大位移处。当运动到图 6b 位置时,上卡爪摆动到最左端,十字轴倾斜,

下卡爪摆动到平衡位置。当运动到图 6c 位置时,上卡爪摆动到最高位置且竖直,十字轴水平,下卡爪摆动到上端最大位移处。当运动到图 6d 位置时,上卡爪摆动到最右端,十字轴倾斜,下卡爪摆动到平衡位置,此时连接的杠杆一端摆动到平衡位置,完成一周的运动。十字轴中心位置 O 点只有一个自由度,即只能沿着 y 方向作纵向运动。

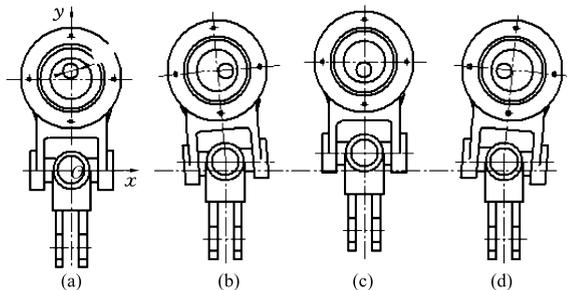


图 6 十字轴挂接器运动分析

Fig. 6 Motion analysis of universal connector

3.2 机构振动运动过程

整个执行机构的振动过程如图 7 所示。轴承座通过门型板固定在机架上,拖拉机的动力输出轴通过万向传动轴带动偏心轴转动,并使挂接在其偏心端的十字轴挂接器产生振动,进而带动与机架铰接的杠杆绕着支点 C 作小角度振动(视杠杆处于水平位置时为平衡位置,此时铲柄与地面垂直,入土角为 25°),最后实现深松铲的振动。

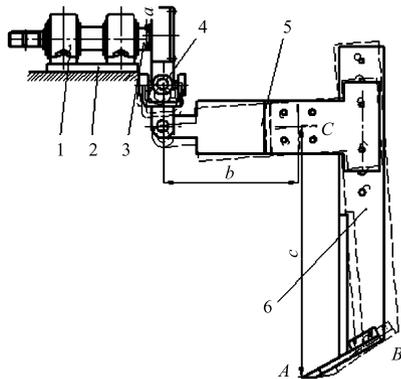


图 7 振动机构运动分析

Fig. 7 Motion analysis of mechanism

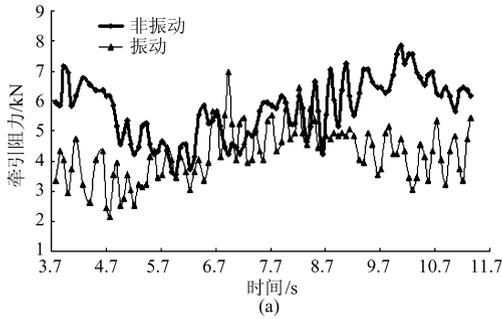
- 1. 轴承座 2. 门型板 3. 偏心轴 4. 十字轴挂接器 5. 杠杆
- 6. 深松铲

杠杆和深松铲作简谐振动, A 点为深松铲尖的平衡位置, B 点为深松铲右向最大位移位置。铲尖的振幅 l 由偏心距 a 、十字轴挂接器下端铰接点与杠杆支点 C 的距离 b ,以及 C 点到铲尖的距离 c 三者唯一确定,关系式为 $l = ac/b$ 。

4 田间试验

试验地位于北京市大兴区长子营镇。拖拉机牵

引速度为 2.23 km/h, 输出轴转速为 540 r/min, 耕深为 30 cm, 在振动与非振动 2 种条件下分别对 2 个铲和 4 个铲实施深松作业时机具的牵引阻力进行测试。



机具牵引阻力通过 HF-10K 型数显式推拉力计测得, 相关数据由计算机直接采集和处理。

图 8 为试验测得的振动与非振动 2 种条件下机具牵引阻力数值的对比情况。

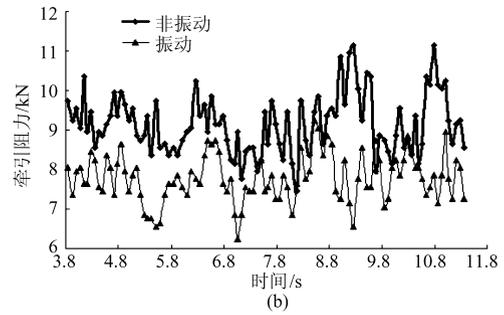


图 8 牵引阻力对比

Fig.8 Contrast of traction resistance

(a) 2 铲作业 (b) 4 铲作业

从图中可以看出, 振动深松明显降低了机具的牵引阻力。当 4 个铲作业时降阻幅度约为 15.35%。

5 结论

(1) 杠杆式振动深松机结构简单、紧凑, 使机具的制造成本在满足作业要求的基础上得以较大降

低。

(2) 深松铲的振幅取决于偏心距 a 、十字轴连接器下端铰接点与杠杆支点 C 的距离 b , 以及 C 点到铲尖的距离 c 。

(3) 该振动深松机可有效降低牵引阻力, 降阻为 13%~18%, 减阻效果良好。

参 考 文 献

- 郭新荣. 土壤深松技术的应用研究[J]. 山西农业大学学报, 2005, 25(1): 74~77.
Guo Xinrong. Research of deep loosening technology[J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2005, 25(1): 74~77. (in Chinese)
- 张春平, 王丽. 试论深耕深松机械化技术[J]. 农业技术与装备, 2008(2): 22, 24.
Zhang Chunping, Wang Li. On the deep tillage mechanization technology[J]. Agricultural Technology and Equipment, 2008(2): 22, 24. (in Chinese)
- 曹奎贤, 陶延怀, 安清平. 振动深松技术对作物产量的影响[J]. 黑龙江水利科技, 2007, 35(5): 13~14.
Cao Kuixian, Tao Yanhuai, An Qingping. Impact of vibration subsoiling technology on the crop yield[J]. Water Science and Technology in Heilongjiang Province, 2007, 35(5): 13~14. (in Chinese)
- 郭文斌. 我国深松机具的现状与发展方向探讨[J]. 中国农机化, 1996(5): 39~41.
Guo Wenbin. Investigate the current situation and developmental direction of Chinese deep loosening machinery[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 1996(5): 39~41. (in Chinese)
- 王俊发, 刘孝民. 振动深松机理的探讨[J]. 佳木斯大学学报, 2000, 18(4): 334~338.
Wang Junfa, Liu Xiaomin. Discussion of vibration subsoiling mechanism[J]. Journal of Jiamusi University, 2000, 18(4): 334~338. (in Chinese)
- 牛彦, 王瑞丽, 刘健. 深松铲的模态试验研究[J]. 沈阳建筑大学学报, 2008, 24(1): 150~156.
Niu Yan, Wang Ruili, Liu Jian. Experimental study on model of deep loosening shovels[J]. Journal of Shenyang Architectural University, 2008, 24(1): 150~156. (in Chinese)