

# 驱动圆盘玉米垄作免耕播种机设计与试验\*

王庆杰 何进 姚宗路 李洪文 李问盈 张学敏

**【摘要】** 针对东北垄作区免耕播种玉米时存在机具堵塞严重、条带旋耕功耗大、垄上作业稳定性差等问题,设计了驱动圆盘玉米垄作免耕播种机,提出了驱动圆盘破茬、限深轮稳定装置为一体的破茬开沟稳定机构,对本装置的关键参数进行了设计。田间试验结果表明,驱动圆盘玉米垄作免耕播种机通过性能好,破茬能力强。机具破茬深度约为87 mm,种肥间距稳定在48 mm时能够满足播种要求,播种施肥开沟器在主动圆盘开出的沟槽中进行二次开沟,减少了土壤扰动和动力消耗。与条带旋耕玉米垄作免耕播种机相比,油耗降低8.5%,地表动土量减少约50%。

**关键词:** 保护性耕作 免耕播种机 玉米 设计 试验

**中图分类号:** S223.2<sup>+</sup>6 **文献标识码:** A

## Design and Experiment on Powered Disc No-tillage Planter for Ridge-tillage

Wang Qingjie He Jin Yao Zonglu Li Hongwen Li Wenying Zhang Xuemin  
(China Agricultural University, Beijing 100083, China)

### Abstract

The powered-disc ridge till and no-till planter was designed to solve the problems of straw blocking, high energy consumption of strip rototilling and unstable operation on ridges in current no-tillage maize planting in ridge tillage areas of northeast China. The machine used the combined device of powered-disc and depth control wheel to cut the stubble, open seed furrow and stabilize in planting, and the key parameters of the device were analyzed and determined. The field experiment showed that the powered-disc ridge till and no-till planter was effective in anti-blocking and cutting stubble. The broken stubble depth was about 87 mm and the separation space between seed and fertilizer was approximately 48 mm, which met the agronomic requirements. Furthermore, the openers seeded and fertilized in the furrow opened by powered disc, thereby decreased soil disturbance and power consumption. The powered-disc ridge till and no-till planter reduced fuel consumption by 8.5% and soil disturbance by 50%, respectively compared to the strip-rototilling ridge till and no-till planter.

**Key words** Conservation tillage, No-till planter, Corn, Design, Experiment

### 引言

东北垄作区玉米产量高,秸秆粗大,秸秆、杂草易缠绕在免耕播种机开沟器铲柄上,机具通过性差,动力消耗大,另外机具在原有垄台上免耕播种作业,

稳定性差,易掉入垄沟<sup>[1~2]</sup>。目前在东北垄作区玉米垄作免耕播种机采用的主要防堵结构有:①条带灭茬,依靠主动旋耕刀片或直刀片将播种带旋耕宽为100~110 mm<sup>[3~4]</sup>后,随后播种机在旋耕带内完成施肥播种作业,该结构防堵性能良好,但土壤扰

收稿日期:2008-04-05

\*“十一五”国家科技支撑计划重点项目(项目编号:2006BAD28B04)

王庆杰 中国农业大学工学院 博士生,100083 北京市

何进 中国农业大学工学院 讲师 博士生

姚宗路 中国农业大学工学院 博士生

李洪文 中国农业大学工学院 教授 博士生导师 通讯作者

李问盈 中国农业大学工学院 副教授

张学敏 中国农业大学工学院 副教授

动大, 茎形破坏严重, 动力消耗大<sup>[5]</sup>。②被动圆盘刀破茬防堵, 依靠被动圆盘刀破茬防堵, 在入土能力有保障的情况下破茬效果好, 机具通过性好<sup>[6]</sup>, 但每个圆盘需要 180~200 kg 的镇压力, 正压力大, 机具笨重, 价格昂贵<sup>[7]</sup>。

针对东北垄作区玉米茎作免耕播种机存在的机具堵塞、原茎播种稳定性差以及动力消耗大等难题, 结合动力驱动防堵和非动力驱动防堵的各自优点, 设计了驱动圆盘玉米茎作免耕播种机, 并进行了田间试验。

### 1 驱动圆盘破茬稳定装置的结构和原理

驱动圆盘破茬稳定装置结构原理如图 1 所示, 该装置主要由缺口圆盘刀、刀轴和限深稳定轮等组成。缺口圆盘刀和限深稳定轮安装在同一刀轴上, 其中缺口圆盘刀与驱动刀轴固定连接在一起, 与地表面垂直且保持与前进方向平行, 可以随刀轴以一定转速正向转动。而限深稳定轮通过轴承与动力驱动刀轴连接, 两者可以自由相对转动。

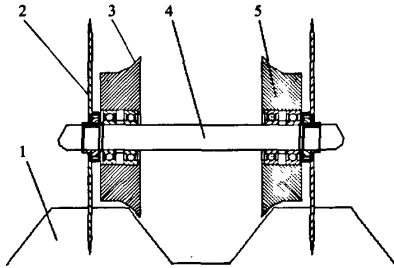


图 1 破茬限深稳定装置原理示意图

Fig. 1 Schematic diagram of cutting rootstalk and depth limiting and steady device

1. 垄台 2. 缺口圆盘刀 3. 稳定轮突起外环 4. 刀轴 5. 限深稳定轮

机具作业过程中, 缺口圆盘刀由拖拉机后输出轴提供动力, 切断垄台上的秸秆和根茬, 并且开出一条窄沟, 尖角开沟器在窄沟中二次开沟施肥播种, 防止堵塞、减少土壤扰动, 降低能耗。

限深稳定轮行走在垄台上, 依靠地面的摩擦力随机转动, 保证机具作业过程中缺口圆盘刀的破茬深度以及施肥播种开沟器的开沟深度的一致性, 同时限深稳定轮的突起外环与垄台的侧面相互作用, 依靠限深稳定轮的轴向力防止机具发生偏转, 掉入垄沟。

### 2 关键参数的理论分析

#### 2.1 缺口圆盘刀半径 $R$ 与限深轮半径 $R_1$

考虑播种机变速箱的位置以及播种机的通过性,

根据文献[10]设计了 3 种缺口圆盘刀, 半径分别为 240、255、260 mm。在黑龙江农机研究院 TCC-6 型土槽试验台上进行了室内土槽试验。试验结果表明, 采用半径为 255 mm 的缺口圆盘刀的机具结构合理、破茬效果和机具通过性良好, 因此缺口圆盘刀半径  $R$  为 255 mm。根据刀轴强度和刚度要求, 确定刀轴半径  $r$  为 40 mm。图 2 为破茬限深装置结构原理示意图。

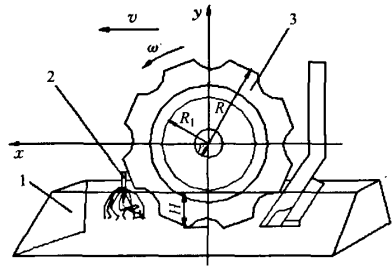


图 2 破茬限深装置结构原理示意图

Fig. 2 Schematic diagram of stubble-cutting and depth-control

1. 垄台 2. 根茬 3. 缺口圆盘刀

通过对玉米根茬的随机取样, 测试玉米根茬根深位于 65~85 mm 范围内。土槽试验表明, 破茬圆盘刀只需将主根茬切开, 整个根茬便解体, 开沟器即可完成开沟播种。从而确定破茬圆盘刀破茬深度只要不小于最大根茬深度就可以保证破茬效果。因此, 设计圆盘刀破茬深度为  $H = 85$  mm。

由限深轮半径  $R_1$  计算式

$$R_1 = R - H - r \quad (1)$$

得  $R_1 = 130$  mm。

#### 2.2 刀轴转速 $n$

土槽试验表明, 在相同的土壤条件、破茬深度  $H$  和宽度  $D$  以及机具前进速度下, 机具作业所需的功率随刀轴转速的增加而近似呈直线增加, 但是当刀轴转速达到某一值后, 破茬效果随着刀轴转速的增加变化并不明显。

在驱动缺口圆盘刀作业过程中, 缺口圆盘刀的绝对速度是由机组的水平前进速度  $v$  和缺口圆盘的自身角速度  $\omega$  合成的。可以建立坐标系得出驱动缺口圆盘刀上的任意一端点的运动轨迹方程为

$$\begin{cases} x = vt + R \cos \omega t \\ y = R \sin \omega t \end{cases} \quad (2)$$

该轨迹是一个以时间  $t$  为参数的余摆线方程。将式(2)对时间求导, 便可求得驱动缺口圆盘刀端点在  $x$  轴和  $y$  轴方向的分速度

$$\begin{cases} v_x = v - R\omega \sin \omega t \\ v_y = R\omega \cos \omega t \end{cases} \quad (3)$$

因此驱动式缺口圆盘刀端点的绝对速度为

$$v_a = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v^2 + R^2\omega^2 - 2vR\omega\sin\omega t} \quad (4)$$

室内土槽秸秆切割试验结果表明,在玉米根茬直径  $d = 1.5 \sim 2.4$  cm,含水率 10.2%~68.8% 范围内,根茬的临界切断速度为  $v_q = 0.83 \sim 7.7$  m/s,因此,由式(4)和式(1)以及机组前进速度  $v = 3 \sim 5$  km/h,得刀轴角速度  $\omega = 21.7 \sim 32.0$  rad/s,由

$$n = 30\omega/\pi \quad (5)$$

得刀轴转速  $n = 208 \sim 306$  r/min。

为了尽可能减少机具功率消耗,同时保证缺口圆盘刀的破茬能力,设计刀轴转速为 306 r/min。

### 2.3 稳定装置

通过田间随机测试垄台的剖面形状,建立了坐标系,经过曲线拟合得出垄台的剖面线 2 近似于一条抛物线  $y = -0.042x^2 + 14$ 。为了保证稳定轮能够较好地限制机具发生侧移,设计的稳定轮外部突起部分的剖面弧线 1 与垄台剖面线 45°角上半部分 2(图 3)的曲线吻合。

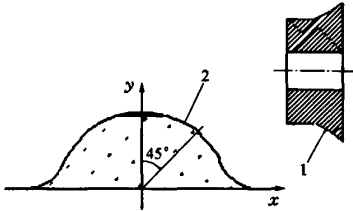


图3 限深稳定装置原理图

Fig.3 Schematic diagram of machine-stabilizing

稳定轮曲线为

$$y = -0.042x^2 + 14 \quad (5 \text{ cm} < x < 12 \text{ cm})$$

## 3 整机结构和技术参数

驱动圆盘玉米垄作免耕播种机总体结构如图 4 所示。整机主要包括缺口圆盘刀、限深稳定轮、挡土板、牵引架、变速箱、种肥箱、机架、镇压轮、覆土圆盘、排种开沟器、施肥开沟器等。

该机适用于东北地区玉米秸秆垄作覆盖地,播种行距 600 mm。机具一次作业能完成垄上破茬、开沟、施肥、播种、覆土、镇压等多道工序。工作时驱动缺口圆盘刀破茬开窄沟,尖角开沟器在窄沟上二次开沟施肥,实行种肥同沟垂直分施。充气橡胶镇压轮进行覆土镇压。

主要技术参数为:结构质量 276 kg,播种幅宽 1 200 mm,播种行数 2 行,播种行距 600 mm,破茬深度 80~100 mm,播种深度 3.0~5.0 mm,刀轴转速 306 r/min,作业速度 2~4 km/h,排种器形式外槽轮式,排肥器形式外槽轮式,外形尺寸 1 821 mm × 1 200 mm × 1 100 mm,配套动力为 20.6 kW 以上轮

式拖拉机,带有后输出轴。

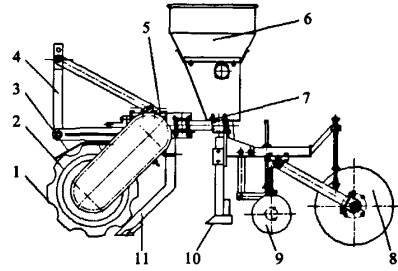


图4 驱动圆盘玉米垄作免耕播种机结构示意图

Fig.4 Schematic diagram of the powered-disc ridge till and no-till planter

1. 缺口圆盘刀 2. 限深稳定轮 3. 挡土板 4. 牵引架 5. 变速箱 6. 种肥箱 7. 机架 8. 镇压轮 9. 覆土圆盘 10. 排种开沟器 11. 施肥开沟器

## 4 田间播种试验与结果分析

### 4.1 试验条件

在辽宁省沈阳市苏家屯区垄作区保护性耕作试验田进行了田间试验。试验地为一年一熟垄作地,前茬作物为玉米,收获后秸秆粉碎还田。秸秆覆盖量为  $2.31 \text{ kg/m}^2$ ,土壤质地为壤土,土壤坚实度为  $2.11 \times 10^4 \text{ Pa}$ ;土壤含水率为 14.9% (0~5 cm)、16.1% (5~10 cm)。前茬作物行距为 600 mm。机具配套动力为 20.6 kW。

### 4.2 测试方法

根据农业部农机试验鉴定总站制定的对玉米免耕播种机播种质量的检测指标,播种性能试验测试内容包括常规的播种质量、种肥覆土状况、种肥间距等,主要检验依据为《免耕播种机选型试验大纲》和玉米免耕播种机性能检测项目与检测方法。

#### (1) 种肥深度

拖拉机以正常作业速度 (3~5 km/h) 播种后,机具稳定作业 60 m,往返作业一次,作业共 6 行,每行在 50 m 内随机取 10 个点,人工扒土进行播种深度和施肥深度测量。种肥间距 3~6 cm 为合格。

#### (2) 粒距

拖拉机以正常作业速度,开沟器不入土作业,将种子播在较松软的地表,以防止种子弹起,每行取 30 m 进行粒距测量。

#### (3) 机具通过性

机具合格标准为“在刚收获的玉米地,植被覆盖量为  $2.0 \sim 4.0 \text{ kg/m}^2$ ,测区长度为 60 m,往返一个行程,不发生堵塞或者有一次轻度堵塞”。

#### (4) 稳定性

机具合格标准为“在垄作地上,测区长度为

60 m, 往返一个行程, 机具不发生掉垄现象”。

(5) 土壤扰动量

保护性耕作要求播种时土壤扰动量要小, 即开沟播种时动土量要小, 达到保墒保水的目的, 同时减少拖拉机的动力消耗。开沟后沟形断面如图 5 所示, 则开沟器的土壤扰动量为

$$\eta = \frac{D}{S} \quad (6)$$

式中  $S$ ——播种行距, mm

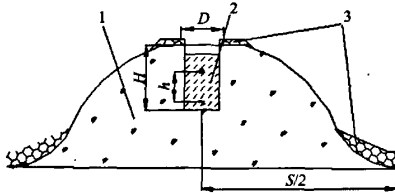


图 5 播种带沟形断面示意图

Fig.5 Sketch diagram of the groove section

1. 垄台 2. 种肥沟内的土壤 3. 覆盖秸秆

(6) 油耗测试

在播种过程中, 使用 CTM-2003B 型农机综合测试仪分别对驱动圆盘玉米垄作免耕播种机和条带灭茬玉米垄作免耕播种机的油耗进行了田间测试。

单位面积油耗为

$$Q = \frac{10P_t}{vD_w} \quad (7)$$

式中  $P_t$ ——小时油耗, L/h

$D_w$ ——播种机工作幅宽, m

4.3 试验结果及分析

驱动圆盘玉米垄作免耕播种机田间试验结果如表 1 所示。

表 1 驱动圆盘玉米垄作免耕播种机田间试验测定结果

Tab.1 Testing results for the performance of powered-disc ridge till and no-till planter

项目	实测值/mm	合格率/%	变异系数/%
播种平均深度	43	87.5	11.5
施肥平均深度	91	90.8	10.7
种肥间距	48	86.8	10.9
粒距	28	89.2	8.5
开沟宽度 $D$	57	99.7	5.9

4.3.1 种肥情况

(1) 试验结果显示, 播种平均深度 43 mm, 施肥平均深度 91 mm, 种肥间距为  $h = 48$  mm, 合格率为 86.8%, 变异系数为 10.9%, 符合免耕施肥播种的农艺要求, 这说明刀轴上的限深轮能够较好地限定机具的破茬、施肥、播种深度, 能够达到设计要求。

(2) 试验结果表明, 在秸秆覆盖垄作地播种试

验, 机具往返作业 6 次, 没有发生机具堵塞和掉垄现象。这是由于播种机采用驱动圆盘破茬开沟, 播种施肥开沟器在主动圆盘开出的沟槽中二次开沟, 提高了机具的通过性, 另外, 在限深稳定轮的保护下, 防止了机具发生侧移掉垄现象。

(3) 由于采用尖角式开沟器, 开沟宽度窄, 回土效果好, 没有发现晾籽现象。

(4) 播种后表土扰动宽度平均约为 57 mm, 播种机的平均行距为 600 mm, 表土动土量约占 9.5%, 地表保留秸秆约占原有秸秆的 90%, 而条带旋耕灭茬播种机动土量约为 110 mm, 表土动土量约占 18.3%, 秸秆保留量约占原有秸秆的 75%。主动垂直圆盘刀与条带旋耕灭茬相比, 灭茬作业宽度明显减小, 而且开沟器在圆盘破茬刀已开好的沟内二次开沟, 减少了机具的动土量。

4.3.2 油耗对比试验

作为对比试验的播种机是条带灭茬式玉米垄作免耕播种机。该机具主要参数: 作业行数 2 行, 作业行距 600 mm, 机具结构质量为 257 kg, 破茬方式为旋耕刀条带旋耕。两种播种机的播种深度, 施肥深度相同, 配套动力均为 20.6 kW 轮式拖拉机。2 种玉米垄作免耕播种机的田间油耗试验结果如表 2 所示。

田间油耗试验结果表明, 在相同转速和前进速度下, 驱动圆盘刀玉米垄作免耕播种机比条带旋耕灭茬玉米垄作免耕播种机油耗减少 1.57 L/hm<sup>2</sup>, 这是由于驱动圆盘玉米垄作免耕播种机的破茬圆盘刀垂直于地表且平行与机具前进方向, 作业时仅在播种带内破开或切断根茬开出一条窄沟, 然后由尖角式施肥播种开沟器在此窄沟上实现二次开沟, 减少了机具的动力消耗。

表 2 2 种玉米垄作免耕播种机的油耗对比

Tab.2 Comparison of fuel consumption of two ridge till and no till planters

机具类型	机组前进	小时	刀轴	单位面积
	速度 $v$	生产率 $P$	转速 $n$	耗油量 $Q$
	/km·h <sup>-1</sup>	/hm <sup>2</sup> ·h <sup>-1</sup>	/r·min <sup>-1</sup>	/L·hm <sup>-2</sup>
驱动缺口圆盘	3.5	0.21	306	10.22
直刀破茬	3.5	0.21	306	11.79

5 结论

(1) 驱动圆盘玉米垄作免耕播种机采用了驱动圆盘破茬限深稳定装置, 驱动缺口圆盘刀先开沟, 后播种施肥开沟器二次开沟的原理, 减少了动力消耗、土壤扰动, 本机进地一次可完成破茬、施肥、播种、覆

土、镇压,能够减少机具进地次数。

(2)田间试验表明,驱动圆盘玉米垄作免耕播种机能够在秸秆覆盖量 $2.0\sim 4.0\text{ kg/m}^2$ 的垄作地上实现原垄免耕播种,开沟宽度 $57\text{ mm}$ ,开沟深度为 $98\text{ mm}$ ,开沟情况满足农艺要求,缺口圆盘刀入土能

力强,在限深轮的作用下,破茬深度稳定在 $88\text{ mm}$ 左右,试验过程中没有发生堵塞,防堵性能好。

(3)与条带旋耕式玉米垄作免耕播种机相比,驱动圆盘玉米垄作免耕播种机的土壤扰动量减少近 $50\%$ ,油耗减少 $8.5\%$ 。

#### 参 考 文 献

- 1 吴仕宏,李宝筏,包文育. 新型垄作耕播机破茬清垄装置的研究[J]. 农机化研究, 2007(1): 116~122.  
Wu Shihong, Li Baofa, Bao Wenyu. Research on the new type residues cutting and ridge cleaning device of till planter[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(1): 116~122. (in Chinese)
- 2 李宝筏,刘安东,包文育,等. 东北垄作滚动圆盘式耕播机[J]. 农业机械学报, 2006, 37(5): 57~59.  
Li Baofa, Liu Andong, Bao Wenyu, et al. Rolling disc type till-planter of the ridge cropping system in northeast area of China[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(5): 57~59. (in Chinese)
- 3 罗红旗,高焕文,刘安东,等. 玉米垄作免耕播种机研究[J]. 农业机械学报, 2006, 37(4): 45~47, 63.  
Luo Hongqi, Gao Huanwen, Liu Andong, et al. Study on ridge-till and no-till corn planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(4): 45~47, 63. (in Chinese)
- 4 徐迪娟,李问盈,王庆杰. 2BML-2(Z)型玉米垄作免耕播种机的研制[J]. 中国农业大学学报, 2006, 11(3): 75~78.  
Xu Dijuan, Li Wenyong, Wang Qingjie. Development of 2BML-2(Z) type no-till maize seeder in ridge-field[J]. Journal of China Agricultural University, 2006, 11(3): 75~78. (in Chinese)
- 5 Damora D, Pandey K P. Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertilizer drills[J]. Soil and Tillage Research, 1995, 34(1): 127~139.
- 6 Tice, Hendrick. Disk coulter force: evaluation of mathematical models[J]. Transaction of the ASAE, 1991, 34(6): 2 291~2 298.
- 7 姚宗路,高焕文,李洪文,等. 一年两熟区玉米覆盖地小麦免耕播种机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(8): 57~61.  
Yao Zonglu, Gao Huanwen, Li Hongwen, et al. Experiment on no-till wheat planter under the bestrow of the maize stubble in double cropping area[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(8): 57~61. (in Chinese)
- 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,1988: 185~190.

(上接第 97 页)

- 5 白雪飘. APDL 参数化有限元分析技术及其应用实例[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2004.
- 6 蒋小平. 涡壳式泵体强度计算应用程序开发与应用[D]. 镇江:江苏大学,2006.  
Jiang Xiaoping. Development and application of program for strength calculation of volute case of pump[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2006. (in Chinese)
- 7 王福军. AutoCAD 2000 环境下 C/Visual C++ 应用程序开发教程[M]. 北京:希望电子出版社,2000: 291~321.
- 8 Dale Rogerson. COM 技术内幕[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
- 9 黄维通. Visual C++ 面向对象与可视化程序设计[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
- 10 黄世桥. 往复泵动力学分析方法[J]. 化工机械, 1988, 15(5): 272~275.  
Huang Shiqiao. Analysis method of dynamics on reciprocating pump[J]. Chemical Engineering & Machinery, 1988, 15(5): 272~275. (in Chinese)
- 11 Lee H J. Dynamics and probabilistic fatigue analysis schemes for high-speed press machines[J]. Computers & Structures, 1994(50): 11~19.
- 12 蒋小平,施卫东,王准,等. 水泵涡壳强度校核程序设计[J]. 农业机械学报, 2008, 39(2): 77~80.  
Jiang Xiaoping, Shi Weidong, Wang Zhun, et al. Program for strength checking of pump volute case[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(2): 77~80. (in Chinese)

# 驱动圆盘玉米垄作免耕播种机设计与试验

作者: [王庆杰](#), [何进](#), [姚宗路](#), [李洪文](#), [李问盈](#), [张学敏](#), [Wang Qingjie](#), [He Jin](#), [Yao Zonglu](#), [Li Hongwen](#), [Li Wenying](#), [Zhang Xuemin](#)

作者单位: [中国农业大学工学院, 100083, 北京市](#)

刊名: [农业机械学报](#) 

英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY FOR AGRICULTURAL MACHINERY](#)

年, 卷(期): 2008, 39(6)

被引用次数: 17次

## 参考文献(8条)

1. 吴仕宏;李宝筏;包文育 [新型垄作耕播机破茬清垄装置的研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2007(01)
2. 李宝筏;刘安东;包文育 [东北垄作滚动圆盘式耕播机](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2006(05)
3. 罗红旗;高焕文;刘安东 [玉米垄作免耕播种机研究](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2006(04)
4. 徐迪娟;李问盈;王庆杰 [2BML-2\(Z\)型玉米垄作免耕播种机的研制](#)[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2006(03)
5. Damora D;Pandey K P [Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertilizer drills](#) 1995(01)
6. Tice;Hendrick [Disk coulter force:evaluation of mathematical models](#) 1991(06)
7. 姚宗路;高焕文;李洪文 [一年两熟区玉米覆盖地小麦免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2007(08)
8. 中国农业机械化科学研究院 [农业机械设计手册](#) 1988

## 本文读者也读过(10条)

1. [马洪亮](#). [高焕文](#). [李洪文](#). [魏淑艳](#). [Ma Hongliang](#). [Gao Huanwen](#). [Li Hongwen](#). [Wei Shuyan](#) [斜置驱动圆盘免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2006, 37(5)
2. [孙茸茸](#). [Li Wenying](#). [李洪文](#). [Sun Rongrong](#). [Li Wenying](#). [Li Hongwen](#) [垄作玉米免耕播种机破茬装置设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2008, 39(8)
3. [姚宗路](#). [李洪文](#). [高焕文](#). [王晓燕](#). [张学敏](#). [Yao Zonglu](#). [Li Hongwen](#). [Gao Huanwen](#). [Wang Xiaoyan](#). [Zhang Xuemin](#) [一年两熟区玉米覆盖地小麦免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2007, 38(8)
4. [姚宗路](#). [高焕文](#). [王晓燕](#). [李洪文](#). [李问盈](#). [Yao Zonglu](#). [Gao Huanwen](#). [Wang Xiaoyan](#). [Li Hongwen](#). [Li Wenying](#) [2BMX-5型小麦-玉米免耕播种机设计](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2008, 39(12)
5. [张喜瑞](#). [何进](#). [李洪文](#). [李问盈](#). [李慧](#). [Zhang Xirui](#). [He Jin](#). [Li Hongwen](#). [Li Wenying](#). [Li Hui](#) [免耕播种机驱动圆盘防堵单元体的设计与试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2009, 25(9)
6. [刘立晶](#). [杨学军](#). [李长荣](#). [刘昱程](#). [刘殿生](#). [Liu Lijing](#). [Yang Xuejun](#). [Li Changrong](#). [Liu Yucheng](#). [Liu Diansheng](#) [2BMG24型小麦免耕播种机设计](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2009, 40(10)
7. [魏淑艳](#). [马洪亮](#). [牛博英](#). [邸英良](#). [吴运涛](#). [Wei Shuyan](#). [Ma Hongliang](#). [Niu Boying](#). [Di Yingliang](#). [Wu Yuntao](#) [小麦免耕播种机驱动双向螺旋刀开沟防堵装置](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2008, 39(12)
8. [张喜瑞](#). [李洪文](#). [何进](#). [王庆杰](#). [张学敏](#). [Zhang Xirui](#). [Li Hongwen](#). [He Jin](#) [Wang Qingjie](#). [Zhang Xuemin](#) [小麦免耕播种机防堵装置性能对比试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2010, 41(2)
9. [王庆杰](#). [姚宗路](#). [高焕文](#). [李洪文](#). [王晓燕](#). [WANG Qingjie](#). [YA Zonglu](#). [GAO Huanwen](#). [LI Hongwen](#). [WANG Xiaoyan](#) [楔刀型免耕开沟器设计与试验](#)[期刊论文]-[机械工程学报](#)2008, 44(9)
10. [何进](#). [李洪文](#). [李慧](#). [张学敏](#). [张喜瑞](#). [He Jin](#). [Li Hongwen](#). [Li Hui](#). [Zhang Xuemin](#). [Zhang Xirui](#) [往复切刀式小麦固定垄免耕播种机](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2009, 25(11)

## 引证文献(18条)

1. 林静, 刘安东, 李宝筏, 李博, 赵德芳, 吕长义 2BG-2型玉米垄作免耕播种机[期刊论文]-农业机械学报 2011(6)
2. 杨帆, 李问盈, 李洪文, 苏艳波 免耕播种机缺口圆盘刀有限元静强度分析[期刊论文]-农业机械学报 2010(6)
3. 王庆杰, 李洪文, 何进, 李问盈, 刘安东 大垄宽窄行免耕种植对土壤水分和玉米产量的影响[期刊论文]-农业工程学报 2010(8)
4. 刘枫, 罗罡, 刘文亮 立辊式玉米收获机切割器的研究[期刊论文]-价值工程 2011(34)
5. 王庆杰, 李洪文, 何进, 李问盈, 张喜瑞, 蔡国华 并列组合式种肥分施防堵装置的设计与试验[期刊论文]-农业机械学报 2008(12)
6. 王天罡, 史智兴, 冯娟, 尹惠娟, 程洪 农机具田间测速中双路光电编码器的算法试验研究[期刊论文]-河北农业大学学报 2009(3)
7. 张喜瑞, 何进, 李洪文, 李问盈 小麦免耕播种机驱动链式防堵装置设计[期刊论文]-农业机械学报 2009(10)
8. 朱惠斌, 李洪文, 何进, 王庆杰, 李慧, 卢彩云 稻茬地双轴驱动防堵式小麦免耕播种机[期刊论文]-农业机械学报 2013(6)
9. 赵旭, 张祖立, 唐萍, 张国梁, 张为政 被动式倾斜波纹圆盘破茬刀工作性能试验[期刊论文]-农业机械学报 2011(1)
10. 王汉羊, 陈海涛, 纪文义 2BMFJ-3型麦茬地免耕精播机防堵装置[期刊论文]-农业机械学报 2013(4)
11. 崔涛, 张东兴, 杨丽, 高娜娜 玉米精量播种机同位仿形半低位投种单体设计与试验[期刊论文]-农业工程学报 2012(z2)
12. 王庆杰, 李洪文, 何进, 卢彩云, 苏艳波 螺旋刀型垄台清理装置的设计与试验[期刊论文]-农业工程学报 2010(6)
13. 赵淑红, 蒋恩臣, 闫以勋, 杨悦乾, 田佰亮 小麦播种机开沟器双向平行四杆仿形机构的设计及运动仿真[期刊论文]-农业工程学报 2013(14)
14. 张喜瑞, 李洪文, 何进, 王庆杰, 张学敏 小麦免耕播种机防堵装置性能对比试验[期刊论文]-农业机械学报 2010(2)
15. 张喜瑞, 何进, 李洪文, 李问盈, 李慧 免耕播种机驱动圆盘防堵单元体的设计与试验[期刊论文]-农业工程学报 2009(9)
16. 王汉羊, 陈海涛, 纪文义 麦茬地免耕播种机清秸覆秸装置设计与试验[期刊论文]-农业工程学报 2012(z2)
17. 王庆杰, 李洪文, 何进, 李问盈, Rabi G. Rasaily 凹形圆盘式玉米垄作免耕播种机的设计与试验[期刊论文]-农业工程学报 2011(7)
18. 高焕文, 李洪文, 李问盈 保护性耕作的发展[期刊论文]-农业机械学报 2008(9)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_nyjxxb200806016.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nyjxxb200806016.aspx)