

# 小麦免耕播种机驱动链式防堵装置设计\*

张喜瑞 何进 李洪文 李问盈

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

**【摘要】** 针对我国华北一年两熟地区玉米秸秆覆盖量多, 小麦免耕播种机易堵塞的问题, 提出了驱动拨指抛茬和刀刃型开沟器切茬相结合的新型防堵原理, 设计了免耕播种机驱动链式防堵装置。通过分析防堵装置的运动过程, 确定了驱动链、拨指和刀刃型开沟器等关键部件的参数。田间试验表明, 驱动链式防堵装置能够有效解决秸秆堵塞问题, 保证小麦免耕播种机的通过性。由于及时清除刀刃型开沟器前方的玉米秸秆残茬, 开沟阻力降低了12.3%。相比条带旋耕式小麦播种机, 驱动链式小麦免耕播种机在保证种肥情况的同时, 土壤扰动量减少了66.4%, 油耗降低了8.07%, 较好地满足了当地的农艺要求。

**关键词:** 小麦 免耕播种机 保护性耕作 驱动链式 防堵

**中图分类号:** S223.2+5

**文献标识码:** A

## Design of the Powered-chain Anti-blocking Mechanism for Wheat No-till Planter

Zhang Xirui He Jin Li Hongwen Li Wenying

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

### Abstract

This paper put forward the new anti-blocking principle combining residue-throwing by powered-chain finger and residue-cutting by knife type opener, and designed the powered chain anti-blocking mechanism for no-till planter according to the problem of residue blocking of no-till wheat planting in heavy corn residue cover fields in annual double cropping areas of North China plain. Furthermore, the key parameters for powered-chain, chain finger and knife type opener were determined based on the analyses of the movement of anti-blocking mechanism. The field experiment showed that the powered-chain anti-blocking mechanism could solve the residue blocking effectively, so as to ensure the passing of wheat no-till planter. Through real-time clearing of corn residues before the knife type opener, 12.3% of opening force was decreased. Compared with the strip roto-tilling wheat planter, the powered-chain wheat no-till planter could not only seed and fertilize at the suitable depths, but also decrease soil disturbance and fuel consumption by 66.4% and 8.07%, respectively, which indicates that this new planter can meet the requirements of agronomy in North China plain.

**Key words** Wheat, No-till planter, Conservation tillage, Powered-chain, Anti-blocking

### 引言

我国华北一年两熟地区小麦免耕播种多在玉米残茬覆盖的地表进行, 玉米秸秆和杂草易缠绕在免

耕播种机开沟器铲柄上造成堵塞, 使得机具通过性差<sup>[1-2]</sup>, 因此解决开沟器铲柄的秸秆堵塞问题是设计小麦免耕播种机的关键<sup>[3]</sup>。目前, 免耕播种机防堵装置研究的重点主要为被动式和主动式两种类

收稿日期: 2009-03-03 修回日期: 2009-05-19

\* 中-澳合作项目(SMC/2002/094)和中国农业大学科研启动基金资助项目(2007028)

作者简介: 张喜瑞, 博士生, 主要从事旱地农业保护性耕作机具研究, E-mail: zhangxirui\_999@sina.com

通讯作者: 李洪文, 教授, 博士生导师, 主要从事保护性耕作、农业装备研究, E-mail: lhwen@cau.edu.cn

型<sup>[4-5]</sup>。被动式防堵装置结构简单,在一定条件下具有较好的防堵效果<sup>[6]</sup>。但当地表秸秆覆盖量较多时,秸秆易缠绕堵塞开沟器,防堵效果均不理想。主动式防堵装置主要有秸秆粉碎和带状旋耕两种类型<sup>[7]</sup>。主动式防堵装置部分地解决了大秸秆覆盖地表免耕播种存在的秸秆堵塞问题,但由于采用高速破茬或旋耕作业,土壤扰动和功率消耗大,且机具稳定性差<sup>[8-9]</sup>。

因此,针对我国华北一年两熟地区小麦免耕播种秸秆覆盖量多的特点,结合主动式防堵装置防堵能力强及被动式防堵装置土壤扰动量和功率消耗小的优点,设计小麦免耕播种机驱动链式防堵装置,并安装在小麦免耕播种机上在玉米秸秆覆盖地进行防堵性能、开沟阻力等试验,以检测该装置的性能。

### 1 构造与工作原理

驱动链式防堵装置主要由驱动链式单元体(拨指、链条和驱动链轮)、刀刃型开沟器和开沟铲柄等组成。该装置通过平行四杆机构与双圆盘开沟播种器和镇压轮连接,组成驱动链式免耕播种单体,如图 1 所示。

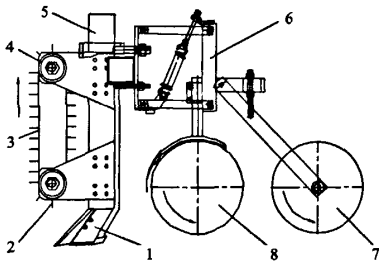


图 1 驱动链式免耕播种单体结构简图  
Fig.1 Schematic diagram of the powered-chain no-till planting unit

- 1. 刀刃型开沟器 2. 拨指 3. 链条 4. 驱动链轮 5. 开沟铲柄
- 6. 平行四杆机构 7. 镇压轮 8. 双圆盘开沟播种器

驱动链式单元体是整个防堵装置的核心工作部件。拨指固定在链条上构成拨指链,运动中拨指始终与链条转动方向垂直。在播种小麦时,前茬作物玉米秸秆通过粉碎还田,拖拉机的动力通过变速箱传递给驱动链轮,使其以一定转速带动拨指链转动(与镇压轮转动方向相反),拨指不入土。刀刃型开沟器在秸秆覆盖地开沟时,其锋利刀刃可切断播种行上的秸秆和杂草,部分不能切断的残茬和倾斜、折弯和倒伏状态下的玉米秸秆在拨指的作用下自下向上被抛向开沟器两侧,从而形成清洁播种带,防止秸秆残茬在铲柄处堵塞。在刀刃型开沟器完成开沟施肥后,其后的双圆盘开沟播种器在肥沟上二次开沟

播种,实现种肥同沟垂直施肥。最后,由镇压轮完成覆土镇压作业。

### 2 设计

驱动链式防堵装置的关键部件是驱动链式单元体和刀刃型开沟器。为防止开沟铲柄堵塞,驱动链式单元体配置在开沟铲柄的正前方,驱动链式单元体的 2 个链轮间距为 40 cm。刀刃型开沟器开沟时,拨指末端距离地面为 3~6 cm,距离开沟铲柄最小距离为 3 cm。

#### 2.1 驱动链式单元体

驱动链式单元体主要由驱动链轮、链条、拨指等部件组成,确定驱动轮转速  $n$ 、拨指阻力  $f$  等参数是设计驱动链式单元体的关键。

##### 2.1.1 驱动链转速 $n$

驱动链式单元体工作时,拨指始终随驱动链按一个方向转动,因此驱动链的转速  $n$  与拨指转速  $n'$  相同,拨指的绝对速度是机组水平前进速度  $v_m$  和其自身角速度  $\omega$  的合成,如图 2 所示。选取与链轮啮合的拨指末端任意一点  $O$  的坐标为  $(x, y)$ , 则其运动方程为

$$\begin{cases} x = v_m t + (R + L) \cos \omega t \\ y = (R + L) \sin \omega t \end{cases} \quad (1)$$

- 式中  $x$ ——拨指端点  $O$  运动轨迹的瞬时横坐标
- $y$ ——拨指端点  $O$  运动轨迹的瞬时纵坐标
- $v_m$ ——机器前进速度, 3~5 km/h
- $R$ ——链轮半径, 75 mm
- $L$ ——拨指长度, 120 mm
- $t$ ——时间

将式(1)对时间求导,求得端点  $O$  在  $x$  轴和  $y$  轴方向的分速度为

$$\begin{cases} v_x = v_m - (R + L) \omega \sin \omega t \\ v_y = (R + L) \omega \cos \omega t \end{cases} \quad (2)$$

因此,拨指端点  $O$  的绝对速度为

$$v_c = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_m^2 + (R + L)^2 \omega^2 - 2v_m(R + L)\omega \sin \omega t} \quad (3)$$

通过土槽试验证明,开沟宽度和秸秆覆盖量等因素决定着拨指速度,结合文献[10]可知拨指端点  $O$  的绝对速度需要满足

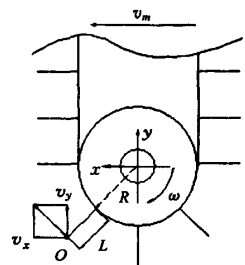


图 2 拨指端点  $O$  运动分析示意图  
Fig.2 Sketch of the movement analysis for the end point  $O$  of chain finger

$$v_c \geq d' Q_h v_m / (d Q_j) \quad (4)$$

式中  $d'$ ——实际开沟宽度, 37 mm  
 $d$ ——开沟器宽度, 24 mm  
 $Q_j$ ——单位面积秸秆覆盖量, 2.5~4 kg/m<sup>2</sup>  
 $Q_h$ ——单位面积混合壅土的秸秆覆盖量, 3.8~6 kg/m<sup>2</sup>

由式(2)~(4), 得拨指角速度  $\omega$  为 27.1~32.5 rad/s。  
 拨指转速  $n'$  为

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

可知,  $n'$  为 258.9~310.5 r/min。

设计时, 为了尽量减小机具功率消耗, 同时保证开沟器前方的秸秆残茬能被及时清除, 确定拨指转速  $n'$  为 320 r/min, 即驱动链转速  $n$  为 320 r/min。

### 2.1.2 拨指阻力 $f$

拨指运动时, 其最低位置距离地面的高度为 3~6 cm, 当秸秆残茬堵在开沟器前方时, 会对拨指产生阻力  $f$ , 选取拨指任意一点  $i$ , 对其受力分析如图 3 所示。

由式(2)可得拨指  $i$  点在  $x, y$  方向的加速度为

$$\begin{cases} a_x = -(R+s)\omega^2 \cos\omega t \\ a_y = -(R+s)\omega^2 \sin\omega t \end{cases} \quad (6)$$

由质点系的达朗贝尔原理, 在拨指与链条接触点  $A$  处, 秸秆等对拨指的外力  $f$  与秸秆对拨指在  $A$  处产生的惯性力偶  $M$  等形成一个平衡力系, 列平衡方程为

$$\sum M_A = 0 \quad (7)$$

将其展开得

$$M + \sum_{i=0}^L m_i g s \sin\omega t - f \frac{L}{2} \cos\omega t + \sum_{i=0}^L m_i a_x s \cos\omega t + \sum_{i=0}^L m_i a_y s \sin\omega t = 0 \quad (8)$$

其中

$$m_i = m / M$$

式中  $m_i$ ——拨指任意  $i$  点的质量  
 $m$ ——拨指质量, 0.05 kg  
 $s$ ——拨指任意点  $i$  到  $A$  点的距离  
 $M$ ——秸秆在  $A$  处对拨指产生的力偶  
 令  $\Delta s \rightarrow 0$ , 可得

$$M + \int_0^L \frac{m}{L} s \sin\omega t ds - f \frac{L}{2} \cos\omega t + \int_0^L \frac{m}{L} a_x s \cos\omega t ds + \int_0^L \frac{m}{L} a_y s \sin\omega t ds = 0 \quad (9)$$

由式(6)和(9)整理得

$$f = \frac{M}{\cos\beta} + mg \tan\beta \quad (10)$$

式中  $\beta$ ——拨指有效工作角度, 0°~75°

作业时, 通过扭矩测力仪器确定力偶  $M$  的大小, 当  $\beta = 0$ ,  $M = 163 \text{ N}\cdot\text{m}$ ;  $\beta = 75^\circ$ ,  $M = 67 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。所以由式(10)可得拨指阻力  $f$  为 163~261 N。

结合拨指阻力的受力范围, 设计中拨指与链条通过焊接连接。

## 2.2 刀刃型开沟器

开沟器作为播种机的关键部件, 其功用是在播种机工作时开出种沟, 引导种子和肥料进入种沟, 并且将湿土覆盖种子和肥料。为了使开沟器有更好地破茬入土能力, 减小开沟阻力, 设计了刀刃型开沟器。如图 4 所示, 由刃口刀、开沟侧板、内六角螺母等组成, 其中刃口刀通过内六角螺母固定, 当刃口刀出现磨损时, 可方便更换。设计时主要考虑入土角  $\alpha$ 、入土隙角  $\epsilon$ 、刃口长度  $B$  和刃口厚度  $t$  等主要参数。

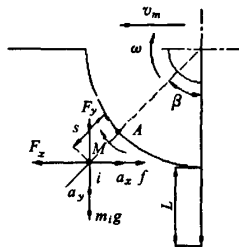


图 3 拨指任意点  $i$  受力分析示意图

Fig. 3 Sketch of the stress analysis for the random point  $i$  of chain finger

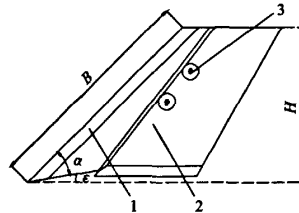


图 4 刀刃型开沟器结构简图

Fig. 4 Schematic diagram of the knife type opener

1. 刃口刀 2. 开沟侧板 3. 内六角螺母

### 2.2.1 入土角 $\alpha$

入土角  $\alpha$  为开沟器工作面与开沟器底面之间的夹角。 $\alpha$  过大, 土层容易抬高翻土, 不利于保墒。许多学者研究表明<sup>[11]</sup>:  $\alpha$  在 0°~20°之间, 开沟阻力逐渐减少;  $\alpha > 20^\circ$  时, 开沟阻力与  $\alpha$  成线性关系上升;  $\alpha = 20^\circ$  (切土深度为 10 cm) 时的开沟阻力比  $\alpha = 45^\circ \sim 60^\circ$  时降低 35%~50%。

为减少地表土壤扰动, 降低开沟阻力, 故  $\alpha$  不宜过大, 设计取入土角  $\alpha = 35^\circ$ 。

### 2.2.2 入土隙角 $\epsilon$

入土隙角  $\epsilon$  是开沟器底面与地面之间的夹角。入土隙角的存在有利于开沟器的入土, 入土隙角过小, 入土性能差, 增加摩擦阻力, 加速开沟器底部的摩擦; 入土隙角过大, 易造成土壤提前回落, 容易使沟底不平, 一般取入土隙角为 5°~10°。根据刀刃型开沟器的工作环境, 实际设计其入土隙角  $\epsilon = 8^\circ$ 。

### 2.2.3 刃口长度 $B$

刃口长度  $B$  是指开沟器刃口刀部分的工作长

度,刃口长度为

$$B = H / \sin(\alpha + \epsilon) \quad (11)$$

式中  $H$ ——开沟器高度,15 cm

结合入土角  $\alpha = 35^\circ$ ,入土隙角  $\epsilon = 8^\circ$ ,可得刃口长度为 22 cm。

### 2.2.4 刃口厚度 $t$

刃口厚度  $t$  是指开沟器刃口刀部分的厚度。研究表明<sup>[12]</sup>,随着开沟宽度的增加,作用在开沟器上的阻力将增加。根据文献<sup>[13]</sup>可知,刃口厚度越小,刀刃越锋利,开沟阻力越小。考虑到制造加工精度等问题,设计刃口厚度  $t = 0.5$  mm。

## 3 田间试验及结果

### 3.1 试验条件

将驱动链式防堵装置安装在小麦免耕播种机上,构成驱动链式小麦免耕播种机进行田间试验,同时与条带旋耕式小麦播种机进行对比试验。

田间试验在北京市大兴区采育镇朱庄试验地进行。试验地为一年两熟免耕播种地,前茬作物为玉米,行距为 500 mm,收获后秸秆粉碎还田。秸秆覆盖量为  $3.25 \text{ kg/m}^2$ ,土壤质地为壤土,土壤坚实度为  $1.92 \times 10^4 \text{ Pa}$ ;土壤含水率为 12.5% (0~5 cm)、16.8% (5~10 cm)。

### 3.2 试验结果及分析

#### 3.2.1 防堵性能试验

根据农业部农机试验鉴定总站制定的免耕播种机通过性能的合格标准,对驱动链式小麦免耕播种机的防堵性能进行了测定。

试验过程中,对驱动链式小麦免耕播种机进行有拨指链和无拨指链两种情况测定,分别测定 6 次,试验结果如表 1 所示。试验结果表明,有拨指链时,驱动链式小麦免耕播种机没有发生秸秆堵塞现象,这主要由于开沟器前方的秸秆能够及时地被拨指清除,使机具具有良好的通过性能。而无拨指链时,机具发生 5 次堵塞和 1 次轻度堵塞,这主要因为开沟器在开沟时,会瞬间产生大量秸秆,造成堵塞。

表 1 驱动链式小麦免耕播种机的通过性能测定结果

Tab.1 Test results of anti-blocking capability for the powered-chain wheat no-till planter

试验序号	有拨指链	无拨指链	试验序号	有拨指链	无拨指链
1	无堵塞	堵塞	4	无堵塞	堵塞
2	无堵塞	轻度堵塞	5	无堵塞	堵塞
3	无堵塞	堵塞	6	无堵塞	堵塞

#### 3.2.2 开沟阻力

试验主要对刀型刃开沟器前侧有拨指链对开

沟阻力的影响进行对比。试验仪器利用便携式开沟部件测试装置,本测试装置由三分力传感器、数据采集卡、测试程序等组成。机具作业时,该装置可测定开沟部件的前进阻力、垂直反力和侧向力,并且将采集的数据实时地保存在计算机中。开沟阻力对比试验结果如表 2 所示。

表 2 驱动链式小麦免耕播种机开沟阻力测定结果

Tab.2 Test results of opening force for the powered-chain wheat no-till planter N

参数	有拨指链	无拨指链
平均开沟阻力	362.5	412.3
平均垂直反力	103	108
平均侧向力	45	48

开沟阻力对比试验结果表明,在相同的作业速度下,开沟器前方有拨指链的开沟阻力比开沟器前方无拨指链的开沟阻力减小了 12.3%,而垂直阻力和侧向力变化不大。开沟阻力不同主要是由于驱动链式小麦免耕播种机在安装拨指链时,可以及时清除开沟器前方的玉米秸秆残茬,减少开沟阻力。而在无拨指链时,堆积在开沟器前方的玉米秸秆残茬在造成机具堵塞的同时,也增加了开沟作业阻力。

#### 3.2.3 油耗

播种中使用 CTM2002B 型农机综合测试仪分别驱动链式小麦免耕播种机和条带旋耕式小麦播种机进行了田间油耗对比试验。两种小麦播种机的油耗对比数据如表 3 所示。

表 3 两种小麦免耕播种机的油耗对比

Tab.3 Comparison of fuel consumption for two kinds wheat no-till planters

机具类型	机具前进速度 $v_m/\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	刀轴转速 $n$ $/r\cdot\text{min}^{-1}$	单位面积耗油量 $Q$ $/\text{L}\cdot\text{hm}^{-2}$
驱动链式	3.2	320	12.42
条带旋耕式	3.2	320	13.51

田间试验表明,在相同前进速度和转速下,驱动链式小麦免耕播种机单位面积耗油量比条带旋耕式小麦免耕播种机减少  $1.09 \text{ L/hm}^2$ ,即降低了 8.07%。这主要是由于拨指能够有效清除开沟器前方堵塞,减小了开沟阻力,从而有效降低了单位面积耗油量。

#### 3.2.4 种肥

驱动链式小麦免耕播种机田间试验种肥情况如表 4 所示。

试验结果显示:播种平均深度为 45 mm,施肥平均深度为 82 mm,种肥间距为 42 mm,符合免耕播种

表4 驱动链式小麦免耕播种机田间试验种肥结果

Tab.4 Seeding and fertilizing results for the powered-chain wheat no-till planter

参数	测试值	合格率	标准差	变异系数
	/mm	/%	/mm	/%
播种平均深度	45	89.2	7.9	10.6
施肥平均深度	82	85.4	8.3	9.7
种肥间距	42	86.7	8.4	11.2
开沟宽度	38	98.6	5.2	6.5

机播种的农艺要求。采用刀刃型开沟器,能够开出8~10 cm的种肥沟,回土效果好,没有出现晾籽现象。理论上的刀刃型开沟器开沟宽度为24 mm,但试验中发现,实际播种开沟宽平均约为37 mm,播种机的平均行距为200 mm,表土动土量为18.5%。而条带旋耕式小麦播种机的开沟宽度约为110 mm,

表土动土量约占55.0%。驱动链式防堵与条带旋耕相比,可明显地降低开沟宽度,减少免耕播种作业的动土量。

#### 4 结论

(1) 根据我国华北一年两熟区小麦免耕播种玉米秸秆覆盖量多的要求,设计了驱动链式防堵装置。田间试验表明,该装置采用驱动拨指链抛茬和刀刃型开沟器切茬相结合的防堵原理,可有效保证小麦免耕播种机的田间通过性。

(2) 驱动链式防堵装置可及时清除播种行上的玉米秸秆残茬,相对残茬未处理可降低开沟阻力12.3%。

(3) 驱动链式小麦免耕播种机试验过程中种肥情况良好,满足农艺要求;与条带旋耕式小麦播种机相比,土壤扰动量减少约66.4%,油耗降低8.07%。

#### 参 考 文 献

- 高焕文,李问盈,李洪文. 中国特色保护性耕作技术[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3):1~4.  
Gao Huanwen, Li Wenying, Li Hongwen. Conservation tillage technology with Chinese characteristics[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(3):1~4. (in Chinese)
- 高焕文,李洪文,姚宗路. 我国轻型免耕播种机研究[J]. 农业机械学报, 2008, 39(4):78~82.  
Gao Huanwen, Li Hongwen, Yao Zonglu. Study on the Chinese light no-till seeders[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(4):78~82. (in Chinese)
- 廖庆喜,高焕文,舒彩霞. 免耕播种机防堵技术研究现状与发展趋势[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1):108~112.  
Liao Qingxi, Gao Huanwen, Shu Caixia. Present situations and prospects of anti-blocking technology of no-tillage planter [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(1):108~112. (in Chinese)
- 贺德. 免耕播种机防堵装置的设计[J]. 中国农机化, 2007(4):93~95.  
He De. The design of anti-blocking device of no-tillage maize planter[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2007(4): 93~95. (in Chinese)
- Siemens M C, Wilkins D E, Correa R F. Development and evaluation of a residue management wheel for hoe-type no-till drills[J]. Transactions of the ASAE, 2004, 47(2):397~404.
- 马洪亮. 免耕播种机玉米秸秆根茬切断装置的研究[D]. 北京:中国农业大学, 2005.  
Ma Hongliang. Study on the cutting corn stalk and rootstalk device of no-tillage drill [D]. Beijing: China Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- 施森宝,胡鸿烈,丁加明,等. 国产免耕覆盖播种机的研制与试验[J]. 北京农业大学学报, 1989, 15(3):273~279.  
Shi Senbao, Hu Honglie, Ding Jiaming, et al. Developing and testing of the mulch seeder of home manufacture[J]. Journal of Beijing Agricultural University, 1989, 15(3):273~279. (in Chinese)
- 王庆杰,何进,姚宗路,等. 驱动圆盘玉米垄作免耕播种机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(6):68~72.  
Wang Qingjie, He Jin, Yao Zonglu, et al. Design and experiment on powered disc no-tillage planter for ridge-tillage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(6): 68~72. (in Chinese)
- Sidhu H S, Manpreet-Singh, Humphreys E, et al. The happy seeder enables direct drilling of wheat into rice stubble[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2007, 47(7): 844~854.
- 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, 2007:373~389.
- 张波屏. 现代种植机械工程[M]. 北京:机械工业出版社, 1997.
- Ebresenbet G, Johnson H. Performance of seed drill coulters in relation to speed, depth and rake angles[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1992, 52(2):121~145.
- 王庆杰,姚宗路,高焕文,等. 楔刀型免耕开沟器设计与试验[J]. 机械工程学报, 2008, 44(9):177~182.  
Wang Qingjie, Yao Zonglu, Gao Huanwen, et al. Design and experiment on a wedge shaped no-tillage opener[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2008, 44(9):177~182. (in Chinese)

# 小麦免耕播种机驱动链式防堵装置设计

作者: [张喜瑞](#), [何进](#), [李洪文](#), [李问盈](#), [Zhang Xirui](#), [He Jin](#), [Li Hongwen](#), [Li Wenying](#)  
 作者单位: [中国农业大学工学院, 北京, 100083](#)  
 刊名: [农业机械学报](#)   
 英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY FOR AGRICULTURAL MACHINERY](#)  
 年, 卷(期): 2009, 40(10)  
 被引用次数: 4次

## 参考文献(13条)

1. 高焕文;李问盈;李洪文 [中国特色保护性耕作技术](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2003(03)
2. 高焕文;李洪文;姚宗路 [我国轻型免耕播种机研究](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(04)
3. 廖庆喜;高焕文;舒彩霞 [免耕播种机防堵技术研究现状与发展趋势](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2004(01)
4. 贺德 [免耕播种机防堵装置的设计](#)[期刊论文]-[中国农机化](#) 2007(04)
5. Siemens M C;Wilkins D E;Correa R F [Development and evaluation of a residue management wheel for hoe-type no-till drills](#)[外文期刊] 2004(02)
6. 马洪亮 [免耕播种机玉米秸秆根茬切断装置的研究](#) 2005
7. 施森宝;胡鸿烈;丁加明 [国产免耕覆盖播种机的研制与试验](#) 1989(03)
8. 王庆杰;何进;姚宗路 [驱动圆盘玉米垄作免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(06)
9. Sidhu H S;Manpreet-Singh;Humphreys E [The happy seeder enables direct drilling of wheat into rice stubble](#)[外文期刊] 2007(07)
10. [中国农业机械化科学研究院](#) [农业机械设计手册](#) 2007
11. 张波屏 [现代种植机械工程](#) 1997
12. Ebresenbet G;Johnson H [Performance of seed drill coulters in relation to speed, depth and rake angles](#)[外文期刊] 1992(02)
13. 王庆杰;姚宗路;高焕文 [楔刀型免耕开沟器设计与试验](#)[期刊论文]-[机械工程学报](#) 2008(09)

## 本文读者也读过(10条)

1. [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)
2. [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)
3. [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)
4. 贺德, HE De [免耕播种机防堵装置的设计](#)[期刊论文]-[中国农机化](#)2007(4)
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. [赵武云](#), [张锋伟](#), [吴劲锋](#), [韩正晟](#), [吴建民](#) [免耕播种机弹齿式防堵装置](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2007, 38(3)
7. [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)
8. [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)
9. [牛博英](#), [马洪亮](#), [史磊](#), [Niu Boying](#), [Ma Hongliang](#), [Shi Lei](#) [小麦免耕播种机防堵装置的研究进展——以一年两熟](#)

地区为例[期刊论文]-农机化研究2009, 31(2)

10. 高焕文, 李洪文, 姚宗路, Gao Huanwen, Li Hongwen, Yao Zhonglu 我国轻型免耕播种机研究[期刊论文]-农业机械学报2008, 39(4)

#### 引证文献(5条)

1. 王振华, 吕钊钦 花生免耕播种机的设计[期刊论文]-农机化研究 2012(12)

2. 何进, 王庆杰, 李洪文, 卢彩云, 乔晓东, 路战远 华北一年两熟区免耕开沟种床对农田作物生长的影响[期刊论文]-农业机械学报 2013(8)

3. 车建壮, 于磊, 李其昀 双圆盘式小麦免耕播种机设计与试验研究[期刊论文]-山东理工大学学报: 自然科学版 2011(6)

4. 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)

5. 贾洪雷, 赵佳乐, 姜鑫铭, 姜铁军, 王玉, 郭慧 行间免耕播种机防堵装置设计与试验[期刊论文]-农业工程学报 2013(18)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_nyjxxb200910009.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nyjxxb200910009.aspx)