

往复切刀式小麦固定垄免耕播种机

何进, 李洪文*, 李慧, 张学敏, 张喜瑞

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: 针对西北灌溉农业区固定垄保护性耕作条件下玉米秸秆覆盖地垄作免耕播种小麦存在的机具堵塞、垄形破坏等问题, 设计了一种集切茬、播种和修垄于一体的往复切刀式小麦固定垄免耕播种机。该机通过利用动力切刀往复垂直切茬和刀刀型开沟器水平切茬相结合的方式实现秸秆防堵, 同时采用圆柱熟地型修垄犁解决垄形修复问题。田间试验表明, 该机能有效地解决玉米秸秆堵塞问题, 防堵能力强, 修垄效果好; 播种、施肥平均深度分别为 46 mm 和 91 mm, 均匀性好, 可较好地满足西北灌溉农业区小麦垄作免耕播种的要求。

关键词: 作物, 农业机械, 切割设备, 固定垄保护性耕作, 免耕播种机, 防堵

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.11.024

中图分类号: S223.2*5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-11-0133-06

何进, 李洪文, 李慧, 等. 往复切刀式小麦固定垄免耕播种机[J]. 农业工程学报, 2009, 25(11): 133-138.

He Jin, Li Hongwen, Li Hui, et al. No-till planter with reciprocating powered-cutter for wheat permanent raised beds cultivation[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(11): 133-138. (in Chinese with English abstract)

0 引言

中国西北干旱灌溉区的农业可持续发展面临着水资源短缺, 土壤侵蚀和农业经济效益差等问题^[1], 固定垄保护性耕作结合了垄作免耕、沟灌、秸秆覆盖和固定道等技术^[2-3], 要求永久保持垄床和垄沟, 播种时机具在垄沟中行走、在垄上免耕播种, 生长期用垄沟进行灌水, 在下茬作物播种前, 只对垄床进行少量修整。国内外研究表明, 这一技术能提高水分利用效率、改良土壤结构和降低生产成本^[4-5]。目前, 固定垄保护性耕作技术在中国西北干旱地区的应用, 在节水、防风沙、提高土壤肥力和增收等方面都表现了很大的应用前景^[6]。

目前在固定垄保护性耕作系统中, 国内外研制的垄作免耕播种机具主要针对的是小麦、水稻秸秆覆盖地表。如朱国辉等^[7]采用被动防堵原理研制的 2BFML-5 型固定垄免耕播种机、李太伟^[8]基于斜置驱动圆盘防堵原理设计的 2BMF-5 型固定垄小麦免耕播种机、Sidhu 等^[9]利用秸秆粉碎捡拾原理研制的 Happy seeder 及其改进型 Turbo seeder。这些机具在小麦、水稻秸秆覆盖的固定垄上可较好地实现垄作免耕播种。对于玉米秸秆覆盖地表, 国外研究较少, 国内研制的机具主要为玉米垄作免耕播种机。如徐迪娟等^[10]设计的 2BML-2(Z)型玉米垄作免耕播种机, 赵大为等^[11]设计的 2BQLM-3(4)型玉米垄作免耕播种

机。因此, 研制能适应玉米秸秆覆盖地的小麦固定垄免耕播种机已成为亟待解决的问题。

针对上述问题, 在中国—澳大利亚合作项目和农业部 948 项目的资助下, 本研究在分析西北干旱灌溉农业区固定垄保护性耕作系统的基础上, 利用动力切刀破茬的原理, 设计了一种往复切刀式小麦固定垄免耕播种机, 并对其破茬防堵、免耕播种和修垄性能进行了测定。

1 西北干旱农业区固定垄保护性耕作系统

设计的往复切刀式小麦固定垄免耕播种机主要应用于西北河西走廊灌溉农业区, 当地的固定垄保护性耕作系统采用春玉米—春小麦的轮作体系, 玉米秸秆粉碎, 全秸秆覆盖; 小麦留高茬, 秸秆全部还田。玉米地垄作免耕播种小麦的总体耕作工艺方案: 春玉米收获—秸秆粉碎覆盖旧垄—修复旧垄和垄作免耕播种春小麦。图 1 为固定垄垄形示意图。固定垄垄距 W_1 为 1 000 mm, 垄面宽度 W_2 为 650~700 mm, 垄高 H 为 150~200 mm, 春玉米行距 W_3 为 450 mm。固定垄的垄形尺寸主要由当地拖拉机轮距和农艺条件决定。设计的播种机需要在玉米秸秆覆盖的垄床上进行免耕播种, 其往复切刀式破茬装置应具有较强的根茬切断能力。同时, 开沟器采用前三后

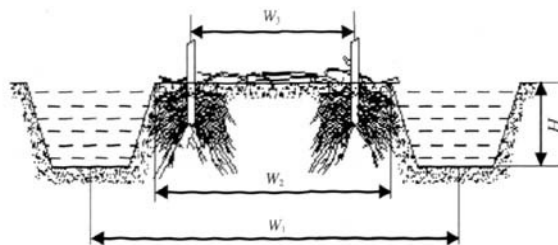


图 1 垄形示意图

Fig.1 Sketch of ridge shape

收稿日期: 2009-06-03 修订日期: 2009-11-16

基金项目: 中国—澳大利亚合作项目 (SMC/2002/094); 农业部引进国际先进农业科学技术资助项目 (2006-G58)

作者简介: 何进 (1979—), 男, 博士, 主要从事保护性耕作方面的研究。北京 中国农业大学工学院, 100083。Email: hejin@cau.edu.cn

※通信作者: 李洪文 (1968—), 男, 教授, 博士生导师, 山东理工大学“泰山学者”特聘教授, 中国农业工程学会会员 (E041200280S), 主要从事保护性耕作方面的研究。北京 中国农业大学工学院, 100083。

Email: lihongwen@cau.edu.cn

二的排列方式，增大相邻开沟器间距，加强播种机通过性。考虑到上茬作物生长过程中机具、人工作业、沟灌及降雨等对原垄的破坏，为保证播种质量，需要设计适宜的修垄装置，修复垄床。垄形修复后，垄上的土壤比较松散，需要合适的镇压装置。

2 整机结构和技术参数

往复切刀式小麦固定垄免耕播种机主要由机架、切刀、带轮、组合切刀连杆、种肥箱、刀刃型开沟器、修垄犁、镇压轮等组成（图 2）。机具与拖拉机三点悬挂，配套动力为 20 kW 小四轮拖拉机。该机一次作业能完成垄上切茬、开沟、施肥、播种、覆土、修垄、镇压等多道工序。工作时动力切刀切茬松土，其后的刀刃型开沟器完成开沟施肥，实现种肥同沟垂直分施。修垄犁对边行进行覆土和修垄，最后尼龙镇压轮进行镇压，使种子与土壤充分接触。

主要技术参数：整机质量 246 kg，播种幅宽 1 000 mm，播种行数 5 行，播种行距 140 mm，切茬深度 20~48 mm，播种深度 350~500 mm，带轮转速 351 r/min，作业速度 2~4 km/h，排种、排肥器形式外槽轮式，外形尺寸 1 532 mm×1 100 mm×1 300 mm。

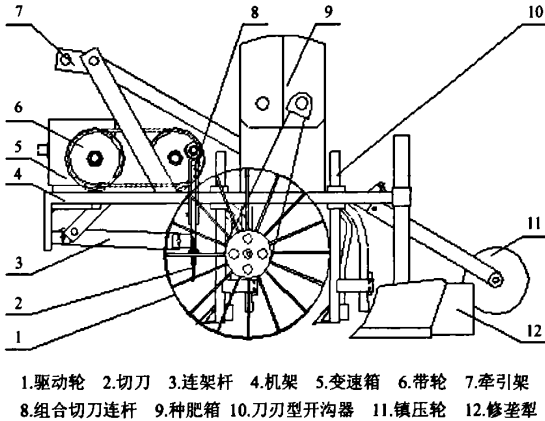


图 2 往复切刀式小麦固定垄免耕播种机示意图

Fig.2 Structure of reciprocating powered-cutter wheat no-till planter

3 主要工作部件的设计

3.1 往复切刀式破茬装置

3.1.1 结构和原理

往复切刀式破茬装置主要由切刀、组合切刀连杆、带轮、轴座、连架杆等组成（图 3）。带轮成对称分布，分别通过轴承安装在轴座两侧，可以轴座中心轴为中心旋转。组合切刀连杆安装在带轮外侧的偏心位置，可随着带轮的转动作上下往复运动。切刀与组合切刀连杆固结为一整体，可通过调节二者在垂直方向的相对位置来控制切刀的入土深度。同时，切刀在其前方通过连架杆与机架相连，可保证其在水平方向位置的稳定性。

机具参数表 带轮由拖拉机动力输出轴通过变速箱

和皮带传动系统提供动力。带轮高速旋转驱动切刀在垂直方向作上下往复切茬运动，这不仅可以切断垄床表面立茬和秸秆，防止机具堵塞，而且可以松动垄床表层土壤，减少其后开沟作业阻力。

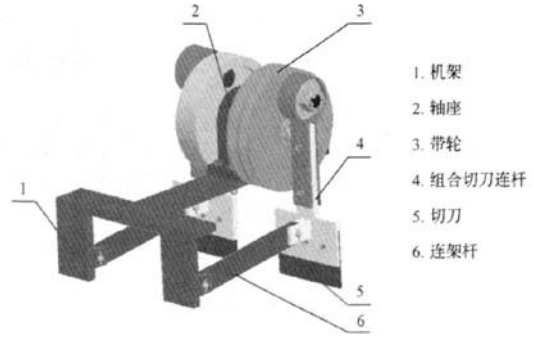


图 3 往复切刀式破茬装置

Fig.3 Reciprocating residue-cutting device

3.1.2 结构参数分析与确定

1) 机构尺寸的确定

往复切刀式破茬装置采用曲柄摇杆机构原理设计，其简化结构如图 4 所示。其中，A 点为带轮中心轴，B 点为切刀连杆绕带轮旋转的中心轴，C 点为组合切刀连杆与连架杆的连接点，D 点为连架杆与机架的连接点。根据往复切刀式破茬装置的切茬运动原理，设计 AB 为曲柄，长度 $L_{AB}=a$ ；BC 为连杆，长度 $L_{BC}=b$ ；CD 为摇杆，长度 $L_{CD}=c$ ；AD 为机构机架，长度 $L_{AD}=d$ 。切茬作业时，曲柄 AB 相对 A 点作整周转动，带动摇杆 CD 相对 D 点作最大摆角为 ψ 的摇摆运动，从而实现切刀的往复切茬作业。

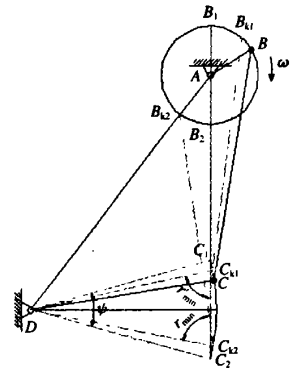


图 4 往复切刀式破茬装置位置分析

Fig.4 Position analysis of reciprocating residue-cutting device

为防止切茬作业时机具上下跳动，保证整机运动的稳定性，在综合考虑整机重量的基础上，设计往复切刀式破茬装置具有无急回特性，则曲柄 AB 的回转中心 A 点应与摇杆 CD 的上下极限位置点 C_1 、 C_2 共线。同时，为保证切茬效果，设计切刀在切茬入土的最低点（即 C 点运动到下极限 C_2 位置）时为垂直状态，此时 D 点通过上下极限位置点 C_1 、 C_2 连线的中垂线。根据上述条件可知^[12]

$$d^2 + a^2 = b^2 + c^2 \quad (1)$$

当曲柄 AB 与机构机架 AD 两次共线时，即 B 点运动到 B_{k1} 和 B_{k2} 点时，可分别得到该曲柄摇杆机构的最小传动角 r'_{\min} 和 r_{\min} ，根据无急回特性的曲柄摇杆机构特性可知二者的关系为： $r'_{\min} = r_{\min}$ [13]，则在 $\triangle B_{k2}C_{k2}D$ 中，由余弦定理得

$$\cos r_{\min} = \frac{b^2 + c^2 - (d-a)^2}{2bc} \quad (2)$$

同时，当 C 点运动到上下极限位置点 C_1 、 C_2 时有

$$a = c \sin \frac{\psi}{2} \quad (3)$$

$$(c \cos \frac{\psi}{2})^2 = d^2 - b^2 \quad (4)$$

将式 (1) 和 (3) 代入式 (2) 可得

$$b = \frac{\sin \frac{\psi}{2}}{\cos r_{\min}} d \quad (5)$$

将式 (5) 代入式 (4) 可得

$$d = \frac{\cos r_{\min} \cos \frac{\psi}{2}}{\sqrt{\cos^2 r_{\min} - \sin^2 \frac{\psi}{2}}} c \quad (6)$$

将式 (6) 代入式 (5) 可得

$$b = \frac{\sin \psi}{2\sqrt{\cos^2 r_{\min} - \sin^2 \frac{\psi}{2}}} c \quad (7)$$

结合式 (6) 和 (7) 可得： $\cos^2 r_{\min} - \sin^2 \psi/2 > 0$ ，即： $r_{\min} < 90^\circ - \psi/2$ 。设计时，在保证切刀切茬效果的同时需尽量减少其对土壤的扰动，因此，连架杆 (CD) 的最大摆角 ψ 不宜过大。同时，考虑到切茬作业时 ψ 角较大使得连架杆相对水平方向的倾角也相应较大，阻挡秸秆的流动，影响机具防堵性能，因此结合田间试验，确定连架杆最大摆角 $\psi = 40^\circ$ 。

根据最大摆角 ψ 可知最小传动角 r_{\min} 需要满足的条件为 $r_{\min} < 90^\circ - 40/2 = 70^\circ$ 。在实际设计中，一般曲柄摇杆机构传动角 r 的最优取值范围为 $40^\circ \sim 50^\circ$ ，且其值越大，机构的传动性能也相应越好，机械效率越高，所以确定最小传动角 $r_{\min} = 50^\circ$ 。

设计的新型固定垄免耕播种机主要与 14.7 kW 拖拉机配套，整机结构较小，因此曲柄 AB 不宜过长，通过试验确定其长度 $a = 80$ mm。将 $\psi = 40^\circ$ ， $r_{\min} = 50^\circ$ 和 $a = 80$ mm 代入式 (3)、(6) 和 (7)，计算可得 $b = 138.1$ mm， $c = 233.9$ mm， $d = 259.6$ mm。

2) 带轮转数 n 的确定

在往复切刀式破茬装置中，当带轮以角速度 ω_1 旋转时，带动连架杆 (CD) 绕 D 点以角速度 ω_2 旋转 (图 5)。根据机械设计手册 [13] 可知 C 点速度 v_c 与 ω_1 、 ω_2 的关系为

$$v_c = \omega_2 c = \frac{\omega_1 a \sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{c \sin(\varphi_3 - \varphi_2)} c = \frac{\omega_1 a \sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{\sin(\varphi_3 - \varphi_2)} \quad (8)$$

设计切刀在 C 点运动到 C 点时开始入土，可知

$$C'E' = c \sin(180^\circ - \varphi_3 - \angle ADE') \quad (9)$$

式中 $\angle ADE'$ ——机构机架 AD 与水平方向的夹角，其值为 $\arcsin \frac{b}{d} = 32^\circ$ 。

当 C 点运动到 C_2 点，即切刀到达其下极限位置，有 $C_2E_2 = c \sin(\frac{\psi}{2}) = 80$ mm，则切刀在垂直方向的入土深度 $Dep = C_2E_2 - C'E' = 80 - c \sin(148^\circ - \varphi_3)$ 。设计时为保证切刀切茬效果， Dep 应大于当地玉米根茬主根平均深度 (48 mm)，同时结合最小化土壤扰动的要求，确定 $Dep = 48$ mm，则可知 $\varphi_3 = 140.1^\circ$ 。由图 4 及 φ_3 、 a 、 b 、 c 、 d 可计算出 $\varphi_1 = 115.2^\circ$ ， $\varphi_2 = 34.2^\circ$ ，代入式 (8) 可知 $v_c = 0.082\omega_1$ 。

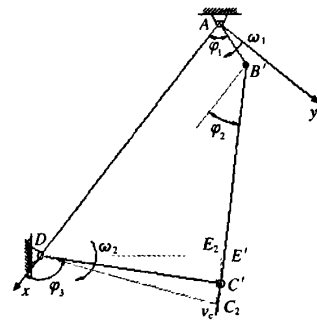


图 5 往复切刀式破茬装置运动分析

Fig.5 Movement analysis of reciprocating residue-cutting device

室内玉米根茬抗剪特性试验表明，在玉米根茬直径 15~24 mm、含水率 26.3%~48.2% 范围内， v_c 临界切断根茬的速度为 0.9~3.0 m/s，得 $\omega_1 = 11.0 \sim 36.7$ rad/s，由 $n = 30\omega_1/\pi$ 可得带轮转速 $n = 105 \sim 351$ r/min。在保证切刀破茬能力的同时为尽量减少功率消耗，确定带轮转速 $n = 351$ r/min。

3) 切刀幅宽 B 和切茬进距 S 的确定

切刀幅宽 B ：设计的新型固定垄免耕播种机包括两组往复切刀式破茬装置，共 4 把切刀。作业时，4 把切刀往复运动，垂直切割固定垄面上的玉米根茬和秸秆，沿机具前进方向分别在垄面上切出宽度为 B (切刀幅宽) 的 4 条平行破茬带，这样切刀作业时在垄床截面方向形成的总破茬宽度为 $4B$ 。试验区固定垄的最大垄面宽度 W_2 为 700 mm，因此，切刀的总破茬宽度应满足条件： $4B < W_2$ 。同时，切刀破茬作业在保证其后开沟作业顺利进行的同时应尽量减少破茬宽度以降低土壤扰动量。在综合考虑破茬装置结构的基础上，本文通过田间试验确定适宜的总破茬宽度为 400 mm，即切刀幅宽 $B = 100$ mm。

切茬进距 S ：播种作业时，切刀一面在垂直面内往复运动，一面随播种机前进，因此切刀的绝对运动是这两种运动的合成，以切刀下端边缘任意一点为例，其运动轨迹如图 6 所示。

由图 6 可知，当播种机以速度 v 作业时，同一切刀相

邻两次切茬的时间间隔为 $t=60/n$, 因此, 切茬进距 S 为

$$S=10^3 vt/3600=16.7v/n \quad (10)$$

式中 n ——带轮转速。

已知带轮转速 $n=351 \text{ r/min}$, 当机具作业速度 $v=2\sim 4 \text{ km/h}$ 时, 可知切茬进距 $S=95\sim 190 \text{ mm}$ 。田间试验表明, 当切茬进距位于该范围时, 切刀具有较好的切茬效果, 可有效保证机具的田间通过性。

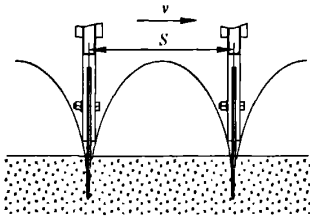


图6 切刀切茬进距示意图

Fig.6 Distance between two times residue-cutting for powered cutter

3.2 开沟器

开沟器是往复切刀式小麦固定垄免耕播种机的关键部件之一, 需要在免耕秸秆覆盖地直接完成开沟作业。为提高开沟器破茬入土能力, 减少开沟阻力, 设计了刃刀型开沟器, 主要由开沟器柄, 开沟侧板, 刃口刀等组成(图7), 其主要设计参数包括入土角 β 、入土隙角 θ 和刃口厚度 w 等。

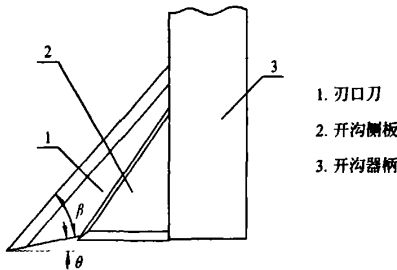


图7 开沟器结构简图

Fig.7 Schematic diagram of the opener

入土角 β 过大, 工作土层抬高甚至翻土, 不利于保墒。研究表明^[14]: 1) β 在 $0\sim 20^\circ$ 之间, 开沟阻力逐渐减少; 2) $\beta > 20^\circ$ 时, 开沟阻力与 β 成线性关系上升; 3) $\beta = 20^\circ$ (切土深度为 10 cm), 开沟阻力比 $\beta = 45^\circ\sim 60^\circ$ 时降低 $35\%\sim 50\%$ 。为尽量减少垄作免耕播种时的土壤扰动, 减少阻力, 取入土角 $\beta = 45^\circ$ 。

入土隙角 θ 是开沟器底面与地面之间的夹角。 θ 过小, 入土性能差, 增加摩擦阻力; θ 过大, 易造成土壤提前回落, 使沟底不平, 一般取入土隙角为 $5^\circ\sim 10^\circ$ ^[15]。根据试验实际设计其入土隙角 $\theta = 9^\circ$ 。

刃口厚度 w 是指开沟器刃口刀部分的厚度。 w 越小, 刀刃越锋利, 开沟阻力越小。考虑到制造工艺等因素, 设计刃口厚度 $w=1 \text{ mm}$ 。

3.3 修垄犁

修垄犁作业时, 不仅需将较多的土壤从垄沟翻到垄

面, 而且还应具有一定的碎土功能, 保证垄面土质的均匀性。本文采用图8所示圆柱熟地型修垄犁, 主要由犁壁、犁铧、挡土板等组成, 该起垄犁不仅具有较强碎土功能, 而且能兼顾翻土, 可有效保证修垄质量。其设计主要是犁体曲面的确定, 包括翻土深度 a , 翻土宽度 b 和覆土角 δ 等。

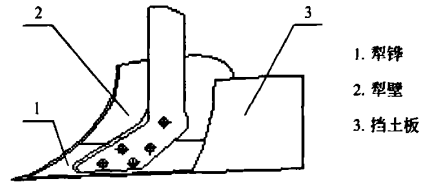


图8 修垄犁结构简图

Fig.8 Schematic diagram of reshaping plough

设计犁体曲面时, 为避免修垄犁翻土过程中出现回垡、立垡现象, 保证稳定翻垡, 其宽深比 K 需满足的条件为 $K = b/a > 1.27$ ^[16], 即起垄犁覆土角 δ 应满足条件: $\delta = \arcsin(1/k) < 52^\circ$ 。

实际设计中, 考虑到河西走廊灌溉农业区的土壤为易松散的沙壤土和起垄犁耕作中的土垡变形散碎, K 值可略小于 1.27 。同时根据垄沟最大宽度为 $300\sim 350 \text{ mm}$ 和中国犁体单铧幅宽的分级 (25 、 30 、 35 cm 三级)^[16], 确定起垄犁的工作幅宽 $b=250 \text{ mm}$, 为满足固定垄垄高最大值为 200 mm 的要求, 确定起垄犁耕深 $a=200 \text{ mm}$, 根据 a , b 计算得 $K=1.25$, 起垄犁覆土角 $\delta = 53^\circ$ 。

4 田间试验及结果

4.1 试验条件

田间试验在甘肃省农科院张掖试验站进行, 试验地为玉米垄作固定垄一年茬地, 玉米行距为 450 mm , 收获后秸秆粉碎还田, 秸秆覆盖量为 2.5 kg/m^2 。土壤质地为沙壤土, 土壤坚实度为 1.9 MPa ; 土壤含水率为 13.3% (土壤深度为 $0\sim 5 \text{ cm}$)、 16.2% (土壤深度为 $5\sim 10 \text{ cm}$)。

4.1.1 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“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”, 对往复切刀式固定垄免耕播种机的防堵性能进行了测定。

试验结果表明, 设计的往复切刀式小麦固定垄免耕播种机在覆盖有玉米秸秆的固定垄上作业时, 机具运动平稳, 6 次测试都没有发生秸秆堵塞现象, 这主要由于机具受力均匀, 开沟器前方的往复切刀式破茬装置能有效切断玉米秸秆, 保证机具顺利通过。另外, 刃刀型开沟器的破茬能力也有效地保证了玉米秸秆覆盖条件下的小麦垄作免耕播种。

4.1.2 种肥试验

往复切刀式固定垄小麦免耕播种机田间试验种肥情况如表1所示。

1) 试验结果表明, 播种平均深度为 46 mm , 施肥平

均深度为 91 mm, 种肥间距为 44 mm, 符合免耕播种机播种的农艺要求。

表 1 往复切刀式小麦固定垄免耕播种机田间试验
种肥深度情况

Table 1 Seeding and fertilizing depth of reciprocating powered-cutter wheat no-till planter

序号	测试值/mm	合格率/%	变异系数/%
播种平均深度	46	90.1	9.8
施肥平均深度	91	87.8	9.1
种肥间距	44	86.9	10.4
开沟宽度	28	97.1	6.1

2) 采用刀刃型开沟器, 能够开出 80~100 mm 的种肥沟, 回土效果好, 没有出现晾籽现象。

3) 免耕播种后平均开沟宽度约为 28 mm, 小麦播种的平均行距为 140 mm, 表土动土量为 20%。而当地条带旋耕小麦播种机的开沟宽度约为 70 mm, 表土动土量约占 50%。往复切刀式防堵与条带旋耕防堵相比, 可明显地降低开沟宽度, 减少免耕播种作业的动土量。

4.1.3 修垄效果试验

试验测得往复切刀式小麦固定垄免耕播种机修垄作业前后垄形尺寸如表 2 所示。从表中可以看出, 修垄作业后, 垄面宽增加了 29 mm, 垄面高增加了 31 mm, 垄沟宽缩小了 26 mm, 整体效果比修垄前有明显改变。其中, 修垄作业后垄面宽度的变异系数最小, 垄床高度的变异系数最大, 这主要是由于修垄作业时, 试验地表不平对垄床高度的影响相对更大。

表 2 往复切刀式小麦固定垄免耕播种机修垄作业前后
垄形尺寸测定

Table 2 Bed dimension before and after renovation of reciprocating powered-cutter wheat no-till planter

参数	垄面宽		垄面高		垄沟宽	
	均值/ mm	变异系数/ %	均值/ mm	变异系数/ %	均值/ mm	变异系数/ %
修垄前	640	6.96	157	9.87	358	7.23
修垄后	669	3.50	183	6.43	327	4.12

5 结 论

1) 往复切刀式小麦固定垄免耕播种机采用动力切刀和刀刃型开沟器破茬防堵, 田间通过性能强, 可满足固定垄保护性耕作条件下玉米秸秆覆盖地小麦免耕播种的要求;

2) 通过圆柱熟地型起垄犁能实现对旧垄的修复, 试验证明垄形修复效果明显;

3) 该机满足固定垄保护性耕作条件下小麦免耕播种要求。种子覆土深度在 30~50 mm, 肥料覆土深度在 80~100 mm, 种肥深度相差 30~50 mm, 种肥深度合格率为 85%以上, 播种质量完全满足当地农艺要求。

【参 考 文 献】

[1] 何进. 北方灌溉区固定垄保护性耕作技术研究[D]. 北京: 万方数据

中国农业大学工学院, 2007.

He Jin. Study on Permanent Raised Beds in Irrigation Areas of Northern China[D]. Beijing: College of Engineering of China Agricultural University, 2007. (in Chinese with English abstract)

- [2] Govaerts B, Sayre K D, Lichter K, et al. Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems[J]. Plant Soil, 2007, 291: 39-54.
- [3] He J, Li H W, Kuhn N J, et al. Soil loosening on permanent raised-beds in arid northwest China[J]. Soil & Tillage Research, 2007, 97: 172-183.
- [4] Sayre K D, Moreno R O. Application of raised-bed planting system to wheat[R]. Mexico: CIMMYT, 1997.
- [5] 吴建民. 河西走廊绿洲农业区保护性耕作技术及关键机具的研究[D]. 北京: 中国农业大学工学院, 2006.
Wu Jianmin. Research on Technology of Conservation Tillage and the Crucial Implement in Hexi Corridor Arid Oasis Agricultural Area[D]. Beijing: College of Engineering of China Agricultural University, 2006. (in Chinese with English abstract)
- [6] 何进, 李洪文, 王晓燕. 固定道保护性耕作—未来农业的发展之路[J]. 农业科技推广, 2005, (9): 42-43.
He Jin, Li Hongwen, Wang Xiaoyan. Permanent raised beds is the way of the future farming[J]. The Popularization of Agricultural Mechanism Technology, 2005, (9): 42-43. (in Chinese with English abstract)
- [7] 朱国辉, 李问盈, 何进. 2BFML-5 型固定垄免耕播种机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(2): 51-54, 76.
Zhu Guohui, Li Wenyong, He Jin. Design and experiment on 2BFML-5 no-till planter for permanent raised bed[J]. Transactions of the CSAM, 2008, 39 (2): 51-54, 76. (in Chinese with English abstract)
- [8] 李太伟. 固定垄小麦免耕播种机的研究[D]. 北京: 中国农业大学工学院, 2008.
Li Taiwei. Study on No-till Wheat Planter for Permanent Raised Planter[D]. Beijing: College of Engineering of China Agricultural University, 2008. (in Chinese with English abstract)
- [9] Sidhu H S, Singh M, 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.
- [10] 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 with English abstract)
- [11] 赵大为, 裴泽逢, 程晋, 等. 2BQLM-3(4)型垄作免耕播种施肥机[J]. 农机化研究, 2009, 31(7): 18-21.
Zhao Dawei, Pei Zelian, Cheng Jin, et al. The 2BQLM-3(4) type ridge-till and no-tillage ferti-seeder spreader[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009, 31(7): 18-21. (in Chinese with English abstract)
- [12] 邹慧君. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [13] 成大先. 机械设计手册[M]. 4 版. 北京: 化学工业出版社, 2001.

- [14] 张波屏. 现代种植机械工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [15] 姚宗路, 高焕文, 王晓燕, 等. 2BMX-5 型小麦—玉米免耕播种机设计[J]. 农业机械学报, 2008, 39(12): 64—68. Yao Zonglu, Gao Huanwen, Wang Xiaoyan, et al. Design and experiment on 2BMX-5 no-till wheat-maize seeder[J]. Transactions of the CSAM, 2008, 39 (12): 64—68. (in Chinese with English abstract)
- [16] 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: 中国农业科学技术出版社, 2007.

No-till planter with reciprocating powered-cutter for wheat permanent raised beds cultivation

He Jin, Li Hongwen*, Li Hui, Zhang Xuemin, Zhang Xirui
(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The reciprocating powered-cutter wheat no-till planter, which has the functions of residue-cutting, seeding and bed-renovating, was designed based on the problems of residues blocking and seriously damaged bed shape during the planting of wheat in maize stubble coverage fields under the condition of permanent raised beds (PRB) in irrigation agricultural region of northwest China. This planter used the way combining the vertical residue-cutting by powered cutter and horizontal residue-cutting by knife shaped opener to solve blocking. Furthermore, the columniform and cultivated-type plough was adopted to renovate the beds. The field experiment showed that the planter was effective in solving blocking and renovating the beds. The mean seeding and fertilizing depths were 46 mm and 91 mm, respectively, and good uniformity was shown. In conclusion, the planter could meet the requirements of wheat no-till planting in PRB farming system in irrigation agricultural region of northwest China.

Key words: crops, agricultural machinery, cutting equipment, permanent raised beds, no-till planter, anti-blocking

往复切刀式小麦固定垄免耕播种机

作者: [何进](#), [李洪文](#), [李慧](#), [张学敏](#), [张喜瑞](#), [He Jin](#), [Li Hongwen](#), [Li Hui](#), [Zhang Xuemin](#), [Zhang Xirui](#)
作者单位: [中国农业大学工学院](#), 北京, 100083
刊名: [农业工程学报](#) 
英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING](#)
年, 卷(期): 2009, 25(11)
被引用次数: 5次

参考文献(16条)

1. [何进](#) [北方灌溉区固定垄保护性耕作技术研究](#)[学位论文] 2007
2. [Govaerts B](#); [Sayre K D](#); [Lichter K](#) [Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems](#) 2007
3. [He J](#); [Li H W](#); [Kuhn N J](#) [Soil loosening on permanent raised-beds in arid northwest China](#) 2007
4. [Sayre K D](#); [Moreno R O](#) [Application of raised-bed planting system to wheat](#) 1997
5. [吴建民](#) [河西走廊绿洲农业区保护性耕作技术及关键机具的研究](#)[学位论文] 2006
6. [何进](#); [李洪文](#); [王晓燕](#) [固定道保护性耕作-未来农业的发展之路](#)[期刊论文]-[农业科技推广](#) 2005(09)
7. [朱国辉](#); [李问盈](#); [何进](#) [2BFML-5型固定垄免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(02)
8. [李太伟](#) [固定垄小麦免耕播种机的研究](#) 2008
9. [Sidhu H S](#); [Singh M](#); [Humphreys E](#) [The happy seeder enables direct drilling of wheat into rice stubble](#) [外文期刊] 2007(07)
10. [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)
11. [赵大为](#); [裴泽莲](#); [程晋](#) [2BQLM-3\(4\)型垄作免耕播种施肥机](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2009(07)
12. [邹慧君](#) [机械原理](#) 1999
13. [成大先](#) [机械设计手册](#) 2001
14. [张波屏](#) [现代种植机械工程](#) 1997
15. [姚宗路](#); [高焕文](#); [王晓燕](#) [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(12)
16. [中国农业机械化科学研究院](#) [农业机械设计手册:上册](#) 2007

本文读者也读过(10条)

1. [张喜瑞](#), [何进](#), [李洪文](#), [李问盈](#), [Zhang Xirui](#), [He Jin](#), [Li Hongwen](#), [Li Wenying](#) [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, 40(10)
2. [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)
3. [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)
4. [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)
5. [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)
6. [王庆杰](#), [李洪文](#), [何进](#), [卢彩云](#), [苏艳波](#), [Wang Qingjie](#), [Li Hongwen](#), [He Jin](#), [Lu Caiyun](#), [Su Yanbo](#) [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, 26(6)

7. 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 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, 39(6)
8. 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)
9. 魏延富, 高焕文, 李洪文 三种一年两熟地区小麦免耕播种机适应性试验与分析[期刊论文]-农业工程学报 2005, 21(1)
10. 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)

引证文献(5条)

1. 李朝苏, 汤永禄, 解立胜, 黄钢, 钟贵祥, 吴春, 程少兰 2BMFDC-6型稻茬麦半旋播种机设计与性能试验[期刊论文]-西南农业学报 2011(2)
2. 孙浩, 凌刚, 李洪文, 高晓丽, 姚国才 扫描间距对45钢激光熔凝强化组织性能的影响[期刊论文]-农业工程学报 2011(2)
3. HE Jin, LI Hong-wen, Allen David McHugh, WANG Qing-jie, LI Hui, Rabi Gautam Rasaily, Khokan Kumer Sarker Seed Zone Properties and Crop Performance as Affected by Three No-Till Seeders for Permanent Raised Beds in Arid Northwest China[期刊论文]-农业科学学报(英文版) 2012(10)
4. 何进, 李洪文, 王庆杰, 张喜瑞, 李慧, 张东远 动力甩刀式小麦固定垄免耕播种机[期刊论文]-农业机械学报 2011(10)
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_nygcbx200911024.aspx