

# 我国轻型免耕播种机研究\*

高焕文 李洪文 姚宗路

**【摘要】** 我国经过 10 余年努力,一批被动防堵式轻型免耕播种机研制成功,在一年一熟中低产地区得到了大面积应用。但是这些免耕播种机防堵能力有限。20 世纪末开始,先后创新多种主动防堵式轻型小麦免耕播种机,防堵能力达到国际领先水平,质量比国外免耕播种机轻 50%、价格低 80%。国外免耕播种机设计思路是重型、被动防堵,我国则是轻型、按覆盖量采用被动或主动防堵。2007 年我国使用各种轻型免耕播种机 8 万多台,其中轻型高防堵性能免耕播种机 2 万多台,成为世界上第一个用轻型机具实现保护性耕作的国家。

**关键词:** 免耕播种机 轻型 主动防堵 被动防堵

**中图分类号:** S223.2+6

**文献标识码:** A

## Study on the Chinese Light No-till Seeders

Gao Huanwen Li Hongwen Yao Zhonglu

(China Agricultural University)

### Abstract

The foreign no-till seeders are heavy, big and expensive, they are not suitable to the Chinese situation of small size land, small tractor power and poor rural economy, and therefore, developing local light no-till seeders is necessary in China. With 10 year efforts since early 90's of the last century, a batch of light no-till seeders with passive anti-blockage were successfully developed and widely applied in one-crop-a-year region of north China. However, the anti-blockage ability of those seeders were limited and hardly used in high yield area. From 2000, several innovative no-till seeders based on active anti-blockage have been created; their anti-blockage abilities reached to international advanced level, the weight of the seeders 50% lighter and price 80% lower than the foreign no-till seeders. The design ideas of foreign no-till seeder are heavy weight and passive anti-blockage; ours are light weight, passive and active anti-blockage for different yield lands. 80 000 more sets of light no-till seeders were used in 2007, among them, over 20 000 sets had high anti-blockage ability with power driven. China became the first country in using light seeders to realize conservation tillage in the world.

**Key words** No-till seeders, Light, Active anti-blockage, Passive anti-blockage

### 引言

免耕播种机是指能在作物秸秆覆盖地上直接进行播种和施肥的机器,是实施保护性耕作的关键机具。我国从 20 世纪 60 年代开始进行保护性耕作试验研究,但是直至 20 世纪 90 年代,还未能得到大面

积应用,一个重要原因是适用的机具问题没有解决。国外免耕播种机虽然技术成熟、并已大规模应用,但由于主要与大功率拖拉机配套,适于大地块作业,对目前我国土地规模小、拖拉机功率小的广大农区并不适合。因此,必须开发适合我国国情的免耕播种机<sup>[1]</sup>。

收稿日期: 2007-09-03

\*“九五”国家科技攻关计划资助项目(项目编号:96-004-04-11)和“十五”国家科技攻关计划资助项目(项目编号:2004BA524B03)

高焕文 中国农业大学工学院 教授 博士生导师, 100083 北京市

李洪文 中国农业大学工学院 教授

姚宗路 中国农业大学工学院 博士生

开发轻型免耕播种机的难点是机器的通过性能,即避免秸秆堵塞的能力。轻型机具的通过能力一般低于重型机具,加之我国一年两熟地区由于玉米产量高、秸秆粗大,玉米秸秆覆盖地免耕播种小麦成为世界上播种机最难通过的作业,更增加了轻型免耕播种机的研发难度<sup>[2]</sup>。我国轻型免耕播种机是分两步开发的,第一步是面向北方一年一熟中低产地区,采用和国外相同的被动防堵技术,重点是设计轻型悬挂机架和开发各种提高通过性的装置与技术。经过10余年努力,一批被动防堵式轻型免耕播种机开发成功,质量比国外免耕播种机轻60%以上、价格低90%,具有中等防堵能力,在一年一熟地区获得大量应用。第二步是面向北方一年两熟高产地区,特别是玉米秸秆覆盖地免耕播种小麦,采用了和国外不同的主动防堵技术,创新了带状旋耕、条带粉碎等驱动防堵装置,开发成功多种玉米秸秆覆盖地小麦免耕播种机,防堵性能居世界领先水平,质量比国外机具轻50%、价格低80%。从而形成了符合我国国情的轻型系列免耕播种机。

## 1 发展轻型免耕播种机的必要性

国外主要采用牵引式大型、重型机组作业,以适应田块面积大、作业生产率高的需要。对机器的通过能力,国外免耕播种机依靠质量大、圆盘刀上有足够的压力切断秸秆,或体积大、开沟器间有足够空隙让秸秆流过来解决。因此国外免耕播种机质量多在800~1100 kg/m(表1)。

我国广大农村地块小,要求中小型机组悬挂作业,国产中小拖拉机单位幅宽悬挂质量只有300~814 kg/m(表2)。因此,即使把国外免耕播种机小型化到和拖拉机一样的宽度,国产拖拉机仍然不可

表1 国外免耕播种机单位幅宽质量

Tab.1 Unit weight of foreign no-till seeders

国家	型号	开沟器类型	播种机质量/kg	行数	行距/cm	单位幅宽质量/kg·m <sup>-1</sup>
美国	Great Plains1500	圆盘	3 577	22	19	852
	John Deere 750	圆盘	2 917	16	19	958
	John Deere 1590	圆盘	2 917	16	19	959
加拿大	Morris 7000	尖铲	11 191	52	19	1 131
	Morris 7300	尖铲	13 409	64	19	1 100
意大利	GASPARDO	圆盘	4 090	22	18	1 032

能悬挂起来。出路只能减轻免耕播种机质量,开发出单位幅宽质量小于300~600 kg/m,即比国外质量轻50%左右的轻型免耕播种机具。

表2 国产中小型拖拉机悬挂质量

Tab.2 Unit lift force of domestic middle / small tractors

拖拉机型号	功率/kW	提升力/kg	机宽/mm	单位幅宽悬挂质量/kg·m <sup>-1</sup>
X700	51.5	1 570	1 930	814
600	44.0	1 071	1 798	595
550	40.5	918	1 715	535
450	33.1	816	1 730	471
350	25.7	734	1 634	449
250	18.4	408	1 205	338
180	13.24	336	1 205	279

经过近20年努力,我国自主开发出一批被动和驱动防堵式轻型免耕播种机,部分产品如表3所示。被动防堵轻型免耕播种机单位幅宽质量在150~250 kg/m,驱动防堵免耕播种机单位幅宽质量在300~500 kg/m,满足了国产中、小型拖拉机悬挂作业的需求。

表3 中国轻型免耕播种机单位质量

Tab.3 Unit weight of Chinese light no-till seeders

生产厂名	型号	开沟器类型	播种机质量/kg	行数	行距/cm	单位幅宽质量/kg·m <sup>-1</sup>	配套动力/kW
河北农哈哈机械厂	2BMFS-5/10*	尖角	630	10	19	331	44.1
	2BMF-6C	尖角	210	6	20	175	13.2
山西新绛机械厂	2BMF-11	尖角	450	11	20	205	44.1
	2BMF-2	圆盘	175	2	60	146	11.0
辽宁瓦房店机械厂	2BQM-6	圆盘	900	6	60	250	44.1
河南豪丰机械厂	2BMTF-12*	圆盘	1 200	12	20	500	48.0
河北农哈哈机械厂	2BMP-12*	尖角	710	12	18	328	44.1

注:\*为驱动型免耕播种机

## 2 被动防堵式轻型免耕播种机

### 2.1 一年一熟地区被动防堵轻型免耕播种机

被动防堵的免耕播种机结构简单、工作部件磨

损少、动力消耗小,是首选的型式。国外免耕播种机依靠质量大、圆盘刀上有足够的压力切断秸秆,或体积大、开沟器间有足够空隙让秸秆通过来解决防堵问题,所以基本采用被动防堵。我国北方一年一熟

地区旱作面积大、产量低、秸秆覆盖量较少,对机器通过性要求较低,适合采用被动防堵技术。但是,由于播种机质量轻,不可能用圆盘刀切断秸秆,需要其他措施来提高机器通过性能。

如山西、内蒙古大量应用的免耕播种机,采用了自主研发的种肥垂直分施开沟器、将施肥和下种两个开沟器合成一个、减少一个开沟器;采用自动回土的尖角开沟铲、省去覆土装置(图1);加高机架离地间隙,加大秸秆流动空间(图2);安装导草辊(图3)、拨草轮(图1)疏导秸秆流动等措施。

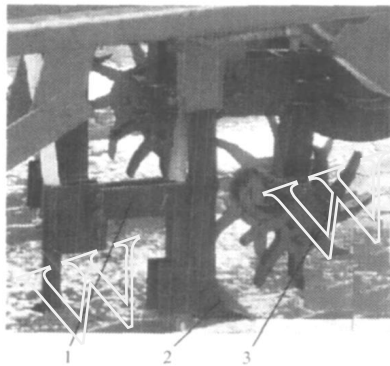


图1 种肥垂直分施开沟器

Fig. 1 Opener of seeds and fertilizer placing separately  
1. 种肥垂直分施开沟器 2. 尖角短翼开沟铲 3. 八齿拨草轮

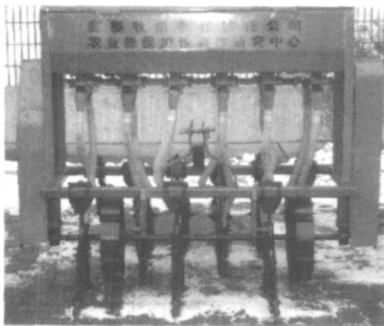


图2 高地隙小麦免耕播种机

Fig. 2 High clearance no-till seeder



图3 玉米免耕播种机导草辊

Fig. 3 Rotational guidance stick

这些免耕播种机具有中等防堵能力,可以在中、低产地顺利免耕播种。

## 2.2 避开玉米根茬对行播种

是一种让小麦开沟器走在玉米根茬行间,避开根茬防止堵塞的思路,不仅可以有效提高机具通过

性能,而且减小粉碎根茬的功率消耗。中国农业科学院遗传与发育研究所<sup>[3]</sup>、中国农业大学分别研制出了小型和中型的小麦对行免耕播种机。3个开沟器为一组,走在直立或压倒的2行玉米秸秆之间。试验结果表明,在对行的情况下,机器通过性良好、免耕播种作业顺利。但要求驾驶员时刻集中精力,前茬玉米行距必须均匀,因此适用范围受到限制,目前只在局部地区小型机组上应用。

## 2.3 重力圆盘切茬防堵

中国农业大学于2001年制作了一台小型错开双圆盘免耕播种机,采用增加播种机配重的方法调整圆盘正压力,在学校农场进行圆盘刀切断玉米秸秆(用切断率表示)和切开根茬(用破茬率表示)试验,如表4所示。试验地玉米留茬30cm,其余部分粉碎后均匀铺撒地表,秸秆含水率66%、根茬含水率68%。

表4 错开双圆盘免耕播种机不同配重的切茬效果

Tab. 4 Residue cutting effects of different ballast on no-till disc seeder

序号	每组圆盘加配重/kg	切断率/%	破茬率/%
1	0	0	0
2	100	62	0
3	135	100	82
4	175	100	100

试验结果表明,要切断地表秸秆、每组圆盘需配重质量135kg,而要切断秸秆又破开根茬、需要配重质量175kg。即如果采用该防堵方式,一台6行小型小麦免耕播种机(幅宽1.2m)质量达1000kg,而配套的15kW小型拖拉机可悬挂质量只有300kg,显然难以实现。

当然在大地块,经济技术条件较好,允许采用大型牵引式机组的地方,圆盘切茬防堵装置还是可行的选择。

## 3 驱动防堵式免耕播种机

驱动防堵也称主动防堵,它依靠免耕播种机上动力驱动的切刀装置切断秸秆(根茬),保证开沟器等工作部件顺利通过。从2000年开始,中国农业大学、山西临汾农机局<sup>[4]</sup>、西北农林大学<sup>[5]</sup>、河北农业大学<sup>[6]</sup>等先后开发出多种驱动型免耕播种机,不仅通过性满足高产地区作业要求,而且改善了播种质量,现就其中3种简介如下。

### 3.1 带状旋耕小麦免耕播种机

是一种带状耕作的思路,用动力驱动的旋耕刀切断种行上的秸秆和粉碎遇到的根茬,保证开沟器

顺利通过,种行之间的秸秆不粉碎、土壤不耕作。如河北农哈哈机械厂生产的2BMFS-5/10型小麦免耕播种机(图4),旋耕带宽12 cm、深10 cm,种2行小麦、施1行肥料。不耕作部分宽26 cm,动土率32%。能在不同秸秆覆盖量和覆盖状态下顺利播种,出苗好、产量比传统高5%~10%。但存在土壤扰动量略大,作业生产率较低等不足<sup>[4,7]</sup>。



图4 2BMFS-5/10型小麦免耕播种机  
Fig.4 2BMFS-5/10 wheat no-till seeder

### 3.2 条带粉碎小麦免耕播种机

该机用动力驱动的旋转切刀切断或打落挂在开沟器铲柄上的秸秆,以及切碎被开沟器挑出的玉米根茬。由于刀具不入土,有效地减少了土壤扰动和刀具磨损。中国农业大学设计、新绿禾公司生产的2BMDF-12型小麦免耕播种机如图5所示。旋转切刀后面的双圆盘开沟器将碎秸秆和杂草等推开,把种子播进土壤中,有助于减轻排种管堵塞及提高播深均匀性。该机播种时土壤扰动小、播后地表平整,出苗均匀,在经济发达或对环境要求较高的地区使用较多<sup>[8~9]</sup>。

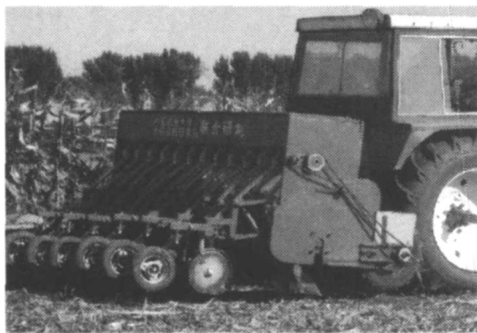


图5 2BMDF-12型小麦免耕播种机  
Fig.5 2BMDF-12 wheat no-till seeder

### 3.3 动力驱动圆盘小麦免耕播种机

由中国农业大学设计、河北农哈哈机械厂生产的2BMXD-12型斜置驱动圆盘小麦免耕播种机如图6所示。缺口圆盘刀倾斜安装在驱动轴上,通过圆盘工作时左右摆动把80%左右的秸秆拨向两侧,只切断剩下的少量秸秆,减少堵塞,减少功耗。同时与垂直线成5°的倾斜圆盘,左右摆动开出5~6 cm宽的沟,使排种管顺利通过。

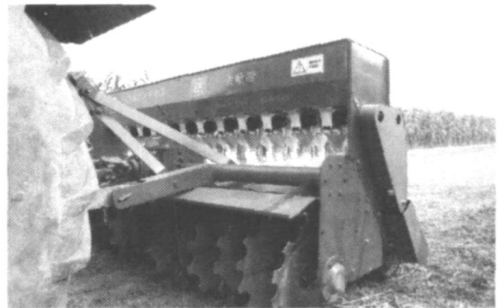


图6 2BMXD-12型小麦免耕播种机

Fig.6 2BMXD-12 wheat no-till seeder

为了减少圆盘倾斜产生的振动、磨损和轴承冲击等问题,对圆盘刀排列进行了优化布置,选择了适合的刀轴转速,并设置高低挡,分别适应不同产量和覆盖状况的地块。该机在河北深泽县玉米秸秆粉碎覆盖地的测定结果表明,种床上方秸秆覆盖量播种前为 $3.06 \text{ kg/m}^2$ 、播种后为 $0.58 \text{ kg/m}^2$ ,80%的秸秆被推到种床两侧,根茬切断率达98%,能够有效防堵。

该机结构简单,质量轻、价格低,更适用于广大农村采用。存在问题是圆盘有偏磨,需要工作一段时间后换边使用,使用尿素肥料量过大时,有烧种的现象<sup>[10]</sup>。

## 4 国内外小麦免耕播种机对比试验

2004~2006年在北京市大兴区对2BMDF-12型条带粉碎免耕播种机、2BMFS-5/10型带状旋耕免耕播种机和美国JD-1590型圆盘式免耕播种机进行了生产对比试验<sup>[11]</sup>,结果显示:条带粉碎和带状旋耕免耕播种机的动土率、秸秆覆盖减少率大于圆盘式免耕播种机。但一年两熟地区玉米秸秆量大,且播种后麦苗很快生长起来,不会对水土流失造成明显影响。条带粉碎和带状旋耕免耕播种机的出苗率分别比圆盘式免耕播种机高9%与6%、小麦穗质量大2%与6%,产量高3%与5%。驱动型免耕播种机播后种床上方秸秆覆盖量少、出苗好,种子下方和侧面3~5 cm的土壤得到疏松,植株根系发育好有关。条带粉碎和带状旋耕免耕播种机的燃油消耗比圆盘式免耕播种机高15%和35%,燃油费每 $\text{hm}^2$ 增加10元和25元。然而,条带粉碎和带状旋耕免耕播种机每 $\text{hm}^2$ 折旧费比圆盘式免耕播种机低160和180元,产量提高带来的收入增加180和300元。因此,轻型驱动防堵免耕播种机经济效益好于圆盘式免耕播种机。但从资源与环境保护上看,圆盘式免耕播种机占有优势。发展防堵刀具不入土的秸秆粉碎、或圆盘切茬防堵装置,减少动土量和燃油消耗是努力方向。

## 5 结束语

我国免耕播种机的开发没有沿用国外重型免耕播种机的思路,而是根据国情发展轻型免耕播种机,实践证明为以后的大面积推广起到了至关重要的作用。在防堵思路,充分考虑被动防堵的优点,用于中低产地区;当高产地区解决不了既要质量轻、又要防堵能力强的矛盾时,及时开发了主动防堵技术。从而通过10余年努力,基本形成了我国的轻型免耕播种机体系。在中低产地区采用被动防堵免耕播种机,单位幅宽质量小(100~250 kg/m)、与国产中小

型拖拉机配套、价格低廉(2 000~7 000元/m);高产地区采用主动防堵的免耕播种机单位幅宽质量316~500 kg/m、与国产大中型拖拉机配套、价格较低(4 000~10 000元/m)。由于解决了防堵问题、播种质量满足要求,作物产量增加、作业成本降低,从而受到农民欢迎,推广速度快。2007年应用各种轻型免耕播种机8万多台,推广保护性耕作200多万 $\text{hm}^2$ ,其中使用驱动型高防堵性能免耕播种机2万多台,在小麦玉米一年两熟高产地区推广全程保护性耕作60多万 $\text{hm}^2$ ,我国成为世界上第一个用轻型机具实现保护性耕作的国家。

## 参 考 文 献

- 1 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.
- 2 周兴祥,高焕文. 华北平原一年两熟保护性耕作体系试验研究[J]. 农业工程学报,2001,17(6):81~84.
- 3 胡春胜,陈素英,赵四申,等. 玉米整秸覆盖地小麦免耕播种技术初步研究[J]. 农业工程学报,2005,21(3):118~120.
- 4 柴跃进. 带状免耕覆盖播种机试验研究[J]. 中国农机化,2004(2):39~40.
- 5 薛惠岚,薛少平,杨青,等. 秸秆粉碎覆盖与施肥播种联合作业的实现及机具设计[J]. 农业工程学报,2003,19(3):104~107.
- 6 郑东旭,姜海勇,李兵,等. 玉米整秆覆盖下小麦免耕播种机研究[J]. 河北农业大学学报,2003(1):285~287.
- 7 蒋金琳,高焕文. 免耕播种机播种带玉米根茬处理装置研究[J]. 农业工程学报,2004,20(2):129~132.
- 8 吴子岳,高焕文,张晋国. 玉米秸秆切断速度和切断功耗的试验研究[J]. 农业机械学报,2001,32(2):38~41.
- 9 姚宗路,李洪文,高焕文,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.
- 10 马洪亮,高焕文,李洪文. 斜置驱动圆盘免耕播种机设计与试验[J]. 农业机械学报,2006,37(5):45~47.
- 11 魏延富,高焕文. 三种一年两熟地区小麦免耕播种机适应性试验与分析[J]. 农业工程学报,2005,21(1):97~102.

(上接第72页)

进入到转轮中;叶片出口处的轴面速度也不均一,呈倒“M”型,并且下环处的轴面速度大于上冠处,说明大部分液体从下环流出转轮;同时叶片区轴面速度的分布规律也说明液体由于离心力作用被甩到下环处流出。

(2) 转轮内部流动是有漩的,但是这种有漩流动是靠近墙壁的,即涡产生于上冠、下环、叶片,并且下环泵出口处产生的涡最大,并且叶片进、出口由于撞击会产生涡量。

(3) 用转轮内部流场数据和性能预算公式可以用来预测转轮泵工况的性能。

## 参 考 文 献

- 1 常近时. 水轮机运行[M]. 北京:水利电力出版社,1983.
- 2 梅祖彦. 抽水蓄能技术[M]. 北京:清华大学出版社,1988.
- 3 陈守伦. 抽水蓄能电站的发展[J]. 江苏电机工程,2001,20(1):6~10.
- 4 周德智. 混流式水轮机及混流式水泵水轮机的性能换算新方法[J]. 东方电机,1995(1):147~152.
- 5 徐宇,唐学林,吴玉林. 水泵水轮机转轮内水泵工况紊流分析[J]. 水力发电学报,2000,19(3):75~83.
- 6 Buchmsaier H. 高水头水泵水轮机数值优化[J]. 国外大电机,1996(14):67~71.
- 7 Qian Y. 采用区域技术对水泵水轮机进行三维不稳定流模拟的多叶道计算[J]. 林琼,译. 国外大电机,2000(4):79~82.
- 8 傅之跃. 500 m水头段混流式可逆式水泵水轮机水力参数分析[J]. 东方电机,2002,30(1):15~25.
- 9 杨敏官,刘栋,康灿,等. 离心泵叶轮内部伴有盐析流场的分析[J]. 农业机械学报,2006,37(12):83~86.
- 10 刘厚林,谈明高,袁寿其. 离心泵理论扬程的计算[J]. 农业机械学报,2006,37(12):87~90.