

气流输送式小麦免耕播种机设计和试验*

刘立晶¹ 刘忠军¹ 杨学军² 李长荣¹

(1. 现代农装科技股份有限公司, 北京 100083;

2. 中国农业机械化科学研究院土壤植物机器系统技术国家重点实验室, 北京 100083)

【摘要】 设计了2BMG-24Q型气流输送式小麦免耕播种机,采用高压气流输送种子到各播种行的播种单体导种管,实现精少量排种、破茬开沟和种肥分施,能够免耕播种小麦。试验表明:播种深度合格率为88.3%,施肥深度合格率为85.2%。

关键词: 保护性耕作 小麦 免耕播种机 气流输送 排种系统

中图分类号: S223.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)02-0054-04

Design and Test on Pneumatic No-till Wheat Planter

Liu Lijing¹ Liu Zhongjun¹ Yang Xuejun² Li Changrong¹

(1. Modern Agricultural Equipment Co., Ltd., Beijing 100083, China 2. State Key Laboratory of Soil-Plant-Machinery System Technology, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract

The 2BMG-24Q pneumatic no-till wheat planter was designed. Seeds were transported into seeder pipes with high-speed air current to perform precision metering. The wavy disc coulters were used to cut stubble for sowing, and the double disc coulters were used to open furrow for fertilizing. The test results showed that the quantification percent of seed depth and fertilizer depth were 88.3% and 85.2%, respectively.

Key words Conservation tillage, Wheat, No-till planter, Pneumatic transportation, Feeding mechanism

引言

经过多年的研究,我国科技工作者已经设计开发出多种轻型免耕播种机,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,从而受到农民的欢迎,推广速度快,对我国大面积推广保护性耕作起到至关重要的作用^[1-7]。近几年依托国家科技项目,一些科研院所研发出适合北方大农场的大型小麦免耕播种机^[8],应用效果较好。这些小麦免耕播种机主要是“一器一行”的外槽轮排种器结构形式,由于受外槽轮排种器的结构所限,排种脉动性和种子沟内分布不均匀性一直是半精量播种机难以实现的主要因素,且限制了播种机的工作速度;另外,开沟器只能种肥混施,施肥量小,不能满足

我国施肥量大的要求^[9]。针对以上问题,本文设计2BMG-24Q型气流输送式小麦免耕播种机,采用气流输送种子到各行播种单体导种管内。实现精少量排种和种肥分施,免耕播种小麦。

1 整机结构及工作原理

1.1 整机结构与技术参数

气流输送式小麦免耕播种机整机结构如图1所示,主要由牵引架、机架、传动装置、气流输送排种装置、肥箱及排肥器、波纹圆盘施肥开沟器、双圆盘播种开沟器、覆土镇压轮、行走部件、护栏等组成。主要技术参数为:牵引式,配套动力88.2 kW以上,播种深度2~7 cm,工作行数24行,工作幅宽4.8 m,播种量90~360 kg/hm²,施肥量75~375 kg/hm²,生

收稿日期:2010-04-26 修回日期:2010-05-05

*“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A05、2009BADB5B03)

作者简介:刘立晶,研究员,主要从事保护性耕作技术及装备研究,E-mail:xyliulj@sina.com

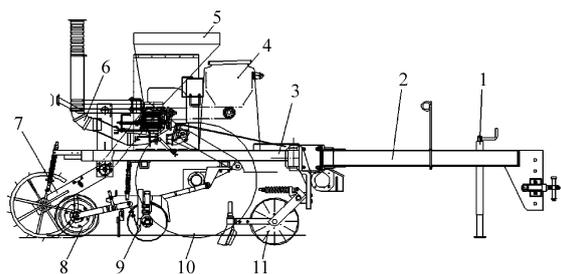


图1 气流输送式小麦免耕播种机结构示意图

Fig.1 Structure sketch of no-tillage wheat planter

1. 牵引架支撑 2. 牵引架 3. 机架 4. 肥箱及排肥器 5. 种箱
6. 气流输送排种装置 7. 传动装置 8. 覆土镇压轮 9. 双圆盘
播种开沟器 10. 行走部件 11. 波纹圆盘施肥开沟器

生产率 2.4 ~ 3.6 hm^2/h 。

1.2 工作原理

为实现种肥分开、化肥深施功能,该播种机采用波纹圆盘施肥开沟器和双圆盘播种开沟器组合(三圆盘组合开沟施肥播种单体),解决了免耕播种过程中堵塞、种肥混施问题,开沟系统原理如图2所示。采用波纹圆盘破茬开沟,锋利的波纹圆盘能够切断作物残茬,同时能够开出深8~10 cm、宽3~4 cm的沟槽,波纹圆盘后部挂接锚式施肥铲施肥。波纹圆盘施肥开沟器单体上装有压缩弹簧,实现了单体仿形,在开沟过程中,如果碰到坚硬的石块等,能够弹起,以保护波纹圆盘。

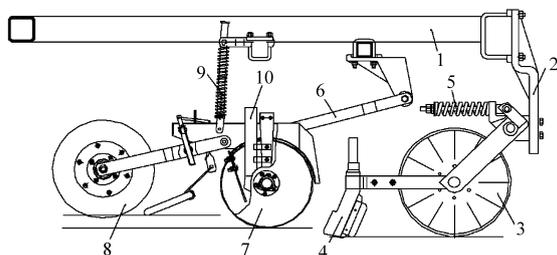


图2 波纹圆盘施肥开沟器和双圆盘播种开沟器结构简图

Fig.2 Structure sketch of wavy disc coulters opener and double disc coulters opener

1. 机架 2. 连接板 3. 波纹圆盘施肥开沟器 4. 施肥铲 5. 压缩弹簧 6. 支架 7. 双圆盘播种开沟器 8. 覆土镇压轮 9. 升降臂 10. 导种管

采用垂直种、肥分施,双圆盘播种开沟器的中心与波纹圆盘施肥开沟器在一条直线上进行二次开沟,解决了双圆盘播种开沟器的入土问题。为控制播种深度,双圆盘播种开沟器也采用单体仿形。

种子通过星形给料器排出,风机产生的气流运送排出的种子至分配器顶部,种子在此处随机分配到出种口,经导种管落入种沟,双圆盘播种开沟器上的覆土镇压轮把沟边湿土推挤到种沟内覆盖并进行镇压,完成免耕播种工作。

2 关键部件设计

2.1 星形给料器

星形给料器是气流输送式排种装置的关键部件之一,其性能关系到整机作业质量及实用性。星形给料器为星形槽轮结构,置于种箱下,通过槽轮的转动实现种箱内种子的播排。给料器容腔内有搅拌杆,有利于种子下落。给料器出种口处与通风道不锈钢箱体连接,星形给料器排出的种子流在此处与风机产生的高压气流形成种子 and 空气两相流,一起运动到分配器顶部,然后通过导种管下落到开沟器开出的种沟内。

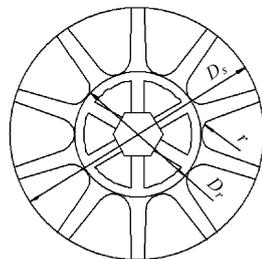


图3 星形给料器截面图

Fig.3 Section sketch of star wheel doser

星形给料器截面如图3所示。该星形槽轮在工作长度内排出的种子量应满足24行播种机的单位面积播量要求,通过计算得出星形轮外径 $D_s = 100 \text{ mm}$,槽数 $Z = 10$,齿槽圆弧半径 $r = 6.5 \text{ mm}$,齿根圆直径 $D_i = 50 \text{ mm}$,则槽深 25 mm。

2.2 三圆盘组合开沟施肥播种单体

破茬、开沟、施肥、播种系统是免耕播种机的另一关键部件,要求开沟器有足够的破茬入土能力。而农艺上要求的种肥分施、化肥深施是免耕播种机的主要难题之一。因此,本文设计了三圆盘组合开沟施肥播种单体,由波纹圆盘破茬开沟深施肥和双圆盘开沟播种,解决了免耕过程中的破茬开沟、施肥、播种等问题,同时圆盘为滚动部件,前进阻力小,在大、中型免耕播种机上应用,效果好、效率高。

2.2.1 波纹圆盘施肥开沟器

采用波纹圆盘刃口可直接切断秸秆根茬,有效防止秸秆缠绕,并且土壤扰动少,覆土环覆土可保证地表平整。用连接板将波纹圆盘固定在机架的前横梁上,通过改变安装孔上、下位置来调整开沟深度。锚式施肥铲和导肥管装置挂接在波纹圆盘后面,实现肥料深施。压缩弹簧可使波纹圆盘有效地避免因工作期间碰上诸如石头等硬物而造成对刃口的冲击,提高了机具的耐用度(图2)。

通过试验选取直径 $D = 430 \text{ mm}$,边缘开槽 19 mm的波纹圆盘。波纹圆盘开沟器圆盘受到4个力的作用,即整机重力(包括开沟器自身重力)通过压缩弹簧均分到开沟器上的作用力、拖拉机对播种机的牵引力、圆盘两侧土壤的侧向挤压力、土壤对圆盘的接触摩擦力。由于波纹圆盘与播种机的前进方

向夹角为零,所以圆盘的侧向挤压力均匀对称,如图4所示。

2.2.2 双圆盘播种开沟器

双圆盘播种开沟器在波纹圆盘开沟的基础上开沟播种,能将沟内秸秆杂草推开,营造良好的播种环境。双圆盘与前进方向形成一个夹角 ϕ (图5),其工作原理是利用圆盘外侧面将土推开,从而开出一条种沟。双圆盘开沟器的设计主要解决两圆盘的聚点 m 的位置以及两圆盘夹角 ϕ 和开沟宽度 K 之间的关系。开沟器宽度计算公式为

$$K = D_1(1 - \cos\beta) \sin \frac{\phi}{2}$$

式中 D_1 ——圆盘直径,mm

ϕ ——两圆盘夹角, $(^\circ)$

β ——聚点 m 和圆盘中心连线与垂直方向夹角, $(^\circ)$

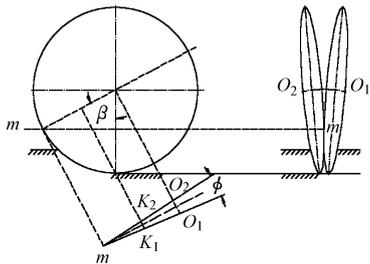


图5 双圆盘聚点位置图

Fig. 5 Position sketch of double disc

(1) 圆盘直径 D_1

圆盘直径太小,易发生转动不灵和壅土,增加阻力等。本机设计为 $D_1 = 350$ mm。

(2) 聚点位置 m

聚点位置用 β 角表示, β 角越大,开出沟越宽; β 角越小, m 点越低,容易使土壤从聚点上面进入双圆盘之间,造成圆盘夹土和堵塞。本机设计 $\beta = 50^\circ$ 。

(3) 圆盘夹角 ϕ

圆盘夹角越小,开出的沟越窄,工作阻力越小。但过小,会使两圆盘之间的空间无法容纳输种管,取 $\phi = 10^\circ$ 。

将上述参数代入式中得 $K = 350(1 - \cos 50^\circ) \cdot \sin \frac{10^\circ}{2} = 10.8$ mm,能够满足北方旱作地区小麦免耕播种的作业要求。

2.2.3 覆土镇压轮

覆土镇压轮采用带铁芯幅板的空心零压橡胶

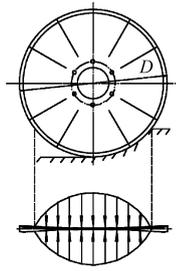


图4 波纹圆盘的侧向应力图

Fig. 4 Side stress sketch of wavy disc

轮,具有覆土镇压和限深的双重功效。镇压轮直径过小转动困难^[10],为实现其功能并与双圆盘开沟器的设计相结合,其直径设计为380 mm,宽50 mm,既可保证正常转动,又能使苗带覆土良好。

3 田间试验

3.1 试验条件

2009年10月,在北京昌平区小王庄中国农机院试验站播种小麦50 hm²,并进行了播种质量及排种器性能检测试验。

北京小王庄中国农机院试验站为暖温带半湿润大陆性季风气候,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥,春秋短促。年平均气温10~12℃;无霜期180~200 d;年降水量626 mm,大都集中在夏季,6~8月份占80%以上。种植制度为玉米-小麦一年两熟。

试验小麦品种为超优66,播种量225 kg/hm²;肥料为磷酸二铵,施肥量300 kg/hm²。

试验地前茬玉米秸秆覆盖地表,茬高6~19 cm,秸秆覆盖量0.25 kg/m²,用2BMG-24Q型气流输送式小麦免耕播种机播种。

配套动力为约翰迪尔1204型拖拉机(88.2 kW)。作业速度8~12 km/h。

3.2 试验方法

试验根据国家标准GB/T 20865—2007的检测项目和检测方法进行,播种性能测试内容包括播种质量、种肥覆土状况、种肥间距等,检测设备包括电子天平、土壤硬度计、游标卡尺、秒表及卷尺等。

3.2.1 种肥深度测量

施肥深度(种子与肥料相对位置):在往返各单一行程内,测6行,每行随机各选3点,测定时将土层横断面切开,测出种子与肥料相隔的土层厚度,以及种子重心与肥料重心之间的水平和垂直距离。

播种(施肥)深度合格率:播种覆土后,扒开土层,测定种子上部覆盖土层厚度,在往返各一个单程内预先交错选定好的小区内进行,每小区每行测5点,计算合格深度范围内的点数占总测定点数的百分数。

3.2.2 排种性能测试

各行排种量一致性:测定收集容器中种子质量,根据平均排量、各行排种量一致性的标准差计算各行排种量一致性变异系数。

总排量稳定性:测试方法同各行排量一致性相同,重复5次,计算总排量稳定性变异系数。

种子破损率:与各行排量一致性同时测定,从排种器排出的种子中取出5份,每份质量约100 g,选出破碎损伤的种子称其质量,计算破碎种子质量占样本总质量的百分数。

3.3 试验结果分析

3.3.1 种肥深度测定

免耕播种后,种子的覆土深度及合格率等测试结果表明,种子的平均播深为 4.5 cm,播种深度合格率为 88.3%,种、肥垂直间距为 3.8 cm,施肥深度合格率为 85.2%,能够满足该试验地区播种深度在 4~6 cm、施肥深度为种子下方 3~6 cm 的农艺要求。

3.3.2 排种性能

排种性能测试结果如表 1 所示。测试结果表明:各项指标均符合标准值要求,能够满足免耕播种的需要。

4 结论

(1)设计了 2BMG-24Q 型气流输送式小麦免

表 1 排种器性能测试结果

Tab. 1 Results of seed meter performance %

项目	测定值	标准值
各行排种量一致性变异系数	3.4	≤3.9
总排量稳定性变异系数	1.11	≤1.3
种子破损率	0	≤0.5

耕播种机,采用波纹圆盘和双圆盘组合开沟器施肥播种系统、气流输送式排种系统,实现了种肥分施、精少量播种功能。

(2)播种机的各行排量一致性变异系数、总排量稳定性变异系数、种子破损率等均符合国标《GB/T 20865—2007 免耕施肥播种机》的要求。

(3)田间试验表明:播种深度合格率为 88.3%,施肥深度合格率为 85.2%,能够满足农艺要求。

参 考 文 献

- 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)
- 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(9):57~61.
Yao Zonglu, Li Hongwen, Gao Huanwen, et al. Experiment on no-till wheat planter under the bestow of the maize stubble in double cropping area [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(9): 57~61. (in Chinese)
- 李洪文,陈君达,邓健,等. 旱地玉米机械化保护性耕作技术及机具研究[J]. 中国农业大学学报,2000,5(4):68~72.
Li Hongwen, Chen Junda, Deng Jian, et al. Study on technology and machines of mechanized conservation tillage for dryland maize[J]. Journal of China Agricultural University, 2000, 5(4): 68~72. (in Chinese)
- 李兵,李洪文. 2BMD-12 型小麦对行免耕播种机的设计[J]. 农业机械学报,2006,37(3):35~38.
Li Bing, Li Hongwen. Design and study of 2BMD-12 no-till planter for wheat[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(3): 35~38. (in Chinese)
- 王维新,坎杂,田学艳,等. 2BCM-6 型茬地免耕播种机的研制[J]. 农业工程学报,2001,17(3):174~176.
Wang Weixin, Kan Za, Tian Xueyan, et al. 2BCM-6 type stubble no-tillage seeder[J]. Transactions of the CSAE, 2001, 17(3): 174~176. (in Chinese)
- 杨红帆,张伟,李玉清,等. 2BD-4 型多功能精密播种机播种系统的研制[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2001,13(3):48~51.
Yang Hongfan, Zhang Wei, Li Yuqing, et al. Study on seeding-system of 2BD-4 multiple precision seeder[J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2001, 13(3): 48~51. (in Chinese)
- 崔清亮,裘祖荣,贺俊林,等. 2BQYF-6A 型气压式硬茬精密播种机的研究[J]. 农业机械学报,2001,32(4):31~33.
Cui Qingliang, Qiu Zurong, He Junlin, et al. Study on the pneumatic non-tillage precision seeder (2BQYF-6A) [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001, 32(4): 31~33. (in Chinese)
- 刘立晶,杨学军,李长荣,等. 2BMG-24 型小麦免耕播种机设计[J]. 农业机械学报,2009,40(10):39~43.
Liu Lijing, Yang Xuejun, Li Changrong, et al. Design of 2BMG-24 no-till wheat planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(10): 39~43. (in Chinese)
- 吴红丹,李民,胡东元,等. 从约翰迪尔产品看美国保护性耕作技术现状[J]. 农机化研究,2007(1):12~15.
Wu Hongdan, Li Min, Hu Dongyuan, et al. Status of conservation tillage in America and John Deere's equipments [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(1): 12~15. (in Chinese)
- 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007.
- 陈浩,黄虎,杨亚莉,等. 固定道对行小麦/玉米通用免耕播种机设计[J]. 农业机械学报,2009,40(3):72~76.
Chen Hao, Huang Hu, Yang Yali, et al. Design of row-followed no-till wheat and maize planter under controlled traffic farming system [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3): 72~76. (in Chinese)