

河南农业大学

硕士学位论文

粉碎起垅免耕施肥播种机主要部件的优化配置与试验分析评价

姓名：刘进方

申请学位级别：硕士

专业：农业推广·农业机械化工程

指导教师：李保谦;侯俊方

20090501

摘 要

粮食安全问题关系到经济社会发展全局，关系到人民群众切身利益。作为我国产粮大省，河南地区面临着粮食产量相对低而不稳、土壤侵蚀日趋严重、机械化水平不高等问题，因此正逐步推行保护性耕作方法。保护性耕作能够减少土壤水分蒸发和水土流失，提高蓄水保墒能力，培肥地力，改善土壤结构，减少农田风蚀及沙尘暴危害，为农作物创造良好的生态环境，实现农业生产的可持续发展。

本课题的 2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机属于保护性耕作机具，既可用于在作物秸秆粉碎后或作物秸秆直立的地块免耕播种小麦，特别是在秸秆直立的地块免耕播种小麦，又适用于在麦收后铁茬播种各种秋作物。并在以下几个方面体现了创新性和独特性：（1）配置了固定式直刀的粉碎轴，减轻了秸秆粉碎过程的动力消耗，降低作业成本；（2）利用靴鞋式铲作为开沟器开沟松土并深施化肥，形成了上松下实的种床；（3）播种开沟器采用用双圆盘单体仿形自动调节播种深度装置，形成了二次开沟播种，既防止秸秆堵塞，又能保证播种深度均匀一致；（4）利用单体橡胶轮覆土镇压，能够保持种肥沟内的墒情；（5）优化配置了起垅器，作业时少翻或不翻土壤，动土量应小于 25%，作业后有利于浇水灌溉；（6）配置了带标尺的丝杠播量调节装置，既有利于提高播量调整的准确性和方便性，又可减少了调整播量时松紧锁定螺栓的工序，提高了工作效率。

本文通过对 2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机的试验研究分析，其性能具有以下特点：（1）具有较强的适应性；（2）实现了一机多用；（3）主要技术参数和结构参数均采用了试验确定和机械动力学分析（ADAMS 软件应用分析）确定，安全可靠，工作运转平稳。

通过对 2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机的技术经济效益分析及推广前景预测，该机投入使用后，既可给厂家和购机户带来直接的经济效益，又可产生明显的社会效益，其推广应用的前景十分广阔，它将给我省带来一年两熟地区农业耕作的一项重大变革。

关键词：保护性耕作；粉碎起垅；施肥播种；优化配置

英文摘要

Main Components' Optimazation and Test Analysis's Appraise of Chopping Redging Fertilizing No-till Planter

Supervisor: Professor Li Baoqian

Master Candidate: Liu JinFang

ABSTRACT: The issue of foodstuff security relates to the overall development of an economic society and the benefit of people. And so Conservation Tillage Method is adopted by Henan province, great food-supplies province in our country, facing many problems, like poor grain yield, limited utilization ratio of precipitation, serious soil erosion and low mechanization level. it can reduce the water evaporation, the soil erosion, the farmland breeze eclipse and the sandstorm damage, improve the soil manure, the soil structur, and the ability of preserving soil moisture, and so as to create a good ecosystem environment for the farm crop, to achieve a standing agricultural development.

The 2BMDF-10 Chopping Ridging Fertilizing No-till Planter, one of the Conservation Tillage machine, can sow the wheat seed under the condition of the corn stalks chopped in the field, especially of the corn stalks standing in the field, also can be applicable to sow the Autumn-reaping crop seed after the wheat harvest. Its innovation and speciality as follows: Firstly, the chopping axle fixed with immovable unbent blade, is propitious to reduce the dynamical consuming in process of chopping the corn stalks and therefore can reduce cost. Secondly, the narrow tine opener fixed with boot-formed shovel, can dig a ditch and fertilize the soil deeply, at the same time get a seed-bed. These soil is loose above the bed and solid under it. Thirdly, the double-disc opener is designed as planting unit, can be adjusted the planting dept by itself, dig a ditch again to sow, so as to have favorable capability of anti-blocking, to enhance the uniformity of the planting dept. Fourthly, the pressure rubber roller can press the soil and preserve soil moisture in the seed fertilizer ditch. Fifthly, the ridger is installed to be propitious to irrigate crops. when it works, the soil is less move, the movable soil must be less than 25%. Sixthly, the lead screw device is fixed with sowing scale to be easy to be adjusted the sowing accuracy, and reduce the working procedure of tightening or loosening bolts.

On analysis the experiment of 2BMDF-10 Chopping Redging Fertilizing No-till Planter, its advantage as follows: Firstly, adaptability; Secondly, one machinery, many abilities; Thirdly, the major parameters were ensured with experiments and the Mechanical Dynamical Analysis (the ADAMS software application analysis), therefore, soft, stability. After analysis the economical efficiency of 2BMDF-10, and predicting its being extended feasibility, the planter will bring benefit to both manufacturer and the owners, it also has evident social benefit. Its foreground of popularization is so wide that it brings a great reform in double cropping area of North China.

Keywords: Conservation Tillage; Stalk Chopping; No-tillage Fertilizing Planter; Optimization

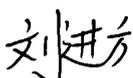
河南农业大学学位论文独创性声明、使用授权及知识产权归属承诺书

学位论文 文题目	粉碎起垅免耕施肥播种机主要部件的优化 配置与试验分析评价			学位 级别	硕士学位
学生姓名	刘进方	学科 专业	农业机械化工程	导师 姓名	李保谦 教授 侯俊方 研究员
学位论文 是否保密				2009年5月31日	

独 创 性 声 明

本人呈交论文是在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包括为获得河南农业大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料，指导教师对此进行了审定。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中做了明确的说明，并进行了谢意。

特此声明。

研究生签名： 

导师签名： 

日 期：2009年5月31日

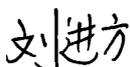
日 期：2009年5月31日

学位论文使用授权及知识产权归属承诺

本人完全了解河南农业大学关于保存、使用学位论文的规定，即学生必须按照学校要求提交学位论文的印刷本和电子版本；学校有权保留提交论文的印刷本和电子版本，并提供目录检索和阅览服务，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。本人同意河南农业大学可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

本人完全了解《河南农业大学知识产权保护办法》的有关规定，在毕业离开河南农业大学后，就在校期间从事的科研工作发表的所有论文，第一署名单位为河南农业大学，试验材料、原始数据、申报的专利等知识产权均归河南农业大学所有，否则，承担相应的法律责任。

注：保密学位论文在解密后适用于本授权书。

研究生签名： 

导师签名： 

学院领导签名： 

日期：2009年5月31日

日期：2009年5月31日

日期：2009年5月31日

致 谢

本课题从样机设计到试验测试，从论文开题到论文撰写，整个过程都是在导师李保谦教授的精心指导下完成的。论文定题初期，李教授给我提供了大量的参考资料和文献，并安排我参与了课题的研究，取得了第一手宝贵资料，使我的论文内容充实，重点突出，并得以顺利完成。在李老师精心指导的三年学习生涯中，不仅导师严谨的治学态度、渊博的学识使我受益终生，而且待人热情、严于律己的道德品质深深的感染了我。不仅学到了知识，更重要的是学会了许多做人的道理。在此谨向恩师表示衷心的感谢和崇高的敬意。

感谢学习期间和论文完成过程中导师组余泳昌教授、李冠峰教授、王万章教授、史景钊副教授的严格要求和无私帮助，我的每一步成长都渗透着各位老师的心血和汗水。

同时还要感谢河南豪丰机械制造有限公司的领导、韩根发高级工程师和岳志刚工程师，以及濮阳市农机局的侯俊方研究员给予我的大力支持和帮助。

在此还要感谢研究处的各位领导以及任课老师们三年来对我思想、生活、工作上的指导和关心。也感谢单位同事和同窗好友对我的关心和支持。

刘进方

2009年5月

1 文献综述

1.1 本课题研究的目的、意义和内容

粮食安全问题关系到经济社会发展全局,关系到人民群众切身利益。随着经济社会的发展,人口增长、需求增加、耕地减少、水资源减少的趋势将不可逆转,农业产业结构调整占地也会对小麦、玉米生产构成强大竞争。因此,依靠科技进步提高粮食综合生产能力,加大高产优质、节本增效、节约水资源、水土可持续利用、防灾减灾等技术攻关和集成,充分挖掘冬小麦、夏玉米两季作物的单产潜力,通过提高单产保总产,是恢复和提高小麦、玉米产量,保障粮食安全的根本措施。同时,通过提高粮食单产水平,也可以减少种粮用地,减轻粮、经、饲争地的矛盾,为种植业结构调整创造有利的条件^[1]。

我国是农业大国,而河南省又是全国农产品主要产区,农业生产对于国民经济发展起着重要作用。本省主要粮食作物以小麦、玉米为主,兼作多类其它作物和经济作物。小麦种植面积为 7500 万亩,玉米种植面积为 3600 万亩,小麦产量位于全国第一位,以一年两季种植模式为主。传统的“精耕细作”一直沿用至今,深耕细耙一直被作为增产粮食的重要途径。通过化肥施用量增加,在一定时期内达到增产的效果,但是同时也导致了水土流失、土壤沙化、有机质减少、农业资源利用强度大、抗灾能力降低等问题,对河南农业的可持续发展产生负面影响。近几年,小麦、玉米两大农作物收获后秸秆留存量大,是主要的生物质能源,其综合利用给部分秸秆利用找到了一定的出路,但由于其开发成本高,农民难以接收,大量焚烧现象时有发生,政府每年都要投入大量的人力、物力给予禁止,收效不明显。实施保护性耕作可将秸秆原封不动的保留在地表或粉碎后还田,在地表形成覆盖层,不仅有效的发挥其肥用价值,还可起到蓄水保墒,保水保土、保护生态的作用,以及防止焚烧秸秆造成的大气污染。因此,实施保护性耕作是建设环保农业的主要途径,在河南省开展小麦、玉米两熟地区进行保护性耕作研究与示范,是非常必要和紧迫的。

随着党中央、国务院对农村工作的重视力度加强,从中央到地方的各级政府的惠农政策相继出台。为尽快落实支持三农,服务三农减轻农民负担,增加农民收入,提高农民生产生活质量的宏伟目标,国内众多大专院校、科研院所及涉农企业相继投入大量的人力、物力和充足的科研经费,实施各种农田作业机械的研究开发,特别是保护性耕作机具的研究开发,有力地促进了农业机械化的发展。目前,在国内市场上相继出现了具有综合技术处国际先进水平的智能免耕施肥覆盖旋播机、数显深松多用机等保护性耕作机械,这些先进的农业装备投入应用后,为我国的农业生产提供了强有力的支持,从而带动了农业的增产增效,让广大农民从繁重的体力劳动中得到了解脱,但是这些机具与传统的农业耕作模式有一定差距,在实际推广应用中存在这样或那样的问题。

粉碎起埂免耕播种机属保护性耕作机械的范围,是实现新农艺要求“保护性耕作法”的关键机械。近两年来,在国内农业机械市场上,先后有六、七家生产企业研制生产的免耕施肥播种机投放市场,但是没有一种机具同时具有多种功能,既能够适用于在秸秆粉碎后或秸秆直立的地块免耕播种小麦、特别是在秸秆直立的地块免耕播种小麦,又适用于在麦收后铁茬播种各种秋作物。因此,在一年两熟地区的旱作农业区试验研究适应小麦等农作物的保护性耕作技术及功能齐全的配套机具并予以推广应用,十分必要也非常紧迫。专题组工程技术人员经过大量的社会调查和广泛征求农

机、农艺方面领导和专家教授意见的基础上，潜心研究的粉碎起垅免耕施肥播种机，能够适应在各种条件下完成不同作业要求，作业质量能够满足不同农艺要求，作业效果更贴近现代耕作模式。

1.2 国内外保护性耕作的发展概况

1.2.1 保护性耕作的基本概念

保护性耕作是相对传统耕作方式逐步发展并完善的一种新型耕作技术。传统耕作是指以翻、耙、压为主的耕作。在这种耕作制度下，播种前要用铧式犁把残茬及杂草翻入地下，然后耙、压使地表疏松、细碎、平整。这种耕作不仅能耗高，最主要的是会造成过度耕作，耕地“裸露休闲”，水土流失严重，破坏生态环境。20世纪初，美国拉开了西部大开发的序幕，大面积机械化翻耕土地，同时由于大量砍伐树木，开荒翻耕，土地裸露，多次发生狂风扬沙。特别是1935年5月发生了一场可怕的“黑风暴”，沙尘持续三天三夜，横扫美国大部分国土，造成300万 hm^2 土地被毁，500多亿吨小麦失收，16万农民破产。风暴过后，美国人惊恐地发现，他们所破坏的不仅是植被和森林，更重要的是土地的沙漠化和气候恶化，还有生态系统的链条几乎处于崩溃的边缘，而造成这种灾难的主要原因就是铧式犁。1936年美国发行的一部电影名为《犁耕毁了中部平原》，1943年出版专著《犁耕者的愚蠢》，号召废除铧式犁，并开始重视农业生态环境的保护，进行保护性耕作的研究^[2]。1967年，“保护耕作”一词最早在美国的伊利诺伊州首先起用，随后经过多年的长期努力，美国研究开发出了保护性耕作法，并在世界范围内广泛传播应用^[3]。

保护性耕作的前身叫“免耕法”，随着研究的深入和推广的扩大，发现免耕只能适应部分土壤和自然条件，1980年以后逐步改为保护性耕作法^[3]。1985年，Allmaras提出了保护耕作的定义：保护耕作(Conservation Tillage)是指在一季作物之后地表残茬覆盖至少为30%，使土壤侵蚀控制约在50%的那种耕作和种植体系^[2]。我国学者在多年科学研究的基础上，把保护性耕作定义为“以水土保持为中心，保持适量的地表覆物，尽量少翻动土层，而又能保证作物正常生长的耕作方法”^[4]。2002年农业部为了使广大农民容易理解，按照保护性耕作的内涵和目标，将其定义为“对农田实行免耕、少耕，并用作物秸秆覆盖地表，以减少风蚀、水蚀，提高土壤肥力和抗旱能力的先进农业耕作技术”^[4]。

保护性耕作的基本技术包括四项内容：一是免耕播种施肥。与传统耕作不同，保护性耕作的种子和肥料要播到有秸秆覆盖的土壤里，有些还是免耕地，所以需要特殊的免耕施肥播种机；二是秸秆残茬管理。收获后秸秆和残茬留在地表做覆盖物，是减少水土流失、抑制扬沙的关键；三是杂草及病虫害防治。能否成功的控制杂草和病虫害是保护性耕作能否成功的关键；四是深松与表土作业。深松即疏松深层土壤，基本上不破坏土壤结构和地面植被，打破硬底层，可提高天然降雨入渗率，增加土壤含水量^{[4][6]}。

经过长期试验证明保护性耕作有以下优点：（1）减轻土壤风蚀，抑制沙尘暴；（2）减少地表径流量和土壤水蚀；（3）减少秸秆焚烧量及大气污染；（4）保护土壤表层，改善土壤结构，优化土壤环境；（5）增加农作物产量，降低生产成本^[7]。根据中国农业大学等单位在山西10余年的系统试验，保护性耕作与传统翻耕相比较，具有显著的效益：（1）社会效益。减少径流60%、水蚀80%、减少风蚀60%。抑制沙尘暴。不烧秸秆、减少大气污染。（2）生态效益。休闲期土壤贮水

量增加 14%~17%，水分利用率提高 15%~19%；提高土壤肥力，土壤有机质年提高 0.03%~0.05%，速效氮和速效钾提高。（3）经济效益。提高小麦、玉米产量 13%~17%；减少作业工序，降低作业成本 10%~20%；增加农民收入 20%~30%^[4]。

保护性耕作对增产不利的因素是增加了管理难度，如要注意地温、播种质量、杂草控制等。（1）保护性耕作降低地表温度，将对出苗产生不利影响，为了减少降低温度的影响，应采用清除种行上的覆盖物，以及疏松种行表土等措施。（2）保护性耕作播种质量不易保证。保护性耕作由于地表不平整、软硬不均匀、秸秆覆盖量过多或覆盖物分布不均等原因，会导致播种时播深不一致，种子分布不均匀，甚至出现缺苗断垄等播种质量问题。一方面要改进播种机性能，提高适应能力，另一方面播种前要检查地表状况，必要时进行秸秆粉碎、撒匀，耙地或浅松以适当减少覆盖量、疏松平整表土。（3）保护性耕作杂草控制较困难，翻耕有很好的翻埋杂草作用，保护性耕作相对来说失去了一项控制杂草的手段，其次，有的杂草受秸秆遮盖，药液不易直接喷到杂草上，影响杀草效果。杂草相对较多，锄草难度较大，往往还得人工锄草。总体来看，保护性耕作增产方面是根本性的，不利方面则与管理水平密切相关，只有加强管理，注意克服或减低保护性耕作的不利之处，充分发挥它的优越之处，保护性耕作才能获得更好的效果^[8]。

1.2.2 国外保护性耕作的发展概况

在美洲，美国研究保护性耕作已经有 80 多年的历史，目前保护性耕作应用面积占耕地总面积的 37%^[9]。美国从 20 世纪 40 年代开始研究保护性耕作技术，60 年代开发成功免耕播种机和除草剂后，开始在全国大面积推广，2002 年保护性耕作应用面积达到 6769 万 hm^2 ，已占到总耕地面积的 60%。美国保护性耕作应用面积已经接近适宜区域总面积，除了收获时必须翻耕土壤的马铃薯、甜菜以及无法保留秸秆覆盖的蔬菜等作物之外，所有的谷物生产都采用了保护性耕作技术^[4]。加拿大是最早推广保护性技术的国家之一，目前集中研究降低生产成本技术，部分领先的农场在保护性耕作地采用多种方式除草、降低除草剂的用量，改进机具，降低机械作业成本^[10]。南美洲已经成为世界上采用保护性耕作比例最高，面积仅次于北美洲的第二大保护性耕作区。巴西 2001 年免耕面积达到 1347 万 hm^2 ，实行免耕的作物仅有大豆、玉米、小麦、高粱等旱地作物，约 27 万 hm^2 的水稻（占水稻种植面积的 33%）也实行了免耕；一些经济作物，如洋葱、西红柿、蔬菜、烟草也采用了免耕种植^[4]。

欧洲在保护性耕作技术研究与应用方面起步相对较晚，但是发展较快，12 个国家应用了此项技术，总应用面积与北美洲相差不大，和南美洲相当。欧洲大部分国家降雨充沛，土壤侵蚀并不严重，但是，为了简化农业生产工序，降低生产成本，德国、法国、瑞士等国家从 20 世纪 80 年代开始推广应用保护性耕作，近 10 年保护性耕作应用面积有了较大增长，年年翻耕土地的农民越来越少，16%~28%的耕地已经应用了保护性耕作技术^[4]。1999 年 1 月 14 日，由比利时、丹麦、法国、德国、希腊、意大利、葡萄牙、西班牙、瑞士和英国的农业科学家、农场主发起成立了欧洲保护性农业联合会（The European Conservation Agriculture Federation, ECAF）。2001 年 10 月联合国粮农组织（FAO）与欧洲保护性农业联合会（ECAF）在西班牙召开了第一届世界保护性农业大会，标志着保护性耕作在世界范围内得到广泛重视^[7]。

在澳洲，澳大利亚发明的拖拉机固定道模式，可以克服因大型农业机械多次进地作业造成的土

壤压实和影响作物成长的问题、节省 50% 的拖拉机动力能耗和油耗，降低作业成本 30% 左右^[4]。目前澳大利亚全国免耕播种和精准农业面积已占耕地面积的 15%^[11]。2003 年 6 月在澳大利亚昆士兰州举行的第十六届国际土壤耕作研究年会（ISTRO）上，保护性耕作也成为了学者交流的热点问题，说明保护性耕作已成为世界各国所接受的一种农业可持续发展趋势^[7]。

在亚洲，日本从 20 世纪 90 年代兴起少耕法实验研究，使用少耕播种机种植稻麦，利用逆铧对土壤旋切，碎土、播种、施肥等工序一次完成，行间的大面积不耕，以残茬覆盖^[12]。

1.2.3 国内保护性耕作的发展概况

我国保护性耕作研究开始于 20 世纪 60 年代，黑龙江国营农场开始进行免耕种植小麦的试验示范。60 年代末到 70 年代初，江苏太湖、徐州开展稻茬地上免耕播种小麦的研究。70 年代末，陆续研究提出了陕北丘陵沟壑区坡地水土保持耕作、山西旱地玉米整秸秆全程覆盖耕作、华北夏玉米免耕覆盖耕作以及机械化免耕覆盖、南方稻田自然免耕等技术，北京农业大学耕作研究室研制出国内第一代免耕播种机。80 年代，黑龙江等地区探索半湿润地区大规模机械化深松耕、耨耕等保护性耕作技术并获得成功；同时还有北京农业大学的残茬覆盖减耕法、陕西省农科院旱农所的旱地小麦留高茬少耕全程覆盖技术、山西农科院的旱地玉米免耕整杆半覆盖技术、河北省农科院的一年两熟地区少免耕技术、山东淄博农机所的深松覆盖沟播技术。1992 年开始，中国农业大学课题组在山西省进行了以保护性耕作机具开发为突破口的北方机械化保护性耕作系统试验，近 10 年的试验，研究出一套比较适合我国国情的保护性耕作技术体系。从 2001 年开始，北方旱区保护性耕作技术得到国家有关部门的高度重视，农业部、财政部列支专项经费扶持，组织山西、陕西、河北、内蒙、北京、天津、山东等地农机部门和科技人员开展了多点试验及示范推广。特别是 2002 年农业部保护性耕作示范工程项目启动，在中央财政支持下，每年建设一批国家级保护性耕作示范县，到 2006 年已经建设 200 多个，北方 15 省两级示范县总数超过 350 个，推广面积超过 160 多万 hm^2 。2005 年与山东耕作制度相近的北京市示范推广保护性耕作面积达 120 万亩，河北省 106 万亩、天津市 47 万亩、河南省 24 万亩，均取得较好的经济、社会和生态效益。2005，2006 年“改革传统耕作方法、发展保护性耕作”连续两年写入中央 1 号文件。从建设节约资源、保护环境、增加农民收入和发展可持续农业需要出发，预计保护性耕作在近 10 年将得到更快、更大的发展。

1.3 国内外免耕播种机的发展概况

1.3.1 国外免耕播种机的发展概况

国外从 40 年代初已开始了保护性耕作法的研究，并相继产生了各种型式的少、免耕机具。随着化学除草剂和免耕机具的发展和成熟，免耕种植方式在越来越多的面积上得到推广应用。目前国外的免耕播种机几乎全都是联合作业机，一次完成破茬、松土、开沟、播种、施肥、撒药等多项作业。

国外农场的土地面积一般比较大，田间作业拖拉机的功率也较大，免耕播种机一般都是牵引式的，播种机采用多梁结构，多排开沟器，各开沟器之间间隔大，播种机又宽又重，一般都是气力式的，土壤工作部件也做得比较复杂^[4]。目前美国的 JohnDeere、GreatPlains、Case，加拿大的 Flexi-eoil，澳大利亚 JohnShearer，巴西的 Semeato、Baldan 等著名公司经过多年研究研发设计的免耕

播种机，性能优良，得到广泛推广应用^[15]。

图 1 为 JohnDeere 公司生产的 1590 免耕条播机，整机开沟器为双排结构，播种行数为 16 行，排种（肥）器为外槽轮式，采用直径 460mm 波纹式单圆盘开沟，破土角度小，对土壤扰动小，自身质量大，机架离地间隙大，秸秆通过性好；开沟压力大(除自身质量大外，还可通过液压系统调节压力)。该机按工作幅宽有 3.05m 型、4.6m 型和 6.1m 型三个系列，最大基础质量 2917~5969kg。经试验，该机性能可靠，但种、肥没有分施，只能在播种同时施少量种肥，不能同时施足底肥，若需要施肥时，只能先在种箱中加入化肥，进地作业一遍，将作业深度调到最大(约 8cm)，然后二次进地播种。

图 2 为美国 Case 公司生产的 SDX30 型免耕播种机。该机采用单圆盘开沟器，排种方式为气力式，可以在高茬覆盖地作业。该机采用开放式结构设计，使得用户可以在前面或后面方便地调整开沟器。每一个开沟器都是通过气力加压，并且气压可单独调节以满足不同的播种深度要求。整机重量为 11.9t，整机结实的结构和很大的重量是高速播种和高效率的保证，难以在我国农业生产中应用。



图 1 JohnDeere 1590 免耕条播机

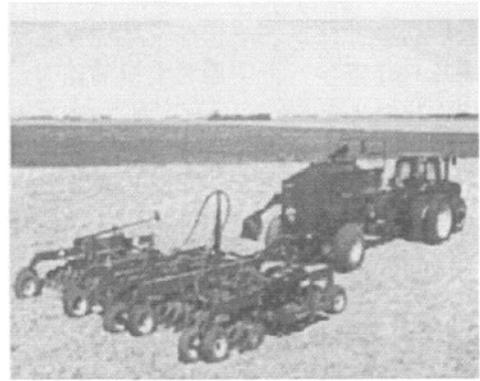


图 2 Case SDX30 型免耕播种机

图 3 为 GreatPlains 公司生产 3P605NT 型免耕播种机。该机为悬挂式，采用大波纹圆盘破茬、松土，在地表开出 10~20mm 宽的沟，其后用单体仿形的双圆盘开沟器播种施肥，种、肥混施。机具重量为 1.034t，工作幅宽为 1.83m，行距为 19.05cm，共 9 行。大波纹圆盘需要的压力为 203kg，双圆盘需要 40~80kg，该机结构设计合理，工作过程中重心位置在大波纹圆盘上，切茬能力较强。

图 4 为加拿大 Flexi-Coil 公司生产的 5000 型免耕播种机，整机长为 17.4m，种行宽度可为 18.3，22.9，30.5 和 36.6cm。气力式排种装置与铲式开沟器组合，镇压轮为多排结构，开沟器也为多梁结构，因而能够较好地防堵，另外压缩空气与种子箱系统在最后方，其重量为自身的轮子支承，所以不论种子多少，开沟器对土壤的压力是一定的，以保证精确的开沟深度。

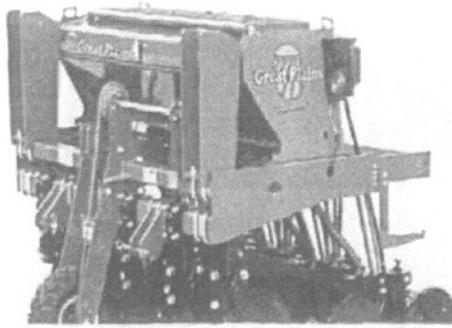


图3 GreatPlains 3P605NT 型免耕播种机



图4 Flexi-Coil 5000 型免耕播种机

美国 Great plain 3n-3010p 采用双圆盘开沟器，整机重量为 9.3T，工作宽度为 9.14m，采用液压折叠式结构，运输宽度为 4.89m，见图 5 所示。特别值得注意的是该机采用了独特的双圆盘结构，对双圆盘开沟器而言，两圆盘如何与地面接触以及两圆盘之间如何联接是关键。Great plain 3n-3010p 采用了与众不同的结构，一般双圆盘开沟器为等高倾斜，而 Great plain 3n-3010p 是不等高的排列，这种方式可以使一个刀片首先入土，不等高排列能更好的切断秸秆。

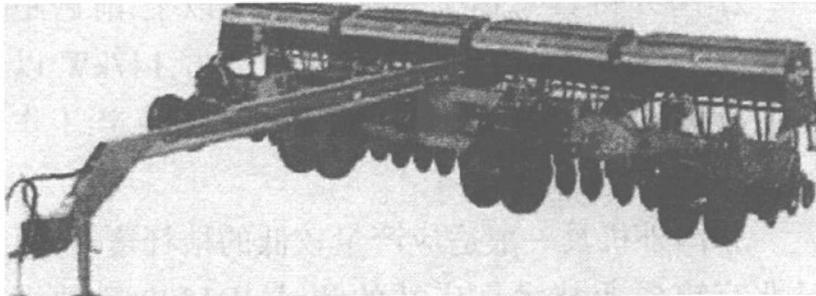


图5 Great plain 3n-3010p

图 6 为澳大利亚 JohnSheare 公司生产的 4Bin Direct Drills 免耕条播机，其开沟器为单体仿形，双弹簧结构给开沟器以足够的压力进行免耕作业，全液压提升和两侧巨大的轮子能保证开沟器精确的开沟深度。开沟器为铲式多梁结构，每个梁上装 4~6 个，每个开沟器的间隔较大，以保证良好的防堵性能。

图 7 为巴西 Baldan 公司生产的 SPD400 玉米秸秆覆盖地小麦播种机，该机采用双圆盘开沟，整机质量大，切土能力强，开沟深度最大可达 12cm。能在每亩 2t 玉米粉碎秸秆下顺利播种，气力排种装置不损伤种子，其作业性能完全可以和美国 JohnDeere 等著名公司的产品相比，但价格只有美国产品的 70%，性价比优于美国，被称为世界上最成功的免耕播种机。

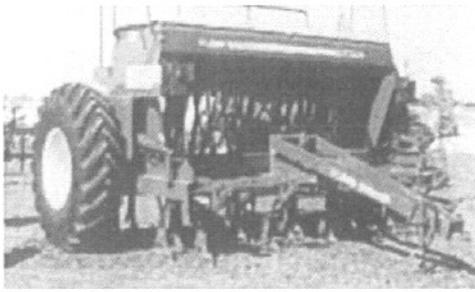


图6 JohnSheare 4Bin Direct drills

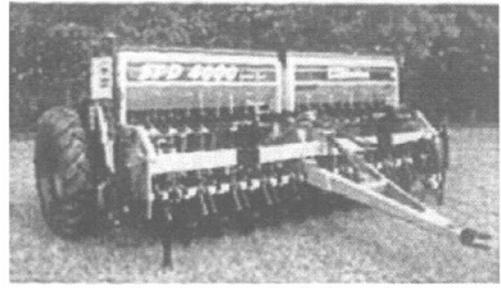


图7 Baldan SPD400 玉米秸秆覆盖地小麦播种机

从以上分析可知,目前国外的免耕播种机几乎全都是联合作业机,一次完成破茬、松土、开沟、施肥、播种、撒药等多项作业。国外农场的土地面积一般比较大,拖拉机的功率也较大,免耕播种机一般都是牵引式的,播种机横梁多,多排安排开沟器,各开沟器之间间隔大,多用圆盘开沟器;机具宽而重,一般都是气力式排种,土壤工作部件也做得比较复杂,所有的小麦免耕播种机都是为一年一熟地区设计的,要求秸秆覆盖量低,施肥量小,不适合我国北方一年两熟地区。

1.3.2 国内免耕播种机的发展概况

我国免耕播种机的研究起步比较晚,20世纪90年代之前主要研究玉米免耕播种机,用于玉米播种的免耕播种机有原北京农业大学胡鸿烈等人设计的2BQM-6和它的改进型2BQM-6D(如图8),大连农牧机械制造厂生产的2BQM-6A^[16],石家庄农机厂生产的2BFY-3型,山西省新绛机械厂生产的2BGM-3等。原北京农业大学研制、大连农牧机械厂批量生产的2BQM-6A型免耕播种机是目前较为成熟的一种,其通过性能经测定在小麦秸秆经粉碎后覆盖量为 $9650\text{kg}/\text{hm}^2$,秸秆含水率为64.3%时,通过性系数为0.97^[17]。20世纪90年代以后,以中国农业大学保护性耕作研究中心为代表,在玉米、小麦免耕播种机方面研究较多,中国农业大学杜兵对圆盘式开沟器的结构计算进行了研究^[18],在玉米免耕播种机方面:中国农业大学陈君达、李洪文等研究了玉米免耕播种机的圆盘刀加压草轮组合式防堵装置,作了一些田间试验,还研制了轮齿拨草式免耕播种机,如图9所示,取得了较理想的防堵效果,这些都有力地促进了我国免耕播种机的研究进程^[19]。另外,山东工程学院的王丰元等在玉米贴茬播种机开沟器前安装了用钢板制成的横截面为抛物线形的分草器,有一定的分草效果。但是,对于华北一年两熟高产区大覆盖量或高茬覆盖不经切碎的情况下的免耕播种,目前的免耕播种机防堵性能还不够理想,急需研究此类机具,以促进保护性耕作在北方一年两熟地区的推广。1990年施森宝、胡洪烈等人研制了凿形刀式破茬松土器,工作原理为推力分茬,工作时秸秆在机具牵引力和地面摩擦力作用下沿凿形刀斜面上移,在上移的过程中,因分草板的作用向两侧滑走。1992年他们又在此基础上作了改进,重新设计了破茬松土器的刀头,由弧形状改为片状,以提高其入土性能和减小入土阻力。在设计的免耕播种机(2BQM-6D、2BQM-6A)采用分置式种肥侧位分施方式,用破茬松土器施肥、双圆盘开沟器播种,双斜镇压轮镇压种行和合垄种沟。山西省新绛机械厂生产的2BGM-3、河北省无极县机电厂生产了2BY-3型小型玉米免耕播种机^{[20][21]},均采用整体式种肥侧位分施方式,开沟器为锄铲式,开沟器后面有两个腔体,一个装有排种管,另一个安装排肥管,整个开沟器幅宽较大,侧板比较长。这种开沟器阻力比较大、入土能力不强、种肥间距比较小。石家庄农机厂生产的2BFY-3型小型免耕硬茬播种机,采用分置式种肥正位分施机

构,用破茬松土器破茬开沟施肥,用锐角开沟器播种。整机防堵性能不好。中国农业大学的高焕文、陈君达、李洪文等(1994)人研究了玉米免耕播种机的防堵装置,设计了行间压草轮、轮齿拔草盘等机构,可在玉米残茬和小麦残茬地里播玉米。试验表明,在粉碎的玉米秸秆地可正常工作。在设计样机上选用了引自澳大利亚的尖角型开沟器,这种开沟器入土能力较强。

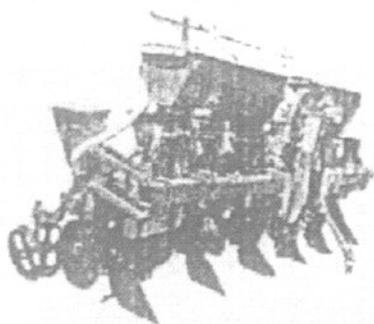


图 8 2BQM-6D 型免耕精量播种机



图 9 轮齿拔草式免耕播种机

在小麦免耕播种机方面:原北京农业工程大学王耀发、李问监、杜兵(1995)等人对小麦免耕播种机的开沟器和种肥分施机构进行了研究,设计出一种整体式种肥正位分施机构,并研制了小麦免耕播种机的样机,可在小麦残茬地里播小麦。于丽娟、高焕文(1994)对传统的单圆盘开沟器进行了改进,设计了一种种肥侧位分施机构,可在小麦残茬地里播小麦,并对相关参数进行了分析。

由内蒙古农业大学与内蒙古农业人学农业工程成套设备机械厂共同开发研制的 2BMF-9 型小麦免耕播种机,如图 10 所示。该机是在吸收原加拿大免耕播种机的基础上,结合我国北方旱作农业实际情况改进设计的机型^[22]。该机采用双梁结构,使同一梁上的开沟器间距达到 40cm(行距 20cm),开沟铲采用试验筛选出的澳大利亚短翼型尖角铲,阻力小,对土壤的搅动小,有利于保墒。在开沟器前安装限深切草圆盘,能在一定的秸秆覆盖下顺利播种(250kg/亩产量的全部秸秆还田),采用自行研制的专利产品“复合型开沟器”,实现种肥垂直分施,通过调节下肥管与下种管之间的距离及下种管的垂直高度,可以改变肥、种间距,肥种间距最大可达 5cm,满足播种的同时施肥量大和深施肥的要求。开沟器安装在平行四边杆仿形机构上,能在地表不平的条件下保证播种质量。该机通过了农业部农机鉴定总站的性能检测。2BMF-9 型小麦免耕播种机配套动力为铁牛-55(65)拖拉机,但该机有自重大(约 900kg),对拖拉机的悬挂机构要求高及价格相对较高的缺点,使该机的推广受到了一定的限制。该机主要特点:开沟宽度小、破茬能力强,采用无级调速器控制调节播量,液压控制调节播种深度,使播深、播量调节准确、方便,排种(肥)器为加拿大进口,特别适应于内蒙古及周边干旱、半干旱地区的播种作业。

以 2BMF-5 型小麦免耕播种机为原型,如图 11 所示。中国农业大学、山西省农机局和山西新绛机械厂合作,共同开发了 2BMF-11(9)(中型机)、2BMF-6(7)(小型机)等系列产品。其共同特点是采用短翼尖角开沟铲和“复合型开沟器”,取消了限深切草圆盘,取消限四边杆仿形机构,使得整机重量和价格下降,适应了推广的要求。此系列播种机目前已批量生产。新绛机械厂生产的 2BMF-11(9)型小麦免耕播种机,该机除采用短翼尖角铲和“复合型开沟器”外,地轮采用充气橡胶轮,可减少在

秸秆覆盖地上的打滑现象，也不易粘土。镇压轮为空心橡胶型，也是为了减少粘土。该机配套动力为上海-50 或铁牛-55(65)等拖拉机，其中 11 行机可适应较大、较平整的地块，工效较高。9 行机则适应稍小地块，可减少小地块最后一趟播种时的重播量，同时由于整机幅宽较小，在地表不平的地块上播种时有利于提高播种质量。整机质量 450kg；外形尺寸(长×宽×高)=1640×2394×1470 (mm)；作业行数为 11 行；排肥器型式是外槽轮式；工作幅宽为 2200mm；排种器型式是外槽轮式；播种深度为 30~70 mm；适用播种作物是小麦和玉米；行距 200mm；开沟器型式采用了窄形箭铲式；施肥方式是正深分层施肥；配套动力是 44.1kW 的轮式拖拉机。

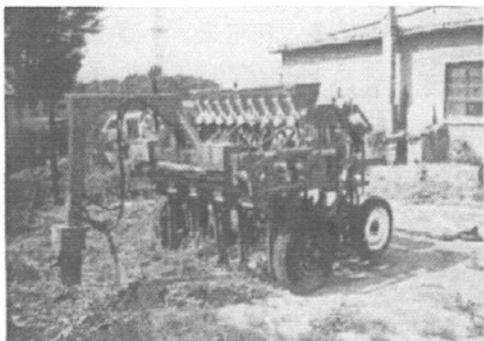


图 10 2BMF-9 型小麦免耕播种机



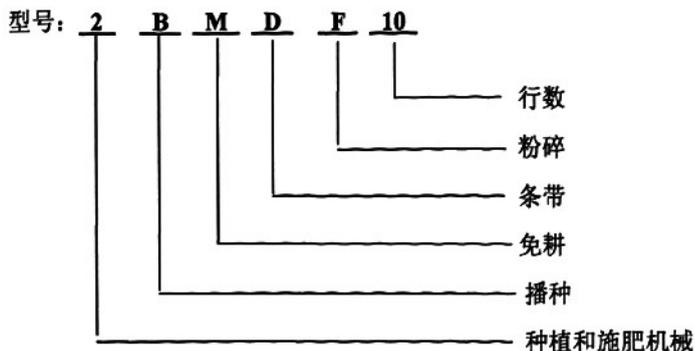
图 11 2BMF-5 型小麦免耕播种机

山西省临汾市农机局研制了“秸秆条带切碎覆盖与施肥播种机”^[23]，本质上是一种旋耕施肥播种机存在动土量大、功耗高、种肥分施效果差、刀轴缠草等问题。西北农林科技大学从 2002 年开始研究“秸秆粉碎覆盖与施肥播种联合作业机”，其原理是首先将玉米秸秆捡拾粉碎，与此同时进行小麦播种，粉碎后的秸秆落在播种机的后方，存在的问题是捡拾不净的秸秆仍然堵塞机具，玉米根茬问题没有解决，也会堵塞机具，影响播种质量。秸秆粉碎机与小麦播种机的简单联接，机器前后距离太长达 1.9m，动力消耗大，55 马力的拖拉机只能带动 8 行播种机。

2 2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机的主要部件的优化设计、结构原理及调整

2.1 机器的主要参数

2.1.1 结构参数



整机质量/kg	1000
工作幅宽/m	1.8
外形尺寸(长×宽×高)/mm	2455×2788×1430
作业行数/行	10
配套动力/kW	≥47.8 (轮式拖拉机)
行距/mm	200
最大施肥量/kg/hm ²	480(颗粒化肥)
施肥深度/mm	种下 30~50
最大播种量/kg/hm ²	540
播种深度/mm	30~50
刀轴转速/r/min	低速 500, 高速 1200
作业速度/km/h	4~7

2.1.2 性能参数

- (1) 机具工作幅宽为 1800mm, 播种小麦 10 行、施肥 10 行, 播种玉米 3 行、施肥 3 行;
- (2) 播种深度为 30~60mm, 施肥深度为 80~120mm;
- (3) 生产效率 0.6~0.75hm²;
- (4) 刀轴转速为 400~1000r/min;
- (5) 机具整机质量不大于 1000kg;
- (6) 有效度不小于 90%;
- (7) 播种施肥时, 各行排量一致性 & 总排量一致性符合 JB/T6274.1-2000《谷物播种机 技术条件》之规定。

2.1.3 机器指标

- (1) 机具用于在作物秸秆粉碎后或作物秸秆直立的地块免耕播种小麦、特别是在直立的地块免耕播种小麦, 又适用于在麦收后铁茬播种各种秋作物, 具有广泛的适应性, 良好的通过性能;
- (2) 产品质量符合 Q/HNHF022-2007《粉碎起垅免耕施肥播种机》;
- (3) 配套动力选择 36.8-47.8kW 轮式拖拉机;
- (4) 挂接方式采用后置液压全悬挂方式与拖拉机连接;
- (5) 配置固定式直刀的粉碎轴, 便于减轻秸秆粉碎过程的动力消耗, 降低作业成本;
- (6) 利用靴鞋式铲作为开沟器开沟松土并深施化肥, 同时形成上松下实的种床;
- (7) 播种开沟器采用用双圆盘单体仿形自动调节播种深度装置, 进行二次开沟播种, 既防止秸秆堵塞, 又能保证播种深度均匀一致;
- (8) 利用单体橡胶轮覆土镇压保持种肥沟内的墒情;
- (9) 配置起垅器, 作业时少翻或不翻土壤, 动土量应小于 25%, 作业后有利于浇水灌溉;
- (10) 配置有带标尺的丝杠播量调节装置, 既有利于提高播量调整的准确性和方便性, 又可减少调整播量时松紧锁定螺栓的工序。

2.1.4 主要部件的加工及装配

齿轮箱体采用力学性能不低于 GB/T 9439-1988 中规定的 HT200 灰铁制造；圆锥齿轮、圆柱齿轮采用力学性能不低于 GB/T 3077-1999 中规定的 20CrMnTi 材料制造；齿面渗碳处理，渗碳层厚度为齿轮模数的 10%~15%，齿面淬火热处理硬度为 58HRC-64HRC，芯部硬度为 33HRC-45HRC；花键轴采用力学性能不低于 GB/T 3077-1999 中规定的 40Cr 材料制造，整体调质处理硬度为 22HRC-28HRC；粉碎刀采用力学性能不低于 GB/T 699-1999 中规定的 65Mn 钢材制造，粉碎刀须经热处理，表明热处理硬度为 48HRC-56HRC；靴脚式开沟铲采用力学性能不低于 GB/T 699-1999 规定的 65Mn 钢材制造，工作表明热处理硬度 40HRC-50HRC，允许使用力学性能不低于上述硬度要求的其他材料制造。

刀座与刀轴焊合后应进行退火处理，以消除内应力；刀座与刀轴中心线垂直度 $\leq 1.5\text{mm}$ ，刀轴每米长度上的弯曲度 $\leq 2\text{mm}$ ；限深镇压装置焊合后，五个镇压轮的同轴度 $\leq 5\text{mm}$ ；支撑管焊合后，两法兰盘平行度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，加工后平行度 $\leq 0.1\text{mm}$ ，每米长内弯曲度 $\leq 1\text{mm}$ ；后架梁焊合后，两法兰盘平行度 $\leq 0.3\text{mm}$ ，每米长内弯曲度 $\leq 1.5\text{mm}$ ；所有焊合件、焊合焊层应保持平整，不得有焊穿、假焊、漏焊、夹焊或影响外观的缺陷；种（肥）箱组合后要经校正，其上口与下底面平行度 $\leq 3\text{mm}$ ，上口及下底的对角线 $\leq 3\text{mm}$ ，各折弯处要保持棱角明显；左右侧板下料后要经校平，在整体范围内平行度 $\leq 1\text{mm}$ ，加工后各空位移 $\leq 0.5\text{mm}$ 。

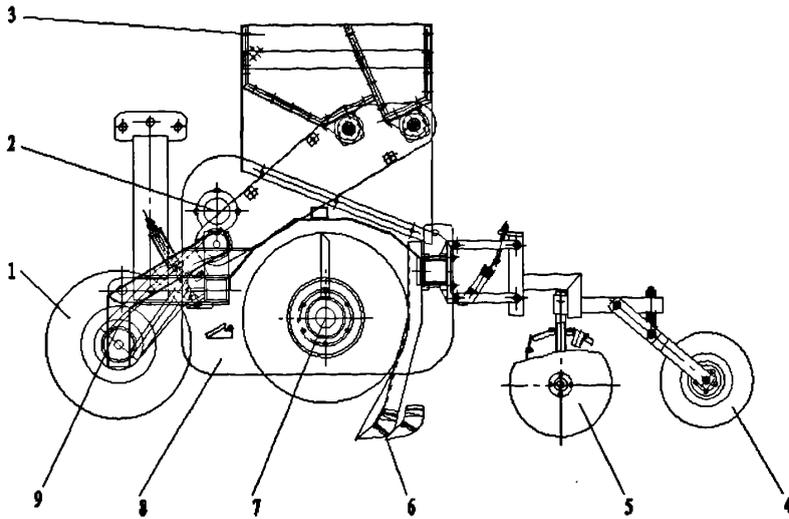
播量调节手柄的调节力矩 $\leq 50\text{N/m}$ ，种（肥）箱未装种子时，转动排种（肥）轴的力矩 $\leq 20\text{N/m}$ ，无卡阻现象和异常声音；播量调节手柄无论处于任何位置，各行排种（肥）轮的工作长度差 $\leq 0.5\text{mm}$ ；变速箱总成装配后，用手转动一轴，应转动灵活无卡阻现象，无异常声音，两锥齿轮保持大端平齐，配合间隙保证在 0.15~0.35mm；粉碎刀轴装配应符合 JB/T 6678-2001 中 4.6.1 的规定，同一刀轴安装同一重量级别的刀片，刀片与刀轴装配后进行动平衡试验，平衡精度为 G16 级。

2.2 2BMDF-10 型粉碎起垅免耕播种机的主要结构及原理

2.2.1 主要结构

2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机主要由壳体、万向节、地轮部件、齿轮箱总成、粉碎轴总成、链传动、种肥箱总成、施肥开沟器、播种单体等部件组成，如图 12 所示。

2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机采用条带粉碎、动力驱动防堵；利用靴脚式开沟器开沟松土并深施化肥，同时形成上松下实种床；利用双圆盘单体仿行开沟器二次开沟播种；既防止秸秆堵塞，又能保证播种深度均匀一致；橡胶轮覆土镇压保持种沟的墒情；作业时不翻耕土壤，动土量小（约 20%）；机具采用悬挂结构，转弯半径小；播种时开沟器将秸秆推向行间，种沟内只有少量秸秆，保证种子出苗需要的地温，同时保证地表秸秆覆盖率。该机与 47.8~58.8kW 四轮拖拉机配套，在秸秆粉碎地中播种小麦，一次进地完成施肥、播种、镇压等项作业，无需旋耕、灭茬、深耕等工序，减少了拖拉机的进地次数，降低了作业成本，减轻了农民的劳动强度。



1.地轮 2.齿轮箱总成 3.种肥箱总成 4.镇压轮 5.双向播种单体
6.施肥开沟器 7.粉碎轴总成 8.壳体 9.链传动

图 12 整体装配图

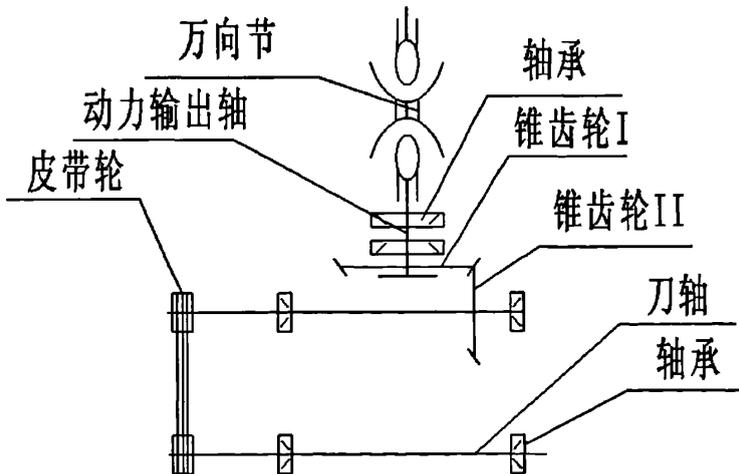


图 13 动力传动示意图

(1) 地轮部件 由地轮、地轮支架、地轮轴组成。

在该免耕播种机中地轮不仅起限深作用，而且是排种、排肥的主动轮。从而在设计时，应该从以下几方面着手：1，满足机械强度、刚度等要求；2，较小的打滑系数，提高播种、施肥的均匀性；3，对地表不平性有较强的适应性，即使在地表高底不平的情况下，不能出现作为驱动排种器、排肥器的地轮被架空以致不转动，造成不排种、肥的问题。本机采用浮动式地轮设计，如图 14、15 所示，在免耕覆盖施肥播种时，地轮在压缩弹簧作用下，总是与地表接触，从而避免发生因地表高底不平等原因导致作为驱动排种、排肥机构的地轮被架空不转动，造成不排种、肥的问题，增加播种均匀性，防止漏播现象。

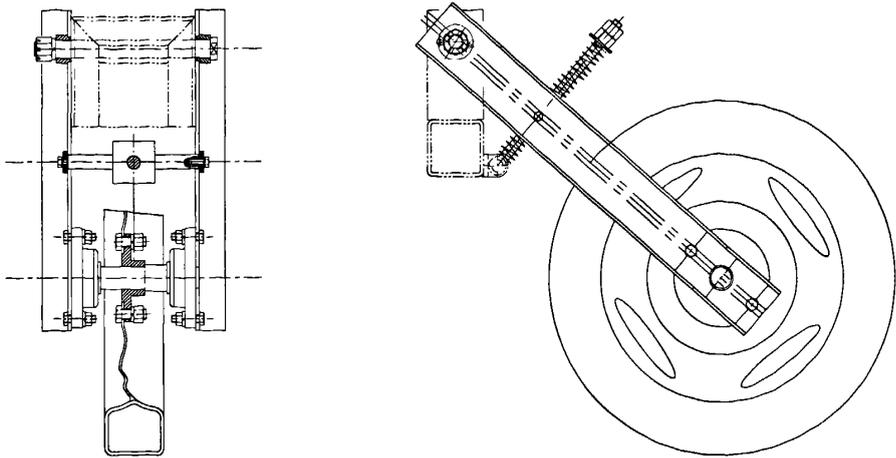


图 14 右轮装配图

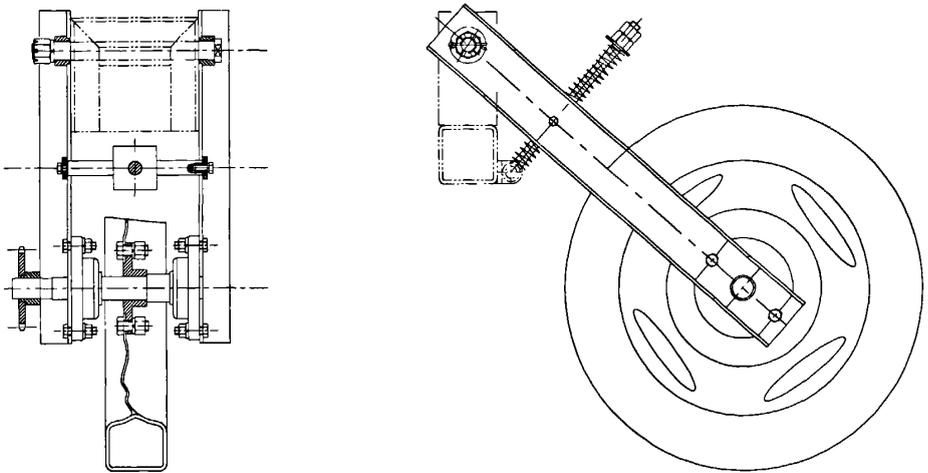


图 15 左轮装配图

(2) 万向节 主要由花键节叉、方轴节叉、方轴套管节叉、十字轴组成，十字轴上有注油嘴，应注满黄油。

(3) 齿轮箱 主要由箱体、主动锥齿轮、箱盖、从动锥齿轮、从动轴和轴承等组成，箱底设有放油孔，作业前应加足齿轮油，加到超过锥齿轮最下边 4cm。如图 16、17 所示。

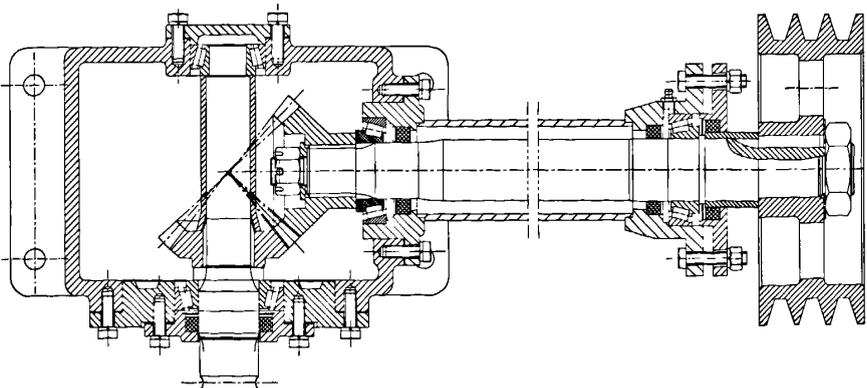


图 16 齿轮箱装配图

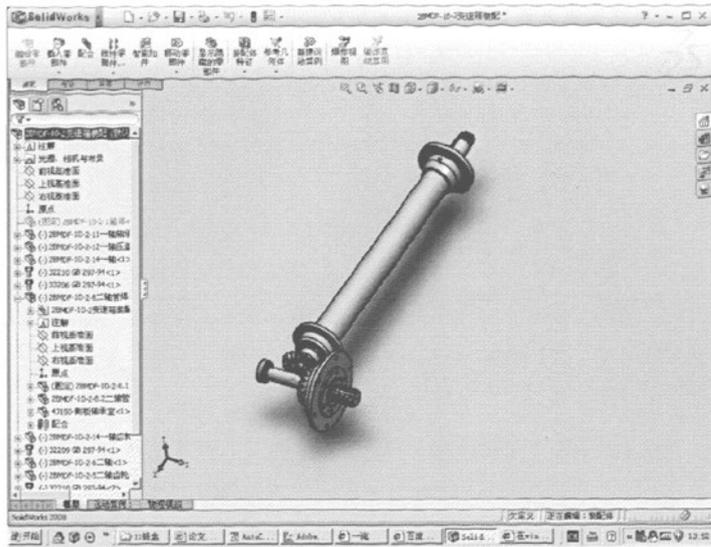


图 17 装配立体图

(4) 种肥箱总成 主要由种子箱、肥料箱、拍重器、排中轴、排肥轴和播量调节手柄组成，排种器、排肥器用半精量直外槽式排种器。

2BMDF-10 型播种机采用条播为主要的工艺。本机采用直外槽轮排种（肥）器，目前，国内外已经进行了标准化。外槽轮是排种（肥）器的关键部件，外槽轮排种器是由两部分组成，即带动种子转动的槽轮和静止不动的起导向作用的排种舌。槽轮转动、凹槽内的种子随槽轮一起转动，槽外的一层种子因摩擦力的作用也被带动形成带动层，实际排出的种子量包括凹槽内的强制部分和带动层部分。槽轮式排种器虽然具有结构简单，工作可靠，播量调整方便等优点，目前我国小麦播种几乎都采用外槽轮排种器播种机，对于这种排种器在排种过程中出现的脉动现象导致排种均匀性差，有人提出克服脉动性的方法是将槽轮的形状从直槽变为斜槽或螺旋槽，其目的是让种子在排出口不是整槽排下，而是顺旋转方向逐渐排出^[24]，螺旋槽制造起来比斜槽的工艺要复杂，成本要高，而且由于在实际播种作业时，槽轮的工作长度占到总长的三分之一或更小，通过试验台试验斜槽或螺旋槽的优势不能明显表现出来。

(5) 播种单体 主要由牵引架、浮动座、弹簧、播种双圆盘、镇压轮组成。

圆盘开沟器工作原理：双圆盘开沟器的工作部件是两倾斜圆盘，该两圆盘一般情况下相互倾斜对称形成夹角小。工作时，双圆盘开沟器靠自身重力及弹簧压力入土，在土壤反作用力下各自绕自己的轴线旋转，同时两圆盘将土壤向两侧推挤而形成种沟。导种板将种子导入沟底。圆盘转动时能够切破土块、切断土表秸秆及土中根茬等，一般不会发生尖角开沟器所遇到的挂茬、秸秆拥堵等现象，对土壤的适应能力较强，工作可靠。但是它入土困难，需要较大的重量，开沟阻力大^[25]。

双圆盘播种单体结构如图 18、26 所示，平行四连杆机架与双圆盘开沟器焊合在一起，后端与镇压轮的连杆上端铰接在一起，同时连杆通过调整螺栓与平行四连杆架固接在一起，通过调整螺栓 M16 来调节镇压轮的高度，从而控制双圆盘开沟器的播种深度。平行四连杆架通过连杆与后固接器铰接，并通过加压弹簧调节压力，当地表起伏不平时，双圆盘和镇压轮通过弹簧保持水平上下运动，入土角维持一致，开沟稳定性好，保证了播种的深度的均匀性，实现播种机构的单体仿形^[26]。

为保证双圆盘的通过性，相邻2组单体前后错开，错开间距半个圆盘的距离。

镇压轮是播种机的一个重要部件，合理的镇压能够提高表层土松碎程度与地表平整度，使土壤表层松软，下层密实，可以减少土壤中的大空隙，减少水分过度蒸发，提高土层毛细管作用，起到“调水”和“保墒”的作用，为种子出苗和生长创造良好的条件。镇压轮在播种过程中，铁质的镇压轮在地表墒情不适的条件下，沾有大量泥土，严重地影响了镇压质量，常常需要停机清理。本机选用空心橡胶轮替代铁质镇压轮，基本上解决了沾土的问题，取得了较好的效果，如图19所示。

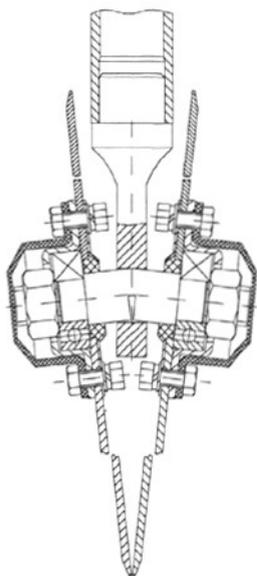


图18 双圆盘播种开沟器

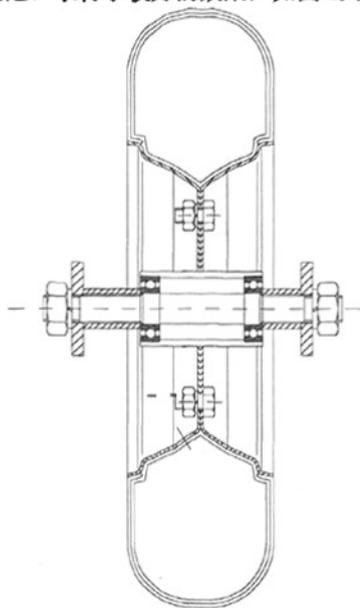


图19 橡胶镇压轮

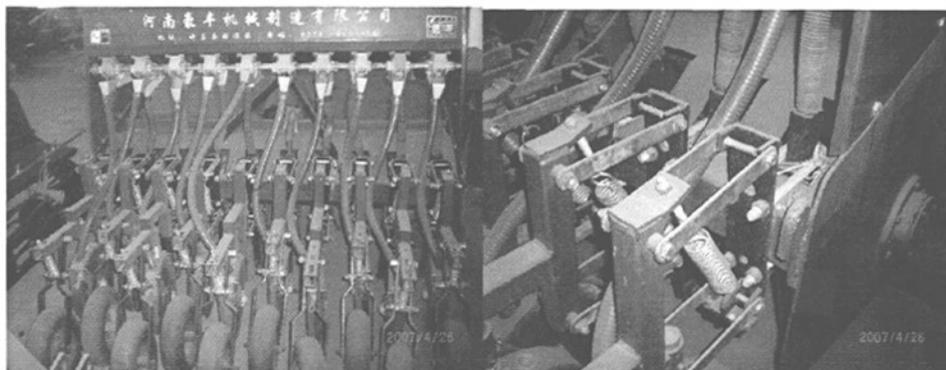


图20 双圆盘播种镇压单体

(6) 施肥开沟器（如图21、22）由固结器、开沟器、施肥管组成。

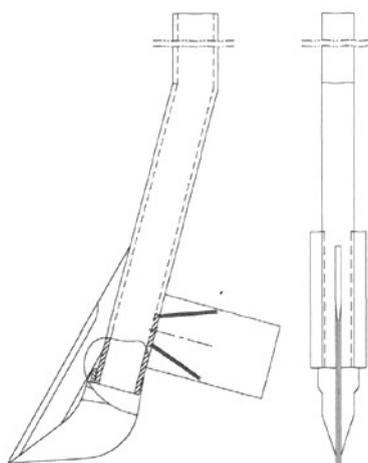


图 21 施肥开沟器

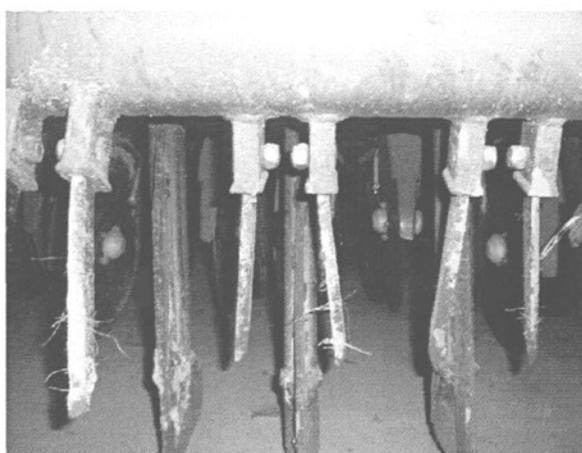


图 22 施肥开沟器与粉碎直刀排列实图

(7) 粉碎轴总成 主要由旋转刀具、刀轴、轴承组成。粉碎轴采用单边胶带传动,机具对粉碎后的秸秆长度没有要求,只要玉米秸秆在开沟器之间不发生堵塞,能够顺利开沟播种施肥即可,设计刀尖线速度为 34m/s ^[27-28]。粉碎刀轴为大直径的空心管轴,能提高粉碎刀轴高速旋转时转子的动力性能,降低振动,又能防止秸秆及杂草的缠绕。直刀由销子固接在粉碎刀轴的刀座上,刀座的合理排列是设计粉碎刀轴的关键^[29]。该机粉碎刀轴上有 20 个刀座,每个刀座上有 2 把直刀,刀片数目较多,故采用类似双螺旋线左右对称排列。此排列方式,刀座的轴向间距和周向间角均相等,在工作过程中相继粉碎秸秆的两组刀片沿中心截面基本对称,刀轴负荷均匀,因此保证了静平衡。

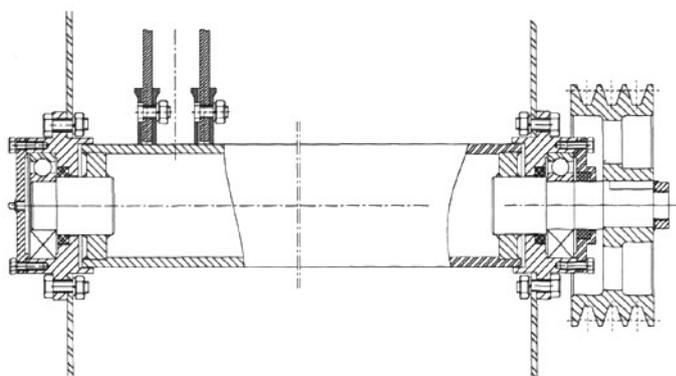


图 23 粉碎轴装配图



图 24 粉碎刀

(8) 机架 主要由侧板、壳板、横梁、悬挂组成。悬挂由上悬挂板、斜拉板和下悬挂板组成。

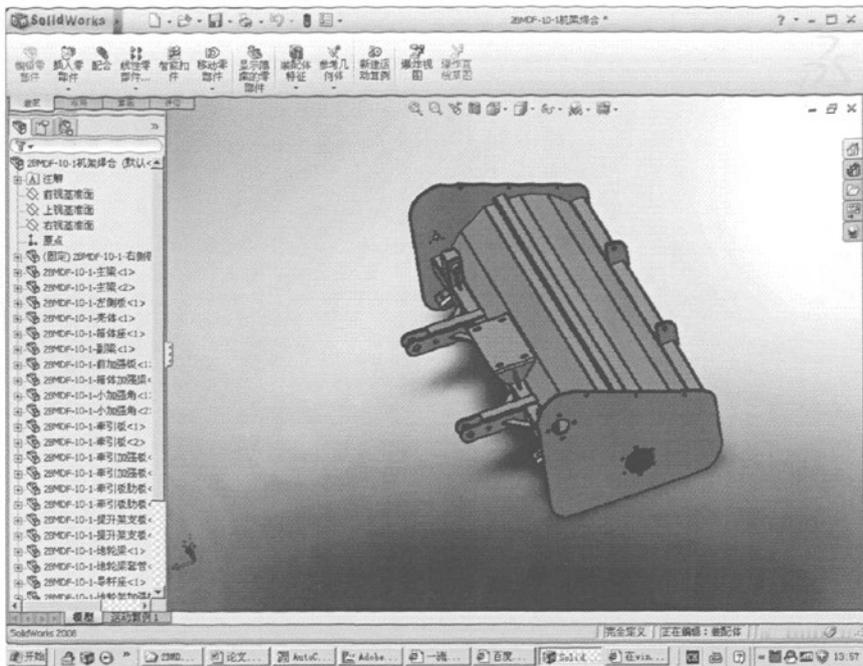


图 25 机架装配立体图

(9) 链传动 地轮带动主动链轮，经由链条传递到排肥轴、排种轴，带动排肥、排种器工作。

2.2.2 工作原理

动力驱动旋转刀具旋转，只击落开沟器前进时挂在开沟铲柄上的秸秆和杂草，不要求对秸秆和杂草进行切碎，并清理开沟器前进时可能遇到的障碍；靴脚式开沟器开沟并深施肥，形成上松下实种床；单体放行双圆盘开沟器在种床上二次开沟播种，保证播种深度均匀一致；橡胶轮覆土镇压保持种沟的墒情；作业时不翻耕土壤，动土量小（只有 20%）；机具采用悬挂结构，转弯半径小；播种时种沟内只有少量秸秆，大量秸秆堆积于行间，保证种子出苗需要的地温，同时保证地表秸秆覆盖率。

2.3 2BMD-10 型粉碎起埂免耕施肥播种机的调整

2.3.1 作业前准备

(1) 紧固与注油

机具使用前应检查各紧固件部位是否紧固牢固，各传动部位是否转动灵活。在万向节十字架、刀轴轴承座、镇压轮轴承座处加注黄油，在齿轮箱内加注齿轮油，加到超过锥齿轮最下边 4cm，在链传动和其他转动部位加注润滑油。

(2) 机具挂接

将万向节 8-48×42×8 内花键（大孔）安装在播种机齿轮箱上，装好插销。拖拉机后悬挂与机具悬挂装置基本对准后，安装下悬挂，并插好锁销。将万向节方轴穿入方管，8-38×32×6 内花键安装在拖拉机动力输出轴上，装好插销。再挂接上悬挂。

(3) 排种(肥)器使用

该机采用小麦半精量外槽轮式排种器，播种时抽出拉板，播种结束，将种子（化肥）清理干净，推入抽拉板。

(4) 播种深度调节

调整浮动座上 M16 螺母的位置，可以调整播种深度。调整浮动座上弹簧的拉力可以调整镇压力。

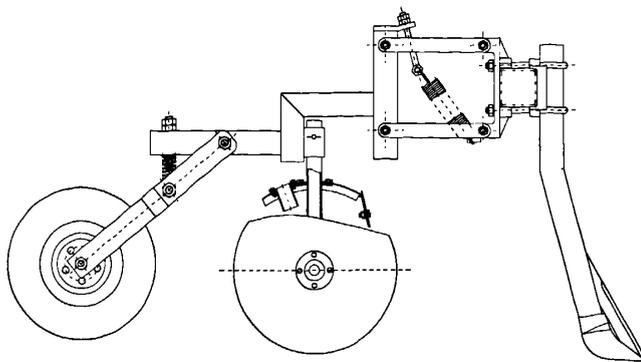


图 26 播种施肥单体装配图

(5) 排种器的调整

粗调：松开调整手柄锁紧螺母，转动排种量调节手轮，直到播量指示到达预定位置，调整完毕后，**务必锁紧手轮螺母。**

精调：把地轮悬空，转动地轮，排种器全部有种子排出后，按正常行驶速度和方向，匀速转动地轮 13.5 圈（机具作业面积是 0.1 亩），接取各排种管排出的种子，称各排种管排出的种子重量和排种总重量，计算每行的平均排种量和亩播量。

为满足农艺要求，应认真反复调试。在调整播量时，必须将排种（肥）槽轮内的种子（化肥）清理到不影响槽轮移动为止。调整完毕，**务必锁紧螺母。**

(6) 排肥器的调整

该机仅适用尿素、磷酸二铵、磷酸一铵颗粒状化肥，严禁使用易结块、易融化肥料。

排肥量的调整与排种量调整同时进行，方法相同。

(7) 机具左右水平的调整

升起机具，查看机具是否水平一致，不一致时，调整拖拉机后悬挂右斜拉杆。

(8) 旋转间隙的检查

为保证作业中的旋转刀与开沟器不发生碰撞，作业前应认真检查旋转刀与开沟器间隙不小于 5mm。

2.3.2 作业中的使用与调整

(1) 前进速度

前进速度的选择原则：拖拉机不超负荷运转，播种达到农艺要求。一般情况下，速度应为 4~7km/h 左右。

(2) 起步

启动拖拉机，旋转刀离地，接合动力输出，空运转 1min，挂上工作档，慢慢松开离合器，同时操作液压升降，随之加大油门，使机具逐渐入土，直至正常作业深度。

(3) 机具前后水平的调整

作业中机具应处于同一平面，此时万向节与机具水平面的夹角在 $\pm 10^\circ$ 的范围内，否则应调整拖拉机的上拉杆。

(4) 液压机构操作

机具与具有力调节、位调节液压悬挂机构的拖拉机配套时，悬挂机构的使用步骤及注意事项如下：（以上海拖拉机为例）

①作业时禁止使用力调节；

②作业时使用位调节，必须将力调节手柄置于“提升”位置；

③机具下降，位调节手柄向下放移动，反之机具上升；

④当机具达到所需要的深度后，用定位手轮或限位挡块将位调节手柄挡住，以利于机具每次下降到同样的深度。

机具与具有分置式悬挂机构的拖拉机配套时，悬挂机构的使用步骤及注意事项如下（以天津拖拉机为例）：

①工作时，分配器手柄置于“浮动”位置；

②机具入土深度合适时，定位卡箍挡块调到一定的位置固定下来；

③提升或下降机具，手柄向提升或下降方向移动，达到要求位置应迅速回到“浮动”位置；

(5) 播种施肥深度的调整

①改变拖拉机上拉杆的长度和两地轮位置，可同步改变播种和施肥深度；

②改变施肥开沟器的安装高度，可调整施肥深度；

③调整浮动座上 M16 螺母的位置，可以调整播种深度。调整浮动座上弹簧的拉力可以调整镇压^[30]；

(6) 地头转弯与倒车

在地头转弯与倒车时必须提升机具。

(7) 作业时注意事项

作业时应随时检查三角带的松紧程度，以免降低刀轴转速和加剧磨损。若听到有异常响声应立即停车检查，排除故障后方可继续作业。

3 2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机的试验与评价

3.1 2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机的性能试验

3.1.1 试验方法

(1) 秸秆粉碎率的检验按照 JB/T 6678-2001 中第六章的规定进行。

作业前，在预定的试验区内选择有代表性的 3 个点，每点 3 行宽，长 5m。将各点的作物秸秆从地面上割下，分别称重，并求出各点的平均面积和秸秆平均重量 w_1 。

作业后，任选 3 个点，每点的面积与作业前 3 割点平均面积相同，分别将 3 个点的长度超过 150mm 的秸秆称重，求出平均数值 w_2 。

秸秆粉碎率 P 的计算： $P = (w_1 - w_2) / w_1 \times 100\%$

(2) 机具播种、施肥的检验按照 GB/T 9478-1998 进行。

将机具架起，使限深镇压轮脱离地面，在种（肥）箱内加入种子或化肥，加入的种子或化肥量不低于种（肥）箱容积的二分之一，在镇压轮上做好标记，转动镇压轮 36 圈，并将每个排种（肥）

器播下的种（肥）分行收集，用天秤称重，分别依次记入记录表，这样重复 5 次，将表中数值分别计算出平均排量、标准差和排量稳定性变异系数。

试验前将种子分别取三次小样重 100g，求出自然破损率的平均值，再将试验后的种子分别取三次小样，每个小样重 100g，求出三个小样破损率的平均值即可。

(3) 计算方法

各行排量平均：将各行五次的排量分别计算为每行总排量，再将各行总排量相加，然后除以所测的行数即可。

总排量平均：将每次测试的结果相加在一起为每次排量，再将五次排量相加后除以 5 即可。

各行排量标准差：各行排量计算后，将各行排量分别与平均排量相减，然后将各行排量与平均排量减后的差的平方相加，再除以所测行数，开方后即即为各行排量标准差；

总排量标准差：总排量平均计算后，将每次测试的排量与总排量平均相减，然后将 5 次相减的差的平方相加，再除以 5，开方后即即为总排量标准差。

排量稳定性变异系数：标准差/平均排量的值×100%

3.1.2 试验地块选择及试验机组要求

(1) 试验地块的选择在当地有一定代表性，其面积能够满足各项测定项目的要求，测试长度不少于 50m，两端头至少各留有 10m 长的稳定区和停车区。

(2) 试验用配套动力技术状态良好，驾驶员应具备一定的操作技术基础，并能按照使用说明书的规定进行调整使用和保养。试验过程中不得随意停车和更换驾驶员。

(3) 试验用样机的技术状态保持良好，试验过程中不得任意更换机具。

3.1.3 测试仪器、量具

超速表 1 块、秒表 1 块、3m 合尺 1 把、天秤 1 台、500mm 钢板尺 2 把、台磅 1 架。

3.1.4 测试结果

(1) 首先对样机进行了技术参数测定，测定结果见表 1。

表 1 技术参数测定

测定项目	设计值	机具编号	
		01	02
外形尺寸/cm	238×210×152	238×210×152	238×210×152
整机质量/kg	<1000	980	978
工作幅宽/cm	180	180	180
播种行数/行	小麦 10 玉米 3	小麦 10 玉米 3	小麦 10 玉米 3
施肥行数/行	小麦 10 玉米 3	小麦 10 玉米 3	小麦 10 玉米 3
配套动力/kW	36.8~47.8	36.8	40.4
挂接方式		后置液压全悬挂	
种箱容量/L	120	120	120
肥箱容量/L	180	180	180
运输间隙/cm	≥25	30	32
动力名称及型号		上海-650	铁牛-60

(2) 对粉碎起垅免耕施肥播种机的播种播肥量稳定性进行了室内测定, 测定结果见表 2~5)。

表 2 粉碎起垅免耕施肥播种机播种小麦施肥稳定性测定

机具名称: 粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号: 01

测定项目	测定次数					合计	平均	说明
	1	2	3	4	5			
播种 /g	1 行	154	151	153	149	158	765	153
	2 行	156	153	153	148	151	761	152.2
	3 行	151	155	157	150	151	764	152.8
	4 行	155	156	152	150	153	766	153.2
	5 行	151	153	152	154	156	766	153.2
	6 行	149	153	156	152	151	761	152.2
施肥 /g	1 行	617	620	605	598	611	3051	610.2
	2 行	615	629	619	625	607	3089	617.8
	3 行	615	620	609	610	618	3072	614.4

表 3 粉碎起垅免耕施肥播种机播种小麦施肥稳定性测定

机具名称: 粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号: 02

测定项目	测定次数					合计	平均	说明
	1	2	3	4	5			
播种 /g	1 行	147	143	150	146	147	733	146.6
	2 行	152	150	154	149	153	750	151.6
	3 行	154	156	151	157	150	768	153.6
	4 行	148	154	146	149	155	742	148.4
	5 行	153	153	157	147	149	759	151.8
	6 行	149	153	157	152	150	761	152.2
施肥 /g	1 行	615	608	617	619	610	3069	615
	2 行	600	643	621	609	627	3100	620
	3 行	596	624	618	632	609	3079	615.8

表 4 粉碎起垅免耕施肥播种机播种玉米稳定性测定

机具名称: 粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号: 01

测定项目	测定次数					合计	平均	说明
	1	2	3	4	5			
每次 粒数 /粒	1 行	110	117	119	115	117	578	115.6
	2 行	123	116	122	105	112	578	115.6
	3 行	120	109	109	114	111	563	112.6
施肥 /g	1 行	545	548	550	547	562	2752	550.4
	2 行	568	557	548	575	557	2805	561
	3 行	550	563	572	548	580	2813	562.6

表 5 粉碎起垅免耕施肥播种机播种玉米稳定性测定

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号：02

测定项目		测定次数					合计	平均	说明
		1	2	3	4	5			
每次粒数/粒	1行	118	126	124	120	115	603	120.6	机具前进 20m 穴距 350mm 每穴按 2±1 粒
	2行	119	125	125	122	124	615	123	
	3行	127	124	117	120	121	609	121.8	
施肥/g	1行	552	557	556	550	547	2762	552.4	亩播量 30kg 机具前进 20m
	2行	551	549	540	573	566	2779	555.8	
	3行	546	563	549	540	562	2760	552	

表 6 播种小麦施肥量稳定性汇总表

测定对象	样机编号	各行排量稳定性变异系数/%			总排量稳定性变异系数/%		
		测量值	标准	说明	测量值	标准	说明
小麦	01	2.4	≤3.9	合格	0.56	≤1.3	合格
	02	2.3		合格	0.85		合格
化肥	01	2.6	≤13	合格	0.98	≤7.8	合格
	02	2.5		合格	1.12		合格

(3) 对机具进行了田间作业性能测定，测定结果见表 7~10（试验地点：濮阳市农业机械化推广试验田；时间：2007 年 10 月）。

表 7 秸秆粉碎质量测定

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号：01

配套动力/kW：47.8

项目	测定数	测定点数				
		1	2	3	4	5
测定区内每点秸秆长度/g	1	5054	5120	5010	4897	4986
	2	5364	5444	5387	4980	5140
测定区内每点长度 >10cm 的秸秆重量/g	1	5143	5342	4905	4770	4833
	2	5239	5038	5131	4836	5109
秸秆切碎质量	1m ² 秸秆重量/g	1843	1706	1689	1604	1662
	>10cm 的秸秆重量/g	82	93	77	0	80
	切碎合格率/%	85.6	84.5	85.4	90	85.2
秸秆抛洒质量	各点秸秆平均重量/g	1701				
	测点秸秆重量最大值/g	1843				
	测点秸秆重量最小值/g	1604				
	抛洒不均匀率/%	8.3				

表 8 秸秆粉碎质量测定

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号：02

配套动力/kW：44.1

项 目	测定数	测 定 点 数				
		1	2	3	4	5
测定区内每点秸秆长度/g	1	5273	5464	5078	5617	4993
	2	5424	5316	5221	5194	5382
测定区内每点长度 >10cm的秸秆重量/g	1	5136	5164	4724	5224	4782
	2	5169	5061	4936	4914	5060
秸秆切 碎质量	1m ² 秸秆重量/g	1856	1832	1710	1872	1676
	>10cm的秸秆重量/g	109	111	86	94	53
	切碎合格率/%	84.1	84	85	85	86.8
秸秆抛 洒质量	各点秸秆平均重量/g	1789				
	测点秸秆重量最大值/g	1872				
	测点秸秆重量最小值/g	1676				
	抛洒不均匀率/%	5.5				

表 9 起垅质量稳定性测定

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号：01

配套动力/kW：47.8

项 目		测 定 点 数 (间隔 10m 一个点)					平均值/mm
		1	2	3	4	5	
每点高度/cm	左侧	13.5	14.0	13.5	14.5	14.5	14.2
	右侧	14.5	14.0	14.5	14.0	14.5	14.3
每点宽度/cm	左侧	34.5	35	34	35.5	35	34.8
	右侧	33.5	34.5	35.5	35	34.5	34.6

表 10 起垅质量稳定性测定

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号：02

配套动力/kW：44.1

项 目		测 定 点 数 (间隔 10m 一个点)					平均值/cm
		1	2	3	4	5	
每点高度/cm	左侧	15.5	15.0	15.0	15.5	15.0	15.2
	右侧	15.0	14.5	14.5	15.0	14.5	14.3
每点宽度/cm	左侧	34.5	35	34.5	35.5	34	34.7
	右侧	34.5	34.5	35	34	34.5	34.5

3.2 2BMDF—10 型粉碎起垅免耕施肥播种机的生产试验

3.2.1 试验的目的与要求

通过对粉碎起垅免耕施肥播种机的生产试验，了解机具的技术性能稳定性、生产安全可靠、关键零部件的耐久性及其生产能力，单位能耗的生产率等项指标是否达到设计要求，是否符合农业、农艺要求，做到心中有数，有利于产品改进和提高产品性能质量。

3.2.2 试验过程

粉碎起垅免耕施肥播种机研制课题组按照 Q/HNHF022-2007《粉碎起垅免耕施肥播种机》之规定对样机进行了生产试验。

(1) 进行了田间调查，拟定了试验方案。

(2) 实施了粉碎起垅免耕施肥播种机一定范围的生产试验。

(3) 对该机的使用经济性、可靠性、稳定性、适应性和易损件的耐用性、安全性进行了测定。

3.2.3 生产试验结果

研制课题组分别对两台样机进行了生产试验，现将生产试验报告如下（试验结果详见表 11~表 20；试验地点：濮阳市农业机械化推广试验田；时间：2007 年 10 月）。

表 11 生产查定汇总表

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机			机具编号：01			拖拉机型号：上海-650		作业档次：二档	
测定项目			班次			小计	合计		
			1	2	3				
总 延 续 时 间	班 次 时 间	纯作业时间	19.28'	22.26'	21.16'	63.10'	81.15'		
		地头转弯时间	2.20'	2.42'	1.57'	6.59'			
		工艺服务时间	1.12'	1.39'	1.20'	4.11'			
	非 作 业 时 间	调整保养时间	37'	28'	32'	35'			
		机具故障时间		45'	1.30'	2.15'			
		1km 内空行时间	1.20'	1.25'	45'	3.30'			
	非 班 次 时 间	1km 外空行时间	3.46'	4.20'	3.44'	11.5'			
		拖拉机调整保养 故障排除时间	27'	1.4'	5'	2.55'		16'	
		自然条件造成 停机时间	2			2			
		作业量/hm ²	9.68	11.25	10.67	31.60			
主油料消耗/kg	127.65	150.88	140.30	418.83					
纯工作小时生产率/hm ² /h	0.48	0.52	0.50	1.50	平均 0.50				
主油料消耗率/kg/hm ²	13.2	13.40	13.3	39.90	平均 13.30				
作业质量	作业质量满足农艺要求								
备注	副油料消耗 12.8 kg								

表 12 生产查定汇总表

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机			机具编号：02			拖拉机型号：铁牛-55		作业档次：二档	
测定项目			班次			小计	合计		
			1	2	3				
总 延 续 时 间	班 次 时 间	纯作业时间	18.40'	21.30'	21.20'	63.10'	81.10'		
		地头转弯时间	2.10'	2.05'	1.35'	4.50'			
		工艺服务时间	1.20'	1.10'	1.15'	3.45'			
	非 作 业 时 间	调整保养时间	40'	25'	30'	1.35'			
		机具故障时间		40'	0.30'	1.10'			
		1km 内空行时间	2.20'	1.50'	40'	4.50'			
	非 班 次 时 间	1km 外空行时间	3.30'	4.10'	3.10'	10.50'			
		拖拉机调整保养 故障排除时间	55'	1.20'	50'	3.05'		21.55'	
		自然条件造成 停机时间	8			8			
		作业量/hm ²	9.96	11.47	11.38	32.81			
主油料消耗/kg	154	176	171	501					
纯工作小时生产率/hm ² /h	0.53	0.53	0.53	1.59	平均 0.53				
主油料消耗率/kg/hm ²	15.46	15.34	15.03	45.83	平均 15.28				
作业质量	作业质量满足农艺要求								
备注	副油料消耗 9.8 kg								

表 13 可靠性测定

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号：01

日期	工作时间 /h·min	作业面积 /hm ²	故 障				故障 类别	备注
			零部件 名称	原因及排除方法	累计工作 时间/h·min	排除修复时 间/h·min		
8.13	3.25'	2.5	传动轴	开口销变形， 更换开口销	18.20'	30'	C	
8.14	1.20'	1.4	牵引销	松动，重新紧固	30.10'	25'	C	
9.18	6.30'	6.70	链条	活接头丢失，增补	47.30'	32'	C	

表 14 可靠性测定

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号：02

日期	工作 时间 /h·min	作业 面积 /hm ²	故 障				故障 类别	备注
			零部件 名称	原因及排除方法	累计工作 时间/h·min	排除修复时 间/h·min		
8.14	3.15'	0.3	牵引销	牵引销折断， 重新更换	18.30'	30'	C	
8.15	1.20'	0.4	开沟铲	螺丝折断，更换	29.40'	50'	C	田间 有障 碍物
9.19	5.40'	4.6	链条	活接头丢失，增补	68.50'	30'	C	

表 15 生产试验记录总表

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机

机具编号：01

拖拉机型号：上海-650

作业档次：二档

记 录 项 目	班 次			累 计	
	1	2	3		
油料消耗 /kg	作业量/hm ²	9.68	11.25	10.67	31.60
	主油料	127.65	150.88	140.30	418.83
	副油料	4.1	4.3	4.4	12.8
时间消耗 /h·min	作业时间	23'	26.07'	24.33'	74.03'
	班次时间	24.57'	28.05'	26.40'	79.02'
	总延续时间	30.03'	34.05'	29.89'	94.37'
	调整保养时间	35'	28'	32'	1.35'
	样机故障排除时间		40'	1.30'	2.10'
	拖拉机故障排除时间	25'	1.40'	50'	2.55'
生产率 /hm ² /h	作业小时生产率	0.42	0.43	0.44	
	班次小时生产率	0.39	0.38	0.40	

表 16 生产试验记录总表

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机 机具编号：02 拖拉机型号：铁牛-60 作业档次：二档

记录项目	班次			累计	
	1	2	3		
作业量/hm ²	9.96	11.47	11.38	32.81	
油料消耗/kg	主油料	154	176	171	501
	副油料	3.2	3.6	3	9.8
时间消耗/h·min	作业时间	22.10'	24.45'	24.10'	71.05'
	班次时间	24.10'	27.40'	25.50'	77.40'
	总延续时间	37.35'	33.20'	29.50'	100.45'
	调整保养时间	40'	25'	30'	1.35'
	样机故障排除时间		40'	30'	1.10'
	拖拉机故障排除时间	55'	1.20'	50'	3.05'
生产率/hm ² /h	作业小时生产率	0.45	0.46	0.47	
	班次小时生产率	0.41	0.41	0.44	

表 17 主要磨损件磨损测定

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机 机具编号：01

序号	部件名称	测定部位	测定结果/mm			作业量/hm ²	备注
			使用前	使用后	磨损量		
1	开沟铲	铲头至铲柄长度	140	134.3	5.7	31.59	
2	粉碎刀	刀头部宽	140	135.1	4.9	31.59	
3	圆盘开沟器	圆盘直径	350.4	349.8	0.6	31.59	
4	圆盘开沟器	圆盘直径	350.3	349.8	0.5	31.59	

表 18 主要磨损件磨损测定

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机 机具编号：02

序号	部件名称	测定部位	测定结果/mm			作业量/hm ²	备注
			使用前	使用后	磨损量		
1	开沟铲	铲头至铲柄长度	140	134.1	5.9	32.81	
2	粉碎刀	刀头部宽	140	134.7	5.3	32.81	
3	圆盘开沟器	圆盘直径	350.3	349.8	0.5	32.81	
4	圆盘开沟器	圆盘直径	350.4	349.7	0.7	32.80	

表 19 可靠性试验测定汇总表

机具编号	累计工作时间	故障排除修复时间	故障类别			备注	
			合计	其中			
				A	B		C
01	74.20'	2.10'	3	0	0	3	
02	71.05'	1.10'	3	0	0	3	
总计试验 2 台							
平均首次故障前工作		18.35'					
故障间隔		12.15'					

表 20 技术经济指标汇总表

机具名称：粉碎起垅免耕施肥播种机

汇总项目	机具编号		平均	
	01	02		
生产率 /hm ² /h	纯工作小时生产率	0.50	0.53	0.52
	作业小时生产率	0.42	0.46	0.44
	班次小时生产率	0.39	0.42	0.41
油料消耗 /kg/hm ²	主油料消耗率	13.20	15.28	14.27
	副油料消耗率	0.40	0.30	0.35
使用可靠性/%		97	98	97.5
时间利用率/%	班次时间利用率	78	79	78.5
	总延续时间利用率	59	61	60
作业成本/元/hm ²		81.64	93.42	87.53
作业质量	机质在保证二档前进时，其作业质量能够满足农艺要求。			

3.2.4 生产试验报告表中的数据计算方法

表 16 中的使用可靠性计算： $(1 - \text{故障修复时间} / \text{班次作业时间}) \times 100\%$

班次时间利用率计算： $\text{纯作业时间} / \text{班次作业时间} \times 100\%$

总延续时间利用率计算： $\text{纯作业时间} / \text{总延续时间} \times 100\%$

作业成本计算： $(\text{主油料消耗量} + \text{副油料消耗量}) \times \text{市场价} / \text{作业量} \times 100\%$

3.3 2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机的试验分析评价

3.3.1 试验分析

通过表 1 可以看出，该机的各项技术参数符合设计要求，耕宽 180cm，可播小麦 10 行，玉米 3 行，符合小麦、玉米行距的农艺要求，适合河南省垄作现状，利于灌溉。结构紧凑、设计合理，具有广泛的适用型。

通过表 6 排种肥稳定性的数据，可以看出该播种机的播种施肥稳定性相当好，尤其是小麦的播种稳定性表现相当突出，优于规定标准。两台样机的播种施肥稳定性的差别不大，说明在排种（肥）机构的制造工艺及装配技术上具有很好的先进性和稳定性。

通过对表 7 和表 8 秸秆粉碎的数据表明，秸秆切碎合格率在 84%~90%之间，考虑到试验时秸秆的含水率比较大，基本满足合格率在 90%以上的要求，秸秆抛洒不均匀率为 8.3%和 5.5%，样机 1 的不均匀率相对较高，估计跟刀轴、法兰盘的装配不牢固，发生跳动现象有关，另外刀具的制造工艺可能还需要进一步加强，秸秆粉碎技术改进的空间还比较大。

表 9 和表 10 起垅数据表明，高度和宽度符合农艺要求，有利于灌溉和管理。

综上所述，通过对粉碎起垅免耕施肥播种机的技术参数、播种施肥稳定性、播种玉米稳定性和秸秆粉碎质量指标的测定结果表明：该机的技术参数及各项性能指标已达到有关国家及行业的有关标准，符合粉碎起垅免耕施肥播种的农艺要求，投入使用后，将为减轻农民的劳动强度提供一种性能良好的播种机具。

由表 11、12、15、16、20 可知，机器使用可靠性为 97.5%，高于规定指标 90%。纯工作小时

生产率平均在 $0.5\text{hm}^2/\text{h}$ 以上，作业生产率为 $0.44\text{hm}^2/\text{h}$ ，班次小时生产率平均在 $0.41\text{hm}^2/\text{h}$ 以上，班次时间利用率为 78.5%，生产效率较高。作业成本为 87.53 元/ hm^2 ，成本较低。作业质量在保证二档前进时，能够满足农艺要求。

表 13、14、19 的可靠性数据表明，故障类别都为 C 类，分别是牵引销松动或折断、开沟器铲固定螺丝折断问题，原因是热处理工艺不够精度，开沟铲与硬物相撞或落地过猛造成的，应按规定的安全技术要求进行生产和操作。由表 17、18 的磨损性测定显示，在作业量为 32.81hm^2 条件下，圆盘开沟器耐磨性非常好，主要磨损件如开沟铲、粉碎刀的磨损度较好，但还须提高耐磨性，或减少其使用时间，或及时更换。

综上所述，通过对该产品的生产试验，该机具的作业质量满足夏秋作物播种施肥的农艺要求，工作效率高，油耗低，作业性能稳定可靠，适应性广泛，运行平稳，噪音低，安全系数大，易于调整和操作，各项技术性能指标均满足设计和农艺要求，主要易损件粉碎刀具、开沟器等耐磨性较好，入土性能好，一人操作省工省力。但机具在土壤墒情过大时，不宜下田作业。

3.3.2 试验评价

通过对粉碎起垅免耕施肥播种机的生产试验可知：该机结构先进合理，一机能够适应多种作物的播种施肥，特别是在秸秆条状粉碎、开沟器、镇压辊方面的设计方面，在原有结构技术上有明显创新，使该机的技术含量有了进一步提高。该机投入使用后，一次完成条状粉碎、起垅、施肥、播种、镇压等多项农艺，无需旋耕、灭茬、深耕等工序，减少了机具进地次数，降低了作业成本，减轻了农民劳动强度，缩短耕作时间、加快了播种进度，该机适应性强，配套动力选择范围广，挂接简单，动力传动安全可靠，便于运输，地头转弯灵活，是种植和施肥机械的理想机具。但该机仍存在不足，需要进一步改进，主要如下：

(1) 粉碎性能须进一步提高，可改进齿轮箱的设计，使刀轴的转速进一步提高；改进粉碎刀的工艺设计，提高耐磨性；

(2) 在墒情过大或是在玉米秸秆直立地作业时，有时会发生拥堵情况，建议单梁结构改进为双梁结构，使开沟铲错落排列，避免发生堵塞；

(3) 刀轴上刀座焊点较多，容易使刀轴应力过大甚至变形，建议改进刀轴设计；

(4) 建议引进种肥堵塞报警系统，提高智能化水平。

4 2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机的效益分析及预测

本播种机属保护性耕作机械的范围，与原有保护性耕作机具相比，具有使用地域范围广，适应性更强，作业效率高，效果好等显著特点，与传统的种植模式相比具有更加明显的效益优势。

(1) 节约劳动力，加快夏秋种植进度；

(2) 减少了机具进地次数，降低了作业成本，减轻了农民劳动强度；

(3) 有利于腾茬抢种下季作物，节约良种，降低作业成本，提高粮食单位产量，增加农民收入。

4.1 社会效益分析

(1) 能够减少土壤水蚀。保护性耕作可以减少土壤流失 80%左右。

- (2) 能够减少土壤风蚀。利用根茬固土，秸秆覆土，保持地表湿润，有效地减少扬沙。
- (3) 减少秸秆及根茬焚烧。能够有效利用秸秆，减少大气环境污染。
- (4) 减少雨水径流和水分蒸发，增加土壤休闲期贮水量 5%~14%，提高水分利用率 15%~19%，
- (5) 提高土壤肥力。保护性耕作年增加土壤有机质，增加蚯蚓数量，速效氮、速效钾年提高 0.8%~1.2%。

(6) 改善土壤结构，使土壤团粒结构和无管孔隙增加，利于作物生长。

4.2 经济效益分析及预测

4.2.1 企业经济效益分析预测

该机整体重 980kg，制造需用各种原辅材料重约 1550kg，每 kg 原辅材料按市场平均价 5.00 元，原辅材料费 7750 元；每台加工、装配、涂漆费 2000 元；外购件购置费 800 元；紧固件、通用件购置费 800 元；行息 80 元，设备折旧费 120 元；销售服务费 300 元，管理培训费 200 元，制造成本 12050 元，每台计划销售价 14000 元，利税 1950 元，利税率 16.18%，年生产 2000 台，可实现：年产值 $14000 \text{元} \times 2000 = 2800 \text{万元}$ ，利税： $1950 \text{元} \times 2000 = 390 \text{万元}$ 。

4.2.2 农机户经济效益预测

机具使用寿命按 5 年计算，每台机具年夏秋两季作业 900 亩，作业后平均亩收费 50 元，除去燃油消耗、人工投入和机具折旧 15 元，机具使用一年可为购机户创收 3 万余元；

4.2.3 种植户节支效益预测

按传统农艺翻耕作业的 5 项工艺程序计算，秸秆粉碎每亩投入 30 元，人工施肥投入 3 元，铧犁翻耕亩投入 30 元，耙地亩投入 15 元，播种亩投入 8 元，共计耕作投资 86 元。

实现免耕播种每亩投资 45 元，每亩可节约投入： $86 - 45 = 41$ （元）。

免耕作业有明显的蓄水、节水、抗旱、保墒以及增产增收作用，可有效减少浇水次数和浇水量，每亩地节省水电费 20 元，粮食亩增产增收 20 元，使用该机作业，每亩地可节支增收 $20 + 20 + 41 = 81$ （元）。

一台机具作业一年可为农民增收节支 $81 \times 900 = 72900$ （元）

2000 台机具使用一年为社会增收节支 $72900 \times 2000 = 14580$ （万元）

另外，还可节约大量劳动力，减轻农民劳动强度，加快农作物耕种进度，并有效地减少焚烧秸秆造成的环境污染，该产品的研制生产及推广应用必将促进保护性耕作技术推广应用进程，加快社会主义新农村建设步伐。

5 结论

2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机用于一年两熟地区玉米收获后在秸秆覆盖条件下的小麦免耕播种，能在玉米秸秆粉碎覆盖量不大于 4kg/m^2 的地块正常作业，实现保护性耕作。利用该免耕播种机实行保护性耕作，能够减少土壤水分蒸发和水土流失，提高蓄水保墒能力，培肥地力，改善土壤结构，减少杂草、减少农田风蚀及沙尘暴危害，能为农作物创造良好的生态环境，实现节本增效。

(1) 具有较强的适应性，既能够适用于在秸秆粉碎后或秸秆直立的地块免耕播种小麦、特别是在玉米秸秆直立的地块免耕播种小麦，又适用于在麦收后铁茬播种各种秋作物。

(2) 经过优化配置，播种机结构更加合理，操作方便，实现了一机多能。一次完成条状粉碎、起垅、施肥、播种、镇压等多项农艺，无需旋耕、灭茬、深耕等工序。可节省投入，加快作业进度，缩短作业时间，提高生产率。

(3) 该机主要技术参数和结构参数首次采用了计算机机械动力学分析（ADAMS 软件分析）确定，性能优良，安全可靠，工作运转平稳。该机经过技术鉴定，作业符合农艺要求，各项性能指标检测均达到并优于国家标准，为我国一年两熟地区提供了又一优良农业设备。

(4) 作为保护性耕作机具，能增加土壤肥力，改善土壤结构，蓄水保墒，防止水蚀，风蚀，提高农作物产量，促进农业可持续发展。

(5) 该机的投入使用，既可给厂家和农机户带来直接的经济效益，又可产生明显的社会效益，其推广应用的前景十分广阔，它将给我国带来一年两熟地区农业耕作的一项重要变革。

参考文献

- [1] 赵娟伟. 2BMF-4 型玉米免耕播种机的研究[D]. 硕士论文, 河北农业大学, 2007.
- [2] 毛罕平, 陈翠英. 秸秆还田机工作机理与参数分析[J]. 农业工程学报, 95, 11(4):62-66.
- [3] <http://www.szkj110.net/articleshow.asp?articleid=2330>.
- [4] 高焕文, 李问盈. 保护性耕作技术与机具[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [5] 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.
- [6] 高焕文. 北方旱地机械化耕作模式探讨[J]. 中国农业大学学报, 1996, 1(增刊):7-12.
- [7] 杨捷, 梅旭荣. 保护性耕作技术的发展和效益研究[J]. 中国农业气象, 2007, 28(增):73-76.
- [8] 高焕文. 保护性耕作概念、机理与关键技术[J]. 四川农机, 2005 年第 4 期, 22-23.
- [9] 李少昆, 赵明, 赵秉强. 保护性耕作技术研究进展[A]. 中国作物学会, 中国粮食安全战略—第九十次中国科协青年科学家论坛文集, 2004, 56-60.
- [10] 王延好, 张肇鲲. 保护性耕作在加拿大[J]. 农机市场, 2005, (3), 32.
- [11] 刘宪, 刘博. 澳大利亚农业暨保护性耕作[J]. 农机质量与监督, 2004, (1), 42.
- [12] 涂建平, 徐雪红, 夏忠义. 南方农业保护性耕作的进展[J]. 农机化研究, 2004, (3), 30-31.
- [13] 李兵, 李洪文. 国内外小麦免耕播种机的研究现状与发展[J]. 中国农机化, 2006, (1) 46-49.
- [14] <http://www.sdnj.gov.cn/data/2006-06/15517.htm>.
- [15] Siqueira-R, Boller-W, Gamero-CA. Cutting efficiency and energy consumption for a straw chopper in different cover crops, Engenharia-Agricola, 1997, 17:2, 79-86.
- [16] 蒋金琳. 北方夏玉米免耕覆盖播种技术及配套机具的研究[J]. 干旱地区农业, 1997, 15(3), 104-106.
- [17] 胡鸿烈等. 2BQM-6A 型免耕播种机的研制[J]. 北京农业大学学报, 1993, 19(2), 41-47.
- [18] 杜兵. 小麦免耕播种机的几个结构参数的计算[J]. 中国农业大学学报, 1996, 1(4), 31-34.
- [19] 陈君达等. 玉米免耕整秆覆盖播种机的防堵装置[J]. 北京农业工程大学学报, 1994, 14(3), 34-39.
- [20] 郭云岭, 齐新. 新型玉米免耕播种机的研究[J]. 农业工程学报, 1995(1), 73-75.
- [21] 郭云岭等. 2BY-3 型玉米免耕播种机[J]. 农机与食品机械, 1995(1), 13-14.
- [22] 赵满全等. 2BMF-9 型小麦免耕播种机的研制与试验[J]. 农村牧区机械化, 2002, 4(52), 5-46.
- [23] 王玮, 张木林等. 2BFG-10 型旋耕施肥播种机[J]. 农机与食品机械, 1996, 4(244), 16.
- [24] 余泳昌, 李明枝, 刘晓文. 外槽轮排种器结构的改进[J]. 河南农业大学学报. 2002(1)85-88.
- [25] 徐云峰. 小型免耕播种机的设计和试验研究[D]. 硕士论文, 中国农业大学, 2005.
- [26] 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.
- [27] 张晋国, 高焕文等. 不同条件下麦秸切碎效果的试验研究[J]. 农业工程学报 2000, 16(3), 70-72.
- [28] 张晋国, 高焕文. 免耕播种机新型防堵装置的研究[J]. 农业机械学报, 2000, 31(4), 33-35.
- [29] 姬江涛, 李庆军等. 刀具布置对茎秆切碎还田机振动的影响[J]. 农机化研究, 2003(4), 63-64.
- [30] 2BMDF-10 型粉碎起垅免耕施肥播种机的研制[J]. 农机化研究, 2008(10), 71-74
- [31] 2BMDF-10 型免耕播种施肥播种机使用说明书, 2007.
- [32] 邱宜怀. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002, 5.
- [33] 陈立平, 张云清等. 机械动力学分析及 ADAMS 应用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [34] 郑玉金. AUTOCAD2004 中文版应用实例与技巧[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [35] 张贵林. 简明农业机械设计标准应用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [36] 农业机械科学研究院. 农机具标准汇编[M]. 北京: 技术标准出版社, 1987.