

沈阳农业大学

博士学位论文

东北垄作免耕播种工艺与机具的试验研究

姓名：吴仕宏

申请学位级别：博士

专业：农业机械化工程

指导教师：李宝筏

20070614

独 创 性 声 明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得沈阳农业大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。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作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：吴仕宏

时间：2007年5月8日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解沈阳农业大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同意沈阳农业大学可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的内容。

(保密的学位论文在解密后应遵守此协议)

研究生签名：吴仕宏

时间：2007年5月8日

导师签名：李宝筏

时间：2007年5月8日

摘 要

辽宁省水资源匮乏,人均水资源拥有量为全国平均水平的四分之一,占全省总耕地面积的近七成农田没有任何灌溉条件,绝大部分旱作农区仍然沿用传统的以翻耕为主的耕作制度,水土流失严重、土壤肥力下降,旱灾频繁发生已成为制约我省农业增效、农民增收的突出问题。发展保护性耕作可以有效地抵御春旱、控制风蚀、水蚀,防治沙尘暴、提高作物产量和培肥地力。是我省旱作农业发展的必由之路。

本文的研究是在进行农业部重点项目:“东北垄作保护性耕作技术与玉米免耕播种机的试验研究”基础上完成的。经过多年深入辽西冷凉风沙区进行保护性耕作调查研究及生产试验,对免耕播种机加工对象秸秆和残茬的植物性状、力学特性进行了深入的研究,针对垄作高留茬耕播模式提出了破茬清垄新原理,并完成了各部件的设计制造以及整机的试验。通过虚拟设计进行了机构优化。通过大量的理论分析与系统的试验研究,主要研究成果包括:

(1) 对辽宁省不同类型地区保护性耕作技术工艺模式进行了调查研究并提出基于垄作栽培制度的高留茬秸秆覆盖耕播是辽宁乃至东北地区保护性耕作的主流模式。

(2) 研究测定了玉米秸秆及根茬的力学特性。试验结果表明,横切茎秆需加载力为892N,横切根上节需加载力为1450.4N,纵切根上节需加载的力为715.4N,劈切需加载的力为264.6N。可见,劈切最省力,纵切次之。本研究采用的滚动圆盘切刀先纵切后劈切,水平圆盘进行滑切都是非常有利的切割方式。所以滚动圆盘式破茬器更容易破茬,应作为国内免耕播种机技术创新的方向。

(3) 为了解决“2BISJ-2110型碎茬精量播种机”全幅碎茬动土量大、功耗大的缺点,达到节省材料、降低成本和减少由于土壤搅动量大而造成的水份大量散失的目的,改全幅碎茬为苗带碎茬。利用计算机VB语言根据刀片端点与运动轨迹数学模型编写程序对碎茬参数进行模拟研究。经分析取机组前进速度1.25m/s,刀片回转半径取 260mm,刀片取4把。为实现窄带浅旋处理根茬,单垄耕幅宽为100-110mm.并利用Solidwork软件进行旋耕刀,L型碎茬刀,刀盘刀座,刀辊轴等的设计与绘制,并提出了两种可行的刀辊配置方案。该两种方案均能满足不同行距的需要,为设计新型的窄带旋耕灭茬作业机提供了设计依据。

(4) 提出了东北垄作高留茬新的破茬清垄处理玉米根茬的原理——前滚动圆盘犁刀破茬后水平圆盘清垄新原理。设计了玉米根茬处理装置,进行了玉米免耕播种通用机

的试验研究。通过田间生产试验，证明了破茬清垄处理播种带玉米根茬原理可行，所开发的机具结构新颖，属国内首创。该机不但能创造无根茬的良好种床条件，有利于种子生长发芽，而且不需粉碎根茬，因而扰土量少、整机消耗动力小、破茬入土能力强，发挥保护性耕作的优势明显。

(5) 为了对垄作玉米破茬清垄装置进行优化，研制了通用机架、室内试验装置和室外试验装置。

(6) 对根茬处理装置破茬质量的试验测定，结果表明：3种滚动圆盘刀处理种行玉米根茬时，光面圆盘比波纹盘和涡轮盘的破茬效果都要好，但开沟较小。前进速度和破茬刀的直径对破茬质量影响较大，随着速度的提高和圆盘直径的增大，破茬质量明显提高。但受整机的结构限制破茬圆盘犁刀也不宜太大；刀刃厚度对破茬质量也有较大影响，随着刀刃厚度的减小，破茬效果明显提高，但是由于刀刃厚度太小，磨损较快，因而也不宜太小。配装水平圆盘清垄装置由于围栏两翼可根据需要自由调节清茬效果明显。

(7) 研制出垄作高留茬玉米免耕播种通用机一台，在沈阳农业大学实验农场留茬地进行了玉米免耕播种试验，结果表明：该机对播种带的玉米根茬清除率达93%以上，种床基本无玉米根茬，破茬能力强、清茬效果较好，动土量少，表土破土量约占30%左右。开沟和播种质量能满足农艺要求。

(8) 采用 Pro/E 软件进行破茬、清垄装置的实体建模和虚拟装配，并进行干涉检验，再将装配模型导入到 ADAMS/view 中，进行破茬清垄装置运动仿真分析并对破茬清垄装置的后翼开合角度进行虚拟设计。利用 ADAMS/postprocess 模块观察残茬的运动情况，并记录残茬的位移变化。经分析，当前进速度 $v=1.153\text{m/s}$ ，后翼的夹角 $\alpha=60^\circ-120^\circ$ 范围取值时，残茬的落地位置较好。

关键词：保护性耕作；破茬清垄装置；垄作高留茬免耕播种通用机；试验研究

Abstract

Liaoning province is short of water resource, all the resources of water owned by one is only a quarter of the average amount of that in whole country. Near 70% farmland of the total farm lands in whole province has no any irrigating condition, the majority drought farm lands still take the traditional farming system that majored in tillage as the main farming system, the soil erosion is serious, the fertility in soil descends and the drought occurs frequently which has become a serious problem that restricts the increase of agriculture benefits and farmer's income. Developing conservation tillage can resist the spring drought effectively, control wind erosion, erosion of water, prevent sandstorm, increase the yield of crops and increase the fertility of the soil. That is the necessarily road to develop drought farm in Liaoning province.

The research is completed on the basis of the important research item of agriculture department "Study on the technology of ridge planting conservation tillage and maize no-tillage planter in northeast China" Botanic characters and mechanics properties of maize stalks and residues that are the objects processed by no-tillage planter are researched completely on the basis of investigation and producing experiment about conservation tillage in the cold, wind and sand areas of west of Liaoning in this paper. A new principle about residues cutting and ridge cleaning is indicated for the mode of ridge plant with high stalks and finish the design and manufacture of all parts and the experiment of the planter. Optimizing the machine through virtual design and obtain some research production through lots of theoretic analysis and system research. The main research productions as follow:

(1) It is investigated that the mode of technology of conservation tillage in different areas of Liaoning. The mode of high stalks and stubble mulch based on ridge plant is suggested to be the main mode of conservation tillage in Liaoning even in northeast China.

(2) The mechanics characteristics of maize stalks and stubbles are researched and measured. The Experiment results show that it needs 892N to horizontal cut the stalks, 1450.4N to cut first root gnarl horizontally, 715.4N to cut the first root gnarl lengthways and 264.6N to cut the first gnarl split. From the results we know that split cutting needs the smallest force. The rotating disc coulter used in this research lengthways cut the stubble first then cut it split. The horizontal disc coulter gashes the stalks and stubbles which is the most force saving way, therefore, the rotating disc residues cutting is easier to cut the stalks and stubbles, which should be a direction of technology innovation of no-tillage planting technology in China.

(3) In order to overcome the disadvantage of agitating soil and big power loss of 2BISJ-2110 stalk chopping precision planter and realize the purpose of saving materials, decreasing cost and water loss, the full breadth stalks chopping are changed into seed bed stalks chopping. Using VB language to write computer programs according to the trace of coulter end point to conduct simulation research. Taking 1.25m/s as the advance velocity, 260mm as the rotating radius of the coulter and four coulters according to the analysis. In order to realize narrow seed bed residue treatment, the ridge breadth of single ridge is 100~110mm. Applying Solidwork to design and draw rotary tillage coulter, L shape coulter, coulter seats and coulter axis etc. Two feasible configuration projects are suggested. The two projects can satisfy the need of different row spacing which provides design gists for new type narrow strip rotary tillage and residue chopping planter.

(4) A new principle of residues cutting and ridge cleaning used on ridge plant with high stalks in north east China is suggested. Namely, using rolling disc coulter to chop the stalk first then cleaning the ridge with horizontal rotating disc. The equipment dealing with maize stalks and stubbles is designed and the experiment research of maize no-tillage universal planter is conducted. The production experiment in the field proves that the principle dealing with maize stalks with residues cutting and ridge cleaning equipment is feasible. The planter developed has novelty structure which is first suggested in China. The planter not only can create no residues seed bed that facilitates seeds germination and growth, but also need not smashing stalks, therefore, which has the smallest disturb to soil, the lowest power loss, a good ability of soil penetration. It is obvious that the advantage of developing conservation tillage.

(5) The universal toolbar and experiment equipment indoor and outdoor are manufactured in order to optimize the equipment of maize ridge plant residue cutting and ridge cleaning.

(6) The experiment results of the quality of stalk chopping shows that smooth disc has a better stalk chopping effect than wave disc coulter and turbine disc coulter but has a smaller ditch when using the three types of disc coulters to deal with maize stalks and stubbles. The advance velocity and the diameter of disc coulter have a bigger influence for stalk chopping quality, the faster the planter goes, the bigger the diameter is, the higher the quality is. But because of the limit of the structure of the planter, the diameter of the disc coulter can not be too big. The blade thick of the coulter also influence the quality of stalk chopping. The thinner the blade is, the better the effect of stalk chopping. But the blade is so thin that the blade will wear faster. Therefore, the blade can not be so thin. Because of the regulable angle of the

limbs on the ridge cleaning equipment, by regulating the angle to improve the quality of ridge cleaning.

(7) A ridge plant no-tillage planter is researched and manufactured which used to no-tillage planting experiment in the stalk field of test farm of Shenyang Agricultural University. The results of the experiment show that residues cleaning rate amount to more than 98%. There is few stalks on the seed bed, it has a good ability of residue chopping, a good effect of residue cleaning, a less soil disturb which only 30% or so of the disturbed surface soil. The quality of furrow open and planting can satisfy the agriculture request.

(8) Adopting Pro/E to set up the model for residues cutting and ridge cleaning equipment, assemble them in virtual and test the interference situation. Converting the assembled model into ADAMS/view to simulating analyze the motion of residue cutting and ridge cleaning equipment and using virtual technology to design the angle of the limbs on the equipment. Applying ADAMS/postprocess unit to observe the motion of the residues and record the variation of the displacement. According to the analysis, the position is better falling to the ground when $v = 1.153 \text{ m/s}$ and angle is $\alpha = 60^\circ \sim 120^\circ$.

Keywords: Conservation tillage; residue cutting and ridge cleaning equipment; no-tillage universal drills under high corn stalk and rootstalk; experiment research

第一章 绪论

1.1 保护性耕作技术

1.1.1 保护性耕作的基本概念

保护性耕作是指彻底取消铧式犁耕翻，对农田实行免耕、少耕（深松或浅耙），尽可能减少土壤耕作，并用作物秸秆覆盖地表（地表的秸秆覆盖量不少于 30%），减少风蚀、水蚀，提高土壤肥力和抗旱能力的一项先进农业耕作技术。另外一种说法是：相对于传统耕作来说，能够减少水土流失的任何耕作方法。

传统耕作也可能减少水土流失，但是，保护性耕作与传统耕作相比，其保持水土的效果更好(Mammering & Fenster, 1983)。

美国对保护性耕作法的定义是：“保护性耕作是指不引起土壤全面翻转的耕作方法，它与传统的耕作方法不同，要求大量的残茬留在土壤表层，将耕作量减少到能保证种子发芽率即可。它要求使用农药来控制杂草和害虫。”换句话说，保护性耕作的内容主要有三条：尽量不翻动土壤；保持尽可能多的茎叶残茬覆盖地表；用化学药剂除草和防治病虫害。

保护性耕作并非万能的耕作方式，但它却是美国保护水土的最好的耕作方式(Meyers,1983)。美国农业部土壤保护局前任主任的这些话证实了许多人的观点，即，在许多国家，保护性耕作具有保护水土资源的能力。

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，保持适量的地表覆盖物，尽量少翻动土层，而又能保证作物正常生长的耕作方法”。从保护性耕作技术内容来看：一是改革铧式犁翻耕土壤、实行免耕或少耕。二是将 30%以上的作物秸秆、残茬覆盖地表，培肥地力，秸秆盖土，根茬固土，减少风蚀、水蚀和水分无效蒸发，提高天然降雨利用率；三是采用免耕播种，在有残茬覆盖的地表实现开沟、播种、施肥、施药、覆土镇压复式作业；四、是改翻耕控制杂草为喷洒除草剂或机械表土作业控制杂草。保护性耕作最核心的技术是免耕（少耕），并用作物秸秆和根茬覆盖地表。

保护性耕作技术的主要优点：

根据国内外各地持续多年的试验、示范表明：实施保护性耕作技术的效益主要体现在以下几个方面：

①降低地表径流，径流强度和径流量平均减少 60%左右，从而减少水土流失，改善

生态环境 (Monsanto 1981) (E.B. 罗伯特等著, 余汉章译, 1985); ②增加休闲期土壤蓄水量, 在 0~150cm 土体内, 每亩可较传统耕作多蓄水 90~270m³。③减少水分蒸发, 提高水分利用效率 17%~25% (高克昌, 1992.); ④增加产量, 玉米平均增产 17%, 冬小麦增产 13%; ⑤增加土壤肥力, 改善土壤物理性状, 保护性耕作土壤有机质含量年平均增加 0.038%~0.065% (M.J.Kirkby & R.P.C.Morgan 1980); ⑥减少生产作业工序 1~4 道, 节约用工, 降低生产成本, 提高经济效益, 收入增加 20%~40% (D.N.Sharma. and M.L.Jain.1984)。

秸秆覆盖、少耕、免耕是各种保护性耕作共有的基本要素。旱地农业保护性耕作的主要优势, 是通过将作物残茬保留在地表从而保护水土资源。

1.1.2 保护性耕作技术的起源

保护性耕作起源于美国。19 世纪初美国开始大规模使用拖拉机耕翻土地, 数千万公顷干旱半干旱草原开垦成为良田, 耕翻后多次耙压碎土、裸露休闲, 获得了几十年不错的收成。但由于植被破坏, 导致了一场震惊世界的灾难。1931 年开始, 持续的干旱、疏松地表, 使农田难以抵挡大风的袭击, 在狂风的袭击下, 大量表土被吹走, 沙尘吹进人们的眼睛、鼻子, 使人们呼吸困难; 几千年才形成的沃土, 瞬间被吹得无影无踪。1935 年 5 月的一场“黑风暴”, 从土地植被严重破坏的美国西部刮起, 连续 3 天, 横扫美国 2/3 国土, 把 3 亿多吨土壤卷进大西洋。仅这一年美国就毁掉 $3 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 耕地, 冬小麦减产 $5.1 \times 10^6 \text{ T}$ 。这就是震惊世界的美国黑风暴 (我国称为沙尘暴)。在此期间, 人们生活极其困难, 食品奇缺。牲畜缺少草料, 瘦弱不堪。大量的动物直接死于沙尘暴, 肠胃内充满了沙土。沙尘暴还导致大范围的肺炎, 不少人死于因沙尘暴引起的肺炎。到 1935 年末, 人们彻底绝望了, 大平原南部各州, 超过 1/4 的人被迫离开家园, 远走他乡, 寻求生路。经过深入研究, 美国人终于明白是自己错误的耕种方式招来了沙尘暴。于是, 美国的土壤学家、农学家、农机专家共同努力, 总结研究开发出了保护性耕作法。经过数十年的长期努力, 保护性耕作和植树、种草一起, 有效地遏制了沙尘暴的再度猖獗。同时试验发现, 保护性耕作减少径流、减少蒸发, 改善土壤结构、提高土壤肥力, 增加作物产量, 也是一项先进的旱地农业生产技术。

1.1.3 国内外保护性耕作技术的发展状况

受美国“黑风暴”的启示, 世界各国特别是西方国家纷纷开始总结传统耕作中存在的问题, 从而促使了以“保水、保土、保肥”为目标的保护性耕作技术的快速发展。如澳大利亚从 30 年代开始大规模实现机械化, 但机械化翻耕导致的土壤流失, 使得原来就浅

薄的耕层变得愈来愈薄, 专家预测, 如果不采取措施, 100 年后澳大利亚的耕地面积将减少 50%。于是, 为了保护耕地, 从 20 世纪 70 年代开始, 政府在全国组织开展了保护性耕作研究, 并由政府投资在全国建立了大批保护性耕作技术试验站, 吸收农学、水土、农机专家参加试验工作, 取得了显著成果。经过 30 多年的发展, 保护性耕作技术已在澳大利亚平原得到普遍应用, 并且形成了具有本国特色的保护性耕作技术体系和机具系统。加拿大从 70 年代开始研究, 80 年代推广保护性耕作技术的, 到 90 年代后期, 加拿大的保护性耕作技术得到突飞猛进的发展, 并取得了一些值得世界各地借鉴的经验。如种肥混种、分施技术, 机械和除草剂并用技术等; 而前苏联主要从 20 世纪 50 年开始研究保护性耕作技术, 当时主要采用的技术措施是以无壁犁深松法, 80 年代加上加拿大的抗旱留茬耕作法, 逐步形成了一套适合旱地的贮水保墒保土耕作技术体系, 从而获得了产量的稳步提高。在上述国家的带动下, 保护性耕作技术目前已风靡全球, 墨西哥、以色列、印度、埃及和巴基斯坦都结合本国实际, 组织进行了保护性耕作技术的推广工作, 从而引发了一场全球性的农业耕作制度革命。

我国是世界上主要的干旱国家之一。干旱、半干旱及半湿润偏旱地区的面积占国土面积的 52.5%, 主要分布在北方的 16 个省、市、自治区, 旱作农业面积约 $3.3 \times 10^7 \text{hm}^2$ 。干旱少雨, 灾害频繁, 产量低而不稳、农民生活贫困; 农田裸露、水土流失严重一直是困扰北方旱地农业发展的两大问题。针对这些问题, 我国从 60 年代开始进行了保护性耕作单项农艺技术研究, 90 年初开始组织进行机械化保护性耕作体系研究, 到目前为止, 保护性耕作技术已得到国家有关领导和有关部门的高度重视, 并将其作为“十五”期间重点推广的农机化技术项目之一, 组织在环京津地区和西部风沙源头区进行保护性耕作技术的示范推广工作, 目前已在山西、河北、内蒙古、辽宁、陕西、甘肃、北京、天津、宁夏、新疆和河南等省、市建立国家级示范县 58 个, 由中央财政列支专项经费扶持农机部门和科技人员开展多点试验及大面积的示范推广工作, 目前, 全国总示范面积在 $2 \times 10^5 \text{hm}^2$ 以上。

我国保护性耕作由中国农业大学和山西省农机局合作, 经过 9 年试验, 已在山西 31 个县示范推广, 总面积 100000ha 以上; 从而带动全国保护性耕作的迅速推广。辽宁省 2001 年已推广 450hm^2 , 2002 年推广 5000hm^2 , 如今成为农业部级保护性耕作示范区共计有 7 个县 (凌源、阜新、彰武、朝阳、绥中、义县、法库)。目前全省已占去保护性耕作示范项目县 36 个, 其中部级项目县 15 个, 省级项目县 21 个; 2006 年推广面积 2.3

$\times 10^5 \text{hm}^2$, 2007 年力争达到 $2.7 \times 10^5 \text{hm}^2$ 。当前存在的主要关键问题是: 缺乏适用于东北地区旱作(玉米、大豆、高粱为主; 以垄作为主)成熟的可以应用农机与农艺结合的综合技术与适用的保护性耕作的关键机器(如免耕播种机、残茬处理机、药剂喷洒机、行间深松机)。研究解决这些国内生产上最急需且与国外差距最大的技术与机器用于农业, 旱地玉米可增产 18%, 小麦增产 12%, 其蓄水量分别增加 35.7% 和 24.3%; 降低成本 32% 和 23%, 每亩纯收入增加 44.8% 和 19.6%。如果全省 1/4 旱田面积实施保护性耕作, 可减少水土流失 $1.6 \times 10^7 \text{t}$, 减少地表径流 2300m^3 ; 并且可抑制沙尘暴, 其经济效益、社会效益与生态效益十分显著。如能在东北 3 省 1 区推广应用前景更为广阔。

1.2 保护性耕作技术的基本内容

保护性耕作技术是一项有利于保水保土、增产增收和改善农业生态环境的技术。其主要内容是用秸秆残茬覆盖地表, 通过地表残茬处理、合理深松、免耕播种和化学除草防病虫害等作业, 达到减少土壤耕作次数, 降低农业生产成本, 提高天然降雨利用率, 促进作物产量提高, 保护和改善农业生态环境等目的。主要技术内容有四项, 即免耕或少耕播种施肥技术, 秸秆残茬覆盖及表土处理技术, 深松技术, 杂草、病虫害控制和防治技术。其中秸秆残茬覆盖技术和免耕播种技术是核心技术。

(1) 免耕或少耕播种施肥技术

该技术是指在有残茬覆盖的地表用免耕播种机进行种子和肥料播施作业, 达到简化工序, 减少机械进地次数, 降低作业成本的目的。免耕技术是指对地表不做任何处理, 直接用播种机播种的技术; 少耕则是根据地表覆盖情况和地表平整度的不同, 采取适当的处理后再进行播种的作业。免耕或少耕播种技术通常采取的方式是播种施肥处理作业方式: 即用免耕播种机一次完成开沟、播种、施肥、覆土、镇压作业。其技术关键为选用适合该区的免耕播种机, 同时选择与播种机相配套的施肥装置, 确保化肥科学使用。

(2) 秸秆残茬覆盖技术

秸秆残茬覆盖是指将 30% 以上的作物秸秆残茬覆盖地表, 在培肥地力的同时, 用秸秆盖土, 根茬固土, 达到保护土壤, 减少风蚀、水蚀和水分无效蒸发, 提高天然降雨利用率的目的。是保护性耕作技术体系的核心。秸秆残茬处理通常采用以下四种处理方式。一是粉碎秸秆处理方式: 即用秸秆粉碎还田机粉碎前茬作物秸秆后进行抛撒, 使秸秆均匀的覆盖在地表; 二是直立秸秆处理方式: 是指在风沙大的地区, 收获后对秸秆不做处理, 秸秆直立在地里, 播种时将秸秆按播种机行走方向撞压, 使其倒伏在地表; 三是留

根茬处理方式：是指在使用作物秸秆的地区，作物收获时，留根茬高度到 20~30cm；四是粉碎浅旋处理方式：是指在风沙较大的地区，秸秆粉碎后，用旋耕机浅旋表土，使作物秸秆与旋耕层土壤混合。根据近年来我省的试验示范结果，适合我省不同类型区的覆盖方式主要有留根茬处理和粉碎浅旋处理两种方式。其技术关键为：根据不同条件、不同作物，选择采用不同的秸秆处理方式。

（3）杂草、病虫害控制和防治

由于保护性耕作技术取消了铧式犁的翻耕作业，杂草和病虫害的控制只能采用其它的办法进行。通常利用喷洒化学除草剂或杀虫剂的办法控制杂草、病虫害，也可用浅松机等地表耕作机械或人工控制杂草。

（4）深松及表土耕作技术

深松即疏松深层土壤，基本上不破坏土壤结构和地表植被，其目的是打破铧式犁耕翻或机组压碾土壤形成的坚硬的犁底层，以提高天然降雨入渗率，增加土壤蓄水保墒能力。深松不必每年进行，深松时机和间隔年限应根据土壤基础条件和降雨量特点确定，深松的方式有间隔深松和全面深松两种。表土耕作技术是指为了保证免耕播种机能够顺利进行作业，不致于因秸秆堵塞等问题而影响播种作业质量，或者由于地表坚硬，杂草过多，地表不够平整，影响播种机的通过性能时，采取圆盘耙、浅松机等机具对土壤实行浅层耕作，以降低地表秸秆覆盖量，获得良好种床的一项辅助技术。表土处理通常采用的方式主要有三种：一是浅耙处理方式：当地表秸秆量过大，播种机不能正常作业时，采用圆盘耙或缺口耙将地表浅耙 8-10cm，以降低地表秸秆覆盖率，同时使农家肥和表土充分混合，以提高肥料利用率。二是浅松处理方式：土壤容重过大，地表坚硬，杂草过多或地表有明显的沟痕，影响播种机的通过性能时，采用浅松机对地表进行 8-10cm 的浅松作业，以获得良好的种床，做到地表平整，无沟无痕无杂草，播种机播深稳定，能够顺利作业。三是浅旋处理方式：该技术是指地表的秸秆覆盖量过大，且秸秆集中成堆，地表不平整，影响播种机的通过时，采取旋耕机将秸秆残茬粉碎使其与表土充分混合的一项土壤耕作措施。旋耕处理对平整地表，粉碎并将秸秆与表土混合有很好的效果。但由于旋耕时会将部分根茬旋起露在地表，对秸秆覆盖量的减少效果不明显，加上旋耕处理后地表松软，播种时深度不好掌握，同时会将土壤中的蚯蚓打死，不利于土壤生物的生存，所以，在实际运用中，最好不选择旋耕处理。实际操作时，应根据作物种类、地表秸秆量的多少，土壤容重的大小，是否上农家肥等因素灵活选用表土处理方式。如

果播种机能够顺利通过，最好不用表土处理作业。近年来的试验表明：适合我省的表土处理方式：玉米地最好用浅耙处理，而小麦如果施农家肥则选用浅耙，若不施农家肥，则用浅松或不做处理，对于秸秆覆盖量过大，或根茬较大，缺乏灭茬机具，导致播种无法进行的地方，也可以在播前采用旋耕处理技术，但会影响播后地表秸秆的覆盖量。

当前存在的主要关键问题是：缺乏适用于东北地区旱作（玉米、大豆、高粱为主；以垄作为主）成熟的可以应用农机与农艺结合的综合技术与适用保护性耕作的关键机器（如免耕播种机、残茬处理机、药剂喷洒机、行间深松机）。

1.3 国外免耕播种机发展概况

免耕播种机与普通播种机的不同主要表现在土壤工作部件的作业环境和具备的功能不同。其一，免耕播种机必须能够在未翻耙整地件下播种，避免秸秆作物残茬造成播种机的堵塞；开沟器应有足够的入土能力，能在未耕地上开出有利于种子生长发育的种沟，并且减少动土量和耕作阻力；其二，应有良好的覆土镇压装置，以便于将湿土覆盖在种子上并压实，避免跑墒，提高种子的出苗率；其三，开沟器应有很强的单体仿形能力，以满足播深均匀度的要求。

国外目前免耕播种机上采用的破茬方法有两种，一种是在开沟器前增加破茬圆盘刀，靠圆盘刀锋利的刃口和足够的重力切断秸秆、根茬和切开土壤，国外的免耕播种机上多采用这种方式，这种免耕播种机结构庞大，多为牵引式。另一种是锄铲式分茬开沟器。其入土性能好，不需增加配重，整机质量小，但工作时土壤翻动量大，易挂草而堵塞，遇玉米根茬时难以破茬入土不能保证播种质量。也有研究旋耕播种方式的。

国际上开展保护性耕作较早、技术先进的国家如美国、澳大利亚、加拿大等经过多年的研究开发，已经拥有相当成熟的保护性耕作技术和机具。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，拖拉机的功率也较大，免耕播种机一般都是牵引式的（如图 1-1 和图 1-2 所示），播种机横梁多，多排安排开沟器，各开沟器之间间隔大，播种机又宽又重，播种机一般都是气力式的，土壤工作部件也做得比较复杂。



图 1-1 大型多梁牵引式免耕播种机
Fig1.1 large-scale Much beams no-tillage planter

国外对免耕播种机具的研究已取得较大的成就，如美国的 USDA 型、John Deer 型和澳大利亚的 KMC 型等免耕播种机的性能都比较优良。

图 1-1 为加拿大 Flexi-coil 公司生产的 5000 型免耕播种机。整机长 17.4m，行距为 18.3cm，22.9cm，30.5cm 和 36.6cm。为气力式排种装置与铲式开沟器组合，镇压轮为多排结构而且开沟器有一定的距离，开沟器也为多梁结构能够更好的防堵，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撑，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。由于开沟器之间距离大，解决作业时秸秆堵塞的问题。

图 1-2 为美国 GREAT PLAINS（大平原）705NT 型免耕播种机。配套动力为 41kW,开沟器为 13 1/2" 直径的双圆盘开沟器，前边装有涡轮形破茬圆盘，还有 4 速可调链轮盒，T 型播种机深度控制手柄，配有小粒种子播种附件，3 种开沟圆盘可选，工作幅宽 2.13m,整机重量 1656kg，该机同样也无施肥装置。

图 1-3 为美国 John Deere 7100 型 6 行免耕精播机，1993 年引进到北京通县张辛庄农场，73.6kW 拖拉机牵引，作业质量良好，双圆盘开沟，双限深轮仿形，但是，结构复杂、机器重、价格昂贵。

图 1-4 为美国 John Deere 7130 窄行免耕播种机，作业质量好，双圆盘开沟，双限深轮仿行，可折叠。但结构复杂，机器重，价格昂贵（ $\$1.89 \times 10^4$ ）

图 1-5 为美国 New Idea 4 行玉米免耕精播机，1993



图 1-2 美国 GREAT PLAINS（大平原）免耕播种机
Fig.1.2 American GREAT PLAINS no-tillage planter



图 1-3 John Deere 7100 玉米免耕播种机
Fig.1.3 John Deere 7100 maize no-tillage



图 1-4 John Deere 1730 narrow-Row 玉米免耕播种机
Fig.1.4 John Deere 1730 narrow-Row maize no-tillage planter



图 1-5 NEW IDEA 播种机
Fig.1.5 NEW IDEA planter

年引进到山西省屯留县王公庄。配套动力为 73.6KW 拖拉机，牵引式，作业质量良好。但是，结构复杂、机器重、转弯半径大、阻力大、价格昂贵（每台价格 $\$2.5 \times 10^4$ ），自今没有消化吸收。

图 1-6 为美国 Yetter 公司生产的 6300 Series 免耕播种机。采用圆盘刀式破茬松土器，每个圆盘刀需较大的正压力，结构庞大而笨重，耗用钢材多，制作成本高。

图 1-7 为美国 KINZE 公司生产的专门用于免耕播种的牵引式 3000 型播种机，该机采用缺口滚动圆盘破茬，后用波纹盘进行开沟，开沟宽度只有 3cm，并用鲨鱼牙齿清茬轮进行清茬。完全可以实现了玉米根茬和秸秆全部还田条件下的免耕播种。

图 1-8 为美国产 Buffalo 免耕播种机，该机破茬机构采用切刀轮、限深轮圈、保持切土深度 75mm；采用不乱土层的滑刀式开沟器、开窄沟；托出一个 V 型槽、保证种子不发生滚动、直线排列；由窄型零压轮胎将种子压入湿土中，以利出芽；附有零速投种管、防止种子弹跳、保证株距准确。可以实现在未更茬地上进行免耕播种，但价格昂贵。

图 1-9 为约翰迪尔新型 1560 型免耕条播机，该机为牵引型，波纹式 46cm 单圆盘开沟，破土角度小（开沟圆盘只有 7 度倾角）对土壤搅动小，不破坏土壤内部结构；自身质量大，机架离地间隙大，秸秆通过性能较好；开沟压力大（除自身质量大外，还可通过液压系统调节压力）。无论是在未耕地地还是常规田地中，可使你以更精确的深度播种、施肥。使用总容积为 $405\text{m}^3/\text{m}$ ，工作宽度在 3.05m 到 9.14m。

该机有 3.05m 型、4.6m 型和 6.1m 型。最大基础质量从 2917kg-5969kg。北京农业机械化研究所于 2002 年引进了两台 3.05m 型，每台价格 $\$3 \times 10^4$ ，经试验，证明该机



图 1-6 The Yetter 6300 Series 免耕播种机
Fig.1.6 The Yetter 6300 Series no-tillage planter



图 1-7 Kinze 3000 型免耕播种机
Fig.1.7 Kinze 3000 No-tillage planter



图 1-8 Buffalo 免耕播种机
Fig.1.8 Buffalo no-tillage planter



图 1-9 约翰迪尔 1560 型免耕、少播条播机
Fig.1.9 John deere 1560 Model No-Till Drill

性能可靠,但不能同时施足底肥,只能在播种同时施少量种肥。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。

国外免耕播种机具以大型为主,整机重量大,大多采用牵引式,且价格昂贵。而我国地块小、农民购买力低,另外我国拥有的拖拉机以中小型为主。能与国外大型播种机配套的拖拉机很少,因而国外的免耕播种机难以在我国应用。

1.4 国内免耕播种机发展概况

我国农户地块比较小及拖拉机的动力等因素,不能照搬国外的免耕播种机。我国的免耕播种机大多数是悬挂式的,不能太重。要想在土壤容重较高,地表有残茬覆盖的情况下作业达到入土开沟的目的,要求免耕播种机单体必须具有一定的重量。另外,由于我国拖拉机功率不足,播行不能太多玉米等大田应用作物一般只有二行到四行。

我国目前研制免耕播种机主要是解决土壤工作部件的入土问题以及防止秸秆残茬堵塞等问题。这就要求根据我国的国情,进行选择或设计适合我国土壤和耕作条件下的免耕播种机。

早在1990年,辽宁省农机所引进美国Buffalo免耕播种机,在消化吸收的基础上,研制出“2BM-6型原茬免耕播种机”,该项成果属于国内首创,曾批量生产在东北和华北应用。但由于所需动力为东方红-75(或802)配套的大型机具,价格较贵,不适应农户的经营规模,未能大面积推广。目前用于玉米播种的免耕播种机主要有河北农哈哈机械有限公司生产的免耕玉米播种机,大连瓦房店市精量播种机制造有限公司生产的2BQM大、中、小型气吸式覆盖免耕精密播种机,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,石家庄农机厂生产的2BFY-3型,沈阳市长青通用机械厂生产的2BQM-3型免耕施肥气吸精密播种机。河北农哈哈机械有限公司生产的免耕玉米播种机、河北省农机化研究所研制新型2BYM-2型玉米免耕播种机和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机型。2BYM-2型玉米免耕播种机采用外充式倾斜圆盘排种器。取种范围大,精确度高,排种准确、可靠。能自行清种,不易伤种,株距、行距可调,能够适应高速作业。采用圆盘式开沟器,有效的防止了作物秸秆缠绕堵塞。整机采用单体组合式,仿形能力强,配套性能好,可满足大、中、小型拖拉机配套使用。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,其通过性能经测定在小麦秸秆经粉碎后覆盖量为9650kg/ha,秸秆含水率为64.3%时,通过性系数为0.97。而河北一年两熟地区小

麦收获后秸秆覆盖量一般都在 6000-10000kg/hm²，且多为整秆覆盖。

原北京农业工程大学的王耀发、李问盈、杜兵等研究了小麦免耕播种机，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，近期还研制了齿盘拨草式免耕播种机（如图 1-14 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。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。

施森宝、胡鸿烈（1990）等人研制了凿形刀式破茬松土器，其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。他们又在此基础上作了改进（1992），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 上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，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。

张云文(1991)对免耕播种机防堵装置和分草器的曲面形状进行了初步研究，但这种分草器的实际分草作用并不明显。

中国农业大学的高焕文、陈君达、李洪文等人（1994）研究了玉米免耕播种机的防堵装置，设计了行间压草轮、轮齿拨草盘等机构，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。在设计的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强。

王耀发、李问盈、杜兵等人（1995）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。

张晋国（2001）实验研究了带状粉碎免耕播种机，设计了由组合刀片、开沟器、定刀片、罩壳和导草板组成带状粉碎防堵装置单体，能较好地解决华北一年两熟高产小麦收获后直接播种时的堵塞问题。

蒋金琳、高焕文提出了新的切挖处理玉米根茬的方案，研制出了新型玉米破茬免耕播种机，在有玉米根茬的未耕地上直接播种时，破茬入土能力强，扰土量少，可创造无根茬的良好种床条件，有利于种子生长发芽。

图 1-10 为黑龙江省农业机械工程科学研究院生产的 2BJM-6 型免耕精量播种机。该机工作幅宽 3.6-4.2m，配套动力 55-88kW。行距范围 600-700mm 可调，施肥深度 80-100mm；该机采用双圆盘开沟器。主要用于在原茬地上进行播种作业，也可在已播地上作业。一次进地即可完成破茬、开沟施肥、播种、覆土镇压作业。适合东北地区旱田作业。价格较贵，机具参考价格每台 RMB35,000。

图 1-11 为西安双永机械厂生产的 2BFY-4 型玉米免耕施肥播种机开沟深度 80-120mm，播种深度 30-50mm。采用深松开沟铲式开沟器，行距为 500-700mm 可调，配套动力为 18.4-22.5kW。该机开沟破茬能力强主要用于西



图 1-10 2BJM-6 型免耕精量播种机
Fig.1.10 2BJM-6 No-tillage precision planter



图 1-11 2BFY-4 型玉米免耕施肥播种机
Fig.1.11 2BFY-4 Maize no-tillage fertilization planter



图 1-12 2BCM—6 型茬地免耕半精量播种机
Fig.1.12 2BCM—6 residue field semi-precision no-tillage planter



图 1-13 型免耕施肥播种机
Fig. 1.13 2BF-4 fertilization no-tillage planter

北风沙源头地区玉米根茬地免耕播种玉米。

图 1-12 为石河子石大机电服务中心生产的 2BCM—6 型茬地免耕半精量播种机，工作幅宽 3600mm。配套动力 ≥ 40.6 kW 该机采用凿型开沟器，入土性能良好，防堵草性能好，不受地表状况影响，能一次完成松土、施肥、播种、覆土、镇压等工序。能在小麦收获后的茬地上直接复播油葵、玉米、大豆；也可在其他作物茬地上进行免耕半精量播种。该机主要适用于东北、西北地区。价格较贵每台 RMB13,500。

图 1-13 宁城县金辉机械厂生产的 2BF-4 型免耕施肥播种机。工作幅宽 1600-2000 mm 采用锄铲式、楔式开沟器，配套动力 > 11 kW。整机质量 280 kg。该机为单体式，四连杆仿形，行距、株距排种量及排肥量可调，且调节方便，配带破茬犁，适合于平川区 and 丘陵山区梯田播种作业和破茬播种作业。每台机具参考价格：RMB2,150。

图 1-14 赤峰市天山农牧业机械有限公司生产的 2BF—1 型单体破茬播种机。开沟器工作幅宽 120 mm，采用芯铧式开沟器，该机设有破铧犁，能在未翻地上进行破茬播种，能一次完成破茬、开沟、施肥、播种、覆土镇压等项作业，适用于平原、坡地和山地的玉米、谷子、高粱、大豆等作物的播种施肥作业。

图 1-15 石家庄农业机械股份有限公司生产的 2BFY—6A 型机械式玉米免耕施肥播种机。工作幅宽 3600 mm 采用箭铲式（圆盘）式开沟器配套动力 36.75-40.4kw。参考价格 3,400 元/台。该机一次性能完成破茬深施肥、开沟播种、覆土镇压

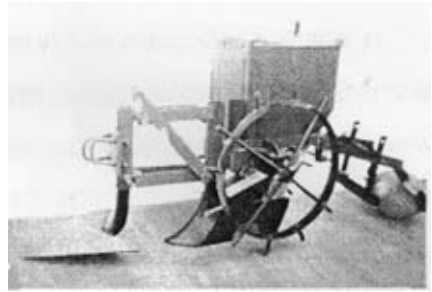


图 1-14 2BF-1 型单体破茬播种机
Fig.1.14 2BF-1 Unit residue cutting planter



图 1-15 2BFY—6A 型机械式玉米免耕施肥播种机
Fig.1.15 2BFY—6A mechanical fertilization no-tillage planter

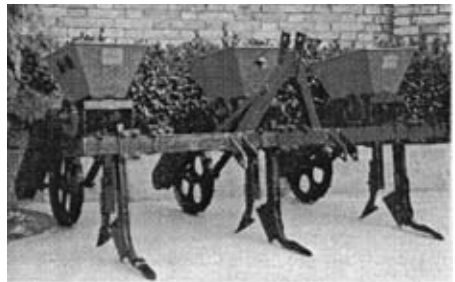


图 1- 16 2BFY 系列玉米硬茬播种机
Fig.1.16 2BFY series maize hardstalk planter



图 1-17 2BMS-9A 型免耕松土播种机
Fig.1.17 2BMS-9A no-tillage scarification planter

等几道工序。采用单体四连杆仿形结构,单体传动,传动地轮还可起到镇压轮的作用。行距、株距、深度、施肥量都能在一定的范围内调整,可适应免耕精量播玉米、大豆、花生、油菜等作物。

图 1-16 为陕西省户县播种机厂生产的 2BFY 系列玉米硬茬播种机。采用深松除茬铲、燕尾铲、双面开沟铲、犁铧铲开沟。配套动力 18.65-37.3kW。该机由机架、种肥箱、开沟铲、镇压轮、地轮和传动机构组成,可一次完成开沟、施肥、播种、覆土、镇压等多项作业,适用播玉米、豆类作物,是联合收割机收获后高留茬地带的播种机械。适用于陕西、甘肃及内蒙等地免耕播种作业。

图 1-17 内蒙古呼和浩特市得利新技术设备厂生产的 2BMS-9A 型免耕松土播种机。采用靴式开沟器,工作幅宽 2100mm 配套动力 55H.P. 以上拖拉机。每台机具参考价格 RMB16,000。该机采用专用破茬开沟器,沿前后大梁分别布置,能有效防止拥土和堵塞,可在坚硬地面开沟及不很平整的地块作业,能一次完成松土、播种、施肥、覆土镇压等工序。该机可在小麦收获后的高麦茬地播种小麦、玉米或菜籽等。主要适用于华北、西北和东北地区。

图 1-18 山西新绛机械厂生产的 2BMF-4 型免耕施肥播种机,配套动力 37.3-44.76kW 拖拉机。该机采用双圆盘开沟器进行种床残茬清理,提高了播种机的通过性;尖角式窄型开沟器具有入土性能好、开沟窄、回土快的特点,有利于保墒和提高播种质量;一次作业可完成



图 1-18 2BMF-4 型免耕施肥播种机
Fig.1.18 2BMF-4 no-tillage fertilization planter



图 1-19 2BMQF-4C 轮齿拔草型玉米免耕覆盖精播机
Fig.1.19 2BMQF-4C gear grass poking maize no-tillage planter



图 1-20 2BMDF-4 型带状秸秆粉碎玉米免耕播种机
Fig.1.20 2BMDF-4 zonal maize stalk smashing no-tillage planter

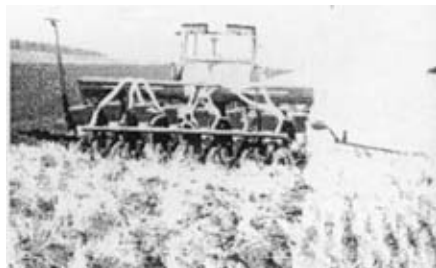


图 1-21 2BQM-6D 型气吸式免耕覆盖播种机
Fig.1.21 2BQM-6D Air-suction no-tillage planter

种床秸秆清理、开沟、施肥、播种、覆土、镇压等工序；适用于秸秆覆盖条件下的玉米免耕播种；主要适用地区为山西、陕西、甘肃、内蒙等地。

图 1-19 中国农业大学研制的 2BMQF-4C 轮齿拨草型玉米免耕覆盖精播机，采用了“垂直切草盘+轮齿式拨草器”，排堵能力强，采用尖角铲式开沟器，沟形窄、入土性能好。采用平行四边形单体仿形，改善了播深均匀性。



图 1-22 2BMF—6C-2 型小麦免耕施肥播种机
Fig.1.22 2BMF—6C-2 wheat fertilization no-tillage planter

图 1-20 为中国农业大学研制的 2BMDF-4 带状粉碎玉米免耕覆盖播种机。该机为 4 行悬挂式，带状粉碎，种肥垂直分施，单体仿形，半精量播种。其主要特点是在开沟器前 20cm 范围内安装了粉碎刀片，实现了开沟器前的秸秆粉碎，并且将粉碎后的秸秆通过导草板抛出，可以说是目前国内防堵性能最好的免耕播种机。该机配套动力为 40kW 以上轮式拖拉机，行距 600-700mm 可调，水平圆盘式半精量排种器，外槽轮是排肥，双斜镇压轮。既可在一年一熟玉米地中直接播玉米，也可在一年两熟地区小麦收获后免耕直播玉米。

图 1-21 瓦房店市精量播种机制造有限公司生产的 2BQM-6D 型气吸式免耕覆盖播种机，采用了双圆盘式开沟器，配套动力（40kW）。该机采用 V 型双圆盘播种开沟器进行种床残茬清理，提高了播种机的通过性；滑刀式施肥开沟器具有较好的破茬和入土性能；一次作业可完成破茬、开沟、分离覆盖物、施肥、播种、覆土、镇压等工序；适用于秸秆切碎覆盖地、豆茬地、小麦茬地免耕播种；主要适用地区为东北、河北等地。

图 1-22 河北农哈哈机械有限公司生产的 2BMF—6C-2 型小麦免耕施肥播种机，采用了箭铲型开沟器，配套动力 11-13.2kW 轮式拖拉机。开沟小，对土壤的破坏小，利于秸秆的通过，适用于平原和丘陵地区沙质土壤、一年一熟地区的小麦免耕覆盖条播作业。一次作业可完成开沟、施肥、播种、镇压等道工序。

辽宁西部农业部保护性耕作示范区，从 2002 年 5 月开始，到 2004 年共完成核心示范面积 $16.09 \times 10^7 \text{m}^2$ ，超额完成了合同规定的任务。核心示范面积中绝大多数为高留茬模式。高留茬耕播模式的工艺流程为：玉米收获（秸秆运出，高留茬）—旋耕灭茬—精量播种—深施化肥—化学除草—至少中耕一次。

为了满足秸秆覆盖率要求，根茬高度为 300—400mm，立茬越冬，春播前灭茬，最

好灭茬播种一次完成，灭茬作业深度以 50—70mm 为宜。

辽宁省一直注意抓好免耕机具开发工作并取得了一些成果。目前应用较为广泛的有 4 种免耕播种机普遍存在的问题是残茬堵塞，难于正常播种。根据辽宁西部农业部级保护性耕作示范区的试验研究提出：就辽宁省乃至东北地区而言，高留茬秸秆覆盖耕播应当成为保护性耕作的主流模式（李宝筏，杨文革等，2002 年）为减少土壤的大量搅动，减少水分散失和减

少土壤被压实。阜新县农机二厂在沈阳农业大学李宝筏教授的创意下生产了 2BISJ-2110 型碎



图 1-23 2BISJ-2110 型碎茬精量播种机

Fig.1.23 2BISJ-2110 Residue chopping precision planter

1-23 所示，一次进地

完成苗带灭茬、精量播种、化肥深施。也可利用现有的小型灭茬机、单体播种机代替，分两次作业完成上述任务。

2003 年 4 月 3 日辽宁省农机局在彰武县召开保护性耕作现场会，在辽宁使用的免耕播种机主要有以下四种机型：

①阜新农机二厂研制的“2BISJ-2110 型碎茬精量播种机”如图 1-23 所示，与 14.5KW 动力配套。在双圆盘开沟器前，设灭茬刀辊，由拖拉机 P.T.O 驱动，刀辊以 530r.p.m 高速回转，将残茬秸秆打碎，较好的解决了在高留茬地上的通过性与播种质量问题。但由于该机全幅 36 把刀灭茬需要消耗很大的动力且将整个垄台和垄沟都翻了起来动土量大使水分散失严重，不易保墒。

②沈阳市长青通用机械厂研制的“2BQM-3 型免耕施肥气吸精密播种机”如图 1-24 所示，与 9.6kW 动力配套，播种机前方，安装驱动式破茬器（圆盘锯式切草轮），由拖拉机驱动。作业时可将秸秆切断，在高留茬秸秆还田地块具有较好的防堵性能。

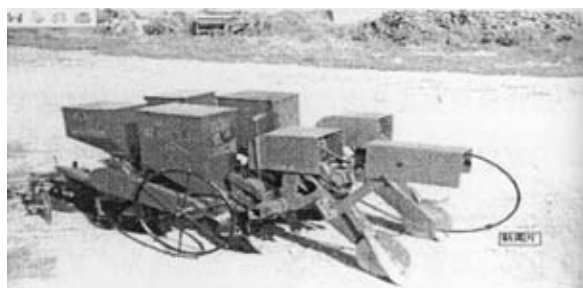


图 1-24 沈阳市长青通用机械厂 2BQ-M3 型免耕施肥气吸精密播种机

Fig.1.24 2BQ-M3 Fertilization, air-suction and precision no-tillage planter

该机由拖拉机动力输出轴提供动力，通过传动轴将动力传给传动箱，再由皮带传动驱动锯切轴和拨禾轴旋转。其工作过程是：在拖拉机牵引下，破土铲进行破茬松土，同时，前方的秸秆被破土铲挑起，沿起草板上升至刀床，拨禾轮将秸秆强制喂入，锯切盘与刀床配合，将秸秆切断，分向两侧落下，不再能够形成堵塞，使播种机顺利通过。随后，播种开沟器开出种沟。橡胶地轮通过链条传动，使排种器和排肥器工作。覆土器、镇压轮完成覆土镇压。它一次作业即可完成秸秆处理、破茬松土、化肥深施、开沟播种、覆土镇压等全套作业。其存在的主要缺点是动力传送机构比较复杂，在工作中容易掉链子使动力中断，且在秸秆残茬覆盖量较大时播种机易堵塞。由于锯切高速转动，使动力消耗增大。

③辽宁省农机所研制的“2BQMS-2 型免耕坐水气吸播种施肥机”与 11--13.2kW 动力配套，设有铲式破茬器，在未耕翻表土上先破茬开沟，消除苗带表层干土及残茬，在残茬防护装置保护下分别开窄沟、施肥、注水、播种、种肥分开，适于免耕坐水施肥播种。

④瓦房店市精量播种机制造有限公司在 2BQM—6D 型气吸式免耕覆盖播种机基础上研制的“2BQM-2D 气吸式免耕精密播种机”如图 1-25 所示，与 12KW 动力配套，采用 V 形双圆盘播种开沟器进行种床残茬清理，提高了播种机的通过性；滑刀式施肥开沟器具有较好的破茬和入土性能；一次作业可完成破茬、开沟、分离覆盖物、施肥、播种、覆土、镇压等工序，适用于高留茬地表免耕播种。如前所述辽宁省农机局曾于 2001 年 10 月在阜新市进行保护性耕作机具选型试验。参试的播种机共 4 种机型，均为小四轮悬挂 2 行播种施肥机。但是试验结果表明在玉米茬高 16~17cm 的原垄播种时，四种类型机器均达不到要求。但这些机型比较 2001 年在阜新的机具选型试验，在技术上有了明显的突破。但毕竟还是处于样机阶段，需要进行大面积生产试验考核，以进一步完善。



图 1-25 2BQM-2D 气吸式免耕精密播种机
Fig.1.25 2BQM-2D air-suction and precision no-tillage planter

2004 年以来辽宁省农机局承担了农业部下达的《东北冷凉风沙区垄作保护性耕作技术的试验研究》课题，并与中国农业大学和沈阳农业大学合作，成功开发出两种免耕播种机。

1) 2BML-2 型垄作免耕播种机, 开沟器前安装了窄幅旋耕刀部件进行根茬处理。单垄旋耕幅宽 100~110mm, 耕深为 60~80mm。采用尖角式开沟器和双圆盘覆土器。试验证明: 2BML-2 型垄作免耕播种机一次性完成灭茬、施肥、播种、覆土、镇压, 减少机器进地次数, 减少压实; 浅旋使单垄旋耕动土量小, 功耗小; 处理根茬效果好, 对垄性能强, 播种后能保持垄形, 能有效增加地温, 采用该机玉米出苗高于传统播种方式。本机已经鉴定投产, 2006 年推广 60 余台, 作业效果良好。生产查定表明, 该机上存在制造质量不高, 链传动稳定性差等缺陷, 需进一步完善。

2) 垄作滚动圆盘式耕播机, 本设计的耕播机采用了滚动圆盘式破茬犁刀、双圆盘螺旋线形清垄部件、单圆盘施肥开沟器、双圆盘播种开沟器、圆锥台形导向装置。小面积试验结果表明: 滚动圆盘式破茬犁刀由于移动式破茬部件, 动土率小于 10%, 不需要驱动。加配重后播种机单体的质量在 175kg 的情况下, 能够将地表下 8~10cm 处的根上节切开, 开出一条满意的种沟; 研制的滚动圆盘式耕播机经田间试验证明, 在 0.8kg/m^2 覆盖量下机器不堵塞, 垄作时不走偏; 接触土壤的工作部件全部是滚动圆盘式, 阻力小。垄播机与 3.2kW 小四轮拖拉机配套, 既符合保护性耕作的农艺要求, 又适应于当前农村的动力配备。

该两种机型填补了辽宁省免耕播种机具的空白, 基本满足了辽宁省保护性耕作技术体系的需求。

另外, 目前辽宁省正按照“弯改直、宽改窄”的技术思路进行完善技术体系。

推广保护性耕作实践中我们认识到, 改进常规机具使之满足保护性耕作作业需求, 从而提高机具的通用性, 降低机具投入成本, 提高机具利用率, 是提高农机户经营效益, 促进保护性耕作作业市场化的重要途径。为此, 2006 年提出了将灭茬机、旋耕机弯刀改成直刀, 将普通播种机的宽开沟器改成窄的开沟器“双改”技术措施。

①将灭茬机、旋耕机弯刀改成直刀。试验条件为整秆立秆、卧秆覆盖, 事先不进行秸秆粉碎还田作业, 作业阻力小, 作业负荷轻, 处理后的地表秸秆覆盖均匀, 适合播种作业。我省灭茬面积达 $1.09 \times 10^6 \text{hm}^2$, 通过这一改进措施, 不仅可以扩大现有灭茬机的应用范围, 同时对于改革以灭茬为主要整地手段的耕作方式, 使之更符合少耕这一保护性耕作的理念。

②常规播种机的宽开沟器改为窄幅开沟器。这一措施的目的是减小开沟器的动土面积, 提高机具在残茬覆盖条件下的通过性, 提高播种后地表残茬覆盖率。此种方法技术

简单，改制容易，成本低廉。

两种改进机型配合使用，可以满足高留茬覆盖、碎秆覆盖保护性耕作技术的作业要求。对于降低保护性耕作成本，提高农机户营机效益，

我国免耕播种机在生产规模上、品种上、质量上，远远不能满足推广保护性耕作技术的生产实际需要，特别是玉米免耕播种机目前不够成熟。另外不同地区、不同条件下实施免耕播种作业对机具的要求也相差很大，所有的免耕播种机都有其适宜作业的条件，因而结合不同地区农业生产实际条件及要求开发研制使用的免耕播种机，才能满足在不同地区推广保护性耕作技术的需要。

以上这些试验研究，对国内免耕播种机及其土壤工作部件的研究起到了促进作用。但是我们应该看到，我国对免耕播种机及其土壤工作部件的试验研究尚处于初级阶段。

1.5 东北保护性耕作模式

保护性耕作工艺体系一般由 3 项基本作业和 2 项管理作业组成。三项基本作业是：免耕施肥播种作业，属固定的必需作业；深层耕作作业，可以是深松或免耕；秸秆与残茬处理作业，可以是粉碎、立秆（整秆直立）、倒秆（整秆压倒）覆盖中的一种。

二项管理作业是：杂草与病虫害控制作业，可以选择喷药、机械除草等。表土处理作业，可以选择圆盘耙耙地、弹齿耙耙地、浅松、浅旋等。其它人工管理作业如间苗、追肥、锄草等以及收获和运输与传统作业相同。

结合多年来辽宁省试验保护性耕作技术研究结果，根据东北三省气候条件、作物品种、耕作习惯、及技术、物资基础，重点推广残茬处理、表土耕作、免耕精量播种、化学除草、合理深松及合理轮作技术。以辽宁省为例，目前适宜推广保护性耕作技术模式主要有以下几种：

（1）浅旋覆盖技术模式

玉米收获--秸秆粉碎还田--浅旋处理残茬--免耕播种（施肥）--化学或人工控制杂草。

玉米人工收获后使用东方红—75/802 型履带式拖拉机配套 4Q-2.0 型秸秆粉碎还田机进行作业。秸秆切碎长度要小于 10cm。旋耕将粉碎后的秸秆、残茬与浅层土壤混合，防止风刮、火烧和牛羊蚕食。在保证残茬不会被风刮走的前提下，尽量浅旋，一般旋耕深度不大于 70mm。旋耕可采用哈尔滨农机二厂或南昌旋耕机厂等生产的联合整地机，在实现秸秆残茬与浅层土壤混合的同时，进行碎茬、起垄、镇压。也可使用阜新县农机二厂生产的 4QW—155B 型秸秆还田旋耕机，进行复式作业。将秸秆粉碎还田和旋耕两

项作业一次完成。玉米机械收获，可使用彰武县农机厂生产的 4YW-1 型玉米联合收获机，将玉米收获和秸秆粉碎还田两项作业一次完成。第二年春季使用瓦房店市生产的 2BMF—2 型免耕播种机，进行精量播种和一次性深施肥。人工或化学除草。

该模式提高了秸秆还田作业效果，保水、保肥、保土能力强。该模式充分利用了现有机具，所需投入少；其不足是，由于地表秸秆覆盖率不高，防止风蚀的效果稍差。

（2）灭茬覆盖技术模式

玉米收获-秸秆粉碎还田-灭茬（苗带浅旋）-播种-人工或化学除草（至少中耕一次），垄作。

采用玉米联合收获机，进行收获的同时秸秆粉碎还田。也可人工收获，使用石家庄产的 4Q-2.0 型机进行秸秆还田作业。之后，用 11.19kW 小四轮拖拉机配套灭茬机，旋耕灭茬，作业深度不大于 70mm，幅宽为 150—200mm，既能准备苗床、处理残茬，又可以保持垄型、有利于提高种床地温，适时早播。由于苗床清洁，对播种机性能要求不高。可采用现有的 2BF-702 型单体播种机，进行精量或半精量播种。如遇墒情不足时，还可采用 2BFC-1C 型坐水播种机添墒播种。为了给下年作物准备垄，至少需进行一次中耕，垄距 500-600mm 为宜。如采用化学除草，只在苗带部位喷撒化学药剂。

该模式充分利用了现有机具，基本上不需机具投入，机械化程度较高，秸秆覆盖率也较高。不足之处是作业次数多。

（3）重耙覆盖技术模式

玉米收获—秸秆粉碎还田—圆盘耙处理秸秆—免耕播种—化学除草（中耕）。平作或垄作。

玉米人工收获后，一般秸秆是直立的。使用东方红—75/802 型履带式拖拉机配套 1BZ-2.5 型液压牵引 24 片重型偏置耙作业，对秸秆切碎和掩埋。作业深度要小于 100mm，一般需耙两遍。作业一次，可掩埋秸秆 50%。两次秸秆覆盖率只能剩 25%。耙地也会破坏土壤结构和形成犁底层，第二年应尽量避免重复使用这种作业模式。使用免耕播种机播种，其性能要求较高。作业时最好要有人跟随，随时处理秸秆拖堆、缠绕等问题。人工或化学除草。

（4）高留茬技术模式

玉米收获（秸秆运出，高留茬）—旋耕灭茬—播种—化学除草—至少中耕一次，垄作。适用于秸秆资源少、气温偏低或土壤湿度较大的地区。玉米人工收获，秸秆割倒运

出,为满足秸秆覆盖率要求,留茬高度应为 300mm 以上。秋季地表不作处理,立茬越冬。作物休闲期用残茬、杂草覆盖,防止风蚀、水蚀。第二年春季,采用 11.19kW 以上小四轮拖拉机、配套阜新县农机二厂生产的 2BSIJ-2110 型碎茬精量播种机,一次进地完成苗带灭茬、精量播种、化肥深施。也可利用现有的小型灭茬机、单体播种机代替,分两次作业完成上述任务。春播前灭茬要注意两点:一是要有足够机具,能够在播种前完成全部灭茬任务,确保适时早播,不误播期。二是要根据土壤墒情和天气情况,选择好灭茬作业时机,防止土壤失墒。灭茬深度一般以 70mm 为宜。为了形成垅型,至少中耕一次。如采用化学除草,可在灭茬耕幅内喷撒化学药剂。

该模式防止风蚀效果较好,也可采用碎茬精量播种复式作业,机具投入不大。但由于秸秆还田量小,保水、保肥、保土效果不明显。

(5) 深松覆盖技术模式

玉米收获—秸秆粉碎还田—深松(处理残茬)—耙耱—免耕播种—药剂灭草。

此种模式单独进行深松作业。深松不仅可以处理残茬,还可以打破犁底层,增强土壤持水能力。初次实行保护性耕作时应深松一次。以后可以 3—4 年深松一次。深松后地表粗糙不平,秸秆残茬覆盖率为 50-75%,需要再耙耱一次。

与旋耕覆盖模式相比较,只是在对粉碎后的秸秆处理方式不同,其它作业环节均相同。但所需机具投入较大,作业成本较高。

(6) 免耕覆盖技术模式

免耕播种施肥-喷施除草剂-收获-秸秆还田。

喷施除草剂、施肥和精量播种可以在一次进地完成。免耕播种机的施肥、播种开沟器具有切茬、分茬功能,开沟宽度 50—70mm 为宜;免耕时杂草控制以地面喷施除草剂灭草为主。必要时可以中耕控制杂草。

此种模式对机具性能、作业质量、种子质量要求较高。需要投入大量资金购置机械设备。从目前的经济、技术条件看,近期尚难大面积推广应用。

1.6 选题目的与意义

我国东北部分地区气温低、春天风大、风蚀和春旱严重。种植作物以一茬垄作玉米为主,是我国主要的商品粮基地。以辽宁省为例,全省 $4.13 \times 10^6 \text{hm}^2$ 耕地中没有任何灌溉条件的旱作农业面积 $2.745 \times 10^6 \text{hm}^2$,近30年来严重干旱的年份有1972、1978、1989、1997、1999和2000年。2001年大旱造成全省农作物受灾面积达 $2.81 \times 10^6 \text{hm}^2$,绝收 $1.10 \times 10^6 \text{hm}^2$,

分别占总播种面积的76%和30%。2006年辽宁西部和北部地区又遭大旱，全省累计受旱面积 $6.735 \times 10^5 \text{ha}$ ，其中严重干旱面积 $2.622 \times 10^5 \text{hm}^2$ 。传统的铧式犁耕作，加剧了干旱半干旱地区的水土流失，辽西地区（含朝阳、阜新、锦州、葫芦岛以及康平、法库等市县）每公顷年均土壤流失量达67.5t，土壤肥力以年均0.02%的速度衰减。上述问题，是制约我省农业发展的瓶颈。采用保护性耕作技术，可以有效地抵御春旱、控制风蚀、防治沙尘暴、提高产量和培肥地力。但是，好的耕作技术需要好的机具来完成。免耕播种机作为保护性耕作的关键机具，其防堵性能不但直接影响到播种效果而且还直接影响到保护性耕作技术在我国推广。由于免耕播种与传统播种的工作环境不同，免耕播种是在未耕地上作业，故要求其入土能力强，同时为适应在有作物残茬覆盖地上工作，要求其具有很强的防堵功能。国外，多数小麦免耕播种机为大型多梁牵引式。其播幅达9-12m。两边各1/3 可通过液压折起，以适应道路运输。开沟器分别安装在五道横梁上，使得同一横梁上的开沟器间距达1m以上，加大了秸秆的通过性能，种箱和肥箱连接于播种机后，靠自带发动机产生气力输送种子和肥料到安装于播种机上的离心式分配器进行二次分配到各行，整个机组的长度达17m或以上，需要较大的转弯半径，适于大地块使用。虽然性能可靠但价格昂贵，且需用大功率的拖拉机牵引，不适合我国国情。而国内的免耕播种机基本上都是小型悬挂式的，整机质量轻，与播种机配套的中型轮式拖拉机动力为35-48kW、小型轮式拖拉机动力为8.8-11kW。目前国内研制生产的各类免耕播种机主要是中小型悬挂式的，价格较低，但从机型品种到作业质量都还存在着许多不足和差距，远不能满足推广保护性作业生产的实际需要。

当前东北地区保护性耕作更是缺少适用的免耕播种机(玉米，大豆，高粱为主；以垄作为主)。垄作是属于少耕系统，它有以下优点（Randal K.Taylor,Hans Kok 1999）：

（1）与免耕相比可以减少化学制品的使用，只是在苗带洒施除草剂；行间除草可以利用机械中耕。

与传统耕作相比，机械动力需要较低，可以使用小功率拖拉机；由于采用轻型设备而作物根区土壤体积密度减少，利于生长。由于种床温升快，提高产量。施氮肥和杀虫剂等与水流分开减少了农业化学物质的损失；作物在垄上生长，减少车辆压实。

垄作地表留下大量的残茬和秸秆，可增加水分入渗，可以大大减少土壤侵蚀和径流。随着垄作生产费用的减少，垄作是有利的选择。

（2）美国垄作法播种：以Nebraska 州为例，应用二种垄播系统。一是在播种作业

之前不进行任何的耕作,利用耕播机在原茬地上播种,称为垄播(Ridge plant)或耕播(Till plant)另一种是垄耕(Ridge till)采用播前的耕作,通常是很浅,仅仅是在垄顶与除草相结合并不毁坏旧垄,使垄顶扁平,以利后期播种。经试验,现有的几种播种机,在原垄免耕播种时,残茬、秸秆严重堵塞机器或者破茬犁刀在破茬时机架被抬起,导致播种机无法工作。虽然近年来有采用拖拉机动力驱动的锯片式破茬刀或灭茬辊,但由于增加锥齿轮传动系统而造价高;另外国内免耕播种机尚无清垄部件,且灭茬辊将残茬打碎,不能达到地面覆盖率30%以减少地表水分蒸发的要求。为此在有玉米根茬的未耕地上免耕直播,为保证播种质量,需解决玉米根茬处理防堵问题,另外省内现有的单体播种机,在免耕播种时无用武之地,不能在保护性耕作中发挥作用。本课题在研究东北垄作免耕播种工艺模式的基础上,研制新的免耕播种通用机既可替代现有的灭茬机真正实现秸秆覆盖又可与普通单体播种机相配套形成适用于免耕工况的播种机,主要是解决生产实际问题,具有重要的实际意义。

1.7 课题研究内容

(1) 东北保护性耕作技术模式的研究

以辽宁为例,综合考虑辽宁省各地自然地理状况、农业区域特征将全省进行区域划分,进行不同的保护性耕作模式以达到“保水、保土、保肥、保护环境”增加粮食产量提高农民收入的目的。

(2) 垄作高留茬免耕播种通用机破茬清垄装置的研究

针对现有免耕播种机防堵能力不足的问题,吸取前人研究的经验教训,设计一种前圆盘刀破茬,后水平圆盘清垄的新型破茬清垄装置,该装置通过圆盘刀锋利刃口靠重力切断垄上的玉米根茬及覆盖物,开出种沟,并通过水平圆盘和能灵活调整的围栏的配合关系清理垄行防止播种机缠草造成堵塞。

在确定方案以后,制做试验台。然后通过室内与田间试验,检验该破茬清垄结构的有效性,并确定结构的基本参数,通过对作物秸秆特性的分析及受力和运动分析研究其防堵机理。

1) 玉米秸秆及残茬力学特性的试验研究,研究不同长度不同粗细的玉米秸秆及其残茬在不同切刀速度、不同刀刃厚度情况下的切断率。

2) 破茬清垄装置关键零部件的试验研究和参数优化,进行圆盘犁刀及水平圆盘清垄器参数及破茬效果的试验研究,进行水平圆盘及围栏清垄效果试验,观察在作业中水平

圆盘及围栏对秸秆运动的情况。

3)通用机架等三种试验台的设计与研究

4)将普通播种机安装在通用机架上进行田间作业受力试验研究。

由于该破茬清垄装置是靠重力破茬和水平圆盘与土壤摩擦力旋转来实现清茬防堵的,机组在作业中受到阻力,研究其牵引阻力的大小及功耗的情况为研制节能高效的垄作免耕播种机奠定基础。

课题所采取的研究方法与技术路线如图1-26所示。

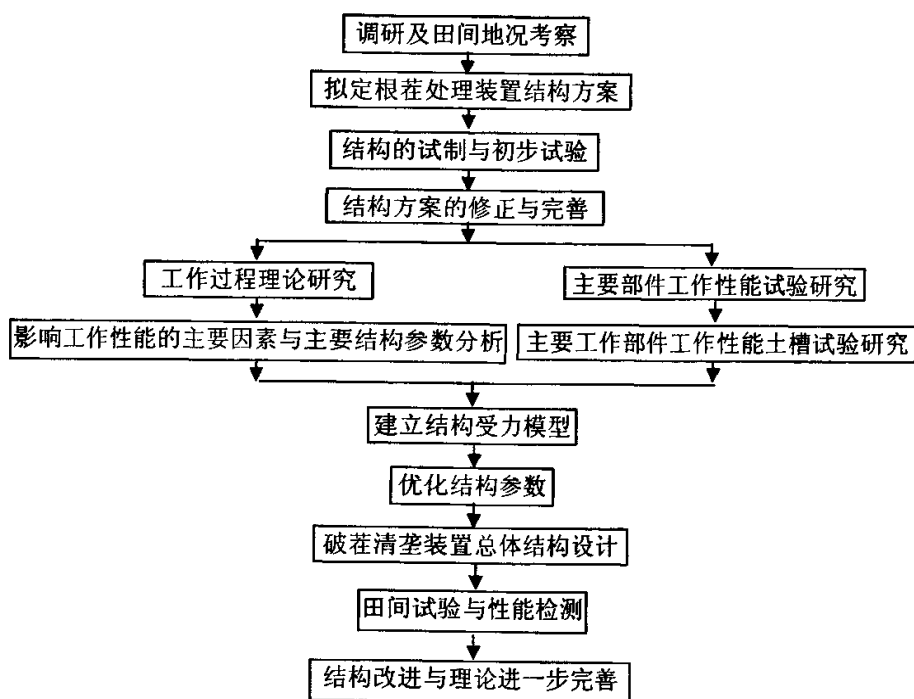


图 1-26 课题的研究方法与技术路线
Fig.1.26 Research method and technology

1.8 本章小结

本章在对保护性耕作技术进行大量调查研究的基础上介绍了保护性耕作技术的概念、起源、内容、国内外保护性耕作技术的发展状况及对辽宁省保护性耕作模式进行了深入的研究,提出高留茬技术模式应为辽宁省保护性耕作的主流模式。指出保护性耕作技术应因地制宜,不同地区应推广不同机型,完善辽宁省保护性耕作体系应按采用新机具,新理论和“弯改直,宽改窄”的思路发展。重点研究了国外、国内免耕播种机的发展概况。研究表明国外免耕播种机具以大型为主,整机重量大,大多采用牵引式,且价格昂贵。因我国地块小、农民购买力低,且我国拥有的拖拉机以中小型为主。能与国外大

型播种机配套的拖拉机很少，因而国外的免耕播种机难以在我国应用。而国内免耕播种机常常出现堵塞等质量问题。东北地区保护性耕作更是缺少适用的免耕播种机。为此在有玉米根茬的未耕地上免耕直播，为保证播种质量，需解决玉米根茬处理问题，开发出可在有玉米根茬的未耕地上直接播种作业的新型免耕播种机，推动保护性耕作技术在东北地区的推广。

第二章 玉米秸秆的性状与根茬切断试验

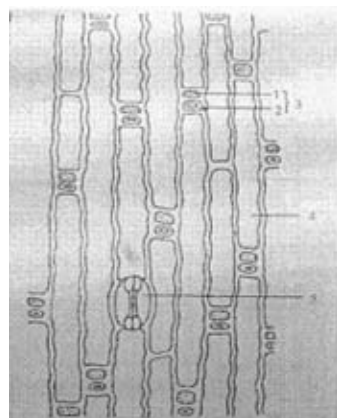
2.1 概述

了解玉米秸秆及残茬受切特性,尤其是了解不同含水量的玉米秸秆和残茬在不同旋转半径及刀轴不同转速下对不同含水量的玉米秸秆的切碎效果;不同切刀速度,及横切、纵切、劈切等情况下的切断率和受力,是秸秆粉碎还田机、带状粉碎免耕播种机和茎作破茬清垄免耕播种通用机灭茬、破茬部分设计的基础。关于刀片切割速度的问题,前人在研制秸秆还田机时做过一些试验,文献(毛罕平 1995)认为对玉米秸秆切碎而言,切刀的刀端线速度大于 34m/s 时,粉碎效果才能较好。目前,国内外几种主要秸秆还田机的刀端线速度从 37m/s 到 56m/s 不等(栾玉振,田宏伟等 1991),如何根据实际情况正确选择切割线速度是设计秸秆粉碎装置时首先要考虑的问题。因为影响秸秆粉碎效果的因素除了切割速度外,还受到作物含水量、切割刀片的锋利程度、秸秆受切部位等多种因素的影响。所以,只有经过实验才能从理论上知道什么样的破茬刀以什么样的切割形式,具有多大的旋转半径和以多大的刀端线速度来切割残茬的粉碎效果更好。

2.2 玉米秸秆的性状

玉米茎结构:由表皮、基本组织和维管束三部分组成。

①表皮 表皮在茎的最外方,从横切面看,细胞排列比较整齐。如果纵向撕取一小块表皮加以观察,就会看到表皮由长短不同的细胞组成,长细胞夹杂着短细胞如图 2-1 所示。长细胞是角质化的表皮细胞,构成表皮的大部分。短细胞位于两个长细胞之间,分为两种:木栓化的栓质细胞和含有二氧化硅的硅质细胞。此外,表皮上还有保卫细胞形成的气孔,但数量不多,排列稀疏,保卫细胞为哑铃形,左右各有一个副卫细胞。



1 栓质细胞 2 硅质细胞 3 短细胞 4 长细胞
5 气孔器

图 2-1 玉米茎的表皮(表面观)
Fig.2.1 Cuticle of maize stem

②基本组织 整个基本组织除与表皮相接的部分外,都是由薄壁细胞组成。玉米的茎内为基本组织所充满,形成实心茎结构。紧连着表皮内侧的基本组织中,常有几层厚壁细胞存在,连成坚强的机械组织。

③维管束 玉米茎内的维管束,以分散的排列方式分布于基本组织中。近边缘的维管束较小,互相间的距离较近;靠中央的维管较大,相距也较远如图 2-2 所示。玉米的

每个成熟的维管束在结构上比较相似，其维管束的外周均有厚壁组织组成的维管束鞘

（bundle sheath）所包围。初生木质部位于维管束的近轴部分，整个横切面的轮廓呈 V 形。V 形及部位原生木质部，包括 1 至几个环纹和螺纹导管及少数薄壁组织。在分化成熟过程中，这些导管常遭到破坏，其周围的薄壁细胞相互分离，形成了一个气隙(airspace)。在 V 型两壁上，各有一个后生的大型孔纹导管。两导管之间充满薄壁细胞，有时也有小型的管胞。在初生木质部和

初生韧皮部之间没有束中形成层，因此，玉米不能进行次生生长。这是其主要特征之一如图 2-3 所示。

玉米茎的长短分为：

第一生理型（及早熟和早熟品种）主茎高 0.5-2m，主茎 8-14 节，上部每一节都比所有下部节间长。

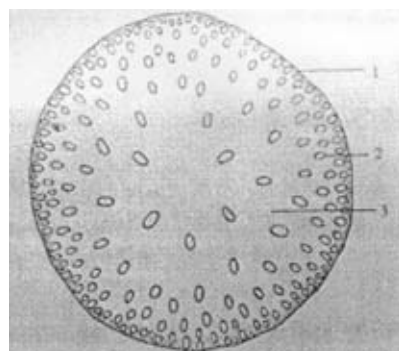
第二形态生理型(中熟品种)主茎高 2-3.5m，主茎 13-18 节，上部节间较中部的短一些。

第三形态生理型（一般中熟和晚熟品种）茎高 3.5-4.5m，主茎 18-28 节，上中部以上节间均短与中间节间。

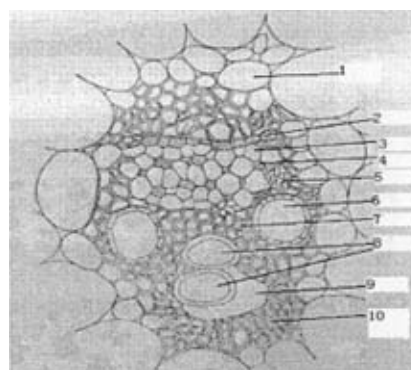
玉米根茬物理特性及玉米根系的生长规律。

玉米收获后，留在地里的玉米根茬主要有地上部分的秸秆和地下部分的根系两部分组成。

玉米根分为出生根，次生根（永久根）和支持根（气生根）三种类型。欲往上根数愈多，根也粗壮，间距也愈大，入土角也愈陡，一株成年玉米植株的次生根总数可达 50-120 条，并有大量的枝根和根毛。如把一株玉米的次生根系一根根



1. 表皮 2 维管束 3 基本组织
图 2-2 玉米茎节间部分轮廓图
Fig.2.2 Contour of maize stem gnarl



1. 基本组织 2. 被压毁的原生韧皮部 3. 筛管 4. 筛板 5. 孔纹导管 6. 管胞 7. 环纹或螺纹导管 8. 气隙 9. 气孔 10. 机械组织（维管束鞘）

图 2-3 玉米茎内一个管束的放大
Fig.2.3 the magnification of bundle

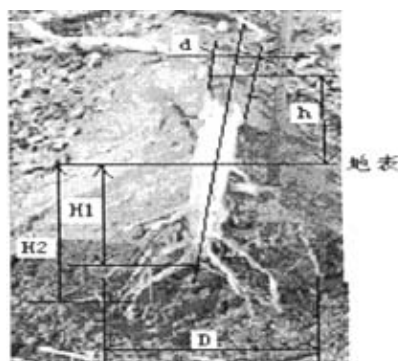
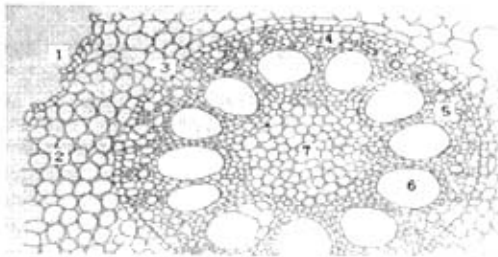


图 2-4 玉米根茬结构参数
Fig.2.4 Structure parameters of maize rootstalk

地连接起来，总长可达 1-2km。玉米为浅根系（徐汉卿等 1994）其主根不发达，侧根或不定根向四面扩展，长度远超过主根，根系大部



1. 表皮 2. 皮层 3. 内皮层 4. 中柱鞘 5. 初生韧皮部
6. 初生木质部 7. 髓

图 2-5 玉米根横切面
Fig.2.5 Transverse-section of maize rootstalk

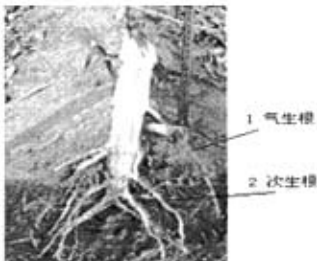


图 2-6 玉米根茬剖面
Fig.2.6 Section of maize rootstalk

分分布在土壤表层。根系的深浅除受植物的遗传本性决定外，也受外部环境，如土层厚薄，土壤水肥壮况，土壤类型的影响。一般讲，地下水较低，通气良好，土壤肥沃，根系分布较深，繁殖较浅。干旱地区根系较深，潮湿地区根系较浅。玉米根系是纤维状的须根系如图 2-6 所示，玉米根横切面如图 2-5 所示，包括初生根（种子根）、次生根（节根）和气生根（支持根）。初生根由胚根组成。次生根由胚芽鞘节上层长出，生长迅速、再生能力极强。因此，初生根的吸氧功能很快被次生根所代替。根系绝大部分生长在地表下的几个基节上，成辐射状向外伸长，到一定距离后转而向下，扎入土壤的底层。玉米根系径向扩展可达 1m，平均为 15—20cm。玉米的茎是一根上细下粗的秆，它有许多节间组成。我国玉米多数为 10—20 节，靠近地表根部处茎秆外径约为 22-33mm。经测定玉米主要的结构参数如图 2-4 所示玉米留茬高度为 h ，茎秆根部直径为 d ，主根（茎秆向地下延伸的部分）深度为 H_1 ，根深 H_2 ，最大径截面处的近似圆周直径为 D ，玉米根茬测定选在彰武，沈阳等地测定及统计结果见表 3-1 玉米根解剖结构的特点如图 3-4 所示。

①表皮 表皮是根的最外层细胞，寿命较短，当根毛枯死后，往往解体而脱落。②皮层 玉米的根不能形成次生保护组织，皮层中靠近表皮的三至数层细胞为外皮层。在根发育的后期，外皮层细胞往往转变为厚壁的机械组织，起着支持和保护作用。外皮层内侧为数量较多的皮层薄壁组织。（中柱）玉米的中柱鞘细胞为一层，最初是薄壁细胞，后期细胞壁增厚并木质化而成为厚壁组织，产生侧根的能力减弱。初生木质部和初生韧皮部间的薄壁细胞，不能转变为维管形成层，所以不能形成次生结构，这些薄壁细胞，后期壁通常增厚木质化，变成厚壁组织，增强根的支持能力。

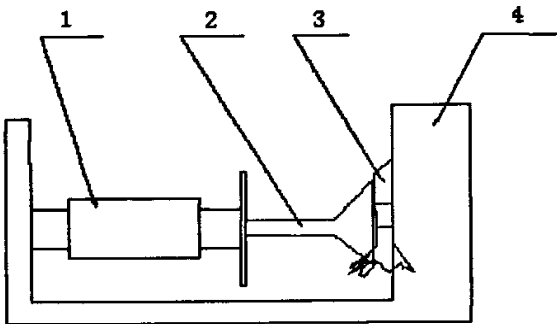
表 2-1 一年一熟玉米根茬参数统计值
Table 2.1 Statistics for maize rootstalk parameter of one crops a year

	平均值 X (cm)	方差 σ	变异系数 V (%)
玉米根留茬高度 h	10.2	1.28	12.5
茎秆根部直径 d	3.1	0.37	13.2
主根地下深度 H ₁	4.8	0.51	10.6
根深 H ₂	7.8	0.88	11.3
最大横截面直径 D	28.5	4.2	14.7

2.3 玉米秸秆与根茬静态切断试验

2.3.1 试验器材

图 2-7 是自制的秸秆切碎试验台示意图，主要组成部分有虎钳螺杆、自制铲式破茬刀、0.7T 拉力传感器、DLN-2 型便携式数字拉力表。



1: 传感器 2: 自制铲式破茬刀 3: 残茬 4: 虎钳
图 2-7 静态加载不同方向破坏残茬示意图
Fig.2.7 Diagram of residue chopping by static loaded in different direction

2.3.2 试验材料

该试验于 2004 年 3 月 28 日在沈阳农业大学农机实验室进行。试验材料为当年自然风干的玉米秸秆与残茬。测定尺寸为：残茬高度平均 160mm，残茬直径平均 31mm，根上节深度平均 82mm。

2.3.3 试验步骤

将不同尺寸的玉米残茬、铲式破茬刀和传感器如图 2-7 所示夹在虎钳上。不断旋转螺杆加力切开根上节（五叉股），利用拉力表读出残茬受力情况。

本试验台的特点是结构简单，投资少，切割速度及施力均匀。并进行了实时测量，保证了测试的准确性。

2.3.4 试验结果

缓慢加载对残茬进行纵切、横切、和劈切、所得数据如表 2-2、表 2-3、表 2-4 所示：

表 2-2 第一株残茬
Table 2.2 First rootstalk

横切茎秆/N	205.8	352.8	460.6	578.2	686	764.4	882	989.8		
横切根上节/N	891.8	901.6	1019.2	1136.8	1166.2	1195.6	1254.4	1303.4	1323	1421
纵切根上节/N	499.8	421.4	578.2	646.8	509.6	686	627.2	676.2	744.8	793.8
劈切/N	68.6	107.8	147	235.2	254.8	264.6	294	343	352.8	382.2

表 2-3 第二株残茬

Table 2.3 Second rootstalk

横切茎秆/N	166.6	245	303.8	421.4	480.2	558.6	666.4	823.2	891.8	
横切根上节/N	735	784	725.2	842.8	940.8	1068.2	1048.6	1107.4	1401.4	1489.6
纵切根上节 N	313.6	382.2	509.6	539	568.4	578.2	607.6	705.6	764.4	842.8
劈切/N	49	68.6	117.6	156.8	127.4	176.4	205.8			

表 2-4 第三株残茬

Table2.4 Third rootstalk

横切茎秆/N	117.6	235.2	352.8	470.4	558.6	597.8	754.6	784		
横切根上节/N	499.8	509.6	637	666.4	686	793.8	901.6	911.4	989.8	1048.6
纵切根上节/N	274.4	352.8	411.6	499.8						
劈切/N	107.8	176.4	205.8							

由以上数据得静态加载纵切、横切和劈切破茬所需加载的均值如表 2-5 所示：

表 2-5 静态加载纵切、横切、和劈切破茬所需加载的均值表

Table 2.5 The average values of static load in different way

横切茎秆/N	横切根上节/N	纵切根上节/N	劈切/N
891.8	1450.4	715.4	264.6

2.3.5 玉米秸秆残茬横切、纵切、劈切施力情况对比

对于同一根玉米茬，切割不同的部位，采用不同的切割方式其所需要的切断受力是不一样的，为了研究

其间的差别，对秸秆残茬的不同部位不同的切割方式进行了对比测试。到玉米地中先挖取三根平均高度160mm 自然状态的残茬，残茬直径平均

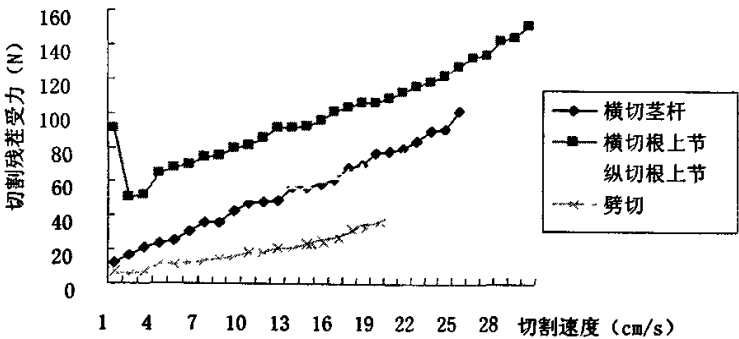


图 2-8 不同方式切割玉米残茬受力

Fig.2.8 The force on maize rootstalk in different way

31mm，自制破茬刀刃口厚度为 0.5mm。测试结果如图 2-8 所示。由图 2-8 看出，在切割速度，切刀等条件相同条件下横切玉米茬根上节部位所需的力最大，最大可达 1489.6N，劈切残茬所需的力最小，横切茎秆与纵切根上节所需的力差别不大，可见劈切最省力，纵切次之，横切最费力。铲式破茬器的工作过程是横切，而圆盘滚动式破茬器的工作过程是先纵切，然后边纵切边劈切，所以圆盘滚动式破茬器更容易破茬。经过田间横向加

载切断残茬所需拉力试验见表 2-7。由表可见横切残茬的铲式破茬器，一般无法破茬而只是将根茬掀起。而本设计采用前方用圆盘滚动式犁刀破茬，其阻力最小；后方用水平圆盘清垄，入土深度为 3-5cm。在根上节之上（7-8cm）又采用滑切，从而阻力也较小。

上述试验结果对破茬装置的选型与设计具有重要的指导意义。

2.4 玉米破茬清垄的基础性田间试验

2.4.1 研究的目的、意义、及主要内容

国内外保护性耕作成功的实践表明，机具是实施保护性耕作技术的关键因素。国外一些国家的免耕播种机具已经有了一整套的研究体系和一系列机型。他们的清茬部件尺寸普遍偏大，质量也偏大，但其工作过程流畅，清茬效果明显。他们的破茬部件主要是滚动式的犁刀，比如波纹犁刀，破茬效果好，对土壤扰动小。而目前国内的破茬部件主要为凿式、铲式、主动锯片式，凿式和铲式清茬刀的破茬效果不好影响播种质量。主动锯片式清茬刀造价高、磨损快且功率消耗大。从长远角度看，滚动式破茬犁刀才是免耕破茬部件的发展方向。本次设计的目的在于为滚动式免耕破茬部件的研制设计试验装置，测量出破茬部件的受力状况以便为滚动式免耕破茬部件及免耕播种机其它部件的研制提供技术信息。同时也为其它滚动部件的研制提供试验装备。

设计的主要内

容为：

(1) 破茬部件

田间试验装置的设计制造与现场试验。

(2) 破茬部件

室内土槽试验装置

的设计制造与室内试验。

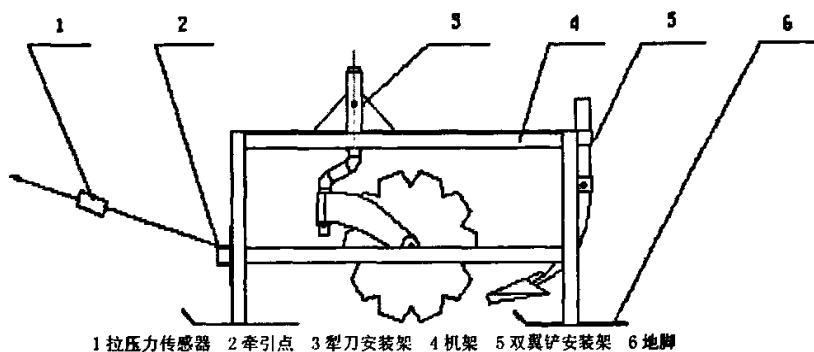


图 2-9 田间试验装置总体设计方案图

Fig.2.9 The whole scheme of field experiment device

2.4.2 田间试验装置的设计

(1) 田间试验装置的功能要求

- 1) 保证破茬部件（含犁刀和双翼铲）正常工作的条件下，测量破茬部件受力。
- 2) 测量使破茬部件平稳破茬所需加载的配重，确定免耕播种机设计时的向下加载力。

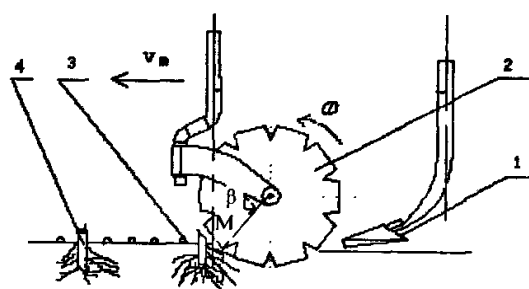
(2) 总体设计方案

根据功能要求、试验环境、和现有试验条件，为了实现功能要求，本装置应该把破茬部件支撑在机架上并采用与拖拉机的牵引式单点连结，在机架上设置加载配重的位置，在试验装置与拖拉机之间连结数显式拉力传感器以测试牵引阻力。经过导师的指导后发现以耢耙为基础，做适当改进就能满足要求，并且简单易做。总体方案如图 2-9 所示。

此试验装置属单垄作业型，工作时地脚在两条垄沟里滑行，破茬部件位于正中破茬。在工作时一边行走一边往机架上加配重直至破茬部件破茬时不发生弹跳为止，便得到所需配重的量。同时测力装置测量出使试验装置前进所需拉力，再测量出实验装置自身的摩擦系数。通过受力分析便可求出破茬部件受力。

(3)破茬清垄装置结构

图 2-10 所示为自走式圆盘秸秆根茬切断装置，光面限深圆盘刀装在刀轴上，靠地表及残茬摩擦以一定的转速正向转动，正向转动的圆盘滑切作用较强，滑切速度向后下方，可压紧秸秆和残茬加强支撑，是较理想的切割方式，同时开出一个一定宽度和一定深度的沟槽。为了增加开出沟槽的宽度，圆盘刀安装时，使圆盘刀平面中心垂直线与刀轴轴线的夹角为 α ，圆盘刀安装在清茬器的正前方，开沟器可以沿槽切入。



1 双翼铲 2 圆盘刀 3 秸秆 4 根茬
图 2-10 秸秆根茬切断结构简图
Fig. 2.10 Diagram of mechanism for cutting corn stalk and root stalk

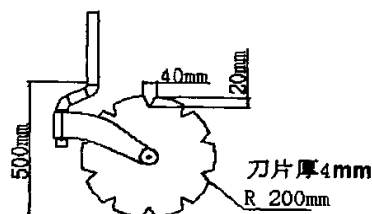


图 2-11 圆犁刀尺寸图
Fig2.11 Dimension of disc coultter

1) 主要工作参数的确定
①高度的确定
在保证试验装置能正常工作的前提下，试验装置的高度是越低越好，以便在行进时工作平稳不摇晃。试验装置的高度是根据破茬部件的尺寸确定的，试验所用圆犁刀尺寸如图 2-11 所示，试验装置的高度定为 500mm

②宽度的确定

由于本试验装置是单垄作业，所以两地脚间距

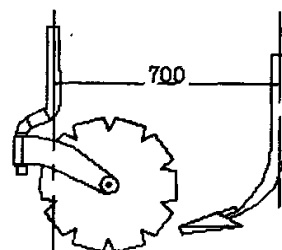


图 2-12 圆犁刀与双翼铲相对位置示意图
Fig.2.12 Diagram of the place of disc coultter and double limb shovel

为实验地的垄距，实地测得实验地垄距为 600mm,所以两地脚间距为 600mm。

③长度的确定

试验装置长度应根据破茬部件的尺寸而定,在保证有足够的地方加载配重并且破茬部件互不干涉的情况下小一些好,既轻便又节省材料。圆盘犁刀和双翼铲工作时状况及尺寸如图 2-12。

据此,试验装置长度应大于 700mm,因为要有一定的加载位置,所以取实验台长 1000mm。

④牵引点位置的确定

牵引点的位置应该是刀的受力点与拖拉机牵引点连线与前立柱的交点。拖拉机悬挂点与前立柱水平距离确定为 1.5m, 得到牵引点 O 位置如图 2-13 所示:

测量得 O 点距地脚的距离为 200mm。

⑤圆盘半径 R_0 的确定

圆盘半径越大,易于切茬,并且考虑播

种机的结构和田间通过性, R_0 在 200-260mm 范围内比较合适。

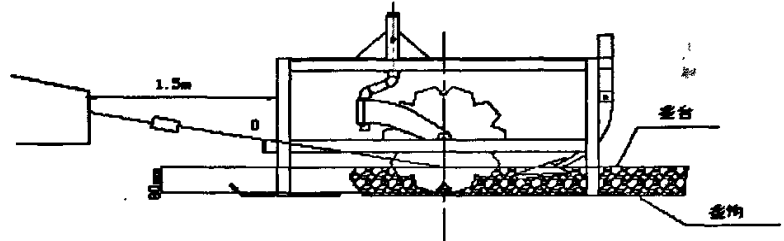


图 2-13 牵引点确定示意图
Fig.2.13 Diagram of the location of the traction

2) 材料的选择

机架部分采用 40mm 角钢,钢板制件均用 5mm 厚的冷扎钢板,紧固螺栓用 8mm 螺栓,犁刀安装架用内径 33mm 外径 39mm 的钢管。

3) 破茬装置的运动分析

圆盘刀上任意点的运动方程及运动轨迹

圆盘刀上任意点 M 为研究对象,直角坐标系和 M 点的起始位置如图 2-14,求得 M 点的运动方程式

$$x = v_m t + R \cos \omega t \quad (2-1)$$

$$y = -R \sin \omega t \quad (2-2)$$

线速比 $\lambda = \omega R / v_m$ 代入式 (2-1)、(2-2)

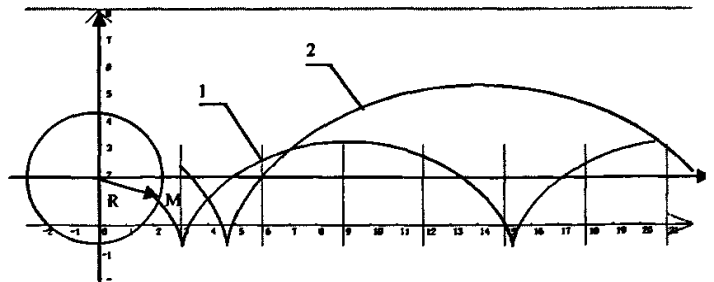


图 2-14 犁刀刃口任意点的运动轨迹
Fig.2.14 Schematic diagram of the track of any point on the blade

$$x = R(\omega t / \lambda + \cos \omega t) \quad (2-3)$$

$$y = -R \sin \omega t \quad (2-4)$$

式中: R ——圆盘半径, m ;

ω ——圆盘刀的角速度, rad/s ;

v_m ——机器前进速度, m/s ;

t ——时间参数, s ;

λ ——线速比。

入土深度 $H = 8cm$, 通过计算机仿真计算, R 为 $195mm$, 玉米株距为 $300mm$, 由于此种情况下 $\lambda = 1$, 点 M 的运动轨迹如图 2-14 所示, 当半径 $R = 195mm$, $v_m = 1.25m/s$, $n = 60\omega/2\pi = 61.24r/m$ 时可得到轨迹 1, 当半径 $R = 300mm$, $v_m = 1.25m/s$, $n = 60\omega/2\pi = 40r.p.m$ 可得到轨迹 2, 从运动轨迹可以看出, 当机器前进速度不变的情况下, 半径越大切茬效果越好。

2.4.3 计算机辅助设计与分析

(1) solidworks 介绍

solidworks 是一种三维 CAD 系统。SolidWorks 能够提供不同的设计方案、减少设计过程中的错误以及提高产品质量。现将其主要功能简单介绍如下:

1) 零件建模

SolidWorks 提供了无与伦比的、基于特征的实体建模功能。通过拉伸、旋转、薄壁特征、高级抽壳、特征阵列以及打孔等操作来实现产品的设计。通过对特征和草图的动态修改, 用拖拽的方式实现实时的设计修改。三维草图功能为扫描、放样生成三维草图路径, 或为管道、电缆、线和管线生成路径。

2) 装配设计

在 SolidWorks 中, 当生成新零件时, 你可以直接参考其他零件并保持这种参考关系。在装配的环境里, 可以方便地设计和修改零部件。对于超过一万个零部件的大型装配体, SolidWorks 的性能得到极大的提高。SolidWorks 可以动态地查看装配体的所有运动, 并且可以对运动的零部件进行动态的干涉检查和间隙检测。

用智能零件技术自动完成重复设计。智能零件技术是一种崭新的技术, 用来完成诸如将一个标准的螺栓装入螺孔中, 而同时按照正确的顺序完成垫片和螺母的装配。

镜像部件是 SolidWorks 技术的巨大突破。镜像部件能产生基于已有零部件 (包括具有派生关系或与其他零件具有关联关系的零件) 的新的零部件。SolidWorks 用捕捉配合

的智能化装配技术,来加快装配体的总体装配。智能化装配技术能够自动地捕捉并定义装配关系

3) 工程图

SolidWorks 提供了生成完整的、车间认可的详细工程图的工具。工程图是全相关的,当你修改图纸时,三维模型、各个视图、装配体都会自动更新。从三维模型中自动产生工程图,包括视图、尺寸和标注。增强了的详图操作和剖视图,包括生成剖中剖视图、部件的图层支持、熟悉的二维草图功能、以及详图中的属性管理员。使用 RapidDraft 技术,可以将工程图与三维零件和装配体脱离,进行单独操作,以加快工程图的操作,但保持与三维零件和装配体的全相关。用交替位置显示视图能够方便地显示零部件的不同的位置,以便了解运动的顺序。交替位置显示视图是专门为具有运动关系的装配体而设计的独特的工程图功能。

4) 有限元分析

SolidWorks 是世界上第一家将结构分析的功能嵌在 CAD 环境中的软件公司。COSMOSXpress 模块使得使用 SolidWorks 软件的设计 and 工程队伍可以直接对设计的零件进行有限元分析,对产品的性能进行评估,而不必花大量的时间和金钱制造昂贵的样机。

(2) solidworks 建模与分析

一些主体尺寸前面已经确定,其余尺寸利用计算机辅助设计,利用 solidworks 的建模功能建立三维装配模型如图 2-15 所示:

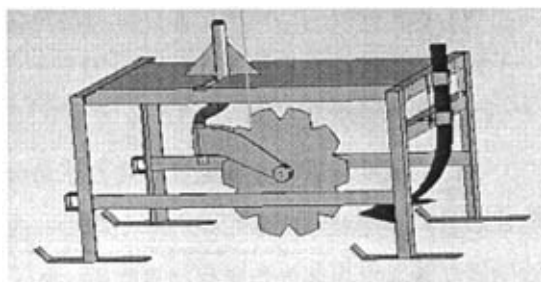


图 2-15 田间实验装置 solidworks 模型
Fig.2.15 The solid model of field experiment device

利用 solidworks 的干涉检查功能,检查各部件间是否存在干涉,结果为各部分均不干涉。再利用 solidworks 的有限元分析功能分析主要受力部位的应力状况,看看各部件的强度是否满足要求。结果为各部件均安全可靠。然后利用 solidworks 的由三维图转换工程图功能将建立的三维模型转换为工程图纸。

2.4.4 田间试验

(1) 田间试验目的

田间试验是农机产品设计和研究的重要组成部分,它同时也是改进装置的主要依据,通过试验主要达到以下目的:

1) 考察装置的田间使用适应性和结构的可靠性:

2) 通过田间试验考核装置的整体参数、机具整体配置的合理性。针对本装置重点考察在垄上留茬情况下的通过性能;

3) 测试免耕破茬所需配重和牵引力;

4) 通过田间试验发现问题, 提出改进意见。

(2)田间试验内容

1) 选择典型的一块一年一熟玉米地, 在留有玉米根茬的未耕地进行直接破茬清垄作业。

2) 残茬尺寸的测量;

3) 测量静态垂直加载破茬所需配重;

4) 测量横向加载切断残茬所需拉力;

5) 测量只安装圆犁刀时动态破茬所需配重;

6) 测量安装圆犁刀时所需拉力;

7) 测量圆犁刀与前进方向成 7° 夹角时所需拉力;

8) 测量安装双翼铲时所需拉力;

9) 测量圆犁刀和双翼铲都装时所需的拉力;

10) 测量圆犁刀和双翼铲不作业时所需拉力;

11) 测量滑动阻力系数

(3)田间性能试验

小区田间性能试验主要是为了检查试验装置的作业情况, 重点考察根茬处理装置在胜任破茬清垄作业时所需配重和牵引阻力, 改进和完善整机的结构设计, 以便为设计高效的破茬清垄免耕播种机提供技术数据。小区田间试验在沈阳农业大学沈抚路南实验田进行, 留茬高度平均 160mm, 根茬茎秆部分直径平均为 30mm, 根上节深度平均 80mm。玉米播种行距 600mm, 平均株距 300mm, 试验地土壤类型为河淤土, 在 0~100mm 土层内土壤平均含水率 17.8%, 土壤坚实度平均为 0.40Mpa, 玉米根茬平均含水率为 40.23%。试验情况如图 2-16 所示。

(4)田间性能试验结果与分析

1) 测量静态垂直加载破茬所需配重

步骤:

a 将圆犁刀安装在试验装置上固定好。



图 2-16 小区破茬清垄试验
Fig.2.16 Residue cleaning experiment

- b 将刀放在残茬上。
- c 往实验台上加配重，记下所加配重量。
- d 换另一棵残茬继续实验。
- e 观察试验效果，测量并记录。

表 2-6 静态垂直加载破茬所需配重记录表

Tab.2.6 Record of vertical loading

实验次数	配重/kg	入土深度/mm	效果
第一次	107	60	未切开根上节
第二次	174	100	切开根上节

2) 测量横向加载切断残茬所需拉力

步骤:

- a 把横切刀与拉力表连接好。
- b 将横切刀放在残茬根上节处，缓慢加载。
- c 读数并记录结果。
- d 重复测量取平均值。

表 2-7 横向加载切断残茬所需拉力记录表

Tab.2.7 Redord of transvers loading

次数	入土深度/mm	拉力表示数/N	效果
第一次	70	715.4	未切断,将残茬掀起
第二次	80	896.7	未切断,将残茬掀起
第三次	80	955.5	未切断,将残茬掀起

3) 测量只安装圆犁刀时动态破茬所需配重

步骤:

- a 将圆犁刀安装在试验装置上，调整并固定好。
- b 将试验装置放好用钢丝绳把试验装置与拖拉机连好。
- c 加配重，起车拖拉试验装置。
- d 测量入土深度并观察破茬情况。
- e 记录结果。

第二章 玉米秸秆的性状与根茬切断试验

表 2-8 只安装圆犁刀时动态破茬所需配重记录表

Tab.2.8 Load on disc coulter dynamic cutting residues

犁刀安装高度/mm	配重/kg	入土深度/mm			平均深度/mm	效果
510	155	85	100	90	92	根上节被切开

4) 测量安装圆犁刀时所需拉力

步骤:

- a 将拉力表安装在车与实验台之间。
- b 起车，拖拉试验装置。
- c 读数并记录结果。

表 2-9 安装圆犁刀时所需拉力记录表

Tab.2.9 The pull on the disc coulter

犁刀安装高度/mm	配重/kg	拉力表示数/N				拉力平均值/N
510	155	1171.1	1107.4	1455.3	1494.5	1317.12
		1225	882	1200.5	1352.4	
		1386.7	1509.2	1396.5	1416.1	
		1259.3	1847.3	1303.4	1190.7	
		1087.8	1862	1043.7	1156.4	

5) 测量圆犁刀与前进方向成 7°夹角时所需拉力

步骤:

- a 把固定螺栓松开，把犁刀转到与前进方向成 7 度夹角的位置，固定好。
- b 起车，拖拉实验台。
- c 读数记录数据，观察效果。

表 2-10 圆犁刀与前进方向成 7°夹角时所需拉力记录表

Tab.2.10 Pull record of 7°

犁刀安装高度/mm	配重/kg	拉力表示数/N				拉力平均值/N	效果
510	155	1102.5	1641.5	1523.9	1920.8	1558.445	残茬被破开后中间缝隙加大了
		1244.6	1607.2	1572.9	1891.4		
		1411.2	1695.4	1587.6	1519		
		1533.7	1744.4	1607.2	1249.5		
		1685.6	1577.8	1715	1337.7		

6) 测量安装双翼铲时所需拉力

步骤:

- a 把圆犁刀卸掉, 装上双翼铲, 固定。
- b 加适当配重, 起车, 拖拉实验台, 读数并记录数据。
- c 观察效果, 记录数据。

表 2-11 安装双翼铲时所需拉力记录表

Tab.2.11 Pull record of fixing double limbs

双翼铲安装高度/mm	配重/kg	拉力表示数/N				拉力均值/N	入土深度/mm				平均深度/mm	效果
		1117.2	1362.2	1107.4	891.8							
510	153	940.8	1303.4	1136.8	1470	1215.2	38	80	70	50	60	切断 残茬
		1342.6	1332.8	1225	1362.2							
		1019.2	1117.2	1264.2	1205.4							
450	153	1362.2	862.4	1176	882	1019.2	25	15	20	20	20	切断 残茬
		882	705.6	833	911.4							

7) 测量圆犁刀和双翼铲都装时所需的拉力

步骤:

- a 将圆犁刀装和以前一样装好, 使刀面和双翼铲中心在一个平面内。
- b 起车, 拖拉试验装置, 读数并记录。

表 2-12 圆犁刀和双翼铲都装时所需的拉力记录表

Tab.2.12 Pull record of fixing coulter and double limbs shovel

配重/kg	刀高/mm	铲高/mm	拉力表示数/N				平均值/kg	效果
			1582.7	1705.2	1568	1528.8		
			1626.8	1577.8	1563.1	1553.3		根上节被
158	510	450	1847.3	1563.1	1886.5	1788.5	1646.4	切开, 残
			1715	1666	1538.6	1572.9		茬被切断
			1734.6	1519	1626.8	1773.8		

并

8) 测量圆犁刀和双翼铲不作业时所需拉力

步骤:

- a 把圆盘刀和双翼铲都提起到不接触地面。起车, 拖拉实验台, 读数并记录。

- b 把双翼铲拿掉再次测量。
- c 把双翼铲放上，把刀拿掉再次测量。

表 2-13 圆犁刀和双翼铲不作业时所需拉力记录表
Tab.2.13 Pull record when coulter and double limbs shovel does not work

情况	配重/kg	拉力表示数/N				拉力平均值/N
刀、铲都放	158	970.2	1087.8	1082.9	1274	1250.48
		1342.6	1430.8	1362.2	1455.3	
只放圆犁刀	155	1249.5	1332.8	1146.6	1038.8	1043.7
		906.5	882	867.3	926.1	
只放双翼铲	153	965.3	1127	950.6	1014.3	980
		1102.5	1004.5	759.5	935.9	

9) 测量滑动阻力系数

步骤:

- a 测量钢丝绳与地面夹角为 10°
- b 测量空载时拉力

表 2-14 空载时拉力记录表
Tab.2.14 Pull record with no load

拉力/N					拉力平均值/N
196	245	215.6	210.7	200.9	225.4
264.6	274.4	298.9	249.9	200.9	
191.1	205.8	259.7	181.3	196	
186.2	274.4	186.2	249.9	196	

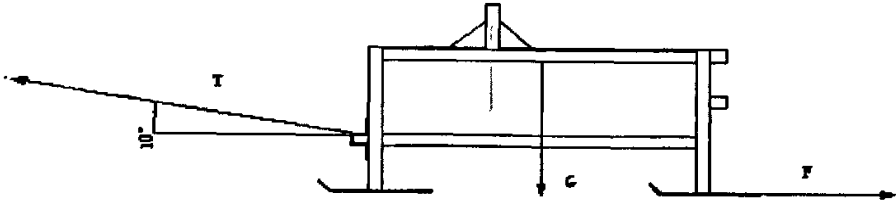


图 2-17 田间试验装置空载受力分析图
Fig.2.17 No load force analysis of field experiment device

空载受力分析如图 2-17 所示

$G=33\times9.8=323.4\text{ N}$

$F=T\times\cos10^{\circ}=23\times9.8\times\cos10^{\circ}=221\text{ N}$

根据 $F=G\times fs$ 得:

$fs=F/G=221/323.4=0.683$

(5)田间试验结果分析

1) 各项试验数据汇总如表 2-15

表 2-15 各项试验数据统计

Tab.2.15 Experimental data statistics

项目	配重/ kg	拉力/ N
静态垂直加载破茬所需配重	174	
动态垂直加载破茬所需配重	155	
圆盘犁刀破茬所需拉力		269
圆盘犁刀偏斜 7° 破茬所需拉力		507
只安装双翼铲所需拉力		231.6
圆盘犁刀与双翼铲同时安装所需拉力		391

2) 试验装置受力如图 2-18

$$G=155 \times 9.8=1519\text{N}$$

$$T=134.4 \times 9.8=1317\text{N}$$

$$F=G \cdot f_s=1519 \times 0.683=1037\text{N}$$

$$\Sigma X=0 \quad T \times \cos 10^\circ - F - F_x = 0$$

$$\Sigma Y=0$$

$$T \times \sin 10^\circ + F_y - G = 0$$

$$\text{解得: } F_x=254\text{N}$$

$$F_y=1295\text{N}$$

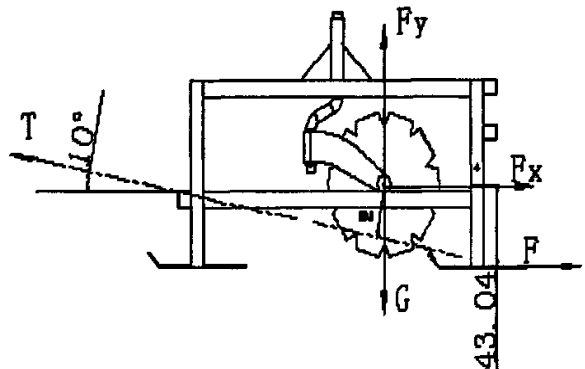


图 2-18 田间试验装置受力分析图

Fig.2.18 Force analysis of field experiment device

3) 利用双翼铲清垄即前部用滚动

式圆盘刀破茬后部利用双翼铲进行清茬，可以切掉不在行上的玉米残茬。但切断的残茬仍会留在垄上只达到了切茬的目的而没有实现清茬。这不但会影响播种而且会影响地垄温度的升高。尽管如此，我们从中得到的启示是利用水平切茬可以达到切断残茬的目的。在此基础上可以研究新的装置。

2.4.5 室内试验装置的设计

(1) 功能要求

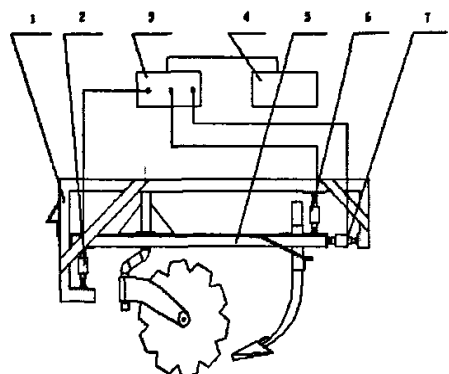
1) 测试破茬部件受力状况。

2) 工作安全可靠。

(2) 总体设计方案

参考 Г.И 西涅澳可夫<土壤耕作机械设计>

对双翼铲的测试方案,在纵向铅垂面内采用三个拉压力传感器分别记录受力,而后作数学处理综



1:机架 2、6、7:拉压力传感器 3:电阻应变仪 4:笔记本电脑
5: 机架

图 2-19 室内试验装置总体设计方案图

Fig.2.19 The whole design scheme of indoor

合求取工作部件的受力大小、方向、作用点。本设计方案如图 2-19。

试验装置工作时三个拉压力传感器将测得的力传导到应变仪,然后由笔记本电脑记录下结果,经数据处理可得到破茬部件的受力变化曲线。缺口圆盘破茬犁刀在三个方向的受力均为随机信号。三个分力的平均值如表 2-16 所示。

表 2-16 传感器受力均值/N

Tab. 2-16 Mean value of force on sensors

	0.7T (1 通道)	0.5T (2 通道)	1T (3 通道)
定义力	F_1	F_2	F_3
圆盘刀	-560	637	531.3

(3) 圆盘犁刀工作阻力分析

对圆盘犁刀进行受力分析如图 2-20

对圆盘犁刀和测力机架构成的整体进行受力分析,规定向下、向右为力的正方向。据受力平衡有

$$F_3 + F_2 + G - R_y = 0 \quad (2-5)$$

$$-F_1 + R_x = 0 \quad (2-6)$$

对 O 点取矩有

$$F_3 \times 1000 + G \times (1000 - 432) = R \times L \quad (2-7)$$

作业圆犁刀的阻力与水平方向的夹角为

$$\beta = \tan^{-1}(R_y / R_x) \quad (2-8)$$

经计算,得到两种铲的受力参数如表 2-17 所示。

表 2-17 圆盘犁刀的受力参数

Tab 2-17 Force parameters on disc coulter

	刀+机架重/N	水平阻力/N	垂直阻力/N	合力/N	合力作用线位置L/mm	合力与水平面夹角 β
圆盘犁刀	210.7	578	1379	1495	434.9	67.3

计算机辅助设计与分析

根据室内试验装置的总体设计方案,利用 solidworks 设计出其三维装配模型如图 2-21 检查干涉及强度,结果均正常。

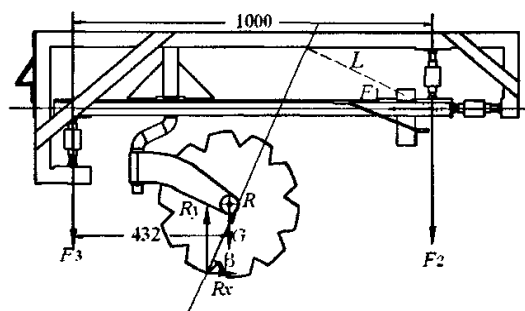


图 2-20 圆犁刀作业受力分析

Fig.2-20 Force analysis of disc coulter

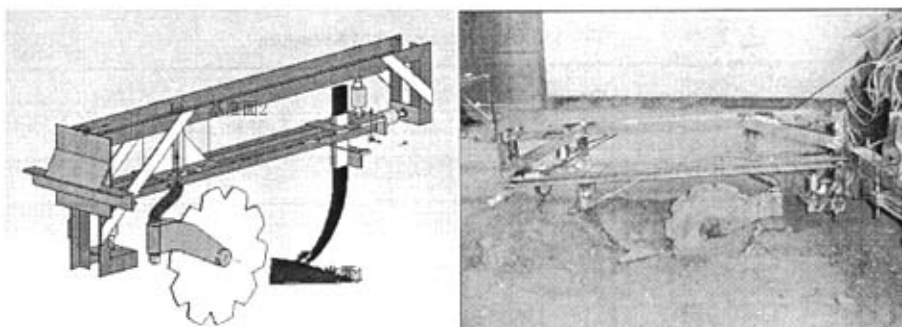


图 2-21 室内实验装置 solidworks 模型及实际试验连接图
Fig.2.21 The solidworks model of indoor experiment device and real experiment situation

(4)室内试验

1) 室内试验目的

通过试验主要达到以下目的:

- ①考察装置的室内使用适应性和结构的可靠性;
- ②通过室内试验考核装置的整体参数、机具整体配置的合理性。
- ③测试免耕破茬部件受力;

2) 室内试验内容

试验在沈阳农业大学农机实验室(残茬于 2004/3/28 日埋于土槽)土槽内进行。

①残茬尺寸的测量

步骤:

- a 测量残茬高度 平均 161mm
- b 测量残茬直径 平均 32mm
- c 测量根上节深度 平均 83mm

②线路联接

将应变仪固定在土槽实验车上,使其平稳不摇摆。将传感器与应变仪连接并正确接桥,将记录卡与应变仪和电脑连接,并安装好驱动程序,接好电源。

③调零

再调节电阻,这样反复调节直到电阻和电容都为零。然后再依次调节 30 档、10 档、3 档、1 档都使电阻和电容同时为零。第 2 路、第 3 路按以上步骤进行调节使电阻和电容同时为零。

④传感器标定

将第 1 路传感器与标准传感器串联夹在虎钳上。将应变仪衰减调到 100 档,慢慢加载,每加载 196N 记录一次电压值(mv)一直加到 1960N 再依次标定 30 档、10 档、3 档、1 档。再同样标定第 2 路、第 3 路传感器。各路传感器标定结果如下表:

第二章 玉米秸秆的性状与根茬切断试验

表 2-18 0.5T 传感器标定结果

Tab.2.18 Demarcate result of 0.5t sensor

	加载力 (N)									
	196	392	588	784	980	1176	1372	1568	1764	1960
	不同档位电压值 (mV)									
100 档	6.1	9.7	13.0	17.4	20.2	24.6	26.6	29.4	32.8	36.8
30 档	13.1	24.2	37.5	50.8	59.6	70.3	82.1	94.3	102	116
10 档	33.8	65.1	106	146	171	203	239	266	297	337
3 档	106	210	348	477	557	659	770	858	973	1094
1 档	316	619	1025	1384	1602	1862	2142	2335	2522	2647

表 2-19 1T 传感器标定结果

Tab.2.19 Demarcate result of 1t sensor

	加载力 (N)									
	196	392	588	784	980	1176	1372	1568	1764	1960
	不同档位电压值 (mV)									
100 档	3.6	5.5	7.4	9.4	11.1	13.3	15.1	17.4	19.2	21.3
30 档	8.6	15.2	22.2	28.9	35.8	42.5	49.1	56.4	63.6	70.1
10 档	22.8	42.6	64.4	85.4	105	125	145	166	186	207
3 档	71.8	145	212	280	340	412	478	551	612	682
1 档	206	415	621	817	1014	1212	1393	1575	1752	1918

表 2-20 0.7T 传感器标定结果

Tab.2.20 Demarcate result of 0.7t sensor

	加载力 (N)									
	196	392	588	784	980	1176	1372	1568	1764	1960
	不同档位电压值 (mV)									
100 档	6.1	9.7	13.0	17.4	20.2	24.6	26.6	29.4	32.8	36.8
30 档	13.1	24.2	37.5	50.8	59.6	70.3	82.1	94.3	102	116
10 档	33.8	65.1	106	146	171	203	239	266	297	337
3 档	106	210	348	477	557	659	770	858	973	1094
1 档	316	619	1025	1384	1602	1862	2142	2335	2522	2647

⑤确定衰减档位

经过拟和后发现各传感器各档位的线性都很好，但采用 1 档误差相对较小，所以各路衰减均采用 1 档。

⑥安装试验装置

将传感器安装到实验台上，再将实验台安装到土槽实验车悬挂架上，对准残茬固定好。

⑦试验记录数据

启动土槽小车，开始记录数据，并将电压信号转变为力得力随时间的变化曲线如图 2-22，2-23，2-24 所示。

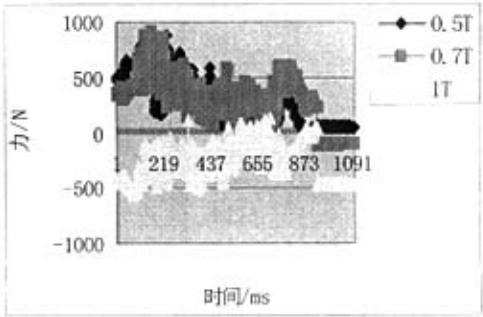


图 2-22 安装圆犁刀 f-t 曲线
Fig.3.22 Changes of the force on disc coultter with time

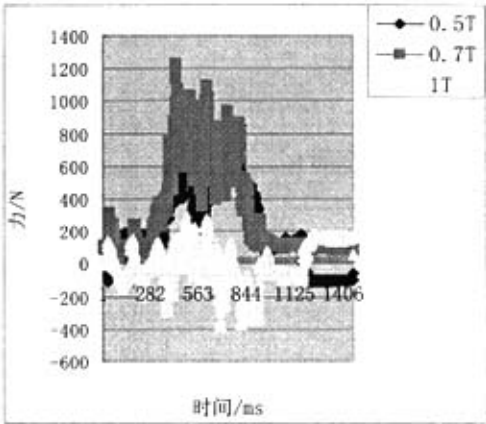


图 2-23 安装圆犁刀和双翼铲 f-t 曲线 (1)
Fig.2.23 Changes(1) of the force on disc coultter and double limbs shovel with time

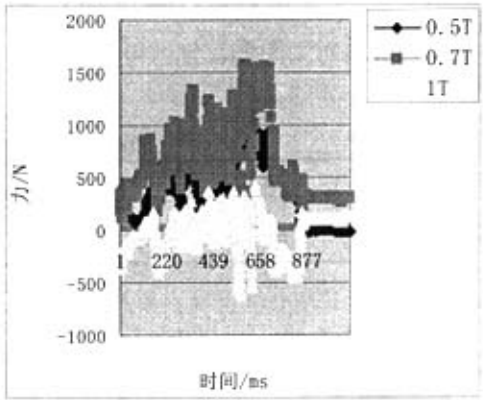


图 2-24 安装圆犁刀和双翼铲 f-t 曲线 (2)
Fig.2.24 Changes(2) of the force on disc coultter and double limbs shovel with time

受力分析

⑧安装圆犁刀时受力分析如图 2-25 所示。

0.5T 传感器受力为 F3
0.7T 传感器受力为 F2
1T 传感器受力为 F1
G 为机架和圆犁刀的重
 $G=21.5 \times 9.8=210.7\text{N}$

$$\sum X=0 \quad F2-Rx=0$$

$$\sum Y=0 \quad Ry-F1-G-F3=0$$

解得: $Rx=F2$

$$Ry=F1+G+F3$$

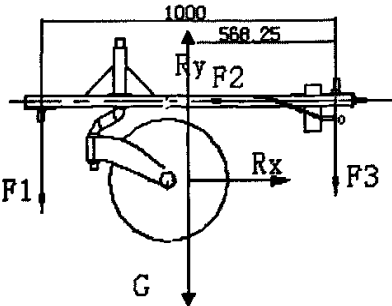


图 2-25 安装圆犁刀时受力分析图
Fig.2.25 Force analysis of disc coultter

经过对安装圆犁刀 f-t 曲线进行分析截取第 100 到第 400 个采样点进行研究，得圆犁刀受力变化曲线如图 2-26 所示。

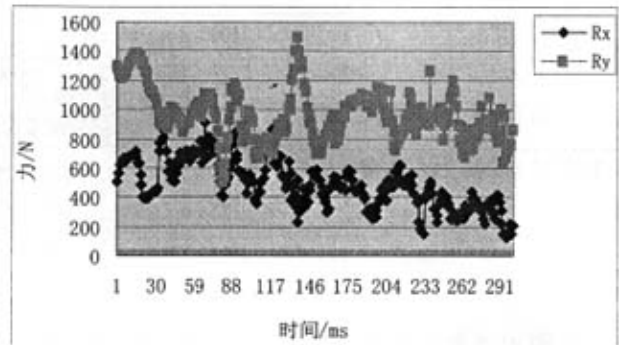


图 2-26 圆犁刀受力变化曲线图
Fig.2.26 Changes of the force on the disc couler from 100 to 400 sample points

通过对上图进行分析和筛选得圆犁刀受力如表 2-21：

表 2-21 圆犁刀受力均值表
Tab.2.21 Average value of force on disc couler

	第 113 点	第 237 点	第 336 点	均值
Rx (N)	713	513	508	578
Ry (N)	1378	1494	1265	1379

2.5 本章小结

本章对玉米秸秆的植物学特性和物理特性进行了研究，玉米茎秆由表皮、基本组织和维管束三部分组成，掌握了玉米根系的生长规律。对玉米秸秆与根茬进行了静态切断试验。

在切割速度，切刀等条件相同条件下横切玉米茬根上节部位所需的力最大，最大可达 1489.6N，劈切残茬所需的力最小，横切茎秆与纵切根上节所需的力差别不大，可见劈切最省力，纵切次之，横切最费力。横切残茬的铲式破茬器，一般无法破茬而只是将根茬掀起。另外，还进行了田间试验装置的设计制造与现场试验和破茬部件室内土槽试验装置的设计制造与室内试验。为滚动式免耕破茬部件及免耕播种机其它部件的研制提供理论基础。同时也为其它滚动部件的研制提供试验装备。利用 solidworks 的建模功能建立三维装配模型并检查各部件间的干涉情况及利用 solidworks 的有限元分析功能分析主要受力部位的应力状况,结果为各部分均不干涉且各部件均安全可靠。上述试验结果对破茬装置的选型与设计具有重要的指导意义。

第三章 基于免耕播种机的旋耕灭茬工艺的研究

3.1 玉米根茬处理技术发展概况

我省玉米秸秆资源丰富,主要有4种利用途径(阎文祥等 2003,韩鲁佳等 2002):作肥料施于田,作饲料喂家畜,作燃料直接用于燃烧或经气化、沼化集中供燃,作原料用于新型建材板等。其中42%直接还田或过腹还田,30%作农用燃料,8%作工业或其它用途,剩余20%未被利用。

九十年代以来,全国各地大力推广秸秆、根茬粉碎还田技术,相继出现了各种类型的秸秆、根茬粉碎机具(吴子岳等 2000)。机械化秸秆还田是近年来农机推广部门为解决剩余秸秆的利用而大力推广的项目。即采用联合收割机或大功率拖拉机配带的秸秆还田机,在地里直接将秸秆粉碎,再用深耕犁翻埋到土壤深处。其特点是作业机械化程度高、秸秆处理时间短。目前大多数秸秆还田机破碎秸秆的方式是打击与切割相结合,以打击为主。对于玉米秸秆和根茬复合作业机具,大多采用双轴式结构,即上轴破碎秸秆,下轴破碎根茬(毛罕平等 1996)这是由于秸秆和根茬的切割要求不同,双轴可实现不同的转速要求。但双轴式在前进速度、生产率、功耗的分配、破碎效果等方面都存在相互牵制和无法协调的矛盾,并在双轴之间容易产生缠绕和堵塞。双轴式必然重复切秆,增大动力消耗。玉米秸秆粗而脆,刚度较好,粉碎这类秸秆采用打击与切割相结合的方式。目前大多数玉米秸秆粉碎机的甩刀都采用斜切式L型刀。锤爪式甩刀主要用于大中型粉碎机具上。随着对地上秸秆粉碎技术研究的深入和机具性能的不断完善,人们又把目光转向地下根茬的粉碎处理上。从根茬处理要求出发,探索根茬处理技术,发展了旋转灭茬、振动灭茬、复合灭茬等新原理和新机具。对刀的研究经历了从旋转刀、砍切刀、直刃切茬刀到曲刃切茬刀的发展过程,刀的切茬性能不断提高,阻力和功耗明显降低。旋转刀,具有良好的切土、碎土、抛土性能,但它对草根、作物残茬采取滑移和让开,以防止刀间缠草,因而切茬能力弱。作为切茬刀,必须具有良好的切茬性能,采用砍切为主,滑切为辅的切割方式,直刃切茬刀由于制造简单而得到广泛应用。将地上秸秆粉碎和地上根茬处理通过双轴旋转刀片作业来完成的机具也较多。如江苏理工大学研制的JHF-130秸秆粉碎掩埋复式作业机,FG-120/150型秸秆还田机。双轴式旋转作业能实现不同的切割要求,但对机具的前进速度、生产率、功耗的分配上都存在相互牵制的问题,

另外双轴之间极易产生缠绕堵塞。据不完全统计,近十年来全国推广应用的根茬处理复合作业机具约有十多种,主要生产地为吉林、河北、黑龙江、山东等省。单一的根

茬处理就是将大田作物的根茬粉碎后直接均匀混拌于10cm的耕层中，达到播前整地要求，这种处理也称为灭茬作业。

而根茬处理复合作业是指在碎茬的同时完成其他作业要求，如粉碎地上秸秆、深旋耕及播种等，由于复合作业机具能减少拖拉机对土壤的压实和动力消耗，因而应用更广。

目前我省几种主要的秸秆根茬处理技术和相应的机具有：

(1) 玉米秸秆整株深埋还田技术

玉米整株还田，即在玉米成熟后人工摘掉玉米穗，用秸秆定向压倒抚顺和覆盖型深耕犁组成的复式作业机组，将直立的秸秆定向压倒抚顺，深耕埋于犁沟底部达到整株全部还田之目的。秸秆整株深埋还田机具是由1LF130覆盖型深耕犁和秸秆定向压倒抚顺装置组成的复式作业机组，动力为150型拖拉机，整株还田工艺与具体操作：①玉米收前浇水造墒再人工摘穗，在运玉米穗时将化肥撒入玉米地内。调整秸秆碳氮比，将其比值53:1调整为25:1，以利秸秆腐解。化肥撒洒量尿素225kg/hm²或碳铵600kg/hm²。②秸秆压倒抚顺深耕还田,根据生产条件可选用11.02,22.05,36.75kW拖拉机的一种与秸秆压倒抚顺深耕复式作业机组将拖拉机前直立的玉米秸秆定向压倒抚顺，随后犁耕时将秸秆深埋于犁沟底部。耕深20-22cm，同时犁上安装合墒器进行合墒。

(2) 根茬粉碎还田技术

玉米根茬粉碎直接还田机械化技术适用于垄作地区(我省主要采用的技术)。这类地区玉米根茬粗大，人工不易刨除、切碎。在不耕翻的年份，采用根茬粉碎还田机具，将站立在垄上的根茬(地表上及地表下10cm以内部分)粉碎后直接均匀混拌与0-10cm深的耕层中，达到播前除茬整地的要求。如1G-4型灭茬机，由吉林省四平市农机化所研制，于1991年通过省级鉴定，之后大面积推广应用。该机采用四组灭茬部件，每两组分别套装在左、右旋转方轴上，用定位销轴进行轴向固定，实现按垄灭茬（丛维军 1993）。每组灭茬部件分别由18把螺旋排列的左右各半的L型直刃灭茬刀组成，耕幅为252mm，还可以根据要求左右展开，展开后的耕幅增加到412mm，以适应垄距不均的地块。灭茬刀由6-7mm厚的65Mn钢板制成，经热处理后，具有足够的强度和刚度，并具有良好的韧性及耐磨性。该机采用正旋方式，灭茬刀辊后面装有挡土板，作业行数为4行，刀端回转半径为25cm，刀轴转速355-392r/min，碎茬耕深7-10cm，作业速度5-7km/h，配套动力为铁牛-55等中型拖拉机。该机设计合理、性能优良，但需凭机手经验按垄灭茬，因而准确性差。

(3) 灭茬、旋耕联合还田技术

如IGW-2型还田机,由吉林省四平农机厂生产。该机能使碎茬、旋耕、起垄三项作业一次性完成。由于碎茬和碎土对刀轴转速、刀片形状的要求不同,故采用双刀轴旋转作业。前轴刀片破碎根茬,深度5cm(大约是玉米主根地下深度),转速380-460rpm;后轴刀片旋耕碎土,并对部分根茬三次破碎,深度10-12cm,转速250-300rpm。双刀轴的确能满足茬和土的不同切碎要求但结构复杂。

(4) 灭茬、播种复合作业

如2BDG-6(3F)型带耕(种床旋耕)沟播通用机,一次进地可以完成破茬、三条条带浅耕、播种三项作业。浅耕碎茬由三组小型旋耕刀正向旋转实现,切土碎茬深度6-10cm,切开的土和茬向后抛,经开沟机(导土板)向两边未切削部分上方飞去。一部分形成垄背,另一部分自动回落盖在种子上,经镇压轮压实松土,达到防风保墒的目的。该机的优点是浅旋耕沟播,抗旱保墒,但由于采用旋耕刀,切茬能力不强,碎茬率低,根茬易缠绕开沟器,影响播种质量。

(5) 双轴粉碎灭茬旋耕联合作业

黑龙江农垦科学院研制的FMH-150型玉米秸秆灭茬旋耕联合作业机采用两根高速转轴实现玉米秸秆粉碎、灭茬、旋耕联合作业。其特点是粉碎刀与灭茬刀采用螺旋线排列,两轴转动方向相反,可抵消部分阻力,减小振动。减轻工作负荷。该机的缺点是,采用双轴形式,动力消耗大,结构复杂,整机重量大,秸秆切碎长度合格率仅有92%。从以上几种秸秆根茬处理技术和机具的作业情况可以看出,根茬全面粉碎还田以及灭茬旋耕作业,动力消耗大不适合于播种联合作业,也不符合保护性耕作的要求,灭茬播种复合作业由于根茬处理的不好而影响播种质量。

因此在有玉米根茬的未耕地上免耕播种要保证播种质量的要求,技术难点是要解决根茬处理问题。

3.2 2BISJ-2110型碎茬精量播种机的工作原理

为解决辽宁西部免耕播种问题,2001年根据李宝筏教授的创意,建议研制灭茬—播种联合作业机;阜新农机二厂根据此建议研制出“2BISJ-2110型碎茬精量播种机”,一次性作业可完成灭茬、精量播种、深施肥、镇压、复土等作业。阜新农机二厂研制的“2BISJ-2110型碎茬精量播种机”如图1-23所示,与14.5KW动力配套。在双圆盘开沟器

前，设灭茬刀辊，由拖拉机 P.T.O 驱动，为中央传动，这样会减少扭矩和扭转角，从而减少由刀轴弯曲和由刀轴扭矩引起的震动，刀轴的扭矩图见图 3-1。

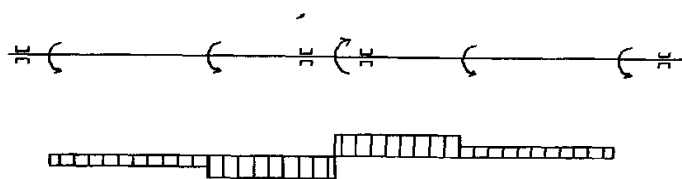


图 3-1 中央传动时刀轴扭矩图
Fig.3.1 Coulter axis torque diagram

灭茬刀辊轴上装有 36 把螺旋排列的 L 型直刃灭茬刀，耕幅为 1800mm，满足当地农艺要求。灭茬刀由 6-7mm 厚的 65Mn 钢板制成，经热处理后，具有足够的强度和刚度，并具有良好的韧性及耐磨性。该机采用正旋方式，灭茬刀辊后面装有挡土板，作业行数为 2 行，刀端回转半径为 25cm，刀轴转速 530r/min，碎茬耕深 7-10cm，作业速度 5-7km/h，配套动力为 11kW 以上小四轮拖拉机。残茬秸秆在高速回转灭茬刀的作用下被打碎，较好的解决了在高留茬地上的通过性与播种质量问题。同时也减少了机具进地次数和对土壤的压实。残茬较均匀地混入土壤达到了一定的保护性耕作的要求。但由于该机全幅 36 把刀灭茬需要消耗很大的动力且将整个垄台和垄沟都翻了起来动土量大使水分散失严重，不易保墒。

3.3 基于计算机模拟技术的碎茬参数的试验与研究

影响碎茬作业的关键参数是机组前进速度、刀辊转速、刀片端点的回转半径和刀片的数量。为了解决“2BISJ-2110 型碎茬精量播种机”全幅碎茬动土量大、功耗大的缺点，达到节省材料、降低成本和减少由于土壤搅动量大而造成的水份大量散失的目的，改全幅碎茬为苗带碎茬。根茬处理装置只对播种带的玉米根茬进行破茬处理，即可以创造出基本无玉米根茬有利于种子发芽生长的良好种床，又可以确保开沟器等土壤工作部件不易堵塞，以提高播种质量。利用计算机 VB 语言根据刀片端点的运动轨迹数学模型编写程序对碎茬参数进行模拟研究。

为满足根茬切断长度 $\leq 5\text{cm}$ 的农艺要求（贾洪雷 1998），由试验可知其水平分速度（即打茬速度）应不低于 5.5m/s ，切土节距应控制在 4cm 左右。如图 3-2 所示，

设碎茬刀尖轨迹上任一点 M 的坐标为 $M(x, y)$ ，则其运动方程为：

$$\begin{cases} x = v_m t + R \cos \omega t \\ y = R \sin \omega t \end{cases} \quad (3-1)$$

式中: x ——刀片端点 M 运动轨迹横坐标;

Y ——刀片端点 M 运动轨迹纵坐标;

R ——刀片端点 M 的回转半径;

t ——时间。

式 (3-1) 可得出碎茬刀端点任意时刻速度的水平分量。

$$V_x = dx/dt = V_m - R\omega \sin \omega t \quad (3-2)$$

设耕深为 a , 刀尖接触地表的时间为 t_2 则 $\sin \omega t_2 = \frac{R-a}{R}$, 又因为 $\omega = \frac{n\pi}{30}$ 则有

$$V_x = V_m - \frac{\pi n}{30} (R - a) \quad (3-3)$$

式 (3-3) 建立了碎茬刀接触地表时的水平分速度 (即打茬速度) 与机具前进速度 V_m 、刀辊转速 n 和刀片回转半径 R 的关系。由分析可知, 只有当 $V_x < 0$ 时, 刀片才能起打茬作用。实验表明, 机器用于切碎玉米根茬, 其打茬速度绝对值应大于 5.5m/s 。

当 $V_x = 5.5\text{m/s}$, $V_m = 1.594\text{m/s}$ (长春-40 II 档), $R = 0.26\text{m}$, $a = 0.08\text{m}$ 时, 由式 (3-3) 得

$$\text{刀辊转速 } n = \frac{30(V_m - V_x)}{\pi(R - a)} = 376.54\text{r/min} \quad (3-4)$$

$$\text{切土节距 } S = \frac{6000V_m}{nZ} = 4.23\text{cm} \quad (3-5)$$

式中: Z ——同一截面内的刀片数量。

通过程序可以任意设定机组前进速度, 刀辊的转速, 切刀回转半径和刀片数, 根据工艺要求将上述参数任意组合可达到碎茬参数的最优化。

根据切开根上节的要求, 设切茬深度为 80mm , 茬高 300mm , 株距为 300mm 。

程序如下:

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
Dim vm
```

```
Dim r
```

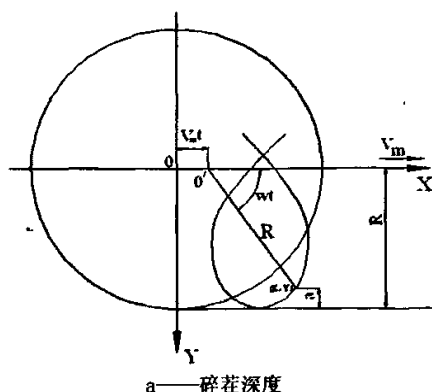


图 3-2 碎茬刀尖上任意点的运动轨迹
Fig.3.2 the track of any point on residue chopping coulter

```
Dim n
Dim k
Dim t
Dim x
Dim y
Dim kc
Dim j
Dim x1()
Dim i
Dim kk
Command2.Enabled = False
vm = Val(Text1.Text) * 1000
r = Val(Text2.Text)
n = Val(Text3.Text)
k = Val(Text4.Text)
If k >= 16 Or k <= 0 Then
    MsgBox "刀的个数限定在 1 到 15, 请修改.....", vbCritical
    Text4.SetFocus
    Exit Sub
End If
If vm <= 0 Then
    MsgBox "刀的前进速度不能小于等于零,请修改.....", vbCritical
    Text1.SetFocus
    Exit Sub
End If
If r <= 0 Then
    MsgBox "刀的半径不能小于等于零,请修改.....", vbCritical
    Text2.SetFocus
    Exit Sub
End If
If n <= 0 Then
    MsgBox "刀的转速不能小于等于零,请修改.....", vbCritical
    Text3.SetFocus
    Exit Sub
End If

ReDim x1(k, 2)
```

```

For i = 0 To k - 1
    Label3(i).Visible = True
    Line1(i).Visible = True
Next
Picture1.DrawWidth = 2
x1(1, 1) = r
x1(1, 2) = r - 80
If k > 1 Then
    For kc = 2 To k
        x1(kc, 1) = (r * Cos(2 * 3.14 / k * (kc - 1)))
        x1(kc, 2) = (r * Sin(2 * 3.14 / k * (kc - 1))) + r - 80
    Next
End If
kk = 2500 / vm / 1000
For t = 0 To 2100 / vm Step 0.0002
    x = (vm * t + r * Cos((-n * 3.14 * t) / 30))
    y = (r * Sin((-n * 3.14 * t) / 30)) + r - 80
    For j = 0 To 5000
        DoEvents
    Next
    Picture1.Line (x, y)-(x1(1, 1), x1(1, 2))
    x1(1, 1) = x
    x1(1, 2) = y
    If k > 1 Then
        For kc = 2 To k
            x = (vm * t + r * Cos((-n * 3.14 * t) / 30 + 2 * 3.14 / k * (kc - 1)))
            y = (r * Sin((-n * 3.14 * t) / 30 + 2 * 3.14 / k * (kc - 1))) + r - 80
            For j = 0 To 5000
                DoEvents
            Next
            Picture1.Line (x, y)-(x1(kc, 1), x1(kc, 2)), QBColor(kc - 1)
            x1(kc, 1) = x
            x1(kc, 2) = y
        Next
    End If
Next
Command2.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub Command2_Click()
Picture1.Cls
Call Form_Load
End Sub

Private Sub Form_Load()
Dim i, j
Me.Show
Picture1.DrawWidth = 1
For i = 0 To 14
    Label3(i).Visible = False
    Line1(i).Visible = False
Next
Picture1.Scale (-300, 800)-(2200, -400) '修改坐标系
Picture1.Line (2200, 0)-(-2200, 0), QBColor(4)
Picture1.Line (0, 800)-(0, -400), QBColor(4)
Picture1.Line (0, 800)-(-50, 750), QBColor(4)
Picture1.Line (0, 800)-(50, 750), QBColor(4)
Picture1.Line (2100, 40)-(2200, 0), QBColor(4)
Picture1.Line (2100, -40)-(2200, 0), QBColor(4)
For i = -300 To 2200 Step 100 '横轴
    If i <> 0 Then
        Picture1.CurrentX = i
        Picture1.CurrentY = 7
        Picture1.Line -(i, 0), QBColor(12)
        Picture1.CurrentX = i - 5
        Picture1.CurrentY = -5
        Picture1.Print i / 100
    Else
        Picture1.CurrentX = -3
        Picture1.CurrentY = -5
        Picture1.Print 0
    End If
Next
For i = -300 To 2200 Step 300 '标杆及颜色
    If i <> 0 Then

```

```

Picture1.CurrentX = i
Picture1.CurrentY = 300
Picture1.Line -(i, -80), QBColor(12)
End If
Next
For i = -400 To 800 Step 100 '纵轴
    If i <> 0 Then
        Picture1.CurrentX = 15
        Picture1.CurrentY = i + 5
        Picture1.Print i / 100
        Picture1.CurrentX = 7
        Picture1.CurrentY = i
        Picture1.Line -(0, i), QBColor(12)
    End If
Next
For i = 0 To 14
    Label3(i).Caption = "第" & i + 1 & "把刀轨迹颜色: "
    Line1(i).BorderColor = QBColor(i)
Next
End Sub
Private Sub Text1_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    If KeyCode = 13 Then
        Text2.SetFocus
    End If
End Sub
Private Sub Text1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii > 57 Or KeyAscii < 48 And KeyAscii <> 8 And KeyAscii <> 46 Then
        KeyAscii = 0
    End If
End Sub
Private Sub Text2_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    If KeyCode = 13 Then
        Text3.SetFocus
    End If
End Sub
Private Sub Text2_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii > 57 Or KeyAscii < 48 And KeyAscii <> 8 And KeyAscii <> 46 Then

```

```

KeyAscii = 0
End If
End Sub
Private Sub Text3_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
If KeyCode = 13 Then Text4.SetFocus
End Sub
Private Sub Text3_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii > 57 Or KeyAscii < 48 And KeyAscii <> 8 And KeyAscii <> 46 Then
KeyAscii = 0
End If
End Sub
Private Sub Text4_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
If KeyCode = 13 Then Command1.SetFocus
End Sub
Private Sub
Text4_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii > 57 Or KeyAscii <
48 And KeyAscii <> 8 Then
KeyAscii = 0
End If
End Sub

```

根据农民手中保有量最多的11kW的小四轮拖拉机一般播种作业速度为4-5km/h

(1.11-1.39m/s)，所以取中间值1.25m/s.设置不同的破茬参数，进行动态模拟如图3-3、图3-4、图3-5、图3-6、图3-7所示：

由图4-4至图4-7可知，机组作业速度越快，转速越低切土节距越大，秸秆切断长度也就越大，易于漏茬；机组速度越低转速越高，刀片数量越多切土节距就越小，就越能达到保护性耕作农业

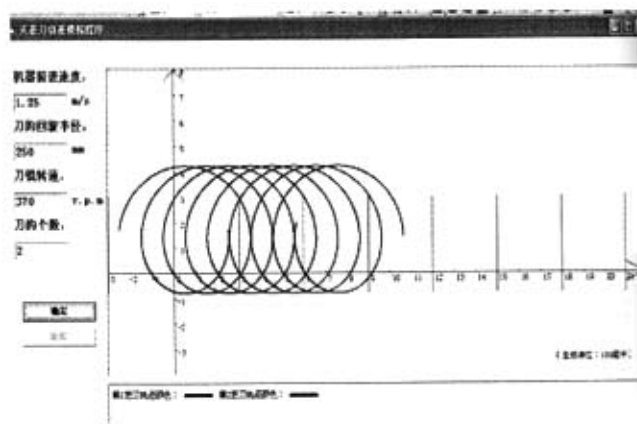


图 3-3 第一种参数时刀辊作业动态模拟
Fig.3.3 Dynamic simulation of coulters roller in the first parameters

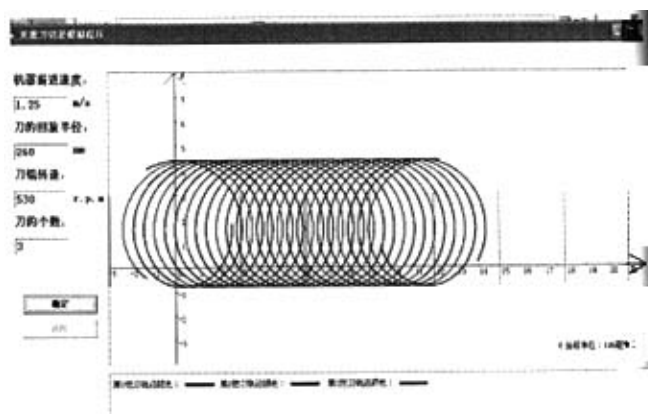


图 3-4 第二种参数时刀辊作业动态模拟
Fig.3.4 Dynamic simulation of coulters roller in the second parameters

上的要求。但刀片数不能过多，过多会造成刀座间的空隙减小，容易堵泥草，影响作业性能，并增加加工工艺难度；刀片的回转半径由于机组结构的限制不能取得太大。

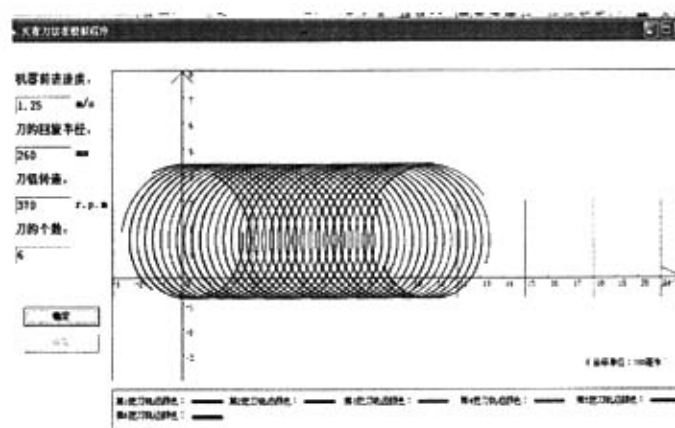


图 3-5 第三种参数时刀辊作业动态模拟
Fig.3.5 Dynamic simulation of coulters roller in the third parameters

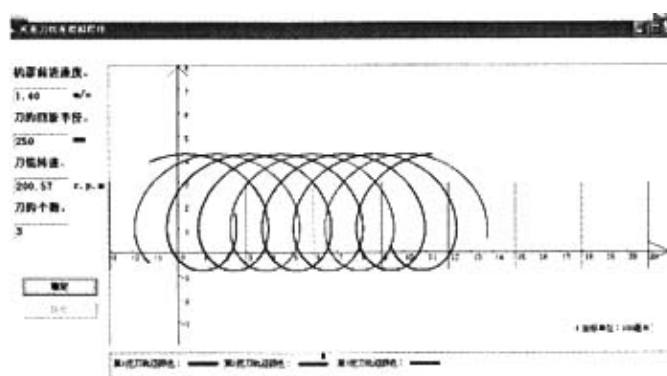


图 3-6 第四种参数时刀辊作业动态模拟
Fig.3.6 Dynamic simulation of coulters roller in the fourth parameters

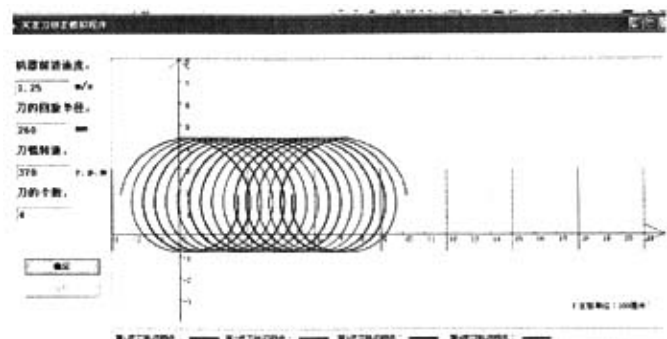


图 3-7 第五种参数时刀辊作业动态模拟
Fig.3.7 Dynamic simulation of coulters roller in the fifth parameters

因此,为了实现保护性耕作的要求——切断根上节,根茬切断长度 $\leq 5\text{cm}$,减少土壤搅动量,进行苗带碎茬。取机组前进速度 1.25m/s ,刀片回转半径取 260mm ,刀片取4把也可根据需要安装6把刀。6把刀的情况如图3-8和图3-9所示,4把刀情况如图3-10所示。为实现窄带浅旋处理根茬,单垄耕幅宽为 $100\text{--}110\text{mm}$.并利用Solidwork软件进行的旋耕刀, L型碎茬刀,刀

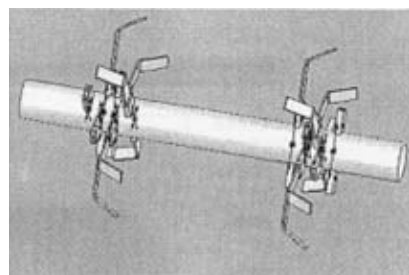


图 3-8 圆轴 6 把刀总装配图
Fig.3.8 scheme of six coulters on round axis

盘刀座,刀辊轴等的设计与绘制,并提出了2种可行的刀辊配置方案。一种是采用圆轴焊接刀座的方案,由于刀座按不同的行距焊在圆轴上,可满足两种行距的需要;另一种是采用方轴加刀辊圆盘的方案,由于方轴上按不同行距设置了调节限位孔,也可满足两种行距的需要。通过方轴上的行距调节孔或将碎茬刀装在不同的刀座内可在 $600\text{mm--}700\text{mm}$ 行距内可调。为设计新型的窄带旋耕碎茬免耕播种机提供了设计依据。为阜新农机二厂研制的“2BISJ-2110型碎茬精量播种机”的改进提供理论基础。

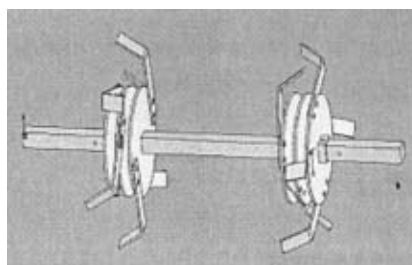


图 3-9 方轴 6 把刀总装配图
Fig.3.9 scheme of six coulters on square axis

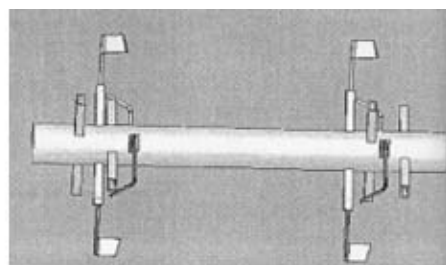


图 3-10 圆轴 4 把刀总装配图
Fig.3.10 scheme of four coulters on round axis

3.4本章小结

本章对辽宁省采用的几种主要的秸秆根茬处理技术和相应的机具进行了研究,经过对5种根茬处理技术及机具的分析,其均存在根茬处理的效果不好而影响播种质量的问题。在掌握“2BISJ-2110型碎茬精量播种机”碎茬原理的基础上对影响旋耕灭碎茬作业的关键参数进行了分析。关键参数为机组前进速度、刀辊转速、刀片端点的回转半径和刀片的数量。为了解决“2BISJ-2110型碎茬精量播种机”全幅碎茬动土量大、功耗大的缺点,达到节省材料、降低成本和减少由于土壤搅动量大而造成的水份大量散失的目的,

改全幅碎茬为苗带碎茬。利用计算机VB语言根据刀片端点与运动轨迹数学模型编写程序对碎茬参数进行模拟研究。经分析取机组前进速度1.25m/s,刀片回转半径取260mm,刀片取4把。为实现窄带浅旋处理根茬,单垄耕幅宽为100~110mm.并利用Solidwork软件进行的旋耕刀, L型碎茬刀, 刀盘刀座, 刀辊轴等的设计与绘制,并提出了2种可行的刀辊配置方案。该2种方案均能满足不同行距的需要;通过方轴上的行距调节孔获将碎茬刀装在不同的刀座内可在600mm~700mm行距内可调。为设计新型的窄带旋耕灭茬作业机提供了设计依据。

第四章 东北垄作免耕播种破茬清垄新工艺新装置的研究

4.1 玉米秸秆根茬处理与垄作免耕播种种植模式研究

在我国东北推广保护性耕作技术中，一年一熟种植区收获玉米后种植玉米，要面临在有玉米秸秆和根茬的未耕地上实施免耕播种的问题，结合玉米秸秆根茬的处理和实施免耕播种，对目前生产中应用的以及试验研究的种植模式分析如下。

(1) 秸秆处理与免耕播种分开作业。首先使用秸秆还田机，对地里的秸秆进行粉碎还田覆盖，然后再在覆有秸秆的地里用免耕播种的专门机具进行少耕或免耕播种作业。现行秸秆还田覆盖、免耕播种方式存在的主要问题在于机具，秸秆还田机虽已成熟，性能和工作质量均可，但专用免耕播种机，在有大量的秸秆覆盖条件下，极易引发秸秆缠、堵等现象以致无法正常作业。

(2) 秸秆粉碎、破茬播种一次完成。由于玉米秸秆覆盖量大，且秸秆粗大而潮湿，给免耕播种带来很大困难，因而，目前还没有能在生产中大量应用的机型。另外，玉米秸秆粉碎、播种联合作业可能存在三个问题：一是高产玉米秸秆粉碎后，在地表将形成5-10cm厚的覆盖层，即使不堵塞播种机，播种后也易覆盖种行，影响种子发芽；二是粉碎后的玉米秸秆越冬期间易被吹走；三是大部分秸秆还田机是后置式，作业时拖拉机压倒的秸秆难以被粉碎，播种作业时将挂在开沟器上，形成秸秆堵塞。因而，给配套免耕播种机的研制开发带来相当大的困难，推广应用也有相当大的难度。

(3) 秸秆粉碎覆盖和免耕播种联合作业。这是西北农林科技大学研究的作业机具（薛惠岚等2003），要一次性完成秸秆粉碎还田覆盖和免耕施肥播种等多项作业，作业模式采用“让秸秆粉碎后沿风道越过种肥箱向斜后上方抛出；并趁秸秆未落下、地面清爽的空档进行免耕施肥播种，随后碎秸秆再撒覆于种后的地面上”。其优点在于为施肥、播种开沟器创造一个相当于无秸秆覆盖的“洁净”地面工作条件，从根本上用不着再去考虑秸秆缠堵和拨分的问题。存在问题是作业环境差，尘土飞扬，机手工作条件恶劣，安全性差，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，秸秆粉碎机和小麦播种机的简单连接，机器前后距离太长，达1.9m，中心偏后，动力消耗大，41kW拖拉机只能带动8行播种机；播种时，将秸秆连土一起挑起，向后喷洒，吹起大量尘土，工作环境恶劣。

(4) 带状粉碎旋耕播种。用带状粉碎旋耕方式，将玉米秸秆粉碎，同时与土壤搅拌，形成相对清洁的带状种床，种子播在带状种床上，秸秆堵塞少。中国农业大学保护

性耕作课题组根据这一原理研制出了2BMFS-6112型带状粉碎浅旋免耕播种机（郑东旭2003）。该机可在直立玉米秸秆、粉碎秸秆覆盖地一次完成碎秆、灭茬、施肥、播种、镇压等作业。本作业存在的最大问题是机器动土量偏大，降低了保护性耕作的综合效果。

（5）切挖处理播种带玉米根茬播种。将根茬处理与播种统一起来考虑，破茬部件只对播种带的玉米根茬进行小范围条带破茬处理。即对玉米带的根茬进行切茬，挖出，清除处理，确保播种带基本无玉米根茬，创造出良好的种床条件，中国农业大学保护性耕作课题组根据这一原理研制出了2BMYW-2型切挖式玉米免耕播种机（蒋金琳2004）该机可在留茬地上实现根茬处理播种施肥作业一次完成。开沟和播种能够满足农艺要求，但也存在不完善的地方，如：当限深轮走在根茬上将引起播种深度不均匀；根茬被挖出的地方产生空穴影响种子的定位及与湿土的紧密接触；根茬会堵塞中耕机影响作物的生长等等。

4.2 国内外免耕播种机防堵装置的发展

4.2.1 播种机堵塞的形式

保护性耕作技术要求地表有大量的秸秆残茬覆盖。一般地表残茬覆盖率在 50%以上，且这些秸秆或残茬由于其几何尺寸不同，散落的方向不同会杂乱无章地铺在地表上。播种机在这种地表下作业容易被残茬堵塞而不能正常工作。堵塞方式主要有以下两种：

（1）残茬缠绕在土壤工作部件上面，如缠绕在锄式和凿形开沟器立柱上、其它支撑柱上以及机架的构件上造成堵塞。

（2）残茬集聚在两个相邻的工作部件之间（如破茬器与开沟器之间）或在机架梁与地面之间造成拖堆。

4.2.2 国内外免耕播种机防堵装置的研究

目前国内外的免耕播种机虽在防堵性能上有了很大改进但仍然没有很好的解决在地面覆盖量较多时的堵塞问题，播种效果不好，生产效率降低。

因此，解决在大覆盖量下的堵塞问题，已成为急待解决的关键课题。为适应在有作物残茬覆盖地上工作，要求其具有很强的防堵功能。目前的免耕播种机却不能完全胜任，表现在在地面覆盖量（前茬作物的残茬）较少时，防堵效果还可以，机器可以通过；当地面覆盖量较多时，尤其是在我国一年两熟高产区，小麦收获后地表覆盖有大量麦秸，秸秆潮湿且大多未经粉碎，现有的免耕播种机工作时经常堵塞，播种效果不好，生产效率降低。因此，解决在大覆盖量下的堵塞问题，已成为在推广保护性耕

作中急需解决的关键技术。

通过在每一个部件前面安装有效的残茬切割装置和灭茬器，可以防止残茬的缠绕；通过错开布置播种机的土壤工作部件、在部件之间去掉突出的部分，可以减少在部件之间的残茬集聚；提高机架地隙，可以免除梁与地面之间的堵塞。

国内外用于免耕播种机的防堵装置主要由两部分组成：破茬装置、清垄装置。

(1)破茬装置

1) 圆盘刀式切茬装置。工作时圆盘破茬刀滚动，靠重力切茬。圆盘刀主要有四种形式：光面圆盘刀、缺口圆盘刀、波纹圆盘刀和涡轮圆盘刀。(前三种如图 4-1 所示)该类装置在有足够配重时可以切断秸秆和破开残茬，它不具备分草功能。

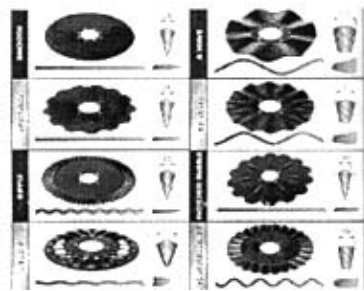


图 4-1 各种类型圆盘刀

Fig.4.1 All kinds of disc coulters

2) 尖角翼铲式破茬装置。利用尖角铲破茬开沟，入土能力强，成本低，开沟和播种深度容易控制。但在地表覆盖播种时易挂草拖堆造成堵塞。

3) 限深轮圆盘刀式切茬开沟装置。这种切茬装置是光刃圆盘刀和限深轮的有机结合，利用限深轮压紧覆盖物，来增强圆盘刀的切茬效果。虽增加了切茬效果，但防堵能力有限，当秸秆残茬覆盖量较大时，仍容易造成堵塞。

4) 转刀式破茬装置。由拖拉机动力带动刀片高速旋转，来破茬松土。这种装置防堵能力强，但造价高，耗能大，且在覆盖物多的情况下，易堵塞旋刀。

5) 锯切式破茬装置。利用拖拉机动力输出轴传出的动力带动圆盘锯齿刀高速转动，大大增加了破茬效果，同时还带有拨草齿来拨草防堵，防堵效果有所改善，但造价高，功耗大且传动机构复杂，易掉链子，如图 4-2 所示。

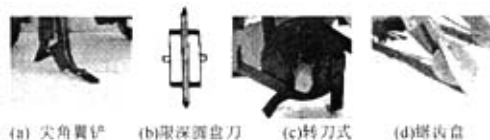


图 4-2 破茬切土装置

Fig.4.2 Residue and soil cutting device

(2)清垄装置

1) 旋转叉式分草清垄装置。机组前进时，旋转拨叉在地轮的传动下绕一立轴旋转，当拨叉经过种行前进时，将播种行上的覆盖物拨向一侧。该机构结构复杂，只能将 70% 左右的覆盖物拨开，堵塞仍不能有效解决。

2) 针轮式分草装置。当机器前进时, 钢轮上的钢针抓住覆盖物向后向外抛开, 清出播种带, 使播种机顺利通过。该机构用于碎覆盖物效果较好, 在整秆覆盖状态下, 钢针易缠草堵塞。

3) 刷轮式分草装置。该机构利用“V”型布置的两个尼龙刷轮扫清播种行上的残茬。它适用于在覆盖物较少的地面上作业。

4) 鲨鱼牙齿清垄装置。该装置以合适的角度安装在破茬器的两侧由于在圆盘刀面上开有鲨鱼齿形状的小齿, 当机器前进时, 会推动刀盘在地面滚动, 刀盘入土深度 2cm, 遇到残茬时可以通过“鲨鱼齿”切断, 且由刀齿自身转速可以将切断的根茬向两旁甩入垄沟中, 实现清垄的目的。由于刀盘放置与机器的前进方向成一定的角度, 调整此角度可以改变清垄宽度。

国外的免耕播种机大多采用圆盘刀式破茬松土器如图 4-1 所示, 靠圆盘刀锋利的刃口和足够的重力切断秸秆和切开土壤。若工作时切不断秸秆, 而仅将秸秆压入土内, 则播下的种子将会落在种沟内的秸秆上而不能与土壤接触, 影响种子的发芽和出苗。因此工作时开沟器需增加配重, 这种免耕播种机不但庞大而笨重, 且耗材多, 使制造成本增加, 多为牵引式, 运行不便。

由于我国对免耕播种机的研究还处于起步阶段, 所以我国的专用免耕播种机较少, 尤其是免耕覆盖播种机更少。我国近几年对免耕播种机防堵装置的研究作了许多工作, 研制出一些不同类型的防堵装置, 这些装置结构简单, 制造成本低, 在一定程度上改善了防堵性能。

中国农业大学研制的 2BQMF—4C 型免耕播种机如图 4-3 所示。该机采用尖角形开沟器它具有入土能力强, 沟形窄(动土量小), 自动回土能力强、结构简单、工作可靠, 价格低廉等特点, 动土量小, 自动回土; 种肥垂直分施, 分层距离 4~6cm; 采用轮齿式防堵装置, 防堵性能强, 可在 1 吨/亩的碎玉米秸秆覆盖地能够正常作业。



图 4-3 2BQMF—4C 型免耕播种机
Fig.4.3 2BQMF—4C no-tillage planter



图 4-4 2BQMF-4 型玉米免耕播种机齿盘拨草式防堵装置
Fig.4.4 2BQMF-4 Weed cleaning and prevent blocking device

中国农业大学机械工程学院陈君达等研制的齿盘拨草式防堵装置(图4-4),采用了先切后拨的防堵方式,清除开沟器前进方向的秸秆,保证开沟器顺利通过。结构简单、制造费用低,能较好地解决一年一熟地区或一年两熟地区碎秆覆盖地的堵塞问题。但一年两熟地区由于新鲜的麦秸难以切断,防堵性能受到影响。

中国农业大学工学院蒋金琳,高焕文研制的切挖处理播种带玉米根茬装置。切挖处理播种带玉米根茬原理如图4-5所示。在开沟器3前装有动力切刀2和动力铲刀1。利用拖拉机动力输出轴的动力驱动切刀和铲刀。铲刀和切刀对根茬采用切挖的方式,只将播种带上的玉米根

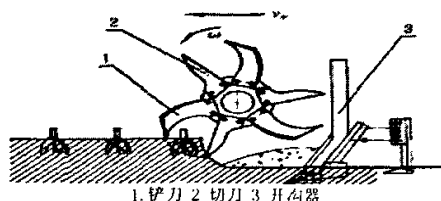


图4-5 破茬装置工作原理图

Fig4.5 Sketch diagram of corn rootstalk and residue cutting mechanism

茬切开并挖出,不对根茬进行粉碎,因而刀的转速低,消耗动力少。在铲刀切土挖根之前,动力切刀先在地表切出一条缝将播种行上的秸秆残茬切断,防止土壤工作部件缠草堵塞,同时也将根茬切开,然后动力铲刀沿切缝入土,将根茬挖出并在铲刀工作曲面作用下将根茬侧向推出播种带,使播种带上无根茬同时疏松土壤,创造出良好的种床,实现根茬处理播种施肥作业一次完成。

河北农业大学张晋国博士研制的由动力驱动的带状粉碎防堵装置。带状粉碎防堵装置单体由组合刀片、开沟器、定刀片、罩壳和导草板组成(见图4-6)。组合刀片在动力输出轴的驱动下高速旋转,遇到麦秸时,直刀用于切断横茬,弯刀用于切断立茬,被切断的麦秸和部分未被切断的麦秸一部分被打向刀片两侧,一部分在刀片的带动下上升

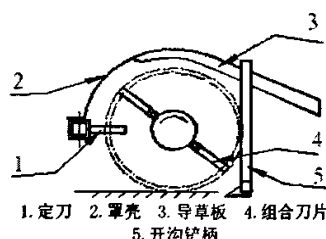


图4-6 防堵机构简图

Fig.4.6 Structure of prevent blocking device

进入罩壳,在罩壳内动刀与定刀片的配合进一步将秸秆切碎,被切碎的麦秸沿罩壳向后运动,并在导草板的作用下向两边分开,然后从开沟器的后面落向种带两侧。组合刀片的两个直刀的运动轨迹从侧向看与开沟器铲柄有部分重叠,这样可保证开沟器不挂草。组合刀片工作时其旋转最低点离地2-5cm。所以开沟器在整个工作过程中都是在一种没有秸秆覆盖的茬地上进行开沟、施肥和播种。

国内外也有旋耕播种机和带状旋耕播种机,主要用于硬茬播种谷物,旋播机主要是水平旋耕机,但也有少量的垂直旋耕机。如原西德的 Rau-Rotosem 旋播机,英国 Howard 公司生产的 Trisemavator 旋播机,法国 Huard 公司生产的 Dynasem 旋播机,西德 Krone

公司生产的 Fresasem 旋播机, 垂直旋播机有荷兰 Lely 公司生产的 Roterra 旋播机和 Berdrin 公司生产的 Vertiber 旋播机。玉米旋播机有 Howard 公司生产的 Kotosemis。旋耕播种机的优点是旋耕部件的碎土能力强, 适用于粘重坚硬或草根密集的土地。但消耗的功率较大, 前进速度也较低。

4.3 东北垄作免耕播种的种植模式

由于以上几种作业模式中都存在易堵塞, 播种质量难以保证等问题, 因而影响免耕播种的推广应用。在开发研究东北垄作新型免耕播种机的过程中, 在分析以上模式的基础上, 结合生产实际情况, 提出了新的秸秆利用、留茬垄作免耕播种、种带处理根茬的种植模式。

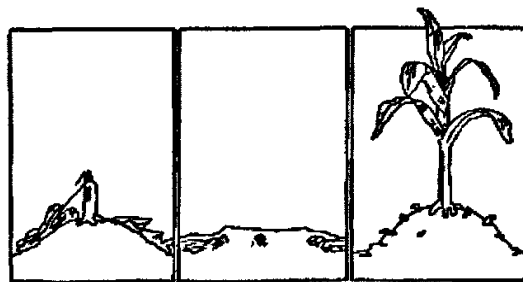
垄作是指将农作物种植在前茬作物形成的垄中的一种方法。垄作将中耕和除草剂结合起来控制杂草。通过播种机上的清垄装置将杂草的草籽和地表的残茬从垄上推入垄沟中。将种子播入经清理干净的种带中温升要比播入垄行的中部要稍高一些。前面播种后面施肥来控制杂草。中耕机能控制行间的杂草也能为第二年的作物起垄。

留茬垄作免耕不同时期的垄形如图4-7所示。

该种植模式的优点如下:

可以利用破茬清垄装置移掉垄顶。滚动水平圆盘水平地安装在立轴上在土壤和残茬底下滑动。水平圆盘上的围栏保持种带清洁。水平旋转可达到圆盘自清理目的并且使圆盘周边磨损均匀。将残茬和草籽清除送到垄沟中。用行间中耕与垄上喷洒除草剂, 即有效减少除草剂用量又为播种创造一个清洁的种床, 并且可以提高土壤温度对提早出苗十分有利。传统的耕作作业会把草种植入破开的土壤。而垄作将草种推到未被搅动的土壤表面及垄沟中。作业深度: 前方破茬部件以切开根上节(俗称五叉股)为宜一般入土80mm, 后方清垄部件以清开表层残茬, 草籽为度移动土壤量最少不必清除前茬作物的根系。一般从垄顶3-5cm入土深度既可。播种后垄台高比垄沟高76.2-127mm, 大大减少了清洁工作带的侵蚀。

(1) 由于仅对播种带小范围内进行条带破茬清茬松土, 保证了种子具有良好的种床条件, 有利于种子生长发芽, 而在行中间仍为未耕地, 这样使整个土壤处于虚实相间



(a) 播前 (b) 播后 (c) 中耕后
图 4-7 不同时期垄的剖面图

Fig.4-7 Cross-section of ridges at various times

状态，便于土壤中的水、气、溶质、热量在已耕地和未耕地之间侧向运移，改善了土壤微细结构，提高了土壤蓄水保墒能力，进一步发挥出保护性耕作的技术优势。

(2) 无论播种行是否走在玉米根茬上，都对播种带进行处理，没有玉米根茬时只切开土壤。

(3) 东北地区如果采用上述提出的新种植模式播种玉米有利于实现保护性耕作，可以有效地抵御春旱、控制风蚀、防治沙尘暴、提高产量和培肥地力。普通免耕播种机难以保证播种质量。如果采用新种植模式，有利于实现玉米种植的免耕播种。

(4) 研究表明（陈丽荣，牟金明等1998），长期进行玉米根茬还田，土壤有机质等养分物质含量明显增加，土壤物理性状得以改善，土壤微生物总量、细菌、霉菌和放线菌量均有增加。玉米根茬干物质中有机质含量高达75%-85%，养料丰富，其中含氮0.75%、磷0.6%、钾0.9%。可增加土壤有机质，使土壤微生物活动增强，提高了肥料的利用率。根茬在土壤中熟化腐解，形成新鲜的腐殖质，而新鲜的腐殖质是很好的土壤胶结剂，从而改善土壤团粒结构，改善土壤的水、肥、气状况，有利于养地，提高作物产量。

4.4 东北垄作免耕破茬、清垄根茬处理的新工艺

根据上述提出的东北垄作免耕播种根茬处理的种植模式，只要能研制开发出带有根茬处理的新型免耕播种机，就可以实现。因此对根茬处理装置进行重点研究。

根据新建立的东北垄作免耕播种根茬处理的种植模式，经在实际生产中多次考察分析，在试验研究的基础上，提出了破茬清垄处理种带玉米根茬新原理。破茬清垄处理玉米根

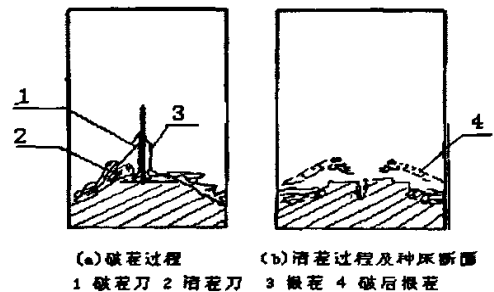


图 4-8 破清茬原理
Fig.4.8 Principle of residue cleaning

茬原理如图4-8 所示，利用安装在水平圆盘清垄装置前的限深圆盘犁刀先在地表切出一条缝并将种行上的秸秆切断、残茬破开，随即水平圆盘将破开的立茬水平切断并利用围栏将切断的秸秆和残茬推出种带进入垄沟，防止土壤工作部件缠草堵塞，开沟器可沿缝切入进行播种施肥，使播种带内基本无根茬，创造出良好的种床，可实现根茬处理播种施肥作业一次完成。

4.5 东北垄作免耕新型破茬清垄装置的设计与制造

4.5.1 功能需求分析及方案的提出

为了既能破茬又能清垄，播种机要配有清垄装置，既能清茬又能对垄顶动土少。动土少，为了不破坏垄，也为了避免把上年的残茬移出。移出残茬似乎是对随后的施肥播种，覆土，镇压作业以及后续中耕作业彻底消除了障碍，但是不难想象整个残茬移出地表势必会造成地面扰动过大，破坏土壤结构及地表，还要耗费大量的人力，机械能，显然不但不满足保护性耕作的技术要求，也没有必要将整个残茬都移出地表。不能移出就得破开，从破茬思路出发，设计一个破茬器将残茬切成两半，以便不碍于开沟。再思考：被切开的破茬散铺在垄上势必会影响到下种，种子可能会落在残茬上接触不到土壤而不能发芽，显然残茬至少不能留在种沟里，必须有清茬设备将其分于种沟外，从清茬思路出发至少是一个清垄装置。又考虑到个别不在破茬工作直线而未被破茬的茬子虽然不会妨碍后续的播种作业但是却会有碍农民以后的田间管理（如用锄除草），所以清垄装置必须还配有割刀，像镰刀一样将这些茬子割除。

4.5.2 结构设计及参数的选择

(1) 总体设计

整个结构由于机架的存在而成为一套独立的体系。参考辽宁西部垄作垄形图如图 4-9 所示。整个机构要实现对垄作玉米残茬的切破与清理

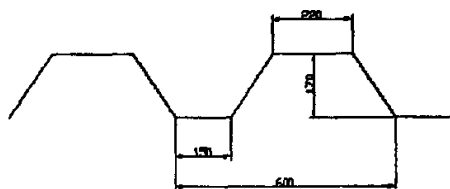
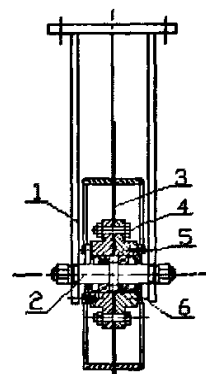


图 4-9 辽宁西部垄作垄形图

Fig.4.9 Ridge shape in west liaoning province

理整个机体是悬挂在农用小四轮上，双行式，适用于垄距 600mm 双行式工作，所以清垄部件与破茬部件工作时中心线应相距 60cm，将破茬部件安装在机架的前梁上。中心线垂直于水平面。水平圆盘用 U 型螺栓套板安装在机架的后梁上。根据拖拉机工作拉杆的高度拟定机架距地面的高度 517mm，进而得出犁刀的高度尺寸 557mm。水平圆盘应距圆犁刀限深圈高度满足 20mm 的高度差以保证其入土深度，水平圆盘刀前端距犁刀刀刀的后端的水平距离差应保持在 60mm 以免残茬堵塞。水平圆盘与圆盘犁刀均是用 U 型螺栓安装在机架上所以之间的间距可调，可适合于 700mm 的非标准垄距的作业。



1. 犁刀柱架 2 轴 3 限深犁刀

4 螺栓 5 端盖 6 轴承

图4-10 圆盘犁刀结构图

Fig.4.10 Structure of disc coulters

(2) 圆犁刀结构设计

圆盘犁刀实现的功能需求是将玉米残茬从中间破切开。犁刀绕轴回转，犁刀靠一对压盖通过紧固螺栓提供的正压力夹在中间的，实际上压盖也是类似于轴承座，其与轴之间装有圆轴承，轴承两端设有一对轴承盖来起到密封作用的。犁刀端面焊有有限深圈，目的是限制犁刀及清垄装置的入土深度，是为了实现保护性耕作技术要求。具体结构如图4-10所示。

(3) 轴承的选择

犁刀工作时受铅直向上的支反力和沿轮缘的圆周摩擦力。摩擦力使得犁刀绕轴旋转。既然装有轴承又不带负载，因此可以忽略轴承对轴的摩擦阻力矩，即轴只受轴承和犁刀柱的支反力。所以选用深沟球轴承，初定轴径为25mm。

经查表选用型号6025 得轴承的外形尺寸:外径 $D=52\text{mm}$ 宽度 $B=15\text{mm}$

(4) 轴承盖的设计

由轴承外径查表4.9-4的螺钉直径 $d_3=6\text{mm}$,端盖上的螺钉数为6

$$d_2=d_3+1=7\text{mm}$$

$$D_0=D+2.5 \times d_3=67\text{mm}$$

$$D_2=D_0+2.5 \times d_3=82\text{mm}$$

$$e=1.2 \times d_3=7.2\text{mm}$$

$$e_1 \geq e \text{ 取 } e_1=8\text{mm}$$

有结构确定 $D_1=D-4=48\text{mm}$, $D_4=D-12=40\text{mm}$, $b=10\text{mm}$.

(5) 端盖的设计

端盖的作用是固定犁刀,外形是一个大的法兰盘,并且在法兰盘上开出六个均布的螺栓孔,以便用来固定犁刀。螺栓孔的中心线分布在一个固定直径的圆周上,圆的直径为127mm,螺栓孔直径为13mm。法兰盘中心的轴套两端出头,一端长出15mm,另一端也长出15mm,轴承外径为52mm,轴套外表面的粗糙度要求不高,达到 $25\mu\text{m}$ 即可。轮毂上的六个固定螺栓为M12,材料为Q235,为受横向载荷的螺栓组连接,采用普通螺栓连接六个螺栓承受横向外载荷为犁刀的下压力以及其前进阻力的合力,即

$$R = \sqrt{1600^2 + 1800^2} = 2213\text{N}, \text{每个螺栓承受的横向力为 } F_s = \frac{2213}{6} = 368.83\text{N}. \text{由《机械设计》}$$

可知,螺栓杆的剪切强度条件为

$$\tau = \frac{F_s}{\frac{\pi}{4} d_0^2} \leq [\tau]$$

由《机械设计》表 2-9 查得：螺栓材料的许用剪切应力

$$[\tau] = \frac{\sigma_s}{s} = \frac{240}{2.5} = 96 \text{ Mpa}$$

$$\therefore \tau = \frac{368.8325}{\frac{\pi}{4} \times 144 \times 10^{-6}} = 3.415 \text{ Mpa} < 96 \text{ Mpa}$$

即螺栓剪切强度合格。

(6) 水平圆盘的结构设计

水平圆盘的结构包括清垄与切茬两部分。

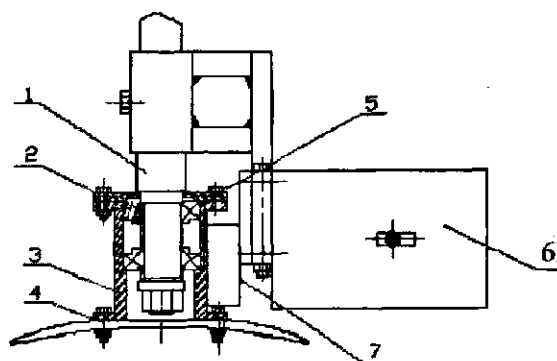
清垄是靠磨有刃口的水平放置的圆盘刀自绕轴旋转切割的，当残茬不被正切时，圆盘就会受到力矩，从而旋转，鼓型圆盘在旋转时不但会自己清理还会使磨刀均匀。整个结构主要包括鼓型圆盘刀、套筒、端盖、围栏、围栏架等，结构如图 4-11 所示。

1) 轴承的选择

考虑水平圆盘的实际工作情况，当遇残茬时，受残茬的水平阻力和竖直支反力，所以轴要受轴向力和径向力。故选用圆锥滚子轴承，初定轴径 $d=30\text{mm}$ ，查表 4.6 选型号为 30206，得轴承的外形尺寸：大径 $D=62\text{mm}$ 宽度 $T=17.25\text{mm}$ 外圈宽 $C=14\text{mm}$ 。

2) 套筒的设计

考虑到圆盘要绕轴旋转，必须在套筒与轴之间设计轴承，套筒上端用端盖对上轴承密封，下端用螺栓连接鼓型圆盘，故上下端面都需钻孔，由轴



1 轴 2 轴承 3 套筒 4 圆盘刀 5 端盖 6 围栏 7 刮板

图 4-11 水平圆盘结构

Fig.4.11 Structure of level disc coultter

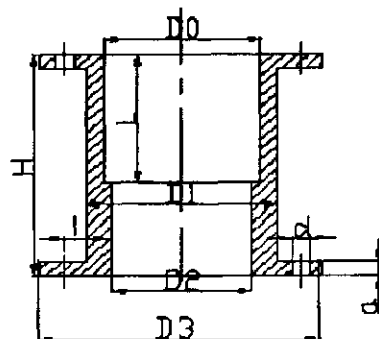


图 4-12 套筒

Fig.4.12 sleeve

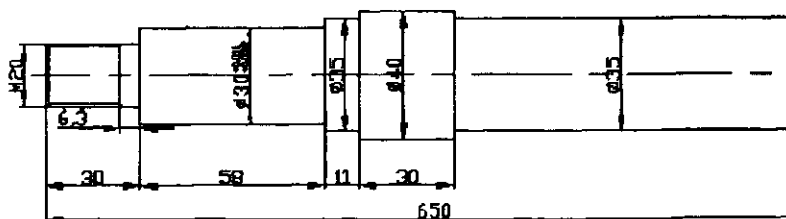


图 4-13 水平圆盘轴

Fig.4.13 Level disc axis

承外圈尺寸的限制设定壁厚外 3.5mm ，则 $D1+2 \times 7.5D=75$ 再考虑到下轴承的定位，及轴承的外径，圆盘刀的连接得其尺寸参数及轴承的宽度尺寸的重要尺寸

$D0=62\text{mm}$, $D1=75\text{mm}$, $D2=55\text{mm}$, $D3=110\text{mm}$, $H=94.5$, $L=35\text{mm}$, 套筒结构如图 4-12

所示。

3) 轴的设计

轴的设计要从整个机构受力, 及轴上装得的零件出发。实际轴肩轴长, 考虑到轴上装有套筒, 端盖, 上端通过位调解套联接在机架上, 要控制整个机构下窜可在轴头设计有螺纹, 靠螺母限制, 考虑到轴承的定位, 围栏架的定位需设有轴肩, 定位轴肩一般为2-5mm, 这里取3.5mm, 整个轴的长度是参照水平圆盘的按装高度来确定的。轴的结构如图4-13所示。

4) 围栏的设计

围栏是水平圆盘的主功能的体现。清茬宽度靠围栏左右两片的摆角来来控制。中间设有调节螺杆, 通过调节两端、围栏两侧的螺母来调节清垄宽度。围栏与套筒之间设有刮板, 当遇到残茬时残茬在经过筒壁与刮板之间形成屑性缝隙中被切断, 这样就会避免杂草与残茬的堵塞, 围栏与其架靠销, 套管联结, 这个原理是由门轴, 合页中启发的。围栏厚3mm。材料为白口铁皮。

5) 公差配合设计

圆盘犁刀中与轴承的配合:

要求轴与压盖之间达到较好的均匀性, 由经验取公差等级为IT6查《几何量公差与测量技术》表2-2得IT6=13 μ m, 轴承为标准件采用基轴制采用过渡配合, k的基本偏差查表得轴的基本偏差ei=2 μ m 由式IT7=es-ei es=ei+IT7=15 μ m 所以 $\Phi 25$ 公差为 $\Phi 25k_{-0.002}^{0.015}$

轴承外圈与压盖内孔的配合:

孔 $\phi 62$ 与轴承外圈采用基轴制配合, 公差等级较轴低, 选用IT7, 查表2-2值 IT7=30 μ m 压盖与轴承外圈应略有过盈, 采用JS基本偏差, 查表2-7 得孔的上偏差与下偏差相等, 即ES=EI+1/2IT7=15 μ m, 所以孔的公差为

$$52JS_{-0.015}^{0.015} \phi 52JS_{-0.015}^{0.015} \quad \text{形位公差}$$

轴的圆柱度为基本尺寸, 取轴承的公差等级为0, 查表7-9得轴径的圆柱度 $t=4\mu$ m

端面圆跳动 $t_1=10\mu$ m,

压盖外壳孔的基本尺寸 $\phi 52$ 按公差等级0级, 则外壳孔的

圆柱度为 $t=8\mu$ m,

端面圆跳动 $t_1=15\mu$ m

水平圆盘中与轴承的有关配合

尺寸公差查表2-2得 $IT5=9\mu m$,轴承内圈与轴径的配合为k5,

查表知下偏差 $ei=2\mu m$,所以上偏差 $es=ei+it5=11\mu m$,所以轴的公差为 $\phi 30k5_{0.002}^{0.011}$

轴承外圈与外壳孔的配合选为H7,由基本尺寸查表2-2得 $IT7=30\mu m$,查表2-7得外壳孔的下偏差 $EI=0$,

所以上偏差 $ES=EI+IT7+30\mu m$,所以孔的公差为 $\phi 62H7_{0.030}^{0.030}$

形位公差查表7-9 0级公差基本尺寸 $\phi 30$ 得轴径的圆柱度 $t1=4\mu m$

轴承端面的圆跳动 $t1=10\mu m$

外壳孔(套筒)基本尺寸 $\phi 62$,同理得圆柱度 $t=8\mu m$

端面圆跳动 $t1=25\mu m$ 。

4.6本章小结

本章对东北垄作免耕播种种植模式及国内外免耕播种机防堵装置进行了深入的研究。指出目前国内的免耕播种机虽在防堵性能上有了很大改进,但仍然没有很好的解决在地面覆盖量较多时的堵塞问题。根据新建立的东北垄作免耕播种根茬处理的种植模式,在试验研究的基础上,在东北垄作高留茬的条件下,提出了前方用滚动圆盘式犁刀破茬后部采用水平旋转圆盘清垄的新原理。把表层残茬与草籽推入垄沟,既可减少除草剂用量,又可为播种创造清洁的种床,并且有利于提高地温促进作物发芽生长。根据此原理研制了垄作玉米破茬清垄装置。

第五章 垄作免耕破茬清垄通用机性能试验

在分析现有的国内、国外免耕播种机的破茬清垄设备的优缺点的基础上,吸收了国外同类机型先进经验大胆创新,开发适合我国的国情特别是适合东北垄作的玉米破茬,清垄装置,旨在对地面土壤扰动少,符合农情,满足保护性耕作理论和技术要求。为玉米垄作免耕破茬清垄通用机进行以下设计:

通用机架: 安装破茬、清茬部件,能将整个机体与拖拉机相连,满足600mm, 700mm垄距要求。连接普通播种机既可单独用以破茬清垄取代灭茬机,又可实现免耕播种机的功能。

破茬设备: 将玉米残茬沿中间切开根上节(五叉股)并设计限深装置使切入土壤深度为80mm以免不必要的过深破坏土壤结构。

清垄设备: 将垄上的残茬清理推入垄沟里,由垄顶计算入土3-5cm,将残茬切断与草籽及表土一起推入垄沟,从而留下干净的种床以便后续的播种作业,并可有利于提高垄顶的土壤温度。

5.1 整机关键参数的设计

5.1.1 通用机架的设计及测力框架工作原理

(1) 功能要求

- 1)能够安装单体播种机实现免耕播种。
- 2)能够安装清垄装置和破茬装置,使它们不发生干涉,替代灭茬机正常工作。
- 3)能与测力框架相连,测出在田间工作的水平阻力。

(2) 总体设计方案

根据功能要求、试验环境、和现有试验条件,和参照了许多机架,为了实现功能要求,本机架是把清垄装置、破茬装置和普通播种机通过U型螺栓卡在机架上,并采用与拖拉机三点悬挂联接。

总体方案如图 5-1 所示

此通用机架为双垄工作型,工作时和拖拉机连接是用三点悬挂用 1, 2 和拖拉机的悬挂机构连接,带测力框架工作时,用 1, 3 和测力框架三点悬挂。工作时清茬

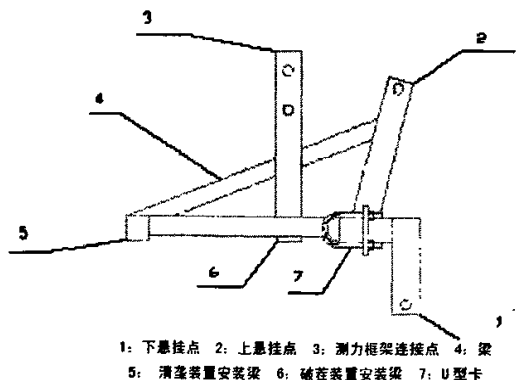


图 5-1 通用机架总体设计方案图
Fig.5.1 Whole design scheme of universal bar

装置和破茬装置在垄上，机架上可以放不同的配重，检验出最适合的配重。同时用测力框架测出拉动机架所用的拉力。可以用来受力分析。

5.1.2 总体参数设计

(1) 宽度的确定

由于用于双垄实验，所以架的宽度必须大于两个垄的宽度，实地测得实验地垄距为 600mm，所以为 1200mm，但是现在实际垄距还有 700mm 间距的垄，为了达到通用的目的，最后把通用机架的宽度定为 1400mm。

(2) 高度的确定

在保证试验装置能正常工作的前提下，试验装置的高度是越低越好，以便在行进时工作平稳不摇晃。试验装置的高度是根据破茬部件的尺寸确定的，试验所用圆犁刀尺寸如图 5-2 所示，据此，机架的高度设为 315mm。

(3) 长度的确定

为了使光面圆盘犁刀和水平圆盘不发生干涉，并且中间留有一定的距离，使其不堵塞，根据光面圆盘犁刀的直径和水平圆盘的直径，中间留有 3-5mm，最后设定为 280mm，但是为了使其达到通用的目的，能够安

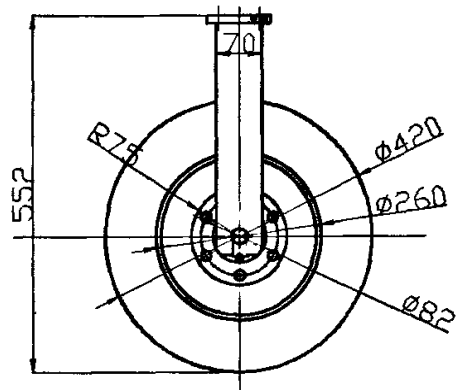


图 5-2 限深圆犁刀
Fig.5.2 Depth limitation disc coultter

装双翼铲，和能够安装中耕机构，最后把机架的长度定为 400mm。

(4) 牵引点位置的设定

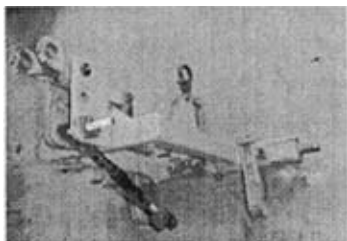
本机架采用的是三点悬挂，小四轮拖拉机的下悬挂两点间的距离是 360mm，只有机架的下悬挂点和拖拉机的下牵引点必须形成梯形才可以，所以必须大于 360mm，按国家规定最小要达到 460mm，但是又要适合测力框架的需要，所以将下悬挂点设计成可变动式，以适应不同的需要。上悬挂点是根据拖拉机的现有数据和上下高度的整体要求设计，与水平面成 70° 的角。高度为 265mm。

(5) 材料的选择

通用机架的主体部分为 $50 \times 50\text{mm}$ 和 $40 \times 60\text{mm}$ 的方钢构成，钢板制件均为 10mm 厚的冷轧钢板，U 形螺栓为直径 12mm 的钢筋制成。

5.2 合成式悬挂机具测力装置的原理及结构特点

5.2.1 悬挂机具测力装置的外观图及其示意图（图 5-3，图 5-4，图 5-5）



5-3 悬挂机具测力装置
Fig.5.3 Force test device

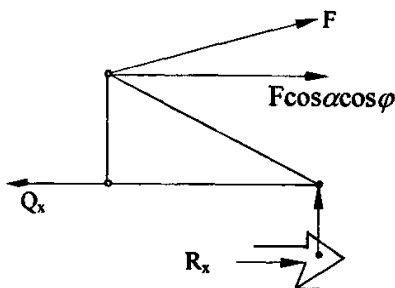
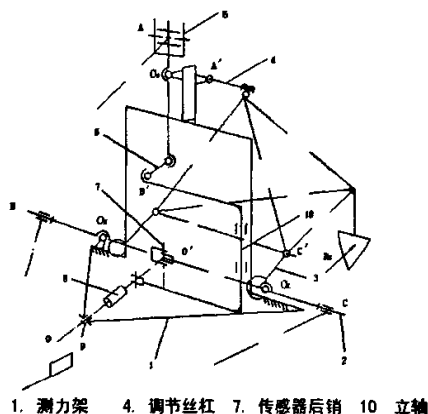


图 5-5 受力示意图
Fig.5.5 Diagram of force



1. 测力架 4. 调节丝杠 7. 传感器后销 10. 立轴
2. 下传力杆 5. 上传力杆 8. 测力传感器
3. 下固定铁 6. 连杆 9. 传感器前销
图 5-4 悬挂机具测力装置的示意图
Fig.5.4 Diagram of force test device

5.2.2 测量原理及结构特点

测力装置只有一个测力通道，接在拖拉机后悬挂装置和农具中间，可以测量牵引力和推进力。悬挂机具测力装置如图 5-3，5-4 所示。装置由测力架 1、下传力杆 2、下固定铁 3、调节丝杠 4、上传力杆 5、连杆 6、传感器后销 7、测力传感器 8、传感器前销、立轴 10 等另部件构成。其中测力传感器是测合力用的，一般选用 BLR 型半导体拉压传感器或 BLR—1 型拉压传感器。装置的前三点 A、B、C 分别与拖拉机的上、下拉杆相连接，而后三点 A，B，C，连在农具的上、下挂接点上，使之处于测量状态。

悬挂农具的牵引阻力，是指作用于农具上的投影在机组纵向垂直平面内的全部水平分力的合力。当机组进行作业时，农具必然受上、下拉杆的力和土壤阻力的作用。受力如图 5-5 所示。若把各水平分力分别以 $F \cos \alpha \cos \varphi$, Q_x , R_x 表示，再把它简化为平面力系，则根据力系平衡条件有：

$$\sum F = Q_x - F \cos \alpha \cos \varphi - R_x = 0$$

$$\text{即 } R_x = Q_x - F \cos \alpha \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (5-1)$$

式中： R_x ——农具工作部件的水平分力，即牵引阻力，单位为 N；

Q_x ——两下拉杆对两个下挂接点作用的水平分力，单位为 N；

$F \cos \alpha \cos \varphi$ ——上拉杆对上挂接点作用的水平分力，单位为 N；

φ ——上拉杆轴线与水平面之间夹角，单位为度；

α ——上拉杆轴线与纵向垂直平面之间夹角，单位为度。

由式(5-1)不难看出，牵引阻力实质是三点水平分力的代数和，亦可称之描述牵引阻力的数学模型。因此所设计的装置测量原理及其力学过程，必须要符合这个数学模型。

根据上述定义及分析，为取出等效于定义的三点力，使传力可靠，则采用杠杆原理来传递外力。即把外力通过上、下测力杆、杠杆铰链点，分别以 1: 2 传力比缩小并传到一个测力传感器上。也就是说，将作用于 B、C 点的水平分力，通过两个下传力杆 2 以铰链点 O_B 、 O_C 为杠杆支点传到合力作用线 OO' 上，使测力传感器 8 受拉；而作用在 A 点的水分力，经上传力杆 5 以 O 点为支点，再通过连杆 6、立轴 10 也传到合力作用线 OO' 上，但其作用方向相反，使传感器受压，从而三点力得到机械合成。合成的力再以非电量电测手段测得其大小。在测量状态下，使装置符合数学模型的要求，必须要调整装置测量位置，使左右下传力杆、上传力杆的回转平面即工作平面分别位于水平面和纵向垂直平面上。同时为保证装置模拟农具受力状态，使上传力杆和下传力杆的轴线应分别垂直于水平面及纵向垂直平面。则经上、下传力杆、连杆、立轴、前后传感器销的三点力能够定向仿真地传到测力传感器上，传感器的反映便是三点力的合成即牵引阻力。

为达到不拆卸农具做田间电标定目的，在测力传感器前端留有 10mm 自由行程(即前吊环设有 10mm 长孔)。在田间标定时，就传感器前吊环螺丝松：2-3 扣，使测力传感器处于零输出；或者，让拖拉机给农具向后施力，但不必倒车，此时三个传力杆将产生反方向转动趋势，再用限位板把上、下传力杆锁住，使传感器不再受力，则能实现不拆卸农具做测试前、中、后的平衡及电标定。

要适用于更多机具的动力测试，装置还设有可调的下固定铁、加长板、调节丝杠。按各种农具的不同尺寸，经过调节使装置调至正确的测量位置。

该合成式悬挂机具测力装置可以解决其他测力装置受拖拉机和农具结构限制、通用性差、上下三个挂接点的水平分力(以下简称三点力)不易直接合成、田间电标定麻烦等缺点，并具有三点力直接合成为一力、不拆卸农具可做田间电标定、测量可靠、通用性好、简化数据处理等独特优点，用于国产 21-56kW 拖拉机及其配套农具的动力测试。所以采用此测力框架进行试验。

5.3 田间工作性能试验

5.3.1 田间试验的目的

田间试验是设计农机产品的重要组成部分，也是进行样机改进的主要依据。通过试验主要达到以下目的：

(1) 考查样机的田间使用性能。

(2) 通过作业考核样机的整体技术参数，机具整体配置的合理性，主要考查破茬清垄效果及通过性能。

(3) 通过田间试验，发现问题，提出改进意见。

5.3.2 田间性能试验

田间试验在沈阳农业大学科技基地试验田进行，秋季收获玉米后人工砍除玉米秸秆，留茬高度平均 160cm，根茬茎秆部分直径平均 30mm，根上节深度平均 80mm。考察垄作限深破茬和清茬工作性能情况，阻力大小。不同破茬刀所需下压力及阻力大小。

5.3.3 田间性能试验结果与分析

(1) 光面圆盘犁刀和水平圆盘共同使用所需的最佳配重和所受的水平阻力测定

将光面圆盘犁刀和水平圆盘安装在试验装置上固定好。把机架放在垄上，将光面圆盘犁刀与残茬对齐。往实验台上加配重，记下所加配重量。开车做试验，记下水平阻力的变化，并观察试验效果，测量并记录。第一种试验情况如图 5-6 所示，第二种试验情况（破茬清垄装置挂接播种机单体）如图 5-8 右图所示。施加不同配重进行四次田间试验获得试验数据如表 5-1 所示。

表 5-1 不同配重的破茬清垄引力统计

Tab.5.1 Pull statistics of residue cutting and cleaning device

	第一次试验	第二次试验	第三次试验	第四次试验	破茬清垄装置及播种 机单体连接到通用机架上
配重(kg)	215	190	155	155	155
牵引力初值(N)	625	1005	795	705	650
牵引力最大值(N)	2295	2325	1470	1290	2557
牵引力平均值(N)	1200	990	926	993	2105

根据所测数据绘图分析如图 5-7 所示。

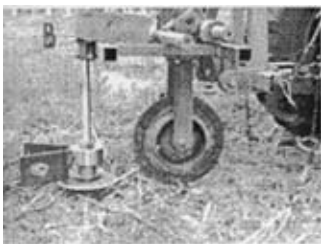


图 5-6 田间试验工作图
Fig.5.6 Field experiment

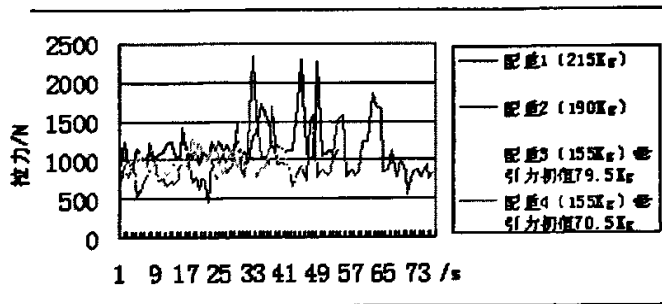


图 5-7 不同配重破茬清垄装置受力

Fig.5.7 Force on residue cutting and clearing device in different load

(2) 破茬质量测定

破茬质量的田间测定参考农业部农机鉴定总站对秸秆和根茬破碎机具的性能检测方法。考察破茬质量时只对经破茬清垄试验后垄上具有根茬进行测定。每行的测定长度为 25m,玉米根茬处理质量测定结果如表 5-2 所示。

表 5-2 种行玉米根茬破茬质量统计
Tab.5.2 Statistics of the quality of residue cutting

项目	破茬深度/cm	种带破茬率/%	种带根茬清除率/%
1	10	93.5	96
2	10.5	85	92
3	11	92.5	94
4	10	92	93.7
5	10	91	97.6
6	11	90	95.8
7	10	97.2	92.5
8	10.5	93.5	94.2
9	10	94.2	86.5
10	10.5	95.1	87
均值/cm	10.35	92.4	93
均方差/cm	1.2	9.93	8.4
变异系数/%	11.6	10.7	9

根据田间试验检测根茬处理装置对玉米根茬的处理情况结果表明：

1) 该机对
种带的玉米根
茬具有良好的
破茬清除效
果, 种带破茬
率平均值为
92.4%, 跟茬清

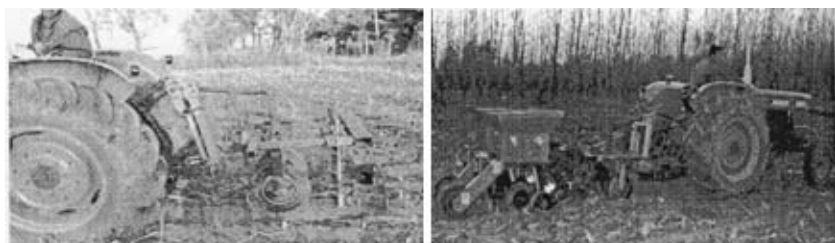


图 5-8 破茬播种试验

Fig.5.8 The experiment of cutting residue and planting

除率平均为 93%, 种行上基本无玉米根茬, 未清除的根茬主要是由于拖拉机未走直而产生的。

2) 种带玉米根茬的处理质量与圆盘破茬刀切割玉米根茬的位置有很大关系。当破茬刀正对玉米根茬时, 破茬效果和清茬效果均较好; 当破茬刀走在玉米根茬两侧较近时, 破茬刀只能将根茬的侧根切开, 由水平圆盘清垄装置将其清到垄沟中, 种行上无根茬残留。

5.4 样机改进

为了研究圆盘滚动式犁刀破茬效果及水平圆盘清垄的效果。我们先后在 2006 年 5-6 月进行了两次实验。

第一次试验在原垄免耕, 高留茬 30cm, 覆盖率大于 30% (植被量 $0.8\text{kg}/\text{m}^2$ 以上) 条件下进行的。在机器常速行驶时, 观测机器, 尤其是破茬器、水平圆盘清垄器等土壤工作部件是否挂草, 拥堵, 拖堆等现象。经试验发现在水平圆盘与罩盖及围栏之间存在堵塞拖堆现象, 严重影响了播种质量。后经过对清垄器的机构进行了改进, 将罩盖改成了套筒并在围栏与套筒之间加设了刮土板。改进后进行了第二次试验。在相同条件下没有再出现挂草拖堆现象, 很好地解决了堵塞问题。水平圆盘清茬器的改进情况如图 5-9、图 5-10 所示。



图 5-9 改进前的清垄器
Fig.5.9 Ridge cleaner without improvement



图 5-10 改进后的清垄器
Fig.5.10 Ridge cleaner improved

5.5 本章小结

根据本课题提出的前破茬后水平圆盘清垄的新工作原理及破茬装置田间试验研究的结果,设计出了用于配套小型拖拉机的新型垄作免耕通用机。具体研究结论如下:

(1) 设计了通用机架能够安装单体播种机,使其正常工作并能与测力框架相连,测出在田间工作的水平阻力。

(2) 对机器的主要工作参数进行了确定和分析,并提出了选择依据,有利于整机的参数优化。

(3) 破茬刀与水平圆盘清茬器通过 U 型卡子与通用机架相连接,实现行距可调且调整方便,可满足不同行距的需要。

(4) 在试验中光面圆盘犁刀需要配重为 155kg,阻力最大为 1470N 的力,平均为 926N,阻力最小,因为刃只有 2mm 厚,所以动土量少。

(5) 本设计采用与传统形式不同的滚动限深圆盘犁刀破茬部件,在竖直方向上破开残茬,对种行上的玉米根茬具有良好的破茬和清茬作用,平均切茬率达 92.4%,跟茬清除率为 93%,在走直情况下种行上基本无玉米根茬,因此本机能为种子生长创造良好的种床土壤环境,有利于种子发芽与生长。试验表明本研究提出的前圆盘犁刀破茬后水平圆盘清垄的新原理是可行的,根据此原理设计的根茬处理装置结构合理工作可靠具有创新性。

第六章 破茬清垄装置的虚拟设计与仿真

虚拟样机技术是近些年在产品开发的 CAX 如 CAD、CAE、CAM 等技术和 DFX 如 DFA (Design For Assembly, 面向装配的设计)、DFM (Design For Manufacture, 面向制造的设计) 等技术基础上发展起来的, 它进一步融合了现代信息技术、先进仿真技术和先进制造技术, 将这些技术应用于复杂系统全生命周期和全系统并对它们进行综合管理, 从系统的层面来分析复杂系统, 支持由上至下的复杂系统开发模式, 是通过构造一个数字化的样机来完成物理样机的功能, 它能根据实际运动系统建造仿真虚拟样机, 在物理样机建造之前分析出系统的工作性能, 利用虚拟样机代替物理样机对产品进行创新设计测试和评估, 以缩短产品开发周期, 降低产品开发成本, 改进产品设计质量, 提高面向客户与市场需求的能力。

目前, 应用 CAD 软件和美国 MDI 公司的动力学仿真软件 ADAMS 联合进行复杂机械系统的运动学和动力学仿真研究是一种较实用、较流行的仿真方案。由于本文所研究的破茬清垄机械较复杂, 在 ADAMS 软件中建立三维模型并进行装配较困难, 根据美国 PTC 公司 Pro/E 软件的特点, 决定采用 Pro/E 软件进行破茬清垄装置的实体建模和虚拟装配, 并进行干涉检验, 再将装配模型导入到 ADAMS/view 中, 进行破茬清垄装置运动仿真分析并对破茬清垄装置的后翼开合角度进行虚拟设计。

6.1 破茬清垄装置模型在 PRO/E 软件中的建立

Pro/E 软件是美国 PTC 公司 1989 年推出来的优秀三维 CAD/CAM/CAE 集成软件, PTC 公司突破 CAD/CAM/CAE 的传统观念, 提出了参数化、特征建模和全相关单一数据库的 CAD 设计新思想。下面是破茬清垄装置在 PRO/E 软件中建模和装配的基本操作:

(1) 破茬、清垄装置实体建模的基本操作

1) 标准几何形体如长方体、圆柱体等, 通过长方形、圆的拉伸得到。

2) 简单几何形体在二维线框

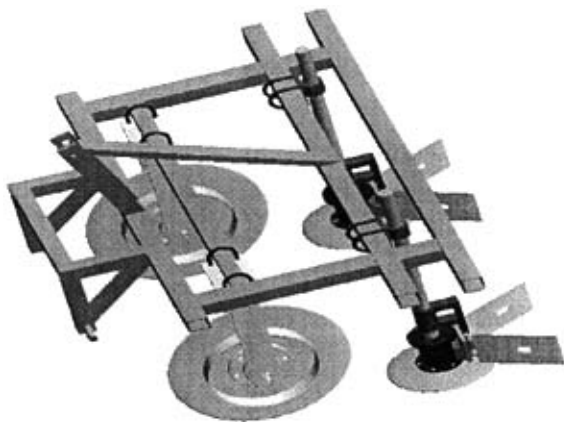


图 6-1 破茬清垄装置在 PRO/E 软件中的 3D 模型
Fig.6.1 3D model of ridge cleaning ans ridge cleaning
equipment in PRO/E

的基础上通过拉伸、旋转、扫描等操作形成三维几何形体。

3) 复杂几何形体由简单几何体通过长凸台、切除、镜像等操作得到三维几何形体。

(2) 零件虚拟装配的基本操作

1) 虚拟装配一般有两种方式：自顶向下(Top -Down)和自底向上(Down to Top)的设计方式。在装配过程中应用了匹配、对齐等约束和元件的复制和阵列等操作。

2) 利用 Pro/E 软件自带的检查功能, 分析装配体中各零部件之间是否存在动、静态干涉现象, 避免隐藏的装配冲突性失误。利用 Pro/E 软件建立的装配体模型如图 6-1 所示。

6.2 运用 ADAMS 软件进行破茬清垄装置仿真分析

ADAMS/view (Automation Dynamic Analysis of Mechanical System) 是目前应用较为广泛的机械系统动力学分析软件, 可以利用其交互式图形环境和零件、约束、力库建立机械系统三维参数化模型, 进行虚拟样机的设计和分析。ADAMS/view 是 ADAMS 系列产品的核心模块之一, 使用以用户为中心的交互式图形环境, 该模块将图标操作、菜单操作、鼠标点取操作与交互式图形建模、仿真计算、动画显示、曲线图处理完美集成在一起, 但对复杂模型的建立较困难, 因此, 本文首先使用 PRO/E 软件建立破茬清垄装置的整机模型, 再通过数据转换把 PRO/E 模型导入到 ADAMS/view 中, 在转换过程中可能会丢失倒圆等曲面特征, 但由于破茬清垄装置的零件较少含有曲面特征, 不会影响仿真分析。其具体转换方法为: 把破茬清垄装置的 PRO/E 模型保存为 IGES 形式, 再用 SOLIDWORKS 软件打开 IGES 模型, (SOLIDWORKS 软件与 ADAMS/view 的转换较简便, 而且数据丢失较少) 在 SOLIDWORKS 中保存模型为 parasolid 形式, 修改保存的 parasolid 形式文件名为以 xmt.txt 为后缀的文件, 最后在 ADAMS/view 中 Import 进这个文件即可。

在整机模型导入到 ADAMS/view 中后, 破茬清垄装置的零件没有质量特性, 故必须先设置零件的密度, 选择合适的零件材料, ADAMS/view 自动计算出零件的转动惯量。然后对重力选项和单位选项进行设置, 本文中重力方向为大地坐标系 z 轴的正向, 长度、质量、力、时间和角度的单位分别为米 (m)、千克 (kg)、牛顿 (N)、秒 (s) 和弧度 (rad)。

由于本次研究中要利用虚拟样机技术模拟出破茬清垄装置的清茬过程, 所以在进行破茬清垄装置的仿真分析前必须先建立垄形和残茬这些外界条件。本文选择在 ADAMS 中建立垄形的模型, 取其参数分别为: 垄顶宽=0.24m, 垄底宽=0.45m, 垄高=0.18m, 垄距=0.6m, 垄长=10m。田间地垄土壤的密度大概在 $1280\sim1350\text{kg/m}^3$ (黄昌勇, 2000),

考虑到土壤大概含 15% 的水分，通过计算得土壤的真实密度大概在 $1650\sim 1750\text{kg/m}^3$ ，本文设置土壤的密度为 1650kg/m^3 。在 ADAMS 中建立残茬的模型时，取其参数为：茬高 200mm，茬直径 30mm，平均茬间距 300mm，茬的密度 $=272\text{kg/m}^3$ 。

图 6-2 为 ADAMS 中的破茬清垄装置全部仿真模型，对模型施加约束和驱动，即可实现破茬清垄装置清茬的运动仿真。通过观察仿真动画，可以直观地看到残茬的运动轨迹，看到水平圆盘和后翼的清茬过程，本图为了方便观看设置地垄模型为半透明状态。

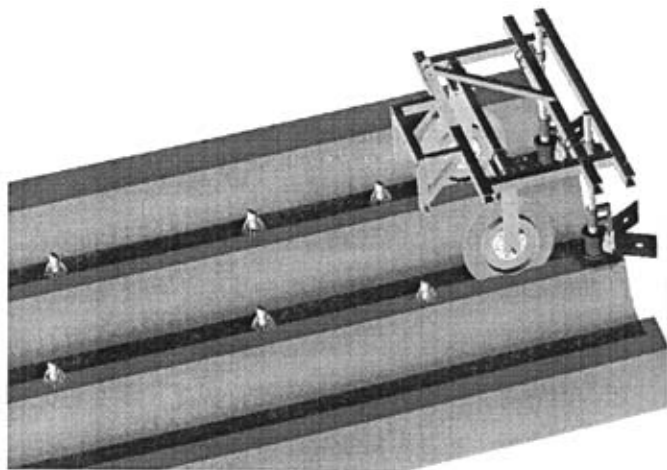


图 6-2 破茬清垄装置在 ADAMS 中的仿真模型
Fig.6.2 The simulation model of residue cutting and ridge cleaning in ADAMS

ADAMS 软件提供了丰富的约束库，可以方便的实现约束的施加。在地垄与大地之间安装固定副，把垄形模型牢牢地与大地固定；在机架与地垄之间施加移动副，使破茬清垄装置可以沿地垄 y 轴正向移动；在圆盘

犁刀与连接轴之间施加铰接副，使圆盘犁刀绕 x 轴转动；在水平圆盘与圆盘轴之间施加铰接副，使水平圆盘绕圆盘轴 z 轴转动；破茬清垄机其余零件只需和机架固定，所以施

加固定副分别在其他各个刚体相互作用的固接点处。最后对模型的自由度进行验

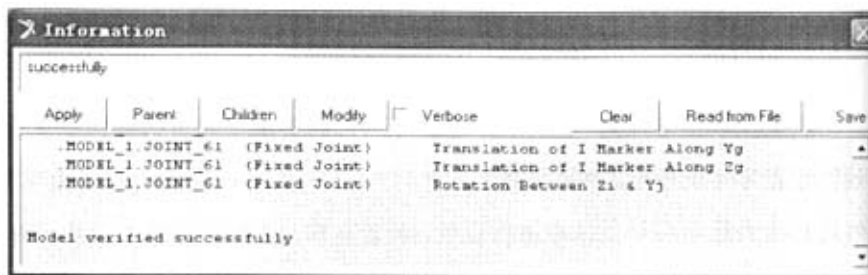


图 6-3 验证对话框
Fig.6.3 Validating dialog box

证，如果存在冗余自由度，说明某些铰接处的自由度被重复限制，需要重新修正。本模型自由度验证结果如图 6-3 所示，没有冗余自由度。

ADAMS 软件同时也提供了丰富的载荷和驱动库，在本研究中施加移动驱动机架与

地垄连接的移动副，通过前面的计算得到破茬清垄装置的速度 $V = 1.153 \text{ m/s}$ ；施加残茬与地垄的接触力，残茬与水平圆盘，端盖，后翼的接触力，定义残茬与地垄间的摩擦力，使残茬在被后翼推到垄沟中之后由于摩擦力作用停止运动，取摩擦系数最小分别为：静摩擦系数 (static coefficient) $= 0.25$ ，动摩擦系数 (dynamic coefficient) $= 0.18$ ；施加水平圆盘和圆盘犁刀与地垄间的接触力，并定义摩擦力使水平圆盘和圆盘犁刀通过与地垄的摩擦进行转动运动，与田间的工作情况基本一致。图 6-4 和图 6-5 分别为破茬清垄装置仿真过程测得的圆盘犁刀和水平圆盘角速度图，与实验结果一致，破茬清垄装置的虚拟样机实现。

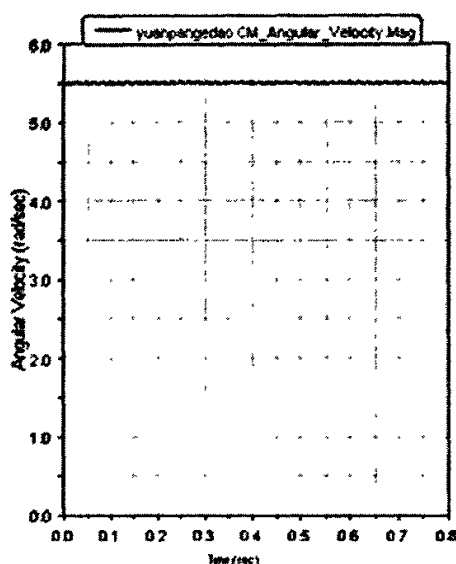


图 6-4 圆盘犁刀的角速度
Fig.6.4 Angular velocity of disc coulters

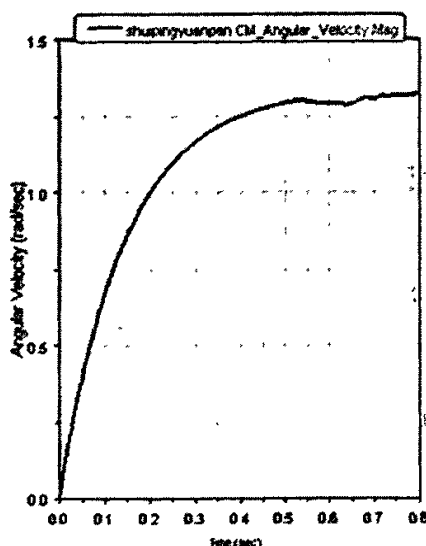


图 6-5 水平圆盘的角速度
Fig.6.5 Angular velocity of level disc coulters

6.3 破茬清垄装置后翼开合角度的虚拟设计

破茬清垄装置在工作时，残茬经常会落到临近地垄上，而不一定会落进垄沟之中，这就需要对影响残茬运动轨迹的因素进行分析，优化，最终使残茬可以落入垄沟中。由破茬清垄装置的虚拟样机分析，影响残茬运动轨迹的主要参数是破茬清垄装置的前进速度 v ，水平圆盘的转速 n ，后翼的开合角度 α 。其中转速 n 由破茬清垄装置的前进速度 v 和圆盘与地垄的摩擦系数决定，所以只须考虑破茬清垄装置的前进速度 v 和后翼的开合角度 α 即可。

考虑到计算机硬件的关系，在本次设计中只分析一个水平圆盘的部装部分，其在

ADAMS 中的模型如图 6-6 所示。

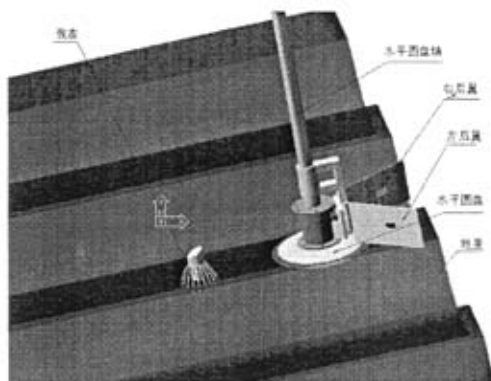


图 6-6 水平圆盘的部装图
Fig.6.6 Diagram of Level disc assemblage

在图 6-6 中，施加圆盘轴与地垄的移动副，设置移动驱动于水平圆盘固定轴，速度与破茬清垄机一致，速度为 1.25m/s，水平圆盘的转速为 1.5 rad/s，利用 ADAMS/view 对后翼开合角度进行设计，本研究以一个残茬为例，主要研究左侧后翼与竖直面的夹角 β 的变化对此残茬的影响，进而通过 $\alpha = 2\beta$ 求得后翼开合角度的范围。首先设置 β 为 5° ，（不考虑 β 为 0° 和

90° 的情况，因为 0° 并未形成夹角，不能对残茬起到阻碍作用；而当 $\beta = 90^\circ$ 时， $\alpha = 180^\circ$ 两个后翼形成一个平面，残茬和土壤无法摆脱后翼，严重影响破茬清垄装置的前进速度）。取 5° 为一个单位步长，取 β 角分别为 $10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ, 75^\circ, 80^\circ, 85^\circ$ 时对水平圆盘进行仿真，利用 ADAMS postprocess 模块观察残茬的运动情况，并记录残茬的位移变化。如图 6-7 所示：

在图 6-7 中

发现残茬大约在 $t = 0.4s$ 以前这一段时间， β 的变化对残茬的位移并未产生影响，通过观看仿真动画发现这段时间残茬还未接触后翼，残茬位移的变化是由于

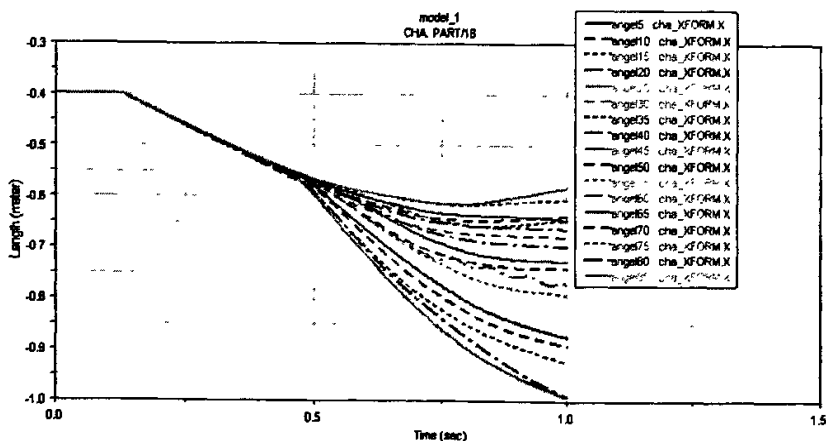


图 6-7 残茬的位移变化曲线图
Fig.6.7 Displacement chart of residue

水平圆盘切到残茬造成的，如图 6-8 所示。当 $t = 0.5s$ 时可以发现位移曲线逐渐发生变化，由图 6-7 观察， β 在 $5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ$ 时，位移曲线变化不明显，通过观看仿真动画发现当 $\beta = 5^\circ - 25^\circ$ 时后翼并未对残茬起到分茬的效果，后翼并没有碰到残茬；当

β 为 30° , 35° , 40° , 45° , 50° , 55° , 60° 时, 位移曲线基本分开, 变化较明显, 位移变化大概在 0.4m 左右, 恰好落在垄沟的中间位置, 效果较好; 当 β 为 65° , 70° , 75° ,

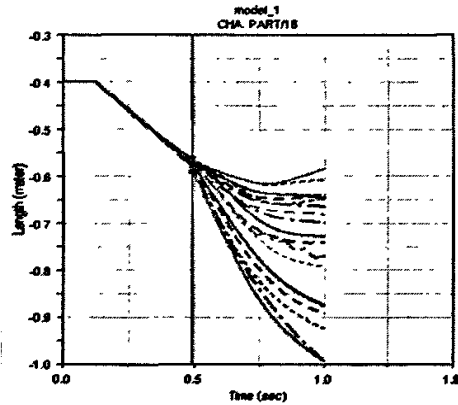
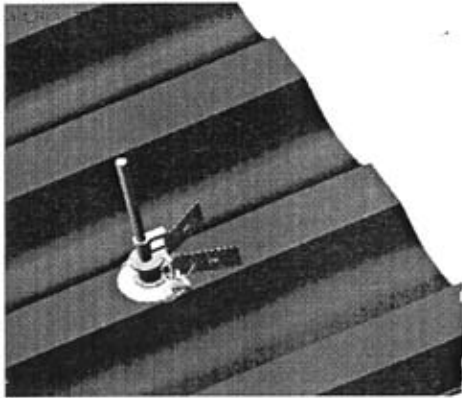


图 6-8 水平圆盘在 0.48 秒时的动画截图
Fig.6.8 Interceptive chart of level disc at 0.48s

80° ,
 85°
时,
曲线
变化
很明
显,
后翼
的分
茬效

果很明显, 但残茬的位移变化大概在 $0.45\sim 0.6\text{m}$ 之间, 位移变化过大, 观察仿真动画发现残茬大部分落在离垄沟中间位置较远的地方或相临的地垄上, 角度不合适。经过以上的分析和观察仿真动画, 最后判断 β 大概在 30° , 35° , 40° , 45° , 50° , 55° , 60° 时为宜, 又由位移曲线图发现 β 越大, 位移的变化越大, 并没有发现使曲线变化剧烈的特殊角度, 所以可以判断在 $\beta = 30^\circ\sim 60^\circ$ 这一范围的角度都适合, 即后翼的开合角度 $\alpha = 2\beta = 60^\circ\sim 120^\circ$ 。

通过
以上的分
析, 去掉位
移变化曲
线图中 β
过小或过
大的位移
曲线, 最终

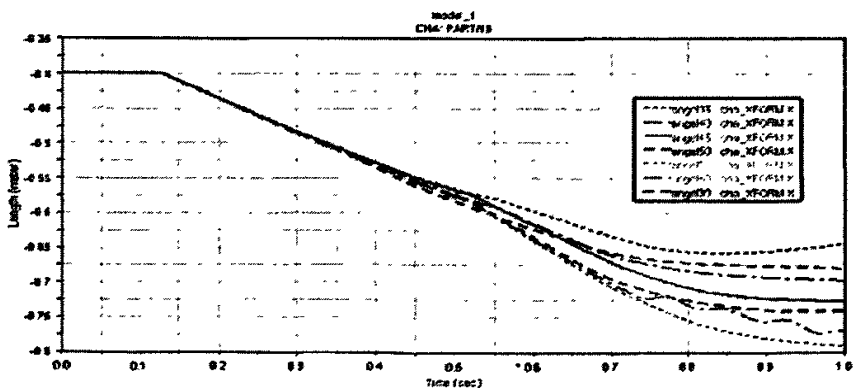


图 6-9 残茬移动轨迹
Fig.6.9 Trajectory of residue motion

得到的残茬位移曲线如图 6-9。综上所述, 当前进速度 $v=1.153\text{m/s}$, 后翼的夹角 $\alpha = 60^\circ\sim 120^\circ$ 范围取值时, 残茬的落地位置较好。

6.4 本章小结

采用 Pro/E 软件进行破茬、清垄装置的实体建模和虚拟装配, 并进行干涉检验, 再将装配模型导入到 ADAMS/view 中, 进行破茬清垄装置运动仿真分析并对破茬清垄装置的后翼开合角度进行虚拟设计。由破茬、清垄装置的虚拟样机分析, 影响残茬运动轨迹的主要参数是破茬清垄装置的前进速度 v , 水平圆盘的摆动速度 u , 后翼的开合角度 α 。通过取 β 角分别为不同值时对水平圆盘进行仿真, 并观察残茬的运动情况。经分析, 当前进速度 $v=1.153\text{ m/s}$, 后翼的夹角 $\alpha=60^\circ-120^\circ$ 范围取值时, 残茬的落地位置较好。为破查清垄装置的设计提供了理论依据。

第七章 结论

1. 主要研究结论

保护性耕作技术既可降低作业成本,又可有效抑制沙尘暴,防止水土流失,保护生态环境,是建设现代农业的重要内容和措施。目前国内还没有适合东北垄作的高效免耕播种机。因此,解决在大覆盖量下的堵塞问题,设计研制节能高效的东北垄作免耕播种机已成为急需解决的关键技术,本文研究具有重要现实意义。

在查阅了大量文献资料并对国内外保护性耕作技术和免耕播种机进行了深入分析的基础上,以实现东北垄作免耕播种对播种机的要求为依据,对辽宁省保护性耕作模式进行了研究,对玉米秸秆根茬的性状进行了研究并作了切割试验,设计研制了室内外3种试验台,并试制了破茬清垄装置为研制适用于东北垄作的高留茬免耕播种通用机提供了技术参数和理论依据。采用计算机模拟技术对旋耕灭茬工艺参数进行了研究。利用虚拟样机技术研究对破茬清垄装置进行理论分析与试验研究。通过试验研究和分析,得出如下结论:

(1)在对辽宁省不同类型地区保护性耕作技术工艺模式进行调查研究的基础上提出基于垄作栽培制度的高留茬秸秆覆盖耕播是辽宁乃至东北地区保护性耕作的主流模式。

(2)由于免耕播种机的主要加工对象是玉米秸秆和根茬,因而对玉米秸秆及根茬的植物学性状和力学特性进行了研究并得出结论,为破茬清垄部件选型提供了理论依据。在切割速度,切刀等条件相同条件下横切玉米茬的根上节部位所需的力最大,试验最大可达1489.6N,劈切残茬所需的力最小,可见劈切最省力,纵切次之,横切最费力。铲式破茬器的工作过程是横切,由试验表明往往残茬未切断而根茬被掀起地面影响播种质量。而滚动圆盘式破茬器的工作过程是先纵切,然后边纵切边劈切,所以滚动圆盘式破茬器更容易破茬,应作为国内免耕播种机技术创新的方向。

(3)影响旋耕灭茬作业的关键参数是机组前进速度、刀辊转速、刀片端点的回转半径和刀片的数量。为了解决“2BISJ-2110型碎茬精量播种机”全幅碎茬动土量大、功耗大的缺点,达到节省材料、降低成本和减少由于土壤搅动量大而造成的水份大量散失的目的,改全幅碎茬为苗带碎茬。利用计算机VB语言根据刀片端点与运动轨迹数学模型编写程序对碎茬参数进行模拟研究。经分析取机组前进速度1.25m/s,刀片回转半径取260mm,刀片取4把。为实现窄带浅旋处理根茬,单垄耕幅宽为100-110mm.并利用Solidwork软件进行旋耕刀, L型碎茬刀, 刀盘刀座, 刀辊轴等的设计与绘制,并提出了2

种可行的刀辊配置方案。该2种方案均能满足不同行距的需要,通过方轴上的行距调节孔或将碎茬刀装在不同的刀座内可在600mm-700mm行距内可调。为设计新型的窄带旋耕灭茬作业机提供了设计依据。

(4)在东北垄作高留茬的条件下,提出了前方用滚动圆盘式犁刀破茬后部采用水平圆盘清垄的新原理。把表层残茬与草籽推入垄沟,既可减少除草剂用量,又可为播种创造清洁的种床,有利于提高地温促进作物发芽生长,并根据此原理研制了垄作玉米破茬清垄装置。经室内土槽试验以及田间试验证明,垄作玉米破茬清垄原理新颖,根茬处理装置结构新颖工作可靠,特别是水平圆盘清垄装置的新颖结构与独特的清垄原理均为国内首创。

(5)为了对垄作玉米破茬清垄装置进行优化,研制了室内外3种试验装置:

田间试验装置:用于确定破茬所需机器配重,设计免耕播种机向下加载力。首次提出东北垄作玉米破茬配重为174kg;用于确定缺口圆盘刀切碎根上节所需拉力254-269N。

(6)通过对根茬处理装置破茬质量的试验测定结果表明,3种滚动圆盘刀处理种行玉米根茬时,光面圆盘比波纹盘和涡轮盘的破茬效果都要好,但开沟较小。前进速度和破茬刀的直径对破茬质量影响较大,随着速度的提高和圆盘直径的增大,破茬质量明显提高。但受整机的结构限制破茬圆盘犁刀也不宜太大;刀刃厚度对破茬质量也有较大影响,随着刀刃厚度的减小,破茬效果明显提高,但是由于刀刃厚度太小,磨损较快,因而也不宜太小。配装水平圆盘清茬器,由于围栏两翼可根据需要自由调节清茬效果明显。另外,水平圆盘清茬刀有自磨锋的优点且水平清垄圆盘四周的刃口磨削均匀。

(7)在理论分析和试验研究的基础上将普通播种机单体与新型垄作玉米免耕播种破茬清垄装置结合起来构成了新型垄作高留茬玉米免耕播种通用机,并在沈阳农业大学试验地进行了播种试验,试验中它受到的双垄最大的牵引阻力是2257N的力,平均为2105N左右,所需要配重为155kg。试验结果表明:该机对种行上的玉米根茬清除率达93%以上,种床基本无玉米根茬,破茬能力强、清茬效果较好,动土量少,表土破土量约占20%-25%。具有进一步开发研究的价值。

(8)采用 Pro/E 软件进行破茬、清茬装置的实体建模和虚拟装配,并进行干涉检验,再将装配模型导入到 ADAMS/view 中,进行破茬清垄装置运动仿真分析并对破茬清垄装置的后翼开合角度进行虚拟设计。由破茬、清垄装置的虚拟样机分析,影响残茬运动轨迹的主要参数是破茬清茬装置的前进速度 v , 水平圆盘的摆动速度 u , 后翼的开合角

度 α 。其中摆动速度 u 由破茬清垄装置的前进速度 v 和圆盘与地垄的摩擦系数决定,所以只须考虑破茬清垄机的前进速度 v 和后翼的开合角度 α 即可。取 β 角分别为不同值时对水平圆盘进行仿真,利用ADAMS/postprocess模块观察残茬的运动情况,并记录残茬的位移变化。经分析,当前进速度 $v=1.153\text{m/s}$,后翼的夹角 $\alpha=60^\circ-120^\circ$ 范围取值时,残茬的落地位置较好。

2. 创新内容

(1) 进行了玉米秸秆性状和根茬切断试验研究

首次试验研究了玉米根茬切割特性及破茬机理。为免耕播种机破碎玉米根茬部件的设计和理论研究提供了依据。

(2) 首次提出了东北垄作玉米高留茬前方用滚动圆盘式犁刀破茬后部采用水平圆盘清垄原理。将破茬与清垄有机结合,只对种行上玉米根茬进行小范围破茬清垄处理,确保种行上基本无玉米根茬,创造出良好的种床条件,不但可以减少除草剂的用量,而且有利于提高地温促进作物发芽生长。从而既保证了少动土又降低了功耗,实现破茬、清茬、播种、施肥等作业一次完成。

(3) 研制开发了新型垄作玉米免耕播种破茬清垄装置

根据破茬、清垄原理研制出了新型垄作玉米免耕播种破茬清垄装置并加装了普通播种机构成了新型垄作高留茬玉米免耕播种通用机,并在沈阳农业大学试验地进行了播种试验,试验结果表明机具结构新颖具有创新性,属于国内首例。

(4) 设计与研制了3种试验装置,结构简单,实用可靠,能够达到预期的功能要求,能够作为3种滚动圆盘式部件的试验装备。本试验装置的研制与有关滚动圆盘式破茬试验数据在国内属于首次报道。

3. 存在的问题

(1) 所设计的样机经过田间试验,发现整机结构设计上不够紧凑。

(2) 尽管对限深圆盘破茬刀特别是水平圆盘清垄装置的结构参数进行了较深入的研究但由于时间有限,对秸秆残茬在清垄装置的作用下的运动规律研究不够。

4. 建议

为使新型垄作高留茬玉米免耕播种通用机得到进一步完善,早日应用于实际生产中,将来还需进行以下几个方面的研究:

(1) 选配单体播种机,研究根茬处理装置及通用机架与播种机的最佳组合。

(2) 进一步改进破茬、清垄部件的结构参数。对秸秆残茬在清垄装置作用下的运动

规律进行深入研究。

(3)解决东北垄作免耕播种问题，推动秸秆综合利用和保护性耕作技术在东北地区的推广。

参考文献

- 1.北京农业工程大学. 1991. 农业机械学(上册)[M].北京: 农业出版社: 102-103.
- 2.陈君达,李洪文,王兴文. 1993. 旱地农业保护性耕作体系与免耕播种技术.北京农业大学学报.
- 3.陈君达,李洪文,高焕文. 1994. 玉米免耕整秆覆盖播种机的防堵装置.. 北京农业工程学报.
- 4.陈君达,李洪文. 1988. 旱地玉米保护性耕作机具与作业工艺的组合研究. 农业工程学报. 14 (3): 129-134.
- 5.成大先. 1993. 机械设计手册(第三版). 北京: 化学工业出版社.
- 6.崔登博,邓福森,王立群. 1994. 《单粒(精密)播种机试验方法》有关概念的探讨. 农业机械学报. 25 (1): 86-90.
- 7.陈君达,李洪文. 1998. 旱地玉米保护性耕作机具与作业工艺的组合研究. 农业工程学报. 14 (3): 129-133.
- 8.陈丽荣,姜岩,弓晓杰. 1999.作物根茬对土壤肥沃状况的影响.吉林农业科学. (6): 38-40.
- 9.陈丽荣,姜亦梅,牟金明,姜岩. 1998.作物根茬对土壤腐殖质结合形态的影响.吉林农业大学学报. 20 (1) 55-58.
- 10.陈丽荣,弓晓杰,江源,姜岩. 1999.作物根茬在不同分解时期对土壤有效微量元素的影响. 吉林农业大学学报. 21 (2) 47-49.
- 11.从维军. 1993. 1G-4 型灭茬机的试验研究. 农牧与食品机械. (3): 16-17.
- 12.丁为民,彭嵩植. 宽型旋耕弯刀的设计研究. 农业机械学报. 28(3): 144-148.
- 13.杜冰,陈佩芳. 1995. 旱地小麦免耕施肥播种机的研究. 北京农业大学学报.
- 14.丁声俊. 1998. 玉米产销格局和我国玉米产销对策. 世界农业. 229 (5): 3-5.
- 15.丁为民,徐志刚,汪小函. 2002. 斜置旋耕刀滑切角及其方程. 农业工程学报. 18 (3): 49-53.
- 16.E.B. 罗伯特等著,余汉章译. 1985. 玉米地传统耕作和保护性耕作的多年平均流失量, 中国水土保持. (7): 55-61.
- 17.封俊,梁素钰,曾爱军,宋卫堂等. 2000. 新型组合吸孔式小麦精密排种器运动学和动力学特性的研究. 农业工程学报. 16 (1): 63-66.
- 18.高焕文. 2004. 保护性耕作技术与机具. 北京: 化学工业出版社.
- 19.耿亚飞,刘保军,魏新春. 旋耕机的发展现状及前景展望. 农业机械. 9: 28-29.
- 20.高克昌. 1992. 旱地玉米(高粱)整秆覆盖免耕试验. 山西农业科学. (12): 4-6.
- 21.郭云岭,齐新编. 1999. 新型玉米免耕播种机的试验研究. 农业工程学报.
- 22.高诸科,刘浩. 1990. 苏联旱地地区的土壤耕作与机具的概况. 抗旱农业研究.
- 23.高锐. 1993. 精密播种机土壤工作部件的振动控制研究. 农业工程学报. 9 (3): 60-65.
- 24.郭建辉,梅成建. 1987. 对美国农业保护性耕作的考察及思考. 国外农机. (7): 31-33.
- 25.郭云岭,齐新. 1999. 新型玉米免耕播种机的试验研究. 农业工程学报. 15 (1): 73-76.

- 26.高焕文等.2003.中国特色保护性耕作技术.农业工程学报.19(3):1-4.
- 27.国家标准《谷物条播机试验方法》(GB9478-88).国家机械工业委员会1988-05-13批准.
- 28.高祥照,马文奇,马常宝,张福锁,王运华.2002.中R作物秸秆资源利用现状分析.华中农业大学学报.21(3):242-247.
- 29.胡少兴,马旭,马成林,赵延波.根茬粉碎还田机除茬刀滚功耗模型的建立.农业机械学报.31(3):35-38.
- 30.郝心亮.2001.复合充种式排种器的研究.农业工程学报.17(4):62-65.
- 31.何月娥,杨孝文等.1986.农机试验设计.北京:机械工业出版社.
- 32.贺俊林,裘祖荣.2001.新型气压式精密排种器的试验研究.农业工程学报.17(2):80-83.
- 33.韩鲁佳,闻巧娟,刘向阳,胡金有.2002.中国农作物秸秆资源及其利用现状.农业工程学报.18(3):87-91.
- 34.何月娥等编.1986.农机试验设计.北京:机械工业出版社.
- 35.黄昌勇.2000.土壤学.北京:农业出版社:67.
- 36.蒋金琳,龚丽农,王明福.免耕播种机单体工作性能试验研究.农业工程学报.16(5):64-66.
- 37.贾洪雷,陈忠亮,刘昭辰,孙玉晶,王长生.耕整联合作业工艺及配套机具的研究.农业机械学报.32(5):40-43.
- 38.贾洪雷,陈忠亮.1998.新型旋耕碎茬通用机的研究与设计.农业机械学报.29(增):26-30.
- 39.蒋金琳.1998.免耕播种机土壤工作部件的设计计算.莱阳农学院学报.
- 40.贾延明等.2002.保护性耕作适应性试验及关键技术研究.农业工程学报.18(1):78-81.
- 41.蒋金琳.2004.玉米免耕播种机切茬挖茬装置研究.中国农业大学博士学位论文.
- 42.孔令德,桑正中.斜置旋耕刀的研制.农业机械学报.31(6):46-48.
- 43.李宝筏,刘安东,包文育,杨文革,吴仕宏,吕长义.2005.适用于我国东北地区的垄作耕播机.农业机械.2005,11:100-102.
- 44.李宝筏,刘安东,包文育,杨文革,吴仕宏,吕长义.2006.东北垄作滚动圆盘式耕播机.农业机械学报.37(5):57-59.
- 45.李宝筏,任文涛,邱立春,郭维东,张树斌.1999.土壤-耕作机具系统研究的若干进展.中国农业机械学会地面机器系统分会地面机器系统研究的回顾与展望研讨会论文.
- 46.李宝筏,杨文革,王勇,邱立春,吴仕宏,王瑞丽,林静.2004.面向东北地区保护性耕作研究进展与建议.农机化研究.1:9-13.
- 47.李宝筏,吴仕宏,包文育.2004.东北垄作高留茬耕播机滚动式圆盘破茬刀试验研究.[C]中国科学技术协会沈阳市人民政府,科学,创新,振兴(B)卷:中国科协振兴东北地区等老工业基地专家论坛暨沈阳首届科学学术年会论文选,沈阳出版社.
- 48.李宝筏.1999.辽宁省机械化旱作节水农业耕作模式研究与建议.辽宁参事.

- 49.李宝筏. 1984. 耕作与节能. 中国农业工程研究设计院. 农业工程译丛(第四辑).
- 50.李洪文, 陈君达, 邓健, 赵卫. 东 2000. 旱地玉米机械化保护性耕作技术及机具研究. 中国农业大学学报.
- 51.刘兴加. 1982. 播种机械. 北京: 农业出版社.
- 52.吕国英, 梁其浚. 1981. 试论我国机械化少耕法及其发展前景. 农业机械学报. 12 (4): 108-115.
- 53.李洪文等. 2000. 旱地玉米机械化保护性耕作技术及机具研究. 中国农业大学学报. 5 (4): 68-72.
- 54.李洪文. 1995. 北方旱地农业保护性耕作的土壤水分模型及相关机械技术的研究. 北京农业工程大学博士学位论文.
- 55.栾玉振, 田宏伟等. 1991. 关于玉米秸秆和根茬还田机的性能和配套模式的探讨. 吉林农业大学学报. 13 (3), 65-68.
- 56.路明. 2001. 现代生态农业. 北京: 中国农业出版社.
- 57.罗红旗, 高焕文. 2005. 玉米垄作免耕播种机试验研究. 中国农业工程学会 2005 年学术年会论文集. 152-155.
- 58.廖庆喜. 2003. 免耕播种机防堵与排种装置试验研究. 中国农业大学博士学位论文.
- 59.李郁仁. 2005. 秸秆粉碎覆盖免耕施肥播种机的研究与设计. 中国农业工程学会 2005 年学术年会论文集. 156-159.
- 60.马成林. 1999. 精密播种理论. 吉林科学技术出版社.
- 61.毛罕平, 陈翠英. 1996. 秸秆粉碎掩埋复式作业机的试验研究. 农业机械学报. 27(3):42-45.
- 62.毛罕平, 陈翠英. 1996. 秸秆还田机研制现状. 农业机械学报. 27(2): 152-154.
- 63.牟金明, 姜亦梅, 王明晖, 姜岩. 1999. 玉米根茬还田对玉米根系垂直分布的影响. 吉林农业科学. 24 (2): 25-27.
- 64.南京农业大学. 1988. 田间试验和统计方法. 北京: 农业出版社.
- 65.山西省农业科学院旱作农业耕作栽培体系及增产机理课题组. 1991. 旱地玉米(高粱)少免耕整秸秆半覆盖节水增产技术. 山西农业科学, (4): 1-4.
- 66.桑正中. 1981. 农业机械学. 北京: 机械工业出版社.
- 67.施森宝, 胡鸿烈, 丁加明. 1990. 秸秆覆盖免耕法. 农业工程学报.
- 68.施森宝, 胡鸿烈, 丁加明, 朱朝红. 1989. 国产免耕播种机研制与试验. 北京农业大学学报. 15 (3): 273-279.
- 69.邵将, 李世国. 2004. Pro / E 与 ANSYS 的连接方法和应用实例. 机械设计. 21.
- 70.宋日, 吴春胜, 牟金明, 等. 2002. 玉米根茬留田对土壤微生物量碳和酶活性. 动态变化特征的影响. 应用生态学报. 13 (3):303-306.
- 71.谭伯勋. 1988. 干旱地区土壤的灌溉与保墒. 农业出版社.
- 72.陶勤南. 1998. 回归分析与回归设计. 北京农业科学. 25-45.

73. 吴子岳, 高焕文, 陈君达. 秸秆切碎灭茬机的模型研究与参数优化. 农业机械学报. 32(5): 44-46.
74. 吴子岳, 高焕文, 张晋国. 2001. 玉米秸秆切断速度和切断功耗的试验研究. 农业机械学报. 32(2): 38-41.
75. 吴子岳, 高焕文. 2000. 根茬处理技术的现状与发展. 中国农业大学学报. 5(4): 46-49.
76. 徐汉卿. 1994. 植物学. 北京农业大学出版社.
77. 夏建满. 2002. 倾斜圆盘勺式玉米排种器的试验研究. 沈阳农业大学硕士学位论文.
78. 薛飞, 曹雨, 武巍. 2000. 玉米精密播种的实践. 玉米科学. 8(2): 61-62.
79. 薛惠岚, 薛少平, 杨青, 姚万生, 雷树武. 200. 3 秸秆粉碎理盖与施肥播种联合作业的实现及机具设计. 农业工程学报. 19(3): 104-107.
80. 肖丽, 樊健柱, 王建群. 1996F. MH-150 型玉米秸秆粉碎切茬旋耕联合作业机简介. 现代化农业 4: 29-30.
81. 约翰·莫瑞森, 瑞查德·阿兰等, 陈君达译. 如何选择免耕覆盖播种机. 农业机械. 5: 26-29.
82. 杨文革. 2003. 国外保护性耕作设备. 农业机械化与电气化.
83. 晏国生等. 1998. 计算机在农机化管理中的应用. 北京: 清华大学出版社.
84. 叶佳. 1999. 中文 Visual Basic 6.0 编程实用教程. 北京: 中国水利水电出版社.
85. 于海业. 1998. 精密播种机的研究与开发. 吉林工业大学博士后研究工作报告.
86. 于建群. 1998. 直插式玉米精密播种机及其关键部件的理论研究与产品开发. 吉林工业大学博士学位论文.
87. 杨悦乾, 纪文义等. 2005. 2BM-2 免耕播种机的设计及试验研究. 中国农业工程学会 2005 年学术年会论文集: 174-177.
88. 阎文圣, 陈颖. 2003. 对玉米秸秆综合利用的探讨中国农机化(3)12-14.
89. 于丽娟, 高焕文. 1994. 旱地小麦免耕开沟器的研制. 北京农业学报.
90. 周宏明, 薛伟, 桑正中. 旋耕机总体参数的优化设计模型. 农业机械学报. 32(5): 37-43.
91. 赵启新. 2000. 2BGM-3 型覆盖免耕播种机的研究和试验. 农业机械学报.
92. 周日华. 2003. 2002 年秋季带状耕作与施肥技术. 研究农业机械化与电气化 (9): 58-60.
93. 张晋国. 2001. 带状粉碎免耕播种机的试验研究. 中国农业大学博士学位论文.
94. 张波屏. 1997. 现代种植机械工程. 北京: 机械工业出版社.
95. 张波屏编译. 1982. 播种机械设计原理. 北京: 机械工业出版社.
96. 张德文, 李林, 王惠民. 1982. 精密播种机械. 北京: 农业出版社.
97. 张守勤, 胡树荣, 马成林. 1984. 精密播种单体的动力学分析. 农业机械学报. 15(4): 26-33.
98. 张雯, 侯立白, 张斌等. 2005. 辽西地区垄作和平作保护性耕作方式比较研究. 中国农学通报. 21(7): 175-181.
99. 张进等. 1998. 小麦、玉米免耕覆盖播种机的试验研究. 山西农机. 9: 14-16.

- 100.郑东旭等. 2003. 玉米整秆覆盖下小麦免耕播种机研究. 河北农业大学学报 26 (增) 71.
- 101.赵秀兰, 许大志, 高云. 1998. 玉米根茬还田对土壤肥力的影响研究简报. 土壤通报. 29 (1): 14-16.
- 102.赵四申, 段汝浩, 宁吉洲等. 2002. 玉米秸秆整株深埋还田技术研究. 农业工程学报. 18 (2): 52-61.
- 103.赵四申, 段汝浩, 宁吉洲等. 2002. 玉米秸秆整株深埋还田技术研究. 农业工程学报. 18 (2): 58-61.
- 104.张西群, 赵四申, 贾素梅, 王秀玉. 2002. 米秸秆机械化还田技术应用效果分析. 农业机械学报. 33(6): 132-134.
- 105.郑东旭, 姜海勇, 李兵, 李洪文, 张晋国. 2003. 玉米整秆覆盖下小麦免耕播种机研究. 河北农业人学学报. 26(增刊): 285-287.
- 106.赵秀兰, 许大志, 高云. 1998. 玉米根茬还田对土壤肥力的影响研究简报. 土壤通报. 29 (1): 14-16.
- 107.曾得超. 1995. 机械土壤动力学[M].北京: 北京科学技术出版社. 576-577.
108. 2003. a no-till Seed Opener CANDAIAN BIOSYSTEMS ENGINEERING Vol.45.
- 109.BAINER R. 1947. Precision planting equipment. Agric. Engng. 28(2): 45-54.
110. BERNACKI H., J. HAMAN and CZ. KANAFOJSKI. 1972. Agricultural machines, Theory and Construction. Vol. 1. Scientific Publication Foreign Cooperation Center of the Central Institute for Scientific, Technical and Economic Information.
111. Baker-CJ, Mai-TV. 1982. Physical effects of direct drilling equipment on undisturbed soils V. Groove compaction and seedling root development. N. Z. J. of Agri. Res., 25, 51-60.
112. CARRY J.W., W.H. HEINEMANN, Jr. 1977. Magnetic seed delivery autodibble planter. U.S. Patent, No. 4061049
113. Chen T P. 1995. Approximation capability in Cn by multilayer feed forward networks and related problems. IEEE transNN. (6): 57-67.
114. Choudhary-MA, Guo Pei Yu, Baker-CJ. 1985, seed placement effects on seedling establishment in direct-drilled fields. Soil & Tillage Research. (6): 79-934
115. D.N. Sharma. and M.L. Jain. 1984. Evaluation of no-tillage and conventional tillage systems, AMA, (3): 65-70.
116. ERBACH D.C., R.M. CRUSE and T.M. CROSBIE. 1986. Maize response to tillage- induced soil conditions. Transactions of the ASAE, 29(3): 690-695.
117. Elbert. Dickey et al. 1996. Ridge Plant Systems: Equipment Published by Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln.
118. FLAKE E. und W. BRINKMANN. 1985. Entwicklung und erfahrungen zum saestempel- ansaatverfahren fuer zuckerrueben. Landtechnik. 38(3): 243-248.
119. FORNSTROM K. and M. MCNAMEE. 1971. Sugarbeet emergence using the "Jafari" Planter. Agricultural Experiment Station, University of Wyoming Research Journal. 40 (1) .
120. FRANK W.F. 1991. Posi-flow planting system. ASAE Paper No. 91-1012, ASAE. St. Joseph, MI 49085.

121. Monsanto 1981 conservation tillage seminar, November
122. M.J.Kirkby & R.P.C.Morgan, 1980. Soil erosion, John Wiley & Sons Ltd.
123. Mark Hanna Jeff Lorimer, 1990. Planters for Ridge-Till Department of Agriculture and Biosystems Engineering Iowa State University.
124. Payton-DM, Hyde-GM, Simpson-JB. 1985. Equipment and methods for no-tillage wheat planting. Transactions of the ASAE. 28(5): 1419-1424, 1429
125. Randal K. Taylor, Hans Kok. 1999. Getting Started with Ridge Tillage Cooperative Extension Service, Kanasa State University.
126. SHAW L.N. and K. H. KROMER. 1987. Revolving spade planter soil opener. ASAE Paper No. 87-1019, St. Joseph, Michigan.
127. WIJEWARDENE E. 1978. System and energy in tropical farming. ASAE Paper No. 78-1511, Winter meeting of the ASAE. Chicago, Illinois, USA.
128. WOMAC A.R. TOMPKINS. 1988. Development of a probe-type fluid fertilizer injector. ASAE Paper No. 88-1589, ASAE. St. Joseph, MI 49085.
129. Wilkins-DE, Muilenburg-GA, Allmaras-RR, Johnson-CE. 1983. Grain-drill opener effects on wheat emergence. Transactions of the ASAE, 26(4), 651~660
130. Yetter, 2004. Maximizing the Benefits of Zone Tillage, Coulter Tillage and Strip Tillage Yetter Manufacturing Company.

致 谢

值此学位论文完成之际，向所有关心和支持我的老师、同学、朋友和家人表示衷心地感谢！

本论文是在导师李宝筏教授的悉心指导下完成的。从论文的开始到完成，每一步都倾注了李老师大量的心血，本人所取得的每一项成绩和进步，都包含有导师的精心培养与言传身教。导师渊博的学识、朴实的为人、严谨的治学态度与奋发向上的进取精神一直是我学习的楷模。在人生的道路上会永远激励我前行，战胜一切困难，不断进步，在此学生表示衷心的感谢！

在整个攻读博士学习期间和论文的研究阶段，得到了沈阳农业大学工程学院的李成华博士、邱立春博士、李永奎博士、任文涛博士、高连兴博士、张祖立教授等各位教授的指导、关怀以及张本华、辛明金、吕长义、姜凤利、农电工厂的各位老师及师弟包文育的热心帮助和支持，在此向他们表示衷心感谢。

另外庆幸的是论文自始至终还得到了外单位很多领导和专家的厚爱和支持。论文中涉及的部分试验是在彰武县完成的，因此得到了彰武县农机局和农业技术推广中心的各位领导和同仁的关怀和帮助，特别是农机局张彬局长。农学院侯立白教授在农艺方面不仅无私地提供技术支持，更是以极大的热忱亲自指导，张雯博士提供了大量农艺技术资料。

同时本人也向给予过我无私帮助的在读研究生以及在课题研究和论文撰写过程中其他帮助过我的同学和师弟、师妹、本科生黎亮、张学华、孙云鹏等，表示由衷的谢意！

最后，特别感谢我的妻子刘环宇女士和我那聪明可爱懂事的女儿，是他们的关爱和支持，使我顺利地完成了学业。

此外，作者在论文的撰写和研究过程中，参考了大量的文献和资料，在此向它们的作者表示衷心的感谢。

吴仕宏

2007,5

攻读博士学位期间的研究成果

一、发表论文

第一作者:

1、2002.入世与我国的农业机械化. 农业工程青年科技论坛论文集, 中国农业科学技术出版社 2002 年: 40-41;

2、免耕播种机的发展现状及前景展望. 中国科协 2003 年学术年会农林水论文精选:547-548;

3、The Present and Future of No-tillage Mulch Planter as One of Conservation Tillage Implements Collection of Extent Abstracts 2004 CIGR International Conference.Beijing.Oct.11-14,2004 China Agricultural Science and Technology Press : IV-15;;

4、玉米免耕破茬室内试验装置的研究设计.农机化研究, 2006 (4): 108-109;

5、东北垄作玉米免耕破茬试验装置的研究.沈阳农业大学学报, 2006 (4): 657-659;

6、彰武地区玉米垄作保护性耕作栽培技术. 中国农学通报 2006 年专刊——农业现代化与新农村建设 2006-22;

7、新型垄作耕播机破茬清垄装置的研究. 农机化研究, 2007 (1): 116-118;

第二作者:

1、东北垄作高留茬耕播机滚动式圆盘破茬刀试验研究. [C]中国科学技术协会沈阳市人民政府, 科学, 创新, 振兴(B)卷: 中国科协振兴东北地区等老工业基地专家论坛暨沈阳首届科学学术年会论文选, 沈阳出版社, 2004.

二、主持和参加的研究项目及成果

1、(2005368) 辽宁省教育厅高等学校科学研究 B 类项目“东北垄作高留茬玉米免耕播种通用机的试验研究”, 主持人;

2、(2004-013)沈阳农业大学青年基金项目: 玉米免耕残茬机械特性与破茬机理的研究, 主持人;

3、农业结构调整重大技术研究项目“漳武沙漠化土地综合治理技术集成与示范”, 第八参加人;

4、(202050771) 辽宁省教育厅高等学校科学研究攻关计划 B 类项目“北方节能型温

室监控系统的研究”，第四参加人；

5、(202053094) 辽宁省教育厅高等学校科学研究攻关计划 A 类项目“GIS 在农电系统中的研究与应用”，第六参加人；

6、(202050775) 辽宁省教育厅高等学校科学研究攻关计划 B 类项目“基于图形化平台的县级供电企业的继电保护管理信息系统的研究”，第三参加人。

三、获奖情况

1、2004 申报的“一种具有破茬与清垄功能的农机装置”已获国家专利：ZL200420108155.9 排名 3；

2、“免耕播种机的发展现状及前景展望”获中国科协 2003 年学术年会农林水优秀论文奖，排名 1；

3、2005.8 保护性耕作机具——免耕播种机的发展现状及趋势 获辽宁省自然科学学术成果二等奖 排名 1。