

Y 774059

分类号：
密 级：

单位代码：10019
学 号：99046

中国农业大学

硕士学位论文

地膜覆盖穴播机的机构和参数设计的研究

Study of Framework and Parameter of Film Mulching Hill-Drop Planter

(本课题研究得到 山东省教委 项目资助)

研 究 生： 王金萍

指 导 教 师： 李洪文教授

合 作 指 导 教 师： 王相友教授

申请学位门类级别： 工学硕士

专 业 名 称： 农业机械化工程

研 究 方 向： 机械化生产技术与装备研究

所 在 学 院： 工学院

2005 年 3 月

摘要

地膜覆盖是在干旱、半干旱地区推广使用的一种现代化种植工艺，适用于小麦、棉花、玉米和花生等农作物，能够达到节水、延长作物的生长期、增产等目的。

本课题研究 2BFXL-1 型覆膜穴播机，目的在于解决农作物地膜覆盖与穴播机械的配套问题，对穴播机构进行深入研究，进一步完善我国的农机具，使之适合不同地区和不同农作物的种植制度。

本文主要从两个方面对覆膜穴播机具进行分析：一是鸭嘴式成穴器的成穴机理；二是外槽轮式排种器的分析。研究鸭嘴式成穴器穴孔的形成过程和运动分析，优化穴播机的技术参数：鸭嘴形状、鸭嘴大小及开启方向、成穴轮半径、入土器高度及机器前进速度等。排种机构采用外槽轮式排种器向成穴器内连续供种，巧妙地利用了轮盘分区分种、由成穴器间歇打开成穴部件成穴投种。

新型的 2BFXL-1 型花生覆膜穴播机，具有结构简单、所需动力小、牵引阻力小等优点，适合与小四轮拖拉机配套。

理论分析和试验结果表明，该机具有良好的铺膜、打穴、播种性能，能显著地提高地表温度，降低地表水的蒸发，基本满足了农作物对农机具的要求。

关键词：地膜覆盖，穴播机，设计

Abstract

Plastic film is a modernization planting technique in droughty and semiarid area, it is adapted to wheat, cootten, corn, peanut and so on. Plastic film can save water, protract crop's vegetal time, increase production.

The test study 2BFXL-1 style of film mulching hill-drop planter, the purpose is to solve the problem between plastic film and hill-drop planter, We study in-depth about hill-drop planter is to perfect mechanization of farming, let it fit for diffent area and diffent crops.

The test mostly analyse the film mulching hill-drop planter from two aspects: One is mechanism of duck-mouth type punching-opener, One is analyse of metering device .The test study the hole's forming and movement of duck-mouth type punching-opener, optimize the technic parameter of hill-drop planter: the duck-mouth figure, size, direction, rotary table radii , puncher length , and marching speed . Seed-metering device continuously supply seeds to hole former , utilize rotary table subareaing and distributing seeds, hole former intermissionly put in seeds .

The new-style 2BFXL-1 having these strongpoints: frame briefness , having little power , little traction resistance,fitting small four tyre tractor.

The theoretical analysis andexperiments shows that this machine have many functions, for example, favourable mulching stiletto and seeding,it can notability increase upper temperature,reduce the uppe water's lapse .It basically suffice crop for farming machine.

Key words: Plastic film mulching, Hill-drop planter, Design

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在指导导师和合作导师的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，也不包含为获得中国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：王金萍

时间：2005年3月21日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解中国农业大学有关保留、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。同意中国农业大学可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

(保密的学位论文在解密后应遵守此协议)

研究生签名：王金萍

时间：2005年3月21日

导师签名：李洪文

时间：2005年3月21日

第一章 绪论

地膜覆盖穴播作业是现代农业生产中发展旱地农业和节水农业的一项非常有前途的技术。由于全球自然环境的恶化和科学技术的进步,导致降水量的逐渐减少和水资源的严重污染,地球上人们可以直接取到的淡水中用于农业生产的越来越少。而地膜覆盖能充分利用土壤深层水,对土壤有明显的增温保墒作用,强化了农作物的生长发育,延长了作物的生育期。地膜覆盖穴播是指在地膜覆盖的土壤上播种时,成穴部件只是在播种位置上将地膜切开,在土壤上形成穴孔,对土壤的扰动较小,有利于土壤的保墒和抗旱播种。因此,地膜覆盖穴播技术对提高农作物产量、搞好旱地农业及盐碱地农作物高产开发有着极为重要的意义^[1]。

我国是一个农业大国,农业在整个国民经济发展中占有十分重要的地位,而我国人均拥有水量 2200 多立方米,是世界上 13 个缺水国家之一。我国现有耕地面积 1.2 亿 hm^2 ,人均耕地占有量 0.08 hm^2 ,仅为世界平均水平的三分之一^[2],人多地少是我国的特点,并且我国许多省区地处干旱半、干旱地区,有相当耕作物处于高寒区,传统的农业种植技术不利于农业的可持续发展。严峻的形势警告我们:农业节水是节水的核心,实现规模化、自动化的农业播种生产势在必行。这就需要我们研制出可以实现铺膜、覆土、打孔、播种以及随后再覆土的一套自动化操作设备。为农业的可持续发展提供可靠的保障。

1.1 课题研究目的和意义

西方国家可耕地资源丰富、气候资源较好,农作物生长环境较好,美国年取水量不足 5000 亿立方米,国民生产总值超过 8 万亿美元左右,而我国年取水量 6000 亿立方米,国民生产总值仅 1 万亿美元左右。可见我国是一个水资源浪费极为严重的国家之一,我国农业用水利用率仅为 40%到 50%^[3]。此外,随着全球自然环境的进一步恶化,科学技术的进步给人们带来诸多好处的同时也带来了危害,影响了我国农业生产,我国 7 大水系重点流域地表水普遍受到污染,达到 I、II 类的水质流域极少。地球上人类可以直接取到的淡水中,用于生活的不足 1/5,而用于农业的至少占到 3/5,在我国农业人口占很大比重,人多地少,土地资源十分匮乏,人均占有可耕地资源不足一亩并且全国受旱面积已由五十年代的 0.1 亿公顷扩大到现在的几亿多公顷。因而就需要解决农业的增温、保墒等方面的问题,搞好旱地农业及盐碱地农作物高产开发,无疑是农作物种植史上的一次理论和实践上的重大突破。

在现代农业生产中,种植工艺不断更新,少耕、免耕、地膜覆盖和秸秆还田等措施正在推广,而地膜覆盖穴播技术是实现旱地农业,大幅度提高农作物产量的有效途径。当前我国灌溉水和降水在内的农田水利用低,灌溉工程不配套,造成水分浪费严重。因此,研究适宜不同地区,不同作物的综合节水农业技术,并将这些技术组装配套,高度集成,推广应用,结合农业机械现代化生产而研制出的地膜覆盖穴播机,对促进我国农业增产方式的转变和农业可持续发展具有重要的意义

随着国民经济的发展,劳动生产力的提高,实现规模化、自动化的农业生产势在必行,只有在总结以往覆膜穴播机经验的基础上进行创新改造,才能解决农机具配套难的问题,使农机

具达到农艺要求。实现农作物的增温、保墒,基本实现农业播种机械化,提高农业生产效率和单位面积的粮食产量,降低工作成本,更有利于农作物生产过程中的田间管理和灌溉,从而从根本上实现增产,特别是实现干旱和半干旱地区粮食作物的增产提供了物质保障。因而解决打穴播种机械具有十分重要的战略意义。

地膜覆盖穴播技术在现代种植业生产中的作用主要表现在以下两个方面:

(1) 社会效益 地膜覆盖穴播技术的使用,使土地的利用率得以提高,一定程度上延缓土地盐碱化、沙漠化的速度,提高了自然降水的利用并充分利用土壤深层水。在一定程度上为改善土壤的结构、成分,土壤的外环境起到积极作用,在旱作农业发展中有着不可替代的作用。传统种植方式,作物对水的利用率只有 30%,其余 70%土壤水分通过蒸发、地下渗漏、地表径流,而覆膜穴播技术可大大的提高农作物对土壤水分有效利用率。经试验每亩地膜成本 35 元,每年少浇 2~3 次水,费用大致与地膜费用相当,经地膜覆盖每茬作物可节水 1500 立方米/公顷,若推广 0.2~0.3 亿公顷,可节省水 300~400 多亿立方米水。

(2) 经济效益 地膜覆盖穴播技术是旱作农业增产增收的主要措施之一,它可以实现铺膜、覆土、打孔、播种以及穴孔或膜上覆土,从而基本实现农业播种机械化,从根本上减轻传统农业生产过程中繁重的劳动强度,提高农业生产效率和单位面积的粮食产量,降低工作成本,达到增产增收。我国北方旱地冬小麦适宜覆膜面积达 0.1 亿公顷,如能推广 0.05 亿公顷,可增产小麦 100 亿公斤。我国北方旱地、盐碱地春播棉花适宜覆膜面积达 0.2 亿公顷,每公顷增产 450 公斤皮棉,就能增产 90 亿公斤。

1.2 覆膜穴播机国内外研究现状

1.2.1 覆膜穴播国内研究现状

1.2.1.1 国内覆膜穴播研究发展现状

地膜覆盖是旱作农业的重要技术,地膜覆盖与机械化播种是一对难以解决的矛盾。近几年我国对地膜覆盖栽培机械化进行了一些研究,取得了一定的进展。

吉林大学农业工程学院已对鸭嘴式打孔播种机、冲孔式打孔播种机、铲式打孔播种机进行理论研究和部件设计,但尚存在问题,致使堵土现象严重,空穴增加,滑移率增加,未能形成产品。

甘肃省农业机械推广站和甘肃省农科院于 1997 年研制成功了陇西“2FBX-A 型小麦覆膜穴播机”,在西北地区有较大的推广应用,取得了较大的经济效益,但由于鸭嘴结构以及开启方式所限,只适用于西北沙质土壤小粒作物覆膜穴播。

山东临沂市农机所及莱阳谭格庄农机厂也对小麦等小粒种子作物的覆膜穴播机械化联合作业进行研究与机械试制,取得了一定经验,但未得到大面积推广应用。1988 年,汪遵元等人发表了“滚轮式膜上打孔精量播种机”一文。1989 年,马旭等人在“地膜覆盖播种机成穴器的研究”一文中,对成穴器鸭嘴的结构参数和工作参数进行了优化,是指在地膜上能够以最小的穿孔在土壤上形成穴孔。

在旱作区,如我国的西北地区,小麦地膜覆盖技术正在推广,在 1997 年淄博市农业科学研

研究所进行了地膜覆盖穴播早期田间试验研究。田间试验研究表明：“小麦地膜覆盖穴播栽培亩增产 120 千克左右，可节水、保墒、增温，增产幅度大，一般在 25~30%，由于小麦地膜覆盖可增加有效积温，故可晚播 10~15 天，也可使我国冬小麦种植区北移。这对于生长期较长的前茬作物的成熟和扩大小麦种植区非常有利”。

然而，地膜覆盖与机械化播种是一对难以解决的矛盾。目前的小麦机械化条播方式，无法实现地膜覆盖。为实现小麦地膜覆盖，就必须进行新的机械化种植工艺和机具的研究。

目前我国对机械化地膜覆盖栽培技术已经进行了不少研究。在机械化种植方面先期主要侧重于覆膜、播种等单功能机械的研究；在生产工艺上，仍沿袭先播种后覆膜的传统，只好在麦芽即将出土时划膜放苗。这种落后的工艺不能实现高生产率，因而难以大面积推广。对于覆膜后播种，已经研制出的机械只适宜于在砂壤土条件下作业。没有研制出可大面积推广的复式作业机具。

1. 2. 1. 2 覆膜穴播存在的问题

目前，国内生产应用的覆膜穴播机不能完全达到覆膜播种质量的农艺要求。主要表现在以下几点：

1、错位：

播入土壤的种子与膜孔错开，从而造成幼苗被压在膜下，必需用人工掏苗，人工抠膜存在以下缺点：（1）人工抠膜放苗易损伤幼苗、顶芽及其真叶，造成缺苗、断垅现象。（2）人工抠膜破膜面积不均匀，不规则过大，水分及热量散失过大，地膜增温，保墒作用降低。（3）播种面积大，来不及放苗出膜，使幼苗过大，易造成地膜烫伤幼苗顶芽及其真叶。（4）人工抠膜、铺膜劳动强度较大。（5）对于播种密度较大作物的地膜覆盖技术，大都采用先播种后人工覆膜，作物出苗后，抠膜难度较大，掌握不好人工抠膜放苗，易造成地膜抠烂、覆盖作用大大降低。

现有的轮式穴播器大都采用滚轮式鸭嘴前开式成穴器，当滚轮在外力作用下，鸭嘴成穴器随滚轮转动，鸭嘴成穴器插入土壤中，随着滚轮转动，鸭嘴的弹簧压板与土壤接触鸭嘴打开，其开启方式为前开式，随后种子排出落入穴孔或膜面。其主要原因：（1）滚轮式鸭嘴穴播器，其运动轨迹为余摆线而产生种穴与膜孔错位；（2）覆膜机在覆膜时将膜拉长，打孔后，膜回缩产生错位。

2、播种的均匀度和整齐度较差

现有的穴播机虽然可调整每公顷的播量，达到不同公顷播粒数的农艺要求，但由于外槽轮排种器排出的种子要在滚轮中重新要分配到各个充种器（鸭嘴）中，这个过程带有很大的随机性，使每穴种子不能均匀分配，有的一穴多达几十粒种子，有的只有二、三粒，甚至出现空穴。

3、播种深度不可调

在干旱和半干旱播种的均匀度和整齐度较差的条件下，冬小麦和春播作物，在播种时由于土壤水分状况、土壤质地、土壤肥力和施肥水平等条件不同，要求有不同的播种深度和不同的穴粒数（小麦）

4、空穴

空穴如同缺苗断垄，必然影响产量，造成空穴的主要原因：（1）目前现有的穴播机对土壤质地、土壤湿度、整地质量要求过高。质地粘重、湿度较大的地块，播种时泥土易堵塞鸭嘴，

造成空穴；(2) 滚筒中二次分种的随机性使充种器内有时分不到种子，造成空穴；(3) 耕作层不疏松，鸭嘴则不能入土张开，种子排不出来，造成空穴；(4) 鸭嘴前开式成穴，鸭嘴内夹进硬土块，分到充种器内的种子散落在地膜上边，造成空穴；(5) 特别是在粘质土壤中，鸭嘴的弹簧压板与土壤接触，表面沾结粘土，鸭嘴刚入土，弹簧压板由于表面沾结粘土高度增加，鸭嘴未达到规定的播种深度，鸭嘴提前打开，甚至，鸭嘴一触地或未触地，鸭嘴就打开，致使种子散落在膜上或膜内地面，造成空穴。

1. 2. 2 覆膜穴播国外研究现状

1961年(国家) Hunt 报道了一种能够在铺膜地面上进行蔬菜精密播种的打穴播种机^[4]。这种“蔬菜播种机”与铺膜机联合作业，可播种南瓜、黄瓜和西瓜等种子。该打穴播种机是由排种器、持种盘和柱塞式成穴器等组成。播种的深度和行内种距可通过改变成穴柱塞的结构尺寸和数目调节。为了克服蔬菜种子出土能力较弱造成的出土困难，Cary 在 1967 年利用销钉在土壤上形成 60mm 深的穴孔，将蔬菜种子投入到穴孔中，并在穴孔上面不实施覆土和镇压，使出苗率得到了提高。

Jafari 和 Fornstrom 在 1969 年研制了一种用于播种甜菜的打穴播种机，这是一种典型的异步打穴播种机，它的成穴器是在由一个在径向装有圆锥形突起的滚轮所组成。滚轮的后部配有排种器。在成穴器打穴的同时，排种器将种子投入到已形成的穴孔中。这种播种机的特点是：成穴器结构简单，但若地面不平或播种机在工作中发生振动，会影响投种的准确性；若土壤水分过高会造成土壤粘结在成穴器的滚轮上，将使成穴器无法正常工作；若土壤水分过低又会使形成的穴孔发生坍塌，造成排种器的种子不能投入到孔穴中而影响到排种的质量。

1973 年，Heinamann 等人研制了“气力打穴播种机”，这种播种机由气动柱塞式成穴器和排种器组成。播种时成穴器柱塞由气力驱动在土壤上打出穴孔，后面的排种器将种子投入到穴孔中。通过调节气动阀的开闭频率可以改变成穴柱塞在土壤上形成穴孔的间距，并通过传动机构控制排种器的排种频率，可在行内改变种距^[5]。

在打穴播种机研制的最初阶段，主要研究的机型是异步打穴播种机。这种播种机在土壤上形成穴孔和投种之间的配合相对较困难。特别是在地面条件较差时，播种机的滑移和振动都会导致排种器排出的种子不能落入成穴器形成的穴孔中。因此，人们逐渐将注意力转移到同步打穴播种机的研制上。

1978 年，Shaw 和 Wijewardene 提出了利用铲斗式成穴机构在土壤上形成穴孔，同时将种子投入到穴孔中。并设计研制了相应的铲斗式打穴播种机，成穴部件径向安装在滚轮上，当机器前进时，铲斗在土壤上形成穴孔并同时打开铲斗的活门使预先输入到铲斗中的种子落入到穴孔中^[6]。Kromer 等人对此进行了改进，并将其用在塑料薄膜覆盖条件下蔬菜和玉米的播种。Wijewardene 在 1978 年研制了一种转动注射式播种机，这是为人工力推动或畜力牵引所设计的小型播种机，用于在铺膜地面或免耕条件下的谷物播种，结构紧凑

1979 年，Wilkins 等人研制了一种磁性打穴播种机，播种时，分种器将用 Fe_3O_4 包衣的种子送入磁化的中空成穴柱塞中，成穴柱塞在滚轮带动下在土壤上形成穴孔的同时，通过机构传动将柱塞内的种子挤压到土壤穴孔中。根据柱塞式同步打穴播种机的工作原理 Flake 等人研制了一

种用于播种包衣甜菜种子的柱塞式精密播种机,这种同步播种机结构紧凑,但成穴部件对土壤状况要求较高^[7]。

为了在免耕条件下播种, Srivastava 等人在 1981 年研制了冲孔式播种机,这种播种机是由气力式排种器首先将种子投入到四棱锥形的成穴部件内,当成穴器滚轮在地面上滚动形成穴孔的同时打开成穴部件活门使种子落入土壤穴孔中^[8]。

1986 年, Hezroni 设计的管式播种机,当播种机在牵引下前进时,排种器将种子送入伸缩套筒下部的成穴机构中,当套筒在偏心轮驱动和机器前进的作用下使得成穴部件以摆线运动方式在地面上形成穴孔时,控制机构打开活门使种子落入到穴孔中^[9]。这种播种机的特点是行内种距理论上可以通过改变偏心轮和排种器的转速在很大范围内调节,但成穴的质量受播种机前进的速度的影响,同时成穴机构对土壤状况要求较高。

1.3 课题研究内容和方法

1.3.1 课题的主要研究内容

(1) 覆膜穴播机参数设计 进行覆膜穴播的理论研究,确定影响穴播质量的各种基本因素,如入土器大小、入土器形状、成穴轮半径及机器滑移率等对膜孔大小的影响,确定穴播轮盘的半径、回转角速度和机器行进速度等参数;确定播种机构采用外槽轮式排种器连续供种、轮盘扇区分种、成穴器间歇成穴投种方案。

(2) 机具设计 根据理论研究和对机具的具体要求,设计并制作工作样机五个,包括成穴器的主要工作部件和排种工作部件。

(3) 田间试验 对样机进行具体试验,在测定的土壤状况下,进行成穴性能试验和播种性能试验,测出每穴的穴粒数、穴距、膜孔实际大小等;对各类种子进行试验。

(4) 数据分析

对试验数据进行具体分析,确定出机器不同行走速度对穴粒数、膜孔大小、形状、滑移率等的影响,确定相应的工作参数,并进行方差计算和回归分析,建立各种参数的数学关系模型。设计出适合不同地区不同农作物覆膜穴播机械,以满足旱作地区节水农业生产要求。

1.3.2 课题采取的研究方法

由于不同的入土器形状、大小以及开启方向,直接决定着对膜孔大小、膜孔形状、空穴率、播种一致性、均匀性等指标的影响,根据不同地区以及不同的农作物要求和农艺要求,设计并制作不同开启方式和不同形状的入土器并逐一进行部件试验和相关理论分析,参数设计,建立相应理论方程(穴孔的曲线方程、孔深方程)及模型。

根据不同作物播种要求,设计一机多用的排种机构,保证排种精度和可靠性。传统方式的排种器多采用二次排种方式,随机性大,难以保证每穴穴粒数,过程为:排种器排种—内侧囊种—向鸭嘴刷种,主要排种器有内侧充种垂直圆盘排种器、内侧充种水平圆盘排种器、内侧囊种排种器、组合式窝眼排种器、轮盘窝眼成穴排种器。在大量的试验基础上,设计和试制出两种分区集种成穴机构——叶轮式分区集种成穴机构、轮盘扇区集种成穴机构。这两种机构试

验效果都很满意。由于轮盘扇区集种成穴机构最简单、可靠、构思巧妙并结合成穴机构设计而成，成为连续供种和分区种成穴排种系统最佳首选。

鉴于现有穴播机存在的难以克服的缺点，为了满足生产上对地膜覆盖迫切需求，我们准备设计出一套新颖的，较为理想的地膜覆盖穴播机构“舵轮式成穴播种器”。该播种器主要采用连续供种、分区种、凸轮双套筒内投种成穴的播种原理。

(1) 舵轮式穴播器排种系统的设计

根据成穴播种要求，必须保证种子按每穴播种粒数准确地投入穴内，投种要均匀、不能产生空穴。排种系统的设计关系着播种机的播种精度。

排种系统与穴播器密不可分。选用外槽轮式排种器向成穴器内连续供种，由舵轮特殊结构实现分区种，成穴器间歇打开，成穴器将种子投入穴内排种系统。

(2) 舵轮式成穴播种器原理

播种机前进，带动大轮盘在地面上作滚动，同时带动排种槽轮排种，种子通过输种管直接进入入土器，入土器进入土壤时，在凸轮的作用下被打开，种子进入穴孔；当入土器出土时，在弹簧的作用下自动关闭。

我国有一半以上耕地受到干旱威胁，涉及近 1100 个县市，旱区人口占全国总人口的 43%。近十多年来，全国每年平均受灾面积约为 0.47 亿 hm^2 ，其中一半以上受旱灾影响，为此粮食减产 300 亿 kg ^[10]。因此旱地节水保墒农具的研究在我国尤为重要。

目前影响旱区农业持续发展的主要问题^[11]：(1) 由于持续干旱少雨，产量低而不稳，造成北方作物产量大幅度减产。其中由于不科学的作物种植方式，使得作物无法保持生长所需要水分，是造成上述减产的主要原因之一。(2) 水土流失、浪费严重，大量水土流失不仅导致土壤贫瘠，逐渐盐碱化，而且蚕蚀耕地，威胁着农业可持续发展。

1. 4 本章小结

(1) 通过了解全球自然环境的恶化和降水量的地区差，对我国人多地少、土壤条件差、农业机械落后和不配套，特别是覆膜穴播农具等存在的问题有了更深刻的认识，我国是一个农业大国，振兴我国农业，发挥农业在国民经济生产中的作用。对我国农业工作者来说是刻不容缓的。

(2) 国外农具的发展较快，但我国的地理环境和气候与国外不尽相同，所以我们要吸取他人之长，在此基础上研究更适合中国农业发展，适合不同地区、不同农作物的配套农具。

(3) 本章简单介绍了本课题覆膜穴播机研究所采用的初步方法，在此基础上使机具的设计和进展逐步得以完善。

第二章 覆膜穴播机参数设计

覆膜穴播作业是一项针对干旱地区节水、保墒、提高作物产量的很有前途的农艺技术，如花生、高粱、玉米等作物传统的种植方式都是穴播。近年来，随着有机旱作农业的发展，穴播机械的研究也随之益显重要。覆膜穴播能充分利用土壤现有水份、减少水份的蒸发和水资源的流失，提高土地利用效率、提高土壤的经济、生态效益，实现旱作农业可持续发展，发挥覆膜穴播在农业生产中的巨大效应。覆膜穴播机是一种生产效率较高，集覆膜、打孔、穴播、覆土四功能于一机的复式作业的种植机械，以实现现代化农业机械化的覆膜种植^[12]。

根据覆膜、膜上打孔、穴播、覆土四功能复式作业要求，覆膜穴播机总体布置设计如图 2-1。图中 1 为牵引装置；2 为机架，牵引装置与机架结为一体；3 为覆膜机构；4 为膜上打孔和穴播机构；5 为覆土机构。机器作业功能单元分三段布局：以穴播机构 4 为核心，覆膜机构中的膜边开沟器开沟，压膜轮和膜边覆土板将地膜平整地覆盖在修整好的地表，完成覆膜工序，以减小地表水份蒸发，提高地温，为出苗创造良好的土壤环境。成穴播种机构的成穴器在机器的带动下在铺好的地膜上滚动时，按照规定的行距和穴距准确地打出种穴，在穴孔轮廓将要完成时排种器将种子通过鸭嘴准确、适时地投入到穴孔当中。镇压覆土机构随后在种子上面覆土镇压。本论文主要研究成穴播种机构的理论分析和参数设计。

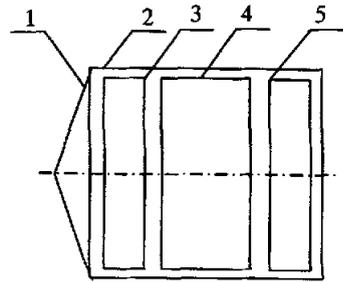


图 2-1 覆膜机整机布置方案

- | | |
|--------|--------|
| 1—牵引装置 | 2—机架 |
| 3—覆膜机构 | 4—穴播机构 |
| 5—覆土机构 | |

2.1 成穴器的理论分析和参数设计

2.1.1 几种成穴器方案的理论分析

由于不同的入土器形状、大小以及开启方向，决定着膜孔大小、膜孔形状、空穴率、播种一致性、均匀性等指标。打孔器基本可以分为三种类型：鸭嘴式、冲孔式、铲式^[13]。其中人们研究的最多的是鸭嘴式打孔器，鸭嘴式打孔器根据开启方向不同又可分为前开式、后开式、侧开式。为寻找理想的覆膜穴播成穴器，我们设计了三种成穴器方案，从而找出最优设计方案。

方案一：曲柄连杆式穴播器

其工作原理（如图 2-2）是：机架在拖拉机的牵引下前进，播种机地轮在地面上滚动；曲柄 1 在地轮驱动下作回转运动；在曲柄 1 的驱动和连杆 2 的作用下，入

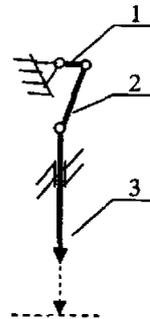


图 2-2 曲柄连杆直插式穴播器

- | | |
|---------|------|
| 1—曲柄 | 2—连杆 |
| 3—入土成穴器 | |

土成穴器 3 作入土、出土的上下往复运动；同时整个机构与机组一起沿前进方向作直线运动；曲柄 1 回转一周，成穴器 3 往复一次，完成一次成穴、投种。机器运动过程中，入土器总是与机架平面保持垂直，入土端除强制打开时外总处于常闭状态。在曲柄连杆式插播器的上方设置外槽轮式排种器。外槽轮式排种器由地轮链条驱动，排出的种子通过导管落入入土器的管内。在入土器端部关闭的时间内流入的种子集成一穴。当入土器 3 插入土壤到达预定深度时，内投种装置自动将其端部的鸭嘴打开，将一穴种子投入穴内。

曲柄连杆式穴播器理论分析：

如图 2-2 所示，以入土器端点为原点，机器前进方向为 x 轴，竖直向上为 y 轴方向，则入土器入土端的运动轨迹参数方程为：

$$\begin{cases} x = \int_0^t v(t) dt \\ y = a \sin \int_0^t \omega(t) dt + \sqrt{b^2 - (a \cos \int_0^t \omega(t) dt)^2} - \sqrt{b^2 - a^2} \end{cases} \quad (2-1)$$

- 式中 v — 播种机组运动的速度 (cm/s)
- t — 播种机组运动的时间 (s)
- ω — 曲柄回转的角速度 (rad/s)
- a — 曲柄的长度 (cm)
- b — 连杆的长度 (cm)

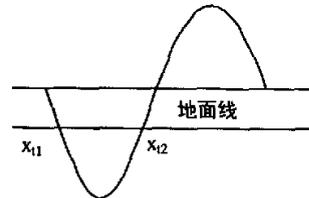


图 2-3 曲柄连杆直插式穴播器入土端运动轨迹图

其入土端轨迹曲线如图 2-3 所示。

方案二： 回转式穴播器

其工作原理（如图 2-4）是：机架在拖拉机的牵引下前进，播种机地轮在地面上滚动；主动曲柄 4 在地轮驱动下作回转运动，同时带动从动曲柄 2 和入土成穴器 3 作回转运动；主动曲柄 4 回转一周，入土成穴器 3 也回转一周，完成一次成穴、投种过程。机器运动过程中，入土器总是与机架平面保持垂直，入土端除强制打开时外总处于常闭状态。在回转式插播器的上方设置外槽轮式排种器。外槽轮式排种器由地轮链条驱动，排出的种子通过导管落入入土器的管内。在入土器端部关闭的时间内流入的种子集成一穴。当入土器 3 插入土壤到达预定深度时，内投种装置自动将其端部的鸭嘴打开，将一穴种子投入穴内。

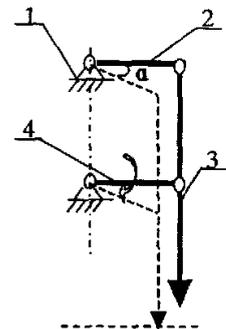


图 2-4 回转式成穴播种器
1—机架 2—从动曲柄
3—入土成穴器 4—主动曲柄

回转式穴播器理论分析：

设两曲柄回转中心连线的延长线上、从上曲柄回转中心起向下距离等于插播杆长度的点为原点，与地面平行且以机器前进方向为正方向的坐标为 X 轴，与地面垂直、方向向上的坐标为 Y 轴；主动曲柄与 X 轴平行且指向 X 轴正方向时的运动状态为初始状态，则入土成穴器入土端的运动轨

迹方程为：

$$\begin{cases} x = \int_0^t v(t)dt + R \cos \int_0^t \omega(t)dt \\ y = R \sin \int_0^t \omega(t)dt \end{cases} \quad (2-2)$$

式中 ω — 曲柄转速 (rad/s)

t — 播种机运动时间 (s)

v — 播种机运动速度 (cm/s)

R — 曲柄半径 (cm)

x — 入土器沿前进方向的位移 (cm)

y — 入土器垂直方向的位移 (cm)



图 2-5 回转式成穴播种器入土端运动轨迹图

由于插播器用地轮驱动，因此 v 与 ω 成线性关系，即在匀速作业条件下， v 与 ω 都是常数。根据 2-2 式参数方程，入土器入土端的运动轨迹是一条余摆线，如图 2-5。

方案三：舵轮式穴播器

其工作原理（如图 2-6）是：播种机组前进，带动大轮盘在地面上作滚动，同时带动排种槽轮排种；种子通过输种管落入轮盘环带，由环带上分区种装置分配到各入土成穴器的囊种腔内；入土成穴器的鸭嘴为常闭状态，构成囊种腔，当入土成穴器插入土壤到达预定深度时，在凸轮的作用下鸭嘴被强制打开，种子进入穴内；在土壤中，鸭嘴自打开时一直保持最大开度，不关闭，当入土成穴器出土离开土壤一定距离后，滑块在弹簧的作用下沿凸轮下滑，带动导杆回缩，鸭嘴自动关闭。

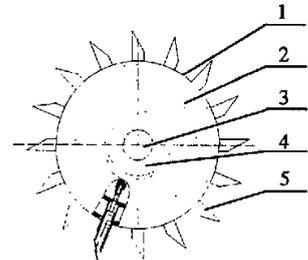


图 2-6 舵轮式穴播器
1—舵轮轮盘 2—轮盘盖
3—轮轴 4—凸轮
5—入土成穴器总成

舵轮式穴播器理论分析：

以舵轮的中心为原点，机器的前进方向为 x 轴，竖直向上为 y 轴，则入土端的参数方程为：

$$\begin{cases} x = \int_0^t v(t)dt + (R_s + h) \cos \int_0^t \omega(t)dt \\ y = (R_s + h) \sin \int_0^t \omega(t)dt \end{cases} \quad (2-3)$$

式中 v — 播种机前进速度

R_s — 大轮盘半径

ω — 大轮盘转动的角速度

t — 播种机运动的时间

x — 入土端沿播种机前进方向的位移

y — 入土端垂直方向的位移

h — 入土器在轮盘外的长度



图 2-7 舵轮式穴播器入土端运动轨迹图

入土器入土端的运动轨迹为摆线，如图 2-7 所示。

三种成穴器方案分析

对于曲柄连杆式成穴器方案设计来说,取曲柄 $a=6.5\text{cm}$, 连杆 $b=23.5\text{cm}$, 拖拉机前进速度为: $v=2800\text{m/h}=77.8\text{cm/s}$, 其入土频率 $f=7$, $\omega=2\pi f\approx 44\text{rad/s}$,

将已知条件代入式 (2-1) 得

$$\begin{cases} x = 77.8t \\ y = 6.5\sin 44t + \sqrt{552.25 - 42.25\cos^2 44t} - 22.6 \end{cases}$$

刚开始入土时, $y=2\text{cm}$, 代入上式得: $t_1=0.0069\text{s}, t_2=0.0645\text{s}$, 则膜孔的纵向尺寸为:

$$x_{t_2}-x_{t_1}=v(t_2-t_1)=77.8\times(0.0645-0.0069)\approx 4.48\text{cm}.$$

对于回转式成穴器方案设计来说,取曲柄 $R=45\text{mm}$, $\omega=44\text{rad/s}$,

将已知条件代入式 (2-2) 得

$$\begin{cases} x = 77.8t + 4.5\cos 44t \\ y = 4.5\sin 44t \end{cases}$$

从初始状态入土, $t_1=0$, 出土时, $t_2=0.0714\text{s}$, 则膜孔的纵向尺寸为:

$$x_{t_2}-x_{t_1}=v(t_2-t_1)+R(\cos 44t_2-\cos 44t_1)\approx 3.44\text{cm}.$$

对于舵轮式穴播器方案设计来说,取 $R_s=220\text{mm}$, $h=80\text{mm}$, $\omega=v/(R+L)=2.6\text{rad/s}$, 将已知条件代入式 (2-3) 得:

$$\begin{cases} x = 77.8t + 30\cos 2.6t \\ y = 30\sin 2.6t \end{cases}$$

某一入土器开始入土时, $y=22\text{cm}$, 则 $t_1=0.3166\text{s}$, 出土时刻 $t_2=0.8917\text{s}$, 则膜孔的纵向尺寸为:

$$x_{t_2}-x_{t_1}=v(t_2-t_1)+(R_s+h)(\cos 2.6t_2-\cos 2.6t_1)\approx 3.95\text{cm}.$$

综合比较上述三种成穴器设计方案,在拖拉机速度恒定 (2.8km/h) 的情况下,其各自的优缺点比较如下表所示:

表 2-1 三种成穴器方案的优缺点

方案	膜孔大小	排种难易程度	工作阻力	作业平稳性	制造难易程度
曲柄连杆式	4.48cm	较易	大	波动	难
回转式	3.44cm	难	中	波动较大	最难
舵轮式	3.95cm	难	小	平稳	难

通过对三方案的比较,确认方案三最优、方案一次之、方案二再次之。经对比试验,发现曲柄连杆式穴播器在正常机组作业速度下入土频率需要 5—7 次/秒,且土壤比阻较大时由于力矩大,造成上下运动摩擦力大,因此需要较大的入土力,这就要求地轮附着性能很好。频率高、阻力和入土力大、地轮附着性能要求高,都不利于工程实现或导致造价过高。因此设计方案优先采用方案三,而且方案三的膜孔大小比较适中,通过在轮盘内部设置排种环带巧妙地解决了排种难的问题,完全能够满足排种的精度要求^[14]。

2.1.2 成穴器的运动方程

2. 1. 3. 1 特殊点的运动方程

在打孔过程中, 如图 2-8 所示, 四个特殊点 A、B、C、D 的运动方程可通过以下方法求出, 因为 A、D 两点都在轮盘的圆周上, 所以有

$$\begin{aligned} R_A &= R_D = R_S \\ \gamma_A &= \gamma_D = \arcsin \left(\frac{L}{2R_S} \right) \end{aligned} \quad (2-5)$$

由此 A 点的运动方程为

$$\begin{cases} X_A = \frac{R_S \theta}{1 - \delta} - R_S \sin(\theta - \gamma_A) \\ Y_A = \frac{R_S}{1 - \delta} - R_S \cos(\theta - \gamma_A) \end{cases} \quad (2-6)$$

D 点的运动方程为

$$\begin{cases} X_D = \frac{R_S \theta}{1 - \delta} - R_S \sin(\theta + \gamma_D) \\ Y_D = \frac{R_S}{1 - \delta} - R_S \cos(\theta + \gamma_D) \end{cases} \quad (2-7)$$

同理利用解析几何可求出

$$R_B = \frac{R_S \cos \gamma_A + h}{\cos \gamma_B} \quad (2-8)$$

$$\gamma_B = \arctg \frac{L/2}{R_S \cos \gamma_A + h} \quad (2-9)$$

$$R_C = L/2 \sin \gamma_C \quad (2-10)$$

$$\gamma_C = \arctg \left[\frac{L/2}{R_S \cos \gamma_A + h - Ltg\alpha} \right] \quad (2-11)$$

因此 B 点的运动方程为

$$\begin{cases} X_B = \frac{R_S \theta}{1 - \delta} - \frac{R_S \cos \gamma_A + h}{\cos \gamma_B} \sin(\theta - \gamma_B) \\ Y_B = \frac{R_S}{1 - \delta} - \frac{R_S \cos \gamma_A + h}{\cos \gamma_B} \cos(\theta - \gamma_B) \end{cases} \quad (2-12)$$

C 点的运动方程为

$$\begin{cases} X_C = \frac{R_S \theta}{1 - \delta} - \frac{L}{2 \sin \gamma_C} \sin(\theta + \gamma_C) \\ Y_C = \frac{R_S}{1 - \delta} - \frac{L}{2 \sin \gamma_C} \cos(\theta + \gamma_C) \end{cases} \quad (2-13)$$

2. 1. 3. 2 穴孔的形成

根据四个特殊点的运动方程，通过计算机可以得到不同 θ 值时成穴器打孔过程的模拟。从 $\alpha = 60^\circ$ 时的模拟图可以得知，此时孔是由入土器近似于垂直地表的插入形成的，即近似于直插；并且只有在入土器达到穴孔最底端的时候，凸轮机构才将鸭嘴打开，投种结束后凸轮机构又将鸭嘴关闭。因而可以避免鸭嘴入土和出土过程中土壤自下而上地进入鸭嘴内。

当成穴轮盘半径 R_s 一定时，随着入土器高度 h 的不同和滑移量的不同，入土器打出穴孔的形状也不相同，图 2-9 为不同入土器高度在轮盘半径 R_s 一定时所形成的穴形。

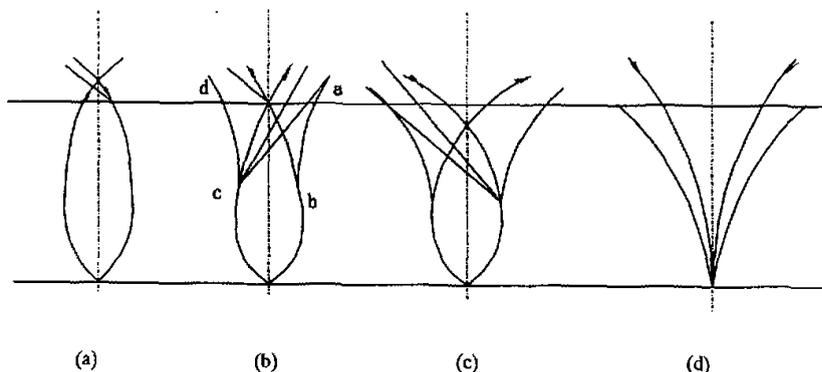


图 2-9 入土器轨迹简图

- (a) $\Delta S < 2\pi h, (h+R_s) \sin \theta > R \times \theta$
- (b) $\Delta S < 2\pi h, (h+R_s) \sin \theta = R \times \theta$
- (c) $\Delta S < 2\pi h, (h+R_s) \sin \theta < R \times \theta$
- (d) $\Delta S \geq 2\pi h, h+R_s \leq R$

由图 2-9 可以看出，成穴器穴形主要由鸭嘴外廓各点在土壤中运动轨迹的保络线构成^[17]。在穴孔轮廓形成的过程中，鸭嘴后面 BC 的作用是：在入土过程中挤压土壤，在出土的过程中形成穴孔的左下方轮廓。鸭嘴后面 CD 的作用是：在入土的过程中形成穴孔的左上方轮廓，在出土的过程中不与土壤接触^[18]。鸭嘴前面 AB 的作用是：在入土的过程中挤压土壤，形成穴孔右方轮廓。由穴孔形成过程可知，不同的滑移率形成穴孔的大小不同，当滑移率较大时，土壤塌陷的可能性较大，且鸭嘴出土时 B 点刮土的可能性较大。为使鸭嘴尖端 B 点出土时不刮土，应使入土器运动的圈套形交点在地表以上^[19]。那么入土器的参数应满足图 2-9 (a) 的运动要求，即

$$h) \frac{1.1R_s}{1-\delta} - \sqrt{R_s^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2} \quad (2-14)$$

由上式可知，随着轮盘半径 R_s 和滑移率 δ 的增大，保证入土器出土时尖端不刮土的 h 值也增加。

2. 1. 4 成穴器参数的分析与确定

2. 1. 4. 1 成穴轮线速度 v_c 和机组前进速度 v_m

由图 2-8 和 2-9 可以看出，鸭嘴运动轨迹曲线形状取决于成穴轮半径 R_s ，入土器高度 h ，回转角速度 ω 和机组前进速度 v_m 等参数。如果成穴轮的线速度等于机组的前进速度，即成穴轮

作纯滚动, 则鸭嘴尖部的运动轨迹如图 2-9 (a) 所示, 如果机组前进的速度大于成穴轮滚动的线速度, 当此速差过大时, 就会形成图 2-9 (d) 所示的鸭嘴运动轨迹, 说明鸭嘴在插入和拔出土壤的过程中存在水平方向的位移, 存在扩张和撕裂膜孔的问题。要使鸭嘴不扩张或不撕裂膜孔、不挑膜, 必须使鸭嘴在播深 H 时无水平方向的位移或位移很小。取机组前进速度为 $v_m = 2.8\text{km/h}$ 。

2. 1. 4. 2 成穴轮半径 R_s

在覆膜穴播作业中, 成穴轮的鸭嘴在膜上打出的膜孔的大小是衡量作业质量的重要参数。为了有利于保温和防风, 在不影响出苗的前提下, 膜孔尺寸越小越好。理想膜孔直径应小于 5cm , 若膜孔尺寸过大, 挑膜严重, 覆土不良, 将影响膜的保温性和抗风性, 膜孔的横向尺寸基本相当于入土器的物理尺寸, 与机组前进运动关系不大, 可不予比较。膜孔的纵向尺寸与机组前进运动及入土机构运动形式关系较大, 以下重点进行比较。为了减小膜孔尺寸的计算难度, 先做以下假定: ①穴播机的速度的变化和成穴轮的下陷只对滚动半径有影响; ②不计膜孔宽度的变化。据此条件建立膜孔模型。膜孔的大小可以用面积来衡量^[20] (由图 2-9)

$$S = F_{ad} \cdot K \quad (2-15)$$

式中: F_{ad} —膜孔纵长 K —膜孔宽度

因为假定 K 的变化不计, 所以膜孔的面积由膜孔纵长决定。由 2-9 图可看出, 膜孔纵长为

$$F_{ad} = |X_a - X_d| \quad (2-16)$$

膜孔的最大长度 $X_{a\max}$ 、 X_d 可分别由下式计算得到,

其中

$$\begin{cases} X_{a\max} = \frac{R_s \theta_{a\max}}{1 - \delta} - \frac{R_s \cos \gamma_A + h}{\cos \gamma_B} \sin(\theta_{a\max} - \gamma_B) \\ X_d \approx -L/2 \end{cases} \quad (2-17)$$

$$\theta_{a\max} = -\arccos \frac{R_s \cos \gamma_B}{R_s \cos \gamma_A + h} + \gamma_B \quad (2-18)$$

由式 (2-17) 和 (2-18) 可以得出, 当 R_s 、 L 、 h 、 δ 、 α 发生变化时, 膜孔纵长 F_{ad} 都将发生变化。其中当 R_s 、 δ 、 α 增大时, F_{ad} 减少; 当 L 、 h 增大时, F_{ad} 增大; 但是成穴轮半径 R_s 和鸭嘴高度 h 对膜孔纵长的影响较小, 而 L 、 δ 和 α 对孔长的影响较大。

从以上分析还可知设计穴播器时一般先确定轮盘半径 R_s 和鸭嘴的个数 i_d , 设给定的花生株距为 l , 滑移率为 δ , 则

$$R_s = \frac{i_d l (1 - \delta)}{2\pi} \quad (2-19)$$

由式 2-19 可知当鸭嘴个数 i_d 增加, 虽然可以提高成穴器滚动时的平稳性, 也可适当地减小膜孔的尺寸, 但是轮盘半径 R_s 的增加, 使穴播器的结构和投种难度增加。因此, 选取 $i_d = 12$, 可得 $R_s = 220\text{mm}$ 。

2. 1. 4. 3 鸭嘴后面角 α 的确定

由图 2-9 (a) 可以看出, 此时孔是近似于垂直地表的插入形成的, 因而可以避免土壤白下而上进入入土器内。在保证鸭嘴工作时不堵土不挖土的情况下鸭嘴后面角 α 可按下式确定

$$\alpha \geq \arccos \frac{R_s}{R_s + h} \quad (2-20)$$

经计算后选取 $\alpha = 60^\circ$

2. 1. 4. 4 入土器高度 h 的确定

入土器高度 h 不仅影响孔深还影响出土时的尖端刮土, 根据花生的播深要求 $H=50\text{mm}$, 据式

$$h = k_1 H \cos(90^\circ - \alpha) \quad (2-21)$$

其中 $k_1 = 1.5 \sim 2.0$, 经计算后选取 $h = 80\text{mm}$ 。

2. 1. 4. 5 入土器宽度 L (入土管直径) 的确定

根据成穴器的直径和保证种子下落过程中不与打穴铲发生碰撞^[21], 在一般情况下取

$$L = k_2 h \tan(90^\circ - \alpha) \quad (2-22)$$

其中 $k_2 = 1.1 \sim 1.2$, 经计算后选取 $L = 32\text{mm}$ 。

2. 2 排种器的理论分析与设计

舵轮式穴播器所采用的排种器是一种外槽轮式排种器, 它具有结构简单、充种性能好、种子尺寸适应能力强等特点。

2. 2. 1 进种过程分析

播种机工作时, 成穴器大轮盘向前滚动, 带动外槽轮排种器使种箱内的种子经箱底漏种口、输种管直接进入轮盘扇区, 轮盘继续转动时, 带动种子运动, 在鸭嘴进入到穴孔最底端之前, 种子在轮盘内腔堆积, 随着轮盘的转动, 种子堆积的形状发生变化。如果种箱内的漏种口宽度较小, 则进入到入土器中的种子数量少; 如果将漏种口宽度加大, 则有足够的种子从种箱进入到入土器囊种腔中等待播种。为了保证播种时每穴的穴粒数, 确定种箱内漏种口宽度为 40mm。

通过试验和分析还可知, 当轮盘转动时, 对于长扁形种子来说 (如玉米), 由于种子与轮盘的摩擦力足够大 (因为轮盘上有充填孔及充填孔内充入种子的影响), 再加上长扁形种子不易回转, 因而在充种区紧贴轮盘内径一层种子, 其重心运动的角速度 ω_1 近似等于轮盘转动的角速度 ω , 即 $\omega_1 = \omega$

对于圆形种子 (如大豆, 花生也可近似), 由于其易于回转, 因而在充种区紧贴轮盘内径一层种子, 其重心运动的角速度 ω_1 近似为 $\omega_1 = \omega / 2$ ^[21]

2. 2. 2 充种过程分析

排种器工作时, 在重力作用下经输种管进入穴播器轮盘环带的种子由环带上分区分种装置分配到各入土器的囊种腔内, 称为充种。为保证充种完全、可靠, 充种区应有足够的弧长, 即当内

套筒充填孔在充种区时, 应保证充填孔完全被种子覆盖。设充种区开始位置角为 θ_1 , 终止位置角为 θ_2 , 则在充种区有

$$\frac{\pi(\theta_2 - \theta_1)}{180} > \frac{d}{R} \quad (2-23)$$

式中 R 为轮盘内径, d 为内套筒充填孔直径

充种开始位置角 θ_1 一般根据投种口的位置决定。当已知 θ_1 时, 即可由上式求出 θ_2 , 然后根据轮盘静止时内腔种子面的形状, 可确定最低进种口位置^[19]。

图 2-10 分析可知, 保证充种的区域有一定的范围, 也即充种区终止位置角 θ_2 有一极限值 θ_{2max} 。在此范围内, 作用在种子上的重力、离心力、摩擦力的合力背向轮盘轴心, 使种子充入充填孔。而在 θ_{2max} 处, 作用在种子上的各力的合力在轮盘半径方向的投影满足下面的平衡方程^[23]

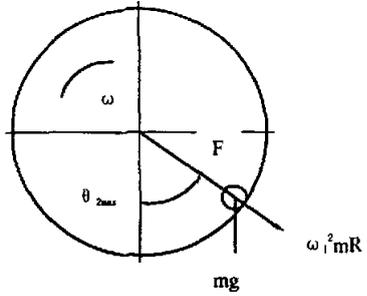


图 2-10 θ_{2max} 分析简图

$$g \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta_{2max}\right) \tan \varphi_1 = g \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta_{2max}\right) + \omega_i^2 R \quad (2-24)$$

式中 φ_1 —种子与型孔的摩擦角

g —重力加速度

由此可得充种区终止位置角的极限值为

$$\theta_{2max} = \arcsin\left(\frac{\omega_i^2 R \cos \varphi_1}{g}\right) - \varphi_1 + \frac{\pi}{2} \quad (2-25)$$

由式 2-25 可知, 随轮盘内径 R 的增大、种子与型孔摩擦角 φ_1 的减小、轮盘角速度 ω_i 的增大, θ_{2max} 值增大, 且 ω_i 的变化对 θ_{2max} 值影响较大, 而 R 的变化对 θ_{2max} 值影响较小。知道了 θ_{2max} 后, 根据轮盘转动时种子面的形状, 就可确定最高进种口位置^[19]。

2. 2. 3 种子在输种管内的运动状态

输种管是机械化穴播机上的一个重要组成部分, 了解和控制种子在输种管内的运动状态是非常重要的。在试制了 2BFXL-1 型穴播机的排种器后, 通过计算机模拟确定了较合适的输种管形状和尺寸, 通过高速摄影, 对花生种子在该输种管内的运动状况进行了观察和分析, 最后可以归结为, 种子在输种管内的运动过程分成三段^[24]: 从箱底漏种口出口到与输种管接触的阶段; 在输种管内运动的阶段; 从输种管的出口到着地前阶段。

2. 2. 3. 1 种子从漏种口出口到与输种管接触阶段

在箱底漏种口中, 花生种子的长轴与槽轮的轴线方向一致, 并沿着该轴线方向运动。当种子离开排种轮的瞬间, 种子的运动状态有以下几种:

当轮盘转速较低时, 种子按短轴方向倾斜落下; 当轮盘转速增加时, 仍有前一种状态出现,

且有个别种子产生翻转之后落在输种管上；当轮盘转速再增加时，除部分种子按前面两种状态运动外，大部分种子则顺着落在输种管上。

2. 2. 3. 2 种子在输种管内的阶段

下面分析 3 种排种轮转速下种子在输种管内的运动状态。

(1)排种槽轮转速为 20.2 r / min 时：此时的种子都是按短轴方向倾斜落在输种管上。种子在输种管上的运动大部分是滑动，也有滚动的种子。种子滑动时先是一端与输种管接触作倾斜滑动，然后逐渐增加接触面积，直至接触最大，在滚动时种子并不是纯滚动，而是滚动的同时大部分都有滑动。种子在输种管内是滚动还是滑动与种子和输种管接触时的状态有关，在接触时，由于种子与输种管的碰撞而产生滚动，或因有一定的摩擦力使得种子下部的运动速度比上部要小，当上部的运动使其重心偏离出法线时，就会出现滚动的现象。

(2)排种槽轮转速为 28.4r/min 时：此时种子是斜着落下或翻转后落在输种管上，种子在输种管上的运动状态仍是滑动或滚动加滑动，滑动占大部分，滚动占小部分。滑动状态有主要有两种：一种状况同(1)所述；另一种状况是种子翻转着落在输种管上，因此，种子在输种管上滚动 1-2 次后开始滑动。滚动的情况则不同，有的种子在滚动时有弹跳旋转现象。

(3)排种槽轮转速为 38.1 r / min 时：此时顺着落在输种管上的种子较多，滑动的比例减少，滚动的比例增加，由此可见，滚动的数目增加，滑动时有（2）所述的两种情况出现，但滚动情况下，有的种子有弹跳现象，有的种子在弹跳时有旋转现象。

2. 2. 3. 3 从输种管的出口到着地前阶段

在前面 3 种转速下，种子在输种管的投种口处都发生旋转现象。

2. 2. 4 种子在输种管内的运动时间和速度

表 2-2 种子在输种管内的运动时间和在输种管投种口处的速度

轮盘转速 (r/min)	运动时间的平均值 (s)	运动时间的标准差 (s)	速度的平均值 (mm/s)	速度的标准差 (mm/s)
20.2	0.1435	0.003126	212.36	23.29
28.4	0.1402	0.003122	224.13	34.23
38.1	0.1382	0.003118	239.42	47.35

假设种子在输种管内的运动时间服从正态分布，将所得数据进行皮尔逊 χ^2 检验，检验结果为：转速为 20.2 r / min 和 28.4 r / min 时，在显著性水平 $\alpha = 0.01$ 下接受假设；转速为 38.1 r / min 时，在 $\alpha = 0.005$ 下接受假设。可得出结论：种子在输种管内的运动时间服从正态分布。

由上表可以看出，种子在输种管内运动的时间随着排种轮转速的增加而减少，但由于在 3 种排种轮转速下种子从种箱的漏种口排出时的初速度虽然不同，但由于碰撞的作用，使得它们的速度差别有所减小，又加之摩擦力的作用，使得它们在输种管内的运动时间有趋于一致的倾向。

由表中的数据还可以看出，3 种转速下，种子在输种管投种口处的速度是随着排种轮转速的增加而加大的，但它们的差别不是很大。

由于设定的机器前进速度为 2.8km/h，经过分析最后确定输种管的长度为 30mm，常规经验，

排种管的水平倾角一般不能小于 60° ，所以取 75° 。

2.3 本章小结

(1) 三种穴播成穴器的方案设计都有各自的特点，但是经过理论分析和实际的试验效果，我们得出舵轮式成穴器设计方案工作可靠性高，实际作业平稳，是一种比较理想的有前途的工作部件，这也是今后穴播机械设计发展的方向。

(2) 对入土器的工作过程进行理论分析和研究，建立了入土器上各点的运动轨迹方程；对穴形进行了理论分析，确定了影响穴孔大小的几个参数：成穴轮半径、鸭嘴的大小和形状、机器前进速度、入土器高度等。

(3) 该穴播器采用外槽轮式排种器，排种槽轮使种箱内连续排下的种子经过输种管落入轮盘分区分种环带，然后进入内套筒，它具有结构简单、充种性能好、种子尺寸适应能力强等特点。

(4) 为了研究种子在输种管内的运动状况，通过高速摄影，观察和分析了几种不同转速下花生种子在漏种口、输种管内、从输种管投种口到着地前 3 个阶段的运动状态，经分析和检验可知，花生种子在输种管内的运动时间服从正态分布。

第三章 凸轮的设计

当舵轮式穴播器工作时，由于凸轮的转动，推动V型块带动导杆产生上下运动，在穴孔最底端点将鸭嘴打开投种，投种结束后关闭鸭嘴出土，准备进行下一次充种，所以凸轮是投种过程最重要的一个零部件，凸轮的轮廓形状就间接地决定了打孔和播种的准确性和一致性。凸轮设计就是根据功能需求确定从动件的运动规律，然后计算凸轮的轮廓曲线^[25]。

3.1 凸轮机构的尺度综合

凸轮的轮廓型形状是由从动件所需要的运动规律决定的。从动件需要什么样的运动，凸轮就相应地有什么样的轮廓形状。一定的凸轮形状，就决定从动件一个相应运动规律。凸轮轮廓形状与从动件的运动规律之间存在着一定的依存关系。

图3-1所示为尖端直动从动件盘状凸轮机构，最小向径 r_0 称为基圆， e 称为偏距， h 为从动件的最大行程， ω 为凸轮的旋转角速度，由 A_0 到 B_1 凸轮旋转角度用 δ_0 表示，由 B_1 到 B_2 凸轮旋转角度用 δ_1 表示。

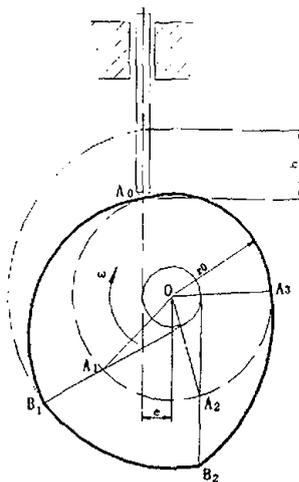


图3-1 凸轮机构

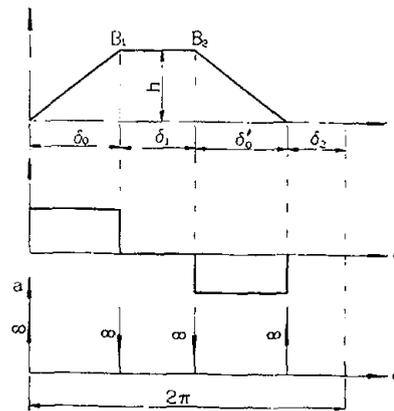


图3-2 等速运动规律

3.2 从动件常用运动规律

3.2.1 等速运动规律

见图3-2所示，等速运动规律是指从动件在运动过程中作等速运动。在推程阶段凸轮以等速 ω 转动并转过运动角 δ_0 时，从动件等速完成的升程为 h ，从动件的运动方程为

$$\left\{ \begin{array}{l} s = \frac{h}{\delta_0} \delta \\ v = \frac{h}{\delta_0} \omega \\ a = 0 \\ \frac{ds}{d\delta} = \frac{h}{\delta_0} \\ \frac{d^2s}{d\delta^2} = 0 \end{array} \right. \quad (3-1)$$

对于回程阶段，凸轮转角由 0 到 δ_0' ，从动件等速回到原位，其运动方程为

$$\left\{ \begin{array}{l} s = h(1 - \delta/\delta_0') \\ v = -\frac{h}{\delta_0'} \omega \\ a = 0 \\ \frac{ds}{d\delta} = -h/\delta_0' \\ \frac{d^2s}{d\delta^2} = 0 \end{array} \right. \quad (3-2)$$

3. 2. 2 等加速等减速运动（抛物线）

等加速等减速运动规律是指从动件在推程或回程中作等加速等减速运动，一般加速段和减速段加速度绝对值相等，相应的运动时间、位移相同或凸轮角相等，如图 3-3。从动件运动规律如下：

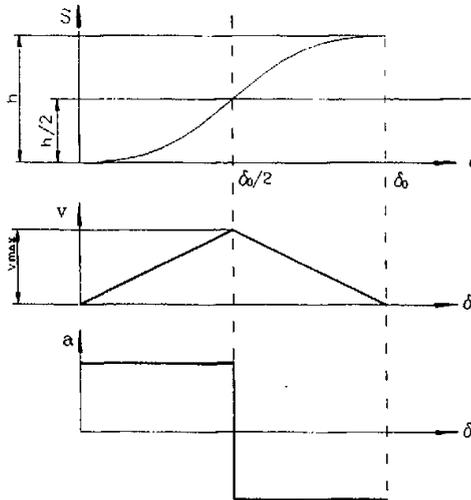


图 3-3 等加速等减速运动

推程:

等加速度段, 凸轮转角 δ 由 0 到 $\delta_0/2$, 从动件运动 $h/2$ 的距离。其运动方程为

$$\left\{ \begin{array}{l} s = \frac{2h}{\delta_0^2} \delta^2 \\ v = \frac{4h\omega}{\delta_0^2} \delta \\ a = \frac{4h\omega^2}{\delta_0^2} \\ ds/d\delta = 4h\delta/\delta_0^2 \\ d^2s/d\delta^2 = 4h/\delta_0^2 \end{array} \right. \quad (3-3)$$

等减速阶段, 凸轮转角由 $\delta_0/2$ 到 δ_0 , 从动件继续运动 $h/2$ 的距离到达最高点。从动件的运动方程为

$$\left\{ \begin{array}{l} s = h - \frac{2h}{\delta_0^2} (\delta_0 - \delta)^2 \\ v = \frac{4h\omega}{\delta_0^2} (\delta_0 - \delta) \\ a = -\frac{4h\omega^2}{\delta_0^2} \\ ds/d\delta = \frac{4h(\delta_0 - \delta)}{\delta_0^2} \\ d^2s/d\delta^2 = -4h/\delta_0^2 \end{array} \right. \quad (3-4)$$

回程:

等加速运动段, 凸轮转角由 0 到 $\delta_0'/2$, 从动件由最远点返回 $h/2$ 的距离。从动件的运动方程为

$$\left\{ \begin{array}{l} s = h - \frac{2h}{\delta_0'^2} \delta^2 \\ v = -\frac{4h\omega}{\delta_0'^2} \delta \\ a = -\frac{4h\omega^2}{\delta_0'^2} \\ ds/d\delta = -\frac{4h}{\delta_0'^2} \delta \\ d^2s/d\delta^2 = -4h/\delta_0'^2 \end{array} \right. \quad (3-5)$$

等减速运动阶段, 凸轮转角由 $\delta_0'/2$ 到 δ_0' , 从动件继续运动 $h/2$ 的距离回到原位。其运动方程为

$$\left\{ \begin{array}{l} s = \frac{2h}{\delta_0'^2} (\delta - \delta_0')^2 \\ v = \frac{4h\omega}{\delta_0'^2} (\delta - \delta_0') \\ a = \frac{4h\omega^2}{\delta_0'^2} \\ ds/d\delta = \frac{4h(\delta - \delta_0')}{\delta_0'^2} \\ d^2s/d\delta^2 = 4h/\delta_0'^2 \end{array} \right. \quad (3-6)$$

3. 2. 3 余弦加速度运动（简谐曲线）

余弦加速度运动规律是指从动件在推程或回程运动时加速度按余弦规律变化。其运动表示如下图 3-4 所示。

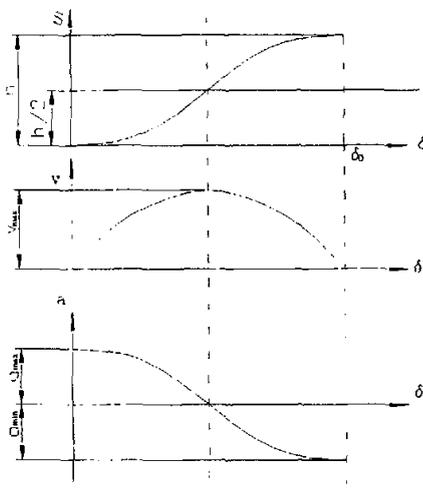


图 3-4 余弦加速度运动规律

推程：凸轮转角 δ 由 0 到 δ_0 ，从动件运动一个 h 的距离到达最远位置。从动件的运动方程为

$$\left\{ \begin{array}{l} s = \frac{h}{2} \left[1 - \cos\left(\frac{\pi}{\delta_0} \delta\right) \right] \\ v = \frac{\pi h \omega}{2\delta_0} \sin\left(\frac{\pi}{\delta_0} \delta\right) \\ a = \frac{\pi^2 h \omega^2}{2\delta_0^2} \cos\left(\frac{\pi}{\delta_0} \delta\right) \\ ds/d\delta = \frac{\pi h}{2\delta_0} \sin\left(\frac{\pi}{\delta_0} \delta\right) \\ d^2s/d\delta^2 = \frac{\pi^2 h}{2\delta_0^2} \cos\left(\frac{\pi}{\delta_0} \delta\right) \end{array} \right. \quad (3-7)$$

回程：凸轮转角 δ 由 0 到 δ_0' ，从动件由最远位置回到原位。从动件的运动方程为

$$\begin{cases} s = \frac{h}{2} \left[1 + \cos\left(\frac{\pi}{\delta_0'} \delta\right) \right] \\ v = -\frac{\pi h \omega}{2\delta_0'} \sin\left(\frac{\pi}{\delta_0'} \delta\right) \\ a = -\frac{\pi^2 h \omega^2}{2\delta_0'^2} \cos\left(\frac{\pi}{\delta_0'} \delta\right) \\ ds/d\delta = -\frac{\pi h}{2\delta_0'} \sin\left(\frac{\pi}{\delta_0'} \delta\right) \\ d^2s/d\delta^2 = -\frac{\pi^2 h}{2\delta_0'^2} \cos\left(\frac{\pi}{\delta_0'} \delta\right) \end{cases} \quad (3-8)$$

3. 2. 4 正弦加速度运动（摆线）

正弦加速度运动规律是指从动件在推程或回程运动时其加速度按正弦规律变化。其运动规律表示如下图 3-5 所示：

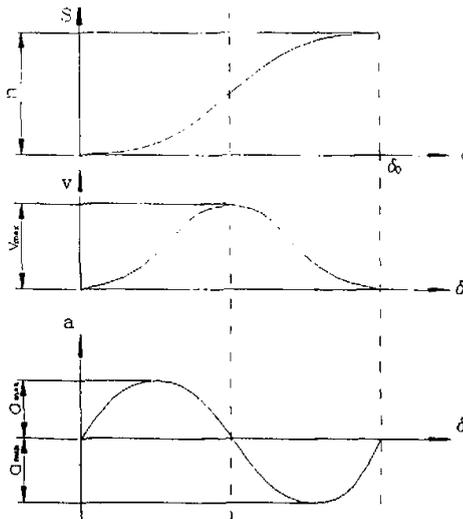


图 3-5 正弦加速度运动规律

推程：凸轮转角 δ 由 0 到 δ_0 ，从动件运动一个 h 的距离到达最远位置。从动件的运动方程为

$$\left\{ \begin{aligned} s &= h \left[\frac{\delta}{\delta_0} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi}{\delta_0} \delta \right) \right] \\ v &= \frac{h\omega}{\delta_0} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{\delta_0} \delta \right) \right] \\ a &= \frac{2\pi h \omega^2}{\delta_0^2} \sin \left(\frac{2\pi}{\delta_0} \delta \right) \\ ds/d\delta &= \frac{h}{\delta_0} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{\delta_0} \delta \right) \right] \\ d^2s/d\delta^2 &= \frac{2\pi h}{\delta_0^2} \sin \left(\frac{2\pi}{\delta_0} \delta \right) \end{aligned} \right. \quad (3-9)$$

回程: 凸轮转角 δ 由 0 到 δ'_0 , 从动件回到原位, 从动件的运动方程为式 (3-10)

$$\left\{ \begin{aligned} s &= h \left[1 - \frac{\delta}{\delta'_0} + \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi}{\delta'_0} \delta \right) \right] \\ v &= -\frac{h\omega}{\delta'_0} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{\delta'_0} \delta \right) \right] \\ a &= -\frac{2\pi h \omega^2}{\delta_0'^2} \sin \left(\frac{2\pi}{\delta'_0} \delta \right) \\ ds/d\delta &= -\frac{h}{\delta'_0} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{\delta'_0} \delta \right) \right] \\ d^2s/d\delta^2 &= -\frac{2\pi h}{\delta_0'^2} \sin \left(\frac{2\pi}{\delta'_0} \delta \right) \end{aligned} \right. \quad (3-10)$$

由于等速运动规律在运动开始和终止时, 速度有突变, 这时从动件的加速度理论上由零突变为无穷大, 致使从动件突变产生非常大的惯性力, 从而产生刚性冲击, 所以只适用于低速场合。等加速等减速运动规律生成柔性冲击, 所以常用在中速的场合。在一般情况下, 由于余弦加速度运动规律也产生柔性冲击, 所以常用在中速场合。正弦加速度运动规律的速度曲线和加速度曲线始终连续, 理论上不产生冲击, 所以可用于高速。

3. 3 从动件离散点的拟合

在实际应用过程中, 研究凸轮的形状常常不是从凸轮的动力性考虑的, 而是从从动件实现的功能要求出发, 依据时序图, 使凸轮能够协调工作, 完成所需要的功能, 特别是在低速工作的情况下尤为如此。

在这种情况下, 从动件运动规律只是给出一系列个离散点, 使用常见函数式难以描述, 因此需要使用将上述离散点分段, 并选择某个函数模式计算分段内离散点之间任意点的坐标, 即通过插值拟合给定的离散点。所选择的函数模式称为拟和函数或插值函数。拟合处应使各分段衔接处过渡光滑。如果在衔接处两端的函数坐标值相等, 其一阶导数也相等, 则在两端衔接处

具有相同的切线，其衔接是光顺的。如果不但一阶导数相等，而且二阶导数也相等，则在衔接处不但具有相同的切线方向，而且具有相同的曲率，就更加光顺了。常用的拟合函数是三次多项式。对于凸轮一般需要拟合两段曲线，即推程和回程曲线。一般为推程曲线-圆弧-回程曲线-圆弧。

三次样条曲线

三次样条曲线的特点就是拟合曲线能精确地通过给定的离散点。设给定 $N+1$ 个有序的离散点，其坐标分别为 $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$ 。将上述 $N+1$ 个点，每相邻两点之间组成一个拟合小段，共有 N 个小段。在每个小段内都可作三次样条曲线拟合插值，其参数变量方程式是：

$$\begin{cases} x(t) = a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + d_x \\ y(t) = a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + d_y \end{cases} \quad (3-11)$$

式中， t —参数变量， $t \in [0,1]$ ，0 为小段起点，1 对应于小段终点；

$a_x, b_x, \dots, c_y, d_y$ —待定系数。

改写为矩阵形式：

$$[x(t) \ y(t)] = [t^3 \ t^2 \ t \ 1] \begin{bmatrix} a_x & a_y \\ b_x & b_y \\ c_x & c_y \\ d_x & d_y \end{bmatrix} \quad (3-12)$$

其导数是：

$$[x'(t) \ y'(t)] = [3t^2 \ 2t \ 1 \ 0] \begin{bmatrix} a_x & a_y \\ b_x & b_y \\ c_x & c_y \\ d_x & d_y \end{bmatrix} \quad (3-13)$$

待定系数 $a_x, b_x, \dots, c_y, d_y$ 等应有小段两 endpoint 条件决定。设已知 $t=0$ 处的始点坐标 x_s, y_s 和导数 x'_s, y'_s ，代入式 3-12 和 3-13，整理可得

$$\begin{bmatrix} a_x & a_y \\ b_x & b_y \\ c_x & c_y \\ d_x & d_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_s & y_s \\ x_e & y_e \\ x'_s & x'_e \\ x'_s & y'_s \end{bmatrix} \quad (3-14)$$

因而，3-12 可以表示为

$$[x(t) \ y(t)] = [t^3 \ t^2 \ t \ 1] \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_s \ y_s \\ x_e \ y_e \\ x'_s \ x'_e \\ x'_s \ y'_s \end{bmatrix} \quad (3-15)$$

对给定的 N+1 个点，可分为 N 个小段。在小段之间的衔接应光滑连续。现设在衔接处存在二阶导数连续，即在相邻两小段中，迁移小段终点处的二阶导数应等于后一小段始点处的二阶导数。将两衔接小段参数变量函数式求导后代入，共可建立(N-1)个衔接连续关系式，将其汇总并整理成矩阵形式为：

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 4 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & & & & & \ddots & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 4 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 4 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x'_0 & y'_0 \\ x'_1 & y'_1 \\ x'_2 & y'_2 \\ \vdots & \vdots \\ x'_{N-2} & y'_{N-2} \\ x'_{N-1} & y'_{N-1} \\ x'_N & y'_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_0 & y'_0 \\ 3(x_2-x_0) & 3(y_2-y_0) \\ 3(x_3-x_1) & 3(y_3-y_1) \\ \vdots & \vdots \\ 3(x_{N-1}-x_{N-3}) & 3(y_{N-1}-y_{N-3}) \\ 3(x_N-x_{N-2}) & 3(y_N-y_{N-2}) \\ x'_N & y'_N \end{bmatrix} \quad (3-16)$$

这样只需给出两个边界点处的一阶导数 (x'_0, y'_0) 和 (x'_N, y'_N) 即可代入上述(N-1)个连续关系式，求出其余(N-1)个点处的一阶导数。然后按式(3-15)分段拟合，求得精确通过(N+1)个点的三次样条曲线。

三次样条曲线分段拟合的步骤

- (1) 给出的有序离散点坐标值顺序编号。
- (2) 给定边界端点条件，按衔接连续条件方程组求解各点处的导数。
- (3) 根据各小段端点坐标值和导出值，列出各小段内三次样条曲线计算式。
- (4) 变动参数 t，按 x(t)、y(t) 计算段内各插值点坐标。

3.4 凸轮轮廓设计

凸轮轮廓的确定方法有图解法和解析法。对于低速凸轮可以使用图解法，而中高速凸轮可用代数法，以便于更准确地决定凸轮轮廓，避免工作表面上的误差引起动负荷和振动的增加。如图 3-6 所示，凸轮的基圆半径为 r_0 ，偏距为 e，图中的 $s_0 = \sqrt{r_0^2 - e^2}$ 。设从动件的运动规律为： $s=s(\delta)$ ，凸轮角速度为 ω 。向径 R 和极角 θ 分别为

$$\begin{cases} R = \sqrt{(s_0 + s)^2 + e^2} \\ \theta = \delta - \beta_1 + \beta_2 \end{cases}$$

其中， $\beta_1 = \tan^{-1}(e/s_0)$
 $\beta_2 = \tan^{-1}(e/(s + s_0))$

当偏心距 e=0 时， $\begin{cases} R = s_0 + s \\ \theta = \delta \end{cases}$

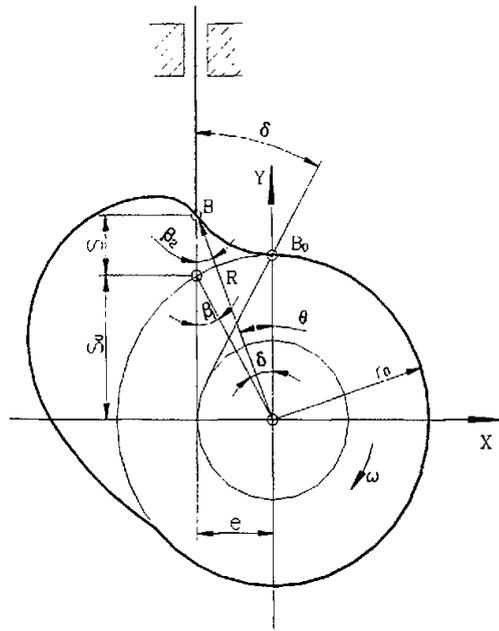


图 3-6 凸轮轮廓的计算

经计算后确定凸轮形状为下图所示。设计最大升程的角度为 30° ，凸轮采用 HT200 制造，铸件不得有砂眼、气孔、缩松等缺陷，铸件内不允许有裂纹。

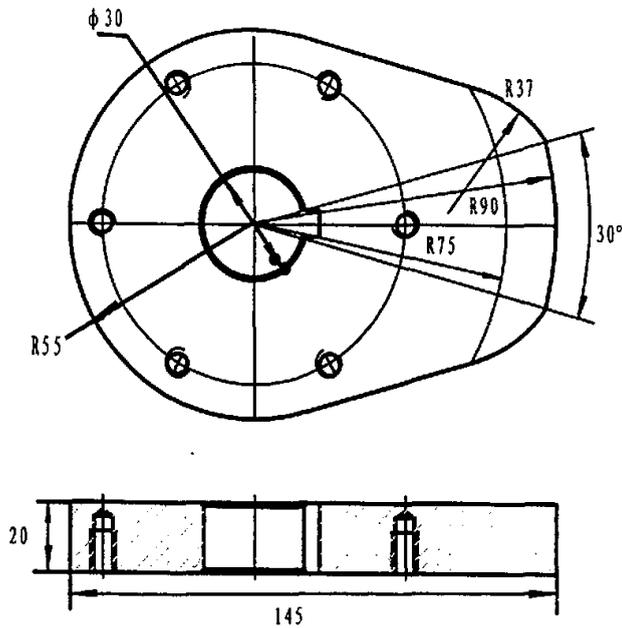


图 3-7 凸轮机构

3.5 本章小结

(1) 本文对凸轮机构分别进行综合, 在凸轮机构中, 首先分析了凸轮机构从动件的四种运动方式: 等速运动规律; 等加速等减速运动; 余弦加速度运动; 正弦加速度运动四种运动的一般运动规律及其从动件的运动方程。

(2) 由于等速运动规律在运动开始和终止时, 加速度有突变, 致使从动件突变产生非常大的惯性力, 所以只适用于低速场合。等加速等减速运动规律和余弦加速度运动规律生成柔性冲击, 常用在中速的场合。正弦加速度运动规律的速度曲线和加速度曲线始终连续, 理论上不产生冲击, 所以可用于高速。

(3) 对给定离散点的从动件运动规律使用三次插值法进行拟合, 并给出了拟合步骤, 为后续的凸轮轮廓设计打好基础。

第四章 机具设计

4.1 2BFXL-1 型穴播机总体方案确定

在确定总体方案之前，必须解决三个问题：

工序的次序安排

整个生产线的形式布置

动力由泰山-12 拖拉机提供

在第一个问题上，传统设计是机器播种再人工覆膜覆土，而我们研究的是覆膜之后再播种。

传统的播种方法是机器播种，人工覆膜，待苗出土后，人工抠膜，抠苗时易损伤幼苗，且耗时费力，所以一般对于大田作业，不采用此方法。

该方案总工序分为机器覆膜，穴播，覆土三个连贯一体的工序，这样既提高了生产率，又提高了播种精度，防止空穴，也减少了地膜的破坏，提高了地膜的利用率，大大降低了制造生产成本。铺膜时要求将地整平，可采用高度可调的刮土板将地面刮平，再在后面安装简单的整地辊，将较大的土块压碎，这样可保证铺膜质量。穴播时，播种筒前机架两边装有仿形压膜轮，且入土器入土时有一定的斜度，播种轮后也安装有压膜轮，以减少打孔播种时的撕膜。

在第二个问题上，经多次考证、试验分析，为使设计美观、结构紧凑，可在保证种子能自然流畅流入播种管的前提下，尽量降低播种机的总高度。

2BFXL-1 型穴播机整体机构本着简便、紧凑、较低的成本及便于操作的目标设计。其中主要由覆膜机构、穴播机构、覆土机构等组成，以穴播为核心部件，由舵轮式穴播代替直插式穴播。此机构的排种机构把种子及时播于地膜下，完成自动化播种，其详细结构见图 4-1 所示。

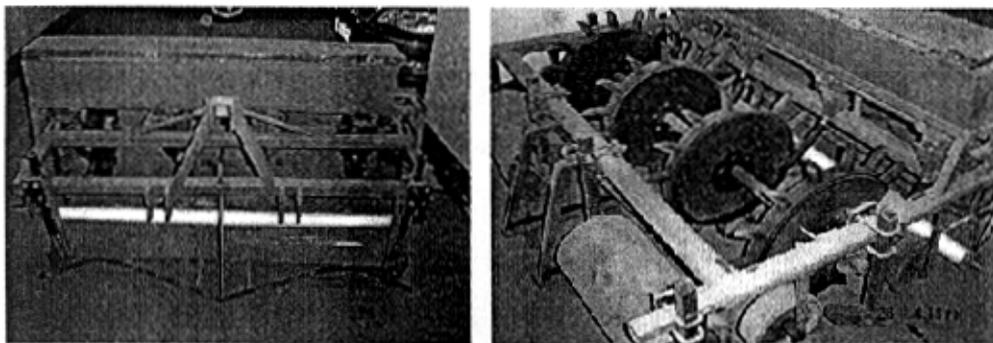


图 4-1 2BFXL-1 型穴播机总体结构图

4.2 穴播机成穴系统的设计

成穴系统是该机的核心部件，舵轮式穴播器因其外形似舵轮，故而命名。为了在土槽中对穴

播器进行试验，课题组制作了单个穴播器，由人力驱动，舵轮式穴播器实物图和结构图见图 4-2 和 4-3 所示。

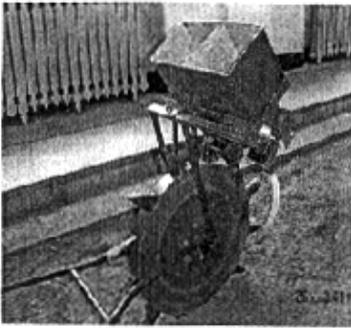


图 4-2 舵轮式穴播器单体图

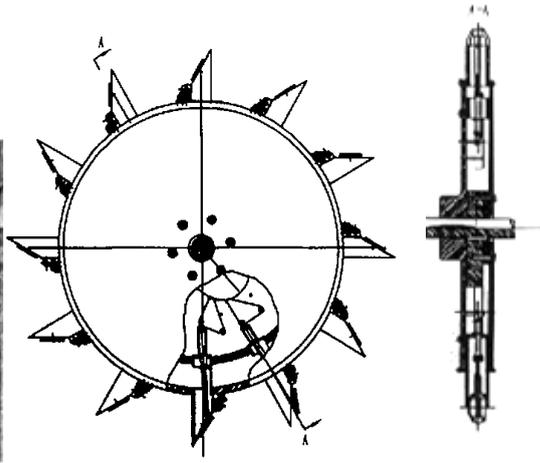


图 4-3 舵轮式穴播器结构示意图

4. 2. 1 入土器总成

入土器由入土管和支座构成。入土管采用无缝钢管，入土端制成 30° 角，前端冲平，用于成穴器入土时在土壤中形成穴孔，支座采用 A_3 ，具体结构见图 4-4。

4. 2. 2 压嘴及压嘴转动销

压嘴由压片和转动轴套组成，压片顶端倒角为 $4 \times 30^\circ$ ，材料为 A_3 ，在播种机工作过程中，只有当入土器位于土壤最深处即位于穴孔最底端时，压嘴打开，将内套筒内的种子播于穴孔中，结构见图 4-5；压嘴转动销使鸭嘴绕销转动以保证压嘴的开启和关闭。

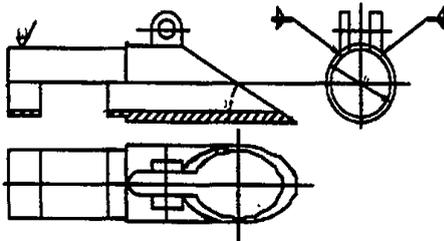


图 4-4 入土器总成

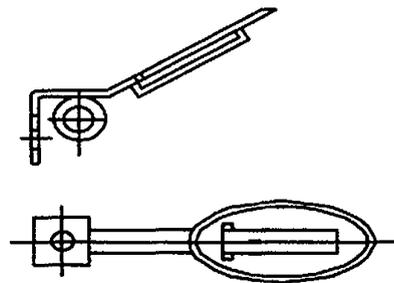


图 4-5 压嘴

4. 2. 3 V形块及其转动轴套和转动螺钉

V形块转动轴套和V形块转动螺钉的作用是当凸轮随轮盘轴转动时，通过V型块的转动轴套和转动螺钉使V型块产生转动，从而推动导杆上下运动，使鸭嘴打开或关闭，见图4-7和4-8所示。

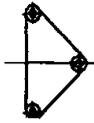


图 4-6 V形块



图 4-7 V形块转动轴套

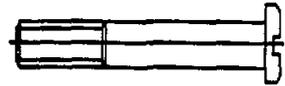


图 4-8 V形块转动螺钉

4. 2. 4 轮盘及轮盘盖

轮盘采用HT200制造，铸件内不允许有裂纹，钻孔时内外孔必须同心，轮盘直径为440mm，其上分有12个等角度的扇区，轮盘轴上还装有凸轮，具体结构见图4-9。轮盘盖采用硬质塑料制成，直径为424mm，厚度为5mm，结构见图4-10。

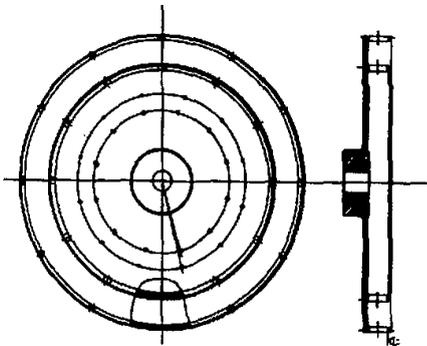


图 4-9 轮盘

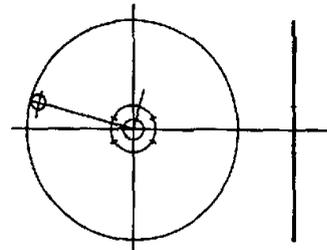


图 4-10 轮盘盖

4. 2. 5 凸轮及凸轮垫圈

凸轮垫圈见图4-11，凸轮垫圈采用硬质塑料，直径为110mm；凸轮见第三章。

4. 2. 6 导杆

导杆由上导杆和下导杆通过紧固螺母紧固而成，紧固螺母紧固后要使悬挂



图 4-12 导杆

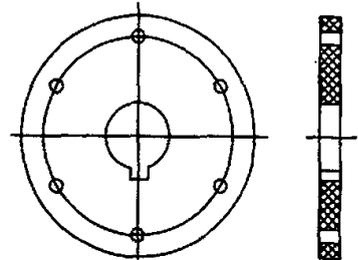


图 4-11 凸轮垫圈

耳孔中心线与滑动销轴线平行。装配后总体长度为152mm。上导杆由钢管和悬挂耳焊接而成，钢管内孔攻螺纹；下导杆由螺杆和滑动销焊接而成，焊接后使螺杆的最大直径不得大于8mm。具体结构见图4-12。

4. 2. 7 压缩弹簧

压缩弹簧采用 65Mn, 用于导杆处的压缩弹簧圈数 $n=8$, 节距 $p=4$, 弹簧右旋, 见图 4-13; 用于压嘴处的压缩弹簧圈数 $n=4$, 节距 $p=4$, 弹簧右旋, 见图 4-14

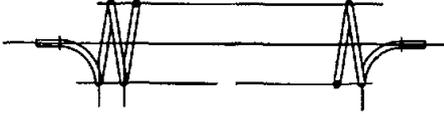


图 4-13 压缩弹簧



图 4-14 压缩弹簧

4. 3 外槽轮式排种系统的设计

根据成穴播种要求, 必须保证种子按每穴播种粒数准确地投入穴内, 投种要均匀、不能产生空穴。排种系统与成穴器密不可分, 排种系统的设计关系着播种机的播种精度。

第二章确定的两个成穴播种器方案中, 与回转式成穴播种器配套的排种系统, 采用了外槽轮式排种器连续排种、入土器间歇打开成穴播种的方案。

与舵轮式成穴播种器配套的排种系统, 先后试制了三种形式。

窝眼式排种器是最先考虑的形式。其基本构造和原理是, 在舵轮轮盘上设置窝眼, 与入土器一一对应; 窝眼的一面对种仓, 一面可开闭; 当窝眼转至与种仓相对时, 种子充入窝眼; 当窝眼继续转至投种位置时, 窝眼被打开, 种子落入入土器。其主要优点是一次一穴排种, 投种准确。主要缺点是轮盘与种仓间需要配合紧密, 一旦出现配合面间夹种或其他物体, 会导致无法排种。经试验, 在田间作业条件下上述缺点难以克服, 故放弃了该方案。

叶轮式排种系统是试制的另一种形式。其基本构造和是, 由入土器外套筒与轮盘配合形成扇形区域, 在舵轮轮盘上配一与扇形区域一一对应的叶轮状分种器, 上部设置外槽轮式排种器; 外槽轮式排种器出的种子通过排种管投向与舵轮一起转动的叶轮, 由叶轮将种子分配到各入土器。这是一种非常好的连续供种、分区分种系统, 由于其结构比后一种系统略微复杂一点, 作为储备方案而未采用。

主选方案舵轮式成穴播种器排种系统的设计, 在多方案设计试制的基础上, 最终确定了连续供种、分区分种、成穴投种方案。其工作原理是: 选用外槽轮式排种器连续排种, 外槽轮式排种器由舵轮驱动, 以保证机组速度与排种速度匹配; 在舵轮上分出若干个等圆心角的扇区, 连续排下的种子在一个固定的位置投向转过该位置的扇区, 然后落入该扇区下边缘唯一的入土管内, 集成一穴; 当该入土器到达预定播种深度后, 凸轮将入土器内导杆顶出, 种子落入穴内。该系统的创新之处在于, 巧妙地利用了轮盘, 在其内部设计了分种扇区, 使连续流落下的种子分入入土器, 排入土壤中, 投种准确。

4. 3. 1 种子箱的设计

$$\text{种子箱长度 } L_s = a(nk-1) = 200\text{mm}(4-1) = 600\text{mm}$$

两侧加余量 200mm, 则取值 800mm (其中 a 为行距, nk 为每次所播行数)

箱底 宽 \times 长为 160mm \times 800mm

箱顶 长 \times 高为 800mm \times 200mm

箱底漏种孔为 80mm \times 40mm

4. 3. 2 排种器、输种管的设计

排种装置采用外槽轮式排种器, 由轮盘的转动而使扇区内的种子在某时刻落入入土管中, 每转一周可实现打孔播种 12 穴, 并可保证播种无空穴。

该设备每次播种 4 行, 装有 4 套播种机构, 机器前进时, 导杆不断上升下降, 机器每前进规定穴距打穴一次。导杆上升时, 排种器将一定数量的种子经输送管放入入土管。随后入土器入土并在膜上打孔, 接近播深时, 导杆将鸭嘴打开, 鸭嘴中的种子被投出, 随后导杆在弹簧的作用下回位, 鸭嘴出土后回位弹簧关闭鸭嘴, 为下一次充种作准备。

为使种箱内的种子顺利地流落到分区分种扇区内, 输种管应按一定的角度倾斜, 输种管的倾角选取与水平线成 75° 。根据零速投针原理, 种子需靠自重滑落, 当种子重力沿滑落面的分力大于种子之间与内孔壁之间的摩擦力及离心惯力时种子即自动滑落下来。排种器下部应向后倾斜 8° 。

为防止地膜被鸭嘴挑起, 排种管前部分别装有仿形压膜轮。

4. 4 穴播机其他机构的设计

仿形整平器

最初设计的样机未采用仿形整平机构, 采用的是前置压实辊。试验中, 当拖拉机陷深较深时, 压实辊发生大量拥土现象, 压实辊不能滚动, 造成很大阻力, 拖拉机慢 I 档不能克服; 压实辊滚动状态良好时, 拖拉机轮辙不能消除。

改进设计时, 去掉了压实辊, 增加了轮辙整平机构。试验中发现轮辙整平机构效果很好, 但当拖拉机陷深较深时, 开沟犁随之加深, 牵引阻力增加很大。

经过两轮试验, 得出的基本结论是: 要保证作业质量, 必须整平轮辙, 必须保持机架与地面的距离不变。

根据上述试验结论, 将轮辙整平与机架仿形合为一体, 设计出了仿形整平机构。对整机的试验表明, 仿形整平机构能够保证机架与地面的距离, 能够整平轮辙并压实土壤, 对保证作业质量起到了很好的作用。

覆膜机构

为使地膜平展, 首先设计整地辊, 随后由仿形压膜轮把地膜两侧压紧并并于犁耕区内, 与此同时实现播种, 随后由覆土机构给地膜两侧覆土, 再由压紧轮压紧完成覆膜播种, 最后由后覆土机构在地膜上施以浮土, 防止地膜被风吹起。

覆膜机构采用传统的形式, 由地膜轴、地膜支架、压膜轮、镇压轮等组成。镇压轮同时具有机架限位作用, 与仿形整平器一起保持机架与地面的距离。

覆土机构

覆土机构的试制与改进经历了三个阶段。

最先试制出的覆土机构的覆土辊为固定安装方式，试验时较多地出现划膜现象，覆土量也不够。试验后，将覆土辊一端改为吊挂安装方式，以使其与地面保持常接触；覆土辊内螺旋由单头改为双头。改进后，覆土量少的问题基本解决，但覆土辊一端改为吊挂安装有时造成覆土辊吊挂端向后倾斜，容易划膜。

通过两轮试验，得出的基本结论是：覆土辊要浮动安装，以使其与地面保持常接触、保证滚动驱动力；覆土辊轴线要与前进方向垂直，以保证纯滚动和不侧滑。

最后采用了双螺旋覆土辊浮动安装方式，很好地解决了存在的问题，试验效果良好。由于穴播时在膜上打孔，地膜易被风鼓起，降低保墒效果，因此需要在膜上覆土压膜。

覆土机构由两个覆土铲和两个覆土滚筒组成。覆土滚筒内置绞龙，两侧内绞龙方向相反；覆土滚筒在一定范围内可上下浮动，以保持与地面接触；机组前进时，覆土铲翻起的土进入覆土滚筒内，覆土滚筒受牵引力作用在地面上滚动，内绞龙将土输送到膜上，完成覆土作业。

覆土滚筒内置双螺旋绞龙、浮动安装是本机的特点之一。

机架设计

机架按各部件安装要求、悬挂要求和强度要求设计，为框架结构。

4. 5 强度校核和机具的生产分析

4. 5. 1 强度校核

总长: $L=1.3\text{m}$

重心位置: $L'=0.7\text{m}$

总重量 $G: G=250$ 千克

材料重 $g: g=20$ 千克

覆膜机构: 80 千克

播种机构: 150 千克

F 拉力: $\&\times N$ ($\&$ 由土壤决定, 范围为 $0.5\sim 0.7$, N 为总重 $G=250$ 千克)

悬挂状态: F 拉力 $\times 0.325=2500 \times 0.7$

$$F \text{ 拉力}=5384.6\text{N}$$

工作状态: M 弯 $=0.7 \times 2500=1750(\text{N}\cdot\text{m})$

工作状态可不考虑, 以悬挂状态验证, 悬挂状态(以泰山 12 拖拉机为例)

拖拉机车头总重: $G=990 \times 10=9900\text{N}$

重心距后轮支点: $L_2=0.477\text{m}$

由 $9900 \times 0.477=4722.3(\text{N}\cdot\text{m})$

$2500 \times (0.7+0.25)=2500 \times 0.95=2375(\text{N}\cdot\text{m})$

$4722.3 > 2375$

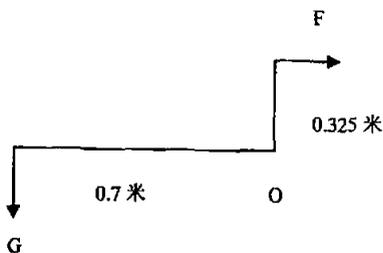


图 4-15 悬挂状态

所以拖拉机可悬挂机构

注：整套机构重心距离后轮支点 0.95m

由于 O 点受的弯曲应力最大，所以以 O 点计算，如图 4-15

弯曲截面系数 $W_y=3.35\text{cm}^3$

$\sigma=F_{\max}/w_y=1120 / 3.35=315.5\text{Mpa}$

查强度取 40# 钢

再计算受拉强度

$A=3.1415Dt=3.1415 \times 0.03 \times 0.003=0.0002826\text{m}^2$

$\sigma=FO \text{ 拉} / A=12.6\text{MPa}$

远小于所选材料的强度极限。

经过以上分析可知，泰山-12 拖拉机可悬挂该覆膜穴播机。

4. 5. 2 机具在生产实践中的效益

(一) 机具生产成本分析

1、生产成本

材料费：按使用钢材 240 千克、平均价格 4 元 / 千克计算，材料费用为：

$$240 \text{ 千克} / \text{台} \times 4 \text{ 元} / \text{千克} = 960 \text{ 元} / \text{台}$$

加工费：按材料加工各半计算，加工费为 960 元 / 台。

零配件费：90 元 / 台。

贷款利息分摊费：按一年期贷款、利息 6%、每台贷款 2200 元计，利息为 132 元 / 台。

管理费：按材料费的 5% 计，管理费为 48 元 / 台。

生产成本合计：材料及零配件费+加工费+贷款利息分摊费+管理费=2190 元 / 台

2、建议机器销售价格：3100 元 / 台。

(二) 机具使用经营效益分析

1、播种作业成本

机组作业效率：6 亩 / 小时；机具每年作业季节工作 12 天，每天工作 10 小时，可负担作业面积 720 亩左右。

机具折旧费：按 8 年折旧、残值 5%、线性折旧计，年折旧费为

$$3100 \text{ 元} / \text{台} \times (1-5\%) / 8 = 386 \text{ 元} / \text{台}$$

机具年维修费：按机具价格 5% 计，机具年维修费为 155 元 / 台

年燃油费：265g / kwh \times 8.82kw \times 10h / 天 \times 12 天 \times 0.0032 元 / g = 897.5 元

人工费：60 元 / 人天，机组人员 3 人，折合每亩人工费 3 元 / 亩。

管理费：1 元 / 亩。

每亩作业费用：(386+155+897.5) / 720+3+1=6 (元 / 亩)

地膜费：使用宽度为 1.5 米、厚度为 0.006mm 的地膜，成本为 28~30 元 / 亩。

2、建议作业收费：40 元 / 亩

3、经营效益：净收益，4 元 / 亩；2880 元 / 年。

4、机具投资回收期： $3100 \text{ 元} / 2880 \text{ 元} / \text{年} = 1.08 \text{ 年}$ 。

4. 6 本章小结

(1) 通过对覆膜穴播机的理论研究，设计出 2BFXL-1 型覆膜穴播机构，该机构的关键部件是成穴播种器和排种机构。其中成穴部件主要有入土器、鸭嘴、轮盘、导杆等。

(2) 排种系统主要是种子箱、排种器和排种管的设计。种子箱的长度为 800mm，箱底为 160mm × 800mm，箱顶为 800mm × 200mm，箱底漏种孔为 80mm × 40mm；排种采用外槽轮式排种器，输种管共有 4 套，为保证种子顺利地流落到分种扇区内，设计成与水平成 75°。

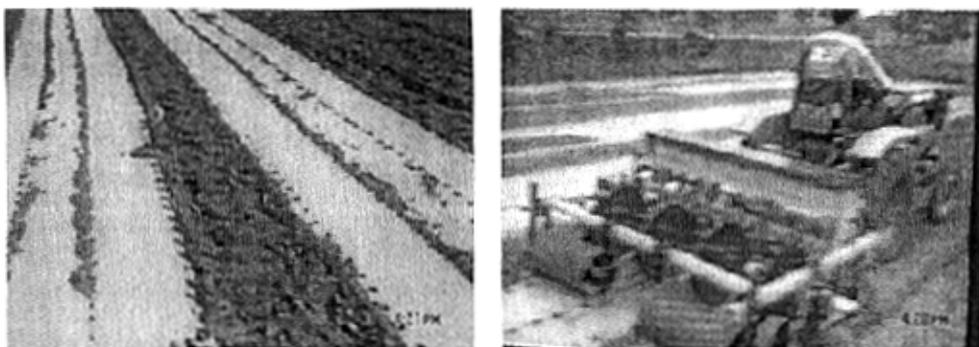
(3) 穴播器其它机件的设计：仿形整平器用托板仿形，用 W 形刮板整平；覆膜机构首先设计整地辊，然后由压膜轮把地膜两侧压紧于犁耕区内；覆土机构为防止地膜被风刮起，在膜上覆土压膜；机架设计符合强度要求。

(4) 经强度检验泰山-12 拖拉机就能悬挂该机具，并且该机具具有较高的经济效益。适合于农业生产。

第五章田间试验

为了验证成穴播种器的理论分析,设计了土槽试验和大田试验。为了方便,把种子的出苗试验设定在山东理工大学的农机实验室的土槽中进行试验,土槽长 30 米,宽 2 米,土层深度 0.9 米,砂质土壤,土壤含水量 10.46%,土壤坚实度为 312Kpa,试验时将花生种子筛选,以提高其出苗率,课题组经过试验得出结论出苗率达到 99.12%以上,完全符合农业生产的需求,在此不加以讨论。本章主要讨论成穴性能和播种性能的大田试验。

5.1 田间试验设计



地表条件

- (1)试验选择当地具有代表性的田块。地势平坦,无障碍物,整地质量符合农业技术要求。
- (2)调查测定试验地面积及地势、地形、坡度、前茬作物等。

土壤条件

- (1)土壤类型,耕作层的土块和杂物状况。
- (2)土壤绝对含水率、土壤坚实度,按 GB5262—85《试验条件测定方法的一般规定》测定。土壤含水率应在 8~16%之内,土壤坚实度一般很小,在 TE—3 型或类似的机械式土壤坚实度仪的最小测量值以下,但也不可太软,使机械下陷^[26]。

气象条件

气象条件包括气温、风向和风速,它对地膜的状态有直接的影响,严重时会使地膜破损。对花生来说,播种期一般在 4 月底到 5 月初,气温在 20 摄氏度左右,地膜延伸率较小,因此试验时气温选择在 17~24 摄氏度的范围之内。风向和风速将直接造成胀膜、破膜,进而会引起错位、吹掉膜上浮籽,所以风速应 $<4\text{m/s}$,记录下风向和注明与作业的方向。按 GB5262-85《试验条件测定方法的一般规定》测定。

试验用种子的特性

仅对试验(不查苗)来说,种子原始破碎率、净度和种子尺寸分别直接影响机具的种子破损率和穴粒数合格率、空穴率等指标的测试结果,将种子用筛子进行清选,去除碎小种子,以便提高穴粒数合格率(花生为 1~3 粒)。

铺膜的质量

铺膜的质量包括地膜特性、地膜贴合率、畦（垄）表面碎土程度及土壤坚实度、地膜纵横向拉伸率、皱折率和覆土质量（包括覆土宽度、厚度和漏覆土程度），可按 NJ360—85《塑料薄膜地面覆盖机试验方法》规定测定。

测定小区的选定

试验测定的膜幅数为 4 幅，测定的播种行数为 12 行，在测区内往返各 2 个单程上选定 4 个小区内进行测量，以膜孔为测点。

5. 2 田间试验

5. 2. 1 成穴性能的试验研究

1、穴播机技术参数

表 5-1 2BFXL-1 穴播机工作参数

穴播机外形尺寸（长×宽×高）	配套动力	工作幅宽	穴播机质量	工作深度
1470×1486×800 mm	9.83 kw	1400mm	250kg	50mm

2、土壤含水率及土壤坚实度

土壤含水率（表 5-2）在测试区对角线取样 5 点，取样深度为 0~50mm 及 50~100mm 两组，称量精度不低于 0.1g，求平均值^[27]。

表 5-2 土壤含水率*

测定点	取样深度 mm						
	0~50			50~100			
	样重 g	干重 g	含水率 %	样重 g	干重 g	含水率 %	
土壤 含水 率	1	150.26	121.85	14.25	162.93	140.39	16.06
	2	149.62	131.82	12.03	143.14	126.98	12.73
	3	152.03	133.76	12.21	151.83	138.39	13.31
	4	145.86	129.47	11.24	146.94	129.87	13.14
	5	146.21	127.76	12.96	152.86	135.28	13.00
平均	13.09%						

*注：土壤含水率

$$w = \frac{q - q'}{q'}$$

式中 q——自然状态下土壤质量

q'——烘干后同体积的土壤质量

试验地土壤含水率为 13.09%（表 5-2），土壤坚实度测定是在测定含水率的取样处，测出 0~50mm 和 50~100mm 土层坚实度，求平均值。本次试验土壤坚实度为 359kPa（根据当地资料提供），土壤含水率在设计所要求的土壤湿度 8~16% 范围内，符合穴播作业的要求。

3、试验用种子特性

表 5-3 试验用种子特性

测定次数		1	2	3	4	5	平均	
种子	千粒质量	929.4	927.9	925.7	931.8	926.5	928.3	
	含水率	样本质量 g	99.75	100.11	99.52	99.38	99.27	99.6
		干样质量 g	99.49	99.87	99.19	99.28	99.12	99.2
		含水率 %	0.52	0.56	0.34	0.18	0.42	0.40
	净度和破损	样本质量 g	99.75	100.11	99.52	99.38	99.27	99.6
		杂质质量 g	0.62	0.51	0.79	0.85	0.43	0.64
		净度 %	99.4	99.5	99.1	99.1	99.6	99.3
		破损量 g	0	0.11	0	0	0.29	0.08
		破损率 %	0	0.11	0	0	0.24	0.07

4、田间性能指标测定

表 5-4 铺膜质量指标测定

测区	试验项目	观测点（膜孔、缝号）												平均或合格率
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	采光面自然宽度 mm	1196	1203	1187	1202	1191	1201	1189	1192	1197	1186	1190	1202	85.7%
	采光面展平宽度 mm	1000	998	1001	1002	1001	999	998	1000	1001	1002	1000	1000	98.7%
	膜上飘籽数粒	0												
	采光面机械破损量 mm	42												
2	采光面自然宽度 mm	1198	1201	1189	1200	1198	1201	1199	1201	1197	1202	1199	1202	89.9%
	采光面展平宽度 mm	1001	998	1001	999	1001	999	998	1002	1001	1002	1000	1000	98.3%
	膜上飘籽数粒	1												

	采光面 机械破 损量 mm	51												
3	采光面 自然宽 度 mm	1196	1203	1198	1204	1197	1201	1190	1199	1197	1196	1195	1202	87.7%
	采光面 展平宽 mm	1000	998	1001	1002	1001	999	998	1000	1001	1002	1000	1000	99.7%
	膜上飘 籽数粒	0												
	采光面 机械破 损量 mm	48												
4	采光面 自然宽 度 mm	1196	1203	1193	1208	1191	1201	1200	1192	1200	1199	1190	1202	92.9%
	采光面 展平宽 mm	1000	998	1001	1002	1001	999	1000	1000	1001	1002	1000	1000	98.9%
	膜上飘 籽数粒	0												
	采光面 机械破 损量 mm	57												

经计算汇总，该试验区采光面宽度合格率在 87.6%>80%，，采光面展平度 98.9%>98%，采光面机械破损程度为 34.6mm/m²<50mm/m²，飘籽率 0.67%<1%，可见铺膜质量符合 GB/T13735 的规定。

5、成穴性能试验计划

舵轮式穴播器在播种机机架上安装的位置与垂直平面的夹角为 β （称为成穴器垂直倾角），在水平面内与播种机前进方向夹角为 γ （称为成穴器水平倾角），在影响成穴器成穴性能的因素中，成穴器垂直倾角 β 、水平倾角 γ 两个设计变量是影响成穴性能的主要因素。成穴器的工作参数是沿播种方向的前进速度 v ^[27]，它也是一个影响因素，在成穴性能试验中，取成穴轮直径为固定值 440mm，入土器的高度也为定值 80mm。按照三因子二次回归通用旋转组合设计^[28]的方法对变量进行线性变换，得到三因子水平编码表

表 5-5 因子水平编码表

参数	因子 x_j	零水平 (Z_0)	变化区间 (Δ)	因子设计水平 ($m_j=6, \gamma_j=1.682$)				
				-1.682	-1	0	+1	+1.682
α	x_1	1.0	0.3	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5
β	x_2	25	6	15	19	25	31	35
γ	x_3	9	3.6	3	5.4	9	12.6	15

6、成穴性能试验结果

试验时考察的指标有穴孔长度、穴孔宽度、在地面上形成穴孔的穴距和成穴器滑移系数。滑移系数是指试验测得的成穴器铲轮在地面上转动一周时，前进方向上的实际行走距离和理论行走距离计算得到的^[29]。试验结果见表 5-6

表 5-6 成穴器成穴性能试验结果

测区	试验号	穴孔长度	穴孔宽度	穴距	滑移系数	试验号	穴孔长度	穴孔宽度	穴距	滑移系数
		L' /cm	S/cm	S_x cm	δ %		L' /cm	S/cm	S_x cm	δ %
1	1	4.0	3.2	16.23	1.438	7	4.0	3.5	16.46	2.875
	2	4.1	3.3	16.39	2.438	8	4.4	3.2	16.71	4.438
	3	4.2	3.5	16.34	2.125	9	4.6	3.3	16.35	2.187
	4	4.1	3.4	16.44	2.750	10	4.0	3.7	16.32	2.000
	5	4.5	3.1	16.22	1.375	11	4.4	3.9	16.80	5.000
	6	4.4	3.6	16.57	3.563	12	4.2	4.2	16.63	3.943
2	1	4.2	3.8	16.69	4.313	7	4.6	4.9	16.68	4.251
	2	4.5	4.2	17.21	7.563	8	4.0	4.2	16.69	4.313
	3	4.1	3.7	16.85	5.313	9	4.2	4.8	16.92	5.750
	4	3.9	4.0	16.66	4.125	10	4.1	3.4	16.91	5.688
	5	4.0	3.2	16.71	4.438	11	4.2	3.9	16.82	5.125
	6	4.2	3.5	16.43	2.687	12	4.0	3.2	17.03	6.436
3	1	4.3	3.8	16.99	6.188	7	4.0	4.8	17.01	6.313
	2	4.5	4.3	16.21	1.987	8	4.2	4.2	16.99	6.188
	3	4.0	3.7	16.95	5.938	9	4.2	4.8	17.02	6.375
	4	3.9	4.0	17.05	6.563	10	4.2	3.4	16.75	4.688
	5	4.0	3.2	17.01	6.313	11	4.6	3.9	16.81	5.063
	6	4.1	3.5	16.93	5.813	12	4.3	3.5	16.73	4.563

测区	试验号	穴孔长度	穴孔宽度	穴距	滑移系数	试验号	穴孔长度	穴孔宽度	穴距	滑移系数
		L' /cm	S/cm	S _x cm	δ %		L' /cm	S/cm	S _x cm	δ %
4	1	4.1	3.3	16.93	5.813	7	4.3	3.5	16.75	4.688
	2	4.1	3.5	17.01	6.313	8	3.9	3.2	16.35	2.187
	3	4.0	3.5	16.81	5.063	9	3.9	3.3	16.95	5.938
	4	4.2	3.4	16.99	6.188	10	4.0	3.6	16.71	4.438
	5	4.0	3.0	16.34	2.125	11	4.1	4.0	16.91	5.688
	6	4.2	3.6	16.23	1.438	12	4.1	4.2	16.85	5.313

根据二次回归通用旋转组合设计的统计方法,对代表成穴器成穴性能的各个指标与所选择因子影响关系进行统计计算^[41]和显著性检验可知,成穴器成穴性能的各个指标与影响因子之间关系的回归方程都是显著的(α=0.1~0.5)。去除回归方程中不显著项^[30],经整理得成穴器成穴性能各指标与影响因子间的回归关系如下式

$$\begin{cases}
 L' = 2.364 + 0.521v + 0.063\beta - 0.213\gamma + 0.026\gamma^2 \\
 S = -0.7168 + 0.5647\beta + 0.8231\gamma - 0.0124\beta^2 - 0.0341\gamma^2 + 0.0209\beta\gamma \\
 S_x = 8.2641 + 0.168v + 0.1324\beta + 0.9026\gamma - 0.0068\beta\gamma - 0.0031\beta^2 + 0.0039\gamma^2 \\
 \delta = -46.069 + 3.1207v + 1.6682\beta + 1.7890\gamma + 0.2567v\beta - 0.3951v\gamma - 0.0346\beta\gamma - 1.6777v^2 - 0.0169\beta^2 + 0.0139\gamma^2
 \end{cases} \quad (5-1)$$

7、成穴器参数对成穴质量的影响

(1) 对穴孔长度的影响

成穴器参数对穴孔长度 L' 的影响如图 5-2 所示。在实际成穴过程中,随着成穴器前进速度的提高,穴孔长度随之呈线性增加,随着成穴器水平倾角 γ 的增加,穴孔长度也随之增加,并且增加的速率随 γ 角的变大而加快。在试验范围内,穴孔长度随着垂直倾角 β 的增加呈线性增加。

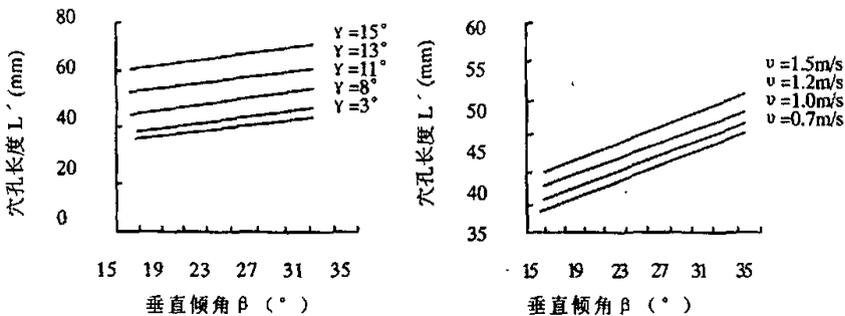


图 5-2 成穴器参数对穴孔长度的影响

(2) 对穴孔宽度的影响

成穴器参数对穴孔宽度 S 的影响如图 5-3 所示。根据回归方程和试验结果可以看出,成穴器

前进速度对穴孔宽度没有影响,因此决定穴孔宽度的因素是成穴器的双向倾角 β 和 γ 。

在实际成穴过程中,入土器以一定的速度进入土壤和脱离土壤时,所形成穴孔边缘的土壤在入土器的作用下出现一定的移位,同时,由于土壤的粘塑性,也使穴孔边缘的土壤在一定程度上被打穴铲带出穴孔。

(3) 对穴距的影响

图 5-4 示出了成穴器参数对穴距 S_x 的影响。随着垂直倾角 β 的增加,穴距呈下降的趋势。还可以看出在对穴距影响的因素中,水平倾角 γ 是主要因素。随着 γ 角的增加,穴距几乎呈线性增加。成穴器的前进速度 v 对穴距的影响较小。

(4) 对滑移系数的影响

成穴器的滑移系数 ϵ 受成穴器结构参数、工作参数和土壤性质综合影响。试验结果如图 5-5 所示。试验过程表明,成穴器的滑移在很大程度上依赖于土壤的状况。

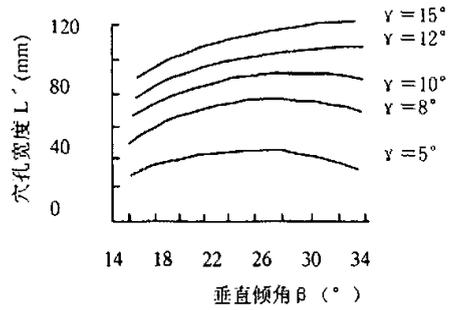
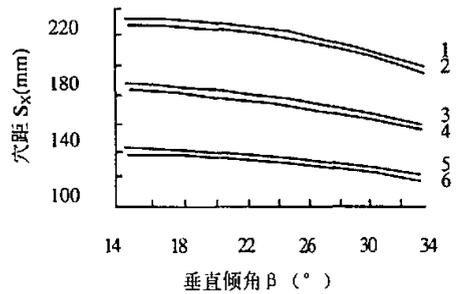


图 5-3 成穴器参数对穴孔宽度的影响



1. $\gamma = 15^\circ$ $v = 1.5\text{m/s}$ 2. $\gamma = 15^\circ$ $v = 0.5\text{m/s}$
 3. $\gamma = 10^\circ$ $v = 1.5\text{m/s}$ 4. $\gamma = 10^\circ$ $v = 0.5\text{m/s}$
 5. $\gamma = 5^\circ$ $v = 1.5\text{m/s}$ 6. $\gamma = 5^\circ$ $v = 0.5\text{m/s}$

图 5-4 成穴器参数对穴距的影响

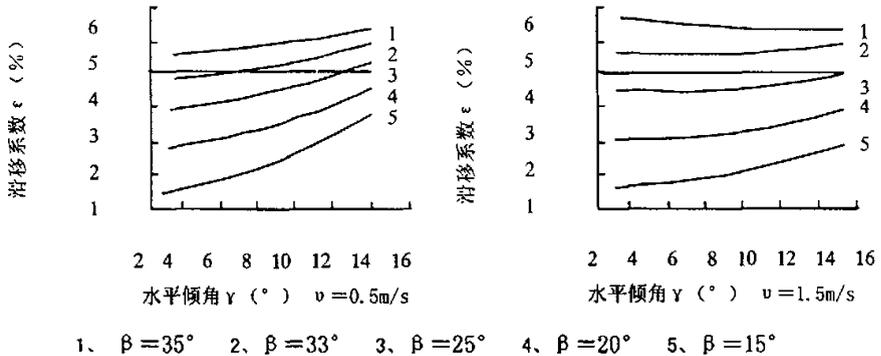


图 5-5 成穴器参数对滑移系数的影响

5. 2. 2 排种性能的试验研究

在外槽轮式排种器结构尺寸确定的情况下,排种器下部的倾角 β' 和工作转速 n 是影响排种质量的主要因素。因此,通过试验确定排种器的最佳倾角 β' 和工作转速 n 。

1、排种器试验计划的确定

根据外槽轮式排种器的工作特性,试验时选择倾角变化范围为 $\beta' = 5^\circ \sim 25^\circ$,排种器转

速 $n=20\sim 40r/min$ 。对于花生来说,理论种距为 $160mm$, 试验时采用二因子二次回归通用旋转组合设计安排, 按照所选参数变化范围所确定的因子水平编码如表 5-7 所示。

表 5-7 因子水平编码表

参数	因子 x_i	零水平 (Z_0)	变化区间 (Δ)	因子设计水平 ($m_0=5, \gamma=1.414$)				
				-1.414	-1	0	+1	+1.414
n	x_1	30	5	20	25	30	35	40
β'	x_2	15	7	5	8	15	22	25

表 5-8 花生种子几何尺寸特征

序号	品种	长 l_s (mm)	宽 b_s (mm)	厚 h_s (mm)
1	鲁花 14 号	20.01	12.28	9.19
2	鲁花 6 号	18.89	11.11	6.36
3	鲁花 11 号	19.63	11.59	7.86

不同转速下、不同的排种器倾角 β' 下穴粒数、种距的测定 (表 5-9)。

表 5-9 不同转速下、不同的排种管倾角 β' 下穴粒数和种距的测定

测区号	序号	穴粒数	种距(cm)	序号	穴粒数	种距(cm)
1	1	3	16.56	7	3	16.25
	2	3	16.78	8	3	16.26
	3	2	16.32	9	2	16.61
	4	3	16.69	10	3	17.05
	5	3	16.48	11	5	17.26
	6	2	16.24	12	3	16.29
2	1	2	16.21	7	3	16.18
	2	3	16.73	8	3	16.21
	3	3	16.31	9	2	16.30
	4	2	16.88	10	2	17.01
	5	3	16.47	11	3	16.58
	6	1	16.96	12	2	17.02
3	1	3	16.26	7	3	16.15
	2	3	16.35	8	3	16.29
	3	2	16.12	9	2	16.71
	4	2	15.69	10	3	17.15
	5	3	16.46	11	2	16.21
	6	2	16.21	12	3	16.27
4	1	2	16.21	7	3	16.28
	2	3	16.46	8	3	16.11
	3	3	16.31	9	2	16.45
	4	2	16.27	10	4	17.02
	5	3	16.62	11	3	16.78
	6	3	15.96	12	2	16.09

2、试验结果与分析

试验时，以排种器的漏播率、重播率、种距变异系数作为评价排种性能指标。试验结果表明，排种器对试验所采用的3种花生种子的漏播率均在所选参数的变化范围内都小于1%，并且漏播的出现与参数的变化没有明显的关系。在考察排种器参数对排种性能的影响时不考虑这一指标^[11]。根据二次回归通用旋转组合设计的统计方法，对排种性能指标与影响因素的关系进行统计计算，经整理得3种花生种子所对应的关系如下

(1)

$$\begin{cases} D = 32.268 + 0.123k_1^2 - 1.1132x_2^2 + 4.6812x_1 + 12.6775x_2 + 18.0269x_1x_2 \\ v = 6.545 + 1.523k_1^2 + 1.8613x_2^2 + 2.3812x_1 - 2.6375x_2 - 3.0269x_1x_2 \end{cases} \quad (5-2)$$

(2)

$$\begin{cases} D = 2.268 + 4.1631x_1^2 + 4.1132x_2^2 + 6.6812x_1 + 10.6775x_2 + 15.0269x_1x_2 \\ v = 7.541 + 1.023k_1^2 + 1.8613x_2^2 + 1.3812x_1 + 1.2375x_2 + 0.1209x_1x_2 \end{cases} \quad (5-3)$$

(3)

$$\begin{cases} D = 0.0257 + 3.1231x_1^2 + 1.2132x_2^2 + 0.6812x_1 + 2.6775x_2 + 2.0269x_1x_2 \\ v = 8.545 + 1.2231x_1^2 - 0.1613x_2^2 + 1.1512x_1 + 1.6375x_2 + 2.0269x_1x_2 \end{cases} \quad (5-4)$$

(1) 转速对排种性能的影响

排种器转速 n 对重播率 D 和种距变异系数 v 的影响如图 5-6 所示,在转速较低时,(2)和(3)种子的重播率较低,当转速大于 30r/min 时,随着转速的增加,重播率 D 以较快的速率上升。而

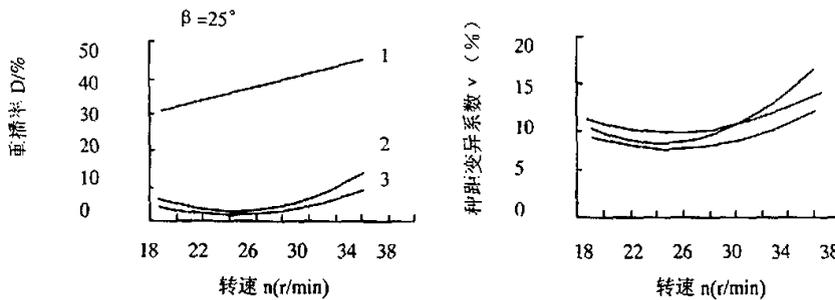


图 5-6 转速对排种性能的影响

对于(1)种子来说,随着转速的增加,重播率 D 以线性关系上升。

对于3种花生种子,转速对种距变异系数的影响具有相同的趋势。当转速从小向大变化时,种距的变异系数开始随着转速的增大呈下降的趋势。这是由于在转速很低时,排种轮对种子在投种处不能起到推动作用,种子完全靠自重下落而脱离投种口,此时,种子的尺寸是影响种距变异系数的主要因素。当转速达到一定值时,随着转速的增加,种距变异系数以较快的速率上升,这是由于转速的增加导致了投种的不稳定性。

(2) 排种器倾角对排种性能的影响

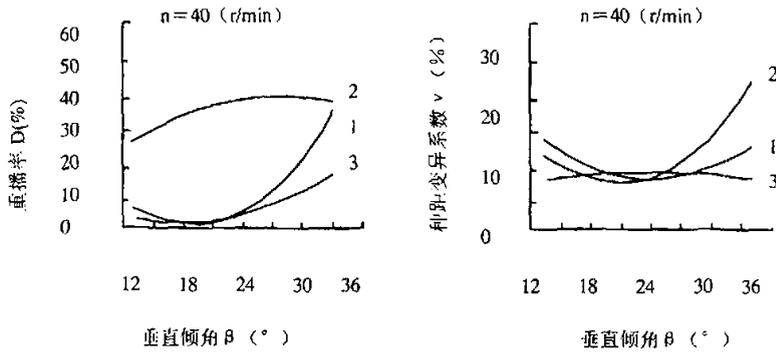


图 5-7 倾角对排种性能的影响

排种器倾角 β' 对排种性能指标的影响如图 5-7 所示, 随着倾角 β' 的增加, 重播率增加, 在排种器投种角一定的情况下, 倾角 β 决定着投种的方向。

5. 3 建立播种机参数的数学模型

试验结果表明, 在播种机所选参数变化范围内, 要想得到较低的重播率和较小的种距变异系数, 排种器倾角应随着转速的变化作相应的改变^[34]。采用机械优化设计的方法, 对排种器转速与倾角进行优化组合, 以达到较优的排种性能指标与排种器参数的数学模型, 因此在参数优化过程中以重播率 D 作为目标函数。为了保证播种时种距的均匀一致, 限定种距变异系数 $v \leq 10\%$ 。根据这些条件, 列出播种机参数优化时的数学模型如下:

目标函数 $\min F(X) = D(x_1, x_2)$

约束条件

$$\begin{cases} g_1(X) = v(x_1, x_2) \leq 10 \\ g_2(X) = x_1 + 1.414 \geq 0 \\ g_3(X) = x_1 - 1.414 \leq 0 \\ g_4(X) = x_2 + 1.414 \geq 0 \\ g_5(X) = x_2 - 1.414 \leq 0 \end{cases}$$

采用内点法构成罚函数, 并利用共轭梯度求罚函数的极值, 得到目标函数在约束条件下最小时参数 x_1 和 x_2 的组合, 根据 $x_1 = (n-30)/5$ 和 $x_2 = (\beta' - 15)/7$ 关系, 得到在不同花生种子条件下排种器最佳参数组合。

表 5-10 播种机优化参数变化范围

花生种子	排种器转速 (r/min)	排种器倾角 (°)
鲁花 14 号	32.04~34.21	7.27~10.16
鲁花 6 号	26.16~33.01	14.25~20.34
鲁花 11 号	28.33~32.98	13.23~18.01

舵轮式穴播器, 由于利用连续供种、分区分种、凸轮导杆内投种成穴的播种原理, 可以满足农作物地膜覆盖农艺要求, 克服现有种穴错位、播种的均匀度差、夹膜、撕膜、膜孔过大、空穴率高等缺点。

5.4 本章小结

(1)设计田间试验：地表应地势平坦，整地质量符合农业技术要求；土壤含水率应在8~16%之内，土壤坚实度一般很小；气温在20摄氏度左右，风速应 $<4\text{m/s}$ ；为提高穴粒数合格率，将种子用筛子进行清选，去除碎小种子和杂质。

(2)在成穴器成穴性能的试验时，成穴器垂直倾角 β 、水平倾角 γ 、前进速度 v 是影响成穴性能的主要因素。通过对穴孔长度、穴孔宽度、穴距、滑移系数的测量，按照三因子二次回归通用旋转组合设计的方法对变量进行线性变换，最终确定成穴指标与影响因素间的关系。

(3)根据外槽轮式排种器的工作特性，试验时影响排种的主要因素是排种器转速和排种器倾角，选择倾角变化范围为 $\beta' = 5^\circ \sim 25^\circ$ ，排种器转速 $n = 20 \sim 40\text{r/min}$ 。试验时采用二因子二次回归通用旋转组合设计安排，最终确定播种指标与影响因素间的关系。

(4)该机通过大田试验，表明其有良好的成穴性能和准确的投种性能。

第六章 结论与建议

6.1 结论

(1) 本课题研究了覆膜穴播作业工艺方案及其关键技术参数,优化设计穴播机关键工作部件,从理论上解决了以下三个问题:

①通过对入土器运动轨迹的分析和穴孔形成过程的分析,优化了大轮盘半径、鸭嘴的开启方向、入土管倾角、机器前进速度、入土器高度、播深等参数,解决了穴播作业时鸭嘴进土、撕膜等问题。

②通过对种子的进种、输种、充种、入穴过程的分析,解决了漏种口尺寸、输种管长度、进种口位置等参数。。

③根据导杆适时打开鸭嘴播种的运动要求,确定导杆的运动规律,然后利用代数法,设计出凸轮的轮廓形状,以确保准确播种和打孔的一致性。

(2) 在课题研究的过程中通过对机件的试制和改进,主要解决了以下二个问题:

①通过对成穴器三个方案的试制,比较各自的优缺点,目的是找出膜孔适中、能提高作业速度、作业平稳的最优成穴性能的方案——舵轮式穴播器。

②为保证舵轮式穴播器配套的播种机构,经分析确定采用外槽轮式排种器连续供种、轮盘扇区分区分种、入土器间歇打开成穴播种的方案,使排种性能和工艺达到机具所要求的性能。

(3) 试验结果

2003年10至2004年4月在山东泰安特车厂进行了5台2BFXL-1样机试制,并实际应用于农业穴播机械试验区的穴播作业。在覆膜、穴播等方面都取得了比较满意的效果。

试验结果表明:

(1)成穴器所形成膜孔长度随着前进速度的提高呈线性增加(速度从0.7m/s增加至1.2m/s,穴孔长度相应增加3.628mm);成穴器前进速度对穴孔宽度没有影响。

(2)成穴器的水平倾角是影响穴距的主要因素,随着水平倾角的增加,穴距几乎呈线性增加。

(3)在穴播器结构参数确定的情况下,排种器的转速和倾角对漏播率没有明显影响;重播率受排种器转速和倾角的综合影响,当倾角大于25°时,重播率随着转速和倾角的增加较快地上升。

(4)种距变异系数在转速较低时,随着转速的增加而下降;当转速达到42r/min时,随转速增加,种距变异系数快速增加。

在论文研究和2BFXL-1X型覆膜穴播机试制的过程中我主要参与了入土器的研究的制造过程,由于样机制造比较复杂,所以我们到技术力量比较雄厚的泰安特车厂进行加工制造,并边改进边试制,由于我缺乏实践经验,设计中存在很多不足,选材也有所不当,有些零件是浪费材料,有些零件是强度不够,在加工期间工厂的老师给了我很大的帮助,又给我上了一堂课,使我受益匪浅。

6.2 建议

覆膜穴播机今后批量生产与使用中建议：

(1) 成穴器工作部件——鸭嘴是采用后开启，容易被较大土块堵塞，而不能及时关闭鸭嘴；并且导杆较长，工作时间长会导致机械性能下降，从而影响成穴和播种性能，有待于进一步完善。

(2) 播种器工作部件——由排种器连续供种，扇区分区分种，是一个较好的方案，但是制造 12 个扇区工艺复杂，难度较大，需要进一步改进。

参考文献

- [1]郭志东,刁培松. 旱地冬小麦全生育期地膜覆盖穴播高产栽培技术的研究, 农业工程学报, 1999, 15 (2),: 222~224
- [2]孔德军, 王世学, 高焕文, 陈君达. 1QJ-120 型浅松机的研究设计, 农机化研究, 总第 118 期, 2004, 3
- [3]滚轮式小麦覆膜穴播机: [硕士研究论文]. 山东: 山东工程学院, 2000
- [4]Hunt D.A vegetable seeder that plants through plastic and paper mulch.Illinois Research, University of Illinois Agricultural Experiment Station, 1961 Fall: 16
- [5]Heinemann W H,Dilworth A E,Cary J W. Experimental machines for autodible planting.Transactions of the ASAE ,1973,16(2): 656~659
- [6]Shaw L N,Fluck R C,Bryan H H.Energy conservation by recropping plastic mulch covered tomato beds.ASAE Paper No.78-1509,1978
- [7]Flake E.Brinkmann W.Entwicklung und Erfahrungen zum Sestempelaussaatverfa-hren fuer Zuckerrueben.Lndtechnik,1985,38(3): 243~248
- [8]Srivastava A K,Anibal M E.A punch planter for conservation tillage.ASAE Paper No.81-1020, St.Joseph.Michigan,1981
- [9]马成林,李成华,于海业. 打穴播种机研究的发展与现状, 农业机械学报, 30 (1), 1999, 1, 103
- [10]高焕文. 北方旱地机械化耕作模式探讨, 中国农业大学学报, 第 11 期, 1996, 35~39
- [11]高焕文,李问盈. 北方旱地可持续生产体系探讨, 机械化旱作农业与节水灌溉技术研讨会文集, 1998, 4, 53~56
- [12]王金萍,郭志东. 覆膜穴播成穴器方案设计与理论分析, 黑龙江农机化研究, 2004, 4, 91~94
- [13]于建群,马成林,陈晓光等. 打孔式播种机的研究进展. 吉林工业大学学报, 1995, 25 (1): 115~119
- [14]郭志东. 4BHZ-A 型活塞式地膜覆盖农作物穴播机, 中国专利公告. 1999, 3
- [15]魏宏安,邵世禄. 垂直插入式小麦覆膜穴播机的研究, 农业机械学报, 2001, 11 (6): 34~37
- [16]北京农业工程大学主编. 农业机械学. 北京: 农业出版社, 1989.
- [17]汪遵元,胡敦俊,黄聿荣. 滚轮式膜上打孔精量播种机, 农业机械学报, 1988, 19 (1): 88~95
- [18]夏俊芳,许倚川,吴一鸣等. 旱作多功能精密穴播轮的研究, 农业机械学报, 2002, 33 (4): 42~48
- [19]于建群. 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: [博士学位论文]. 长春: 吉林工业大学, 1998
- [20]马旭,马成林,张守勤. 地膜覆盖播种机成穴器的研究, 农业机械学报, 1989, 20 (4): 20~27
- [21]马成林,李成华,于海业. 打穴播种机结构参数和工作参数的优化设计, 农业机械学报 1999, 30 (3): 30~33
- [22]张波屏. 播种机械设计原理. 北京: 机械工业出版社, 1982

- [23]张德文, 李林, 王惠民. 精密播种机械. 北京: 中国农业出版社, 1982
- [24]于海业, 马成林, 马旭等. 小麦种子在输种管内运动状态的观察与分析, 农业机械学报, 1996, 10 (27 增刊)
- [25] 彭国勋、肖正扬编著, 自动机械的凸轮机构设计, 北京, 机械工业出版社, 1990,
- [26]中华人民共和国机械行业标准. GB5262-85. 地膜覆盖机试验方法. 北京: 机械工业部, 1995-6-20
- [27]李成华, 马成林, 于海业. 铲式成穴器成穴机理及影响因素的分析. 农业机械学报, 1999, 30 (1): 28~32
- [28]茆诗松, 丁元等. 回归分析及其试验设计(第二版). 上海: 华东师范大学出版社, 1981, 191~253
- [29]桑正中 主编. 农业机械学(第二版). 北京: 机械工业出版社, 1981. 259~272
- [30]Brosius G. SPSS/PC⁺ — Basic and graphics. Hamburg: McGraw — Hill Book Company, 1988. 309~340
- [31]马成林, 李成华, K-H ·Kromer. 铲式成穴器成穴性能的试验研究, 农业机械学报, 1999, 30 (2) 33~37
- [32]陈立周. 机械优化设计. 上海: 上海科技技术出版社, 1983
- [33]于建群, 马成林, 王立鼎. 组合内窝孔精密排种器充种过程分析, 农业机械学报 2001, 5: 30~33
- [34]李成华, 马成林, 于海业. 倾斜圆盘勺式玉米精密排种器的试验研究, 农业机械学报 1999, 30 (2) 39~42
- [35] 刘淑霞等, 精密播种机检测系统研究. 农业机械学报, 1998, 29 (增刊): 72~75
- [36] 石宏, 李达. 目前国内外播种机发展走向. 农业机械化与电气化. 2000, (1)
- [37] 叶新跃, 我国播种机械现状与发展趋势. 中国农机化, 1998

致谢

《地膜覆盖穴播机的机构和参数设计的研究》课题的研究得到山东省教委试验项目资助。本论文是在李洪文教授、王相友教授和郭志东教授指导下完成的，在整个论文工作期间，老师们给予了极大的关怀和帮助，特别是李洪文老师和郭志东老师给了我最大的帮助，对课题研究提出了许多宝贵的意见，还有中国农业大学的农业机械化工程的老师们都给了我很大的帮助，在此向诸位老师表示真诚的感谢！

在论文机具设计和生产试验过程中，得到山东理工大学农机化研究中心老师们的大力帮助，给实验提供条件。田间生产试验得到山东省淄博市张店区农机推广站和九级村大力协助，在此一并表示谢意。

在此感谢中国农业大学机械化生产技术与装备研究中心为我提供了良好的学习机会！

本论文受益于参考文献中所有作者的工作，向这些作者表示衷心的感谢！

谨以此文献给从事农业机械工程和农机具研究的全体老师和同学们！

献给我的父亲母亲！

作者：王金萍

2005年3月于北京

附录 论文所用数学符号

v ——播种机前进速度	v_m ——机组前进速度
R ——滚动半径	ϕ_2 ——种子的自然休止角
ω ——大轮盘转动的角速度	d ——充填孔直径
t ——播种机运动的时间	θ_1 ——充种区开始位置角
x ——入土端沿播种机前进方向的位移	φ_1 ——种子与型孔的摩擦角
y ——入土端垂直方向的位移	θ_2 ——终止位置角
g ——重力加速度	ω_i ——排种轮角速度
R_s ——成穴轮半径	$A_i、B_i$ ——种子的长度和宽度
nk ——每次所播行数	S_z ——种距
β' ——排种器倾角	f_b ——播种频率
w ——土壤湿度	i_d ——鸭嘴数目
q ——自然状态下土壤质量	r_i ——种子半径
q' ——烘干后同体积的土壤质量	a ——行距
α ——鸭嘴后面角	L_s ——种子箱长度
L' ——穴孔长度	R' ——鸭嘴上该点与轮盘轴心的距离
S ——穴孔宽度	F_{ad} ——膜孔纵长
H ——播深	K ——膜孔宽度
h ——入土器在轮盘外的长度	γ ——鸭嘴上任一点与轮盘轴心的连线，与鸭嘴中点与轮盘轴心连线之间的夹角。
S_x ——穴距	l ——花生株距
R_h ——鸭嘴最外端半径	δ ——成穴轮滑移率
θ ——鸭嘴转角	b_z ——花生种子长度
D ——重播率	l_z ——花生种子宽度
v ——种距变异系数	h_z ——花生种子厚度
ΔS ——滑移量	
L_s ——成穴轮转 n 圈时实际通过的距离	
v_c ——成穴轮线速度	

个人简历

姓 名 王金萍 性 别 女 出生日期 1969、8 籍贯 山东威海荣成
最后学历（学位） 工学硕士 毕业院校 中国农业大学工学院

学习或工作经历

1995.9~2002.7 山东省淄博市公用事业技校，教师

2002.7~至今 淄博职业学院，讲师

发表学术论文

- [1]王赞松，宋作军，王金萍等.《奥迪 A6 汽车维修图册》，人民交通出版社，2002，9
- [2]王赞松，宋作军，王金萍等.《上海波罗轿车维修图册》，人民交通出版社，2003，8
- [3]王金萍，石玉堂等.《专业实训》，院编教材，2003，9
- [4]王金萍，冯青等.《专业理论》，院编教材，2004，9
- [5]王金萍，李富伟.直插式播种成穴器的研究，淄博职业学院院报，2003，2，23~25
- [6]王金萍，郭志东.覆膜穴播成穴器方案设计与理论分析，黑龙江农机化研究，2004，4，91~94

作者: [王金萍](#)
学位授予单位: [中国农业大学](#)
被引用次数: 2次

参考文献(37条)

1. [郭志东](#) [旱地冬小麦全生育期地膜覆盖穴播高产栽培技术研究](#) [期刊论文] - [农业工程学报](#) 1999 (2)
2. [孔德军](#), [王世学](#), [高焕文](#), [陈君达](#) [1QJ-120型浅松机的研究设计](#) [期刊论文] - [农机化研究](#) 2004 (2)
3. [滚轮式小麦覆膜穴播机](#) 2000
4. [Hunt D A](#) [vegetable seeder that plants through plastic and paper mulch](#) 1961
5. [Heinemann W H](#), [Dilworth A E](#), [Cary J W](#) [Experimental machines for autodible planting](#) 1973 (02)
6. [Shaw L N](#), [Fluck R C](#), [Bryan H H](#) [Energy conservation by recropping plastic mulch covered tomato beds](#) 1978
7. [Flake E](#), [Brinkmann W](#) [Entwicklung und Erfahrungen zum Sestempelaussaatverfa-hren fuer Zuckerrueben](#) 1985 (03)
8. [Srivastava A K](#), [Anibal M E A](#) [A punch planter for conservation tillage](#) 1981
9. [马成林](#), [李成华](#), [于海业](#) [打穴播种机研究的发展与现状](#) [期刊论文] - [农业机械学报](#) 1999 (1)
10. [高焕文](#) [北方旱地机械化耕作模式探讨](#) 1996 (11)
11. [高焕文](#), [李问盈](#) [北方旱地可持续生产体系探讨](#) [会议论文] 1998
12. [王金萍](#), [郭志东](#) [覆膜穴播成穴器方案设计与理论分析](#) 2004
13. [于建群](#), [马成林](#), [陈晓光](#) [打孔式播种机的研究进展](#) 1995 (01)
14. [郭志东](#) [4BHZ-A型活塞式地膜覆盖农作物穴播机](#) 1999 (03)
15. [魏宏安](#), [邵世禄](#) [垂直插入式小麦覆膜穴播机的研究](#) [期刊论文] - [农业机械学报](#) 2001 (6)
16. [北京农业大学](#) [农业机械学](#) 1989
17. [汪遵元](#), [胡敦俊](#), [黄聿荣](#) [滚轮式膜上打孔精量播种机](#) 1988 (01)
18. [夏俊芳](#), [许绮川](#), [吴一鸣](#), [叶峻](#) [旱作多功能精密穴播轮的研究](#) [期刊论文] - [农业机械学报](#) 2002 (4)
19. [于建群](#) [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关](#) [学位论文] 博士 1998
20. [马旭](#) [地膜覆盖播种机成穴器的研究](#) [期刊论文] - [农业机械学报](#) 1989 (4)
21. [马成林](#), [李成华](#), [于海业](#) [打穴播种机结构参数和工作参数的优化设计](#) [期刊论文] - [农业机械学报](#) 1999 (3)
22. [张波屏](#) [播种机械设计原理](#) 1982
23. [张德文](#), [李林](#), [王惠民](#) [精密播种机械](#) 1982
24. [于海业](#), [马成林](#), [马旭](#) [小麦种子在输种管内运动状态的观察与分析](#) 1996 (z10)
25. [彭国勋](#), [肖正扬](#) [自动机械的凸轮机构设计](#) 1990
26. [GB 5262-1985](#). [地膜覆盖机试验方法](#) 1995
27. [李成华](#), [马成林](#), [于海业](#) [铲式成穴器成穴机理及影响因素的分析](#) [期刊论文] - [农业机械学报](#) 1999 (1)
28. [茆诗松](#), [丁元](#) [回归分析及其试验设计](#) 1981
29. [桑正中](#) [农业机械学](#) 1981
30. [BrosiusG](#) [SPSS/PC+- Basic and graphics](#) 1988

31. 马成林, 李成华, 于海业, KH. Kromer 铲式成穴器成穴性能的试验研究[期刊论文]-农业机械学报 1999(2)
32. 陈立周 机械优化设计 1983
33. 于建群, 马成林, 王立鼎 组合内窝孔精密排种器充种过程分析[期刊论文]-农业机械学报 2001(5)
34. 李成华, 马成林, 于海业, KH. Kromer 倾斜圆盘勺式玉米精密排种器的试验研究[期刊论文]-农业机械学报 1999(2)
35. 刘淑霞, 马跃进, 孙耀杰 精密播种机监测系统研究[期刊论文]-农业机械学报 1998(Z1)
36. 石宏, 李达 目前国内外播种机发展走向 2000(01)
37. 叶新跃 我国播种机械现状与发展趋势 1998

本文读者也读过(10条)

1. 王凤芹 种肥穴播器结构参数设计方法研究[学位论文]2005
2. 孙伟 打穴式免耕播种机的研究[学位论文]2006
3. 介绍两种新型穴播器[期刊论文]-新疆农机化2010(6)
4. 魏宏安, 邵世禄 垂直插入式小麦覆膜穴播机的研究[期刊论文]-农业机械学报2001, 32(6)
5. 刘彩玲, 宋建农, 王继承, Liu Cailing, Song Jiannong, Wang Jicheng 花生覆膜穴播机成穴机构研究[期刊论文]-中国农业大学学报2007, 12(3)
6. 王雪艳 振动深松技术与关键部件研究[学位论文]2005
7. 夏俊芳, 许绮川, 叶峻, 胡文斌, 潘玉龙 鸭嘴式旱作多功能精密穴播轮的试验研究[期刊论文]-华中农业大学学报 2001, 20(5)
8. 董丽梅, 吴建民, 孙伟, DONG Li-mei, WU Jian-min, SUN Wei 鸭嘴式穴播器活动门凸轮-平面四杆式开启机构的研究[期刊论文]-甘肃农业大学学报2009, 44(6)
9. 于红鹏 2BDG-1舵轮杠杆开启式穴播机[学位论文]2009
10. 杨善东, 杜瑞成, 郭志东, 蔡善儒, YANG Shan-dong, DU Rui-cheng, GUO Zhi-dong, CAI Shan-ru 套筒式穴播器的设计及理论分析[期刊论文]-农机化研究2007(5)

引证文献(2条)

1. 刘飞, 赵满全, 吴英思 膜下播种机的设计及排种装置的室内性能试验[期刊论文]-农业工程学报 2010(4)
2. 刘彩玲, 宋建农, 王继承 花生覆膜穴播机成穴机构研究[期刊论文]-中国农业大学学报 2007(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y774059.aspx