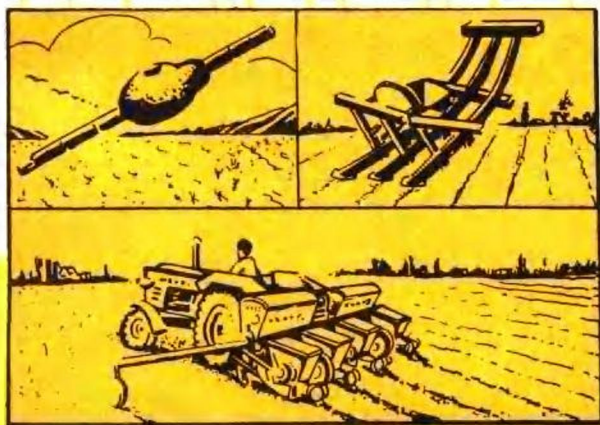


播种机械设计原理

张波屏 编译



机械工业出版社

播种机械设计原理

张波屏 编译



机械工业出版社

播种机械设计原理

张波屏 编译

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

达县新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 · 印张 $14 \frac{1}{8}$ · 字数373 千字

1982年3月重庆第一版 · 1982年3月重庆第一次印刷

印数 0,001—2,100 · 定价1.75 元

*

统一书号: 15033 · 4944

编 者 的 话

《播种机械设计原理》一书着重介绍播种机械的基本原理。

全书共分七章。第一、二章主要介绍种子的各种特性和散粒体（种子）力学；第三、四章主要介绍条播机、精密播种机及其排种器；第五章介绍开沟覆土工艺过程及开沟器悬拉杆的仿形性能；第六章略谈免耕播种问题；第七章概述播种机械的试验测量技术。

排种器是播种机械的核心，是决定播种机工作性能的主要因素。考虑到我国播种机械研究设计和使用的现状，作者着意予以重视，尽量搜集论述了迄今世界上已有的各种类型的排种器，特别是精密排种器。对于排种器的理论研究和发​​展趋向也尽量予以介绍。

本书所述内容有些是成熟技术，有些是属于探索性质；有些是实际设计的计算，有些纯属理论分析；有些是生产上的有效技术，有些则属于发展趋势；有些考虑到实际使用，有些则着眼于启发科研思路。

本书主要取材于苏联《Машины для посева сельскохозяйственных культур》（《农作物播种机》）一书。并参考了各种农机书刊的最新版，同时也综合了我国播种机多年来的研究资料编写而成。但由于作者水平有限，经验不足，难免有许多取材不当、论述错误的地方。因此，诚恳地希望读者批评指正。

本书承北京农业机械化学院李翰如教授审阅和指导，在此谨表谢意。

目 录

编者的话

概论	1
第一章 种子的特性和播种工艺	5
第一节 种子的播种特性	5
第二节 种子的物理机械特性	9
第三节 影响种子发芽的因素	15
第四节 播种方式及播种量计算	18
第五节 田间植株分布的计算	27
第二章 散粒体力学	46
第一节 散粒体力学基础	47
第二节 散粒体在容器内的堆放	56
第三节 散粒体对箱底和侧壁的压力传递	59
第四节 散粒体流出时架空的形成和消失	65
第五节 振动对散粒体流出过程的作用	67
第三章 谷物条播机及其排种器设计原理	73
第一节 谷物条播机	73
一、播种机的结构	73
二、条播排种器简介	80
三、输种管	87
四、开沟器简介	88
第二节 条播排种器设计原理	89
一、概述	89
二、磨盘排种器设计原理	94
三、外槽轮排种器工作原理及其播种均匀度的改善	110
四、内槽轮排种器工作原理	140
五、振动式排种器工艺计算	145
六、离心排种器排种原理及其结构计算	149
七、条播排种器的对比评价	165
第四章 中耕作物播种机及其排种器设计原理	168
第一节 中耕作物播种机	168

一、播种机的结构	168
二、精密排种器的结构	179
三、成穴机构	198
四、开沟器和复土器	205
第二节 精密排种器设计原理 (一) (水平圆盘排种器)	206
一、概述	206
二、单粒种子沿排种盘表面的运动	207
三、单粒种子在种子群中的运动	223
四、推(刮)种器存在时的种子运动	225
五、排种器内水平种子层和垂直种子层的运动	228
六、用实验方法研究排种器内的种子运动	231
七、排种盘型孔的囊种过程	235
八、刮种与推种	243
九、形成初始精密种子流的充分和必要条件	249
十、提高排种频率的途径	261
十一、高速水平圆盘排种器的研究	277
第三节 精密排种器设计原理 (二) (垂直圆盘排种器)	283
一、带动层内种子运动速度的决定	284
二、排种盘型孔参数的决定	288
三、刷籽轮参数的决定	291
四、推种器位置和参数的决定	294
五、麦稻类作物精密排种盘窝眼参数的决定	298
第四节 精密排种器设计原理 (三) (气力排种器)	304
一、概述	304
二、气力排种原理	306
三、清种(刮除多余种子)	316
四、投种	317
五、气力排种新原理	320
第五节 穴播成穴机理	322
一、种子脱离型孔的运动	322
二、方形穴播机成穴机构的运动学	330
三、原始穴长和过渡穴长的形成	334
四、成穴时间的平衡	338

五、按额定粒数分配种子	340
六、穴播和点条播成穴机构的计算	343
第五章 开沟器工艺计算及其悬拉杆参数的选择	347
第一节 开沟器悬拉杆参数的选择	347
一、仿形机构的作用和类型	347
二、悬拉杆的力学分析	350
三、开沟器仿形机构的自动控制	358
第二节 种子落沟时的弹跳和分散	362
一、种子自由下落及其在沟底的弹跳	362
二、种子在空气阻力直线变化时的运动	373
三、种子的弹跳机理	382
第三节 开沟工艺与土壤回落	389
一、土壤在滑刀式开沟器作用下的位移	389
二、土粒向沟内回落	393
三、消除种子在沟底碰撞时的横向分散	398
第六章 免耕播种原理及其机具	404
第一节 免耕播种	404
第二节 喷射排种器工艺过程计算	407
一、射入深度的决定	408
二、最大破坏应力的决定	410
三、允许应力的决定	411
四、用实验方法决定种子射入时的完整性	413
第三节 旋耕播种机	415
一、概述	415
二、旋播机结构和工艺过程	416
第七章 播种机械测试技术及自动控制	418
第一节 播种机械测试技术	418
一、散粒体摩擦系数的测定方法	418
二、用X-射线摄影测定种子的运动轨迹	423
三、播种深度的自动控制	425
第二节 排种器试验台—测定播种均匀度的主要手段	427
第三节 播种机械自动控制原理	436
主要参考文献	442

概 论

播种工具在农业生产上是最早出现的农具之一。从历史上来看,我国是发明播种机具最早的国家之一。远在四千年前就出现了简单的播种工具—瓠种器。公元前一世纪汉武帝时代,搜粟都尉赵过发明了世界闻名的汉代耒,这是迄今已知的世界上最早的播种机具。公元三世纪,皇甫隆进一步改进了耒车,增加了粪耒。

在欧洲,播种机设计开始于十六世纪。第一台近代播种机则创制于1782年。英格兰第一台播种机出现于1731年,但直到1860年条播机才在英国大量生产。十九世纪后,才相继出现了各种结构的播种机。

在美国,1799年出现最早的播种机专利。1840年出现第一台畜力播种机,称为种子“栽种耙”。1850年播种机上开始采用槽轮排种器。1860年出现谷物条播机。从1880年以来,美国53%的小麦种植面积采用条播机。1875年出现方形穴播机,到1890年出现玉米穴播机。

在俄国,1870年出现简单的播种机,1888年开始生产马拉条播机。

到二十世纪初,播种机械更有了新的发展。例如,美国在1904年已有人提出利用真空排种的专利。1934年苏联出现第一台气吸式排种部件,以后相继出现多种结构的气力排种器。

1958年第一台离心式播种机在挪威创制,而后,1959~1960年在瑞典、挪威等国投入生产。我国近代机力播种机的研制也在1949年后开始。

精密播种是最近二十多年来逐渐发展起来的新技术,它的发展是紧密地与种子清选分级、良种繁育、农药除虫、化学除莠、

土地整理、苗期科学管理等技术有关。

单以精密播种机本身而论,它包括排种的精密性(定量排种)、粒距的精确性和播深的稳定性等三方面。三者全面概括了精密播种的基本要求。

精密排种器的研究制造,在最近十多年来,取得了很大的进展,新结构、新原理不断出现,排种精度和频率也不断提高。精密排种器的发展与高速作业息息相关。可以说,高速作业带着精密排种器在飞速发展。

为了成穴清晰,粒距精密可靠,精密播种机上逐渐采用绝对零速的播种原理。使种子在投落沟底时,水平绝对速度为零或接近于零,以减少种子在沟底的弹跳和滚动,借以保证粒距精确。为此,出现了许多结构新颖的加速排种原理。

采用合理的开沟器结构及其悬拉杆仿形机构,则是保证播种深度稳定性的重要因素。

精密播种是一个复杂的现代化的综合技术措施,其实质是在定量、定距、定播深的条件下,获取最高的田间出苗率和保苗率。因此,它涉及到育种学,良种化、种子清选分级、土壤精细加工、土壤消毒、土壤湿度、消灭杂草、施肥和苗期灌溉等一系列措施。

精密播种必然带来一系列农业技术的革新,其经济意义是巨大的。它可以节约优良品种,节省间苗工时、机器和油料消耗,有利于幼苗生长发育。精密播种技术是当前播种机械中的最新技术,其适应的范围在逐渐扩大。

我们伟大的祖国现在正在进行以四个现代化为中心的新长征,农业机械化是农业现代化的重要内容。播种机械化在田间作业机械化过程中又占着极其的重要地位。“种好收一半”,正好说明种好是基础,也说明机械化播种是尔后田间管理和收获机械化的基础。

我国的机引播种机是解放后逐步发展起来的。1950年前后,首先在东北地区的国营农场,引进了苏式CK-24谷物条播机。

1951~1953年华北农机厂仿制了畜力十行播种机。随后,于1954年又引进了苏式CYE-48窄行谷物条播机。1956年沈阳农业机械厂首次仿制CK-24谷物条播机,继而西安农业机械厂、石家庄农业机械厂和哈尔滨农业机械厂大批量生产,供应东北、西北和华北等地的大型国营农场。五十年代末,先后由西安农业机械厂、哈尔滨农业机械厂仿制并批量生产了BG-48窄行谷物条播机。

除谷物条播机外,1955年湖南省农业机械厂首先仿制了苏式CCK-4棉花条播机。以后,1956年西安农业机械厂又试制了704-4机引棉花播种机,1957年开始批量生产,从1960年开始,安阳农机厂也生产四行棉花播种机。

1960年以后,我国的播种机制造业开始走向自行设计阶段,并积极引进国外先进机型进行研究试制。1961年5月离心式播种机在陕西武功进行了鉴定。1963年定型,并开始生产BGX-2.4悬挂16行谷物条播机。1965年BTX-4通用机架穴播机在西安农机厂进行鉴定生产。1964年、1965年先后分别定型了两种精密播种机。MYBJ-6棉花、玉米通用精密播种机在新疆通用机械厂定型,并开始生产,BJT-6精密播种机在石家庄农机厂开始生产。1965年9月BZ-4和BZ-6综合号播种机在吉林省播种机厂定型生产。该机可以在垄上播种,也可以平播玉米、大豆、高粱、谷子等作物。1969年在湖北沔阳定型生产东方红-20拖拉机配套的悬挂通用机架播种机,它采用了我国自行设计的磨盘式排种器。我国第一种型号的气吸式播种机1968年在鞍山农机厂鉴定、投产。

1970年以后,成批生产的播种机有BF-24A施肥播种机、BGF-48施肥播种机、气吸式播种机、2BLX-11悬挂式谷物联合播种机等。1974年、1975年以后又相继鉴定、投入生产的有下列两个系列,即2BZ-4播种中耕通用机系列和2BL-12,2BL-16,2BL-24谷物联合播种机系列。

总之,近二十年来,随着科学技术的日新月异,世界各国出现了许多新型的播种机,完成了大量的播种机机型更新工作,于是播种工艺过程不断完善,播种机工作质量和效率也不断提高。

例如，苏联近年来生产的播种机有：C3-3.6 谷物施肥条播机及其各种变型；C3C-2.1M 硬茬播种中耕通用机；CKHK-6、CKHK-8、CBK-4 玉米播种机；CCT-12A 和 CCT-8 甜菜播种机；CTX-4A，CTX-4B、C4X-4A-Ⅰ 和 C4X-4A-Ⅱ 等棉花播种机等。

但苏联播种机的工作部件比较单一，因袭性强。谷物条播都采用外槽轮排种器和双圆盘或靴式开沟器；中耕作物播种机大多数采用水平圆盘排种器和长滑刀式开沟器。

而英国、美国、意大利、法国、西德、加拿大、澳大利亚等国的播种机则形式多样。新结构、新原理、新工艺、新材料不断出现。制造工艺也比较精细。除外槽轮和水平圆盘排种器以外，大量生产着离心式播种机、垂直圆盘排种器的播种机、内槽轮播种机，气吸式、气压式（气吹式、气送式）播种机等。开沟器的形式也是多样的，有单圆盘、双圆盘、前后错置双圆盘、叁圆盘，长滑刀式、短滑刀式等。

综合上述，目前播种机械发展的主要趋向是：研制能播种多种作物的通用播种机；研制各种类型的专用播种机；研制适合高速作业的多工序的精密播种机；设计能一次完成多项作业的联合播种机组，如犁（耙）播机等。以及为播种机配备的各种自动监控装置等。这些都是播种机械研究、设计人员应该予以特别重视的问题。

第一章 种子的特性和播种工艺[⊖]

第一节 种子的播种特性

种子是播种物料。种子有脱壳的，如小麦等；有带壳的，如水稻、燕麦、大麦、谷子等；有脱荚的，如大豆、绿豆、豌豆、花生、油菜等；有带绒的或脱绒的，如棉花等；有多胚芽或单胚芽（遗传单粒种或机械剥裂单粒种）的，如甜菜种子；还有块根和块茎，如马铃薯和洋葱等。

研究种子的发展和生命，从受精到长成为植物，是育种学的任务。研究植物生理学、生物化学、解剖学、生态学、微生物学则属于农业科学范畴。

影响播种工艺和技术的种子的主要特性，用种子的工艺特性这个综合概念来表述。种子的工艺特性包括：种子的播种特性及其物理机械特性。

种子的播种特性包括种子用价，清洁度，发芽率，发芽势，播种用价，湿度，干粒重和密度、种子容重等。

种子用价表示待播种子中发芽种子占的百分率：

$$L = QF(\%)$$

式中 L ——种子用价，%；

Q ——种子的清洁度，%；

F ——种子的发芽率，%。

为了确定待播种子的正确播量，首先必须确定其种子用价。

种子清洁度表示待播物料中包含主要作物种子的百分比。清洁度由下式决定：

⊖ 本章第一节至第五节，主要根据 Г. М. Бузенков, С. А. Ма, «Машины для посева сельскохозяйственных культур» (Глава I) 译出，并结合中国的具体情况，略有增删。

$$Q = \frac{G - g}{G} \times 100, (\%)$$

式中 Q ——清洁度, %;

G ——待播物料样品重量, 克;

g ——杂质重量, 克。

主要作物种子以外的种子、草籽、土块、沙粒、颖壳、茎屑等统称为杂质。

种子发芽率表示分析取样的清洁种子中正常发芽种子的百分比。种子的实验室发芽率是在特定的条件下进行的, 是指种子发芽 7 天内, 发芽种子数占取样种子总数的百分率。

$$F = \frac{N_7}{N} \times 100, (\%)$$

式中 F ——发芽率, %;

N_7 ——7 天内发芽的种子数, 粒;

N ——试验总粒数, 粒。

田间出苗率由播后 30 天内的出苗数占已播发芽种子数的百分比来表示。种子的田间出苗率决定于种子的发芽率、土壤气候条件、播种工艺技术的完善程度、农业环境以及完成各种田间作业工序的适时性。

对于特定区域来说, 种子的实验室发芽率和田间出苗率之间的差别几乎是恒定的。长期系统的积累及对实验室发芽率和田间出苗率数值的比较, 可以在计算播种量时对此种差异做出估计。表 1-1 所列几种作物种子的实验室发芽率与田间出苗率的数值, 可以看出两者之间的差异。估计这种差异对精密播种来说是十分重要的。

表 1-1

作物	小麦	玉米	棉花	甜菜
实验室发芽率, %	98.0~99.3	97.0~100	91.0~98.0	96.3~97.3
田间出苗率, %	51.9~90.0	90.0~92.6	56.9~62.0	41.6~57.0

种子的发芽势表示种子发芽的整齐度，由规定时间内正常发芽种子的百分率来表示。对于禾谷类作物来说，种子的发芽势一般是指发芽到第三天时，发芽的种子占种子总数的百分数。

$$F_s = \frac{N_3}{N} \times 100, (\%)$$

式中 F_s ——发芽势，%；

N_3 ——三天内发芽的种子数，粒；

N ——试验总粒数，粒。

播种用价由主要作物种子的发芽率来决定。

$$B = AF(\%)$$

式中 B ——播种用价，%；

A ——待播物料中主要作物种子的数量，%；

F ——种子的发芽率，%。

种子湿度是指种子中水分含量的百分率。

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100, (\%)$$

式中 W ——种子湿度，%；

m_1 ——烘干前种子样品的重量，克；

m_2 ——烘干后样品的重量，克。

千粒重(表 1-2)表示种子的饱满程度。重量大的种子具有较好的播种特性，它比重量轻的种子价值高。

折合成绝对干燥物质的千粒重称为绝对重量。

$$G = \frac{q(100 - W)}{1000}, \text{克}$$

式中 G ——绝对重量，克；

q ——取样 1000 粒种子的重量，克。

在专门研究工作中，如育种学，当需要更准确地描述种子品质时，往往采用绝对重量。此值对于每个品种来说，在很大范围内变化，并决定于栽培的农业技术和气候条件、土壤、植株密度和种子在母体植株上的位置。

表1-2 千粒重

作物	千粒重, 克	每斤粒数, 个
水稻	27~30	18500~20000
小麦	26~40	12500~18000
谷子	3.0~3.2	155000~160000
玉米	300~400	1250~1750
高粱	23~28	18000~21000
大豆	130~200	2500~3800
棉花	100~110	4500~5000
花生	600~900	550~830
油菜	2~2.5	200000~250000

在计算播种量以及将粒/亩表示的播量换算成斤/亩表示的播量时, 必须考虑种子的千粒重和绝对重量。

密度由种子的质量 m 与其体积 V 之比值来表示:

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{克/厘米}^3$$

相对密度由种子的质量与同体积 4°C 时和标准大气压下的水的质量之比来表示。

实验室里广泛采用比重法来决定小粒种子的相对密度, 而用弹簧秤称量每粒干燥种子, 然后潜入水中以决定大粒种子的相对密度。相对密度由下述公式计算:

$$d = \frac{m}{m_s - m}$$

式中 m_s ——潜入水中的种子重量, 克。

湿度影响种子的密度。如种子密度小于 1, 则湿度的增大将使密度增加; 如密度等于 1, 湿度增加时其值保持不变; 如密度大于 1, 湿度增加时, 则密度减小。

在决定干燥种子的密度时, 常利用下列公式:

$$\rho' = \frac{\rho(1-W)}{1-W\rho}$$

式中 ρ' ——干燥种子的密度。

种子的密度决定于其化学组成、种子壳和胚乳中的空气含量。

种子的密度愈大，则其田间出苗率愈高，苗期生长能力也愈强，尔后的收获量也愈高。例如，采用高密度种子播种，每亩可增加产量 13~33 斤。若将甜菜籽于水中进行漂选，则可提高甜菜的块根产量达每亩 33~153 斤之多。

在生产实际中经常采用两种方法清除种子中的杂质：水选（在水流或液体中冲洗）和风选（用气流和筛选）。

密度可以给种子的播种特性和谷粒的制粉特性以全面综合的评价。

种子容重。种子的容重是指单位体积（包括籽粒间的孔隙）种子的重量。容重的数值与种子的粒度、整齐度和种子的密度有关，以斤/升表示。如表 1-3 所示。

表 1-3①

作物名称		种子的容重, 斤/升
小	麦	1.4 ~ 1.66
玉	米	1.2 ~ 1.6
豌	豆	1.6 ~ 1.8
大	麦	1.1 ~ 1.5
宾	豆	1.6
胡	麻	1.32 ~ 1.4

① 本表根据中国的实际资料编制。

第二节 种子的物理机械特性

种子的物理机械特性包括：形状和几何尺寸，表面特征和摩擦系数、承风系数、流动性、弹性、硬度、吸湿性、热容量和热传导等。最近若干年来，诸如种子的渗透性、电磁性、颜色和玻璃状等特性，也具有重要意义。随着时间的推移和种子生长过程中外界条件的变化，种子的物理机械特性也在变化。在决定播种机工作部件参数时，经常采用统计学方法估计种子的这些变化。

种子的这种或那种物理机械特性，不仅应放在重力场来研究，而且还应放在其他力场来研究：例如电磁场、超声波和振动力场等。还要放在各种力场联合作用下，考察其行径特征。

种子的形状和尺寸直接影响其从种子箱口流出的过程。在选择排种器型式和精密播种的圆盘型孔参数时，也应首先考虑这一点。

不同历史时期的不同研究人员创立了各种不同的种子形状分类法（表 1-4）。种子形状分类法综合起来分为三种：

有的将种子形状分为 5 种：圆球状，肾豆状，狭长形和三角形；有的将种子形状分为 4 种；有的则分为 6 种。

根据种子形状近似于某一几何形体来计算种子的体积和表面积（表 1-5）。

表 1-6 中列出某些种子的几何尺寸数据。

摩擦系数表示种子的摩擦特性。它在种子的播种、收获、运输、贮藏及加工等机械作用过程中伴随而生。随着时间的推移而变化，并与种子的接触表面状态、压力、接触时间、湿度和相对移动速度有关。

表 1-7 中列出种子与各种材料的摩擦系数。

当种植物料微粒间相对移动时，单粒种子间产生摩擦。种子在群体内的摩擦阻力用自然休止角衡量，它与种子湿度有关。种子湿度增加，自然休止角跟着增大。不同作物种子的变化程度也不同。

最近若干年来，为了改善散粒体和次散粒体（流动性差的）物料的流动过程和均匀排出问题，广泛地采用振动技术和脉冲气流。在振动力作用下，农作物种子瞬时“蠕动”散开，并沿容器铺平。由此可见，在振动力场内种子的自然休止角接近于零度。

种子间的相对移动阻力不是任何时候都能用自然休止角来表示的。当种子处于振动力作用下的“沸腾”层中或脉冲气流力场中的时候，其相对移动阻力像液体一样，最好用介质粘度来衡量。