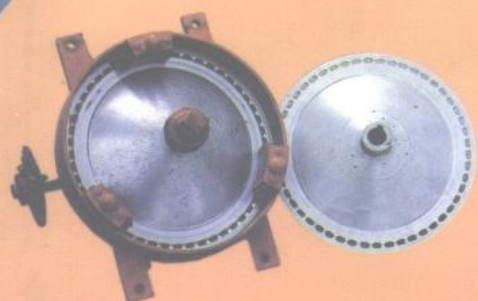
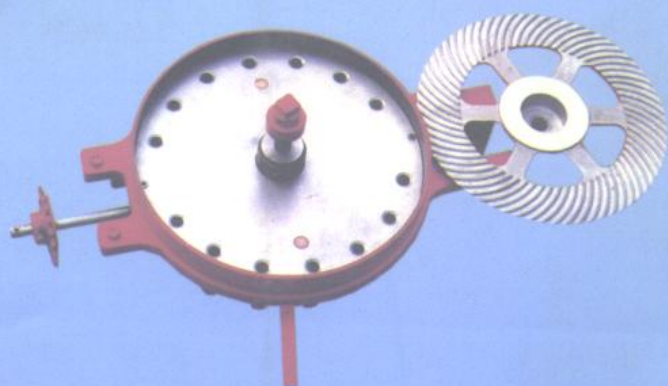


XIANDAI ZHONGZHI JIXIE GONGCHENG

现代种植机械 工程



■ 张波屏 著



现代种植机械工程

张波屏 著



机械工业出版社

本书全面系统地阐述了种植机械学科各个组成部分（包括播种机械、秧苗栽植机械、根茎种植机械、施肥机械）的基础原理和主要技术成就，重点阐述了作者在纹盘式条播集中排种器、锥盘式精播集中排种器、小麦精密播种机、甘薯秧苗栽植机、马铃薯种植机、潮湿化肥排肥器和精密播种机试验方法等方面的科研成果，以及该领域的最新成就。

本书详细阐述了排种器和散粒体流动的基本理论，评述了我国近三十年来种植机械发展的技术道路、成就与得失，重点介绍了世界种植机械领域 20 世纪的技术精粹。

此外，本书还阐述了 GB6973—86《单粒（精密）播种机试验方法》的编制原理和使用方法。

本书适合农机科研部门、种植机械生产厂家和农机试验鉴定、推广部门的工程技术人员使用，也可供农机院校教学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代种植机械工程/张波屏著. —北京: 机械工业出版社, 1997. 8
ISBN 7-111-05520-9

I. 现… II. 张… III. 种植机械 IV. S223

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 02915 号

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 蔡耀辉 版式设计: 王 颖 责任校对: 熊天荣

封面设计: 郭景云 责任印制: 卢子祥

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1997 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

850mm×1168mm $1/32$ ·11.875 印张·309 千字

0 001—1 000 册

定价: 24.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

前 言

《现代种植机械工程》一书是《播种机械设计原理》(1982年版)、《小麦高产精密播种》(1995年版)的姊妹篇,内容有所联系,学术思想有所延伸。本书在广度方面力求概括种植机械领域内的各种学科或专业范畴,是一本学术专著。

本书介绍了作者三十多年来直接涉足、实践、探索过的种植机械新结构、新原理及新的学术思想,主要包括纹盘条播集中排种器,锥盘精播集中排种器和小麦精密播种机,潮湿化肥排肥器,甘薯秧苗栽植机,马铃薯种植机,箭铲式开沟器,播种机测试设备以及精密播种机试验方法等。着重阐述了作者在这些技术领域里的学术思想、技术见解、发明创造和科研成果。同时,研究探讨了我国近三十年来种植机械发展的技术道路、成就和得失,还介绍了世界种植机械领域的最新成就和技术精粹。

此外,作者还探讨了华夏文明在播种机械方面的历史贡献,研究考察了耧车、瓠种的排种原理、历史渊源及其与现代种植机械的承袭关系,论证了耧车乃近代播种机之鼻祖,瓠种乃世界上最早的排种器(播种器)。

本书主要取材于作者三十多年来公开发表过的学术论文、技术资料、研究总结、试验报告和未公开发表的论文。由于时间、水平有限,难免井蛙管见,不当之处恳请读者指正。

本书无论是在科研攻关之日,还是在挥毫撰写之时,始终得到刘格兰高级工程师的全力支持和协助,在此特表感激之情。

在本书交付出版之际,正值锥盘式小麦精密播种机风行全国,创省种、高产之时,作者深感理想腾飞之欣慰。正所谓:

瓠种耧车创亘古,
两千年前耀东方。

二十世纪神州地，
小麦精播吐霞光。

作者 1996. 7. 28

目 录

前言

第一章 概论	1
一、种子的特性	1
1. 播种特性	1
2. 物理特性	6
二、散粒体的流动	13
1. 布朗·理查德 (Brown-Richards) 理论	14
2. 克瓦毕尔 (Kvapil) 理论	14
3. 动态落粒拱理论	15
4. 散粒体的自由流动	16
三、排种器的实质	21
四、分离与定量	26
1. 分离元件	26
2. 影响种子分离的动态因素	35
3. 刮种器	39
五、瓠种	44
六、搂车	51
七、学术盛会	60
第二章 集中排种系统	66
一、纹盘式条播集中排种器	68
二、离心式集中排种器	69
三、锥盘式精密集中排种器	71
四、倾斜圆盘式集中排种器	72
五、气流式集中排种系统	73
1. 机械定量、气流一阶分配式集排	74
2. 机械定量、气流二阶分配式集排	75
3. 机械多行排种、气流输送式集排	78

4. 气流分配器	79
六、气压、气送式集中排种系统	81
第三章 纹盘式集中排种器	84
一、原理	85
二、结构与参数	90
1. 排种孔型	90
2. 驱种纹盘	94
3. 纹盘间隙	100
4. 排种孔距	104
三、排种过程的力学	109
1. 单粒种子的排出运动	109
2. 排种的力学	111
四、排种性能	114
1. 排量规律	114
2. 播量规律	117
五、14 行集中排种器	119
第四章 锥盘式集中排种器与小麦精密播种机	124
一、世界性难题	124
二、中国的突破	134
三、小麦精密排种器	136
1. 结构与参数	138
2. 囊种机理	151
3. 排种性能	153
四、锥盘式小麦精密播种机	158
1. 系列与特征	160
2. 精密播种的优势	165
3. 精密播种万能	168
第五章 摆杆式排种器	172
一、结构与参数	173
1. 摆杆与副摆杆	173
2. 摆杆间隙	177
3. 摆杆频率	179
4. 导针	181

5. 排种孔	183
二、运动特征与性能	184
1. 摆杆运动	184
2. 排种性能	186
第六章 箭铲式开沟器	189
一、种床	189
二、开沟器概述	192
三、箭铲式开沟器设计	194
1. 开沟工艺的反思	194
2. 构造	195
3. 开沟工艺	198
4. 种子入沟	200
四、悬拉杆	204
第七章 特色播种	207
一、液流播种	207
1. 凝胶悬液与播种载体	208
2. 液流芽播机	209
二、喷射播种	213
1. 种子射入深度	213
2. 种子的破坏应力	215
3. 喷射排种器	215
三、动态播种	218
1. 必要性	218
2. 播种工艺	219
3. 播种参数	220
4. 播种性能	220
四、小区播种	222
1. 播种农艺	223
2. 小区播种机	224
第八章 施肥机械	233
一、化肥特性	233
1. 含水量	233
2. 吸湿性	234

3. 容重	236
4. 颗粒组成	237
5. 自然休止角	238
6. 流动性	239
7. 结块性	241
8. 成拱性	242
9. 极限速度和承风率	244
二、排肥器	246
1. 概论	246
2. 潮湿化肥排肥器	250
三、种肥位置	260
1. 作物的营养素原则	260
2. 种肥的最佳位置	264
四、施肥开沟器	272
第九章 秧苗栽植机械	275
一、概论	275
二、零速原理	280
1. 回转式栽植器	281
2. 挠性圆盘栽植器	285
3. 链夹式栽植器	287
三、甘薯栽插农艺	289
1. 垄作栽培	289
2. 秧苗的栽插	290
四、非零速原理	291
第十章 根茎种植机械	298
一、马铃薯种植机	298
1. 种薯特性	298
2. 排薯器	303
二、洋葱种植机	319
三、甘蔗种植机	323
第十一章 精密播种机性能测定与评价	326
一、概述	326
二、精密播种的标准	327

1. 粒距偏差	327
2. 粒距统计方法	331
3. 粒距取样数目	342
4. 倾斜试验	345
三、种植机械检测技术概况	346
附录 GB6973—86《单粒（精密）播种机试验方法》	349
参考文献	367

第一章 概 论

一、种子的特性

种子是播种物料，是播种机作业的主要对象，也是排种器工作的环境。

农作物种子种类繁多。按种子外表特点可以分为：脱壳的，如小麦等；带壳的，如水稻、大麦、燕麦、谷子、糜子等；脱荚的，如大豆、绿豆、豌豆、花生、油菜等；带绒的，如棉花等；有多胚芽的，如甜菜籽等；有单胚芽的，如甜菜遗传单粒种等；还有块根、块茎等，如马铃薯和洋葱等。

牧草种子更是千姿百态，形状外貌差异极大，蔬菜种子则体现了小粒种子的全貌。

作为播种机的作业环境和对象，我们主要研究那些与播种机有关的特性，如种子的播种特性及物理机械特性等。

1. 播种特性

种子的播种特性包括种子用价、清洁度、发芽率、湿度、千粒重、密度、容重。

(1) 种子用价 表示播种物料的实用价值，即真正发芽种子占的百分点。种子用价 j 可用下式表示：

$$j = QF \quad (\%)$$

式中 Q ——种子的清洁度 (%)；

F ——种子的发芽率 (%)。

在确定播种量时，种子用价是必不可少的原始数据。

(2) 种子清洁度 也叫净度，是指种子中除去混杂物后本品种种种子所占的比例。混杂物包括废种子、有生命杂质和无生命杂质等。

种子清洁度 Q 用下式表示：

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

式中 G ——待播物料样品的质量 (g)；

g ——杂质的质量 (g)。

(3) 种子发芽率 是指分析取样的清洁种子中正常发芽种子所占的比例。种子的实验室发芽率是在特定条件下进行的，是指规定发芽率测定日期内正常发芽的种子数占试验种子总数的百分比。几种主要农作物种子的发芽率试验条件见表 1-1。

表 1-1 种子发芽率试验的技术规定

作物	发芽床	温度条件 (°C)	光照条件	测定发芽势天数	测定发芽率天数
小麦	滤纸或砂	20	暗	3	7
大麦	砂	20	暗	3	7
燕麦	滤纸或砂	20	暗	4	7
高粱	砂	30 或 20~30	暗	4	8
谷子	滤纸	30 或 20~30	暗	3	7
大豆	砂	20	暗	4	7
水稻	滤纸或砂	30 或 20~30	暗	4~5	10
棉花	砂	30 或 20~30	暗	3	9
玉米	砂	30 或 20~30	暗	3	7
油菜	滤纸	20	暗	3	7
大麻、亚麻	滤纸或砂	18~20	暗	3	7

种子发芽率 F_l 用下式表示：

$$F_l = \frac{N'}{N} \times 100 \quad (\%)$$

式中 N' ——规定发芽率测定日期内正常发芽的种子数 (粒)；

N ——试验用种子总粒数 (粒)。

田间出苗率以播种后 30 天内的出苗数占已播发芽种子数的百分比表示。种子的田间出苗率取决于种子的发芽率、种床土壤、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种

床准备作业的适时性和质量情况。

对于一定的地区来说,种子的实验室发芽率和田间出苗率之间存在着一定的恒定差异。长期系统的经验积累以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这种差异做出较为正确的估计。表 1-2 所列几种作物种子的实验室发芽率与田间出苗率的数值,可以看出两者的差异。在进行播种作业时考虑到这种差异将是十分有益的。

表 1-2 实验室发芽率和田间出苗率 (%)

作物	小麦	玉米	棉花	甜菜
实验室发芽率	98~99.3	97~100	91~98	96.3~97.3
田间出苗率	51.9~90	90~92.6	56.9~62	41.6~57

种子的发芽势表示种子生活力的强弱和萌发的整齐度。规定发芽势测定日期内正常发芽的种子数占试验用种子总数的百分比为发芽势,即

$$F_s = \frac{N''}{N} \times 100 \quad (\%)$$

式中 F_s ——发芽势 (%);

N'' ——规定日期内发芽的种子数 (粒);

N ——试验种子的总数 (粒)。

种子发芽必须有一定的水分、温度和氧气条件,有些作物种子发芽还需要一定的光照或黑暗条件。

种子发芽率直接影响田间出苗率、萌发整齐度和成熟的一致性以及作物的田间密度。特别是对单粒精密播种,种子发芽率是至关重要的参数之一。

种子清洁度和发芽率是确定播种物料的种用价值的两项重要指标。为了保证播种物料的播种品质,世界各国对播种物料的种用价值都有一定的合格标准,并依此确定其等级和价格。

(4) 种子湿度 是指种子中水分含量的百分比,即

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

式中 W ——种子湿度 (%)；

m_1 ——烘干前种子样品的质量 (g)；

m_2 ——烘干后种子样品的质量 (g)。

(5) 种子的千粒重 是指一千粒气干种子的绝对质量。同一品种种子千粒重的大小反映了种子的大小、饱满度和充实度。千粒重愈大，种子内含有的营养物质也愈多，播种后的出苗也愈粗壮，愈能获得高产。千粒重是计算播种量的重要指标。

测定千粒重的种子，应是作过净度测定的，除去了杂质和废种子后的种子。

对于玉米、大豆、花生等大粒种子也可采用百粒重来表示。

含水量等于零时的种子千粒重称为绝对千粒重，即

$$G = \frac{q(100 - W)}{100} \quad (\text{g})$$

式中 G ——绝对千粒重 (g)；

q ——某一含水量种子的千粒重 (g)；

W ——种子湿度 (%)。

主要农作物种子的千粒重如表 1-3 所示。

表 1-3 千 粒 重

作 物	千 粒 重 (g)	每 500g 粒数 (粒)
水稻	27~30	16600~18500
小麦	26~40	12500~19200
谷子	3.0~3.2	155000~166000
玉米	300~400	1250~1666
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

(6) 种子的密度 由种子的质量 m 与其体积 V 之比值来表示，即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{g/cm}^3)$$

相对密度由种子的质量与 4℃、标准大气压下的水的质量之比来表示。

实验室广泛采用比重法来确定小粒种子的相对密度；用弹簧秤称量每粒干燥种子，然后潜入水中以确定大粒种子的相对密度。相对密度由下式计算：

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

式中 m_s ——潜入水中的种子质量 (g)。

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

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。

种子的密度取决于其化学组成、种子壳及胚乳中的空气含量。

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，作物产量也愈高。采用高密度种子播种，每公顷可增加产量若干公斤。若将甜菜籽于水中进行漂选，则可提高甜菜块根产量达每公顷 255~1140kg（每亩 17~76kg）之多。

在生产实际中经常采用在水流中水选和气流风选两种方法，清除种子中的杂质和瘪子，以提高种子的平均密度。

种子密度可以给种子的播种特性和谷粒的制粉特性以全面的综合评价。

种子密度反映出种子内含物的充实程度和结构致密程度。一般含淀粉、蛋白质的种子，发育愈好，成熟度愈高，愈饱满的种子，密度愈大。

(7) 种子的容重 是指单位容积内种子的质量，以 g/l、kg/m³ 为单位。种子的容重值与种子粒度、形状、整齐度、种子表面

的光滑度、种子的密度、含水量高低、含杂质多少以及化学组成等有关。

根据种子容重可以计算已知质量的种子堆的体积，也可计算出已知体积的种子的质量，这在播种机设计和使用中是很有用的。几种主要农作物种子的容重如表 1-4 所示。

表 1-4 主要农作物种子的容重

作物	容重 (kg/m^3)	作物	容重 (kg/m^3)
稻谷	511~586.5	谷子	610
小麦	687~781	大豆	658~762
大麦	503~610	绿豆	746.5~807
玉米	675~807	豌豆	663.5~765
高粱	665.5~758	油菜	672~685

2. 物理特性

种子的物理特性包括：种子的形状和尺寸，种子的表面特征和摩擦因数（系数），种子的硬度、弹性和流动性（散落性），种子的吸湿性、热容量和热传导以及承风系数等。最近若干年来，又研究了种子的渗透性、电磁性、颜色和玻璃状等特性，它们都具有某些方面的实际意义。随着时间的推移和种子生长过程中某些外界条件的变化，种子的物理特性必将发生变化。因此，在决定播种机工作部件结构参数和工作规范时，应经常估计到这些变化。

种子的物理特性不仅应放在重力场来研究，而且还应放在其他力场，如电磁力场、超声波力场和振动力场内加以研究。甚至还要放在多种力场联合作用的场合研究考察。

(1) 种子的形状和尺寸 种子的形状和尺寸直接与播种机的工作部件发生联系。它牵涉到种子在排种器内的流动、充填。在选择排种器结构形状和囊种元件的结构参数时，首先要考虑这个基本参数。

在不同的历史时期，研究人员创造了各种不同的种子形状分类法，综合起来大致分为三种（表 1-5）：

五种分类法 将种子分为圆球状、宾豆状、狭长形和三角形等；

四种分类法 将种子分为圆球状、椭球状、宾豆状和菜豆状；

六种分类法 将种子分为 6 个形状。

表 1-5 种子形状分类

种子形状	体积 V	表面面积
椭球状	$0.523abl$	$1.57l^2 + kab$ 小麦 $k=4.5$ ；大麦 $k=4.8$ ； 燕麦（莠麦） $k=5.4$
圆球状	$0.52a^3$	$3.14a^2$
角锥状		
四棱角锥	$0.2abl$	$0.78l^2 + 3.18ba$
三棱角锥	$0.118l^2$	$1.73l^2$
截锥体	$l'b'a'$	$2 [l(b'+a') + b'a']$
宾豆形	$0.78l^2 + 0.26a^2$	$1.57(l^2 + a^2)$
大豆形	$0.065(b+a)^3 + 0.786abl$	$\frac{la^2}{2b} + 0.78(b+a)^2$

注： l —长度， b —宽度， a —厚度， b' ， a' —分别为种子长度中点的宽度和厚度。

根据种子的形状和参数，可以近似地计算出已知几何尺寸的种子的体积和表面面积。

表 1-6 中列出了我国某些农作物种子的尺寸以供播种机研究设计时参考。

表 1-6 种子的物理性质

作物	种子尺寸 (mm)						千粒重 (g)	容重 (g/l)	静止角
	长 ₁	长 ₂	宽 ₁	宽 ₂	厚 ₁	厚 ₂			
小麦	7.1		3.5		3.2		25.3~33.4	768.3~773	31°~39°
大麦	10.7		3.6		2.6		37.7~39.4	760	35°
玉米	9.1	7.47	7.9	7.4	5.3	4.86	220~380	667	28°~30°
高粱	4.15	4.4	3.44	3.4	2.6	2.14	24.8~28	696~760	29°~30°
谷子	2.44	2.16	1.71	1.5	1.41	1.28	2.5~3.0	605~681	27°~31°
大豆	6.3	7.57	5.9	6.42	4.7	5.14	168~187	700	29°
棉花	9.91	9.19	5.94	5.13	5.3	4.56	100~130	616	55°