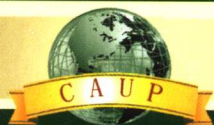


当代农业高新技术与理论专著



铲式玉米精密播种机 仿真及虚拟设计

李成华 何 波 著

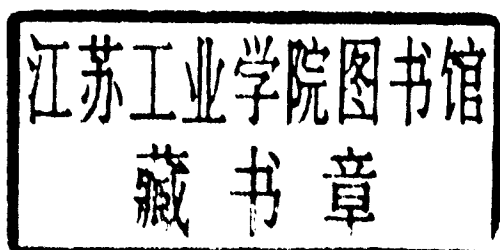


中国农业大学出版社

当代农业高新技术与理论专著

铲式玉米精密播种机 仿真及虚拟设计

李成华 何 波 著



中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

铲式玉米精密播种机仿真及虚拟设计/李成华,何波著. —北京:中国农业大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-81117-197-6

I. 铲… II. ①李…②何… III. 玉米-精密播种机-计算机仿真-虚拟设计
IV. S223.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 047654 号

书 名 铲式玉米精密播种机仿真及虚拟设计

作 者 李成华 何 波 著

策划编辑 宋俊果

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62731190,2620

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

规 格 787×1092 16 开本 12.25 印张 172 千字

定 价 58.00 元

责任编辑 吴沛涛 洪重光

责任校对 王晓凤 陈 莹

邮政编码 100094

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

内 容 提 要

本书是国内第一部系统论述铲式玉米精密播种机设计的专著。采用机械现代设计理论与方法,分析了铲式成穴器的工作原理和工作过程,分析了影响铲式成穴器工作性能的参数,并建立了成穴质量与参数间关系的数学模型,进而通过动态仿真和实验研究,确定了成穴器的优化结构参数。对倾斜圆盘勺式排种器的工作过程进行了理论分析和实验研究,仿真分析了种子在排种器内的运动;通过机械优化设计方法,确定了排种器的结构参数和工作参数。采用机械虚拟设计方法,对铲式播种机的工作部件进行了建模和装配,并采用动力学分析软件 ADAMS 对播种机的工作过程进行了动态仿真;通过神经网络优化计算方法,对铲式精密播种机的参数进行了优化综合。最后以典型铲式玉米精密播种机的设计为例,给出了播种机各结构参数的相互关系和设计过程。

本书可作为农业机械化工程专业和有关机械设计与理论专业研究生的教学参考书,也适用于从事农业播种机械设计的工程技术人员参考。

前 言

玉米是我国北方主要粮食和饲料作物,在我国粮食生产中占有重要的地位。我国北方地区早春干旱现象逐年加剧,传统开沟播种作业对土壤扰动较大,造成土壤水分大量损失;同时,传统播种方式种子用量较大,造成种子费用过高。在保墒条件下进行精密播种是玉米种植业急需解决的一项关键技术。在对国内外现有精密播种机进行深入分析的基础上,采用机械现代设计理论和方法,对由铲式成穴器和倾斜圆盘勺式精密排种器组合而成的铲式玉米精密播种机的工作原理和过程进行系统的理论分析、计算机仿真和试验研究,并对其仿真设计方法进行研究,对于提高播种机的设计质量和提高设计效率具有重要意义。

全书共 11 章。第 1 章至第 3 章系统地介绍了玉米机械化播种的意义和技术要求,分析了目前谷物机械化播种常用排种器的类型和结构,重点介绍了国内外典型打穴播种机的结构和工作原理。第 4 章至第 5 章详细地分析了铲式成穴器的结构和工作原理,并在实验的基础上对成穴器的成穴性能进行了仿真研究。在分析铲式成穴器的结构特征和工作过程的基础上,对打穴铲各关键点的运动轨迹以及打穴铲端点运动的速度和加速度进行了分析,并对打穴铲入土和出土过程进行了计算机模拟;建立了成穴质量与参数之间关系的数学模型,为理论分析和计算机仿真奠定了基础。第 6 章至第 8 章对倾斜圆盘勺式玉米精密排种器进行了理论分析和实验研究。在对倾斜圆盘勺式精密排种器分种、排种和投种过程中种子的运动轨迹、速度和加速度进行分析的基础上,确定了保证下落的种子不与打穴铲壁碰撞需满足的条件以及避免种子与投种口发生运动干涉需满足的条件。第 9 章至第 10 章采用机械现代设计理论和方法,对由铲式成穴器和倾斜圆盘勺式精密排种器组合设计的铲式精密播种机进行了仿真分析和参数设计;采用虚拟样机技术,对铲式精

密播种机单体内的各个零部件进行了建模和装配,并进行了运动学仿真,进而对玉米种子在播种机单体内的运动进行了动态仿真,对分种勺盘和打穴铲模型进行了有限元结构分析;引入基于人工神经网络的数据处理方法,优化设计了铲式精密播种机的结构参数和工作参数。第11章详细地介绍了铲式玉米精密播种机的结构参数设计过程,并给出了各有关参数间的设计关系,为铲式精密播种机的设计和实际应用提供了基础。

本书得到中国博士后科学基金项目“铲式精密播种机的计算机辅助优化设计”、教育部博士学科点专项基金项目“铲式播种机关键部件的设计理论及动态仿真研究(1999003001)”和国家自然科学基金项目“铲式玉米精密播种机数字化设计及动态仿真研究(50575148)”的支持,是多年科学研究成果的总结。

感谢我的硕士研究生夏建满、杨升明、郭雪峰和博士研究生王丹阳、张本华、高玉芝、张伟等为本书的出版所付出的辛勤劳动。

在本书的撰写过程中,得到了原吉林工业大学马成林教授、于海业教授、马旭教授和各方面朋友的大力支持,在此深表谢意。

该书是国内第一部系统论述铲式玉米精密播种机设计的专著,涉及的内容复杂、难度较大,加上作者学术水平有限,书中的错误和不妥之处在所难免,诚恳希望各位专家和读者不吝指教,对此深表谢意!

李成华

于沈阳理工大学

2006年12月

符号表

h_s	分种勺厚度
b_c	打穴铲厚度
k	玉米种子宽度
d_z	玉米种子三轴算术平均径
d	玉米种子当量半径
D	重播率
D_f	分种勺盘直径
D_t	排种轮直径
D_c	成穴器铲轮直径
f_p	成穴频率和排种频率
h_b	播种深度
$h_{b\max}$	最大播种深度
h_f	覆土深度
h_t	打穴深度
h_c	打穴铲高度
h	玉米种子厚度
H_{fx}	分种勺盘工作面圆心到铲轮轴中心距离
H_{px}	排种轮工作面圆心到铲轮转轴中心距离
i_f	分种勺数目
i_d	成穴器打穴铲数目
l_c	打穴铲宽度
l_{c1}	打穴铲上端宽度
l_{c2}	打穴铲下端宽度
l	玉米种子长度

L	穴孔长度
L_h	排种器投种口弧长
M	漏播率
n	排种器转速
n_p	排种轮轮孔数目
r	种子质心到排种器回转中心的距离
r_f	分种匀盘半径
r_p	排种轮半径
R	成穴器滚动半径
R_c	成穴器铲轮半径
s	理论种距
S_x	穴距
S_z	种距
S	穴孔宽度
S_i	实际粒距
S_s	种子与排种器隔板接触面面积
t_l	种子从投出到落到穴孔底部所需时间
v	播种速度
v_f	分种匀允许最大线速度
v'	投种点处种子速度
V	种距变异系数
V_c	充种极限速度
V_q	清种极限速度
V_z	分种匀持种空间
α	排种器设计投种角
α_0	排种器实际投种角
α'	分种匀侧面导种台倾角
α''	导种台角度
β	垂直倾角
γ	水平倾角

ω	排种器角速度
ω_c	成穴器角速度
ε	滑移系数
H_k	打穴铲顶端开口的高度
α_y	分种勺斜圆柱倾角
d_y	分种勺斜圆柱直径
δ	排种口壳体边缘厚度
φ_q	分种勺清种角
φ_h	分种勺滑种角
φ_k	排种器隔板开口角度
ϕ	种子与导种台静摩擦角
ϕ_1	种子休止角
ϕ_2	种子间内摩擦角
ϕ'	种子与隔板间滑动摩擦角
ϕ''	种子与隔板间静摩擦角
φ_1	种子与排种器内壁摩擦角
φ_2	种子与分种勺间摩擦角
μ	种子面在排种平面上倾角
θ_{bc}	分种勺侧面导种台上种子极限充种角
θ_{bh}	分种勺侧面导种台上种子回落角
θ_1	清种起始角
θ_2	清种结束角
θ_5	完全清种角
θ_7	种子开始减速时的勺盘转角

目 录

符号表	I
图次	IV
1 玉米机械化精密播种的作用及意义	1
1.1 玉米机械化精密播种的意义	2
1.2 玉米机械化精密播种的现状	3
1.3 打穴式精密播种与现代种植技术工艺	5
1.4 研究的目的是主要内容	7
2 谷物精密排种器的发展状况	9
2.1 精密排种器的分类及特点	9
2.2 机械式精密排种器的结构和工作原理	10
2.3 气力式精密排种器的结构和工作原理	20
2.4 精密排种器存在的主要问题	25
3 打穴播种机的发展现状	26
3.1 打穴播种机的特征和工作指标	26
3.2 打穴播种机的分类	28
3.3 打穴播种机研究的发展历程	29
3.4 典型打穴播种机的结构和工作原理	34
4 铲式成穴器成穴机理分析及试验研究	42
4.1 成穴器结构及工作过程	42
4.2 成穴器工作过程的运动分析	43
4.3 成穴器结构参数对成穴质量影响分析	47
4.4 成穴器成穴性能试验研究	50

5 铲式成穴器成穴性能动态仿真研究	58
5.1 成穴器运动特性的计算机仿真	58
5.2 穴孔形状分析	64
6 倾斜圆盘勺式玉米精密排种器工作过程理论分析	66
6.1 排种器结构特点及工作过程	67
6.2 玉米种子几何尺寸分布规律和形状特征分析	69
6.3 排种器分种勺结构特点及对种子适应性分析	71
6.4 排种器充种过程分析	73
6.5 排种器清种过程分析	79
6.6 排种器护种过程分析	86
7 排种器工作性能计算机仿真	89
7.1 分种过程种子运动分析	89
7.2 排种过程种子运动分析	91
7.3 投种过程种子运动分析	94
7.4 种子在打穴铲中的运动	96
7.5 排种器投种性能分析	104
7.6 分种勺持种空间分析	108
7.7 排种器中种子运动的仿真研究	113
7.8 排种器投种过程计算机仿真	116
8 倾斜圆盘勺式玉米精密排种器试验研究	118
8.1 排种器参数对排种质量影响的试验	118
8.2 排种器转速与倾角的优化组合	122
9 虚拟样机技术在播种机设计中的应用	125
9.1 虚拟样机的特点及应用	125
9.2 应用 Pro/E 软件建模和仿真	126
9.3 ADAMS 在播种机仿真中的应用	129
9.4 播种机关键部件应力分析	133
10 基于神经网络的播种机参数分析与设计	138
10.1 BP 神经网络在穴孔长度试验中的应用	138
10.2 播种机试验与参数优化	142

11 铲式玉米精密播种机设计	157
11.1 播种机的设计要求	158
11.2 播种机结构参数的确定	159
11.3 2BJX-2 型铲式玉米精密播种施肥机简介	163
 参考文献	 166

图 次

图 2-1	垂直圆盘式精密排种器	11
图 2-2	内侧充种垂直圆盘排种器	11
图 2-3	内充种垂直轮式排种器	12
图 2-4	组合内窝孔玉米精密排种器	12
图 2-5	球勺内窝孔精密排种器	13
图 2-6	水平圆盘精密排种器	14
图 2-7	低置式水平圆盘精密播种机	14
图 2-8	倾斜轮孔式精密排种器	15
图 2-9	型孔带式精密排种器	16
图 2-10	带夹式精密排种器	17
图 2-11	勺式精密排种器	17
图 2-12	指夹式玉米精密排种器	19
图 2-13	滚筒式精密排种器	19
图 2-14	“赛克洛-500”气压式排种器	21
图 2-15	“艾罗马特”气吹式排种器	21
图 2-16	气吹式排种器	22
图 2-17	气力轮式排种器	23
图 2-18	新型气压式精密排种器	23
图 2-19	组合吸孔气吸式排种器	24
图 2-20	新型组合吸孔式排种器	24
图 3-1	打穴播种机播种指标示意图	28
图 3-2	打穴播种机分类	29
图 3-3	JAFARI 播种机结构简图	35
图 3-4	带式播种机结构简图	36

图 3-5	冲压式播种机结构简图	37
图 3-6	柱塞式精密播种机结构简图	37
图 3-7	铲斗式精密播种机结构简图	38
图 3-8	转动注射式播种机结构简图	39
图 3-9	管式播种机结构简图	40
图 4-1	铲式成穴器结构	43
图 4-2	打穴铲端点几何关系	44
图 4-3	打穴铲运动规律	46
图 4-4	穴孔长度与成穴器参数的关系	48
图 4-5	穴孔宽度与成穴器参数的关系	49
图 4-6	成穴器参数对穴孔长度的影响	54
图 4-7	成穴器参数对穴孔宽度的影响	55
图 4-8	成穴器参数对穴距的影响	56
图 4-9	成穴器参数对推移系数的影响	56
图 5-1	打穴铲运动规律	60
图 5-2	打穴铲入土和出土过程	61
图 5-3	打穴铲顶点运动轨迹	62
图 5-4	打穴铲端点运动速度变化	63
图 5-5	打穴铲端点运动加速度变化	64
图 5-6	穴孔轮廓	64
图 6-1	倾斜圆盘勺式精密排种器结构	67
图 6-2	排种器零部件结构	68
图 6-3	玉米种子尺寸分布规律	70
图 6-4	分种勺结构	71
图 6-5	两粒种子存在的状态	72
图 6-6	种子面在排种平面上的倾角	74
图 6-7	种子面倾角与垂直倾角的关系	75
图 6-8	导种台上充种极限位置	76
图 6-9	充种极限角与垂直倾角和角速度关系	77
图 6-10	导种台上种子回落位置	77

图 6-11	种子回落角与垂直倾角和角速度关系	78
图 6-12	充种极限速度与垂直倾角关系	79
图 6-13	清种起始角计算简图	80
图 6-14	清种起始角与倾角关系	81
图 6-15	清种起始角与角速度关系	81
图 6-16	清种结束角计算简图	82
图 6-17	清种结束角与垂直倾角关系	83
图 6-18	清种结束角与角速度关系	83
图 6-19	完全清种角示意图	84
图 6-20	清种极限速度与垂直倾角关系	86
图 6-21	投种过程种子受力图	86
图 6-22	减速角与垂直倾角关系	87
图 6-23	减速角与角速度关系	87
图 7-1	分种过程种子运动轨迹	90
图 7-2	分种过程中种子的速度变化	92
图 7-3	分种过程中种子的加速度变化	92
图 7-4	排种过程中种子运动轨迹	93
图 7-5	排种过程中种子的速度变化	94
图 7-6	排种过程中种子的加速度变化	94
图 7-7	投种过程中种子运动轨迹	96
图 7-8	投种速度分解图	96
图 7-9	种子与打穴铲适应情况	98
图 7-10	打穴铲与种子运动轨迹分解图(1)	100
图 7-11	打穴铲与种子运动轨迹分解图(2)	101
图 7-12	种子侧向运动轨迹分解图	102
图 7-13	投种口示意图	103
图 7-14	投种示意图	105
图 7-15	持种空间示意图	109
图 7-16	S_{qsr} 随转角 φ 的变化	110
图 7-17	S_{pqr} 随转角 φ 的变化	111

图 7-18	产生随机种子的程序框图	114
图 7-19	计算清种角和滑种角的程序界面	114
图 7-20	计算其他角度的程序界面	115
图 7-21	模拟种子在打穴铲中运动的程序框图	116
图 7-22	种子在打穴铲中运动的程序界面	117
图 8-1	转速对排种性能的影响	121
图 8-2	倾角对排种性能的影响	122
图 9-1	铲式精密播种机单体装配图	127
图 9-2	铲式精密播种机单体仿真图	127
图 9-3	打穴铲顶点位移模拟曲线	128
图 9-4	打穴铲顶点速度和加速度模拟曲线	129
图 9-5	打穴铲顶点运动轨迹	130
图 9-6	ADAMS/View 环境中铲式精密播种机(无移动副)	132
图 9-7	ADAMS/View 环境中铲式精密播种机(有移动副)	132
图 9-8	ANSYS 中的分种勺盘	135
图 9-9	多个分种勺同时受力等效应力图	136
图 9-10	单个分种勺受力等效应力图	136
图 9-11	打穴铲前处理	137
图 9-12	打穴铲等效应力图	137
图 10-1	BP 神经网络模型	139
图 10-2	两种处理方法相对误差比较	140
图 10-3	穴孔长度各值比较	141
图 10-4	沈农 31 玉米种子尺寸频率分布	143
图 10-5	丹玉 28 玉米种子尺寸频率分布	143
图 10-6	丹玉 55 玉米种子尺寸频率分布	143
图 10-7	播种机角度调节装置	144
图 10-8	沈农 31 重播率与播种速度和垂直倾角关系	147
图 10-9	丹玉 28 重播率与播种速度和垂直倾角关系	148
图 10-10	丹玉 55 重播率与播种速度和垂直倾角关系	149
图 10-11	BP 算法流程	152

图 10-12	BP 网逆映射原理	152
图 10-13	BP 算法逆映射流程	153
图 11-1	铲式玉米精密播种机结构	157
图 11-2	铲轮直径与打穴铲数目关系	160
图 11-3	播种频率与播种速度关系	160
图 11-4	打穴铲结构参数	162
图 11-5	铲式玉米精密播种施肥机结构	164