

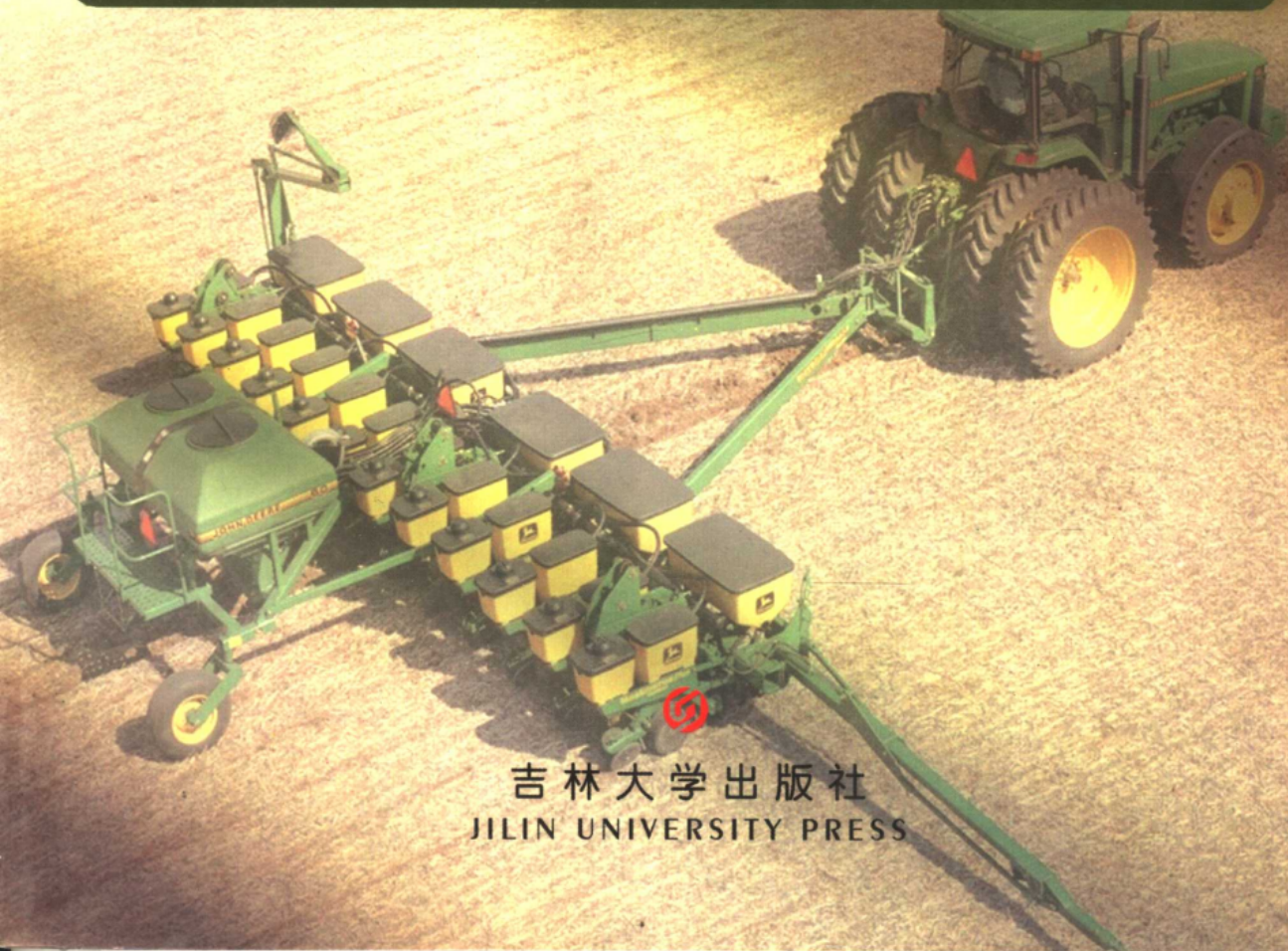
吉林大学研究生立项教材

ADVANCED AGRICULTURAL MACHINERY

高等农业机械学

马 旭 主编

马成林 主审



吉林大学出版社
JILIN UNIVERSITY PRESS

高等农业机械学

Advanced Agricultural Machinery

责任编辑 / 唐万新
封面设计 / 孙 群

ISBN 7-5601-3410-6



9 787560 134109 >

ISBN 7-5601-3410-6

定价：29.00 元

内容提要

本书详细地介绍了现代农业机械装备的设计理论、研究方法、工作原理,以及最新进展。全书共分10章,主要包括农业机械数学模型、农业工程中的计算机仿真技术、农业机械现代CAD技术、旱作农业机械化耕作体系与技术装备、农产品贮藏新技术、农业生物环境与控制、节水农业技术与装备、精确农业及其智能装备、农业机械化系统分析等。本书可作为农业工程专业研究生、高年级本科生的教材,也可供农业科技人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高等农业机械学/马旭,马成林编著. —长春:吉林大学出版社,2006.8

ISBN 7-5601-3410-6

I.高… II.①马… ②马… III.农机械-高等学校-教材 IV.S22

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第037406号

吉林大学研究生立项教材

高等农业机械学

主 编 马 旭

责任编辑、责任校对:唐万新

封面设计:孙 群

吉林大学出版社出版
(长春市明德路421号)

吉林大学出版社发行
长春市永昌印业有限公司印刷

开本:787×1092毫米 1/16
印张:20.125
字数:446千字

2006年8月第1版
2006年8月第1次印刷
印数:1-1000册

ISBN 7-5601-3410-6

定价:29.00元

前 言

高等农业机械学是农业机械化工程专业硕士研究生的必修课程之一,是学习运用现代科技理论、方法和技术来处理农业机械化工程中较复杂问题的课程,在培养高层次农业工程科研人才中占有重要位置。

本书总结了近年来国内外农业机械化科研方面的最新研究成果,将现代数学、生物、信息和管理科学等技术引入到农业机械的原理构思、方案优化、经济评价与决策,以及试验设计中。在方法上注重提高硕士研究生创新能力的培养,从而适应现代科技迅速发展与产品的激烈竞争。全书紧密结合国内外先进的农业工程技术,注重信息、生物和管理科学技术对农业工程学科的推动作用,关注农艺与农机的紧密结合,以及新的应用研究成果。在内容设置上考虑农机科研、生产应用的急需,尽量反映当代国内外先进的科学技术,并对相关技术的原理、概念以及设计计算做了充分阐述。本书突出现代工程设计法向本学科的渗透及应用,从而丰富与强化研究生对其所研究对象及其工作方式所采取的策略,在方法上有利于培养读者自学能力和创造性。本书的特点在于,对研究生培养方面,充分体现本专业设置在综合性大学内所具有的优势。

全书分三个部分,共 10 章。

第一部分由第 1 章至第 4 章组成。这部分主要介绍现代农业机械的研究方法和基本理论,主要包括农业机械数学模型、农业工程中的计算机仿真技术、农业机械现代 CAD 技术。第二部分由第 5 章至第 9 章组成。这部分主要介绍几种典型、且具有较强代表性的现代农业机械装备与设计理论,每章的内容都从基本概念入手,逐步深入到现代农业工程装备的研究。主要包括旱作农业机械化耕作体系与技术装备、农产品贮藏新技术、农业生物环境与控制、节水农业技术与装备、精确农业及其智能装备。第三部分由第 10 章组成。这部分主要从经济学与管理学的角度出发,进行农业机械化系统的决策与分析,使农机设计理论、装备与技术经济分析有机地结合在一起。主要包括农业系统分析与系统工程、农业系统中的不确定性及处理技术、农机作业委托系统分析、农业生命周期评价等。

本书可作为农业工程专业研究生、高年级本科生的教材,也可供农业工程相关学科的科研、生产、销售、推广、管理、教学等科技人员参考。

参加本书编写的有吉林大学马旭(第 1、3、5、8 章),孙裕晶、黄向东(第 2、4 章),张守勤(第 6 章),于海业(第 7 章),张书慧(第 9 章),杨印生、郭鸿鹏(第 10 章)。全书由马旭教授主编,由马成林教授对全书进行审稿。

吉林大学张振京副教授参加了本书大纲的制定工作；研究生梁留锁、齐龙、乔欣同学参加绘制了第3、4、5、8章的部分图表工作。

由于高等农业机械的研究内容、设计理论与实践尚处于发展和探索阶段，加之作者水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

本书的出版，得到了吉林大学研究生教材建设项目资助，还得到国家高技术研究发展计划（863）（2003AA209012）、高等学校博士学科点专项科研基金（20040183024）和吉林省科技发展计划（20040545）等项目资助，在此表示衷心的感谢！

编 者
2004年12月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 高等农业机械学的研究对象	(1)
1.2 高等农业机械学的研究方法	(2)
1.3 我国农业机械化的发展与展望	(4)
1.4 本课程的性质、内容和学习方法	(5)
1.5 本教材的特色及价值	(6)
参考文献	(6)
第 2 章 农业机械数学模型	(8)
2.1 农业机械数学模型概述	(8)
2.2 理论建模方法	(12)
2.3 试验建模方法	(23)
2.4 农业工程建模实例	(32)
参考文献	(37)
第 3 章 农业工程中的计算机仿真技术	(39)
3.1 概 述	(39)
3.2 数字计算机仿真方法	(44)
3.3 农业工程中的计算机仿真技术	(68)
参考文献	(73)
第 4 章 农业机械现代 CAD 技术	(74)
4.1 概 述	(74)
4.2 智能 CAD 技术在农业机械设计中的应用	(83)
4.3 基于虚拟样机技术的农业机械部件三维动态设计	(90)
参考文献	(102)
第 5 章 旱作农业机械化耕作体系与技术装备	(104)
5.1 我国旱地农业生产条件	(104)
5.2 我国北方旱区新型机械化作业体系及田间装备	(106)
5.3 北方旱区机械化保护性耕作体系及其装备	(121)
5.4 国外旱地农业机械化	(129)
参考文献	(134)
第 6 章 农产品贮藏新技术	(135)
6.1 概 述	(135)

6.2	微生物失活的动力学参数	(136)
6.3	新型加热贮藏与灭菌技术	(139)
6.4	高压加工技术	(144)
6.5	高压脉冲电场及电弧放电技术	(153)
6.6	交变磁场技术	(159)
6.7	光脉冲技术	(161)
	参考文献	(163)
第7章	设施园艺环境与控制	(165)
7.1	概 述	(165)
7.2	农业生物环境对生物的影响	(166)
7.3	设施园艺环境检测与控制基本理论	(174)
7.4	园艺环境设施与装备	(196)
	参考文献	(210)
第8章	节水农业技术与装备	(211)
8.1	节水农业的基本概念和意义	(211)
8.2	节水农业的理论基础	(219)
8.3	农田节水工程技术装备	(238)
	参考文献	(251)
第9章	精确农业及其智能装备	(253)
9.1	精确农业技术的基本概念	(253)
9.2	全球定位系统基本原理及应用	(256)
9.3	地理信息系统基本原理及应用	(262)
9.4	决策支持系统基本原理及应用	(269)
9.5	精确农业智能机械装备	(274)
	参考文献	(279)
第10章	农业机械化系统分析	(280)
10.1	农业系统分析与系统工程	(280)
10.2	农业系统中的不确定性及处理技术	(285)
10.3	农业机械作业委托系统分析	(294)
10.4	农业生命周期评价	(306)
	参考文献	(315)

第 1 章 绪 论

农业机械化是农业现代化的重要组成部分。它是先进适用农业技术大面积推广的重要载体,农业机械化技术的应用推动了农业技术进步,为农业高效优质、高产和可持续发展做出了重大贡献。

农业机械化有着广泛、复杂的内容,对农业机械化的定义曾有各种不同提法,如农业机械化是“用机器进行农业生产活动的过程”,农业机械化是“农业机器的设计、制造、鉴定、推广、使用、维修、管理各环节的总称”,以及农业机械化“包括种植业、养殖业、加工业,贯穿产前、产中、产后服务全过程”等。应该说这些提法阐述了农业机械化的不同特征、不同方面,有助于说明不同问题,如强调农业机械化不仅包括种植业,还有养殖业、加工业等,不要局限在某一方面,或强调不仅在产中,也要注意产前、产后等,但作为反映本质的定义似乎还不够确切。

现在一般较普遍接受的定义是:“用机器逐步代替人力、畜力进行农业生产的技术改造和经济发展的过程。”它具有提高劳动生产率、提高单位面积产量和品质、保护生态环境、促进农业技术的实施与发展、减轻农民劳动强度和改善劳动条件等显著特点。随着大量使用农业机械,将有大批劳动力从繁重的体力劳动中解放出来,发展多种经营,促进农村经济全面发展,促使农业向更大规模、更高的水平发展,为我国社会主义建设提供更多的商品粮、原材料和劳动力,积累更多的资金,使整个国民经济更快地向前发展。

1.1 高等农业机械学的研究对象

农业机械是农业生产中使用的各种复杂机器和简单农具的总称。它们包括:动力机(如拖拉机、内燃机、电动机等),农田基本建设机械,土壤耕作机械,播种、栽植、施肥机械,农田排灌机械,植物保护机械,收获(割收、摘收、挖收等)脱粒、精选机械,干燥和烘干机械,农产品加工机械,装卸运输机械,畜牧和饲养机械,饲料加工机械,畜产品(乳、毛、皮)收集、加工和冷藏运输机械等。而且还包括农用汽车和飞机。

一般我们所说的农业机械学,主要包括上述 12 大类农业机械的原理、构造、理论分析和设计计算等部分,即狭义的农业机械。我们在大学期间所学的农业机械学主要包含耕作机械、种植机械、植保机械、谷物收获机械、经济作物收获机械和禽畜饲养机械。重点内容是大田和场上作业机械。

高等农业机械学是在传统农业机械学的基础上,适应农业机械化工程学科与现代信息、生物与管理科学技术相结合的发展形势,结合现代农业工程技术的发展要求,运用现

代工程技术手段,掌握生物生产机械装备研究、设计、检测、使用和管理的基本理论和方法,以及农产品的质量检测和控制手段,解决当代农业工程装备存在的问题。它的主要研究内容包括采用现代设计法的数学建模、计算机仿真、农机 CAD 等现代设计理论与方法,以及实现可持续农业发展和现代农业生产为目标的先进的农业工程装备和现代管理技术。可以说高等农业机械学包含着现代农业工程领域中的高新技术,同时也将工程技术与现代生物、信息和管理科学技术有机地融合在一起。

由于高等农业机械学的研究内容、设计理论与实践尚处于发展和探索阶段,作者认为,高等农业机械学的研究内容将随着现代生物、计算机、信息、管理科学、新能源和新材料等科学技术的迅猛发展,以及人类社会向着可持续发展方向的转化,有待于向深度和广度发展。

1.2 高等农业机械学的研究方法

通过高等农业机械学的学习有利于培养读者的创造性,使读者运用现代科学知识和技术认识问题,解决问题。随着现代科学技术的发展和电子技术的普遍应用,不仅出现了人类工程学、生物工程学等新兴学科,而且产生了技术经济、技术美学等新的学科,以及系统论、信息论、控制论、协同论、优化论等新的思维方法,并逐步形成了全球可持续的发展观。这些现代科学技术的出现也为农业机械的设计提供了新的手段。高等农业机械学采用现代理论与设计方法,它与传统的农业机械学相比有如下特点:

(1)分析问题的角度不同:高等农业机械学采用现代设计方法与传统农业机械学在宏观步骤上并无大的差别,即都要经过开发和设计过程。但前者在整个设计过程中的着眼点和侧重点,以及某些具体方式上与后者不同。前者在处理问题时,面向功能目标,将技术、经济和社会因素结合在一起统筹考虑,既重视设计内容,也强调生产、制造、应用中的管理进程。而后者在面对问题时偏重于技术方面,缺乏全盘考虑。

(2)研究方法的差别:农业机械学采用传统设计方法,在项目建立和战略进程及战术顺序或步骤上难免存在臆断性。高等农业机械学采用现代设计法,强调设计程序的模式化,强调层次、条理及逻辑性。传统设计常以经验总结、规范依据为主。现代设计则强调预测、信息及创造性的相互配合。传统设计一般只限于从方案到工作图这个阶段,现代设计则贯穿项目开发的全过程,除项目本体的设计外,还要进行市场预测和设计评价,并注意制造阶段的结构修改以及使用和维修经验的反馈等。

(3)采用设计理论和使用工具的差别:传统的农业机械设计至今仍主要采用试凑法或类比法,仍基于通常的机械系统的静态平衡理论,这种古典的、经验的设计方法实际上已满足不了目前社会生产对农业机械提出的在工作质量和可靠性、结构重量和强度、以及其它性能指标方面的要求。而高等农业机械学则应用现代设计理论和试验方法,采用生物、信息和管理科学技术,并通过数学建模分析、计算机模拟仿真、CAD 设计,充分利用 Internet 网络、电脑的功能进行运算、绘图和数据库的管理使用,从而可对随机工况、瞬时动态以及其他一些设计中的复杂问题得到及时了解,并进行科学的综合判断。

从上述特点可以看出,进行高等农业机械现代理论与设计方法的研究已是当务之急,也是提高我国农业机械水平的重要手段之一。

正是高等农业机械学采用现代设计理论与方法,构成了其特有的研究方法。

(1)采用动态分析方法分析问题。农业机械是在外界作用不断变化的条件下进行作业,这些变化因素引起机器各部分运动状态的变动,并在很大程度上影响着机器的能量消耗和工作质量。如地面的不平度、土壤和作物的物理-机械性质、所加工和所输送物料的性质(清选和分级时的籽粒、切碎时的茎秆、肥料等等),都将影响到机组的工作质量和稳定性。可以看出,将农业机械作为动态系统来研究,可显著提高分析精度。

在高等农业机械学研究中,一般将农业机械的功能看作是对外部输入激励和控制作用的响应。同时,不论任何用途的机器其计算过程都可以按照“输入-输出”原则进行。这种通过建立农业机械功能模型的方法确定了将模型看作是动态系统的概念。

(2)利用随机过程分析研究问题。农业机械所以作为动态系统来研究,主要在于农业机械在工作过程中随机因素起着重要作用。将农业机械系统的输入看作为静态的古典概念,只能把农业机械的实现过程看作粗略的近似。因此,要真实地反映农业机械的工作过程,必须将该过程看作为随机过程,用概率统计的方法进行分析。农业机械系统的输入和输出量,仅以平均值来表示已不能满足分析的需要,要以时间为函数的输入、输出量作为原始数据,在幅值域中分析概率分布和统计特征值,在延时域中分析自相关函数和互相关函数,在频域中分析功率谱和互谱。

农业机械系统输入-输出间关系的建立,为确定系统的动态特性提供了依据。目前,已进行有多种农业机械动态采集和分析,如动态载荷谱、地表功率谱、精密播种性能预测等,这些都为农业机械动态系统随机过程研究做了基础性工作。

(3)采用先进的设计理论与试验方法。农业机械系统具有动态、随机和多维性,这就要求我们采用先进的设计理论来分析问题,表述问题,并通过现代试验手段、测试方法验证结论,寻找规律。

充分利用现代生物技术、信息技术、管理科学技术、数学、力学等相关理论和现代试验方法建立农业机械系统数学模型、分析模型、预测模型是高等农业机械学的主要研究方法。

农业机械试验是农业机械设计研究和推广工作中重要的组成部分。农业机械性能的优劣,工艺流程是否合理,工作是否可靠,操作是否安全和方便,都须通过试验才能得到验证。主要工作部件的参数选择是否恰当,性能是否符合要求,也须进行试验。此外,采用现代试验方法可建立农业机械系统数学模型,进而可以模拟实际工作过程,使试验工作能在人为控制的情况下重复进行,不受时间及外界条件的限制,并可获得比较精确的试验结果。这样就可以节约大量时间,减少劳动量和人力、物力的投入。

将 Internet 网络、计算机辅助分析应用于农业机械系统动态分析,数学建模,工作参数优化,结构强度和刚度计算,可靠性计算和有限寿命设计,以及计算机绘图和仿真分析等,是高等农业机械学的主要研究方法。

(4)由定性管理向定量管理发展。借助运筹学、控制论中成熟的方法和模型,解决农业机械化管理中有关决策问题,由经验定性决策向优化定量决策发展。强化系统分析能

力,找出机器系统管理决策的方法与模型。如通过对机器作业成本、作业时间、作业适时性损失的系统分析,建立机器-时间系统优化模型。

利用随机模拟技术、仿真技术,使得非确定性复杂问题的研究、分析、决策成为可能。如精确农业的决策支持系统分析、作业期的确定、服务能力的确定、灾害预测等,进一步提高了农业机械化管理决策水平。

1.3 我国农业机械化的发展与展望

20 世纪农业机械装备技术的发明与技术创新,改变了整个人类社会的生产活动,推动了现代农业装备制造业的快速发展和大规模农业机械化的实践,农业机械化被美国工程院评为 20 世纪最伟大的工程成就之一。

经过 50 多年的发展,我国农业机械化已从无到有逐步壮大起来,建立了比较完整的农业机械制造、科研、推广、服务体系;部分省(区)已经基本实现机械化;取得了一大批研究成果,为我国农业的发展做出了贡献。

进入 21 世纪,人类社会向着可持续发展的方向转化。我国告别了农产品供给短缺的时代,正在加快农业与农产品结构调整,实现由数量型向质量效益型农业的转变。加速现代科学技术对农业机械化的渗入,不断提高农业机械化的科学技术含量和装备水平,加快科学、技术、农业科学及农业工程技术的集成,利用现代生物技术、制造技术、自动化技术、电子信息及其它工程技术与农业工程技术相结合,武装、改造传统农业机械,加速农业机械科技创新,是今后一段时间我国农业机械化发展的特点。将集中体现在下述几个方面:

(1)保护农业生态环境,实现农业可持续发展。目前农业可持续发展是全球农业生产的主题,也是我们的责任。可以说我国的生态环境问题十分突出,如缺水干旱、沙尘暴猖獗、土地沙化、河流泛滥、农药化肥污染、焚烧秸秆污染、残膜污染、地下水位下降等。这些问题主要是过度垦殖、过度放牧、过多使用化肥农药、过度开采地下水和使用中的浪费等所引起。所以,保护性耕作、精确农业、秸秆处理、农田节水灌溉等田间作业机具将成为开发研究的热点,进而在我国创造出保护生态环境、适应可持续发展的农业机械化创新型新产品。

(2)保障食物安全,发展绿色食品,保证人民健康,是对农产品生产加工提出的新的要求。农业产品深度加工,延长产业链,是建立可持续发展农业系统与改善农民经济收入的关键。过去数十年,动、植物生产过程中的集约化与劳动生产率大幅提高,食品产量不断增加、生产成本不断下降,生产者面对的市场竞争压力日益增长。消费者对最终产品品种、品质和食物安全要求日益提高,农产品收获后的处理工艺与加工增值成为农业生产系统的主要经济增长点。在加工过程技术创新方面,将围绕产品生产(如绿色种植、质量监控、分选与分级、贮藏、运输、保鲜),以及最终产品加工、包装、市场开拓的整个产业链过程与产品品质的全过程监控。

(3)与现代电子、生物、信息和管理科学技术融合,提高农业机械化科技水平。21 世

纪是信息化的时代,未来的农业将是信息化农业。信息技术的飞速进展,给人们提供了精细、准确、实时认识事物,分析事物及做出决策的可能。一批面向生产者应用的各种机电仪一体化技术产品迅速开发出来,装备到农业机械上,用于实现农业机械化作业的自动化、高效率、高质量、低成本,改善操作者舒适性与安全性等。其中传统农具智能改造、拖拉机与自走式农业机械的田间自动导航、机器视觉与农业应用机器人研究、农具操作人员的舒适性、基于 3S 的“精确农业”技术、仿生工程技术、先进环境控制技术、农产品品质的快速检测、产品品质分级评价、以及信息与网络技术 etc 将得到较快的研究与开发。尤其是“精确农业”技术已被国际农业科技界认为是 21 世纪实现农业可持续发展的先导性技术之一,可望在发达国家大面积推广应用。

(4) 发展不同区域、类型的全过程机械化,提高农民收入。农业机械化分三个阶段:单项机械化—基本机械化—全过程机械化。从提高资源利用率、保护环境、减轻农民繁重的体力劳动及获得部分增产增收效益出发,实施选择性机械化战略。主要有:①从简单到复杂机械,人畜机并举,并保证与地方农业机械、农艺相互配合;②建立不同地区工厂化农业,发展多种农业生产方式,如对设施种植业、工厂化养殖业、产前种苗繁育、产后贮藏和保鲜等,它需要依靠现代农业生物科学技术、工程科学技术;③建立不同地区农业机械化生产模式。

(5) 强化系统分析能力,建立机器系统管理决策的方法与模型。在农业机械化产品设计中从经济学与管理学的角度主要有三方面的工作需要研究。一是研究如何发展农业机械化,制定战略、方针、政策,进而找到农业机械装备的突破口;二是通过对机器作业成本、设计与制造和经济评价,建立机器系统配备模型;三是利用数学方法和计算机制定优化的定量管理决策,借助运筹学、控制论中成熟的方法和模型,解决农业机械装备中有关决策问题。

1.4 本课程的性质、内容和学习方法

高等农业机械学是农业机械化工程专业硕士研究生的专业必修课程。它是在本科基础上,进一步采用现代科技手段,解决当代农业工程装备的基础理论研究、产品设计、制造与生产、方案预测与决策以及经济评价等方面的问题。

本课程的主要内容包括三部分,第一部分由绪论、农业机械数学模型、农业工程中的计算机仿真技术、农业机械现代 CAD 技术等组成,构成高等农业机械学的基础。第二部分由旱作农业机械化耕作体系与技术装备、农产品贮藏新技术、农业生物环境与控制、节水农业技术与装备、精确农业及其智能装备等组成,这部分主要从实现可持续农业发展和现代农业生产为目标,介绍有较强代表性的现代农业机械装备与设计理论,内容从基本概念入手,逐步深入到现代农业工程装备的研究。第三部分由农业机械化系统分析组成,包括农业系统分析与系统工程、农业系统中的不确定性及处理技术、农业机械作业委托系统分析、农业生命周期评价等,从经济学与管理学的角度出发,进行了农业机械化系统分析,使农业机械设计与技术经济分析有机地结合在一起。

本课程重视信息科学迅速发展对传统理论与设计所带来的新局面与新成果。通过学习要求达到:

(1) 学生对所作的研究与其本身的工作方式,具有宽广的策略;

(2) 充分借鉴相关学科领域内先进的研究方式、方法与成果,并根据本学科自身的特点,为农业机械学理论与实践提出独创性的见解和研究成果。

可见,本课程是农业与工程学科领域的交叉,并成为农业机械学的前沿。

1.5 本教材的特色及价值

首先,使读者在已掌握农业机械学所涉及的基本概念、工作原理以及设计制造的基础上,侧重现代科技在本学科中的渗透,从而丰富与强化硕士研究生对其所研究对象及其工作方式所采取的策略。其次,突出现代工程设计方法向本学科的渗透及应用。将现代数学、生物、信息和管理等科学技术引入到农业机械的原理构思、方案优化、经济评价与决策以及试验设计中。在方法上提高硕士研究生创新能力,从而适应新世纪面临的科技迅速发展与产品的激烈竞争形势。最后,本教材力图将内容扩展到农业工程诸领域,作为各方面研究人员参考。总之,本教材教学价值在于,对硕士研究生培养方面,充分体现出本专业设置在综合性大学环境内所占据的优势。

参考文献

- [1] Kepner R A, Bainer Boy et al. Principles of Farm Machinery. The AVI Publishing Company, INC. 1972.
- [2] Towne H L. The Future for Agricultural Engineering. A Keynote Speech in International Agricultural Engineering Conference' 2000, Bangkok Thailand, 2000.
- [3] A·卢里耶等著, 袁佳平等译. 农业机械的设计和计算(苏). 北京: 中国农业出版社, 1983.
- [4] 汪懋华. 农业现代化的桥梁. 济南: 山东科学技术出版社, 2001.
- [5] Crouse D A, Havlin J L, et al. Precision Farming Education at NC state University. Proceedings of 5th International Conference on Precision Agriculture, Bloomington, Minnesota, USA, 2000.
- [6] 蒋亦元. 面向 21 世纪的美国农业工程教育. 北京: 农业工程学报, 1997, 13 (2): 12~17
- [7] 汪懋华. 农业机械化工程技术. 郑州: 河南科学技术出版社, 2000.
- [8] 陶鼎束. 论农业的工程建设. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [9] 曾德超. 面向 21 世纪的中国农业工程议程探讨. 北京: 农业工程学报, 2001, 17 (1): 1~4
- [10] 余友泰. 农业机械化工程. 北京: 展望出版社, 1987.
- [11] 汪懋华. “精细农业”发展与工程技术创新. 北京: 农业工程学报, 1999, 15 (1):

1~8

- [12] 马成林等. 中国农业机械的现状与展望. 北京: 农业机械学报, 1993, 24 (4): 1~5
- [13] 高焕文. 高等农业机械化管理学. 北京: 中国农业大学出版社, 1997.
- [14] 佟 金. 现代科技与农业机械教育. 北京: 农业机械学报, 2004, 34 (3): 135~138
- [15] 高焕文. 农业机械化生产学. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [16] 桑正中. 农业机械学. (上册). 北京: 机械工业出版社, 1988.
- [17] 北京农业工程大学. 农业机械学 (上册). 第二版. 北京: 中国农业出版社, 1999.

第2章 农业机械数学模型

随着科学技术的发展,在自然科学领域,数学模型这个词汇越来越多地出现在现代人的生产、工作和社会活动中。对于科技人员来说,建立数学模型是沟通摆在他们面前的实际问题与他们掌握的数学工具之间联系的一座必不可少的桥梁。

利用数学模型研究和解决产品设计问题,开创了数学应用的新领域,使设计向科学化发展。马克思曾指出,一种科学只有成功地运用数学时,才算达到真正完善的地步。人们在认识自然界的历史长河中,并非一次就能揭示其奥秘,即使认识了其规律和原理,也不一定都能用严格的数学来证明和描述,需要几代人甚至长期的研究和探索。此外,还有赖于数学科学的发展。

本章介绍数学模型的概念、特性和分类,分析农业机械数学模型特点。重点围绕现代数学建模理论在农业工程中的应用,结合研究中的实例介绍农业工程数学模型的理论法建模和试验法建模。关于数学模型系统的论述请参考有关专著。

2.1 农业机械数学模型概述

模型法是科学研究中的一种十分重要的研究方法。在具体的课题研究中,对于事物本质的理解、未知规律的探索以及正确理论的形成等方面,模型都担当着重要的角色。数学是模型法研究的基础,一个成功的数学模型不仅在特定的领域内,甚至在广泛的领域内都能起着重要的作用。例如牛顿提出的万有引力模型能够说明天体行星的运行,也弄清了它对地面上计算摆的周期以及对预测潮汐涨落等方面的作用,于是它成了说明宇宙运动规律的大法则。万有引力模型被认为在广泛的领域里都能够很好地说明现象。在静电学方面,将此模型经过变更而形成相似的库仑模型;在社会科学领域凯莱用此模型预测城市间的交通问题。

2.1.1 数学模型的概念

数学模型有多种类型,为了说明数学模型的含义,下面从不同角度介绍其概念。

(1) 为了研究设计对象的复杂现象,必须提出合理的假设,对现象进行简化或抽象化,用数学方程式来表示的假设叫数学模型。

(2) 数学模型是现实世界的本质反映或科学的抽象,它是一个或一组方程式,从数量角度反映了研究对象的现象、过程或有关参数及其相互关系,描述了其固有特性和运动规律。真正能代表设计对象的数学模型,不仅能客观地反映实际,而且简单明了、易于处理。

(3) 一般地说,数学模型可以描述为,对于现实世界的一个特定对象,为了一个特定目的,根据特有的内在规律,做出一些必要的简化假设,运用适当的数学工具,得到的一个数学结构。

需要指出,本章的重点不在于介绍现实对象的数学模型(Mathematical Model)是什么样子,而是要讨论建立数学模型(Mathematical Modelling)的全过程,数学模型和建立数学模型下面简称为模型和建模。

2.1.2 数学模型的特性和主要类别

一、数学模型的特性

从模型的本质来说,系统模型可以分成具体模型和抽象模型两大类。具体模型是原型的小规模的重现,带有事物和过程具体特征的痕迹,有时也称为物理模型;抽象模型应用数学公式、图形或计算机程序等数学手段来抽象描述系统某一方面的属性,有时也称为数学模型。在科学研究中应用模型法,如不加特殊说明,都是指应用数学模型法。数学模型的优良特性表现为:

(1) 抽象性:数学模型舍弃事物和过程的具体特征,突出主要变量的逻辑关系,更便于进行概念的分析、推理、归纳和演绎。在数学模型中表征事物和过程主要特性的变量之间的关系,可以用最简洁而严密的逻辑语言——公理、定律、公式等来明确表述。

(2) 可解性:数学模型可以通过运算规则进行计算或求解,并且可以从计算结果中获得某些难以直观得到的认识。特别对于变量多而关系复杂的事物和过程,只有借助数学模型的处理才可能得到高精度的计算结果。

(3) 适应性:一种数学模型往往可以运用于不同的领域。还表现在修改参数或改变运算关系十分方便。

(4) 快速性:数学模型的处理手段是符号或图形的推演,在求解参数、改变程序时十分快速。用计算机处理数学模型时,由于计算准备、计算过程、插入计算和计算结果都是图形和符号,信息记录、存贮、复现和交流的技术手段更为简便。

(5) 经济性:越是复杂的事物和过程的数学模型,处理成本相对越低,特别是在性能优良、价格便宜的微机问世以后,这一特性尤为突出。

二、数学模型的主要类别

数学模型可以按照不同的方式分类,下面介绍常用的几种。

(1) 按照模型的应用领域分(或所属学科):如人口模型、交通模型、环境模型、生态模型、城镇规划模型、水资源模型、再生资源利用模型、污染模型等。范畴更大的一些则形成许多边缘学科,如生物数学、医学数学、地质数学、数量经济学、数学社会学等。

(2) 按照建立模型的数学方法分(或所属数学分支):如初等数学模型、几何模型、微分方程模型、图论模型、马氏链模型、规划论模型等。

(3) 按照模型的表现特性又分为如下几种方法:

确定性模型和随机性模型。取决于是否考虑随机因素的影响,近年来随着数学的发展,又有所谓突变性模型和模糊性模型。

静态模型和动态模型。取决于是否考虑时间或速度因素引起的变化。

线性模型和非线性模型。取决于模型的基本关系,如微分方程是否是线性的。

离散模型和连续模型。指模型中的变量(主要是时间变量)取为离散的还是连续的。

虽然从本质上讲大多数实际问题是随机性的、动态的、非线性的,但是由于确定性、静态、线性模型容易处理,并且往往可以作为初步的近似来解决问题,所以建模时常先考虑确定性、静态、线性模型。连续模型便于利用微积分方法求解,作理论分析,而离散模型便于在计算机上作数值计算,所以用哪种模型要看具体问题而定,在具体的建模过程中将连续模型离散化,或将离散变量视作连续,也是常采用的方法。

(4)按照建模目的分:有描述模型、分析模型、预报模型、优化模型、决策模型、控制模型等。

(5)按照对模型结构的了解程度分:有所谓白箱模型、灰箱模型、黑箱模型。这是把研究对象比喻成一只箱子里的机关,要通过建模来揭示它的奥妙。白箱主要包括用力学、热学、电学等一些机理相当清楚的学科描述的现象以及相应的工程技术问题,这方面的模型大多已经基本确定,还需深入研究的主要是优化设计和控制等问题了。灰箱主要指生态、气象、经济、交通等领域中机理尚不十分清楚的现象,在建立和改善模型方面都有不同程度的许多工作要做。至于黑箱则主要指生命科学和社会科学等领域中一些机理(数量关系方面)很不清楚的现象,有些工程技术问题虽然主要基于物理、化学原理,但由于因素众多、关系复杂和观测困难等原因也常作为灰箱或黑箱模型处理。当然,白、灰、黑之间并没有明显的界限,而且随着科学技术的发展,箱子的“颜色”必然是逐渐由暗变亮的。

2.1.3 农业机械作用特征

农业机械作为动态系统具有两个基本特征:

(1)复杂性:多种多样的输入和输出变量、资料和数据不充分及机器状态的易变性。

农业机械是具有若干变量的多维系统,每个输入作用可影响到几个输出变量。例如地表外形作为耕作机械的输入,会影响工作中的工艺指标(耕、播深均匀性等)和能量指标(牵引阻力等)。故经常采用在线性系统的假设下有几个输入和一个输出的计算方案。

农业机械状态的易变性是由零件的磨损和变形导致机构尺寸的变化以及由种箱、肥箱和粮箱等倒空和充满引起的质量变化等原因造成的。这种易变性在一定程度上会使模型的精确性受到影响。

(2)随机性:信息模型中大多数因素应该属于概率统计方面的随机模型,这是它们的本质特征。在各种动态系统工作时的全部过程可以分为两种类型:一种过程虽包含随机因素但却是非本质的,可以忽略,于是可以利用决定论方法处理,即过程的进行在某种范围内可以精确地预测;另一种过程随机因素起重要作用,只能用概率统计方法和随机过程理论建立数学模型。

2.1.4 建立数学模型的方法和步骤

对所建模型的基本要求:首先应该能反映原系统在某一个方面的基本属性,要抓住主要因素;其次要求模型比较简洁,对于无关大局的次要因素要适当处理,使模型易于被人理解,易于分析计算;另外要求模型易于与其它的模型相衔接。