



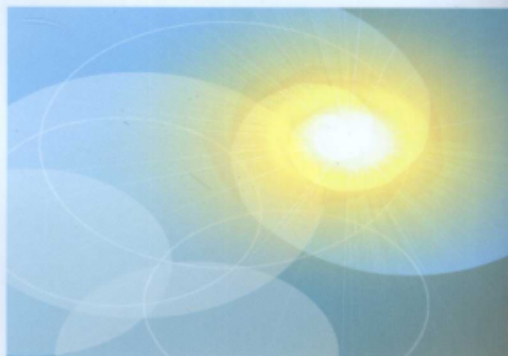
全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

农业建筑环境与 能源工程导论

苗香雯 马承伟 主编

 中国农业出版社

封面设计 廖 蓉



ISBN 7-109-09007-8



9 787109 090071 >

定价: 24.00 元

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

农业建筑环境 与能源工程导论

苗香雯 马承伟 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农业建筑环境与能源工程导论 / 苗香雯, 马承伟主编.
北京: 中国农业出版社, 2006. 8
全国高等农业院校教材
ISBN 7-109-09007-8

I. 农... II. ①苗...②马... III. ①农业建筑-环境管理-高等学校-教材②能源-农业工程-高等学校-教材 IV. ①X322②S21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 089248 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 郭元建

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 18

字数: 317 千字

定价: 24.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 苗香雯 (浙江大学)

马承伟 (中国农业大学)

副主编 王 琪 (吉林农业大学)

王永维 (浙江大学)

参 编 (按姓氏笔画排序)

田 德 (内蒙古农业大学)

吕铁彪 (吉林农业大学)

刘 鹰 (中国科学院海洋研究所)

刘建禹 (东北农业大学)

孙 清 (沈阳农业大学)

何 勇 (浙江大学)

应铁进 (浙江大学)

沈明卫 (浙江大学)

张无敌 (云南师范大学)

张饮江 (上海水产大学)

郑荣进 (浙江大学)

徐立鸿 (同济大学)

徐昶昕 (沈阳农业大学)

徐建瑜 (宁波大学)

崔绍荣 (浙江大学)

程绍明 (浙江大学)

谢小妍 (华南农业大学)

主 审 李保明 (中国农业大学)

前 言

农业生物环境与能源工程学科、农业建筑环境与能源工程本科专业属建筑、结构、机械、电气、控制、新能源工程与农业生物科学交叉结合的新兴学科，人称“朝阳学科”。《农业建筑环境与能源工程导论》课程为本专业必修课，在本专业低年级开设。本课程以物理、化学、高等数学、力学、生物学等先行课程相关知识为基础，介绍农业建筑环境与能源工程专业的概貌，为后续各门专业基础课、专业课学习做好准备。通过本课程各教学环节学习，提高学生对本专业的认识，培养和激发运用所学知识开拓、创新，增强为我国农业现代化、农业增效、农民增收、全面建设小康社会，为 21 世纪人类生存环境可持续发展做贡献的使命感、责任感、热情和能力。本教材除本专业学习使用外，还可用于以下专业学习：

1. 农业工程非本专业的其他相关专业必修、选修课。
2. 农业生物科学类本科生和研究生的选修课。
3. 相关学科本科毕业考入本学科的研究生入学后的基础课。

通过本专业各门专业课学习，学生将具有建筑、结构、机械装备、电气设备、计算机控制、新能源工程、生物学相关基本知识；本专业学生毕业后，可适应十分宽阔的就业岗位，如现代化农业及相关设施、设备设计、生产、教育、科研、管理和经营各部门，以及相关建筑、结构、机电、计算机控制等设计科研管理部门及流通部门工作。

本教材第一章第一节至第七节由崔绍荣、苗香雯编写，第八节

由马承伟编写；第二章由刘建禹、王永维、苗香雯编写；第三章由徐立鸿、何勇、徐建瑜编写；第四章由沈明卫、谢小妍编写；第五章由程绍明、徐昶昕编写；第六章第一节由苗香雯、张饮江编写，第二节由张饮江、刘鹰编写；第七章由马承伟、郑荣进编写；第八章第一节由崔绍荣编写，第二节由应铁进编写，第三节、第四节由王琪、张无敌编写；第九章由吕铁彪、张饮江编写；第十章第一节由孙清、王永维编写，第二节由田德、王永维编写，第三节由张无敌、王永维编写。

全书由浙江大学苗香雯统稿，中国农业大学李保明主审。

限于编写者水平，本书编写过程中，错误和疏漏之处在所难免，恳请读者、各校在使用中提出宝贵意见，以便进一步修订、改进。

编 者

2006年7月

目 录

前言

第一章 总论	1
第一节 研究领域与相关学科	3
一、学科与专业特点	3
二、主要研究方向	4
第二节 设施农业的界定与工程组成	6
第三节 我国本学科领域研究进展	8
第四节 我国不同地域、不同气候条件对农业生物环境控制的特殊 要求	12
第五节 国外本学科领域最新研究进展	16
一、农业工程学科教育的发展	16
二、各国设施农业的发展	18
第六节 各国都市农业的发展	20
一、我国现代化休闲观光农业示例	21
二、北美、西欧现代化休闲观光农业示例	22
第七节 21 世纪人类生存环境可持续发展所面临的各种环境问题	23
一、温室效应与温室气体排放	23
二、能源问题与可再生能源开发利用	25
三、生物圈的构成, 动植物营养源良性循环与食物链	25
第八节 农业生物环境工程的贡献和发展趋势	27
一、农业生物环境与能源工程对现代农业和农村发展的贡献	28
二、农业生物环境与能源工程当前的重点领域和要解决的关键问题	28
思考题	30
第二章 农业生物环境控制工程的理论基础	31
第一节 传热学与工程热力学基础	31

一、温度与热量	31
二、传热的基本方式	32
三、黑体、白体、透明体与灰体	32
四、水蒸气的蒸发与扩散	33
五、湿空气的物理状态及其在环境控制中的作用	34
六、湿空气的状态参数	34
七、理想气体的状态方程	38
第二节 流体力学基础	39
一、常用物理量的因次、单位与单位制	39
二、流体的基本力学性质	41
三、流体静力学基本原理及其工程应用	46
四、一元流体动力学基本方程及其工程应用	50
五、动量方程	62
六、有压管路中的水击(水锤)现象与水锤泵原理	63
七、流体机械基本原理	64
思考题	66
第三章 设施农业环境检测与控制	68
第一节 设施农业环境检测	68
一、信号采集检测系统	68
二、设施环境中环境参数及生理检测技术	70
第二节 设施农业环境控制	82
一、控制技术与方法	82
二、控制系统构成	83
三、控制系统分类	85
思考题	90
第四章 设施栽培环境控制基础	91
第一节 光照对作物的影响及管理	91
一、太阳辐射能及其生物学效应	91
二、作物的光合作用和呼吸作用	92
三、光照强度的影响	94
四、光周期现象	94
五、光质对植物生长发育的影响	95
第二节 温度对作物的影响及管理	96
一、温室内的热量平衡	96

二、温度的生物学效应	98
三、温室的温度状况条件及其调节	100
第三节 二氧化碳对植物的影响及管理	101
一、CO ₂ 的生物学效应	101
二、作物对 CO ₂ 的吸收	102
三、温室内 CO ₂ 的管理	102
第四节 水对作物的影响	104
一、作物内的水分状态	104
二、作物吸水与环境的相关性	105
三、作物体水分平衡及其调节	106
第五节 温室湿度环境及其调控	107
一、温室内湿度条件	107
二、温室内湿度环境调节	108
第六节 设施园艺无土栽培	108
一、园艺设施内土壤的特点	108
二、无土栽培的特点	109
三、无土栽培的形式	109
思考题	115
第五章 设施畜禽养殖环境控制基础	116
第一节 环境对动物行为的影响与动物福利	116
一、环境对动物行为的影响及研究方法	116
二、动物福利	117
第二节 恒温动物的热平衡	118
一、恒温动物的特点	118
二、能量转化和代谢产热	119
三、畜禽体与环境的热平衡	119
四、动物体与环境之间的热交换	120
第三节 恒温动物的生理调节	122
一、生理调节的过程	123
二、最小热调节区和临界温度	124
第四节 温度对畜禽的影响	124
一、温度对饲料利用率的影响	124
二、温度对畜禽生产力的影响	125
三、温度对畜禽健康的影响	126

第五节 湿度对畜禽的影响	127
一、湿度与畜体热调节	127
二、湿度对家畜健康的影响	128
三、湿度对家畜生产力的影响	128
第六节 其他因素对畜禽的影响	129
一、空气流速对畜禽的影响	129
二、空气污染物对畜禽的影响	130
三、光照对畜禽的影响	132
第七节 设施畜禽养殖的发展	133
一、设施畜禽养殖的内涵	133
二、设施畜牧业的特点	133
三、设施畜牧业的意义和作用	134
四、设施畜牧业的支撑技术	135
思考题	135
第六章 设施水产养殖工程原理	136
第一节 淡水水产设施养殖	136
一、特种水产养殖	136
二、环境因子对水产生长繁育的影响	138
三、养殖水及空气的特性	145
第二节 海水工厂化养殖	151
一、海水水产养殖的发展	151
二、工厂化养殖的特点	154
三、工厂化养殖发展中存在的问题与解决途径	155
四、我国工厂化海水养殖的发展目标	156
五、养殖水处理技术	156
思考题	163
第七章 设施园艺与畜禽养殖环境工程	164
第一节 设施供暖、通风与降温工程	164
一、设施供暖工程	164
二、设施通风工程	166
三、设施降温工程	170
第二节 设施园艺环境调控工程	174
一、园艺设施的类型	174
二、温室的结构设计和荷载分析	176

三、园艺设施的覆盖材料	180
四、园艺设施的环境调控	183
第三节 畜禽养殖环境调控工程	190
一、畜禽舍环境调控的要求	190
二、畜禽舍的种类	191
三、畜禽舍环境调控	192
思考题	197
第八章 生态农业环境工程和农业废弃物资源化	199
第一节 环境资源问题与生态农业环境工程	199
一、发展生态农业环境工程的意义	199
二、人类活动对生态环境的负面影响	201
第二节 食品安全	202
一、食品中常见的安全性问题	202
二、食品安全生产的管理	204
第三节 农作物栽培生产废弃物的资源化利用	207
一、我国秸秆资源分布及其特征	207
二、农作物栽培生产废弃物对环境的影响	208
三、秸秆资源化利用技术	209
四、国内外秸秆利用发展状况	211
第四节 集约化畜禽养殖对环境的影响及废弃物资源化利用	214
一、我国畜禽养殖业发展概况	214
二、畜禽粪便资源化处理技术	215
三、集约化畜禽养殖废弃物处理利用的问题与发展趋势	218
思考题	219
第九章 果蔬贮运与水产鲜活运输环境工程原理	220
第一节 果蔬保鲜贮藏和运输	220
一、果蔬保鲜贮藏的基本原理	220
二、果蔬贮藏保鲜的技术与设施	224
三、果蔬的保鲜运输	229
第二节 水产活体贮运环境工程基础	231
一、水产活体贮运中的生理特征与所需的环境条件	231
二、水产活体运输基本方式	233
三、水产活体运输装置	235
四、活鱼运输装置中的增氧方式	237

五、活鱼运输采用的降温方式	238
六、活鱼运输采用的水净化方式	238
七、苗种活体运输装置	239
八、特种水产活体贮运	239
思考题	242
第十章 可再生能源工程基础	243
第一节 太阳能	243
一、太阳能及其特点与利用方式	243
二、太阳辐照度及其影响因素	245
三、太阳能热利用	246
四、太阳能光电利用	249
第二节 风能	252
一、风能及其特点	252
二、风力机的类型	253
三、风力机主要组成	254
四、风力发电发展现状与趋势	258
第三节 生物质能	260
一、生物质资源分类与利用技术	260
二、沼气技术	261
三、生物质气化	265
四、生物质燃料乙醇	267
第四节 水能	268
一、全球水能资源及其特点	269
二、水电能资源利用基本形式	269
思考题	270
主要参考文献	272

第一章

总 论

对自然界控制手段的进步是人类社会科技进步的主要标志,纵观整个科学技术发展史,就是一部不断提高对自然界控制程度的发展史。当前,工程技术和生物科学紧密结合,推动农业可持续发展,改善 21 世纪人类生存条件,已成为国际农业工程科学技术发展的聚焦点。

我国是一个有九亿农民的发展中农业大国,人口众多,人均水资源、能源和土地资源相对紧缺,但同时拥有大量生物资源和名、特、新农产品资源。我国正处在由传统农业向现代化农业转变的进程中,农业是国民经济的基础产业,农业生产和农村的发展始终是我国经济发展和社会稳定的根本问题。发展适合我国国情的农业工程事业,对我国尤为重要,农业工程各个二级学科蕴涵了丰富的科学技术内涵。

20 世纪 70 年代末,我国农村经济体制改革和集约化种植、养殖等多种经营发展,对科学技术和人才提出了更多新的需求。根据我国国情和实现农业现代化的具体要求,借鉴发达国家农业工程学科发展的经验,中国农业大学、浙江大学相继创建农业生物环境工程学科,招收硕士、博士研究生,创建农业建筑与生物环境工程专业,招收本科生,1996 年二校同获我国本学科第一批博士学位授权,实验基地被命名为“农业部重点开放实验室”,2002 年重新申请获准。沈阳农业大学、河南农业大学、云南师范大学等校率先建立农村能源工程学科与专业。1998 年由我国国务院学位委员会合并为农业生物环境与能源工程学科、农业建筑环境与能源工程专业。至今我国各农业院校、许多工科院校(如同济大学、河海大学)综合性大学、水产等院校都建立了本学科本科专业、硕士点、博士点、一级学科博士学位授权点、博士后流动站等。近年新设置的设施农业科学与工程本科专业也属本学科。全国本学科的人才培养、科研成果推广和产业化,推动了我国设施种植、养殖、有机农业的发展,丰富了城乡人民的菜篮子;研究开发可再生新能源工程技术,食品安全生产、改善生态环境,为现代农业可持续发展,全面建设小康社会,解决“三农”问题,发展

循环经济、带动制造业、相关工业产业的拓展,提高国际市场竞争力做出了历史性的贡献。

1988年FAO理事会通过了对可持续农业的定义:“可持续农业是使用和保护自然资源的基础方式,实行技术变革和机制性变革,以确保满足当代人类及后代对农产品的需求。农业可持续发展能够保护土地、水资源和动植物遗传资源,不会导致环境退化,采用经济上可行并被社会所接受适用的技术。”

我国国务院在1991年发布了关于在中国发展优质、高产、高效农业的决定;1992年由农业部、中国农业科学院、中国农学会在郑州市联合主持召开全国学术研讨会,纪念这一决定发布一周年,推动我国优质、高产、高效现代化农业迅速发展。

发展优质、高产、高效农业是我国现代农业的新课题,其实质就是采用各种高新技术和工程手段,确立“大农业”的观点;适应社会主义市场经济发展的需求,由靠天吃饭的传统农业生产过渡到以高科技投入,保证高效益产出的现代化农业生产,把农业增效和农民增收放在经济工作的突出位置。

国家发展与改革委员会、科学技术部于1999年7月14日发布了《当前国家优先发展的高技术产业化重点领域指南(目录)》,本学科、本专业覆盖的技术内容均列于其中。

进入21世纪,我国经济形势出现了许多新情况和新趋势,对我国农业的改革与发展产生重大而深远的影响。我国全面建设小康社会的重点和难点都在“三农”。

加入WTO后,我国农业生产正面临比其他行业更大的挑战和机遇,面临国际国内市场双重竞争。在激烈的国际国内竞争中,大幅度提高农村经济的科技含量,增强农业产品的市场竞争力,发展有机农业,生产无公害绿色食品、有机食品,对食品安全性的需求不断提高也为农业发展提供了一个难得的历史机遇。随着农业国际化程度的提高,将促进农业结构的调整和优化,更好地利用国际国内两种资源、两个市场,参与国际分工和合作。面对农产品市场需求日益旺盛和多样化,我国国民经济的持续快速发展给农业带来了广阔的发展前景,新的农业科技革命将为农业发展提供强大的技术后盾,这一切积极因素都将加速我国现代化农业的快速发展。

现代化农业的主要特征是以科学技术、现代化工业为强大支柱,把传统农业转变为以现代科学技术和现代化管理为基础的工厂化设施农业,用工程技术装备农业,依靠科学技术进步,以最经济有效的投入换取最大的经济效益、社会效益和生态效益,实现农业可持续发展。农业工程所属四个二级学科,在我国农业现代化进程中发挥了不可或缺的重要历史作用。

第一节 研究领域与相关学科

农业增产的条件一方面取决于农业生物先天的物种品质,遗传育种、生物技术、生物工程等为此提供了极大的增产潜力;另一方面,还取决于后天的生长繁育环境,各种环境因子诸如温度、CO₂ 浓度、光照、湿度、气流、营养元素、基质、水环境、废弃物等对生产力也有极大的影响,直接影响动植物的生长、繁育、代谢水平、物质合成与积累,进而影响农业产品的产量与品质以及水资源与生态环境。农业生物环境与能源工程学科、农业建筑环境与能源工程专业研究各种环境因子与农业生物的相互作用机理以及相关的工程技术与成套装备。

一、学科与专业特点

农业生物环境与能源工程学科和农业建筑环境与能源工程本科专业属农业工程一级学科下设四个二级学科:农业机械化、农业电气化与自动化、农业生物环境与能源工程、农业水土工程中最年轻、最具工程学(建筑、机电、计算机控制、能源)与生物学交叉结合特点的新兴学科,根据我国国情和农业发展的需要应运而生。设施农业是本学科、本专业在农业生产上的具体运用和体现。在可控制的环境中组织农业生产流程的工厂化设施农业生产是现代化农业的重要技术方向,需要建筑、机电、计算机控制、能源工程与农业生物学紧密结合,保证各种畜禽、水产、蔬菜、花卉生长、繁育所需的最优环境条件。农业生物环境与能源工程学科与农业建筑环境与能源工程专业即研究上述工程技术内容。延伸和拓展了大田作业耕、耙、播、收农业机械化的应用范围和内涵,具有广义的机械化的特点,属工学,我国本学科与国际相关学科发展同步。

农业生物环境控制工程已成为农业现代化的重要标志,农作物育种、栽培和畜禽、水产、经济昆虫养殖等农业生产在围护设施中、可控制的环境条件下进行,以求达到最高的农业生产率,进行“反季节”或周年生产,并努力保护和改善资源和生态环境,使之可持续发展。

近 20 年来,我国各院校本专业所进行的一系列国内和国际合作科学研究项目以及各种形式的横向协作项目,均来源于我国现代化农业生产和全球共同关注的生态环境问题实际需要,各有关成果的推广,不仅为种植业、养殖业所急需,也为广大农民脱贫致富提供手段,同时为本学科发展和科学研究、校内基地建设筹集必要的资金,社会生产的需要促进了本学科的发展。

从本专业承担的各类研究项目可知,农业生物环境与能源工程学科、农业建筑环境与能源工程本科专业具有以下特点:

①作为农业工程类最具工程与农业生物学交叉结合特色的新兴学科已被人们所了解和充分认识,在我国和世界范围内迅速发展。

②随着农业生产的继续发展和人民生活的不断提高,对本学科、本专业的需求将日益紧迫、广泛。

③已经深入到农业生产的各个领域,直接为现阶段农业生产服务,具有科技兴农的各种具体内容。

④具有其他老专业所不能覆盖的特殊内容,研究 21 世纪全人类共同关注的人类生存环境、新能源与水资源等各种工程技术问题;为我国构建节约型社会、实现循环经济,开发新能源和可再生能源努力做好各项技术准备。

⑤各项有关科研开发项目的进行、完成和产业化,必须有工程专家和农业生物学专家的紧密结合,并由本学科有效地组织和实现这一结合。

鉴于上述各点,必须有大量的经过专门培养的专业技术人才从事有关各项工作,农业生物环境与能源工程学科、农业建筑环境与能源工程、设施农业科学与工程本科专业担负着这一历史使命。

二、主要研究方向

在可控制的环境中组织农业生产流程,需要建筑、结构、机电、计算机控制工程与农业生物学科紧密结合,进行“反季节”周年生产,发展节能、节水、优质高产高效可持续发展的农业生产工程设施与装备,研究可再生清洁能源工程技术,实施生态农业环境工程等,均属本学科、本专业研究的工程技术内容。根据我国幅员辽阔、气候条件多样,我国各校本专业分别研究适应我国国情和各地域特点的围护设施、环境调控成套装备工程技术,具有丰富的内容和鲜明的特色,形成我国有特色的方向:

(一)植物环境工程 又称为设施园艺环境工程,是利用温室、塑料大棚等园艺设施及环境调控设备,创造优于外界的设施内环境条件的工程技术。在这样的设施内进行园艺植物产品的生产,可以有效突破自然条件下生产的地域性和季节性限制,实现园艺植物产品稳定、高效和优质的周年生产。其研究内容为:

①研制适应我国国情的围护设施,如:连栋温室作为植物环境工程研究的重点方向。围护设施用塑料薄膜、玻璃等透光材料覆盖,太阳能短波辐射经透光材料进入温室,转变为热能,阻隔在温室内,以提高冬季作业时室内温度,即“温室效应”。我国北方冬季寒冷,温室内需设置加温装置;大多数地