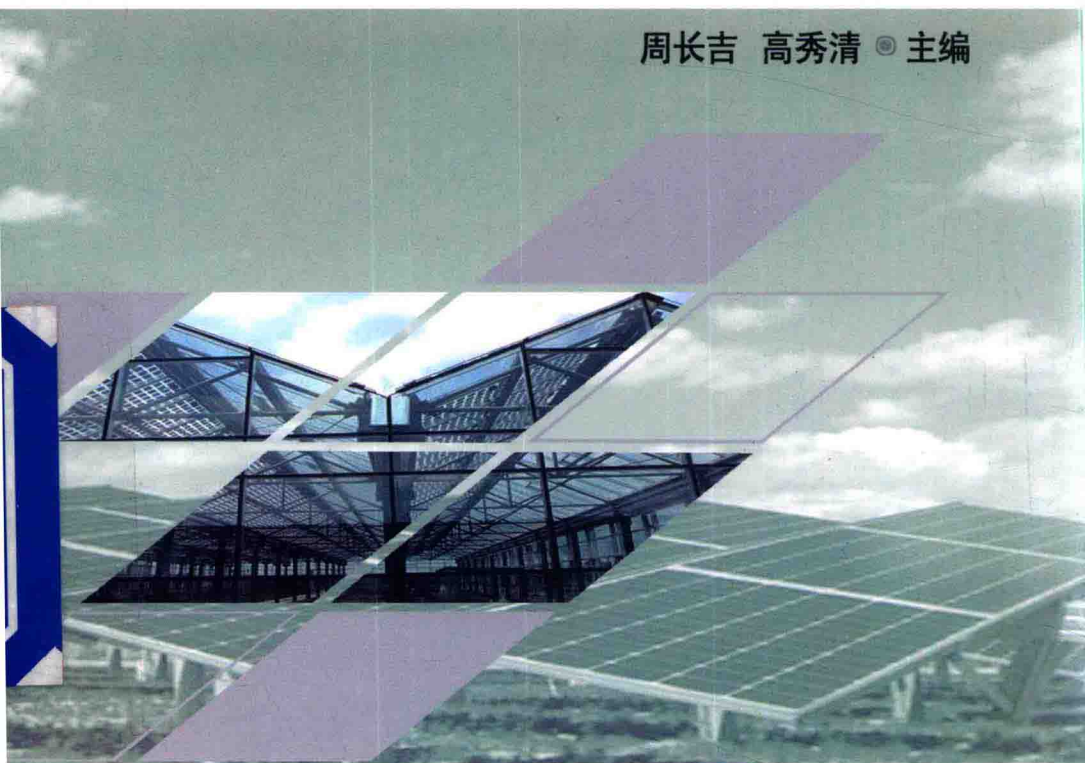


农业系统技术干部培训教材

光伏技术 在农业中的应用

Guangfu Jishu zai Nongye Zhongde Yingyong

周长吉 高秀清 ◎ 主编



 中国农业大学出版社
HONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

农业系统技术干部培训教材

光伏技术在农业中的应用

周长吉 高秀清 主编

中国农业大学出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

《光伏技术在农业中的应用》一书重点介绍光伏农业产业发展概述、太阳能光伏发电系统、光伏温室技术、光伏水泵提水节水技术、太阳能光伏杀虫灯技术等。

图书在版编目(CIP)数据

光伏技术在农业中的应用/周长吉,高秀清主编. —北京:中国农业大学出版社,2014.9

ISBN 978-7-5655-1064-9

I. ①光… II. ①周… ②高… III. ①太阳能发电-应用-农业工程-研究 IV. ①S214

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 207694 号

书 名 光伏技术在农业中的应用

作 者 周长吉 高秀清 主编

策划编辑 张蕊 陈肖安 汪春林

责任编辑 张 玉

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤 陈 莹

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 邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625 读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618 出版部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup> e-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷

规 格 880×1230 32开本 6印张 110千字

定 价 15.00元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编写人员

主编 周长吉 高秀清
参编 丁小明 李思博 杜孝明 曹楠
蒋晓 魏晓明

前 言

作为一种清洁可再生能源,太阳能光伏技术近年来在全球都得到了大力发展,其不仅应用在工业生产和居民生活中,在现代农业中也有巨大的应用价值。推动光伏技术在农业领域的广泛应用,是发展现代农业和解决光伏产业困境的双赢之道。本书重点介绍光伏农业技术的国内外发展情况、太阳能光伏发电系统的组成和原理以及光伏技术在农业生产中的应用技术,包括光伏温室技术、光伏水泵提水节水技术、太阳能光伏杀虫灯技术等内容,涵盖了当前光伏技术在农业中应用的重点领域和关键技术,具有很强的针对性和实用性,是农业系统专业技术干部的继续教育教材,也可作为高职院校相关专业等学生的参考教材。

本书在编写过程中尽量多地对一些基础术语给出解释,内容更多地侧重于技术应用的实践和操作,尽可能做到通俗易懂,以满足不同层次农业技术人员的学习和使用。但为了保留技术的完整性,书中也涉及了一些从原理到设计的知识,可进一步加深对技术体系的理解。作为教材使用,可根据学



员的知识水平和实际需要有选择地讲授和学习。

本书由农业部规划设计研究院周长吉研究员和北京农业职业学院高秀清副教授等共同编写,周长吉、高秀清担任主编。农业部科技教育司王青立、北京农业职业学院马俊哲和原农业部农民科技教育培训中心陈肖安等同志对本书内容进行了审定,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,本书中不妥和错误之处在所难免。衷心希望广大读者提出宝贵意见,以期进一步修订和完善。

编 者

2014年1月

目 录

一、光伏农业产业发展概述	1
(一)光伏农业兴起的背景	1
(二)光伏农业的概念及内涵	3
1. 光伏农业的概念	3
2. 光伏农业的主要技术类型	4
3. 光伏农业技术的主要特性	6
4. 发展光伏农业的意义	8
(三)世界光伏农业发展概况	11
(四)中国光伏农业发展概况	12
二、太阳能光伏发电系统	14
(一)太阳能光伏发电系统的工作原理	14
1. 太阳能光伏发电系统的构成	14
2. 太阳能光伏发电系统工作原理	16
3. 太阳能光伏发电系统的特点	16
(二)太阳能光伏发电系统的运行方式	17
1. 离网运行系统	17



2. 并网运行系统	19
(三) 太阳能光伏发电系统的部件	19
1. 太阳电池组件	19
2. 蓄电池	26
3. 控制器	30
4. 逆变器	36
(四) 太阳能光伏发电系统设计	40
1. 最佳太阳能量的获得	40
2. 负载用电量测算	41
3. 蓄电池容量的确定	41
4. 太阳电池方阵功率的确定	42
5. 逆变器确定	43
6. 控制器确定	43
(五) 太阳能光伏发电系统的安装、维护与管理	44
1. 太阳能光伏发电系统的安装	44
2. 太阳能光伏发电系统的使用	49
3. 太阳能光伏发电系统的日常维护	50
4. 太阳能光伏发电系统的管理	55
三、光伏温室技术	56
(一) 光伏温室出现的背景	56
(二) 光伏温室的概念及发展现状	57
1. 光伏温室的概念	57

2. 光伏温室的类型	58
3. 光伏温室的发展现状	60
(三) 光伏温室的技术特性	66
1. 光伏温室的透光性	66
2. 光伏温室的保温性	71
(四) 光伏温室的设计	72
1. 设计原则	72
2. 光伏温室屋面倾角的设计	72
3. 光伏温室采光面光伏组件布置数量及布置方案 设计	78
4. 案例分析	87
(五) 光伏温室的安装与维护	90
1. 光伏温室屋面安装的一般规定	90
2. 安装施工	91
3. 系统维护	97
(六) 光伏温室运行效益分析	100
1. 建设投资	100
2. 运行费用	101
3. 生产效益	101
四、光伏水泵提水节水技术	103
(一) 光伏水泵的主要类型及作用	107
1. 光伏水泵的分类	107



2. 直流光伏水泵的工作原理与特点	108
(二) 光伏水泵的结构与工作原理	110
1. 系统的基本构成	110
2. 光伏水泵系统的效率及特性	117
(三) 光伏水泵系统设计	118
1. 光伏水泵系统的结构图	118
2. 变频器主电路及硬件构成	118
3. 光伏水泵最大功率点跟踪(MPPT)设计	122
4. 水泵的选型	125
5. 系统选型步骤	127
(四) 光伏水泵的安装与维护	128
1. 安装准备	128
2. 安装太阳电池方阵	128
3. 安装蓄电池	132
4. 安装控制器和逆变器	133
5. 光伏系统布线	135
6. 水泵的安装	137
7. 注意事项	139
8. 光伏系统安装调试大纲	140
(五) 光伏水泵的应用案例与效益分析	142
1. 广东徐闻地区的光伏水泵扬水系统及其技术 经济分析	142

2. 青海省光伏水泵扬水系统及其技术经济分析	149
五、太阳能光伏杀虫灯技术	154
(一) 太阳能光伏杀虫灯简介	154
(二) 杀虫灯的杀虫原理	155
1. 昆虫的趋光性	155
2. 杀虫灯诱杀原理	156
3. 杀虫灯诱虫的有效范围	157
(三) 太阳能光伏杀虫灯的主要类型	157
1. 根据杀虫灯的灯源分类	157
2. 根据杀虫灯的杀虫方式分类	159
(四) 太阳能光伏杀虫灯的主要组成	161
1. 太阳能光伏组件	162
2. 控制器	163
3. 蓄电池	164
4. 诱集光源	164
5. 灯杆及灯具外壳	165
(五) 太阳能光伏杀虫灯的设计	165
1. 技术要求	165
2. 总体思路	167
3. 设计的内容	167
4. 分功能设备选择	168



(六)光伏杀虫灯的选择	173
(七)光伏杀虫灯的安装	174
(八)太阳能光伏杀虫灯安装检查	176
(九)太阳能光伏杀虫灯维护	177
参考文献	179

一、光伏农业产业发展概述

(一) 光伏农业兴起的背景

农业是国民经济的基础,是安天下、稳民心的战略产业。纵观一万年来世界农业的发展历史,从刀耕火种的原始农业到铁犁牛耕、自给自足的传统农业,人类社会一直面临着饥荒、灾荒的折磨。直到第二次世界大战之后,随着现代石油农业(又称能源农业)的兴起,粮食短缺问题,才得到根本性的转变。可以说以高能量投入换取高产量的现代石油农业对保障世界粮食安全问题做出了巨大贡献。

与此同时,由于现代石油农业对生产资料高投入的依赖,导致农业生产的能源消耗量巨大,特别是在农业现代化水平显著提高的今天,对化石能源的依赖,已经成为制约农业可持续发展的重要因素。以我国为例,1985年全国粮食产量3.79亿t,农业生产能源消耗量3081.81万t标准煤;2011年全国粮食产量5.71亿t,农业生产能源消耗量6758.53万t标准煤。从1985—2011年,粮食产量增加了50.6%,而能源消耗



量却增长了 1.2 倍。从能源结构来看,我国农村生产能源长期以来以石油、煤炭和电力为主,在化石能源濒临枯竭的今天,如何增加新能源、可再生能源在农业生产中的消费比例、发展资源节约型现代农业,已成为实现现代农业可持续发展、保障粮食安全供给的重要课题。

太阳能是地球上最直接、最普遍,也是最清洁的可再生能源。太阳能以其分布广泛、易得易用、无污染等特点在新能源的应用中占据主要份额,也是人类解决能源短缺和环境污染问题的重要选择。目前关于太阳能的利用方式上,主要分为光热利用和光电利用两大方式。太阳能光热利用运用于农业生产已有悠久的历史,主要有太阳能集热器、被动式太阳能温室、日光温室、太阳能干燥房等方式。太阳能光电利用,以光伏发电为主,由于能够将太阳能转化成清洁能源——电力,以其特有的利用便捷性,近年来也在农业生产中得到了广泛应用,并形成了一个特殊的农业名词——光伏农业。随着光伏行业农业产业化进程的加快,相关光伏农业产品也被源源不断地开发出来,为农业生产提供便利的同时,也能提升农业科技水平,改善农民生活水准,推动农村加快转型。同时,国家也出台了一些政策、措施推动光伏农业发展。

现代农业需要光伏技术支撑,而光伏产品在农业上的应用价值也不可估量,推动光伏农业发展,是发展现代农业和解决光伏产业困境的双赢之道。光伏产业是太阳能被人类利用

的一条重要途径,尤其对于我国这样一个农业生产大国。面对资源分布不均、经济发展差异巨大的国情,大力发展光伏产业在农业领域的应用,具有深远的历史意义和低碳减排的引领作用,从而带动农业领域的可持续发展。在中国光伏出口面临欧美双反限制的不利情况下,在本土发掘更多的需求将成为光伏产业界的重要课题,农业生产的光伏应用,则是众多应用中最具前景的一种。

(二)光伏农业的概念及内涵

1. 光伏农业的概念

光伏(photovoltaic,简称PV)是太阳能光伏发电系统(photovoltaic power system)的简称,是一种利用半导体材料的光伏效应,将太阳光辐射能直接转换为电能的一种新型发电系统,有独立运行、并网运行和混合运行三种方式,它是一种新兴的可再生能源技术。太阳能光伏发电具有电池组件模块化、安装维护方便、使用方式灵活等特点,是太阳能发电应用最多的技术。

光伏农业就是用光伏发电技术转化的电能替代传统的化石能源应用于种植、养殖、灌溉、病虫害防治以及农业机械动力等农业生产过程中而形成的一种新型现代农业生产方式,是集农业经济发展、生态环境保护、高效资源利用为一体的现代综合农业生产体系。该体系结合动植物的生长需求,遵循



农业生产规律,创新物质与能量转换技术,以达到智能补光、补水、控温、节能等目的,使产品具有安全、营养、健康的特色,真正实现了从田间到车间、把黑夜变白天、将光能变电能、以立体换平面、以空间换时间的传统农业生产变革。目前,光伏农业正处于全面探索、开发、应用阶段,其中有些技术已比较成熟。结合全球能源短缺的现状,可以预见未来十年内光伏农业技术将会在世界范围进行大面积、大规模、大领域推广运用。

2. 光伏农业的主要技术类型

光伏技术在农业中应用的主要类型有:太阳能杀虫灯、光伏温室、光伏养殖场、光伏水泵、新型农村光伏电站等。

(1) 太阳能杀虫灯

利用太阳能电池板,将太阳光直接转换成电能,提供能源给杀虫灯,然后利用昆虫天生的趋光性、趋波性、趋色性的生理特性,辅以特定波长的光源,夜晚害虫被杀虫灯的光波所吸引,便会奋不顾身地扑向光源,而在光源的外围安装有一层高达 3 000~5 000 V 的高压电网,害虫便会在飞往灯光的过程中触电身亡。太阳能杀虫灯利用光谱变频技术突破了传统杀虫灯使用单一光波段的局限性,使有效光波范围更广,诱杀害虫种类及数量更多,使用范围更大,可诱杀 1 000 余种害虫和蚊蝇,适用于各种农林作物和畜牧养殖场。太阳能杀虫灯安装方便,不用架设常规电源。一台太阳能杀虫灯最大可辐射

2 hm² 面积,使用寿命长达 10 年。

相比于传统化学农药杀虫,太阳能杀虫灯最大的好处是取代了农药或减少了农药的用量,可保证食品安全。同时,市场上的此类产品已经具有时控、雨控、光控、全天候智能化管理等功能,除了普通电源产品外,有些高科技公司还开发出一体化野外太阳能照明杀虫灯、室内便携式照明杀虫杀蚊灯等产品,极大地方便了农民进行病虫害防治。

(2) 光伏温室

这种技术是在对农作物采光需求进行合理计算的基础上,利用温室建筑安装太阳能光伏板,在基本不影响室内农作物生长的基础上,进行光伏发电,从而将温室农作物生产与光伏发电系统有机结合的一种新型设施园艺技术。该技术可实现太阳能发电与温室生产的一体化,太阳能发电直接供给温室使用,既有效利用了土地资源,又节省了电力传输中的能源和资材消耗,该技术已引起业内越来越多的关注。

(3) 光伏养殖场

这是将现代清洁能源工程与传统养殖事业相结合,在养殖场屋顶建设光伏电站,用以改造和提升传统畜牧养殖业并提供绿色能源的一种全新尝试,同时其推广和普及也能在提升新能源利用水平方面起到积极作用。

(4) 光伏水系

即太阳能动力水泵,亦称为光伏扬水系统,主要由光伏扬