

光伏产业的发展现状及其在农业中的应用

蒋高中¹, 徐跑¹, 刘辉芬², 吴宗文², 曹玲¹, 章琼¹ (1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 南京农业大学无锡渔业学院, 农业部淡水渔业和种质资源利用重点实验室, 江苏无锡 214081; 2. 通威股份有限公司, 四川成都 610041)

摘要 分析了国内外光伏产业的发展现状, 阐述了发展光伏农业的意义, 从光伏发电、光伏大棚、光伏养殖 3 个方面综述了光伏产业在农业生产中的应用, 最后指明了光伏产业在农业中的应用前景及发展趋势。

关键词 光伏; 农业; 光伏农业; 应用前景

中图分类号 S214 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)20-060-03

Development status of Photovoltaic Industry and Its Application in Agriculture

JIANG Gao-zhong¹, XU Pao¹, LIU Hui-fen² et al (1. Freshwater Fisheries Research Center of Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi Fisheries College of Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Germplasm Utilization of the Ministry of Agriculture, Wuxi, Jiangsu 214081; 2. Tongwei Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610041)

Abstract Development status of photovoltaic industry was analyzed in China. The meaning of photovoltaic agriculture development was elaborated. Application of photovoltaic industry in agricultural production was reviewed from three aspects of photovoltaic power generation, photovoltaic greenhouse and photovoltaic cultivation. Finally, the application prospect and development trend of photovoltaic industry in agriculture were pointed out.

Key words Photovoltaic; Agriculture; Photovoltaic agriculture; Application prospect

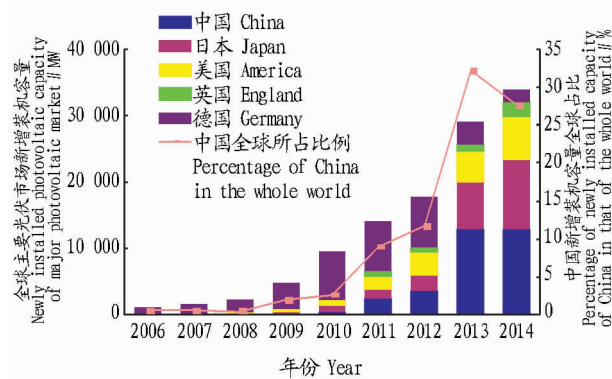
能源是促进人类社会进步和经济发展的重要物质基础, 而太阳能资源有着安全可靠、充足、无污染、制约少、维护简单的优点, 在新能源中最具发展潜力^[1], 在全球新能源形式的驱动下, 光伏产业蓬勃发展。光伏(PV or photovoltaic)是太阳能光伏发电系统(Photovoltaic Power System)的简称, 是一种利用半导体材料将太阳光直接转换为电能的光伏效应, 是一种新型发电系统^[2]。光伏效应最早由法国科学家贝克雷尔提出, 即光照能使半导体材料的不同部位产生电位差形成电流^[3]。从贝克勒尔光伏效应的提出, 到爱因斯坦对光伏效应的试验证实, 再到贝尔第一个单晶硅光伏电池的制成, 直至如今“光伏屋顶计划”和“新阳光计划”的全面实施, 光伏产业以朝阳企业的姿态发展迅速, 已成为世界上发展最快发电能源之一^[4]。农业光伏(Agriculture Photovoltaic)是光伏和农业生产的结合, 最先由日本农业机械工程师阿基拉·中岛具夫提出。将光伏效应产生的电能应用于农业各个领域, 如养殖、灌溉、病害防控、农用机械动力等, 实现“一地多用”, 同时多余的电量可以余电上网出售给国家, 最终实现“太阳能共享”。笔者综述了光伏产业的发展现状及其在农业中的应用, 以期为促进新型农业产业发展提供借鉴。

1 光伏产业的发展现状

数据显示, 这几年, 全球主要光伏市场新增装机容量容量的光伏市场呈指数型上升, 市场竞争格局正发生变化, 德国逐步失去光伏主导地位, 中国、日本、美国市场逐步升温, 近两年, 英国的增长势头迅猛, 成为光伏新兴市场新贵(图1)。自2012首次光伏“双反”事件发生以来, 在外部市场需求和政策的刺激驱动下, 我国光伏产业逐步进入良性循环、稳步发展, 2014年新增装机容量也稳居第一(图2)。2016年初统

计结果显示, 新一轮的光伏热袭来, 2015年我国光伏累计装机容量约43 GW, 也跃居全球第一, 但补贴、土地、限电“三座大山”压力短期难除, 仍存在问题。然而, 2014年12月美国公布第2次对华“双反”, 2015年12月欧盟委员会声明将延长对我国的光伏“双反”至2017年, 来自发达国家的外部压力一直存在。此外, 一些发展中国家等新兴光伏市场的兴起, 也是无形的竞争压力, 光伏产能过剩问题严峻, 我国亟需改变依赖出口的发展方式, 扩大内需, 将农业与光伏产业相结合, 走新型“农村包围城市”之路。

农业光伏, 是应用光伏的现代农业, 能做到资源节约“一地多用”, 即在同一块土地或者水面上, 既可以经营发展基础的农业活动, 又可以为光伏发电提供空间。专家推算, 倘若在全国大面积地推广光伏农业产品, 如太阳能杀虫灯、光伏生态大棚、光伏养殖场、光伏污水净化系统等, 其市场产值将呈一种裂变式的增长, 5年内可达到万亿元规模。



注: 数据来源于彭博新能源财经。

Note: Data were from Bloomberg New Energy Finance.

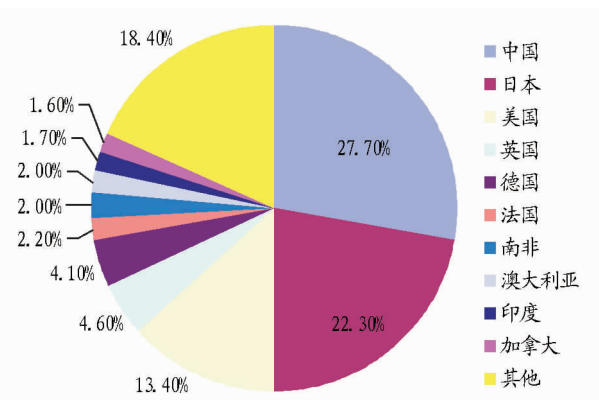
图1 2006~2014年光伏新增装机容量发展趋势

Fig. 1 Development trend of newly installed photovoltaic capacity from 2006 to 2014

基金项目 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心与通威股份有限公司合作创新项目(TW2015R019)。

作者简介 蒋高中(1968-), 男, 江苏大丰人, 研究员, 博士, 从事渔业文化与科技发展、渔业科技史等研究。

收稿日期 2016-06-22



注:数据来源于彭博新能源财经。

Note: Data were from Bloomberg New Energy Finance.

图2 2014年全球光伏新增装机容量排名前10国家占比

Fig. 2 Proportion of the top ten countries with newly installed photovoltaic capacity in 2014

2 发展农业光伏的意义

发展农业光伏,一方面打破了我国光伏产业萎靡不振进入“寒冬”的僵局;另一方面,利于现代农业的转型及产业结构的调整。农业光伏创造性地结合第一产业、第二产业和第三产业,促进各产业协调发展,同时这种“类工业”化的道路缓解了农业用地和工业用地的矛盾,在满足城市工业化发展的同时不占用农业用地。不仅创新了光伏产业的发展模式,而且优化了产业结构,提高了土地利用效率。

我国幅员广阔,有着丰富的太阳能资源,同时也拥有广阔的农业用地,耕地面积约0.99亿 hm^2 ,森林面积约1.15亿 hm^2 ,草原面积约3.19亿 hm^2 ,草山草坡约0.48亿 hm^2 ,淡水水面面积约0.17亿 hm^2 ,海水滩涂面积约199.80万 hm^2 ,农业占地总面积约6.01亿 hm^2 ,约占我国国土面积的62.57%^[5]。从以上数据可以看出,将光伏技术应用于农业领域有着广阔的产业化前景,农业光伏无疑是光伏产业的新出路。

3 光伏产业在农业生产中的应用

3.1 光伏发电

与传统的发电形式相比,光伏发电不用架设电网和储能装置^[6]。此外,光伏发电能解决偏远山区供电难的问题,并应用于荒漠治理、取水灌溉、草原畜牧、鱼塘供氧等领域中^[7]。目前,对光伏发电研究较多的是地面发电项目,农业光伏起步较晚,涉及农业光伏的研究较少。我国光伏的研究起步较晚,农业光伏研究也比较欠缺。近年来,随着光伏市场的发展,我国对农业光伏的研究有所提升,研究方向主要偏向于农业光伏实际应用的可行性、意义、存在问题及建议等方面。

国外对农业光伏研究较多的是日本和欧洲,研究内容大多集中于农业与光伏的结合方式、光伏组件安装类型及模式、光伏发电效率等方面。20世纪90年代,美国学者就对太阳能光热、风能、光伏三者发电潜能进行了比较研究,得出太阳能热部分功能在经济效益上可行,风力发电成本较高,而光伏能源局限于不能提供电力的阶段^[8]。有学者指出,光伏水泵在农业灌溉、温室、围栏电源、鱼塘曝气等方面有很大作

用^[9],同年德国对光伏技术在农业中的应用展开了研讨会,会议集中讨论光伏电板的技术研究及在德国农业应用的可能性^[10]。此后意大利、罗马尼亚等国家也相继将光伏引入农业,论述光伏电板在农业中使用的可能性,并对农业光伏电站做了经济效益分析^[11-12]。Yano等^[13]研究了直线型和棋盘型的光伏电池排列方式,结果显示,后者虽稍微减少了光照强度,但更利于作物生长,光伏片的分布方式对室内阴影情况和光照分布有着重要影响^[14]。光伏发电是一个投资大、维修率低、保证收益的模式,与其他农业(如沼气)相比,太阳能光伏发电没有农民的劳动需求,节约了生产力。

3.2 光伏大棚

我国是世界上温室栽培起源最早的国家^[15],温室大棚起初主要用于过季蔬菜的生产。随着经济的发展,大棚已用于花卉栽培、水果生产、林业育苗、养殖动物等。光伏大棚是结合太阳能光伏发电系统的农业大棚,将电池铺设在大棚上,充分利用空间资源的同时,还能解决棚内照明、灌溉、通风、供暖等问题,此外光伏大棚抗腐蚀能力、风、雨、雪能力强,寿命比普通温室大棚长。光伏大棚模式已逐渐在山东、江苏、江西、内蒙古等全国范围内进行推广。

国内许多学者对光伏大棚进行了研究,黄勇研究表明,光伏大棚不仅可以解决传统大棚“升温、保温”、电力供应、效益的问题,多余的电量还可以通过太阳能杀虫灯等一些副产品,对大棚的生态环境进行维护,避免农业残留等问题的产生,具有生态环保的作用^[16]。严聚仁从“光伏双反”论证了将光伏转向本土消化,发展光伏大棚产业的可行性和必要性^[17]。冯秀萍等^[18]以北京农业科技学院和西北农林科技大学的农业科技园为案例,论述了在农业大棚中应用光伏技术的设计方案,为今后光伏大棚的发展指明了思路^[19]。杨月梅等^[19]最新研究显示,光伏大棚发电项目的运行对生态农业利大于弊,并指出外国学者对光伏大棚的研究内容多倾向于光伏组件的类型、结合方式及发电效率的提升等方面。

3.3 光伏养殖

现代化的养殖是一门交叉学科,养殖场的设定在厂址选择、排污及外销的过程中不仅要考虑占地面积、水源等,还要顾及养殖过程中的疾病防疫、苗种管理、养殖环境的控制等问题,解决这些问题的关键在于能源的选择。光伏养殖是一种将现代光伏清洁能源与传统养殖相结合,实现屋内养殖屋顶设光伏电站或者水下养殖水上光伏发电的新型养殖模式。而与其他农业光伏模式相比,渔光模式更有其特有的优势,由于水面环境温度小于地面环境温度,组件之间间距较其他模式大,形成良好的日照、通风、降温环境,对于延长光伏寿命及提高发电效率较为有利。

目前,光伏养殖在我国尚未全面推广,处于探索研究阶段。我国首个光伏屋顶“养猪场”在河北定州建成,恒温、通风设备齐全,所有的用电全靠屋顶光伏发电^[20]。赵铁浩等^[21]以湖北鄂州农业光伏科技园为例,论述了一种以水上养殖为主体,协同光伏发电,发展生态农业的“渔光互补”模式的应用。梁忠武^[22]着重分析了海水养殖光伏发电项目实施中应注意的问题,同时表明我国渔光互补模式开发应用存在的问题,并提出了解决方案。近年来,我国渔光互补项目

发展迅速,2012年我国第一个“渔光一体”项目在江苏建湖县建成,利用鱼塘及芦苇荡滩涂实现并网发电,此后东部地区相继建成多个“渔光一体”电站,“渔光一体”已成为东部地区建设光伏电站的首要选择。合肥庐江县白湖镇20 MW渔光互补光伏电站,年发电2 200 kW·h;浙江桐乡市洲泉镇,年发电量1 800~2 000 kW·h;浙江省宁波市宁海县计划建设渔光互补项目,建成后年发电量1亿kW·h。除此之外,还有江西鄱阳湖、天津宁河潘庄、湖北鄂州、宁夏石嘴市惠泽湖渔光互补项目等。

4 结语

农业与光伏相结合的发展模式节约了土地资源、水资源,充分利用现存空间,能通过光伏发电来调节种植、养殖环境,优化现有的能源结构,改善当地资源环境,同时还能改变当前粗放的结构,带来一定的经济效益和人文效益,是真正意义上的绿色可持续发展之路。尽管,目前农业光伏、渔光互补等模式还处于试验探索阶段,但是在国际减少石油能源消耗、能源结构调整的大背景下,国家各种农业光伏政策的鼓励和支持下,一定能摸索出适合农业生产和光伏发电的最优模式。

参考文献

- [1] 杨畅,郑军. 光伏产品开发与生产工艺[M]. 北京:高等教育出版社, 2011:1-3.
- [2] TOKUDA R, WU Y. Method for manufacturing resin diamond wire; WO/2013/166976[P]. 2013.
- [3] 水天. 迎接太阳能时代[J]. 中国电力企业管理, 2006(11):18-19.
- [4] 李少铸. 基于企业层面的桂林光伏产业链发展调研报告[D]. 桂林:桂林理工大学, 2012:1-11.
- [5] 李颖. 光伏人的新蓝海:光伏农业[EB/OL]. [2015-01-30]. <http://www.china5e.com/news/news-896619-1.html>.
- [6] 闫丰. 太阳能光伏在农业中的应用探讨[J]. 现代农业科技, 2015(12):205.
- [7] 张艳丽. 我国农村沼气建设现状及发展对策[J]. 可再生能源, 2004(4):5-8.

(上接第48页)

分畜禽养殖禁养区、限养区及宜养区,合理安排养殖规模和养殖场所;将畜禽养殖污染排放纳入近岸海域、入海河流水质的检测工作,健全环境污染应急体系,提高应急处理能力。

(3)沿海地区防治畜禽养殖业的技术措施:推进生态循环型立体化养殖业发展模式;合理利用滩涂资源,发展沿海林间生态养殖业;推进规模化畜禽养殖全过程防控。

参考文献

- [1] 戈华清,蓝楠. 我国海洋陆源污染的产生原因及防治模式[J]. 中国软科学, 2014(2):22-31.
- [2] 刘莲,陈丹琴,任敏,等. 象山港海域污染物总量控制研究[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(Z1):13-15, 20.
- [3] 黄现民,王洪涛. 山东省环渤海地区农业面源污染防治对策研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(15):6300-6303.
- [4] 国务院. 水污染防治行动计划[Z]. 2015-04-02.
- [5] 杜波,方路乡,林广. 陆源污染对海洋环境的影响及其控制措施[C]//中国环境科学学会. 2007中国环境科学学会学术年会优秀论文集(下卷). 北京:中国环境科学出版社, 2007:1306-1309.
- [6] 康瑾瑜,孙京敏,赵林. 秦皇岛近岸海域环境综合整治效果及防治对策

- [8] PARKER B F, LINDLEY M R, BENSON F J, et al. Assessment of solar energy potential in agriculture[J]. Paper - American society of agricultural engineers, 1990, 90:5534.
- [9] VON OHEIMB R A, STRIPPEL M H. Photovoltaic on grid connected applications in agricultural production[C]//XII world congress on agricultural engineering; Volume I. Proceedings of a conference held in Milan, Italy, August 29 - September 1 1994. Belgium: CIGR, Merelbeke, 1994: 859-866.
- [10] OHEIMB R V, FETT N, HUENSELER H, et al. Photovoltaic applications in agriculture[C]//Federal ministries of research and technology and of agriculture seminar on the current status held in Kranichstein, Darmstadt on the 15th to 16th June 1994. KTBL - Arbeitspapier, 1994: 223.
- [11] DANIELE C, LOMBARDI G V, EL - ASMAR T. Photovoltaic systems in agriculture: An economic analysis of investment in central Italy[J]. Rivista di Economia Agraria, 2008, 63(2):273-297.
- [12] POSTELNICU E, VALENTIN V L, MILITARU M. Possibilities of solar radiation use through photovoltaic panels[J]. Bulletin of university of agricultural sciences and veterinary medicine Cluj - Napoca, agriculture, 2010, 67(1):232-241.
- [13] YANO A, FURUE A, KADOWAKI M, et al. Electrical energy generated by photovoltaic modules mounted inside the roof of a north-south oriented greenhouse[J]. Biosystems engineering, 2009, 103(2):228-238.
- [14] YANO A, KADOWAKI M, FURUE A, et al. Shading and electrical features of a photovoltaic array mounted inside the roof of an east-west oriented greenhouse[J]. Biosystems engineering, 2010, 106(4):367-377.
- [15] 耿澜. 从“冬至温韭”探温室技术起源[J]. 中国果菜, 2015(1):14-15.
- [16] 黄勇. 光伏发电系统在温室大棚上的应用[J]. 科技广场, 2015(5):69-76.
- [17] 严聚仁. 从“光伏双反”风波论农业光伏大棚产业的可行性[J]. 农业机械, 2013(31):102, 103.
- [18] 冯秀萍,李明辉,田立强. 太阳能光伏技术在温室大棚控制系统中的应用[J]. 科技致富向导, 2013(5):42-43.
- [19] 杨月梅,曹艳芳,王淼. 光伏农业大棚发电项目对生态农业的影响浅析[J]. 能源与节能, 2015(2):73-75.
- [20] 全国首个光伏屋顶“养猪场”建成[J]. 农村科学实验, 2013(8):22.
- [21] 赵铁洁,孟宪学,王聚博. 探索“渔光互补”发展光伏农业:以鄂州20MWp农业光伏科技示范园为例[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(22):360-362.
- [22] 梁忠武. 浅析海水养殖渔光互补光伏发电项目的发展前景和实施要点[J]. 科研, 2015(10):10.

- [J]. 中国环境管理干部学院学报, 2015, 25(1):39-42.
- [7] 袁灵光. 温岭市发展生态畜牧业的主要对策措施[J]. 浙江畜牧兽医, 2009(3):23-23.
- [8] 钟志珍. 浅谈当前沿海地区生猪生态化养殖模式的要点[J]. 畜禽业, 2011(1):19-20.
- [9] 李飞,董锁成. 西部地区畜禽养殖污染负荷与资源化路径研究[J]. 资源科学, 2011, 33(11):2204-2211.
- [10] 金海洋,朱恩,林天杰,等. 不同农艺措施对浦东滨海滩涂垦区土壤盐化的影响[J]. 上海农业学报, 2012, 28(4):93-96.
- [11] 杨智青,丁海荣,赵伟,等. 江苏省沿海地区防护林下规模养鸡模式运行关键技术的研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2011, 32(7):79-80.
- [12] 冯定远. 通过营养调控减少养猪生产的环境污染[J]. 饲料工业, 2005, 26(13):1-4.
- [13] VAN AAR P, 金立志. 猪配合饲料中铜和锌的需要量的最新研究进展[J]. 饲料工业, 2013, 12(34):1-5.
- [14] 樊娟,代才江. 清洁生产理念下水库流域畜禽养殖业污染的集成防治技术[J]. 可持续发展, 2008, 25(5):40-41.
- [15] 王子臣,吴昊,管永祥,等. 养殖场粪污“三分离一净化”综合处理技术集成研究[J]. 农业资源与环境学报, 2013, 30(5):63-67.
- [16] 万熙卿,苏泽民. 关于猪用水饮水装置的研究与应用[J]. 养猪, 2015(3):81-83.
- [17] 陈杰,赵祥杰,卞哲师,等. 利用微生物处理畜禽粪便的研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(28):9910-9911, 9944.