

西北地区光伏电站植被恢复模式研究综述

崔永琴, 冯起, 孙家欢, 肖建华

(中国科学院 西北生态环境资源研究院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: [目的] 分析当前西北地区光伏电站现有的植被恢复模式, 提出一种光伏电站内增加植被覆盖的生态恢复节水型新模式, 为西北地区光伏电站的综合利用提供科学理论基础。[方法] 广泛查阅近几年国内外的文献, 对西北地区光伏电站植被恢复的有利条件、现有的西北地区光伏电站植被恢复模式的特点等进行总结、分析, 并对今后研究方向进行探讨。[结果] 当前西北地区光伏电站植被恢复研究还处在起步阶段, 并未充分考虑水资源的合理高效利用和光伏电站的独特性。[结论] 要重点探索“西北地区光伏电站内水—光—热的再分配规律”这一生态和光伏电站领域交叉的重要科学问题, 加强光伏电站植被恢复的多学科融合, 并对光伏电站生态系统进行实时监测, 制定严格的光伏电站环境影响评价标准等。

关键词: 西北地区; 光伏电站; 植被恢复模式; 综述

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)03-0200-04

中图分类号: Q948.1

文献参数: 崔永琴, 冯起, 孙家欢, 等. 西北地区光伏电站植被恢复模式研究综述[J]. 水土保持通报, 2017, 37(3): 200-203. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.03.033; Cui Yongqin, Feng Qi, Sun Jiahuan, et al. A review of revegetation patterns of photovoltaic plant in Northwest China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(3): 200-203. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.03.033

A Review of Revegetation Patterns of Photovoltaic Plant in Northwest China

CUI Yongqin, FENG Qi, SUN Jiahuan, XIAO Jianhua

(Institute of Eco-environment and Resources, Chinese Academy Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: [Objective] We attempt to review the progress of vegetation restoration patterns in photovoltaic (PV) plant, in order to present a new water-saving model to restore the damaged ground vegetation rapidly in large desert PV plant, and to provide scientific theoretical basis for the comprehensive utilization of PV power station in Northwest China. [Methods] Recent relevant literatures about vegetation restoration patterns in PV plant were extensively reviewed and analyzed, the characteristics of present revegetation patterns in PV plant were reviewed and forecasted, and flaws in the existing studies and several key points in future studies were listed. [Results] Presently the study on vegetation restoration pattern in PV plant was still in its initial stage, without fully consideration of the reasonable and efficient utilization for water resource and the uniqueness of PV plant. [Conclusion] Studies should be focused on the redistribution of water-light-heat resources in the PV plant in Northwest China. And several issues as multi-disciplinary integration, real-time monitoring of ecosystem in desert PV plant, and formulation of evaluation criteria with regard to environment assessment impacted by PV plant, should also be enhanced.

Keywords: Northwest China; photovoltaic(PV) plant; vegetation restoration patterns; review

化石燃料在过去几百年为世界经济的发展提供了动力,而且很有可能在未来几十年仍然是最主要的能源提供者,但其有不可再生性、燃烧后产生温室气体导致全球变暖和环境污染问题。随着人类对能源需求量的不断增长,迫使人们开始寻找可再生的、低

碳的和环境友好型的新能源。太阳能光伏发电即为其中最希望的替代能源之一^[1],并在近些年取得了飞速的发展^[2-3]。随着近几年光伏电池板的成本下降^[4]和国家许多优惠政策的相继出台^[5],中国光伏电站安装量实现了跨越式的发展(图 1),年均增速都在

收稿日期: 2016-09-13

修回日期: 2016-10-24

资助项目: 中国博士后科学基金面上项目“西北沙漠光伏电站植被恢复新模式的研究”(2015M572622); 黄河水电水利公司光伏产业带动生态建设试验示范项目(90Y490B21)

第一作者: 崔永琴(1986—),女(汉族),山西省长治市人,博士后,主要从事光伏电站植被恢复研究。E-mail: echofeng2001@163.com。

220%以上,其中又以西北地区的发展最快^[6]。截至到2016年底,西北五省〔甘肃、青海、新疆(含建设兵团)、宁夏、内蒙古〕光伏发电累计安装量达到了33 930 MW,占全国的44%^[6]。按每1 MW平均成本800万计算,累计投资额超过了2 700亿元;按每1 MW占地2.33 hm²计算,其占地面积约为79 057 hm²。

中国西北地区的光伏电站都分布在绿洲周围未利用的戈壁、沙漠荒地。而西北地区属典型的生态环境脆弱区^[7],建设光伏电站时,必然会破坏地表土壤和稀疏植被,增大地表的风蚀,造成局地风沙危害,进而磨蚀电站设备和增加太阳能板积尘,并影响生态环境稳定^[8];但电站建成后,成排的、东西走向的光伏阵列可以增加电站地表的粗糙度,减弱地表层风速,尤其是南北方向;而且一旦电站建成,地表几乎没有人为干扰,有利于地表结皮和植被的恢复。因此,光伏电站无疑会成为中国荒漠化治理和开发利用丰富光能资源的一种新技术、新模式^[9]。本文拟对目前西北地区光伏电站采用的植被恢复模式进行总结、分析,以期对相关决策的制定提供必要的理论科学依据,对西北地区提高土地资源利用率,恢复绿色植被改善生态环境,促进光伏产业发展做出一定贡献。

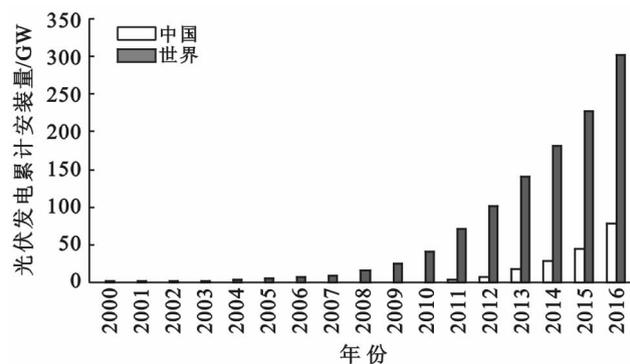


图1 2000—2016年中国及世界光伏发电累计安装量

1 西北地区光伏电站植被恢复的有利条件

西北地区干旱少雨,是中国沙质荒漠化最严重的地区,生态状况极其脆弱。光伏电站的建设将对蓄水保土、调节气候、促进区域植被恢复产生积极的影响。其作用主要体现在以下几方面:

(1) 光伏电站的建成在一定程度上可调节区域的小气候。对酒泉市东洞滩光伏电站的研究发现,电站建成运行后,由于将太阳能转化为电能,地表接收的太阳辐射大大降低,年地表温度累计降低18.03℃,日平均降低0.049℃,气温日较差与年较差减小,进而

可使土壤水分的蒸发速率减少,相对空气湿度一定程度上有微量增加^[10]。局部小气候的改善将有利于植被的生存,从而对提高西北地区光伏电站植被的恢复和植被覆盖率的提高有积极影响。

(2) 光伏电池板能够起到较好的阻风、固沙作用。大面积的光伏电池板覆盖在地表,增加了地表的粗糙度,使得地表风速降低,输沙率也随之降低,从而达到阻风、固沙的效果。例如酒泉市东洞滩百万千瓦光伏示范基地建设之前地表为荒漠戈壁,地表粗糙度等级为1级,粗糙度长度为0.03;示范基地建成后,大面积的光伏电池板覆盖在地表,改变了地表的粗糙度,使得示范基地的地表粗糙度等级达到甚至超过了2.0,相应的其粗糙度长度也随之增加^[10]。示范基地地表粗糙度的增加减弱了到达地面的风的能量,地表风速降低,从而起到阻风的作用。而随着近地表风速的降低,其输沙率也会降低,从而起到固沙的作用^[10]。

(3) 西北地区定期清洗光伏电池板表面降尘的措施为植被生长提供了除自然降雨之外的水分。由于降落到光伏电池板表面的灰尘可降低光伏电池板表面玻璃的透光率,削弱光伏电池板接收的太阳辐射的强度,从而显著减少光伏电站的发电量,尤其在干旱半干旱地区,一个月的损失可以达到33.5%,6个月的损失可以达到65.8%^[11],因此在西北地区光伏电池板的清洗是必须进行的。据调查,西北地区的光伏电站每年清洗电池板5~12次。大量的清洗水无疑可以为植被生长提供除自然降雨之外的水分,从而对促进电站区土壤水分条件的改善和植被的恢复产生良好的影响。

2 现有的西北地区光伏电站植被恢复模式

2.1 自然恢复

光伏电站建成后,电站内环境逐步得到改善,再加上地表几乎没有人为干扰,有利于地表结皮和植被的自然恢复。因此,自然恢复是保护光伏电站环境一种较好的植被恢复模式。这也是目前西北地区大多数光伏电站采取的一种植被恢复模式。但是,该模式存在自然恢复周期相对较长、适用地区有限(仅适用于降雨量相对较多的地区)等问题。

2.2 人工种植

在风沙流活动较弱的干旱半干旱地区,可以采用人工种植模式加速光伏电站内的植被修复进程。光伏电站建成后,在升压站、综合楼四周、进站道路两侧和其他既不影响输电又能栽种的地方应种植一些乡

土灌木或草本植物;在光伏电池板的下部种植低矮型耐旱的防风固沙的草本植物,并定期进行灌溉。青海省海南州共和塔拉滩的太阳能生态发电园区就是一个典型的例子。塔拉滩属于干旱荒漠化的草原,是黄河上游风沙危害最严重的地区之一,属高原大陆性气候,干旱少雨,日照充足,昼夜温差大,年平均气温 $4.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,年均降水量 $250\sim 450\text{ mm}$ 。由于降水量稀少、风沙危害严重等自然因素和超载放牧、滥挖滥樵等人为活动,这里的植被破坏严重。光伏电站建成后,在电站周围以及升压站、办公区等地都栽上了青海云杉(*Picea crassifolia*)、丁香(*Syzygium aromaticum*)、黄垂榆(*Ulmus pumila*)等树种,在子阵区空地都补种了乡土草种。在阵区之间开挖的电缆沟和逆变器室周围等地也种上了乡土草种,并且引进了适宜在塔拉滩生长的优良草种。目前,塔拉滩的生态环境已经得到显著改善^[12]。这种人工种植模式既能够修复电站生态,又能起到防风固沙的作用,有利于环境和小气候的改善。这不仅推动了土地资源的高效利用,而且能在一定程度上降低风沙对光伏电站造成的危害。

2.3 布设草方格十人工种植

在常年有风沙流活动的干旱半干旱地区,由于沙粒具有很强的流动性,光伏电站则很容易出现严重的风蚀,因此,可以采用布设草方格与人工种植相结合的模式进行光伏电站植被恢复。宁夏回族自治区中卫市地处宁夏、甘肃、内蒙古 3 省交界处,西北两面被腾格里大沙漠包围,土质松软、易流失。在宁夏回族自治区中卫光伏电站内,借鉴中卫沙坡头已经成熟的麦草方格与固沙植物相结合的模式,即将麦草一束束呈方格状铺在沙地上,用铁锹轧进沙中,留麦草的 $1/3$ 或 $1/2$ 自然竖立在四边,然后再将方格中心的沙子拨向四周麦草根部落,使麦草牢牢地竖立在沙地上;另外,为进一步加固地表,延长电站使用寿命,还在“草方格”的基础上,种植花棒(*Hedysarum scoparium*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、油蒿(*Artemisia ordosica*)等适应性极强的乡土植物种,并利用滴灌技术,将水资源送到植物根部。

草方格的运用增加了地表的粗糙度,降低了地表的风速,减弱了流沙的活动,更加有利于植物种子的固定和萌发生长,并能够将空气中的水分子和降水固定在沙层表面,一定程度上为浅根性植物的生长提供了短暂的水分供应。此外,中卫光伏电站在生活区、生产区、进场道路区、输电线路区种植各类耐旱植物,定期进行植被浇灌。这些措施的充分运用,使得沙丘表面形成了有机结皮,并逐步构建成一个稳固的绿色

防护体系,对促进电站区生态环境的良性循环产生了显著影响^[13]。

3 讨论与结论

目前,西北地区光伏电站的植被恢复研究还处在起步阶段,并存在一定缺陷。水资源短缺是限制西北干旱地区经济、社会、生态可持续发展的主要因子^[14]。但是,西北地区光伏电站采用的植被恢复模式并未充分考虑水资源的合理高效利用。对宁夏中卫的光伏电站的野外调查发现,现有的光伏电站植被恢复模式是首先进行草方格的布设,然后在电站内大量播撒植物种子并多次浇灌,浪费了大量的人力、物力和宝贵的水资源。然另一方面,由于降水和清洗水沿光伏电池板在光伏阵列的下沿正下方汇集,使得这一区域得到的水分总量远高于其他区域,又因这一区域常年受到阳光直射,进而杂草生长旺盛,并遮挡阵列下部的部分电池板,增大了光伏电池板和阵列的失配损失,减少了光伏电站的发电量。这意味着现在的降水和清洗水不仅没有在植被恢复过程中被有效利用,反而对光伏电池板前沿正下方的自然植被的生长产生了促进作用,导致光伏电站的发电量减少。同时,西北地区光伏电站的植被恢复模也没有充分考虑到光伏电站的独特性。光伏电站内光伏电池板的不透水性、不透光性以及安装方式的特殊性导致了光伏电站水(降水和清洗水)—光(辐射)—热(地温)的重新分配^[15-16]。所以,如何消耗最少的水资源并快速地恢复被破坏的光伏电站的地表植被,减弱土壤风蚀的强度,是西北光伏电站建设初期迫切需要解决的问题。因此,综上所述,对西北地区光伏电站植被恢复研究提出以下几点建议:

(1) 重点探索西北地区光伏电站内的水(降水和清洗水)—光(辐射)—热(地温)的再分配规律,并根据这些规律对光伏电站进行小气候分区,分别制定适宜每个气候小区生长的植物种的初步选择标准,从而为西北地区光伏电站内充分利用有限的水资源增加地表植被覆盖、快速改善光伏电站环境条件以提高光伏电池板光电转换效率和使用寿命、以及为节水型光伏农业、光伏牧业的发展提供科学理论基础。

(2) 注重 3 种植物恢复模式的因地制宜,合理配置和有机结合。在西北地区大型光伏电站的植被恢复过程中,一方面是花费大量的人力和财力进行人工种植,而另一方面则是自然生长的杂草旺盛,影响光伏电池板发电量。因此,在光伏电站植被恢复过程中,可以考虑自然恢复模式和人工种植模式的合理布局和有机结合。

(3) 加强太阳能光伏电站植被恢复的多学科融合。融合太阳能技术、材料科学与技术、生态、农业、气象、植物学、机械制造等多种学科知识,积极促进西北地区光伏电站的植被恢复。

(4) 加强环境监理,强化生态环境管理意识,由环保专业人员制定生态系统监测方案,监测生态系统功能、结构方面的变化,并根据监测情况及时建议建设单位按照相关方案设计采取相应的防控措施,最大限度地减少风沙危害。

(5) 加强光伏电站环境影响评价的标准体系建设。光伏发电迅速发展,但光伏发电项目环境影响评价还没有统一规范。制定光伏电站环境影响评价的标准可为中国光伏电站设计、建设、运行管理及环境保护提供依据,同时对完善国内光伏发电环境影响评价具有一定的意义和作用。

(6) 光伏电站经生态恢复投入运行后,在保证安全正常发电的前提下,可作为所在区域一个很好的高科技生态环保主题的旅游景观资源,将有助于当地旅游业的进一步发展。

[参 考 文 献]

[1] Ito M, Kato K, Sugihara H, et al. A preliminary study on potential for very large-scale photovoltaic power generation(VLS-PV) system in the Gobi desert from economic and environmental viewpoints[J]. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2003,75(3):507-517.

[2] Masson G, Latour M, Reking M, et al. Global market outlook for photovoltaics 2013—2017[R]. European Photovoltaic Industry Association, 2013:12-32.

[3] Kaldellis J K, Kapsali M, Kavadias K A. Temperature and wind speed impact on the efficiency of PV installations; Experience obtained from outdoor measurements in Greece[J]. *Renewable Energy*, 2014,66:612-624.

[4] Zhao Xingang, Wan Guan, Yang Yahui. The turning point of solar photovoltaic industry in china; Will it come? [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015,41:178-188.

[5] Zhang Sufang, Andrews-Speed P, Ji Meiyun. The erratic path of the low-carbon transition in china: Evolution of solar PV policy[J]. *Energy Policy*, 2014,67:903-912.

[6] 国家能源局. 2015年光伏发电相关统计数据[EB/OL]. (2016-02-05)[2016-07-10]http://www.nea.gov.cn/.

[7] 夏军,郑冬燕,刘青娥. 西北地区生态环境需水估算的几个问题研讨[J]. *水文*, 2002,22(5):12-17.

[8] 武广萍,李兴德,何巍,等. 光伏电站对生态敏感地区的环境影响分析及防治[J]. *甘肃科技*, 2014,30(22):78-80.

[9] Ito M, Kato K, Komoto K, et al. An analysis of variation of very large-scale PV (VLS-PV) systems in the world deserts[C] // *Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*. Osaka, Japan, 2003:2809-2814.

[10] 卢霞. 荒漠戈壁区光伏电站建设的环境效应分析[D]. 兰州:兰州大学,2013.

[11] Hassan A, Rahoma U, Elminir H, et al. Effect of airborne dust concentration on the performance of PV modules[J]. *Journal of the Astronomical Society of Egypt*, 2005,13(1):24-38.

[12] 邱军宁,管理珍. 生态与光伏协调发展开辟产业的新纪元:黄河太阳能生态发电园区生态环境建设纪实[EB/OL]. (2015-01-16)[2016-07-10]. http://www.ne21.com/news/show-63141.html.

[13] 中国能源报. 宁夏光伏电站与沙漠生态恢复共进退[EB/OL]. (2014-07-31)[2016-07-10]. http://www.china-nengyuan.com/news/64852.html.

[14] 贡力,靳春玲. 西北地区生态环境建设和水资源可持续发展的若干问题[J]. *中国沙漠*, 2004,24(4):513-517.

[15] Marrou H, Dufour L, Wery J. How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil-crop system? [J]. *European Journal of Agronomy*, 2013,50:38-51.

[16] Marrou H, Guilioni L, Dufour L, et al. Microclimate under agrivoltaic systems; Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2013,177:117-132.