

# Application of Photovoltaic Power Generation in the Desert and Gobi and Analysis of Its Ecological Benefits

Fanglin Wang<sup>1,2</sup>, Qi Wang<sup>1,2\*</sup>, Shizeng Liu<sup>1,2</sup>, Chengwu Chai<sup>1,2</sup>, Fei Wang<sup>1,2</sup>, Shujuan Liu<sup>1,2</sup>, Tao Sun<sup>1,2</sup>, Shujuan Zhu<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou Gansu

<sup>2</sup>The State Key Laboratory of Desertification Combating Prevention and Sandstorm Disaster of Gansu Province, Wuwei Gansu

Email: wangfanglin2008@163.com, wangqisxy@163.com

Received: Apr. 2<sup>nd</sup>, 2020; accepted: Apr. 17<sup>th</sup>, 2020; published: Apr. 24<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

With the development of society and the progress of science and technology, a new energy photovoltaic power generation appears in China. At present, a number of photovoltaic power plants have been set up in the desert and Gobi areas of Northwest China, which is of great significance to the ecological construction of the desert and Gobi areas. In this paper, the climatic conditions, light and vegetation observation data of desert Gobi are analyzed. The results show that the solar energy converted by 1 m<sup>2</sup> photovoltaic panels is equivalent to the solar energy used by 270 m<sup>2</sup> desert vegetation in Minqin desert area. Photovoltaic power generation does not occupy cultivated land and other land resources, and effectively protects the national land resources under the principle of not violating the national cultivated land red line. In addition, in desert Gobi, Photovoltaic power generation can consume the power source of sand flow and dust storm in desert Gobi through wind power generation, so as to reduce the occurrence of dust storm, play the role of sand barrier and reduce the wind speed. Therefore, photovoltaic power generation as a new type of energy plays an important role in the construction of desert Gobi ecology.

## Keywords

Photovoltaic Power Generation, Desert and Gobi, Ecological Benefits

---

## 沙区光伏产业生态效应分析

王方琳<sup>1,2</sup>, 王 祺<sup>1,2\*</sup>, 刘世增<sup>1,2</sup>, 柴成武<sup>1,2</sup>, 王 飞<sup>1,2</sup>, 刘淑娟<sup>1,2</sup>, 孙 涛<sup>1,2</sup>, 朱淑娟<sup>1,2</sup>

\*通讯作者。

文章引用: 王方琳, 王祺, 刘世增, 柴成武, 王飞, 刘淑娟, 孙涛, 朱淑娟. 沙区光伏产业生态效应分析[J]. 自然科学, 2020, 8(3): 136-141. DOI: 10.12677/ojns.2020.83019

<sup>1</sup>甘肃省治沙研究所, 甘肃 兰州

<sup>2</sup>甘肃省荒漠化与风沙灾害防治重点实验室, 甘肃 武威

Email: wangfanglin2008@163.com, wangqisxy@163.com

收稿日期: 2020年4月2日; 录用日期: 2020年4月17日; 发布日期: 2020年4月24日

## 摘要

随着社会的发展与科技的进步, 我国出现一种新兴的能源——光伏发电。目前, 已在我国西北沙漠及戈壁地区建立了一批光伏发电厂, 对沙区生态建设具有重要意义。本文针对沙区的气候条件和光照及植被观测资料进行分析, 结果表明, 1 m<sup>2</sup>光伏电池板转换的太阳能相当于民勤沙区270 m<sup>2</sup>沙漠植被利用的太阳能; 光伏发电不占用耕地及其它的土地资源, 在不违反国家耕地红线的原则下有效保护国家土地资源; 此外, 在沙区地区存在多风现象, 光伏发电可通过风力发电, 消耗沙区出现的风沙流及沙尘暴的动力源, 减少沙尘暴的发生; 起到沙障的作用, 降低风速。因此, 光伏发电作为新型能源在沙区生态建设中具有重要作用。

## 关键词

光伏发电, 沙区, 生态效应

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

我国沙区面积广阔, 植被覆盖度低, 出现风沙流及沙尘暴的频率较高, 严重影响生态建设的顺利进行; 而沙区地区光照资源较为丰富, 在沙区上发展新型能源——光伏发电产业, 不但具有良好的经济效益, 同时可展现出优质的生态效益, 这样有效地调节了地表的热力平衡, 还能降低沙尘暴和风沙流强度及发生频率, 是经济效益及生态防护达到双赢的一项产业[1] [2]。近年来, 随着相关产业政策的出台和各项技术的突破, 光伏行业得到了迅速的发展。但是, 目前光伏行业存在产能迅速扩大、国内市场尚未启动, 产业链中间强、两端弱, 专业化、国际化人才短缺, 价格恶性竞争加剧等问题, 我国的发电站由于诸多因素会呈现出不稳定的形态, 那么需要深入分析其问题, 加以改善, 而光伏发电技术的出现可解决了这一难题。本文针对光伏发电的新型能源在沙漠戈壁的发展中扮演向上的角色进行了简要的分析, 为我国实施生态环境保护提供新的发展思路。

## 2. 光伏发电的内涵

### 2.1. 介绍光伏发电

所谓光伏发电是机密结合了生伏特效应的理论, 在运用太阳能, 设计师用科学的思路把太阳光直接的转成电能, 这样的过程称之为新型技术[3]。

这要说起世界上的第一个发电站, 那是起源于上个世纪 60 年代的法国出现了第一座以太阳能发电为

基础的发电站，就这样太阳能发电向全世界招手。就目前来说，世界上最大的光伏发电区域属于欧盟，它的光伏发电量高达全球的 80%。日本在全世界也是太阳能发电大国，由于日本在政策上大力支持每家每户购买一些家用的光伏发电装置，不断提升日本的光伏发电量。相继美国也发布了一些扶持光伏发电新型能源的产业，就好比美国加州只要是居住在商业建筑及公用建筑屋顶上安装太阳能的家庭及企业都可获得国家政府的相关福利以及资金补贴[4] [5]。

## 2.2. 探寻我国光伏发电的过程

上个世纪 80 年代初，我国萌发了光伏发电，那时的太阳能电池的年产量约在 10 KW 以下，价格较为昂贵。上个世纪 80 年代开始，我国开始重视光伏产业的运行并且给予了一定的政策和资金进行支持，促进了太阳能电池工业的有序发展，大大提高了太阳能电池工业的地位。在此基础上，我国朝着先进国家看齐，购买了一些发电的设备，最为主要的是太阳能电池生产线。在 2000 年的时候，我国的太阳能电池生产能力不断上升，高达 6.5 MW。相继 2007 年时，通过国家《可再生能源中长期发展规划》条例发布之后，我国立马有了新的光伏发电的目标。希望在 2011 年，太阳能发电机容量高达 300 MW，争取在 2020 年达到 1800 MW。根据我国目前的自然条件来看，河西走廊的光能和风能资源丰富，2014 年我国在以河西走廊为主的沙区地区新建多个光伏产业园区，不断将光伏发电作为电力发展的必要途径，目前它的发电量位居全国第一，有“陆地三峡”的称号[6] [7] [8] [9]。

## 3. 沙区的简介

我国西北地区沙区面积宽广，出现沙尘暴和风沙流频繁较高，严重制约我国经济发展；2012 年，一场强沙尘暴给吐鲁番地区带来高达 5540 亿元的巨额经济损失。虽然沙区地区光照资源较为丰富，但区域内大面积土地闲置，干燥沙面的沙粒比热小，具有明显的增温效应[10]。目前，我国光伏发电的重点转向沙区地区，如我国第一个光伏发电的示范项目在甘肃河西走廊地区展开，不但有利于减少火电厂二氧化碳及其粉尘排放，而且在沙区地区可达到防风固沙的效果。目前国内针对光伏发电的在生态建设中所发挥的重要作用研究较少，因此，急需根据光伏发电在沙区的应用对其生态效益进行分析[7] [10] [11]。

## 4. 光伏发电作为新型能源在沙区发展的有利条件

### 4.1. 面积广阔沙区

我国的沙区地区的面积较为广阔，大多的沙漠处于我国的西北、内蒙古等干旱地区。根据各项研究数据来看，我国的荒漠化土地面积占其他面积的九分之一，其沙化土地面积每年以缓慢的形式上升[12]。同时我国的戈壁总面积较多，它占全国总面积的 14.12%，戈壁主要分布在我国内蒙古、新疆、宁夏、甘肃等地区，尤其是新疆，它的戈壁面积是最大的，已经占据全国戈壁总面积的一半[9] [13] [14]；甘肃的东、北、西三面被腾格里、巴丹吉林及其库姆塔格三大沙漠包围，荒漠化土地面积高达  $19.213 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，戈壁和沙漠相伴分布，降水量 200 mm 以下，生态环境较为脆弱。

### 4.2. 充足的太阳照射

我国沙区的太阳辐射比较丰富，分布状况为西北高东南低，其中新疆北部和甘肃、西藏、青海、宁夏的大部及其内蒙古的中西部的太阳辐射是我国最高的区域，辐射高达  $1700 \text{ KWh/m}^2$  [15]；根据数据调查来看，甘肃、新疆、西藏等地区的太阳辐射最高，它一年的太阳总辐射指已经到达  $4800\sim 6500 \text{ KW h/m}^2$ 。主要太阳总辐射等值线效果见图 1：

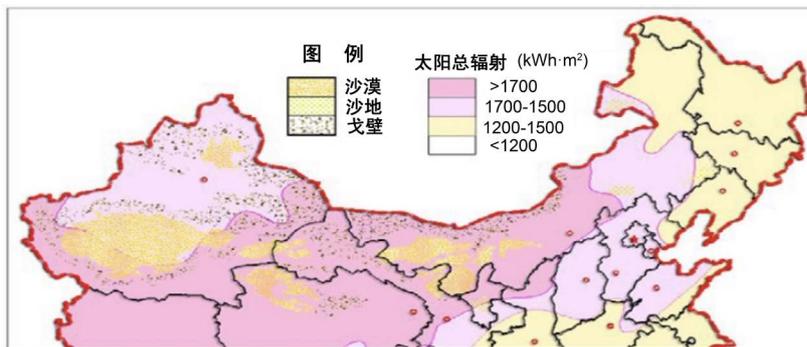


Figure 1. Contour map of total solar radiation

图 1. 太阳总辐射等值线效果图

### 4.3. 拥有丰富的风能资源

我国沙区地区的风能资源丰富，尤其是内蒙古、华北、东北以及甘肃和新疆北部、东南沿海及其云贵高原等多个地区。总而言之，我国的风力资源极为丰富，在世界的领先地位，在河西走廊和省内一些山口地区，那里的风能特备优质，它具备得天独厚的条件，为此修建一个风电基地是极为现实的，推动光伏发电的前行[16] [17]。

## 5. 光伏发电在沙区中的生态意义

### 5.1. 有效调节沙区中热力平衡

根据我国各项数据观察结果来说，在同一时刻、同一地点时，在同一高度的沙面上空气温度始终会高于灌木上空。就相当于，沙面上方 20 cm 处，此时的温度在 21.3℃，而普通地区的温度为 19.02℃，说明沙区高度较灌木同一高度平均气温高，导致这一现象出现是砂粒的比热容较小。特别是在我国沙漠戈壁地区极易形成沙尘暴，其中沙面的热力不均匀是其一个重要的原因。在春季气温开始上升时，此时的沙面将大量的太阳辐射反射到近地面空气中，最终影响沙漠地区的气温；一旦沙漠地区受到空气热膨胀向上运行，气压降低，当气压梯度较大，风速就越大，大风掠过干燥裸露的沙面时，此时扬起沙尘会造成风沙流及沙尘暴的出现[18]。沙面不同地植被有不同的反射率(见表 1)：

Table 1. Reflectivity of different ground cover on sand surface

表 1. 沙面不同地被物的反射率

地被物	日照强度 (10 <sup>3</sup> Lux)	垂直反射 (10 <sup>3</sup> Lux)	法线反射 (10 <sup>3</sup> Lux)	平均反射(%)	沙丘部位	重复数
裸露沙面	128.0	16.1	19.2	13.7	顶部、腰部	6
小麦	136.0	5.0	5.0	3.6	苗高 15cm	1
耕地	78.0	10.0	11.0	13.5	耕作地	1
地照	136.0	14.0	17.0	11.2	耕作地	1

光伏发电是利用接收太阳能，然后将太阳能转化为电能，从而实现光能转换。相关研究数据表明，太阳能和应用材料的结合，实现了 19.21% 的太阳电能转换率，运用了硅墨太阳能电池转换率可高达 20%；光伏发电在一定程度上可消耗沙漠地区多余的太阳能量，就比如科学的运用晶硅型太阳能电池转换效率可以大大提高发电量[19]，这样一来，有效利用转化率来保护四个季节的植被光能利用效率，不断提升沙漠地区年光能的利用效率和质量。

## 5.2. 将光伏发电在运用于沙区中

现如今,生物治沙成为植物治沙的重要部分,植物通过光合原理和蒸腾条件下,能够吸收和消耗一些太阳辐射,不断调节沙漠近地面的热力平衡。这时,需要我们针对光伏产业在沙漠戈壁地区如何防沙固沙进行探讨,分析其过程的生态学意义,需要进行深入探讨。

植物可以通过光合作用及其蒸腾方式有效调节气温的,例如:我国长白山自然保护区的森林较为茂密,它的投影盖度就是 100%。由于沙漠地区的降水量稀少,0~5 cm 一般是干沙层,含水量不足 0.4%;0~30 cm 的沙层含水量约为 1%左右。由于沙区地区生长的植物自身有许多适应干旱的特征,因此一些植物到了夏季高温时会自动减少蒸发适应干旱天气,因此植物的蒸腾耗水量较少[20]。

## 5.3. 光伏发电起到沙障作用

由于各个地区的地理位置、地形条件、风速等参数不同,在光伏发电中对于太阳能电池板的安装倾斜角度以及偏转角度的大小选择不同。一般情况下,倾斜角度越大时,地区的纬度较高。在我国的西北沙漠戈壁地区主风向特别明显,通过光伏电池和支架的设置,有效起到沙障的作用。基于此,我们结合光伏电池板在一定程度上能够产生小面积的径流,将沙漠戈壁地区的稀少降水进行有效的集中,增加局部降水深度;更能实现光伏电池支架的挡风阻沙作用[21] [22]。

## 6. 小结

综上所述,我国的沙漠戈壁面积范围广、面积达,主要分布在光照资源极为丰富的西北地区;光伏产业的开发和应用,可以大大提升沙区的经济效益,改善地表的热力平衡,有效预防沙尘暴和风沙流的出现。我国沙区地区是地表热力不均匀,利用光伏发电可以将沙区地区的光能转化为电能。也可将沙区地区的风能转化为电能,是目前我国防沙治沙措施中机械治沙是最为优质的措施。

总之,沙区地区降水稀少,发展光伏发电新型能源成为未来防沙治沙的新思路,在沙区上具有广阔的应用前景,应该加快启动国内市场、优化竞争环境、建立应对国际市场风险的机制、建立人才培养体系,以提高行业的国际竞争力,并发挥良好的生态效益。

## 基金项目

国家自然科学基金项目(41671528; 31660237; 41661064)资助。

## 参考文献

- [1] 杨美英. 光伏发电在变电站中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2011, 21(2): 203-205.
- [2] 马忠海. 中国几种主要能源温室气体排放系数的比较评价研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国原子能科学研究院, 2002.
- [3] 李晓刚, 冯绍瑞. 中国光伏产业发展的技术经济分析[J]. 工业技术经济, 2007, 26(7): 120-123.
- [4] 夏爱民, 李华, 马胜红. 2012 年光伏产业将进入脱乳期——全球光伏产业发展趋势展望[J]. 阳光能源, 2008(4): 5-48.
- [5] 马丁丑, 王生林. 绿洲农业可持续发展的生态安全评价与实现方式选择——以甘肃临泽为例[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(11): 18-22.
- [6] 刘长春. 光伏电厂防风固沙绿化设计方案[J]. 现代农业科技, 2012(18): 191-192.
- [7] 刘世增, 常兆丰, 张德魁, 等. 沙区光伏电场的生态学意义[J]. 生态经济, 2016, 32(2): 177-181.
- [8] 中国新能源发电生命周期温室气体减排潜力比较和分析[J]. 气候变化研究进展, 2012, 8(1): 48-53.
- [9] 王国强. 沙漠化与沙产业[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 2009: 107-109.

- 
- [10] 郑楚光. 温室效应及其控制对策[M]. 北京: 中国年鉴出版社, 2010: 154-157.
- [11] 高承兵, 李永兵, 聂雪花. 民勤流沙治理中机械沙障的防风固沙效益分析[J]. 甘肃林业科技, 2006(7): 35-39.
- [12] 马国顺, 屈建军. 沙尘暴成因的气象因子分析[J]. 西北师范大学学报, 2003, 39(4): 28-30.
- [13] 黄蕊, 徐利岗, 刘俊民. 中国西北干旱区气温时空变化特征[J]. 生态学报, 2013, 33(13): 4078-4089.
- [14] 王式功, 董光荣, 陈惠忠, 等. 沙尘暴的研究进展[J]. 中国沙漠. 2000, 20(4): 349-356.
- [15] 刘卫平. 中国光伏产业如何脱困[N]. 华夏时报, 2012/11/2.
- [16] 胡朋, 郑传超. 挡雪防沙结构物风速场分析[J]. 重庆交通学院学报, 2005, 24(3): 63-68.
- [17] 关德新, 朱廷曜. 树冠结构参数及附近风场特征的风洞模拟研究[J]. 应用生态学报. 2000, 11(2): 202-204.
- [18] 戴晟懋, 赵学军, 勾芒芒, 等. 锡林郭勒盟春季沙尘暴成因的气象因子分[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(7): 46-48.
- [19] 韩永翔, 方小敏, 宋连春, 等. 塔里木盆地中的大气环流及沙尘暴成因探讨——根据沙漠风积地貌和气象观测重建的风场[J]. 大气科学, 2005, 29(4): 627-635.
- [20] 刘淑敏, 国文学, 范莉娟, 等. 零排放煤基发电及其技术发展[J]. 东北电力学院学报, 2004, 24(6): 56-61.
- [21] 何光碧, 孙明. 典型相关统计方法及其在四川气温场分析中的应用[J]. 成都信息工程学院学报, 2006, 21(1): 133-138.
- [22] 张娜, 于贵瑞, 于振良, 等. 基于 3S 的自然植被光能利用率的时空分布特征的模拟[J]. 植物生态学报, 2003, 27(3): 325-336.