

# 双玻双面光伏组件在降雪天气时的运行情况分析

李永鑫<sup>\*</sup>, 苑海涛

(国家电力投资集团河北电力有限公司张家口分公司, 张家口 075000)

**摘 要:** 以战石沟光伏电站的运行数据为基础, 采用对照实验的方法, 验证双玻双面光伏组件在降雪天气时和降雪后的运行情况。数据结果显示, 相比于单面光伏组件, 在降雪天, 双玻双面光伏组件的可利用小时数的平均增幅为 57.92%; 降雪后第 2 天, 双玻双面光伏组件的可利用小时数的平均增幅为 12.92%, 总平均增幅为 27.39%。双玻双面光伏组件在冬季降雪丰富、积雪时间较长的地区有较大的运行优势。

**关键词:** 光伏; 双玻双面光伏组件; 雪天; 发电量增加; 新型光伏组件

**中图分类号:** TK513.1/TM615

**文献标志码:** A

## 0 引言

在经历了 2017 年之前的快速发展后, 随着补贴缺口及消纳能力等制约因素的出现, 中国光伏发电产业逐步由过去粗放型增长、追求规模扩大开始向精细化发展、追求质量转变。为探索光伏发电新技术、新应用在实际生产中的运用情况, 在转变中占得先机, 国家电力投资集团河北电力有限公司张家口分公司将关注点放在新型的双玻双面光伏组件上。在其战石沟光伏电站的二期项目建设中, 选择将其中的 1 MW 装机容量采用了新型的双玻双面光伏组件。本文以该光伏电站的运行数据为基础, 采用对照实验的方法, 验证了在实际生产中降雪时和降雪后新型双玻双面光伏组件的运行情况。

## 1 实验情况简介

### 1.1 光伏电站概况

战石沟光伏电站位于张家口市沽源县黄盖淖镇的西南侧, 其地理位置为  $41^{\circ}32'0.38''\text{N}$ 、 $115^{\circ}17'42.8''\text{E}$ 。电站的地面高程约为 1417 m, 场

地现状为草场平地, 地表植被覆盖率高。

该电站的二期项目建设了 25 个光伏方阵, 总容量约为 25 MW。其中, 24 个光伏方阵采用传统的峰值功率为  $355\text{ W}_\text{p}$  的单晶硅单面光伏组件(下文简称“单面光伏组件”), 共计 73728 块, 每个方阵均由 3072 块光伏组件构成, 每个方阵的总容量为 1.09056 MW; 其余的 1 个光伏方阵采用峰值功率为  $350\text{ W}_\text{p}$  的新型单晶硅双玻双面光伏组件(下文简称“双玻双面光伏组件”), 共 3072 块, 该方阵的总容量为 1.07520 MW。

该电站二期项目总共 25 个光伏方阵, 沿用一期编号, 即 25 个方阵的编号为 51# 方阵至 75# 方阵。双玻双面光伏组件全部位于战石沟光伏电站二期项目的 52# 方阵, 由 103# 和 104# 逆变器将其发出的直流电逆变成交流电, 再输送至站内。

### 1.2 实验方式

本次实验采用对照实验的方式。将安装了双玻双面光伏组件的 52# 方阵的 103# 和 104# 逆变器作为实验组, 将安装了单面光伏组件的 57# 方

收稿日期: 2019-12-13

通信作者: 李永鑫(1990—), 男, 本科、工程师, 主要从事新能源发电方面的工作。2362851075@qq.com



阵的 113# 逆变器和 64# 方阵的 127# 逆变器作为对照组。实验期间, 103# 和 104# 逆变器退出站内有功控制系统 (AGC) 的控制, 由其进行自由发电。

### 1.3 实验数据记录

本次实验主要记录双玻双面光伏组件及单面光伏组件在降雪天气时及降雪后第2天的发电量, 并对比相同情况下, 2 种光伏组件发电量的差别。

### 1.4 实验时间

本次实验的时间段为 2018 年 10 月~2019 年 4 月, 数据采集期间共有 11 次降雪记录。

## 2 实验数据分析

在实验时间段内, 降雪天气时双玻双面光伏组件和单面光伏组件的发电量情况如表 1 所示。

从表 1 中的数据可以看出, 在降雪日, 双

表 1 降雪日双玻双面光伏组件和单面光伏组件的发电量情况

Table 1 Comparison of power generation of bifacial glazing panel PV modules and single side PV modules on snowy day

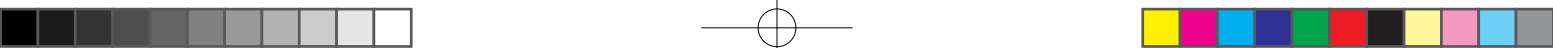
日期	天气情况	103# 逆变器的日发电量 / 万 kWh	104# 逆变器的日发电量 / 万 kWh	双玻双面光伏组件的日总发电量 / 万 kWh	113# 逆变器的日发电量 / 万 kWh	127# 逆变器的日发电量 / 万 kWh	单面光伏组件的日总发电量 / 万 kWh	双玻双面光伏组件发电量比单面光伏组件发电量的增量 / 万 kWh	双玻双面光伏组件发电量比单面光伏组件发电量的增幅 / %
2018-10-28	雪	0.0621	0.0617	0.1238	0.0516	0.0530	0.1046	0.0192	18.36
2018-11-04	雪	0.5820	0.6060	1.1880	0.1600	0.1610	0.3210	0.8670	270.09
2019-01-01	雪	0.1311	0.1403	0.2714	0.0849	0.0799	0.1648	0.1066	64.68
2019-02-06	雪	0.0833	0.0893	0.1726	0.0657	0.0652	0.1309	0.0417	31.86
2019-02-14	小雪	0.1004	0.1038	0.2042	0.0586	0.0546	0.1132	0.0910	80.39
2019-03-09	小雪	0.0687	0.0682	0.1369	0.0316	0.0487	0.0803	0.0566	70.49
2019-03-20	阴转小雪	0.0960	0.0943	0.1903	0.0900	0.0868	0.1768	0.0135	7.64
2019-03-28	小雪转多云	0.2489	0.2483	0.4972	0.2084	0.2097	0.4181	0.0791	18.92
2019-03-29	小雪转多云	0.2620	0.2600	0.5220	0.2537	0.2542	0.5079	0.0141	2.78
2019-04-09	小雪转阴	0.2589	0.2572	0.5161	0.2164	0.2096	0.4260	0.0901	21.15
2019-04-24	中雨转雪	0.0303	0.0285	0.0588	0.0249	0.0237	0.0486	0.0102	20.99
降雪日的平均值		0.1749	0.1780	0.3528	0.1133	0.1133	0.2266	0.1263	55.74

玻双面光伏组件的平均日总发电量为 0.3528 万 kWh, 单面光伏组件的平均日总发电量为 0.2266 万 kWh, 双玻双面光伏组件的平均日总发电量相比单面光伏组件的平均日总发电量平均增加了 0.1263 万 kWh, 增幅为 55.74%。

在所有降雪日的发电量数据中, 2018 年 11 月 4 日, 双玻双面光伏组件的单日发电量比单面光伏组件的单日发电量的增加量最多, 为 0.867

万 kWh, 且增幅最大, 达 270.09%; 而在 2019 年 4 月 24 日, 双玻双面光伏组件的单日发电量比单面光伏组件的单日发电量的增加量最少, 仅增加了 0.0102 万 kWh, 增幅为 20.99%; 在 2019 年 3 月 29 日, 双玻双面光伏组件的单日发电量比单面光伏组件的单日发电量的增幅最小, 仅为 2.78%, 而该日发电量增加了 0.0141 万 kWh。

由此可以看出, 在降雪天气时, 相较于传统



的单面光伏组件，双玻双面光伏组件具有更强的发电能力。

为明确降雪天气对双玻双面光伏组件发电量的影响，对降雪后第 2 天的双玻双面光伏组件和单面光伏组件的发电能力进行了进一步的比较，具体数据如表 2 所示。

表 2 降雪后第 2 天双玻双面光伏组件和单面光伏组件的发电量情况

Table 2 Comparison of power generation of bifacial glazing panel PV modules and single side PV modules on next day after snowfall

日期	天气情况	103# 逆变器的日发电量 / 万 kWh	104# 逆变器的日发电量 / 万 kWh	双玻双面光伏组件的日总发电量 / 万 kWh	113# 逆变器的日发电量 / 万 kWh	127# 逆变器的日发电量 / 万 kWh	单面光伏组件的日总发电量 / 万 kWh	双玻双面光伏组件发电量比单面光伏组件发电量的增量 / 万 kWh	双玻双面光伏组件发电量比单面光伏组件发电量的增幅 / %
2018-10-29	多云	0.3096	0.3104	0.6200	0.2838	0.2906	0.5744	0.0456	7.94
2018-11-05	多云	0.2538	0.2521	0.5059	0.2071	0.2072	0.4143	0.0916	22.11
2019-01-02	多云	0.2480	0.2513	0.4993	0.2004	0.1890	0.3894	0.1099	28.22
2019-02-07	多云	0.2077	0.2110	0.4187	0.1766	0.1772	0.3538	0.0649	18.34
2019-02-15	多云	0.3074	0.3152	0.6226	0.2545	0.2470	0.5015	0.1211	24.15
2019-03-10	阴	0.2621	0.2595	0.5216	0.2406	0.2411	0.4817	0.0399	8.28
2019-03-21	多云	0.3540	0.3597	0.7137	0.3384	0.3306	0.6690	0.0447	6.68
2019-03-30	多云	0.2908	0.2879	0.5787	0.2763	0.2739	0.5502	0.0285	5.18
2019-04-10	多云	0.3691	0.3662	0.7353	0.3588	0.3506	0.7094	0.0259	3.65
2019-04-25	晴	0.3230	0.3285	0.6515	0.3130	0.3132	0.6262	0.0253	4.04
降雪后第 2 天的平均值		0.2926	0.2942	0.5867	0.2650	0.2620	0.5270	0.0597	11.34
降雪日及降雪后第 2 天的总平均值		0.2309	0.2333	0.4642	0.1855	0.1841	0.3696	0.0946	25.59

从表 2 中的数据可以看出，在降雪后第 2 天，双玻双面光伏组件的平均日总发电量仍有增加，其比单面光伏组件的平均日总发电量平均增加了 0.0597 万 kWh，增幅为 11.34%。

在所有降雪后第 2 天的发电量数据中，2019 年 2 月 15 日，双玻双面光伏组件的单日发电量比单面光伏组件单日发电量的增加量最多，为 0.1211 万 kWh，增幅为 24.15%；在 2019 年 1 月 2 日，双玻双面光伏组件的单日发电量比单面光伏组件单日发电量的增幅最大，为 28.22%，该日发电量增加了 0.1099 万 kWh；2019 年 4 月 25 日，双玻双面光伏组件的单日发电量比单面光伏组件的单日发电量的增加量最少，仅增加了

0.0253 万 kWh，增幅为 4.04%；2019 年 4 月 10 日，双玻双面光伏组件的单日发电量比单面光伏组件的单日发电量的增幅最小，仅为 3.65%，而该日发电量增加了 0.0259 万 kWh。

由此可见，即使是在降雪后的次日，与传统的单面光伏组件相比，双玻双面光伏组件在发电能力上仍具有较大优势。

由于实验采用的双玻双面光伏组件与传统的单面光伏组件规格不同，1 个传统的单面光伏方阵总容量为 1.09056 MW；1 个新型双玻双面光伏方阵总容量为 1.07520 MW，为保证数据的合理可靠性，将实验组的日总发电量换算成日总可利用小时数后，再次进行比较。换算后的值如表 3 所示。

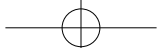


表 3 双玻双面光伏组件和单面光伏组件的可利用小时数情况对比

Table 3 Comparison of available hours of bifacial glazing panel PV modules and single side PV modules

日期	双玻双面光伏组件的日总发电量 / 万 kWh	双玻双面光伏组件的日总可利用小时数 /h	单面光伏组件的日总发电量 / 万 kWh	单面光伏组件的日总可利用小时数 /h	双玻双面光伏组件可利用小时数比单面光伏组件的增幅 /%
降雪天的平均值	0.3528	3.28	0.2266	2.08	57.92
降雪后第 2 天的平均值	0.5867	5.46	0.5270	4.83	12.92
降雪日及降雪后第 2 天的总平均值	0.4642	4.32	0.3696	3.39	27.39

从表 3 可以看出，降雪天，双玻双面光伏组件的可利用小时数比单面光伏组件的可利用小时数的平均增幅为 57.92%，降雪后第 2 天的平均增幅为 12.92%，降雪日及降雪后第 2 天的总平均增幅为 27.39%；其中最大增幅为 275.38%，最小增幅为 4.24%。这些数据进一步体现了双玻双面光伏组件相比于传统的单面光伏组件在发电能力方面的优势。

3 原因分析及结论

从上文的数据分析可以看出，在降雪日及降雪后第 2 天，双玻双面光伏组件的发电能力都优于传统的单面光伏组件，分析原因为以下 2 点。

1) 降雪时及降雪后，光伏组件上会有不同程度的覆雪情况发生。由于双玻双面光伏组件背面可通过漫反射实现光电转换从而继续发电，因此在双玻双面光伏组件正面被积雪覆盖后，其可以通过背部进行光电转换；且在转换过程中释放的热量又会使组件正面紧贴组件处的积雪快速融化，形成水层，减少了积雪与组件间的摩擦力，在重力作用下可使组件表面的积雪滑落，减少组件正面被积雪覆盖的面积和被覆盖的时间，使组件正面更快速的暴露在阳光下。通过观察后发现，降雪后，双玻双面光伏组件仅用约 1~3 h 即可将自身组件正面的积雪清理干净。

而降雪后，传统的单面光伏组件在无人为干预的情况下，根据不同的天气情况，大约需

要半天至数天才能将自身组件正面的积雪清理干净。

因此，与单面光伏组件相比，采用双玻双面光伏组件除发电量有所提升，还可有效减轻光伏电站每年的除雪压力，并减少除雪方面的费用支出。

2) 由于雪天过后地表被积雪覆盖，地表反射阳光的能力增强，即背景反射率增大，使双玻双面光伏组件背面的发电能力增强。而传统的单面光伏组件却无法利用这一部分能量。

4 结论

本文采用对照实验的方法，对战石沟光伏电站二期项目中采用的双玻双面光伏组件及单面光伏组件在降雪日及降雪后第 2 天的发电量情况进行了实验研究。对实验数据进行分析后得出以下结论：

1) 相较于传统的单面光伏组件，双玻双面光伏组件在降雪后具有更强的发电能力。与单面光伏组件相比，在降雪日，双玻双面光伏组件的平均日总发电量的增幅为 55.74%；即使是在降雪后的第 2 天，双玻双面光伏组件的平均日总发电量的增幅仍能达到 11.34%。若按可利用小时数计算，在降雪日，双玻双面光伏组件的平均增幅为 57.92%，降雪后第 2 天的平均增幅为 12.92%，总平均增幅为 27.39%。

2) 采用双玻双面光伏组件后，可有效减轻光伏电站每年的除雪压力，并可减少电站在除雪方

面的费用支出。

3) 由于地表积雪使地表反射阳光的能力增强, 因此相较于降雪前, 在降雪后双玻双面光伏组件的发电能力可得到提升, 直到积雪消散。

综上所述, 相比于传统的单面光伏组件, 双玻双面光伏组件在冬季降雪丰富、积雪时间较长

的地区有更大的运行优势。

#### [参考文献]

- [1] 李永鑫, 苑海涛. 双玻双面组件与传统光伏组件的运行情况比较分析 [J]. 农村电气化, 2020(4): 68 – 69.
- [2] 马少华, 吕欣, 崇锋孟, 等. 双玻双面光伏组件发电量测试分析 [J]. 太阳能, 2016(12): 67 – 68, 62.

## ANALYSIS OF OPERATION OF BIFACIAL GLAZING PANEL PV MODULES IN SNOWY WEATHER

Li Yongxin, Yuan Haitao

(SPIC Heibei Electric Power Co., Ltd., Zhangjiakou Branch, Zhangjiakou 075000, China)

**Abstract:** In this paper, a comparison method is used to verify the operation of bifacial glazing panel PV modules in snowy days and days after snowfall based on the operating data of Zhanshigou PV power station. The results confirmed that, compared with single side PV modules, average increase of available hours of bifacial glazing panel PV modules is 57.92% on the snowy days, and average increase is 12.92% on the days after snowfall, and total average increase is 27.39%. Bifacial glazing panel PV modules have greater operation advantages in areas with abundant snowfall and long snow time in winter.

**Keywords:** PV; bifacial glazing panel PV modules; snowy weather; power generation increased; novel PV modules