

光伏发电系统中影响发电量因素分析

刘 洋

(四川盐源甲米河水电开发有限公司,四川 盐源 615700)

摘 要:随着近年来光伏发电的兴起,四川省凉山州盐源县因年平均太阳总辐射量高,备受新能源发电公司关注。依据盐源县多年辐射量及盐源县境内浑水塘光伏电站近几年的实际辐照量与发电量进行对比分析,可以明显发现气候是影响辐射量、发电量的主要因素。并分析温度及光伏板表面的灰尘对光伏发电量的影响,为光伏高效运维提供了方向。

关键词:太阳能;光伏;辐射量;发电量

中图分类号:TM6;N945.2;R363.1+2

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2022)01-0027-04

Analysis on the Factors Affecting Power Generation in Photovoltaic Power Generation System

LIU Yang

(Sichuan Yanyuan Jiamihe Hydropower Development Co., LTD, Yanyuan, Sichuan, 615700)

Abstract: With the rise of photovoltaic power generation in recent years, Yanyuan County in Liangshan Prefecture of Sichuan Province has attracted the attention of new energy power generation companies due to its high annual average total solar radiation. Comparison and analysis on the radiation in Yanyuan County and the actual radiation and power generation of Hunshuitang Photovoltaic Power Station in Yanyuan county in recent years shows that climate is the main factor affecting the radiation and power generation. The influence of temperature and dust on photovoltaic panel surface on photovoltaic power generation is also analysed in this paper, which provides a guidance for efficient operation and maintenance of photovoltaic power stations.

Key words: solar energy; photovoltaic (PV); radiation; power generation

1 概 述

光伏发电是可再生和清洁的能源,是国家大力提倡和扶持的电力产业,具有广阔的发展前景。面对激烈的新能源市场竞争,光伏电站的稳定运行和高效发电,将影响企业的持续发展。

盐源县位于四川省凉山州西南部,青藏高原东南缘,雅砻江中下游西岸,川、滇两省交界处。浑水塘光伏电站位于盐源县卫城镇半山村平缓的山坡上,场址中心经纬度坐标:北纬 $27^{\circ}29'02''$,东经 $101^{\circ}37'35''$,平均海拔高度约 2 540 m。电站总装机容量为 30 MW_p,设计多年平均年发电量 4 156.7 万 kWh,年利用小时数 1 385.6 h。在浑水塘光伏电站项目现场,光伏组件朝正南方向方位角为 0° ,光伏板的倾斜角为 29° ,组件离地面最小距离 $35\text{ cm}^{[1]}$ 。

光伏电站从太阳能获得电力,需通过太阳能电池进行光电变换来实现。光伏电站中影响发电量的因素有:太阳辐射量、电站所在的经纬度、大气层的透明度、太阳的日照时间、温度特性、光伏板表面灰层影响等^[2]。依据统计期内盐源县及浑水塘的辐照量、日照时数、环境温度、组件的温度及灰尘等因素分析对发电量的影响,对当前浑水塘光伏电站日常运维有所帮助,对建设新光伏电站,改善发电影响因素、提高发电量有较大作用。

2 辐射量变化分析

光伏组件发电的全部能量来自于太阳,也就是说太阳光伏组件方阵面上所获得的辐射量是影响发电量最直接的原因。盐源县属西南季风气候,县内冬春干旱,夏秋雨量集中,雨热统计,日照充足,年平均气温 12.5°C ,年平均日照时数 2 577 h,浑水塘光伏电站光伏组件倾角采用 29° ,经统计盐源县日照时数与 29° 倾斜面辐照量见表 1 和图 1。

收稿日期:2022-01-10

自浑水塘光伏电站投运以来,光功率预测系统依据采集的太阳福照度、辐照量等气象数据,为电站发电情况进行实时监测。采用 2017 年至 2020 年太阳辐射量变化情况进行分析,根据测光法计算理论发电量的公式为:

理论发电量=太阳辐射量×光伏组件面积×
光伏组件的转换效率×修正系数(K)^[3]

故在一定条件下,理论发电量与辐射量成正比,分析辐照量变化情况对提高电站发电量有很大帮助。

浑水塘 2017 年至 2019 年 29°辐照量变化趋势见图 2,浑水塘 2017 年至 2019 年发电量变化趋势见图 3。

表 1 盐源县日照时数与 29°倾斜面辐照量													
项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合计
日照时数 /h	264	250	268	250	240	177	148	164	141	200	227	248	2 577
倾斜辐射量 (MJ/m ²)	687	668	664	581	575	457	405	449	448	536	620	635	6 724

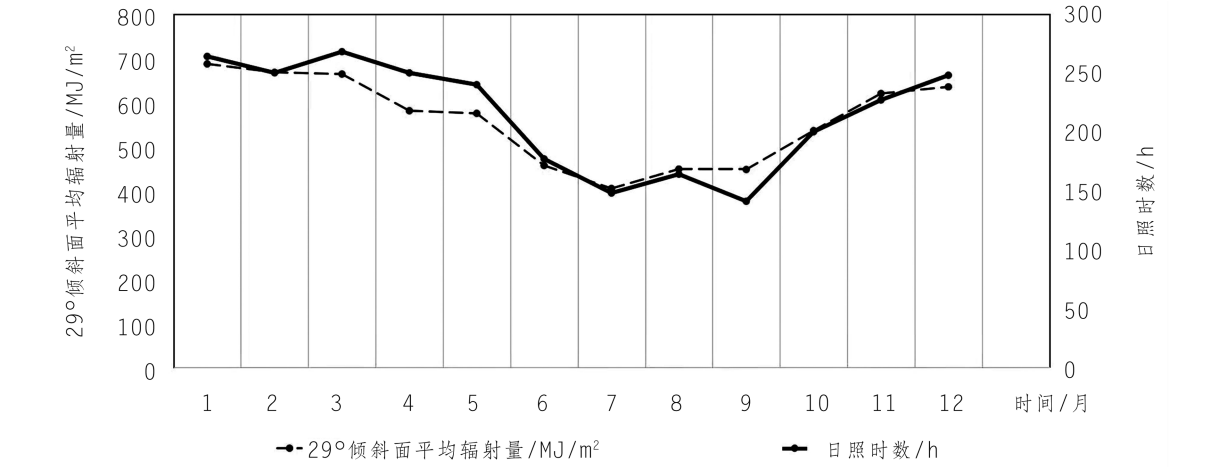


图 1 盐源县日照时数与 29°倾斜面辐照量

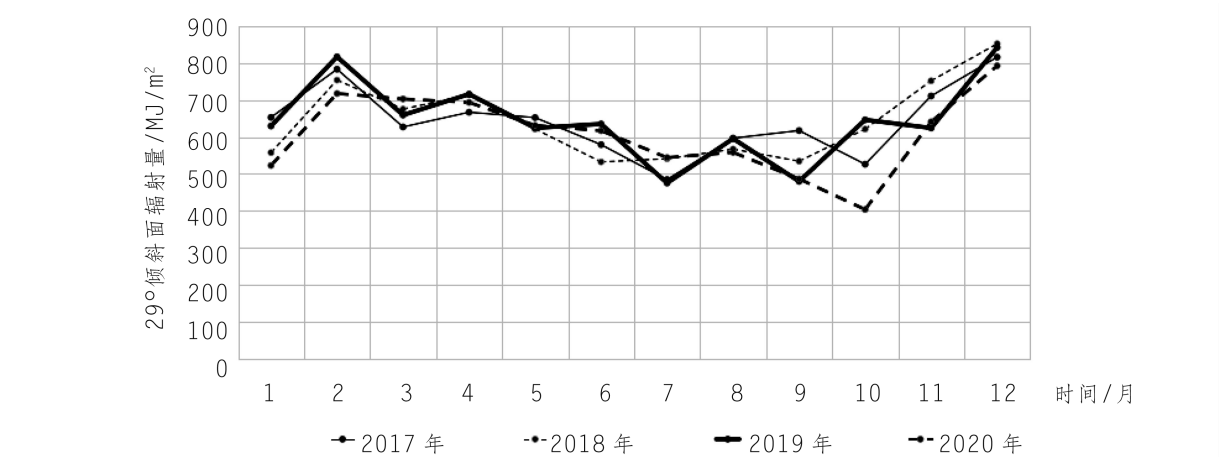


图 2 浑水塘 2017 年至 2019 年 29°辐照量变化趋势

根据图 2、3 相关数据,与浑水塘实际情况对比。浑水塘位于盐源县卫城镇半山村平缓的山坡上,周围无遮挡,海拔较县城高、山坡上空气中扬尘较少,辐照量较盐源县城大。且因气候原因,盐源县及浑水塘 6~10 月的夏秋季雨量较多,光伏

板上方有较多云层遮挡,辐照量及发电量较少。而 11~12 月,1~3 月的春冬季节,天气干燥,空中无云层遮挡,辐照量及发电量较多,与发电量及辐照量变化趋势图相符。

由此可见,当地气象是固定式光伏电站的辐

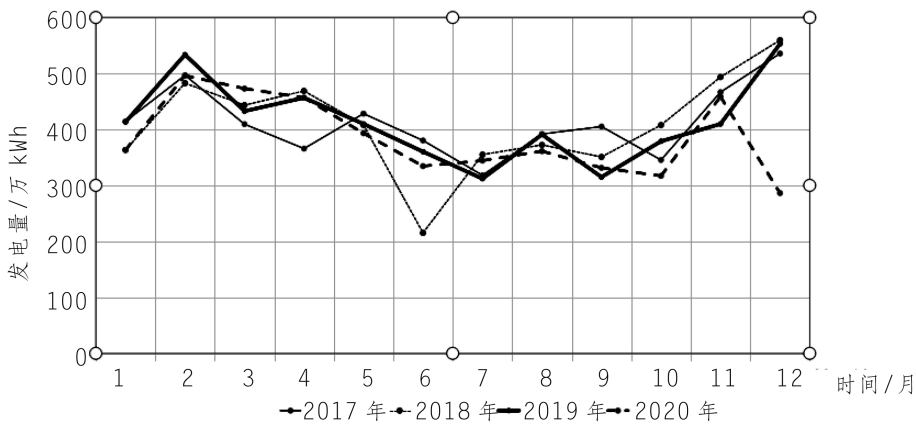


图 3 浑水塘 2017 年至 2019 年发电量变化趋势

射量、发电量影响主要因素。

3 太阳公转对电站辐射量的影响分析

地球绕太阳公转,由于地轴的倾斜,地轴与轨道平面始终保持着大概 66°34′的夹角,引起太阳直射点在南北纬 23°26′之间往返移动,并决定了太阳可能直射的范围:春,秋分日,太阳直射赤道,即直射点的纬度为 0°;冬至日,太阳直射南回归线,即直射点的纬度为 23°26′S;夏至日,太阳直射北回归线,即直射点的纬度为 23°26′N。

太阳高度角计算公式:

$$H=90^{\circ}-|\alpha(+/-)\beta|$$

式中 α 是代表当地地理纬度; β 是代表太阳直射点地理纬度。

浑水塘光伏电站地理位置在北纬 27°29′,东经 101° 37′。因光伏板正南安装,方位角为 0°。

经过计算,太阳夏至时太阳高度角最大为:

$$\begin{aligned} H_{\max} &=90^{\circ}-|\alpha(+/-)\beta| \\ &=90^{\circ}-|27^{\circ}29'-23^{\circ}26'| \\ &=85^{\circ}97' \end{aligned}$$

太阳冬至时太阳高度角最小为:

$$\begin{aligned} H_{\min} &=90^{\circ}-|\alpha(+/-)\beta| \\ &=90^{\circ}-|27^{\circ}29'+23^{\circ}26'| \\ &=39^{\circ}45' \end{aligned}$$

太阳夏至时太阳最大高度角 85°97′,冬至时太阳最小高度角为 39°45′。

光伏板安装角 H 应满足: $H_{\min}<H<H_{\max}$ 才能使光伏板正面被太阳辐射。浑水塘光伏电站采用固定式光伏板,正南方向安装时,方位角为 0°,此时不同倾角下的辐照量见表 2。

当倾角为 29°时,太阳辐射量最大,故选择光

伏板安装最佳倾斜角为 29°。可以看出,太阳公转引起的辐射量变化决定了电站固定式光伏组件

表 2 不同倾角下的辐照量

序号	倾角 /°	辐照量(MJ/m ²)
1	20	6 697.9
2	21	6 705.0
3	22	6 705.9
4	23	6 711.8
5	24	6 712.6
6	25	6 716.4
7	26	6 717.6
8	27	6 721.2
9	28	6 723.3
10	29	6 724.0
11	30	6 723.2
12	31	6 720.9

的安装倾角^[4]。

4 温度对发电量的影响

光伏组件一般有 3 个温度系数:开路电压、峰值功率、短路电流。当温度升高时,光伏组件的输出功率会下降。以峰值功率为例,英利绿色能源给出一组由第三方权威检测机构德国 TUV 莱茵实验室标定的光伏组件的峰值功率温度系数约为 -0.4%/℃。

浑水塘光伏电站所在区域常年平均温度为 12.2℃,温度最高的月份为 5~8 月,极端最高气温为 32.5℃;温度最低的月份为 12~2 月,极端最低气温为 -11.3℃,光伏电站多年平均环境温度见表 3。

浑水塘光伏电站采用海南英利新能源有限公司的光伏组件,其表面温度升高,短路电流温度

表 3 光伏电站多年平均环境温度 /℃

项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合计
平均气温	5.3	7.5	10.7	13.7	16.1	17.5	17.4	16.9	15	12.5	8.2	5.2	12.2

系数为 +0.047%/K,开路电压温度系数为 -0.32%/K。由 $P=UI$ 可知, U 下降的幅度大于 I 上升的幅度,所以温度的升高,输出功率下降,浑水塘实际光伏组件产品峰值功率温度系数为 -0.43%/K。当电站晴天时,光伏组件的工作温度比环境温度高 20℃左右,其效率影响很大。且温度对光伏板的接线盒有影响。接线盒不仅能将太阳能电池产生的电传输到外部电路,同时也是太阳电池组件的“保镖”。接线盒是集电气设计、机械设计与材料科学相结合的跨领域的综合性设计,利用二极管自身的性能使太阳电池组件在遮光、电流失配等其他不利因素发生时,还能保证工作,适当降低损失。随着温度的升高,接线盒密封空间内空气体积膨胀,气压增大,且使箱体、盒盖机械强度变小,接线盒箱体或盒盖发生变形,盒内外气压一致,大大降低了接线盒的密封性,水汽及灰尘的进入会破坏盒内金属器件,造成接线盒报废^[5]。

因此在环境温度升高的情况下,应提前采取预备措施。在电站设计安装时,应充分考虑高温的影响,适当加大光伏组件间隔,增加光伏阵列间距且适当提高支架的高度以增强散热,降低高温对光伏电池效率的影响。

5 灰尘对发电量的影响

在一些光伏电站运行过程中,运维人员忽视了光伏组件表面的积灰,使透光率降低,结果光电转换效率降低,这大大影响了光伏组件的输出性能。因此,研究积灰对光伏组件输出性能的影响与确定实际光伏组件清洁周期存在重大的意义。

根据浑水塘光伏电站 2019 年 1 月突发降雨前后三天平均电量数据,选取全天天气为晴天,雨前后辐照量均在 24.2 MJ/m² 及其他因素基本相同,仅雨前雨后的光伏组件表面积灰程度不同的情况下比较:降雨前光伏板表面积灰较厚,三天平均发电量 16.68 万 kWh;降雨后光伏板表面几乎无积灰,三天平均发电量 17.29 万 kWh。

由以上数据可以对比得出,每日平均发电量相差 0.61 kWh,降雨前发电量较降雨后发电量多 3.657%。

结合光伏发电项目的实际运行与维护情况,定期对光伏组件进行清洗,可提高发电量。光伏组件的清洗工作选择在清晨、傍晚、夜间或者阴雨天进行,防止人为阴影造成电量的损失。一般用清水即可,如组件表面有粘附着的硬物,则可以适当使用刮板。运行维护人员在清洗过程中应注意,清除灰尘与异物即可,切忌损伤光伏组件,且在清洗过程中注意个人安全。

6 结 语

采用固定式组件的光伏电站,气象因素是影响辐照量及发电量的主要外部因素。太阳公转引起的辐射量变化决定了固定式光伏组件安装倾角。在电站设计安装时,应充分考虑光伏组件温升的影响,适当加大光伏组件间隔、增加光伏阵列间距、适当提高支架的高度以增强散热等措施,减小温升对光伏电池效率降低的影响。灰尘影响光伏板表面透光度使效率降低,建设光伏电站时应硬化周边道路,避免扬尘,运维中应定期清理光伏组件表面。分析光伏发电系统中影响发电量的因素及制定相关防范措施,对光伏电站的高效运维提供了方向。随着光伏发电行业逐步发展及新能源规划逐步推进,光伏发电系统中影响发电量因素分析将受到更多研究与关注,并对大力积极推进发展清洁电力能源提供帮助。

参考文献:

[1] 郑志华.光伏电站发电量影响因素分析.城市建设理论[J].2016,(10).

[2] 郁永静,等.四川省凉山州盐源县浑水塘光伏电站可行性研究报告[R].中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司.2015 年 8 月.

[3] 黄汉云.太阳能光伏发电应用原理(第 2 版).化学工业出版社.2013.

[4] 周立波,等.盐源县浑水塘二期光伏电站可行性研究报告[R].中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司.2021 年 4 月.

[5] 熊德安,等.温度对光伏电站发电量的影响研究.新疆农垦科技[J].2016,(7).

作者简介:

刘 洋(1994-),男,四川成都人,现任四川盐源甲米河水电开发有限公司浑水塘光伏电站运维班长,工程师,本科,从事光伏电站现场运行维护工作。(责任编辑:吴永红)