



移动扫码阅读

王娟,赵春红,李瑶. 屋顶分布式光伏系统在铸造工业中的应用及经济环境效益[J]. 源环境保护, 2022, 36(1): 105-108.

WANG Juan, ZHAO Chunhong, LI Yao. Application of photovoltaic system distributed on the roof in casting industry and its economic and environmental benefits[J]. Energy Environmental Protection, 2022, 36(1): 105-108.

屋顶分布式光伏系统在铸造工业中的应用及经济环境效益

王娟, 赵春红, 李瑶

(潍坊市高密生态环境监控中心, 山东 潍坊 261500)

摘要:针对铸造工业企业 200 kW 的并网型分布式光伏系统, 基于 2020 年 10 月至 2021 年 9 月的运行数据, 分析了光伏系统发电量分布特征, 考察了发电量与 $PM_{2.5}$ 、降尘量、温度、日照时数、短波辐射总强度等因素的相关性, 探索了“自发自用, 余量上网”模式下的实际效益。结果表明: 2020 年 11 月~2021 年 1 月发电量较低, 最低值出现在 2020 年 11 月; 2021 年 5 月~8 月的月发电量较高, 最高值出现在 5 月份; 单日内, 11:30~13:30 的发电量占全天的 22%~28%; 日照时数、短波辐射总强度与发电量相关系数高达 0.984、0.972; 发电全部自用情况下的效益最高, 3 年半可收回投资成本, 服务期内收益是投资额的 7 倍, 可节煤 1 570 吨、减碳 4 935 吨。

关键词:铸造工业; 分布式光伏; 相关性分析; 经济环境效益

中图分类号: X382

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2022)01-0105-04

Application of photovoltaic system distributed on the roof in casting industry and its economic and environmental benefits

WANG Juan, ZHAO Chunhong, LI Yao

(Weifang Gaomi Ecological Environment Monitoring Center, Weifang 261500, China)

Abstract: In order to study the 200 kW grid-connected distributed photovoltaic system in casting industry, the power generation distribution characteristics of the photovoltaic system were analyzed based on the operation data from October 2020 to September 2021. The correlation between power generation and $PM_{2.5}$, dust fall, temperature, sunshine duration, total shortwave radiation intensity and other factors was studied. The practical benefit of "self-use, surplus internet access" mode was explored. The results showed that the power generation from November 2020 to January 2021 was relatively low, and the lowest value occurred in November 2020. The monthly power generation from May 2021 to August 2021 was relatively high, and the maximum value appeared in May. In a single day, the power generation from 11:30 to 13:30 accounted for 22% to 28% of the whole day. The correlation coefficients between sunshine duration, total shortwave radiation intensity and power generation were 0.984 and 0.972, respectively. If all the power generation was self-used, the benefit was the highest. The investment cost could be recovered in three and a half years. During the service period, the income was 7 times of the investment. In the meantime, 1 570 tons of coal could be saved and 4 935 tons of carbon could be reduced.

Key Words: Casting industry; Distributed photovoltaic; Correlation analysis; Economic and environmental benefits

0 引言

碳达峰、碳中和已纳入生态文明建设整体布局。在“双碳”目标下,电厂、工业、交通、建筑行业是推进碳达峰、碳中和的重要部分,产业结构调整和能源结构转型迫在眉睫,能源结构转型更是首当其冲。21世纪以来,全球各国陆续进入可再生能源替代化石能源的第三次转型阶段^[1-2]。截止2020年底,中国可再生能源发电装机容量占全部电力装机容量的42.5%,可再生能源发电量占全部发电量的29.1%,水电、抽水蓄能、风电、太阳能发电、生物质能、地热、新型储能、氢能增长迅速,其中太阳能发电随着技术水平提升和发电成本的不断降低,装机容量和发电量增长较快^[3-4]。铸造工业是传统高耗电行业,在面临产业升级改造、节能降耗减排的同时能源的“开源”也尤为重要。高密市2021年完成了铸造行业的整体改造升级,在设备、工艺、产品节能的基础上,整个行业机械化自动化水平提高,电耗在生产成本中占比大。因此,铸造行业能源的绿色可持续发展之路势在必行。本研究基于铸造企业屋顶光伏电站实测发电量、自用量、气象等数据,分析光伏电站发电量变化特征,通过建立相关关系分析发电量的影响因素并建立发电量与日照时数(峰值)线性回归模型,通过计算服务期内发电量预估经济环境收益,为屋顶光伏投资决策和政府、企业能源规划提供参考。

1 研究对象及方法

以高密市某铸造企业车间屋顶分布式光伏系统一期工程为研究对象,该系统2020年9月建成并网运行,装机容量200 kW,由625块320 W多晶硅组件串联而成,平铺于车间屋顶,屋顶坡度8度。发电量及上网电量数据来源于电站监控系统和供电公司,气象数据来源于国家气象信息中心和地方政府网站公布数据;污染物数据来源于地方环保部门网站公布数据。

基于该光伏系统2020年10月至2021年9月运行数据,分析该光伏系统发电量分布特征,并与日照时数、短波辐射总强度、温度、PM_{2.5}、降尘量等建立相关关系,分析电站运行主要影响因素,根据实际发电量、自用电量、上网量数据探索“自发自用,余量上网”模式下发电系统的实际经济环境效益,为铸造行业光伏电站建设提供数据支撑和决策依据。

2 结果与分析

2.1 发电量变化特征

2020年10月到2021年9月200 kW分布式光伏电站月发电量情况如图1所示。从图中可以看出,光伏电站发电量的月变化和季节变化波动明显,11月到次年1月份发电量低,之后发电量从2月份开始逐月增长,5月份发电量达到最高值,6-8月份发电量保持在高位,9月份开始下降;电站发电量季节性变化明显,秋冬季节明显低于春夏季节,这是由于高密属于季风区暖温带大陆半湿润气候,四季分明,太阳辐射变化明显。

单日发电量最高值出现在5月份,日最高发电量1300 kW·h。根据波形良好的日内发电功率随时间变化曲线统计,发电功率随着日照强度的变化在中午出现峰值^[5],这正好与该企业用电负荷相反,中午11:30-13:30,发电量占全天的22%~28%,企业监测自用量占发电量的70%左右。由此可知,该企业的上网电量主要源于中午时段。

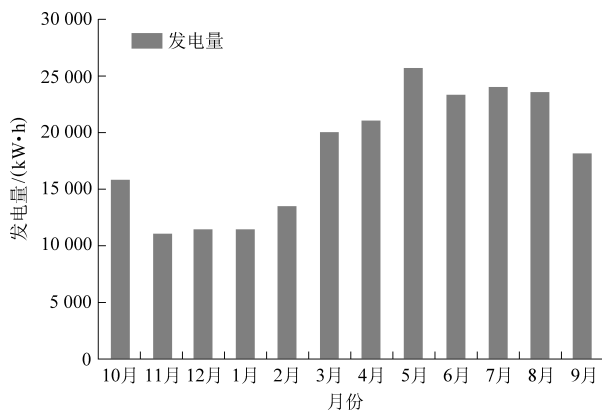


图1 月发电量变化特征

Fig.1 Variation characteristics of monthly power generation

2.2 相关性分析及模型建立

有学者通过采用相关性分析方法分析了光伏发电功率与各个气象因子的相关程度^[6],影响光伏发电的最主要气象因子是太阳辐射度^[7]。本文以2020年10月到2021年9月月发电量与相应月份气象因子、污染物因子建立相关关系,结果表明(表1),风速、相对湿度对发电量影响不大,发电量与温度、日照时数(峰值)、短波辐射总强度正相关关系明显,其中发电量与日照时数(峰值)、短波辐射总强度相关性显著。发电量与降尘量、PM_{2.5}浓度负相关,这是由于大气降尘落在光伏板表面对太阳辐射起到了阻碍作用。相较与大气降尘,PM_{2.5}与发电量的负相关较强,这是由于颗粒物浓

度影响太阳辐射强度^[8],PM_{2.5}浓度季节性变化明显^[9],呈现冬季浓度高,夏季浓度低,这与光伏发电量季节性变化正好相反;同时降雨对光伏表面的积尘有一定的冲刷作用,秋冬季节降雨量小,落

在光伏组件表面的细颗粒物不易被风、雨带走。灰尘遮挡不仅影响系统发电量,而且容易引起热斑效应^[10],由此看来,秋冬季节应加强对光伏组件表面清洁工作。

表 1 发电量、气象因素、污染物相关性系数表

Table 1 Correlation coefficient of power generation, meteorological factors and pollutants

	发电量	气温(2 m)	相对湿度	风速(10 m)	降水量	日照时数(峰值)	短波辐射总强度	PM _{2.5}	降水量
系数	1.000	0.831	0.357	0.183	0.616	0.984	0.972	-0.797	-0.499

有学者利用日照时数与日发电量建模估算年发电量,模型线性关系显著^[11]。本文进行数据相关分析时发现采用月发电量与相关系数最高的日照时数(峰值)建立拟合方程,线性关系更显著,基于2020年10月至2021年9月月发电量与日照时数(峰值)数据进行线性拟合,两者呈现显著线性关系, R^2 高达0.968,使用2021年10月的发电量数据进行检验,误差在3.2%,总体看来拟合效果较好。可以看出,日照时数(峰值)越高发电量越多,在设计光伏电站时需要考虑当地太阳能资源,从而可以缩短投资回报周期^[12]。

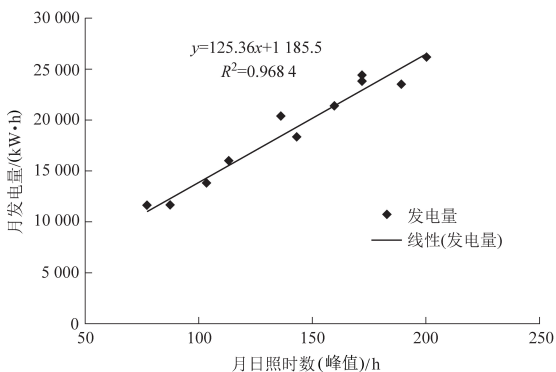


图 2 发电量与日照时数(峰值)线性拟合回归模型

Fig.2 Linear fitting regression model between power generation and sunshine hours (peak)

2.3 经济环境效益分析

2.3.1 经济效益分析

并网型分布式光伏根据发电自用量分为全部上网、自发自用余量上网、全部自用三种情况。根据本区域1950年~2020年年日照时数(峰值)资料,计算年日照时数(峰值)平均值,2020年10月至2021年9月日照时数(峰值)低于多年平均值4%左右,根据模型按照多年平均日照时数(峰值)计算发电量多于一年内发电量实测值。

本文以实测发电量为初始值保守计算收益,按照多晶硅光伏组件一年内衰减率3%、后续年内衰减率0.7%、光伏系统使用寿命25年、并网电价0.391、自发自用电量70%、白天平均电价0.72元

计算,服务期内不同自用量条件下收益如图3所示。

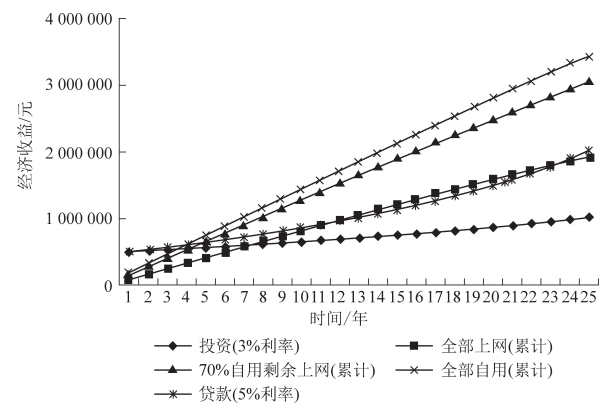


图 3 以实测发电量为初始值的投资收益情况

Fig.3 Income calculated with measured power generation as the initial value

可以看出,发电全部上网第7年可收回全部成本(投资额存款利率按3%计算),按企业目前70%的自用量计算第4年收回全部成本,发电全部自用3年半可收回成本。25年服务期内,发电全部上网可获得经济收益是投资额的4倍,按70%的自用量计算可获得经济收益是投资额的6倍,发电全部自用可获得经济收入是投资额是7倍。对于工业企业来说,自建光伏电站可以抵扣相关税费,叠加后按照70%自用电量计算第一年可收回成本45%左右。由图3可以看出,发电全部上网收益接近于银行贷款利率,这种模式不适合企业贷款投资。目前,高密市工业屋顶分布式光伏电站建设多集中用电量大的行业或是工业园,一是分布式发电更适合于所发电力的消纳^[13],自发自用量越大取得的效益就越高,且光伏电站建设对屋顶构造形态^[14]及承载力有一定要求;二是企业决策者考虑购买光伏组件投资资金数量大^[15],受审批条件和决策者投资意识等限制,工业屋顶光伏系统目前并未广泛普及。

光伏上网电价与夜间谷电价持平,在不考虑储能条件下,工业企业全资建设与自身用电量相

匹配的光伏电站能最快收回成本。

2.3.2 环境效益分析

光伏发电工程除经济效益外,还具有显著的环保效益。太阳能是一种清洁的可再生能源,相对于煤炭发电,光伏发电能降低污染物排放。按1吨优质煤发电3 100 kW·h,制造一块光伏板耗能40 kg煤计算,本项目服务期内可节约煤炭1 570吨,减排二氧化硫排放25吨、氮氧化物8吨、粉尘10.7吨、炉渣216.7吨。项目可减少碳排放4 935吨。光伏组件还能有效保护屋顶、延长屋顶使用寿命,同时起到冬保温、夏降温的作用,起到建筑节能的作用。

另外,光伏发电量与降尘量负相关,铸造企业粉尘产生量较大,虽然经过行业整治实现达标排放,安装光伏系统的企业势必要平衡光伏发电收益和粉尘持续治理的关系,以光伏效益促进污染物持续治理。

随着煤改电、天然气“压非保民”、拉闸限电的实施,作为用电量较多的铸造业来说,安装光伏发电系统可自发自用,抵消了一部分传统电力,还能对环境做贡献,多余的电力上网收益。

3 结论与问题

光伏电站发电量的月变化和季节变化波动明显,具体表现在春夏季节高,冬春季节低,11月到次年1月份发电量低,5月份发电量达到最高值,单日发电量最高值也出现在5月份。企业监测自用量占发电量的70%左右,日内发电功率峰值与该企业用电负荷相反,调峰能力建设也是光伏发电的发展方向。

通过发电量与气象因子、污染因子相关性分析发现,温度、日照时数(峰值)、短波辐射总强度与发电量正相关,其中发电量与日照时数(峰值)、短波辐射总强度相关系数高达0.984、0.972。发电量与降尘量、PM_{2.5}浓度负相关,降雨对光伏表面的积尘有一定的冲刷作用。秋冬季节降雨量小,落在光伏组件表面的细颗粒物不易被带走,应该加强对光伏组件表面清洁工作。

工业企业自建并网型光伏电站,发电全部自用效益最高,3年半可收回成本。对于工业企业来说,自建光伏电站可以抵扣相关税费,叠加后第1年可收回成本45%左右。目前,光伏上网电价与夜间谷电价持平,在不考虑储能条件下,工业企业建设与自身用电量相匹配的光伏电站能最快收回成本。

光伏发电环境效益明显,200 kW光伏电站服务期内可节煤1 570吨,减少碳排放4 935吨,减排二氧化硫25吨、氮氧化物8吨、粉尘10.7吨、炉渣216.7吨。服务期满后,废弃组件的处理和去向是光伏产业面临的一个重要问题。

作为用电量较多的铸造业来说,安装光伏发电系统可自发自用,抵消了一部分传统电力,还能对环境做贡献,多余的电力上网。在“双碳”目标和产业结构调整、能源结构转型的大形势下,建设光伏电站也是铸造企业能源绿色可持续发展的出路。

参考文献

- [1] 张宁,薛美美,吴潇雨,等.国内外能源转型比较与启示[J].中国电力,2021,54(2):113-119.
- [2] 顾科杰.从传统能源到可再生能源—德国能源结构的转型之路[J].常熟理工学院学报(哲学社会科学),2018(6):104-109.
- [3] 顾洪滨.中国可再生能源发展报告2020[R].苏州:水电水利规划设计总院,2021.
- [4] 王少波,卿湘运.光伏发电系统在污水处理厂中的实施研究[J].能源环境保护,2016,30(2):1-5.
- [5] 曹英丽,方诗琦,等.分布式光伏发电特性与气象影响因子诊断分析[J].沈阳农业大学学报,2018,49(3):363-370.
- [6] 雷杨娜,孙娴,程路,等.气象因子对光伏发电量的影响效应分析[J].太阳能,2016(6):33-36+73.
- [7] 李芬,陈正洪,成驰,等.武汉并网光伏电站性能与气象因子关系研究[J].太阳能学报,2012(8):1386-1391.
- [8] 白青飞,林永君,杨凯,等.考虑大气颗粒物对辐照度影响的光伏功率预测[J/OL].中国测试:1-8[2021-12-29].
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1714.TB.20211201.1532.020.html>.
- [9] 王娟,赵春红,孙泽锋,等.高密市环境空气污染物浓度变化特征[J].中国环境管理干部学院学报,2019(2):81-85.
- [10] 杨静涛,贾晖杰,吕国东.并网光伏电站发电量影响因素分析[J].太阳能,2021(3):52-54.
- [11] 胡亚男,李兴华,康湘玉,等.内蒙古屋顶分布式光伏发电量和经济效益评估[J].干旱区资源与环境,2021,35(12):66-72.
- [12] 李清,刘俊峰.并网型分布式太阳能光伏电站运行特征分析[J].机械装备研发,2021,36(5):124-126.
- [13] 王文静,王斯成.我国分布式光伏发电的现状与展望[J].中国科学院院刊,2016,31(2):165-172.
- [14] 姜雷,胡忆南.工业厂房光伏屋顶构造形态对发电效益的影响[J].济南大学学报(自然科学版),2022,36(2):1-6.
- [15] 朱园庭,容庆,方熙,等.合同能源管理模式在分布式光伏发电项目中的应用[J].能源环境保护,2020,34(4):105-108.