

## News & Highlights

### 雾霾给太阳蒙上阴影

Jane Palmer

Senior Technology Writer

空气污染可能会降低太阳能的效用，这并不奇怪。太阳能是一种可持续能源，中国和许多其他国家正在越来越多地利用太阳能来减少温室气体排放。然而，目前有两个研究小组已经证实空气污染会降低太阳能的效用，并估计了其影响。这种影响并非无关紧要。

2018年，中国国家气象信息中心（北京）高级研究员苏杨赴瑞士联邦理工学院（苏黎世）担任访问学者，与全球能源专家Martin Wild教授共事。这两位科学家决定对1958—2015年中国119个气象站所记录的地表太阳辐射测量数据进行分析。

苏杨和Wild的项目由中国国家气象科技创新工程资助，由加拿大政府环境和气候变化部高级研究员Xiaolan Wang协助执行，加拿大政府环境和气候变化部负责协调环境政策和方案，保护自然资源。分析结果表明，近60年来，照射在测量仪器上的太阳辐射量大幅减少[1]。根据119个气象站所观测到的变暗现象，研究人员估计，1960—2015年，中国的潜在光伏（PV）输出量平均下降了11%~15%（图1）[2]。

研究人员认为，空气污染增加和云层增厚可能是导致变暗现象的潜在原因。对无云时太阳辐射水平的分析表明，即使在无云的情况下，光照水平仍然有所下降。此外，变暗现象与北京大学排放清单所记录的空气污染水平的增加密切相关[3]。

Wild和他在瑞士联邦理工学院的同事Doris Folini曾经用全球气候模型进行过仿真，该模型显示，



图1. 北京三里屯附近的空气污染，空气污染导致到达PV板的太阳辐射量减少，造成潜在能源的大量损失。Credit: Kentaro IEMOTO (CC BY-SA 2.0)

1950—2000年，在中国东部地区所观测到的变暗现象中，有2/3是由二氧化硫排放造成的，其余则是由炭黑和有机碳共同排放造成的[4]。所有这些结果都有力地证明了空气污染产生的气溶胶在变暗现象中起着重要作用。Wild说：“我们认为这不仅仅是自然变化——实际上是人为变化。”

新加坡的另一个研究小组也报道了类似的调查结果。Ian Marius Peters现在是波士顿麻省理工学院的一名研究员，最早于2013年东南亚雾霾事件期间开始研究这一现象。在雾霾暴发的几天里，空气污染标准指数从正常的25上升到200以上。Peters当时在新加坡太阳能研究所工作，他说：“当时的能见度非常低，我和同事们

E-mail address: [dave.egrter@gmail.com](mailto:dave.egrter@gmail.com)

2095-8099/© 2019 THE AUTHORS. Published by Elsevier LTD on behalf of the Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

英文原文: Engineering 2019, 5(6): 989–990

引用本文: Jane Palmer. Smog Casts a Shadow on Solar Power. *Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.10.009>

讨论说, 我们应该能够探测到PV电池中光线的减弱现象。”“所以, 我们开始尝试评估其影响。”

为此, Peters和他的同事使用了新加坡5个不同地点的空气质量监测数据, 以及雾霾事件之前、期间和之后的太阳能电池性能数据, 据此构建了一个模型。该模型可以用于研究雾霾如何影响太阳辐射, 从而减少到达PV电池的辐射量。结果显示, 在雾霾期间, PV板的输出量显著下降了15%~25%[5]。然后, 他们用自己的模型研究了空气污染对其他城市PV输出量的影响。例如, 在印度德里, 研究人员使用18个月以上的空气污染和PV板性能数据, 测定出特定区域的太阳辐射量因空气污染减少了11.5%, 从1770  $\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$ 减少到1570  $\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$ [6]。对于效率约为20%的硅PV板, 其年发电量将减少约40  $\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$ 。尽管这种减少程度本身可能看起来不大, 但将PV电池的内在效率提高到这样的水平则被认为是一项巨大的突破。Peters表示, 如果该市计划通过安装PV板为100万户家庭供电, 但由于空气污染, 预计将有约11.5万户家庭用不上电。

Peters和他的同事还利用他们的模型估算了印度德里和其他15个城市由于空气污染对太阳能的影响而造成的经济损失。据估计, 在印度德里和中国的北京、上海, 每吉瓦PV装机容量的年损失分别约为2000万美元、1000万美元和900万美元, 美国加利福尼亚州洛杉矶的年损失为590万~930万美元[6]。

Wild研究组还根据长期辐射数据估算了空气污染导致太阳能发电量下降所造成的经济损失。他们根据中国2016年的PV发电能力进行计算, 如果2016年中国的太阳能辐射水平与20世纪60年代相同, 那么发电量将增加12%~13%, 这相当于每年节省能源成本19亿美元。根据中国制定的2030年PV装机容量达到400 GW的目标

(旨在帮助其实现《巴黎协定》中承诺的20%的能源为可再生能源[7]), 20世纪60年代的空气污染水平为实现这一目标每年节省的资金估计为46亿~67亿美元[2]。截至2017年年底, 中国的PV装机容量预计为130 GW, 而2010年PV装机容量不足1 GW[7]。

好消息是, 2005—2016年, 中国各气象站所记录的太阳辐射量开始增加。Wild表示, 太阳辐射量的增加很可能归功于空气污染策略的实施, 包括逐步淘汰蜂巢式炼焦炉, 采用脱硫技术和新的发电厂排放标准, 以及加大淘汰煤炭的力度。

随着中国越来越多的能源生产采用太阳能和其他可再生能源, 空气污染问题应该会得到改善, 从而带来PV电池板生产能力提高、农业生产能力提高, 以及人类健康状况改善等三重好处。尽管研究空气污染对太阳能的影响很重要, 但Wild和Peters一致认为, 改善空气质量将使人类健康受益更大。“首先, 空气污染是关乎人类健康的问题, 因此需要我们去解决。” Wild说。

## References

- [1] Yang S, Wang XL, Wild M. Homogenization and trend analysis of the 1958–2016 in situ surface solar radiation records in China. *J Clim* 2018;31(11):4529–41.
- [2] Sweerts B, Pfenninger S, Yang S, Folini D, Van der Zwaan B, Wild M. Estimation of losses in solar energy production from air pollution in China since 1960 using surface radiation data. *Nat Energy* 2019;4(8): 657–63.
- [3] Peking University emission inventories [Internet]. Beijing: Peking University; [cited 2019 Sep 9]. Available from: <http://inventory.pku.edu.cn/home.html>.
- [4] Folini D, Wild M. The effect of aerosols and sea surface temperature on China's climate in the late twentieth century from ensembles of global climate simulations. *J Geophys Res Atmos* 2015;120(6):2261–79.
- [5] Nobre AM, Karthik S, Liu H, Yang D, Martins FR, Pereira EB, et al. On the impact of haze on the yield of photovoltaic systems in Singapore. *Renew Energy* 2016;89:389–400.
- [6] Peters IM, Karthik S, Liu H, Buonassisi T, Nobre A. Urban haze and photovoltaics. *Energy Environ Sci* 2018;11(10):3043–54.
- [7] China National Renewable Energy Center. China wind, solar and bioenergy roadmap 2050. Beijing: China National Renewable Energy Center; 2014 Dec 25 [cited 2019 Sep 9]. Available from: <http://www.cnrec.org.cn/english/publication/2014-12-25-457.html>.