

风力发电的环境负外部性

姚怡然

中国石油大学 北京 102249

摘要: 风能被认为是最具发展潜力的可再生能源, 但风力发电的大规模发展仍对环境系统造成不可忽视的负面影响。本文主要从鸟类和蝙蝠、噪声以及视觉三个方面对负外部性进行阐述。

关键词: 风力发电; 外部性; 环境影响

Negative Environmental Externalities of wind Power Generation

Yiran Yao

China University of Petroleum Beijing 102249

Abstract: Wind energy is regarded as the most potential renewable energy, but the large-scale development of wind power generation still causes a negative impact on the environmental system can not be ignored. This paper mainly discusses negative externalities from three aspects: birds and bats, noise and vision.

Keywords: Wind power generation; Externality; Environmental impact

风电拥有灵活的装机规模, 并且碳排放量低, 具有较高的环境效益。根据全球风能理事会公布的数据, 2020年全球风电累计装机容量达到74300万千瓦, 比2019年增长14%。但是, 风力发电的大规模发展会对环境系统产生不同程度的外部性影响。其中包括鸟类和蝙蝠死亡、噪声影响以及视觉影响, 了解这些影响有利于更好地进行风力发电建设规划。

1 鸟类和蝙蝠影响

1.1 鸟类死亡

如果利用风力发电产生的能源替代化石燃料, 会在一定程度上减少二氧化碳的排放, 但风力涡轮机基础建设过程中使用的混凝土和钢材会排放少量的温室气体, 因此风能被认为是环保能源。但风力发电的发展会增加鸟类于风机的碰撞概率, 增加碰撞致死率。美国早期进行风电建设时期, 由于缺乏对鸟类生活习惯的了解, 对鸟类丰度大的地区形成了较大的碰撞风险^[1]。但随着对风电场建设选址的全方位考虑以及鸟类监测技术的发展, 由于风机碰撞造成的鸟类死亡率降低。平均每年鸟类死亡数量为8-118只不等, 每年每台风机的碰撞概率为0.02-0.6^[2]。并且鸟类中猛禽有更高的碰撞致死率, 猛禽在春季受影响最大, 其次是9月和10月的繁殖后迁徙期间, 据报道, 欧亚的格里芬地区中灰狗和红隼等猛禽的风机碰撞致死率较高^[3]。此外, 蝙蝠的碰撞概率同样会受到风电场布局、地形地貌以及天气等因素

的影响, 但与鸟类不同的是, 风机运行过程中产生的电磁场会对蝙蝠的飞行产生干扰, 增加与风机碰撞的风险。

1.2 蝙蝠死亡

除鸟类外, 蝙蝠死亡率也会受风机碰撞的影响。有研究表明, 美国东部森林山脊沿线风电场每年每兆瓦造成的蝙蝠死亡数量约为15.3-53.3只, 美国西部和中西部地区的蝙蝠死亡率相对较低, 每年每兆瓦0.8-8.6只^[4]。美国纽约州刘易斯州1.65兆瓦的风机造成的蝙蝠死亡数量为每年每兆瓦12.3-17.8只, 并且风机致死的统计数量取决于尸体搜索频率^[5]。蝙蝠的碰撞致死率与物种自身有关, 美国的研究发现, 长途迁徙的蝙蝠具有较高的风机致死风险, 比如西部红蝙蝠和塞米诺尔蝙蝠等。此外, 蝙蝠的碰撞概率同样会受到风电场布局、地形地貌以及天气等因素的影响, 但与鸟类不同的是, 风机运行过程中产生的电磁场会对蝙蝠的飞行产生干扰, 增加与风机碰撞的风险^[4]。

2 噪声影响

噪声被定义为任何刺激性或干扰性的声音, 是风力发电最显著的负面影响^[6]。风力发电主要存在两种类型的噪声——机械噪声和空气动力噪声。在欧盟, 不同国家住宅区的风机噪声排放水平的上限各不相同: 风机噪声限制在丹麦设定为45dB, 在希腊和瑞典设定为40dB^[7]。风机的噪声仅在特定条件下可检测到, 在低风速下, 风机不工作, 因此不会产生噪音; 在风速高于8米/秒的情况下, 风机的噪

声被风和树叶等产生的几种噪声所掩盖，只有当风速范围在3-8米/秒之间时，风机的噪声才可能被检测到^[8]。有研究表明，10米高度的风速达到5.1米/秒时，风机产生的噪声为 48.57 ± 1.6 dB，比环境噪声大约多9dB^[9]。为控制风机噪声对人类生活的干扰，风电场一般建立在居民区300米的地方，这将显著降低风力发电产生的噪声影响^[10]。

3 视觉影响

风力发电的视觉影响中讨论最多的是阴影闪烁和“迪斯科效应”，这两个影响是通过光在风机叶片上反射造成，可能同时发生，并且与风机的距离、运行时间以及光照强度有关系^[11]，可以通过使用表面光滑的叶片或无反射涂层来减少影响^[12]；当叶片转动造成的阴影投射在居民区和地面时，可以通过远离居民区来解决^[13]。同样，生活在海上风电场附近的海洋野生动物也可能会受到阴影闪烁和光照不足的影响，这就意味着风电场的规划、选址和优化至关重要。理论上，在日出后不久和日落前不久，一个22米长的风机叶片的影子在4.8km外都可以看到；实际上，对于一个3MW的风机，其叶片长45m，宽2m，旋转叶片的阴影在1.4km的距离内可见，在2km的距离内可以观察到一些微弱的阴影投射^[14]。除距离外，另一个主要参数是闪烁频率，闪烁频率是诱发人类疾病的关键因素，应将频率最大值保持在每秒通过三次叶片，即三叶片的风机每分钟60转^[11]。

4 结论

本文分析了风力发电在鸟类和蝙蝠死亡、噪声以及视觉干扰三方面的环境负外部性，鸟类和蝙蝠会遭受风机叶片的碰撞，碰撞死亡率也会受到自身习性的影响；噪声干扰包括机械噪声和空气动力噪声，噪声大小会受到风速以及风机技术等因素的影响；视觉干扰则主要包括阴影闪烁和“迪斯科效应”，可以通过远离居民区来降低闪烁带来的视觉干扰。通过对风力发电影响的分析，有利于相关部门对风电建设进行合理规划，优化风力发电技术，减小对环境的负面影响。

参考文献：

[1] American Wind Energy Association (AWEA). Avian interactions with wind energy facilities: a summary. Prepared by Colson & Associates for AWEA, Washington, D.C.; 1995. p. 62.

[2] US National Academy of Sciences (NAS). Environmental impacts of wind energy projects. Washington, DC: National Research Council; 2007.

[3] Barrios L, Rodriguez A. Behavioural and environmental correlates of soaring bird mortality at an on-shore wind turbine. *J Appl Ecol* 2004; 41: 72 - 81.

[4] Kunz TH, Arnett EB, Erickson WP, Hoar AR, Johnson GD, Larkin RP, et al. Ecological impacts of wind

energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Front Ecol Environ* 2007; 5: 315 - 24.

[5] Jain A, Kerlinger P, Curry R, Slobodnik L. Annual report for the Maple Ridge wind power project post-construction bird and bat fatality study-2006. Annual report prepared for PPM Energy and Horizon Energy. Curry and Kerlinger, Cape May Point, New Jersey, USA.

[6] Sayad, E. ; Wilberforce, T.; Elsaid, K.; Rabaia, M.; Abdelkareem, M.; Chae, K.; Olabi, A. (2021). A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal. *Science of The Total Environment*, 766, 144505.

[7] Katsaprakakis, D. (2012). A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lassithi, Crete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (5), 2850-2863.

[8] Drewitt AL, Langston RHW. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 2006; 148: 29 - 42.

[9] Kaldellis JK, Garakis K, Kapsali M. Noise impact assessment on the basis of onsite acoustic noise immission measurements for a representative wind farm. *Renew Energy* 2012; 41: 306 - 14.

[10] Nazir, M.S., Ali, N., Bilal, M., Iqbal, H.M.N., 2020a. Potential environmental impacts of wind energy development: a global perspective. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health* 13, 85 - 90.

[11] Harding, G., Harding, P., Wilkins, A., 2008. Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them. *Epilepsia* 49, 1095 - 1098.

[12] Hartmann, P., Apaolaza-Ibáñez, V., 2012. Consumer attitude and purchase intention toward green energy brands: the roles of psychological benefits and environmental concern. *J. Bus. Res.* 65, 1254 - 1263.

[13] Johansson, M., Laike, T., 2007. Intention to respond to local wind turbines: the role of attitudes and visual perception. *Wind energy: an international journal for progress and applications in wind power conversion technology* 10, 435 - 451.

[14] Kabes DE, Smith C. Lincoln township wind turbine survey. Agricultural Resource Center, University of Wisconsin Extension/Cooperative Extension; May 16 2001.