

News & Highlights

高空风能蓄势待发

Peter Weiss

Senior Technology Writer

在挪威海岸的一次试飞中，一组风能开发者观察着一架看起来像非常大的玩具的飞机从拴着它的大型浮标上起飞（图1）。为了使这架近2 t重[1]的实验无人机返回到它的浮动基站并安全着陆，该机的自动飞行控制系统必须通过风能领导者策略来引导它完成各项操作，而这一策略与试着在路边前后、上下移动进行平行停车不同[2]。据无人机制造商介绍，自动飞行控制系统从该小组模拟的飞机和浮标在海上可能的运动中获取线索，结果证明这次着陆是完美的。这表明，类似的无人机可能很快就会在世界各地的沿海地区获取风能。

根据总部位于巴黎的国际能源署（IEA）的最新报告[3]，新兴的海上风电产业正进入快速增长阶段。尽管



图1. 2019年8月，在挪威海岸附近进行的飞行试验中，由Makani制造的600 kW的能源风筝原型悬浮在空中，它自动从海上获取风能。风筝是通过一根系在它26 m长的机翼上的绳索连接到它的浮动基站上的，这根绳索位于风筝原型结构顶部附近的滚筒线轴上。风筝降落并从倾斜板起飞到达滚筒右侧，滚筒正好与它的机翼下面的一排电动发电机槽相吻合。来源：Makani技术，经许可。

海上风电技术“如今仅供应全球发电量的0.3%”，IEA执行董事Fatih Birol在2019年10月的报告中写道，“但是其潜力近乎无限”。从现在到2040年，海上风力发电装机容量预计将增加15倍或更多，并将带来1万亿美元的业务量[3]。

对于设计和制造这架无人机的加州公司Makani Technologies来说，2019年8月的飞行测试是“一件大的里程碑事件”，该公司的总工程师Paula Echeverri说。海上风电是“我们的目标运营环境和目标市场，在这里我们能够看到技术的巨大价值”，她说。为了利用石油和天然气行业的浮选系统专业知识，Makani在测试前几个月就与该行业的Royal Dutch Shell公司建立了合作关系[4,5]。

飞行测试还证实，像Makani无人机这样尖端的、高科技的“机载风能”（AWE）技术仍然很年轻、很复杂，而且存在很高的失败风险。在当天第一次高空试飞成功后，第二次着陆却进行得不太顺利。“这架无人机由于‘细微且意想不到的空气动力学效应’而错失了它的目标，从而受损且无法使用，”一名Makani发言人说，“然后它跌落到了水里。”

作为目前最大且最具影响力的AWE技术示范者，Makani的“M600”已经成为这个小而多产的技术行业的典范，该行业认为，与点缀众多风景的高耸的风力涡轮机相比，“风筝”提供了一种获取风能的更好的方法。顾名思义，风筝是系绳飞行的装置，而AWE专家把带有绳索的无人机也称为风筝，如Makani的无人机。Makani风筝翼展26 m，它拥有8个发动机涡轮，可产生

600 kW的电力[6]。它的图像为最近的两次AWE会议的议程封面增色不少，这两次会议分别是2019年10月英国的格拉斯哥会议[7]和2017年德国的弗莱堡会议[8]。

风筝不需要塔——这节省了大量的成本。因为风筝可以获取更强、更稳定的风，这种风通常位于大约100 m海拔的风力涡轮机轮毂以上[9]。如果风力减弱，风筝也可以快速转移到一个更好的地方。这些敏捷的飞行器的性能在多个方面要优于固定涡轮机，荷兰代尔夫特理工大学（TU Delft）航空航天工程副教授、AWE研究员Roland Schmehl表示。在海上环境中，对塔的分配是一个特别有吸引力的命题，因为当水深超过50~60 m时，架设涡轮塔的常规方法将变得不实用。然而，一些深水风力涡轮机项目的开发商已经开始对海上石油和天然气行业中浮动地基进行改造，并进行相关试验[3]。

在AWE系统的两种主要类型中，Makani演示机是一种“飞行发电”系统，这意味着它的电力是在风筝上产生的[10]。在无动力飞行时，风转动风筝的涡轮转子产生电流，电流通过风筝的导电绳索向下进入电网。风筝只在短暂活动时把它的涡轮机当作发动机，如起飞或着陆，因为这些活动消耗的能量相对较少。在另一种被称为“地面发电”的AWE系统中，风将风筝吹向高空，使得风筝具备了刚性或者柔性的翅膀，这样风筝的绳索就可以松开并旋转发电机在地面站进行发电（图2）。当绳索完全松开时，控制电缆会将风筝的翅膀暂时向下倾斜，以减少风筝获取的风力，并使地面站的绞盘以很少的能量消耗将风筝收回来[10]。在能量收集过程中，风筝反复地在线轴上绕出和绕回，“就像溜溜球一样，只是规模更大”，Schmehl说。

近两个世纪以来，有远见的人一直在探索风筝的各种实际用途。少数人在一定程度上实现了他们的梦想，包括用风筝拉的马车、船只和起重装置[11]。Schmehl说，如今人们对风筝作为风能来源的追求始于20世纪30年代[12]，大约从10~15年前开始，传统的风能领域突然兴起。他还说，但工业风筝到目前为止还没有取得重大的商业成功。

近10年，欧盟一直在资助能源风筝的开发。2018年9月，在欧盟委托撰写的一份报告中，AWE被描述为“一种新兴的能源技术”，“这种技术要实现商业化还需要走很长的路”[13]。报告认为，尽管如此，由于其未来的潜在重要性和强大的欧洲领导地位，该行业仍值得得到进一步支持。报告还指出，实现和证明“通过持续自动



图2. 2018年6月，荷兰前海军空军基地Valkenburg的一个地面发电AWE系统在一片农田上空放飞了风筝，该基地现在是欧洲的一个包括AWE和无人机在内的无人驾驶航空技术测试和培训中心[15]。当风筝离开它的基站（右下角）时，为了有效地收集风能，这个面积为25 m²的自主风筝在横风圈或按图形“8”进行演习，将最大风力转移到拉风筝的绳索上。当它解开绳索缠绕时，绳索带动发电机旋转，并将这种风力发电转化为电力。来源：Kitepower BV，经许可。

化操作实现的设备可靠性”是下一步最急需进行的工作。Schmehl说，AWE的飞行系统使可靠性成为一个需要克服的重大障碍。当出现问题时，开发人员不能简单地排除禁用系统的故障。“实际上我们必须着陆并重新启动系统”，他说。

截至2018年，作为美国硅谷的一家新兴公司，Makani已经在构成AWE生态系统的60多个大学项目、研究实验室和小型初创企业中脱颖而出[12]。几乎所有的AWE公司都是靠小规模私人投资和政府的适度支持下存活下来的，尤其是来自欧盟的支持。而Makani得到了较多的资金支持，Schmehl说，首先是美国能源部下属的高级能源研究计划署的资金支持，然后是谷歌的母公司Alphabet的资金支持，风筝以前是Alphabet的Moonshot Factory [14]的一个项目，现在是Alphabet所拥有的企业[4]。

尽管Makani风筝仍在研发中，但最近的测试表明，“再也没有什么奇迹需要去解决了”，Echeverri说。她指的是为浮动系统设计一个足够智能的飞行控制器等挑战。未来的问题有“已知的解决方案或更传统的工程开发解决方案”，她说。

随着风筝走向商业化，Makani公司正在寻找更多的合作伙伴。Makani公司预计，在上市前风筝还会有两个发展阶段，第一个是2020年夏天的“试点”，其将专注于更长持续时间的自主操作，Echeverri说。

针对2018年欧盟报告的保留意见，一些能源专家认为更简单、更低功耗的地面发电AWE系统很快就能获得回报。Stephan Wrage说，他14岁的时候就对风筝拉

船的想法十分着迷。Wrage于2001年毕业于德累斯顿工业大学（Technical University of Dresden）工业工程专业，之后他创办了位于德国汉堡的SkySails公司，公司致力于开发基于风筝的推进系统，该系统能够降低远洋货船的燃料成本和排放。SkySails首席执行官Wrage表示，基于公司在建造简单和可靠的工业风筝系统方面的专业知识，公司最近新增了一个AWE部门。他说，预计到2020年年底，SkySails Power将在毛里求斯为Ireland Blyth Limited（IBL）集团安装其第一个商用AWE系统，该系统的功率高达200 kW。系统的尺寸如集装箱大小，可以为一个偏远的村庄、军事或科学基地，以及灾难现场供电。Schmehl是Delft公司的联合创始人之一，也是该公司咨询委员会的成员。他说，Kitepower作为一家从TU Delft独立出来的AWE公司，也会很快推出第一批相同功率的产品。

潜在客户的兴趣程度正在“急剧增长”，Wrage说，“我认为使用风筝发电的时机已经到来了”。

References

- [1] Moorefield L. Advanced and emerging technologies for wind generation [Internet]. Arlington: National Rural Electric Cooperative Association; 2019 Mar 7 [cited 2019 Nov 29]. Available from: <https://www.cooperative.com/programs-services/bts/Documents/TechSurveillance/Surveillance-Advanced-Technology-Wind-Generation-March-2019.pdf>.
- [2] Felker F. Makani's airborne wind power system takes flight offshore [Internet]. San Francisco: Makani Blog (Medium); 2019 Aug 15 [cited 2019 Nov 20]. Available from: <https://medium.com/makani-blog/makanis-airborne-wind-power-system-takes-flight-offshore-907fd4c9af86>.
- [3] Offshore wind outlook 2019 [Internet]. Paris: International Energy Agency; 2019 Oct 25 [cited 2019 Nov 20]. Available from: <https://webstore.iea.org/offshore-wind-outlook-2019-world-energy-outlook-special-report>.
- [4] Felker F. Makani takes to the ocean with Shell [Internet]. San Francisco: Makani Blog (Medium); 2019 Feb 12 [cited 2019 Nov 29]. Available from: <https://medium.com/makani-blog/makani-takes-to-the-ocean-with-shell-f2076ca248e7>.
- [5] Wind power [Internet]. The Hague: Shell; [cited 2019 Nov 29]. Available from: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/wind.html>.
- [6] Makani technology 1.1–1.3 [Internet]. Alameda: Makani; [cited 2019 Nov 20]. Available from: <https://makanipower.com/technology/>.
- [7] Schmehl R, Tulloch O. Airborne Wind Energy Conference 2019: book of abstracts [Internet]. Delft: Delft University of Technology; c2019 [2019 Nov 20]. Available from: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:57fd203c-e069-11e9-9fcb-441ea15f7c9c/datastream/OBJ2/download>.
- [8] Diehl M, Leuthold R, Schmehl R. Airborne Wind Energy Conference 2017: book of abstracts [Internet]. Freiburg/Delft: Albert Ludwig University Freiburg/ Delft University of Technology; c2017 [cited 2019 Nov 20]. Available from: <https://freidok.uni-freiburg.de/data/12994>.
- [9] Bechtel P, Schelbergen M, Schmehl R, Zillmann U, Watson S. Airborne wind energy resource analysis. *Renew Energy* 2019; 141, 1103–16.
- [10] Cherubini A, Papini A, Vertechy R, Fontana M. Airborne wind energy systems: a review of the technologies. *Renew Sustain Energy Rev* 2015;51,1461–76.
- [11] Pockock G. A treatise on the aeropleustic art: or navigation in the air, by means of kites, or buoyant sails. London: Longmans, Brown, and Co.; 1851.
- [12] Schmehl R. Airborne wind energy: an introduction to an emerging technology [Internet]. Delft: AWESCO; 2019 Jun 20 [cited 2019 Nov 21]. Available from: <http://awesco-new.tudelft.nl/awe-explained/>.
- [13] Directorate-General for Research and Innovation. Study on challenges in the commercialisation of airborne wind energy systems. Brussels: European Commission; 2018 Sep 25 [cited 2019 Nov 29]. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a874f843-c137-11e8-9893-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-76863616>.
- [14] X development [Internet]. Mountain View: X The Moonshot Factory; [cited 2019 Nov 29]. Available from: <https://x.company/>.
- [15] Unmanned valley [Internet]. Katwijk: Unmanned Valley Valkenburg; [cited 2019 Nov 29]. Available from: <https://unmannedvalleyvalkenburg.com/>.