

## News &amp; Highlights

## 高空坠落物成为空中风力发电的一大杀手

Peter Weiss

Senior Technology Writer

2020年1月，一则源于美国加利福尼亚州的流言传到了欧洲的研究人员和企业家那里。欧洲是一个横跨大西洋的小型工程研究和开发领域蓬勃发展的中心，主要进行高空风力发电（AWE）项目的研究和开发。美国科技巨头谷歌公司的母公司Alphabet正在悄无声息地关闭Makani公司，它把这家令人敬畏的子公司培育成了世界最先进、最引人注目以及设计资金最雄厚并且制造绳系飞行器（用AWE的术语讲是风筝）的企业，其最终目的是生产兆瓦级的风能。

在2019年的夏天，总部位于美国加利福尼亚州阿拉米达的Makani Technologies公司得到了Alphabet和Royal Dutch Shell公司的支持，首次海上风力发电领域受到媒体关注[1]。在谷歌商业帝国7年的巨额财政支持下以及顶着巨大的业绩压力，这家初创公司最先进的原型机M600风筝发电系统——实际上是一架巨大的、用绳索系住的无人机，翼展堪比波音737——在挪威海岸的一个浮动基地演示了一系列具有挑战性的自主飞行动作。Makani声称，通过这些举措可以利用风速高、资源丰富的离岸风或其他具有巨大能量的风（这些风的高度要高于最高的传统风力涡轮机叶片到达的高度），产生高达600 kW的电力——这款风筝发电系统的设计目标是为大约300个美国家庭提供电力。

然而，不幸的是，测试产生了令人失望的结果，其中一些反复出现的缺陷在早些时候的陆上飞行试验中被注意到。也许最让人警醒的事故是飞机完全沉没在挪威沿海水域。2020年2月，流言成为官方公告，来自

Alphabet公司和Makani公司的首席执行官Fort Felker在一篇博客文章中写道：“尽管强大的技术得以进步，但商业化之路比想象的要更长且风险更大，Makani子公司在Alphabet公司的时代就要走到尽头了。”[2]

Royal Dutch Shell公司也撤消了对Makani公司的支持。2020年9月，Makani公司完全停止了运营。首先，该公司向公众公开了其成立13年来积累的知识产权。在前企业支持者的鼓励下，Makani公司向社会承诺可以不受限制地使用其400多项专利和专利申请，而不会受到法律约束。此外，该公司的档案管理员还发布了一部近两个小时的纪录片，该片生动地展示了公司的发展历程[3]。除纪录片外，档案管理员还发布了许多其他视频、内部报告、软件、数据和材料，所有这些都由Makani公司的工程人员撰写的1200页、包含了三个部分的分析报告，即《风筝发电系统》（*The Energy Kite*）[4]中有所体现。首席工程师兼该报告的合著者Paula Echeverri在宣布公开知识产权的博客中写道：“通过公开我们的工作和故事，我们希望为下一代科学家、发明家和登月者创造有利条件，以解决几乎不可能的问题。”[5]

Makani公司的突然退出在AWE领域引发了短暂的危机感[6]。但到目前为止，它的失败似乎主要引起了这样一个问题——如果Makani公司没有将风筝冲浪的根源、生态价值、浮华的工程和Alphabet公司的赞助结合在一起以吸引媒体关注，那么公众和投资者将如何看待AWE？荷兰代尔夫特理工大学（TU Delft）航空航天工

程专业副教授、AWE研究员以及该领域的倡导者和组织者Roland Schmehl说，即使失去了Makani公司，但最近的事态发展表明AWE在国内和国际上都得到了支持，其人气持续上升。Schmehl是位于代尔夫特的AWE公司Kitepower的联合创始人和顾问委员会成员，该公司开发的软翅风筝的机翼是由柔性织物制成的，具有绳系、加固、可弯曲的翼型，比刚性机翼更符合人们对风筝的普遍认知（图1）。

2020年9月下旬，国际能源署（IEA）的一个风能技术项目组在法国巴黎召开了一次技术专家虚拟会议，旨在确立该项目的首个专项任务，即促进AWE广泛的国际研究和合作[8]。值得注意的是，这与参加会议的美国国家可再生能源实验室（NREL）最近对AWE表现出的兴趣不谋而合。与此同时，两家欧洲AWE风筝制造商和AWE的欧洲工业协会最近获得了MegaAWE项目的资助，这是欧盟委员会的一个1500万美元的项目，用于推进欧洲西北部地区兆瓦级AWE的商业化[9]。Schmehl表示，AWE领域预计将有一个更大的欧盟（EU）资助项目，名为Horizon Europe [10]，欧盟已在2021年年初的融资会议中表示对AWE的提议很感兴趣。

随着Makani公司的退出，荷兰海牙的Ampyx Power公司（在MegaAWE融资中被选中的风筝制造商之一）现在成为了拥有最强动力、可操作原型的刚性机翼AWE的开发商。其最新推出的150 kW、AP3无人机于2020年12月在西班牙进行了微风试飞[11]。Schmehl注意到Ampyx公司于2020年12月发布了一个新的引人注



图1. 2013年，荷兰代尔夫特理工大学航空航天工程专业的研究生发射了一个25 m<sup>2</sup>的实验性软翼能量风筝，利用缆绳上绞车的牵引力来对抗风力，帮助风筝提高升力。在过去10年里，小而灵活、拥有简单曲线设计的风筝，其尺寸已经比图中的风筝大得多。事实证明，这些软翼风筝适用于小范围使用的中等功率的AWE系统，如毛里求斯共和国于2020年11月从德国Skyails公司购买的首个商业销售系统[7]。预测和控制更大、更强的软翼AWE风筝的运动更难也更复杂，仍有待进一步研究和测试。资料来源：TU Delft，获得许可。

目的视频，该视频引起了投资者的注意[12]。Schmehl表示Ampyx公司将会取代Makani公司成为AWE最引人注目的开发商。

Ampyx公司的首席执行官Fabrizio Nastri表示，尽管Makani公司公布了其互联网协议（IP），但Makani公司的关闭既没有损害他的公司也没有让他的公司获得利益，因为两家公司的设计是截然不同的。Makani M600是一种非常规的垂直起飞和降落的飞机，机翼上携带了沉重的发电涡轮机。Nastri说，这两种选择对于一项要扩大到兆瓦级的技术来说都很复杂且有风险。相比之下，Ampyx公司的风筝尽管有机械辅助，但坚持以普遍和广为人知的航空标准水平起飞和降落以最小化跑道尺寸。Ampyx公司的风筝没有携带发电机，而是通过拉一根牵引绳，旋转发电机，在风筝的浮动基站上发电（图2）。Nastri说：“我们从系统的角度来做这个，使用和航空航天工业相同的标准，因此我们有很多工程师。并且，我们在构建10个AP3的时候并没有期望有9个AP3会坠毁，只剩一个会成功，我们是在设计不会坠毁的AP3。”

一系列因素，尤其是远低于预期的发电量，似乎导致了Makani M600的失败。Makani公司的工程师在《风筝发电系统》[4]中讨论了M600的9个缺点。例如，风筝的涡轮机转子减少了通过风的能量，降低了控制面，如副翼和升降机的效率。然而，M600的设计并没有弥补这一缺陷，它限制了机动性，阻碍了电力生产。虽然在某些情况下，人们获得了关于能量风筝与普通飞机的不同之处的新见解，作者说这可能会让AWE整体受益，

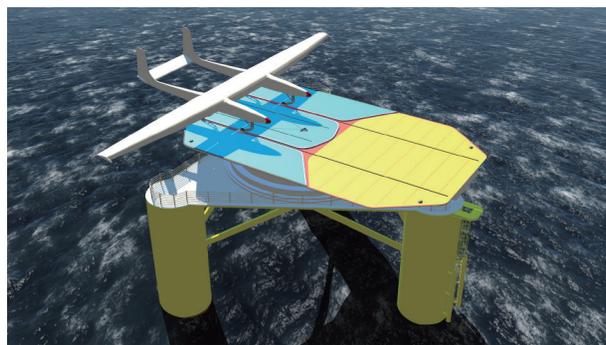


图2. 图片展示的是一个兆瓦级的、刚性机翼的AWE风筝，该风筝通过甲板上三角形端口的缆绳与浮动平台相连接，其正准备从离岸的浮动平台上起飞。利用缆绳上的一个类似于弹射器的辅助装置发射风筝，然后由飞行器上的电池驱动的涡轮机转子驱动风筝飞到操作高度。当风筝达到飞行高度时，只靠风力和重力推动，风筝拉紧缆绳以放缆退绕的方式带动甲板下的绞车转动，进而带动平台上的发电机发电。在缆绳全部解开后，当被重新缠绕到绞车上时，飞机就会无动力滑翔回平台。风筝降落在甲板上时，准备再次起飞，进行另一次能量生产飞行。资料来源：Ampyx Power，获得许可。

但对能量风筝空气动力学的误解导致了原型设计失误。报告结论称，设计的M600（一个比Makani公司之前做的要大得多的风筝）放大了缺陷。Makani公司倒闭时，还在设计一种名为MX2的新型风筝（这也在报告中进行了讨论），它的机翼面积增加了60%，控制面更大，并进行了其他改进，以纠正M600的缺陷。

除了在Makani公司的工程工作站和制造车间发生的变化外，其他一些变化也可能对公司倒闭起到了重要作用。在全球能源市场中，现有可再生能源和丰富而经济的天然气的成本不断下降，导致电价大幅下降，使得新型可再生能源的发展更加困难[13]。据报道，Makani公司没有预料到这些价格趋势，这使得其对投资者来说越来越没有吸引力[14]。通用电气（General Electric）、维斯塔斯（Vestas）和西门子（Siemens）等大公司正在展开竞争，它们将建造传统的、但具有像足球场一样大的叶片的风力涡轮机。这些涡轮机的尺寸特别大，功率也特别高，将进一步挑战AWE的生存能力[15]。

Makani公司显然也受到了谷歌公司创始人Larry Page和Sergey Brin的特别关注，后者表示特别喜欢AWE公司，但两人都在2019年年底退出了谷歌公司的日常管理[16]。有人表示，这一变化很容易引起外界对Makani公司的担忧，即Alphabet子公司造成的高额亏损，且其与谷歌公司旗下的高利润核心业务没有直接关联（如互联网搜索和广告）[17]。

## References

- [1] Weiss P. Airborne wind energy prepares for take off. *Engineering* 2020;6(2):107–9.
- [2] Felker F. A long and windy road [Internet]. San Francisco: Makani; 2020 Feb 18 [cited 2020 Dec 16]. Available from: <https://blog.x.company/a-long-and-windy-road-f8e09d02c9e1>.
- [3] Makani Technologies. Pulling power from the wind (feature film) [Internet]. San Francisco: X, the moonshot factory blog; 2020 Sep10 [cited 2021 Jan 4]. Available from: [https://youtu.be/qd\\_hEja6bzE](https://youtu.be/qd_hEja6bzE).
- [4] Echeverri P, Fricke T, Homsy G, Tucker N. The energy kite: selected results from the design, development, and testing of Makani's airborne wind turbines. Report. Alameda: Makani Technologies LLC; 2020 Sep.
- [5] Echeverri P. Sharing Makani with the world: the energy kite collection [Internet]. San Francisco: X, the moonshot factory blog; 2020 Sep 10 [cited 2021 Jan 4]. Available from: <https://blog.x.company/sharing-makani-with-the-world-the-energy-kite-collection-ea49398df78c>.
- [6] Deign J. Future of airborne wind energy in doubt as Google parent drops Makani [Internet]. New York: Greentech Media; 2020 Feb 19 [cited 2021 Jan 4]. Available from: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/airborne-wind-energy-in-doubt-as-alphabet-drops-makani>.
- [7] Wind power 2.0: revolutionary airborne wind energy system to provide green power to the Republic of Mauritius (press release) [Internet]. Hamburg: SkySails; 2020 Dec 7 [Cited 2021 Jan 6]. Available from: <https://skysails-power.com/?artikel=Kite-Power-For-Mauritius>.
- [8] TEM#102 web meeting, 2020 Sep 23–24: introductory note [Internet]. Paris: International Energy Agency, IEA Wind Technology Collaboration Program; [cited 2021 Jan 4]. Available from: <https://community.ieawind.org/tem102/introductory-note>.
- [9] MegaAWE [Internet]. Lille: Interreg North-West Europe; [cited 2021 Jan 4]. Available from: <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/megaawematuring-utility-scale-airborne-wind-energy-towards-commercialization/>.
- [10] Horizon Europe [Internet]. Brussels: European Commission; [cited 2021 Jan 5]. Available from: [https://ec.europa.eu/info/horizon-europe\\_en](https://ec.europa.eu/info/horizon-europe_en).
- [11] Demonstrator AP3 [Internet]. The Hague: Ampyx Power; [cited 2021 Jan 5]. Available from: <https://www.ampyxpower.com/technology/demonstratorap3/>.
- [12] Ampyx power teaser—taking off in 2021 [Internet]. The Hague: Ampyx Power; [cited 2021 Jan 5]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=2tJpMA76dyo>.
- [13] Leslie M. The next energy battle: cheap natural gas versus renewables. *Engineering* 2021;7(2):133–5.
- [14] Anderson M. Exclusive: airborne wind energy company closes shop, opens patents [Internet]. New York: IEEE Spectrum; 2020 Sep 15 [cited 2021 Jan 5]. Available from: <https://spectrum.ieee.org/energywise/energy/renewables/exclusive-airborne-wind-energy-company-closes-shop-opens-patents>.
- [15] Reed S. A monster wind turbine is upending an industry [Internet]. New York: New York Times; 2021 Jan 1 [cited 2021 Jan 5]. Available from: <https://www.nytimes.com/2021/01/01/business/GE-wind-turbine.html?smid=em-share>.
- [16] Deign J. Airborne wind players still hoping for takeoff after Alphabet ditches Makani [Internet]. New York: Greentech Media; 2020 May 22 [Cited 2021 Jan 5]. Available from: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/airborne-wind-players-line-up-for-takeoff-after-makani>.
- [17] D'Onfro J. Alphabet shuts its energy kite company, Makani [Internet]. Jersey City: Forbes; 2020 Feb 18 [cited 2021 Jan 5]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/jilliandonfro/2020/02/18/alphabet-shuts-its-energy-kite-company-makani/?sh=167134672b20>.