离网型风力发电机组

风中的螺旋结构

城市绿色能源公司进入小型垂直轴风力涡轮机市场，选择 Darrieus 设计类型并进行了一些改进，优化了系统的风能捕获能力，降低了噪声并提高了美观性。现在，该公司已经将此类风力涡轮机安装在了 70 多个国家和地区。

文 | Composites Technology Jeff Sloan

由于目前商业化风力发电机组的容量已很快超过了2MW，正向3 MW、5 MW和7 MW进军，因此我们很难回想起曾经有一段时间风力发电系统并没有那么大的规模——那时桨叶和塔架更短，一台高端风力涡轮机只能产生100 kW的电力，在此后，规模经济促使风机尺寸增加，以提高捕获风能的能力，特别是当风力发电行业期望在海上找到位置来进行发展时。

紧跟尺寸比赛之后，风能行业在市场中为容量较小的风力涡轮机留下了一个空白，它们专用于离网商业、住宅和工业应用。在过去的10年期间，各种小容量风力涡轮机制造商已进入这个领域。虽然这些生产商中的许多家已沿袭了大型风力涡轮机的型号和采用水平轴涡轮机，但是一些公司却选择了垂直轴风力涡轮机（VAWT）。

VAWT在风机桨叶设计和风能捕获策略上面临着自己的挑战，但是垂直轴在尺寸、形状和叶片形式方面也提供了更大的灵活性。在一般情况下，VAWT市场到处都有充满想象力的叶片设计，它们不仅针对有效率的能量捕获，而且也具有强烈的美观性，因为需要吸引消费者和企业的目光，从而使得他们对引人注目的应用产生兴趣。

制造商可以从两种基本的VAWT叶片设计中选择：Savonius和Darrieus。Savonius设计的特点在于，由两个或两个以上的风舁连接到风力涡轮机的垂直轴上。Darrieus系统由两个或多个翼型件组成，有时是一个抛物线形状，被连接到风力涡轮机的垂直轴上。大多数的风力发电机制造商在某个时期会选择Savonius和Darrieus作为主要的叶片设计类型，然后开发一些变型，在理想的情况下，它们能提高风能捕获效率，并有助于产生一个可行的且可持续发展的产品。

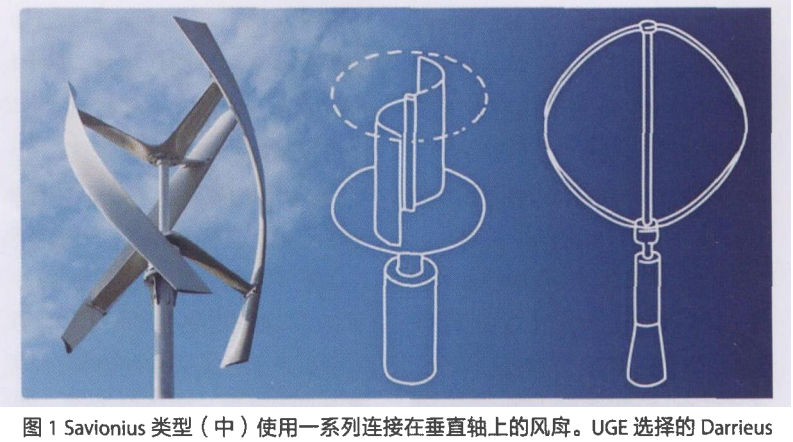

图1 Savionius类型（中）使用一系列连接在垂直轴上的风舁。UGE选择的Darrieus类型（右），采用两个或更多的抛物线形翼片，方向和涡轮机轴相同。UGE的创新在于螺旋形叶片的设计（左），它增加了美观性并提高了风能捕获能力。

这是城市绿色能源公司（以下简称“UGE”）在2008年给自己的定位。该公司正期望进入这种小型VAWT市场，他们评估了Savonius和Darrieus设计，并认为Darrieus是最好的选择。但是，UGE的CEO Nick Blitterswyk记得，在商用风力涡轮机规模化后，由于缺乏对小风电市场的研究和开发，因此令针对良好空气动力学的最佳VAWT叶片设计策略留下了许多问题。“我们想制造一台高效、安静、耐用、振动小并且美观的风力涡轮机。”Blitterswyk说，“但是对于VAWT叶片设计以及它们如何在不同的风力条件下运行

的有关数据并不多。”

因此，UGE 的首要任务是开发一种基本设计，然后制造出原型进行测试。该公司选择的设计已经成为其商标：3 个螺旋叶片曲线围绕壳轴，并且每个叶片被两个臂连接到壳轴上，这两个臂与叶片背面相粘接。虽然 UGE 从一开始就打算把复合材料用到叶片结构中，但该公司完全用金属制造了第一个原型，来评估设计的可行性。“第一个原型是一个基本的翼型，带有相对较短的弦长。实际上，它看起来并不好。叶片用了许多金属，在顶部和底部连接。”UGE 还发现，有关叶片设计的一些假设是错误的。“当我们第一次做这个原型时，我们确实是根据市场上其他风力涡轮机的一些数据来做的。我们发现其他供应商声称的有关风力涡轮机的能力并不准确。”Blitterswyk 说。

第一个原型在中国北京附近的一座设施中进行测试，因为 UGE 期望在北京附近进行制造。Blitterswyk 指出，试验涉及范围从传统（风洞）到非常规（框扇、安装在轻便卡车上的涡轮机）。所有这些工作的成果是，UGE 在 :2 个和第 3 个原型中对几个设计进行了修改，这些改动在 UGE 目前的产品上继续存在。UGE 的工程师 Katrina Prutzman 说：“最值得注意的是，公司选择了独特的两轴设计。一根轴在另一根轴的里面，使负载均衡。”内轴是金属的，从风力涡轮机底部发电机上露出并承担叶片的大部分载荷。围绕这根轴的是壳轴，它也是金属的，并围绕主承重轴旋转。它靠在密封轴承上以保持容易转向的能力和形成固定叶片的结构。

在第二个和第三个原型中，UGE 还对螺旋形叶片的设计进行了微调，前缘和后缘的间距、螺旋的扭曲程度、叶片长度和叶片宽度都有了微妙的变化。这个设计的大部分工作是用 Dassault 系统公司的 SolidWorks 软件进行，并随后开展了更多的测试，到 2009 年年初设计完成，UGE 准备开始生产。

商业化推出的第一台 UGE 风力涡轮机是一台 600 W 的系统 eddy，它带有约 2 m(6.6 ft) 长的螺旋形叶片。接下来是 eddyGT，它是 UGE 畅销的机型之一。Blitterswyk 说，UGE 首先考虑采用碳纤维来制造风力机叶片，但最终采用了玻璃纤维。eddyGT 叶片使用一个相当简单的结构，由每侧玻璃纤维层压板包围泡沫芯材组成。玻璃纤维主要是干燥的机织织物，包括一些围绕附着点的单向材料，以增加强度。该织物的供应来源在北京附近。它被手工铺放在模具上，然后真空袋压灌注。

公司把所有的复合材料制造都放在内部进行，并开发出了一种强大的工艺，包括在裁剪台上裁剪所需的织物形状、手工铺放纤维形式和通过真空袋灌注实施的一致且可重复的树脂注射。

随着产品线的扩大和风力涡轮机及叶片尺寸的增加，UGE 对设计进行了修改，以降低叶片重量并增加强度。这主要通过用一个 I 型梁芯材更换泡沫芯材来实现。I 型梁使用和蒙皮中相同的玻璃纤维 / 聚酯材料制备，它分开来铺放和成型。叶片蒙皮也单独成型，然后粘接到 I 型梁上。

对于 eddyGT 风力涡轮机，金属支撑臂用预埋的金属螺母连接到叶片上，螺栓拧入其中。对较大风力涡轮机机型上的大叶片，支撑臂被转换为玻璃纤维 / 聚酯复合材料。

图 2 UGE 用螺旋形叶片对 Darrieus 设计类型进行修改以优化风能捕获、效率和美观性。该图为 1 kW 的 eddyGT 风力发电机，它可以为环境服务公司 CESPA SA 园区的电动汽车充电站提供能源

至目前为止，UGE 已开发出了四大系统，包括 eddy（600 W）、eddyGT（1 kW）、UGE 4K（4 kW）和最大的涡轮机 UGE 9M。UGE 9M 是一台 10 kW 的系统，拥有 9 m(29.5 ft) 长的叶片。每台风力涡轮机代表叶片设计演化中的一些循环。

UGE 已经把风力涡轮机安装在了 70 多个国家和地区，在过去 3 年中其收入每年都增加一倍以上。该公司的顶端市场是商用和离网电信（BMW 公司、希尔顿连锁酒店和通用电气公司都是其客户）。后者在发展中国家是最常见的，那里的电网基础设施不能向用于移动电话和其他通信网络的远程信号发射塔提供电源。UGE 的风力涡轮机提供了一个小型且经济实惠的方式，以满足这方面的需求。2012 年，UGE 已经销售了 1000 多台风力涡轮机。该公司预计在 2013 年数量将增加一倍，北京附近的制造工厂的规模将扩大一倍。

VAWT 市场有可能像之前发展的商业风力发电系统那样继续扩大，以满足各种商业和住宅的能源需求。在这个过程中，螺旋形 Darrieus 将继续其自身的发展。MM