



独特的设计使无叶片风力涡轮机能够获取能量

--通过CAE仿真验证无叶片风力涡轮机这种创新设计是可行的

当您想到风力涡轮机时，头脑中通常会出现一种在风中旋转的，具有两个或三个旋转叶片的高耸结构。然而，一家西班牙的公司 Vortex Bladeless 想要改变大众的这些认知。该公司开发出了一种风力发电机，其特点是没有叶片。该系统，也称为“Vortex Bladeless”，原理是充分利用空气动力学的不稳定性来捕获能量。

Vortex Bladeless 的工程师在几年前已创造出了该创新风力涡轮机的样机。为了减少开发时间和成本，他们转而使用有限元分析（FEA）和计算流体动力学（CFD）解决方案来验证其设计和产品开发过程。

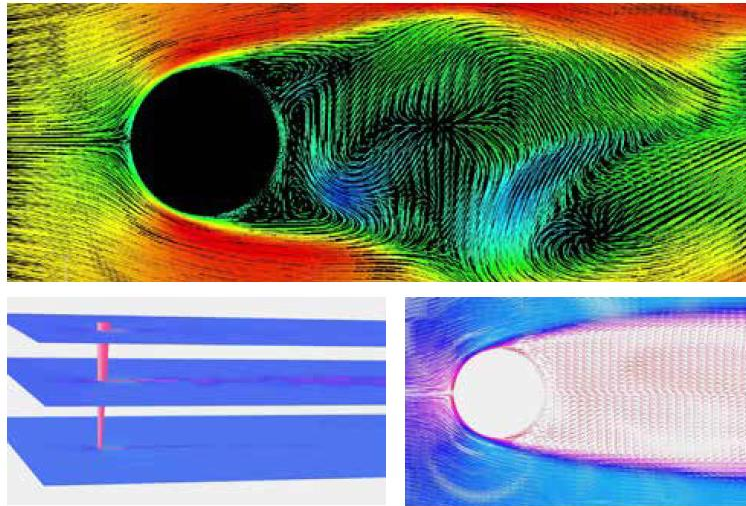
关于风力涡轮机

传统风力涡轮机具有围绕水平轴旋转的叶片，通常由塔架、控制系统和叶片组成。当风吹动叶片使其旋转时，叶片会带动连接到发电机的轴旋转起来，然后，发电机就可以发电。

风力涡轮机拥有各种不同规格。额定功率低于 100千瓦的风力涡轮机可用于抽水等小型应用；而额定功率从 100 千瓦到几兆瓦的可用于风力发电场等大型应用。与风力涡轮机相关的成本包括建筑、基础设施、维护和运输等。对于小型家用风力涡轮机来说，安装成本约为每千瓦 7000美元。一台功率为 1兆瓦的大型商用风力涡轮机成本接近 100万美元。

根据全球风能协会（Global Wind Energy Council）报道，风电行业总体呈增长态势。推动其增长的趋势包括：气候、风力和太阳能技术成本的降低、美国市场的稳定性以及其他地区（包括亚洲）行业的增长。

该协会预测：到 2030 年，风电将达到 2.11 万亿瓦并供应全球 20% 的电力。这会为全球创造 240 万个新工作机会，并将二氧化碳的排放量减少 33 亿多吨。



Vortex Bladeless 的工程师与 Altair 合作设计新型涡轮机。这包括使用 AcuSolve CFD 技术仿真卡门涡街--风穿过钝器而产生的一种空气动力学现象。由卡门涡街产生的侧向力导致圆柱形涡轮振荡，从而为线性交流发电机“提供动力”以发电。

替代传统方法

Vortex Bladeless 风力发电机可以替代传统的风力涡轮机。它具有在风中振荡的圆柱形形状，并且通过线性交流发电机系统产生电力。该设备顶部配置有固定的桅杆、发电机以及中空、轻质和半刚性的玻璃纤维圆柱。

外部的圆锥形柱被设计成基本上是刚性的且具有振动的能力，并始终固定在底部杆上。柱体顶部不受限制，可以在风中振荡。内部圆柱形杆可以穿过桅杆多达 20% 的长度，其顶部被固定在桅杆上，底部固定在地面上。

该设备利用了被称之为“卡门涡街”的空气动力学效应。当风绕过钝体时，空气流动被改变并产生循环的旋涡（涡旋空气）。如果这些力量足够大，设备就可以开始振荡并与风的侧向力产生共振。这种空气动力的不稳定性被称为“涡激振动”。

无叶片风力发电机不是避免涡激振动，而是反之利用这种振动捕获能量。

了解振动

“涡街”效应于 1911 年首次由理论空气动力学先驱 Theodore von Kármán 给出了解释。这种效应由施加在浸入层流中的任何固定物体上的风的侧向力产生。

空气绕过物体，产生循环的漩涡气流，这对于垂直圆柱形结构（如塔架、桅杆和烟囱）是一种工程上的挑战。这些物体可能会开始振动，与风的侧向力产生共振，并最终倒塌。这种效应对建筑物产生影响例子有 1965 年在英格兰蓬特菲斯特附近的费里布里奇发电厂发生的三座冷却塔的倒塌和 1940 年在美国华盛顿州发生的塔科马海峡吊桥的坍塌。

但是 Vortex Bladeless 的工程师们找出了一种使用这种空气动力来产生能量的方法：Vortex 风力发电机可成功地调适其固有频率，以在不同的速度范围内与风涡流产生频率共振。

振动的固有频率取决于结构的质量（质量的增加会减少固有频率）和刚度（刚性增加会产生较高的频率）。Vortex 发电机的设计（包括结构的直径、高度和总质量）旨在从观测到的平均风速中获得最大性能。

该公司通过改变其结构的刚度，进一步最大限度地提高发电机在给定风速下的输出。杆的顶部具有永磁体的磁约束系统，其会根据屈曲度增加系统的表现刚度。

当风力加剧时，排斥磁力会增大。这会进而缩短杆和磁体之间的距离。结果是，振荡和可能产生的能量会增加到最大。因此，Vortex 可以自动改变刚度并与进风风速进行“同步”以保持共振，而无需任何机械或手动干预。

Vortex Bladeless 通过由线圈和磁体制成的交流发电机系统发电，这些线圈和磁体针对涡流动力学进行过调整。没有齿轮或相接触的运动部件，因而没有摩擦。该公司报告称，测试显示，电转换产率为传统旋转式交流发电机所获得的效率约 70% 至 85%。

计算建模

为帮助开发高效的设备，Vortex 的工程师与 Altair 合作创建了计算模型。Altair 在整个开发过程中对 Vortex 的工程师进行支持和培训。

最初的合作是对设备的空气动力学行为进行仿真。Altair 工程师使用计算流体动力学 (CFD) 求解器 AcuSolve® 和结构优化软件 OptiStruct® 进行流体-结构相互作用研究。计算机辅助工程 (CAE) 模型使工程师能够预测 Vortex Bladeless 在不同风力强度下的运动。此外，Vortex Bladeless 的工程师还使用 HyperWorks 的虚拟风洞软件 Virtual Wind Tunnel™ 对结构进行了外部空气动力学分析。

最近的发展方向包括优化交流发电机设计以及系统的几何形状。利用新的几何形状，该系统可以捕获近 40% 的风能（与传统的风力发电机相似）。根据贝茨定律，可以从风能中获取的最大能量是其动能的 59.3%（这与风力发电机的设计无关）。

Vortex Bladeless 的联合首席执行官 David Yanez 表示：“如果不使用 CAE 仿真技术，我们产品的开发速度会很慢。而且成本更高，因为我们需要制造更多的样机。我们坚信 Altair 的解决方案能满足我们的需求。这种信心不仅仅来源于其强大的软件功能，还因为 Altair 在合作中提供了非常宝贵的技术支持。虚拟仿真结果展示是我们的里程碑之一。我们深信，Altair 的帮助会对我们的日常工作产生重大影响。”

创新案例

Vortex Bladeless 团队将几大优势引用到了其创新的风能系统中。其中最主要的是成本。根据工程师的预期，相比于传统的风力涡轮机，最终的 Vortex Bladeless 产品有望将制造成本降低 53%、将运营成本降低 51%。

此外，该设计完全消除了可能会因摩擦导致损坏的机械元件。据公司估计，相比于传统的风力涡轮机，维护费用有望因此减少 80%。

Vortex Bladeless 的工作原理还可以使系统具有以下特点：

- 无需针对风向调整安装角度。
- 改善与“阴影效应”相关的限制，即下游风流的干扰。这就是传统风力发电机在安装时需要彼此保持一定距离的原因。
- 最大限度地减少对鸟类的威胁。
- 静音运行。如果设备的振动频率低于 20 赫兹，则完全不会有噪音影响。

最初的 Vortex Bladeless 产品设计旨在产生 100 瓦的电力供非洲和印度使用。该公司还计划开发可提供 4 千瓦电力的产品，用于与太阳能电池板一起使用，以及用于更大应用的 1 兆瓦的产品。

“我们坚信 Altair 的解决方案能满足我们的需求。这种信心不仅仅来源于强大的软件功能，还因为 Altair 在合作中提供了非常宝贵的支持。虚拟仿真的结果展示是我们的里程碑之一。我们深信，Altair 的帮助会对我们的日常工作产生重大影响。”

——David Yanez ,

Vortex Bladeless 联合首席执行官

关于Altair公司

Altair公司是世界领先的工程设计技术的开发者之一，也是一家具有全球深厚工程技术底蕴的优秀CAE工程公司。Altair 公司拥有多元化的业务主线，其技术涵盖高端CAE仿真和优化技术、数据管理及流程自动化、高性能计算与网络计算技术，同时具备一流的产品设计、流程定制、二次开发等咨询服务能力。Altair目前为私人所有，总部设在美国底特律，在全球拥有2600多位员工，分支机构遍及美洲、欧洲及亚太地区。凭借其在产品设计、先进CAE工程软件开发和网格计算技术等方面拥有30多年的经验，Altair不断为各个行业的客户创造竞争优势。

www.altair.com.cn

www.altair.com



上海天干计算机科技有限公司

PolyCAE Computer Sci.& Tech. (Shanghai) Co., Ltd.

电话：(86)21-5443 4985

传真：(86)21-5443 4985 - 8008

E-Mail：Info@polycae.com；Simart@139.com

网址：www.PolyCAE.com