

三一重能有限公司

数字双胞胎驱动智能风机研发

产品

Simcenter

业务挑战

降低平准化发电成本(LCOE)

应对巨头林立的市场竞争压力

利用先进的数字化技术提升研发效率和质量

成功的关键

实施超低风速产品战略

创建风机的数字化双胞胎模型

利用 LMS Samcef 求解器提供的高精度柔性体动力仿真计算能力

建立参数化模型，减少研发时间和成本

将仿真模型与物理模型联立

简化并规范化计算和认证报告

成效

将风机设计以及风场设计的效率提升 50%

将 LCOE 降低超过 10%



三一重能基于西门子 Simcenter 3D 实现高精度风机仿真

风电行业面临的挑战

风能是世界上发展最快的新能源之一，然而风电行业在经过了过去十年的快速发展之后面临着巨大的挑战。对全行业来说，风电的经济性仍然饱受质疑。平准化发电成本——即 LCOE，是全行业公认的能源经济性衡量指标，通过在一致的基础上对不同的发电方法进行比较 LCOE 的计算方式是以建造和运

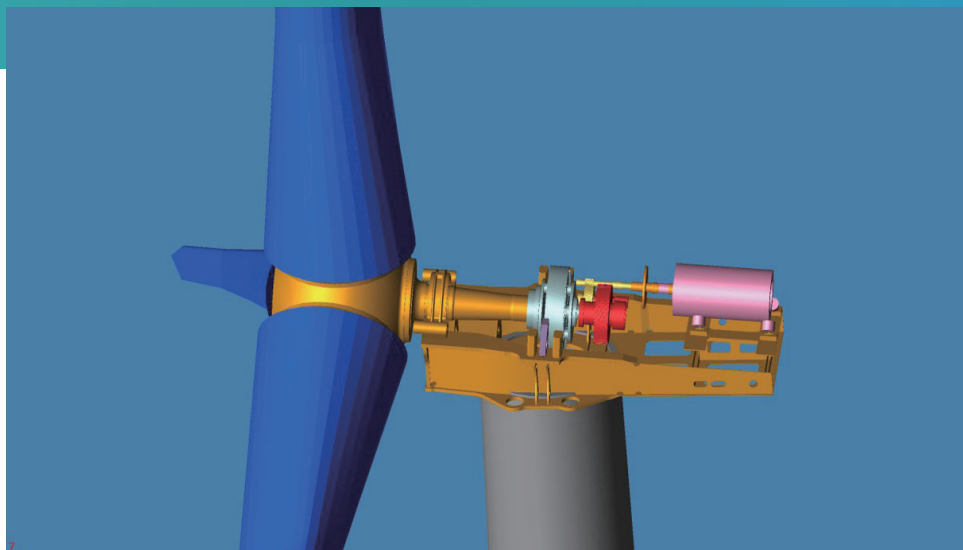
行一座发电资产在其生命周期内的成本除以全生命周期发电量。为了降低该成本，风机制造厂商必须不断创新，力求开发更大、更轻和更智能的风机，从而降低风机的制造和运维成本，并提高单机发电量。

风能行业面临的另一个挑战是风场资源。经过过去 20 多年的发展，传统的高风速风场资源已经被大量占用，风电行业必须开始挖掘低风速的风场资源（风速的下限约为 5~5.5m/秒）。风电行业已经整体进入了低风速时代。

成果（续上）

提升仿真精度和设计可靠性

降低维护成本，提高绩效



三一重能可以导入真实的风场载荷，精确快速地计算动态响应，从而优化风机结构和控制系统设计。

风电企业在新产品研发时必须充分考虑上述这些因素，这带来了一系列工程挑战。

工程挑战

风机是承受随机瞬态气动力激励的大型柔性结构，而叶片、塔架、直驱电机或齿轮箱作为风机的核心部件，由于复杂动态载荷的作用，常常面临失效或各类故障，高故障率一直是风机全生命周期成本居高不下的罪魁祸首。因此，可靠性一直是风机设计过程中的重要需求。

过去，传统风机开发过程中的流程脱节制约着可靠性设计的质量。一方面负责载荷分析和结构设计的部门在设计流程上存在脱节，双方在设计时都不得不进行大量的假设，而这些假设往往是不合适的。另一方面，在控制程序设计和结构设计之间也存在流程脱节，控制程序的设计人员必须假设给定载荷工况下的结构响应是真实的，然而不幸的是，由于缺乏技术手段，结构部门往往无法快速给出真实的结构响应。

通过 Simcenter 解决方案，三一重能取得了积极的成果。基于其从先进仿真中获得的结果，公司将风机和风场效率提升了 50%，并将 LCOE 降低了超过 10%。



“风电行业在快速变化中，在巨头林立的市场中三一重能取得成功的关键就是充分利用数字双胞胎这样的智能技术，提升研发效率和产品可靠性，从而降低 LCOE，并支撑我们的超低风速产品战略。在这一过程中，Siemens PLM Software 提供的 Simcenter 3D 平台提供了关键的价值。”

武胜飞
CAE 仿真部门经理
三一重能

在面对低风速市场时，这种情况的影响尤为突出。在低风速市场，风机的叶片更长、塔筒更是高达 120~140 米，导致其对动力学响应更为敏感。因此，精确预测风机的动态响应成为了研发的关键。而建立高精度的整机数字化仿真模型，是预测整机动态响应的基础性工作。

同时，大型风机结构复杂，零部件众多，曲面复杂，传统的有限元仿真在建模和计算效率上均无法满足快速开发的要求。因此，在整机动态性能仿真时必须实现建模的参数化和模型简化。

除了面临设计单个风机的挑战以外，风电企业还必须考虑由多台风机组成的风场的整体控制问题。在这个方面，通过传感技术感知实时的风力和风向，之后通过优化算法调整整个风场所有风机的控制策略，实现风场整体发电效率最优和安全运营，这也是降低 LCOE 的重要手段。

在这个环节中，需要充分利用数字化双胞胎技术实现数字世界中的优化仿真以及针对真实物理系统的智能控制；数字化双胞胎是复制和模拟物理产品真实属性和性能的智能虚拟模型。



三一重能的选择

自 2016 年以来，三一重能的产品开发团队开始研究预测动态载荷的新方法，开发产品平台的数字化设计方法，并通过优化现有产品的机械性能和控制策略来支持运维业务。该团队建立了一整套成熟高效的数字化仿真流程，这一流程中包括使用软件进行外部风力载荷计算以及后期的零部件结构强度分析。然而这一流程中的关键环节是整机的动态响应预测。

为此三一重能比较了市场上的多种技术解决方案，最终决定采用来自 Siemens PLM Software 的 Simcenter™ 解决方案，包括采用 LMS Samtech Samcef™ Wind Turbines 工具进行整机的参数化仿真建模，并采用 LMS Samcef 求解器进行整机的动态响应预测。

LMS Samcef Wind Turbines 是 Siemens PLM Software 专门为风机系统的正向开发提供的解决方案。三一重能利用此软件在风机系统的整个开发周期中（包括概念设计、详细设计、原型或改型机开发、认证、故障诊断等）建立一个参数化的高精度仿真模型，从而将原本相互脱节的设计流程关联起来。

LMS Samcef Wind Turbines 的一个关键功能是对风机进行参数化建模。参数化建模方式，可以帮助设计者可以非常方便地对不同设计方案进行对比验证，或基于原有设计进行风机改型设计，而无需进行繁杂的模型重构。

三一重能还可以在设备运维过程中实现智能化控制。当现场气象条件出现异常，或者远程监测系统发来实时信息时，三一重能的运维团队可以快速进行状态预测，制定相应的最佳控制策略或者维护计划。

解决方案 / 服务

Simcenter 3D

LMS Samtech Samcef for Wind Turbines

LMS Samcef 求解器

www.siemens.com/simcenter

客户的主要业务

三一重能成立于 2008 年，前身为三一电气，自 2013 年更名为三一重能。目前是中国排名前八的风力发电机制造企业，在中国出口的装机总容量中排名前三。其总部位于北京昌平，研发中心分布于中国、美国和德国，在全球拥有超过 2,000 位专业技术人员。作为风机制造和服务型企业，三一重能掌握风电机组核心技术、拥有完整的“全产业链”生产和质量控制体系。

www.sanygroup.com

客户地址

北京
中国

总体上说，参数化高精度整机模型具有重要的价值。首先，利用数字双胞胎实现在环仿真，提升仿真质量。三一重能可以导入真实的风场载荷，精确快速地计算动态响应，从而优化风机结构和控制系统设计。而这一模型还可以接受控制系统指令，调整相关参数，进而快速获得控制响应。

在这个数字双胞胎模型中，一个关键难点在于非线性仿真的问题。对于如此巨大的柔性机构，大旋转和大变形问题带来了仿真收敛性的问题。幸运的是，三一重能利用 LMS Samcef 求解器能够快速准确地求解这类问题。

LMS Samcef Wind Turbines 的一个关键功能是对风机进行参数化建模。参数化建模方式，可以帮助设计者可以非常方便地对不同设计方案进行对比验证，或基于原有设计进行风机改型设计，而无需进行繁杂的模型重构，从而可以大幅缩短产品开发周期，并降低开发成本。此外，该软件还提供了风机认证简化工具，帮助三一重能快速执行监管部门所要求的标准计算和报告工作。

数字化双胞胎与智能型风机

通过建立这种高精度参数化的数字双胞胎模型，三一重能还可以在设备运维过程中实现智能化控制。当现场气象条件出现异常，或



者远程监测系统发来实时信息时，三一重能的运维团队可以快速进行状态预测，制定相应的最佳控制策略或者维护计划，从而提升风场的整体效率，同时避免风机发生故障，延长其发电时间。这种智能化的运维实现了 LCOE 的显著降低。

通过 Simcenter 解决方案，三一重能取得了积极的成果。基于其从先进仿真中获得的洞见，公司将风机和风场效率提升了 50%，并将 LCOE 降低了超过 10%。

“风电行业在快速变化中，在巨头林立的市场中三一重能取得成功的关键就是充分利用数字双胞胎这样的智能技术，提升研发效率和产品可靠性，从而降低 LCOE，并支撑我们的超低风速产品战略。”三一重能 CAE 仿真部门经理武胜飞说。“在这一过程中，Siemens PLM Software 提供的 Simcenter 3D 平台提供了关键的价值。”

Siemens PLM Software

美洲 +1 314 264 8499
欧洲 +44 (0) 1276 413200
亚太地区 +852 2230 3308

www.siemens.com/plm

2017 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 版权所有。Siemens、Siemens 标识以及 SIMATIC IT 是西门子股份公司 (Siemens AG) 的注册商标。Femap, HEEDS, LMS, LMS Imagine.Lab, LMS Imagine.Lab Amesim, LMS Samtech, LMS Samtech Caesam, LMS Samtech Samcef, LMS SCADAS, LMS SCADAS XS, LMS Smart, LMS Soundbrush, LMS Sound Camera, LMS Test.Lab, LMS Test.Xpress, LMS Virtual.Lab, Simcenter, Simcenter 3D, STAR-CCM 和 Teamcenter 是 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 或其分公司在美国和其他国家的商标或注册商标。本文中提到的所有其它商标、注册商标或服务标记均属于其各自的持有人。
65864-A3 7/17 A