



工程热物理所风力机空气动力学模型研究取得新进展

文章来源：工程热物理研究所

发布时间：2013-05-14

【字号：小 中 大】

风能是分布广泛的、可再生的清洁能源。与其他形式的能源相比，风能利用具有无污染、占地面积小、对环境造成的负面影响少等诸多优点，为取代化石燃料的使用提供了重要的途径。

现有的风力机气动计算模型按照计算时间及模型复杂程度的多少可以依次分为：CFD (Computational Fluid Dynamics) 模型、涡方法模型及BEM (Blade Element and Momentum Model) 模型。CFD模型可以给出详细的风力机三维流场信息及风力机的气动性能，但由于风力机流场的多尺度性，现有的CFD三维模型需要耗费巨大的计算资源及计算时间，还未能 在风力机的叶片设计中得到广泛应用；涡方法模型将三维流场中叶片的附着涡量抽象为集中分布的线涡和面涡等形式，并结合刚性或自由尾涡模型实现风力机的气动性能分析。从很大程度上，简化了风力机的三维流场计算，提高了风力机气动性能的计算效率。但由于模型的简化，叶片表面的压力分布及尾流的发展特征难以准确的计算和表征；BEM模型是目前工程应用最广泛的气动计算模型。该模型以一维动量理论和二维叶素理论为基础，利用二维翼型的实验升阻力系数，实现模型的封闭计算。它的优点在于计算速度快，而它的不足之处在于需要引入大量的人为经验修正。

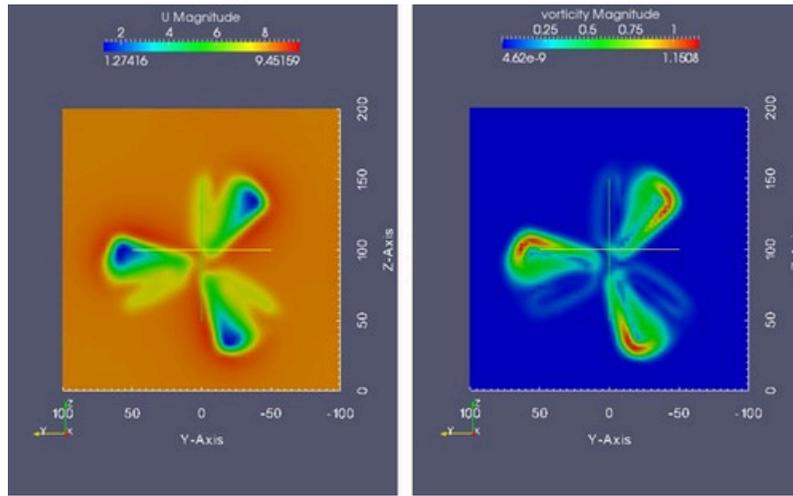
为了提高现有模型的计算和分析能力，中科院工程热物理研究所风电叶片研发（实验）中心在现有模型的基础上，提出以涡方法模型研究为主要突破口，创建工程应用新模型。涡方法模型中的三维面元模型不仅可以计算叶片表面的三维流场信息，而且更重要的是该模型并不需要耗费过长的计算时间，为工程应用提供了条件。研究团队针对面元模型以及相应的自由尾涡模型开展了相应的研究，并且结合边界层模型发展了粘性无粘耦合模型。

该模型以获取叶片表面的压力及粘性力分布为主要特征，最大程度上提高了三维流场的分析能力。图一所示为粘性无粘耦合模型计算得到的NREL Phase VI风力机叶片的点源、偶极子强度分布以及三维势流流线图。此外，鉴于宏观大尺度尾流结构对风力机的三维气动性能有重要的影响，研究团队将三维面元模型与致动模型相结合，一方面利用面元模型的快速计算特征为三维致动CFD计算提供体积力分布；另一方面，依靠致动模型思想，基于高精度CFD计算模型模拟风力机的大尺度尾流发展。图二所示为现阶段致动线模型计算得到风轮平面内的速度及涡量分布图。风电叶片研发（实验）中心团队充分利用现有计算模型的特征构造出的大尺度气动分析模型为风力机气动模型的发展提供了重要的补充，为风力机叶片的设计奠定了重要的基础。

相关研究成果已被*Renewable Energy*杂志接收 (*Renewable Energy* 48 (2012) 436-447)。

该研究得到了国家自然科学基金委的大力支持。

图一：NREL Phase VI风力机叶片的粘性无粘耦合模型计算结果



图二：致动线模型计算得到的风轮平面内速度(左)及涡量(右)分布图

[打印本页](#)[关闭本页](#)