

基于商业化软件的风场数值模拟技术

Barrios, A. ; Zubiaur, R. ; Cordon, R.

西班牙 Barlovento Recursos Naturales 公司

作者邮箱: abarrios@barlovento-recursos.com

摘要:

这篇研究报告的目是基于已有的商业化软件(Meteodyn WT, 美迪 WT 软件), 检验热稳定度与风切变等不同参数的设定调整对一个风电项目中风场数值模拟评估的影响。根据这样的目标, 我们将把通过商业化软件得到的数值模拟结果与测风塔实际测量值进行比较。在该研究报告中, 我们也将比对应用不同方法对参数调整之后的模拟计算结果与基于 IEC 61400-12-1 标准以及 MEASNET 程序等标准方法得到的结果进行比对。该研究报告的结论是通过垂直风廓线测量方法(相对于风向标准偏差方法, 该方法可以提供更加有效的信息)调整热稳定度参数, 可以更好地改善风场的数值模拟结果, 即使该方法并不是 IEC61400-12-1 标准中所要求的方法。

引言:

众所周知, 即使在很短的距离内, 由于地形地貌(海陆不同地表粗糙度、障碍物等)或者大气热稳定度的影响, 会引起在测风塔处测量的风流情况与在风力发电机处的风流情况不同。以往通过实地标定方法来对风力发电机的功率曲线进行评估验证, 该方法需要在风力发电机前安装测风塔, 此种情况只针对于已经建成的风电场, 而对于尚未建成的风电场则无法采用此种方法。由于这个原因, 有必要通过实施风场数值模拟技术来正确评估风力发电机处的风流情况, 以便能准确评估风力发电机的发电量及其表现。到目前为止, 商业 CFD 软件, 如 Meteodyn WT 软件, 它允许使用不同等级的大气热稳定度作为输入条件, 通过对垂直风廓线的比对来调整热稳定度参数是否可以改善数值模拟结果, 将在本研究报告中给出相应的结论。

工作实施:

在测风点处可以非常容易地测量出垂直风廓线和风向标准方差, 这些信息都与确定大气热稳定度等级相关。在本研究中两个测风点已经被 Barlovento 公司根据 IEC 61400-12-1 标准和 MEASNET 程序进行了矫正, 针对每一个测风点, 矫正是在每 10 度一个扇区中进行的, 因为在不同的扇区中其地形属性是不同的。

模拟计算:

CFD 模型通过定义网格与边界条件来求解流体力学方程, 在该项目中模型的输入数据信息如下所示:

—地形和粗糙度: 要进行风场模拟评估计算需要地形数据与粗糙度数据, 在该项目中, 采用的是每 10 米一根等高线的地形数据。

—网格属性: 网格最小水平分辨率: 25m

网格最小垂直分辨率: 4m

网格水平扩展系数: 1.1

—在模拟中采用几个不同的大气热稳定度值分别进行模拟(大气热稳定度取值从

非常稳定等级到非常不稳定等级)。

更多有关于 CFD 模型计算网格和计算流体力学方程的信息在参考文献[3]中可以找到。

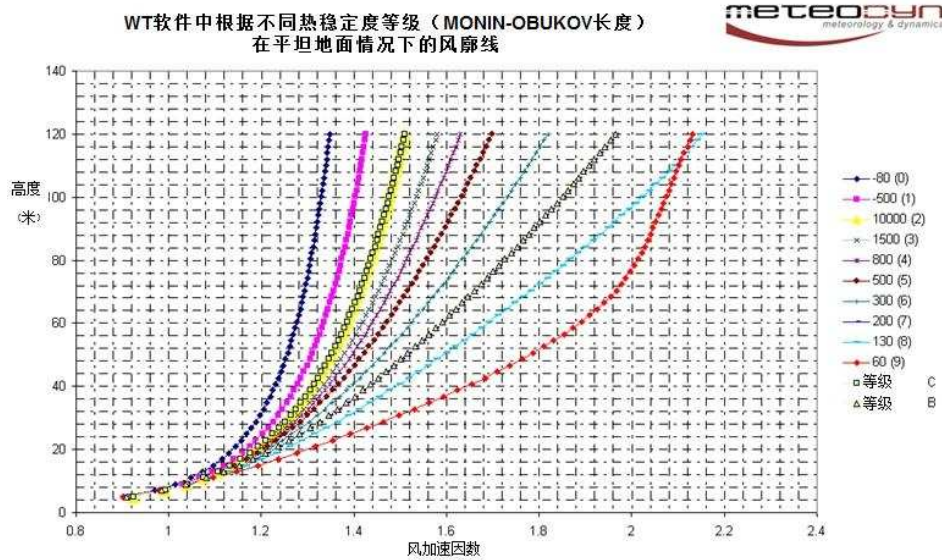


图 1 在 Meteodyn WT (美迪 WT 软件) 中不同热稳定度等级下的垂直风廓线

根据不同大气热稳定度等级对实测数据进行计算分析

大气热稳定度的不同等级可以根据风向标准方差来定义，如下表所示：

大气热稳定度等级	风向标准方差
A (非常不稳定)	25
B	20
C	15
D (中性稳定度)	10
E	5
F (非常稳定)	2.5

表 1 根据风向标准方差定义的不同热稳定度等级

在该报告中通过两种不同的方法对测风塔处实际测量得到的数据（每 10 分钟的平均数据）应用不同的大气热稳定度等级进行分析，如图 2 所示：

- (1) 第一种方法是通过风向标准方差来确定不同的热稳定度等级；
- (2) 第二种方法是通过测风塔实际测量的垂直风廓线来确定不同的热稳定度等级。

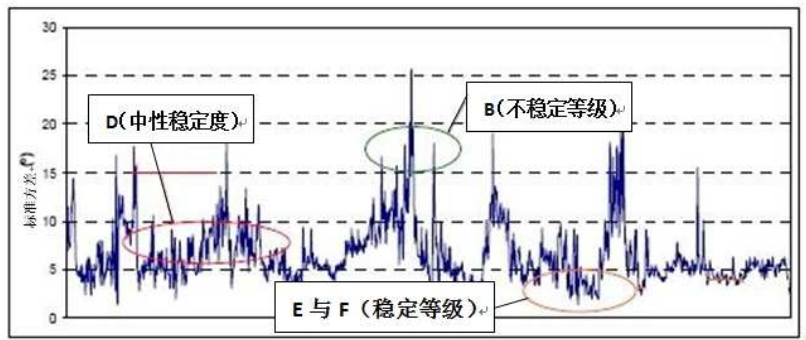


图2 通过风向标准方差对热稳定度等级确认

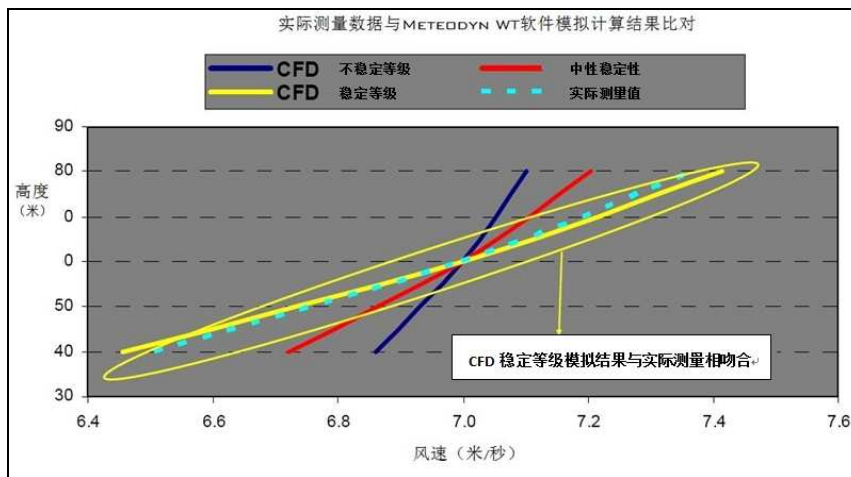


图3 通过与实际测量的垂直风廓线吻合程度对热稳定度等级确认

在该过程之后，根据不同方向以及热稳定度等级，会为每个数据项确定不同的矫正因数。

在测量和模拟计算之间的比较

针对每一个测风塔，可以在不同的方向扇区得到 CFD 模型计算的风流矫正系数结果，这些 CFD 模拟计算结果可以与那些通过标准矫正程序（IEC 61400-12-1 标准和 MEASNET 步骤）得到的结果比对。因此，该报告中的比较是通过以下三种模式进行的：

- 总是使用中性稳定度
- 根据风向标准方差确定使用不同的热稳定度等级
- 根据垂直风廓线的测量确定使用不同的热稳定度等级

通过分析可以很好地看出，大气热稳定度的调整是否可以改善 CFD 的模拟计算结果。

结果

下图显示不同情况下模拟计算得到的矫正因数结果，并进行相应的比较。

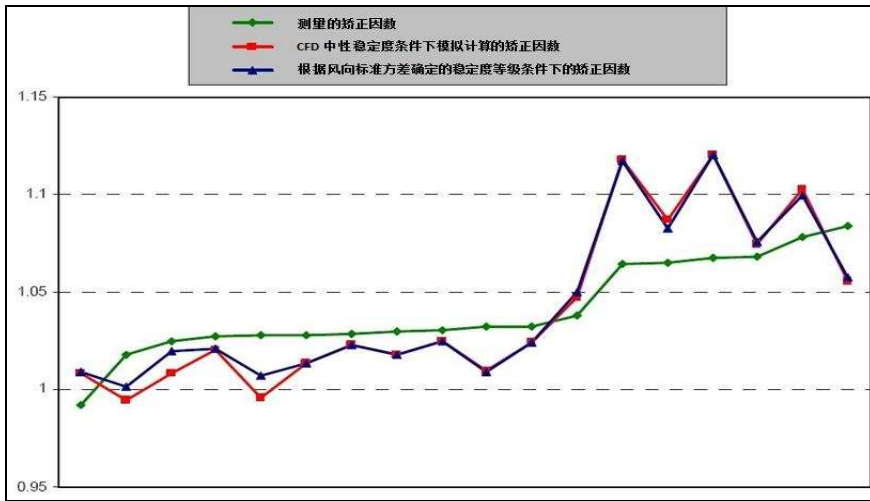


图 4 采用 61400-12 + MEASTET 方法和不同条件下 WT 模拟计算的矫正因数比对

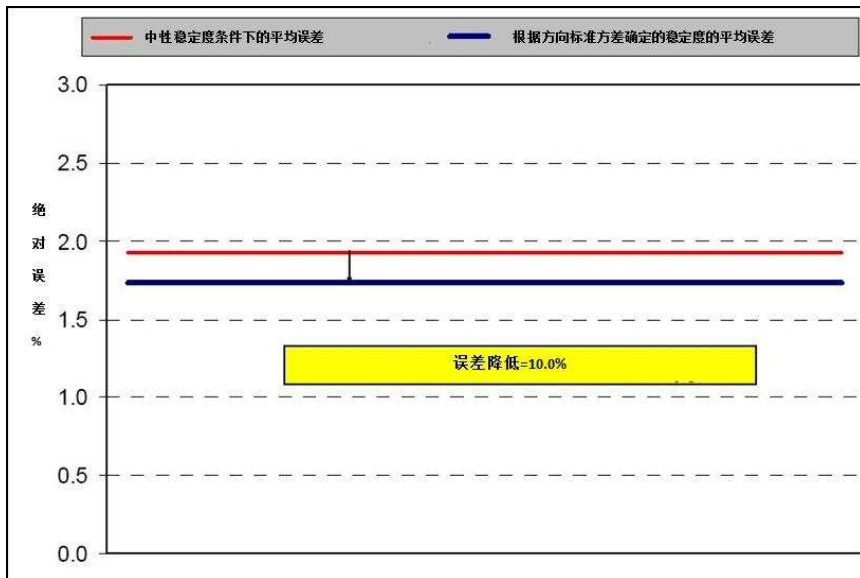


图 5 采用中性稳定度以及按照风向标准方差确定的稳定度之间的绝对误差比较

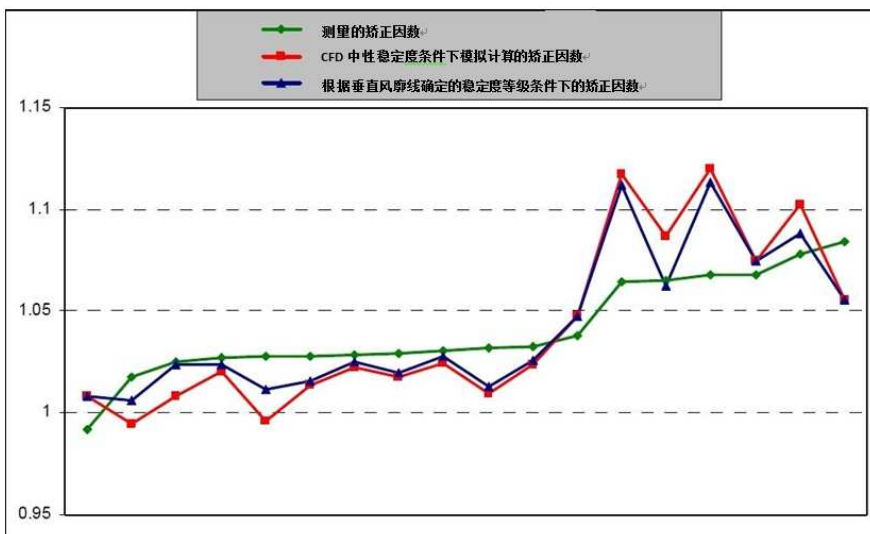


图 6 采用 61400-12 + MEASTET 方法和不同条件下 WT 模拟计算的矫正因数比对

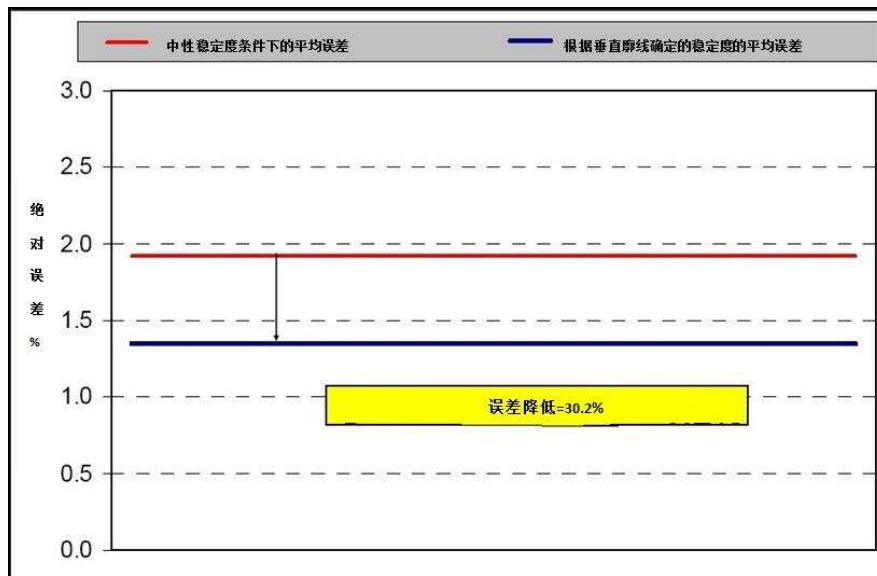


图 7 采用中性稳定度以及根据垂直廓线确定的稳定度之间的绝对误差比较

从上图可以观察到，通过使用两种方法（根据风向标准方差或实际测量的垂直风廓线）得到的热稳定度等级可以降低修正系数的误差。通过实测“垂直风廓线”方法来确定并调整热稳定度等级所得到的计算结果要好于根据方向标准方差得到的结果，此种方法降低了 30% 的误差。

结论

垂直风廓线测量，并不是 IEC-61400-12-1 标准中所要求的，但是其增加了有用的信息，能够更好地确定热稳定度参数，进而能够改进数值模拟结果。与默认设置以及没有设定特定参数的模拟结果相比，在大量真实案例中降低 3% 的误差；在此案例分析中，根据实际情况考虑不同的热稳定度可以改善计算流体中的修正系数，降低模拟结果与真实测量结果之间的误差。在未来研究中，将通过考虑其他参数如湍流，可以得到对结果的额外改善。

参考文献

1. Checking The Capabilities Of Commercial Software For Numerical Site Calibration, Barrios, A.; Zubiaur, R.; Cordón, R., EWEC 2007 poster and full paper.
2. IEC 61400-12-1 Power performance measurements of electricity producing wind turbines.
3. Meteodyn WT 软件用户指南和帮助 <http://www.meteodyn.com>。