

复杂地形测风塔选取对风资源评估及发电量估算的影响

庞自飞

(龙源(北京)新能源工程设计研究院有限公司)

摘要: 复杂地形的风电项目在前期的评估论证中, 测风塔位置的选取及其代表性对于风能资源评估中各项评估指标的精度和年上网电量估算的精度影响很大。通过对湖南慈利县某项目测风塔数据进行分析, 并根据风电场实际上网电量进行验证, 从而建议在风资源评估及电量估算时可考虑对代表性较差的测风塔进行单独分析, 并剔除代表性较差的测风塔, 或根据实际需求补立测风塔。

1、引言

在风资源评估及电量估算阶段, 复杂地形情况下的测风塔位置的合理性、代表性尤为重要, 甚至直接关系到风机设备选型、布置方案的确定以及电量的估算结果, 最终影响风电项目的收益率及可行性。

根据《风电场工程风能资源测量与评估技术规范》NB/T31147-2018 中的要求, 复杂地形风电场风能资源测量方案应符合下列规定: 1、宜进行风电机组初步排布, 并根据风电机组的水平空间分布和垂直空间分布综合确定测风塔数量及位置。2、测风塔的有效控制区域半径不宜超过 2km, 测风塔与预装风电机组的海拔高差不宜大于 50m。3、拟开发区域及周边 3km 范围内测风塔数量不应少于 2 座。

在实际项目案例中, 某些复杂地形条件下的测风塔控制范围更加有限。经过验证测风塔的数量并非越多越好, 测风塔位置空间上的代表性往往影响巨大, 受局部地形影响较大的测风塔的测风塔数据在电量计算的过程中往往会引起误判。

2、案例分析

本次以湖南慈利县某风电项目为例进行分析。该项目目前已完成并网投运, 在前期数据分析阶段存在一些问题进行分享。

项目在前期阶段有三基测风塔, 如图 1 所示。场区面积约 10km², 规划容量为 50MW。2#测风塔距离 3#测风塔为 786m, 2#测风塔

距离 1#测风塔为 2152m。三基测风塔在数量及空间上均满足规范要求。

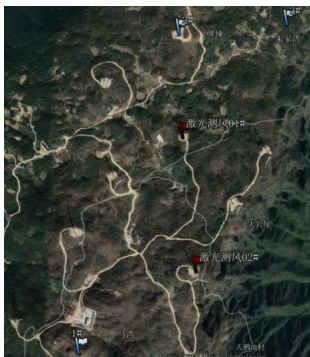


图 1 慈利县某风电项目测风塔位置示意图

(激光雷达为后期补测)

表 1 慈利县某风电项目测风塔数据对比表

测风塔	海拔(m)	切变	湍流	代表年风速(90m)	海拔高度差值(m)
1#	1201	0.11	IEC-C	5.97	220m(1#/2#)
2#	981	0.09	IEC-C	5.30	41m(2#/3#)
3#	940	0.17	IEC-A+	4.69	261m(1#/3#)

如以上表所示, 2#、3#测风塔距离不到 750m, 海拔高差仅仅为 41m, 但两基测风塔 90m 高度风速处差值有 0.61m/s。通过分析对比可知 1#测风塔拟合切变为 0.11, 2# 测风塔拟合切变为 0.09, 3#测风塔拟合切变为 0.17。3#测风塔相对于 1#、2#测风塔处拟合切变明显偏高, 且 3#测风塔位置湍流较 2#测风塔也明显偏大(3#测风塔在 10m/s-13m/s 风速段湍流超 A 类)。

处理方式:

针对复杂地形有多个测风塔同时测风的情况, 往往可以采用多塔互推的方式验证 CFD 模型的适用性和测风塔代表性。若互推结果和实测风速结论接近说明该 CFD 模型适用性较高, 测风塔代表性好, 反之说明 CFD 模型适用性相对较差, 或测风塔代表性不佳。为了保证结果的可信度, 多塔互推的测塔数据以同期数据为宜。

根据 CFD 定向计算结果可建立 1#、2#、3#测风塔之间的一一对应关系。并给可以通过三塔综合、双塔综合、单塔综合等不同组合方式对比分析相同布置方案的情况下电量差异。

以 1#测风塔的实测数据为例, 运用常用的 Meteodyn WT 软件通过建立 CFD 模型并采用多塔互推的方式进行检验。在 WT 软件中导入 1#测风塔数据, 通过 CFD 模型推导得到 2#和 3#测风的预报结果(1#的预报结果与 2#、3#的实测数据之间的误差, 即为多塔互推 2#、3#的误差)。

表 2 多塔互推结果

测风塔	1#	2#	3#
实际风速(m/s)	5.97	5.3	4.69
推算风速(m/s)	—	5.51	5.78
偏差比例(%)	—	3.96%	23.24%

由上表对比分析可知采用 1#测风塔互推时，2#测风塔预估风速和实际风速在相对可接受的范围内，但是 3#测风塔预估风速和实际风速差异有 23.24%之多。反之若采用 3#测风塔互推另外 2 基测风塔则风速偏低明显。

由此带来两个问题：一是本项目本身受场区范围及面积的影响，由于 3#测风塔测风不好，将会影响 3#测风塔周边风机布置的方案，从而影响项目容量；二是在电量计算时若考虑 3#测风塔时则全场风速较实际偏低，估算的年上网电量及等效可利用小时数偏低，从而影响项目的收益率及可行性判断。

面临上述问题需要对 3#测风塔测风情况不佳的原因具体分析，从而找到应对策略。本次采用和 2#测风塔同期数据对比的方式对 3#测风塔风资源情况进行具体分析。考虑风可能从各个方向吹来，每个风向湍流受周围地形、粗糙度等影响可能会不相等。将风向分为 12 个区间，对 2#、3#测风塔每个象限的湍流进行对比分析。

表 2 2#、3#测风塔数据对比表

风向	2#湍流	3#计数
N	0.04	0.03
NNE	0.07	0.07
NE	0.12	0.14
ENE	0.11	0.13
E	0.09	0.10
ESE	0.08	0.07
SE	0.06	0.05
SSE	0.05	0.04
S	0.05	0.05
SSW	0.04	0.04
SW	0.05	0.05
WSW	0.08	0.09
W	0.07	0.06
WNW	0.04	0.04
NW	0.02	0.02
NNW	0.03	0.02

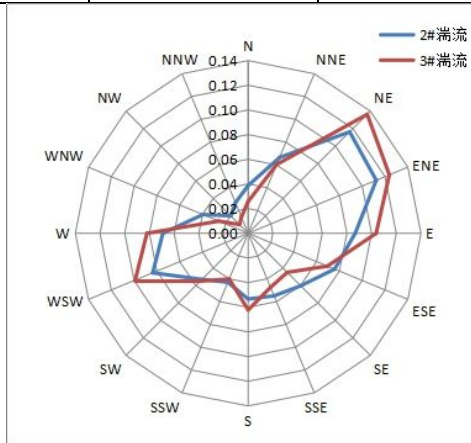


图 2 2#、3#测风塔各象限湍流强度对比

通过对不同象限 2#、3#测风塔湍流进行对比可以看出主风向上 3#测风塔明显高于 2#测风塔,其余风向上 3#测风塔明略低于 2#测风塔。对 2#测风塔进行单独分析后可以看出，3#测风塔东北方向 450m 处有一处坡度 19 度左右的小山包，从而导致东北风经过该小山包处时气流上翘，从而导致 3#测风塔处气流抬升，3#测风塔低层无风且该点位整体切变偏大。

因此在该风电场整体风资源进行评估及电量估算时，微观选址阶段应尽量避免 3#测风塔周围的区域。针对风险区域或者 3#测风塔周边拟布风机区域进行激光测风。如下表所示，激光测风结果要明显优于采用 3#测风塔外推时的结果。后期风电场每台风机发电水平验证了这一结论。

表 4 激光雷达与测风塔同期风速对比

塔号	激光雷达 1#	激光雷达 2#	1#	2#	3#
风速(m/s)	5.06	5.45	5.69	4.98	4.30

备注：由于激光雷达测风时段较短，本次仅对激光雷达与测风塔同期数据进行对比。

3、结论

(1) 某些复杂地形条件下的测风塔受局部地形影响较大，空间代表性有限，再加上目前各种 CFD 模拟软件的局限性，往往会引起风资源工程师对于风电项目整体风资源水平的误判，从而影响风机布置方案和电量估算，最终影响到项目的整体的收益率及可行性。

(2) 在采用 WT 等 CFD 软件模拟是不是引用测风塔数量越多越好，代表性差的测风塔数据应重点单独进行分析，以此初步判断出该测风塔的有效控制范围。在风资源不明朗的情况加建议进行激光测风或补立测风塔。

(3) 建议在前期测风阶段就应该重视测风塔位置的代表性，建议由专业的风资源工程师进行推荐。

参考文献：

- [1]《复杂地形测风塔选取对估算年上网电量的影响》陈彬,刘军涛,崔永峰,宋俊博,西北水电·2019年·第1期。
- [2]《测风塔风能资源分析的准确性研究》朱金阳,王霖雪,岳功昌,王博,《风能 Wind Energy》2023年第10期。
- [3]《复杂地形不同测风年数据对风电场发电量推算的影响研究》苏中莹,李诗峰,曹胜平,《风能 Wind Energy》2018年第9期。
- [4]《复杂地形风电场一体化优化设计研究》许昌1,陈丹丹1,韩星星1,Wenzhong Shen2,王长宝3,石磊,《太阳能学报》第38卷第12期2017年12月。
- [5]《风电场工程风能资源测量与评估技术规范》NB/T31147-2018。

作者简介：庞自飞（1987-10-10），男，汉，陕西西安，大学本科，中级工程师，主要研究方向：新能源