

风电场宏观和微观选址技术分析

吴培华

(国华能源有限公司, 北京, 100044)

摘要: 目前国内的风电开发处于蓬勃发展的阶段。可以说, 风电开发是靠天吃饭的产业, 厂址和机位的选择优劣与否对风电厂以后的运行效益至关重要。结合国内风电厂建设特点, 对风电厂开发、建设过程中厂址选择和机位布置进行了分析, 并提出了具体工作的程序和思路。

关键词: 风力发电; 风场选址; 微观选址

中图分类号: TM614 **文献标识码:** A

风力发电的主要目的是节省常规能源, 减少环境污染, 降低发电总成本(包括社会成本和经济成本)。一个风电场址宏观选择的优劣, 对项目经济可行性起主要作用。而控制一个场址经济潜力的主要因素之一是风能资源的特性。在近地层, 风的特性是十分复杂的, 它在空间分布上是分散的, 在时间分布上也是不稳定和不连续的。风速对当地气候十分敏感, 同时, 风速的大小, 品位的高低又受到风场地形、地貌特征的影响, 所以要选择风能资源丰富的有利地形, 进行分析, 加以筛选。另外, 还要结合征地价格、工程投资、交通、通讯、接网条件、环保要求等因素进行经济和社会效益的综合评价, 最后确定最佳场址。

风力发电机组具体安装位置的选择, 这里称为微观选址。作为风电场选址工作的组成部分, 需要充分了解和评价特定的场址地形、地貌及风况特征后, 再匹配于风力发电机组性能进行发电经济效益和载荷分析计算。

1 风电场选址技术程序

风电场宏观选址程序可以分为3个阶段进行:

第一阶段: 参照国家风能资源分布区划, 首先在风能资源丰富地区内候选风能资源区, 每一个候选区应具备以下特点: 有丰富的风能资源, 在经济上有开发利用的可行性; 有足够面积, 可以安装一定规模的风力发电机组; 具备良好的场地形、地貌, 风况品位高。

第二阶段: 将候选风能资源区再进行筛选, 以确认其中有开发前景的场址。在这个阶段, 非气象学因素, 比如交通、通讯、联网、土地投资等因素对该场址的取舍起着关键作用。

以上筛选工作需搜集当地气象站的有关气象资料, 灾害性气候频发的地区应该重点分析其建厂的可行性。

第三阶段: 对准备开发建设的场址进行具体分析, 做好以下工作: 一是进行现场测风, 取得足够的精确数据。一般来说, 至少取得一年的完整测风资料, 以便对风力发电机组的发电量做出精确的估算。二是确保风能资源特性与待选风力发电机组设计的运行特性相匹配。三是进行场址的初步工程设计, 确定开发建设费用。四是确定风力发电机组输出对电网系统的影响。五是评价场址建设、运行的经济效益。六是对社会效益的评价。

2 选址的主要技术条件

还有其他一些技术条件的优劣对于场址的取舍意义重大, 比如施工难度、送出成本、运输条件。

2.1 风能资源

反映风能资源丰富与否的主要技术指标有年平均风速、有效风能功率密度、有效风能利用小时数等。

根据我国的风能资源实际情况, 将风能丰富区指标定为10 m高年平均风速在6 m/s以上, 年平均风功率密度大于200 W/m², 超过3 m/s风

速小时数在5000 h以上。

在风能资源的计算分析时, 应以现场长周期(至少一年)测风数据为准。

2.2 容量系数

容量系数C_r是指风电机组的年度电能净输出, 也就是在真实负荷条件下的年度电能输出, 除以风电机组额定容量与全年运行8760 h的乘积。即:

$$C_r = \frac{W_{\text{电}}}{P_r \times 8760} \times 100\%$$

风电场选址于容量系数大于0.3的地区将会有明显的经济效益。

2.3 风向稳定

表示风向稳定的方法, 可以利用实测风玫瑰图表示, 主导风向占30%以上可以认为是比较稳定的。

2.4 气象灾害

在选址工作中, 应对某些对风力发电机组有影响的气象予以考虑, 在此称之为“气象灾害”, 其中有些现象可能对风力发电机组的寿命造成灾害性的威胁。比如, 在海边场址, 严重的飓风、龙卷风都可能在短时间内摧毁风机。在我国北方地区, 低于零下30℃, 风机将切出运行, 低于零下40℃将对风电机组造成损坏。还有一些气象可能减少设备运行时间。

一是冰淞。冰淞在几个方面影响风力发电机组, 严重冰淞会增加风力发电机组静态和动态的载荷, 并对风力发电机组输出功率、输电线路造成影响。另外, 当叶片结冰时, 为了防止叶片系统运转超负荷, 可能需要停止运行。当风速仪冰淞时, 由于控制系统信息中断, 也将导致风力发电机组停止运行。

二是紊流。紊流与阵风有关, 在紊流中, 流体每一点的速度在大小和方向上随机地波动, 风力发电机组结构的振动多由此产生, 严重的会损害风力发电机组寿命或导致维修费用的增加。

紊流一般由复杂的地形(如断层、山地)引起, 因此在选址中推荐以简单平坦的地形为好。

三是空气盐雾。靠近海岸线或我国西北部盐碱湖附近地带由于空气中高成分的盐雾作用, 必须考虑对风电机组的特殊保护以减轻腐蚀问题。

四是风沙磨蚀。随着内蒙、坝上、甘肃地区风场建设规模的迅速扩大, 风沙对风机的危害也需要严密关注。由于经常受到沙尘暴的侵蚀影响, 设备涂层、机件、润滑系统等可能会加速损坏, 在这种情况下需以特殊的方式或设计上的改进保证正常运行。

3 风力发电机组微观选址要则

在已确定开发建设的风电场址之后, 便可根据风能资源勘测分析结果, 分析地形、地貌特点, 充分利用有利于加大风速的地形, 来确定风力发电机组的微观位置。

3.1 微观选址的技术路线

世界气象组织在风能资源利用方面的气象问题中给出了风力发电机组微观选址技术方法的框图,见图1。

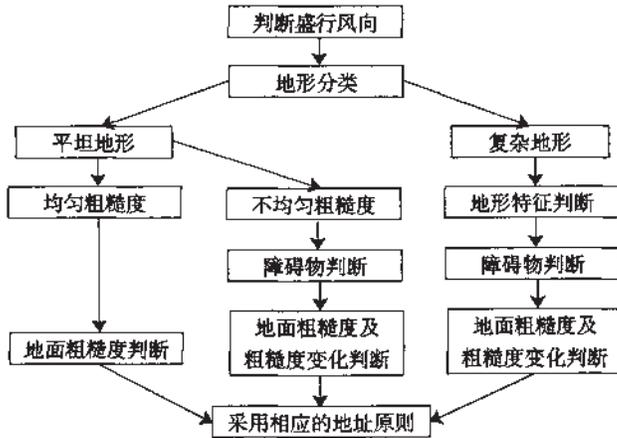


图1 风力发电机组安装位置选址技术路线

由图1可见:首先确定盛行风向;其次地形归类,可以分为平坦地形和复杂地形。在平坦地形中主要是地面粗糙度的影响;复杂地形除了地面粗糙度,还要考虑地形特征。

3.2 地面粗糙度对风速的影响

在近地层中,风速随高度有显著变化,但由于地面粗糙度不同,风速随高度的变化也就不同。风速随高度的增大,是风速受地面粗糙度的影响而引起的,大气低层常用指数公式表示风速和高度的变化关系:

$$\frac{V_n}{V_1} = \left(\frac{Z_n}{Z_1}\right)^{\alpha} \quad (1)$$

式中 V_n 为在高度 Z_n 处的风速, V_1 为在高度 Z_1 处的已知风速, α 为指数。

我国常用的 α 值分为三类,分别为 0.12, 0.16 和 0.20。按公式 1) 计算见表 1。

表1 不同粗糙度地形及各离地高度风速相对 10m 处比值

粗糙度	离地面高度/m											
	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
=0.12	0.78	1.00	1.16	1.28	1.49	1.65	1.78	1.91	2.01	2.11	2.21	2.29
=0.16	0.72	1.00	1.21	1.39	1.69	1.95	2.17	2.36	2.54	2.71	2.87	3.02
=0.20	0.66	1.00	1.28	1.57	1.93	2.30	2.63	2.93	3.21	3.48	3.74	3.98

3.3 障碍物影响

气流流过障碍物,在下游会形成扰动区,在扰动区风速不但会降低而且还有强的湍流对风力发电机组运行十分不利,因此在选择风力发电机组安装位置时必须避开障碍物下流的扰动区,从理论上讲,扰动区的长度约为 $17H$ (H 为障碍物高度),所以在选址时,尽量避开障碍物,应在 $10H$ 以上。

3.4 山地影响

山地对风速影响的水平距离,一般在向风面为山高的 5~10 倍,背风

面为 15 倍。且山脊越高,坡度越缓,在背风面影响的距离越远。根据经验,在背风面对风速影响的水平距离 L 大致是与山高 h 和山的坡度 α 角的余切的乘积成比例,即:

$$L = h \times \cot \alpha \quad (2)$$

3.5 风力发电机组安装间距的影响

建设风场,风力发电机组之间必然会产生相互干扰的问题,受风力发电机组尾流中产生的气动干扰的影响,下游风轮所在位置的风能平均量及时间量将会减少,从而造成电量下降,又由于尾流中附加的风剪切和湍流作用,使风轮受到附加的脉动气动载荷,风轮结构产生振动,增加了疲劳损伤度。

实际上将各风力发电机组安装间距扩展到没有尾流的距离是不现实的,因此,在进行多台风力发电机组安装间距选择之前,必须要参考风向及风速分布数据,同时也要考虑风电场长远发展的整体规划、征地、设备引进、运输安装投资费用,风力发电机组尾流作用、环境影响等综合因素。现实的选择是:安装间距要满足风场总体效益最大化的目标,同时满足适当的条件限制。通过对国内外风电场多年建设经验分析,风力发电机组安装间距在盛行风向上选择为 5~7 倍风轮直径,在垂直盛行风向上选择为 3~5 倍的风轮直径较为合适。

另外,机群布局方式可根据场址的具体地形条件进行规划,假如场址是沿山脊,布局就顺着山脊的走势排列。场址是平坦的,就可采用较有几何规则的排列。

4 结语

风电场选址是比较复杂的,考虑的因素也是多方面的,因此在选址中务必要按照程序和技术规则有序进行,以使建设后的风电场达到最好的经济效益。目前风电场微观选址的软件有 WAsP, WindFarmer, WindPro 等,大大地解决了选址的效率问题,实际上这些软件的工作程序也是和本文的大致思路一致的。但是在风电场选址过程中的人为参与,尤其是在得到软件的输出结果后的实地落点过程中的机位微调是必不可少的一环。所以熟悉风场宏观和微观选址的一些方法论对于风电工作者是不可或缺的一门技术。

(责任编辑:刘翠玲)

第一作者简介:吴培华,男,1972年1月生,1993年毕业于西安交通大学,工程师,国华能源有限公司,北京市海淀区交大东路52号院8号楼,100044。



Analysis on the Macro- and- micro- sitting Technology of Wind- electric Field

WU Pei-hua

ABSTRACT: Nowadays, the wind- electricity development in China is in its fast growing stage. Because the wind- electricity development closely relies on the nature condition, the selection of the plant location and the machine position are very important for the operation benefits of the wind- electric power plant. Connecting with the features of the construction of the domestic wind- electric power plant, this paper analyzes on the selection of the plant location and the machine position in the course of the development and construction of the wind- electric power plant, and puts forward some concrete working procedures and ideas.

KEY WORDS: wind power generation; wind field sitting; micro- sitting