



风 力 发 电

王承煦 张源 主编

电力科技专著出版资金资助项目



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

障碍物资料, 用户通过流程 1 可以生成该地区风图谱; 再通过流程 2 可以估算其他点的风况及风电机组发电量。用户在使用 WAsP 软件时, 应注意周围地形图、地表粗糙度及障碍物的影响, 在考虑范围内没有水面的情况下, 估算点距测风点距离应不超过 5km, 如果有水面则可扩大到 10km。

(四) PARK 软件的应用

PARK 软件属于 WAsP 软件的附带软件, 主要用于分析风电场中风电机组相互间的尾流影响。该软件模型是二维的, 在使用时要求风电机组轮毂高度相同, 并且地形高度基本相同, 它不考虑由于地形高度的变化而影响风速变化。软件要求用户设定尾流衰减常数, 该常数正常范围为 0.05~0.10, 根据当地风能资源湍流强度而定。湍流强度越低, 尾流衰减常数相应越小。另外, 软件要求用户根据风电场开发的实际情况输入所用风电机组的功率曲线、推力系数曲线、轮毂高度和风机直径; 风电场中各台风电机组的位置以及根据风电场实测风资料用 WAsP 软件模拟的风电机组轮毂高度的韦布尔分布参数, 即各扇区的频率。输入各种参数和资料后, 用户运行 PARK 软件就可以计算出风电场中各台风电机组的理论年发电量和考虑尾流影响后的发电量。

第二节 风电场年上网电量估算

一、理论年发电量估算

(一) 直接测风估算法

估算风电场发电量最可靠的方法是在预计要安装风电机组的地点建立测风塔, 其塔高应达到风电机组轮毂高度, 在塔顶端安装测风仪传感器连续测风一年。然后按照风能资源评估方法对测风数据验证、订正, 得出代表年风速资料, 再按照风电机组的功率曲线来估算其理论年发电量。用该方法估算发电量时, 在复杂地形情况下应每 3 台风电机组安装一套测风系统, 甚至每台风电机组位置安装一套测风系统, 地形相对简单的场址可以适当放宽。在测风时应把风速仪安装在塔顶, 避免塔影(风吹过塔架后的尾流)影响。如果风速仪安装在塔架的侧面, 应该考虑盛行风向和仪器与塔架的距离, 以降低塔影影响。

(二) 计算机模型估算法

利用前一节介绍的 WAsP 软件, 用户按照它的格式要求输入风电场某测风点经过验证和订正后的测风资料、测风点周围的数字化地形图、地表粗糙度及障碍物资料, 就可以估算风电场中各台风电机组的理论年发电量。另外, 其他的风能资源评估和发电量估算软件也可用于风电场发电量估算。这种方法的优点是要求的测风资料少, 成本低, 在简单地形场址条件下结果比较可靠, 是风能工作者的重要工具。

二、年上网发电量估算

风电场年理论发电量需要作以下几方面修正, 才能估算出风电场的年上网电量。

(一) 空气密度修正

由于风功率密度与空气密度成正比, 在相同的风速条件下, 空气密度不同则风电

组出力不一样，风电场年上网发电量估算应进行空气密度修正。严格来讲，进行空气密度修正时应要求生产厂家根据当地空气密度提供功率曲线，然后按照这条功率曲线进行发电量估算。

在生产厂家不能提供对应当地空气密度的功率曲线时，可根据风功率密度与空气密度成正比的特点，将标准空气密度对应下的功率曲线估算的结果乘以空气密度修正系数进行空气密度修正。其中，空气密度修正系数的计算公式为

$$\text{空气密度修正系数} = \text{平均空气密度 (风电场所在地)} / \text{标准空气密度 (1.225kg/m}^3\text{)}$$

(二) 尾流修正

可以利用 PARK 等专业软件进行尾流影响估算，从而对风电场发电量进行尾流影响修正。一般情况下，按照风电机组布机指导原则进行风电场机组布置，风电场尾流影响折减系数约为 5%。

(三) 控制和湍流折减

这里的控制是指风电机组随风速风向的变化控制机组的状态，实际情况是运行中的机组控制总是落后于风的变化，造成发电量损失。

每小时的湍流强度系数计算公式为

$$\text{湍流强度系数} = \text{标准偏差值} / \text{平均风速值}$$

风电场控制和湍流强度系数大，相应的控制和湍流折减系数也大。一般情况下，控制和湍流折减系数取 5% 左右。

(四) 叶片污染折减

叶片表层污染使叶片表面粗糙度提高，翼型的气动特性下降，从而使发电量下降。发电量估算时应根据风电场的实际情况估计风电场叶片污染系数，一般为 3% 左右。

(五) 风电机组可利用率

风电机组因故障、检修以及电网停电等因素不能发电，考虑目前风电机组的制造水平及风电场运行、管理以及维修经验，风电机组的可利用率约为 95%。

(六) 厂用电、线损等能量损耗

风电场估算上网发电量时应考虑风电场箱式变电所、电缆、升压变压器和输出线路的损耗以及风电场厂用电。根据已建风电场经验，该部分折减系数为 3% ~ 5%，可视风电场的具体情况计算确定。

(七) 气候影响停机

地处高纬度寒冷地区的风电场，在冬季有时气温低于或等于 -30°C ，虽然风速高，但风电机组由于低温必须停机。风电场测风时，应监测轮毂高度的气温。在估算风电场理论发电量时，应统计那些低于或等于 -30°C 情况下各风速段发生的时间，求出对应的发电量，根据其占全年总理论发电量的比率，在估算上网电量时进行折减。

综上所述，风电场理论发电量按各种因素折减以后，可以估算出风电场年上网电量，同时得出本风电场年可利用小时数和容量系数。其中

$$\text{风电场年可利用小时数} = \text{风电场年上网电量} / \text{风电场装机容量}$$

$$\text{风电场容量系数} = \text{风电场年可利用小时数} / 8760 \text{ (全年小时数)}$$