

文章编号: 1006-4354 (2010) 02-0038-03

榆林市长城沿线风能资源分析

王云, 戴喜红

(榆林市气象局, 陕西榆林 719000)

摘要: 利用榆林市长城沿线(定边、靖边、横山、榆林、神木5县)3种观测站的测风资料, 计算榆林市长城沿线的平均风功率密度、有效小时数、年平均风功率密度、风能总储量, 评价风能资源分布特征。分析结果表明: 榆林市长城沿线区域介于风能资源较丰富区和风能资源一般区之间。风能资源总储量2 750.5万kW。按地域分布, 位于榆林长城沿线西部的定边、靖边两县风能资源较为丰富, 风能参数大值区主要分布在风沙草滩区与南部丘陵沟壑区的过渡区域。

关键词: 榆林; 长城沿线; 风能资源

中图分类号: P425.4

文献标识码: A

风能“取之不尽, 用之不竭”, 被誉为永久性能源; 它不污染环境, 被称为清洁能源, 又被称为可再生能源。在常规能源日趋减少和环境污染日益严重的社会背景下, 风能成为未来能源的重要来源。受天气气候和地理环境影响, 风能在时空分布上有很强的地域性, 我国风能资源丰富地区主要分布在东南沿海地区和三北北部地区。陕西省虽然是能源大省, 但能源结构单一, 主要以煤炭、石油等石化能源为主, 电力能源大部分是火电, 而风电的开发尚属空白。经过初步分析, 发现陕西有3个大的风带, 分别分布在榆林长城沿线、黄河峡谷和渭北黄土台塬, 其中风况最好的风带是榆林市长城沿线, 但其风能资源蕴藏量究竟有多大, 风力资源潜力如何, 区域的分布等又如何呢? 自2005年以来, 榆林市气象局对榆林市长城沿线风能资源进行考察、调研、监测、分析与评估, 得出有意义的结果, 为开发榆林风能资源提供科学依据。

1 资料

榆林市长城沿线风能资源分析区域, 处于陕西省最北部, 黄土高原北端, 毛乌素沙漠南部边缘。主要包括榆林市的定边县、靖边县、横山县、榆阳区以及神木县西北部部分地区。区域总面积

约34 600 km²。

1.1 常规气象站资料

选择位于长城沿线的定边、靖边、横山、榆林、神木5个气象台站, 收集近30 a自记风资料。这些台站均积累了30 a以上的信息化自计风资料。资料有效完整率高于98%以上, 可直接用于分析计算。

1.2 梯度测风数据

从2006年始, 陆续在定边、靖边、横山等地设置10个测风铁塔, 塔上20 m、50 m高度进行风能资源实测。观测持续时间1 a, 资料有效完整率高于90%。用相关法进行有效性检验和补齐缺测数据, 再与附近气象站长期资料相关分析, 订正为能代表该地长期平均的风资料, 用于分析计算。

1.3 加密测风资料

为弥补由于长城沿线地区地形复杂、站点覆盖率低的不足, 于2006年5月在定边张天渠、定边乔洼梁、靖边燕墩山3地共设置10 m测风杆3个, 长期风速加密观测。

2 风能资源参数计算方法

根据中国气象局下发的《全国风能资源评价技术规定》计算风能资源参数。

收稿日期: 2009-08-03

作者简介: 王云(1978—), 男, 陕西子洲人, 学士, 从事气象科技服务工作。

2.1 平均风速 (\bar{V}_E)

风能资源评价中, 平均风速计算式:

$$\bar{V}_E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i$$

式中: \bar{V}_E 为平均风速, \bar{V}_i 为风速观测序列值, n 为平均风速计算时段内 (年、月) 风速序列个数。可得出长城沿线地区风速等值线分布情况。

2.2 风向频率

根据风向观测资料, 按 16 个方位统计观测时段内 (年、月) 各风向出现的小时数, 除以总的观测小时数即为各风向频率。

2.3 风能方向频率 (F)

根据风速、风向逐时观测资料, 按不同方位 (16 个方位) 统计计算各方位具有的能量, 其与总能量之比作为该方位的风能频率。计算公式 (以东风为例):

$$F_{\text{东}} = \frac{\frac{1}{2} \rho \sum_{i=1}^m V_i^3}{\frac{1}{2} \rho \sum_{j=1}^n V_j^3}$$

式中: $i=1, 2, \dots, m$; m 为风向为东风的小时数。 $j=1, 2, \dots, n$; $n=8\ 760$ 或 $8\ 784$ (年平均为 $8\ 760$, 闰年为 $8\ 784$)。 ρ 为空气密度, 单位为 kg/m^3 。

2.4 风速频率

以 $1\ \text{m}/\text{s}$ 为一个风速区间, 统计代表年测风序列中每个风速区间内风速出现的频率。每个风速区间的数字代表中间值, 如 $5\ \text{m}/\text{s}$ 风速区间为 $4.6\ \text{m}/\text{s} \sim 5.5\ \text{m}/\text{s}$ 。

2.5 有效小时数

统计出代表年测风序列中风速在 $3 \sim 25\ \text{m}/\text{s}$ 之间的累计小时数。

2.6 年平均风功率密度 D_{WP}

年平均风功率密度计算式:

$$D_{\text{WP}} = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (\rho \cdot v_i^3)$$

式中: n 为计算时段内风速序列个数; ρ 为年平均空气密度 (取决于当地年平均气温、年平均气压、年平均水汽压); v_i 为第 i 个小时风速序列。

2.7 风能资源储量估算

风能资源储量的估算式:

$$\text{风能资源总储量} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n S_i P_i$$

其中, n 为风功率密度等级数; S_i 为年平均风功率密度分布图中各风功率密度等值线间面积; P_i 为各风功率密度等值线间的风功率代表值。

3 风能资源参数计算结果与分析

3.1 各月及年平均风速

从榆林市长城沿线各梯度测风塔各月及年平均风速表 (表略) 来看, 各塔平均风速春季较大, 夏秋季较小。但受地形等因素的影响, 不同地区风速的年变化规律略有差异。长城沿线区域 2—7 月风速较大, 各塔月平均风速最大出现在 4—5 月, 而 9—12 月和 1 月风速较小。从整个空间分布看, 西部年平均风速大于东部。长城沿线区域年平均风速随高度增高而增大, $50\ \text{m}$ 高度处比 $20\ \text{m}$ 高度处大 $0.5\ \text{m}/\text{s}$ 左右。

3.2 风向频率及风能方向频率

风向的变化除受大尺度天气系统影响外, 也受山脉、河谷、湖泊等局地地形的影响, 因此盛行风向与地形地貌密切相关。就全年来看, 在长城沿线区域, 年盛行风向频率最多为南风或偏南风, 次多风向为北风或西北风, 偏东风出现的频率较小。

风能方向频率不仅受风向频率的影响, 还受到各风向下风速分布状况影响。尽管有些风向出现频率较高, 但由于风能与这一风向下风速的立方成正比关系, 风速的大小对风能影响甚大, 如果这一风向的风速过低, 那么其风向频率与风能方向频率就会不一致。从榆林长城沿线 10 个梯度测风塔及 2 个加密测风杆代表年份整体平均各风向频率、风能方向频率玫瑰图 (图略) 来看。由于受地形地貌等局地因素的影响, 各个测风点风速频率差异较大, 但各测风点风能方向频率基本一致, 全年风能主要分布为西北或偏南方向。

3.3 风速频率

各等级风速的频率分布特征, 不仅可以反映该地不同风速区间风速出现频率的变化情况, 而且还可揭示局地风的内在结构特征。风力发电机的启动风速为 $3\ \text{m}/\text{s}$, 有效风速为 $3 \sim 25\ \text{m}/\text{s}$, 以

1 m/s 为一个风速区间, 统计代表年各梯度测风塔每个风速区间内风速出现频率。结果发现, 除 013 号无定河大桥测风塔外, 其余各塔大于 2.5 m/s 风速出现频率都达 81% 以上, 大于 3.5 m/s 风速出现频率达 58% 以上。

3.4 有效小时数

有效风力小时数也是衡量一地风能是否具有开发价值的重要指标, 年有效小时数越大则表明风能可利用时间越长, 风能越稳定。风能利用以 3~25 m/s 的风速作为有效风速, 该标准基本上适合目前运行的风力发电机的工作范围。从图 1 看, 50 m 高度处年有效风速小时数的大值区分布在榆林长城沿线的中西部地区, 其中在靖边达到了 8 200 h 以上, 而东北部年有效风速小时数相对偏小。榆林长城沿线地区 10 个测风塔中除 013 号测塔外, 其它各测风塔 50 m 高度处年有效风速时数都在 6 100 h 以上, 20 m 高度处年有效风速时数在 5 600 h 以上。

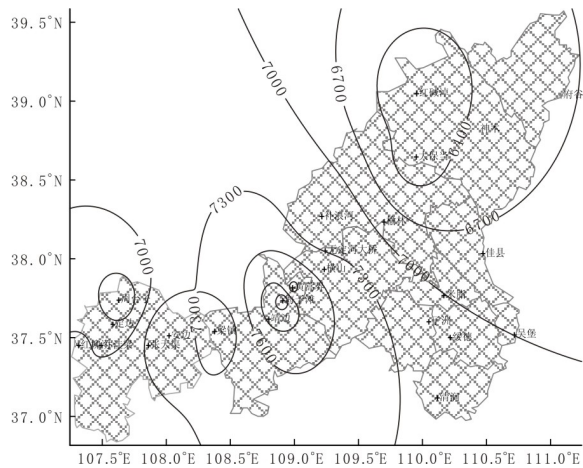


图 1 陕北长城沿线地区年有效风速小时数等值线分布图 (50 m 高度处, 单位: h)

以 1 m/s 为一个风速区间, 统计代表年测风

序列中每个风速区间内风速出现的频率。每个风速区间的数字代表中间值, 如 5 m/s 风速区间为 4.6~5.5 m/s。

3.5 年平均风功率密度

风功率密度蕴含风速、风速分布和空气密度的影响, 是判据风能资源的综合指标。平均风功率密度是时段内逐小时风功率密度的平均值。10 个测风塔在 50 m 和 20 m 高度处的变化基本一致, 年平均风功率密度最大, 在 50 m 处为 194.0 W/m², 20 m 处为 166 W/m²。空间分布差异较大, 主要的大值区分布在榆林长城沿线的中西部地区, 相对小值区在偏东偏北的区域。

3.6 风能资源总储量估算

风能资源总储量是评估一地风电开发潜力的重要依据。风能资源的储量取决于风速和有效风速的持续时间。定边县的风能资源储量最大为 1 100.2 万 kW, 其次是靖边县达 713.4 万 kW, 横山县和榆阳区风能资源储量要相对偏小。榆林市长城沿线风能资源储量为 2 750.5 万 kW。

4 结论

根据风能资源参数计算结果, 结合风能资源等级划分标准分析, 榆林市长城沿线区域介于风能资源较丰富区和风能资源一般区之间, 位于榆林长城沿线西部的定边、靖边两县风能资源较为丰富, 风能参数大值区主要分布在风沙草滩区与南部丘陵沟壑区的过渡区域, 这些区域 50 m 高度处年平均风功率密度在 180 W/m² 以上; 横山、榆林、神木县风能资源一般, 50 m 高度处的年平均风速小于 5.0 m/s, 年平均风功率密度为 50~100 W/m²。

由于风的空间变异非常大, 所涉及的测风塔较少, 许多目前还没有开展观测的地带, 仍可能存在较丰富的风能资源。