

陕西省风能资源区划与利用

查元福 杜白石

(西北农业大学农机系)

摘 要

本文以详细的气象资料为依据,对区划指标进行了计算分析,明确了陕西省风能资源的时间、地域分布状况以及风能资源量,对陕西省风能资源进行了区划,并进行了分区论述。在风能可利用地区实地考察的基础上,就陕西省风能资源的开发利用,提出了具体意见和措施。

关键词 风能资源;风能利用;时地分布;陕西省

随着石油危机引起能源价格上涨,以及常规能源带来的环境污染等问题,风能——作为可“再生”的“清洁”的能源,对于它的开发利用,重新得到了重视^[1,3,4,7]。

据高先声(1984)报道,发达国家在风能资源利用上发展速度快。仅以美国为例,风机产量1984年比1981年增长58倍,估计到二十世纪末,利用风能可节约电180万度。我国是世界上利用风能最早国家之一,但目前与发达国家相比差距较大。主要表现在风能资源开发速度慢,风能资源调查不细,对风机设计理论缺乏深入研究。

本研究工作的目的是搞清陕西省风能资源量,风能资源的时间和地域分布状况。为开发我省的风能资源提供可靠依据,为风力机的设计,选型和使用提供原始资料。

一、风能区划指标

(一) 风能区划指标^[8]

(1) 年平均有效风能密度 一年内单位时间通过单位面积的有效风所具有的能量。它表示某一地区风能可利用的潜力。

(2) 年有效风的累积时数 就是全年有效风的时间总和。它表示在一年内风力机可利用的时间,从而反映了某一地区风能分布的均匀程度。我们把大于风机起动风速,小于风机的停机风速的风叫有效风。对于风机来说这是可利用的风。有效风的范围为3~30米/秒。

为了表示一个地区风能资源的特点,区划时还采用了两个参数,它们是季有效风累

本文于1986年2月27日收到。

积时数和三十年一遇最大风速。前者表示风能在全年分布的均匀性,后者表示在三十年重现期内可能出现的最大风速。在风力机的设计中一般用这个风速作为最大设计风速。

(二) 风能区划指标的数值范围^[8] (表1)

表1

风能参数	I 风能丰富区	II 风能较丰富区	III 风能可利用区 A区 B区
年有效风累积时数 (小时/年)	≥5000	≥4000	≥2000 ≥2000
年有效风能密度 (瓦/米 ²)	≥200	≥150	≥40 ≥20

在决定风能区划指标的数值范围时,特别是决定风能可利用区的指标值时,通过经济分析,只要大于风能可利用B区的指标,风能就有实际利用的价值。

(三) 风能区划指标的计算

(1) 年平均有效风能密度 根据流体力学可以导出单位时间垂直通过单位面积的风能具有的能量——风能密度。

$$W = \frac{1}{2} \rho V^3$$

式中 W ——风能密度,单位:瓦

ρ ——空气密度,单位:千克/米³

V ——风速,单位:米/秒

因为风速 V 、空气密度 ρ 都是随时间变化的,因此风能密度 W 是一个随机变量。我们采用的是某个时期的平均风能密度 $\bar{W}$

$$\bar{W} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} \rho V^3 dt$$

式中 T ——该时期内的时间总数,单位:小时。如求年平均风能密度, T 就取一年的总小时数。

考虑到风力机只能在有效风范围里工作,故上式中: $V \geq 3$ 米/秒, $V \leq 25$ 米/秒。实用中也可采用下式计算年平均有效风密度

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{1}{2} N_i \rho V_i^3}{N} \quad (9)$$

式中 V_i ——把有效风按一定间距分级,各级的平均风速;

N_i ——各级风一年里的累积时数;

N ——一年的总时数。

空气密度(ρ)在不同地区是变化的,但在一个地区可近似看作不随时间变化。而对它影响最大的是海拔高度,有下关系式:

$$\rho = 1.22e^{-0.0001z}$$

式中 z ——拔海高度, 单位米;

e ——自然对数的底;

(2) 三十年一遇最大风速 三十年一遇最大风速, 采用极值分布密度函数法来进行计算。

年最大风速的极值概率密度函数以下式表示:

$$P = 1 - \exp \left[-e^{-\alpha(x_p - u)} \right]^{(2)}$$

式中 P ——最大风速 X_p 出现的概率;

$$\alpha \text{——待定常数, } \alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \cdot \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{0.7797\sigma}$$

u ——极值分分布众数, $u = \bar{X} - 0.45005\sigma$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

X_i ——年最大风速;

n ——年最大风速个数。

对原式进行变换后得 $X_p = X(\phi C_v + 1)$

式中 ϕ ——离均系数, $\phi = \frac{\sqrt{\sigma}}{\pi} \left\{ 0.57722 + \ln [-\ln(1-p)] \right\}$

C_v ——偏差系数, $C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}}$

我们只要知道了某一地区若干年的最大风速的记录, 令 $P = \frac{1}{30}$, 就可求出三十年一遇最大风速值。

二、陕西省风能区划

为了得出准确的区划结果, 一方面要大量收集气象资料, 另一方面要在部分地区进行实地考察。

(一) 资料的收集与处理

考虑到风能资源地域分布不均匀, 在风能丰富地区应选点密一些, 我们从陕西省99个气象站中选43个作为计算点(见表2)。收集的资料如下;

(1) 1980~1983年一日24次自记风速, 共一百一十三万个数据。

表2 四十三个计算点风能资源表

县名	年平均有效风能密度 (瓦/米 ²)	年有效风累积小时数 (小时)	年有效风平均风速 (m/s)	三十年一遇最大风速 (m/s)
府谷	37.52	2963	5.06	23.89
神木	34.81	2940	4.66	24.15
榆林	32.09	2917	4.93	23.00
横山	48.92	3266	5.37	26.44
靖边	34.49	3898	4.76	21.00
定边	66.85	4410	5.44	29.18
佳县	27.85	2643	4.83	22.55
子洲	11.86	1527	4.59	18.57
吴堡	12.38	1441	4.63	28.57
清涧	17.92	1990	4.73	20.84
志丹	12.58	1408	4.73	19.96
延川	8.63	1086	4.52	21.01
延安	7.17	1954	3.77	15.02
延长	3.18	731	4.22	17.34
宜川	5.27	1282	3.87	13.93
富县	8.04	1493	4.13	20.43
黄陵	20.89	2758	4.29	23.45
黄龙	13.45	3444	3.85	13.56
铜川	13.88	2398	4.07	27.74
陇县	11.41	1363	4.38	24.82
凤翔	13.05	2075	4.29	17.78
宝鸡	8.69	1449	4.33	22.42
凤县	11.22	1781	4.35	16.90
彬县	9.77	1605	4.25	18.44
乾县	22.05	2344	4.60	21.80
周至	5.71	805	4.34	20.64
西安	10.21	1622	4.21	21.61
韩城	21.17	2788	4.42	32.26
郃阳	45.52	3943	5.09	24.15
大荔	20.92	2462	4.60	22.19
富平	25.08	3485	4.40	20.25
渭南	8.00	1303	4.22	21.25
潼关	48.04	3882	5.17	20.68
商县	35.31	2893	5.06	19.90
商南	14.90	1455	4.66	19.17
略阳	16.41	2375	4.50	30.83
汉中	3.08	610	4.04	17.17
宁强	7.36	1102	4.38	19.40
镇巴	4.47	823	4.13	11.66
石泉	13.48	1608	4.54	21.86
安康	6.81	899	4.39	24.52
白河	8.61	1200	4.29	20.53
岚皋	3.96	633	4.30	17.76

(2) 各台的海拔高度, 地理位置和测风仪距地面高度。

(3) 各台自建台以来最大风速。

(4) 各台1970~1980年一日4次定时观测风速。利用电子计算机处理收集到的资料, 得出计算点的年平均有效风能密度, 年有效风的累积时数, 年有效风平均风速和三十年一遇最大风速的数值。

(二) 陕西省风能资源区划

根据计算结果我们画出了《陕西省年平均有效风能密度及风能区划图》(见封三)。从附图中可以看出陕西省没有风能丰富区和风能较丰富区, 有三个风能可利用区, 它们是:

陕北长城沿线风能可利用A区: 包括定边县大部、靖边、横山、榆林、神木、府谷北部。

陕北长城沿线风能可利用B区: 包括定边县南部、靖边、横山、榆林、神木、府谷、佳县大部、吴旗北部。

渭北黄河沿线风能可利用B区: 包括韩城、澄城、蒲城、富平、华阴大部、渭南大部、大荔、潼关、合阳全部。

省内其它八十九个县区均为风能不可利用区。

(三) 影响风能的地貌条件

影响风能的地貌条件主要有: 地形、海拔高度以及风机距地面高度。

(1) 地形对风速的影响 风向与地形走向一致时, 两者相配合可以增大风速。例如在峡谷和山口, 风受到束缩作用, 风速会显著增大。但两者若不能很好配合, 例如在山间盆地, 弯曲河谷以及山背风坡, 风速会减小(见表3)。由于地形对风速的影响, 划出的风能可利用地区内, 在山区一些地方会没有可利用的风能资源。但在风能不可利用区内的一些峪谷和山口, 可能有可利用的风能资源。

表3 不同地形与平坦地面风速比值

不同地形	平坦地面平均风速 3~5	(m/s) 6~8
出间盆地	0.95~0.85	0.85~0.75
弯曲河谷	0.80~0.70	0.70~0.60
山背风坡	0.90~0.80	0.80~0.70
山迎风坡	1.10~1.20	1.10
峡谷口或山口	1.30~1.40	1.20

(2) 海拔高度的影响: 风速随海拔高度的增加而增大, 因此山顶与山麓风速相差很大, 用下面近似公式来表示山顶与山麓风速比 K_s :

$$K_s = 2 - e^{-0.07\sqrt{\Delta h}} \quad (5)$$

式中: e ——自然对数的底,

Δh ——山顶与山麓高度差。

山顶与山麓风速、能与高度差的关系见表4。

表4 山顶山麓风速风能与高度差关系表

Δh , 山顶山麓高度差(米)	100	500	1000	2000	3000	4000
K_s : 风能比 $\frac{V_{\text{山顶}}}{V_{\text{山麓}}}$	1.50	1.79	1.89	1.96	1.98	1.99
风速比 $\frac{W_{\text{山顶}}}{W_{\text{山麓}}}$	3.38	5.74	6.75	7.53	7.76	7.88

因此在风能不可利用区的山顶上可能有可利用的风能资源,而在风能可利用区的山麓可能没有可利用的风能资源。

(3) 距地面高度的影响:距地面越高,风速越大。可以用下面公式表示它们之间的关系:

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

式中 V_n 、 V_1 分别为 Z_n 、 Z_1 高度上的风速。 α 为参数, $\alpha = 0.16 \sim 0.19$ (大风时 $\alpha = 0.16$)

前面计算的都是离地10米高处的风能,当需要距地面30米高度处风能时,分别是10米处的1.23倍和1.87倍($\alpha = 0.19$)。

(四) 分区论述

(1) 陕北长城沿线风能可利用A区

该地区年平均有效风能密度为每平方米50~70瓦,年有效风累积时数为3500~5000,年有效风出现为40~57%,年有效风平均风速5~5.5m/s,三十年一遇最大风速25~30m/s,每平方米承风面积一年可接受的风能折合电能为438~613度,折合标准煤184~258公斤,是我省风能资源最丰富的地区。

该地区风能资源越向西北部越丰富。

该地区春季风最多,夏季、冬季次之,秋季风最少。风能资源随时间分布较均匀。以定边为例,有效风累积小时数最多的是四月,平均每天有17.8小时;最少的是十一月,但每天仍有8.27小时。月平均有效风能密度最大的是四月,最小的是十月。全年十二个月的风能密度都大于风能可利用区的分区指标20瓦/米²。

(2) 陕北长城沿线风能可利用B区

该地区年平均风能密度每平方米20~50瓦,年有效风累积时数2000~3500,年有效风出现百分率:23~40%;年有效风平均风速:4.6~5m/s,三十年一遇最大风速:21~26m/s,每平方米承风面积一年可接受的风能折合电能为175至438度,折合标准煤:74~184公斤。

该地区风力资源越向西北部越丰富。风能随时间的变化是春季风最多,夏、冬季次之,秋季最少。以榆林为例有效风累积小时数最多的是七月,平均每天11.8小时,最少

的是12月, 平均每天5小时。一年内有四个月(1月、9月、11月、12月)没有达到划分风能可利用区的指标(20瓦/米²)。

三、对开发陕西省风能资源的几点建议

1. 陕北长城沿线风能可利用A区作为陕西省开发风能资源的重点地区。该地区是一个经济不发达, 交通不方便, 自然灾害频繁, 地广人稀的地区。在《全国农村能源区划》中把该地区划为全国典型的能源缺乏区。该地区目前能源构成如下: 秸秆12.2%, 薪柴24.1%, 茅柴48.5%, 煤炭2.8%, 畜粪4.7%, 其它7.7%。其中生物质能消耗占总消耗量的89.5%。由于地广人稀, 大电网覆盖面积较小, 主要集中在县域周围。有50~90%的农户没用上电。

从地貌上讲, 该地区属风沙滩地, 地势平坦。但是沙地占总面积的百分之八十, 其中流沙、半固定沙丘适于作牧场。该地区地表水和地下水资源丰富, 地表水估计有10亿立方米^[10], 可利用的为5亿立方米。地下水含水层30~100米, 水位埋深10米^[10]左右。该地区降雨量少, 全年仅有350~450毫米, 且集中在7~9月(占全年60%)。因此是干旱地区。

根据上述分析, 建议在这一地区利用风能可进行下面一些作业项目。

①利用风能发电 以风力为动力带动直流发电机, 在有风时把风能变为电能, 贮存在蓄电池中, 用时蓄电池向家用电器供电。

②利用风能抽水 风力发动机直接带柱塞泵抽水, 在国外已得到了广泛的采用, 并取得了较好的经济效益。国内专家们认为, 风力提水能量转换简单, 吞吐适应能力强, 无储能问题, 投资省, 见效快, 容易做到简易耐用, 经济可靠。风力抽水比柴油机抽水经济, 由兴化、阿拉善左旗提供的资料^[6]证明, 大力发展风力抽水定能收到大的经济效益和社会效益。

③风能综合利用 风能具有利用比较灵活的优点, 除了上述两种利用形式以外, 还可以作固定动力以带动农副产品加工机械, 所以把风能变成热能用以取暖、供热和干燥农副产品, 利用风力制冷贮藏农牧产品。

2. 在陕西省发展低起动风速, 低额定风速的风机。陕西省风力资源的特点是有效风累积时数多, 风能密度低。原因是小风多, 大风少。降低风机起动风速, 就能大大提高风机利用率, 取得更好的经济效益。分析计算结果可看出, 把起动风速从每秒3米降到每秒2米, 每年风力机可多利用1500小时, 利用率提高了40%。

额定风速是风机的一个重要指标, 通过对风能可利用区各点进行计算, 额定风速应选每秒6.5米。现有风机额定风速多为每秒8米, 显然不适于陕西应用。

3. 在风能可利用A区应推广中小功率的风力发动机, 在风能可利用B区应推广小功率的风力发动机。

参 考 文 献

- [1] 朱瑞兆、薛桁: 我国风能资源, 《太阳能学报》, 2 (2) 1981: 117~124.
- [2] 朱瑞兆: 《风压计算的研究》, 科学出版社, 1976年。
- [3] 农村能源综合区划编写组: 《农村能源资源调查及综合区划工作大纲》, 1985年。
- [4] 朱瑞兆、薛桁: 中国风能区划, 《太阳能学报》, 4 (2) 1985: 123~132.
- [5] 法捷耶夫: 《风力发动机及其在农业中的应用》, 农业出版社, 1962年。
- [6] 马明、林世强: 谈谈小型风力发电机的选择和使用, 《畜牧机械》, 1984 (4): 6。
- [7] 高先声: 《国内外风能利用概论》, 1984年。
- [8] 国家经委、中国科学院能源研究所: 《农村能源区划的原理和方法》, 1985年,
- [9] 朱瑞兆、薛桁: 风能计算和我国风能的分布, 《气象》, 1981 (8): 26~28。
- [10] 西北大学地理系: 《陕西农业地理》, 陕西人民出版社, 1979年。
- [11] 哈丹呼: 我所研制的几种风力提水机及其应用, 《风能开发利用》, 1984 (2): 38。

Regional Division and Utilization of Wind Energy Resources in Shaanxi Province

Cha Yuanfu

Du Baishi

(Farm Machinery Department, Northwestern Agricultural University)

Abstract

Based on the detailed meteorological data, this paper calculates and analyses the indexes of regional division. It makes clear the timely and regional distribution of amount of wind energy resources in Shaanxi Province. Also, it deals with regional division of wind energy resources in Shaanxi Province.

Again, based on the field surveys in the usable wind energy areas, some concrete proposals and measures on the exploitation and utilization of wind energy in this province were advanced.

Key Words Wind energy resource, utilization of wind energy, timely and regional distribution, Shaanxi province

