

北京太阳能气象指数预报研究与应用

张德山 丁德平 穆启占 李 讯 张姝丽

(北京市专业气象台,100089)

提 要

利用统计方法制作出逐日太阳能的短期预报模型,并将其预报产品指数化,编制了日太阳能指数预报系统,可逐日制作并发布次日的太阳能指数预报,有利于充分利用太阳能,节约电能,最大程度发挥效益。

关键词: 太阳能 太阳能指数 太阳能产品 统计预报

引 言

众所周知,太阳能是地球上最主要的能量来源^[1]。人类对太阳能的利用途径主要是通过植物将其转换为化学能,此外人类还发明了一些装置利用和转换太阳能,如光电类产品(以太阳能电池为主);光热能产品(以太阳能热水器为主);日光温室(养殖和种植暖棚)。随着能源短缺和环境污染的日益严重,可再生能源的利用受到人们越来越广泛的关注,太阳能以取之不尽、清洁无污染成为首选。能源结构调整是北京实现绿色奥运、科技奥运理念的重要保障措施。北京市多年平均年日照时数约为 2594 小时,太阳能资源丰富。而且太阳能和石油、煤炭等矿物燃料不同,不会导致“温室效应”和全球性气候变化,也不会造成环境污染,所以非常适合推广太阳能热水器、太阳房、光伏发电技术等。北京市政府也已作出规划,奥运会场馆周围 80%~90% 的路灯将利用太阳能光伏发电技术,采用全玻璃真空太阳能积热技术,供应奥运会 90% 的洗浴热水。

但是太阳能量穿过大气层到达地面时要被大气消减,消减量的多少受天气情况影响很大,到达地面的太阳辐射量随天气的变化而有很大变化,很不稳定。因此造成对太阳能直接利用的效果也很不稳定,其效益将大打折扣。这就需要其他能源在需要时对太

阳能使用装置补充能量,以弥补太阳能的不足。这就产生了怎样才能既保证装置使用的效果,又充分节能、节约资金、保护生态环境的问题。以太阳能热水器为例,该装置是通过接受太阳能转为热能,加热水温。由于昼夜的变化,太阳能热水器只有在白天才能接受到太阳能,使水加热。但是由于天气的变化,当白天有云或阴雨天时,太阳能热水器接受的太阳能较少,也不能使水加热到所需要的温度,需要用电对水加热以弥补太阳能的不足。

目前国内外对太阳能利用及太阳能设备的研究已很广泛、很普及,但关于将日太阳能量预报与太阳能利用相结合的研究,目前国内外尚未见报道。气象部门对太阳能预报的业务也尚未见开展。根据社会的需求,我们对次日的日太阳能进行了预报研究工作。这样对于太阳能热水器,用户可以调整电能的消耗;对于光伏发电设备,可提前预测未来的发电量;日光温室则可以利用未来太阳能的预测量,节约能源,充分利用太阳能调节光合作用。

1 日太阳能预报模型的建立

根据北京市观象台 1995~1999 年逐时太阳总辐射统计,绘制出 5 年各月平均的日太阳能三维分布图(图 1),可见日太阳能在不同月份差异较大,因此有必要分月建立次

日太阳能预报模型。

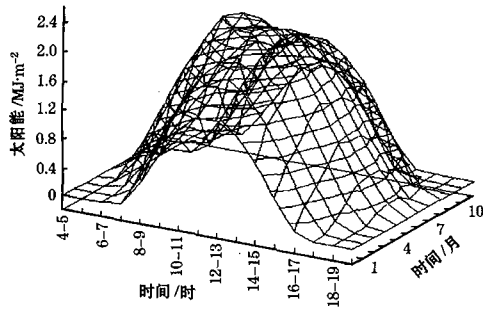


图1 北京观象台各月逐时平均太阳能分布图

1.1 日太阳能预报模型之一

对北京市观象台 1998 年观测的逐日云量、降水量、相对湿度以及太阳能(辐射)进行对比分析,因子筛选,最后进行回归建模,得到以白天平均云量为主要预报因子的北京地区各月日太阳能短期预报模型:

$$Y_i = a_i x_1 + x_2 + x_3 + c_i \quad (1)$$

式中: Y_i 为日太阳能预报量 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$); x_1 为白天平均云量 (08、14 时总云量与 08、14 时低云量之和除以 4); x_2 为降水预报订正因子: 当全天有降水时为 -3.8, 上午或下午有降水时为 -2, 中午前后有降水时为 -2.5, 全天无降水时为 0。 x_3 为相对湿度预报订正因子: 当 14 时相对湿度的 24 小时变量 > 10% 时为 -2, 否则为 0, a_i 、 c_i 为系数。以 1 月份为例, 其预报方程为:

$$Y_1 = 0.887x_1 + x_2 + x_3 + 10.5217$$

各月用云量预报日太阳能量的历史拟合率 (1998 年) 和独立样本 (1999 年) 预报准确率 (不含 x_2 、 x_3 两个订正预报因子) 见表 1; 若加上订正预报因子, 历史拟合率和独立样本预报准确率均可提高 8%。

从表 1 来看, 北京地区日太阳能预报模型的历史拟合率和独立样本的试报准确率均比较高, 且通过了 F 检验 ($F_{\alpha=0.005}$)。在业务应用中, 值班预报员只需要输入每天的云量预报值, 就可预测出次日的太阳能量, 如果对次日降水量和相对湿度预报比较有把握, 可以加入这两个预报因子, 效果会更好, 然后通过各种媒体传输到太阳能产品的市场用户手中。

表 1 用云量预报日太阳能量的准确率和 F 检验统计表

月份	历史拟合率/%	试报准确率/%	F	$F_{\alpha=0.005}$
1	74	81	35.0	
2	75	86	10.5	
3	68	61	13.1	
4	70	83	28.2	
5	87	87	60.3	
6	83	80	48.9	
7	74	71	39.8	6.35
8	87	68	39.9	
9	80	67	14.0	
10	71	68	28.6	
11	70	77	39.9	
12	84	87	10.3	
平均	77	76		

1.2 日太阳能预报模型之二

由于次日 2 个时次和两个层次云量预报较困难, 而气温日较差的对数与平均云量有很好的负相关关系, 采用同样的方法和步骤, 得到以气温日较差为主要预报因子的北京地区日太阳能的短期预报模型:

$$Y_i = a_i \ln x_1 + x_2 + x_3 + c_i \quad (2)$$

式中: x_1 为气温日较差; 其余同式 (1)。

以 1 月份为例:

$$Y_1 = 4.9946 \ln(x_1) + x_2 + x_3 - 2.9154$$

2 日太阳能指数等级划分及其服务用语

为了适应市场的需求和便于人们对日太阳能预报产品的了解和应用, 我们对日太阳能进行了分级, 以太阳能指数的形式服务市场, 从而更好地满足客户和公众的服务要求。

因为太阳能电池、太阳能热水器、日光温室大棚等产品利用太阳能的高峰期间各不相同, 如北京地区的太阳能热水器使用主要集中在每年的 4~10 月, 根据北京太阳能的最大、最小值的平均值的 $\pm 20\%$, 把该期间的太阳能指数分为 7 个等级 (表 2)。

另外, 由于北京的冬天气温低, 水管容易冻裂, 太阳能热水器的利用受到了很大程度的限制, 但在农业方面, 太阳能的利用仍有着广阔的前景, 比如日光温室、蔬菜大棚就是利用太阳能发挥光合作用的。冬季低温寡照的天气, 对日光温室大棚蔬菜的生长非常不利, 人们往往也采取一些电热光照措施, 以维持温室内适宜的气温和光照条件, 促进日光温

室大棚蔬菜的快速生长。由于北京冬季太阳能明显低于夏季,为此我们对冬天的日太阳能划分了5级(见表3)。

表2 北京春、夏、秋季太阳能指数分级与服务用语(4~10月)

指数	太阳能量级范围/MJ·m ⁻²	量级	服务用语
1	≥24.81	很强	太阳能的能源利用率很高
2	21.71~24.80	强	太阳能的能源利用率充足
3	18.61~21.70	偏强	太阳能的能源利用率比较充足
4	12.40~18.60	中等	太阳能的能源利用率适中
5	9.30~12.39	较弱	太阳能的能源利用率比较少
6	6.20~9.29	弱	太阳能的能源利用率不多
7	≤6.19	很弱	太阳能的能源利用率很少

表3 北京冬季太阳能指数分级与服务用语(11月~次年4月)

指数	太阳能量级范围/MJ·m ⁻²	量级	服务用语
1	≥8.41	非常适宜	非常适宜蔬菜暖棚的光合作用
2	7.21~8.4	适宜	适宜蔬菜暖棚的光合作用
3	4.8~7.2	比较适宜	比较适宜蔬菜暖棚的光合作用
4	3.6~4.79	不太适宜	不太利于蔬菜暖棚的光合作用
5	≤3.59	不适宜	不利于蔬菜暖棚的光合作用

3 太阳能气象指数预报系统

根据以上研究成果,北京市专业气象台编制了半自动化、人机对话的太阳能气象指数预报系统。若选择以云量为主要预报因子的太阳能预报模式,那么当天14时相对湿度、次日4个云量值以及14时相对湿度预报值可以从气象报文中自动读取,次日降水预报订正因子则需要手工输入;就可以得到次日的太阳能指数、等级、太阳能预测值以及服务用语等服务产品。若选择以气温日较差为主要预报因子的太阳能预报模式,那么当天14时相对湿度、次日最高、最低气温以及14时相对湿度预报值可以从气象报文中自动读取,次日降水预报订正因子也需要手工输入,也可以得到同样的服务产品。

4 结语

本文详细介绍了北京地区逐日太阳能预报思路、方法以及实现途径,其预报准确率基本可以满足北京用户的要求,对于其它地区也有参考价值。由于太阳辐射存在区域差异^[2],等级划分、服务用语可以有所区别。对没有辐射观测的地方,则先要进行推算^[3],然后再应用本文的思路。

参考文献

- 1 К. Я. 康德拉捷夫. 太阳辐射能. 北京: 科学出版社, 1962: 282~338.
- 2 左大康, 王懿贤, 陈建绥. 中国地区太阳总辐射的空间分布特征. 气象学报, 1963, 33(1): 78~95.
- 3 张宇, 赵四强. 关于逐日太阳辐射估算方法的探讨, 气象, 1991, 17(10): 52~53.

Research on Forecasting of Daily Total Solar Energy Index and Its Application in Beijing

Zhang Deshan Ding Deping Mu Qizhan Li Xun Zhang Shuli
(Beijing Special Meteorological Observatory, Beijing 100089)

Abstract

Statistical forecast method is used to develop a short-term forecast model of the daily total solar energy indexes. A half-automatic forecasting system of the solar energy is developed that will be helpful to users to take the most advantage of solar energy and save the electric power.

Key Words: daily total solar energy solar energy index model statistical forecast