

我国太阳能风能资源评价

朱 瑞 兆

一、引言

能源是社会发展的物质基础,它直接关系到经济的发展和人民生活的改善。1973年以后,西方发生了能源危机,影响到全世界。能源结构开始改变,由以石油和天然气为中心,逐步向储量比较丰富的煤炭、核能以及新能源方向改变,以更好地解决人类下一世纪能源的需要,为了解决能源问题,世界上已发展起一门新的学科叫“能源系统分析学”。

现在所说的新能源,包括太阳能、风能、生物能、地热能、海洋能和原子能等。新能源的概念是相对的。几十年前石油作为新能源问世,现在已作为常规能源。原子能发电在工业发达的国家已开始作为常规能源,而我国仍作为新能源。

气象学家将从气象要素中的太阳辐射和风速获得的能源称为“气象能源”〔1〕。将为能源开采、运输、利用、储藏和保管等提供有利和不利的天气条件,称为天气气象〔2〕。

太阳能和风能具有三大优点,由于它“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;它周而复始被叫作再生能源(在自然界可以不断生成,不断补充的能源)。但是气象能源在利用上存在两大弱点,首先能量巨大而不集中,即能量密度很低。风能在标准状况下,空气密度仅是水密度的 $1/773$,在相同流速下,要获得与水能同样大的功率,风轮直径要相当于水

轮的 27.8 倍。太阳能在最理想的时候也不过 1 千瓦/米²左右,昼夜平均为 0.16 千瓦/米²,所以太阳能的利用装置也必须具有相当大的受光面积,才能获得足够的功率。若风轮和集热器过大,会使造价增高,所生产的电力成本无法与常规能源竞争。但随着现代空气动力学、结构力学、电子技术、材料、光学、热学、工艺和计算技术的发展,可以使气象能源利用技术达到一个新的水平。其次,气象能源受天气条件的影响,输出能量不稳定。太阳能除了有日变化及年变化外,还受云雨的影响;风能也是一个随机变量,受气压、地形、海陆等因素的影响,时有时无,时大时小。此外风速特别大时,风力机还有损坏的危险。

由于气象能源在利用上存在着困难,国外提出了在高空建立太阳能和风能电站,使其不受地球上自然条件的影响,能连续发电,效率高的设想。如美国提出发射至 35880 千米的高空轨道上一颗大型同步卫星,建造两个巨大的太阳能电池,电池在太阳光的照射下,把太阳能变成电能,通过天线将所得到的能量用微波发射回地面,接收后把微波转换成电能,发电能力为 $300—500$ 万千瓦。但建造和发射重 5 万吨太阳能卫星,费用浩大,技术困难。又有的科学家提出,“建造高空风力电站,这个设想是电站装备大的发电机,风叶用滑翔机置于云层外的高空,据估计一个电站的功率可达 1.7 兆瓦。

二、太阳能资源利用的经济性

在太阳能利用中,气象工作者主要任务是研究计算出各地太阳能资源,它通常用一定时间内水平面上的总辐射来表示。但是,由于太阳辐射观测点的数量很少,现在仍然是间接计算方法来推求。常用的年、月总辐射(R_T)经验公式为:

$$R_T = S(a + bS_1)$$

式中 S 是在太阳辐射未受到大气削弱之前的辐射强度, S_1 为日照百分率, a 、 b 为待定系数。

a 、 b 系数用各地区日射观测站资料拟合确定,随气候条件而变化,一般在气候条件比较一致的区域内, a 、 b 系数很稳定〔3〕。

太阳总辐射的分布,主要取决于地形和大气环流。在我国大致从黑龙江的爱珲到云南的腾冲划一连线,在该线以西地势高,云雨稀少,大气透明度高,日照百分率大,太阳辐射强,年辐射总量为150千卡/厘米²,这一地区是我国太阳能丰富区〔4〕。从全球太阳能年总量来看〔5〕,这一区与同纬度相当,仍比北美西海岸低10%左右;在该线以东,大致以汉水、淮河为界,以北为太阳能较丰富区,以南为太阳能贫乏区(四川盆地年总辐射为90千卡/厘米²左右)。这与世界同纬度相比几乎是最低的。比美国低10—20%,比北非低70—80%,四川盆地不但是我国太阳辐射最少的地区,也是同纬度最低者。此外,在我国西部地区虽年总辐射量大,但海拔高,冬半年气温低,也是一个不利的因素。如太阳能热水器在气温 $\geq 10^\circ\text{C}$ 时,才能正常发挥效益,而这些地方平均气温 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的日数在120天左右,青藏高原仅60天左右,大大影响太阳能的利用。

大家知道,太阳能利用装置,当它的采光面的法线方向和太阳光线的方向一致时,

也就是太阳光线垂直于利用装置表面时,其热效率才能达到最大。气象部门的日射观测,提供的是水平面上总辐射,这中间有一个夹角,它与当地纬度、太阳的时角、太阳赤纬度以及装置的主要使用季节有关。所以为使太阳能利用装置获得较高的热效率,必须使采光面尽量垂直太阳,故而必须计算不同地方逐月、逐季和全年的最佳倾角。并以此设计一套定时自动跟踪太阳的系统。它构造较复杂,造价也高,有的还要消耗一定的能源。也有用人工调整其倾角的,但效率稍差。

太阳能利用在我国基本上仍然处于试验研究和示范阶段。我国太阳能利用,除在太阳能热水器,太阳能干燥器,太阳房,太阳灶,制冰机等方面做了较多的工作外,对太阳能电池在五十年代中期就开始研究,首先研制成功的是用于航天的硅太阳电池。同时,还对太阳能电池和太阳能发电也作了小规模示范研究。目前利用太阳能的经济性还很差。如太阳能热水器,每平方米需投资150元左右。在北方地区利用一年约可节约标准煤200公斤,因此要节约一吨标准煤共得投资750元建5米²的热水器,比目前利用余热的投资贵一倍。又如上海、天津各搞了一个太阳热能发电设备,功率1000瓦,投资20万,成本太高。国外在太阳热能发电上试验装置投资也是一样。如:法国1983年建成一座1.2兆瓦的太阳能电站,耗资三亿法郎;美国已建成1万千瓦试验电站,每千瓦投资12600美元,是常规能源的10多倍。但从长远看,太阳能是无偿的资源,再随着技术的发展,生产量的增加,经济性会逐渐的改善。这是任何新生事物所经历的过程。

三、风能资源潜力

风能的计算较太阳能复杂得多,它取决于场地特征和地形,如山的迎风坡与背风坡,

谷口与盆地、山顶与山麓,甚至大型建筑物都可影响到风能值。但是为了表征风场的气候学估算,大尺度观测资料仍可作为风能估算的基础。一般将风能资源调查分三步:首先是风能资源分析。这是大气候分析,所用资料基本上是气象(候)站的观测。给出的是地域的风能资源潜力和宏观的风能资源区划。这是提供决策和规划开发风能的依据。如我国风能开发的优先地域是沿海和三北(华北、西北、东北)地区,就是根据风能资源区划来确定的。其次,风能资源详查。这是在风能资源分析的基础上,确定了风能丰富而要优先开发的地域,再进行详查。其尺度相当中气候,须增设专门的测风站,包括固定站和临时对比站。它可以确定在风能丰富区中,哪些地方风能密度最大,最有利用条件和价值。在这些地方就可以设置大小规模与数目不等的各型风力机或风能田(风力田、风力机群、风力机网等)。同时计算出设计风力机的有关风的四大参数,即合理的启动风速、最佳的设计风速(额定风速)、正确的切断风速和可能的极端最大风速。并计算风速的时间分布、垂直变化、风速湍流度和风向变化等情况。由于工作量大耗资较多,这类详查世界上也只有少数国家局部的进行过。如美国对加利福尼亚和夏威夷两州进行了这一工作〔6〕。英国对北海地区风力资源进行了详查。我国已开始对沿海地区进行详查。第三,风力机或风能田的最佳位置的选址。在风能资源详查的基础上,对复杂地形情况下的风速变化作更详尽的分析,其尺度属于小气候范围。给出的是风力机具体位置,风能机的装机容量,并要给出风能田中风力机间相互影响情况。

风能是在单位时间内穿过风轮垂直横截面的气流产生的动能〔7〕。

国内计算风能大都两种方法并用。直接

统计法是根据原始资料按风能定义计算的,无疑是严格的和准确的,但是工作量大,且一些台站特别是海洋气象站、水文站等没有风速自记就无法计算。数理统计方法比较简便,可以平滑掉实际风速记录中的随机波动,并通过两参数研究风速在地区上的分布,可以对无资料地区的风能进行估算。且这种方法便于理论研究。

我国风能丰富的地区集中在两大带〔8,9〕,一为沿海及岛屿,风能密度在200瓦/米²左右,东南沿海最大可达500瓦/米²,风速 ≥ 3 米/秒的小时数,全年累积出现6000小时左右,东南沿海及岛屿上可达8000小时。这一带是我国风能利用最理想的地带。另一地带在三北北部及青藏高原,风能密度在150—200瓦/米²。内蒙北部可达400瓦/米²,风速 ≥ 3 米/秒累积小时数,全年为5000小时左右。目前我国风力机主要的集中在这两带。

我国新型风力机的研制工作约从本世纪五十年代才开始,吉林白城1957年试制成功了66瓦的风力机。接着江苏、浙江、安徽、内蒙、青海、新疆、北京、山东、福建、台湾等省、市、自治区,先后研制出不同类型的风力发电机,共有30多种,有水平轴、主轴中型和立轴可变几何型等。小型风力发电机即10千瓦以下的,多安装在三北北部这一地带。主要用于照明等生活用电。甘肃酒泉将风力发电用于提水改造草原。中型风力发电机10千瓦以上的多安装在沿海及岛屿。如:嵯洒的18和40千瓦。澎湖白沙乡的50千瓦〔10〕,平潭的55千瓦,目前是我国最大的风力发电机。用于照明、提水、致冷、海水淡化等。在这一地带还计划装置200千

* 我国风力机大中小是以100千瓦以上、100—10千瓦和10千瓦以下,而国外是1000千瓦以上、1000—100千瓦和100千瓦以下。

瓦和 1000 千瓦的大型风力发电机。

世界气象组织按风能密度将全球风能资源分布小于 100、150、200、250、300、400、800、1200、1600、和大于 1600 瓦/米²等 10 个等级^[11]。大致 800 瓦/米²以上(即 7 级以上)分布在海洋上。按此标准我国的风能资源仅在 2—3 级之间,沿海及岛屿可达 5—6 级。从大范围来看,我国沿海及岛屿与其他国家相比,大致相当或稍低一些;但大陆上低的较多,如与美国相比大致低 1—2 级,比苏联低 2 级以上,比荷兰、澳大利亚、日本也低 1—3 级。所以从世界总的风能资源上看,我国属一般风能区。这主要是受青藏高原屏障影响的结果。所以发展我国风能不能完全照搬国外的经验,我国目前主要是解决农村能源,应以中小型为主。

由于局地地貌对风的影响很大,在风力机选址安装前还需要作详细的勘察,如果有可能利用地形对风的增速,也是很有益的。

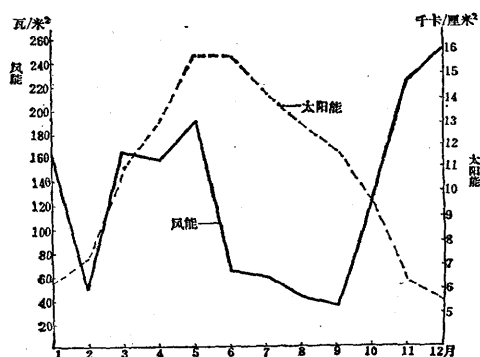
在摩擦层内,风速随高度是增加的,在大多数的情况下,增加风机动力输出最廉价的方法是加高一点风力机的塔架^[12]。

风能是无偿的,风能利用的主要经济指标是单位输出功率的成本费用。我国沿海风力提水成本已低于电力和柴油提水。如江苏兴化风力机提水费 0.8 元/亩,柴油机提水费 6 元/亩,电力提水费 4.7 元/亩。但风力发电设备的造价每千瓦约 6000 元,其成本比常规电源贵得多。每度电 0.5 元左右比大电网电费高 2—3 倍。所以风力机要择优造型,降低成本,才有大的生命力。

四、几点设想

1. 太阳能和风能在转换成自然能源时都受到季节、地形和天气气候等多种因素的影响。我国属季风气候区,一般冬半年干燥风

大,太阳辐射强度小,夏半年湿润风小,太阳辐射强度大,两者变化趋势基本相反(见附图)。最佳利用方案是扬其两能之长,相互补充其短而综合利用。丹麦 N. E. Busch 和 K. Møllenbach 提出太阳能风能联合利用系统^[13],美国 C. I. Aspliden 提出太阳能风能混合利用的计算方法^[14]。美国能源部也在研究太阳能风能混合系统。我国也召开了太阳能风能综合发电装置的研究会议,气象部门计算各地太阳能和风能资源潜力和年、月变程,综合分析给出两种能源是同位相还是反位相,进而可以确定相互补充的数量。



附 图

此外太阳能和风能还可以与其他能源综合利用,如:风能提水,水力发电。太阳能与生物能结合等,在此不一一叙述。

2. 太阳能、风能可以弥补常规能源的不足,从长远看,又可成为常规能源的替代能源。近期内着眼于解决农村牧区、海岛、盐场、林区以及偏僻边远地区的能源。一些小规模的实用太阳能、风能技术已证明具有推广价值,但需进一步提高其效率、降低成本。对一些大规模的复杂的太阳能、风能技术还处于研究试验阶段,要加强科研和示范工作。

3. 太阳辐射仪器陈旧,尚无自记记录,

每隔3小时观测一次,误差较大,要建立新的太阳辐射观测站系统,提供精确和更完整的数据。现在观测只有水平面上的太阳辐射量,还需要有倾斜面上的太阳辐射量。同时,还缺乏各个光谱的观测数据,而这些数据对预测高聚光度太阳能系统的性能是必不可少的。因此,从利用太阳能经济角度出发,气象部门应改进辐射测量。这也是世界气候计划的研究项目之一。

4. 风能资源资料也是很缺乏的,特别是不同地形及近地层不同高度的风速变化资料尤为不足。若要足够精确地预测风力机的特性,必须对每个可能作为选点的地方在离地面适当的高度上进行梯度观测和风洞模拟试验。

阵风造成短期的脉冲,风机有平滑的作用,即使在实际的风速并不平稳的情况下,功率输出还是显得比较平稳。但很强的阵风,可能毁坏风机,这方面的资料很少,应开展观测研究。

风能装置运转期间风的预报也是需要的。国外现在已开始研究风能预报模式,提供各高度上几小时到几天的预报。同时还开始“重合概率”方面的研究,即指位于不同风系中的几个风能田至少有一个风能田可以发电的概率。

太阳能和风能是无穷无尽无代价的供应,又无污染,尽管目前经济性较差,在现代科学技术突飞猛进的形势下,经济性会大幅度地改善。如太阳能利用价值很昂贵,但未来在需要低压直流电的现代化电子设备中采用太阳光电电池,可望获得在经济上可行的高功率输出。

参考文献

[1] C. S. Ramage, Prospecting for Meteorological Energy in Hawaii, Bulletin Amer. Me. Soc., Vol. 60, No. 5, 1979.

[2] 张家诚, 气象能源与能源气象学, 气象, 1982, 2.

[3] 祝昌汉, 再论总辐射的气候学计算方法(二), 南京气象学院学报, 1982, 2.

[4] 王炳忠, 太阳能资源利用区划, 太阳能学报, Vol. 4, No. 3, 1983.

[5] Daniel N. Lapedes Editor in chief, Encyclopedia of energy, MCGRAW-Hill Book company, (1976).

[6] H. C. Chien, R. N. Meroney and V. A. Sandborn, Sites for wind-power installation: physical modelling of the wind field over Kahuku Point, Oahu, Hawaii, Third international symposium on wind energy systems, August 26, 29, 1980.

[7] 朱瑞兆、薛桁, 风能的计算和我国风能的分布, 气象, 1981, 8.

[8] 朱瑞兆、薛桁, 中国风能资源, 太阳能学报, Vol. 2, No. 2, (1981).

[9] 朱瑞兆、薛桁, 中国风能区划, 太阳能学报, Vol. 4, No. 2, (1983).

[10] 郑子政, 气候与文化, 台湾商务印书馆, 1969.

[11] WMO, Meteorological aspects of the utilization of wind as an energy source, WMO, Technical Note, No. 175, (1981).

[12] 朱瑞兆, 风力机位置选择中的一些气象问题, 气象, 1981, 11.

[13] N. E. Buch and K. Möllenbach, Technological aspects of the mixed use of solar and wind energy, WMO, Energy and special application programme, Report No. 2 (1981).

[14] C. I. Aspliden, Hybrid Solar-Wind Conversion Systems, Meteorological aspects, (1981).

专业知识讲座预告

为加速气象科技现代化的进程, 各类气象人员迫切要求掌握各种新的知识和技能。为此, 本刊决定从1985年第1期起陆续举办《气象通信知识》、《计算机知识》和《山区农业气候和小气候考察方法》等三个讲座, 每个讲座有十讲左右。讲座将紧密结合气象业务技术工作实际, 讲解有关的基础理论知识、发展状况及其在气象上的应用。凡需要阅读这三个讲座的读者, 请及时到当地邮电局联系订购1985年本刊。

本刊编辑部