

国内外风力发电技术发展概况*

刘 文 博

(黑龙江省机械工业研究所)

风是取之不尽用之不竭的重要能源。尽管现在人们能够利用的风能,只是距地面100~200米的流动空气,仅占全部风能的1~2%,但每年仍能为人类提供200~300亿千瓦的能量。现在全世界各种风力机的总功率约为55万千瓦;只有目前可利用风能的几分之一。可见风能的潜力是十分巨大的。

用风力来发电,最早是丹麦,在本世纪二十年代中期,全国农村就普遍应用风力发电来提供照明和无线电所需的电力。随后,英国、美国、德国、法国、荷兰、苏联等国也有了发展。

由于风速和风向随时变化,给风能的利用,特别是风力发电带来了很大困难。因为风轮不随时对准风向,就不能最大限度地接受风的能量,而影响功率输出。风速的变化,会使风轮的转速产生波动,风力发电机发出的电力,电压和频率就会不稳。此外,各种风力机械所赖以作功的流动空气密度很小,只有水的1/800,因此要得到相同的功率,风力机的受能器—风轮,就比水轮机的涡轮大得多。同时,风在运动时由于和地面发生摩擦,距地面越近,能量损失越大。因此,往往都把风轮放在高高的塔架上。由于这些原因,风力机械的体积一般都很大,耗用很多钢铁,造价也高。还有在无风或弱风的情况下,仍要求提供足够能量的地方,又必须解决蓄能问题。这些情况使得风力发电技术,在相当长一段时间内发展不快。

近些年来,风力发电在国外得到了普遍重视,其原因是:

1. 随着工业的发展和水平的提高,一些工业发达国家对能源的需要飞速增长,由于燃料能源的储量有限,因此急于寻找和开发其他自然能源。
2. “能源危机”的出现,石油、煤炭的价格不断上涨,用燃料发电的成本也在不断提高。
3. 由于环境保护越来越受到的重视,要求开发无污染的能源。
4. 电子技术、空气动力学的发展,新型材料的出现,使风能的利用有了技术保证,风力发电的调速控制精度逐渐提高,经济性有了显著的改善。

因为这些原因,风能利用在国外发展很快。

* 本文为1980年3月黑龙江省能源节约、利用会议而写,曾在会上做了介绍,刊登时作了删减。

一、国外情况

国外近年来,不但工业发达国家,如美国、苏联、日本、英国、法国、西德等国十分重视风力发电技术的发展,罗马尼亚、波兰、匈牙利、意大利、瑞典、澳大利亚、葡萄牙及非洲一些发展中国家,也在从事风力发电的尝试。

美国能源部制定的一九七七年至一九八五年的能源研究计划中,风能开发的研究费用占整个预算的四分之一。美国宇航局和全国科学基金会投入了大量的人力、物力。这两个机构在一九七五到一九七九年的风力发电五年计划中投资三千万美元。他们设想在二〇〇〇年时,风力发电向全国提供的总电量,相当于一九七五年美国全年发电量的总和,将占当时美国总发电量的5~10%。

国外现有的风力发电站,按容量可分为大、中、小三种,10千瓦以下的为小型,10~100千瓦的为中型,大于100千瓦的为大型。

国外目前发展风力发电机,主要有两种型式,即风轮回转中心与地面平行的(叫水平轴)和与地面垂直的(叫垂直轴)两种。

目前,国外中小型水平轴风力发电机在技术上已经基本过关,有的已作为商品生产,用于无线电通讯、照明、充电、农用动力以及边远地区的电话交换台供电或海岛的海水淡化等方面。大型风机由于风轮庞大,桨叶制造困难,控制技术复杂,传动方式及另件的材料、强度都有些尚未解决的问题。因此多为研究、试验性样机,与电力网并网供电的很少。

国外投入转运的最大的水平轴风力发电机组,是美国能源部和宇航局最近在北卡罗来纳州博恩建成的2000千瓦机组,它的双叶风轮直径为61米,塔架高45米。工作风速为4.9~15.6米/秒。美国的1250千瓦机组曾在一九四一至一九四五年中发出36万度电力,因桨叶折断中间停顿,最近经修复重新投入运转。法国曾制成过800千瓦机组。丹麦曾制成每年发出20万度电的200千瓦机组。苏联、美国、英国和阿尔及利亚,都制成过100千瓦机组。

西德波恩研究中心,在一九七九年宣布开始建造3000千瓦风力发电站。这座风力发电站建成,将是世界上最大的风力发电站。

垂直轴风力发电机是最近发展起来的一种新型风力发电装置,由于它无需调向机构,并将很重的发电机和减速器移到地面,因而大大地降低了造价和发电成本,引起了人们极大的兴趣。但它也存在着需要启动动力和调速困难等缺点。

目前最大的垂直轴风力发电机装在加拿大的马格达伦岛上,容量为200千瓦。美国设计的30千瓦垂直轴机组曾于一九七七年投入运行,并计划设计120千瓦机组。

现在,风力发电机的风能利用系数较低,机组重量大、造价高,特别是大型风机这些问题更为突出。美国宇航局对100千瓦试验性样机做了经济分析,每千瓦造价高达5050美元(合人民币约7500元),生产性样机每千瓦还需1490美元(合人民币2200美元)。英国对发展1000千瓦水平轴风力发电机的造价进行了估算大致在18万至36万英镑之间,每千瓦折合人民币612~1224元。为了解决这些问题,国外的研究动向是:

1. 研究简化结构、降低造价的途径。垂直轴风力发电机在这方面有很大潜力,法国、加拿大、美国都在开展这方面的试验研究工作。

2. 设想全新的高效率的风力发电方式。美国航空空间公司的研究人员提出了在中空的园塔中形成人工龙卷风,推动空气涡轮机发电。初步试验表明,这种方法的优点是:能产生很大的输出功率,提高了效率,降低了发电成本。美国纽约工艺学院也创制了一台能使涡流增强的新式风力发电机,其效率为通常的风轮型风力发电机的8倍,而且在风速为1.8~2.2米/秒时仍能正常发电。这些将是新一代的风力发电装置。

3. 研究强度大、容易制造、成本低的桨叶材料和高效率叶型。美国100千瓦机组的18米长的桨叶是采用玻璃钢材料制成的。西德正在制造的3000千瓦机组的50米长的桨叶据称也将采用玻璃钢。

4. 研制大容量的单机机组。目前美国和西德都在研制3000千瓦的超大型机组。苏联也曾计划研制单机容量为2000千瓦的机组。

5. 研究多台风力发电机组成大电网。美国宇航局和全国科学基金会的研究计划中设想,在得克萨斯海岸到加拿大边界之间的大草原上,建造一个由30万个塔组成的风力发电站。每座塔高255米,塔上装置20台200千瓦涡轮发电机。电站总容量达6亿千瓦。荷兰、英国、丹麦等国也都有类似的建造庞大的风力发电机机群的设想。

由于风速随时变化,有时甚至无风,为了保证连续供电,就必须解决蓄能装置或备用电源。中小型风力发电机往往采用蓄电池蓄能,或备用柴油发电机。大型的不与电网并网的独立运行的机组,国外目前采用的蓄能方法有:抽水蓄能、电解水蓄能、飞轮蓄能、热能蓄能、高能电池蓄能等。

二、国内情况

我国沿海、牧区草原以及许多山口、高原地区,风力资源十分丰富。内蒙、新疆、西藏等地,一年有二百天以上平均风速大于4米/秒。浙、闽沿海岛屿年平均风速高达7米/秒以上,而且比较稳定,都具有发展风力发电以至建立风力发电机群的条件。而这些地区,又多属边远地区,远离电网,交通不便,能源十分缺乏。充分开发风力资源,是解决这些地区能源的有效途径。

我国利用风力发电,是解放后开始的,特别是一九五八年前后,曾经有好多地方,如吉林白城子专区,江苏泰州、兴化地区及如皋,安徽的蚌埠,辽宁的营口、锦州以及新疆、内蒙的一些地方,都先后搞过风力发电。但多数是10千瓦以下的小型机组,超过10千瓦的中型机组有吉林洮南的10千瓦、内蒙的12千瓦、浙江嵊泗的18千瓦、江苏启东的20千瓦、黑龙江兴凯湖的30千瓦、吉林白城子的80千瓦等机组。其中较有成效是内蒙古农牧业机械化研究所、天津电气传动研究所、上海电器科学研究所联合设计的12千瓦风力发电机和上海华东电力设计院、浙江省机械研究所等单位联合设计的18千瓦风力发电机。12千瓦机组进行了试运转,取得了技术数据。18千瓦机组装在浙江省嵊泗岛为海水淡化提供电源。其他一些机组因材料、调速机构的传动质量及其他原因而中途停顿。目前能够正常运转的机组,只有浙江的18千瓦一台。

一九七五年内蒙古农牧业机械化研究所等单位，从澳大利亚引进样机，制成了2千瓦风力发电机，经过600小时运转，证明机电性能良好，强度可靠，一九七六年通过了产品鉴定，是我国第一台经过鉴定的风力发电机。一九七九年内蒙呼伦贝尔盟电力局试验所研制的250千瓦风力发电机也召开了鉴定会。

中型机组现有几处正在研制。黑龙江省机械工业研究所设计的20千瓦机组已进行试运转，近期可完成测定及性能试验工作。浙江省机械研究所设计的40千瓦机组正在进行组装。福建省机械研究所正在进行55千瓦机组的设计。

垂直轴风力发电机国内也有少数单位进行研究。国防科委八二七指挥部第一研究所，对2.8米轮径的双叶Φ型垂直轴风力发电机进行了试验，在风速8米/秒时输出功率为650瓦，风能利用系数为0.37。清华大学也做过600毫米轮径的垂直轴风力发电机的模型试验。

综合上述情况，可以看出，我国的风力发电新技术，尚处于刚刚发展的阶段。小型的运行经验较多，但也多未定型，更没有批量生产。中型的还处于试验研究阶段。因此，整个风力发电技术和国外相比差距很大，在这方面赶超世界先进水平，尚有许多工作要做。

我国已开始重视风能利用和风力发电新技术。国家科委一九七九年初成立了国家科委能源组风能分组，并制定了风能分组的科学技术发展规划。今后风能利用技术必将出现蓬勃发展的形势。

当前我国发展风力发电新技术存在以下技术问题：

1. 小型风力发电机调速质量不高。电压和频率波动幅度大，应研究结构简单、调速可靠的装置。中型机组除也存在这一问题外，对下风向布置的风轮调向机构，在技术上并没有过关。

2. 高强度的新型材料在桨叶上的应用没有解决。桨叶因强度不够或疲劳破损的事例很多。我国吉林洮南10千瓦、江苏启东的20千瓦、黑龙江兴凯湖的30千瓦等机组都发生过桨叶折断的事故。

3. 叶型和桨叶的结构对提高风能利用系数，是十分重要的因素。而目前，我国没有自己的叶型标准。各风力机研究单位都分别采用不同国家的叶型。

4. 中型、大型风机的桨叶制造工艺没有解决。因为制造成本很高，所以我国几个中型机组，如18千瓦、20千瓦，以及正在试制和设计的40千瓦和55千瓦机组，都采用退役的直升飞机桨叶。它用在风机上其结构并不完全合理，只是一种权宜之计，而且40、55千瓦已用至最大出力。

5. 没有找到最佳的蓄能方法。目前国外采用的一些蓄能方法，也存在不少问题，有的土建工程大，有的需配有其他贵重的附属设备，所以投资很大，不符合我国国情。

6. 我国目前气象部门的风速测试手段，不能满足风能利用的技术要求。用定时观测算术平均的办法计算风力，不能真实地反映风能的多少。因此用这个风力的大小预计一个地区的风力发电装置的年发电能力及发电成本，很不准确。

数字显示的新型自动化测量装置

——感应同步器数显表简介

张 继 正

(哈尔滨机械研究所)

一、概 述

1. 感应同步器的性质

随着科学技术的不断发展,对测量技术也提出了新的要求,其中突出的是自动化及高精度的测量任务。感应同步器数显表就是适应这种客观要求而产生的一种直线位移量或转角位移量的精确测量装置。它是一项具有七十年代水平的先进测量技术,已被列入我国机械工业十年科技发展规划中新技术新工艺四十项推广应用项目之一。它由两大部分组成;一部分是感应同步器(或称“电尺”),是以电磁感应原理进行检测的精确器件,用于测量直线或转角位移量;另一部分是数显表,它是将感应同步器的模拟量转换为数字脉冲量,用闭环控制方式精密准确的反映位移量。并以数字显示出来,同时还可以打字记录。

2. 感应同步器的特点

①它可以实现自动化连续测量位移量,在保证加工精度,提高产品质量,提高工效等方面效果很显著。在机械加工中用它可以直接连续的显示刀具或工件加工过程中的位移量,不需停车测量,在大、中型机床上效果更为明显。过去加工大型零件用卡尺测量,很难保证二级精度。采用数显装置后,系统定位精度一般是在0.03毫米以内,达到二级精度很容易。而且效率高,劳动强度减轻,生产效率提高20%左右。

②感应同步器与光栅磁栅比较也具有:*a* 精度高,因为在定尺上感应电压信号是多周期的平均效应,从而使绕组局部误差的影响减少;*b* 对周围环境适应性强,由于感应

(上接39页)

参 考 文 献

- {1} 《WIND MACHINES》, by Frank R·Eldridge, October 1975.
- {2} 《FEDERAL WIND ENERGY PROGRAM》,SUMMARY REPORT, January 1, 1977.
- {3} 《国内外风力发电概况》, 浙江机械, 1975年3月第1期
- {4} 《用于偏僻地区的风力机发电》, 国外畜牧机械参考资料, 1976年10月, 第2期
- {5} 《美国风力发电机概况》, 同上
- {6} 《国外风力发电概况》, 黑龙江省大办电力工作会议资料, 1977年2月

同步器采用的钢基板与安装设备的热膨胀系数接近,当周围温度变化时,两者变化相近似,不影响测量精度。此外印刷绕组表面涂有防切削液的保护层,不易受潮;*c* 寿命长,不存在老化或故障,无机械磨擦;*d* 可以拼接成各种测量长度并不使精度下降;*e* 抗干扰力强,闭环系统只与位移有关,不受干扰影响。

3. 感应同步器的用途

①用于机床加工或仪器的位移的检测,它有六位十进制数码显示,最大测量范围 ± 9999.99 毫米,直线式精度可达 0.01 毫米到 0.0025 毫米,转角式精度可达 $0.5''$ 或 $1''$ 到 $9''$ 。

②它可以用于点位控制或闭环数控机床的反馈元件,用在精密的同步随动系统中可实现单机自动化。

4. 发展及动向

在五十年代初,美国法兰特公司研制了圆盘式感应同步器(与旋转变压器相似)成功。以后又发展了直线式感应同步器,精度达 ± 0.5 微米。到六十年代又进一步发展,以后其他国家如英国、西德、意大利,日本及苏联等先后仿制,我国在六十年代初开始研制感应同步器,七十年代初开始研制数显表,目前已有十几家生产。

5. 感应同步器及数显表的种类

①感应同步器分以下几种

a. 标准型——是直线式中精度最高的。可用于定位精度高的机床上,定尺为: $250 \times 58 \times 9.5$,滑尺为: $100 \times 73 \times 9.5$ 。

b. 窄型——比标准型窄一半,用于安装位置受限制的地方,电磁耦合度不如标准型,因此精度低些。

c. 带式——定尺绕组敷在钢带上,滑尺计算尺游框一样可滑动,用于安装面不易加工固定的场合。

d. 三层式——定尺与滑尺均有粗、中、细三套绕组,用以建立一个绝对坐标系(一般为 4000 毫米)测量范围在 ± 0.002 —— ± 2000 毫米。

e. 园式——用于测量转角量,以直径分规格。

②数显表分以下几种

a. 鉴幅型——根据感应同步器的感应电势振幅的幅度变化来鉴别机械位移量,由

〔7〕《关于国外大规模开发风能抽水发电的设想和研究情况》,黑龙江省水利科学研究所技术情报室,1978年6月

〔8〕《3米直径达里厄风力涡轮实验研究报告》,国防科委八二七指挥部第一研究所,1979年3月

〔9〕《 $\Phi 600$ 立轴 Φ 型转子风力发动机气动特性试验报告》,清华大学热能工程系,燃气轮机教研室,1979年2月

〔10〕《国外大规模开发风能的设想和研究》,国外科技参考资料,1977年8月第24期内蒙自治区科技情报所编

〔11〕《风力发电——开发新能源的途径之一》,科技参考,1978年7月第二期黑龙江省科学技术情报所编

〔12〕《风力发电大有可为》,内蒙古自治区电业管理局,1977年3月