

量并不能提高。在陡坡、丘陵山区有障碍物和平均风速较低的地区,可视其具体情况适当提高塔架的高度,如果仍采用原塔架,可提高安装基础。这样,不但在经济上是合算的,并且有利于节约钢材。

## 美国风力机产品综合介绍

美国《风力》杂志第十期发表了截止于1977年秋季的全年风力机系统新产品汇编。汇编扼要介绍了23种不同牌号33种型号的风力机以及为可供选择配套的17种风速仪、9种蓄电池、7种变电器、4种塔架、3种发电机和几种控制开关。现综述如下。

### 风 力 机

所报导的风力机型号除一种是从法国进口的“爱罗瓦特”(Aerowatt)风力机外,其它都是美国国内产品。风力机的用途主要是发电,其次是汲水。用来汲水的风力机在美国已有近百年的历史,但经过改进为新产品,在汇编里报导的只有五个牌号,各一个型号,基本上保留了传统的多叶风轮,在劲风中折转尾翼的安全机构和经过减速曲拐传动往复泵的结构形式。其中也简单介绍了竖轴曲翼风轮的“萨冯尼”(Savonius)风力机和一种水平曲拐轴双螺旋翼风轮风力机,显然都还没有广泛推广。汇编中所见的其它牌号型号风力机都是风力发电机。这种风力发电机在美国虽也已有几十年的历史,和汲水风力机一样主要用于较分散的美国独户农场中,但汇编反映了近年来已有较大的发展:一是功率提高了,从早期不满1千瓦提高到汇编中报导的WTG系统的200千瓦,风轮直径也相应扩大到80英尺;二是发电机由早期直流发电机发展成为交流发电机。较小功率的风力发电系统经过整流注入蓄电池,在用电时经过变电器变为标准交流电以适应一般电器性能;较大功率的发电系统和电网并联运行;用户所需用的电力当风力发电机不能满足供应或不能供电时,由电网补充或供电,用户用电少于风力发电机所提供的电力时,发电机同时向电网输电。

风力发电机一般包括风轮、传动箱和迎风装置三部分。风轮一般在垂直面内转动,所以传动轴是水平放置的,风翼一般是三片,采用螺旋桨形断面以提高空气动力性能,但也有采用古老的多叶风轮的风翼形式的,每风轮风翼多达36片,均布在风轮内、外轮圈之间,有的个别牌号采用特殊形式,如“品森风轮”(Pison Cycloturbine)采用竖轴三竖翼形式,DAF“戴利司”(Darrieus)则采用竖轴双弓翼形式。风轮一般在风速达到8~10英里/小时时开始旋转,达到30~75英里/小时时停止旋转,而其强度则各个牌号均称能够耐受100英里/小时的大风。风力发电机的额定输出一般在22英里/小时的风速时测定,但有的牌号也在20、25、26、30英里/小时的风速中测定。安全机构采用三种设计:多数牌号采用在机翼内端安装离心锤,利用其离心力改变机翼螺角的方法;也有不少牌号采用在强风中利用风轮上所受风压使风轮折转的方法;有的图号还采用在风轮中心部份或机翼外端安装阻滞翼(Spoiler)的方法,这些阻滞翼当风速加大时,就改

变原有的顺风位置为扫风位置，增大阻力以降低风轮转速。

风力发电机的传动箱一般是斜齿轮式，传动比决定于发电机额定转速和风轮转速，所以和风轮直径有关。小直径风轮如6英尺的“森森保”(Sencenbaugh)500型风力发电机可以直轴传动，而风轮直径达到80英尺的WTG风力发电机则须采用传动比为40:1的传动箱。为求简便起见，有不少风力发电机是用三角橡胶带传动的，例如采用多翼风轮的美国风车(American wind Turbine)将三角橡胶带直接挂在16英尺风轮的外圈和发电机皮带轮之间，传动比为30:1。

风力发电机的迎风装置在多数牌号上采用尾翼，并将风力机用轴承安装在塔架顶的竖轴上，发出的电力则通过滑环和炭刷向下传送。采用尾翼的风力机，其风轮都位于塔架竖轴的上风方向。有的牌号的迎风装置不采用尾翼而是把风轮位置安排在离开塔架竖轴中心一定距离的位置上，靠风轮上的空气压力把风轮稳定在塔架竖轴中心的下风方位上。

## 风 速 仪

风速仪用直读或记录的方法衡量风速，一般和风向仪结合成套使用，测头均为半圆杯转子式，每转子杯数3~6个不等。各家公司可供选择的风速仪配套情况以“太克塞司”(Texes)电子公司为例说明如下：风速仪使用三杯或六杯转子以驱动直流、交流发电机或光电系统，后者在转子轴上连接一个含有四十缝隙的圆盘，用以干扰射向光电管的光线，经过调制的光电管输出可以直接联接到电子计算机去。配用交直流电机的风速仪所需的电源自给，而配用光电系统的风速仪则需要60赫、120伏交流或12伏直流的外给电源。风速测量范围为0~100英里/小时。一个带有单独发电机的尾翼型风向仪可供选购配套运用。风速仪配有典型的直读式速度表头，但也可以和各式纸带记录器或电子计算机记录器配合运用。这家公司还提供和风速仪配套运用的风速控制系统，可以经过预调来按一定风速延迟开动或停动一种机器。

## 蓄 电 池

供风力发电机系统应用的固定式蓄电池要求有耐受深度放电——充电循环的能力。各公司供应的蓄电池按极片材料分有“铝——钙”、“铝——镱”和“铝——氧化铝”等三大类。“铝——钙”蓄电池的耐循环能力最差，但维修费用最少，使用寿命中等。“铝——镱”蓄电池的耐循环能力最强，但使用寿命和维修费用最不令人满意。“铝——氧化铝”蓄电池的使用寿命最长，但维修费用和耐循环能力中等。各公司提供的蓄电池放电能力大小不一，最大的有达到8000安培——小时的。应当注意到的是各公司标定放电能力的标准并不相同。标定放电时间有的取8小时，有的取240小时，所以，不同公司的蓄电池的额定放电能力虽一致(或相差无几)，但因标定放电时间不一，实际放电能力可能十分悬殊。例如“威拉特”(Willard)DD—5—1型蓄电池的额定放电能力虽为200安培，但标定放电时间若取为3小时(放电电流为27安培)，实际放电能力只有81安培小时；标定放电时间若延长为400小时(放电电流为0.6安培)时，放电能力就提高到240安培小时了。

## 变 电 器

变电器的任务是把风力发电机所发生的、经过整流输出的不稳定直流电转变为一定电压和一定频率的稳定交流电。具体设计各牌号有所不同。

“基米尼”(Gemini)同步变电器的特点是它能够使风力发电机和电网并联运行,二者互为补充。

“苏来克”(Soleg)变电器的特点是它的比较符合风力发电系统要求的电气性能,这种变电器在高感应负载电路中能够短时间耐受高于额定负载100%的负载,有利于克服电动机的起动载荷;在经久使用条件下,它的负载能力是额定载荷的135%;在风力发电机向蓄电池充电时,它的负载能力是额定载荷的166%。它的变电效率为90%左右。供应型号有1.5、3、6千瓦的,输入要求为24、32、64、112伏的直流,1.5千瓦型的还能适应12伏直流的输入要求。

“卡特”(Carter)变电器是迴转式的电动机——发电机组,输入要求为12、24、28、32、48、64、115、230伏直流,输出为60赫、115伏交流或50赫230伏交流,功率为210~750千瓦。这种变电器的好处是比其它的半导体集成电路的变电器要便宜得多,但是效率较差,只能达到75%左右,而且虽然据称输出波形为正弦波,但不经滤波不能用来作为无线电器具的电源。另外,为求变电效率较高,电路中的负载必须是高功率因数的。

## 塔 架

对塔架的要求是造价便宜和坚固,美国塔架公司(American Tower Company)的塔架据报导是最理想的。例如它的“1801A”型塔架被制成长达10英尺的三角结构单节(每边长18英寸),所用材料根据在塔架的上、中、下安装位置,立柱分别是1 $\frac{1}{4}$ 英寸×14号(厚薄规号)或2英寸×12号钢管,焊接立柱的横梁采用坚固的三角型管材,这些单节在制成后都经过浸泡镀锌处理。利用这些单节可以装成能够适应任何型号风力发电机的,独立的或用钢丝绳支持的塔架。

另一家自然能公司(Natural Power Inc)发展了一种代替传统的三角架立柱结构的塔架,叫做“八面形结构塔架”,其优点据称是:(1)造价在同样高度和强度要求下比较便宜;(2)坚固程度不受载荷和温度变化的影响;(3)管形结构,空气动力性能好,减少塔架承担风压和对风轮的干扰;(4)外形美观。这种塔架有29、37、47、65、82英尺高度的五种规格,可以独立安装在永久性的基础上,只有在没有基础的情况下则需用钢丝绳紧固。这种塔架能够抵抗风压为45磅/平方英尺的劲风,顶端承侧载能力为1000磅。据自然能公司计算这种塔架上装用20英尺直径风轮的风力发电机时,足以抵抗风速为134英里/小时的大风(计算安全系数采用1.7)。

## 发 电 机

汇编报导的三种发电机中,最符合在风力发电机上应用的是“晒费”风电机公司(Zephyr wind powem Company)的永磁钢交流发电机。“VLS—PM型”(最低速永

磁型)在多数风力机设计场合下可以争取做到直轴传动,因而节省了变速机构。它的永久磁钢转子是标准的27.5英寸直径,但是定子数量可以自由选择以发生不同输出。增减定子数量可以在风力发电机运行时进行。额定输出是300转/分时15、22.5千瓦;120转/分时9千瓦;150转/分时2.5千瓦,最高效率(净载荷/轴输出,24℃)为92%,相位1、2、3或6相,任选。

## 控制开关

有两种控制开关值得介绍一下,它们是自然能公司的一种“DLS型”动力载荷开关和“西风”(West Wind)厂的一种“VCS型”电压控制开关。“DLS型”动力载荷开关有两个载荷调节作用:①当蓄电池充足时,它接通其它如电热线圈等额外载荷以防蓄电池过分充电并利用风力发电机发出的电,不使浪费,被这样分流运用的电力可以达到20安培(直流);②它的另一个作用是防止有害蓄电池使用寿命的电压进入蓄电池系统。

“DLS型”动力载荷开关可以和12、24、48、115伏的蓄电池系统联用,标准继电器为20安培(直流)的“SPST型”,选购继电器有“SPDT型”、“DPDT型”和“AC型”等。

“VCS型”电压控制开关有“A型”、“B型”两种,“A型”和上述“DLS型”作用相似,“B型”则除具有“A型”的作用外,还能够在蓄电池电压降至一定程度时启动一个备用发电机,“西风”厂强调这一备用发电机必须自备起动电动机和逻辑电路。两种型号的高压范围是120~140、100~120、30~40、20~30和12~14伏,低压范围为100~120、90~110、24~34、16~26和10~12伏。保用两年。

**徐明光**据美国《风力》杂志编译第七期附美国风力机产品规格性能及用材表。

(上接30页)

其“蜗杆”为直径8毫米的圈钢绕成导程为31毫米的螺旋,然后两端焊合在芯轴上而成;减速器的传动比为6,因此通过它能轻便地操纵60米长的卷曲管转动。谷部卷动换气窗减速器与侧向的原理相同;所不同的是,它具有两个旋向相反、转速相同的输出轴,可同时控制连栋大棚谷部两个换气窗的开关。减速器壳体为硬聚氯乙烯注塑,整个减速器制造工艺简便,造价低廉。

在冬季试验中,发现这种卷动换气窗存在的问题是:沿棚膜流淌的水滴积聚到棚膜两侧,在卷曲管处冻结成冰,致使换气窗不能卷起工作。因此,从结构上尚须改进。

## 结构重量

新AP型大棚每亩用钢量为2.42吨。据调查,我国的钢架大棚每亩用钢2.5~4.5吨,有的高达6~7吨。对比之下,日本管式大棚的钢材用量较低。加之,其骨架防锈蚀、寿命长、结构强度大、建造省工、移动方便,因此是可取的。

美国风力机产品规格性能及用材表

| 型 号                            | 机 器            |                 |                   |             | 性 能               |                  | 材 料                   |                       |                       | 说 明          |              |                                  |                       |
|--------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|----------------------------------|-----------------------|
|                                | 概 述            | 启动<br>风速<br>哩/时 | 停 车<br>风 速<br>哩/时 | 最高转速<br>转/分 | 耐 受<br>风 速<br>哩/时 | 过速保护             | 额定功率<br>瓦<br>／<br>哩/时 | 最大功率<br>瓦<br>／<br>哩/时 | 叶 材                   | 叶 轮 直 径<br>呎 | 叶 轮 重 量<br>磅 | 发 电 部 分                          | 传 动 装 置               |
| Aeropower<br>“C”型              | 三叶片、水<br>平轴、迎风 | 6               | 22                | 675/80      | 100               | 离心改变<br>叶片角度     | 1000/20               | 1000/20               | 飞机叶轮<br>松木            | 10           | 30           | 三相交流发<br>电机                      | 螺旋传动<br>传动比—3：1       |
| 爱罗瓦特<br>(Aerowatt)             | 二叶片、水<br>平轴、迎风 | 7               | 60                | 150/16      | 125               | “                | 4100/16               | 4100/16               | 铝                     | 30.7         | 2000         | 永磁交流发<br>电机                      | 齿轮箱<br>传动比—20：1       |
| 美国风车(American<br>Wind Turbine) |                |                 |                   |             |                   |                  |                       |                       |                       |              |              |                                  |                       |
| (1)12呎直径                       | 多叶片、水<br>平轴、迎风 | 10              | (35可调)            |             | 100               | 机械的，<br>尾翼折转     | 1000/20               | 1000/20               | 铝                     | 12           | 92           | 永磁三相交流<br>发电机                    | 皮带传动<br>传动比—30：1      |
| (2)16呎直径                       | “              | “               | “                 |             | “                 | “                | 2000/20               | 2000/20               | “                     | 16           | 135          | “                                | “                     |
| Amerenalt系统                    |                |                 |                   |             |                   |                  |                       |                       |                       |              |              |                                  |                       |
| (1)1500系列                      | “              | 8               | 30—75<br>(可调)     | 450/42      | “                 | 机械的、尾翼<br>折转(可调) | 1500/28               | 1500/28               | “                     | 8            | 56           | 12伏、0—100<br>安培交流发电机             | 二级螺旋齿轮箱<br>传动比—9.51：1 |
| (2)2500系列                      | “              | “               | “                 | “           | “                 | “                | 2500/38               | 2500/38               | “                     | “            | “            | “                                | “                     |
| DAF戴利司<br>(Darrieus)           | 二叶片、垂<br>直轴、侧风 | 12              |                   | 160         | 120               | 机械的空<br>气阻滞翼     | 14000/30              | 14000/30              | “                     | 20           | 150          | 不包括在内                            | 齿轮箱                   |
| Dunlite Wind<br>Systems        |                |                 |                   |             |                   |                  |                       |                       |                       |              |              |                                  |                       |
| (1)81型                         | 三叶片、水<br>平轴、迎风 | 7—8             | 80                | 200/35      | 80                | 离心改变<br>叶片角度     | 2000/25               | 3000/30               | 镀锌钢板                  | 13.5         | 130          | 三相交流发电<br>机(可有12、24、<br>48、110伏) | 螺旋齿轮<br>传动比—5：1       |
| (2)82型                         | “              | 10              | 110               | 200/40      | 110               | “                | 2000/30               | 3000/35               | “                     | 10           | 130          | “                                | 螺旋齿轮                  |
| Klektro GmbH                   | “              | 7               | 60                | 270/44      | 120               | 机械的，叶<br>片角度变化   | 6000/26               | 6000/26               | 红木或松<br>木(根据<br>供应情况) | 16.4         | 110          | 永磁三相交流<br>发电机                    | 齿轮箱<br>传动比—4：1        |

| 型 号  | 机 器 性 能        |                 |                 |             |                 | 材 料 说 明                 |           |           |                        |                        |              |              |                     |                                    |                     |
|--|----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|--------------|--------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|
|  | 概 述            | 启动<br>风速<br>哩/时 | 停车<br>风速<br>哩/时 | 最高转速<br>转/分 | 耐受<br>风速<br>哩/时 | 超速保护                    | 额定功率<br>瓦 | 最大功率<br>瓦 | 叶 材                    | 叶 轮 材                  | 叶 轮 直 径<br>呎 | 叶 轮 重 量<br>磅 | 叶 轮 设 备<br>重 量<br>磅 | 发 电 部 分                            | 传 动 装 置             |
| Kedco Wind<br>Systems<br>(1)1200型<br>(2)1210型<br>(3)1600型<br>(4)1610型  | 三叶片、水<br>平轴、顺风 | 6—8             | 70              | 300/22      | 110             | 离心改变叶<br>片角度、手<br>控停车   | 1200/22   | 1200/22   | 铝                      | 铝                      | 12           | 71           | 202                 | 14.4或28.4<br>伏直流交流<br>发电机<br>永磁发电机 | 齿轮箱<br>传动比—8.76:1   |
|  | "              | 10—12           | 70              | 300/26      | "               | 机械的,改<br>变叶片角度<br>手控停车  | 2000/26   | 2000/26   | "                      | "                      | "            | "            | 252                 | "                                  | "                   |
|  | "              | 7—9             | 60              | 250/17      | "               | "                       | 1200/17   | 1200/17   | "                      | "                      | 16           | 75           | 217                 | 14.4或28.3伏<br>直流交流发电<br>机<br>永磁发电机 | "                   |
|  | "              | 9—11            | 60              | 250/22      | "               | "                       | 2000/22   | 2000/22   | "                      | "                      | "            | "            | 267                 | "                                  | "                   |
| Millville 10型  | 三叶片、水<br>平轴、迎风 | 11              | 60              | 72          | 80—90           | 机械的,改<br>变叶片角度<br>和尾翼折转 | 10000/25  | 10000/25  | "                      | "                      | 25           | 159          | 850                 | 感应发电机                              | 三级螺旋齿轮箱<br>传动比—24:1 |
| North Wind Eagles<br>(1)Model12KW 32Volt<br>(2)Model2KW 110Volt<br>(3)Model3KW 32Volt<br>(4)Model3KW 110Volt | "              | 8               | 40              | 300/40      | 90              | 离心改变叶<br>片角度            | 2000/22   | 2000/22   | 有玻璃纤维<br>维前缘的<br>桧木    | 有玻璃纤维<br>维前缘的<br>桧木    | 14.5         | 50           | 480                 | 永磁发电机                              | 直接传动                |
|  | "              | "               | "               | "           | "               | "                       | "         | "         | "                      | "                      | "            | "            | "                   | "                                  | "                   |
|  | "              | "               | "               | "           | "               | "                       | 3000/27   | 3000/27   | "                      | "                      | "            | "            | "                   | "                                  | "                   |
|  | "              | "               | "               | "           | "               | "                       | "         | "         | "                      | "                      | "            | "            | "                   | "                                  | "                   |
| 品森风轮(Pinson<br>Cycloturbine)   | 三叶片、垂<br>直轴、侧风 | 9               | 见①              | 200/30      | 110             | "                       | 2000/24   | 4000/30   | "                      | "                      | 12           | 100          | 150                 | 120,240交流<br>发电机                   | 单级同步传动<br>传动比—7.5:1 |
| 森森保<br>(Sencenbaugh)<br>(1)500型<br>(2)1000型  | 三叶片、水<br>平轴、迎风 | 10              | 60              | 1000/30     | 80              | 尾翼折转阻<br>滞              | 500/24    | 600/29    | 桧木、铜包<br>前缘、环氧<br>树脂涂层 | 桧木、铜包<br>前缘、环氧<br>树脂涂层 | 6            | 8            | 100                 | 28伏交流发电机                           | 直接传动                |
|  | "              | "               | "               | 350/27      | "               | "                       | 1000/23   | 1200/28   | "                      | "                      | 12           | 15           | 120                 | 14或28伏交流<br>发电机                    | 螺旋齿轮箱<br>传动比—3:1    |

注: ①停车风速: 不用, 风机继续提供动力

| 型 号                      | 机 器 性 能        |                |              |             | 材 料 说 明        |                              |              |             |
|--------------------------|----------------|----------------|--------------|-------------|----------------|------------------------------|--------------|-------------|
|                          | 概 述            | 起 动 风 速<br>哩/时 | 停 风 速<br>哩/时 | 最高转速<br>转/分 | 耐 受 风 速<br>哩/时 | 过速保护                         | 额 定 功 率<br>瓦 | 最大 功 率<br>瓦 |
| Windstream 25            | 三叶片、水<br>平轴、顺风 | 8              | 50           | 125/26      | 130            | 外缘阻滞翼<br>和直流伺服<br>发动机构       | 15000/26     | 20000/29    |
| Wind Wizard              | 三叶片、水<br>平轴、迎风 | 27-35          |              | 720/45      | 60             | 机械式叶片<br>折转有手动<br>尾翼折放手<br>柄 | 600/26       | 2000/30     |
| WTC系统                    | "              | 8              | 60           | 60          | 150            | 液压；翼端<br>作用、高速<br>轴圆盘制动      | 200000/30    |             |
| Wincharger<br>Windplants | 二叶片、水<br>平轴、迎风 | 7              | 70           | 900/70      | 70             | 机械的空气<br>抽滞和手控<br>抽滞         | 200/23       | 200/23      |
| Zephyr Wind<br>Dynamo    | 三叶片、水<br>平轴、顺风 | 8              | 45           |             | 120            | 空气阻流器<br>和自动偏转               | 15000/30     | 15000/30    |

风力抽水机 Water-Pump Windmills

|                               |                        |    |             |        |     |              |            |  |    |      |      |                   |                        |
|-------------------------------|------------------------|----|-------------|--------|-----|--------------|------------|--|----|------|------|-------------------|------------------------|
| 美国风车(American<br>Windfurbine) | 多叶片、迎<br>风、水平轴、<br>抽水机 | 10 | 35 (可<br>偶) |        | 100 | 机械的、尾<br>翼折转 | 2000/20    |  | 16 | 135  | 420  | 永磁三相<br>交流发电<br>机 | 皮带传动<br>传动比-30:1       |
| Aermotor 702型                 | 多叶片、水<br>平轴、抽水<br>机    | 9  | 28          | 53/20  | 45  | 尾翼折转         |            |  | 16 | 830  | 2450 | 没有                | 一级减速、双齿轮<br>传动比-3.29:1 |
| Baker 风机                      | 多叶片、水<br>平轴、迎风<br>抽水机  | 7  | 25          |        | 70  | 弹力改变叶<br>片角度 |            |  | "  | 12   | 800  | "                 | 齿轮箱<br>传动比-3:1         |
| pompster 16型                  | "                      | 5  | 见②          |        |     | 尾翼折转         | 88马力/18-20 |  | "  | 16   |      | "                 | 一级减速齿轮                 |
| pandmaster                    | 二叶片、垂<br>直轴“萨冯<br>尼”转子 | 2  |             |        | 90  | 没有           |            |  | 铝  |      | 16   | "                 | 直接传动<br>传动比-1:1        |
| Sparco D型                     | 二叶片、水<br>平轴、迎风<br>抽水机  | 5  |             | 150/25 | 80  | 机械改变叶<br>片角度 |            |  | "  | 4.17 | 8    | 50                | 全偏心传动                  |

注：②停车风速：20行程/分。

李黎译自美国《风力》杂志第十期