

风力发电技术讲座 (一)

风力发电机组 (1)

姚兴佳, 王士荣, 董丽萍
 (沈阳工业大学 风能技术研究所, 辽宁 沈阳 110023)

中图分类号: TM614 文献标识码: B 文章编号: 1671-5292 (2006) 03-0102-03

风力发电机是将风能转换成机械能, 再把机械能转换成电能的机电设备。风力发电机通常由风轮、对风装置、调速装置、传动装置、发电机、塔架、停车机构等组成。

下面将以水平轴升力型风力发电机为主, 介绍组成风力发电机的主要部件及其工作情况。图 1 和图 2 分别是小型和中大型风力发电机的结构示意图。

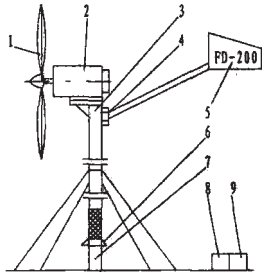


图 1 小型风力发电机示意图

1-风轮 2-发电机 3-回转体 4-调速机构 5-调向机构 6-手刹机构 7-塔架 8-逆变器 9-蓄电池

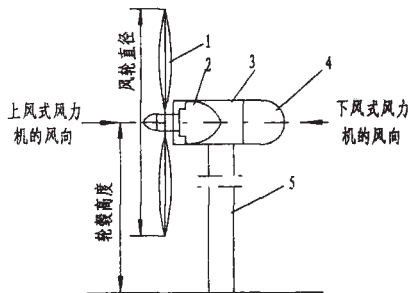


图 2 中大型风力发电机示意图

1-风轮 2-变速箱 3-发电机 4-机舱 5-塔架

1 风轮

风轮是风力机最重要的部件, 它是风力机区别于其它动力机的主要标志。风轮的作用是捕捉和吸收风能, 并将风能转变成机械能, 再由风轮轴将能量送给传动装置。

以水平轴升力型风力机的风轮为例 (图 3) 来说明风轮功率的计算。

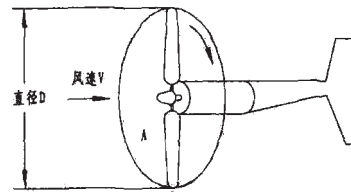


图 3 水平轴风力机的机头

风以速度 V 吹向风轮时, 风轮转动。设旋转着的风轮其扫掠面积为 A , 空气密度为 ρ , 在 1 s 中内流向风轮的空气所具有的动能为

$$N_v = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} \rho A V \cdot V^2 = \frac{1}{2} \rho V^3 A \quad (1)$$

若风轮的直径为 D , 则

$$N_v = \frac{1}{2} \rho V^3 A = \frac{1}{2} \rho \frac{D^2}{4} V^3 = \frac{1}{8} \rho D^2 V^3 \quad (2)$$

这些风能不可能全部被风轮捕获, 设风轮捕获风能并转换成机械能, 再由风轮轴输出的功率为 N (称之为风轮功率)。它与 N_v 之比, 称为风轮功率系数 (或风能利用系数), 用 C_p 表示, 即

$$C_p = \frac{N}{N_v} = \frac{N}{\frac{1}{8} \rho D^2 V^3} \quad (3)$$

收稿日期: 2005-04-05

作者简介: 姚兴佳 (1949-) 男, 教授, 博士研究生导师, 长期从事风能利用技术的研究工作, 国家“863”项目主持人, 是享受国务院政府特殊津贴的专家。

$$N = \frac{1}{8} D^2 V^3 C_p \quad (4)$$

式中的 C_p 值为 0.2~0.5。

由式 (4) 得知：风轮功率与风轮直径的平方成正比；风轮功率与风速的立方成正比；风轮功率与风轮的叶片数目无直接关系；风轮功率与风轮功率系数成正比。因此，当风轮大小、工作风速一定时，应尽可能提高 C_p 值，以增大风轮功率，这是从事风能开发利用的科技人员追求的主要目标之一。

风轮一般由叶片（也称桨叶）、叶柄、轮毂及风轮轴等组成（见图 4）。

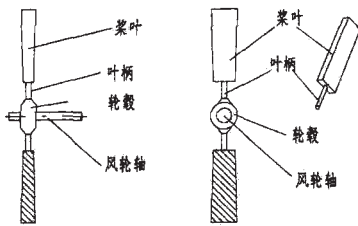


图 4 风轮的组成图

叶片横截面形状基本类型有 3 种：平板型、弧板型和流线型。风力提水机的叶片多采用弧板型，也有采用平板型的。风力发电机的叶片横截面的形状接近于流线型，图 5 所示为常见的风力发电机叶片的横截面结构图。

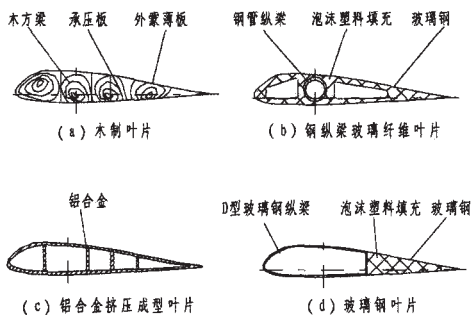


图 5 常见的风力机叶片截面图

木制叶片 (a) 常用于微、小型风力发电机上；中、大型风力发电机常选用如 (b)、(c)、(d) 材料的叶片。用铝合金挤压成型的叶片，基于制造工艺限制，从叶根到叶尖一般都制成等弦长。叶片的材质也在不断地改进中。

2 机头座与回转体

风力发电机塔架上端的部件——风轮、传动装置、对风装置、调速装置、发电机等组成了机

头。机头与塔架的联结部件是机头座与回转体。

(1) 机头座

它用来支撑塔架上方的所有装置及附属部件，它牢固与否将直接关系到风力机的安危与寿命。由于微、小型风力机塔架上方的设备重量轻，一般是由钢板焊接而成，即根据设计要求在底板上焊上加强肋。中、大型风力机的机头座要复杂一些，它通常由以纵梁、横梁为主，再辅以台板、腹板、肋板等焊接而成。焊接质量要高，台板面要刨平，安装孔的位置要精确。

(2) 回转体

回转体（转盘）是塔架与机头座的连接部件，通常由固定套、回转圈以及位于它们之间的轴承组成。固定套销定在塔架上部，回转圈与机头座相连，通过它们之间的轴承和对风装置相连，在风向变化时，机头便能水平地回转，使风轮迎风工作。大、中型风力机的回转体常借用塔式吊车上的回转机构。小型风力机的回转体通常是在上、下各设一组轴承，可采用圆锥滚子轴承，也可以上面用向心球轴承承受径向载荷，下面用推力轴承来承受机头的全部重量。微型风力机的回转体不宜采用滚动轴承，而采用青铜加工的滑动轴承，这是为了防止机头对瞬时变化的风向过于敏感而导致风轮的频繁回转。

3 对风装置

自然界风的方向和速度经常变化，为了使风力机能有效地捕捉风能，就应设置对风装置来跟踪风向的变化，保证风轮基本上始终处于迎风状态。常用的风力机的对风装置有尾舵、舵轮、电动机机构和自动对风 4 种。

(1) 尾舵

尾舵也称尾翼，是常见的一种对风装置，微、小型风力发电机普遍应用它对风。尾舵有如图 6 所示的 3 种基本形式：(a) 是老式的；(b) 是改进的；(c) 为新式的，它的翼展与弦长的比为 2~5，对风向变化反应敏感，跟踪性好。

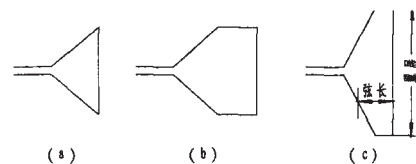


图 6 尾舵形式

尾舵常处于风轮后面的尾流区里。为了避开尾流的影响,可将尾舵翘起高出风轮(图7)。还有的将尾舵改进成如图7(b)所示的型式,既减少了尾舵面积,又使调向平稳。

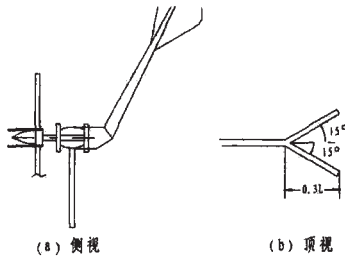


图7 尾舵的进一步改进

尾舵到风轮的距离,一般取为风轮直径的0.8~1.0倍。高速风力发电机的尾舵面积可取风轮旋转面积的4%左右;低速风力发电机的尾舵面积可取风轮旋转面积的10%左右。

② 舵轮

在风轮后面、机舱两侧装有两个平行的多叶片式小风轮,也称舵轮或侧风轮,其旋转面与风轮扫掠面相垂直(图8)。

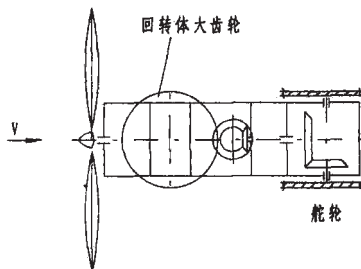


图8 舵轮对风装置

舵轮的轴带动由圆锥齿轮和圆柱齿轮组成的传动系统,中间齿轮与装在塔架顶端的回转体上的从动大圆柱齿轮啮合。正常工作时,风力机的风轮对准风向,舵轮旋转平面与风向平行,它不转动。当风向变化,舵轮与风向偏离某一角度时,在风力作用下舵轮开始旋转,通过传动系统,使风力机的风轮重新对准风向,舵轮旋转平面又恢复到与风向平行的位置,便停止转动。舵轮对风装置比尾舵工作得平稳,多用于中型风力发电机上。舵轮的传动装置也可以设计成蜗轮蜗杆机构。

③ 电动对风装置

电动对风装置常被大型和中型风力发电机采用。图9是国产FD16.2-55型风力发电机组对风装置示意图。

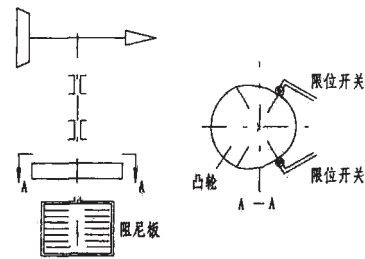


图9 电动对风装置

该装置的风向感受信号来自于装在机舱上面的风向标。在风向标的垂直轴上有一个凸轮,轴的下端有浸没在油缸中的阻尼板(板上钻有很多小孔),用以吸收风向的脉动。当风向偏离风轮轴线 $\pm 15^\circ$ 时,风向标带动其垂直轴上的凸轮转动,使左侧或右侧的限位开关接通,经过30s(可任意调时)延时后,交流接触器闭合,起动对风伺服电动机左转或右转,并接通相应的指示灯。伺服电动机经过减速器带动回转体上的转盘转动,风轮重新迎风后,限位开关断开,电动机停转,指示灯熄灭。两只交流接触器互为闭锁,从而保证动作时只能闭合一只,不会同时接通而造成短路。

④ 自动对风风轮

按来风是先吹到风轮还是先吹到机舱,风力机分为上风向式和下风向式,相应的风轮配置称为前置式的和后置式的。

对于下风向式的风力机,可将风轮设计成如图10的型式,利用风作用在风轮上的阻力使风轮自动对准风向,即成为自动对风风轮。

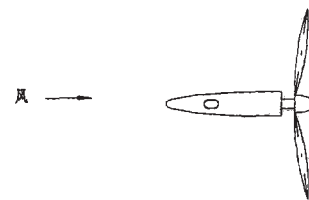


图10 自动对风风轮

当风向变换频繁时,会使风轮摇摆不定,为此应加上阻尼装置,即在回转体外缘对称设置二三对橡胶或尼龙摩擦块,摩擦块支座固定在塔架上,压块对回转盘的摩擦力的大小用可调节弹簧来调节。这种对风装置多用于中、大型风力发电机上。

(未完待续)