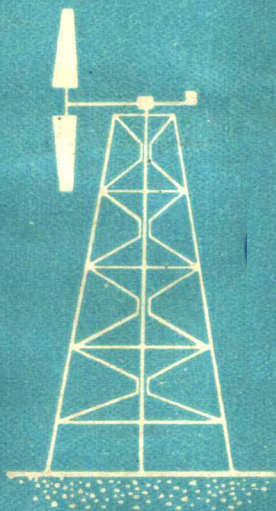


# 风力机

中共安徽省委农具改革办公室編  
安徽人民出版社



# 风 力 机

中共安徽省委农具改革办公室編

\*

安徽人民出版社出版

(合肥市金寨路)

安徽省书刊出版业营业许可证出字第2号

合肥日报印刷厂印刷 安徽省新华书店發行

\*

开本 $87 \times 1092$ 毫米 1/32 印张 $1\frac{3}{4}$  字数: 40,000

1960年11月第1版

1960年11月合肥第1次印刷

印数: 1—5,000册

統一書号: T15102·78

定 价: (7)0.17元

风能是一种取之不~~尽~~用之不~~竭~~的自然能源。广泛利用这种自然能源，是节省劳动力和~~降低~~劳动强度的重要措施之一。

安徽属于季风区，全年平均风速在三秒米左右，是一个风力资源比较丰富的地方。早在几年前，中共安徽省委便对利用风力发出了号召。在省委的号召下，广大农民群众、农村干部和农业机械工作者，发挥了无穷的智慧和创造力，试制成功许多结构简单、调向灵便、效能较高的风力机。今年，在蚌埠召开的全国风力机现场会上，被评为优良型号的蚌埠59型风力机、59型无尾风力机、霍丘式风力机等，就是其中较好的几种。这些风力机在试制成功以后，立即被各地推广使用。据不完全统计，仅1960年上半年便推广风力机一千多部（不包括简易风车）；目前风力机已经用到加工、发电、提水以及带动车床、圆盘锯、印刷机等二十多种作业。毫无疑问，随着今后农村技术革新和技术革命运动的深入开展，将会制造出更多型号的风力机，这些风力机也将被用之于更多的作业中去。

在目前来说，风力利用还是一个比较新的问题，同时它的技术也较复杂。为了向各地从事这一工作的同志们介绍一些关于这方面的知识，以利更好地更进一步地开展这项工作，我们特地搜集了有关资料，写成这本“风力机”，以供参考。书中如有不妥之处，尚请批评指正。

中共安徽省委农具改革办公室

1960年10月

# 目 录

一	风和风能 .....	(1)
	风 .....	(1)
	风速的测定 .....	(2)
	风能 .....	(4)
	使用风力机需要掌握的几个规律 .....	(5)
	安徽的风力分布 .....	(6)
二	风力机的分类和工作原理 .....	(7)
	风力机的分类 .....	(7)
	风力机的工作原理 .....	(11)
三	风力机的构造 .....	(13)
	风轮 .....	(13)
	调向和调速装置 .....	(23)
	传动装置 .....	(32)
	机架 .....	(35)
四	风力机的总体安装 .....	(38)
	安装前的准备工作 .....	(38)
	安装 .....	(40)
	安装后的总体检查 .....	(42)
五	风力机的使用和管理 .....	(43)
	附录：介绍几种风力机 .....	(45)

## 一 风和风能

### 风

风是空气自高气压区向低气压区流动所造成的。风有速度，也有方向。

风的流动速度叫做风速，用每秒流动的米数来表示。风速是极不稳定的，即使在几分钟的时间内，也在某一范围内变化着。在某一瞬间测得的风速，叫做瞬时风速；在某一段时间内测得的瞬时风速的算术平均值，叫做这段时间内的平均风速。各地气象站一般都整理有日平均风速、月平均风速和年平均风速的数字，来表示他们地区的风力情况。

风吹来的方向叫做风向。风向通常分为十六个方向，在陆地上一般用罗盘的十六个方位来表明（图1）。不同季节和不同地区，风向也有所不同，例如，有些地区春季多东南风，冬季多西北风，而有些地区则不完全一样。在一年中某一风向出现的次数最多，这一风向就叫做这个地区的盛行风向。

要正确地求得风速，需用风速仪来测定，如果没有风速仪，也可根据风级来确

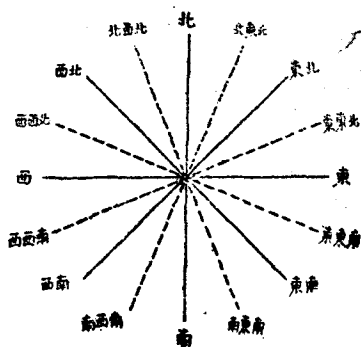


图 1 风的十六个方向

定。風級是按照各種不同風速的風對地面物體所造成的現象而制定出來的。風速越大，級數就越高。現將我國的風力等級列表如下：

表1 風力等級表

風速 米/秒	風的 級特征	測風器 風標板在弧 形板上指針 間的位置	陸地地面物現象
0.0~0.2	0 無風	1號	靜，煙直上
0.3~1.5	1 軟風	1號	煙能表示風向，但測風器沒有轉動
1.6~3.3	2 輕風	1~2號	人面感到有風，樹葉微動，測風器轉動
3.4~5.4	3 微風	2~3號	樹葉和小枝搖動不息，旌旗飄展
5.5~7.9	4 和風	3~4號	能吹起地面灰塵和紙張，樹上小枝搖擺
8.0~10.7	5 清風	4~5號	有葉的小樹搖擺，內河水面起波
10.8~13.8	6 強風	5~6號	大樹葉枝搖動，電綫呼呼發響，撐不住傘
13.9~17.1	7 疾風	6號	小樹干搖拔，迎風步行感覺困難
17.2~20.7	8 大風	6~7號	小樹枝折毀，人向前行，感到阻力很大
20.8~24.4	9 烈風	7號	煙囪頂部和平房屋頂受到損壞，小房遭受破壞
24.5~28.4	10 狂風	7號	陸上少見，能拔起樹木或將建築物吹毀
28.5~32.6	11 暴風	7~8號	陸上很少，有則建築物等必有重大損毀
32.6以上	12 颶風	8號	陸上絕少，摧毀力極大

### 風速的測定

風速，通常用測風器和風速儀來測定。維爾達式測風器（圖2）結構比較簡單，可以自行製造使用。其構造是：在一

根穩固不動的垂直杆上套一根垂直的小管，管上固定一個能隨風自由轉動的信風旗。在信風旗下面的杆子上裝有一個風向指示器，用以指示風向。在信風旗端部的管子上有水平的鉸鏈，固定在框架上。框內為風表板，由 $300 \times 150$ 毫米，重 $0.2$ 公斤的薄鐵皮製造。框的前方有一個半徑為 $160$ 毫米的圓弧板，板上有八根針（四長四短），各針的延長綫都通過圓弧板的圓心。

風級可由風表板傾斜角的讀數來確定。根據風表板在圓弧上的位置，就可從風力等級表內查出相應的風速範圍。

由於風速的經常變動，風表板總是在圓弧板的幾根指針間跳動，因此在觀察風速時需要觀看 $1-1.5$ 分鐘，然後取其平均值來確定。

這種測風器，一般在風速 $9$ 米/秒以下時，指示比較正確，超過 $12-15$ 米/秒時，就不太正確了。

信風旗安裝的位置，必須在風力機的前面，離風力機的中心距離為風輪直徑的 $3-5$ 倍的地方，否則就會影響其指示的正確性。

風速儀是比較精密的儀器，一般由結合在同一軸上的四個半球形圓杯和儀表組成。當圓杯迎風轉動時，在儀表上即讀出風速的大小。這種儀器測得的結果，比較準確，使用也較方

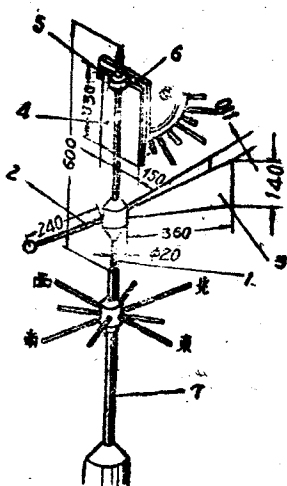


圖 2 維爾達式測風器

1. 直管
2. 信風旗前橫軸
3. 信風箱葉板
4. 風表板
5. 風表板鉸鏈橫軸
6. 上架
7. 固定直杆

便。其形式和結構多种多样，使用方法也略有不同，但是它們的工作原理都基本上相同。现将目前使用較广、操作方便的手提电动风速仪（图 3）介紹如下：

手提电动风速仪的垂直軸頂端有一个十字架，十字架上每一杆的两端各装有一个半圓球，风吹半圓球，使十字架轉动，并带动垂直軸旋轉。在风速仪扁圓形的壳体内，有一电枢装在垂直軸上，当垂直軸旋轉时，就带动电枢轉动。电枢的旋轉速度随风速的大小而变。当风速增加时，电枢所发出的电压也就增高，从而使与发电机連在一起的电压表的指針也随着改变。

一般手提电动风速仪扁圓壳体上所出现的数字，并不表明发电机所发电流的电压大小，而是表明风速的大小（每秒多少米）。因此，我們只要带着

手提风速仪到需要测定风速的地方一站，风速仪上的十字架一轉，就可以直接从风速仪的壳体上看出当时当地风速的大小。

使用手提电动风速仪，必須注意：要测定何地的风速，就要准确地在地测定。例如，要测定风輪附近的风速，就需要到机架頂上去测定，因为风速的大小同离地面的高度有关。



图 3 手提电动风速仪

## 风 能

空气是有质量的流体物质，流动时就会产生能量。风能通过风車或风力机上的风輪发生作用，产生动力。风車实际产生的能量和风所供給的能量的比例，叫做风能利用率或风能利用系数。风車結構愈精密合理，风能利用率就愈大。风能利用率的大小，取决于风輪直径、风速、风輪桨叶断面形状三个因素。



例如：风輪直径 1 米，风速 2 米 / 秒，在风能利用率 30% 的情况下，一年中风对风輪作用的总能量大約是 35,000 瓩小时；如风速为 4 米 / 秒，則一年中风对风輪作用的总能量可达 27 万瓩小时。

风力机的实际功率和风輪直径的平方、风速的立方成正比。如用公式来表示，即：

$$\begin{aligned} & \text{风力机的输出功率} \\ &= \frac{\text{风輪直径平方} \times \text{风速立方} \times \text{风能利用率}}{1520} \times \text{机械传动效率} \end{aligned}$$

上式中，风力机的输出功率为动力輸出皮带輪所能提供的功率，单位是馬力。风輪直径的单位是米。风速的单位是米 / 秒。风能利用率和风輪桨叶形式、制造质量有密切关系。螺旋形桨叶的风輪，风能利用率一般在 0.30—0.42 之間。农村常用的橫軸布篷风車，风能利用率在 0.10—0.15 之間。机械传动效率一般在 0.75—0.85 之間。

在年平均风速 5 米 / 秒的地区，通常都将风速在 8 米 / 秒时风力机所产生的功率作为标准功率。如风輪的风能利用率等于 0.3，在风速为 8 米 / 秒的情况下，风輪的功率可用下式計算。

$$\text{风力机的功率} = \frac{\text{风輪直径平方}}{10} \text{ (馬力)} = \frac{\text{风輪直径平方}}{13.6} \text{ (瓩)}$$

当考虑风力机各传动部分的功率損耗后，风力机的实际功率則为：

$$\begin{aligned} \text{风力机的输出功率} &= \frac{\text{风輪直径平方}}{10} \times \text{机械传动效率 (馬力)} \\ &= \frac{\text{风輪直径平方}}{13.6} \times \text{机械传动效率 (瓩)} \end{aligned}$$

### 使用风力机需要掌握的几个規律

风向、风速随时都在变化，在同一時間内不同地点的风

向、风速往往都不相同。只有掌握好风的变化规律，才能最有效地利用风能。

**地区分布规律** 山区一般比平原地区的平均风速小，最大风速大，风速、风向不稳定，利用较为不便。顺河山谷、沿湖、沿海风速大，孤立山峯风速最大。掌握这些规律就可以在利用风能、水力、沼气方面进行合理布局。

**时间变化规律** 在不同季度或月份，风速、风向不相同，在同一天时间内，白天和黑夜也不相同，但基本上是循着一定的规律变化的。我省的情况是，3、4月间因冷空气活动频繁，风力最大，9、10月间气流稳定，风力最小；在同一天内，最小风一般出现在清晨，最大风出现在中午左右；风向多东风和东南风。

**风随高度变化的规律** 在一般情况下，同一地点，高处的风速比低处大，就是说，风速随高度递增。

**障碍物影响的规律** 风速会随障碍物的影响而减弱，距障碍物愈近，减得愈弱。一般在距离障碍物高度的15倍以外的地方，就可免受影响。

**大风出现的规律** 大风会吹毁风轮，甚至刮倒机架，所以对极端情况要了解清楚。六级以上的大风对风能利用会有一些影响。我省六级以上大风一般历时不长，年平均历时20—30小时，沿湖地区在100小时左右。大风多出现在7、8月份。

## 安徽的风力分布

我省地理位置处在暖温带，属于季风区。据气象局多年气象测定资料分析，风力分布的大致情况如下：

**淮北平原地区** 等于和大于二级风的总历时在7,000小时以上，约占全年总历时的80%左右，其中等于和大于三级风的

在2,500小时以上。东部地区的风比西部大,如泗县、五河等于和大于三級风的历时在3,000小时以上,比阜阳、亳县多1,000小时左右。

**沿淮两侧和淮南(巢湖以北)地区** 因为受淮河影响,风力较大,全年等于和大于二級风平均在7,000小时左右,其中等于和大于三級风的历时在3,000—3,500小时。

**沿江圩区** 由于地势较低,风力略小,全年等于和大于二級风的历时在6,500小时以上,其中等于和大于三級风的历时在3,000小时左右。

**大别山和皖南山区** 由于山脉阻挡,风速最小,全年等于和大于二級风的历时在5,000小时以下,其中等于和大于三級风的历时在2,000小时左右。

**湖泊地区** 巢湖、白湖、正阳关附近,等于和大于二級风的历时在7,500小时,其中等于和大于三級风的历时在3,500小时以上。

以上各地的年平均风力一般变化不大,对风力利用是很有利的。

## 二 风力机的分类和工作原理

### 风力机的分类

风力机是利用风力对风輪的作用而产生机械能的一种装置。它有几种不同的分类方法。

#### 根据结构和实用情况分类

1. 簡易风力机(或称风車): 风輪基本上都是篷帆式的,篷帆有用布做的,也有用席子做的。这种簡易风力机,一般制

造比較簡單，技術要求低，功率不大，風能利用差，絕大部分只從事單一作業，目前大部分用於提水。

2. 風力機：風輪是槳葉式的，槳葉斷面有流綫型、圓弧形、楔形、平板形等幾種形式。它的結構比較複雜，功率較大，風能利用好，可以綜合利用，其中流綫型斷面槳葉的風能利用最好。這類風力機中可以根据功率的大小分成大型和中型兩種。一般風輪直徑和機架高度都在8米以上。功率在3—10馬力的，叫做大型風力機。蚌埠59型風力機和59型無尾風力機就屬於這一類型。風輪直徑和機架高度小於8米，功率小於3馬力的，叫做中型風力機。鳳陽木製四葉風力機、滁縣式簡易風力機都屬於這一類型。這類風力機目前廣泛用於帶動加工、發電、提水等各種作業機具，以及小型金屬切削機床等。

3. 小高速風力機：結構小巧，功率不大，轉速高達每分鐘200—400轉。一般用來帶動小發電機進行發電。蚌埠小高速風力機和遼寧輕便式經2.5型（小高速）風力機，都屬於這一類型。

### 根据風輪的不同形式分类

1. 槳葉式風力機：風輪由幾個槳葉組成，槳葉都安裝在風輪的旋轉平面內，與風輪軸垂直。（圖4）

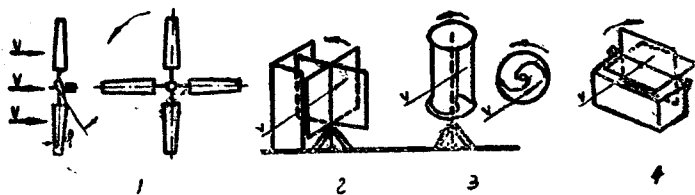


圖4 風力機的基本類型

1. 槳葉式風力機 2. 走馬燈式風力機 3. 轉子式風力機 4. 鼓形風力機

桨叶式风力机根据桨叶断面形状的不同，又分下列几种不同形式：

(1) 流线型断面桨叶风力机：这种桨叶断面背面为流线型，风能利用最好，制造的技术要求也较高。在实际安装桨叶时，为了提高风能利用率，一般每个风叶与风轮旋转平面间有一安装倾斜角（图5），桨叶大端的安装倾斜角要比小端的大一些。这种桨叶的断面形式，在大、中型风力机中用的最多。如蚌埠59型风力机，就是用的这种桨叶断面形式。

(2) 楔形断面桨叶风力机：这种桨叶的制造技术要求不高，但风能利用较差。如滁县式简易风力机，就是用的这种桨叶断面形式。

(3) 圆弧形断面桨叶风力机：断面呈弧形，技术要求低。由于泄流不良，容易产生涡流，降低风速，因而风能利用较差。凤阳木制四叶风力机的桨叶，就是用的这种断面形式。

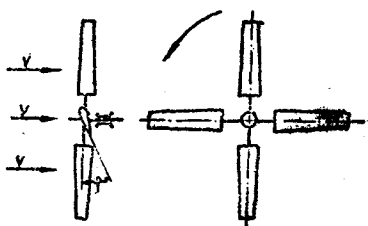


图5 桨叶的安装倾斜角

桨叶式风力机风能利用率的大小，和桨叶断面形状、制造质量（表面加工质量，各叶的重量偏差）等有关。这类风力机，一般的风能利用率在0.30—0.42之间。

2. 篷帆式风力机：这类风力机目前在农村中使用最广。它的风轮叶片多半是用布做的，用风轮叶片撑杆固定，所有的叶片都安成与风轮轴垂直。风轮轴的形式，最常见的是水平式的，也有斜杆式的。在使用上，由于风能利用较差，出力不大，所以大部分用于单一的提水作业。

3.走馬灯式或轉子式风力机：这类风力机的风轮轴是立式的。桨叶数目多少不定，根据各地的具体情况确定：风大地区叶片可少些，风小地区叶片可多些。风翼用木制成，也可以使用布篷。当风輪旋轉时，立軸一侧的叶片迎风，其运动方向和风向相同，立軸另一侧的叶片則背风，其运动方向和风向相反。为了减少背风叶片所产生的阻力，可在背风叶片前树立屏板，以承受背风阻力，或将桨叶做成曲面，使背风叶片的凸面迎风，以减小背风阻力，从而提高风能利用率。这类风力机的风能利用率一般为0.10—0.18。

4.鼓形风力机：工作原理和走馬灯式风力机相同，只是风輪轴呈水平安装的，风能利用率也为0.10—0.18。

篷帆式、走馬灯式风力机，制造时没有特殊的技术要求，安装使用也很方便，目前农村中使用的較多。

### 根据风輪桨叶数目的多少分类

1.高速风力机：桨叶数目为1—4个。特性是：第一，风輪轉速高，而且較稳定，适用于带动高轉速、小扭矩、要求轉速較稳定的作业机具，如发电机、小鋼磨和飼料粉碎机等。第二，由于桨叶数目少，风輪重量輕，結構比較简单，耗用材料少，因此制造成本低。但桨叶制造和平衡的要求較高。第三，启动較难，在低风速地区不能正常運轉。

2.低速风力机：桨叶数目为4—24个。特性是：第一，容易启动，在低风速情况下能正常運轉。第二，风輪轉速低，适合于带动轉速低、扭矩大的作业机具，如提水和粮食加工工具等。第三，风輪直径大于8米时，結構很复杂，耗用材料較多，成本較高，风輪重量大，难于安装。

## 风力机的工作原理

**桨叶式风力机的工作原理** 由于桨叶有一安装倾斜角，因而在风轮正面迎风时，风对桨叶就产生一个作用力，这个作用力可分解为一个对风轮的垂直压力，推动风轮旋转。风对桨叶所产生的作用力的大小，和风速、桨叶安装倾斜角、风轮的迎风角度等因素有关。（图6、图7）

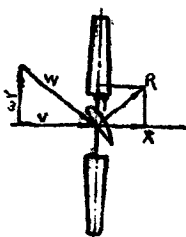


图6 风轮在气流中的工作位置

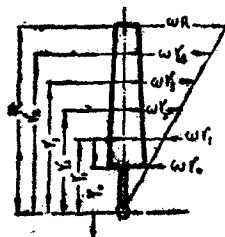


图7 桨叶各截面上的圆周速度

桨叶各个断面上的安装倾斜角的大小不同，这是因为，当风对桨叶作用后使之转动，桨叶上每一个点对风轮的轴心距离就各不相同，而要使桨叶上每一点对风轮的轴心的力矩相同，只有有规律地改变桨叶每一个断面的倾斜角，该倾斜角离风轮的轴心越远越小。

桨叶各断面处的安装倾斜角的大小，和风速的大小、风向的变化频率情况等有关。这是一个必须经过多次研究才能加以确定的问题。从目前我省使用的情况来看，一般桨叶大端的安装倾斜角以选用在15—17度，小端安装倾斜角以选用在5度上下为适宜。如果安装倾斜角太小，则风对桨叶作用后，由于泄流不良，有部分气流碰撞桨叶后折回而形成涡流，降低风速、

使风轮的出力大为减弱。如果安装倾斜角太大，泄流情况固然可以改善，涡流现象也会获得某种程度的改变，但由于气流对风轮的压力减小，从而使风对浆叶的作用力也随着减小，这样，势必要影响风轮的出力。同时，安装倾斜角太大，会使浆叶偏侧太甚，从而增加风轮在旋转时背风面所受的阻力，降低风轮的转速。

从以上叙述中可以得知，风轮浆叶数目不宜增多，因为当风轮浆叶数目增加时，浆叶的总面积也就随着扩大，这样，气流对风轮浆叶作用的折回支流也就更为严重，从而降低风轮的转速。

风轮浆叶数目不宜增多的另一个原因是，由于浆叶数目增多，风轮旋转时，浆叶背风面所产生的阻力的总和也就随着增加，这种阻力对风轮浆叶所产生的作用力，部分地抵消了正面气流对风轮浆叶所产生的作用，从而使风轮的转速降低。

**篷帆式风力机的工作原理** 篷帆式风力机（包括走马灯式、转子式以及鼓形风力机等），是由于风对各篷帆作用所产生的力矩差而进行工作的。其工作力矩的大小，为迎风风篷所产生的力矩和背风风篷所产生的阻力矩之差。（图 8、图 9）

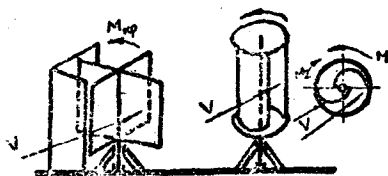


图 8 走马灯式、转子式风力机工作原理示意图

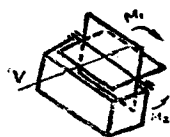


图 9 鼓形风力机工作原理示意图

由图 8 可以看出，由于各风篷均成曲面，所以风对凹面风



篷（迎风风篷）的作用必定大于对凸面风篷（背风风篷）的作用，这样就使风对立轴两侧风篷的作用不一，从而在中心轴处产生一个力矩，而使风篷旋轉。該力矩的大小和风篷的曲面形状有很大关系。

走馬灯式风力机、鼓形风力机的工作原理，和轉子式风力机的工作原理完全相同，看图 8、图 9。

为了减小阻力矩，增大工作力矩，可在背风的风篷前方設立挡风屏，来承受气流对背风风篷的作用，增大力矩差，提高风能的利用。

走馬灯式风力机，由于各个方向的风篷可以承受来自各个方向的风，所以不需要調向就能适合任何风向的作用，使风篷經常有机会迎风而轉动。但由于它总是有一个背风阻力，因而风能利用率較低。

### 三 风力机的构造

风力机以桨叶式的效率最高，制造技术也較复杂，因此，准备重点介紹桨叶式风力机的构造。桨叶式风力机形式各不相同，但一般都有下列几个主要部分：风輪、机头、机尾、传动装置、調速調向装置和机架。

#### 风 輪

风輪是风力机中最主要的部件，也是将天空中的风能轉变为机械能的原动件，所以桨叶的断面形状是否合理，风輪的加工质量是否良好，是风力机制造中的关键性問題。

桨叶断面形状的选择 气流对物体所产生的压力是由气流