

农业机械化丛书

风力机



内蒙古人民出版社



农业机械化丛书

风 力 机

张之一 吴秀庭 包国兴 编著

内蒙古人民出版社

一九七九·呼和浩特

风 力 机

张之一 吴秀庭 包国兴 编著

*

内蒙古人民出版社出版 内蒙古新华书店发行

内蒙古新华印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：8.625 字数：181千

1979年1月第一版 1979年6月第1次印刷

印数：1—5,790册

统一书号：15089·30 每册：0.72元

《农业机械化丛书》

出版说明

为了提高农业机械化队伍的技术水平，加决农业机械化的步伐，中央和地方有关出版社联合出版这套《农业机械化丛书》。

《农业机械化丛书》包括耕作机械、农田基本建设机械、排灌机械、植物保护机械、运输机械、收获机械、农副产品加工机械、化肥、农药、塑料薄膜、林业机械、牧业机械、渔业机械、农村小型电站、半机械化农具、农用动力、农机培训、农机管理、农机修理、农机制造等二十类。可供从事农业机械化工作的贫下中农、工人、干部、知识青年和技术人员参考。

本书属于《农业机械化丛书》农用动力类。

目 录

第一章 风能利用大有可为	(1)
第一节 风能及其利用	(1)
第二节 丰富的风力资源	(9)
第三节 风能利用的优越性	(19)
第二章 风力机基本结构和各部分功能	(21)
第一节 风力机的种类	(21)
一、什么是风力机	(21)
二、风力机的分类	(21)
三、风力机的命名	(30)
第二节 风力机基本结构和各部分功能	(39)
第三章 风力机基础知识	(45)
第一节 有关的空气动力学知识	(45)
一、空气动力与流线型	(45)
二、冲角与升力	(50)
三、风轮为什么会转动	(53)
第二节 风力机的基本理论与计算	(57)
一、风轮的功率与风能利用系数	(57)
二、 ξ 与 η	(63)
三、风轮的几何型式	(66)
四、风轮的动力特性	(80)

五、风轮的正向压力特性曲线	(87)
第四章 自制小型风力机的设计制作	(90)
第一节 风况调查与用电量估算	(93)
一、风况调查	(93)
二、用电量估算	(97)
第二节 自制小型风力机的设计制作	(98)
一、发电机及其配件	(98)
二、风轮	(106)
三、变速箱	(118)
四、储能装置及电器电路	(121)
五、附属装置	(132)
第五章 风力机的应用	(150)
第一节 风力提水机的应用	(150)
第二节 风力发电装置的应用	(151)
第三节 风力机的其它应用	(154)
第六章 风力机的安装、使用与维护	(155)
第一节 风力机的安装	(155)
第二节 风力机的使用与维护	(160)
第七章 介绍几种适合农牧业和边远地区使用的风力机	(163)
第一节 FD-1.5-80型风力发电装置	(163)
一、主要技术参数	(164)
二、用途	(165)
三、结构原理	(165)
四、使用及维护	(173)
五、产生故障的原因及排除方法	(182)

第二节	FD-2-90型风力发电装置	(185)
一、	用途	(186)
二、	性能及主要技术参数	(187)
三、	结构原理	(187)
第三节	FD-2-200型风力发电机	(193)
一、	结构原理	(194)
二、	安装与使用	(196)
第四节	FD-4-2型风力发电机	(197)
一、	主要技术参数	(198)
二、	结构原理	(200)
第五节	FT-183-3.2型风力提水机	(207)
一、	主要技术参数	(208)
二、	结构原理及安装	(209)
第六节	FT-205-10型风力提水机	(219)
一、	主要技术参数	(219)
二、	结构原理及安装	(220)
第八章	国外风能利用概况	(225)
第一节	风能利用在世界上重新引起重视	(229)
一、	重视风能利用的原因	(229)
二、	一些国家和地区对风能利用的重视程度	(232)
第二节	国外风能利用动态	(236)
一、	一般情况	(236)
二、	基本问题和有关要求	(238)
三、	经济性方面的研究	(239)
四、	蓄能方式	(243)
五、	美国风能利用近况	(246)

六、几种不同用途的小型风力装置	(250)
七、垂直轴风力机	(255)
第三节 几种新式风力机	(259)
一、扩散增力风力涡轮	(259)
二、旋风型风力涡轮	(260)
三、双环状车轮型风力涡轮	(262)
第四节 全新的设想	(263)
一、无叶片风力发电机	(263)
二、浮翼风力发电	(264)
三、高空风力发电	(265)
四、微风发电机	(265)
五、旋涡式风力发电站	(267)

第一章 风能利用大有可为

第一节 风能及其利用

风，这种由于空气流动而发生的现象，对于我们是最平常不过的事了。刮风，使我们感觉到气流的运动，由于这种运动才产生了风能（物体由于运动所具有的能量叫做动能）。人类正是利用这种能量来完成许多方面的工作。风能的特点是：有风则有能，无风则无能；风大则能量大，风小则能量小。

如同一切事物都具有两重性一样，风也具有两重性。它既有其有利的一面，又有其有害的一面。人们对风的有利的一面总是赞美不已，但风的有害的那一面是否就一成不变一害告终了呢？未必尽然。

平时，我们碰到大风不止的日子，常常对风产生一种反感，因为它对工农牧业生产常常造成一定的危害。但是不可忽视的是，恰是这种疾风劲吹的时节，也正是利用风能的大好时机。如果不失时机地将这有害的一面，部分地或大部分地向有利的一面，人为地转化并加以利用，这岂不是化害为利又改造自然的有益之举，何乐而不为呢？

因此，风力是自然界中一种需待我们广为开发、大力应用的可贵能源。我们应当掌握利用它的规律，研究利用它的方法和技术，以便使风能尽可能多地、有效地为社会主义建设服务。

我们祖国是一个历史悠久的文明古国。应该引为自豪的是，我们的祖先早就认识了风能，并且发明和掌握了许多巧妙地利用风力的方式及其装置。

根据有文字可考的资料，古代对风力的利用大体有以下三个方面：

第一，借助风力表明风向。

风向，无论对于生产、生活，还是对于交通航海、军事指挥，都是不能忽视的因素。我们的祖先很早就借助风力准确地测定风向。

通过观察而直接获得风向印象的装置极其简单。在我国古代，一般是采用鸟类羽毛或者轻薄的绸帛（也有用薄铜片的），作成鸟的形状，装设在杆子顶端的转轴上，使它能够随着风向的改变自如地旋转，鸟的头部始终迎风。这种原始的风向仪，古人称之为相风鸟。此外，还有伺风鸟、相风竿、占风旗及相风鸟與等名字，也都是指同类的装置。

当时，人们将这种指示风向的仪器竖立在皇宫或衙署里，也设在船上或军营中，观察十分方便。较为常见的另一种使用形式，是将相风鸟安装在一车上，当皇帝出行时，走在车驾的前面。

第二，利用风力为一种原动力以帮助车船行驶。

风在直线方向上的压力，最容易被人们感知。我们的祖先就是从这种自然现象中得到启示，利用风的这种压力或推

力,来帮助人力的不足的。这方面的典型例子就是风帆。帆,堪称人类杰出的创造物之一(图1)。

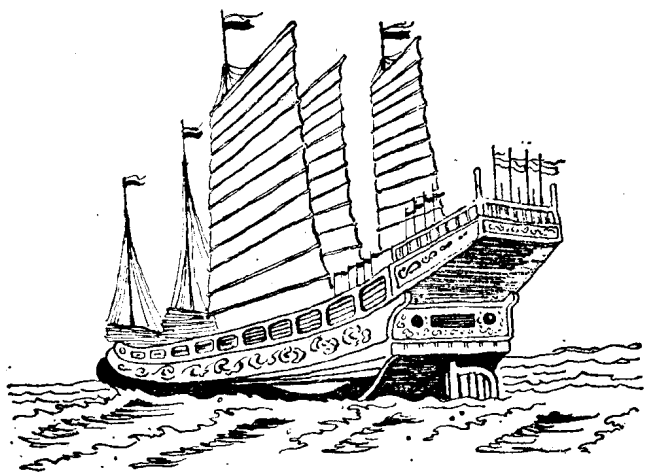


图1 船帆

船帆的巧妙还在于,它不仅在风向与船行方向完全一致时能起有益的作用,而且在风向与船的前进方向之间有一个不超过 90° 的夹角时也能起作用,只是后者对风力的利用率较前者为小,其程度如何则视夹角大小而定。在实际使用中,帆船的行驶,总是一方面控制帆的位置,另一方面通过舵矫正船前进的方向来实现人的意图的。

风帆的利用在我国已有相当长的历史。但究竟始于什么时期,确切的年份还不清楚。古书《物原》上有如下记载:“燧人以瓠济水,伏羲始乘桴,轩辕作舟楫,……夏禹作舵加以篷碇帆樯。”

认为夏禹是帆的发明人,除了《物原》上有这样的说法

而外，目前还没有找到确切的根据。然而在甲骨文里边将“凡”字写为“月”及“𠄎”，却使一些人确认，该字就是后来“帆”字的原始字样。这一看法依据象形说加以解释，较为合乎道理。基于上述理由，足见船帆即使不是禹所发明，时间上也晚不了多久。算起来，我国使用船帆至少也有3000多年的历史了。

在汉代刘熙所著的《释名》一书上，已经有了至今仍在沿用的“帆”字，并且还作了“帆泛也，随风张幔曰帆”的解释。我国有些专家认为“凡”是“帆”的原始字，后来因为用布帛之类制成，才加了一个“巾”字旁。

至于前面讲到车上加帆，就是现在有些地方也还盛行不衰，比如山东、河南一带乡村，仍可见到小手推车上加帆，其道理同船上加帆是没有区别的。

第三，制造一种风轮，利用风的单向冲力，产生垂直于风向的回转运动或象垂直轴风车所持有的那种回转运动，以带动作业机械。

车船上装的帆，无论它做得怎样精巧，毕竟只是直接了当地利用风的推力或压力；而制造将直线方向的风力加以控制，从而使轴产生回转运动，以便带动其他作业机械的风轮，在利用风力上来说，则需要有更高的智慧。我国古代劳动人民在这一方面有两种重要的发明，用现在的话来说，一种叫水平轴风轮，另一种叫垂直轴风轮。在风力机械发明史上，垂直轴风轮是我们祖先对人类独具特色的贡献。

水平轴风轮的使用在我国有些地区相当普遍。仅举江苏无锡一带的风轮为例，其外观相似于荷兰的风轮。这种风轮一般由四或六个帆式风叶组成，有风时带动一个水平轴旋

转，再用一条绳和两个绳轮（或一条链和两个链轮），把风轮水平轴的回转运动，传递到接近地面的另一个横轴上。这个横轴其实就是扬水翻车的上轴，最终传到下轴驱动翻车扬水。

在我国，水平轴风轮发明的年代不太清楚。它的发明，很可能是由古代儿童逢年过节时所玩耍的“风车”演变而来。这里说的“风车”较狭义，不同于我们现在通常说的风车，后者往往是作为风力发动机的俗称出现；而我国古代记载的风车，仅仅是指一种玩具而已。但是这种玩具风车在构造原理上，和水平轴风轮却并无不同。其区别只是在于：风轮是固定在一个地方，该处刮风时才能旋转；而玩具风车却不然，它除了在有风时可以举着使其迎风旋转而外，没有风时举着它奔跑也可以旋转，无异于有风时的情形。

玩具风车，因为发明的年代较早，所以在辽阳三道壕出土的东汉晚期汉墓壁画中就有表现。由此便可以推知，这种风车至少已有1700多年的历史了。

在上面谈到的汉墓壁画之外，有关风车的记载，还可见于明代刘侗所著的《帝京景物略》一书。在该书中是这样介绍风车的：“剖秫秸二寸，错互贴方纸其两端。纸各红绿。中孔以细竹横安秫竿上，迎风张而急走，则旋转如轮。红绿浑浑如晕，曰风车。”

不难想象，如果根据同样的原理，只要采用坚固的材料来替换玩具风车所用的秫秸，并从尺寸上加以适当放大，便成为一台生产上可以用作动力机的水平轴风力机。所以，我国水平轴风力机的发明，时间上也是很早的。但从已有文献资料看来，生产用水平轴风力机的最早记载，是在宋应星的

名著《天工开物》上，该书有这样一段文字：“扬郡以风帆数扇，俟风转车，风息则止。”

此外，在方以智著述的《物理小识》一书中也载有“用风帆六幅，车水灌田，淮扬海堰皆为之。”直接述及将水平抽风力机应用于农业生产的情形。

在这里，还有必要稍微详细地谈谈我国古代劳动人民独出心裁的发明——垂直轴风轮。图2所示的风力提水立式风车，其提供动力部分，就是一个古老的垂直轴风轮。我国出现这种风车，距今已有1350年的历史，先于世界上任何国家，比欧洲十二世纪通用的水平轴风车（图3）还要早500多年。

多少世纪以来，垂直轴风轮一直应用于生产实践。就是在解放前后，大沽和塘沽一带地方，还能看到这种风车。这种风车与古老的立式风车没有多大区别。

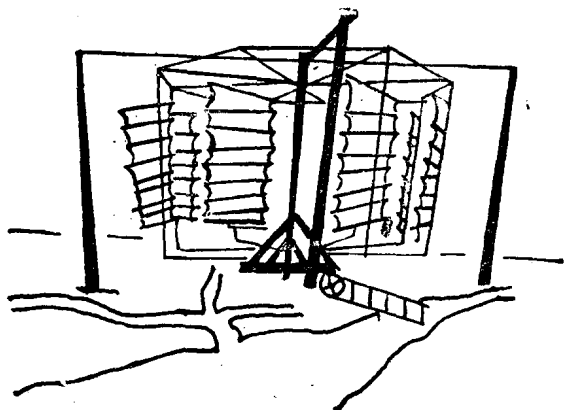


图2 我国古老的立式风车

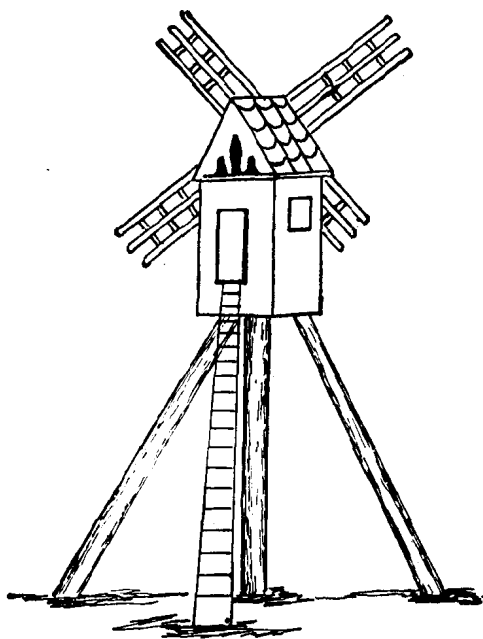


图3 公元约1200年欧洲通用风车

立式风车的风轮，毫无疑问是由船帆演化而成的。它的制作要点是，将同样大小的若干个船帆（图2中的风车为八个），各偏装在一个竖直的杆上。所谓偏装，就是在安装时使得距整个风轮的中心立轴较远的一部分比较窄，靠里边的一部分较宽。每面帆的竖直中心线的上端都为—绳所系，此绳经过帆上部横杆上固定的小滑轮改变方向后系在下部的横杆上。各帆较宽的一侧都各被—条绳所拉，这些绳的另一端系在中心立轴上。每条绳长都以当帆面与风向垂直时恰能使

绳拉紧为度。

因为每面帆的竖直中心线都在竖杆的里侧，帆面又能以竖杆为轴转动，所以，在风力的作用下整个风轮旋转时，势必是每面帆转至顺风的一边，帆面就能自动与风向垂直，以接受最大风力；继而转至逆风一边，帆面便自然与风向平行，以使所受阻力为最小。

立式风车不受风向改变的影响，风轮总是向同一个方向旋转，较之水平轴风轮，不需要对风装置，这是设计上最巧妙的地方。

通过滑轮的那条绳还有一个作用，就是当风力过大时，可以松绳使帆下落一段，接受风压面积就会随之减小。这样就控制了风轮的回转速度，保护风车免于被大风摧毁。

盛如梓所著《蔗斋老学丛谈》中记载着金末元初耶律楚材《湛然居士集》中的诗句：“……园林无尽处，花木不知名，冲风磨旧麦，悬碓杵新粳。”表明金末元初已有了风磨，距今已有700多年的历史了。但耶律楚材所吟咏的，究竟是垂直轴还是水平轴的，这一点尚无据可考。

只是到了十七世纪初，才有欧洲垂直轴风力机械介绍到我国，从时间上讲，已比我国首创的立式风轮晚了近千年。这方面的情况可见于邓玉函口授，由当时最著名的力学家王徵译绘的《远西奇器图说》一书中有关风力机的诸图及解说。

第二节 丰富的风力资源

在日常生活或生产当中，我们都直接、间接地接触过风车（即风力机，或者叫做风力发动机、风动机）。风驱动风力机旋转，而旋转着的风力机又可带动各种用途的工作机进行工作。这一切都来源于风的作用，没有风，它们是不能工作的。所以，风力资源的多寡就成为我们十分关心的问题。

那么，全世界的风力资源（或者叫做风能总量）究竟有多少呢？事实上这是难以用确切的数字回答的问题。但是，有几种估计数字倒是可供我们参考，以便从数量级的意义上对全世界的风力资源有个大概的了解。

有人认为，全世界每年燃烧的煤的能量，只有风力在一年内提供的能量的 $1/3000$ ；还有一种说法是，地球上近地层每年可利用的风能总量，折合成电力约为 50×10^{13} 度。这个数字大约相当于一九五八年全世界所消费的总电力的17倍；另外也有人通过计算估计说，全世界可以利用的风能，相当于1亿千瓦的电网。如果通过风力发电转变成电能，即使每年只有三分之一时间在运转，也可以为人们提供3000亿度的电力。

当然，说法还有许多。虽然这些说法不尽一致，相差甚至达到几个数量级，但通过这种粗略的估计，还是可以获得这样一种印象：全世界的风力资源乃是一种十分丰富的能量宝库，而目前我们对它的开发与利用还是远远不够的。

风能永远不会枯竭。一般地说，同一个地方不是时刻都