

風力發動機

奚紹申編

科技衛生出版社

風力發动机

奚紹申編

3122/4/02

科技圖書出版社

內 容 提 要

本書扼要介紹有关風力發动机的基本理論知識及其实际構造和应用。

全書在闡明有关風的几个基本概念和空气动力学中的若干基本問題后,重点地介紹苏联各式型号風力發动机的構造及其应用范围。对于風力發动机的安裝、运用和修理也作了簡要的說明。

本書可供農業机械化院校作为教学参考用書,亦可供从事農業生產机械化及風力工程的技術人員参考。

風 力 發 动 机

奚 紹 申 編

*

科技卫生出版社出版

(上海南京西路 2004 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷六厂印刷 新華書店上海發行所总經售

*

統一書号: 15 · 258

(原科技版印 8,000 册)

开本 787×1092 1/32 印張 4 3/4 · 字數 114 000

1958 年 11 月新 1 版

1958 年 11 月第 1 次印刷·印數 1-3,000

定价: (10.0.68 元)

主要参考書目

Е. М. Фатеев, Ветродвиатели и их применение в сельском хозяйстве, Машгиз, 1952.

А. В. Кармишин, Ветродвиатели для механизации животноводческих ферм, Машгиз, 1952.

Е. И. Шевко, Ветродвиатели, Машгиз, 1955.

А. В. Кармишин, Ветер и его использование, Гостехиздат, 1950.

目 錄

緒 言	1
第一章 風	6
1-1. 風速	6
1-2. 風速計	6
1-3. 風速的頻率	13
1-4. 障碍物对風速的影响	15
1-5. 風能;能量風玫瑰圖	17
第二章 風力發动机的基本理論	21
2-1. 阻力和升力	21
2-2. 槳叶的空气动力性能	23
2-3. 雷諾数	25
2-4. 利用模型進行空气动力試驗时的条件	25
2-5. 風能利用系数	27
2-6. 風力發动机的功率	29
2-7. 槳叶式風力發动机風輪的工作原理	30
2-8. 風力發动机的空气动力特性	32
第三章 風力發动机的工作概念	38
3-1. 風力發动机的类型	38
3-2. 風力發动机的主要組成部分	40
3-3. 風輪的迎風裝置	41
3-4. 机尾控制式迎風裝置	41
3-5. 舵輪控制式迎風裝置	46
3-6. 風力發动机的調整	48
3-7. 風輪偏側式調整法的工作原理	48

02422

3-8. 風輪偏側式調整法	50
3-9. 風輪偏側式調整法中的杠杆臂長度 r_z 和彈簧尺寸	54
3-10. 槳叶偏側式調整法的工作原理	58
3-11. 利用穩定器使槳叶偏側的調整機構	59
3-12. 利用慣性力使槳叶偏側的調整機構	63
3-13. 利用風壓使槳叶偏側的調整機構	67
3-14. 用空氣制動裝置的調整機構	70
第四章 風力發動機的實際構造	72
4-1. 多叶低速風力發動機	72
4-2. ТВ-5 型風力發動機	72
4-3. ТВ-8 型風力發動機	76
4-4. 高速風力發動機	80
4-5. ВИМ Д-12 型風力發動機	81
4-6. Д-18 型風力發動機	85
4-7. ЦАГИ 1-Д-18 型風力發動機	93
4-8. УНДИМ Д-10 型風力發動機	99
第五章 風力發動機的应用	107
5-1. 風力發動機在農業中的用途	107
5-2. 給水用風力唧水裝置	107
5-3. 灌溉用風力唧水裝置	109
5-4. 飼料房用風力裝置	111
5-5. 風磨	113
5-6. 風力發電裝置	115
5-7. 小功率風力發電裝置	116
5-8. 中等功率的風力發電站	122
5-9. 強力風力發電站	123
第六章 風力發動機的安裝	125
6-1. 安裝工作的步驟	125

6-2. 安裝地点的選擇.....	125
6-3. 安裝的組織和設備.....	126
6-4. 風力發動機的裝配.....	127
6-5. 塔身的豎立.....	134
6-6. 風輪和機尾的舉升.....	135
6-7. 試運轉.....	137
6-8. 安裝工作中的安全技術規程.....	138
第七章 風力發動機的運用和修理	140
7-1. 風力裝置的保養.....	140
7-2. 風力裝置的運用指標.....	140
7-3. 修理工作的類型.....	143
7-4. 部件修理方法簡介.....	143

緒 言

風是良好的能量資源 大家都知道，順風行走要比逆風輕鬆。帆船張了蓬可以不需任何動力而在水面上前進；用木板、布質或金屬薄片做成的風輪會在風中旋轉。所有這一切都說明風具有一定的能量。

在宇宙間，風的能量是巨大的。它大大地超過水流的能量，也大于液體和固體燃料能量的總和。據蘇聯拉扎列夫（П.П.Лазарев）院士斷定，全世界每年所燃燒的煤的能量，只有風力在一年內所可提供的能量的三千分之一。

風不但是取之不竭用之不尽的能量資源，而且又是最廉價的動力，因為它是不必花費資金去購買的。不但如此，因為任何地方都會有風，因此取用時也就不需任何運輸設備。取用風能的費用只是開始裝置風力發動機的設備費用，以及日常的保養費用。在蘇聯年平均風速為 7 公尺/秒的地區，一台 Д-18 型風力發動機發出 1 瓩-小時功的成本約為 0.37 盧布，而一座 27,000 瓩-小時容量火力裝置發出 1 瓩-小時功的成本則達 0.98 盧布。

我國幅員遼闊，無論沿海地區或內地高原都經常有很高風速，風能的蘊藏量非常豐富。今后在工業發展的基礎上，逐步加以開發利用，實有很大的經濟意義。

新式風力發動機是高效率的風力裝置 既然在日常生活我們都能覺察風具有一定的能量，因而遠在上古時代人類就已設法利用風力代替人畜進行工作了。

在埃及可以看到二千年以前遺留下來的古代風磨。在八世紀的時候，歐洲出現了第一具風力發動機。在荷蘭，很早就廣泛地採用了風磨和風力抽水設備(圖1)，“保護着荷蘭三分之二的國土，使它不再變為泥濘土地”(資本論第一卷第十三章)。

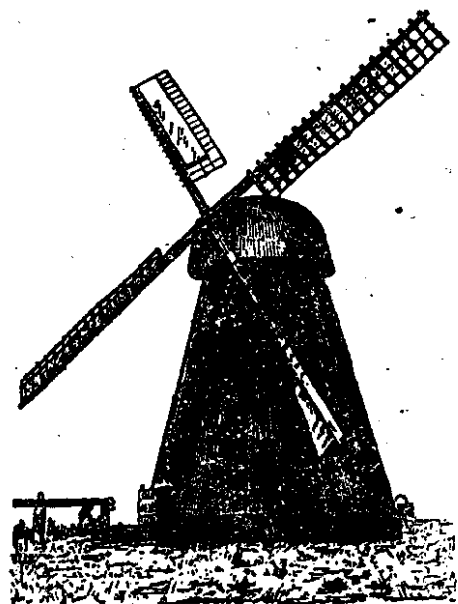


圖 1 荷蘭式風磨

但是所有這些風力裝置的效率都是很低的，往往不及百分之十。

隨着流體力學以及近代機器製造業的發展，很多科學家，特別是蘇聯科學家們的 effort，風力發動機的構造已經日臻完善。新式風力發動機的風能利用系數一般可達 40%，甚至 50% 左右；也就是說，它的效率已經和火力裝置的效率不相上下了。

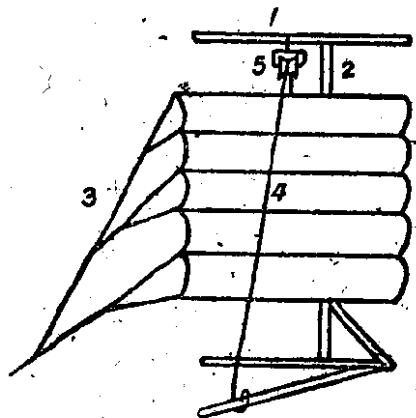
在年平均風速為 5 公尺/秒的地區，一台 Д-18 型風力發動機每年可以供應 50,000 瓩-小時的電能。

我國勞動人民在利用風能方面的成就 我國勞動人民利用風力作為原動力的時期是很早的。縱然物原上所說“夏禹作舵，加以蓬碇帆檣”的話並不可靠；但就後漢劉熙所著釋名上“隨風張幔曰帆”的話看來，也足証在至少一千七百多年以前我們的祖先就已具體利用風力作為原動力了。

明崇禎十年(1637)完成的天工開物上有“揚郡以風帆數頁，俟風轉車，風息則止”的記載。將氣流的直綫運動轉變為風輪軸的迴轉運動，在利用風力方面顯然又已前進了一大步。

目前在我國農村中所見的風輪有兩種式樣：一種是在江蘇無錫一帶所用的，由四個或六個輪帆帶動一個橫軸轉動，再用一條繩子和兩個繩輪把橫軸的運動傳到接近地面的另一個橫軸上，而帶動排水翻車（俗名龍骨車或水車）。這種風輪的缺點是沒有適應風向（迎風）的裝置，每當風向變更時，要用人力搬動一下，使它正對風向。

另一種是在大沽和塘沽一帶所常見的走馬燈式（或稱立帆式）風輪。八個同大的輪帆（圖 2），各偏裝在一個直立的杆上，其外邊的一面較窄，里边的一面較寬，如圖 2 中 2 處所示。各



帆的正中上端則各用一繩 4 系住。此繩經過滑車 5 下行而系于下部的杆上。各帆的里边用繩 3 拉着，繩 3 長度以當帆面和風向垂直時恰能使繩拉緊為度。這樣，由於輪帆的中綫落在杆 2 的里側，而輪帆又能繞杆 2 轉動，因此在全輪旋轉中，當每一輪帆轉到順風的一邊時，就必然地自動和風向垂直，結果所得的風力最大。當輪帆轉到逆風的一邊時，則自動地繞杆 2 偏側至平行於風向的位置，結果所受的阻力最小。作用在風輪軸兩側各帆面上的風力既然相差很大，自然可使風輪轉動了。這種風輪的另一特點就是它的作用不受風向改變的影響，即無論風由那個方向吹來，風輪總是向同一方向旋轉。

蘇聯學者在風力發動機方面的貢獻 舊式的農村風磨在革命以前的俄國也已經使用了不知多少年代。六十年前，俄國工程師 В. П. 達威多夫 (В. П. Давыдов) 着手加以改進，他創造了

金屬木料合制的風力發動機。

偉大的俄國科學家，“俄羅斯航空之父”Н.Е. 朱可夫斯基(Н. Е. Жуковский)教授(1847~1921)為風力發動機奠定的理論基礎，在蘇維埃時代發展到實際上的應用。在他的創議和列寧的支持下所成立的中央流體動力學研究所(1918年)首先造出了第一具蘇聯自制的高速風力發動機。此後，В. П. 維特欽津(В. П. Ветчинкин)教授(1888~1950)、Г. Х. 沙賓寧(Г. Х. Сабинин)教授和 Н. В. 克拉索夫斯基(Н. В. Красовский)教授相繼建立了製造近代高品質風力發動機的理論基礎，而 Е. М. 法杰耶夫(Е. М. Фатеев)教授也奠定了應用風力發動機於農業的正確根基。現在，蘇聯已有很多科學研究機關，如中央流體動力學院(ЦАГИ)、全蘇農業機器製造學院(ВИСХОМ)、全蘇農業機械化科學研究所(ВИМ)、烏克蘭農業機械化科學研究所(УНДИМ)等對風力發動機進行研究和改良。

風力發動機和農業 近代風力發動機雖能從經常變化的風力中，為不同生產過程的機械獲得可用的能量，但是當風速很小，甚至完全無風的時候，風力發動機還是無可避免地要停歇下來的。因此風力發動機也就只能主要地應用在不致因其停歇而造成損失的生產過程中。

大家知道，大部分的農業生產操作，如汲水、灌溉、磨粉、打谷，以及飼料制備等都可預作一定的儲備，也就是說不致受風力發動機暫時停歇的影響。因此我們有充分可能應用風力發動機使需要大量勞動力的農業操作機械化。

遠在一九一八年，列寧在“科學技術工作計劃大綱”中便曾

指示科学院要普及風力發动机在農業中的应用。一九四九年，苏联部長會議和联共中央关于發展農業計劃決議中，也曾指出風力發动机对農業机械化的巨大意义。

我國華北、西北各省和內蒙古自治区等干旱地区的風速較大，因此正可利用風力發动机進行机械化灌溉，以減少和消滅旱灾。在江南地区也可利用風力唧水裝置進行灌溉，从而降低生產成本。在輸电綫路所不易到达的偏僻山区，更可利用風力發電裝置發出廉价电力，以供照明和驅动之用。

第一章

風

1-1 風速 風在單位時間內所流過的距離叫做風速。通常都以每秒鐘若干公尺作為度量單位，并用拉丁字母 v 來代表。

風速是很不穩定的，即使在極短的時間內，它的變化也很大。圖 1-16 所示為某 6 分鐘內的風速計（自動記錄風速計）記錄；在這時間中，風速在 6 公尺/秒到 10 公尺/秒的範圍中不斷變化。從曲線的形狀可知風速具有脈動的特性。

在某一瞬間（或是很短的幾秒鐘內）的風速叫做瞬時風速或有效風速。在某一時間間段中，瞬時風速的算術平均數叫做這一時間中的平均風速。

假使把一晝夜（24 小時）中每隔一定時間所測得的風速相加，再除以所測的次數，則可求出每晝夜的平均風速。即

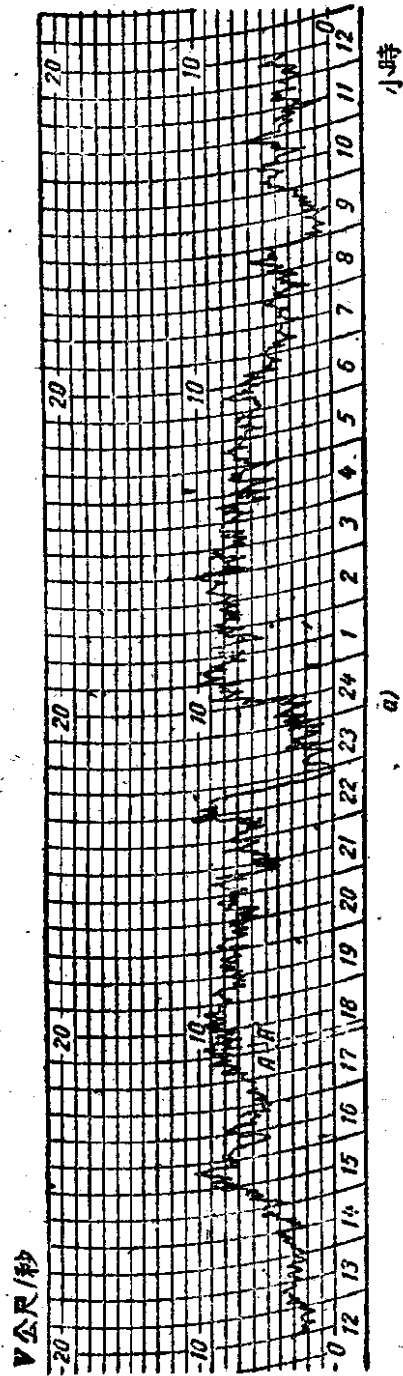
$$v_{\text{一晝夜平均}} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \cdots + v_n}{n} \text{ 公尺/秒} \quad (1-1)$$

式中： n ——一晝夜中測量的次數。

如把一月中每晝夜的平均風速相加而除以全月天數，則得全月平均風速。將全年各月平均風速的總和除以 12，即得全年平均風速。

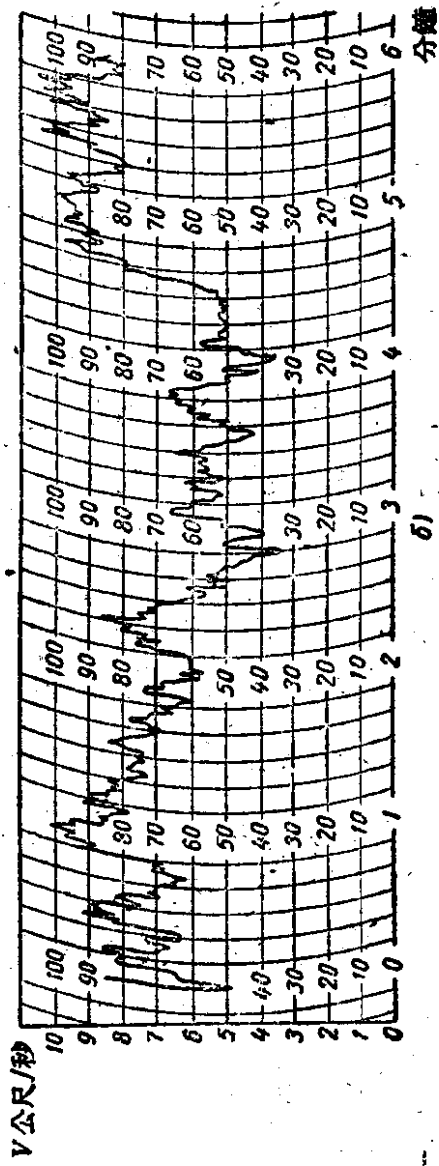
表 1-1 所示為我國青島氣象台所記錄的 1951 年逐月風速。

1-2 風速計 測量風速用的風速計通常有下列兩種類型：



小時

a)



分鐘

b)

圖 1-1 風速計記錄

、a—在一晝夜中；b—在6分鐘內

0 圖曲綫相當于 a 圖內 A-A' 間段中的風速變化

表 1-1 1951 年我國青島地區的逐月風速表

月 分	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
最大瞬時風速,公尺/秒	18.5	25.6	24.2	21.4	26.8	25.5	19.3	25.1	20.5	20.5	29.7	~
平均風速 公尺/秒	5.3	5.8	5.5	5.4	5.4	5.3	4.6	5.3	4.3	5.1	5.9	~

1) 可指示或記錄瞬時風速的風信旗和風速計,如維爾達風信旗、電動風速計及手提電動風速計等。

2) 能測出在某一段時間段中平均風速的風速計,如手提風速計、接觸式自動記錄風速計等。

茲將幾種常用風速計的構造扼要介紹于下:

維爾達風信旗。 它的構造如圖 1-2 所示。在豎杆 1 的上端裝有水平軸 2, 其上懸有金屬板 3。在板 3 的側邊, 另有一扇形件 4 固定在軸 2 上; 扇形件上每隔一定角度處則有一標杆。風向器 5 固定在豎杆中部, 可和豎杆一同在固定套筒 6 中旋轉。由於風向器 5 的裝置方向和金屬板 3 所在的平面垂直, 因而可使金屬板經常迎風; 而它的一端也就會在風的作用下沿着扇形件的圓弧上升。金屬板和鉛直方向間傾斜角的大小即表示風速的大小。因此, 只要察看金屬板 3

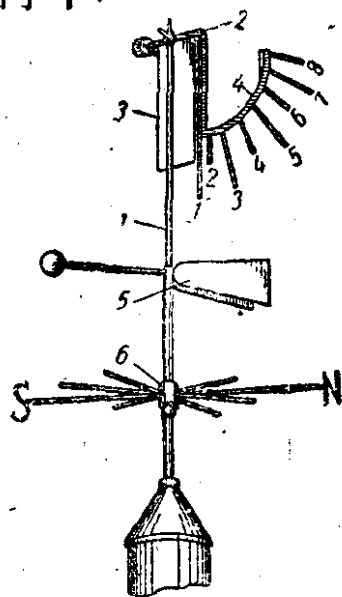


圖 1-2 維爾達風信旗

1—豎杆; 2—水平軸;
3—板; 4—扇形件;
5—風向器; 6—套筒

表 1-2 風信旗讀數与風速大小換算表
(金屬板重量为 200 公分)

标杆序号	風速 公尺/秒	标杆与鉛直 方向間傾斜 角, 度	标杆序号	風速 公尺/秒	标杆与鉛直 方向間傾斜 角, 度
1	0	1	5	8	47
1~2	1	—	5~6	9	—
2	2	4	6	10	60
2~3	3	—	6~7	11	—
3	4	16	7	14	73
3~4	5	—	7~8	17	—
4	6	32	8	20	81
4~5	7	—	8 以上	20以上	—

轉到那一个标杆的位置, 就可由表 1-2 求得風速。

在固定套筒 6 上裝有方向标, 以指示風向; 四根長杆分別指示东、南、西、北四个方向; 在各長杆間另有四短杆則指向东-北、

西-北、东-南和西-南。

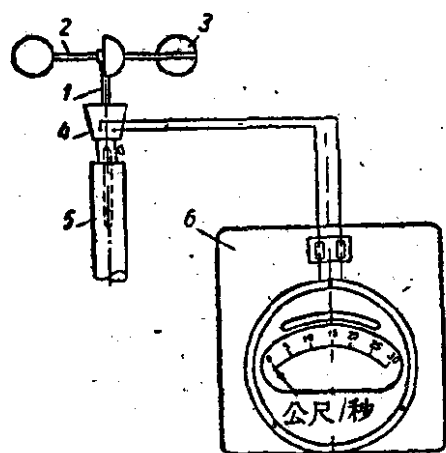


圖 1-3 电动風速計

1—垂直軸; 2—十字架; 3—半球;
4—發电机; 5—豎杆; 6—电压表

电动風速計 (圖 1-3). 在垂直軸 1 上裝有十字架 2, 十字架上每一杆的两端則裝有半球 3. 吹在半球上的風可使十字架在水平面內旋轉, 因而帶動固定在豎杆 5 上的發电机 4 的电樞。

十字架上半球的圓周速度約为風速的 $\frac{1}{3}$. 当風速改变时, 十字架及發电机电樞的轉速亦随

着改变，因此，發机电电压的高低也就因風速的大小而变更，而和發电机相联的电压表 6 的指針也就可指出每一时刻的瞬时風速。

帶有自动記錄器的电动風速計能繪出風速的变化曲綫。自动記錄器是一个附有卷紙筒的計时机构，以一定的速度緩緩轉动。随着發电机的不同轉速而上下移动的筆尖即在紙上繪出風速变化曲綫，如圖 1-1 所示。

手提电动風速計（圖 1-4）和电动風速計的作用原理相同，但其指示裝置就放在發电机的机壳中，而刻度則在發电机的側面上。

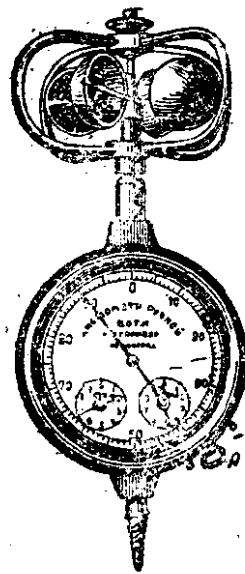
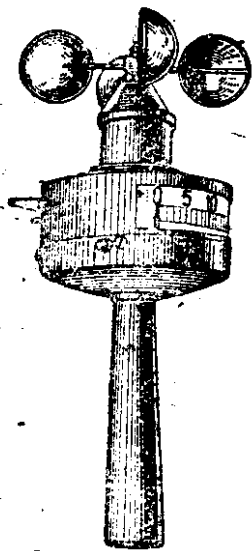


圖 1-4 手提电动風速計 圖 1-5 手提風速計

手提風速計（圖 1-5）也具有上裝四个半球的十字架和垂直軸，軸的旋轉运动經齒輪而傳至指針，使其在刻度盤上轉动。其中央長針所指为某一時間中風所經過距离的个位数（公尺），左