

中国风力机图册

中国农业机械化科学研究院主编

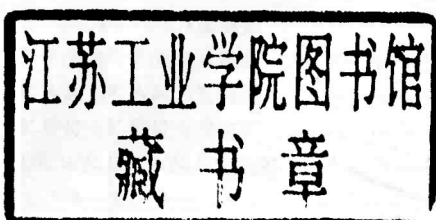


中国空气动力学研究会
中国太阳能学会

风能专业委员会

中国风力机图册

中国农业机械化科学研究院编



中国空气动力学研究会 风能专业委员会
中国太阳能学会

责任编辑：吴明洙

封面设计：肖林萍

中国风力机图册

中国农业机械化科学研究院编

中国风力机图册

中国农业机械化科学研究院编

《农业机械》编辑部出版

化学工业出版社印刷厂

北京胶印厂（封面）

印刷

目 录

前 言	
一、风能资源	2
二、50~60年代的风力机	9
“走马灯”式风车	12
白城“55”型风车	12
农社式风力机	13
三叶风力机	13
多叶人风两用风车	14
三叶59号风力机	14
简化式59号风力机	15
斜杆式风车	15
简易式风力机	16
链条式风车	16
平板式风力机	17
径9型(跃进式)风力机	17
转盘自动调向风车	18
山东风力机	18
第一次全国风力机现场会	19
八叶风力机	19
凤阳风力机	20
东风小高速风力机	20
径2.5型风力机	21
“借东风”风力机	21
小型多叶风车	22
FWG-9型风力机	22
三、风力提水机	23
FT 2.5风力提水机	23
FD-2.6型风力提水机	24
FS-3型风力提水机	25
FD-4双作用泵风力提水机	26
FD-5.2型风力提水机	27
FWG-6型高速风力机	28
FDG-6型低速风力机	29
XFT-6型风力提水机	30
WJF型无齿轮简易风车	31
FCG-7型改良风车	32
FC-7.5型铁风车	33
FCG-8型传统风车	34
莆田斜杆式布篷风车	35
四、风力发电机	36
(1) 水平轴风力发电机	36
FD1.4—50W _{yc} 风力发电机	36
FD1.5—30W风力发电机	37
FD1.5—100W风力发电机	38
FD1.5—30W风力发电机	39
FD1.6—50W风力发电机	40
FD1.8—100W风力发电机	41
BD 2—250W风力发电机	42
FD 2—100W _{yc} 风力发电机	43
QFD2.1—200W风力发电机	44
9FD—1000-1型风力发电机	45
QFD3.6—1000W风力发电机	46
FD3.6—300W风力发电机	47
FD4—500W _{yc} 风力发电机	48
FD 4—1000W风力发电机	49
FD 4—2KW风力发电机	50
FD6BH-4型变速恒频风力发电机	51
BD6C—7.5KW风力发电机	52
DJX-6型风力发电机	53
FD10—10KW风力发电机	54
FD12—12KW风力发电机	55
FD13—18KW风力发电机	56
FD17—20KW风力发电机	57
FD20—30KW风力发电机	58
FD21—40KW风力发电机	59
FDS 21—55KW风力发电机	60
(2) 垂直轴风力发电机	61
FN12V/50W-L ₂ 型风力发电机	61
FD-LK 1型150W风力发电机	62
LFD2.5—180W双翼型立轴风力发电机	63
SD-4.8型双径导叶风力发电机	64
ΦLFD5—1.4KW风力发电机	65
Φ6-4KW立轴风力发电机	66
Φ6-2KW立轴风力发电机	67
KLFD6-2KW可变几何型风力发电机	68
附录一 中国空气动力学研究会 风能专业 中国太阳能学会 委员会组织机构	69
附录二 风能专业委员会委员单位	69
编后记	70

前 言

风能作为可再生的、干净的又可就地取用的自然能源，在常规能源紧张和生态环境遭受污染的时代，它的价值正被重新认识。一些经济发达国家在七十年代后期先后制定了发展规划，并投入了相当数量的开发资金。

风能最易直接转换为机械能，如同水力一样，成为人类最先利用的能源，诸如风车、风磨、风帆，有的一直流传至今。在新的科技背景下，新形式的风力发电、提水、海水淡化、采暖致冷和航运有了新的发展，在某些情况下，风能利用装置在使用寿命、自控运行性能、经济效益等方面已可与常规机电动力相比拟。

我国是风能利用的古国之一，风能利用已有2000多年的历史。我国东南沿海向来有风力提水的使用习惯，如江苏省1959年风车曾多达20余万台；1967年江苏兴化、盐城地区仍有3万多台提水风车。虽然后来大部分风车被油、电动力所取代，但局部地区一直在使用，尤其是近几年缺油少电、提水成本上涨，一些有条件的地区正逐步恢复风力提水。

我国自五十年代中期开始研制小型现代风力发电和提水装置。六十年代，一些风力机开始投入小批量生产，在转换为生产力方面取得了成功的经验。从七十年代末期开始，我国风能利用研究进入了一个新的发展阶段，目前风力发电和风力提水机组已有一定批量。

本图册可以说明，经过30年的断续发展，我国风力机功率范围、用途、结构型式、资源勘察、研究领域和研制技术都达到了一个新的水平。

我国沿海和内陆北部及大西北风能资源丰富，3~20米/秒风速全年5000~6000小时。这些地区常规能源缺乏，应优先考虑开发新能源。最近中央领导同志关于开发大西北的几次讲话都指出了在这些地区开发新能源特别是风能和太阳能的重要性。

我国科研领导部门为争取更快更好地开发利用风能，已尽了很大的努力，提供了必要的资金和条件。在有关部门的关怀下，1982年5月我国正式成立了全国性的风能专业委员会，隶属于中国空气动力学研究会和中国太阳能学会。在风能专业委员会的统一协调下，我国的风能利用水平必将达到一个新的高度，为我国的能源事业做出新的更大的贡献。

一九八三年十月

一、风能资源

风是空气的水平运动，主要是由于气压在水平方向分布不均匀而产生的水平气压梯度力推动空气造成的。这种空气运动产生的能量被称为风能。

地球上近地层每年的风能总量约为 1.3×10^{15} 瓦，可利用风能量至少为 10^{12} 瓦，约十倍于地球上可利用水能总量。我国的年风能总储量估计为 1.6×10^{12} 瓦。

1. 风能的计算

(1) 风能密度

不考虑风力机的风能利用系数，单位迎风面积可能获得的风功率称为风能密度，并以此来表征某地风能潜力的大小，即：

$$W = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad (\text{瓦/米}^2)$$

风能密度有直接计算和概率计算两种方法。直接计算是利用一天 24 小时的逐时风速数据，按 1 米/秒为间距分成各等级风速如 1、2、3、……20 米/秒的出现全年累积小时数 N_1 、 N_2 、 N_3 、…… N_{20} ，然后乘以该风速下的能量 ($\frac{1}{2} N_i \rho V^3$)，再将各个等级风能之和除以总时数，即：

$$\bar{W} = \frac{\sum \frac{1}{2} N_i \rho V^3}{N} \quad (i = 1.2.3. \dots 20)$$

则可求出某地的平均风能密度 (瓦/米²)。另一种方法是通过风速频率分布符合某种概率分布进行理论计算，近年来各国的风能计算中，大都采用韦伯尔 (Weibull) 分布来拟合风速频率分布，其公式：

$$f(V) = \frac{k}{C} \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{V}{C}\right)^k}$$

其中 k 为形状因子， C 为尺度因子，当 $C = 1$ 时称作标准韦伯尔分布。 C 、 k 参数可以利用风速观测数据，通过最小二乘法、平均风速 \bar{V} 和均方差 σ_v 、平均风速 \bar{V} 和最大值的平均值 \bar{V}_{\max} 等三种方法确定。有了各个地区的 k 、 C 参数就可以求出不同地区各等级风速出现的累积时间。再求出各级风速的立方就可计算出风能密度。

(2) 有效风速和有效风能密度

风力机是根据当地风况确定一个风速来设计的，该风速称为“设计风速”或“额定风速”，它与“额定功率”相对应。众所周知，由于风的不稳定性，风力机不可能始终在额定风速下运行，因此风力机就有一个工作风速范围，即从起动风速（一般都要高于起动风速）到切断风速。风速低于起动风速，风力机不能运行；风速高于切断风速，风力机若继续运行就有损坏的危险。我们将 3 ~ 20 米/秒的风速（即工作风速）称为有效风速，依此计算的风能密度称为有效风能密度。

2. 我国风能资源的分布

研究各个地区风能资源的潜力和特征,一般都用有效风能密度和可利用的年累积小时数两个指标来表示。根据全国500余气象观测站的风速资料统计分析,得出全国风能密度及3~20、6~20、8~20米/秒的分布图(图1~4)。由于我国地形复杂,风能的地区性差异很大,即使在同一地区风能也有较大的不同。图1~4给出的数据只反映大范围的分布趋势,并不代表小范围的真实状况。由图1~4中可看出其分布特点:

I、风能丰富区

该区风能密度大于200瓦/米²,3~20米/秒风速的年累积小时数大于5000小时;6~20米/秒大于2200小时;8~20米/秒大于1000小时。主要集中在三个地区。

(1) 东南沿海、山东和辽东半岛沿海及其岛屿。这一区由于濒临海洋,风速较高。愈向内陆风能愈小,风力等值线与海岸线平行。这一区的风能密度是全国最高的,如平潭的风能密度可达750瓦/米²,3~20米/秒的风速一年中最多可达7940小时(全年为8760小时),8~20米/秒也可达4500小时左右。

风能的季节分配,东南沿海和台湾及其黄海、东海诸岛秋季风能最大,冬季次之。山东和辽东半岛春季风能大,冬季次之。

(2) 内蒙和甘肃北部。该区为内陆连成一片的最好的风能区域。年平均风能密度在个别地区如朱日和、虎勒盖尔可达300瓦/米²,3~20米/秒风速的年累积小时数可达7660小时左右,6~20米/秒风速可达4180小时,8~20米/秒也可达2294小时。本区冬季风能最大,春季次之,夏季最小。

(3) 松花江下游地区。本区虽然风能密度在200瓦/米²以上,3~20米/秒风速在5000小时以上,但6~20米/秒和8~20米/秒风速较上述两区小,分别为2000~3000小时和800~900小时。

II、风能较丰富区

该区的有效风能密度为200~150瓦/米²,3~20米/秒风速的年积累为5000~4000小时,6~20米/秒的为2200~1500小时,8~20米/秒的为1000~500小时。主要集中在三个地区,其中有两个地区是风能丰富区向内陆减小的延伸。

(1) 沿海岸区,包括从汕头海岸向北沿东南沿海的20~50公里地带(是丰富区向内陆的延展)到东海和渤海沿岸。该区6~20米/秒的为1500小时,8~20米/秒的为800小时左右。长江口以南,大致秋季风能大,冬季次之。

(2) 三北的北部地区,包括从东北图门江口向西沿燕山北麓经河西走廊(是内蒙北部区向南延伸)过天山到艾比湖南岸,横穿我国三北北部的广大地区。该区除天山以北地区夏季风能最大、春季次之外,都是春季风能最大。其次东北平原的秋季、内蒙的冬季、河西走廊的夏季风能最大。

(3) 青藏高原中部和北部地区。该区的风能密度在150瓦/米²以上,但3~20米/秒风速出现的小时数与东南沿海的丰富区相当,可达5000小时以上,有些地区如茫崖可达6500小时。但该地区由于海拔高度较高(平均在4000~5000米左右),空气密度较小。同样是8米/秒风速,海拔4.5米(如上海)时的风能密度比海拔4507米(那曲)时高40%。因此,在青藏地区(包括高山)利用风能时必须考虑空气密度的影响。该区春季风能最大,夏季次之。

III、风能可利用区

该区有效风能密度为 $150 \sim 50$ 瓦/米²， $3 \sim 20$ 米/秒风速年累积时数 $4000 \sim 2000$ 小时， $6 \sim 20$ 米/秒为 $500 \sim 1500$ 小时。集中分布在三个地区。

(1) 两广沿海,在南岭之南,包括福建海岸 $50 \sim 100$ 公里的地带。风能季节分配是冬季风能大,秋季次之。

(2) 大、小兴安岭山地。该区有效风能和累积时数是由北向南趋于增加,这与内蒙地区由北向南减少不同。春季风能最大,秋季次之。

(3) 三北中部、黄河和长江中下游以及川西和云南一部分地区。东从长白山开始,向西穿过华北,经西北到新疆最西端。北从华北开始穿黄河过长江,到南岭北侧和从甘肃到云南的北部,这一大区连成一片,约占全国面积的一半。由于该区只是在春、冬季风能较大,夏、秋季风能较小,故又可称为季节风能利用区。

IV、风能欠缺地区

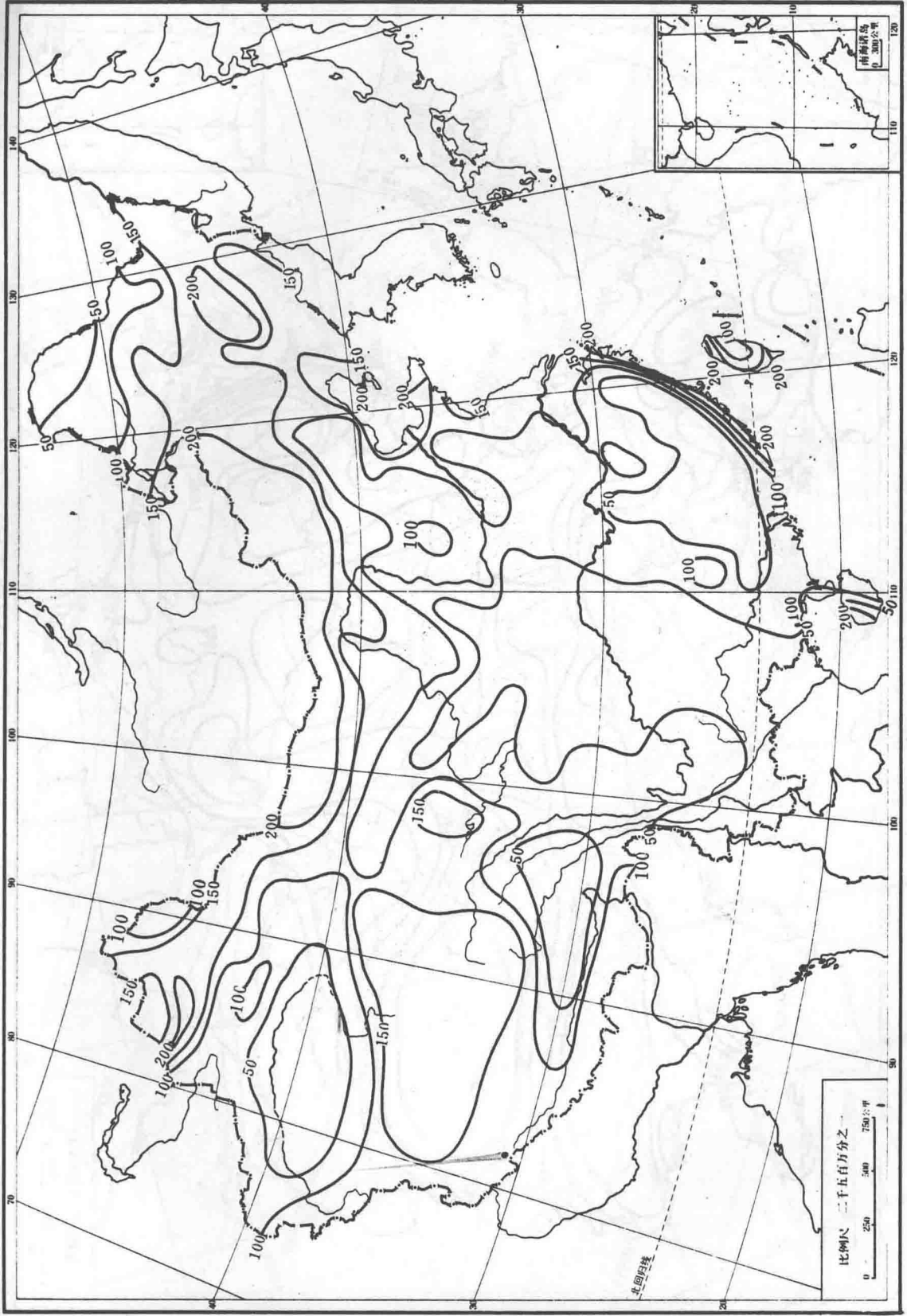
该区有效风能密度在 50 瓦/米² 以下, $3 \sim 20$ 米/秒风速的年累积时数在 2000 小时以下, $6 \sim 20$ 米/秒在 300 小时以下, $8 \sim 20$ 米/秒在 50 小时以下。集中分布在基本上四面为高山所环抱的三个地区。

(1) 以四川为中心,西为青藏高原,北为秦岭,南为大娄山,东面为巫山和武陵山等。

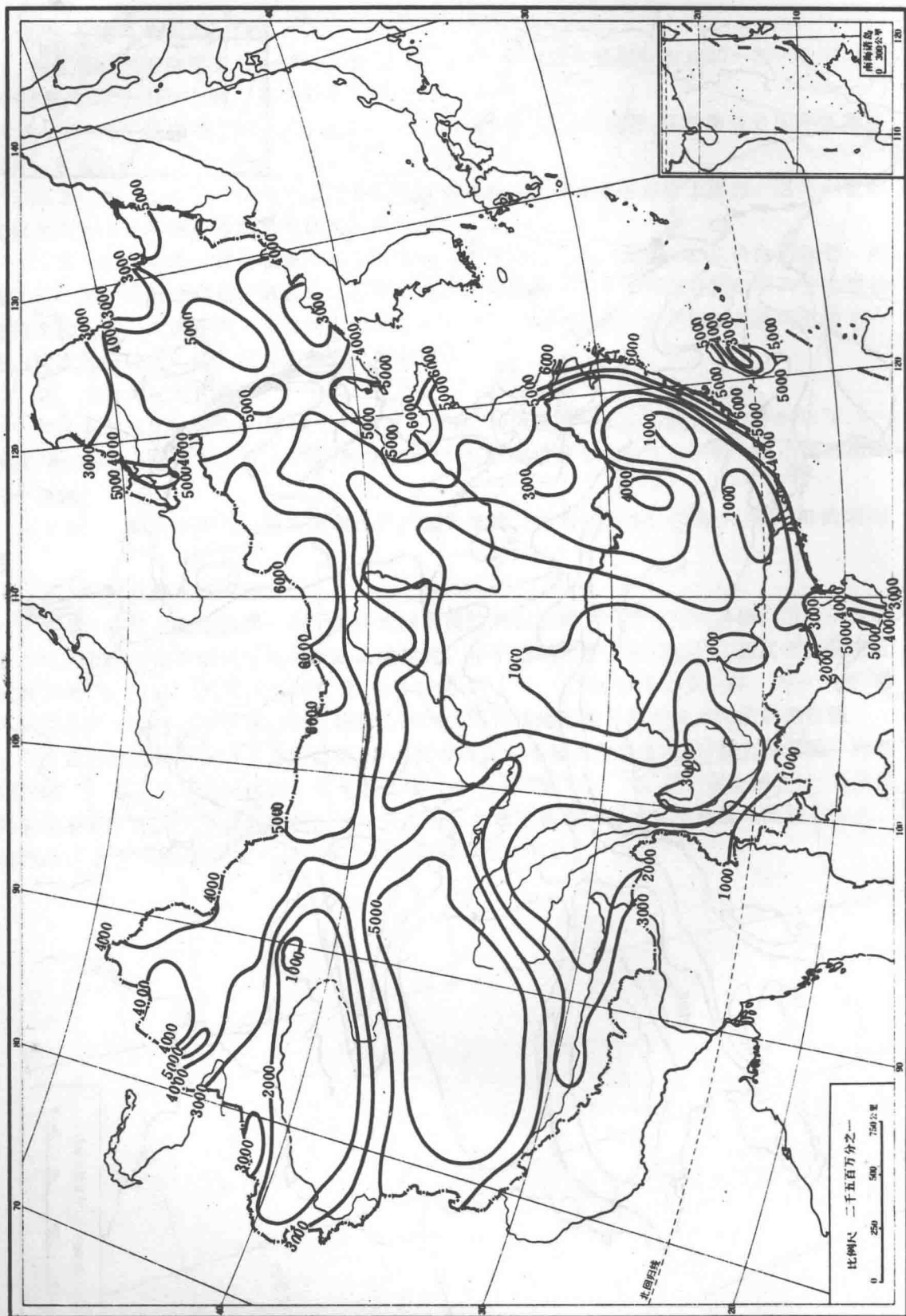
(2) 雅鲁藏布江河谷。

(3) 塔里木盆地西部。由于这些地区四周的高山阻碍了冷暖空气的入侵,所以风速都较低。最低的是在四川盆地和西双版纳地区,年平均风速在 1 米/秒以下,如成都风能密度仅为 35 瓦/米² 左右。风速 $3 \sim 20$ 米/秒的仅 400 小时, $6 \sim 20$ 米/秒仅 20 多小时, $8 \sim 20$ 米/秒一年还不到 5 小时。因此这一地区除高山和峡谷等特殊地形外,基本上无风能利用价值。

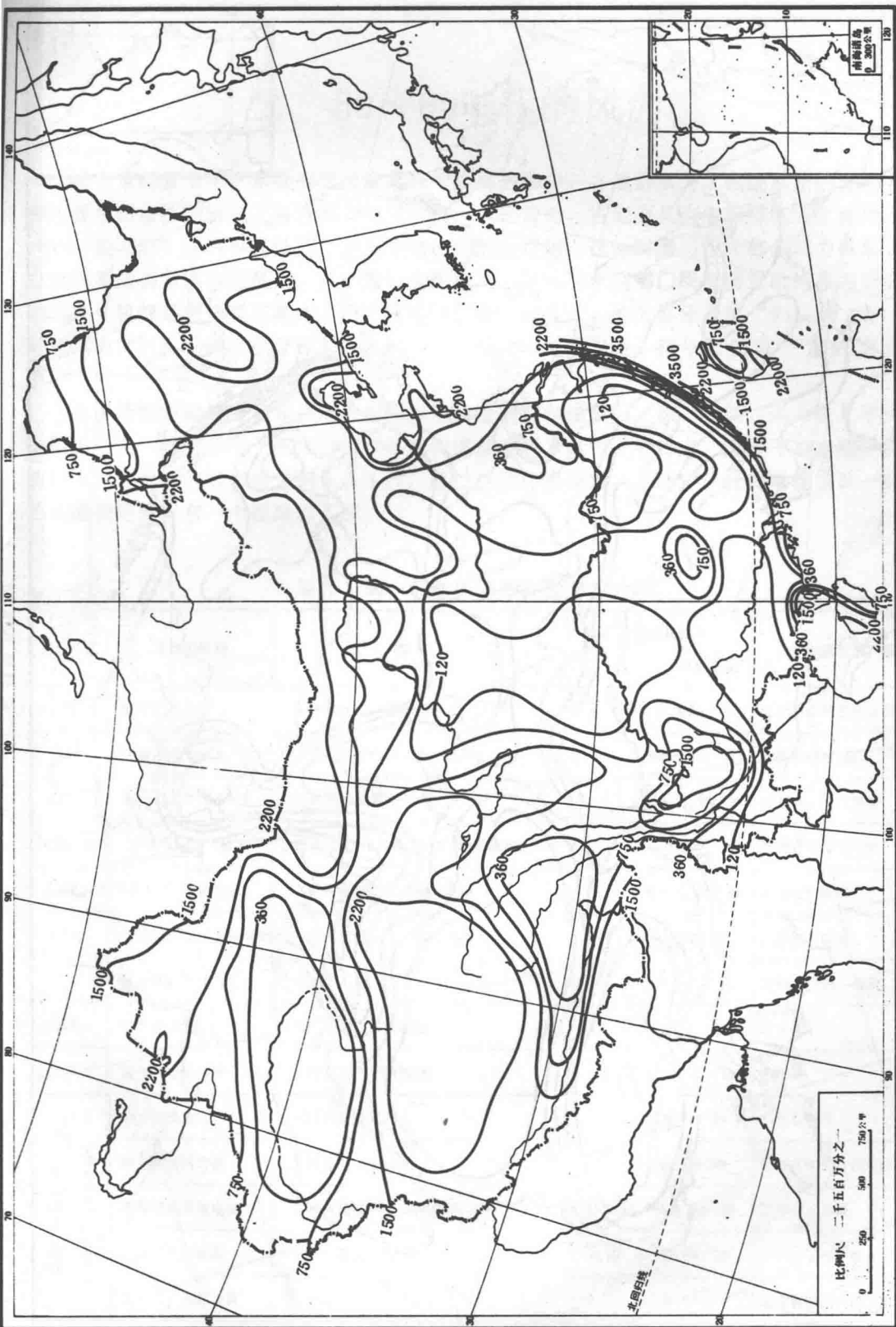
上述四区的划分仅适于总的趋势,并不代表各区中小地形的风能潜力,如吉林天池(海拔 2670 米)处于风能可利用区内,事实上天池的年平均风速为 11.7 米/秒,居全国之冠,其风能应属最丰富区。又如新疆的阿拉山口—艾比湖,和哈密西部的百里风区都属风能较丰富区,但该地区 $3 \sim 20$ 米/秒风速可达 6000 小时,实属风能丰富区。



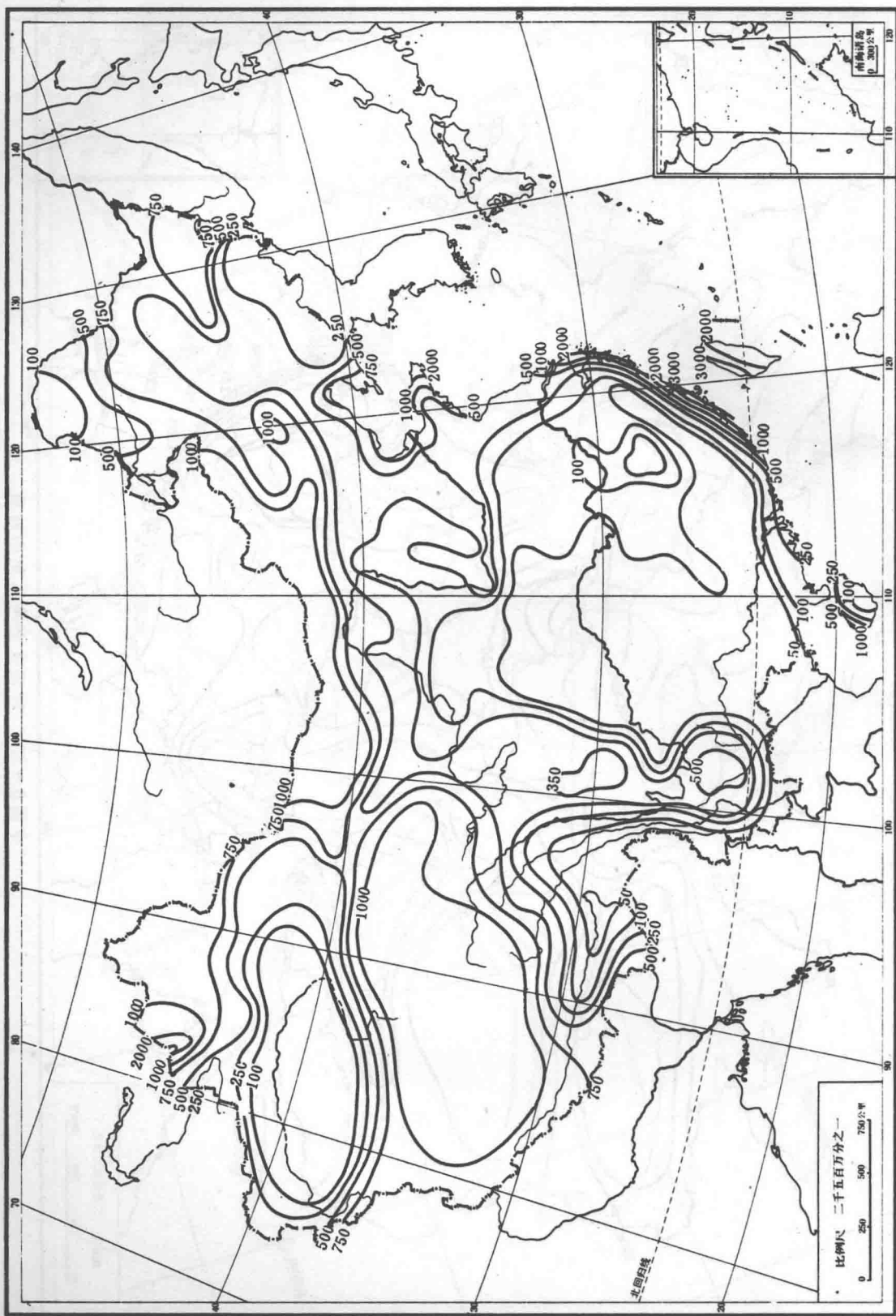
中国有效风能密度分布图 (瓦/米²)



中国3~20米/秒风速全年累积小时数



中国6~20米/秒风速全年累积小时数



中国8~20米/秒风速全年累积小时数

二、50~60年代的风力机

在本世纪五十年代末期兴起的农具技术革新热潮中，各地群众为了摆脱原始的劳动方式和改善生活条件而研制了各种类型的风力机，与此同时，古老而具有中国特色的立轴风力机——“走马灯”式风车在江苏、吉林等地也仍然在使用。这一时期的绝大部分风力机是农民自制的木结构布篷传统风车，几乎遍布全国各地。农机和水利部门所属研究机构参与研制的风力机一般都是现代螺旋桨式，用于发电或提水。桨叶翼型绝大部分是苏“Э снepo”型，同时对风力机的风轮型式以及控制方式做了大量理论探索和实践，在今天仍有一定的参考价值。

由于能源结构的变化和技术方面的问题以及其它种种原因，那一时期的风力机几乎无一保留到今天。表1列出了50年代至60年代我国部分风力机的主要特点，图册中列出部分机型的照片，其中有些机型并未列入表1内。通过这些历史资料，也许能使我们对我国那一时期的风能利用情况有一个粗略的了解。

表1 50~60年代研制的部分风力机

研制年代	风力机型号	结构形式	风轮直径(米)	额定功率/ 额定风速	研制单位或产地
1955.	农庄式风力机	多叶布篷式、尾翼调向	8	6马力/8米/秒	辽宁省农机化研究所
1955.	白城“55”型风车	十二片帆布叶片、人工调向	5	2-3马力/8米/秒	吉林省白城、洮安
1957.	白城“57”型风力机	三叶片螺旋桨式	8	10.5马力/8米/秒	吉林省白城、洮安
1957.11	3米双风轮风力机	螺旋桨式、前风轮三叶片、后风轮四叶片	3	/	安徽省农机研究所
1958.	白城“58”型风力机	二叶片螺旋桨式、尾翼调向	3	0.67马力/6米/秒	吉林省白城市
1958.	白城“81”型风力发电机	三叶片螺旋桨式、电动调向	10	15马力/8米/秒	吉林省白城市
1958.	白城农社式风力机	六叶片	8	6.2马力/6米/秒	吉林省白城、洮安
1958.	饶平风力机	八叶布篷、自动调向	5.9	3马力/8米/秒	饶平县
1958.5	饶平460型风力机	八叶布篷、自动调向	4.6	1.5马力/8米/秒	饶平县
1958.5	58-7型风力机	三叶片螺旋桨式	7	5马力/8米/秒	内蒙水利厅
1958.6	兴化农场风力机	六叶布篷、木结构	8.5	4马力/8米/秒	江苏省水利厅设计院等
1958.8	张黄港风力发电机	三叶片螺旋桨式、自动调向调速	8.5	5.3马力/8米/秒	江苏省如皋县
1958.9	焦山风力发电机	六叶布篷式	10	5千瓦/8米/秒	江苏省水利厅设计院等
1958.11	辽宁“55”型风力机	十二叶布篷、人工调向	5.5	2马力/8米/秒	辽宁省农机化研究所

续表

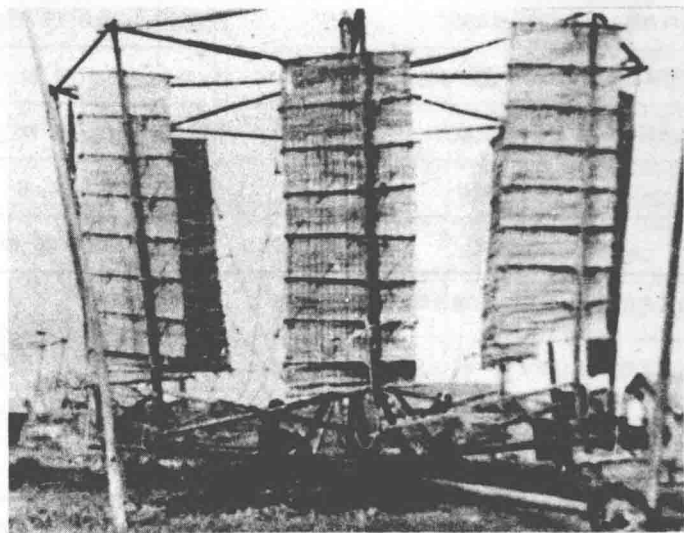
研制年代	风力机型号	结 构 形 式	风轮直径 (米)	额定功率/ 额定风速	研制单位或产地
1958.11	象山风力发电机	三叶片螺旋桨式	11	6千瓦/8米/秒	江苏省水利厅设计院等
1958.11	海丰风力发电机	三叶片螺旋桨式	16.8	20千瓦/8米/秒	江苏省水利厅设计院等
1958.11	袖珍式风力发电机	二叶片螺旋桨式	1.3	120瓦/8米/秒	江苏省水利厅设计院等
1958.11	高速风力机	三叶片螺旋桨式	6.5	2.5马力/6.5米/秒	辽宁省农机化研究所
1959.	蚌埠“59”号风力机*	二叶片螺旋桨式,尾翼调向,人工调速	10	10马力/8米/秒	安徽省蚌埠市
1959	斜杆式风车	六叶布篷式	6~7	3.5马力/8米/秒	山东省平度县
1959.	“胜利”型风力机	九叶布篷式	8.5	4马力/8米/秒	甘肃省安西县科委等
1959.	启东螺旋桨式风力机	三叶螺旋桨式	5.9	3马力/8米/秒	江苏省启东县
1959.	径9型风力机	三叶螺旋桨式,自动调速,人工机械调向	9	8马力/8米/秒	辽宁省农机化研究所
1959.3	“革新”号风力机	三叶木制平板叶片	6	2.5马力/8米/秒	辽宁省新余县
1959.5	3-22型风力发电机	三叶螺旋桨式,电动调向、调速	22	123马力/8米/秒	吉林省白城专署水利处等
1959.5	K-3.5型风力机	三叶片螺旋桨式	3.5	1千瓦/8米/秒	中科院新疆分院
1959.7	山东风力机	四叶片螺旋桨式	/	/	中科院山东力学研究所
1959.8	59-6型简易风车	八叶片螺旋桨式,尾翼调向,侧翼配重调速	6	3.6马力/8米/秒	内蒙水利厅
1959.12	霍丘式风力机	二叶片螺旋桨式	10	15马力/6米/秒	安徽霍丘县
1960.	M-5型风车	十八叶布篷、自动调向调速	5	2.5马力/8米/秒	中科院新疆分院
1960.	“黑龙江二号”风力机	八片弧形木制叶片,自动调速调向	5	2.7马力/8米/秒	黑龙江省农机研究所
1960.	径2.5型风力机	二叶片螺旋桨式,自动调速调向	2.5	0.4马力/8米/秒	辽宁省农机化研究所
1960.2	湘源6-8型风力机	八叶布篷式	6	3马力/8米/秒	湖南省湘源县
1960.2	凤阳风力机	四叶片螺旋桨式,自动调向	6	3马力/8米/秒	安徽省凤阳县
1960.3	“东风”风力机	六片木制平板叶片	6	3千瓦/8米/秒	山西省晋北专区
1960.3	“黑龙江一号”风力机	十二叶布篷式,自动调向	5	2.3马力/8米/秒	黑龙江省农机研究所
1960.4	“黑龙江三号”风力机	二叶片螺旋桨式,自动调向调速	2.5	0.6马力/8米/秒	黑龙江省农机研究所
1961.4	FW6型风力机	四叶片螺旋桨式,侧翼调速	6	3.1马力/8米/秒	中国农机研究院
1961.7	12米双叶风力机	前后两个风轮,前为二叶片,后为六叶片	前6 后5	/	安徽省机械研究所
1961.10	FD-2.5型风力发电机	二叶片螺旋桨式,侧翼和偏心距调速	2.5	0.55马力/8米/秒	中国农机研究院

续表

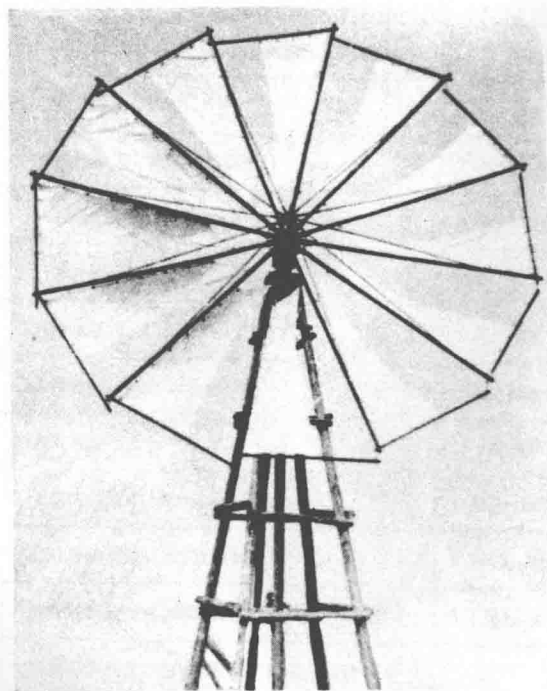
研制年代	风力机型号	结 构 形 式	风轮直径 (米)	额定功率/ 额定风速	研制单位或产地
1964.	FQG-6.6型风力机	二叶片螺旋桨式	6.6	4.8马力/8米/秒	中国农机研究院
1964.8	FD-LB100型风力机	十八叶片自行车轮式	8	7马力/8米/秒	呼和浩特农机研究所
1966	FWG-9型风力机	四叶片螺旋桨式	9	8马力/8米/秒	浙江三门机械厂
1970.1	东莞风力机	八片铁皮叶片	4.8	0.4马力/6米/秒	广东省东莞县
1970.4	东莞风力机	九叶布篷式	10	2马力/3.3米/秒	广东省东莞县

* 蚌埠“59”号风力机共有6~7种机型，但风轮结构尺寸基本一样。

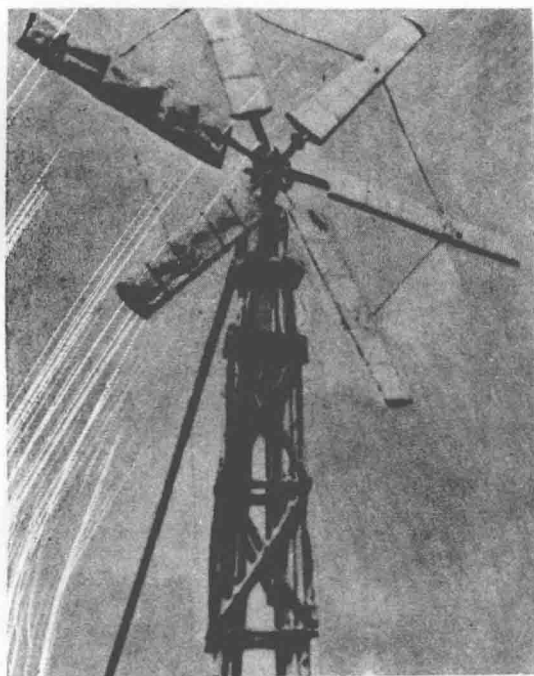
“走马灯”式风车



白城“55”型风车（吉林白城·1955）



农社式风力机 (吉林白城·1958)



三叶风力机 (1959)

