

中华人民共和国国家标准

GB/T 13981—2009
代替 GB/T 13981—1992

小型风力机设计通用要求

Design general requirements for small wind turbine

2009-04-13 发布

2010-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准代替 GB/T 13981—1992《风力机设计通用要求》。

本标准与 GB/T 13981—1992 相比主要变化如下：

- 标准名称改为“小型风力机设计通用要求”；
- 第 1 章～第 3 章改为 1 范围、2 规范性引用文件、3 术语和定义；
- 将范围适用部分改为：本标准适用于风轮扫掠面积小于或等于 200 m² 的上风向水平轴风力机的设计；其他类型的风力机可参考使用；
- 将 7.1.2 额定风速改为额定(设计)风速；
- 删除了原标准的表 2 风力发电机组参数表和表 3 风力提水机组参数表。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国风力机械标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：全国风力机械标准化技术委员会秘书处、中国农机院呼和浩特分院、航空工业部六〇二研究所。

本标准主要起草人：王建平、宋经选、苏小光。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 13981—1992。

小型风力机设计通用要求

1 范围

本标准规定了小型风力机的设计总则、环境条件、气动设计、载荷、强度准则和结构设计。

本标准适用于风轮扫掠面积小于或等于 200 m^2 的上风向水平轴风力机的设计；其他类型的风力机可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

JB/T 7878—1995 风力机 术语

3 术语和定义

JB/T 7878 确立的术语和定义适用于本标准。

4 符号和单位

- D ——风轮直径(m)；
- σ ——风轮实度；
- B ——风轮叶片数；
- λ ——叶尖速度比；
- ρ_0 ——标准大气密度(kg/m^3)；
- c_p ——风能利用系数；
- c_m ——扭矩系数；
- c_t ——轴向推力系数；
- P ——功率(kW)；
- M ——扭矩(NM)；
- P_n ——额定功率(kW)；
- V ——风速(m/s)；
- V_{\max} ——安全风速(m/s)；
- V_n ——额定风速(m/s)；
- V_d ——设计风速(m/s)；
- ΔV ——轴向风速变化量(m/s)；
- \bar{V} ——平均风速(m/s)；
- \bar{V}_y ——年平均风速(m/s)；
- V_i ——区间风速增量的中间值(m/s)；
- V_H ——高度 H 处的风速(m/s)；
- V_0 ——参考高度 H_0 处的风速(m/s)；
- E_y ——年输出能量(kW·h)。

5 设计总则

- 5.1 应具有足够的强度和刚度。
- 5.2 应具有良好的工艺性和经济性。
- 5.3 应具有高的可靠性和良好的使用维护性。
- 5.4 应具有良好的性能：
 - a) 系统总效率高；
 - b) 工作风速范围宽；
 - c) 对电视、电讯传输影响小；
 - d) 噪声低；
 - e) 重量轻。

6 环境条件

6.1 大气条件

6.1.1 标准大气参数(海平面)

压力 $p_0 = 101.325 \text{ kPa}$;
温度 $t_0 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ (或 $T_0 = 288.15 \text{ K}$);
密度 $\rho_0 = 1.225 \text{ kg/m}^3$ 。

6.1.2 温度

设计时所考虑的环境温度范围一般为 $-40 \text{ }^\circ\text{C} \sim +40 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

6.1.3 湿度

风力机的设计应考虑湿度的影响。

6.2 盐雾

风力机的设计应考虑盐雾的影响。

6.3 冰雪

风力机的设计应考虑积雪和结冰的影响。

6.4 砂尘

风力机的设计应考虑砂尘的影响。

6.5 雷击

风力机的设计应考虑雷击的影响。

6.6 风特性

6.6.1 风速频率

风速频率由年风频曲线描述,年风频曲线由风场对风力进行统计、分析并按威布尔分布或瑞利分布给出。典型的年风频曲线如图 1 所示。

6.6.2 风剪切

风剪切数学模型为:
$$\frac{V_H}{V_0} = \left(\frac{H}{H_0}\right)^a \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- V_H ——高度 H 处的风速,单位为米每秒(m/s);
- V_0 ——参照高度 H_0 处的风速,单位为米每秒(m/s);
- H ——离地面高度,单位为米(m);
- H_0 ——参照高度,一般 H_0 为 10 m;
- a ——考虑地面粗糙度影响的指数, a 的取值范围参照表 1。

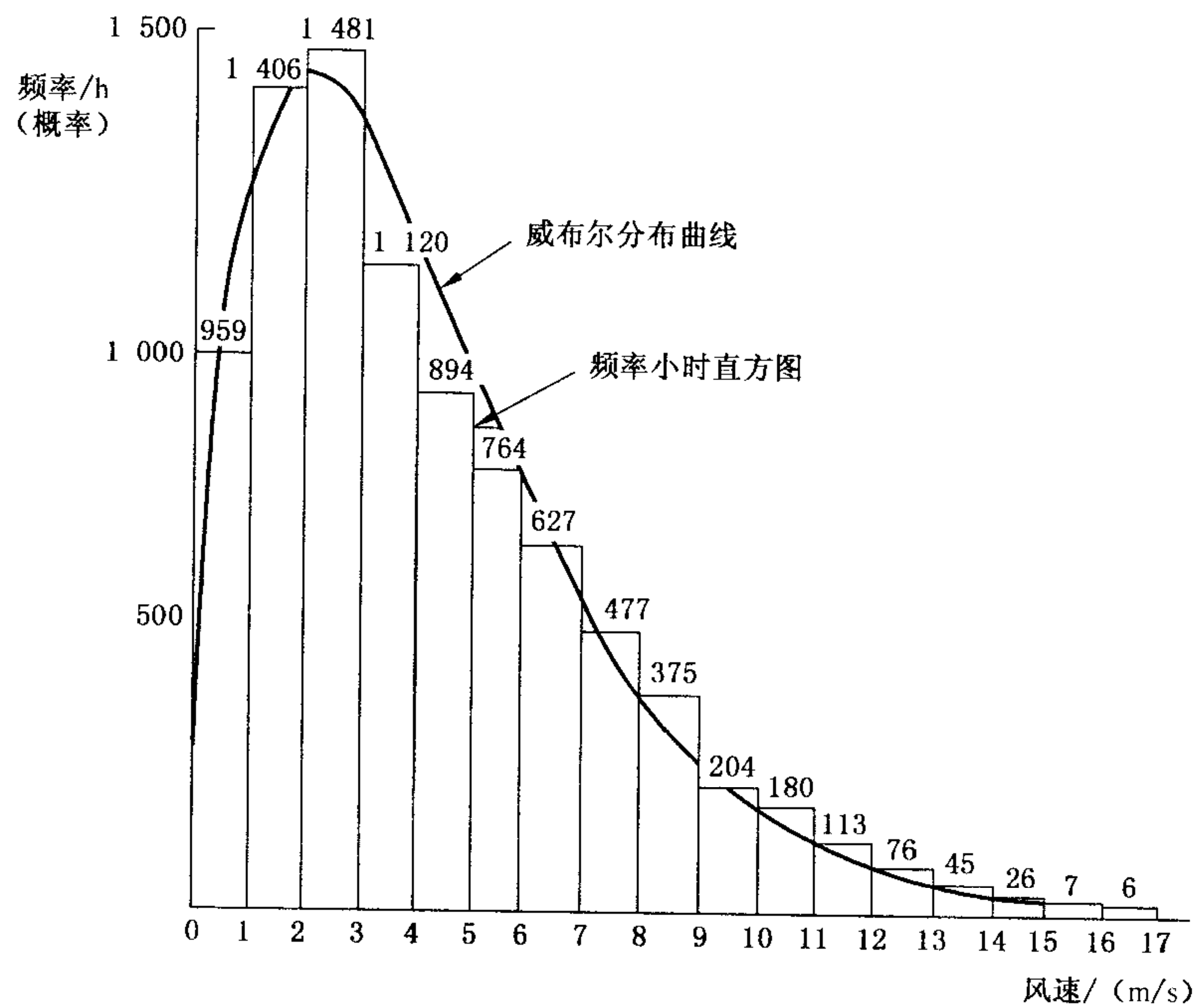


图 1 典型的年风频曲线图

表 1 a 的取值范围

地面状态	a
平滑(海面、沙、雪地)	0.10~0.13
一般不平滑(短草地、庄稼地、乡村)	0.13~0.20
不平滑(树林、市郊)	0.20~0.27
非常不平滑(城区、高大建筑)	0.27~0.40

6.6.3 阵风

6.6.3.1 最大瞬时风速

最大瞬时风速等于平均风速与阵风因子的乘积。阵风因子一般取 1.5~1.7。

6.6.3.2 轴向风速变化量

轴向风速变化量按式(2)计算：

$$\Delta V = \pm (0.5 \sim 0.7) \bar{V} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ΔV ——轴向风速变化量；

\bar{V} ——平均风速，单位为米每秒(m/s)。

6.6.3.3 风向变化角

风向变化角为 $\pm 30^\circ \sim \pm 45^\circ$ 。

6.6.4 安全风速

安全风速沿海地区取 50 m/s, 内陆地区取 40 m/s。

6.7 其他环境条件

风力机的设计还应考虑霉菌、紫外线、酸雨、空气污染作用等环境条件的影响。

7 气动设计

7.1 主要参数选取

7.1.1 切入风速

高速风力机的切入风速不得低于 3 m/s, 不得高于 5 m/s;

低速风力机的切入风速不得低于 3 m/s,不得高于 4.5 m/s。

7.1.2 额定(设计)风速

风轮扫掠面积小于等于 40 m² 的风力机额定风速 V_n 在 6 m/s~10 m/s 之间选择;

风轮扫掠面积大于 40 m² 小于等于 200 m² 风力机宜采用设计风速 V_d ,应选取安装使用地域风力机轮毂高处年平均风速的 1.4 倍。

7.1.3 停车风速

高速风力机停车风速不低于 18 m/s,低速风力机停车风速不低于 14 m/s。

7.1.4 风轮直径

风力机的风轮直径按式(3)确定:

$$D = \sqrt{\frac{8P_n}{c_p \rho_0 V^2 \pi \eta_1 \eta_2}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

D ——风轮直径,单位为米(m);

P_n ——风力机组额定功率,单位为瓦(W);

c_p ——风能利用系数;

V ——设计风速 V_d 或额定风速 V_n ,单位为米每秒(m/s);

η_1 ——发电机或其他工作机效率;

η_2 ——机械传动系统效率。

7.1.5 叶尖速度比

7.1.5.1 叶尖速度比和风轮实度是密切相关的,风轮实度与叶片数及叶片的平面形状有关。叶尖速度比与叶片数的关系见表 2,叶尖速度比与风轮实度的关系见图 2。

表 2 叶尖速度比与叶片数关系

叶尖速度比	1	2	4		≥ 5
叶片数	8~24	6~12	3~6	2~4	2~3

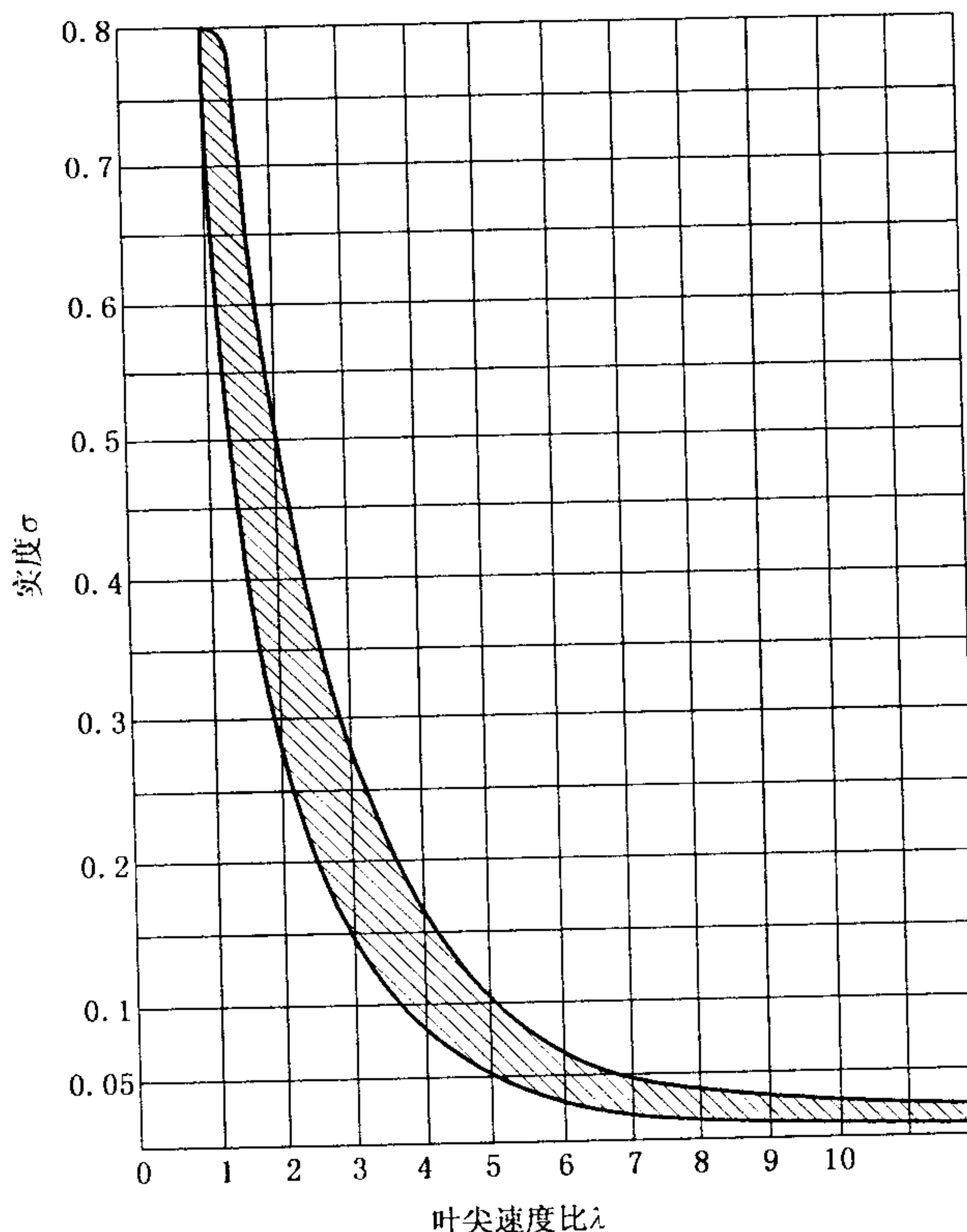


图 2 叶尖速度比与风轮实度关系曲线

7.1.5.2 叶尖速度比的取值范围

高速风力机一般取 6~8, 低速风力机一般不大于 3。

7.2 翼型选择

风力机叶片的翼型根据下列原则选择:

- 升阻比高;
- 失速平缓;
- 压力中心随攻角变化小;
- 翼型相对厚度满足结构设计和受力要求;
- 工艺性好。

7.3 气动设计方法

推荐采用威尔逊(Wilson)设计方法或在此方法上加以改进的可靠的设计方法, 通过计算确定叶片的气动外形(即叶片的扭转角、弦长、剖面厚度沿展向的分布)及额定叶尖速度比。

7.4 风力机气动性能参数

设计时应计算:

- 风能利用系数 c_p ;
- 扭矩系数 c_m ;
- 风轮轴向推力系数 c_t ;
- 叶尖速度比 λ 。

7.5 风力机年输出能量

风力机年输出能量按式(4)计算:

$$E_y = (8\ 760) \sum_{V_i=1}^{18} (f_{V_i}^{\bar{V}} \cdot P_{V_i}) \dots\dots\dots(4)$$

式中:

E_y ——年输出能量, 单位为千瓦时(kW·h);

V_i ——区间风速增量的中间值, 单位为米(m);

P_{V_i} ——对应于风速 V_i 的功率, 单位为千瓦(kW);

\bar{V}_y ——年平均风速, 单位为米每秒(m/s);

\bar{V} ——平均风速, 单位为米每秒(m/s);

$$f_{V_i}^{\bar{V}} = \left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \left(\frac{V_i}{\bar{V}_y}\right) \cdot \exp\left[-\frac{\pi}{4} \left(\frac{V_i}{\bar{V}_y}\right)^2\right]。$$

7.6 风力机性能表示方法

风力机性能由下列关系曲线表示:

- 风能利用系数 c_p 与叶尖速度比 λ 的关系曲线;
- 不同风速 V 的风轮扭矩 M 与风轮转速 n 的关系曲线;
- 输出功率 P 与风速 V 的关系曲线;
- 年输出能量 E_y 与年平均风速 \bar{V}_y 的关系曲线。

8 载荷

8.1 不同工况下的载荷

8.1.1 正常工作

风力机在工作风速范围内正常工作时所受的载荷, 这是风力机的基本载荷:

- 风力机在额定工况下的载荷;
- 风速按区间取为常值时的载荷;
- 按 15 年寿命确定载荷的循环次数。

8.1.2 正常工作遇阵风

风力机在工作风速范围内正常工作突遇阵风时所受的载荷：

- a) 风力机在额定工况时突遇阵风所受的载荷；
- b) 风速接近停车风速，风力机超速状态突遇阵风所受的载荷。

8.1.3 运行中出现故障

风力机在运行中出现故障引起的载荷，故障情况有：

- a) 无负载引起超速时的载荷；
- b) 不允许的突加负载时的载荷；
- c) 风轮转速控制系统故障时的载荷；
- d) 调向机构故障时的载荷；
- e) 传动系统故障时的载荷。

8.1.4 最大风速

- a) 风力机停车时，遇最大风时的载荷；
- b) 风力机在慢转状态时，遇最大风时的载荷。

8.1.5 应急刹车

风力机应急刹车时的载荷。

8.1.6 运输、安装、调试

风力机运输、安装、调试过程中作用在零部件上的载荷。

8.2 载荷计算要求

8.2.1 在计算时，应考虑风轮和全机组的气动载荷、惯性载荷、重力载荷和阻尼载荷。

8.2.2 对给出的每种工况下的载荷，均应考虑：

- a) 风速变化；
- b) 风轮转速变化；
- c) 叶片桨距变化；
- d) 风轮迎风速度和方向的变化；
- e) 阵风效应；
- f) 叶片预锥角、风轮旋转轴倾角的影响；
- g) 风力机及安全机构所处状态；
- h) 塔影效应；
- i) 风剪切。

注：对风轮扫掠面积小于等于 40 m^2 的风力机可不考虑 h) 和 i) 项的影响。

8.2.3 若结构在载荷作用下产生的变形明显地改变了载荷的大小和分布时，则应考虑变形的影响。

9 强度准则

9.1 安全系数

第 8 章所述载荷均为使用载荷，设计载荷是使用载荷乘以安全系数。

一般部件的安全系数取 1.5，对于重要接头、铸件和焊接件等关键零部件，其安全系数值应适当增大。

9.2 材料机械性能

材料的机械性能应根据有关标准的规定选用，凡在现行标准中未列出的材料（特别是复合材料），其性能应经试验验证后方可使用。

9.3 强度要求

9.3.1 一般要求

应通过可靠的分析方法和试验验证。证实风力机各部件能满足静强度要求和动强度要求。

9.3.2 静强度要求

在设计破坏载荷作用下，各部件结构的应力应不超过材料的极限应力，应不影响风力机的安全和

使用。

9.3.3 动强度要求

采用安全寿命设计原则设计的部件,应保证在使用寿命期内不发生疲劳破坏。采用损伤容限设计原则设计的部件,应综合考虑材料应力水平和结构形式,以减少由于未发现的缺陷、裂纹或损伤的扩展而造成风力机破坏。

10 结构设计

10.1 一般要求

10.1.1 应采取保护措施保证风力机在规定的使用环境条件下,在其寿命期内不损坏。

10.1.2 应保证风力机局部发生故障或损坏时,不致引起总体破坏。

10.1.3 对于在维护中不易接近、难以修复或更换的零部件,应采用安全寿命设计原则。

10.1.4 对于在维护中易于检查、修复或更换的零部件,建议采用损伤容限设计原则,应选择合适的结构型式和材料,规定相应的检修周期和安全工作周期。

安全工作周期 = $f_n \times$ 检修周期

系数 $f_n \geq 2$ 。

10.1.5 对风力机的各零部件,应采取有效的防腐措施。

10.2 安全机构

10.2.1 安全机构应设计为独立的机构,当风力机及部件出现故障时,安全机构应能独立正常工作。

10.2.2 应设计有两套以上的安全机构,当一套安全机构失灵时,另一套仍能保护风力机不发生破坏。

10.2.3 刹车机构设计要求

- a) 停车时刹车,除应在维修时能刹住风轮外,还应具有在安全风速范围内刹住风轮的功能;
- b) 运行中刹车允许有其他机构配合,以满足风轮最大功率和风轮最大工作转速时的功率消耗保证刹住风轮;
- c) 因急刹车,应保证刹车机构及主要部件不产生不可修复的破坏。

10.3 动力学设计

10.3.1 动力学分析计算

10.3.1.1 部件的固有特性

- a) 风轮;
- b) 操纵系统;
- c) 平台构架;
- d) 传动系统;
- e) 塔架。

10.3.1.2 稳定性

- a) 气动弹性稳定性;
- b) 电气、机械系统稳定性;
- c) 操纵稳定性。

10.3.2 动力学设计要求

在结构设计时应通过可靠的动力学模型、计算分析和试验,对风力机各系统、各部件的动力学特性和相互关系作详细的分析。

在结构设计时,应使风力机各系统、各部件的固有频率在全部使用状态下尽量避开激振力频率,以保证不发生有害的和过度的振动,必要时采用吸振、减振和限幅等措施。

应通过分析、计算和试验来保证风力机及其部件在全部使用状态下不发出颤振、发散及其他不稳定现象。

中华人民共和国
国家标准
小型风力机设计通用要求
GB/T 13981—2009

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

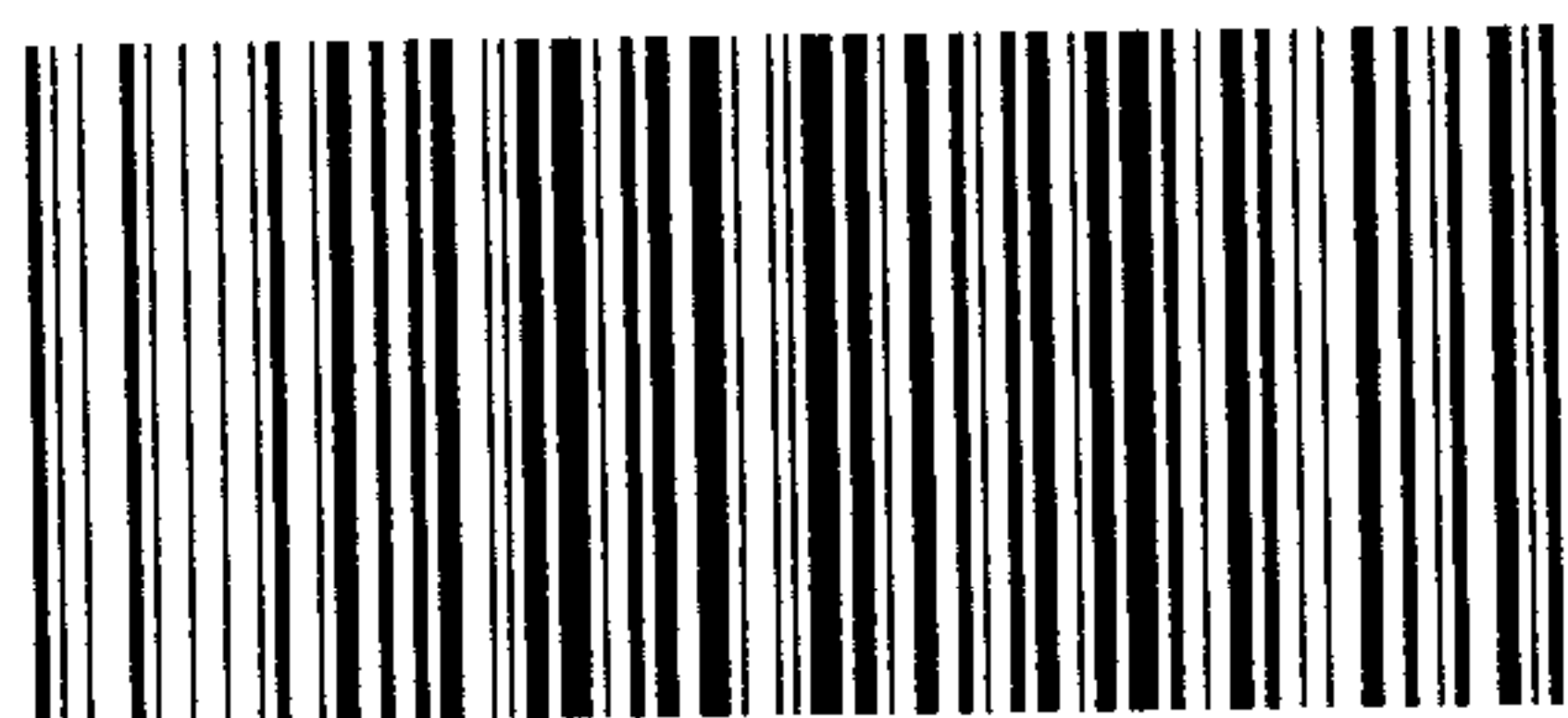
*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 15 千字
2009年7月第一版 2009年7月第一次印刷

*

书号: 155066·1-38042

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 13981-2009