



中华人民共和国能源行业标准

NB/T XXXX—20XX

并网小型风力发电机组

Grid-tied small wind turbines

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

国家能源局 发布

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 环境条件 11

 4.1 SWT 的等级 11

 4.2 风况..... 11

 4.3 其它环境条件..... 16

5 技术要求 17

 5.1 功率特性..... 17

 5.2 耐久性..... 17

 5.3 噪音..... 17

 5.4 风力机安全保护..... 17

 5.5. 电能质量..... 18

 5.6 功率控制 19

 5.7 运行适应性 19

 5.8 启停 19

 5.9 电气安全与保护 19

 5.10 通信与信息..... 21

 5.11 外观、结构与防护..... 21

6 试验方法 21

 6.1 功率特性 21

 6.2 耐久性..... 22

 6.3 噪音..... 25

 6.4 风力机安全保护..... 25

 6.5 电能质量 25

 6.6. 功率控制..... 27

 6.7 运行适应性 27

 6.8 启停 28

 6.9 电气安全与保护 28

 6.10 通信与信息 31

 6.11 外观、结构与防护 31

7 检验规则 31

 7.1 型式检验..... 31

7.2 出厂检验 31

7.3 检验项目 32

8 文件要求..... 33

8.1 概述 33

8.2 产品手册 33

9 标识、包装、运输、贮存..... 36

9.1 风力发电机组的标识 36

9.2 包装 36

9.3 运输 37

9.4 贮存 37

10 并网检测和并网运行控制..... 37

附 录 A （资料性附录） 并网小型风力发电机组的改型 38

附 录 B （资料性附录） 测试报告格式范例 39

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家能源局提出。

本文件由能源行业风电标准化技术委员会风电机械设备分技术委员会（NEA/TC1/SC5）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

并网小型风力发电机组

1 范围

本文件规定了电能并入不超过 1000V_{ac} 电网的小型风力发电机组（以下简称机组）的术语和定义、环境条件、技术要求、试验方法、检验规则、文件要求及标志、包装、运输和贮存等。

本文件适用于电能并入不超过 1000V_{ac} 电网，风轮扫掠面积不超过 200m² 的小型风力发电机组。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 18451.2 风力发电机组 功率特性测试
- GB/T 22516 风力发电机组 噪声测量方法
- GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波
- GB/T 35792-2018 风力发电机组 合格测试及认证
- GB/T 33593-2017 分布式电源并网技术要求
- NB/T 33011 分布式电源接入电网测试技术规范

3 术语和定义

3.1

小型风力发电机组 **small wind turbine**

SWT

风轮扫掠面积等于或小于 200 m²，将风能转换为电能的系统。

注：小型风力发电机组包括：包含支撑结构的风力机本身、风力发电机组控制器、充电控制器/逆变器（如果需要）、电缆和开关、安装与运行手册及其它文件。

本标准中所使用的风力机一词，通常指小型风力发电机组中支撑结构及其以上各部分结构的总称。除此以外在不引起歧义的情况下均称为（小型）风力发电机组或机组。

3.2

并网小型风力发电机组（以下简称并网机组） **grid-tied small wind turbines**
并入不超过 1000Vac 电网的小型风力发电机组。

3.3

年平均 **annual average**

数量足够多和持续时间足够长的一组测量数据的平均值，用作估计量值的期望值。

注：平均的时间间隔应该是一个整年数，以便使不稳定的影响（如季节性变化等）平均化。

3.4

年平均风速 **annual average wind speed**

V_{ave}

依照年平均的定义确定的平均风速。

3.5

自动重合闸周期 **auto-reclosing cycles**

电网发生故障后断路器断开到自动重合闸且线路重新接入电网的事件的周期，大约为 0.01s 到数秒。

3.6

制动器 **brake**

能降低风力发电机组风轮速度或能使其停止旋转的装置。

3.7

严重故障 **catastrophic failure**

风力发电机组部件或结构瓦解或失效，导致主要功能丧失，削弱了安全。

3.8

特征值 **characteristic value**

材料特性规定的概率值，这个值不是通过假定的无限次测试获得的。

3.9

用户标签 **consumer label**

一个标签对用户具有两方面的益处：标签自身和通过网站可获取的试验概要报告。

3.10

控制系统 **control system**

接收风力发电机组状态及（或）其环境信息，并调节风力发电机组使其维持在运行限度之内的子系统。

3.11

切入风速 **cut-in wind speed**

V_{in}

风力发电机组发生净正向功率输出时，轮毂高度处的最低平均风速。

3.12

切出风速 **cut-out wind speed**

V_{out}

设计的风力发电机组发电状态下，轮毂高度处的最高平均风速。

3.13

公称的声功率等级 **declared sound power level**

公称的声功率等级依照 IEC 61400-11 测量并依照 GB/Z 25425-2010 计算而得，单位为 dB (A)。

3.14

设计极限 **design limit**

设计中采用的最大值或最小值。

3.15

设计状态 **design situation**

风力发电机组运行可能的模式，例如发电、停机等。

3.16

设计风速 **design wind speed**

用作简化设计方程的轮毂高度处风速输入值（等于 $1.4V_{ave}$ ）。

3.17

下风向 **downwind**

与风矢量主方向一致的方向。

3.18

紧急关机 **emergency shutdown**

通过保护系统或人工干预触发的风力发电机组的快速关机。

3.19

环境条件 **environmental condition**

可能影响风力发电机组行为的环境特征(海拔、温度、湿度等)。

3.20

外部条件 **external condition**

影响风力发电机组运行的因素，包括环境条件（温度、降雪、结冰等）和并非风力发电机组组成部分的电网条件。

3.21

极端风速 **extreme wind speed**

t 秒内的最高平均风速，它很可能 T 年一遇（重现周期为 T 年）。

注：重现周期 $T=50$ 年和 $T=1$ 年，平均时间间隔 $t=3s$ 和 $t=10$ 分钟在许多标准中使用。在通俗的语言中常用不太准确的术语“安全风速”。然而，实际上在设计风力发电系统时，是以极端风速来设计载荷工况的。

3.22

失效保险 **fail-safe**

一种防止（系统或部件）在临界故障时失效的设计特性。

3.23

折尾 **furling**

一种依靠减小扫掠面积投影的被动式控制机构，其可用于如控制风力机功率和转速等。

3.24

阵风 gust

风速超过其平均值突然增加且短暂地持续。

注：阵风可由其上升时间、幅值和持续时间来表征。

3.25

水平轴风力发电机组 horizontal axis wind turbine

风轮轴与风向基本平行的风力发电机组。

3.26

轮毂 hub

将风力发电机组叶片或叶片组固定到风轮轴上的固定装置。

3.27

轮毂高度 hub height

从地表到风力发电机组风轮扫掠面几何中心的高度。

3.28

空转 idling

风力发电机组缓慢地旋转而不产生功率的状态。

3.29

极限状态 limit state

结构的一种状态，载荷超过这一状态，则结构将不再满足设计要求[修订后的 ISO 2394，2.2.9]。

注：设计计算的目的(即极限状态的的设计要求)是使结构达到极限状态的概率低于问题中所指定的结构类型确定的值(ISO 2394)。[来源：ISO 2394:1998，2.2.9，修订以使其满足风力发电机组的精度。]

3.30

载荷工况 load case

设计状态和外部条件相结合所产生的结构载荷。

3.31

对数风切变律 logarithmic wind shear law

以对数函数表示的风速随离地面高度变化的数学定律。

3.32

最大输出电流 maximum output current

风力发电机组的最大电流（交流或直流），它可以从风力发电机组的连接装置获得，并应定义为 600s 平均值 i_{600} 、60s 平均值 i_{60} 和 0.2s 平均值 $i_{0.2}$ 。

注 1：这个最大输出电流通常指额定电流。

注 2：这个最大输出电流不应与参考功率下的电流混淆。

3.33

最大输出功率 maximum output power

可以从风力发电机组的连接装置处获得的最大功率（交流或直流），并应定义为 600s 平均值 P_{600} 、60s 平均值 P_{60} 和 0.2s 平均值 $P_{0.2}$ 。

注 1：这个最大输出功率通常指额定功率。

注 2：这个最大输出功率不应与参考功率混淆。

3.34

最大输出电压 **maximum output voltage**

风力发电机组连接装置处产生的最大电压（交流或直流），并应定义为 600s 平均值 U_{600} 、60s 平均值 U_{60} 和 0.2s 平均值 $U_{0.2}$

注 1：这个最大输出电压可能超过风力发电机组自身的电压值。

3.35

平均风速 **mean wind speed**

在给定时间段内瞬时风速的统计平均值。该给定时间段可能从几秒到许多年不等。

3.36

机舱 **nacelle**

在水平轴风力发电机组塔架顶部，容纳传动系统和其它部件的壳体。

3.37

噪声标签 **noise label**

一种关于小型风力发电机组噪声数据的图形和文本定义描述。

3.38

正常外部条件 **normal external conditions**

那些风力发电机组遭遇的重现周期少于 1 年的外部条件。

3.39

正常运行 **normal operation**

遵照风力发电机组手册描述的无故障运行。

3.40

正常关机 **normal shutdown**

所有进程都在风力发电机组的控制系统控制之下的关机。

3.41

运行极限 **operating limits**

由 SWT 设计者定义的一组条件，它支配控制和保护系统的起动。

3.42

超速控制 **over speed control**

控制系统或类似系统的部分为防止风轮转速超速而执行的动作。

3.43

风力发电机组停机 **parked wind turbine**

根据风力发电机组结构的不同，停机是指风力发电机组处于静止状态或者空转的状态。

3.44

停机 **parking**

风力发电机组在正常关机后所处的状态。

3.45

功率型式 power form

用来描述风力发电机组产生并提供给负载的功率的物理特征（如单相 230V/50Hz 交流，或 48V 直流）。

3.46

风切变幂律 power law for wind shear

以幂函数关系表示的风速随离地面高度变化的数学定律。

3.47

功率输出 power output

由一台设备以特定的形式为特定目的提供的功率。

注：这是指由风力发电机组提供的电功率。

3.48

保护系统 protection system

使风力发电机组保持在其设计极限之内的系统。

3.49

额定功率 rated power

风力发电机组设计的正常运行时在连接装置处达到的最大连续电气输出功率。

注：定义参考功率是为了不同风力发电机组的比较，不应与可能在更高风速下发生的额定功率混淆。额定功率是一个淘汰的术语，最好以最大输出功率或联系上下文的参考功率代替。

3.50

额定电流 rated current

风力发电机组设计的正常运行时在连接装置处达到的最大连续电气输出电流。

注：定义参考电流是为了不同风力发电机组的比较，不应与可能在更高风速下发生的额定电流混淆。额定电流是一个淘汰的术语，最好以最大输出电流代替。

3.51

额定风速 rated wind speed

风力发电机组产生额定功率时的风速。

注：额定风速是一个淘汰的术语。定义参考功率和参考年发电量是为了不同风力发电机组的比较（见相应的定义），且不应与可能在更高风速下发生的最大功率混淆。

3.52

瑞利分布 Rayleigh distribution

常用于风速的概率分布函数。

注 1：分布取决于一个可调整的参数——比例参数，它决定平均风速。

注 2：瑞利分布与具有形状参数为 2 的一个威布尔分布（见 3.73）相同。

3.53

减速（准备停车） reduced speed

风力发电机组可以手动关机操作而不对人员构成任何危险的转速。

3.54

参考年发电量 reference annual energy

假定风速分布为瑞利分布、100%置信度，功率曲线源自 GB/T 18451.2 (该标准中指的是年发电量 (Annual Energy Production, AEP))，轮毂高度处平均风速 5.0m/s 情况下，计算 1 年周期内风力发电机组所产生的总能量。

注 1：源自 GB/T 18451.2 的 AEP 要么是测得的 AEP，要么是推导的 AEP；且要么是海平面标准化的，要么是特定场地的。

注 2：本标准所指的参考年发电量是测得的 AEP，且是海平面标准化的。

注 3：定义参考年发电量是为了不同风力发电机组的比较。

3.55

参考功率 reference power

依照源自 GB/T 18451.2 的功率曲线风力发电机组在轮毂高度处 11.0m/s 风速下的功率输出，或风力发电机组在较低风速下的最大输出功率，如果这是一个较高的功率输出的话（同样依照源自 GB/T 18451.2 的功率曲线）。

注：定义参考功率是为了不同风力发电机组的比较，且不应与可能在更高风速下发生的最大功率混淆。

3.56

参考风速 reference wind speed

V_{ref}

用于定义风力发电机组等级的风速的基本参数。

注 1：与气候有关的其它设计参数由参考风速和其它的 SWT 等级基本参数得到。

注 2：以参考风速 V_{ref} 设计的一种 SWT 等级的风力发电机组，是指能经受住 50 年一遇的在风轮轮毂高度处低于或等于 V_{ref} 的 10-min 平均极端风速气象条件的风力发电机组 (见 3.19)。

3.57

共振 resonance

系统振荡中出现的现象，其中受迫振荡的周期与自激振荡的周期非常接近。

3.58

风轮中心 rotor centre

风力发电机组风轮的几何中心。

3.59

风轮转速 rotor speed

风力发电机组的风轮绕其轴旋转的速度。

3.60

粗糙长度 roughness length

如果假设垂直的风廓线随高度呈对数变化，平均风速变为零时推算出的高度。

3.61

安全寿命 safe life

通过声明严重失效发生的概率而预定的使用期限（时间）。

3.62

定期维护 **scheduled maintenance**

根据确定的时间表进行的预防性维护。

3.63

关机 **shutdown**

风力发电机组在发电与停止或空转之间的过渡状态。

3.64

静止 **standstill**

风力发电机组的停止状态。

3.65

支撑结构 **support structure**

风力发电机组中由塔架和地基组成的部分。

3.66

安全风速(不推荐使用) **survival wind speed (deprecated)**

结构设计所能经受住的最大风速的通俗名称。

注：这个术语不在 IEC 61400 系列内使用；设计条件改为前述的极端风速（见 3.19），极端风速是首选的术语。

3.67

扫掠面积 **swept area**

风轮旋转一周在垂直于风矢量的平面上形成的投影的面积。

3.68

风力发电机组测试等级 **turbine test class**

完成了耐久性测试（13.4）的小型风力发电机组（SWT）的等级。

3.69

湍流强度 **turbulence intensity**

风速标准偏差与平均风速的的比率，由同组风速采样测量数据确定，并且持续一段规定的时间。

3.70

最大极限状态 **ultimate limit state**

通常指风力发电机组处于能承受最大载荷（ISO 2394）的极限状态。

3.71

不定期维护 **unscheduled maintenance**

不是依照确定的时间表，而是根据接收到某一状态的迹象后进行的维护。

3.72

上风向 **upwind**

与风入流主方向相反的方向。

3.73

垂直轴风力发电机组 **vertical axis wind turbine**

风轮轴大致与风入流方向垂直的风力发电机组。

3.74

威布尔分布 Weibull distribution

常用于风速的概率分布函数。

注：这个分布函数取决于两个参数：形状参数和比例参数，分别决定分布宽度和平均风速（参见 3.75，风速分布）。

3.75

风廓线—风切变律 wind profile – wind shear law

假定风速随离地面的高度以对数关系而变化的数学表达式。

注：通常使用的廓线是对数廓线(1)或者幂函数廓线(2)。

$$V(z) = V(z_r) \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_r/z_0)} \dots\dots\dots (1)$$

$$V(z) = V(z_r) \left(\frac{z}{z_r}\right)^\alpha \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$V(z)$ ——高度 z 处的风速；

z ——地面上方的高度；

z_r ——地面上方用于相应廓线的参考高度；

z_0 ——粗糙度；

α ——风切变（或幂函数）指数。

3.76

风速分布 wind speed distribution

概率分布函数，常用于描述一个持续的时间段内风速的分布。

注：常用的分布函数是瑞利分布函数， $P_R(V_0)$ ，以及威布尔分布函数， $P_W(V_0)$ 。

$$\begin{aligned} P_R\{V < V_0\} &= 1 - \exp\left[-\pi(V_0/2V_{ave})^2\right] \dots\dots\dots (3) \\ P_W\{V < V_0\} &= 1 - \exp\left[-(V_0/C)^k\right] \end{aligned}$$

$$\text{及 } V_{ave} = \begin{cases} C\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right) \\ C\sqrt{\pi}/2, \text{ 若 } k=2 \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$P(V_0)$ ——累积概率函数，也即 $V < V_0$ 的概率；

V_0 ——风速（限定）；

V_{ave} ——风速 V 的平均值；

C ——威布尔分布函数的比例参数；

k ——威布尔分布函数的形状参数；

Γ ——伽马函数。

C 和 k 都可以从实测数据计算得到。如果选择 $k=2$ 且 C 和 V_{ave} 满足方程（4）在 $k=2$ 的条件，那么瑞利

分布函数等同于威布尔分布函数。

这个分布函数表示风速低于 V_0 的累积概率。因此，若在指定的风速 V_1 和 V_2 之间估算，则 $(P(V_1)-P(V_2))$ 将给出风速在此区间的时间分数。对分布函数求微分将得到相应的概率密度函数。

3.77

风切变 wind shear

与风向垂直的平面内的风速的变化。

3.78

风切变指数 wind shear exponent

为人熟知的幂指数 (α)，见 3.74。

3.79

风速 wind speed

风速是在空间一给定点，围绕该点的微小气团的移动速度。

注：风速也指当地风速(矢量)的数值(见 3.79)。

3.80

风矢量 wind velocity

指向考察的点的周围一定量空气移动方向上的矢量，这个矢量的数值等于空气“微团”移动的速度(也即当地风速)。

注：任意点上的矢量，是空气“微团”通过该点的位置矢量对时间的导数。

3.81

偏航 yawing

风轮轴绕垂直轴的旋转(仅适用于水平轴风力发电机组)。

3.82

偏航速率 yaw rate

偏航角对时间的变化率，称为偏航速率。

3.83

偏航误差 yaw misalignment

风力发电机组的风轮轴相对于风向的水平偏离。

3.84

并网小型风力发电变流器 grid-tied small wind turbines

用于将风力发电机输出的电能变换成适合于并入电网的电能的电气设备(以下简称变流器)。

3.85

谐波 harmonic

对非正弦周期量进行傅里叶级数分解，得到的频率应大于整数倍的正弦分量。

3.86

间谐波 inter-harmonic

周期量中具有基波频率的非整数倍频率的正弦交变分量。

3.87

直流电流含量 DC current content

在一个电网电气周期内，变流器馈入电网的电流中直流电流平均值应占电流均方根值的百分比。

3.88

孤岛效应 islanding

电网失压时，并网机组保持对失压电网中某一部分线路继续供电的状态。

3.89

防孤岛效应 anti-islanding

一种禁止孤岛效应发生的功能。

注：非计划性孤岛效应发生时，由于系统供电状态未知，将造成以下不利影响：可能危及电网线路维修人员和用户的安全；干扰电网的正常合闸；电网不能控制孤岛中的电压和频率，从而损坏配电设备和用户设备。

3.90

电网模拟电源 AC simulated power

用来模拟公共电网的测试电源装置，其输出电压和频率可调。

4 环境条件

4.1 SWT 的等级

在设计中应考虑的外部条件取决于小型风力发电机组（SWT）安装的预期场地或场地类型。小型风力发电机组（SWT）的等级按照风速和湍流参数来定义。风速和湍流参数的数值用于描绘许多不同场地的特征值，而不是对任一特定场地的精确表述。分级的目的是实现基于受风况支配的明显变化的鲁棒性的 SWT 的分级。表 1 中详细列出了定义 SWT 等级的基本参数。

表 1 SWT 等级的基本参数

SWT 等级	I	II	III	IV
V_{ref} (m/s)	50	42.5	37.5	30
V_{ave} (m/s)	10	8.5	7.5	6
I_{15} (-)	0.18	0.18	0.18	0.18
a (-)	2	2	2	2
注： • 这些值适用于轮毂高度； • I_{15} 是平均风速为 15m/s 的湍流强度无量纲的特征值，其中 0.18 是可使用的最小值，附录 M 中未讨论湍流强度的观察结果。 • a 是公式中用到的无量纲的斜率，用于方程（7）。				

4.2 风况

4.2.1 概述

一个 SWT 应设计成能够安全地经受住所选等级的 SWT 的风况。从载荷和安全方面考虑，风况分为正常风况（NWC）和极端风况（EWC）。正常风况为 SWT 正常运行中经常发生的风况，而极端风况定义为 1 年或者 50 年一遇的风况。

本文件中，NWC 和 EWC 的组合与四种 SWT 等级 I~IV 组合定义了标准风况（SWC）。

4.2.2 正常风况

4.2.2.1 风速分布

场地的风速分布对于 SWT 的设计是非常重要的，因为它决定单个载荷条件的发生频率。在 SWT 的标准等级下，用于载荷设计计算目的的 10 分钟时间段内的风速平均值，可以认为满足瑞利分布。在这种情况下，轮毂高度处的累积概率分布由下式给出：

$$P_R(V_{hub}) = 1 - \exp\left[-\pi(V_{hub}/2V_{ave})^2\right] \dots\dots\dots (5)$$

4.2.2.2 正常风廓线模型（NWP）

风廓线^{V(z)}指的是平均风速与地面上高度 z 的函数关系，在标准风力发电机组等级情况下，正常风速廓线假定由幂函数定律给出：

$$V(z) = V_{hub} (z/z_{hub})^\alpha \dots\dots\dots (6)$$

幂指数 α 假定为 0.2。

假定的风廓线用于定义穿过风轮的扫掠面的平均垂直风切变。

4.2.2.3 正常湍流模型（NTM）

正常湍流模型将包括 6.3.3.3 中描述的 NWP 下的风切变。“风湍流”表示风速（矢量）相对于 10-min 平均值的随机变化。湍流模型应包括风速变化、方向变化和旋转采样的影响。对于标准等级的 SWT，任意风速矢量场的功率谱密度无论是否明确地使用在模型中，都应该满足下列要求：

a) 纵向风速分量的标准偏差特征值由下式给出1：

$$\sigma_1 = I_{15} (15 + aV_{hub}) / (a + 1) \dots\dots\dots (7)$$

I_{15} 和 a 的值在表 1 中给出。标准偏差 σ_1 和湍流强度 σ_1/V_{hub} 的特征值在图？中给出。

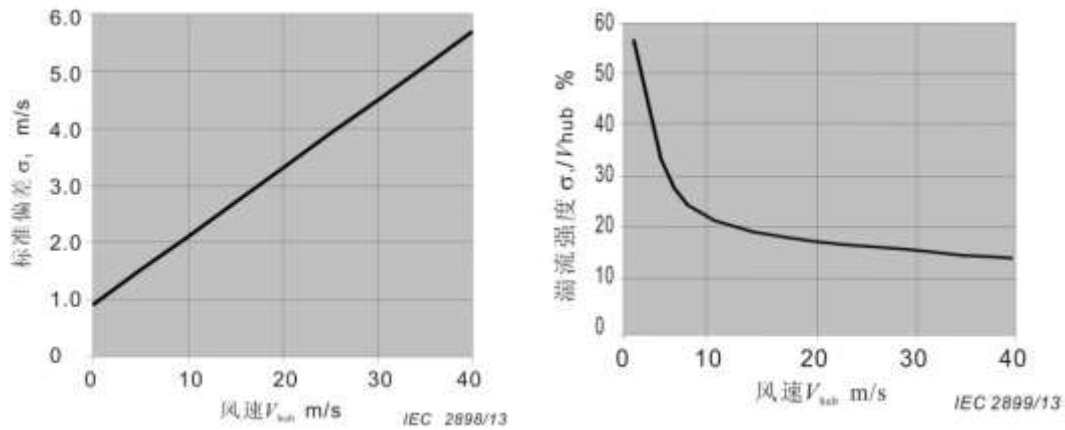


图 1 风湍流特性

b) 对惯量子区的高频段，湍流纵向分量的功率谱密度 $S_1(f)$ 将逐步逼近式 (8)：

$$S_1(f) = 0.05(\sigma_1)^2 (\Lambda_1/V_{hub})^{-2/3} f^{-5/3} \quad \dots\dots\dots (8)$$

c) 湍流比例参数 Λ_1 由式 (9) 给出：

$$\Lambda_1 = \begin{cases} 0.7z_{hub} & z_{hub} < 30m \\ 21m & z_{hub} \geq 30m \end{cases} \quad \dots\dots\dots (9)$$

满足这些要求的随机湍流模型的技术条件在附录 C 中给出。基于随机类型的湍流的简化确定性模型在附录 D 中给出。如果能够证明风轮叶片对旋转采样的风速的响应能充分地衰减时，就可以使用这个确定性模型。这个验证的指南也在附录 D 中给出。

4.2.3 极端风况

4.2.3.1 概述

极端风况用以确定 SWT 的极端风载荷。这些条件包括由暴风及风速和风向的快速变化引起的峰值风速。这些极端条件包含了潜在的风湍流的影响，而在设计计算中仅需要考虑那些决定性的影响。

4.2.3.2 极端风速模型 (EWM)

50 年一遇的极端风速 V_{e50} 和 1 年一遇的极端风速 V_{e1} 应是基于参考风速 V_{ref} 的。对于标准等级 SWT 的设计，3-s 阵风 V_{e50} 和 V_{e1} 可用式 (10) 计算：

$$V_{e50}(z) = 1.4V_{ref} (z/z_{hub})^{0.11} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$V_{e1} = 0.75V_{e50} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

z_{hub} ——轮毂高度，而 1.4 是轮毂高度处的阵风系数。

假定平均风向的短期偏差为 $\pm 15^\circ$ 。

4.2.3.3 极端运行阵风(EOG)

对于标准等级的 SWT, N 年一遇的轮毂高度处阵风值 V_{gustN} , 由以下的关系给出:

$$V_{gustN} = \beta \left[\frac{\sigma_1}{1 + 0.1 \left(\frac{D}{\Lambda_1} \right)} \right] \dots\dots\dots (12)$$

式中:

σ_1 ——标准偏差, 参见等式 (7);

Λ_1 ——湍流比例参数, 参见等式 (9);

D ——风轮直径;

$N=1$ 时, $\beta=4.8$;

$N=50$ 时, $\beta=6.4$ 。

这个风速应定义为 N 年一遇, 并由式 (13) 给出:

$$V(t) = \begin{cases} V(z) - 0.37V_{gustN} \sin(3\pi t/T) [1 - \cos(2\pi t/T)] & \text{当 } 0 \leq t \leq T \\ V(z) & \text{当 } t < 0 \text{ 与 } t > T \end{cases} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$V(z)$ 由等式 (6) 定义;

$N=1$ 时, $T=10.5s$;

$N=50$ 时, $T=14.0s$ 。

例如, 一年一遇的且轮毂高度处 $V_{hub} = 25m/s$ 的极端运行阵风如图 2 所示。

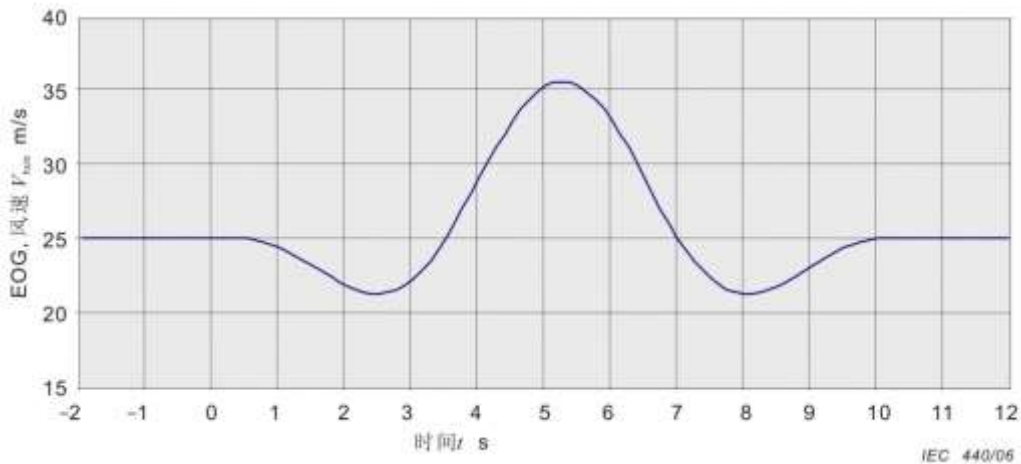


图 2 极端运行阵风的例子 ($N=1$, $V_{hub} = 25m/s$)

为了给出相同的最大上升率, 选择了两个循环周期的参数值。

4.2.3.4 极端风向变化(EDC)

N 年一遇的极端风向变化值 θ_{EN} , 应由等式 (14) 来计算:

$$\theta_{eN}(t) = \pm \beta \arctan \left\{ \frac{\sigma_1}{V_{hub} \left[1 + 0.1 \left(\frac{D}{\Lambda_1} \right) \right]} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

θ_{eN} ——限定的区间 $\pm 180^\circ$ ；

Λ_1 ——湍流比例参数，参见等式（9）；

D ——风轮直径；

$N=1$ 时， $\beta=4.8$ ；

$N=50$ 时， $\beta=6.4$ 。

N 年一遇的极端风向瞬变 $\theta_N(t)$ ，在公式（15）中给出：

$$\theta_N(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 0.5\theta_{eN} [1 - \cos(\pi t / T)] & 0 \leq t \leq T \\ \theta_{eN} & t > T \end{cases} \dots\dots\dots (15)$$

其中， $T=6s$ 是极端风向瞬变持续时间。应合理选择迹象以便于捕捉最坏情况下发生的瞬时载荷。在瞬时风向变化的末尾，假定风向保持不变。

如下例，50年一遇的且 $V_{hub}=25m/s$ 的极端风向变化如图3、图4所示。

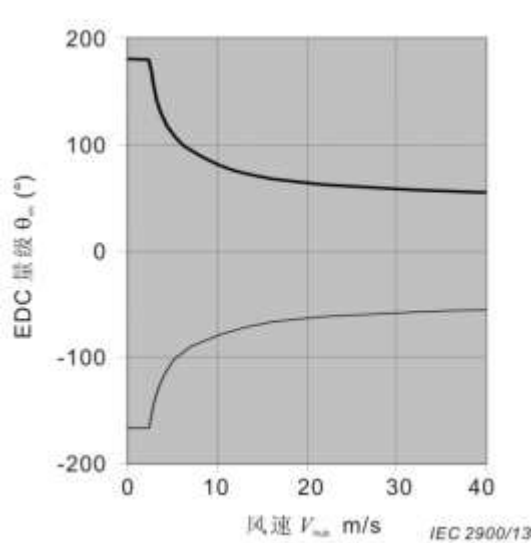


图3 极端风向变化量级的例子

($N=50$ ， $D=5m$ ， $z_{hub}=20m$)

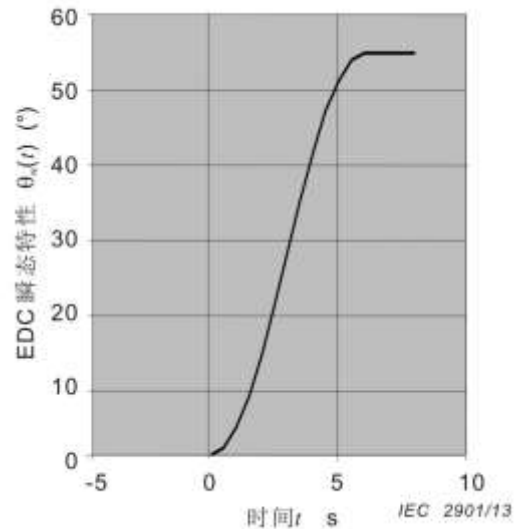


图4 极端风向变化瞬态特性的例子

($N=50$ ， $V_{hub}=25m/s$)

4.2.3.5 极端相干阵风（ECG）

对于标准 SWT 等级的风力发电机组设计，假定极端相干阵风值为 $V_{cg}=15m/s$ ，风速由公式（16）的关系定义：

$$V(z,t) = \begin{cases} V(z) & t \leq 0 \\ V(z) + 0.5V_{cg} [1 - \cos(\pi t / T)] & 0 \leq t \leq T \\ V(z) + V_{cg} & t \geq T \end{cases} \dots\dots\dots (16)$$

式中， $T=10s$ 是上升时间。运用公式（6）中给出的风速正常风廓线模型。图5中给出 $V_{hub}=25m/s$ 时的

极端相干阵风。

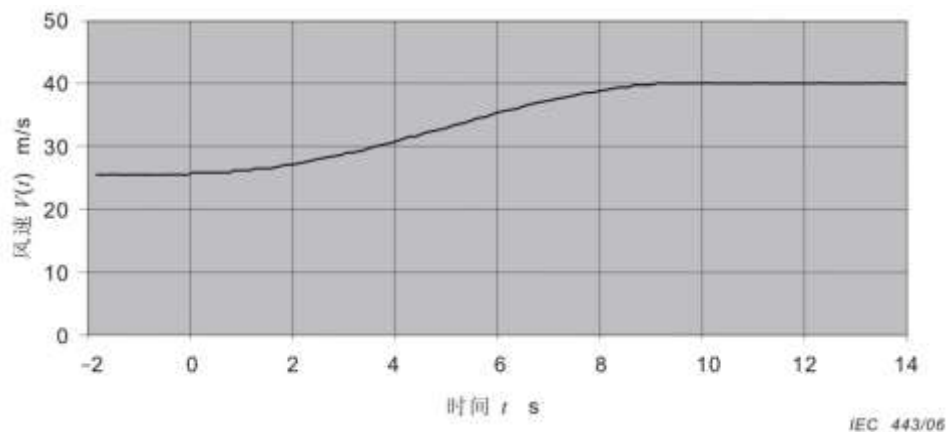


图 5 极端相干阵风 ($V_{hub} = 25\text{m/s}$) (ECG)

4.2.3.6 方向变化的极端相干阵风 (ECD)

在这种情况下，风速 (ECG 中描述的，见图 5) 的上升假定与风向变化 θ_{cg} 同时发生，这里 θ_{cg} 由公式 (17) 定义：

$$\theta_{cg}(V_{hub}) = \begin{cases} 180^\circ & V_{hub} < 4\text{m/s} \\ \frac{720^\circ}{V_{hub}} & 4\text{m/s} \leq V_{hub} \leq V_{ref} \end{cases} \dots\dots\dots (17)$$

风向变化 θ_{cg} ，作为 V_{hub} 的函数和当 $V_{hub} = 25\text{m/s}$ 时作为时间的函数，分别如图 6 和图 7 所示。

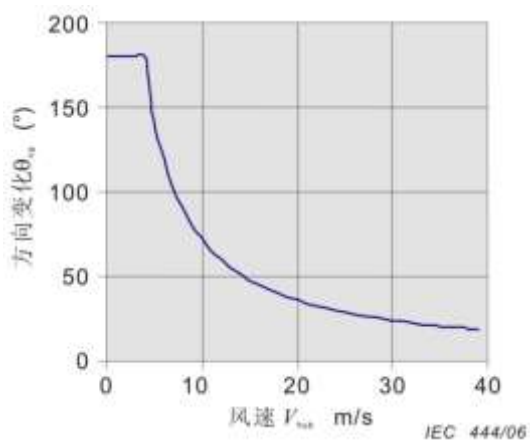


图 6 ECD 风向变化

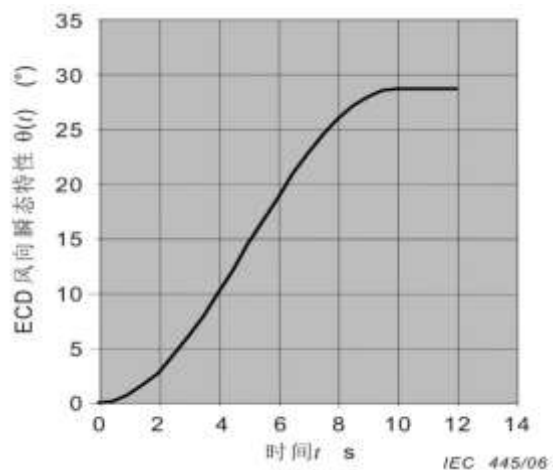


图 7 随时间变化的风向变化, $V_{hub} = 25\text{m/s}$

于是，同时发生的风向变化由式 (18) 给出：

$$\theta(t) = \begin{cases} 0^\circ & t \leq 0 \\ \pm 0.5\theta_{cg}(1 - \cos(\pi t/T)) & \text{对 } 0 \leq t \leq T \\ \pm\theta_{cg} & t \geq T \end{cases} \dots\dots\dots (18)$$

4.3 其它环境条件

其他环境条件如下：

- 温度；
- 湿度；
- 空气密度；
- 太阳辐射；
- 雨、冰雹、雪和冰；
- 化学活性物质；
- 机械活性微粒（如，沙子和尘土颗粒）；
- 海洋环境—腐蚀。
- 系统正常运行环境温度范围：-10℃到+40℃；
- 相对湿度达到 95%；
- 大气的含量等于没有污染的内陆的大气
- 太阳辐射强度 1000 W/m^2 ；

4.3.3 其它极端环境条件

其它极端环境条件如下：

- 温度：对于标准的 SWT 等级，极端温度范围的设计值应该至少是-20℃~+50℃。

5 技术要求

5.1 功率特性

机组应通过功率特性测试，测定机组功率特性曲线和年发电量曲线。依据功率特性曲线确定机组的切入风速、切出风速、额定风速和额定功率并记录。

- a) 要求机组的切入风速不大于 4.0m/s；
- b) SWT 等级 I、SWT 等级 II、SWT 等级 III、SWT 等级 IV 的机组，其额定风速分别应不超过 14 m/s、12 m/s、11m/s、9m/s,切出风速应不低于额定风速的 1.5 倍；
- c) 机组在额定工况下，其整机效率应不小于 0.28。

5.2 耐久性

机组应进行 6 个月的并满足不同风速段运行时间要求的耐久性试验。

5.3 噪音

机组的噪音水平不应大于 70dB(A)。

5.4 风力机安全保护

5.4.1 超速保护

机组在所有设计的工况下，应能防止其超过设计的转速极限，使用手册应标明保护的方式。

5.4.2 失效-保险

保护系统应设计成失效-保险，应保护 SWT 免受电源中任何单一失效、故障，或者控制和保护系统中非安全-寿命部件故障而破坏。控制、电源或保护系统的任一失效都不应使机组超出其极限旋转速度 $n_{\max}$ 或者进入不安全的运行状态。

无论风力发电机组处于手动或自动控制状态下，保护系统均应能持续正常地运行。

保护系统中的安全-寿命部件的使用寿命应高于风力发电机组的设计寿命，或者如果是可维护部件应确保维护工作不会超过这些部件的指定的维护间隔。保护系统中安全-寿命部件的突变失效的概率在其安全寿命期内应该极其小。

5.4.3 手动关机

机组应设置一个手动关机的按钮、开关、操作杆等，和一套关机程序。手动关机按钮、开关、操作杆等应优先于自动控制系统，且能在所有正常外部条件下停机。风力发电机组关机后应保持停机状态直到人工恢复运行。

手动停止按钮/开关/操作杆等应配置在平台或地面具备权限的人员便于接触到位置。这些机构应是一个普通用户在合理的时间段内可操作的。

5.5. 电能质量

5.5.1 谐波

机组并网运行时，机组向电网馈送的电流谐波应满足 GB/T 14549 的规定。

5.5.2 间谐波

机组并网运行时，机组向电网馈送的电流间谐波应满足 GB/T 24337 的规定。

5.5.3 电压偏差

机组并网运行时，所接入公共连接点的电压偏差应满足 GB/T 12325 的规定。

5.5.4 电压波动和闪变

机组并网运行时，机组输出端的电压波动和闪变值应满足 GB/T 12326 的规定。

5.5.5 电压不平衡度

机组并网运行时，机组输出端的三相电压不平衡度应满足 GB/T 15543 的规定。

5.5.6 直流分量

机组并网运行时，机组向电网馈送的直流电流分量应不超过其输出电流额定值的 0.5%。

5.6 功率控制

5.6.1 有功功率控制

机组应具备有功功率调节能力，并能根据电网调度机构指令信号调节电源的有功功率输出。其最大有功功率应不超过机组参考功率的110%。

5.6.2 无功调节

机组应具备保证并网点功率因数在0.95（超前）~0.95（滞后）范围内可调节的能力。

5.7 运行适应性

5.7.1 电压运行范围

机组并网点稳态电压在标称电压的85%~115%时，机组应能正常运行。

5.7.2 频率运行范围

机组并网点频率在49.5Hz~50.2Hz范围时，机组应能正常运行。

5.8 启停

5.8.1 软启动

机组启动运行时，输出功率应缓慢增加，不应対电网造成冲击。机组输出功率从启动至额定值的变化速率可根据电网的具体情况进行设定且最大不应超过50kW/s，或者机组输出电流从启动至额定值的过程中电流最大值不超过机组额定值的110%。

5.8.2 恢复并网

由于电网故障原因导致机组向电网停止送电，在电网的电压和频率恢复到正常范围后，机组应能在20s~3min内自动重新向电网送电。

5.8.3 自动开/关机

机组应能根据风力发电机的转速情况，实现对应的自动开、关机操作。

5.9 电气安全与保护

5.9.1 绝缘电阻

在环境温度为15℃~35℃和相对湿度为85%±2%时，输入端和输出端对地（机壳）之间的绝缘电阻应大于或等于20MΩ。

5.9.2 绝缘强度

机组输入端和输出端对地应能承受频率50Hz、有效值为1500V的交流电压（漏电流≤30mA）或等效

其峰值的 2120V 直流电压历时 1min，无击穿、无飞弧现象。

5.9.3 防雷保护

机组应具有防雷保护装置。

5.9.4 残余电流监控保护

在机组接入交流电网，交流断路器闭合的任何情况下，机组都应该进行残余电流检测。残余电流检测装置应能检测总的有效值电流（包括直流和交流部件）。无论机组是否带有隔离，与之连接的风力发电机是否接地，与之连接的变流器是否接地，以及隔离形式采用何种等级（基本绝缘或加强绝缘隔离），都对过量的连续残余电流及过量残余电流的突变进行监控。限值如下：

- a) 连续残余电流。如果连续残余电流超过如下限值，机组应当在 0.3s 内断开并发出故障发生信号：
 - 1) 对于额定输出小于或等于 30kVA 的机组，300mA；
 - 2) 对于额定输出大于 30kVA 的机组，10mA/kVA。
- b) 残余电流的突变。如果残余电流的突变超过表2所列的限值，则机组应当在表2规定的时间内断开。

表 2 对突变电流的响应时间

残余电流突变 mA	机组与电网断开时间 s
30	0.3
60	0.15
150	0.04

5.9.5 过/欠压保护

当机组交流输出端电压超出规定的电压范围时，机组应停止向电网供电，同时发出警示信号。此要求适用于多相系统中的任何一相。本文件涉及到的电压均指当地标称电压。

机组应能检测到异常电压并做出反应。电压的方均根值在机组交流输出端测量，其值应满足表3的条件。

表3 异常电压的响应

电压（机组交流输出端）	最大跳闸时间（单位：S）
$U < 50\% U_{\text{标称}}$	0.1s
$50\% U_{\text{标称}} \leq U < 85\% U_{\text{标称}}$	2.0s
$85\% U_{\text{标称}} \leq U \leq 115\% U_{\text{标称}}$	继续运行
$115\% U_{\text{标称}} < U < 135\% U_{\text{标称}}$	2.0s
$135\% U_{\text{标称}} \leq U$	0.05s

5.9.6 过/欠频保护

当机组交流输出端电压的频率超出规定的频率范围时，机组应停止向电网供电，同时发出警示信号，其值应满足表 4 的条件。

表 4 电网频率的响应

频率 f（单位：Hz）	机组响应
-------------	------

$F < 48$	0.2s 内停止运行
$48 \leq f < 49.5$	10min 后停止运行
$49.5 \leq f \leq 50.2$	正常运行
$50.2 < f < 50.5$	运行2min 后停止运行，此时处于停止运行状态的机组不得并网
$f > 50.5$	0.2s 内停止向电网供电，此时处于停运状态的机组不得并网

5.9.7 防孤岛保护

机组应具有快速监测孤岛且立即断开与电网连接的能力，防孤岛保护 动作时间不大于 2s，其防孤岛保护应与配电网侧线路重合闸和安全自动装置动作时间相配合。

5.9.8 输出短路保护

机组在开机或运行中，检测到输出侧发生短路时，机组应能自动保护。

5.9.9 电网缺相保护

机组交流输出缺相时，机组能自动保护并停止工作，正确连接后机组应能正常运行。

5.9.10 脱网保护

在风力发电机组在额定功率运行情况下，断开机组与电网的连接，机组应不会损坏；

5.10 通信与信息

机组应向电网调度机构提供的信息至少应包括：

- a) 风力发电机转速、输出电压、输出功率、发电量；
- b) 控制机组手动关机和开机。

5.11 外观、结构与防护

机组外观结构应能满足下列条件：

- a) 应在并网点安装易操作，具有明显开断指示、具备开断故障电流开关能力的开关；
- b) 连接电源和电网的专用低压开关柜应有醒目标识。标识应标明“警告”“双电源”等提示性文字和符号。标识的形状、颜色、尺寸和高度应安装 GB 2894 的规定执行；
- c) 机壳面板应平整、镀层牢靠、防腐保护涂层均匀；
- d) 所有标记、标牌清晰可辨，无剥落、锈蚀、裂痕、明显变形等外观缺陷；
- e) 接线端子、按键、开关应便于操作且灵活可靠；
- f) 防护等级应不低于 IP54。d)

6 试验方法

6.1 功率特性

应按 GB/T 18451.2的规定测量功率特性曲线和年发电量。

6.2 耐久性

6.2.1 概述

在进行耐久性测试的过程中，执行测试程序以便确定风力发电机组是否并何时能成功满足下列测试判据。如果已经完成下列判据，则该机组就通过了耐久性测试：

- 1) 在测试期内可靠地运行；
- 2) 运行时间应至少为 6 个月；
- 3) 在不同的风速情况下至少发电 2500 小时；
- 4) 在大于等于 1.2 倍 V_{ave} 情况下至少发电 250 小时；
- 5) 在大于等于 1.8 倍 V_{ave} 情况下至少发电 25 小时；
- 6) 在大于等于 2.2 倍 V_{ave} 但是不应小于 15.0m/s 情况下至少 10 分钟，且机组运行正常。

关于上述列项 5) 和 6)：

- 如果机组设计为在 1.8 倍 V_{ave} 时停机，那么放宽至正常运行。
- 如果机组设计为在这个风速下停机它就会停机，如果机组设计成输出功率它就会输出功率。

15m/s 时的平均湍流强度应记录到报告中。这个湍流强度是在 14.5m/s~15.5m/s 之间 10-min 平均风速所有数据点的平均湍流强度。

测试报告中应规定测试期间的最高瞬时风速（3-s 阵风）。

允许小的修正，但是应如 13.4.4 中描述的那样写入报告中。

风速定义为 10 分钟内在轮毂高度处采样率至少 0.5Hz 采样的平均风速（10 分钟周期采自相邻的测量数据，正如在 GB/T 18451.2 中定义的）。

注：转换 1-min 数据到 10-min 数据：

如果需要将 1-min 数据转换到 10-min 数据。10-min 平均值是 1-min 平均值的简单平均。10-min 最小值和最大值是简单的分别测量 1-min 的最小值和最大值。

10-min 标准偏差能够通过如下的 1-min 标准偏差来计算：

$$\sigma_{10-\min} = \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (\sigma_{1-\min i}^2 + \mu_{1-\min i}^2) - \left[\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (\mu_{1-\min i}) \right]^2} \dots\dots\dots (19)$$

简化为：

$$\sigma_{10-\min} = \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (\sigma_{1-\min i}^2 + \mu_{1-\min i}^2) - (\mu_{10-\min})^2} \dots\dots\dots (20)$$

式中：

σ ——标准偏差；

μ ——给定数据组的平均值。

发电意味着风力发电机组产生正功率，它由连接在电气负载上的功率传感器测得。如果 10-min 平均功率是正的（在说明功率信号上所有补偿值之后），整个 10 分钟周期应计数应接近 2500 小时。

如果 10-min 平均风速是大于等于 1.2 倍 V_{ave} 或 1.8 倍 V_{ave} ，10 分钟周期应分别计算发电小时数接近 250 小时和 25 小时。

耐久性测试期间所有方向上的风都计入发电小时数。地形无需一定满足功率特性测试的要求（附录 B 或 GB/T 18451.2）。风速计应该定位并且安装，这样它测量的风速代表风力发电机组轮毂高度处的风速。应注意风速计不能定位的位置，例如定位在比风力发电机组可见的风速显著高的风速（>5%）的位置。

6.2.2 可靠运行

6.2.2.1 概述

可靠运行意味着：

- 运行时间比率至少要达到 90%；
- 风力发电机组整机或部件没有重大故障；
- 风力发电机组的部件没有明显的磨损、腐蚀或损坏；
- 在可比较的风速下，风力发电机组产生的功率没有明显的下降。

6.2.2.2 重大故障

如果风力发电机组在测试的过程中做了除执行定期的维护或检查之外的任何方式的改变，检测机构应该确定这种改变是否是由于重大的故障引起的。检测机构的判断应记录在测试报告中。风力发电机组的重大故障包括任何影响机组安全和功能的系统部件的显著故障，这些系统部件例如叶片、主轴、交流发电机、偏航轴承、支撑结构、控制器或逆变器。

6.2.2.3 显著磨损

显著的磨损是指，据其可推断出风力发电机组的寿命的，任何会导致不可接受的强度丧失或间隙的磨损。在安装和试车后立即对机组执行一项详细检查，记录在测试开始和测试总结的第二次详细检查之前表现出的任何磨损、腐蚀和损坏，以评估部件的磨损、侵蚀和损坏情况。这样的详细检查不受机组容量、失效结果和部件保证状态的影响。

6.2.2.4 运行时间比率

针对此项测试的目的，运行时间比率定义为在任何评价期内机组表现出其正常设计行为时间与测试时间的比率，且表示为百分数。正常设计行为包括以下的内容（此处适用的）：

- 风力发电机组发电；
- 系统由于在低风速切入和高风速切出的自动起动和关机；
- 风速在 v_{in} 以下或 v_{out} 以上，系统处于空转或停止状态；
- 机组正常关机（非故障导致的）和重新起动（例如制动器冷却周期，叶尖刹车的收回）之间的延时。

运行时间系数 O ，按以下等式给出：

$$O = \frac{T_T - T_N - T_U - T_E}{T_T - T_U - T_E} \times 100\% \dots\dots\dots (21)$$

式中：

T_T ——考虑的总时间段；

T_N ——所知的机组不运行的时间；

T_U ——机组状况未知的时间；

T_E ——在分析过程中应排除的时间。

注：风力发电机组状态未知的时间和机组分析排除时间都不计入以免影响运行时间分数的大小。

以下的状况应作为机组的故障加以考虑，这些时间应是 T_N 的一部分：

- 风力发电机组控制器显示出的任何阻碍机组正常运行的故障情况；
- 任何由于指示的故障而由其实施的机组自动关机；
- 由于日常维护或由于察觉到的故障情况，手动选择暂停、停止或测试模式以阻止机组的正常运行；
- 依照制造商的建议执行的机组检查；
- 为了解开下垂的电缆而放倒风力机的时间。

下列情形应认为是风力发电机组状态未知的时间（上述等式中的 T_U ）：

- 检测机构的数据采集系统的故障或维修；
- 丢失的或不可分辨的的机组状况的记录。

下列情况应排除在测试时间之外，应属于 T_E 的一部分：

- 作为测试的一部分而对风力发电机组进行的检查，但不是由制造商推荐的（例如数据采集系统的检查）；
- 任何由风力发电机组或制造商之外的某些原因引起的非运行时间。
- 为了日常维护或由于察觉到的故障之外的任何原因，而手动选择暂停、停止或测试模式阻止机组的正常运行；
- 由电网、蓄电池组、逆变器或任何不属被测机组的外部部件引起的故障（见下面）。如果这些部件被认为是系统的一部分，这样的时间应算为 T_N ；
- 由于机组控制系统检测到外部条件超出了设计的外部条件，功率输出降低或无功率输出。

如果风力发电机组表现出上述的故障情况之一，并且发生在正常的外部条件下，这样的时间应算为 T_N 。

耐久性测试报告应清楚地陈述哪些部件是风力发电机组的组成部分，哪些部件是系统以外的。这些陈述应考虑：

- 风力机与地面之间的机械界面；
- 风力机与负载之间的电气界面；
- 风力机与本地或远程控制装置之间的控制界面。

如果存在不能明显地归结为一种风力发电机组的故障或一个外部条件引起的情况，测试计划应该界定这种情况属于哪一个类别。此类情况的例子如下：

- 叶尖制动器或折尾的意外动作；
- 由瞬间电压导致的控制器的混乱。

测试报告中应对在耐久性测试期间所有时间中使用的判定和记录风力发电机组的运行状态的仪器及数据记录装置的配置加以描述。

6.2.2.5 发电能力的衰减

为检查风力发电机组功率特性中隐藏的发电能力的衰减，以下程序应作为耐久性测试的一部分。

对于耐久性测试的每一个月，机组的功率水平应按风速划分在风速区间内。对于每一个风速，应绘制

风速区间内作为时间的函数功率水平的图。如果图中有明显的变化趋势，那么就应研究以确定其原因。对于蓄电池充电系统，应绘制可比较的充电状态点的图形。只有认为是正常运行的数据点才能够用于这个分析。仅仅测量扇区内的数据可用于消除地形或在分析风速读数障碍的潜在影响。

6.2.3 动态行为

评估风力机的动态行为可以检验系统是否表现出过度的振动。应在所有的运行条件下（例如加载、卸载、折尾），总共观测至少 1 小时、从切入风速至 1.8 倍 V_{ave} 风速，来观测机组的动态行为。特别要注意塔架的振动和共振、机组的噪声、尾翼的动作和偏航行为。观测到的结果要记录在日志中并要写入测试报告中。使用仪器进行评估也是允许的。

6.3 噪音

应按GB/T 22516的规定进行测定，验证是否满足5.3的要求。

6.4 风力机安全保护

6.4.1 超速保护

验证保护是否满足5.4.1的要求

6.4.2 失效-保险

应通过测试和（或）分析（如FMEA/FMECA）验证系统的失效-保险行为。

6.4.3 手动关机

进行手动关机操作，验证机组是否满足5.4.3条款。

6.5 电能质量

6.5.1 谐波

按图8接线，闭合K1，试验分别在机组输出为额定功率的25%~33%、50%~66%和100%处进行，用电能质量分析仪测量出电流谐波总畸变率和各次谐波电流含有率。其值应符合5.5.1的规定。

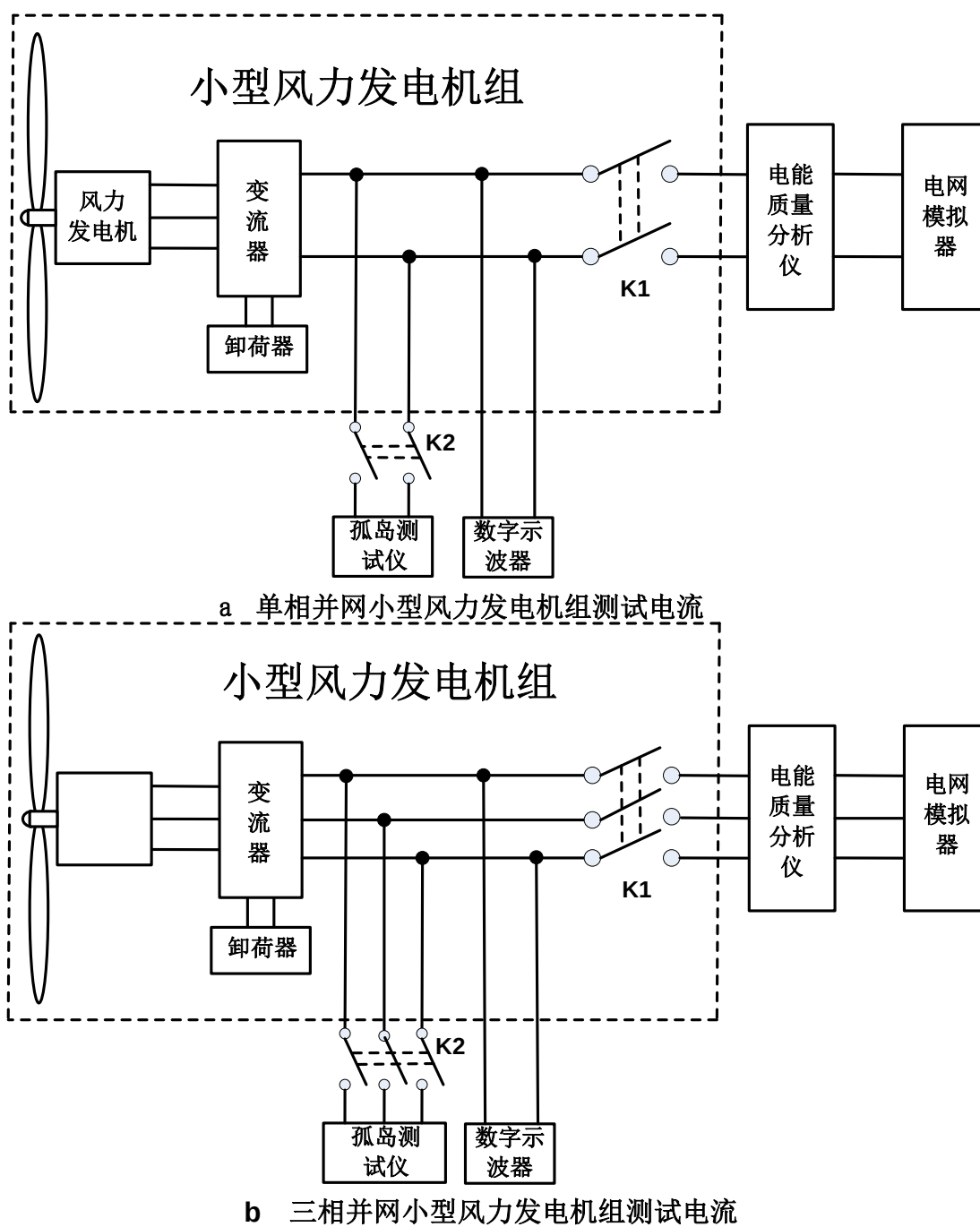


图8 测试电路

注 1: K1 为机组器的网侧分离开关, K2 为孤岛测试仪的分离开关。

6.5.2 间谐波

间谐波应按GB/T 24337的规定执行。

6.5.3 电压偏差

电压偏差应按GB/T 12325的规定执行。

6.5.4 电压波动和闪变

电压波动和闪变应按GB/T 12326的规定执行。

6.5.5 电压不平衡度

按图8接线，闭合K1，将机组启动并置于正常工作状态，测量机组输出端三相不平衡度。

对于设备供电引起的电压负序不平衡度测量值的10min方均根值的95%概率大值，以及测量值中的最大值应不大于要求规定值。

三相不平衡度测量仪器应满足测量要求，仪器记录周期为3s，按方均根取值。电压输入信号基波分量的每次测量取10个周波的间隔。对于离散采样的三相不平衡度 ε 的测量推荐按公式1)计算：

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \varepsilon_k^2} \dots\dots\dots (22)$$

式中：

ε_k ——在3s内第k次测得的三相不平衡度；

m——在3s内均匀间隔取值数（ $m \geq 6$ ）；

验证机组在不同工作状态下，即30%PN、50%PN、70%PN、100%PN时的三相不平衡度。

要求均满足5.5.5的规定。

注：此项测试是针对三相机组，不适用于单相机组。

6.5.6 直流分量

按图8接线，闭合K1，试验分别在机组输出为额定功率的25%~33%、50%~66%和100%处进行，用示波器测量机组输出交流电流中的直流电流分量，其值应符合5.5.6的规定。

6.6 功率控制

6.6.1 有功功率控制

用PC机模拟电网调度部门向机组发送有功功率控制信号，机组应能接收并执行。结果应符合5.6.1的规定。

6.6.2 无功调节

用PC机模拟电网调度部门向机组发送无功功率控制信号，机组应能接收并执行。结果应符合5.6.2的规定。

6.7 运行适应性

6.7.1 电压运行范围

按图8接线，闭合K1，试验分别在机组器输出为额定功率的25%~33%、50%~66%和100%处进行，分

别往正、负方向调整模拟电网的输出电压直至机组停止向电网供电，记录下动作时的电压应符合5.7.1的规定。

6.7.2 频率运行范围

按图8接线，闭合K1，试验分别在机组输出为额定功率的（25～33）%、（50～66）%和100%进行，分别往正、负方向调整模拟电网的输出频率直至机组停止向电网供电，记录下动作时的频率应符合5.7.2的规定。

6.8 启停

6.8.1 软启动

机组启动运行时工作状态应符合5.8.1的规定。

6.8.2 恢复并网

由于超限状态导致机组停止向电网供电，再到电网恢复正常后，机组工作状态和恢复并网时间应符合5.8.2的规定。

6.8.3 自动开/关机

通过改变机组输入电压的大小来模拟输入条件，机组应按5.8.3的规定自动开机和关机。

具体步骤如下：按图8接线，调节模拟输入源，使母线电压从低于机组的允许直流电压工作范围下限的电压处开始增加，当母线电压高于允许范围的下限时，机组应能自动开机；待机组工作稳定后，调节模拟输入源使母线电压下降到低于允许范围的下限时，机组应能自动关机。

6.9 电气安全与保护

6.9.1 绝缘电阻

用兆欧表或绝缘电阻测试仪以1000V试验电压分别测量机组的输入电路对地、输出电路对地以及输入电路与输出电路间的绝缘电阻值。结果应符合5.10.1的规定。

6.9.2 绝缘强度

机组不接输入和输出，测试输入端和输出端对地的绝缘强度，测试结果应满足5.10.2的规定。

6.9.3 防雷保护

目测检查是否有防雷保护装置。

6.9.4 残余电流保护控制

残余电流检测按照如下方法进行：

连续残余电流测试方法。机组在最严酷的工况下，且直流输入端无接地，交流输出端应有一极接地。

在直流输入端与地之间接入一个可调电阻。可调电阻的起始值应设置在使初始残余电流在5.10.4规定的限值之下。然后逐步调低电阻值，记录残余电流保护装置动作时的电流值。该测试应重复5遍，所有测试结果不得超过5.10.3中的限值，否则机组应在0.3s内断开电网。

机组在额定功率条件下，在风电输入端与地之间接入一个可调电阻，调节此电阻，使得输入端与地之间恰好产生30、60、150mA漏电流时，机组的断网时间不得超过5.10.4中的限值。

6.9.5 过/欠压保护

按图8接线，闭合K1，试验分别在机组器输出为额定功率的（25~33）%、（50~66）%和100%处进行，分别往正、负方向调整模拟电网的输出电压直至机组停止向电网供电，记录下动作时的电压应符合5.10.5的规定。

6.9.6 过/欠频保护

按图8接线，闭合K1，试验分别在机组输出为额定功率的（25~33）%、（50~66）%和100%进行，分别往正、负方向调整模拟电网的输出频率直至机组停止向电网供电，记录下动作时的频率应符合5.10.6规定。

6.9.7 防孤岛效应保护

图8给出了防孤岛效应保护试验平台，K1为被测机组网侧分开关，K2为被测机组的负载分开关。负载采用可变RLC谐振电路，谐振频率为被测机组的额定频率（50Hz/60Hz），其消耗的有功功率与被测机组输出的有功功率相当。试验应在表5规定的条件下进行。

表5 防孤岛效应保护的试验条件

条件	被测机组的输出功率 PEUT	被测机组的输入电压	被测机组跳闸设定值
A	100%额定交流输出功率	>直流输入电压范围的90%	制造商规定的电压和频率
B	（50~66）%额定交流输出功率	直流输入电压范围的50%±10%	设定电压和频率跳闸值为额定值
C	（25~33）%额定交流输出功率	<直流输入电压范围的10%	设定电压和频率跳闸值为额定值
a 若直流输入电压范围为 X~Y，则（直流输入电压范围的90%）=X+0.9*（Y-X）。			

试验步骤如下：

闭合K1，断开K2，启动机组。通过调节直流输入源，使机组的输出功率PEUT等于额定交流输出功率，并测量机组输出的无功功率QEUT；

使机组停机，断开K1；

通过以下步骤调节RLC电路使得 $Q_f=1.0\pm0.05$ ；

- 1) RLC电路消耗的感性无功满足关系式： $Q_L=Q_f*PEUT=1.0*PEUT$ ；
- 2) 接入电感L，使其消耗的无功等于 Q_L ；
- 3) 并入电容C，使其消耗的容性无功满足关系式： $Q_C+Q_L=-QEUT$ ；
- 4) 最后并入电阻R，使其消耗的有功等于PEUT。

闭合K2接入RLC电路，闭合K1，启动机组，确认其输出功率符合步骤a)的规定。调节R、L、C，直到流过K1的基频电流小于稳态时风电并网机组额定输出电流的1%；

断开K1，记录K1断开至机组输出电流下降并维持在额定输出电流的1%以下之间的时间；

调节有功负载（电阻R）和任一无功负载（L或C）以获得表6中阴影部分参数表示的负载不匹配状况；表6中的参数表示的是偏差的百分比，符号表示的是图8中流经开关K1的有功功率流和无功功率流的方向，正号表示功率流从机组到电网；每次调节后，都应记录K1断开至机组输出电流下降并维持在额定输出电流的1%以下之间的时间；若记录的时间有任何一项超过步骤e)中记录的时间，则表6中非阴影部分参数也应进行试验；

对于试验条件B和C，调节任一无功负载（L或C），使之按表7的规定每次变化1%。表7中的参数表示的是图8中流经开关K1的无功功率流的方向，正号表示功率流从机组到电网；每次调节后，记录K1断开至机组输出电流下降并维持在额定输出电流的1%以下之间的时间；若记录的时间呈持续上升趋势，则应继续以1%的增量扩大调节范围，直至记录的时间呈下降趋势。

以上步骤中记录的时间都应符合5.10.7的规定，否则即判定试验不通过。

表6 试验条件A情况下的负载不匹配状况

试验中负载消耗的有功功率、无功功率与额定值的偏差百分比（%）				
-10, +10	-5, +10	0, +10	5	+10, +10
-10, +5	-5, +5	0, +5	+5, +5	+10, +5
-10, 0	-5, 0	0, 0	+5, 0	+10, 0
-10, -5	-5, -5	0, -5	+5, -5	+10, -5
-10, -10	-5, -10	0, -10	+5, -10	+10, -10

表7 试验条件B和试验条件C情况下的负载不匹配状况

试验中负载消耗的有功功率、无功功率与额定值的偏差百分比（%）	
0, -5	
0, -4	
0, -3	
0, -2	
0, -1	
0, 1	
0, 2	
0, 3	
0, 4	
0, 5	

6.9.8 输出短路保护

短路保护测试前，预先将需要短路的线路连接使继电器或类似装置断开，机组正常启动后再进行合闸短路操作。

单相机组将L—N接通，机组应在规定时间内断开并网回路，并报警。

三相机组分别将A—B、B—C、A—C、A—N、B—N、C—N接通，再接通电源，机组应规定时间内断开并网回路，并报警。

要求均应满足5.10.8的规定。

注 1：对于带隔离变压器的机组，短路处为隔离变压器的一次侧和二次侧。

注 2：短路测试电路不能接在与外壳连接在一起的熔断器上。

6.9.9 电网缺相保护

将机组输出端逐一缺相连接，输入、输出端通电加载工作电压时，设备不能工作；正确连接时机组正常运行，应符合5.10.9的规定。

6.9.10 脱网保护

测试电路如图8所示，闭合K1，断开K2，调节风力发电机的输入功率到额定功率的1.5倍，断开机组与电网的连接，机组应不损坏。

6.10 通信与信息

按照制造商的用户手册实测机组的监控功能，机组向电网调度机构提供的信息至少应包括风力发电机转速、输出电压、输出功率、发电量；控制机组手动关机和开机。

6.11 外观、结构与防护

目检机组外观与结构应符合5.7的规定。其外壳防护等级根据GB/T 4208-2008进行验证。

7 检验规则

7.1 型式检验

当有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 制造厂第一次试制或小批量试生产时；
- b) 产品停产超过三年以上恢复生产；
- c) 转厂生产；
- d) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大变化，可能影响性能；
- e) 出厂检验的结果与上次形式检验有较大差异时；
- f) 质量监督或认证机构要求进行形式检验时。

7.1.1 进行型式检验的样品,应在经过出厂试验合格的一批中抽样，抽样的数量应不少于两台。

7.1.2 型式检验项目应符合产品的技术规定,全部合格则判定为合格；有一项不合格，则判定该产品不合格。

7.2 出厂检验

每台机组都应进行出厂检验。一台中有一项性能不符合要求，即为不合格，允许返修后复试，复试一次仍不合格,则为检验不合格。检验合格后,填写检验记录并且出具合格证方能出厂。

7.3 检验项目

检验项目按照表8进行。

表 8 检验项目

序号	检验项目		技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	功率特性		5.1	6.1		√
2	耐久性		5.2	6.2		√
3	噪音		5.3	6.3		√
4	风力机安全 保护	超速保护	5.4.1	6.4.1	√	√
5		失效-保险	5.4.2	6.4.2		√
6		手动关机	5.4.3	6.4.3	√	√
7	电能质量	谐波	5.5.1	6.5.1	√	√
8		间谐波	5.5.2	6.5.2		√
9		电压偏差	5.5.3	6.5.3		√
10		电压波动和闪变	5.5.4	6.5.4		√
11		电压不平衡度	5.5.5	6.5.5		√
12		直流分量	5.5.6	6.5.6		√
13	功率控制	有功功率控制	5.6.1	6.6.1		√
14		无功调节	5.6.2	6.6.2		√
15	运行适应性	电压运行范围	5.7.1	6.7.1		√
16		频率运行范围	5.7.2	6.7.2		√
17	启停	软启动	5.8.1	6.8.1	√	√
18		恢复并网	5.8.2	6.8.2	√	√
19		自动开/关机	5.8.3	6.8.3	√	√
20	电气安全与 保护	绝缘电阻	5.9.1	6.9.1		√
21		绝缘强度	5.9.2	6.9.2		√
22		防雷保护	5.9.3	6.9.3		√
23		残余电流保护控制	5.9.4	6.9.4		√
24		过/欠压保护	5.9.5	6.9.5		√
25		过/欠频保护	5.9.6	6.9.6		√
26		防孤岛效应保护	5.9.7	6.9.7		√
27		输出短路保护	5.9.8	6.9.8		√
28		电网缺相保护	5.9.9	6.9.9		√
30		脱网保护	5.9.10	6.9.10	√	√
31	其它性能	通信与信息	5.10	6.10	√	√

序号	检验项目		技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
32		外观、结构与防护	5. 11	6. 11	√	√

8 文件要求

8.1 概述

本章给出并网小型风力发电机组的产品手册和其它文件方面的要求。

8.2 产品手册

8.2.1 概述

这些手册应清楚地描述关于机组的组装、安装、运行和竖起的要求以及机组的技术规格。这些文件还应该提供 SWT 设备维护所需的相关信息。应向安装人员、业主和服务人员提供关于这些信息的一本或多本手册。

所有文件应告知用户其内容是重要的安全指导且应该妥善保管。文件中应明确风力发电机组的型号、序列号和改进序列号。用户应能获得这些文件，且这些文件所使用的语言应是用户可以阅读和理解的。

8.2.2 参数

制造商应提供下列信息：

- 制造商；
- 型号；
- 主要部件的总体说明；
- 仅由完成的测试得到的参考功率（W 或 kW）；
- 参考年发电量（kWh/yr）；
- 风轮直径（m）（如果适用的话）；
- 扫掠面积（m²）；
- 叶片数；
- 上风向或下风向风轮（如果适用的话）；
- 机组型式：VAWT、HAWT 或其它；
- 塔顶重量（kg）；
- 保护和关机系统的描述；
- 偏航机构的描述；
- 旋转方向；
- 仅由完成的测试而得出的风轮转速和/或叶尖速度范围（r/min 和或 m/s）
- 仅由完成的测试而得出的切入风速（m/s）；
- 切出风速（m/s）；
- SWT 等级（设计等级，或测试等级），若为 S 级，需在此明确设计参数；

- 功率型式；
- 最大输出功率（依照定义，给出 P_{60} 作为最小值）；
- 最大输出电压（依照定义，给出 $U_{0.2}$ 作为最小值）；
- 最大输出电流（依照定义，给出 i_{60} 作为最小值）；
- 仅由完成的测试而得出的 8m/s 风速下公称的声功率等级（ dB(A) ）；
- 运行温度范围（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- 可用的支撑结构；
- 设计寿命（年）。

8.2.3 安装

8.2.3.1 概述

SWT 的制造商应提供有关 SWT 的装配、安装、运行和竖起的图纸、程序、说明、指南和装箱单。文件中应包括所有载荷、重量、提升工具及安全操作和安装 SWT 的必要程序的细节。

如果制造商要求训练有素的人员安装 SWT，这个声明应在安装手册的封面上表示为：“仅允许专业人员安装”。

文件中应包括起重机、升降机和提升设备，包括吊索、吊钩和其它安全提升所要求的设备的要求。设备特定的吊装点应明确标示在手册内和部件上。在文件中应明确所有为安全安装所要求的专用工具、夹具、固定设备和其它设备。

所有部件使用前的调整和适当的润滑要求都应清楚地文件中加以规定。

如果电缆由业主或安装者提供，手册的这一部分应提供关于以国际符号标识电气设备端子的电气接线图的足够的信息以便于选择适当的导线尺寸。系统接线图应在手册的安装或使用部分中提供。

8.2.3.2 支撑结构

对于风轮扫掠面积小于等于 2m^2 的风力发电机组，制造商应向所有用户提供为保证机组安全运行而选择适当的支撑结构所需要的所有信息。包括但不限于以下信息：

- 机组/塔架机械连接的细节；
- 机组/塔架电气连接的细节；
- 叶片/塔架的最小间隙；
- 允许的塔顶最大倾角；
- 最大塔顶载荷（声明是否包括安全系数及其量值）；
- 一张支撑结构样图。

对于风轮扫掠面积大于 2m^2 的风力发电机组，建议提供上述这些信息。对这些机组，亦应提供 10.5 中要求的信息，包括一张声明假定的土壤条件、运行载荷和运维载荷的基础样图。

8.2.4 运行

运行文件应该包括在正常外部条件下 SWT 启动和关机的特定程序。手册亦应包括控制器所有适当的设置，例如紧急关机设置点。运行文件亦应涵盖整个系统正常运行和预期响应的说明。

制造商应提供书面的手动关机程序，包括可以安全执行这些程序的风速限制和其它条件的详细说明。应提供不定期维护/客户支持的联系方式。

8.2.5 维护和日常检查

8.2.5.1 概述

制造商应提供 SWT 的检查和维修文件。这些文件应对 SWT 设备的检查、关机程序和日常维护的要求给出清晰的说明。

如果制造商要求训练有素的人员来维护和保养 SWT，这个声明应在维护和保养手册的封面上表示为：“仅允许专业人员进行维护和修理”。

8.2.5.2 安全程序

维护文件应包括明确的关机程序，应包括但不限于下面的关于如何操作的指南：

- 断开负载和/或电源
- 停止和固定风轮；
- 停止和固定偏航机构；
- 如果条件允许，停止和固定折尾系统。

如果 SWT 是与公共电网连接的，那么应该提供把风力发电机组与公共电网断开的程序。

制造商还应提供攀爬塔架的安全建议，包括可能适用的攀爬设备和程序。

8.2.5.3 日常检查

制造商应提供包括 SWT 的塔架、传动系统、控制器和风轮的日常检查的时间间隔。制造商应列举要检查的部件，这包括但不限于以下内容：

- 风轮叶片；
- 磨损的或缠绕的下垂电缆；
- 拉索张紧情况；
- 润滑油渗漏；
- 紧固件。

制造商应提供一份保证机组正常工作及检验所必需的设备和测量工作的清单。制造商应说明所有正常运行范围的数值，这对机组的安全是非常关键的（包括蓄电池电压，水泵流速，机组的电压、电流和频率等）。

制造商应建议每台机组保存一本工作日志。日志中应记载从事检查的日期、时间、执行检查的人员、任何重要的事件和任何采取的纠正措施或记载的附加信息。

8.2.5.4 维护

制造商应提供 SWT 日常维护的时间间隔。日常维护定义为 SWT 经过一段时间运行之后，制造商认为保持 SWT 安全运行的任何必要的保养和修理。日常维护应包括但不仅限于以下内容：

- 润滑；

- 定期检查紧急关机/超速系统；
- 调整/更换制动系统；
- 更换轴承、电刷/滑环；
- 对任何安全-寿命部件要求其自身符合设计寿命的维护要求。

如果制造商要求在日常维护之前 SWT 须关机，这个声明应在文件中提供：“注意：进行日常维护之前，请遵循风力发电机组正确的关机程序”。

8.2.5.5 故障处理

制造商应提供一个故障处理项目清单，以便在联系服务人员前可以据此进行必要的检查。清单中所列的项目应能由受过培训的操作人员进行检查，而不需要专业测试设备或专业技术人员。

8.2.5.6 人员安全

在安装、运行和维护手册中，制造商应提供所有有关人员安全的必要信息。这些信息可以包括以下项目：攀爬程序、梯子、地锚点和人员安全设备的使用。制造商亦应明确攀爬和（或）放倒塔架的风速限制。

9 标识、包装、运输、贮存

9.1 标识

至少下列信息应显著和清楚地标示在不易消失的风力发电机组铭牌上：

- 风力机制造商和产地；
- 型号和序列号，改进序列号；
- SWT 等级；
- 功率型式；
- 额定功率；
- 额定风速；
- 参考功率；
- 参考年发电量。

其它可能包括的信息：

- 生产日期；
- 安全风速；
- 扫掠面积；
- 切入风速；
- 切出风速。

9.2 包装

机组可按各部件的不同形状和尺寸分别包装，以确保在正常储运条件下，不发生任何损坏、受潮和丢失，至少应包括以下内容：

- a) 对于尺寸和质量较大的部件，允许使用软包装，但应明确规定装卸运输和贮存要求；
- b) 对于易损、怕潮湿以及电子仪器设备，应按密封要求包装，包装上应有防潮标识；
- c) 机组的包装应在明显的位置上表明装运和防护标志，如防雨、易碎品、防潮、不准倒置以及尺寸（长×宽×高）和质量等。

9.3 运输

运输应符合下列要求：

- a) 运输中，应有遮篷，不应有剧烈振动、撞击等；
- b) 运输或搬运过程中应轻拿轻放。

9.4 贮存

产品使用前应存放在原包装箱内，存放产品的仓库环境温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度小于 95%，仓库内不允许有各种有害气体和易燃、易爆物品及有腐蚀性化学物品，设备不可重压，并且应无强烈机械振动、冲击。

10 并网检测和并网运行控制

10.1 小型风力发电机组并网应具备由相应资质的单位或部门出具的检验报告，检验项目、检验方法和检验结果应符合本文件的要求。包括功率曲线、耐久性、风力机安全和保护，噪音、电能质量、功率控制、运行适应性、启停、电气安全和保护。

10.2 小型风力发电机组并入 1000Vac 及以下电网，无需“低电压穿越”功能。

10.3 本文件测试项目和测试方法符合 NB/T 33011《分布式电源接入电网测试技术规范》的规定，测试结果满足 GB/T 33593-2017 的要求。小型风力发电机组并网时只需按本文件执行。

附 录 A
(资料性)
并网小型风力发电机组的改型

A.1 概述

风力发电机组的改进可能是出于建立原型机组的改型的目的，或者是出于改进原型机组的目的。原则上，改进包括风力发电机组的各个方面。可能影响型式认证的改进记录在 GB/T 35792-2018 中（应主要查看但不仅限于 6.5.1）。

本附录 A 中的概念不仅与设计评估有关，而且与型式测试有关。

当风轮系统有几个变量是可用的情况下，完整的设计评估应该针对典型配置进行。其它变量仅仅需要评价或测试它们不同于典型配置的方面。决定对这些变量是否进行设计评估，或型式测试，或有限测试，或不测试，或前述各项之某种组合，应依赖于其相对于典型配置偏离的具体细节。做这个决定要对设计有很好的理解，而且要对设计方法的缺点有足够的认识。

下面是一个说明性的例子：

A.2 例 1：功率形式

一台风力发电机组可以有多样性的功率形式（如 d.c.或 a.c.，或者不同的输出电压，或 50Hz 或 60Hz 的频率，但都具有相同的功率），一般不要求额外的结构设计评估，除非结构特性超过典型配置系统的应力范围，或者相对于典型配置系统其运行方式不同。

然而，风力发电机组可用的多样性的功率形式一般需要分开进行性能测试（功率和噪声）。如果可以证明这个配置与典型配置有相似的性能特征，那么有限的性能测试是充分的。

对于配置不同变流器的风力发电机组，如果能够证明该系统配置具有与典型配置相似的负载、性能和功能特征，那么进行有限的性能测试和有限的耐久性测试比较恰当。但需要重新测试电气性能。

A.3 例 2：叶片

一台风力发电机组，配置有为较高或较低的风况设计的叶片（这是一个结构配置上变化的例子）一般要求单独进行设计评估，耐久性测试和叶片静态测试，如果初始设计评估和耐久性测试是在最高应力配置下进行的，那么可以不要求额外的耐久性测试。而且，这些配置一般需要单独的性能测试（功率和噪声）。

A.4 例 3：支撑结构

对于有多种塔架或支撑结构配置可用的风力发电机组，如果通过计算和/或有限的测试能够适当地证明，代替的塔架或支撑结构的动态或静态特性不会导致系统超过设计限值，那么不要求对每个塔架或支撑结构进行耐久性测试。

注意，显然很小的更改可能对风力发电机组造成严重的影响。例如，增加线规可能使机组超载。相似地，改变涂料的颜色可能导致过热。因此，再次强调，必须要对系统设计和修改结果有很好的了解。

附录 B
(资料性)
测试报告格式范例

功率特性及发电量

B.1 概述

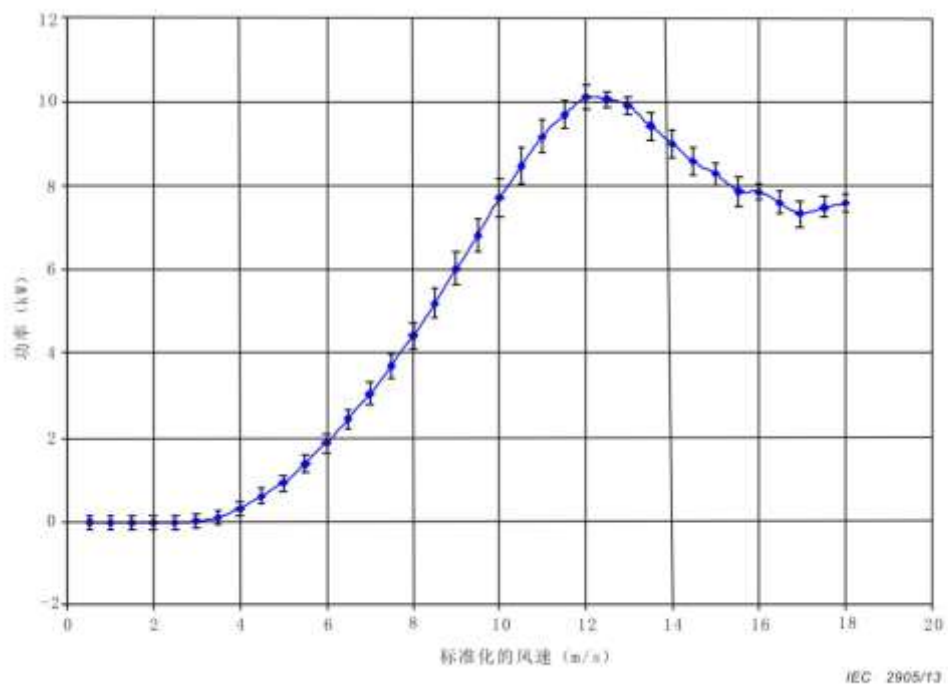


图 B.1 Bin 化的海平面标准功率曲线示例

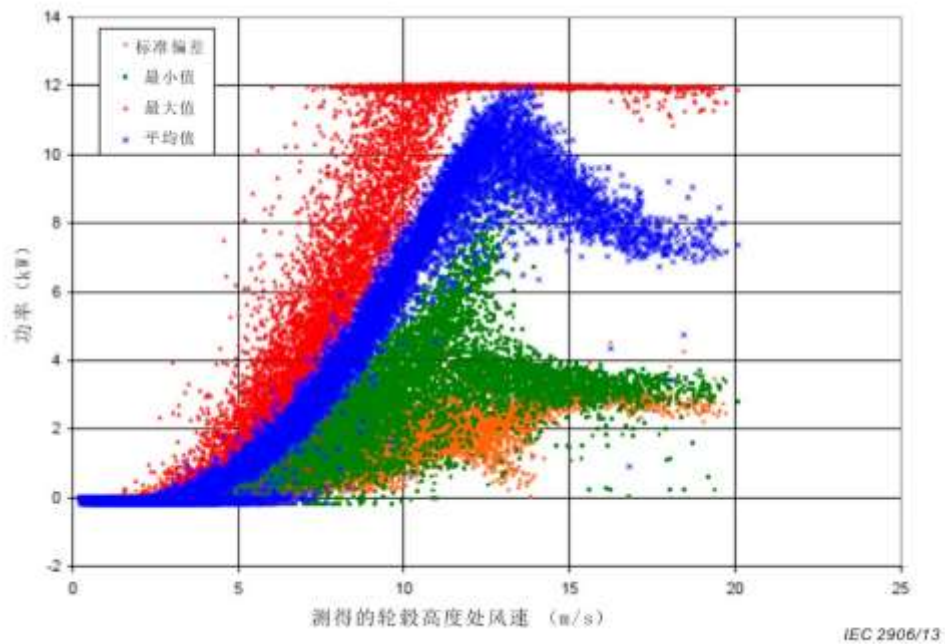


图 B.2 实测功率和风速的离散图示例

B.2 计算出的海平面空气密度下年发电量表

表 B.1 计算出的年平均发电量（AEP）表示例

评估年发电量，数据库 A（所有有效数据）					
参考空气密度：1.225 kg/m ³ 切出风速：25.00 m/s					
轮毂高度年均风速 （瑞利分布） m/s	测量的 AEP kWh	AEP 测量值的标准不确定度		外推的 AEP kWh	完整性 如果 AEP 测量值至少为 AEP 外推值的 95%视作完整
		kWh	%		
4	7884	1717	22%	7884	完整
5	15327	1948	13%	15329	完整
6	23516	2144	9%	23572	完整
7	30967	2271	7%	31330	完整
8	36718	2325	6%	37924	完整
9	40459	2314	6%	43158	不完整
10	42350	2254	5%	47049	不完整
11	42770	2160	5%	49696	不完整
AEP 测量值假定在最高 bin 和切出风速之间的功率为零。 AEP 外推值假定在最后 bin 和切出风速之间的功率为最后 bin 的功率。					

B.3 耐久性测试

B.3.1 耐久性测试报告

耐久性测试报告应包括以下信息：

- a) 测试的特定风力发电机组设计配置的验证和描述，包括：

- 风力发电机组制造商，型号，序列号，生产日期；
 - 制造商为了设计规定的 SWT 等级；
 - 扫掠面积；
 - 风轮直径（如果适用的话）
 - 轮毂高度和塔架类型；
 - 包括电压的负载描述（例如并入电网，为电池充电）；
 - 控制系统软件版本和设置点；
 - 风轮系统边界的清晰的描述（机电和控制）。
- b) 测试场地的描述，包括：
- 测试场地地图，显示周围区域覆盖风力机风轮直径 20 倍径向距离，并且标示地貌，风力机位置，气象塔，重要的障碍物和其它风力机。该图应该包括比例尺；
 - 图示朝向的 4 个基本方位（北，东，南和西）；
 - 一张显示风力机和气象塔朝向主导风向的图片；
 - 场地海拔和典型空气密度的标示的描述；
 - 一张显示测试期间的空气温度的图形。
- c) 测试设备的描述：
- 所使用的所有仪器的制造商、型号和序列号；
 - 测风塔上仪器的位置；
 - 每台仪器校准证书的复印件；
 - 用于判断风力发电机组运行状态的方法的描述；
 - 采样率的描述。
- d) 数据压缩技术的描述。
- e) 测试结果的描述：
- 测试开始和结束日期的描述；
 - 一张表格，列举了上面的每个风速下功率输出小时数和部件故障运行时间比率时间（见附录 B）；
 - 15m/s 下的平均湍流强度；
 - 测试期间最高瞬时风速（3-s 阵风观察到的最大值）；
 - 一张表格，列举了用于计算每个月运行时间分数的每个时间类别的小时数，及不同于 T_r 的任何时间的分类的原因；
 - 功率衰减分析图且如果可以找到衰减的可接受的原因；
 - 动态行为观察报告的副本；
 - 已完成耐久性测试的 SWT 等级（风力发电机组测试等级）
- f) 维护/修理/改进
- 风力发电机组上进行的任何维护的记录；
 - 对机组做的任何修理或更换的记录。
- g) 测试之后的检查
- 测试之后检查的任何发现物，包括照片。

h) 与标准的偏离

● 与本条款中的要求有任何的偏离均应清晰的记录为单独的条款。每个偏离应由技术理论支持，并且在测试结论中有关于其影响的预测。

B.3.2 综述

下面是耐久性测试结果的报告格式的两个范例：

B.3.2.1 耐久性测试结果汇总表

表 B.2 耐久性测试结果示例

	发电小时数				最大阵风	I_{15}	数据 点数	T_T	T_U	T_E	T_N	O
月份	0m/s	9m/s ($1.2V_{ave}$)	13.5m/s ($1.8V_{ave}$)	18.8m/s ($2.5V_{ave}$)	(m/s)	(%)		(h)	(h)	(h)	(h)	(%)
总计	2704.9	710.6	215.0	1.0	41.9	19.0	255	7094	172.5	152.0	624.6	90.8
2008.06	238.2	36.2	3.8	—	28.6	18.5	5	518	11.3	7.8	3.3	99.3
07	256.0	8.5	0.3	—	23.9	—	—	744	78.2	2.2	38.8	94.1
08	115.8	4.5	0.0	—	19.2	—	—	744	6.3	20.0	323.0	55.0
09	120.5	11.7	1.8	—	22.4	—	—	720	36.2	30.3	174.7	73.3
10	236.0	45.0	12.2	—	32.8	17.3	10	744	0.7	1.3	0.0	100.0
11	348.0	98.7	22.5	—	37.0	20.9	40	720	22.1	0.0	0.0	100.0
12	339.7	160.5	54.8	0.5	41.4	17.4	68	744	7.9	27.2	32.8	95.4
2009.01	385.0	155.5	56.0	0.5	38.8	19.9	76	744	4.9	32.0	36.5	94.8
02	333.2	10.3	36.8	—	41.9	20.0	23	672	3.2	27.0	0.0	100.0
03	332.5	8.7	26.8	—	36.7	18.0	33	744	1.7	4.2	15.5	97.9

表 B.2 提供了一台 III 级小型风力发电机组全部的关键结果，并且包括每个月的故障。更进一步的报告会阐述分类为 T_0 、 T_E 和 T_N 的任何时间点的原因。纵列标签 I_{15} 是在 10-min 统计基础上的湍流强度。最大阵风值是测试期间测得的最高瞬时风速（持续 3s）。

B.3.2.2 任何潜在的功率降低示意图

图 B.2 的功率降低图（见 13.4.25）显示了各月份几个风速下 Bin 化的功率水平趋势（基于 10-min 平均值）。数据仅来自测量部门内部，用于保证好的输入条件。数据也应该是海平面标准化以减少图中空气密度的影响。图例的目的是观察机组那些可能暗示隐藏的退化趋势。由于季节的影响，例如温度、空气、密度等，可以预见还会发生一些变化。

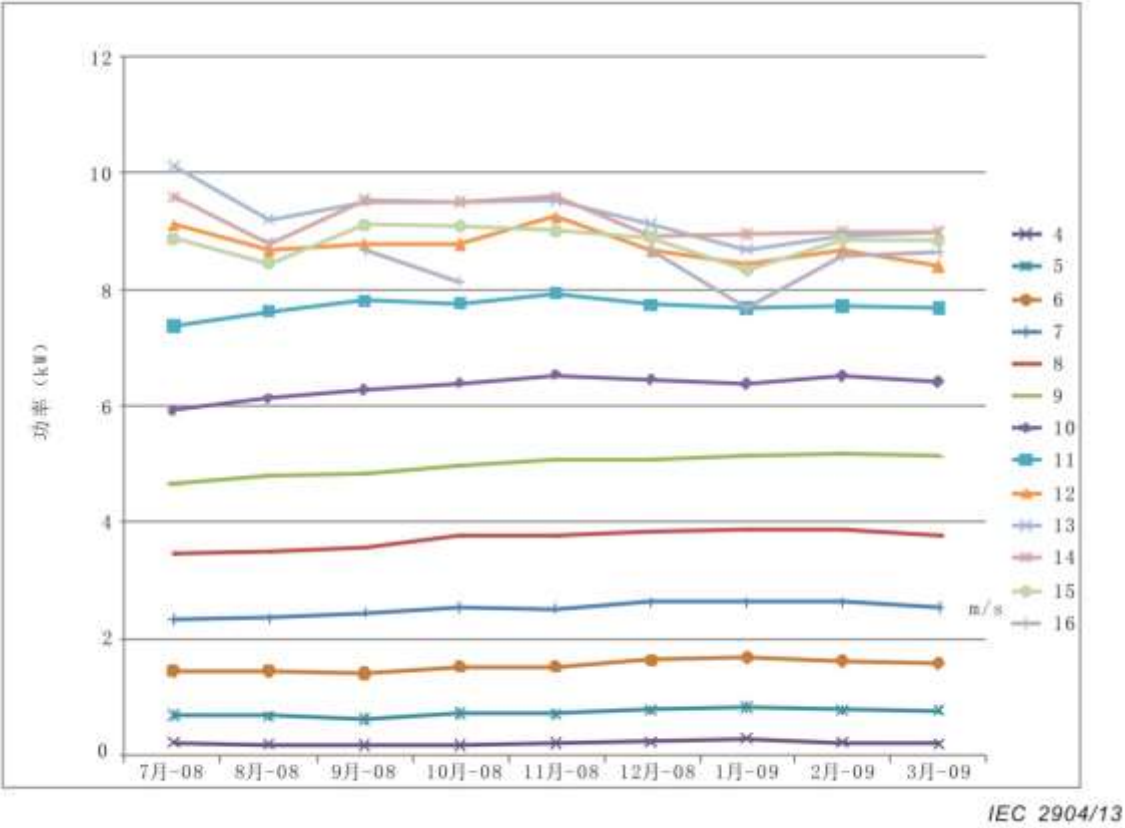


图 B.3 功率降低图示例

B.4 噪声测试

对于噪声测试要求一个注入图。图 G.4 是一个怎样提出这个数据的示例。尽管格式可能不同，但内容应该包括。

该图显示的声压线是由一定风速范围内的、绕风轮中心一定距离内的视在声功率水平计算出来的。

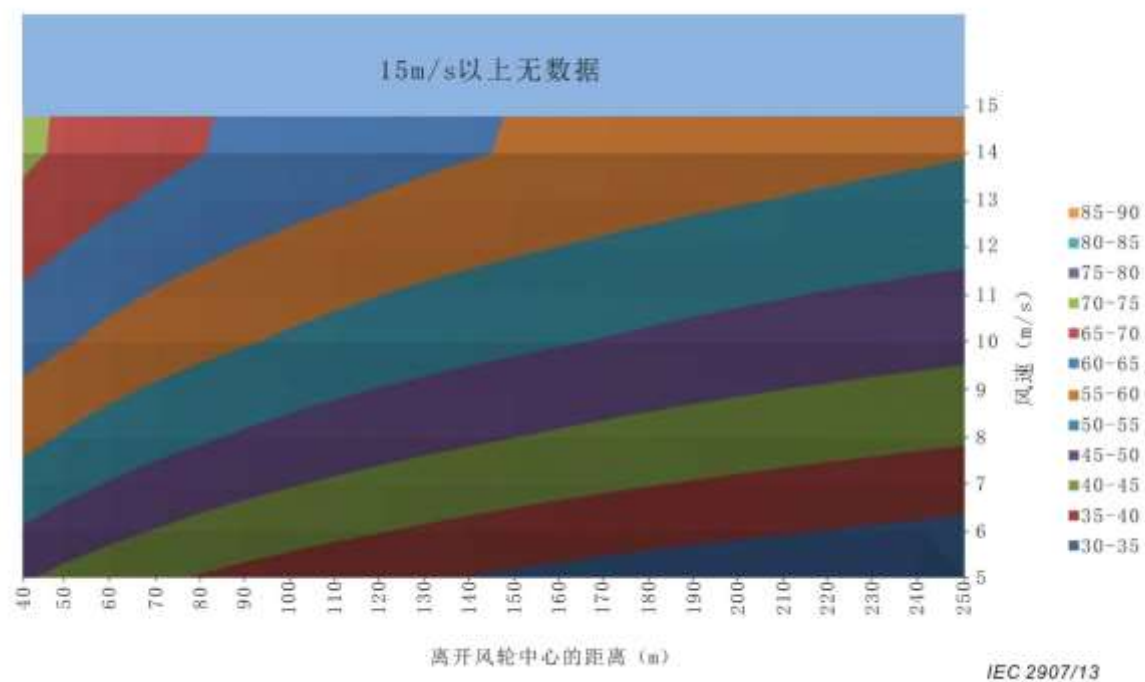


图 B.4 注入噪声图示例

附 录 C
(资料性)
安全和功能测试报告

附 录 D
(资料性)
电气性能报告