

中华人民共和国国家标准

GB/T 19068.3—2019
代替 GB/T 19068.3—2003

小型风力发电机组 第 3 部分：风洞试验方法

Small wind turbines—Part 3: Wind tunnel test methods

2019-08-30 发布

2020-03-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号.....	1
4 基本要求	2
5 试验程序	4
6 试验方法	6
7 数据采集和处理.....	10
8 试验报告格式和内容.....	11

前 言

GB/T 19068《小型风力发电机组》分为以下 3 个部分：

- 第 1 部分：技术条件；
- 第 2 部分：试验方法；
- 第 3 部分：风洞试验方法。

本部分为 GB/T 19068 的第 3 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 19068.3—2003《离网型风力发电机组 第 3 部分：风洞试验方法》。与 GB/T 19068.3—2003 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 调整了本部分的适用范围(见第 1 章,2003 年版的第 1 章)；
- 增加了规范性引用文件(见第 2 章)；
- 增加了部分符号说明(见第 3 章)；
- 增加了基本要求并更新了原技术条件章节(见第 4 章)；
- 增加了试验程序(见第 5 章)；
- 更新了试验方法(见 6.9.1.7,2003 年版的 4.9.1)；
- 增加了试验项目(见 6.9.2)；
- 增加了数据采集和处理的相关要求(见第 7 章)；
- 修改了对于试验报告的部分要求(见第 8 章,2003 年版的第 5 章)。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国风力机械标准化技术委员会(SAC/TC 50)归口。

本部分起草单位：中国空气动力研究与发展中心、中国农业机械化科学研究院呼和浩特分院有限公司、南京航空航天大学、机械工业风力机械产品质量监督检测中心。

本部分主要起草人：陈立、武杰、任君、王珑、肖京平、王强、高晨鸣、黄志祥、徐晨。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 19068.3—2003。

引 言

利用风洞进行风力发电机组试验及性能测试,具有试验类别多、试验周期短、试验结果可靠的特点,目前已大量应用于科学研究以及小型风力发电机组检测。近年来风洞试验技术得到了很大的发展,试验方法和技术指标也不断更新。国内风电行业自主研发高性能产品,不仅需要通过对产品性能进行测试,也需要在研发阶段通过风洞试验获取必要的参数,以指导后续研发及优化工作。但由于原技术标准中部分指标落后、不包括一些新的试验项目,已不能为当前的试验工作提供充分的规范化指导,甚至不同风洞的测试数据存在较明显的差异。为规范试验方法、提高试验质量,特制定本部分。

小型风力发电机组

第3部分：风洞试验方法

1 范围

GB/T 19068 的本部分规定了小型风力发电机组(以下简称“机组”)在低速风洞中进行试验的要求和方法。

本部分适用于输出功率为 10 kW 以下小型风力发电机组,其他形式的风能转换装置的鉴定评估也可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 17646 小型风力发电机组

3 术语、定义和符号

GB/T 17646 界定的术语、定义以及下列符号适用于本文件。

C_M : 风轮扭矩系数。

C_{M_0} : 未经洞壁干扰量修正的风轮扭矩系数。

C_P : 风轮风能利用系数。

C_{p_i} : 第 i 个测点对应的压力系数。

C_{P_0} : 未经洞壁干扰量修正的风轮风能利用系数。

C_T : 风轮推力系数。

C_{T_0} : 未经洞壁干扰量修正的风轮推力系数。

F_L : 风轮切向力, N。

F_T : 风轮推力, 顺风轮轴线指向后, N。

I : 机组控制器输出端电流, A。

L : 切向力作用线与风轮轴线垂直距离, m。

L_{SS} : 风轮中心与试验段横截面几何中心间距离, m。

M : 风轮扭矩, N·m。

M_s : 风轮起动扭矩, N·m。

n : 风轮转速, r/min。

p_i : 第 i 个测点对应的压力值, Pa。

p_∞ : 试验模型远前方自由气流静压, Pa。

P : 海拔 1 000 m 标准大气条件下的输出功率, W。

P_N : 海拔 1 000 m 标准大气条件下的风轮机械输出功率, W。

p_t : 风洞试验段静压, Pa。

q : 风洞试验段速压, Pa。

q_{∞} : 试验模型远前方自由气流动压, Pa。

S_t : 风洞试验段横截面积, m^2 。

S_w : 风轮扫掠面积, m^2 。

T_t : 风洞试验段静温, K。

U : 机组控制器输出端电压, V。

v : 风洞试验段风速, m/s。

v_0 : 机组额定风速, m/s。

ε : 风轮阻塞效应修正因子。

η : 机组效率。

ρ : 风洞试验段空气密度, kg/m^3 。

ρ_0 : 海拔 1 000 m 标准大气密度, 取 $\rho_0 = 1.111 kg/m^3, kg/m^3$ 。

4 基本要求

4.1 试验任务书

4.1.1 试验任务书是试验承担方实施风洞试验的主要技术依据, 由试验委托方编写, 经委托方与承担方共同确定。

4.1.2 试验任务书应包括试验名称、试验目的、试验机组特性、技术要求、试验项目、要求测定的数据、特殊的数据处理要求、试验条件、质量保证要求等内容。

4.2 试验大纲

4.2.1 试验大纲根据试验任务书制定, 是实施风洞试验的直接依据。

4.2.2 试验大纲由风洞试验承担方编写, 且应得到试验委托方认可。内容包括如下:

- a) 试验名称、任务来源、试验目的、技术要求、试验条件;
- b) 试验项目、要求测定的数据;
- c) 规划试验编号序列, 安排必要的辅助性试验项目;
- d) 确定相关试验设备;
- e) 确认与数据处理有关的模型几何参数, 给出数据修正方案及使用原则;
- f) 技术难点与技术措施, 试验现场重大问题处理的预案等。

4.3 试验风洞

4.3.1 试验风洞应根据风轮尺寸选取。风轮扫掠面积宜不大于闭口试验段横截面积的 15%, 或不大于开口试验段横截面积的 25%。

4.3.2 风洞风速控制范围应覆盖测试要求的风速范围。一般最小风速不大于 2 m/s, 最大风速不小于 15 m/s; 1 min 内, 试验段脉动风速的最大值与最小值之差宜不大于 0.2 m/s; 试验段中心横截面 80% 的面积内的最大速度与最小速度差不大于 0.2 m/s; 试验段中心横截面 80% 的面积内局部气流偏角不大于 0.5° ; 试验段中心区域湍流度不大于 0.5%。如果温度有较明显的变化, 应监测并记录, 一般要求试验段内气流温度变化率不超过 $15^\circ C/h$ 。

4.3.3 对于试验中可能出现的意外, 风洞应配备相应的安全保护措施。

4.4 试验机组

4.4.1 试验机组应在风洞试验前完成动平衡和静平衡调试。相应测试数据应随机组交接。

4.4.2 试验机组应包括叶片、发电机、回转体总成、尾舵总成、输出电缆、控制器等。

4.4.3 试验机组应随附相关技术参数、图样和安装使用说明。

4.4.4 若试验机组是从用于销售的机组中抽取的,还应随附产品合格证、产品检验抽样单、用户使用说明书等。

4.5 试验机组支架系统

试验机组支架系统应具有足够的强度与刚度,与风洞的安装接口匹配。机组支架可与正常使用机组支架不同,但不应影响机组正常工作。

4.6 试验设备

4.6.1 机组支架系统应能实现姿态角变化,姿态角的控制误差应不大于 $3'$ 。

4.6.2 试验中所使用的仪器、仪表均应在计量部门检验合格的有效期内,允许有一个二次校验源(仪器制造厂或标准试验室)进行校验。

4.6.3 对风速传感器规定如下:

- a) 测量范围: $1\text{ m/s} \sim 25\text{ m/s}$;
- b) 测量误差: $\pm 0.1\text{ m/s}$;
- c) 安装位置:在风洞试验流场均匀区内或其他能反映风轮处风速的位置。

4.6.4 对大气温度计的要求如下:

- a) 测量范围: $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 测量误差: $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- c) 安装位置:在风洞试验段内或其他能反映试验段内大气温度的位置。

4.6.5 对大气压力计的要求如下:

- a) 测量范围: $80\text{ kPa} \sim 108\text{ kPa}$;
- b) 测量误差:相对误差不大于 1% ;
- c) 安装位置:在风洞试验段内或其他能反映试验段内大气压力的位置。

4.6.6 对转速传感器的要求如下:

- a) 测量范围:不小于试验机组风轮额定转速的 2 倍;
- b) 测量误差:不大于 1 r/min 。

4.6.7 对电流、电压、电功率传感器的要求如下:

- a) 测量范围:不小于试验机组额定值的 2 倍;
- b) 精度等级:不低于 0.5 级。

4.6.8 对力(力矩)传感器的要求如下:

- a) 测量范围覆盖试验机组风轮额定载荷,不大于试验机组风轮额定载荷的 10 倍;
- b) 测量误差:相对误差不大于 0.5% 。

4.6.9 对角度传感器的要求如下:

- a) 测量范围: $-120^{\circ} \sim 120^{\circ}$;
- b) 测量误差: $\pm 0.5^{\circ}$ 。

4.6.10 负载宜使用电阻型负载器,应可连续调节大小,负载额定功率不小于试验机组额定功率的 4 倍。使用负载控制方法出现风轮转速不易稳定的状况时,应记录对应的转速和尖速比范围。在进行风轮空气动力特性测试时,若需使风轮在上述记录的转速和尖速比范围内稳定运行,应使用非永磁变频电机控制,在低风速下提供克服传动系统阻力矩的动力,在较高风速下消耗能量。试验前应对尖速比控制系统进行调试和测定。

4.6.11 压强感受元件,应考虑对模型表面流动状态的干扰小并能真实感受模型表面压强的装置。

4.6.12 压强传递装置应有良好的内部通气性和对外的密闭性。

4.6.13 对于测压传感器的要求如下：

- a) 当测量获得的未经修正的压强系数绝对值大于 3 时,测压传感器的精准度值应小于风洞试验动压值的 0.5%;否则,测压传感器的精准度值应小于风洞试验动压值的 0.3%;
- b) 测压传感器应在其量程范围内使用,选用测压传感器时,其量程裕度宜大于 20%;
- c) 测压传感器应定期检定,并在合格有效期内使用;经维修的测压传感器应检定合格方可使用。

5 试验程序

5.1 技术交接和技术协调

由试验委托方向试验承担方进行技术交接,介绍试验的内容、重点、背景、特殊要求等,并负责对《试验任务书》未尽和不详事宜进行解释。

5.2 试验机组交接

5.2.1 由试验委托方与试验承担方共同完成试验机组交接。

5.2.2 交接时应依据 4.4 检查物品是否齐全。

5.3 试验机组检验

5.3.1 试验机组在进入风洞安装之前应进行必要的检验并做书面记录。

5.3.2 压强感受元件及与其固联的压强传递装置的检查应在试验阶段进行。当采用测压孔进行测压时,应检查下列项目：

- a) 测压孔数量和位置。测压孔数量应不少于设计测点数的 98%,缺失的孔位应记录;随机检查不少于总数 5%的测压孔的位置,不合格测点的数量应在抽取数量的 10%以内,与设计不符的测点应测定其真实位置并记录(位置测定可在试验结束之后进行)。
- b) 通气性与气密性。不合格测点数不多于设计值的 4%。
- c) 测压孔质量。不合格测压孔应在现场进行处理,处理后仍不合格的测压孔数量应低于测点总数的 2%以内。
- d) 相邻不合格测点的数量应不超过三个。

5.3.3 检查结果不符合要求时,应作如下处理：

- a) 对试验机组进行必要的调整;
- b) 由试验委托方重新确定设计要求,或对机组状况进行确认;
- c) 修整或重新加工试验机组。

5.4 测量系统检查

对测量系统检查的要求如下：

- a) 测量系统检查应在试验前完成,检查与试验的时间间隔不应超过 15 天。
- b) 测量系统检查可分阶段进行,在系统组装前,宜逐项进行单个装置或分系统检查,其中压强传递装置可采取抽样检查方式,其样本应有典型性且抽样率不应小于 1%。全系统组装后,正式试验实施前,应进行系统检查和联调。
- c) 测量系统检查的项目和要求应符合 4.6 的规定。

5.5 试验机组安装

试验机组安装应满足机组随附技术文件要求,并接入试验负载器。在风洞中安装时,应使机组风轮

中心线与试验段横截面几何中心重合,如图 1a)、图 1b)所示。安装就位后两者间的距离应满足式(1)的要求。

$$L_{ss} \leq 0.05 \sqrt{S_1} \quad \dots\dots\dots(1)$$

安装就位后应对试验机组与风洞坐标轴系的初始姿态进行调整。若初始姿态偏差值大于 $3'$,则在数据处理时应进行初始姿态修正。

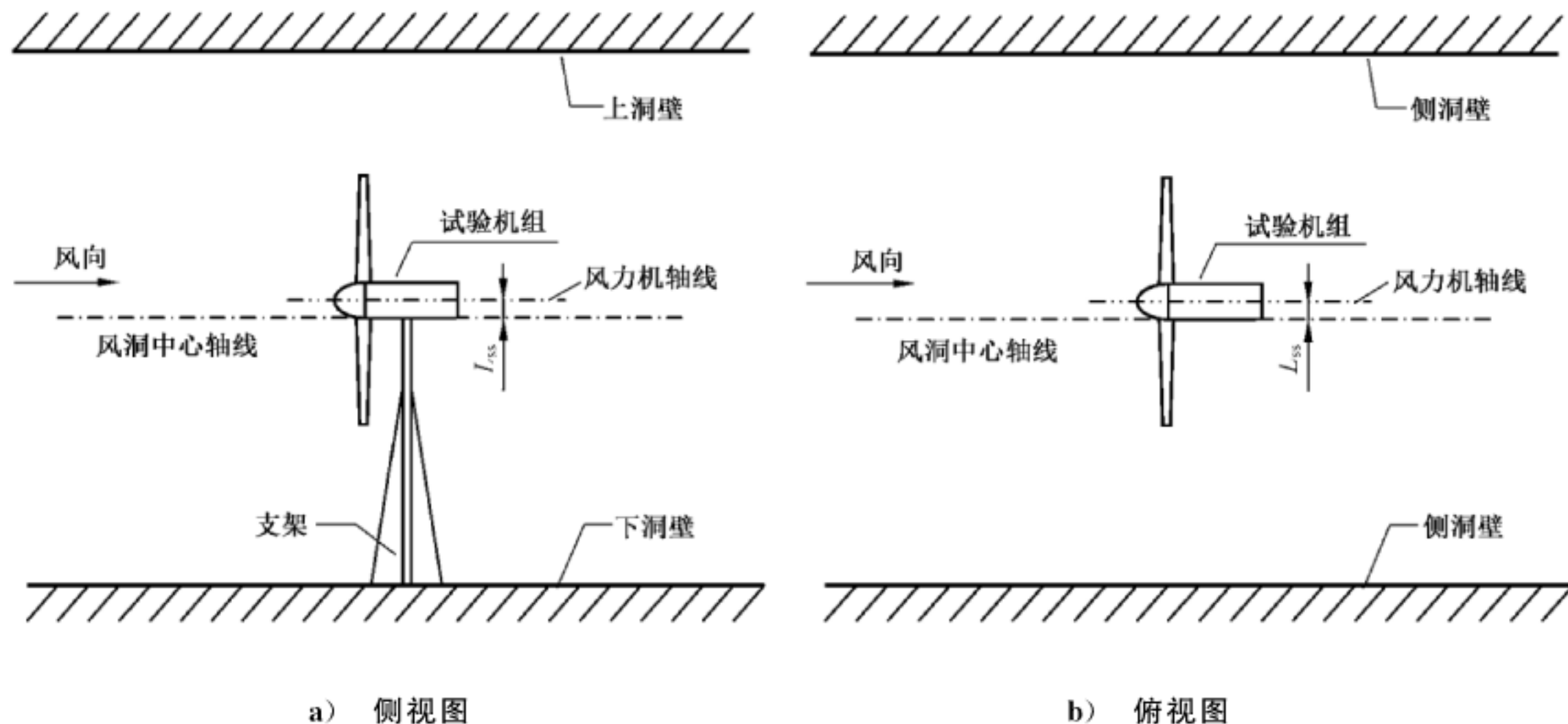


图 1 机组在风洞中安装位置

5.6 运转计划表编写

运转计划表编写的内容包括:

- a) 运转计划表由试验承担方依据试验任务书、试验大纲编写;
- b) 运转计划表应包括序号、试验编号、模型状态、试验条件、试验日期及备注等内容。

5.7 试吹风

试吹风是考核机组安装的稳固性、姿态角变化范围的可实现性和测压系统工作的稳定性,试吹风应在试验运行负责人指挥下进行。

5.8 试验

按运转计划表的要求进行试验,动压的控制精度为 0.5%。

5.9 过程监控

试验过程中应对试验机组实施监控。

5.10 试验停止

5.10.1 试验中断

5.10.1.1 试验过程中,出现以下情况之一时应及时中断试验:

- a) 试验机组出现结构破损或出现结构破损的征兆;
- b) 试验设备故障或出现故障征兆,不能保证安全运行或试验结果可靠时;
- c) 试验环境异常。

5.10.1.2 试验过程中,出现以下情况之一时,可由试验委托方与试验承担方协商中断试验:

- a) 试验结果与预期值存在明显差异时；
- b) 试验模型外形或表面特性等出现明显变化,不能保证试验结果可靠时；
- c) 测试点损坏过多(大于 7%),造成试验结果分析或应用困难时；
- d) 试验委托人或试验承担方认为有必要中断试验时；
- e) 试验中断后,可根据不同情况尽快查明原因、及时处理,恢复试验状态后可继续进行试验或重新试验。

5.10.2 试验结束

5.10.2.1 试验过程中当出现以下情况之一时,可由试验运行负责人宣布试验任务结束:

- a) 完成运转计划表全部试验内容及全部补充内容；
- b) 未完成全部试验内容,但已达到试验目的；
- c) 试验中断,且恢复试验状态需较长时间或需安排其他试验任务。

5.10.2.2 试验任务结束后,试验运行负责人应及时组织试验现场的清理工作,并达到如下要求:

- a) 试验数据能安全保存和方便调用；
- b) 试验设备能妥善保存或方便使用；
- c) 试验模型能长期妥善保存或运输；
- d) 后续试验任务或其他工作能方便地进行。

5.11 试验记录

试验过程中,各岗位应做好相应记录,对试验环境、试验状态、试验条件等进行描述。还应做好摄录像工作,对关键环节、关键状态进行影像记录,以备查询。

6 试验方法

6.1 风轮起动风速试验

在试验机组空载、风轮处于自由迎风状态下,启动风洞,逐步提高风速,记录风轮转动一周时的风速。重复上述步骤三次(需量化精度,则不低于五次),取其算术平均值为试验机组的风轮起动风速。

6.2 风轮起动力矩试验

在试验机组无尾舵,风轮处于自由、迎风状态下,启动风洞并稳定在风轮起动风速下,测量风轮轴(轮毂或联轴器)上的扭矩或切向力。测量切向力时,起动力矩按式(2)计算:

$$M_s = F_L L \dots\dots\dots (2)$$

重复上述步骤三次(需量化精度,则不低于五次),取其算术平均值为试验机组风轮起动力矩。

6.3 调向性能试验

在试验机组风轮轴线偏离风洞轴线 15°状态下,启动风洞,逐步提高风速,记录机组开始调向时的风速。重复上述步骤三次(需量化精度,则不低于五次),取其算术平均值为机组迎风风速。

6.4 额定状态试验

在试验机组风轮处于自由、迎风状态下,启动风洞,使风速逐渐增至额定风速,调节试验负载使机组控制器输出端输出功率最大,当风轮运行稳定后测量风轮转速、控制器输出端输出电压和电流,按式(3)~式(6)计算试验机组输出功率和效率。重复测量三次(需量化精度,则不低于五次),分别取 P 和 η 的算术平均值为机组额定功率和机组效率。

$$\rho = \frac{p_1}{287.053 T_1} \dots\dots\dots (3)$$

$$v = \sqrt{\frac{2q}{\rho}} \dots\dots\dots (4)$$

$$P = \frac{\rho_0 U I}{\rho} \dots\dots\dots (5)$$

$$\eta = \frac{2P}{\rho_0 v^2 S_w} \dots\dots\dots (6)$$

6.5 功率输出特性试验

6.5.1 在试验机组风轮处于自由、迎风状态下,启动风洞,使风速稳定至各试验风速,调节试验负载使试验机组控制器输出功率最大,当风轮运行稳定后测量控制器输出端输出电压和电流,按式(5)计算机组输出功率。

6.5.2 在试验风速不大于 1.5 倍机组额定风速时,相邻两试验风速间隔宜为 1 m/s;风速大于 1.5 倍机组额定风速时,相邻试验风速间隔宜为 2 m/s;最小试验风速为起动风速,最大试验风速应为以下各项约束的最小值:

- a) 风洞保证安全运行的最大风速;
- b) 试验机组保证安全运行的最大风速。

重复上述步骤三次(需量化精度,则不低于五次),分别取各试验风速下试验机组输出功率的算术平均值,给出试验机组输出功率随风速变化的曲线,如图 2 所示。

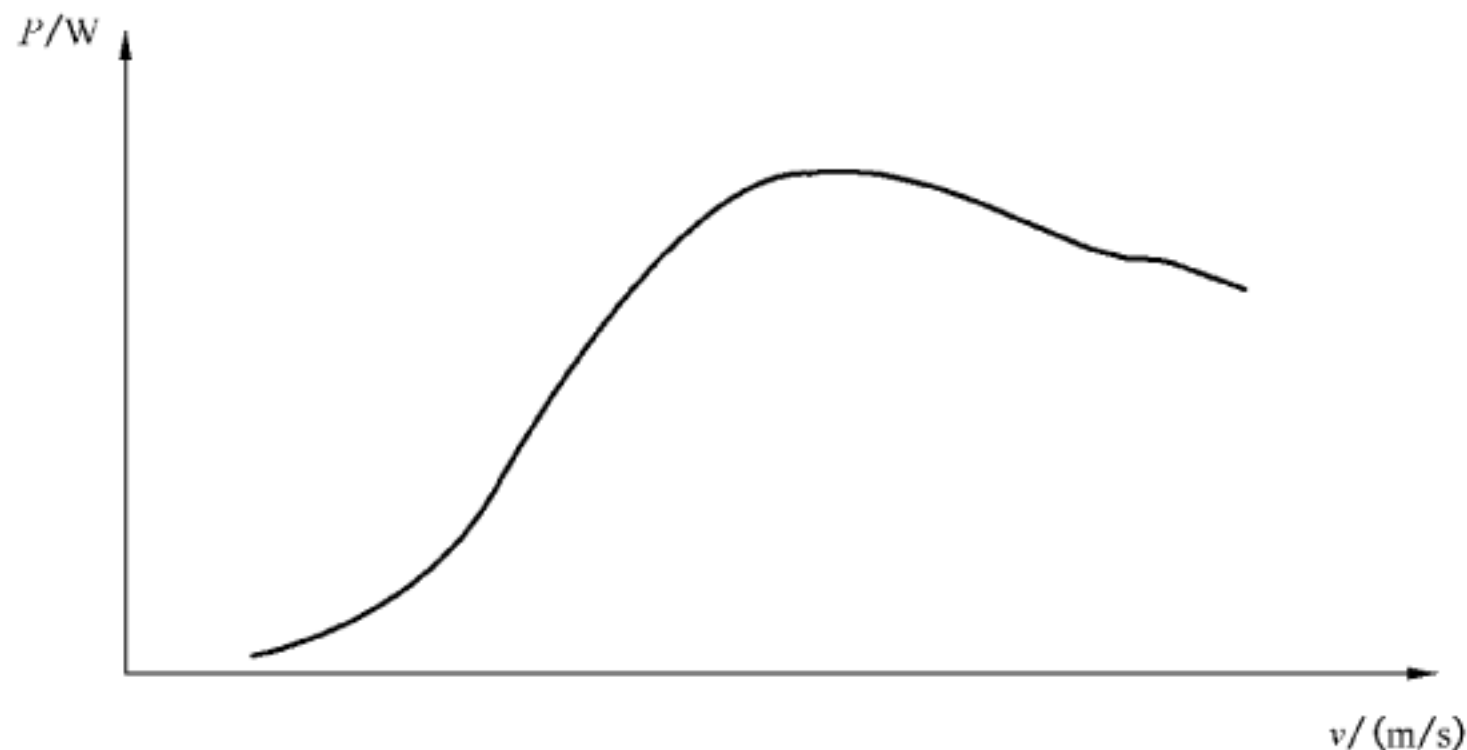


图 2 机组功率输出特性曲线

6.6 偏航试验

6.6.1 固定试验机组风轮轴线与风洞轴线的夹角至规定的风轮偏角或仰角,启动风洞,使风速稳定至各试验风速。调节试验负载使试验机组控制输出功率最大,当风轮运行稳定后测量控制器输出端输出电压和电流,按式(5)计算机组输出功率。三次在完整的风速序列下重复完成上述步骤(需量化精度,则不低于五次),取各试验风速下机组输出功率的算术平均值,给出机组在给定风轮偏角或仰角下机组输出功率随风速变化的曲线。

6.6.2 试验风速选取应符合 6.5.2 的规定。

6.6.3 改变风轮偏角或仰角,重复上述试验,给出机组在不同风轮偏角或仰角下输出功率随风速变化的曲线。

6.7 调速特性试验

在试验机组进行功率特性输出试验和偏航试验时,同时测量风轮转速,并绘出风轮转速随风速变化的曲线。

6.8 空载电压特性试验

6.8.1 在试验机组空载,风轮处于自由、迎风状态下,启动风洞,使风速稳定至各试验风速,当风轮运行稳定后测量控制器端输出电压。重复上述步骤三次(需量化精度,则不低于五次),分别取各试验风速下机组输出电压的算术平均值,给出机组输出电压随风速变化的曲线。

6.8.2 试验风速选取应符合 6.5.2 的规定。

6.9 风轮空气动力特性试验

6.9.1 风能利用系数、推力系数试验

6.9.1.1 风能利用系数宜采用测量风轮扭矩及转速的方法(定转速法)获得,也可采用变转速法或其他方法测量。不同试验方法获得的结果不一致时,以定转速法试验结果为准。

6.9.1.2 推力系数采用测量风轮推力的方法获得。

6.9.1.3 在试验机组无尾舵,风轮迎风状态下,启动风洞并稳定风速至机组额定风速,调节试验负载得到不同的风轮转速,在每一转速下风轮稳定运行 50 s 后,同步测量风轮扭矩、推力、转速,每个测点采集间距宜 10 s~15 s,各通道采样频率宜大于 600 Hz。将测量的载荷转换到风轮轴系,按式(7)~式(10)计算试验机组的 λ 、 C_{M_0} 、 C_{P_0} 和 C_{T_0} 。

$$\lambda = \frac{\pi n R}{30 v} \dots\dots\dots (7)$$

$$C_{M_0} = \frac{2 M_0}{\rho S_w R v^2} \dots\dots\dots (8)$$

$$C_{P_0} = C_{M_0} \lambda \dots\dots\dots (9)$$

$$C_{T_0} = \frac{2 F_T}{\rho v^2 S_w} \dots\dots\dots (10)$$

6.9.1.4 在高风能利用系数的叶尖速度比范围内取 3 个~5 个测点,按上述步骤重复三次,取各次测量的最大风能利用系数的算术平均值为机组风轮最大风能利用系数(未修正)。

6.9.1.5 改变机组偏角或仰角,可测量风轮在不同偏角或仰角时的风能利用系数和推力系数。

6.9.1.6 对转速相对稳定的风轮,可在不同风速下进行测量,以获得不同的叶尖速度比,测量前应调节试验负载使机组输出功率最大。

6.9.1.7 由于风轮在风洞试验段形成堵塞作用,在风洞试验段中进行风能利用系数测试时应对洞壁干扰量进行修正,在闭口试验段进行试验时,宜采用壁压信息修正法进行修正;当机组风轮扫掠面积不超过风洞试验段横截面积 8% 时,可按式(11)~式(14)进行修正;当机组风轮扫掠面积超过风洞试验段横截面积 8% 时,按式(15)~式(19)进行修正。

$$\epsilon = \frac{S_w}{4 S_t} \dots\dots\dots (11)$$

$$C_M = \frac{C_{M_0}}{(1 + \epsilon)^3} \dots\dots\dots (12)$$

$$C_P = \frac{C_{P_0}}{(1 + \epsilon)^3} \dots\dots\dots (13)$$

$$C_T = \frac{C_{T_0}}{(1 + \epsilon)^2} \dots\dots\dots(14)$$

$$\Delta v = v_\infty (\sqrt{1 - \Delta P} - 1) \dots\dots\dots(15)$$

$$\Delta C_T = -\frac{S_i}{S_w} \left(\frac{\Delta v}{v_\infty} \right)^2 \dots\dots\dots(16)$$

$$C_T = \frac{C_{T_0} + \Delta C_T}{(1 + \Delta v)^2} \dots\dots\dots(17)$$

$$C_P = \frac{C_T C_{P_0}}{C_{T_0} (1 + \Delta v)^2} \dots\dots\dots(18)$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{(1 + \Delta v)^2} \dots\dots\dots(19)$$

完成上述计算、修正后绘制 $f(C_P, \lambda)$ 曲线,如图 3。

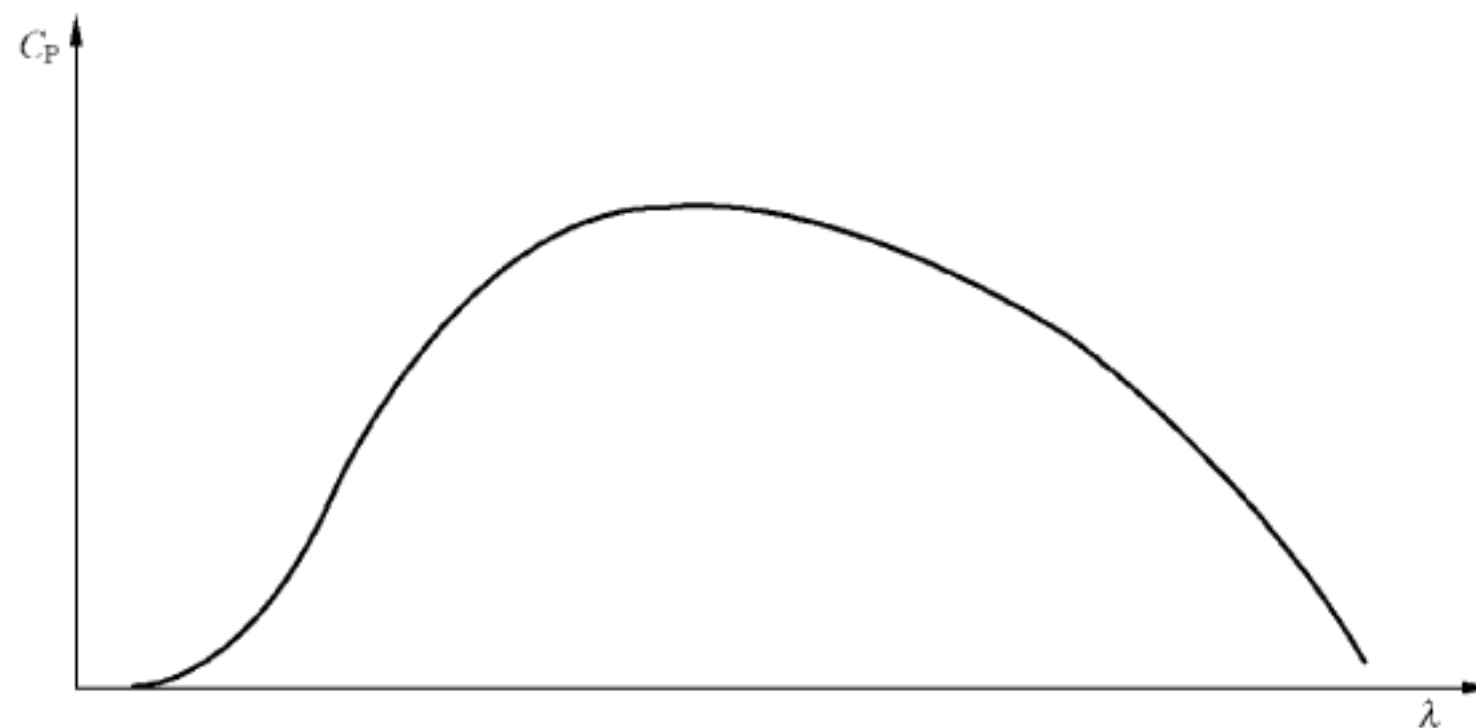


图 3 风轮空气动力特性曲线

6.9.2 叶片测压试验

在试验机组风轮处于给定偏航角、迎风状态下,启动风洞并稳定风速至机组的额定风速下,按试验要求调节试验负载器,当风轮运行稳定后测量风轮叶片所受压力,压力传感器输出端输出测量点压强,按式(20)计算试验机组叶片各点的压力系数。试验风速选取应符合 6.5.2 的规定。

$$C_{p_i} = \frac{p_i - p_\infty}{q_\infty} \dots\dots\dots(20)$$

在机组的三维旋转流场中不能直接测得上述压力,实际测试中宜在截面前缘安装多孔探针,通过数据后处理得到测量到截面的等效远场速度矢量,并根据截面的等效远场速度推算得到上述压力。

当测压试验目的仅是获取不同工况下叶片表面压力分布,而不与翼型气动特性做相关分析时,进行式(20)所示的无量纲化处理时, p_∞ 、 q_∞ 可选取机组远前方自由气流的静压和动压。

6.10 风力发电机组功率输出特性计算

用 6.9.1 获得的 $f(C_P, \lambda)$ 曲线,分别取风速 3 m/s、4 m/s、5 m/s…… v_n m/s,按式(21)、式(22)计算出风轮转速和输出功率:

$$n = \frac{30v\lambda}{\pi R} \dots\dots\dots(21)$$

$$P_N = \frac{1}{2} \rho_0 S_w v^3 C_P \dots\dots\dots(22)$$

绘制不同风速下输出功率随风轮转速变化的曲线族,连接各曲线顶点即是机组输出功率特性曲线,如图 4。

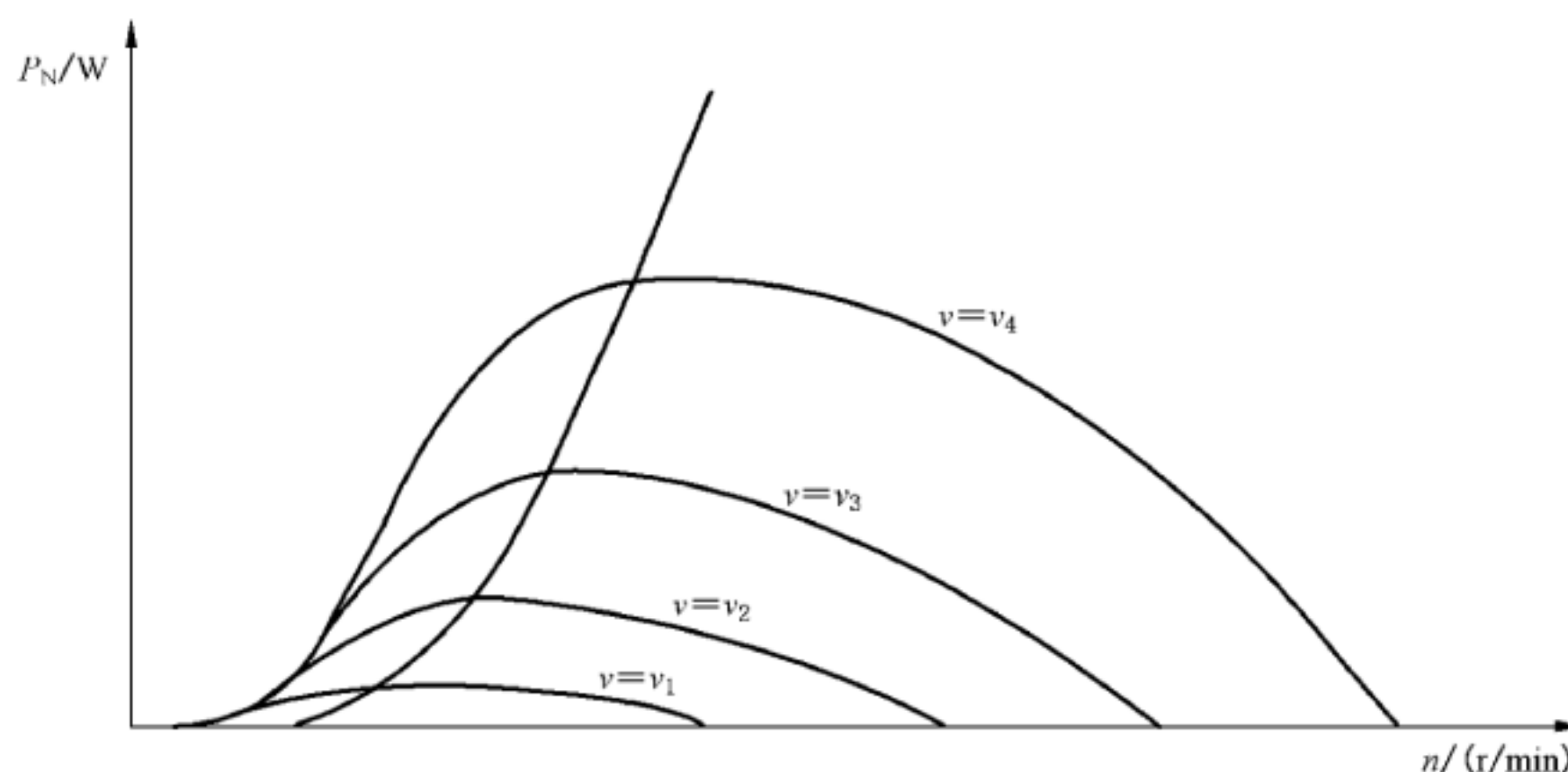


图 4 风力发电机组功率输出特性曲线

7 数据采集和处理

7.1 数据采集方法

7.1.1 数据采集分为初始数据和吹风数据两个阶段。

7.1.2 测量传感器输出量均应重复采集。其样本大小可按采集时间长短规定,也可按重复次数规定。

7.1.3 经优化后的采集数据称为试验原始数据。原始数据的记录、贮存有效数位应不少于十进制的 5 位,或记录、贮存精度优于测量传感器精度值。原始数据在记录或贮存后不应修改。

7.2 结果数据修正

7.2.1 试验结果数据可进行气流偏角、洞壁干扰、阻塞效应等修正。在不能确实证明修正方法的可靠性时,不宜进行修正。

7.2.2 数据修正流程宜在报告中分步骤说明。

7.3 试验数据文件

7.3.1 每个试验数据文件应有唯一的文件名。

7.3.2 试验数据文件应包括说明性信息和试验数据两部分,并应符合下列要求:

- a) 说明性信息:试验数据处理所需要的参数数据和其他需要说明的信息,如试验风洞、试验时间、试验时的大气条件、试验动压、模型组合状态、模型姿态角、坏点剔除情况等;
- b) 试验数据:试验数据和各数据的定位信息。根据试验数据文件性质不同,试验数据可是试验原始数据或试验结果数据等。数据的定位信息可是序列号或测试点位置坐标等,试验数据部分各项数据之间应有分隔符。

7.3.3 试验数据部分宜采用二维数据表的记录形式。这种二维数据表的每一行是按规(约)定排序记录的一个试验数据和相应的定位信息。

7.3.4 试验数据文件包含的具体项目和次序应符合试验委托方的要求。

8 试验报告格式和内容

8.1 格式

8.1.1 报告格式可由试验委托方与试验承担方协商确定,应包括引言、正文、结论及相关图表等内容。

8.1.2 封面应包括试验报告名称、编写报告单位和日期等。编写报告单位应署全称。

8.1.3 封二应包括以下内容:报告名称、试验日期、试验负责人、报告编写日期、报告编写人(职务或职称)、校对(职务或职称)、审核人(职务或职称)、批准人(职务或职称)等。

8.2 引言

试验报告引言部分应包括以下内容:

- a) 试验任务的来源、试验委托方名称,承担单位及试验任务的批准部门;
- b) 试验提出的技术背景,试验目的和内容;
- c) 实施风洞试验的时间。

8.3 正文

8.3.1 正文应包括试验设备、模型和试验方法,试验数据处理与修正,试验结果说明与讨论等内容。

8.3.2 试验设备、模型和试验方法中应说明:

- a) 试验风洞的基本情况和性能;
- b) 试验使用的测试系统的基本情况和性能;
- c) 试验中使用的其他主要设备的基本情况和性能;
- d) 试验模型的结构、比例和主要几何参数;
- e) 试验模型平台检验的主要结果或主要结论;
- f) 模型的安装、支撑形式,模型姿态角变化方式,试验风速或动压,试验雷诺数;
- g) 其他应说明的情况。

8.3.3 试验数据处理与修正中应说明:

- a) 原始数据的录取方法;
- b) 试验数据的处理方法;
- c) 结果数据的定义或计算方法;
- d) 结果数据的修正项目与方法。

8.3.4 试验结果说明和讨论宜采用文字叙述、数据表格与试验结果曲线等手段相互呼应的形式实现。

试验结果说明与讨论中应包括以下内容:

- a) 对试验数据的不确定度进行必要的分析;
- b) 说明试验数据的主要特征及变化规律;
- c) 可对典型或特殊的试验数据产生的原因、物理意义、应用价值等方面进行分析讨论。

8.4 结论

结论应科学、真实、可靠,内容应包括:

- a) 对试验的质量控制和试验结果的可靠性说明;
- b) 总结试验报告正文,以条目的形式归纳出试验与试验目的有关的结论;
- c) 对试验中出现的、试验前未能预见的现象和问题,以及围绕这些现象和问题的建议和分析;
- d) 对试验涉及的选型与改型问题给出评估意见。

8.5 报告附图

试验报告中应包括模型照片、数据表与数据曲线图等内容,可集中安排在试验报告参考文献之后,也可将它们单独装订成册。

8.6 其他

正文末、图表之前,应列出所引用的各类技术输入文件和参考文献。

试验发生中断,应在报告中明确中断原因,继续试验的时间和情况。重要故障应有较详细的情况说明和处理办法。

中华人民共和国
国家标准
小型风力发电机组
第3部分：风洞试验方法
GB/T 19068.3—2019

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址：www.spc.org.cn

服务热线：400-168-0010

2019年8月第一版

*

书号：155066·1-63489

版权专有 侵权必究



GB/T 19068.3—2019