



中华人民共和国国家标准

GB/T 18451.2—2025/IEC 61400-12-1:2022

代替 GB/T 18451.2—2021

风能发电系统 风力发电机组功率特性测试

Wind energy generation systems—Power performance measurements of
electricity producing wind turbines

(IEC 61400-12-1:2022, Wind energy generation systems—Part 12-1: Power
performance measurements of electricity producing wind turbines, IDT)

2025-10-05 发布

2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 V

引言 VI

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 符号和缩略语 5

5 功率特性方法通则 11

6 功率特性测试的前期准备 14

 6.1 基本要求 14

 6.2 风电发电机组与电气连接 14

 6.3 测试场地 14

7 测试设备 16

 7.1 电功率 16

 7.2 风速 16

 7.3 风向 20

 7.4 空气密度 20

 7.5 风轮转速和桨距角 21

 7.6 叶片状况 21

 7.7 风力发电机组控制系统 21

 7.8 数据采集系统 21

8 测量程序 21

 8.1 基本要求 21

 8.2 风力发电机组运行 21

 8.3 数据采集 22

 8.4 数据筛选 22

 8.5 数据库 22

9 导出结果 23

 9.1 数据规格化 23

 9.2 测试功率曲线的确定 27

 9.3 年发电量(AEP) 27

 9.4 功率系数 28

10 报告格式 29

附录 A (规范性) 测试场地风力发电机组和障碍物影响评估 36

附录 B (规范性) 测试场地地形评估 37

附录 C (规范性) 场地标定程序 38

附录 D (规范性) 测量不确定度评定 39

附录 E (资料性) 区间法确定测量不确定度的理论基础 42

 E.1 总则 42

 E.2 合成不确定度 42

 E.3 A 类不确定度 48

 E.4 B 类不确定度:介绍和数据采集系统 48

 E.5 B 类不确定度:输出功率 49

 E.6 B 类不确定度:风速-介绍和传感器 50

 E.7 B 类不确定度:风速-RSD 52

 E.8 B 类不确定度:风速-REWS 53

 E.9 B 类不确定度:风速-地形 55

 E.10 B 类不确定度:空气密度 57

 E.11 B 类不确定度:方法 61

 E.12 B 类不确定度:风向标准偏差 66

 E.13 合成不确定度 68

 E.14 规定条件下不确定度分量的相关性 80

 E.15 示例表格 80

附录 F (规范性) 风速计风洞校准规程 85

附录 G (规范性) 测风塔设备安装 86

附录 H (规范性) 小型风力发电机组的功率特性测试 87

 H.1 总体要求 87

 H.2 风力发电机组的定义和安装 87

 H.3 测风塔位置 87

 H.4 测试设备 88

 H.5 测量程序 89

 H.6 外推结果 89

 H.7 报告 90

 H.8 测试场地内障碍物和风力发电机组导致的影响评估 90

 H.9 对测试场地地形的评估 90

 H.10 场地标定程序(参照 IEC 61400 12-3) 90

附录 I (规范性) 杯式风速计和超声波风速计分级 91

附录 J (规范性) 杯式风速计和超声波风速计评估 92

附录 K (规范性) 风速计现场比对 93

附录 L (规范性) 遥感技术的应用 94

 L.1 通则 94

L.2 遥感设备的分级	94
L.3 针对功率特性测试的验证要求	95
L.4 评估遥感设备测量的不确定度	95
L.5 功率特性测试的其他检查	95
L.6 功率特性测试的其他要求	95
附录 M (资料性) 基于湍流强度的功率曲线数据规格化	98
M.1 总则	98
M.2 湍流规格化程序	98
M.3 0 湍流功率曲线的确定	100
M.4 风切变校正(规格化)和湍流规格化的顺序	105
M.5 湍流规格化或功率曲线受湍流影响的不确定度	105
附录 N (资料性) 风向传感器的风洞校准程序	106
附录 O (资料性) 寒冷气候下的功率特性测试	107
O.1 概述	107
O.2 建议	107
O.3 不确定度	107
O.4 报告	107
附录 P (资料性) 风切变规格化程序	108
附录 Q (资料性) 考虑风转向的风轮等效风速定义	109
Q.1 概述	109
Q.2 考虑风转向的风轮等效风速定义	110
Q.3 风转向测量	110
Q.4 合成风切变和风转向的规格化	110
附录 R (资料性) 多风力发电机组测试不确定度的考虑	111
附录 S (资料性) 桁架测风塔的桅杆气流畸变校正	115
参考文献	116
图 1 测风设备距离要求及允许的最大测量扇区	15
图 2 适用于测量风轮等效风速的风切变测量高度	19
图 3 当无法获取高于轮毂高度风速时的风切变测量高度(只适用于风切变指数的测定)	20
图 4 数据规格化流程	23
图 5 示例数据库的示意图:以 1 Hz 采样的功率特性测试散点图(10 min 平均值)	32
图 6 测量功率曲线示例图	32
图 7 C_p 曲线示例图	33
图 H.1 垂直轴风力发电机组轮毂高度和测风塔位置的定义	88
图 L.1 测量体积位置允许范围示例	96
图 M.1 获得特定湍流强度功率曲线的流程(I_{ref})	99

图 M.2 从测量数据获得初始 0 湍流功率曲线参数的过程..... 100

图 M.3 获得初始 0 湍流功率曲线的第一步..... 101

图 M.4 从测量数据获得理论 0 湍流功率曲线的流程..... 102

图 M.5 调整后(绿色)与第一步(红色)的初始 0 湍流功率曲线对比..... 103

图 M.6 从测量数据获得最终 0 湍流功率曲线的流程..... 104

图 M.7 调整后的初始 0 湍流功率曲线(绿色)与最终 0 湍流功率曲线(黑色)对比..... 104

图 Q.1 平坦地形上激光雷达测量到正常轮毂高度的风廓线 109

表 1 满足本文件功率曲线测量要求的风测量配置概述 13

表 2 风速测量配置 17

表 3 REWS 计算案例 25

表 4 测量功率曲线示例 33

表 5 年发电量估算示例 35

表 D.1 不确定度分量列表 39

表 E.1 扩展的不确定度 44

表 E.2 A 类和 B 类不确定度列表 45

表 E.3 由于没有风切变测量而造成的标准不确定度示例 63

表 E.4 由于没有风转向测量而造成的标准不确定度示例 64

表 E.5 由于缺乏入流角信息而造成的不确定因素 65

表 E.6 由于缺乏湍流信息造成的不确定因素 65

表 E.7 不同测量高度之间测量不确定度相关性的假设值推荐 71

表 E.8 不同高度相对风向测量不确定度的相关假设 75

表 E.9 空气密度规格化的不确定度 80

表 E.10 灵敏度系数 81

表 E.11 B 类不确定度 83

表 H.1 电池组电压设置 89

表 R.1 相关不确定度分量列表 111

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。

本文件是 GB/T 18451《风力发电机组》的第 2 部分。GB/T 18451 已经发布了以下部分：

——GB/T 18451.1 风力发电机组 设计要求；

——GB/T 18451.2 风能发电系统 风力发电机组功率特性测试。

本文件代替 GB/T 18451.2—2021《风力发电机组 功率特性测试》，与 GB/T 18451.2—2021 相比，除结构性调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了测试场地风力发电机组和障碍物影响评估(见 2021 年版的附录 A)；
- b) 删除了测试场地地形评估(见 2021 年版的附录 B)；
- c) 删除了场地标定程序(见 2021 年版的附录 C)；
- d) 删除了风速计风洞校准规程(见 2021 年版的附录 F)；
- e) 删除了测风塔设备安装(见 2021 年版的附录 G)；
- f) 删除了杯式风速计和声波风速计分级(见 2021 年版的附录 I)；
- g) 删除了杯式风速计和声波风速计评估(见 2021 年版的附录 J)；
- h) 删除了风速计现场比对(见 2021 年版的附录 K)；
- i) 更改了风速计风洞校准规程(见附录 L, 2021 年版的附录 L)。

本文件等同采用 IEC 61400-12-1:2022《风能发电系统 第 12-1 部分：风力发电机组功率特性测试》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

——为与现有标准协调，将标准名称改为《风能发电系统 风力发电机组功率特性测试》。

——纳入了 IEC 61400-12-1:2022/CORR1:2023 的技术勘误内容，并在相应条款的外侧空白位置用垂直双线(∥)进行了标示。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国风力发电标准化技术委员会(SAC/TC 50)归口。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、运达能源科技集团股份有限公司、上海电气风电集团股份有限公司、湖南兴蓝风电有限公司、江苏金风科技有限公司、明阳智慧能源集团股份公司、中车山东风电有限公司、中船海装风电有限公司、国华能源投资有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司风电事业部、北京鉴衡认证中心有限公司、中国质量认证中心有限公司、上海中认尚科新能源技术有限公司、重庆市黔江区三峡新能源发电有限公司。

本文件主要起草人：秦世耀、余清清、付德义、杨艳辉、肖富华、王瑞明、马晓晶、管海芳、石宇峰、田家彬、莫蕊瑜、张宇琼、郭凯平、庞梦芝、李鹏、何中一、白寒、邓顺城。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2003 年首次发布为 GB/T 18451.2—2003, 2012 年第一次修订, 2021 年第二次修订；

——本次为第三次修订。

引言

风力发电机组功率特性测试是评估机组发电效率、预测风电场年发电量及进行项目经济性评价的核心依据。随着我国风电产业规模化、商业化发展的深入,市场各方对于功率特性数据的准确性、一致性和可比性提出了更高要求。为规范测试方法,统一评估尺度,保障公平交易,并促进技术进步与国际交流,特制定本部分。

本部分的目的是提供一种统一的方法,以保证风力发电机组功率特性测试和分析的一致性、准确性和可复制性。

本部分在结构上作为 GB/T 18451 的第 2 部分,是基于风力发电机组完整技术评价体系的内在要求。GB/T 18451《风力发电机组》系列标准旨在全面涵盖机组的技术要求,其结构按不同的技术活动领域进行划分。将“功率特性测试”这一具有高度独立性和完整方法论的技术主题单独成部分,有利于对其进行深入、详尽的规定,便于使用者专项引用和执行。

本部分适用于下列各方:

- 风力发电机组制造商,用于验证产品性能、支持设计优化、满足明确定义的功率特性要求及进行产品声明;
- 风力发电机组购买者与业主,用于在采购合同和验收环节中明确功率特性技术要求;
- 风力发电机组运营商,用于证实新投运或经维修的机组满足既定的功率特性技术条件;
- 风电场规划方、设计单位、融资机构及行业监管者,用于准确、公正地评估机组性能,确保项目规划、并网审批、电价核算等环节有据可依。

本部分为风力发电机组功率特性测试的测量、分析、不确定度评估及报告编写提供了全面指导。通过采用本部分所推荐的标准化程序,上述各方可在统一的技术框架下进行交流与比较,从而有效提升风力发电机组开发、认证、贸易和运营全过程的透明度和可靠性。

遵循本部分规定的程序,有望获得可经他人复现的准确、可靠的测试结果。然而,标准使用者必须认识到,由于自然界风资源固有的时空变化特性(如风剪切、湍流强度、入流角的变化等),即使在相同地点,不同时期、不同测风塔位置的测试结果也可能存在差异。因此,在功率特性测试合同签署前,标准使用者需考虑这些差异和与测试目的相关的数据选择判据的影响。

GB/T 18451 确立了风力发电机组的最低设计要求及结构设计,涉及控制和保护功能、内部电气系统、机械系统和支撑结构等,由设计要求和功率特性测试两个部分组成。

- GB/T 18451.1 风力发电机组 设计要求。目的在于提供统一的设计要求,以保证风力发电机组设计的规范性,防止各种危险对风力发电机组造成损坏。
- GB/T 18451.2 风能发电系统 风力发电机组功率特性测试。目的在于明确风力发电机组功率特性测试要求和方法,以验证按照第 1 部分进行设计的风力发电机组的发电性能。

风能发电系统

风力发电机组功率特性测试

1 范围

本文件描述了单台风力发电机组功率特性的测试方法,适用于所有类型和大小的并网型风力发电机组。此外,本文件描述了并网及与蓄电池组相连的小型风力发电机组(IEC 61400-2 中定义的风力发电机组)的功率特性测试方法。该测试方法适用于评估特定地理位置的特定风力发电机组的性能。同样,当考虑特定场地条件和数据筛选的影响时,该测试方法适用于对不同类型或不同设置的风力发电机组进行通用对比。

附录 R 中提供了与多台风力发电机组功率特性测试不确定度评估相关的考虑因素,以供参考。

本文件描述了一种测量方法,该方法要求通过对不确定度来源及其综合影响的评估,对测量功率曲线和推导出的发电量图表进行补充。风测量的不确定度来源根据相关风测量设备标准中描述的程序进行评估,而功率曲线和年发电量的不确定度则根据本文件中的程序进行评定。

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/T 33225—2025 风能发电系统 基于机舱风速计法的风力发电机组功率特性测试(IEC 61400-12-2:2022,IDT)

GB/T 46242—2025 风能发电系统 功率特性测试障碍物与地形评估(IEC 61400-12-5:2022,IDT)

ISO 2533 标准大气压(Standard Atmosphere)

ISO/IEC Guide 98-3:2008 不确定度测量 第 3 部分:测量不确定度表达指南(GUM:1995)[Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement(GUM:1995)]

注: GB/T 27418—2017 测量不确定度评定和表示(ISO/IEC Guide 98-3:2008,MOD)

IEC 60688:2024 交流电量和直流电量转换为模拟信号或数字信号的电测量变送器(Electrical measuring transducers for converting AC and DC electrical quantities to analogue or digital signals)

注: GB/T 13850—1998 交流电量转换为模拟量或数字信号的电测量变送器(IEC 688:1992,IDT)

IEC 61400-2 风力发电机组 第 2 部分:小型风力发电机组(Wind turbines—Part 2: Small wind turbines)

注: GB/T 17646—2017 小型风力发电机组(IEC 61400-2:2013,IDT)

IEC 61400-12-2 风能发电系统 第 12-2 部分:基于机舱风速计法的风力发电机组功率特性测试(Wind energy generation systems—Part 12-2: Power performance of electricity-producing wind turbines based on nacelle anemometry)

注: GB/T 33225—2025 风能发电系统 基于机舱风速计法的风力发电机组功率特性测试(IEC 61400-12-2:2022,IDT)