

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T XXXXX—XXXX

风力发电机组振动状态监测导则

Guidelines for vibration condition monitoring and diagnose of wind turbine generator

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(送审稿)

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家能源局

发布

目 次

前言..... III

引言..... IV

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 振动状态监测系统..... 3

4.1 振动状态监测系统类型..... 3

4.1.1 固定安装系统..... 3

4.1.2 半固定安装系统..... 3

4.1.3 便携式系统..... 3

4.1.4 系统选择原则..... 3

4.2 状态监测流程..... 3

5 传感器..... 3

5.1 传感器类型..... 3

5.2 传感器选择..... 4

5.2.1 加速度传感器..... 4

5.2.2 速度传感器..... 4

5.2.3 位移传感器..... 4

5.3 传感器位置..... 4

5.3.1 典型风电机组传感器位置..... 4

5.3.2 传感器方向和标识..... 4

5.4 传感器安装..... 4

6 振动状态监测系统技术条件..... 4

6.1 正常使用条件..... 4

6.2 贮存、运输极限环境温度..... 5

6.3 检测单元..... 5

6.3.1 概述..... 5

6.3.2 不确定度..... 5

6.3.3 频率范围..... 5

6.3.4 绝缘性能..... 5

6.3.5 环境适应性能..... 6

6.3.6 电磁兼容性能..... 6

6.3.7 机械性能..... 6

6.3.8 6.3.8 外壳防护性能..... 6

6.4 通讯单元..... 6

6.5 主站单元..... 7

7 测量与评估..... 7

7.1 基准测量..... 7

7.2 振动值评估方法..... 7

7.2.1 评估准则..... 7

7.3 故障特征频率..... 7

附录 A（资料性附录） 振动监测流程图..... 8

附录 B（资料性附录） 振动值评估方法..... 9

附录 C（资料性附录） 常见故障原因及其对应的特征频率 11

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发2007年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2007〕1415号）的安排制定的。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由能源行业风电标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位：中能电力科技开发有限公司。

本标准主要起草人：申烛、周继威、张宝全、盛迎新、夏晖、岳俊红、孟凯锋。

引 言

风力发电机组（以下简称“风电机组”）振动状态监测是根据所监测风电机组类型，选择不同的监测部位，监测风电机组振动状态的改变，评估风电机组的状态，早期发现并跟踪设备故障的一种方法。

编写本标准的目的是为风电机组振动状态监测设备生产单位、安装单位、使用单位、认证机构及相关技术人员提供相应的规范和指导。

风力发电机组振动状态监测导则

1 范围

本标准规定了风电机组振动状态监测系统类型、传感器安装原则、测量类型和测量值、振动状态监测系统技术条件、振动值评定以及信号处理和分析方法。

本标准适用于单机容量大于或等于1.5MW的水平轴风力发电机组。其它的风电机组可根据自身特点参照使用。

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，仅所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 19873.1-2005 机器状态监测与诊断 振动状态监测 第1部分：总则

GB/T 19873.2-2009 机器状态监测与诊断 振动状态监测 第2部分：振动数据处理、分析与描述

3 术语和定义

3.1

故障维护 breakdown maintenance

风电机组失效后再进行的维修。

3.2

状态维修 condition-based maintenance

根据风电机组状态确定的维修。

3.3

状态监测 condition monitoring

检测和采集反映风电机组状态的信息和数据。

3.4

诊断 diagnostics

为确定故障或失效的性质（种类，状况，程度），而检查症状和症候群。

3.5

失效 failure

丧失完成某项规定功能的能力。

3.6

故障 fault

当风电机组的一个部件或组件劣化，或出现反常状态，可能导致风电机组失效。此时部件所处的状态。

3.7

报警 alarm

当遇到选定参数或其逻辑组合异常，要求采取纠正动作时，用于通知人员而设计的运行信号或信息。

3.8

预警 alert

当遇到选定参数或其逻辑组合异常，要求更加关注时，用于通知人员而设计的运行信号或警告信息。

3.9

征兆 sign

信号的特征参数，表明状态的相关信息。

3.10

振动信号 vibration signal

对某一系统振动所包含全部频率分量的度量。

3.11

频域 frequency domain

以频率为度量物理量。

3.12

时域 time domain

以时间为度量物理量。

3.13

多通道分析 cross-channel analysis

使用两个或更多输入通道的分析仪，实现计算相位，相关和传递函数等功能。

3.14

基准 baseline

单个或一组描述符，提供风电机组在各种过程下正常状态的基准。

3.15

瀑布图 waterfall

相对时间或转速的三维多频谱显示。

4 振动状态监测系统

4.1 振动状态监测系统类型

振动状态监测系统分为固定安装系统、半固定安装系统和便携式系统。

4.1.1 固定安装系统

系统传感器、数据采集装置采用固定安装方式。数据采集可连续或周期性采集。固定安装系统通常用于具有复杂监测任务的风电机组。

4.1.2 半固定安装系统

系统传感器采用固定安装方式，数据采集装置采用非固定安装方式，仅在采集数据时连接。数据采集为周期性采集。

4.1.3 便携式系统

系统传感器和数据采集装置均采用非固定安装方式，数据通过便携式数据采集仪采集。数据采集为周期性采集。

4.1.4 系统选择原则

- a) 海上风电机组应选择采用固定安装系统；
- b) 陆上 2MW 以上（含 2MW）风电机组应选择采用固定安装系统；
- c) 陆上 2MW 以下风电机组可选择半固定安装系统或便携式系统；
- d) 风电机组质保期满进行验收时，应出具风电机组振动状态监测系统提供的振动状态报告。

4.2 状态监测流程

风电机组振动状态监测流程包括振动预测试、振动监测技术选择、振动基准测试、振动常规测试等过程。

风电机组振动状态监测数据采集应同时记录转速、风速、功率等参数。

振动监测流程图见附录A。

5 传感器

5.1 传感器类型

振动状态监测可采用以下三种类型的传感器：

- a) 加速度传感器；
- b) 速度传感器；
- c) 位移传感器。

5.2 传感器选择

5.2.1 加速度传感器

高温或强磁场环境振动状态监测应优先选择加速度传感器。
风电机组滚动轴承和齿轮箱的状态监测应选择加速度传感器。

5.2.2 速度传感器

风电机组机舱和塔架的状态监测应选择加速度或速度传感器。

5.2.3 位移传感器

风电机组主轴轴向位移的状态监测应选择位移传感器。

5.3 传感器位置

5.3.1 典型风电机组传感器位置

风电机组监测系统所需的最少测量点见表1。

表1 风电机组监测系统所需测量点

风电机组部件	每个部件需要的传感器支数 支	安装方向	频率范围 Hz
主轴承	1	径向	0.1~100
齿轮箱（若有）	3	径向	0.1~100（行星齿轮，中间轴轴承） 10~10000（高速轴轴承）
发电机轴承	2	径向	10~10000
机舱	2	轴向及横向	0.1~100
塔架上部	2	轴向及横向	0.1~100

5.3.2 传感器方向和标识

应建立统一的设备和测量点命名规则。
便携式系统传感器安装时应清楚标识传感器位置，以保证在持续测量期间位置的可重复性。

5.4 传感器安装

安装固定传感器应采用刚性机械紧固方式。传感器安装表面应光滑、平整和清洁。
当刚性机械紧固方式不便采用时，可使用粘结剂或磁座安装方式。

6 振动状态监测系统技术条件

6.1 正常使用条件

- a) 传感器工作环境温度：-40℃~+125℃
- b) 检测单元工作环境温度：-40℃~+70℃
- c) 最高月平均相对湿度：95%（25℃）（产品内部既不应凝露、也不应积水）

- d) 大气压力：80kPa~110kPa
- e) 交流工作电源：
 - 1) 额定电压：220V±15%；
 - 2) 频率：50Hz±0.5Hz；
 - 3) 谐波含量：<5%。
- f) 监测系统应能承受地电位升高引起的不低于 2000V 的电压。

6.2 贮存、运输极限环境温度

装置的贮存、运输允许的环境温度为-45℃~+85℃。

6.3 检测单元

6.3.1 概述

检测单元位于风电机组机舱内，实现所监测参数的采集、信号调理、模数转换和数据的预处理功能。

6.3.2 不确定度

传感器测量不确定度应在±1%以内，检测单元不确定度应在±2%以内。

6.3.3 频率范围

传感器的线性频率范围一般应覆盖从0.2倍最低旋转频率到3.5倍所关注的最高信号频率（一般不超过40kHz）。

- 加速度传感器频率范围：0.1Hz~30kHz；
- 速度传感器频率范围：1Hz~2kHz
- 位移传感器频率范围：直流~10kHz。

6.3.4 绝缘性能

在正常试验大气条件（环境温度：+15℃~+35℃；相对湿度：30%~60%；大气压力：86kPa~106kPa）下，检测单元的带电部分如电源、信号和数据输入回路和非带电金属及外壳之间，以及电气无联系的各电路之间，绝缘性能应满足节6.3.4.1~6.3.4.3要求。

6.3.4.1 绝缘电阻

正常试验大气条件下，不同额定电压等级的各回路绝缘电阻应不小于表2中的规定值。

表2 各回路试验绝缘电阻要求

额定工作电压 V	绝缘电阻要求（测量仪器电压500V） MΩ
<60	≥100
≥60且≤250	≥100

6.3.4.2 工频电压耐受能力

在正常试验大气条件下，试验电压值见表3。

表3 各回路试验电压要求

被试回路	额定工作电压 V	试验电压 V	试验时间 Min
电源回路——外壳与地	>60~250	2000	1
信号回路	<60	500	1

6.3.4.3 冲击电压耐受能力

在正常试验大气条件下，检测单元的信号回路、电源回路、数据输入回路对外壳及地之间以及各回路之间，应能承受1.2/50 μ s的标准雷电冲击电压试验。当额定工作电压大于60V时，开路试验电压为5kV；当额定工作电压不大于60V时，开路试验电压为1kV。

6.3.5 环境适应性能

6.3.5.1 耐温度变化性能

检测单元应能承受温度变化试验，低温为-10℃，高温为+50℃，暴露时间为2h，温度转换时间为3min，温度循环次数为5次。

6.3.5.2 耐湿热性能

检测单元应能承受规定的恒定湿热试验。试验温度+40℃ \pm 2℃、相对湿度（93 \pm 3）%，试验时间为48h。

6.3.6 电磁兼容性能

检测单元应满足下列试验项目要求：

- 静电放电抗扰度：试验等级/电压为4级， \pm 8kV（接触放电）或 \pm 15kV（空气放电）。
- 射频电磁场辐射抗扰度：试验等级/电场强度为3级，10V/m。
- 电快速瞬变脉冲群抗扰度：试验等级/电压为4级， \pm 4kV
- 浪涌（冲击）抗扰度：试验等级/电压为4级， \pm 4kV
- 射频场感应的传导骚扰抗扰度：试验等级/电压为3级，10V
- 工频磁场抗扰度：试验等级/磁场强度为5级，100A/m
- 脉冲磁场抗扰度：试验等级/磁场强度为5级，1000A/m
- 阻尼振荡磁场抗扰度：试验等级/磁场强度为5级，100A/m
- 电压暂降和短时中断抗扰度：电压暂降和短时中断为60%额定电压，持续时间10个周波。

6.3.7 机械性能

检测单元应能承受严酷等级为I级的振动（正弦）响应能力试验、振动耐久能力试验、冲击响应能力试验、冲击耐久能力试验和碰撞试验。在试验期间装置应正常工作。试验后，无紧固件松动及结构损坏，在技术要求限值内功能应正常。

6.3.8 外壳防护性能

主站单元外壳的防护性能应符合IP51级要求，检测单元和通讯单元的外壳防护性能应符合IP55级要求。

6.4 通讯单元

通讯单元位于机舱或塔筒底部，实现监测数据的传输。

6.5 主站单元

主站单元应具备数据通讯、监测装置对时、数据浏览、报警、报表、远程通讯等功能，主站单元与其它系统通讯符合IEC61850标准。

7 测量与评估

7.1 基准测量

应以风电机组运行在并网状态时测量的振动数据作为基准。

新风电机组和大修后风电机组应在磨合期结束后再采集基准数据。

7.2 振动值评估方法

振动值评估方法见附录B。

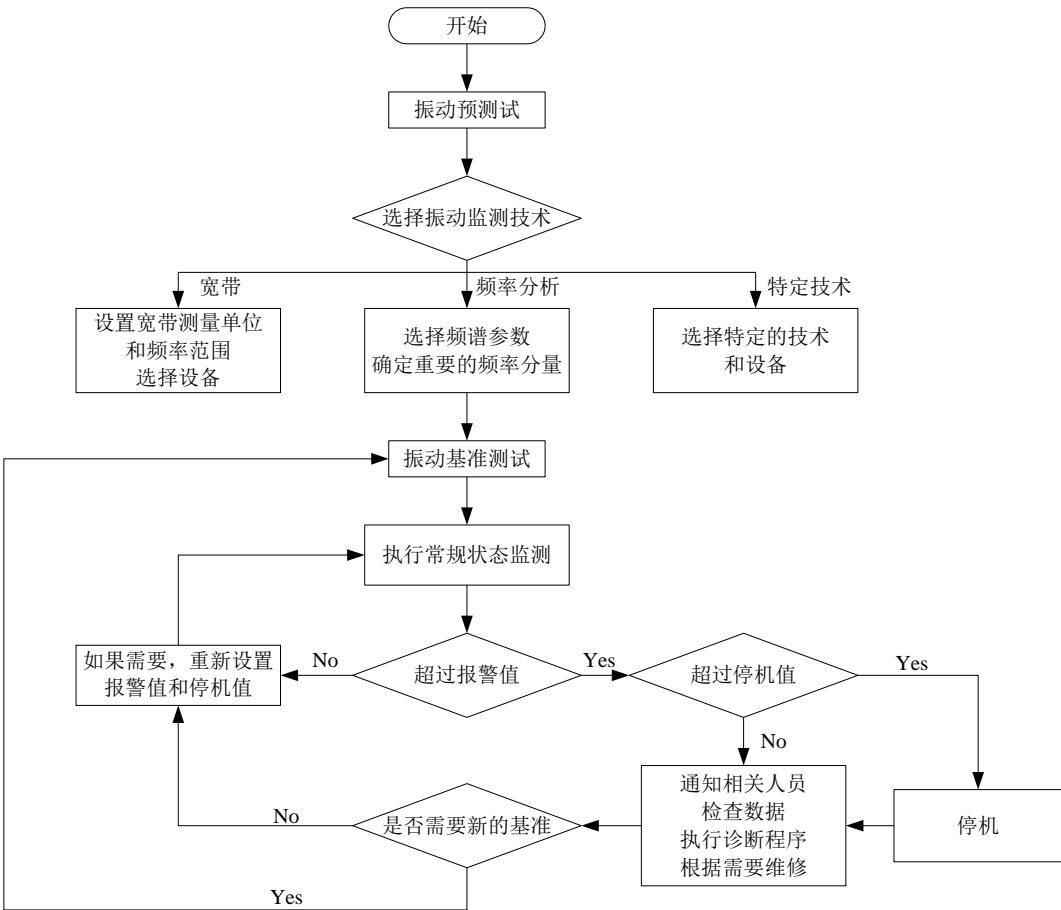
7.2.1 评估准则

- a) 风电机组振动幅值在正常范围内
 - 1) 当幅值没有明显变化时，不采取措施。
 - 2) 当振动增大，增加率为接近线性，而且预计在下次监测之前，幅值不会超过正常范围上限值时，不采取措施。
 - 3) 当振动增大，增加率为接近线性，而且预计在下次监测前，幅值将超过正常范围上限值时，应安排更频繁的监测。
 - 4) 当增加率为非线性，或者在预先设置的时间段内，历史数据变化率增加达 25%时，应采取连续监测或安排更频繁的监测。
- b) 风电机组振动幅值在报警区域内
 - 1) 当幅值不变化时，保持相同的监测间隔。
 - 2) 当幅值呈接近线性增加，在计划维修之前或者在下一次的监测之前，预计幅值超过需采取措施的幅值时，或者当增加率为非线性时，应通过连续的或更频繁的监测来验证此增加率并重新安排维修计划。增加监测的次数应保证在重新安排维修之前采集三次数据。当振动幅值减小时，应继续执行原有监测间隔。

7.3 故障特征频率

常见故障原因及其对应的特征频率见附录C。

附 录 A
(资料性附录)
振动监测流程图



图A.1 振动监测流程图

附录 B
(资料性附录)
振动值评估方法

确定风电机组振动幅值的评定准则，需考虑以下2个因素，即：

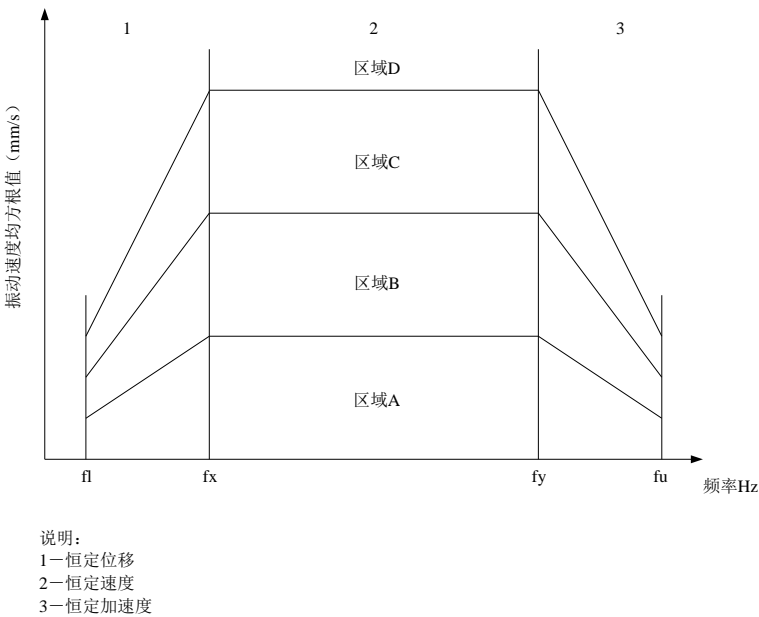
- a) 振动幅值
- b) 振动变化率

当新风电机组调试时，振动幅值应根据预先确定的允许值评定。

当风电机组投入使用后，应根据幅值以及幅值变化率评定。

基于速度的验收准则采取图B. 1所示的通用形式，图B. 1中指明了上限频率 f_u 和下限频率 f_l ，并表

明低于某给定频率 f_x 和高于某给定频率 f_y ，允许的振动速度是振动频率的函数。振动频率在 f_x 和 f_y 之间采用恒定速度准则。对于评定准则和具体风电机组类型的 f_l ， f_u ， f_x 和 f_y ，根据风电机组制造厂商提供资料和运行经验确定。



图B. 1 振动区域

A、B、C和D区域的振动速度边界值可根据长期运行的经验确定。一般原则为：

- a) 新交付使用风电机组的振动通常在区域 A 内。
- b) 振动处在区域 B 内的风电机组通常可无限制地长期运行。
- c) 振动处在区域 C 内的风电机组一般不适宜作长时间连续运行。通常，风电机组可在此状态下运行有限时间直至有合适的机会进行维修。

d) 振动处在区域 D 内，其振动烈度足以导致风电机组损坏。

风电机组振动报警值应相对于基准值确定。

报警值设置宜高于基准值，高出的值等于区域B上限值的25%。

没有建立基准值时，初始报警值应根据经验确认。当基准值建立后，应调整报警值设置。

报警值不应超过B区域上限值的1.25倍。

当基准值变化后，报警值设置应相应修改。

停机值应在区域C或D内，不应超过区域C上限值的1.25倍。

附 录 C
(资料性附录)
常见故障原因及其对应的特征频率

表C.1 常见故障原因及其对应的特征频率

故障原因	振动特征频率	备注
不平衡	1x（即每转一次）	平衡改变将导致 1x 分量改变，1x 振动幅值与转速成正比关系。当转速固定时，1x 振动分量幅值相对稳定，或变化较小。
轴承不对中	1x 或更高次谐波	轴承平行不对中或角度不对中通常原因是基础移动。轴承不对中不是激发振动的直接原因，但改变了支撑系统的动态响应。
轴不对中	1x，2x 或更高次谐波	连接处的几何误差导致平行不对中或角度不对中。轴弯曲激发振动。在某些情况下，轴向振动分量幅度与径向振动分量相当。
轴承运行条件或尺寸变化	次同步或 1x，2x，3x	轴承运行条件或尺寸变化导致稳态 1x 分量和更高次谐波振动变化，或者导致次同步分量不稳定（油流变化等）。在后一种情况中，振动通常不稳定，通常随时间快速增加。
滚动轴承磨损	高频宽带加速度信号	故障检测需要高频响应传感器。振动集中在轴承缺陷区域。振动读数通常不稳定，并随时间增长。
转动系弯曲	1x，2x 或更高次谐波	通常导致 1x 分量改变。如果转动系连接处弯曲，轴向振动 2x 分量明显增大。转子转速固定时，振动幅值固定。
转动系裂纹	1x，2x 或更高次谐波	2x 分量增加表示裂纹增大。同时 1x 或更高次谐波变化。
转动系部件松动	1x 和谐波	在一个起停周期内振动值变化大，不固定。有时出现次同步分量。
热不对称	1x	故障原因为通风不畅引起转子冷却不均，绕组匝间短路或部件不规则紧固。导致转动系热弯曲，振动特性与不平衡相似。通常发生在发电机转子。
齿轮缺陷	齿轮啮合频率，转频和相关边频	故障检测需要高频响应传感器。对于 1 个齿缺陷，出现 1x 和谐波。对于多个齿损坏，出现齿轮啮合频率和边频及谐波。
摩擦	大多数是 1x 分量，也有谐波，次同步和固有频率分量	低速时轻微摩擦能清洁风电机组自身。但高速时的摩擦会导致振动突然变化，振动值快速上升至停机值。转速太快或者风电机组内部温度突然变化，也可能导致摩擦产生。另外，旋转部件和固定部件间距太小，或者运行时部件偏移都可能导致摩擦。