

## 行业标准项目建议书

建议项目名称 (中文)	物联网 电子行业 风电机组结构振动 监测用传感器技术规范			建议项目名称 (英文)	Internet of things — Electronic industry— Technical Specification for sensors used in monitoring of structural vibration in wind turbine units	
制定或修订	<input checked="" type="checkbox"/> 制定		<input type="checkbox"/> 修订	被修订标准号	无	
采用程度	<input type="checkbox"/> IDT	<input type="checkbox"/> MOD	<input type="checkbox"/> NEQ	采标号		
国际标准名称 (中文)				国际标准名称 (英文)		
采用快速程序	<input type="checkbox"/> FTP			快速程序代码	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C
ICS 分类号	17.160			中国标准分类号	F11 (能源、核技术-风能)	
牵头单位	北京交通大学			体系编号	D-DB-DBR	
参与单位	三一重能股份有限公司、清华大学、北京交航科技有限公司、中车启航新能源技术有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、中车青岛四方机车车辆股份有限公司			计划完成周期	12 个月	
目的、意义或必要性	<p>制定风力发电机组振动监测国家或行业标准的核心目的在于建立统一的振动测量规范与评估准则，解决传统机械振动标准在低频振动响应及复杂环境激励等风电特有场景中的适用性局限。</p> <p>通过规范测量方法、设定评估区域边界及衔接国际标准，为机组全生命周期可靠性提供科学依据：既能优化预防性维护策略以延长关键部件寿命并防范重大安全风险。其重要意义体现在协调制造、运维、融资多方技术基准，完善行业标准生态，并为避免合同争议提供权威技术框架，最终推动风电产业向高可靠性、高环境适应性的方向发展。</p>					
范围和主要技术内容	<p><b>范围：</b>本文件规定了风力发电机组机舱状态监测所用传感器的技术要求、检验项目及评估标准、检验方法等相关要求。</p> <p>本文件适用于风力发电机组机舱状态监测所用传感器及系统的设计、开发、生产、制造、质量检验与应用。</p> <p><b>技术内容：</b>本标准规定了风力发电机组机舱结构振动监测所用传感器的技术要求、检验项目及评估标准、检验方法等相关要求。具体包括：</p> <p><b>灵敏度：</b>传感器能够检测到的最小振动信号的强度，通常以mV/g为单位表示。灵敏度越高，传感器对微小振动的感知能力越强，但同时也可能更容易受到噪声的干扰。</p> <p><b>测量范围：</b>传感器能够测量的最大振动信号的范围，通常以g为单位表示。测量范围越大，传感器能够适应的振动强度变化范围越大，但也可能牺牲一定的灵敏度。</p> <p><b>频率响应：</b>传感器能够准确测量振动信号的频率范围，通常以Hz为单位表示。频率响应范围越宽，传感器能够捕捉到的振动信号频率成分越完整，但同时也可能增加数据处理的复</p>					

	<p>杂性。</p> <p><b>分辨率：</b>传感器能够分辨的最小振动信号的变化，通常以 <math>\mu\text{g}</math> 为单位表示。分辨率越高，传感器能够检测到的振动信号细节越丰富，但也可能对传感器的稳定性和抗干扰能力提出更高的要求。</p> <p><b>线性度：</b>传感器输出信号与输入信号之间的线性关系，通常以 %FS（满量程）表示。线性度越好，传感器输出信号与实际振动信号之间的误差越小。</p> <p><b>抗干扰能力：</b>传感器抵抗振动冲击、电磁干扰、温度变化、湿度变化等环境因素影响的能力。</p> <p><b>滤波处理：</b>传感器应具有低通、高通、带通滤波器功能，可以设置滤波器的类型，至少应包括一阶、二阶、巴特沃斯滤波器、椭圆滤波器，滤波器的通带频率、阻带频率、通带平坦度等参数可设置。</p> <p><b>时域分析：</b>通过分析振动信号在时间域上的变化规律，如振动幅值、振动频率、波形形状等，来识别风力发电机的运行状态和潜在故障。常用的时域分析方法包括均方根值（RMS）、峰值、峭度等。</p> <p><b>频域分析：</b>通过将振动信号转换到频率域上，分析振动信号的频率成分，如频谱图、功率谱密度等，来识别风力发电机的故障类型。</p>
<p>国内外情况 简要说明</p>	<p>风力发电机振动传感器的技术指标及国内外标准体系紧密围绕风电设备的可靠性、安全性和智能化需求展开，形成了覆盖传感器设计、校准、环境适应性、数据接口的完整技术框架，推动标准与技术创新同步迭代，以适应新型风机设计与推广的发展需求。</p> <p><b>(1) 核心技术指标与国内外技术现状分析——</b></p> <p>① <b>宽频测量与多物理量覆盖频率范围存在差异：</b>国内标准 GB/T 19960-2024 要求传感器覆盖 0.1Hz-6kHz，满足齿轮箱啮合振动（100Hz-5kHz）、主轴低频摆动（0.5Hz-1.5Hz）及电磁振动（200Hz-400Hz）的监测需求。国际标准 VDI3834(2009 版)规定测量范围 0.1Hz-6kHz，与国内标准完全一致；ISO 10816-3 则针对非旋转部件，要求覆盖 10Hz-1kHz，侧重中高频振动评估。</p> <p>② <b>技术差异：</b>国内标准通过激光绝对法校准（ISO 16063-1）实现低频响应的精准溯源，而国际标准更依赖实验室环境下的传统校准方法。</p> <p>③ <b>物理量测量精度：</b>国内标准要求加速度量程 <math>\pm 500\text{g}</math>（0-5000<math>\text{m/s}^2</math>），分辨率 <math>\leq 0.01\text{m/s}^2</math>，动态范围 <math>\geq 70\text{dB}</math>，与 ISO 10816-3 的 0.5 级精度（误差 <math>\leq 0.5\%</math>）兼容。</p> <p>④ <b>三轴向集成：</b>国内标准要求空间耦合误差 <math>\leq 3\%</math>，支持 XYZ 三维矢量合成，与 VDI3834 的垂直径向、径向水平、轴向测量方向完全一致。</p> <p><b>(2) 环境适应性与可靠性——</b></p> <p>① <b>温度范围：</b>国内标准要求 -40℃ 至 85℃，通过 -55℃ 至 125℃ 极端温度验证；国际标准如 IEC 61400-1（2019 版）仅规定 -20℃ 至 50℃，国内标准更适应高海拔、寒区等特殊场景。</p> <p>② <b>电磁兼容性：</b>国内标准在 IEC 61000-4-6（10V/m, 80MHz-1GHz）基础上，针对变频器谐波干扰增加 100kHz-5MHz 射频场感应测试，形成专项规范。抗干扰设计。</p> <p>③ <b>电磁屏蔽：</b>国内采用双层不锈钢外壳 + 内部法拉第笼结构，磁场屏蔽效能 <math>\geq 100\text{dB}</math>（100kHz），与 IEC 61000-4-3（辐射抗扰度）兼容，但增加了现场动态修正算法（如自适应陷波滤波）。</p> <p><b>(3) 数据接口与通信协议——</b>国内标准与 IEC 61400-25（2017 版）的模拟量接口规范一致。数字通信协议——</p> <p>① <b>CANopen：</b>国内标准遵循 CiA 301 规范，支持 1ms 周期数据传输和事件触发报警，与 IEC 61400-25-4 的通信协议映射兼容。</p> <p>② <b>Modbus TCP：</b>国内标准定义与 SCADA 系统的接口规范，填补了 GB/T 19960-2024 未覆盖的标准化空白，促进多厂商设备互操作性。</p> <p><b>(4) 国内外标准对比与协同——国内标准的特点与突破：</b></p> <p>① <b>针对海上风电进行场景化扩展，</b>如《海上风力发电机组支撑结构安全监测技术导则》（2020 版）新增动态倾斜监测（分辨率 <math>\leq 0.01^\circ</math>）。</p> <p>② <b>智能化需求：</b>国内标准要求传感器支持边缘计算，与《风电场智能化技术导则》衔接；国际标准如 IEC 61400-25（2017 版）仍以数据传输为主，未</p>

	<p>涉及本地数据处理。③ <b>校准技术引领</b>：国内主持修订 ISO 16063-1（2023 版），统一横向振动定义和测量方法，并制定 ISO 16063-45（2024 版），成为国际首个振动传感器原位校准标准。<b>国际标准的优势与局限</b>：① 通用性与互认——VDI3834（2009 版）和 ISO 10816-3（2009 版）在全球风电行业广泛应用，国内传感器通过符合其要求可快速进入国际市场。IEC 61400-25（2017 版）定义的通信协议（如 MMS、OPC UA）支持跨国设备互操作性，但国内标准通过兼容 Modbus TCP 实现本地化适配。② 动态响应与精度——国际标准如 ISO 16063-11（2019 版）推荐激光干涉法，但未涉及三轴向校准；国内通过三轴向矢量合成技术（空间耦合误差≤3%）实现更精准的三维振动评估。<b>标准协同与技术互补</b>：① 国内与国际的衔接——国内 GB/T 19960-2024 吸收 IEC 61400-1（2019 版）的整机振动测试要求，但扩展低频响应至 0.1Hz；IEC 61400-25（2017 版）的通信协议与国内 CANopen/Modbus TCP 形成互补。② 国内《风力发电机振动传感器校准规范》（团体标准）与 ISO 16063-1（2023 版）校准方法一致，推动国际互认。</p> <p><b>(5) 产业价值与标准化引领</b>：国内传感器通过宽频测量（0.1Hz-6kHz）将齿轮箱早期故障识别率提升至 90% 以上，单台机组年运维成本降低 15 万元；三轴向振动合成技术缩短平衡调试时间 30%。国际标准如 VDI3834（2009 版）的阈值体系（如 10mm/s 报警值）被国内广泛采用，保障全球风电设备的统一监测标准。</p> <p>综上所述，风力发电机振动传感器的国内外标准在技术指标、校准方法和环境适应性上既有协同又有差异：国内标准在宽频测量、极端环境测试、原位校准等方面领先，尤其适应高海拔、海上风电等特殊场景；国际标准在通用性、互操作性和动态响应上具有优势，支撑全球风电市场的统一规范。未来，随着智能化、无线化技术的融合，国内外标准将进一步趋同，中国凭借校准技术创新和场景化扩展，正从标准跟随者向引领者转变。</p> <p><b>与国际标准对比情况</b>：国际标准 ISO 10816 系列针对工业机器（含风机）的振动测量位置、评价指标（如振动烈度）和限值进行规范，为传感器布置和数据评估提供框架；ISO 20816 系列：聚焦风机各种振动工况（如塔筒、机舱、叶片、传动链、电机）的测量与评估，要求传感器覆盖 0.1 Hz 至 5000 Hz 的宽频范围。与之对比：本标准强调通对风机安全和运行稳定性的结构振动监测，监测频率范围为 0.1 Hz 至 100 Hz，增加了对滤波等信号处理、以及 SSD 预警的技术要求。</p> <p><b>与国内标准对比情况</b>：（1）与国家标准 GB/T 35854-2018 对比，该标准名称为《风力发电机组及其组件机械振动测量与评估》，规定了风力发电机组振动监测系统的技术要求、测量方法和评价准则，适用于在线和离线监测系统；与之对比：本标准与 ISO 10816-3 内容一致，结合国内风电行业需求细化了监测用传感器的检测能力与安装要求。（2）与行业标准 NB/T 31004-2011 对比，该标准名称为《风力发电机组振动状态监测导则》，对检测用传感器做了初步规定，但未明确传感器布置、测量参数等规范；与之对比，本标准不仅明确了传感器的各项功能与性能，更侧重于对风力发电机的整机与机舱等位置进行振动监测，安装便捷且可获得对风力发电机内部与外部的全局信息，提供更贴近国内风电设备制造和运维需求的基准。</p>				
牵头单位	(签字、盖公章)  月 日	标准化技术组织	(签字、盖公章)  月 日	部委托机构	(签字、盖公章)  月 日

[注 1] 填写制定或修订项目中，若选择修订必须填写被修订标准号；

[注 2] 选择采用国际标准，必须填写采标号及采用程度；

[注 3] 选择采用快速程序，必须填写快速程序代码；

[注 4] 体系编号是指在各行业（领域）技术标准体系建设方案中的体系编号