

物联网 振动在线监测系统要求与评价指南

Internet of Things —Requirements and evaluation guidelines for
vibration online monitoring systems

（征求意见稿）

20xx—xx—xx发布

20xx—xx—xx实施

中国计量协会 发布

目 次

前 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 参考系统结构及原理	3
5 系统要求	4
6 安全要求	5
7 物联网振动在线监测系统评价	6
8 安全试验	8
参考文献	10

前 言

本文件依据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》、GB/T 20001.7-2017《标准编写规则 第7部分：指南标准》的规定起草。

本文件由中国计量协会提出。

本文件由中国计量协会智库工作委员会归口。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人：

物联网 振动在线监测系统要求与评价指南

1 范围

本文件给出了物联网应用中振动状态在线监测系统的参考体系结构及原理、通用技术要求、功能要求和安全要求，并给出了振动状态在线监测系统的远程在线数字化评价方法的指导。

本文件适用于物联网应用中振动状态在线监测系统的设计与在线运行评价，适应的振动状态在线监测系统包含但不限于城市轨道交通振动状态在线监测系统、风机、风力发电机组等的振动状态在线监测系统、工业过程控制振动状态在线监测系统等。

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。

- JJF 1156-2006 振动 冲击 转速计量术语及定义
- GB/T 13824-2015 旋转与往复式机器的机械振动对振动烈度测量仪的要求
- 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
- GB/T 19873.3-2019 机器状态监测与诊断 振动状态监测 第3部分：振动诊断指南
- GB/T 20485.11-2006 振动与冲击传感器校准方法 第11部分：激光干涉法振动绝对校准
- GB/T 20485.21-2007 振动与冲击传感器校准方法 第21部分：振动比较法校准
- GB/T 20518-2018 信息安全技术 公钥基础设施数字证书格式
- GB/T 24338.4-2018 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机车车辆 设备
- GB/T 25742.1-2010 机器状态监测与诊断 数据处理、通信与表示 第1部分：一般指南
- GB/T 25742.3-2018 机器状态监测与诊断 数据处理、通信与表示 第3部分：通信
- GB/T 33745-2017 物联网 术语
- GB/T 35854-2018 风力发电机组及其组件机械振动测量与评估
- GB/T 38624.1-2020 物联网 网关 第1部分：面向感知设备接入的网关技术要求
- GB/T 38637.1-2020 物联网 感知控制设备接入 第1部分：总体要求
- GB/T 51306-2018 工程振动术语和符号标准
- GB/T 6075.1-2012 机械振动 在非旋转部件上测量评价机器的振动 第1部分：总则

3 术语和定义

JJF 1156 - 2006、GB/T 33745-2017和GB/T 51306-2018界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 物联网 internet of things; IOT

通过感知设备，按照约定协议，连接物、人、系统和信息资源，实现对物理和虚拟世界的信息进行处理并作出反应的智能服务系统。

3.2 感知控制设备 sense and control device

处于物联网感知控制域，具备与外部系统双向通信能力，用于收集物理世界的信息并能够发送或接收处理外部命令的装置。

3.3 物联网网关 internet of things gateway

具有数据存储能力、计算能力和协议转换能力等，可通过北向接口与应用平台建立通信连接和通过南向接口与感知控制设备进行通信的实体。

注：

1. 北向接口是物联网网关与公众电信网络之间的接口。
2. 南向接口是物联网网关与感知控制设备之间的接口。
3. 实体可以是独立设备或软件。

3.4 对象 object

与物联网应用有关的，用户感兴趣的物理实体。

注：对象需要承载可被感知的信息，如智能家居应用中的房间即为对象，其温度、湿度等为感知的信息。

3.5 参考体系结构 reference architecture

对系统的整体结构、组成部分、不同部分之间的关系描述。

3.6 数据采集 data acquisition

通过传感器测量电压、电流、温度、压力、声音、编码数据等电气或物理现象的过程。

3.7 数据分析 data analysis

为提取有用信息和形成结论而对数据加以详细研究和概况总结的过程。

3.8 数据采集仪/系统 data acquisition instrument/system

将输入的模拟信号采集后数字化并能够存储在自带的存储介质或配套连接的计算机硬盘内的一种仪器/系统。

3.9 振动传感器 vibration transducer

能感受振动参量并转换成可用输出信号的传感器。

3.10 加速度传感器/加速度计 acceleration transducer/accelerometer

能感受加速度量并转换成可用输出信号的传感器。

3.11 速度传感器 velocity transducer

能感受速度量并转换成可用输出信号的传感器。

3.12 位移传感器 displacement transducer

能感受位移量并转换成可用输出信号的传感器。

3.13 灵敏度 sensitivity

输出量的变化值与相应的被测量的变化值之比。

3.14 振动烈度 vibration severity

通用术语，指定一个或一组数值，如最大值、平均值或均方根值，或其他表征振动的参数。

3.15 比较法校准 comparison calibration

用参考标准来校准传感器的方法。

3.16 绝对法校准 absolute calibration

按照运动量用基本量（如振幅、频率等）来校准传感器的方法。

3.17 标准振动激励(器) standard vibration exciter

用以产生振动力，并能将这种振动力加到其他被试结构或被试设备上的振动激励装置。

3.18 振动基线数据 vibration baseline data

机器设备在初始稳定振动状态时测量和观察到的数据或数据组。

注：新的和大修后的机器设备应在磨合期后采集基线数据。

3.19 振动状态在线监测系统 vibration condition online monitoring systems

指由实现被监测对象的振动数据采集、数据分析及分析数据统计、显示与上传等功能的软硬件设施组成的系统。

3.20 数字证书 digital certificate

由国家认可的，具有权威性、可信性和公正性的第三方证书认证机构（CA）进行数字签名的一个可信的数字化文件。

3.21 数字化在线评价系统 digital online evaluation systems

指由数据采集、数据分析及分析数据统计、显示与上传等功能的软硬件设施组成，能对在线监测系统的运行状态进行评价，并提供数字证书的系统。

4 参考系统结构及原理

振动传感器安装在被监测对象的适当位置来感知并实时获取被监测对象的当前状态。数据采集分析仪/系统或物联网网关将振动传感器感知到的信息数据经过特定的算法分析与结果处理，通过物联网网络将被监测对象当前状态传送到后端监控设备，供维护人员查询和使用。物联网振动状态在线监测系统是用于对被检测对象（机器、设备等）的健康状态进行在线监测的系统。

数字化远程在线评价系统，主要由标准加速度计套组、标准振动激励（器）、激光/视觉系统、数据采集/分析仪及其评价系统等组成，通过对不同物联网振动在线监测系统实际评价需求配置不同测试装置与方法的方式，可以有效地对其运行状态实现远程在线核查与评价，并可根据实际需求将核查与评价结果形成数字证书，供用户查询使用。

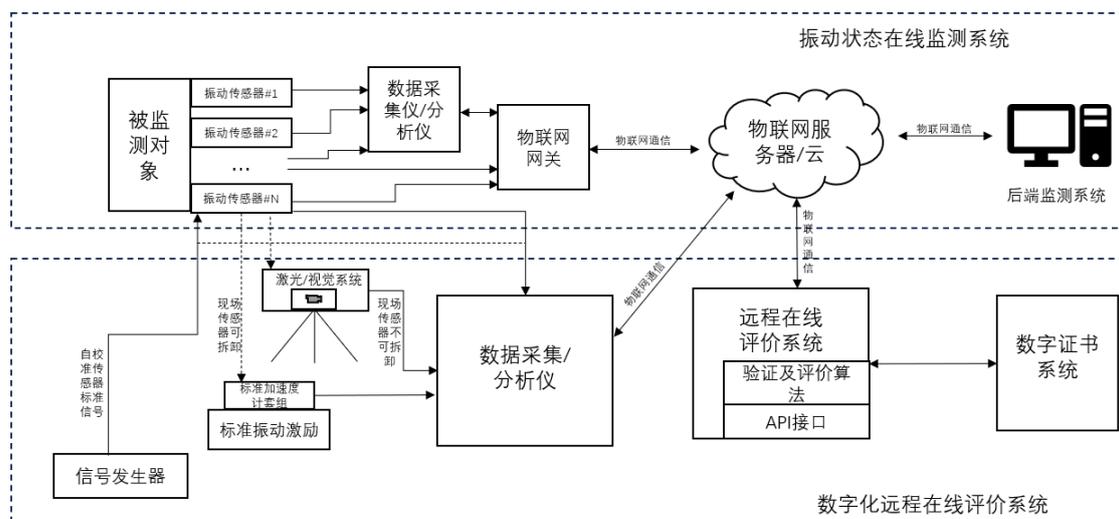


图 1 物联网振动状态在线监测系统与数字化在线评价系统结构原理图

5 系统要求

5.1 总体要求

物联网振动状态在线监测一般有以下目的：

- 加强设备保护；
- 改善人员安全；
- 改进维修方法；
- 早期发现问题；
- 避免突然失效；
- 延长设备寿命；
- 提高运行水平。

基于以上，物联网振动状态在线监测系统总体要求如下：

- 可以采取简单到复杂的多种形式，包括连续的或周期的测量，以便能对所监测的对象提供可靠的测量结果；
- 应能对所监测的对象进行识别、状态检测、健康评价并预测故障或寿命时间，给出相应的推荐措施。

对振动状态在线监测系统评价是为了更全面、系统地评估其状态监测运行的健康状况。

5.2 功能要求

5.2.1 通信功能

- 应具备符合物联网网络协议的通信功能；
- 应具备与后端监控设备之间的通信能力，保证在线监控状态的实现；
- 应具备与数字化远程在线监测评价系统之间通信的能力，保证远程计量过程的实现。

注：1. 网关的通用数据配置可参照GB/T 38624.1-2020中相应部分的规定。

2. 感知控制设备接入要求可参照GB/T 38637.1-2020中相应部分的规定。

3. 通信内容与格式可参照GB/T 25742.1-2010、GB/T 25742.3-2018中相应部分的规定。

5.2.2 核查功能

系统应具有自核查与第三方核查功能：

a) 系统应能定期进行自核查,通过具有自校准功能的振动传感器的接入或与振动基线测量数据对比进行;

b) 系统应开放第三方核查功能。根据实际需要定期进行第三方核查,并能够将第三方现场核查或标定的振动传感器灵敏度、振动基线测量数据进行本地保存调用,同时该数据也供第三方数字化证书使用。

5.2.3 显示查询要求

系统应具备显示查询功能：

a) 能够显示、查询被监测对象、振动传感器的基本信息,包括型号、编号、生产商、安装方向和位置信息、投入使用信息、维护记录等;

b) 能够显示、查询被监测对象的核查信息,包括对应型号编号的振动传感器的出厂灵敏度、历次校准灵敏度及其曲线、振动基线数据的历史曲线、核查结果、历次核查结果、核查曲线等。

5.2.4 在线诊断

系统应具备在线诊断功能：

a) 应具备对被监测对象进行本地/远程在线监测,发现异常的功能;

b) 宜具备对监测到的异常进行定位、分析诊断的功能;

c) 宜具备对给出解决方案,协助异常恢复的功能。

5.2.5 系统测量范围

依据具体应用,选择合适的传感器,一般来说,用于状态监测的振动传感器主要有加速度传感器、速度传感器、位移传感器,它们的典型频率范围为:

加速度传感器: 0.1Hz~30kHz;

速度传感器: 0.1Hz~2kHz;

位移传感器: 0.1Hz~1kHz;

注: 1. 对于一般的机器状态监测与诊断,系统测量范围参照GB/T 19873.1-2005中规定的要求;

2. 风力发电机组及其组件,系统测量范围参照GB/T 35854-2018中规定的要求。

5.3 振动传感器安装要求

对被监测对象的振动状态的正确测量主要取决于是否将运动精确地传递至传感器。固定安装传感器的保真范围最宽,振动传感器的安装方法及它们对性能的影响参见GB/T 14412。如果条件允许,应尽可能采用刚性的机械紧固的安装方式。在刚性安装不便的实施的地方,可用粘结剂的方式安装传感器,应使用固化时刚度大的粘结剂,而不用弹性粘结剂,因为后者会降低信号传递的保真度。

注: 对机器状态监测传感器的安装位置应符合GB/T 19873.1-2005附录A的规定。

6 安全要求

6.1 绝缘电阻

在环境温度(15~35)℃,相对湿度≤85%条件下,系统电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于50 MΩ。各组端子与外壳之间施加的直流试验电压应符合表1的要求。

表1 绝缘电阻直流试验电压

系统端子标称电压/V	直流试验电压/V
≤60	100
220V	500

6.2 绝缘强度

在环境温度（15~35）℃，相对湿度≤85%条件下，在系统各端子（包括外壳）之间施加表2所规定的50Hz正弦波试验电压下持续1min，不应出现击穿和飞弧现象。

表2 绝缘强度试验电压

系统端子标称电压/V	直流试验电压/V
≤60	500
220V	1500

7 物联网振动在线监测系统评价

7.1 测量条件

7.1.1 实验室环境条件

- a) 温度：（23±3）℃
- b) 相对湿度：≤75%
- c) 供电电压：应在额定电压的±10%以内。
- d) 室内无腐蚀性介质、无明显的干扰振源和强电磁环境。

7.1.2 工况条件

- a) 推荐设备达到额定工况运转时（如：转速、电压、电流、压力、功率等）进行测量。
- b) 对多工况的机器，应在各工况点的稳定状态下进行测量。

7.2 测量设备

7.2.1 采集系统

采集系统主要由标准加速度计套组、激光测振系统、视觉系统、数据采集仪等组成：

a) 标准加速度计套组，分为低频标准加速度计套组、中频标准加速度计套组和高频标准加速度计套组，主要用于比较法的振动传感器及监测系统的校准与核查评价。

标准加速度计套组参考点不确定度应不大于0.5%（ $k=2$ ）。

b) 激光测振系统和视觉系统主要用于绝对法的振动传感器校准与核查评价，视觉系统应满足超低频到低频（0.01~10）Hz范围内测试要求，激光测振系统应满足中频到高频（5~10000）Hz范围内测试要求。

c) 数据采集仪包含动态信号分析仪、数字万用表、多通道数据采集仪等，主要用于振动传感器信号采集与分析。频率示值误差不超过±0.01%；交流电压幅值测量误差或不确定度应不超过±0.2%或0.2%（ $k=2$ ）。

7.2.2 标准振动激励（台）

标准振动激励主要有标准振动台、便携式振动校准器等组成，标准振动激励幅值示值误差应不超过±5%；失真度在频率>20Hz时，应<5%，在频率≤20Hz时，应<10%；频率示值误差应不超过±0.1%。

7.2.3 信号发生器

信号发生器主要用于对具有自校准能力的振动传感器提供标准振动幅值信号。频率范围应不小于0.1Hz~30kHz，频率示值误差应不超过±0.1%；幅值范围应不小于（0.1~10）V_{pp}，幅值示值误差应不超过±1%。

7.3 测量评价方法

7.3.1 实验室检测/校准

振动传感器在安装到物联网应用现场之前应进行实验室检测或校准，获取参考灵敏度、灵敏度幅值线性度、灵敏度频率响应、截至频率（带宽）等用于状态监测的关键物理量参数。

注：1. 比较法检测或校准方法参照GB/T 20485.21-2007；

2. 绝对法检测或校准方法参照GB/T 20485.11-2006；

7.3.2 现场核查与评价

a) 振动传感器可拆卸

振动传感器现场拆卸后，采用标准振动激励设备提供振动激励的方式进行现场校准，校准方法同7.3.1。

b) 振动传感器不可拆卸

振动传感器不可拆卸，对于具有自校准功能振动传感器，采用信号发生器作为标准信号发生进行现场校准；对于不具有自校准功能振动传感器，采用系统整体核查与评价方式。

c) 系统核查与评价

系统核查与评价一般在振动状态运行稳定的情况下进行，可采用点检式、远程在线评价等方式。

c.1 一般核查推荐点检式，通过便携式振动巡检设备进行现场点检，记录核查数据。

c.2 系统评价应采用在线评价方式，参照 GB/T 20485.21-2007、GB/T 20485.11-2006 中规定的测量方法，推荐采用以下评价指标：

c.2.1. 振动加速度级

$$A = 20 \lg \left(\frac{a_{rms}}{a_0} \right) \quad (1)$$

式中：

A —振动加速度级，dB；

a_{rms} —测量加速度幅值有效值， m/s^2 ；

a_0 — 10^{-6} ， m/s^2 。

c.2.2. 振动速度的均方根值

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt} \quad (2)$$

式中：

V_{rms} —振动速度均方根值，单位为毫米每秒（mm/s）；

$V(t)$ —振动速度随时间变化的函数，单位为毫米每秒（mm/s）；

T —测量周期，单位为秒(s)。

注：1.对于(0.1~10)Hz 频率范围内存在相对较高加速度或速度幅值的振动，评估周期推荐为 600s，也可根据实际振动激励情况进一步划分评估周期，划分的评估周期不小于 60s；

2.对于(10~1000)Hz(或更高)频率范围内存在相对较高的加速度或速度幅值的振动，评估周期推荐为 60s。

c.2.3 整机振动烈度

$$V_s = \sqrt{\left(\frac{\sum V_x}{N_x}\right)^2 + \left(\frac{\sum V_y}{N_y}\right)^2 + \left(\frac{\sum V_z}{N_z}\right)^2} \quad (3)$$

式中：

V_s —振动烈度，单位为毫米每秒(mm/s)；

V_x 、 V_y 、 V_z —分别为 x、y、z 三个相互垂直的方向上的振动速度均方根值，单位为毫米每秒(mm/s)；

N_x 、 N_y 、 N_z —分别为 x、y、z 三个方向上的测点数。

c.2.4 频谱分析

根据实际需求以不低于倍频程的频谱分析振动加速度、速度、位移等幅值峰值、有效值、峰峰值。

d)评价修正

当设备处于有振动的环境条件下，应测量和记录环境振动的数据。如果测量的振动速度级和背景振动的差值在 10dB 以内，则可按式(4)进行修正。

$$V = 10\lg(10^{0.1V_0} - 10^{0.1V_k}) \quad (4)$$

式中：

V —经背景振动修正后的振动速度级，单位为分贝(dB)；

V_0 —实际测量振动速度级，单位为分贝(dB)；

V_k —环境振动速度级，单位为分贝(dB)。

8 安全试验

8.1 绝缘电阻

断开系统电源，将电源端子、输出端子分别短接，按 6.1 的要求用绝缘电阻表分别测量电源端子与

外壳（接地端），电源端子与输出端子，输出端子与外壳（接地端）之间的绝缘电阻，测量时应稳定 5s 后读数。

8.2 绝缘强度

断开系统电源，将电源端子、输出端子分别短接，按 6.2 的要求在耐电压测试仪上分别测量电源端子与外壳（接地端），电源端子与输出端，输出端子与外壳（接地端）之间的绝缘强度。测量时试验电压从零开始增加，在 5s~10s 内平滑均匀地升至规定值，保持 1min 后，平滑地降低电压至零，并切断试验电源。

参考文献

- [1] JJF(苏) 235-2020 振动变送器校准规范
- [2] JJG 233-2008 压电式加速度计检定规程
- [3] JJG 676-2019 测振仪检定规程
- [4] GB/T 16301-2008 船舶机舱辅机振动烈度的测量和评价
- [5] GB/T 33750-2017 物联网 标准化工作指南
- [6] Liu chong, Wei Jiahong, etc, Design and evaluation of a remote measurement system for the online monitoring of rail vibration signals. DOI:10.1177/0954409714560421.
- [7] A. Jablonski*, T. Barszcz, Validation of vibration measurements for heavy duty machinery diagnostics. Mechanical Systems and Signal Processing 38(2013)248-263.
- [8] E. Peter Carden and Paul Fanning, Vibration Based Condition Monitoring: A Review. Structural Health Monitoring 2004 3:355. DOI:10.1177/1475921704047500.