

团 标 准

T/CES XXX-XXXX

72.5kV~1100kV 气体绝缘金属封闭输电线路
(GIL) 振动量在线监测技术应用导则

Application guide of vibration on-line monitoring technology for 72.5kV~
1100kV gas insulated metal-enclosed transmission line (GIL)

2020-XX-XX 发布 2020-XX-XX 实施

中国电工技术学会发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般应用条件	2
4.1 电磁环境条件	2
4.2 气候环境条件	2
4.3 网络安全条件	2
5 系统架构	2
5.1 硬件架构	2
5.1.1 传感器单元	2
5.1.2 智能单元	2
5.1.3 系统后台	2
5.2 软件架构	2
5.2.1 设备状态模块	2
5.2.2 数据查询模块	2
5.2.3 系统设置模块	2
5.2.4 数据分析模块	2
5.2.5 采集存储模块	3
6 技术要求	3
6.1 参数指标要求	3
6.2 供电要求	3
6.3 数据接入要求	3
6.4 网络安全要求	4
6.5 硬件功能要求	4
6.6 软件功能要求	4
7 试验要求	4
7.1 型式试验	4
7.2 出厂试验	6
7.3 交接验收试验	6
8 现场应用指导	6
8.1 传感器选型、安装方式	6
8.2 通讯方式	6
8.3 数据处理要求	6
8.4 现场运维注意事项	7
附录 A (规范性附录)	8
附录 B (资料性附录)	9
附录 C (资料性附录)	11
参考文献	13

前　　言

为了保障气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）的运行安全并实时判定其工作状态，本导则规定了GIL振动量在线监测技术在工程现场应用需要满足的一般应用条件、系统架构、技术要求、试验要求、现场应用指导等。

本标准依据 GB/T 1.1《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》制定。

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这些专利的责任。

本标准由中国电工技术学会提出。

本标准起草单位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司曲靖局、华中科技大学、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司生技部、国网河南省电力科学研究院、湖北省计量测试技术研究院、国网河南省电力公司直流中心、国网河南省电力公司超高压公司、西安西开高压电气股份有限公司、山东泰开高压开关有限公司、武汉智能装备工业技术研究院有限公司

本标准主要起草人：臧春艳、陈静、方苏、盛康、张利、董曼玲、汤会增、徐爱华、王典浪、张伟、解克佳、郭果、刘春、蒋龙、许昊、兰浩、詹振宇、刘锦蕙、张瑞、胡翔、石文中、高志强

72.5kV~1100kV 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）振动量在线监测技术应用导则

1 范围

本标准规定了 72.5kV~1100kV 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）振动量在线监测技术的一般应用条件、系统架构、技术要求、试验要求、现场应用指导等要求。

本导则适用于交、直流地上型和地下管廊型 GIL 设备的振动量在线监测与故障诊断，涉及 GIL 振动量在线监测系统的设计、选型、交接验收、现场应用等。

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，凡是注明日期的引用文件，仅注明日期的版本适用于本文件，凡是不注明日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 26860-2021 电力安全工作规程发电厂和变电站电气部分
- GB/T2298-2010 机械振动、冲击与状态监测词汇
- GB/T11022-2020 高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- GB/T 22383-2017 额定电压 72.5 kV 及以上刚性气体绝缘输电线路
- GB/T 7674-2020 额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备
- GB/T 22239-2019 信息安全技术网络安全等级保护基本要求
- GB/T 36572-2018 电力监控系统网络安全防护导则
- 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 19520.12-2009 电子设备机械结构 482.6 mm(19 in)系列机械结构尺寸第 3-101 部分：插箱及其插件
- GB 4824-2013 工业科学和医疗（ISM）射频设备骚扰特性限值和测量方法
- DL/T 1430-2015 变电设备在线监测系统技术导则
- DL/T 1498.1-2016 变电设备在线监测装置技术规范第 1 部分：通则
- DL/T 1146-2021 DL/T 860 实施技术规范
- DL/T 478-2013 继电保护和安全自动装置通用技术
- JJG 834-2006 动态信号分析仪

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。本标准未规定的术语与定义见GB/T 2298、DL/T 1430、DL/T 1498.1-2016、GB/T 36572、GB/T 22239标准。

3.1

GIL 在线监测装置 on-line monitoring device of GIL

通常安装在 GIL 设备上或附近，用以自动采集、处理和发送 GIL 状态信息的监测装置。监测装置能通过现场总线、以太网、无线等通信方式与综合监测单元或直接与站端监测系统通信。

3.2

振动量 vibration

GIL 测点相对于平衡位置（未通电时静止位置）的位移变化。

3.3

振动传感器 vibration sensor

振动状态感知元件，用于将设备机械振动状态参量转变为可采集电信号。如位移传感器、速度传感器、加速度传感器等。

4 一般应用条件

GIL 振动量在线监测系统应满足 GB/T 22383-2017 的一般性应用要求。

4.1 电磁环境条件

在接收天线边缘 100 米内不得有无线电强干扰源和障碍物。在线监测系统前端数据采集装置附近最大电磁波场强不得超过 5kV/m ，工频磁感应强度不得超过 $200\mu\text{T}$ ，在线监测系统所处位置电磁环境要求应符合 DL/T 1498.1 的相关规定。

4.2 气候环境条件

选择在线监测系统安装位置时，应避开水患、落雷、龙卷风频繁、地震、泥石流等有灾害性气候地区。应避开有毒气体、有腐蚀性气体及排除大量烟灰、粉尘等污染区 1km 以上。应避开易引发火灾的位置。

4.3 网络安全条件

系统接入的网络平台应具有主动防御技术和被动防御技术。主动防御技术可引入可信计算，被动防御技术可对重点报文进行防护，采用国产加密算法，提升网络安全系数。

5 系统架构

5.1 硬件架构

GIL 振动量在线监测系统硬件构成一般应包括传感器单元、智能单元和系统后台等。

5.1.1 传感器单元

含前端振动传感器、信号缆线、固定装置等，完成相应振动数据的在线、实时采集任务。

5.1.2 智能单元

对现场实测数据进行滤波处理，剔除飞点数据，由核心芯片完成指定运算处理功能。采用有线或无线方式进行通讯，实现数据上传至后台中心处理软件。

5.1.3 系统后台

实时接收并多线程处理各类数据，关联设备故障预警设定，并与变电站中心控制室的接口实现对接。



图 1 硬件架构示意图

5.2 软件架构

GIL 振动量在线监测系统软件构成一般应包括设备状态、数据查询、系统设置、数据分析和采集存储模块，每个模块对应一个子界面。

5.2.1 设备状态模块

设备状态以列表的方式显示所有测点数据信息，可以通过各种测点信息的关键字段进行查询。

5.2.2 数据查询模块

数据查询以列表及图形的方式显示当前测点数据信息，可以通过测点编号与采集开始/结束时间进行当前测点的数据查询。通过选中某条测点采集数据信息，进行单击/双击，可以显示信号相关波形图。

5.2.3 系统设置模块

该模块主要进行系统设置的显示和修改，如：测点添加、用户管理等。

5.2.4 数据分析模块

该模块负责对收集到的当前测点数据及历史数据进行综合分析，给出设备当前状态评估结论、未来演进趋势及操作建议。

5.2.5 采集存储模块

该模块负责对所有测点数据的采集和存储。注意采集程序应该不间断运行，在整个采集过程中不能被关闭退出。

6 技术要求

6.1 参数指标要求

GIL 振动量在线监测系统的总体技术要求应符合 DL/T 1430-2015 的相关要求。系统各组成部分的性能指标应满足电力设备在线监测系统的通用技术要求，如结构、绝缘、电磁兼容、环境适应性等方面的要求。GIL 振动量在线监测系统应能提供振动波形的 FFT 频谱，并能显示滤除外界异常振动如地震波后的波形。

适用于本标准的在线监测系统在设计时应考虑到温度、湿度、腐蚀性气体，GIL 材料及表面粗糙度、传感器所接触的工作介质、噪声、磁场、同传感器端部邻近的金属物质、电源电压波动等。所用的仪器在其适用的环境中应能可靠的工作，应该保证振动传感器的安装方式正确。

适用于本标准的在线监测系统应覆盖较宽的频率范围，应包括故障振动源传递到测量部位（如 GIL 壳体、绝缘子、支架等）所产生的频带，且在频率范围内有较平坦的响应特性。

GIL 振动在线监测系统的幅值测量范围应以 GIL 之前的振动数据统计规律或评定准则作为基础来选择，应覆盖从最低到最高的预期幅值。测试设备的本底噪声应小于最小振动测量值的三分之一。

如评估 GIL 工作状态采用的振动量包括多个物理参量（如位移、速度、加速度等），则该在线监测系统应能显示全部相关量的特征。

本导则推荐的 GIL 振动量在线监测系统性能指标为：

在所要求的测量幅值和频率范围内，幅频响应优于 $\pm 10\%$ 。

传感器的灵敏度频率响应优于 $\pm 10\%$ 。

幅值线性误差优于 $\pm 10\%$ 。

采集装置每个通道采样率应不小于 20kHz。

在线监测系统的动态范围应不小于 80dB。

对于多通道监测装置，通道一致性优于 $\pm 1\text{dB}$ 。

在线监测系统应有在线校准措施，具有合适的数据输出接口。

建议同步测量测点附近温度，并能基于标准温差对振动数据进行修正。

6.2 供电要求

6.2.1 为保障 GIL 振动量在线监测系统的可靠供电，应对 GIL 振动量在线监测系统的电源实现低功耗管理。采用休眠、触发、远程唤醒等方式，在保证系统监测功能正常运转下，实现电源电力的最优使用。

6.2.2 GIL 振动量在线监测系统的供电方式推荐如下：

- 1) 对地上型 GIL，建议采用太阳能光伏发电+蓄电池供电方式。可基于输电走廊的空间电磁场及其它能量融合新的取能方式，实现供电电源的多样化，为监测系统常年提供稳定电力。
- 2) 对阳光长期不足的季节和地区的地上型 GIL、地下管廊型 GIL，推荐采用蓄电池供电方式。条件允许时，可采用电缆电流感应取电或其他自取能方式。
- 3) 对地上型 GIL 及地下管廊型 GIL 的一些特殊场合，允许使用照明系统分接电源，或分区域设置就地专用供电线路进行供电。

6.3 数据接入要求

6.3.1 GIL 振动量在线监测系统通信可通过两种方式：①通过以太网方式传输至综合处理单元，并传输至主站中心，数据交互应遵循统一的通信协议和数据格式。系统内部的通信接口应采用可靠的现场工业控制总线或以太网络等。②系统数据上传至物联网平台，与主站系统进行信息交互，交互应遵循统一的通信协议和数据格式。

6.3.2 为便于数字化变电站等智能化融合接入，系统数据接入组件应支持数据统一采集、处理及存储，并具备通信链路管理、规约处理和数据转发等功能。支持的数据包括实时量测数据、历史数据、应用数据、运行数据、管理数据、配置数据、波形文件等。

6.3.3 测点数据应采用 DL/T 860 规约。

6.4 网络安全要求

- 6.4.1 优先采用以国产自主可控安全操作系统。
- 6.4.2 终端输入参数需进行严格验证，避免使用包含敏感数据或者影响服务器安全逻辑的查询字符串参数。
- 6.4.3 终端应具备身份鉴权认证方式，身份鉴权认证方式应符合网络或平台接入等鉴权要求。
- 6.4.4 系统开机密码策略符合复杂度要求。
- 6.4.5 禁用高风险网络服务和不必要的服务。
- 6.4.6 通信具备国密 SM2 级以上加密、证书认证等功能，完成信息安全等级保护测评和入网安评。
- 6.4.7 如若接入电力专网内网，应满足电力安全分区数据接入要求。

6.5 硬件功能要求

- 6.5.1 结构简单、原理清晰，能够很方便地在设备运行现场实现组网运行。
- 6.5.2 通用性强，接口简单，并提供较大的功能扩充余地。
- 6.5.3 具备长期户外运行的防水性、耐腐蚀性，通讯方式具备抗强电磁干扰性。
- 6.5.4 故障率低。能够长期高效地采集振动数据，从而免去人工检查的繁琐步骤和维护次数。
- 6.5.5 安装便捷。根据用户需求可快速移动并安装在 GIL 设备指定位置，对工程现场有灵活适应性。
- 6.5.6 智能单元应提供计算、存储、网络等功能，具备对硬件资源进行虚拟化分割的能力。

6.6 软件功能要求

- 6.6.1 具备界面展示、数据存储、故障告警、信息上传等基本功能。
- 6.6.2 操作系统应符合 GB/T 22239-2019 要求。
- 6.6.3 能通过现代信号处理技术及相关算法，提取和筛选得到与 GIL 设备振动状态有关的时域、频域、时频域等特征向量。
- 6.6.4 具备 GIL 振动特征数据库，能够将 GIL 设备振动的实时数据与数据库中的历史数据进行对比分析，甄别 GIL 的工作状态。

7 试验要求

7.1 型式试验

GIL 振动量在线监测系统一般由传感器单元、智能单元、系统后台等部分组成，应按照各部分的使用条件及要求单独或整体进行相应的试验验证。

7.1.1 试验条件

除非另有规定，正常试验（温湿度相关试验除外）大气条件不应超过下列范围：

- a) 环境温度：+15°C～+35°C；
- b) 相对湿度：30%～85%；
- c) 大气压力：86kPa～106kPa。

7.1.2 结构和外观检查

系统各组成部分应满足以下要求：

- a) 外观应无破损，外露部分不应有易伤害人员及损伤物品的锋利结构，连接结构应牢固无松动；
- b) 机箱结构应满足 GB/T 19520.12-2009 相关要求；
- c) 应设有将其牢固安装到对应位置的结构及配件，传感器的安装结构不应影响其灵敏度；
- d) 处于电磁敏感环境部分应具有可靠的抗干扰措施；
- e) 大功率设备应具有完善的散热措施；
- f) 端口应连接可靠、操作方便。

7.1.3 绝缘性能试验

系统各组成部分的绝缘性能试验按 DL/T 1498.1-2016 中 6.5 执行。

7.1.4 电磁兼容性能试验

系统各组成部分的外壳、电源端口、信号端口的电磁兼容性能试验按 DL/T 1498.1-2016 中 6.6 执行。

系统中若包含无线通讯设备，需按照 GB 4824-2013 要求进行射频相关试验验证。

7.1.5 环境适应性试验

户外组件的环境适应性试验按 DL/T 1498.1-2016 中 6.7 执行。户内或置于柜体内组件的环境适应性试验按 DL/T 478-2013 中 7.3 执行。

上述环境适应性试验过程中可根据需要定期检查测量误差，以确定测量精度受温度的影响程度。

7.1.6 机械性能试验

系统各组成部分的机械性能试验按 DL/T 1498.1-2016 中 6.8 执行。

7.1.7 外壳防护性能试验

系统各组成部分的外壳防护性能试验按 DL/T 1498.1-2016 中 6.9 执行。

7.1.8 接入安全性检查

系统的接入安全性检查应符合以下要求：

- a) 监测系统的接入不应改变被监测 GIL 设备的电气联接方式，不影响其密封、绝缘、接地、通流及机械性能等各项性能指标；
- b) 机箱外壳应可靠接地；
- c) 系统各组成部分与附近高压带电区域应具有足够的安全距离；应能承受 GB/T 7674-2020 规定的 GIL 额定运行电压、操作过电压和冲击过电压工况，并能承受 GIL 本体发生局放及击穿故障的电磁影响；不应产生涉及电源、电磁兼容和网络通讯等安全隐患，不影响变电站其他设备的安全运行。

7.1.9 灵敏度频率响应

此项试验采用完整的监测系统进行测试，试验按照 GB/T 20485.21-2007 的规定进行。

7.1.10 幅频响应试验

此项试验采用完整的监测系统进行测试，试验按照 GB/T 20485.21-2007 的规定进行。

将系统使用的传感器刚性地安装在标准振动台的台面中心，敏感轴垂直于安装台面。在被监测系统量程范围内选取某一幅值作为振动标准装置的输出幅值 x_r ，在被监测系统带宽范围内均匀选取不少于 7 个频率点（包含带宽上、下限）作为振动标准装置的输出频率分别进行幅频响应测试，幅值和频率点按照 GB/T 20485.21-2007 中 5.1 进行选取。按公式（1）计算其幅频响应。

$$\delta_a = \frac{x_i - x_r}{x_r} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ_a ——幅频响应，%；

x_i ——被监测系统各频率点幅值示值；

x_r ——振动标准装置的输出幅值。

传感器有 X 轴、Y 轴、Z 轴测量功能的，应分别按上述方法进行试验，试验结果应符合 6.1 的要求。

7.1.11 幅值线性度试验

此项试验采用完整的监测系统进行测试，试验按照 GB/T 20485.21-2007 的规定进行。

振动标准装置选取被监测系统带宽范围内某一频率作为输出频率，频率值按照 GB/T 20485.21-2007 中 5.1 进行选取。振动标准装置分别以被监测系统量程下限为起点，上限为终点均匀选取不少于 5 个值作为标准输出幅值进行测试，分别记录被监测系统幅值示值，并计算各示值与对应标准输出幅值的差值，此差值与标准输出幅值比值作为幅值线性度误差，测试结果应符合 6.1 的要求。

7.1.12 动态范围试验

此项试验采用完整的监测系统就进行测试，试验按照 JJG 834-2006 的规定进行。

7.1.13 通道一致性试验

此项试验采用完整的监测系统就进行测试，试验按照 JJG 834-2006 的规定进行。

7.1.14 通讯性能试验

对于采用有线通讯方式的监测系统，在携带最多数量传感器、以最高数据采样率连续运行期间，不应出现后台实时监测界面卡顿，并不应出现故障漏报情况。

对于采用无线通讯方式的监测系统，在携带最多数量传感器、发射端与接收端在标称最远通讯距离、以最高数据采样率连续运行期间，不应出现故障漏报情况。

7.1.15 长期带电试验

对于采用市电供电的在线监测系统，整个监测系统应在正常供电条件下至少连续工作 48 小时无故障。

对于采用电池供电的监测系统，应在其整个待机时长内工作无故障。（若待机时长超过 48 小时，按 48 小时进行）。

7.2 出厂试验

出厂试验应进行 7.1.2、7.1.10、7.1.14、7.1.15。其中 7.1.10 项目中应至少选取 3 个频点进行测试，振动标准装置可考虑使用简易振动源；7.1.14 项目中可自行确定试验传感器数量（不应少于 3 台，每相至少 1 台）；7.1.15 项目中带电时间至少 4 小时。

7.3 交接验收试验

7.3.1 功能检测试验

（1）传感器单元检查

对传感器单元的运行情况进行检查，检查项目主要包括：传感器单元指示灯情况；接触式振动传感器的固定螺钉是否有松动（非接触式则无此项要求）；安装位置宜在三支柱绝缘子、盆式绝缘子、导体插接等位置附近。

（2）监测软件检查

对监测软件进行检查，检查项目主要包括：监测主机是否正常开机运行；系统中的传感器编号与现场实际位置是否一致；是否存在频繁死机问题、软件功能是否符合技术条件要求。同时，结合监测通道检验工作，检验监测软件数据展示、储存、告警和上传系统后台等功能。

（3）监测通道有效性检查

检验每个监测通道是否可以有效传输振动信号。试验方法如下：

（a）监测通道选择

所有监测通道均需进行监测通道有效性校核。

（b）校核试验方法

核对被校监测通道编号、安装位置与软件系统是否一致。

（c）试验合格标准

被校通道编号、安装位置与软件系统一致；被校监测通道响应幅值变化不低于注入幅值的 5%，则判定被校监测通道有效，试验结果合格。若超过 1 倍标准幅值没响应，试验结果不合格。

7.3.2 精度检测试验

在线检测设备规定的范围极限边界附近设置振动发生器，调整振幅、与频率发出标准信号，传感器接收信号并传输至后台，分析检测信号图形与数据与标准信号做对比，误差应在规定范围内。

8 现场应用指导

8.1 传感器选型、安装方式

8.1.1 振动传感器应选用符合 6.1 条要求的适合现场安装的传感器。

8.1.2 传感器应根据测量对象和使用环境，综合考虑供电需求、检测精度要求、布点密度等因素，选择合适的传感器类型。

8.1.3 根据不同类型传感器的工作原理，选择对应的安装方式，如扎带绑缚、螺栓固定、胶水或胶带粘接等。

8.2 通讯方式

8.2.1 根据测量对象及环境条件，可选择有线通讯或无线通讯方式。

8.2.2 有线通讯方式将现场实测数据通过电缆、光纤及其他信号线缆传输。

8.2.3 无线通讯方式将现场实测数据通过无线通信协议方式传输，具体可使用 WiFi、Zigbee、BlueTeeth、LTE、5G 或 6G 模块等。

8.3 数据处理要求

8.3.1 数据合理性检查、数据过滤、限值处理等功能正确。

8.3.2 能通过特征提取将数据处理为适合分析的尺度，包括但不仅限于当日、当月、当年各指标数据的最大值、最小值和平均值。

8.3.3 数据处理结果能通过图谱、表格等方式展示，反映 GIL 设备的工作状况。

8.3.4 系统工作状况异常或 GIL 设备故障等情况下应能够正确建立事件标识，并通过特殊数据格式通知系统后台。

8.4 现场运维注意事项

- 8.4.1 定期开展在线监测系统检查，系统数据采集、通讯、数据显示等功能均正常。
- 8.4.2 定期检查各信号指示正常，有无 GIL 设备故障报警信号。
- 8.4.3 定期检查现场在线监测汇集箱内有无异常声音，供电是否正常，箱内有无过热、焦糊味。
- 8.4.4 电源供电部分应采用防雨胶条，具备防雨措施。

附录 A (规范性附录)

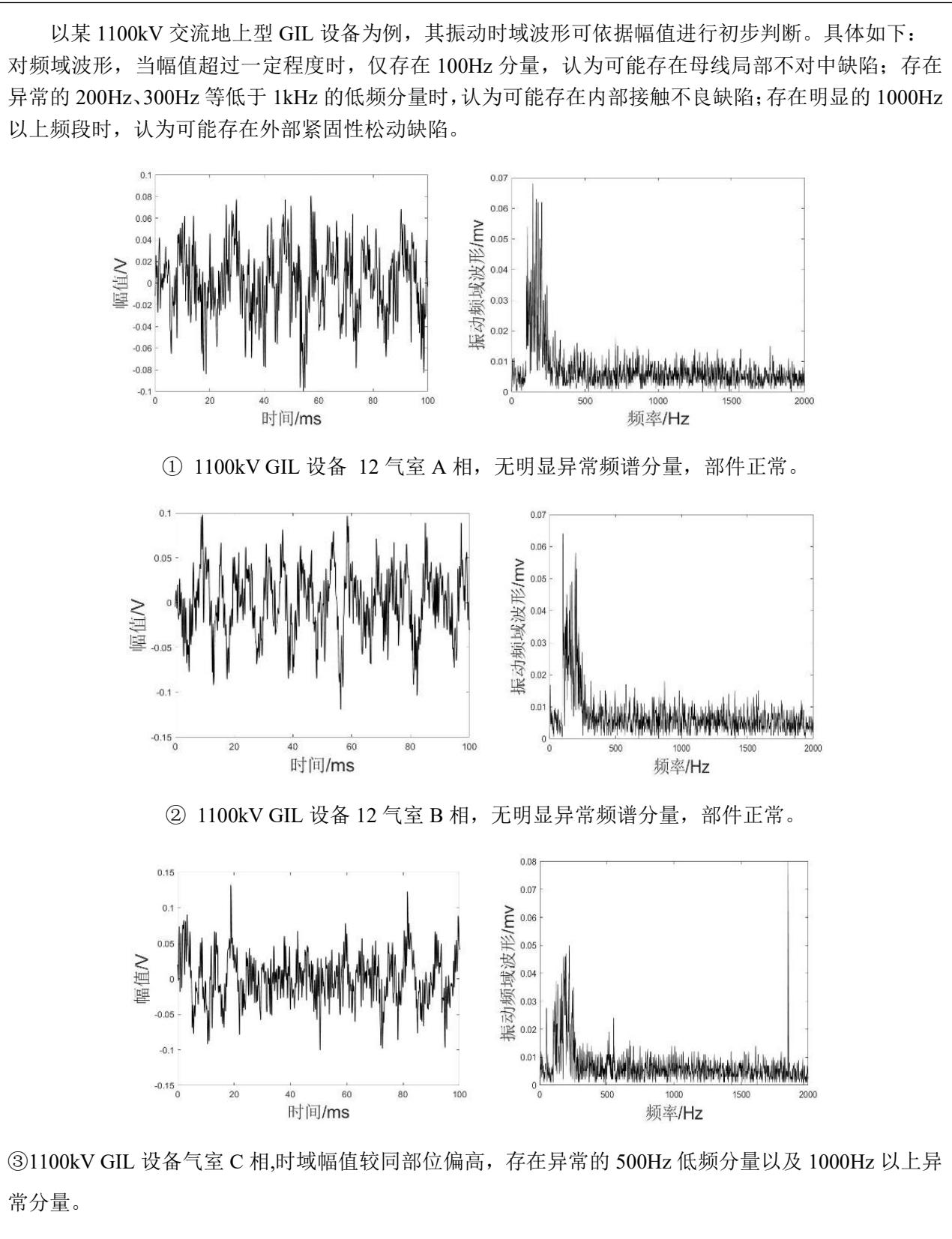
A.1 GIL 振动量在线监测系统各类试验列表

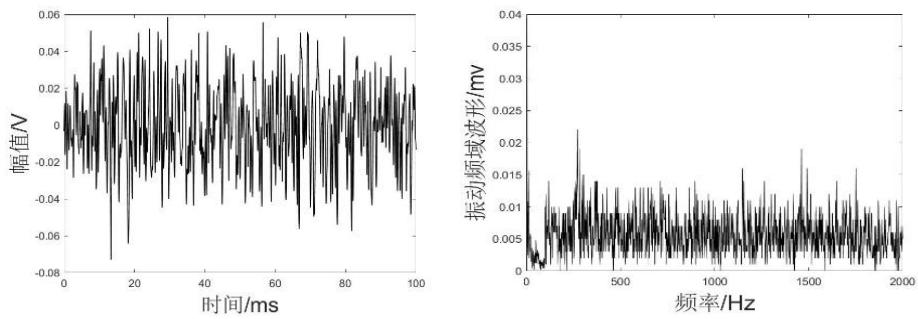
序号	检验项目	依据标准	型式试验	出厂试验	到货检验	交接试验
1	结构与外观检查	本导则7.1.2	●	●	●	●
2	绝缘性能试验	DL/T 1498.1-2016	●	★	○	○
3	电磁兼容试验	DL/T 1498.1-2016	●	○	○	○
4	环境适应试验	DL/T 1498.1-2016 DL/T 478-2013	●	○	○	○
5	机械性能试验	DL/T 1498.1-2016	●	○	○	○
6	外壳防护性能试验	DL/T 1498.1-2016	●	○	○	○
7	接入安全性检查	本导则7.1.8	●	○	○	○
8	灵敏度频率响应	GB/T 20485.21	●	○	○	○
9	幅值响应试验	GB/T 20485.21	●	○	○	○
10	幅值线性度试验	GB/T 20485.21-2007	●	○	○	○
11	动态范围试验	JJG 834	●	○	○	○
12	通道一致性能试验	JJG 834	●	○	○	○
13	通讯性能试验	本导则7.1.14	●	●	●	○
14	长期带电试验	本导则7.1.15	●	●	○	○

注: ●标志必须做的项目; ○表示规定可以不做的项目; ★ 表示根据客户要求做。

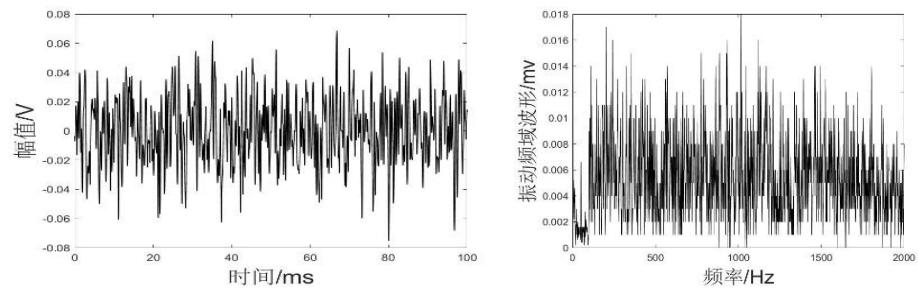
附录 B (资料性附录)

表 B. 1 GIL 振动量典型故障信号示例





④ 1100kV GIL 设备 7 气室 C 相时域幅值偏低，频谱含有异常分量，部件正常。

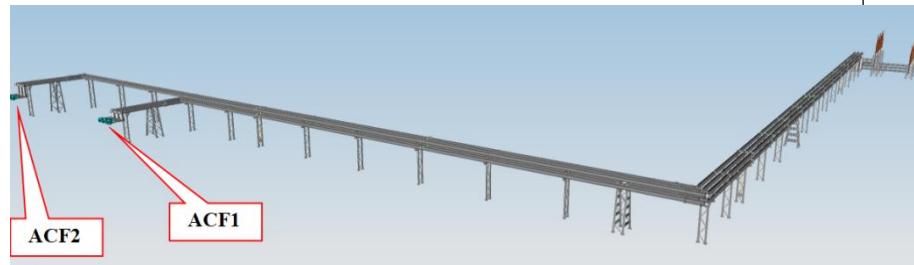


⑤ 1100kV GIL 设备 7 气室 B 相时域幅值偏低，频谱含有异常分量，部件正常。

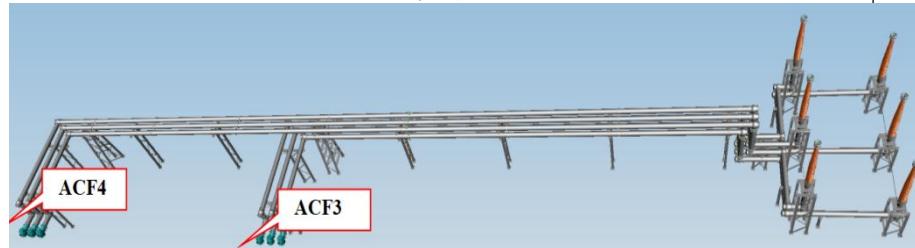
附录 C (资料性附录)

C.1 GIL 故障振动在线监测系统使用案例

以某500kV交流地上型GIL设备为例，该站GIS至交流滤波器场四大组连接母线ACF1~#6M、ACF2~#7M、ACF3~#8M、ACF4~#9M共计4条线路，均使用气体绝缘金属封闭输电线（GIL），#6M、#7M上下重叠布置，#8M、#9M上下重叠布置。



500kV #6M、#7M布置图



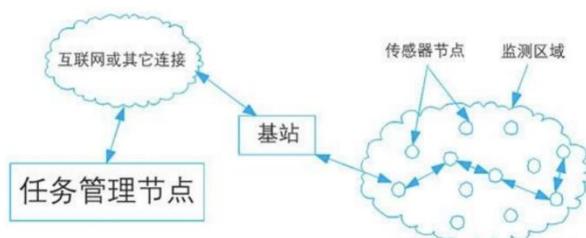
500kV #8M、#9M布置图

现场安装GIL振动量在线监测系统采用自取能方式(太阳能板+锂电池混合)供电，前端使用振动加速度传感器，安装方式为螺栓固定底座安装。如下图所示：



GIL振动量在线监测系统现场图

数据采用无线传感器网络方式（WANs）进行无线传输，其原理如下图所示：



无线传感器网络工作原理示意图

某日17:00, 500kV #9M GIL母线C相, GIL在线振动监测系统发生预警。系统显示该形态某处振动量幅值较同部位偏高, 振动量异常位置为第4组GIL管母靠套管部位, 存在异常的500Hz低频分量以及1000Hz以上异常分量。后对异常管母气室SF6进行组份测试。试验过程符合规程要求（该气室SF6测试点离故障点距离50米）。



500kV 故障形态布置图

经停电更换故障段管母, 发现故障段管母固定三支柱绝缘子其中一只的支柱根部有发黑现象。进一步解体检查发现, 该形态 GIL 管母固定三支柱离子隔离器与与筒内壁间存在灰色粉尘, 固定三支柱与离子隔离器、连接板的固定螺栓焊接点存在四处断裂, 且有灰色粉尘覆盖, 焊点断裂面无法重合。



GIL 实际故障指示图

参 考 文 献

- [1] 《QGDW 616-2011 基于 DL/T860 标准的变电设备在线监测装置应用规范》
- [2] 《中华人民共和国网络安全法》（中华人民共和国主席令（第五十三号）公布）