

# 团 体 标 准

T/YGAZXH XXXX—XXXX

## 气体绝缘金属封闭开关设备基础沉降在线 监测装置技术规范

Technical specification for on-line monitoring device of foundation settlement of gas-insulated metal-enclosed switchgear

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2026.3.30）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

广东省粤港澳大湾区战略性新兴产业发展促进会 发布



# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 缩略语 .....	4
5 装置组成 .....	4
6 工作条件 .....	5
7 技术要求 .....	5
8 试验方法 .....	6
9 检验规则 .....	8
10 标志、包装、运输和贮存 .....	9
11 运行维护 .....	10
附录 A（规范性） 安装与调试 .....	10
附录 B（规范性） 运行与维护 .....	1

## 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。

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。

本文件由国网江西省电力有限公司经济技术研究院提出。

本文件由广东省粤港澳大湾区战略性新兴产业发展促进会归口。

本文件起草单位：国网江西省电力有限公司经济技术研究院、

本文件主要起草人：

# 气体绝缘金属封闭开关设备基础沉降在线监测装置技术规范

## 1 范围

本文件规定了气体绝缘金属封闭开关设备基础沉降在线监测装置(以下简称“装置”)的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存以及运行维护。

本文件适用于220 kV及以上变电站气体绝缘金属封闭开关设备基础沉降在线监测装置的设计、制造、测试、验收及运维, 110 kV及以下变电站可参考执行。

## 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 191 包装储运图形符号标志
- GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温
- GB/T 2423.3—2016 环境试验 第2部分:试验方法 试验Cab:恒定湿热试验
- GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 15478—2015 压力传感器性能试验方法
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2023 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分:射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
- GB/T 37367—2019 岩土工程仪器 位移计
- GB/T 46568.1—2025 智能仪器仪表可靠性 第1部分:可靠性试验与评估方法
- GB 50217—2018 电力工程电缆设计标准
- 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 5218—2012 220kV~750kV变电站设计技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**磁致伸缩式静力水准仪** magnetostriuctive static level

通过连通容器内的液体液面浮子,利用磁致伸缩原理测量浮子位置变化,将液位高度精确地转换成数字信号,测定监测点相对基准点高程变化的精密监测仪器。

### 3.2

**差异沉降** differential settlement

监测点阵列中任意两个相邻监测点在同一监测时期内的相对高程变化量。

### 3.3

**基准点** reference point

沉降监测系统中地质稳固、无明显沉降,作为其他测点沉降量计算绝对高程参考的安装点。

### 3.4

**监测点** monitoring point

布设在GIS设备基础上,用于直接测量该点沉降量的静力水准仪安装点。

### 3.5

#### 边缘物联代理 edge IoT agent

部署于变电站现场，具备数据采集、协议转换、通信管理和数据预处理、异常初筛、本地存储等边缘计算功能的智能网关设备。

### 3.6

#### 沉降速率 settlement rate

单位时间内监测点的沉降变化量。

## 4 缩略语

AC: 交流电 (Alternating Current)

DC: 直流电 (Direct Current)

GIS: 气体绝缘金属封闭开关设备 (Gas Insulated Switchgear)

IoT: 物联网 (Internet of Things)

LoRa: 远距离无线电 (Long Range Radio)

MTBF: 平均无故障工作时间 (Mean Time Between Failures)

NTP: 网络时间协议 (Network Time Protocol)

VPN: 虚拟专用网络 (Virtual Private Network)

## 5 装置组成

### 5.1 基本组成

装置一般由沉降监测传感器单元、联通液系统、监测数据采集终端、边缘物联代理与安全接入单元及主站软件平台组成。

### 5.2 沉降监测传感器单元

#### 5.2.1 磁致伸缩式静力水准仪传感器

磁致伸缩式静力水准仪传感器应采用高精度设计，内部浮子和波导丝材料应具有良好的化学稳定性和低热膨胀系数，应配备专用的防旋转和垂直度校准机构，确保长期测量基准的稳定性。

#### 5.2.2 温度补偿系统

传感器内应集成高精度数字温度传感器，用于实时测量液体介质的温度梯度，以支持精确的温度场补偿算法。

#### 5.2.3 液体介质与联通液系统

液体介质可选用防冻液、硅油和乙二醇水溶液，对于防止电磁干扰的GIS，宜采用粘度在 $10\text{ mm}^2/\text{s}\sim 40\text{ mm}^2/\text{s}$ 范围内的硅油，并满足绝缘性和对磁致伸缩式静力水准仪元件的无腐蚀性要求。

#### 5.2.4 通信线缆

5.2.4.1 传感器的通信线缆应采用工业级、铠装、双绞、屏蔽的低烟无卤电缆，阻燃等级应不低于 B 级；屏蔽层应采用铜网编织和铝箔双重屏蔽结构，具备卓越的抗电磁干扰和射频干扰能力；传感器线缆的屏蔽层应按照电力系统接地要求，进行可靠的单点接地或符合系统设计要求的接地处理，以确保数据的信噪比。

5.2.4.2 敷设与防护应符合下列规定：

- 地下直埋敷设时，埋设深度应符合当地规程要求，且不应小于 0.5 m，线缆应采用热镀锌钢管、高强度金属软管或硬质阻燃塑料管进行全段防护；
- 穿越电缆沟时，通信线缆（弱电）应敷设在电缆沟内最底层或最远离电力电缆的一侧；
- 沟内线缆由上而下垂直排列应遵循电力电缆（高压）、强电控制电缆、弱电控制和信号电缆（含本通信线缆）的顺序，以最大程度隔离干扰源；

- d) 通信线缆与高压电力电缆交叉或并行敷设时，应采用波纹管或高强度阻燃管进行独立防护，并应满足 GB 50217—2018 规定的最小安全净距要求；
  - e) 线缆弯曲半径不应小于线缆制造商规定的最小值，所有线缆连接处应采用防潮、防腐、屏蔽型工业级接头或接线盒，并进行可靠密封。
- 5.2.4.3 线缆在传感器侧与终端侧均应设置清晰、耐久、耐腐蚀标识牌，标明线缆编号、名称及用途。
- 5.2.4.4 线缆沿墙体或支架敷设时，应采用耐腐蚀电缆卡或扎带可靠固定，固定间距应符合 GB 50217—2018 的规定。

### 5.3 数据采集与传输单元

#### 5.3.1 LoRa 采集终端

采用LoRa无线通信技术，与各区域静力水准仪传感器连接，实现沉降、温度原始数据的采集、数据封装及无线发送。

#### 5.3.2 无线传输网络

基于LoRa扩频技术，构建负责在变电站复杂环境下实现监测数据的远距离、低功耗、可靠传输的无线传感网络。

### 5.4 边缘物联代理与安全接入单元

#### 5.4.1 数据汇集

边缘物联代理外接LoRa接收端或其他兼容的LoRa集中器，接收并汇总变电站内各监测区域LoRa采集终端上传的监测数据。

#### 5.4.2 协议转换与处理

对接收数据进行解析、校验、清洗与格式转换，封装为标准通信规约，满足平台接入要求。

#### 5.4.3 安全传输

通过内置或外接的VPN加密组件，建立与国家电网内部网络之间的安全加密隧道，将所有监测数据安全地传输至指定的内网主站平台。

### 5.5 软件平台

部署于国家电网内网的监测主站软件系统，具备数据接收、存储、实时显示、历史查询、趋势分析、智能报警、报表生成及系统管理等功能。

## 6 工作条件

装置在下列条件下应能正常工作：

- a) 环境温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户外设备）；
- b) 相对湿度为 $5\%\sim 100\%$ ；
- c) 大气压力为 $70\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ ；
- d) 供电电源为 $\text{AC } 220(1\pm 20\%) \text{ V}/(50\pm 0.5) \text{ Hz}$  或  $\text{DC } 24\text{ V}/12\text{ V}$ ；
- e) 通信环境应避开强持续性电磁干扰源，确保 LoRa 无线链路的通信质量。

## 7 技术要求

### 7.1 监测性能

监测性能应符合以下规定：

- a) 允许偏差为量程的 $\pm 0.5\%$ ；
- b) 分辨力应不大于 $0.01\text{ mm}$ ；
- c) 量程应不小于 $\pm 50\text{ mm}$ ；

- d) 温度修正应具备自动温度补偿功能,温度每变化 1℃,引起的示值误差不大于量程的 0.05%;
- e) 年零点漂移不大于 0.01 mm。

## 7.2 通信性能

通信性能应符合以下规定:

- a) 监测终端与边缘代理之间应采用 LoRa 无线通信;
- b) 在变电站开阔环境下,通信距离应不低于 500 m;
- c) 应支持国家电网公司规定的边缘物联代理接入相关通信规约;
- d) 数据上传必须通过电力专用 VPN 通道,确保数据传输的机密性和完整性;
- e) 装置应具备本地数据存储能力,至少存储最近 30 d 的原始数据;
- f) 装置应支持 NTP,24 h 内时钟误差不超过±1 s。

## 7.3 电气性能

电气性能应符合以下规定:

- a) 电源回路对地绝缘电阻不小于 100 MΩ;
- b) 电源回路应能承受 50 Hz、2000 V (有效值) 的工频电压,历时 1 min,无击穿或闪络。

## 7.4 机械与防护性能

机械与防护性能应符合以下规定:

- a) 应符合 GB/T 4208—2017 的规定,且户外设备防护等级不低于 IP68;
- b) 装置应能承受频率 10 Hz~150 Hz、加速度 5 m/s<sup>2</sup> 的正弦振动试验,试验后无机械损伤,性能正常。

## 7.5 电磁兼容性

试验中及试验后不应出现电气故障,功能应正常;在试验中允许出现异常现象,但在试验结束后功能应恢复正常。

## 7.6 环境适应性

环境适应性应符合以下规定:

- a) 装置在-25℃的低温下存放 16 h,通电后功能正常;
- b) 装置在+70℃的高温下存放 16 h,通电后功能正常;
- c) 装置在温度 40℃,相对湿度 93% 的恒定湿热环境下试验 48 h,应无腐蚀和性能下降。

## 7.7 可靠性

MTBF 应不低于 25000 h。

## 8 试验方法

### 8.1 监测性能

#### 8.1.1 允许偏差

8.1.1.1 采用标准表 (光栅尺、磁栅尺、量块、高精度位移传感器) 法准确监测磁致伸缩式静力水准仪传感器的位移量。

8.1.1.2 将磁致伸缩式静力水准仪传感器测量范围十等分,选取包括量程上、下限值在内的 11 个等距测点,并以测得的下限值为起点,逐级测量到量程的上限值。偏差按公式 (1) 计算。

$$e_i = \frac{L_i - I_i}{I_i} \times 100\% \quad (i=1, 2, 3, \dots, 11) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$e_i$ ——第  $i$  个测点上的偏差, %;

$L_i$ ——第  $i$  个测点上磁致伸缩式静力水准仪传感器位移输出值,单位为毫米 (mm);

$I_i$ ——第*i*个测点上标准表位移输出值，单位为毫米（mm）。

### 8.1.2 分辨力

向装置逐级输入0.01 mm的微位移量，观察装置输出显示变化，确认装置能稳定识别并输出最小步进位移。

### 8.1.3 量程

在装置测量范围内，逐步输入±50 mm的满量程信号，验证装置能否完整采集、显示并处理全量程数据。

### 8.1.4 温度影响误差

按GB/T 37367—2019中6.3.7的规定进行试验。

### 8.1.5 长期稳定性

零点漂移按GB/T 15478—2015中5.5的规定进行试验。

## 8.2 通信性能

### 8.2.1 通信方式

现场搭建实际LoRa无线传感网络，验证监测终端与边缘物联代理之间的无线链路连通性与数据收发状态，确认通信方式符合LoRa技术规范。

### 8.2.2 通信距离

在开阔环境下，逐步增加终端与集中器的物理距离。测试至500 m时，持续观察数据传输丢包率与延迟，验证通信链路稳定性。

### 8.2.3 通信协议

将装置接入边缘物联代理与主站平台，模拟实际业务场景。验证装置能否正确解析并响应标准通信规约，实现数据格式统一、指令交互正常。

### 8.2.4 网络安全

检查装置与主站之间是否建立电力专用VPN加密通道。验证传输数据为加密格式，无明文泄露，确保网络传输安全。

### 8.2.5 数据储存

连续运行30 d，模拟现场采集场景。断电重启后，检查装置本地存储介质，确认30 d内原始数据完整无丢失、可正常读取与导出。

### 8.2.6 时钟同步

装置接入标准NTP网络时间服务器，持续运行24 h。对比服务器时间与装置本地时间，验证24 h内时钟误差是否控制在±1 s以内。

## 8.3 电气性能

8.3.1 绝缘电阻按 DL/T 1498.1—2016 中 6.5.1 的规定进行试验。

8.3.2 介电强度按 DL/T 1498.1—2016 中 6.5.2 的规定进行试验。

## 8.4 机械与防护

8.4.1 防护等级按 GB/T 4208—2017 中第 11 章和第 12 章的规定进行 IP68 试验。

8.4.2 振动按 GB/T 2423.10—2019 中第 8 章的规定进行试验。

## 8.5 电磁兼容性

- 8.5.1 静电放电抗扰度按 GB/T 17626.2—2018 中第 7 章和第 8 章的规定进行试验。
- 8.5.2 射频电磁场辐射抗扰度按 GB/T 17626.3—2016 中第 7 章和第 8 章的规定进行试验。
- 8.5.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度按 GB/T 17626.4—2018 中第 7 章和第 8 章的规定进行试验。
- 8.5.4 浪涌（冲击）抗扰度按 GB/T 17626.5—2019 中第 7 章和第 8 章的规定进行试验。

8.6 环境适应性

- 8.6.1 低温按 GB/T 2423.1—2008 第 9 章中 Ab 的规定进行试验。
- 8.6.2 低温按 GB/T 2423.2—2008 第 9 章中 Bb 的规定进行试验。
- 8.6.3 恒定湿热按 GB/T 2423.3—2016 中第 4 章和第 5 章的规定进行试验。

8.7 可靠性

按GB/T 46568.1的规定进行试验。

9 检验规则

9.1 检验分类

装置的检验分为出厂试验、型式试验、交接试验和现场试验四类，检验项目应符合表1的规定。

表1 装置检验项目表

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂试验	型式试验	交接试验	现场试验
1	系统最大允许误差	7.1	8.1.1	√	√	√	√
2	分辨力	7.1	8.1.2	√	√	—	—
3	量程	7.1	8.1.3	√	√	—	—
4	温度影响误差	7.1	8.1.4	—	√	—	—
5	长期稳定性	7.1	8.1.5	—	√	—	—
6	通信方式	7.2	8.2.1	√	√	√	√
7	通信距离	7.2	8.2.2	√	√	√	√
8	通信协议	7.2	8.2.3	√	√	√	√
9	网络安全	7.2	8.2.4	√	√	√	√
10	数据存储	7.2	8.2.5	√	√	—	—
11	时钟同步	7.2	8.2.6	√	√	√	—
12	绝缘电阻	7.3	8.3.1	√	√	—	—
13	介电强度	7.3	8.3.2	—	√	—	—
14	外壳防护	7.4	8.4.1	—	√	—	—
15	振动	7.4	8.4.2	—	√	—	—
16	静电放电抗扰度	7.5	8.5.1	—	√	—	—
17	射频辐射抗扰度	7.5	8.5.2	—	√	—	—
18	电快速瞬变脉冲群	7.5	8.5.3	—	√	—	—
19	浪涌抗扰度	7.5	8.5.4	—	√	—	—
20	低温	7.6	8.6.1	—	√	—	—
21	高温	7.6	8.6.2	—	√	—	—
22	恒定湿热	7.6	8.6.3	—	√	—	—
23	可靠性	7.7	8.7	—	√	—	—

注：√表示必须做的项目；—表示可不做的项目。

9.2 型式检验

9.2.1 有下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品定型或老产品转厂生产时；
- b) 连续批量生产的装置每 4 年进行一次；
- c) 正式投产后，如设计、工艺、材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时；
- d) 产品停产一年及以上又重新恢复生产时；

- e) 出厂试验结果与上次型式试验结果有较大差异时；
  - f) 国家质量监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时；
- 9.2.2 型式试验的样品应从出厂检验合格的产品中随机抽取，抽样数量不少于2套。
- 9.2.3 全部试验项目合格，则判定型式试验合格；如有任一项目不合格，应进行分析和改进，重新抽取双倍样品对不合格项目进行复检，复检后仍有不合格项，则判定型式试验不合格。

### 9.3 出厂检验

- 9.3.1 出厂前应在正常试验条件下逐台进行出厂试验，检验合格并附有合格证后方可出厂。
- 9.3.2 出厂试验的各项结果应符合本文件第7章的要求。
- 9.3.3 试验项目若有不合格项，应返修并重新进行全部出厂试验项目，直至合格。

### 9.4 交接试验

- 9.4.1 装置在现场安装完毕后、正式投运前，应进行交接试验。
- 9.4.2 交接试验应包括以下内容：
- a) 按附录A的规定，检查传感器安装位置、垂直度、液管敷设、线缆连接等是否符合要求；
  - b) 验证从数据采集、传输、边缘代理汇集到主站平台的整个数据链路是否正常；
  - c) 采用人工精密水准仪进行比对测试，测量误差应满足7.1中的a)的规定。
- 9.4.3 交接试验合格后，方可投入正式运行。交接试验记录应归档保存。

### 9.5 现场试验

- 9.5.1 现场试验分为定期例行校验和必要时进行的诊断性试验。
- 9.5.2 定期例行校验周期宜为1年~2年，具体包括以下内容：
- a) 采用人工精密水准仪对系统零点进行复核，误差应满足7.1中的e)的规定；
  - b) 验证数据上传链路是否正常。
- 9.5.3 当监测数据异常或设备发生故障时，应进行现场诊断性试验，查明原因并及时处理。
- 9.5.4 现场试验可由运行单位或具有资质的检测单位进行。

## 10 标志、包装、运输和贮存

### 10.1 标志

#### 10.1.1 产品标志

装置本体的显著位置应设置耐久、清晰的铭牌，铭牌上至少应包括以下内容：

- a) 产品名称和型号；
- b) 制造厂名称和商标；
- c) 出厂编号和生产日期；
- d) 额定工作电压、功率；
- e) 防护等级；
- f) 执行标准编号。

#### 10.1.2 包装标志

包装箱外壁应设置清晰、耐久的标志，内容包括：

- a) 产品名称、型号和数量；
- b) 制造厂名称、地址；
- c) 收货单位名称、地址；
- d) 净重和毛重，单位为千克（kg）；
- e) 外形尺寸，单位为厘米（cm）；
- f) 包装储运图示标志应符合GB/T 191的规定。

### 10.2 包装

包装应符合以下规定：

- a) 包装前应检查产品合格证、使用说明书、出厂检验报告等随附文件齐全，产品外观无损伤、污损，附件、备品备件齐全；
- b) 产品应有内包装和外包装，包装应具有防潮、防尘、防震措施；
- c) 传感器、采集终端等精密部件应采用防震材料固定；
- d) 液体介质（如有单独包装）应密封良好；
- e) 随附文件应装入防水袋中，固定在包装箱内。

### 10.3 运输

10.3.1 产品运输应适应陆运、空运、水运等方式。

10.3.2 运输过程中的环境温度宜为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于85%。

10.3.3 运输装卸应按包装箱上的储运图示标志进行，不应抛掷、翻滚、倒置、雨淋和剧烈撞击。

### 10.4 贮存

10.4.1 产品应贮存在环境温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于85%的库房内。

10.4.2 库房内应无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体，不受灰尘、雨雪的侵蚀。

10.4.3 产品包装箱存放时应距地面至少100 mm，距墙壁、热源、门窗等至少500 mm。

10.4.4 贮存期超过两年时，出厂前应重新进行出厂检验。

## 11 运行维护

装置的运行与维护应符合附录B的规定。

## 附 录 A (规范性) 安装与调试

### A.1 基准点设置

A.1.1 基准点应选在地下水位变化小、远离GIS设备振动源、地质结构稳固的区域，且应符合DL/T 5218—2012的规定。

A.1.2 监测系统应设置至少一个外部基准点作为绝对高程基准。

### A.2 传感器和采集终端安装

A.2.1 磁致伸缩式静力水准仪应安装在GIS基础承重部位或厂家指定位置。安装面应进行处理，确保传感器与基础之间有可靠的机械连接。

A.2.2 安装时应使用垂直度校准机构，确保其绝对垂直，倾斜误差不应大于 $0.1^{\circ}$ 。

A.2.3 数据采集终端和边缘物联代理应安装在易于维护、防护良好的位置。

A.2.4 LoRa无线天线的架设位置应保证信号通畅，避开大型金属结构和强持续性电磁干扰源，确保无线通信质量。

### A.3 联通液系统安装

A.3.1 联通液管的铺设应遵循“避免气囊”原则，尽量避免出现高点，确保液体连通顺畅。埋地和穿沟部分必须使用硬质保护管进行保护。

A.3.2 液体介质填充前，必须使用真空泵对联通液管和传感器腔体进行抽真空，以排除所有气泡和残留水汽。

A.3.3 液体介质填充完成后，系统应静置至少48 h，以消除液体在填充过程中产生的扰动和温度应力。

#### A.4 系统初始调试与校准

- A.4.1 装置应在联调阶段进行高精度时间同步，确保时钟误差符合7.2中的f)的规定。
- A.4.2 系统稳定后，应使用人工精密水准仪同步测量各监测点的初始高程，并将其读数录入边缘代理和主站系统，作为系统计算沉降量 $S(t)$ 的初始基准零点 $H(0)$ 。
- A.4.3 连续运行24 h，观察磁致伸缩式静力水准仪读数波动范围，波动范围应在分辨力的2倍以内。



## 附录 B (规范性) 运行与维护

### B.1 日常巡检

每月进行一次现场巡检，重点检查设备的物理状态，巡检内容包括以下内容：

- a) 检查传感器、线缆、液管、保护套管有无机械破损、位移或明显腐蚀；
- b) 检查采集终端和边缘物联代理的指示灯、供电电源和运行状态是否正常；
- c) 检查无线信号强度和 VPN 连接状态，确保数据传输的连续性。

### B.2 预防性维护

B.2.1 每半年检查联通液系统液位，如有明显下降，应检查渗漏点并进行补液。液体介质应保持清洁，避免杂质影响浮子运动。

B.2.2 清洁暴露在外的液管，确保没有外部热源长时间靠近液管，以免造成局部温差。

B.2.3 检查所有金属外壳、紧固件和线缆接头的防腐层和紧固状态。

### B.3 周期校准与零点复核

B.3.1 每1年~2年，使用人工精密水准仪对系统零点进行复核，验证磁致伸缩式静力水准仪的长期稳定性。

B.3.2 若复核结果与系统当前读数之间的误差超出7.1中的e)规定的年零点漂移限值，应对系统进行零点修正。修正操作应完整记录修正时间、修正值和修正原因，确保数据的可追溯性。

### B.4 故障处理

常见故障如通信中断、数据跳变等，应先检查电源、天线、液位，按制造商手册排查。无法排除时及时联系技术支持。

---