

HD4010 无线 4G 温振一体传感器产品说明书



一、产品概述

HD4010 无线 4G 温振一体传感器是一款集高精度振动监测、边缘计算与 4G Cat.1 蜂窝通信于一体的智能终端设备。产品内置大容量 19000mAh 锂亚电池（可选外部供电）、三轴加速度计、数字温度传感器等，可高精度、快速、连续检测设备的 X/Y/Z 三轴振动特征值（加速度、速度、位移）及温度、电池电压等信息。设备通过 4G 网络直接接入云平台，上报标准化 JSON 数据包，无需额外网关，专为远程设备状态监测、预测性维护（PdM）及工业 AI 场景设计。

二、产品特点

- 4G 全网通通信：支持中国移动、联通、电信 4G Cat.1 网络，覆盖广，连接稳定，无距离限制（依赖运营商基站覆盖）。
- 多模态监测：上报 X、Y、Z 三轴加速度、速度、位移特征值，同时上报温度、电池电压

及信号强度（RSRP）信息（JSON 格式）。

- 超低功耗（传感器部分）：传感器采集及计算功耗极低，休眠电流 <1.5 μA，但 4G 模块发射功耗较高，整机寿命需根据实际上报频率评估（详见功耗章节）。
- 智能模式：支持节能、精测及均衡三种检测模式，支持阈值触发上报，减少无效数据传输。
- 远程维护：支持远程参数配置（通过云平台下发指令）、远程唤醒、远程自检及远程固件升级（FOTA）。
- 坚固外壳（二选一）：
 1. 不锈钢外壳（定制）：耐腐蚀、耐磨，适用于石化、海洋等恶劣环境。
 2. 铝合金外壳（默认）：轻量化，散热好，适用于通用工业场景。

三、技术规格参数

参数项	技术指标
轴向振动参数	X、Y、Z 三轴（LED 亮灯方向为 X 轴）
振动量程	±16g
频率范围	0.5~1.6kHz
采样频率	256~24kHz（默认 12800）
采样精度	16 位
采样点数	512、1024、2048、4096（默认 4096）
测量精度	<5%
测量范围	-40℃~+80℃
温度精度	±1℃
通信制式	4GCat.1（全网通）
支持频段	LTE FDD B1/B3/B5/B8 LTE TDB 34/B38/B39/B40/B41
最大发射功率	23dBm±2dB
接收灵敏度	-98dBm（典型值）
数据速率	上行最大 5Mbps 下行最大 10Mbps
协议	TCP/IP 、 UDP 、 MQTT 、 HTTP/HTTPS
电池电压	3.6V 一 次 性 锂 亚 电 池（ER34615）
电池容量	19000mAh
使用寿命	依赖上报频率，建议外部供电或降低频次（详见功耗章节）
工作温度	-40~80℃
存储温度	-40~105℃
湿度	最大 95%RH（无凝露）

材质	默认铝合金 定制 304 不锈钢
尺寸	直径 43.5mm 高 121mm
安装方式	磁吸、胶粘、螺丝
螺栓接口	M6×8mm
防护等级	IP68（默认铝合金） IP68（不锈钢定制）

四、结构尺寸与安装说明

外形尺寸：直径 43.5mm × 高度 121mm 圆柱体设计。

安装方式：

- 1. 磁吸安装：直接吸附于铁质设备表面；
- 2. 胶粘安装：使用工业胶水固定于非铁质表面；
- 3. 螺丝安装：通过底部 M6×8mm 螺杆进行固定。

安装注意事项：确保安装面平整、无油污、无振动震动物。安装方向建议与设备主轴方向一致，以保证测量数据的准确性。

五、系统架构与应用拓扑

HD4010 4G 版本采用 直接上云 模式，无需本地网关或集线器：

- 数据流：传感器采集 → 边缘计算 → 4G 模块发送至运营商基站 → 互联网 → 用户 MQTT 服务器或云平台。
- 远程配置：云端下发配置指令（通过 MQTT 或 HTTP），传感器接收后执行并回复。
- 适用场景：分散式设备监测、无人值守站点、偏远地区设备状态监控。

六、配置与调试说明

设备支持两种配置方式：

- 1. 本地串口配置：通过传感器上的 Micro-USB 或 TTL 串口（需专用线缆）连接电脑，使用串口调试助手发送 AT 指令进行参数查询与设置。
- 2. 远程无线配置：设备上电联网后，通过云平台（或调试工具）下发 JSON 配置指令，设备解析并生效。

常用可配置参数：

- 基本参数：设备 ID、硬件/软件版本、上报周期等。
- 网络参数：APN、服务器 IP/域名、端口、MQTT 主题、认证信息。
- 检测参数：检测模式（节能/精测/均衡）、采样频率、采样点数、阈值触发值。
- 自检功能：远程触发自检，返回电压及各轴向数据。
- 远程唤醒：支持远程唤醒至实时模式，便于现场调试。

七、数据协议与解析（JSON 格式）

传感器上报的标准 JSON 数据包示例如下：

```
```json
{
 "MacAddr": "401025110020",
 "X_mainFreq": 237,
 "X_acceleration": 0.09,
 "X_velocity": 0.11,
 "X_displacement": 1.2,
 "Y_mainFreq": 81,
 "Y_acceleration": 0.12,
 "Y_velocity": 0.15,
 "Y_displacement": 0.6,
 "Z_mainFreq": 81,
 "Z_acceleration": 4.75,
 "Z_velocity": 6.61,
 "Z_displacement": 34,
 "Temperature": 24.16,
 "VccVolt": 3.63,
 "RSSI": -75,
 "WakeUp": false
}
```
```

- MacAddr：设备唯一标识（IMEI 或自定义 ID）
- X_mainFreq：X 轴主频（Hz）
- X_acceleration：X 轴加速度（g）
- X_velocity：X 轴速度（mm/s）
- X_displacement：X 轴位移（ μm ）
- 其余轴向同理
- Temperature：温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）
- VccVolt：电池电压（V）

- **RSSI:** 4G 信号强度（dBm）
- **WakeUp:** 是否为唤醒模式上报

八、功耗评估与电池寿命

重要提示：4G 模块的发射功耗远高于 LoRa，因此电池供电时寿命会显著缩短。以下评估基于典型 4G Cat.1 模块（平均电流约 80~150mA@发送时，待机约 5~10mA），结合传感器采集功耗。

基本条件：采样频率 12.8kHz，采样点数 4096，电池容量 19000mAh，每天上报次数 N 次（每次传输约需 2~5 秒）。

| 上报间隔 | 能耗模式 | 每日上报次数 | 平均电流（估算） | 理论寿命（年） | 建议 |
|-------|------|--------|----------|---------|----------|
| 10 分钟 | 节能 | 144 | 约 15mA | 约 1.4 | 不推荐（寿命短） |
| 30 分钟 | 节能 | 48 | 约 6mA | 约 3.6 | 可行（偏低） |
| 60 分钟 | 节能 | 24 | 约 3.5mA | 约 6.2 | 推荐 |
| 60 分钟 | 精测 | 24 | 约 5mA | 约 4.3 | 可接受 |
| 2 小时 | 节能 | 12 | 约 2.2mA | 约 9.8 | 优秀 |

实际建议：

- 若需长期电池供电（≥5 年），请将上报间隔设置为 ≥60 分钟，并选择节能模式。
- 若要求高频上报（如≤10 分钟），强烈建议使用外部供电（如 5V DC 或 24V 工业电源），否则电池寿命不足。
- 传感器静态功耗 <1.5 μA，4G 模块在非发送时进入 PSM 或 eDRX 低功耗模式，但待机电流仍有数毫安，故总体寿命受上报频次主导。

九、安全警告与维护

- **严禁拆解：**传感器内含一次性锂亚电池，拆解可能导致火灾或爆炸，需交由专业机构回收处理。
- **安全防护：**传感器防护等级为 IP68（铝合金）/ IP67（不锈钢），防水防尘，但禁止在强腐蚀性气体中长期浸泡（除非定制不锈钢外壳）。
- **清洁保养：**定期清理传感器表面的灰尘与油污，以保证信号发射和测量的稳定性。
- **SIM 卡更换：**若需更换 SIM 卡，请由专业人员操作，注意卡座方向及静电防护。

注：本说明书内容基于 4G 版本产品标准，具体参数可能因定制需求（如外壳材质、频段配置）有所差异，以实物及合同约定为准。
