



青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司 技 术 文 档

非介入式负荷感知模组企业标准

V1.1

2022-10-31 发布

2022-11-15

青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司 发 布

目 录

1 范围	5
2 规范性引用文件	5
3 定义	5
4 技术要求	6
4.1 环境条件	6
4.1.1 参比温度及参比湿度	6
4.1.2 温度范围	6
4.1.3 其他气候条件	6
4.2 工作电源	6
4.2.1 一般要求	6
4.2.2 功率消耗	6
4.3 功能要求	7
4.3.1 测试系统	7
4.3.2 通信测试	7
4.3.3 负荷辨识测试	9
4.3.4 云端协同测试	9
4.3.5 软件标识及动态校验测试	10
4.3.6 时钟对时测试	10
4.3.7 分钟冻结测试	10
4.3.8 事件记录测试	10
4.3.9 数据存储测试	10
4.3.10 软件升级测试	11
4.4 外观结构	11
4.4.1 一般要求	11
4.4.2 外壳与端子着火试验	12
4.5 电气性能试验（内部要求）	12
4.5.1 市电供电环境下的电源试验	12
4.6 机械试验（内部要求）	13
4.6.1 弹簧锤试验	13
4.6.2 冲击试验	13
4.6.3 振动试验	13
4.6.4 汽车颠簸试验	13
4.7 可靠性要求（内部要求）	13
4.7.1 盐雾试验	13
4.7.2 双 85 试验	14
4.7.3 跌落试验	14
4.7.4 高温耐久试验	14

4.8 绝缘性能要求	14
4.8.1 绝缘强度	14
4.8.2 脉冲电压	15
4.9 电磁兼容性要求	15
4.9.1 一般要求:	16
4.9.2 验收准则:	16
4.9.3 电磁兼容试验的驻留时间	17
4.9.4 射频辐射电磁场抗扰度（电流电路无电流）	17
4.9.5 射频辐射电磁场抗扰度（电流电路中有电流）（内部要求）	18
4.9.6 射频场感应的传导干扰（内部要求）	18
4.9.7 静电放电抗扰度	19
4.9.8 电快速瞬变脉冲群抗扰度	19
4.9.9 浪涌抗扰度	20
4.9.10 传导差模电流干扰试验	20
4.9.11 对讲机抗扰度试验（内部要求）	21
4.9.12 电棍放电影响试验（内部要求）	21
4.9.13 振铃波试验（内部要求）	21
4.9.14 外部恒定磁场试验（内部要求）	22
4.9.15 外部工频磁场试验（内部要求）	22
4.9.16 外部工频磁场试验（无负载条件）（内部要求）	23
4.9.17 外部工频磁场干扰试验（内部要求）	23
4.9.18 无线电干扰抑制（EMI）（内部要求）	24
4.10 安全试验	24
4.11 协议一致性试验	24
4.12 气候影响试验	24
4.12.1 高温试验	24
4.12.2 低温试验	25
4.12.3 交变湿热试验	25
4.12.4 凝露试验（内部要求）	26
4.12.5 温度冲击试验（内部要求）	26
4.13 兼容性试验	26
4.13.1 热插拔试验	26
4.13.2 接口符合性试验	26
4.14 其他内控测试（内部要求）	26
4.14.1 波形测试	26
4.14.2 器件温升	27
4.14.3 升级试验	27
5 版本记录	29
附 录 A 模组结构	30
附 录 B 模组上电流程	31
附 录 C 负荷识别的计算配置参数格式	32

附 录 D 负荷识别的计算配置参数格式	33
附 录 E 用电设备分类	35
附 录 F 用电设备分类	37
附 录 G 负荷辨识准确度测试方法	39
附 录 H 负荷运行工况的模拟量录制采样与负荷工况设计规范	40
附 录 I 非介入式负荷辨识检测标准库	41
附 录 J 非介入式负荷感知模组检验项目	42

前 言

为规范公司系统内智能物联电能表扩展模组的设计、制造、采购、测试及验收，制定本标准。

《智能物联电能表扩展模组技术规范》标准分为 3 个部分：

- 第 1 部分：高速载波通信单元；
- 第 2 部分：非介入式负荷辨识模组；
- 第 3 部分：电能质量模组。

本部分是《智能物联电能表扩展模组技术规范》的第 2 部分。

本部分由国家电网有限公司市场营销部提出并解释。

本部分由国家电网有限公司科技部归口。

本部分起草单位：中国电力科学研究院有限公司，国网山东省电力公司，国网浙江省电力有限公司，国网江苏省电力有限公司，河南许继仪表有限公司，国网冀北电力有限公司，国网福建省电力有限公司。

本标准主要起草人：刘兴奇、祝恩国、邹和平、周晖、彭楚宁、杜新纲、葛得辉、陈昊、林繁涛、赵兵、姚力、赵双双、钟小强、高琛、巨汉基、孙应军、刘宣、唐悦、荆臻、李野、巫钟兴、张宇鹏、朱子旭、王朝亮、夏国芳、刘永光、彭鑫霞、丁忠安、韩月。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至青岛鼎信股份有限公司量测产品线。

非介入式负荷辨识模组企业标准

1 范围

本标准规定了非介入式负荷感知模组的环境条件、工作电源、功能要求、技术指标、可靠性等方面的技术要求、检验规则以及运行质量管理等要求。

本标准主要适用对象为单相、三相非介入式负荷感知模组等产品。主要定义产品的外观结构、功能及性能、测试内容及方法，作为非介入式负荷感知模组系列产品的内控依据。

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。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 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 2423.4-2008 | 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db:交变湿热 |
| GB/T 2423.17-2008 | 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka:盐雾 |
| GB/T 4208.17-2017 | 外壳防护等级（IP代码） |
| GB/T 5169.11-2017 | 电工电子产品着火危险试验 第5部分:试验火焰 针焰试验方法 设备、确认试验方法和导则 |
| 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（idt IEC61000-4-2:2008） |
| GB/T 17626.3-2016 | 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验（idt IEC61000-4-3:2010） |
| 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（idt IEC61000-4-4:2012） |
| 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（idt IEC61000-4-5:2014） |
| GB/T 17626.6-2017 | 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度（idt IEC 61000-4-6: 2013） |
| Q/GDW 1364—201X | 单相智能物联电能表技术规范 |
| Q/GDW 1827—201X | 三相智能物联电能表技术规范 |
| Q/GDW 1354—201X | 智能物联电能表应用软件功能要求及测试规范 |
| Q/GDW 1365—201X | 智能物联电能表信息交换安全认证技术规范 |

3 定义

Q/GDW 1354—201X《智能物联电能表应用软件功能要求及测试规范》界定的以及下述术语和定义适用于本规范。

4 技术要求

4.1 环境条件

4.1.1 参比温度及参比湿度

参比温度为 23℃；参比相对湿度为 60%，允许偏差±15%。

4.1.2 温度范围

模块正常运行的气候环境条件见表 4.1。

表4.1 温度范围

工作范围	温度范围
规定的工作范围	-25℃～55℃
极限的工作范围	-40℃～70℃
贮存和运输条件	-25℃～55℃

对特殊用途，可在订货合同中规定比表 6 严格的规定的温度范围，下限温度极限可以从 -55℃、-40℃、-25℃里选择，上限温度极限可以从+70℃、+85℃选择。

4.1.3 其他气候条件

表4.2 其他气候条件

a) 规定的工作范围	b) 3K6 ^a
c) 极限的工作范围	d) 3K7 ^a
e) 贮存和运输条件	f) 贮存：1K5 ^b ；运输：2K4 ^c
g) ^a 引自 GB/T 4798.3—2007 表 1，冷凝、结冰以及 4.3.1 规定的条件除外。	
h) ^b 引自 GB/T 4798.1—2005 表 1，冷凝、降雨、结冰以及 4.3.1 规定的条件除外。	
i) ^c 引自 GB/T 4798.2—2008 表 1，冷凝、降雨、结冰以及 4.3.1 规定的条件除外。	

4.2 工作电源

4.2.1 一般要求

模组工作电源由电能表提供，工作电压应满足（5±0.25）V。

4.2.2 功率消耗

静态功耗：在模块非通信状态下，使用交直流电源对非侵入式模块的VCC进行供电，可用准确度不低于0.2级的标准表或其他合适方式测量VCC回路静态有功功耗，累计值应符合要求（送检模块内控标准加严10%）。

动态功耗：在模块通信状态下，使用交直流电源对非侵入式模块的VCC进行供电，可用准确度不低于0.2级的标准表或其他合适方式测量VCC回路动态有功功耗，累计值应符合要求（内控标准加严10%）。

表4.3 模组功耗

电能表分类	功耗要求
单相	静态功耗不超过 0.25W，最大动态功耗不超过 0.50W。
三相	静态功耗不超过 0.5W，最大动态功耗不超过 1.0W。

4.3 功能要求

模组与电能表的信息交互应符合《Q/GDW XXX-201X 智能物联电能表功能要求及应用软件测试规范》中通信功能的相关要求。模组与电能表的上电交互流程见附录 B，模组的配置参数见附录 C，协议扩展见附录 D。

注：V1.1版本企标对负荷辨识测试不做要求，暂无测试能力。

4.3.1 测试系统

模组的测试系统如图 4.1 所示，测试系统模拟电能表的管理模组和计量模组与被测模组进行交互。被测模组通过独立的 UART 通道与测试系统进行初始化配置与功能测试。通过 SPI 通道接受测试系统发送的用电设备负荷波形原始计量数据。

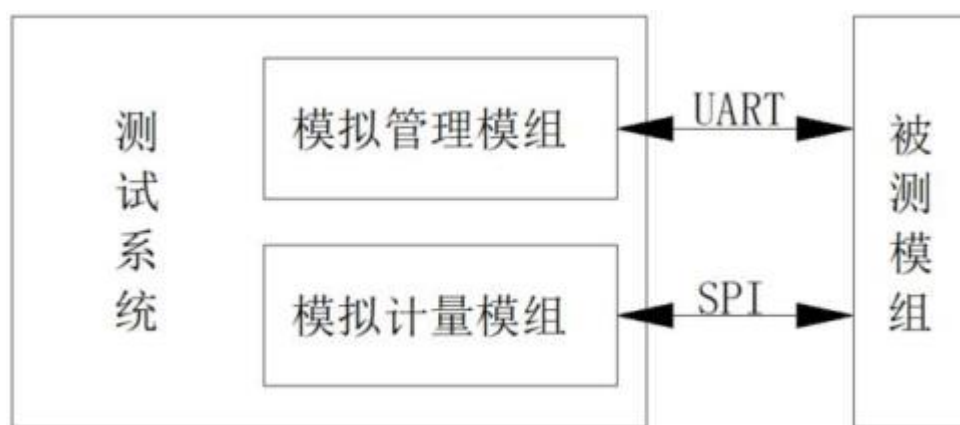


图4.1

4.3.2 通信测试

通信测试按下述步骤进行：

- a) 连接模组与测试系统，上电；

- b) 测试系统监测模组配置请求报文，按照附录B、C、D 的要求下发配置参数，模组应正确响应并依据配置参数接收处理负荷原始计量数据；
- c) 测试系统通过 UART 串口发送通信报文，模组应正确响应；
- d) 测试系统通过 SPI 通道发送数据报文，模组应正确响应；
- e) 模组指示灯应符合表4.4的要求。

模组状态指示采用两个高亮、长寿命绿色 LED 指示灯，指示灯位置参照附录 A,释义见表 1。

表 4.4 指示灯状态释义

序号	指示灯	指示灯状态	释义
1	状态	闪烁(0.5Hz)	模组接收计量模组 SPI 数据
		常亮	电源正常
		灭	电源异常
2	通信	闪烁(4Hz)	模组与管理模组通信
		常亮	未完成初始化或初始化失败
		灭	初始化成功

4.3.3 负荷辨识测试

测试系统向模组发送负荷波形原始计量数据，模组输出负荷辨识结果应满足表4.5的要求。

负荷辨识功能要求：

- 应具备用电设备类别、分项电能量、运行期间的平均功率、实时功率的辨识功能；
- 应辨识的用电设备类别包括空调、热水壶、电热水器、电饭煲、电烤箱、电暖气、电磁炉、微波炉、吹风机、电冰箱、电视机、洗衣机等；
- 无法辨识具体用电设备名称时，模组应支持云端协同功能，并为非介入式云辨识提供归属集合的辅助辨识数据；
- 用电设备类别及代码见附录 E；
- 负荷辨识准确度应满足表4.5的要求，计算及评价方法见附录 F，测试方法见附录 G。

表4.5 负荷辨识准确度要求

辨识能力	最低等级要求
单一用电设备辨识能力	A
典型场景辨识能力	B
总体辨识能力	A

4.3.4 云端协同测试

测试系统向模组发送负荷波形原始计量数据，模组输出负荷辨识结果应满足下列的要求。

模组具有云端协同功能时，可输出电热大类、未置信类、未知类等归属集合。输出归属集合的辅助

辨识数据应满足：

- a) 辅助辨识数据应符合附录 E 的要求；
- b) 归属集合为电热大类时，应在该冻结周期数据中增加冻结该用电设备的启动时间、停止时间、合并启停数；
- c) 归属集合为未知类时，辅助辨识数据需符合非介入式负荷云辨识的要求；
- d) 非介入式负荷云辨识由招标方根据实际使用情况提出要求。

4.3.5 软件标识及动态校验测试

由测试系统向模组发送软件标识读取和动态校验指令，模组响应应符合表4.6的要求。

表4.6 软件标识代码

软件生产号	软件出厂版本号	序列号
由 4 位阿拉伯数字组成，代表软件厂家序号	由 3 位阿拉伯数字组成，代表软件出厂版本号	由 9 位阿拉伯数字组成，代表相应软件生产号及软件版本号的产品生产序号。

4.3.6 时钟对时测试

时钟对时按以下步骤进行：

- a) 模组上电后，测试系统监视模组发起的对时请求；
- b) 测试系统向模组发起对时，模组应正确设置时钟，并返回确认。

4.3.7 分钟冻结测试

查询模组周期冻结数据，模组应正确响应。模组应支持分钟冻结，冻结数据至少包括用电设备类别、冻结周期内分项电能量和运行期间的平均功率。冻结周期默认15min，应保存至少2880条记录。

4.3.8 事件记录测试

测试系统向模组发送查询校时事件与升级事件报文，模组应正确响应并回复对应事件报文。

事件记录应满足：

- a) 记录校时总次数以及最近 10 次管理芯主动发起校时的前后时刻；
- b) 记录最近 10 次 SPI 通信异常事件；
- c) 记录模组的软件在线升级总次数升级时间、以及最近 10 次升级前、升级后版本信息。

4.3.9 数据存储测试

查询模组冻结及事件记录，模组响应应符合技术规范5.6.8的要求。

4.3.10 软件升级测试

4.3.10.1 测试系统架构

模组在软件升级测试系统下与电能表配合进行软件升级试验，系统架构如图4.2所示。被测模组应支持采用点对点传输与组播传输相结合的方式。

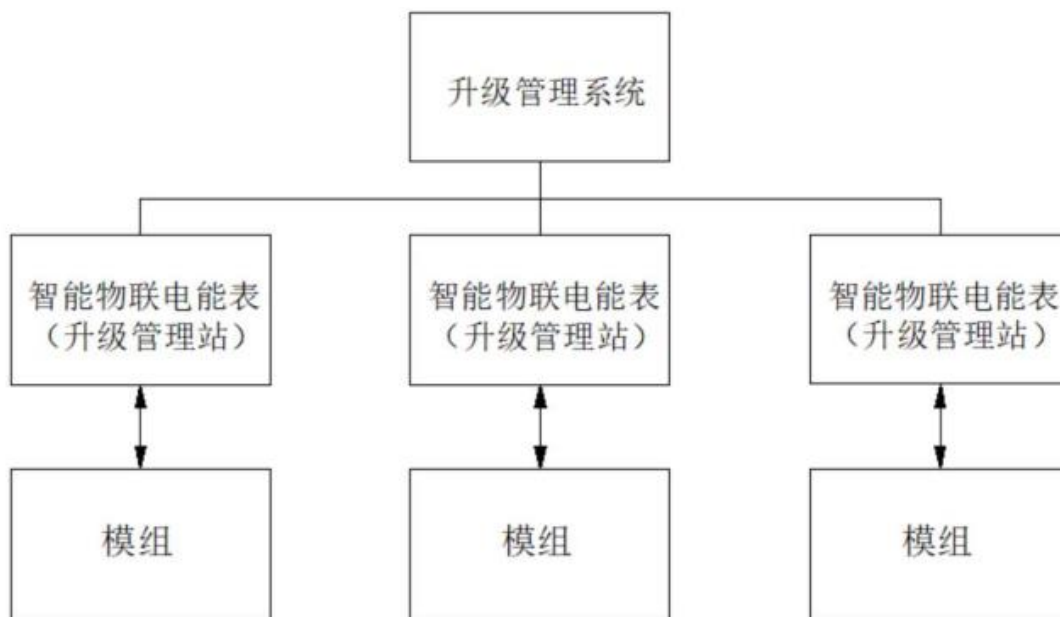


图4.2

4.3.10.2 软件升级测试

启动传输测试应按以下步骤进行：

- 系统下发与模组不匹配的启动传输命令，模组应返回异常应答；
- 升级管理系统下发与模组匹配的启动传输命令，模组应正确响应并进入可写升级文件状态；
- 系统下发写文件命令及升级文件，模组应能正确接收、存储并返回正确应答；
- 升级管理系统下发启动传输命令，模组应正确响应并进入可写升级文件状态；
- 系统下发写文件命令及错误的升级文件，模组应正确响应，待文件接收完整后，模组不能升级，并保存错误升级状态信息。

4.4 外观结构

4.4.1 一般要求

外观检测，不应有凹凸痕、划伤、裂缝和毛刺，模组标识信息激光刻印于外壳表面，应清晰、耐久。

4.4.1.1 模组尺寸

模組的最大尺寸，81 mm（高）×18 mm（宽）×35 mm（厚）。

4.4.1.2 模組颜色

模組外壳颜色色卡号为RAL 9003(信号白)，色差值 $\Delta E \leq 2.0$

4.4.2 外壳与端子着火试验

在非金属外壳和有端子排及相关连接件的模拟样机上按 GB/T 5169.11—2006 规定的方法进行试验，模拟样机使用的材料应与被试模組的材料相同。灼热丝顶部的温度为 $650^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，灼热丝顶部施加在试验样品的端子排的某一端子上，试验时间为 30s。在施加灼热丝期间和在之后的 30s 内，观察样品的试验端子以及端子周围，试验样品应无火焰或不灼热；或样品在施加灼热丝期间产生火焰或灼热，但应在灼热丝移去后 30s 内熄灭。

4.5 电气性能试验（内部要求）

本项测试针对整表。

4.5.1 市电供电环境下的电源试验

1) 电源缓慢变化试验

将设备温度升至 $85(-55)^{\circ}\text{C}$ ，16h后，分别对测试样品进行电压缓升（20s到 U_n ）、直接启动、和掉电后20s以上再启动的验证，产品应能正常工作。

2) 极端高温环境下的电源中断影响试验

按照产品类别单相/三相供电，温度 85°C ，电压 $1.2U_n$ ，全跌，持续20s，上电20s，试验2000次，试验后被测产品应正常工作，数据无改变。

3) 极端低温环境下的电源中断影响试验

按照产品类别单相/三相供电，温度 -55°C ，电压 $1.2U_n$ ，全跌，持续20s，上电20s，试验2000次，试验后被测产品应正常工作，数据无改变。

4) 电源谐波影响试验

通过谐波发生器（电动车充电器）对产品施加干扰，测试元器件温升并观察是否存在异常现象，试验过程中及试验后功能性能正常。

4.6 机械试验（内部要求）

4.6.1 弹簧锤试验

将插入模块的电能表安装在其正常工作位置，使其不得前后左右移动，弹簧锤以 0.2J 的动能垂直作用在电能表表壳的各外表面、窗口及端子盖上，应在每个位置上冲击 3 次，电能表以及模块应无损坏。

4.6.2 冲击试验

在非工作状态，将电能表固定在夹具或者冲击试验设备上，施加一个不重复的具有特定峰值加速度和持续时间标准冲击脉冲波形，试验应按如下条件进行：

- a) 试验强度： 脉冲波形：半正弦脉冲；
- b) 峰值加速度：30 gn (300 m/s²)；
- c) 脉冲周期：18 ms。
- d) 误差试验点：PF = 1, 10 Itr

试验结束后，模块功能不应损坏，通信功能验证正常。

4.6.3 振动试验

在非工作状态，产品在正常无包装，将模块固在试验台上，在电能表三个互相垂直的轴向上分别施加振动，试验应按如下条件进行：

- a) 频率范围：10 Hz~150 Hz；
- b) 试验强度：
 - 总 r. m. s. 水平：7 m/s²；
 - 加速度频谱密度 (ASD) 水平 (10 Hz~20 Hz)：1 m²/s³；
 - 加速度频谱密度 (ASD) 水平 (20 Hz~150 Hz)：-3 dB/倍频程；
- c) 每轴上的持续时间：至少 2 min。

试验结束后，模块功能不应损坏。

4.6.4 汽车颠簸试验

参照 ISTA 1A 系列标准，产品在正常无包装，非工作状态下进行振动试验，每个面进行一次，要求在所定的频率下进行恒位移振动，峰峰值为 25 mm，试验时间参考标准要求确定，试验完毕后按规定检查产品的功能性能应无异常，记录试验结果。

4.7 可靠性要求(内部要求)

4.7.1 盐雾试验

将样品非通电状态下放入盐雾箱，保持温度为 35℃±5℃，相对湿度大于 85%，喷雾 16h 后在大气条件下恢复 1-2h。

试验后，元器件不能有腐蚀现象，模组正常工作，满足内控要求。

4.7.2 双 85 试验

电表供电, 温度 85℃、湿度 85℃, 每 200 小时暂停试验进行功能、性能及结构验证, 共进行 1000h。试验完成后, 功能应符合要求。

4.7.3 跌落试验

1、标准试验: 参考内控企标确认产品重量和跌落高度, 样品在非包装安装或使用状态进行跌落 2 次, 其他侧面各跌落 1 次, 试验后要求产品功能性能正常, 结构不能出现影响主要功能的异常。

2、极限试验: 试验前确认产品无异常, 参考相关要求确认样品重量和样品跌落试验的高度参数, 定义被测样品的各个面、角、楞, 然后按照以下要求进行试验:

——按 5-2-1-3-4-6 的顺序依次进行跌落试验;

——跌落次数: 1 次/面, 共 6 次

——检查试验样品并记录有关试验现象, 试验完毕后产品功能性能应正常。

4.7.4 高温耐久试验

正常工作状态下, 电表供电, 85℃, 加谐波影响, 持续通电, 每天进行一次断电后通电观察产品是否可以正常启动, 观察指示灯运行是否正常, 以及功能验证, 实验结束前 1 小时内测试温升。200h 后取出常温放置 2h 后, 进行功能验证。

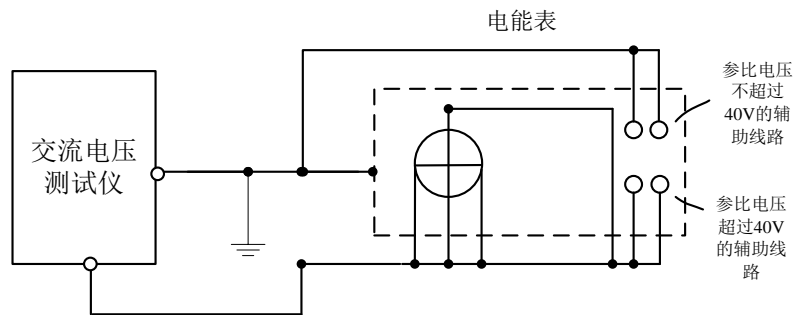
4.8 绝缘性能要求

模组应安装在**智能物联电能表**上, **整机**应作为台式设备进行试验。

4.8.1 绝缘强度

针对电源回路对地应耐受 4000V (低于 60V 直流电源回路) 的 50Hz 的交流电压, 历时 1min 的绝缘强度试验。试验时不得出现击穿、闪络现象, 泄漏电流应不大于 5mA。

应在装上表壳和端子盖情况下进行试验, 在无法触及试验电压施加点的情况下, 可用横截面不超过接线孔横截面面积的导线将各试验线路引出。试验电压应在 (5~10) s 内由零升到规定值, 并保持 1min, 随后试验电压以同样速度降到零。电流线路和电压线路以及标称电压超过 40V 的辅助线路连接在一起为一点, 另一点接地, 试验电压施加于该两点间, 试验接线示意图见图 4.3。



注 1：辅助端子中拉闸信号输出及报警信号输出实际应用中接强电，标称电压超过 40V。

注 2：应通过设定试验设备的跳闸电流来判断试验结果，跳闸电流设为 5mA，当通过试验设备两端的电流大于跳闸电流时，设备报警，即认为仪表产生闪络或击穿现象。

图 4.3 线路对地的试验接线示意图

4.8.2 脉冲电压

试验应在下列条件下进行：

- a) 脉冲波形: 1.2/50 μ s 脉冲；
- b) 电压上升时间: $\pm 30\%$ ；
- c) 电压下降时间: $\pm 20\%$ ；
- d) 电源阻抗: $500\Omega \pm 50\Omega$ ；
- e) 电源能量: $0.5J \pm 0.05J$ ；
- f) 试验电压：

从额定系统电压导出的相对地电压 (V)	脉冲电压 (V)
$150 < U \leq 300$	6000

- g) 试验电压允差: $+0\% \sim -10\%$ 。

每次试验，以一种极性施加 10 次脉冲，然后以另一种极性重复 10 次。两脉冲间最小时间为 3s。

试验中，仪表不应出现闪络、破坏性放电或击穿。

- h) 试验漏电流 3.5A。

4.9 电磁兼容性要求

4.9.1 一般要求：

电磁兼容性试验的一般要求包括：

- a) 通用试验条件适用于表4.8中规定的所有试验，另有规定除外；
- b) 试验前，应在参比条件下测试模组的功能；
- c) 电磁兼容性试验过程中，模组应安装在**智能物联电能表**上，**整机**应作为台式设备进行试验，电能表在正常的工作位置，并盖上表盖和端子盖；
- d) 所有接地的部分应接地；
- e) 对任一影响量或干扰试验项目，每项试验仅施加一个外部影响量；除非在有关试验条款中另外说明，所有其它影响应设置为参比条件；
- f) 试验要求应符合《Q/GDW 1364—201X 单相智能物联电能表技术规范》中 4.7.11 的要求。

表 4.8 电磁兼容性要求

电磁干扰源	严酷等级	干扰附加值	施加端口
射频辐射电磁场	4	30V/m	整机
静电放电	4	9kV	外壳和操作部分
电快速瞬变脉冲群	4	4.0kV	电源端口
射频场感应的传导骚扰	3	10V	电源端口
浪涌	4	6.0kV（差模）	电源端口

4.9.2 验收准则：

除非特别说明，试验结果的评价适用于所有模组，试验结果应依据模组在试验中的功能丧失或性能降低现象进行分类，电磁抗扰性试验结果评价等级如下表描述。

A 级： 试验时和试验后模组单元均能正常工作，不应有任何损坏、死机、复位现象，数据采集应准确；

B 级： 试验时模组可出现短时通信中断，其它功能和性能都应正常，试验后无需人工干预，通信单元应可以自行恢复。

表 4.9 电磁兼容性试验结果评价等级

试验项目	试验结果评价	
	试验时	试验后
静电放电抗扰度	A/B	A
射频电磁场辐射抗扰度	A	A
电快速瞬变脉冲群抗扰度	A/B	A
浪涌试验	A/B	A

传导差模电流干扰试验	A/B	A
------------	-----	---

4.9.3 电磁兼容试验的驻留时间

驻留时间是在规定频率下干扰量或影响量施加的持续时间。被试设备（EUT）在经受扫频频带的电磁影响量或电磁干扰的情况下，在每个步进频率试验的驻留时间不应小于 3 s。为了对电能表的准确度进行稳定验证，驻留时间必要时可扩展。

在每个步进频率，都应确定电能表是否易受影响。

电能表电流回路有电流的试验，应通过测量电能表的准确度来完成。

注：测量准确度的试验方法包括，使用电脉冲输出，或通过数据通信口读取电能表的电能寄存器。

电能表电流回路无电流的试验，应通过检查电能寄存器是否变化来完成。如发现了明显易受影响的步进频率，应通过对每个步进频率施加持续 1 min 的试验信号，并测定电能寄存器的增量，1 小时的推算增量不应超过临界变化值。

注：

本条要求针对带扫频要求的试验项目，例如射频电磁场、差模电流干扰、射频场感应的传导等需要扫频的试验，确保了在每个步进频率施加了足够的干扰应力，并且持续时间应保证台体能够读出稳定的误差。

针对电流回路中无电流的试验，如被试设备没有变化，则通过误差偏移的大小来判断哪些点是明显受到影响的步进频率，并在步进频率处推算 1 小时的增量来计算临界变化值，判断是否满足验收准则。

4.9.4 射频辐射电磁场抗扰度（电流电路无电流）

模块在正常工作状态下，按 GB/T 17626.6-2017 的规定，并在下述条件下进行试验：

（a）模组工作状态：

- 电压电路和辅助电源电路（若有）施加标称电压；
- **电流电路无电流**，且电流端子应开路；

（b）暴露于电磁场中的电缆长度：

- 1 m；电缆长度的要求适用于电压电缆、输入/输出电缆和通信电缆。

（c）试验应施加在模组每个表面：

- 频带：80 MHz～6 GHz；以 1 kHz 正弦波对信号进行 80% 调幅载波调制；
- 未调制的试验场强：30 V/m；

- 频率增加的步长：1%。

驻留时间应符合 9.3.1.2 的规定。

试验电压施加于终端的供电电源端和保护接地端，试验时应能正常工作，功能和性能应符合相关的规定。

在表 4.8 所列严酷等级的射频辐射电磁场影响下，模组不应发生死机或损坏，应能正常通信。

4.9.5 射频辐射电磁场抗扰度（电流电路中有电流）（内部要求）

试验应按GB/T 17626.3或GB/T 17626.20，以及下列的条件下进行：

- a) 电压电路和施加标称电压；
- b) 电流电路应施加 $10I_{tr}$ ；
- c) 被测试验信号的功率因数为 1；
- d) 在规定的参比条件内，被测试验信号应保持恒定；
- e) 暴露于电磁场中的电缆长度：1 m；电缆长度的要求适用于电流电缆、电压电缆、输入/输出电缆和通信电缆。
- f) 试验应施加在电能表的每个表面：
 - 频带：80 MHz～6 GHz：以 1 kHz 正弦波对信号进行 80%调幅载波调制；
 - 未调制的试验场强：10 V/m。
 - 频率增加的步长：1%；
- g) 载波频率的每个增量间隔的误差都应被监测，并应符合表 4.8 中各确度等级电能表规定的误差偏移极限；
- h) 驻留时间应符合 4.5.3.1 的规定。

验收准则：A。

4.9.6 射频场感应的传导干扰（内部要求）

试验应按GB/T 17626.6，在4.5.1中规定的条件以及下列的条件下进行：

- a) 电压电路施加标称电压；
- b) 电流电路施加 $10I_{tr}$ ；
- c) 被测试验信号的功率因数为 1；
- d) 在规定的参比条件内，被测试验信号应保持恒定；

e) 试验应施加在电网电源端口、电流互感器端口、辅助电源端口、HLV 信号端口和 ELV 信号端口的所有端子（作为信号组一起试验）：

- 频率范围：150 kHz～80 MHz；
- 电压水平：10 V。
- 频率增加的步长：1%；

f) 驻留时间应符合 4.9.3 的规定。

在表 4.8 所列严酷等级的射频辐射电磁场影响下，模组不应发生死机或损坏，应能正常通信。

4.9.7 静电放电抗扰度

模块在正常工作状态下，按 GB/T 17626.2，在 6.4.1 中规定的条件以及下述条件下进行试验：

(a) 模组工作状态：

- 电能表电压电路和辅助电源电路（若有）施加标称电压；
- 电流电路无电流，且电流端子应开路；

(b) 试验应施加在模组的每个表面：

• 间接放电：9 kV 的试验电压应以接触方式施加于水平耦合板和垂直耦合板。水平和垂直耦合板试验，模组的所有面都应经受放电；

• 直接放电：9 kV 接触放电试验电压应施加在正常操作易触及的金属部分（如通讯接口）；如果模组的外表面没有易触及的金属部分，应施加 16.5 kV 试验电压的空气放电替代接触放电；

(c) 放电次数

• 以最敏感极性放电 10 次；如果敏感极性未知，则正负极性各 10 次；相邻放电之间至少间隔 1 s。

注 1：试验时，模组可以出现短时通信中断和指示灯瞬时闪烁，其它功能和性能应正常，试验后模组单元应能正常工作，存储数据无改变。

4.9.8 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按 GB/T 17626.4—2018 的规定，在 6.4.1 中规定的条件以及下述条件下进行试验：

(a) 模组工作状态：

- 电压电路和辅助电源电路（若有）施加标称电压；
- 电流电路无电流，且电流端子应开路；

(b) 试验电压分别施加于电网电源端口和电流互感器端口以及信号端口：

- 电网电源端口和电流互感器端口：±4kV；
- 试验时间：每一极性 60 s；
- 重复速率：100kHz。

试验时可以出现短时通信中断，其它功能和性能应正常，试验后模块应能正常工作，功能和性能应符合相关的规定。

4.9.9 浪涌抗扰度

试验应按 IEC 61000-4-5，在 6.4.1 中规定的条件以及下列的条件下进行：

(a) 模组在工作状态：

- 电压电路和辅助电源电路（若有）施加标称电压；
- 电流电路无电流，且电流端子应开路；
- 浪涌发生器与模组之间的电缆长度：1 m；

(b) 试验信号端口：

电网电源端口和电流互感器端口：

- 差模方式（每一线对线，每一线对中线）：6 kV
- 发生器源阻抗：2 Ω ；
- 应在每一电流输入端子悬空（不连接，开路）的情况下，对电流互感器端口进行试验；

(c) 浪涌试验信号应在交流电压基波波形的 0°、90°、180° 和 270° 相位角施加；

(d) 试验次数与频率：正负极性各 5 次，1min/次

在表 4.7 所列严酷等级的浪涌干扰下，模组不应发生死机或损坏；允许出现复位或短时通信中断现象。

4.9.10 传导差模电流干扰试验

仅进行传导差模电流干扰试验，不需要进行传导差模电压干扰试验。

试验应按 IEC 61000-4-19，在 5.4.1 中规定的条件以及下列的条件下进行：

(a) 仪表在工作状态：

- 电压电路和辅助电源电路（若有）施加标称电压；
- 电流电路施加 GB/T 17215.3 有关标准中给出的电流值；
- 被测试验信号的功率因数（或 $\sin\phi$ ）应按 GB/T 17215.3 有关标准的给出值；
- 此外，在规定的参比条件内，被测试验信号应保持恒定；
- 多相仪表接入带单相负载的平衡电压系统；如果仪表的计量设计对所有三相是相同的，单相试验是足够的；否则，应逐相试验

(b) 应采用具有间歇的 CW(连续波)脉冲和矩形调制脉冲的试验波形曲线（IEC 61000-4-19: 2014, 5.2.2 和 5.2.3）

(c) 差分试验电流：

直接接入仪表，差分试验电流 I_{diff} 应施加到电网电源端口：

- 2 kHz~30 kHz: $I_{diff} = 3 \text{ A}$ ；
- 30 kHz~150 kHz: $I_{diff} = 1.5 \text{ A}$ ；

经互感器接入仪表，差分试验电流 I_{diff} 应施加到电流互感器端口：

- 2 kHz~30 kHz: $I_{diff} = 0.03I_{max}$ ；

- 30 kHz~150 kHz: $I_{\text{diff}} = 0.015I_{\text{max}}$

- (d) 试验期间, I_{diff} 允差应为所选等级的 $\pm 5\%$;
- (e) 频率增加步长: 1%;
- (f) 驻留时间应符合 9.3.1.2 的规定。

4.9.11 对讲机抗扰度试验 (内部要求)

对讲机随机设置多个频段进行干扰测试。

确保对讲机正常通讯, 将其中一个对讲机在加装模块电表周围移动施加干扰, 另外一个放置于离电表1m~1.5m位置, 观察模块是否存在通信失败、复位等现象。

4.9.12 电棍放电影响试验 (内部要求)

样品工作在参比电压下, 使用警棍进行50万伏(实际能买到的最高放电电压的产品)直接对产品进行放电试验, 试验中查看并记录样品有无通信中断、复位、损坏等异常现象。试验后确认样品功能、性能及储存的信息, 与试验前相比有无改变。

4.9.13 振铃波试验 (内部要求)

试验应按GB/T 17626.12, 在4.5.1中规定的条件以及下列的条件下进行:

- a) 电压电路施加标称电压;
- b) 电流电路无电流, 且电流端子应开路;
- c) 振铃波发生器与电能表之间的电缆长度: 1 m;
- d) 振铃波试验波形应施加在:

电网电源端口、电流互感器端口:

——共模方式(每一线和中线对地): 4 kV;

——差模方式(每一线对线、每一线对中线): 2 kV;

——发生器源阻抗: 12 Ω ;

——应在每一电流输入端子悬空(不连接, 开路)的情况下, 对电流互感器端口进行试验;

- e) 振铃波试验信号应在交流电压基波波形的 0°、90°、180°和 270°相位角施加;

- f) 试验持续时间: 5 次正极性和 5 次负极性, 应以每分钟一次的速率施加试验信号。

验收准则：B。

4.9.14 外部恒定磁场试验（内部要求）

本试验用于验证在正常工作环境下电能表对可能出现的外部恒定磁场的抗扰能力；任何高于下述试验条件的要求，宜由制造商和用户之间商定。

试验应在下列的条件下进行：

- a) 电压电路施加标称电压；
- b) 电流电路施加 $10I_{tr}$ ；
- c) 被测试验信号的功率因数为 1；
- d) 在规定的参比条件内，被测试验信号应保持恒定；
- e) 将 50 mm×50 mm×50 mm 表面中心磁感应强度为 $200\text{ mT} \pm 20\text{ mT}$ 的磁铁分别放置在电能表按正常使用安装时所有可触及的表面；
- f) 每个表面的试验时间不应小于 20 min。

验收准则：A。

注：产生外部恒定磁场的工具可是永磁铁，也可是电磁铁（具备永磁铁衰减特性），表面磁感应强度为 $200\text{ mT} \pm 20\text{ mT}$ 。

注：模块内部受恒定磁场影响的主要元器件为电源电路电感。考虑到元器件在表内的布局及磁铁随距离衰减的特性，电能表表壳上面和下面不做考核。考察：正面、两个侧面、背面共四个面。

4.9.15 外部工频磁场试验（内部要求）

试验按 IEC 61000-4-8，以及下列的条件下进行：

- a) 电压电路施加标称电压；
- b) 电流电路施加 $10I_{tr}$ 、 I_{max} ；
- c) 被测试验信号的功率因数为 1；
- d) 在规定的参比条件内，被测试验信号应保持恒定；
- e) 试验应施加在电能表的三个垂直平面上，由与施加在电能表上的电压相同频率的电流产生外部磁感应，被试电能表置于感应线圈的中心；改变外部磁感应对电能表的方向和相位，以电能表误差的最大偏移量确定为电能表处于外部工频磁场最不利的方向和相位影响的条件；

- f) 感应线圈按 IEC 61000-4-8, Ed 2.0(2009-09), 6.3.3-a;
- g) 浸入试验方式; 磁感应强度为 0.5 mT(400 A/m);
- h) 试验持续时间应为 1 min。

验收准则: A。

4.9.16 外部工频磁场试验(无负载条件)(内部要求)

试验按IEC 61000-4-8, 以及下列的条件下进行:

- a) 电压电路施加 1.15 倍的标称电压;
- b) 电流电路无电流, 且电流端子应开路;
- c) 试验应施加在电能表的三个垂直平面上, 由与施加在电能表上的电压相同频率的电流产生外部磁感应, 被试电能表置于感应线圈的中心; 改变外部磁感应对电能表的方向和相位, 以电能表误差的最大偏移量确定为电能表处于外部工频磁场最不利的方向和相位影响的条件;
- d) 感应线圈按 IEC 61000-4-8,Ed 2.0(2009-09), 6.3.3-a;
- e) 浸入试验方式; 磁感应强度为 0.5 mT(400 A/m);
- f) 试验时间: 20τ , τ 的计算见公式 (1)。

$$\tau = \frac{3.6 \times 10^6}{k \times U_{\text{nom}} \times I_{\text{st}}} s \quad (1)$$

式中:

k ——输出装置每千瓦时输出的脉冲数 (imp/kWh);

U_{nom} ——标称电压, 单位为 V;

I_{st} ——起动电流, 单位为 A。

验收准则: B。

4.9.17 外部工频磁场干扰试验(内部要求)

试验按IEC 61000-4-8, 以及下列的条件下进行:

- a) 电压电路施加标称电压;
- b) 电流电路无电流, 且电流端子应开路;

- c) 试验应施加在电能表的每个表面，由与施加在电能表上的电压相同频率的电流产生外部磁感应，被试电能表置于感应线圈的中心；改变外部磁感应对电能表的方向和相位，以电能表误差的最大偏移量确定为电能表处于外部工频磁场最不利的方向和相位影响的条件；
- d) 感应线圈按 IEC 61000-4-8, Ed 2.0(2009-09), 6.3.3-a；
- e) 浸入试验方式；短时磁场（3 s）施加在电能表三个垂直平面上；
- f) 短时（3 s）磁感应强度：1000 A/m；

验收准则：B。

注：新增试验：试验强度约为1.26mT。

4.9.18 无线电干扰抑制（EMI）（内部要求）

试验按IEC CISPR 32，以及下列的条件下进行：

- a) 电压电路施加标称电压；
- b) 电流电路应施加 $I_{tr} \sim 2I_{tr}$ 的电流（以线性负载引出）；
- c) 与每一电压电路、辅助电源电路及电流电路端子的连接，应使用长度为 1 m 的无屏蔽电缆；

验收准则：

试验结果应符合IEC CISPR 32中对B级设备给出的限值；IEC CISPR 32对A级设备给出的限值仅对用于安装在工业环境中的电能表型式是可接受的。

4.10 安全试验

模组的参数配置、动态校验、软件升级等试验方法应符合 Q/GDW 1365—20XX 的要求。

4.11 协议一致性试验

模组应进行通信规约一致性的检查。与电能表管理模组和计量模组的通信应符合DL/T 698.45的要求。

4.12 气候影响试验

模组应安装在电能表上进行测试。每项气候影响试验后，模组应无损坏，无信息改变并能正常工作。

4.12.1 高温试验

试验应按 GB/T 2423.2-2008, 在下列条件下进行: 模组在非工作状态, 试验温度为 $(+85 \pm 2)^\circ\text{C}$, 持续时间 72h, 试验后样品恢复时间为 2h。气候影响试验后, 进行通信功能测试, 应符合技术规范要求。

4.12.2 低温试验

试验应按 GB/T 2423.1-2008, 在下列条件下进行: 模组在非工作状态, 试验温度为 $(-55 \pm 2)^\circ\text{C}$, 持续时间 2h, 试验后样品恢复时间为 2 小时 (试验温度应比电能表规定的下限温度极限低一个等级, 但规定的下限温度极限为 -55°C 时, 试验温度应为 -55°C)。气候影响试验后, 进行通信功能测试, 应符合技术规范要求。

4.12.3 交变湿热试验

试验应按 GB/T 2423.4, 在下列条件下进行:

- a) 电压电路施加标称电, 电流电路无电流;
- b) 试验上限温度: $+55^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$;
- c) 试验持续时间: 6 个周期。
- d) 将电能表暴露在周期性变化的温度环境下, 温度在 25°C 和 b) 规定的上限温度之间变化, 在低温和温度变化阶段保持相对湿度 95% 以上, 在高温阶段保持相对湿度 93% 以上。在温升过程中电能表可出现凝露:
- e) 一个周期 24h 包括
 - 1) 在 3h 内升温至上限温度;
 - 2) 保持上限温度直到从周期起点开始计算的 12h;
 - 3) 在接下来的 3h 到 6h 温度降至 25°C , 如果在前 1.5h 内温度下降的较快, 则要求在 3h 内就下降至 25°C ;
 - 4) 温度始终保持在 25°C , 直至一个周期 24h 结束。
- f) 在周期开始前的稳定阶段和周期结束后的恢复阶段, 应使电能表所有部件的温度变化范围在其最终温度的 3°C 以内。

试验期间, 不应出现重大缺陷。试验后, 电能表应立即正确工作, 误差偏移应符合表 4.8 中各准确度等级电能表误差偏移极限的规定。

试验结束后 24 h, 应对电能表进行以下试验:

- (a) 绝缘试验, 但脉冲电压应乘以系数 0.8; 如果不可能在整体设备上试验, 可进行子组件试验;
- (b) 功能试验, 模组应正常工作, 不出现任何可能影响模组功能特性的机械损伤或腐蚀的痕迹。湿热试验也可视作腐蚀试验。目测评判试验结果, 不应出现可能影响模组功能特性的腐蚀痕迹。

4.12.4 凝露试验（内部要求）

按照凝露试验标准进行参数设定，试验过程中产品通电运行，按照现场使用安装方式进行放置：

- 1) 第一步：0.5小时，温度达到10℃，湿度达到50%RH；
- 2) 第二步：0.5小时，温度保持10℃，湿度达到90%RH；
- 3) 第三步：0.5小时，温度保持10℃，湿度达到95%RH；
- 4) 第四步：3.5小时，温度达到80℃，湿度保持95%RH；
- 5) 第五步：0.5小时，温度降到75℃，湿度降至30%RH；
- 6) 第六步：1.0小时，温度降至30℃，湿度保持30%RH；
- 7) 第七部：0.5小时，温度降至10℃，湿度升至50%RH；
- 8) 共5个循环；

试验过程中及试验后产品功能性能应正常。

4.12.5 温度冲击试验（内部要求）

参考产品需求进行验证，一般试验参数：非通电状态下，

温度范围：低温-55℃，高温85℃；

温度保持时间：30min，温度转换时间2-3min；

周期：24循环

试验后产品功能性能正常，存储信息无改变。

4.13 兼容性试验

4.13.1 热插拔试验

电能表施加参比电压、参比电流，在模组热插入的情况下，模组应能正常工作；模组热拔出后，模组不应损坏且内部存贮的数据和参数不应受到影响和改变

4.13.2 接口符合性试验

模组插入相应的测试电能表，电能表接入测试平台，施加参比电压、参比电流，测试平台以 10s 的时间间隔对模组进行抄读，共抄读 5 次，模组应正确应答。

4.14 其他内控测试（内部要求）

4.14.1 波形测试

测试负荷感知模块与管理模组通讯时RXD/TXD波形：模块在开漏方式、高阻常态下，低电平电流驱动能力 $\geq 2\text{mA}$ ，在驱动2mA的负载电流时对地电压应 $\leq 0.4\text{V}$ 。

测试负荷感知模块与计量模组通讯时SPI/CS/MOSI波形：三相表计量模组提供的 SPI 通信时钟信号线通信速率最大可支持 6Mbps，单相表计量模组提供的 SPI 通信时钟信号线通信速率最大可支持 2Mbps。

4.14.2 器件温升

整机试验，常温下，电压线路供1.3倍Un，最大电流，在最大工况下运行2小时，测试所有器件温升不超过35K。

4.14.3 升级试验

升级过程中断电，重新上电以后程序应恢复至升级前版本，不允许出现死机、黑屏、产品无法启动等问题。（烧写器升级除外。此项试验主要为了避免生产、市场升级（U 盘升级、远程升级、串口升级等）异常导致产品异常不能修复的情况。

5 接口要求

模组的弱电接口采用 2X6（间距 2.54mm）双排插针作为连接件，与电能表管理模组的 B 型扩展模组 接口接件。接口定义说明见表 5.1。模组电源故障或短路 时不应影响智能物联电能表的基本功能，隔离元器件功能失效时不应发生安全隔离失效。

表 5.1 模组接口引脚定义

接口 引脚编号	信号类别	信号名称	信号方向（针对模组）	说明
1、2	电源	VCC	I	由电能表提供，工作电压应满足（5±0.25）V。
3、4	电源地	VSS	—	电源地
5	信号	RXD	I	模组接收管理模组通讯信号引脚，管理模组输出为 开漏方式，常态为高阻态。
6	信号	TXD	O	模组给电能表发送信号引脚，模组输出为开漏方 式，常态为高阻态。模组低电平电流驱动能力 N2mA。通信速率默认为 9600bps
7	信号	COM-RQ	O	模组到位信号（默认接地），输出，到位后为低电 平。

表 3 （续）

8	信号	/RST	I	管理模组控制引脚，用来给模组复位，管理模组输出开漏方式；常态为高阻态，低电平有效，复位信号脉宽不低于 200ms
9	信号	MOSI	I	SPI 通信数据线，数据输入
10	信号	SCK	I	计量模组提供的 SPI 通信时钟信号线 通信速率适应计量模组：单相模组不小于 2Mbps，三相模组不小于 6Mbps
11	信号	CS	I	SPI 片选信号
12	预留			
注：模组通过 SPI 接受采样周波数据，SPI 通信采用模式 1。				

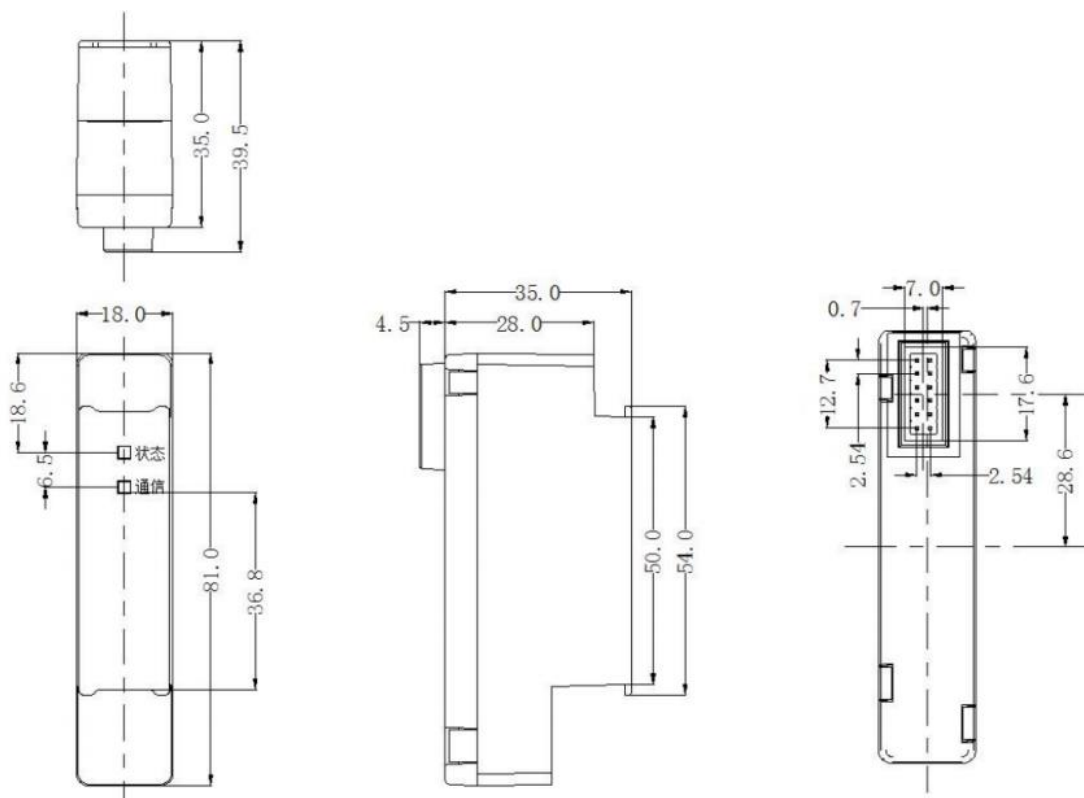
6 版本记录

版 本 编 号 / 修改状态	拟制人/修改人	审核人	批准人	备注
V1.0	程希光			第一版

附录 A 模组结构

(规范性附录)

模组外观尺寸



附录 B 模组上电流程

(规范性附录)

模组与智能物联电能表管理模组的上电交互流程如下：

- a) 上电并稳定后，管理模组自动检测模组的 COM_RQ 引脚，确定模组是否接入，若未检测到 COM_RQ 但接收到模组时钟同步或配置参数请求，同样确认模组接入；
- b) 管理模组确认模组接入后，等待 3 秒，读取模组中的电能表模组列表（OAD：40310200），确认模组类型，如正确应答，则进入步骤 c；如果模组未能给出正确应答，则管理模组再次读取模组中的电能表模组列表（OAD：40310200），如果三次应答均失败，则通过/RST 引脚复位模组；
- c) 管理模组确认模组所在端口，如果模组逻辑地址已占用，则给模组重新分配一个逻辑地址，并在管理模组中建立逻辑地址、端口的对应关系；
- d) 管理模组如检测到扩展模组变化，则通过主动上报新增上报事件列表中报模组变更事件 OAD，引导主站读取管理模组中的电能表模组列表；
- e) 主站读取管理模组中的电能表模组列表（OAD：40310200）（该列表包括了和管理模组通信的各个模组的逻辑地址）后，主站可以通过管理模组访问接入模组，具体方法：主站发报文给管理模组，报文中服务器地址为管理模组通信地址，逻辑地址为模组的逻辑地址，管理模组收到此命令后，首先判断服务器地址是否和管理模组通信地址一致，如果一致，则再根据管理模组中逻辑地址、端口的对应关系转发给对应的端口；采用这种方法，主站可以读取电能表模组中的对象列表（OAD：44000200），对象列表（OAD：44000200）中包括该模组中的对象及对象访问权限；
- f) 模组访问管理模组时，管理模组视同主站访问管理模组，管理模组根据安全模式参数，判断所需数据的权限，模组根据需要决定是否读取管理模组的安全模式参数；
- g) 模组上电及复位后应向管理模组请求时钟同步；
- h) 模组上电及复位后应向管理模组请求计量配置参数。配置内容包含电能表类型、电压换算系数、电流换算系数、相位系数、周波采样点数、偏移小数位数、采样数据长度；
- i) 管理模组一旦检测到模组拔出，或收到主站下发的停止采样数据输出命令，即停止与该模组的数据通讯

附录 C 负荷识别的计算配置参数格式

（规范性附录）

负荷辨识的计量配置参数格式见表 C.1

表 C.1 负荷辨识的计量配置参数格式

序号	参数	长度	说明
1	电压系数	4字节*N	真电压值=电压 AD 采样数据*电压系数 /10 ^{偏移小数位数} ; N: 单相表为 1, 三相为 3。
2	电流系数	4字节*N	真电流值=电流 AD 采样数据*电流系数 /10 ^{偏移小数位数} ; N: 单相表为 1, 三相为 3。
3	相位系数	4字节*N	N: 单相表为 1, 三相为 3。
4	零线电流系数	4字节	电流 AD 采样数据*电流系数, 结合偏移 小数位数, 可得真电流值
5	偏移小数位数	1字节	根据该参数来选择原始数据和系数相乘 后的小数位精度
6	电能表类型	1字节	单相或三相, SPI 带宽有限, 需根据表类 型来确认是否要传输分相数据
7	周波点数	2字节	计量模组提供, 默认单周波 128 个点。
8	采样数据长度	1字节	表示单个采样点字节数

附录 D 负荷识别的计算配置参数格式

（规范性附录）

a) 计量模组向非介入式负荷辨识模组传送原始 AD 数值，不经过计量模组预处理，便于后续做更多的深化应用，同时能确保有效精度。

b) 每台电能表的基准电压、AD 精度、校正系数、角差补偿等参数有可能不同，所以电压系数、电流系数、相位补偿系数是管理模组根据每块表特有的校表参数进行归一化处理后的配置参数，配置要求见表 D.1。

例：假设电流原始数据为 121，配置参数中的电流换算系数为 100，偏移小数位数为 4，则非介入式负荷辨识模组计算出来的 $121 \times 100 = 12100$ ，结合偏移小数位 4，则真实电流值是 1.2100A。

表 D.1 参数配置要求

序号	数据	长度	说明
1	原始电压数据	根据电压参数长度配置	/
2	原始电流数据	根据电流参数长度配置	/
3	原始零线电流数据	根据电流参数长度配置	预留

计量模组到非介入式负荷辨识模组输出原始波形采用以下通信格式，通信格式如表 D.2：

表 D.2 计量模组到非介入式负荷辨识模组输出原始波形通信格式

序号	代码	说明
1	68H	起始符
2	31H/33H/34H	命令符：31H 代表单相电压、电流采样；33H 代表三相电压、电流采样；34H：单相电压、火线电流、零线电流采样；
3	L0 L1	长度域（2 字节）（除起始符和结束符之外的帧字节数）
4	帧序号	帧序号（1 字节）
5	电压采样值 1 电流采样值 1	数据域：电压采样值 1（3 字节，HEX 补码）； 电流采样值 1（3 字节，HEX 补码）；

6	数据域
7	电压采样值 n 电流采样值 n	数据域：电压采样值 n（3 字节，HEX 补码）； 电流采样值 n（3 字节，HEX 补码）；
8	累加和	累加和（从命令符开始到数据域，包括数据域的累加和，4 字节）
9	16H	结束符

【条文解释】

注1：传输顺序采用小端模式。

注2：命令符是 31H 时，电压采样值、电流采样值传输顺序为：3 字节电压采样值、3 字节电流采样值；命令符是 33H 时，电压采样值、电流采样值传输顺序为：3 字节 A 相电压采样值、3 字节 B 相电压采样值、3 字节 C 相电压采样值、3 字节 A 相电流采样值、3 字节 B 相电流采样值、3 字节 C 相电流采样值；命令符是 34H 时，电压采样值、电流采样值传输顺序为：3 字节电压采样值、3 字节电流采样值、3 字节零线电流采样值。

注3：数据帧序号，用于判断数据是否有丢包。

附 录 E用电设备分类

（资料性附录）

用电设备分类见表 E.1

表 E.1 用电设备分类（丁皓修改）

代码	电器	设备代码								用电设备编号				跨冻结周期追踪编号（电热大类、未置信类）			
		bit15	bit14	bit13	bit12	bit11	bit10	bit9	bit8	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
01XY	定频空调	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
02XY	变频空调	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03XY	热水器	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
04XY	热水壶	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05XY	电饭煲	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
06XY	电烤箱	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07XY	电暖器	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
08XY	电磁炉	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09XY	微波炉	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0AXY	吹风机	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0BXY	吸尘器	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0CXY	...	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...
21XY	电冰箱	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

22XY	滚筒洗衣机	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23XY	涡轮洗衣机	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24XY	油烟机	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25XY	电视机	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26XY	...	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...
A10Y	电热大类	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A20Y	空调大类	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...
EEXY	未置信类	1	1	1	0/1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...
EF01 (FF01)	未知类 1	1	1	1	0/1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
EF02 (FF02)	未知类 2	1	1	1	0/1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
...

说明：

1、bit8~bit15：表示具体用电设备、电热大类、未置信类、未知类等；

2、bit0~bit7：表示用电设备或用电设备归属集合冻结信息：

- a. 当为准确用电设备时：bit0~bit3 为 0，bit4~bit7 表示此准确用电设备的冻结编号，用来区分不同类型的不同用电设备的某次运行负荷事件，用电设备关闭后释放编号。
- b. 当为电热大类时：bit4~bit7 为 0，bit0~bit3 表示用电设备归属集合的跨冻结周期追踪编号（取值范围 1~15），用于在跨冻结周期场景标记此用电设备的运行，模组在自身跨冻结周期算法辨识出准确用电设备时，冻结时将 bit0~bit3 赋值为原用电设备的大类追踪编号。
- c. 当为未置信类时：bit0~bit3 表示单次启停跨冻结周期的信息跟踪（取值范围 1~15），bit4~bit7 表示此未置信类用电设备编号，同一用电设备的未置信用电设备编号一致。模组在自身跨冻结周期算法辨识出准确用电设备时，冻结时将 bit0~bit7 赋值为原未置信类的跨冻结周期追踪编号。
- d. 当为未知类时：bit0~bit7 表示此未知用电设备编号，同一未知用电设备的设备编号需要一致，当同一未知用电设备出现次数符合要求之后，冻结时将 bit8~bit15 的 EF 修改为 FF。

附录 F 用电设备分类

（规范性附录）

F.1 负荷辨识准确度计算方法

用例下单一用电设备准确率计算方法：

$$Score_{app} = \begin{cases} \alpha \times \left(1 - \left|1 - \frac{Q_{identi}}{Q_{real}}\right|\right), & Q_{identi} < 2Q_{real} \\ 0, & Q_{identi} \geq 2Q_{real} \text{ 且 } \alpha \geq 0 \\ -1, & Q_{identi} \geq 2Q_{real} \text{ 且 } \alpha < 0 \end{cases}$$

用例下单用电设备依据用电量占比的加权系数计算方法：

$$K_{app} = \frac{Q_{real}}{Q_{real\ total}}$$

用例准确度计算方法：

$$Score_{case} = \sum (Score_{app} \times K_{app})$$

注： Q_{identi} 为某用电设备的辨识分项电量， Q_{real} 为此电器的真实分项电量， $Q_{real\ total}$ 为此负荷波形文件中所有电器真实分项电量的总和， $Score_{case}$ 表示负荷波形文件总分。

F.2 负荷辨识准确度评价方法

评价要求如表F.1：

表 F.1 评价要求

评级	得分(分)
A	[80, 100]
B	[60, 80)
C	[0, 60)

用电设备类型系数见表F.2：

表 F.2 用电设备类型系数

输出类别结果	得分系数 (α)	备注
正确具体类别	1	
正确大类	0.8	
未置信类	0.5	若未置信最终无正确具体类别刷新，则系数变为0.2
未知类	0.2	
空	0	
错误具体类别	-1	

附录 G 负荷辨识准确度测试方法

（规范性附录）

G1 负荷辨识准确度试验要求：

- （1）依照附录 H.1 要求录制负荷波形文件，按照附录 I 建设非介入式负荷辨识检测标准库（以下简称“标准库”）；
- （2）测试分为单一用电设备辨识能力测试、典型场景辨识能力测试两部分。

G.2 负荷辨识能力测试实验方法

- （1）单一用电设备辨识能力测试：

在标准库内随机抽取 20 个单一用例波形文件，文件可重复选取，组成单一用电设备测试方案集。

- （2）典型场景辨识能力测试：

- 1）标准库内抽取10个空调叠加其他用电设备的波形文件（要求空调设备功率最大，用电量占总用电量的50%以上），文件可重复选取，组成空调设备辨识能力测试方案集；

- 2）标准库内抽取10个电热叠加其他用电设备的波形文件（要求电热设备功率最大，用电量占总用电量的50%以上），文件可重复选取，组成电热设备辨识能力测试方案集。

- 3）标准库内随机抽取10个典型场景用例波形文件（包含两台以及两台以上用电设备叠加运行的典型用电场景），文件可重复选取，组成典型场景辨识测试方案集。

- （3）总体辨识能力单一设备及典型场景测试采用对应测试方案集中所有文件的负荷辨识准确率平均值作为测试结论；总体辨识准确率采用单一用电设备与典型场景测试结论的加权系数和计算，加权系数分别为0.2、0.8。

附录 H 负荷运行工况的模拟量录制采样与负荷工况设计规范

(资料性附录)

H1 负荷运行工况模拟量录制采样说明

负荷运行工况是指用电设备从启动到停止运行期间完整的电压与电流的模拟量信息；

H.2 负荷工况设计要求

- 1) 测试选用用电设备品牌、型号、运行模式的多样性；
- 2) 运行工况应包含单用电设备运行以及多台用电设备叠加运行的工况；
- 3) 用电设备运行模式需要考虑到实际的温度、环境、时间等因素是否符合用电设备实际使用场景；
- 4) 用电设备叠加组合可以参考居民用户的用电习惯，依据实际场景选择相关用电设备的叠加；

H.3 模拟量录制采集要求

- 1) 电压、电流采样频率不低于 6400Hz；
- 2) 电压在 176~264V 范围内采集误差不超过 $\pm 0.2\%$ ；
- 3) 电流在 1~60A 范围内采集误差不超过 $\pm 0.2\%$ ；
- 4) 频率在 47.5~52.5Hz 范围内采集误差不超过 1%；
- 5) 电压、电流采集相角同步差不高于 0.2° ；
- 6) 任意两个用电设备的启停间隔不小于 10s。

注：采集误差是指模拟量录制采集装置所采集的电压幅值、电流幅值、频率与真值之间的误差

附录 I 非介入式负荷辨识检测标准库

(资料性附录)

I.1 非介入式负荷辨识检测标准库特性描述

- 1) 非介入式负荷辨识检测标准库中文件须采用 IEEE 标准电力系统暂态数据交换通用格式 (Comtrade 负荷波形文件) 对用电设备运行工况信息进行描述;
- 2) 负荷波形文件中包含用电设备运行工况的电压、电流数据, 以及通道、换算系数、频率、采样记录频率、采样点数、波形时长等基本描述信息;
- 3) 负荷波形文件应按照用电设备类型, 用电设备叠加类型进行归纳存储;
- 4) 负荷波形文件需要附注录制时间、地点、环境温度以及录制单位或人等相关信息。

I.2 非介入式负荷辨识检测标准库标注

- 1) 用电设备类别信息标注;
- 2) 各用电设备启动时间与停止时间标注;
- 3) 各用电设备分项电能量信息标注。

I.3 非介入式负荷辨识检测标准库的数据源

标准库实行开放式管理, 符合本标准要求的负荷波形文件均可纳入。

附 录 J非介入式负荷感知模组检验项目

非介入式负荷感知模组产品检测项目										
说明： 1、生产功能测试+QA/IPQC 抽检=全项功能测试，功能项不应该有漏项 2、试验项目各产品线根据自己实际需求可增加或者删减 3、“√”表示全检验收的项目，a 表示功能检验时，只检数据通信、参数配置和控制功能；“√*”表示抽样验收的项目。 (内部要求试验未列在表格中，试验结果仅作为参考，不作判定标准)										
序号	试验项目		研 发 D 版 本 样 机 自 测	研 发 设 计 变 更 自 测	生 产 功 能 检 测	新 品 质 量 全 性 能 试 验 (40 台)	设 计 变 更 型 式 试 验 (10 台)	可 靠 性 测 试	生 产 QA/IPQC 抽 检	质 量 认 证
	试验大类/执行 部门		研发	研发	工艺	质量	质量	质量	质量	质量
1	结 构 试 验	外 观 检 测	√	√	√ a	√			√	√
2		外 壳 着 火 试 验	新 外 壳			新外壳			√	√
3	功 能 测 试	通 信 测 试	√	√	√	√				√
4		负 荷 辨 识 测 试	√	√						√
5		云 端 协 同 测 试	√	√						√
6		软 件 标 识 及 动 态 校 验 测 试	√	√						√
7		时 钟 对 时 测 试	√	√						√
8		分 钟 冻 结 测 试	√	√						√
9		事 件 记 录 测 试	√	√						√

10		数据存储测试	√	√						√
11		软件升级测试	√	√						√
12	电 磁 兼 容 类	静电放电试验	√	√		√	√			√
13		射频电磁场(电流电流中无电流)	√	√		√	√			√
14		快速瞬变脉冲群抗扰度	√	√		√	√			√
15		浪涌试验	√	√		√	√			√
16		传导差模电流干扰试验	√	√		√	√			√
17	可 靠 性 试 验	盐雾试验				√				
18		双85试验				√				
19		跌落实验				√				
20		高温耐久试验				√				
21	电 源 类	功率消耗	√	√		√	√			√
22		热插拔	√	√		√	√			√
23	绝 缘 性 能	绝缘强度	√	√		√	√			√
24		脉冲电压	√	√		√	√			√
25	气 候 影 响	高温试验	√	√		√	√			√

26	试验	低温试验	√	√		√	√			√
27		交变湿热试验	√	√		√	√			√
28		安全试验	√	√		√	√			√
29		协议一致性检验	√	√		√	√			√
30	生产	功率消耗试验			√ a					
31		版本读取试验			√ a			√		
32		整机功能试验			√ a					
33		生产工艺说明	系统审批							
34		打标文件	系统审批							
35		BOM	系统审批							