



青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司 技 术 文 档

电能质量模组企业标准

V1.0 (20220921)

2022-6-20 发布

2022-6-25

青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司 发 布

目 录

目录

目 录	I
前 言	3
智能物联电能表用电能质量模组企业标准	4
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 定义	5
3.1 术语	5
4 技术要求	7
4.1 环境条件	7
4.2 工作电源	8
4.3 功率消耗	8
4.4 兼容性要求	8
4.5 功能要求	8
4.6 安全要求	13
4.7 软件升级	13
4.8 接口要求	13
5 试验要求	14
5.1 结构试验	14
5.2 气候影响试验	14
5.3 功率消耗试验	14
5.4 电磁兼容试验	14
5.5 兼容性试验	22
5.6 通信试验	22
5.7 准确度试验	23
5.8 机械试验（内部要求）	30
5.9 可靠性要求（内部要求）	31
5.10 绝缘性能要求	32
5.11 事件记录试验	33
5.12 安全试验	33
5.13 软件升级测试	33
5.14 气候影响试验	34
5.15 兼容性试验	36

6 结构	36
6.1 一般要求	36
6.2 指示灯	36
6.3 外壳及其防护性能	37
6.4 铭牌	37
6.5 金属部分的防腐蚀	37
7 检验规则	37
7.1 出厂检验	38
7.2 全性能试验	38
7.3 抽样验收试验	38
7.4 全样验收试验	38
8 版本记录	39
附 录 A	40
附 录 B （规范性附录）	40
附 录 C 模组外观尺寸	40
附 录 D	41
附 录 E （规范性附录）	41
附 录 F 模组上电工作流程	41
F.1 模组与智能物联电能表管理模组的上电交互流程	41
F.2 计量模组采样输出	42
F.3 配置参数	42
F.4 计量模组采样输出协议扩展	42
附 录 G	44
附 录 H （规范性附录）	44
附 录 I 事件记录判断阈值	44
附 录 J	45
附 录 K （规范性附录）	45
附 录 L 试验项目明细表	45
附 录 M 电能质量模块检验项目	46

前 言

本标准是在

《Q/GDW XXXX—202X 智能物联电能表扩展模组技术规范 第3部分：电能质量模组》第6部分的基础上起草的内控标准。

本标准由青岛鼎信通讯股份有限公司量测产品线起草。

本标准主要起草人：

本标准首次发布。

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。

智能物联电能表用电能质量模组企业标准

1 范围

本标准规定了智能物联电能表用电能质量模组的环境条件、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智能物联电能表用电能质量模组。主要定义产品的外观结构、功能及性能、测试内容及方法，作为智能物联电能表用电能质量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 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 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 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Db:交变湿热试验方法

GB/T 2423.17 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 5169.11 电工电子产品着火危险试验 第11部分:灼热丝热丝基本试验方法

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 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 17626.20 电磁兼容试验和测量技术横电磁波(TEM)波导中的发射和抗扰度试验

DL/T 698.45-2017 电能信息采集与管理系统 第4-5部分:通信协议-面向对象的数据交换协议

DL/T 1028-2006 电能质量测试分析仪检定规程

Q/GDW 1365 智能电能表信息交换安全认证技术规范

Q/GDW10650.2 电能质量监测技术规范第2部分电能质量监测装置

Q/GDW10650.4 电能质量监测技术规范第4部分:电能质量监测终端检验

Q/GDW XXXX—202X 单相智能物联电能表技术规范

Q/GDW XXXX—202X 三相智能物联电能表技术规范

Q/GDW XXXX—202X 智能物联电能表应用软件功能要求及测试规范

Q/GDW XXXX—202X 智能物联电能表信息交换安全认证技术规范

Q/GDW XXXX—202X 智能物联电能表安全防护技术规范

3 定义

Q/XXX XXXX—202X 智能物联电能表应用软件功能要求及测试规范、Q/GDW10650.3界定的术语和定义适用于本规范。

3.1 术语

电能质量模组 power quality module

智能物联电能表的一类扩展模组，通过对输入数据进行分析，实现对电能质量指标进行监测的模块。

标称电压 nominal voltage (U_{nom})

确定仪表相关性能所依据的电压值。

注：除非另有说明“电压”和“电流”术语指方均根值（r.m.s）。

电压偏差 deviation of voltage

实际运行电压对系统标称电压的偏差相对值，以百分数表示。

[GB/T 32507—2016，定义2.2.3]

频率偏差 frequency deviation

系统频率的实际值和标称值之差。

[GB/T 32507—2016，定义2.3.2，修改]

谐波（分量） harmonic (component)

对非正弦周期量进行傅里叶级数分解，得到频率为基波频率大于1整数倍的正弦分量。

[GB/T 32507—2016，定义2.6.7]

间谐波（分量） interharmonic (component)

周期量中具有间谐波频率的正弦交变分量。

[GB/T 32507—2016，定义2.6.20]

电压波动 voltage fluctuation

基波电压方均根值（有效值）一系列的变动或连续的改变。

[GB/T 32507—2016，定义2.5.1]

闪变 flicker

人对于视觉不稳定的感受，这种视觉不稳定是由于供电电压波动引起光源的照度或频率随时间变化而导致的。

[GB/T 32507—2016，定义2.5.7]

不平衡度 unbalance factor

三相电力系统中三相不平衡的程度。用电压、电流负序基波分量或零序基波分量与正序基波分量的方均根值百分比表示。电压、电流的负序不平衡度和零序不平衡度分别用 ε_{U2} 、 ε_{U0} 和 ε_{I2} 、 ε_{I0} 表示。

[GB/T 32507—2016, 定义2.4.4]

电压暂升 voltage dip (sag)

电力系统中某点电压暂时升高, 电压方均根值上升到 $1.1 \text{ p.u.} \sim 1.8 \text{ p.u.}$ 之间, 并在短暂持续 $10\text{ms} \sim 1\text{min}$ 后恢复正常的现象。

[GB/T 32507—2016, 定义2.9.2]

电压暂降 voltage swell

电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至 $0.1 \text{ p.u.} \sim 0.9 \text{ p.u.}$, 并在短暂持续 $10\text{ms} \sim 1\text{min}$ 后恢复正常的现象。

[GB/T 32507—2016, 定义2.8.1]

电压中断 voltage interruption

一相或多相供电电压的消失。通常用表示中断持续时间(例如暂时、短时、持续)的附加术语来限定。

[GB/T 32507—2016, 定义2.8.10]

短时中断 short interruption

电力系统中某点工频电压方均根突然降低至 0.1 p.u. 以下, 并在短暂持续 $10\text{ms} \sim 1\text{min}$ 后恢复正常的现象。

[GB/T 30137—2013, 定义3.2]

谐波含有率 harmonic ratio; HR

周期性交流量中含有的第 h 次谐波分量的方均根值与基波分量的方均根值之比, 用百分数表示。第 h 次谐波电压含有率以 HRU_h 表示, 第 h 次谐波电流含有率以 $HR I_h$ 表示。

[GB/T 32507—2016, 定义2.6.21]

总谐波畸变率 total harmonic distortion; THD

周期性交变量中的谐波含量的方均根值与其基波分量的方均根值之比, 用百分数表示。电压总谐波畸变率以 THD_U 表示, 电流总谐波畸变率以 THD_I 表示, 见式(1)。

$$THD_U = \frac{U_H}{U_1} \times 100\%, THD_I = \frac{I_H}{I_1} \times 100\% \quad (1)$$

$$U_H = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} (U_h)^2};$$

$$I_H = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} (I_h)^2}。$$

式中：

U_H ——谐波电压含量；

U_1 ——基波电压含量；

I_H ——谐波电流含量；

I_1 ——基波电流含量；

[GB/T 32507—2016，定义2.6.22]

4 技术要求

4.1 环境条件

4.1.1 参比条件

模组的参比条件见表2。

表 2 参比条件

影响量	参比值	允许偏差
环境温度	23℃	±2℃
环境相对湿度	45%~75%	—
大气压	86kPa~106 kPa	—
注：环境相对湿度不包含霜、露、冷凝水、雨等存在		

4.1.2 温度范围

模块正常运行的气候环境条件见表 3。

表3 温度范围

规定的工作范围	-25℃~55℃
极限工作范围	-40℃~70℃

贮存和运输条件	-40℃~70℃
注：对特殊用途，可在订货合同中规定比表 1 严格的规定的工作温度范围，下限温度极限可以从 -55℃、-40℃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

模组应满足以下要求：

模组应能够在大气压力为63kPa~106kPa（海拔4000m及以下）的环境条件下正常工作，性能不能受到影响，特殊订货要求除外；

高海拔地区要求模组在海拔4000m~4700m应能正常工作，特殊订货要求除外。

4.2 工作电源

模组的工作电源由电能表提供，工作电压为+5V，单相智能物联电能表用电能质量模组最大峰值电流不应超过150mA，三相智能物联电能表用电能质量模组最大峰值电流不应超过300mA。

4.3 功率消耗

单相智能物联电能表用电能质量模组最大动态功耗不应超过0.75W；三相智能物联电能表用电能质量模组最大动态功耗不应超过1.5W。

4.4 兼容性要求

模组可与任何符合型式规范尺寸和接口要求的电能表相匹配，支持热插拔，满足功能、通信等相应兼容性要求。

4.5 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

注：V1.0版本企标对电能质量检测不做要求，暂无测试能力。

4.5.1 通信要求

模组与电能表的信息交互应符合 Q/GDW XXXX—202X 《智能物联电能表应用软件功能要求及测试规范》中 4.6.2 相关要求，电能质量模组与电能表管理模组的上电交互流程、配置参数参见附录 B。

4.5.2 时钟校时

时钟校时应满足以下要求：

1. 模组应定期向管理模组请求时钟，请求频次不超过24次/天；
2. 模组应接受管理模组的时钟设置。

4.5.3 电能质量监测

4.5.3.1 数据监测

模组的电能质量数据监测功能应能满足表6、表7的规定。

表 6 单相智能物联电能表用电能质量模组数据监测量

类型	内容	
稳态数据	电压偏差	
	频率偏差	
	电压波动	
	闪变	
	谐波	谐波电压、电流含有率（2~50 次）
		谐波电流有效值（2~50 次）
		电压总谐波畸变率、电流总谐波畸变率
	间谐波	间谐波电压、电流含有率（0.5~49.5次）
		间谐波电流有效值（0.5~49.5 次）
暂态数据	事件数据	电压暂降
		电压暂升
		短时中断
	有效值数据	触发记录的有效值数据

表 7 三相智能物联电能表用电能质量模组数据监测量

类型	内容
稳态数据	电压偏差
	频率偏差
	三相电压/电流不平衡度
	电压波动
	闪变

表 7 续

类型	内容	
	谐波	谐波电压、电流含有率（2~50 次）
		谐波电流有效值（2~50 次）
		电压总谐波畸变率、电流总谐波畸变率
		谐波相角（2~50 次）
		谐波有功功率
	间谐波	间谐波电压、电流含有率（0.5~49.5次）
		间谐波电流有效值（0.5~49.5 次）
暂态数据	事件数据	电压暂降
		电压暂升
		短时中断
	有效值数据	触发记录的有效值数据

4.5.3.2 准确度

模组基本误差不应超过表 8、表 9 规定的允许极限。

表 8 单相智能物联电能表用电能质量模组允许误差要求

类型	内容	分析量值类型	最大误差
稳态数据	电压偏差	电压	$\pm 0.05\%$
	频率偏差	频率	$\pm 0.01\text{Hz}$
	电压波动	电压	$\pm 5\%$
	闪变	短时间闪变	$\pm 5\%$
	谐波 和间谐波	电压	$U_h \geq 3\%U_N: \pm 0.5\%U_h$ $U_h < 3\% U_N: \pm 0.015\% U_N$
		电流	$I_h \geq 10\%I_N: \pm 0.5\% I_h$ $I_h < 10\% I_N: \pm 0.05\% I_N$
暂态数据	电压暂降、电压暂升 和短时中断	电压幅值	$\pm 0.1\%U_N$
		持续时间 (使用半波刷新方均根植)	± 1 周波

		持续时间 (使用全波刷新方均根植)	±2周波
--	--	----------------------	------

表 9 三相智能物联电能表用电能质量模组允许误差要求

类型	内容	分析量值类型	最大误差
稳态数据	电压偏差	电压	±0.01%
	频率偏差	频率	±0.005Hz
	三相不平衡度	电压	0.5%~5%: ±0.015% 5% (不含5%)~40%: ±0.03%
		电流	±0.1%
	电压波动	电压	±5%
	闪变	短时间闪变	±5%
	谐波 和间谐波	电压	$U_h \geq 1\% U_N$: ±0.5% U_h $U_h < 1\% U_N$: ±0.005% U_N
		电流	$I_h \geq 3\% I_N$: ±0.5% I_h $I_h < 3\% I_N$: ±0.015% I_N
		相角	$h \leq 5$, ±1° * h ; $h > 5$, ±1°
		有功功率	$P_h \geq 150W$, ±0.1% P_h
			$P_h < 150W$, ±1.5W
暂态数据	电压暂降、电压暂升 和短时中断	电压幅值	±0.02% U_N
		持续时间	±1周波

4.5.4 事件记录

模组应具备以下事件记录功能，事件判定设定值及默认值参见附录 C，所有事件均应主动上报，且应满足：

- 电压谐波总畸变率超限：应记录电压谐波总畸变率超限事件总次数，最近 10 次发生时刻、结束时刻及对应的电压、电流、频率、功率因数、电压谐波总畸变率；
- 电流谐波总畸变率超限：应记录电流谐波总畸变率超限事件总次数，最近 10 次发生时刻、结束时刻及对应的电压、电流、频率、功率因数、电流谐波总畸变率；

- c) 闪变超限：应记录电压短时闪变超限和电压长时闪变超限事件总次数，最近 10 次发生时刻、结束时刻及对应的电压、电流、频率、功率因数、闪变值；
- d) 电压事件（包括电压暂降、电压暂升和短时中断）：最近 10 次发生时刻、结束时刻及对应的电压、电流、频率、功率因数，电压事件值；
- e) 永久记录模组清零事件的发生时刻。

4.5.5 事件主动上报

模组的主动上报功能要求如下：

- a) 具有依据 DL/T 698.45-2017 协议的通知/确认类数据交换服务上报（REPORT）实现事件主动上报的功能，上报服务可以实现对对象属性、记录型对象属性上报，上报事件的内容可设置；
- b) 模组正常工作情况下的主动上报：上报内容为新增上报事件列表和模组跟随上报状态字。

4.5.6 标记要求

模组应当对电压事件（包括电压暂降、电压暂升、电压中断）发生过程的所有频率、电压波动与闪变、电压偏差、不平衡、谐波及间谐波测量结果做出标记。

4.5.7 分析统计

模组应具有按设定周期统计分析电能质量指标的功能：

1. 分析统计周期不大于24小时；
2. 至少包括电压偏差、频率偏差、电压波动、闪变、三相不平衡的最大值统计，谐波（2-25次）、间谐波（0.5-20.5次）95%概率值的统计；
3. 电压幅值、电压偏差、谐波、间谐波的分析统计时间间隔为150周波，存储时间间隔为150周波的整数倍，时间标签为每个累积时间间隔结束的时刻；
4. 越限次数统计；
5. 带标记的数据（电压偏差除外）不参与上述电能质量指标的统计。

4.5.8 数据存储

模组应具备数据存储功能，满足以下要求：

1. 电能质量事件波形记录，其中事件过程记录波形时间可以调整，此外至少包含事件开始前5个周波和事件结束后5个周波；
2. 电压幅值、电压偏差、谐波、间谐波的记录时间间隔为150周波，存储时间间隔为150周波的整数倍，时间标签为每个累积时间间隔结束的时刻；
3. 频率偏差的记录存储时间间隔为10s，闪变的记录存储时间间隔为10min，时间标签为每个记录时间间隔结束的时刻；
4. 至少应能存储上10个电能质量分析统计结果；
5. 至少应保存1日（天）的时间间隔为10min的稳态测量数据、50条暂态事件记录以及触发的事件波形记录；

6. 至少应能存储4.5.4规定的近10次事件记录内容。

4.6 安全要求

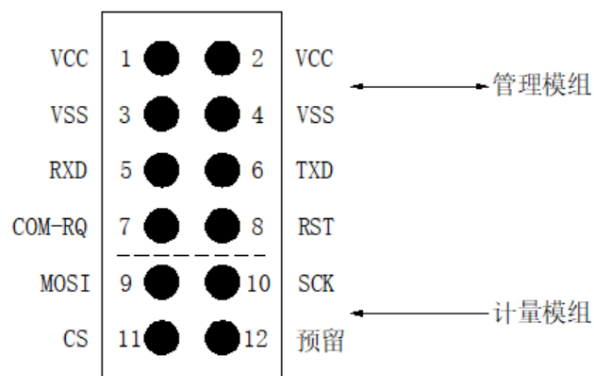
模组的安全要求应符合Q/GDW XXXX-202X 智能物联电能表安全防护技术规范的规定。

4.7 软件升级

模组的软件升级应符合 Q/GDW XXXX—202X 智能物联电能表应用软件功能要求及测试规范中 5.17.3 的要求。

4.8 接口要求

模组的弱电接口采用2×6（间距2.54mm）双排插针作为连接件，模组与电能表的硬件接口如图1所示（正视图），接口定义说明见表10。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。



模组与电能表接口示意图

表 10 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≥2mA。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。

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。				

5 试验要求

5.1 结构试验

5.1.1 一般检查

进行外观和结构检查，模组应满足本标准中6.1的要求。

5.1.2 防火焰蔓延试验

防火焰蔓延试验方法应符合Q/GDW 10364—2020中5.5.5的规定执行。

5.2 气候影响试验

试验包含高温、低温、交变湿热、极限工作环境，应符合Q/GDW 10364—2020中5.4规定的试验条件、试验程序和验收准则。

5.3 功率消耗试验

施加额定工作电压，模组在通信状态下的动态功耗应满足4.3的要求。

5.4 电磁兼容试验

电磁兼容实验过程中对模块准确度实验不做要求。

5.4.1 通用要求

电磁兼容性试验的一般要求包括：

- a) 除非另有规定，通用试验条件适用于本标准 5.4 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) 对电磁兼容试验，模组应安装在电能表上进行试验；
- 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。

表 11 电磁兼容性要求

电磁干扰源	严酷等级	干扰施加值	施加端口
工频磁场抗扰度	-	400A/m	整机
射频辐射电磁场抗扰度	3	10V/m	整机
	4	30V/m	整机
射频场感应的传导骚扰抗扰度	3	10V	电源端口
静电放电抗扰度	4	8kV	外壳和操作部分
快速瞬变脉冲群抗扰度	4	4.0kV	电源端口
浪涌	4	6.0kV	电源端口

5.4.1.1 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。

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。

5.4.2 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12描述。

A 级： 试验时和试验后模组均能正常工作，不应有任何损坏、死机、复位现象，数据传输应准确；

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 12 电磁兼容性试验结果评价等级

试验项目	试验结果评价
工频磁场抗扰度	A
射频电磁场辐射抗扰度	A
射频场感应的传导骚扰	A
静电放电抗扰度	A
快速瞬变脉冲群抗扰度	A

5.4.3 工频磁场抗扰度试验

将整机置于与系统电源电压相同频率的随时间正弦变化的强度为400A/m的稳定持续磁场的线圈中心，结果应满足：模组不应发生死机或损坏，应能正常通信。

5.4.4 射频电磁场（电流电路中无电流）试验

试验应按GB/T 17626.3-2016或GB/T 17626.20-2014要求，在本标准5.4.1中规定的条件以及下列条件下进行：

1. 电压电路施加标称电压；
2. 电流电路无电流，且电流端子应开路；
3. 暴露于电磁场中的电缆长度：1m；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；
4. 试验应施加在电能表的每个表面：
 - 1) 频带：80 MHz~6 GHz；以 1 kHz 正弦波对信号进行 80%调幅载波调制；
 - 2) 未调制的试验场强：30 V/m；
 - 3) 频率增加的步长：1%；
- c) 驻留时间应不少于 3s。

在表11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，试验后应能正常工作。

5.4.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度（内部要求）

试验应按GB/T 17626.6—2017，在5.4.1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) 电流电路施加电流值为 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, 被测试信号应保持恒定;
- e) 试验应施加在电源端口、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):
 - 1) 频率范围: 150 kHz~80 MHz;
 - 2) 电压水平: 10 V;
 - 3) 频率增加的步长: 1%;
- f) 每个载波频率模组都能正常工作;
- g) 驻留时间应不少于 3s。

在表11所列严酷等级的射频场感应的传导干扰下, 模组不应发生死机或损坏, 试验后应能正常工作。

5.4.6 静电放电抗扰度试验 (内部要求)

试验应按GB/T 17626.2-2018执行, 在本标准5.4.1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) 电流线路无电流, 且电流端子应开路;
- c) 试验应施加在电能表及电能质量模组的每个表面;
- d) 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, 所有面都应经受放电;
- e) 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; 如果测试工装、电能质量模组的外表面没有易触及的金属部分, 应施加 16.5kV 试验电压的空气放电替代接触放电;
- f) 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。

在表11所列严酷等级的节点放电干扰下, 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。

5.4.7 快速瞬变脉冲群试验

试验应按GB/T 17626.4-2018执行, 在本标准5.4.1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 $10 I_{tr}$;
- c) 被测试信号的功率因数为 1;
- d) 在规定的参比条件内, 被测试信号应保持恒定;
- e) 耦合器与被试电能表之间的电缆长度: 1m;
- f) 试验电压应以共模方式每次作用于一个端口:
 - 1) 电网电源端口和电流互感器端口: $\pm 4kV$;
 - 2) HLV 信号端口: $\pm 2kV$ (所有端子作为一个信号组一起试验);
 - 3) ELV 信号端口: $\pm 1kV$ (所有端子作为一个信号组一起试验);
- g) 试验持续时间: 每一极性 60s;
- h) 重复速率: 100kHz。

在表 11 所列严酷等级的电快速瞬变脉冲群干扰下, 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。

5.4.8 浪涌抗扰度（内部要求）

试验应按 IEC 61000-4-5，在 5.4.1 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 11 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。

5.4.9 传导差模电流干扰试验（内部要求）

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 $\sin\varphi$ ）应按 GB/T 17215.3 有关标准的给出值；
- 此外，在 7.1 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: $I_{diff} = 0.015I_{max}$

- (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 5.4.1.1 的规定。

5.4.10 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 $1\text{m}\sim 1.5\text{m}$ 位置, 观察模块是否存在通信失败、复位等现象。

5.4.11 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。

5.4.12 振铃波试验 (内部要求)

试验应按GB/T 17626.12, 在5.4.1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: $12\ \Omega$;

——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。

5.4.13 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。

5.4.14 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。

5.4.15 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：20 τ ， 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。

5.4.16 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。

5.4.17 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。

5.5 兼容性试验

5.5.1 热插拔试验

台体施加参比电压，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储的数据和参数不应受到影响和改变；将模组热插入另一只测试位，施加参比电压、参比电流，模组应能够正常工作。

5.5.2 接口符合性试验

模组插入测试台体，施加参比电压，测试台体以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。

5.6 通信试验

5.6.1 试验系统

试验系统如图2所示。试验系统模拟电能表得管理模组和计量模组与被测模组进行交互。

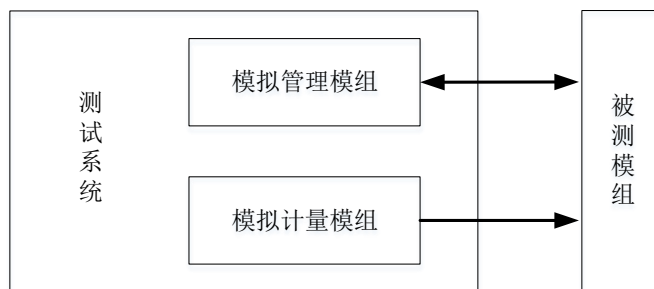


图2 试验系统示意图

5.6.2 试验方法

按下述步骤进行：

- 连接模组与试验系统；
- 试验系统监测模组配置请求报文，按照 5.7.1 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原始计量数据；
- 试验系统通过 UART 串口发送通信报文，模组应正确响应；
- 试验系统通过 SPI 通道发送数据报文，模组应正确响应；
- 模组指示灯应符合 4.2 状态指示要求。

5.7 准确度试验

5.7.1 一般要求

检测项目应按照表11所列逐一进行。

试验检测项目

序号	检测项目
1	电压偏差
2	频率偏差
3	三相不平衡度
4	闪变
5	电压波动
6	谐波、间谐波
7	谐波有功功率
8	电压暂降、电压暂升和短时中断

5.7.2 电压偏差

5.7.2.1 检测方法

具体试验方法为：

- 选择检测点：90% U_n 、100% U_n 、110% U_n ；
- 记录模组10s、1min、5min、10min等间隔的测量值，按式（2）计算的电压偏移相对误差应小于允许误差。

5.7.2.2 相对误差计算

模组电压偏差的相对误差按式（2）计算，计算结果符合5.7.4.2中表5的规定。

$$\gamma_U = \frac{U_x - U_s}{U_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

- γ_U ——模组电压偏差相对误差，单位为百分比（%）；
 U_x ——电压偏差标准值，单位为百分比（%）；
 U_s ——模组10周波电压偏差测量值，单位为百分比（%）。

5.7.3 频率偏差

5.7.3.1 总体要求

试验的检测方法为：

- 电压为额定电压 U_n ；
- 选择频率检测点：42.5Hz、50Hz、50.05Hz、57.5Hz；
- 额定工作条件下，设置检测装置输出标准频率 f_s ，记录模组10s频率测量值为 f_x ，检测持续时间至少1min，按式（3）计算频率测量值的绝对误差。

5.7.3.2 绝对误差计算

模组频率测量值的绝对误差按式（3）计算。

$$\Delta f = f_x - f_s \quad (3)$$

式中：

- Δf ——模组的频率测量误差，单位为赫兹（Hz）；
 f_x ——模组的10s频率测量值，单位为赫兹（Hz）；
 f_s ——频率标准值，单位为赫兹（Hz）。

5.7.4 三相不平衡度

5.7.4.1 检测方法

具体检测方法为：

- 选择三相电压不平衡检测点，设置值见表 12；
- 读取并记录 ε_{Us} 和 ε_{Ux} ，按式（4）计算绝对误差，应符合本标准 5.7.3.2 表 9 的要求；
- 选择三相电流不平衡检测点，设置值见表 13；
- 读取并记录 ε_{Is} 和 ε_{Ix} ，按式（5）计算绝对误差，应符合本标准 5.7.3.2 表 9 的要求。

三相电压不平衡检测点设置

序号	不平衡度		A 相	B 相	C 相
1	ε_{U2}	0%	$100\%U_N$	$100\%U_N$	$100\%U_N$
	ε_{U0}	0%			
2	ε_{U2}	5.05%	$73\%U_N$	$80\%U_N$	$87\%U_N$
	ε_{U0}	5.05%			
3	ε_{U2}	4.95%	$152\%U_N$	$140\%U_N$	$128\%U_N$
	ε_{U0}	4.95%			
4	ε_{U2}	2.47%	$100\%U_N, 0^\circ$	$90\%U_N, -122^\circ$	$100\%U_N, 118^\circ$
	ε_{U0}	4.52%			

三相电流不平衡检测点设置

序号	不平衡度		A 相	B 相	C 相
1	ε_{I2}	0%	$100\%U_N$	$100\%U_N$	$100\%U_N$
	ε_{I0}	0%			
2	ε_{I2}	5.05%	$73\%U_N$	$80\%U_N$	$87\%U_N$
	ε_{I0}	5.05%			
3	ε_{I2}	4.95%	$152\%U_N$	$140\%U_N$	$128\%U_N$
	ε_{I0}	4.95%			
4	ε_{I2}	2.47%	$100\%U_N, 0^\circ$	$90\%U_N, -122^\circ$	$100\%U_N, 118^\circ$
	ε_{I0}	4.52%			

5.7.4.2 绝对误差计算

模组三相电压不平衡度绝对误差按式（4）计算：

$$\Delta\varepsilon_U = \varepsilon_{Ux} - \varepsilon_{Us} \quad (4)$$

式中：

$\Delta\varepsilon_U$ ——三相电压不平衡度绝对误差，单位为百分比（%）；

ε_{Ux} ——三相电压不平衡度150周波/1min测量值，单位为百分比（%）；

ε_{Us} ——三相电压不平衡度标准值，单位为百分比（%）。

模组三相电流不平衡度绝对误差按式（5）计算：

$$\Delta\varepsilon_I = \varepsilon_{Ix} - \varepsilon_{Is} \quad (5)$$

式中：

$\Delta \varepsilon_I$ ——三相电流不平衡度绝对误差，单位为百分比（%）；

ε_{Ix} ——模组三相电流不平衡度150周波/1min测量值，单位为百分比（%）；

ε_{Is} ——三相电流不平衡度标准值，单位为百分比（%）。

5.7.5 闪变

5.7.5.1 检测方法

具体检测方法按以下步骤进行：

- 检测闪变值采用方波调制；
- 短时间闪变值为1时，电压变动频率、变动频度和变动量按表14设置；
- 短时间闪变值为3时，电压变动频率分别选取0.058333Hz和0.916Hz，变动频度按表12中对应数据设置，变动量为表14中对应数据的三倍；按照选定的电压值和方波电压波动频率、变动频度以及变动量设置闪变信号发生器的输出。

方波电压变动设置

变动频率/Hz	变动频度/（次/min）	变动量/%
0.008333	1	2.715
0.016667	2	2.191
0.058333	7	1.450
0.325	39	0.894
0.916	110	0.722
13.5	1620	0.407

5.7.5.2 相对误差计算

记录模组短时间闪变 10min 测量值，相对误差按式（6）进行计算。

$$\gamma_{st} = \frac{P_{stX} - P_{sts}}{P_{sts}} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

γ_{st} —被测模组的短时间闪变相对误差，%；

P_{stX} —被测模组的短时间闪变测量值，无量纲；

P_{sts} —短时间闪变标准值，无量纲。

5.7.6 电压波动

具体检测方法按以下步骤进行：

- a) 选择基波电压频率 50Hz;
- b) 检测点:
 - 1) 设置基波电压为 $100\%U_n$, 持续 50 周波, 电压变化为 $93\%U_n$ 后保持;
 - 2) 设置基波电压为 $100\%U_n$, 持续 50 周波, 电压变化为 $93\%U_n$, 持续 25 个周波, 然后返回到 $97\%U_n$;
 - 3) 设置基波电压为 $100\%U_n$, 持续 50 周波, 电压变化为到 $93\%U_n$, 持续 25 个周波, 电压变化为 $97\%U_n$,持续 45 个周波,然后电压变化为 $91\%U_n$,持续 45 个周波,最后返回到 $94\%U_n$ 。

5.7.7 谐波、间谐波

5.7.7.1 检测方法

检测按以下步骤进行:

- a) 选取被测模组的额定电压作为基波电压, 基波电压频率 50Hz;
- b) 整数次谐波电压含有率及谐波次数参考表 15;
- c) 选取被测模组的额定电流作为基波电流值, 基波电流频率与基波电压一致;
- d) 整数次谐波电流含有率及谐波次数参见表 15, 间谐波电流含有率及间谐波次数参见表 16;
- e) 每次注入一种谐波成分。
- f) 间谐波电压含有率及谐波次数参见表 16;
- g) 每次注入一种间谐波成分;
- h) 根据选定的基波电压值, 设置标准谐波电压输出标准值, 由输出设置可得到谐波电压含有率标准值 HRU_{h_s} , 并从被测模组得到谐波电压含有率测量值 HRU_{h_k} 。

整数次谐波电压、谐波电流检测点推荐表

被测量	谐波含有率%	谐波次数
谐波电压	1	在2~50次之间选择不少于15个谐波次数, 其中2/3/5/7/50次必检
	0.5, 10	在2~50次之间选择不少于7个谐波次数, 其中2/3/5/7次必检
谐波电流	3	在2~50次之间选择不少于15个谐波次数, 其中2/3/5/7/50次必检
	1, 40	在2~50次之间选择不少于7个谐波次数, 其中2/3/5/7次必检

间谐波电压、间谐波电流检测点推荐表

被测量	谐波含有率%	间谐波次数
间谐波电压	1	1.5/2.5/3.5/4.5/5.5/6.5/7.5/8.5/9.5/10.5/11.5/20.5/30.5/40.5/49.5

	0.5, 8	2.5/3.5
间谐波电流	3	1.5/2.5/3.5/4.5/5.5/6.5/7.5/8.5/9.5/10.5/11.5/20.5/30.5/40.5/49.5
	1, 20	2.5/3.5

5.7.7.2 相对误差计算

相对误差计算方法如下：

- 谐波电压含有率 $HRU_h < 3\%$ 按照式（7）计算被测模组的谐波电压测量误差，谐波电压含有率 $HRU_h \geq 3\%$ 按照式（8）计算被测模组的谐波电压测量误差。
- 根据选定的基波电流值，设置标准谐波电流输出基波电流标准值和表 12、表 13 规定的各次谐波电流含有率标准值，由输出设置可得到谐波电流含有率标准值 HRI_{hs} ，并从被测模组得到谐波电流含有率测量值 HRI_{hx} 。
- 谐波电流含有率或 $HRI_h < 10\%$ 按照式（9）计算被测模组的谐波电流测量误差，谐波电流含有率 $HRI_h \geq 10\%$ 按照式（10）计算被测模组的谐波电流示值误差。

$$\Delta HRU_h = (HRU_{hx} - HRU_{hs}) \times U_N \quad (7)$$

$$\gamma_{HRU_h} = \frac{HRU_{hx} - HRU_{hs}}{HRU_{hs}} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

ΔHRU_h —被测模组第 h 次谐波电压含量的绝对误差，V；

HRU_{hx} —被测模组第 h 次谐波电压含有率测量值，%；

HRU_{hs} —第 h 次谐波电压含有率标准值，%；

U_N —基波电压；

γ_{HRU_h} —被测模组第 h 次谐波电压含有率的相对误差，%。

$$\Delta HRI_h = (HRI_{hx} - HRI_{hs}) \times I_N \quad (9)$$

$$\gamma_{HRI_h} = \frac{HRI_{hx} - HRI_{hs}}{HRI_{hs}} \times 100\% \quad (10)$$

式中：

ΔHRI_h —被测模组第 h 次谐波电流含量的绝对误差，V；

HRI_{hx} —被测模组第 h 次谐波电流含有率测量值，%；

HR_{Ihs}—第 h 次谐波电流含有率标准值，%；

I_N—基波电流；

γ HR_{Ih}—被测模组第 h 次谐波电流含有率的相对误差，%。

5.7.8 谐波有功功率

5.7.8.1 检测方法

检测按以下步骤进行：

- 选取被测模组的额定电压、额定电流作为基波功率检定点，基波功率因数为 1；
- 谐波电压、谐波电流含有率及谐波次数参照表 17 进行选择；
- 记录谐波有功功率 150 周波测量值，检测持续时间至少 1min。

谐波有功功率检测点推荐表

谐波电压含有率（%）	谐波电流含有率（%）	谐波次数	功率因数
10	40	2	1
20	40	3	1
40	40	7	1
10	40	50	1
10	2	3、5、7、25	1

5.7.8.2 误差计算

谐波有功功率 $P_h < 150W$ 按照式（11）计算被测模组的谐波有功功率测量误差，谐波有功功率 $P_h \geq 150W$ 按照式（12）计算被测模组的谐波：

$$\Delta P_h = P_{hx} - P_{hs} \quad (11)$$

$$\gamma_{Ph} = \frac{P_{hx} - P_{hs}}{P_{hs}} \quad (12)$$

式中：

ΔP_h —被测模组第 h 次谐波有功功率的绝对误差，W；

HR_{Ihx}—被测模组第 h 次谐波电流含有率测量值，%；

HR_{Ihs}—第 h 次谐波电流含有率标准值，%；

I_N—基波电流；

γ HR_{Ih}—被测模组第 h 次谐波电流含有率的相对误差，%。

5.7.9 电压暂降、电压暂升和短时中断

5.7.9.1 测量方法

测量方法如下：

基波电压频率 50Hz。

检测点：

- 1) 电压暂降：电压暂降到 89%，持续 202 个周波；
- 2) 电压暂升：电压暂升到 111%，持续 202 个周波；
- 3) 短时中断：电压暂降到 9%，持续 202 个周波；

模组应检测到电压暂降、暂升、短时中断事件。

5.7.9.2 测量误差计算

电压暂降、电压暂升、电压短时中断的测量误差按式 (13) 和 (14) 计算：

$$\Delta U_E = U_{Ex} - U_{Es} \quad (13)$$

$$\Delta D_E = D_{Ex} - D_{Es} \quad (14)$$

式 (13) - (14) 中：

- 电压暂降、暂升、短时中断的幅值测量误差，单位为百分比 (%)；
- 电压暂降、暂升、短时中断幅值测量值，单位为百分比 (%)；
- 电压暂降、暂升、短时中断幅值标准值，单位为百分比 (%)；
- 电压暂降、暂升、短时中断的持续时间测量误差，单位为周波；
- 电压暂降、暂升、短时中断持续时间测量值，单位为周波；
- 电压暂降、暂升、短时中断持续时间标准值，单位为周波。

5.8 机械试验（内部要求）

5.8.1 弹簧锤试验

将插入模块的电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，电表以及模块应无损坏。

5.8.2 冲击试验

在非工作状态，将电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的标准冲击脉冲波形，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: $PF = 1, 10 \text{ Itr}$

试验结束后, 模块功能不应损坏, 通信功能验证正常。

5.8.3 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: $10 \text{ Hz} \sim 150 \text{ Hz}$;
- b) 试验强度:
 - 总 r. m. s. 水平: 7 m/s^2 ;
 - 加速度频谱密度 (ASD) 水平 ($10 \text{ Hz} \sim 20 \text{ Hz}$): $1 \text{ m}^2/\text{s}^3$;
 - 加速度频谱密度 (ASD) 水平 ($20 \text{ Hz} \sim 150 \text{ Hz}$): -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。

5.8.4 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。

5.9 可靠性要求(内部要求)

5.9.1 盐雾试验

将样品非通电状态下放入盐雾箱, 保持温度为 $35^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, 相对湿度大于 85% , 喷雾 16h 后在大气条件下恢复 $1\sim 2\text{h}$ 。

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。

5.9.2 双 85 试验

电表供电, 温度 85°C 、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。

5.9.3 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。

5.9.4 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。

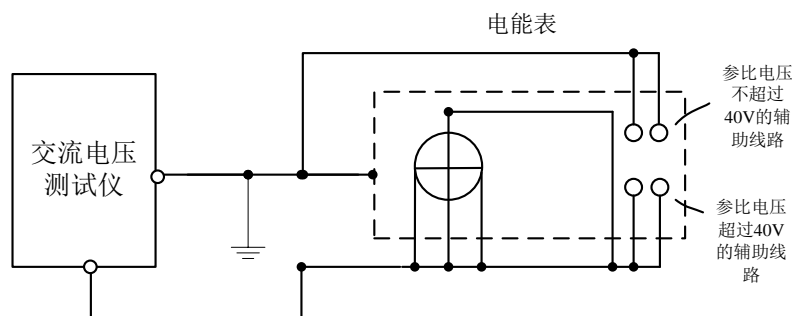
5.10 绝缘性能要求

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。

5.10.1 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

5.10.2 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。

5.11 事件记录试验

模组安装在试验系统上, 测试条件如下:

- a) 模组施加标称电压;
- b) 按照附录 C 设置事件测试值;
- c) 试验系统向模组发送查询事件记录报文, 模组应能正确响应并回复对应事件记录。

5.12 安全试验

模组的安全试验方法应按照 Q/XXX XXXXX—202X 单相智能物联电能表技术规范、Q/XXX XXXXX—202X 三相智能物联电能表技术规范的规定执行。

5.13 软件升级测试

5.13.1 软件升级测试系统架构

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3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。

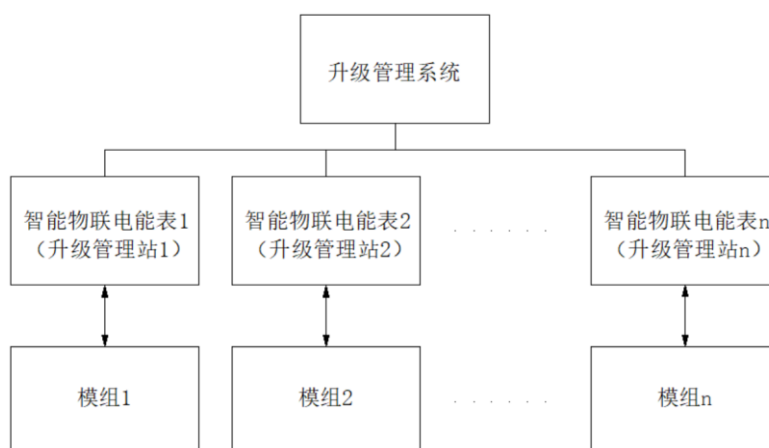


图 3 软件升级测试系统架构

5.13.2 软件升级测试

启动传输测试按以下步骤进行：

- 升级管理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，且能正确查询升级过程及升级结果；
- 升级管理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；
- 升级管理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且将程序恢复到上一个版本；
- 升级管理系统下发加密报文，模组应能解密并对解密后的升级请求、文件完整性及是否执行升级进行判断、处理。

5.14 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。

5.14.1 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。

5.14.2 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 时间，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。

5.14.3 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℃ ± 2℃；
- 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℃ 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℃，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℃；
 - 4) 温度始终保持在 25℃，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℃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。

5.14.4 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。

5.14.5 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。

5.15 兼容性试验

5.15.1 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

5.15.2 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。

6 结构

6.1 一般要求

6.5.3 模组尺寸

模组尺寸: 81mm(高) × 18mm(宽) × 35mm(厚), 应符合附录A的要求。

6.5.4 模组颜色

模组颜色色卡号: RAL 9003(信号白), 色差值 ΔE 不大于2.0。

6.2 指示灯

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1 指示灯状态释义

序号	名称	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	通讯	绿色闪烁（4Hz）	模组与管理模组通信
		绿色常亮	初始化失败
		灭	初始化成功

6.3 外壳及其防护性能

模组的外壳及其防护性能应满足以下要求：

- a) 模组外壳应使用绝缘、阻燃、防紫外线的 PC+（10%±2%）GF 材料制成，不应使用回收材料；
- b) 模组外壳应耐腐蚀、抗老化、有足够的强度。安装在电能表上的模组的防护性能应符合 GB/T 4208-2017 规定的 IP51 的要求；
- c) 模组外壳应符合 GB/T 5169.11-2017 的阻燃试验要求，试验温度为 650℃，试验时间为 30s；
- d) 模组上的灯孔为透明窗口，应采用透明度好、阻燃、防紫外线的聚碳酸酯（PC）材料，不应使用回收料，透明窗口与模组应紧密结合；
- e) 模组外壳不应有明显的凹凸痕、划伤、裂缝和毛刺。

6.4 铭牌

模组的铭牌应满足：

- a) 模组名称、资产条码、指示灯等由激光刻印在模组表外壳上表面；
- b) 模组的制造厂家名称、厂家商标等信息由激光刻印于模组表壳右表面。

6.5 金属部分的防腐蚀

模组易受腐蚀的所有部件在正常条件下应予以有效防护，其中接插件表层镀金厚度不少于 2m（微米）。

7 检验规则

7.1 出厂检验

由生产厂家对所生产的每个模组按照本规范的要求进行检验，检验合格后，出具质量合格证明，检测项目应符合附录D的规定。

7.2 全性能试验

按照本规范规定的试验项目、试验要求和试验方法进行检验，以确定模组规定的特性并证明其与本规范要求的符合性，试验项目应符合附录D的规定。在产品招标前、产品到货前或订货单位认为有必要时，应进行全性能试验。

全性能试验通常采用生产厂家送样或抽样的方式获得被试样品。产品招标前的全性能试验样品数量为6只，由生产厂家送样。招标前全性能试验合格样品应进行元器件和软件备案。产品供货前的全性能试验，供货前样品应从供应商已生产的小批量（数量1000只以上，最大不超过该中标批次的3%）产品中抽取，抽样数量为6只，抽样试验样品应进行封样处理。供货前全性能试验开始前，应从样品中抽取2只与招标前全性能试验对应厂家产品的备案资料进行元器件、软件和工艺的比对，并将合格样品留样2只，用于到货后的样品比对。

有下列情形之一者则判定为不合格：

- a) 依据生产厂家有效书面确认，对比产品招标前全性能试验和产品供货前全性能试验的样品，出现元器件不符、工艺改变、软件改动等情况；
- b) 招标前全性能试验中，依据本规范试验，样品中任意一只任意一项不合格，即判定该批模组不合格；
- c) 供货前全性能试验中，依据本规范试验项目分为 A、B 两类，A 类为否决项，B 类为非否决项。样品出现任一项 A 类不合格即判定该批样品不合格，出现 B 类不合格，经整改后试验通过，判定该批样品合格。

7.3 抽样验收试验

产品到货后，按照GB/T 2828规定抽样方法进行抽样和抽样验收试验，试验项目应符合附录D的规定。抽样验收试验前应从样品中抽取2只与供货前全性能试验对应厂家的留样进行元器件、软件和工艺比对。有下列情形之一者则判定为验收不合格：

- a) 依据检测样品，未经招标方有效书面确认，出现元器件不符、工艺改变、软件改动等情况；
- b) 到货后抽样验收试验中，依据本规范试验项目分为 A、B 两类，A 类为否决项，B 类为非否决项；样品出现任一项 A 类不合格即判定该批样品不合格，出现 B 类不合格经整改后试验通过，判定该批样品合格；
- c) 检测过程中发现有 3 只及以上样品存在因生产工艺、元器件等同一原因引起的质量隐患问题。

7.4 全样验收试验

按照本规范规定的试验要求和试验方法对到货产品进行100%验收检测。有下列情形之一者则判定验收不合格：

- a) 全检验收合格率低于 99%;
- b) 检测过程中发现有 3 只及以上样品存在因生产工艺、元器件等同一原因引起的质量隐患问题。

8 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	尚一诺			第一版

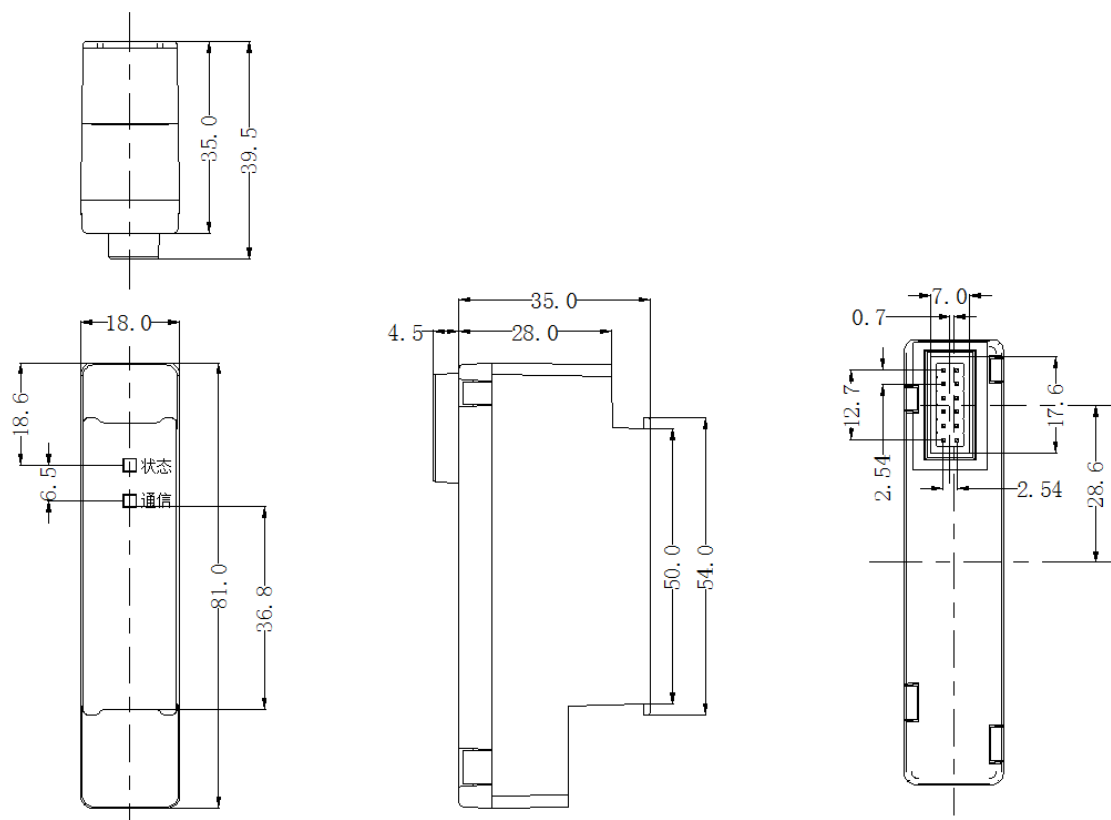
c)

附录 A

附录 B（规范性附录）

附录 C 模组外观尺寸

模组的外观结构尺寸满足以下要求：



图A.1 模组外观结构尺寸

附录 D

附录 E（规范性附录）

附录 F 模组上电工作流程

F.1 模组与智能物联电能表管理模组的上电交互流程

- 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。
- b) 管理模组确认模组接入后，等待 5 秒，读取模组中的电能表模组列表（OAD: 40310200），确认模组类型，如果给出正确应答，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），最多读三次，如果三次均失败，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起逻辑地址、端口的对应关系。
- d) 管理模组视模组类别决定对模组认证机制，认证通过则继续；如果模组的模组类别包含“bit1---计算”，即为计算类模组（电能质量模组、非介入式负荷辨识模组均属于计算类模组），则管理模组开启对应模组的采样数据输入，在管理模组和扩展模组之间，握手、认证时，管理模组为客户机，模组为服务器，握手命令中，管理模组如果不知道扩展模组逻辑地址，命令中逻辑地址可用 0；认证命令中，可采用模组的逻辑地址，扩展模组收到报文时不判断报文中逻辑地址，应答报文中的逻辑地址采用接收报文中的逻辑地址。
- e) 管理模组如果检测到扩展模组有变化，则通过主动上报新增上报事件列表上报模组变更事件 OAD，引导主站读取管理模组中的电能表模组列表。
- f) 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，主站就可以通过管理模组访问接入的模组，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）中包括该模组中各个对象及对象访问权限。
- g) 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。
- h) 模组向管理模组请求时钟进行时钟同步，如接收到广播校时命令，模组不判断明文广播校时范围，但次数应判断一个自然日只能进行一次进行时钟同步。
- i) 模组在管理模组基础业务 APP 数据准备完毕后向管理模组请求计量配置参数。配置内容包含电能表类型、电压系数、电流系数、相位系数、周波采样点数、偏移小数位数、采样数据长度，参数格式见表 B.1。模组视需要可向电表读取额定电压、额定电流、计量元件数等参数。

j) 管理模组一旦监测到模组被拔出，便停止与模组的通讯。

F.2 计量模组采样输出

电能质量模组与计量模组采用 SPI 单向通信，计量模组为主，电能质量模组为从，计量模组向电能质量模组实时发送原始数据，原始数据要求单周波最大 256 个采样点，SPI 通信速率范围为单相表最大支持 2 Mbps，三相电能表最大支持 6 Mbps。

F.3 配置参数

计量配置参数如表B.1所示。

表 B.1 计量配置参数格式

序号	参数	长度	说明	备注
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。	区间量，以火线电流划分为若干区间
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	区间量，以零线电流划分为若干区间
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，支持修改，计量模组掉电保存	/
8	采样数据长度	1 字节	表示单个采样点字节数	/
注：电能表类型使用计量元件数（OI: 4010）。				

F.4 计量模组采样输出协议扩展

- 计量模组向电能质量模组传送原始 AD 数值，不经过计量模组预处理，同时能确保有效精度。
- 不同电能表的基准电压、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。
- 计量模组到电能质量模组输出原始波形采用以下通信格式，通信格式如表 B.3。

表 B.2 配置参数明细

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
注：例如：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 B.3 计量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

—— 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 G

附 录 H（规范性附录）

附 录 I 事件记录判断阈值

电能质量监测量越限事件记录判断阈值满足以下要求：

表 C.1 电能质量监测量越限事件记录判断阈值

序号	事件名称	设定值范围	默认设定值	允许误差
1	电压谐波总畸变率超限	1. 电压谐波总畸变率超限阈值定值范围：1%~20%，最小设定值级差 0.1%	5%	±0.3%
		2. 电压谐波总畸变率超限事件判定延时时间：固定 60s	60s	±2s
2	电流谐波总畸变率超限	1. 电流谐波总畸变率超限阈值定值范围：1%~20%，最小设定值级差 0.1%	20%	±0.3%
		2. 电流谐波总畸变率超限事件判定延时时间：固定 60s	60s	±2s
3	电压短时闪变超限	1. 电压短时闪变超限阈值定值范围：0.1~10，最小设定值级差 0.1	1.0	±0.1
		2. 电压短时闪变超限时间判定延时时间：固定 600s	600s	±2s
4	电压暂降	1.电压暂降超限阈值定值范围：0.1 p.u.-0.9p.u.	0.9p.u.	0.05 p.u.
		2.电压暂降超限时间判定延时时间：10s-1min	10s	10ms
5	电压暂升	1.电压暂升超限阈值定值范围：1.1 p.u.-1.8p.u.	1.1 p.u.	0.05 p.u.
		2.电压暂升超限时间判定延时时间：10s-1min	10s	10ms
6	电压短时中断	电压短时中断阈值设定范围：0-0.15 p.u.	0.1 p.u.	0.05 p.u.

附 录 J

附 录 K（规范性附录）

附 录 L 试验项目明细表

试验项目如下表D.1所示：

表 D.1 试验项目明细表

序号	试 验 项 目		判定级别	出厂检验	全性能试验	抽样验收试验	全检验收试验
1	结构试验	外观、标志、通电检查	A	●	●	●	●
2		防火焰蔓延	A	●	●	●	
3	气候影响 试验	高温试验	A	●	●		
4		低温试验	A	●	●		
5		交变湿热试验	A	●	●		
6	功率消耗试验		A	●	●	●	
7	电磁兼容 试验	工频磁场抗扰度试验	A	●	●	○	
8		射频辐射电磁场抗扰度试验	A	●	●	○	
9		射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	A	●	●	○	
10		静电放电抗扰度试验	A	●	●	○	
11		快速瞬变脉冲群抗扰度试验	A	●	●	○	
12	功能试验	电压偏差	A	●	●	●	●
13		电流偏差	A	●	●	●	●
14		频率偏差	A	●	●	●	●
15		闪变	A	●	●	●	●
16		谐波电压	A	●	●	●	●
18		谐波电流	A	●	●	●	●
19		谐波有功功率	A	●	●	●	●
20		电能质量参数监测	A	●	●	●	●
21		事件记录及主动上报	A	●	●	●	●

22	兼容性试验	热插拔试验	A	●	●	●	
23		接口符合性试验	A	●	●	●	
24	通信试验		B	●	●	●	
25	安全试验		B	●	●	○	●
26	机械试验	弹簧锤试验	B	○	○		
27		冲击试验	B	○	○		
28		振动实验	B	○	○		
29		汽车颠簸实验	B	○	○		
30	绝缘性能试验	绝缘强度	B	○	○		
31		脉冲电压	B	○	○		
32	可靠性要求	盐雾试验	A	○			
33		双 85 试验	A	○			
34		跌落试验	B	○			
35		高温耐久试验	A	○			
注1：在抽样验收试验中，该类项目从抽样中随机抽取6只进行试验。							
注2：“●”表示必做项，“○”表示选做项。							
注3：							
注4：							

附 录 M电能质量模块检验项目

电能质量模组产品检测项目									
<p>说明：</p> <p>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</p> <p>2、试验项目各产品线根据自己实际需求可增加或者删减</p> <p>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。</p> <p>（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）</p>									
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		静 电 放 电 试 验	√	√		√	√			√
5		射 频 电 磁 场 (电 流 电 流 中 无 电 流)	√	√		√	√			√
6		快 速 瞬 变 脉 冲 群 抗 扰 度	√	√		√	√			√
7		浪 涌 试 验	√	√		√	√			√
8		传 导 差 模 电 流 干 扰 试 验	√	√		√	√			√
9		盐 雾 试 验				√				
10	可 靠 性 试 验	双 85 试 验				√				
11		跌 落 实 验				√				
12		高 温 耐 久 试 验				√				
13		功 率 消 耗	√	√		√	√			√
14	电 源 类	热 插 拔	√	√		√	√			√
15	绝 缘 性 能	绝 缘 强 度	√	√		√	√			√

16		脉冲电压	√	√		√	√			√
17	气候影响试验	高温试验	√	√		√	√			√
18		低温试验	√	√		√	√			√
19		交变湿热试验	√	√		√	√			√
20		安全试验	√	√		√	√			√
21		协议一致性检验	√	√		√	√			√
22	生产	功率消耗试验			√ a					
23		版本读取试验			√ a			√		
24		整机功能试验			√ a					
25		生产工艺说明	系统审批							
26		打标文件	系统审批							
27		BOM	系统审批							