

保密等级  
公开

**Q/DX**

青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司 技 术 文 档

---

**FTU 配电线损采集模块企业标准**  
**V1.0 (20190125)**

2019-01-25 发布

2019-01-25 实施

---

青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司    发 布

## 目录

1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 技术要求 .....	1
3.1 规格要求 .....	1
3.2 环境条件 .....	2
3.2.1 参比温度及湿度 .....	2
3.2.2 温湿度范围 .....	2
3.2.3 大气压力 .....	2
3.3 机械和结构要求 .....	2
3.3.1 通用要求 .....	2
3.3.2 结构件 .....	2
3.3.3 输出接口 .....	3
3.3.4 线路板 .....	3
3.4 功能要求 .....	3
3.4.1 工作电源 .....	3
3.4.2 电能计量 .....	3
3.4.3 测量及监测 .....	3
3.4.4 事件记录 .....	3
3.4.5 时钟、电池 .....	4
3.4.6 冻结功能 .....	4
3.4.7 模块清零 .....	4
3.4.8 通信要求 .....	4
3.4.9 信号输出 .....	5
3.4.10 数据存储 .....	5
3.4.11 显示 .....	5
3.5 可靠性要求 .....	5
3.5.1 基本要求 .....	6
3.5.2 双 85 试验 .....	6
3.5.3 跌落实验 .....	6
3.5.4 盐雾实验 .....	6
3.5.5 高温耐久 .....	6
4 试验项目及要求 .....	6
4.1 总则 .....	7
4.2 绝缘性能试验 .....	9
4.2.1 脉冲电压试验 .....	9
4.2.2 交流电压试验 .....	10
4.2.3 绝缘电阻 .....	12

4.3 准确度试验 .....	13
4.3.1 基本误差 .....	13
4.3.2 起动 .....	13
4.3.3 潜动 .....	14
4.3.4 脉冲常数试验 .....	14
4.3.5 误差一致性试验 .....	15
4.3.6 误差变差试验 .....	15
4.3.7 负载电流升降变差试验 .....	15
4.3.8 影响量试验 .....	15
4.3.9 日计时误差 .....	17
4.4 电气性能试验 .....	18
4.4.1 功率消耗 .....	18
4.4.2 电压工作范围 .....	18
4.4.3 短时过电压试验 .....	18
4.4.4 短时过电流试验 .....	18
4.4.5 故障电流影响 .....	19
4.4.6 自热影响 .....	19
4.4.7 温升试验 .....	19
4.4.8 误接线试验 .....	19
4.5 电磁兼容性试验 .....	19
4.5.1 电源电压突降和电压中断干扰试验 .....	19
4.5.2 静电放电抗扰度 .....	20
4.5.3 射频电磁场抗扰度 .....	20
4.5.4 快速瞬变脉冲群抗扰度 .....	21
4.5.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度 .....	21
4.5.6 浪涌抗扰度 .....	21
4.5.7 衰减振荡波抗扰度 .....	22
4.5.8 工频磁场干扰试验 .....	22
4.6 气候影响试验 .....	22
4.6.1 高温试验 .....	22
4.6.2 低温试验 .....	23
4.6.3 极限工作环境试验 .....	23
4.6.4 恒定湿热试验 .....	23
4.6.5 凝露试验 .....	23
4.7 机械性能试验 .....	24
4.7.1 弹簧锤试验 .....	24
4.7.2 冲击试验 .....	24
4.7.3 振动试验 .....	24
4.7.4 耐热和阻燃试验 .....	24
4.7.5 防尘和防水 .....	25

## 1 范围

本标准规范书适用于鼎信 FTU 配电线损采集模块的设计、研发、质量检验等工作，它包括技术指标、功能要求、机械性能、电气性能、外观结构等要求。

凡本技术规范书中未述及，但在有关国家、电力行业或 IEC 等标准中做了规定的条文，应按相应标准执行。

本标准规范为基本规范，涉及到具体表型具体规范若有差别，按照具体规范执行，具体规范未说明部分按照本规范执行。

## 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—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 16927.1—2011 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求  
GB/T 17215.211—2006 交流电测量设备 通用要求、试验和试验条件 第 11 部分：测量设备  
GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验  
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  
GB/T 17626.4—2008 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—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验  
GB/T 17626.6—2008 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验  
GB/T 17626.12—1998 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验  
DL/T 634.5101—2002 远动设备及系统远动设备及系统 第 5-101 部分：传输规约基本远动任务  
配套标准  
DL/T 721—2013 配电自动化远方终端  
Q/GDW 1354—2013 智能模块功能规范

## 3 技术要求

### 3.1 规格要求

准确度等级：有功 0.2S 级、有功 0.5S 级，无功 2 级

参比电压：3×57.7/100V、3×100V、3×220V。

参比电流：1(1.2)A/5(6)A

参比频率：50Hz

脉冲常数：

电压（V）	最大电流（A）	推荐常数（imp/kWh、imp/kvarh）
-------	---------	-------------------------

3×57.7/100	1.2	100000
3×57.7/100	6	20000
3×100	1.2	100000
3×100	6	20000
3×220	1.2	30000
3×220	6	6400

### 3.2 环境条件

#### 3.2.1 参比温度及湿度

参比温度为 $23^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；湿度为45%~75%。

#### 3.2.2 温湿度范围

表 3.1 温度范围

规定的工作范围	-25~60
极限工作范围	-40~70
储存和运输极限范围	-40~70

表 3.2 相对湿度

年 平 均	<75%
30 天（这些天以自然方式分布在一年中）	95%
在其他天偶然出现	85%

#### 3.2.3 大气压力

线损模块在海拔4000m及以下（63.0kPa~106.0kPa）应能正常工作，高海拔地区要求线损模块在海拔4000m~4700m能正常工作。

### 3.3 机械和结构要求

#### 3.3.1 通用要求

线损模块的设计和结构应能保证在额定条件下使用时不引起任何危险。尤其保证：防电击的人身安全保护；防高温影响的人身安全保护；防火焰蔓延的安全保护；防固体异物保护。易受腐蚀的所有部件在正常条件下应予以有效防护。任一保护层在正常工作条件下不应由于一般的操作而引起损坏，也不应由于在空气中暴露而受损。线损模块应有足够的机械强度，并能承受在正常工作条件下可能出现的高温 and 低温。部件应可靠地紧固并确保不松动。电气接线应防止断路，包括在本规范规定的某些过载条件下。线损模块结构应使由于布线、螺钉等偶然松动引起的带电部位与可触及导电部件之间绝缘短路的危险最小。

#### 3.3.2 结构件

线损模块外壳采用 I 类防护绝缘包封，在90℃的高温环境下不应出现变形，在650℃±10℃温度下不助燃，可熄灭。接线端子热变形温度不小于100℃。

### 3.3.3 输出接口

具有通信接口、时钟脉冲输出、电能量脉冲输出。

### 3.3.4 线路板

- a) 线路板须用耐氧化、耐腐蚀的双面/多层敷铜环氧树脂板，并具有线损模块制造厂商的标识；
- b) 线路板表面应清洗干净，不得有明显的污渍、焊迹，应做绝缘、防腐处理；
- c) 线损模块内所有元器件均应防锈蚀、防氧化，紧固点牢靠；
- d) 电子元器件（除工作电源器件外）宜使用贴片元件，使用表面贴装工艺生产；
- e) 线路板焊接应采用回流焊、波峰焊工艺；
- f) 线损模块内部分流器、引线之间以及线路板之间应保持足够的间隙和安全距离；
- g) 线路板之间，线路板和电流、电压元件之间，指示灯和其他部分之间的连接应采用导线焊接或可靠的接插件连接；
- h) 主要器件表面应印有制造厂商标志及产品批号。

## 3.4 功能要求

### 3.4.1 工作电源

- a) 线损模块应由直流电源供电；
- b) 工作电源的参比电压为直流 24V 或 48V；
- c) 工作电源供电电压为直流 18V~56V 自适应。

### 3.4.2 电能计量

具有正向、反向有功电能量和四象限无功电能量计量功能，并可以计量正向、反向无功电能量。线损模块的每个计量单元应单独计量。

### 3.4.3 测量及监测

可测量总及各分相有功功率、无功功率、功率因数，分相电压、分相电流、频率等运行参数。测量误差（引用误差）不超过±0.5%。

其中各变量的测量范围满足以下规定：电压测量范围：0.05 $U_n$ ~1.2 $U_n$ ； 电流测量范围：0.02 $I_n$ ~1.2 $I_{max}$ ； 功率测量范围： $U_n \times 0.001 I_n$ ~1.2 $U_n \times 1.2 I_{max}$ ； 频率测量范围：45Hz~55Hz。

### 3.4.4 事件记录

- a) 应记录潮流方向改变的总次数，最近 10 次潮流方向改变发生时刻及对应的电能量数据等信息；
- b) 应记录校时总次数（不包含广播校时），以及最近 10 次校时的时刻；

c) 永久记录线损模块清零事件的发生时刻及清零时的电能量数据;

d) 可记录每种事件总发生次数和(或)总累计时间。

#### 3.4.5 时钟、电池

a) 应采用具有温度补偿功能的内置硬件时钟电路,内部时钟端子输出频率为1Hz;

b) 时钟应具有日历、计时、闰年自动转换功能。

c) 应使用环保型的锂电池作为时钟备用电源;时钟备用电源在线损模块寿命周期内无需更换,断电后应维持内部时钟正确工作时间累计不少于5年。

d) 时钟电池应有防脱落措施,引脚焊点应足够牢固,与电池正极直接连接的裸露导电体与其他裸露导电体之间应有防短路措施。

e) 可通过通信接口对线损模块校时;

f) 应尽量避免在线损模块执行数据转存操作前后5min内进行。

#### 3.4.6 冻结功能

冻结内容及标识应符合DL/T 634.5101—2002及其实施细则要求。

a) 定时冻结:按照每15分钟冻结电能量数据;每个冻结量至少应保存60次。

b) 瞬时冻结:在非正常情况下,冻结当前的日历、时间、所有电能量和重要测量量的数据;瞬时冻结量应保存最后3次的数据。

c) 日冻结:存储每天零点的电能量,应可存储62天的数据量。停电时刻错过日冻结时刻,上电时补全日冻结数据,最多补冻最近7个日冻结数据。

d) 整点冻结:存储整点时刻的有功总电能,应可存储264个数据。

#### 3.4.7 模块清零

a) 清除线损模块内存储的电能量、事件记录等数据;

b) 清零操作应作为事件永久记录,应有防止非授权人操作的安全措施。

c) 应能对每个计量单元数据单独清零。

#### 3.4.8 通信要求

通信信道应具有一路RS-232或RS-485通信接口。通信时,线损模块的计量性能、存储的计量数据和参数不应受到影响和改变。通过通信方式对线损模块进行设置时,均能实现DL/T 634.5101—2002规约及其实施细则要求的相应功能。

RS-232通信:

a) RS-232接口必须和线损模块内部电路实行电气隔离,并有失效保护电路;

b) RS-232接口通信速率可设置，标准速率为4800bit/s、9600bit/s、19200bit/s、38400bit/s，缺省值为9600bit/s；

c) RS-232接口通信应遵循DL/T 634. 5101—2002协议；

d) 线损模块上电完成后3s内可以使用RS-232接口进行通信。

RS-485通信：

a) RS-485接口必须和线损模块内部电路实行电气隔离，并有失效保护电路；

b) RS-485接口通信速率可设置，标准速率为4800bit/s、9600bit/s、19200bit/s、38400bit/s，缺省值为9600bit/s；

c) RS-485接口通信应遵循DL/T 634. 5101—2002协议；

d) 线损模块上电完成后3s内可以使用RS-485接口进行通信。

### 3.4.9 信号输出

1) 电能量脉冲输出

a) 应具备与所计量的电能量（有功/无功）成正比的光脉冲输出和电脉冲输出；

b) 光脉冲输出采用超亮、长寿命 LED 器件，并能从正面采集；

c) 电脉冲输出应有电气隔离。

2) 时钟信号输出

时钟信号为秒脉冲信号，秒脉冲输出应有电气隔离。

### 3.4.10 数据存储

a) 至少应能存储上12个考核日的双向总电能数据；数据转存分界时刻为月末的24时（月初零时），或在每月的1日～28日内的整点时刻。

b) 多回路线损模块应对每个计量单元数据单独存储。

c) 停电时刻错过考核时刻，上电时应能补全上12个考核日电能量数据。

d) 在工作电源断电的情况下，所有与电能量有关的数据应至少保存10年，其他数据至少保存3年。

### 3.4.11 显示

线损模块应使用高亮、长寿命 LED 作为指示灯。要求如下：

a) 有功电能脉冲指示灯：红色；平时灭，计量有功电能时闪烁。

b) 无功电能脉冲指示灯：红色；平时灭，计量无功电能时闪烁。

c) 工作电源指示灯：红色；工作电源有电时常亮，无电时灭。

d) 运行指示灯：绿色；正常时闪烁频率为 1Hz。

## 3.5 可靠性要求



可靠性试验前后需要按照表4.2进行试验，确保可靠性试验未降低模块性能。

### 3.5.1 基本要求

- a) 产品的设计和元器件选用应保证使用寿命大于等于10年，产品从验收合格之日起，由于线损模块质量原因引起的故障，其允许故障率应小于等于表19规定的限值。

表 3.3 寿命保证期内允许的故障率

运行年数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
允许故障率	0.2%	0.25%	0.3%	0.35%	0.4%	0.45%	0.5%	0.55%	0.6%	0.65%

- b) 线损模块在频繁快速停复电或电压升降后，恢复正常工作状态后，线损模块应不死机、通信正常、计量正确、设置参数不改变。

### 3.5.2 双85试验

试验数量：22；

试验方法：按照模块双85试验方案进行试验。

### 3.5.3 跌落实验

单台：按以下要求进行跌落试验，两面、相邻短边任意一棱，相邻长边任意一棱、一角（最易损坏的角），5次跌落，跌落高度1m。试验完成后，检查外观和功能是否符合要求。方法参照GB 4857.5-1992。本条不影响最终的试验结论。

整箱：按照GB 4857.5-1992 5.6.2试验步骤，对样品进行2次跌落，跌落高度0.8m。试验完成后，检查外观和功能是否符合要求。

单台跌落不作为试验结果判定的标准，整箱跌落后，模块不能有外观损坏，可正常上电。

### 3.5.4 盐雾实验

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1-2h。

试验后，元器件不能有腐蚀现象，模块正常工作，准确度满足内控要求。

本实验结果不作为判定标准，仅作参考。

### 3.5.5 高温耐久

被测品处于正常工作状态下，1.2倍 $U_n$ ， $85^{\circ}\text{C}$ ，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，并读取电压。实验结束前1小时内测试温升。

运行200h后取出常温放置2h，测试时钟电池电压。同时按照表4.2进行功能验证，按照4.3.1要求检表，记录检表数据。

## 4 试验项目及要求

#### 4.1 总则

线损模块的全性能试验、抽样验收、全检验收的试验项目应符合下表4.1的规定。

表 4.1 试验项目明细表

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 (30 台)	设计变更型式试验 (5 台)	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
1	外观结构	通电检查	√	√	√	√	√	√
2		外观尺寸	√	√	√	√	√	√
3		材料及工艺	√	√	√	√	√	√
4		铭牌条形码	√	√	√	√	√	√
5		元器件	√	√	√	√	√	√
6	功能要求	电能计量	√	√				√
7		测量及监测	√	√				√
8		事件记录	√	√				√
9		时钟、电池	√	√				√
10		冻结	√	√				√
11		模块清零	√	√				√
12		通信要求	√	√	√	√		√
13		信号输出	√	√	√	√		√
14		显示	√	√				√
15	可靠性要求	基本要求	√		√			√
16		双 85 试验	√		√			√
17		跌落试验	√		√			√
18		盐雾实验			√			
19		高温耐久			√			
20	绝缘性能	脉冲电压试验	√	√	√	√		√
21		交流电压试验	√	√	√	√		√
22	准确度试验	基本误差	√	√	√	√		√
23		模块常数试验	√	√	√	√		√
24		起动试验	√	√	√	√		√
25		潜动试验	√	√	√	√		√
26		误差一致性试验	√	√	√	√		√
27		误差变差试验	√	√	√	√		√
28		负载电流升	√	√	√	√		√

		降变差试验							
29		影响量试验	√	√		√	√		√
30		日计时误差	√	√		√	√		√
31		环境温度对 日计时误差 的影响	√	√		√	√		√
32	电气 性能 试验	功率消耗	√	√		√	√		√
33		电源电压试 验	√	√		√	√		√
34		过电压试验				√	√		√
35		短时过电流 影响试验	√	√		√	√		√
36		故障电流影 响	√	√		√	√		√
37		自热试验	√	√		√	√		√
38		温升试验	√	√		√	√		√
39	电磁 兼容 试验	静电放电抗 扰度试验	√	√		√	√		√
40		高频电磁场 抗扰度试验	√	√		√	√		√
41		快速瞬变脉 冲群抗扰度 试验	√	√		√	√		√
42		射频场感应 的传导骚扰 抗扰度	√	√		√	√		√
43		浪涌抗扰度 试验	√	√		√	√		√
44		衰减震荡波 抗扰度	√	√		√	√		√
45	气候 影响 试验	高低温试验	√	√		√	√		√
46		极限工作环 境试验	√	√		√	√		√
47		恒定湿热试 验	√	√		√	√		√
48		凝露实验	√	√		√	√		√
49	机械 试验	弹簧锤试验	√			√			√
50		冲击试验	√			√			√
51		振动试验	√			√			√
52		耐热和阻燃	√			√			√

	试验							
53	防尘和防水	√			√			√

注：设计变更型式试验是全部作要求，具体变更测试由产品经理决定需要测试哪些项。

## 4.2 绝缘性能试验

试验仅对线损模块整体进行，首先应进行脉冲电压试验，而后进行交流电压试验。对于这些试验，术语“地”具有如下含义：

- 当线损模块由金属制成时，“地”即线损模块接地端子本身，置于导电平面上；
- 当线损模块全部或只有部分由绝缘材料制成时，“地”是包围线损模块的导电箔，此导电箔与所有可接触导电部件接触并与置于线损模块底部的导电平面相连接。在接线端子处，使导电箔接近端子和接线孔，距离不大于2cm。

绝缘试验的参比条件为：

- 环境温度：15℃～25℃；
- 相对湿度：45%～75%；
- 大气压力：86kPa～106kPa。

如因各种原因必须重做绝缘试验，则应取新的样品进行。

绝缘性能试验前后需要按照表4.2进行试验，确保绝缘性能试验未降低模块性能。

表 4.2 基本功能验证

项目	内容	要求
计量	lb、日计时	满足基本误差限值
通信	485	成功率 98%以上（通信 5 次以上）
功率消耗	电压线路	满足内控要求

### 4.2.1 脉冲电压试验

按照17215.211-2006规定的条件试验。

试验应在下列条件下进行：

- 冲击波形：按GB/T 16927.1—2011规定的1.2/50μs脉冲；
- 电压上升时间：±30%；
- 电压下降时间：±20%；
- 电源阻抗：500Ω±50Ω；
- 电源能量：0.5J±0.05J；
- 试验电压：按6.5.3中的规定施加；
- 试验电压允差：+0～10%。

每次试验，以一种极性施加3次脉冲，然后以另一种极性重复3次。两脉冲间最小时间为5s。试验中，线损模块不应出现闪络、破坏性放电或击穿。

工作电源回路应按电压等级施加脉冲电压，额定电压大于60V时，应施加5kV试验电压；额定电压不大于60V时，应施加1kV试验电压；交流工频电量输入回路应施加5kV试验电压。施加1.2/50 $\mu$ s冲击波形，三个正脉冲和三个负脉冲，施加间隔不小于5s。

以下述方式施加于交流工频电量输入回路和电源回路：

- a) 接地端和所有连在一起的其他接线端子之间，脉冲端子与接地端连接；
- b) 电压回路、电流回路、工作电源回路、通信回路之间，脉冲端子与接地端连接。

冲击试验后，各项性能指标满足本规范的要求。

#### 4.2.2 交流电压试验

##### (1) 实验方法：

应对线损模块整体进行试验，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5s~10s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。

a) 线路间的交流电压试验。在正常使用中同一计量单元的电压回路与电流回路分离并适当地绝缘（例如与测量互感器相接的每一线路）时，应分别对电压线路和电流线路间以及各电流线路间进行交流电压试验，试验接线示意图见图4.2.2.1和图4.2.2.2。

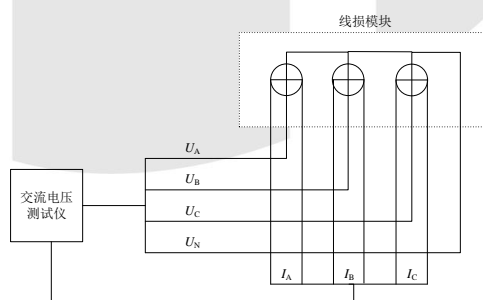


图 4.2.2.1 电压和电流线路间的试验接线示意图（正常使用中电压和电流分离的）

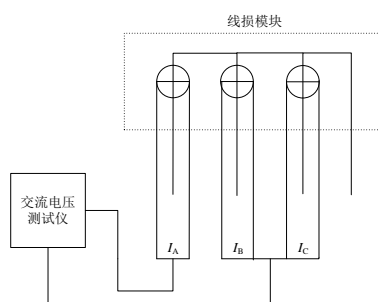


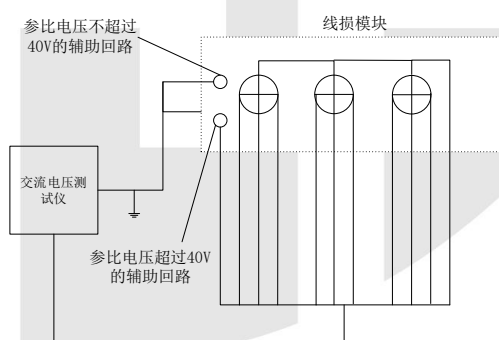
图 4.2.2.2 A 相电流线路和其他电流线路间的试验接线示意图（正常使用中电压和电流分离的）

当在正常使用中一个测量单元的电压线路和电流线路连在一起时，不做该试验；站所终端同一电流回路的电流线路连在一起，不做该试验。

在正常使用中电压回路与电流回路分离的线损模块，应分别对电压回路间、电流回路间、电压回路与电流回路间进行交流电压试验。

直接与电网干线连接或连接到同一电压互感器上的、参比电压超过40V的辅助线路，应经受与那些已经对电压线路给出的相同条件下的交流电压试验，其他辅助线路应不做该试验。

b) 线路对地的交流电压试验。所有电流线路和电压线路以及参比电压超过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4.2.2.3。



注：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，即认为线损模块产生闪络或击穿现象。

图 4.2.2.3 线路对地的试验接线示意图

例如：对于三相四线经互感器工作的馈线终端线损模块（电压线路和电流线路分离），应按下列线路进行试验：

线路间：电压回路（ $U_A$ 、 $U_B$ 、 $U_C$ ）与电流回路（ $I_A$ 、 $I_B$ 、 $I_C$ ）之间；电流线路之间（ $I_A$ 与 $I_B$ 、 $I_C$ ； $I_B$ 与 $I_C$ ）。

线路对地：UA、UB、UC、IA、IB、IC以及参比电压超过40V的辅助线路连接在一起对地（参比电压不超过40V的辅助线路接地）。

## （2）实验要求

在正常试验大气条件下，线损模块的被试部分应能承受表4.3规定的50Hz交流电压、持续时间1min，交流电压试验时无击穿、无闪络现象。

试验部位为非电气连接的两个独立回路之间，各带电回路与金属外壳之间。

**表 4.3 绝 缘 强 度**

额定绝缘电压 $U_i$ (V)	试验电压有效值 (V)
$U_i \leq 60$	500
$60 < U_i \leq 125$	1000
$125 < U_i \leq 250$	2500

对于交流工频电量输入端子组与金属外壳之间，电压输入与电流输入的端子组之间都应满足施加50Hz、2kV电压，持续时间为1min的要求。

试验后，在参比电压、 $I_n$ 和 $\cos=1$ 条件下测量仪表百分数误差，结果应满足准确度等级要求。

## 4.2.3 绝缘电阻

a) 在正常大气条件下线损模块绝缘电阻的要求见表 4.4；

**表 4.4 正常大气条件下绝缘电阻的要求**

额定绝缘电压 $U_i$ (V)	绝缘电阻要求 ( $M\Omega$ )
$U_i \leq 60$	$\geq 10$ (用 250V 绝缘电阻表)
$U_i > 60$	$\geq 10$ (用 500V 绝缘电阻表)
注：电压回路、电流回路、工作电源回路、通信回路之间及其对地，脉冲端子接地。	

b) 在温度  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度  $(93 \pm 3)\%$  的恒定湿热条件下绝缘电阻的要求见表 4.5。

**表 4.5 恒定湿热条件下绝缘电阻的要求**

额定绝缘电压 $U_i$ (V)	绝缘电阻要求 ( $M\Omega$ )
$U_i \leq 60$	$\geq 2$ (用 250V 绝缘电阻表)
$U_i > 60$	$\geq 2$ (用 500V 绝缘电阻表)
注：电压回路、电流回路、工作电源回路、通信回路之间及其对地，脉冲端子接地。	

### 4.3 准确度试验

#### 4.3.1 基本误差

线损模块有功电能和无功电能基本误差应满足表4和表5的规定，如果线损模块应用于测量双向电能，则表4.6和表4.7中的规定适用于每一方向电能测量。（误差根据限定值的60%执行）

表 4.6 平衡负载时线损模块的基本误差限值

类别	电流值	$\cos\varphi/\sin\varphi^a$		线损模块准确度等级		
				0.2S	0.5S	2
				基本误差限值（%）		
有功 电能	$0.01I_n\leq I<0.05I_n$	$\cos\varphi$	1	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	——
	$0.05I_n\leq I\leq I_{max}$		1	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	——
	$0.02I_n\leq I<0.1I_n$	$\cos\varphi$	0.5L	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	——
			0.8C	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	——
	$0.1I_n\leq I\leq I_{max}$		0.5L	$\pm 0.3$	$\pm 0.6$	——
			0.8C	$\pm 0.3$	$\pm 0.6$	
	用户特殊要求时： $0.1I_n\leq I\leq I_{max}$		0.25L	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	——
0.5C		$\pm 0.5$	$\pm 1.0$			
无功 电能	$0.02I_n\leq I<0.05I_n$	$\sin\varphi$ (L 或 C)	1	——	——	$\pm 2.5$
	$0.05I_n\leq I\leq I_{max}$		1	——	——	$\pm 2.0$
	$0.05I_n\leq I<0.1I_n$		0.5	——	——	$\pm 2.5$
	$0.1I_n\leq I\leq I_{max}$		0.5	——	——	$\pm 2.0$
	$0.1I_n\leq I\leq I_{max}$		0.25	——	——	$\pm 2.5$

<sup>a</sup> 角  $\varphi$  是星形负载支路相电压与相电流间的相位差；L-感性负载，C-容性负载。

表 4.7 不平衡负载时线损模块的基本误差限值

负载电流	$\cos\theta/\sin\theta^a$	有功电能准确度等级		无功电能准确度等级
		0.2S	0.5S	2
		基本误差限值（%）		
$0.05I_n \leq I \leq I_{max}$	1	$\pm 0.3$	$\pm 0.6$	——
$0.1I_n \leq I \leq I_{max}$	0.5L	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	——
$0.05I_n \leq I \leq I_{max}$	1 (L 或 C)	——	——	$\pm 3.0$
$0.1I_n \leq I \leq I_{max}$	0.5 (L 或 C)	——	——	$\pm 3.0$
$I_n$	1	不平衡负载 <sup>b</sup> 与平衡负载时的误差之差不超过（%）		
		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 2.5$

<sup>a</sup> 角  $\theta$  是指加在同一组驱动元件的相（线）电压与电流间的相位差。

<sup>b</sup> 不平衡负载是指电压线路加对称三相参比电压，任一相电流线路通电流，其余各相电流线路无电流。

#### 4.3.2 起动



在参比电压、参比频率和功率因数为1的条件下，负载电流按照线损模块准确度等级升到 $0.001I_n$ 起动电流（ $I_Q$ ）后，线损模块应有脉冲输出或代表电能输出的指示灯闪烁，起动时间（ $t_Q$ ）不应超过式（1）计算结果要求。如果线损模块用于测量双向电能，则将电流线路反接，重复上述试验。

$$t_Q \leq 1.2 \times \frac{60 \times 1000}{C \times m \times U_n \times I_Q} \quad (\text{min}) \quad (1)$$

式中：

$C$ ——线损模块常数，imp/kWh；

$m$ ——测量元件数，对三相四线线损模块  $m=3$ ，三相三线线损模块  $m=\sqrt{3}$ ；

$U_n$ ——参比电压，V。

#### 4.3.3 潜动

线损模块电压回路通以  $115\%U_n$ ，电流回路无电流，在规定时间内线损模块不应产生多于一个的脉冲输出，试验时间按式（4）确定。

0.2S 级线损模块：

$$\Delta t \geq \frac{900 \times 10^6}{C \times m \times U_n \times I_{\max}} \quad (\text{min})$$

0.5S 及线损模块：

$$\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{C \times m \times U_n \times I_{\max}} \quad (\text{min}) \quad (4)$$

式中：

$C$  ——脉冲常数，imp/kWh；

$m$ ——测量元件数，对三相四线线损模块  $m=3$ ，三相三线线损模块  $m=\sqrt{3}$ ；

$U_n$ ——参比电压，V；

$I_{\max}$ ——最大电流，A。

对有多个计量单元的线损模块，除应对每一回路进行潜动试验外，还应进行回路间潜动试验。试验方法为：线损模块全部电压回路通以 $115\%U_n$ ，被测计量单元无电流，其他计量单元通以参比电流 $I_n$ ，功率因数为1，在规定时间内，被测计量单元不应产生多于一个的脉冲输出，试验时间按式（4）确定。

#### 4.3.4 脉冲常数试验

在参比电压、最大电流和功率因数为1的条件下，在时间间隔 $t$ 内两次读取线损模块相关寄存器信息记录电能值，计算电能累计值 $E$ 并记录输出脉冲数 $n$ ，线损模块输出脉冲数和累计值应符合式（5）要求：

$$\Delta E = \left| \frac{n}{C} - E \right| < 1 \times 10^{-6} \quad (5)$$

式中：

$\Delta E$  —— 累计值误差, kWh;  
 $n$  —— 计数器记录的累计计量输出脉冲数;  
 $C$  —— 脉冲常数, imp/kWh;  
 $E$  —— 线损模块电能累计值, kWh;  
 $\alpha$  —— 线损模块电能值的小数位数。

#### 4.3.5 误差一致性试验

线损模块在参比电压、参比电流加载30min后,对同一批次 $n$ 个被试样品(典型为2~4个线损模块)的同一回路,在参比电压、100% $I_n$ 、10% $I_n$ 、功率因数1和0.5L处,被试样品的测量结果与同一测试点 $n$ 个样品的平均值的最大差值应符合4.5的要求。

表 4.8 误差一致性限值

电流	功率因数	0.2S 级	0.5S 级
$I_n$	1	$\pm 0.06\%$	$\pm 0.15\%$
	0.5L		
$0.1I_n$	1	$\pm 0.08\%$	$\pm 0.20\%$

#### 4.3.6 误差变差试验

被试模块在参比电压、基本电流加载30min后,对同一被试样品,在参比电压、100% $I_b$ 、功率因数1.0和0.5L处,对样品做第一次测试;在试验条件不变的条件下间隔5min后,对样品做第二次测试,同一测试点处的两次测试结果的差的绝对值不应超过0.2%。

线损模块在参比电压、参比电流加载30min后,对同一被试样品,在参比电压 $I_n$ 、功率因数1和0.5L处,对样品做第一次测试;在试验条件不变的条件下间隔5min后,对样品做第二次测试,同一测试点处的两次测试结果的差的绝对值不应超过0.04% (0.2S级) 或0.1% (0.5S级)。

#### 4.3.7 负载电流升降变差试验

线损模块在参比电压、参比电流加载30min后,按照负载电流从轻载到 $I_{max}$ 的顺序进行首次误差测试,记录各负载点的误差;负载电流在 $I_{max}$ 点保持2min后,再按照负载电流从 $I_{max}$ 到轻载的顺序进行第二次误差测试,记录各负载点误差;同一只被试样品在相同负载点处的误差变化的绝对值不应超过表7的限值。测试点的负载电流为0.05 $I_n$ 、 $I_n$ 、 $I_{max}$ 。

#### 4.3.8 影响量试验

应单独对某个影响量引起的改变量进行测试,所有其他影响量保持为参比条件。线损模块误差改变量应满足表 4.9 的限值要求。

表 4.9 影响量试验判断阈值表

影响量	电流值 (除特殊说明外, 为平衡负载)	功率 因数	各等级线损模块的平均温度系数 (%/K)	
			0.2S 级	0.5S 级
环境温度改变	$0.05I_n \leq I \leq I_{\max}$	1	0.01	0.03
	$0.1I_n \leq I \leq I_{\max}$	0.5L	0.02	0.05
—			各等级线损模块百分数误差改变极限 (%)	
			0.2S 级	0.5S 级
电压改变 $\pm 10\%$	$0.05I_n \leq I \leq I_{\max}$	1	0.1	0.2
	$0.1I_n \leq I \leq I_{\max}$	0.5L	0.2	0.4
电压工作范围影响 <sup>a</sup>	$I_n$	1、0.5L	0.05	0.1
频率改变 $\pm 2\%$	$0.05I_n \leq I \leq I_{\max}$	1	0.1	0.2
	$0.1I_n \leq I \leq I_{\max}$	0.5L	0.1	0.2
逆相序	$0.1I_n$	1	0.05	0.1
电压不平衡 <sup>b</sup>	$I_n$	1	0.5	1.0
电压电流线路中的谐波分量	$0.5I_{\max}$	1	0.4	0.5
交流电流线路中次谐波	$0.5I_n$	1	0.6	1.5
工作电源电压突降和中断干扰	$I_n$	1	0.5	1.0
工频磁场强度 0.5mT	$I_n$	1	0.5	1.0
射频电磁场抗扰度	$I_n$	1	1.0	2.0
射频场感应的传导骚扰抗扰度	$I_n$	1	1.0	2.0
快速瞬变脉冲群抗扰度	$I_n$	1	1.0	2.0
衰减振荡波抗扰度	$I_n$	1	1.0	2.0
<sup>a</sup> 此项试验用于验证工作电源的工作范围对测量准确度影响, 分别在电压值为 18V、工作电源参比值、56V 下测试。 <sup>b</sup> 此项试验仅适用于单个回路有三个测量元件的线损模块, 不适用于单个回路有两个测量元件的线损模块。				

#### 4.3.8.1 环境温度改变

GB/T17215.321要求: 将整个工作范围以20K为步进, 每个温度点进行检测, 每个工作范围确认平均温度系数;

电网要求: 无温度点的明确要求, 国网检测报告中只有温度范围的上下限, ( $-25^{\circ}\text{C}$ 和 $60^{\circ}\text{C}$ )

#### 4.3.8.2 电压改变和频率改变

电压：70%Un、90%Un、110%Un、120%Un及70%Un以下时误差满足表4.9的要求。其中，70%Un及以下时不计算改变量，要求实际误差不超过+10%

频率：98% $f$ 、102% $f$

#### 4.3.8.3 电压和电流线路中的谐波分量

试验条件：

基波电流 $I_i=0.5I_{max}$ ；

基波电压 $U_i=U_n$ ；

基波的功率因数：1；

5次谐波电压含量： $U_s=10\%U_n$ ；

5次谐波电流含量： $I_s=40\%I_n$ ；

谐波功率因数：1；

基波和谐波（在过零点）同相。

由5次谐波产生的谐波功率为 $P_s=0.1U_i*0.4I_i=0.04P_i$ ，或总有功功率为 $1.04P_i$ （基波+谐波）。

#### 4.3.9 日计时误差

##### a) 日计时误差

环境温度23℃，相对湿度45%~75%，施加参比电压；时钟精度测量仪预热达热稳定状态；线损模块通电20min后，使用时钟测试仪在线损模块时基频率测试点连续进行3次测量，每次测量时间为1min，之后计算平均值，时钟准确度不应超过0.5s/d。

##### b) 环境温度对日计时误差的影响

在参比温度下测量线损模块时钟日计时误差，然后将线损模块置于高低温试验箱中，将试验箱温度升至60℃，仪表在此温度下保持2h后测量线损模块时钟日计时误差，按下式进行计算线损模块时钟日计时误差的温度系数，采用同样的试验方法计算在-25℃时线损模块时钟日计时误差的温度系数，时钟准确度随温度的改变量不应超过0.1s/（d·℃），在该温度范围内时钟准确度不应超过1s/d。

$$q = \left| \frac{e_1 - e_0}{t_1 - t_0} \right|$$

式中：

$q$ ——仪表时钟日计时误差的温度系数 s/（d·℃）；

$e_1$ ——试验温度下的仪表时钟日计时误差，s/d；

$e_0$ ——参比温度下的仪表时钟日计时误差，s/d；

$t_1$  —— 试验温度，℃；

$t_0$  —— 参比温度，℃。

#### 4.4 电气性能试验

电气性能试验前后需要按照表4.2进行试验，确保电气性能试验未降低模块性能。

##### 4.4.1 功率消耗

按GB/T 17215.321-2008 交流电测量设备 特殊要求 第21部分：静止式有功模块（1和2级）、DL/T614-2007《多功能模块》等进行。

##### a) 电压线路

模块在工作电源范围内（DC：18V~56V）功耗应满足下表要求。

工作电源功耗要求

线损模块类型	功耗要求
FTU	$\leq 1\text{W}$
DTU	$\leq 3\text{W}$

##### b) 电压线路

线损模块每相电压线路的视在功耗应不大于 0.5VA。

##### c) 电流线路

线损模块在参比电流和参比频率下，每相电流线路的视在功耗应不大于 0.4VA。

##### 4.4.2 电压工作范围

线损模块电压工作范围为  $0.8U_n \sim 1.15U_n$ 。电压在规定工作范围内变化时引起的允许误差改变量极限应满足表 4.9 的相关要求。

##### 4.4.3 短时过电压试验

线损模块应能经受  $2U_n$ （允差为0~10%）的电压，施加时间为1s，线损模块不应出现损坏。当回到初始工作条件时，线损模块的信息不应改变并正确工作，且在电流为  $I_n$  和功率因数为1工况下，误差的变化量不应超过下表规定的限值。

表 4.10 短时过电压引起的误差改变量限值

电流值	功率因数	0.2S 级	0.5S 级
$I_n$	1	0.1%	0.3%

##### 4.4.4 短时过电流试验

线损模块应能经受  $20I_n$ （允差为0~10%）的电流，施加时间为1s。当回到初始工作条件时，线损模块的信息不应改变并正确工作，且在电流为  $I_n$  和功率因数为1工况下，误差改变量不应超过下表的限值。

表 4.11 短时过电流变差限值

电流值	功率因数	0.2S 级	0.5S 级
$I_n$	1	0.05%	0.05%

#### 4.4.5 故障电流影响

线损模块应能经受 $10I_n$ （允差为0~10%）的电流，施加时间为10s。当回到初始工作条件时，线损模块的信息不应改变并正确工作，且在电流为 $I_n$ 和功率因数为1工况下，误差改变量不应超过表4.11的限值。

#### 4.4.6 自热影响

在功率因数为1或0.5L、负荷电流为 $I_{max}$ 的工况下，由自热引起的误差改变量不应超过下表规定的限值。

表 4.12 自热影响误差改变量限值

电流值	功率因数	0.2S 级	0.5S 级
$I_{max}$	1	0.1%	0.2%
	0.5L	0.1%	0.2%

#### 4.4.7 温升试验

试验应按下列条件进行：

- ✧ 电压线路通以 1.15 倍参比电压；
- ✧ 电流线路通以 1.2 倍最大电流；
- ✧ 环境温度：40℃；
- ✧ 试验时间：2h。

试验期间线损模块不应受到风吹或直接的阳光辐射，在规定工作条件下电路和绝缘体不应达到影响模块正常工作的温度。模块任何一点的温升，不应超过 25K。

#### 4.4.8 误接线试验

- 1、模块接线错误允许产品出现损坏，但不应引发火灾、出现伤人事故。
- 2、485 通信端口误接 220V 交流电，通电 5 分钟不应出现损坏。

### 4.5 电磁兼容性试验

#### 4.5.1 电源电压突降和电压中断干扰试验

线损模块的工作电源电压突降 $\Delta U$ 为100%，电压中断0.5s并重复试验3次（每次间隔时间为10s），线损模块应能正常工作，电压突降和电压中断不应在电量寄存器中产生大于x单位的改变，并且测试输出也不应产生一个等效于大于x单位的信号。x值由下式算出：

$$x=10^{-6}mU_nI_{max} \quad (7)$$

式中：

m——测量元件数；

$U_n$ ——参比电压，单位为伏（V）；

$I_{max}$ ——最大电流，单位为安（A）。

在试验后不应使线损模块的状况紊乱且误差的改变应在规范规定的极限内。

#### 4.5.2 静电放电抗扰度

按照GB/T 17626.2—2006中规定，并在下述条件进行：

——线损模块处于工作状态；

——工作电源线路施加参比电压；

——电压线路施加参比电压，电流线路开路；

——接触放电9kV、空气放电15kV；

——放电次数：正负极性各10次；

——在正常工作条件下，在操作人员通常可接触到的外壳和操作点上。

——放电不接触无有效接地的金属部件，对金属外壳设备只进行接触放电。

静电放电作用应不使电量寄存器产生大于x计量单位的改变以及测试输出不应产生大于等同x计量单位的信号量。

#### 4.5.3 射频电磁场抗扰度

试验应按GB/T 17626.3—2016中规定，在下列条件下进行：

——作为台式设备试验；

——暴露于电磁场中的电缆长度：1m；

——频率范围80MHz~2000MHz；

——在1kHz正弦波上以80%调幅载波调制。

##### a) 有电流时的试验

——线损模块在工作状态；

——工作电源线路施加参比电压；

——电压线路施加参比电压，电流线路施加参比电流，功率因数为1；

——未调制的试验场强：10V/m。

在试验时应不使设备的状况紊乱且误差的改变应在相应标准规定的极限内。

##### b) 无电流时的试验

——线损模块在工作状态；

- 工作电源线路施加参比电压；
- 电压线路施加参比电压，电流线路无电流且电流端应开路；
- 未调制的试验场强：30V/m。

高频电磁场作用应不使电量寄存器产生大于 $x$ 计量单位的改变以及测试输出不应产生大于等同 $x$ 计量单位的信号量。

在试验中，功能或性能有短暂的降低或失去是容许的。

在试验时仪表正常工作且误差的改变符合表4.9要求。

#### 4.5.4 快速瞬变脉冲群抗扰度

按照GB/T 17626.4—2008中规定，并在下述条件进行：

- 线损模块处于工作状态；
- 作为台式设备试验；
- 工作电源线路施加参比电压；
- 电压线路施加参比电压，电流线路施加参比电流，功率因数为1；
- 在耦合器与EUT之间的电缆长度： $\leq 1\text{m}$ ；
- 试验电压以共模方式分别施加于电压线路、电流线路、工作电源线路；
- 共模试验电压为4kV；
- 试验时间：每一极性1min。

误差的改变应满足表4.9的要求。

#### 4.5.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

按照GB/T 17626.6—2008中规定，并在下述条件进行：

- 线损模块处于工作状态；
- 工作电源线路施加参比电压；
- 电压线路施加参比电压，电流线路施加参比电流，功率因数为1；
- 频率范围：150kHz~80MHz；
- 电压水平：10V。

在试验时不应使线损模块的状况紊乱且误差的改变应符合表4.9的要求。

#### 4.5.6 浪涌抗扰度

按照GB/T 17626.5—2008中规定，并在下列条件下进行：

- 线损模块处于工作状态；



- 工作电源线路施加参比电压；
- 电压线路施加参比电压，电流线路开路；
- 试验电压分别以共模和差模的方式施加在电压线路、电流线路及工作电源线路；
- 共模方式4.0kV，差模方式2.0kV；
- 相位角：在相对交流电源零位的60°和240°施加脉冲；
- 极性：正、负；
- 试验次数：正负极性各5次；
- 重复率：1min一次。

浪涌抗扰度试验电压的作用应不使电量寄存器产生大于 $x$ 计量单位的改变以及测试输出不应产生大于等同 $x$ 计量单位的信号量。

#### 4.5.7 衰减振荡波抗扰度

按照GB/T 17626.12—1998中规定，在下列条件下进行：

- 线损模块处于工作状态；
- 作为台式设备试验；
- 工作电源线路施加参比电压；
- 电压线路施加参比电压，电流线路施加参比电流，功率因数为1；
- 在电压线路的试验电压：差模方式1.0kV，共模方式2.5kV；
- 试验频率：100kHz，重复速率40Hz；1MHz，重复速率400Hz；
- 试验时间：60s（对每种试验频率2s开、2s关，进行15个周期）。

试验时不应使设备的状况紊乱且误差的改变应符合表4.9的要求。

#### 4.5.8 工频磁场干扰试验

- 线损模块处于工作状态；
- 工作电源线路施加参比电压；
- 电压线路施加参比电压，电流线路施加参比电流，功率因数为1；
- 工频磁场强度0.5mT。

试验时不应使设备的状况紊乱且误差的改变应符合表4.9的要求。

#### 4.6 气候影响试验

气候影响试验前后需要按照表4.2进行试验，确保气候影响试验未降低模块性能。

##### 4.6.1 高温试验

试验应按GB/T 2423.2，在下列条件下进行：

线损模块在非工作状态下。

试验环境：温度85℃。

试验时间：72h

确认功能：过程中进行检表（检表点按4.3.1要求，满足表4.9环境温度改变要求）。

#### 4.6.2 低温试验

试验应按GB/T 2423.2，在下列条件下进行：

线损模块在非工作状态下。

试验环境：-40℃。

试验时间：16h

确认功能：过程中进行检表（检表点按4.3.1要求，满足表4.9环境温度改变要求）。

#### 4.6.3 极限工作环境试验

线损模块表放置在温度试验箱内，环境温度设定为85℃，模块电压线路施加115%Un，电流线路施加Imax，运行4小时，在试验过程中模块不应出现死机现象。

#### 4.6.4 恒定湿热试验

湿热试验室的温度偏差不大于±2℃，相对湿度偏差不大于±2%，设备各表面与相应的室内壁之间最小距离不小于150mm，凝结水不得滴落到试验样品上，试验室以不超过1℃/min的变化率升温，待温度达到+40℃并稳定后再加湿到（93±3）%范围内，保持48h，在试验过程最后2h内，按6.4.1规定的相应电压的绝缘电阻表测量绝缘电阻，测量时间不小于5s。

试验结束后，线损模块应无损坏或信息改变并能正确工作。湿热试验也可当做腐蚀试验。目测评判试验结果。不应出现可能影响线损模块功能特征的腐蚀痕迹。

#### 4.6.5 凝露试验

凝露试验水电阻率不大于500mΩ。

温度要求：循环间隔时间45min(调整到25℃并维持)，升温时间120min(25℃升至80℃)，高温维持时间45min(高温维持80℃)，降温时间90min(80℃降至25℃)，300min/循环。

湿度要求：循环间隔时间30min(调整湿度至98%RH并维持)，湿度维持时间135min(保持98%RH)，干燥过程一45min(湿度从98%降至80%并维持)，干燥过程二90min(湿度从80%降55%)，300min/循环。

循环次数：5个循环。

试验结束后24h检表，误差满足4.3.1基本误差要求。

本实验仅做参考，不作为判定标准。

#### 4.7 机械性能试验

对线损模块的冲击试验、振动试验、耐热和阻燃试验应符合GB/T 17215.211—2006的规定。每项机械性能试验后，线损模块应无损坏，无信息改变，并能按本标准正常工作。

每项机械性能试验后，确认线损模块功能，外光无损坏，无信息改变。机械性能试验前后需要按照表4.2进行验证，确保机械性能试验未降低线损模块性能。

##### 4.7.1 弹簧锤试验

将仪表安装在其正常工作位置，弹簧锤以 $(0.2\text{J} \pm 0.02\text{J})$ 的动能作用在仪表表盖的外表面(包括窗口)及端子盖上，仪表的外壳和端子盖应没有出现影响仪表功能及可能触及带电部件的损伤，不减弱对间接接触的防护或不影响防止固体异物、灰尘和水进入的轻微损伤是允许的。

##### 4.7.2 冲击试验

线损模块在非工作状态，无包装。

- ✧ 进行半正弦脉冲；
- ✧ 峰值加速度： $30g_n (300\text{m/s}^2)$ ；
- ✧ 脉冲周期18ms。

使用刚性夹具将模块紧固在试验台上，对模块三个互相垂直轴向的每一个方向连续施加3次冲击，共18次，试验过程中模块应始终保持与夹具之间的刚性接触。试验后，线损模块应无损伤或信息改变，并要对模块进行基本误差试验。

##### 4.7.3 振动试验

线损模块在非工作状态，无包装状态进行。

- ✧ 频率范围： $10\text{Hz} \sim 150\text{Hz}$ ；
- ✧ 交越频率： $60\text{Hz}$ ；
- ✧  $f < 60\text{Hz}$ ，恒定振幅  $0.075\text{mm}$ ；
- ✧  $f > 60\text{Hz}$ ，恒定加速度  $9.8\text{m/s}^2 (1g)$ ；
- ✧ 单点控制；
- ✧ 每轴扫描 20 个周期数。

注：10 个扫描周期=75min。

试验后，线损模块应无损伤或信息改变并能按相应标准的要求准确地工作，并要对模块进行基本误差试验。

##### 4.7.4 耐热和阻燃试验

按照GB/T 17215.211—2006中规定，并在下列温度下进行试验：

——外壳和接线端子:  $650^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ;

——作用时间:  $30\text{s} \pm 1\text{s}$ 。

可在任一随机位置与灼热丝接触。

试验中线损模块不应燃烧，如发生燃烧则移开灼热丝30s内熄灭，且铺底层的绢纸不应起燃。

#### 4.7.5 防尘和防水

防尘防水试验按照IP51进行。

本实验仅做参考，不作为判定标准。



## 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	刘祥波			