

ICS 27.100

CCS F24

**DL/T**

**中华人民共和国电力行业标准**

**DL/T 846.17—2025**

代替 DL/T 962—2005

**高电压测试设备通用技术条件**  
**第 17 部分：高压介质损耗测试仪**

General technical requirements for high voltage test equipment—

Part 17: High voltage dielectric loss tester

2025-06-30 发布

2025-12-30 实施

国家能源局

发布



## 目 次

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 前言 .....                    | II |
| 引言 .....                    | IV |
| 1 范围 .....                  | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....             | 1  |
| 3 术语和定义 .....               | 1  |
| 4 概述 .....                  | 2  |
| 5 技术要求 .....                | 3  |
| 6 试验方法 .....                | 6  |
| 7 检验规则 .....                | 14 |
| 8 标识、标签和随行文件 .....          | 15 |
| 9 包装、运输和贮存 .....            | 15 |
| 附录 A（资料性）介损仪的自激测量方式 .....   | 17 |
| 附录 B（资料性）介损仪的外部高压测量方式 ..... | 19 |

## 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。

本文件是 DL/T 846《高电压测试设备通用技术条件》的第17部分。DL/T 846已经发布了以下部分：

- 第1部分：高电压分压器测量系统；
- 第2部分：冲击电压测量系统；
- 第3部分：高压开关综合特性测试仪；
- 第4部分：脉冲电流法局部放电测量仪；
- 第5部分：六氟化硫气体湿度仪；
- 第6部分：六氟化硫气体检漏仪；
- 第7部分：绝缘油介电强度测试仪；
- 第8部分：有载分接开关测试仪；
- 第9部分：真空开关真空度测试仪；
- 第10部分：暂态地电压局部放电检测仪；
- 第11部分：特高频局部放电检测仪；
- 第12部分：电力电容测试仪；
- 第13部分：避雷器监测器测试仪；
- 第15部分：高压脉冲源电缆故障检测装置；
- 第16部分：电力少油设备压力检测装置；
- 第17部分：高压介质损耗测试仪。

本文件代替 DL/T 962—2005《高压介质损耗测试仪通用技术条件》，与 DL/T 962—2005相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 修改了标准适用的范围（见第1章，2005年版的第1章）。
- b) 修改了规范性引用文件（见第2章，2005年版的第2章）。
- c) 修改了术语和定义（见3.1、3.2、3.3、3.4、3.5、3.6，2005年版的3.1、3.2、3.3、3.4、3.5、3.6）。
- d) 删除了“型号命名”，增加了“概述”（见第4章，2005年版的第4章）。
- e) 修改和调整了第5章技术要求相关内容：
  - 1) 修改了工作条件相关内容（见5.1，2005年版的5.1、5.2）；
  - 2) 修改了外观和结构要求（见5.2，2005年版的5.6）；
  - 3) 修改了电气安全性能要求（见5.3.1、5.3.2，2005年版的5.5.1、5.5.2）；
  - 4) 修改了功能要求，增加了保护功能要求（见5.4.1、5.4.2，2005年版的5.4）；
  - 5) 修改了性能要求，包括容性负载能力、测量范围、准确度等级及最大允许误差等要求，增加了工频干扰电流抑制能力要求（见5.5.1、5.5.2、5.5.3，2005年版的5.3）；
  - 6) 修改了环境适应性技术要求（见5.6，2005年版的5.7、5.8、5.9、5.10）；
  - 7) 增加了电磁兼容性技术要求（见5.7）；
  - 8) 增加了外壳防护等级要求（见5.8）；
  - 9) 删除了可靠性要求（见2005年版的5.11）；

f) 修改和调整了第6章试验方法相关内容:

- 1) 完善了试验环境、标准装置和辅助设备的具体要求(见6.1, 2005年版的6.1.1、6.1.2、6.1.3);
- 2) 增加了设备外观和结构检查的方法(见6.2);
- 3) 修改了电气安全试验的内容(见6.3.1、6.3.2, 2005年版的6.6.1、6.6.2);
- 4) 修改了功能试验的内容(见6.4.1、6.4.2, 2005年版的6.5);
- 5) 修改了性能试验的内容, 增加了干扰电流抑制能力试验(见6.5.1、6.5.2、6.5.3, 2005年版的6.1、6.2、6.3、6.4);
- 6) 修改了环境适应性试验的内容(见6.6, 2005年版的6.7、6.8、6.9、6.10);
- 7) 增加电磁兼容试验的内容(见6.7);
- 8) 增加外壳防护等级试验的内容(见6.8);
- 9) 删除了可靠性试验的内容(见2005年版的6.11);

g) 修改了检验规则的内容(见7.1、7.2, 2005年版的7.1、7.2、7.3);

h) 修改了标识、标签和随行文件的要求(见8.1、8.2、8.3, 2005年版的8.1、8.2、8.3、8.4);

i) 增加了附录A、附录B(见附录A、附录B)。

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。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由全国高电压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会高电压试验技术分技术委员会(SAC/TC 163/SC 1)归口。

本文件起草单位: 上海思创电器设备有限公司、中国电力科学研究院有限公司、国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院、广西电网有限责任公司、国网陕西省电力有限公司电力科学研究院、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、国网浙江省电力有限公司宁波供电公司、国网上海市电力公司电力科学研究院、国网天津市电力公司电力科学研究院、安徽大为电气科技有限公司、湖北华中电力科技开发有限责任公司。

本文件主要起草人: 李天添、聂高宁、王永勤、朱庆东、黎大健、刘强、赵军、王异凡、姜炯挺、卢有龙、李松原、张立超、夏星明。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

——2005年首次发布为DL/T 962—2005;

——本次为第一次修订。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心(北京市白广路二条一号, 100761)。

## 引 言

高电压测试设备广泛应用于电力设备运行和维护工作中,为了进一步规范和引领高电压测试设备生产和应用,提高产品质量,需对DL/T 846系列标准进行修订完善。本次对DL/T 962—2005《高压介质损耗测试仪通用技术条件》修订后归并至DL/T 846成为其中的一个部分。

DL/T 846目前由以下部分构成:

- 第1部分:高电压分压器测量系统。目的在于规范高压分压器测量系统的技术要求和试验方法。
- 第2部分:冲击电压测量系统。目的在于规范冲击电压测量系统的技术要求和试验方法。
- 第3部分:高压开关综合特性测试仪。目的在于规范高压开关综合特性测试仪的技术要求和试验方法。
- 第4部分:脉冲电流法局部放电测量仪。目的在于规范脉冲电流法局部放电测量仪的技术要求和试验方法。
- 第5部分:六氟化硫气体湿度仪。目的在于规范六氟化硫气体湿度仪的技术要求和试验方法。
- 第6部分:六氟化硫气体检漏仪。目的在于规范六氟化硫气体检漏仪的技术要求和试验方法。
- 第7部分:绝缘油介电强度测试仪。目的在于规范绝缘油介电强度测试仪的技术要求和试验方法。
- 第8部分:有载分接开关测试仪。目的在于规范有载分接开关测试仪的技术要求和试验方法。
- 第9部分:真空开关真空度测试仪。目的在于规范真空开关真空度测试仪的技术要求和试验方法。
- 第10部分:暂态地电压局部放电检测仪。目的在于规范暂态地电压局部放电检测仪的技术要求和试验方法。
- 第11部分:特高频局部放电检测仪。目的在于规范特高频局部放电检测仪的技术要求和试验方法。
- 第12部分:电力电容测试仪。目的在于规范电力电容测试仪的技术要求和试验方法。
- 第13部分:避雷器监测器测试仪。目的在于规范避雷器监测器测试仪的技术要求和试验方法。
- 第15部分:高压脉冲源电缆故障检测装置。目的在于规范高压脉冲源电缆故障检测装置的技术要求和试验方法。
- 第16部分:电力少油设备压力检测装置。目的在于规范电力少油设备压力检测装置的技术要求和试验方法。
- 第17部分:高压介质损耗测试仪。目的在于规范高压介质损耗测试仪的技术要求和试验方法。



## 高电压测试设备通用技术条件 第 17 部分：高压介质损耗测试仪

### 1 范围

本文件规定了高压介质损耗测试仪的技术要求、试验方法、检验规则、以及标识、标签和随行文件、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于额定输出电压10 kV及以下，工作频率45 Hz～55 Hz的高压介质损耗测试仪的生产和检验。

### 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 包装储运图示标志

GB/T 4208—2017 外壳防护等级

GB/T 6587—2012 电子测量仪器通用规范

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—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—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 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

GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验

GB/T 25480 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法

JJG 1126—2016 高压介质损耗因数测试仪

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**介质损耗因数** dielectric loss factor

绝缘介质在交变电场作用下，内部电流相量和电压相量之间夹角余角的正切值（ $\tan\delta$ ），是表征电力设备绝缘状态的参数。

#### 3.2

**非接地试品测量方式** ungrounded specimen test

高压介质损耗测试仪测量未接地试品介质损耗因数及电容量时采用的工作方式，此时高压介质损耗测试仪测量回路处于低电位，也称为正接法。

3.3

接地试品测量方式 grounded specimen test

高压介质损耗测试仪测量接地试品介质损耗因数及电容量时采用的工作方式，通常高压介质损耗测试仪测量回路处于高电位，也称为反接法。

3.4

自激测量方式 test of capacitor voltage transformers

高压介质损耗测试仪测量电容式电压互感器（以下简称CVT）内部分压电容器介质损耗因数及电容量时采用的工作方式，此时高压介质损耗测试仪通过CVT二次侧施加励磁电压，由CVT内部电磁单元在中压端自激产生试验高压，见附录A。

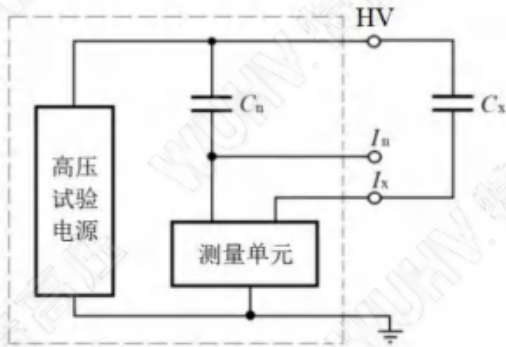
3.5

工频干扰电流抑制能力 power frequency interference current suppression capability

高压介质损耗测试仪抑制流入测量单元的工频干扰电流对测量结果影响的能力。

4 概述

高压介质损耗测试仪，以下简称介损仪，主要由高压试验电源、测量单元和内置高压标准电容器等组成，内部结构如图1所示。采用内部高压试验电源测量的工作模式称为内高压测量模式（以下简称内施法）。



字母符号说明：

$C_n$  ——介损仪内置高压标准电容器；

$C_x$  ——被测容性试品；

HV ——介损仪内置高压试验电源输出端；

$I_n$  ——介损仪测量单元参考电流输入端；

$I_x$  ——介损仪测量单元被试电流输入端。

注：虚框内为介损仪。

图1 介损仪内部结构原理示意图



介损仪内施法工作原理是通过内置高压试验电源产生试验高压，高压同时施加到内置高压标准电容器 $C_n$ 和外部被测容性试品 $C_x$ ，流过 $C_n$ 和 $C_x$ 的电流信号输入至测量单元进行测量，计算被测试品与高压标准电容器的电流比例及相角关系，得出被测试品的介质损耗因数及电容量值。

介损仪工作模式除了内施法外，还具有采用外部高压试验电源测量的外高压测量模式（以下简称外施法）见附录B。

## 5 技术要求

### 5.1 工作条件

正常工作条件要求如下：

- 环境温度： $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 相对湿度：不大于90%；
- 电源频率： $50\text{ Hz}\pm 1\text{ Hz}$ ；
- 电源电压： $220\text{ V}\pm 22\text{ V}$ ；
- 电源总谐波畸变率： $\leq 5\%$ ；

如工作条件超出上述要求，由用户与制造商协商确定。

### 5.2 外观和结构

外观要求如下：

- 外观应完好，无明显的变形和损伤；
- 金属件外露表面应具有良好的防腐蚀层；
- 外壳应具备金属接地端子，其有效截面不宜小于 $6\text{ mm}^2$ ，具有清晰易见、不易脱落的接地标识；
- 显示器（屏）在阴暗或强光下均应能清晰显示；
- 产品端子标志应正确、齐全，高压输出端具备高压警示标志；
- 高压测试线应具备接地保护层。

### 5.3 电气安全性能

#### 5.3.1 绝缘电阻

介损仪电源输入端对外壳及地绝缘电阻值不应小于 $20\text{ M}\Omega$ 。

介损仪高压输出端与内部高压试验电源呈断开状态下，对外壳及地绝缘电阻值不应小于 $50\text{ M}\Omega$ 。

#### 5.3.2 介电强度

介损仪电源输入端对外壳及地应能承受工频交流 $2\text{ kV}$ 电压作用 $1\text{ min}$ ，无击穿或闪络现象。

介损仪高压输出端对外壳及地应能承受工频交流 $1.2 U_n$ 电压作用 $1\text{ min}$ ，无击穿或闪络现象。

注： $U_n$ ——介损仪额定输出电压。

### 5.4 功能要求

#### 5.4.1 基本功能

介损仪基本功能要求如下：

- 应具备介质损耗因数及电容量测量功能；
- 应支持非接地试品测量方式、接地试品测量方式，宜具有自激测量方式；
- 应具备试验电压、试验频率预设功能；

- 显示界面应包含设定参数、试验状态及试验结果等，宜具备升压进度状态指示功能；
- 介损仪应具有以50 Hz为中心对称频率自动变频测量的功能；
- 测试结果应具备存储、查询、打印功能；
- 应具备数据通讯接口；
- 宜支持无线通讯模式。

#### 5.4.2 保护功能

介损仪保护功能要求如下：

- 应具备高压输出过流保护功能；
- 应具备操作过程中急停功能；
- 应具备未接地时禁止升压并提示功能。

### 5.5 性能要求

#### 5.5.1 高压试验电源

##### 5.5.1.1 输出电压

介损仪高压试验电源输出电压应符合如下要求：

- a) 电压范围：0.5 kV～10 kV；
  - b) 电压最小设定步进值： $\leq 0.5$  kV；
  - c) 电压频率设定范围：45 Hz～55 Hz；
  - d) 电压波形应为正弦波，总谐波畸变率： $\leq 5\%$ ；
  - e) 电压最大允许误差：不超过 $\pm 3\%$ 设定值；
  - f) 自激测量方式下励磁电源输出电压范围：3 V～50 V，最大输出电流： $\geq 15$  A；
- 如输出电压范围超出上述要求，应由用户与制造商协商确定。

##### 5.5.1.2 容性负载能力

介损仪容性负载能力应符合表1要求：

表1 介损仪容性负载能力表

| 试验电压   | 最大负载电容量   |
|--------|-----------|
| 0.5 kV | 1 $\mu$ F |
| 3 kV   | 150 nF    |
| 5 kV   | 100 nF    |
| 10 kV  | 50 nF     |

#### 5.5.2 测量单元

##### 5.5.2.1 测量范围

##### 5.5.2.1.1 内施法测量范围

介损仪内施法测量范围应符合表2要求：

表2 内施法测量范围

| 试验电压   | 电容量测量范围         | 介质损耗因数测量范围 |
|--------|-----------------|------------|
| 0.5 kV | 60 pF~1 $\mu$ F | 0~0.1      |
| 3 kV   | 10 pF~150 nF    |            |
| 5 kV   | 6 pF~100 nF     |            |
| 10 kV  | 3 pF~50 nF      |            |

#### 5.5.2.1.2 外施法测量范围

介损仪外施法测量范围应符合以下要求：

- 参考电流范围：10  $\mu$ A~200 mA；
- 被测电流范围：10  $\mu$ A~1 A；
- 介质损耗因数测量范围：0~0.1。

#### 5.5.2.2 准确度等级与最大允许误差

##### 5.5.2.2.1 准确度等级

介损仪电容量及介质损耗因数准确度等级定级应符合JJG 1126—2016中4.1规定。其中电容量准确度等级应不低于1级；介质损耗因数准确度等级可在1级和2级中进行选择。

##### 5.5.2.2.2 最大允许误差

介损仪准确度等级对应的最大允许误差见表3。

表3 介损仪准确度等级对应的最大允许误差

| 参数名称   | 准确度等级 | 最大允许误差                                      |
|--------|-------|---------------------------------------------|
| 电容量    | 1 级   | $\pm (1\% \times \text{读数} + 1 \text{ pF})$ |
| 介质损耗因数 | 1 级   | $\pm (1\% \times \text{读数} + 0.0005)$       |
|        | 2 级   | $\pm (2\% \times \text{读数} + 0.0005)$       |

##### 5.5.2.3 示值分辨力

介损仪介质损耗因数最小示值分辨力应优于0.0001；电容量示值位数应有4位以上有效数字。

##### 5.5.2.4 测量重复性

介损仪介质损耗因数及电容量测量示值的标准偏差应小于等于最大允许误差绝对值的1/10。

#### 5.5.3 工频干扰电流抑制能力

介损仪在被测电流回路施加幅值为20 %  $I_x$  的工频干扰电流情况下，其示值误差变化量应小于等于最大允许误差的1/2。

#### 5.6 环境适应性

介损仪的环境影响量包含温度、湿度、振动、冲击等方面，其中温度和湿度应符合GB/T 6587—2012环境组别为III组的相关要求，振动和冲击应符合GB/T 6587—2012环境组别为II组的相关要求，具体如下。此外还应符合GB/T 6587—2012流通条件等级2级规定要求。

- 温度试验结果符合GB/T 6587—2012中5.9.1的要求；
- 湿度试验结果符合GB/T 6587—2012中5.9.2的要求；
- 振动试验结果符合GB/T 6587—2012中5.9.3的要求；
- 冲击试验结果符合GB/T 6587—2012中5.9.4的要求；
- 包装运输试验结果符合GB/T 6587—2012中5.10的要求。

5.7 电磁兼容性

介损仪的电磁兼容性能应符合表4性能要求。

表4 电磁兼容性能要求

| 端口                                        | 试验项目               | 依据标准          | 试验值                                                             | 性能判据 |
|-------------------------------------------|--------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------|------|
| 外壳                                        | 静电放电（ESD）抗扰度       | GB/T 17626.2  | 接触放电6 kV，空气放电8 kV                                               | B    |
|                                           | 射频电磁场辐射抗扰度         | GB/T 17626.3  | 10 V/m（80 MHz~1 GHz）                                            | A    |
|                                           | 额定工频磁场抗扰度          | GB/T 17626.8  | 30 A/m                                                          | A    |
| 交流电源端口                                    | 电快速瞬变脉冲群抗扰度        | GB/T 17626.4  | 2 kV（5/50 ns，5 kHz）                                             | B    |
|                                           | 浪涌（冲击）抗扰度          | GB/T 17626.5  | 1 kV（线-线）/ 2 kV（线-地）                                            | B    |
|                                           | 射频场感应的传导骚扰抗扰度      | GB/T 17626.6  | 3 V（150 kHz ~ 80 MHz）                                           | A    |
|                                           | 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度 | GB/T 17626.11 | 电压暂降：0% $U_T$ ，1周期                                              | B    |
|                                           |                    |               | 电压暂降：40% $U_T$ ，10周期<br>70% $U_T$ ，25周期<br>短时中断：0% $U_T$ ，250周期 | C    |
| 注1：性能判据A：试验时，在规范限值内功能正常；                  |                    |               |                                                                 |      |
| 注2：性能判据B：试验时，功能和性能暂时降低或丧失，但能自行恢复；         |                    |               |                                                                 |      |
| 注3：性能判据C：试验时，功能或性能暂时降低或丧失，但需要操作者干预或者系统复位。 |                    |               |                                                                 |      |

5.8 外壳防护等级

介损仪外壳防护等级应符合GB/T 4208中IP21规定的要求。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验环境

除进行环境试验外，介损仪各项试验应符合以下要求：

- 环境温度：20℃±5℃；
- 相对湿度：40%~80%；
- 电源频率：50 Hz±0.5 Hz；
- 电源电压：220 V±22 V；
- 电源总谐波畸变率：≤5%。

### 6.1.2 试验用标准装置和辅助设备

主要标准装置性能指标应符合表5要求，辅助设备性能指标应符合表6要求。

表5 标准装置

| 设备名称                         | 性能指标                                                              |       |                                                                                                |                                                                                         |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 高压介质损耗因数<br>标准器<br>(简称损耗标准器) | 电容量                                                               | 电压等级  | 介质损耗因数档位                                                                                       | 最大允许误差                                                                                  |
|                              | 100 pF                                                            | 10 kV | 档位 0.0001 ~ 0.0009, 步进间隔 0.0001;<br>档位 0.001 ~ 0.009, 步进间隔 0.001;<br>档位 0.01 ~ 0.1, 步进间隔 0.01。 | 电容量: $\pm (0.2 \% \text{读数} + 0.1 \text{ pF})$<br>介损: $\pm (0.5 \% \text{读数} + 0.0001)$ |
|                              | 1 nF                                                              | 10 kV | 0.001、0.002、0.005、<br>0.01、0.02、0.05、0.1                                                       |                                                                                         |
|                              | 10 nF                                                             | 10 kV |                                                                                                |                                                                                         |
|                              | 50 nF                                                             | 10 kV |                                                                                                |                                                                                         |
|                              | 500 nF                                                            | 1 kV  |                                                                                                |                                                                                         |
| 相对介损标准装置                     | 参考电流: 10 $\mu\text{A}$ ~ 200 mA;<br>被测电流: 10 $\mu\text{A}$ ~ 1 A。 |       |                                                                                                | 电流: $\pm (0.2 \% \text{读数} + 0.1 \mu\text{A})$<br>介损: $\pm (0.5 \% \text{读数} + 0.0001)$ |
| 交流数字高压表                      | 额定电压: $\geq 20 \text{ kV}$ 频率: 45 Hz ~ 55 Hz                      |       |                                                                                                | 准确度等级: 1 级                                                                              |

表6 辅助设备

| 设备名称      | 性能指标                                                                                   |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 绝缘电阻测试仪   | 准确度等级: 10 级;<br>试验电压: 500V、1000 V。                                                     |
| 交流耐电压测试仪  | 输出电压: $\geq 15 \text{ kV}$ ;<br>输出容量: $\geq 2 \text{ kVA}$ 。                           |
| 负载电容器     | 电容量/额定电压: 1 $\mu\text{F}$ / 0.5 kV、100 nF/5 kV、50 nF / 10 kV;<br>电容量偏差: $\pm 5\%$ 标称值。 |
| 失真度测试仪    | 频率范围: 20 Hz ~ 20 kHz, 测量范围: 0.1% ~ 100%, 准确度等级: 10 级。                                  |
| 工频高压发生器   | 输出电压: 0 ~ 10 kV, 最大输出电流: $\geq 20 \text{ mA}$ 。                                        |
| 模拟空间耦合电容器 | 电容量: 100 pF $\pm$ 5pF, 额定电压: 10 kV。                                                    |

### 6.2 外观和结构检查

采用目测方式依次检查介损仪外部金属件、显示器(屏)、产品端子标志及高压测试线等部分,结果应符合 5.2 的要求。

### 6.3 电气安全试验

#### 6.3.1 绝缘电阻

使用绝缘电阻测试仪500 V试验电压测量介损仪电源输入端与机壳及地之间绝缘电阻值,试验结果应符合5.3.1的要求。



使用绝缘电阻测试仪1000 V试验电压测量介损仪高压输出端与机壳及地之间绝缘电阻值，试验结果应符合5.3.1的要求。

### 6.3.2 介电强度

使用交流耐电压测试仪在介损仪电源输入端与机壳及地之间施加50 Hz、2 kV试验电压持续作用1 min，试验结果应符合5.3.2的要求。

使用交流耐电压测试仪在介损仪高压输出端与机壳及地之间施加50 Hz、1.2  $U_n$ 试验电压持续作用1 min，试验结果应符合5.3.2的要求。

## 6.4 功能检查

### 6.4.1 基本功能

按照介损仪的产品说明书进行操作检查：通过菜单设定介损仪试验电压、试验频率、工作方式等参数，启动测量后读取结果数据，并检查试验数据存储、查询、打印等功能，部分功能结合后续试验进行，结果应符合5.4.1的要求。

### 6.4.2 保护功能

#### 6.4.2.1 高压输出过流保护功能

试验接线如图2所示，介损仪在高压输出端对地短路状态下启动测量应产生保护动作，结果应符合5.4.2的要求。



字母符号说明：

HV ——介损仪内置高压输出端。

图2 高压输出过流保护功能试验接线示意图

#### 6.4.2.2 操作急停保护

在介损仪升压及测量过程中任意时刻进行急停操作，介损仪应能立即切断高压输出，结果应符合5.4.2的要求。

#### 6.4.2.3 未接地保护

介损仪在未接地状态下开启电源并启动测量时应不能升压且提供相应提示，结果应符合5.4.2的要求。

## 6.5 性能试验

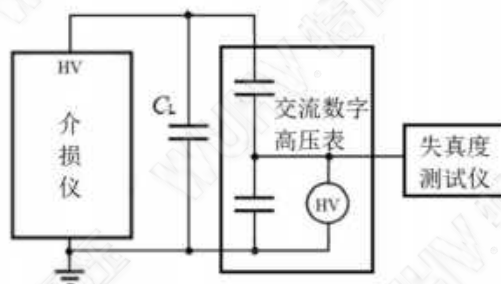
### 6.5.1 高压试验电源性能试验

#### 6.5.1.1 输出电压试验



按图3所示接线进行试验：

- 依次检查介损仪试验电压设定范围及最小步进值；
- 在未接负载电容器 $C_L$ 的状态下升压至10 kV，读取失真度测试仪示值，输出电压总谐波畸变率应符合5.5.1.1要求；
- 输出电压最大允许误差试验可随容性负载能力试验同步进行。



字母符号说明：

HV ——介损仪内置高压输出端；

$C_L$ ——负载电容器。

图3 输出电压及容性负载能力试验接线示意图

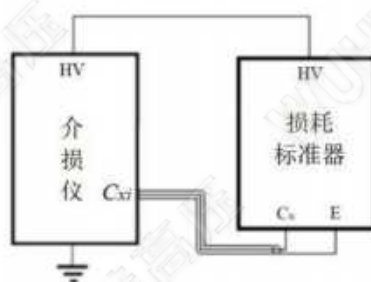
#### 6.5.1.2 容性负载能力试验

按图3所示接线，分别选取1  $\mu$ F/0.5 kV、100 nF/5 kV 和 50 nF/10 kV 负载电容器，在表1规定试验电压下、试验电源频率设为50 Hz 进行升压测量，升压稳定时读取交流数字高压表示值，输出电压误差应符合5.5.1.1要求。容性负载能力试验结果应符合5.5.1.2要求。

#### 6.5.2 测量单元性能试验

##### 6.5.2.1 示值误差试验

6.5.2.1.1 内施法采用直接测量法进行试验，接线方式如图4、图5所示。



字母符号说明：

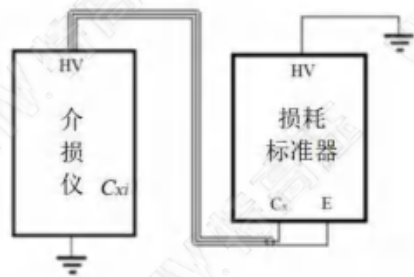
HV ——介损仪、损耗标准的高压端；

$C_{xi}$ ——介损仪低压测量端；

$C_x$ ——损耗标准器的测量端；

E ——损耗标准器的屏蔽端。

图4 非接地试品测量方式示值误差试验接线示意图



字母符号说明：

HV ——介损仪、损耗标准器的高压端；

CxI——介损仪低压测量端；

Cx——损耗标准器的测量端；

E ——损耗标准器的屏蔽端。

图5 接地试品测量方式示值误差试验接线示意图

介损仪试验频率选取为50 Hz或以50 Hz为中心对称频率，试验时应先设定损耗标准器检测点，分别在介损仪非接地试品测量方式和接地试品测量方式下启动被检介损仪升压测量，测量结束记录被检介损仪介质损耗因数及电容量示值，然后进行下一检测点测量，直至完成全部检测点测量。试验结果应符合5.5.2.2.2的要求。

电容量示值误差检测点应在表7规定的试验电压下进行，检测点包括100 pF、1 nF、10 nF、50 nF、500 nF。

表7 不同电容量对应试验电压

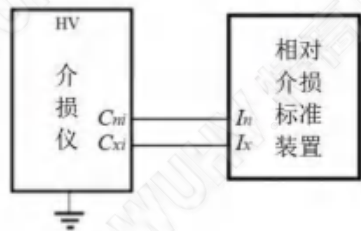
| 电容量  | 100 pF | 1 nF | 10 nF | 50 nF | 500 nF |
|------|--------|------|-------|-------|--------|
| 试验电压 | 10 kV  |      |       |       | 1 kV   |

介质损耗因数示值误差检测点推荐按表8进行选择，试验电压见表7。

表8 介质损耗因数示值误差检测点

| 序号 | 试验参数   | 检测点                                                |
|----|--------|----------------------------------------------------|
| 1  | 电容量    | 100 pF                                             |
|    | 介质损耗因数 | 0.0002、0.0005、0.001、0.002、0.005、0.01、0.02、0.05、0.1 |
| 2  | 电容量    | 1 nF、10 nF、50 nF、500 nF                            |
|    | 介质损耗因数 | 0.001、0.005、0.01、0.05、0.1                          |

6.5.2.1.2 外施法误差试验采用相对介损标准装置进行试验，试验接线参照图 6。



字母符号说明：

$C_{m1}$ ——介损仪参考信号输入端；

$C_{x1}$ ——介损仪被试信号输入端；

$I_n$ ——相对介损标准装置参考电流输出端；

$I_x$ ——相对介损标准装置被试电流输出端。

图6 外施法误差试验接线示意图

检测点应符合表9规定的要求，通过不同电容比与介损档位进行组合测量，电容比测量结果应换算到电容量测量结果，试验结果应符合5.5.2.2.2的要求。

表9 外施法误差试验检测点

| 序号 | 试验参数   | 检测点                                                |
|----|--------|----------------------------------------------------|
| 1  | 参考电流   | 1 mA                                               |
|    | 被测电流   | 100 mA                                             |
|    | 介质损耗因数 | 0.0002、0.0005、0.001、0.002、0.005、0.01、0.02、0.05、0.1 |
| 2  | 参考电流   | 100 $\mu$ A、1 mA、10 mA、50 mA、200 mA                |
|    | 被测电流   | 1 mA                                               |
|    | 介质损耗因数 | 0.0002、0.005、0.1                                   |
| 3  | 参考电流   | 1 mA                                               |
|    | 被测电流   | 100 $\mu$ A、1 mA、10 mA、50 mA、500 mA、1 A            |
|    | 介质损耗因数 | 0.0002、0.005、0.1                                   |

#### 6.5.2.2 示值分辨力试验

采用图4接线方式，选取电容量为100 pF的损耗标准器在试验电压10 kV下测试。先在介损标准值为0.0005档位测量记录测量结果 $D_1$ ，再在介损标准值为0.0006档位测量记录测量结果 $D_2$ ，计算两次测量结果的变化量： $\Delta D = |D_1 - D_2|$ ，试验结果应符合5.5.2.3的要求。

电容量的显示位数检查结合基本误差试验同步进行，试验结果应符合5.5.2.3的要求。

#### 6.5.2.3 测量重复性试验

采用图4接线方式，选取电容量为100 pF损耗标准器的0.001、0.1档位作为测量重复性检测点，采用10 kV试验电压在每个检测点重复测量10次，按式（1）和式（2）计算被检介损仪的标准偏差，试验结果应符合5.5.2.4的要求。

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$S_x$ ——被检介损仪电容量标准偏差，pF 或 nF；

$C_i$ ——被检介损仪电容量单次测量值，pF 或 nF；

$\bar{C}$ ——被检介损仪电容量  $n$  次测量值的平均值，pF 或 nF；

$n$ ——测量次数。

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$S_D$ ——被检介损仪介质损耗因数标准偏差；

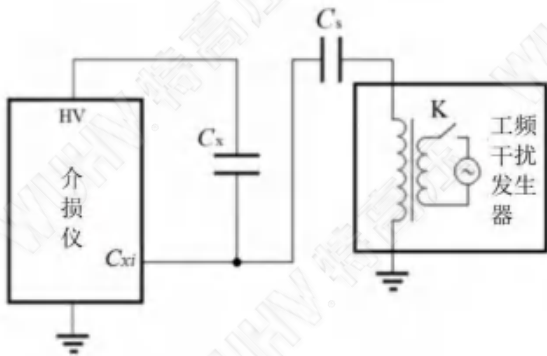
$D_1$  ——被检介损仪介质损耗因数单次测量值；  
 $\bar{D}$  ——被检介损仪介质损耗因数  $n$  次测量值的平均值；  
 $n$  ——测量次数。

6.5.3 工频干扰电流抑制能力试验

试验接线如图7所示， $C_x$ 和 $C_s$ 选取标称电容量相同的高压电容器（如100 pF高压电容器），先将工频干扰发生器输出电压设置为0 V，介损仪在试验电压10 kV下进行测量，记录测量结果 $D_1$ 。然后将工频干扰发生器输出电压设置为2 kV，介损仪再次测量得到测量结果 $D_2$ ，按公式（3）计算变化量 $\Delta D_1$ ，结果应符合5.5.3的要求。

$$\Delta D_1 = |D_2 - D_1| \dots\dots\dots (3)$$

式中：  
 $\Delta D_1$  ——施加干扰后介损变化量；  
 $D_1$  ——未施加干扰时测量值；  
 $D_2$  ——施加干扰后测量值。



字母符号说明：  
 $C_x$  ——被测试品电容器；  
 $C_s$  ——模拟空间耦合电容器。

图7 工频干扰电流抑制能力试验接线示意图

6.6 环境适应性

6.6.1 温度试验

介损仪的温度试验按GB/T 6587—2012 温度试验组别第Ⅲ组5.9.1规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.6要求。

6.6.2 湿度试验

介损仪的湿度试验按GB/T 6587—2012 湿度试验组别第Ⅲ组5.9.2规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.6的要求。

6.6.3 振动试验

介损仪的振动试验按GB/T 6587—2012 振动试验组别第Ⅱ组5.9.3规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.6的要求。



#### 6.6.4 冲击试验

介损仪的冲击试验按GB/T 6587—2012 冲击试验组别第Ⅱ组5.9.4规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.6的要求。

#### 6.6.5 包装运输试验

介损仪的包装运输试验按GB/T 6587—2012 流通条件等级2级5.10规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.6的要求。

#### 6.7 电磁兼容试验

##### 6.7.1 静电放电抗扰度试验

按GB/T 17626.2—2018 第8条规定的方法和程序进行；接触放电试验等级3级，空气放电试验等级3级；试验对象为介损仪外壳人体可触及的部位；试验结果应符合5.7的要求。

##### 6.7.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按GB/T 17626.3—2016 第8条规定的方法和程序进行；试验等级3级；试验对象为介损仪外壳；试验结果应符合5.7的要求。

##### 6.7.3 工频磁场抗扰度试验

按GB/T 17626.8—2006 第8条规定的方法和程序进行；试验等级4级；试验对象为介损仪外壳；试验结果应符合5.7的要求。

##### 6.7.4 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按GB/T 17626.4—2018 第8条规定的方法和程序进行；试验等级3级；试验对象为介损仪供电电源端口；试验结果应符合5.7的要求。

##### 6.7.5 浪涌（冲击）抗扰度试验

按GB/T 17626.5—2019 第8条规定的方法和程序进行；试验等级3级；试验对象为介损仪供电电源端口；试验结果应符合5.7的要求。

##### 6.7.6 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

按GB/T 17626.6—2017 第8条规定的方法和程序进行；试验等级2级；试验对象为介损仪供电电源端口；试验结果应符合5.7的要求。

##### 6.7.7 电压暂降和短时中断抗扰度试验

按GB/T 17626.11—2008 第8条规定的方法和程序进行；试验等级3类；试验对象为介损仪供电电源端口；试验结果应符合5.7的要求。

#### 6.8 外壳防护等级

介损仪外壳分别按GB/T 4208—2017 第13条和第14条规定的方法和程序进行第一位特征数字为2的防止固态异物进入的试验和第二位特征数字为1的防止水进入的试验，结果应符合5.8的要求。

#### 7 检验规则



## 7.1 检验分类

### 7.1.1 一般要求

检验分为型式试验、出厂试验和后续检验。

### 7.1.2 型式试验

下列情况之一的，应进行型式试验：

- a) 新产品鉴定投产前；
- b) 在生产中当设计、材料、工艺或结构等改变，且其改变可能影响产品的性能时，亦应进行型式试验，此时的型式试验可以只进行与各项改变有关的试验项目；
- c) 停产1年以上恢复生产时；
- d) 国家质量监督机构要求进行质量一致性检验时。

### 7.1.3 出厂试验

制造厂对生产的每一台产品出厂进行的试验。

### 7.1.4 后续检验

介损仪应定期进行校验以保证性能，通常检验周期为1年。

## 7.2 检验项目

检验项目见表10。

表10 检验要求

| 序号 | 检验项目       | 试验要求<br>(章条号) | 试验方法<br>(章条号) | 型式试验 | 出厂试验 | 后续检验 |
|----|------------|---------------|---------------|------|------|------|
| 1  | 外观和结构检查    | 5.2           | 6.2           | ●    | ●    | ●    |
| 2  | 绝缘电阻       | 5.3.1         | 6.3.1         | ●    | ●    | ○    |
| 3  | 介电强度       | 5.3.2         | 6.3.2         | ●    | ●    | ○    |
| 4  | 基本功能       | 5.4.1         | 6.4.1         | ●    | ●    | ●    |
| 5  | 保护功能       | 5.4.2         | 6.4.2         | ●    | ●    | ○    |
| 6  | 输出电压       | 5.5.1.1       | 6.5.1.1       | ●    | ●    | ○    |
| 7  | 容性负载能力     | 5.5.1.2       | 6.5.1.2       | ●    | ●    | ○    |
| 8  | 示值误差       | 5.5.2.2.2     | 6.5.2.1       | ●    | ●    | ●    |
| 9  | 示值分辨力      | 5.5.2.3       | 6.5.2.2       | ●    | ○    | ○    |
| 10 | 测量重复性      | 5.5.2.4       | 6.5.2.3       | ●    | ●    | ○    |
| 11 | 工频干扰电流抑制能力 | 5.5.3         | 6.5.3         | ●    | ●    | ○    |
| 12 | 环境适应性      | 5.6           | 6.6           | ●    | ○    | ○    |
| 13 | 电磁兼容       | 5.7           | 6.7           | ●    | ○    | ○    |

|                                   |        |     |     |   |   |   |
|-----------------------------------|--------|-----|-----|---|---|---|
| 14                                | 外壳防护等级 | 5.8 | 6.8 | ● | ○ | ○ |
| 注：“●”为按要求必须进行的试验项目，“○”为不作要求的试验项目。 |        |     |     |   |   |   |

## 8 标识、标签和随行文件

### 8.1 标识

介损仪应标识以下信息：

- 供电电源标识；
- 接线端子标识；
- 接口标识；
- 高压部位警示标志。

### 8.2 标签

介损仪标签应包含以下信息：

- 产品名称；
- 产品型号；
- 出厂编号；
- 额定电压；
- 测量范围；
- 基本误差；
- 出厂年月；
- 制造厂名。

### 8.3 随行文件

介损仪应提供随行文件，主要包括：

- 产品检验合格证；
- 产品说明书；
- 装箱单；
- 随机备附件清单；
- 出厂检验报告；
- 其他有关资料。

## 9 包装、运输和贮存

### 9.1 包装

介损仪包装应符合GB/T 191有关标识的规定，产品应有内包装和外包装，可动部分应锁紧扎牢，包装应有防尘、防雨、防水、防潮、防振等措施。

### 9.2 运输

产品应适合于陆运、空运、水运（海运），运输装卸按包装箱上的标识进行操作。

### 9.3 贮存

DL/T 846.17—XXXX

包装完好的介损仪应符合GB/T 25480规定的贮存要求，在相对湿度不大于85 %的库房内贮存，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和灰尘以及雨、雪的侵害。

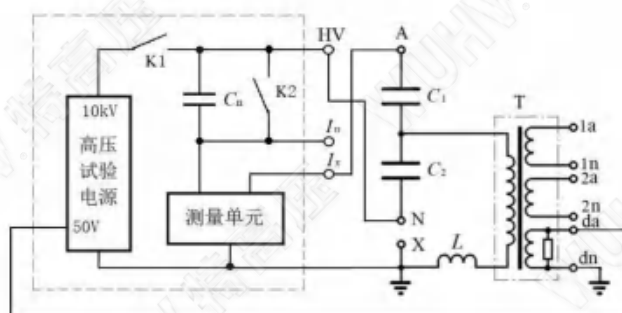
## 附录 A

(资料性)

## 介损仪的自激测量方式

## A.1 测量原理

介损仪自激测量方式工作原理如图 A.1 所示, K1 和 K2 处于断开状态。通过介损仪内部高压试验电源的 50 V 低压励磁电源在 CVT 辅助二次绕组 (da, dn) 施加试验电压, 经中间变压器在分压电容器  $C_1$  和  $C_2$  相连的中压端感应出试验高压。  $C_2$  低压端 N 与介损仪内置高压标准电容器  $C_n$  串联后接入仪器参考电流  $I_n$  测量回路, 由于  $C_2$  电容量远大于  $C_n$  电容量, 串联后等效电容近似为  $C_n$ 。  $C_1$  上端 A 接入仪器被试电流  $I_x$  测量回路, 此时内部开关 K 处于断开状态, 介损仪即可完成  $C_1$  电容量及介质损耗因数的测量。



字母符号说明:

$C_n$ ——介损仪内置高压标准电容器;

K1——介损仪内部高压输出开关;

K2——介损仪自激测量切换开关;

$I_n$ ——介损仪参考电流输入端;

$I_x$ ——介损仪被试电流输入端;

$C_1$ 、 $C_2$ ——被测 CVT 分压电容器;

A——CVT 高压输入端;

N——分压电容器尾端;

X——CVT 接地端;

L——补偿电抗器;

T——CVT 中压变压器;

1a、1n——二次绕组 1;

2a、2n——二次绕组 2;

da、dn——辅助二次绕组。

注: 虚框内为介损仪。

图 A.1 自激测量方式工作原理示意图

在完成  $C_1$  的测量后, 介损仪将自激测量切换开关 K2 置于闭合状态, 此时  $C_2$  低压端 N 直接接入仪器参考电流  $I_n$  测量回路, 介损仪可测量得到  $C_1$  与  $C_2$  电容比及相对介损值。由此根据前面  $C_1$  测量结果即可推算出  $C_2$  的电容量及介损值。

## A.2 试验注意事项

介损仪采用自激测量方式时，励磁电流不宜超过 15 A；试验电压不宜超过 3 kV。

在测量分压电容  $C_1$  时，应考虑参考侧  $C_2$  与内置高压标准电容器  $C_0$  串联的导线对地分布电容及阻性泄漏对测量结果的影响。



## 附录 B

(资料性)

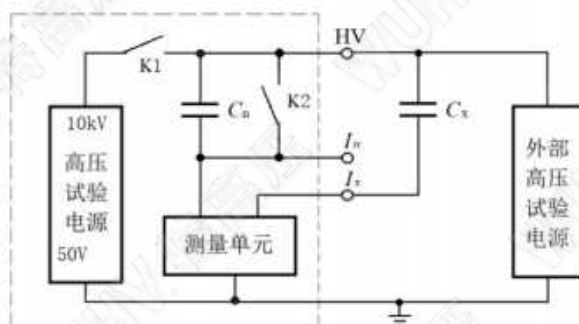
## 介损仪的外部高压测量方式

## B.1 概述

介损仪采用外部施加试验电压的工作方式,具体可分为外高压内标准测量方式和外高压外标准测量方式。

## B.2 外高压内标准测量方式

外高压内标准测量方式工作原理如图 B.1 所示, K1 和 K2 处于断开状态。此时外施试验电压不应超过介损仪额定工作电压, 试品试验电流不应超过介损仪的被试侧最大电流。



字母符号说明:

$C_n$ ——介损仪内置高压标准电容器;

$C_x$ ——被测容性试品;

HV——介损仪高压输出端;

K1——介损仪内部高压输出开关;

K2——介损仪自激测量切换开关;

$I_n$ ——介损仪参考电流输入端;

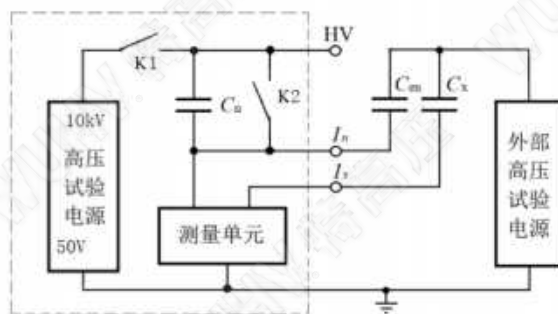
$I_x$ ——介损仪被试电流输入端。

注: 虚框内为介损仪。

图 B.1 外高压内标准测量方式工作原理示意图

## B.3 外高压外标准测量方式

外高压外标准测量方式工作原理如图 B.2 所示, K1 和 K2 处于断开状态。此时外施试验电压不应超过外部高压标准电容器的额定工作电压, 试品试验电流不应超过介损仪的被试侧最大电流。



字母符号说明:

$C_n$ ——介损仪内置高压标准电容器;

$C_{en}$ ——外部高压标准电容器;

$C_x$ ——被测容性试品;

HV——介损仪高压输出端;

K1——介损仪内部高压输出开关;

K2——介损仪自激测量切换开关;

$I_n$ ——介损仪参考电流输入端;

$I_x$ ——介损仪被测电流输入端。

注: 虚框内为介损仪。

图 B.1 外高压外标准测量方式工作原理示意图

#### B.4 外部试验设备参数选取原则

##### B.4.1 外部高压试验电源

——输出电压: 应大于被试品最高试验电压;

——电源频率: 45 Hz ~ 55 Hz;

——输出容量: 应大于由式 (B.1) 计算得到的电源容量;

$$S = U^2 \omega C \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$S$ ——电源容量;

$U$ ——最高试验电压;

$\omega$ ——试验电源角频率;

$C$ ——参考及被测试品总电容量;

——输出波形: 正弦波, 总谐波畸变率  $\leq 5\%$ 。

##### B.4.2 外部高压标准电容器

——额定工作电压: 应大于被试品最高试验电压;

——额定电容量: 通常为 50 pF 或 100 pF;

——介质损耗因数:  $\leq 0.00005$ 。