

ICS 29.020

K 60

备案号: 61615-2018

# DL

## 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 971 — 2017

代替 DL/T 971 — 2005

### 带电作业用便携式核相仪

Live working -Portable phase comparators  
(IEC 61481-1:2014 ,IEC 61481-2:2014 ,MOD)

**杭州 高电**  
**专业高试铸典范**

Professional high voltage test

高压测量仪器智造 | 电力试验工程服务

2017-11-15 发布

2018-03-01 实施

国家能源局 发布

## 目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 要求	3
5 试验	7
6 质量体系	21
7 包装、储存及运输	21
附录 A (规范性附录) 机械打击试验——摆锤法	22
附录 B (规范性附录) 标记的符号	24
附录 C (规范性附录) 使用说明	25
附录 D (规范性附录) 试验程序	26
附录 E (规范性附录) 抽样程序	27
附录 F (规范性附录) 验收试验	29

## 前 言

本标准根据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准修改采用了 IEC 61481-1: 2014《Live working - Phase comparators - Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1kV a.c.》、IEC 61481-2: 2014《Live working - Phase comparators - Part 2: Resistive type to be used for voltages from 1kV to 36kV a.c.》标准。本标准与 IEC 61481-1: 2014、IEC 61481-2: 2014 的主要技术差异：

- 本标准是按照我国电网的各电压等级作为核相仪的标称电压或标称电压范围，而未按照 IEC 中的核相仪标称电压范围；
- 增加了第 6 章质量体系；
- 增加了第 7 章包装、储存及运输。

本标准是对 DL/T 971—2005《带电作业用交流 1kV~35kV 便携式核相仪》的修订。与 DL/T 971—2005 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 电压等级拓展至 500kV；
- 增加了核相仪操作杆工频耐压及操作冲击耐压试验；
- 删除了磁场干扰的影响试验。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国带电作业标准化技术委员会（SAC/TC36）归口。

本标准主要起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国网无锡供电公司、国网锦州供电公司、国网东营供电公司、国网哈尔滨供电公司、鞍山恒泰电气有限公司、滕州市智星电力电子有限公司。

本标准主要起草人：郑传广、刘庭、徐莹、肖宾、朱祥、易辉、高永强、邱志鹏、李占奎、雷兴列、刘飞、温丽娜、马涛、翁旭、高建新、王震、薛岩。

本标准于 2005 年首次发布，本次为第一次修订。

本标准发布后代替 DL/T 971—2005。

本标准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）。

## 带电作业用便携式核相仪

### 1 范围

本标准规定了用于交流 1kV~500kV 电力系统的带电作业用核相仪的要求、试验、质量体系等。

本标准适用于与被测试部分相接触，带引线的双杆型核相仪、无引线的双杆型核相仪和带存储系统的单杆核相仪，以及不与被测试部分相接触，整体结构或与绝缘杆分离的核相仪。

### 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 2423.22 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 N：温度变化（GB/T 2423.22—2012，IEC 60068-2-14：2009，IDT）

GB/T 2900.55 电工术语 带电作业

GB 13398 带电作业用空心绝缘管、泡沫填充绝缘管和实心绝缘棒

GB/T 14286 带电作业工设备术语

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求（GB/T 16927.1—2011，IEC 60060-1：2006，MOD）

### 3 术语和定义

GB/T 2900.55 和 GB/T 14286 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**核相仪 phase comparator**

探测和指示在相同额定电压和频率下，两个已带电部位之间正确相位关系的便携式装置。

#### 3.2

**电容型核相仪 capacitive phase comparator**

探测和指示基于电流通过杂散电容接地相位关系的装置，有无引线的双杆型核相仪和带存储系统的单杆核相仪两种，可用于 1kV~500kV 电压等级。

#### 3.3

**电阻型核相仪 resistive phase comparator**

探测和指示基于电流通过电阻元件相位关系的装置，为双杆核相仪，仅用于 35kV 及以下电压等级。

#### 3.4

**接触电极 contact electrode**

与测试元件有电气连接的裸露导电元件。

#### 3.5

**延伸接触电极 contact electrode extension**

为了在显示器和被测试部件之间形成正确的位置而用在电阻元件和接触电极之间，或者在显示器和接触电极之间的外表包覆绝缘的导电部件。

#### 3.6

**显示器 indicator**

显示两个设备之间是否有正确相位关系的部件。对于单杆核相仪，显示器包含有电子元件和显示屏。

3.7

**连接引线 connecting lead**

连接两个杆的导线。

3.8

**连接系统 connecting system**

在两个杆之间发送信号电子装置。

3.9

**地线 earth lead**

连接核相仪和地之间的引线，包括一个地线夹或另一个适合形成永久或半永久接触的装置。

3.10

**适配器 adaptor**

允许核相仪装配的部件。

3.11

**绝缘部件 insulating element**

为使用者提供足够距离的绝缘材料部分。

3.12

**测试元件 testing element**

核相仪的内置或外接装置，使用者通过该装置可以检查核相仪的功能。

3.13

**标称电压 nominal voltage**

$U_n$

确定系统或设备恰当且接近的电压值。

核相仪的标称电压是与它的清晰显示相关联的参数，核相仪可以有多个标称电压或一个标称电压范围，范围的极值为  $U_{nmin}$  和  $U_{nmax}$ 。

3.14

**临界电压 threshold voltage**

在两个相比较的部件间给出一改变信号表明不正确相位关系的最小电压。不适用于电容型核相仪。

3.15

**临界角 threshold angle**

在两个相比较的部件之间给出一个改变信号表明不正确相位关系的最小相角。

3.16

**测量时间 measurement time**

从显示“记忆就绪”到与另一被测试部件接触之间的有用的时间。

3.17

**额定电压 rated voltage**

$U_r$

制造商和用户协商确定的运行电压。核相仪的额定电压可以等于标称电压（或标称电压范围的最大值）。

3.18

**干扰场 interference field**

影响指示器性能的电场，可能来源于被测部件或其他相邻部件，并且具有任意的相位。

3.19

**清晰指示 clear indication**

在测试部件之间明确探测并显示不正确相位关系。

## 3.20

**清晰可辨性 clear perceptibility**

将核相仪置于特殊环境条件下，在正常使用位置时，显示器的显示仍清晰可见。

## 4 要求

## 4.1 一般要求

## 4.1.1 安全

核相仪的设计和制造应保证用户在按正确的操作方法和说明书的规定使用时的人身和设备安全。

## 4.1.2 指示

核相仪的显示器应随测量位置的变化清晰指示“不正确相位关系”或“正确相位关系”状态，指示应清晰可见，并由附加装置发声指示。例如单杆核相仪应显示出“准备测量”（存储就绪）的状态。

## 4.2 功能

## 4.2.1 分辨率显示

核相仪应清晰地指示不正确的相位关系。相位角误差由不正确相位关系所给出的指示取决于电网情况。核相仪所指示的不正确相位关系角误差不应超过 $\pm 10^\circ$ 。

根据核相仪指示相位角分辨率不同，分为下列四级：

A级：相位角 $30^\circ \sim 330^\circ$ 之间的不正确相位关系的指示；

B级：相位角 $60^\circ \sim 300^\circ$ 之间的不正确相位关系的指示；

C级：相位角 $110^\circ \sim 250^\circ$ 之间的不正确相位关系的指示；

D级：如果上列级别均不适用，由制造厂与用户协商相位角误差值。

相对地电压值应满足下列条件：

a) 电容型核相仪： $0.4U_{\text{min}}$  到  $U_r/\sqrt{3}$ ；

b) 电阻型核相仪： $(U_{\text{min}} - 8\%) / \sqrt{3}$  到  $(U_{\text{max}} + 8\%) / \sqrt{3}$ 。

## 4.2.2 电压范围调整

核相仪的显示器应配备选择器，对不同的标称电压或标称电压范围，可由使用者进行选择调节。

## 4.2.3 抗邻近效应性能

在邻近带电或接地部位按使用说明书的要求使用核相仪时，不应对其正确指示有所影响。

## 4.2.4 清晰可辨性

## 4.2.5 一般要求

在正常的光照和背景噪声条件下，核相仪在相位显示时应给出清晰易辨的指示。

## 4.2.6 视觉指示

视觉指示应满足下述要求：

a) 在正常的操作位置及标准的光线的情况下，显示器的指示应清晰可见。

b) 具有两个或更多信号显示时, 显示器应有不同颜色的光来显示。也可有一些附加特性的应用, 例如: 光源的物理分离、光信号的独特形式或闪烁光等。

#### 4.2.7 听觉指示

在正常操作位置及正常背景噪声下, 显示器的声响指示应清晰可辨。

#### 4.2.8 使用场所及环境

根据使用场所可分为户内型和户外型两类; 根据使用环境的气候情况可分为三类: 低温型 (C)、常温型 (N) 和高温型 (W)。

核相仪使用环境条件见表 1。

表 1 核相仪使用环境条件

种类	温度 ℃	湿度 %
低温型 (C)	-40~+55	20~96
常温型 (N)	-25~+55	20~96
高温型 (W)	-5~+70	12~96

#### 4.2.9 频率特性

核相仪在标准频率 $\pm 0.2\%$ 变化范围内应能正常工作。

#### 4.2.10 测试元件

无论是内部或独立测试元件, 所有的电气回路都应经检测后合格, 包括电阻、电源和显示功能的元件。回路不能测试时, 任何使用限制应在使用说明书中说明清楚。回路应为高可靠性结构。具有内部测试元件的核相仪, 应显示“准备好”或“非准备好”的字样。

#### 4.2.11 时间要求

核相仪对被检测的电压应能保持 1min, 不应出现不正确的指示和故障。

### 4.3 电气特性

#### 4.3.1 绝缘材料

绝缘材料应有足够的绝缘强度, 以承受被检测电压。

#### 4.3.2 防止短接性能

对于直接接触带电设备的核相仪, 应防止核相仪设备的带电部分之间或设备带电部分与地之间发生闪络或击穿。

#### 4.3.3 电阻的火花放电要求

核相仪的显示器, 不应发生火花放电而导致损坏。

#### 4.3.4 电阻元件要求

核相仪的电阻元件, 应有足够的容量, 满足电压和功率的要求。

#### 4.3.5 泄漏电流要求

核相仪进行检测时，泄漏电流不应超过 0.5mA。

#### 4.3.6 回路电流要求

当  $1.2U_T$  的试验电压施加在接触电极之间时，电阻型核相仪通过核相仪本体的最大回路电流不应超过 3.5mA。

#### 4.3.7 显示器外罩绝缘要求

如果显示器外罩为绝缘的，应能适应干燥和潮湿的环境条件。

#### 4.3.8 引线绝缘要求

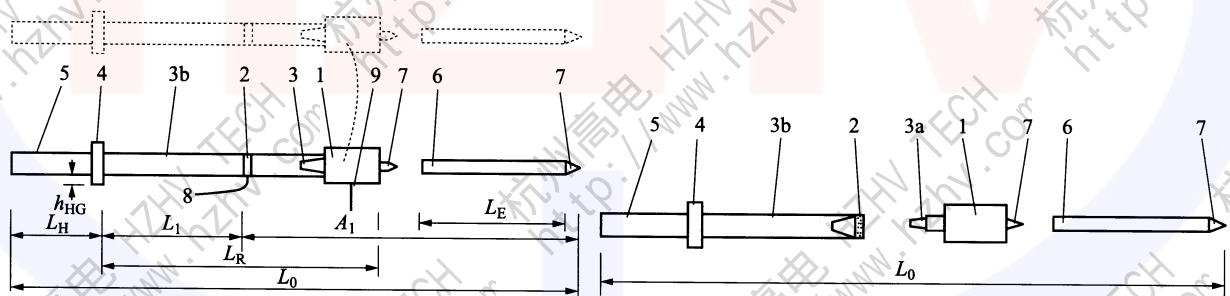
电阻型核相仪地线和连接引线应由高压柔软多股电缆制成。核相仪的引线的连接部件和引线的绝缘层应能耐受  $1.2U_T$  电压。

### 4.4 机械特性

#### 4.4.1 设计要求

核相仪应有足够的距离和绝缘强度，可由一人方便地进行操作。

整体式核相仪应至少包括手柄、护手环、绝缘元件和（或）电阻元件、显示器、限位标记和接触电极。分离式核相仪应至少包括接触电极、显示器、限位标记、转接器和绝缘杆。电阻型核相仪应附带电阻元件、连接引线以及地线（见图 1）。



a) 电阻型两极单元型核相仪（仅用于 35kV 及以下电压等级）

b) 电容型单极分离元件核相仪

说明：

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 1—显示器           | $h_{HG}$ —护手环高度 |
| 2—限位标记          | $L_H$ —手柄长度     |
| 3—转接口           | $L_1$ —绝缘部件长度   |
| 3a—适配器（能代替限位标记） | $L_R$ —电阻元件长度   |
| 3b—电阻元件/绝缘部件    | $L_E$ —延伸接触电极长度 |
| 4—护手环           | $L_0$ —核相仪的总长   |
| 5—手柄            | $A_1$ —插入深度     |
| 6—延伸接触电极        |                 |
| 7—接触电极          |                 |
| 8—地线            |                 |
| 9—连接引线          |                 |

图 1 核相仪的元件



## 4.4.2 尺寸和结构

核相仪的尺寸及结构应满足下述要求：

- a) 整体式核相仪绝缘部件最小长度应满足表 2 的要求；

表 2 整体式核相仪绝缘部件最小长度

电压范围 kV	最小长度 mm
$1 < U_n \leq 10$	700
$10 < U_n \leq 20$	800
$20 < U_n \leq 35$	900
$35 < U_n \leq 110$	1300
$110 < U_n \leq 220$	2100
$220 < U_n \leq 330$	3100
$330 < U_n \leq 500$	4000

注：在某些特定环境中使用的核相仪，其长度增加值可由制造厂与用户商议后决定。

- b) 电阻型核相仪的结构应能满足在使用时，操作者与连接引线及地线间的最小距离为 100mm；
- c) 在某些使用环境中的特定距离要求，由制造厂与用户商议决定；
- d) 限位标记宽度为 20mm，应清晰持久；
- e) 手柄长度不小于 115mm；
- f) 护手环应牢固耐用，其最小高度 ( $h_{HG}$ ) 为 20mm；
- g) 为了适应核相仪的不同用途，接触电极应能较易更换，而其他接触电极的形状取决于电气装备的种类及使用说明书的说明；
- h) 可拆卸式核相仪和核相仪各部件，应清晰标注各部件名称及相互关系。除了地线和连接引线之外，核相仪不应有任何外部连线或任何可用于连接的接口。连接引线和地线在设计时，应考虑到在使用时可能会遭遇到的各种力，即抗折叠、抗变形及抗老化。

## 4.4.3 握着力和挠度

核相仪应操作便捷可靠，符合使用者的自然作用力。测量装置的质量不应超过总质量的 10%。每一操作杆的握紧力不应超过 200N。因自重弯曲时的挠度不应大于全长的 10%。

注：核相仪的连接杆包括绝缘杆和/或电阻元件。接触电极的延伸部分以及显示器。

## 4.4.4 抗拉性能

显示器、电阻元件和接触电极的延伸部分相互的连接及与地线的连接均应具有抗机械拉力性能。

## 4.4.5 抗跌落性能

核相仪应具有抗跌落性能。

## 4.4.6 抗冲击性能

显示器、电阻元件和接触电极的延伸部分应具有抗机械冲击性能（机械打击试验—摆锤法见附录 A）。

## 4.5 标志和使用说明书

### 4.5.1 核相仪的标志

每一个核相仪的标志至少应有以下内容：

- 标称电压或标称电压范围；
- 标称频率或标称频率范围；
- 能使用的等级（A、B、C或D）；
- 制造厂名称；
- 型号、出厂编号；
- 指明户内型或户外型；
- 适应气候类别（C、N或W）；
- 生产日期；
- 适用于带电作业；双三角标志（见附录B）；
- 使用和绝缘性能试验日期；
- 警示标记“使用之前地线必须接地”（核相仪带接地引线时）。

当核相仪带有内部电源时，供电方式应在显示器上显示，或者在电源箱外壳上标示清楚。

标志应清晰持久，字符高度至少为3mm，标志应不影响核相仪的正常使用。

### 4.5.2 使用说明书

每一台核相仪都应附有制造厂的使用说明书（说明书示例见附录C）。

## 5 试验

### 5.1 一般要求

#### 5.1.1 环境条件

除非另有规定，试验应在以下环境条件下进行：

- 环境温度：15℃～35℃；
- 相对湿度：45%～75%；
- 气压：86kPa～106kPa。

核相仪应在以上大气条件下置放4h以上再进行试验。

#### 5.1.2 淋雨试验

在进行电气试验之前，每一台核相仪用酒精清洁干净并在空气中晾置15min。

试验应按照GB/T 16927.1规定的淋雨试验程序进行。

#### 5.1.3 型式试验

型式试验应在核相仪成品中随机抽取3只来进行。

如果有一个以上的试品没有通过，则型式试验不合格；如果仅有一只试品没有通过试验，则允许再取3只试品重复进行全部型式试验；如果仍有试品不能通过试验，则型式试验不合格。

设计相同的核相仪，只需做一次型式试验，试验的有关规定见附录D。

## 5.1.4 预防性试验

预防性试验按附录 D 进行。

## 5.1.5 抽样试验

抽样试验按附录 D 进行。试品的数量则按附录 E 选取。

## 5.1.6 试验电压

试验设备及测量系统应符合 GB/T 16927.1 的有关规定。系统的测量误差应小于 3%。

除非有特殊要求，应在干燥条件下对所有类型的核相仪进行测试；适用于户外的核相仪应增加淋雨试验。

试验电压无需根据气象条件进行校正。

试验应在按使用说明书装配好的核相仪上进行，包括接触电极延伸部分。

如核相仪带有地线，则地线必须良好接地后再进行试验，除非另有规定。

注：对于一些功能试验，如果能达到同样的结果，也可采用低压电源。例如：这些试验不包括干扰场。

## 5.2 功能试验

## 5.2.1 明显指示试验

试验室的地面应导电或铺上导电垫并接地。试验应在没有外界干扰场的室内进行。应按照图 2 及图 3 进行试验布置，试验布置参数如表 3 和表 4 所示，试验布置与地面之间距离  $H$  的范围内，与周围任何方向距离  $3 \times D$  的范围内，不应放置任何其他物体。试验时，被试核相仪的接触电极必须与试验装置的试验电极接触良好。

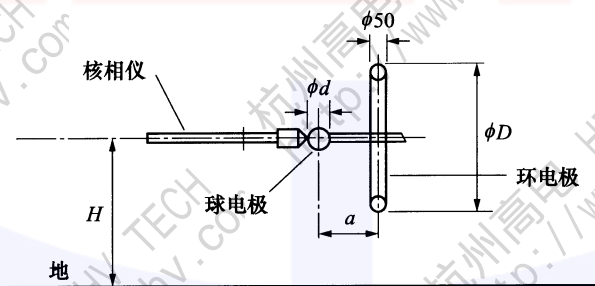
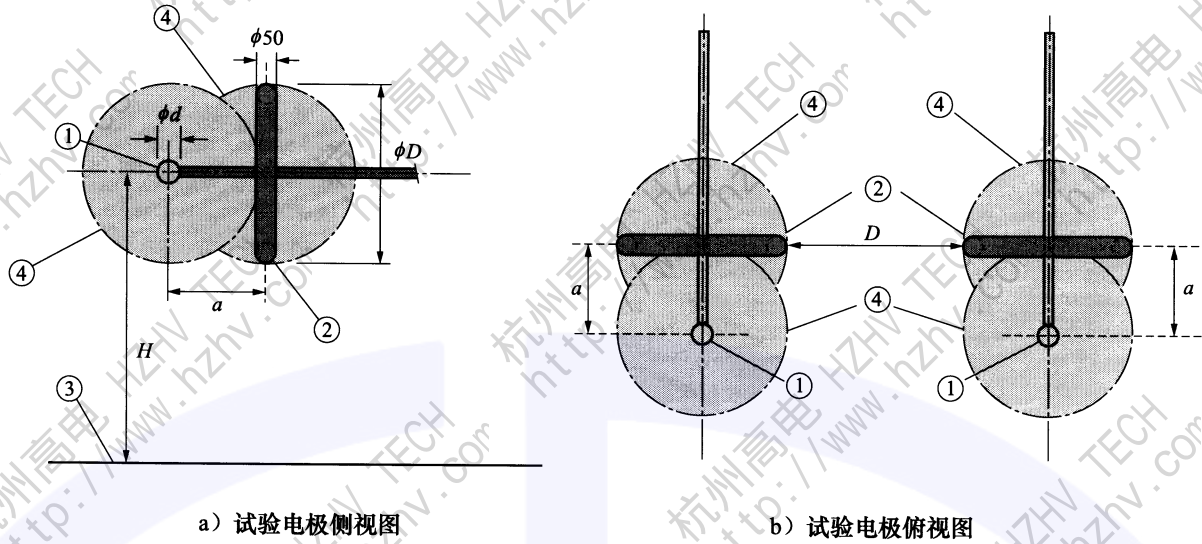


图 2 明显指示试验布置示意图

表 3 试验布置参数

$U_n$ kV	电极间隔距离 $a$ mm	$H$ mm	$D$ 环直径 mm	$d$ 球直径 mm	$W$ (3 倍 $D$ ) 墙壁和天花板间距 mm
10	300	1500	$\phi 550$	$\phi 60$	>1650
20					
35					
110	1000	2500	$\phi 1050$	$\phi 100$	>3150
220					
330	1600	4000	$\phi 1500$	$\phi 150$	>4500
500					



- 说明：①—球电极（B1、B2）；  
 ②—环电极（R1、R2）；  
 ③—地面；  
 ④—电极周围直径为  $D$  的球形区域；  
 $a$ —电极间距离；  
 $D$ —环电极间的距离；  
 $H$ —测试装置与地面的距离。

图3 试验电极布置视图

试验时被试核相仪应水平放置，连接引线应收紧，且以水平连接的方式与两个接触电极相联，引入试验电压。

连接球电极的操作杆，放置在环电极中间。试验时，应根据核相仪的级别（见 4.2.1）来调节电源在球电极 B1、B2 上形成相位差，以下试验要求均以 A 级核相仪为例。

表4 明显指示试验参数及要求

试验顺序		试验电压		试品显示要求
		电极 B1	电极 B2	
电容型核相仪	1	$0.45U_{nmin}$	$0.45U_{nmin}10^\circ{}^a$	正确相位关系
	2	$0.63U_{nmax}$	$0.63U_{nmax}10^\circ$	正确相位关系
	3	$0.45U_{nmin}$	$0.45U_{nmin}30^\circ$	不正确相位关系
	4	$0.63U_{nmax}$	$0.63U_{nmax}30^\circ$	不正确相位关系
电阻型核相仪	1	$(U_{nmax} - 10\%) / \sqrt{3}$	$(U_{nmax} + 10\%) / \sqrt{3} 10^\circ$	正确相位关系
	2	$(U_{nmin} - 10\%) / \sqrt{3}$	$(U_{nmin} - 10\%) / \sqrt{3} 30^\circ$	不正确相位关系

注： $0.45U_n$  对应  $0.78U_n / \sqrt{3}$ ； $0.63U_n$  对应  $1.1U_n / \sqrt{3}$ 。环电极 R1、R2 均应接地。  
<sup>a</sup> 角度表示相位关系。

对于适用于多个电压等级的核相仪，每个电压等级均需进行此项试验。

表 5 同相电场干扰试验参数及要求

试验顺序		试验电压			试品显示要求
		电极 B1、R1	电极 B2	电极 R2	
电容型核相仪	1	$0.45U_{nmin}$	$0.45U_{nmin}10^\circ$	接地	正确相位关系
	2	$0.63U_{nmax}$	$0.63U_{nmax}10^\circ$	接地	正确相位关系
	3	$0.45U_{nmin}$	$0.45U_{nmin}30^\circ$	接地	不正确相位关系
	4	$0.63U_{nmax}$	$0.63U_{nmax}30^\circ$	接地	不正确相位关系
电阻型核相仪	1	$(U_{nmax}-10\%)/\sqrt{3}$	$(U_{nmax}+10\%)/\sqrt{3} 10^\circ$	接地	正确相位关系
	2	$(U_{nmin}-10\%)/\sqrt{3}$	$(U_{nmin}-10\%)/\sqrt{3} 30^\circ$	接地	不正确相位关系

## 5.2.2 抗电场干扰试验

## 5.2.3 同相电场干扰试验

试验布置及要求按 5.2.1 所述进行，试验项目及显示结果要求见表 5。

## 5.2.4 反相电场干扰试验

试验布置及要求按 5.2.1 所述进行，试验项目及显示结果要求见表 6。

表 6 反相电场干扰试验参数及要求

试验顺序		试验电压				试品显示要求
		电极 B1	电极 R1	电极 B2	电极 R2	
电容型核相仪	1	$0.63U_{nmax}$	接地	$0.63U_{nmax}10^\circ$	$0.63U_{nmax}$	正确相位关系
	2	$0.63U_{nmax}$	接地	$0.63U_{nmax}30^\circ$	$0.63U_{nmax}$	不正确相位关系
电阻型核相仪	1	$(U_{nmax}-10\%)/\sqrt{3}$	接地	$(U_{nmax}+10\%)/\sqrt{3} 10^\circ$	$(U_{nmax}+10\%)/\sqrt{3}$	正确相位关系
	2	$(U_{nmin}-10\%)/\sqrt{3}$	接地	$(U_{nmin}-10\%)/\sqrt{3} 30^\circ$	$(U_{nmin}-10\%)/\sqrt{3}$	不正确相位关系

## 5.2.5 指示清晰可辨性试验

## 5.2.6 视觉指示清晰可辨性试验

试验布置如图 4 所示，灰光屏板的照射反射率为 18%，照射在它上面的光源和照度为：

- 对户外型核相仪采用色温为 5500 (1±10%) K 的标准光源 D<sub>55</sub>，照度为 50000 (1±10%) lx；
- 对户内型核相仪采用色温为 2856 (1±10%) K 的标准光源 A，照度为 1000 (1±10%) lx。

试验时核相仪位于 A-B 轴上，光源光线汇聚在 A-B 轴上，如图 4a) 所示。

在试验电极上的施加相应的试验电压或者调整相位，使核相仪不规则间隔的产生“不正确相位关系”的显示。

3 名具有一般视力的观察者，通过前挡板上 5mm 的孔洞，对核相仪进行观察，如图 4b) 所示。前挡板到屏蔽物之间的距离应不小于 1500mm，如果能够清晰看见显示则试验通过。

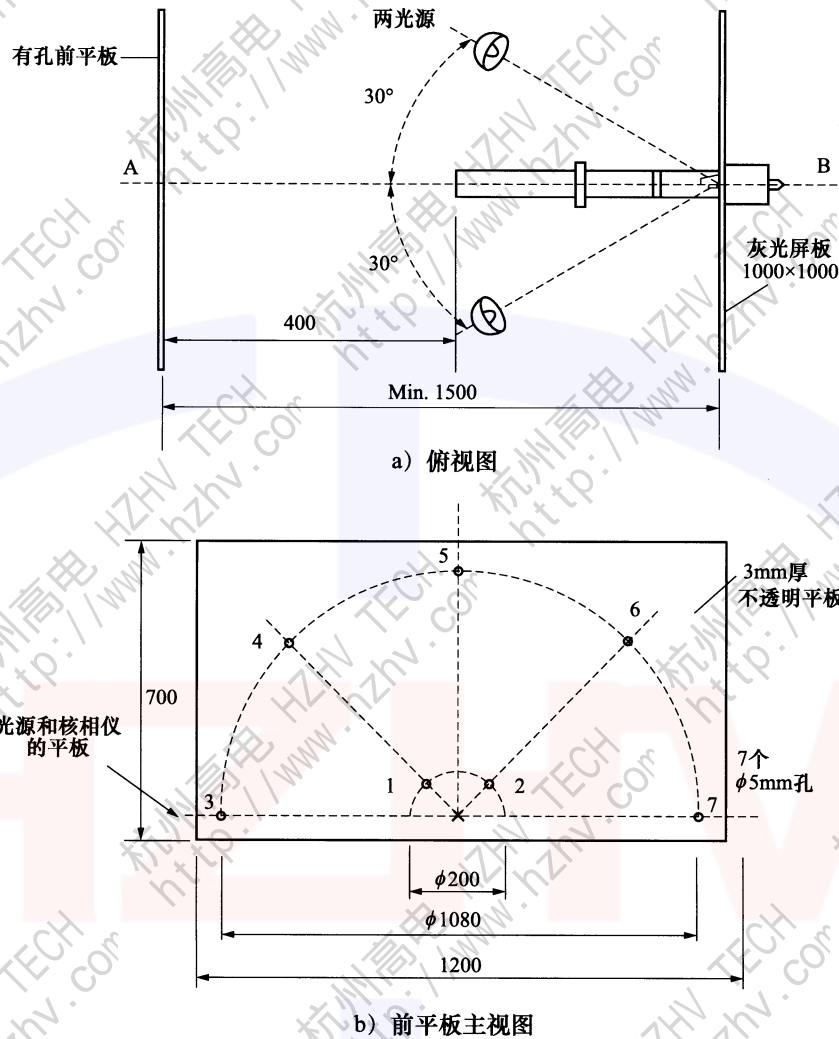


图4 视觉指示清晰可辨性的试验布置

### 5.2.7 听觉指示清晰可辨性试验

试验应在无回音环境下进行，背景噪声水平不能超过 60dB (A)。

试验布置如图 5 所示，核相仪的声音轴和地平行，并和发生声反射的表面保持至少 1.5m 的距离。在距离手柄末端 400m 且垂直于声音轴的平面上测量，如图 5a) 所示。测量较高的声强时，距离可增加 200mm。

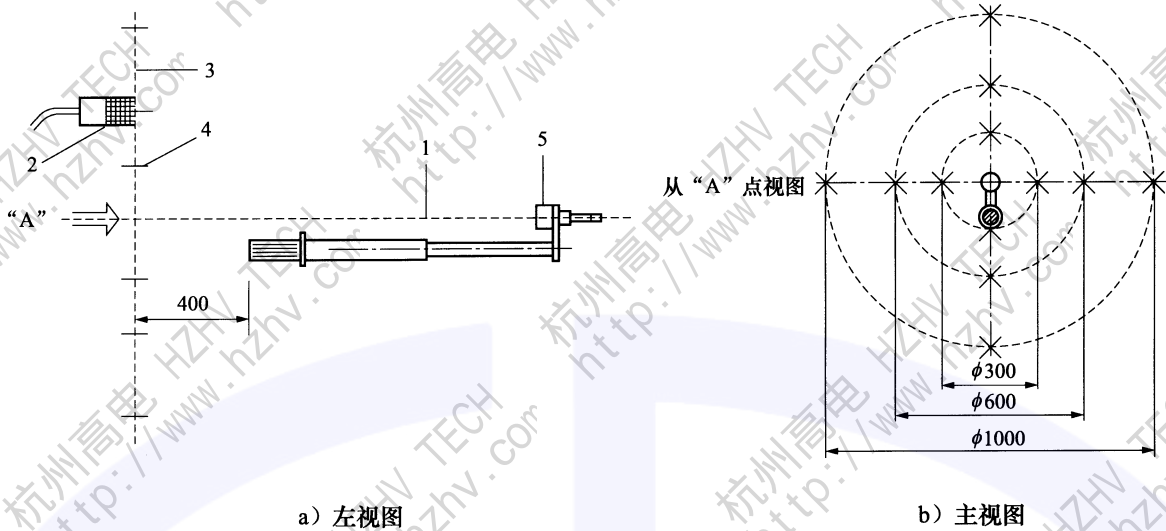
在试验电极上的施加相应的试验电压或者调整相位，使核相仪显示“不正确相位关系”。麦克风应在图 5b) 中 12 个位置处测到有听觉指示。在每个频率范围为 1000Hz 至 4000Hz 的倍频带上测量声压水平。

连续声音信号的观察时间应不少于 10s。对于断续声音信号，测量的积分时间应比信号持续时间短。

如果每个测量位置的声压水平，大于以下情况，认为试验通过：a) 80dB (A)，为连续声音信号的核相仪；b) 77dB (A)，为间歇声音信号的核相仪。

注 1：当核相仪同时有可视显示时，上述数值可减小 10dB。

注 2：对于用在嘈杂环境的核相仪，制造厂和用户可通过协商确定更高数值。



说明:

- 1—声轴线;
- 2—测量用麦克风;
- 3—测量用平板;
- 4—和 X 测点;
- 5—核相仪。

图 5 听觉指示清晰可辨性的试验布置

### 5.2.7 频率特性试验

试验按照 5.2.1 的试验布置进行。试验频率为标称频率的 99.8%~100.2%，试验结果满足 4.2.4 的要求，则试验通过。

### 5.2.8 响应时间试验

根据核相仪等级（见 4.2.1），在测试电极 B1 和 B2（见图 2）施以有 30°相位差的两个  $0.4U_{\min}$  电压，测试电极 R1 和 R2 接地。

对于双操作杆的核相仪在第二根操作杆接触电极 B2 后，开始测量响应时间，在 1s 内应显示“不正确相位关系”。

对于单操作杆核相仪在出现“存储就绪”显示后，把单杆核相仪从电极 B1 移到电极 B2。如果在 1s 内显示器有正确的清晰显示，则试验通过。

### 5.2.9 自检试验

根据使用说明书分 3 次启动自检元件，每次都应出现可视或可听信号。除了使用说明书所提到的线路外，其他所有线路均要确保经过测试。

### 5.2.10 额定工作时间试验

试验按照 5.2.1 中的所述进行布置，在测试电极 B1 和 B2（见图 2）施以有 10°相位差的两个  $1.2U_n$  电压，核相仪出现“正确相位关系”的显示。试验电压加载时间按说明书上提到的额定时间进行。如果在试验期间没出现其他不正常显示，则试验通过。

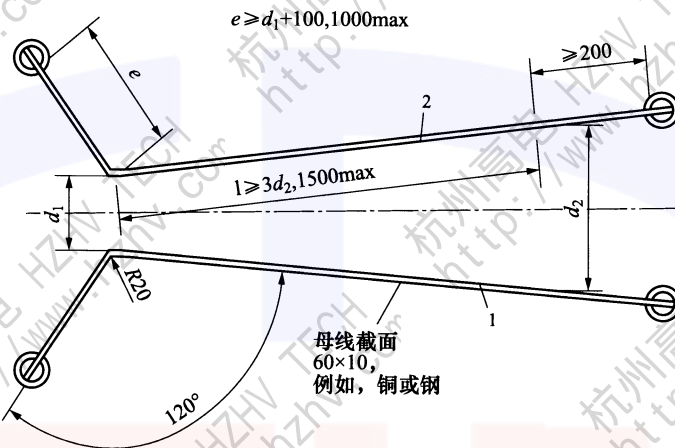
## 5.3 电气性能试验

## 5.3.1 防止短接试验

## 5.3.2 试验布置

电阻型核相仪需进行该试验。

试验母排 1、2 呈 V 形布置，如图 6 所示。试验电压为  $1.2U_n$ 。



说明：母排截面为  $60\text{mm} \times 10\text{mm}$ ，母排所有边角均为半径  $1\text{mm}$  的圆角。

1—前母线；

2—后母线。

图 6 V 形母排试验布置和尺寸

母排 1 与母排 2 之间的距离  $d_1$  应根据表 7 进行调整， $d_2$  的计算方法如下：

$$d_2 = A_1 + d_1 + 200 \quad (d_2、A_1 \text{ 的单位为 mm})$$

其中  $A_1$  是插入深度（见图 1）。

表 7 防短接试验布置的距离  $d_1$

标称电压 $U_n$ kV	户内型 mm	户外型 mm
$U_n \leq 6.0$	50	150
$6.0 < U_n \leq 10.0$	85	180
$10.0 < U_n \leq 20.0$	115	215
$20.0 < U_n \leq 35.0$	180	325

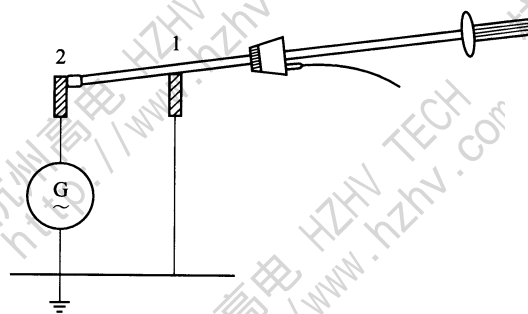


图 7 V 形母排的接线



## 5.3.3 户内型核相仪

试验布置如图 8~图 9 所示, 对核相仪进行沿面耐压试验和径向沿面耐压试验。

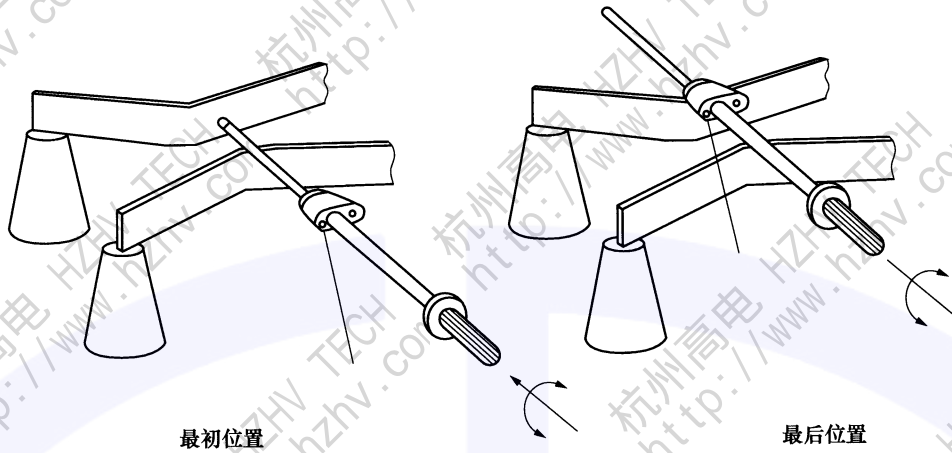


图 8 沿面耐压试验

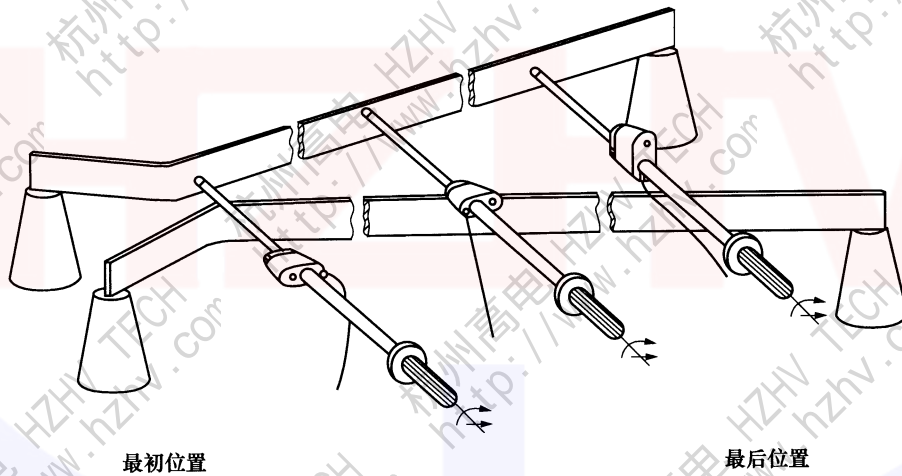


图 9 径向和沿面耐压试验

## a) 沿面耐压试验。

核相仪应平放在母排 1 上, 接触电极的顶部置于母排 2, 持续 1min, 如图 8 所示的初始位置。旋转核相仪并向母排 2 推进, 直至限位标记超过母排 2 约 200mm, 如图 8 所示的最终位置。如果无闪络或击穿发生, 认为试验通过。

## b) 径向沿面耐压试验。

核相仪应平放在母排 1 上, 接触电极的顶部位于母排 2 的窄点  $d_1$  处。保持接触电极与母排 2 接触, 同时沿着母排滚动核相仪, 接触电极保持和母排 2 接触, 直至限位标记超过母排 1 约 200mm, 如图 9 所示。如果无闪络或击穿发生, 认为试验通过。

## 5.3.4 户外型核相仪

试验布置如图 10 所示。在核相仪操作杆上安装两个带状电极, 其宽度应符合表 8 的要求。带状电极缠绕在绝缘杆上, 一个位于接触电极, 另一个在手柄侧, 间距为表 7 中的  $d_1$ 。采用同心圆环对带状电极进行屏蔽, 同心圆环尺寸见表 8。

表 8 同心圆环和带状电极的尺寸

带状电极的宽度 mm	同心圆环尺寸	
	外径 mm	截面直径 mm
20	200	30

进行防短接试验时，同心圆环应与带状电极电气连接。离地近的带状电极接地，离地远的带状电极连接交流电压源。

淋雨条件参照 5.1.2 的要求，试验步骤如下：

- 核相仪应与垂直面成  $20^\circ \pm 5^\circ$  倾角放置，接触电极向下，雨水以与垂直面成  $45^\circ$  角（也就是与核相仪的夹角约为  $65^\circ$ ），如图 10 所示，被试验段的淋雨应尽可能均匀；
- 绝缘杆应淋雨 3min，然后尽可能快地旋转  $180^\circ$ ，使触电极朝上，再淋雨 2min；
- 然后，在淋雨状态下施加试验电压（1.2 倍的标称电压）1min；
- 带状电极应一段一段地移动，并始终保持相同的距离  $d_1$ ，以使相邻试验段有大约 50% 的部分重叠。重复淋雨试验，直到接地电极与接触电极距离为  $d_3$ ：

$$d_3 = A_1 + d_1$$

有标称电压范围的核相仪，防短接试验应在其电压范围内，按照表 7 中对应的每一个电压等级及距离  $d_1$  进行试验。

如果无闪络或击穿发生，认为试验通过。

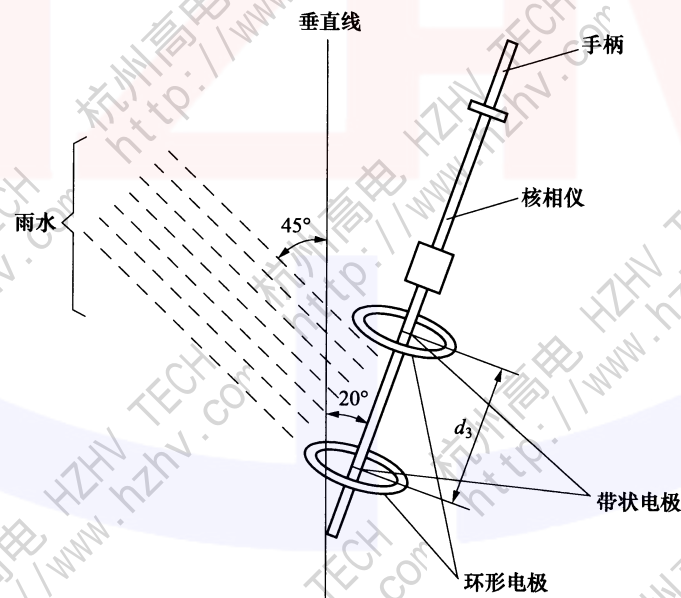


图 10 户外电容型核相仪防短接试验布置

### 5.3.5 连接引线

电阻型核相仪需进行该试验。

试验时，拉伸两根操作杆之间的连接引线，使之位与母排 1、2 相接触，一根操作杆紧挨在母排 2 的外侧，然后移动核相仪，直到另一操作杆紧挨母排 1 的外侧（见图 11）。

如果在以上的试验中没有发生闪络或者击穿，则认为试验通过。

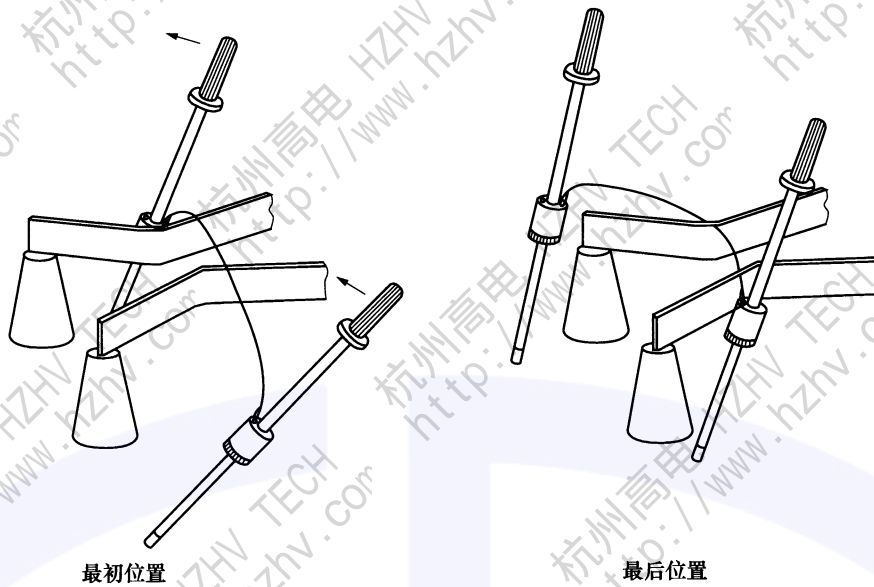


图 11 连接引线防短接试验布置

### 5.3.6 耐电火花试验

试验装置布置如图 6 所示，按表 7 规定调整母排的距离，试验电压为  $1.2U_r$ 。

接触电极应放在母排 2 处，核相仪应平放在母排 1 上。然后从母排 1 处撤回核相仪直到出现最大的连续火花，保持在这个位置 1min。

然后，将核相仪向母排 2 推进，在核相仪和母排 1 之间寻找可能出现的最长的电火花。如果出现电火花，保持在这个位置 1min。

如果两根杆上都带有显示器，则应分别进行试验。

若试验中核相仪无损伤并且没有关机，则认为试验通过。

### 5.3.7 泄漏电流试验

#### 5.3.8 试验范围

仅对整体式核相仪进行该项试验。

#### 5.3.9 试验要求

试验涉及整体式核相仪限位标记和护手之间的部分。核相仪应装有两个带状电极，根据其标称电压电极宽度应符合表 8 的要求。带状电极缠绕在绝缘杆上，一个在护手旁边，靠接触电极方向侧，另一个在限位标记旁边，靠手柄方向侧。

带状电极应被同心环屏蔽，同心环尺寸见表 8。带状电极与同心环互相绝缘。

试验电压应为 1.2 倍的标称电压。对于有标称电压范围的核相仪，应按照最大标称电压进行试验。

#### 5.3.10 干燥条件下的泄漏电流

泄漏电流（有效值）应在干燥条件下测量，施加电压时间为 1min。

在护手处的带状电极通过电流表并用屏蔽电缆接地，相邻的同心环，应直接接地。试验电压施加在限位标记侧的带状电极和同心环上，如图 12 所示。

如果测得的干燥条件下泄漏电流不超过 0.5mA，认为试验通过。

### 5.3.11 淋雨条件下的泄漏电流（仅户外型）

对于户外型核相仪，应进行淋雨试验。试验应符合 5.1.2 的规定。

雨水以与垂直面成  $45^\circ$ ，如图 10 所示，被试验段的淋雨应尽可能均匀。

核相仪应放置在接地面上，与垂直面成  $20^\circ \pm 5^\circ$  角，接触电极向下（即雨水与核相仪的夹角约为  $65^\circ$ ）。限位标记侧的带状电极应通过电流表接地。限位标记附近的接触电极和同心环应接地。试验电压施加在手柄附近的带状电极和同心环上，如图 13（a）所示。

试验步骤如下：

a) 应首先淋雨 15min。然后保持淋雨，并测量泄漏电流，时间为 1min，记录测量时间内的最大泄漏电流值。

注：测量中为了避免由于水滴和水流引起的电流尖峰，电流值的平均显示时间至少为 1s，其输入应配备适当的 RC 滤波器以去除 240Hz 以上的频率。

b) 将核相仪旋转  $180^\circ$ ，以使接触电极朝上。手柄附近的带状电极应通过电流表接地，其周围的同心环应接地。试验电压施加在限位标记附近的接触电极、带状电极和同心环上，如图 13（b）所示。

c) 应再淋雨 15min，然后保持淋雨，并测量泄漏电流，时间为 1min，记录测量时间内的最大泄漏电流值。

如果测得的淋雨条件下泄漏电流不超过  $0.5\text{mA}$ ，认为试验通过。

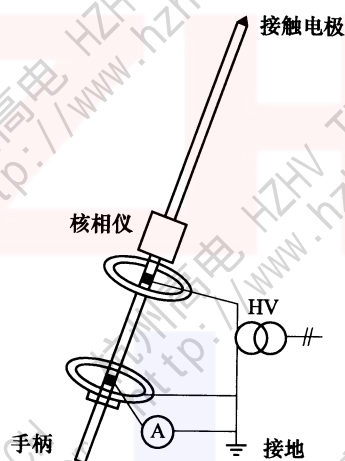


图 12 干燥条件下试验布置

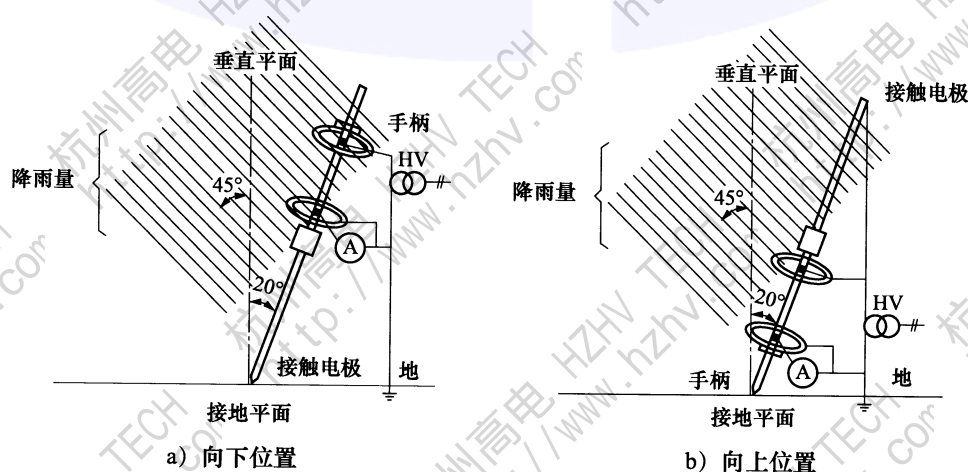


图 13 整体式核相仪泄漏电流试验布置

## 5.3.12 回路电流试验

## 5.3.13 带地线核相仪

仅对电阻型核相仪进行该项试验，核相仪的地线应通过电流测量设备接地。给两根杆的两个接触电极施加  $1.2U_r$  试验电压，测量通过核相仪的电流。如果最大线路电流低于  $3.5\text{mA}$ ，则认为试验通过。

## 5.3.14 无地线核相仪

仅对电阻型核相仪进行该项试验，在两个接触电极之间施加  $1.2U_r$  电压，测量通过核相仪的电流。如果最大电流低于  $3.5\text{mA}$ ，则认为试验通过。

## 5.3.15 连接引线和地线的绝缘强度试验

将试品安装成环行，使两端连接到单相试验电源的一极上，另一极连接到水槽。把环行试品浸放在水中，水的电阻率小于或等于  $100\Omega \cdot \text{m}$ 。浸放在水槽中的部分长度为  $2\text{m}$ 。水上部分的绝缘引线表面不应该发生闪络。施加  $1.2U_r$  试验电压，持续  $1\text{min}$ 。如果绝缘没有击穿则认为试验通过。

注：对引线全长进行预防性试验，用相同的试验获得同样的结果有效。

## 5.3.16 核相仪操作杆工频耐压及操作冲击耐压试验

核相仪操作杆应使用达到 GB 13398 标准的绝缘杆。

对核相仪操作杆绝缘部分，应进行工频耐压及操作冲击耐压试验，试验参数见表 9。试验中如无闪络、无击穿、无发热，则认为试验通过。

表 9 核相仪操作杆工频耐压及操作冲击耐压试验参数

电压等级 kV	试验长度 m	1min 工频耐压 kV		3min 工频耐压 kV		15 次操作冲击耐压 kV	
		出厂及 型式试验	预防性试验	出厂及 型式试验	预防性试验	出厂及 型式试验	预防性试验
10	0.4	100	45	—	—	—	—
35	0.6	150	95	—	—	—	—
110	1.0	250	220	—	—	—	—
220	1.8	450	440	—	—	—	—
330	2.8	—	—	420	380	900	800
500	3.7	—	—	640	580	1175	1050

## 5.4 机械试验

## 5.4.1 外观及尺寸检查

## 5.4.2 外观检查

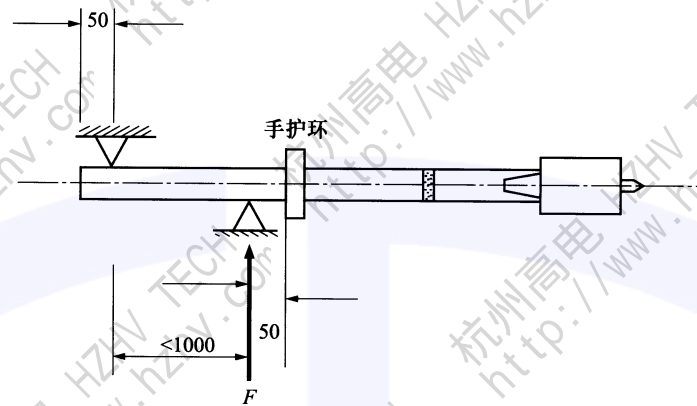
按照 4.4.1 要求和使用说明，检查整个核相仪。

## 5.4.3 尺寸检查

按照 4.4.2 的要求检查核相仪。

#### 5.4.4 握力和挠度试验

核相仪的杆通过两个支点水平放置。接触末端支点（前支点）位于手柄离护手环 50mm 处，手柄末端支点（后支点）位于离手柄末端 50mm 处。两个支点之间的距离不能超过 1000mm（见图 14）。



说明： $F$ —握力。

图 14 握力试验布置

在前支点测量握力，应小于 200N。

如上所述试验，测量每个杆由于自重发生弯曲，其挠度不能超过杆全长的 10%。

#### 5.4.5 连线、地线和连接强度试验

将核相仪垂直于其长轴固定，使其可以在垂直面内振荡，且旋转中心位于出线点上方 20mm。核相仪放置要使线以相对垂直成  $50^\circ$  的方向露出，如图 15 所示。在核相仪的出线点下大约 200mm 处对连线施加 200N 的作用力，持续 1min。然后，线夹紧紧夹在一个水平的棒上，使地线自由向下垂直悬挂。

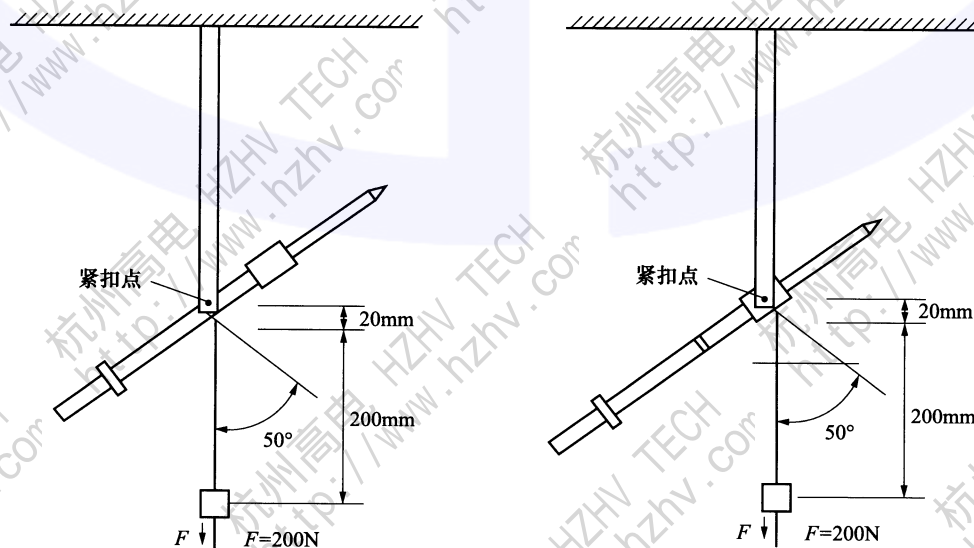


图 15 引线和连接强度试验布置

在线夹下对地线施加 200N 的作用力，持续 1min。如果核相仪或者地线没有可见的损坏，且线夹没有从棒上脱落，则认为整个试验通过。

#### 5.4.6 抗跌落试验

对核相仪整机进行试验。具体参数如下：

地面由混凝土或钢做成，光滑、坚硬、有刚性。水平位置的跌落高度为 1m；核相仪应以水平或垂直的方向向下跌落。在垂直下落时，接触电极应朝下。每个方向各做一次试验。若试验中核相仪无机械损伤并能正常工作，即使接触电极产生弯曲但未破坏，仍能正常工作，则认为试验通过。

#### 5.4.7 抗冲击试验

抗冲击试验主要考核指示装置和接触电极延长段的坚固程度。试验方法见附录 A，在指示装置和接触电极延长段的最脆弱部位，施加 5 次冲击。每个相同位置仅打击 1 次；如果核相仪有窗口保护，则对窗口的冲击能为 2.5J。试验件应该固定在一个刚性支体上。如果核相仪无机械损伤并能正常工作，认为试验通过。

### 5.5 环境试验

5.5.1 试验前每个核相仪应采用酒精清洗，并在空气中干燥 15min。

5.5.2 试验在指示装置和接触电极延长段进行。除了温度循环周期和时间与湿度等，其他试验条件应符合 GB/T 2423.22 要求。试验应按照以下要求循环进行，如图 16 所示：

- 试品应放在人工环境室。环境室的温度应从环境温度降至该环境类型（见表 1）核相仪所需的低温，环境室的温度应保持 2h。
- 将试品从环境室取出，并在取出试品 5~10min 内，按照 5.2.1 的要求在室温下进行明显指示试验，允许对核相仪外部进行擦拭。
- 在室温下应保持 2h。
- 再将试品放置在环境室，以  $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的速度升温，直至达到该环境类型（见表 1）核相仪所需的高温。相对湿度应维持在 50%。
- 环境室应保持高温 3h，在前 1.5h，相对湿度应从 50% 至增加 96%。
- 将试品从环境室取出，并在取出试品 5~10min 内，按照 5.2.1 的要求在室温下进行明显指示试验。允许对核相仪外部进行擦拭。

5.5.3 如果两次明显指示试验，满足在 5.2.1 的规定，认为试验通过。

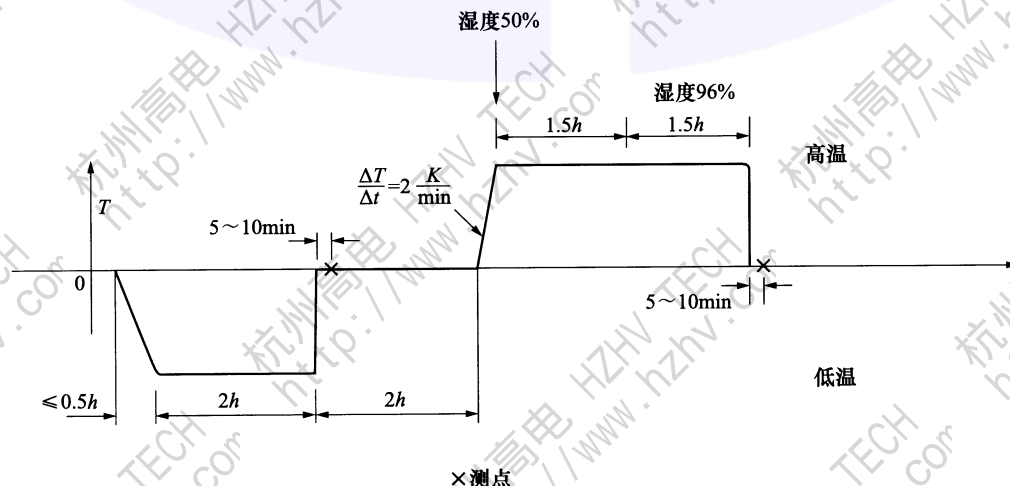


图 16 试验周期与气候的关系曲线

## 5.6 标志的耐久性

用沾水的布条在标志上至少擦 1min，再用沾异丙醇的布条持续擦 1min。

如果标志仍然是清晰可读，标志没脱落，字迹不模糊，标签未产生松动，认为试验通过。

注：铸造或者雕刻的标记可以不用做耐久试验。

## 6 质量体系

### 6.1 一般要求

为了保证核相仪的质量能够满足本标准的要求，制造厂应通过 ISO9000 和 ISO9004 质量体系的质量认证。

质量保证选型方针以 ISO9002 为基础，分标准包括功能性和组织性的元件，如对产品供应商的要求。

如果缺少按 ISO8402、ISO9000 或者 ISO9002 制订的详细的保证计划，或者计划不能保证质量达到要求，则制造厂必须进行本标准包含的所有试验。试验按附录 D 抽样程序进行抽样试验。

### 6.2 记录

制造厂应保存验收试验的记录，以便供用户查询，保存期为 8 年，试验结果有效，并符合制造厂的质量控制程序。

## 7 包装、储存及运输

### 7.1 包装

核相仪的包装箱（袋）上应注明生产商名、地址、商标、产品名称、规格、型号，每套核相仪应附有产品合格证及产品说明书，使用说明应符合附录 B 的要求。

### 7.2 运输和储存

7.2.1 核相仪批量运输时应采用木质包装箱或硬纸外壳箱，包装的标志应清楚整齐，并注明“切勿淋雨”“切勿受潮”“小心轻放”“避免重压”等标志。

7.2.2 应储存在干燥、通风、避免阳光直射和无腐蚀及有害物质的场所。



## 附录 A (规范性附录)

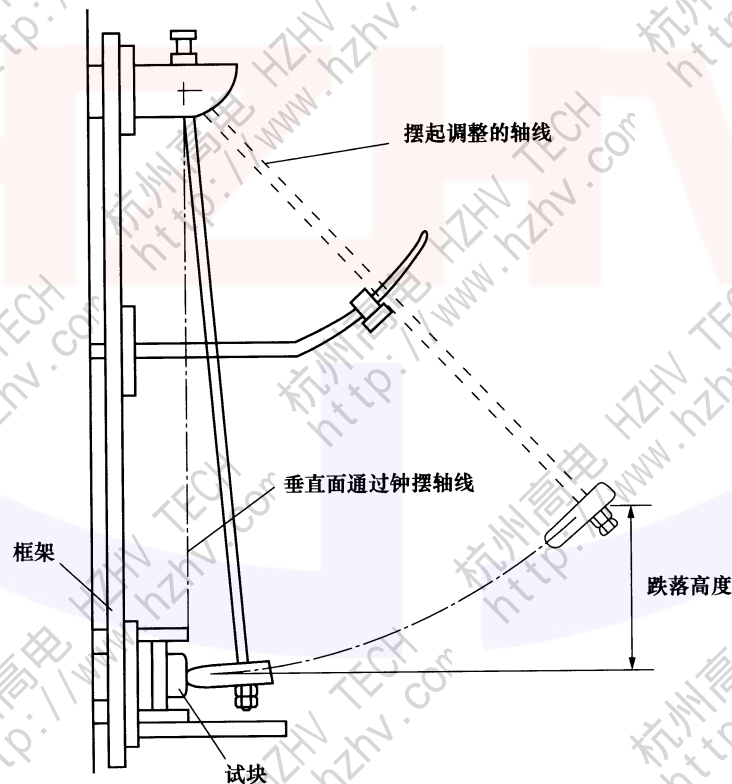
### 机械打击试验——摆锤法

用摆锤法进行打击试验，摆锤是一个固定在振荡臂末端的锤子，绕水平轴线旋转（见图 A.1）。锤子在垂直面以重力摆动。锤柄为外径 9mm 内径 8mm 的钢管，并且：

- 在顶部有一个旋转装置用来调整打击。摆锤的轴应始终与支架表面保持垂直。
- 在底端固定一个 1.5kg 的锤子，摇摆半径为 1m，在落差高 400mm 时可以产生 6J 的冲击能。

显示器应固定在支架上，使每次打击的碰撞点和锤子的轨迹和摇摆垂直面交叉位置一致。摇摆应在对弯曲表面的撞击点处和切线面一致，见图 A.1a)。

锤子的细节见图 A.1c) 和图 A.1d)。



a) 左视图

图 A.1 冲击试验钟摆锤详图（一）

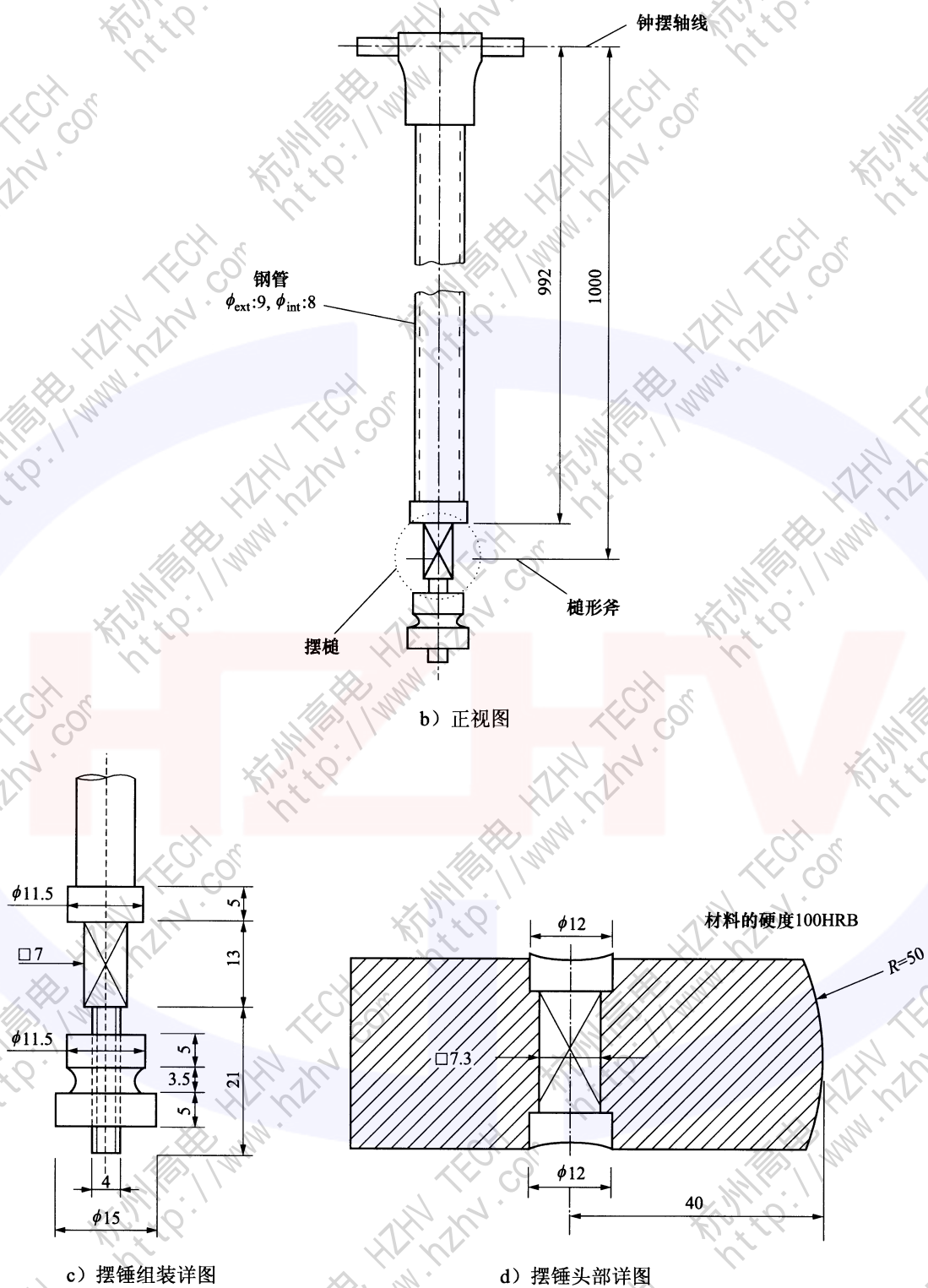
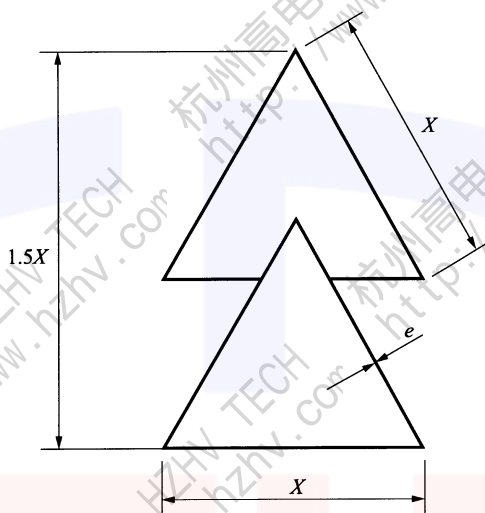


图 A.1 冲击试验钟摆锤详图 (—)

附录 B  
(规范性附录)  
标记的符号

标记的符号及样式见图 B.1。



尺寸要求:

$X$ : 可以是 16mm, 25mm 或 40mm;

$e$ : 线条的最小宽度为 1mm。

图 B.1 标记的符号及样式图

### 附录 C (规范性附录) 使用说明

使用说明包含了核相仪使用和维护所必须的所有信息，适用于所有核相仪，至少应包括如下内容：

- a) 标签注释。
- b) 使用说明，尤其是接地要求。
- c) 多部件核相仪组装说明。
- d) 限位标记和护手说明。
- e) 显示信号的意义。
- f) 功能测试说明和限位说明（比如当测试元件没有测试所有线路时）。
- g) 如果核相仪没有测试元件和可用的外置设备，应标明影响。对核相仪的输入电源进行可靠性试验时，测试步骤应有说明。
- h) 附件的使用说明。
- i) 工厂组装的开关盒使用说明。
- j) 关于限制的说明，在限制范围内被测试装置部件的电压可以改变，但应给出同样的显示。
- k) 干扰电压和干扰场可能产生的影响说明。
- l) 核相仪和接触装置在遇雨时等潮湿情况下的耐久说明。
- m) 存储和维护说明。
- n) 定期维护测试说明。
- o) 运输说明。
- p) 用户更换核相仪部件说明及其必要的参数。
- q) 地线和连接使用说明。
- r) 关于直流显示说明。

**附录 D**  
**(规范性附录)**  
**试验程序**

核相仪的试验程序见表 D.1。

**表 D.1 核相仪的试验程序**

序号	试验项目	标准条文	型式试验	出厂及 预防性试验	抽样试验
1	外观及尺寸检查	5.4.1	√	√	
2	标志的耐久性	5.6	√		√
3	握力和挠度	5.4.2	√		
4	抗跌落	5.4.4	√		
5	抗冲击	5.4.5	√		
6	连线、地线和连接强度	5.4.3	√		√
7	连接引线和地线的绝缘强度	5.3.5	√	√	
8	操作杆工频耐压及操作冲击耐压试验	5.3.6	√	√	
9	防止短接	5.3.1	√	√	
10	耐电火花	5.3.2	√		√
11	泄漏电流	5.3.3	√		
12	回路电流	5.3.4	√		√
13	明显指示试验	5.2.1	√	√	
14	抗电场干扰试验	5.2.2	√		
15	环境试验	5.5	√		
16	额定工作时间	5.2.7	√		
17	自检	5.2.6	√	√	
18	响应时间	5.2.5	√		√
19	频率特性	5.2.4	√		
20	视觉指示清晰可辨性试验	5.2.3.1	√		√
21	听觉指示清晰可辨性试验	5.2.3.2	√		√

**附录 E**  
**(规范性附录)**  
**抽样程序**

**E.1 一般程序**

由于涉及人身安全及设备生产数量的限制，应采用有针对性的单独的质量保证计划。每组包含同等级和同类型的核相仪。

**E.2 缺陷分类**

抽样计划和程序以本标准所覆盖的核相仪有可能发现缺陷的类别为基础，缺陷确定为主要缺陷和次要缺陷。表 E.1 对照抽样程序试验给出了缺陷的类别。

**表 E.1 缺陷分类**

试验描述		缺陷类别	
		主要	次要
5.2.3.1	视觉指示的清晰可辨性	√	
5.2.3.2	可听指示的清晰可辨性	√	
5.2.5	响应时间	√	
5.3.2	火花放电电阻	√	
5.3.4	回路电流	√	
5.4.3	连线、地线和连接的强度	√	
5.6	标记的耐久性		√

**E.3 一般抽样计划****E.3.1 主要缺陷抽样计划**

对主要缺陷抽样，表 E.2 限制在 3200 台，并按以下要求：

- 少于 5 台时进行全部测试；
- 等于或大于 3201 台，根据表 E.2，按少于 3200 台规模测试。

**表 E.2 主要缺陷抽样计划**

产品批量	抽样批量	验收不合格数量	退货数量
5~50	5	0	1
51~500	8	0	1
501~3200	13	1	2

**E.3.2 次要缺陷抽样计划**

对次要缺陷抽样，表 E.3 限制在 3200 台，并按以下要求：

- 1 台时对其进行测试；
- 等于或大于 3201 台，根据表 E.3，按少于 3200 台规模测试。

表 E.3 次要缺陷抽样计划

产品批量	抽样批量	验收不合格数量	退货数量
2 到 50	2	0	1
51 到 500	8	0	1
501 到 3200	13	1	2

#### E.4 当在试验室而不是在制造厂进行试验时的程序

在进行绝缘试验时，如果一个批量的核相仪不能满足 5.3 的要求，应结束试验并通报制造商或供应商。

在这种情况下，制造商或供应商可要求客户或者试验室出具证明，说明试验程序和装置符合本标准的适用条款。

出具证明后，制造商或供应商可以要求其代表见证附加核相仪的试验。

所有返回件应按制造商或供应商的指定点返回，不标永久标记。

## 附录 F (规范性附录) 验收试验

如本标准所定义的验收试验是一个合同性的试验，向用户证明设备满足了其说明书中的条件。既可以对每件进行试验（预防性试验），也可以对样品进行试验（抽样试验）。

如果用户在其说明书中表示设备只需要满足本标准的要求，则按本标准进行（预防性和抽样）试验。

用户可以鉴证试验、委托他人鉴证试验或接受制造商的检测结果；也可以在其指定试验室，甚至自己的试验室进行试验。

而且，当从新的制造商那里订货时，或订购一个新的产品或新的设计，因为熟悉和了解程度的原因，用户还可以要求附加试验或加大抽样规模。



中华人民共和国  
电力行业标准  
带电作业用便携式核相仪

DL/T 971—2017

代替 DL/T 971—2005

\*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

\*

2018年8月第一版 2018年8月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 2印张 58千字

印数 001—200册

\*

统一书号 155198·907 定价 **25.00**元

版权专有 侵权必究

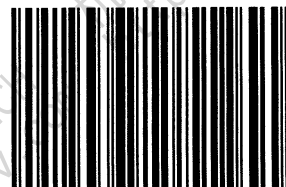
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信



155198.907