

# 电网在役支柱绝缘子及瓷套超声波探伤 工艺方法

中华人民共和国电力行业标准

《电网在役支柱绝缘子及瓷套超声波检验技术导则》

编写组

2008. 12

## 参加编写单位和人员

华东电力试验研究院有限公司	蒋 云 杨 菁
徐州电力试验中心	王维东
河南电力试验研究院	蔡红生 汪 毅
苏州热工研究院有限公司	刘 勇
国家电网江苏徐州供电公司	唐成立

## 前言

### 1. 超声波探伤物理基础

爬波

纵波

纵波斜入射

横波

### 2. 支柱绝缘子及瓷套的组织特点

### 3. 支柱绝缘子及瓷套易发生裂纹的部位

工艺方法的关键技术

研制用于表面检测用的并联式爬波探头

爬波探伤深度范围的测定

爬波探伤有效探测距离的测定

研制用于检查支柱绝缘子内部用纵波斜探头

研制用于检查瓷套内部和内壁的横波双晶斜探头

### 4. 研制铝质专用对比试块,

铝质专用对比试块中 $\Phi 1\text{ mm}$ 横通孔与瓷中同距离 $\Phi 1\text{ mm}$ 横通孔发射声压比较

### 5. 工艺方法试验

探头参数的测定

支柱绝缘子及瓷套声速测定

纵波斜入射探伤灵敏度的确定

纵波斜入射探伤缺陷情况

纵波斜入射探伤结果的评定

爬波探伤灵敏度的确定

爬波支柱绝缘子探伤表面缺陷情况

爬波支柱绝缘探伤结果的评定

爬波检测瓷套表面缺陷

爬波支柱绝缘子探伤结果的评定

采用横波双晶斜探头检验瓷套内部和内壁缺陷

横波双晶斜探头检验瓷套内部和内壁缺陷探伤结果的评定

附:

国内常用的几种数字式超声波探伤仪支柱绝缘子和瓷套超声波检验工艺使用方法

HS-612e 超声波探伤仪

武汉中科创新公司

CTS- 数字式超声波探伤仪

汕头超声仪器研究所

CST-2300 数字式超声波探伤仪

常州超声电子有限公司

**USM33** 数字式超声波探伤仪

CB/TFD 超声成像检测系统

北京邹展鹿城科技有限公司

支柱绝缘子及瓷套超声波探伤专用对比试块的制作

山东济宁模具厂

## 前言

支柱绝缘子及瓷套是变电站和升压站大量使用的绝缘部件，属于脆性材料，没有固定的型变能力，且韧性较差，工作环境恶劣，一旦发生断裂或失效，将严重影响电网的安全稳定运行。近年来不断发生的支柱绝缘子及瓷套断裂，已经引起各方面的重视，国家电网公司也曾发布《72.5KV 及以上电压等级支柱绝缘子技术监督规定》（国家电网生技[2005]174 号）要求对支柱绝缘子进行超声波检测。

我国电力系统内一些单位先后进行了卓有成效的工作，有力的推动这一技术的发展，但至目前为止，还没有适应供电系统瓷件超声波探伤人员实用的教材，我们在编写中华人民共和国电力行业标准《电网在役支柱绝缘子及瓷套超声波检验技术导则》的同时，前提下我们编写了这份教材，并力求做由浅入深到简单明了易懂，系统的介绍了超声波探伤物理基础和工艺方法，方法介绍将系统常用的国内外数字式超声波探伤仪中进行了衔接，其目的是统一检测工艺，统一判废方法，使仪器的选择，探头的指标，对比试块的发现缺陷的能力和判废达到统一。为完善我国电力系统的电网在役支柱绝缘子及瓷套的超声波探伤尽一份力量。

## 一. 技术规格

- 1.1.1 仪器的性能测试方法应符合 JB/T 9214 的规定，测试周期为 1 年。
  - 1.1.2 仪器的工作频率范围至少为 1~6 MHz。
  - 1.1.3 仪器的实时采样频率不小于 100 MHz。
  - 1.1.4 仪器可记录波形应 $\geq$ 500 幅。
  - 1.1.5 仪器显示刷新率应 $\geq$ 60HZ。
  - 1.1.6 仪器可测声速范围：400~20000m/s。
  - 1.1.7 仪器必须配有标准的通信接口，如 USB 接口，可通过界面程序与计算机进行数据和波型交换，也可直接与打印机相连。
  - 1.1.8 仪器所配对比试块应符合本导则附录 A 所列技术条件要求。
- 1.2 数字式 A 型脉冲反射式超声波探伤仪所配用探头的要求
- 1.2.1 探头应按 JB/T 10062 的规定进行测试，测试周期为 1 年。
  - 1.2.2 探头对准对比试块上被测棱边，当反射波幅最大时，探头中心线与被测棱边的夹角应在  $90^{\circ} \pm 2^{\circ}$  的范围内。
  - 1.2.3 探头主波束在垂直方向不应有明显的双峰或多峰。
  - 1.2.4 探头的中心频率允许偏差为 $\pm 0.5$ MHz。
  - 1.2.5 纵波直探头最大穿透能力： $\leq 400$ mm。
  - 1.2.6 纵波斜探头缺陷最大检出能力：可检出被测瓷支柱绝缘子及瓷套内部深度 $\leq 250$ mm 内的 $\Phi 1$ mm 孔。
  - 1.2.7 爬波探头缺陷最大检出能力：距瓷支柱绝缘子及瓷套裂纹 40mm 时，能检出深 1mm 的裂纹。

HS-612e 超声波探伤仪瓷支柱绝缘子和瓷套超声波检验工艺  
检验准备

清洁被检的瓷支柱绝缘子和瓷套，并记录被检瓷件的相关基础信息。

检查 HS-612e 超声波探伤仪充电情况。检查探头和连接线的规格。试块的规格及强度标记。

#### A. 1 瓷支柱绝缘子声速测定工艺方法

##### D. 2. 1 测量

用卡尺量出被测瓷支柱绝缘子的外径，测量点为露砂区的边缘。

##### D. 2. 2 选择通道

将根据被测瓷件尺寸选定的纵波直探头与仪器连接，按 ON/OFF 键两秒开机。转动旋钮到屏幕右侧菜单栏中的“通道”，单击旋钮选中，再旋转旋钮，将通道改为纵波探伤 C 通道。

##### D. 2. 3 自动调校

按自动调校键，屏幕下方滚动出现提示语：

请输入材料声速：6 0 0 0 m/s（基准值）

按确认键。

屏幕下方又出现提示语：

请输入起始距离：5 0 mm

转动旋钮将初始值改为刚才用卡尺测量出的瓷瓶直径，例如量出来的直径为 1 4 3 mm，则转动旋钮将起始距离后的数值改为 1 4 3，按确认键。

屏幕下方提示语变为：

请输入终止距离：1 0 0 mm

转动旋钮将数值改为刚所测量出的支柱绝缘子直径的两倍，例如量出的直径为 1 4 3 mm，则转动旋钮将数值改为  $1\ 4\ 3 \times 2 = 2\ 8\ 6$ ，按确认。

此时屏幕范围变为 2 8 6，并在 1 4 3 mm 和 2 8 6 mm 的地方分别有一个闸门。

##### D. 2. 4 测量声速

在瓷瓶上涂上耦合剂，将探头放置在被测支柱绝缘子检测面。此时屏幕上应在 1 4 3 mm 附近和 2 8 6 mm 出现两个波形，观察两个回波出现的位置，若两个回波不在各自所处在位置的闸门范围内，则转动旋钮将波形调整到闸门范围内。

如果波形超出满屏，则按自动增益键，将波形调整到 8 0 % 高度。

按下确认键，仪器将自动进行声速测试，此时拿探头的手应保持力度，使得屏幕上的波形平稳，待仪器上出现校准完毕字样后，方可松手，此时声速测量完毕。

#### A. 2 纵波斜入射检验支柱绝缘子内部缺陷工艺方法

##### D. 3. 1 测量

用卡尺量出被测瓷支柱绝缘子的外径，测量点为露砂区的边缘。

##### D. 3. 2 开机

根据被测支柱绝缘子外径选择相应的探头，将探头与仪器连接，长按 ON/OFF 键 2 秒，开机自检后进入操作界面。

##### D. 3. 3 选择通道

转动旋钮到屏幕右侧菜单栏中通道，单击旋钮选中，再旋转旋钮，将通道改为纵波探伤 A 通道。

### D. 3. 4 确定探伤灵敏度

#### a) 自动调整

将探头置于被检查部位，找出最强反射底波，长按旋钮，将菜单栏从通道退出，转到闸门移位栏，单击选中。转动旋钮移动闸门套住底波，按自动增益键调至 80%波高。

#### b) 手动调整

支柱绝缘子和瓷套探伤灵敏度可以根据以下公式计算：

$(\text{瓷瓶外径} - 40\text{mm}) / 10 = \text{支柱绝缘子底波与 } 40\text{mm 深度下 } \Phi 1 \text{ 孔的分贝差}$

例如：被测支柱绝缘子直径为 120mm，探头在 JYZ—BX 试块深度 40mm  $\Phi 1$  孔 80%波高时增益为 60db，则按照公式应在此基础上增益  $(120 - 40) \div 10 = 8 \text{ db}$ ，即探伤灵敏度应为  $60 + 8 = 68\text{db}$ 。根据瓷件外径值，转动旋钮选中菜单栏中增益 按下表参数设置探伤灵敏度。中强瓷探伤灵敏度须在下表基础上再增益 4 db。

瓷件厚度或直径 (mm)	30	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
$\Phi 1$ 孔灵敏度 (dB)	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80

### D. 3. 5 扫查缺陷

将探头置于支柱绝缘子检测面，沿支柱绝缘子扫查一周，可能出现几种情况，见图 1. 2. 3. 4.

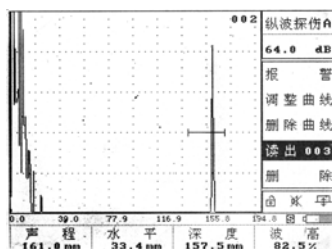
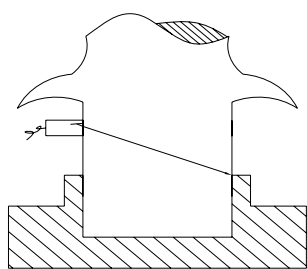


图 1 支柱绝缘子内部无缺陷仅见对称面清晰底波应判定合格。

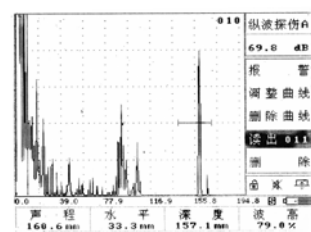
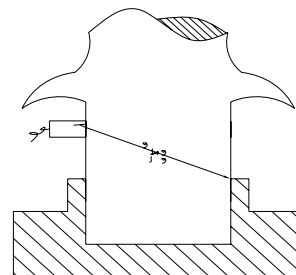


图 2 内部点状缺陷反射波波高  $< \Phi 1$  横孔当量，且  $\leq 2$  点应判定合格。

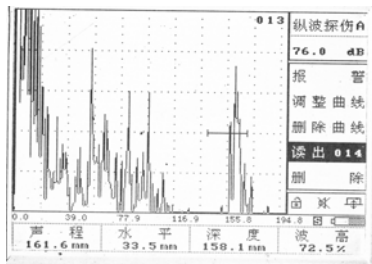
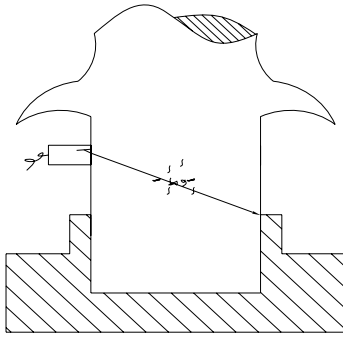


图 3 内部缺陷呈现为多个( $\geq 2$ 点)反射波缺丛状( $> 3$ 点)反射波,

陷波高 $> \Phi 1$  横孔当量应判定为不合格。

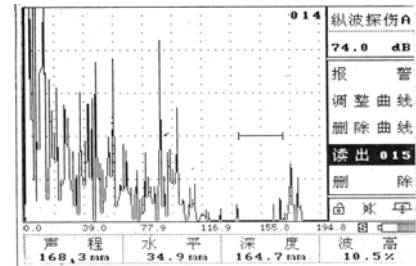
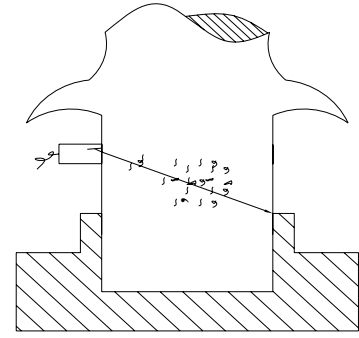


图 4 内部缺陷呈现

底波已被遮挡而消失应判定为不合格。

### D. 3. 6 纵波半波高度法

发现内部缺陷反射波后,左右移动探头,找到缺陷最强反射波,用记号笔在支柱绝缘子与探头中心相对应的位置作下标记。即为缺陷中心位置。按自动增益键将波形调到 80%。然后探头向左移动,当波幅逐渐降低时到 40%时(此时超声波束正好一半射在缺陷上,另一半偏离缺陷,因此缺陷波只有最大波幅的一半),用记号笔在支柱绝缘子与探头中心位置对应的位置作上标记,即为左端点。再右移动探头,当波幅逐渐降低时到 40%时,用记号笔在支柱绝缘子与探头中心位置对应的位置作上标记,即为右端点。

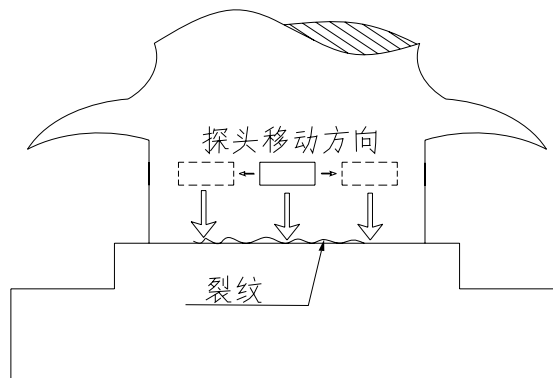


图 5 半波高度法测定裂纹长度

## A. 3 纵波斜入射检测瓷套内部和内壁缺陷工艺操作方法

#### D. 4. 1 测量

用卡尺量出被测瓷套的外径（测量点为露砂区的边缘）和壁厚。

#### D. 4. 2 开机

根据被测瓷套的外径和壁厚，选择相应弧度的探头。将探头与仪器连接，长按开关键 2 秒，开机自检后进入操作界面。按参数键进入参数列表，转动旋钮到探头角度栏，单击旋钮选中，再转动旋钮将探头角度改为与使用探头相符，单击旋钮退出修改状态，再按参数键返回探伤界面。

#### D. 4. 3 选择通道

旋转飞梭旋钮，单击选中屏幕右侧菜单栏中通道，再旋转飞梭旋钮，到纵波探伤 B 通道。

#### D. 4. 4 扫查缺陷

根据瓷套壁厚，将闸门移至壁厚值，将探头置于被检查部位，沿圆周移动探头。可能出现如下几种情况：

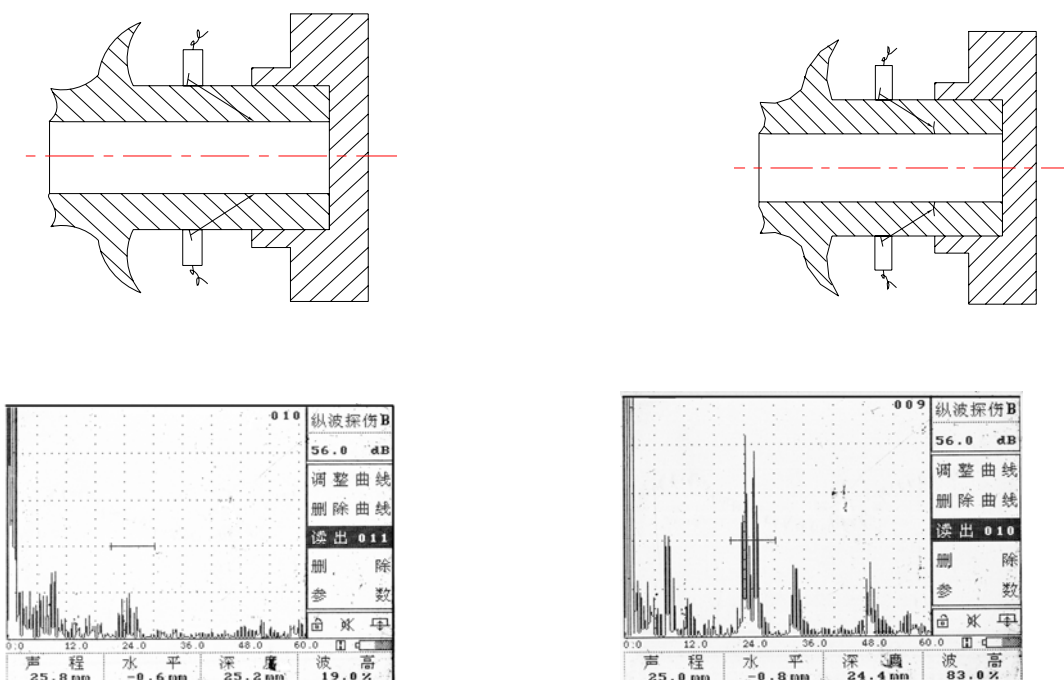


图 6 5P8° 探头检测 A4 瓷套, 未发 图 7 5P8° 探头检测 A4 瓷套内壁, 缺陷波  
现内壁缺陷波, 位于底波前, 底波波幅 < 20% 应测定指示长度

a) 内壁无缺陷时波形见图 6。此时底波微弱一般  $\leq 30\%$ 。

b) 内壁缺陷波与底波同呈，同呈时前波为缺陷波，后波为底波，见图 7。

c) 当瓷套壁厚 > 60mm，且跨距允许，可采用 5P10° 探头。

### A. 4 爬波检测瓷支柱绝缘子表面缺陷工艺方法

#### A. 4. 1 测量

用卡尺量出被测瓷支柱绝缘子的外径，测量点为露砂区的边缘。

#### A. 4. 2 开机

根据被测支柱绝缘子直径，选择比被测件直径大 20mm 的探头。将探头与与仪器上的接收与发射插头正确连接。长按开关键 2 秒钟，开机自检后进入操作界面。

#### A. 4. 3 选择距离波幅曲线

旋转飞梭旋钮选中菜单栏中的通道，单击选中，选择爬波探伤通道，此时示波屏上呈现已绘制好的距离波幅曲线。

#### A. 4. 4 扫查缺陷

探头应沿被测件圆周转动，注意曲线附近缺陷反射波与草状反射波的区别。必要时可以采用平面爬波探头沿支柱绝缘子轴向扫查用以发现轴向裂纹。

#### A. 4. 5 爬波半波高度法

a) 发现超标的缺陷反射波后，左右移动探头，找到缺陷最强反射波，用记号笔在支柱绝缘子与探头中位位置相对应的位置作下标记。即为缺陷中心位置。按自动增益键将波形调到 80%。

b) 然后探头向左移动，当波幅逐渐降低时到 40%时(此时超声波束正好一半射在缺陷上，另一半偏离缺陷，因此缺陷波只有最大波幅的一半)，用记号笔在支柱绝缘子与探头中心位置对应的位置作上标记，即为左端点。

c) 再右移动探头，当波幅逐渐降低时到 40%时，用记号笔在支柱绝缘子上与探头中心位置对应的位置作上标记，即为右端点。

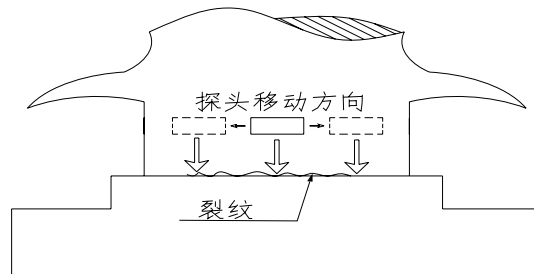


图 8 爬波半波高度法测缺陷长度

A. 4. 6 爬波实测证明，高强瓷，中强瓷之间的声速差异约为2dB，因此探伤时，不必进行修正。

A. 4. 7 检验中的几种典型波型情况: 见图9、10、11

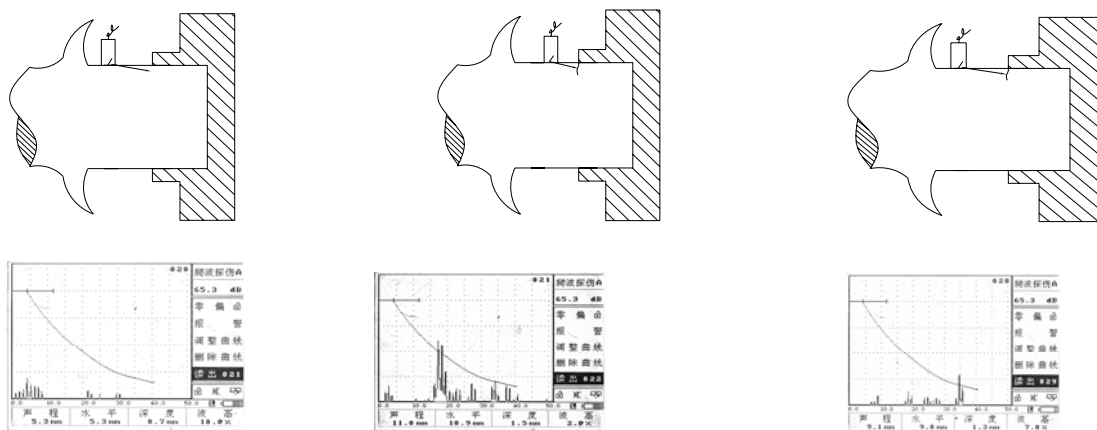


图 9 无缺陷时示波屏基本无波 图 10 裂纹距探头裂纹距探头 15mm 处 1mm 裂纹反射波型 图 101 裂纹距探头裂纹距探头 35mm 处 1mm 裂纹反射波型

#### A. 5 爬波检测瓷套表面缺陷工艺方法

爬波检测瓷套表面缺陷工艺方法与支柱绝缘子相同。检验中的几种波形情况见图 12、13。

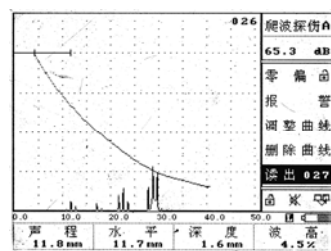
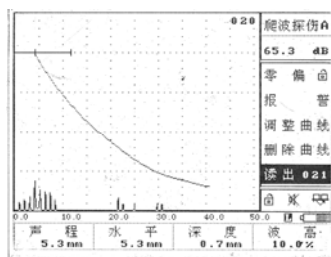
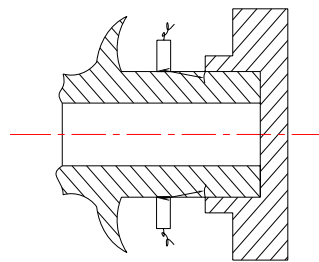
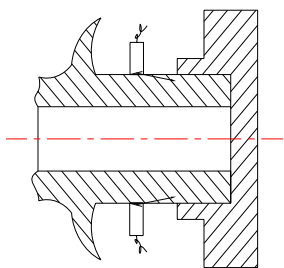


图 12 瓷套外壁无缺陷时波形

图 13 瓷套外壁发现缺陷时波形