

文章编号:1001-1609(2004)01-0025-02

高压开关烧结触头的超声 C 扫描图像校正方法

曹宗杰, 陈怀东, 薛 锦, 王裕文

(西安交通大学材料科学与工程学院, 陕西 西安 710049)

Ultrasonic C-scan Image Correction Method for Sintered Contact in High Voltage Switch

CAO Zong-jie, CHEN Huai-dong, XUE Jin, WANG Yu-wen

(School of Material Science and Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

摘要: 通过研究高压开关烧结触头结合面上超声波的传播特点发现,界面处的散射现象是造成超声 C 扫描图像不均匀的主要原因。在此基础上提出了超声 C 扫描图像形态滤波校正方法。试验结果表明,该法有效地校正了高压开关烧结触头的超声 C 扫描图像的不均匀现象,提高了超声无损检测的准确性。

关键词: 高压开关; 烧结触头; 超声无损检测
数学形态学; 图像处理

中图分类号: TG441.7

文献标识码: A

Abstract: The propagation property of ultrasound on the bonded interface of sintered contact used in high voltage switch is investigated. It is found that scattering occurring on the interface is the main reason that causes the non-uniformity of ultrasonic C-scan image of sintered contact. Based on the analysis, the morphological filtering method for ultrasonic image is proposed. The experimental result shows that the non-uniformity of ultrasonic C-scan image is corrected and the accuracy of nondestructive testing of sintered contact used in high voltage switch is improved by the morphological filtering method.

Key words: high voltage switch; sintered contact; ultrasonic nondestructive testing; mathematical morphology; image processing

1 引言

目前越来越多烧结结构的电触头被用于高压开关。为了提高烧结触头质量,保证电器设备的可靠运行,需要采用有效的方法对其质量进行评价^[1]。文[2]的研究证明超声 C 扫描成像无损检测方法适用于烧结触头结合面的质量检测。但是由于烧结触头的特殊结构,造成超声 C 扫描图像灰度分布的不均匀性,影响了超声无损检测的准确性。通过研究烧结触头的结构对超声波传播特性的影响,分析了烧结触头超声 C

扫描图像不均匀性的原因,并采用图像形态滤波方法对烧结触头超声 C 扫描图像进行了校正。

2 影响检测准确性的原因

由超声学原理可知,声波入射到平面异质界面时,发生反射与透射现象,这时的反射与透射声波的强度是由界面两边的异种物质的声阻抗决定的,脉冲反射法的基本原理是通过分析界面上各点的反射回波的强度来判断界面的结合情况,结合状况一致的界面上各点的反射回波强度是相同的。图 1 为烧结触头的基本结构示意图,可以看出,烧结面并不是一个平面,实际上是一个不规则界面。声波入射到不规则界面时,除了发生透射与反射外,还会发生散射现象,散射会造成声波能量的衰减,如图 2 所示。由于界面各处的不规则程度不同,由散射造成的声波能量的衰减程度也不同,从而使结合情况一致的界面各点的反射回波强度也不同,由超声 C 扫描图像反映出来就是结合状况一致的各点的灰度值不同。由于这种不均匀现象的存在,影响了超声无损检测的准确性。

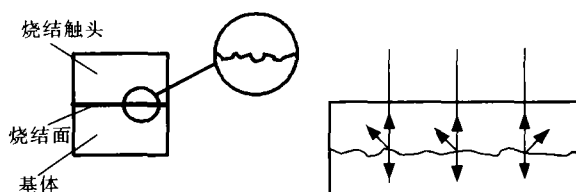


图 1 烧结触头结构示意图 图 2 烧结界面超声传播示意图

图 3 为烧结触头的超声 C 扫描图像,图像灰度级为 256 级。可以看出,图像左侧的灰度值分布与缺陷灰度值水平都高于右侧,这是由于声波在右侧的衰减比左侧严重。由于这种不均匀现象的存在,在对图像采用传统的阈值分割方法确定缺陷面积时,容易造成对缺陷信息的误判。因此需要采用有效的方法对这种不均匀现象进行校正。

收稿日期:2003-08-13; 修回日期:2003-11-04

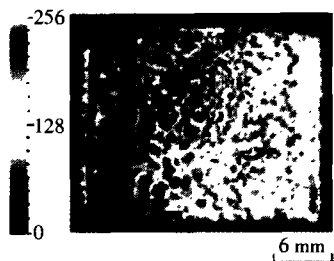


图3 烧结触头的超声C扫描图像

3 灰度图像形态滤波方法

数学形态学是一种用于数字图像处理和模式识别的新理论和新方法^[3]。它的基本思想是用具有一定形态的结构元素去度量和提取图像中的对应形状以达到对图像的分析 and 识别的目的。设 $A(x,y)$ 为原始图像, $B(x,y)$ 为结构元素。灰度图像形态学基本运算方法可以由以下公式定义^[4]:

(1) B 对 A 的膨胀运算:

$$D_C(A, B)(s, t) = \max\{A(s-x, t-y) + B(x, y) \mid (s-x, t-y) \in D_A; (x, y) \in D_B\}$$

其中: D_A 和 D_B 分别为 A 与 B 的定义域。位移参数 $(s-x)$ 和 $(t-y)$ 必须包含在 D_A 之内, 其几何意义为膨胀运算结果中的点 (s, t) 平移 (x, y) 后至少与 A 有一个元素相互覆盖。 $D_C(A, B)(s, t)$ 表示 B 对 A 的膨胀结果在点 (s, t) 的值, 其值为点 (s, t) 在结构元素形状定义的邻域中取 $A+B$ 的最大值。

(2) B 对 A 的腐蚀运算:

$$E_C(A, B)(s, t) = \min\{A(s+x, t+y) - B(x, y) \mid (s+x, t+y) \in D_A; (x, y) \in D_B\}$$

其中: 位移参数 $(s+x)$ 和 $(t+y)$ 必须包含在 D_A 之内, 其几何意义为腐蚀运算结果中的点 (s, t) 平移 (x, y) 后都应该包含在原始图像 A 内部。 $E_C(A, B)(s, t)$ 表示 B 对 A 的腐蚀结果在点 (s, t) 的值, 其值为点 (s, t) 在结构元素形状定义的邻域中选取 $A-B$ 的最小值。

通过对灰度图像的膨胀运算和腐蚀运算进行组合, 可以得到开运算和闭运算。

(3) A 与 B 的开运算

$$O_C(A, B) = D_C(E_C(A, B), B) \quad (1)$$

由式(1)可以看出, A 与 B 的开运算实质上是 A 与 B 进行腐蚀运算的结果, 再与 B 进行膨胀运算。

(4) A 与 B 的闭运算

$$C_C(A, B) = E_C(D_C(A, B), B) \quad (2)$$

在式(2)中, A 与 B 的闭运算实质上是 A 与 B 进行膨胀运算的结果, 再与 B 进行腐蚀运算。

灰度图像的开运算去掉图像上与结构元素的形态不吻合的部分(图像中相对亮的)灰度分布结构, 同时保留那些相吻合结构; 闭运算则是填充那些图像上与结构元素形态不相吻合的(图像中相对暗的)灰度分布结构, 同时保留那些相吻合的结构。这就是图像形态滤波的基本思想^[5]。由于超声C扫描图像

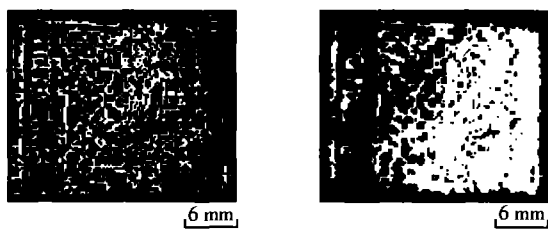
中缺陷灰度值高于背景, 因此采用检测低灰度值背景下的高灰度值目标的方法:

$$A' = A - O_C(A, B)$$

其中: A' 为图像形态滤波后的结果。首先用结构元素 B 对图像 A 做开运算, 找到图像背景, 然后将背景从图像 A 中去除, 就得到形态滤波后的图像 A' 。由于 A' 去除了非均匀现象的影响, 对 A' 进行阈值分割处理可以得到比较理想的缺陷分割结果。

4 试验结果与分析

图4(a)为采用数学形态滤波处理后分割得到的二值化图像, 图4(b)为直接进行阈值分割后的二值化图像。通过对比分析可以看出, 图像的不均匀性造成图像阈值分割后缺陷面积的扩大, 图像形态滤波可以有效消除不均匀性的影响, 减小了由于界面散射对检测结果准确性的影响。



(a) 经过图像形态滤波 (b) 未经过图像形态滤波
图4 二值化图像

5 结论

通过研究烧结触头烧结界面的超声波传播特性发现, 界面处入射声波的散射现象造成了声波能量的衰减, 影响了反射回波的强度, 由于界面上各点的散射能量不同, 对反射回波的影响也不同, 这是造成烧结触头超声图像不均匀的原因。在该分析的基础上, 采用图像形态滤波方法对烧结触头超声C扫描图像进行处理, 有效解决了图像不均匀性的问题, 提高了超声无损检测的准确性。

参考文献:

- [1] 马宏伟. 电触头接头超声成像无损检测技术研究 [D]. 西安交通大学博士学位论文, 1998.
- [2] 陈怀东, 曹宗杰, 王裕文, 等. 开关触头烧结接合面超声无损检测[J]. 高电压技术, 2001, 27(3): 47-49.
- [3] Robert M Haralick, Stanley R Sternberg, Zhuang Xinhua. Image Analysis Using Mathematical Morphology [J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987, PAMI-9(4): 532-550.
- [4] 阮秋琦. 数字图像处理学[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [5] 崔屹. 图像处理与分析: 数学形态学方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

作者简介: 曹宗杰(1977-), 男, 山西省太谷县人, 博士, 主要从事电触头无损检测与超声图像处理的研究。