

文章编号: 1672-8785(2010)03-0037-05

红外热像技术在电气设备中的应用

平 丽 靳明明

(河南理工大学电气学院, 河南焦作 454000)

摘 要: 红外热像仪在监测电力设备的外部故障方面有着不可比拟的优势。因为它可以通过监测设备来检测电力系统在运行中的真实温度分布状态, 并具有不停电、不接触电气设备、直观、准确的特点, 所以它成为电力部门常采用的一种行之有效的检测手段。我们可以根据测得的红外热像图, 运用数字图像处理中的图像增强和边缘检测的方法, 再通过借助从 MATLAB 图像处理工具箱所得到的几种处理方法处理后的图像对比, 从而确定故障的准确部位。

关键词: 外部故障; 红外热像图; 图像增强; 边缘检测

中图分类号: TM711 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2010.03.008

Application of Infrared Thermal Imaging Technology in Electric Power System

PING Li, JIN Ming-ming

(Henan Polytechnic University, School of Electrical, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: An infrared thermal imager has its incomparable dominance in the monitoring of external malfunction of electric power equipment. Since it can detect the actual temperature distribution of the electric power equipment in operation contactlessly and accurately, it has become an effective detection means used commonly by the electric power sector. When the obtained infrared thermal images are processed by using the image enhancement and edge detection methods in the MATLAB image box, the accurate fault location in the electric power equipment can be determined.

Key words: malfunction; infrared images; image enhancement; edge detection

1 引言

随着科学技术的发展, 红外检测诊断技术应运而生。它是一种简便、快捷的设备在线检测技术, 在运用中不停电、不取样、不接触设备以及大面积扫描成像, 并具有直观、准确、灵敏度高、快速、安全及应用范围广等优点。该技术是及早发现设备外部热故障和内部绝缘故障的重要手段, 能够对电气设备的早期故障缺陷作出可靠性预测, 从而使传统电气设备由预防性试验

维修提高到状态检修。红外检修技术的运用对提高电气设备的可靠性与有效性、提高电力系统运行的经济效益以及降低维修成本具有重要意义。红外诊断技术能很好地解决触头和接触端子的热故障检测问题。它可以在不停电的情况下定时或连续地对设备进行带电在线检测, 并不破坏设备在运行中的真实温度分布状态, 便可获得探测目标的二维温度分布(热像图), 这有利于将其与设备的邻近部位或不同相间进行对比诊断。该

收稿日期: 2009-10-21

作者简介: 平丽(1986-), 女, 湖北荆州人, 硕士研究生, 主要研究方向为图像处理及故障诊断。E-mail: pingli1118@126.com

技术的温度分辨率及空间分辨率高,图像清晰,能可靠地诊断出设备中细微的热状态变化,并将仪器装在直升飞机上对高压输电线路的故障进行巡检,克服了恶劣地理条件的限制。发展较成熟的红外热像仪还配备有辅助的计算机图像处理系统,可对采集的设备热状态图像进行各种计算、分析和处理,这样就提高了诊断的可靠性并建立了设备运行状态的管理数据库。基于上述优点,红外热像仪是目前电力系统状态检修领域中的一种行之有效的检测手段。

2 红外热像技术原理

1800年,英国的天文学家 William Herschel 用分光棱镜将太阳光分解成从红色到紫色的单色光,依次测量不同颜色光的热效应。他发现,当水银温度计移到红色光的边界以外即人眼看不见任何光线的黑暗区的时候,温度反而比红光区更高。反复试验证明,在红光区的外侧确实存在一种人眼看不见的“热线”,后来称为“红外线”,也就是“红外辐射”。对于自然界中的任何物体,只要温度高于绝对零度,它就会以电磁辐射的形式在非常宽的波长范围内发射能量,产生电磁波(辐射能)。

红外线在大气中穿透比较好的波段,通常称为“大气窗口”。红外热成像检测技术就是利用了所谓的“大气窗口”。短波窗口在 $1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$,而长波窗口则是在 $8\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$ 。

从图1可以得知,物体的温度越高,其辐射的峰值能量就越偏向短波方向。故红外热像仪,特别是用以建筑检测的红外热像仪,其工作波段通常在 $8\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$ 的长波波段。建筑上用的红外检测的温度一般在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内。

红外热像仪是一种新型的光电探测设备,它可将被测目标表面的热信息瞬间可视化,并快速定位故障,而且在专业的分析软件的帮助下可对故障进行分析,从而完成建筑节能、安全检测和电气预防性维护等工作。

热像仪由两个基本部分组成:光学器件和探测器。光学器件将物体发出的红外辐射聚集到探测器上,然后探测器把入射的辐射转换成电信号,进而将其处理成可见图像,即红外热图。整个过程如图2所示。

3 红外热像图

红外热成像是通过探测物体表面温度辐射来成像的,它在接受被测目标的红外辐射的同时还会受到大量非检测对象的辐射信息的干扰,如环境温度、大气辐射、灰尘等,因而不可避免地存在图像对比度不高、边缘模糊等现象。通过图像预处理,可以抑制噪声,提高图像的对比度,得到清晰的图像;通过边缘检测,可以看出图像温度分布的具体部位,尤其是对图像中温度最高点的位置的判断,这就提高了设备故障诊断的准确性,便于检修人员判断。

3.1 数字图像处理技术

随着电子技术和计算机技术的发展,数字图像处理技术也得到了前所未有的发展。所谓数字图像处理,就是利用计算机和其他高速的大规模集成数字硬件,对从图像信息转换来的数字电信号进行某些数字运算或处理,以提高图像的质量或达到人们所预期的结果。因而它也称为计算机图像处理,如对被噪声污染的图像去除噪声,对信息微弱的图像进行增强处理,对失真的图像进行几何校正,对容量过大的图像进行压缩编码等。数字图像处理的应用越来越广泛,已经渗透到工程、工业、医疗卫生、航空航天、军事、科研和安全保卫等各个方面,也在国民经济中发挥着越来越大的作用。

数字图像处理方法的研究源于两个主要的应用领域:其一是为了便于人们分析而对图像信息进行改进;其二是为了使机器自动识别而对图像数据进行存储、传输及显示。为了研究和分析图像,就需要对图像进行处理。图像处理就是按待定的目标用一系列具有特点的操作来“改造”图像。

数字图像处理方法大致可以分为两类,即空间域处理法(或称空域法)和变换域处理法(或称频域法)。

(1) 空域法把图像看成是平面中各个像素组成的集合,然后直接对其进行相应的处理。空域法主要包括邻域处理法和点处理法。邻域处理法涉及到梯度运算、拉普拉斯算子运算、平滑算子

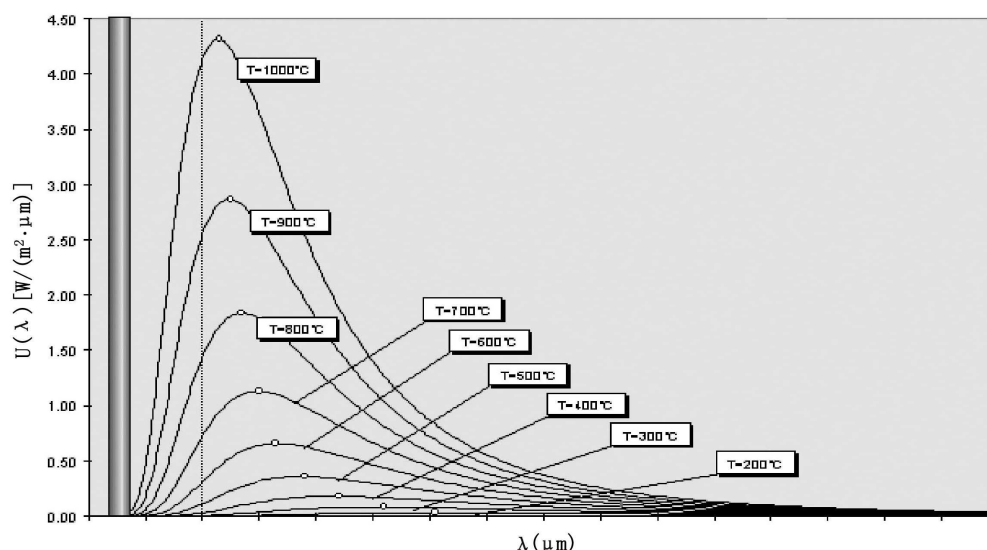


图 1 物体热辐射在不同温度下的频谱

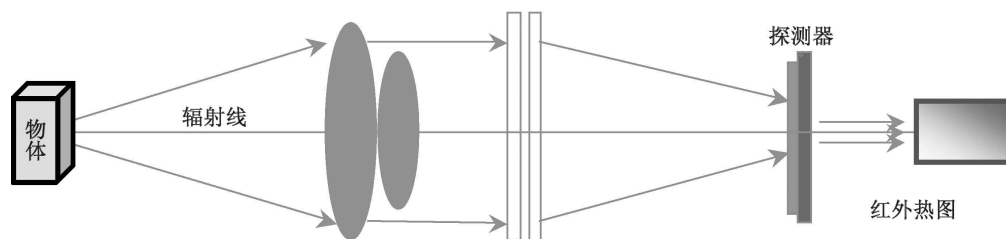


图 2 红外热图像的形成过程

运算和卷积运算；点处理法涉及到灰度处理和面积、周长、体积与重心运算等。

(2) 频域法则首先要对图像进行正交变换，得到变换系数阵列，然后再进行各种处理，处理后再逆变换到空间域，得到处理结果。这种处理方法包括滤波、数据压缩、特征提取等。

数字图像处理技术的内容丰富，总体上包括图像获取、图像编码压缩、图像存储与传输、图像变换、图像合成、图像增强、图像复原与重建、图像分割、目标检测、图像配准、图像理解等多个方面。本文着重用到了图像增强和边缘检测技术。

3.2 图像增强技术

图像增强是指利用各种数学方法和变换手段提高图像中的所研究目标与背景的对比度以及图像清晰度，从而突出人或其他接受系统所感兴趣的部分，其主要目的是为了消除在图像采集、量化和传递过程中的各种干扰和噪声。

图像增强的方法有很多，对不同的处理对象用到的处理方法也不尽相同，其中包括：空域法中的灰度变换、直方图法、平滑滤波、锐化滤波等；频域法中的低通滤波，高通滤波，同态滤波等。直方图均衡化的优点是能增强整个图像的对比度。邻域平均法和中值滤波法是空域平滑滤波中常用的两种方法。邻域平均法虽然抑制噪声的能力较强，但会使图像的边缘模糊，给图像的边缘检测带来困难。中值滤波是一种非线性平滑滤波，在一定的条件下可以克服邻域平均法带来的图像细节模糊等问题，而且对过滤脉冲干扰和图像噪声非常有效，但对某些细节多（特别是点、线、尖顶）的图像不宜采用。

断路器 r 外接线端头接触不良是很普遍的故障之一，如图 3 所示，进线侧的温度达 120℃，出线侧的温度只有 45℃，这是因为安装或检修时的疏忽或工艺不良引起的。处理后断路器投运正常。采用 MATLAB 图像处理工具箱对断路

器的外接线端头接触不良的红外图片进行了处理,在图像增强部分对图像分别进行了直方图均衡、均值法、中值滤波法、拉普拉斯锐化、巴特沃斯低通滤波、亮度切割法、灰度级彩色变换法的处理,处理后的图像见图 3。

3.3 图像的边缘检测

边缘检测是本文用到的另一种数字图像处理方法。边缘检测的方法有很多,如 Roberts 算子、Laplacian 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子、Canny 算子等。Roberts 算子利用局部差分算子寻找边缘,边缘的定位精度高,但由于图像没经过平滑处理,因此该算子不具备抑制噪声的能力,只对具有陡峭边缘且含噪声少的图像的处理效果较好;Sobel 算子和 Prewitt 算子对噪声具有一定的抑制能力,但不能完全排除检测结

果中出现的虚假边缘;Laplacian 算子是各向同性的二阶微分算子,不能提供方向信息,对噪声的敏感性比一阶算子明显,容易产生虚假边缘,所以它很少直接用于边缘检测,而主要用于抑制边缘像素;Canny 算子是基于最优化思想推出的边缘检测算子,该算子具有较强的抑制噪声的能力。图 4 所示的是用几种边缘检测方法处理后的图像的比较。

从中可以看出, Canny 算子方法能很好地检测到图像的边缘,而其他四种方法不能达到理想的检测效果,因此选择 Canny 算子方法。在边缘的信息量需求不大的情况下, Canny 算子是最好的边缘检测算法。它提取的边缘连续且细锐,处理起来也比频域法方便。

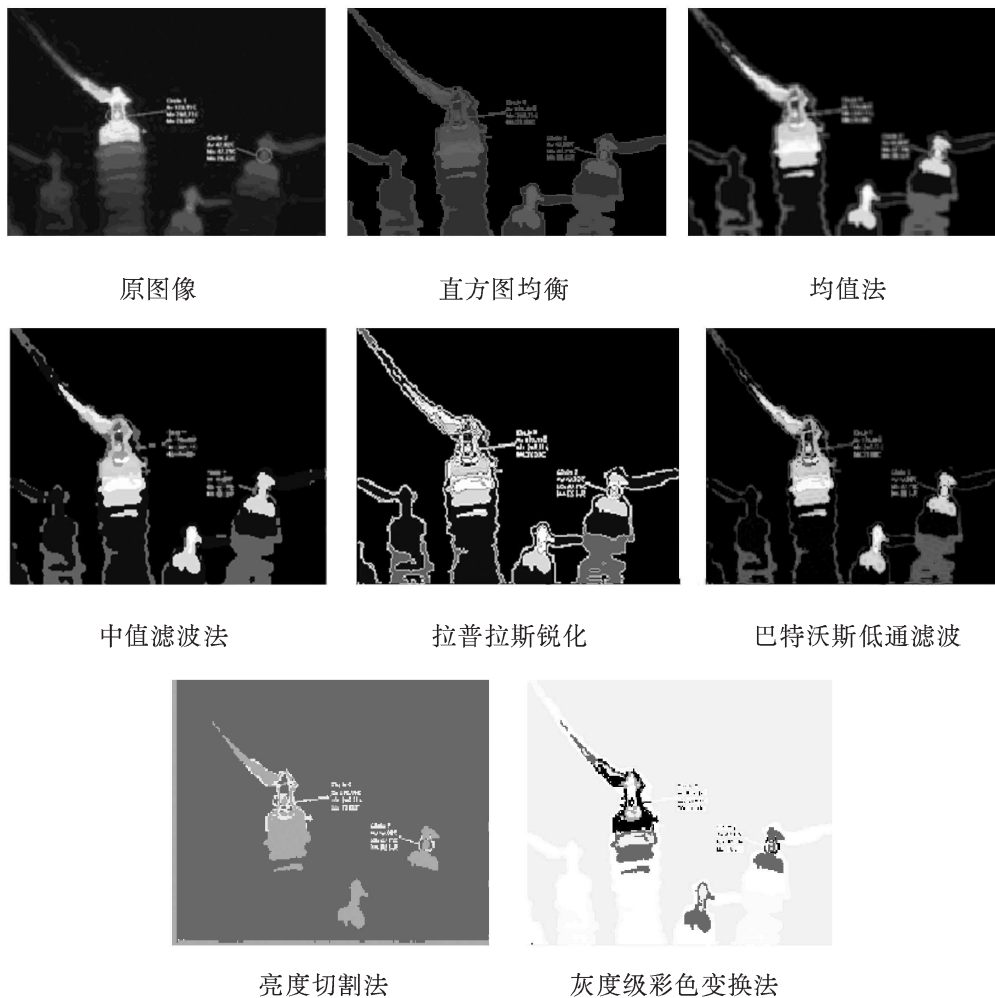


图 3 几种图像增强处理方法的对比

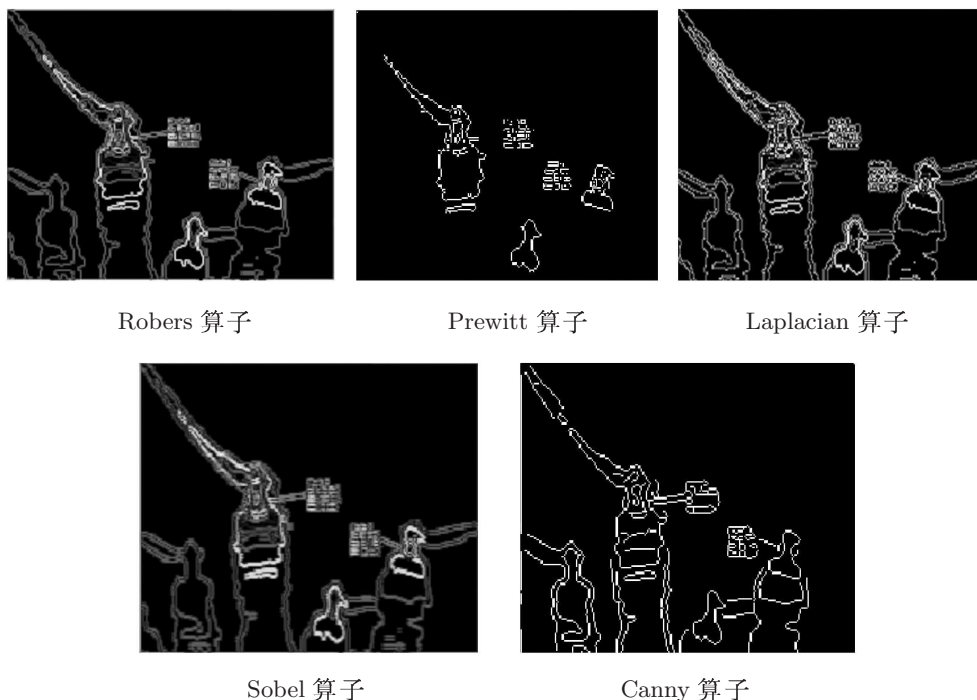


图 4 几种边缘检测处理方法的比较

4 结语

本文借助 MATLAB 图像处理工具箱, 对断路器的外接线端头接触不良的红外图像进行了图像增强和边缘检测的处理, 并通过对多种图像增强方法得到的图像进行比较可以看出, 增加对比度和中值滤波法的效果比较好。在边缘检测处理方法的对比中, Canny 算子方法是最好的一种。它检测到的边缘清楚, 而且抗噪声能力强。

本文中的处理只是为了说明图像的相关处理对准确定位故障位置起着很好的作用。在实际应用中, 那就需要专门的图像处理软件来实现, 或者开发集图像处理和故障诊断为一体的诊断系统, 这也是今后需要探讨的方向。

参考文献

- [1] 周国安. 红外技术在电气设备检测中的应用 [J]. 红外, 2007, 28(5): 36-39.
- [2] 接晓霞, 魏立明. 基于红外热像技术的电接触故障诊断 [D]. 大连理工大学, 2007: 28-32.
- [3] 周志敏. 红外诊断技术在电气设备状态检修中的应用 [J]. 设备管理与维修, 2002, 10: 22-24.
- [4] 许仲仁, 唐上林. 红外热成像技术在线故障诊断 [J]. 电力设备, 2004, 5(3): 75-77.
- [5] 陈衡. 红外热像仪在电力设备系统中故障诊断应用概况 [J]. 激光与红外, 1999, 3: 8-11.
- [6] 刘新业, 常大定, 欧阳伦多. 红外热成像在电力设备维护中的应用 [J]. 红外与激光工程, 2002, 31(3): 220-224.
- [7] Gerd Balzer Ing. Condition Assessment and Reliability Centered Maintenance of High Voltage Equipment [J]. Proceedings of 2005 International Symposium on Electrical Insulating Materials, Japan, 2005: 112-123.
- [8] Olav Vang THorsen, Mangnus Dalva. A survey of faults on induction motors in offshore oil industry, petrochemical industry, gas terminals and oil refineries. IEEE Transaction on industrial application [J]. 1995, 31(5): 1186-1196.
- [9] 朱秀昌, 刘峰, 胡栋. 数字图像处理与图像通信 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2002: 67-84.
- [10] 陈廷标, 夏良正. 数字图像处理 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 1990: 255-271.
- [11] 李颖杰, 杨华, 王宝荣, 等. 一种改进的红外图像增强算法 [J]. 红外, 2009, 30(7): 45-48.
- [12] 关琳琳, 孙媛. 图像边缘检测方法比较研究 [J]. 现代电子技术, 2008, 31(22): 96-98.
- [13] 慈秀丽, 陈广告. 图像边缘检测方法分析与研究 [J]. 红外, 2008, 29(7): 20-23.