

文章编号:1005-0523(2019)03-0111-08

基于红外图像处理的变电设备热故障自动诊断方法

王小芳¹, 康琛², 程宏波¹, 曾晗^{1,2}, 辛建波², 纪清照²

(1. 华东交通大学电气与自动化工程学院, 江西 南昌 330013; 2. 国网江西省电力有限公司电力科学研究院, 江西 南昌 330096)

摘要:针对变电设备热故障的诊断与定位问题,提出一种红外图像自动诊断方法。该方法利用二维 Otsu 阈值法对区域生长算法进行改进,以解决背景繁杂图像的目标提取问题;在分析反映设备外形特征的像素统计图的基础之上,根据极值规律实现对目标设备结构区域的划分;依据结构划分结果和故障诊断判据,最终实现变电设备热故障的精细化诊断与定位。实验表明,该方法在无人工干预的条件下较好地实现了变电设备的热故障诊断与定位,大大提高了故障诊断的效率和准确率。

关键词:变电设备;图像处理;结构识别划分;热故障诊断

中图分类号:TP391

文献标志码:A

在电网规模迅速扩大的今天,红外检测因其非接触性、便捷性等特点^[1],已成为电力检修和在线监测的主要手段。对于运维检修,目前的检测主要流程为:①在现场检测并获得红外图像;②检测人员对被检测设备手动做结构划分、温度指标计算和故障诊断;③导入运维系统生成诊断结果并存档。然而面对如此大规模的电网,依赖于人工对设备热故障进行诊断使得检测效率低,检测结果也随人员的技术水平、疲劳程度和经验累积而有所区别^[2],可能导致调度及运维无法对设备的故障态势作出正确判断,这也与电网的智能化发展极不相称^[3]。

目前众多学者通过红外图像处理技术对变电设备的故障进行了多方面的研究。采用传统的一维 Otsu 阈值法^[4]对配电设备的红外图像进行处理,检测出了有异常温升的图像。通过邻域模板构建二维直方图,借鉴 Otsu 阈值算法实现了多个目标区域的分割^[5]。利用区域生长法^[6]对灰度值与温升呈相似性曲线的 R、G 分量图作区域分割,提取了电气设备温升过高的区域。利用伽马变换和 Retinex 算法对电力设备红外图像进行增强,并采用多尺度结构平滑滤波器,分割出较为完整的电力设备^[7]。这些研究都取得了一定的成绩,但对于背景复杂、热噪声干扰严重的变电设备全局图像处理问题,在算法的抗噪性、自适应程度及与热故障自动诊断的实际需求结合方面还有较大的改进空间。

本文提出一种以变电设备全局红外图为研究对象的热故障自动诊断方法,利用以二维 Otsu 阈值为生长准则的改进区域生长法分割红外图像,提取完整的目标设备;采用形态学开闭运算对提取设备作预处理,利用变电设备像素统计图的极大值和极小值规律,划分识别设备的结构区域;以相关规范为判定规则,对被检测设备可能的故障位置实现故障诊断与定位。

收稿日期:2018-10-29

基金项目:江西省杰出青年人才培养项目(20162BCB23046);江西省重点研发计划项目(20161BBH80033,20181BBE50009)

作者简介:王小芳(1990—),女,硕士研究生,研究方向为供电设备健康管理。

通讯作者:程宏波(1979—),男,副教授,研究方向为供电设备健康管理及电网的智能控制。

1 利用改进区域生长法分割红外图像

目前电力领域常用的图像分割方法有阈值法、区域生长法等。阈值法计算较为简单,分为一维 Otsu 阈值法、二维 Otsu 阈值法和最大熵法等^[8]。经实验对比分析,在电力设备红外图像处理中,二维 Otsu 阈值法的抑噪能力、抗干扰性较好、自适应程度高。但是无论阈值取得如何精确,都不可避免会留下与目标灰度值相近的背景区域,这给图像的后续处理带来了困难。区域生长法分割图像可减少背景干扰,但方法中种子像素的选取、生长准则的确定是两个关键问题^[9],其解决方案直接影响分割结果的好坏。

结合以上方法的优缺点,本文采用二维 Otsu 阈值法与区域生长法相结合的方法实现红外图像的分割,即以周围像素的高度相似性作为条件选取种子像素,采用二维 Otsu 阈值作为生长准则。

1.1 二维 Otsu 阈值法

二维 Otsu 阈值法是将邻域平均灰度值 $g(x,y)$ 引入,与像素点灰度值 $f(x,y)$ 构成二维属性直方图^[10],以类间离散度最大为目标函数,计算最优二维向量 (S,T) 的方法。在直方图中,图像背景像素点和目标像素点分布在对角线附近^[11]。对于一幅灰度级为 L 的 $M \times N$ 的图像,其背景与目标区域的概率分别为 w_0, w_1 , 均值矢量分别为 $\mu_0(s,t)$ 和 $\mu_1(s,t)$, 总均值矢量为 μ_T 。类间的离散度矩阵

$$S_B = w_0(\mu_0 - \mu_T)(\mu_0 - \mu_T)^T + w_1(\mu_1 - \mu_T)(\mu_1 - \mu_T)^T \quad (1)$$

以 S_B 的迹作为类间的离散度测度

$$\text{tr} S_B = w_0[(\mu_{0s} - \mu_{Ts})^2 + (\mu_{0t} - \mu_{Tt})^2] + w_1[(\mu_{1s} - \mu_{Ts})^2 + (\mu_{1t} - \mu_{Tt})^2] \quad (2)$$

最佳阈值 (S,T) 满足

$$\text{tr}[S_B(S,T)] = \max\{\text{tr}[S_B(s,t)]\} \quad (3)$$

在计算机应用处理中,可通过建立查找表^[12]的方式消除公式中的冗余计算,降低计算复杂度、提高计算速率。

1.2 基于二维 Otsu 的改进区域生长法

区域生长法的基本步骤:首先选择一个(组)种子像素作为生长点,随后把生长点周围满足生长准则的像素点纳入种子像素的所在区域,直至区域周围无满足条件的像素点。

1) 种子像素的选取。在图像中心区域,采用图像灰度值 $f(x,y)$ 与邻域均值 $g(x,y)$ 的绝对差值作为种子像素与周围像素高度的相似性条件。当绝对差值为最小时,认为该像素点与周围像素有高度相似性。据此可自动搜寻并准确确定红外图像中目标设备的种子像素。

2) 生长准则的改进。以二维 Otsu 阈值 (S,T) 作为生长准则,即 S 作为分割阈值, T 作为灰度相似阈值。生长准则表达式

$$\begin{cases} f(x,y) \geq S \\ f(x,y) - \bar{f} \geq -T \end{cases} \quad (4)$$

式中: \bar{f} 为种子像素区域的灰度均值。因所选种子像素随图像而异,为避免因固定均值而导致过分割或欠分割,在完成每次生长后,需对该值做更新

$$\bar{f} = \frac{K\bar{f}_{\text{old}} + f(x,y)}{K+1} \quad (5)$$

式中: \bar{f}_{old} 为更新前的灰度均值; K 为像素点个数。当种子像素周边不存在满足要求的像素点时停止生长,图像分割完毕。

2 利用像素统计划分变电设备结构区域

在分割出目标设备后,对设备的结构进行划分、识别,以便采用同类比较、相对温差等判断方法对被检测设备做出精细的诊断。由于电压互感器、电流互感器、避雷器等类柱形设备的外形结构特征明显,反映其外形的像素统计图也存在一定分布规律,故针对此类设备,可求取设备的像素统计,利用极值规律划分结构

区域。考虑到图像分割后仍存在与设备连通的纤细导引线、支架等干扰像素统计分布特征的背景,需先对分割后的图像进行预处理。

2.1 结构划分预处理

为消除纤细导引线、支架等干扰,同时保证设备外形特征不被消除,对分割后图像 A 进行形态学开闭运算。开、闭运算的定义式分别为

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (6)$$

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (7)$$

当结构元素 B 选取过小时效果不明显,选取过大时会消除设备的外形特征,一般取 4×4 。

2.2 基于像素统计的设备结构识别划分

对预处理后的设备图像,沿横向方向统计设备的各行像素点数,即行像素和。由行像素和与其所在行组成像素统计图(如图2所示)。设备结构的变化特别是外形的变化,将明显地体现在像素统计图的变化上;在设备不同结构的连接处,其像素和比其前后的像素和明显要小;在统计图中某一结构的首尾两端对应为第一个及最后一个极大值点或极小值点。由此可划分出设备结构区域。然而,如何在统计图中将设备连接点识别出来是此问题的关键。

通过分析,设备红外图像和像素统计图就设备连接点有如下特点:

- 1) 设备连接处有明显的极小值,且该点与相邻极大值点的绝对差值大于各结构内部的绝对差值;
- 2) 采集的红外图像中设备功能主体均位于图像纵向的中间 $2/3$ 范围内。

由上述特点作为依据可方便地将设备连接点识别出。但是,因设备运行状态及拍摄角度不同,与设备顶端连接的粗导线、杆塔等非设备主体并不能完全地被开闭运算消除,为使结构判断不受此影响,有必要将其删除,从而提高计算准确度和速度。

结构识别划分步骤如下:

1) 求取像素矩阵。求图像的行像素和形成像素矩阵 Q ,矩阵维度为 $M \times 1$ 。当 $Q(i)$ 小于所设阈值 H_1 时,认为第 i 行对应为粗导线、杆塔等非设备主体部分,并将 $Q(i)$ 置 0,形成新像素矩阵 Q_1

$$\begin{cases} Q_1(i) = Q(i), & \text{if } Q(i) > H_1 \\ Q_1(i) = 0, & \text{if } Q(i) < H_1 \end{cases} \quad (8)$$

2) 识别连接点。取矩阵 Q_1 的 $1 \sim (5/6)M$ 行,计算其极小值矩阵 U_{\min} ,极大值矩阵 U_{\max} 和绝对差值矩阵 U ,即有

$$U = |U_{\max} - U_{\min}| \quad (9)$$

矩阵 U 中的最大值和次最大值对应矩阵 U_{\min} 的行是设备结构的 2 个连接点,即设备某结构的 2 个端点行 i_{1-1}, i_{1-2}

$$\begin{cases} i_{1-1} = \arg\{U_{\min}[\max(U)]\} \\ i_{1-2} = \arg\{U_{\min}[\text{submax}(U)]\} \end{cases} \quad (10)$$

计算最大内接矩阵 R_1 ,即得到设备图像在 i_{1-1} 至 i_{1-2} 之间的最大区域。

3) 划分剩余矩阵。 i_{1-1}, i_{1-2} 将矩阵 Q_1 分割为 2 个新矩阵,即矩阵 $Q_2[1 \sim \min(i_{1-1}, i_{1-2})]$,矩阵 $Q_3[\max(i_{1-1}, i_{1-2}) \sim M]$ 。利用矩阵 Q_2, Q_3 的极大值和极小值差对矩阵做进一步的划分。

对于矩阵 Q_2 ,前一极大值与后一极小值的差值为最大时,该处极小值对应行 i_2 为连接点;对于矩阵 Q_3 ,前一极小值与后一极大值的差值为最大时,该处极小值对应行 i_3 为连接点

$$i_2 = \arg\{U_{2,\min}[\max(U_{2,\max} - U_{2,\min})]\} \quad (11)$$

$$i_3 = \arg\{U_{3,\min}[\max(U_{3,\min} - U_{3,\max(i+1)})]\} \quad (12)$$

根据 i_2, i_3 将矩阵分割为 $Q_{2-1}, Q_{2-2}, Q_{3-1}, Q_{3-2}$,由此可得到设备结构的大致定位。

4) 识别结构区域首末端。对矩阵 Q_{2-t} ,第 1 处极大值 $Q_{2-t,\max 1}$ 对应的行 $i_{2-i,1}$ 为结构的首端,最后 1 处极小值 $Q_{2-t,\min 1}$ 对应的行 $i_{2-i,2}$ 为结构的末端;

对矩阵 Q_{3-t} , 第 1 处极大值 $Q_{3-t, \max 1}$ 对应的行 $i_{3-t, 1}$ 为结构的首端, 最后 1 处极大值 $Q_{3-t, \max 2}$ 对应的行 $i_{3-t, 2}$ 为结构的末端。

5) 无效分割判断。对含有第 1 行和第 M 行的矩阵重复步骤 3), 4)。当划分的矩阵极大值或极小值个数为 0 或 1, 或 $i_{k-i, 2}$ 与 $i_{k-i, 1}$ 差值小于某一阈值 H_2 时, 即式(13)所示, 该矩阵为无效分割矩阵, 设备结构识别划分完毕。随后计算各划分区域的最大内接矩阵 R_{k-t}

$$[|i_{k-t, 2} - i_{k-t, 1}| < H_2] \wedge [\text{num}(Q_{k-t, \max}) \leq 1] \wedge [\text{num}(Q_{k-t, \min}) \leq 1] \quad (13)$$

3 热故障诊断与定位

变电设备热故障分为内部故障与外部故障, 无论哪一种故障最终都反映至设备结构区域之间的温度关系。判断电气设备的是否处在正常工作状态、故障, 通常采用同类比较判断法、相对温差判断法、表面温度判断法等。这些方法的判断规则在《带电设备红外诊断应用规范》(DL/T 644-2016)及《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》(GB/T 11022-2011)中有说明。方法中需要计算的指标有设备不同结构区域的最热点温度 T_{th} , 温差 T_{δ} 或相对温差 δ_r 。

根据红外测温原理^[13], 红外检测设备拍摄的图像是用伪彩色形式表示物体表面温度分布的图, 故伪彩色与温度之间存在对应关系。其之间的换算关系需借助中间参数热值^[14], 关系式为

$$I = [(X - 128)R / 256] + L / \tau \xi \quad (14)$$

$$T_r = B / [\lg(A / I_0 + 1)] - 273.15 \quad (15)$$

其中: I 为红外图像的实际热值; X 为伪彩色值; R 为红外检测仪器的热范围; L 为红外检测设备的热平; τ 为透射率; ξ 为物体发射率; T_r 为物体实际温度; A, B 为检测仪器标定曲线常数。

由此, 可计算温差 T_{δ} 或相对温差 δ_r , 见式(16), 式(17)所示

$$T_{\delta} = T_{th} - T_n \quad (16)$$

$$\delta_r = \frac{T_{th} - T_n}{T_{th} - T_{ref}} \times 100\% \quad (17)$$

其中: T_n 为与热点对应的正常点的温度; T_{ref} 为被测设备区域的环境温度(气温)。

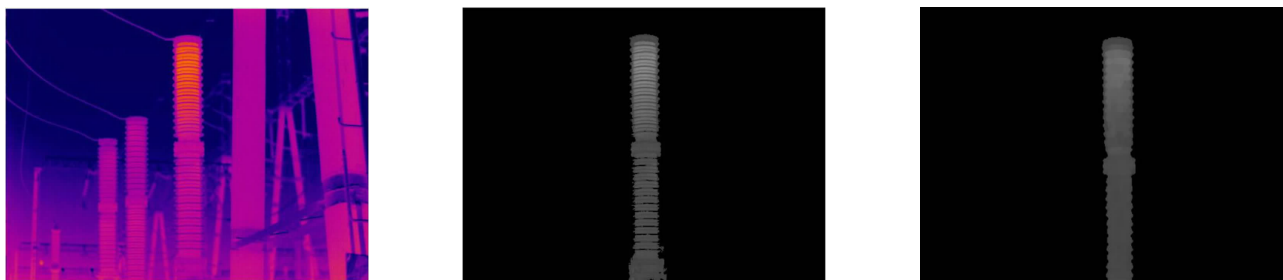
将上述诊断指标依据 DL/T 644-2016 和 GB/T 11022-2011 规定的诊断判据作出诊断结果, 并将温度异常的结构区域标记出来, 并生成诊断结果报告, 为设备运维提供依据。

4 变电设备热故障诊断实例分析

为验证本文方法的实用性, 以某变电站 220 kV 耦合电容器(C 相)红外图像为例进行实验, 红外检测设备为 FLIR T630 热像仪。诊断的流程为: 利用改进区域生长法得到设备主体的分割图像; 随后对分割图像进行预处理, 并进行结构区域的识别划分; 最后依据相关诊断判据计算并诊断各结构区域, 输出诊断结果。

4.1 图像分割及预处理

采用基于二维 Otsu 阈值的改进区域生长算法分割图像, 图 1(a)为电容器热像图, 图 1(b)为分割后的灰度图。



(a) 热像图

(b) 背景分割后灰度图

(c) 结构划分预处理图

图 1 图像分割及预处理

Fig.1 Image segmentation and preprocessing

4.2 结构区域识别划分

本文通过大量的试验,对纤细的导引线、支架等干扰采用 4×4 的结构元素 B , 以达到较为理想的预处理效果。预处理效果见图 1(c) 所示。

4.2.1 连接点识别

计算像素矩阵 Q_1 中 $1 \sim (5/6)M$ 的极小值矩阵 U_{\min} , 极大值矩阵 U_{\max} 和绝对差值矩阵 U , 识别连接点所在行。连接点识别如图 2 所示, 判定矩阵如表 1 所示。图像第 230 行和第 263 行为电容器的屏蔽罩上下两侧的端点, 即为连接点。

4.2.2 区域划分

识别出屏蔽罩后, 根据步骤 5) 的判断依据, 矩阵 Q_1 最终分割为 4 个子矩阵。通过观察大量像素统计图及试验结果, 当矩阵 $Q_{k \rightarrow}$ 设置阈值 H_2 为 $0.05 \text{ length}(\sim Q_1)$ 时, 可准确判断识别划分的合理性。

表 1 设备连接点的判定矩阵
Tab.1 Determination matrix of device link point

序号	极大值 U_{\max}		极小值 U_{\min}		差值 U	序号	极大值 U_{\max}		极小值 U_{\min}		差值 U	序号	极大值 U_{\max}		极小值 U_{\min}		差值 U
	pix	i	pix	i			pix	i	pix	i			pix	i			
1	52	63	48	68	4	10	51	171	46	176	5	19	44	284	39	289	5
2	52	73	46	80	6	11	50	183	45	192	5	20	44	297	39	303	5
3	51	85	46	92	5	12	48	197	44	204	4	21	45	311	39	316	6
4	51	97	47	102	4	13	47	209	42	217	5	22	43	323	37	329	6
5	51	109	47	114	4	14	44	221	37	230	7	23	43	336	38	342	5
6	51	121	47	126	4	15	53	238	51	241	2	24	42	349	36	355	6
7	50	134	47	139	3	16	53	245	52	251	1	25	42	363	37	368	5
8	51	146	46	152	5	17	53	255	38	263	15	26	43	376	37	381	6
9	50	159	47	164	3	18	42	271	40	275	2	27	42	388	37	394	5

根据矩阵的极大值、极小值判定结构的端点, 并计算各自的最大内接矩形。各分割矩阵的像素统计图如图 3 所示, 结构识别划分效果如图 4 所示。由于上瓷套像素矩阵 Q_{2-1} 长度为 4, 远小于阈值 H_2 , 故将其舍去, 仅将耦合电容器划分为 4 个结构。这与设备实际情况和人工的划分结果基本一致。

4.3 热故障诊断

将获得的内接矩阵对应至分割前的红外图像中, 计算各内接矩阵的最热点温度如表 2 所示。

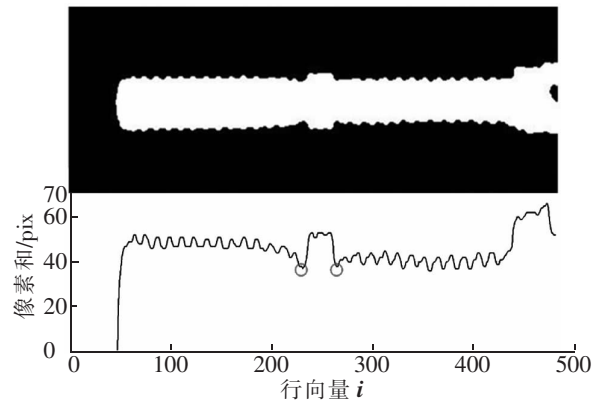


图 2 像素统计图
Fig.2 Pixel statistics

由于耦合电容器属电压致热型设备,判据指标采用温差值 T_{δ} 。依据规范,耦合电容器整体温升偏高或局部过热,发热呈自上而下逐步递减的规律,且温差大于 $2\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时可判定为故障状态。表2中本文方法的最大温差为 $3.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,且最热温度呈自上而下逐步递减,故判定设备为故障状态,且故障区域为 R_{2-2} 。经对比,此结果与检测人员的诊断结果($R01, R02, R03$)基本一致,见图4。

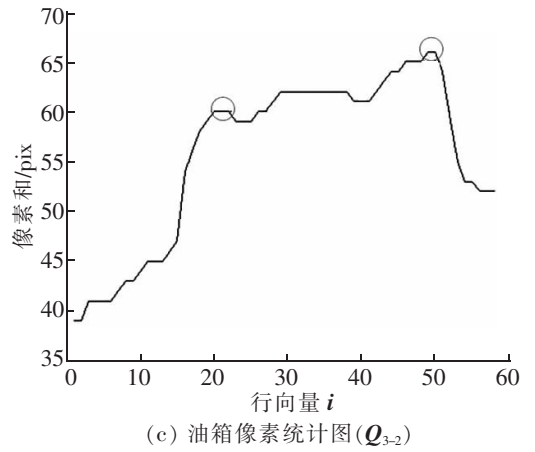
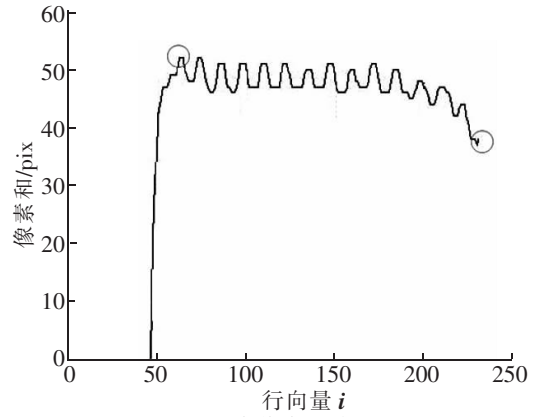
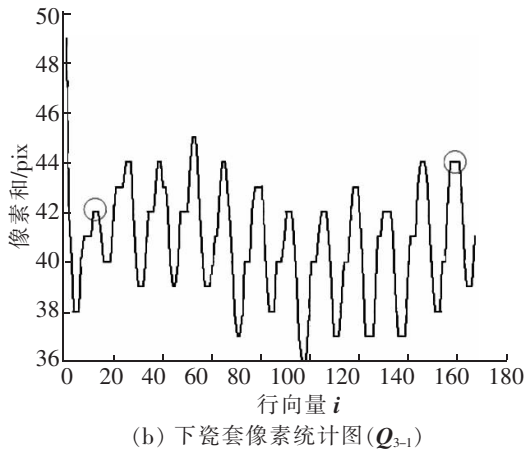


图3 各结构分区像素统计图

Fig.3 Pixel statistics of each structure partition

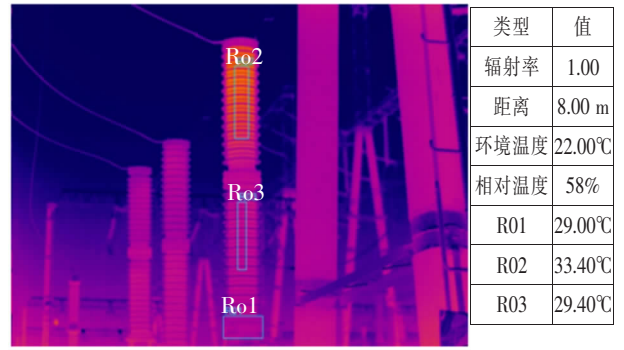
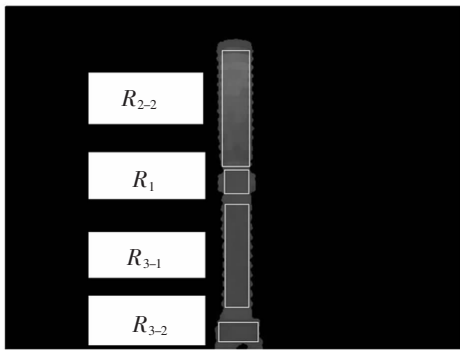


图4 结构识别划分示意图

Fig.4 Schematic diagram of structural identification

表2 各结构故障诊断结果

Tab.2 Temperature calculation of each structure

区域	R_{2-2}	R_1	R_{3-1}	R_{3-2}
最热点温度/ $^{\circ}\text{C}$	33.4	29.6	29.6	29
自上而下温差/ $^{\circ}\text{C}$	-	3.8	0	0.6
热状态	故障	正常	正常	正常

4.4 对比分析

除此例外,将本文方法应用于其他类型设备如避雷器、互感器等,诊断结果如表3所示。采用上述样本,选取二维 Otsu 法和区域生长法与本文方法进行对比,计算结果见表4所示。

表3 变电设备实验诊断结果统计
Tab.3 Statistical results of experimental diagnosis

设备类别	测试数量	实际正常数	实际故障数	诊断错误	诊断成功
电压互感器	12	11	1	1	11
电流互感器	11	9	2	1	10
避雷器	16	13	3	1	15
断路器	7	5	2	1	6
电容器	9	7	2	0	9
电缆终端	5	4	1	0	5
合计	60	49	11	4	56

表4 不同方法的热故障诊断比较
Tab.4 Comparison of thermal fault identification for different methods

诊断方法	测试数量		诊断成功
	正常	故障	
二维 Otsu	49	11	36
区域生长法	49	11	47
本文方法	49	11	56

由诊断结果统计可知,本文方法检测准确率较高。利用二维 Otsu 法分割全局图像,无法将与目标设备灰度相近的背景滤除,利用区域生长法分割全局图像,阈值计算对邻域、噪声等因素的考虑有所欠缺,导致分割后的目标设备周边仍存在背景像素,使得设备结构区域划分不当,出现误故障。本文方法误诊断是由于拍摄角度原因,出现设备特征点被遮挡的异常情况,导致目标分割或结构划分错误而无法正确检测故障,此类问题可通过调整拍摄角度加以改善和避免。

5 结束语

为更好地利用红外技术对电气设备热故障进行识别和诊断,本文提出一种变电设备热故障诊断方法。采用基于二维 Otsu 的改进区域生长算法提取变电设备,算法中区域生长算法对二维 Otsu 的分割区域做了限定,二维 Otsu 的阈值计算考虑了像素的邻域相关信息,从某种意义上舍弃了图像噪声及不相关成分的干扰,可极大程度地将红外图片中的背景滤除,克服了全局阈值分割算法的欠分割问题,提高了区域生长算法的自适应性。利用像素统计划分并识别设备结构,以像素统计的极值规律为结构划分识别判据,对类柱形变电设备具有较好的通用性、稳定性。依据划分区域计算各结构的故障诊断指标,给出故障判断并定位故障区域。本文提出的方法实现了变电设备热故障的自动诊断,诊断过程无需人工干预,准确率高,可大大提高检测效率,为变电站的智能调度和智能运维提供了新的手段。

参考文献:

- [1] 周建民,符正晴,蔡莉,等. 基于热图时序特征和 PNN 的孔洞缺陷红外无损检测方法[J]. 华东交通大学学报,2014,31(2): 86-90.
- [2] 李孟兴,王海燕,杨屹东,等. 一种电力设备红外诊断算法的研究与实现[J]. 高压电器,2017,53(8):224-229.
- [3] 樊陈,倪益民,申洪,等. 中欧智能变电站发展的对比分析[J]. 电力系统自动化,2015,39(16):1-7.
- [4] YING CHIEH CHOU, LEEHTER YAO. Automatic diagnosis system of electrical equipment using infrared thermography[J]. International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition,2009:155-160.
- [5] 张新明,孙印杰,郑延斌. 二维直方图准分的 Otsu 图像分割及其快速实现[J]. 电子学报,2011,39(8):1779-1784.
- [6] 段绍辉,丁庆,夏晶,等. 基于红外图像识别的电气设备温升检测[J]. 机电工程,2014,31(1):7-11.
- [7] 陈基顺,肖立军,万新宇,等. 复杂环境下电力设备红外热图增强与分割研究[J]. 红外技术,2018,41(11):1112-1118.
- [8] 吴一全,孟天亮,吴诗娅. 图像阈值分割方法研究进展 20 年(1994-2014)[J]. 数据采集与处理,2015,30(1):1-23.
- [9] 施兢业,刘俊. 基于改进区域生长法的电力设备红外图像分割[J]. 光学技术,2017,43(4):381-384.
- [10] 郭海涛,王连玉,田坦,等. 利用二维属性直方图的 Otsu 自动阈值分割方法[J]. 光电子·激光,2005,16(6):739-742.
- [11] 刘建庄,栗文青. 灰度图像的二维 Otsu 自动阈值分割方法[J]. 自动化学报,1993,19(1):101-105.
- [12] 汪海洋,潘德炉,夏德深. 二维 Otsu 自适应阈值选取算法的快速实现[J]. 自动化学报,2007,33(9):968-971.
- [13] 杨武,王小华,荣命哲,等. 基于红外测温技术的高压电力设备温度在线监测传感器的研究[J]. 中国电机工程学报,2002,22(9):1334-1338.
- [14] 张文峰,彭向阳,陈锐明,等. 基于无人机红外视频的输电线路发热缺陷智能诊断技术[J]. 电网技术,2014,38(5):1334-1338.

Automatic Diagnosis Method for Thermal Faults of Substation Equipment Based on Infrared Image Processing

Wang Xiaofang¹, Kang Chen², Cheng Hongbo¹, Zeng Han¹, Xin Jianbo², Ji Qingzhao²

(1.School of Electrical and Automation Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. State Grid Jiangxi Electric Power Research Institute, Nanchang 330096, China)

Abstract: In allusion to the problem of thermal fault diagnosis and location of the substation, an infrared image automatic detection method was proposed in this paper. In order to solve the target extraction problem of complex images, the two-dimensional Otsu threshold method was adopted to improve the region growing algorithm. On the basis of the pixel statistics that reflect the appearance characteristics of the device, the division of the structure of the target equipment was achieved by way of the rules of extreme value. According to the results of structural division and fault diagnosis criteria, the refined automatic diagnosis and positioning of the thermal faults in substation were finally realized. Experiments showed that this method can achieve thermal fault diagnosis and location of substation well without manual intervention, which greatly improved the efficiency and accuracy of fault diagnosis.

Key words: electrical equipment; image processing; structural identification and division; thermal fault diagnosis