

变电运维中电压致热型缺陷的红外测温方法分析

谢玲玲 周锦进 郭晓霞

随州供电公司

摘要:在变电运维中,电压致热型缺陷是导致设备故障和停电事故的主要原因之一。电压致热型设备是指在电气设备中,由于电压效应引起的发热现象。这种设备通常与负荷电流的大小无关,而是与设备自身的绝缘介质状态有关。当绝缘介质存在问题,如受潮、老化等情况时,会导致电场中的极化损耗或电导损耗增加,产生额外的热量。常见的电压致热型设备包括耦合电容补偿电容器、电容式电压/电流互感器、避雷器、电容式套管以及绝缘子等。这些设备在工作过程中可能产生局部放电等现象,从而导致发热。因此,对于电压致热型设备,及时检测和处理绝缘介质的问题非常重要,以确保设备的安全运行。本文将对电压致热型缺陷的红外测温方法进行详细分析,希望通过本文的研究,为电压致热型缺陷的预防与诊断提供实用有效的方法和思路,进一步提升变电设备的运行安全性与可靠性。

关键词: 变电运维; 电压致热型; 红外测温

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.18.070

一、红外测温原理

(一) 红外辐射特性

红外辐射是指波长位于可见光与微波之间的一种电磁辐射。物体的温度越高,其产生的红外辐射就越强。通过测量物体的红外辐射强度,可以推算出物体表面的温度。这种方法被广泛应用在电力行业的变电运维中,特别是用于检测电压致热型缺陷。

(二) 红外辐射测温原理

红外测温是通过红外辐射温度计测量目标表面的红外辐射强度,然后根据物体的辐射特性,将红外辐射强度转换为表面温度。红外测温原理基于斯特藩-玻尔兹曼定律,即物体表面辐射的功率与物体表面的温度的四次方成正比。

(三) 红外热像仪工作原理

红外热像仪是常用的红外测温设备。它利用固态探测器捕捉物体表面的红外辐射,并将其转换为图像显示。红外热像仪由光学部分和探测器部分组成。光学部分主要包括透镜、滤光片和反射镜,用于聚焦和滤除不需要的光线。探测器部分则用于将红外辐射转换为电信号,并经过处理后输出图像。

红外热像仪的工作原理是基于红外辐射的能量转换和图像处理技术。当红外辐射进入红外热像仪时,通过透镜聚焦到探测器上。探测器将红外辐射转换为电信号,并经过放大和处理后,以图像的形式显示在显示器上。图像中的不同颜色表示了目标物体表面的不同温度区域,由此可以快速发现温度异常和潜在的缺陷。

红外热像仪具有快速、非接触、无损检测等优点,

因此成为电压致热型缺陷检测中常用的工具之一。它在电力行业中的应用包括发现潜在的电气故障、监测电缆连接器的热异常、检测变压器的负载均衡情况等。通过采用红外热像仪进行定期或定向的检测,可以提前发现并解决电压致热型缺陷,避免事故的发生,保障电网的安全稳定运行。

在红外测温技术的应用中,需要注意测温设备的选择和参数设置,以及测温的方法与实施步骤。红外测温的优势在于其高效快速、大范围扫描、非接触等特点,但也存在测量精度难以达到高精度要求等局限性。因此,在实际应用中需要结合其他的检测手段,综合分析结果,以提高电压致热型缺陷的检测准确性和可靠性。

二、红外测温方法的优势和局限性

(一) 优势

红外测温作为一种非接触、快速、便捷的温度检测方法,在许多领域都有广泛的应用。其主要优势包括:

(1) 非接触测量:红外测温不需要物体与测量仪器接触,可以在远距离内进行测量,避免了传统温度测量方法中物体受热、污染、损坏等问题。

(2) 快速测量:红外测温可以在短时间内对大范围的物体进行温度测量,大大提高了工作效率和生产效率。

(3) 大范围扫描:红外测温技术可以同时多个目标进行测量,可以扫描整个区域,快速获取目标的温度分布情况。

(4) 高安全性:红外测温方法不需要物体直接接触仪器,无须人员接近高温、危险或难以到达的区域,从而提高了工作的安全性。

(5) 实时监测:红外测温技术可以实时监测物体的温度变化,提供及时的温度信息,为工作操作和系统管理提供依据。

(6) 非破坏性检测:红外测温方法通过红外辐射的测量,不会对测量对象造成任何损坏,适用于对物体表面进行无损检测。

(二) 局限性

尽管红外测温方法具有许多优势,但也存在一些局限性和限制。下面列出了一些常见的局限性:

(1) 测量精度有限:受到环境温度、湿度、目标表面材料等因素的影响,红外测温的测量精度有一定的限制。特别是对于小尺寸、低温差、高反射率的目标物体,测量精度可能不够高。

(2) 被遮挡或反射影响:当目标物体的表面被遮挡或存在较强的反射时,会影响红外辐射的接收和测量,从而降低测量精度。

(3) 需要调节测量参数:为了获得准确的温度测

量结果，使用红外测温方法时需要根据具体情况调节并优化测量参数，包括环境补偿、辐射率修正等。

(4) 深度测量困难：红外测温只能测量物体表面的温度，无法获得物体内部的温度分布信息，对于需要深度测量的应用，无法满足需要。

(5) 不适用于透明物体：红外测温主要基于物体表面的红外辐射，对于透明或半透明物体，红外辐射相对较弱，测量结果不够准确。

综上所述，红外测温方法在非接触、快速、大范围等方面具有显著的优势，但在测量精度、被遮挡和反射、测量参数调节、深度测量以及适用于透明物体方面存在一定的局限性。在实际应用中，需要综合考虑这些因素，选择合适的红外测温技术和设备，并配合其他检测方法进行综合分析和判断，以获得更准确、可靠的测温结果。

三、红外测温技术在电压致热型缺陷检测中的应用

(一) 检测目标选择

红外测温方法的局限性之一是受测目标的选择。不同目标的表面特性和材料属性可能对红外辐射的传递和接收产生影响，进而影响测温的精度和可靠性。因此，在进行红外测温时，需要综合考虑目标的特性来选择合适的测温方法及仪器。首先，目标物体的表面反射率是影响测量结果的关键因素之一。表面反射率是指目标物体表面对入射红外辐射的反射能力，一般用反射率(ϵ)来表示。较高的反射率会导致红外辐射的损失和混杂，从而降低测温的准确性。为了修正这一问题，通常需要进行辐射率修正，通过调节测量仪器的参数，根据目标物体的反射率，将所测得的辐射能量转换成对应的温度。其次，目标物体的吸收率也会对红外测温结果产生重要影响。吸收率(α)是指目标物体吸收入射红外辐射的能力。一般来说，吸收率越高，目标物体对红外辐射的能量吸收越多，测得的温度也相对较高。因此，在进行红外测温时，需要根据目标物体的吸收率来选择合适的测温方法和设备，以确保测量的准确性和可靠性。根据物体表面特性和材料属性的不同，可利用被动式红外测温仪器测量红外辐射，并通过辐射率修正和吸收率校正来获得物体的真实温度。具体而言，根据斯特藩-波尔兹曼定律(Stefan-Boltzmann Law)，可以使用下述公式来计算物体表面的辐射率修正温度(T')： $T' = (\alpha * \epsilon * P / \sigma)^{1/4}$ 其中， α 是目标物体的吸收率， ϵ 是目标物体的表面反射率， P 是目标物体的红外辐射功率， σ 是斯特藩-波尔兹曼常数。通过测量目标物体的红外辐射功率和其他相关信息，可以利用以上公式计算出目标物体的表面温度，并进行相应的校正。

(二) 测温设备选择

在选择合适的测温设备时，需要考虑多个因素，包括所需测量的温度范围、测量精度、快速响应能力、可靠性以及适用于不同目标和环境的特性等。首先，温度范围是选择测温设备时需要考虑的一个重要因素。不同的测温设备具有不同的温度范围适用性。例如，红外

测温设备适用于高温测量，通常可测量范围从 -50°C 到 3000°C 。而接触式温度计则可用于更广泛的温度范围，包括极低温度和常温范围。因此，根据实际需要，在选择测温设备时，应确保其覆盖所需测量温度范围。其次，测温设备的测量精度对于精确测量至关重要。测量精度是指设备能够提供的测量结果与实际温度之间的误差。不同类型的测温设备具有不同的测量精度，通过查看设备的技术参数和规格可以了解其精度水平。通常情况下，红外测温设备的精度可以在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 或更低的范围内，而接触式温度计的精度通常更高。快速响应能力也是选择测温设备时需要考虑的一个因素。某些应用场景需要快速准确地测量温度变化，例如在工业生产线中。在这种情况下，建议选择具有较快响应时间的测温设备，以确保实时测量。此外，测温设备的可靠性也是一个重要考虑因素。在工业环境中，测温设备需要具备良好的耐用性和抗干扰能力，以应对复杂的工作条件和挑战。因此，在选择测温设备时，要选择由可靠品牌制造的产品，并查看其相关认证和评价。根据所需测温的不同目标和环境，有多种测温设备可供选择，包括红外测温仪、接触式温度计、热电偶、热敏电阻等。根据实际需求和以上所述的因素，选择合适的测温设备以获得准确、可靠的温度测量结果。

(三) 测温参数设置

在进行测温时，合适的测温参数设置对于确保准确和可靠的测量结果至关重要。主要的测温参数包括测温点的选择，测温距离的确定，以及测温设备的设置和校准。首先，测温点的选择是决定测量结果准确性的关键因素之一。在选择测温点时，应考虑目标的特性和要求，以确保所选点能够代表整个目标的温度情况。特别是针对不均匀的目标物体，应选择不同位置的测温点进行多点测量，以获得更全面的温度信息。其次，测温距离的确定也是一个重要的参数。不同型号的测温设备具有不同的测温距离范围。在使用红外测温设备时，应确保设备与目标的距离在设备允许的范围内，以确保获得准确的测温结果。同时，要注意避免在测量环境中存在干扰物，比如烟雾、灰尘等，这可能会影响测温的准确性。其次，测温设备的设置和校准也是确保测量准确性的关键步骤之一。根据测温设备的不同类型，一般需要进行设备的预热、调零、调节等操作，以确保设备能够在准确的状态下进行温度测量。此外，定期的设备校准也是保证测量结果可靠性的重要步骤。校准可以通过与标准温度源对比来进行，所得到的校准系数应用于测温设备，以提供更准确的测量结果。最后，为了确保可靠的测温结果，还应注意环境因素的影响。例如，温度测量应避免强烈的阳光直射或强风的影响，这可能会导致测量误差。另外，在进行测温前，还应确保目标物体表面干净，没有任何影响测量的物质存在。

(四) 测温方法与实施步骤

测温是通过选取适当的测量方法和执行一系列实施步骤来获取目标物体的温度信息。常用的测温方法包括接触式测温和非接触式测温，具体实施步骤如下。接触

式测温方法通常使用接触式温度计或热电偶等设备，需要直接接触目标物体以获得温度测量值。实施步骤如下：（1）准备测温设备：选择合适的接触式温度计或热电偶，并确保其被正确连接到显示仪器或记录设备上。（2）准备目标物体：将目标物体的表面清洁，并确保在测量之前，目标物体的温度已经稳定。（3）接触测量：将接触式温度计或热电偶与目标物体接触，并等待一段时间，以确保设备充分感知并稳定在目标温度上。（4）读取测量值：读取并记录测量设备显示的温度值。

非接触式测温方法常使用红外测温设备，通过检测目标物体辐射出的红外辐射来测量其表面温度。实施步骤如下：（1）准备红外测温设备：选择合适的红外测温仪，并根据设备说明书进行设置和校准。（2）确定测温距离：根据设备的要求，确定与目标物体的测温距离，并确保设备可以稳定地测量温度。（3）瞄准目标物体：将红外测温设备瞄准在目标物体上，并按下触发按钮进行测温。（4）记录测量值：红外测温设备会显示测量结果，用户可以将其记录下来，同时考虑环境条件对测量结果可能产生的影响。

在实施测温过程中，还需要注意一些常见的误差来源，例如测温设备的不准确性、环境温度的影响等。这些误差可以通过实施设备校准、环境控制等措施来减少。测温时的不确定度可以通过计算得出，常用的方法有不确定度方程式：

测量不确定度 = $\sqrt{A^2 + B^2 + C^2 + \dots}$ ，其中，A、B、C等是导致测量不确定度的各种误差因素。通过对这些误差因素的评估和校准，可以进一步提高测温的准确性和可靠性。

四、红外测温的运维建议

（一）定期维护和校准红外测温设备

红外热像仪是一种精密的测温设备，用于变电运维中的电压致热型缺陷监测十分重要。为了确保红外测温设备的测温准确性和稳定性，定期的维护和校准是必不可少的。首先，定期维护红外测温设备能够保持设备的正常运行和延长其使用寿命。维护工作包括对设备的外观检查、清洁和防尘处理，以保证红外热像仪的光学部件不受污染和损坏。同时，对设备的电池、充电器、连接线等进行检查和维修，以确保设备的供电正常。其次，定期校准红外测温设备可以减小测温误差，提高测温的准确性。校准过程中，通常会使用标准参照物来进行对照测温，比较红外测温设备的测量值与参照物真实温度之间的差异，并进行校正。校准可以调整设备的测温算法和参数，提高测温的精度和一致性。另外，为保证校准的有效性，应选择具备资质和经验的专业机构或厂商进行校准工作。这些机构通常会使用先进的校准设备和标准参照物，进行准确的测温校准。校准的频率可以根据需要进行确定，一般建议每年进行一次校准，并在重要的运维任务前进行额外的校准工作。最后，定期维护和校准红外测温设备的过程中，应严格按照设备的操作手册和校准标准进行。操作人员需要熟悉设备的使

用方法和注意事项，并定期接受培训和考核，以提高操作的规范性和准确性。同时，记录和管理设备的维护和校准信息，包括维护日期、内容、负责人等，以便于追溯和查询。

（二）制定预防措施

针对红外测温结果的分析，制定预防措施是提升变电运维中电压致热型缺陷的重要一环。根据分析结果，可以采取以下具体的预防措施来预防电压致热型缺陷的发生。首先，加强设备的冷却系统是关键一步。根据红外测温结果，如果发现某个设备温度较高，可能是冷却系统不足导致的。因此，可以通过增加或改进冷却系统，包括增加风扇数量或提升其工作效率，以提高设备的散热效果。同时，定期清理冷却系统中的灰尘和杂物，确保通风通畅也是必要步骤。其次，提升设备的通风能力也是必不可少的。通风是保持设备正常运行温度的关键。根据红外测温结果，如果发现设备周围空气流通不良，导致设备温度较高，可以通过增加或优化通风口、通风槽等设备附属结构，提高空气流通性。此外，可以考虑在设备周围增加通风设备，如风扇或排气系统，以促进空气流动。此外，增加散热表面也是有效的预防措施。根据红外测温结果，如果发现某个设备局部温度较高，可能是因为没有有效散热导致的。在这种情况下，可以考虑在设备表面增加散热片、散热鳍片等散热结构，以提高设备的散热能力。这些结构可以增加散热表面积，加快热量的传导，降低设备温度。最后，定期维护和检查也是必要的。定期维护和检查设备，包括清洁设备表面和冷却系统，检查和更换老化或故障的部件，可以避免潜在的电压致热型缺陷发生。维护和检查过程中，可以结合红外测温结果，重点关注测温异常的部位，及时采取修复措施。

结束语

为确保电网设备的安全运行，变电运维工作的质量取决于运维人员的技术水平。因此，在开展工作时，必须进行红外测温技术的培训，不仅要掌握设备使用技巧，更要熟练掌握各种红外测温方法，以便在测温过程中及时发现潜在缺陷并加以重视。

参考文献

- [1] 范振华. 变电运维中电压致热型缺陷的红外测温技术研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(10): 129-130.
- [2] 丁波. 变电运维工作中对电压致热型设备的红外测温方法[J]. 应用能源技术, 2017(11): 4.
- [3] 刘莎莎. 试论变电运维工作中对电压致热型设备的红外测温方法[J]. 中国科技投资, 2019, 000(011): 94.
- [4] 张海春. 变电运维工作中对电压致热型设备的红外测温技术[J]. 电子元器件与信息技术, 2019(7): 4.
- [5] 覃立明. 刍议变电运维工作中对电压致热型设备的红外测温[J]. 中国战略新兴产业, 2018, 000(034): 170.