

利用红外技术诊断电力设备故障

杨 燕

红外技术是一门综合性的科学技术，它是现代物理学和无线电电子学的重要分支。红外热像检测技术是利用热像仪将物体的热辐射以扫描成像的方式进行远距离实时在线诊断，这比传统的停电预防性试验能更有效地检测出与运行电压、负荷电流有关的设备缺陷。

电力生产最大的特点是连续性，而故障往往呈现突发性和频发性。我国电力企业一直采用停电预防性试验和计划检修制度，虽然对防止事故发生和保障系统安全运行发挥了重要作用，但设备运行的可靠性仍不尽如人意，各种事故时有发生，不仅降低了设备运行的有效度，而且还检测不到设备运行的真实状态；同时，由于预防性试验电压低，难以预防因随机因素引起的突发性故障，以致有些预防性试验合格的设备，运行后仍然发生重大事故。因此，必须采用新的检测技术和手段，加强对电力设备运行状态的在线检测和故障诊断。

电气设备的红外诊断检测便是一项简便、快捷的设备状态在线检测技术，是及早发现设备外部过热故障和内部绝缘故障的重要手段。它对电气设备的早期故障缺陷及绝缘性能做出可靠的预测，使传统电气设备由预防性试验维修提高到预知状态检修。红外监测和诊断技术具有远距离、不取样、不触体、不停电、安全等特点，而且准确、灵敏度高、快速、直观、实时地在线监测和诊断电气设备的大多数故障。开展电力设备状态检修，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都有很重要的意义，是目前预知检修领域中的一种行之有效的手段。

一、红外诊断技术的基本原理

电力系统的各种设备由于出现故障而导致运行状态温度发生异常，设备的绝缘部分出现性能劣化或绝缘故障，引起介质损耗增大，在运行电压下发热。具有磁回路的电气设备，由于磁回路漏磁、磁饱和或铁心片间因绝缘而局部短路造成铁损增大，引起局部环流或涡流发热；还有些电气设备，因故障而改变电压分布状态或增大泄漏电流，同样会导致设



备运行中出现温度分布异常。总之，许多电力设备故障都表现为设备相关部位的温度或热状态变化，因此通过监测电力设备的这种状态变化，可以对设备故障做出诊断。

世间万物都会发射出人眼看不见的红外辐射能量，而且物体的温度越高，发射的红外辐射能量越强。因此，电力设备故障绝大多数都以局部或整体过热或温度分布异常为征兆，只要运用红外仪器检测电力设备运行中发射的红外辐射能量，就可以获得电力设备表面的温度分布状态及其包含的设备运行状态信息，分析处理这些信息，就能够对设备中潜伏的故障或事故隐患属性、具体位置和严重程度做出定量判断。

二、红外诊断技术的分析判断方法

表面温度判断法 凡温度(或温升)超过标准者可根据设备温度超标的程度、设备负荷率的大小、设备的重要性及设备承受机械应力的大小来确定设备缺陷的性质，对在小负荷率下温升超过或承受机械应力较大的设备要从严定性。

相对温差判断法 为了提高判断的正确性，对电流致热型设备，若发现设备的导流部分热态异常，应进行准确测温，按公式 $[(T_1 - T_2) \div (T_1 - T_0)] \times 100\%$ 算出相对温差值，判断设备缺陷的性质。其中 T_1 表示发热点的温度； T_2 表示正常相的温度； T_0 表示环境参照体的温度。

对于负荷率小、温升小但相对温差大的设备，如果有条件改变负荷率，可在增大负荷电流后进行复测，以确定设备缺陷的性质。当无法进行复测时，可暂定为一般缺陷，并注意监视、监测。

同类比较法 同类比较法是指在同类设备之间进行比较，所谓“同类”设备的含义是指同一回路的同型设备和同一设备的三相，即它们的工况、环境温度及背景热噪音相同、可比时的同型设备，通常也称做“纵向比较”和“横向比较”。具体做法就是对同类设备的对应部位温度值进行比较，可以比较容易地判断出设备是否正常。在进行同类比较时，要注意

不能排除三相设备同时产生热故障的可能性，虽然这种情况出现的几率相当低。同类比较法适用范围广，包括电流型和电压型设备，也包括对内、外部故障的诊断。

档案分析法 档案分析法就是将测量结果与设备的红外技术档案相比较而进行分析。它更有利于对重要的、结构复杂的设备进行正确判断。这种方法的基础是要为被诊断的设备建立红外检测技术档案，在诊断设备有无异常时，可分析该设备在不同时期的红外检测结果，包括温度、温升和温度场分布有无变化，掌握设备发热的变化趋势，同时还应参考其他检测结果，如色谱及 $\text{tg}\delta$ 等的变化情况，从而进行综合判断。

图谱异常判断法 不同的电气设备有不同的工作原理，因而有不同的发热和传热规律及不同的热像图谱，可根据热像图谱出现的异常，判断设备的运行工况。

三、红外诊断技术的特点

不接触、不停电、不取样、不解体。由于电力设备的红外诊断是在设备运行状态下，通过监测设备故障引起的异常红外辐射和异常温度来实现的，它可以在不停电，不改变系统运行状态的情况下监测到设备在运行状态下的真实信息，并可保障操作安全。

采用被动式检测，简单方便。红外监测探测设备相关部位能自身发射红外辐射能量，不需要辅助信号源和各类检测装置，因此，诊断手段单一，操作方便。

可大面积快速扫描成像，而且灵敏、形象、直观，监测效率高，劳动强度低。

红外诊断使用面广，效益投资比高。在当前电力预防性试验使用的测试方法中，每一种方法都不可能适用于所有电气设备各种故障的检测。但是，红外诊断技术能够适用于发电厂和变电站、输电、配电等所有高压电气设备中各种故障的检测。

易于进行计算机分析，促进智能化发展。用红外成像诊断仪器配备计算机图像分析系统和各种功能处理软件，不仅可以对监测到的设备运行状态进行分析处理，还可以对设备红外图像的有关参数进行计算和分析处理，迅速给出设备故障属性、故障部位及严重程度。而且，可以把历次设备图像数据资料储存起来，建立设备运行状态档案数据库。

四、电力设备内、外部故障的红外诊断

运行中的电气设备，由于经过光、电热效应；不同程度地存在着内、外部损耗，又由于绝缘受潮、设备动作、元件老化等原因，随着运行时间的增长，这些故障将不断暴露出来。

在变电站现场，运用热像图谱和前面提到的判断方法，可用红外热像仪来发现许多在预防性试验和检修中发现不了的设备缺陷。对一些与介质损耗因数 $\text{tg}\delta$ 、泄漏电流 I_g 、接触电阻 R 等有关的电气设备，例如氧化锌避雷器、阀型避雷器、耦合电容器、高压套管、断路器、互感器、电缆等来说尤其如此。这种非电气法的带电测量不受电场的干扰，且可根据设备的温度分布直观地看出电压分布，所以与其他电气法的带电测量相比，它具有更高的灵敏度。

诊断对象 凡通过负荷电流的设备，当电路中的接触电阻异常时均会引起设备表面热像图谱异常。这类设备属红外检测技术中的有效监督设备，如母线、电力线路、电机、变压器、断路器、隔离开关、套管、电抗器、电力电容器、结合滤波器、电力电缆、电流、电压互感器及二次电路等设备。

虽不通电流，但加有电压的设备，当设备内外异常时，设备介质损耗增大，必然引起热像图谱异常，可用精密红外热像仪检测出来，如带有并联电阻的磁吹避雷器、氧化锌避雷器、电压互感器、绝缘子串、支持瓷瓶等设备。

充油设备的油路不通或出现假油位时，必然引起温度异常，也可根据热像图谱检测出来，如变压器气体继电器的阀门关闭、冷却器阀门关闭、油枕及套管油位变化等设备缺陷。

红外检测技术可查出凡所有能引起设备表面温度异常的缺陷。如固定大电流穿墙套管的铁板未开缝，设备的工作接地装置接触不良等。

设备缺陷的判断依据 由于带电设备的用途、运行工况、运行条件各不相同，设备的缺陷不能用一个参数来判断。在诊断工作中根据不同情况采用温度值、相对温差和热像图谱来判断设备状况是否正常。

通过设备的负荷电流接近额定值，设备温升达到 $50\sim70\text{K}$ 时可作为一般缺陷，温升达到 $70\sim130\text{K}$ 时应作为严重缺陷，当设备温升达到 130K 以上时，应作为危急缺陷处理。

通过设备的负荷电流在额定值的 50% 以下时，

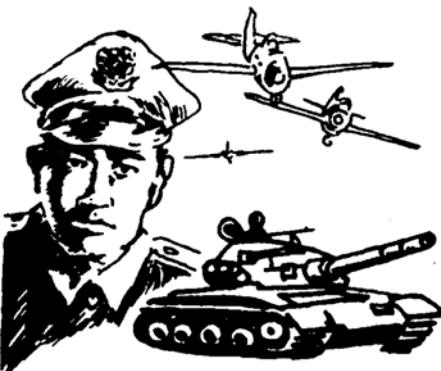
传感器技术及其军事应用

闫夷升 李旗

在大量的科学研究或生产过程中，需要测量各种物理量和化学量，例如位移、速度、加速度、压力、温度、流量等等。为了精确测量各种非电量，常需要采用电测技术。人们能够完成被测的非电量转化为与之有确定对应关系的电量输出的装置称为传感器（sensors）。传感器通常也叫做换能器（transducer）或探测器（detector）。传感器输出的信号有不同形式，如电压、电流、频率、脉冲等，以满足信息的传输、处理、记录、显示和控制等要求。

传感器的组成

传感器一般由敏感元件、传感元件和其他辅助件组成，有时也将信号调节与转换电路、辅助电源作为传感器的组成部分。各部分的作用如下：敏感元件可以直接感受被测量（一般为非电量），并输出与被测量成确定关系的电量；传感元件又称变换器，一般情况下它不



应注意观察三相对应点的温差或同相不同点的温差，并求出相对温差来判断设备是否正常。当相对温差大于10%时可作为一般缺陷，达到20%~50%时应为严重缺陷，而在50%以上时，应作为危急缺陷处理。

如果在检测中发现图谱异常，要引起足够的重视，因为这些异常图谱往往表示设备潜伏着严重缺陷。

- a. 变压器气体继电器阀门两侧有明显温差时，表示阀门未打开，变压器失去瓦斯保护。
- b. 当充油套管出现明显的温差时，表示套管存在假油位。
- c. 当变压器的散热器有明显的温差时，表示低温散热器的阀门没有开启。
- d. 当避雷器、耦合电容器的图谱异常时，尽管相对温差很小，但也表示内部元件存在受潮、老化、断线等缺陷，有可能引起设备爆炸。
- e. 当电力电缆、电缆头出现明显温差时，表示设备内部存在着绝缘受潮、老化的缺陷。当电气二次回路出现局部热点时，表示二次回路接触不良，有

直接感受被测量，而是将敏感元件的输出量转化为电量输出的元件。

信号调节与转换电路能把传感元件输出的电信号转换为便于显示、记录、处理和控制的有用电信号的电路。信号调节与转换电路的种类要视传感元件的类型而定，常用的电路有电桥、放大器、振荡器、阻抗变换器等等。

传感器的分类

在非电量的电测技术中，应用的传感器种类极多，不胜枚举。通常可按下列几种方法分类：

根据输入物理量分类，则传感器常以被测物理量命名。如位移传感器、速度传感器、温度传感器、压力传感器等。

根据工作原理分类，则传感器以工作原理命名。如应变式、电容式、电感式、热电式、光电传感器等。

按输出信号分类，则可分为模拟式传感器和数字

可能引起火灾或继电保护误动。

五、对红外诊断的基本要求

被检测电气设备应为带电设备，在设备额定负荷下测试。检测时应力求避开雨、雪、雾、大风和强光（阳光和灯光）的干扰，以使检测结果准确。

检测地点应选在与被检设备面尽量垂直相对处，距离尽量近，固定不变，即历次检测应定方向、定距离、定高度，且力求背景热辐射均匀，减少热源干扰。

检测时应选择适宜的温度范围和温度分辨率，使设备的热异常信息不丢失和分辨力最佳，以便于诊断。

除记录热异常设备的热像或温度值外，还应记录检测时设备的电压、负荷、环温及风力情况。

虽然红外诊断技术在解决测温结果的标定问题以及判断一些大型复杂的热能动力设备和高压电气设备内部的某些故障方面有一定的局限性，但它是开展设备状态检修行之有效的方法。不仅提高了缺陷诊断率，而且可以随时随地诊断设备运行情况，保证电力设备安全、可靠运行，增加社会效益和企业经济效益。
(山东省茌平县电业公司 252100)