

# 变压器油化验技术的分析及影响

杨博伦

国网陕西省电力有限公司延安供电公司

**摘要:** 变压器在确保电厂平稳运作中扮演着关键角色。如果变压器出现问题会直接影响到电力正常输送以及供电质量等方面的工作,甚至可能造成巨大的经济损失。因此,在电厂环境中,对变压器进行定期的维护和检查显得尤为重要。变压器油中含有大量的水分和气体,这些物质会影响变压器正常工作,导致其性能下降甚至出现故障。在众多的制造厂里,故障检测主要依赖于变压器油的色谱分析技术。本文深入探讨了电厂变压器油色谱异常的成因、应对策略以及变压器油色谱故障分析的基本原理。

**关键词:** 电厂变压器; 油色谱分析; 处理方法

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.07.222

## 引言

随着科技进步,人们对电力的期望也日益提高,因此,变压器作为电厂中确保电力系统稳定运行的关键设备之一,对其进行检查、维修和预知变得尤为重要。随着电力事业的快速发展,我国电力行业也得到了迅猛的发展,而对于变压器的维护和检修就显得尤为重要。然而,在实际操作中,变压器的检查和维护不仅需要大量的工作,还需要工作人员具备高度的专业技能。因此需要相关人员加强对电厂变压器的检修以及检测工作,及时发现并排除变压器的隐患,从而保障电厂正常运转。油色谱的异常是变压器故障的主要表现形式之一。为了有效地解决这一问题并确保电厂的稳定运行,我们必须对电厂变压器油色谱出现的异常进行深入的分析 and 处理。

## 一、天然酯绝缘油的标准演变历程

随着天然酯在变压器产业中的广泛应用,其产品的物理、化学特性以及特征气体分析方法(DGA)与传统的矿物油之间存在明显的区别。天然酯绝缘油是一种环境友好型材料,具有良好的电气绝缘稳定性和机械性能。天然酯相较于矿物油在化学组成和物理特性上具有明显的优越性,如更出色的环境友好性、更高的闪点和更低的凝固点等特点。同时由于其自身性质决定,天然酯绝缘介质中可能会产生较多杂质元素。因此,在全球范围内,天然酯绝缘油的质量标准和检测方法已经进行了相应的修订和制定。

首先,国际电工委员会(IEC)发布了名为IEC62770的新变压器天然酯绝缘油的质量标准,该标准对天然酯绝缘油在物理、化学和电气方面的性能指标进行了全面而详尽的规定。除此之外,美国材料与试验协会(ASTM)也为天然酯绝缘油的质量制定了名为ASTM

D6871的标准。在这些标准中还包括一些关于合成酯和其他非极性物质对天然酯绝缘油质量影响方面的内容。这两项标准为天然酯绝缘油的制造、应用以及质量检测提供了关键的参考依据。

电气和电子工程师协会(IEEE)也发布了关于天然酯油中溶解气体的分析指南以及天然酯的验收和维护指南。这些指导原则的目的是引导工程师和研究人员在天然酯绝缘油的气体分析、验收、运行维护等方面进行实际操作,以确保天然酯绝缘油在电气设备中的安全和可靠使用。

在我国,随着天然酯绝缘油技术的持续进步,与之相关的产业对于天然酯绝缘油的需求也在逐步上升。由于天然酯具有优异的电气性能,其被广泛用于电力系统中,并得到了良好应用。为了使天然酯绝缘油市场更加规范,我国在2014年参考了IEC62770和FR3大豆天然酯的技术规格,并发布了首个国内天然酯的质量标准,这将推动绿色环保绝缘材料在我国电力产业中的进一步发展。

## 二、变压器油的功能

### (一) 具有绝缘的功能

变压器油具有比空气更高的绝缘强度,因此,使用变压器油来浸泡绝缘材料不仅能显著提升绝缘材料的绝缘性能,还能确保这些绝缘材料不会受到潮湿空气的侵蚀,从而影响其整体性能。

### (二) 具有散发热量的功能

变压器油的另一个显著特性是其较高的比热,这使其成为一种极佳的冷却介质。变压器油是一种绝缘性能较强的液体,其本身具有一定的黏度,因此可以很方便地通过散热管道对温度进行控制。在变压器运行的过程中,会产生大量的热量,这会导致附近的铁芯和绕组

油受到运行热量的影响，从而产生过度膨胀和升温的现象。但是，变压油可以利用上下对流的作用，通过散热器将热量分散出去，从而确保变压器能够正常运行。

### （三）起到消弧的效果

当在油断路器和变压器的有载调压开关上更换触头时，可能会出现电弧现象。当电弧与油纸绝缘接触时会发生击穿放电现象。变压器油因其出色的导热特性，在触头切换时受到电弧高温的影响，能够转化为大量气体，产生较高的压力，这增强了介质的灭弧能力，从而使电弧迅速消失。

### 三、电厂变压器出现异常的情况

变压器的稳定运行是确保电力系统平稳运行的关键，它为我们提供了一个优质的用电环境。因此，电厂有责任定期对变压器进行维护、检查和修理，这样才能确保变压器能够安全、稳定地发挥其功能。变压器是电厂最重要的电力设备之一，其工作性能和使用寿命会影响到整个电厂的经济效益和社会效益，所以说，电厂必须加强对变压器的管理。通过定期检查，我们能够及时发现变压器中存在的各种问题，并对这些问题进行深入分析，最终采用适当的维修措施进行修复。变压器油色谱分析技术就是一种非常有效且便捷的方法，它不仅具有简单易操作的特点，而且还能发现一些隐藏性缺陷。当变压器出现不正常的情况时，油色谱通常能直观地显示出异常的原因和位置。因此，电厂最好对变压器进行编号，这样可以帮助快速、准确地识别出异常的变压器。此外，异常情况中也可能存在机械故障或人为因素导致的变压器油色谱异常。通过对油色谱分析发现变压器的缺陷后，必须及时采取有效措施予以解决，以确保电力系统安全运行。当维修人员对变压器进行有针对性的检查时，可以迅速识别其内部的电流循环问题。这种故障主要源于磁回路的问题。随后，维修人员会对受影响的区域实施停电措施，以确定油色谱问题的根源和相关部件。如果发现了油色谱异常现象，还可以通过更换绝缘材料以及增加绕组绝缘强度等措施来进一步排除该故障，以保证变压器运行稳定安全。变压器的维护和修理是一项涉及大量工作、步骤繁琐且具有一定风险的任务。如果在出现故障时选择拆解或返回工厂进行处理，那么将会浪费大量的资金和时间。因此，对变压器的油色谱进行分析可以大大减少人力和物力的消耗。特别需要强调的是，在进行电厂变压器的油色谱分析时，最佳的方法是在没有负载的情况下进行，这样可以确保分析

结果的准确性，为后续的工作提供便利。

### 四、变压器油化验技术分析

#### （一）电厂变压器油的色谱分析

伴随着科技的持续进步，电子信息技术在人们的日常生活中得到了更广泛的应用，这在电厂的变压器维修中也同样适用。在电厂中，变压器是重要组成部分，它直接关系到整个电厂运行的安全性和可靠性。现阶段，电厂内的变压器维修工作依赖于多种现代技术的融合，而提升变压器油色谱异常处理的效率也成为各电厂高度关注的议题之一。由于变压器油色谱分析过程比较繁琐，而且存在一定风险，因此要想使其正常工作，就必须依靠先进的检测方法和设备。借助现代技术手段，将变压器检修工作转化为人工智能化已经成为电厂变压器检修发展的一个重要方向。通过使用智能软件来分析和处理变压器油色谱的异常情况，也显著提高了变压器故障检修的工作效率。对于一些特殊类型的变压器而言，其内部可能存在着潜泵等设备。如果变压器的油色谱出现不正常的情况，首先需要关注的是潜油泵。潜油泵可能会导致变压器异常，因为长时间的高温或过快的升温都会对接触到的油产生显著的影响，从而可能引发油的裂解。当油质发生变化时，其本身所包含的杂质含量将会明显增多，这对于设备内部绝缘结构的稳定性来说十分不利。在这种情况下，利用超声波检测技术可以迅速确定故障的确切位置和原因，而超声波技术在某些方面可以确保变压器的稳定运行。另外，通过超声波检测可以及时发现潜水泵内部是否存在有异物等现象，这样才能够有效避免变压器出现故障。实际上，潜油泵出现故障的一个普遍原因是变压器内部的金属碎片。如果潜油泵出现问题，应立即进行更换。如果更换后仍无法保证变压器的正常工作，那么就需要对潜油泵进行更深入的分析 and 检查。通过对油色谱中油质变化的观察和研究可以了解到，变压器内可能存在着一些杂质物质，这些物质容易引起变压器内部温度过高而损坏。另外，通过观察变压器油色谱中金属元素的不同含量，可以确定变压器出现故障的具体原因。一般来说，在变压器出现故障时，会导致其自身油质发生变化，从而影响到整个变压器的安全运转。通常，变压器内部铁芯的硅钢片出现短路是导致这种差异的主要原因。为了应对这一问题，解决方案通常是直接返回工厂重新吊芯。

#### （二）结构的设计以及组件的选择

由于天然酯的氧化稳定性不如矿物油，所以天然酯

不能长时间直接与空气接触。在高压设备中，特别是超高压设备，必须采取特殊措施来防止其产生过冷现象，以保证电气设备安全运行。因此，变压器以及带有载调压开关的储油柜必须使用完全密封的设计。为此，对天然酯在有载调压过程中的热行为进行了理论分析和实验研究。鉴于天然酯具有较高的运动黏度，冷却装置的散热功率或散热面积可以适当增加。

在使用有载调压方法的天然酯变压器中，如果调压开关油被注入室内的矿物油中，那么调压开关和储油柜的结构可以按照常规方法进行选择；若采用无压运行方式，则宜选择真空管式有载调压开关。如果在调压开关油的室内注入了天然酯，那么应该选择真空型的有载调压开关。对于高压套管来说，可以根据实际情况选择合适的材质和尺寸。对于电压等级为72.5kV或更高的套管，首选的是干式套管。在确定主接线方案和设备选型时要综合分析其电气性能、运行可靠性以及经济性等因素。在选择其他组件时，也需要考虑其与天然酯的兼容性；高压级的套管在选择时要注意绝缘性能和机械强度等问题。对于使用高温绝缘系统的天然酯变压器，选择的组件还需要考虑其耐高温的特性。

### （三）油—纸绝缘的浸渍工艺进行调整

天然酯具有较高的运动黏度，要完全渗透绝缘纸和其他绝缘部件所需的时间比矿物油要长，因此应该延长天然酯变压器的浸渍周期。采用天然酯代替矿物油进行电气试验时，必须保证绝缘纸与绝缘体之间有足够大的接触压力，才能使绝缘纸浸没其中并保持一定的温度和湿度，否则会影响其质量及寿命。根据目前的资料，普通的绝缘材料在天然酯中的浸泡时长大约是矿物油的2~3倍。因此，建议采用天然酯代替矿物油作为绝缘材料。在相同的条件下，天然酯需要比矿物油更长的时间来浸渍绝缘纸（纸板）。因此，应根据不同的电压等级、不同的容量、不同的固体绝缘材料适当延长天然酯变压器注油后的静置时间，也可以通过热油循环、增加工艺孔等方法来提高浸渍效果。

### （四）顶空脱气

顶空脱气是一个基于分配法则的过程，它涉及将载气导入变压器油，并在恒定的温度和压力下工作。经过一段时间的机械振动，气体和液体将达到一个稳定的平衡状态。由于变压器运行时温度高，油处于高温环境，导致变压器内产生大量气泡和水蒸气等不稳定因素，从而使载气与油之间形成一个相对独立而又相互关联的体

系。载气会将油中的溶解性气体替换，并在载气的推动下送入色谱检测室。由于不同温度下载气与变压器油间的溶解度存在差异，所以会导致其成分发生变化而引起分离度降低。在正常情况下，顶空脱气过程中的载气会在置换过程中溶解于变压器油中，但不能保证100%地溶解。大多数载气会以溶解于油中的方式随着循环油进入变压器油中，也可能以游离状态进入变压器油中。由于不同类型的油所含组分差异较大，因此，每种脱气方式都有其适用条件。

对于在油中溶解的载气，少量的载气在油中的溶解对变压器的安全性产生的影响是微小的。如果溶解于油中大量的载气溶于水或者由于水分蒸发形成水蒸气时，则对变压器产生很大危害。当大量的气体在油中溶解时，如果遇到温度下降的情况（如夜晚或凌晨），油中的气体溶解度会随着温度的下降而减少，导致油中的空气达到饱和状态并逸出，变成游离气体。由于气体的逸出量与气体的种类有关，因此有必要研究不同类型气体在高压变压器内部产生的危害程度和分布规律。

### 结语

综上所述，天然酯变压器在运行过程中，通过以上几个方面的调整和优化，可以有效提高其稳定性和运行寿命。然而，需要注意的是，天然酯变压器的维护和管理要求较高，相关人员需要加强对变压器运行状态的监测和分析，及时发现并处理潜在问题。此外，还需不断研究和探索天然酯变压器在设计、制造和运行等方面的技术，以期进一步提高其性能和经济性。

### 参考文献

- [1] 薛羽. 变压器绝缘油化验技术分析及应用[J]. 四川水利, 2017, 38(06): 38-39.
- [2] 陈灵. 探讨中分2000A气相色谱仪化验变压器油的应用价值[J]. 科技创新与应用, 2016(27): 298.
- [3] 刘爱华. 绝缘油化验分析在大型变压器故障查处中的应用[J]. 化工管理, 2016(23): 31.
- [4] 孙乐. 数据分析与诊断中变压器油化验的应用分析[J]. 中国高新技术企业, 2016(22): 47-48.
- [5] 任凤凤. 变压器油化验技术影响研究[J]. 中国高新技术企业, 2016(22): 72-73.
- [6] 李浩, 侯英洒, 赵建利. 油浸式电力变压器绝缘状况的回复电压法研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2015(05).