

提高大型变压器滤油效率方法的研究

陈锦 胡林敏

福建省送变电工程有限公司，福建省福州市，350013；

摘要：本文致力于提高大型变压器滤油效率，通过深入研究滤油各方面，探讨提升滤油操作的方法。此外，引入超声波清洗设备和空气净化设备作为辅助手段，提高滤油效果。实践操作方面，详述了罐车和桶装油放油时的滤油步骤，并提供了滤油机导入储油罐的操作指南。最后，强调了油样试验的重要性，并提供了对油品净化处理合格的判断标准。通过这些方法和实践，我们期望提高大型变压器滤油的效率，延长变压器的使用寿命，提升电力系统的稳定性和可靠性。

关键词：大型变压器；滤油效率；滤油材料；滤油器结构

DOI：10.69979/3060-8767.25.10.020

引言

大型变压器作为电力系统的核心设备，承担着电压调整和能量传递的关键任务。其正常运行对电力系统的可靠性和稳定性至关重要。然而，随着变压器运行时间的增长，内部绝缘油中会逐渐积累污染物，严重影响油质的清洁度和变压器的性能。在实际运行中，滤油效率直接关系到变压器的运行性能和寿命，目前虽然滤油技术已经得到广泛应用，但仍存在一些问题。因此，有必要深入研究提高大型变压器滤油效率的方法，延长变压器的使用寿命，提高电力系统的整体稳定性。

1 辅助设备的引入

1.1 超声波清洗设备

1.1.1 工作原理和效果

超声波清洗设备工作原理如下：超声波发生器产生高频电信号，通过超声波振动器将电能转化为机械振动，形成高频的超声波。这些超声波通过传导装置传播到清洗液中，产生微小气泡。这些气泡在超声波的作用下不断扩大和收缩，最终破裂，释放出巨大的冲击能量。这种冲击能量能够在瞬间将污垢从物体表面冲击下来，实现非常彻底的清洗效果。

1.1.2 在滤油过程中的应用

超声波清洗设备可用于清洗滤油器表面。通过将滤油器浸入超声波清洗槽中，利用超声波的冲击作用，可以迅速而彻底地清除滤油器表面的附着污垢，提高滤油效果。超声波清洗设备可以用于清洗滤油器材料。超声波的微小气泡在振动时会产生高强度的冲击，可将附着

在材料表面的污垢击落。超声波清洗设备还可用于清洗滤油系统中的管道和阀门。其高效的清洗效果能够去除管道内部的污垢，保证滤油系统的通畅性和稳定性。

1.2 空气净化设备

1.2.1 去除空气中颗粒物的重要性

在大型变压器滤油过程中，空气中的颗粒物是一个不可忽视的因素，其去除对于维护变压器正常运行和延长设备寿命至关重要。空气中的颗粒物可能包含尘土、灰尘、细菌等，如果进入变压器绝缘系统，可能导致绝缘材料表面积聚污垢，形成导电通道。这将增加绝缘系统的泄漏电流，降低绝缘性能，甚至可能引发击穿故障。因此，去除空气中颗粒物对于保护变压器绝缘系统至关重要。

1.2.2 引入空气净化设备的效果

引入空气净化设备在大型变压器滤油过程中取得了卓越的效果。通过引入空气净化设备，实验结果显示空气中颗粒物浓度显著降低。在引入设备前，空气中颗粒物浓度为每立方米 1000 个，而引入后下降至每立方米不到 400 个，降幅达 60%。这一显著降低的颗粒物浓度对滤油效率产生直接而显著的影响。引入空气净化设备后，滤油效率提升了约 25%。另一方面，引入空气净化设备显著提高了绝缘油的清洁度。实验结果显示，在引入设备后，绝缘油中的颗粒物数量从每毫升 2000 个降低到不到 500 个，降幅达 75%。

2 操作方法和实践

2.1 罐车和桶装油放油时的滤油操作步骤

2.1.1 油管路连接和高真空滤油机自循环

确保油管路连接的可靠性至关重要,要使用设计合理、符合标准的专业工具进行油管连接,确保连接牢固,减少漏油风险。仔细检查油管连接处,确保连接部分无损伤、裂纹或松动。特别关注连接处的密封性,避免气体和杂质的进入。对于螺纹连接,确保螺纹部分紧固适当,防止漏油和气体渗透。可使用适当的密封胶或垫片加强密封效果;在进行高真空滤油机的自循环操作时,要根据实际情况和油液特性,设定适当的自循环时间。通常情况下,15至30分钟的自循环时间可确保系统内油液充分循环。在自循环过程中,持续监测油液的温度变化。确保油液达到适当的温度,提高其流动性,有利于后续滤油操作。自循环过程中,及时排除系统内的空气和气体。可以通过设备预留的气体排放口进行排气,确保系统内的气体含量降到最低。通过以上具体的油管路连接和高真空滤油机自循环的措施,可有效提高滤油操作的可靠性,确保系统在最佳状态下运行,为后续滤油工作奠定坚实基础。

2.1.2 滤油机自身清洗和油管路的热油冲洗

在罐车和桶装油放油的滤油操作中,滤油机的自身清洗和油管路的热油冲洗是确保滤油效率和维护系统稳定运行的关键步骤。启动滤油机的自身清洗功能,实际上是通过内部循环系统将滤油器进行清洗,去除附着在滤网上的污染物。为确保清洗效果,滤油机配要备有自洁功能,通过该功能启动清洗程序,使得滤油器内的污染物在高压差下被迅速清洗。针对难以清洗的污垢,可以添加适量的清洗剂,帮助去除沉积在滤网上的附着物,提高清洗效果;热油冲洗油管路是为了清除油管内的杂质和残留油液,提高油管路的清洁度,确保后续滤油操作的顺利进行。执行该步骤时,需要将高温油液通过系统注入油管路,油温通常维持在60℃以上。高温油液具有更好的流动性,能够有效清洗油管内的污垢。在注入高温油液后,启动系统进行循环冲洗。这一过程将高温油液在油管路内循环流动,将污染物冲刷出系统。在进行热油冲洗的过程中,通过监测油液的透明度和油管路的清洁程度,判断清洗效果,确保达到预期要求。

2.2 滤油机导入到储油罐的滤油操作

2.2.1 高真空滤油机的使用

高真空滤油机的使用对于储油罐滤油操作至关重要,确保油品质量的同时提高滤油效率。在进行滤油操

作前,对高真空滤油机进行全面检查。确保滤油机的滤芯尚有足够寿命,密封件完好无损。例如,检查滤芯的压差表,确保其在正常工作范围内。使用专业工具将高真空滤油机与储油罐的油管路连接。通过密封性测试,确保连接处无漏油。确保连接处的最大操作压力符合滤油机的规格。启动高真空滤油机,使其逐渐达到运行状态。在启动过程中,监测油泵的真空度。通常,高真空滤油机的最高真空度可达到0.5毫巴以下。根据实际需求设定滤油参数。常见的滤油压力范围为100~600千帕,而滤油速度通常在1000升/小时以上。缓慢导入待滤油液,确保油液均匀流入滤油机。保持油液的温度在45摄氏度以上,有助于提高油品的流动性。在滤油过程中,通过监测出口油液的透明度和颜色变化,判断滤油效果。在充分过滤的情况下,油液的清澈度显著提高。通过以上操作步骤,结合具体数据支持,高真空滤油机的使用能够确保油品质量的提高,同时有效提升滤油效率,为储油罐维护提供可靠保障。

2.2.2 油过滤采用倒罐滤油方式

油过滤采用倒罐滤油方式是一种高效而常用的滤油操作方式。在进行倒罐滤油操作时,我们以一个典型的储油罐滤油场景为例。确保两个储油罐(A罐和B罐)的油液质量良好,并处于相对稳定的状态。在操作前,检查储油罐的密封性,确保连接管路无泄漏。启动高真空滤油机,设定滤油参数。例如,设定滤油压力为300千帕,滤油速度为1500升/小时。监测真空度,确保其稳定在0.5毫巴以下。将高真空滤油机的进出口管路分别连接到A罐和B罐。确保连接紧密,避免气体进入系统。缓慢将A罐内的变压器油液倒入高真空滤油机,经过滤油后,油液流入B罐。倒罐过程中,保持油液的温度在45摄氏度以上,以提高油品的流动性。通过观察高真空滤油机出口处的油液,监测其透明度和颜色变化。记录滤油机运行过程中的压差变化,以评估滤芯的工作状态。

3 油样试验与质量判断

3.1 取样方法和频率

在进行变压器油样试验时,采用科学合理的取样方法和适当的频率对于保证试验结果的准确性和可靠性至关重要。取样器的选择应当符合国家标准或相关规范。常见的取样器为密封的玻璃瓶或不锈钢瓶,其容量通常为500毫升至1000毫升。在进行取样前,需要确保取

样器的内壁干净,无残留杂质,并通过加热处理排除潮气。确定取样点时,通常选择变压器油箱底部作为代表性的位置。清洗取样阀门是确保取样过程不受外界污染的关键步骤,应当使用变压器油进行清洗。取样操作需要在变压器正常运行状态下进行。打开取样阀门的速度应适中,避免引入气泡和外界空气。取样完成后,及时密封取样器,标明取样的时间、地点和操作人员等信息。取样的频率通常按照变压器的使用情况和要求进行调整。在一般情况下,建议每隔 3 至 6 个月进行一次定期取样。在关键操作节点后,如维护、维修或发生故障后,应立即进行取样。在更换或加注新油时,也需要进行新油取样。新油取样有助于了解新油的质量情况,确保其符合要求。

3.2 油样试验的指标

油样试验的指标涵盖了多个方面,包括物理性质、化学性质和电性质等。以下是一些常见的油样试验指标及其相关数据支持。变压器油的密度是其物理性质之一,通常在 0.85 至 0.9 克/立方厘米之间。变压器油的密度直接影响其冷却性能和流动性。变压器油的黏度通常在 10 至 30 平方毫米/秒之间,黏度的合理范围有助于确保油在变压器内的润滑和散热性能。变压器油的介电常数是其电绝缘性能的关键指标,通常在 2 至 3 之间。较低的介电常数表明更好的电绝缘性能。

化学性质:合格的变压器油酸值通常在 0.03mgKOH/g 以下。酸值的升高可能是油品劣化或受到污染的迹象。油中水分的合理含量应低于 10ppm,高水分含量可能降低油的绝缘性能。合格的变压器油中氧气和氮气的浓度通常应低于 0.1%。过高的气体浓度可能导致气体放电和劣化。

电性质:变压器油的击穿电压应不低于 30 千伏,确保油的电绝缘性能。实际测试中,油样的击穿电压应满足国家标准或相关规范的要求。介电损耗因子反映了油在电场中的能量损失,通常应在 0.005 以下。较低的介电损耗因子表明更好的电绝缘性能。以上数据仅为一般参考范围,实际的合格标准应根据国家标准、厂家规范或变压器设计要求进行调整。进行油样试验时,确保测试仪器的准确性和可靠性,以获取可靠的试验数据。

3.3 油品净化处理合格的判断标准

油品净化处理后的合格判断标准涵盖了多个方面。油品净化处理后,击穿电压是评估电绝缘性能的重要指标。一般要求击穿电压不低于 30 千伏。实际测试中,净化后的油品应满足国家标准或相关规范的要求,确保电绝缘性能达到标准。酸值是反映油品化学稳定性和抗氧化性能的重要参数。合格的变压器油酸值通常在 0.03mgKOH/g 以下。酸值升高可能是油品劣化或受到污染的迹象。油品净化处理后,水分含量是一个关键的指标。通常,合格的变压器油水分含量应低于 10ppm,高水分含量可能降低油的绝缘性能。油品净化处理后,气体含量也是一个需要考虑的因素。合格的油品中氧气和氮气的含量通常应低于 0.1%。过高的气体含量可能导致气体放电和劣化。这些判断标准是根据国家标准、行业规范和变压器设计要求等制定的。在进行油品净化处理后,通过科学合理的试验手段,确保油品符合上述判断标准,以保证其满足使用要求,延长变压器的寿命,提高电网的稳定性和可靠性。

4 结论

综合以上研究,通过引入辅助设备,可显著提高大型变压器滤油效率。合理的操作方法与实践,如罐车和桶装油滤油步骤、滤油机导入储油罐的操作等,进一步确保了油品的质量。通过科学的油样试验和净化处理,变压器油的电绝缘性能和化学稳定性得到有效提升。这些措施将为大型变压器的可靠运行和电力系统的稳定性提供有力支持。

参考文献

- [1] 白光亚,张诚,李天佼等.特高压换流站全自动化滤油装置改进一体化设计[J].电子设计工程,2023,31(1):21-24+29.
- [2] 朱兆元.基于博途 S7-1500 变压器用油管理系统改造[D].北方民族大学,2021.
- [3] 刘伟,陈舒捷.特高压变压器绝缘油过程控制工艺分析[J].电气技术与经济,2019(02):42-44.
- [4] 魏有锋.高海拔地区变压器在线滤油的研究[D].西安理工大学,2018.
- [5] 陈思慧,王丽君,高振国.变压器在线滤油技术应用分析[J].山东工业技术,2016(02):241-242.