

500kV变压器高压套管两起缺陷及处理策略探究

李宁 郭旭东 孙苗苗

国网河北省电力有限公司超高压分公司

摘要：500kV变压器作为电力系统的核心设备之一，其运行状况直接关系到电力系统的安全稳定。高压套管作为变压器的重要组成部分，其性能的好坏直接影响到变压器的正常运行。然而，在实际运行中，由于各种原因，高压套管可能会出现各种缺陷，如绝缘性能下降、导电不良等。这些缺陷不仅会影响变压器的正常运行，还可能引发安全事故。因此，对500kV变压器高压套管的缺陷进行深入研究，并提出有效的处理策略具有重要意义。本文针对某变电站两起500kV变压器高压套管在运行中出现的漏油、受潮等问题，通过红外测温、电气试验、油化验等技术手段，结合套管解体检查，找出缺陷部位，分析发生的原因，提出变压器套管在厂内监造验收、现场安装调试、运行维护、检修试验等环节必须把控的关键点和注意事项。

关键词：高压套管；电气试验；缺陷处理；主变压器

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2022.10.184

引言

变压器作为电力系统的核心设备之一，其安全稳定运行对于保障电力系统的供电质量和可靠性至关重要。而变压器高压套管作为变压器的重要组成部分，其性能的好坏直接影响到变压器的正常运行。近年来，随着电力系统的快速发展和电网规模的不断扩大，变压器高压套管在运行中出现的故障和缺陷也呈现出多样化的趋势。

一、500kV变压器高压套管概述

500kV变压器高压套管是变压器的重要组成部分，具有承受高电压、传递电流、绝缘保护等功能。其结构复杂，技术要求高，一旦出现故障，将对变压器的正常运行产生严重影响。因此，对高压套管的设计和制造有严格的要求，以确保其具有良好的电气性能和机械性能。

二、故障实例1：某500kV电厂#1主变C相高压套管严重漏油

（一）主变及套管情况

#1主变是某变电站的重要设备之一，容量为500MVA，额定电压为500kV。该主变采用的高压套管为瓷质电容式套管，型号为BFL-500/1A。该套管具有优良的电气性能和机械性能，能够满足主变在正常运行时的各种要求。

（二）缺陷处理情况

在某次定期巡检中，发现#1主变C相高压套管存在漏油现象。为了准确判断缺陷原因，变电站采用了红外测温、电气试验、油化验等多种技术手段进行检查。同时，结合套管解体检查，最终确定了缺陷部位和原因。

经过分析，变电站认为该缺陷主要是由于套管密封不良导致的。在制造过程中，密封垫老化或安装不到位，使得套管与法兰之间的密封性能下降，导致油液从

密封处渗漏。为了解决这个问题，工人对套管进行了更换，并加强了密封垫的质量控制和安装工艺，确保密封性能良好。此外，变电站还对主变的其他部位进行了全面检查，确保没有其他潜在缺陷。在缺陷处理完成后，变电站对主变进行了重新试运行，确认一切正常后，将其投入正常运行。

通过这起缺陷处理，变电站深刻认识到高压套管密封性能的重要性。在今后的工作中，变电站将加强对高压套管制造和安装过程的监督，确保密封性能符合要求，避免类似缺陷的发生。同时，变电站也建议厂家在高压套管的制造过程中，加强对密封垫等关键部件的质量控制，提高产品的可靠性和稳定性。此外，对于已经投入运行的高压套管，应定期进行巡检和维护，及时发现并处理潜在缺陷，确保电力系统的安全稳定运行。

（三）检查与试验

1. 套管检查

在发现#1主变C相高压套管漏油后，变电站首先进行了外观检查。观察到套管表面有油渍，且油位异常下降。进一步解体检查发现，套管与法兰连接处存在明显的油迹，密封垫老化且安装不到位。此外，变电站还发现套管内部存在少量水分和杂质，表明套管可能受潮。为了更深入地了解缺陷情况，变电站对套管进行了全面的电气试验和油化验。电气试验结果显示，套管的绝缘性能有所下降，导电性能也有所减弱。油化验结果显示，油中水分含量超标，且存在少量杂质和金属颗粒。这些结果进一步证实了套管存在受潮和密封不良的问题。

2. 套管试验与处理

在发现#1主变C相高压套管漏油的问题后，变电站立即采取行动进行了详尽的电气试验，旨在全面评估套管的绝缘性能和导电性能。这些电气试验是至关重要

的，因为它们能够帮助变电站准确地诊断问题，并据此采取相应的补救措施。所进行的电气试验包括但不限于绝缘电阻测量、介质损耗角正切值测量、直流电阻测量以及耐压试验。这些试验为变电站提供了关键的数据，显示了套管绝缘性能的下降和导电性能的减弱。因此，立即采取行动对套管进行修复是必要的。针对试验结果，变电站采取了以下处理措施：（1）清洗和干燥处理：首先，变电站对套管进行彻底的清洗，以去除内部的油污和水分。这一步骤对恢复套管的绝缘性能至关重要，因为油污和水分都是导致绝缘性能下降的常见原因。清洗后，变电站对套管进行了彻底的干燥处理，确保所有水分都被完全去除。这是非常重要的，因为即使是微小的水分也可以大大影响套管的绝缘性能。（2）密封处理和检查：随后，变电站对套管的密封部位进行了仔细的检查 and 修复。由于套管漏油是一个明显的问题，变电站确保所有的密封点都经过了彻底的修复，以防止未来可能出现的任何泄漏。这包括更换损坏的密封垫，以及使用高质量的密封剂，以确保套管的密封性能。（3）电气性能测试：修复和密封处理完成后，变电站再次对套管进行了一系列的电气性能测试，以验证修复工作的有效性。这些测试包括重新测量绝缘电阻、介质损耗角正切值、直流电阻以及进行耐压试验，确保套管在修复后能够满足正常运行的所有电气性能要求。（4）技术和方法更新：在整个修复过程中，变电站也不断地更新变电站的技术和方法，以确保变电站使用的是最先进和最有效的技术。这包括采用最新的测试设备和修复技术，以及确保所有维护人员都接受了最新的培训。（5）维护和监控计划：修复完成后，变电站还制定了一个详细的维护和监控计划，以防止未来的问题。这包括定期的电气测试，以及对套管的视觉检查，以早期发现和解决任何潜在的问题。通过这一系列的措施，变电站能够有效地解决了#1主变C相高压套管的漏油问题，并且通过彻底的检查和维修，确保了主变压器的安全和可靠运行。这个过程不仅展示了变电站对电力系统稳定性和安全性的承诺，也强调了变电站在面对挑战时采取综合措施确保设备性能的能力。

除了对#1主变C相高压套管的处理，变电站还对其他相位的套管进行了全面的检查和试验，确保整个主变的安全稳定运行。在处理过程中，变电站还注意到了一些关键点和注意事项，包括：（1）在进行电气试验时，必须确保试验设备的安全性和准确性，避免对套管造成二次损伤。（2）在进行密封处理时，必须确保密封垫的质量和安装工艺，避免密封不良导致的漏油问题。（2）在进行清洗和干燥处理时，必须注意对套管的保护，避免对套管造成损伤。（3）在进行巡检和维

护时，必须加强对套管的监测和检查，及时发现并处理潜在缺陷，确保主变的安全稳定运行。

总之，通过对#1主变C相高压套管漏油问题的处理和分析，变电站深刻认识到高压套管在运行中的重要性 and 关键点。在今后的工作中，需加强对高压套管的巡检和维护，及时发现并处理潜在缺陷，确保电力系统的安全稳定运行。同时，变电站也建议厂家在高压套管的制造过程中，加强对密封垫等关键部件的质量控制，提高产品的可靠性和稳定性。

三、故障实例2：某500kV变电站#2主变中性点套管受潮

（一）主变及套管情况

该主变容量为240 000 kVA，2003年投运，其高压套管型号为LZZB1-10 600/5A。

（二）缺陷处理情况

在2018年7月，某变电站对其#2主变压器执行了常规性的试验。试验当天，天气晴朗，相对湿度为65%，环境温度为29摄氏度，变压器上层油温记录为33摄氏度。依据试验程序，首先进行了绕组直流电阻、分接开关动作特性以及绕组低电压阻抗测试，这些测试均显示结果合格。然而，在进行高压套管连同绕组对低压及接地的绝缘电阻和泄漏电流试验时，发现结果不符合标准要求。具体来看，高压套管的外瓷套在施加40千伏直流电压下，泄漏电流测量结果为12微安培。此外，其绝缘电阻值达到了20,000兆欧，这同样不满足预定的电气性能标准。这些试验结果表明高压套管的绝缘性能出现了问题，需要进行进一步的分析和处理。

试验数据表明，变压器高低压套管外绝缘性能正常，但主变高压侧套管内绝缘存在缺陷。随后，开展主变绕组连同套管的相关电气试验，试验进一步表明低压侧绝缘试验合格，高压绕组连同套管介损值、高压0相套管电容量及介损值均不合格。分析高压0相套管对高压绕组连同套管介损值的影响，对变压器本体及高压套管取油样进行油中溶解气体色谱及水分分析，试验结果表明本体油及A、B、C三相套管油样合格，0相套管油样氢气及水分超标。为了更全面地检验变压器绝缘性能，证实分析判断结论，决定将缺陷相高压0相接地后进行局部放电试验。局部放电试验结果表明，三相1.3倍 $U/\sqrt{3}$ 电压下局放量均小于100pC。

在进行的主变压器试验中，通过细致的分析与检测，揭示了中性点套管存在明显的绝缘性能问题，即严重的受潮现象，而变压器本身及其他关键部件的绝缘性能则未发现异常。这一发现促使立即更换了受损的中性点套管，随后进行的试验显示所有参数均满足要求，电力供应得以迅速恢复。后续对被更换套管的拆解分析进

一步证实了其内部存在进水和受潮的问题。经过深入调查,发现导致这一问题的根本原因是储油柜的胶木密封圈发生了变形并失去了原有的密封效果,从而导致套管密封性能显著下降,进而引起了内部的严重受潮。此次事件的处理过程不仅体现了在变压器维护中对异常指标的快速响应和有效处理的重要性,也强调了定期检查和更换易损耗部件的必要性,以确保电力系统的稳定性和可靠性。

(三) 处理措施与反思

针对此次#2主变中性点套管受潮的故障,变电站采取了以下处理措施:(1)更换中性点套管:将受潮的中性点套管整体更换为新的合格套管,确保主变的正常运行。(2)检查密封性能:对所有套管的密封性能进行了全面检查,特别是对储油柜胶木密封圈进行了详细检查,确保没有类似的密封失效问题。(3)加强巡检和维护:增加了对主变及套管的巡检频次,定期检查套管的密封性能、油位和油质情况,及时发现并处理潜在缺陷。(4)提高检修工艺:在检修过程中,加强了对套管解体、清洗、干燥和安装等环节的质量控制,确保检修工艺的可靠性和准确性。

通过此次故障的处理,深刻反思了套管维护和检修的重要性。在今后的工作中,变电站将进一步加强对套管的巡检和维护,及时发现并处理潜在缺陷,确保电力系统的安全稳定运行。同时,变电站也建议厂家在套管的制造和检修过程中,加强对密封件等关键部件的质量控制,提高产品的可靠性和稳定性。此外,变电站还将加强与其他变电站的交流和合作,共同学习和借鉴先进的套管维护和检修经验,不断提高变电站的技术水平和应对能力。

四、策略与建议

(一)在主变压器的生产和制造阶段,业主单位须组织专业技术人员进行出厂监督和交接验收工作,同时在生产现场进行金属材料分析等技术监督活动。对产品质量相关的细节问题以及试验过程中出现的异常数据进行细致的分析和认真的整改是必要的。在交接验收环节,应收集相应生产批次的套管材质、型号、电气试验数据和出厂记录等重要信息。

(二)主变压器安装完成后,现场验收工作需严格细致,对主体及其组成部件的每个部分进行全面检查,以排除任何潜在的问题点。应指派专人负责现场监督,确保套管的安装质量达标。在变压器开始运行之前,还应进行取油试验,以便及时发现并处理设备的潜在隐患。

(三)主变压器在运行期间,通过电气试验、油质

分析试验和红外测温等方法进行数据的横向与纵向比较,可以揭示设备的缺陷特征和变化趋势。综合分析这些关键数据,可以准确诊断主变套管的潜在问题,实现缺陷的精准定位。

(四)在主变压器进行例行停电检修前,应进行带电部件的检测,及时发现套管的漏油或受潮等问题,并提前准备检修方案,确保检修工作一次性完成,提升检修的质量和效率。

结语

综上所述,通过对某变电站两起500kV变压器高压套管在运行中出现的漏油、受潮等问题的分析和处理,深入了解了变压器高压套管在运行中可能出现的故障和缺陷,并提出了相应的处理策略。这些策略对于保障变压器的安全稳定运行具有重要的指导意义。同时也认识到,在电力系统的快速发展和电网规模的不断扩大的背景下,变压器高压套管的故障和缺陷也会呈现出多样化的趋势。因此,需要不断学习和探索新的技术和方法,提高变压器高压套管的运行维护水平,为电力系统的安全稳定运行做出更大的贡献。

参考文献

- [1]施逸,周国梁.一起由于套管密封失效导致的220kV变压器故障分析[J].四川电力技术,2021.
- [2]杨放南,赵隆乾,白伟,等.750kV变压器(电抗器)高压套管雨闪事故分析及防范措施[J].电瓷避雷器,2019(3):4.
- [3]苗长青,尹国慧,任宝森,等.超特高压变电站主变压器套管发热缺陷分析及对策[J].黑龙江电力,2019(5):429-432.
- [4]刘琦,杨贤,江丹宇.一起500kV变压器油纸电容量式套管介损异常分析[J].山西电力,2019(4):5.
- [5]赵班亨.220kV主变压器高压套管将军帽过热分析处理与预防措施[J].轻松学电脑,2021,000(005):P.1-1.
- [6]张晨晨,丁国成,陈庆涛,等.基于频域介电谱的一起110kV变压器套管故障分析[J].变压器,2019,56(5):4.
- [7]陈冰心.典型缺陷真型电容式玻璃钢套管电气特征参量测试实验研究[D].重庆大学,2019.
- [8]张峰,林教,黄胜茂.220kV变压器高压套管压力高故障分析[J].电力系统装备,2021(000-023).
- [9]苏绍泽,方欣,徐耀伦,等.一起110kV变压器高压侧套管介质损耗异常分析[J].四川电力技术,2021(005):044.