

主变本体呼吸器突发溢油处理

沈 文

(常州供电公司, 江苏 常州 213000)

摘 要: 某 220kV 主变在运行过程中在本体呼吸器处溢出大量变压器油。经过现场查找分析原因后, 发现该故障为一种由于油枕胶囊鼓气处理不当造成的特殊情况。在对该故障油枕进行消缺后, 设备恢复正常。

关键词: 变压器; 油枕胶囊; 溢油处理

1 变压器故障情况

220kV 某变电所 1 号主变型号为: SFSZ10-180000/220。该主变采用胶囊式油枕, 该主变投运至今未发生异常。

2014 年 10 月 21 日, 值班员在巡视时发现该主变本体呼吸器油杯下方存在大量变压器油的油迹。且该主变的呼吸器油杯已经充满绝缘油并有油滴挂在下方。从地面的油迹分析, 该变压器油为从呼吸器管道喷射而出。其现场如图 1 所示。



图 1 绝缘油喷射现场照片

由于此类缺陷常州地区从未发生过, 值班员立即联系检修人员到达现场进行消缺工作。

2 胶囊式油枕结构介绍

大型电力变压器常用密封式储油柜作为油保护装置。储油柜又叫油枕, 一方面储油柜可以提供变压器绝缘油热胀冷缩变化的容积, 另一方面又可以缩小油与空气的接触面, 减少油受潮和氧化的程度。密封式储油柜主要有胶囊式、隔膜式及金属波

纹式三种。^[1]其大小一般为变压器油箱总油量的 10% 左右。

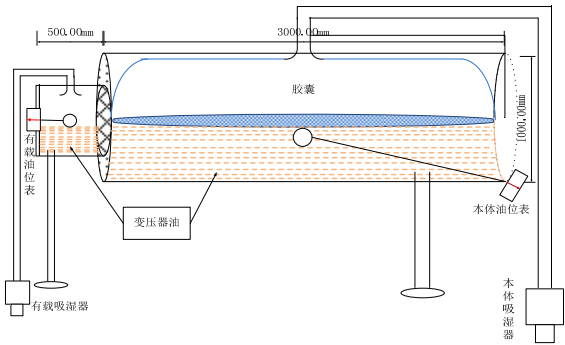


图 2 胶囊式油枕结构图

该主变使用的油枕为目前广泛使用的胶囊式油枕。该油枕的结构图如图 2 所示。变压器油与外界大气通过油枕内的胶囊彼此隔离。随着变压器油的热胀冷缩, 油枕内的胶囊也变大变小。由于油枕出口顺着油管与呼吸器连接, 油枕内胶囊的压力在正常运行时应始终与外界大气压一致。变压器油位则通过浮球连接的油位表显示在油枕的一侧, 方便值班运行人员对主变油位进行观察。

3 故障的特殊性

通过胶囊式油枕的结构分析与故障现状可以看到此次故障的特殊性:

(1) 正常的油枕胶囊内不存在变压器油。在主变运行和安装过程中, 不会有大量的变压器油存在胶囊中。

(2) 即使胶囊破裂, 变压器油进入胶囊内部。胶囊由于变压器油的进入下沉。其通常显示的故障情况胶囊压住浮球后导致主变油位异常。但是该情况在此主变上并未发生。

(3) 如果存在安装或者渗漏的问题导致胶囊

内存在变压器油，但是由于油枕的油管在胶囊的上部。如果要将变压器油从这个油管压出，变压器油需要充满整个油枕，在此种情况发生往往需要主变内部发生故障产生巨大的压力，主变的压力释放阀将因为压力过大而动作导致变压器油喷出。

4 不停电检修过程

由于该设备供应负荷较大，为了降低对电网可靠性的影响，检修人员首先对该主变进行了不停电的检查工作，主要内容如下：

4.1 油位红外测温测量

检修人员首先对油位表读数进行检查，发现油位表显示油位与主变铭牌温度曲线符合。考虑到设备可能存在“假油位”。检修人员利用红外测温仪对油枕内油位进行定性测量，测量结果表明该主变内油位在油枕内部一半的位置，考虑当天天气较冷，可以判断该台主变的实际油位并不偏高。具体油位指示如图 3 所示。



图 3 现场油位显示

4.2 呼吸器畅通检查

由于呼吸器的管道安装在油枕顶部与主变胶囊连接，因此如果顺此管路有变压器油流到呼吸器中，油位将需要抬高至油枕顶部。而油位表检查和红外精确测温表明，实际油位并不高。这就表明在突发呼吸器处溢油瞬间存在较大的压力将变压器油突然冲出。变压器的呼吸器是油枕胶囊与外界联系的变压器附件。如果呼吸器存在堵塞，那么胶囊内部压力无处释放，将导致变压器油存在较大压力。

检修人员对变压器本体呼吸器进行了检查。该本体呼吸器内矽胶已经完全被变压器油浸透，呼吸器下部油杯也已灌满变压器油。拆除呼吸器连接法兰时，检修人员发现连管处有气流流出。这就表明该呼吸器气道回路存在堵塞情况。检修人员对呼

吸器及内部的矽胶进行了更换，保证气道通畅。

4.3 本体绝缘油油样化验

虽然在整个故障过程中，本体的瓦斯继电器及压力释放阀均未发出动作信号。但是为了防止突发的压力故障为主变内部放电故障造成。检修人员对于主变本体进行了变压器绝缘油的采集化验。化验结果表明，通过色谱试验表明主变内部乙炔、总烃及其他气体含量均正常。油样简化试验也合格。这就表明主变内部并未发生内部短路放电等严重情况。主变压器不需要进行吊罩大修。

色谱检测结果如表 1 所示。

表 1 检修中对变压器本体油样色谱检测结果 $\mu\text{L/L}$

检测项目	某某变电站 1 号主变本体油样
氢气 H_2	0
甲烷 CH_4	5.5
乙烷 C_2H_6	1.5
乙烯 C_2H_4	1.2
乙炔 C_2H_2	0.47
总烃	8.7
一氧化碳 CO	159
二氧化碳 CO_2	586

5 停电检修过程

在主变继续运行期间，运行人员加强了对该设备的巡视检查工作。在前期进行的非停电工作的基础上，2014 年 11 月 6 日，检修人员在停电后对改主变油枕进行了检查处理工作。检修工作主要分为：

5.1 判定胶囊是否破裂

判断胶囊密封性主要有三种方法^[2]：

(1) 检查胶囊内是否存在绝缘油。通过胶囊排气口将头部缠有棉花的铁条小心擦拭胶囊内壁。观察胶囊内壁是有存在绝缘油。由于本次故障已经基本确定内部有油，不能使用这种方法。

(2) 施加一个微正压。通过对气囊施加一个微正压检测气囊的气密性。在胶囊排气孔处加装一个压力表。打开油枕顶部排气阀，同时拆下呼吸器，对气囊进行充气。如果密封性良好则可以观察到气囊顶部的排气阀有油流出。如果没有油流出或有大量气体排出后才能观察到油流出说明气囊有渗漏点。该方法虽然简单，但是如果破损胶囊漏点较小，则现象不明显。

(3) 保持一个微正压。如果想进一步判断气囊是否存在微小渗漏点，则需要使气囊保持一个微正压 10kPa。关闭气瓶后，如果压力可以维持，说

明气密性良好；反之则说明油枕有渗漏点。

现场检修时采用了第三种方法，该胶囊并没有检测出漏点。而且在检修过程中，检修人员通过连通管原理，发现油枕内油位正常，进一步确定了红外线精确测温的判断。检修人员在厂方人员进行讨论后认为：虽然测试表明油枕内胶囊无测出漏点，但是该胶囊内部存在绝缘油且已经准备好了备品备件，本着万无一失的原则，需要对该胶囊进行拆除更换，并在地面进一步检查该胶囊。

5.2 更换胶囊

在现场检修支架搭建完毕后，检修人员首先关闭主变油枕与本体连接处的蝶阀。利用滤油机将油枕内绝缘油打空。检修人员登上支架后，打开主变油枕侧盖，并用绳索固定。然后检修人员在做好防止异物落入的措施后，进入油枕内部拆除了原有旧胶囊的前后连接处，将胶囊从侧盖处取出。

检修人员在检查油枕内部无问题后，用类似方法安装了新的胶囊。在安装过程中，检修人员更换了油枕侧盖橡皮圈，并确保浮球上下自由，油位表显示正常无卡涩。见图 4。



图 4 拆除胶囊的检修现场

5.3 胶囊鼓气

更换好油枕胶囊后，检修人员对油枕进行了回油。在回油结束后，应当采用鼓气工艺将胶囊和油面直接的气体排除干净。鼓气过程为将主变呼吸器装上专用接头，并连接氮气瓶向胶囊中充入干燥氮气。在充气过程中，要保持压力在 10kPa 左右，并且控制好气流速度。于此同时打开油枕中部和端部的排气孔阀门进行排气。当排气孔有油流出时，在停止充气的同时关闭油枕排气孔。由于油枕中部

排气孔在排气过程中会被油枕气囊堵，在充气时会出现只有端部排气孔出油的情况。^[3] 这种情况为正常情况。胶囊鼓气完成后，应及时安装回呼吸器。

5.4 旧胶囊检查

检修人员在地面对拆卸下的旧胶囊进行检查工作。通过专用接头对胶囊进行鼓气。此操作与新胶囊检查方法一样。胶囊鼓气完成后，关闭气瓶观察胶囊是否漏气。通过 15min 观察，该胶囊不存在漏点。见图 5。



图 5 检查胶囊的检修现场

6 呼吸器突发溢油原因分析

虽然通过一系列的检查和检修，我们消除了设备的隐患。但是设备发生本体呼吸器突发喷油的原因还是没有直接得到。

检修人员查询了设备的基建、验收记录，发现该台主变在设备验收时发现油枕上胶囊内外连接管道蝶阀未关闭。验收人员在发现该问题后，立即关闭了该蝶阀。该蝶阀设置的目的是主变进行抽真空时将胶囊内外进行连通，保证胶囊不会因为外部负压而破裂。在进行真空处理完毕后，应关闭该蝶阀，保证胶囊内部与油枕内绝缘油彼此隔绝。

由此可以分析出该故障的原因：

6.1 胶囊内存在绝缘油原因

如图 6 所示，由于胶囊内部和油枕内部直接管道连接蝶阀未及时关闭，油枕胶囊与胶囊外部空间通过管路连通。在进行胶囊鼓气的过程中，由于氮气瓶的压力较大，气体流速快，胶囊膨胀明显，导致绝缘油在从油枕顶部的排气口排出的同时也从油枕顶部的连接管路进入了胶囊的内部。

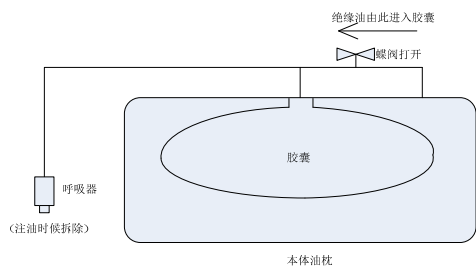


图 6 绝缘油进入胶囊过程示意图

6.2 胶囊内绝缘油从呼吸器溢出原因

在设备验收时，检修人员发现了胶囊内部和油枕内部直接管道连接蝶阀未及时关闭，继而及时关闭了蝶阀。但是检修人员并未检查此时胶囊内部是否存在绝缘油。由于蝶阀在鼓气过程中未关闭，所以在部分绝缘油进入胶囊内部的同时也有部分胶囊内空气进入了胶囊外部与油枕之间。

这些空气残存在油枕的两端角落。在设备投运后，随着热胀冷缩的原理，将胶囊挤成“蘑菇状”在从上往下压缩胶囊时候，随着胶囊内部空间的缩小，胶囊中部拱起将与呼吸器的连接管口堵死。^[4]此时胶囊已经完全封闭，随着压力进一步增长，胶囊内空间缩小到一定程度后，胶囊内的绝缘油挤开呼吸器连接管封闭处。压力的突然释放，导致绝缘油从呼吸器管道溢出，继而导致呼吸器大量溢油的故障。见图 7。

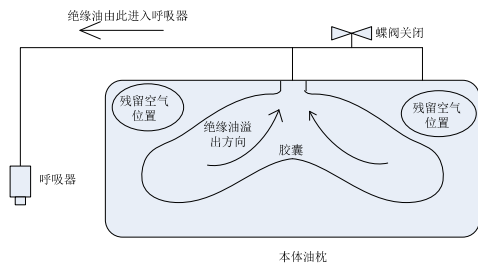


图 7 绝缘油进入呼吸器过程示意图

7 结论

（1）主变油枕胶囊在鼓气前必须再次检查所有相关的蝶阀的位置，保证现场工艺。否则可能导致绝缘油进入胶囊，胶囊破损，油面胶囊残存大量空气等难以当时直接观察到的缺陷。

（2）在设备验收过程中，不仅要对表明不正常的现象（如胶囊与绝缘油连接蝶阀未关闭）及时进行整改记录。而且验收人员要对此类现象可能导致的检修问题进行分析，必要时须进行专门检查和测试，避免设备投运后出现再次停电检修。

（3）面对越来越苛刻的电网可靠性要求，检修人员对于现场故障现象应进行各种可能性的推断，加以分析，然后制定完善检修计划进行停电检修。在消除缺陷的同时明确故障原因，做到设备万无一失，也避免类似问题的发生。

参考文献：

[1] 董其国.变压器故障与诊断[M].北京:中国电力出版社,2001.
[2] 陈家斌.电气设备安装及调试[M].北京:中国水利水电出版社,2003.
[3] GBJ148-90,电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范[S].
[4] 越陈熙.胶囊式储油柜假油位故障排查及处理方法[J].变压器,2007(12):67-69.

作者简介：

沈 文（1984-）男，江苏常州人，工程师，技师，主要从事变电检修工作。