

[变压器]

一例大型变压器油色谱异常气体分析及处理

文/南方电网超高压输电公司曲靖局 雷雄飞
保定天威保变电气股份有限公司 刘连兴 邹尚斌

根据变压器的离线油色谱数据，可以判断变压器的故障性质，同时根据变压器的结构特点判断变压器的故障点位置。针对一例大型变压器油色谱异常进行故障排查及分析，使问题得到了有效处理，同时提出了一种电容放电的理念。

对于大型变压器，油色谱气体分析是判断变压器是否存在故障的有效手段。根据变压器的离线油色谱数据，可以判断变压器的故障性质，同时根据变压器的结构特点判断变压器的故障点位置。本文针对某电站变压器油色谱异常气体进行分析判断，对变压器整体进行相关检查和研究，最终进行了处理，避免变压器带故障运行及故障突然扩大。

变压器产气现象及分析

某变电站在检修试验时，进行了油色谱分析试验，其油色谱数据如下表所示。

表 油色谱数据

H ₂	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂
8.82	0	0	40.25	306.32	1.89	0.71	0.21	1.93

油色谱显示，C₂H₂已到2.0左右，属于异常。而其他特征气体较正常。连续跟踪一个星期时间，色谱数据没有明显变化。

根据油色谱数据，C₂H₂数据较大，而正常运行的变压器C₂H₂含量应很小，综合其他气体含量，可判断为变压器内部有局部高热。同时CO及CO₂数据较正常，没有明显变化，可以判断局部高热部位没有涉及固体绝缘。

综合以上分析，评估认为变压器内部发生了放电或者金属摩擦发热等，同时发生故障位置不

涉及变压器的固体绝缘。

检查及相应试验

为了进一步分析判断，需要进行相应的检查及试验，排除没有发生故障的部位。为此，进行了以下检查工作。

- 1) 变压器的运行电压及电流正常，评估变压器载流部分没有明显故障。
 - 2) 变压器潜油泵运行电流及运行声音正常，评估冷却装置的潜油泵内部没有摩擦故障。
 - 3) 铁心对地绝缘电阻正常，评估铁心对地的绝缘没有缺陷。
 - 4) 夹件对地绝缘电阻正常，评估夹件对地的绝缘没有缺陷。
 - 5) 夹件对铁心间的绝缘电阻正常，评估夹件对铁心的绝缘没有缺陷。
 - 6) 有载开关油位没有明显上升，排除有载开关内漏而导致的油外漏。
 - 7) 变压器带电运行过程中进行局部放电带电监测，包括超声及高频监测，均未发现放电信号，说明在运行状态没有放电发生。
 - 8) 在退出运行后，进行感应监视局部放电试验，没有发现明显的放电信号，原有放电已经休止。
- 根据以上检查及试验，可以确定，放电点不在载流回路，夹件与铁心间绝缘、夹件对地绝缘

和铁心对地绝缘等没有问题；潜油泵不存在机械摩擦；有载开关不存在渗漏。根据变压器的结构特点，故障点存在于变压器内部结构件的等电位连接处的可能性较大，并且放电现象已经休止。

问题查找及处理

变压器退出运行，进入检修工位，之后进行变压器大排油内部检查。进入内部检查后，发现一个电屏蔽件与结构件的等电位连接处有明显的放电痕迹，结构件上有非常明显的放电烧灼及黑色碳化，如图1所示。从放电痕迹来看，放电位置在等电位连接处。



图1 现场图

将电屏蔽等电位连接的紧固件拆除，擦拭干净后的紧固件如图2所示。从等电位连接的紧固件来看，在螺栓的根部有明显的磨损痕迹，甚至原有的螺纹已经磨平，与其接触的弹簧垫片也有磨损的痕迹。在正常紧固的情况下，螺栓根部螺纹及弹簧垫片不会有如此明显的磨损，说明此处的等电位连接是松动的。松动的紧固件在变压器运行过程中，由于振动而磨损，造成图1所示的现象发生。



图2 紧固件磨损

将屏蔽件拆除，清除屏蔽件表层绝缘，重新包绕绝缘，清理放电产生的污物，更换紧固件，重新按照力矩要求装配并紧固。通过相应试验，变压器修复完好。

机理分析

对于高电压大型变压器，其内部器身的结构件很难避免存在棱角，那么，此结构件会在高场

强环境中放电，影响绝缘性能。为了避免此种情况的发生，通常采用电屏蔽的方法屏蔽结构件的棱角。此种屏蔽结构需要设置一点与被屏蔽的结构件进行等电位连接，而结构件通常是接地的。本案例中就是由于此处等电位连接松动，进而发生火花放电，导致了绝缘油色谱出现异常。

当等电位联结出现松动时，屏蔽结构出现悬浮，此时相当于在高电位与地电位之间增加了一个金属物质，构造等效电容电路如图3所示。

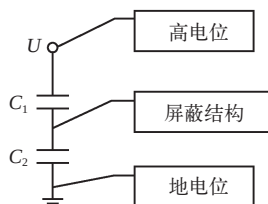


图3 等效电容电路

图3中， U 为高电位电压， C_1 为高电位与屏蔽结构件的电容， C_2 是屏蔽结构与地电位之间的电容。在变压器运行过程中， C_2 电容电压为

$$U_{C_2} = \frac{UC_1}{C_1 + C_2}$$

由于等电位连接只是松动，其断开间隙非常小，只有零点几毫米。当 C_2 的电容电压达到一定值时，其断开间隙会被击穿，在间隙间形成火花放电。由于火花放电的温度非常高，作用于变压器绝缘油中，使变压器油裂解，甚至碳化，形成图1的现象，同时会出现变压器油色谱异常。需要说明的是，此处的放电，只是裸金属间的放电，没有涉及固体绝缘，因此油色谱异常只是体现在了 C_2H_2 出现。

由于在等电位连接处放电或其他振动等原因，有时会使等电位连接处复接，所以，变压器后续运行中放电休止，以至于在线局部放电监测及退出后的感应试验没有出现异常。

结束语

本案例由于电屏蔽的等电位连接松动，导致变压器油色谱异常。通过排除检查及色谱分析，确定了故障点的性质及大致位置，同时通过电容电路分析了放电故障的机理。本案例提醒人们，大型变压器不仅仅是载流导电部分紧固连接重要，非载流连接的接地系统的等电位连接同样至关重要。EA

(收稿日期：2020.01.09)

(编辑：朱金凤)