

文章编号: 1001-1609(2006)01-0077-02

启备变油色谱异常的分析

李 逊

(国电浙江北仑第一发电有限公司, 浙江 宁波 315800)

Analysis for Chromatogram Abnormality in Oil of the Start-up Standby Transformer

LI Xun

(Guodian Zhejiang Beilun No.1 Power Generation Corporation, Ningbo 315800, China)

摘要: 针对本单位启备变 12B(220 kV)长期存在的总烃超注意值的油色谱分析结果异常问题,结合多年来油色谱跟踪监测结果及设备运行状况,进行了较为详细的原因分析和探讨,提出了分析意见和解决问题的建议。

关键词: 变压器; 油色谱分析; 过热故障

中图分类号: TM406

文献标识码: B

Abstract: The problems of chromatogram abnormality in oil are analyzed and discussed in detail by monitoring the results of oil chromatographic analysis and tracing the transformer's operation condition for many years. The analytic views and the suggestions for solving problem are given.

Key words: transformer; oil chromatographic analysis; overheated fault

1 设备概况及色谱异常的发现

某公司的启备变 12B(220 kV)为 1988 年出厂,1990 年 3 月投运。其型号为 TTH,额定容量为 55/40/15 MV·A,额定电压为 225±9×1.25%/10.5/3.15 kV,调节方式为有载调压。

对启备变 12B 本体油的首次色谱检测时间是 1991 年 1 月 18 日。2002 年 4 月 4 日,首次发现其总烃超过了 150 μL/L 的注意值,达到 161.65 μL/L,但氢气仅为 14.48 μL/L,甲烷、乙烯含量均较低,乙烷为 101.74 μL/L 含量较高,未见乙炔。在长达约 10 年的跟踪监测过程中,对其的色谱监测周期曾由定检时的 6 个月 1 次,缩短为 3 个月 1 次、1 个月 1 次、半月 1 次、1 周 1 次、3 天 1 次、1 天 1 次,甚至到过 1 天 2 次。2003 年 12 月 25 日~2004 年 2 月 5 日期间,油中又曾出现过 0.01~4.15 μL/L 的乙炔,至 2004 年 10 月底,停运检修前的 8 个月期间,油中总烃一直在 170~200 μL/L 范围内稳定波动,且未见有乙炔。

2 对色谱异常的分析

由于启备变 12B 自 1990 年投运以来,其本体油一直未经过滤油处理,因此分析研究其十多年来本体油色谱检测数据的变化趋势是有价值的,由此得出的结论具有一定的指导意义。根据该设备油中总烃长期超注意值,且其中乙烷含量较高和油中两次出现乙炔组分的现象,特按图 1 所示作趋势分析。

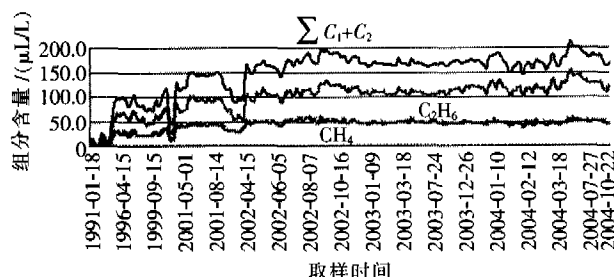


图 1 影响总烃变化的主要组分含量变化趋势

由图 1 发现,从 1994 年起,油中总烃的变化趋势与油中乙烷含量的变化趋势有着极其吻合的同步变化规律,由此可以肯定,导致该设备本体油总烃超注意值及上下波动的最直接原因是乙烷含量的相应变化。对此,分析引起乙烷含量有较快速度上升的主要因素可能有以下几方面。

2.1 设备内部存在着潜伏性故障

应用 IEC 推荐的“三比值法”^[1]对长达约 10 年的色谱检测数据进行了变压器故障类型判断,其“三比值”(C₂H₂/C₂H₄), (CH₄/H₂), (C₂H₄/C₂H₆)的结果为:编码为“120”的占 2.1%,故障类型判断为“低能放电兼过热”。编码为“020”的占 96.5%,故障类型判断为“低温过热”。据此可初步判定,该设备内部一直存在着 150℃~300℃低温范围的过热故障。统计长期以来的色谱检测数据,截至到 2004 年 10 月,乙炔曾出

收稿日期:2005-08-30; 修回日期:2005-10-09

作者简介:李 逊(1966-),男,浙江宁波人,高级状态监测工程师,从事 600 MW 火电机组油品检测工作。

现过2次,首次出现在1994年10月31日~1996年4月15日,浓度范围为0.04~0.31 $\mu\text{L/L}$ 。第2次出现在2003年12月25日~2004年2月5日,浓度范围为0~4.15 $\mu\text{L/L}$,在这期间,外送浙江电力试验研究所等单位所作的色谱对比测试结果,均证实了油中确实有乙炔组分存在。尤其是2003年12月25日,色谱监测时发现1.30 $\mu\text{L/L}$ 的乙炔,但第2天作跟踪复测时却未检出。至12月29日9时30分,取样监测时乙炔含量上升至4.15 $\mu\text{L/L}$ 的最高值,同日15时15分,取样检测时乙炔含量又下降至0.76 $\mu\text{L/L}$ 。2003年12月30日的9时50分,14时30分又分别取样,发现油中乙炔含量逐步下降至0.13 $\mu\text{L/L}$ 和0.08 $\mu\text{L/L}$ 。在随后35天的11次色谱跟踪监测中,油中乙炔的浓度呈逐渐回落趋势。从2004年2月12日~2004年10月22日的检测中,油中一直未发现有乙炔出现。纵观历史色谱检测数据,油中两次阶段性出现乙炔,尤其是从第2次乙炔出现浓度呈现较大幅度变化的情况分析,该设备内部除了长期存在低温过热故障外,可能在某些部位还曾发生过间歇性的高能量放电现象。

2.2 高速油流带电放电可能性分析

据有关技术资料介绍,变压器的潜油泵故障或油流速过高导致油流带电时也会产生乙炔。根据国

内外大量的大型变压器油流放电的研究理论表明:①油流带电量与流速的2~4次方成正比;②随着放电次数的增加,可燃气体的含量增加,特别是乙炔、氢气的含量增加最快^[2]。根据启备变12B运行参数的设定,其自动投运冷却风扇及潜油泵的主要条件分别是高压绕组线圈温度达到85℃和95℃,而实际状况是该设备常年运行中所带负荷不是太高,经常处于一种空载状态,即使在环境温度最高的夏季,由于运行时绕组温度或油温均不易达到投运强制冷却系统的条件,因此两台潜油泵的实际投运率是非常低的。鉴于潜油泵长期以来投运率很低的实际状况,由其引起的高速油流带电放电而产生乙炔的可能性在该设备上是非常小的。

2.3 某类绝缘油乙烷释放验证

行业内存在一种说法,即某著名品牌绝缘油普遍存在着温度升高时乙烷释放值比较高的现象。因启备变12B本体油采用的正是这种油品,而长期以来导致其总烃超注意值的决定性组分又恰恰是乙烷,自然这种“绝缘油温升时乙烷释放”的解释也被作为一种可能的原因提了出来。为验证这点,确认启备变12B本体油乙烷含量升高较快是否由该因素引起,特进行了该设备本体油在不同温升条件下的色谱分析模拟试验,结果见表1。

表1 启备变12B本体油升温后色谱试验

试验内容	逐段升温后色谱分析					大幅升温后色谱分析	
	2004-06-15 取081号针筒样100 μL , 取样时油温50℃					2004-06-15 取015号针筒样100 μL , 取样时油温50℃	
试验条件	室温 25℃	6 min 内升温至 65℃, 并恒温2 h 后	4 min 内升温至 80℃, 并恒温2 h 后	3 min 内升温至90℃, 并恒温2.25 h 后	3 min 内升温至 100℃, 并恒温2 h 后	室温 25℃	9 min 内升温至 110℃, 并恒温7 h 后
H_2	4.39	5.17	5.69	5.21	5.70	6.18	13.94
CO	133.35	126.03	124.03	122.46	127.51	139.34	137.87
CO ₂	1586.23	1554.11	1526.44	1537.04	1417.82	1589.81	1558.75
CH ₄	50.95	48.73	47.46	48.39	47.60	52.29	51.98
C ₂ H ₄	4.11	3.90	3.81	3.89	3.81	4.20	4.04
C ₂ H ₆	132.39	130.01	128.41	129.56	128.95	137.58	135.72
C ₂ H ₂	0	0	0	0	0	0	0
$\Sigma_{\text{C}_1+\text{C}_2}$	187.45	182.64	179.68	181.84	180.36	194.07	191.74

从表1的试验数据可以看出:①逐段升温后,油中未见有大量明显的乙烷气体析出,其它烃类气体含量也很稳定。②大幅急剧升温后,油中氢气含量有较大程度增加,但未见有大量明显的乙烷气体析出,其它烃类气体含量也很稳定。上表模拟试验条件虽与设备实际运行工况有一定差异,但以此验证绝缘油是否会随着油温升高而释放乙烷气体还是比较有效的,因为模拟试验中的油温要远远高于设备实际运行中本体油油温。因据该设备技术规范介绍,其正常运行中的“油温温升限度”及“绕组温升限度”分别为60℃和65℃,且设备长期运行中未有运行油温或绕组等温度超限异常现象的发生。统计十多年来

对其作色谱检测取样时,从现场表计记录的本体油油温(为设备的顶层油温)变化范围为23℃~58℃,因此长期以来设备运行的油温总体不是很高。表1得出的结论是比较明确的,至少对于启备变12B使用的这种品牌绝缘油,以“设备运行油温高及波动变化引起其本体油释放乙烷气体量较大而导致总烃超注意值”来解释启备变12B色谱异常似乎还缺少十分详实的依据。

3 结语

经过对上述各种原因的分析,笔者认为:导致启备变12B本体油总烃多年来一直(下转第80页)

表1 技术数据

元素	重量/%	个数/%	K 光谱 比率	修正系数		
				Z 原子	A 吸收	F 荧光
Al	46.96	60.15	0.321 3	1.024 5	0.411 6	1.002 6
Si	7.52	9.26	0.034 1	1.054 8	0.264 7	1.001 7
S	2.94	3.17	0.021 5	1.047 1	0.430 1	1.003 3
K	1.16	1.03	0.013 7	1.008 0	0.713 0	1.013 9
Ca	1.94	1.68	0.025 8	1.031 4	0.780 2	1.018 7
Ti	2.87	2.07	0.040 0	0.943 8	0.876 8	1.038 1
Fe	36.59	22.65	0.543 5	0.945 2	0.968 8	1.000 0
总计	100	100				

均无伤痕;②检查动触头、静触头,无零部件损坏,尺寸合格。引弧触头没有出现麻点等严重燃弧的现象,属于正常范围,并对动、静触头进行了打磨抛光处理;③发现断路器内的干燥剂颜色由灰白色变为淡红色,且质地较脆,易掉粉尘,对其进行了更换;④绝缘拉杆与动触头连接杆尺寸合格,当检查绝缘拉杆与动触头连接杆的连接圆柱销及圆柱孔时,发现灭弧室的连接杆接头的圆柱孔以及和其连接的圆柱销已变形,(圆柱孔规定尺寸为: $\phi 19^{+0.033}$ mm,实测值为 $\phi 19.23$ mm, $\phi 19.07$ mm,呈椭圆形;圆柱销规定尺寸为: $\phi 19^{-0.020}$ mm,实测值为 $\phi 18.8$ mm、中间宽度为20 mm的凹环面),绝缘拉杆的圆柱孔见图2。⑤对断路器进行清理,更换各部位密封圈及直动密封。

4 问题的原因

通过解体检查,发现在断路器灭弧室内存在两个比较关键的问题:

(1) 厂家生产的该型号产品的灭弧室内顶部存放有干燥剂,干燥剂的主要成分为 Al_2O_3 ,由于干燥

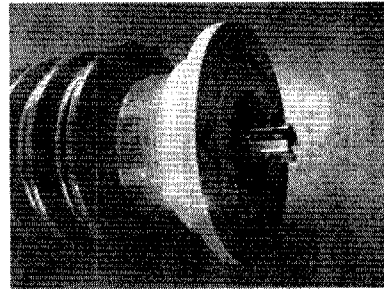


图2 绝缘拉杆的圆柱孔

注:图中箭头所指为绝缘拉杆的圆柱孔(动触头连接杆连接)

剂的质量原因,在断路器分、合闸时,产生的巨大震动,使干燥剂破碎形成粉末,从干燥盒内撒出,沉降在断路器灭弧室的底部,使得灰白色粉末中产生大量 Al 元素。

(2) 对绝缘拉杆与动触头连接杆的连接圆柱销及圆柱孔的变形进行分析,认为销与孔的配合间隙偏大,造成该处悬浮电位的产生,电腐蚀使圆柱孔和圆柱销变形,最终导致尺寸不合格,并且电腐蚀在运行中也会有响声产生,同时伴随发热现象。而圆柱销在电腐蚀的作用下分解出主要成分为 Fe 元素的物质,使得灰白色粉末中含有大量 Fe 元素。

5 结语

对干燥剂进行更换,在绝缘拉杆与动触头连接杆的连接圆柱销及圆柱孔之间加装一个等位片,将圆柱销及圆柱孔连接起来,就不会产生悬浮电位,也就没有电腐蚀现象。

对 51 台 252 kV 断路器分批更换了原有的绝缘拉杆,并在绝缘拉杆的圆柱孔附近安装一等位片,使其连接动触头的圆柱销消除了电腐蚀现象。

(上接第 78 页)

超注意值的最大可能性,还是因该设备内部长期存在着低温过热故障,同时在某些部位还曾发生了间歇性的高能量放电现象。只不过从现有的色谱检测数据分析,这种内在的潜伏性故障的性质还不是太严重。因此,若设备在一定时期内无法撤出运行,自然应继续实施色谱跟踪监测,以进一步观察这种潜伏性故障的发展趋势,这不失为一个符合实际情况的有效方法。但也应该看到,由于色谱检测技术存在对故障部位无法准确定位的不足,因此对启备变 12B 故障程度、部位的确定还需结合其它测试技术手段,同时进行有效的监测、检查。此外启备变 12B 投运至今已有 15 年,期间未发生过大的故障,也未作过检修及真空滤油处理,其油中烃类气体浓度随运行年限增加而上升也在所难免。因为自 2001 年 5 月发现,该设备本体油中总烃接近 150 $\mu\text{L/L}$ 的注

意值后,在实施长达 3 年多的色谱跟踪监测中,最高值为 209.98 $\mu\text{L/L}$,至 2004 年 10 月 27 日停运检修前的最后一次色谱检测,其总烃也仅为 169.15 $\mu\text{L/L}$,总烃总体上升幅值不是很大。为查明总烃长期超注意值是否因绝缘油运行年限长自然劣化引起,可利用适当时机对该变压器本体油进行滤油处理,结合其复役后负荷状况的变化,有的放矢地加强色谱跟踪监测等技术手段的综合应用,相信从多方位入手定能查明该设备长期色谱异常的真正原因。

参考文献:

- [1] GB/T7252-2001. 变压器油中溶解气体分析和判断导则[S].
- [2] 王国玉, 黄文霞. 油流放电对变压器油中 C_2H_2 含量的影响[J]. 变压器, 1994(3): 33-34.