

宁夏电网变电设备油中糠醛含量普查检测分析

徐 玲¹, 俞 力²

(1. 宁夏电力公司电力科学研究院, 宁夏 银川 750011)

2. 宁夏电力公司教育培训中心, 宁夏 银川 750011)

摘 要: 采用高效液相色谱法对宁夏电网 110 kV 以上百余台在役电力变压器和互感器设备油样中的糠醛含量进行普查检测。根据糠醛普查含量检测结果, 确定了变压器运行年限、绝缘纸老化速度与糠醛含量呈直线的关系。通过试验提出某主变压器不明杂峰出现与变压器故障具有紧密关系的观点, 为今后研究变压器老化故障的判断提供了第一手资料。

关键词: 变压器; 糠醛; 检测

中图分类号: TM406 **文献标志码:** B **文章编号:** 1672-3643(2013)02-0063-04

有效访问地址: <http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1672-3643.2013.02.015>

Detection and analysis on furfural content in transformer equipment oil of Ningxia Power Grid

XU Ling¹, YU Li²

(1. Ningxia Electric Power Science Research Institute, Yinchuan Ningxia 750011, China;

2. Ningxia Electric Power Training Center, Yinchuan Ningxia 750011, China)

Abstract: Using high effective liquid chromatography make census and detection on furfural content in hundreds of transformer mutual inductor equipments oil for aabove 110 kV Ningxia Power Grid, Based on the detection results of furfural content, determines the service life of transformer operation and ageing speed of insulated paper show straight-line relationship with furfural content. The test shows that unnamed pear appearing in a main transformer has close relationship with transformer failure, which provides the first hand material for old ageing failure diagnosis of the transformer.

Key words: transformer; furfural content; detection

DOI: 10.3969/j.issn.1672-3643.2013.02.015

目前在电力系统中应用最广泛的变压器是油浸式变压器, 电力变压器材料组成的绝缘系统是变压器正常工作和运行的基本条件。变压器的使用寿命是由绝缘材料(即油纸)的寿命所决定的^[1]。对于充油变压器设备, 由于其固体绝缘纤维材料老化, 可以分解产生几种呋喃衍生物化合物, 糠醛

就是呋喃衍生物一种, 它可以溶解于油中。由于糠醛物质的存在, 可以通过检测油中糠醛含量来判断运行设备固体绝缘老化程度, 也可以作为对溶解气体分析的补充^[2]。

变压器油中糠醛含量的高低对设备整体绝缘寿命的影响在文献[3]中表明得很清楚, 当糠醛含

收稿日期: 2013-01-07

作者简介: 徐玲(1961), 女, 高级工程师, 从事电厂化学检测工作。

量为5 mg/L时,变压器绝缘寿命终止^[4]。文献[5]中也对变压器油中的糠醛含量进行了规定,并明确变压器绝缘老化的程度。变压器设备的内部故障由许多因素产生,具有多元性和复杂性,用气相色谱法分析变压器油溶解气体来判断设备运行状态,已经无法满足当前电力变压器老化故障判断的需要,采用液相色谱法分析糠醛含量的方法,来补充气相色谱的不足判断变压器老化程度和运行状况的方法尤为重要,因此于2007年12月到现在,历时3年多,对宁夏电网103台运行10年以上的变压器设备进行了糠醛检测普查,用于诊断变压器设备的老化程度,以保障电力设备安全运行。

1 试验原理

呋喃甲醛俗名糠醛,其化学性能在文献[3]中均有表述。油浸式变压器固体绝缘材料是绝缘纸,绝缘纸中主要成分为纤维素。当变压器设备工作时,一定温度下,水分、氧、油中酸性化合物相互作用,纤维素将产生降解,导致大分子中的氧键断裂,生成D-葡萄糖单体,它性质不稳定,进一步发生降解,会生成含氧杂环化合物,溶解于油浸式变压器绝缘油中,而糠醛就是含氧杂环化合物的主要产物。变压器油中糠醛是均匀分布的,其在油中的运动与扩散遵循菲克定律,利用分析出的糠醛含量就可知道绝缘设备的绝缘情况和使用寿命。

对于新变压器油,如果合格,它是不含糠醛的。当变压器设备内部发生老化,绝缘材料中非纤维素材料也不产生糠醛,只有绝缘纸老化才产生糠醛物质,并且溶于绝缘油中。因此可以通过检测油中糠醛含量,来判断变压器纸绝缘的老化状况。

糠醛分子在紫外光区有吸收^[6]。试验中选用极性很强的甲醇溶液做萃取剂,将油中的糠醛萃取出来,并将糠醛以一定比例富集于甲醇中,目的是减少油中大量非极性或弱极性组分对测定结果的干扰;试验还采用C18非极性(反相)色谱柱,对甲醇中的糠醛进行分离。由于糠醛分子3个π键中电子相互作用,形成共轭大π键,对一定波长的紫外光有较强的吸收^[5],试验采用较高灵敏度的紫外检测器,对C18非极性(反相)色谱柱分离出的

糠醛进行测定,经过色谱工作站对试验数据进行处理,即可得出油中的糠醛含量。

2 检测方法

试验仪器采用Waters1525高效液相色谱仪、2487紫外检测器,手动进样阀(7725i)、Breeze色谱工作站,流动相采用的试剂为甲醇(HPLC级)和纯水。

采用Waters1525C18色谱柱(150 mm×4.6 mm, 5 μm),柱温为室温,进样量10 μL;流动相是甲醇和水混合溶液(其体积比30:70和50:50),流速为1.0 mL/min;检测波长为274 nm。

样品预处理方法:准确量取5 mL变压器油置于10 mL离心管中,用针管加入1.0 mL甲醇,然后用混合器振荡至少混合5 min,在4 000 r/min离心机上分离10 min,取上层萃取溶液进行测定。

标准溶液的配制:精确称取糠醛标准,溶于100 mL甲苯中,配制为1 170 mg/L的糠醛稀释液。用45号新变压器油分别配制浓度是0.117 mg/L、0.234 mg/L、0.585 mg/L、0.819 mg/L、1.17 mg/L和2.34 mg/L的糠醛标样溶液。

3 糠醛含量检测与分析

我们于2007年底开始至2011年4月底对宁夏地区110 kV以上,运行10年以上103台变压器和电抗器进行了油中糠醛含量普查测试,来监督变压器绝缘老化状况,其结果如下。

3.1 变压器糠醛含量普查情况

全区电网在运行103台10年以上的变压器和电抗器油中糠醛含量普查检测结果见表1。从表1中看出,我区绝大多数主变压器油中的糠醛含量都在文献[5]中所提示的注意值范围以内,平均值远低于注意值,其中超注意值2台,接近注意值2台,表明宁夏地区绝大多数变压器绝缘纸老化速度是非常缓慢的。

3.2 互感器油中糠醛含量普查情况

在变压器油中糠醛含量普查的后期,为了加强互感器的运行监督,我们选择了2个供电局共计12台互感器进行了油中糠醛含量的检测,发现某

表1 变压器油中糠醛含量普查情况统计表

供电局名称	测试台数/台	平均值/(mg·L ⁻¹)	超注意值台数/台	接近注意值台数/台
银川供电局	18	0.043	0	0
宁东供电局	10	0.055	0	0
石嘴山供电局	29	0.034	1	1
吴忠供电局	21	0.023	1	0
中卫供电局	12	0.047	0	1
固原供电局	14	0.052	0	0

变电站电流互感器A、B和C三相糠醛含量均在4.8~5.0 mg/L范围内,4个月后又取样对其进行糠醛含量跟踪复查,糠醛含量仍然维持在第1次测定范围内。

对于互感器监督的糠醛注意值,文献[3]中没有明确提出,因此即便是出现了互感器糠醛含量很高的现象,也无法用统一的量值判断该设备是否存在老化现象;这就要求我们在今后的工作中不断进行糠醛试验研究,提供可靠数据,找出其变化规律,为互感器糠醛含量标准的制定提供技术支持。

3.3 变压器运行年限与糠醛含量的关系

通过油浸式变压器油中糠醛含量的测量可以做出糠醛含量与变压器运行年限的关系发展趋势,并通过糠醛数据进行线性回归分析,得出变压器油中糠醛浓度与运行年限成直线关系。从表2数据中也看出基本符合这一规律(因普查设备有些没有提供变压器的运行年限,表2中只统计了给出运行年限的设备)。

表2只是一个统计规律,有些变压器运行时间很长,糠醛含量很小。例如某局某主变压器运行22年,糠醛含量仅为0.014 mg/L。又如某局在运的主变压器,运行时间超过15年,可能是变压器自投运以来,一直处于低负荷或间断运行状态,糠醛

表2 全区变压器油中糠醛含量与运行年限关系表

运行年限/年	测试台数/台	平均值/(mg·L ⁻¹)	超注意值台数/台	接近注意值台数/台
5~10	6	0.014	0	0
10~15	45	0.030	1	1
大于15	30	0.046	0	1

含量的增长速度也是很缓慢的,糠醛含量都很小,说明其绝缘纸老化速度很缓慢。

3.4 糠醛含量异常分析

3.4.1 异常现象

某局某主变压器自2002年8月18日投运,现在已经运行7年。2008年4月色谱分析发现异常,由设备跟踪色谱数据显示该设备的CO₂、CO和乙炔增加迅速,为了判断故障的原因,我们对该设备的油中糠醛含量进行了检测。

首先我们用甲醇-水(50/50)为流动相,以外标法定量,在紫外检测器波长为274 nm的条件下利用沃特世1525高效液相色谱仪测定油中糠醛含量,糠醛标准物质的出峰时间为2.10 min左右。在相同条件下,用该局某主变压器油进行糠醛实验,在糠醛标准物质出峰时间的位置也出现了一个峰值,如图1所示,我们称它为不明杂质峰。

为了进一步证明该峰值是否是糠醛,我们采用内标法,即在该主变变压器油中加入10.00 mg/L糠醛标准,来判断是否有杂峰影响测定结果的判断。通过实验发现该主变糠醛峰和标准糠醛峰重叠,只是峰稍微有一点点不圆滑,如图2所示,即判断该主变压器大含量的糠醛峰可能有不明杂峰。为了提高峰的分辨率,我们采用调整流动相的方法,提高纯水的比例可使出峰时间推迟,提高峰的分辨率,将流动改变为甲醇-水(30/70)再进行实验,糠醛出峰时间推迟到3.2 min左右,此时发现

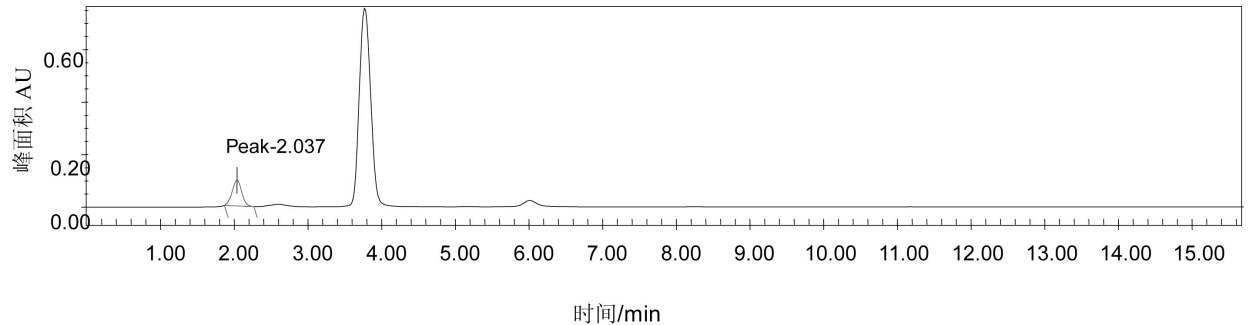


图1 流动相为甲醇(HPLC级):超纯水=50:50(V/V)色谱图

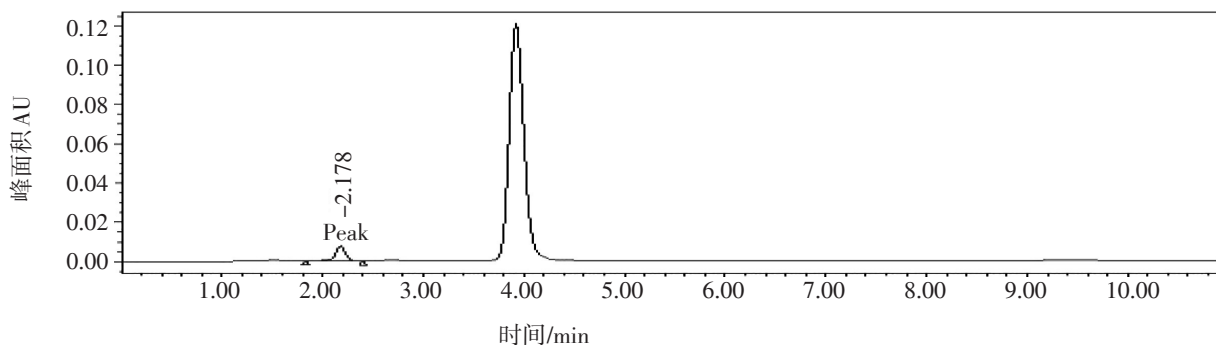


图2 流动相为甲醇(HPLC级):超纯水=50:50(V/V)加10.0 mg/L糠醛标准色谱图

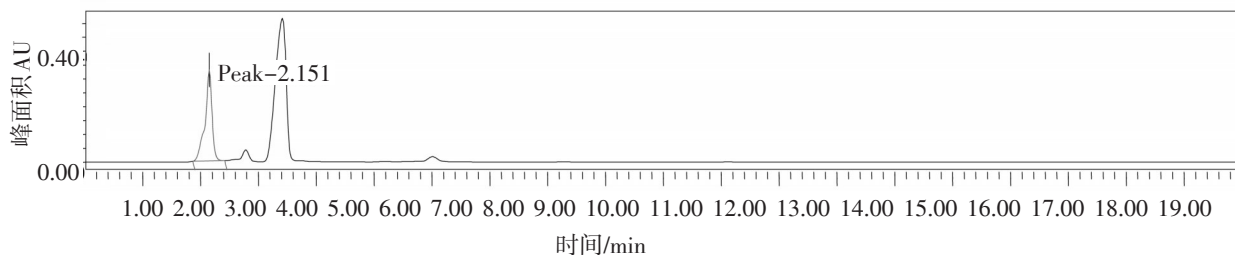


图3 某主变压器流动相为甲醇(HPLC级):超纯水=50:50(V/V)色谱图

该主变压器大含量的不明杂峰没有出现,糠醛含量的分析结果仅为0.023 mg/L。

2010年9月另一供电局某主变压器,色谱分析结果乙炔含量超标,我们又用甲醇-水(50/50)为流动相,采用与前面主变同样的检测方法对此主变压器的油中糠醛进行实验,同样出峰时间为2.10 min左右又出现了与前面主变相同的峰值,如图3所示。

3.4.2 异常现象分析

由上述2个实验得出:2台主变均有故障,此时不明杂峰都出现了。为了找出原因,首先重新复核以往的糠醛检测数据,统计103台油浸式变压器和电抗器糠醛检测数据,只有这2台主变油在糠醛出峰位置出现较大的峰。我们又对宁夏电网CO、CO²含量高于7 000 μL/L主变压器用同样的方法进行了糠醛检测,也没有出现不明杂峰。综合分析判断:不明杂峰不是糠醛峰,却又在和糠醛峰几乎相近的时间出峰,当流动相配比不佳时,该峰检测不到,说明该峰的出现与变压器故障有紧密的关系,今后我们对这种现象将进一步跟踪监测,寻找出不明杂峰出现与变压器故障的相关性。

4 结论

(1)通过对宁夏电网110 kV电力变压器油样

的统一测试,由糠醛普查检测数据确定了宁夏地区电力变压器运行年限与糠醛含量呈直线的关系,分析了变压器绝缘纸的老化速度之间的关系。

(2)对某主变压器不明杂峰异常故障现象和互感器绝缘老化糠醛含量量值判断进行了试验,寻找出不明杂峰出现与变压器故障有一定的相关性。

(3)油中糠醛含量分析方法对变压器纸质绝缘材料老化趋势和安全运行寿命的评估具有可操作性和实用性。

参考文献:

- [1] 唐胜东. 对油浸式变压器内部固体绝缘材料的化学监督[J]. 四川电力技术, 2007, 30(4): 31-34.
- [2] 徐志强, 刘阳, 赵敏乔, 朱建军. 油中糠醛浓度判定变压器固体绝缘劣化程度的研究[J]. 电力建设. 2010, 31(2): 36-38.
- [3] DL/T 596—1996, 电力设备预防性试验规程[S].
- [4] 林朝晖, 张彼德. 利用糠醛含量进行变压器寿命预测[J]. 变压器, 2009, 46(7): 35-38.
- [5] 宁夏电力公司. 交流高压电气设备试验规程(2010版)[Z]. 银川: 宁夏电力公司, 2011.
- [6] 路自强, 郑勇, 李玉海, 张晖. 高效液相色谱法测定变压器油中糠醛含量的试验研究[J]. 青海电力, 2009, 28(2): 1-5.