

铜街子电站主变油介损超标原因分析及处理

李建祥

(龚嘴水力发电总厂, 四川 乐山 614900)

摘要:油的介质损耗试验是新变压器投运之前必须要作的一项试验,铜街子电站 4 台主变压器投运后相继出现油介损偏大或超标现象。笔者对铜街子电站主变油介损超标情况进行了多方面的分析。在尝试了多种净油方式,连续跟踪变压器油化验数据 7 年之后,终于找到了导致铜街子电站主变油介损超标的真正原因:油中有金属微粒。该结论有助于我们将来在遇到类似问题时采取正确的方法进行处理。

关键词:变压器;主变;油介损;处理

中图分类号:TV741;TV734.3;TM41

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(1999)04-0055-03

1 引言

铜街子电站是继龚嘴电站之后在大渡河上梯级开发的一座电站,总装机容量为 4×150 MW,它与龚嘴电站合称为龚嘴水力发电总厂。该电站共有 4 台主变压器,型号均为 SFP7-180000/220 型,是沈阳变压器厂 1990 年 1 月和 1992 年 9 月的产品,于 1992 年 9 月至 1994 年 12 月间投运。变压器投运后我厂按规定作了例行试验,发现这 4 台主变有一个共同的问题:油介损偏大或超标。经跟踪分析,其简化、微水、色谱均正常。油介损测试的情况是:油注入变压器前 90°C 时介损为 0.5% 以下,注入变压器后略有增长(厂家和安装单位的试验数据),投入运行后增长很快,而且很不稳定。如:11B 主变投运两个月后油介损已达 3.88%,以后测试几十次,最大达 10.92%,最小时 3.12%(1992 年 12 月至 1994 年 12 月之间)。而我厂所辖的龚嘴电站 4 台主变的油已经运行 20 余年,其油介损仍小于 0.5%。很显然,铜街子电站主变的油是有问题的。本文针对铜街子电站主变油介损超标问题,对变压器油化验数据进行了分析,最终找到原因所在。

2 查找油介损大的原因

导致变压器油介损超标的原因很多,一般来讲主要有这样一些:油已老化、油中有水、油中有杂质、混油、油被污染、油中有导电微粒等。

2.1 测试仪器或环境因素影响

(1)我厂测试油介损用电源电压、频率稳定,因

电源问题引起测试结果偏差的因素可以排除。

(2)试验室内有除湿机,因湿度原因引起测试结果偏差的可能性不大。

(3)我厂严格按标准控制测试时的温度,即测试 70°C 和 90°C 时的 $\text{tg}\delta\%$,因温度原因引起测试结果偏差的因素可以排除。

(4)我厂使用的 QS3 电桥已测试数据至少 1 000 个,除测试铜街子主变压器外,从未有过忽大忽小的情况,且该仪器已经过校验。仪器不良的因素也可以排除。

(5)我厂试验室周围无电磁场和机械震动的干扰;未变动仪器设备的位置;电极工作面光洁度达到要求;电极及芯线绝缘良好。总之,凡是有可能影响油介损测试结果的各种外界干扰因素均已考虑并全部排除。

2.2 油中有水

油中微水未超过标准,变压器中绝缘油未经处理前测试数据见表 1。

表 1 铜街子电站 11B~14B 变压器中绝缘油未经处理前微水测试数据表

11B 微水/ppm	12B 微水/ppm	13B 微水/ppm	14B 微水/ppm
6.4(19931221)	26(19930626)	8.4(19931221)	13(19950103)
13(19940307)	7.1(19931221)	12(19940402)	
19(19940608)	24(19940608)	19(19940608)	8(19970102)
16(19941121)	22(19950406)	16(19950609)	
	7(19960106)	10(19951208)	
	2(19960410)	3(19961205)	

注 12B 主变 1993 年 6 月 26 日测试的微水含量为 26 ppm 是设备投运前的数据,已经处理。

从表 1 可以看出,油介损超标不是因为油中有水引起。

2.3 有杂质

油质外观透明、无杂质、无悬浮物。在后来的滤油中知道油中有杂质,尤其是 11 B,但这不是造成铜街子电站变压器油介损超标的根本原因。

2.4 混油引起

11 B 曾经混过 8 t 油,但 12 B 并没有混过油,且混油之前已送油样作过各种比例的混油试验且均合格。混油因素可以排除。

2.5 油老化

11 B 主变在投运初期,水电七局安装处误拆油道堵板,使油流仅在外进行,线圈和铁芯内部的油流动不畅,热量散发不良。长时间高温运行使绝缘油与氧生成氧化物,如醇醛、酮、醚、脂等,它们具有酸性,加速了油的老化。但 12 B、13 B 不曾拆过堵板,也无使油过热的历史,但为什么油介损也大?就绝缘油老化而言,不仅表现在油介损大,而且油的 PH 值和酸值也应有所反映。这几台变压器油的 PH 值均为 5.1,而酸值分别是:11 B 为 0.004 21(mgKOH/g)、12 B 为 0.005 28(mgKOH/g)、13 B 为 0.008 42(mgKOH/g)。从这些数据可以看出,油的老化并不严重。

2.6 潜油泵轴承磨损,油中有金属微粒

经抽查潜油泵轴承完好。但这种可能性不能排除。

2.7 变压器制造或安装过程中有灰尘、脏油污染

虽然没有证据,但这种可能性是有的。我们初步判断油被污染,我厂将发现的情况及时向四川省电力局汇报,请求上级领导和四川电力试验研究院帮助解决,并把该情况向沈阳变压器厂反映。经多方了解,沈阳变压器厂的油在泰国、在漫湾电站、在浙江的绍兴变电站、在四川自贡均有与铜街子电站主变相同的问题出现。

厂家认为:油中有微生物污染。在南方,由于气候的原因,微生物易于繁殖,而微生物是含有丰富蛋白质的胶体,可使油的电导损耗增大,即油介损值增大。

另有一些专家认为,油处理回路中不能使用橡胶管,因为橡胶要溶于油中。胶体在油中,由于直径小到 $10^{-9} \sim 10^{-7}$ m,所以不能用真空式和压力式滤油机滤掉,溶胶微粒在电场的作用下定向运动,导致

油介损值增大。就此问题,1995 年 3 月初,我厂曾将变压器油枕中的橡胶隔膜剪一块放入一杯油中,加热到 $60 \sim 70^\circ\text{C}$,0.5 h 后再测油的介损,仅略有增长,并无显著增长的趋势; 70°C 时油介损为 0.3%,而 90°C 时为 0.81%。因此我们认为,在滤油时曾使用普通橡胶管不是导致变压器油介损严重超标的根本原因。

2.8 油中逐渐有了金属微粒

1996 年 2 月 6 日,我厂取油样作金属含量分析后又有一个新的发现,试验数据见表 2。

表 2 变压器油中金属含量测试结果表

主变编号	龚站 2 B	铜站 11 B	铜站 12 B	铜站 13 B	铜站 14 B
油中铜含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$	1	480	4 410	3 160	2 050
油中铜总量/g	0.051 8	13.44	123.48	88.48	57.4
油重 /t	51.8	28	28	28	28
投运年月	198512	199306	199209	199312	199412

注 11B 油介损超标最严重,油中铜含量才 480 $\mu\text{g}/\text{l}$ 的原因是取样时它已经经过了第二次净油,未净油前其油中铜含量到底多少已无法知道。

由上述试验数据可见,铜站主变油中铜含量是龚站 2 B 主变的几千倍之多,龚站 2 B 油介损仅为 0.2%,而铜站主变油介损在 1.6%~10.29%之间。油中铜含量没有国家标准可参照,但变压器之间是可以比较的。经分析确定,铜街子电站主变油介损超标就是这个原因引起的。

3 铜街子电站主变油介损超标的处理措施

3.1 第一次油处理

1994 年 9 月 3 日,在铜街子电站变压器油介损超标原因还未找到的情况下,沈阳变压器厂送来一种特殊的滤纸(纸中有一种粉状吸附剂),取 4 杯 11 B 主变的油(黄色透明,介损为 9.16%)加热到 75°C 过滤后油介损为 0.37%;加热到 55°C 过滤后油介损为 0.30%,过滤后油色均为浅黄色透明。该试验说明,这种滤油纸处理变压器油介损超标是有效的。12 月 9 日,我厂在沈阳变压器厂技术人员的指导下,对铜街子电站 11 B 进行油过滤,滤油方案见图 1。

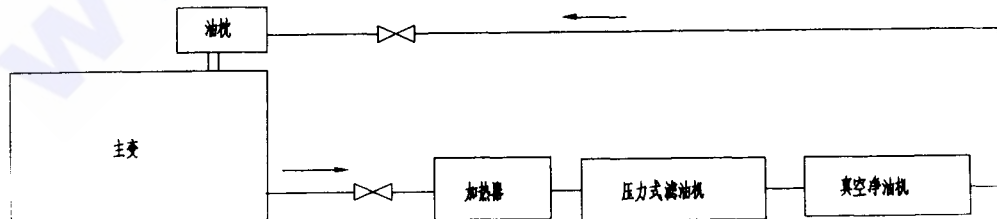


图 1 第一次油处理方案图

具体做法是:将 11 B 油从事故放油阀抽出,经加热器加热至 $60 \sim 70^\circ\text{C}$,再经压力式滤油机中的特殊滤纸过滤,最后经真空净油机脱气、脱水、滤杂

质后送入变压器上部的油枕。连续处理 9 d。从更换滤纸可知,11 B 油中杂质较多,有纤维、铁粉、漆皮等。开始几天,油介损有所下降,但后来油介损时大

时小,反反复复,效果不佳。再取一桶油用压力式滤油机过滤,测试油介损和耐压值,前后各次试验数据见表 3。

表 3 用沈阳变压器厂特殊滤纸处理铜街子电站 11 B 油前后油介损测试数据表

取样时间	取样部位	处理时间 /d	90 C 介损	油耐压 /kV	备注
19941121	本体底部	停电处理前	3.74%		
19941222	事故排油阀	4	3.34%		
19941224	事故排油阀	6	2.79%		黄色透明
19941226	事故排油阀	8	5.82%		
19941227	事故排油阀	9	4.15%		
19941227	本体底部	9	7.45%		
19941228	事故排油阀 (放一桶油)	压力式滤油机过滤 20 min. 压力式滤油机过滤 40 min	0.11% 0.15%		放置一夜后油变浑浊
19950112	重复上述试验		同上	66	同上

从表 3 可发现,经特殊滤纸处理后油介损小了,耐压值也提高了,但油变浑浊了,原因是白粉在压力的作用下已泄漏混入油中。如果进入变压器油将是十分有害的,因为它在变压器内聚集后会象白泥一样粘糊在绝缘表面及油道中,影响变压器油的正常循环和散热。幸好我厂一再坚持在板式滤油机后面加装了真空滤油机,从而阻挡了白粉进入变压器。这种方法虽然可以降低油介损,但纸中那点粉量太少,效果不佳且又有后患。1995 年 1 月 11 日,我厂又取 11 B 油样到西安热工研究所化验,结论是“介质损耗和击穿电压不合格,从氧化试验测定数据分析,参考国家标准 GB2536-90 标准分析,该油原质量是合格的,只是被污染造成介损、击穿电压不合格”。第一次油处理虽然未能解决问题,但它为以后思考和处理铜街子电站变压器油介损超标问题作了一次很好的试验。

3.2 第二次油处理

针对以上情况,我厂请来中试所、西北热工研究所专家共同探讨,寻求更佳解决办法。1995 年 2 月下旬,我厂使用西安热工所研制的 TORP 型多功能净油机(该机使用一种特殊滤芯)对 11 B 主变再

次净油,方案见图 2。

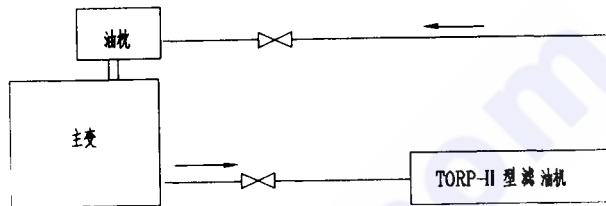


图 2 第二次油处理方案图

经过近 20 d 的净油处理,11 B 油介损降到 1.6%左右,满足了运行的要求。在此之后,11 B 油介损值只有 1995 年 7 月 18 日曾达到 4.78%(高压侧),3.25%(低压侧),3.76%(底部),其余时间均在 1.6%左右,而且比较稳定。

3.3 第三次油处理

方法同第二次。1997 年上半年,按照 11 B 油处理的相同方法,再次对 11 B 进行了油处理,同时对 12 B、13 B、14 B 均进行了近 10 d 的油处理。处理后这 4 台变压器油介损测试值均大幅度下降,而且比较稳定。1997 年 6 月 21 日,我厂再次取铜街子电站 11 B~14 B 油样作金属含量分析,发现这 4 台变压器油中金属含量已明显减少,以下是一组对照数据,见表 4。

表 4 铜街子电站变压器油中金属含量与油介损对照表

项 目	铜街子电站 11 B 油		铜街子电站 12 B 油		铜街子电站 13 B 油		铜街子电站 14 B 油	
	处理前	处理后	处理前	处理后	处理前	处理后	处理前	处理后
油中金属含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	480	87	4 410	1 504	3 160	542	2 050	771
油介损 /%	1.67~10.29	0.2~0.52	0.8~7.07	0.57~1.31	0.4~3.35	0.49	0.47~1.0	0.62
油处理时间	199702		199703		199612		199701	

从表 4 中可以看出,油中大量的金属含量对油介损测试值造成直接影响。

4 油处理后的数据观察

经过第三次油处理,是否真正彻底地解决了问题?变压器油介损会不会再次上涨偏大甚至超标?冷却器潜油泵运行中会产生铜微粒吗?带着这些问题,我厂对铜街子电站 4 台主变油介损数据又进行了两年的跟踪。到目前为止,铜街子电站 4 台主变油介损测试结果显示均未有上涨迹象。

5 结 论

(1)铜街子电站主变压器油介损超标原因为油中含有大量的金属微粒。

(2)到目前为止,我们认为,铜街子电站主变压器油中含有金属微粒,是因为其线圈及绝缘件等在制造过程中已被含有大量金属微粒的脏油污染。

作者简介:

李建祥(1967 年—),男,四川蒲江人,龚嘴水力发电总厂生产技术部工程师,从事电气一次设备检修及技术管理工作。