

BIANYAQILEI SHEBEI

DIANXING QUEXIAN JI GUZHANG FENXI

变压器类设备 典型缺陷及故障分析

广东电网有限责任公司东莞供电局 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

BIANYAQILEI SHEBEI

DIANXING QUEXIAN JI GUZHANG FENXI

变压器类设备 典型缺陷及故障分析

广东电网有限责任公司东莞供电局 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共分三部分，主要内容包括 110kV 及以上主变压器类设备典型缺陷、110kV 及以上互感器类设备典型缺陷和其他类型设备典型缺陷。

本书主要作为变电站检修人员进行故障和缺陷处理的指导用书，也可作为变电检修专业人员的学习参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

变压器类设备典型缺陷及故障分析 / 广东电网有限责任公司东莞供电局编. —北京: 中国电力出版社, 2015. 2

ISBN 978-7-5123-6913-9

I. ①变… II. ①广… III. ①变压器故障-故障诊断
IV. ①TM407

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 296924 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京瑞禾彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 2 月第一版 2015 年 2 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 8 印张 103 千字

印数 0001—2000 册 定价 42.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



编 委 会

主 编 李春华
副 主 编 王文洪 张言权 何满棠 曾宪文
审 核 吴 轲 叶伟标 李志钊 王文献
袁镜江 吴树平
整 理 邓瑞鹏 罗红东 林 炜 朱遂松
张建伟 樊健斌 杜启业 陈浩良
杨 婧

编写人员 (按姓氏拼音排列)

蔡振文 蔡向荣 陈志彬 陈浩良
陈泽扬 陈嘉慧 邓瑞鹏 杜启业
邓景山 樊健斌 古志坚 何满棠
黄志刚 黄忠和 黄景生 李志钊
罗红东 梁伟民 林 炜 李祖成
罗政钊 李毅翔 刘润权 李健聪
麦锐洪 聂玉英 邱林攀 邵逸镇
吴 轲 王文献 吴树平 王金虎
吴如祥 魏凌枫 温光宏 王志锋
王爱娟 王沛林 谢智军 谢昱良
袁镜江 叶伟标 余志超 杨 婧
曾宪文 朱遂松 钟国华 张建伟
钟剑华 赵京京



前 言

设备事故及缺陷的处理经验是电力生产中积累的宝贵财富，以前车之鉴，兴后事之师，举一反三，方能有备无患。本书主要收集广东电网有限责任公司东莞供电局变电管理二所近年来电力一次设备运行、验收、维护、检修中出现的各类故障及典型缺陷，并从问题的表象、处理情况、原因分析、防范措施等方面详细阐述，务求把电力一次设备各类故障及典型缺陷真实地、多维地展现出来，分享设备缺陷分析及处理经验，为设备的管理工作提供参考，以提升设备管理水平。

本书集东莞供电局变电管理二所一线检修人员的智慧，由各技术人员分头编写，语言朴素、素材真实、图文并茂，经检修专业各专家指导、专业管理人员审核，是变电检修专业近几年的工作经验所在。

由于编写时间所限，书中难免存在疏漏之处，恳请各位专家和读者批评指正。

编者

2014. 10



目 录

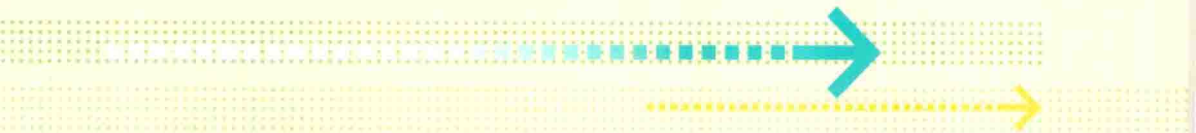
前 言

第 1 部分 110kV 及以上主变压器类设备典型缺陷	(1)
1 500kV 某变电站 1 号主变压器 B 相油化验异常情况	(3)
2 500kV 某变电站 4 号主变压器 500kV 侧 C 相套管闪络分析 ..	(11)
3 500kV 某变电站主变压器套管介损明显增长情况分析	(17)
4 220kV 某变电站 2 号主变压器故障分析	(26)
5 110kV 某变电站主变压器验收分析	(32)
6 110kV 某变电站 2 号主变压器出厂验收分析	(41)
7 110kV 某变电站 2 号主变压器本体乙炔超标分析	(46)
8 110kV 某变电站 2 号主变压器 110kV 侧中性点套管 绝缘不合格缺陷分析	(53)
9 110kV 某变电站 2 号主变压器散热器严重漏油分析	(61)
10 110kV 某变电站 1 号主变压器绕组直流电阻不平衡分析	(64)
第 2 部分 110kV 及以上互感器类设备典型缺陷	(73)
1 220kV 某变电站 110kV 进中甲线 123 电流互感器 A 相 气压低缺陷分析	(75)
2 220kV 某变电站 222 电压互感器 A 相介质损耗因数 超标分析	(79)
3 110kV 某变电站 110kV 西广线线路 A 相电压抽取装置 缺陷分析	(82)
第 3 部分 其他类型设备典型缺陷	(89)
1 220kV 某变电站 10kV 52 乙电压互感器接地故障抢修情况	(91)

2	220kV 某变电站 7 号电容器 528 断路器缺陷分析	(95)
3	110kV 某变电站 2 号主变压器 10kV 侧 5022 乙隔离开关及 502 乙断路器故障及处理情况	(99)
4	110kV 某变电站 4 号电容器 527 断路器爆炸故障处理及 分析	(102)
5	110kV 某变电站 3 号电容器 526 断路器控制回路断线分析 ...	(106)
6	110kV 某变电站 503 断路器发热分析	(109)
7	110kV 某变电站 1 号主变压器 10kV 侧母线桥发热缺陷 分析	(114)

第**1**部分

110kV 及以上主变压器类设备典型缺陷



1

500kV 某变电站 1 号主变压器 B 相油化验异常情况

1 设备参数

- (1) 设备名称：1 号主变压器 B 相。
- (2) 设备型号：SUB。
- (3) 出厂日期：2004 年。
- (4) 额定容量：334/334/100MVA。
- (5) 额定电压比：525/ $\sqrt{3}$ /242/ $\sqrt{3}$ /34.5kV。
- (6) 额定电流：1102/2391/2899A。
- (7) 调压方式：无载调压。

2 设备故障情况

2013 年 8 月 8 日，温度 28℃，湿度 54%，晴。化学专业工作人员在 500kV 某变电站 1 号主变压器 B 相预防性试验中，发现油色谱中的乙炔 (0.39 μ L/L)、甲烷、乙烯及总烃含量与 5 月 24 日预防性试验的试验数据相比有较大的增长，总烃相对产气速率高达 79.4%（规程注意值为 10%），具体试验数据见表 1-1。该变电站 1 号主变压器近期负荷较高，在 6 月 21 日 16 时最高负荷达 902MW。

8 月 8 日，该变电站 220kV 系统的运行方式为 220kV 母线“1+3”分列运行，即该变电站 220kV I 母线挂 1 号主变压器、莞垌甲乙线、莞大甲线运行，II 母线挂 2 号主变压器、莞北甲乙线、莞和甲乙线、莞大乙线运行，V 母线挂 3 号主变压器、莞新甲线、莞景甲线、莞水甲线（断路器热备用，线路由对侧充电）、莞彭甲线运行，VI 母线挂 4 号主变压器、莞新乙线、莞景乙线、莞水乙线（断路器热备用，线路由对侧充电）、莞彭乙线运行；母联 2056 断路器、分段 2026 断路器运行，母联 2012 断路器、分段 2015 断

器热备用（需要注意该变电站 220kV I 母线仍通过莞大甲乙线与 II、V、VI 母线合环运行）。该变电站主变压器接线图如图 1-1 所示。

表 1-1 1 号主变压器 B 相油色谱分析数据 μL/L

测试时间	各组分含量								转化为混合浓度含量
	氢 (H ₂)	甲烷 (CH ₄)	乙烷 (C ₂ H ₆)	乙烯 (C ₂ H ₄)	乙炔 (C ₂ H ₂)	一氧化碳 (CO)	二氧化碳 (CO ₂)	总烃	
2013-4-26	7.87	13.75	7.8	0.64	0	212	1935	22.19	42
2013-5-24	6.36	13.31	7.17	0.38	0	191	1684	20.86	37
2013-8-8 上午	10.94	33.10	11.90	36.76	0.37	194	2157	82.13	44
2013-8-8 下午	12.09	33.93	12.34	37.22	0.39	203	2180	83.88	47
2013-8-8 19:40	13.05	33.91	11.88	36.47	0.37	175	2672	82.63	43

注 仪表为中分 2000B 气相色谱仪。

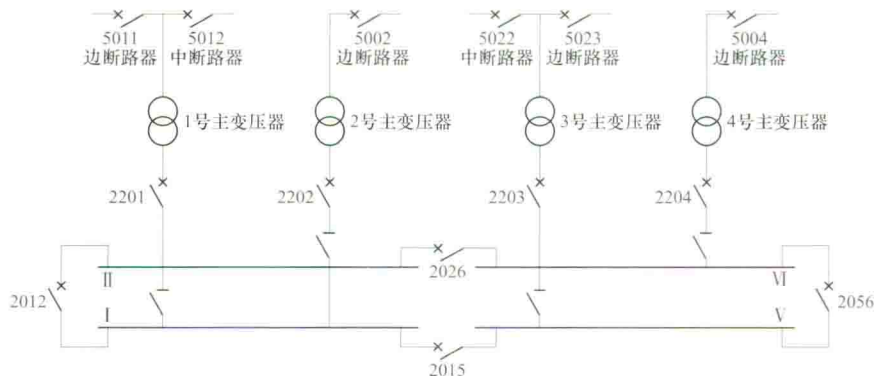


图 1-1 变电站主变压器接线图

3 故障分析

3.1 初步原因分析

针对该变电站 1 号主变压器 B 相油化验异常情况，厂家给出的初步分析意见认为，1 号主变压器 B 相中含有乙炔应该是由金属性发热引起的。结合试验人员提供的试验数据以及厂家给出的分析意见，初步推测变压器油

中出现乙炔的原因可能有：

(1) 1号主变压器B相内部存在尖端闪络放电，产生乙炔。

(2) 变压器油中的金属性杂质，在强电磁场的作用下发生放电，产生乙炔。

(3) 1号主变压器B相的引线接头、无载断路器抽头等部位存在发热情况，产生乙炔。

(4) 1号主变压器B相内部存在打火性放电。这种放电现象一般可能发生在拉紧螺母、螺杆等存在电位差的部分。

(5) 在负荷较重或相间负荷电压差过大等磁饱和的情况下，铁芯发热，产生乙炔。

(6) 潜油泵工作时轴承相互摩擦、涡轮运转产生金属性发热，产生乙炔。

3.2 停电检查试验及结果分析

3.2.1 油色谱数据跟踪

在2013年5月24日前，1号主变压器B相油色谱试验数据一直正常，在本次预防性试验发现异常后，对1号主变压器本体乙炔含量进行定期跟踪，密切关注油中溶解气体的变化趋势，监测数据见表1-2。

表 1-2 1号主变压器B相油色谱定期监测数据 $\mu\text{L/L}$

测试时间	组分含量							总烃
	氢 (H_2)	甲烷 (CH_4)	乙烷 (C_2H_6)	乙烯 (C_2H_4)	乙炔 (C_2H_2)	一氧化碳 (CO)	二氧化碳 (CO_2)	
2013-8-8 上午	10.94	33.10	11.90	36.76	0.37	194	2157	82.13
2013-8-8 下午	12.09	33.93	12.34	37.22	0.39	203	2180	83.88
2013-8-8 19:40	13.05	33.91	11.88	36.47	0.37	175	2672	82.63
2013-8-15	11.43	35.1	12.28	37.92	0.34	209	2258	85.64
2013-8-22	11.19	36.22	12.67	40.02	0.30	216	2351	89.21
2013-8-29	10.17	35.23	12.45	37.56	0.27	206	2226	85.51
2013-9-5	10.46	37.22	12.61	38.23	0.27	220	2251	88.33

注 仪表为中分2000B气相色谱仪。

3.2.2 停电检查试验

为确保设备安全运行，控制电网运行风险，9月7~8日，成立了40多人的现场检查试验工作组，按照相关试验方案，有条不紊地开展1号主变压器各项检查试验工作，工作现场图片如图1-2~图1-4所示。

1号主变压器停电检查试验项目包括绕组直流电阻测试、绕组绝缘电阻及吸收比测试、绕组介质损耗（简称介损）及电容量测试、套管介损及电容量测试、铁芯及夹件绝缘电阻测试、绕组变形试验、B相绝缘油色谱试验、B相长时感应电压（带局部放电测量）试验、潜油泵启动电流测试等。经过与历年试验结果比对分析，常规电气试验数据发展趋势平稳，无明显



图 1-2 试验工作开始前安全技术交底



图 1-3 现场安全管控工作



图 1-4 感应耐压及局部放电试验现场

变化，符合相关试验规程要求；B 相绝缘油色谱试验与跟踪测试结果对比，油中溶解气体含量无明显增长，乙炔含量稳定，趋势平稳，如图 1-5 所示；B 相长时感应电压（带局部放电测量）试验过程无异常，试验结果合格；潜油泵启动电流测试结果正常，排除了潜油泵启动发热产生乙炔的可能。综合分析表明：该变电站 1 号主变压器三相本体各项检查试验结果正常，未发现异常情况。

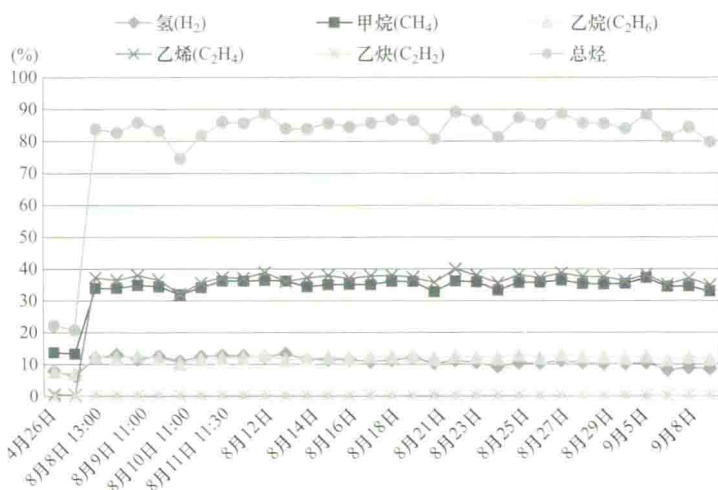


图 1-5 变电站 1 号主变压器 B 相油中气体含量变化趋势图

3.2.3 试验结果分析

针对8月8日~9月6日定期跟踪过程中在线监测的数据以及9月7日的停电试验数据,厂方给出了分析意见:一般来说,乙炔是由电弧放电或者金属件过热产生的。如果是电弧放电,则产生乙炔的同时氢气的含量会同步增加。但从色谱分析的数据来看,氢气的含量较低且稳定,因此可以判断电弧放电的可能性较低。另外,出现了少量的乙烯,从这一点来看可能出现金属过热现象。但二氧化碳与一氧化碳的含量比超过3,这又与金属件过热相矛盾。综上所述,可以判断为偶然性的暂态因素导致乙炔的产生。

检修技术人员分析了1号主变压器油色谱试验、停电试验情况,提出了两种可能产生乙炔的原因,分别是:

(1) 变压器油中的金属性杂质,在强电磁场的作用下发生放电,产生乙炔。

(2) 在潜油泵工作时,轴承相互摩擦、涡轮运转产生金属性发热,产生乙炔。

4 同类型设备情况

500kVA 变电站2号主变压器与该变电站1号主变压器型号相同。2009年12月10日,试验人员对500kVA 变电站2号主变压器进行预防性试验时,发现2号主变压器A相中含有乙炔(0.26 $\mu\text{L}/\text{L}$),之后对2号主变压器A相进行在线监测并定期进行绝缘油色谱试验时,发现乙炔含量有下降趋势,至2011年12月5日后油中没有检出乙炔,具体数据见表1-3。

表 1-3

2号主变压器A相油色谱分析数据

$\mu\text{L}/\text{L}$

测试时间	组分含量							
	氢 (H_2)	甲烷 (CH_4)	乙烷 (C_2H_6)	乙烯 (C_2H_4)	乙炔 (C_2H_2)	一氧化碳 (CO)	二氧化碳 (CO_2)	总烃
2009-12-10	11.53	28.6	15.67	20.39	0.26	148	2228	64.92
2010-1-5	8.53	27.75	14.82	19.08	0.21	135	2195	61.86
2010-3-16	7.48	26.47	13.34	16.67	0.17	125	2046	56.65

续表

测试时间	组分含量							总烃
	氢 (H ₂)	甲烷 (CH ₄)	乙烷 (C ₂ H ₆)	乙烯 (C ₂ H ₄)	乙炔 (C ₂ H ₂)	一氧化碳 (CO)	二氧化碳 (CO ₂)	
2010-6-7	5.17	26.05	13.66	13.21	0.12	143	2468	53.04
2010-7-20	4.86	25.82	13.15	16.80	0.11	295	2679	55.88
2010-8-18	4.81	29.21	15.26	18.19	0	263	2717	62.66
2010-9-21	4.16	27.1	14.27	16.42	0	228	2501	57.79
2010-12-28	3.48	28.92	15.01	16.48	0.16	253	2408	60.57
2011-3-14	2.84	32.27	17.66	20.26	0.15	295	2737	70.34
2011-6-13	1.97	29.13	15.05	16.91	0.10	261	2575	61.19
2011-12-5	1.32	30.28	17.48	17.96	0	265	2729	65.72
2012-3-14	0.78	30.27	17.76	17.90	0	267	2673	65.93
2013-1-15	1.40	32.21	18.04	16.04	0	244	2699	66.29
2013-3-12	1.47	41.78	23.47	20.9	0	412	3696	86.15
2013-6-19	0.71	31.37	17.04	15.91	0	269	3322	64.32

5 防范措施

(1) 1号主变压器可以重新投入运行,建议尽可能将负荷控制在850MVA以下。

(2) 继续做好1号主变压器的状态监测,安排专人每天对油色谱在线监测数据进行分析;加强日常巡视、红外测温。具体工作要求为:

1) 在9月15日前,每周开展两次油色谱离线测试工作,每天进行一次红外测温成像、铁芯接地电流测试、油色谱在线监测、负荷变化及主变压器温度监测等工作,并以每日一报的形式汇总在线监测数据,上报设备部。

2) 在9月16~30日期间,每周开展一次红外测温成像、铁芯接地电流测试、油色谱离线测试,每天进行油色谱在线数据、负荷变化及主变压器温度监测等工作,并以每周一报的形式汇总在线监测数据,上报设备部。

3) 在9月30日至主变压器更换前,每半个月开展一次红外测温成像、

铁芯接地电流测试、油色谱离线测试，每天进行油色谱在线数据、负荷变化及主变压器温度监测等工作，并以半月报的形式汇总在线监测数据，上报设备部。设备部根据设备运行情况，可对在线监测周期进行调整。

4) 技术专业人员对每期在线监测数据进行分析，评估 1 号主变压器 B 相运行状态。

(3) 在油色谱分析等监测数据没有明显变化的情况下，1 号主变压器可以继续运行。待变电站原 1 号主变压器 B 相修复后，安排停电进行更换，初步确定 2014 年 6 月 30 日前完成。该变电站 1 号主变压器 B 相修复后作为备用变压器。

(4) 若监测数据发现明显变化，需考虑尽快将该变电站 1 号主变压器更换为备用主变压器。