



杭州高电

专业高试铸典范

Professional High Voltage Test

服务支持: <http://www.hzhv.com>

高压试验现场标准化作业指导书

110kV 变压器现场大修电气试验作业指导书

杭州高电

专业高试铸典范

Professional high voltage test

高压测量仪器智造 | 电力试验工程服务



1、范围

本作业指导书适用于 110kV 变压器现场大修电气试验工作。

2、试验前准备

2.1 准备工作 (见表 1)

表 1 试验准备工作

序号	内 容	标 准	备 注
1	根据试验性质、设备参数和结构, 确定试验项目, 编写大修电气试验方案	通过审核、审批	
2	了解现场试验条件, 落实试验所需配合工作	落实完备	
3	组织作业人员学习作业指导书, 使全体作业人员熟悉作业内容、作业标准、安全注意事项	全面了解	
4	了解被试设备出厂和历史试验数据, 分析设备状况	明确设备状况	
5	准备试验用仪器仪表, 所用仪器仪表良好, 有校验要求的仪表应在校验周期内	仪器良好	

2.2 仪器仪表和设备 (见表 2)

表 2 主要仪器仪表和设备

序号	名 称	单 位	数 量	设备型号	备注
1	2500V 兆欧表	台	1	CT2553 绝缘电阻测试仪	满足电压和容量要求
2	高压直流发生器	套	1	CTZG 系列直流高压发生器	
3	介损测试仪	套	1	CT6000 抗干扰精密介质损耗测量仪	满足容量及精度要求
4	直流电阻测试仪	台	1	CT3020 变压器直流电阻测试仪	
5	变压比测试仪	台	1	CT3103A 全自动变比测试仪	
6	变压器短路阻抗测试仪	台	1	CT3600 变压器短路阻抗测试仪	
7	变压器绕组变形频响法测试仪	台	1	CT3800 变压器绕组变形测试仪	
8	有载分接开关测试仪	台	1	CT3000 有载分接开关测试仪	
9	交流耐压试验仪器	套	1	CTYD 工频耐压试验装置	满足电压和容量要求
10	温湿度计	只	1		
11	双臂电桥	台	1		满足精度要求
12	单臂电桥	台	1		满足精度要求



2.3 危险点分析和预控措施 (见表 3)

表 3 危险点分析和预控措施

序号	危险点分析	预防措施
1	作业人员进入作业现场不戴安全帽, 不穿绝缘鞋, 高压试验操作人员不站在绝缘垫上操作可能会发生人身伤害事故	进入试验现场, 试验人员必须正确佩戴安全帽, 穿绝缘鞋, 高压试验操作人员应站在绝缘垫上操作
2	作业人员进入作业现场可能会发生走错间隔及与带电设备保持距离不够情况	开始试验前, 负责人应对全体试验人员详细说明试验中的安全注意事项。根据带电设备的电压等级, 试验人员应注意保持与带电体的安全距离不应小于《安规》中规定的距离
3	高压试验区不设安全围栏, 会使非试验人员误入试验场地, 造成触电	高压试验区应装设专用遮栏或围栏, 向外悬挂“止步, 高压危险!”的标示牌, 并有专人监护, 严禁非试验人员进入试验场地
4	加压时无人监护, 升压过程不呼唱, 可能会造成误加压或设备损坏, 人员触电	试验过程应派专人监护, 升压时进行呼唱, 试验人员在试验过程中注意力应高度集中, 防止异常情况的发生。当出现异常情况时, 应立即停止试验, 查明原因后, 方可继续试验
5	登高作业可能会发生高空坠落或设备损坏	工作中如需使用登高工具时, 应做好防止设备件损坏和人员高空摔跌的安全措施
6	试验中接地不良, 可能会造成试验人员伤害和仪器损坏	试验器具的接地端和金属外壳应可靠接地, 试验仪器与设备的接线应牢固可靠
7	不断开电源, 不挂接地线, 可能会对试验人员造成伤害	遇异常情况、变更接线或试验结束时, 应首先将电压回零, 然后断开电源侧刀闸, 并在试品和加压设备的输出端充分放电并接地
8	试验设备和被试设备因不良气象条件和表面脏污引起外绝缘闪络	试验应在天气良好的情况下进行, 遇雷雨大风等天气应停止试验, 不宜在低于 5℃、空气相对湿度高于 80% 的条件下进行试验, 保持设备绝缘表面清洁。
9	对被试变压器进行高压试验时, 由于系统感应电可能会造成对试验人员和设备的伤害	拆除被试变压器各侧绕组与系统高压的一切引线, 试验前, 将被试变压器各侧绕组短路接地, 充分放电。放电时应采用专用绝缘工具, 不得用手触碰放电导线
10	测量变压器绕组连同套管直流泄漏电流时, 放电不充分或不正确会造成人员触电	改接试验接线前, 将被试变压器试验侧绕组短路接地, 充分放电。放电时应采用专用绝缘工具, 不得用手触碰放电导线
11	测量变压器绕组电阻时, 可能会造成试验人员触电	任一绕组测试完毕, 应进行充分放电后, 才能更改接线
12	试验完成后没有恢复设备原来状态导致事故发生	试验结束后, 恢复被试设备原来状态, 进行检查和清理现场



3、试验项目和操作标准 (见表 4)

表 4 试验项目和操作标准

序号	试验项目	试验方法	安全措施及注意事项	试验标准								
1	绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比和极化指数	使用 2500V 或 5000V 兆欧表测量, 变压器的外壳、铁芯、夹件、兆欧表的 E 端接地, 非测量绕组和升高座 CT 的二次短路接地, 被试绕组各引出端短接, 接兆欧表 L 端进行测量	<ol style="list-style-type: none"> 1) 测量吸收比时注意时间引起的误差 2) 兆欧表的 L 端和 E 端不能对调、不能绞接, 高压线应采用专用测试线 3) 应消除表面泄漏电流影响 4) 准确记录变压器上层油温 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 绝缘电阻换算至同一温度下, 与前一次测试结果相比应无明显变化 2) 吸收比 (10℃~30℃范围) 不低于 1.3 或极化指数不低于 1.5 								
2	绕组连同套管的直流泄漏	变压器的外壳、铁芯、夹件、高压直流发生器外壳的 E 端接地, 非测量绕组和升高座 CT 的二次短路接地, 被试绕组各引出端短接, 接入高压微安表芯线	<ol style="list-style-type: none"> 1) 分级绝缘变压器试验电压应按被试绕组电压等级的标准, 但不能超过中性点绝缘的耐压水平 2) 测量时的高压引线应使用屏蔽线, 避免引线泄漏电流对结果的影响 3) 微安表应接在高压端 4) 采用负极性直流电压输出 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 试验电压一般如下: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>额定电压 kV</td> <td>10</td> <td>20~35</td> <td>66</td> </tr> <tr> <td>试验电压 kV</td> <td>10</td> <td>20</td> <td></td> </tr> </table> 2) 与前一次测试结果相比应无明显变化 	额定电压 kV	10	20~35	66	试验电压 kV	10	20	
额定电压 kV	10	20~35	66									
试验电压 kV	10	20										
3	绕组连同套管的介质损耗	试验接线采用反接法。变压器的外壳、铁芯、夹件、高压介损电桥的外壳的 E 端接地, 非测量绕组和升高座 CT 的二次短路接地。将变压器被测量绕组各引出端短接, 接入高压介损电桥 C。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 应排除干扰以保证测量结果的可靠性 2) 试验中高压测试线电压为 10kV, 应注意其对地绝缘 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 20℃时的 $\text{tg } \delta$ 不大于 0.8% 2) $\text{tg } \delta$ 值与历年的数值比较不应有显著变化 (一般不大于 30%) 3) 试验电压 10kV 								
4	电容型套管末屏对地的绝缘电阻	采用 1000V 或 2500V 兆欧表测量	<ol style="list-style-type: none"> 1) 试验完毕后必须对末屏小套管进行充分放电 2) 将末屏小套管及时恢复原有状态, 接地可靠 	末屏对地的绝缘电阻不应低于 1000Ω								
5	电容型套管的介质损耗、电容量	试验接线采用正接法。将变压器被试套管相连的所有绕组端子连在一起加压, 被试套管末屏与接地拆开, 接入介损电桥低压信号端。被试套管测量结束, 恢复套管末屏, 测量变压器其它未试验套管	<ol style="list-style-type: none"> 1) 应排除干扰以保证测量结果的可靠性 2) 试验中高压测试线电压为 10kV, 应注意其对地绝缘 3) 将末屏小套管及时恢复原有状态, 接地可靠 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 20℃时的 $\text{tg } \delta$ (%) 值应不大于下表数值: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>电压等级 kV</td> <td>20~110</td> </tr> <tr> <td>$\text{tg } \delta$ (%)</td> <td>1.0</td> </tr> </table> 2) 当电容型套管末屏对地绝缘电阻小于 1000Ω 时, 应测量末屏对地 $\text{tg } \delta$, 其值不大于 2% 3) 电容型套管的电容值与出厂值或上一次试验值的差别超出 ±5% 时, 应查明原因 	电压等级 kV	20~110	$\text{tg } \delta$ (%)	1.0				
电压等级 kV	20~110											
$\text{tg } \delta$ (%)	1.0											
6	直流电阻	绕组有中性点引出时, 应测试各相对中性点的直流电阻, 将被试绕组与中性点引出线接入直流电阻仪。对于带有载调压方式的绕组, 测量所有分接档位的直流电阻; 带无载调压方式的绕组, 只需测量运行分	<ol style="list-style-type: none"> 1) 任一绕组测试完毕, 应进行充分放电 2) 必须准确记录变压器顶层油温 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 三相绕组电阻同温下相互间的差别不应大于三相平均值的 2%, 无中性点引出的绕组, 线间差别不应大于三相平均值的 1% 2) 与以前相同部位测得值同温比较, 其变化不应大于 2% 								



序号	试验项目	试验方法	安全措施及注意事项	试验标准
		接档位的直流电阻		
7	测量与铁芯绝缘的各紧固件及铁芯接地线引出套管对外壳的绝缘电阻	1) 使用 1000V 或 2500V 兆欧表测量; 2) 进行器身检查的变压器, 应测量可接触到的穿芯螺栓、轭铁夹件及绑扎钢带对铁轭、铁芯、油箱及绕组压环的绝缘电阻; 3) 当轭铁梁及穿芯螺栓一端与铁芯连接时, 应将连接片断开后进行试验; 4) 在其身检查时及钟罩罩回后均应进行铁芯及夹件的绝缘电阻测量	1) 试验完毕后必须对铁芯进行充分放电 2) 将铁芯的外引出接地及时恢复原有状态,	应无闪络及击穿现象, 与出厂测试结果相比无显著差别
8	绕组的电压比与校核变压器接线组别	将变比测试仪高压侧接线柱上的三个夹子分别接至被测变压器高压侧, 低压侧接线柱上的三个夹子分别接至被测变压器低压侧。根据被测变压器的铭牌、接线组别对变比测试仪进行设置。对于多绕组变压器, 应测量带分接开关绕组对其余绕组所有分接头的变比	1) 高低压线不能接反, 否则将产生高压, 危及人身及仪器安全 2) 测试前应正确输入被测变压器的铭牌、型号	1) 各相应接头的电压比与铭牌值相比, 不应有显著差别, 且符合规律 2) 额定分接电压比允许偏差为 $\pm 0.5\%$, 其它分接的电压比应在变压器阻抗电压值 (%) 的 1/10 以内, 但不得超过 $\pm 1\%$ 3) 校核变压器极性必须与变压器铭牌和顶盖上的端子标志相一致
9	绕组低电压短路阻抗	对自耦变压器, 应进行以下两次试验: ①在高压绕组额定档加压, 短接低压绕组, 中压绕组开路; ②在高压绕组最高档加压, 短接低压绕组, 中压绕组开路。每次测试前, 都必须根据被试变压器参数对仪器进行设置, 然后接通试验电源, 进行测试	1) 选择或设置的所有参数必须与实际情况一一对应 2) 用于短接的导线或导体应采用低阻抗的导线, 并尽可能短	与前次试验值相比, 无明显变化
10	绕组变形频响法	具体参见频响法变压器绕组变形试验作业指导书	1) 试验前仪器应可靠接地 2) 试验线的线夹和套管上端的搭接头必须接触良好 3) 试验引线与套管间杂散电容可能会影响其频响曲线高频部分的一致性, 应尽量在前后试验或三相试验时保持一致 4) 试验时应避免噪音的影响	按 DL/T 911-2004 《电力变压器绕组变形的频率响应分析法》规定: 纵向比较法: 对同一台变压器、同一绕组、同一分接开关位置、不同时期的幅频相应特性进行比较, 根据幅频响应特性的变化判断变压器的绕组变形 横向比较法: 对变压器同一电压等级的三相绕组幅频响应特性进行比较, 必要时借鉴同一制造厂在同一时期制造的同型号变压器的幅频响应特性, 来判断变压器绕组是否变形



序号	试验项目	试验方法	安全措施及注意事项	试验标准
11	有载分接开关试验	测量有载开关各相过渡电阻和接触电阻。将测试线夹在变压器的相应的绕组上,另一端分别插在对应的仪器面板插口上,开始测试,记录分接开关切换波形及时间	1) 应保持测试夹与被测绕组接触良好 2) 对于长时间未切换的有载开关,测试前应多次切合,磨除触头表面氧化层及触头间杂质	1) 过渡电阻值符合制造厂规定 2) 过渡电阻值与铭牌值比较偏差不大于±10% 3) 每对触头的接触电阻不大于500 μΩ 4) 正反方向的切换程序与时间均应符合制造厂要求
12	无励磁分接开关试验	测量无励磁分接开关每一档位接触电阻		每对触头的接触电阻不大于500 μΩ
13	交流耐压	具体方法应根据被试变压器的容量等选择合适的试验方法(谐振或工频),并根据试验方案进行试验	1) 交流耐压试验必须在被试变压器在全部安装结束注油后静止48h才可进行 2) 各项非破坏性试验全部结束,并综合分析试验结果全部合格后,方可进行交流耐压试验。 3) 耐压试验后各绕组绝缘电阻与耐压试验前应无明显差别(换算至同一温度下)	按DL/T 596-1996《电力设备预防性试验规程》6.1表5第7条规定

4、试验记录

4.1 试验工序卡(见附录A)

4.2 试验数据记录表(见附录B表B.1~B.3)



附录 A
(规范性附录)
试验工序卡

表 A.1 110kV 变压器现场大修电气试验工序卡

变电所(电厂) _____

设备名称 _____

一 试验准备			
编号	项目	要求	执行情况 (√)
1	了解被试设备状况	全面了解	
2	准备必要的仪器仪表及工器具	完整无缺	
3	试验负责人根据工作票内容、班前会交底、现场具体的生产环境及条件等,交待试验安全措施和注意事项	交底详细明确	
4	试验前一次性完成试验所需的安全措施	正确得当	
5	试验负责人进行试验人员的分工	分工明确	
6	核对被试设备铭牌,确认设备状态	具备试验条件	
二 试验过程			
编号	试验项目	标准要求	结果 (√)
(一)	大修前试验		
1	测量变压器高压侧、低压侧绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比、极化指数	1) 绝缘电阻值与同温度下历史值相比无明显变化 2) 吸收比 ≥ 1.3 或极化指数 ≥ 1.5	
2	测量变压器高压侧、低压侧绕组连同套管的直流泄漏电流	与历史数据相比无明显变化	
3	测量变压器高压侧、低压侧绕组连同套管的介质损耗	1) 20℃时, $\text{tg } \delta \geq 0.8\%$ 2) $\text{tg } \delta$ 值与历史数据无明显变化	
4	测量变压器电容型套管末屏的绝缘电阻	末屏对地的绝缘电阻 $\geq 1000\text{M}\Omega$	
5	测量变压器电容型套管的介质损耗、电容量	1) 20℃时 (20~110)kV $\text{tg } \delta \geq 1.0\%$ 220kV $\text{tg } \delta \geq 0.8\%$ 2) 电容值与出厂值或上一次试验值的差别 $\geq \pm 5\%$	
6	测量变压器绕组的直流电阻	1) 三相绕组相互间的差别不大于三相平均值的2%,线间差别不大于三相平均值的1% 2) 与以前相同部位测得值比较,其变化不大于2% (换算至同一温度下)	
7	测量变压器铁芯的绝缘电阻	与以前测试结果相比无显著差别	
编号	试验项目	标准要求	结果 (√)
8	测量变压器夹件的绝缘电阻	与以前测试结果相比无显著差别	
(二)	大修中试验		
1	测量与铁芯绝缘的各紧固件及铁芯接地线引出套管对外壳的绝缘电阻	与以前测试结果相比无显著差别	



2	测量无励磁分接开关接触电阻	$\geq 500 \mu \Omega$	
3	测量有载开关过渡电阻	1) 与出厂值相符 2) 与铭牌值相差 $\geq \pm 10\%$	
4	测量有载开关接触电阻	$\geq 500 \mu \Omega$	
(三)	大修后试验		
1	测量变压器高压侧、低压侧绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比、极化指数	1) 绝缘电阻值与同温度下历史值相比无明显变化 2) 吸收比 ≥ 1.3 或极化指数 ≥ 1.5	
2	测量变压器高压侧、低压侧绕组连同套管的直流泄漏电流	与历史数据相比无明显变化	
3	测量变压器高压侧、低压侧绕组连同套管的介质损耗	1) 20℃时, $\text{tg} \delta \geq 0.8\%$ 2) $\text{tg} \delta$ 值与历史数据无明显变化	
4	测量变压器电容型套管末屏的绝缘电阻	末屏对地的绝缘电阻 $\geq 1000 \text{M}\Omega$	
5	测量变压器电容型套管的介质损耗、电容量	1) 20℃时 (20~110)kV $\text{tg} \delta \geq 1.0\%$ 2) 电容值与出厂值或上一次试验值的差别 $\geq \pm 5\%$	
6	测量变压器绕组的直流电阻	1) 三相绕组相互间的差别不大于三相平均值的2%, 线间差别不大于三相平均值的1% 2) 与以前相同部位测得值比较, 其变化不大于2% (换算至同一温度下)	
7	测量变压器铁芯的绝缘电阻	与以前测试结果相比无显著差别	
8	测量变压器夹件的绝缘电阻	与以前测试结果相比无显著差别	
9	测量绕组的电压比、核对接线组别	1) 各相应接头的电压比与铭牌值相比, 不应有显著差别, 且符合规律 2) 额定分接电压比允许偏差为 $\pm 0.5\%$, 其它分接的电压比应在变压器阻抗电压值(%)的1/10以内, 但不得超过 $\pm 1\%$	
10	变压器绕组变形低电压短路阻抗或绕组变形频响法试验	与前次试验值相比, 无明显变化	
11	测量有载开关切换时间交流耐压试验	正反方向的切换程序与时间均应符合制造厂要求耐压通过	



杭州高电

专业高试铸典范 Professional High Voltage Test

服务支持: <http://www.hzhv.com>

编号	试验项目	标准要求	结果 (√)
12	交流耐压试验	耐压通过	
三	试验终结		
编号	项目	要求	执行情况 (√)
1	试验负责人确认试验项目是否齐全	无遗漏	
2	试验负责人检查实测值是否准确	试验数据准确无误	
3	试验负责人检查被试设备是否恢复到试验前的状态	确认无误	
4	确认被试设备上无遗留物	检查确认无遗留物	
5	拆除试验专用安全措施	无遗漏	
6	清理试验现场, 试验人员撤离	无遗漏	
7	试验负责人负责向现场负责 (持工作票) 人汇报试验情况及结果	及时准确	
四	试验总结		
自检记录	试验结果		
	存在问题及处理建议		
试验负责人		试验人员	
试验日期			



附录 B

(规范性附录)

试验数据记录表

表 B.1 110kV 变压器大修电气试验数据记录表

变电所(电厂) _____

设备名称 _____

铭 牌 数 据												
制 造 厂	部 位		额定容量 kVA	额定电压 kV	额定电流 A	阻 抗%		接 线 组 别				
型 号	高 压					高 对 中						
厂 号	中 压					高 对 低						
出 厂 年 月	低 压					中 对 低						
试 验 数 据												
绝 缘 电 阻 MΩ	部 位	R15s	R60s	R10m	吸 收 比	极 化 指 数	直 流 泄 漏 Imin	部 位	加 压 kV	泄 漏 电 流 μ A		
	高 压 / 其 它 绕 组 及 地							高 压 / 其 它 绕 组 及 地				
	中 压 / 其 它 绕 组 及 地							中 压 / 其 它 绕 组 及 地				
	低 压 / 其 它 绕 组 及 地							低 压 / 其 它 绕 组 及 地				
本 体 介 损	部 位	Cx (pF)	tg δ %	20°C tg δ %	交 流 耐 压 Imin	部 位	加 压 kV	电 容 电 流 mA				
	高 压 / 其 它 绕 组 及 地					高 压 / 其 它 绕 组 及 地						
	中 压 / 其 它 绕 组 及 地					中 压 / 其 它 绕 组 及 地						
	低 压 / 其 它 绕 组 及 地					低 压 / 其 它 绕 组 及 地						
套 管 试 验	-kV 套 管						-kV 套 管					
	相 别	末 屏 绝 缘 电 阻 MΩ	原 始 电 容 pF	实 测 电 容 pF	电 容 误 差 %	tg δ %	相 别	末 屏 绝 缘 电 阻 MΩ	原 始 电 容 pF	实 测 电 容 pF	电 容 误 差 %	tg δ %
	A						A					
	B						B					
	C						C					
	0											



直流电阻 (Ω)

分接头位置	高压线圈直流电阻				中压线圈直流电阻			
	A-0	B-0	C-0	误差%	Am-0	Bm-0	Cm-0	误差%
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
低压线圈直流电阻 (Ω)		ab:		bc:		ca:		误差%
铁芯对地绝缘电阻 (MΩ)		夹件对地绝缘电阻 (MΩ)						
本体温度 (°C)								
与历史数据比较: <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常 (√)								
备注:								

天气: 温度: °C 湿度: % 试验日期: 年 月 日

负责人: 记录人: 试验人员:



杭州高电

专业高试验典范 Professional High Voltage Test

服务支持: <http://www.hzhv.com>

表 B.2 变压器电压比试验记录表

生产厂家					铭牌电压比 kV				
型号		编号			出厂日期				
试验数据									
—对—				—对—					
部位	变比值	变比误差%			部位	变比值	变比误差%		
		AB/ab	BC/bc	CA/ca			A _m B _m /ab	B _m C _m /bc	C _m A _m /ca
1					1				
2					2				
3					3				
4					4				
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				
9					9				
10					10				
11					11				
12					12				
13					13				
14					14				
15					15				
16					16				
17					17				
18					18				
19					19				
联接组别校验结果									
备注:									

天气: 温度: °C 湿度: % 试验日期: 年 月 日

负责人: 记录人: 试验人员:

电话: 0571-89935600/601/606

传真: 0571-89935608

技术服务: 13656697568



表 B.3 变压器有载调压开关试验记录

铭 牌 数 据						
型 号				厂 号		
厂 名				出 厂 年 月		
U_{II} (V)				I_{II} (A)		
试 验 数 据						
切 换 开 关						
过 渡 电 阻 Ω	A 单	A 双	B 单	B 双	C 单	C 双
接 触 电 阻 $\mu\Omega$	A 单	A 双	B 单	B 双	C 单	C 双
切 换 时 间 s	A 相		B 相		C 相	
备 注:						

天气: 温度: °C 湿度: % 试验日期: 年 月 日

负责人: 记录人: 试验人员: