

中国南方电网有限责任公司
电网建设施工作业指导书
第4部分：电气试验

中国南方电网有限责任公司 组编

中国标准出版社

内 容 提 要

为深入贯彻科学发展观,进一步提高电网工程建设施工质量水平,依靠技术创新和技术积累,不断提升公司电网建设整体技术管理水平和施工工艺科技含量,并便于组织电网工程施工从业人员进行培训,提高从业人员素质,确保电网工程施工质量,中国南方电网有限责任公司组织有关专家研究制定了《中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书》(以下简称《作业指导书》)。

《作业指导书》在参照国家标准、行业标准、南方电网标准及相关的技术规范、规定的基础上,充分考虑了中国南方电网有限责任公司的实际情况,针对性、可操作性强。本套书分为输电线路、变电电气安装、变电土建、电气试验、继电保护、变电自动化、通信、配网工程分册。

本书为《中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书 第4部分:电气试验》分册,内容分为27项作业指导书,包括:油浸式电力变压器交接试验作业指导书、油浸式电流互感器交接试验作业指导书、干式电流互感器交接试验作业指导书、SF₆电流互感器交接试验作业指导书、真空断路器交接试验作业指导书、电容式套管交接试验作业指导书、GIS(HGIS)交接试验作业指导书、金属氧化物避雷器交接试验作业指导书、电抗器及消弧线圈交接试验作业指导书、隔离开关试验作业指导书、并联电容器交接试验作业指导书、母线交流耐压试验作业指导书、耦合电容器交接试验作业指导书、干式变压器交接试验作业指导书、SF₆断路器作业指导书、电容式电压互感器试验作业指导书、电磁式电压互感器试验作业指导书、地网接地电阻测量试验作业指导书、GIS交流耐压试验、SF₆气体交接试验、电力变压器交流耐压试验、变压器长时局部放电感应电压试验带测量试验、变压器绕组变形试验、电缆交流耐压试验、电流互感器误差现场检验、电压互感器误差现场检验、绝缘油交接试验。

本书适用于从事电网建设、施工、安装、验收、监理等的专业施工人员、工程技术人员和管理人员使用,亦可供相关人员参考。

编 委 会

- 主 任 祁达才
- 副 主 任 徐达明 邓恩宏 赵曼勇
- 编 委 陈晓明 吴 晖 袁太平 梁 煜 陈保刚
周红阳 李 矛 杨俊权 闫国兵 谭昌友
王 菁 裴爱华
- 评 审 组 陈晓明 吴 晖 袁太平 丁晓兵 陶文伟
陈新南 王 菁 罗楚楠 马 钦 侯林高
黄伟东 廖元辉 韦 伟 严启明 赖荣先
陈少强 陈志辉 王清良 王仕龙 马 勇
杨 敏 戴绍钧 高绍兰 江红春 陈 斌
文 睿
- 主 编 单 位 中国南方电网有限责任公司基建部、系统运行部
- 参 编 单 位 超高压输电公司 广东电网公司
广西电网公司 云南电网公司
贵州电网公司 海南电网公司
广东省输变电工程公司
广东电网公司电力通信设备运维中心
广东省电力科学研究院
广东电力设计研究院
广东火电工程总公司
广东省电力一局
广东合鸿达投资管理有限公司
- 本册主要编写人员 侯林高 王清良 韩旺林 刘耿荣 喇 元
陈杰华 吕 鸿 胡 嘉 孙卫民 林永平
李 智 黎晓淀 李 丽

编制说明

为贯彻落实中国南方电网有限责任公司“一体化”管理的思想，规范电网建设工程施工作业，公司基建部组织编写了《中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书》（以下简称《作业指导书》）。

《作业指导书》按电压等级分为主网交流部分及配网部分，按专业特点细分为输电线路、变电土建、变电电气安装、电气试验、继电保护、变电自动化、通信、配网工程 8 个分册，共有 208 项作业指导，其中主网交流部分输电线路（包括高压电缆）、变电土建、变电电气、试验共 124 项（输电线路 13 项，变电土建 28 项，变电电气安装 17 项，电气试验 27 项，继保 19 项，自动化 13 项，通信 7 项）；配网部分 84 项（土建 30 项，电气 45 项，通信及自动化 9 项）。

编写的内容按适用范围、编写依据、作业流程、工作前安全风险辨析与控制措施、作业准备、作业方法、质量控制措施及检验标准 7 个部分来编写，重点描述施工作业方法。

安全风险辨析与控制措施依据《施工安全基准风险指南》，执行《安全施工作业票》，使安全措施在施工技术指导中更具可操作性。在质量控制措施及检验标准中引入 WHS 质量控制点，使作业人员更清楚本作业的质量关键控制点。

考虑到施工作业技术的发展和设备材料的更新，今后将采用滚动修编的方式来不断完善作业指导书的内容和数量。

《施工作业指导书》应用说明

《施工作业指导书》应用步骤如下：

第一步：筛选

工程开工前，施工项目部根据实际情况，从 208 份《施工作业指导书》中选出相关部分，形成工程项目的“《施工作业指导书》设置表”（附件 1）。

第二步：分析

作业指导书中规定的施工流程、质量标准必须严格执行。施工项目部可针对施工器具、设备材料、作业环境和安全因素等的具体情况，对需要调整或增补的作业方法在指导书原文上以“*”号进行标注，并将补充、完善的内容填写在相应指导书后的分析表中（附件 2）。

第三步：审批

分析、补充后的《施工作业指导书》需经施工项目部审批，方可应用于现场施工。

第四步：应用

施工人员严格按照审批后的《施工作业指导书》开展现场施工。施工项目部应采用“看板提醒”措施，在作业现场设置“作业指导书小看板”（简单的图形或表格），标识作业主要工艺流程、关键工序技术标准及安全风险辨识等。

附件 2:

《施工作业指导书》分析表

施工作业指导书名称	
施工作业指导书编号	
具体内容:	

目 录

编制说明

《施工作业指导书》应用方法说明

BDYCSY-ZW-01	油浸式电力变压器交接试验作业指导书	1
BDYCSY-ZW-02	油浸式电流互感器交接试验作业指导书	11
BDYCSY-ZW-03	干式电流互感器交接试验作业指导书	17
BDYCSY-ZW-04	SF ₆ 电流互感器交接试验作业指导书	23
BDYCSY-ZW-05	真空断路器交接试验作业指导书	29
BDYCSY-ZW-06	电容式套管交接试验作业指导书	37
BDYCSY-ZW-07	GIS (HGIS) 交接试验作业指导书	43
BDYCSY-ZW-08	金属氧化物避雷器交接试验作业指导书	51
BDYCSY-ZW-09	电抗器及消弧线圈交接试验作业指导书	59
BDYCSY-ZW-10	隔离开关试验作业指导书	67
BDYCSY-ZW-11	并联电容器交接试验作业指导书	73
BDYCSY-ZW-12	母线交流耐压试验作业指导书	79
BDYCSY-ZW-13	耦合电容器交接试验作业指导书	85
BDYCSY-ZW-14	干式变压器交接试验作业指导书	91
BDYCSY-ZW-15	SF ₆ 断路器作业指导书	99
BDYCSY-ZW-16	电容式电压互感器试验作业指导书	105
BDYCSY-ZW-17	电磁式电压互感器试验作业指导书	111
BDYCSY-ZW-18	地网接地电阻测量试验作业指导书	119
TSSY-ZW-01	GIS 交流耐压试验作业指导书	147
TSSY-ZW-02	SF ₆ 气体交接试验作业指导书	156
TSSY-ZW-03	电力变压器交流耐压试验作业指导书	167

TSSY-ZW-04	电力变压器长时感应电压试验带局部放电测量试验作业指导书	175
TSSY-ZW-05	电力变压器绕组变形试验作业指导书	184
TSSY-ZW-06	电缆交流耐压试验作业指导书	192
TSSY-ZW-07	电流互感器误差现场检验作业指导书	200
TSSY-ZW-08	电压互感器误差现场检验作业指导书	209
TSSY-ZW-09	绝缘油交接试验作业指导书	219



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

油浸式电力变压器交接试验 作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-01



目 次

1 适用范围	3
2 编写依据	3
3 作业流程	3
4 安全风险辨析与预控	4
5 作业准备	5
6 作业方法	6
7 质量控制措施及检验标准	7

1 适用范围

本作业指导书适用于油浸式电力变压器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

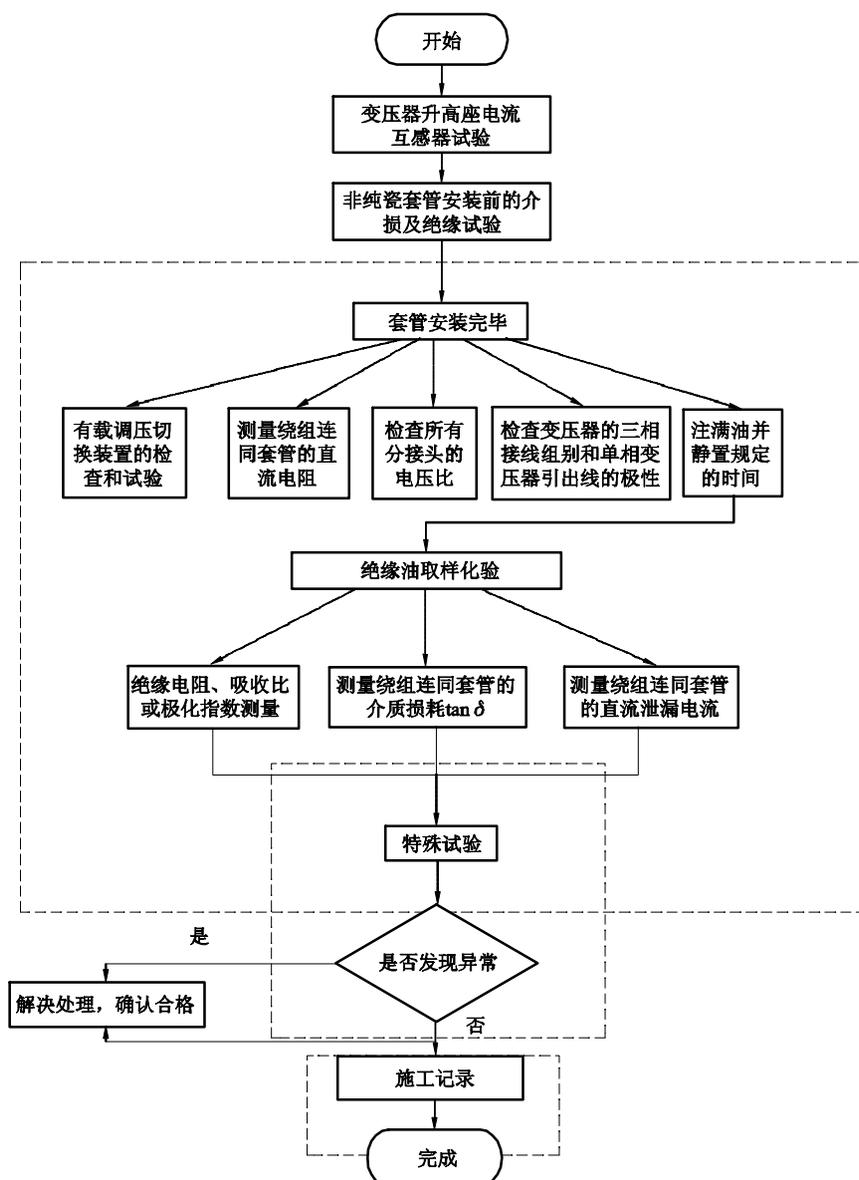


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 油浸式电力变压器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与油浸式电力变压器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-01-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	套管吊装绑扎不稳	碰撞、设备损坏	中风险	指挥、司索专人持证上岗，起吊前检查吊具，作业过程中遵守作业规范
2	吊车与带电设备安全距离不够	人身伤亡、设备损坏、跳闸	高风险	工作前，认真进行测量；工作中，加强安全监护
3	试验接线错误	设备损坏	低风险	开始实验前由负责人认真检查试验接线
4	试验设备未接地或接地不良	设备损坏 人身伤残	低风险	试验前，应认真检查接地线已正确规范可靠接地，接地良好
5	试验人员接线错误	设备烧损	中等风险	在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并有工作负责人核查接线正确性
6	试验区域未设置安全围栏	触电、人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
7	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
8	绝缘油污染	水污染 工作环境污染	中等风险	避免油泄漏、废油集中存放、定点处理
9	高压试验过程中防范措施不到位	触电、人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电
10	登高作业安全防护措施不完善	坠落、人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，须正确使用安全带，穿胶鞋
11	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
12	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴具有塑料保护套的安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
13	有载调压传动试验措施不完善	人员夹伤 设备损坏	中等风险	进行传动前必须通知相关工作人员，并安排人员进行监护
14	搭接试验电源措施不完善	设备损坏	中等风险	开始实验前认真检查试验接线，在试验电源线路上加装负载开关
15	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
16	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
套管试验	2	1	1
有载调压切换装置的检查 and 试验	2	1	1
测量绕组连同套管的直流电阻	2	1	1
检查所有分接头的电压比	2	1	1
检查变压器的三相接线组别和单相变压器引出线的极性	2	1	1
绝缘油取样试验	2	1	1
绝缘电阻、吸收比或极化指数测量	2	1	1
测量绕组连同套管的介质损耗角正切 $\tan\delta$	3	1	1
测量绕组连同套管的直流泄漏电流	3	1	1
绕组变形试验	2	1	1
绕组连同套管的交流耐压试验	5	1	2
绕组连同套管的长时感应电压试验带局部放电试验	5	1	2
额定电压下的冲击合闸试验	5	1	2
相位检查	2	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	数字式绝缘电阻表		MΩ	1	
2	有载调压测试仪		/	1	
3	全自动介损测试仪		/	1	
序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
4	变压器直流电阻测试仪		mΩ	1	
5	变比测试仪		/	1	
6	直流发生器		/	1	
7	绕组变形测试仪		/	1	
8	交流耐压成套设备		/	1	
9	局放成套设备		/	1	
10	数字式万用表		/	1	
11	活动扳手		/	若干	
12	绝缘胶带		/	若干	

13	裸铜接地线		/	若干	
14	导线		/	若干	
15	起重吊车		/	1	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

6.1 非纯瓷套管试验

6.1.1 绝缘电阻。将套管用吊车吊起或用支架悬空，并使套管竖直，用 2500V 绝缘电阻表分别测量接线端对末屏及法兰的绝缘电阻，其值在相似的环境条件下与出厂值比较，不应有太大偏差；对于 66kV 以上有抽压小套管的电容型套管，应用 2500V 绝缘电阻表测量“小套管”对法兰的绝缘电阻，其值不应低于 1000MΩ。

6.1.2 介损测量。用正接线法测量套管主绝缘对末屏的介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 及电容值，具体接线按仪器所标示的接线方式进行，选择 10kV 电压测试；介损高压测试线应用绝缘带挂好悬空，不得碰及其他设备或掉地，并要做好安全防范措施，不得让人误入高压试验区域；测得的介损及电容值与出厂值不应有明显区别，应符合交接标准要求。

6.2 有载调压切换装置的检查和试验

检查有载调压切换开关触头的全部动作顺序，测量过渡电阻阻值和切换时间。测得的过渡电阻阻值、三相同步偏差、切换时间的数值、正反向切换时间偏差均符合制造厂技术要求。

6.3 测量绕组连同套管的直流电阻

分别测量高压绕组各分接头以及低压侧直流电阻，对于有中性点的，宜测量单相直流电阻。测量时应记录好环境温度，以便与出厂值进行换算比较，线间或相间偏差值应符合交接标准。

6.4 检查所有分接头的电压比

将变比测试仪的线对应接到三相变压器的高低压侧，检查所有分接头的电压比，与制造厂铭牌数据相比应无明显差别，且应符合电压比的规律，在额定分接头时允许误差为±0.5%。对于三绕组变压器，分别做高一中、中—低变比。

6.5 检查变压器的三相接线组别和单相变压器引出线的极性

检查结果应与设计要求及铭牌上的标记和外壳上的符号相符。

6.6 绝缘油取样试验

取油样时应在变压器注满油充分静置规定的时间后方可进行。取好油样后，要密封好容器，然后及时送至相关部门检验。

6.7 绝缘电阻、吸收比或极化指数测量

所有与绝缘有关的试验在绝缘油检验合格之后并选湿度满足要求的天气进行。对于要求测极化指数的变压器，应检查绝缘电阻表短路电流不低于 2mA；试验应记录好试验环境温度，以便换算至出厂相同温度下进行比较，要求不低于出厂值的 70%；试验项按高一中+低+地、中—高+低+地、低—中+高+地、整体—地、铁芯—夹件+地以及夹件—铁芯+地进行；以高一中+低+地为例，将高压侧三相及对应侧中性点（如果有）短接，其余部分全部接地，绝缘电阻表高压端加高压侧，接地端接地进行测试。

6.8 测量绕组连同套管的介质损耗角正切值 $\tan\delta$

用反接线的方法进行测试，具体接线方法按仪器所标示进行；试验项按高一中+低+地、中—高+低+地、低—中+高+地、整体—地逐项进行；试验时，要将介损仪高压试验线用绝缘胶带悬空，不与变压器壳体接触；记录好试验时的环境温度，换算至出厂相同温度比较时，不应大于出厂值的 1.3 倍；测量数据如果与出厂偏差太大，应注意清洁套管，或用导线屏蔽套管，减少套管的表面泄漏电流；测量宜

在相对湿度较低的天气进行。

6.9 测量绕组连同套管的直流泄漏电流

测量泄漏电流时宜在高压端读取，试验项按高一中+低+地、中一高+低+地、低一中+高+地进行，测量应选择湿度较低的天气，并记录环境温度，泄漏电流值不得超过交接标准的规定。

6.10 电气试验（具体试验见第4部分：电气试验）

6.10.1 绕组变形试验。对于35kV及以下电压等级变压器，宜采用低压短路阻抗法；66kV及以上电压等级变压器，宜采用频率响应法测量绕组特征图谱。

6.10.2 交流耐压试验。在变压器的出线端进行交流耐压试验，可以采用外施工频电压的试验方法，也可以采用感应电压的试验方法。尽量采用串联谐振感应耐压试验方式，可减少试验设备容量。电压等级在110kV及以上的变压器中性点宜单独进行交流耐压试验。试验电压值均参照交接标准进行。

6.10.3 绕组连同套管的长时感应电压带局部放电试验。电压等级在220kV及以上的变压器，在新安装时必须进行现场长时感应电压带局部放电试验。电压等级为110kV的变压器，当对绝缘有怀疑时，宜进行局部放电试验。用以检测变压器内部非贯穿性的绝缘缺陷。

6.10.4 额定电压下的冲击合闸试验。按启动方案规定要求。

6.10.5 检查相位。检查变压器的相位，必须与电网相位一致。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 油中溶解气体的色谱分析。取油样时应在变压器注满油充分静置规定的时间后方可进行。取好油样后，要密封好容器，然后及时送至相关部门检验。

7.1.2 变压器直流电阻测量要求1600kVA及以下电压等级三相变压器，各相测得值的相互差值应小于平均值的4%，线间测得值的相互差值应小于平均值的2%；1600kVA以上三相变压器，各相测得值的相互差值应小于平均值的2%；线间测得值的相互差值应小于平均值的1%。

7.1.3 变压器的直流电阻与同温下产品出厂实测数值比较，相应变化不应大于2%；不同温度下电阻值按照式（7-1）换算：

$$R_2 = R_1 \frac{T+t_2}{T+t_1} \quad (7-1)$$

式中：

R_1 、 R_2 ——温度在 t_1 、 t_2 （℃）时的电阻值， Ω ；

T ——计算用常数，铜导线取235，铝导线取225。

将实测和出厂值折算到同一温度下，与同温下产品出厂实测数值比较，相应变化不应大于2%。

7.1.4 检查所有分接头的电压比，与制造厂铭牌数据相比应无明显差别，且应符合电压比的规律；电压等级在220kV及以上的电力变压器，其电压比的允许误差在额定分接头位置时为 $\pm 0.5\%$ 。

(1) 电压等级在35kV以下，电压比小于3的变压器电压比允许偏差为 $\pm 1\%$ ；

(2) 其他所有变压器额定分接下电压比允许偏差为 $\pm 0.5\%$ ；

(3) 其他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 $\pm 1\%$ 。

7.1.5 铁芯必须为一点接地；对变压器上有专用的铁芯接地线引出套管时，应在注油前测量其对外壳的绝缘电阻；采用2500V绝缘电阻表测量，持续时间为1min，应无闪络及击穿现象。

7.1.6 变压器带电前应进行有载调压切换装置切换过程试验，检查切换开关切换触头的全部动作顺序，测量过渡电阻阻值和切换时间。测得的过渡电阻阻值、三相同步偏差、切换时间的数值、正反向切换时间偏差均符合制造厂技术要求。

7.1.7 测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数，应符合下列规定：

(1) 绝缘电阻值不低于产品出厂试验值的70%。

(2) 当测量温度与产品出厂试验时的温度不符合时，可按表7-1换算到同一温度时的数值进行比较。

表 7-1 油浸式电力变压器绝缘电阻的温度换算系数

温度差 K	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
换算系数 A	1.2	1.5	1.8	2.3	2.8	3.4	4.1	5.1	6.2	7.5	9.2	11.2

注：1. 表中 K 为实测温度减去 20°C 的绝对值。
2. 测量温度以上层油温为准。

- (3) 变压器电压等级为 35kV 及以上，且容量为 4000kVA 及以上时，应测量吸收比。吸收比与产品出厂值相比应无明显差别，在常温下应不小于 1.3 ；当 R_{60s} 大于 $3000\text{M}\Omega$ 时，吸收比可不作考核要求。
- (4) 变压器电压等级为 220kV 及以上且容量为 120MVA 及以上时，宜用 5000V 绝缘电阻表测量极化指数。测得值与产品出厂值相比应无明显差别，在常温下不小于 1.3 。当 R_{60s} 大于 $10\,000\text{M}\Omega$ 时，极化指数可不作考核要求。

7.1.8 测量绕组连同套管的介质损耗角正切值 $\tan\delta$ ，应符合下列规定：

- (1) 当变压器电压等级为 35kV 及以上且容量为 8000kVA 及以上时，应测量介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 。
- (2) 被测绕组的 $\tan\delta$ 值不应大于产品出厂试验值的 130% 。
- (3) 当测量时的温度与产品出厂试验温度不符合时，可按表 7-2 换算到同一温度时的数值进行比较。

表 7-2 介质损耗角正切值 $\tan\delta$ (%) 温度换算系数

温度差 K	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
换算系数 A	1.15	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.7

注：1. 表中 K 为实测温度减去 20°C 的绝对值。
2. 测量温度以上层油温为准。
3. 进行较大的温度换算且试验结果超过本条第二款规定时，应进行综合分析判断。

7.1.9 测量绕组连同套管的直流泄漏电流，应符合下列规定：

- (1) 当变压器电压等级为 35kV 及以上，且容量为 8000kVA 及以上时，应测量直流泄漏电流。
- (2) 试验电压标准应符合表 7-3 的规定。当施加试验电压达 1min 时，在高压端读取泄漏电流。泄漏电流值不宜超过表 7-4 的规定。

表 7-3 油浸式电力变压器直流泄漏试验电压标准

绕组额定电压 kV	6~10	20~35	63~330	500
直流试验电压 kV	10	20	40	60

注：1. 绕组额定电压为 13.8kV 及 15.75kV 时，按 10kV 级标准； 18kV 时，按 20kV 级标准；
2. 分级绝缘变压器仍按被试绕组电压等级的标准。

表 7-4 变压器直流耐压时泄漏电流与环境温度对应的泄漏电流值

额定电压 kV	试验电压峰值 kV	在下列温度时的绕组泄漏电流值 μA							
		10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
2~3	5	11	17	25	39	55	83	125	178
6~15	10	22	33	50	77	112	166	250	356
20~35	20	33	50	74	111	167	250	400	570
63~330	40	33	50	74	111	167	250	400	570
500	60	20	30	45	67	100	150	235	330

7.2 质量控制表

表 7-5 质 量 控 制 表

序号	控 制 点	控 制 方 式		
		W	H	S
1	变压器试验			●

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-1.1.1~4-1.1.17、Q/CSG 表 4-1.2.1~4-1.2.8 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-01-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施： <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 试验工作前，现场负责人必须确定工作范围，安排安全围栏设置，不要有缺口；在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电，使用安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 试验前，仪器可靠接地，应认真检查接地线已正确规范可靠接地，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 试验前检查接线，使用合格电源盘，严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸后，按照要求接线，工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 避免油泄漏、废油集中存放、定点处理。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具，试验人员与被试设备保持足够安全距离。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
3	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
5	套管吊装绑扎不稳	设备损坏	<input type="checkbox"/> 中等风险	
6	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
7	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	TA 开路	设备损坏	<input type="checkbox"/> 中等风险	
10	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
11	试验人员接线错误	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
12	有载调压传动试验措施不到位	设备破损、夹伤	<input type="checkbox"/> 中等风险	
13	攀爬瓷件	设备损坏	<input type="checkbox"/> 中等风险	
14	绝缘油污染	环境污染	<input type="checkbox"/> 中等风险	
15	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
16	搭接试验电源措施不完善	设备损坏	<input type="checkbox"/> 中等风险	
17	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	
18	吊车与带电设备安全距离不够	人身伤亡、设备损坏跳闸	<input type="checkbox"/> 高风险	



安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

油浸式电流互感器交接试验 作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-02



目 次

1 适用范围	13
2 编写依据	13
3 作业流程	13
4 安全风险辨析与预控	14
5 作业准备	15
6 作业方法	15
7 质量控制措施及检验标准	16

1 适用范围

本作业指导书适用于油浸式电流互感器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

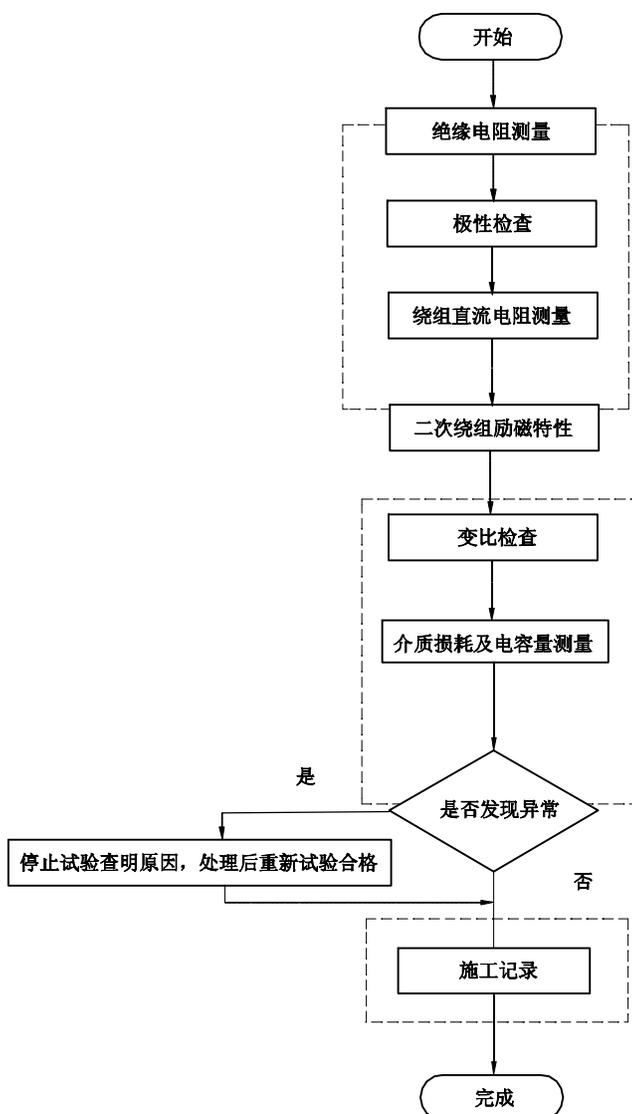


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 油浸式电流互感器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与油浸式电流互感器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-02-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
3	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
4	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
5	高压试验过程中防范措施不到位	触电	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电
6	登高作业安全防护措施不完善	坠落	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
7	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
8	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
9	电流互感器二次侧开路	设备损坏	中等风险	试验前检查二次侧短路接线情况，加强监护，有异常现象立即停止试验
10	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
绝缘电阻测量	2	1	1
极性检查	2	1	1
绕组直流电阻测量	3	1	1

二次绕组励磁特性检查	3	1	1
变比检查	2	1	1
介质损耗及电容量测量	3	1	1
注：作业人数根据具体工程量规模配备。			

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻测试仪		MΩ	1	
2	指针式万用表		/	1	
3	行灯变压器		/	1	
4	标准电流互感器		/	1	
5	交流伏安表		V/A	2	
6	介损测试仪		/	1	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

试验前将每个电流互感器表面（及末屏）擦拭干净。

6.1 测量电流互感器的绝缘电阻。用 2500V 绝缘电阻表测量一次绕组对二次及地的绝缘电阻；用 2500V 绝缘电阻表分别测量二次绕组间及地的绝缘电阻；绝缘电阻值不宜低于 1000MΩ。

6.2 测量电容式电流互感器的末屏的绝缘电阻，绝缘电阻值不宜小于 1000MΩ；若末屏对地绝缘电阻小于 1000MΩ 时，应测量其 $\tan\delta$ 。

6.3 电流互感器的极性检查。用试验线将蓄电池和电流互感器的一次绕组连接，用指针万用表（挡位放在最小电流挡上）的表笔分别接在被测的二次绕组端子上。将蓄电池的“+”极线碰接到一次绕组的“L1”，同时观察指针万用表的指针是否先向正方向后回复到“0”摆动。然后拉开蓄电池的“+”试验线，同时观察指针万用表的指针是否先向负方向后回复到“0”摆动。

6.4 电流互感器一、二次绕组直流电阻测量。

6.5 测量保护组 TA 的励磁特性曲线。试验时电压从零递升上去，以电流为基准，读取电压值，直至额定电流，保护组应进行此项试验。

6.6 变比检查。在一次绕组通入电流，二次绕组接电流表，读取一、二次绕组电流值。

6.7 介损损耗因数及电容量测量：一次绕组对末屏的介损值应不大于出厂值的 130%（ $\leq 0.5\%$ ），电容量与出厂值的差别不超出 $\pm 5\%$ ；末屏对二次绕组及地的介损值不大于 2%。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 测量绝缘电阻值，应符合规程和厂家技术要求。

7.1.2 同型号、同规格、同批次电流互感器一、二次绕组的直流电阻和平均值的差异不宜大于 10%；当有怀疑时，应提高施加的测量电流，测量电流（直流值）一般不宜超过额定电流（方均根值）的 50%。

7.1.3 测量保护组 TA 的励磁特性曲线，同类型电流互感器的特性相互比较，应无显著差别。

7.1.4 变比检查应与制造厂铭牌相符。

7.1.5 电流互感器耐压试验，在规定试验电压下 1min，不击穿，无异常现象。

7.2 质量控制表

表 7-1 质 量 控 制 表

序号	控 制 点	控 制 方 式		
		W	H	S
1	油浸式电流互感器试验	●		
注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。				

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-8.1.1~4-8.1.3、Q/CSG 表 4-8.2.1~4-8.2.4 要求执行。

附件 1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-02-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 工作前必须向施工单位或变电站了解清楚临时施工电源或检修电源容量情况。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 试验人员与被试设备保持足够安全距离。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物。 <input type="checkbox"/> 试验前检查二次侧短路接线情况，加强监护，有异常现象立即停止试验
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
4	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
5	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
6	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
7	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
8	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
9	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
10	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	
11	电流互感器二次侧开路	设备损坏	<input type="checkbox"/> 中等风险	
12	吊车与带电设备安全距离不够	人身伤亡、设备损坏、跳闸	<input type="checkbox"/> 高风险	

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

干式电流互感器交接试验 作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-03



目 次

1 适用范围	19
2 编写依据	19
3 作业流程	19
4 安全风险辨析与预控	20
5 作业准备	21
6 作业方法	21
7 质量控制措施及检验标准	22

1 适用范围

本作业指导书适用于干式电流互感器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

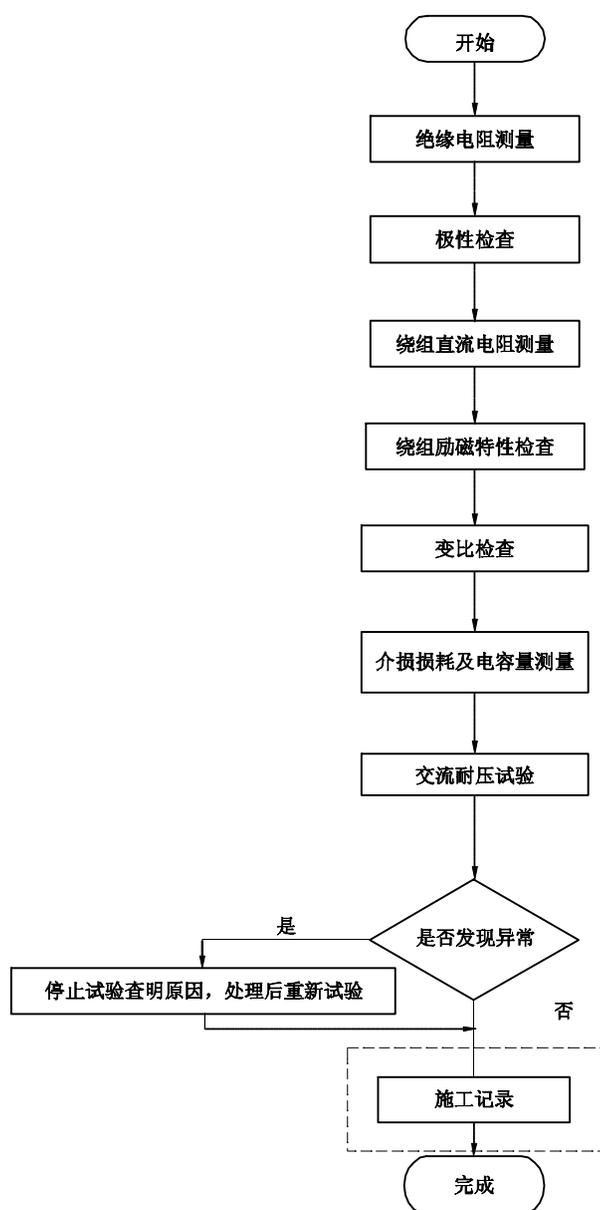


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 干式电流互感器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与干式电流互感器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-03-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
3	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
4	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
5	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
6	高压试验过程中防范措施不到位	触电	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电
7	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
8	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
9	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
10	电流互感器二次侧开路	人身伤残、设备损坏	中等风险	试验前认真检查接线正确
11	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
绝缘电阻测量	2	1	1
极性检查	2	1	1

绕组直流电阻测量	2	1	1
二次绕组励磁特性检查	3	1	1
变比检查	3	1	1
介质损耗及电容量测量	3	1	1
交流耐压试验	4	1	1
注：作业人数根据具体工程量规模配备。			

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻测试仪		MΩ	1	
2	指针式万用表		/	1	
3	行灯变压器		/	1	
4	标准电流互感器		/	1	
5	交流伏安表		V/A	2	
6	单相调压器			1	
7	升流器			1	
8	试验变压器		/	1	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

6.1 试验前将每个电流互感器表面擦拭干净。

6.2 测量电流互感器的绝缘电阻。用 2500V 绝缘电阻表测量一次绕组对二次及地的绝缘电阻；用 2500V 绝缘电阻表分别测量二次绕组间及地的绝缘电阻；绝缘电阻值不宜低于 1000MΩ。

6.3 测量电流互感器的末屏的绝缘电阻，绝缘电阻值不宜小于 1000MΩ。若末屏对地绝缘电阻小于 1000MΩ时，应测量其 $\tan\delta$ 。

6.4 电流互感器的极性检查。用试验线将蓄电池和电流互感器的一次绕组连接，用指针万用表（挡位放在最小电流挡上）的表笔分别接在被测的二次绕组端子上。将蓄电池的“+”极线碰接到一次绕组的“L1”，同时观察指针万用表的指针是否先向正方向摆动后回复到“0”。然后拉开蓄电池的“+”试验线，同时观察指针万用表的指针是否先向负方向摆动后回复到“0”。

6.5 电流互感器一、二次绕组直流电阻测量。

6.6 测量保护组 TA 的励磁特性曲线。试验时电压从零递升上去，以电流为基准，读取电压值，直至额定电流。保护组应进行此项试验。

6.7 变比检查。在一次绕组通入电流，二次绕组接电流表，读取一、二次绕组电流值。

6.8 电流互感器交流耐压试验。电流互感器耐压试验时应将电流互感器二次短路接地。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 测量绝缘电阻值：应符合规程和厂家技术要求。

7.1.2 同型号、同规格、同批次电流互感器一、二次绕组的直流电阻和平均值的差异不宜大于 10%。当

有怀疑时，应提高施加的测量电流，测量电流（直流值）一般不宜超过额定电流（方均根值）的 50%。

7.1.3 测量保护组 TA 的励磁特性曲线：同类型电流互感器的特性相互比较，应无显著差别。

7.1.4 变比检查应与制造厂铭牌相符。

7.1.5 电流互感器耐压试验连同开关本体试验一起进行，在规定试验电压下 1min，不击穿，无异常现象。

7.2 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-8.1.1~4-8.1.3、Q/CSG 表 4-8.2.1~4-8.2.4 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-03-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施： <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 试验人员与试验设备等保持足够安全距离。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
4	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
6	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
7	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
8	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
10	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

SF₆ 电流互感器交接试验 作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-04



目 次

1 适用范围	25
2 编写依据	25
3 作业流程	25
4 安全风险辨析与预控	26
5 作业准备	27
6 作业方法	27
7 质量控制措施及检验标准	28

1 适用范围

本试验作业指导书适用于 SF₆ 电流互感器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

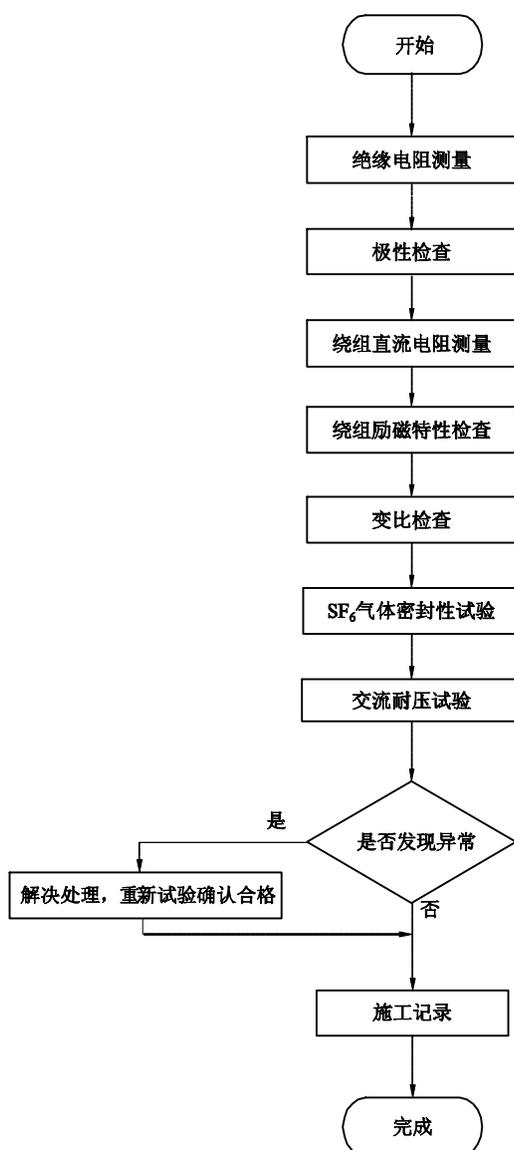


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 SF₆ 电流互感器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与 SF₆ 电流互感器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-04-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	误入运行间隔	人身伤亡 设备停运	高风险	工作前，认真进行安全技术交底；工作中，加强安全监护
3	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
4	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
5	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
6	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
7	接触 SF ₆ 气体过敏、中毒	过敏、中毒、 健康受损	低风险	处理气体时必须戴防护用品，并保持工作环境通风良好
8	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，须正确使用安全带，穿胶鞋
9	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
10	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
11	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
12	电流互感器二次侧开路	人身伤残、 设备损坏	中等风险	试验前认真检查接线正确
13	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
绝缘电阻测量	2	1	1
极性检查	2	1	1
绕组直流电阻测量	2	1	1
二次绕组励磁特性检查	3	1	1
变比检查	3	1	1
SF ₆ 气体密封性试验	2	1	1
交流耐压试验	4	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻测试仪		MΩ	1	
2	指针式万用表		/	1	
3	行灯变压器		/	1	
4	标准电流互感器		/	1	
5	交流伏安表		V/A	2	
6	试验变压器		/	1	

注：1. 主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。
2. 测试仪表要求：所有使用的测量仪表均经检验合格，并在检定周期内。

6 作业方法

6.1 试验前将每个电流互感器表面（及末屏）擦拭干净。

6.2 测量电流互感器的绝缘电阻。用 2500V 绝缘电阻表测量一次绕组对二次绕组及地的绝缘电阻；用 1000V 绝缘电阻表分别测量二次绕组间及地的绝缘电阻；绝缘电阻值不宜低于 1000MΩ。

6.3 电流互感器的极性检查。用试验线将蓄电池和电压互感器的一次绕组连接，用指针万用表（挡位放在最小电流挡上）的表笔分别接在补测的二次绕组端子上。将蓄电池的“+”极线碰接到一次绕组的“L1”，同时观察指针万用表的指针是否先向正方向后回复到“0”摆动。然后拉开蓄电池的“+”试验线，同时观察指针万用表的指针是否先向负方向后回复到“0”摆动。

6.4 电流互感器一、二次绕组直流电阻测量：用单臂电桥测量。

6.5 测量保护组 TA 的励磁特性曲线：试验时电压从零递升上去，以电流为基准，读取电压值，直至额定电流。保护组及计量组均应进行此项试验。

6.6 变比检查：在一次绕组通入电流，二次绕组接电流表，读取一、二次绕组电流值。

6.7 电流互感器交流耐压试验。电流互感器耐压试验连同开关本体试验一起进行，试验时应将电流互感器二次短路接地。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 测量绝缘电阻值：应符合规程和厂家技术要求。

7.1.2 同型号、同规格、同批次电流互感器一、二次绕组的直流电阻和平均值的差异不宜大于 10%。当有怀疑时，应提高施加的测量电流，测量电流（直流值）一般不宜超过额定电流（有效值）的 50%。

7.1.3 测量保护组 TA 的励磁特性曲线：同类型电流互感器的特性相互比较，应无显著差别。

7.1.4 变比检查应与制造厂铭牌相符（电流互感器的变比或角度误差的检验，在出厂时都已进行过试验，安装时不会有变化。在交接试验时，对变比试验，只是属于核对性检查，不须用电流互感器试验器来检查）。

7.1.5 电流互感器耐压试验连同开关本体试验一起进行，在规定试验电压下 1min，不击穿，无异常现象。

7.2 质量控制表

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	SF ₆ 电流互感器试验	●		

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第 4 册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-7.1.1~4-7.1.3、Q/CSG 表 4-7.2.1~4-7.2.4 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-04-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施： <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 试验人员与试验设备等保持足够安全距离。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车接线，如必须作业人员攀爬瓷裙时，需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 处理气体时必须佩戴防护用品，并保持工作环境通风良好。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
4	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
5	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
6	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
7	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
8	接触 SF ₆ 气体过敏、中毒	皮肤伤害	<input type="checkbox"/> 低风险	
9	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
10	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 高风险	
11	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	
12	电流互感器二次侧开路	人身伤残、设备损坏	<input type="checkbox"/> 中等风险	

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

真空断路器交接试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-05

目 次

1 适用范围	31
2 编写依据	31
3 作业流程	31
4 安全风险辨析与预控	31
5 作业准备	32
6 作业方法	33
7 质量控制措施及检验标准	34

1 适用范围

本作业指导书适用于真空断路器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

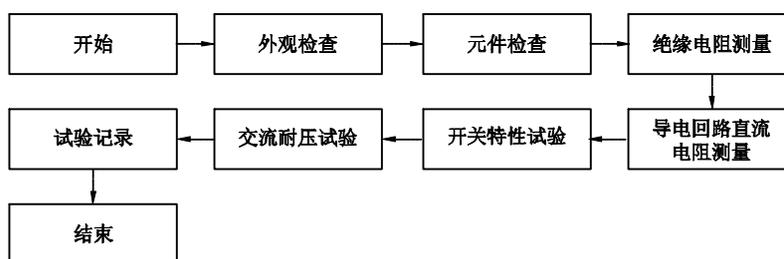


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 真空断路器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（以下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与真空断路器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-05-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验人员接线错误	设备烧损	中等风险	在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并有工作负责人核查接线正确性
3	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
4	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
5	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
6	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
7	机械运动部分	人身伤残	中等风险	试验前确保断路器机构箱处无人工作
8	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
9	设备存在感应电	人身伤残	中等风险	使用保安接地线
10	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
11	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
12	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
13	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
元件检查	2	1	1
主绝缘检查	2	1	1
开关直流电阻测量	2	1	1
导电回路直流电阻	2	1	1
开关特性试验	2	1	1
交流耐压试验	4	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻表		只	1	
2	大电流回路电阻测试仪		台	1	
3	高压开关特性测试仪		台	1	

表 5-2 (续)

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
----	----	-------	----	----	----

4	万用表		只	1	
5	交流耐压设备		套	1	
6	工具		套	1	
7	2.5mm ² 导线及接地线		m	若干	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

6.1 作业条件检查

- 6.1.1 检查开关安装完毕，符合试验条件。
- 6.1.2 现场条件满足试验要求。
- 6.1.3 检查工作票完善，工作安全措施完善。
- 6.1.4 试验人员符合要求，熟悉相关资料和技术要求。
- 6.1.5 相关试验仪器已准备，并保证其完好。

6.2 外观检查

- 6.2.1 检查开关安装完好，无机械损伤。
- 6.2.2 检查开关柜内无杂物，元器件无受潮现象。
- 6.2.3 柜体接地已完善可靠。
- 6.2.4 柜内二次接线完善、牢固。
- 6.2.5 柜体型号、铭牌参数与设计一致。

6.3 元件检查

- 6.3.1 测量分、合闸线圈的绝缘电阻和直流电阻，用 500V 绝缘电阻表分别测量分闸线圈和合闸线圈对地的绝缘电阻，要求不低于 10MΩ，用万用表或单臂电桥分别测量分闸线圈和合闸线圈的直流电阻。
- 6.3.2 储能电机检查。用 500V 绝缘电阻表测量电机的绝缘电阻；检查储能电机额定电压与设计相符；通入电机额定的电源，检查电机运转是否正常和储能机构工作是否正常。

6.4 主导电回路绝缘电阻测量

- 6.4.1 测量断路器导电回路对地及断口间的绝缘电阻，断路器在合闸状态，分别测量每相导电回路对地的绝缘电阻；在分闸状态测量各断口之间的绝缘电阻。
- 6.4.2 测试时要求用专用测试导线。

6.5 测量每相导电回路的直流电阻

- 6.5.1 用大电流回路电阻测试仪分别测量每相导电回路的直流电阻。
- 6.5.2 回路电阻测试仪要求可靠接地，通过专用引线和断路器可靠连接，电压测量线应在电流输出线内侧。
- 6.5.3 测量时电流要求不小于 100A。测量读数要求在稳定数值时开始读数。
- 6.5.4 测量完毕要求待测试仪放电完才能断开测试回路。
- 6.5.5 要求测试结果符合产品技术规范，测试时必须记录当时环境温度，以进行电阻值的换算。

6.6 断路器的特性试验

- 6.6.1 用高压开关特性测试仪分别测量断路器的分、合闸时间、弹跳时间及同期性，将试验仪器可靠接地。
- 6.6.2 测量时要求电源电压及气压都在额定条件。
- 6.6.3 合闸过程中断路器弹跳时间在 40.5kV 以上不大于 3ms，40.5kV 以下不大于 2ms。
- 6.6.4 分、合闸时间测试实际数据应符合产品技术条件的规定。
- 6.6.5 测量操动机构的电气特性。调节断路器控制回路电压，在 85%~110% U_n 情况下断路器能可靠的分、合，在 65% U_n 情况下断路器能可靠地分开，在 30% U_n 情况下断路器不能分、合。

6.7 交流耐压试验

用试验变压器、调压器组成一个高压交流回路作为高压交流电源，分别对断路器每相的合闸状态对地、分闸状态断口间进行耐压试验（具体试验方法见特殊性试验交流耐压试验部分）。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 测量断路器主触头的分、合闸时间，测量分、合闸的同期性，测量合闸过程中触头接触后的弹跳时间。

7.1.2 测量绝缘拉杆的绝缘电阻值，不应低于 1200MΩ。

7.1.3 测量每相导电回路的电阻值应符合产品技术条件的规定。

7.1.4 交流耐压试验。应在断路器合闸及分闸状态下进行交流耐压试验；当在合闸状态下进行时，试验电压应符合表 7-1 的规定；当在分闸状态下进行时，真空灭弧室断口间的试验电压应符合产品技术条件的规定，试验中不应发生贯穿性放电。

表 7-1 合闸状态下进行交流耐压时的试验电压

额定电压 kV	最高工作电压 kV	1min 工频耐受电压 峰值, kV			
		相对地	相间	断路器断口	隔离断口
3	3.6	25	25	25	27
6	7.2	32	32	32	36
10	12	42	42	42	49
35	40.5	95	95	95	118
66	72.5	155	155	155	197
110	126	200	200	200	225
		230	230	230	265

7.1.5 测量断路器主触头的分、合闸时间，测量分、合闸的同期性，测量合闸过程中触头接触后的弹跳时间。

7.1.6 合闸过程中触头接触后的弹跳时间：40.5kV 以下断路器不应大于 2ms；40.5kV 及以上断路器不应大于 3ms。

7.1.7 测量应在断路器额定操作电压及液压条件下进行。

7.1.8 实测数值应符合产品技术条件的规定。

7.1.9 测量分、合闸线圈及合闸接触器线圈的绝缘电阻值，不应低于 10MΩ；直流电阻值与产品出厂试验值相比应无明显差别。

7.1.10 断路器操动机构的试验，应符合下列规定：

(1) 合闸操作的操作电压在 85%~110% U_n 时操动机构应可靠动作。

(2) 分闸操作的操作电压在大于 65% U_n 时，应可靠地分闸；当小于 30% U_n 时，不应分闸。

7.2 质量控制表

表 7-2 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	真空断路器试验	●		

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。



7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-11.1.1、Q/CSG 表 4-11.2.1~4-11.2.2 要求执行。

附件 1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-05-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验人员接线错误	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸后，按照要求接线，并有工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验前确保断路器机构箱处无人工作。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 使用保安接地线。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车接线，如必须作业人员攀爬瓷裙时，需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
4	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
6	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
7	设备存在感应电	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
8	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	机械运动部分	夹伤坠落	<input type="checkbox"/> 中等风险	
10	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
11	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
12	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
13	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 高风险	
14	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	



安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第6部分：电气试验

电容式套管交接试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-06



目 次

1 适用范围	39
2 编写依据	39
3 作业流程	39
4 安全风险辨析与预控	39
5 作业准备	40
6 作业方法	41
7 质量控制措施及检验标准	41

1 适用范围

本作业指导书适用于电容式套管。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

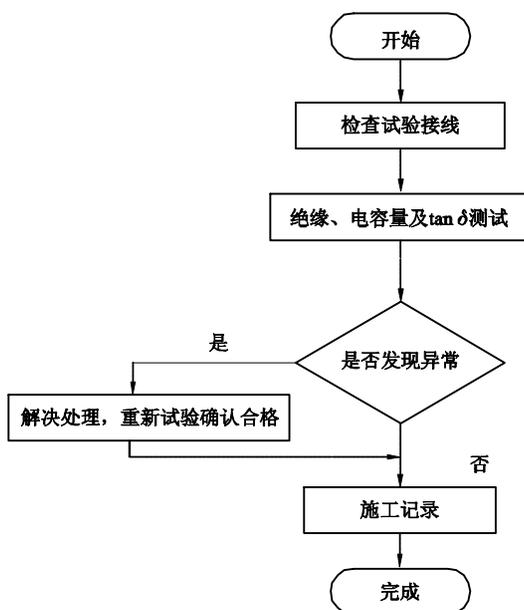


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 电容式套管交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与电容式套管交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-06-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
3	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
4	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
5	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
6	气体泄漏污染环境	环境污染	可接受的风险	按照厂家技术说明书操作，正确使用工器具
7	气体排放人员中毒	健康受损	低风险	试验人员避开放气阀
8	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
9	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
10	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
11	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
12	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
绝缘、电容量、 $\tan\delta$ 测试	2	1	1
注：作业人数根据具体工程量规模配备。			

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	高压数字绝缘电阻表		台	1	
2	介质损耗测试仪		台	1	
3	万用表		只	1	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

6.1 将套管法兰和支架牢靠接地。

6.2 套管的绝缘电阻测量。用 2500V 绝缘电阻表分别测量导电芯对末屏和小末屏对法兰（地）的绝缘电阻。

6.3 套管的介质损耗角正切和电容值测量。用介质损耗测量仪分别测量套管的导电芯对小套管、小套管对法兰介质损耗角正切和电容值；用正接法测量导电芯对小套管介质损耗角正切和电容值；用反接法测量末屏对法兰（地）介质损耗角正切和电容值。测量时要记录试验结果和环境温度、湿度。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 试验过程中必须把绝缘子清理干净。

7.1.2 试验设备金属外壳必须安全可靠接地。

7.1.3 试验接线必须正确，高压引线尽可能短，并与试品连接牢固，高压线与屏蔽线、接地线不能彼此交叉。

7.1.4 66kV 及以上的电容型套管，应测量“抽压小套管”对法兰或“测量小套管”对法兰的绝缘电阻。采用 2500V 绝缘电阻表测量，绝缘电阻值不应低于 1000MΩ。

7.1.5 测量 20kV 及以上非纯瓷套管的主绝缘介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 和电容值，应符合下列规定：在室温不低于 10℃ 的条件下，套管的介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 不应大于表 7-1 的规定。

表 7-1 套管的介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 的标准

套管主绝缘类型		$\tan\delta$ 最大值
电容式	油浸纸	0.7 (500kV 套管 0.5) ^①
	胶浸纸	0.7 ^②
	胶粘纸	1.0 (66kV 及以下电压等级套管 1.5) ^{①②}
	浇铸树脂	1.5
	气体	1.5
	有机复合绝缘 ^③	0.7

① 所列的电压为系统标称电压。
 ② 对 20kV 及以上电容式充胶或胶纸套管的老产品，其 $\tan\delta$ 值可为 2 或 2.5。
 ③ 有机复合绝缘套管的介损试验，宜在干燥环境下进行。
 注：电容式套管的实测电容量值与产品铭牌数值或出厂试验值相比，其差值应在 ±5% 范围内。

7.2 质量控制表

表 7-2 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	电容式套管试验	●		

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。



7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-1.1.10、Q/CSG 表 4-1.2.6 要求执行。

附件 1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-06-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 开始试验前由负责人认真检查试验接线。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带、穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 按照厂家技术说明书操作，正确使用工器具。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验人员避开放气阀。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
4	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
5	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
6	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
7	违规排放 SF ₆ 气体	中毒	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	SF ₆ 气体泄漏	大气污染	<input type="checkbox"/> 可接受的风险	
9	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
10	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
11	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 高风险	
12	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	

安全补充事项/平面布置图

现场接受交底人员签名

备注

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

GIS（HGIS）交接试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-07



目 次

1 适用范围	45
2 编写依据	45
3 作业流程	45
4 安全风险辨析与预控	46
5 作业准备	47
6 作业方法	47
7 质量控制措施及检验标准	49

1 适用范围

本作业指导书适用于 GIS（HGIS）。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

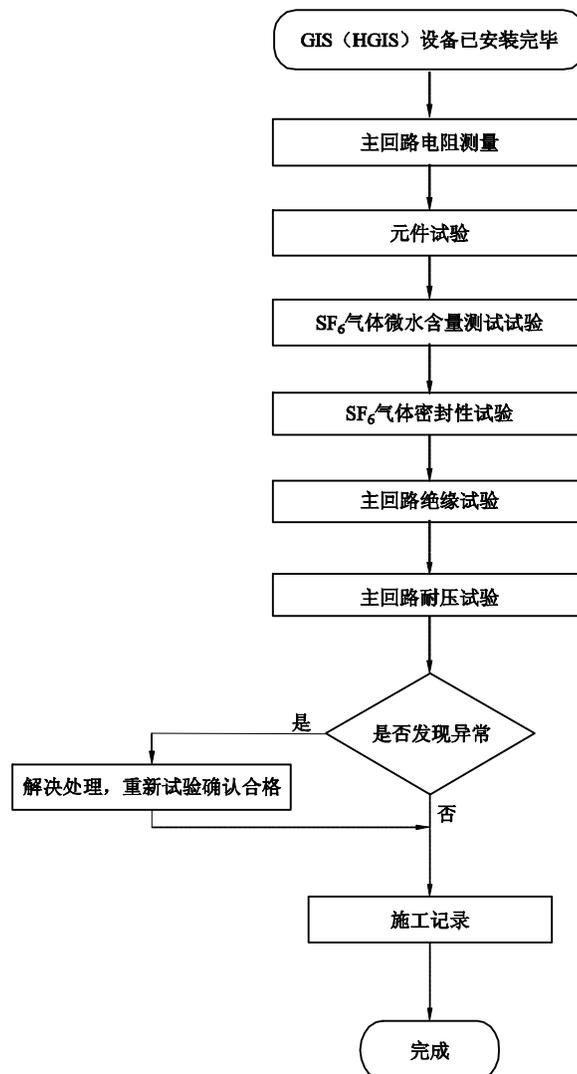


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 GIS(HGIS)交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与 GIS(HGIS)交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-07-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验人员接线错误	设备烧损	中等风险	在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并有工作负责人核查接线正确性
3	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
4	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
5	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
6	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
7	SF ₆ 气体泄漏	环境污染	可接受的风险	按照厂家技术说明书操作，正确使用工器具
8	SF ₆ 气体违规排放	健康受损	低风险	试验人员避开放气阀
9	接触 SF ₆ 气体过敏、中毒	健康受损	低风险	处理气体时必须戴防护用品，并保持工作环境通风良好
10	机械运动部分	人身伤残	中等风险	试验前确保断路器机构箱处无人工作
11	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
12	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
13	设备存在感应电	人身伤残	中等风险	使用保安接地线
14	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
15	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
16	传动试验措施不到位	夹伤 设备破损	中等风险	进行传动前必须通知相关工作人员，并安排人员进行监护
17	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
GIS (HGIS) 设备	4	1	1
注：作业人数根据具体工程量规模配备。			

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻表		只	1	
2	大电流回路电阻测试仪		台	1	
3	试验变压器		台	1	
4	高压开关测试仪		台	1	
5	交流电流表		只	2	
6	变比电桥		只	1	
7	指针式万用表		只	1	
8	电流发生器		台	1	
9	单相调压器		台	1	
10	标准电流互感器		只	1	
注：1. 主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。 2. 测试仪表要求：所有使用的测量仪表均经检验合格，并在检定周期内。					

6 作业方法

6.1 主回路电阻测量

6.1.1 试验方法

- (1) 采用直流压降法，测试电流不小于 100A。
- (2) 有引线套管的，可利用引线套管注入电流进行测量。
- (3) 若接地开关导电杆与外壳绝缘时，可临时解开接地连线，利用回路上的两组接地开关导电杆测量回路进行测量。
- (4) 若接地开关导电杆与外壳不能绝缘分隔时，先测量导体与外壳的并联电阻 R_0 和外壳的直流电阻 R_1 ，然后按下式换算： $R = R_0 R_1 / (R_1 - R_0)$ 。

6.2 元件试验

6.2.1 断路器操动机构试验

- (1) 测量分、合闸线圈的绝缘电阻和直流电阻。用 500V 绝缘电阻表分别测量分闸线圈和合闸线圈对地的绝缘电阻，用万用表分别测量分闸线圈和合闸线圈的直流电阻；测量分、合闸线圈的绝缘电阻值，不应低于 10M Ω ；直流电阻值与产品出厂试验值相比应无明显差别。

- (2) 储能电机检查。用 500V 绝缘电阻表测量电机的绝缘电阻；输入电机额定的电压，检查电机运转是否正常和储能机构工作是否正常。
- (3) 合闸操作的操作电压在 $85\% \sim 110\% U_n$ 时操动机构应可靠动作。
- (4) 分闸操作的操作电压在大于 $65\% U_n$ 时，应可靠地分闸；当小于 $30\% U_n$ 时，不应分闸。
- (5) 测量断路器导电回路对地的绝缘电阻。断路器在合闸状态，分别测量每相导电回路对地的绝缘电阻。
- (6) 测量每相导电回路的直流电阻。用大电流回路电阻测试仪分别测量每相导电回路的直流电阻。
- (7) 断路器的特性试验。用高压开关特性测试仪分别测量断路器的分、合闸时间，同期性时间，测量断路器主触头分、合闸的同期性，应符合产品技术条件的规定。

6.2.2 金属氧化锌避雷器试验

- (1) 若金属氧化锌避雷器、电磁式电压互感器与母线之间连接有隔离开关，在做工频耐压前做老化试验时，可将隔离开关合上，加额定电压检查电磁式电压互感器变比、氧化锌避雷器阻性电流和全电流。
- (2) 若金属氧化锌避雷器、电磁式电压互感器与母线之间连接无隔离开关，在做工频耐压试验前不能将联线连接，待工频耐压试验后再装。装回后加额定电压，检查电磁式电压互感器变比、氧化锌避雷器阻性电流和全电流。
- (3) 不管金属氧化锌避雷器、电磁式电压互感器与母线之间连接有无隔离开关，待工频耐压试验后，加额定电压检查电磁式电压互感器变比、氧化锌避雷器阻性电流和全电流。
- (4) 线路金属氧化锌避雷器与母线之间连接无隔离开关，在做工频耐压试验前不能将联线连接，待工频耐压试验后再装。装回后加额定电压测量氧化锌避雷器阻性电流和全电流。

6.2.3 电流互感器试验

- (1) 绝缘检查。
- (2) 极性检查。
- (3) 变比检查。
- (4) 励磁特性试验（电磁式电压互感器在连接避雷器后可能出现励磁特性误差，需解开与避雷器连接，或在电压互感器安装前做此项试验）。

6.2.4 SF₆ 气体微水含量测量

- (1) SF₆ 气体微水含量测量必须在充气至额定气体压力下 24h 小时后进行。测量时，环境相对湿度一般不大于 85%。
- (2) 采用露点法测量。

6.2.5 SF₆ 气体密封性试验

检漏必须在充气 24h 小时后进行。

- (1) 采用检漏仪检漏法进行定性检漏。
- (2) 用灵敏度不低于 $1\mu\text{L/L}$ 的气体检漏仪沿着外壳焊缝、接头结合面，法兰密封、转动密封、滑动密封面，表计接口等部位，用不大于 2.5mm/s 的速度在上述部位移动，检漏仪应无反应，则认为试品密封性良好。

6.2.6 主回路绝缘试验

- (1) 本试验应在其他试验项目完成且合格后进行。
- (2) 试验方法：
 - 1) 耐压试验前，应测试品绝缘电阻。
 - 2) 耐压试验前，GIS 上所有电流互感器二次绕组应短路接地。母线外壳的接地及接地连线铜牌已完成。
 - 3) 耐压试验前，应将 GIS 所有外接设备（如高压电缆、架空线、变压器）隔离。

- 4) 做完老化试验后, 应将电压互感器、避雷器或保护火花间隙隔离开。
- 5) 现场试验电压值为出厂试验施加电压值的 80%。
- 6) 试验电压的施加: 规定的试验电压应施加到每相导体和外壳之间, 每次一相, 其他的导体应与接地的外壳相连; 每个部件至少施加一次电压, 同时应注意尽可能减少固体绝缘的重复试验次数, 尽量在 GIS 不同部位引入试验电压。

6.2.7 连锁试验

GIS 的不同元件设置的各种连锁均应进行不少于 3 次的试验, 以检验其功能的正确性。各种连锁主要是指:

- (1) 接地开关与有关隔离开关的互相连锁。
- (2) 接地开关与有关电压互感器的互相连锁。
- (3) 隔离开关与有关断路器的互相连锁。
- (4) 隔离开关与有关隔离开关的互相连锁。
- (5) 双母线中的隔离开关倒母线操作连锁。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 测量主回路的导电电阻值, 宜采用电流不小于 100A 的直流压降法。测试结果, 不应超过产品技术条件规定值的 1.2 倍。

7.1.2 主回路的交流耐压试验程序和方法, 应按产品技术条件或 DL/T 555《气体绝缘金属封闭电器现场耐压试验导则》的有关规定进行, 试验电压值为出厂试验电压的 80%。

7.1.3 密封性试验可采用灵敏度不低于 1×10^{-6} (体积比) 的检漏仪对各气室密封部位、管道接头等处进行检测时, 检漏不应报警; 必要时可采用局部包扎法进行气体泄漏测量。以 24h 的漏气量换算, 每一个气室年漏气率不应大于 1%; 泄漏值的测量应在封闭式组合电器充气 24h 后进行。

7.1.4 测量 SF₆ 气体含水量 (20℃ 的体积分数), 应符合下列规定:

- (1) 有电弧分解的隔室, 应小于 150μL/L。
- (2) 无电弧分解的隔室, 应小于 250μL/L。
- (3) 气体含水量的测量应在封闭式组合电器充气 48h 后进行。

7.1.5 封闭组合电器内各元件的试验, 应按相应元件的作业指导书的试验方法进行, 但对无法分开的设备可不单独进行。

7.1.6 当进行组合电器的操动试验时, 联锁与闭锁装置动作应准确可靠。电动、气动或液压装置的操动试验, 应按产品技术条件的规定进行。

7.1.7 在充气过程中检查气体密度继电器及压力动作阀的动作值, 应符合产品技术条件的规定。对单独运到现场的设备, 应进行校验。

7.2 质量控制表

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	GIS(HGIS)封闭式组合电气试验			●

注: 质量控制点中 H: 停工待检点; W: 见证点; S: 旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第 4 册: 变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-13.1.1~4-13.1.7、Q/CSG 表 4-13.2.1~4-13.2.5 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-07-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸后，按照要求接线，并由工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作，按照厂家技术说明书操作，正确使用工器具。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带、穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验前确保断路器机构箱处无人工作。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 进行传动前必须通知相关工作人员，并安排人员进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验人员避开放气阀。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
4	设备存在感应电	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
5	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
6	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
7	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
8	试验人员接线错误	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	机械运动部分	夹伤坠落	<input type="checkbox"/> 中等风险	
10	传动试验措施不到位	设备破损、夹伤	<input type="checkbox"/> 中等风险	
11	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 高风险	
12	违规排放SF ₆ 气体	中毒	<input type="checkbox"/> 低风险	
13	SF ₆ 气体泄漏	大气污染	<input type="checkbox"/> 可接受的风险	
14	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
15	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

金属氧化物避雷器交接试验 作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-08

目 次

1 适用范围	53
2 编写依据	53
3 作业流程	53
4 安全风险辨析与预控	53
5 作业准备	55
6 作业方法	55
7 质量控制措施及检验标准	56

1 适用范围

本作业指导书适用于金属氧化物避雷器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

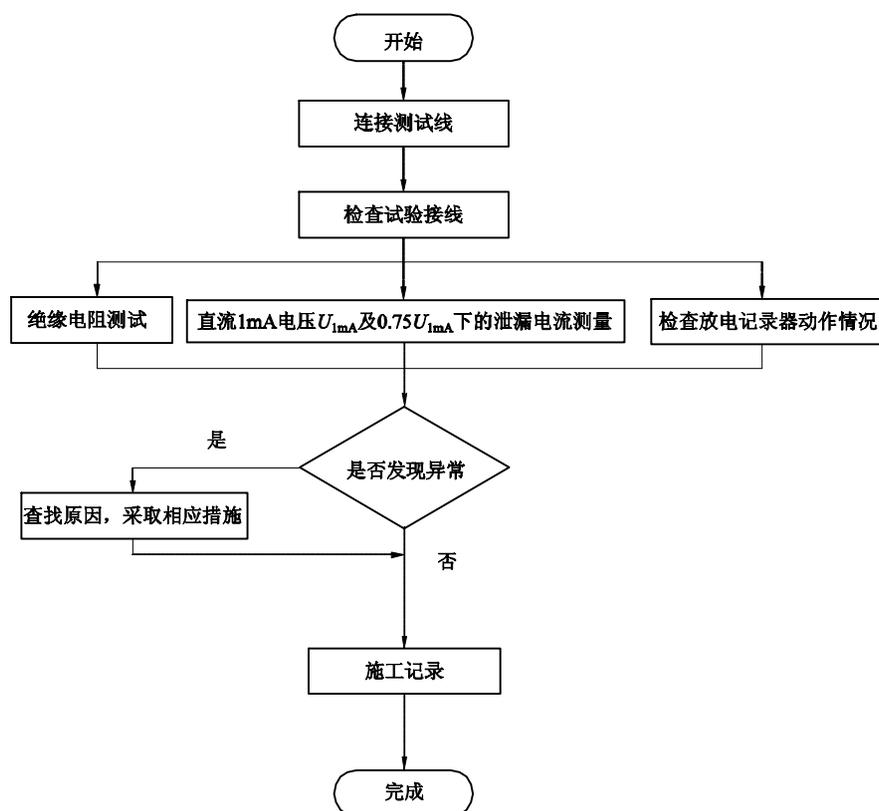


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 金属氧化物避雷器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（以下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与金属氧化物避雷器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-08-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
3	引接试验电源时触电*	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
4	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
5	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电
6	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
7	设备存在感应电	人身伤残	中等风险	使用保安接地线
8	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
9	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
绝缘电阻测试	2	1	1
直流 1mA 电压 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下的泄漏电流测量	3	1	1
检查放电记录器动作情况	2	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	高压直流发生器		套	1	
2	绝缘电阻表		台	1	

3	放电计数校验仪		台	1	
4	微安表		个	1	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

6.1 绝缘电阻测试

绝缘电阻测试包括避雷器本体和底座的绝缘电阻测试，具体内容见表 6-1。

表 6-1 绝缘电阻测试

序号	工作内容	操作及工艺
1	摆放绝缘电阻表、绝缘电阻表检查	选择合适位置，将绝缘电阻表水平放稳，试验前对绝缘电阻表本身进行检查
2	连接测试线和接地线	将绝缘电阻表的接地端与被试避雷器的地线连接，将带屏蔽的连接线接到被试避雷器测量部位（必要时接上屏蔽环）
3	开始测量，读取并记录测量结果	启动绝缘电阻表，选用 2500V 档测量避雷器本体和底座的绝缘电阻、读取 60s 的测量值并记录
4	停止测量，将被试品短路放电并接地	停止测量，将被试品短路放电并接地

6.2 直流 1mA 电压和 0.75 U_{1mA} 下的泄漏电流测试

试验包括：测量金属氧化物避雷器直流 1mA 参考电压以及 75% 直流 1mA 参考电压 U_{1mA} 下的泄漏电流。具体内容见表 6-2。

表 6-2 直流 1mA 参考电压 U_{1mA} 和 0.75 U_{1mA} 下的泄漏电流测试

序号	工作内容	操作及工艺
1	摆放直流高压发生器、将仪器接地	选择合适位置将直流高压发生器平稳放置，将仪器接地端可靠接地
2	按相应的试验方法布置试验接线	参照试验接线示意图与仪器使用说明书，通过试验专用连接线布置试验接线
3	开始测量，读取并记录测量结果	启动直流高压发生器进行测量，读取并记录测量结果
4	停止测量，断开仪器电源及被试品放电接地	停止测量，断开直流高压发生器电源，将被试品短路放电并接地

6.3 检查放电计数器动作情况

放电计数器动作情况测试见表 6-3。

表 6-3 放电计数器动作情况测试

序号	工作内容	操作及工艺
1	用放电计数器校验仪检查放电计数器动作情况	用放电计数器校验仪对放电计数器放电 3~5 次，计数器应可靠动作
2	停止测量，将测试仪放电完毕后收好	关闭仪器电源并放电完全

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 绝缘电阻测试应符合以下要求：

- (1) 绝缘电阻表摆放位置应安全，摆放应水平稳固，试验前对绝缘电阻表进行“短路”、“开路”测试检查。
- (2) 试验用的导线应使用绝缘护套线或屏蔽线，认真检查测试线和接地线的连接，检查绝缘电阻表的输出端接线。
- (3) 测量时，注意绝缘电阻低导致端电压降低，仪表指示测量时间应正确。
- (4) 停止测量时，确保试品已彻底放电，防止充电电荷放电损坏绝缘电阻表、造成人身伤害，注意仪表显示已放电完毕，才将被试品短路接地。
- (5) 根据相关试验规程对测试结果进行判断：用 5000V 绝缘电阻表测量，绝缘电阻不小于 2500MΩ，基座绝缘电阻不低于 5MΩ。

7.1.2 直流 1mA 电压和 $0.75U_{1mA}$ 下的泄漏电流测试应符合以下规定：

- (1) 仪器放置应安全、平稳，保证预留高压引线的走向以及与被试设备连接的角度满足要求。
- (2) 认真对照接线示意图检查试验接线，高压引线选用屏蔽线，长度和角度合适，保持与邻近物体和接地部位有足够的绝缘距离。
- (3) 开始试验时，保持升降压匀速，避免升压过快电流超量程。
- (4) 停止测量，断开仪器电源及被试品放电接地，确保试品已彻底放电，防止设备、人身伤害。
- (5) 根据相关试验规程对测试结果进行判断：金属氧化物避雷器对应于直流参考电流下的直流参考电压，整支或分节进行的测试值，不应低于 GB 11032《交流无间隙金属氧化物避雷器》规定值，并符合产品技术条件的规定。实测值与制造厂规定值比较，变化不应大于±5%。0.75 倍直流参考电压下的泄漏电流值不应大于 50μA，或符合产品技术条件的规定。

7.1.3 检查放电计数器动作情况应符合以下规定：

- (1) 用放电计数器校验仪检查放电计数器动作情况时，应防止仪器高压电极放电伤人，试验过程中保持仪器高压电极与人身有足够距离，尽量缩短放电回路测试引线长度，放电计数器校验仪接地端应可靠接地。
- (2) 停止测量时，防止放电计数器校验仪残余电荷伤人，每次试验完成后，须将放电计数器校验仪放电完全。
- (3) 根据相关试验规程对测试结果进行判断，检查放电计数器的动作应可靠，避雷器监视电流表指示应良好，计数器试验结果一致。

7.2 质量控制表

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	金属氧化物避雷器试验	●		

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第 4 册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-19.1.1、Q/CSG 表 4-19.2.1~4-19.2.2 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-08-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施： <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 使用保安接地线。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 按照厂家技术说明书操作，正确使用工器具。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
4	设备存在感应电	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
5	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
6	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
10	引接试验电源时触电*	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	
注：“危害名称”一栏中，带有“*”标记的，说明此危害曾在公司基建系统引发过事故。				

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

电抗器及消弧线圈交接试验 作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-09

目 次

1 适用范围	61
2 编写依据	61
3 作业流程	61
4 安全风险辨析与预控	61
5 作业准备	62
6 作业方法	63
7 质量控制措施及检验标准	64

1 适用范围

本作业指导书适用于各电压等级的干式电抗器、油浸式电抗器、消弧线圈的交接试验。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

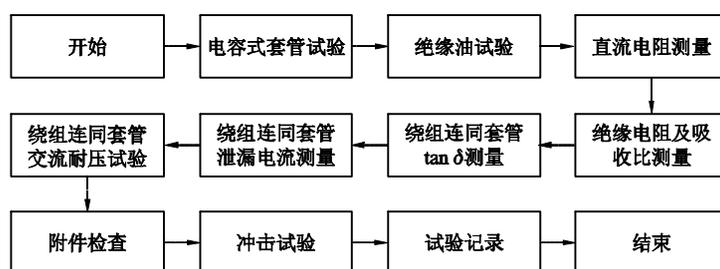


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 电抗器及消弧线圈交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（以下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与电抗器及消弧线圈交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-09-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	套管吊装不符合要求	设备报废	高风险	指挥、司索专人持证上岗
2	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
3	试验人员接线错误	设备烧损	中等风险	在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并有工作负责人核查接线正确性
4	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
5	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
6	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
7	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
8	绝缘油污染环境	水污染、工作环境污染	中等风险	避免油泄漏、废油集中存放、定点处理
9	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
10	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
11	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
12	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
13	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
电容式套管试验	2	1	1
绝缘油试验	2	1	1
测量绕组连同套管的直流电阻	2	1	1
测量绝缘电阻及吸收比或极化指数	2	1	1
测量绕组连同套管的介质损耗角正切值 $\tan\delta$	2	1	1
测量绕组连同套管的直流泄漏电流	2	1	1
绕组连同套管的交流耐压试验	3	1	1
额定电压下冲击合闸试验	2	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	数字式绝缘电阻表		MΩ	1	
2	全自动介损测试仪		/	1	

表 5-2 (续)

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
3	直流电阻测试仪		mΩ	1	
4	直流发生器		/	1	
5	交流耐压成套设备		/	1	
6	数字式万用表		/	1	

注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。

6 作业方法

6.1 作业条件检查

- 6.1.1 检查电抗器安装完毕，电抗器油循环已结束，符合试验条件。
- 6.1.2 现场条件满足试验要求。
- 6.1.3 检查工作票完善，工作安全措施完善。
- 6.1.4 试验人员符合要求，熟悉相关资料和技术要求。
- 6.1.5 相关试验仪器已准备，并保证其完好。
- 6.1.6 检查电抗器外观完好，无机械损伤。
- 6.1.7 电抗器接地已完善可靠。
- 6.1.8 附件设备安装完毕。
- 6.1.9 检查冷却器的各阀门已全部打开，油箱与本体的阀门已打开。电抗器本体无漏油现象。
- 6.1.10 检查电抗器型号、铭牌参数与设计一致。

6.2 电容式套管试验

本项试验应在电抗器本体试验前，配合安装先完成。

- 6.2.1 绝缘电阻：将套管用吊车吊起或用支架悬空，并使套管竖直，用 2500V 绝缘电阻表分别测量接线端对末屏及法兰的绝缘电阻，其值在相似的环境条件下与出厂值比较，不应有明显偏差；对于 66kV 以上有抽压小套管的电容型套管，应用 2500V 绝缘电阻表测量“小套管”对法兰的绝缘电阻，其值不应低于 1000MΩ。
- 6.2.2 介损测量：用正接线法测量套管主绝缘对末屏的介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 及电容值，具体接线按仪器所标示的接线方式进行，选择 10kV 电压测试；介损高压测试线应用绝缘带挂好悬空，不得碰及其他设备或掉地，并要做好安全防范措施，不得让人误入高压试验区域；测得的介损及电容值与出厂值不应有明显差别，应符合交接标准要求。

6.3 绝缘油取样试验

取油样时应在电抗器注满油并充分静置规定的时间后方可。最好选在晴朗、相对湿度较低的午后，用专用注射器在电抗器放油阀处抽取。盛油样的容器要预先烘干，现场取样时先用待试验的电抗器油清洗。取好油样后，要密封好容器，然后及时送至相关部门检验。

6.4 测量绕组连同套管的直流电阻

用直阻测试仪测量绕组直流电阻，测量时应记录好环境温度，以便与出厂值进行换算比较，三相电抗器直流电阻相互间差值不大于平均值的 2%。

6.5 绝缘电阻、吸收比或极化指数测量

所有与绝缘有关的试验宜在绝缘油检验合格之后并尽量选湿度较低（一般不得大于 80%）的天气进行。绝缘测量之前，应检查绝缘电阻表电量是否充足。对于要求测极化指数的电抗器，应检查绝缘电阻表短路电流不低于 2mA。试验应记录好试验环境温度，以便换算至出厂相同温度下进行比较，要求不低于出厂值的 70%。要求测量绕组对地、绕组间及铁芯对地和夹件对地的绝缘电阻。

6.6 测量绕组连同套管的介质损耗角正切值 $\tan\delta$

6.6.1 试验时，要将介损仪高压试验线用绝缘胶带悬空，不与电抗器壳体接触。

6.6.2 记录好试验时的环境温度，换算至出厂相同温度比较时，不应大于出厂值的 1.3 倍。测量数据如果与出厂偏差太大，应注意清洁套管或用导线屏蔽套管，减少套管的表面泄漏电流。测量宜在相对湿度较低的天气进行。

6.7 测量绕组连同套管的直流泄漏电流

测量泄漏电流时宜在高压端读取，测量应选择相对湿度较低的天气，并记录环境温度，泄漏电流值不得超过交接标准的规定。

6.8 交流耐压试验

在电抗器的出线端进行交流耐压试验，可以采用外施工频电压的试验方法，也可以采用感应电压的试验方法。尽量采用串联谐振感应耐压试验方式，可减少试验设备容量。电压等级在 110kV 及以上的电抗器中性点宜单独进行交流耐压试验。试验电压值均参照交接标准进行。电抗器交流耐压试验时，应注意套管 TA 不得开路。

6.9 附件检查

6.9.1 检查气体继电器安装完好，用 500V 绝缘电阻表检查气体继电器触点绝缘，手动按下气体继电器试验按钮，检查气体继电器触点闭合良好。

6.9.2 检查冷却风机绝缘良好，通电运行风机，风机转向正确运行正常。两路交流电压切换正确。

6.10 额定电压下的冲击合闸试验

按启动方案规定要求进行试验。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 测量绕组连同套管的直流电阻，应符合下列规定：

- (1) 测量应在各分接头的所有位置上进行。
- (2) 实测值与出厂值的变化规律应一致。
- (3) 三相电抗器绕组直流电阻值相互间差值不应大于三相平均值的 2%。
- (4) 电抗器和消弧线圈的直流电阻，与同温下产品出厂值比较相应变化不应大于 2%。
- (5) 电抗器的直流电阻，与同温下产品出厂实测数值比较，相应变化不应大于 2%，不同温度下电阻值按照式 (7-1) 换算：

$$R_2 = R_1 \frac{T + t_2}{T + t_1} \quad (7-1)$$

式中：

R_1 、 R_2 ——温度在 t_1 、 t_2 ($^{\circ}\text{C}$) 时的电阻值 (Ω)；

T ——计算用常数，铜导线取 235，铝导线取 225。

7.1.2 铁芯必须为一点接地；当电抗器上有专用的铁芯接地线引出套管时，应在注油前测量其对外壳的绝缘电阻；采用 2500V 绝缘电阻表测量，持续时间为 1min，应无闪络及击穿现象。

7.1.3 测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数，应符合下列规定：

- (1) 绝缘电阻值不低于产品出厂试验值的 70%。
- (2) 当测量温度与产品出厂试验时的温度不符合时，可按表 7-1 换算到同一温度时的数值进行比较。

表 7-1 油浸式电力电抗器绝缘电阻的温度换算系数

温度差 K	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
换算系数 A	1.2	1.5	1.8	2.3	2.8	3.4	4.1	5.1	6.2	7.5	9.2	11.2

注：1. 表中 K 为实测温度减去 20 $^{\circ}\text{C}$ 的绝对值。
2. 测量温度以上层油温为准。

- (3) 电抗器电压等级为 35kV 及以上且容量在 4000kVA 及以上时，应测量吸收比。吸收比与产品出厂值相比应无明显差别，在常温下应不小于 1.3；当 R_{60s} 大于 3000MΩ 时，吸收比可不作考核要求。

7.1.4 测量绕组连同套管的介质损耗角正切值 $\tan\delta$ ，应符合下列规定：

- (1) 当电抗器电压等级为 35kV 及以上且容量在 8000kVA 及以上时，应测量介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 。
 (2) 被测绕组的 $\tan\delta$ 值不应大于产品出厂试验值的 130%。
 (3) 当测量时的温度与产品出厂试验温度不符合时，可按表 7-2 换算到同一温度时的数值进行比较。

表 7-2 介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 温度换算系数

温度差 K	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
换算系数 A	1.15	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.7

注：1. 表中 K 为实测温度减去 20℃ 的绝对值。
 2. 测量温度以上层油温为准。
 3. 进行较大的温度换算且试验结果超过本条第二款规定时，应进行综合分析判断。

7.1.5 测量绕组连同套管的直流泄漏电流，应符合下列规定：

- (1) 当电抗器电压等级为 35kV 及以上且容量在 8000kVA 及以上时，应测量直流泄漏电流。
 (2) 试验电压标准应符合表 7-3 的规定。当施加试验电压达 1min 时，在高压端读取泄漏电流。泄漏电流值不宜超过表 7-4 的规定。

表 7-3 油浸式电力电抗器直流泄漏试验电压标准

绕组额定电压 kV	6~10	20~35	63~330	500
直流试验电压 kV	10	20	40	60

注：1. 绕组额定电压为 13.8kV 及 15.75kV 时，按 10kV 级标准；18kV 时，按 20kV 级标准。
 2. 分级绝缘电抗器仍按被试绕组电压等级的标准。

表 7-4 电抗器直流耐压时泄漏电流与环境温度对应的泄漏电流值

额定电压 kV	试验电压峰值 kV	在下列温度时的绕组泄漏电流值 μA							
		10℃	20℃	30℃	40℃	50℃	60℃	70℃	80℃
2~3	5	11	17	25	39	55	83	125	178
6~15	10	22	33	50	77	112	166	250	356
20~35	20	33	50	74	111	167	250	400	570
63~330	40	33	50	74	111	167	250	400	570
500	60	20	30	45	67	100	150	235	330

7.2 质量控制表

表 7-5 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	消弧线圈试验	●		
2	干式电抗器试验	●		

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-3.1.1、Q/CSG 表 4-3.2.1、Q/CSG 表 4-4.1.1~4-4.1.10、Q/CSG 表 4-4.2.1~4-4.2.3、Q/CSG 表 4-5.1.1、Q/CSG 表 4-5.2.1、Q/CSG 表 4-6.1.1、Q/CSG 表 4-6.2.1 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-09-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 在试验前，工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并由工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 避免油泄漏、废油集中存放、定点处理。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 按照厂家技术说明书操作，正确使用工器具。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
3	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	套管吊装绑扎不稳	设备损坏	<input type="checkbox"/> 高风险	
6	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
7	绝缘油污染环境	环境污染	<input type="checkbox"/> 中等风险	
8	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
10	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
11	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 高风险	
12	试验人员接线错误	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
13	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

隔离开关试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-10

目 次

1 适用范围	69
2 编写依据	69
3 作业流程	69
4 安全风险辨析与预控	69
5 作业准备	70
6 作业方法	71
7 质量控制措施及检验标准	71

1 适用范围

本作业指导书适用于隔离开关。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

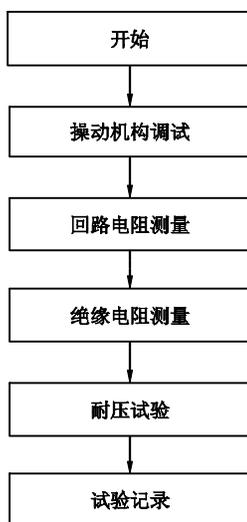


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 隔离开关交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与隔离开关交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-10-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验人员接线错误	设备烧损	中等风险	在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并有工作负责人核查接线正确性
3	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
4	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
5	设备存在感应电	触电	中等风险	正确使用安全防护用品
6	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
7	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
8	机械运动部分	人身伤残	中等风险	试验前确保机构箱处无人工作
9	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
10	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
11	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
12	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
13	传动试验措施不到位	夹伤 设备破损	中等风险	进行传动前必须通知相关工作人员，并安排人员进行监护
14	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
操动机构调试	3	1	1
回路电阻测量	3	1	1
绝缘电阻测量	3	1	1
交流耐压试验	3	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻表		只		
2	回路电阻测试仪		台		
3	交流耐压试验装置		套		

注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。

6 作业方法

6.1 开始

- 6.1.1 检查隔离开关的一次状态，保证其与带电设备有明显断开点。
- 6.1.2 试验前工作票已开好，人员试验前的技术交底与安全交底已完成。
- 6.1.3 一次设备机械部分已安装完成，机械无卡涩。
- 6.1.4 隔离开关电气部分安装完毕，具备试验条件。

6.2 操动机构调试

- 6.2.1 根据实际的操作电源，用调压器或试验电源调整电源电压到额定的 80%，操动机构可靠分合。
- 6.2.2 根据实际的操作电源，用调压器或试验电源调整电源电压到额定的 110%，操动机构可靠分合。

6.3 回路电阻测试

启动测试仪开始测量，待测量值稳定，仪器指示无变化时，记录测量电阻值。

6.4 测量绝缘电阻

- 6.4.1 选择合适位置，将绝缘电阻表水平放稳，试验前对绝缘电阻表本身进行检查。
- 6.4.2 将绝缘电阻表的接地端与被试品的接地端连接，将带屏蔽的连接线接到被试品的高压端（必要时接上屏蔽环）。
- 6.4.3 启动绝缘电阻表开始测量，记录 60s 时的测量值。
- 6.4.4 停止测量，放电并接地。

6.5 耐压试验

- 6.5.1 选择合适位置将工频耐压装置平稳放置，将接地端可靠接地。
- 6.5.2 试验过程中应观察仪表变化情况，如试品出现闪络、冒烟、击穿等异常情况，应立即降压，做好安全措施并进行检查，根据检查情况确定重新试验或终止试验。
- 6.5.3 读取并记录测量数据及试验电压、加压时间。
- 6.5.4 停止测量，断开电源，短路放电并接地。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

- 7.1.1 测量隔离开关导电回路的电阻值，宜采用电流不小于 100A 的直流压降法。测试结果，不应超过产品技术条件规定。
- 7.1.2 交流耐压试验。

表 7-1 1min 工频耐受电压有效值

kV

额定电压	最高工作电压	支柱绝缘子、隔离开关			
		纯 瓷		固体有机绝缘	
		出厂	交接	出厂	交接
35	40.5	100	100	100	90

表 7-1 (续)

额定电压	最高工作电压	支柱绝缘子、隔离开关			
		纯 瓷		固体有机绝缘	
		出厂	交接	出厂	交接
66	69.0	165	165	165	148
110	126.0	265	265	265	240
220	252.0	495	495	495	440

7.1.3 检查操动机构线圈的最低动作电压，应符合制造厂的规定。

7.1.4 操动机构的试验应符合下列规定：动力式操动机构的分、合闸操作，当其电压或气压在下列范围时，应保证隔离开关的主闸刀或接地开关可靠地分闸和合闸。

- (1) 电动机操动机构：当电动机接线端子的电压在其额定电压的 80%~110% 范围内时。
- (2) 压缩空气操动机构：当气压在其额定气压的 85%~110% 范围内时。
- (3) 二次控制线圈和电磁闭锁装置：当其线圈接线端子的电压在其额定电压的 80%~110% 范围内时。

7.1.5 隔离开关、负荷开关的机械或电气闭锁装置应准确可靠。

7.2 质量控制表

表 7-2 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	隔离开关试验	●		

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第 4 册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-12.1.1、Q/CSG 表 4-14.2.1 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-10-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验人员接线错误	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <input type="checkbox"/> 在试验前，工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并由工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验前确保机构箱处无人工作。进行传动前必须通知相关工作人员，并安排人员进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电，使用安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
3	机械运动部分	夹伤坠落	<input type="checkbox"/> 中等风险	
4	传动试验措施不到位	设备破损、夹伤	<input type="checkbox"/> 中等风险	
5	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
6	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
8	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
10	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
11	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
12	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 高风险	
13	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	
14	设备存在感应电	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	

安全补充事项/平面布置图

现场接受交底人员签名

备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

电力电容器交接试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-11

目 次

1 适用范围	75
2 编写依据	75
3 作业流程	75
4 安全风险辨析与预控	76
5 作业准备	77
6 作业方法	77
7 质量控制措施及检验标准	78

1 适用范围

本作业指导书适用于并联电力电容器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

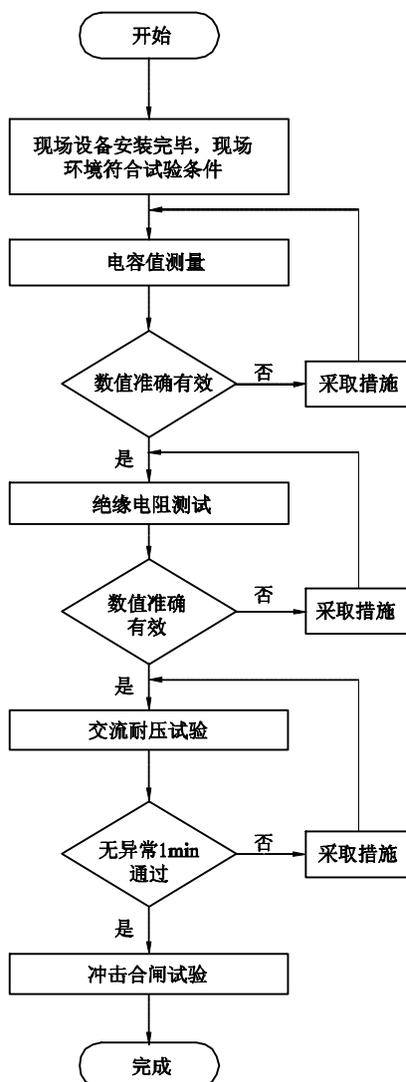


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 并联电力电容器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与并联电力电容器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-11-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验人员接线错误	设备烧损	中等风险	在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并有工作负责人核查接线正确性
3	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
4	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
5	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
6	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
7	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
8	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
9	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
10	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验接线前，要对被试品充分放电；试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
电容值测量	3	1	1
绝缘电阻测试	3	1	1

交流耐压试验	5	1	1
冲击合闸试验	4	1	1
注：作业人数根据具体工程量规模配备。			

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻表		MΩ	1 只	
2	电容测表		μF	1 只	
3	交流耐压设备		kV	1 套	
4	数字式伏安相位表			1 只	
注：1. 主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。 2. 测试仪表要求：所有使用的测量仪表均经检验合格，并在检定周期内。					

6 作业方法

6.1 检查现场设备安装情况，现场环境符合试验条件。现场电容器安装完毕，无其他安装收尾工作，设备清洁干净，电容器外观完好，无裂纹等现象。

6.2 电容值测量。根据电容器铭牌额定电容值选择电感电容测量仪合适量程档，把测量仪两根测试线接于电容器两极，测量每一个电容的电容量。对电容器组采用同样方法测量各相、各臂总电容值。

6.3 绝缘电阻测试。把电容器两电极短接，绝缘电阻表选择 2500V 电压档，先进行开路 and 短路测试检查，然后将绝缘电阻表 E 端测试线接地（电容器外壳也接地），启动测试后将 L 端测试线接至电容器电极，记录 60s 时的测试值，测量完毕取开接至电极测试线，停止测试，用绝缘放电棒对电容器充分放电，再用地线多次放电。记录当时的环境温度、湿度。

6.4 工频耐压试验。用试验线将电容器两电极短接，接好线后应认真检查接线的正确性和是否符合要求，加压时要缓慢调压至试验电压（试验电压见表 6-1），保持 1min，加压过程中应无闪络、击穿、冒烟等异常情况，若有，应立即降下电压拉掉试验电源，对电容器放电挂接地线，检查原因并排除，根据检查情况确定重新试验。试验结束，对电容器充分放电后测试耐压后绝缘电阻，绝缘电阻值跟耐压前比较应无大差别。

表 6-1 试 验 电 压

kV

额定电压	<1	1	3	6	10	15	20	35
出厂试验电压	3	6	18/25	23/30	30/42	40/55	50/65	80/95
交接试验电压	2.25	4.5	18.76	22.5	31.5	41.25	48.75	71.25
注：1. 斜线下的数据为外绝缘的干耐受电压。 2. 出厂试验电压不符合表中电压时，按出厂试验电压的 75% 进行。								

6.5 冲击合闸试验。并联电容器投入前，在电网额定电压下对并联电容器冲击 3 次，每次冲击时，电容器的熔丝不应熔断，用相位表测量各相二次电流差值不应超过 5%，电容器组的放电线圈、避雷器等各设备应正常。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 电容值测量：

(1) 试验仪器在检定有效期内使用。

- (2) 选择电容测量仪适合挡位。
- (3) 测量时仪表应水平放置。

7.1.2 绝缘电阻测试：

- (1) 试验仪器在检定有效期内使用。
- (2) 绝缘电阻表摆放位置应安全、应水平放稳。
- (3) 试验前对绝缘电阻表进行“短路”、“开路”测试检查。
- (4) 检查被试品状态，表面应干净、完好、干燥。
- (5) 试验用的导线应使用绝缘护套线或屏蔽线。
- (6) 认真检查测试线和接地线的连接，检查绝缘电阻表的输出端接线。
- (7) 防止绝缘电阻低，导致端电压降低。

7.1.3 交流耐压试验：

- (1) 各试验仪器在检定有效期内使用，状态正常。
- (2) 试验时天气应晴朗，湿度不宜大于 85%。
- (3) 试验电源稳定，耐压电压选择正确。
- (4) 各试验仪器摆放合理稳固。
- (5) 试验接线正确牢固可靠，布局合理，高压线长度合理，高压线与地或其他相邻设备有足够绝缘距离。
- (6) 升压时应缓慢加至试验电压时保持 1min。
- (7) 试验结束，对设备要充分放电。

7.1.4 合闸冲击试验：额定电网电压冲击前要进行绝缘检查应合格，各设备具备投运状态。

7.1.5 电容器组中各相电容的最大值和最小值之比，不应超过 1.08。

7.1.6 绝缘电阻不低于 2000MΩ。

7.1.7 交流耐压试验过程中应无闪络、击穿、冒烟等异常情况，在试验规定电压下试验时间 1min 通过。

7.1.8 并联电容器组额定电网电压冲击各相电流应平衡，差值不超过 5%，电容器应无异常现象。

7.2 质量控制表

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	电力电容器试验	●		
注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。				

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第 4 册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-18.1.1、Q/CSG 表 4-18.2.1 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-11-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷*	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施： <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并由工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 使用保安接地线。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
4	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
5	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
7	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 高风险	
8	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	
注：“危害名称”一栏中，带有“*”标记的，说明此危害曾在公司基建系统引发过事故。				

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

母线交流耐压试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-12

目 次

1 适用范围	81
2 编写依据	81
3 作业流程	81
4 安全风险辨析与预控	82
5 作业准备	83
6 作业方法	83
7 质量控制措施及检验标准	83

1 适用范围

本作业指导书适用于 10~35kV 母线交流耐压交接试验。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

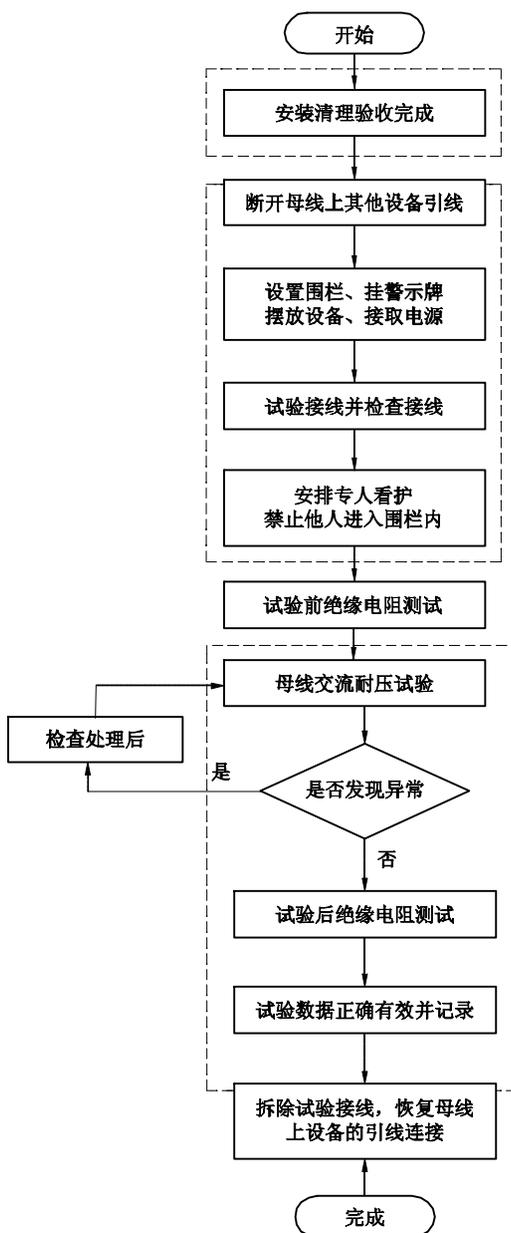


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 母线交流耐压试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与母线交流耐压试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-12-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
3	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
4	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
5	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
6	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
7	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
8	设备存在感应电	触电	中等风险	正确使用安全防护用品
9	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
10	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
试验前绝缘电阻测试	1	1	1
母线交流耐压试验	2	1	1
试验后绝缘电阻测试	1	1	1
注：作业人数根据具体工程量规模配备。			

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	数字式绝缘电阻表		V	1	
2	耐压设备		套	1	

注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。

6 作业方法

6.1 母线绝缘电阻测量

6.1.1 断开母线的电源，拆除或断开对外的一切连线，并将其接地放电。

6.1.2 将绝缘电阻表放置平稳，将绝缘电阻表的接地端头“E”与被试品的接地端相连，在带有屏蔽线的测量导线的火线和屏蔽线分别与绝缘电阻表的测量端头“L”及屏蔽端头“G”相连接（测试当前相时，其他两相短接接地）。

6.1.3 接线完成后，待绝缘电阻表数值稳定后，读取绝缘电阻值。

6.1.4 读取绝缘电阻的数值后，停止绝缘电阻表对被试品的绝缘的测量并断开其接线，然后再对被试品进行充分放电。

注：当使用手动绝缘电阻表时，先驱动绝缘电阻表至额定转速（120r/min），此时，绝缘电阻表指针应指向“∞”，再将火线接至被试品，待指针稳定后，读取绝缘电阻的数值。读取绝缘电阻的数值后，先断开接至被试品的火线，然后将绝缘电阻表停止运转，最后再对被试品进行充分放电。

6.2 母线交流耐压试验

6.2.1 用绝缘导线将升压变压器、调压器、电压表、电流表按接线图进行正确连接，然后仔细检查接线是否正确无误。

6.2.2 升压前应检查调压器是否在零位。升降压过程，应监视有关仪表；加压过程中，应密切监视高压回路，监视被试品。

6.2.3 加至试验电压后停留 1min，读取泄漏电流值并记录，再缓慢降低试验电压至零。工频交流耐压试验完成后，应首先将调压器降至零位，然后断开试验电源，再断开接至被试品的铜导线，测量被试验相的绝缘电阻。其他另外两相试验方法相同。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 绝缘电阻测量为现场质量见证点。因此，在湿度较大的条件下进行测量时，可在被试品表面加等电位屏蔽。此时在接线上要注意，被试品上的屏蔽环应接近加压的高压线而远离接地部分，减少屏蔽对地的表面泄漏，以免造成绝缘电阻表过载。

7.1.2 泄漏电流变化率为现场质量见证点，试验过程中，若因空气湿度、温度、表面脏污等，引起被试品表面或空气放电，泄漏电流不稳定，应经清洁、干燥处理后再进行试验。当泄漏大时应用干燥清洁柔软的布擦去被试品支柱绝缘子表面的污垢，必要时可先用汽油或其他适当的去垢剂洗净套管表面的积垢。

7.1.3 当被试品为有机绝缘材料，试验后应立即触摸，如发现有发热，则认为绝缘不良，应及时处理，然后再做试验。

7.2 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的要求执行。

附件 1 安全施工作业票

编码: BDYCSY-ZW-12-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施,并重点关注但不限于以下措施:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 试验前,应认真检查接地线连接可靠,接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压,确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸,按照要求接线,并由工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施,并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时,应通知附近作业人员,并设置安全围栏,派专人把守;操作人员应大声告知各在场人员,得到回应可以开始,方可升压,如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线,如必须作业人员登高作业时,需正确使用安全带,穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 使用保安接地线。 <input type="checkbox"/> 试验后,应及时对被试品充分放电,放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票,落实各项安全措施,加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查,确认拆接引线已恢复,临时接地线已拆除,现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
3	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
4	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
5	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
7	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 高风险	
8	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	
10	设备存在感应电	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	

安全补充事项/平面布置图

现场接受交底人员签名

备注

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

耦合电容器交接试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-13



目 次

1 适用范围	87
2 编写依据	87
3 作业流程	87
4 安全风险辨析与预控	87
5 作业准备	89
6 作业方法	89
7 质量控制措施及检验标准	90

1 适用范围

本作业指导书适用于耦合电容器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

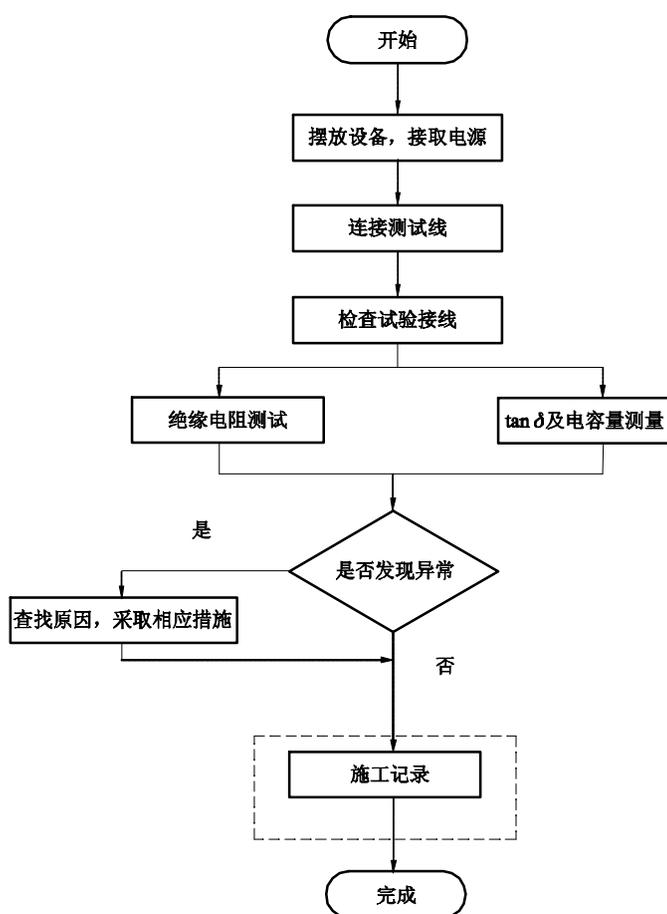


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 耦合电容器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与耦合电容器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-13-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
3	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
4	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
5	设备存在感应电	触电	中等风险	正确使用安全防护用品
6	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
7	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
8	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
9	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
10	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
绝缘电阻测试	2	1	1
tanδ 及电容量测量	3	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	介质损耗测试仪		台	1	
2	绝缘电阻表		台	1	

注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。

6 作业方法

6.1 绝缘电阻测试

绝缘电阻测试包括测量耦合电容器极间绝缘电阻、耦合电容器低压端对地绝缘电阻。

表 6-1 工作内容、操作及工艺

序号	工作内容	操作及工艺
1	摆放绝缘电阻表、绝缘电阻表检查	选择合适位置，将绝缘电阻表水平放稳，试验前对绝缘电阻表本身进行检查
2	连接测试线和接地线	将绝缘电阻表的接地端与被试品的地线连接，将带屏蔽的连接线接到被试测量部位（必要时接上屏蔽环）
3	选择合适的测量电压	绝缘电阻的测试选择绝缘电阻表 2500V 挡；末屏对地绝缘电阻测试选择绝缘电阻表 1000V 挡
4	开始测量，读取并记录测量结果	启动绝缘电阻表开始测量绝缘电阻，读取 60s 的测量值
5	停止测量，将被试品短路放电并接地	停止测量，将被试品短路放电并接地

6.2 $\tan\delta$ 及电容量测试

表 6-2 $\tan\delta$ 及电容量测试

序号	工作内容	操作及工艺
1	摆放介损仪、将仪器接地	选择合适位置将介损仪平稳放置，将仪器接地端可靠接地
2	按相应的试验方法布置试验接线	参照试验接线示意图与仪器使用说明书，用试验专用连接线试验
3	开始测量，读取并记录测量结果	启动介损仪进行测量，读取并记录测量数据及试验电压
4	停止测量，断开介损仪电源，将被试品短路放电并接地	停止测量，断开介损仪电源，将被试品短路放电并接地

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 绝缘电阻测试。

- （1）正确摆放绝缘电阻表、检查绝缘电阻表状态，绝缘电阻表摆放位置应安全，摆放应水平稳固，试验前对绝缘电阻表进行“短路”、“开路”测试检查。
- （2）连接应牢固、可靠、防止测试线绝缘不良、绝缘电阻表的输出端不能接错，试验用的导线应使用绝缘护套线或屏蔽线，认真检查测试线和接地线的连接，检查绝缘电阻表的输出端接线。
- （3）保持直流输出电压稳定、注意读数时间正确，注意绝缘电阻低，导致端电压降低，注意仪表指示测量时间应正确。
- （4）确保试品已彻底放电，防止充电电荷放电损坏绝缘电阻表、造成人身伤害，注意仪表显示已放电完毕，才将被试品短路接地。

7.1.2 $\tan\delta$ 及电容量测试。

- （1）注意预留高压引线的走向以及与被试设备连接的角度满足要求。仪器放置应安全、平稳，保证预留高压引线的走向以及与被试设备连接的角度满足要求。
- （2）正确进行试验接线，注意高压测试线与非被试设备或接地部位距离过近会影响测试结果。采用正接法，高压引线长度合适，布局合理，保持与邻近物体有足够的绝缘距离。

- (3) 注意正确选择接线方法，选择正确的试验电压。选择正接法，正接法采用 10kV 试验电压。
- (4) 确保试品已彻底放电，防止设备、人身伤害，注意将被试品短路接地。

7.1.3 测量耦合电容器、断路器电容器的介质损耗 $\tan\delta$ 及电容值，应符合下列规定：

- (1) 测得的介质损耗 $\tan\delta$ 应符合产品技术条件的规定。
- (2) 耦合电容器电容值的偏差应在额定电容值的 $-5\% \sim 10\%$ 范围内，电容器叠柱中任何两单元的实测电容之比值与这两单元的额定电压之比值的倒数之差不应大于 5% 。

7.2 质量控制表

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	耦合电容器试验	●		
注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。				

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-17.1.1、Q/CSG 表 4-17.2.1 要求执行。

附件1 安全施工作业票

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并由工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 使用保安接地线。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
4	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
5	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
6	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
7	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	
10	设备存在感应电	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	

安全补充事项/平面布置图

现场接受交底人员签名

备注

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

干式变压器交接试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-14

目 次

1 适用范围	93
2 编写依据	93
3 作业流程	93
4 安全风险辨析与预控	93
5 作业准备	94
6 作业方法	95
7 质量控制措施及检验标准	96

1 适用范围

本作业指导书适用于干式变压器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

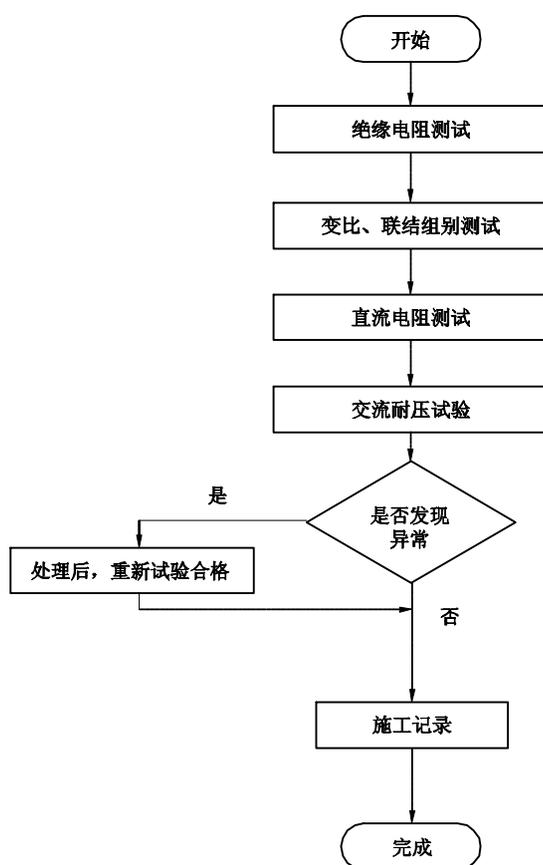


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 干式变压器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与干式变压器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-14-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术人员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业

人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
3	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
4	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
5	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
6	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
7	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
8	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
9	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
10	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
绝缘电阻测试	2	1	1

表 5-1（续）

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
变比和联接组别测试	2	1	1
直流电阻测试	2	1	1
交流耐压试验	3	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻测试仪		台	1	
2	变压器直流电阻测试仪		台	1	
3	变压器变比测试仪		台	1	
4	试验变压器		台	1	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

6.1 绝缘电阻测试

6.1.1 铁芯绝缘测试。按表 6-1 处理方式接线，选用绝缘电阻表 2500V 挡位测量铁芯对其紧固件及地的绝缘电阻 1min；待绝缘电阻表显示数据稳定，记录试验结果及试验时环境的温湿度；单次试验结束，对被试品充分放电后拆换测试线或复线。

表 6-1 铁芯绝缘测试

测试方式	接线状态		接线处理
	绝缘电阻表 L 端子	绝缘电阻表 E 端子	
铁芯—地	铁芯	地	拆开铁芯与地间连接片 拆开穿心螺杆端头接地片（连接片不能拆开者可不进行） 拆开夹件与地间连接片 将与铁芯绝缘的各紧固件接地
夹件—地	夹件	地	
铁芯—夹件	铁芯	夹件	

6.1.2 绕组绝缘测试。按表 6-2 处理方式接线，将被试绕组三相短接，非被试绕组三相短接接地，铁芯和紧固件接地；将绝缘电阻表 L 端子接被试绕组，E 端子接地；选用绝缘电阻表 2500V 测量被试绕组对非被试绕组和地的绝缘电阻；根据实测变压器电压和容量要求，记录规定时间（15s、60s、10min）绝缘电阻值、吸收比、极化指数及试验环境的温湿度；单次试验结束，对被试品充分放电后拆换测试线或复线。

表 6-2 绕组绝缘测试

测试方式	接线状态	
	试验侧绕组	非试验侧绕组
高—低+地	高压绕组短接，接 L	外壳接地，低压绕组短接接地，接 E
低—高+地	低压绕组短接，接 L	外壳接地，高压绕组短接接地，接 E
高+低—地	高压、低压绕组短接，接 L	外壳接地，E 接地

6.2 变比及联结组别测试

6.2.1 把变比测试仪的 6 根测试线（高压 3 根 A、B、C，低压 3 根 a、b、c）接在高低压绕组的三相出线端子上，高低压不能接反，相序一一对应。所有分接都要测试。

6.2.2 根据铭牌参数计算每个分接的额定变压比，打开仪器电源，输入要测试分接的变比值和联结组别，检查测试接线和分接位置都准确无误后，打开仪器测试开关，开始测试检查；试验结束，记录测得的变比误差和联结组别检查结果，高压侧各挡与低压侧的变压比都要测试。

6.3 直流电阻测试

6.3.1 把直流电阻测试仪的四根测量线 I+、U+、I-、U-接在变压器绕组任意两相出线端子或中心线和任意一相出线上（三相 Y 联结无中性点引出测线电阻，有中性点引出测相电阻；三相 D 联结，首末端均引出测相电阻，封闭三角形试品测线电阻），I+、U+ 一组，I-、U- 一组，用变压器直流电阻测试仪逐相测量高压侧绕组各挡或低压侧绕组的相电阻（即直流电阻），有分接的绕组所有分接位置都应测试。

6.3.2 接好测试线，打开仪器电源开关对被试绕组充电，读取显示的测量值，记录试验结果和绕组温度。

6.4 交流耐压试验

6.4.1 采用交流调压器（或调压箱）和有测量绕组的试验变压器组合试验系统；电源频率 50Hz，电压波形应尽可能接近正弦波形。

6.4.2 将测温元件接地，高压绕组、低压绕组引线短接。

6.4.3 高压侧绕组耐压试验。将试验变压器高压试验线接至高压绕组，低压侧绕组及铁芯和紧固件一并短接接地。

6.4.4 低压侧绕组耐压试验。将试验变压器高压试验线接至低压绕组，高压侧绕组接地及铁芯和紧固件一并短接接地。

6.4.5 将调压器外壳和试验变压器高压绕组尾端接地。

6.4.6 测量、记录被试绕组的试前绝缘电阻，试完对被试品充分放电。

6.4.7 试验时，按 3kV/s 的升压速度平稳调压，直至试验电压值（为出厂耐压试验值的 80%）保持 1min，降压至 0，断开电源；加压同时监视高压回路有无异常情况，如电压电流表异常指示，设备和接线冒火闪络或异常声响；出现异常情况应立即降压断电，接入地线保护后，查明异常原因。

6.4.8 测量、记录被试绕组的试后绝缘电阻，试完对被试品充分放电。

6.4.9 断电、拆线、复线，记录环境温湿度。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 绝缘电阻测试：将绕组连同套管绝缘实测值和出厂值分别校正到 20℃，校正到此温度下绝缘电阻实测值不低于产品出厂试验值的 70%。

7.1.2 变比测试。检查所有分接头的电压比，与制造厂铭牌数据相比应无明显差别 [电压等级在 35kV 以下，电压比小于 3 的变压器电压比允许偏差为 ±1%；其他所有变压器额定分接下电压比允许偏差为 ±0.5%；其他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 ±1%]，且应符合电压比的规律。

7.1.3 直流电阻测试。1600kVA 及以下电压等级三相变压器，各相测得值的相互差值应小于平均值的 4%，线间测得值的相互差值应小于平均值的 2%；1600kVA 以上三相变压器，各相测得值的相互差值应小于平均值的 2%；线间测得值的相互差值应小于平均值的 1%；变压器的直流电阻，按式（7-1）计算

$$R_2 = R_1 \frac{T + t_2}{T + t_1} \quad (7-1)$$

式中：

R_1 、 R_2 ——温度在 t_1 、 t_2 （℃）时的电阻值，Ω；

T ——计算用常数，铜导线取 235，铝导线取 225。

将实测和出厂值折算到同一温度下，与同温下产品出厂实测数值比较，相应变化不应大于 2%。

7.1.4 耐压试验。试验过程中，如果电压不突然下降、电流指示不摆动、没有放电声，则认为试验合格；如果有轻微放电声，在重复试验中消失，也视为试验合格；如果有较大的放电声，在重复试验中消失，需吊心检查寻找放电部位，采取必要的措施，根据放电部位决定是否复试。

7.2 质量控制表

表 7-1 质 量 控 制 表

序号	控 制 点	控 制 方 式		
		W	H	S
1	干式变压器试验	●		
注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。				

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第 4 册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-2.1.1~4-2.1.3、Q/CSG 表 4-2.2.1~4-2.2.2 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-14-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并由工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 使用保安接地线。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
4	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
5	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中风险	
6	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
7	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 高风险	
10	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。

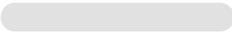


中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

SF₆ 断路器试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-15



目 次

1 适用范围	101
2 编写依据	101
3 作业流程	101
4 安全风险辨析与预控	102
5 作业准备	103
6 作业方法	103
7 质量控制措施及检验标准	104

1 适用范围

本作业指导书适用于 SF₆ 断路器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

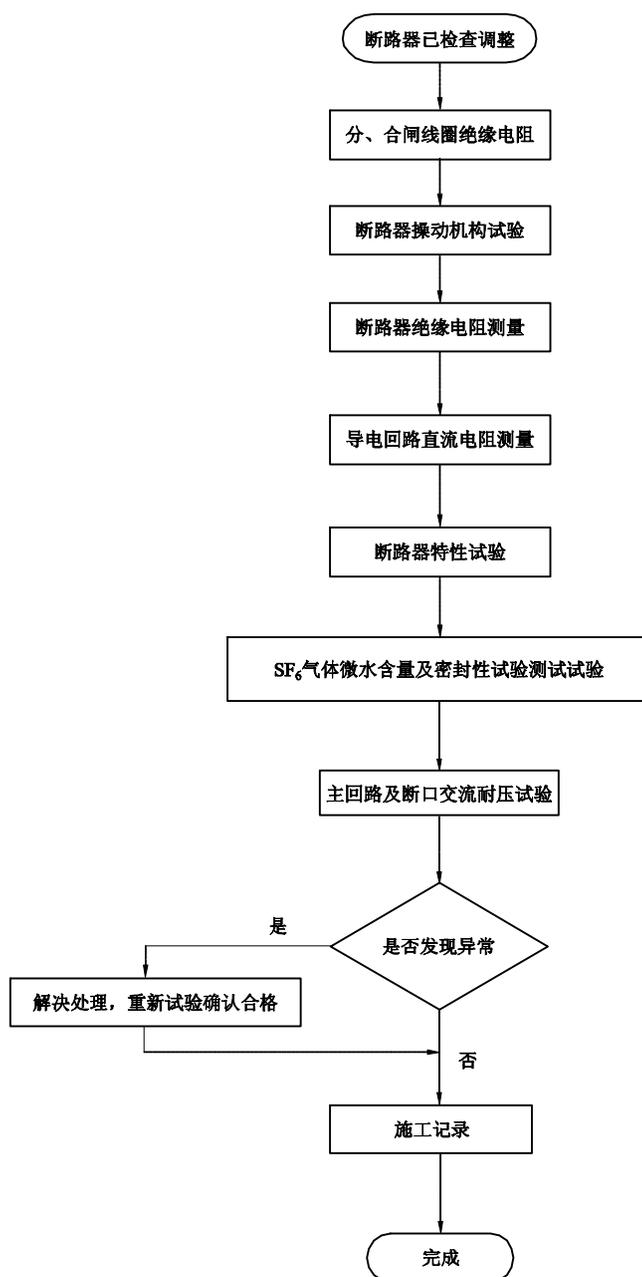


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 SF₆ 开关交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与 SF₆ 开关交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-15-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验人员接线错误	设备烧损	中等风险	在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并有工作负责人核查接线正确性
3	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
4	引接试验电源时触电	人身伤亡	高风险	严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护
5	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
6	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备损坏	高风险	吊装时工作人员必须持证上岗、专人指挥吊装
7	气体泄漏污染环境	环境污染	可接受的风险	按照厂家技术说明书操作，正确使用工器具
8	气体排放人员中毒	健康受损	低风险	试验人员避开开放气阀
9	接触 SF ₆ 气体过敏、中毒	健康受损	低风险	处理气体时必须戴防护用品，并保持工作环境通风良好
10	机械运动部分	人身伤残	中等风险	试验前确保断路器机构箱处无人工作
11	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
12	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
13	设备存在感应电	人身伤残	中等风险	使用保安接地线
14	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
15	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
16	传动试验措施不到位	夹伤 设备破损	中等风险	进行传动前必须通知相关工作人员，并安排人员进行监护
17	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
测量绝缘电阻	2	1	1
测量每相导电回路的电阻	2	1	1
断路器特性试验	3	1	1
SF ₆ 含水量测试	2	1	1
密封性试验	2	1	1
断路器操动机构试验	2	1	1
交流耐压试验	4	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻表		只	1	
2	大电流回路电阻测试仪		台	1	
3	高压开关测试仪		台	1	
4	万用表		只	1	
5	交流伏安表		只	1	

注：1. 主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。
2. 测试仪表要求：所有使用的测量仪表均经检验合格，并在检定周期内。

6 作业方法

6.1 测量分、合闸线圈的绝缘电阻和直流电阻：用 500V 绝缘电阻表分别测量分闸线圈和合闸线圈对地的绝缘电阻，用万用表分别测量分闸线圈和合闸线圈的直流电阻。

6.2 断路器操动机构试验。

6.2.1 储能电机检查。用 500V 绝缘电阻表测量电机的绝缘电阻；加入电机额定的电压，检查电机运转

是否正常和储能机构工作是否正常。

6.2.2 检查分、合闸线圈的最低动作电压值。

6.3 测量断路器导电回路对地的绝缘电阻：断路器在合闸状态，分别测量每相导电回路对地的绝缘电阻。

6.4 测量每相导电回路的直流电阻：用大电流回路电阻测试仪分别测量每相导电回路的直流电阻。

6.5 断路器的特性试验：用高压开关特性测试仪分别测量断路器的分、合闸时间、同期性。

6.6 测量断路器内 SF₆ 气体的含水量：用微水测试仪检测。

6.7 密封性试验：用检漏仪检测。

6.8 交流耐压试验：用试验变压器、调压器接一个高压交流回路作为高压交流电源分别对断路器每相的合闸状态对地、分闸状态断口间进行耐压试验。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 测量绝缘拉杆的绝缘电阻值，不应低于 1200MΩ。

7.1.2 测量每相导电回路的电阻值，应符合产品技术条件的规定。

7.1.3 交流耐压试验：

(1) 在 SF₆ 气压为额定值时进行，试验电压为出厂试验电压的 80%。

(2) 110kV 以下电压等级应进行合闸对地和断口间耐压试验。

(3) 500kV 定开距瓷柱式断路器只进行断口间耐压试验。

7.1.4 测量断路器的分、合闸时间，应在断路器额定操作电压下进行，实测数值应符合产品技术条件的规定。

7.1.5 测量断路器主触头分、合闸的同期性，应符合产品技术条件的规定。

7.1.6 测量分、合闸线圈的绝缘电阻值，不应低于 10MΩ；直流电阻值与产品出厂试验值相比应无明显差别。

7.1.7 断路器操动机构的试验，应符合下列规定：

1) 合闸操作的操作电压在 85%~110%U_n 时操动机构应可靠动作。

2) 分闸操作的操作电压在大于 65%U_n 时，应可靠地分闸；当小于 30%U_n 时，不应分闸。

7.2 质量控制表

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	SF ₆ 断路器试验	●		

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第 4 册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-12.1.1、Q/CSG 表 4-12.2.1~4-12.2.5 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-15-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施： <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并由工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作，按照厂家技术说明书操作，正确使用工器具。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，接地线必须连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 试验前确保断路器机构箱处无人工作，试验人员避开开放气阀。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 进行传动前必须通知相关工作人员，并安排人员进行监护。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	设备存在感应电	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
4	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
5	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
6	试验人员接线错误	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
7	机械运动部分	夹伤坠落	<input type="checkbox"/> 中等风险	
8	传动试验措施不到位	设备破损、夹伤	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	违规排放SF ₆ 气体	中毒	<input type="checkbox"/> 低风险	
10	SF ₆ 气体泄漏	大气污染	<input type="checkbox"/> 可接受的风险	
11	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
12	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
13	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
14	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
15	试验设备吊装时安全防护措施不完善	设备破损	<input type="checkbox"/> 高风险	
16	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	

安全补充事项/平面布置图

现场接受交底人员签名

备注

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分 电气试验

电容式电压互感器试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-16



目 次

1 适用范围	107
2 编写依据	107
3 作业流程	107
4 安全风险辨析与预控	108
5 作业准备	109
6 作业方法	109
7 质量控制措施及检验标准	110

1 适用范围

本作业指导书适用于电容式电压互感器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

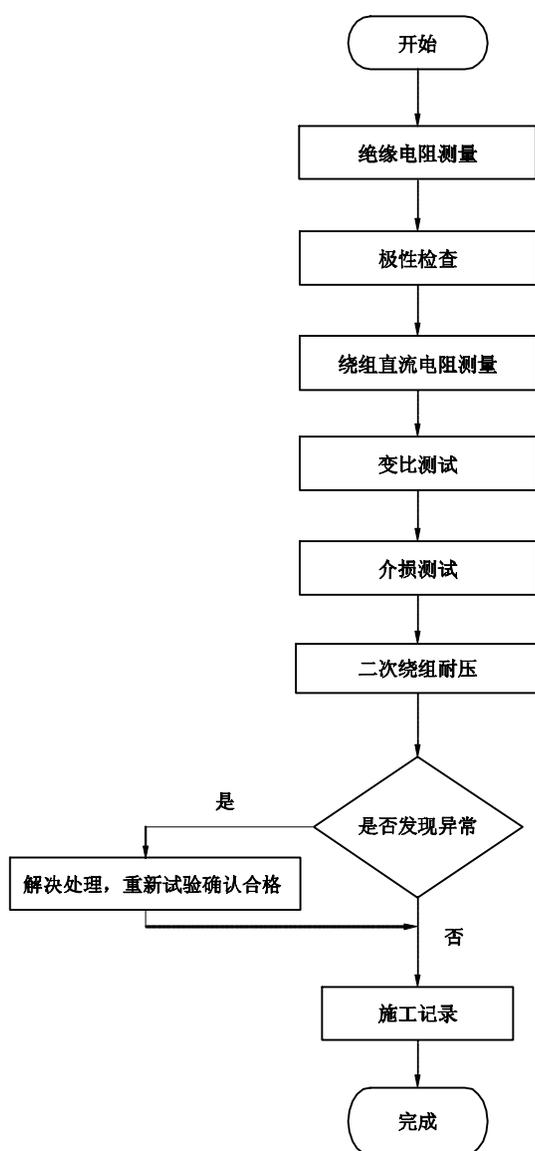


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 电容式电压互感器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与电容式电压互感器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-16-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
3	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
4	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
5	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
6	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
7	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
8	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
绝缘电阻测量	2	1	1
极性检查	2	1	1
绕组直流电阻测量	2	1	1

变比测试	2	1	1
介损测试	3	1	1
二次绕组耐压	3	1	1
注：作业人数根据具体工程量规模配备。			

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	数字式绝缘电阻表		只	1	
2	指针式万用表		只	1	
3	单相调压器		台	1	
4	交流伏安表		只	1	
5	变比测试仪		台	1	
6	试验 TV		台	1	
7	介损测试仪		台	1	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

6.1 作业条件检查

- 6.1.1 电压互感器已经安装完毕，固定牢固，外观检查无异常，标识清楚正确。
- 6.1.2 二次接线和设备接地完成，高压引线未连接或已解开，临近设备做好接地防止感应触电。
- 6.1.3 现场环境满足试验进行，试验场所不得有显著的交直流外来电磁场干扰。
- 6.1.4 所有使用的测量仪表均经检验合格，并在检定周期内。

6.2 试验方法

- 6.2.1 测量电压互感器一、二次绕组的绝缘电阻：用 2500V 绝缘电阻表测量绝缘电阻；用 2500V 绝缘电阻表测量二次绕组之间及对地的绝缘电阻。
- 6.2.2 电压互感器（中间电压端子已引出）的极性检查：用试验线将蓄电池和电压互感器中间变压器的一次绕组连接，用指针万用表（挡位放在最小电流挡上）的表笔分别接在被测的二次绕组端子上。将蓄电池的“+”极线碰接到一次绕组的“L1”，同时观察指针万用表的指针是否先向正方向摆动后回复到“0”。然后拉开蓄电池的“+”试验线，同时观察指针万用表的指针是否先向负方向摆动后回复到“0”。
- 6.2.3 电压互感器绕组直流电阻测量：用电桥测量，按仪器要求进行接线和操作，分别测量初级绕组和二次绕组的直流电阻值，记录试验环境温度以便进行换算比较。
- 6.2.4 电压互感器的变比检查：按试验仪器厂家使用说明书进行接线和操作，用测试仪测量电压互感器的电压比，与变比计算值进行比较。
- 6.2.5 分压电容介质损耗因数及电容量测量。依据电压互感器厂家说明书介绍方法进行，测量 C_1 、 C_2 和 $C_{总}$ ，启动介损测试仪，选择 10kV 试验电压，内电容模式，选择正确的接法进行介损值和电容值测试。
- 6.2.6 互感器二次绕组交流耐压试验。使用试验 TV 组成升压回路，施加二次回路进行对地交流耐压试验，试验电压 2500V 试验时间 1min，无放电击穿现象为通过。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 测量各互感器绕组的绝缘电阻值，应符合下列规定：互感器的绝缘电阻值，测量一次绕组对二次绕组及外壳、各二次绕组间及其对外壳的绝缘电阻；绝缘电阻不宜低于 1000MΩ；绝缘电阻测量应使用 2500V 绝缘电阻表。

7.1.2 检查互感器的三相接线组别和单相互感器引出线的极性，必须符合设计要求，并应与铭牌上的标记和外壳上的符号相符。

7.1.3 电压互感器绕组的直流电阻测量，一次绕组直流电阻测量值，与换算到同一温度下的出厂值比较，相差不宜大于 10%。二次绕组直流电阻测量值，与换算到同一温度下的出厂值比较，相差不宜大于 15%。

7.1.4 检查电压互感器变比，应与制造厂铭牌值、设计相符。

7.1.5 电容分压器电容量和介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 的测量结果：电容量与出厂值比较其变化量超过-5%或 10%时要引起注意， $\tan\delta$ 不应大于 0.5%；条件许可时测量单节电容器在 10kV 至额定电压范围内，电容量的变化量大于 1%时判为不合格。

7.1.6 电容分压器及中间变压器绕组工频耐压试验，应符合下列规定（一般不进行试验，除非有特殊要求）：如果电磁单元结构许可，电磁单元检查包括中间变压器的励磁曲线测量、补偿电抗器感抗测量、阻尼器和限幅器的性能检查。

7.2 质量控制表

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	电容式电压互感器试验	●		

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第 4 册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-9.1.1~4-9.1.2、Q/CSG 表 4-9.2.1~4-9.2.2 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-16-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并由工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带、穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 使用保安接地线。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
3	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
4	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
6	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
7	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
8	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
9	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
10	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

电磁式电压互感器试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-17

目 次

1 适用范围	113
2 编写依据	113
3 作业流程	113
4 安全风险辨析与预控	114
5 作业准备	115
6 作业方法	115
7 质量控制措施及检验标准	116

1 适用范围

本作业指导书适用于电磁式电压互感器。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
2	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

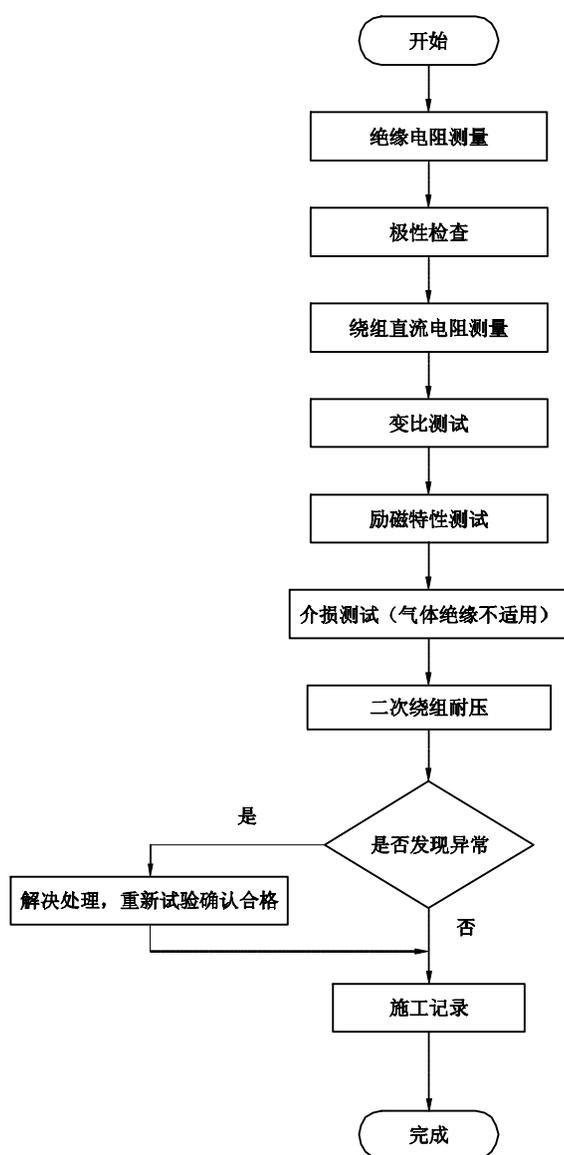


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 电磁式电压互感器交接试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与电磁式电压互感器交接试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-17-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良*	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
3	试验电源不稳定	设备损坏	中等风险	试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求
4	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
5	登高作业安全防护措施不完善	人身伤残	高风险	使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋
6	高压试验过程中发生电压反击	设备损坏	中等风险	严格按照规定流程操作
7	攀爬瓷件	设备损坏	中等风险	作业人员攀爬瓷件时需佩戴安全带，穿胶鞋。不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具
8	被试品残余电荷	人身伤残	低风险	试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
绝缘电阻测量	2	1	1
极性检查	2	1	1
绕组直流电阻测量	2	1	1
变比测试	2	1	1

励磁特性测试	2	1	1
介损测试	3	1	1
二次绕组耐压	3	1	1
注：作业人数根据具体工程量规模配备。			

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻表		只	1	
2	指针式万用表		只	1	
3	单相调压器		台	1	
4	交流伏安表		只	1	
5	变比测试仪		台	1	
6	试验 TV		台	1	
7	介损测试仪		台	1	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

6.1 作业条件检查

- 6.1.1 电压互感器已经安装完毕，固定牢固，外观检查无异常，标识清楚正确。
- 6.1.2 二次接线和设备接地完成，高压引线未连接或已解开，临近设备做好接地防止感应触电。
- 6.1.3 现场环境满足试验进行，试验场所不得有显著的交直流外来电磁场干扰。
- 6.1.4 所有使用的测量仪表均经检验合格，并在检定周期内。

6.2 试验方法

- 6.2.1 测量电压互感器一、二次绕组的绝缘电阻。用 2500V 绝缘电阻表分别测量一次绕组对二次绕组及地、二次绕组之间及对地的绝缘电阻；测量初级绕组时，初级绕组出线端子短接后接至绝缘电阻表，二次级绕组及剩余绕组均短路接地。测量二次绕组，被测绕组出线端子短接，非被测绕组均短路接地。
- 6.2.2 电压互感器的极性检查。用试验线将蓄电池和电流互感器的一次绕组连接，用指针万用表的表笔分别接在被测的二次绕组端子上。将蓄电池的“+”极线碰接到一次绕组的“L1”，同时观察指针万用表的指针是否先向正方向后回复到“0”摆动。然后拉开蓄电池的“+”试验线，同时观察指针万用表的指针是否先向负方向后回复到“0”摆动。
- 6.2.3 电压互感器绕组直流电阻测量。用双臂电桥测量，按仪器要求进行接线和操作，分别测量初级绕组和二次绕组的直流电阻值，记录试验环境温度以便进行换算比较。
- 6.2.4 电压互感器的变比检查。按试验仪器厂家使用说明书进行接线和操作，用变比测试仪测量电压互感器的电压比，与变比计算值进行比较。
- 6.2.5 二次绕组励磁特性测量。用单相调压器对被试电压互感器的二次绕组加压，逐渐升至额定电压，同时读取其电流表的读数。如果刚加电压，空载电流就大大增加，可能是连接绕组极性接反；如果连接绕组断线，则空载电流较正常小得很多。
- 6.2.6 用末端屏蔽法测量初级绕组对外壳的介质损耗角正切值和电容值。互感器 A 端加高压，X 端及底座接地，a1x1、a2x2、dadn 开路，a1、a2、da 并联接入介损测试仪回路。启动介损测试仪，选择 10kV

试验电压，进行介损值和电容值测试。

6.2.7 互感器二次绕组交流耐压试验。使用试验 TV 组成升压回路，施加二次回路进行对地交流耐压试验，试验电压 2500V 试验时间 1min，无放电击穿现象为通过。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 测量各互感器绕组的绝缘电阻值，应符合下列规定：互感器的绝缘电阻值，测量一次绕组对二次绕组及外壳、各二次绕组间及其对外壳的绝缘电阻；绝缘电阻不宜低于 1000MΩ；绝缘电阻测量应使用 2500V 绝缘电阻表。

7.1.2 检查互感器的三相接线组别和单相互感器引出线的极性，必须符合设计要求，应与铭牌上的标记和外壳上的符号相符。

7.1.3 电压互感器绕组的直流电阻测量。一次绕组直流电阻测量值，与换算到同一温度下的出厂值比较，相差不宜大于 10%；二次绕组直流电阻测量值，与换算到同一温度下的出厂值比较，相差不宜大于 15%。

7.1.4 变比检查。所测得的变比应与铭牌上的数值相符，对多抽头的互感器，可只检查使用分接头的变比。

7.1.5 电磁式电压互感器的励磁曲线测量，应符合下列要求：

- (1) 用于励磁曲线测量的仪表为方均根值表，若发生测量结果与出厂试验报告和型式试验报告有较大出入 (>30%) 时，应核对使用的仪表种类是否正确。
- (2) 一般情况下，励磁曲线测量点为额定电压的 20%、50%、80%、100% 和 120%。对于中性点直接接地的电压互感器 (N 端接地)，电压等级 35kV 及以下电压等级的电压互感器最高测量点为 190%；电压等级 66kV 及以上的电压互感器最高测量点为 150%。
- (3) 对于额定电压测量点 (100%)，励磁电流不宜大于其出厂试验报告和型式试验报告的测量值的 30%，同批次、同型号、同规格电压互感器此点的励磁电流不宜相差 30%。

7.2 质量控制表

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	电磁式电压互感器试验	●		

注：H：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-10.1.1~4-10.1.3、Q/CSG 表 4-10.2.1~4-10.2.3 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-17-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	被试品残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施： <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 接试验前应用仪器测量电源电压，确保符合试验要求。 <input type="checkbox"/> 在试验前工作人员需熟悉说明书、图纸，按照要求接线，并由工作负责人核查接线正确性。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 严格按照规定流程操作。 <input type="checkbox"/> 使用高空平台车、梯子登高接线，如必须作业人员登高作业时，需正确使用安全带，穿胶鞋。 <input type="checkbox"/> 作业人员攀爬瓷裙时需穿戴安全带，穿胶鞋，不得采用抛物形式传递工具，必须使用绳索正确传递工具。 <input type="checkbox"/> 使用保安接地线。 <input type="checkbox"/> 试验后，应及时对被试品充分放电，放电用的接地线必须可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验人员正确使用必要的绝缘工具、安全防护用品。 <input type="checkbox"/> 指挥、司索专人持证上岗；起吊前检查吊具；作业过程中遵守作业规范。 <input type="checkbox"/> 按照厂家技术说明书操作，正确使用工器具。 <input type="checkbox"/> 严格执行电气工作票，落实各项安全措施，加强监护。 <input type="checkbox"/> 试验完毕认真检查，确认拆接引线已恢复，临时接地线已拆除，现场无遗留工具和杂物
2	试验设备未接地或接地不良*	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
4	登高作业安全防护措施不完善	坠落	<input type="checkbox"/> 高风险	
5	试验电源不稳定	设备烧损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
6	攀爬瓷件	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
7	高压试验过程中发生电压反击	设备破损	<input type="checkbox"/> 中等风险	
8	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
9	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
10	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	

注：“危害名称”一栏中，带有“*”标记的，说明此危害曾在公司基建系统引发过事故。

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

地网接地电阻测量试验作业指导书

编码：BDYCSY-ZW-18



目 次

1 适用范围	121
2 编写依据	121
3 作业流程	121
4 安全风险辨析与预控	121
5 作业准备	122
6 作业方法	123
7 质量控制措施及检验标准	125

1 适用范围

本作业指导书适用于地网接地电阻测量。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	DL/T 475—2006《接地装置特性参数测量导则》
2	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
3	DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》

3 作业流程

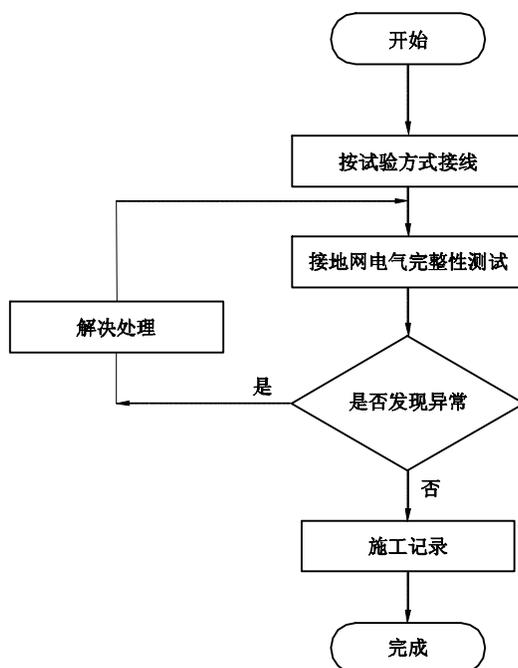


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 地网接地电阻测量试验前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与地网接地电阻测量试验相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：BDYCSY-ZW-18-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备未接地或接地不良	设备损坏	低风险	试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好
2	试验区域未设置安全围栏	人身伤残	中等风险	试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护
3	高压试验过程中防范措施不到位	人身伤残	高风险	试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应“可以开始”后方可升压，如有异常应立即断电
4	布线安全	人身伤残	低风险	1. 试验人员布线过程中应注意避让行驶车辆，做好警示措施； 2. 试验线过路处要用软质材料包裹； 3. 沿线每隔 50m 要设专人看守； 4. 电流极、电压极要设专人看守并设警示牌； 5. 变电站内布线严禁抛起、甩动测试线
5	设备存在感应电	人身伤残	中等风险	使用个人保安接地线

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 作业人员配备

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
接地网电气完整性测试	4	1	1
接地电阻测量	3	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	隔离变压器		台	1	
2	交流电流表		台	1	
3	高内阻电压表		台	1	

表 5-2（续）

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
4	标准电流互感器		台	1	
5	空气开关		个	1	
6	电压极测试线		根	若干	
7	电流极测试线		根	若干	

8	电压极引线		根	若干	
9	电流极引线		根	若干	
10	地网导通电阻测试仪		台	1	
11	手持式 GPS		只	2	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

6.1 接地网电气完整性测试

6.1.1 测试条件

- (1) 现场条件：接地网已按设计要求制作完。
- (2) 天气条件：晴天。

6.1.2 测试方法

在一个电压等级的场区以每个间隔汇控箱接地引下线为参考点，用地网导通电阻测试仪测试以下直流电阻：

- (1) 本间隔电气设备接地部分与参考点之间。
- (2) 相邻间隔汇控箱接地引下线之间。
- (3) 汇控箱与母线设备接地引下线之间。
- (4) 不同电压等级的场区以一台主变压器接地引下线为参考点，测试其他主变压器与参考点、不同电压等级母线接地引下线与参考点的直流电阻。

6.1.3 测试步骤

- (1) 测量同一电压等级每一间隔电气设备接地引下线与参考点的直流电阻。
- (2) 测量同一电压等级相邻间隔汇控箱接地引下线之间的直流电阻。
- (3) 测量同一电压等级控制母线设备与汇控箱的接地引下线的直流电阻。
- (4) 测量以一台主变压器为参考点，其他主变压器与参考点、不同电压等级母线与参考点接地引下线的直流电阻。

6.2 接地电阻测量

6.2.1 测量时间选择

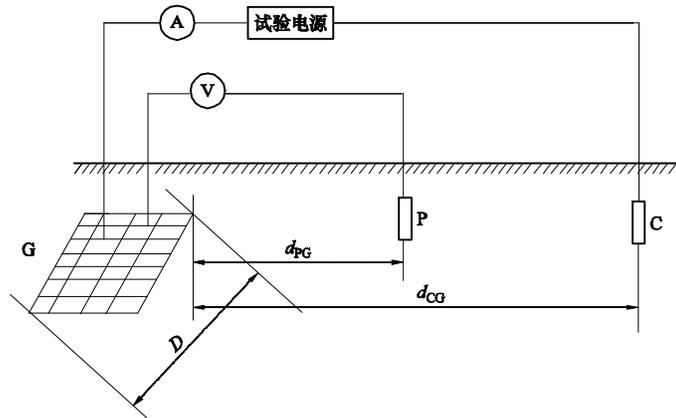
接地装置的接地阻抗与土壤的潮湿程度有密切相关，因此接地装置的状况评估和验收测试应尽量在干燥季节和土壤未冻结时进行，不应在雷、雨、雪中或雨、雪后立即进行。

6.2.2 试验电源的选择

- (1) 推荐采用异频电流法测试大型接地装置的工频特性参数，试验电流宜为 3~20A，频率宜为 40~60Hz，异于工频又尽量接近工频，且仪器设备符合测试要求。
- (2) 如果采用工频电流测试大型接地装置的工频特性参数，则应采用独立电源或经隔离变压器供电，并尽可能加大试验电流，试验电流不宜小于 50A，测试仪器符合试验要求，并要特别注意试验的安全问题。

6.2.3 测试回路的布置

- (1) 测试接地装置工频特性参数的电流极应布置得尽量远，参见图 6-1，通常电流极与被试接地装置边缘的距离 d_{CG} 应为被试接地装置最大对角线长度 D 的 4~5 倍；对超大型的接地装置的测试，可利用架空线路做电流线和电位测试线；当远距离放线有困难时，在土壤电阻率均匀地区的 d_{CG} 可取 $2D$ ，在土壤率不均匀地区可取 $3D$ 。



G—被试接地装置；C—电流极；P—电位极；D—被试接地装置最大对角线长度；
 d_{CG} —电流极与被试接地装置边缘的距离； d_{PG} —电位极与被试接地装置边缘的距离

图 6-1 电流—电压表三极法接线示意图

- (2) 测试回路应尽量避免避开河流、湖泊；尽量远离地下金属管路和运行中的输电线路，避免与之长段并行，与之交叉时垂直跨越；注意减小电流线与电位线之间的互感影响。

6.2.4 电流极和电位极

- (1) 电流极的电阻应尽量小，以保证整个电流回路阻抗足够小，设备输出的试验电流足够大。
- (2) 可采用人工接地极或利用高压输电线路的铁塔作为电流极，但应注意避雷线分流的影响。
- (3) 如电流极电阻偏高，可尝试采用多个电流极并联或向其周围泼水的方式降阻。
- (4) 电位极应紧密而不松动地插入土壤中 20cm 以上。

6.2.5 试验电流的注入

大型接地装置工频特性参数测试时，试验电流的注入点宜选择单相接地短路电流大的场区里，电气导通测试结果良好的设备接地引下线处。

6.2.6 测量方法

用电流—电压表三极法进行测试。

- (1) 直线法。电流线和电位线同方向（同路径）放设称为三极法中的直线法（见图 6-1）。电位极 P 应在被测接地装置 G 与电流极 C 连线方向移动三次，每次移动的距离为 d_{CG} 的 5% 左右，当三次测试结果误差在 5% 以内即可。大型接地装置一般不宜采用直线法测试。如果条件所限而必须采用时，应注意使电流线和电位线保持尽量远的距离，以减小互感耦合对测试结果的影响。
- (2) 夹角法。只要条件允许，大型接地装置接地阻抗的测试都采用电流—电位夹角布置的方式。 d_{CG} 一般为 $(4\sim 5)D$ ，对超大型接地装置则尽量远； d_{PG} 的长度与 d_{CG} 相近。接地阻抗可用式 (6-1) 修正。

$$Z = \frac{Z'}{1 - \frac{D}{2} \left(\frac{1}{d_{PG}} + \frac{1}{d_{CG}} - \frac{1}{\sqrt{d_{PG}^2 + d_{CG}^2 - 2d_{PG}d_{CG} \cos q}} \right)} \quad (6-1)$$

式中：

q —— 电流线和电位线的夹角；

Z' —— 接地阻抗的测量值。

如果土壤电阻率均匀，可采用 d_{CG} 和 d_{PG} 相等的等腰三角形，此时使 q 约为 30° ， $d_{CG}=d_{PG}=2D$ ，接地阻抗的修正计算公式仍为式 (6-1)。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 为了得到较大的测量电流，一般要求电流极的接地电阻不大于 10Ω ，也可以利用杆塔的接地装置做电流极。

7.1.2 测量前，应把避雷线与变电站的接地装置的连接断开。

7.1.3 为了减小干扰的影响，测量线应尽量可能远离运行中的输电线路或与之垂直。

7.1.4 测量电极的布置要避免河流、水渠、地下管。

7.1.5 接地阻抗测量结果符合设计要求。

7.1.6 接地网电气完整性测试应符合 GB 50150—2006 中 26.0.2 项直流电阻值，不应大于 0.2Ω 。

7.2 质量控制表

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	接地电阻测量			●

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-20.1.1、Q/CSG 表 4-20.2.1 要求执行。

附件 1 安全施工作业票

编码：BDYCSY-ZW-18-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	设备存在感应电	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施： <input type="checkbox"/> 使用保安接地线。 <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 试验开始时，应通知附近作业人员，并设置安全围栏，派专人把守；操作人员应大声告知各在场人员，得到回应可以开始，方可升压，如有异常应立即断电。 <input type="checkbox"/> 试验区域必须按规定设置安全围栏和标示牌等安全措施，并安排专人进行监护。 <input type="checkbox"/> 试验前，应认真检查接地线连接可靠，接地良好。 <input type="checkbox"/> 试验人员布线过程中应注意避让行驶车辆，做好警示措施。 <input type="checkbox"/> 试验线过路处要用软质材料包裹。 <input type="checkbox"/> 沿线每隔 50m 要设专人看守。 <input type="checkbox"/> 电流极电压极要设专人看守并设警示牌。 <input type="checkbox"/> 变电站内布线严禁抛起、甩动测试线
2	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	高压试验过程中防范措施不到位	触电	<input type="checkbox"/> 高风险	
4	试验区域未设置安全围栏	触电	<input type="checkbox"/> 中等风险	
5	试验设备未接地或接地不良	设备烧损	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	试验布线	人身伤残	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	引接试验电源时触电	人身伤亡	<input type="checkbox"/> 高风险	

安全补充事项/平面布置图

现场接受交底人员签名

备注

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

GIS 交流耐压试验作业指导书

编码：TSSY-ZW-01



目 次

1 适用范围	3
2 编写依据	3
3 作业流程	3
4 安全风险辨析与预控	4
5 作业准备	5
6 作业方法	5
7 质量控制措施及检验标准	7

1 适用范围

交接试验是能及时有效地发现电力设备因运输、安装等方面的问题造成的缺陷、防范电力设备事故、保证电力系统安全运行的有效手段，是保证电力设备安全投产工作中必不可少的一个重要环节。为了强化一次设备交接试验工作，规范交接试验现场作业，南方电网公司组织编制施工作业指导书。作业指导书的编写参照国家标准、行业标准、企业标准、南方电网标准及相关的技术规范、规定。

本作业指导书适用于 110~500kV 电压等级新安装的、按照国家相关出厂试验标准试验合格的 GIS 设备的交接试验，本作业指导书不适用于安装在煤矿井下或其他有爆炸危险场所的电气设备。本作业指导书对 GIS 交流耐压交接试验的操作步骤、技术要点、安全注意事项、安全风险辨析等内容进行了详细的规范，用于指导 110~500kV GIS 的交流耐压交接试验工作。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 7674—1987 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备
2	GB 50510—2006 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
3	DL/T 618—1997 气体绝缘金属封闭开关设备现场交接试验规程

以及其他相关标准。

以上标准如有新版本，按最新版本执行。

3 作业流程

作业（工序）流程见图 3-1。

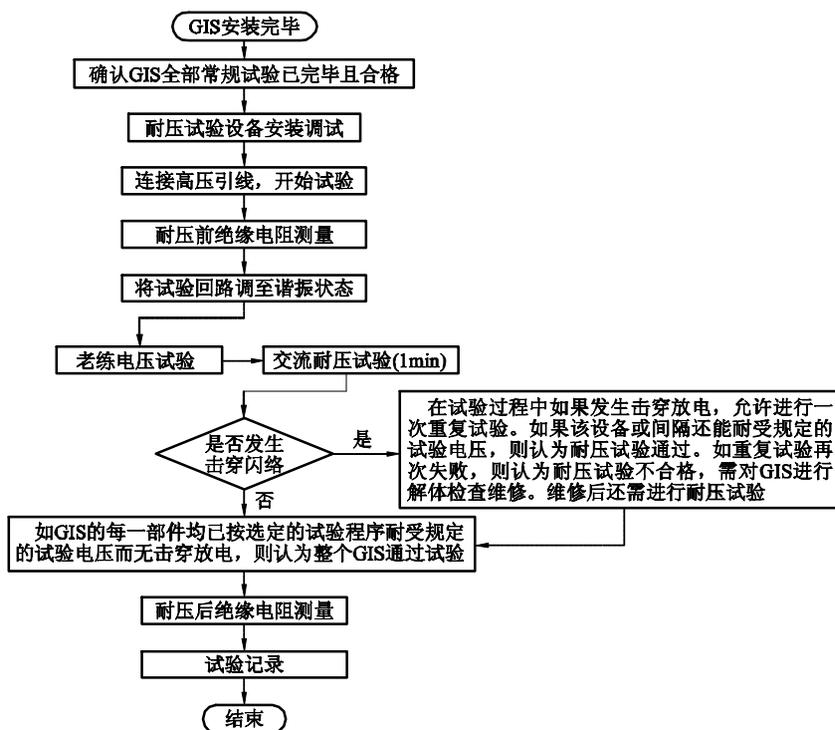


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 GIS 耐压试验施工前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与 GIS 耐压试验施工相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：TSSY-ZW-01-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备吊装时绑扎不稳	设备破损	低风险	设备起吊前检查绑带或钢丝绳，确认绑扎牢固
2	试验设备吊装时个人防护措施不完善	砸伤	低风险	应正确佩戴安全帽，设备起吊过程中严禁站在设备或吊臂的正下方。设备摆动时不得靠近，待稳定后再工作
3	试验设备吊装时与带电设备安全距离不够	部分停电	低风险	工作人员应熟悉现场环境，与带电设备保持足够的安全距离。吊车应由持证人员操作，吊装过程中必须有专人指挥、监护
4	误入带电间隔	触电	低风险	试验工作前，工作负责人应向班组人员交待清楚工作地点、工作内容、现场安全措施、邻近带电部位和安全注意事项
5	登高作业安全防护措施不完善	跌落	低风险	工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须佩戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用。必要时使用高空作业车
6	误入试验高压区域	触电	低风险	试验工作前，工作负责人必须确定工作范围，设置安全围栏，不要有缺口；在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入
7	试验电源容量太小	部分停电	低风险	工作前必须向施工单位或变电站了解清楚临时施工电源或检修电源容量情况，不能只看电源开关的容量，确保试验电源容量满足要求
8	TA 二次开路	设备破损	低风险	试验前要派人对 TA 二次侧进行检查，保证 TA 二次必须短路接地
9	TV 二次短路	设备破损	低风险	试验前要派人对 TV 二次侧进行检查，TV 二次必须开路，且一点接地，高压末端必须接地
10	开关试验状态错误	设备破损	低风险	试验前要派专人结合图纸到现场对开关状态进行确认，确认无误后方可开始试验
11	残余电荷	触电	低风险	降压后应及时挂设地线，待充分放电后方可操作
12	现场遗留工具	设备损坏	低风险	工作人员在试验工作结束后应进行认真检查，确认现场无遗留工具和杂物

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 人员配备表

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
试验前的准备	5~6	1	1
交流耐压测试	5~6	1	1
工作终结	5~6	1	1

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 主要工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置表

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	吊车	16T/25T/50T	台	1	
2	高空作业车		台	1	
3	调频谐振耐压试验装置		套	1	包括调频控制柜、试验变压器、电抗器、电容分压器、均压环等
4	调压器		台	1	必要时
5	隔离变压器		台	1	
6	绝缘电阻表	2500V	只	1	
7	测量用 TA		只	1	
8	交流电流表		只	1	
9	交流电压表		只	1	
10	钳形电流表		只	2	
11	线箱		箱	1	包括无晕导线、花线、裸铜接地线、电缆、绝缘胶带、安全围栏等
12	电源线卷		个	1	包括电源电缆和空气开关、插座、剩余电流动作保护器等。电源线粗细应满足试验要求
13	绝缘杆		根	3	绝缘杆应能耐受相应试验电压
14	绝缘放电杆		根	1	
15	工具箱		个	1	内装扳手、螺丝刀、钳子、螺母等各种工具
16	绝缘梯		把	1	

注：主要工器具及仪器仪表均应经检验合格，并在检定周期内。

6 作业方法

6.1 施工准备

6.1.1 GIS 应安装完好，并充以合格的 SF₆ 气体，气体密度应保持在额定值。

6.1.2 除耐压试验外，GIS 应已完成各项现场试验项目。

6.1.3 试验时，GIS 加压范围内的所有电流互感器的二次绕组应短路并接地，电磁式电压互感器的二次绕组应开路并单点接地。

6.1.4 GIS 耐压时，以下设备应采取隔离措施，避免施加试验电压：

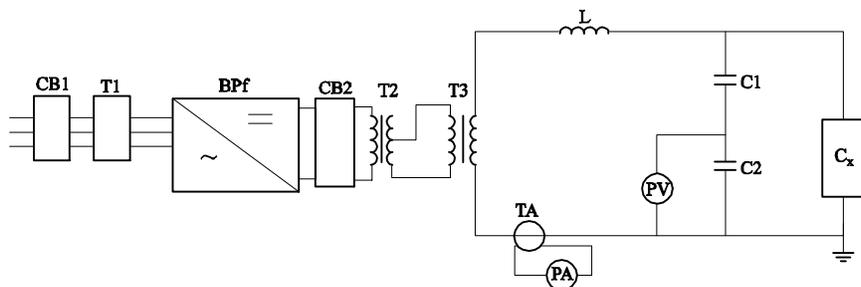
- (1) 高压电缆和架空线。
- (2) 电力变压器和并联电抗器。
- (3) 电磁式电压互感器（老练试验阶段允许带上电磁式电压互感器。采用变频电源时，电磁式电压互感器经厂家确认不会引起磁饱和的，也可以和主回路一起耐压，但应保证试验频率高于厂家要求值）。
- (4) 避雷器（老练试验阶段允许带上避雷器，但耐压时必须将避雷器短路接地）。

6.1.5 GIS 扩建部分耐压时，原有相邻设备应停电并接地。否则，应考虑突然击穿对原有部分造成的损害采取措施。

6.1.6 GIS 加压范围内的所有断路器和隔离开关合上，接地开关分开，非试验部分和其他两相应可靠接地。

6.2 施工操作

6.2.1 按规定试验方法布置试验接线。调频串联谐振原理示意图见图 6-1。



CB1、CB2—电源（控制）开关；T1—隔离变压器；T2—调压器；T3—励磁变压器；Bpf—调频电源柜；
L—高压电抗器； C_x —被试 GIS；C1、C2—电容分压器；TA—电流互感器；PV—电压表；PA—电流表

图 6-1 调频串联谐振原理示意图

6.2.2 加压方式一般只做主回路耐压，即规定的试验电压应施加到每相主回路和外壳之间，每次一相，此时其他相的主回路应和接地外壳相连。如怀疑 GIS 的断路器或隔离开关的断口在运输、安装过程中受到损坏，或经解体，应做该断口耐压试验，则试验电压应接到相应断口上，断口的一侧与试验电源相连，另一侧与其他相导体和接地的外壳相连。

6.2.3 试验程序按两部进行：① 老练试验：老练试验电压值与加压时间应从 DL/T 618—1997《气体绝缘金属封闭开关设备现场耐压及绝缘试验导则》中的方案中选择或与制造厂协商。如对于 500kV GIS，老练试验常用最高运行相电压（318kV）施加 15min。② 交流耐压：现场交流耐压值应为出厂试验电压的 80%。如对于 500kV GIS，根据出厂试验电压的不同，有 544kV 和 592kV 两种耐压值。耐压时间 1min。

6.2.4 将耐压试验设备安装好并进行调试，确认试验设备状态良好，会同委托单位、监理和厂家对试验准备工作进行检查确认，将试验用无晕导线接到加压套管 A 相，其余两相可靠接地。

6.2.5 用绝缘电阻表（2500V）测量绝缘电阻并做好记录，数据无异常方可进行耐压试验；将试验回路调至谐振状态，在此过程中高压输出电压不得高于 100kV；将试验电压逐渐升高至老练试验电压，保持 15min；将试验电压升高至耐压试验电压，保持 1min，并快速降压至零，断开试验电源，高压端挂接地线。

6.2.6 试验过程中如果发生闪络、击穿或异常情况，应暂停试验。试验方应检查试验设备是否损坏，如有损坏须立即检修。如属 GIS 内部放电，厂家应确定放电位置，根据情况进行检修。待双方都准备好时才恢复试验，根据放电发生时刻，试验方与业主、厂家共同协商重新试验的加压程序。

6.2.7 耐压完成后对 GIS 充分放电后再测量绝缘电阻并记录，依次试验其余两相。

6.2.8 试验结束，拆除接线、吊装耐压试验设备并将 GIS 的一、二次接线恢复至试验前状态。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 试验电压误加过高会造成主变压器的损害。本试验使用的电压测量装置应经过校准，并有校准报告，确保测量无误。

7.1.2 试验时应密切注意监视，并保证调压器处于零位，做到零起升压。

7.1.3 试验时应加强对电源以及试验回路的检查和监视，发现有异常时必须立即停止试验。

7.1.4 试验中若无异常，则继续升压至试验电压，达到耐压时间后迅速降压至零，切断电源并挂接地线。

7.2 质量控制表单

质量控制见表 7-1。

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	GIS 交流耐压试验			●

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-13.1.7、Q/CSG 表 4-13.2.5 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：TSSY-ZW-01-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备吊装时绑扎不稳	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <p><input type="checkbox"/> 工作人员应正确穿戴安全帽，工作鞋和绝缘手套。</p> <p><input type="checkbox"/> 设备起吊前检查绑带或钢丝绳，确认绑扎牢固。</p> <p><input type="checkbox"/> 设备起吊过程严禁站在设备或吊臂的正下方。设备摆动时不得靠近，待稳定后再工作。</p> <p><input type="checkbox"/> 工作人员应熟悉现场环境，与带电设备保持足够的安全距离。吊车应由持证人员操作，吊装过程中必须有专人指挥、监护。</p> <p><input type="checkbox"/> 试验前，工作负责人应向班组人员交代清楚工作地点、工作内容、现场安全措施，邻近带电部位和安全注意事项。</p> <p><input type="checkbox"/> 工作前工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须穿戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用。必要时使用高空作业车。</p> <p><input type="checkbox"/> 试验工作前，工作负责人必须确定工作范围，设置安全围栏，不要有缺口；在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入。</p> <p><input type="checkbox"/> 工作前必须向施工单位或变电站了解清楚临时施工电源或检修电源容量情况，不能只看电源开关的容量，确保试验电源容量满足要求。</p> <p><input type="checkbox"/> 试验前派人对TA二次侧进行检查，保证TA二次必须短路接地。</p> <p><input type="checkbox"/> 试验前派人对TV二次侧进行检查，TV二次必须开路，且一点接地，高压尾必须接地。</p> <p><input type="checkbox"/> 试验前要派专人到现场结合图纸对开关状态进行确认，确认无误后方可开始试验。</p> <p><input type="checkbox"/> 降压后应及时挂设地线，待充分放电后方可操作。</p> <p><input type="checkbox"/> 在试验结束后工作人员应认真检查，确认现场无遗留工具和杂物</p>
2	试验设备吊装时安全防护措施不完善	砸伤	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	试验设备吊装时与带电设备安全距离不够	部分停电	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	误入带电间隔	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	登高作业安全防护措施不完善	跌落	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	误入试验高压区域	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	试验电源容量太小	部分停电	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	TA二次开路	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
9	TV二次短路	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
10	隔离开关或开关试验状态错误	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
11	残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
12	遗留工具到现场	设备损坏	<input type="checkbox"/> 低风险	

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

SF₆ 气体交接试验作业指导书

编码：TSSY-ZW-02

目 次

1 适用范围	11
2 编写依据	11
3 作业流程	11
4 安全风险辨析与预控	12
5 作业准备	15
6 作业方法	15
7 质量控制措施及检验标准	18

1 适用范围

本作业指导书适用于 110~500kV 电压等级，电气装置安装工程电气设备 SF₆ 气体交接试验作业。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GBJ 148—1990 电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范
2	GB 50150—2006 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
3	GB/T 8905 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则
4	Q/CSG 10007—2004 电力设备预防性试验规程
5	DL/T 506 六氟化硫电气设备中绝缘气体湿度测量方法
6	GB 11023 高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法
7	GB/T 12022—2006 工业六氟化硫
8	10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准
9	Q/CSG 10001—2004 变电站安健环设施标准
10	中国南方电网公司十项重点反事故措施
11	广电安〔2005〕79号 广东电网公司防止人身伤亡事故十项重点措施
12	DL 5009.3—1997 电力建设安全工作规程（变电所部分）
13	DL 408—1991 电业安全工作规程（发电厂和变电所电气部分）

3 作业流程

作业（工序）流程见图 3-1。

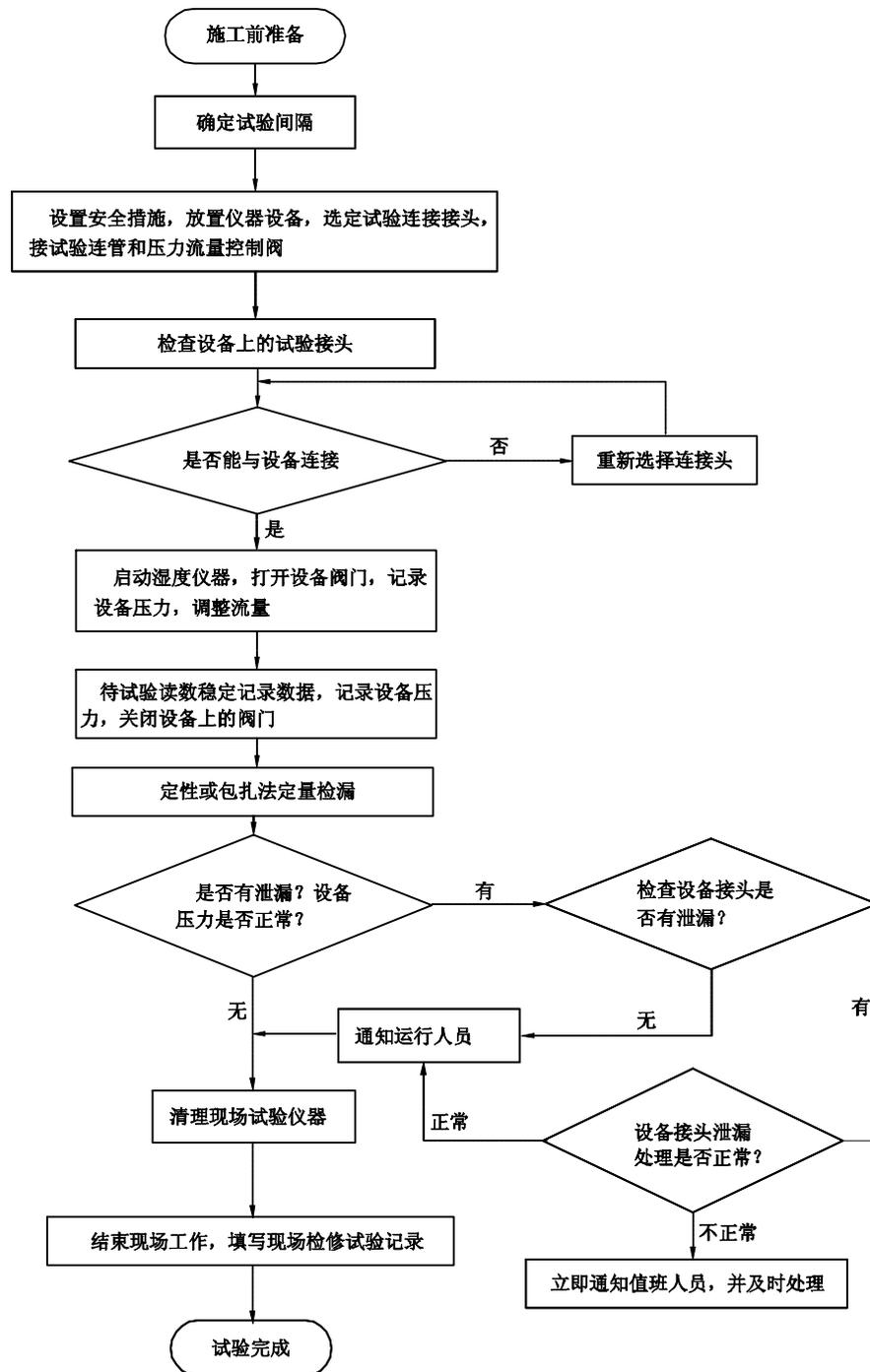


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 SF₆ 气体交接试验施工前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与 SF₆ 气体交接试验施工相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：TSSY-ZW-02-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	与带电设备的安全距离不够	触电	低风险	工作前，工作负责人应向班组人员交待清楚工作地点、工作内容、现场安全措施、邻近带电部位和安全注意事项
2	登高作业安全防护措施不完善	跌落	低风险	工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须佩戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用
3	对室内 SF ₆ 设备作业时通风不良	中毒	低风险	进入室内的 SF ₆ 设备进行试验前，必须开启抽风机通风不少于 15min；试验人员在检测过程中，通风必须始终保持良好
4	误触碰	部分停电	低风险	测试管道、法兰在机构箱内的开关或取样口附近有触点开关的设备时，注意防止误触碰，必要时悬挂红布或设置挡板隔离，也可设置专人监护
5	气体突然大量泄漏	中毒	低风险	试验前应检查取样阀和管道的密封性，检查试验连管、接头是否牢固，防止漏气；试验人员必须处于上风口；在仪器气体输出口接长管，将被试气体导走或回收；必要时戴防毒面具
6	防爆泄压装置炸开	爆炸	低风险	不准在设备防爆泄压装置附近逗留
7	气体压力不足	设备性能下降	低风险	试验过程中和试验后发现气体压力下降时，应及时通知值班人员，说明情况，待补气后或安排停电时才进行测试
8	阀门恢复时未关紧	设备停运	低风险	对于手动阀控制进出气口类型的设备，测试结束后，先关闭设备进口气阀，再多次重复关闭、开启取样阀，确认无漏气后，才能把取样阀取下；对于自动顶压阀控制进出气口类型的设备，测试结束后，应关闭手动控制阀，再把接驳口拆下

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 人员配备表

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
试验人员	2	1	1
注：1 作业人数根据具体工程量规模配备。 2 工作负责人应由高级工及以上人员担任。 3 专业技术要求：经过专业培训，掌握 SF ₆ 湿度试验和检漏试验及相关试验仪器的使用，熟悉本作业指导书。			

5.2 主要工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置表

序号	名称	数量及单位	备注
1	试验警示围栏	若干	

2	标示牌	若干	
3	安全带	若干	
4	便携式电源线架	若干	带剩余电流动作保护器
5	温、湿度计	1只	
6	工具	1套	胶钳、螺丝刀、扳手等
7	试验连接接头	1个	
8	湿度仪（露点仪）	1台	冷凝式露点仪的测量露点范围在环境温度 20℃时应满足 0~-60℃，其测量误差应不超过±0.6℃。 阻容式湿度计测量露点范围应满足 0~-60℃，其测量误差应不超过±2℃
9	试验管道	若干	无缝不锈钢管、铜管和聚四氟乙烯，壁厚不少于 1mm，内径为 2~4mm，管内壁光滑清洁，禁止使用橡胶管和聚氯乙烯管等
10	压力和流量控制		压力测量 0~1.0MPa 和流量控制的阀门
11	定性检漏仪	1台	灵敏度不少于 10μL/L
12	排气管	5m	普通橡胶管
13	试验记录		记录本或 PDA
14	露点湿度换算表		DL/T 506 附录 B
15	湿度温度换算表		DL/T 506 附录 C
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。			

6 作业方法

6.1 施工准备

表 6-1 施 工 准 备

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控 制 措 施
1	查看现场	工作负责人在运行人员带领下进入工作现场，查看现场安全措施是否满足工作要求，并办理许可手续	现场安全措施是否满足工作要求	1) 了解现场风向，工作人员在上风位进行试验操作； 2) 观察邻近间隔的运行情况和安全距离

表 6-1（续）

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控 制 措 施
2	现场安全、技术措施交底	工作组成员列队，工作负责人宣读工作票上的工作内容和安全措施，并交待现场安全措施及注意事项	1) 工作任务和安 全措施交待是否详 尽、清晰； 2) 防止走错间隔	工作负责人应在工作开始前向全体工作成员交待清楚工作地点、工作任务，检查安全措施，特别注意与邻近带电设备的安全距离，防止走错间隔
3	试验准备	1) 搬运仪器、工具、材料等； 2) 必要时在试验现场四周装设试验专用警示围栏； 3) 摆设仪器设备； 4) 抄录被试设备铭牌； 5) 记录现场环境温度、湿度	搬运仪器、工具、材料时与带电设备应保持足够的安全距离	1) 工作人员应注意现场环境，严禁跨越安全围栏； 2) 搬运仪器、工具、材料时与带电设备应保持足够的安全距离； 3) 试验设备摆放在平稳的位置，距离带电部位有足够的安距离； 4) 排气管应设在下风位置或排入电缆沟内
			试验条件满足相关规程要求	试验环境温度：5~35℃；相对湿度：不大于 80%条件下进行

4	接取试验电源	使用符合安全要求的电源线架，将电源线从试验地点拉至检修电源箱，接取电源	1) 防止误接非检修电源； 2) 检查电源电压是否过高	1) 检查电源是否为独立检修电源，防止误跳运行设备； 2) 在接取试验电源前用万用表测量电源电压是否符合试验要求； 3) 防止接入直流电源
---	--------	-------------------------------------	--------------------------------	---

6.2 施工操作

6.2.1 湿度试验

表 6-2 湿度试验

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
1	试验接头连接	检查设备取样接头，对取样接头进行清理，确定没有灰尘或凝结物排出（如果有灰尘或凝结物存在，必须等排出物没有后才能进行测试，否则放弃该次试验）	防止接头不匹配，导致漏气	1) 正确接头，要求密封良好。选用不锈钢或黄铜制造。禁止使用铁材接头。 2) 必要时用 500W 以上的电吹风干燥接头部位
2	连接试验管道	选择合适的试验连接管道。连接到设备上的取样气体接头上	符合规范要求的管道	1) 试验管道可选用无缝不锈钢管、铜管和聚四氟乙烯；管壁厚不少于 1mm，内径为 2~4mm，管内壁光滑清洁，禁止使用橡胶管和聚氯乙烯管和铁管等； 2) 管道连接衬片应采用紫铜垫片或聚四氟乙烯垫片； 3) 接入 5m 的仪器排气管
3	启动仪器	将连接管与仪器进气口连接，打开仪器电源。仪器进入准备测量状态	仪器检查正常	1) 电源符合仪器要求； 2) 冷镜露点仪应检查冷镜是否干净
4	湿度测量	1) 打开设备上的阀门； 2) 记录压力表计上的压力； 3) 缓慢开启气路阀门；仔细调节气体流量符合测量要求； 4) 记录测量读数； 5) 记录测量结束时的压力	保证湿度测量的准确	1) 若接头和管道有漏气情况，应终止试验，及时处理泄漏部件； 2) 确保仪器的传感器是在大气压力下测量； 3) 测量数值趋于稳定，可记录数据； 4) 测量中密切注意设备的压力变化，若压力下降太快应及时关闭设备上的阀门，终止测量，查明压力下降的原因后，确定是否继续测量

表 6-2（续）

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
5	试验完毕	1) 关闭设备上的采样阀门； 2) 解除连接设备上的采样接头； 3) 恢复设备的采样口的密封； 4) 定性检查设备泄漏	确保设备无泄漏	1) 关闭设备上的阀门时防止用力过猛，导致阀门损坏，造成气体泄漏； 2) 解除连接设备上的采样接头时若有大量的气体外泄应及时关闭设备上的阀门，同时恢复采样接头，保证气体不再泄漏，查明原因后再拆卸采样连接部件； 3) 使用定性检漏仪检查设备应无泄漏； 4) 发现设备有泄漏应作好记录，并通知值班人员

6	数据处理	1) 露点—湿度的换算; 2) 温度—湿度的修正	按照规范的要求进行换算	1) 使用 DL/T 506 附录 B 大气压力的露点湿度换算表将露点换算到湿度值; 2) 使用 DL/T 506 附录 C 湿度温度换算表将测量数值修正到 20℃ 时的值
---	------	-----------------------------	-------------	---

6.2.2 检漏试验

表 6-3 检漏试验

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
1	包扎	用塑料薄膜包扎检测的法兰、接头、阀门等部位	包扎紧密	1) 包扎前, 应把设备表面清理干净; 2) 包扎的体积不宜太大, 较大体积可分别包扎; 3) 塑料薄膜保证无破裂, 不容许多次使用
2	启动仪器	连接电源, 打开仪器开关	仪器检测正常	1) 电源符合仪器要求; 2) 检查仪器接地线良好; 3) 测试仪器对 SF ₆ 气体有响应
3	定量检漏	每个包扎部位泄漏量不大于 30×10 ⁻⁶ (体积比)	仪器测量准确	1) 对于泄漏超过 30×10 ⁻⁶ 的部位, 用定性检漏的方法检测泄漏点; 2) 对于泄漏少于 30×10 ⁻⁶ 的部位, 应检查气室的压力是否正常, 不正常的用定性方法再次检测泄漏点
4	计算漏气率	$F = \frac{CV_1P}{\Delta t} \quad (\text{MPa} \cdot \text{m}^3/\text{s})$ $F_y = \frac{F \times 31.5 \times 10^6}{V(P_r + 0.1)} \times 100 \quad (\%)$ F 为漏气量, F _y 为年漏气率	泄漏率 < 1%	C —— 包扎体中的 SF ₆ 气体浓度, 10 ⁻⁶ ; Δt —— 包扎时间, s; P —— 大气压力, 0.1MPa; P _r —— 设备充气压力, MPa; V ₁ —— 包扎体积, m ³ (扣除包扎设备的体积); V —— 设备内的气体体积, m ³
5	试验结束	关闭检漏仪电源	检查仪器响应正常	1) 关闭仪器前检查仪器对 SF ₆ 气体响应正常; 2) 拆除仪器地线前应先关闭电源; 3) 清除包扎薄膜

6.2.3 试验终结

表 6-4 试验终结

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
1	试验仪器清理	1) 关闭仪器设备; 2) 切断电源; 3) 整理工具、仪器放回原处	现场无遗漏工具	工作人员认真检查工作现场有否遗漏工具或仪器及仪器附件
2	工作终结	1) 工作负责人全面检查, 确定无遗漏后, 发出工作人员撤出现场指令; 2) 工作负责人办理工作终结手续	人员撤离现场	任何人不能单独留在工作现场
			记录和移交工作	工作人员认真填写检修试验记录; 有异常时必须向相关人员反映清楚

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

表 7-1 质量控制措施

序号	异常现象	控制措施
1	测量数据不稳定	1) 检查露点仪是否正常，同时检查管道和接头是否清洁； 2) 管道和接头污染时应清洁管道和试验接头，必要时用溶剂清洗接头和管道； 3) 当气体中带有较大的杂质时，测量数据会不稳定，应考虑使用阻容式露点仪； 4) 测试 SF ₆ 互感器和 SF ₆ 变压器时，使用阻容露点仪； 5) 薄膜带有溶剂和 SF ₆ 的气体也会造成测量波动
2	测量数据与以往偏差较大	1) 检查仪器是否正常，管道是否泄漏，重新进行测量； 2) 检查测量环境温度是否相近，温度相差较大时，测量结果会偏差较大； 3) 气体中的有机物会影响测量的正确性，必要时应测量设备中的有机物含量
3	测量读数不明确	1) 检查仪器是否正常，同时重新测量； 2) 检查测量环境温度是否相近，温度相差较大时，测量结果也会偏差较大； 3) SF ₆ 和有机物会影响测量的正确性，试验期间暂停使用 SF ₆ 和有机溶剂
4	气体泄漏	严禁用气体导管作攀登支撑点，防止因外力引起连接管道松脱造成 SF ₆ 气体泄漏
5	气体压力不足	检查气体压力，有疑问马上通知相关人员

7.2 质量控制表单

质量控制见表 7-2。

表 7-2 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	SF ₆ 气体交接试验			●

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-7.1.1、Q/CSG 表 4-7.2.3、Q/CSG 表 4-12.1.1、Q/CSG 表 4-12.2.4、Q/CSG 表 4-13.1.7、Q/CSG 表 4-13.2.4 要求执行。

附件 1 安全施工作业票

编码：TSSY-ZW-02-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	与带电设备的安全距离不够	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 工作人员应正确穿戴安全帽和工作鞋，按规定使用个人防护用品。 <input type="checkbox"/> 工作前，工作负责人应向班组人员交代清楚工作地点、工作内容、现场安全措施，邻近带电部位和安全注意事项。 <input type="checkbox"/> 工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须穿戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人应集中注意力，对登梯人工作应起监护作用。 <input type="checkbox"/> 对于室内的 SF₆ 设备进行试验前，必须开启抽风机通风不少于 15min；试验人员在检测过程中，通风必须始终保持良好。 <input type="checkbox"/> 测试管道、法兰在机构箱内的开关或取样口附近有触点开关的设备时，应注意防止误触碰，悬挂红布或设置挡板阻隔，必要时可设置专人监护。 <input type="checkbox"/> 试验前应检查取样阀和管道的密封性，检查试验接管、接头是否牢固，防止漏气。试验人员必须处于上风口，在仪器气体输出口接长管，将被试气体导走，必要时戴防毒面具。 <input type="checkbox"/> 不准在设备防爆泄压装置附近逗留。 <input type="checkbox"/> 试验过程中和试验后发现气体压力在下降，应及时通知值班人员，说明情况，待补气后或安排停电时才进行测试。 <input type="checkbox"/> 对于手动阀控制进出气口类型的设备，测试结束后，先关闭设备进口气阀，再多次重复关闭、开启取样阀，确认无漏气后，才能把取样阀取下；对于自动顶压阀控制进出气口类型的设备，测试结束后，应关闭手动控制阀，再把接驳口拆下
2	登高作业安全防护措施不完善	跌落	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	对室内 SF ₆ 设备作业时通风不良	中毒	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	误触碰	部分停电	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	气体突然大量泄漏	中毒	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	防爆泄压装置炸开	爆炸	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	气体压力不足	设备性能下降	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	阀门恢复时未关紧	设备停运	<input type="checkbox"/> 低风险	

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

电力变压器交流耐压试验 作业指导书

编码：TSSY-ZW-03

目 次

1 适用范围	21
2 编写依据	21
3 作业流程	21
4 安全风险辨析与预控	22
5 作业准备	22
6 作业方法	23
7 质量控制措施及检验标准	24

1 适用范围

交接试验是能及时有效地发现电力设备因运输、安装等方面的问题造成的缺陷、防范电力设备事故、保证电力系统安全运行的有效手段，是保证电力设备安全投产工作中必不可少的一个重要环节。为了强化一次设备交接试验工作，规范交接试验现场作业，南方电网公司组织编制施工作业指导书。作业指导书的编写参照国家标准、企业标准、南方电网标准及相关的技术规范、规定。

本作业指导书适用于 110~500kV 电压等级新安装的、按照国家相关出厂试验标准试验合格的电气设备交接试验，本作业指导书不适用于安装在煤矿井下或其他有爆炸危险场所的电气设备。本作业指导书对变压器交流耐压交接试验的操作步骤、技术要点、安全注意事项、安全风险辨析等内容进行了详细的规范，用于指导 110~500kV 变压器的交流耐压交接试验工作。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 1094.1—1996 电力变压器 第 1 部分：总则
2	IEC-60076-1 (2000) Power Transformer
3	GB 1094.3—2003 电力变压器 第 3 部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
4	GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分 一般试验要求
5	GB 50150—2006 电气装置安装工程电气设备交接试验标准

以及其他相关标准。

以上标准如有新版本，按最新版本执行。

3 作业流程

作业（工序）流程见图 3-1。

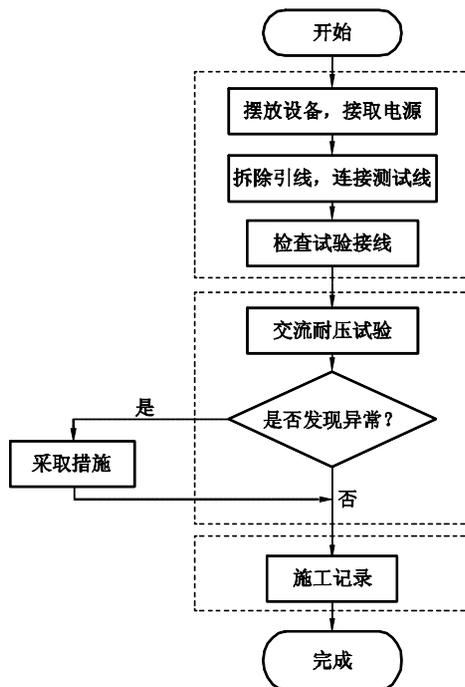


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 电力变压器交流耐压试验施工前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（以下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与电力变压器交流耐压试验施工相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：TSSY-ZW-03-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	误入带电间隔	触电	低风险	试验工作前，工作负责人应向班组人员交待清楚工作地点、工作内容、现场安全措施、邻近带电部位和安全注意事项
2	登高作业安全防护措施不完善	跌落	低风险	工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须佩戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用
3	误入高压试验区域	触电	低风险	试验工作前，工作负责人必须确定工作范围，设置安全围栏，不要有缺口；在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入
4	试验电源容量太小	部分停电	低风险	工作前必须向施工单位或变电站了解清楚临时施工电源或检修电源容量情况，不能只看电源开关的容量，确保试验电源容量满足要求
5	测量仪器未校准，试验电压过高	设备破损	低风险	使用的电压测量装置应经过校准，并有校准报告，确保测量无误
6	残余电荷	触电	低风险	降压后应及时挂设地线，待充分放电后方可操作
7	现场遗留工具	设备损坏	低风险	工作人员在试验结束后应进行认真检查，确认现场无遗留工具和杂物

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 人员配备表

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
试验前的准备	5~6	1	1
交流耐压测试	5~6	1	1
工作终结	5~6	1	1

5.2 主要工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置表

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	试验警示围栏			若干	

2	标示牌		块	若干	
3	安全带		套	若干	
4	万用表		只	2	
5	便携式电源线架		只	2	带剩余电流动作保护器
6	绝缘操作杆		根	若干	
7	拆线工具及绝缘绳、绝缘带		套	若干	
8	温、湿度计		只	1	
9	工具箱		个	1	
10	线包(绝缘导线、接地线等)			若干	
11	放电棒		根	若干	
12	电压表		个	1	
13	电容分压器		台	1	
14	现场原始记录本		本	若干	
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

6 作业方法

6.1 施工准备

6.1.1 被试变压器组装完毕，真空注油后应静止 48h 以上。

6.1.2 变压器高、低压侧及中性点所有一次线与外部连接线拆除，套管 TA 二次侧应短路接地。

6.1.3 变压器的现场常规试验项目，如绝缘电阻、吸收比（极化指数）、介质损耗因数（ $\tan\delta$ ）、直流电阻、电压比、绝缘油试验等已完成，试验结果应符合有关标准的要求。

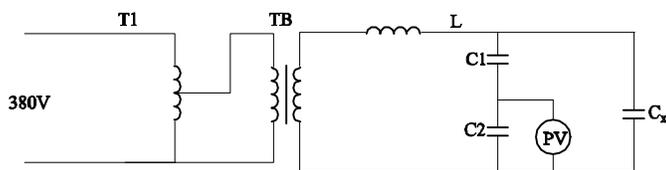
6.1.4 现场应提供 380V 三相电源，电流为 250A 左右。

6.2 施工操作

6.2.1 开始试验准备工作，选择合适的试验仪器，摆放好设备，接取试验电源。拆除变压器高、中、低压侧及中性点与外部连接线，非被试绕组短路接地。

6.2.2 测量、记录被试绕组的试前绝缘电阻，试完对被试品充分放电。

6.2.3 按规定试验方法布置试验接线。交流耐压试验原理接线图见图 6-1。



T1—调压器；TB—励磁变压器；L—可调高压电抗器；C1、C2—分压器；PV—高阻电压表；Cx—试品

图 6-1 交流耐压试验原理接线图

6.2.4 检查加压回路接线，确保正确无误。

6.2.5 未接入被试变压器的情况下，进行试升压，确保测试系统准确。

6.2.6 将被试绕组接入试验回路，零起升压，升压至试验电压，密切注意试验中有无异常。

6.2.7 外施交流耐压的频率为 45~65Hz，全电压下耐受时间 60s，达到耐压时间后迅速降压至零，切断电源并挂接地线。

6.2.8 依次对高、中、低压绕组进行试验，并对试验结果进行判断。

6.2.9 测量、记录被试绕组的试后绝缘电阻，试完对被试品充分放电。

6.2.10 全部试验完成后，关闭试验设备电源，拆除试验接线，试验结束。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 试验电压误加过高会造成主变压器的损害。本试验使用的电压测量装置应经过校准，并有校准报告，确保测量无误。

7.1.2 试验时应密切注意监视，并保证调压器处于零位，做到零起升压。

7.1.3 试验时应加强对电源以及试验回路的检查和监视，发现有异常时必须立即停止试验。

7.1.4 试验中若无异常，则继续升压至试验电压，达到耐压时间后迅速降压至零，切断电源并挂接地线。

7.2 质量控制表单

质量控制见表 7-1。

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	变压器交流耐压试验			●

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

7.3.1 对变压器低压绕组、中压绕组、高压绕组试验电压值按表 7-2 的试验标准，耐压时间 1min，试验过程无闪络、放电等异常。

表 7-2 电力变压器和电抗器交流耐压试验标准

kV

系统标称电压	设备最高电压	交流耐受电压
110	126	160
220	252	(288) 316
330	363	(368) 408
500	550	(504) 544

注：表中变压器试验电压是根据现行 GB 1094.3《电力变压器 第3部分：绝缘水平和绝缘试验和外绝缘空气间隙》规定的出厂试验电压乘以 0.8 制定的。

7.3.2 绕组额定电压为 110kV 及以上的变压器，其中性点应进行交流耐压试验（见表 7-3），试验耐受电压标准为出厂试验电压值的 80%。

表 7-3 额定电压 110kV 及以上的电力变压器中性点交流耐压试验电压标准

kV

系统标称电压	设备最高电压	中性点接地方式	出厂交流耐受电压	交接交流耐受电压
110	126	不直接接地	95	76
		直接接地	85	68
220	252	不直接接地	200	160
		直接接地	85	68
330	363	不直接接地	230	184
		直接接地	85	68
500	550	直接接地	85	68
		经小阻抗接地	140	112

7.3.3 检验标准



质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-1.1.9、Q/CSG 表 4-1.2.5、Q/CSG 表 4-2.1.3、Q/CSG 表 4-2.2.2、Q/CSG 表 4-3.1.1、Q/CSG 表 4-3.2.1 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：TSSY-ZW-03-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	误入带电间隔	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <p><input type="checkbox"/> 工作人员应正确穿戴安全帽、工作鞋和绝缘手套。</p> <p><input type="checkbox"/> 试验工作前，工作负责人应向班组人员交代清楚工作地点、工作内容、现场安全措施，邻近带电部位和安全注意事项。</p> <p><input type="checkbox"/> 工作前，工作人员应明确安全的爬高路线。登高作业必须穿戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用。</p> <p><input type="checkbox"/> 试验工作前，现场负责人必须确定工作范围，设置安全围栏，不要有缺口；在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入。</p> <p><input type="checkbox"/> 工作前必须向施工单位或变电站了解清楚临时施工电源或检修电源容量情况，不能只看电源开关的容量，确保试验电源容量满足要求。</p> <p><input type="checkbox"/> 使用的电压测量装置应经过校准，并有校准报告，确保测量无误。</p> <p><input type="checkbox"/> 降压后应及时挂设地线，待充分放电后方可操作。</p> <p><input type="checkbox"/> 工作人员在试验结束后应进行认真检查，确认现场无遗留工具和杂物</p>
2	登高作业安全防护措施不完善	跌落	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	误入高压试验区域	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	试验电源容量太小	部分停电	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	测量仪器未校准，试验电压过高	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	遗留工具到现场	设备损坏	<input type="checkbox"/> 低风险	

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

电力变压器长时感应电压试验带 局部放电测量试验作业指导书

编码：TSSY-ZW-04

目 次

1 适用范围	29
2 编写依据	29
3 作业流程	29
4 安全风险辨析与预控	30
5 作业准备	30
6 作业方法	31
7 质量控制措施及检验标准	32

1 适用范围

交接试验是能及时有效地发现电力设备因运输、安装等方面的问题造成的缺陷、防范电力设备事故、保证电力系统安全运行的有效手段，是保证电力设备安全投产工作中必不可少的一个重要环节。为了强化一次设备交接试验工作，规范交接试验现场作业，南方电网公司组织编制施工作业指导书。作业指导书的编写参照国家标准、企业标准、南方电网标准及相关的技术规范、规定。

本作业指导书适用于 110~500kV 电压等级新安装的、按照国家相关出厂试验标准试验合格的电气设备交接试验，本作业指导书不适用于安装在煤矿井下或其他有爆炸危险场所的电气设备。本作业指导书对变压器长时感应电压试验带局部放电测量交接试验的操作步骤、技术要点、安全注意事项、安全风险辨析等内容进行了详细的规范，用于指导变压器局部放电交接试验工作。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 1094.1—1996 电力变压器 第1部分：总则
2	IEC-60076-1 (2000) Power Transformer
3	GB 1094.3—2003 电力变压器 第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
4	GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分 一般试验要求
5	GB 50150—2006 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
6	DL 417—2006 电力设备局部放电现场测量导则
7	GB 7354—2003 局部放电试验

以及其他相关标准。

以上标准如有新版本，按最新版本执行。

3 作业流程

作业（工序）流程见图 3-1。

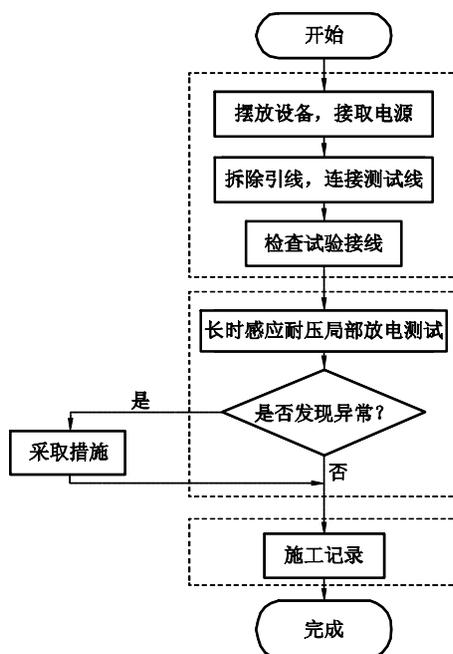


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 电力变压器长时感应电压试验带局部放电测量试验施工前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与电力变压器长时感应电压试验带局部放电测量试验施工相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：TSSY-ZW-04-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术人员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	与带电设备安全距离不够	部分停电	低风险	工作人员应熟悉现场环境，在摆放设备时应有专人指挥、监护，确保与带电设备保持足够的安全距离
2	误入带电间隔	触电	低风险	试验工作前，工作负责人应向班组人员交待清楚工作地点、工作内容、现场安全措施、邻近带电部位和安全注意事项
3	感应电	触电	低风险	在工作现场，应设置可靠的地线，并将相关的设备的外壳与地线可靠连接
4	登高作业安全防护措施不完善	跌落	低风险	工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须佩戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用
5	高空坠落工具	砸伤	低风险	高处作业时，应正确佩戴、使用工具，防止工具跌落，同时做好监护，接线区域下方禁止站人
6	误入高压试验区域	触电	低风险	试验工作前，工作负责人必须确定工作范围，设置安全围栏，不要有缺口；在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入
7	试验电源容量太小	部分停电	低风险	工作前必须向施工单位或变电站了解清楚临时施工电源或检修电源容量情况，不能只看电源开关的容量，应确保试验电源容量满足要求
8	测量仪器未校准，试验电压过高	设备破损	低风险	使用的电压测量装置应经过校准，并有校准报告，确保测量无误
9	残余电荷	触电	低风险	降压后应及时挂设地线，待充分放电后方可操作
10	遗留工具到现场	设备损坏	低风险	工作人员在试验工作结束后应进行认真检查，确认现场无遗留工具和杂物

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 人员配备表

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
试验前的准备	5~6	1	1
局部放电测试	5~6	1	1
工作终结	5~6	1	1

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 工器具及仪器仪表配置表

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	试验警示围栏			若干	
2	标示牌		块	若干	
3	安全带		套	若干	
4	万用表		只	2	
5	便携式电源线架		只	2	带剩余电流动作保护器
6	绝缘操作杆		根	若干	
7	拆线工具及绝缘绳、绝缘带		套	若干	
8	温、湿度计		只	1	
9	工具箱		个	1	
10	线包（绝缘导线、接地线等）			若干	
11	放电棒		根	若干	
12	电压表	0.5 级	个	1	
13	局放仪	1.0 级	台	1	
14	电压互感器	0.2 级	台	1	
15	现场原始记录本		本	若干	

6 作业方法

6.1 施工准备

6.1.1 被试变压器组装完毕，真空注油后应静止 48h 以上。

6.1.2 变压器高、低压侧及中性点所有一次线与外部连接线拆除，套管 TA 二次侧应短路接地。

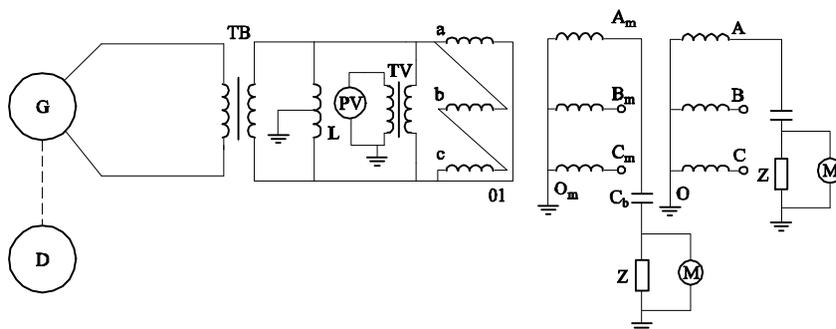
6.1.3 变压器的现场常规试验项目，如绝缘电阻、吸收比（极化指数）、介质损耗因数（ $\tan\delta$ ）、直流电阻、电压比、绝缘油试验等已完成，试验结果应符合有关标准的要求。

6.1.4 现场应提供 380V 三相电源，电流为 250A 左右。

6.2 施工操作

6.2.1 开始试验准备工作，选择合适的试验仪器，摆放好设备，接取试验电源。拆除变压器高、中、低压侧及中性点与外部的连接引线并保持足够安全距离；将所有套管 TA 二次侧短路接地。

6.2.2 按规定试验方法布置试验接线，变压器高压套管戴上均压帽，中性点接地。局部放电试验接线图见图 6-1。



D—电动机；G—中频发电机；TB—中间变压器；TV—电压互感器；
L—补偿电抗器；C_b—套管电容；Z—检测阻抗；M—局放检测仪

图 6-1 局部放电试验接线图

- 6.2.3 接上阻抗并进行方波校正；在高压套管端部注入方波，在局放仪中观察在高压侧的响应，得出指示系统与放电量的定量关系，即求得换算系数。
- 6.2.4 对背景噪声进行测量，记录所有测量电路上的背景噪声水平，其值应低于规定的视在放电量的 50%。
- 6.2.5 检查加压回路接线，确保正确无误，核算分压器变比及补偿电抗器补偿度。
- 6.2.6 启动中频发电机组，未接入被试变压器的情况下，进行试升压，确保测试系统准确。
- 6.2.7 接入被试变压器进行试升压，测量电抗器电流及被试变压器电流，核实补偿效果。
- 6.2.8 按标准规定的加压程序开始逐渐加压，注意观察主变压器的状况，并随时观察测量结果，每隔 5min 记录一次数据。根据主变压器的状况和测量结果进行分析研究，确定是否需要继续加压；如测到变压器的局部放电量超标，应测出其起始电压以及熄灭电压（所谓起始电压是指试验电压从不产生局部放电的较低电压逐渐增加时，在试验中局部放电量超过某一规定值时的最低电压值；而熄灭电压是指试验电压从超过局部放电起始电压的较高值下降时，在试验中局部放电量小于某一规定值时的最高电压值）。试验加压程序见图 6-2。

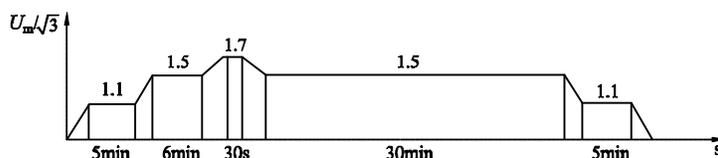


图 6-2 试验加压程序图

- 6.2.9 如没有发现异常现象，则继续加压，直至该相试验结束。降压至零，跳开主回路的开关，在中间变压器的高压侧挂上接地线。
- 6.2.10 依次对余下几相进行试验，并对试验结果进行判断。
- 6.2.11 全部试验完成后，关闭中频机组的电源，拆除试验接线，试验结束。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

- 7.1.1 试验电压误加过高会造成主变压器的损害。本试验使用的电压测量装置应经过校准，并有校准报告，确保测量无误。
- 7.1.2 对主变压器加压前，应进行带中间变压器的升压检查；试验时应密切注意监视，并保证调压器处于零位，做到零起升压；试验中监视补偿电抗器的补偿效果，防止发生电压突变。
- 7.1.3 试验时应加强对电源以及试验回路的检查和监视，发现有异常时必须立即停止试验。
- 7.1.4 如测到变压器的局放超标，应测出其起始电压以及熄灭电压；如试验过程中没有发现异常现象，则继续加压，直至该相试验结束。

7.2 质量控制表单

质量控制见表 7-1。

表 7-1 质 量 控 制 表

序号	控 制 点	控 制 方 式		
		W	H	S
1	电力变压器长时感应电压试验带局部放电测量试验			●
注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。				

7.3 检验标准

7.3.1 试验电压不产生突然下降。

7.3.2 在线端电压为 $1.5U_m/\sqrt{3}$ 的长时试验期间，局部放电量的连续水平不大于 500pC。

7.3.3 在线端电压为 $1.5U_m/\sqrt{3}$ 下，局部放电不呈现持续增长的趋势，偶然出现的较高幅值脉冲可以不计入。

7.3.4 在线端电压为 $1.1U_m/\sqrt{3}$ 下，局部放电量的连续水平不大于 100pC。

7.3.5 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第 4 册：变电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-1.1.9、Q/CSG 表 4-1.2.5 要求执行。

附件 1 安全施工作业票

编码：TSSY-ZW-04-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	与带电设备安全距离不够	部分停电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 工作人员应正确穿戴安全帽、工作鞋和绝缘手套。 <input type="checkbox"/> 工作人员应熟悉现场环境，在摆放设备时应有专人指挥、监护，确保与带电设备保持足够的安全距离。 <input type="checkbox"/> 试验工作前，工作负责人应向班组人员交代清楚工作地点、工作内容、现场安全措施，邻近带电部位和安全注意事项。 <input type="checkbox"/> 在工作现场，应设置可靠的地线，并将相关的设备的外壳与地线可靠连接。 <input type="checkbox"/> 工作前，工作人员应明确安全的爬高路线。登高作业必须穿戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用。 <input type="checkbox"/> 高处作业时，应正确穿戴、使用工具，防止工具跌落，同时做好监护，接线区域下方禁止站人。 <input type="checkbox"/> 试验工作前，现场负责人必须确定工作范围，设置安全围栏，不要有缺口；在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入。 <input type="checkbox"/> 工作前必须向施工单位或变电站了解清楚临时施工电源或检修电源容量情况，不能只看电源开关的容量，应确保试验电源容量满足要求。 <input type="checkbox"/> 使用的电压测量装置应经过校准，并有校准报告，确保测量无误。 <input type="checkbox"/> 降压后应及时挂设地线，待充分放电后方可操作。 <input type="checkbox"/> 工作人员在试验工作结束后应认真检查，确认现场无遗留工具和杂物
2	误入带电间隔	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	感应电	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	登高作业安全防护措施不完善	跌落	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	高空跌落工具	砸伤	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	误入试验高压区域	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	试验电源容量太小	部分停电	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	测量仪器未校准，试验电压过高	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
9	残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
10	遗留工具到现场	设备损坏	<input type="checkbox"/> 低风险	

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

电力变压器绕组变形试验 作业指导书

编码：TSSY-ZW-05



目 次

1 适用范围	37
2 编写依据	37
3 作业流程	37
4 安全风险辨析与预控	38
5 作业准备	38
6 作业方法	39
7 质量控制措施及检验标准	39

1 适用范围

交接试验是能及时有效地发现电力设备因运输、安装等方面的问题造成的缺陷、防范电力设备事故、保证电力系统安全运行的有效手段，是保证电力设备安全投产工作中必不可少的一个重要环节。为了强化一次设备交接试验工作，规范交接试验现场作业，南方电网公司组织编制施工作业指导书。作业指导书的编写参照国家标准、企业标准、南方电网标准及相关的技术规范、规定。

本作业指导书适用于 110~500kV 电压等级新安装的、按照国家相关出厂试验标准试验合格的电气设备交接试验，本作业指导书不适用于安装在煤矿井下或其他有爆炸危险场所的电气设备。本作业指导书对变压器绕组变形交接试验的操作步骤、技术要点、安全注意事项、安全风险辨析等内容进行了详细的规范，用于指导变压器绕组变形的交接试验工作。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 1094.1—1996 电力变压器 第1部分：总则
2	IEC-60076-1（2000）Power Transformer
3	GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分 一般试验要求
4	GB 50150—2006 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
5	DL/T 911—2004 电力变压器绕组变形频率响应分析法

以及其他相关标准。

以上标准如有新版本，按最新版本执行。

3 作业流程

作业（工序）流程见图 3-1。

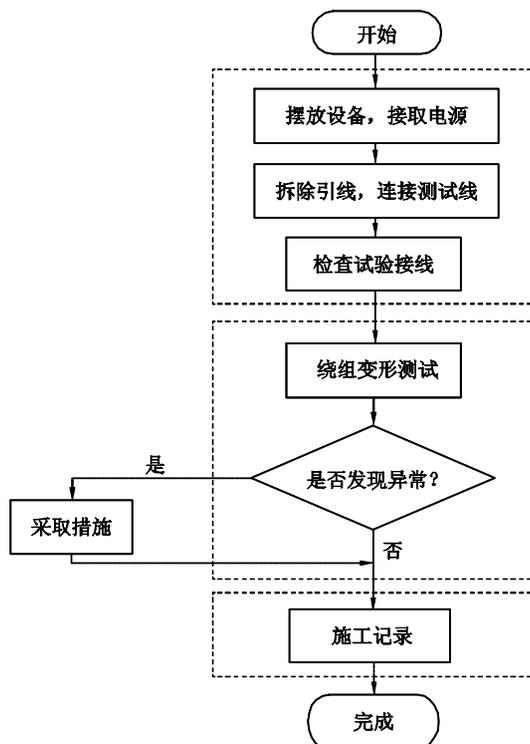


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 变压器绕组变形试验施工前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与变压器绕组变形试验施工相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：TSSY-ZW-05-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	误入带电间隔	触电	低风险	试验工作前，工作负责人应向班组人员交待清楚工作地点、工作内容、现场安全措施、邻近带电部位和安全注意事项
2	感应电	触电	低风险	在工作现场，应设置可靠的地线，并将相关的设备的外壳与地线可靠连接
3	登高作业安全防护措施不完善	跌落	低风险	工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须佩戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用
4	高空坠落工具	砸伤	低风险	高处作业时，应正确佩戴、使用工具，防止工具跌落，同时做好监护，接线区域下方禁止站人
5	现场遗留工具	设备损坏	低风险	工作人员在试验工作结束后应进行认真检查，确认现场无遗留工具和杂物

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 人员配备表

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
试验前的准备	5~6	1	1
绕组变形测试	5~6	1	1
工作终结	5~6	1	1

5.2 工器具及仪器仪表配置

表 5-2 工器具及仪器仪表配置表

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	试验警示围栏			若干	
2	标示牌		块	若干	

3	安全带		套	若干	
4	万用表		只	2	
5	便携式电源线架		只	2	带剩余电流动作保护器
6	绝缘操作杆		根	若干	
7	拆线工具及绝缘绳、绝缘带		套	若干	
8	温、湿度计		只	1	
9	工具箱		个	1	
10	线包(绝缘导线、接地线等)			若干	
11	变压器绕组变形测试仪		台	1~2	选用
12	现场原始记录本		本	若干	

6 作业方法

6.1 施工准备

6.1.1 变压器绕组变形检测应在所有直流试验项目之前或者在绕组充分放电以后进行。应根据接线要求和接线方式，逐一对变压器的各个绕组进行检测。

6.1.2 开始试验准备工作，选择合适的试验仪器，摆放好设备，接取试验电源。

6.1.3 拆除变压器高、中、低压侧及中性点与外部的连接引线并保持足够安全距离，拆除的引线尽可能远离被测变压器套管，对于套管引线无法拆除的变压器，可利用套管末屏抽头作为响应端进行检测，但应注明，并应与同样条件下的检测结果作比较。

6.2 施工操作

按规定试验方法布置试验接线。

- (1) 变压器绕组的幅频响应特性与分接开关的位置有关，宜在最高分接位置下检测，或者应保证每次检测时分接开关均处于相同的位置。
- (2) 因检测信号较弱，所有接线均应稳定、可靠，减小接触电阻。
- (3) 两个信号检测端的接地线均应可靠连接在变压器外壳上的明显接地端（如铁心接地端，最好同点接地），接地线应尽可能短不应缠绕。
- (4) 将绕组变形测试系统调试完毕。
- (5) 按顺序对各绕组进行绕组变形测试，并对其数据进行分析判断。
- (6) 全部试验完成后，关闭仪器电源，拆除试验接线，试验结束。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 用试验专用连接线将被试绕组按相应的试验方法布置试验接线。

7.1.2 测试时变压器各侧套管引线应全部拆除，尽量避免外部干扰；避免试验电源受到干扰；避免周围悬浮电位干扰。

7.1.3 测量电缆屏蔽层接地线应尽量短，最好与变压器的铁心同点接地，接地点要良好，使高频电流的流向正确。

7.1.4 测量时人应远离套管，一般应大于 1m，以免影响高频段的测量结果。

7.1.5 对有载开关应尽量放在最大分接头（第一头）测量，连同调压绕组测量；对无载调压变压器应在同一分接头进行测量。

7.1.6 每次测试时，宜采用同一种仪器，接线方式应相同。

7.2 质量控制表单

质量控制见表 7-1。

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	变压器绕组变形试验			●

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

与初始结果相比，或三相之间结果相比无明显差别，无初始记录时可与同型号同时期同厂家进行对比。

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-1.1.8、Q/CSG 表 4-1.2.4 要求执行。

附件 1 安全施工作业票

编码：TSSY-ZW-05-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	误入带电间隔	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 工作人员应正确穿戴安全帽、工作鞋和绝缘手套。 <input type="checkbox"/> 试验工作前，工作负责人应向班组人员交代清楚工作地点、工作内容、现场安全措施，邻近带电部位和安全注意事项。 <input type="checkbox"/> 在工作现场，应设置可靠的地线，并将相关的设备的外壳与地线可靠连接。 <input type="checkbox"/> 工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须穿戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用。 <input type="checkbox"/> 高处作业时，应正确穿戴、使用工具，防止工具跌落，同时做好监护，接线区域下方禁止站人。 <input type="checkbox"/> 工作人员在试验结束后进行认真的检查，确认现场无遗留工具和杂物
2	感应电	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	登高作业安全防护措施不完善	跌落	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	高空跌落工具	砸伤	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	遗留工具到现场	设备损坏	<input type="checkbox"/> 低风险	



安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

电缆交流耐压试验作业指导书

编码：TSSY-ZW-06

目 次

1 适用范围	43
2 编写依据	43
3 作业流程	43
4 安全风险辨析与预控	44
5 作业准备	44
6 作业方法	45
7 质量控制措施及检验标准	45

1 适用范围

交接试验是能及时有效地发现电力设备因运输、安装等方面的问题造成的缺陷、防范电力设备事故、保证电力系统安全运行的有效手段，是保证电力设备安全投产工作中必不可少的一个重要环节。为了强化一次设备交接试验工作，规范交接试验现场作业，广东电网公司组织编制交接试验标准化作业指导书。作业指导书的编写参照国家标准、行业标准、企业标准、南方电网标准及相关的技术规范、规定。

本作业指导书适用于 110~500kV 电压等级新安装的、按照国家相关出厂试验标准试验合格的电气设备交接试验，本作业指导书不适用于安装在煤矿井下或其他有爆炸危险场所的电气设备。本作业指导书对电缆交流耐压交接试验的操作步骤、技术要点、安全注意事项、危险点分析等内容进行了详细的规范，用于指导 110~500kV 电缆的交流耐压交接试验工作。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
2	DL 408—1991 电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）

3 作业流程

作业（工序）流程见图 3-1。

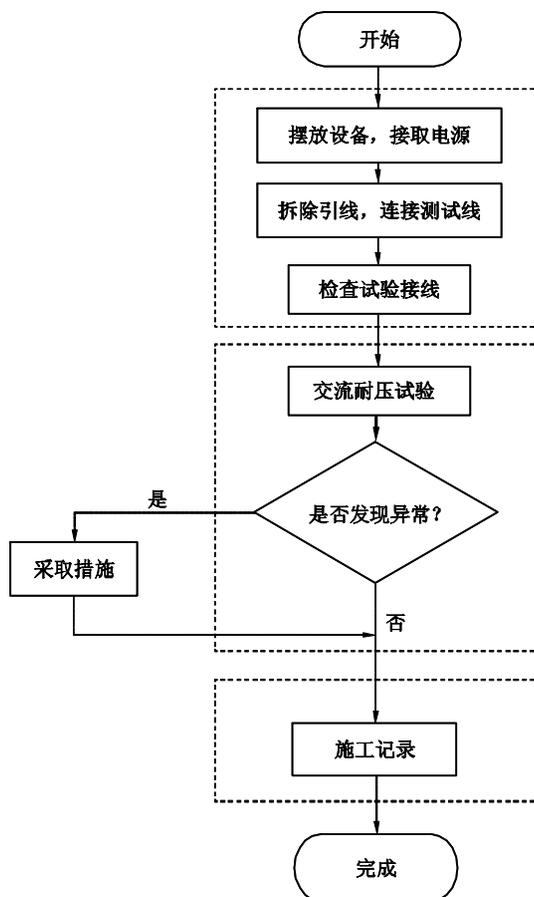


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 电缆交流耐压试验施工前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与电缆交流耐压试验施工相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：TSSY-ZW-06-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备吊装时绑扎不稳	设备破损	低风险	设备起吊前检查绑带或钢丝绳，确认绑扎牢固
2	试验设备吊装时个人安全防护措施不完善	砸伤	低风险	应正确佩戴安全帽，设备起吊过程中严禁站在设备或吊臂的正下方。设备摆动时不得靠近，待稳定后再工作
3	试验设备吊装时与带电设备安全距离不够	部分停电	低风险	工作人员应熟悉现场环境，与带电设备保持足够的安全距离。吊车应由持证人员操作，吊装过程中必须有专人指挥、监护
4	误入带电间隔	触电	低风险	试验工作前，工作负责人应向班组人员交待清楚工作地点、工作内容、现场安全措施、邻近带电部位和安全注意事项
5	登高作业安全防护措施不完善	跌落	低风险	工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须佩戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用
6	误入高压试验区域	触电	低风险	试验工作前，工作负责人必须确定工作范围，设置安全围栏，不要有缺口；在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入
7	试验电源容量太小	部分停电	低风险	工作前必须向施工单位或变电站了解清楚临时施工电源或检修电源容量情况，不能只看电源开关的容量，确保试验电源容量满足要求
8	开关试验状态错误	设备破损	低风险	试验前要派专人结合图纸到现场对断路器、隔离开关状态进行确认，确认无误后方可开始试验
9	残余电荷	触电	低风险	降压后应及时挂设地线，待充分放电后方可操作
10	遗留工具到现场	设备损坏	低风险	工作人员在试验工作结束后应进行认真检查，确认现场无遗留工具和杂物

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 人员配备表

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
试验前的准备	5~6	1	1
电缆交流耐压试验	5~6	1	1
工作终结	5~6	1	1

5.2 主要工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置表

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	绝缘电阻表		台	1	
2	变频谐振高压试验装置		套	1	
3	交直流高压测量系统		套	1	
4	数字万用表		台	1	

6 作业方法

6.1 施工准备

6.1.1 电力电缆已敷设完成，电缆头制作完毕。

6.1.2 将电力电缆外接设备隔离开来并接地。外接设备如电力变压器、断路器、电抗器、避雷器、架空线等。

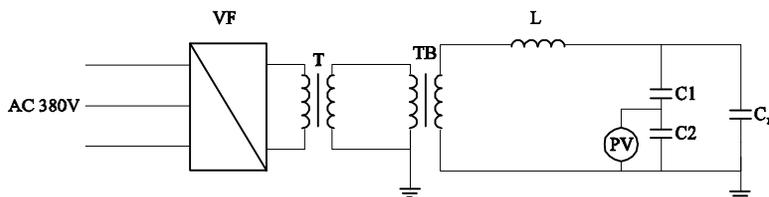
6.1.3 施工时临时搭建的架子已拆除。

6.1.4 试验当天天气良好，温度、湿度符合要求。

6.2 施工操作

6.2.1 将试验设备调试并准备就位，试验场地四周装设围栏，悬挂“止步，高压危险！”标示牌。

6.2.2 按规定试验方法布置试验接线，将试验引线接上被试电缆某相，其余两相接地。电缆交流耐压试验接线见图 6-1。



VF—变频电源；T—调压器；TB—中间变压器；L—高压电抗器；
C1、C2—分压器高、低压电容器；PV—测量电压表；Cx—被试电缆

图 6-1 电缆交流耐压试验接线图

6.2.3 测量该相电缆的绝缘电阻。

6.2.4 检查试验回路所有接线，检查测量仪表，准备开始试验。

6.2.5 合上试验电源，开始试验，将试验回路调至谐振。

6.2.6 将输出电压逐渐升至试验电压，保持试验电压 60min，然后快速降压至零，断开试验电源，高压端挂接地线。

6.2.7 试验过程中如发生闪络、击穿或异常情况，应立即暂停试验。委托方应安排人员检查电缆是否需要处理，确定能否再次进行耐压试验。试验方应检查试验设备是否损坏，如有损坏须立即检修。

6.2.8 重新试验时如再次发生闪络或击穿，委托方必须确认电缆经检查处理后符合耐压试验要求，重复

执行 6.2.6 步骤，直至试验完成。

6.2.9 再次测量该相电缆的绝缘电阻。

6.2.10 依次进行其他两相的试验，试验完成。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

7.1.1 试验设备经检验合格。

7.1.2 对电缆的主绝缘作耐压试验或测量电阻时，应分别在每一相上进行。每一相上进行试验或测量时，其他两相导体、金属屏蔽或金属套和铠装层一起接地。

7.1.3 对金属屏蔽或金属套一端接地，另一端有护层过电压保护器的单芯电缆主绝缘作交流耐压试验时，必须将护层过电压保护器短接，使这一端的电缆金属屏蔽或金属套临时接地。

7.1.4 试验电压误加过高会造成对电缆的损害。本试验使用的电压测量装置应经过校准，并有校准报告，确保测量无误。

7.1.5 对电缆加压前，应进行试验设备的升压检查；试验时应密切注意监视，并保证调压器处于零位，做到零起升压；同时防止发生电压突变。

7.1.6 试验时应加强对电源以及试验回路的检查和监视，发现有异常时必须立即停止试验。

7.1.7 试验中若无异常，则继续升压至试验电压，达到耐压时间后迅速降压至零，切断电源并挂接地线。

7.2 质量控制表单

质量控制见表 7-1。

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	电缆交流耐压试验			●

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

对电缆进行交流耐压试验中，试验过程无闪络、放电等异常情况，则试验通过。电缆交流耐压试验电压和时间如表 7-2 所示。

表 7-2 电缆交流耐压试验电压和时间

额定电压 U_N/U (kV)	试验电压	时间 (min)
18/30 及以下	$2.5U_N$ (或 $2U_N$)	5 (或 60)
21/35~64/110	$2U_N$	60
127/220	$1.7U_N$ (或 $1.4U_N$)	60
190/330	$1.7U_N$ (或 $1.3U_N$)	60
290/500	$1.7U_N$ (或 $1.1U_N$)	60

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-16.1.1、Q/CSG 表 4-16.2.1~4-16.2.4 要求执行。

附件 1 安全施工作业票

编码：TSSY-ZW-06-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备吊装时 绑扎不稳	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <input type="checkbox"/> 工作人员应正确穿戴安全帽、工作鞋和绝缘手套。 <input type="checkbox"/> 设备起吊前检查绑带或钢丝绳，确认绑扎牢固。 <input type="checkbox"/> 设备起吊过程中严禁站在设备或吊臂的正下方。设备摆动时不得靠近，待稳定后再工作。 <input type="checkbox"/> 工作人员应熟悉现场环境，与带电设备保持足够的安全距离。吊车应由持证人员操作，吊装过程中必须有专人指挥、监护。 <input type="checkbox"/> 试验工作前，工作负责人应向班组人员交代清楚工作地点、工作内容、现场安全措施，邻近带电部位和安全注意事项。 <input type="checkbox"/> 工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须穿戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用。 <input type="checkbox"/> 试验工作前，工作负责人必须确定工作范围，设置安全围栏，不要有缺口，在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入。 <input type="checkbox"/> 工作前必须向施工单位或变电站了解清楚临时施工电源或检修电源容量情况，不能只看电源开关的容量，确保试验电源容量满足要求。 <input type="checkbox"/> 试验前要派专人结合图纸到现场对开关、刀闸状态进行确认，确认无误后方可开始试验。 <input type="checkbox"/> 降压后应及时挂设地线，待充分放电后方可操作。 <input type="checkbox"/> 工作人员在试验结束后应进行认真检查，确认现场无遗留工具和杂物
2	试验设备吊装时 个人安全防护措施 不完善	砸伤	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	试验设备吊装时 与带电设备安全 距离不够	部分停电	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	误入带电间隔	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	登高作业安全防护 措施不完善	跌落	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	误入高压试验 区域	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	试验电源容量 太小	部分停电	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	开关试验状态 错误	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
9	残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
10	遗留工具到现场	设备损坏	<input type="checkbox"/> 低风险	

安全补充事项/平面布置图

现场接受交底人员签名

备注

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

电流互感器误差现场检验 作业指导书

编码：TSSY-ZW-07



目 次

1 适用范围	49
2 编写依据	49
3 作业流程	49
4 安全风险辨析与预控	50
5 作业准备	50
6 作业方法	51
7 质量控制措施及检验标准	53

1 适用范围

本作业指导书适用于南方电网公司范围内新装设及运行中的计量用电流互感器（或电流互感器计量绕组）误差的现场检验。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	JJG 1021 电力互感器
2	JJG 313 测量用电流互感器
3	DL 408 电业安全工作规程（发电厂和变电所电气部分）
4	Q/CSG 1004 电气工作票技术规范（发电、变电部分）

3 作业流程

作业（工序）流程见图 3-1。

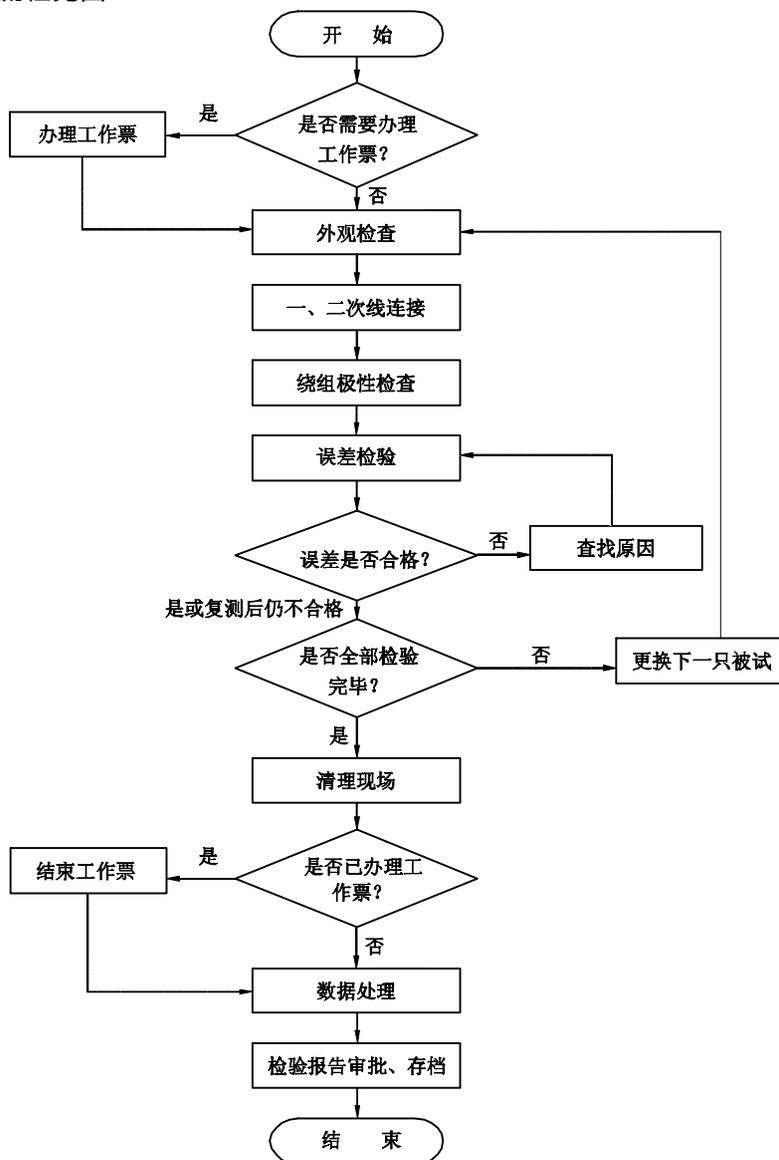


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 电流互感器误差现场检验施工前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（以下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与电流互感器误差现场检验施工相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：TSSY-ZW-07-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	误入带电间隔	触电	低风险	试验工作前，工作负责人应向班组人员交待清楚工作地点、工作内容、现场安全措施、邻近带电部位和安全注意事项
2	感应电	触电	低风险	在工作现场，应设置可靠的地线，并将相关的设备的外壳与地线可靠连接，一次回路应有一个可靠的接地点，被试电流互感器非测试二次绕组的低端应接地
3	登高作业安全防护措施不完善	跌落	低风险	工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须佩戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用
4	高空坠落工具	砸伤	低风险	高处作业时，应正确佩戴、使用工具，防止工具跌落，同时做好监护，接线区域下方禁止站人
5	高空作业车与周围带电设备安全距离不够	部分停电	低风险	高空作业车应由持证驾驶员操控，高空作业车移动过程必须有人指挥、监护
6	高空作业车与周围设备距离不够	设备破损	低风险	高空作业车应由持证驾驶员操控，高空作业车移动过程必须有人指挥、监护
7	二次回路开路	设备破损	低风险	升电流前应检查所有二次绕组，保证短路良好
8	恢复电流互感器的二次回路接线时发生错误	设备破损	低风险	拆除电流互感器的二次回路接线时要做好记录，恢复时必须认真检查核对
9	现场遗留工具	设备损坏	低风险	工作人员在试验工作结束后应进行认真检查，确认现场无遗留工具和杂物

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 人员配备表

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
检验前准备	2	1	
检验过程	3~4	1	1

检验数据处理	1	1	
注：作业人数根据具体工程量规模配备。			

5.2 主要工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置表

序号	名称	等级	单位	数量	备注
1	标准电流互感器	0.02 级及以上	台	1	
2	升流器		台	1	

表 5-2（续）

序号	名称	等级	单位	数量	备注
3	调压器		台	1	
4	电流负荷箱	3	台	1	
5	互感器校验仪	2	台	2	其中 1 台备用
6	一次大电流线		组	1	截面视被试而定
7	二次连接线		组	1	
8	接地线		卷	1	截面 6mm ² 以上
9	电源线		卷	1	截面 6mm ² 以上
10	万用表	3	个	1	
11	接地杆		根	1	
12	绝缘人字梯		把	1~2	视需要定
13	工具箱		个	1	内装常用工具
注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。					

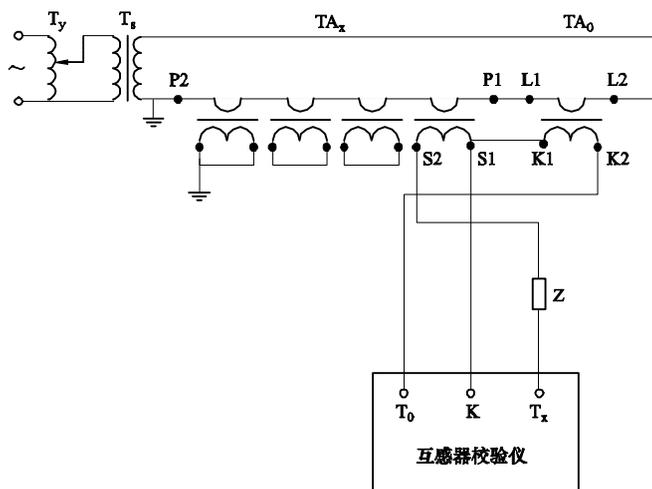
6 作业方法

6.1 施工准备

6.1.1 明确作业内容外观检查，绕组的极性检查，计量绕组的误差检验，退磁（可选）。

6.1.2 外观检查，如有下列缺陷之一者，需修复后方予检验。外观损伤，绝缘套管不清洁。对油浸式，油标指示位置不合乎规定；对环氧树脂式，有裂痕。铭牌及必要的标志不完整（包括技术参数、极性标志、额定绝缘水平、互感器型号、出厂序号、制造年月、准确度等级等）。接线端钮缺少、损坏或无标记。

6.1.3 明确试验接线。用比较法进行电流互感器误差检验，其原理接线见图 6-1。



T_y —调压器； T_s —升流器； TA_0 —标准电流互感器； TA_x —被试电流互感器； Z —电流负载箱

图 6-1 检验电流互感器误差的原理接线图

6.2 施工操作

6.2.1 一次试验线的连接。

- (1) 一次电流线截面应根据被试电流互感器的额定一次电流选取。
- (2) 应尽量减小一次连线的长度。必要时，应采取措施将标准电流互感器和升流器置于被试电流互感器最小距离范围内（将试验设备抬高）。
- (3) 接一次电流线时，应首先检查被接导体是否存在氧化或污垢等现象，如果被接导体氧化或存在污垢，应用砂纸或其他工具清洁后再连接。
- (4) 采用线夹和端子板连接电流一次线时，应尽量保持较大的接触面，严禁点接触。
- (5) GIS 组合电器设备的电流互感器一般安装在断路器两侧，各有接地开关。可把一侧接地开关的接地线（板）拆除，作为一次电流端子，把另一侧接地开关接地。标准电流互感器接于此电流端子与地之间。

6.2.2 二次试验线的连接。

- (1) 对于额定二次电流为 5A 的电流互感器应在其二次接线盒处接二次线，并应注意连接导线的电阻值应符合标准与被试电流互感器的要求；对于额定二次电流为 1A 的电流互感器可在其二次端子箱处接线。
- (2) 除被试的二次绕组外，其余二次绕组应用导线短路，短路应牢靠，不可缠绕。
- (3) 互感器校验仪接地端子应接地。

6.2.3 绕组的极性检查。用互感器校验仪进行极性检查。当按规定的标记接好试验线通电时，如发现校验仪的极性指示器动作而又排除是由于变比接错、误差过大等因素所致，则可确认被试与标准电流互感器的极性相反（标准电流互感器的极性为减极性）。

6.2.4 误差测量。

- (1) 将互感器校验仪置于电流互感器误差测量档。平稳地升起一次电流至额定值 5% 左右，读取校验仪读数。如未发现异常，升流到最大测量电流点，然后降到零准备正式测量。如有异常，应排除后再检验。
- (2) 在额定负载点测量额定一次电流为 1%（对 S 级）、5%、20%、100%、120% 时的误差。
- (3) 在下限负载点下测量额定一次电流为 1%（对 S 级）、5%、20%、100% 时的误差（下限负载：对额定二次电流为 5A 的电流互感器为 3.75VA；对额定二次电流为 1A 的电流互感器为 1VA）。
- (4) 误差测量点可根据实际情况和要求增减。
- (5) 检验过程中按规定的格式和要求做好原始记录，原始记录填写应用签字笔或钢笔书写，不得

任意修改。原始记录表格（参考）见 DL/T 506 附录 A。

6.2.5 退磁（可选）。一般要求在随机情况下进行误差检验，当发现被试电流互感器的误差超差时，允许进行退磁后再检验。最佳的退磁方法应按标牌上标注的或技术文件中所规定的退磁方法和要求为宜。如制造厂未做规定，宜使用闭路退磁。

闭路退磁法：在电流互感器的二次侧接一个相当于其额定负荷 10~20 倍的可变电阻，一次通以工频交流电流，将电流从零平滑地升至额定电流值的 120%，再将电流均匀缓慢地降至零，然后依次减小可变电阻至其值的 1/2、1/5、1/10，重复上述过程。

对于多次级的电流互感器，退磁时其余铁心的二次绕组均应短路；当同一个铁心中有多个二次绕组时，被检的二次绕组接退磁电阻，其余的二次绕组开路。

6.2.6 检验结果的处理。计量用电流互感器（或电流互感器的计量绕组）的准确度等级为 0.2 或 0.2S 级，其允许误差见表 6-1。判断被试电流互感器的误差是否合格，应以修约后的数据为准。误差的修约间隔见表 6-2。

表 6-1 电流互感器允许误差限值

准确等级	I_p/I_n (%)	1	5	20	100	120
0.2	比值差 (±%)		0.75	0.35	0.2	0.2
	相位差 (±′)		30	15	10	10
0.2S	比值差 (±%)	0.75	0.35	0.2	0.2	0.2
	相位差 (±′)	30	15	10	10	10

表 6-2 误差数据修约间隔

准确等级	比值差	相位差
0.2 或 0.2S	0.02	1

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

对计量用的电流互感器或电流互感器的计量绕组，误差测量时读取的比值差保留到 0.001%，相位差保留到 0.01′。判断被试的电流互感器是否合格，应看其在额定负载和下限负载时的误差是否符合表 6-1 的要求。

对测量中误差超过表 6-1 的要求，但不超过 1.5 倍时，应该进行复测。

7.2 质量控制表单

质量控制见表 7-1。

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	电流互感器试验			●

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

电流互感器误差现场检验应遵循 JJG 1021—2007《电力互感器》的 Q/CSG 表 4-7.1.3、Q/CSG 表 4-7.2.2、Q/CSG 表 4-8.1.3、Q/CSG 表 4-8.2.2 要求进行。

附件1 安全施工作业票

编码：TSSY-ZW-07-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	误入带电间隔	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <p><input type="checkbox"/> 工作人员应正确穿戴安全帽、工作鞋和绝缘手套。</p> <p><input type="checkbox"/> 工作前，工作负责人应向班组人员交代清楚工作地点、工作内容、现场安全措施，邻近带电部位和安全注意事项。</p> <p><input type="checkbox"/> 在工作现场，应设置可靠的地线，并将相关设备的外壳与地线可靠连接。电流互感器一次回路应有一个可靠的接地点，被试电流互感器非测试二次绕组的低端应接地。</p> <p><input type="checkbox"/> 工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须穿戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用。</p> <p><input type="checkbox"/> 高处作业时，应正确穿戴、使用工具，防止工具跌落，同时做好监护，接线区域下方禁止站人。</p> <p><input type="checkbox"/> 高空作业车应由持证驾驶员操控，高空作业车移动过程必须有人指挥、监护。</p> <p><input type="checkbox"/> 短路二次绕组时应认真核对，必要时查看图纸。试验前应仔细检查二次接线连接可靠，不能缠绕，非被试绕组是否短路。</p> <p><input type="checkbox"/> 拆除电流互感器的二次回路接线时要做好记录，恢复时必须认真检查核对。</p> <p><input type="checkbox"/> 工作人员在试验工作结束后应认真检查，确认现场无遗留工具和杂物</p>
2	感应电	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	登高作业安全防护措施不完善	跌落	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	高空坠落工具	砸伤	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	高空作业车与周围带电设备安全距离不够	部分停电	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	高空作业车与周围设备距离不够	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	二次回路开路	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	恢复电流互感器时二次回路接线有可能发生错误	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
9	遗留工具到现场	设备损坏	<input type="checkbox"/> 低风险	

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

电压互感器误差现场检验 作业指导书

编码：TSSY-ZW-08



目 次

1 适用范围	57
2 编写依据	57
3 作业流程	57
4 安全风险辨析与预控	58
5 作业准备	58
6 作业方法	59
7 质量控制措施及检验标准	61

1 适用范围

本作业指导书适用于南方电网公司范围内新装设及运行中的计量用电压互感器（或电压互感器计量绕组）误差的现场检验。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称	颁发机构
1	JJG 1021 电力互感器	国家质量监督检验检疫总局
2	JJG 314 测量用电压互感器	国家技术监督局
3	DL 408 电业安全工作规程（发电厂和变电所电气部分）	中华人民共和国能源部
4	Q/CSG 1004 电气工作票技术规范（发电、变电部分）	中国南方电网公司

3 作业流程

作业（工序）流程见图 3-1。

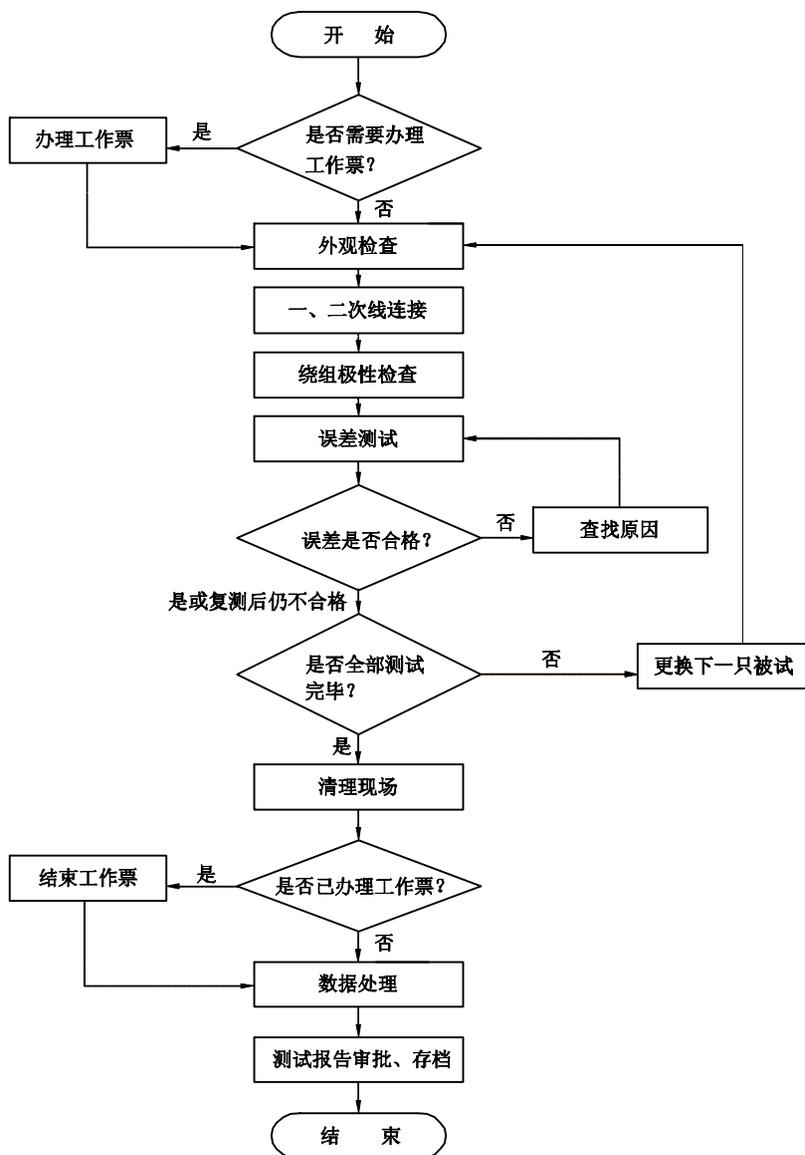


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 电压互感器误差现场检验施工前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（以下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与电压互感器误差现场检验施工相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：TSSY-ZW-08-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备吊装时绑扎不稳	设备破损	低风险	设备起吊前检查绑带或钢丝绳，确认绑扎牢固
2	试验设备吊装时个人安全防护措施不完善	砸伤	低风险	应正确佩戴安全帽，设备起吊过程中严禁站在设备或吊臂的正下方。设备摆动时不得靠近，待稳定后再工作
3	试验设备吊装时与带电设备安全距离不够	部分停电	低风险	工作人员应熟悉现场环境，与带电设备保持足够的安全距离。吊车应由持证人员操作，吊装过程中必须有专人指挥、监护
4	感应电	触电	低风险	在工作现场，应设置可靠的地线，并将相关的设备的外壳与地线可靠连接
5	误入带电间隔	触电	低风险	试验工作前，工作负责人应向班组人员交待清楚工作地点、工作内容、现场安全措施、邻近带电部位和安全注意事项
6	二次绕组短路	设备破损	低风险	在开始试验前应专人核对二次接线，确保无误
7	登高作业安全防护措施不完善	跌落	低风险	工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须佩戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用
8	高空跌落工具	砸伤	低风险	高处作业时，应正确佩戴、使用工具，防止工具跌落，同时做好监护，接线区域下方禁止站人
9	误入试验高压区域	触电	低风险	试验工作前，工作负责人必须确定工作范围，设置安全围栏，不要有缺口；在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入
10	恢复电压互感器时二次回路接线有可能发生错误	设备破损	低风险	拆除电压互感器的二次回路接线时要做好记录，恢复时必须认真检查核对
11	残余电荷	触电	低风险	降压后应及时挂设地线，待充分放电后方可操作
12	现场遗留工具	设备损坏	低风险	工作人员在试验工作结束后应进行认真检查，确认现场无遗留工具和杂物

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 人员配备表

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
检验前准备	2	1	
检验过程	3~5	1	1
检验数据处理	1	1	

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 主要工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置表

序号	名称	等级	单位	数量	备注
1	标准电压互感器	0.05 级及以上	台	1	台数可视需要增加
2	电压升压装置		套（台）	1	台数可视需要增加
3	调压器		台	1	
4	电压负荷箱	3	台	3	台数可视二次绕组数增减
5	互感器校验仪	2	台	2	其中 1 台备用
6	一次连接线		卷	1	截面 1.5mm ² 及以上的裸铜线
7	二次连接线		组	1	截面 1.5mm ² 及以上的绝缘导线
8	接地线		卷	1	截面 6mm ² 以上
9	电源线		卷	1	截面 6mm ² 以上
10	万用表	3	个	1	
11	接地杆		根	1	
12	伸缩绝缘杆		根	1~2	挂接一次导线用，可视需要定
13	绝缘人字梯		把	1~2	视需要定
14	工具箱		个	1	内装常用工具

注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。

6 作业方法

6.1 施工准备

6.1.1 明确作业内容外观检查，绕组的极性检查，计量绕组的误差检验。

6.1.2 外观检查，如有下列缺陷之一者，需修复后方予检验。

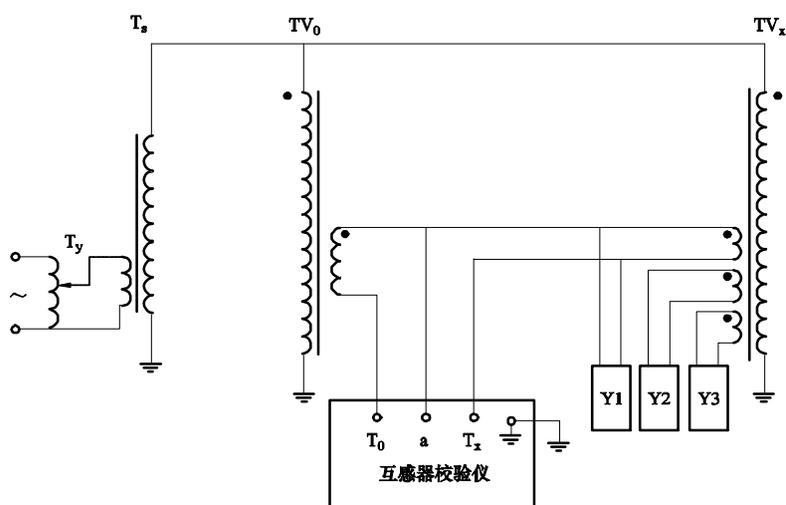
- (1) 外观损伤，绝缘套管不清洁。对油浸式，油标指示位置不合乎规定；对环氧树脂式，有裂痕。

- (2) 铭牌及必要的标志不完整（包括技术参数、极性标志、额定绝缘水平、互感器型号、出厂序号、制造年月、准确度等级等）。
- (3) 接线端钮缺少、损坏或无标记。

6.1.3 明确试验接线。用比较法进行电压互感器误差测试。本作业指导书给出两种单相电压互感器误差测试的典型原理接线。使用其他原理接线请参照设备使用说明书或相关规程。

测试电磁式电压互感器时，可使用电磁式升压器或现场的其他相被试电压互感器反充作为升压器。测试电容式电压互感器时，应使用谐振升压装置。测试 GIS 组合电器中的电磁式电压互感器时，应使用外加的升压器进行升压。

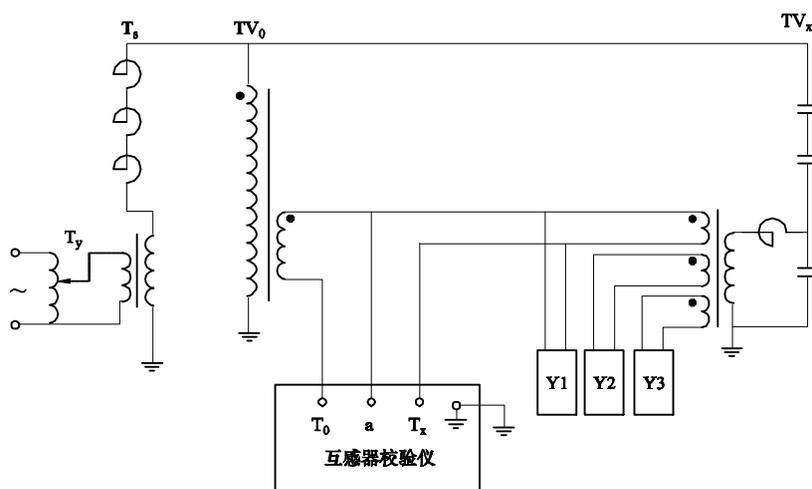
- (1) 测试电磁式电压互感器误差的原理接线见图 6-1。



T_y —调压器； T_s —升压器； TV_0 —标准电压互感器； TV_x —被试电压互感器；Y1、Y2、Y3—电压负荷箱

图 6-1 测试电磁式电压互感器误差的原理接线图

- (2) 测试电容式电压互感器误差的原理接线见图 6-2。



T_y —调压器； T_s —谐振升压器； TV_0 —标准电压互感器； TV_x —被试电压互感器；Y1、Y2、Y3—电压负荷箱

图 6-2 测试电容式电压互感器误差的原理接线图

6.2 施工操作

6.2.1 一次试验线的连接。按所使用的原理接线图连接一次试验导线。

- (1) 高压引线推荐使用直径 $1.5 \sim 2.5 \text{mm}^2$ 软铜裸线，35kV 及以下的电压等级可使用硬铜线。
- (2) GIS 组合电器的电压互感器从出线套管上连接一次导线。

- (3) 试品顶部到高压架空线的高压引线必须拆除，拆除时必须用专用接地线把架空线接地。拆除后的架空线用绝缘绳紧固，与试品的距离：500kV 等级不小于 2m；220kV 等级不小于 1m；110kV 等级不小于 0.5m。
- (4) 对线路电压互感器测试时，允许带避雷器和阻波器升压，应把避雷器低端接地。
- (5) 对母线电压互感器测试时，应断开电压互感器隔离开关。
- (6) 应将电压互感器高压侧可靠接地后，方可接触一次高压线。
- (7) GIS 组合电器的试验时，应注意绝缘隔离（可使用环氧树脂板等绝缘板）和挂接地线。
- (8) 用于载波通信的电容式电压互感器，试验时应短接载波接入端子，合上载波短路隔离开关，没有隔离开关时可用导线短接载波保护球隙。

6.2.2 二次试验线的连接。

- (1) 打开被试电压互感器底座上的接线盒，拆下计量绕组及其他绕组的二次引线，并作相应的标记和绝缘措施（防止接地短路和恢复接线时接错）。
- (2) 按所使用的原理接线图连接二次试验导线。应注意以下事项：
 - a) 误差测量回路导线必须专用；
 - b) 误差测量回路的二次导线必须用螺丝连接，不得用接线夹连接；
 - c) 连接被试绕组的测量回路导线和电压负荷箱回路导线应相互独立，在被试绕组的二次端子处并联，不得共用回路导线，以免带来附加误差；
 - d) 每一个绕组只允许有一个接地点，被试绕组应在校验仪处接地。

6.2.3 绕组的极性检查。用互感器校验仪进行极性检查。当按规定的标记接好试验线通电时，如发现校验仪的极性指示器动作而又排除是由于变比接错、误差过大等因素所致，则可确认被试与标准电压互感器的极性相反（标准电压互感器的极性为减极性）。

6.2.4 误差测量。

- (1) 将互感器校验仪置于电压互感器误差测量档。平稳地升起一次电压至额定值 20% 左右，读取校验仪读数。如未发现异常，升压到最大测量电压点，然后降到零准备正式测量。如有异常，应排除后再测试。
- (2) 在额定负荷点测量电压额定百分数 80%、100%、115% 点（500kV 为 110%）的误差（额定负荷点是指除剩余绕组外的其余绕组均带额定二次负荷）。
- (3) 在下限负荷点测量电压百分数 80%、100% 点的误差（下限负荷点是指被试绕组接 2.5VA，其余绕组负荷为零）。
- (4) 误差测量点可根据实际情况和要求增减。
- (5) 测试过程中按规定的格式和要求做好原始记录，原始记录填写应用签字笔或钢笔书写，不得任意修改。

6.2.5 检验结束。

- (1) 试验完毕，拆除一、二次试验接线。
- (2) 恢复被测电压互感器接线并检查核对。
- (3) 收拾试验设备，清理现场，试验人员撤离工作现场。

6.2.6 检验结果的处理。计量用电压互感器（或电压互感器的计量绕组）的准确度等级为 0.2 级，其允许误差见表 6-1。判断被试电压互感器的误差是否合格，应以修约后的数据为准。误差的修约间隔见表 6-2。

表 6-1 电压互感器允许误差限值

准确等级	U_p/U_n (%)	80	100	115 (110) *
0.2	比值差 (±%)	0.2	0.2	0.2

	相位差 (±′)	10	10	10
--	----------	----	----	----

* 500kV 为 110%。

表 6-2 误差数据修约间隔

准确等级	比值差	相位差
0.2	0.02	1

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

对计量用的电压互感器或电压互感器的计量绕组，误差测量时读取的比值差保留到 0.001%，相位差保留到 0.01′。判断被试的电压互感器是否合格，应该看其在额定负载和下限负载时的误差是否符合表 6-1 的要求。

对测量中误差超过表 6-1 的要求，但不超过 1.5 倍时，应该进行复测。

7.2 质量控制表单

质量控制见表 7-1。

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	电容式电压互感器试验	●		
2	电磁式电压互感器试验	●		

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

电压互感器误差现场检验应遵循 JJG 1021—2007《电力互感器》的 Q/CSG 表 4-9.1.2、Q/CSG 表 4-9.2.1、Q/CSG 表 4-10.1.2、Q/CSG 表 4-10.2.1、要求进行。

附件1 安全施工作业票

编码：TSSY-ZW-08-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	试验设备吊装时 绑扎不稳	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 工作人员应正确穿戴安全帽、工作鞋和绝缘手套。 <input type="checkbox"/> 设备起吊前应检查绑带或钢丝绳，确认绑扎牢固。 <input type="checkbox"/> 设备起吊过程严禁站在设备或吊臂的正下方。设备摆动时不得靠近，待稳定后再工作。 <input type="checkbox"/> 工作人员应熟悉现场环境，与带电设备保持足够的安全距离。吊车应由持证人员操作，吊装过程中必须有专人指挥、监护。 <input type="checkbox"/> 在工作现场，应设置可靠的地线，并将相关设备的外壳与地线可靠连接。被试电压互感器非测试二次绕组的低端应可靠接地。 <input type="checkbox"/> 试验工作前，现场负责人应向班组人员交代清楚工作地点、工作内容、现场安全措施，邻近带电部位和安全注意事项。 <input type="checkbox"/> 二次接线时认真核对，必要时应查看图纸，确保无误。 <input type="checkbox"/> 工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须穿戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用。 <input type="checkbox"/> 高处作业应正确穿戴、使用工具，防止跌落，同时做好监护，接线区域下方禁止站人。 <input type="checkbox"/> 试验工作前，现场负责人必须确定工作范围，设立安全围栏并悬挂标示牌；在安全围栏周围派人监护，防止无关人员进入，加压过程中设专人监护。 <input type="checkbox"/> 拆除电压互感器的二次回路接线时要做好记录，恢复时必须认真检查核对。 <input type="checkbox"/> 试验结束后应及时挂设地线，待充分放电后方可操作。 <input type="checkbox"/> 工作人员在试验结束后应进行认真检查，确认现场无遗留工具和杂物
2	试验设备吊装时 安全防护措施 不完善	砸伤	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	试验设备吊装时 与带电设备安全 距离不够	部分停电	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	感应电	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	误入带电间隔	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	二次绕组短路	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	登高作业安全防护 措施不完善	跌落	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	高空坠落工具	砸伤	<input type="checkbox"/> 低风险	
9	误入高压试验 区域	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
10	恢复电压互感器 时二次回路接线 有可能发生错误	设备破损	<input type="checkbox"/> 低风险	
11	残余电荷	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
12	遗留工具到现场	设备损坏	<input type="checkbox"/> 低风险	

安全补充事项/平面布置图

安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。



中国南方电网有限责任公司电网建设施工作业指导书

第4部分：电气试验

绝缘油交接试验作业指导书

编码：TSSY-ZW-09



目 次

1 适用范围	65
2 编写依据	65
3 作业流程	66
4 安全风险辨析与预控	67
5 作业准备	69
6 作业方法	71
7 质量控制措施及检验标准	90

1 适用范围

绝缘油是充油电气设备中重要的介质之一，具有绝缘、散热冷却、信息载体和保护铁心、绕组及纤维绝缘材料等重要功能。绝缘油交接试验包括变压器、电抗器、油浸式互感器、油浸式套管和充油电缆等各类充油电气设备用绝缘油的取样和按照 GB 50150《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》要求在设备投入运行前进行的相关理化、电气性能项目的试验，以确保油质符合质量标准要求，保证用油设备投入运行后安全稳定运行。

本作业指导书适用于 110~500kV 电压等级新安装的按照国家相关出厂试验标准试验合格的电气设备绝缘油交接试验作业。

2 编写依据

表 2-1 编写依据

序号	引用资料名称
1	GB 50150—2006 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
2	Q/DG 1 1157.77~86—2009 电气设备预防性试验作业指导书
3	DL 409 电业安全工作规程
4	DL 5009.3 电力建设安全工作规程
5	Q/CSG 1 0004 电气工作票技术规范（发电、变电部分）
6	DL/T 703 绝缘油中含气量的气相色谱测定法
7	DL 429.7 油泥析出测定法
8	DL 429.9 绝缘油介电强度测定法
9	DL 450 绝缘油中含气量的测定方法（二氧化碳洗脱法）
10	DL/T 423 绝缘油中含气量测定—真空压差法
11	DL/T 722 变压器油中溶解气体分析和判断导则
12	DL/T 421 绝缘油体积电阻率测定法
13	GB/T 261—1983 石油产品闪点测定法（闭口杯法）
14	GB/T 511 石油产品和添加剂机械杂质测定法（重量法）
15	GB/T 510 石油产品凝点测定法
16	GB/T 1884 原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）
17	DL/T 1096 变压器油中颗粒度限值
18	GB 2536 变压器油
19	DL/T 1094 电力变压器用绝缘油选用指南
20	GB/T 17623 绝缘油中溶解气体组分含量气相色谱测定法
21	GB/T 5654 液体绝缘材料工频相对介电常数、介质损耗因数和体积电阻率的测量
22	GB/T 507 绝缘油击穿电压测定法
23	GB/T 6541 石油产品油对水界面张力测定法（圆环法）
24	GB/T 264 石油产品酸值测定法
25	GB/T 7252 变压器油中溶解气体分析和判断导则
26	GB 7595 运行中变压器油质量
27	GB 7597 电力用油（变压器油、汽轮机油）取样方法
28	GB/T 7598 运行中变压器油、汽轮机油水溶性酸测定法（比色法）
29	GB/T 7600 运行中变压器油水分含量测定方法（库仑法）
30	GB/T 7601 运行中变压器油水分测定法（气相色谱法）
31	GB/T 14542 运行变压器油维护管理导则

3 作业流程

作业（工序）流程见图 3-1。

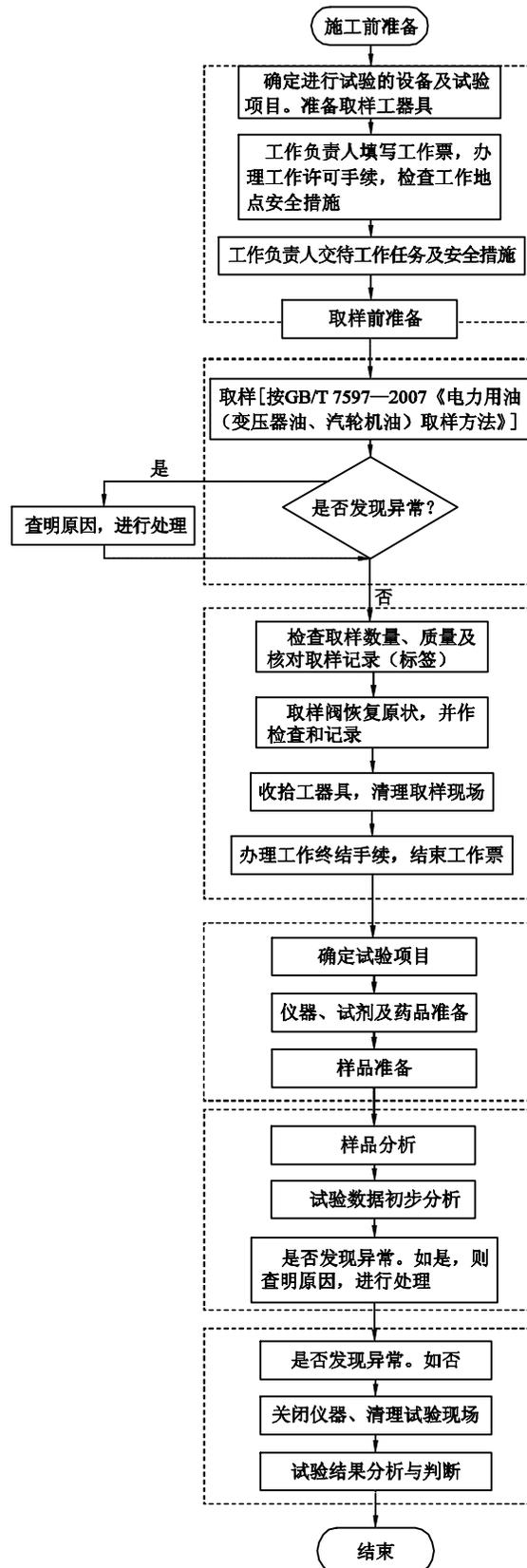


图 3-1 作业（工序）流程图

4 安全风险辨析与预控

4.1 绝缘油交接试验施工前，施工项目部根据该项目作业任务、施工条件，参照《电网建设施工安全基准风险指南》（下简称《指南》）开展针对性安全风险评估工作，形成该任务的风险分析表。

4.2 按《指南》中与绝缘油交接试验施工相关联的《电网建设安全施工作业票》（编码：TSSY-ZW-09-01/01），结合现场实际情况进行差异化分析，确定风险等级，现场技术员填写安全施工作业票，安全员审核，施工负责人签发。

4.3 施工负责人核对风险控制措施，并在日站班会上对全体作业人员进行安全交底，接受交底的作业人员负责将安全措施落实到各作业任务和步骤中。

4.4 安全施工作业票由施工负责人现场持有，工作内容、地点不变时可连续使用 10 天，超过 10 天须重新办理作业票，在工作完成后上交项目部保存备查。

表 4-1 作业任务安全基准风险指南

序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	登高作业安全防护措施不完善	跌落	低风险	工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须佩戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用
2	与带电设备的安全距离不够	触电	低风险	工作前，工作负责人应向班组人员交待清楚工作地点、工作内容、现场安全措施、邻近带电部位和安全注意事项
3	油位不足	设备性能下降	低风险	试验前应检查绝缘油位，发现油位过低时应及时通知值班人员，说明情况，待补油后或安排停电时才进行测试
4	取样阀恢复时未关紧	设备性能下降	低风险	取样结束后应确认取样阀关紧之后方可离开
5	化学试剂不慎外洒	接触性皮肤伤害	低风险	在使用化学试剂、溶剂等时，应佩戴医用橡胶手套和防护眼镜，并按照规程规定进行作业
6	试验仪器漏电	触电	低风险	检查确认试验仪器的金属外壳应专设地线并接触良好
7	误触带电试验设备	触电	低风险	试验前，现场负责人必须确定工作范围，设立安全围栏并悬挂标示牌；并派人监护，防止无关人员进入
8	注射器使用不当	刺伤	可接受的风险	按规程规定进行操作，进样注射器与进样口保持垂直
9	燃气漏气着火	灼伤	低风险	试验室严禁烟火。开启（引）燃气后要进行检查，保证各气路管道连接口无泄漏
10	操作不当而烫伤	烫伤	可接受的风险	在进行试验时应按规程规定进行操作，防止烫伤，必要时佩戴防热手套
11	试剂意外着火燃烧	灼伤	低风险	对于易燃化学试剂，其盛装的设备必须完好；使用时要远离火源，在指定位置上操作
12	试验时样品瓶爆裂	灼伤	低风险	试验前检查样品瓶应完好，并佩戴防护眼镜，按规程规定进行操作
13	化学试剂未清理干净	接触性皮肤伤害	可接受的风险	试验结束后应确认化学试剂等清理干净方可离开

5 作业准备

5.1 人员配备

表 5-1 人员配备表

工序名称	建议工作人数	负责人数	监护人数
取样前准备	至少 2	1	
取样	至少 2	1	1
取样记录	至少 2	1	
试验前准备（1 项）	至少 1	1	
绝缘油试验（1 项）	至少 1	1	
试验数据记录与分析	至少 1	1	

注：作业人数根据具体工程量规模配备。

5.2 主要工器具及仪器仪表配置

表 5-2 主要工器具及仪器仪表配置表

取样工器具及仪器仪表					
序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
1	标示牌	要求规格	个	若干	
2	安全帽	要求规格	顶	若干	
3	安全带和登高工具（扶梯）	要求规格	条（把）	若干	高空作业或必要时使用
4	扳手、管子钳、螺丝刀、等常用工具	要求规格	把	一套	
5	温、湿度计	标准	只	1	
6	记录笔、干净棉纱（擦布）等材料	要求规格		若干	
7	500mL（125mL）磨口具塞玻璃瓶或专用金属取样瓶、250mL 颗粒度专用取样瓶 [具盖（塞）和塑料薄膜衬垫]、20~100mL 玻璃注射器、医用金属三通阀、透明软胶管（耐油）、注射器头部用小胶头	要求规格	个（支）	若干	
8	具有防振、防潮和避光的油样箱和专用的注射器金属油样箱（盒）	要求规格	个	若干	
9	取样记录（标签）	要求规格	张	若干	
绝缘油试验工器具及仪器仪表					
1	介质损耗因数与体积电阻率试验仪	符合要求	台	1	
2	击穿电压试验仪、间隙器	符合要求	套	1	

表 5-2（续）

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
3	气相色谱仪、恒温定时振荡器	气相色谱仪技术参数应符合 GB/T 17623 标准要求	套	1	
4	氢气、氮气、氩气、压缩空气、标准混合气体	氢气、氮气和氩气纯度不低于 9.99%；压缩空气应纯净无油	瓶（台：气体发生器）	各 1	
5	微库仑分析仪	符合要求	台	1	
6	闭口闪点测定仪、试验油杯	符合 SH/T 0315《闭口闪点测定器技术条件》	台	1	
7	煤气瓶	5L	个	1	
8	界面张力测定仪	铂丝圆环：周长为 40mm 或 60mm、试样杯（直径不小于 45mm 的圆柱形器皿）	台	1	
9	密度计	符合要求	套	1	
10	颗粒计数器	符合要求	台	1	
11	球形或直形回流冷凝器	长约 30cm	支	2	
12	微量滴定管	1~2mL，分度 0.02mL	支	2	
13	水浴加热器	符合要求	台	1	
14	氢氧化钾乙醇溶液	配成 0.02~0.05mol/L 氢氧化钾—乙醇溶液	瓶	1	
15	溴百里香草酚蓝（BTB）指示剂	分析纯	瓶	1	
16	氢氧化钾、无水乙醇	分析纯	瓶	若干	
17	pH 比色计或海立奇比色计	pH 为 3.8~7.0，间隔 0.2	台	1	
18	比色管	比色管：直径为 15mm，容量 10mL（或海立奇比色计用为 8mL）	个	若干	
19	比色盒或海立奇比色计用比色盘	pH 为 3.8~5.4（溴甲酚绿），pH 为 6.0~7.6（溴百里香草酚蓝），间隔为 0.2	个	1	
20	分液漏斗	250mL	个	若干	
21	加热水浴（或水浴加热振荡仪）	符合要求	台	1	
22	pH 指示剂—溴甲酚绿、溴甲酚紫、溴百里香草酚蓝（溴麝香草酚蓝）	分析纯	瓶	若干	
23	试验用水	除盐水或二次蒸馏水，煮沸后，pH 为 6.0~7.0，电导率小于 3 μ S/cm	瓶	若干	

表 5-2 (续)

序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
24	试剂	苯二甲酸氢钾(基准试剂)、磷酸二氢钾(基准试剂)、氢氧化钠(分析纯)、盐酸(分析纯,相对密度为 1.19); 石油醚(分析纯)、丁酮(分析纯) 苯二甲酸氢钾、磷酸二氢钾试剂均应进行干燥,干燥温度为 100℃~110℃	瓶	若干	
25	凝点仪	室温~-60℃	台	1	
26	烘箱	室温~300℃	台	1	
27	酒精灯	符合要求	个	1	
28	温度计	0~110℃	支	若干	
29	温、湿度计	符合要求	个	若干	
30	低压验电笔	符合要求	支	若干	
31	试验记录		本	若干	
32	集废油(液)桶		个	若干	

注：主要工器具及仪器仪表根据具体工程量规模配备。

6 作业方法

6.1 施工准备

6.1.1 变压器、电抗器绝缘油试验项目按 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》中表 20.0.1 和表 20.0.2 规定执行。有载调压切换装置绝缘油注入切换开关油箱前应进行击穿电压测定。

6.1.2 对电压等级在 66kV 以上的变压器、电抗器应在注油静置后、耐压和局部放电试验 24h 后、冲击合闸额定电压运行 24h 后，各进行一次变压器、电抗器器身内绝缘油的油中溶解气体的色谱分析。

6.1.3 电压等级为 500kV 的变压器、电抗器，按照规定时间静置后取样测量油中的含气量。

6.1.4 对电压等级 500kV 的变压器、电抗器投运前（热循环后）取样测量油中颗粒污染度。

6.1.5 电压等级 66kV 及以上的油浸式电压互感器（包括电容式电压互感器），感应耐压试验前后，应各进行一次绝缘油的色谱分析。

6.1.6 对绝缘性能有怀疑的互感器，应检测绝缘介质性能，并符合下列规定：

- (1) 绝缘油的性能应符合表 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》中 20.0.1 和 20.0.2 规定要求；
- (2) 电压等级在 66kV 以上的油浸式互感器，应进行油中溶解气体的色谱分析。

6.1.7 套管中的绝缘油应有出厂试验报告，现场可不进行试验。但当有下列情况之一者，应取油样进行水分、击穿电压、色谱分析试验：

- (1) 套管主绝缘的介质损耗角正切值超过 0.7%（500kV 套管 0.5%）的规定值；
- (2) 套管密封损坏，抽压或测量小套管的绝缘电阻不符合要求；
- (3) 套管由于渗漏等原因需要重新补油时。

6.1.8 套管绝缘油的补充或更换时进行的试验，应符合下列规定：

- (1) 换油时应按 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》中表 20.0.1 的规定进行；
- (2) 电压等级为 500kV 的套管绝缘油，宜进行油中溶解气体的色谱分析；
- (3) 补充绝缘油时，除按上述规定外，必须按有关规定进行油的相容性（混合）试验；

(4) 充油电缆的套管需进行油的试验时，可按 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》中表 18.0.8 规定进行。

6.1.9 断路器绝缘油试验，应按 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》中表 20.0.1 的规定进行。对灭弧室、支柱瓷套等油路相互隔绝的断路器，应从各部件中分别取油样进行试验。

6.1.10 充油电缆的绝缘油试验，应符合 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》中表 18.0.8 的规定。

6.1.11 取样工器具准备：收拾需要携带的取样瓶、注射器及必需的取样工器具，检查所带的取样瓶和注射器数量和是否符合要求，检查所带工器具是否完备。

6.1.12 工作负责人办理工作许可手续，检查工作地点的安全措施：工作负责人应认真填写变电站工作票，办理工作许可手续。进入现场必须戴安全帽，工作负责人应在值班人员的带领下检查工作地点的安全措施是否完备。

6.1.13 交待工作任务及安全措施：工作负责人在开始工作前向全体人员交待清楚工作地点、工作任务、现场安全措施，邻近带电部位和安全注意事项。确认取样设备的取样口位置，防止走错间隔。需要登高取样应有配备足够的安全措施。

6.1.14 取样前准备工作：把取样容器及工器具等放置在工作地点，必要时准备合适梯子或登高器具，在试验现场检查安全措施，抄录设备铭牌，记录现场温度、湿度，取样容器贴上取样记录标签，并检查油位情况，检查取样口外观完好，无渗漏。

6.1.15 常规分析（外状、水溶性酸、酸值、闭口闪点、界面张力、介质损耗因数、击穿电压）、体积电阻率作业要求。

- (1) 取样瓶一般使用 500mL 磨口具塞玻璃瓶，先用洗涤剂进行清洗，再用自来水冲洗，最后用蒸馏水洗净，烘干、冷却后盖紧瓶塞备用。
- (2) 取样前，贴上取样标签。油样应能代表设备本体油，应避免在油循环不够充分的死角处取样。对于变压器、油断路器或其他充油电气设备，一般应从下部阀门处取样。但在特殊情况下可在不同取样部位取样。取样前油阀门需先用干净甲级棉纱或布擦净，再放油冲洗干净。
- (3) 常规分析取样量根据设备油量情况，以够试验用为限。取样后盖紧瓶塞密封，瓶外壁用干净布擦净。
- (4) 油样在运输中应尽量避免剧烈振动，防止容器破碎，尽可能避免空运。油样运输和保存期间，必须避光。

6.1.16 水分作业要求。

- (1) 应使用 20~100mL 玻璃注射器（取样瓶），取样前取样容器按顺序用有机溶剂、自来水、蒸馏水洗净，并充分烘干，玻璃注射器（取样瓶）干燥后立即用小胶头（瓶盖）密封头部备用。
- (2) 取样前，贴上取样标签。油样应能代表设备本体油，应避免在油循环不够充分的死角处取样。对于变压器、油断路器或其他充油电气设备，一般应从下部阀门处取样。但在特殊情况下可在不同取样部位取样。取样前油阀门需先用干净棉纱或布擦净，再放油冲洗干净。
- (3) 取样要求全密封，即要求取样连接方式可靠，既不能让油中溶解水分及气体逸散，也不能混入空气，操作时油中不得产生气泡。
- (4) 取样量为 20~80mL（取样瓶取样需取满瓶）。
- (5) 取样应在晴天进行，相对湿度不大于 80%。取样后要求注射器芯子能自由滑动，以避免形成负压空腔。油样注射器擦净后放在具有防振、防潮和避光的专用注射器金属油样箱内保存。
- (6) 油样在运输中应尽量避免剧烈振动，防止容器破碎，尽可能避免空运。油样运输和保存期间，必须避光，并保证注射器芯能自由滑动。

6.1.17 色谱分析、油中含气量作业要求。

- (1) 使用 100mL 玻璃注射器，取样前注射器按顺序用有机溶剂、自来水、蒸馏水洗净，并充分干燥，干燥后立即用小胶头盖住头部备用。

- (2) 取样量为 50~80mL。
- (3) 取样前，贴上取样标签。油样应能代表设备本体油，应避免在油循环不够充分的死角处取样。对于变压器、油断路器或其他充油电气设备，一般应从下部阀门处取样。但在特殊情况下可在不同取样部位取样。取样前油阀门需先用干净棉纱或布擦净，再放油冲洗干净。
- (4) 取样要求全密封，即要求取样连接方式可靠，既不能让油中溶解水分及气体逸散，也不能混入空气，操作时油中不得产生气泡。
- (5) 取样应在晴天进行，相对湿度不大于 80%。取样后要求注射器芯子能自由滑动，以避免形成负压空腔。油样注射器擦净后放在具有防振、防潮和避光的专用注射器金属油样箱内保存。
- (6) 油样在运输中应尽量避免剧烈振动，防止容器破碎，尽可能避免空运。油样运输和保存期间，必须避光，并保证注射器芯能自由滑动。

6.1.18 颗粒度作业要求。

- (1) 取样容器为 250mL 取样瓶 [具盖(塞)和塑料薄膜衬垫]，取样瓶经严格清洁处理干燥后密封备用。
- (2) 取样前，贴上取样标签。从设备中取样时，先放油将取样阀冲洗干净。在不改变流量的情况下，取油至取样瓶五分之四容积处。如有的设备不能连接导管取样时，尽量缩短开瓶时间，取样后，先移走取样瓶，然后关闭取样阀。油样应密封保存，最好不要倒置，测试时再启封。

6.1.19 检查油样数量、质量及取样标签记录：检查油样数量、质量是否满足要求，取样标签记录是否准确、完整。工作负责人及各取样人员在取样标签记录签名确认。绝缘油各试验项目取样容器和取样量要求见表 6-1。

6.1.20 取样阀恢复原状并作检查：把取样阀螺丝或取样阀上(关)紧，油桶(罐、槽车)盖拧紧，用棉纱抹干净取样阀周围的油迹，观察没有渗油、滴漏及挂珠现象，检查设备油位正常。

6.1.21 收拾工器具并清理现场：取样结束后，将油样放好，收拾工器具放回原处，清理干净工作现场地面油污。

表 6-1 绝缘油各试验项目取样容器和取样量要求

试验项目	取样容器	取样量	备注
常规分析(外状、水溶性酸、酸值、闭口闪点、界面张力、介质损耗因数、击穿电压)、体积电阻率	一般使用 500mL 磨口具塞玻璃瓶	以够试验用为限	(1) 外状、水溶性酸、酸值、闭口闪点、界面张力可合为一瓶(500mL)； (2) 介质损耗因数、击穿电压试验项目应单独各一瓶(各 500mL)
水分	20~100mL 玻璃注射器(取样瓶)	20~80mL(取样瓶取样需取满瓶)	
色谱分析、油中含气量	100mL 玻璃注射器	50~80mL	
颗粒度	250mL 取样瓶[具盖(塞)和塑料薄膜衬垫]	取样瓶五分之四容积	

6.2 施工操作

6.2.1 介质损耗因数与体积电阻率测量(见表 6-2)。

表 6-2 介质损耗因数与体积电阻率测量表

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验前准备工作				
1	检查送检油样	试验人员检查所送样品是否规范	1) 样品包封、标签信息完整； 2) 样品在有效期内	1) 样品包封、标签信息应完整； 2) 送样应及时

表 6-2 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
2	准备工作	1) 检查试验仪器是否可靠接地; 2) 检查测试仪测量连接线是否有效连接	1) 试验仪器应可靠接地; 2) 测量连接线连接良好	1) 开机前, 试验人员应先检查试验仪器接地情况; 2) 确认测量连接线连接良好
测量介质损耗因数				
1	清洁样瓶口	检查瓶口是否清洁	避免瓶口内壁残留物造成污染	利用洁净的绸布或细滤纸擦净样瓶口; 倒出一点样品冲洗瓶口
2	清洗电极	用待试样品冲洗电极	避免电极残留物造成污染	用样品冲洗, 使电极状态和注入样品后一致
3	设定加热温度	将加热温度设定为标准要求的 90℃ (电缆油为 100℃)	温度设定错误	认真检查设定值
4	对试样进行加热	控制加热达到预设定温度, 内外电极间的温度差小于 ±1℃	测量结果不准确	认真观察温度值, 确认温度差在 ±1℃ 以内, 再加压进行测量
5	启动测量	当加热达到预设定温度, 启动测量	温度符合要求	确认内外电极间的温度差小于 ±1℃ 时
6	记录试验结果	取两次有效测量值中较小的一个值作为样品的 $\tan\delta$ 值	注意两次读数的差别不应大于 0.0001 加上两个测量值中较大一个的 25%	如果不能满足上述重复性要求, 需要继续对试样进行测量, 直到相邻两次读数之间的差别不大于 0.0001 加上两个测量值中较大一个的 25% 时, 测量结果才有意义
体积电阻率测试				
1	清洁样瓶口	检查瓶口是否清洁	避免瓶口内壁残留物造成污染	利用洁净的绸布或细滤纸擦净样瓶口; 倒出一点样品冲洗瓶口
2	清洗电极	用待试样品冲洗电极	避免电极残留物造成污染	用样品冲洗, 使电极状态和注入样品后一致
3	设定加热温度	将加热温度设定为标准要求的 90℃	温度设定错误	认真检查设定值
4	对试样进行加热	控制加热达到预设定温度, 内外电极间的温度差小于 ±1℃	测量结果不准确	认真观察温度值, 确认温度差在 ±1℃ 以内, 再加压进行测量
5	启动测量	当加热达到预设定温度, 内外电极间的温度差小于 ±1℃, 两电极间充电时间达到 60s 时, 启动测量	1) 试验电压选择正确; 2) 充电时间足够	1) 直流试验电压按 200 ~ 300V/mm 场强选择; 2) 充电时间应达到 60s
工作 结 束				
1	检查各项试验结果	记录数据并签名	测量数据准确	检查各项试验项目、数据是否齐全、数据记录是否准确, 工作负责人及各试验人员在试验记录上签名确认
2	清洁工作	清洁电极及油杯	电极和油杯洁净	清洁电极和油杯, 如果试样的试验结果不合格, 应该用清洁的油冲洗 3 遍
3	电极、油杯的存放	每次工作完成后, 油杯注入洁净的油 (电极在油杯中)	电极全部浸泡在洁净的油中	用洁净油浸泡电极
4	清理现场、结束工作	清理因试验工作而产生的杂物, 试验后的废油做好密封妥善存放	避免污染环境	将已使用的绸布等擦拭物集中到污染物收集处

表 6-2 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
作业中可能出现的主要异常现象及对策				
1	介质损耗因数测量	测试数据异常	1) 考虑取样条件是否符合要求; 2) 考虑装油器具是否清洁干燥; 3) 考虑电极是否受前次不合格样品影响; 4) 重新取样进行试验	
2	体积电阻率测量	测试数据异常	1) 考虑取样条件是否符合要求; 2) 考虑装油器具是否清洁干燥; 3) 考虑电极是否受前次不合格样品影响; 4) 重新取样进行试验	

6.2.2 击穿电压测量 (见表 6-3)。

表 6-3 击穿电压测量表

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验前准备工作				
1	检查送检油样	试验人员检查所送样品是否规范	1) 样品包封、标签信息完整; 2) 样品量符合要求; 3) 样品在有效期内	1) 样品包封、标签信息应完整; 2) 送样应及时
2	准备工作	1) 检查试验仪器是否可靠接地; 2) 将样品放置在试验室内,待油温和室温相近方可启封; 3) 用量规准确测量两端电极间的距离,油杯电极间距为 $2.5\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$; 4) 在揭盖前,将试油轻轻摇荡,使内部杂质混合均匀,但不得产生气泡; 5) 选择正确的试验方法	1) 试验仪器应可靠接地; 2) 电极形状应严格按照试验方法的规定选择,电极间距离应符合要求; 3) 摇荡时不能产生气泡; 4) 根据设备的电压等级选择正确的试验方法	1) 试验人员应先检查接地情况再打开仪器电源; 2) 用量规对电极间隙进行准确测量; 3) 控制好摇荡的力度和速度使样品不会产生气泡; 4) 对 220kV 及以上电压等级设备应选择 GB/T 507—2002 的方法和试验电极
测量击穿电压				
1	清洁样瓶口	检查瓶口是否清洁	避免瓶口内壁残留物造成污染	利用洁净的绸布或细滤纸擦净样瓶口;倒出一点样品冲洗瓶口
2	清洗试验油杯	用待试样品冲洗油杯和电极 2 次	避免油杯残留物造成污染	用样品冲洗 2 次,使油杯及电极状态和注入样品后一致
3	倒入试样	选择体积为 350~600mL 的试样杯,沿杯壁缓慢倒入试样,倒入过程要避免产生气泡	1) 油杯中不能产生气泡; 2) 操作过程中,防止手触碰油杯内壁、电极和试样	1) 控制倾倒速度; 2) 小心操作,如手不慎触碰油杯内壁、电极和试样,应重新冲洗油杯,再倒入试样
4	放置试样杯	将试样杯正确放置在测量仪的两个电极上,使之接触良好	注意试样杯电极两端和测量仪电极两端应有效接触	放置时认真检查
5	静置	装好试样,检查油中无可见气泡,静置 5~10min	油中无可见气泡	保证要求的静置时间
6	加压试验	开始试验,试验仪将自动使用所选择标准对应的试验方法开始试验;每次试验间隔应自动搅拌 1min,静止 1min	1) 保证两次击穿电压之间的间隔时间; 2) 控制电极间的游离碳和气泡	严格控制开始试验时间及两次击穿电压之间的暂停时间

表 6-3 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
7	计算、分析测量结果	取 6 次连续测定的击穿电压值的算术平均值, 作为平均击穿电压值	根据不同的电极类型, 判断试验结果	不同试验方法要求的试验电极不同, 击穿电压结果有差异: 1) GB/T 507 是采用球型、球盖型两种电极; 2) DL/T 429.9 方法是采用平板型电极; 3) GB/T 7595—2000 中的试验要求为平板电极测定值; 4) 使用 3 种不同形状电极测得的击穿电压之间的差异见标准的附录
工 作 终 结				
1	检查各项试验结果	记录数据并签名	测量数据准确	检查各项试验项目、数据是否齐全、数据记录是否准确, 工作负责人及各试验人员在试验记录上签名确认
2	清洁工作	清洁电极及油杯	电极和油杯洁净	清洁电极和油杯, 如果试样的试验结果不合格, 应该用清洁的油冲洗 3 遍
3	电极、油杯的存放	每次工作完成后, 油杯注入洁净的油 (电极在油杯中)	电极全部浸泡在洁净的油中	用洁净油浸泡电极
4	清理现场、结束工作	清理因试验工作而产生的杂物, 试验后的废油做好密封妥善存放	避免污染环境	将已使用的绸布等擦拭物集中到污染物收集处, 废油做好密封存放
作业中可能出现的主要异常现象及对策				
1	击穿电压试验	测试数据异常		1) 考虑取样条件是否符合要求; 2) 考虑装油器具是否清洁干燥; 3) 考虑试验油杯是否受前次不合格样品影响; 4) 电极松动, 使电极间距减小了; 5) 重新取样进行试验

6.2.3 色谱分析 (见表 6-4)。

表 6-4 色 谱 分 析 表

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验前准备工作				
1	查看送检油样	试验人员检查所送样品是否规范	1) 样品包封、标签记录完整; 2) 样品符合要求; 3) 样品在有效期内	1) 检查样品包封、标签记录; 2) 检查样品是否符合要求; 3) 检查取样时间
2	检查并准备仪器	1) 开机前先检查色谱仪各连接电缆、接地线以及各气路连接是否准确良好。必要时更换进样口硅胶垫片。 2) 打开氮气、氢气、空气钢瓶总阀及各减压阀, 将压力输出调至稍高于仪器工作时所需压力。 3) 预调节仪器各气路稳压阀, 使各气路压力、流量符合仪器工作要求	1) 气体无泄漏; 2) 气体压力正常; 3) 压力、流量符合仪器工作要求	1) 打开各气体钢瓶后用检漏液检查各气体钢瓶总阀、减压阀以及各气路连接部位确认无气体泄漏; 2) 检查确认气体压力输出调至稍高于仪器工作时所需压力; 3) 检查确认仪器各气路压力、流量符合仪器工作要求

表 6-4 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
3	开启试验仪器	1) 确认已打开各气体钢瓶后打开仪器电源开关, 开启鼓风机, 打开各温度控制器升温开关, 设定或检查层析室、TCD、FID 及镍触媒转化器温度。 2) 待层析室、TCD、FID 温度升至设定值, 镍触媒转化器温度升至 360℃时, 对氢焰离子室进行点火。 3) 设定或检查 TCD 电桥电流值。 4) 待仪器性能稳定后, 调节各气路流量符合仪器工作要求。开启色谱分析工作站, 待基线稳定后开始进行分析工作	1) 温度控制正常; 2) 无氢气泄漏, 点火正常; 3) 热导电流正常	1) 注意观察仪器运行是否正常, 用温度计检测层析室使用温度; 2) 检查确认氢焰离子室已点燃; 3) 开启热导池桥流电源时确认已开载气, 调整电流符合要求; 4) 注意室内通风, 严禁一切火种
试 验 工 作				
1	样品准备	1) 试油体积调节: 将 100mL 玻璃注射器 A 中油样部分推出准确调节注射器芯至 40.0mL 刻度, 立即用橡胶封帽将注射器出口密封。为了排除封帽凹部内空气, 可用试油填充凹部或在密封时先用手指压扁封帽挤出凹部空气后进行密封。操作过程应注意防止空气气泡进入油样注射器 A 内。 2) 加平衡载气: 用氮气清洗 5mL 注射器 B 至少 3 次, 然后准确抽取 5.0mL 氮气 (如试油含气量低, 可适当增加其体积), 缓慢注入有试油的注射器 A 内, 并在橡胶封帽上涂上密封脂	1) 空气气泡无进入油样注射器 A 内; 2) 橡胶封帽上已涂上密封脂	1) 细心操作; 2) 确认橡胶封帽上已涂上密封脂
2	振荡脱气	振荡平衡: 将注射器 A 放入恒温定时振荡器内的振荡盘上, 注意放置后的注射器出口在下部。启动振荡器, 在恒温 50℃下连续振荡 20min, 静止 10min	放置振荡器内振荡盘上的注射器出口符合要求	检查确认放置振荡器内振荡盘上的注射器出口在下部
3	转移平衡气	1) 贮气玻璃注射器的准备: 取 5mL 玻璃注射器 C, 抽取少量试油冲洗器筒内壁 1~2 次后, 吸入约 0.5mL 试油, 套上橡胶封帽, 插入双头针头, 针头垂直向上。将注射器内的空气和试油慢慢排出, 使试油充满注射器内壁缝隙而不致残存空气。 2) 转移平衡气: 将注射器 A 从振荡盘中取出, 立即将其中的平衡气通过双头针头转移到注射器 C 内 (应采用微正压法转移)。室温下放置 2min, 准确记录其体积 (准确至 0.1mL), 以备色谱分析用	1) 玻璃注射器 C 已抽取少量试油冲洗器筒内壁; 2) 转移平衡气采用微正压法转移	1) 确认玻璃注射器 C 已抽取少量试油冲洗器筒内壁并符合要求; 2) 确认转移平衡气已采用微正压法转移

表 6-4 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
4	仪器标定	仪器的标定：采用外标定量法。用 1mL 玻璃注射器 D 准确抽出已知各组分浓度的标准混合气体 1mL（或 0.5mL）进行标定。从得到的色谱图上记录各组分的峰面积 A_{i_s} （或峰高 h_{i_s} ）。标定仪器应在仪器运行工况稳定且相同的条件下进行，至少重复操作 2 次，2 次标定的重复性应在平均值的 $\pm 2\%$ 以内，取其平均值作为仪器标定的结果。每次试验均应标定仪器	仪器标定在仪器运行工况稳定且相同的条件下进行	确认仪器标定已在仪器运行工况稳定且相同的条件下进行
5	样品分析	试样分析：用 1mL 玻璃注射器 D 从注射器 C 中准确抽出样品气 1mL（或 0.5mL），进行分析。进样时操作做到进针快、推针快、取针快。从得到的色谱图上记录各组分的峰面积 A_i （或峰高 h_i ）。样品分析应与仪器标定使用同一支进样注射器，取相同进样体积	1) 进样时操作符合要求； 2) 样品分析与仪器标定使用同一支进样注射器和取相同进样体积	1) 进样时操作做到进针快、推针快、取针快； 2) 确认样品分析应与仪器标定使用同一支进样注射器，取相同进样体积
6	结果分析计算	按公式计算油中各分析组分浓度（或由色谱工作站完成）		
7	记录分析结果	在色谱工作站界面观察、分析氢气（ 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 ）各特征气体的出峰情况，记录各气体组分含量		
8	分析及判断	按照 GB/T 7252《变压器油中溶解气体分析和判断导则》或 DL/T 722《变压器油中溶解气体分析和判断导则》进行分析判断		
试验终结				
1	检查试验数据、记录	试验人员检查试验数据、记录是否准确、完整。工作负责人及试验人员在试验记录上签名确认	1) 两次重复试验结果的差值不超过允许差值； 2) 试验数据、记录准确、完整	1) 检查确认两次重复试验结果的差值符合要求； 2) 检查并确认试验数据、记录准确、完整
2	关机	1) 关闭仪器电源； 2) 待仪器温度降至室温时关闭各气路总阀； 3) 整理试验现场工具、仪器设备，工作负责人检查现场	关闭仪器电源和钢瓶阀门	检查确认仪器电源和各气体钢瓶是否已关闭，是否有气体泄漏
作业中可能出现的主要异常现象及对策				
1	开机	1) 温度控制器易失控； 2) 氢焰不能点燃； 3) 热导电流不正常	1) 停止温度控制器，检查原因； 2) 检查气源是否正常，管道是否泄漏，空气与氢气的比例是否合适； 3) 检查热导控制器是否正常，热导丝是否断开	
2	样品分析	1) 仪器基线不稳定漂移； 2) 进样时漏出气样或进样后无 TCD 峰或无 FID 峰或无 CO 和 CO_2 峰； 3) 仪器温度、压力、流量等操作条件变化； 4) 振荡后平衡气样太少不够进样	1) 用检漏液检查各气路接口是否有漏气，若是做紧固或更换密封垫圈处理。检查观察仪器层析室、检测器和转化器温度控制是否稳定，若是做控温部件检查维修或更换处理（联系仪器专业人员到现场维修处理）。进样口硅胶垫片漏气，做更换处理。 2) 检查进样注射器、硅橡胶垫密封性和 TCD 桥流、氢火焰（进样量太大引起氢火焰熄火）、转化器镍触媒是否正常或失效，做处理后重新进样。 3) 待仪器运行条件稳定后重新对仪器进行标定和进样分析。 4) 在不转移平衡气的情况下再追加适量的平衡载气到注射器内，然后重复其余操作步骤	

6.2.4 油中含气量分析（见表 6-5）

表 6-5 油中含气量分析表

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验前准备工作				
1	查看送检油样	试验人员检查所送样品是否规范	1) 样品包封、标签记录完整； 2) 样品符合要求； 3) 样品在有效期内	1) 检查样品包封、标签记录； 2) 检查样品是否符合要求； 3) 检查取样时间
2	检查并准备仪器	1) 开机前先检查色谱仪各连接电缆、接地线以及各气路连接是否准确良好。必要时更换进样口硅胶垫片。 2) 打开氩气、氢气、空气钢瓶总阀及各减压阀，将压力输出调至稍高于仪器工作时所需压力。 3) 预调节仪器各气路稳压阀，使各气路压力、流量符合仪器工作要求。更换进样口硅胶垫片（必要时）	1) 气体无泄漏； 2) 气体压力正常； 3) 压力、流量符合仪器工作要求	1) 打开各气体钢瓶后用检漏液检查各气体钢瓶总阀、减压阀以及各气路连接部位确认无气体泄漏； 2) 检查确认气体压力输出调至稍高于仪器工作时所需压力； 3) 检查确认仪器各气路压力、流量符合仪器工作要求
3	开启试验仪器	1) 确认已打开各气体钢瓶后打开仪器电源开关，开启鼓风机，打开各温度控制器升温开关，设定或检查层析室、TCD、FID 及镍触媒转化器温度。 2) 待层析室、TCD、FID 温度升至设定值，镍触媒转化器温度升至 360℃时，对氢焰离子室进行点火。 3) 设定或检查 TCD 电桥电流值。 4) 待仪器性能稳定后，调节各气路流量符合仪器工作要求。开启色谱分析工作站，待基线稳定后开始进行分析工作	1) 温度控制正常； 2) 无氢气泄漏，点火正常； 3) 热导电流正常	1) 注意观察仪器运行是否正常，用温度计检测层析室使用温度； 2) 检查确认氢焰离子室已点燃； 3) 开启热导池桥流电源时确认已开载气，调整电流符合要求； 4) 注意室内通风，严禁一切火种
试验工作				
1	样品准备	1) 试油体积调节：将 100mL 玻璃注射器 A 中油样部分推出准确调节注射器芯至 40.0mL 刻度，立即用橡胶封帽将注射器出口密封。为了排除封帽凹部内空气，可用试油填充凹部或在密封时先用手指压扁封帽挤出凹部空气后进行密封。操作过程应注意防止空气气泡进入油样注射器 A 内。 2) 加平衡载气：用氩气清洗 5mL 注射器 B 至少 3 次，然后准确抽取 5.0mL 氩气（如试油含气量低，可适当增加其体积），缓慢注入有试油的注射器 A 内，并在橡胶封帽上涂上密封脂	1) 空气气泡无进入油样注射器 A 内； 2) 橡胶封帽上已涂上密封脂	1) 细心操作； 2) 确认橡胶封帽上已涂上密封脂
2	振荡脱气	振荡平衡：将注射器 A 放入恒温定时振荡器内的振荡盘上，注意放置后的注射器出口在下部。启动振荡器，在恒温 50℃ 下连续振荡 20min，静止 10min	放置振荡器内振荡盘上的注射器出口符合要求	检查确认放置振荡器内振荡盘上的注射器出口在下部

表 6-5 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
3	转移平衡气	<p>1) 贮气玻璃注射器的准备：取 5mL 玻璃注射器 C，抽取少量试油冲洗器筒内壁 1~2 次后，吸入约 0.5mL 试油，套上橡胶封帽，插入双头针头，针头垂直向上。将注射器内的空气和试油慢慢排出，使试油充满注射器内壁缝隙而不致残存空气。</p> <p>2) 转移平衡气：将注射器 A 从振荡盘中取出，立即将其中的平衡气通过双头针头转移到注射器 C 内（应采用微正压法转移）。室温下放置 2min，准确记录其体积（准确至 0.1mL），以备色谱分析用</p>	<p>1) 玻璃注射器 C 已抽取少量试油冲洗器筒内壁；</p> <p>2) 转移平衡气采用微正压法转移</p>	<p>1) 确认玻璃注射器 C 已抽取少量试油冲洗器筒内壁并符合要求；</p> <p>2) 确认转移平衡气已采用微正压法转移</p>
4	仪器标定	<p>仪器的标定：采用外标定量法。用 1mL 玻璃注射器 D 准确抽出已知各组分浓度的标准混合气体 1mL（或 0.5mL）进行标定。从得到的色谱图上记录各组分的峰面积 $A_{i,s}$（或峰高 $h_{i,s}$）。标定仪器应在仪器运行工况稳定且相同的条件下进行，至少重复操作两次，两次标定的重复性应在平均值的 $\pm 2\%$ 以内，取其平均值作为仪器标定的结果。每次试验均应标定仪器</p>	<p>仪器标定在仪器运行工况稳定且相同的条件下进行</p>	<p>确认仪器标定已在仪器运行工况稳定且相同的条件下进行</p>
5	样品分析	<p>试样分析：用 1mL 玻璃注射器 D 从注射器 C 中准确抽出样品气 1mL（或 0.5mL），进行分析。进样时操作做到进针快、推针快、取针快。从得到的色谱图上记录各组分的峰面积 A_i（或峰高 h_i）。样品分析应与仪器标定使用同一支进样注射器，取相同进样体积</p>	<p>1) 进样时操作符合要求；</p> <p>2) 样品分析与仪器标定使用同一支进样注射器和取相同进样体积</p>	<p>1) 进样时操作做到进针快、推针快、取针快；</p> <p>2) 确认样品分析应与仪器标定使用同一支进样注射器，取相同进样体积</p>
6	结果分析计算	<p>按公式计算油中各分析组分浓度（或由色谱工作站完成）</p>		
7	记录分析结果	<p>在色谱工作站界面观察、分析氧气 (O_2)、氮气 (N_2)、一氧化碳 (CO)、二氧化碳 (CO_2) 的出峰情况，记录各气体组分含量，按公式计算油中含气量</p>		
8	分析及判断	<p>按照 GB/T 7252《变压器油中溶解气体分析和判断导则》或 DL/T 722《变压器油中溶解气体分析和判断导则》进行分析判断</p>		
试 验 终 结				
1	检查试验数据、记录	<p>试验人员检查试验数据、记录是否准确、完整。工作负责人及试验人员在试验记录上签名确认</p>	<p>1) 两次重复试验结果的差值不超过允许差值；</p> <p>2) 试验数据、记录准确、完整</p>	<p>1) 检查确认两次重复试验结果的差值符合要求；</p> <p>2) 检查并确认试验数据、记录准确、完整</p>

表 6-5 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
2	关机	1) 关闭仪器电源； 2) 待仪器温度降至室温时关闭各气路总阀； 3) 整理试验现场工具、仪器设备，工作负责人检查工作地点	关闭仪器电源和钢瓶阀门	检查确认仪器电源和各气体钢瓶是否已关闭，是否有气体泄漏
作业中可能出现的主要异常现象及对策				
1	开机	1) 温度控制器易失控； 2) 氢焰不能点燃； 3) 热导电流不正常	1) 停止温度控制器，检查原因； 2) 检查气源是否正常，管道是否泄漏，空气与氢气的比例是否合适； 3) 检查热导控制器是否正常，热导丝是否断开	
2	样品分析	1) 仪器基线不稳定漂移； 2) 进样时漏出气样或进样后无 TCD 峰或无 FID 峰或无一氧化碳和二氧化碳峰； 3) 仪器温度、压力、流量等操作条件变化； 4) 振荡后平衡气样太少不够进样	1) 用检漏液检查各气路接口是否有漏气，若是做紧固或更换密封垫圈处理。检查观察仪器层析室、检测器和转化器温度控制是否稳定，若是做控温部件检查维修或更换处理（联系仪器专业人员到现场维修处理）。进样口硅胶垫片漏气，做更换处理。 2) 检查进样注射器、硅橡胶垫密封性和 TCD 桥流、氢火焰（进样量太大引起氢火焰熄火）、转化器镍触媒是否正常或失效，做处理后重新进样。 3) 待仪器运行条件稳定后重新对仪器进行标定和进样分析。 4) 在不转移平衡气的情况下再追加适量的平衡载气到注射器内，然后重复其余操作步骤	

6.2.5 界面张力测定（见表 6-6）。

表 6-6 界面张力测定表

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验前准备工作				
1	检查送检油样	试验人员检查所送样品是否规范	1) 样品包封、标签信息完整； 2) 样品在有效期内	1) 检查样品包封、标签信息应完整； 2) 送样应及时
2	检查并准备仪器	1) 检查界面张力测定仪电源线等是否已连接完好。 2) 试样杯依次用石油醚、丁酮和水清洗，再用热的铬酸洗液浸洗，以除去油污，最后用水及蒸馏水冲洗干净。 3) 用石油醚清洗铂丝圆环，接着用丁酮漂洗，然后在酒精灯的氧化焰中加热铂丝圆环。 4) 仪器校准：按照制造厂规定方法，用砝码校正界面张力测定仪并使铂丝圆环每一部分都在同一平面上。调节界面张力测定仪的零点	1) 铂丝圆环、试样杯洁净； 2) 铂丝圆环完好无损	1) 确保铂丝圆环、试样杯已清洗干净； 2) 铂丝圆环在清洗、仪器校准等过程中小心操作

表 6-6 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试 验 工 作				
1	空白值测定	<p>测量水与空气的表面张力：把 50~75mL 25℃±1℃ 的蒸馏水倒入清洗过的试样杯中（或至指定刻度），将试样杯放到界面张力仪的试样座上，把清洗过的圆环悬挂在界面张力仪上。升高可调节的试样座，使圆环浸入试样杯中心处水中，目测至水下深度不超过 6mm（或至指定刻度）为止。慢慢降低试样座，并使整个过程中一直保持扭力臂在零点位置，特别是当圆环拉水膜接近破裂点时，应慢慢地进行调节，以保证水膜破裂时扭力臂仍在零点位置。当圆环拉脱时读出刻度数值。使用水和空气密度差 $(\rho_0 - \rho_1) = 0.997\text{g/mL}$ 这个值和按公式计算水的表面张力，计算结果应满足 71~72mN/m 的要求，方可测量油—水的界面张力</p>		
2	样品分析	<p>1) 测定试样在 25℃ 时的密度，准确至 0.001g/mL。</p> <p>2) 油—水的界面张力测定：将界面张力仪调回零点，升高可调节的试样座，使圆环浸入蒸馏水中的 5mm 深度，在蒸馏水上慢慢倒入已调至 25℃±1℃ 过滤后的试样至 10mm 高度，注意不要使圆环触及油—水界面。让油—水界面保持 30s±1s，然后按上述序号 1 操作方法测量油—水的界面张力。从试样倒入试样杯至油膜破裂全部操作时间大约 60s。记下圆环从界面拉脱时刻度盘读数。</p> <p>3) 按上述步骤重复试验一次，取其平均值，记录数据，按公式计算试样的界面张力值。</p> <p>4) 若使用全自动界面张力仪测定，应严格按照仪器操作说明进行</p>	<p>1) 圆环不触及油—水界面；</p> <p>2) 控制圆环拉水膜接近破裂点时速度；</p> <p>3) 控制从试样倒入试样杯至油膜破裂全部操作时间</p>	<p>1) 在蒸馏水上慢慢倒入试样，且不能使圆环触及油—水界面；</p> <p>2) 圆环拉水膜接近破裂点时应慢慢地进行调节，保证水膜破裂时扭力臂仍在零点位置；</p> <p>3) 操作时间控制在 60s 以内</p>
试 验 终 结				
1	检查各项试验结果	记录数据并签名	测量数据准确、完整	检查各项试验项目、数据是否齐全、数据记录是否准确，工作负责人及各试验人员在试验记录上签名确认
2	试验结束，关闭仪器电源，收拾仪器并清理试验现场	<p>1) 把试验完后试样杯内的油倒到专用废油桶（带盖）内，定期集中处理。将试样杯清洗干净并放回原位。</p> <p>2) 用石油醚清洗铂丝圆环，接着用丁酮漂洗，最后用水及蒸馏水冲洗干净，并灼烧放回原位。</p> <p>3) 关闭仪器电源。</p> <p>4) 清理试验现场</p>	铂丝圆环完好无缺	铂丝圆环在清洗过程中小心操作

表 6-6 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
作业中可能出现的主要异常现象及对策				
1	空白值测定	测量水与空气的表面张力时其计算结果不满足 71~72mN/m 的要求	如果达不到要求,可能是由于界面张力仪调节不当或试样杯不净所致,应重新调节界面张力仪,清洗圆环和用热的铬酸洗液浸试样杯,然后重新测定。若测得结果仍达不到要求,就要进一步提纯蒸馏水	

6.2.6 水分试验 (见表 6-7)。

表 6-7 水分试验表

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验前准备工作				
1	检查送检油样	检查所送样品是否规范	1) 样品包封、标签信息完整; 2) 样品符合要求; 3) 样品在有效期内	1) 检查样品包封、标签信息应完整; 2) 检查样品是否符合要求; 3) 送样应及时
2	检查并准备仪器	1) 连接地线。 2) 按仪器说明书连接电源线和将电极引线接到库仑分析仪指定位置。 3) 将预先清洗、干燥的电解池放入搅拌机,加入阳极电解液至电解池的指定刻度(约 100mL);在阴极室内加入约 10mL 阴极电解液,其液面与阳极室溶液在同一水平面或稍微低些,仪器干燥管内装入变色硅胶,然后盖好所有的塞子,并在玻璃磨口处涂上真空脂	干燥管内变色硅胶有效,塞子已涂真空脂	检查确认干燥管内变色硅胶呈蓝色,所有塞子已涂上真空脂
3	仪器调试和校正	1) 开启仪器开关,开动电磁搅拌器并选择合适的搅拌速度挡,按下仪器启动钮,开始电解所存在的残余水分。若电解液过碘(呈棕红色),注入适量含水甲醇或纯水,此时电解液颜色逐渐变浅,最后呈黄色进行电解。 2) 当电解液达到终点,按下仪器启动钮,用 0.5 μ L 注射器量取 0.1 μ L 蒸馏水或除盐水(或用已知含水量的标样),通过电解池上部的进样口注入电解池进行校正。仪器显示的数值与理论值的相对误差不应超过 $\pm 5\%$,若超出此范围,应调整仪器电流补偿器。连续 3 次进 0.1 μ L 水均达要求值,则认为仪器调试完毕	搅拌器搅拌速度挡选择正确	搅拌速度挡应选择在以观察到电解液产生小旋涡为合适
试验工作				
1	油样分析	1) 仪器调整平衡后,用注射器量取试油,再排掉,冲洗 3 次。 2) 准确量取 1mL 试油(如有气泡,应把所有气泡排出)。 3) 先按下仪器的启动键,然后通过电解池上部的进样口迅速注入电解池(针头不能触及电解液)。此时,自动电解至终点。当测试完毕后,仪器出现短暂蜂鸣,并自动打印结果(或记下显示数值)。 4) 同一油样至少重复试验 2 次以上,取其平均值	注射器用试油冲洗干净,注射器内试油没有气泡	注射器必须用试油冲洗 3 次,注射器针头向上排掉试油内气泡

表 6-7 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验终结				
1	检查各项试验数据、记录	记录数据并签名	测量数据准确、完整	检查各项试验项目、数据是否齐全、数据记录是否准确，工作负责人及各试验人员在试验记录上签名确认
2	试验结束，关闭仪器电源，收拾仪器并清理试验现场	1) 先关闭电磁搅拌器开关，然后关闭仪器电源开关； 2) 清理试验现场； 3) 注射器放回原位	仪器电源关闭	检查确认仪器电源已关闭
作业中可能出现的主要异常现象及对策				
1	仪器调试和校正，油样分析	1) 仪器开启后长时间不平衡； 2) 注入试油后测定时间较长且数值偏低	重新更换电解液，待仪器平衡后重新测定	

6.2.7 闪点测量（见表 6-8）。

表 6-8 闪点测量表

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验前准备工作				
1	检查送检油样	试验人员检查所送样品是否规范	1) 样品包封、标签信息完整； 2) 样品在有效期内	1) 检查样品包封、标签信息应完整； 2) 送样应及时
2	检查并准备仪器	1) 检查闭口闪点测定仪电源线等是否已连接完好； 2) 检查煤气瓶减压阀及管道是否连接完好	1) 试验仪器应可靠接地； 2) 煤气泄漏	1) 试验人员应先检查接地情况再打开仪器电源； 2) 确认管道密封良好
试验工作				
1	样品分析	1) 油杯用试油洗涤 1~2 次。 2) 试样注入油杯，杯中试样要装满到环状标记处，然后盖上清洁、干燥的杯盖，插入温度计，放进测试仪里。 3) 打开仪器电源开关和点火用煤气瓶开关，预设合适的闪点温度。 4) 试验开始加热速度要均匀上升，并要不断进行搅拌。至预期闪点前 20℃时，升温速度控制在每分钟升高 2~3℃，并要不断进行搅拌。 5) 将仪器点火器煤气引火点燃，并将火焰调整到接近球形，其直径为 3~4mm。 6) 试样温度到达预期闪点前 10℃时，对于闪点高于 104℃试样每升高 2℃点火一次，对于低于 104℃试样每升高 1℃点火一次，直至闪火为止，记录测定结果	1) 保持油杯洁净； 2) 火焰直径调整符合要求； 3) 试验过程气流影响	1) 用试油将油杯清洗干净； 2) 将火焰调整到接近球形，其直径为 3~4mm； 3) 试验应在通风橱内进行，并关闭抽风机和前板，避免气流影响

表 6-8 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验终结				
1	检查各项试验数据、记录	记录数据并签名	测量数据准确、完整	检查各项试验项目、数据是否齐全、数据记录是否准确，工作负责人及各试验人员在试验记录上签名确认
2	试验结束，关闭仪器电源，气源、收拾仪器并清理试验现场	1) 把试验完后油杯内的油倒到专用废油桶（带盖）内，定期集中处理。试验油杯放回原位。 2) 关闭仪器电源。 3) 关闭煤气瓶减压阀开关及燃气管出口开关。 4) 清理试验现场	煤气瓶减压阀开关及燃气管出口开关已关闭	检查、确认煤气瓶减压阀开关及燃气管出口开关已关闭
作业中可能出现的主要异常现象及对策				
1	闪点（闭口）测定（℃）	1) 闪点仪停止搅拌； 2) 点火器失灵； 3) 点火器火焰熄灭	1) 检查闪点仪停止搅拌、点火器失灵的原因并作处理，正常后重新取油样试验； 2) 检查煤气瓶压力表是否气已用完、是否因空气流太大吹灭，查明原因并作处理后重新取油样试验	

6.2.8 酸值测定（见表 6-9）。

表 6-9 酸值测定表

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验前准备工作				
1	检查送检油样	试验人员检查所送样品是否规范	1) 样品包封、标签信息完整； 2) 样品在有效期内	1) 检查样品包封、标签信息应完整； 2) 送样应及时
2	准备各种仪器及试剂、氢氧化钾乙醇溶液、指示剂	1) 锥形烧瓶先用洗涤剂进行清洗，再用自来水冲洗，最后用蒸馏水洗净，烘干、冷却后备用。 2) 微量滴定管先用重铬酸钾浓硫酸洗液清洗，再用自来水、蒸馏水依次冲洗干净，最后用待装溶液冲洗 2 次后倒入待装溶液调至零点刻度备用。 3) 氢氧化钾乙醇溶液、指示剂应符合质量要求并在有效期内。 4) 检查水浴加热器电源等连接线	1) 使用符合要求的锥形烧瓶、微量滴定管； 2) 微量滴定管洁净； 3) 使用符合要求的氢氧化钾乙醇溶液、指示剂	1) 检查确认锥形烧瓶、微量滴定管是否符合要求。 2) 检查确认氢氧化钾乙醇溶液、指示剂是否符合要求并在有效期内。 3) 氢氧化钾乙醇溶液保存时间不宜过长，一般不超过 3 个月。当氢氧化钾乙醇溶液变黄或产生沉淀时，应对其清液进行重新标定方可使用
3	溴百里香草酚蓝（BTB）指示剂配制	1) 取 0.5g 溴百里香草酚蓝（称准至 0.01g）放入烧杯内，加入 100mL 无水乙醇，然后用 0.1mol/L 氢氧化钾的溶液中和至 pH 为 5.0； 2) 配制好的溴百里香草酚蓝（BTB）指示剂应盛在严密的棕色试剂瓶内，保存在阴暗处	指示剂符合要求	调整 pH 时要慢慢加入氢氧化钾的溶液

表 6-9 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
4	0.02~0.05mol/L 氢氧化钾乙醇溶液配制	1) 迅速取 0.5g 氢氧化钾(称准至 0.01g)放入烧杯内,加入 200mL 无水乙醇,搅拌使氢氧化钾全部溶解,用苯二甲酸氢钾或已知的相近浓度的标准酸溶液进行标定; 2) 配制好的氢氧化钾乙醇溶液应盛在严密的棕色试剂瓶内,保存在阴暗处	溶液配制符合要求	确认氢氧化钾全部溶解
试 验 工 作				
1	样品分析	1) 用 250mL 锥形烧瓶称取试油 8~10g (称准至 0.01g)。 2) 量取无水乙醇 50mL 倒入有试油的锥形烧瓶中,装上回流冷凝器,于水浴上加热,在不断摇动下回流 5min。取下锥形烧瓶加入 0.2mL BTB 指示剂,趁热以 0.02~0.05mol/L 的氢氧化钾乙醇溶液滴定至溶液由黄色变成蓝绿色为止,记下消耗的氢氧化钾乙醇溶液的毫升数。 3) BTB 指示剂在碱性溶液中为蓝色,因试油带色的影响,其终点颜色为蓝绿色。 4) 在每次滴定时,从停止回流至滴定完毕所用的时间不得超过 3min。 5) 取无水乙醇 50mL 按上述 2 步骤进行空白试验。 6) 按公式计算试油酸值结果	1) 微量滴定管活塞密封不漏液; 2) 滴定时间符合要求	1) 用滤纸擦干微量滴定管活塞并重新涂上密封脂(或医用凡士林)或更换微量滴定管,重新进行试验; 2) 控制滴定时间,超过规定的滴定时间需重新进行试验
工 作 终 结				
1	检查各项试验结果	记录数据并签名	测量数据准确、完整	检查各项试验项目、数据是否齐全、数据记录是否准确,工作负责人及各试验人员在试验记录上签名确认
2	锥形瓶、微量滴定管清洗干净并作检查	1) 锥形瓶先用洗涤剂进行清洗,再用自来水冲洗,最后用蒸馏水洗净,烘干、冷却后备用; 2) 微量滴定管放出剩余滴定液,用自来水冲洗,最后用蒸馏水洗净备用	锥形瓶、微量滴定管、仪器清洗干净	检查确认锥形瓶、微量滴定管已全部清洗干净
3	试验结束,关闭仪器电源,收拾仪器并清理试验现场	试验结束后,关闭仪器电源,收拾仪器并放回原位,清理试验现场		
作业中可能出现的主要异常现象及对策				
1	油样酸性组分萃取步骤	1) 锥形烧瓶在摇动过程中破裂; 2) 发现微量滴定管漏液	1) 更换锥形瓶并重新进行试验; 2) 用滤纸擦干活塞并重新涂上密封脂(或医用凡士林)或更换分液漏斗,重新进行试验	

6.2.9 水溶性酸试验（见表 6-10）。

表 6-10 水溶性酸试验

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试验前准备工作				
1	检查送检油样	试验人员检查所送样品是否规范	1) 样品包封、标签信息完整； 2) 样品在有效期内	1) 检查样品包封、标签信息应完整； 2) 送样应及时
2	准备各种仪器、器皿、试剂	1) 锥形瓶、分液漏斗、比色管先用洗涤剂进行清洗，再用自来水冲洗，最后用蒸馏水洗净，烘干、冷却后备用； 2) 检查试验用水（pH 为 6.0~7.0，电导率小于 3 μ S/cm）和各种试剂、pH 指示剂、pH 标准缓冲溶液应符合质量要求并在有效期内； 3) 检查水浴加热振荡仪电源等连接线	1) 器皿符合要求； 2) 试剂符合要求	1) 确认锥形瓶、分液漏斗、比色管符合要求； 2) 确认试验用水和各种试剂、pH 指示剂、pH 标准缓冲溶液符合要求或在有效期内
3	pH 指示剂配制（见表 6-11）	1) 具体配制方法见 4 中 2)； 2) 配制好的 pH 指示剂应盛在严密的棕色试剂瓶内，保存在阴暗处	pH 指示剂符合要求	调整 pH 时要慢慢加入稀盐酸
4	pH 标准缓冲溶液配制（见表 6-12）	1) 0.2mol/L 苯二甲酸氢钾溶液配制：称取 40.846g 苯二甲酸氢钾，溶于适量除盐水（或二次蒸馏水），移入 1000mL 容量瓶，再用除盐水（或二次蒸馏水）稀释至刻度； 2) 0.2mol/L 磷酸二氢钾溶液配制：称取 27.218g 磷酸二氢钾，溶于适量除盐水（或二次蒸馏水），移入 1000mL 容量瓶，再用除盐水（或二次蒸馏水）稀释至刻度； 3) 0.1mol/L 盐酸配制：用量筒量取 16.8mL 浓盐酸注入 1000mL 容量瓶，用除盐水（或二次蒸馏水）稀释至刻度（此溶液浓度为 0.2mol/L），再用硼砂、无水碳酸钠、无水碳酸钾或已知的相近浓度的标准碱溶液进行标定，然后稀释成 0.1mol/L； 4) 0.1mol/L 氢氧化钠溶液配制：迅速称取 8g 氢氧化钠放入小烧杯中，加入 50~60mL 蒸馏水使其溶解，移入 1000mL 容量瓶，再加 2~3mL 10% 的氯化钡溶液以沉淀碳酸盐，然后再用蒸馏水稀释至刻度，静置澄清。取上层清液（此溶液浓度约为 0.2mol/L），用苯二甲酸氢钾或已知的相近浓度的标准酸溶液进行标定，然后稀释成 0.1mol/L； 5) 按上述 3) 之比例用上述溶液配制成 pH 值不同的 pH 标准缓冲溶液	pH 标准缓冲溶液符合要求	按要求配制 pH 标准缓冲溶液

表 6-10 (续)

序号	工作内容	操作及工艺	质量控制点	控制措施
试 验 工 作				
1	水溶性酸试验 (用比色盒 比色)	1) 量取 50mL 试油于 250mL 锥形瓶内, 加入等体积预先煮沸过的蒸馏水, 加热(禁用明火)至 70~80℃, 并在此温度下摇动 5min (或放在水浴加热振荡仪上固定摇动 5min); 2) 将锥形瓶中的液体倒入分液漏斗内, 待分层并冷至室温后, 取 10mL 水抽出液加入比色管中, 另分别取 pH3.6~5.4 范围的不同 pH 标准缓冲溶液 10mL 分别加入其他的比色管中, 同时上述各比色管中加入 0.25mL 溴甲酚绿指示剂(不同 pH 标准缓冲溶液配成色阶), 摇匀后放入比色盒进行比色, 记录其 pH 值; 3) 当油的 pH 值大于 5.4 时, 按表 6 酌情采用溴甲酚紫或溴百里香酚蓝作指示剂	1) 控制加热温度和振荡时间; 2) 分液漏斗密封完好	1) 按要求操作及工艺要求进行操作; 2) 确认分液漏斗活塞不漏液, 必要时用滤纸擦干净活塞并重新涂上密封脂(或医用凡士林)
2	水溶性酸试验 (用海立奇比色 计比色)	1) 同本表序号 1 操作方法 1); 2) 将锥形瓶中的液体倒入分液漏斗内, 待分层并冷至室温后, 取 10mL 水抽出液加入比色管中, 同时加入 0.3mL 溴甲酚绿指示剂, 摇匀后放入海立奇比色计的比色槽里与比色盘进行比色, 记录其 pH 值; 3) 当油的 pH 值大于 5.4 时, 可用溴百里香酚蓝作指示剂	1) 控制加热温度和振荡时间; 2) 分液漏斗密封完好	1) 按要求操作及工艺要求进行操作; 2) 确认分液漏斗活塞不漏液, 必要时用滤纸擦干净活塞并重新涂上密封脂(或医用凡士林)
试 验 终 结				
1	检查各项试验数据、记录	记录数据并签名	测量数据准确、完整	检查各项试验项目、数据是否齐全、数据记录是否准确, 工作负责人及各试验人员在试验记录上签名确认
2	锥形瓶、分液漏斗、比色管清洗干净并作检查	锥形瓶、分液漏斗、比色管先用洗涤剂进行清洗, 再用自来水冲洗, 最后用蒸馏水洗净, 烘干、冷却后备用	器皿洁净	确认锥形瓶、分液漏斗、比色管已全部清洗干净
3	试验结束, 关闭仪器电源, 收拾仪器并清理试验现场	试验结束后, 关闭仪器电源, 收拾仪器并放回原位, 清理试验现场		
作业中可能出现的主要异常现象及对策				
1	油样水溶性酸萃取	1) 锥形瓶在摇动或振荡过程中破裂; 2) 发现分液漏斗漏液	1) 更换锥形瓶并重新进行试验; 2) 用滤纸擦干净活塞并重新涂上密封脂(或医用凡士林)或更换分液漏斗, 重新进行试验	

表 6-11 pH 指示剂配制

指示剂名称	变色范围	配制方法
溴甲酚绿	3.8~5.4 黄~蓝	将 0.1g 溴甲酚绿与 7.5mL0.02mol/L 氢氧化钠一起研匀，用除盐水稀释至 250mL。再调整 pH 为 4.5~5.4 注：如采用海立奇比色法，指示剂调整 pH 为 5.4
溴甲酚紫	5.2~6.8 黄~紫	将 0.1g 溴甲酚紫溶于 9.25mL0.02mol/L 氢氧化钠中，用除盐水稀释至 250mL。再调整 pH 为 6.0
溴百里香酚蓝 (溴麝香草酚蓝)	6.0~7.6 黄~蓝	将 0.1g 溴百里香酚蓝溶于 8.0mL0.02mol/L 氢氧化钠中，用除盐水稀释至 250mL。再调整 pH 为 6.0 注：如采用海立奇比色法，指示剂调整 pH 为 7.0

表 6-12 标准缓冲溶液表

pH	0.1mol/L 盐酸 mL	0.2mol/L 苯二甲酸氢钾 mL	0.1mol/L 氢氧化钠 mL	0.2mol/L 磷酸二氢钾 mL	稀释至体积 mL
3.6	6.3	25			100
3.8	2.9	25			100
4.0	0.1	25			100
4.2		25	3.0		100
4.4		25	6.6		100
4.6		25	11.1		100
4.8		25	16.5		100
5.0		25	22.6		100
5.2		25	28.8		100
5.4		25	34.1		100
5.6		25	38.8		100
5.8		25	42.3		100
6.0			5.6	25	100
6.2			8.1	25	100
6.4			11.6	25	100
6.6			16.4	25	100
6.8			22.4	25	100
7.0			29.1	25	100

6.2.10 颗粒污染度测量。

- (1) 分析人员进入洁净室应身穿干净白大衣（女士把头发卷上并戴上干净浴帽），换鞋。操作时佩戴防护眼镜。
- (2) 油样排气：将装有油样的采样瓶（未启封）放入已注入干净水的超声波清洗器内（约浸入瓶 2/3），开启振动排气约 1~3min，然后取出样瓶擦拭干净。
- (3) 测试：颗粒测试仪具体操作需经仪器厂家进行培训合格。开机后，调整设置仪器操作参数，逐步增大仪器压力至适合为止（主要是控制流速）。一般控制检测时间为 30s 左右完成 1 次测试。重复测试 3 次，取其平均值作为试验结果。
- (4) 清洗仪器：卸下测试油瓶，压力调节旋至零，装上清洗液瓶 A（较脏清洗液），控制压力进行清洗 2~3 次，更换清洗液瓶 B（干净清洗液）再清洗 2~3 次，再换上空清洁瓶控制压力吹

3min 干燥仪器备用。

- (5) 测试结果级别确定。油中颗粒的形状一般为3种类型：①球形；②椭圆形或棒形；③不规则多边形。仪器测定的粒径是各种形状颗粒投影的等效圆直径。把油中颗粒分布的测试结果对照美国 AS1638 清洁度分级标准（见表 6-13），确定油样的 NAS 等级，并计算出 100mL 油中 $\geq 5\mu\text{m}$ 的颗粒数。注意对照标准时要求每一颗粒分布范围的颗粒数不能超过标准中相应分布的颗粒数限值，否则做降级处理。

表 6-13 NAS 的油清洁度分级标准

分级 (颗粒数/100mL)	颗粒尺寸, μm				
	5~15	15~25	25~50	50~100	>100
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1000	178	32	6	1
3	2000	356	63	11	2
4	4000	712	126	22	4
5	8000	1425	253	45	8
6	16 000	2850	506	90	16
7	32 000	5700	1012	180	32
8	64 000	11 400	2025	360	64
9	128 000	22 800	4050	720	128
10	256 000	45 600	8100	1440	256
11	512 000	91 200	16 200	2880	512
12	1 024 000	182 400	32 400	5760	1024

注：美国航空航天工业联合会（AIA）NAS1638：1984年1月发布。

7 质量控制措施及检验标准

7.1 质量控制措施

具体质量控制措施见 6.2~6.10 具体条款。

7.2 质量控制表单

质量控制见表 7-1。

表 7-1 质量控制表

序号	控制点	控制方式		
		W	H	S
1	主变压器试验			●
2	高压并联电抗器			●
3	油浸式电流互感器试验			●

注：质量控制点中 H：停工待检点；W：见证点；S：旁站点。

7.3 检验标准

7.3.1 取样。取样检验标准应符合 6.2 中条款要求。

7.3.2 绝缘油试验。

绝缘油的试验项目及标准见表 7-2，绝缘油试验分类见表 7-3，充油电缆及附件内和压力箱中的绝缘

油试验项目和要求见表 7-4。

- (1) 绝缘油交接试验（投入运行前）作业（工序）绝缘油各项试验检验标准应符合 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》中表 20.0.1 和表 20.0.2 规定。充油电缆及附件内和压力箱中的绝缘油各项试验检验标准应符合表 18.0.8 规定。有载调压切换装置绝缘油注入切换开关油箱前击穿电压应符合表 20.0.1 规定。
- (2) 变压器、电抗器油中溶解气体的色谱分析各次测得的氢、乙炔、总烃含量。应无明显差别。新装变压器、电抗器油中 H₂ 与烃类气体含量（μL/L）任一项不宜超过下列数值：总烃：20，H₂：10，C₂H₂：0。
- (3) 电压等级 66kV 及以上的油浸式电压互感器，感应耐压试验前后，应各进行一次绝缘油的色谱分析，两次测得的值相比不应有明显差别。对绝缘性能有怀疑的电压等级 66kV 及以上的油浸式互感器，应进行油中溶解气体的色谱分析。油中溶解气体组分含量（μL/L）不宜超过下列任一值，总烃：10，H₂：50，C₂H₂：0。
- (4) 电压等级 500kV 的套管绝缘油在补充或更换时，宜进行油中溶解气体的色谱分析；油中溶解气体组分含量（μL/L）不宜超过下列任一值，总烃：10，H₂：150，C₂H₂：0。
- (5) 电压等级为 500kV 的变压器、电抗器，按照规定时间静置后取样测量油中的含气量，其值不应大于 1%（体积分数）。
- (6) 500kV 及以上交流变压器油颗粒度宜控制在：投运前（热油循环后）100mL 油中大于 5μm 的颗粒数 ≤ 2000 个，500kV 及以上直流换流变压器投运前（热油循环后）颗粒度宜控制在：100mL 油中大于 5μm 的颗粒数 ≤ 1000 个。
- (7) 绝缘油当需要进行混合时，在混合前，应按混油的实际使用比例先取混油样进行分析，其结果应符合 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》表 20.0.1 中第 3、11 项的规定。混油后还应按 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》表 20.0.2 中的规定进行绝缘油的试验。
- (8) 对进口设备的交接试验，应按合同规定的标准执行。但在签订设备合同时应注意，其相同试验项目的试验标准，不得低于 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》中表 20.0.1、表 20.0.2 和表 18.0.8 标准的规定。

表 7-2 绝缘油的试验项目及标准

序号	项 目	标 准				说 明
1	外 状	透明，无杂质或悬浮物				外观目视
2	水溶性酸（pH 值）	>5.4				按 GB/T 7598
3	酸值，mgKOH/g	≤0.03				按 GB/T 7599
4	闪点（闭口），℃	不低于	DB-10 140	DB-25 140	DB-45 135	按 GB 261
5	水分，mg/L	500kV：≤10 220~330kV：≤15 110kV 及以下电压等级：≤20				按 GB/T 7600 或 GB/T 7601
6	界面张力（25℃），mN/m	≥35				按 GB/T 6541
7	介质损耗因数 tanδ（%）	90℃时， 注入电气设备前≤0.5 注入电气设备后≤0.7				按 GB/T 5654

表 7-2（续）

序号	项 目	标 准	说 明
----	-----	-----	-----

8	击穿电压	500kV: $\geq 60\text{kV}$ 330kV: $\geq 50\text{kV}$ 60~220kV: $\geq 40\text{kV}$ 35kV 及以下电压等级: $\geq 35\text{kV}$	(1) 按 GB/T 507 或 DL/T429.9; (2) 油样应取自被试设备; (3) 该指标为平板电极测定值, 其他电极可参考 GB/T7595 及 GB/T507; (4) 对注入设备的新油均不应低于本标准
9	体积电阻率 (90℃), $\Omega \cdot \text{m}$	$\geq 6 \times 10^{10}$	GB/T 5654 或 DL/T 421
10	油中含气量, % (体积分数)	330~500kV: ≤ 1	DL/T423 或 DL/T450, 只对 330~500kV 进行
11	油泥与沉淀物, % (质量分数)	≤ 0.02	GB/T 511
12	油中溶解气体组分 含量色谱分析	见有关章节	GB/T 17623 或 GB/T 7252 及 DL/T 722

表 7-3 电气设备绝缘油试验分类

试验类别	适用范围
击穿电压	(1) 6kV 以上电气设备内的绝缘油或新注入上述设备前、后的绝缘油。 (2) 对下列情况之一者, 可不进行击穿电压试验: 1) 35kV 以下互感器, 其主绝缘试验已合格的; 2) 15kV 以下油断路器, 其注入新油的击穿电压已在 35kV 及以上的; 3) 按本标准有关规定不需取油的
简化分析	(1) 准备注入变压器、电抗器、互感器、套管的新油, 应按 GB 50150—2006 表 20.0.1 中的第 2~9 项规定进行。 (2) 准备注入油断路器的新油, 应按表 20.0.1 中的第 2、3、4、5、8 项规定进行
全分析	对油的性能有怀疑时, 应按表 20.0.1 中的全部项目进行

表 7-4 充电电缆及附件内和压力箱中的绝缘油试验项目和要求

项目	要求		试验方法
击穿电压	电缆及附件内	对于 64/110~190/330kV 不低于 50kV; 对于 290/500kV 不低于 60kV	按 GB/T 507 绝缘油击穿电压测定法
	压力箱中	不低于 50kV	
介质损耗因数	电缆及附件内	对于 64/110~127/220kV 的不大于 0.005; 对于 190/330~290/500kV 的不大于 0.003	按 DL/T 596—1996 中 11.4.5.2 条
	压力箱中	不大于 0.003	

7.3.3 检验标准

质量检验按《10kV~500kV 输变电及配电工程质量验收与评定标准 第4册：变电气试验工程》中的 Q/CSG 表 4-1.1.17、Q/CSG 表 4-1.2.8、Q/CSG 表 4-4.1.10、Q/CSG 表 4-4.2.3、Q/CSG 表 4-8.1.1、Q/CSG 表 4-8.2.3、Q/CSG 表 4-15.1.1、Q/CSG 表 4-15.2.1 要求执行。

附件1 安全施工作业票

编码：TSSY-ZW-09-01/01

工作时间	工作地点	技术员	现场安全员	现场负责人
安全风险分析及控制措施				
序号	危害名称	风险种类	风险等级	风险控制措施
1	登高作业安全防护措施不完善	跌落	<input type="checkbox"/> 低风险	<p>现场作业应严格执行相关安全规程及安全技术措施，并重点关注但不限于以下措施：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 工作人员应正确穿戴安全帽和工作鞋，按规定使用个人防护用品。 <input type="checkbox"/> 工作前，工作人员应明确工作位置，并确定安全的爬高路线。登高作业必须穿戴安全带，必须将安全带扣在工作位置旁牢固、结实固定物上。使用梯子前检查梯子是否完好，必须有人扶梯，扶梯人注意力应集中，对登梯人工作应起监护作用。 <input type="checkbox"/> 工作前，工作负责人应向班组人员交代清楚工作地点、工作内容、现场安全措施，邻近带电部位和安全注意事项。 <input type="checkbox"/> 试验前应检查绝缘油位，发现油位过低时应及时通知值班人员，说明情况，待补油后或安排停电时才进行测试。 <input type="checkbox"/> 取样结束后应反复确认取样阀关紧之后方可离开。 <input type="checkbox"/> 使用化学试剂时，应佩戴医用橡胶手套和防护眼镜，并按照规程规定进行操作。 <input type="checkbox"/> 检查确认试验仪器的金属外壳应专设地线并接触良好。 <input type="checkbox"/> 试验工作前，工作负责人必须确定工作范围，设立安全围栏并悬挂标示牌；并派人监护，防止无关人员进入。 <input type="checkbox"/> 在进行取样操作时，应按规程规定进行，进样注射器与进样口保持垂直，防止刺伤。 <input type="checkbox"/> 开启燃气后要进行检查，保证各气路管道连接口无泄漏。易燃品附近严禁烟火。 <input type="checkbox"/> 在进行试验时应按规程规定操作，防止烫伤，必要时佩戴防热手套。 <input type="checkbox"/> 对于易燃化学试剂，其盛装设备必须完好；使用时要远离火源，在指定位置上操作。 <input type="checkbox"/> 试验前检查样品瓶应完好，并佩戴防护眼镜，按规程规定进行操作。 <input type="checkbox"/> 试验结束后应确认化学试剂等清理干净方可离开
2	与带电设备的安全距离不够	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
3	油位不足	设备性能下降	<input type="checkbox"/> 低风险	
4	取样阀恢复时未关紧	设备性能下降	<input type="checkbox"/> 低风险	
5	化学试剂不慎外洒	接触性皮肤伤害	<input type="checkbox"/> 低风险	
6	试验仪器漏电	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
7	误触带电试验设备	触电	<input type="checkbox"/> 低风险	
8	注射器使用不当	刺伤	<input type="checkbox"/> 可接受的风险	
9	燃气漏气着火	灼伤	<input type="checkbox"/> 低风险	
10	操作不当而烫伤	烫伤	<input type="checkbox"/> 可接受的风险	
11	试剂意外着火燃烧	灼伤	<input type="checkbox"/> 低风险	
12	试验时样品瓶爆裂	灼伤	<input type="checkbox"/> 低风险	
13	化学试剂未清理干净	接触性皮肤伤害	<input type="checkbox"/> 可接受的风险	



安全补充事项/平面布置图							
现场接受交底人员签名							
备注							

说明：（一）本票由现场技术员填写，现场安全员审核，现场负责人签发生效。现场负责人开工前核对风险控制措施并宣读。（二）工作内容、地点、安全措施不变时本票最长可使用十天，否则应重新办票，用后上交备查；当人员发生变更时，应在备注栏记录变更情况。对新增人员进行交底，并签名确认。（三）应根据现场条件、范围和环境，补充安全事项或平面布置图。（四）当风险等级与基准风险等级不一致时，项目部应组织相关人员重新进行风险评估并制定措施。（五）基准风险等级与风险控制措施在开工前现场打“√”。（六）签名不齐全（含代签名的）均作废票处理。