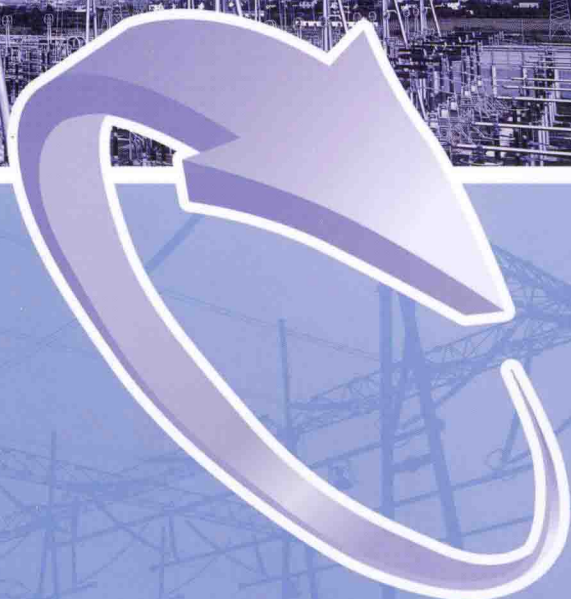


变电站运行与维护

(一次设备篇)

国网福建省电力有限公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

变电站运行与维护

(一次设备篇)

国网福建省电力有限公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书介绍了运维操作人员必备的运行维护技能知识。全书共分九章，主要介绍了变压器、断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器、母线、避雷器、耦合电容器、所用电源系统等设备日常检查维护内容。

本书结合运维操作人员的特点，以面向运维操作人员工作实践为本，紧密结合生产实际，重点介绍运维操作人员操作技能的典型应用实例，内容通俗易懂，文字简洁明了。

本书适用于运维操作人员及变电运维技术管理人员的现场岗位培训，还可作为电力工程类大专院校师生的技术参考书，同时可供电力类工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

变电站运行与维护. 一次设备篇/国网福建省电力有限公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-5123-5534-7

I. ①变… II. ①国… III. ①变电所-电力系统运行-一次设备-维修 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 024407 号

中国电力出版社出版、发行

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

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 5 月第一版 2014 年 5 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 17.75 印张 310 千字

印数 0001—4000 册 定价 42.00 元

敬告读者

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

版权专有 翻印必究

变电站运行与维护

(一次设备篇)

编委会



主任 李功新

副主任 郑佩祥

委员 王永明 叶继宏 任晓辉 于建龙 张智灼

金昌榕 陈大凤 雷龙武 苏祖礼 肖振官

黄巍 张荣 洪西卿 郑心勤 朱菁

林宇

主编 雷龙武 苏祖礼

副主编 施广宇 林一泓

参编 卞志文 李积捷 董磊 陈展超 戴贤哲

叶力行 陈余航

主审 王永明

副主审 任晓辉 于建龙

参审 肖振官 陆榛 宋福海 林宇

前 言



随着电网发展方式的转变以及“三集五大”体系的全面实施，对生产技能人员的岗位胜任能力提出新的、更高的要求，现有变电运维岗位人员素质和技能培训体系不能完全适应和满足变电运维一体工作模式的转变。为此，国网福建省电力有限公司组织编写了本套书，以进一步提高岗位培训的针对性和实效性。

本套书共三册，分别是《变电站运行与维护（基础篇）》、《变电站运行与维护（一次设备篇）》和《变电站运行与维护（二次设备篇）》。本套书编写总体上采用模块化结构，包含设备巡视、倒闸操作、事故处理，以及一、二次设备不停电 C、D 类维护性检修作业模块。每个模块首先对作业项目流程进行简要介绍，再以安全质量控制标准化作业卡为主要内容，重点突出巡视作业和维护性检修作业项目危险点分析与预控和作业质量控制，总体上满足运维一体业务开展的培训需求。

《变电站运行与维护（一次设备篇）》由国网福建省电力有限公司高级工程师雷龙武、苏祖礼担任主编，国网福建省电力有限公司电力科学研究院高级工程师施广宇、高级技师林一泓担任副主编。国网福建省电力有限公司电力科学研究院施广宇参与第一章的编写，国网福建省电力有限公司电力科学研究院林一泓、卞志文参与第二章的编写，国网福建省电力有限公司电力科学研究院林一泓、国网福建省电力有限公司福州供电公司李积捷参与第三章的编写，国网福建省电力有限公司厦门供电公司董磊参与第四章的编写，国网福建省电力有限公司电力科学研究院施广宇参与第五章的编写，国网福建省电力有限公司福州供电公司陈展超参与第六章的编写，国网福建省电力有限公司厦门供电公司戴贤哲参与第七章的编写，国网福建省电力有限公司福州供电公司叶力行参与第八章的编写，国网福建省电力有限公司福州供电公司陈余航参与第九章的编写。

本套书在编写、审定过程中得到了国网福建省电力有限公司有关单位和专家的大力支持和帮助，在此一并致以衷心的感谢。同时也感谢中国电力出版社的大力支持和配合。

限于编写时间和编写者水平，本书在编写过程中难免存在疏漏，恳请各位专家和读者提出宝贵意见。

本书编委会

2014年1月



目 录

前言

第一章 变压器	1
模块 1 变压器停电瓷件表面清扫、检查、补漆	1
模块 2 变压器红外热成像检测及分析	9
模块 3 接地网导通测试	16
模块 4 变压器硅胶更换	24
模块 5 变压器散热器带电水冲洗	31
模块 6 变压器不停电渗漏油处理	37
模块 7 变压器冷却系统的指示灯、空气开关更换	46
模块 8 变压器冷却系统的风扇、电动机更换	52
模块 9 变压器油色谱在线监测装置载气瓶更换、渗油处理	61
第二章 断路器	73
模块 1 高压断路器例行试验	73
模块 2 高压断路器停电外观清扫、检查、补漆	95
模块 3 高压断路器带电红外测试	100
模块 4 高压断路器 SF ₆ 气体定性检漏	104
模块 5 高压断路器不停电操动机构处理	108
第三章 隔离开关	124
模块 1 隔离开关停电清扫	124
模块 2 隔离开关导电回路检查、维护	128
模块 3 接地开关检查	133
模块 4 隔离开关传动部件检查、维护	137
模块 5 隔离开关操动机构箱检查	140

模块 6	隔离开关带电红外检测	144
模块 7	隔离开关不停电操动机构处理	148
第四章	电流互感器	166
模块 1	电流互感器停电外观清扫、检查、补漆	166
模块 2	电流互感器红外热成像检测	174
模块 3	电流互感器介损及电容量带电测试	181
第五章	电压互感器	189
模块 1	电压互感器停电外观清扫、检查、补漆	189
模块 2	电压互感器红外热成像检测	196
模块 3	电压互感器熔丝更换	203
第六章	母线	209
模块 1	母线桥清扫、维护、检查	209
模块 2	母线桥检修	212
模块 3	母线桥带电红外测试	216
第七章	避雷器	221
模块 1	避雷器停电外观清扫、检查、补漆	221
模块 2	避雷器红外热成像测试	227
模块 3	避雷器在线监测仪更换	234
第八章	耦合电容器	242
模块 1	耦合电容器停电外观清扫、检查、补漆	242
模块 2	耦合电容器红外热成像测试	247
模块 3	耦合电容器相对介损带电测试	253
第九章	所用电系统	261
模块 1	带电测试：红外检测	261
模块 2	带电维护：外观清扫及检查、定期切换试验	265
模块 3	低压检修电源箱消缺	269
参考文献	274

变 压 器

模块 1 变压器停电瓷件表面清扫、检查、补漆

【模块描述】

本模块介绍变压器停电瓷件表面清扫、检查、补漆等工作，通过讲解掌握变压器停电瓷件表面清扫、检查、补漆工作内容及检修标准、工艺要求。

【正文】

一、引用标准

下列标准、规范所包含的条文，通过在本指导书中的引用而成为本书的条文。在规范出版时，所有版本均为有效。所有的标准、规范都被修订，使用本书的各方应探讨使用下列标准、规范最新版本的可能性。

GB 1094.1—1996 电力变压器 第1部分：总则

DL/T 573—2010 电力变压器检修导则

DL/T 574—2010 变压器分接开关运行维修导则

国家电网生技〔2005〕173号 110（66）kV—500kV油浸式变压器（电抗器）检修规范

二、质量控制

变压器绝缘套管大多采用瓷质绝缘套管，又称瓷套管，其将变压器内部的高低电压绕组的出线头引到油箱外部，即起到对地绝缘的作用，也使引线与外电路起连接的作用。

套管都用瓷套管支撑，瓷套管外表面做成一圈一圈的伞裙，以增大外绝缘沿面的爬电距离。变压器绝缘套管主要有纯瓷套管和电容套管。

1. 纯瓷套管清扫、检查、补漆

(1) 检查清洁度。外表面应清洁，如积污严重，应用中性清洗剂进行清洁，然后用清水冲洗干净再擦干。

(2) 检查完整性。外表面应无裂纹、破损，重点检查脏污附着处有无裂纹，轻微损伤可用环氧树脂粘补，有裂纹应及时更换。

(3) 检查是否渗漏油。主要查看套管的固定法兰、头部密封、放气孔等处是否存在明显的渗漏痕迹，处理过程中应注意查找渗漏的原因，由于螺栓松动，应对其进行均匀紧固，及时发现并处理套管开裂导致渗油缺陷。

(4) 检查有无过热现象。套管接线端头松动时应进行紧固。

(5) 检查有无放电痕迹。如有放电痕迹应更换处理。对于有污闪痕迹的，可考虑加装硅橡胶增爬裙或涂防污闪涂料。

(6) 检查瓷套根部有无放电痕迹。如有应除锈，并涂以半导体绝缘漆。

2. 电容套管清扫、检查、补漆

(1) 检查清洁度。外表面应清洁，如积污严重，应用中性清洗剂进行清洁，然后用清水冲洗干净再擦干。

(2) 检查完整性。外表面应无裂纹、破损，重点检查脏污附着处有无裂纹，轻微损伤可用环氧树脂粘补，有裂纹应及时更换。

(3) 检查是否渗漏油。主要查看套管外部的瓷套接缝、安装法兰等处是否存在明显的渗漏痕迹，处理过程中应注意查找渗漏的原因。

(4) 检查注油孔密封。注油孔密封的螺栓胶垫容易老化开裂，导致进水受潮，应及时更换。

(5) 检查有无过热现象。套管接线端头松动时应进行紧固。

(6) 检查有无放电痕迹。如有放电痕迹应更换处理。对于有污闪痕迹的，可考虑加装硅橡胶增爬裙或涂防污闪涂料。

(7) 检查瓷套根部无放电痕迹。如有应除锈，并涂以半导体绝缘漆。

(8) 检查套管油位。油位计的指示应在正常范围内，如油位有突变（上升或下降），应重点检查套管与本体是否渗漏。同时还应注意油位计内不应有潮气凝结。

(9) 检查套管油色。油色若有发黑、浑浊等现象，重点检查油色谱和微水含量，是否放电或进水受潮。

(10) 检查末屏端子。接地应可靠，绝缘应良好，无放电、受损、渗漏现象。

(11) 套管油分析。符合 Q/GDW 1168—2013 绝缘油试验要求。

(12) 补漆应采用颜色、牌号、生产厂家与原油漆相同的油漆，先清理、

打磨受损表面，然后补底漆、中漆、面漆，或其中的一部分。除锈后应先用防锈漆再用银粉漆，刷漆应均匀，相色漆应正确美观。

三、危险点分析及控制措施

1. 危险点 1：高空坠落

变压器高压侧套管检查过程中，造成高空坠落；变压器顶盖工作面湿滑造成坠落。

防范措施：

- (1) 变压器高压侧套管检查应使用高空作业车或搭脚手架。
- (2) 正确使用安全带（绳），严禁低挂高用或系挂在不牢固的构件上。
- (3) 高度超过 1.5m 处作业，应使用安全带。110kV 及以上的主变压器上等高处作业（带电作业除外），必须使用双控安全带。
- (4) 穿耐油工作鞋，登高前清理鞋底油污；清除变压器顶盖油污；在霜冻、雨雪后进行高处工作，应采取防滑措施。

2. 危险点 2：触电

检修时，以下情况可能造成触电：

- (1) 误入带电间隔。
- (2) 工作人员或工器具与带电部位安全距离不够，易引起放电。
- (3) 感应电，易引起人身伤害意外事故。
- (4) 现场使用吊车、高空作业车操作不规范造成触电。

防范措施：

- (1) 确认现场安全措施与工作票上所列安全措施一致。
- (2) 进入检修现场、攀登设备前，须核对设备的双重名称、编号。
- (3) 防止感应电，在设备导电部位的工作应使用临时个人保安线。工作人员或工器具随时与带电部位保持足够的安全距离；工作必须由二人以上进行，其中一人担任监护。
- (4) 现场使用吊车、高空作业车应设专人指挥、专人监护；吊车、斗臂车分臂、伸臂、转向时应与母线、变电站内设备保持足够的安全距离；带电设备区域内使用斗臂车时，车身应使用不小于 16mm^2 的软铜线可靠接地。

3. 危险点 3：机械伤害

变压器瓷件表面清扫、检查、补漆过程中工具对套管造成破坏。

防范措施：

检修过程中，应正确使用工器具，对工作周围的易造成伤害的套管应采取相应保护措施。

4. 危险点 4: 物品抛掷

物品上下抛掷, 易伤人或砸坏设备。

防范措施:

(1) 物品应用绳子传递, 禁止抛掷。

(2) 工器具应系好保险绳或做好其他防坠落的可靠措施。

5. 危险点 5: 梯子等造成的伤害

工作现场搬运梯子等长物易发生人身触电事故, 架梯不当滑落易造成人身伤害。

防范措施:

(1) 工作现场搬运梯子等长物应两人放倒搬运。

(2) 架梯应与地面不大于 60° , 并有人扶持。

四、变压器停电瓷件表面清扫、检查、补漆安全质量控制卡

班组作业安全质量控制卡

作业名称: ××班××变××主变压器停电瓷件表面清扫、检查、补漆

工作负责人编写: _____ 审核: _____ 批准: _____

作业性质: _____ 计划时间: _____年____月____日____时____分至____年____月____日____时____分

1. 作业前

1.1 作业前内业准备

序号	名称	规格	单位	数量	确认
1. 现场勘察		勾选: <input type="checkbox"/> 已勘察 <input type="checkbox"/> 无需勘察 * 确认栏内需签字确认			
2. 工器具					
2.1	标准工器具	详见作业物品表	套	1	
2.2	仪器	详见作业物品表	套	1	
2.3	作业车辆	详见作业物品表	套	1	
2.4	梯类	详见作业物品表	套	1	
2.5	其他	详见作业物品表	套	1	
3. 材料					
3.1	材料	详见作业物品表	套	1	

续表

序号	名称	规格	单位	数量	确认
4. 防护用品					
4.1	安全带	双控 2m	条	5	
5. 作业文件					
5.1	工作票编号				
6. 其他（录音笔、红马甲）					

1.2 出工准备

序号	名称	确认
1	班组班前会	
2	出工三检查	

2. 作业中

2.1 作业组班前会

2.1.1 本作业危险点分析及安全措施交底

序号	危险点分析	安全控制措施	确认
1	高处作业时坠落	安全带经校验合格，且系挂在牢固的构架上。绝缘梯应由专人扶持或专梯专用，绑扎牢固。上下设备前，须清除鞋底的油污	
2	上下绝缘梯子和设备时，油迹打滑摔伤	必须清除鞋底的油污	
3	误入带电间隔	1. 确认现场安全措施与工作票相符，加强现场监护。 2. 防止误入运行中的变压器	
4	工器具遗留在变压器等设备上	收工前各专业负责人详细检查设备，确认没有遗留物	

2.1.2 其他班组间配合或交叉作业危险点分析及安全措施交底

相关班组	危险点分析	安全控制措施	确认
高压班	高压试验与检修工作交叉进行易发生人身伤害事故	试验前，确保检修人员已撤离试验区域。试验中大声唱和	

2.1.3 安全措施确认

我已知晓上述工作地点、工作内容、停电范围、作业分工、危险点及安全控制措施，精神状态良好，确认签字：

2.2 关键工序安全质量控制

序号	关键工序	质量安全控制	确认
1	检查清洁度	外表面应清洁，积污严重，用中性清洗剂进行清洁，然后用清水冲洗干净再擦干	
2	检查完整性	外表面应无裂纹、破损，重点检查脏污附着处有无裂纹，轻微损伤可用环氧树脂粘补，有裂纹应及时更换	
3	检查是否渗漏油	主要查看套管外部的瓷套接缝、安装法兰等处是否存在明显的渗漏痕迹，处理过程中应注意查找渗漏的原因	
4	检查注油孔密封	注油孔密封的螺栓胶垫容易老化开裂，导致进水受潮，应及时更换	
5	检查有无过热现象	套管接线端头松动时应进行紧固	
6	检查有无放电痕迹	如有放电痕迹应更换处理，对于有污闪痕迹的，可考虑加装硅橡胶增爬裙或涂防污闪涂料	
7	检查瓷套根部无放电痕迹	如有应除锈，并涂以半导体绝缘漆	
8	检查套管油位	油位计的指示应在正常范围内，如油位有突变（上升或下降），应重点检查套管与本体是否渗漏。同时还应注意油位计内不应有潮气凝结	
9	检查套管油色	油色若有发黑、浑浊等现象，重点检查油色谱和微水含量，是否放电或进水受潮	
10	检查末屏端子	接地应可靠，绝缘应良好，无放电、受损、渗漏现象	
11	套管油分析	符合 Q/GDW 1168—2013 绝缘油试验要求	
12	补漆	补漆应采用颜色、牌号、生产厂家与原油漆相同的油漆，先清理、打磨受损表面，然后补底漆、中漆、面漆，或其中的一部分。除锈后应先用防锈漆再用银粉漆，刷漆应均匀，相色漆应正确美观	

2.3 作业验收

2.3.1 检修人员验收

序号	验收内容	确认
1	检查被检修设备是否有遗留物，被检修设备是否已恢复至检修前状态	
2	缺陷处理情况自查	
3	工作负责人验收签字	

2.3.2 运维人员验收

<p>检修记录已登记，现场已验收合格。</p> <p style="text-align: right;">运维人员确认签字：</p>

2.4 作业组班后会

序号	项 目	确认
1	作业组班后会	
2	存在问题及措施：	

3. 作业后

3.1 作业后内业工作

序号	项目	内容	确认
1	系统流程运转	缺陷流程运转、检修报告编写上传、完成时限填写、完成设备作业后评估	
2	录音上传	工作票录音	
3	作业文件归档	作业卡、工作票、检修报告	

3.2 作业评价（按周评价）

评价情况：经检查，本作业卡_____，存在_____问题，已向_____提出。

检查人_____：____年__月__日

4. 作业工具、物品及材料

作业物品表

序号	名称	规格	单位	数量	领用	回收
1.1 工具						
1.1.1 标准工具						
1	标准工具	标配(见“工具箱” 标准配置表)	套	1		
1.1.2 仪器						
1	万用表	标准	台	1		
2	绝缘电阻表	标准	台	1		
1.1.3 作业车辆						
1	工具车	需足以装载工具	辆	1		
1.1.4 梯类						
1	绝缘梯	标准	架	若干		
1.1.5 其他						
1	电源接线盘	AC220V、AC380V	只	4		
2	套筒扳手	28件	套	2		
3	微型套筒	12件	副	1		
1.2 材料						
1	油漆(喷漆)	黄、绿、红、灰	罐	4		
2	毛刷	8~10cm	把	2		
3	破布	棉质	kg	若干		
4	钢刷		把	1		
1.3 防护用品						
1	安全带	2m	条	若干		
1.4 作业文件						
1	工作票	编号: _____	张	1		
2	现场一次接线图	作业区域带电部位标红	张	1		
3	检修报告	空白一份	张	1		
4	设备图纸	图纸编号: _____	份	1		

注 该清单仅供工作负责人选用、清点、检查作业物品时参考,可视现场需要在此基础上自行添加、修改项目与数量。

“标准工具箱”标准配置表

序号	名称	规格	单位	数量	领用	回收
1	扳手	10#	把	1		
2	扳手	8#	把	1		
3	棘轮		把	1		
4	套筒	17#	个	1		
5	套筒	19#	个	1		
6	老虎钳		把	1		
7	尖嘴钳		把	1		
8	斜嘴钳		把	1		
9	螺丝刀	一字	把	2		
10	螺丝刀	十字	把	2		
11	呆扳手	17#~19#	把	1		
12	呆扳手	16#~18#	把	1		
13	梅花扳手	17#~19#	把	1		
14	梅花扳手	16#~18#	把	1		
15	工具刀		把	1		
16	剪刀		把	1		

注 该清单仅供工作负责人清点、检查标配工具箱时参考。

模块2 变压器红外热成像检测及分析

【模块描述】

本模块介绍变压器红外热成像试验方法和试验要求。通过试验工作流程的介绍，掌握变压器红外试验前的准备工作和例行试验相关安全、技术措施、测试方法、技术要求及测试数据分析判断。

【正文】

一、引用标准

下列标准、规范所包含的条文，通过在本指导书中的引用而成为本书的条文。在规范出版时，所有版本均为有效。所有的标准、规范都被修订，使用本