

小型水电站运行与维护丛书

电气设备检修

姜荣武 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

小型水电站运行与维护丛书

电气设备检修

姜荣武 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

· · · 内 容 提 要 · · ·

本书为“小型水电站运行与维护丛书”中的一个分册，全书共分为11章，主要内容包括电力变压器检修，高压断路器检修，高压隔离开关检修，互感器检修，绝缘子、母线、电力电缆检修，电力补偿设备检修，避雷器检修，异步电动机检修，直流系统检修，以及低压开关电器检修。

本书可作为小型水电站工作人员的培训教材，也可供相关技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备检修/姜荣武主编. —北京: 中国电力出版社, 2015. 5

(小型水电站运行与维护丛书)

ISBN 978-7-5123-6989-4

I. ①电… II. ①姜… III. ①水力发电站-电气设备-设备检修
IV. ①TV734

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 308697 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

*

2015年5月第一版 2015年5月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 19印张 450千字

印数 0001—3000册 定价 50.00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

《小型水电站运行与维护丛书》
编 委 会

主 任 李 华

委 员 孙效伟 尹胜军 姜荣武 安绍军

《电气设备检修》
编 写 人 员

主 编 姜荣武

参 编 王洪玲

序

我国小水电近年来发展非常迅速，从1995年末发电装机容量1650万kW，年发电量超过530亿kWh，到2011年已建成小水电站45000余座，总装机容量5900万kW，年发电量2000多亿kWh。目前，我国小水电遍布全国二分之一的地域、三分之一的县市，累计解决了3亿多无电人口的用电问题。中国小水电在山区农村的作用越来越显得重要，其自身经济效益也在逐步提高。小水电已成为我国农村经济社会发展的重要基础设施、山区生态建设和环境保护的重要手段。作为最直接的低碳能源生产方式，小水电在“十二五”期间将迎来新的发展机遇。

随着小水电事业的迅速发展和水电技术水平的不断提高，对小水电站运行与维护人员的知识、技能要求也越来越高。特别是随着新技术在小水电站的应用，需要电站运行与维护人员及时更新知识结构，从而保证小水电站安全、经济运行。为此，我们组织编写了本套“小型水电站运行与维护丛书”，可满足小水电站运行与维护人员在不脱离岗位的情况下，通过对所需知识的学习提高业务水平和技能，并应用到实际工作中，以保障发电机组的安全、可靠、高效、经济运行。

本套丛书共包括《水轮发电机组及其辅助设备运行》、《水力机械检修》、《电气设备运行》、《电气设备检修》、《水电站运行维护与管理》五个分册。该套丛书密切结合小水电技术水平发展的实际，以典型小水电站的系统和设备为主线，并按CBE模式对丛书的内容进行了划分，按照理论上够用、突出技能的思路组织各分册的编写。丛书图文并茂、浅显易懂，并充分结合了新规程和新标准。小水电站运行与维护人员可根据自身专业基础和实际需要选择要学习的模块。

试读结束 需要全本请在线购买：www.ertongbook.com

本套丛书由国网新源丰满培训中心组织编写，可作为小型水电站运行、检修岗位生产人员的培训教材，也可供水电类职业技术学院相关专业师生学习参考。

国网新源丰满培训中心希望能够通过本套丛书的出版，为我国的水电事业尽一份绵薄之力。因编写时间和作者水平所限，丛书谬误和不足之处难免，敬请广大水电工作者批评指正。

国网新源丰满培训中心

2012年9月



前

言

电气设备是发电厂的重要组成部分，它直接影响发电厂及电力系统的安全运行。随着我国小型水电站的大量建设，电网不断拓展，电力行业队伍不断壮大。为保证电力系统安全可靠运行与不断提高电能质量，要求电力行业人员熟悉与掌握电气设备检修与维护的技能。为加速培养水电专业人才，满足水力发电各专业、各层次职工的岗位实际需要，编者根据多年从事电气设备运行、维护、检修的实际工作经验，并参考最新国家及行业的标准、规范、规程，较系统地介绍了电气设备检修的技能与工艺，使广大电力职工加深了对电气设备的理解与掌握。

本书在编写过程中，力求将理论、知识、实践融为一体，论述深入浅出，循序渐进，层次清晰，以最大限度满足电力工人专业水平、实践能力和综合能力等全面素质培养的需要。书中所列的检修实例，都是从实际工作中总结得来的，可帮助广大水力发电职工正确检测、诊断故障原因，提高设备检修能力及速度，从而缩短设备检修的时间，提高设备的使用周期。

本书在编写过程中王洪玲给予了大量的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，虽经反复推敲，多次修改，但因时间仓促，编者的编写水平有限，书中难免有一些缺点和错误，敬请广大读者在使用过程中提出宝贵意见，以便今后修订和完善。

编者

2014年8月19日



目 录

序	
前言	
第一章 电气设备检修的基本内容	1
第二章 变压器检修	4
第一节 变压器检修前的准备工作	4
第二节 变压器的拆装	14
第三节 变压器小修	19
第四节 变压器大修	26
第五节 干式变压器的检修	60
第六节 变压器的试验与验收	63
第三章 高压断路器检修	80
第一节 少油断路器检修	80
第二节 六氟化硫断路器检修	114
第三节 真空断路器检修	127
第四节 高压断路器操动机构的检修	129
第五节 高压断路器的试验	141
第四章 高压隔离开关检修	150
第一节 高压隔离开关检修	151
第二节 高压隔离开关操动机构的检修	165
第五章 互感器检修	168
第一节 互感器检修周期和项目	169
第二节 互感器的检修	170
第三节 互感器的油处理	178
第六章 绝缘子、母线、电力电缆的检修	183
第一节 绝缘子的检修和试验	183
第二节 母线的检修与试验	185
第三节 电力电缆的检修	188
第七章 电力补偿设备检修	196
第一节 电力电抗器的检修	196

第二节	消弧线圈的检修	200
第三节	并联电容补偿装置的检修	204
第八章	避雷器检修	209
第一节	避雷器检修的准备工作	209
第二节	避雷器的检修	211
第三节	避雷器的试验	217
第四节	放电记录器的检修	228
第九章	异步电动机检修	232
第一节	异步电动机的修理	232
第二节	异步电动机调试	245
第三节	异步电动机常见故障的分析和处理	252
第十章	低压开关电器检修	257
第一节	闸刀开关检修	257
第二节	接触器和磁力启动器的检修	259
第三节	自动空气开关和灭磁开关的检修	266
第四节	熔断器的选用和更换	273
第十一章	直流系统检修	277
第一节	蓄电池的检修	277
第二节	充电、浮充电装置的检修	282
第三节	二次回路检修	289

电气设备检修的基本内容

一、电气设备检修

电气设备检修是指，水力发电厂中对存在的各种异常或故障的电气设备进行处理，并使之恢复正常的过程。整个过程以处理缺陷为主，同时也有选择地对电气设备进行拆卸解体与组装、调整与试验以及试运行等。

(一) 电气设备检修的目的

电气设备检修是保证设备安全、经济运行，提高设备可靠系数，充分发挥设备潜力的重要措施。检修的过程包括：检修前的准备、拆卸、清扫、检查、修理或更换、组装、调整与试验，以及试运行等。通过对设备进行检修，应达到以下目的：①消除设备缺陷，排除隐患，使设备能够安全运行；②保持设备的各项技术指标，延长设备的使用年限；③提高设备的利用率和效率，使设备能够经济运行。

对电气设备的检修，应贯彻“预防为主，计划检修”的方针。水电站应根据主管部门的要求，结合本单位的情况，每年编制一次年度检修计划和三年滚动计划，报主管部门批准后执行。

电气设备的检修主要是计划检修，此外还有事故检修和临时检修。计划检修主要有大修和小修两种，其中，大修是对设备进行较全面的检查、清扫和修理；小修是消除设备在运行中发现的缺陷，并重点检查易磨易损部件，进行必要的处理、清扫和试验；事故检修是指电气设备发生故障后，被迫进行的对其损坏部分的检查、修理或更换，具有突发性，一般需组织力量进行抢修，以便尽快排除故障，恢复生产。临时检修是指电气设备在运行中发现有危及安全的缺陷或异常后进行的临时性的局部检查、修理或更换。

电气设备检修完毕后，应进行调整与试验。调整是指电气设备在安装或组装就位后，为使设备达到技术指标或一定规格而进行的调节过程。试验是指按规程规定的项目和周期进行的设备性能的检测，主要有交接试验和预防性试验（有时在设备检修前需进行试验，以便检测设备健康状况和损坏程度），交接试验是在设备安装或检修后进行的试验，用以检测安装或检修的质量，判断设备能否投入运行；预防性试验是指对经过一定运行时间的电气设备，不论运行情况如何都要进行的试验，用以及时发现隐藏的缺陷及严重程度，以便及时维护及检修，防患于未然。

(二) 电气设备检修的周期和项目

电气设备的检修周期是指两次同类型检修的相隔时间，它的长短取决于设备的技术状

况。检修项目是指检修中需要进行的各项内容。水电站主要电气设备的大修项目可分为标准项目和特殊项目两类。

标准项目是每次大修都必须进行的项目，主要内容包括：①对设备进行全面检查、清扫、测量和修理，已掌握规律的老设备可有重点地进行；②消除设备和系统的缺陷；③进行监测、试验和鉴定，定期更换零部件。

特殊项目是根据设备的具体状态有选择地进行的项目。特殊项目中，包含对系统设备结构有重大改变的技改项目（称为重大特殊项目）。

主要电气设备的小修也可分为标准项目和特殊项目两种，标准项目的内容有：消除运行中发生的缺陷；重点清扫、检查和处理易损、易磨部件，必要时，进行实测和试验。大修前的那次小修，应进行较细致的检查和记录，并据此确定某些大修项目。特殊项目要根据实际情况决定。

电力规程中对主要设备的大修与小修周期、标准项目、特殊项目以及停用天数都做了具体规定。应根据规定制定实施细则，定期检修，按时投入，切勿影响整个电力系统的稳定运行。

二、电气设备检修的工作内容

电气设备的大修，主要包括大修前的准备工作、大修的组织管理以及检修后的验收等工作内容。

（一）大修前的准备工作

大修前的准备工作主要包括以下内容。

（1）编制大修项目表。根据年度检修计划、设备运行情况、存在的缺陷、上次大修总结、小修核查结果以及决定采用的技术革新项目等，经现场查对和必要的设计、试验和鉴定后，落实检修项目。

（2）落实物质准备和检修施工场地布置。物质包括材料、备品配件、安全用具、施工机具和试验设备等。

（3）制订施工技术措施和安全措施。

（4）准备好技术记录表格，确定需测绘和校核的备品配件加工图，制订实施大修计划的网络图或施工进度表。

（5）组织各班组学习讨论检修计划、项目、进度、措施及质量要求和经济责任制等，做好特殊工种和劳动力的安排，协调班组和特殊工种间的配合工作，确定检修项目的施工和验收负责人。

（6）做好大修项目的费用预算，报领导批准及主管部门备案。

大修前一个月，检修工作负责人应组织有关人员检查上述各项工作的准备情况，开工前还应全面复查。大修工程在开工前，应落实好劳动力、主要材料、备品配件以及生产技术协作项目，检查各种施工机具、专用工具、安全用具和试验器械，并对检修场地及其环境条件做周密的选择。

（二）大修的组织管理

大修施工阶段是检修工作员紧张的阶段，必须做好下列各项组织工作。

（1）贯彻安全工作规程，检查各项安全措施，确保人身和设备安全。

- (2) 检查落实检修岗位责任制，严格执行各项质量标准、工艺措施，保证检修质量。
- (3) 随时掌握施工进度，加强组织协调，确保如期竣工。
- (4) 贯彻勤俭节约原则，爱护工具器械，节约原材料。

在施工中，应着重抓好关键项目的检修以及设备全面解体后和检修结尾回装阶段的综合平衡工作。设备解体后，要进行全面检查，查找设备缺陷，掌握设备技术状况。对于可能影响工期的项目以及尚需进一步落实技术措施的项目，设备的解体检查应尽早进行。设备解体后，如发现新的缺陷，要及时补充检修项目，落实检修方法。

在检修过程中，要及时做好记录，包括设备技术状况、修理内容、系统和设备结构的改变、测量数据和试验结果等，所有记录应做到完整正确、简明实用。检修工作应达到质量好、安全好、工期短、检修费用低和检修管理好等基本目标。

(三) 检修后的验收

为确保检修质量，设备检修竣工后，严格执行班组、分场及厂部三级验收制度。由班组验收的项目，一般先由检修人员自检后，交班组长进行检验，班组长应全面掌握全班的检修质量，并随时做好必要的技术记录。重要工序和重要项目、分段验收项目及技术监督项目由车间进行验收。检验后应填好分段验收记录，其内容包括检修项目、技术记录、质量评价和验收双方负责人的签名。主要设备大修后的总验收和整体试运行，由厂总工程师主持。在核查分段验收、分部试运行资料并现场检查后，如质量和环境符合要求，可由总工程师发布启动和整体试运行决定。试运行内容包括各项冷态和热态试验以及带负荷试验。若没有发现缺陷，运行情况正常，由总工程师批准正式交给电力系统调度管理。

主要设备大修竣工后，检修负责人应尽快组织有关人员认真总结经验，对大修工作以及试运行情况总结，对主要设备进行评级和对检修工作进行评价，并在 30 天内写出大修总结报告。同时，应整理设备检修技术记录、试验报告和技术系统变更等技术文件，并归档保存。

变 压 器 检 修

本章讲述油浸自冷式、油浸风冷式和强迫油循环风冷变压器的拆装、检修和干式变压器的检修，图 2-1 所示为油浸自冷式和油浸风冷式变压器结构。

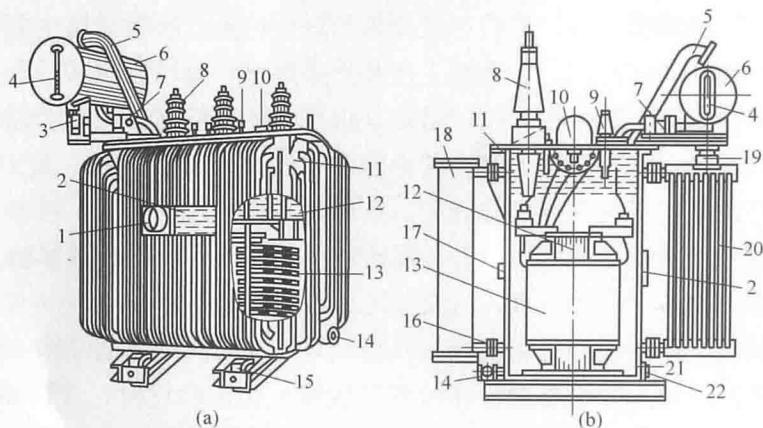


图 2-1 油浸自冷式、油浸风冷式变压器结构

(a) 油浸自冷式变压器；(b) 油浸风冷式变压器

1—温度计；2—铭牌；3—吸湿器；4—油位计；5—防爆管；6—储油柜（油枕）；7—气体继电器；8—高压套管；9—低压套管；10—分接开关；11—油箱；12—铁芯；13—绕组；14—放油阀；15—小车；16—阀门；17—信号温度计；18—净油器；19—呼吸器；20—散热器；21—接地螺栓；22—油样活门

第一节 变压器检修前的准备工作

一、人员、工器具、消耗材料的准备

1. 人员组织

变压器检修前的人员组织见表 2-1。

表 2-1 人 员 组 织

序号	职责	人数	序号	职责	人数
1	工作负责人		5	油务检验	
2	技术负责		6	电气试验	
3	安全员		7	起重人员	
4	变电检修人员		8	工器具、材料	

具体人员数量应根据实际情况决定

2. 对主变压器进行全面调研

对主变压器进行全面调研的内容见表 2-2。

表 2-2 对变压器进行全面调研内容

序号	调查内容	责任人	备注
1	大修原因		
2	上次大修报告及遗留问题		
3	近期检修报告、试验报告、油化试验报告		
4	主变压器 3 年来运行记录		
5	有载分接开关及无载分接开关检修试验报告运行记录		
6	主变压器、有载分接开关及主要附件型号参数，主要关键零部件的形状及尺寸		
7	是否有改造项目，若有，应制定改造方案		
8	了解现存所有缺陷		
9	制定“三措”（安全、技术、质量措施）及施工方案		

3. 技术资料准备

技术资料准备见表 2-3。

表 2-3 技术资料准备

序号	内容	责任人	备注
1	变压器出厂资料及检修技术资料		
2	高压套管检修工艺及标准		
3	有载分接开关及无励磁分接开关检修工艺及标准		
4	冷却器、散热器、检修工艺及标准		
5	油泵、风扇检修工艺及标准		
6	油流继电器、气体继电器、释压器、检修工艺及标准		
7	储油柜及磁力油位表检修工艺标准		
8	净油器检修工艺标准		
9	温度控制器检修工艺标准		
10	电力变压器通用小组件检修工艺标准，包括放油阀、蝶阀、吸湿器、油标、接地线		
11	其他项目		

4. 常用安全用具准备

常用安全用具准备见表 2-4。

表 2-4

常用安全用具准备

序号	名 称	数 量	责任人	备 注
1	CO ₂ 灭火器	() 个		
2	工作服 (专用)	() 套		
3	接地线	适量		
4	绝缘鞋、手套	() 套		
5	耐油工作鞋	() 双		
6	护目镜	() 副		
7	安全带	() 条		

5. 变压器检修常用工器具准备

变压器检修常用工器具准备见表 2-5。

表 2-5

变压器检修常用工器具准备

序号	设备、工具名称	规 格	单位	备 注
1	绝缘电阻	500V 和 2500V	块	
2	交流电压表	0~75~150~300~600	块	
3	钳型电流表	0~30~100~300~1000	块	
4	万用表	数字 DT-830	块	
5	真空表	0~0.1MPa	块	
6	湿度表	干湿及指针式	块	
7	温度计	水银或酒精	只	
8	电桥	单、双臂式电桥各 1	只	
9	游标卡尺	0~220mm	个	
10	塞尺	0.05~2mm	个	
11	深度尺	0~500mm	个	
12	千分尺	0~75mm	个	
13	钢丝绳	视吊件重量确定		
14	钢丝绳套	视吊件重量确定	个	
15	白棕绳	视吊件重量确定		
16	滑轮	视吊件重量确定	个	
17	轻型铝合金梯子	3m 和 5m	把	
18	胶皮电源线	50A、100A、300A	m	
19	临时电源用开关	视检修电源容量定	个	
20	低压行灯	36V	个	附行灯变压器
21	滤油纸打孔器		个	
22	油桶	200L、100L	只	

续表

序号	设备、工具名称	规格	单位	备注
23	开口油桶	200L、100L	只	
24	油盘		只	
25	油漏斗		个	
26	力矩扳手		把	
27	穿心螺栓专用扳手		把	
28	管钳	356~914mm	把	
29	各种活动扳手	250~450mm	把	
30	套筒扳手		套	
31	内六角扳手		套	
32	枕木	200mm×250mm×2500mm	个	需要时
33	起重搬运用滚杠	φ100	根	需要时
34	千斤顶	100kN、200kN、500kN	只	需要时
35	各种规格螺丝刀		把	
36	各种规格扳手	视加工件规格确定	个	
37	各种规格丝锥	视加工件孔径确定	个	
38	起重用吊环	视吊件重量确定	个	
39	割胶垫专用工具	画规、割刀	套	
40	喷灯		只	
41	电烙铁	70W、150W、300W	只	
42	各种规格油盘		个	
43	三角锉		把	
44	平锉		把	
45	圆锉		把	
46	半圆锉		把	
47	组锉		把	
48	大锤		把	
49	手锤		把	
50	铜锤		把	
51	木锤		把	
52	电炉	1~2kW、220V	只	
53	钢丝刷		把	
54	毛刷		把	
55	轴承拆卸专用工具		套	特制

续表

序号	设备、工具名称	规格	单位	备注
56	喷枪		把	
57	排风扇	视变压器容量确定	台	器腔通风
58	木箱		个	装螺钉用
59	电焊工具		套	需要时
60	气焊工具		套	需要时
61	铁画规		个	
62	氧气表		块	
63	剥线钳		把	
64	电动扳手			
65	手电钻	220V 交直流两用	台	

6. 主要消耗材料准备

主要消耗材料准备见表 2-6。

表 2-6

主要消耗材料准备

序号	名称	规格	数量	备注
1	棉纱			
2	面粉 (按需配备)			
3	白布带			
4	钢锯条			
5	海绵			
6	铁丝	8、10 号		
7	砂纸	200、300		
8	塑料带			
9	清洁剂			
10	密封条	φ25		
11	破布			
12	酒精			
13	绝缘胶布			
14	电焊条			或按需准备
15	塑料布			
16	滤油纸	300mm×300mm、280mm×280mm		
17	绸布			
18	毛巾			
19	洗衣粉			
20	602 胶			
21	各种密封垫和更换配件			按需准备留足备用
22	其他消耗材料			按需准备