

电网专业技术监督丛书

绝缘专业

主编 卜劲松 副主编 郭江涛 史立红

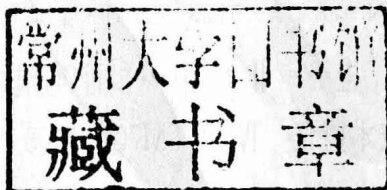


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电网专业技术监督丛书

绝缘专业

主编 卜劲松 副主编 郭江涛 史立红



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电网专业技术监督丛书》共有绝缘、继电保护、电测量、化学、电能质量、调度自动化、电力通信、环境保护及热工专业 9 个分册，系统地介绍了国家电网技术监督规定中要求的各项技术监督工作的目的、依据、监督项目、管理内容及相关基础知识。本丛书可作为从事电网工作的技术人员和管理人员的工作参考书，也可作为电网技术监督培训用书。

本书是绝缘专业分册，主要包括绝缘技术监督管理、绝缘监督基础理论、电气设备测试技术、输变电设备隐患排查四章内容。

图书在版编目 (CIP) 数据

电网专业技术监督丛书. 绝缘专业/卜劲松主编. —北京: 中国电力出版社, 2011. 9

ISBN 978 - 7 - 5123 - 2101 - 4

I. ①电… II. ①卜… III. ①电网—技术监督②绝缘—技术监督 IV. ①TM7②TM05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 185066 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 10 月第一版 2011 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 8. 625 印张 220 千字

印数 0001—2500 册 定价 22. 00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

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

电网专业技术监督丛书 编委会

丛 书 主 编：卜劲松

丛 书 副 主 编：郭江涛 史立红

丛 书 编 委：陈永辉 李 罡 周迎秋 刘志福 李凤波

王化柱 魏宝林 刘勇军 于国良 肖荣国

张 力 张伯良 金镇山 朱学成 兰公煜

本册编写人员：张宏伟 高自伟 刘 洋

本册审核人员：张大为 秦 军

前言

电网专业技术监督对输变电设备和电网的安全运行发挥着巨大作用。随着电网规模的扩大和电压等级的不断提高,特别是近年来随着输变电设备状态检修和隐患排查工作的开展和特高压设备的投入运行,电气设备监督工作的重要程度被提升到了一个新的高度。为使从事各专业的技术人员能够及时掌握输变电设备发展动态,掌握本专业法律法规及相关要求,提高监督管理和检测的水平,增强分析和判断的能力,黑龙江省电力有限公司抽调技术监督专业人员组成了“电网专业技术监督丛书编写小组”。在本丛书编写过程中,小组分别召开了十二次专题会议,统一思想,要求各分册既要突出本专业的特点,又要体现丛书的共同点;并邀请中国电力出版社及一些大专院校的老师多次进行培训,对法定计量单位,教材编写的格式,人名、地名、专有名词,图表及序号的编排等进行了规范的讲解。相关编写人员多次深入现场,使丛书的编写真正满足生产现场的实际需求。

本丛书分为绝缘、继电保护、电测量、化学、电能质量、调度自动化、电力通信、环境保护及热工专业九个分册。内容包括:“三级监督网络”的建设和作用,基建阶段、正常生产过程中、异常事件处理过程中的技术监督;电网设备状态检修、隐患排查过程中的技术监督及典型案例;对技术监督关口前移、闭环管理的原则进行案例分析;列出技术监督的标准、管理制度、必要的档案及记录并加以诠释;对技术监督的人员及资质、报表及总结格式及需制订的技术监督动态考核内容给出范例;对各专

业基层监督人员应知应会的基础知识、电气设备测试技术的要点及注意事项、输变电设备状态评价及隐患排查内容进行讲解。本丛书可作为从事电网工作的技术人员和管理人员的工作参考书，也可作为电网技术监督培训用书。

本书是《电网专业技术监督丛书》绝缘专业分册。主要阐述电网绝缘技术监督的概述、内容及工具，列出部分典型故障案例；对绝缘监督人员需掌握的基础理论及在线监测内容进行介绍；对变压器、互感器、断路器、套管、电容器、避雷器、电力电缆、绝缘子、接地网试验以及红外成像技术检测电力设备热故障试验方法及评定标准进行详细说明；本书还介绍了输变电设备状态评价和隐患排查方面的内容，并对隐患排查工作的具体操作进行说明。

在本书编写过程中，编者查阅了大量资料和文献；参考了许多专业工作者和专家的科研成果、公开发表的文章、正式出版的书籍和非正式出版的资料，引用了张仁豫、周泽存、严璋等编著的高压试验专业教材，陈化钢、陈天翔等编著的高压电气设备试验方法等资料，谨在此向他们表示衷心的感谢！

本书第一章、第三章（第十节）由张宏伟编写，第三章（一～九节）、第四章由高自伟编写，第二章、附录由刘洋编写；全书由张大为、秦军审核。由于编者水平有限，编写时间仓促，疏漏和不当之处敬请广大读者同仁批评指正，编者将十分感谢！

目 录

前言

第一章 绝缘技术监督管理	1
第一节 绝缘技术监督概述	1
第二节 绝缘技术监督管理内容	8
第三节 绝缘技术监督管理工具	36
第二章 绝缘监督基础理论	44
第一节 电介质基本知识	44
第二节 绝缘电阻的测量	56
第三节 直流泄漏及直流耐压试验	61
第四节 介质损失角正切值 $\tan\delta$ 的测量	65
第五节 工频交流耐压试验	70
第六节 绝缘油试验	74
第七节 电气设备在线监测	84
第三章 电气设备测试技术	97
第一节 电力变压器试验	97
第二节 互感器试验	118
第三节 断路器试验	122
第四节 套管试验	126
第五节 电容器试验	130
第六节 避雷器试验	131
第七节 电力电缆试验	133
第八节 绝缘子试验	135

第九节	接地网试验	144
第十节	红外成像技术检测电力设备热故障	148
第四章	输变电设备隐患排查	158
第一节	变电站全停隐患排查	159
第二节	变压器（类）设备隐患排查	160
第三节	开关设备隐患排查	163
第四节	输电线路及电缆隐患排查	166
第五节	绝缘子隐患排查	167
第六节	接地网隐患排查	168
第七节	保护设备隐患排查	169
第八节	采用红外检测技术开展输变电设备 隐患排查工作	170
第九节	设备在线监测系统运行情况普查	172
附录一	Q/GDW 169—2008 油浸式变压器 （电抗器）状态评价导则	175
附录二	Q/GDW 171—2008 SF ₆ 高压 断路器状态评价导则	205
附录三	Q/GDW 173—2008 架空输电线路 状态评价导则	237
参考文献		268

第一章

绝缘技术监督管理

第一节 绝缘技术监督概述

一、绝缘技术监督的定义

绝缘技术监督的定义：以安全和质量为中心，以标准为依据，以有效的测试和管理为手段，对高压电气设备绝缘状况和影响到绝缘性能的污秽状况、接地装置状况、过电压保护等进行全过程监督，以确保高压电气设备在良好的绝缘状态下运行，防止绝缘事故的发生。

二、绝缘技术监督的任务

绝缘技术监督的任务：认真贯彻执行国家、电力行业、国家电网公司发布的各项标准、规程以及相关规章制度及反事故措施，掌握电气设备的绝缘变化规律，及时发现和消除绝缘缺陷，分析绝缘事故，制定反事故措施，不断提高电气设备运行的安全可靠性的。

通过定期、定项目测量高压电气设备的绝缘性能，及时了解和掌握其变化及规律并使之保持在良好状态下运行。对在基建、安装、调试、运行和检修中查出的设备绝缘缺陷，根据其安全生产的威胁程度不同作出跟踪、处理、更换等具体决定，达到减少和预防绝缘损坏事故发生的目的。

实践证明，只要认真坚持绝缘监督工作，及时发现和消除设备的绝缘缺陷，绝缘事故就能减少。只要稍有放松，绝缘事故就会接连发生，严重威胁安全供电。我国在 20 世纪 80 年代初狠抓绝缘技术监督工作后，电气设备的绝缘事故得到明显抑制。但近年来，由于各种原因，电气设备绝缘损坏事件时有发生，且有上

升趋势，电气设备绝缘情况不容乐观。为了使电气设备绝缘损坏事故降到最低限度，根据我国的国情，设立了电气设备绝缘技术监督这样一项专业工作来进行绝缘监督管理。这是一项跨专业且要求管理严密的工作，是一项范围广、介入程度深、工作繁杂及跨越时间长的工作，需要多方协作才能将这一工作搞好。

绝缘技术监督工作的内容可分为技术管理及绝缘诊断技术两部分。在绝缘诊断技术飞速发展的今天，大量测试仪器的研制成功，使测试技术达到了新的高度。从事绝缘测试技术的人员一般对测试方法、仪器的灵敏度及准确性比较重视，但对通过大量细致的技术管理工作去深入了解电气设备绝缘性能的变化、有效防止绝缘损坏方面稍显不足，因此必须使技术管理与诊断技术相结合，才能真正使绝缘监督工作走上正轨。

为了切实做好绝缘监督工作，各网省公司都分别制定了相应的绝缘技术监督工作条例，具体明确了网省公司、供电企业的职责范围，使工作有章可循，对各级专职（责）的设立部门及具体工作都做出了相应的规定。绝缘监督工作的性质要求绝缘监督专职（责）人员要相对稳定，这是由于目前的管理模式、资料及经验都需要长期积累，在工作上应具有连续性。

高压电气设备种类繁多、型式各异，在系统运行中将受到各种环境和工况的考验，内部绝缘材料也将受到机械、脏污、水分、温度、电压等的考验，存在自然老化和加速老化，甚至发生突发性损坏。一旦电气设备出现绝缘损坏，将会使整套设备退出运行，有时甚至会引起系统大范围的停电。努力降低和预防电气设备事故，特别是降低和预防绝缘损坏事故（绝缘损坏事故不但占电气设备事故总数的比例甚高，且修复的时间较长、费用较大）已成为电网系统迫切需要解决的课题。

三、绝缘技术监督的范围

绝缘技术监督的范围：包括电气设备绝缘及有关性能进行技术监督，主要是对发电机、电动机、变压器、电抗器、互感器、断路

器、电容器、避雷器、电缆、线路、防雷及过电压保护设施，接地装置等设备的技术监督。

多年来，国内所使用的电气设备不论在单机容量、电压等级、材料优化以及制造工艺等方面都出现了飞速发展，相应的测试技术同样也得到了长足的进步。绝缘材料、绝缘结构也同样发生了巨大的变化，电气设备内部绝缘材料上的电场也由不均匀电场为主发展为以目前的均匀电场为主，大大提高了绝缘材料的利用率。对投运设备来讲，设备电压等级越高时，出现一次绝缘损坏，修复的时间和费用都将大幅度提高；SF₆组合电器就更是如此，往往处理一起绝缘缺陷的时间将比单一元件（即分布式结构）设备处理在时间上增加数十倍之多，这就对设备制造的设计、选材、工艺提出了更高的要求。由于超高压电网已成为电力系统的主网，沿用的破坏性试验项目（耐压）在现场已很难实施；又由于绝缘裕度较小，考虑到破坏性试验的累积效应，破坏性测试项目将视设备状态评价结果而定。目前，为提高绝缘检测的灵敏度，除常规电气试验外，增加不少在线和微观测试项目，如气、液相色谱测量、微量水、金属元素、SF₆分解产物、局部放电、红外测温等。就局部放电测量而言，又分为电气法和超声波法等。这些测量方法不论测量和分析，难度都有所增加，对所测结果更需要进行仔细的观察和分析，有时细微的异常不被重视便可能导致设备的重大损坏。

四、绝缘技术监督的目的

绝缘技术监督的目的：认真贯彻执行“安全第一、预防为主”的方针，不断提高电气设备的健康水平，防止和消灭绝缘事故，确保电气设备的安全运行。

对设备异常情况，不仅从有关的测试数据可以发现，有时从电气运行和检修中同样可以得到十分重要的信息，如电气运行人员通过观、听、嗅、触等手段可及时发现大量设备缺陷，检修人员利用设备解体的有利条件更可直接发现某些测试工作无法检出

的绝缘缺陷。

为降低电气设备的绝缘损坏事件，需要多方的共同努力方能达到，这就需提高全体职工的监督意识，从监督工作的重要性及每一个职工在监督工作中的位置，进行系统的分工，真正树立主人翁的工作作风，踏踏实实地做好每一件工作，这样绝缘技术监督的各项具体工作才能得到有效的落实与贯彻。

多年来，在绝缘技术监督中一直推行“管理出效益”的做法，坚持从“预试、消除绝缘缺陷”这两项最根本的工作抓起，发现及消除大量绝缘缺陷。但仍应看到，全员监督意识未能树立起来，制造、检修、运行质量日趋低下，这就要求工作做得更细、职责分明，努力提高监督工作质量。

提高监督工作质量应采取的措施如下：

(1) 强化现场安装、调试、验收工作的组织管理和工作力度，落实相关责任，提高现场工作人员的责任意识，严格按照相关工艺和规程规范的要求进行现场安装、调试、验收工作，杜绝新设备带缺陷隐患投入运行的情况发生。

(2) 进一步细化各项工作标准化作业指导书及变电站现场运行规程的内容和要求，不断提高现场工作的精细化要求。

(3) 采取措施和手段切实提高检修和运行人员的技能水平和工作责任心，切实保证现场检修和运行巡视工作能够按规程规范的要求进行，保证检修和运行巡视工作质量，确保能够及时发现和处理各类设备缺陷。

(4) 严格执行操作票制度。

五、绝缘技术监督的依据

(一) 一般原则

电气设备绝缘技术监督工作必须始终贯彻“安全第一、预防为主”、超前防范的方针，坚持统一制度、统一标准、统一机制、分级管理的原则，在电网规划、设计、建设和生产的全过程，全面执行国家、电力行业、国家电网公司、省公司的标准、规定和

反事故措施等，各部门落实技术监督责任制，积极开展技术监督工作，强化闭环管理。

绝缘技术监督工作以质量为中心，以标准为依据，对电气设备的绝缘强度，过电压保护及接地系统等进行技术监督。

绝缘技术监督工作必须坚持专业技术监督与单一设备技术监督相结合；坚持全方位的技术监督与专项工作技术监督相结合；坚持技术监督工作的动态化管理。

广泛采用先进、成熟的技术和方法，加大科技投入，不断提高技术监督的及时性、准确性和有效性，提高电网绝缘技术监督的整体水平。

（二）绝缘技术监督依据的标准

绝缘技术监督必备的标准见表 1-1，随着标准的修订及更新，应查询、使用最新版本。

表 1-1 绝缘技术监督必备标准

序号	标准号	标准名称
1	GB 50150—2006	电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
2	GB 3906—2006	3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备
3	GB 7674—2008	额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备
4	GB 16926—2009	高压交流负荷开关 熔断器组合电器
5	GB 14050—2008	系统接地的型式及安全技术要求
6	GB 1094.1—1996	电力变压器 第 1 部分：总则
7	GB 1094.2—1996	电力变压器 第 2 部分：温升
8	GB 10229—1988	电抗器
9	GB 1207—2006	电磁式电压互感器
10	GB 50148—2010	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
11	GB 50169—2006	电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
12	GB 50173—2008	电气装置安装工程 35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范
13	GB/T 311.2—2002	绝缘配合 第 2 部分：高压输变电设备的绝缘配合使用导则

续表

序号	标准号	标准名称
14	GB/T 16927.1—1997	高电压试验技术 第1部分：一般试验要求
15	GB/T 16927.2—1997	高电压试验技术 第2部分：测量系统
16	GB/T 8905—1996	六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则
17	GB/T 11023—1989	高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法
18	GB/T 3048.1—2007	电线电缆电性能试验方法 第1部分：总则
19	GB/T 3048.4—2007	电线电缆电性能试验方法 第4部分：导体直流电阻试验
20	GB/T 3048.5—2007	电线电缆电性能试验方法 第5部分：绝缘电阻试验
21	GB/T 3048.8—2007	电线电缆电性能试验方法 第8部分：交流电压试验
22	GB/T 3048.11—2007	电线电缆电性能试验方法 第11部分：介质损失角正切试验
23	GB/T 3048.12—2007	电线电缆电性能试验方法 第12部分：局部放电试验
24	GB/T 11032—2010	交流无间隙金属氧化物避雷器
25	GB/T 2536—1990	变压器油
26	GB/T 10228—2008	干式电力变压器技术参数和要求
27	GB/T 6451—2008	油浸式电力变压器技术参数和要求
28	GB/T 7252—2001	变压器油中溶解气体分析和判断导则
29	GB/T 4109—2008	交流电压高于1000V的绝缘套管
30	GB/T 1094.7—2008	电力变压器 第7部分：油浸式电力变压器负载导则
31	GB/T 17211—1998	干式电力变压器负载导则
32	GB/T 775.2—2006	绝缘子试验方法 第2部分：电气试验方法
33	GB/T 13395—2008	电力设备带电水冲洗导则
34	GB/T 19749—2005	耦合电容器及电容分压器
35	JB/T 5894—1991	交流无间隙金属氧化物避雷器使用导则
36	JB/T 501—2006	电力变压器试验导则
37	JB/T 5356—2002	电流互感器试验导则
38	JB/T 5357—2002	电压互感器试验导则
39	GB/T 311.2—2007	绝缘配合 第2部分：高压输变电设备的绝缘配合使用导则
40	JB/T 9674—1999	超声波探测瓷件内部缺陷

续表

序号	标准号	标准名称
41	JB/T 8737—1998	高压线路用复合绝缘子使用导则
42	DL/T 1054—2007	高压电气设备绝缘技术监督规程
43	DL/T 1051—2007	电力技术监督导则
44	DL/T 475—2006	接地装置特性参数测量导则
45	DL/T 664—2008	带电设备红外诊断应用规范
46	DL/T 621—1997	交流电气装置的接地
47	DL/T 618—2011	气体绝缘金属封闭开关设备现场交接试验规程
48	DL/T 603—2006	气体绝缘金属封闭开关设备运行及维护规程
49	DL/T 595—1996	六氟化硫电气设备气体监督导则
50	DL/T 506—2007	六氟化硫电气设备中绝缘气体湿度测量方法
51	DL/T 615—1997	交流高压断路器参数选用导则
52	DL/T 617—2010	气体绝缘金属封闭开关设备技术条件
53	DL/T 593—2006	高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
54	DL/T 620—1997	交流电气装置的过电压保护和绝缘配合
55	DL/T 804—2002	交流电力系统金属氧化物避雷器使用导则
56	DL/T 417—2006	电力设备局部放电现场测量导则
57	DL/T 574—2010	变压器分接开关运行维修导则
58	DL/T 572—2010	电力变压器运行规程
59	DL/T 573—2010	电力变压器检修导则
60	DL/T 727—2000	互感器运行检修导则
61	DL/T 602—1996	架空绝缘配线路施工及验收规程
62	DL/T 741—2010	架空输电线路运行规程
63	DL/T 729—2000	户内绝缘子运行条件 电气部分
64	DL/T 627—2004	绝缘子用常温固化硅橡胶防污闪涂料
65	DL/T 421—2009	电力用油体积电阻率测定法
66	DL/T 605—1996	高压直流换流站绝缘配合导则
67	DL/T 840—2003	高压并联电容器使用技术条件

续表

序号	标准号	标 准 名 称
68	Q/GDW 168—2008	输变电设备状态检修试验规程
69	Q/GDW 169—2008	油浸式变压器（电抗器）状态评价导则
70	Q/GDW 170—2008	油浸式变压器（电抗器）状态检修导则
71	Q/GDW 171—2008	SF ₆ 高压断路器状态评价导则
72	Q/GDW 172—2008	SF ₆ 高压断路器状态检修导则
73	Q/GDW 173—2008	架空输电线路状态评价导则
74	Q/GDW 174—2008	架空输电线路状态检修导则
75	Q/GDW 152—2006	电力系统污区分级与外绝缘选择标准
76		国家电网公司十八项电网重大反事故措施
77	SD 292—1988	架空配电线路及设备运行规程

第二节 绝缘技术监督管理内容

一、绝缘技术监督“三级监督网络”建设

各省电网公司绝缘技术监督实行三级管理，即大三级和小三级。大三级管理体制省公司为第一级，设绝缘监督领导小组；省电力科学研究院为第二级，设绝缘技术监督专业机构，并设置绝缘监督专工；供电企业为第三级。

供电企业内部设置“小三级”绝缘监督管理机制，即：企业主管生产的部门（一般为生产部）为第一级；车间分场或工区为第二级；班、组为第三级。

在全省范围内形成电力绝缘技术监督管理网络，通过各级管理职责的认定和认真履行职责，共同做好全省电网绝缘监督管理工作。各级绝缘监督网络职责如下：

（一）省电力公司职责

成立绝缘监督领导小组，明确绝缘监督工作归口管理的职能

部门，设置绝缘监督工作专职岗位，在国家电网公司的统一领导下，做好省公司的绝缘监督工作。

(1) 贯彻执行国家、行业和本省绝缘监督各项方针、政策、法律、法规和监督工作规章制度。

(2) 建立健全电力技术监督组织体系和标准体系，落实各级绝缘监督部门和人员责任及考核制度。

(3) 检查、推进本公司电力绝缘监督网络的管理和统计工作的开展。

(4) 掌握省公司绝缘技术监督现状，督促、检查和推进全省电力建设、生产全过程的绝缘监督工作，提高管理水平，协调解决省公司绝缘监督工作中的重大问题。

(5) 负责省公司绝缘监督方面的科研和科技成果的推广和应用。

(6) 组织实施绝缘监督宣传、教育和培训。

(7) 完成上级部门和政府部门委托的其他绝缘监督工作事宜。

(8) 负责向上级有关部门反映实际情况，协调解决重大绝缘监督方面的问题。

(9) 对影响和威胁电网安全运行的重要问题，督促接入电网的发电厂和重要用户进行整改。

(二) 省级电力科学研究院职责

省电力科学研究院是省电力公司绝缘技术监督职能部门，对省公司企业绝缘监督进行归口管理，设绝缘监督专（职）责工程师，负责省公司电力绝缘技术监督网的技术管理。

(1) 贯彻执行国家、行业、所在电网有关技术监督的方针、政策、法规、标准、规程、制度等。

(2) 检查、督促发供电企业做好主要电力生产设备的日常技术监督工作。

(3) 对主要电力设备的重要监督指标进行监督，对重要设备