

国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司
苏州工业园区海沃科技有限公司

组织编写

电力设备预防性试验及 诊断技术问答

主 编 陈化钢
副主编 程 林 康钧



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司
苏州工业园区海沃科技有限公司

组织编写

电力设备预防性试验及 诊断技术问答

主 编 陈化钢

副主编 程 林 康钧



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书以我国电力设备预防性试验的丰富经验为基础,根据《电力设备预防性试验规程》等国家及电力行业最新标准、规程、规范,结合当前电力设备试验及故障诊断最新技术发展而编写的,全面系统地阐述了电力设备预防性试验方法和电力设备在线监测故障诊断最新技术。其中包括常规停电试验、带电测量和在线监测,着重介绍各种测试方法的原理接线、使用仪器、测试中的异常现象及对测试结果的综合分析判断,还包括大量在线监测和故障诊断最新成果,具有很强的实用性。全书紧密结合生产现场工作进行选题,全书分两篇二十五章,第一篇为电力设备预防性试验,第二篇为电力设备在线监测与故障诊断技术。

本书可供电力系统以及其他行业从事电气试验的工程技术人员和管理人员使用,也可供电气运行、维护、检修技术人员阅读,可以作为电力设备预防性试验方法及诊断技术培训班教材,还可供大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力设备预防性试验及诊断技术问答 / 陈化钢主编 ;
国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司, 苏州工业园区
海沃科技有限公司组织编写. — 北京 : 中国水利水电
出版社, 2017. 9

ISBN 978-7-5170-5969-1

I. ①电… II. ①陈… ②国… ③苏… III. ①电力设备—
电工试验—问题解答 IV. ①TM7-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第257894号

书 名	电力设备预防性试验及诊断技术问答 DIANLI SHEBEI YUFANGXING SHIYAN JI ZHENDUAN JISHU WENDA
作 者	国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司 苏州工业园区海沃科技有限公司 组织编写 主编 陈化钢 副主编 程林 康钧
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市密东印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 40印张 1024千字
版 次	2017年9月第1版 2017年9月第1次印刷
印 数	0001—3500册
定 价	138.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前言

电力设备的预防性试验是保证设备安全运行的重要措施，是绝缘监督工作的基础。通过试验，可以掌握电力设备的绝缘状况，及时发现缺陷，进行相应的维护和检修，以免运行中的设备绝缘在工作电压或过电压作用下击穿，造成事故。随着《电力设备预防性试验规程》(DL/T 596—1996)等技术标准的实施，电力设备预防性试验工作必将进一步深入开展，这就要求高压试验工作者不断提高试验技术，研究新的测试方法和装置，正确分析试验中出现的异常现象，正确综合判断测试结果。本书就是为适应这一需要而编写的。

本书的内容来源于试验实践，又以服务于试验工作为宗旨。在编写过程中，以《电力设备预防性试验规程》(DL/T 596—1996)、《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》(GB 50150—2016)、《现场绝缘试验实施导则》(DL/T 474.1~474.5—2006)等为依据，并在已出版的《电力设备预防性试验实用技术问答》基础上，结合作者在现场举办的多次高压试验研讨班上的教学实践进行充实、修改编写而成的。力求较全面地介绍电力设备预防性试验及诊断中常见的疑难问题，并能反映当前的新技术、新方法和新装置，密切联系试验实际。为了贯彻规程，方便广大读者阅读和工作，本书附录中全文收录了电力行业标准《电力设备预防性试验规程》(DL/T 596—1996)及相关技术数据。

《电力设备预防性试验实用技术问答》自2009年出版后，受到读者厚爱，在网上好评如潮。每个试验均从试验方法、试验步骤、试验标准、试验设备的选择、试验中注意事项、试验结果分析、设备健康状况评估等方面做了详细介绍，还结合作者经历列举了大量实例和经验。使读者从中吸取经验教训，增长试验才干。8年来又有一些新技术和新设备出现，本书已不能满足现场技术进步的需要，因此按照读者要求和出版社的规划对本书进行较大的修订，并增加了在线监测和故障诊断的内容，将书名改为《电力设备预防性试验及诊断技术问答》。

本书是根据国家及电力行业最新标准、规程、规范，结合当前电力设备试验及在线监测和故障诊断的最新技术发展而精心编写的，全面系统地阐述了电

力设备预防性试验方法和电力设备在线监测故障诊断最新技术。其中包括常规停电试验、带电测量和在线监测，着重介绍各种测试方法的原理接线、使用仪器、测试中的异常现象及对测试结果的综合分析判断。还包括大量在线监测和故障诊断最新成果，具有很强的实用性。

全书紧密结合生产现场工作进行选题，全书分两篇二十五章。第一篇为电力设备预防性试验，共十二章，主要内容有：电气绝缘理论基础，预防性试验总论，测量绝缘电阻，测量泄漏电流与直流耐压试验，测量介质损耗因数 $\tan\delta$ ，交流耐压试验，油中溶解气体色谱分析，接地电阻及其测量，超高压电力设备预防性试验，带电作业工具、装置和设备预防性试验，电力安全工器具预防性试验、其他相关试验等。第二篇为电力设备在线监测与故障诊断技术，共十三章，主要内容有：旋转电机的在线监测与故障诊断，变压器在线监测与故障诊断，开关电器在线监测与故障诊断，套管、绝缘子在线监测与故障诊断，互感器、电容器、电抗器、避雷器在线监测与故障诊断，绝缘油和六氟化硫气体故障诊断方法，电力电缆线路在线监测与故障诊断，架空电力线路在线监测与故障诊断，接地装置故障诊断，蓄电池与直流系统故障诊断，局部放电在线检测技术，电力设备故障红外检测和诊断技术，以及电力试验安全工作规定等。

本书可供电力系统以及其他行业从事电气试验的工程技术人员和管理人员使用，还可供电气运行，检修、维护技术人员阅读，可以作为电力设备预防性试验方法及诊断技术培训班教材，也可供大专院校、技术学院的有关专业师生参考。

本书由陈化钢任主编，程林、康钧任副主编。参编人员有：李佳辰、王晋生、谷凯凯、皮本熙、汪强、李波澜、李军华、吴会宝、王源、白朝晖、李禹莹、孙颖、李培、任毅、吕一斌、杜松岩、张缠峰、尹力、陈昌伟、梁洒佳等。

本书编写过程中作者查阅了大量文献资料，参考和引用了许多单位和个人的最新研究成果，学术专著和试验数据、试验范例，在此表示崇高的敬意和衷心的感谢。

由于作者技术业务水平的限制，加上众多编写人员参与，难免存在缺点和疏漏之处，欢迎广大读者、专家、同行批评指正。

作 者

2017年10月

《电力设备预防性试验及诊断技术问答》

篇章目录

前言

第一篇 电力设备预防性试验

第一章 电气绝缘理论基础	3
第二章 预防性试验总论	18
第三章 测量绝缘电阻	36
第四章 测量泄漏电流与直流耐压试验	56
第五章 测量介质损耗因数 $\tan\delta$	90
第六章 交流耐压试验	142
第七章 油中溶解气体色谱分析	168
第八章 接地电阻及其测量	205
第九章 超高压电力设备预防性试验	231
第十章 带电作业工具、装置和设备预防性试验	253
第十一章 电力安全工器具预防性试验	279
第十二章 其他相关试验	288

第二篇 电力设备在线监测与故障诊断技术

第十三章 旋转电机的在线监测与故障诊断	325
第十四章 变压器在线监测与故障诊断	344
第十五章 开关电器在线监测与故障诊断	367
第十六章 套管、绝缘子在线监测与故障诊断	386
第十七章 互感器、电容器、电抗器、避雷器在线监测与故障诊断	389
第十八章 绝缘油和六氟化硫气体故障诊断方法	405
第十九章 电力电缆线路在线监测与故障诊断	416
第二十章 架空电力线路在线监测与故障诊断	426
第二十一章 接地装置故障诊断	439
第二十二章 蓄电池与直流系统故障诊断	443
第二十三章 局部放电在线检测技术	451
第二十四章 电力设备故障红外检测和诊断技术	458
第二十五章 电力试验安全工作规定	465
参考文献	603

目 录

前言

第一篇 电力设备预防性试验

第一章 电气绝缘理论基础	3
1. 电介质在电场作用下的主要物理现象是什么?	3
2. 电介质在电场作用下的电气性能用哪些参数来表征?	3
3. 电介质的极化分为哪两种类型?	3
4. 什么是绝缘的吸收现象?	3
5. 为什么电介质的电导一般是指离子性电导?	4
6. 什么是电介质的损耗? 包括哪些损耗? 是如何产生的?	4
7. 什么是电介质的击穿? 气体、液体、固体电介质的击穿原理是什么?	5
8. 汤逊理论是如何描述均匀电场中自持性放电的基本物理过程的?	6
9. 流注理论是如何描述均匀电场中火花放电的基本物理过程的?	7
10. 什么叫极性效应?	8
11. 湿度增加对气体间隙和沿面闪络电压的影响是否相同? 为什么?	8
12. 什么是标准大气条件? 空气密度和湿度的校正因数是什么?	9
13. 放电、击穿与闪络三个术语的含义是什么?	9
14. 游离与局部放电两个术语的含义是什么?	10
15. 劣化与老化的含义是什么?	10
16. 屏障和屏蔽是否相同? 为什么?	11
17. 什么是“小桥理论”? 它是如何描述变压器油的火花放电过程的?	12
18. 固体绝缘与变压器油联合使用的基本形式有哪些? 效果如何?	13
19. 绝缘油中水分来源于何处? 又以何种形态存在?	14
20. 微量水分对绝缘油特性有哪些影响?	15
21. 某双层介质中的相对介电常数、电导和电场强度分别为 ϵ_1 、 ϵ_2 、 g_1 、 g_2 、 E_1 、 E_2 , 当加上电压以后试证明: $E_1/E_2 = \epsilon_2/\epsilon_1$, 并用这个公式说明绝缘材料中含有气泡的危害性, 以及受潮后的情况。	16
22. 绝缘缺陷分为哪几类? 它们的特点是什么?	16
第二章 预防性试验总论	18
1. 什么是破坏性试验? 什么是非破坏性试验? 在预防性试验中为什么必须先做非破坏性试验, 后做破坏性试验?	18
2. 什么是电力设备预防性试验?	18

3. 电力设备预防性试验方法和项目有哪些?	18
4. 各种预防性试验方法发现电力设备绝缘缺陷的效果如何?	19
5. 在电力设备预防性试验中,为什么要在进行多个项目试验后进行 综合分析判断?	20
6. 什么是电力设备预防性试验结果的综合分析和判断?其原则是什么?	20
7. 电力设备某一项预防性试验结果不合格,是否允许该设备投入运行?	21
8. 常规停电预防性试验有哪些不足?	21
9. 当前电力设备预防性试验应当研究什么?	22
10. 为什么要研究不拆高压引线进行预防性试验?当前应解决什么难题?	23
11. 进行电力设备预防性试验时应记录何处的温度作为试验温度?	23
12. 为什么《规程》中对有些试验项目的“要求值”采用“自行规定”或“不作 规定”的字样?	23
13. 为什么《规程》中的有些试验项目只在“必要时”才做?	26
14. 为什么《规程》规定预防性试验应在天气良好、且被试物及周围环境温度 不低于+5℃的条件下进行?	28
15. 为什么《规程》规定电力设备预防性试验应在空气相对湿度80%以下进行? ..	29
16. 为什么《规程》规定的预防性试验项目对检出耦合电容器缺陷的效果不够 理想?	29
17. 交联聚乙烯电缆在线监测的方法有哪些?	30
18. 大型发电机在线监测的目的是什么?它包括哪些内容?	30
19. 目前我国变电所一次电力设备绝缘在线监测系统的主要监测对象和功能 是什么?	31
20. 什么是专家系统?它由哪些部分组成?	31
21. 什么是在线监测?为什么要推广在线监测?它的发展前景如何?	32
22. 电力设备在线监测技术的发展趋势是什么?	34
23. 电力设备预防性试验记录通常应包括哪些内容?	35
24. 如何填写电力设备预防性试验报告?	35
第三章 测量绝缘电阻	36
1. 为什么要测量电力设备的绝缘电阻?	36
2. 兆欧表分为几类?	36
3. 兆欧表容量指标的定义方法有哪些?	36
4. 为什么兆欧表采用比率表结构?	37
5. 为什么测量电力设备的绝缘电阻时要记录测量时的温度?	37
6. 为什么兆欧表的额定电压要与被测电力设备的工作电压相适应?	38
7. 测量10/0.4kV变压器低压侧绕组绝缘电阻时,是否可用1000V兆欧表?	38
8. 有些高压兆欧表(如额定电压为2500V、量程为10000MΩ)为什么在表壳玻璃上 有段铜导线?	38
9. 用表面无屏蔽措施的兆欧表摇测绝缘电阻时,在摇测过程中,为什么不能用布 或手擦拭表面玻璃?	38
10. 用兆欧表测量绝缘电阻时,摇10min的测量结果准,还是摇1min的	

测量结果准?	38
11. 为什么用兆欧表测量并联电容器、电力电缆等电容性试品的绝缘电阻时,表针会左右摆动? 应如何解决?	38
12. 为什么兆欧表的 L 和 E 端子的接线不能对调?	39
13. 为什么被试品的屏蔽环装设位置应靠近其接地端?	40
14. 为什么兆欧表与被试品间的连线不能绞接或拖地?	41
15. 采用兆欧表测量时, 外界电磁场干扰引起误差的原因是什么? 如何消除?	42
16. 为什么用兆欧表测量大容量绝缘良好设备的绝缘电阻时, 其数值愈来愈高?	44
17. 使用兆欧表测量电容性电力设备的绝缘电阻时, 在取得稳定读数后, 为什么要先取下测量线, 再停止摇动摇把?	44
18. 为什么要在变压器充油循环后静置一段时间再测其绝缘电阻?	44
19. 变压器油纸的含水量对绝缘电阻有什么影响?	45
20. 测量变压器绝缘电阻时, 温度增加, 绝缘电阻下降, 为什么当温度降低于“露点”温度时, 绝缘电阻也降低?	45
21. 为什么要测量电力设备的吸收比?	46
22. 在《规程》中规定吸收比和极化指数不进行温度换算, 为什么?	46
23. 测量变压器绝缘电阻或吸收比时, 为什么要规定对绕组的测量顺序?	46
24. 绝缘电阻低的变压器的吸收比要比绝缘电阻高的变压器的吸收比低吗?	47
25. 为什么变压器的绝缘电阻和吸收比反映绝缘缺陷有不确定性?	47
26. 变压器绝缘的吸收比随温度变化的特点是什么? 是否可用它来判断绝缘优劣?	48
27. 当前在变压器吸收比的测量中遇到的矛盾是什么? 它有哪些特点?	49
28. 为什么要测量电容型试品(如电容型套管和电流互感器)末屏对地的绝缘电阻?	50
29. 在《规程》中, 对电力电缆的绝缘电阻值为什么采用“自行规定”的提法?	51
30. 电缆厂在测试报告中给出某电缆 20℃ 时每千米的绝缘电阻值, 试问现有该电缆 500m, 其绝缘电阻应为多少才算合格?	51
31. 测量电力电缆的绝缘电阻和泄漏电流时, 能否用记录的气温作为温度换算的依据?	52
32. 不拆引线, 如何测量 220kV 阀式避雷器的绝缘电阻?	52
33. 通水时, 测量水内冷发电机定子绕组对地绝缘电阻, 为什么必须使用水内冷电机绝缘测试仪而不用普通的兆欧表?	53
34. 有载调压分接开关支架绝缘对变压器整体绝缘电阻有什么影响?	53
35. 如何测量电容式电压互感器(CVT)的分压电容器的绝缘电阻?	54
36. 如何确定橡塑电缆内衬层和外护套是否进水?	54
第四章 测量泄漏电流与直流耐压试验	56
1. 为什么要测量电力设备的泄漏电流?	56
2. 在电力设备预防性试验中, 产生直流高电压的基本回路有哪些?	56
3. 在电力设备预防性试验中, 测量直流试验电压的主要方法有哪些?	57
4. 采用高值电阻和直流电流表串联的方法测量直流高压时有什么要求?	59

5. 校核直流试验电压测量系统的方法有哪些?	59
6. 直流试验电压测量系统误差的可能来源有哪些? 用什么方法减小或消除?	60
7. 在直流高压试验中, 脉动因数如何计算? 其允许值是多少?	62
8. 测定直流试验电压脉动因数的方法有哪些?	62
9. 在直流高压试验中, 如何选择保护电阻器?	64
10. 直流耐压试验后, 如何进行放电?	64
11. 图 4-10 为泄漏电流试验中的短路开关和微安表的接线, 按图 4-10 (b) 接线容易烧坏微安表, 为什么?	65
12. 在电力设备额定电压下测出的泄漏电流换算成绝缘电阻时, 与兆欧表测量的 数值较相近, 但当高出额定电压较多时, 就往往不一致了, 为什么?	65
13. 当电力设备做直流泄漏电流试验时, 若以半波整流获得直流电压, 如不加 滤波电容, 而分别用球隙、静电电压表和永磁式电压表进行测量, 测得的 数值是否相同? 为什么?	65
14. 在分析泄漏电流测量结果时, 应考虑哪些可能影响测量结果的外界因素?	65
15. 为什么纸绝缘电力电缆不采用交流耐压试验, 而只采用直流耐压试验?	66
16. 为什么交联聚乙烯电缆不宜采用直流高电压进行耐压试验?	66
17. 为什么对自容式充电电缆的主绝缘在投运后一般不做直流耐压试验?	67
18. 为什么纸绝缘电力电缆做直流耐压及泄漏电流试验时, 《规程》规定电缆芯 导体接负极性电压?	67
19. 测量电力电缆的直流泄漏电流时, 为什么在测量中微安表指针有时会有 周期性摆动?	68
20. 测量 10kV 及以上电力电缆泄漏电流时, 经常发现泄漏电流随电压升高而 快速增长, 这是否就能判断电力电缆有问题? 在试验方法上应注意哪些 问题?	68
21. 导致电力电缆泄漏电流偏大测量误差的原因是什么? 如何抑制或消除?	68
22. 为什么统包绝缘的电力电缆做直流耐压试验时, 易发生芯线对铅包的绝缘 击穿, 而很少发生芯线间的绝缘击穿?	69
23. 为什么《规程》规定, 电力电缆线路的预防性试验耐压时间为 5min?	69
24. 电力电缆做直流耐压试验时, 为什么要在冷状态下进行?	69
25. 为什么做避雷器泄漏 (电导) 电流试验时要准确测量直流高压, 而做电力电缆、 少油断路器泄漏电流试验时却不要求十分准确测量直流高压?	69
26. 为什么避雷器在做泄漏电流试验时需要并联一个电容器, 而电缆和变压器 则不需要?	69
27. 绝缘电阻较大的带并联电阻的 FZ 型避雷器, 其直流电压下的电导电流是不是 一定比绝缘电阻较小的避雷器小?	70
28. FZ 型和 FS 型阀式避雷器在做预防性试验时, 为什么前者不做工频放电试验 而要做电导电流试验, 后者却要做工频放电试验?	70
29. FZ 型避雷器的电导电流在一定的直流电压下规定为 400~650 μ A, 为什么 低于 400 μ A 或高于 650 μ A 都有问题?	70
30. 在预防性试验中, FZ 型阀式避雷器电导电流的试验电压是如何确定的?	70

31. 两组由 $4 \times \text{FZ}-30$ 组成的 $\text{FZ}-110\text{J}$ 型阀式避雷器试验都合格, 但电导电流不同, 选用哪一组较好?	71
32. 带电测量磁吹避雷器的交流电导电流时, 为什么采用 $\text{MF}-20$ 型万用表, 而不采用其他型式的万用表?	71
33. 如何带电测量 FZ 型避雷器的电导电流?	71
34. 如何带电测量 FZ 型避雷器的交流分布电压?	72
35. 如何测量 FCZ 型避雷器的电导电流?	73
36. 测量金属氧化物避雷器直流 1mA 电压 ($U_{1\text{mA}}$) 时应注意的问题是什么?	73
37. 测量金属氧化物避雷器 (MOA) 在运行电压下的交流泄漏电流对发现缺陷的有效性如何?	74
38. 什么是金属氧化物避雷器的初始电流值、报警电流值? 报警电流值是多少?	75
39. 如何用 QS_1 型西林电桥测量金属氧化物避雷器的泄漏电流?	75
40. 说明 $\text{DXY}-1$ 型金属氧化物避雷器泄漏电流测试仪的原理和测量方法。	78
41. 为什么少油断路器要测量泄漏电流, 而不测量介质损耗因数?	80
42. 为什么测量 110kV 及以上少油断路器的泄漏电流时, 有时出现负值? 如何消除?	80
43. 如何能较准确地测量 35kV 多油断路器电容套管的泄漏电流?	81
44. 在 500kV 变电所测变压器泄漏电流时, 如何消除感应电压的影响?	82
45. 在《规程》中为什么要突出测量发电机泄漏电流的重要性?	82
46. 影响发电机泄漏电流测试准确性的因素有哪些?	83
47. 对发电机泄漏电流测量结果如何进行分析判断?	83
48. 发电机泄漏电流异常的常见原因有哪些?	84
49. 什么是电位外移测量法? 为什么要研究这种方法? 判断标准如何?	84
50. 不拆引线, 如何测量变压器本体的泄漏电流?	85
51. 不拆引线, 如何测量金属氧化物避雷器的直流参考电压?	86
52. 不拆引线, 微安表接于高电位处, 如何测量 220kV 阀式避雷器的直流电导电流?	87
53. 不拆引线, 如何测量 $\text{FZ}-30$ 型多节串联的避雷器的电导电流?	87
54. 不拆引线, 如何测量 500kV FCZ 型和 FCX 型磁吹避雷器的电导电流?	89

第五章 测量介质损耗因数 $\tan\delta$

1. 绝缘电阻较低, 泄漏电流较大而不合格的试品, 为何在进行介质损耗因数 $\tan\delta$ 测量时不一定很大, 有时还可能合格呢?	90
2. 为什么用 $\tan\delta$ 值进行绝缘分析时, 要求 $\tan\delta$ 值不应有明显的增加和下降?	90
3. 测量绝缘油的 $\tan\delta$ 时, 为什么一般要将油加温到约 90°C 后再进行?	91
4. 为什么测量电力设备绝缘的介质损耗因数 $\tan\delta$ 时, 一般要求空气的相对湿度小于 80% ?	91
5. 目前现场测量介质损耗因数 $\tan\delta$ 的仪器有哪些?	91
6. 测量小容量试品的介质损耗因数时, 为什么要求高压引线与试品的夹角不小于 90° ?	91

7. 在分析小电容量试品的介质损耗因数 $\tan\delta$ 测量结果时, 应特别注意哪些外界因素的影响?	92
8. 在电场干扰下测量电力设备绝缘的 $\tan\delta$, 其干扰电流是怎样形成的?	92
9. 用 QS_1 型西林电桥测量电力设备绝缘的 $\tan\delta$ 时, 判别有无电场干扰的简便方法是什么?	92
10. 如何判断电场干扰的强弱?	93
11. 用倒相法消除电场干扰如何计算? 应注意哪些问题?	94
12. 目前现场在强电场干扰下测量电力设备绝缘的 $\tan\delta$ 时采用什么新方法?	96
13. 用倒换试验电源极性法测量试品在强电场干扰下的介质损耗因数的效果如何?	100
14. 用 QS_1 型西林电桥测量试品介质损耗因数时, 若测量结果为 $(-\tan\delta)$, 是否表明试品介质损耗很小?	101
15. 用 QS_1 型西林电桥正接线测量电容型套管的 $\tan\delta$, 由于法兰没有很好接地而出现负值, 为什么?	101
16. 为什么杂散电容会使电力设备绝缘 $\tan\delta$ 测量值偏小甚至为零或负值?	102
17. 用 QS_1 型西林电桥测量电力设备绝缘的 $\tan\delta$ 时, 当把开关倒向“ $-\tan\delta$ ”一方时, 测得的介质损耗因数的表达式是什么?	103
18. 用 QS_1 型西林电桥测量电力设备绝缘的介质损耗因数时, C_x 的引线电容对测量结果有何影响? 如何消除?	105
19. 为什么用 QS_1 型西林电桥测量小电容量试品介质损耗因数时, 采用正接线好?	106
20. 测量电容型套管的介质损耗因数 $\tan\delta$ 如何接线?	107
21. 为什么《规程》要严格规定套管 $\tan\delta$ 的要求值?	107
22. 为什么用 QS_1 型西林电桥测量电力设备绝缘的 $\tan\delta$ 时, 有时要在 C_1R_1 臂上并联一电阻?	108
23. 用 QS_1 型西林电桥测量电力设备介质损耗因数 $\tan\delta$ 时, 容易被忽视的问题有哪些?	108
24. 引线电晕对测量介质损耗因数 $\tan\delta$ 有何影响? 如何消除?	110
25. 为了提高 QS_1 型西林电桥的测试电压, 能否把两个 110kV 的标准电容器串联使用?	111
26. 美国创造的 M 型试验仪的原理接线及测试的参数有哪些?	111
27. 为什么大型变压器测量直流泄漏电流容易发现局部缺陷, 而测量 $\tan\delta$ 却不易发现局部缺陷?	112
28. 为什么测量变压器的 $\tan\delta$ 和吸收比 K 时, 铁芯必须接地?	112
29. 大型变压器油介质损耗因数增大的原因是什么? 如何净化处理?	112
30. 为什么变压器绝缘受潮后电容值随温度升高而增大?	114
31. 为什么《规程》规定的变压器绕组的介质损耗因数比原《规程》要严?	115
32. 有载调压开关的介质损耗因数对变压器整体的介质损耗因数有何影响?	116
33. 如何测量电容式电压互感器的介质损耗因数和电容值?	117
34. 为什么要测量串级式电压互感器绝缘支架的 $\tan\delta$?	118

35. 测量串级式电压互感器介质损耗因数 $\tan\delta$ 的方法有哪些?	119
36. 对 110kV 及以上的电压互感器, 在预防性试验中测得的介质损耗因数 $\tan\delta$ 增大时, 如何分析可能是受潮引起的?	123
37. 为什么温差变化和湿度增大会使高压互感器的 $\tan\delta$ 超标? 如何处理?	123
38. 为什么要测量电容型套管末屏对地绝缘电阻和介质损耗因数 $\tan\delta$? 要求值是多少?	124
39. 如何测量电容型电流互感器末屏对地的介质损耗因数 $\tan\delta$? 要求值是多少?	124
40. 高压电流互感器末屏引出结构方式对介质损耗因数有何影响?	126
41. 用末屏试验法测量电流互感器的介质损耗因数时存在什么问题? 如何改进?	126
42. 用屏蔽法测量高压电流互感器介质损耗因数 $\tan\delta$ 的效果如何?	127
43. 电容型电流互感器产品出厂后介质损耗因数变化的原因及预防措施是什么?	128
44. 在预防性试验中, 如何测量 110kV LB 型电流互感器的介质损耗因数?	129
45. 为什么《规程》规定充油型及油纸电容型电流互感器的介质损耗因数一般不进行温度换算?	129
46. 为什么要考察电流互感器的 $\tan\delta$ 与电压的关系? 它对综合分析判断有何意义?	130
47. 为什么《规程》中将耦合电容器偏小的误差由 -10% 改为 -5% ?	131
48. 为什么要规定电容器的电容值与出厂值之间的偏差? 而各种电容器的偏差要求值又不相同?	131
49. 为什么在测量耦合电容器介质损耗因数 $\tan\delta$ 时会出现异常现象?	132
50. 为什么预防性试验合格的耦合电容器会在运行中发生爆炸?	133
51. 为什么套管注油后要静置一段时间才能测量其 $\tan\delta$?	134
52. 为什么《规程》规定油纸电容型套管的 $\tan\delta$ 一般不进行温度换算? 有时又要求测量 $\tan\delta$ 随温度的变化?	134
53. 为什么测量大电容量、多元件组合的电力设备绝缘的 $\tan\delta$ 对反映局部缺陷并不灵敏?	134
54. 测量多油断路器 $\tan\delta$ 时, 如何进行分解试验及分析测量结果?	135
55. 为什么测量 110kV 及以上高压电容型套管的介质损耗因数时, 套管的放置位置不同, 往往测量结果有较大的差别?	136
56. 测得电容式套管等电容型少油设备的电容量与历史数据不同时, 一般说明什么缺陷? 为什么?	136
57. 不拆引线, 如何测量变压器套管的介质损耗因数?	137
58. 不拆引线, 如何测量电容式电压互感器 (CVT) 的介质损耗因数?	138
59. 500kV 变电所部分停电时, 测量少油设备 $\tan\delta$ 采用什么新方法?	139

第六章 交流耐压试验

1. 为什么要对电力设备做交流耐压试验? 交流耐压试验有哪些特点?	142
2. 耐压试验时, 电力设备绝缘不合格的可能原因有哪些?	142

3. 如何选择试验变压器?	143
4. 在交流耐压试验中, 如何选择保护电阻器?	143
5. 试验变压器使用前应进行哪些检查?	144
6. 对被试设备进行耐压试验前要做好哪些准备?	144
7. 耐压试验时对升压速度有无规定? 为什么?	144
8. 在交流耐压试验中, 为什么要测量试验电压的峰值?	144
9. 对电力设备进行耐压试验时, 为什么必须拆除与其相关联的电子线路部件?	145
10. 采用串级试验变压器的目的是什么? 它有何优缺点?	145
11. 采用串联谐振法进行工频交流耐压试验的目的是什么? 如何选择其参数?	146
12. 为什么要对变压器等设备进行交流感应耐压试验? 如何获得高频率电源?	149
13. 对串级式电压互感器进行三倍频试验时, 如何获得三倍频试验电源?	150
14. 对串级式电压互感器进行三倍频感应耐压试验时, 在哪个绕组上加压? 又在哪个绕组上补偿? 为什么?	153
15. 为什么 220kV 以上的变压器要做操作波耐压试验, 而不能用 1min 工频耐压试验代替?	154
16. 在工频耐压试验中, 被试品局部击穿, 为什么有时会产生过电压? 如何限制过电压?	154
17. 工频耐压试验时的试验电压, 为什么要从零升起, 试毕又应将电压降到零后再切断电源?	155
18. 在工频耐压试验中可能产生的过电压有哪些? 如何防止?	155
19. 在现场可用哪些简易方法组成电容分压器测量工频高电压?	155
20. 为什么《规程》规定 50Hz 交流耐压试验的试验电压持续时间为 1min, 而在产品出厂试验中又允许将该时间缩短为 1s?	156
21. 直流耐压与交流耐压相比, 直流耐压的试验设备容量为什么可小些?	156
22. 什么是小间隙试油器? 推广这种试油器有何意义?	156
23. 绝缘油在电气强度试验中, 其火花放电电压值的变化情况有几种? 试分析其原因。	156
24. 为什么绝缘油火花放电试验的电极采用平板型电极而不采用球形电极?	157
25. 变压器等设备注油后, 为什么必须静置一定的时间才可进行耐压试验?	157
26. 为什么对含有少量水分的变压器油进行火花放电试验时, 在不同的温度时分别有不同的耐压数值?	157
27. 为什么有时会在变压器油火花放电电压合格的变压器内部放出水分?	157
28. 绝缘油做耐压试验时, 如升压速度过快, 为什么其火花放电电压会偏高?	157
29. 对变压器与少油断路器中绝缘油的火花放电电压要求哪个高? 为什么?	158
30. 为什么 110kV 充油套管要进行绝缘油试验, 而电容型套管却不进行绝缘油试验?	158
31. 35kV 变压器的充油套管为什么不允许在无油状态下做耐压试验? 但又允许做 $\tan\delta$ 及泄漏电流试验?	158
32. 为什么在预防性试验中, 对并联电容器不进行极间耐压试验?	158
33. 对电力电缆做交流耐压试验时, 为什么必须直接测量电缆端的电压?	159

34. 电缆发生高阻接地故障时, 往往要将故障点烧穿至低阻, 为什么常用直流而少用交流?	159
35. 阀式避雷器做工频放电试验时, 为什么要规定电压波形不能畸变? 如何消除谐波影响?	159
36. 试验变压器的输出电压波形为什么会畸变? 如何改善?	160
37. 为什么避雷器工频放电电压会偏高或偏低?	161
38. 如何使避雷器的放电记录器回零?	162
39. FS型避雷器的工频放电电压与大气条件的关系如何?	162
40. 某35kV电力变压器, 在大气条件为 $P=1.05 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1050mbar)、 $t=27^\circ\text{C}$ 时做工频耐压试验, 应选用球隙的球极直径为多大? 球隙距离为多少?	162
41. 进行6~10kV分段母线(一段带电)交流耐压试验时应注意些什么?	163
42. SW ₁ -110断路器在雷雨季节检修时常发生下瓷套和三角箱内的绝缘油不合格, 经用合格油冲洗及长时间使用压力滤油机过滤后, 油样耐压仍达不到标准, 何故? 应如何处理?	163
43. 0.1Hz超低频电压在高电压试验中有哪些应用?	163
44. 交联聚乙烯电缆的电容值是多少?	166
45. 如何计算和测量发电机定子绕组每相对地电容值?	166
第七章 油中溶解气体色谱分析	168
1. ppm表示什么意思?	168
2. 目前对油中溶解气体色谱分析结果的表示方法有几种?	168
3. 新变压器或大修后的变压器投入运行前, 为什么要进行色谱分析?	168
4. 为什么说油中溶解气体色谱分析既是定期试验项目, 又是检查性试验项目?	168
5. 什么是三比值法? 其编码规则是什么?	169
6. 采用IEC三比值法确定变压器故障性质时应注意些什么?	169
7. 怎样用四比值法判断故障的性质?	170
8. 运行中的电力变压器及电抗器油中溶解气体色谱分析周期是如何规定的? 要求的注意值是多少?	170
9. 为什么电抗器可在超过注意值较大的情况下运行?	170
10. 运行中的互感器和套管油中溶解气体色谱分析周期是如何规定的? 要求的注意值各是多少?	171
11. 如何判断主变压器过热性故障回路?	171
12. 采用产气速率来预测变压器故障的发展趋势时, 应注意些什么?	172
13. 变压器油中气体单项组分超过注意值的原因是什么? 如何处理?	173
14. 气体继电器动作的原因是什么? 如何判断?	174
15. 如何应用平衡判据判别气体继电器动作的原因?	176
16. 如何综合判断变压器内部的潜伏性故障?	178
17. 试举出实例说明变压器缺陷的综合分析判断过程。	183
18. 变压器油色谱分析中会遇到哪些外来干扰? 如何处理?	187
19. 如何用色谱分析法诊断电力变压器树枝状放电故障?	195
20. 大型变压器油中CO和CO ₂ 含量异常的判断指标是什么?	195

21. 诊断电力变压器绝缘老化并推断其剩余寿命的方法有哪些?	197
22. 为什么有的运行年久的变压器糠醛含量不高?	198
23. 少油设备氢含量增高的原因是什么? 如何处理?	198
24. 高压互感器投运前氢气超标的原因是什么?	200
25. 如何根据色谱分析结果正确判断电流互感器和套管的绝缘缺陷?	202
26. 变压器充油后甲烷增高的原因是什么?	202
27. 对充油设备进行多次工频耐压试验后, 其色谱分析结果是否会发生变化?	203
28. 目前变压器油中溶解气体的在线监测装置主要有哪些?	203
第八章 接地电阻及其测量	205
1. 为什么常采用直径约为 5cm、长度为 2.5m 的钢管作人工接地体?	205
2. 为什么垂直敷设的接地极常用铁管?	205
3. 为什么要对新安装的接地装置进行检验? 怎样验收?	205
4. 为什么要对接地装置进行定期检查和试验?	205
5. 测量接地电阻应用交流还是直流?	206
6. 用 ZC-8 型接地电阻测定器测量接地电阻有何优缺点?	206
7. 用接地电阻测试仪测量接地电阻时, 为什么电位探棒要距接地体 20m?	206
8. 如何用电流电压表法测量大型接地网的接地电阻? 影响测量准确性的因素 有哪些?	207
9. 采用电流电压表法测量接地装置的接地电阻时, 为什么要加隔离变压器?	210
10. 如何用四极法测量大型接地网的接地电阻? 测量中应注意的问题有哪些?	210
11. 如何用附加串联电阻法测量大型接地网的接地电阻?	212
12. 如何用功率因数表法测量大型接地网的接地电阻?	212
13. 如何用瓦特表法测量大型接地网的接地电阻?	214
14. 如何用变频法测量大型接地网的接地电阻?	215
15. 如何用电位极引线中点接地法测量大型接地网的接地电阻?	215
16. 如何测量变电所四周地面的电位分布及设备接触电压?	216
17. 接地网的安全判据是什么?	217
18. 选择地网接地线及导体截面的计算方法有哪些?	220
19. 地网腐蚀的主要部位有哪些?	223
20. 地网腐蚀的机理是什么?	225
21. 影响地网腐蚀的因素有哪些?	226
22. 防止地网腐蚀的措施有哪些?	228
23. 降低地网接地电阻的新方法有哪些?	229
第九章 超高压电力设备预防性试验	231
1. 750kV 电力设备预防性试验的原则是什么?	231
2. 750kV 电力变压器的试验项目、试验周期和试验要求是什么?	232
3. 判断 750kV 电力变压器故障时可选用哪些试验项目?	235
4. 750kV 并联电抗器的试验项目、周期和要求是什么?	237
5. 判断电抗器故障时可供选用的试验项目有哪些?	239

6. 电容式电压互感器的试验项目、周期和要求是什么？	240
7. SF ₆ 电流互感器的试验项目、周期和要求是什么？	241
8. SF ₆ 高压交流断路器的试验项目、周期和要求是什么？	242
9. SF ₆ 交流断路器的各类试验项目如何选择？	244
10. 气体绝缘金属封闭开关设备的试验项目、周期和要求是什么？	244
11. 气体绝缘金属封闭开关设备的各类试验项目如何选择？	246
12. 隔离开关的试验项目、周期和要求是什么？	247
13. 隔离开关的各类试验项目如何选择？	247
14. 高压套管的试验项目、周期和要求是什么？	247
15. 金属氧化物避雷器的试验项目、周期和要求是什么？	248
16. 悬式绝缘子、支柱绝缘子和复合绝缘子的试验项目、周期和要求是什么？	249
17. 750kV 充油电气设备中变压器油（绝缘油）的试验项目和要求是什么？	250
18. 运行中 SF ₆ 气体试验项目、周期和要求是什么？	251
19. 接地装置的试验项目、周期和要求是什么？	252

第十章 带电作业工具、装置和设备预防性试验..... 253

1. 带电作业工具、装置和设备预防性试验的原则是什么？	253
2. 绝缘支、拉、吊杆的预防性试验包括哪些内容？	253
3. 绝缘托瓶架的预防性试验包括哪些内容？	255
4. 绝缘滑车的预防性试验包括哪些内容？	256
5. 绝缘操作杆的预防性试验包括哪些内容？	257
6. 绝缘硬梯的预防性试验包括哪些内容？	258
7. 绝缘软梯的预防性试验包括哪些内容？	259
8. 绝缘绳索类工具的预防性试验包括哪些内容？	260
9. 绝缘手工工具的预防性试验包括哪些内容？	261
10. 绝缘子卡具的预防性试验包括哪些内容？	262
11. 紧线卡线器的预防性试验包括哪些内容？	263
12. 屏蔽服装的预防性试验包括哪些内容？	263
13. 静电防护服的预防性试验包括哪些内容？	264
14. 绝缘服（披肩）的预防性试验包括哪些内容？	264
15. 绝缘袖套的预防性试验包括哪些内容？	265
16. 绝缘手套的预防性试验包括哪些内容？	265
17. 防机械刺穿手套的预防性试验包括哪些内容？	266
18. 绝缘安全帽的预防性试验包括哪些内容？	267
19. 绝缘鞋的预防性试验包括哪些内容？	267
20. 绝缘毯的预防性试验包括哪些内容？	267
21. 绝缘垫的预防性试验包括哪些内容？	268
22. 导线软质遮蔽罩的预防性试验内容包括哪些？	268
23. 遮蔽罩的预防性试验项目包括哪些内容？	269
24. 绝缘斗臂车的预防性试验包括哪些内容？	269
25. 接地及接地短路装置的预防性试验包括哪些内容？	271