

# 高电压试验现场 技术问答

主 编 王若星  
副主编 余晓东 曲 欣 王修庞



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 高电压试验现场 技术问答

主 编 王若星

副主编 余晓东 曲 欣 王修庞



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书结合现场实际,以问答的形式,介绍了电气设备高电压试验工作的基本方法和各种电气设备进行现场试验的基本接线与测试方法,着重于现场实际操作方法和技能。本书以 GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》、国家电网公司《设备状态检修规章制度和技术标准汇编》等为依据进行编写,是学习、理解和执行高电压试验相关规程与标准的培训、参考用书。

本书可供从事现场高压电气试验的技术人员和管理人员阅读,也可供高等院校电力专业师生学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

高电压试验现场技术问答/王若星主编. —北京:中国电力出版社,2012.10  
ISBN 978-7-5123-3610-0

I. ①高… II. ①王… III. ①高压试验(电)-问题解答  
②高电压试验设备-问题解答 IV. ①TM8-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 245441 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2012 年 12 月第一版 2012 年 12 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 4.75 印张 106 千字

印数 0001—3000 册 定价 16.00 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



# 目 录

## 前言

<b>第一章 安全生产</b> .....	1
1-1 高压试验的目的是什么? .....	1
1-2 保证安全的组织措施和技术措施是什么? .....	1
1-3 高压试验在何种情况下方可加压? .....	1
1-4 高压试验工作对人员组织有哪些要求? .....	2
1-5 高压试验中对试验装置的要求有哪些? .....	2
1-6 变电站内使用大型用电设备应采取哪些 安全措施? .....	2
<b>第二章 工作现场</b> .....	4
2-1 试验结果的判断结论如何确定? .....	4
2-2 在状态检修试验规程中引入的显著性差异分析 是一种什么分析方法? .....	4
2-3 在状态检修试验规程中引入的纵横比分析法是 一种什么分析方法? .....	6
2-4 显著性差异分析法和纵横比分析法在实际应用 中有何异同? .....	6
2-5 显著性差异分析法和纵横比分析法在现场应用 时应该注意哪些问题? .....	7
2-6 显著性差异分析法如何具体应用? .....	7
2-7 影响介质绝缘强度的因素有哪些? .....	9

2-8	为什么规定绝缘类试验应在天气晴好、最低温度不得低于 5℃ 的情况下进行? .....	9
2-9	按照各种试验标准试验合格的产品,运行中是否有绝对的可靠性? .....	9
<b>◎ 第三章</b>	<b>仪器仪表</b> .....	<b>11</b>
3-1	仪器仪表的维护、保管应注意什么? .....	11
3-2	电气测量仪表一般由哪几部分组成? 常用有哪些系列? 各有什么优缺点? .....	11
3-3	什么是相对误差、绝对误差和引用误差? .....	12
3-4	什么是仪器的抗干扰指标? .....	13
3-5	常用仪表的准确度如何表示? .....	13
3-6	钳形电流表按工作原理可分为哪几类? .....	14
3-7	简述钳形电流表的工作原理。 .....	14
<b>◎ 第四章</b>	<b>绝缘电阻</b> .....	<b>16</b>
4-1	什么是绝缘电阻? .....	16
4-2	如何测量设备的绝缘电阻? .....	16
4-3	简述试验使用的绝缘电阻表的分类及其工作原理。 .....	16
4-4	简述使用绝缘电阻表测量绝缘电阻的基本接线。 .....	17
4-5	进行绝缘电阻测试时,应如何选择绝缘电阻表? .....	17
4-6	什么是吸收比和极化指数? .....	18
4-7	为什么绝缘电阻试验时绝缘体会出现吸收过程? .....	18
4-8	什么是绝缘电阻表的负载特性? .....	19
4-9	用绝缘电阻表进行绝缘电阻试验时,屏蔽的作用是什么? .....	19
4-10	绝缘电阻表测量绝缘电阻时应注意什么问题? .....	20
4-11	影响绝缘电阻试验的因素有哪些? .....	21

4-12	试验中发现绝缘电阻很低、泄漏电流很大的不合格设备，介质损耗试验却合格的原因有哪些？	21
4-13	吸收比和极化指数为什么不进行温度换算？	22
<b>◎</b>	<b>第五章 交流耐压试验</b>	<b>23</b>
5-1	简述外施工频交流耐压试验的原理与接线。	23
5-2	为什么要进行工频交流耐压试验？	23
5-3	设备额定电压高于实际使用的标称电压时，如何确定试验电压？	24
5-4	理论分析容升效应是如何产生的？	25
5-5	外施交流耐压试验中应注意什么问题？	26
5-6	电气设备耐压试验不合格的原因有哪些？	27
5-7	电压谐振与电流谐振的条件是什么？	28
5-8	简述串联变频谐振耐压试验原理与主接线。	29
5-9	什么是串联谐振回路的品质因数？它与哪些参数有关？	30
5-10	串联谐振耐压试验中谐振电抗器如何选取？	30
5-11	简述感应耐压试验的原理与接线。	30
<b>◎</b>	<b>第六章 直流耐压及泄漏试验</b>	<b>32</b>
6-1	简述直流耐压及泄漏试验的试验原理与接线。	32
6-2	直流泄漏试验与绝缘电阻试验有何异同之处？	32
6-3	直流耐压试验时，微安表应放在什么位置？	33
6-4	大容量电气设备直流耐压试验后，如何放电？	33
6-5	为什么泄漏试验升压速度不宜过快？	33
<b>◎</b>	<b>第七章 介质损耗因数及电容量试验</b>	<b>35</b>
7-1	什么是介质损耗？	35
7-2	什么是介质损耗角？	35

7-3	什么是介质损耗因数? .....	35
7-4	理想介质的模型有哪几种? 试简单分析。 .....	36
7-5	对于不同原理的介质损耗电桥对同一试品进行测试, 结果有何异同? .....	37
7-6	介质损耗电桥按工作原理如何分类? .....	37
7-7	以西林电桥为例简述介质损耗因数试验的常用接线方式。 .....	39
7-8	根据介质损耗因数试验接线的差异, 具体试验如何选取试验方法? .....	41
7-9	现场进行介质损耗因数测试时有哪些干扰, 如何消除? .....	41
7-10	电气设备绝缘介质损耗因数与温度之间的关系是什么? .....	42
7-11	介质损耗因数与试验电压之间有什么关系? 什么情况下要进行额定电压下介质损耗因数测试? .....	42
7-12	设备介质损耗因数测试能发现什么缺陷, 有效性如何? .....	44

## ◎ 第八章 变压器试验 .....

8-1	简述变压器绝缘试验基本接线。 .....	45
8-2	进行大型变压器绝缘电阻试验时, 设备良好, 为什么吸收比和极化指数却不合格? .....	46
8-3	为什么变压器出厂试验时不进行直流试验? .....	48
8-4	变压器吊罩大修时, 应测量哪些部位的绝缘电阻值? .....	48
8-5	如何对变压器绕组介质损耗因数测试结果进行分析判断? .....	49

8-6	如何对已安装在变压器上的电容型套管进行 介质损耗因数测试? .....	50
8-7	为什么油纸电容型电流互感器和套管介质 损耗因数增大时,电容量有的变化明显, 有的却几乎不变? .....	51
8-8	为什么大型变压器类试验进行介质损耗因数 测试并不灵敏? .....	52
8-9	什么是局部放电? .....	53
8-10	局部放电产生的原因与危害是什么? .....	53
8-11	进行局部放电试验的目的是什么? .....	54
8-12	什么是局部放电的起始和熄灭电压? .....	54
8-13	变压器进行长时间感应电压试验及局部放电 试验有何意义? .....	54
8-14	大型变压器现场局部放电试验和感应电压 试验为何采用倍频试验电源? .....	55
8-15	电气设备绝缘中局部放电的检测方法有哪些? .....	56
8-16	测量变压器直流电阻时,不同接线形式如何 进行换算? .....	57
8-17	状态评价技术标准中变压器直流电阻测试 标准与预防性试验标准有何变化? .....	58
8-18	测量变压器直流电阻为什么不能使用普通 整流直流电源? .....	58
8-19	变压器直流电阻超标的常见原因是什么? .....	59
8-20	进行变压器直流电阻测试以及对结果的分析判断时, 应注意哪些问题? .....	59
8-21	为什么要定期测定有载分接开关的切换过渡时间? .....	60
8-22	简述有载分接开关特性试验原理。 .....	61
8-23	简述有载分接开关特性试验接线。 .....	62



8-24	测量有载分接开关切换波形应注意哪些问题? .....	63
8-25	简述变比试验原理与接线。 .....	64
8-26	如何用变比电桥测试 ZNyn1 或 ZNyn11 型 接地变压器的变比? .....	65
8-27	如何使用系统电压进行变压器空载试验? .....	67
8-28	如何进行降低电压下的变压器空载试验? .....	69
8-29	变压器进行频谱试验有什么意义? .....	69
8-30	简述频率响应法变压器绕组变形测试原理与 接线。 .....	70
8-31	简述频率响应法变压器绕组变形测试结果的 分析原则。 .....	71
8-32	变压器频谱测试的同时为什么还要进行 低电压下阻抗测试? .....	72
8-33	产生变压器励磁涌流的原因是什么? .....	72
8-34	变压器噪声是如何产生的? 如何衡量变压器 噪声的水平? .....	73
8-35	什么是声压级? .....	74
8-36	什么是声级水平? .....	74
8-37	变压器的声级水平与什么因素有关? .....	74
8-38	如何降低变压器的声级水平? .....	75
8-39	如何现场测定变压器噪声水平? .....	75
8-40	变压器铁芯的接地电流测试如何进行, 应注意 什么问题? .....	76
8-41	铁芯多点接地时, 接地电流会如何变化? .....	77
8-42	为什么变压器铁芯和夹件要求分开接地? .....	77

## ◎ 第九章 断路器试验 .....

9-1	什么是断路器的分闸时间? .....	78
-----	--------------------	----

9-2	什么是断路器的合闸时间? .....	78
9-3	什么是断路器的合分时间? .....	78
9-4	什么是断路器的分、合闸不同期性? .....	78
9-5	简述金属触头断路器分、合闸时间测试原理与 接线。 .....	79
9-6	什么是断路器的分、合闸速度? .....	80
9-7	与交接试验标准相比, 状态检修试验标准中为什么 不要求进行分、合闸速度试验? .....	80
9-8	断路器合闸电阻有什么作用? .....	81
9-9	断路器合闸电阻的阻值如何选取? .....	82
9-10	断路器合闸电阻的测试要求有哪些? .....	82
9-11	什么是定开距式灭弧室的断路器, 有什么特点? .....	83
9-12	如何进行西门子 3AT、3AQ 机械特性试验? .....	83
9-13	进行西门子 3AT、3AQ 机械特性试验时 应注意哪些问题? .....	86
9-14	简述断路器回路电阻测试原理与接线。 .....	87
9-15	因回路电阻过大而检修的断路器应重点 检查哪些部位? .....	88

## 第十章 互感器试验 .....

10-1	简述电磁式电压互感器介质损耗因数 $\tan\delta$ 试验接线。 .....	89
10-2	如何进行 500kV 电容式电压互感器不拆线介质 损耗因数测试? .....	89
10-3	电磁式电压互感器空载加压 $1.5U_e$ 或 $1.9U_e$ 是否安全? .....	94
10-4	简述电容式电流互感器介质损耗因数试验原理	

	与接线。·····	94
10-5	为什么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?·····	95
10-6	倒立式电流互感器如何进行介质损耗因数测试?···	96
10-7	测量电流互感器一次绕组的直流电阻有什么 意义?·····	97
<b>◎</b>	<b>第十一章 避雷器试验</b> ·····	<b>98</b>
11-1	简述金属氧化物避雷器直流试验原理与接线。·····	98
11-2	如何进行500kV避雷器不拆线直流泄漏试验?·····	99
11-3	金属氧化物避雷器在运行中劣化的征兆有 哪几种?·····	102
11-4	简述避雷器放电计数器工作原理。·····	102
11-5	为什么要监测金属氧化物避雷器运行中持 续电流的阻性分量?·····	103
11-6	简述避雷器运行电压下阻性电流测试原理 与接线。·····	103
<b>◎</b>	<b>第十二章 无功补偿设备试验</b> ·····	<b>105</b>
12-1	干式并联电抗器与干式串联电抗器在试验 项目上有何异同?·····	105
12-2	500kV变电站35kV空心并联电抗器直流电阻 测试的干扰源有哪些,如何进行抗干扰测试?·····	106
12-3	现场可否使用介质损耗电桥进行电力电容器 介质损耗因数和电容量试验?·····	107
12-4	电力电容器选型应该注意哪些问题?·····	107
12-5	电力电容器熔断器如何选型?·····	108
12-6	并联电容器串联电抗器的过电压阻尼装置的 作用是什么?·····	108

12-7	如何对并联电容器串联电抗器的过电压阻尼装置进行试验？ .....	109
12-8	桥差保护式并联电容器组试验应注意哪些问题？ ...	110

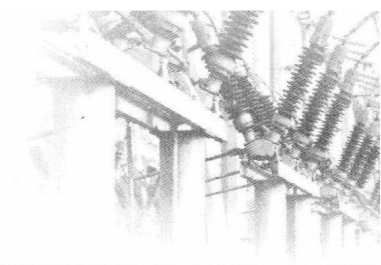
### 第十三章 防雷与接地 .....

13-1	避雷针结构及防雷原理是什么？ .....	111
13-2	变电站为什么设置独立式避雷针，是否与主地网相连接？ .....	111
13-3	什么是接触电压和跨步电压？如何减小接触电压和跨步电压？ .....	112
13-4	什么是接地体的屏蔽效应？ .....	113
13-5	什么是工频接地电阻和冲击接地电阻，二者之间的关系是什么？ .....	113
13-6	对于有效接地系统，电气设备接地电阻试验标准如何规定？超过标准后如何处理？ .....	114
13-7	降低变电站地网接地电阻的方法有哪些？ .....	114
13-8	接地电阻测试方法有哪些？ .....	115
13-9	简述电流表、电压表法测量接地电阻的原理。 .....	116
13-10	使用接地电阻表测量小型接地装置的接地电阻时应注意哪些问题？ .....	117
13-11	为什么 500kV 单相自耦变压器组“ $\pi$ ”型接地引下线中电流很大？ .....	118
13-12	为什么要进行接地导通试验，试验周期是什么？ .....	120
13-13	如何进行接地引下线导通检查？ .....	121

### 第十四章 电力电缆 .....

14-1	简述电缆绝缘电阻和泄漏电流试验的基本接线。 .....	123
------	-----------------------------	-----

14-2	按绝缘材料分类, 电力电缆有哪些类型? .....	124
14-3	电力电缆短路故障定位法有哪些? .....	125
14-4	为什么交联聚乙烯电缆进行直流耐压试验不如 进行交流耐压试验? .....	126
14-5	电力电缆直流耐压为什么采用负极性? .....	127
<b>◎</b>	<b>第十五章 带电测试</b> .....	<b>128</b>
15-1	简述进行红外成像测试的原理。 .....	128
15-2	红外检测可分为哪几种方法? .....	129
15-3	进行现场红外测试, 操作时应注意哪些问题? .....	129
15-4	简述进行紫外成像测试的原理和应用。 .....	130
15-5	简述进行激光检漏测试的原理和测试时应 注意的问题。 .....	131
	<b>参考文献</b> .....	<b>133</b>



# 安 全 生 产

## 1-1 高压试验的目的是什么？

由于设备的电气性能影响因素很多，不能单纯使用理论计算的方法得到，更不能单靠经验来判断，因此要进行高压试验，根据试验结果来对各种性能进行分析判断，消除潜伏性缺陷，及时发现并处理设备老化和劣化问题，从而确定设备运行的可靠性。

## 1-2 保证安全的组织措施和技术措施是什么？

在电气设备上工作，保证安全的组织措施是：①工作票制度；②工作许可制度；③工作监护制度；④工作间断、转移和终结制度。

保证安全的技术措施是：①停电；②验电；③接地；④悬挂标示牌和装设遮栏（围栏）。

## 1-3 高压试验在何种情况下方可加压？

加压前，高压试验工作人员应认真检查试验接线，使用规范的短路线，表计倍率、量程、调压器零位及仪表的开始状态均正确无误，经确认后，通知所有人员离开被试设备，并取得试验负责人许可，方可加压。高压试验工作人员在全部加压过程中，应精力集中，随时警戒可能发生的异常现象，操作人应站在绝缘垫上。

#### 1-4 高压试验工作对人员组织有哪些要求？

(1) 高压试验工作不得少于两人。

(2) 试验负责人应由有经验的人员担任，开始试验前，试验负责人应向全体试验人员详细布置试验中的安全注意事项，交代邻近间隔的带电部位，以及其他安全注意事项。

#### 1-5 高压试验中对试验装置的要求有哪些？

(1) 试验装置的金属外壳应可靠接地；高压引线应尽量缩短，并采用专用的高压试验线，必要时用绝缘物支持牢固，与相邻设备保持安全距离。

(2) 试验装置的电源开关，应使用明显断开的双极刀开关。为了防止误合刀开关，可在刀刃上加绝缘罩。

(3) 试验装置的低压回路中应有两个串联电源开关，并加装过载自动跳闸装置。

#### 1-6 变电站内使用大型用电设备应采取哪些安全措施？

大型变电站特别是 220kV 以上变电站现场施工过程中，超过 20kW 的大型用电设备，在变电站检修箱中很难找到合适容量的电源，大多会从配电间甚至是腾空一段 380V 母线来提供电源，而配电间中抽屉式开关容量很大却没有剩余电流动作保护装置。因此，大型用电设备的安全用电对整个变电站来说是十分重要的。如真空泵、滤油机、串联谐振、局部放电等仪器设备，即便有的设备使用三相四线制，零线也只能接在零线母排上，出现单相接地短路时，中间没有剩余电流动作保护开关，过流保护有时不灵敏，不能在第一时间跳掉电源，只能依靠站用变压器零序保护跳掉站用变压器。

因此，变电站内使用大型用电设备时应采取如下安全措施：

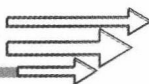
(1) 加强变电站运行人员和施工人员对交流站用电系统可靠

性的重视程度，绝不能认为站用电系统无关变电站一次设备运行。交流站用电系统担负着变电站各种设备的交流用电，其可靠性直接影响着变电站设备运行的稳定与可靠，绝不能等闲视之。

(2) 注意 380V 交流设备的使用规范。中小型用电设备尽可能使用带剩余电流动作保护的开关电源；大型用电设备在没有可使用的剩余电流动作保护开关的情况下，完善保护配置，380V 断路器的过流二段保护与站用变压器零序保护之间配合要合理，过流二段保护运作时间应略小于零序保护的動作时间，尽可能地缩小停电范围。

(3) 注意备自投装置的可靠性。备自投装置是控制停电范围的最后一道关口，其可靠运行至少能够使交流站用电系统保留一半的负荷，不至于站用电全失，从而保证整个站用电系统的安全运行。





## 工 作 现 场

### 2-1 试验结果的判断结论如何确定？

对设备的试验进行完以后，试验人员应当根据试验结果下判断结论，一般有三种：合格、不合格、有怀疑，而在正式生成的试验报告中只有合格与不合格，其中有怀疑的中间结论必须给予排除。分析中应充分考虑温度、湿度的影响程度，以及试验接线和方法的差异和仪器的准确性。有的试验结果因环境或其他因素而超出相关试验要求，但充分考虑这些因素以后，仍然可以给出试验合格的结论，但必须缩短试验周期或择日进行重新试验；有的试验结果虽然在相关试验要求范围之内，充分综合其他因素后仍然可以给出不合格的试验结论，但必须将这些原因明确地填写在试验报告中，必要时按照状态检修试验规程中所提供的显著性差异和纵横比分析法，并综合分析其他各项的试验数据，如色谱分析、油质试验，得出准确的判断结论。

### 2-2 在状态检修试验规程中引入的显著性差异分析是一种什么分析方法？

在国家电网公司《设备状态检修规章制度和技术标准汇编》中，不再使用预防性试验规程中“与设备历次（年）的试验结果相比较，与同类型设备的试验结果相比较”的含糊词汇，而突破性地采用了对数据进行分析比较的方法，即显著性差异和纵横比