

电网企业

员工安全技术等级培训

系列教材

# 电气试验

国网浙江省电力公司 组编

DIANWANG QIYE YUANGONG

ANQUAN JISHU DENGJI PEIXUN XILIE JIAOCAI



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电网企业

员工安全技术等级培训 **系列教材**

# 电气试验

国网浙江省电力公司 组编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

为提高电网企业生产岗位人员的安全技术水平,推进生产岗位人员安全技术等级培训、考核、认证工作,国网浙江省电力公司组织编写了《电网企业员工安全技术等级培训系列教材》。本系列教材共20分册,包括1个《公共安全知识》分册和19个专业分册。

本书是《电气试验》分册,内容包括基本安全要求、保证安全的组织措施和技术措施、作业安全风险辨识评估与控制、现场标准化作业、生产现场的安全设施、典型违章举例与事故案例分析、安全技术劳动保护措施和反事故措施、班组管理和作业安全监督八个部分。

本系列教材是电网企业员工安全技术等级培训的专用教材,可作为生产岗位人员安全培训的辅助教材,宜采用《公共安全知识》分册加专业分册配套使用的形式开展学习培训。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气试验 / 国网浙江省电力公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2016. 6

电网企业员工安全技术等级培训系列教材

ISBN 978-7-5123-9197-0

I. ①电… II. ①国… III. ①电气设备—试验—技术培训—教材 IV. ①TM64-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 073588 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 100006 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

三河市万龙印装有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2016年6月第一版 2016年6月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 9.25印张 152千字

印数 0001—2000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

## 编写委员会

主任	阙波				
副主任	吴哲	徐林	吴剑凌	潘巍巍	方旭初
	郑新伟	朱维政	温华明	沈灵兵	张巍
	钱泱				
成员	章伟林	张学东	郭建平	潘王新	黄陆明
	周辉	周晓虎	虞良荣	叶代亮	陈蕾
	杨扬	姚集新	黄文涛	金坚贞	陶鸿飞
	陆德胜	杨德超	叶克勤	董旭明	翁格平
	傅利成	金国亮	姚建立	季凌武	李向军
	黄胜	林土方	吴宏坚	王勇	吴良军
	毛启华				

## 本册编写人员

李少白 梅冰笑 董雪松 刘晓辉 张林裕 陆德胜



# 前 言

为贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，落实《国家电网公司安全工作规定》对于教育培训的具体要求，进一步提高电网企业生产岗位人员的安全技术水平，推进生产岗位人员安全技术等级培训、考核、认证工作，夯实电网企业安全管理基础，国网浙江省电力公司在国家电网公司系统率先建立了与专业岗位任职资格相结合的员工安全技术等级培训认证体系。该体系确定了层次分明的五级安全技术等级认证标准，明确不同岗位所对应的安全等级和职业技术等级。

为了推进安全技术等级培训工作的需要，国网浙江省电力公司组织编写了涵盖所有生产岗位人员的安全技术等级培训大纲和培训教材，并采用网络学习与脱产普训相结合的培训形式，有序开展各等级安全技术等级培训与鉴定工作。至2015年6月，历时3年完成全体生产岗位员工的第一轮安全技术等级培训认证。

根据国家电网公司不断提升安全生产工作的要求，以及新一轮员工安全技术等级资质复审培训工作的需要，国网浙江省电力公司组织近百位专家和培训师，在原有员工安全技术等级培训教材的基础上进行修订和完善，形成《电网企业员工安全技术等级培训系列教材》。本系列教材全套共计20册，包括《公共安全知识》分册和《变电检修》《电气试验》《变电运维》《输电线路》《输电线路带电作业》《继电保护》《电网调控》《自动化》《电力通信》《配电运检》《电力电缆》《配电带电作业》《电力营销》《变电一次安装》《变电二次安装》《线路架设》《水电厂水工》《水电厂机械检修》《水电厂自动化检修》19个专业分册。

《公共安全知识》分册内容包含安全生产法规制度知识、安全管理知识、现场作业安全知识三个部分；各专业分册包括相应专业的基本安全要求、保证安全的组织措施和技术措施、作业安全风险辨识评估与控制、现场标准化作业、

生产现场的安全设施、典型违章举例与事故案例分析、安全技术劳动保护措施和反事故措施、班组管理和作业安全监督八个部分。

本系列教材为电网企业员工安全技术等级培训专用教材，也可作为生产岗位人员安全培训辅助教材，宜采用《公共安全知识》分册加专业分册配套使用的形式开展学习培训。

鉴于编者水平有限，不足之处，敬请读者批评指正。

编者

2016年5月

# 目 录

前言

第一章 基本安全要求 .....	1
第一节 一般安全要求 .....	1
第二节 常用工器具的安全使用 .....	6
第二章 保证安全的组织措施和技术措施 .....	8
第一节 保证安全的组织措施 .....	8
第二节 保证安全的技术措施 .....	16
第三章 作业安全风险辨识评估与控制 .....	21
第一节 概述 .....	21
第二节 作业安全风险辨识与控制 .....	33
第四章 现场标准化作业 .....	45
第一节 现场标准化作业一般要求 .....	45
第二节 现场标准化作业规范 .....	50
第三节 现场标准化作业指导书（卡）的编制与应用 .....	58
第五章 生产现场的安全设施 .....	64
第一节 安全标志 .....	64
第二节 设备标志 .....	72
第三节 安全警戒线和安全防护设施 .....	76
第六章 典型违章举例与事故案例分析 .....	83
第一节 典型违章举例 .....	83



第二节 事故案例分析 .....	87
<b>第七章 安全技术劳动保护措施和反事故措施 .....</b>	<b>95</b>
第一节 安全技术劳动保护措施 .....	95
第二节 反事故措施 .....	102
<b>第八章 班组管理和作业安全监督 .....</b>	<b>115</b>
第一节 班组管理安全监督 .....	115
第二节 高压试验作业安全监督 .....	116
第三节 油化试验作业安全监督 .....	119
<b>附录 A 现场标准化作业指导书（卡）范例 .....</b>	<b>123</b>
<b>附录 B 作业现场处置方案范例 .....</b>	<b>131</b>

# 第一章 基本安全要求

## 第一节 一般安全要求

### 一、作业现场的基本条件

(1) 作业现场的生产条件和安全设施等应符合有关标准、规范的要求，工作人员的劳动防护用品应合格、齐备。

(2) 经常有人工作的场所及施工车辆上宜配备急救箱，存放急救用品，并应指定专人经常检查、补充或更换。

(3) 现场使用的安全工器具应合格并符合有关要求。

(4) 各类作业人员应被告知其作业现场和工作岗位存在的危险因素、防范措施及事故紧急处理措施。

### 二、作业人员的基本条件

(1) 经医师鉴定，无妨碍工作的病症（体格检查每2年至少一次）。

(2) 具备必要的电气知识和业务技能，且按工作性质，熟悉《国家电网公司电力安全工作规程 变电部分》（以下简称《安规》）的相关部分，并经考试合格。

(3) 具备必要的安全生产知识，学会紧急救护法，特别是要学会触电急救。

(4) 进入作业现场应正确佩戴安全帽，现场作业人员应穿全棉长袖工作服、绝缘鞋。

(5) 经过专业培训，取得高压试验上岗证或进网电工许可证（特种高压类）。

### 三、高压试验室（场）安全基本条件

(1) 高压试验室（场）必须有良好的接地系统，以保证高压试验测量准确度和人身安全。接地电阻不超过规程要求。试验设备的接地点与被试设备的接地点之间应有可靠的金属性连接。试验室（场）内所有的金属架构、固定的金

属安全屏蔽遮（栅）栏均必须与接地网有牢固的连接。接地点应有明显可见的标志。为了保证接地系统始终处于完好状态，每5年应测量一次接地电阻，测量接地点的通断状态，对接地线和接地点的连接进行一次检查。

(2) 试验室应保持光线充足，门窗严密，通风设施完备。通往试区的门与试验电源应有联锁装置，当通往试区的门打开时，应发出报警信号，并使试验电源跳闸。户外试验场宜有电源开关紧急按钮，以便在发生危急情况时可迅速切断电源。

(3) 试验室（场）内地面平整，留有符合要求、标志清晰的通道。室内布置整洁，不许随意堆放杂物。试验室周围应有消防通道，并保证畅通无阻。

(4) 高压试验室应按规定设置安全遮栏、标示牌、安全信号灯及警铃，控制室应铺橡胶绝缘垫。

(5) 根据电气试验的性质和需要，配备相应的安全工器具，防毒、防射线、防烫伤的防护用品以及防爆和消防安全设施，配备应急照明电源。试验室内禁止吸烟，严禁烟火。

(6) 试验设备应保持良好状态，发现缺陷及时处理，并应做好缺陷及处理记录。不允许试验设备带缺陷强行投入试验。

#### 四、高压设备上工作

在高压设备上工作，应至少由2人进行，并完成保证安全的组织措施和技术措施。

无论高压设备是否带电，工作人员不得单独移开或越过遮栏进行工作；若有必要移开遮栏时，应有监护人在场，并符合表1-1规定的设备不停电时的安全距离。

室内高压开关柜在手车开关拉出后，应观察隔离挡板是否可靠封闭。

表 1-1 设备不停电时的安全距离

电压等级 (kV)	安全距离 (m)	电压等级 (kV)	安全距离 (m)
10 及以下 (13.8)	0.70	1000	8.70
20、35	1.00	±50 及以下	1.50
66、110	1.50	±400	5.90
220	3.00	±500	6.00
330	4.00	±660	8.40
500	5.00	±800	9.30
750	7.20		

## 五、高压试验有关安全规定

### 1. 高压试验

(1) 高压试验应填写变电站（发电厂）第一种工作票。

在一个电气连接部分同时有检修和试验时，可填写一张工作票，但在试验前应得到工作负责人的许可，完成试验技术安全交底并做好相应记录。

在同一电气连接部分，许可高压试验工作票前，应先将已许可的检修工作票收回，禁止再许可第二张工作票。如果试验过程中，需要检修配合，应将检修人员填写在高压试验工作票中。

加压部分与检修部分之间的断开点，按试验电压有足够的安全距离，并在另一侧有接地短路线时，可在断开点的一侧进行试验，另一侧可继续工作。但此时在断开点应挂有“止步，高压危险！”的标示牌，并设专人监护。

(2) 高压试验工作不得少于2人。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，交待邻近间隔的带电部位，以及其他安全注意事项。

(3) 因试验需要断开设备接头时，拆前应做好标记，接后应进行检查。

(4) 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，必要时用绝缘物支撑牢固。

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。

试验装置的低压回路中应有2个串联电源开关，并加装过载自动跳闸装置。

(5) 试验现场应装设遮栏或围栏，遮栏或围栏与试验设备高压部分应有足够的安全距离，向外悬挂“止步，高压危险！”的标示牌，并派人看守。被试设备两端不在同一地点时，另一端还应派人看守。

(6) 加压前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。加压过程中应有人监护并呼唱。高压试验工作人员在全部加压过程中，应精力集中，随时警戒异常现象发生，操作人应站在绝缘垫上。

(7) 变更接线或试验结束时，应首先断开试验电源、放电，并将升压设备的高压部分放电、短路接地。

(8) 未装接地线的大电容被试设备，应先行放电再做试验。高压直流试验时，每告一段落或试验结束时，应将设备对地放电数次并短路接地。

(9) 试验结束时，试验人员应拆除自装的接地短路线，并对被试设备进行检查，恢复试验前的状态，经试验负责人复查后，进行现场清理。

(10) 变电站、发电厂升压站发现有系统接地故障时，禁止进行接地网接地电阻的测量。

(11) 特殊的重要电气试验，应有详细的试验方案，并经单位批准。

直流换流站单极运行，对停运的单极设备进行试验，若影响运行设备安全，应有措施，并经单位批准。

## 2. 使用携带型仪器的测量工作

(1) 使用携带型仪器在高压回路上进行工作，至少由 2 人进行。需要高压设备停电或做安全措施的，应填写变电站（发电厂）第一种工作票。

(2) 除使用特殊仪器外，所有使用携带型仪器的测量工作，均应在电流互感器和电压互感器的二次侧进行。

(3) 电流表、电流互感器及其他测量仪表的接线和拆卸，需要断开高压回路者，应将此回路所连接的设备和仪器全部停电后，才能进行。

(4) 电压表、携带型电压互感器和其他高压测量仪表的接线和拆卸无需断开高压回路者，可以带电工作。但应使用耐高压的绝缘导线，导线长度应尽可能缩短，不准有接头，并应连接牢固，以防接地和短路。必要时用绝缘物加以固定。

使用电压互感器进行工作时，先应将低压侧所有接线接好，然后用绝缘工具将电压互感器接到高压侧。工作时应戴绝缘手套和护目眼镜，站在绝缘垫上，并应有专人监护。

(5) 连接电流回路的导线截面，应适合所测电流数值。连接电压回路的导线截面不得小于  $1.5\text{mm}^2$ 。

(6) 非金属外壳的仪器，应与地绝缘，金属外壳的仪器和变压器外壳应接地。

(7) 测量用装置必要时应设遮栏或围栏，并悬挂“止步，高压危险！”的标示牌。仪器的布置应使工作人员距带电部位不小于表 1-1 规定的安全距离。

## 3. 使用钳形电流表的测量工作

(1) 运维人员在高压回路上使用钳形电流表的测量工作，应由 2 人进行。非运维人员测量时，应填写变电站（发电厂）第二种工作票。

(2) 在高压回路上测量时，严禁用导线从钳形电流表另接表计测量。

(3) 测量时若需拆除遮栏，应在拆除遮栏后立即进行。工作结束，应立即

将遮栏恢复原状。

(4) 使用钳形电流表时, 应注意钳形电流表的电压等级。测量时戴绝缘手套, 站在绝缘垫上, 不得触及其他设备, 以防短路或接地。观测表计时, 要特别注意保持头部与带电部分的安全距离。

(5) 测量低压熔断器和水平排列低压母线电流时, 测量前应将各相熔断器和母线用绝缘材料加以包护隔离, 以免引起相间短路, 同时应注意不得触及其他带电部分。

(6) 在测量高压电缆各相电流时, 电缆头线间距离应在 300mm 以上, 且绝缘良好, 测量方便者, 方可进行。当有一相接地时, 严禁测量。

(7) 钳形电流表应保存在干燥的室内, 使用前要擦拭干净。

#### 4. 使用绝缘电阻表测量绝缘的工作

(1) 使用绝缘电阻表测量高压设备绝缘, 应由 2 人进行。

(2) 测量用的导线, 应使用相应的绝缘导线, 其端部应有绝缘套。

(3) 测量绝缘时, 应将被测设备从各方面断开, 验明无电压, 确实证明设备无人工作后, 方可进行。在测量中禁止他人接近被测设备。在测量绝缘前后, 应将被测设备对地放电。测量线路绝缘时, 应取得许可并通知对侧后方可进行。

(4) 在有感应电压的线路上测量绝缘时, 应将相关线路同时停电, 方可进行。雷电时, 严禁测量线路绝缘。

(5) 在带电设备附近测量绝缘电阻时, 测量人员和绝缘电阻表安放位置应选择适当, 保持安全距离, 以免绝缘电阻表引线或引线支持物触碰带电部分。移动引线时, 应注意监护, 防止工作人员触电。

#### 5. 直流换流站阀厅内的试验

(1) 进行晶闸管(可控硅)高压试验前, 应停止该阀塔内其他工作并撤离试验无关人员; 试验时, 作业人员应与试验带电体保持 0.7m 以上距离, 试验人员禁止直接接触阀塔屏蔽罩, 防止被可能产生的试验感应电伤害。

(2) 地面加压人员与阀体层作业人员应通过对讲机保持联系, 防止高处作业人员未撤离阀体时误加压。阀体工作层应设专责监护人(在与阀体工作层平行的升降车上监护、指挥), 加压过程中应有人监护并呼唱。

(3) 换流变压器高压试验前应通知阀厅内高压穿墙套管侧试验无关人员撤离, 并派专人监护。

(4) 阀厅内高压穿墙套管试验加压前应通知阀厅外侧换流变压器上试验无关人员撤离, 确认其余绕组均已可靠接地, 并派专人监护。

(5) 高压直流系统带线路空载加压试验前，应确认对侧换流站相应的直流线路接地刀闸、极母线出线隔离开关、金属回线隔离开关在拉开状态；单极金属回线运行时，禁止对停运极进行空载加压试验；背靠背高压直流系统一侧进行空载加压试验前，应检查另一侧换流变压器处于冷备用状态。

## 第二节 常用工器具的安全使用

### 一、试验变压器使用安全要求

(1) 高压交直流试验时，必须由 2 人或 2 个以上人员参加，并明确做好责任分工，设定好试验现场的安全距离，仔细检查好被试品及试验变压器的接地情况，并有专人监护现场安全及观察被试品的试验状态。

(2) 试验过程中，升压速度不能太快，也决不允许突然全电压通电或断电。

(3) 在升压或耐压试验过程中，如发现下列不正常情况时，应立即降压，并切断电源，停止试验，高压端须经放电接地并查明原因后再做试验：

- 1) 电压表指针摆动很大；
- 2) 发现绝缘烧焦的异味、冒烟现象；
- 3) 被测试品内有不正常的声音。

(4) 进行电容试验或进行直流高压泄漏试验时，试验完毕后，将调压器降至零位后，切断电源，然后，应用放电棒将试品或电容器的高压端对地进行充分放电并短路接地，以免由于存留在电容中的电荷而发生触电危险。

### 二、高压放电棒使用安全要求

(1) 使用高压放电棒进行放电操作时，手握的位置不得超过手柄护环位置。

(2) 对大电容试品放电时，须在试验完毕、断开试验电源且等待一段时间后，使试品上的电荷通过倍压筒及试品本身对地自放电。此时可观察控制箱上的电压表电压在逐步下降跌落，当电压表电压下降到较低的电压（一般为 5~15kV）时，方可用放电棒去逐步移向试品附近。先通过间隙空气游离放电，此时可听到嘶嘶的声音，当无声音后，用放电棒尖端去碰试品，最后将试品直接接地放电。

(3) 大电容试品积累电荷的大小与试品电容的大小、施加电压的高低和时间的长短成正比。

(4) 对几千米以上的高压电缆试验结束后，放电时间一般都要很长，且需

多次反复放电。电阻容量要很大，需使用大容量的放电棒。

(5) 严禁未拉开试验电源用放电棒对试品进行放电。

(6) 放电棒应放在干燥的地方保存，防止受潮影响绝缘强度，使用前应进行必要的检查。

(7) 严禁用脚踩及重物挤压放电棒，使用过程中应妥善保管。

### 三、高架绝缘斗臂车使用安全要求

(1) 高架绝缘斗臂车应经检验合格。斗臂车操作人员应熟悉带电作业的有关规定，并经专门培训，考试合格、持证上岗。

(2) 高架绝缘斗臂车的工作位置应选择适当，支撑应稳固可靠，并有防倾覆措施。使用前应在预定位置空斗试操作一次，确认液压传动、回转、升降、伸缩系统工作正常、操作灵活，制动装置可靠。

(3) 绝缘斗中的作业人员应正确使用安全带和绝缘工具。

(4) 高架绝缘斗臂车操作人员应服从工作负责人的指挥，作业时应注意周围环境及操作速度。在工作过程中，高架绝缘斗臂车的发动机不应熄火。接近和离开带电部位时，应由斗臂中人员操作，但下部操作人员不得离开操作台。

(5) 绝缘臂的最小有效绝缘长度应大于表 1-2 的规定，且应在下端装设泄漏电流监视装置。

表 1-2 绝缘臂的最小有效绝缘长度

电压等级 (kV)	10	35、63 (66)	110	220
长度 (m)	1.0	1.5	2.0	3.0

(6) 绝缘臂下节的金属部分，在仰起回转过程中，对带电体的距离应按表 1-2 的规定值增加 0.5m。工作中车体应良好接地。



## 第二章 保证安全的组织措施 和技术措施

### 第一节 保证安全的组织措施

在电气设备上工作，保证安全的组织措施包括现场勘察制度；工作票制度；工作许可制度；工作监护制度；工作间断、转移和终结制度。

#### 一、现场勘察制度

变电检修（施工）作业，工作票签发人或工作负责人认为有必要现场勘察的，检修（施工）单位应根据工作任务组织现场勘察，并填写现场勘察记录。现场勘察由工作票签发人或工作负责人组织。

#### 二、工作票制度

在电气设备上的工作，应按填写变电站（发电厂）第一种工作票、电力电缆第一种工作票、变电站（发电厂）第二种工作票、电力电缆第二种工作票、变电站（发电厂）带电作业工作票或变电站（发电厂）事故紧急抢修单6种方式进行。

##### 1. 工作票的适用范围

(1) 填用第一种工作票的工作有：

- 1) 高压设备上工作需要全部停电或部分停电者；
- 2) 二次系统和照明等回路上的工作，需要将高压设备停电者或做安全措施者；
- 3) 高压电力电缆需停电的工作；
- 4) 换流变压器、直流场设备及阀厅设备需要将高压直流系统或直流滤波器停用者；
- 5) 直流保护装置、通道和控制系统的工作，需要将高压直流系统停用者；