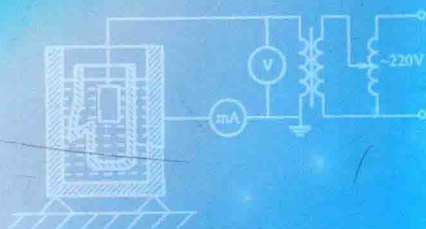


高电压技术 试验教程

GAODIANYA JISHU SHIYAN JIAOCHENG

■ 艾 青 主编



 中国石化出版社

高电压技术 试验教程

GAODIANYA JISHU SHIYAN JIAOCHENG

■ 艾 青 主编



内 容 提 要

本书主要内容为“高电压技术”教学大纲所列电气设备绝缘试验,同时增补了一些高电压试验工程案例。第一章主要介绍高电压技术试验相关情况;第二章介绍高电压技术试验中的典型安全用具;第三章到第十章主要介绍了高电压技术试验常规项目,包括预防性试验和破坏性试验;第十一章介绍了绝缘在线监测。

本书可作为电气工程及自动化专业学生的实验指导书,也可作为相关专业工程技术人员自学用书或参考用书。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

高电压技术试验教程/艾青主编. —武汉:华中师范大学出版社,2017. 11

ISBN 978-7-5622-8048-4

I. ①高… II. ①艾… III. ①高压试验(电)—教材 IV. ①TM8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 288985 号

高电压技术试验教程

© 艾 青 主 编

责任编辑:张晶晶

编辑室:高教分社

出版发行:华中师范大学出版社有限责任公司

社 址:湖北省武汉市珞喻路 152 号

销售电话:027-67861367

邮购电话:027-67861321

网 址:<http://press.ccnu.edu.cn>

督 印:王兴平

开 本:787mm×1 092mm 1/16

版 次:2017 年 11 月第 1 版

印 数:1—1 000

责任校对:缪 玲

电 话:027-67867364

邮 编:430079

传 真:027-67863291

电子信箱:press@mail.ccnu.edu.cn

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

印 张:8.75

印 次:2017 年 11 月第 1 次印刷

定 价:28.00 元

封面设计:胡 灿

字 数:207 千字

欢迎上网查询、购书

敬告读者:欢迎举报盗版,请打举报电话 027-67861321。

前 言

高压电气试验是电力设备运行维护工作的一个重要环节,是保证电力系统安全稳定运行的有效手段。通过高压电气试验进行绝缘诊断是检测电气设备绝缘缺陷和故障的重要手段,是目前绝缘监测工作的重要内容之一。

随着电气设备向大容量、高电压方向发展,电气试验仪器也向着自动化、精密化方向更新。本教程主要用于高电压技术专业课程试验教学,由编者结合多年高压试验过程中遇到的问题,参考和引用了相关论著和试验教材整理而成。全书按专业课程分为电气设备的基本试验、各类电力设备试验、高电压实验工程案例三部分。通过这些试验内容课程的开设,力求让学生对各种常见的高电压设备试验方法、试验设备及试验内容有更深刻的认识和了解,达到书本上的理论知识和实践有效结合,培养学生发展探索性与创造性思维的目的。

本书是编者在原高电压技术试验讲义的基础上,参考多所高校高电压专业试验指导书,同时结合多年来的教学实践,根据高压实验室现有的条件编写而成的。该试验教程的编写主要由湖北民族学院电气工程系的艾青老师完成。尽管编者编写本书付出了相当大的努力,但由于水平和时间有限,书中仍有不妥之处,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2017 年 10 月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 高电压试验的目的及意义	1
第二节 高电压试验的基本要求	2
第三节 触电与急救	5
第四节 高电压试验安全知识问答	8
思考题	10
第二章 典型安全用具	11
第一节 概述	11
第二节 典型安全用具简介	12
第三节 实践知识问答	19
思考题	20
第三章 绝缘电阻和吸收比的测量	21
第一节 绝缘电阻和吸收比测量的原理	21
第二节 绝缘电阻和吸收比测量的试验内容及步骤	23
第三节 绝缘电阻和吸收比测量的工程实践	25
第四节 绝缘电阻和吸收比测量的实用技术问答	30
思考题	31
第四章 泄漏电流的测量和直流耐压试验	32
第一节 泄漏电流测量的原理	32
第二节 泄漏电流测量的试验内容及步骤	34
第三节 直流耐压试验的内容及步骤	35
第四节 泄漏电流测量的工程案例	38
第五节 泄漏电流测量的实用技术问答	40
思考题	41
第五章 介质损耗角正切值的测量	42
第一节 介质损耗角正切值测量的原理及意义	42
第二节 介质损耗角正切值测量的试验内容及步骤	42
第三节 介质损耗角正切值测量的工程案例	45
第四节 介质损耗角正切值测量的实用技术问答	48
思考题	50
第六章 直流电阻测量	51
第一节 直流电阻测量的原理及意义	51
第二节 直流电阻测量的试验内容及步骤	53

第三节	直流电阻测量的工程实践	57
第四节	直流电阻测量的实用技术问答	58
思考题		59
第七章	局部放电的测量	60
第一节	局部放电测量的原理及意义	60
第二节	局部放电测量的试验内容及步骤	62
第三节	局部放电测量的工程案例	67
第四节	局部放电测量的实用技术问答	69
思考题		70
第八章	交流耐压试验	71
第一节	交流耐压试验的原理及意义	71
第二节	交流耐压试验的内容及步骤	76
第三节	交流耐压试验的工程案例	78
第四节	交流耐压试验的实用技术问答	82
思考题		84
第九章	冲击耐压试验	85
第一节	冲击耐压试验的原理	85
第二节	冲击耐压试验的内容及步骤	90
第三节	冲击耐压试验的工程案例	93
第四节	冲击耐压试验的实用技术问答	99
思考题		100
第十章	绝缘子串电压、电场分布测量	101
第一节	绝缘子串电压、电场分布测量的原理	101
第二节	绝缘子串电压、电场分布测量的内容及步骤	102
第三节	绝缘子串电压、电场分布测量的工程案例	103
第四节	绝缘子串电压、电场分布测量的实用技术问答	105
思考题		106
第十一章	接地电阻的测量	107
第一节	接地电阻测量的原理及意义	107
第二节	接地电阻测量的内容及步骤	109
第三节	接地电阻测量的工程案例	112
第四节	接地电阻测量的实用技术问答	114
思考题		115
第十二章	绝缘在线监测	116
第一节	绝缘在线监测的基本原理	116
第二节	绝缘在线监测的基本方法	126
第三节	绝缘在线监测的工程案例	128
第四节	绝缘在线监测的实用技术问答	130
思考题		131
主要参考文献		132

第一章 绪 论

电力系统运行着众多的电力设备，而电力设备的安全运行是保证安全可靠供电的前提。随着高电压大电网的建设和高电压电气设备的研制，高电压技术得到了迅速发展，高电压试验在高电压技术的发展过程中起着关键作用，一方面大部分高电压技术理论都需建立在实验研究之上，另一方面工程上的许多问题也必须依靠大量的试验来提供依据。高电压试验环节对于培养学生的实践能力起着重要作用。

第一节 高电压试验的目的及意义

电力设备在设计和制造过程中可能存在一些质量问题，同时在安装运输过程中也可能出现损坏，因此造成一些潜伏性故障。在电力系统运行中，由于电压、热、化学、机械振动及其他因素的影响，电力设备的绝缘性能会出现劣化，甚至失去绝缘性能。

高电压试验的目的就是检验电气设备在工作电压及过电压作用下的绝缘性能及其变化，从中发现绝缘缺陷，进行维护检修，以减少事故发生。因此，电气设备绝缘试验是保证电力系统安全运行的重要措施。

绝缘出现缺陷后，其性能会发生变化，可以用试验方法检查设备绝缘性能的变化来判断绝缘状况。高压试验方法大致可以分为非破坏性试验和破坏性试验两类。非破坏性试验是指在较低电压下测定绝缘的某些特性及其变化情况，从而判断在制造、运输及运行中出现的绝缘缺陷，也称为预防性试验。我国规定，电力系统中的电力设备应根据中华人民共和国电力行业标准《电力设备预防性试验规程》(DL/T 596—2005)的要求进行各种试验。

电气设备在运行中可能碰到各种过电压，若试验时在设备绝缘上施加比过电压更为严峻的作用电压，以考核绝缘的耐电强度，这类绝缘试验称为破坏性试验，或称为耐压试验。

耐压试验的破坏性能有效发现危险性较大的集中性缺陷，耐压试验合格的设备就能保证一定的绝缘裕度，其缺点是在试验中可能对设备绝缘造成损伤或损坏。因此，常在破坏性试验前先做非破坏性试验，若做非破坏性试验时就发现了绝缘问题就应先将问题处理好后再进行耐压试验。非破坏性试验的作用一般有以下两点：一是作为设备耐压试验的准备试验和复查项目；二是在设备运行中作为预防绝缘事故的监测手段。

各类试验方法各有所长，试验人员应对试验结果进行全面综合的分析。与该设备出厂及历次试验的数据进行纵向比较，分析设备绝缘变化的规律和趋势；与同类或不同相别的设备的数据进行横向比较，寻找异常；将试验结果与规程中的标准进行比较，综合分析是否超标，判断是否存在缺陷或薄弱环节。

第二节 高电压试验的基本要求

高电压试验必须贯彻“安全第一，预防为主”的方针，为了保障在进行高电压试验时的人身、设备和试品的安全，所有参加高电压试验的人员应具备高电压试验专业知识，熟悉高电压试验的安全规程，在试验过程中必须严格遵守《电力安全工作规程（高压试验室部分）》（GB 26861—2011）及实验室制定的高电压试验安全规则。

一、高电压实验室的净空距离

高电压实验室的净空距离包含以下几种：室内高电压设备、高电压测量装置和被测试品对墙、天花板和地之间的间隔距离；高电压试验设备、高电压测量装置和被测试品之间应有的间隔距离；高电压试验设备、高电压测量装置和被测试品对室内其他带电或不带电的设备和物体之间的间隔距离。

净空距离的要求取决于三方面的因素：首先是安全距离，即无论设备或试品都不应该在试验时对周围物体放电，要求它们与周围物体之间的间隔大于放电距离并有一定裕度；其次是测量准确度的要求，即要求周围物体与被测装置间的距离达到足以略去它们对测量有害的影响；第三取决于试验要求，即不要因周围物体的存在改变被测试品周围的电磁场分布，影响试验结果。

空气间隙的放电电压与电压性质、电极形状和大气条件等都有关系。不同电压的设备应有不同的距离要求。

二、高电压试验的安全规则

人体能接触的电压仅在 50 V 以下或更低，而高电压试验具有很高的电压，一般为几千伏以上，试验人员与高电压试验设备应保持足够的安全距离。高压实验室的安全保护措施对试验人员的人身安全是非常重要的。

高压实验室应具备一些基本安全防护措施，试验人员应严格遵守安全操作规程。

(1) 设置金属网遮栏，防止无关人员进入危险区或工作人员误入。根据《电力安全工作规程（高压试验室部分）》的规定，试验中的高压引线及高压带电部件至遮栏（含屏蔽遮栏）的距离应大于表 1-1 和表 1-2 中的数值。安全遮栏应互相可靠连接并接地，且应悬挂警告牌（“注意！高压危险！”），试验正在进行时，禁止携带金属物品从遮栏附近通过。

表 1-1 交流电和直流电下的试验安全距离

试验电压/kV	安全距离/m	试验电压/kV	安全距离/m
200	1.5	1 000	7.2
500	3	1 500	13.2
750	4.5		

注：①试验电压为 200 kV 以下的安全距离要求不小于 1.5 m。②交流电下试验电压指有效值，

直流电下试验电压指最大值。③适用于海拔高度不高于1 000 m的地区。对海拔高于1 000 m的地区，按 GB 311.1 中校正规定进行修正。

表 1-2 冲击试验（峰值）安全距离

试验电压/kV	安全距离/m		试验电压/kV	安全距离/m	
	操作冲击	雷电冲击		操作冲击	雷电冲击
500	3	3	2 000	16	14
1 000	7.2	7.2	3 000	30	18
1 500	13.2	12.5	4 000	—	22

注：①试验电压为 500 kV 以下的安全距离要求不小于 3 m。②适用于海拔高度不高于 1 000 m 的地区。对海拔高于 1 000 m 的地区，按 GB 311.1 中校正规定进行修正。

(2) 设置安全闭锁，高压试验装置的每一道门都应装设安全开关，仅当试验装置所有的电源都切断时才能将门打开。要用红灯“正在工作”、绿灯“电源已经断开”指示试验设备的工作状态。

(3) 在进入高压设备间之前，应亲自查明：所有可能加上高电位的导体和处于接触区的导体都已接地，所有的电源均已切断。这是最基本的一条操作规程。

(4) 试验装置附近如有不用的电容器，应该用导线牢固短接。试验结束后，首先要切断电源，进入遮栏后用接地棒将设备放电并挂上接地棒。

(5) 未经同意不得拆卸、改变实验室中任何设备和仪器。学生在接线完毕后，应检查其正确性，并经教师同意方可加压。

(6) 进行高压试验必须有两人或两人以上，精神萎靡者不得进行高压试验。

(7) 在使用升压设备时，升压必须从零开始，使用完毕后，要退回零位。

(8) 试验完毕，应先用接地棒给设备放电，尤其是在做完电容器或电缆等大电容试品试验后，必须仔细放电，将试验场地恢复整齐。

(9) 在未亲眼看到高压设备接地之前，不得接近或触摸高压设备。

(10) 试验过程中若发现异常现象，如冒烟、臭味或无高压指示，应立即切断电源，调压器降到零位，报告教师或实验室工作人员进行检查处理。

三、与高压试验有关的安全规程规定

在变电所现场进行电气试验必须执行《电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）》（GB 26860—2016），包括：

(1) 高压试验应填写第一种工作票。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，但在试验前应得到检修工作负责人的许可。在同一电气连接部分，高压试验的工作票发出后，禁止再发出第二张工作票。

如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两人。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告知试验中的安全注意事项。

(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, 必要时用绝缘物支持牢固。

(5) 试验现场应装设遮栏或围栏, 向外悬挂“止步, 高压危险!”的标示牌, 并派人看守。

(6) 加压前必须认真检查试验接线、表计倍率、量程、调压器零位及仪表的开始状态, 确保正确无误, 通知有关人员离开被试设备, 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。

(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短路接地。

(8) 未装底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和清理现场。

(10) 特殊的重要电气试验应有详细的试验措施, 并经厂主管生产的领导批准。

(11) 使用携带型仪器在高压回路进行工作, 需要高压设备停电或做安全措施的, 应填用第一种工作票, 并至少由两人进行。

(12) 除使用特殊仪器外, 所有使用携带型仪器的测量工作, 均应在电流互感器或电压互感器的低压侧进行。

(13) 电流表、电流互感器及其他测量仪表的接线和拆线, 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, 始能进行。

(14) 电压表、携带型电压互感器和其他高压测量仪器的接线和拆卸无须断开高压回路者, 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, 以防接地或短路。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。

(15) 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面积不得小于 1.5 mm^2 。

(16) 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。

(17) 仪器的布置应使工作人员距带电部分不小于表 1-3 中规定的安全距离。

表 1-3 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	0.7	220	3.0
20~35	1.0	330	4.0
60~110	1.5	500	5.0

注: ①电压为 200 kV 以下的安全距离要求不小于 1.5 m。②交流电下电压指有效值, 直流电下电压指最大值。③适用于海拔高度不高于 1 000 m 的地区。对海拔高于 1 000 m 的地区, 按 GB 311.1 中校正规定进行修正。

四、在电气设备上工作保证安全的组织措施和技术措施

1. 保证安全的组织措施

- (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。

填用的工作票包括第一种工作票和第二种工作票，还有口头或电话命令。

第一种工作票适用于在高压设备上工作需要全部停电或部分停电，或者在高压室内的二次接线和照明灯回路上的工作，需要将高压设备停电或做安全措施者。第二种工作票适用于不需要将高压设备停电，在带电设备外壳上的工作或者在二次接线回路上的工作。非当值人员用绝缘棒和电压互感器定相或用钳形电流表测量高压回路电流的工作也填用第二种工作票。

2. 保证安全的技术措施

在全部或部分停电的电气设备上工作必须完成下列措施：

- (1) 停电；
- (2) 验电；
- (3) 装设接地线；
- (4) 悬挂标示牌和装设遮栏。

将试验设备停电，必须把各方面的电源都断开，而且必须有明显断开点。对于可能送电至停电设备的各方面或停电设备可能产生感应电压的都要装设短路接地线。

第三节 触电与急救

本节介绍防止触电的安全技术和触电后的紧急救护法。电对人体的伤害主要来自电流，电流对人体的伤害主要分电击和电伤两大类：电击是电流通过人体引起内部器官的伤害，严重时使心脏颤动或停跳，呼吸困难，造成死亡；电伤是电流的热效应或化学效应对人体造成的外伤，例如电弧灼伤皮肤、弧光对眼睛刺激造成视力伤害等。

一、电击和电伤

1. 电击

电击时电流对人体伤害的严重程度，与电流强弱、电流通过人体时间的长短、电流流过人体的途径、人体的电阻大小、作用于人体电压的高低、电流的频率等因素有关。

- (1) 电流越大，对触电者的伤害越严重。

按照人体对电流的生理反应强弱和电流对人体的伤害程度，根据触电电流的大小，可大致分为感知电流、摆脱电流和致命电流。

感知电流是人能产生感觉的最小电流，交流与直流不同。交流感知电流较小，一般

为 0.5 mA；直流感知电流约为 2 mA。感知电流能使人体产生感觉，例如麻酥、灼热感，但不会形成伤害。

摆脱电流是指触电者能够摆脱在手中的电极的最大电流值，又称安全电流。摆脱电流与电极形状、大小，及人体与电极的接触面积，特别是电流流过人体的持续时间有关。工频交流摆脱电流一般为 10 mA，直流摆脱电流一般为 30 mA。如果触电时间很短，例如不超过 1 min，工频交流摆脱电流一般为 20 mA，直流摆脱电流一般为 50 mA。

致命电流是指人遭受电击后危及生命的电流。电流流过心脏引起心室纤维颤动被认为是触电致死的主要原因。这是因为当出现心室纤维不规律的自行颤动时，心肌丧失协调一致的收缩能力，从而不能完成正常的心跳功能，血压降低至零，血液循环停止。一般认为，工频交流 30 mA 以下，直流 50 mA 以下，短时间内对人体不会有致命危险。

(2) 电流通过人体途径的影响。

电流通过人体的途径不同，其危害程度也不同。当电流通过心脏时，其电击伤害程度最大。左手至脚的电流路径，电流直接流经心脏，因而最危险。相比而言，右手到脚的路径，其危险程度约为左手到脚的 80%。而左手到右手之间的电流路径，其危险程度约为左手到脚的 40%~50%。特别指出，如果触电部位是从胸到左手，则其危险程度比左手到脚更为严重。

(3) 人体阻抗的影响。

人体阻抗包括人体体内电阻和皮肤阻抗。人体内阻抗基本上可看作电阻，还存在少量电容。人体阻抗数值大小与电流通过的路径、触电电压的高低、电流的频率等有关。在干燥条件下，在接触电压为 220 V 时，手到手或手到脚电流路径的人体总阻抗约为 1 000 Ω 。如电压增高，人体阻抗会有降低。由于人体内阻抗还有容性分量，随着频率上升，人体总阻抗下降，直流时总阻抗最高。

人体遭受电击有不同形式。除了人体直接接触带电体形成直接接触电击，还有一种间接触电击，包括跨步电压电击和接触电压电击。

2. 电伤

电伤一般不引起生命危险，但对人体皮肤或眼睛造成重大伤害，严重的电烧伤有时也会致人死亡。

二、触电预防

防止人身电击，最根本的是对电气工作人员或用电人员进行安全教育和管理，严格执行有关安全用电和安全工作规程，防患于未然。同时，对带电设备采取绝缘和屏护措施，在容易电击的场合采用安全电压，电气设备采取安全接地保护和装设漏电保护开关等措施。

1. 绝缘和屏护

为保证人身安全，一方面要选用合格的电器设备或导线；另一方面要加强设备检查，监督设备绝缘性能，发现问题及时处理。

屏护是利用遮栏、护盖、护罩等将带电体隔离，防止人员触及或过分接近带电体。在屏护上还要有醒目的带电标识。

2. 采用安全电压

安全电压是指为防止触电电击事故而采用的特定电源供电的电压，其上限交流电压有效值不得超过 50 V，而且要求必须是独立电源，必要时可加装隔离变压器。我国规定的安全电压交流额定值分五个等级：42 V、36 V、24 V、12 V、6 V。直流安全电压上限是 72 V。

3. 接地保护

接地保护包括电气设备保护接地、保护接零或接保护线。接地保护是防止间接触电的基本保护措施。当电气设备某相绝缘损坏碰壳，经中性线或保护线构成回路时，就会形成单相短路。由于中性线阻抗很小，接地短路电流较大，使断路器或熔断器动作，使故障设备停电。在低压系统中广泛采用剩余电流保护装置，这是预防触电的重要措施。

三、触电急救

1. 触电急救基本原则

(1) 紧急救护的基本原则是在现场采取积极措施保护伤员生命，减轻伤情，减少痛苦，并根据伤情需要，迅速联系医疗部门救治。急救的成功条件是动作快、操作正确。

(2) 要认真观察伤员全身情况，防止伤情恶化。发现呼吸、心跳停止时，应立即在现场就地抢救，用心肺复苏法支持呼吸和循环。

(3) 现场工作人员都应定期进行培训，学会紧急救护法。会正确解脱电源、会心肺复苏法、会止血、会包扎、会转移搬运伤员、会处理急救外伤或中毒等。

(4) 生产现场和经常有人工作的场所应配备急救箱，存放急救用品，并应指定专人经常检查、补充或更换。

2. 触电现场急救

触电急救应分秒必争，立即就地迅速用心肺复苏法进行抢救，并坚持不断地进行，同时及早与医疗部门联系，争取医务人员接替救治。在医务人员未接替救治前，不应放弃现场抢救，只有医生有权做出伤员死亡的诊断。

(1) 脱离电源。

脱离电源就是要把触电者接触的那一部分带电设备的开关、刀闸或其他断路设备断开；或设法将触电者与带电设备脱离。在脱离电源中，救护人员既要救人，也要注意保护自己。触电急救首先要使触电者迅速脱离电源，越快越好。

(2) 伤员脱离电源后的处理。

触电伤员如神志清醒，应使其就地平躺，严密观察，暂时不要站立或走动。触电伤员如神志不清，应使其就地仰面平躺，且确保气道通畅，并用 5 s 时间呼叫伤员或轻拍其肩部，以判定伤员是否意识丧失。禁止摇动伤员头部呼叫伤员。

需要抢救的伤员，应立即就地坚持正确抢救，并设法联系医疗部门接替救治。

(3) 呼吸、心跳情况的判定。

触电伤员如意识丧失,应在 10 s 内,用看、听、试的方法,判定伤员呼吸心跳情况。看:看伤员的胸部、腹部有无起伏动作;听:用耳贴近伤员的口鼻处,听有无呼气声音;试:试测口鼻有无呼气的气流,再用两手指轻试一侧喉结旁凹陷处的颈动脉有无搏动。

若看、听、试结果为既无呼吸又无颈动脉搏动,可判定呼吸心跳停止。

(4) 心肺复苏法。

触电伤员呼吸和心跳均停止时,应立即按心肺复苏法支持生命的三项基本措施正确进行就地抢救:通畅气道、口对口(鼻)人工呼吸、胸外按压(人工循环)。

通畅气道可采用仰头抬颌法,用一只手放在触电者前额,另一只手的手指将其下颌骨向上抬起,气道即可通畅。严禁用枕头或其他物品垫在伤员头下。

在保持伤员气道通畅的同时,救护人员用放在伤员额上的手指捏住伤员鼻翼,救护人员深吸气后,与伤员口对口紧合,在不漏气的情况下,先连续大口吹气两次,每次 1~1.5 s。如两次吹气后试测颈动脉仍无搏动,可判断心跳已经停止,要立即同时进行胸外按压。正确的按压位置是保证胸外按压效果的重要前提,正确的按压姿势是达到胸外按压效果的基本保证。注意胸外按压的操作频率,要匀速进行,每分钟 80 次左右,每次按压和放松的时间相等。

(5) 抢救过程中的再判定。

按压吹气 1 min 后,应用看、听、试方法在 5~7 s 时间内完成对伤员呼吸和心跳是否恢复的再判定。若判定颈动脉已有搏动但无呼吸,则暂停胸外按压,再进行 2 次口对口人工呼吸,按着每 5 s 吹气一次。如脉搏和呼吸均未恢复,则继续坚持心肺复苏法抢救。在医务人员未接替抢救前,抢救人员不得放弃现场抢救。

第四节 高电压试验安全知识问答

1. 高压试验的目的是什么?

答:由于影响电力设备的电气性能的因素很多,不能单独使用理论计算的方法,更不能单独依靠经验判断,因此需要进行高电压试验,通过试验对各种电力设备性能进行分析判断,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。

2. 绝缘缺陷一般分为哪几类?有什么特点?

答:通常将绝缘缺陷分为集中性缺陷和分布性缺陷两类。

集中性缺陷是指绝缘缺陷集中于绝缘介质的某个或某几个部分。例如局部受潮、局部机械损伤、绝缘内部气泡、磁介质裂纹等。它又分为贯穿性缺陷和非贯穿性缺陷,这类缺陷发展速度较快,因而具有较大危险性。

分布性缺陷是指由于受潮、过热、动力负荷及长时间过电压的作用导致的电力设备整体绝缘性能下降。例如绝缘整体受潮、充油设备的油变质等。它是一种普遍性的劣

化，发展一般较慢。

3. 什么是电力设备预防性试验？

答：电力设备的预防性试验是为了发现运行中电气设备的隐患，预防事故发生或设备损坏，对设备进行的检查、试验或检测，也包括取油样或气样进行的试验。它是判断电力设备能否继续投入运行并保证安全运行的重要措施。我国电力设备预防性试验规程的内容实际上超出了预防性试验的范围，不仅包括定期试验，还包括大修、小修后的试验及新设备投运前的试验。

4. 劣化与老化的含义分别是什么？

答：所谓劣化是指绝缘在电场、热、化学、机械力、大气条件等因素作用下，其性能变劣的现象。劣化的绝缘有的是可逆的，有的是不可逆的。例如绝缘受潮后，其性能下降，但进行干燥后又能恢复能原有的绝缘性能，即是可逆的。

而老化则是绝缘在各种因素长期作用下发生一系列的化学、物理变化，导致绝缘电气性能和机械性能等不断下降。绝缘老化原因很多，但一般电气设备绝缘中常见的老化是电老化和热老化。例如，局部放电时会产生臭氧，很容易使绝缘材料发生臭氧裂变，导致材料性能老化。

劣化的含义较广泛，而老化的含义相对就窄一些，老化仅仅是劣化的一个方面，老化一般是不可逆的。

5. 保证安全的组织措施和技术措施分别是什么？

答：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。

6. 高压试验工作对人员组织有哪些要求？

答：高压试验工作不得少于两人；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，交代邻近间隔的带电部位以及其他安全注意事项。

7. 高压试验中对试验装置的要求有哪些？

答：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。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，可在刀开关上加绝缘罩。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。

8. 电力设备预防性试验记录通常应包括哪些内容？

答：电力设备预防性试验的原始数据的完整性是分析判断试验结果的重要依据，应当认真对待。试验记录一般包括以下内容：

- (1) 试验名称和目的要求。
- (2) 试验时间和大气条件，如温度、气压和湿度等。
- (3) 被试设备铭牌和运行编号。

- (4) 试验接线和试验设备或重要仪器等实际布置的示意图、关键性仪器设备编号。
- (5) 试验部位、试验项目和试验原始数据。
- (6) 主要试验人员姓名、试验记录人和试验负责人的审核签名。

思考题

1. 简述预防性试验的意义。
2. 电气试验如何分类？为什么破坏性试验必须在非破坏性试验合格之后进行？
3. 高压试验应遵守哪些安全基本要求？
4. 练习人员触电后如何脱离电源？
5. 练习心肺复苏急救操作知识。
6. 练习胸外按压急救操作知识。

第二章 典型安全用具

第一节 概 述

高电压技术试验属于特种行业试验，试验过程中除了对试验人员本身各方面的能力素质如扎实的基本理论、全面的安全技术知识及熟练的试验技术以外，还需要利用各种安全防护工具，以便在试验过程中保障试验人员的人身安全及试验设备或试品的安全。

电气绝缘安全用具是指在带电的设备上或邻近地点工作时，用以确保工作人员人身安全，避免触电、灼伤等事故所使用的各种专用工具。一般而言，高电压技术试验过程中所涉及的较为典型的安全用具主要包括以下两类：

绝缘安全防护类用具：主要是指绝缘强度不是承受设备或线路的工作电压，而是用于加强基本绝缘及安全用具的保安作用，用以防止接触电压、跨步电压、泄漏电流电弧等对试验操作人员的伤害，例如绝缘靴、绝缘手套、安全帽、绝缘垫、绝缘台以及绝缘杆等。

验电放电类用具：主要是指能直接操作带电设备或接触及可能接触带电体，用于对带电体是否带电或进行放电的安全用具，例如高压验电器、放电棒、高压接地线等。

绝缘安全用具的绝缘状况十分重要，它的绝缘性能的好坏直接关系到工作人员的人身安全。因此，高电压技术试验过程中，应根据相应的电力行业安全规程定期对各种绝缘安全用具进行检查和试验，特别是工频交流耐压试验及冲击试验所涉及的安全用具，以确保安全用具的安全性能，保障操作人员的人身安全。

试验前，应对安全用具外观进行仔细检查。检查安全用具的完整性，如发现部件或零件缺损等，则应配齐后再进行试验。检查安全用具的表面状态，若发现裂纹、穿孔、烧焦以及绝缘劣化、受潮等缺陷时，应根据轻重程度和所在部位重要性进行处理，并经试验合格为止。

一般情况下，绝缘安全用具对其绝缘部分以工频交流耐压试验为主，耐压试验前还应测量其绝缘电阻。对于橡胶一类材料所制成的绝缘安全用具，在交流耐压试验中，还应测量交流泄漏电流。对于验电器一类的安全用具，还应进行清晰发光发声电压的检查。

高电压技术试验中常用绝缘安全用具的检验周期及标准见表 2-1。