



国家示范性高职院校精品教材

DIANLI ANQUAN ZUOYE

电力安全作业

四川电力职业技术学院 组编
黄兰英 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家示范性高职院校精品教材

DIANLI ANQUAN ZUOYE

电力安全作业

四川电力职业技术学院 组编

杨 力 高 常 攀 大 龙 运 黄 兰 英 主编
藏 书 章 孟 春 鹏 编写
吴 新 辉 主审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为国家示范性高职院校精品教材。本书详细阐述了与电力安全作业紧密相关的5个项目14个任务中的学习目标、任务描述、任务资料、任务操作和任务实施评价5方面。每个项目后均配备思考题,供读者自检学习效果。

本书作为高等职业学院供用电技术专业的教材,也可供从事电力检修等涉及电力安全作业的社会电工使用。

图书在版编目(CIP)数据

电力安全作业/黄兰英主编;四川电力职业技术学院组编. —北京:中国电力出版社,2011.7

国家示范性高职院校精品教材

ISBN 978-7-5123-1902-8

I. ①电… II. ①黄…②四… III. ①电力安全-高等职业教育-教材 IV. ①TM7

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第131510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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011年8月第一版 2011年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 8.5印张 201千字

定价 21.50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

四川电力职业技术学院

专业人才培养方案及教材
编审委员会

主任委员 王 旭 严光升

副主任委员 李开勤

委	员	刘 勇	周庆葭	林文静	景 敏
		李 刚	李 俭	方 鉴	熊名扣
		蒙昌嘉	何 勇	赵大林	蔡燕生
		汤晓青			

前言

本教材是根据教育部关于国家示范性高等职业院校示范专业建设的要求，在对供用电技术专业学生就业岗位群（包括电力企业电力营销、变电运行、配电运行与检修岗位及社会电工）主要工作任务充分调研的基础上，以电力作业安全为引领，以项目为驱动，采用工学结合模式，突出电力安全知识及技能的学习和培养，强调从专业能力、方法能力和社会能力等多方面塑造人才。

教材本身不仅注重理论知识的学习与积累，而且注意引入行业、企业的规程和规范，操作过程强调作业的安全性以及与规范的一致性。教材根据供用电技术岗位群的典型工作任务设计了多项学习任务，营造全真的学习情境，内容丰富。学生通过任务的实施，可将理论与实际联系起来，并在实践中引发学生的积极思考，从而加深学生对理论以及规程、规范的理解和把握。

本书由四川电力职业技术学院教师黄兰英担任主编，武汉电力职业技术学院吴新辉副教授担任主审。项目1由黄兰英编写，项目2由杨力、龙运编写，项目3和项目5由高犁老师编写，项目4由孟春鹏老师编写，全书由黄兰英统稿。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2011年6月

目 录

前言

项目 1 防止人身触电伤害的技术措施	1
任务 1 触电电流计算	1
任务 2 防直接接触触电技术措施	9
任务 3 防间接接触触电技术措施	17
任务 4 触电急救	29
思考题	37
项目 2 安全工器具的使用和保管	38
任务 1 10kV 跌落式熔断器的操作	38
任务 2 登杆作业	46
任务 3 交流耐压试验	59
思考题	67
项目 3 履行保障电力安全作业的措施	68
任务 1 履行 10kV 高压设备安全作业组织措施	68
任务 2 履行 10kV 高压设备安全作业技术措施	78
任务 3 标准化作业指导书的编制	83
思考题	92
项目 4 电气防火与灭火	95
任务 1 报警、灭火器的使用方法	95
任务 2 电气防火措施的认识	102
思考题	113
项目 5 电力安全事故处理	114
任务 1 电力安全事故案例分析	114
任务 2 电力生产事故调查与处理	119
思考题	126
参考文献	127

项目 1 防止人身触电伤害的技术措施

任务 1 触电电流计算



学习目标

- (1) 能指出影响触电危险程度的因素。
- (2) 能进行中性点接地系统触电回路分析, 计算触电电流。
- (3) 能进行中性点不接地系统触电回路分析, 计算触电电流。
- (4) 能结合现场实际采取有效的防触电伤害措施。



任务描述

本任务通过对中性点直接接地系统和中性点不接地系统触电回路电流的计算, 分析触电电流对人体的危害, 结合现场实际采取有效的防触电伤害措施, 以保障电力作业人员人身安全。



任务资料

在电力系统作业时, 可能因为各种原因导致人身触电。认识电流对人体的伤害、影响触电危险程度的因素、触电的方式, 对工作人员在工作中自发维护自身安全, 避免触电伤害有着重要的意义。

一、电流对人体的伤害类型

人体触电是最主要的电气事故之一。人体触电是指人体触及带电体后, 电流通过人体, 电流能量施于人体而造成的伤害。电流对人体造成的伤害类型主要有电击和电伤两种。

电击是指电流通过人体内部对人体造成的伤害。大部分触电死亡事故都是由电击造成的。电击主要伤害的是人体的心脏、呼吸和神经系统, 从而破坏人的生理活动, 甚至危及人的生命。例如, 电流通过心脏时, 心脏泵室作用失调, 引起心室震颤, 导致血液循环停止; 电流通过大脑的呼吸神经系统时, 会遏止呼吸并导致呼吸停止; 电流通过胸部时, 迫使呼吸停顿、引起窒息。所以, 电击对人体的伤害属于生理性质的伤害, 多数触电死亡事故都是由电击造成的。

电伤是指电流的热效应、化学效应、机械效应及电流本身作用造成的人体伤害。电伤往往出现在高压触电事故中, 常在人的肌体留下伤痕, 严重时, 可导致人的死亡。电伤可分为电烧伤、电烙印和皮肤金属化。

电烧伤是由电流的热效应造成的伤害, 分为电流灼伤和电弧烧伤。电流灼伤是指人体与带电体接触时, 电流通过人体由电能转换成热能造成的伤害, 一般发生在低压设备或低压线路上。电弧烧伤是由弧光放电造成的伤害。电弧温度高达 $2500\sim 6000^{\circ}\text{C}$, 大电流通过人体, 可烘干、烧焦机体组织, 造成大面积、大深度的烧伤, 甚至烧焦、烧掉四肢及其他部位。电



弧烧伤是最常见也是最严重的一种电烧伤。

当载导体较长时间接触人体时，因电流的化学效应和机械效应作用，接触部分的皮肤会变硬并形成圆形或椭圆形的肿块痕迹，如同烙印一样，称为电烙印。

在电流作用下，产生的高温电弧使周围的金属熔化、蒸发并飞溅渗透到皮肤表层，使皮肤变得粗糙、硬化并呈现一定颜色（灰黄色或蓝绿色）称为皮肤金属化。金属化的皮肤经过一段时间后会逐渐剥落。

二、影响触电危险程度的因素

触电的危险程度，即电流对人体的伤害程度取决于以下几个因素。

1. 电流的大小

通过人体电流的大小对触电者的伤害程度起决定性作用，不同电流对人体的影响见表 1-1。

表 1-1 不同电流对人体的影响

电流 (mA)	交流电 (50Hz)	直流电
0.6~1.5	开始有感觉，手指有麻感	无感觉
2~3	手指强烈麻刺，颤抖	无感觉
5~10	手指痉挛，手部剧痛，勉强可以摆脱带电体	感觉痒、刺痛、灼热
20~25	手迅速麻痹，不能摆脱带电体，剧痛，呼吸困难	手部轻微痉挛
50~80	呼吸麻痹，心室开始颤动	手部痉挛，呼吸困难
90~100	呼吸麻痹，持续 3s 或更长时间则心脏麻痹，心室颤动	呼吸麻痹

对于工频交流电，按照通过人体的电流大小和人体呈现状态的不同，可将其划分为下列三种。

(1) 感知电流：是指引起人体感知的最小电流。人体平均感知电流有效值，女性约为 0.7mA，男性约为 1.1mA。感知电流一般不会对人体造成伤害。

(2) 摆脱电流：是指人触电后能自行摆脱的最大电流。人体的平均摆脱电流，女性约为 10mA，男性约为 16mA，儿童的摆脱电流比成人较小。当电流增大到超过摆脱电流值时，触电者肌肉收缩，发生痉挛而抓紧带电体，将不能自主摆脱电源。摆脱电源的能力随着触电时间的延长而减弱，一旦触电后不能及时摆脱电源，后果将十分严重。

(3) 致命电流：是指在短时间内危及生命的最小电流。电击致命的主要原因是电流引起心室颤动造成的。因此，可以认为室颤电流是最小致命电流。

大量的研究资料表明，直流 50mA 以下、工频 30mA 以下电流通常不会产生心室颤动的危险，故可视为安全电流。

2. 电压

当人体电阻一定时，作用于人体的电压越高，通过人体的电流越大。实际上，通过人体的电流大小并不与作用于人体上的电压成正比。这是因为随着电压的升高，人体电阻因皮肤破损而下降，导致通过人体的电流迅速增加，从而对人体产生严重的伤害。

3. 人体电阻

人体触电时，人体电阻越大，触电电流越小。

人体电阻主要包括人体内部电阻和皮肤电阻。人体内部电阻是固定不变的，与外界条件无关，为 500~800Ω。皮肤电阻主要由角质层决定，角质层越厚，电阻就越大，一般其值为



1000~1500Ω。因此人体电阻一般约为 1500~2000Ω，为保险起见，通常取 800~1500Ω。如果皮肤角质层有破损，则人体电阻将大为下降。

人体电阻会随时、随地、随人等因素而变化，存在着相当大的不确定性。

4. 电流通过人体的时间

电流对人体的伤害与电流通过人体时间的长短有关。通电时间越长，因人体发热出汗和电流对人体组织的电解作用，人体电阻逐渐降低，导致通过人体的电流增大，触电危险性亦随之增加。

5. 电源频率

触电的伤害程度与电流的频率相关，各种频率触电死亡率统计数据见表 1-2。

表 1-2 各种频率触电死亡率

频率 (Hz)	10	25	50	60	80	100	120	200	500	1000
死亡率 (%)	21	70	95	91	43	34	31	22	14	11

可见，频率在 30~60Hz 的交流电易引起人体心室颤动，常用的 50Hz 的工频交流电对人体的伤害程度最为严重。当电源的频率偏离工频越远，对人体的伤害程度越轻。不过，高压高频电流对人体依然是十分危险的。

6. 电流通过人体的途径

电流通过人体头部会使人昏迷而死亡；通过脊髓会导致截瘫及严重损伤；通过中枢神经或有关部位，会引起中枢神经系统强烈失调而导致残废；通过心脏会造成心跳停止而死亡；通过呼吸系统会造成窒息。实践证明，从左手至脚是最危险的电流路径，从右手到脚、从手到手也是很危险的路径，从脚到脚是危险较小的路径。电流途径与通过心脏电流的百分数见表 1-3。

表 1-3 电流途径与通过心脏电流的百分数

电流通过人体的途径	通过心脏电流的百分数 (%)	电流通过人体的途径	通过心脏电流的百分数 (%)
从一只手到另一只手	3.3	从右手到脚	3.7
从左手到脚	6.4	从一只脚到另一只脚	0.4

三、人体触电的方式

发生触电的情况是多种多样的。经过对大量触电事故的分析，将发生的触电情况大体分为直接接触触电和间接接触触电两大类。

(一) 直接接触触电

这是指人体直接接触或过分靠近电气设备及线路的带电导体而引发的触电现象。直接接触触电分为单相触电和两相触电。

1. 单相触电

人体站在地面或其他接地体上，人体的某部分触及一相带电体所引起的触电称为单相触电。单相触电的危险程度与系统电压的高低、系统的中性点是否接地以及环境情况等因素有关，是较常见的一种触电事故。

(1) 中性点直接接地系统单相触电。在中性点直接接地系统中，发生单相触电时，电流回路如图 1-1 所示，通过人体的电流为

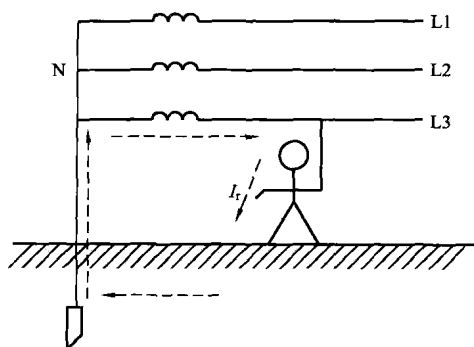


图 1-1 中性点直接接地系统单相触电

$$I_r = \frac{U_P}{R_r + R_0} \quad (1-1)$$

式中 U_P ——系统相电压, V;

R_r ——人体电阻, Ω ;

R_0 ——系统的接地电阻, Ω 。

由于 R_0 比 R_r 小得多, 可忽略不计, 可见, 中性点直接接地系统中发生单相触电时, 通过人体的电流取决于系统相电压及人体电阻。例如, 对于 380/220V 三相四线制系统, $U_P = 220\text{V}$, $R_0 = 4\Omega$, $R_r = 1000\Omega$, 则

$$I_r = \frac{U_P}{R_r + R_0} = \frac{220}{1000 + 4} = 219 \text{ (mA)}$$

该值已大大超过人体能够承受的能力, 足以致命。

防范措施是增大 R_r 。如人体站在干燥的木质地板、绝缘垫上或穿绝缘靴, 这些材料的电阻可高达 $0.5 \sim 1\text{M}\Omega$, 仅此一项就可以把流经人体的电流限制在 $0.22 \sim 0.44\text{mA}$ 。因此, 对于有可能误触低压带电部分的电气工作人员来说, 在工作时穿戴绝缘靴作为辅助安全用具是十分必要的。

(2) 中性点不接地系统单相触电。如图 1-2 所示, 在中性点不接地系统中, 假设系统对称, 且忽略电网各相纵向参数, 图中 Z 为电网的各相对地绝缘阻抗 (也称为系统的零序负阻抗, 为每相对地绝缘电阻 R 与对地电容 C 的并联值, 单位为 Ω), U_P 为系统的相电压。当系统正常运行时, 三相电压对称, 各相对地绝缘阻抗 Z 相同, 根据节点电位法, 系统中性点 N 与大地 N' 点之间的电位差为

$$\dot{U}_{NN'} = \frac{\frac{\dot{U}_A}{Z} + \frac{\dot{U}_B}{Z} + \frac{\dot{U}_C}{Z}}{\frac{1}{Z} + \frac{1}{Z} + \frac{1}{Z}} = \frac{\frac{1}{Z}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C)}{\frac{3}{Z}} = 0$$

如果有人接触到某相时, 则人体电阻 R_r 便与该相对地绝缘阻抗 Z 并联, 这样就彻底破坏了对地绝缘的对称性, 此时, 变压器中性点与大地间的电位 $\dot{U}_{NN'} \neq 0$, 这说明有电流 I_r 流过人体, 电流通路如图 1-2 所示。

求人身触电电流时, 根据戴维南定理可得图 1-2 所示的等效电路, 如图 1-3 所示。

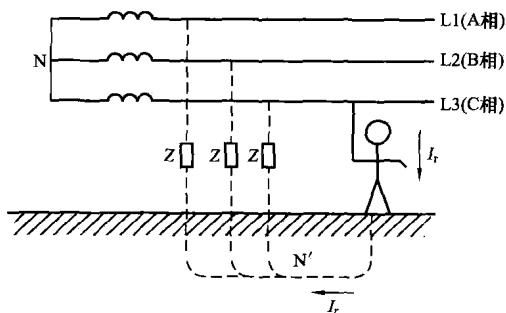


图 1-2 中性点不接地系统单相触电

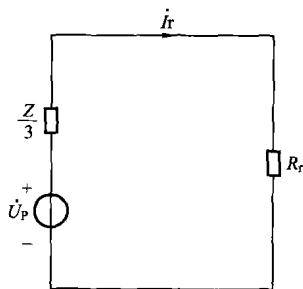


图 1-3 中性点不接地系统单相触电等效电路图



根据图 1-3 所示电路,可求出加在人体上的电压 U_r 与流过人体的电流 I_r 分别为

$$U_r = \frac{3R_r}{3R_r + Z} U_P \quad (1-2)$$

$$I_r = \frac{3U_P}{3R_r + Z} \quad (1-3)$$

对于绝缘电阻较低、对地绝缘电容较小的情况,计算时可不计对地电容的影响,只考虑绝缘电阻的影响即可。假设三相对地绝缘电阻均为 R ,则式(1-2)、式(1-3)可简化为

$$U_r = \frac{3R_r}{3R_r + R} U_P \quad (1-4)$$

$$I_r = \frac{3U_P}{3R_r + R} \quad (1-5)$$

对于对地电容较大,同时绝缘电阻又很高的情况,计算时可不计绝缘电阻的影响,只考虑对地电容的影响即可。假设三相对地电容均为 C ,则式(1-2)、式(1-3)可简化为

$$U_r = \frac{3R_r \omega C}{\sqrt{1 + 9R_r^2 \omega^2 C^2}} U_P \quad (1-6)$$

$$I_r = \frac{3\omega C U_P}{\sqrt{1 + 9R_r^2 \omega^2 C^2}} \quad (1-7)$$

若 $U_P = 220\text{V}$, $C = 1\mu\text{F}$, $R_r = 1000\Omega$,则由式(1-7)可求得触电电流为 151mA ,远大于人体能够承受的电流,足以致命。由此可知,如果系统各相的对地绝缘电阻很高,但各相的对地电容较大,即使在低压配电网中,电击的危险性仍然很大,实际工作中千万不可掉以轻心。

在高压系统中,人体虽未直接接触带电体,但因安全距离不够,高压系统经电弧对人体放电,也将形成单相触电。

2. 两相触电

人体有两处同时触及两相带电导体引发的触电称为两相触电,如图 1-4 所示。

发生两相触电时,电流由一根导线通过人体流至另一根导线,作用于人体上的电压等于线电压。若 $U_l = 380\text{V}$, $R_r = 1000\Omega$,则流过人体的电流为 380mA 。

两相触电是最危险的触电方式。一般情况下,工作人员同时用两手或身体直接接触两相带电导线的机会很少,所以两相触电事故比单相触电事故少得多。

在高压系统中,人体同时接近不同相的任意两相带电体时,若发生电弧放电,两相电流经人体形成回路,由此形成的触电也属于两相触电。

(二) 间接接触触电

间接接触触电是指当电气设备绝缘损坏而发生接地短路故障时(俗称“碰壳”或“漏电”),其金属外壳或金属架构便带有电压,此时人体接触外壳或架构而引发的触电现象。间接接触触电的主要形式有接触电压触电、跨步电压触电和雷电触电。

当电气设备发生接地故障(如绝缘损坏)或线路的一相发生带电导线断落地面时,因土

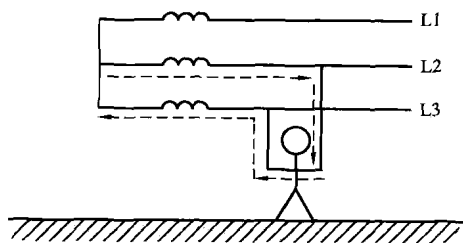


图 1-4 两相触电



壤中含有水分及其他导电物质,故障电流(接地电流) I_d 就会从接地体或导线的落地点(接地点)流入大地,并向四周呈半球形流散,如图1-5所示,形成以接地点为球心的半球形“地电场”。在大地上,因球面积与半径的平方成正比,半球的面积将随着远离接地点而迅速增大。所以越靠近短路点,电流通路的截面越小,电阻越大;越远离接地点,电流通路的截面越大,电阻越小。通常,在距离接地点20m左右处,半球面积已经达到 2500m^2 ,土壤电阻已小到可忽略不计,所以可认为在远离接地点20m以外,不再产生电压降,即实际上已经是“零电位了”。接地流散电场分布示意图如图1-6所示。

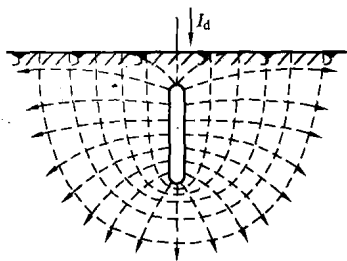


图1-5 接地电流的流散

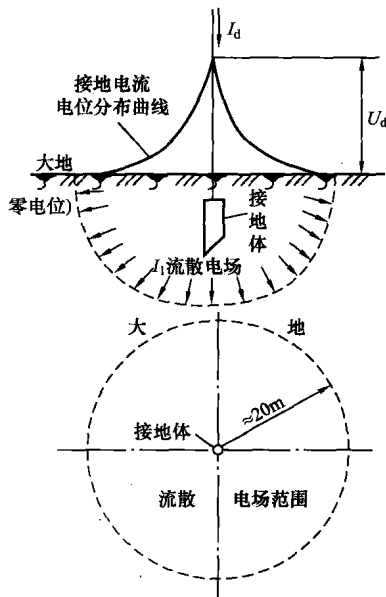


图1-6 接地流散电场分布示意图

1. 接触电压触电

当电气设备因绝缘损坏而发生接地故障时,人体的两个部位(通常是手和脚)分别触及漏电设备的外壳和地面时,人体承受的电位差便称为接触电压。接触电压的大小随人体站立点的位置而异。当人体距离接地体越近,则接触电压越小;当人体距离接地体越远,则接触电压越大,如图1-7所示。由接触电压引发的触电称为接触电压触电。

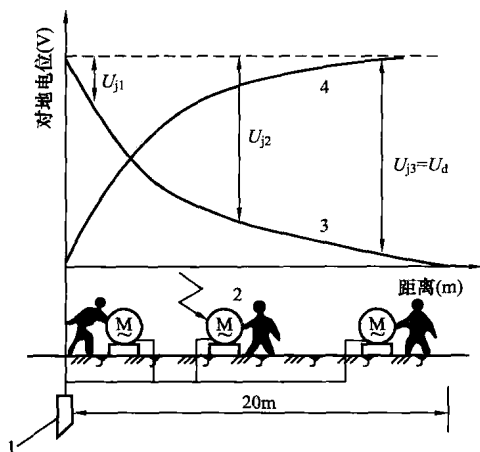


图1-7 接触电压触电示意图

1—接地体;2—漏电设备;3—设备发生接地故障时,接地点附近各点电位分布;4—人体距接地体位置不同时,接触电压变化曲线

防范措施:在电力企业或家庭中,人接触漏电设备外壳而触电是常有的现象,严禁裸手赤脚去操作电压设备就是这个道理。由接触电压造成的触电事故还多发生在中性点不接地的3~10kV系统中,当电气设备绝缘击穿,系统又没有接地保护装置,故障设备不能迅速切除,值班人员需要较长时间才能将设备故障查出时,在查找故障期间,工作人员一旦接触到与该设备处于同一接地网的任一设备外壳时就会触电。为防止接触电压触电,往往把一个车间、一个变电站的所有设备均单独埋设接地体,对每台电动机采用单独的保护接地。

2. 跨步电压触电

当电气设备发生接地故障或线路的一相发生导线断落在地面时,故障电流(接地电流)从接地



点向大地流散。若有人进入接地点 20m 以内的区域,在流散电场中,人体两脚之间承受的电压差便称为跨步电压,如图 1-8 所示,跨步电压的大小随人体站立点的位置而异。距离接地点越近,则跨步电压越大;距离接地点越远,则跨步电压越小。由跨步电压引发的触电成为跨步电压触电。如高压架空导线断线或支持绝缘子绝缘损坏而发生对地击穿时,在导线落地点或绝缘对地击穿点处的地面电位异常升高,在此附近行走或工作的人员就会发生跨步电压触电。

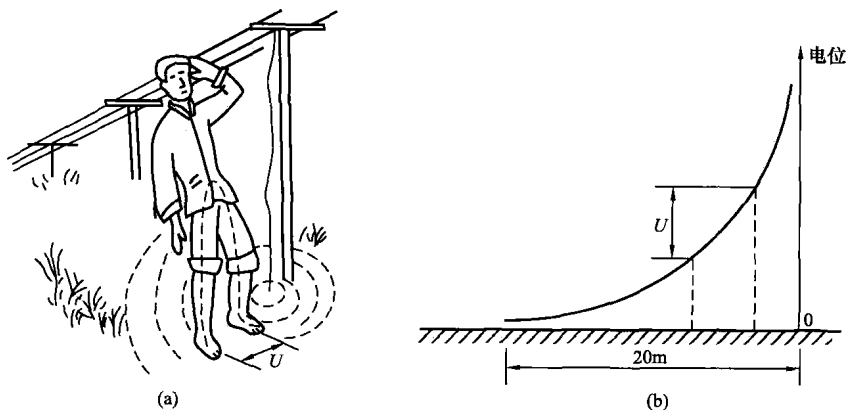


图 1-8 跨步电压

(a) 示意图; (b) 跨步电压 U 变化曲线

当人体承受跨步电压时,电流一般是沿着人的下身,即从脚到胯部到脚流过,与大地形成通路,电流很少通过人的心脏等重要器官,看起来似乎危害不大,但是,跨步电压较高时,人就会因抽筋而倒在地上,这不但会使作用于身体上的电压增加,还有可能改变电流通过人体的途径而经过人体的重要器官,因而大大增加了触电的危险性。

防范措施:电力工作人员在平时工作或行走时,当发现设备出现接地故障或导线断线落地时,一定要格外小心,应远离接地短路点地区。规程规定当高压设备发生接地时,室内不得接近故障点 4m 以内,室外不得接近故障点 8m 以内。20m 以外视为安全区域。一旦不小心步入接地短路点区域感觉到有跨步电压时,应赶快把双脚并在一起或用一只脚跳着离开接地短路点,如图 1-9 (a) 所示。当必须进入接地短路点区域救人或排除故障时,应穿绝缘靴,如图 1-9 (b) 所示。



图 1-9 脱离跨步电压及救人示意图

(a) 一条腿跳着离开断线地区; (b) 穿绝缘靴或绝缘鞋进入断线地区救人



3. 雷击触电

雷电时发生的触电现象称为雷击触电。它是一种特殊的触电方式。雷击感应电压高达几十至几百万伏，其能量能将建筑物摧毁，使可燃物燃烧，把电力线、用电设备击穿、烧毁，造成人员伤亡，危害性极大。

⇒ 任务操作

一、资料准备

1. 参考资料

(1) 参考书：

苏景军，薛婉瑜. 安全用电. 北京：中国水利水电出版社，2004.

洪雪燕，林建军，王富勇. 安全用电. 北京：中国电力出版社，2008.

杨文学，任红. 电力安全技术. 北京：中国电力出版社，2006.

(2) 学习网站：

中国安全网：<http://www.safety.com.cn/dianli/>

电力安全网：<http://www.powersafety.org.cn/>

安全文化网：<http://www.anquan.com.cn/dianli/index.asp>

中国知网：<http://www.cnki.net>

2. 工具

计算器、绘图工具、纸、笔。

二、计算

(1) 对于 380/220V 三相四线制配电系统，相电压 $U_p = 220V$ ，系统接地电阻 $R_0 = 4\Omega$ ，人体电阻 $R_r = 1700\Omega$ ，试绘图分析计算发生单相触电和两相触电时流过人体的电流，并以报告形式提出限制单相触电电流的有效措施。

(2) 某 380/220V 的中性点不接地三相配电系统，供电频率为 50Hz，各相对地绝缘电阻可看成无限大，各相对地电容均为 $0.6\mu F$ ，触电者的人体电阻为 2000Ω 。试绘图分析计算发生单相触电时流过人体的电流，并以报告形式提出限制触电电流的有效措施。

⇒ 任务实施评价

任务实施评价见表 1-4。

表 1-4

任务实施评价表

学生姓名		学号		班级	
评价项目	评价内容	评价标准		评价等级	
资料准备 (15 分)	专业资料准备 (15 分)	优：能根据任务，熟练查找专业网站和专业书籍，咨询资深专业人士，获取需要的较全面的专业资料。 良：能根据任务，查找专业网站或专业书籍，或通过资深专业人士，获取需要的部分专业资料。 差：没有查找专业资料或资料极少		优 ☐ 良 ☐ 差 ☐	



续表

评价项目	评价内容	评价标准	评价等级
实际操作 (65分)	工具准备 (5分)	优: 工具准备完备。 良: 工具准备不完备。 差: 缺重要计算工具	优□ 良□ 差□
	触电电流计算 (30分)	优: 计算方法和计算结果正确。 良: 计算方法和计算结果存在个别错误。 差: 计算方法错误, 计算结果完全错误	优□ 良□ 差□
	限制触电电流的防范措施报告 (30分)	优: 提出的防范措施正确。 良: 提出的防范措施有一定的效果, 但存在安全隐患。 差: 没有提出防范措施或是提出的防范措施有重大错误	优□ 良□ 差□
基本素质 (20分)	团结协作精神 (10分)	优: 能进行合理分工, 在工作过程中能相互协商, 共同完成任务。 良: 能进行合理分工, 在工作过程中相互协商、相互帮助不够, 但能共同完成任务。 差: 分工不合理, 个别人极少参加工作任务, 相互间不协商和帮助	优□ 良□ 差□
	劳动纪律 (10分)	优: 能完全遵守现场管理制度和劳动纪律, 无违纪行为。 良: 能遵守现场管理制度, 迟到/早退1次。 差: 违反现场管理制度, 或有1次旷课	优□ 良□ 差□
备注	抄袭他人者为“0”分		
教师评语			
总成绩		教师签名	
备注	各级权重: 优=1, 良=0.8, 差=0.5		

任务2 防直接接触触电技术措施



学习目标

- (1) 能叙述防止人身直接接触触电的技术措施。
- (2) 能结合现场实际采取有效的防直接接触触电措施。



任务描述

现场作业环境中存在有带电线路或带电设备时, 为防止直接接触触电事故的发生, 保证作业人员安全, 必须采取一定的技术措施。本任务结合 10、110、220kV 架空线路对地安全距离以及 110kV 室外变压器防直接接触触电等工作实际, 要求提供有效完善的技术措施。



任务资料

防止直接接触触电的措施有绝缘措施、安全距离和屏护措施。



一、绝缘措施

绝缘是指用绝缘物质和材料把带电体包括或封闭起来,以隔离带电体或不同电位的导体,使电流按一定的通路流通。通常,在电工技术上将电阻系数大于 $1 \times 10^9 \Omega/\text{m}$ 的物质所构成的材料作为绝缘材料,如瓷、玻璃、云母、橡胶、木材、胶木、塑料、布、纸和矿物物质油等。绝缘材料应具有一定的机械强度和绝缘强度,如绝缘层应足够牢靠,不采用破坏性手段不会被去掉,绝缘材料在长期运行中能承受机械、化学、电气及热应力的作用等。保持输配电线路和电气设备的绝缘良好,是保证人身安全和电气设备正常运行的最基本要素,也是防止直接接触电的重要措施。

绝缘材料由绝缘状态变为导电状态称为绝缘材料的击穿。绝缘材料的击穿主要有电击穿、热击穿和电化学击穿(电老化)三种形式。电击穿是指绝缘材料处在强电场作用下,其内部存在的少量自由电子产生碰撞游离,使传导电子增多,电流增大,如此急剧发展下去,最后导致击穿。热击穿是指绝缘材料在外加电压的作用下产生泄漏电流使绝缘材料发热,当发热大于散热时,将导致绝缘材料温度的升高,由于绝缘材料的绝缘电阻具有负的温度系数,温度的升高使得绝缘电阻减小,泄漏电流进一步增大,而增大的泄漏电流又使绝缘材料进一步发热,恶性循环下去,最终导致绝缘被击穿。电化学击穿是指绝缘材料在电场长期作用下,受到腐蚀性气体、蒸汽、粉尘、潮湿、机械损伤等多种因素作用,逐渐使绝缘材料的物理、化学性能发生不可逆的劣化,最终导致击穿。为防止击穿情况的发生,可采取改造制造工艺、定期做预防性试验、改善绝缘的工作条件(如防止潮气侵入、加强散热冷却、防止臭氧与绝缘材料接触)等有效措施。

二、安全距离

电气安全距离是指人体、物体等接近带电体而不发生危险的安全可靠距离。带电体与地面(水面)之间、带电体与带电体之间、带电体与人体之间、带电体与其他设施和设备之间,均应保持一定距离。通常,在输配电线路和变、配电装置附近工作时,应考虑线路安全距离,变、配电装置安全距离,检修安全距离和操作安全距离等。规程对不同情况的安全距离作了明确规定,设计或安装时都必须遵守这些规定。

(一) 线路安全距离

1. 架空线路

架空线路可以是裸线,也可以是绝缘线,但即使是绝缘线,若系露天架设,导线绝缘也会因风吹日晒和发热老化而极易损坏,为保障线路的安全运行,架空线路导线在弛度最大时与地面或水面的距离不应小于表 1-5 的数值。

表 1-5

导线与地面或水面的最小距离

m

线路经过地区	线路电压 (kV)		
	<1	1~10	35
居民区	6.0	6.5	7.0
非居民区	5.0	5.5	6.0
交通困难地区	4.0	4.5	5.0
步行可以达到的山坡	3.0	4.5	5.0
步行不能达到的山坡、峭壁或岩石	1.0	1.5	3.0



架空线路应避免跨越建筑物。架空线路不应跨越可燃材料作屋顶的建筑物。架空线路必须跨越建筑物时，应与有关部门协商并取得有关部门的同意，导线与建筑物的最小距离不得小于表 1-6 中的数值。

表 1-6 导线与建筑物的最小距离 m

线路电压 (kV)	≤ 1	10	35
垂直距离	2.5	3.0	4.0
水平距离	1.0	1.5	3.0

架空线路导线与街道或厂区树木的距离不得小于表 1-7 的数值。

表 1-7 导线与树木的最小距离 m

线路电压 (kV)	≤ 1	10	35
垂直距离	1.0	1.5	3.5
水平距离	1.0	2.0	—

几种线路同杆架设时应取得相关部门同意，且必须保证：

- (1) 电力线路应位于弱电线路的上方，高压线路位于低压线路的上方；
- (2) 同杆线路的导线间最小安全距离应符合表 1-8 的规定。

表 1-8 同杆线路导线间的最小安全距离 m

项目	直线杆	分支和转角杆	项目	直线杆	分支和转角杆
10kV 与 10kV	0.8	0.45/0.60*	低压与低压	0.6	0.3
10kV 与 低压	1.2	1.0	低压与弱电	1.5	1.2

* 转角杆或分支线如为单回路，分支线横担距主干线横担为 0.6m；如为双回路，则分支线横担距上排主干横担为 0.45m，距下排主干横担为 0.6m。

2. 低压配电线路

配电线路与用户建筑物外第一个支持点之间的一段架空导线称为接户线。从接户线引入室内的一段导线称为进户线。接户线对地最小距离应符合表 1-9 的规定。

低压接户线的线间最小距离应符合表 1-10 的规定。

表 1-9 接户线对地最小距离 m

接户线电压		最小距离	接户线电压		最小距离
低压 接户线	高压接户线	4.0	低压 接户线	跨越通车困难街道、人行道	3.5
	一般	2.5		跨越胡同（里、弄、巷）	3.0
	跨越通车街道	6.0		沿墙敷设对地垂直距离	2.5

表 1-10 低压接户线的线间最小距离 m

架设方式	档距	线间最小距离	架设方式	档距	线间最小距离
自电杆上引下	≤ 25	0.15	沿墙敷设水平排列或垂直排列	≤ 6	0.10
	> 25	0.20		> 6	0.15