



第一章 安全用电

☀ 1.1 人身安全

安全是时时、事事、处处不能漠视的

1.2 电气火灾

☀ 1.3 用电安全技术简介

1.4 触电急救与电气消防

实训1-1 触电急救

实训1-2 消防训练





一、教学目的

- 1、掌握用电安全技术(包括接地保护、接零保护和漏电保)
- 2、了解一般情况下对人体的安全电流和电压，了解触电事故的发生，了解安全用电的原则。
- 3、培养逻辑思维和利用知识解决实际问题的能力。

二、重点、难点

安全用电的技术是学生今后生产、生活中保障自身安全的准则之一，因此是本章内容的重点。

对于触电事故的发生，无论是高压触电还是低压触电都具有不可实验与体验性，要求具有较强的理解能力和分析能力，所以是本章的难点。





第一章 安全用电

随着电能应用的不断拓展,以电能为介质的各种电气设备广泛进入企业、社会和家庭生活中,与此同时,使用电气所带来的不安全事故也不断发生。为了实现电气安全,对电网本身的安全进行保护的同时,更要重视用电的安全问题。因此,学习安全用电基本知识,掌握常规触电防护技术,这是保证用电安全的有效途径。





1.1 人身安全



1.触电危害

触电是指人体触及带电体后，电流对人体造成的伤害。它有两种类型，即电击和电伤。

1) 电伤—非致命的

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。电伤会在人体**皮肤表面**留下明显的伤痕，常见的有灼伤、电烙印和皮肤金属化等现象。

2) 电击

电击是指电流通过人体**内部**，破坏人体内部组织，影响呼吸系统、心脏及神经系统的正常功能，甚至危及生命。在触电事故中，电击和电伤常会同时发生。





3) 影响触电危险程度的因素

(1) 电流大小对人体的影响

通过人体的电流越大，人体的生理反应就越明显，感应就越强烈，引起心室颤动所需的时间就越短，致命的危害就越大。按照通过人体电流的大小和人体所呈现的不同状态，工频交流电大致分为下列三种：

① 感觉电流：指引起人的感觉的最小电流(1-3mA)。

② 摆脱电流：指人体触电后能自主摆脱电源的最大电流(10mA)。

③ 致命电流：指在较短的时间内危及生命的最小电流(30mA)。

参考P2表1—1





(2) 电流的类型

工频交流电的危害性大于直流电，因为交流电主要是麻痹破坏神经系统，往往难以自主摆脱。一般认为40~60 Hz的交流电对人最危险。随着频率的增加，危险性将降低。当电源频率大于2000 Hz时，所产生的损害明显减小，但高压高频电流对人体仍然是十分危险的。





(3) 电流的作用时间

人体触电，当通过电流的时间越长，愈易造成心室颤动，生命危险性就愈大。据统计，触电1—5min内急救，90%有良好的效果，10分钟内60%救生率，超过15分钟希望甚微。

触电保护器的一个主要指标就是额定断开时间与电流乘积小于30mA.s。实际产品一般额定动作电流30 mA，动作时间0.1s，故小于30 mA.s可有效防止触电事故。





(4) 电流路径

电流通过头部可使人昏迷；通过脊髓可能导致瘫痪；通过心脏会造成心跳停止，血液循环中断；通过呼吸系统会造成窒息。因此，从左手到胸部是最危险的电流路径；从手到手、从手到脚也是很危险的电流路径；从脚到脚是危险性较小的电流路径。

(5) 人体电阻

人体电阻是不确定的电阻，皮肤干燥时一般为 $100\text{ K}\Omega$ 左右，而一旦潮湿可降到 $1\text{ K}\Omega$ 。人体不同，对电流的敏感程度也不一样，一般地说，儿童较成年人敏感，女性较男性敏感。患有心脏病者，触电后的死亡可能性就更大。





(6) 安全电压

安全电压是指人体不戴任何防护设备时,触及带电体不受电击或电伤。人体触电的本质是电流通过人体产生了有害效应,然而触电的形式通常都是人体的两部分同时触及了带电体,而且这两个带电体之间存在着电位差。因此在电击防护措施中,要将流过人体的电流限制在无危险范围内,也即将人体能触及的电压限制在安全的范围内。国家标准制定了安全电压系列,称为安全电压等级或额定值,这些额定值指的是**交流有效值**,分别为:**42V、36V、24V、12V、6V**等几种。





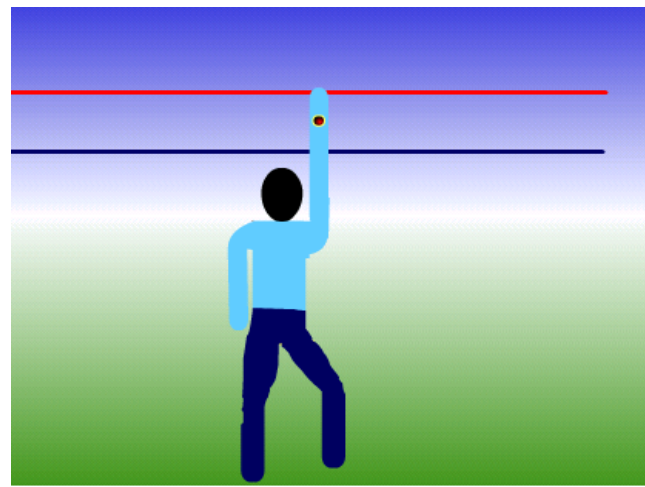
2. 常见的触电原因

人体触电主要原因有两种：直接或间接接触带电体以及跨步电压。直接接触又可分为单极接触和双极接触。

1) 单极触电

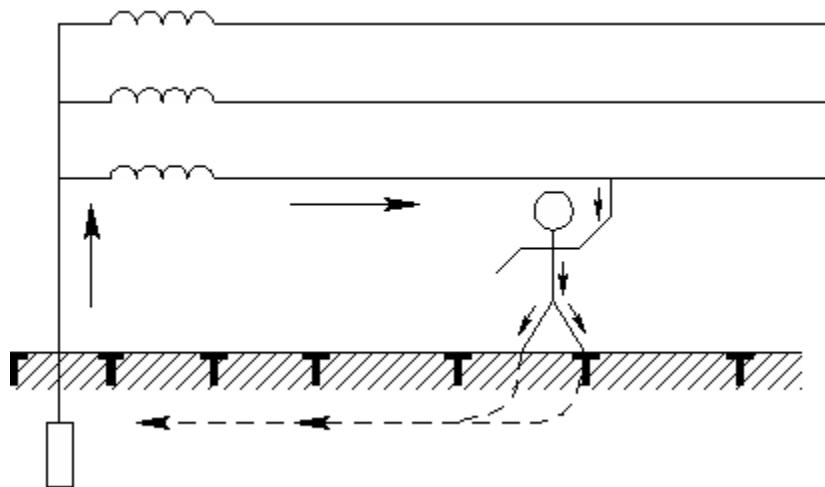
当人站在地面上或其他接地体上，人体的某一部分触及一相带电体时，电流通过人体流入大地(或中性线)，称为单极触电，如图1.1所示。图1.1-1(a)为电源中性点接地运行方式时,单相的触电电流途径。图1.1-1(b)为中性点不接地的单相触电情况。一般情况下，**接地电网里的单相触电比不接地电网里的危险性大。**

要避免单线触，操作时必须穿上胶鞋或站在干燥的木凳上。

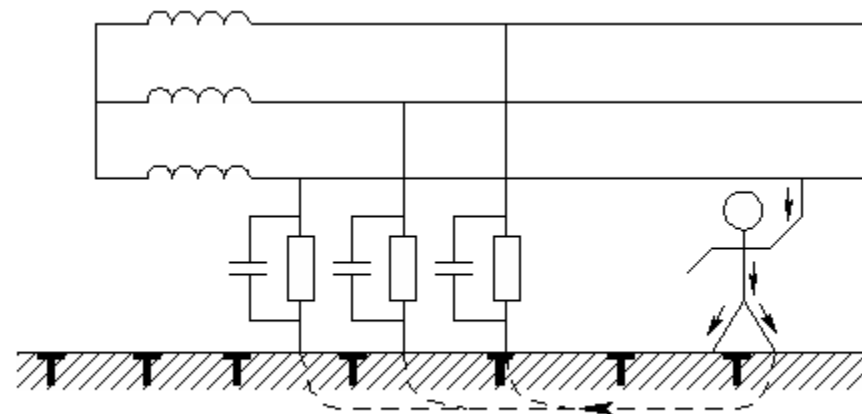




第1章 安全用电



(a) 中性点直接接地



(b) 中性点不直接接地

图1.1-1 单相触电 ·

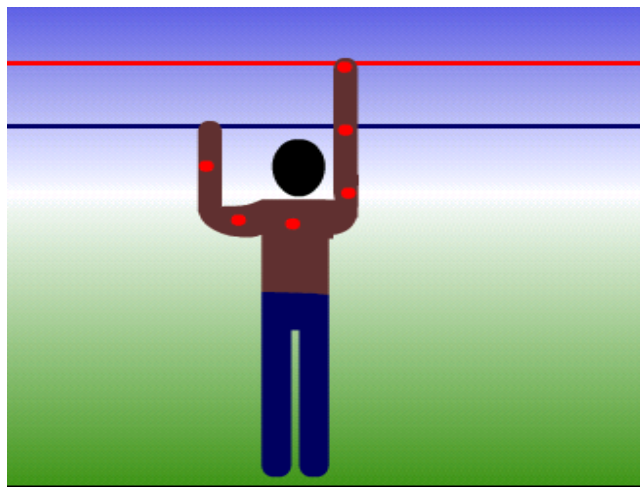




2) 双极触电

双极触电是指人体两处同时触及同一电源的两相带电体，以及在高压系统中，人体距离高压带电体小于规定的安全距离，造成电弧放电时，电流从一相导体流入另一相导体的触电方式，如图1.1-2所示。两相触电加在人体上的电压为线电压，因此不论电网的中性点接地与否，其触电的危险性都最大。

为救他，
立即断开电源！





第1章 安全用电

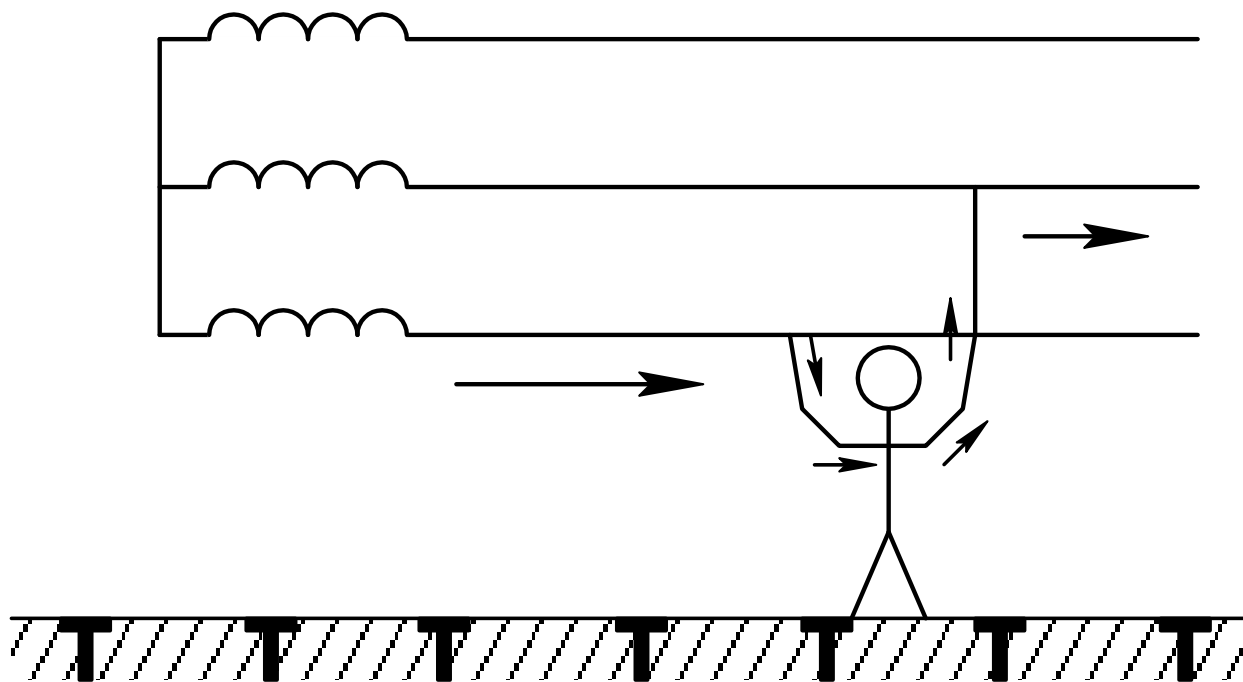


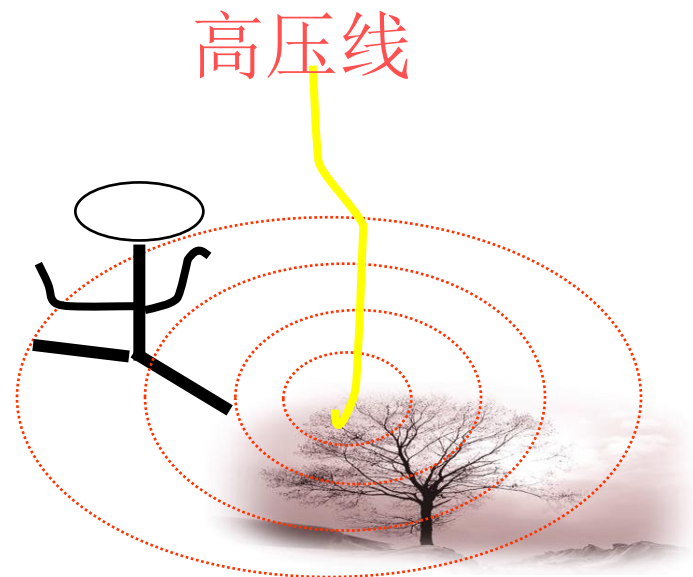
图1.1-2 双极触电





3) 跨步电压触电

当带电体接地时有电流向大地流散，在以接地点为圆心，半径20 m的圆面积内形成分布电位。人站在接地点周围，两脚之间(以0.8 m计算)的电位差称为跨步电压 U_k ，如图1.1-3所示，由此引起的触电事故称为跨步电压触电。高压故障接地处，或有大电流流过的接地装置附近都可能出现较高的跨步电压。离接地点越近、两脚距离越大，跨步电压值就越大。一般10米以外就没有危险。





第1章 安全用电

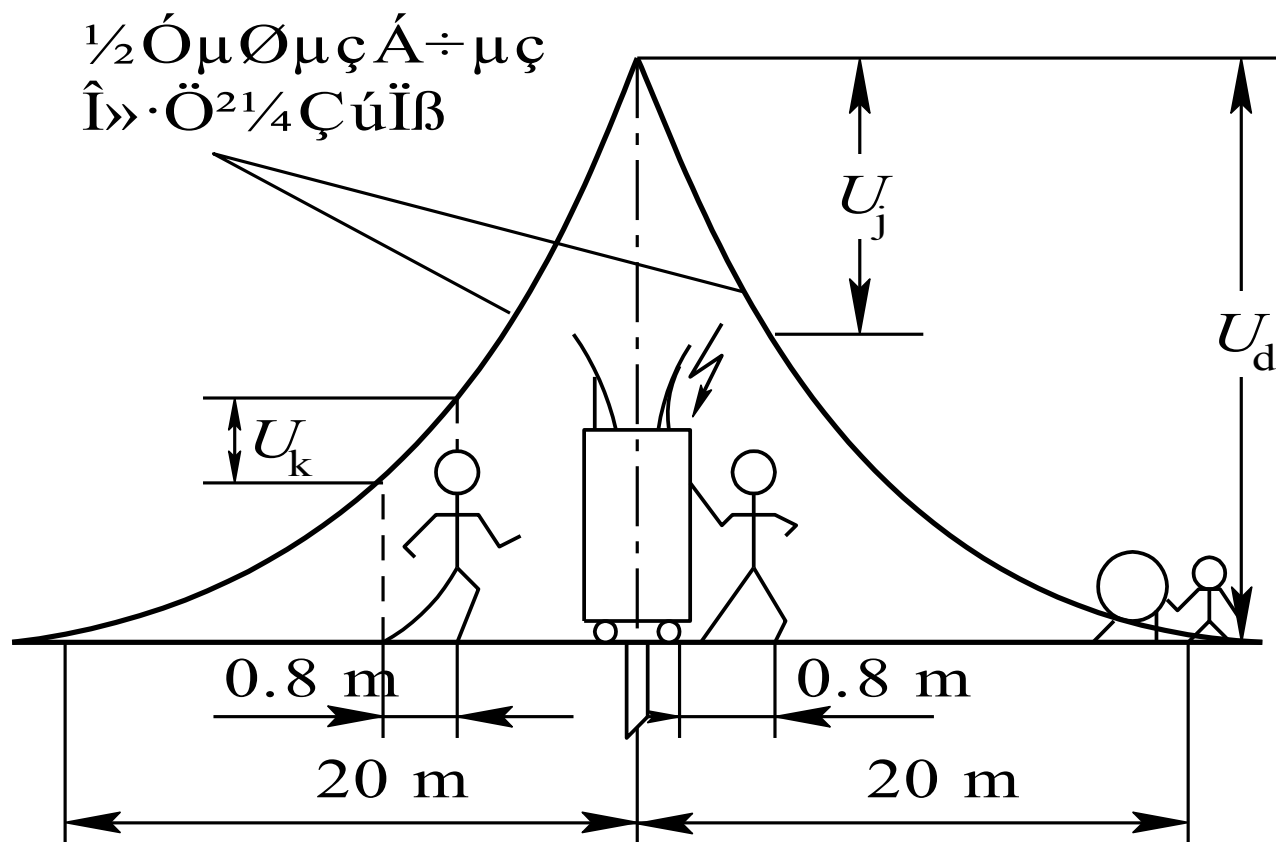


图1.1-3 跨步电压





4) 剩余电荷触电

剩余电荷触电是指当人触及带有剩余电荷的设备时，带有电荷的设备对人体放电造成的触电事故。设备带有剩余电荷，通常是由于检修人员在检修中摇表测量停电后的并联电容器、电力电缆、电力变压器及大容量电动机等设备时，检修前、后没有对其充分放电所造成的。





3. 防止触电

产生触电事故有以下原因：

- (1) 缺乏用电常识，触及带电的导线。
- (2) 没有遵守操作规程，人体直接与带电体部分接触。
- (3) 由于用电设备管理不当，使绝缘损坏，发生漏电，人体碰触漏电设备外壳。
- (4) 高压线路落地，造成跨步电压引起对人体的伤害。
- (5) 检修中，安全组织措施和安全技术措施不完善，接线错误，造成触电事故。
- (6) 其他偶然因素，如人体受雷击等。





第1章 安全用电

1) 安全制度

(1) 在电气设备的设计、制造、安装、运行、使用和维护以及专用保护装置的配置等环中，要严格遵守国家规定的标准和法规。

(2) 加强安全教育，普及安全用电知识。

(3) 建立健全安全规章制度，如安全操作规程、电气安装规程、运行管理规程、维护检修制度等，并在实际工作中严格执行。





2) 安全措施

(1) 停电工作中的安全措施。

在线路上作业或检修设备时，应在停电后进行，并采取下列安全技术措施：

- ① 切断电源。
- ② 验电。
- ③ 装设临时地线。





1.2 电气火灾



电器、照明设备、手持电动工具以及通常采用单相电源供电的小型电器，有时会引起火灾，其原因通常是电气设备选用不当或由于线路年久失修，绝缘老化造成短路，或由于用电量增加、线路超负荷运行，维修不善导致接头松动，电器积尘、受潮、热源接近电器、电器接近易燃物和通风散热失效等。

其防护措施主要是合理选用电气装置。例如，在干燥少尘的环境中，可采用开启式和封闭式；在潮湿和多尘的环境中，应采用封闭式；在易燃易爆的危险环境中，必须采用防爆式。





第1章 安全用电

防止电气火灾，还要注意线路电器负荷不能过高，注意电器设备安装位置距易燃可燃物不能太近，注意电气设备进行是否异常，注意防潮等。





1.3 用电安全技术简介

低压配电系统是电力系统的末端，分布广泛，几乎遍及建筑的每一角落，平常使用最多的是380 / 220V的低压配电系统。





第1章 安全用电

1、接地和接零保护

1) 接地保护

按功能分，接地可分为工作接地和保护接地。工作接地是指电气设备（如变压器中性点）为保证其正常工作而进行的接地；**保护接地**是指为保证人身安全，防止人体接触设备外露部分而触电的一种接地形式。**在中性点不接地系统中**，设备外露部分（金属外壳或金属构架），必须与大地进行可靠电气连接，即保护接地。

接地装置由接地体和接地线组成，埋入地下直接与大地接触的的金属导体，称为接地体，连接接地体和电气设备接地螺栓的金属导体称为接地线。接地体的对地电阻和接地线电阻的总和，称为接地装置的接地电阻。

•



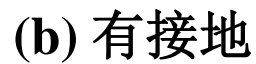


图 1.3-7 保护接地原理图





2) 保护接零 ·

保护接零是指在**电源中性点接地的系统中**，将设备需要接地的外露部分与电源中性线直接连接，相当于设备外露部分与大地进行了电气连接。使保护设备能迅速动作断开故障设备，减少了人体触电危险。

保护接零的工作原理 ·

当设备正常工作时，外露部分不带电，人体触及外壳相当于触及零线，无危险，如图 1.3-8 所示。 · ·



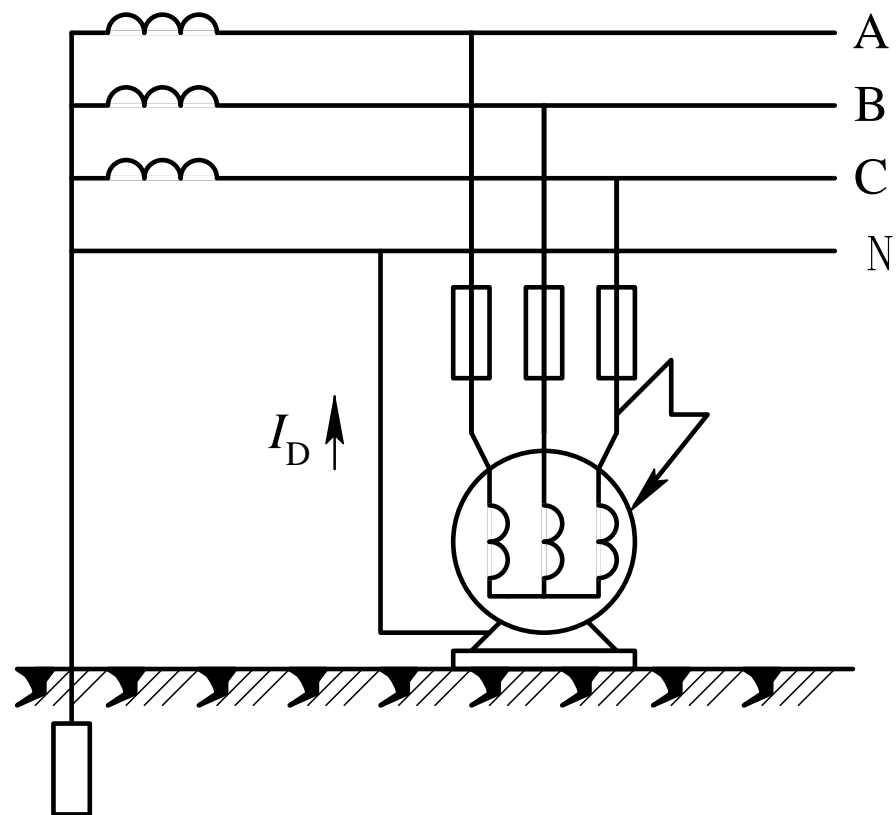


图 1.3-8 保护接零原理图





3) 重复接地 ·

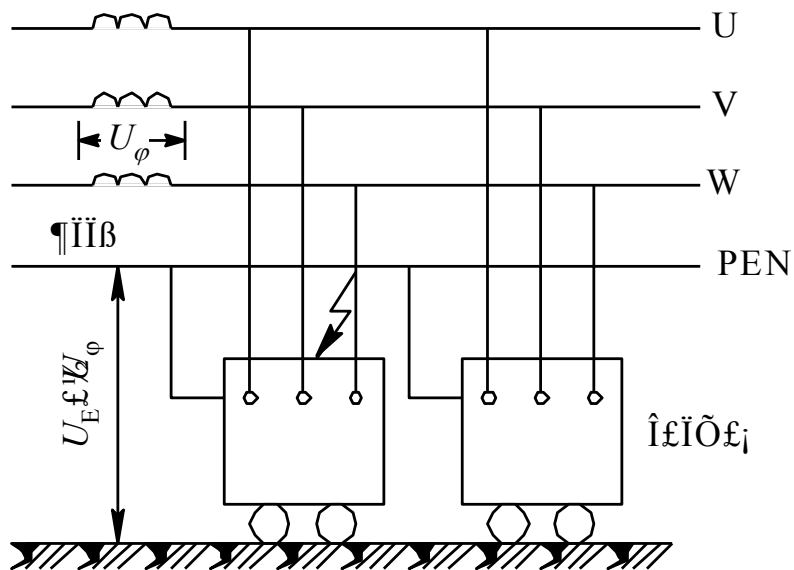
在电源中性线做了工作接地的系统中，为确保保护接零的可靠，还需相隔一定距离将中性线或接地线重新接地，称为重复接地。 ·

从图 1.3-9 (a) 可以看出，一旦中性线断线，设备外露部分带电，人体触及同样会有触电的可能。而在重复接地的系统中，如图 1.3-9 (b) 所示，即使出现中性线断线，但外露部分因重复接地而使其对地电压大大下降，对人体的危害也大大下降。不过应尽量避免中性线或接地线出现断线的现象。

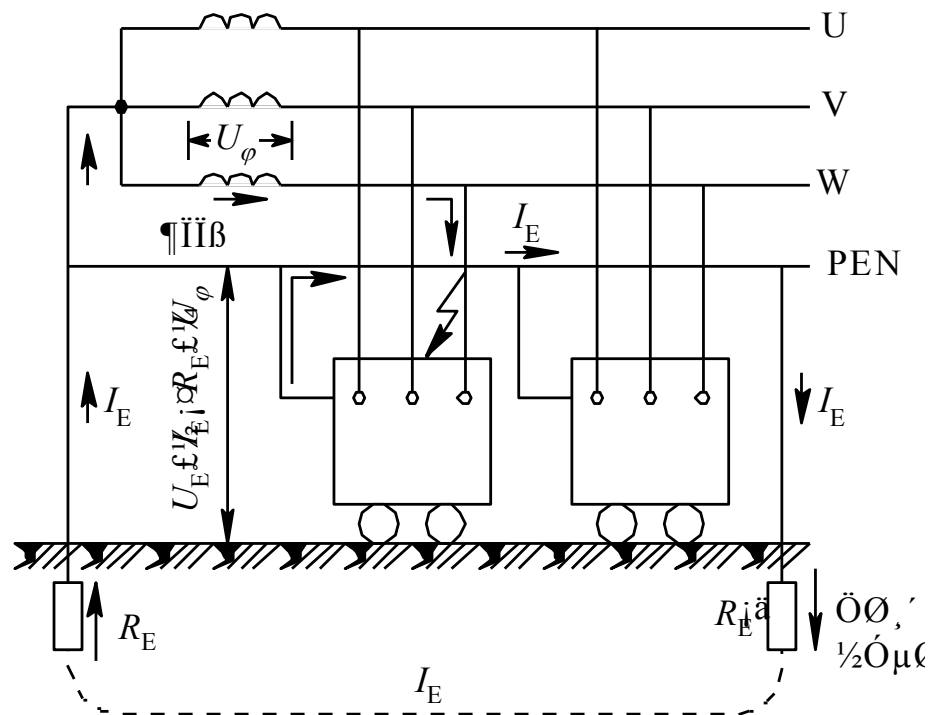




第1章 安全用电



(a)



(b)

图 1.3-9 重复接地作用





以上分析的电击防护措施是从降低接触电压方面进行考虑的。但实际上这些措施往往还不够完善,需要采用其它保护措施作为补充。例如,采用漏电保护器、过电流保护电器等措施。

2. 漏电保护开关·

1) 定义: 漏电保护器(漏电保护开关)是一种电气安全装置。将漏电保护器安装在低压电路中,当发生漏电和触电时,且达到保护器所限定的动作电流值时,就立即在限定的时间内动作自动断开电源进行保护。

漏电保护为近年来推广采用的一种新的防止触电的保护装置。在电气设备中发生漏电或接地故障而人体尚未触及时,漏电保护装置已切断电源;或者在人体已触及带电体时,漏电保护器能在非常短的时间内切断电源,减轻对人体的危害。





第1章 安全用电





2) 种类：漏电保护器按不同方式分类来满足使用的选型。如按动作方式可分为电压动作型和电流动作型；按动作机构分，有开关式和继电器式；按极数和线数分，有单极二线、二极、二极三线等等。按动作灵敏度可分为：高灵敏度：漏电动作电流在30mA以下；中灵敏度：30~1000mA；低灵敏度：1000mA以上。





第1章 安全用电

漏电保护器的种类很多，这里介绍目前应用较多的晶体管放大式漏电保护器。晶体管漏电保护器的组成及工作原理如图 1.3-10所示，由零序电流互感器、输入电路、放大电路、执行电路、整流电源等构成。

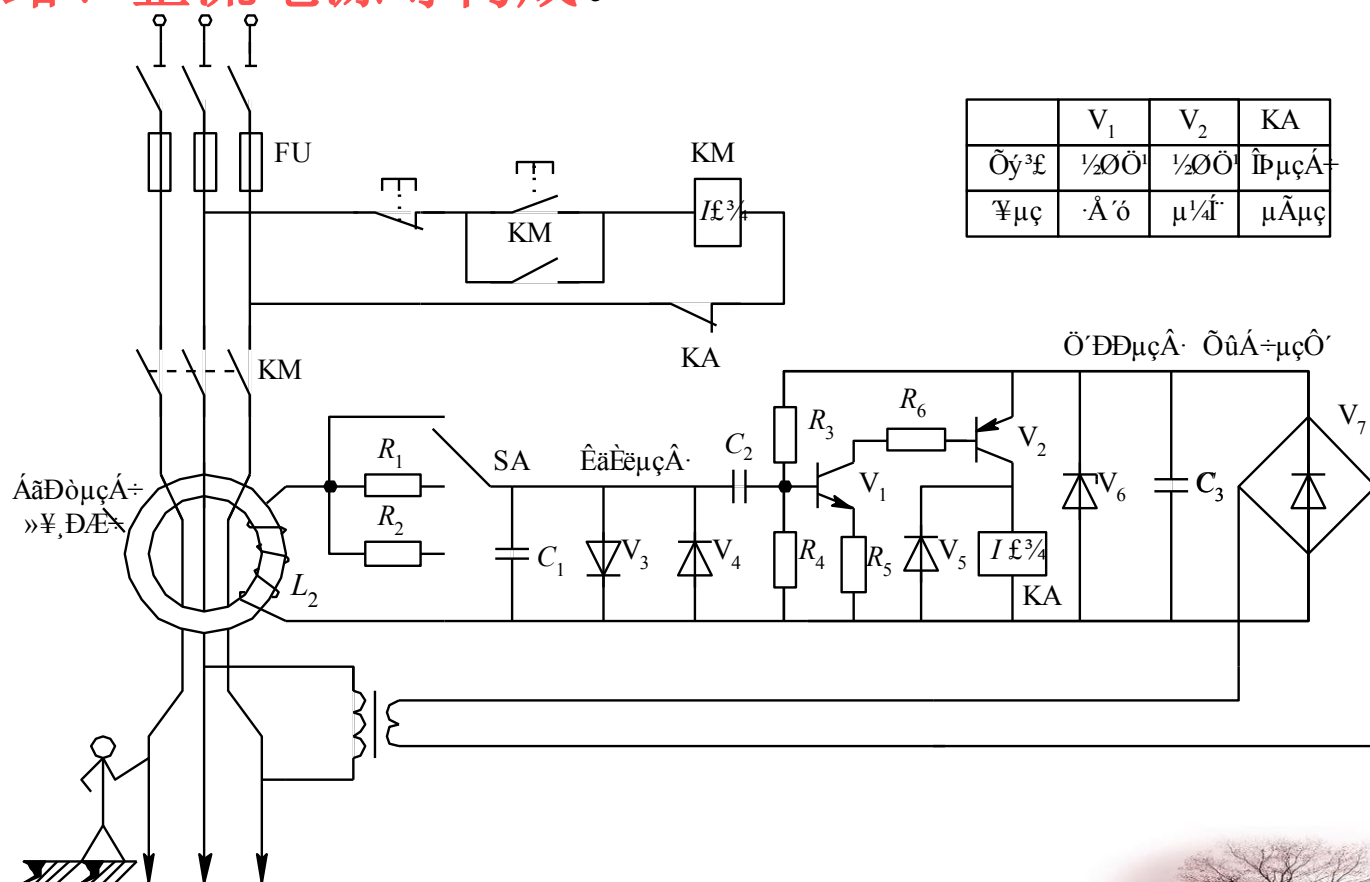


图 1.3-10 晶体管放大式漏电保护器原理图



漏电保护器是一种电流动作型漏电保护，它适用于电源变压器中性点接地系统（T T 和 T N 系统），也适用于对地电容较大的某些中性点不接地的 I T 系统（对相—相触电不适用）。

漏电保护器工作原理：三相线 A，B，C 和中性线 N 穿过零序电流互感器。

在正常情况下（无触电或漏电故障发生），三相线和中性线的电流向量和等于零，即：

$$I_a + I_b + I_c + I_n = 0$$

因此，各相线电流在零序电流互感器铁芯中所产生磁通向量之和也为零，即：

$$\Phi_a + \Phi_b + \Phi_c + \Phi_n = 0$$

当有人触电或出现漏电故障时，即出现漏电电流，这时通过零序电流互感器的一次电流向量和不再为零，即：

$$I_a + I_b + I_c + I_n \neq 0$$





零序电流互感器原边中有零序电流流过，在其副边产生感应电动势，加在输入电路上，放大管V1得到输入电压后，进入动态放大工作区，V1管的集电极电流在R6上产生压降，使执行管V2的基极电压下降，V2管输入端正偏，V2管导通，继电器KA流过电流启动，其常闭触头断开，接触器KM线圈失电，切断电源。 ·





注意：漏电保护器的接线

(1) 无论是单相负荷还是三相与单相的混合负荷，相线与零线均应穿过零序互感器。

(2) 安装漏电保护器时，一定要注意线路中中性线N的正确接法，即工作中性线一定要穿过零序互感器，而保护零线PE决不能穿过零序互感器。若将保护零线接漏电保护器，漏电保护器处于漏电保护状态而切断电源。即保护零线一旦穿过零序互感器 就再也不能用作保护线。





1.4 触电急救与电气消防

1. 解脱电源

人在触电后可能由于失去知觉或超过人的摆脱电流而不能自己脱离电源，此时抢救人员不要惊慌，要在保护自己不被触电的情况下使触电者脱离电源。

(1) 如果接触电器触电，应立即断开近处的电源，可就近拔掉插头，断开开关或打开保险盒。





第1章 安全用电

(2) 如果碰到破损的电线而触电，附近又找不到开关，可用干燥的木棒、竹竿、手杖等绝缘工具把电线挑开，挑开的电线要放置好，不要使人再触到。

(3) 如一时不能实行上述方法，触电者又趴在电器上，可隔着干燥的衣物将触电者拉开。

(4) 在脱离电源过程中，如触电者在高处，要防止脱离电源后跌伤而造成二次受伤。

(5) 在使触电者脱离电源的过程中，抢救者要防止自身触电。

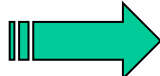





2. 脱离电源后的判断

触电者脱离电源后，应迅速判断其症状，根据其受电流伤害的不同程度，采用不同的急救方法。

(1) 判断触电者有无知觉。

(2) 判断呼吸是否停止。  人工呼吸

(3) 判断脉搏是否搏动。  胸外挤压

(4) 判断瞳孔是否放大。





3. 触电的急救方法

(1) 口对口人工呼吸法。 人的生命的维持， 主要靠心脏跳动而产生血循环， 通过呼吸而形成氧气与废气的交换。 如果触电人伤害较严重， 失去知觉， 停止呼吸， 但心脏微有跳动， 就应采用口对口的人工呼吸法。 具体做法是：

口诀： 张口捏鼻手抬颌， 深吸缓吹口对紧；

张口困难吹鼻孔， 5秒一次坚持吹。





① 迅速解开触电人的衣服、裤带，松开上身的衣服、护胸罩和围巾等，使其胸部能自由扩张，不妨碍呼吸。

② 使触电人仰卧，不垫枕头，头先侧向一边清除其口腔内的血块、假牙及其他异物等。

③ 救护人员位于触电人头部的左边或右边，用一只手捏紧其鼻孔，不使漏气，另一只手将其下巴拉向前下方，使其嘴巴张开，嘴上可盖上一层纱布，准备接受吹气。





④ 救护人员做深呼吸后，紧贴触电人的嘴巴，向他大口吹气。同时观察触电人胸部隆起的程度，一般应以胸部略有起伏为宜。

⑤ 救护人员吹气至需换气时，应立即离开触电人的嘴巴，并放松触电人的鼻子，让其自由排气。这时应注意观察触电人胸部的复原情况，倾听口鼻处有无呼吸声，从而检查呼吸是否阻塞，如图1.4-1所示。



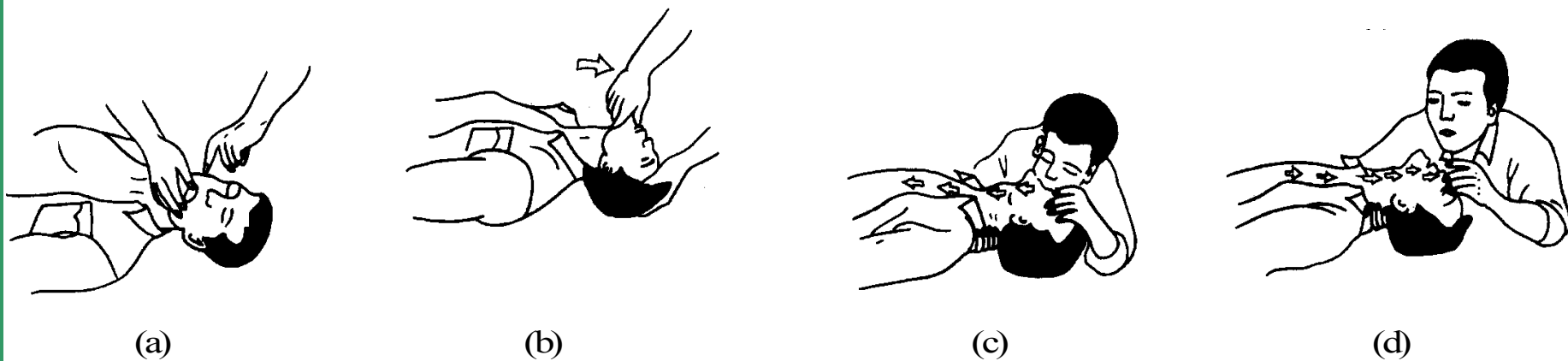


图1.4 -1 口对口（鼻）人工呼吸法





(2) 人工胸外挤压心脏法。 若触电人伤害得相当严重， 心脏和呼吸都已停止， 人完全失去知觉， 则需同时采用口对口人工呼吸和人工胸外挤压两种方法。 如果现场仅有一个人抢救， 可交替使用这两种方法， 先胸外挤压心脏4~6次， 然后口对口呼吸2~3次， 再挤压心脏， 反复循环进行操作。 人工胸外挤压心脏的具体操作步骤如下：





① 解开触电人的衣裤，清除口腔内异物，使其胸部能自由扩张。

② 使触电人仰卧，姿势与口对口吹气法相同，但背部着地处的地面必须牢固。

③ 救护人员位于触电人一边，最好是跨跪在触电人的腰部，将一只手的掌根放在心窝稍高一点的地方（掌根放在胸骨的下三分之一部位），中指指尖对准锁骨间凹陷处边缘，如图1.4-2（a）、（b）所示，另一只手压在那只手上，呈两手交叠状（对儿童可用一只手）。



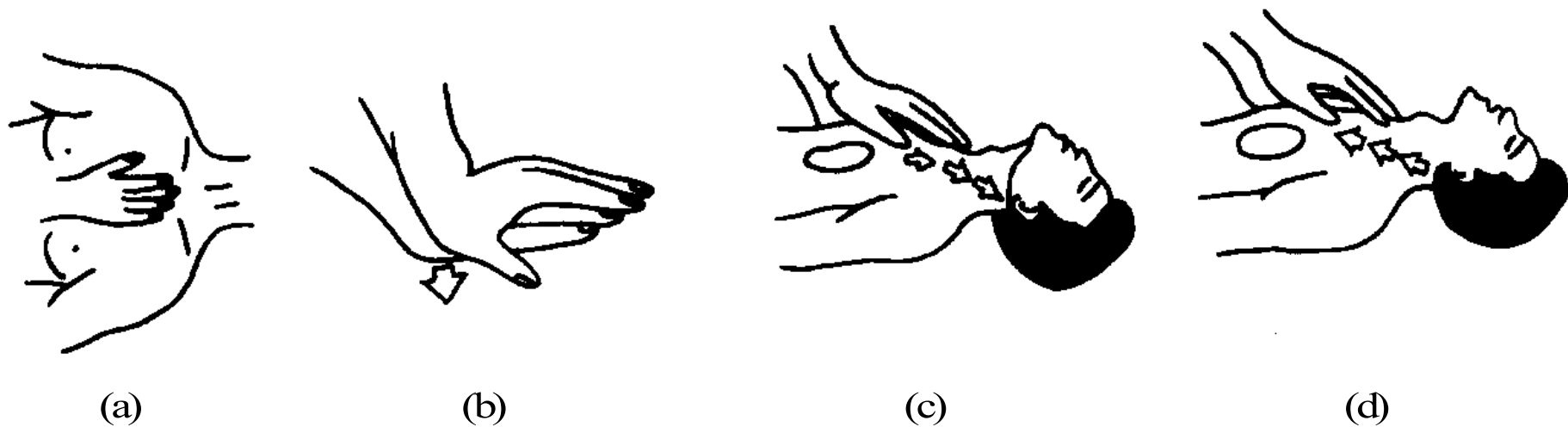


图1.4-2 心脏挤压法





④ 救护人员找到触电人的正确压点，自上而下，垂直均衡地用力挤压，如图1.4-2(c)、(d)所示，压出心脏里面的血液，注意用力适当。

⑤ 挤压后，掌根迅速放松（但手掌不要离开胸部），使触电人胸部自动复原，心脏扩张，血液又回到心脏。

口诀：掌根下压不冲击，突然放松手不离；
手腕略弯压一寸，一秒一次较适宜。





4、电气消防

- (1) 发现电子装置、电气设备、电缆等冒烟起火，要尽快切断电源。
- (2) 使用砂土、二氧化碳或四氯化碳等不导电灭火介质，忌用泡沫和水进行灭火。
- (3) 灭火时不可将身体或灭火工具触及导线和电气设备。





实训1-1 触电急救

目的：了解触电急救的有关知识，学会触电急救方法。

训练器材与工具：

- (1) 模拟的低压触电现场。
- (2) 各种工具(含绝缘工具和非绝缘工具)。
- (3) 体操垫1张。
- (4) 心肺复苏急救模拟人。





训练内容：

(1) 使触电者尽快脱离电源。

① 在模拟的低压触电现场让一学生模拟被触电的各种情况， 要求学生两人一组选择正确的绝缘工具，使用安全快捷的方法使触电者脱离电源。

② 将已脱离电源的触电者按急救要求放置在体操垫上， 学习“看、听、试”的判断办法。





(2) 心肺复苏急救方法。

① 要求学生在工位上练习胸外挤压急救手法和口对口人工呼吸法的动作和节奏。

② 让学生用心肺复苏模拟人进行心肺复苏训练，根据打印输出的训练结果检查学生急救手法的力度和节奏是否符合要求(若采用的模拟人无打印输出，可由指导教师计时和观察学生的手法以判断其正确性)，直至学生掌握方法为止。

③ 完成技能训练报告。





实训1-2 消防训练

目的: 了解扑灭电气火灾的知识, 掌握主要消防器材的使用。

器材与工具:

- (1) 模拟的电气火灾现场(在有确切安全保障和防止污染的前提下点燃一盆明火)。
- (2) 本单位的室内消防栓(使用前要征得消防主管部门的同意)、水带和水枪。
- (3) 干粉灭火器和泡沫灭火器(或其他灭火器)。





训练内容：

(1) 使用水枪扑救电气火灾。

将学生分成数人一组， 点燃模拟火场， 让学生完成下列操作：

① 断开模拟电源。

② 穿上绝缘靴， 戴好绝缘手套。

③ 跑到消防栓前， 将消防栓门打开， 将水带按要求滚开至火场， 正确接驳消防栓与水枪， 将水枪喷嘴可靠接地。

④ 持水枪并口述安全距离， 然后打开消防栓水掣将火扑灭。





(2) 使用干粉灭火器和泡沫灭火器(或其他灭火器)扑救电气火灾，步骤如下：

- ① 点燃模拟火场。
- ② 让学生手持灭火器对明火进行扑救(注意要求学生掌握正确的使用方法)。
- ③ 清理训练现场。
- ④ 完成技能训练报告。





本章小结：

我们的生活离不开电，电给人们带来方便的同时也带来危害，掌握用电安全常识，熟悉用电安全技术，学会用电安全设备是我们这节课的重点。

注意保护接零是用在电源中性点接地的系统中，将设备需要接地的外露部分与电源中性线直接连接，相当于设备外露部分与大地进行了电气连接。保护接地用在中性点不接地系统中，设备外露部分（金属外壳或金属构架），必须与大地进行可靠电气连接。

