

第1章 安全用电

本章主要介绍电流对人体的伤害、触电方式、防范措施和触电急救的有关知识。随着经济社会的不断发展，电气化程度越来越高，人们的生产和生活都离不开电。由于电能高效、环保，便于转换、传输、控制和分配，给人类生活带来了太多的便利，有力推动着社会的发展。但使用不当或违章用电，也会给人类造成灾难和不幸。因此，树立安全用电的意识，掌握安全用电的基本知识是很有必要的。

1.1 电流对人体的伤害及触电方式

1.1.1 电流对人体的伤害

触电是当人体触及低压带电体或靠近高压带电体时，电流通过人体并对人体造成的伤害。触电可分为电击和电伤。电击是指电流通过人体内部，造成人体内部组织的破坏，影响呼吸、心脏和神经系统，严重的会导致死亡。电击的危险性极大，应加以预防。电伤也叫电灼，是指由电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的伤害。电伤常发生在人体的外部，往往在机体上留下伤痕，包括电弧烧伤、电烙伤、熔化的金属微粒渗入皮肤等伤害。电伤虽能使人遭受痛苦，甚至造成失明、截肢，但一般不会死亡。

电流对人体的伤害程度主要与下列因素有关。

1. 电流的大小

对工频交流电流，按照通过人体电流的大小和人体所呈现的状态不同，分为下列3种。

- ① 感知电流。指引起人的感觉的最小电流。实验表明，成年男性的平均感觉电流约为1.1mA，成年女性约为0.7mA。
- ② 摆脱电流。指人体触电后，能自主摆脱电源的最大电流。成年男性的平均摆脱电流为16mA，成年女性约为10mA。
- ③ 心室颤动电流。指在较短的时间内危及生命的最小电流。实验表明，当通过人体的电流达到30~50mA时，中枢神经就会受到伤害，呼吸困难。如果通过人体的电流超过100mA，在极短的时间内，人就会失去知觉而导致死亡。

电流通过人体的时间也与伤害程度有关，一般以30mA·s作为安全界限。

2. 电流的种类

工频交流电的危险性远大于直流电，因为交流电流主要是麻痹、破坏神经系统，往往难以自主摆脱。高频（2000Hz以上）交流电由于趋肤效应，危险性减小。

3. 电流通过的路径

电流通过人体不同的部位对人体的伤害是不同的。当电流通过人的头部、心脏、脊椎等重要器官或组织时，对人体的伤害最大。

4. 伤害程度与人体电阻的关系

人体电阻由体内电阻和皮肤电阻两部分组成。体内电阻一般为500Ω左右，并与接触电压无关；皮肤电阻则随着皮肤表面的干燥或潮湿状态而变化，且随着接触电压的大小而变化，如电压升高，人体电阻下降。人体电阻一般为1500~2000Ω。

1.1.2 触电方式

常见的触电方式主要有单相触电、两相触电、跨步电压触电等。

1. 单相触电

当人体的某一部位碰到相线或绝缘性能不好的电气设备外壳时，电流由相线经人体流入大地，这就是单相触电。单相触电又分为中性点接地和中性点不接地这两种触电类型。图 1-1 (a) 为中性点接地系统，图 1-1 (b) 为中性点不接地系统。

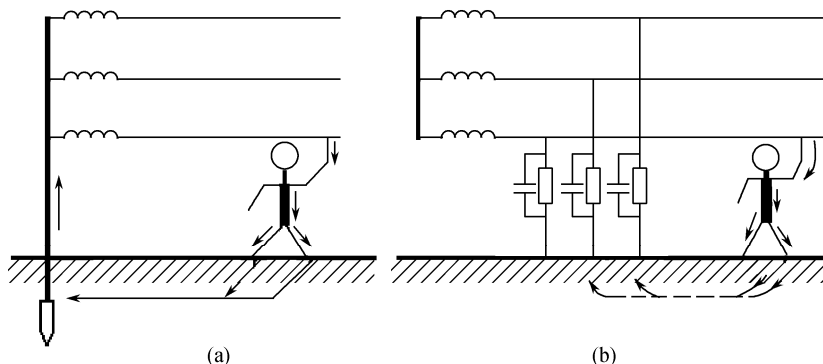


图 1-1 单相触电

由图 1-1 (a) 可知，中性点接地时，事故电流经相线→人体→大地→中性点接地体→中性点形成闭合回路。通过人体的电流计算公式为

$$I = \frac{U}{R_{\text{人}} + R_{\text{地}}}$$

式中， U 为相电压， $R_{\text{人}}$ 为人体电阻，人体电阻取 1000Ω ； $R_{\text{地}}$ 为接地体电阻，通常小于 4Ω ，比人体电阻小很多，通常忽略不计，则

$$I = \frac{U}{R_{\text{人}} + R_{\text{地}}} \approx \frac{U}{R_{\text{人}}} = \frac{220\text{V}}{1\text{k}\Omega} = 220\text{mA}$$

显然，这个电流值对人体是十分危险的。

对于中性点不接地的单相触电，由图 1-1 (b) 可知，触电电流经相线→人体→大地→线路对地绝缘电阻（空气）和分布电容→中性点分别形成两条闭合回路。如果线路绝缘良好，空气阻抗、容抗很大，人体承受的电流就比较小，危险性较低；如果线路绝缘不好，则危险性就增大。

2. 两相触电

当人体同时接触带电设备或线路中的两相导体时，电流从一相导体通过人体流入另一相导体，构成一个闭合回路，这种触电形式称为两相触电。如图 1-2 所示，此时人体承受的是线电压，在这种情况下，触电者即使穿上绝缘鞋或站在绝缘台上也起不到保护作用，是一种危险的触电形式。

3. 跨步电压触电

带电体着地时，电流流过周围土壤，产生电压降，人体接近着地点时，两脚之间形成跨步电压，其大小取决于离着地点的远近及两脚下对着地点方向的跨步距离。跨步电压在一定程度上也会引起触电事故，称为跨步电压触电，如图 1-3 所示。通常，为了防止跨步电压触电，应离接地带电体 20m 之外，此时跨步电压约为零。

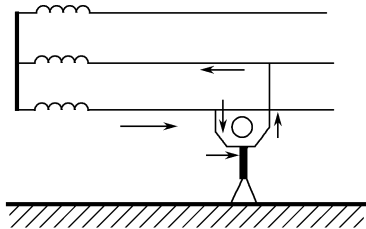


图 1-2 两相触电

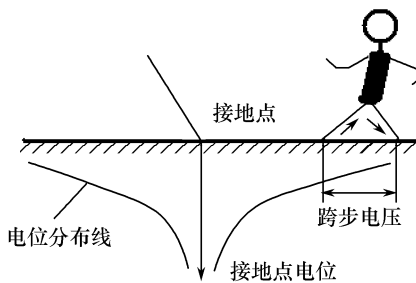


图 1-3 跨步电压触电

1.2 触电现场的抢救

当发现有人触电时，必须采取正确有效的施救方法，切不可惊慌失措，否则不仅不能救人，而且可能发生更大的事故。

1.2.1 触电急救原则

触电急救必须坚持“迅速、就地、准确和坚持”的原则。“迅速”就是要争分夺秒，千方百计使触电者脱离电源，并将受害者放到安全的地方。“就地”是指在安全地方就地抢救触电者，早争取一分钟就有可能救活触电者。实验研究和统计表明，如果从触电后 1 分钟开始救治，则有 90% 的机会可以救活；如果从触电后 6 分钟开始抢救，则仅有 10% 的救活机会；而从触电后 12 分钟开始抢救，则救活的可能性极小。因此当发现有人触电时，应争分夺秒，采用一切可能的办法救助。“准确”就是抢救的方法和施行的动作姿势要合适得当。“坚持”就是抢救必须坚持到底。有时抢救需长达几小时，直到医务人员判定触电者已经死亡或无法抢救时，才能停止抢救。

1.2.2 触电者脱离电源的方法

如遇触电事故，应使触电者尽快脱离电源。脱离电源就是要把触电者接触的那一部分带电设备的刀开关、断路器或其他断路设备断开，或设法将触电者与带电设备脱离。在脱离电源的过程中，救护人员既要救人，也要注意保护自己。此时要针对不同的情况采取不同的措施：高压时，特别注意使用可靠的适合该电压等级的绝缘器材作为断电工具，并注意保持自身与周围带电设备必要的安全距离；低压时，要注意救护者自身的绝缘，如不能光脚站在地面上、不用湿手操作开关等。触电者在高空时，要特别注意防止触电者脱离电源后跌伤而造成二次伤害。操作方法如图 1-4 所示。

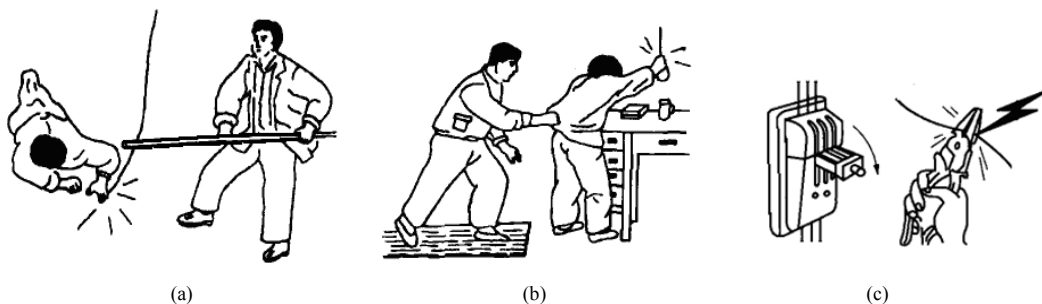


图 1-4 使触电者脱离电源的方法

1.2.3 触电者的救护

当触电者脱离电源后，应迅速判断其症状，根据其受伤害程度，采用不同的急救方法。对神志清醒的触电者，应放在阴凉通风处，使其安静休息，不要站立走动。对轻度昏迷，但心跳、呼吸均正常者，应严加监护，并拨打“120”急救，禁止摇动伤员头部呼叫伤员。当发生严重触电事故时，在拨打“120”急救电话的同时，还要针对不同情况采取不同措施就地急救：对无呼吸有心跳者，要进行人工呼吸；对无心跳有呼吸者，要进行人工胸外心脏按压；对既无心跳、又无呼吸者，应进行人工呼吸及胸外心脏按压。

人工呼吸和胸外心脏按压应尽快实施，并耐心坚持。

1. 口对口人工呼吸

口对口人工呼吸法如图 1-5 所示。

把触电者放在空气新鲜、流通的硬地板上，让触电者仰卧，解开其衣领和裤带，将触电者的头偏向一侧，令其嘴张开，用手指清除口腔中的异物、假牙等。

① 施救者跪在触电者身体的一侧，一手放在触电者的额头上向下按，另一手托起触电者的下巴往上抬，迫使其张口，保持触电者头部后仰的姿势，令下颌部与耳垂的连线同地面基本呈 90° ，即气道已经充分打开。如图 1-5 (a) 所示。

② 一手捏住患者鼻翼两侧，另一手的食指与中指抬起触电者的下颌，深吸一口气，尽可能用嘴完全地包住触电者的嘴巴，将气体吹入触电者的体内。同时眼睛要注视触电者的胸廓是否有明显的扩张，若有，表明吹气量足够多。如图 1-5 (b) 所示。

③ 吹气停止后，随即放开捏住触电者鼻子的手，让触电者自主完成一次呼气过程。如图 1-5 (c) 所示。



图 1-5 口对口人工呼吸法

照此反复进行，成人触电者每分钟 14~16 次，儿童触电者每分钟 20 次。最初六七次吹气可快一些，以后转为正常速度。同时要注意观察触电者的胸部，操作正确应能看到胸部有起伏，并感到有气流逸出。

2. 胸外心脏按压

胸外心脏按压法如图 1-6 所示。

让触电者仰卧于硬板床或地上。施救者应紧靠触电者胸部一侧，为保证按压时力量垂直作用于胸骨，施救者可根据触电者所处位置的高低采用跪式或用脚凳等不同体位。

按压部位：胸骨中下 1/3 交界处的正中线上或剑突上 2.5~5cm 处。

按压方法：

① 施救者一手掌根部紧贴于胸部按压部位，另一手掌放在此手背上，两手平行重叠且手指交叉互握并稍抬起，使手指脱离胸壁。如图 1-6 (a) 所示。

② 施救者双臂应绷直，双肩中点垂直于按压部位，利用上半身体重和肩、臂部肌肉力量垂

直向下按压。如图 1-6 (b) 所示。

③ 按压应平稳、有规律地进行，不能间断，下压与向上放松时间相等；按压至最低点处，应有一明显的停顿，不能冲击式地猛压或跳跃式按压；放松时定位的手掌根部不要离开胸部按压部位，但应尽量放松，使胸骨不受任何压力。如图 1-6 (c) 所示。

④ 按压频率为成人 80~100 次/分，小儿 90~100 次/分，按压与放松时间比例以 0.6 : 0.4 为恰当。按压深度成人 4~5cm，5~13 岁为 3cm，婴、幼儿为 2cm。

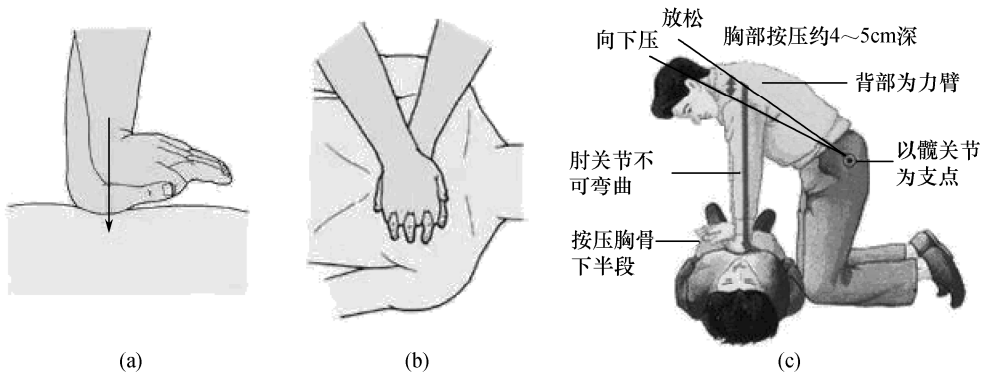


图 1-6 胸外心脏按压法

在实施胸外心脏按压的同时，应交替进行口对口人工呼吸。心脏按压与人工呼吸次数的比例：单人抢救为 15 : 2，双人抢救为 5 : 1。

1.3 用电安全措施

1.3.1 电工安全操作常识

为了避免违章作业，引起触电，应熟悉以下电工的安全操作要点。

- ① 工作前必须检查工具、测量仪表和防护用具是否完好无损。
- ② 任何电气设备内部未经验电，一律视为有电，不准用手触及。
- ③ 在线路、设备工作时要切断电源，经测电笔测试无电并挂上警告牌（如：有人工作，严禁合闸）后方可进行工作。
- ④ 临时工作中断后或每次开始工作前，都必须检查电源是否断开，并验明无电。
- ⑤ 电气设备的金属外壳必须接地（接零）。
- ⑥ 动力配电盘、开关或变压器等各种电气设备附近，不准堆放各种易燃、易爆、潮湿或其他影响操作的物体。
- ⑦ 拆除电气设备或线路后，对可能带电的线头必须用绝缘胶带包扎好。
- ⑧ 使用电烙铁时，安放位置附近不得有易燃物或靠近电气设备，用完要及时拔掉电源插头。
- ⑨ 熔断器（俗称保险丝）烧断后，应先检查熔丝被烧断的原因，排除故障后再按原负荷更换合适的熔丝，不得随意加大或用其他金属线代替熔丝。
- ⑩ 电气设备发生火灾时，要立即切断电源，并使用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火，严禁用水或泡沫灭火器灭火。

1.3.2 保护接地和保护接零

电力系统和电气设备的接地，按其不同的作用，可分为工作接地、保护接地、保护接零和

重复接地。工作接地是为了保证电气设备在正常或事故情况下可靠运行，而必须把电力系统中某一点进行接地，而保护接地、保护接零及重复接地，则完全是为了安全起见所采取的措施。

1. 保护接地

保护接地就是将电气设备在正常情况下不带电的金属部分与大地做金属性连接，以保证人身安全。如图 1-7 所示。人体若触及漏电的设备外壳，因人体电阻与接地装置电阻相并联，接地装置电阻 R_d 小于 10Ω ，人体电阻比接地体电阻起码大 200 倍以上，所以通过接地装置的电流 I_d 远大于流过人体的电流 I_r ，对人身安全的威胁也就大为减小。

2. 工作接地

在电力系统中，凡因设备运行需要而进行的接地，称为工作接地。例如，配电变压器低压侧中性点的接地、发电机输出端的中性点接地等。

3. 保护接零

380V/220V 三相四线制系统中的电气设备，必须采用保护接零，即将电气设备正常不带电的金属外壳与系统的零线相连接，以便减少触电的机会，如图 1-8 所示。一旦发生一相绝缘损坏与外壳相碰，电源将通过外壳和中性线形成短路，短路电流足以使线路上的保护装置迅速动作，切断故障设备的电源，从而起到保护作用。

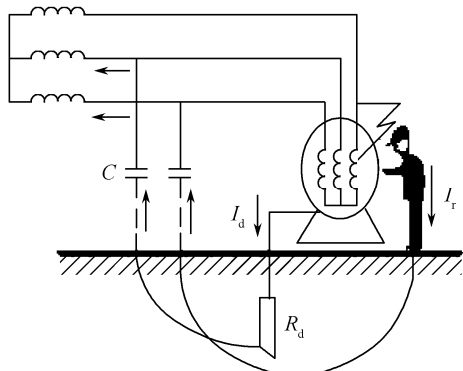


图 1-7 保护接地

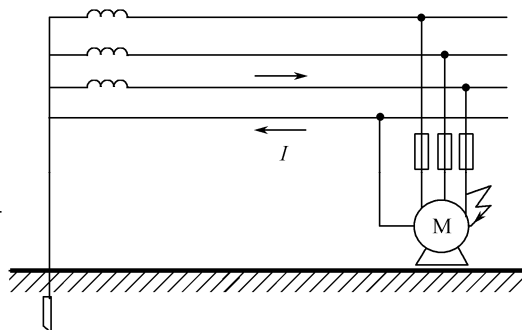


图 1-8 保护接零

注意事项：

- ① 在同一供电系统中，不允许设备接地和接零并存。
- ② 在中性点未接地的供电系统中，不允许采用保护接零措施。
- ③ 零线的主干线不允许加载开关、断路器等。