
第一部分 基础知识

【内容提要】

本单元共设 6 个课题，在介绍安全用电的基础上，讲解了常用电工工具、仪表的使用方法以及常用低压电器、识图知识和三相异步电动机等基础知识。

课题一 安全用电

安全是人类生存的基本需求之一，也是人类从事各种活动的基本保障。电是现代物质文明的基础，它的应用无处不在。随着电气化程度的提高，人们接触电的机会也越来越多，同时用电事故也时有发生。

触电一般指人体直接接触带电体，或者通过其他导电途径（如电弧）触及带电体而引起的局部受伤或者死亡的现象。触电会对人体造成各种伤害，如损伤呼吸、心脏和神经系统，使人体内部组织受到破坏，乃至最后死亡。根据对人体伤害程度的不同，触电可分为电击和电伤两种。

电击是指电流通过人体时所造成的内伤。人体内部器官受到损害，轻者肌肉痉挛，内部组织损伤，造成发麻发热，严重时会造成呼吸困难、昏迷窒息、心脏停搏，甚至死亡。

通常意义上说的触电就是电击，触电死亡大部分也是由电击造成的。

电伤是指电流的热效应、化学效应、机械效应以及在电流本身的作用下造成的人体外伤。常见的是熔化或蒸发的金属微粒等侵入皮肤造成人体创伤，严重时也可危及生命。电伤又分为灼伤、电烙印和皮肤金属化三类。触电时电击和电伤会同时对人体产生危害，我们在日常用电时一定要严格按照安全规程操作，注意用电安全。

一、影响电流对人体伤害程度的因素

电流危害的程度主要与通过人体的电流强度、频率、途径及持续时间、人体电阻、身体状态等因素有关。

1. 电流强度对人体的危害

通过人体的电流越大，人体的生理反应越明显，感觉越强烈，因而伤害也越严重。表 1.1.1 为通过人体电流（工频）大小与人体受伤害程度的关系。从表中可以看出，感觉电流一般不会对人体造成伤害，但当电流增大时，感觉就会越来越明显；摆脱电流在一般情况下不会对人体造成不良后果；致命电流会危及生命。

表 1.1.1 通过人体电流（工频）大小与人体受伤害程度的关系

名称	定义	对成年男性	对成年女性
感觉电流	人体感到有轻微刺痛或麻颤的最小电流	1.1 mA	0.7 mA
摆脱电流	人体触电后能自主摆脱电源的最大电流	16 mA	10 mA
致命电流	在较短时间内通过人体最短路径（左胸—左手）危及生命的最小电流	30 ~ 50 mA	

2. 电流频率对人体的影响

在相同的电流强度下，不同频率电流对人体的影响程度不同。频率为 28~300 Hz 的电流对人体影响较大，最严重的是频率为 40~60 Hz 的电流。交流电的频率偏离工频越远，对人体的伤害就越低，当电流频率大于 20 kHz 时，所产生的损害作用明显减小。用于理疗的一些仪器一般采用这个频率。

3. 电流通过人体的途径

电流通过人体的途径不同，对人体的伤害程度也不同。电流通过人体的头部，会使入昏迷而死亡；电流通过脊髓，会导致截瘫等严重损伤；电流通过中枢神经或有关部位，会引起中枢神经系统严重失调甚至死亡；电流通过心脏，会引起心室颤动，致使心脏停止跳动而死亡。实践证明，从左手到脚是最危险的电流途径，因为此时心脏直接处在电路中。

4. 电流的持续时间对人体的危害

电流作用于人体时间的长短决定着电流对人体的伤害程度。电流通过人体的时间越长，人体由于电流的作用发热出汗，同时电流对人体组织也有电解作用，使人体的电阻逐渐变小，在电压一定的情况下，电流逐渐增大，对人体组织的破坏更大，后果更严重。电击能量超过 50 mA·s 时，人体就会有生命危险。一般来说，通过人体电流的时间越长，允许通过的电流越小。因此，当发生触电事故时，应及时让人体与带电体分离，以减少电流对人体的伤害。

5. 人体电阻

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，与接触电

压和外部条件无关，一般约为 $500\ \Omega$ 。人体皮肤在触电时对人身起一定的保护作用，皮肤电阻一般是指手和脚的表面电阻，它随皮肤的清洁、干燥程度及接触电压等变化。一般来说人体电阻不是固定不变的，它的数值随着接触电压的升高而下降。不同的人，其人体电阻不同，通常人体电阻为 $1\ 000\sim 2\ 000\ \Omega$ 。

6. 人体状态

此外，触电对人体伤害程度还与触电者的性别、年龄、健康状况、精神状态等有着密切的关系。

二、电压限值

触电对人体造成伤害的直接原因是人接触带电体后，电流通过人体并对其产生伤害。我们把人体或动物接触到设备的一个或多个可触及带电体时，通过人体或动物身体的电流称为接触电流。也就是说，人体触及电压之后才产生了接触电流。所以为了降低或避免触电事故的发生，在电气设备和装置的设计中，必须预先考虑到可能的接触电压，并把它限制在安全的范围内，这就是所谓的“接触电压限值”。我们可以认为，电压限值及低于限值的电压在规定的条件下，对人体不构成威胁。电压限值与人体阻抗、可接触部分、电气系统、外部环境等有一定的关系。不同环境下电压限值有所不同，具体可参见《特低电压（ELV）限值》（GB/T 3805—2008）。

三、触电方式

人体触电方式主要有单相触电、两相触电和跨步电压触电三种。

1. 单相触电

是指人体与大地之间互不绝缘的情况下，人体的某一部分触及三相电源线中任意一根导线，电流从带电导线经过人体流入大地而造成的触电伤害。单相触电又可分为中性线接地和中性线不接地两种。

(1) 中性线接地的单相触电。

如图 1.1.1 (a) 所示，站立在地面上的人手触及相线 L_3 ，电流由相线 L_3 经过人手、身体、脚、大地、中线再回到相线 L_3 ，形成闭合回路。这时人体所触及的电压基本上是相电压，在低压动力和照明线路中为 220 V，这是很危险的。

(2) 中性线不接地的单相触电。

如图 1.1.1 (b) 所示，当站立在地面上的人手触及电源的相线 L_3 时，由于另外两根相线与大地间存在对地电容，所以对地的电容电流从 L_1 、 L_2 两相流入大地，并全部经人体流到相线 L_3 。一般来说，导线越长，对地的电容电流越大，其危险性也越大。

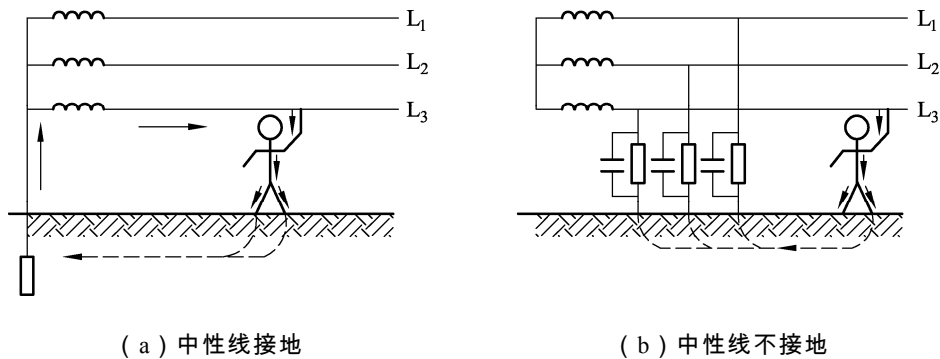


图 1.1.1 单相触电

2. 两相触电

两相触电也叫相间触电，是指人体与大地绝缘的情况下，人体不同的两处部位同时接

触到两根不同的相线，或者同时触及电气设备的两个不同相的带电部位，电流由一根相线经过人体流到另一根相线，从而形成环形闭合通路。这是最危险的一种触电形式，如图 1.1.2 所示。相间触电加在人体上的是线电压 380 V，并且电流大部分通过心脏，所以造成的后果十分严重。

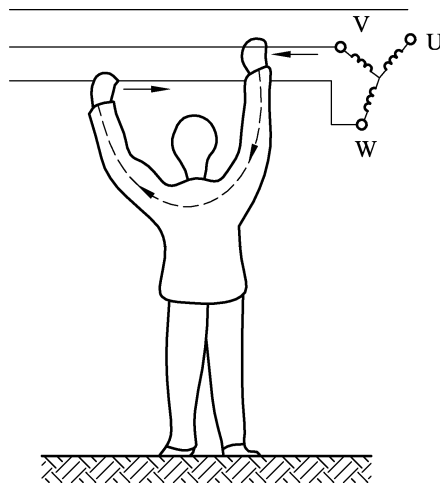


图 1.1.2 两相触电

3. 跨步电压触电

高压电线或者电气设备发生接地故障时，因触地而有电流流入地下，电流在触地点周围产生电压降。当人走近带电体触地点且未与大地绝缘的情况下，两脚之间会形成电势差，引起跨步电压触电（见图 1.1.3）。跨步电压与跨步的大小成正比，并且离带电体触地点越近，跨步电压越大。因此，跨步越大越危险，越靠近带电体越危险。一般来说，带电体触地点 20 m 以外的跨步电压减小到近似为零，可以认为比较安全。



图 1.1.3 跨步电压触电

四、保护接地和保护接中线

1. 保护接地

按规定，在电压低于 1 000 V 电源中性点不接地的电力网中，或电压高于 1 000 V 的电力网中都应采用保护接地。即把电动机、变压器、铁壳开关等电气设备的金属外壳用电阻很小的导线同接地极可靠地连接，如图 1.1.4 (a) 所示。

采用保护接地后，即使因电气设备绝缘损坏而漏电，当人体触及外壳时，由于人体电阻远大于接地极的电阻，因此几乎不会有电流经过人体。一般接地极电阻应小于 $4\ \Omega$ ，通常采用埋在地中的铁棒、钢管作为接地极。

2. 保护接中线

电压低于 1 000 V 电源中性点接地的电力网，应采用保护接中线 (也称零线)。即把电气设备的金属外壳和中性线相接，如图 1.1.4 (b) 所示。当电动机外壳接中线后，如

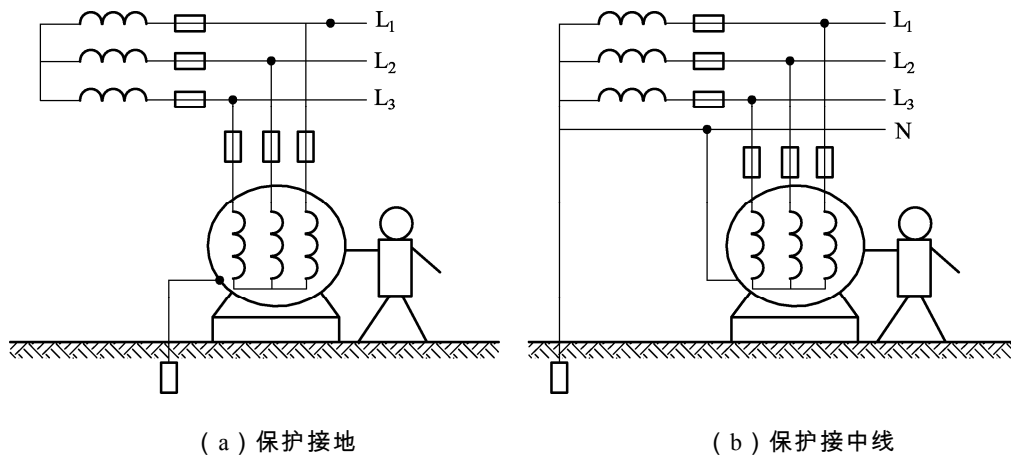


图 1.1.4 保护接地和保护接中线

果有一相因绝缘损坏而碰壳时，则该相短路，立即烧断熔丝，或使其他保护电器动作而迅速切断电源，避免发生触电事故。此外，为防止零线回路断开时零线出现相电压而发生触电事故，零线上不得安装熔断器和断路器。

需注意，在同一电力网中，不允许一部分设备接地而另一部分设备接中线，否则接地设备发生触碰设备金属外壳故障时，零线电位升高，接触电压可达到 220 V，这样就增加了发生触电事故的危险性。

五、安全用电常识

防止触电是安全用电的核心，因为没有任何一种保护措施或者保护装置是万无一失的。为防止触电事故的发生，除了应该采取一系列的安全措施外，最重要的是要提高我们安全用电的意识和警惕性。在工作中应注意以下几点：

(1) 凡裸露的导体、绝缘损坏的导线及接地端，在不知是否带电的情况下，绝不能用手触摸。如要判断其是否带电，必须使用完好的验电设备。此外，凡暴露于电器外的接头，

应及时进行绝缘防护，并将其置于人体不易触及的位置。

(2) 在修理电气设备用具时，不应带电操作，即使是更换熔丝，也应先切断电源。如必须带电操作，则必须采取相应的安全措施。如人应站在绝缘板上，或穿绝缘鞋、戴绝缘手套等，并且有专人在场监护，以防事故发生。

(3) 手电钻、电风扇等电气设备的金属外壳必须要有专用的接零导线。

(4) 移动行灯、机床照明灯等，应使用 36 V 及以下的限值电压。在特别潮湿的场所，应使用不高于 12 V 的电压。

(5) 当有人触电时，如在开关附近，应立即切断电源；如附近无开关，应尽快用干燥的木棍等绝缘物体打断导线或挑开导线使其脱离触电者，绝不能用手去拉触电者。如伤者脱离电源后已昏迷或停止呼吸，应立即进行人工呼吸并送医院抢救。

小 结

人体直接接触带电体或者通过其他导电途径（如电弧）触及带电体而引起的局部受伤或者死亡的现象称为触电。电流对人体的伤害形式主要有电击和电伤两种。

影响电流伤害程度的因素主要与电流强度、电流频率、电流流过人体路径、持续时间、人体电阻、人体状态等有关。

人体触电方式主要有单相触电、两相触电及跨步电压触电等。防止人身触电的措施有保护接地和保护接零。应掌握安全用电常识，树立安全用电意识。

思考与练习

1. 填空题

(1) 触电对人体伤害程度不同，可分为_____和_____两种。

(2) 触电的方式主要有_____、_____和_____三种。

(3) 单相触电又分为_____和_____两种情况。

2. 简答题

(1) 什么叫触电？影响电流伤害程度的因素主要有哪些？

(2) 什么是保护接地？保护接地适用于哪些场合？

(3) 什么是保护接零？保护接零适用于哪些场合？

3. 日常生活和工作中怎样才能做到安全用电，请结合实际谈谈自己的想法。