



安全用电常识

当电力系统及电气设备在设计、制造、安装与维修上存在质量问题时,当电工及其他操作人员在缺少防护措施情况下进行操作时,当操作人员使用不符合安全要求的设备和工具时,特别是当操作人员违反安全操作规程操作时,以及其他一些意外因素的影响,都可能造成用电事故。

人体是导体,当发生触电导致电流流过人体时,会对人体造成不同程度的伤害,由于触电的种类不同,造成的伤害也不同。本项目以安全用电为重点,介绍人体触电的有关知识、安全用电的方法和触电的原因及预防措施、触电急救的方法、电气防火、防爆、防雷常识等内容。

任务 1.1 安全用电



任务目标

- (1) 了解安全用电的准则及其工作目标。
- (2) 了解安全用电工作的基础和提高安全用电意识。



任务过程

1. 安全用电工作的准则和目标

安全用电是指电气工作人员及其他用电人员,在既定的环境条件下,采取必要的措施和手段,在保证人身及设备安全的前提下正确使用电力。

在安全用电工作中,提倡的安全口号是让每个电气工作人员,都能工作于无事故的工作场所。安全用电的准则如下。

- ① 每个电工都应具有安全用电的责任。
- ② 所有的电气事故或其他事故都是可以避免的。
- ③ 安全用电是现代化建设中不可缺少的部分。
- ④ 所有暴露的或事故隐患问题都是可以加以控制的。

安全用电工作的目标是：一不伤害自己；二不伤害他人；三不被他人伤害。

2. 安全用电工作的基础和意识

(1) 安全工作的基础

每个电工必须学会、具备和应用安全技能,能识别各种危险的迹象,能消除或控制出现在任何地方的实际危险,能防止危险对人员造成的伤害,能减少由于事故所造成的严重后果。

(2) 安全工作的意识

安全工作的意识就是泛指一个人在劳动生产过程中所反映出来的安全心理行为。安全心理行为包括以下内容。

- ① 在生产过程中的心理过程和生产过程中的情绪、情感。
- ② 个体素质与职业安全的关系。
- ③ 安全行为与安全心理的关系。研究安全心理行为是要掌握人的一般心理活动规律,揭示出人在生产劳动过程中不安全的或不健康的心理行为,从而达到控制和预防触电事故发生的目的。

3. 特低电压限值

(1) 特低电压限值和安全电压

安全电压是指当人体持续接触带电体时,不会造成致死或致残危害的电压。这是从人身安全的意义来讲的,在理论上要确定一个安全电压的数值范围时,必须根据人体在不同的接触状态下,由人体自身的电阻值和环境状态以及使用方式、与带电体的接触面积等诸多因素来决定,它并不是一个恒定的数值。但都必须具备以下 3 个基本条件。

- ① 电压值要很低。
- ② 要由特定的电源供电。
- ③ 工作在安全低电压的电路必须与其他任何无关的电气系统(包括大地)实行电气上的隔离。

目前各国规定的安全电压有些不同。例如,西欧以及其他多数国家都采用交流 50V 作为安全电压,但也有规定采用 65V 和 120V 的。

我国曾于 1983 年颁布了国家标准《安全电压》(GB 3805—1983),对安全电压数值的上限做出过规定(交流有效值 50V)。为了适应我国科学技术的发展,国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会在 2008 年 1 月 22 日又颁布了《特低电压(ELV)限值》国家标准(GB/T 3805—2008),并于 2008 年 9 月 1 日起实施。

(2) 人体电阻

人体电阻是由两部分组成：一是体内电阻；二是皮肤电阻。体内电阻一般可以认为是恒定的,其数值为 500Ω 左右,并与接触电压无关；而皮肤电阻值随着皮肤表面的干燥或潮湿状态而变化,且也随着接触电压的大小而变化。如电压升高,则人体电阻随之下降。

接触电压与人体电阻变化关系如图 1-1 所示。接触电压和通过人体电流的关系如图 1-2 所示。

(3) 《特低电压(ELV)限值》(GB/T 3805—2008)的相关内容

- ① 国家标准对特低电压限值的特定含义作了明确的规定,特低电压限值是指在最不利

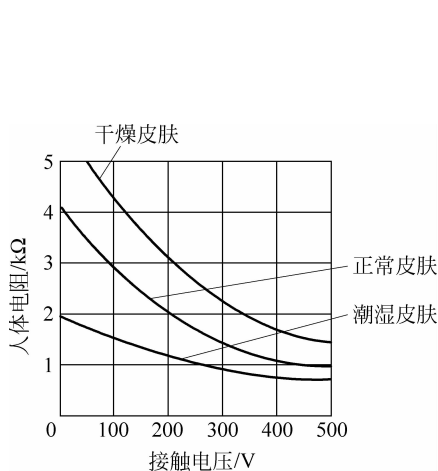


图 1-1 接触电压与人体电阻变化的关系曲线

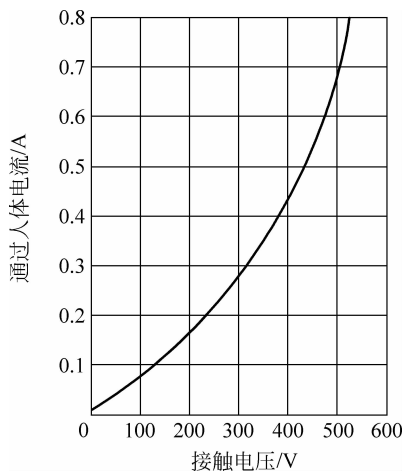


图 1-2 接触电压和通过人体电流的关系曲线

的情况下(所有预计到应考虑的因素),允许存在于两个可同时触及的可导电部分间的最高电压,可以认为在《特低电压(ELV)限值》(GB/T 3805—2008)标准规定的限值范围内的电压,在相应条件下对人是不会有危险的。

② 国家标准所规定的各种特低电压的限值,主要用以指导正确选择和应用与电击防护有关的电压限值。在选用电气设施和电气设备所涉及的特低电压的标称值或额定值时,其值应小于标准所规定的相应的限值,并需留有余量,此余量应足以保证在各种状态和各种外界因素的影响下,电气设施或电气设备中的任何两个可被人体同时触及的可导电部分之间可能存在的电压,不会超过相应的电压限值。

③ 国家标准列出了在正常状态和故障状态下,与环境状况有关的稳态直流电压和频率范围为 15~100Hz 稳态交流电压的限值,见表 1-1。

表 1-1 15~100Hz 交流和直流(无纹波)的稳态电压限值

环境状态	电 压 限 值					
	正常状态下(无故障)		故障状态下			
			单故障 ^①		两个故障 ^②	
	交流	直流	交流	直流	交流	直流
1	0	0	0	0	16	35
2	16	35	33	70 ^⑤	不用	
3	33 ^③	70 ^⑤	55 ^④	140 ^⑥	不用	
4	特殊应用 ^⑦					

说明: ① 单故障: 指能影响两个可同时触及的可导电部分电压的单一故障。

② 两个故障: 指能影响两个可同时触及的可导电部分间电压的同时存在的两个故障; 若其中任何一个故障单独出现, 即已影响到可同时触及的可导电部分的电压时, 则应先按单故障评价。

③ 对于接触面积小于 1cm² 的非可握紧部件, 限值允许增大至 66V。

④ 接触面积小于 1cm² 的非可握紧部件, 限值允许增大到 80V。

⑤ 在电池充电时, 限值允许增大到 75V。

⑥ 在电池充电时, 限值允许增大到 150V。

⑦ 限值由有关的专业标准化技术委员会规定。

(4) 制定特低电压限值标准考虑的环境状况

① 环境状况 1: 皮肤阻抗和对地电阻均忽略不计(如人体浸没于水中)。

② 环境状况 2: 皮肤阻抗和对地电阻降低(如潮湿的环境)。

③ 环境状况 3: 皮肤阻抗和对地电阻均不降低(如干燥的环境)。

④ 环境状况 4: 特殊状况(如电焊、电镀),特殊状况的影响由各有关专业标准化技术委员会负责定义。

(5) 单故障发生后的电阻值与故障持续时间关系

特低电压标准中所提到的单故障发生后的电阻值与故障的持续时间有关。

① 持续时间在 10s 及以上时,适用表 1-1 中的规定值。

② 持续时间在 10s 及以下的数据尚待研究。

③ 持续时间在 10ms~10s 之间的电压阻值、单脉冲的电压阻值以及频率高于 100Hz 的电压限值和带电电容器上的电压限值都可查阅国标《特低电压(ELV)限值》(GB/T 3805—1993)中的相应曲线。

(6) 常用交流特低电压额定值的等级

常用交流特低电压额定值(有效值)有 5 个等级,即 42V、36V、24V、12V、6V,在选用时应遵循以下原则。

① 选用时,应按表 1-1 中的规定并需留有余量(凡不属于表中规定范围的,可查标准中的曲线)。

② 在潮湿的环境下,正常状态时,交流应选用 12V。

③ 在干燥的环境下,正常状态时,交流应选用 23V;单故障状态时,交流可选用 36V 或 42V。

④ 在湿度大、狭窄、行动不便、周围有大面积接地导体的场所(如金属容器内、矿井内、隧道内等)使用的手提照明,应采用 12V 安全电压。

⑤ 凡手提照明器具,在危险环境、特别危险环境的局部照明灯,高度不足 2.5m 的一般照明灯,携带式电动工具等,若无特殊的安全防护装置或安全措施,均应采用 24V 或 36V 安全电压。

⑥ 常用安全电压等级与适用场合参见表 1-2。

表 1-2 常用安全电压等级与适用场合

等 级	适 用 场 合
42V	有触电危险场所使用的移动家用电器、手持式电动工具等
36V	潮湿场所,如矿井、地下室、地道、多导电粉尘及类似场所使用的电气线路照明灯及其他电动器具
24V	工作面积狭窄,创作者易大面积接触带电体的场所,如锅炉、金属容器内、大型金属管道内
12V	因工作需要,人体必须长期带电触及电气线路火线接触设备的场所
6V	水下作业等场所

4. 电流对人体的影响

1) 电流对人体伤害的因素

(1) 伤害程度一般与下面几个因素有关。

① 通过人体电流的大小。

② 电流通过人体时间的长短。

③ 电流通过人体的部位。

④ 通过人体电流的频率。

⑤ 触电者的身体状况。

(2) 电流通过人体脑部和心脏时最危险。

(3) 以工频电流为例,当 1mA 左右的电流通过人体时,会产生麻刺等不舒服的感觉;10~30mA 的电流通过人体,会产生麻痹、剧痛、痉挛、血压升高、呼吸困难等症状,但通常不至于有生命危险;电流达到 50mA 以上,就会引起心室颤动而有生命危险;100mA 以上的电流,足以致人于死地。

(4) 通过人体电流的大小与触电电压和人体电阻有关。

(5) 一般认为电流通过人体的心脏、肺部和中枢神经系统的危险性比较大,特别是电流通过心脏时危险性最大。所以从手到脚的电流途径最为危险。

(6) 触电还容易因剧烈痉挛而摔倒,导致电流通过全身并造成摔伤、坠落等二次事故。

(7) 40~60Hz 交流电对人危害最大。

2) 通过人体的电流及其反应

(1) 感知电流。使人感觉到有电流通过的最小电流称感知电流,人体对此有刺痛感。

国外有人曾对 167 名男子进行手握铜导线并通以交流电,测其最小感知电流的试验。试验结果表明,平均最小感知电流为 1.086mA,个别人仅 0.5mA;对 115 名男子做直流通电试验,平均最小感知电流为 2.5mA,个别人仅 2mA。

(2) 摆脱电流。人体能按自身的意识摆脱的最大电流称为摆脱电流。随着电流的增大,人逐渐感到难以忍受,但尚能有意识控制自己,这一界限很重要,因为安全电流就是根据这一点来确定的。

国外有人对 134 名成年男子和 213 名成年女子进行手对手之间的通以工频交流电的摆脱电流测定。试验结果表明,摆脱电流的平均数值为 16mA 左右,女子为 10.6mA,按国际电工委员会(IEC)规定,不论男女,均采用 10mA 作为摆脱电流。

(3) 心室颤动电流。当通过心脏的工频交流电流增加到一定的限值时,心脏的正常跳动收缩受到干扰,出现心室颤动,使心脏的正常功能受到破坏,不能继续向人体各部分输送血液,几秒钟后就会引起死亡,这种足以引起心室颤动的电流称为心室颤动电流。心室颤动电流是随环境和因人而异的,很难测试。一般只能用动物通电进行试验和对触电事故的实际案例来推算。

3) 电流对人体的综合影响

电流对人体的综合影响见表 1-3。

电流通过人体后,使肌肉收缩产生运动,造成机械性损伤。电流产生的生物化学效应将引起人体一系列的病理反应和变化,从而使人体遭受严重的伤害。其中尤为严重的是当电流流经心脏时,微小的电流即可引起心室纤维性颤动,导致人死亡。电击对人体的伤害程度与电流的种类(直流、交流)、大小、途径、接触部位、通电的持续时间长短以及人体健康状况、精神状态等因素都有关系。

表 1-3 触电电流和人体的生理反应

50Hz 交流有效值/mA	通 电 时 间	人体的生理反应
0~0.5	连续也无危险	未感知电流
0.5~5	连续也无危险	开始感知到有电流,但未到痉挛极限,可以摆脱。触电后,能自动地摆脱,但手指、手腕已有痛感
5~30	以数分钟为极限	难以或不能摆脱的电流范围,呼吸困难,血压升高但仍属可忍耐的限度
30~50	由数秒到数分钟	心脏跳动不规则,昏迷、血压升高,引起强烈痉挛,长时间将可引起心室颤动
50~80	低于 0.75s	虽受强烈冲击,但未发生心室颤动
	高于 0.75s	发生心室颤动、昏迷,接触部位留有电流通过痕迹
80~100	延续 3s	心室颤动,心脏麻痹昏迷
300 及以上	作用 0.1s 以上	心脏麻痹,肌体组织遭到电流的热破坏,有烧伤死亡的可能

4) 安全电流

事实上,造成触电死亡的直接原因并不是电压,而是电流。因此,在制定安全保护措施时,还必须考虑电流。

人们习惯于用“安全电流”这个概念来确定电流对人的伤害。要简明地给出一个电流数值来划定安全与不安全的界限是很困难的。

当电流通过人体时,究竟是有危险还是无危险,除了这一电流的强度大小因素外,还与其他诸多因素有关,其中最重要的因素是通电时间的长短,其他还与电流通过人体时的路径、电流的种类、人体体质、年龄、性别、人体接触导体的面积、紧密程度、接触面的湿度等因素有关,因此很难简单地定出一个针对人体的“安全电流”标准值。

我国目前还没有安全电流的标准,为了便于设计保护装置和制定安全规程、规范,现在国内外一般从两个方面来考虑“安全电流”:一种是无保护状态下的人身安全电流;另一种是有保护状态下的安全电流。

① 无保护状态下的安全电流,是以通电时间为无限长作为考虑基础,宜以人体的(摆脱电流)值作为安全电流。目前根据国际电工委员会(IEC)标准中的提议,不论男女老少均采用 10mA 为摆脱电流。

② 有保护状态下的安全电流,应与保护装置切断电源的时间一起考虑。一般情况下,电击电流强度与通电时间的交点不应超越图 1-3 所示的区域③。

在我国的国家标准中对漏电电流保护器的动作电流和动作时间的要求,基本上就是按照上述原则确定的。国家标准对漏电电流保护器在安全使用中,要求它在通过额定动作电流时,动作时间为不大于 0.2s;在通过 250mA 电流时,动作时间应不大于 0.04s,可以从图 1-3 中查到,动作电流和动作时间这两个数值的交点都没有超越区域③,所以没有生命危险。

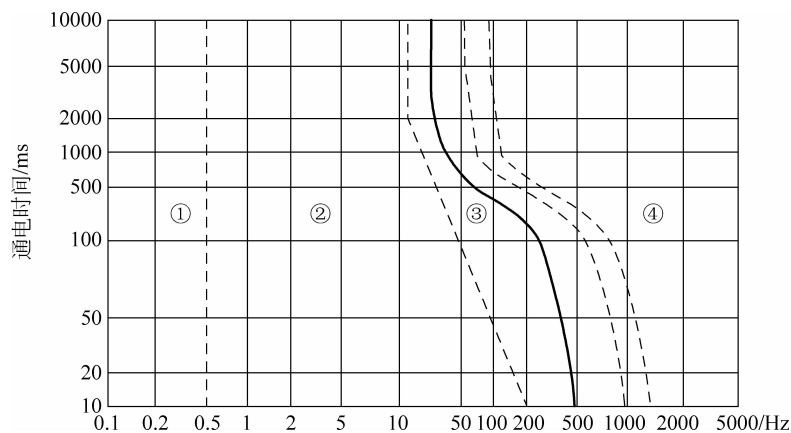


图 1-3 交流电流(15~100Hz)通过人体时的电流-时间-效应区域划分

任务检测

按表 1-4 所示完成检测任务。

表 1-4 安全用电检测表

课题	安全用电					
班级		姓名		学号		日期
检测 内容	(1) 简述安全用电工作的准则和目标。					
	(2) 什么是特低电压限值和安全电压？					
	(3) 电流通过人体时的反应和电流对人体伤害的因素有哪些？					
	(4) 简述常用安全电压等级与适用场合。					

续表

收获 与 体会				
实训 评价	评定人	评 语	等级	签名
	综合评 定等级			

任务 1.2 触电与急救

分任务 1.2.1 触电常识



任务目标

了解常见的触电方式。



任务过程

1. 触电伤害的种类

人体触电主要有电击、电伤和电磁场伤害。

① 电击。电击就是通常所说的触电,触电死亡的绝大部分是电击造成的。电击是指电流通过人体,破坏人体心脏、肺及神经系统的正常功能。

② 电伤。电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应以及电流本身作用所造成的人体外伤。其主要是指电弧烧伤、熔化金属溅出烫伤等。

③ 电磁场伤害。电磁场伤害是指在高频磁场的作用下,人会出现头晕、乏力、记忆力减退、失眠、多梦等神经系统的症状。

2. 触电的方式

(1) 单相触电

① 在低压电力系统中,若人站在地上接触到一根相线(火线),另一部分与大地接触而形成回路,致使人体产生触电现象,称为单相触电或称单线触电,如图 1-4 所示。

② 当外壳接地的电气设备绝缘损坏而使外壳带电,或导线断落发生单相接地故障时,电流由设备外壳经接地线、接地体(或由断落导线经接地点)流入大地,向四周扩散,在导线接地点及周围形成强电场。人体接触漏电的设备外壳,也属于单相触电,如图 1-5 所示。

③ 单相触电可以分为中性点接地系统的单相触电和中性点不接地系统的单相触电,如图 1-6 所示。

④ 单相触电的另一种形式是人体串入用电设备回路中,如图 1-7 所示。



图 1-4 单相触电

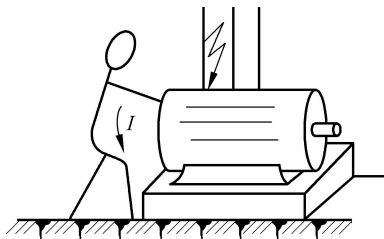
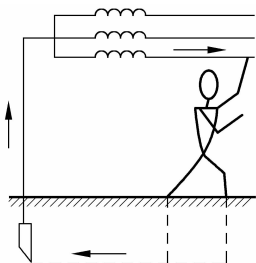
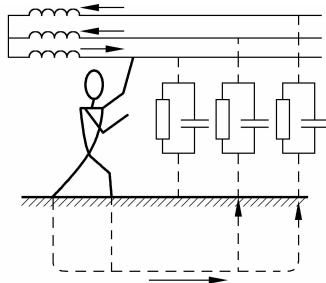


图 1-5 漏电设备外壳的触电



(a) 中性点接地系统的单相触电



(b) 中性点不接地系统的单相触电

图 1-6 单相触电分类

由于灯具或其他用电器的电阻小于人体的电阻,使电源电压较多地分压在人体上而造成触电事故。

(2) 两相触电

当人体不同部位同时接触到电源的两条不同的导线时,电流流经人体接触到的两个部位之间而引起的触电现象,称为两相触电,如图 1-8 所示。

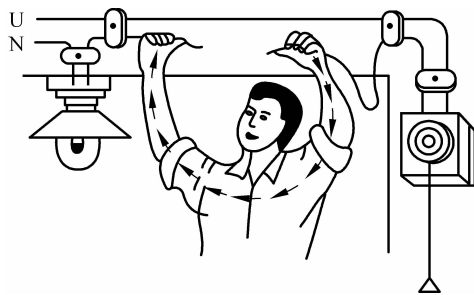


图 1-7 单相触电的另一种形式

两相触电可以分为以下几种情况。

- ① 双手同时触及单相电源中的相线和零线,如图 1-8 所示。
- ② 双手同时触及三相交流电中的两条相线,如图 1-9 所示。

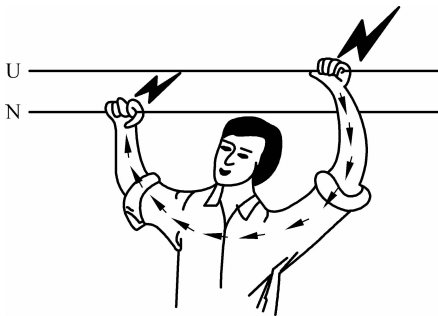


图 1-8 两相触电

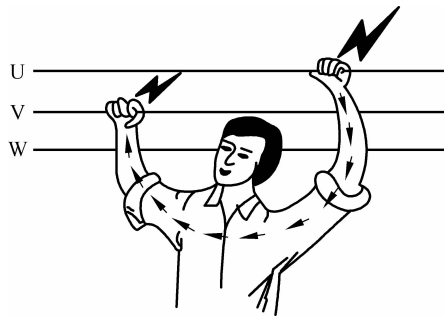


图 1-9 两条相线的两相触电

(3) 跨步电压触电

跨步电压就是人站立在电气设备附近地面上,或者是高压线路断落到地面,在导线接地点及其周围形成强电场,其电位分布以接地点为中心向四周扩散、逐步降低,而在不同的位置之间形成电位差(电压)。当人进入这个区域后,在两脚之间产生的电压称为跨步电压。如果这一电压大于人体能承受的安全电压,也会引起触电事故,如图 1-10 所示。

一旦进入高压跌落线附近,为避免跨步电压触电的危险,应立即双脚并立或单脚站立,并且迅速向远离高压跌落线方向跳离。

(4) 高压电弧触电

高压线路和高压带电设备在正常运行时,所带电压常常是几千伏、几万伏甚至是几十万伏。在高压电路附近,人体与高压之间距离较近时,高压线或高压设备所带高电压形成的强电场有可能击穿它们与人体之间的空气,于是发生通过人体产生的放电现象,在电流通过人体时,造成电烧伤,甚至死亡,这就是高压电弧触电,所以在高压线路附近常悬挂高压危险的警示牌,如图 1-11 所示。

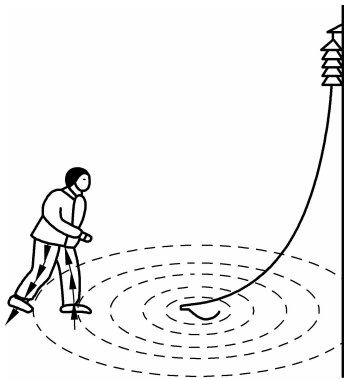


图 1-10 跨步电压触电



图 1-11 高压危险警示牌

(5) 雷击

发生雷雨时,人身遭受雷击,实质上也是一种触电现象。雷电是自然界的一种放电现象,多数发生在雷云之间,也有一小部分发生在雷云对地或地面物体之间,当人体处于放电的途径中,就可能遭到雷击。

任务检测

按表 1-5 所示完成检测任务。

表 1-5 触电常识检测表

课题	触 电 常 识					
班级		姓名		学号		日期
检测内容	(1) 触电伤害的种类包括哪些内容?					