

第一章

概 论

本书讨论的电气安全包括以下两方面的内容 其一是专业人员 例如电工 在专业场所中 例如工厂 的电气安全 其二是非专业人员 例如居民 在非专业场所中 例如民用建筑中 的电气安全。前者主要应依靠专业知识和一些安全规章制度来保障人身和设备的安全；后者则主要应靠一些技术措施来保障人身的安全。由于历史的原因 我国以前在电气安全方面偏重于电气设备的安全和生产过程中的劳动保护 而对一般民用场所中的电气安全问题重视不够。我国触电和电气火灾等事故的发生率长期居高不下，单位用电量的电击伤亡事故比发达国家高出数十倍以上 而电气火灾占火灾总数的比例高达 30% 以上 也比发达国家高出数倍 且绝大多数的电气火灾是发生在非专业场所 造成的损失极为巨大。改革开放以来 我国在学习国际先进技术、等效或等同采用国际先进标准等方面做了大量工作 在电气安全的工程实践上有了长足的进步 但与发达国家相比 差距仍然很大。

一般说来，一门学科在发展初期 大多以研究其规律并利用这些规律为人类造福为主攻方向 而当与此学科相关的工程技术高度发展和广泛应用之后 由于负面效应日益凸显 如何抑制其危害又会成为研究的重点之一。这一规律在汽车、石油化工、煤矿和电气等行业都得到了验证。

我国经济持续快速发展 促使城市化进程加快 城市居民家庭的电气化水平迅速提高 使得电气安全问题显得更为迫切。因此 将电气安全问题作为电气工程一个重要的专业方向进行研究 消除长期以来对电气安全问题的一些模糊认识 以科学的态度去认识它 用工程的手段去应对它 是一项十分有意义的工作。

基于以上认识 本书将对电击防护、雷电防护以及电气环境安全等问题进行讨论。

顺便指出 本书中“安全”一词的含义更多的是指为了提高安全性所做的努力 并不代表能够绝对“保证安全”。一个满足了诸多安全条件的系统 也不一定能够绝对避免电击伤害事故的发生。但可以肯定 这些安全措施可以大大降低电击伤害的可能性。

第一节 电气危害

一、概论

人类在认识和改造自然的过程中创造了辉煌的文明，同时也付出了极大的代价。科学技术是一把双刃剑，它在给人类带来便利的同时，也带来对人类的危害，电气工程领域的情况也不例外。而且，由于电气工程对现代社会的作用是广泛而深刻的，以至电气工程领域中所产生的负面效应也是广泛而深刻的。

在我们周围存在着各种各样的能量。这些能量大部分以其自然的形态存在，小部分被人类有控制地使用。能量是人类赖以生存的一种物质形式，但能量也会对人类的生存条件造成破坏。电能是能量的一种存在形式，它存在于人为制造的电力系统中，也存在于雷电、静电等自然现象中。电气危害总是源于电能的非期望分配，而电气安全则正是要研究这些非期望分配的特性及产生的原因，并提出有效的防护措施。

“电”既被人们用作能源，又被用作信息的载体，因而电气安全是电力、通信、计算机等诸多领域共同面临的问题，具有广泛性的特征。同时，电气安全又涉及到材料选用、设备制造、设计施工和运行维护等诸多环节，具有综合性的特征。再者，电气安全的问题往往发生在人们预期以外的电磁过程，具有随机性和统计规律的特征。因此，电气安全问题具有丰富的学术内涵和广阔的应用范围，应该得到足够的关注。

表 1-1 列出了电气危害的种类及原因。

表 1-1 电气危害的种类及原因

类 型		原因及举例	
电 气 事 故	故障型	电 击	<ol style="list-style-type: none"> 1. 绝缘损坏,造成非导电部分带电 2. 爬电距离或电气间隙被导电物短接,造成非带电部分带电 3. 机械性原因,如线路断落,带电部件滑出等 4. 雷击 5. 各种因素造成的系统中性点电位升高,使 PE 线或 PEN 线带上危险的高电压
		电气火灾和电气引爆	<ol style="list-style-type: none"> 1. 过电流产生高温引燃 2. 电火花、电弧引燃、引爆 3. 雷电引燃、引爆
		设备损坏	<ol style="list-style-type: none"> 1. 过载或缺相运行 2. 电解和电蚀作用 3. 静电或雷击 4. 过电压或电涌
		电 击	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直接事故:误入带电区、人为超越安全屏障、携带过长金属工具等 2. 间接事故:因触磁感应电或低压电等非致命带电体引起的惊吓、坠落或摔倒等
	非故障型	电气火灾	高温:溶液、溶渣的滴落、流淌、积聚,使附近的物体燃烧、爆炸
		设备损坏和质量事故	<ol style="list-style-type: none"> 1. 长期电蚀作用使设备、线路受损 2. 工业静电引起的吸附作用,影响产品质量
电磁污染	电磁骚扰	工作产生的电磁场对别的设备或系统产生的干扰等	
	职业病	强电磁场对人体器官的损伤(例如微波),或使人体某一部分功能失调等	

由表 1-1 可见，从电气危害发生的特征来分类，可将电气危害划分为电气事故和电磁污染两大类。电气事故是指由电流、雷电、静电和某些电路故障等直接或间接造成人员伤亡，建筑设施或电气设备毁坏，以及引起火灾和爆炸等后果的事故。电磁污染则是指电磁场对其他设备造成的干扰和使人体产生的功能性或器质性损伤。电气事故具有偶然性和突发性。电磁污染则具有必然性和持续性。

大多数电气危害是在故障时发生的；而在非故障时发生的电气危害，多数是因缺乏电气知识和违反安全操作规程所致。因此，在工厂、变电所等专业场所，应以加强安全管理措施为主；而在非专业场所，则主要应依赖技术措施来防止电气危害。

二、电力系统产生的电气危害

电力系统产生的电气危害包括两个方面：其一是对电力系统自身的危害，例如绝缘老化、短路、过电压等；其二是对人员、设备和环境的危害，例如电击、电气火灾、电压异常升高造成用电设备损坏等。

电击伤害是最严重的电气危害之一，它可直接导致人员伤亡。因此，对电击伤害的研究是电气安全中极为重要的组成部分。特别应该指出，针对非专业场所和非专业人员的电击防护措施应被置于重要的地位。过去那种主要依赖管理措施来进行电击防护的观念和做法，不一定适应于非专业人员和场所。

电气火灾是近 20 年来在我国迅速蔓延的一种电气灾害。我国电气火灾在火灾总数中所占比例已高达 30% 左右。据国家公安消防总局 2003 年年度报告，2003 年全国由于电气火灾事故造成的直接经济损失高达 131.7 亿元，国家用于防止电气火灾发生的消防经费亦高达 60 多亿元。

电气火灾的发生多与供配电系统的过负荷或电气设备质量低劣、施工安装不规范等有关。例如，造成北京某大型商厦火灾的原因是把荧光灯镇流器直接固定在木板上了，镇流器发热，烤燃了木板，引发了电气火灾。

三、雷电和静电产生的电气危害

雷电产生的电气危害是广泛而巨大的。雷电可使人、畜遭受电击死亡，可使建筑物受到损坏，可使电气系统、信息系统遭到破坏，还可能引发火灾。例如，黄岛大型油库特大火灾就是雷击引发的。我国历史上许多珍贵的古建筑都不幸毁于“天火”。例如，曲阜的孔庙在 1742 年被雷火全部烧毁，重建时耗银十六万七千余两。据《光绪政要》记载，北京天坛院内就遭受雷击 5 次，其中最严重的一次是“光绪 15 年(1889 年)8 月 24 日寅刻雷击祈年殿额，未刻殿内火起……”，致使整个祈年殿化为灰烬。仅 1952 年以后，北京故宫博物院院内就有 10 次雷击事故。

此外，在某些场所，静电产生的危害也不可忽视。静电产生的强电场和高电压是引发电气火灾的原因之一，静电对电子设备的危害也是十分严重的。

四、电气危害的特点及规律

1. 电气危害的特点

电气危害具有以下一些特点。

(1) 非直观性 电是一种看不见、听不到、嗅不着的东西，不易为人们直观地识别，其潜在的危险也就不易为人们所察觉。

(2) 危害途径广 以电击伤害为例，其原因有电气设备漏电、有 PEN 线断线造成设备金属外壳带电，还可能是带电体接触到电气装置以外的导体（如水管、暖气管等）。由于供配电系统分布很广，且所处环境复杂，电气危害产生和传递的途径也极为多样，致使对电气危害的防护十分困难和复杂。

(3) 作用时间长短不一，差异很大。短者如雷电，作用时间仅为微秒级；长者如间隙性电弧短路，可能持续数分钟至数小时才引发火灾；而电气设备的轻度过负荷，则可能经数月以至数年之后，才使绝缘加速老化，最终导致绝缘损坏而漏电或短路，引起电击或火灾。

(4) 能量范围广泛。例如，雷电流可达数百千安，且具有高频和直流的成分，此时，合理控制能量的泄放是主要的防护手段。而电击电流仅几十毫安就能致人死命，此时，能否灵敏地感知则是防护的关键。

(5) 不同危害之间的关联性。例如，绝缘损坏可导致短路，而短路又可能引发绝缘燃烧，扩大故障范围，甚至引发电气火灾。

2. 电气危害的规律

(1) 电气危害总是伴随着能量的非期望分配。例如，本应传送给用电设备的能量部分地传送到人体，这就是电击伤害。因此，在研究防护措施时，应密切关注能量的分配问题。

(2) 电气危害总是伴随着电气参数或特性的变化。例如，短路往往伴随着电流增大和电压降低，发生电击时可能会有剩余电流产生等。因此，捕捉电气危害时电气参数的明显变化，是进行电气危害防护的有效途径。

此外，不同类型的电气危害，还具有各自的特殊性。例如电击事故的规律可归纳为：低压触电居多，夏季居多，移动式 and 手握式设备居多，农村触电事故居多，特殊场所如施工现场、矿山巷道、狭窄场所、潮湿场所等居多。

第二节 电流对人体的作用

一、直接接触电击与间接接触电击

“电击”即通常所说的“触电”，一般指人体因接触带电部位而受到生理伤害的事件。按接触带电部位的途径，电击可分为直接接触电击和间接接触电击两大类。

1. 直接接触电击

指因接触到正常工作时带电的导体而产生的电击。例如电工在检修时不小心触及带电的导体，或人们在插拔电源插头时触及尚未脱离电接触的插头金属片等。

2. 间接接触电击

正常工作时不带电的部位，因任何原因（主要是故障）带上危险电压后被人触及而产生的电击，称为间接接触电击。一般电气设备正常运行时，其金属外壳或结构是不带电的，但当电气设备绝缘损坏而发生接地或短路故障（俗称“碰壳”或“漏电”）时，其金属外壳便带有危险电压，人体触及时便会触电。

发生间接接触电击的情况远远多于直接接触电击，且电击强度差异较大，防护措施也较为复杂。

下面各章介绍的防电击措施，有的是属于防直接接触电击，例如绝缘、罩盖、屏护与间距等；有的是属于防间接接触电击，例如自动切断电源（包括过电流保护和剩余电流保护）、等电位联结等；还有的是兼有防直接接触电击与防间接接触电击的功能，例如非导电场所、电气隔离、采用 II 类设备、特低电压、剩余电流动作保护等。

二、有关电气安全的电流效应阈值

国际电工委员会 IEC 60479《电流通过人体时的效应》标准规定了电压不大于 1 000 V 频率不大于 100 Hz 的交流电流通过人体时的几个主要的效应阈值。

1. 感知阈值

使人体产生触电感觉的最小电流值，一般可取为 0.5 mA。此值与电流通过的持续时间长短无关，但与频率有关，频率越高，感知阈值越大。

2. 摆脱阈值

手持带电导体，人体受刺激的肌肉尚能自主摆脱带电体时，人所能承受的最大电流值。此值因人而异，一般取通用值为 10 mA。

3. 心室纤维性颤动阈值

通过人体能引起心室纤维性颤动（以下简称心室纤颤）的最小电流值，简称室颤阈值。电流通过人体时引起心室纤颤是电击致死的主要原因。此值与通电时间长短有关，也与人的身体条件、心脏功能状况及电流在人体内通过的路径等有关。

IEC 60479 标准给出的导致心室纤颤的交流电流 I_b 与通电时间 t 的关系曲线如图 1-1 所示。

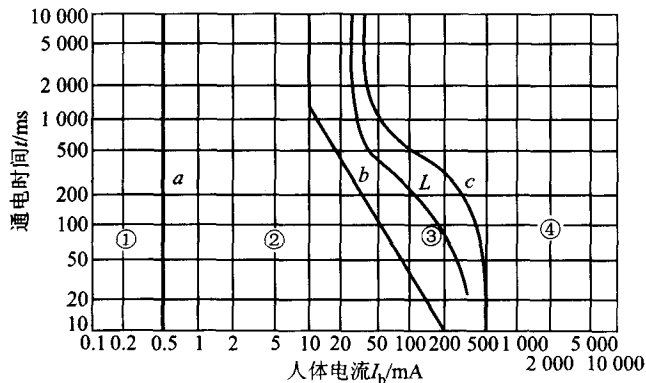


图 1-1 交流电流通过人体时的效应

图中各区域的含义：

区——直线 a 左侧的区域，通常无感觉；

区——直线 a 与折线 b 之间的区域，有电的感觉，但无病理反应；

区——折线 b 至曲线 c 之间的区域，通常无器官损伤，但可能出现肌肉收缩、呼吸困难、心房纤颤、无心室纤颤的短暂心脏停跳，此等病理反应随电流和时间的增大而加剧；

区——曲线 c 右侧的区域，除出现 区的病理反应外，还出现导致死亡的心室纤颤以及心脏停跳、呼吸停止、严重烧伤等反应，且随电流和时间的增大而加剧。

从图 1-1 可知，如果电击电流及其持续时间在 区内，人体就有死亡危险。在制定电气安全措施时，尚需为其他一些外界影响条件留出一些裕量，通常以 区内离曲线 c 一段距离的曲线 L 作为人体是否安全的界限。从图 1-1 中曲线 L 可知，只要 I_b 小于 30 mA 人体就不致因发生心室纤颤而电击致死。据此，国际上将防电击的高灵敏度剩余电流动作保护器（Residual Current

Operated Protective Devices 简称 RCD 的额定动作电流值取为 30 mA。

三、不同环境下的接触电压限值

人体阻抗由皮肤阻抗和体内阻抗构成，其总阻抗呈阻容性，其等效电路如图 1-2 所示。

在正常环境下，人体阻抗的典型值可取为 1 000 Ω 。而在人体接触电压出现的瞬间，由于电容尚未充电，皮肤阻抗可忽略不计，这时的人体总阻抗称为初始电阻，其值约等于人体内阻抗 Z_i ，典型取值为 500 Ω 。

电流 I_b 因施加于人体阻抗 Z_T 上的接触电压而产生。接触电压越大， I_b 也越大。但在设计电气装置时计算 I_b 很困难，而计算接触电压比较方便。为此，IEC 又提出在干燥和潮湿环境条件下相应的预期接触电压 U_t -时间 t 曲线 L_1 和 L_2 如图 1-3 所示。应该说明，图 1-3 曲线的 L_1 和 L_2 不是由图 1-1 曲线 L 按欧姆定律推算求得的，因为人体阻抗是随接触电压的增大而减小的，此曲线为测试求得的。另外，在防电击的计算中求出的是预期接触电压 U_t ，对于从手到足的电击电流通路而言，它是施加于人体、鞋袜、地面等阻抗之和上的电压，故人体实际接触电压常小于预期接触电压 U_t 。但在诸如赤足和导电地面之类的情况下，鞋袜和地面电阻可不计，这时实际接触电压即为预期接触电压，故预期接触电压为最大的接触电压。为确保电气安全和简化计算，在实际应用中接触电压都采用预期接触电压 U_t 。

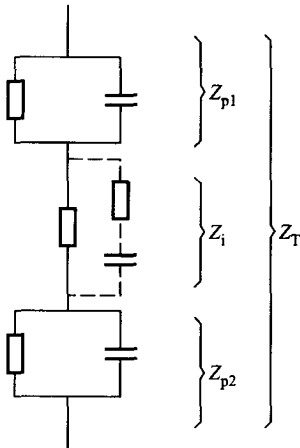


图 1-2 人体阻抗的等效电路
 Z_i —体内阻抗， Z_{p1} 、 Z_{p2} —皮肤
 阻抗 Z_T —总阻抗

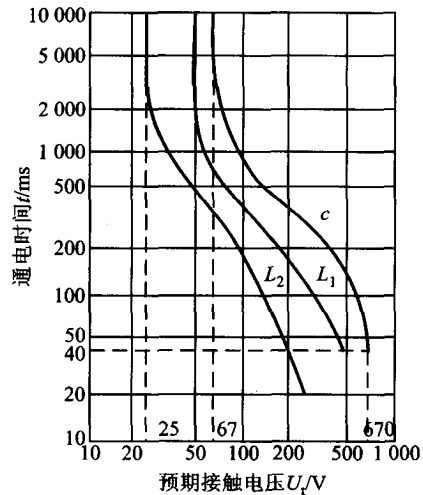


图 1-3 干燥和潮湿条件下预期接触电压 U_t 和允许最大持续时间 t 的关系曲线

由图 1-3 可知，在干燥条件下，当 U_t 不大于 50 V 时，人体接触此电压不致发生心室纤颤，所以在干燥环境条件下将预期接触电压限值 U_t 取为 50 V。据此，IEC 将干燥环境条件下特低电压设备的额定电压定为 48 V（我国现仍沿用过去的 36 V）。在潮湿环境条件下，例如在施工现场、地下坑道等处，由于人体皮肤阻抗降低，大于 25 V 的接触电压即可导致引起心室纤颤的 30 mA 以上的接触电流 I_b 。据此，IEC 将潮湿环境条件下的 U_t 值规定为 25 V，而特低电压设备的额定

电压则规定为 24 V。在水下或特别潮湿环境条件下，例如在浴室或游泳池等场所，由于皮肤湿润，IEC 规定特低电压设备的额定电压仅为 12 V 或 6 V。

需要注意，尽管不同潮湿环境条件下的接触电压限值各不相同，但导致人体心室纤颤的电流阈值都为 30 mA。这正是在不同潮湿环境条件下，IEC 都规定装用额定动作电流不大于 30 mA 的瞬动型 RCD 的原因。

四、电流通过人体的效应与防护电器选用的关系

从图 1-1 可知，人体遭受电击时发生心室纤颤致死的危险程度，是与通过人体电流的大小及其持续时间的长短有关的。由此可知，手握式设备（例如手电钻）和移动式设备（例如落地灯）比固定式设备具有更大的电击致死的危险性。因为，在持握这类绝缘损坏的设备时，如通过人体的电流大于 30 mA，因为已超过摆脱电流阈值 10 mA，所以人体不能脱离与电的接触。若切断电源的等待时间较长，超过图 1-1 发生心室纤颤的阈值，即有可能电击致死。因此，对于手握式和移动式设备，必须在图 1-1 曲线 L 左侧的相应时间内切断电源。固定式设备和配电线路不存在手掌紧握故障设备不能摆脱的问题，可在 5 s 内切断电源。这也正是要求在接用手握式和移动式设备的插座上装设瞬动型 RCD 的原因。

第三节 触电急救

电气事故可分为人身事故和设备事故两大类，本节先介绍人身事故。当然，这两类事故是有因果联系的。例如人触及漏电设备的金属外壳引起的触电死亡就是设备事故引发的人身事故。电线过载或短路引起火灾并烧死人，也是设备事故引发的人身事故。

一、触电事故实例

在介绍触电急救的具体方法之前，先来看一看下列不幸发生的 28 例典型触电事故。由这些活生生的实际例子可见，触电事故给人们带来了多么惨重的灾难！给国家、集体和个人造成了多么巨大的损失！经常学习并掌握好电气安全技术和触电急救方法，又该是何等重要！希望大家认真阅读与思考，务必牢牢记取这些血的教训。

1. 缺乏电气安全常识的事故实例

(1) 跨步电压电击 1980 年 6 月，湖南某县郊区电杆上的电线被大风刮断掉在水田中。早晨有一个小学生把一群鸭子赶进水田，当鸭子游到断线落地附近时，一只只死去，小学生便下田去看鸭子，未跨几步被电击倒。随后哥哥赶到田边并下田拉弟弟，也被电击倒。爷爷赶到田边，急忙跳入水田拉孙子，也被电击倒。小学生的父亲闻讯赶到，见鸭死人亡，下田抢救也被电击倒。一家三代 4 人均死在水田中。

主要原因：① 低压线（常用的 380/220 V 系统）一相断落碰地形成单相接地短路，尤其在水田中，落地处附近的跨步电压很高；② 缺乏电气安全常识，未立即切断电源，造成多人触电死亡的恶性事故。

(2) 电机无可靠保护装置 1982 年 7 月一个炎热的中午，有 5 个小学生来到某化肥厂的工业循环水池游泳。水池长 40 m、宽 10 m、深 5 m，露天安装了 1 台水泵，配用 1 台 17 kW 交流电动

机，从水池内抽水供循环水系统。当他们游到进水管附近时，竟全部触电死亡。

主要原因：①对学生的电气安全教育不够，儿童缺乏电气安全常识；②在穿有输电线的保护钢管内有电线接头，因被水长期浸湿而松动脱落，其裸线接头触及钢管，然后使水泵、电动机外壳、水泵外壳、水管及其附近的水均带电；③电动机未采取可靠的保护措施。

(3) 电动机外壳带电 1985年8月某日，某供销社豆制品厂1名职工在磨豆腐时，因磨豆粉机的电动机外壳带电而触电死亡；1986年8月某日，某县商业总店1名女营业员，在豆腐店使用电磨加工米粉时，因380V电磨外壳带电而触电死亡。

主要原因：①管理混乱，设备陈旧，未定期检修；②缺乏电气安全常识；③电气设备外壳未采取保护接地措施。

(4) 带电作业 1979年8月3日15时左右，某工厂机动科1名电工（男，26岁）和另一人安装荧光灯。他站在七档人字梯的最高档，带电接荧光灯电源线。在拆开相线上的绝缘胶布后，不慎碰上附近的接地铁丝引起触电，并从2.3m高处的梯子上摔下，头部后脑着地，经抢救无效于当日死亡。

主要原因：①低压带电作业未采取相应安全措施；②缺乏高处作业的电气安全常识，也没有使用安全带；③对周围环境未仔细观察，误碰接地铁丝线，形成单相经人体接地短路。

(5) 安全距离不够 1984年1月31日下午4点，某县3名职工在4楼平台上安装电视机室外天线时，金属天线不慎倾倒在附近的10kV高压线上，3人同时触电倒下。经抢救，2人脱险，1人死亡。

主要原因：①缺乏电气安全常识；②装设电视机室外天线时，未考虑到万一倾倒时天线可能碰触架空线；③高压线距楼台建筑距离仅1.5m，不符合安全距离规定。

(6) 线路老化 1985年9月7日，某市某建筑工程公司1名混凝土工（男，39岁）在操纵蛙式打夯机时，因开关处电线破损漏电而触电死亡。

主要原因：①橡皮电缆软线陈旧老化，没有定期检查更换且施工用电混乱；②开关上未采取保护接地措施，又未采用漏电保护装置；③缺乏电气安全常识。

(7) 静电火花 某工厂用管道输送高压液化石油气时发现漏气，检修时发生了爆炸事故，并导致5人伤亡。

主要原因：①缺乏有关静电的安全知识；②检修时泵内残留的 137.3×10^4 Pa压力的液化气高速喷出，产生了高压静电，并由静电火花引起液化气爆炸，造成人员伤亡。

2. 电气安装不合格导致的事故实例

(1) 带电移动电器 1986年8月25日9时40分，某县水利建筑安装公司实习电工2人在某工地帮助打夯时，由于打夯机移位，电缆线被压破，打夯机外壳带电，致使2人均触电。经抢救结果1人获救，1人死亡。

主要原因：①电气安装不合要求，设备外壳没有采取保护接地措施，也未装设漏电保护装置；施工现场管理混乱；③带电移动电器时未注意安全工作事项。

(2) 晒衣铁丝触电 1970年9月的一天早晨，我海军某通信站1位守机员，执勤后在狂风暴雨中归来，将湿衣服往门外晒衣服的铁丝上搭去。由于铁丝与被大风刮断的电线相接，顿时被电击倒，呼吸停止，心脏也停止了跳动。随即施行心肺复苏法抢救并同时送往附近海军医院，经紧急抢救，终于恢复了心脏跳动，挽救了触电假死者的生命。

主要原因：①电力线路安装不合要求，晒衣铁丝离得过近，又未装设漏电保护装置；②及时而正确地采取了触电急救措施，并坚持进行抢救取得了成效。

(3) 未装避雷器 某年 7 月，某县一青年将收音机天线挂在 20 m 高的大树上。有一天，忽然雷声大作，正在天线引下线处收衣服的女青年当场被击死，且雷电沿引线进入室内将收音机击毁，墙边的水缸打穿，天线也被熔化。

主要原因：未安装避雷器，引线对地也未留放电间隙；②天线过高，超出常规；③雷雨期间，天线未与 PE 线相连（此措施只能防感应雷，对直击雷仍不安全）。

(4) 三孔插座接错线 1982 年 5 月，某厂 1 名女工买来 400 mm 的台扇，插上电源试运转。当手触碰电扇底座时，竟惨叫一声并将风扇从桌上带下来，且压在自身胸部，造成触电死亡。

主要原因：①电源相线误接在三孔插座内的 PE 桩头上，从而使外壳带有 220 V 相电压；未装设漏电保护器；③未施行触电急救。

(5) 中性线烧红 1984 年某日，某厂变电所值班电工正在值班。忽然室内照明灯熄灭，接着外面有人叫喊：“变压器起火了，变压器起火了！”。当值班电工奔出来时，只见 10/0.4 kV 变压器平台上一片烟火，燃烧不停，酿成了电气火灾。

主要原因：①电气设备漏油；②发生事故时断路器过电流保护装置失灵，使短路电流得以持续而导致中性线烧红；③烧红的中性线又燃着了漏油，酿成了电气火灾。

(6) 中性线断线 某厂因外部电源停电，便启用自备柴油发电机发电，各个部门便相继合闸用电。每开一盏灯，白炽灯或荧光灯只闪烁一下便烧毁。30 min 内共烧毁荧光灯 16 只，白炽灯 82 只，损坏数占全部灯具的 60% 以上。

主要原因：①中性线安装不合要求、发生断裂，且三相负荷不平衡，负荷小的一相电压值升高到线电压（380 V），使该相所带灯具及设备被烧毁；而另外两相上的灯具或设备则串接在 380 V 上，负荷小的一相其灯具或设备承受的电压会高于 220 V 也可能被烧毁；②安装时未实施重复接地。

3. 设备有缺陷或故障的事故实例

(1) 电线漏电 1982 年 7 月 12 日，某市人防一公司机电队沙某（男，34 岁，钳工班长）在工地的更衣室内换衣时，发现挂衣服的铁丝麻手（由于铁丝磨破了行灯电源线）；铁丝的另一端落在墙壁的竹扫把上。沙某在挂衣服时，下肢又误碰到竹扫把那端的铁丝，“哎呀！”一声便倒在积水的地面上，当即触电身亡。

主要原因：违反国务院《工厂安全卫生规程》中第 44 条：“行灯电压不能超过 36 V，在金属容器内或潮湿场所不得超过 12 V”的规定而采用了 220 V 电源；②设备有缺陷，发现漏电又未及时采取相应的防范措施；③安全措施检查不细不严。

(2) 闸刀爆炸 1982 年 12 月 18 日上午，某厂打井时，使用一台 3 kW 水泵抽水（用 380 V、15 A 闸刀开关直接起动），并已运转多时。当水泵停机后再开时，不料闸刀发生炸裂，烧伤操作人员并使右手致残。

主要原因：设备有缺陷，闸刀开关动触头螺丝松动，合闸时三相不能同时接触而引起电弧放电；②由电弧而造成相间短路，产生高温后引起闸刀爆炸。

(3) 配电柜起火 1984 年 4 月 10 日下午 1 时，淮南矿务局某厂铸造车间清砂房内的 1 号配电柜弧光一闪，一声巨响，配电柜起火。接着室外低压架空线路有 1 根线断落，碰到其余 3 根架空线上，顿时弧光大起，响声如鞭炮，4 根架空线全部熔断掉落，造成全厂局部停电 8 h，以及部分

车间停产的事故。

主要原因： 灭弧罩上有豆粒大的缺损，当交流接触器切断电路时，主触头产生的电弧通过灭弧罩缺损处引起相间短路；②配电柜本来采用 RM1 型熔断器做短路保护，而现场实际是用裸铝丝代替熔丝，使熔断时间延长不能立即切断故障电流。

(4) 导线短路 1988 年 1 月 21 日凌晨，某无线电插件房发生重大火灾。后出动 17 部消防车，经 2 h 后方才扑灭，直接经济损失达 18 万余元！

主要原因： 室内照明线路短路；②安装时未穿管敷设，导线受潮、受热老化，切断开关时仍带电；③该插件房吊顶和隔墙均为可燃材料，吊顶内潮湿、闷热，不符合防火安全要求。

(5) 变压器爆炸 某厂有一台 320 kV·A 车间变压器，因故障导致变压器油剧烈分解、气化，油箱内部压力剧增而发生爆炸，箱盖螺栓拉断，喷油燃烧，竟使 8 m 外的工作人员面部也被烧伤。燃油又点燃了下面的电缆及其他可燃物，并沿电缆燃烧，以致将整个配电室和控制室烧毁。

主要原因 ①变压器内部出现短路故障，产生电弧，引起爆炸；②变压器下面无储油措施卵石层，致使燃油外流，引起重大火灾。

(6) 变电站起火 1984 年 2 月 1 日下午 4 时，某矿变电所内变压器 10 kV 的电缆头发热、冒烟，片刻电弧燃着了喷油，大火由室内烧到屋顶，使整个变电所烧毁。

主要原因： 变压器 10 kV 电缆头过热，烧断电缆，造成三相弧光短路，且油断路器受热后绝缘油向外喷出，遇电弧即燃烧；②变电所继电保护装置在系统出现故障（电压下降）时，保护动作失灵（操作电源未能采取由独立于系统的电源供电）。

(7) 互感器爆炸 1987 年 7 月 25 日，上海某变电站内的电流互感器发生爆炸，引起两台大容量 220 kV 变压器跳闸。中断了上海某化工厂电源，致使该厂电解槽内的氯气压力增加，使氯气外逸，导致附近居民百余人中毒。

主要原因： 互感器电容芯子绝缘内部有气泡，在运行电压下发生了局部放电；②产品有缺陷，对局部放电量大的电容式电流互感器、制造时未能进行长时间高真空处理以消除气泡。

4. 违反操作规程或规定的事故实例

(1) 误触高压 1986 年 6 月 27 日某厂电工（男，30 岁）在变电所拆计量柜上的电度表时，被相邻的 10 kV 高压母线放电击中，并被电弧烧伤，经抢救无效而死亡。

主要原因： 邻近高压开关柜（10 kV）带电操作时，安全距离不足 0.7 m，严重违反了安全操作规程；②没有严格执行工作票制度和监护制度。

(2) 擅自合闸 1980 年 1 月 23 日某市电机厂停电整修厂房，并悬挂了“禁止合闸！”的标志牌。但组长周某为移动行车而擅自合闸，此时房梁上的木工梁某（男，27 岁）正扶着行车的硬母排导线，引起触电。当周某发现并立即切断电源时，梁双手也随即脱离母排并从 3.4 m 高处摔下，经送医院抢救无效，于当夜死亡。

主要原因 ①严重违反操作规程，擅自合闸通电；②有关高处作业的安全措施不落实，检查不严；③违反了高处触电急救的安全注意事项。

(3) 交接不清 1979 年 2 月 7 日某县水泥厂检修工周某（男，34 岁，3 级钳工）正在维修熟料提升机，操作工潘某午饭后回来打扫清洁，不问检修情况，便按动按钮清料，致使正在检修的周某被提升机挤死。

主要原因： 交接不清，管理混乱，劳动纪律松懈，违反安全规定； 开关处未悬挂“禁止合

闸！”标志牌。

(4) 误近高压线 1987年10月15日,某市大酒家1名电工(男,26岁)运送铜管进店。管子过长,欲从3楼窗口送入。窗外有梧桐树且枝叶并茂,当他将铜管竖直时,因离马路上的高压线过近而发生放电,致双手触电并冒火花。他人急用木棒猛击铜管,方使触电者脱离电源。随即送医院后,只得锯掉双手双脚,造成终身残废。

主要原因:①违反安全规程,忽视必要的安全距离;②对周围环境未作仔细观察。

(5) 无联锁装置 1978年8月下旬的一个晚上,某化工厂机修车间有一女青工去更换60A胶盖开关的熔体。换装后未盖胶盖即把开关一合,只听轰的一声,瞬间短路将熔体熔断;强烈的电弧喷射到她的双眼,致使双目失明。

主要原因:①违反安全规程,熔体熔断既未查明原因,也未排除故障;②拉合开关时未能侧身,且双眼不该正视;大容量负荷开关未设联锁装置(能保证未盖上开关盖就不能接通电源),操作人员违反规定未将胶盖盖上便合上开关。

(6) 二次电压触电 1983年8月的一天,天气炎热,某厂机修车间电焊房内,上午下班时发现某电焊工躺在2m多长的焊件上,紧握焊钳的右手,掌心一片灼黑,后腰有3cm长的电击点,由于电击灼伤而导致死亡(当时在现场,从焊钳与焊件之间测得交流电焊机的二次电压为57V)。

主要原因:违反安全规程,天气炎热身上又有汗水,操作人员未戴绝缘手套,未穿绝缘鞋,未戴头盔,导致带有汗水的右手与焊钳上的导体经右臂、上躯、后腰到焊件形成回路,使电焊机二次线圈的电流流经人体。未在弧焊机上装设空载自动断电装置,故弧焊机一次线圈的电源未能自动切断。

(7) 配电板着火 1983年8月15日,某厂焊工车间有一木制动力配电板,其内部三相熔体完好,但运行中却突然冒烟着火。

主要原因:管理混乱,违反规定任意接线,加大了电力负载,使三相负荷的平衡遭到破坏;

其中一相严重过电流,将胶皮线烧焦并引起木制配电板着火;③对木制配电板未采取防火安全措施。

(8) 中性线带电 某矿由6台柴油发电机组并列运行供电。在检修其中一台134kW柴油发电机组时,用汽油淋洗定子和转子线圈。突然“轰”的一声,发电机基础的滑轨上燃起熊熊大火,火焰高达2m,发生了严重的火灾事故。

主要原因:①违反规程的规定,发电机组负荷很不均衡,使中性线对地电压竟高达180V;

检修中中性线误碰发电机滑轨引起火花,点燃了正在淋洗过程中溅泼到发电机基础和滑轨上的汽油,引发了电气火灾。

二、触电事故的特点

触电事故的特点是具有多发性、突发性、季节性、高死亡率并具有行业特征。

(1) 触电事故具有多发性 据有关资料统计,我国每年因触电而死亡的人数,约占全国各类事故总死亡人数的10%,仅次于交通事故。随着电气化的发展,生活用电的日益广泛,发生人身触电事故的机会也相应增多。1977年,全年农村触电死亡人数竟高达7199人;工业企业和城市居民触电死亡人数约为农村触电死亡人数的15%左右。这些数字是相当惊人的。

(2) 触电事故具有季节性特点 从统计资料分析来看,触电事故多发生在湿热的夏季。因

为夏季多雨潮湿，设备绝缘降低，人体电阻因天热多汗、皮肤湿润而下降，再加上衣着短小单薄，这些因素都增加了触电的危险性。

(3) 触电事故具有部门特征 据国外统计资料，触电事故的死亡率（触电死亡人数占伤亡人数的百分比）在工业企业单位为 40%，在电业部门为 30%，工业部门中又以化工、冶金企业的触电死亡率居高。比较起来，触电事故多发生在非专职电工人员身上，而且城市低于农村，高压低于低压。这种情况显然与安全用电知识的普及程度、组织管理水平及安全措施完善程度有关。某市 1986 年触电死亡 21 起，其中 9 起发生在建筑施工工地，占全市触电死亡总人数的 43%。死者多系进城打工的农民工。这说明了加强安全用电教育和加强管理的重要性。

(4) 触电事故的发生还具有很大的偶然性和突发性 触电事故往往令人猝不及防。如果延误急救时机，死亡率是很高的。但如防范得当，仍可最大限度地减少事故的发生概率。而在触电事故发生后，若能及时采取正确的救护措施，死亡率亦可大大地减少。

三、触电急救

人触电以后，会出现神经麻痹、呼吸困难、血压升高、昏迷、痉挛，直至呼吸中断、心脏停跳等险象，呈现昏迷不醒的状态。但是，如果未见明显的致命外伤，就不能轻率地认定触电者已经死亡而应该看作是“假死”施行急救。

有效的急救贵在快而得法。即用最快的速度，施以正确的方法进行现场救护。多数触电者是可以救活的，曾有触电后经 5 h 救护而脱险的记录，这说明触电急救对于减少触电死亡率是很有效的。同时，因为抢救无效而死亡者亦不乏其例。例如某市在 1986 年触电死亡了 21 人，其中多数事例都具备触电急救的条件和救活的机会，但都因抢救无效而死亡。究其原因，除了发现过晚的因素外，救护人员未能正确掌握触电急救方法是未能将触电者救活的主要原因。这说明了正确掌握触电急救知识和技能的重要性。因此，《电业安全工作规程》将紧急救护法列为电气工作人员必须具备的从业条件之一。

触电急救的第一步是使触电者迅速脱离电源，第二步是现场救护，现分述如下。

1. 使触电者脱离电源

电流对人体的作用时间愈长，对生命的威胁愈大。所以，触电急救的要旨是首先使触电者迅速脱离电源，越快越好。脱离电源就是要使触电者接触的那一部分带电设备的开关断开，或设法将触电者与带电设备脱离。在脱离电源时，救护人员既要救人，也要注意保护自己。触电者未脱离电源前，救护人员不得直接用手触及伤员，以免触电。可根据具体情况，选用下述几种方法使触电者脱离电源。

(1) 脱离低压电源的方法。

脱离低压电源的方法可用“拉”、“切”、“拽”和“垫”四字来概括。

“拉”，指就近拉开电源开关、拔出插头或瓷插保险。此时应注意拉线开关和扳把开关是单极的，只能断开一根导线。有时由于安装不符合规程要求，误把开关安装在中性线上了。这时虽然断开了开关，伤员触及的导线可能仍然带电，不能认为已切断电源了。

“切”，指用带有绝缘柄的利器切断电源线。当电源开关、插座或瓷插保险距离触电现场较远时，可用带有绝缘手柄的电工钳或有干燥木柄的斧头、铁锹等利器将电源线切断。切断时应防止带电导线断落触及周围的人体。注意：多芯线应分相切断，以防短路伤人。

“挑”，如果导线搭落在触电者身上或压在身下，此时可用干燥的木棒、竹竿等挑开导线或用干燥的绝缘绳套拉导线或触电者，使之脱离电源。

“拽”，救护人员可戴上手套或在手上包缠干燥的衣服、围巾、帽子等绝缘物品拖拽触电者，使之脱离电源。如果触电者的衣裤是干燥的，又没有紧缠在身上，救护人员可直接用一只手抓住触电者不贴身的衣裤，将触电者拉脱电源。但要注意拖拽时切勿触及触电者的身体。救护人员亦可站在干燥的木板、木桌椅或橡胶垫等绝缘物品上，用一只手把触电者拉脱电源。

“垫”，如果触电者由于痉挛而手指紧握导线或导线缠绕在身上，救护人员可先用干燥的木板塞进触电者身下使其与地绝缘来隔断电源，然后再采取其他办法把电源切断。

(2) 脱离高压电源的方法。

当电压等级高时，一般绝缘物品不能保证救护人员的安全，而且高压电源开关距离现场较远，不便拉闸。因此，使触电者脱离高压电源的方法与脱离低压电源的方法有所不同，通常的做法如下。

立即使用电话通知有关供电部门拉闸停电。

如电源开关离触电现场不甚远，则可戴上绝缘手套，穿上绝缘靴，拉开高压断路器，或用绝缘棒拉开高压跌落式熔断器以切断电源。

情况紧急时，可往 10 kV 架空线路抛挂裸金属软导线，人为造成线路短路，迫使继电保护装置动作，从而使电源开关跳闸。抛挂前，将短路线的一端先固定在铁塔或接地引下线上，另一端系重物。抛掷短路线时，应注意防止电弧伤人或断线危及人员安全，也要防止重物砸伤人。

若触电者触及断落在地上的高压线，且尚未确证线路无电，则救护人员不可进入断线落地点 8 ~ 10 m 范围内，以防因为跨步电压触电。进入该范围的救护人员应穿上绝缘靴或临时双脚并拢跳跃地接近触电者，使触电者脱离带电导线后应迅速将其带至 8 ~ 10 m 以外并立即开始触电急救。只有在确认线路已经无电后，才可在触电者离开触电导线后就地急救。

(3) 在使触电者脱离电源时应注意的事项。

救护人员不得采用金属和其他潮湿的物品作为救护工具。

未采取绝缘措施前，救护人员不得直接触及触电者的皮肤和潮湿的衣服。

在拉拽触电者脱离电源的过程中，救护人员宜用单手操作，这样对救护人员比较安全。

当触电者位于高位时，应采取措施预防触电者在脱离电源后摔下坠地受伤。

夜间发生触电事故时，应考虑切断电源后的临时照明问题，以利救护。

2. 现场救护

触电者脱离电源后，应立即就地进行抢救。“立即”之意就是争分夺秒，不可贻误。“就地”之意就是不能消极地等待医生的到来，而应在现场施行正确的救护的同时，派人通知医务人员到现场并做好将触电者送往医院的准备工作。

根据触电者受伤害的轻重程度，现场救护有以下几种抢救措施。

(1) 触电者未失去知觉时的救护措施。

如果触电者所受的伤害不太严重，神志尚清醒，只是心悸、头晕、出冷汗、恶心、呕吐、四肢发麻、全身乏力，或者一度昏迷但未失去知觉，则应让触电者在通风暖和的处所静卧休息，并派人严密观察，同时请医生前来或送往医院诊治。

(2) 触电者已失去知觉但心肺正常时的抢救措施。

如果触电者已失去知觉，但呼吸和心跳尚正常，则应使其舒适地平卧着，解开衣服以利呼吸，四周不要围着人，保持空气流通，冷天应注意保暖，同时立即请医生前来或送往医院诊察。若发现触电者呼吸困难或心跳失常，应立即施行人工呼吸或胸外心脏按压法救治。

(3) 对“假死”者的急救措施。

如果触电者呈现“假死”（即所谓电休克）现象，则可能有三种临床症状：一是心跳停止，但尚能呼吸；二是呼吸停止，但心跳尚存（但可能脉搏很弱）；三是呼吸和心跳均已停止。“假死”症状的判定方法是“看”、“听”、“试”。

“看”就是观察触电者的胸部、腹部有无起伏动作。“听”就是用耳贴近触电者的口鼻处，听他有无呼气声音。“试”则是用手或小纸条试测口鼻有无呼吸的气流，再用两手指轻压一侧的颈动脉试测有无搏动感觉。如果“看”、“听”、“试”的结果是既无呼吸又无颈动脉搏动，则可判定触电者为呼吸停止或心跳停止或呼吸和心跳均已停止。“看”、“听”、“试”的操作方法如图 1-4 所示。

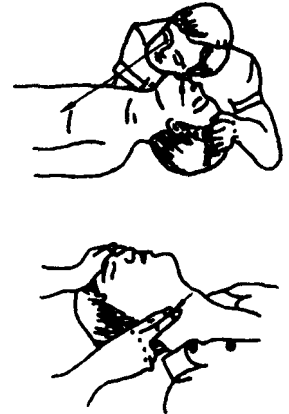


图 1-4 判定“假死”的看、听、试

当判定触电者呼吸和心跳停止时，应立即按心肺复苏法就地抢救。所谓心肺复苏法是指三项基本措施，即通畅气道、口对口（鼻）人工呼吸、胸外按压（人工循环）。

通畅气道。若触电者呼吸停止，最要紧的是始终确保气道通畅，其操作要领如下。

清除口中异物。使触电者仰面躺在平硬的地方，迅速解开其领扣、围巾、紧身衣和裤带。如发现触电者口内有假牙、血块等异物，可将其身体及头部同时侧转，迅速用一个手指或两个手指交叉从口角处插入，从中取出异物。操作时要注意防止将异物推到咽喉深处。

采用仰头抬颏法（见图 1-5）通畅气道。操作时，救护人员用一只手放在触电者前额，另一只手的手指将其颞骨向上抬起，两手协同将头部推向后仰，舌根自然随之抬起，气道即可畅通。气道是否畅通如图 1-6 所示。为使触电者头部后仰，可在其颈部下方垫上较低厚度的物品，但严禁用枕头或其他物品垫在触电者头下，因为头部抬高前倾会阻塞气道，还会使施行胸外按压时流向脑部的血量减小，甚至完全消失。

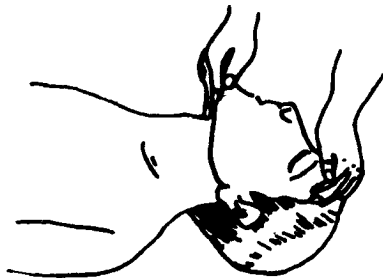


图 1-5 仰头抬颏法

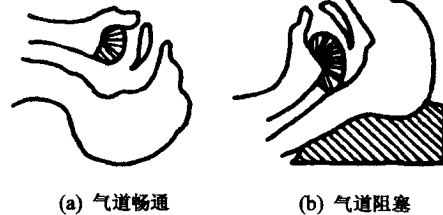


图 1-6 气道状况

口对口（鼻）人工呼吸。救护人员在完成气道通畅的操作后，应立即对触电者施行口对口或口对鼻人工呼吸。人工呼吸的操作要领如下。

先大口吹气刺激起搏。救护人员蹲跪在触电者的左侧或右侧，用放在触电者额上的手的三

指捏住其鼻翼，另一只手的食指和中指轻轻托住其下巴。救护人员深吸气后，与触电者口对口紧合，在不漏气的情况下，先连续大口吹气两次，每次 1~1.5 s，然后用手指试测触电者颈动脉是否有搏动，如仍无搏动，可判断心跳确已停止，在施行人工呼吸的同时应进行胸外按压。

正常口对口人工呼吸。大口吹气两次试测搏动后，应立即转入正常的口对口人工呼吸阶段。正常的吹气频率是每分钟约 12 次。正常的口对口人工呼吸操作姿势如图 1-7 所示。应注意每次的吹气量不要过大，以免引起胃膨胀。如触电者是儿童，吹气量更宜小一些，以免肺泡破裂。救护人员换气时，应将触电者的鼻或口放松，让他借自己胸部的弹性自动吐气。吹气和放松时要注意触电者胸部有无起伏的呼吸动作。吹气时如有较大的阻力，可能是头部后仰不够，应及时纠正，使气道保持畅通。

触电者如牙关紧闭，可改用口对鼻人工呼吸。吹气时要将触电者嘴唇紧闭，防止漏气。

胸外按压。胸外按压是借助人力使触电者恢复心脏跳动的急救方法。胸外按压时应选择正确的按压位置和采取正确的按压姿势。现据能源部 1991 年发布并实施的《电业安全工作规程》，将操作要领简述如下。

确定正确的按压位置。右手的食指和中指沿触电者的右侧肋弓下缘向上，找到肋骨和胸骨接合处的中点。右手两手指并齐，中指放在切迹中点（剑突底部），食指平放在胸骨下部，另一只手的掌根紧挨食指上缘置于胸骨上，掌根处即为正确按压位置，如图 1-8 所示。



图 1-7 口对口人工呼吸



图 1-8 正确的按压位置

保持正确的按压姿势。使触电者仰面躺在平硬的地方并解开其衣服，仰卧姿势与口对口（鼻）人工呼吸法相同。救护人员或立或跪在触电者一侧肩旁，两肩位于触电者胸骨正上方，两臂伸直，肘关节固定不屈，两手掌相叠，手指翘起，不接触触电者胸壁。以髋关节为支点，利用上身的重力，垂直将正常成人胸骨压陷 3~5 cm（儿童和瘦弱者酌减）。压至要求程度后，立即全部放松，但救护人员的掌根不离开触电者的胸壁。按压姿势与用力方法如图 1-9 所示。按压有效的标志是在按压过程中可以触到颈动脉搏动。

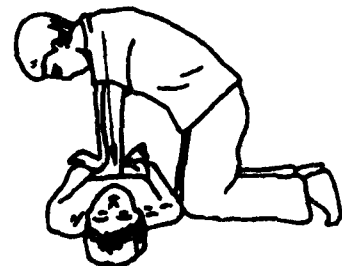


图 1-9 按压姿势与用力方法

保持恰当的按压频率。胸外按压要以均匀速度进行。操作频率以每分钟 80 次左右为宜，每次包括按压和放松一个循环，按压和放松的时间相等。当胸外按压与口对口（鼻）人工呼吸同时进行，操作的节奏为：单人救护时 每按压 15 次后吹气 2 次（15:2）反复进行 双人救护时 每按压 15 次后由另一人吹气 1 次

(15:1) 反复进行。

(4) 现场救护中的注意事项。

抢救过程中应适时对触电者进行再判定。按压吹气 60 s 后（相当于单人抢救时做了 4 个 15:2 循环）应采用“看”“听”“试”方法在 5~7 s 内完成对触电伤员是否恢复自然呼吸和心跳的再判断。若判定触电者已有颈动脉搏动，但仍无呼吸，则可暂停胸外按压，改为进行 2 次口对口人工呼吸，接着每隔 5 s 吹气一次（相当于每分钟 12 次）。如果脉搏和呼吸仍未能恢复，则继续坚持心肺复苏法抢救。在抢救过程中要每隔数分钟用“看”“听”“试”方法再判定一次触电者的呼吸和脉搏情况，每次判定时间不得超过 5~7 s。在医务人员未前来接替抢救前，现场人员不得放弃现场抢救。

抢救过程中移送触电伤员时的注意事项。心肺复苏应在现场就地坚持进行，不要图方便而随意移动触电伤员，如确有需要移动时，抢救中断时间不应超过 30 s。移动触电伤员或将伤员送往医院，应使用担架并在其背部垫以木板，不可让伤员身体蜷曲着进行搬运。移送途中应继续抢救，在医务人员未接替救治前不可中断抢救。应尽可能创造条件，用装有冰屑的塑料袋做成帽状包绕在伤员头部，露出眼睛，使脑部温度降低，争取触电者的心、肺、脑能得以复苏。

伤员好转后的处理。如伤员的心跳和呼吸经抢救后均已恢复，可暂停心肺复苏法操作。但心跳呼吸恢复的早期仍有可能再次骤停，救护人员应严密监护，不可麻痹，要随时准备再次抢救。触电伤员恢复之初，往往神志不清、精神恍惚或情绪躁动不安，应设法使他安静下来。

慎用药物。人工呼吸和胸外按压是对触电“假死”者的主要急救措施，任何药物都不可替代。无论是兴奋呼吸中枢的可拉明、洛贝林等药物，还是有使心脏复跳的肾上腺素等强心针剂，都不能代替人工呼吸和胸外心脏按压这两种急救办法。必须强调指出的是，对触电者用药或注射针剂，应由有经验的医生诊断确定，慎重使用。例如肾上腺素有使心脏恢复跳动的作用，但也可使心脏由跳动微弱转为心室颤动，从而导致触电者心跳停止而死亡，这方面的教训是不少的。因此，触电现场抢救中，对使用肾上腺素等药物应持慎重态度。如没有必要的诊断设备条件和足够的把握，不得乱用。而在医院内抢救触电者时，则由医务人员根据医疗仪器设备诊断的结果决定是否采用这类药物救治。此外，禁止采取冷水浇淋、猛烈摇晃、大声呼唤或架着触电者跑步等“土”办法刺激触电者的举措。因为人体触电后，心脏会发生颤动，脉搏微弱，血流混乱，如果在这种险象下用上述办法强烈刺激心脏，可能使触电者因急性心力衰竭而死亡。

触电者死亡的认定。对于触电后失去知觉、呼吸心跳停止的触电者，在未经心肺复苏法急救之前，只能视为“假死”。任何在事故现场的人员，一旦发现有人触电，都有责任及时和不间断地进行抢救。“及时”就是要争分夺秒，即医生到来之前不等待，且送往医院的途中也不可中止抢救。“不间断”就是要有耐心坚持抢救。事实证明，只要正确地坚持施行人工救治，触电假死的人被抢救存活的可能性是很大的。因此，抢救应持续，直到救活或医生做出触电者已临床死亡的认定为止。应记住：只有医生才有权认定触电者已死亡，宣布抢救无效，否则就应本着人道主义精神坚持不懈地运用人工呼吸和胸外按压对触电者进行抢救。

四、关于电伤的处理

电伤是触电引起的人体外部损伤（包括电击引起的摔伤）、电灼伤、电烙印、皮肤金属化等组织损伤，一般需要到医院治疗。但现场也必须预做处理，以防止细菌感染，损伤扩大。这样，可以

减轻触电者的痛苦和便于转送医院。

(1) 对于一般性的外伤创面，可用无菌生理食盐水或清洁的温开水冲洗后，再用消毒纱布防腐绷带或干净的布包扎，然后将触电者护送去医院。

(2) 如伤口大出血，要立即设法止住。压迫止血法是最迅速的临时止血法，即用手指、手掌或止血橡皮带在出血处供血端将血管压瘪在骨骼上而止血。同时火速送医院处置。如果伤口出血不严重，可用消毒纱布或干净的布料叠几层盖在伤口处压紧止血。

(3) 高压触电造成的电弧灼伤，往往深达骨骼，处理十分复杂。现场救护可用无菌生理盐水或清洁的温开水冲洗，再用酒精全面涂擦，然后用消毒被单或干净的布料包裹好送往医院处理。

(4) 对于因触电摔跌而骨折的触电者，应先止血、包扎，然后用木板、竹竿、木棍等物品将骨折肢体临时固定并速送医院处理。

第四节 低压系统接地形式分类

一般供配电系统都有两个接地问题：其一是系统内电源侧带电导体的接地；其二是负荷侧外露可导电部分的接地。就低压供配电系统而言，前者通常是指发电机、变压器等的中性点的接地，称为系统接地；后者通常是指电气设备的金属外壳、布线用金属管槽等外露可导电部分的接地，称为保护接地。系统接地的主要作用是保证供电系统的正常运行；保护接地则对电气安全十分重要。

我国的 380/220 V 配电系统占了低压配电系统的绝大多数，只有在一些工业场所如矿井等处有 660 V 或 1140 V 低压配电系统。选择低压配电系统的接地形式，主要从供电连续性和电击防护等方面考虑。低压配电系统是电力系统的末端，分布广泛，几乎遍及现代工业与民用建筑的每一角落，而低压配电系统所面对的人绝大多数是非电气专业人员，因此电击事故的发生率大大高于高压系统。在向国际标准靠拢的过程中，我国电气工程界对低压配电系统从表述到认识都发生了很大的变化，但长期以来形成的一些认识和不规范的表述往往使概念不能被准确地掌握，从而影响对系统类型及其分析计算的正确理解，因此，本节的介绍就从名词解释开始。

一、名词解释

(1) 系统中性点 发电机、变压器、电动机和电器的绕组以及串联电路中有一点，它与外部各接线端之间的电压绝对值相等，这一点就称为中性点。

在正常情况下，系统中性点一般在电路接线的中间点处，比如星形联结的中心点。但在故障时，系统中性点有时会从电路接线的中间点处移走，这种情况称为中性点位移，在后面会详细介绍。

(2) 外露可导电部分 电气装置能被触及的导电部分，它在正常时不带电，但在故障情况下可能带电。并不是所有的电气设备都有外露可导电部分，如塑壳电视机等家用电器就没有外露可导电部分。

(3) 装置外可导电部分 给定场所中不属于电气装置组成部分的可导电部分。例如场所中的金属管道（水管、暖气管等），它可能引入高电位。

(4) 等电位联结 使各个外露可导电部分之间及装置外可导电部分之间电位基本相等的电