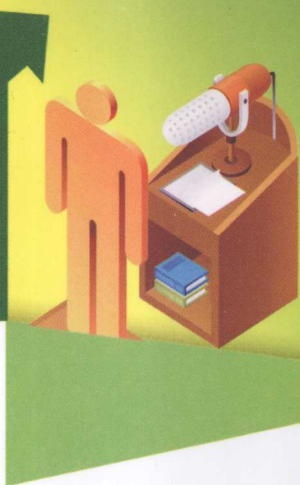


电工电子技能培训 大讲堂

DIANGONG DIANZI JINENG PEIXUN DAJIANGTANG



电工安全一点通

郎永强 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电工电子技能培训大讲堂

电工安全一点通

郎永强 等编著



机械工业出版社

本书紧紧围绕电气安全技术的实用内容,按照最新国家标准和电力行业标准,介绍了电气安全基础知识、电气安全基本措施、电气设备的防火防爆、电气设备的防雷、电工巡视检修安全措施、电气设备的接地与接零、静电安全、漏电保护器、触电急救等知识。

本书非常适合农村电工、工厂电工、安装电工、维修电工使用,另外专门从事电工技能培训的各类职业院校师生也可以参阅本书。

图书在版编目(CIP)数据

电工安全一点通/郎永强等编著. —北京:机械工业出版社, 2009. 10

(电工电子技能培训大讲堂)
ISBN 978 - 7 - 111 - 28552 - 6

I. 电… II. 郎… III. 电工 - 安全技术 - 基本知识

IV. TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 190154 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 付承桂 责任编辑: 付承桂 版式设计: 张世琴
封面设计: 陈 沛 责任校对: 张莉娟 责任印制: 乔 宇
北京京丰印刷厂印刷

2010 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
148mm × 210mm · 8.375 印张 · 244 千字
0 001 — 3 000 册
标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 28552 - 6
定价: 19.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

出版说明

随着我国经济的飞速发展，工业化与信息化的融合及节能减排等政策的层层推进，为技术创新发展提出了更高的要求；同时，我国还是一个制造业大国，并处在向制造强国转化的过程，在拥有大量劳动者的同时，努力提高劳动者的素质，使其更好地适应技术的发展及社会的需要，不仅可以更好地服务于产业的发展，也是构建和谐社会的基本要素。

电工电子技术渗透于各行各业，吸纳的就业人口众多，向劳动者普及基本知识技能，一直是我们努力的目标。我们在电工电子技术出版领域积累了大量优秀的作者资源，出版了大批优秀的图书，受到了读者的欢迎。

我们针对初学者学习基础比较薄弱，从事的工作对技能要求比较高的特点，将优秀作者和优势作品进行整合及筛选，打造成崭新的强势丛书——《电工电子技能培训大讲堂》系列图书，本系列图书具有内容全面、系统，结构科学、合理，层次丰富、细节突出等优点，可以为学习者提供多种选择的特点，具体内容涵盖了：电工电子基础知识入门、电工技能提高、电子仪器仪表使用、家电维修等。

本系列图书在强大的策划团队努力下，力图做到：1) 理论够用、内容实用、讲解清晰；2) 篇幅适中，便于学习，立竿见影；3) 初级入门为主，多层次扩展，适当向技能提高延伸；4) 体裁形式多样，写作形式多样；5) 适应性强，多行业多领域的电工电子技术学习者都可适用。

本系列图书的出版得到了众多“明星”作者的全力支持，他们在百忙之中为图书内容的撰写、修订及改写付出了大量的精力，查阅了大量的资料，进行了系统化的对比和分析，在此对他们的辛勤劳动表示感谢，希望本系列图书可以为读者提高知识技能、拓宽视野提供一些有益的、具体的帮助。

为了不断丰富和完善《电工电子技能培训大讲堂》系列图书的内容及提高图书的质量，欢迎广大读者提出宝贵意见和建议，及时向出版单位反馈信息。

前 言

以“人”为本是电力安全生产的核心内容，电力工作规程中明确规定，电力工作者要做到“不伤害他人，不伤害自己，不被他人伤害”。作为一线电工，我们时刻都与看不见、听不到、嗅不着的“电”打交道，只有认真地遵守并执行各种安全用电技术及规程，才能保证我们的安全；只有把“要我安全”的规定转变成“我要安全”的思想，才能实现“家住幸福地，人在平安中”。

为了普及安全用电知识，减少各类电气事故的发生，也为了帮助广大电力工作者更好地掌握电气安全技术，笔者结合自身的实际工作经验，本着贴近实践、易懂易学的原则，编写了《电工安全一点通》这本书。本书紧紧围绕电气安全技术的实用内容，按照最新国家标准和电力行业标准，介绍了电气安全基础知识、电气安全基本措施、电气设备的防火防爆、电气设备的防雷、电工巡视检修安全措施、电气设备的接地与接零、静电安全、漏电保护器、触电急救等知识。

本书非常适合农村电工、工厂电工、安装电工、维修电工使用，另外专门从事电工技能培训的各类职业院校也可以参阅本书。

参与本书编写的还有马德明、郎丰坤和高业亮。限于作者自身水平，书中如有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

作 者

目 录

出版说明

前言

第一章 电气安全基础知识.....	1
第一节 电气安全技术概述.....	1
第二节 电气安全技术的特点.....	2
第三节 电气事故的种类.....	4
第四节 触电对人体的伤害.....	8
第五节 发生触电伤害事故的原因	19
第六节 发生触电伤害事故的规律	20
第七节 防止电工触电的安全措施	22
第八节 防止群众触电的安全措施	26
第九节 习惯性违章的纠正措施	28
第二章 电气安全基本措施	33
第一节 配电线路的安全距离	33
第二节 电气安全屏护	44
第三节 电气安全标志	45
第三章 电气设备的防火防爆	49
第一节 危险物品的分类及危险场所的划分	49
第二节 电气火灾和爆炸事故的预防	58
第三节 电气防火防爆措施	74
第四节 电气火灾的扑救	81
第四章 电气设备的防雷	87
第一节 雷电的形成和危害	87
第二节 电气设备的防雷措施	88
第三节 防雷装置的安装	96
第五章 电工巡视检修安全措施.....	103



第一节	低压系统的安全巡视检修	103
第二节	二次回路巡视检修安全	120
第三节	架空配电线路巡视检修安全	123
第六章	电气设备的接地与接零	126
第一节	接地装置概述	126
第二节	电气设备的接地与接零	134
第三节	接地电阻的测量	150
第四节	接地装置的安装	152
第五节	高压交流接地开关	159
第六节	电子计算机接地	177
第七章	静电安全	180
第一节	静电的基本特点及有关概念	180
第二节	静电的危害	187
第三节	静电的控制和消除	195
第八章	漏电保护器	233
第一节	漏电保护器的种类及工作原理	233
第二节	漏电动作电流和动作时间的选择	239
第三节	漏电保护器的安装	240
第四节	漏电保护器的常见故障及处理方法	244
第九章	触电急救	249
第一节	人体触电后的表现	249
第二节	人体触电后脱离电源的方法	250
第三节	对症救治	252

第一章

电气安全基础知识

▶▶▶ 第一节 电气安全技术概述

安全用电技术是一门通用技术,对企业、单位、家庭、个人、社会、国家都有着重要的意义。要做好电气安全工作,就要明确电气安全技术的任务和研究对象。电气安全技术主要有两方面的任务:

1) 研究各种电气事故及其发生的机理、原因、构成、规律、特点和防治措施;

2) 研究采用电气方法来解决安全生产的问题,也就是研究运用电气检测、电气检查和电气控制的方法来评价系统的安全性和解决生产中的安全问题。

电气安全技术是一项涉及面很广的技术,不论是动电还是静电,交流电还是直流电,高压电还是低压电,强电还是弱电,工业用电还是农业用电,也不论是生产用电还是生活用电,都会遇到电气安全问题。这就是说,电气安全技术研究的对象不是单一的。另外,在一些不用电的场合也有电气安全问题。这些都导致了电气安全技术的庞杂性和综合性,使得这门学科同很多领域都有很密切的关系。

我国的电气工业与发达国家相比还有很大差距,我国人均用电量还不到美国的 $1/25$ 。我国的用电安全水平与电力工业水平还不相适应,同发达国家比起来要落后一些。当前,技术先进的国家每生产 30 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ($1\text{kW} \cdot \text{h}$ 俗称 1 度电) 电触电死亡 1 人,而我国约生产 1 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 电就触电死亡 1 人,安全用电水平相差几十倍。因此,为了防止各类用电事故的发生,保护劳动者的安全和健康,安全用电技术也必须有一个与之相适应的发展。

在安全生产领域,安全用电工作是一项重要的工作。在所有工伤



事故中，用电事故占有不小的比例。据有关安全生产管理部门统计，触电死亡人数在全国工矿企事业单位工伤事故死亡人数中约占6%~8%；如果加上农村用电死亡人数和非生产触电死亡人数，这个数字将会更大、更惊人。此外，我国用电方面的标准不完善，有些与用电安全密切相关的问题尚未列入标准和规范中；有些问题在不同部门或不同地区的标准或规范中的提法不同；用电方面的制度也不够健全，这些情况给实际工作者带来很多困难，甚至造成混乱。因此，安全用电工作者必须做更多的工作，必须认真研究标准、规程的运用和管理制度的落实。

▶▶ 第二节 电气安全技术的特点

一、周密性

一项安全用电技术的产生都有着严格的过程，不得有任何疏忽，任何一个细微的可能都得考虑并做试验，以保证技术的可靠周密，否则将会给应用者带来难以估量的损失。

二、复杂性

由于电具有看不见、听不见、嗅不着的特性，因此比较抽象，以致触电事故往往带来某种程度的神秘性，使人一下子难以理解。例如，物体打击能使人受伤，甚至使人致命，这是很容易理解的；但是一根很细的电线能使人电击致死，静电火花能引起爆炸之类的事故，与前者比较起来就难理解得多。电磁辐射更具有感觉不到的特点，而且从受到伤害到发病之间有一段潜伏期，人们可能在相当长的时间内对周围严重的电磁辐射环境没有察觉。电的这一特征无疑会增加危害的严重性。复杂的特点会加大技术上的难度，并加大安全培训教育的难度。

三、完整性

安全用电技术是一个非常完整的体系，不仅包括电气本身的各种安全技术，而且还包括用电气技术去保证其他方面安全的各项技术。这两方面缺一不可，从组织管理、技术手段到人员素质、产品质量以及设计安装等，形成了一个完整的安全体系。



四、广泛性

电气安全技术的这一特点可以从两个方面来理解。一方面是电的应用极为广泛,没有电的广泛应用,生产和生活的现代化都是不可能实现的。为了提高劳动生产率,减轻劳动强度和改善劳动条件,实现现代化,电力作为关系国计民生的重要产品需要有一个大的发展。但是,就电气设备而言,不得不特别注意研究防止各种电气伤害的危害。例如,一些家用电器的使用,如使用不当会带来触电、火灾等危险;电动工具、医疗电器的广泛使用会增加触电的危险;各种高频设备的使用会带来辐射伤害的问题等。这就是说,在人们的生产和生活中,处处要用电,处处会遇到电气安全的问题。另一方面,用电安全技术是一门涉及多种科学的重要学科,研究电气安全不仅要研究电力,而且要研究力学、生物学、医学等学科。

五、综合性

电气安全技术是一项综合性的工作。有工程技术工作的一面,也有组织管理的一面。工程技术工作和组织管理是相辅相成的,有着十分密切的联系。在工程技术方面,用电安全技术的重要任务是完善传统的用电安全技术,研究新式的用电安全技术和自动防护技术,研究新出现的用电安全技术问题,研究电气安全检测和监测技术以及研究获得各种安全条件的电气方法等。在管理方面则应当加强各部门的协调,逐步实现系统化电气安全,引进安全系统工程的理论和方法,加强对人-机工程的研究等。

六、繁琐性

用电安全技术做起来很繁琐,只要你从事电气作业或操作电器就得用安全技术,并且多数都是重复使用,要求操作人员必须耐心,只有这样才能做到万无一失,并保证其完整性。

七、严重性

电力工业的高速发展必将促进安全用电工作的发展,用电事故的严重性决定了用电安全的迫切性。据安全管理部门统计,我国电气火灾约超过火灾总数的20%,电气火灾造成的经济损失所占比例还要更高。因此,电气事故的严重性必须引起用电作业人员和用电安全管理人员的高度重视。





第三节 电气事故的种类

一、触电伤害事故

触电事故是由电流的能量造成的，触电是电流对人体的伤害。电流对人体的伤害可分为电击和电伤。电击是电流通过人体内部，破坏人的心脏、神经系统、肺部的正常工作而造成的伤害。人身触及带电的导线、漏电设备的外壳或其他带电体，以及由于雷击或电容器放电，都可能导致电击。触及正常带电体的电击称为直接电击，触及故障带电体的电击称为间接电击。电伤是电流的热效应、化学效应及机械效应对人体外部造成的局部伤害，包括电弧烧伤、烫伤、电烙印等。绝大部分触电事故是电击造成的，通常所说的触电事故基本上是指电击。按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径，触电可以分为以下几种情况：

1. 直接接触触电 直接接触触电分单相触电和两相触电两类。

(1) 单相触电 人体接触电气设备的任何一相带电导体所发生的触电，称为单相触电。对于中性点直接接地的电网及中性点不接地的低压电网都能发生单相触电，如图 1-1 和图 1-2 所示。

图 1-3 所示为单相触电的实例。图 1-3a 是某人在带电修理插座时，手触及螺钉旋具的金属部分，造成单相触电；图 1-3b 是某人带电修理断线时，

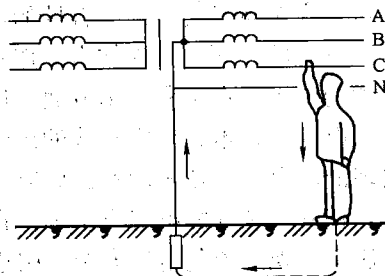


图 1-1 中性点直接接地系统的单相触电

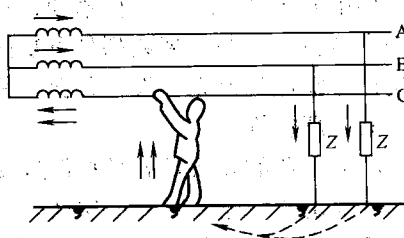


图 1-2 中性点不接地系统的单相触电



手触及两断线处的导线，造成双线触电的情况，这种情况比单线触电更加危险。

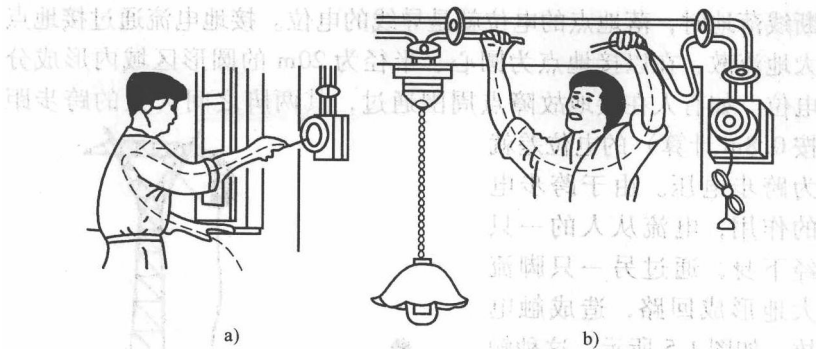


图 1-3 单相触电实例

(2) 两相触电 人体同时接触带电的任何两相电源，不论中性点是否接地，人体受到的电压是线电压，触电后果往往很严重。但是两相触电一般比单相触电事故的发生概率要小一些。两相触电如图 1-4 所示。

2. 间接接触触电 当电气设备的绝缘在运行中发生故障损坏时，使电气设备本来在正常工作状态下不带电的外露金属部件（如外壳、构架、护罩等）呈现危险的对地电压，当人体触及这些金属部件时，就构成间接触电，亦称接触电压触电。

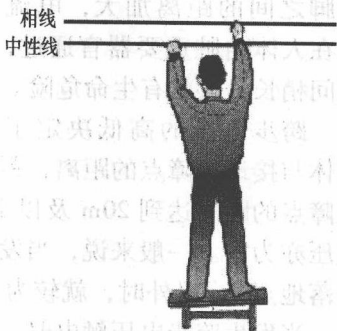


图 1-4 两相触电

在低压中性点直接接地的配电系统中，电气设备发生碰壳短路将是一种危险的故障。如果该设备没有采取接地保护，一旦人体接触外壳时，加在人体上的接触电压近似等于电源对地电压，这种触电的危险程度相当于直接接触触电，严重时可能导致人身死亡。

根据历年来触电伤亡事故的统计分析，在低压配电系统中，触电伤亡事故主要是间接接触触电所引起的。因此，防止间接接触触电事



故是降低触电事故的重要方面。

3. 跨步电压触电 当电气设备的绝缘损坏或高压架空线路的一相断线落地时, 落地点的电位就是导线的电位。接地电流通过接地点向大地流散, 在以接地点为圆心、半径为 20m 的圆形区域内形成分布电位。如有人在接地故障点周围通过, 其两脚之间(人的跨步距离按 0.8m 计算)的电位差就称为跨步电压。由于跨步电压的作用, 电流从人的一只脚经下身, 通过另一只脚流入大地形成回路, 造成触电事故, 如图 1-5 所示。这种触电方式称为跨步电压触电。触电者先感到两脚麻木, 然后跌倒。人跌倒后, 由于头与脚之间的距离加大, 电流将在人体内脏重要器官通过, 时间稍长, 人就有生命危险。

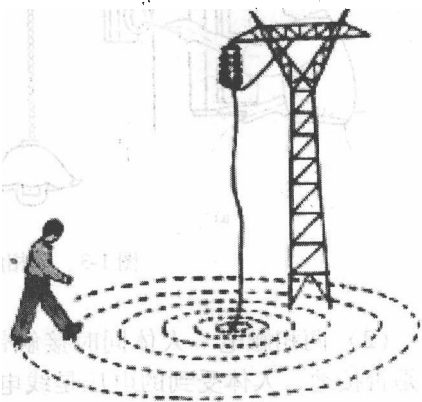


图 1-5 跨步电压触电

跨步电压的高低决定于人体与接地故障点的距离, 距故障点越近, 跨步电压越高。当人体与故障点的距离达到 20m 及以上时, 可以认为此处的电位为零, 跨步电压亦为零。一般来说, 当发现电力线断落时, 不要靠近。离开导线的落地点 8m 以外时, 就较为安全了。

当发生跨步电压触电时, 应赶快将双脚并在一起, 或赶快用一条腿跳着离开危险区。否则, 因触电时间长, 也会导致触电死亡。

4. 剩余电荷触电 电气设备的相间绝缘和对地绝缘都存在电容效应。由于电容器具有存储电荷的性能, 因此在刚断开电源的停电设备上, 都会保留一定量的电荷, 称为剩余电荷。如此时有人触及停电设备, 就可能遭受剩余电荷的电击。另外, 如大容量电力设备和电力电缆、并联电容器等摇测绝缘电阻后或耐压试验后都会有剩余电荷的存在。设备容量越大、电缆线路越长, 这种剩余电荷的积累电压就越高。因此, 在摇测绝缘电阻或耐压试验工作结束后, 必须注意充分放



电，以防剩余电荷触电。

5. 感应电压触电 由于带电设备的电磁感应和静电感应作用，能使附近的停电设备上感应出一定的电位，其数量的大小决定于带电设备电压的高低、停电设备与带电设备两者接近程度的平行距离、几何形状等因素。感应电压往往是在电气工作者缺乏思想准备的情况下出现的，因此具有相当大的危险性。在电力系统中，感应电压触电事故屡有发生，甚至造成伤亡事故。

6. 静电触电 静电电位可高达数万伏至数十万伏，可能发生放电，产生静电火花，引起爆炸、火灾，也可能造成对人体的电击伤害。由于静电电击不是电流持续通过人体的电击，而是由于静电放电造成的瞬间冲击性电击，能量较小，通常不会造成人体心室颤动而死亡。但是往往造成二次伤害，如高处坠落或其他机械性伤害，因此同样具有相当大的危险性。

二、雷电伤害事故

雷电事故是指发生雷击时，由雷电放电而造成的事故。雷电放电具有电流大（可达数十千安至数百千安）、电压高（300 ~ 400kV）、陡度高（雷电冲击波的前沿陡度可达 500 ~ 1000kA/ μ s）、放电时间短（30 ~ 50 μ s）、温度高（可达 20000 $^{\circ}$ C）等特点，释放出来的能量可形成极大的破坏力，除可能毁坏建筑设施和设备外，还可能伤及人、畜，甚至引起火灾和爆炸，造成大规模停电等。因此，电力设施、高大建筑物，特别是有火灾和爆炸危险的建筑物和工程设施，均需考虑防雷措施。

三、电磁场伤害事故

电磁场伤害即射频伤害。射频伤害是由电磁场的能量造成的，人体在交变电磁场作用下吸收辐射能量，会受到不同程度的伤害，其症状主要是引起人的中枢神经功能失调，明显表现为神经衰弱症状，如头晕、头痛、乏力、睡眠不好等；还能引起植物神经功能失调的症状，如多汗、食欲不振、心悸等。此外，还发现部分人有脱发、视力减退、伸直手臂时手指轻微颤动、皮肤划伤等异常症状，还发现心血管系统症状比较明显，如心动过速或过缓、血压升高或降低、心悸、心区有压迫感、心区疼痛等。





四、电气线路或设备伤害事故

电气线路或设备故障可能发展成为事故，并可能危及人身安全。

1. 用户影响系统的事故 这类事故是指由于用电单位内部发生电气设备或线路事故，造成公用网络及其他单位停电，或引起系统电压波动，甚至电网解列的重大事故。例如，用户的大型起重吊装设施触及系统高压电网，造成接地或短路事故，引起系统变电站掉闸、甚至系统的电网解列；另一种是用户内部短路事故，继电保护拒动造成越级跳闸，造成上级变电所停电，使系统网络上的其他用户停电；再一种情况是用户出了重大短路事故，使部分地区电压大幅度下降，使用户用电设备大量停止运转。

2. 用户全厂范围的停电事故 这类事故是指由于用户本身内部原因，造成全厂停电并影响生产事故。但下列两种情况除外：

1) 双回路电源供电的单位，其中一回路电源因内部故障断电后，另一回路电源能及时投入运行，而未影响生产的。

2) 备有电源自动重合闸装置的用户，在出现内部故障全厂停电后，自动重合闸成功，恢复正常供电的。

3. 重大设备损坏事故 这类事故是指大型用户（供电容量在10000kVA及以上的工矿企业）的一次设备发生损坏事故，如受电主变压器以及电源侧的主断路器电气设备的损坏，这类设备损坏时，必然导致全厂停电，经济损失很大。

▶▶ 第四节 触电对人体的伤害

一、触电伤害的种类

触电对人体的伤害形式，一般可分为电击和电伤两种。

1. 电击 电流直接通过人体的伤害称为电击。电流通过人体内部造成人体器官的损伤，破坏人体内细胞的正常工作，主要表现为生物学效应。电流通过人体，会引起麻感、针刺感、压迫感、打击感、痉挛、疼痛、呼吸困难、血压异常、昏迷、心率不齐、窒息、心室颤动等症状。

心室颤动是小电流电击使人致命最多见和最危险的原因。发生心



室颤动时,心脏每分钟颤动 1000 次以上,但幅值很小,而且没有规则,血液实际上已终止循环。发生心室颤动时的心电图如图 1-6 所示,心室颤动是在心电图上 T 波前半部发生的。

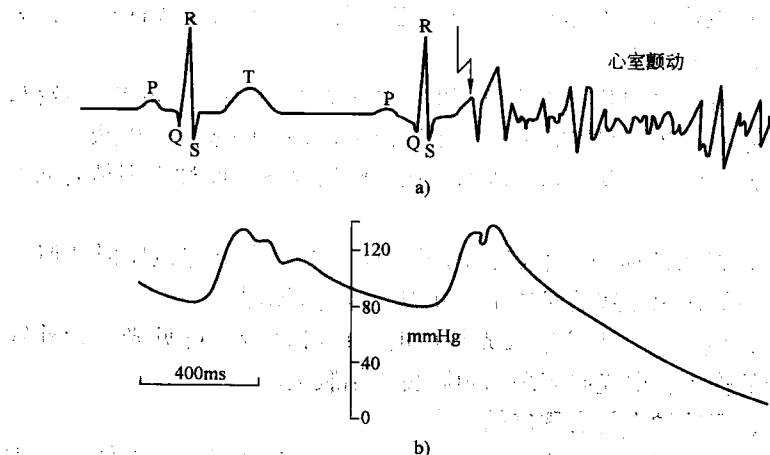


图 1-6 心电图和血压图 (1mmHg = 133.322Pa)

a) 心电图 b) 血压图

当人体遭受电击时,如果有电流通过心脏,可能直接作用于心肌,引起心室颤动;如果没有电流通过心脏,亦可能经中枢神经系统反射作用于心肌,引起心室颤动。

由于电流的瞬间作用而发生心室颤动时,呼吸可能持续 2 ~ 3min,在其丧失知觉前,有时还能叫喊几声,有的还能走几步,但是,由于其心脏已进入心室颤动状态,血液已终止循环,大脑和全身迅速缺氧,病情将急剧恶化,如不及时抢救,很快将导致死亡。

2. 电伤 电流转换为其他形式的能量作用于人体的伤害称为电伤。电伤是电流的热效应、化学效应、机械效应等对人造成的伤害。

(1) 电灼伤。灼伤是电流的热效应造成的伤害,分为电流灼伤和电弧烧伤两种情况。电流灼伤是人体与带电体接触,电流通过人体由电能转换成热能造成的伤害。电弧烧伤是由弧光放电造成的烧伤,分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤两种情况。直接电弧烧伤是带电体





与人体之间发生电弧，有电流流过人体的烧伤；间接电弧烧伤是电弧发生在人体附近对人体的烧伤，包括熔化了了的炽热金属溅出造成的烫伤。

(2) 电烙印。人体与带电体接触的部位留下的永久性斑痕，斑痕处皮肤失去弹性，表皮坏死。

(3) 皮肤金属化。由于电流的作用使熔化和蒸发了的金属微粒，渗入人体的皮肤，使皮肤坚硬和粗糙而呈现特殊的颜色。皮肤金属化多是在弧光放电时发生和形成的，在一般情况下，此种伤害是局部性的。

(4) 机械性损伤。电流作用于人体，由于中枢神经反射和肌肉强烈收缩等作用导致的肌体组织断裂、骨折等伤害。

(5) 电光眼。当发生弧光放电时，由红外线、可见光、紫外线对眼睛的伤害，电光眼表现为角膜炎或结膜炎。

二、影响触电伤害程度的因素

1. 通过人体电流值的影响 通过人体的电流越大，人体的生理反应和病理反应越明显，引起心室颤动所需的时间越短，致命的危险性越大。按照人体呈现的状态，可以将人体通过的电流分为三个级别。

(1) 感知电流和感知阈值。在一定概率下，通过人体引起人有任何感觉的最小电流（有效值），称为该概率下的感知电流，感知电流的最小值称为感知阈值。

感知电流的概率曲线如图 1-7 所示。概率为 50% 时，成年男性平均感知电流约为 1.1mA，成年女性约为 0.7mA。

(2) 摆脱电流和摆脱阈值。当通过人体的电流超过感知电流时，肌肉收缩增加、刺痛感觉增强、感觉部位扩展。当电流增大到一定程

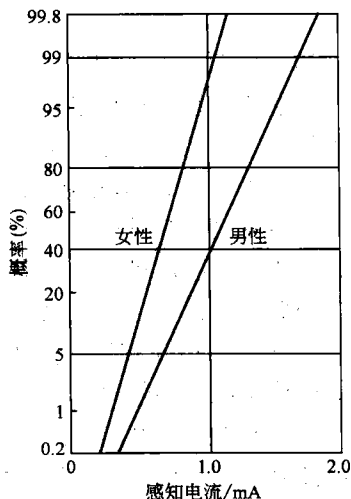


图 1-7 感知电流的概率曲线