



ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO
XILIE GUIHUA JIAOCAI

中等职业学校系列规划教材
根据教育部最新教学大纲编写

实用电工技术

主 编 徐利强
副主编 兰 虎

*SHIYONG DIANGONG
JISHU*



西南财经大学出版社

中等职业学校系列规划教材
根据教育部最新教学大纲编写



实用电工技术

***SHIYONG DIANGONG
JISHU***

主 编 徐利强
副主编 兰 虎

西南财经大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用电工技术/徐利强主编. —成都: 西南财经大学出版社,
2009. 9

ISBN 978 - 7 - 81138 - 520 - 5

I. 实… II. 徐… III. 电工技术—专业学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 156210 号

实用电工技术

主 编: 徐利强

副主编: 兰 虎

策 划: 李玉斗 汪 仕

责任编辑: 张 俊

封面设计: 杨红鹰

责任印制: 封俊川

出版发行:	西南财经大学出版社(四川省成都市光华村街 55 号)
网 址:	http://www.bookcj.com
电子邮件:	bookcj@foxmail.com
邮政编码:	610074
电 话:	028 - 87353785 87352368
印 刷:	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸:	148mm × 210mm
印 张:	7.5
字 数:	200 千字
版 次:	2009 年 9 月第 1 版
印 次:	2009 年 9 月第 1 次印刷
印 数:	1—3500 册
书 号:	ISBN 978 - 7 - 81138 - 520 - 5
定 价:	18.00 元

1. 如有印刷、装订等差错,可向本社营销部调换。
2. 版权所有,翻印必究。
3. 本书封底无本社数码防伪标志,不得销售。

前 言

根据教育部关于进一步加大对中等职业学校教学管理的相关要求,结合本行业特点,为更好地提升职业学校学生的综合技能,编写了针对职业中学电子电器专业新生进行技能训练和理论教学用书。内容由浅入深,注重知识与技能的规范性训练,突出实用性。

本书由徐利强任主编,并统稿;兰虎任副主编。具体分工:成都龙泉职业技术学校徐利强编写第一、四、五章;广元市职业高级中学兰虎编写第六章;成都龙泉职业技术学校曹建华编写第二、三章,谢兴贵、赖凤英编写第七章。

本书在编写过程中力求做到内容简明,语言通俗,避免繁琐的数学推导与计算,适合具有初中及以上文化水平的从事电工工作的人员和电子技术人员阅读。

作为规范性培训教材,建议完成本课程教学共需 180 课时完成,各章节学时分配参考如下表:(* 为选学内容)

序号	教学内容	教学课时		
		讲授课	实作实训课	总计
1	安全用电常识	7	3	10
2	电路基础知识	22	12	34
3	电磁感应与变压器	16	4	20
4	电容器	8	2	10
5	正弦交流电	26	6	32
6	室内外照明电路设计与安装	10	30	40

序号	教学内容	教学课时		
		讲授课	实作实训课	总计
7	电动机及其控制 *	10	18	28
8	机动			6
合计		99	75	180

本书在编写过程中参考了国内相关培训教材和中专教材部分内容，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中有错误和不妥之处，请读者指正。

编者

2009 年于成都

目 录

第一章 安全用电常识	(1)
第一节 触电及触电防护	(1)
第二节 触电急救	(7)
第三节 雷电及防雷措施	(11)
第四节 电气作业的安全措施	(13)
第二章 电路基础知识	(21)
第一节 电路的基本构成	(21)
第二节 电流	(23)
第三节 电压及电位	(25)
第四节 电源与电动势	(27)
第五节 欧姆定律	(29)
第六节 电源的串联与并联	(31)
第七节 电阻与电阻定律	(33)
第八节 电阻的串联	(35)
第九节 电阻的并联	(37)
第十节 电阻的混联	(39)
第十一节 负载获得最大功率的条件	(41)
第十二节 电路中各点电位的计算	(42)
第十三节 基尔霍夫定律	(44)
第十四节 电压源与电流源	(50)

第十五节 戴维宁定理	(52)
第三章 电磁感应与变压器	(55)
第一节 磁场及基本物理量	(55)
第二节 磁场对电流的作用	(59)
第三节 电磁感应	(63)
第四节 电磁感应定律	(65)
第五节 自感与互感	(68)
第六节 变压器的构造	(74)
第七节 变压器的工作原理	(77)
第八节 常用变压器	(79)
第九节 涡流与磁屏蔽	(84)
第十节 电感线圈中的磁场能	(87)
第四章 电容器	(89)
第一节 电容与电容器	(89)
第二节 电容器的连接	(91)
第三节 电容器中的电场能	(95)
第五章 正弦交流电	(98)
第一节 正弦交流电的基本概念	(98)
第二节 正弦交流电的表示方法	(106)
第三节 纯电阻电路	(109)
第四节 纯电感电路	(111)
第五节 纯电容电路	(115)
第六节 RL 串联电路	(118)
第七节 RC 串联电路	(122)

第八节	* RLC 串联电路	(125)
第九节	* 串联谐振电路	(128)
第十节	* RLC 并联电路	(131)
第十一节	* 并联谐振电路	(133)
第十二节	提高功率因素的方法及意义	(136)
第十三节	三相交流电源	(138)
第十四节	三相负载的连接及功率	(141)
第六章	室内外照明电路设计与安装	(145)
第一节	供电与配电	(145)
第二节	照明电路施工图	(149)
第三节	常用电工工具及仪表	(151)
第四节	常用导电材料及应用	(161)
第五节	导线的剖剥和连接	(168)
第六节	配电板(箱)的安装	(177)
第七节	灯具与插座的安装	(181)
第八节	室内配线	(189)
第九节	室外布线	(199)
第十节	线路安装的质量检查与维修	(204)
第七章	电动机及其控制	(207)
第一节	单相电动机的结构与工作原理	(207)
第二节	三相电动机结构及工作原理	(212)
第三节	三相电动机的控制	(221)
参考文献		(234)

第一章 安全用电常识

随着国民经济的飞速发展和人们生活水平的不断提高，各行各业对电能的需求在不断地增加，安全用电的重要性日益突出，只有懂得安全用电常识，才能主动地避免发生触电事故，确保人身和财产的安全。

通过本章的学习，要求了解人体触电的形式，触电的原因及预防，雷电产生及防雷常识，电气作业的安全措施等相关知识，学会触电的现场急救方法。

第一节 触电及触电防护

一、电击和电伤

1. 电击

电击是指电流流过人体，使内部组织受到伤害，这种伤害会引起全身发热、发麻、肌肉抽搐等，导致呼吸窒息，心脏停止跳动而死亡，绝大多数的触电死亡事故都是由电击造成的。

电击的主要特征有：①伤害人体内部；②在人体的外表没有显著的痕迹；③致命电流较小。

按照发生电击时电气设备的状态，电击可分为直接接触电击和间接接触电击：①直接接触电击是指触及设备和线路等正常运行时的带电体发生的电击（如误触接线端子发生的电击），也称为正常状态下的电击。②间接接触电击是指触及正常状态下不带电，而当设

备或线路故障时意外带电的导体发生的电击（如触及漏电设备的外壳发生的电击），也称为故障状态下的电击。

2. 电伤

电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应等对人体外部造成的局部伤害。约 85% 以上的触电死亡事故是电击造成的，但其中约 70% 含有电伤成分。而电伤中最多的电烧伤，电烧伤是指电流的热效应造成的伤害，分为电流灼伤和电弧烧伤。

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。电流灼伤一般发生在低压设备或低压线路上。电弧烧伤是由弧光放电造成的伤害，常分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤。

二、触电事故的种类

按照人体触及带电体的方式和电流流过人体的途径，触电可分为单相触电、两相触电、跨步电压触电和悬浮电路上的触电。

1. 单相触电

当人体的一部分在碰触一根带电相线时，身体的另一部分与大地或零线接触，电流从相线流经人体到大地（或零线）形成回路，这种触电现象称为单相触电。对于高压带电体，人体虽未直接接触，但由于超过了安全距离，高电压对人体放电，也属于单相触电。低压电网通常采用变压器低压侧中性点直接接地和中性点不直接接地（通过保护间隙接地）的接线方式，这两种接线方式发生单相触电的情况如图 1-1 所示。

2. 两相触电

人体的不同部位同时接触带电设备或线路中的两相导体，或在高压系统中，人体同时接近不同相的两相带电导体，而发生电弧放电，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，这种触电方式称为两相触电。发生两相触电时，作用于人体上的电

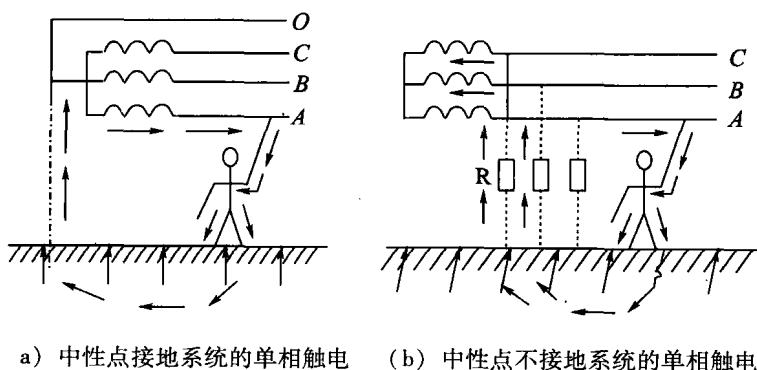


图 1-1 单相触电示意图

压等于线电压，这种触电是最危险的。两相触电的情况如图 1-2 所示（图中 A、B、C 为三相交流电的三根相线）。

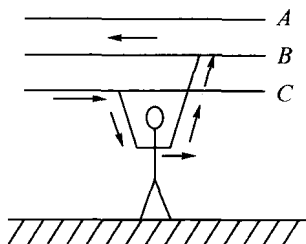


图 1-2 两相触电示意图

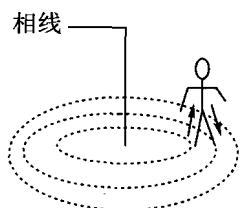


图 1-3 跨步电压触电示意图

3. 跨步电压触电

当电气设备发生接地故障或相线掉落到地时，有电流通过接地点向大地流散，在地面上形成不同的电位分布，若在接地短路点周围行走，两脚之间存在电位差，两脚间的电压称为跨步电压。由跨步电压引起的人体触电，称为跨步电压触电。跨步电压触电的情况如图 1-3 所示。

4. 悬浮电路上的触电

电流通过变压器相互隔离的原、副绕组后，从副边输出的电压零线不接地，若变压器绕组间不漏电时，副边输出的电压相对于大

地处于悬浮状态。若人站在地上接触其中一根带电导线，不会构成电流回路，没有触电感觉；如果人体一部分接触副边绕组的一根导线，另一部分接触该绕组的另一导线，则会造成触电。如在维修电子设备时，操作者身体的一部分接触电子设备的底板（接地端），另一部分接触高电位端时会出现触电事故，故在维修时要求单手操作。我们称这类触电为悬浮电路上的触电。

三、电流对人体的危害

电流对人体的危害与通过人体的电流强度、持续时间、电压、频率、人体电阻、通过人体的途径以及人体的健康状况等因素相关，而且各种因素之间有着十分密切的联系。

1. 电流强度对人体的影响

通过人体的电流越大，人体的生理反应越明显，感觉越强烈，从而引起心室颤动所需的时间越短，致命的危险也就越大。不同电流强度对人体的影响见表 1-1 所示。

表 1-1 不同电流强度对人体的影响

电流强度/mA	对人体的影响	
	交流电 (50Hz)	直流电
0.6 ~ 1.5	开始有感觉，手指麻刺	无感觉
2 ~ 3	手指强烈麻刺、颤抖	无感觉
5 ~ 7	手部痉挛	热感
8 ~ 10	手部剧痛，勉强可以摆脱电源	热感增多
20 ~ 25	手迅速麻痹，不能自立，呼吸困难	手部轻微痉挛
50 ~ 80	呼吸麻痹，心室开始颤动	手部痉挛、呼吸困难
90 ~ 100	呼吸麻痹，心室经 3s 及以上颤动即发考麻痹，停止跳动	呼吸麻痹

根据电流通过人体所引起的感觉和反应不同可将电流分为：

(1) 感知电流。引起人感觉的最小电流称为感知电流。实验资料表明，对于不同的人，感知电流也不相同。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。人触电以后能自主摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。实验资料表明，对于不同的人，摆脱电流也不相同。成年男性的平均摆脱电流约为 16mA ；成年女性平均摆脱电流约为 10.5mA 。成年男性最小摆脱电流约为 9mA ；成年女性的最小摆脱电流约为 6mA 。

(3) 致命电流。在较短时间内危及生命的最小电流称为致命电流。在电流不超过数百毫安的情况下，电击致死的主要原因是电流引起的心室颤动或窒息造成的。因此，可以认为引起心室颤动的电流即为致命电流。

2. 电流通过人体的持续时间对人体的影响

随着电流通过人体时间的延长，一方面由于人体发热出汗和电流对人体的电解作用，使人体电阻逐渐减小，在电源电压一定的情况下，会使电流增大，对人体组织的破坏更加厉害，后果更为严重；另一方面，人的心脏每收缩扩张一次，中间约有 0.1s 的间隙，在这 0.1s 过程中，心脏对电流最敏感，若电流在这一瞬间通过心脏，即使电流很小（只有几十毫安），也会引起心脏颤动。因此，通电时间越长，重合这段时间的可能性越大，危险性就越大。

3. 作用于人体的电压对人体的影响

当人体电阻一定时，作用于人体的电压越高，则通过人体的电流越大。实际上，通过人体的电流强度，并不与作用在人体的电压成正比。这是因为随着人体电压的升高，人体电阻急剧减小，致使电流迅速增加，而对人体的危害更为严重。

当 $220 \sim 1000\text{V}$ 工频电压（ 50Hz ）作用于人体时，通过人体的电流可同时影响心脏和呼吸中枢，引起呼吸中枢麻痹，使呼吸和心脏跳动停止。更高的电压还可能引起心肌纤维透明性变，甚至引起

心肌纤维断裂和凝固性变。

4. 电流频率对人体的影响

常用的 50 ~ 60Hz 工频交流电对人体的伤害最为严重, 频率偏离工频越远, 交流电对人体伤害越轻。在直流和高频情况下, 人体可以耐受更大的电流值, 但高压高频电流对人体依然是十分危险的, 各种电源频率下的死亡率如表 1-2 所示。

表 1-2 各种电源频率下的死亡率

频率/Hz	10	25	50	60	80	100	120	200	500	1000
死亡率/(%)	21	70	95	91	43	34	31	22	14	11

5. 人体电阻的影响

人体触电时, 流过人体的电流(当接触电压一定时)由人体的电阻值决定。人体电阻越小, 流过人体的电流越大, 也就越危险。

影响人体电阻的因素很多, 除皮肤厚薄的影响外, 皮肤潮湿、多汗、有损伤或带有导电性粉尘等, 都会降低人体电阻; 而接触面积加大、接触压力增加也会降低人体电阻。

6. 电流通过不同途径的影响

电流通过人体的头部会使人立即昏迷, 甚至醒不过来而死亡; 电流通过脊髓, 会使人半截肢体瘫痪; 电流通过中枢神经或有关部位, 会引起中枢神经系统强烈失调而导致死亡; 电流通过心脏会引起心室颤动, 致使心脏停止跳动, 造成死亡。因此, 电流通过心脏、呼吸系统和中枢神经时, 危险性最大。实践证明, 从左手到脚是最危险的电流途径, 因为在这种情况下, 心脏直接处在电路内, 电流通过心脏、肺部、脊髓等重要器官; 从右手到脚的途径其危险性较小, 但一般也容易引起剧烈痉挛而摔倒, 导致电流通过全身或摔伤。

7. 人体健康状况的影响

试验和分析表明电击危害与人体状况有关。女性对电流较男性敏感, 女性的感知电流和摆脱电流均约为男性的三分之二; 儿童对于电流较成人敏感; 体重小的人对于电流较体重大的人敏感; 患有

心脏等疾病的人遭受电击时的危险性较大，而健壮的人遭受电击的危险性较小。

四、不同情况下允许的电流和安全电压

为防止触电事故而采用的由特定电源供电的电压系列。这个电压系列在正常和故障情况下，任何两导体间或任一导体与地之间均不得超过的电压上限值称为安全电压。

安全电压值的规定，各国有所不同。如荷兰和瑞典为 24V；美国为 40V；法国交流为 24V；直流为 50V；波兰、捷克为 50V。我国根据具体环境条件的不同，安全电压值规定为：在无高触电危险的建筑物中为 65V；在有高触电危险的建筑物中为 36V；在有特别触电危险的建筑物中为 12V。我国的安全电压规定还有 24V、6V 等，不同的地理环境中安全电压的规定是不同的。所以安全电压不是一个绝对值，其值是指在危险恶劣环境下对人体不会造成伤害的电压值（各个国家所谓的危险环境是有所不同的）。

第二节 触电急救

人体触电时，需进行现场急救，急救时应按以下步骤进行。

一、解脱电源

为使触电脱离电源，应根据现场情况具体、果断地采取适当的方法和措施，一般有以下几种方法和措施：

1. 如果开关距离触电地点很近，应迅速地拉开开关，切断电源。
2. 如果开关距离触电地点很远，可用绝缘手钳或用带有干燥木柄的斧、刀、铁锹等把电线切断，必须注意应切断电源侧的电线

(即来电侧),而且还要注意切断的电线不可触及人体等。

3. 当导线搭在触电人身上或压在身下时可用干燥的木棒、木板、竹竿或其他带有绝缘柄的工具,迅速地将电线挑开,千万不能使用任何金属棒或潮湿的东西去挑线,以免救护人触电。

4. 如果人在较高处触电,必须采取保护措施,防止切断电源后触电者从高处跌下来。

二、对症抢救

触电者脱离电源以后,应立即检查触电人员全身情况,特别是呼吸和心跳,当发现呼吸、心跳停止时,应立即就地抢救,并应立即通知医生前来抢救。对症抢救有以下几种情况:

(1) 轻症,即神志清醒,呼吸心跳均自主者,伤员就地平卧,严密观察,暂时不要站立或走动,防止继发休克或心衰。

(2) 呼吸停止,心搏存在者,就地平卧解松衣扣,通畅气道,立即口对口人工呼吸,有条件的可气管插管用加压氧气进行人工呼吸。亦可针刺人中、十宣、涌泉等穴,或给予呼吸兴奋剂(如山梗菜碱、咖啡因、可拉明)。

(3) 心搏停止,呼吸存在者,应立即实施胸外心脏按压法让触电者恢复心跳。

(4) 呼吸、心跳均停止者,则应在人工呼吸的同时施行胸外心脏按压。

(5) 处理电击伤害时,应注意有无其他损伤。如触电后弹离电源或自高空跌下,常并发颅脑外伤、血气胸、内脏破裂、四肢和骨盆骨折等。如有外伤、灼伤均需同时处理。

(6) 现场抢救中,不要随意移动伤员,若确需移动时,抢救中断时间不应超过30秒。移动伤员或将其送医院,除应使伤员平躺在担架上并在背部垫以平硬阔木板外,应继续抢救,心跳呼吸停止者要继续人工呼吸和胸外心脏按压,在医院医务人员未接替前救治不

能中止。

（三）常用的施救方法

人工呼吸是指用人为的方法，运用肺内压与大气压之间压力差的原理，使呼吸骤停者获得被动式呼吸，获得氧气，排出二氧化碳，维持最基础的生命。

人工呼吸方法很多，有口对口吹气法、俯卧压背法、仰卧压胸法，但以口对口吹气式人工呼吸最为方便和有效。

1. 口对口或（口对鼻）吹气法

此法操作简便容易掌握，而且气体的交换量大，接近或等于正常人呼吸的气体量。对大人、小孩效果都很好。

操作方法：（1）将触电者仰卧，面部向上，颈后部（不是头后部）垫一软枕，使其头尽量后仰。（2）施救者位于触电者头旁，一手捏紧触电者鼻子，以防止空气从鼻孔漏掉。同时用口对口吹气，在触电者胸壁扩张后，即停止吹气，让触电者胸壁自行回缩，呼出空气。如此反复进行，每分钟约12次。（3）吹气要快而有力。此时要密切注意触电者的胸部，如胸部有活动后，立即停止吹气。并将触电者的头偏向一侧，让其呼出空气。

注意事项：

1. 成人每次吹气量应大于800ml，但不要超过1200ml。低于800ml，通气可能不足；高于2000ml，常使咽部压力超过食管内压，使胃胀气而导致呕吐，引起误吸。

2. 每次吹气后抢救者都要迅速掉头朝向触电者胸部，以求吸入新鲜空气。

3. 对小孩3秒一次，一分钟20次。要有规律地、正确地反复进行。

4. 进行4~5次人工呼吸后，应摸摸颈动脉、腋动脉或腹股沟动脉。如果没有脉搏，必须同时进行心脏按摩。

2. 俯卧压背法

此法应用较普遍，但在人工呼吸中是一种较古老的方法。由于