

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材配套复审教材

电工作业

DIANGONG ZUOYE

(复审教材)

《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》编委会



气象出版社

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材配套复审教材

电工作业

(复审教材)

《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》编委会

气象出版社

内 容 简 介

本书以国家相关部门现有考核大纲、标准为依据,以现有各地教材为参考,广泛吸收培训复审工作中的经验,突出“安全”为主线和复审工作的特点,着重介绍了电工作业人员复审中所必须掌握的新技术、新工艺、新设备等安全技术知识,包括触电与急救,保证电气安全的要求与措施,接触电击防护,防火防爆、防雷防静电,电压电气设备安全,低压电气设备安全,临时用电与电气设备安全,电气安全用具与测量。书末有典型事故案例分析及防范措施。

图书在版编目(CIP)数据

电工作业/《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》编委会编. —北京:气象出版社,2003.4

全国特种作业人员安全培训考核统编教材配套复审教材

ISBN 7-5029-3562-2

I. 电… II. 全… III. 电工-安全技术-技术培训-教材 IV. TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 027202 号

气象出版社出版

(北京中关村南大街46号 邮编:100081 电话:68407061)

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail:qxcbs@263.net

责任编辑:成秀虎 终审:黄润恒

封面设计:阳光图文工作室 责任技编:陈红 责任校对:宋春香

*

北京燕龙印刷有限公司印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

*

开本:850×1168 1/32 印张:6 字数:155千字

2003年3月第1版 2006年3月第6次印刷

定价:9.00元

《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》 编审委员会

顾 问:王文琦

编写委员会:

主 任:曲世惠

副主任:孔 勇 甘心孟 董常军 张跃农 张双文

杨志增 王学彭 石连堂 高学光

委 员(按姓氏笔画排序):

弋忠勇 王学荣 孔申成 田 辉 冉庆杰

刘剑华 吴 杰 汪 洋 张伟华 李洪义

李培武 陈桂成 沈建柱 杜树珊 邵俊磊

林国文 杨进山 杨宝全 赵连波 徐向东

徐文琪 魏在江

审定委员会:

主 任:姜培生

副主任:孟广华 范士伟 邵本德 胡建昌 马方谟

陈福庆 毕建范 李绍宇

委 员(按姓氏笔画排序):

丁埃亮 乃成龙 于晓东 王成河 王家茂

王兆辉 丛 杰 史瑞奇 刘国华 刘成厚

纪玉清 李士明 李昌卫 吴日胜 陈崇文

周 涛 周厚明 杨亦文 郝蜀生 程威勇

前 言

特种作业容易发生伤亡事故,对操作者本人、他人及周围设施、设备的安全造成重大危害。统计资料分析表明,大量的事故都发生在这些作业中,而且大多数是由于直接从事这些作业的操作人员缺乏安全知识、安全操作技能差或违章作业造成的。依法加强对直接从事这些操作的作业人员即特种作业人员进行安全技术培训和考核并定期进行复审是非常重要的。

为保障人民生命财产的安全,促进安全生产,《安全生产法》等有关法律法规作出了一系列规定,要求特种作业人员必须经过专门的安全技术培训,持证上岗。电工、焊工、电梯、起重机械、厂内机动车辆等作业人员属特种作业人员,必须经专门的安全技术培训取得操作证才能上岗。且上岗之后,每两年还需进行一次复审。原国家劳动部、国家经委、国家质检总局、国家经贸委安全生产局、国家安全生产监督管理局等主管单位先后针对各工种特点,制定了具体的培训、复审大纲、标准和要求。这些法律法规和具体标准成为教材编写的依据。

特种作业人员培训工作开展多年,具有广泛的社会影响和群众基础。从目前情况看,需要第一次进行“培训”的人员越来越少,而需要两年进行一次“复审”的人员越来越多。就培训教材情况看,“培训”用的培训教材,国家经贸委安全生产局组织编写的全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材,已由气象出版社出版发行,而“复审”用的复审教材基本处于空白,因此,国家经贸委安全科学技术研究中心青岛办事处、青岛市安全生产协会、青岛东方盛安全技术有限公司(青岛国音安全信息网络有限公司)等单位共同组织了全国部分省市具有丰富培训工作经验的专家、教授、工程技术人员编写了这套复审教材。本套复审教材包括:《电工作业》、

《起重作业》、《金属焊接与切割作业》、《电梯作业》、《建筑登高作业》、《厂内机动车辆作业》、《工业制冷与空调作业》、《小型制冷与空调作业》等8种。本套教材由曲世惠、刘衍胜、孟广华、甘心孟、范士伟、邵本德、王宗振、董常军、张双文、崔绍源、李胜利、潘继才等同志主编。

本套教材的编写以国家相关部门现有考核大纲、标准为依据，以现有各地教材为参考，广泛吸收培训复审工作中的经验，突出“安全”为主线和复审工作的特点，着重介绍了特种作业人员复审中所必须掌握的新技术、新工艺、新设备等安全技术知识，书末有典型的故事案例分析，便于加强警示教育作用，每章配以适量的复习题，便于学员的复习和相关知识的掌握。整套教材集科学性、先进性、实用性于一体，力求高质量、高品位。

本套教材在编写过程中，得到了广东、甘肃、陕西、青海、内蒙古、福建、广西、新疆、西安、广州、包头、柳州、青岛、济南、烟台、威海、淄博、潍坊、聊城、济宁、泰安、德州等省市(区)安全监督、质量技术监督部门、劳动保护教育中心的大力支持，在此，谨对上述单位表示感谢。

《电工作业》(复审教材)由曲世惠、刘衍胜同志主编，参加编写的还有王怡范、陈树奉、江志德、汪洋、程咸勇、潘梓辉、赵连波、郑蕾、唐翠萍等。

由于水平有限，可能有疏漏之处，敬请读者指正。

编 者

2003年1月18日

目 录

第一章 触电与急救	(1)
第一节 电流对人体的危害.....	(1)
第二节 触电事故种类、方式与规律	(8)
第三节 触电急救	(13)
第二章 保证电气安全的要求与措施	(21)
第一节 电气安全工作基本要求	(21)
第二节 保证安全的组织措施	(23)
第三节 保证安全的技术措施	(28)
第四节 安全标识	(32)
第三章 接触电击防护	(34)
第一节 直接接触电击防护	(34)
第二节 间接接触电击防护	(42)
第三节 通用触电防护措施	(53)
第四章 防火防爆、防雷防静电	(63)
第一节 防火防爆安全要求	(63)
第二节 防雷防静电安全要求	(68)
第五章 高压电气设备安全	(73)
第一节 高压电气安全工作基本要求	(73)
第二节 主要高压电气设备安全要求	(79)
第三节 主要高压电气设备安全操作要求	(86)
第六章 低压电气设备安全	(93)
第一节 低压电气设备安全工作基本要求	(93)
第二节 主要低压电气设备的安全要求	(94)
第三节 电气线路安全.....	(111)
第七章 临时用电与电气设备安全	(123)
第一节 临时用电安全.....	(123)

第二节	移动设备安全要求	(126)
第三节	照明安全要求	(130)
第八章	电气安全用具与测量	(135)
第一节	电气安全用具	(135)
第二节	电气安全测量	(139)
第九章	典型事故案例分析及防范措施	(146)
附录 1	复习题	(156)
附录 2	课时安排表	(162)
附录 3	常用电气简图图形符号	(163)
附录 4	电气设备常用文字符号新旧对照表	(172)
附录 5	电气设备用图形符号(摘自 GB/T5465—1996)	(177)

第一章 触电与急救

随着社会的不断进步,电能已经成为人们生产生活中最基本和不可代替的能源。“电”日益影响着工业的自动化和社会的现代化。然而,当电能失去控制时,就会引发各类电气事故,其中对人体的伤害即触电事故是各类事故中最常见的事故。

本章主要介绍电流对人体的危害、触电事故种类与规律、触电急救等基本内容。

第一节 电流对人体的危害

电流对人体作用的规律,可用来定量地分析触电事故,也可以运用这些规律,科学地评价一些防触电措施和设施是否完善、科学地评定一些电气产品是否合格等。

一、作用机理

电流通过人体时破坏人体内细胞的正常工作,主要表现为生物学效应。电流作用人体还包含有热效应、化学效应和机械效应。

电流的生物学效应主要表现为使人体产生刺激和兴奋行为,使人体活的组织发生变异,从一种状态变为另外一种状态。电流通过肌肉组织,引起肌肉收缩。由于电流引起神经细胞激动,产生脉冲形式的神经兴奋波,当这兴奋波迅速地传到中枢神经系统后,后者即发出不同的指令,使人体各部作相应的反应,因此,当人体触及带电体时,一些没有电流通过的部位也可能受到刺激,发生强烈

的反应,重要器官的工作可能受到破坏。

在活的机体上,特别是肌肉和神经系统,有微弱的生物电存在。如果引入局外电流,生物电的正常规律将受到破坏,人体也将受到不同程度的伤害。

电流通过人体还有热作用。电流所经过的血管、神经、心脏、大脑等器官将因为热量增加而导致功能障碍。

电流通过人体,还会引起机体内液体物质发生离解、分解导致破坏。

电流通过人体,还会使机体各种组织产生蒸汽,乃至发生剥离、断裂等严重破坏。

二、作用征象

小电流通过人体,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、心律不齐、窒息、心室颤动等症状。数安以上的电流通过人体,还可能导致严重的烧伤。

小电流电击使人致命的最危险、最主要的原因是引起心室颤动。麻痹和中止呼吸、电休克虽然也可能导致死亡,但其危险性比引起心室颤动要小得多。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,血液实际上中止循环。心室颤动能够持续的时间是不会太长的。在心室颤动状态下,如不及时抢救,心脏很快将停止跳动,并导致生物性死亡。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。

由于电流的瞬时作用而发生心室颤动时,呼吸可能持续 2~3 分钟。在其丧失知觉之前,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,血液已中止循环,大脑和全身迅速缺氧,病情将急剧恶化,如不及时抢救,很快将导致生物性

死亡。

三、作用因素

不同的人于不同的时间、不同的地点与同一根导线接触,后果将是千差万别的。这是因为电流对人体的作用受很多因素的影响。

1. 电流大小的影响

通过人体的电流越大,人的生理反应和病理反应越明显,引起心室颤动所用的时间越短,致命的危险性越大。按照人体呈现的状态,可将预期通过人体的电流分为三个级别。

(1) 感知电流 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,下同)称为该概率下的感知电流。概率为50%时,成年男子平均感知电流约为1.1mA,成年女子约为0.7mA。

感知电流一般不会对人体造成伤害,但当电流增大时,感觉增强,反应加剧,可能导致坠落等二次事故。

(2) 摆脱电流 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度时,由于中枢神经反射和肌肉收缩、痉挛,触电人将不能自行摆脱带电体。在一定概率下,人触电后能自行摆脱带电体的最大电流称为该概率下的摆脱电流。

摆脱电流是人体可以忍受,一般尚不致造成不良后果的电流。电流超过摆脱电流以后,会感到异常痛苦、恐慌和难以忍受;如时间过长,则可能昏迷、窒息,甚至死亡。因此,可以认为摆脱电流是有较大危险的界限。

(3) 室颤电流 通过人体引起心室发生纤维性颤动的最小电流称为室颤电流。电击致死的原因是比较复杂的。例如,高压触电事故中,可能因为强电弧或很大的电流导致的烧伤使人致命;低压触电事故中,正如前面说过的,可能因为心室颤动,也可能因为室

息时间过长使人致命。一旦发生心室颤动,数分钟内即可导致死亡。因此,在小电流(不超过数百毫安)的作用下,电击致命的主要原因,是电流引起心室颤动。因此,可以认为室颤电流是短时间作用的最小致命电流。

2. 电流持续时间的影响

电击持续时间越长,则电击危险性越大。其原因有四。

(1) 电流持续时间越长,则体内积累局外电能越多,伤害越严重,表现为室颤电流减小。

(2) 心电图上心脏收缩与舒张之间约 0.2s 的 T 波(特别是 T 波的前半部),是对电流最为敏感的心脏易损期(易激期)。电击持续时间延长,必然重合心脏易损期,电击危险性增大。

(3) 随着电击持续时间的延长,人体电阻由于出汗、击穿、电解而下降,如接触电压不变,流经人体的电流必然增加,电击危险性随之增大。

(4) 电击持续时间越长,中枢神经反射越强烈,电击危险性越大。

3. 电流途径的影响

人体在电流的作用下,没有绝对安全的途径。电流通过心脏会引起心室颤动及至心脏停止跳动而导致死亡;电流通过中枢神经及有关部位,会引起中枢神经强烈失调而导致死亡;电流通过头部,严重损伤大脑,亦可能使人昏迷不醒而死亡;电流通过脊髓会使人截瘫;电流通过人的局部肢体亦可能引起中枢神经强烈反射而导致严重后果。

流过心脏的电流越多、电流路线越短的途径是电击危险性越大的途径。可用心脏电流因数粗略衡量不同电流途径的危险程度。心脏电流因数是表明电流途径影响的无量纲系数。如通过人体左手至脚途径的电流 I_1 与通过人体某一途径的电流 I 引起心室颤动的危险性相同,则该途径的心脏电流因数为不同途径的心脏电流因数,见表 1-1。

表 1-1 心脏电流因数

电 流 途 径	心脏电流因数
左手—左脚、右脚或双脚	1.0
双手—双脚	1.0
右手—左脚、右脚或双脚	0.8
左手—右手	0.4
背—左手	0.7
背—右手	0.3
胸—左手	1.5
胸—右手	1.3
臀部—左手、右手或双手	0.7

4. 电流种类的影响

不同种类电流对人体伤害的构成不同,危险程度也不同,但各种电流对人体都有致命危险。

(1) 直流电流的作用 在接通和断开瞬间,直流平均感知电流约为 2mA。300mA 以下的直流电流没有确定的摆脱电流值;300mA 以上的直流电流将导致不能摆脱或数秒至数分钟以后才能摆脱带电体。电流持续时间超过心脏搏动周期时,直流室颤电流为交流的数倍;电流持续时间 200ms 以下时,直流室颤电流与交流大致相同。

(2) 100Hz 以上电流的作用 通常引进频率因数评价高频电流电击的危险性。频率因数是通过对人体的某种频率电流与有相应生理效应的工频电流之比。100Hz 以上电流的频率因数都大于 1。当频率超过 50Hz 时,频率因数由慢至快,逐渐增大。

感知电流、摆脱电流与频率的关系可按图 1-1 确定。图中,1、2、3 为感知电流曲线,1 线感知概率为 0.5%、2 线感知概率为 50%、3 线感知概率为 99.5%;4、5、6 为摆脱电流曲线,摆脱概率分别为 99.5%、50%和 99.5%。

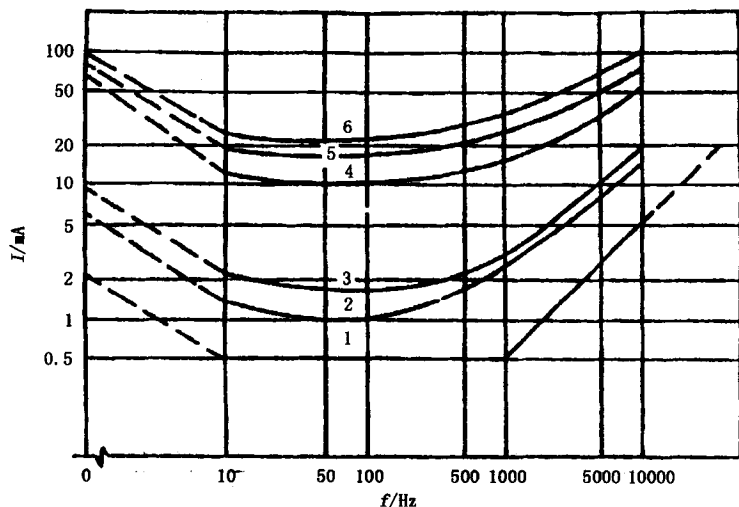


图 1-1 感知电流、摆脱电流—频率曲线

(3) 冲击电流的作用 冲击电流指作用时间不超过 $0.1 \sim 10\text{ms}$ 的电流,包括方脉冲波电流、正弦脉冲波电流和电容放电脉冲波电流。冲击电流对人体的作用有感知界限、疼痛界限和室颤界限,没有摆脱界限。冲击电流的疼痛界限常用比能量 I^2t 表示。在电流流经四肢、接触面积较大的情况下,疼痛界限为 $50 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6} \text{A}^2\text{s}$ 。对于左手—双脚的电流途径,冲击电流的室颤界限见图 1-2。图中, c_1 以下是不发生室颤的区域; c_1 与 c_2 之间是低度(概率 5% 以下)室颤危险的区域; c_2 与 c_3 之间是中等(概率 50%)室颤危险的区域; c_3 以上是高度(概率 50% 以上)室颤危险的区域。

5. 个体特征的影响

身体健康、肌肉发达者摆脱电流较大;室颤电流约与心脏质量成正比。患有心脏病、中枢神经系统疾病、肺病的人电击后的危险性较大。精神状态和心理因素对电击后果也有影响。女性的感知电流和摆脱电流约为男性的 $2/3$ 。儿童遭受电击后的危险性较大。

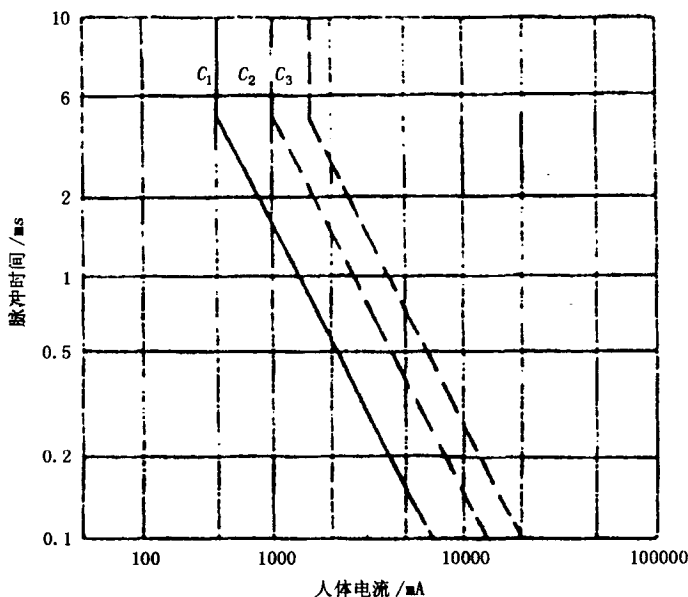


图 1-2 冲击电流的室颤界限

6. 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。

人体电阻主要包括人体内部电阻和皮肤电阻。人体内部组织的电阻,虽然是不稳定的,但有一个共同的特点,就是电阻值与外加电压的大小基本上没有关系。一般人的平均电阻值是 $1000 \sim 1500\Omega$ 。

当皮肤有损坏时,则皮肤的绝缘层被击穿,人体电阻就只剩下内部电阻了。

潮湿、出汗、导电的化学物质和尘埃(如金属或炭质粉末)等都能使皮肤的电阻显著下降。若皮肤上有汗水,电阻就会变得很低,电流对人体的作用就会增大。

环境温度对人体的电阻也有很大影响。实验得知,人体在周围

温度为 45℃ 时的电阻较在 18℃ 时减小一半以上。一个人若在 45℃ 的环境中停留 1h, 他的电阻就会比作短时间停留时小, 当他回到低温的环境中时, 电阻又会突然增大。

第二节 触电事故种类、方式与规律

众所周知, 触电事故是由电流形成的能量所造成的事故。为了更好地预防触电事故, 首先我们应了解触电事故的种类、方式与规律。

一、触电事故种类

按照触电事故的构成方式, 触电事故可分为电击和电伤。

1. 电击

电击是电流对人体内部组织的伤害, 是最危险的一种伤害, 绝大多数(大约 85% 以上)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: 直接接触电击是触及设备和线路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: 间接接触电击是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、机械效应等效应对人造成

的伤害。触电伤亡事故中,纯电伤性质的及带有电伤性质的约占75%(电烧伤约占40%)。尽管大约85%以上的触电死亡事故是电击造成的,但其中大约70%的含有电伤成分。对专业电工自身的安全而言,预防电伤具有更加重要的意义。

(1) 电烧伤 是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,分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤。前者是带电体与人体之间发生电弧,有电流流过人体的烧伤;后者是电弧发生在人体附近对人体的烧伤,包含熔化了了的炽热金属溅出造成的烫伤。直接电弧烧伤是与电击同时发生的。

电弧温度高达8000℃以上,可造成大面积、大深度的烧伤,甚至烧焦、烧掉四肢及其他部位。大电流通过人体,也可能烘干、烧焦机体组织。高压电弧的烧伤较低压电弧严重,直流电弧的烧伤较工频交流电弧严重。

发生直接电弧烧伤时,电流进、出口烧伤最为严重,体内也会受到烧伤。与电击不同的是,电弧烧伤都会在人体表面留下明显痕迹,而且致命电流较大。

(2) 皮肤金属化 是在电弧高温的作用下,金属熔化、汽化,金属微粒渗入皮肤,使皮肤粗糙而张紧的伤害。皮肤金属化多与电弧烧伤同时发生。

(3) 电烙印 是在人体与带电体接触的部位留下的永久性斑痕。斑痕处皮肤失去原有弹性、色泽,表皮坏死,失去知觉。

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

(5) 电光眼 是发生弧光放电时,由红外线、可见光、紫外线