

农村供电所人员 持证上岗复检 培训教材

国网黑龙江省电力有限公司◎编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

农村供电所人员 持证上岗复检 培训教材

国网黑龙江省电力有限公司◎编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为适应农村供电所人员上岗证复检培训而编写。包括触电伤害及其防护技术、现场急救知识、电力安全工器具、电气装置防火与防爆 4 章, 涉及安全电流与安全电压、电气安全保护装置、心肺复苏法、基本安全工器具的使用与管理等知识。

本书可供农村供电所人员上岗证复检培训及日常学习参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

农村供电所人员持证上岗复检培训教材 / 黑龙江省电力有限公司编. —北京: 中国电力出版社, 2014.3

ISBN 978-7-5123-5244-5

I. ①农… II. ①黑… III. ①农村配电—技术培训—教材
IV. ①TM727.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 279335 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 3 月第一版 2014 年 3 月北京第一次印刷

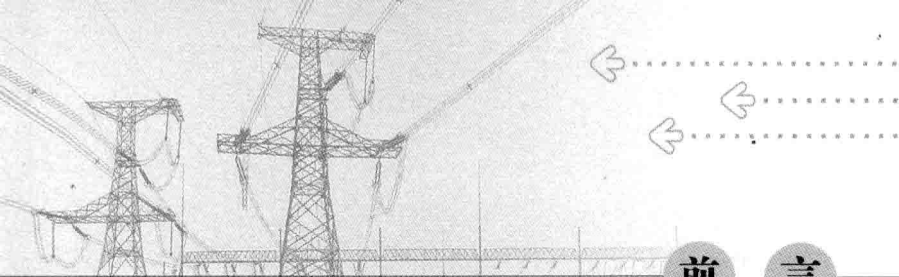
787 毫米×1092 毫米 32 开本 4 印张 80 千字

印数 00001—12000 册 定价 18.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前 言

为了增强基层供电企业员工综合素质和岗位适应能力，国网黑龙江省电力有限公司组织针对农网系统的岗前和在岗培训，并且通过复检培训来推进培训实效性。国网黑龙江省电力有限公司技能培训中心牡丹江分部的教学管理人员及相关教师共同策划、编写审定了本教材，满足相关系列培训教学的需要。

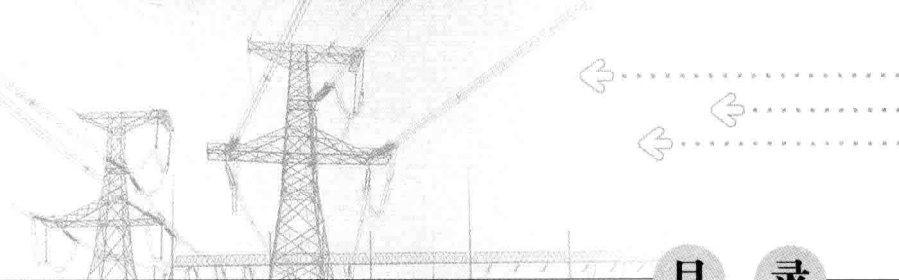
本书共分4章，主要介绍了触电伤害及其防护技术、现场急救知识、电力安全工器具等内容。黑龙江省电力有限公司技能培训中心牡丹江分部邱明、周立伟分别编写了第一、第二章和第三、第四章，金龙哲担任主编。全书由郎伟刚、陈明伟、金龙哲、张智、赵成审稿，郎伟刚担任主审。

在本书编写过程中，借鉴和参考了相关书籍（包括规程、规范），在此对相关人士的努力表示由衷的敬意。

由于编写时间仓促，水平、经验均有限，难免出现疏漏，敬请读者在使用中多提宝贵意见。

编 者

2013年12月



目 录

前言

第一章 触电伤害及其防护技术	1
第一节 触电对人体的伤害及其影响因素	1
第二节 安全电流与安全电压	9
第三节 人体触电方式	14
第四节 电气设备接地与接零	20
第五节 电气安全保护装置	33
第二章 现场急救知识	42
第一节 触电急救	42
第二节 心肺复苏法	51
第三章 电力安全工器具	64
第一节 电力安全工器具的作用、分类和管理规定	64
第二节 基本安全工器具的使用与管理	69
第三节 辅助安全工器具的使用与管理	84
第四节 一般防护安全工器具的使用与管理	90
第五节 安全标志和电力安全标示牌	100
第四章 电气装置防火与防爆	108
参考文献	122

触电伤害及其防护技术

第一节 触电对人体的伤害及其影响因素

【本节概述】 本节介绍电击、电伤的基本概念；要求掌握触电伤害的影响因素，以避免或减轻触电对人体的伤害。通过电伤害介绍，达到对电伤害的了解。



一、触电对人体的伤害

人体触及带电体时，电流通过人体，对人体造成伤害，其伤害形式主要有电击和电伤两种。

(一) 电击

1. 概念

当人体直接接触带电体时，电流通过人体内部，对内部组织造成伤害的称为电击。电击是最危险的触电伤害，多数触电死亡事故是由电击造成的。

2. 电击伤害

电击伤害主要是伤害人体的心脏、呼吸和神经系统，因而破坏人的正常生理活动，甚至危及人的生命。例如，电流通过心脏时，心脏泵室作用失调，引起心室颤动，导致血液循环停止；电流通过大脑的呼吸神经中枢时，会遏

止呼吸并导致呼吸停止；电流通过胸部时，胸肌收缩，迫使呼吸停顿、引起窒息，所以电击对人体的伤害属于生理性质的伤害。

（二）电伤

1. 概念

电伤是指电流的热效应、化学效应、机械效应等对人体外部（表面）造成的局部创伤。电伤往往在肌体上留下伤痕，严重时，也可导致人的死亡。在高压触电事故中，电伤和电击往往同时发生。

2. 电伤分类

电伤可分为电灼伤、电烙印、皮肤金属化、电光眼、机械性损伤五种。

（1）电灼伤。电灼伤是指电流热效应产生的电伤，它分为电流灼伤和电弧灼伤两种情况。

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。由于人体与带电体的接触面积一般都不大，且皮肤电阻又比较高，因而产生在皮肤与带电体接触部位的热量就较多，因此，使皮肤受到比体内严重得多的灼伤，且电流越大、通电时间越长、电流途径上的电阻越大，则电流灼伤越严重。较低的电压，造成灼伤的电流不太大，但数百毫安的电流即可造成灼伤，数安的电流则会形成严重的灼伤。因此，一般电流灼伤只发生在低压电气设备上。

电弧灼伤是由弧光放电造成的烧伤，它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，有电流通过人体的烧伤。间接电弧烧

伤是电弧发生在人体附近对人体的烧伤。在低压系统中，带负荷（特别是感性负荷）拉开裸露的刀开关时，产生的电弧可能烧伤人的手部和面部；线路短路，跌开式熔断器的熔丝熔断时，炽热的金属微粒飞溅出来也可能造成烫伤；因误操作引起短路也可能导致电弧烧伤人体。

（2）电烙印。电烙印是指电流化学效应和机械效应产生的电伤。电烙印通常在人体和带电部分接触良好的情况下才会发生。其后果是皮肤表面留下和所接触的带电部分形状相似的圆形或椭圆形的肿块痕迹。有明显的边缘，且颜色呈灰色或淡黄色，受伤皮肤硬化失去弹性，表皮坏死，形成永久性斑痕，造成局部麻木或失去知觉。

（3）皮肤金属化。皮肤金属化是指在电流的作用下，产生的高温电弧使电弧周围的金属熔化、蒸发成金属微粒并飞溅渗入到人体皮肤表层所造成的电伤。

（4）电光眼。电光眼是指当发生弧光放电时，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，有时需要数日才能恢复视力。

（5）机械性损伤。机械性损伤是指电流作用于人体，由于中枢神经反射和肌肉强烈收缩等作用导致的机体组织（皮肤、血管、神经）断裂，关节脱位及骨折等伤害。

二、触电伤害的影响因素

电流通过人体时，对人体伤害的严重程度与通过人体的电流的大小、电流通过人体的持续时间、电流的频率、电流通过人体的途径以及人体状况等多种因素有关。而且各种因素之间有着十分密切的关系。

1. 电流大小

通过人体的电流越大，人体的生理反应越明显，感受越强烈，引起心室颤动或窒息的时间越短，致命的危险性越大，因而伤害也越严重。一般来说，通过人体的交流电（50Hz）超过 10mA、直流电超过 50mA 时，触电者自己难以摆脱电源，这时就有生命危险。工频电流对人体的影响见表 1-1。

表 1-1 工频电流对人体的影响

等级范围	电流 (mA)	电流持续时间	人体生理反应
O	0~0.5	连续通电	没有感觉
A1	0.5~5	连续通电	开始有感觉，手指手腕等处有麻感，没有痉挛，可以摆脱带电体
A2	5~30	数分钟以内	痉挛，不能摆脱带电体，呼吸困难，血压升高，是可忍受的极限
A3	30~50	数秒到数分钟	心脏跳动不规则、昏迷、血压升高、强烈痉挛、时间过数秒到数分钟
B1	50 至数百	低于心脏搏动周期	受强烈刺激，但未发生心室颤动
		超过心脏搏动周期	昏迷、心室颤动、接触部位留有电流通过的痕迹
B2	超过数百	低于心脏搏动周期	发生心室颤动、昏迷，接触部位留有电流通过的痕迹
		超过心脏搏动周期	心脏停止跳动，昏迷，可能致命

注 O 是表示没有感觉的范围；A1、A2、A3 是一段不引起心室颤动、不致产生严重后果的范围；B1、B2 是容易产生严重后果的范围。

2. 电流通过人体的持续时间

表 1-1 中表明，电流对人体的伤害与电流作用于人体的时间长短有密切关系。通电时间越长，越容易引起心室颤动，危险性就越大，其主要原因有：

(1) 人体电阻减小。电流通过人体的持续时间长，人体电阻由于出汗、电解而下降，使通过人体的电流进一步加大，从而危险也随之增加。

(2) 能量增加。电流持续时间越长，体内积累外界电能越多，伤害程度越大。电击能量为电流大小与触电时间的乘积。电击能量超过 $50\text{mA} \cdot \text{s}$ （毫安·秒）时，人就有生命危险。

(3) 与心脏易损期重合的可能性增大。在心脏搏动周期中，只有相对应于心电图上约 0.2s 的 T 波这一特定时间是对电流最敏感的。该特定时间称为易损期。电流作用于人体持续时间越长，与易损期重合的可能性越大，电击的危险性也就越大。

3. 电压高低

一般来说，当人体电阻一定时，人体接触的电压越高，通过人体的电流就越大。实际上，通过人体的电流与作用在人体上的电压不成正比，这是因为随着作用于人体电压的升高，皮肤会破裂，人体电阻急剧下降，电流会迅速增加。

4. 电流频率

电流频率不同，对人体伤害程度也不同，一般来说，常用的 $50\sim 60\text{Hz}$ 工频交流电对人体的伤害最为严重，交流电的频率偏离工频频率越大，对人体伤害的危险性就越

低。在直流和高频情况下，人体可以耐受较大的电流值，因此，医生常用高频电流给病人理疗。不同频率的电流对人体的危害程度如表 1-2 所示。

表 1-2 不同频率的电流对人体危害的程度

电流频率 (Hz)	对人体的危害程度	电流频率 (Hz)	对人体的危害程度
0~25	有 50% 的死亡率	120	有 31% 的死亡率
50~60	有 95% 的死亡率	200	有 22% 的死亡率
50~100	有 45% 的死亡率	500	有 14% 的死亡率

5. 人体电阻

人体电阻是定量分析人体电流的重要参数之一，也是处理许多电气安全问题所必须考虑的基本因素。皮肤如同人的绝缘外壳，在触电时起着一定的保护作用。当人体触电时，通过人体的电流与人体电阻有关，人体电阻越小，通过人体的电流就越大，也就越危险。

人体电阻包括皮肤电阻和体内电阻。皮肤电阻在人体电阻中占有较大的比例，人体电阻不是固定不变的，而与下面若干因素有关。

(1) 接触电压。人体电阻的数值随着接触电压升高而明显下降，如表 1-3 所示。

表 1-3 随着接触电压变化的人体电阻

接触电压 (V)	12.5	31.3	62.5	125	220	250	380	500	1000
人体电阻 (Ω)	16500	11000	6240	3530	2222	2000	1417	1130	640

(2) 接触面积。人体电阻与人体和带电体的接触面积有关，随着接触面积的增加而减小。人体与带电体接触的松紧也会影响人体的电阻。

(3) 皮肤状况。皮肤潮湿和出汗时，以及带有导电的化学物质和导电的金属尘埃，特别是皮肤破坏后，人体电阻急剧下降，如表 1-4 所示。因此，人们不应当用潮湿的或有汗、有污渍的手去操作电气装置。

表 1-4 皮肤在不同状况下的人体电阻

接触电压 (V)	人体电阻 (Ω)			
	皮肤干燥	皮肤潮湿	皮肤湿润	皮肤浸入水中
10	7000	3500	1200	600
25	5000	2500	1000	500
50	4000	2000	875	400
100	3000	1500	770	375
250	1500	1000	650	325

(4) 其他因素。体内电阻与电流途径有关，不同类型的人，其人体电阻也不同。女子的人体电阻比男子的小，儿童的比成人的小，青年人的比中年人的小。遭受突然的生理刺激时，人体电阻可能明显降低；环境温度高或空气中的氧不足等，都可使人体电阻下降。

6. 电流通过人体的途径

电流通过心脏会引起心室颤动，电流较大时会使心脏停止跳动，从而导致血液循环中断而死亡；电流通过中枢神经或有关部位，会引起中枢神经严重失调而导致死亡；电流通过头部会使人昏迷，或对脑组织产生严重损坏而导

致死亡；电流通过脊髓，会使人瘫痪等。

上述伤害中，以心脏伤害的危险性为最大。因此，流过心脏的电流途径，是电击危险性最大的途径。表 1-5 列举了电流通过人体的途径与流经心脏电流比例的关系。从表中可以看出：最危险的途径是从左手到胸部（心脏）到脚；较危险的途径是从手到手；危险性较小的途径是从脚到脚。

表 1-5 电流通过人体的途径与流经心脏电流比例的关系

电流通过人体的途径	流经心脏电流与通过人体总电流的比例	电流通过人体的途径	流经心脏电流与通过人体总电流的比例
从一只手到另一只手	3.3%	从右手到脚	3.7%
从左手到脚	6.4%	从一只脚到另一只脚	0.4%

7. 人体状况

人体本身的状况与触电对人体的伤害程度有着密切关系：

(1) 性别。女性对电的敏感性要比男性的高，女性的感知电流和摆脱电流约比男性的低 1/3，因此在同等的触电电流下，女性比男性更难以摆脱。

(2) 年龄。在遭受触电后，小孩的伤害程度要比成年人重。

(3) 健康状况。凡患有心脏病、神经系统疾病、肺病等严重疾病或体弱多病者，由于自身抵抗能力较差，故比健康人更易受伤害。

(4) 心理、精神状态。有无思想准备的情况下，对电的敏感程度是有差异的，酒醉者、疲劳过度者、心情欠佳者等情况会增加触电伤害程度。

思考题

1. 什么是电击？哪些情况会造成电击伤害？
2. 电流对人体伤害的程度主要与哪些因素有关？
3. 人体电阻的大小与哪些因素有关？

第二节 安全电流与安全电压

【本节概述】 本节介绍安全电流值、安全电压值的确定依据，安全电流值及安全电压等级。要求能够判断某电压、电流是否安全。



一、安全电流

1. 确定安全电流值的依据

通常情况下，只要通过人体的电流小于摆脱电流，就不致造成不良后果，所以可把摆脱电流看作是人体允许的安全电流。

对于工频交流电，按照不同电流强度通过人体时的生理反应可将作用于人体的电流分成以下三种类型：

(1) 感知电流。感知电流是指在一定概率下，电流流过人体时可引起人有任何感觉的最小电流。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，反应加大，可能因不自主反应而导致从高处跌落，造成二次事故。

(2) 摆脱电流。摆脱电流是指在一定概率下，人触电后能够自行摆脱带电体的最大电流。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。摆脱电流是人体可以承受的最大电流，因而一般不致造成不良后果，并且与时间因素无关。

(3) 室颤电流。室颤电流是指引起心室颤动的最小电流。

室颤电流除取决于电流持续时间、电流途径、电流种类等电气参数外，还取决于机体组织、心脏功能等个体生理特征。室颤电流在流经人体时，心脏的正常活动被破坏，不能进行强力收缩，从而失去向机体循环供血的能力，这就是所谓的心室颤动。实验表明，室颤电流与电流持续时间有很大关系，如表 1-6 所示。

表 1-6 电流对人体的影响

电流 (mA)	交流电源 (50Hz)		直流电源
	通电时间	人体反应	人体反应
0~0.5	连续	无感觉	无感觉
0.5~5	连续	有麻刺、疼痛感，无抽搐	无感觉
5~10	几分钟内	痉挛、剧痛，尚可摆脱电源	针刺、压迫及灼热感
10~30	几分钟内	迅速麻痹，呼吸困难，不自主	压痛、刺痛，灼热强烈，抽搐
30~50	几秒到几分钟内	心跳不规则，昏迷，强烈痉挛	感觉强烈、剧痛痉挛
50~100	超过数分钟	心跳不规则，昏迷，强烈痉挛	剧痛，强烈痉挛，呼吸困难或麻痹

2. 安全电流值

作用于人体的电流，交流为 50~60Hz、10mA，直流

为 50mA 时，一般人手仍能脱离电源，无生命危险，故可把 50~60Hz、10mA 及直流 50mA 确定为人体的安全电流值。当通过人体的电流低于这个数值时，人体通常是不会受到伤害的。

二、安全电压

1. 概念

在各种不同环境条件下，人体接触到有一定电压的带电体后，其各部分组织（如皮肤、心脏、呼吸器官和神经系统等）不发生任何损害，该电压称为安全电压。它是为了防止触电故而采用的由特定电源供电的电压系列，是制订安全措施的依据。

2. 安全电压的等级

根据我国的具体条件和环境，规定安全电压等级为：42、36、24、12、6V 五个等级。当电气设备采用的电压超过安全电压时，必须按规定采取对直接接触带电体的保护措施。

3. 安全电压的选用

电气设备的安全电压应根据使用场所、操作人员条件、使用方式、供电方式和线路等多种因素进行选用。安全电压可参照表 1-7 选用。

表 1-7 安全电压的等级及选用举例

安全电压（交流有效值）（V）		选 用 举 例
额定值	空载电压上限	
42	50	在有触电危险的场所使用的手持式电动工具等

续表

安全电压（交流有效值）（V）		选 用 举 例
额定值	空载电压上限	
36	43	在矿井、多导电粉尘等场所使用的行灯等
24	29	在矿井、多导电粉尘等场所使用的行灯等
12	15	
6	8	存在高度触电危险的环境以及特别潮湿的场所

4. 安全电压是否绝对安全

安全电压绝对安全吗？人体的电阻率不是定值，因人而异、因所处情况而异，所以人在触电时是否能造成伤害，有诸多方面的原因，它与环境的温度、湿度有关，甚至与人的心情有关系。因此，安全电压也不是绝对的，如果环境潮湿，一样可以使人致命。近年来已有多起 42V 或 36V 触电致死案件，相关标准规定，当电气设备采用 24V 以上安全电压时，必须采取防护直接接触电击的措施，所以现今规定安全电压降为 24V，潮湿等高危场所安全电压降为 12V 甚至 6V 以下。干燥情况下人体电阻很大，几兆到几百千欧以上，36V 根本不致于使通过人体电流超过 30mA，但人体在潮湿的环境下，尤其是人体再有汗液时接触带电体，即使电压只有 36V，但电流会很大，也会使人致命，因此一般使用 12V 以下的安全电压。目前，我国移动电话、数码产品等小功率手持设备一律采用 12V 电源就是这个道理（但仍然不是绝对的！大功率电器就不适用于安全电压）。