

小张学电气安全

魏新生 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

小张学电气安全

魏新生 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍了电工工作中必备的电工安全知识。全书共分八章,主要内容包括电气安全技术基本知识、电气安全管理基本知识、家庭电气安全、工矿企业电气安全、公共场所电气安全、电气火灾及预防、雷电与静电、触电急救。

本书内容丰富,讲解深入浅出、浅显明了,既可作为初学电工以及每个家庭掌握电气安全知识的良好入门学习教材,也适合低压电工的学习,同时对家庭的一般安全用电也会给予一定的帮助。

图书在版编目(CIP)数据

小张学电气安全/魏新生编著. —北京:中国电力出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-5123-5793-8

I. ①小… II. ①魏… III. ①电气安全-基本知识
IV. ①TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 075076 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 8 月第一版 2014 年 8 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 6.375 印张 163 千字

印数 0001—3000 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

小张学电气安全

电工工种是所有企业、事业单位最必需的特殊工种之一。电工作业存在于每个单位甚至每个家庭中，因此做好电工作业的安全普及是每个企业安全管理者、从事电工作业人员乃至全社会必须关注的问题。

社会发展到今天，我们的工作离不开电，我们的生活同样离不开电。电给人们带来方便和效益的同时也带来一定的危害，掌握安全用电常识，熟悉安全用电技术，学会安全用电便是本书作者的初衷。

本书共分八章，第一章主要讲述了电气安全的基本知识，第二章主要介绍了高压电气安全管理方面的内容，第三章介绍与家庭用电有关的安全常识；第四章的主要内容是工矿企业安全用电；第五章着重介绍公共场所的安全电气知识；第六章讲述了电气火灾及其防护方面的知识；第七章讲解防止雷电和静电的危害；第八章详细介绍了触电急救的知识。

本书作者结合自身扎实的理论基础和丰富的现场实际经验，采用小张与师傅对话的形式，深入浅出地向读者介绍了电气作业的安全知识，特别是通过一些身边发生的电气安全案例进行电气事故分析，并提出了防止类似事故的措施，希望在全社会，特别是从事电气作业人员牢固树立电气安全意识，规范电气作业标准，抛弃电气习惯性违章作业的陋习。

由于编者知识水平有限，书中难免存在疏漏之处，希望读者能提出改进的宝贵意见，将不胜感激。

编者

2014年6月



目录

小张学电气安全

前言

第一章 电气安全技术基本知识 1

第一节 人体触电概述 1

影响触电伤害程度的因素 1

人体触电的类型 5

防止人体触电的措施 7

第二节 电气安全用具及其使用 18

基本绝缘安全用具 19

辅助绝缘安全用具 23

一般防护安全用具 25

第二章 电气安全管理基本知识 28

第一节 高电压作业的安全管理 28

高电压工作的基本要求 28

变电站电工应遵守的规定 32

在高压设备上工作应遵守的规定 34

保证人身安全的组织措施 36

工作间断、转移和终结制度 39

保证人身安全的技术措施 41

第二节 低电压作业的安全管理 49

低电压作业的安全规定 49

低电压作业的安全措施 51

第三章 家庭电气安全 56

第一节 配电系统 56

TN-C 系统 56

TN-S 系统 57

TN-C-S 系统 57

TT 系统 58

IT 系统 59

第二节 家庭生活安全用电 60

家庭电气安全常识 60

家用电器安全常识 62

第三节 家庭装修安全用电 67

等电位连接 72

第四章 工矿企业电气安全 76

第一节 企业安全用电的管理 76

企事业单位用电的管理制度 77

建立完善各种记录 77

两票三制制度 83

第二节 企业安全用电的技术要点 100

设备接地 100

规范变电站操作程序 105

第五章 公共场所电气安全 107

第六章 电气火灾及预防 114

第一节 电气火灾发生的原因 114

电气火灾的特点 114

发生电气火灾的原因 115

第二节 电气火灾的扑救	118
切断现场电源	118
电气设备火灾扑救	120
电缆火灾的扑救方法	122
第三节 电气火灾的预防措施	125
企事业单位电气火灾预防措施	125
家庭电气火灾预防措施	128
第四节 电气防爆	129
爆炸的基础认识	129
爆炸危险的划分	132
防爆电器的划分	135
气体、蒸气爆炸危险环境中的电气设备选择	139
粉尘、纤维爆炸危险环境中电气设备的选型	142
火灾危险环境中电气设备选型	143
防爆电气线路的确定	143
粉尘、纤维爆炸危险环境中的电气线路选择	147

第七章 雷电与静电 149

第一节 雷电的种类及危害	149
雷击事故的特点和雷击对象	150
雷电的类型及危害	151
第二节 雷电的防护	152
预防直击雷	153
对于雷电侵入波的防护	157
个人的雷电防护	165
雷击灼伤的急救处理	168
第三节 静电的危害与防护	169

静电的认识	169
静电的特点	169
静电的危害	170
静电的预防措施	171
固体原料静电防护的具体措施	177
液态物料的静电防护措施	178
气(粉)态物料的静电防护措施	180
人体的静电防护措施	181

第八章 触电急救 182

第一节 触电急救的原则

动作迅速、方法正确

竭尽全力、持之以恒

第二节 触电急救的方法

单人操作

双人徒手操作



第一章

电气安全技术基本知识

这天一大早刚刚上班，电气车间王主任找到车间安全员刘师傅说：“咱们车间新分来几名工人，从今天起，您就先给他们培训电气安全知识。”

第一节 人体触电概述

刘师傅把几个小青年领到车间的安全室，等年轻人坐好了，刘师傅开门见山说：“你们新参加工作，按规定首先要进行安全知识的培训。”还没等刘师傅说完，新工人小张就插言道：“昨天晚上，我家邻居没注意触电了，送医院抢救了，什么结果还不知道呢。”刘师傅说：“这就是要给你们讲的电气安全问题。”



影响触电伤害程度的因素

“人体实际上是个导体。”刘师傅首先从人体的触电说起，“当电流流经人体时，人就触电了，流经人体电流的热效应会引起肌体的损伤，这种伤害可以分为两种类型：电伤和电击。”

电伤是指由于电流的热效应、化学效应和机械效应对人体的表面造成的伤害，一般无生命危险。电击是指电流流过人体内部，造成人体内部器官的伤害，很容易致人死亡。”

小张听到这里又问道：“刘师傅，同样都是触电了，为什么有轻有重呢？”



小张学电气安全

刘师傅接着说：“触电伤害程度有轻有重的因素有这么几个原因：

1. 电流强度及电流作用时间

流经人体的电流越大，造成的伤害就越重。按人体对电流的生理反应，可以将电流分为三种。一是感知电流，就是当人触电时电流通过人体使人体能够感觉到触电了，但又不使人体伤害的电流，一般交流电流为 0.5mA ，直流电流为 2mA 。”

小张惊讶地说：“电流这么小，就可以感觉到呀！”

刘师傅接着说：“二是摆脱电流，就是人触电后，能靠自主意识摆脱的电流。一般男性为 12mA ，女性为 9mA 。”

小张又问：“男女为什么不同呀？”

刘师傅说：“因为男女体质不同，男性人体的电阻值大于女性人体的电阻值。电流通过人体时，会造成人体麻酥、灼热和疼痛的感觉。”

刘师傅继续说：“三是致命电流，即电流通过人体后能危及生命的电流，一般为 30mA 。我这里有个关于电流对人体作用的列表。”说着刘师傅在黑板上画了个表（见表 1-1）。

表 1-1

电流对人体的作用

电流 (mA)	50Hz 交流电	直流电
0.6~1.5	手指开始感觉发麻	无感觉
2~3	手指感受觉强烈发麻	无感觉
5~7	手指肌肉感觉痉挛	手指感灼热和刺痛
8~10	手指关节与手掌感觉痛，手已难以脱离电源，但尚能摆脱电源	感灼热增加
20~25	手指感觉剧痛，迅速麻痹，不能摆脱电源，呼吸困难	灼热更增，手的肌肉开始痉挛
50~80	呼吸麻痹，心房开始震颤	强烈灼痛，手的肌肉痉挛，呼吸困难
90~100	呼吸麻痹，持续 3min 后或更长时间后，心脏麻痹或心房停止跳动	呼吸麻痹

刘师傅加重口气说：“但是，如果电流流经人体的时间比较长，即使电流比较小，也能致死人的。也就是说，同样的电流，作用在人体的时间越长，触电对人体的伤害越大。所以我们在平时发生有人触电时，一定要在最短的时间内使触电的人脱离触电现象。”

小张问：“那还有什么因素呢？”

2. 人体电阻不同

刘师傅又接着讲道：“当人体接触带电体时，人体就被当做电路元件接入回路。人体阻抗通常包括外部阻抗（与触电者当时所穿衣服、鞋袜以及身体的潮湿情况有关，从几千欧~几十兆欧不等）和内部阻抗（与触电者的皮肤阻抗和体内阻抗有关）。人体阻抗不是纯电阻，主要由人体电阻决定。人体电阻也不是一个固定的数值，一般认为干燥的皮肤在低电压下具有相当高的电阻，约 $100\text{k}\Omega$ 。当电压在 $500\sim 1000\text{V}$ 时，这一电阻便下降为 1000Ω 。表皮具有这样高的电阻是因为它没有毛细血管。手指某部位的皮肤还有角质层，角质层的电阻值更高，而不经常摩擦部位的皮肤的电阻值是最小的。皮肤电阻还同人体与导体的接触面积及压力有关。

当表皮受损暴露出真皮时，人体内因布满了输送盐溶液的血管而有很低的电阻。一般认为，接触到真皮里，一只手臂或一条腿的电阻大约为 500Ω 。因此，由一只手臂到另一只手臂或由一条腿到另一条腿的通路相当于一只 1000Ω 的电阻。假定一个人用双手紧握一带电体，双脚站在水坑里而形成导电回路，这时人体电阻基本上就是体内电阻约为 500Ω 。

在同样的电压下，人体的电阻值越大，流经人体的电流也越小，造成的伤害也越轻。一般情况是男性人体电阻比女性人体电阻大，年长者人体电阻比年轻者人体电阻大，身体强壮者的人体电阻比体弱者人体电阻大。我国人体电阻平均在 1700Ω 左右，人体电阻又分为表皮电阻和体内电阻，而 80% 的人体电阻集中



在表皮。

3. 触电时作用于人体的电压

触电时，作用于人体的电压直接关系到流经人体电流的大小，当人体电阻一定时，触电时接触到的电压越高，流经人体的电流就越大，对人体的伤害就越严重。

4. 电流流经的路径

触电时，电流流经人体的路径不同，对人体的伤害也不同，当电流大部分流经心脏时对人体的伤害最重。当触电者遇到跨步电压，电流从两脚通过时，对人体伤害比较小，但是当受害者因痉挛而倒地时，电流会流经全身导致二次伤害，就会导致严重后果。

5. 电流频率的影响

电流的频率不同时，对人体的伤害也随之不同。我这里有个触电频率和死亡率的对应表。”说着在黑板上画出了一个表（见表1-2）。

表 1-2

触电频率和死亡率对应表

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

刘师傅画完这个表，接着说：“我国使用的工业频率（简称工频）是交流 50~60Hz，从这个表可以看出，该频率对人体的伤害最重。而直流电对人体的伤害相对就比较小。”

刘师傅又接着说道：“最后一个影响伤害程度的因素是人体状态的影响。

6. 人体状态的影响

电流作用于人体时，与人的年龄、性别、健康状态都有很大关系。电流一定时男性比女性伤害小，大人比小孩伤害小，身体强壮的人比体弱有病的人伤害小。”

小张听刘师傅介绍了这么多，有点担心地问：“刘师傅，这

么多因素，我们怎么样才能在触电时，减少伤害呢？”

刘师傅说：“那我们首先要了解人体触电的类型和方式。”



人体触电的类型

刘师傅继续说：“触电主要有直接接触触电和间接接触触电两种。”

“什么是直接接触触电和间接接触触电？”小张迫不及待地问了一句。

刘师傅接着说：“我们首先来看什么是直接接触触电。人体与带电体的直接接触而发生的触电就叫直接接触触电，一般有单相触电和相间触电两种。

单相触电是指人体在地面或接地体上，人体的某一部位触及到某一相带电体而发生的触电。单相触电的危害程度与系统中性点运行方式有关。如图 1-1 所示，中性点直接接地系统发生单相触电时，相电压作用于人体，此时相电流经过触电的相线、人体、大地、中性点接地线、中性点形成回路，这个电流远远大于 30mA，足以使人致命。

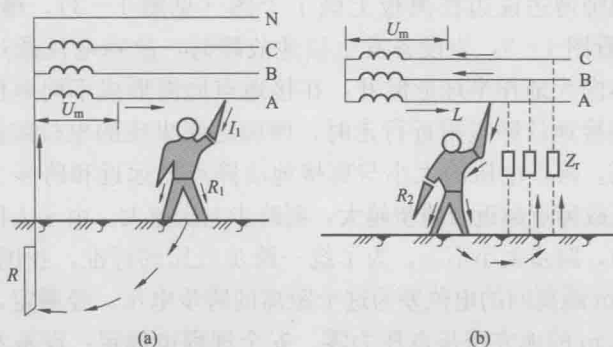


图 1-1 单相触电示意图

(a) 中性点直接接地系统的单相触电；(b) 中性点不接地系统的单相触电

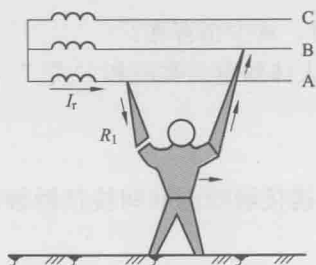


图 1-2 相间触电示意图

如图 1-2 所示，人体同时接触到带电设备的其中两相，就是相间触电。相间触电时，作用于人体的是线电压，线电流经过人体与触电的两相形成回路。在与单相触电相同的情况下，这个经过人体的电流是单相触电电流 $\sqrt{3}$ 倍，更容易使人致命。”

小张接着问道：“刘师傅，人体直接碰到有电的部位触电，是直接接触触电，这很好理解，那间接接触触电呢？”

刘师傅耐心地说：“间接接触，不要理解为隔着东西接触，可以这样理解，就是设备原来不应该有电的部位，人体可以正常接触。但是由于设备绝缘损坏，使得这些部位带了电，与大地之间有了电压，当人体再与这些部位接触时，就会发生的触电。”

刘师傅说完，看了一下小张，见小张疑惑地毫无表情，又接着说：“它包含了跨步电压触电与接触电压触电两类。”

刘师傅边说边在黑板上画了个图（见图 1-3），继续说：“你们看图 1-3，当设备发生接地故障时，故障电流通过设备接地体向大地作半球形散开，在接地点周围形成不同电位，当人体在接地故障点附近行走时，两脚之间出现的电位差就是跨步电压。跨步电压的大小与离接地故障点的远近和跨步大小有关，离故障点越近及跨步越大，则跨步电压越大。由于人体的体格差异，跨步大小不一，为了统一跨步电压的标准，我国规定：以 0.8m 距离间的电位差为这个距离的跨步电压。经测定，距故障点 20m 的地方跨步电压为零。安全规程也规定：设备发生接地故障或带电导线落地时，室外工作人员不得接近故障点 8m，室内不得接近故障点 4m；工作需要必须进入时要穿绝缘鞋，戴绝缘手套。”

小张看着图 1-3 问道：“刘师傅，那如果我就在设备附近，设备发生了接地故障，我应该怎么办？”

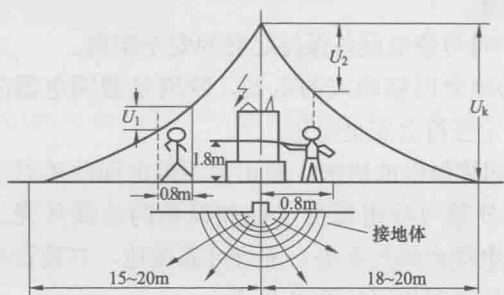


图 1-3 接地电流的散流场、地面电位分布示意图

U_k —接地短路电压； U_1 —跨步电压； U_2 —接触电压

刘师傅笑了笑说：“看来小张是用了脑子，如果设备发生接地故障时，而你又正在这个范围内，那么一定不要惊慌，更不能跑动，迅速两脚并拢站立或单脚跳出这个距离范围即可。”

“下面我再解释一下接触电压触电。”刘师傅接着说，“接触电压就是设备绝缘损坏时，人体同时触及该设备两个部位之间出现的电位差。如，人站在接地故障设备旁边，手触及了设备金属外壳，则人手与脚之间出现的电位差，即为接触电压。具体说，一台电动机，平时外壳是不带电的，我们经常擦拭或接触，一旦内部绝缘损坏，电动机外壳带了电，我们再接触电动机的外壳就会触电，这就是接触电压触电。”



防止人体触电的措施

小张听了人体触电的因素后问道：“刘师傅，那我们平时怎样防止人身触电呢？”

刘师傅说：“根据前面讲到的人体触电的因素，一般可以采取两大类防护：

(1) 对直接接触的防护。



1) 对正常带电导体加隔离遮栏或加保护罩,例如,对于开关柜就必须有隔离栅栏,另外特别是老式的胶盖刀开关,其保护罩也必须完整。

2) 工作时与带电设备保持足够的安全距离。

3) 对必须使用移动式的电器,特别是照明电器时,电器的工作电压一定要符合安全电压。

(2) 对间接触电的防护。对正常不带电而故障时可出现危险电压的设备外露可导电部分(例如设备的金属外壳、基础、构架、框架、电缆金属外皮等)进行可靠接地,并装设接地故障保护,当发生故障时用切断电源。”

“刘师傅,刚才你提到了使用移动式的电器特别是照明电器时要使用安全电压,这个安全电压是怎么回事?”

“哦,是这样的。”刘师傅又耐心解释,“安全电压就是触电时不致使人直接致命或致残的电压。安全电压应满足以下三个条件:①标称电压不超过交流 50V、直流 120V;②由安全隔离变压器供电;③安全电压电路与供电电路及大地隔离。前面我们已经知道了触电致命电流是 30mA,人体平均电阻是 1700Ω ,它们的乘积就是安全电压值,大约 50V。我们取一个更安全的系数,把交流安全电压规定为 42、36、12V 和 6V。同时也规定了直流安全电压的上限为 120V。”

没等刘师傅说完,小张就急忙问道:“刘师傅,安全电流只有 1 个,为什么安全电压有 4 个?”

刘师傅接着说:“因为不同的工作环境中,触电的概率和危害不同,为了保证在任何情况下万一发生人身触电事故时,人体的触电电流不大于 30mA,所以就有了不同的安全电压。比如,一般的工作环境使用手持电动工具,可以使用 42V 的安全电压;而在矿井、多导电粉尘的工作环境,使用的行灯就要使用 36V 的安全电压;在潮湿的电缆沟里,使用行灯就要使用 12V 安全电压;特别是在滴水的环境里,使用的手持电动工具

或行灯就一定要用 6V 的安全电压。如果我们在使用安全电压的时候,不用交流电源而改用直流电源,那么就大大提高了安全系数。”

小张听到这里不由自主地点点头。同时也向刘师傅问道:“刘师傅,刚才您在讲防止触电的措施中还提到一个对防止间接触电的措施是将设备有关部位接地,这是怎么回事?”

1. 接地保护

“我们首先了解一些接地的基本常识,所谓接地,就是把设备的某一部分通过接地装置同大地紧密连接在一起。埋在地下的金属导体,称为接地体。连接接地体和设备的导线,称为接地线。接地线在电气设备正常运行时是没有电流通过的,只有电气设备出现某种故障时才会有接地故障电流。接地线和接地体组成了设备的接地装置。到目前为止,接地仍然是应用最广泛的并且无法用其他方法替代的电气安全措施之一。不管是电气设备还是电子设备、生产用设备还是生活用设备,不管是直流设备还是交流设备、固定式设备还是移动式设备、高压设备还是低压设备,也不管是发电厂还是用电户,都采用不同方式、不同用途的接地措施来保障设备的正常运行或是它们的安全。

2. 接地的分类

(1) 工作接地。为保证用电设备安全运行,将电力系统中的变压器低压侧中性点接地,称为工作接地。

(2) 保护接地。将电动机、变压器等电气设备的金属外壳及与外壳相连的金属构架,通过接地装置与大地连接起来,称为保护接地。保护接地适用于中性点不接地的低压电网。

(3) 重复接地。三相四线制的零线在多于一处经接地装置与大地再次连接的情况称为重复接地。对 1kV 以下的接零系统,重复接地的接地电阻应不大于 10Ω 。

(4) 防雷接地。为了防止电气设备和建筑物因遭受雷击而受