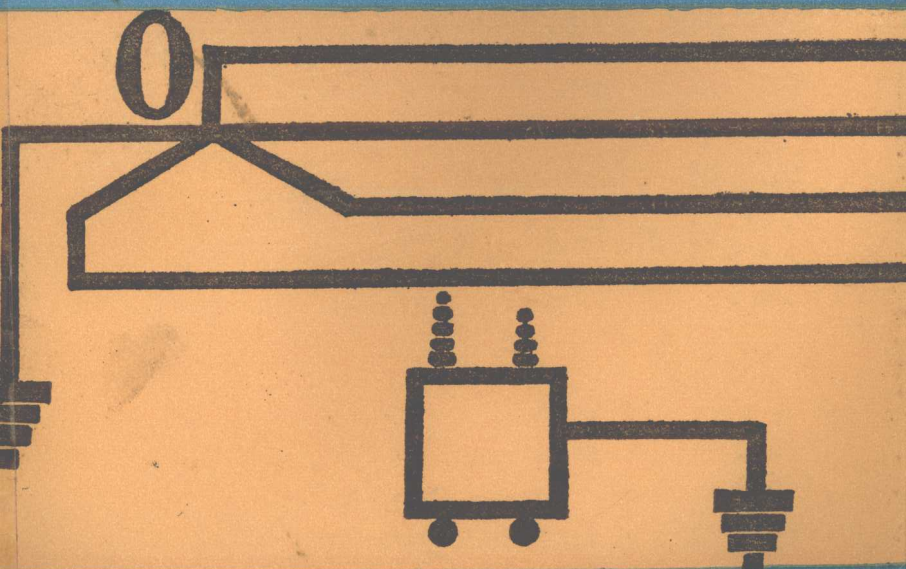


# 电气安全技术手册

Electric safety manual

李桂中 肖久生等 编著



广西科学技术出版社

(桂)新登字06号

**电气安全技术手册**

罗宏格 吴 军 主审

\*

广西科学技术出版社出版

(南宁市河堤路14号)

广西新华书店发行

广西民族印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/32 印张 11 字数 240 000

1993年6月第1版 1993年6月第1次印刷

印 数: 1—10 700 册

ISBN 7-80565-736-X

TM·4

定价: 6.00元

## 内 容 简 介

本书是一本内容丰富、题材新颖的手册类的电气安全技术实用工具书，其特点不仅具有多方面的权威性，而且还具有多层次的普及性。内容包括：电气安全基本常识及其要求与规定；电气设备、配电装置、输配电线路、用电设备与家用电器的安全要求；接地和接零的安全设施；建筑物的接地或接零及防雷接地；电气安全基本措施；电气防火与防爆及触电急救措施等。

本书通俗易懂、图例完备，可供城镇、农村、部队等部门和家庭用电户的读者阅读；也可作为职业学校和中等与专科学校师生的参考读物或培训教材。

# 序 言

自改革开放以来，随着国民经济的不断发展，用电量逐年增加，数量急增的各类电器设备遍及工业、农业、企业、事业、机关、学校、卫生与部队等部门和家庭。电器设备给人们工作、生活带来众多方便、效益的同时，由于人们的使用不当，也产生了不少用电事故。事故轻的损坏设备、电伤人身；重的炸烂厂房、烧毁车间、致人死亡。据统计，用电事故近年来呈上升趋势，为此，如何确保用电安全、避免事故发生，已成为当前社会亟待解决的重大问题。

根据逐年来的事故分析证实，在发供电与用电的过程中，无论是人身触电伤亡、设备损坏；还是引起爆炸或火灾，绝大多数是因未严格遵守电气安全技术要求；不熟悉或忽视电气安全技术规定；或缺乏电气安全技术基本知识所造成。因此，吸取上述的事故教训，针对造成这些事故的主要原因，向全民加强电气安全技术教育与普及电气安全技术基本知识，对避免事故的发生具有积极的和重要的意义。

鉴于上述情况，为全面与系统地介绍电气安全技术要求和规定；以及多方向与多层次地指导和普及电气安全技术基本知识，以适应社会上的迫切需要，遵照广西电力工业局领导的指示与意图，由广西电力工业勘察设计院组织有关科技人员，参考国内外有关安全规程、科技书籍与文献资料，

以通俗浅显、精干实用为宗旨，精心编写了《电气安全技术手册》一书。

本书由李桂中、肖久生两高级工程师主编，经广西电力工业局局长罗宏格、安监处处长吴军和广西电力工业勘察设计院正、副院长黄显泰、李健宗4位高级工程师审定。

书中第1、2、6章由李桂中，第3、4章由肖久生，第5章由李明，第7章由张振阁，第8章由杨水陆，第9章由曾桂昌诸同志编写。全书插图由王桂林同志编制。在编写中，曾得到谢丽珍同志主动提供科技信息与文献的帮助，深表谢意。

因作者水平所限，经验不足，以及时间仓促之故，书中不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

**编 者**

# 目 录

## 第 1 章 电气安全基本常识

- 1—1 触电事故及其基本类型……………(1)
- 1—2 容许的安全电流值……………(6)
- 1—3 容许的安全电压值……………(13)
- 1—4 容许的电位差……………(16)
- 1—5 接地和接零的基本概念和定义……………(25)
- 1—6 接地和接零的作用……………(28)
- 1—7 安全接地的基本问题……………(43)
- 1—8 如何正确利用安全接地……………(46)
- 1—9 怎样预防触电……………(48)
- 1—10 快速切除故障的重要性……………(55)

## 第 2 章 电气设备与用电设备 的安全要求

- 2—1 中小型发电机的安全运行和操作……………(57)
- 2—2 电动机的安全要求……………(68)
- 2—3 变压器的安全要求……………(76)

2—4	互感器的安全问题	(84)
2—5	断路器的安全问题	(87)
2—6	隔离开关的安全要求	(90)
2—7	负荷开关的安全要求	(92)
2—8	熔断器的安全要求	(93)
2—9	补偿电容器的安全操作与运行	(97)
2—10	起动器的安全要求与使用	(101)
2—11	手持式电动工具的安全使用	(104)
2—12	电焊机的安全使用	(107)
2—13	常用低压电器的安全要求	(108)
2—14	家用电器的安全使用问题	(114)

### 第3章 配电装置的安全要求

3—1	概述	(118)
3—2	高压配电装置的电气安全距离	(119)
3—3	低压电气设备的安全距离	(126)
3—4	配电装置通道的安全距离	(127)
3—5	配电变压器的安全距离	(128)
3—6	安全防护设施	(129)

### 第4章 户内外配电线路的安全要求

4—1	概述	(133)
4—2	架空线路的安全距离	(133)
4—3	电缆线路的安全距离	(141)
4—4	对接户线与进户线的安全要求	(144)

- 4—5 对户内低压线路的安全要求……………(149)
- 4—6 架空线路的安全运行与维护……………(153)
- 4—7 电缆线路的安全运行与维护……………(157)

## 第5章 接地和接零

- 5—1 中性点工作制的方式……………(162)
- 5—2 发电厂与变电站的接地……………(173)
- 5—3 输配电线路的接地……………(180)
- 5—4 接地网的设计原则……………(185)
- 5—5 关于变电站特别危险场所的安全问题……………(187)
- 5—6 电气设备的接地和接零……………(195)
- 5—7 真流设备的接地和接零……………(200)
- 5—8 电弧炉的接地和接零……………(202)
- 5—9 移动式与携带式用电设备的接地和接零……………(203)
- 5—10 交通运输电气设备的接地措施……………(210)
- 5—11 实验室设备的接地设施……………(216)
- 5—12 照明设备的接地和接零……………(217)
- 5—13 电信设备的接地措施……………(222)
- 5—14 工业电子设备和电子计算机的  
接地及安全要求……………(229)
- 5—15 无线电接收设备的接地……………(235)
- 5—16 电气医疗设备的接地……………(235)
- 5—17 矿井中电气设备的接地……………(237)
- 5—18 防止静电的接地……………(238)
- 5—19 在380V低压配电网中电气设备的接地  
与接零的安全比评……………(244)



- 5—20 中性点接地的380V低压配电网  
失零的严重后果及其保护措施……………(246)

## 第6章 建筑物的接地或接零 及防雷接地

- 6—1 概述……………(249)
- 6—2 建筑物的分类……………(250)
- 6—3 建筑物内的接地或接零的范围……………(254)
- 6—4 建筑物的接地装置敷设……………(257)
- 6—5 在有爆炸和火灾危险的建筑物内接地  
或接零的措施……………(272)
- 6—6 建筑物防雷接地装置……………(275)

## 第7章 电气安全基本措施

- 7—1 保证电气安全的基本要素……………(282)
- 7—2 高压作业保证电气安全的组织和技  
术措施……………(283)
- 7—3 供用电安全管理……………(291)
- 7—4 常用电气安全用具的种类……………(295)
- 7—5 电气操作安全用具……………(296)
- 7—6 电气测量安全用具……………(299)
- 7—7 携带式接地线和安全标示牌……………(301)
- 7—8 高空作业安全用具……………(305)
- 7—9 电气安全用具的保管与维护……………(306)

## 第 8 章 电气防火与防爆

- 8—1 概述·····( 308 )
- 8—2 产生电气火灾和爆炸的原因·····( 308 )
- 8—3 电气防火防爆措施·····( 310 )
- 8—4 电气灭火常识·····( 320 )

## 第 9 章 触电急救措施

- 9—1 触电急救的意义·····( 324 )
- 9—2 触电死亡的机理·····( 325 )
- 9—3 触电后的临床表现·····( 326 )
- 9—4 触电后的紧急措施·····( 327 )

# 第1章 电气安全基本常识

## 1—1 触电事故及其基本类型

触电事故危及人身安全,是安全用电首要避免的。那么,触电是怎样发生的呢?通常原因有以下几点:

- (1) 缺乏电气基本常识;
- (2) 不了解和未遵守安全规程或操作规程,直接接触或过分靠近电气设备的带电部分;
- (3) 接触到电气设备中因绝缘损坏而带电的金属外壳或与外壳相连接的金属构架等;
- (4) 靠近电气设备的绝缘损坏处或带电部分的接地短路处。

触电使人遭受到的伤害,有内伤和外伤的不同,也就是说触电事故分为电击和电伤两大类型。

电击是直接接触带电部分,电流通过人体,对心脏造成致命的损害。一般,通过人体的电流达到某一定数值时,就会使与带电部分相接触的肌肉产生痉挛(抽筋)。发生电击时,开始是感到发麻、发热,然后全身肌肉痉挛,呼吸困难,出现死亡先兆的心脏纤维性颤动。原因是皮肤最外表面的角质层被破坏,人体电阻迅速地降低,使流经人体的电流增加。

所以电击是最严重的触电事故。电击的危险程度，与人体电阻的变化，和通过人体的电流大小、种类、频率、持续时间和路径，以及电压的高低等有关。

电伤是指皮肤局部的创伤，有灼伤、烙印和皮肤金属化等伤害。这种伤害是由于电流的热效应、化学效应、机械效应等原因造成的，通常称其为综合性伤害。灼伤的结果是皮肤发红、起泡或烧焦及组织破坏。而烙印是由于电流引起化学效应和机械效应所产生的，在皮肤表面留有圆形或椭圆形的肿块痕迹，有时痕迹的大小和导电接触的面积相同，颜色呈灰色或淡黄色，并且有明显的边缘。皮肤金属化，是在电流作用下，使熔化和蒸发的金属微粒渗入皮肤表层，使伤害部分形成粗糙的坚硬表面。此外，因电弧的辐射线作用而引起的眼睛伤害；及电工高空作业不小心跌下，造成骨折或跌伤，亦算作电伤。

电击和电伤这两类伤害也可能同时发生，如在高电压触电事故的事例中是常见的。实践证明：绝大部分触电事故都是由电击造成的。通常所说的触电事故，基本上都是指电击而言。触电事故大体上可分为下面3种情况：即单相触电、两相触电，跨步电压和接触电压的触电。

## 1. 单相触电

在触电事故中，绝大部分属于单相触电。由于电网有中性点接地和中性点不接地两种系统，所以单相触电又分为两种情况：

(1) 中性点接地电网的单相触电，如图1-1所示。当接触到相导线时，人体承受相电压，这时电流通过人体、大地和

中性点所连接的接地装置(或接地体)，形成闭合电气回路，所以触电的后果往往是很严重的。

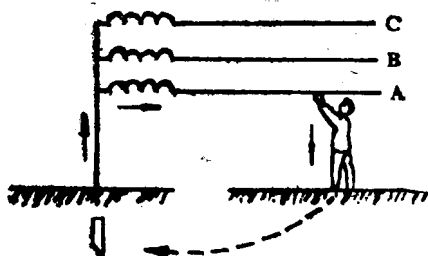


图1-1 中性点接地电网的单相触电

(2) 中性点不接地电网的单相触电，如图1-2所示。因为中性点不接地，所以有两个电气回路的电流流经人体。一个回路的电流从C相导线出发，经过线路对地绝缘阻抗 $Z$ 、大地与人体到A相导线；另一回路的电流，则从B相导线出发，经过线路对地绝缘阻抗 $Z$ ，大地到A相导线。这两个回路所承受的电压都是线电压，如果线路的绝缘水平比较高，绝缘电阻非常大，则流经触电人体的电流就较小，从而降低对人的危险性。反之，若线路的绝缘不良，这种触电事故对人的危险仍然很大。

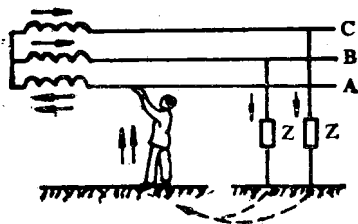


图1-2 中性点不接地电网的单相触电

## 2. 两相触电

不管电网的中性点是否接地，人体同时和两相导线接触，就形成两相触电。这种情况多半是在低压配电线路电杆上作业时发生。当两相触电时，人体承受的电压是线电压，其后果也是很严重的。

在上述单相与两相触电情况中，还可能发生电弧放电触电。所谓电弧放电触电，主要指人体接近高压带电设备时所造成的电弧放电伤害事故。在高压触电事故中，据统计数据表明，这种触电事故约占70~80%左右。在一般情况下，人体发生直接接触及到高压电线或高压带电设备的可能性是很小的，所以，电弧触电通常是当人体对高压电线或高压带电设备的距离小于安全最小距离时，空气被击穿，高电压对人体发生电弧闪络放电(或称飞弧放电)。

## 3. 跨步电压和接触电压触电

当接地电流从接地体向四周扩散时，就会产生跨步电压和接触电压。实际上，接地现象是多种多样的，例如高压线断落在地上和电器机壳漏电接地等。各种接地都会发生电流流向大地扩散而形成不同的电位梯度，当人体站在接地体附近或接触接地体时，就有可能因承受跨步电压或接触电压而造成触电事故。

如图1-3所示，当人在某一地点发生跨步电压触电时，人的两脚就会抽筋以致跌倒。这是因为两脚站在这种带有不同电位的地面上，两脚间形成电位差以致触电。

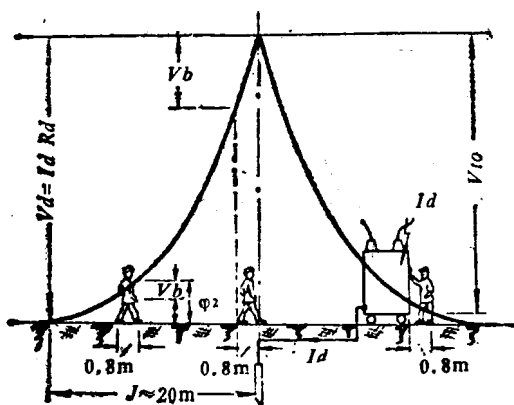


图1-3 跨步电压与接触电压

在计算跨步电压时，一般取人的跨步距离，我国规定为0.8m，欧美国家规定为1m，而对牛马等畜类的跨距，我国规定不小于1m。通常，跨步电压的大小，与接地体或碰地处的距离有关。当一只脚踏在接地体上或带电体碰地处时，跨步电压最大；当两只脚站在离接地体或带电体碰地处越远时，跨步电压越小；若距接地体或带电体碰地处达20m以上时，其跨步电压接近于零。按图1-3所示，跨步电压为

$$V_s = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (1-1)$$

式中  $\varphi_1$ ——人左脚所站处的电位；

$\varphi_2$ ——人右脚所站处的电位。

所谓接触电压，系在接地电流回路上，一人同时触及的两点间所呈现的电位差，如图1-3所示。通常，越接近接地体或带电体的碰地处，则接触电压越小，反之，越远离接地体或带电体的碰地处则越大。如在距接地体或带电体碰体处约20m以外的地方，则接触电压最大，可达电气设备的对地电压。

接触电压一般以水平方向0.8m和垂直方向1.8m计算。如图1-3所示,人触及发生接地短路的电气设备带电外壳时,所遭受到的接触电压 $V_{t_0}$ ,等于电气设备的对地电压 $V_d$ 和脚所站立的地方的电位 $\varphi$ 之差,即

$$V_{t_0} = V_d - \varphi \quad (1-2)$$

综上所述,无论是跨步电压还是接触电压,都具有触电的危险性,对人体同样有危害。

## 1—2 容许的安全电流值

根据医学界的研究分析与实验证明,电流流经人体要害部位引起的后果,决定于电流的大小,持续时间与频率。最危险后果是心室纤维性颤动,这是主心室不协调动作的一种情况,可立即导致血液循环停止。总的讲来,电流越大,人体的生理反应就越强烈,生命的危险性就越大。通常大致把电流对人体伤害的程度划为4个区域,如图1-4所示。

第Ⅰ区域——无反应区。

第Ⅱ区域——称为感知电流区。在该区域内,能感知电流,但无有害的生理反应,故称这个区域的电流为感知电流。

第Ⅲ区域——称为非致命的病态生理效应区。在这个区域内,会使人出现痉挛、呼吸吃力、血压升高、心脏机能紊乱等病理反应,但在这个区域内触电的人还能主动摆脱电流,所以称这个区域的电流为摆脱电流。

第Ⅳ区域——称为能发生致命的心室纤维性颤动和严重烧伤的危险区。因此称这个区域的电流为致命电流。

从图1-4可以看出,无论哪个区域,其后果都与触电的持



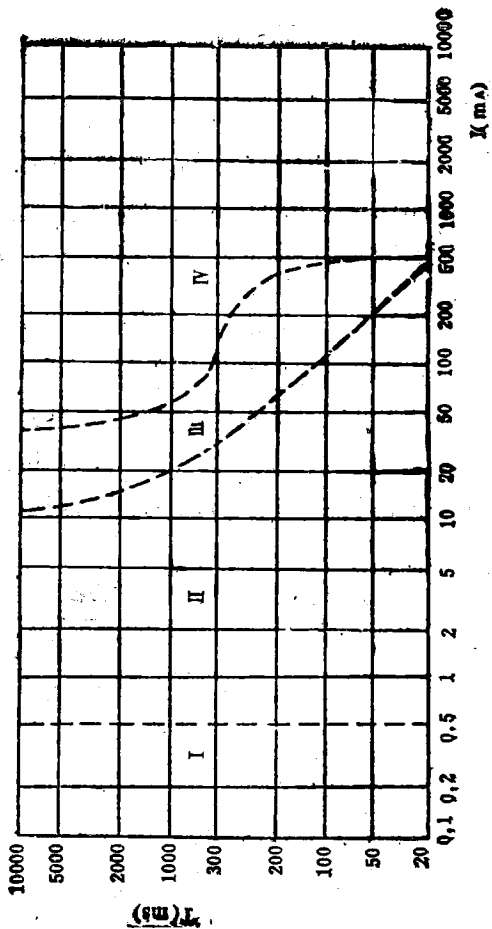


图 1-4 人体对电流反应的区域