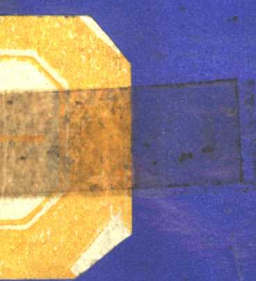


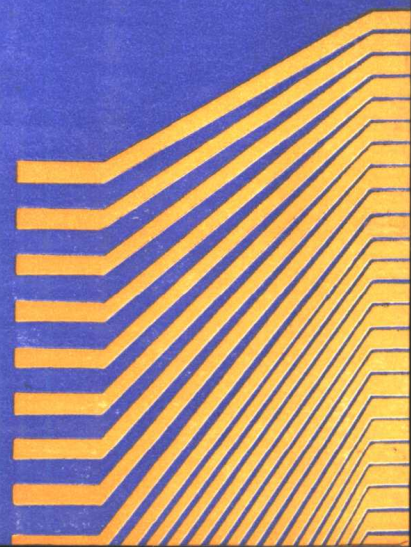


触电漏电保护器 及其应用

滕松林 杨校生 编著



机械工业出版社



触电漏电保护器及其应用

滕松林 杨校生 编著



机械工业出版社

(京) 新登字054号

内 容 简 介

本书从使用的角度,对触电保护技术的机理、漏电电流动作保护器的结构原理及主要性能指标、漏电保护器的配置原则、漏电动作电流的正确选择,以及在运行中误动和拒动现象等实际工作中常遇到的问题,作了具体分析,并提出了解决办法。

本书适合于从事电气安全工作的技术人员和工人及广大电气用户阅读,也可供从事电气线路设计的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

触电漏电保护器及其应用/滕松林,杨校生编著. —北京:机械工业出版社,1994

ISBN 7-111-04086-4

I. 触…

Ⅱ. ①滕…②杨…

Ⅲ. ①触电保护器 ②漏电保护开关

Ⅳ. TM561

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑: 肖省吾 高 科 版式设计: 冉晓华

责任校对: 肖新民

封面设计: 方 芬 责任印制: 王国光

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1994年7月第1版·1994年7月第1次印刷

787mm×1092mm¹/₃₂·10.75印张·237千字

0 001—3 500册

定价: 12.00元

前 言

电能是一种便于传输、使用方便、最为洁净的能源。随着我国改革开放大潮的到来,电能发展之快、应用之广是非常惊人的。因此,安全用电也就更为重要。作为触电事故重要防范技术措施的触电漏电保护器,近十几年来在我国已逐步推广应用。触电漏电保护器是一种新型的低压安全电器,广大用户对其尚缺乏了解。为此,我们在多年对触电漏电保护器进行研制的基础上编写此书,就其结构原理、主要性能、产品现状和发展动态、配置方式、选择安装、运行管理及维护修理等方面的知识作一系统的阐述。为提高触电漏电保护器的产品质量和性能,对触电切断保护理论和主要器件的性能与设计也作了介绍。

本书内容以最新国家标准《漏电流动作保护器》、《漏电保护器安装和运行》、《手持电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程》、《农村漏电保护器安装运行规程》为依据,并参照了IEC有关文件,确保了本书内容的新颖和可靠。

全书共分六章,其中第一、三、五、六章由北京农业工程大学电子电力工程学院滕松林编著,第二、四章由滕松林和原能源部农电司杨校生编著。全书由滕松林修改定稿。

本书初稿承原能源部农电司霍宏烈高级工程师和化工部北京化工研究所秦荣庭高级工程师审阅,并提出了不少宝贵意见,谨致深切谢意。

EA002/07

目 录

前言

第一章 电气安全基础知识	1
第一节 电气事故与触电事故	1
第二节 电流通过人体引起的效应	9
第三节 安全电流和安全电压	46
第四节 触电事故的构成及防护	56
第二章 触电切断保护理论	78
第一节 概述	78
第二节 电压动作式触电保护	82
第三节 电流动作式触电保护	91
第四节 电流脉冲动作式触电保护	102
第五节 电流鉴相动作式触电保护	109
第六节 电流分离动作式触电保护	117
第七节 直流动作式触电保护	121
第八节 直流脉冲动作式触电保护	125
第三章 漏电保护器	129
第一节 漏电保护器的工作原理	131
第二节 漏电保护器的分类	133
第三节 漏电保护器的性能参数	141
第四节 漏电保护器的试验	149
第四章 触电漏电保护器基本部件的分析和设计	166
第一节 漏电电流互感器	166
第二节 信号处理电子电路	193
第三节 漏电脱扣器	207

第五章	触电漏电保护器的现状及发展动态	230
第一节	电磁式漏电断路器	230
第二节	电子式漏电断路器	237
第三节	安装方便、使用灵活的触电漏电保护器	241
第四节	保护性能得到改进的触电漏电保护器	245
第五节	特殊场合专用的触电漏电保护器	253
第六节	漏电保护器检测仪	263
第六章	触电漏电保护器的配置与选择使用	269
第一节	触电漏电保护器的保护对象	269
第二节	触电漏电保护器的选择	271
第三节	触电漏电保护器的配置方式	296
第四节	触电漏电保护器的安装与接线	303
第五节	触电漏电保护器的运行管理	312
第六节	触电漏电保护器的误动作及其防范措施	316
第七节	触电漏电保护器的常见故障及维修	325

第一章 电气安全基础知识

电是一种便于传输、使用方便、最为洁净的能源。建国40年来，我国的电力工业发展很快，随着工农业及其它行业电气化水平的不断提高，电已经成为人们生产和生活中不可缺少的能源。电作为动力，可以驱动各种机器；电能转换为热能，可以用来进行熔炼、焊接、切割、干燥和金属热处理等；电能转化为化学能，可用于电解、电镀和电化学加工等；电还可用于医疗、通信、测量和计算技术等各个领域。电力技术的发展和广泛应用，大大提高了劳动生产率，改善了劳动条件和生活条件。

电有造福人类的一面，但如果使用不当，却会造成电气事故，给人类带来危害。因此，在开发、利用电能的同时，还必须考虑电气安全问题。

第一节 电气事故与触电事故

凡因电气现象而造成的人身伤害和设备损坏等事故，统称为电气事故。电气事故在整个工伤事故中占有相当的比例，因此，必须认真对待。

一、电气事故的种类

电气事故通常被人们理解为触电事故，其实这并不全面。从劳动保护的角度讲，电气事故是指电对人体的伤害事故，主要包括：电流伤害事故、电磁场伤害事故、雷电伤害事故和某些电路故障造成的伤害事故等。

此外，还有电气火灾、爆炸事故，以及因电气故障引起的机械事故等。

(一) 电流伤害事故

电流伤害事故是指电流通过人体而对人体的伤害事故，即通常所说的触电事故。在低压时，是由于人体触及带电体而对人体造成的触电事故；在高压时，往往只是人体接近带电体至一定程度时，因击穿放电而造成的触电事故。

(二) 电磁场伤害事故

人体在电磁场的作用下，会因吸收辐射能量而受到不同程度的伤害，主要是造成人体生理功能性改变。高频电磁场对人体的主要伤害是引起中枢神经系统功能失调（表现为神经衰弱，如头晕、乏力、睡眠失调、记忆力减退等）；高压电磁场对心血管的正常机能也有一定影响，但一般具有可恢复性。

(三) 雷电事故

雷电事故是一种自然灾害。雷击除可能毁坏建设设施和伤及人、畜外，还可能引起火灾和爆炸。因此对电气设备、建筑物和构件物应当采取适当的防雷措施。

(四) 静电事故

静电事故是指生产过程中产生静电而酿成的事故。静电放电引起的现场爆炸是最严重的静电事故，在化工、石油、橡胶等行业中较多。高压静电还会给人以一定程度的电击，静电还会妨碍生产。

(五) 电路故障

电路故障本身属于设备事故，但不少设备事故总是和人身事故联系在一起的。例如，电路短路可能引起火灾，油开关爆炸可能导致人身伤亡事故等。因此，某些电路故障应属于电气安全范围内的电气事故。

触电事故不是唯一的电气事故，然而确是最常见、最危

险的一种电气事故。

二、触电事故的统计与分析

触电事故的统计，通常以每消耗 1 亿度（1 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ）电造成触电伤亡的人数表示。不同国家间的安全用电水平差距很大，水平高的国家每消耗 1 亿度电只死亡 1 人。

为防止触电事故，应对触电事故做好统计和分析。触电事故的原始记录，不但可以使我们了解触电的现场情况和原因，而且还可以使我们了解电流对人体的作用，以及电气设备在原理、构造、装配和使用方法上的缺陷。这些资料对研究触电起因具有重要的科学价值。因此，如果能将各种触电事故状况及时加以统计和分析，将对我们寻求消除触电事故的正确方法有极大的帮助。对于从事电气安全工作的人员应该对此特别注意。要求事故报告准确、真实、详尽地反映事故经过的一切细节，并应附有必要的简图和照片，以作出符合客观实际的结论。

从实践中取得的统计资料是改进电气设备的设计、提高产品质量、寻求触电事故基本规律、制定防止触电事故的技术措施和提高管理水平的基本依据。

三、触电事故的规律

触电事故的发生往往非常突然，并会在极短时间内造成严重的后果，死亡率极高。但是，触电事故具有一定的规律性，掌握这些规律，对于安排电气安全检查、制定电气安全管理措施、研究和实施电气安全技术措施等工作具有重大的意义。触电事故的规律主要表现在以下几个方面：

（一）农村触电事故多于城市

我国城乡历年都有不少触电事故发生，按每消耗 1 亿度电触电死亡人数计，远远高于世界上经济发达的国家。当然

近些年来触电死亡人数出现下降的趋势，用电安全水平在逐年提高。

从我国部分省市的统计资料分析结果表明，我国的触电事故主要发生在农村。农村触电事故达城市的6倍之多。有些省市尤为突出。表1-1是广东省企业职工和农村触电死亡人数的年对比情况。可见，广东省在1971至1981的11年间，企业职工触电死亡年平均为17.8人，而农村的触电死亡年平均为248.1人。后者约为前者的14倍。

表1-1 广东省企业职工和农村触电死亡人数的对比

年 份	1971	1972	1973	1974	1975
企业职工触电死亡人数(人)	20	20	17	6	18
农村触电死亡人数(人)	154	137	287	285	321
企业职工和农村触电死亡人数对比	1:7.7	1:6.9	1:16.9	1:47.5	1:17.8

年 份	1976	1977	1978	1979	1980	1981
企业职工触电死亡人数(人)	22	19	11	20	22	21
农村触电死亡人数(人)	252	276	266	226	247	278
企业职工和农村触电死亡人数对比	1:11.5	1:14.5	1:24.2	1:11.3	1:11.2	1:13.2

造成上述情况的主要原因是：农村用电条件差，电气设备简陋，技术水平低，管理不严格，群众缺乏电气安全知识等。

(二) 低压触电事故高于高压触电事故

我国的低压触电事故远比高压触电事故多。从北京、天津两大城市的统计资料反映出，城市和工业触电死亡发生在6 kV及以上高压电力系统的约占30%，发生在380 V、220 V低压电力系统的约占70%。在农村380 V、220 V低压系统上的触电事故更多。表1-2是我国农村部分年份的高、低压触电死亡比例。

表1-2 高、低压触电死亡比例 (%)

年份 \ 高、低压触电死亡比例	发生在6kV及以上系统	发生在 380 V、220 V 系统
1974	9.2	90.8
1978	12.5	87.5
1981	17.8	82.2

低压比高压触电事故多的主要原因是：低压电网覆盖面大，电气设备多，因而人触及的机会多；设备简陋，系统管理不严，人们思想麻痹；缺乏电气安全知识的非电业人员接触机会多等。

(三) 触电事故季节性明显

一年中，各月份发生的触电事故很不平均，尤其是农村，每年的6~9月四个月历来是发生触电事故的高峰季节。表1-3列出了浙江、四川、广东和黑龙江四省在上述月份中农村触电死亡事故占当年触电死亡事故的百分数。

触电事故多发生在夏、秋两季的主要原因是：夏、秋季天气潮湿，多雨，电气设备绝缘性能下降；夏、秋季天气炎热，人体多汗，皮肤电阻下降；夏、秋季天气炎热，人们多不爱穿戴工作服和使用绝缘护具。此外，夏、秋正值农忙季节，农村用电量增加，人们接触和操作电气设备的机

表1-3 6~9月广东、浙江、四川、黑龙江四省农村
触电死亡事故占全年的比例数 (%)

年份 \ 省份	浙江	广东	四川	黑龙江
1972	62	1	61	61
1973	70	64	71	70
1974	69	52	65	74
1975	74	62	71	70
1977	67	60	68	72
1978	78	62	63	74
1981	71	62	67	55

增多。客观条件的不利，加上主观上的麻痹大意，便成了雷雨季节触电事故高度集中的主要原因。

(四) 中青年人触电事故多

触电死亡事故多发生在中、青年人身上的原因是：中、青年人多为电气设备的操作者，他们虽有几年的工作经验，但仍缺乏电气安全知识，经验不足，思想容易麻痹大意。

(五) 单相触电事故多

统计资料说明，单相（指一相对地）触电事故多于两相（指相对相）触电事故。因此，防止触电事故的技术措施应着重考虑单相触电的危险。

(六) 事故点多发生在电气连接部位

电气事故的事故点多发生在分支线、接户线、地爬线、接线端子、压线头、电缆接头、电线接头、灯头、插头插座、开关电器、控制电器、熔断器等处。因为这些部位容易产生短路、接地、闪络、漏电等故障。

(七) 触电事故的原因是多种多样的

表1-4 是我国农村部分年份低压触电死亡原因的分析归

表1-4 低压触电死亡原因及其所占比例 (%)

年 份	设 备 不合格	设备失修	违章作业	缺乏安全 用电常识	私拉乱 接用电	其他
1974	25.4	18.8	13.1	18.1	17.7	6.9
1977	20.5	20.9	16.2	20.8	16.9	4.7
1978	21.1	20.4	15.9	19.3	17.7	5.6
1981	15.6	18.6	15.6	20.7	19.4	10.1

类及所占百分比例。

表内所列各项触电死亡原因包含以下内容。

1. 设备不合格

低压架空线过低，离地净高度、与建筑物的距离不符合规程要求；低压电杆的拉线固定部位不合理，工艺不良，拉线无隔离用绝缘子；用废铝线或铁丝作电线使用，接头也不合格；电气设备金属外壳未装接保护接地或保护接零线；用绝缘层破损或老化的电线作进户线或电动机的引线；广播线与电力线安装距离不符合技术规程要求或因工艺马虎造成相互搭连；螺口灯头与灯泡不符合标准要求，且中线、相线接线错误，使灯泡金属螺口带电外露；三眼插座的插孔等距、等径，不规范，使插头可随意转向插入；单极开关误接在中线上，使灯头长期带电；手持式电钻没有使用安全隔离变压器；误用 220 V 电灯作为行灯等。

2. 设备失修

接户线、引出线绝缘层老化或破损；电杆拉线锈蚀，导线断股及接头老化，造成断线倒杆；电动机受潮、绝缘老化，外壳的保护接地或保护接零线断裂；橡胶绝缘护套、软电缆的护套和绝缘层破裂，软电缆接头绝缘包扎物选用不当或松散脱落；开启式负荷开关（胶盖闸）、插头及插座的绝

缘护罩、护盖失落或破碎。

3. 违章作业

带电搭接电源线或带电修理电气设备；未切断电源，带电移动有漏电故障的电气设备；在架空线路下面建造房屋或起吊器材而又无安全措施；乘供电线路停电时，擅自在停电设备上工作；违反安全规程，进行约时停电或送电。

4. 缺乏安全用电知识

用赤手拨拉断落的带电导线；赤手拖拉触电者；将三眼或四眼插头、插座的保护极误接在相线上，造成电气设备外壳带电；爬登电杆或变压器；任意将刀开关放在地上运行；用非绝缘物包裹导线接头或破损处；将插头用导线直接接在电源上；潮湿场所用电未采用安全电压；随意操作带电设备。

5. 私拉乱接，违章用电

装接一线一地照明；直接用导线挂、钩架空线用电；私设 220 V 电围栏；用破旧导线拖拉地爬线、拦腰线等。

从上述内容可以看出，农村低压触电的具体原因是多种多样的，具有很大的分散性，其中既有物的因素，也有人的因素。

据统计资料分析，在构成触电事故的诸多主要因素中，仅由一个因素引起的触电事故不足 10%，有 90% 以上的触电事故是由两个或两个以上的因素引起的。应当指出的是，由操作者本人的过失造成的触电事故占有很大比例，因此，加强用电安全管理和用电安全知识的教育是非常重要的。

(八) 触电事故与电气设备性质有关

在城镇工业中，因手持电动工具和移动式电气设备的导线损坏引起漏电而造成的触电事故较其它方面更为突出，如

上海市在1979年的触电事故中，手持电动工具和移动式电气设备而造成的触电事故占总触电事故的62.5%。在农村，因手持电动工具和移动式电气设备漏电而引起的触电事故同样占有较大的比例，但更多的则是由于导线破损而造成的触电事故。全国农村架空线、接户线、临时用电线上发生的触电事故竟达70%以上。

应当指出，触电事故的规律并不是一成不变的，当客观条件改变时，触电事故的规律也将随之发生变化。因此，应当在实践中不断地分析总结触电事故规律，为搞好安全用电提供可靠的依据。

第二节 电流通过人体引起的效应

电流通过人体时，会产生各种各样的效应。了解电流对人体的作用，对于正确分析触电事故、制定安全电流和安全电压标准、制定防止触电事故的技术措施、设计制造并正确使用触电保护装置等都有十分重要的意义。

一、电击与电伤

电流对人体的伤害作用有两种，这就是电击和电伤。

(一) 电伤

电伤是指电流通过人体时，由于电流的热效应、化学效应和机械效应等，对人体组织器官造成的局部伤害。常见的伤害部位有：

皮肤 电弧温度高达2000~3000℃，致使皮肤炭化和蒸发，造成深度的烧伤，创伤面多为半圆形或蚕豆形，日后组织坏死，使创伤面扩大。

肌肉 可造成肌肉痉挛，甚至全身抽搐，导致骨折、脱位，纤维肿胀坏死。

击伤 (二)

骨骼 可造成骨骼坏死，并有死骨形成。

血管 血管内膜受损，易形成血栓，有时会出现继发性出血。

神经系统 在脑组织中可见到分散的淤血、水肿、软化和周围神经断裂、皱缩等症状。

内部器官 电流可使人体的内部器官受损。

上述电流对人体组织的伤害，多见于人的肌体外部，而且往往会在人体上留下伤痕，这就是电烧伤和电烙印。

1. 电烧伤

电烧伤是指电弧对人肌体的烧伤。这是最严重，也是最常见的电伤。在低压系统中，带负载（特别是带感性负载）拉开裸露的刀开关时，电弧可能烧伤人的手部和面部。线路短路、开启式熔断器的熔体熔断时，炽热的金属微粒飞溅出来可能造成对人的烧伤。错误操作造成短路也可能导致电弧烧伤等。在高压系统中，由于错误操作会引起严重的电弧烧伤。人体距带电体太近，会产生高压放电，直接产生强烈的电弧，若当即被人打开，虽不一定因电击而致死，但却可能因电弧烧伤而死亡。

2. 电烙印

电烙印也是电伤的一种，当载流导体长期接触人体时，由于电流的化学效应和机械效应，会使接触部位皮肤变硬，形成肿块，如同烙印一样。

3. 皮肤金属化

当飞溅的金属微粒因某种化学原因渗入皮肤，可使皮肤变得粗糙而坚硬，导致所谓“皮肤金属化”。

电烙印和皮肤金属化都会造成人体的局部伤害。

(二) 电击

电击是指电流通过人体内部，造成内部器官的损伤。