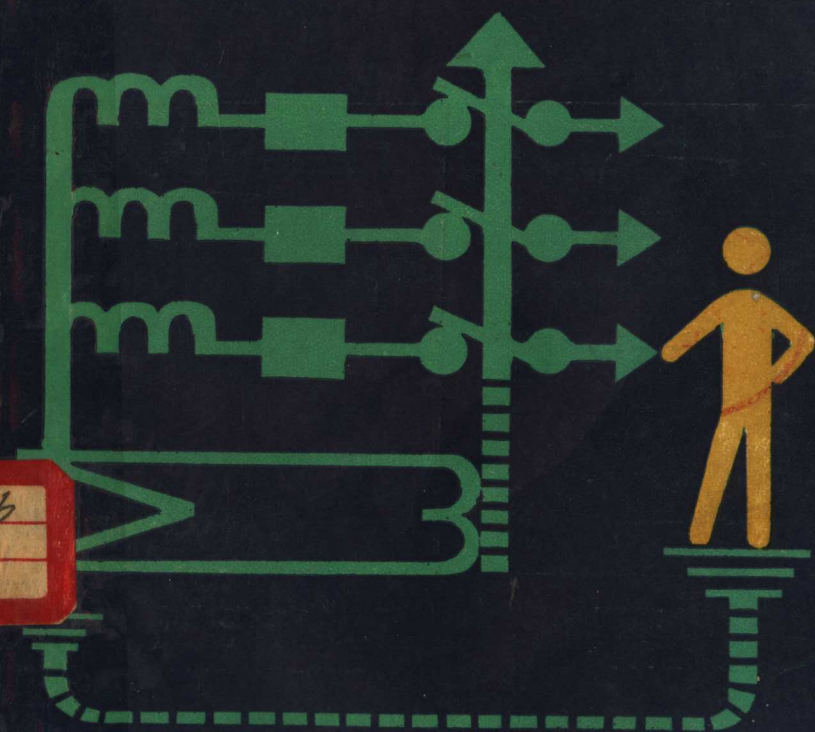


低 压 触 电 保 护 器

陈俊源 沈志达 吴子雯编著



上海科学技术出版社

低压触电保护器

陈俊源 沈志达 吴子雯 编著

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书从实际出发,针对人身安全、触电事故的形成和主要类型触电保护器的结构、工作原理、性能、优缺点、适用范围、试验、维护、使用等方面,并结合国内外动态、发展趋势编写而成。通过本书介绍,可帮助广大农村电工、工矿企业电工以及从事电气安全工作的技术人员正确掌握和合理选用触电保护器的技能。

本书内容包括:触电事故的分析与防护、安全电流与安全电压、低压触电保护器概述、电流动作型触电保护器及其性能要求和触电保护器的应用。为了方便读者,将一些与低压触电保护器有关的资料列入附录。

本书内容通俗易懂,资料丰富,举例典型,实用性强,可供广大农村电工、工矿企业电工以及劳动保护部门从事电气安全工作的技术人员参考。

责任编辑 郭雨水

低压触电保护器

陈俊源 沈志达 吴子雯 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.25 字数 118,000

1985年9月第1版 1985年9月第1次印刷

印数 1-18,600

统一书号: 15119·2415 定价: 0.83元

前 言

实践证明，触电保护器是防止低压人身触电和漏电火警事故的一项有效技术措施。保护电器在国外应用已有较长历史，我国则始于六十年代。为了防止触电伤亡事故，我国农村已有数十万台各种类型的低压触电保护器投入运行，少数工矿企业也安装了这类保护电器。

应用保护电器在我国时间还不太长，专业性生产刚刚开始，系列有待形成，群众自制各类触电保护器还在继续出现。在推广使用中，尤其在农村有些电工和干部由于对触电事故的形成和触电保护器的结构及其工作原理不很了解，以致在选型、定值等方面未能很好地根据实际情况合理配置，维护使用上也常有一些失误，使触电保护器的作用未能正确发挥，并影响了投入率。

为了使大家对保护电器有一个系统的、概括的了解，特从实用出发，针对人身安全、触电事故的形成和主要类型触电保护器的结构、工作原理、性能、优缺点、适用范围、试验、维护、使用等方面情况，并结合国内外动态、发展趋势编写了这本通俗易懂、实用性强的科技读物，期望通过本书的出版，对广大的农村、工矿企业电工合理选用触电保护器、避免失误有所帮助，本书也可供工矿企业、劳动保护部门从事电气安全工作的技术人员作参考。

本书参阅国内外有关文献，收集和综合我国使用实践进

目 录

第一章 触电事故的分析与防护	1
第一节 综述.....	1
第二节 触电事故的统计分析.....	5
第三节 触电事故的构成和防护.....	15
一、直接接触及其防护.....	15
二、间接接触及其防护.....	21
第二章 安全电流与安全电压	37
第一节 电流通过人体的影响.....	37
第二节 人体电阻和安全电压.....	45
第三章 低压触电保护器概述	51
第一节 简易电压动作型触电保护器.....	51
第二节 电流动作型触电保护器.....	58
第三节 交流脉冲型触电保护器.....	64
第四节 直流动作型触电保护器.....	68
第五节 分级保护是触电、漏电保护的发展方向.....	71
第四章 电流动作型触电保护器	78
第一节 分类.....	78
第二节 主要元件和结构原理.....	82
第三节 电磁式和电子式触电保护器的比较	102
第五章 电流动作型触电保护器的性能要求	104
第一节 动作特性	104
第二节 平衡特性	108
第三节 耐接地短路电流的性能	109
第四节 绝缘耐压性能	111

第五节	冲击波电压不动作性能	114
第六节	触电保护器的接通分断能力	114
第七节	试验装置及其性能	115
第八节	其他性能要求	117
第六章	触电保护器的应用	119
第一节	低压电网的绝缘阻抗、漏电电流	119
第二节	低压保护系统的安装、结线及注意事项	127
第三节	低压用电设备的保护接地	132
第四节	低压保护系统故障的测寻和排除	139
第五节	触电保护器的选用举例	143
附录		148
一、	低压触电的现场急救	148
二、	日本用电规程中有关义务安装电流动作型触电保护器的规定	153
三、	触电保护器(漏电开关、漏电继电器)灵敏度选择例举	155
四、	我国电流动作型触电保护器典型品种技术经济指标一览表	156
五、	新研制完成的电流动作型触电保护器典型品种技术经济指标一览表	158
参考文献		159

第一章 触电事故的分析与防护

第一节 综 述

电能是一种使用方便、最清洁、最现代化的能源形式。自从1879年外商在上海安装第一台10马力发电机发出的电力使电弧灯放射出光辉以来,经历一百多年时间,电能在我国的应用已经取得令人瞩目的发展。1981年的全国发电量已达到3000多亿度,列世界各国第六位。

电能应用于农业生产和农村生活是实现农业现代化和实现农村社会主义高度精神文明的重要物质条件。经济发达国家总是紧接着城市工业电气化以后,便采取措施去实现农村电气化。我国从五十年代末期开始,在电力生产和供应还不太宽裕的条件下,就着手以电力排灌为先行,逐步迈开了农村电气化的步伐。到1982年底止,已经使得89%的公社、71%的生产大队、59%的生产队约5亿左右的农村人口用了电。农村社、队以下年消耗的电能亦从1949年的0.2亿度猛增至1982年的450亿度,占全国城乡总用电量的16.3%。在一些经济发展较快的社、队,电能已经在农、林、牧、副、渔、工业、科研等各个领域得到广泛应用。生活上也不再满足于“点灯不用油”,多种家用电器已经随着农村家庭经济的日渐富裕而大批地涌入农民家庭。

电能的应用有造福人类的一面,如果用电者对电缺乏必要的科学常识,或因电器产品质量低劣,或因线路装置存在缺

陷,都有可能发生事故。当人体不慎触及带电体或触及漏电设备时,就会遭到电击(即触电),电器过载或短路还会引起火警。事故带来的结果往往是人身伤亡或重大经济损失。城乡用电越是向生产、生活广度深度发展,用电者接触和操作电器的机会越是增多,因这种或那种原因不幸遭到电击的机会亦有可能随之增加。因此,安全使用电力,避免事故,已为人们所日益关注。

要安全用电,就必须具备可靠的防护。在缺少或忽视安全保护措施的情况下,发生触电事故的情况是常见的。即使是经济发达国家也不例外。例如:日本1980年触电伤亡共322人;其中,死亡156人,占伤亡人数的48.4%;受伤166人,占伤亡人数的51.6%。从1970年至1977年,日本平均每年触电丧生的有218人。据美国国家安全委员会提供的资料,1949年触电死亡人数为1040人,1944年至1950年平均每年触电死亡人数为825人,且其中1944年至1948年的数字中还不包括运输、机械、矿山、农业和林业的触电死亡人数在内。

为了防止电气事故,特别是防止低压触电伤亡事故,人们曾设计了多种多样的防护方法,终因用电场所不同、电器形式不同及操作者知识水平不同,而难以完全杜绝。通过社会的长期实践,触电危及生命的因素在人们的认识上已逐渐深化。目前,认为防止大量发生的低压触电事故的较为理想的办法,是莫过于当有人偶然受到电击且程度足以危及生命之前,在电路上能及时准确地发出信息,在既使停电范围缩至最小,又能使触电者免受伤害的要求下有选择地切断电源。实现这一设想是一个复杂问题,它涉及到在电的作用下人体生理的反应,即人体接触到多大的电压,体内通过多大的电流,电作用

的时间有多长才是生理上所能忍受的。这就需要不仅是电气科技人员,而且必须有医务工作者的共同合作,才能找出科学的、有实用意义的、可以供保护电器研究部门用以研制适合于不同场合的保护电器的数据来。

为了研究电作用对人体的影响,各国早在十九世纪二十年代就开始了用青蛙、兔子、羊、狗及猪等动物,作了旨在寻找触电致命的原因和有关参数的各种实验,并用统计概率方法推算适用于人类的有关参数。其中,美国费勒斯、柯茵、史宾斯和威廉姆斯研究小组以及柯宾、达耳基尔、柯温霍文等人作出了有价值的贡献。目前,各国电工学术组织对于触电致死的主要原因是心室纤维性颤动,在认识上已基本上趋向一致。1974年,国际电工委员会(International Electrical Commission 简称 IEC)发表了题为《电流对人体的影响》IEC-479号文件,提出了条件为50、60赫的电流,对体重为50公斤的成年人的手、脚通电下的电流和时间的关系以及按人体生理受影响程度的概率曲线,从而为工频低压触电保护提供了有实用意义的数据。

国外对漏电开关(保护电器)的研究,早在第二次世界大战以前就已经开始,但作为触电、漏电的保护手段,主要还是在1960年以后。1965年前后,各种小容量、高灵敏及快速动作的漏电保护开关在欧美各国先后研制成功。1961年11月,国际电工委员会的建筑电气设备委员会(TC64)、无线电安全委员会(SO12B)及家庭电气设备安全委员会(TC61)等部门,对漏电保护开关有关问题开始进行了讨论。特别是TC64在1972年至1975年期间,每年举行年会时都对触电保护的有关内容进行了讨论。这样,便使世界各国对触电(漏电)保护器的发展方向逐渐趋向一致。目前,触电(漏电)保护器在许

多国家已经形成系列,并作为安全用电的重要技术措施,广泛使用在工业、农业和家用电气线路装置和电动器具上。仅1976年,日本就生产了600万台触电保护器投入市场。

现在,触电保护器的制造和使用,已经得到了世界上各国政府的重视。许多国家的行政主管部门逐渐制订了相应的标准、规范和规定。如:联邦德国订有VDE电流动作型漏电保护器规程;美国有国家规范NEC;日本有漏电保护技术标准JEM1244-1971、漏电保护规程JISC8371-1974等等。日本的JISC8371-1974对漏电保护器的适用范围、正常使用状态、用语意义、种类、额定值、结构、性能、试验及标识等等,都有详细规定。

我国研究触电保护器起步迟于国外。七十年代初,农电工作者鉴于我国农村用电分散,设备简陋,用电常识差,触电伤亡事故大量发生,一些传统的安全措施在农村特定条件下难以实施或者是效果不够理想等因素,自发地开始试制了一些简易的电压动作型触电保护器,作为总保护投入试用。以后,又发展了电流动作型触电保护器。目前,全国已投入运行的各种型式保护器已达30万台。在这30万台保护器中,尽管有不少在设计和制造工艺上存在这样或那样的缺点,但在避免触电伤亡的事例中已发挥了很大的作用,因此有的农民朴素地把触电保护器称为“保安器”,甚至把它称为“保命器”。触电保护器在我国还处在方兴未艾阶段,不仅农村需要,工业和城镇生活用电也需要,而目前经行政技术主管部门鉴定正式通过的型号产品还比较单一,有待形成完整的系列。此外,供求之间还有很大差距。另外,国家对触电保护器的技术条件和标准以及有关的规程制度尚有待制订。

水利电力部、国家劳动保护部门及中国电机工程学会农

村电气化专业委员会，对我国触电保护器的出现和发展均很重视。在这些机构和部门的领导和关心下，曾经对现有的各类触电保护器的结构、性能、效果及价格等方面，组织了广泛的调查和资料收集。同时，也多次举行了全国性的学术专业讨论，并对我国农村低压电网的绝缘状况及漏电状况进行了一些测试，探讨触电保护器在我国的发展方向，着手草拟相应的技术文件，期望短期内能够制定出既适合我国国情，又向IEC标准靠拢的触电保护器标准，使我国的触电保护器生产纳入健康发展的轨道，从而有效地提高我国的安全用电水平。

第二节 触电事故的统计分析

一、我国触电事故的主要灾区在农村

我国城乡历年都有不少触电事故，其中以农村比较集中。据水电部有关资料，1971年至1982年不完全统计，十二年中农村触电死亡共64121人，平均年死亡5343人，其中最高为1973年，达到7020人。受伤者虽无确切的全面统计资料，但从局部地区资料来看，是数倍于死亡数。这不能不是一个严重问题。各年农村触电死亡人数如表1-1所示。

表 1-1 1971年至1982年农村触电死亡情况

年 份	1971	1972	1973	1974	1975	1976
死亡人数 (人)	6249	5780	7020	6186	6063	5125
年 份	1977	1978	1979	1980	1981	1982
死亡人数 (人)	5199	5079	4960	4061	4539	3853

由于多种原因，遗漏及未统计的，据估计有15~20%左右。有关工业和城镇居民生活用电方面的触电事故，目前尚

无比较完整的统计资料可查,仅从几个省、市收集到的情况来看,事故数量远低于农村。表 1-2 是广东省企业职工和农村触电死亡人数的分年对比情况。

表 1-2 广东省 1971 年至 1981 年各年企业职工和农村触电死亡人数对比

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

这个省十一年中平均年企业职工触电死亡 17.8 人,而农村同一时期平均年死亡 248.1 人,后者较前者多 13 倍。

北方工业比较发达的辽宁省,1979 年至 1981 年工业企业职工触电死亡 167 人,平均年死亡数为 55.7 人;而同一时期农村死亡 307 人,平均年死亡数为 102.3 人,后者也成倍于前者。又以上海市为例,1979 年至 1981 年工业企业职工触电死亡 45 人,平均年死亡数为 15 人,同一时期农村死亡 139 人,平均年死亡数为 46.3 人,后者也相当于前者三倍。从几个省、市的统计资料推算,城镇人口触电死亡数一年大致 1000 人左

右, 而农村死亡数却高达 4000~5000 人, 从而说明我国安全用电的薄弱环节是在农村。

世界上一些经济发达的国家中也有一定数量的触电伤亡, 但远少于我国。仅我国农村一年的死亡人数就数倍于日本 1970 年至 1977 年的总和, 这确实是一个值得严重关注的问题。

二、触电事故大部分发生在 380/220 伏电力系统

从北京、天津两大城市的资料反映出, 城市和工业触电死亡发生在 6 千伏及以上高压电力系统的约占 30%, 发生在 380/220 伏低压电力系统上的约占 70%, 而农村在 380/220 伏系统上的触电则比城市工业更为集中一些。表 1-3 是我国农村 1974、1978 及 1981 年高、低压触电死亡事故的比例。

表 1-3 我国农村高、低压触电死亡人数比例(%)

年 份	高低压触电 死亡比例	发生在 6 千伏及以上	发生在 380/220 伏
1974		9.2	90.8
1978		12.5	87.5
1981		17.8	82.2

从上表可以看出, 农村高压触电死亡人数相对于低压触电死亡人数趋势近年来虽然稍有上升, 但低压触电死亡人数始终占高、低压触电死亡人数的 80% 以上。

统计表明, 无论是城市或农村, 高压触电死亡人数都不占多数, 原因是用电的人当中绝大部分和高压无关, 而生产、生活上广泛接触操作的日用电器都是低压的。接触多, 受电几率自然也大。

农村高压触电出现在以下几个方面:

(1) 在高空作业过程中触电,如多层建筑施工时,工人在高处手持金属长物触及附近的高压输配电线路;

(2) 起吊重物,如打井、起吊材料、树立低压电杆等,在施工现场使用简易起吊机具不慎使钢丝绳弹起触及高压线路,此类事故通常具有群伤群亡特点;

(3) 高、低压电力线路搭连或高压电力线路与有线广播线路搭连,使低压或广播线路带上高电压,此类现象多数因线路质量不良,年久失修,或发生在高压线路下面进行低电压线路施工过程中失误所造成,也常带有群伤群亡的特点;

(4) 坐地安装的变压器缺少安全护栏,儿童爬上变压器嘻耍触及高压端子,青少年攀登电杆摸鸟窝触及高压电线;

(5) 其他原因引起的,如企图直接在供电线路上挂钩用电,误将挂钩搭在高压导线上;船桅触及跨河高压线路等。

三、农村低压触电事故有很大的分散性

表 1-4 是全国农村 1974、1977、1978 及 1981 年低压触电死亡原因的分析归类。

表 1-4 造成农村触电死亡的因素 (%)

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

表内所列的各项分类包含以下一些内容:

1. 设备不合格

(1) 低压架空导线过低, 离地净空高度和建筑物接近距离不符合规程要求,

(2) 低压电杆的拉线固定部位不合适, 工艺不良, 拉线无隔离绝缘子且触及导线;

(3) 用破股铝线或一般铁丝作为电线使用, 接头马虎;

(4) 用电设备金属外壳未保护接地或接零;

(5) 用绝缘层破损、老化的电线用作进户线或电动机引线;

(6) 广播线与电力线架设工艺马虎或安全距离不符合技术规程要求, 造成相互搭连;

(7) 螺丝灯头与灯泡螺帽不配套, 且中、相线接线错误, 使灯泡金属螺帽带电外露;

(8) 三眼插销上插孔等距等径, 插头可随意转向插入;

(9) 单极开关误接在中线上, 使灯头长期带电;

(10) 手持式电钻无 1:1 隔离变压器;

(11) 使用 220 伏行灯。

2. 设备失修

(1) 接户线、引下线绝缘层老化或破损;

(2) 电杆拉线锈蚀、导线断股及导线接头老化, 造成断线倒杆;

(3) 电动机绝缘受潮和老化, 金属外壳保护接地失效;

(4) 橡胶绝缘护套软电缆护套及绝缘层破裂, 软电缆接头绝缘包扎物选用不当或包扎物松散脱落;

(5) 胶木闸刀开关、灯头及插销的绝缘护罩、护盖失落或破碎。

3. 违章作业

(1) 带电搭接电源或带电修理电气设备;

- (2) 未切断电源,带电移动漏电设备;
- (3) 在架空线下面建造房屋或起吊器材而无安全措施;
- (4) 趁供电线路停电不联系,擅自在停电设备上工作;
- (5) 违犯安全制度约时停送电;
- (6) 窃电。

4. 缺乏安全用电知识

- (1) 用赤手拨拉断落的有电导线;
- (2) 赤手拖拉触电者;
- (3) 将三眼或四眼插头接地端子误接在相线上,使用电设备金属外壳带电;
- (4) 登杆摸鸟窝或爬登变压器嘻耍;
- (5) 不相信触电会致命,随意摆弄;
- (6) 任意将无盖闸刀开关放在地上运行;
- (7) 用非绝缘物质包裹导线接头;
- (8) 将电源接在插销的插头上;
- (9) 潮湿场所用电未采用特低电压。

5. 私拉乱接用电

- (1) 装接一线一地照明;
- (2) 直接用导线挂钩架空线用电;
- (3) 私设 220 伏电围栅;
- (4) 用破旧导线拖拉地爬线、拦腰线等。

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

四、手持式电具和移动性电具的漏电事故

在城镇工业中,因手持式电具或移动性电具的导线损坏,而引起漏电造成的触电事故较其他方面相对突出一些。图 1-1 是上海市 1979 年此类事故与其他原因造成的事故在城