

漏电保护器安装运行维修

张弘廷 编著

中国电力出版社

作者简介

张弘廷，男，1956年12月1日生，河南大学物理系毕业，现任河南省伊川县电业局用电科副科长、高级工程师。从事安全供用电技术工作15年，独立研制的“无功耗漏电保护器”获国家实用新型专利，合作研制的“大中型交流接触器无压运行装置”获全国第八届发明展览会铜牌奖，先后在全国和省部级技术刊物上发表论文32篇，其中漏电保护器方面的论文26篇。

序

我国的电力工业在党和政府的正确领导下迅速发展,特别是改革开放以来,取得了举世瞩目的成就,目前我国的发电装机容量和年发电量均已居世界第二位。电力先行,促进了我国的现代化建设,加速了全社会的进步繁荣。

随着国民经济的发展和人民群众物质文化生活水平的提高,城市乡村日趋电气化,千千万万工人、农民、科技人员、学生、老幼天天和电气设备打交道,为了保证生命财产安全,广大人民群众越来越重视安全用电工作。为了防止人身触电伤亡、电气火灾和电器设备损坏等事故,我国在城乡广泛推广应用漏电保护器,虽然只有二十余年的短暂历史,但确收效显著,使众多的触电者避免了伤亡,引导人们排除了大量由于电气设备漏电接地而埋下的事故隐患,基本上是安上漏电保护器,事故降下来一半。实践证明,装设漏电保护器是安全用电的一项有效技术措施。

各地在推广应用漏电保护器的实践中,都积累了不少宝贵经验。本书作者多年来亲自参与漏电保护器运行管理,攻克了许多技术难关,解决了大量实践中

的难题，取得了一些成功经验，现进行系统总结，融漏电保护的理论知识与实践经验为一体，撰写成册，奉献给广大读者。我相信本书的出版，必将受到广大电业职工、农村电工和人民群众的欢迎，推进城乡漏电保护器推广应用工作，把我国安全用电工作提高到一个新的水平。

霍亮

1996年夏于北京

前言

漏电保护器是一种低压保护电器。实践证明，装设漏电保护器是防止人身触电伤亡事故的有效技术措施，也是防止由漏电引起的电能损耗、电气火灾和电器设备损坏事故的技术措施。

我国农村低压漏电保护的状况，一是发展较快。国际上本世纪初开始研制漏电保护器，逐渐发展成熟，目前一些发达国家已基本普及；国内 70 年代初开始试制，起步虽晚，但步伐较大，至 1994 年底，全国农村公用低压电网的保护覆盖面已达 62%，末端保护率达 19%。二是存在一些问题亟待解决。诸如：许多人对漏电保护器的用途和特性尚不十分了解，摆不正漏电保护与传统安全技术措施的关系；电流型漏电保护器使用效果好，但安装难、维修更难；漏电保护器运行管理中有一些疑难问题，许多人搞不清楚、解决不了，突出表现为正确动作率较低等等。

正是为了解决上述问题，进一步推动农村漏电保护器推广应用工作，编写了这本书。选材上以部颁 SD219—87《漏电保护器农村安装运行规程》和国家标准 GB6829—86《漏电流动作保护器》、GB13955—92《漏电保护器安装和运行》为依据，以自己多年来进行漏电保护器的研制、生产、选购、安装、运行管理、维修的经验为基础，参考了国内外漏电保护器方面的大量书籍、论文、讲义等资料。在此谨向有关资料的作者表示感谢。原水电部总工程师、现中国电机工程学会

副秘书长霍宏烈审稿后提出一些宝贵意见,使本书增色不少。
由于水平有限,书中缺点错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1998年4月10日

目 录

作者简介

序

前言

第一章 触电与漏电保护 1

第一节 触电及其伤害 1

第二节 装设漏电保护器的必要性 13

第三节 国内外漏电保护器发展概况 27

第二章 低压漏电保护器类型介绍 34

第一节 简易电压动作型漏电保护器 34

第二节 电流动作型漏电保护器 36

第三节 交流脉冲型漏电保护器 42

第四节 多级保护 43

第三章 电流动作型漏电保护器的 型式和结构 50

第一节 电流动作型漏电保护器的产品型式 50

第二节 电流动作型漏电保护器的结构 54

第四章 漏电保护器的选购 60

第一节 县级电业管理部门选购要点 60

第二节 漏电保护器的一般试验项目及其规定指标 63

第三节 用漏电保护器测试仪检测漏电保护器 65

第四节 用户具体选用原则 74

第五章 漏电保护器的安装 77

第一节	总保护的安装	77
第二节	末端保护的安装	88
第六章	漏电保护器运行管理	94
第一节	低压漏电总保护的日常调试维护	94
第二节	减少低压电网漏电的方法	97
第三节	提高总保护正确动作率的方法	102
第四节	调整单相负荷的理论分析和实践	105
第五节	改造做总保护的漏电保护器	112
第六节	被漏电保护器保护的系統应独立	116
第七章	漏电保护器用电子元器件及	
	单元电路	120
第一节	常规分立元件	120
第二节	集成电路	138
第三节	单元电路	148
第八章	典型漏电保护器产品剖析	157
第一节	DBL—8 型漏电继电器	158
第二节	CJM 型脉冲漏电继电器	167
第三节	DBL—2 型漏电继电器	178
第四节	漏电开关	188
第九章	漏电保护系统的检查和维修	197
第一节	现场处理总保护运行问题	197
第二节	专业维修点维修漏电保护器	200
第三节	DBL—2 型漏电继电器电路板故障简捷判断法	213
第四节	DBL—8 型漏电继电器故障判断	218
第五节	脉冲漏电继电器故障判断	222
第六节	漏电开关的检修	231

附录 A 常用漏电继电器、漏电开关和漏电插座的电 原理图、接线图	233
附录 B 常用漏电继电器、漏电开关的印刷电路图	245
附录 C 常用漏电继电器的元器件表及电位表	254
参考文献	260

第一章 触电与漏电保护

第一节 触电及其伤害

外部的电流经过人体，造成人体器官组织损伤，甚至死亡，称为触电。

一、触电方式

触电方式可分为直接接触和间接触电。

(一) 直接接触

直接接触指人体直接接触及或过分接近正常运行的带电体而受到的电击，又可细分为单相触电和两相触电。

(1) 单相触电。如图 1-1 所示，当人的一只手接触到一相带电体时，电流流出电网系统，通过人体、大地构成的通路回流，就会发生单相触电事故。这种触电事故约占总触电事故的 75% 以上，其中发生在 380V/220V 低压电力系统的触电事故又占高、低压触电事故 80% 以上。所以，低压单相触电事故是安全防范的重点，是漏电保护的主要对象。发生单相触电的原因是：

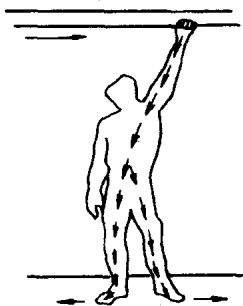


图 1-1 单相触电

1) 触碰。农村低压电力线路（有些是临时用电线路）架设不符合标准要求，有什么材料使用什么材料，什么地方用

电就随便架线到什么地方去，既没有足够的机械强度，也没有足够的对地距离，群众形容这种电力线为“碰头线”、“拦腰线”、“地爬线”。有些绝缘电缆沿地面施放，外包绝缘磨损了也没有察觉，当人走近触碰到这些带电体时，就会当场造成触电。

2) 断线。电力线路跨越马路、公路、铁路或河流时，没按规程要求或协议原则办事，电线跨越路面或水面处因净空高度不足而被车船碰断坠落；架空线、接户线因质量差、过负荷或受外力破坏而断落到地，人们误拾、误踩、误碰就会引起触电。

3) 罩盖破损。原来具有完整护盖、护罩的电气设备（如胶木闸刀开关、插座、灯头、单极开关等），在运行中护盖、护罩被散失或受外力撞击破碎，带电的金属部件直接暴露在外为人体所接触而造成电击。

4) 违章装修。线路检修或因其他原因临时停电，有人未与停送电操作部门取得联系便擅自在停电系统上装拆用电线路或用电设备，被突然来电所电击。

5) 违法挂用。擅自在架空线路上违章挂钩接电（如电鱼、接小水泵等）或违法私设电栅栏，造成自己触电或他人触电。

在配电变压器低压侧中性点直接接地电网中（这是我国城、乡低压电网的普遍方式），如果有人站在地面上直接接触到某一相带电导线，这时，电源→导线→手→立足点→大地→变压器接地极→接地线→变压器低压侧中性点便构成一个闭合电路，电流立即沿着这一电路从电源回到中性点。在频率为 50Hz、相电压为 220V 的交流电的作用下，通过人体的电流将是

$$I_r = \frac{U}{R_r + R_0} \quad (1-1)$$

式中 U ——相线对地电压，220V；

R_r ——人体电阻，约 1000Ω；

R_0 ——变压器工作接地电阻，4~10Ω。

计算结果， I_r 可达到 200 多 mA。这样大的触电电流通过人体，触电者已经不能自主摆脱，很短时间就会出现窒息，心脏停止跳动。

(2) 两相触电。如图 1-2 所示，当人的两只手同时接触两相带电的导线，作用于人体的电压达到 380V 或 220V，都会发生两相触电事故。

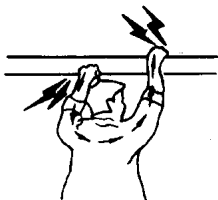


图 1-2 两相触电

两相触电事故较少发生，但这种事故由于电压高、接触好，因而电流较大且经过人的心脏，因此死亡的危险性很大。

(二) 间接触电

间接触电指人体接触正常的情况下不带电压，但在故障情况下带有电压的设备而受到的电击，又可细分为搭接触电、接触电压触电和跨步电压触电。

(1) 搭接触电。农村中的广播、电话等弱电线路违反规定与电力线路同杆架设，或分杆架设交叉跨越时垂直距离不够，当气温变化、受外力影响或过负荷发热而发生断线或混线时，弱电线路就会因搭接而带电；电杆拉线在正常情况下不带电，当拉线与架空线发生搭接时，拉线变成带电；电视机天线在电力线路近旁也有可能搭接带电。人们接触这些带电的广播设备、电话线、拉线、电视机天线引下线时就会

发生触电事故。

(2) 接触电压触电。电动机、铁壳开关、电冰箱、洗衣机、电熨斗、电热水器、手电钻等电器的金属外壳是非载流金属部分，在正常情况下，由于内部载流导体有绝缘物质的隔绝，因而非载流金属部分不带电。当内部绝缘物质老化、受潮、受损失去绝缘作用时，或导线在进接线盒处磨破及在接线盒里线头破股碰壳时，其金属外壳便带有电压。此时，人站在地面上触及金属外壳便会受到电击，发生接触电压触电事故。此时，当金属外壳没有接地时，接触电压为 220V；良好接地（接地电阻等于变压器工作接地电阻 $4\sim 10\Omega$ ）时，接触电压为 110V；接地不良时，接触电压介于 110~220V 之间。

(3) 跨步电压触电。当高压架空线路某根导线断落在地上时，电流进入大地便在导线接触的地面上形成一个相当强的电场，其电位分布如图 1-3 所示，以触地点为中心形成许多同心圆。这些同心圆的圆周上的电位是各不相同的，同心圆的半径越大，圆周上的电位越低，反之，同心圆的半径越小，圆周上的电位越高。如果有人在电场内双脚站在不同的圆周上（跨步间距 a 约为 0.8m），双脚之间就会有电位差，这个电位差我们称为“跨步电压 U_k ”。在跨步电压的作用下，电流将从高电位的脚通过人的下半身流向低电位的脚而使人的双脚抽筋痉挛倒地。这样，电流就有可能通过心脏，且由于人体长大于 0.8m 而增大电位差。跨步电压触电同样是非常危险的。在农村中，耕牛因跨步电压倒地最后死亡的例子是屡见不鲜的。除了电线落地出现跨步电压以外，当大的电流通过接地体进入大地时，如果接地电阻过大，同样也会以接地体为中心在地面上出现电场。跨步电压由下式表示

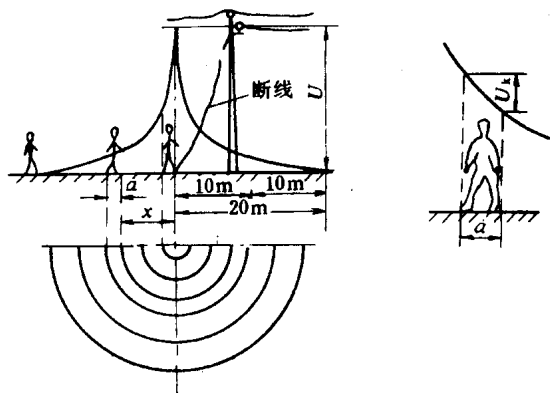


图 1-3 电场电位分布示意图

a —跨步间距； U_k —跨步电压

$$U_k = \frac{I_r \rho a}{2\pi x(x + a)} \quad (1-2)$$

式中 I_r ——脚至脚经过人体的环路电流；

ρ ——土壤电阻率；

a ——双脚之间跨距；

x ——立足点与触地点之间距离。

从式 (1-2) 中可见，立足点离触地点（或接地体）越远，跨步电压越小，人的双脚跨距越小跨步电压也越小。一般来说，立足点离触地点 10m 以外，已无触电危险（见图 1-3，曲线已趋向平稳，双脚间的电位差很小），20m 左右电位可接近于零。

发生这种触电事故的次数不多。人们遇到这种危险场合，应立刻合拢双脚跳出触地点 20m 之外，这样可保障人身安全。

二、影响电击伤因素

人体触电后，轻则损伤，重则死亡，击伤轻重主要由以下 6 个因素决定：

(1) 电流种类。交流电与直流电的电压在 500V 时，它们的致病作用大致相同。电压在 500V 以下，交流电比相同电压的直流电更危险。电压超过 500V，则直流电比相同电压的交流电危险，这可能是由于直流电电压越高，则电解作用越强的缘故。

直流电在电流小、时间短的条件下，对人和动物没有什么危险。国内初步研究认为：直流电 20mA 2h，对动物没有致命的危险；但若电流量增大、时间延长，则有危险，特别是直流电维持的动物同时受到交流电击时，其危险性显著增高。人体对直流电耐受性比交流电强，接触直流电强度至 250mA，只要时间短暂亦不引起特殊损害，见表 1-1。

表 1-1 交流电与直流电对人体的影响

直 流 电 110~800V	交流电 (50Hz) 110~380V	对 人 体 的 影 响
<80mA	<25mA	1. 呼吸肌轻度收缩 2. 对心脏没有损害
80~300mA	25~80mA	1. 呼吸肌痉挛 2. 通电时间超过 25~30s，可发生心室颤动或心跳停止
300~3000mA	80~100mA	1. 直流电可能引起心室颤动 2. 交流电接触 0.1~0.3s 以上，引起严重心室颤动

续表

直 流 电 110~800V	交流电 (50Hz) 110~380V	对 人 体 的 影 响
	>3000mA (3000V 以上)	1. 心跳停止 2. 呼吸肌痉挛 3. 接触几秒以上, 可引起严重灼伤致死

不同频率的交流电, 对机体的作用也不相同, 其发生触电的死亡率是: 10Hz 为 21%; 25Hz 为 70%; 50Hz 为 95%; 60Hz 为 91%; 80Hz 为 43%; 100Hz 为 34%; 120Hz 为 31%; 200Hz 为 22%; 500Hz 为 14%; 1000Hz 为 11%。

为了适应电器设备的经济合理设计, 我国常用的工频交流电是 50Hz, 但如果从触电的死亡率来看, 50Hz 的交流电对人是危险的。20~150Hz 的交流电致病作用最强, 可能是这些频率与机体组织, 特别是神经与肌肉组织的生理性节奏相符合, 因而会引起强烈的反应。其中以 50~60Hz 的交流电危险性最大。150Hz 以上的交流电的伤害作用, 随着频率增高而降低; 到 2kHz 以上时, 危险性已经很低; 而高频 (100kHz 以上) 电流则不仅没有致病作用, 而且由于它有微弱的温热效应, 可以使组织的温度升高, 引起充血和代谢增强, 因而可以用来治疗很多疾病, 这就是透热疗法。

(2) 电流强度和作用时间。国内外学者通过对大量触电现象的研究, 得出了大体相似的结论:

1) 通过人体的电流越大, 时间越长, 危险性越大。5mA 及以下为在各种条件下不致有电击危险的安全电流。

2) 心室颤动是造成低压触电死亡的生理原因。当通过人

体的触电电流和通过时间超过某个限值时，心脏正常搏动的电信号便受到干扰而打乱，这样，心脏便不能再进行强有力的收缩而出现心肌震动，这就是医学上所称的“心室颤动（心室纤颤）”。此时心室各部分快速而不协调地乱颤，血不能从心脏排出，血液循环骤然停顿，随后细胞组织缺氧导致呼吸停止，死亡伴之而来。

3) 当通电时间超过心脏脉动周期（人体的心脏脉动周期为 0.75s），通过了收缩期与舒张期之间心脏对电流的敏感时段（约 0.1s），则较小的电流（几十毫安）也会引起心室颤动。

表 1-2 所示是毕格麦亚根据心脏脉动周期所得实验结果，证实了触电时间超过心脏脉动周期时危险性增加的结论。从表 1-2 中可得出下述结论：

表 1-2 电流强度和作用时间对人体的影响

电流范围	50~60Hz 电流有效值 (mA)	通电时间	人体的生理反应
0	0~0.5	连续（无危险）	未感到电流
A ₁	0.5~5.0 (摆脱极限)	连续（也无危险）	开始感到有电流，未引起痉挛的极限，可以摆脱电流范围（触电后能自动地摆脱，但手指、手腕等处有痛感）
A ₂	5.0~30	以数分钟为极限	不能摆脱的电流范围（由于痉挛，已不能摆脱接触状态），引起呼吸困难，血压上升，但仍属可忍耐的极限