

电气火灾 案例及防范技术研究

DIANQI HUOZAI
ANLI JI FANGFAN JISHU YANJIU

主 编 沈友弟



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

电气火灾案例及 防范技术研究

沈友弟 主编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

电能作为社会生产和人们生活必不可少的主要能源之一,在其广泛应用的同时,也在不同程度上带来了灾害的隐患。本书以 20 世纪 90 年代以来我国因电气原因发生的火灾案例分析电气火灾发生的原因及防范电气火灾的方法,并提出一种新型产品——电气防火限流式保护器,此产品对电气线路短路故障有很好的保护作用。

图书在版编目(CIP)数据

电气火灾案例及防范技术研究 / 沈友弟主编. — 上海:
上海交通大学出版社, 2012
ISBN 978 - 7 - 313 - 08449 - 1

I. ①电… II. ①沈… III. ①电气设备-火灾-事故
分析②电气设备-防火-研究 IV. ①TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 087491 号

电气火灾案例及防范技术研究

沈友弟 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787 mm×960 mm 1/16 印张: 16 字数: 278 千字

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 313 - 08449 - 1/TM 定价: 48.00 元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 021 - 54742979

前 言

为进一步加强电气火灾的研究,更有效地预防和遏制电气火灾事故的发生,《电气防火关键技术研究及其应用》课题组对我国和上海地区近年来发生的电气火灾进行了统计,对电气火灾成因机理开展了研究,并对新型电气防火限流技术进行了攻关,研发了新型电气防火限流式保护器,通过在上海世博场馆、杭州瑞纺联合市场以及普陀山小商品商业街等地区的试用,取得良好的实用效果,具有良好的市场前景。同时,对全国范围内 1991 年至 2008 年发生的社会影响较大的、较为典型的电气火灾事故进行了收集,对每起火灾均进行了全面认真的分析和整理,供各级公安消防部门和科研部门有关人员在研究电气火灾防范技术及分析调查电气火灾时作参考。

在本书编写过程中,课题组受到了上海市科学技术委员会、上海市公安局、上海市消防局等单位领导的关心和支持,在人员配备、科研设备以及案例提供等方面提供了很大的帮助,在此表示衷心的感谢。

沈友弟

2012 年 2 月

目 录

研究篇

电气防火关键技术研究及其应用	(3)
一、研究背景	(3)
二、电气火灾机理研究	(5)
三、电气火灾防范技术应用的现状分析	(15)
四、电气火灾防范关键技术研究	(24)
五、电气防火限流技术的发展趋势	(35)
六、总结和展望	(44)

案 例 篇

江苏连云港市云华宾馆火灾(1991 年 12 月 25 日)	(49)
江西南昌市万寿宫商城火灾(1993 年 5 月 13 日)	(52)
北京东城区隆福大厦火灾(1993 年 8 月 12 日)	(55)
广东深圳市致丽玩具厂火灾(1993 年 11 月 19 日)	(59)
浙江杭州市天工艺苑商场火灾(1994 年 1 月 30 日)	(65)
福建厦门市波特鞋业有限公司火灾(1994 年 2 月 6 日)	(70)
山东滨州地区瀛云宾馆火灾(1994 年 11 月 30 日)	(72)
河南郑州天然商厦火灾(1995 年 1 月 20 日)	(76)
江西九江市大中大商厦火灾(1995 年 1 月 20 日)	(81)
辽宁鞍山市鞍山商场火灾(1995 年 3 月 13 日)	(85)

广东汕头市邮电局金砂邮电大楼火灾(1995 年 4 月 1 日)	(87)
新疆乌鲁木齐市凤凰时装城录像厅火灾(1995 年 4 月 24 日)	(93)
湖北荆门市商业大厦火灾(1995 年 5 月 12 日)	(97)
山东青岛世原鞋业有限公司胶州市张应镇厂火灾(1995 年 10 月 15 日)	(101)
贵州毕节地区邮电局电信大楼火灾(1995 年 11 月 26 日)	(104)
广东广州市广涛阁芬兰浴火灾(1995 年 12 月 8 日)	(108)
广东深圳市端溪酒店火灾(1996 年 7 月 17 日)	(113)
湖南常德市安乡县大富豪歌舞厅火灾(1996 年 12 月 4 日)	(118)
黑龙江绥芬河市青云市场火灾(1997 年 7 月 9 日)	(120)
广西柳州市白云批发市场火灾(1997 年 9 月 19 日)	(124)
浙江温州市瓯海区将军桥工业区 10 号楼火灾(1997 年 10 月 25 日)	(129)
新疆喀什市工业品贸易中心大楼火灾(1997 年 11 月 17 日)	(133)
浙江温岭市横峰劲伟鞋厂火灾(1997 年 11 月 20 日)	(137)
北京丰台区玉泉营环岛家具城火灾(1998 年 5 月 5 日)	(140)
陕西宝鸡市人民商场火灾(1998 年 12 月 4 日)	(145)
北京丰台区华龙灯具批发市场火灾(1999 年 1 月 9 日)	(151)
广东东莞市东聚电业有限公司火灾(1999 年 1 月 23 日)	(155)
河南南阳市天府家具厂火灾(1999 年 4 月 15 日)	(158)
青海西宁市城东区宁丰海绵厂仓库火灾(1999 年 8 月 12 日)	(161)
四川自贡市及时钟表眼镜有限公司综合楼火灾(1999 年 8 月 20 日)	(162)
广东增城市鸿成皮具厂火灾(1999 年 10 月 26 日)	(167)
福建福州市仓山区临江街道木屋毗邻区火灾(1999 年 11 月 27 日)	(171)
湖南湘潭市金泉大酒店火灾(2000 年 1 月 9 日)	(174)
安徽合肥市城隍庙市场庐阳宫商场火灾(2000 年 1 月 11 日)	(176)
贵州省人民政府 5 号办公楼火灾(2000 年 1 月 13 日)	(180)
内蒙古通辽市供销大厦火灾(2000 年 9 月 21 日)	(182)
山西大同市云中商城服装大世界商场火灾(2000 年 12 月 13 日)	(184)
河北唐山市随意电子游戏厅火灾(2002 年 2 月 18 日)	(187)
湖南长沙市红太阳演艺中心火灾(2002 年 3 月 1 日)	(189)
湖南常德市桥南市场火灾(2004 年 12 月 21 日)	(194)
广东汕头市华南宾馆火灾(2005 年 6 月 10 日)	(201)
吉林辽源市中心医院火灾(2005 年 12 月 15 日)	(207)

安徽滁州市天长市天正购物广场火灾(2006 年 6 月 5 日)	(213)
浙江湖州市福音大厦火灾(2006 年 9 月 14 日)	(219)
广东东莞市大岭山镇废旧塑料加工厂火灾(2007 年 1 月 26 日)	(224)
浙江温州市人民西路朵朵鲜园艺有限公司火灾(2007 年 12 月 12 日)	(226)
广东东莞市樟木头镇名典咖啡语茶厅火灾(2007 年 12 月 12 日)	(232)
浙江义乌市义亭镇成帅酒店火灾(2008 年 2 月 15 日)	(234)
广东深圳市南山区龙飞再生物资回收有限公司火灾(2008 年 2 月 27 日)	(238)
参考文献	(244)

研 究 篇

电气防火关键技术研究及其应用

一、研究背景

人类社会的进步和科学技术的发展,有力地推进了电气事业的发展。在电气化特征越来越明显的今天,各类大型场所、高层建筑的高新电气设备迅速增多,电气火灾隐患随之日益突出,重、特大电气火灾事故也不断发生,备受国际社会关注。国际消防技术委员会统计资料显示,21 世纪前 5 年,全世界平均每年发生火灾约 820 万起,造成死亡的人数约 8 万人。其中,电气火灾所占比例约 24%。根据我国公安部消防局的火灾统计,全国平均每年发生火灾 21 万起,造成死亡人数约 2 000 人,经济损失约 12 亿元,其中,电气火灾的比例高达 22%。电气火灾已成为对人类社会造成危害程度最深的灾种之一。为此,国际消防技术委员会紧急呼吁各国尽快采取措施,加强电气火灾预防和控制。

在电气火灾中,因电气线路故障引发的火灾最为突出。据公安部消防局的统计数据,我国重特大电气火灾多为短路、过负载、接触不良、过热、漏电等故障性电气火灾,各类相加所占比例达到 89.5%。2007 年,上海市因电气线路老化、过负荷、电气故障等电气原因引发的火灾 1 746 起,造成 15 人死亡、15 人受伤,直接财产损失 985.1 万元;其中,因电气线路故障引发的火灾共 1 172 起,造成死亡 13 人,受伤 10 人,直接财产损失 737.1 万元,分别占全年火灾四项指数的 27.7%, 26.0%, 22.2%, 27.8%。2008 年,上海市因电气线路老化、过负荷、电气故障等电气原因引发的火灾 1 489 起,造成 22 人死亡、18 人受伤,直接财产损失 1.02 亿元。其中,因电气线路故障引发的火灾共 1 036 起,造成死亡 16 人,受伤 12 人,直接财产损失 9 927.6 万元,分别占全年火灾四项指数的 29.5%, 32.0%, 21.1%, 97.2%。2007 年“7.26”松江新育路居民火灾、2008 年“11.14”上海商学院火灾、“12.29”宝山华灵西路居民火灾等,均由电气方面的因素引起。

电气线路故障引发的火灾中,短路引发的火灾最为严重。全国的火灾统计数据也显示,短路是引发重特大电气火灾最严重的故障形式,所占比例高达 52.0%。从上海情况来看,2007 年,上海市电气线路短路引发的火灾共 534 起,造成死亡 11 人,受伤 6 人,直接财产损失 339 万元,分别占电气火灾总数的 30.6%, 73.3%,

40.0%和34.4%。2008年,上海市电气线路短路引发的火灾共502起,造成死亡8人,受伤6人,直接财产损失476.5万元,分别占电气火灾总数的33.7%,36.4%,33.3%和4.7%。

公安部消防局的火灾统计资料表明,我国每年发生的电气火灾起数和损失约占火灾起数和损失总数的25%~33%。从发达国家火灾统计资料来看,因电气方面引起的火灾只占火灾总数的10%以内。西欧国家人均用电量是我国的几十倍,可电气火灾仅占火灾总数的百分之几;日本人均用电量是我国的8倍,而电气故障引起的火灾事故仅为2%~3%。这与我国电气火灾的高比例和电气火灾上升的趋势形成了鲜明对比。发达国家用电量大,而电气火灾发生率低,说明只要采取有效措施,电气火灾是可防可控的。

为加强电气火灾的控制,2005年7月15日,国家对《高层民用建筑设计防火规范》进行局部修订,对高层民用建筑设置漏电火灾报警系统提出了新的要求,漏电火灾报警系统由此得到迅速发展。但由于目前国内电气火灾监控探测器均为三相四线,一体式多功能的结构主要为拼凑式,将含有电源变换电路、信号处理电路、报警电路、显示电路、通信、联动接口等的监控探测器与电流互感器、剩余电流互感器、主回路分断开关(100 A以下多用磁保持继电器、100 A以上用接触器或空开、塑壳断路器)等拼凑集聚于一个盒子中,组成一种多功能式的漏电开关产品。该类型产品的优点是:保护功能多,内置电流互感器、剩余电流互感器(包括温度传感器),接线少,整体度高。缺点是:体积大、结构复杂、成本加大、故障率偏高,特别是信号的监控、探测、分析、处理、报警、通信、联动接口等电路与ABC三相主电(或单相)回路的间隔距离太近,易遭受强电磁场的干扰,降低产品性能的稳定可靠性。在安装使用上如新建工程则需要和配电箱(柜)厂家沟通协商合理组装,但对改造工程中已经成形并使用中的配电箱(柜)则不适用。

近年来,我国通过提高火灾防控科技水平和加大火灾隐患整治力度,在预防和遏制群死群伤火灾事故方面取得了明显成效。但是,我国对电气火灾的防范工作大多只限于一般性的防火检查;在电气火灾和电气防火领域的研究寥寥无几,科研经费投入也十分有限;电气防火规范和建筑防火规范注重强调设备的自身保护,在工程的电气设计和施工上还有许多先天的缺陷。

在电气火灾防控体系中,研发和应用新技术、新产品是预防电气火灾发生的必然要求,也是一项重要的技术手段。为努力减少电气线路故障火灾的发生,针对当前短路火灾多发的特点,研制预防短路发生和进一步扩大的短路、漏电、接地、过负荷的保护装置,并作为定型产品在配电设备中广泛推广使用,正在成为科研机构、

产业界共同努力的热点领域。开展对电气火灾中重点的短路火灾发生、发展机理和规律等基础研究,开发研制电气短路防控设备,对于有效地预防电气火灾的发生,减少火灾危害,保障人身财产安全,维护社会和谐稳定,具有十分重要的作用。

二、电气火灾机理研究

(一) 电气火灾现状分析

1. 我国电气火灾现状

电能作为社会生产和人们生活必不可少的主要能源之一,在其广泛应用的同时,也在不同程度上带来了灾害的隐患。20世纪90年代以来,我国因电气故障原因引发的火灾起数、造成的人员伤亡、直接财产损失始终居高不下,电气故障成为引发火灾的主要原因之一。

公安部消防局的统计资料显示,2000~2009年,全国共发生火灾206.8万余起,其中电气火灾34.2万余起,而且电气火灾所占比例有逐年上升趋势。2007年全国电气火灾起数占火灾总数的28%,2008年全国电气火灾占火灾总数约30%,比2007年提高了2个百分点。电气故障引发的重特大火灾也位居首位。2007年全国因电气故障原因引发的重特大火灾起数占重特大火灾总数的45%,其造成的火灾损失数占电气火灾损失总数的80%。详见表1和图1显示的2000~2009年全国火灾总数及电气火灾情况。

表1 2000~2009年全国火灾总数及电气火灾发生数、所占比例

年 度	火灾总数	电 气 火 灾	
		起 数	所占比例/%
2000	189 185	31 933	16.9
2001	216 784	30 954	14.3
2002	258 315	29 741	11.5
2003	253 932	30 356	12.0
2004	252 804	29 448	11.6
2005	235 941	31 380	13.3
2006	231 881	32 431	14.0
2007	163 521	46 246	28.3

续 表

年 度	火灾总数	电 气 火 灾	
		起 数	所占比例/%
2008	136 835	40 599	29.7
2009	129 382	39 102	30.2
总 计	2 068 580	342 190	

注：此表统计的电气火灾次数，是指经公安消防部门调查原因的火灾，未经消防部门调查的火灾案例未列入统计。

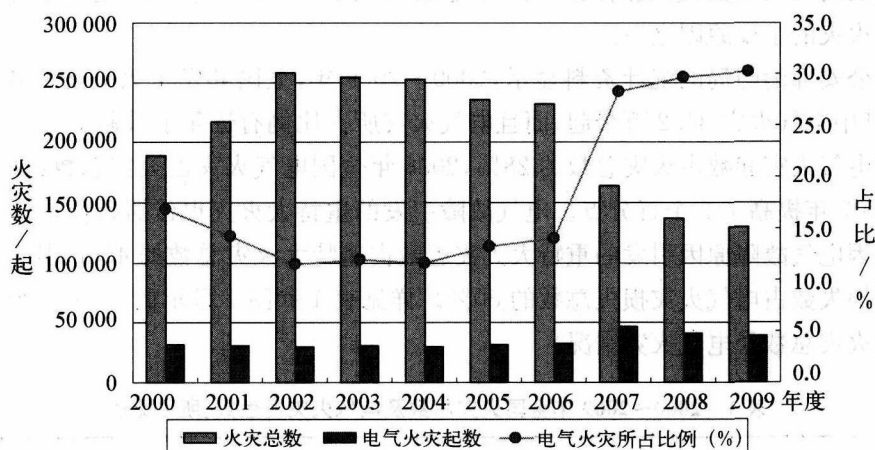


图1 2000~2009年全国火灾总数及电气火灾发生数、所占比例分布

电气故障原因引发的火灾起数、造成的人员伤亡、直接财产损失在我国居高不下，如何有效防治电气火灾已成为我国科研领域的迫切课题之一。

2. 上海市电气火灾现状

上海市近几年电气火灾占火灾总起数的比例也呈上升趋势。2006年，全市共发生火灾3 901起，其中电气火灾共1 497起，占总数的38.3%；2007年，全市共发生火灾4 233起，其中电气火灾共1 746起，占总数的41.2%；2008年，全市共发生火灾3 511起，其中电气火灾共1 489起，占了总数的42.4%；2009年，全市共发生火灾6 086起，其中电气火灾共2 276起，占总数的37.3%。详见表2和图2显示的上海市2006~2009年的火灾情况。

表 2 2006~2009 年上海火灾总数及电气火灾发生数、所占比例

年 度	火灾总数/起	电 气 火 灾	
		起 数	所占比例/%
2006	3 901	1 497	38.3
2007	4 233	1 746	41.2
2008	3 511	1 489	42.4
2009	6 086	2 276	37.3
总 计	17 731	7 008	

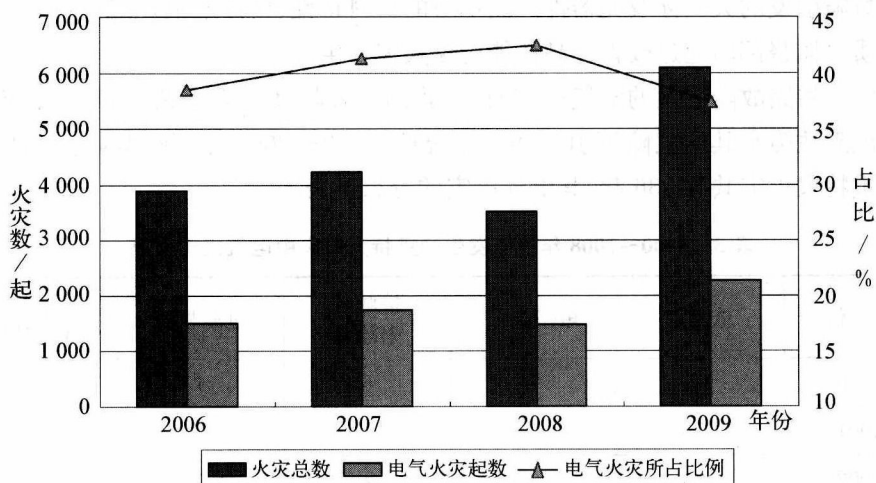


图 2 2006~2009 年上海火灾总数及电气火灾发生数、所占比例

2009 年上海市电气火灾情况如图 3 所示,其中,因短路、接触不良等电气线路故障引发的火灾 1 481 起,占了电气火灾总数的 63%;电器设备故障引发火灾 457 起,占电气火灾总数的 20%,电加热器具与可燃物接触太近引发火灾 113 起,占电气火灾的 5%,其他电气类火灾 225 起,占电气火灾的 10%。

由此可见,上海市因短路故障而引起的火灾在电气火灾中占的比重最大。如果能有效防治短路故障引发的火灾,必将能大大减少电气火灾的发生,降低火灾损失,保障人身和财产的安全。

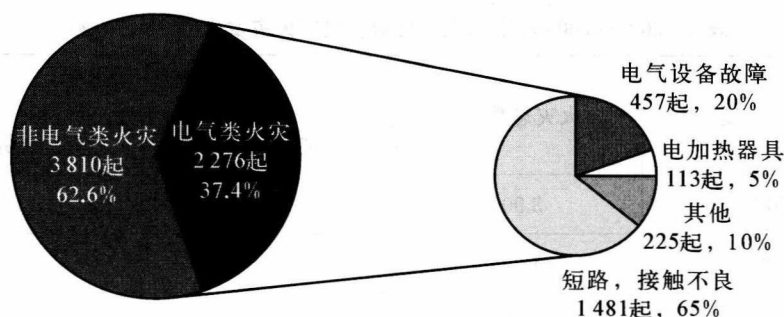


图3 2009年上海火灾情况及电气火灾分类

（二）电气火灾成因分析研究

根据电气火灾的不同成因,电气故障划分为线路故障和元器件故障。由于元器件故障引发的火灾涉及元器件产品本身的材料特性、设计规范,一般多由厂家或产品质量监督部门通过改善产品性能避免火灾发生。

对于线路故障引发的电气火灾而言,我们一般将其分为短路故障、过载故障、接触电阻故障和其他故障等引起的。据统计,2000~2008年,我国因电气原因造成的重特大火灾共有336起,其电气火灾的分类见表3。

表3 2000~2008年我国发生的重特大火灾中电气火灾情况

年 份	总起数	短路故障	接触电阻故障	过载故障	其他电气线路故障
2000	17	7	6	1	3
2001	5	2	1	0	2
2002	9	2	4	0	3
2003	72	40	7	2	23
2004	63	27	6	2	28
2005	53	25	12	0	16
2006	59	40	7	0	12
2007	32	18	2	0	12
2008	26	17	4	1	4

（注：公安部2007年对火灾分级标准进行了修改,故2000~2006年统计为重大以上的火灾,2007、2008年统计为较大以上的火灾。在直接财产损失方面,2007年6月前重大火灾的标准为30万元以上,2007年6月之后重大火灾的标准为5000万元以上,较大火灾的标准为1000万元以上。）

从我国 2000~2008 年发生的重特大火灾原因分析来看,电线短路故障约占 51%,居引发重特大火灾原因第一位;电线过热、过负荷故障占 20%左右,居第二位;接触不良故障占 12%,其他故障占 17%左右。2000~2008 年重特大火灾原因比例详见图 4。

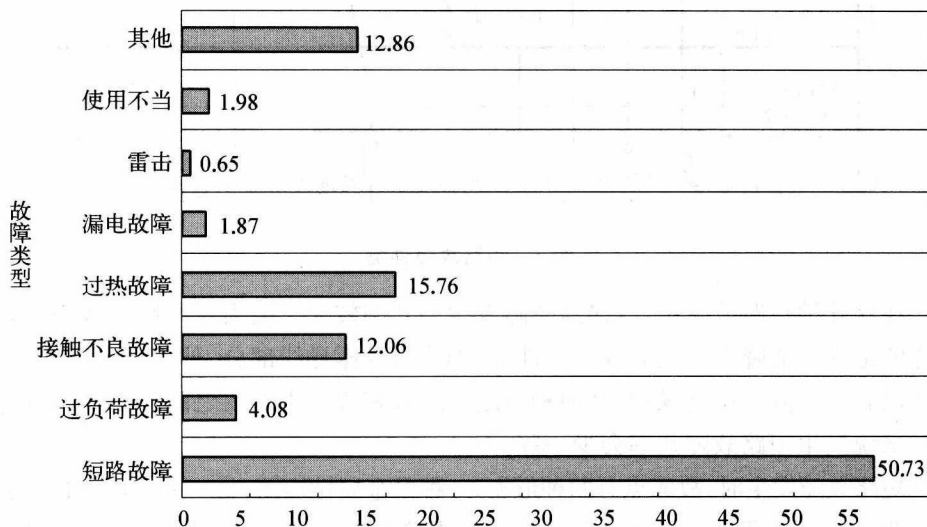


图 4 2000~2008 年重特大火灾原因比例图

本研究从各种故障的形成方式、故障形式、危害后果等方面,分析研究电气火灾的形成机理。

1. 短路故障

当配电线路和电气设备由于绝缘导线的绝缘老化绝缘性能降低、受到意外机械损伤、接错线路或误操作,致使绝缘导线上具有不同电压的两点或几点通过接触点较小的阻抗相接,而此时绝缘导线的电流产生骤然增大的现象称为短路故障。

1) 短路故障种类和短路点形态

如图 5 所示,低压配电线路和电气设备的短路故障可以分为三种,即相间短路、单相短路和单相接地短路。

相间短路,即不同相线之间发生的短路;单相短路,即相线与中性线之间发生的短路;相间短路和单相短路,通常又称为一般短路。

单相接地短路,即相线与电气设备的外露导电部分、外部导电部分或大地之间发生的短路。通常把单相接地短路称为接地故障。低压配电线路和电气设备发生短路故障时产生的电流称为短路电流。

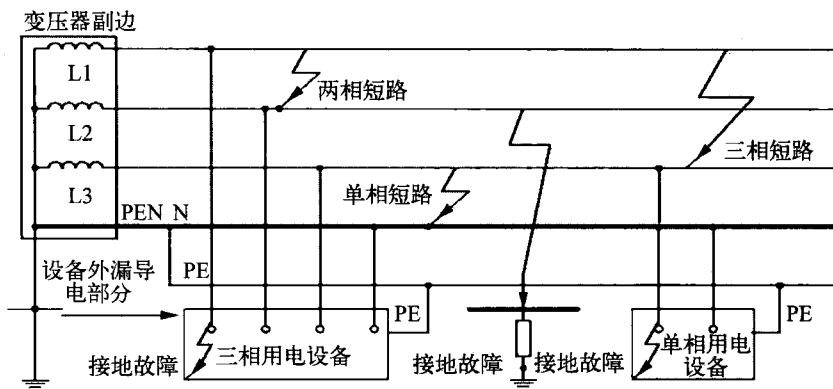


图5 短路故障种类

在这几种短路故障中，以接地故障发生的几率较大。因为对绝缘导线来说，在同样的绝缘性能降低甚至失效的条件下，相线对外露导线部分、外部导电部分或者大地仅有相线的一层绝缘；而其他相线之间或者相线对中性线之间却有两层绝缘，相对来说发生短路故障几率会少一些。

短路故障发生时，故障点有两种形态，一种是金属性短路，另一种是电弧性短路。金属性短路，在短路点处的导体相互熔化并焊接在一起，除了短路电流很大以外，还会产生异常高温，首先将会引燃绝缘导线。例如使聚氯乙烯有机绝缘材料分解而释放出可燃气体与氧气化合而燃烧，并且沿着绝缘导线蔓延。其次还会进一步发展引燃其周围的可燃物甚至酿成火灾。电弧性短路，在短路故障发生时在短路点处导体并未焊接在一起，其间产生火花电弧，其电弧温度可达 $2\,000\sim 3\,000^{\circ}\text{C}$ 的高温，会引燃绝缘导线的绝缘材料，甚至进一步发展引燃周围可燃物酿成电气火灾。

发生电弧性短路时，由于电弧阻抗较大，限制了短路电流，因此一般情况下过流保护装置不会动作，不能切断电源。电弧性短路将持续维持下去，有足够时间维持绝缘导体的绝缘材料和其周围可燃物燃烧酿成火灾且不易熄灭。发生金属性短路时，也会发生过流保护装置不动作的情况，其主要原因有：① 选用保护装置的型号与线路长度、截面不匹配；② 线路中接点过多，导致回路电阻过大。若线路中长时间有大电流通过，造成其绝缘损坏，多点发生短路，可进一步引发电弧性短路。

2) 短路故障产生原因

低压配电线路和电气设备发生短路故障的主要原因是：

(1) 绝缘导线使用时，由于环境条件不符合要求，在高温、潮湿和腐蚀气体等因素的影响作用下，使绝缘导线加速老化进程，绝缘性能降低甚至绝缘失效。