

# 电气火灾预防技术与标准的发展

施耐德万高（天津）电气设备有限公司

王津先

改革开放以来我国几乎所有的省区、大城市的火灾统计中，电气火灾无一例外地高居首位。大量案例说明，电气火灾大部分是接地电弧性短路引起的火灾，即所谓“漏电火灾”。

1992年11月我国颁布了 GB13955-1992《剩余电流动作保护装置安装与运行》第一次在标准中提出剩余电流监测对电气火灾的保护。在此基础上1993年沈阳消防所制定了 GB14287-1993《防火漏电电流动作报警器》标准，这是第一个直接规范预防电气火灾的消防产品的国家标准。这说明我国有关管理层早已经意识到，仅仅依靠责任制度以及现有的通用电工产品，是不足以有效预防电气火灾的。

上述两个标准的颁布促成了内置式电气火灾报警器的诞生。该产品为90年代的产物，其内置了断路器，体积庞大，对剩余电流进行监控。图1即为当时产品：



图1

由于其改变成熟的产品结构，体积大，散热差，稳定性不好原因，已被市场淘汰。

2005 年 12 月 GB13955—2005《剩余电流动作保护装置安装与运行》取代了 GB13955-1992 标准。标准提出：“企事业单位的建筑物和住宅应采用分级保护，建筑物电源端的剩余电流保护装置应满足电气火灾的功能要求。”“城镇电网，再用电单位内采用分级保护时，还应考虑采用剩余电流保护装置”

2005 年四川消防所又推出了 GB50045-2005《高层民用建筑设计防火规范》标准，9.5.2.1 要求“探测漏电电流、过电流等信号……”

2006 年 6 月沈阳消防所推出 GB14287-2005《电气火灾监控系统》标准，在该标准第一部分的 3.1、3.3 中定义为：“当被保护线路中的被探测参数超过报警设定值时，能发出报警信号、控制信号并能指示报警部位的系统，它由电气火灾监控设备、电气火灾监控探测器组成”；“探测被保护线路中剩余电流、温度等电气火灾危险参数变化……”。

GB14287-2005《电气火灾监控系统》对电气火灾监控产品提出了强制性的要求。它包括三个部分：“电气火灾监控设备”、“剩余电流式电气火灾监控探测器”、“测温式电气火灾监控探测器”。

《第一部分电气火灾监控设备》：“电气火灾监控设备”（Alarmandcontrolunitsforelectricfireprotection）是“能接收来自电气火灾监控探测器的报警信号，发出声、光报警信号和控制信号，指示报警部位，记录并保存报警信息的装置”。也就是习惯称呼的“监控主机”，以及“区域控制器”。其性能的基本要求是：主电源应采用 220V、50Hz 交流电源，应具有主、备电源自动转换装置；应能接收来自探测器的监控报警信号，并在 30s 内发出声、光报警信号，指示报警部位，记录报警时间，并予以保持，直至手动复位；报警声信号应能手动消除，当再次有报警信号输入时，应能再次启动；

《第二部分剩余电流式电气火灾监控探测器》：“剩余电流式电气火灾监控探测器”

(Leakagecurrentdetectorsforelectricfireprevention)是“探测被保护线路中可能引发电气火灾危险的剩余电流参数变化的探测器”。有独立式探测器(具有监控报警功能的探测器)和非独立式探测器之分。其性能的基本要求是:

第三部分测温式电气火灾监控探测器》:“测温式电气火灾监控探测器”

(Heatdetectorsforelectricfireprevention)是“探测被保护设备或线路中可能引发电气火灾危险的温度参数变化的探测器”。有独立式探测器(具有监控报警功能的探测器)和非独立式探测器之分。其性能的基本要求是:

当被监视部位温度达到报警设定值时,探测器应在40s内发出报警信号;

报警值应在 $55^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$ 的范围内;设定报警值与实际报警值的误差不应大于 $\pm 10\%$ ;

对于独立式探测器,应有工作状态指示灯和自检功能;在报警时应发出声、光报警信号,并予以保持,直至手动复位。

当被保护线路剩余电流达到报警设定值时,应在60s内发出报警信号;

根据GB14287-2005《电气火灾监控系统》标准国内许多厂家生产符合标准的电气火灾监控产品,对预防电气火灾起到一定预防作用。图2即为目前国内常见的电气火灾监控系统。

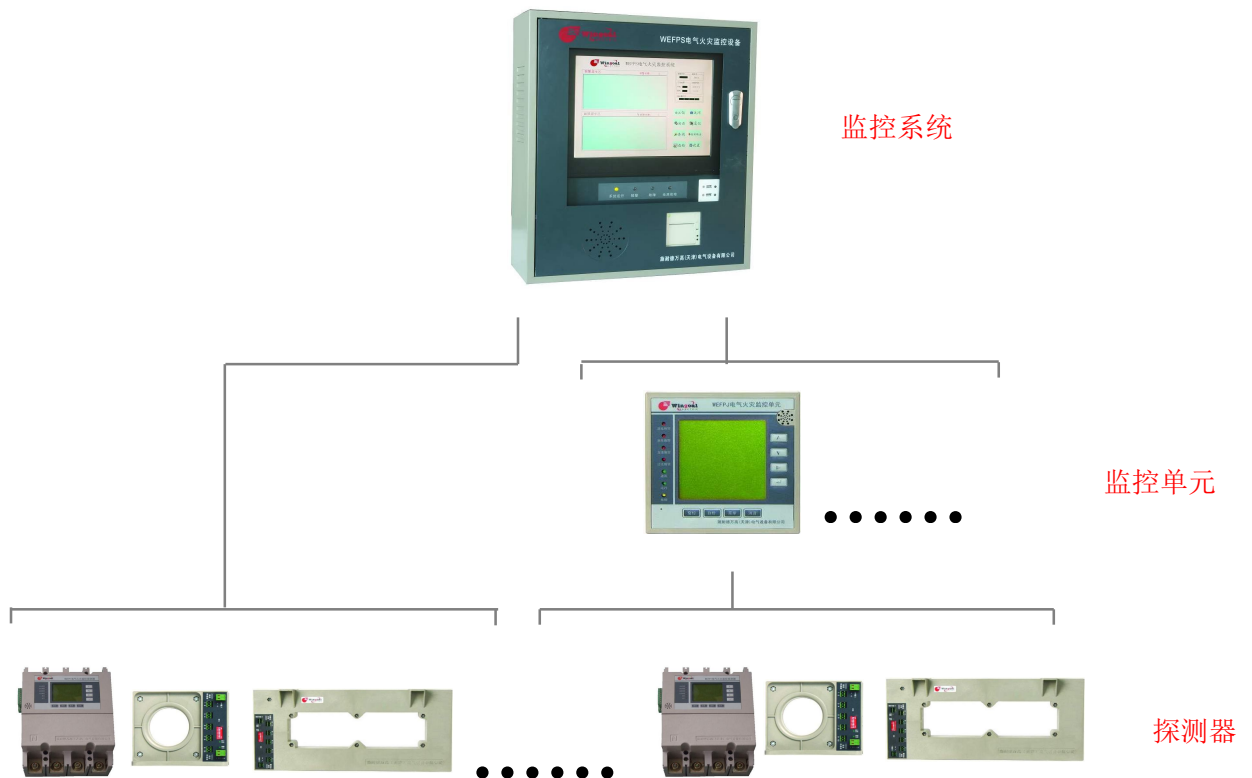


图 2

对于电气火灾的预防，国外特别是美国在 1971 年美国国家电气法（NEC）要求工作电压超过 150V，一定额定电流等级以上用户供电引入线全部装接地地保护，但是此举并没有解决早期建筑所面临火灾危险。大量的数据表明火灾根源多数是由电气故障引发的，而 300 mA 的 RCD 仅能对由于接地故障引发的电气火灾提供防护，在降低火灾领域存在一定的局限性。而故障电弧断路器 AFCI（Arc-Fault Circuit-Interrupter）能对线路误接或接触不良引起的“串弧”及电缆破损，老化造成泄漏电流，长期形成电缆碳化引起并联电弧提供保护。

美国国家消防协会 2001 年的《火灾问题概观报告》中详细指出：每年平均发生 73000 件家庭电气火灾，这些火灾造成 591 人死亡，1400 人受伤以及超过十亿美金财产损失。这些火灾有超过 40000 个可归类住家的电气配线因素，而其中 83%原因是由电弧造成的。美国国家消防协会 2008 年 3 月《牵涉电气配线及照明设备的住家建筑物火灾》，报告中指出：2002 年-2005 年间全美平均估计每年有 20900 件牵涉电

气配线及照明设备火灾，大约一半火灾件数归属电弧的因素点燃火灾。

2002 年（NEC）要求所有在卧室内安装的支路，都要安装法令列出的故障电弧断路器（AFCI），以保护整条电路。2004 年 8 月 1 日以后，美国市场销售的家用空调必须装有 AFCI 功能的电源插头。UL1699 标准是规范 AFCI 的。UL1699 发展于上世纪 90 年代，用于识别由于小电流引起的故障电弧造成电气火灾。根据 UL1699 标准，在 AC 线路上，当 AFCI 在 0.5s 内察觉 8 个半周的故障电弧，断路器执行脱扣。有效地防止电气火灾的发生。2008 年美国电气安装规范（NFPA-NEC-2008）所有安装在居民楼单元的居室、餐厅、起居室、客厅、书库、书房、卧室、日光浴室、娱乐室、储藏室、走廊或类似房间出线盒供电的单相 120V15A-20A 的电路均应采用电弧故障断路器保护。

IEC 国际电工委员会 2008 年 12 月 2-4 日在西班牙巴举行 IEC/SC23E/WG2 电击防护组会议。会议讨论了电气火灾保护电器。IEC 中央办公室分配标准编号为：IEC62606, 并同意产品改名为“电弧故障检测电器(Arc fault detection device)即 AFDD”。电弧故障检测电器（AFDD）的 IEC 标准工作是以美国提供的 UL1699 有关 AFCI 为研究基础，而北美的电压系统与 IEC 的电压系统不同，北美为 120V，IEC 为 230V。所以目前此项工作主要研究了以下几方面的内容：使用和分析收集到的有效信息，归纳 230V（IEC 电压系统）和 120V（北美电压系统）的单相支路产生电弧可能的相似性和差异，将研究范围限制在 AC230V 故障电弧；用于火灾保护的 300mA 的 RCD 和电弧故障断路器，两者相互补充；依据各国的安装规则来定义常规试验；进行更多的材料测试，以确定着火等级；基于确定的着火等级并考虑典型负载，确定脱扣曲线；确定误脱扣水平；由于多频负载的接入，还要考虑不同频率下的情况。

基于上述，国内研究机构和厂商开始研究与试制开发电弧故障检测电器（AFDD），

为了规范我国电弧故障检测电器（AFDD）上海电器科学院 2011 年机械行业标准《电弧故障检测装置（AFDD）标准》通过专家审查上报发改委审批。沈阳消防所同时编制的《民用建筑电气防火设计规范》在 7.2 章“建筑高度大于 12m、舞厅、演播厅舞台等类场所上方设置的照明灯具线路，应设置故障电弧式电气火灾监控探测器或起同等作用的断路器。其他供电线路的末端配电箱内宜设置具有故障电弧探测功能的保护装置。”“经营电器产品场所、网吧、宾馆内电冰箱和电热水器等类长期使用插座为供电的场所，应使用防火电弧故障监控报警功能的插座，或插座前端设置类似电弧故障保护装置。”与此同时 2011 年沈阳消防所也将 GB14287.4 电气火灾监控系统 第 4 部分《故障电弧探测装置》标准报批。无论从产品生产还是应用，国家已经把电弧故障检测装置（AFDD）纳入国家发展规划。

无论是 AFCI（电弧故障断路器）还是 AFDD（电弧故障检测装置）都是检测与判断串弧与并弧来完成电气火灾预防的。图 3 和图 4 说明了检测串弧与并弧预防电气火灾的重要性。

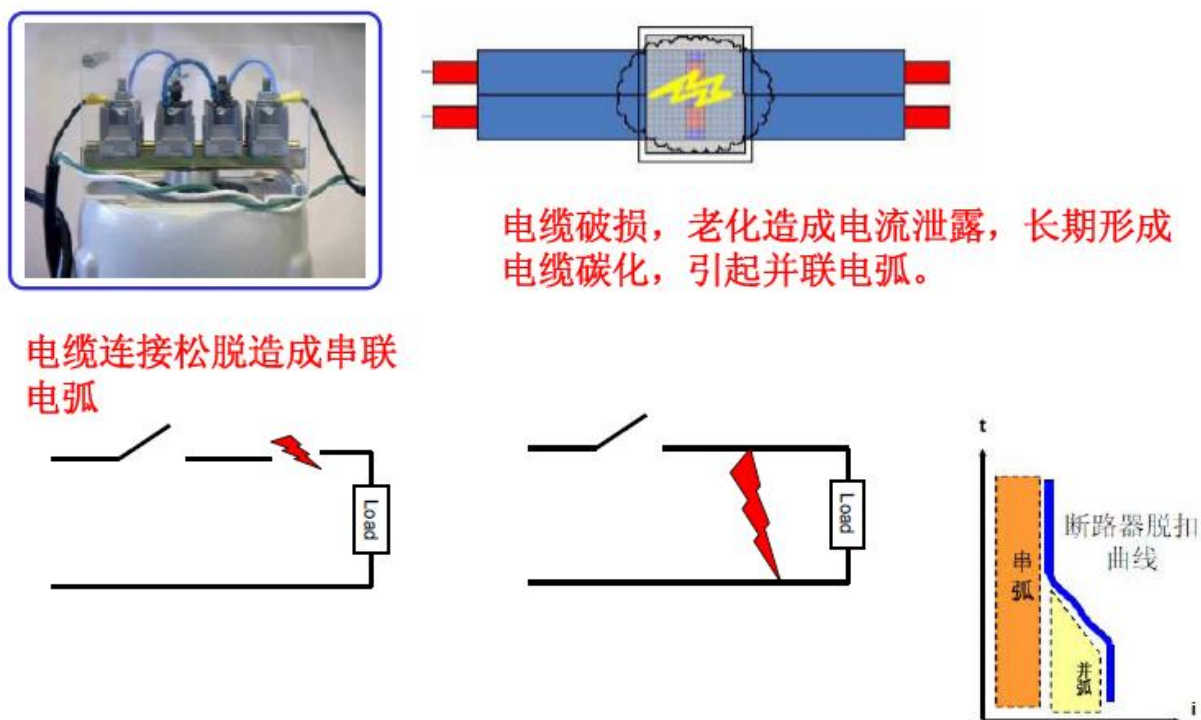


图 3

图 3 解释了由于电路电缆电线松脱或连接不良造成串联电弧。电缆电线破损，老化造成电流泄露，长期形成电缆碳化，引起并联电弧。

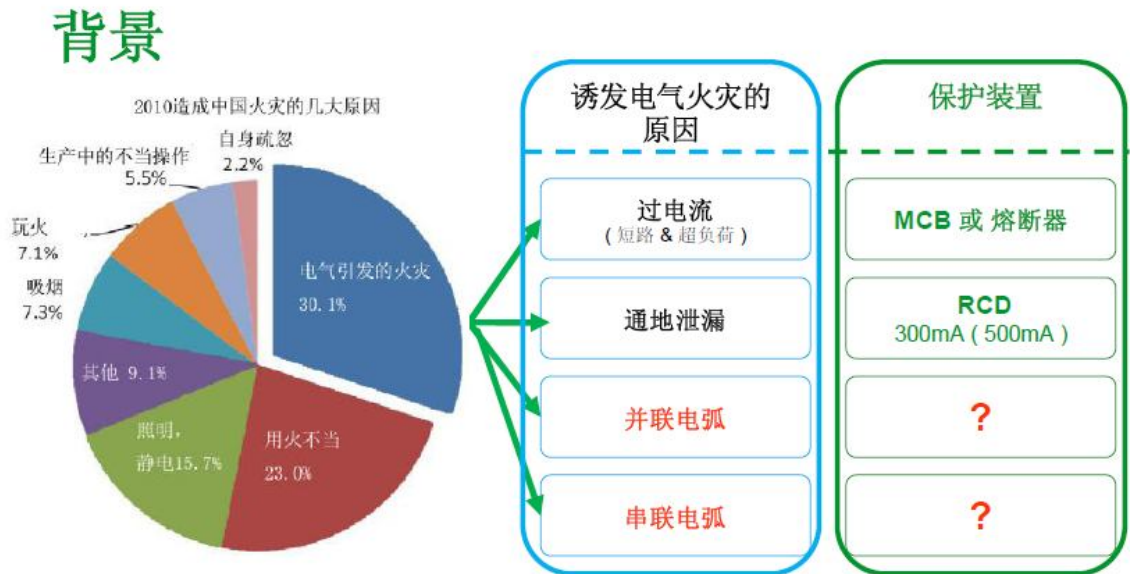


图 4

我们知道，电路发生过电流或短路，可以通过 MCB 或熔断器进行保护；电路对地泄露产生剩余电流电弧可以通过 RCD 进行保护；但是电路发生串弧（图 5）或并弧（图 6），由于其故障点接触不良，未被熔融而产生电弧或电火花，电弧电流较小，电弧电流在断路器保护曲线以下，因此断路器和熔断器不能对串弧与并弧进行保护。从而使电弧持续存在，而略大于 0.5A 的电流产生的电弧温度即可达到 2000-3000℃，足以引燃任何可燃物，而且电弧的维持电压低至 20V 时仍可使电弧连续稳定存在，难以熄灭。这种电弧称为电气火灾的点火源。所以电路中即使有 MCB 和熔断器保护或目前的电气火灾监控系统保护，都不能有效地阻止电气火灾，所以在 2010 年电气火灾占火灾事件的 30%。



图 5：接触不良产生串弧



图 6：将金属紧固钉用力压在电线上产生并弧

防范电气火灾的 AFCI 或 AFDD 技术与防范剩余电流的 RCD 技术可彼此存在而不互相抵触，如结合传统过载与短路保护的断路器功能可以提供对于电气安全的完整防护。美国目前根据 UL1699 标准核准使用的 AFCI 类型有 4 种适用不同场地的外形构造（如插座型，回路/分支型等）。但在保护功能应用上 AFCI 大多结合具有传统的过电流与短路保护功能的产品，即同一断路器兼有 AFCI 功能。同时也有 AFCI+RCD 和 MCB+AFCI+RCD 功能产品。另有厂商将 AFCI 技术扩大到应用到工业大型断路器上。

综上所述，国内即将 AFCI（AFDD）故障电弧电流和剩余电流技术以法规要求预防电气火灾，避免因用电不安全而使电气火灾发生，保护人民生命与财产的损失。