

〔智慧用电〕

智慧 MCB 在智慧用电中的应用

文/桂林理工大学南宁分校 李 燕

浙江明晖智能电气有限公司 李 敏 丁国辉 张培夫

伴随着人工智能时代的到来，人类依赖物联网、云计算、大数据和通信技术等手段，有望彻底实现安全用电的愿望。目前智慧用电正有针对性地用到很多应用场景中，主要是依托智慧 MCB 的研发带来的多功能组合式创新，实现预警、安全用电和能源管理。

应急管理部消防救援局发布了 2020 年全国火灾及消防救援队伍接处警情况，数据显示，火灾仍然是对我们的生活产生威胁最大的一种灾害。平均下来，每两分多钟就有一起火灾发生，造成数百户家庭倾家荡产，流离失所。其中，电气火灾占总数的 32.1%，是火灾的第一大成因，尤其是 56% 的较大火灾是由电气引起的。从电气火灾的占比看，全年因违反电气安装使用规定引发的火灾共 8.5 万起，占总数的 33.6%，其中，因电气引发的较大火灾 36 起，占总数的 55.4%。如图 1 所示。显然预防电气火灾成为全社会关注的话题，如何才能让电不再伤害人类？本文介绍了传统电力系统的隐患，以及针对这些隐患，明确了智慧用电的需求和范围，介绍了实现安全智慧用电所需的技术以及其应用场景和市场前景。对智慧 MCB 浓缩的众多功能进行了介绍，并对其应用场景进行了总结。

基金项目：广西高校中青年教师（科研）基础能力提升项目
——“DC1500V 直流系统两极断路器的研究”项目
资助（2020KY06021）

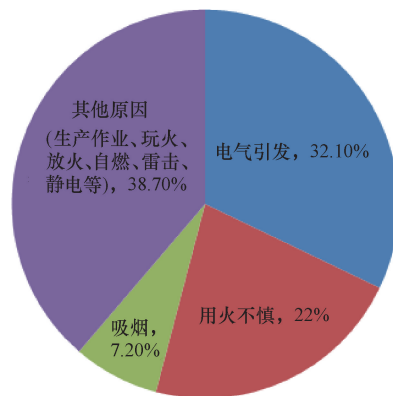


图 1 火灾原因分类

从电气火灾的分类看，因短路、过载、漏电、接触不良、拉乱接电线、线路老化和用电设备起火等线路问题引发的火灾占总数的 68.9%，因故障、使用不当等设备问题引发的火灾占总数的 26.2%，其他电气原因引发的火灾占 4.9%；其中，电动车引发的火灾不容忽视，特别是 36 起电气引发的较大火灾中，有 11 起已查明系电动车（电动汽车和电动自行车）引起，占总数的 30.6%。目前，我国新能源车全社会保有量逼近 500 万辆，由此带来的火灾风险持续增大。

我国的配电系统结构如图 2 所示，看似已经很安全了，为什么还会出现这么多触目惊心的电气火灾呢？

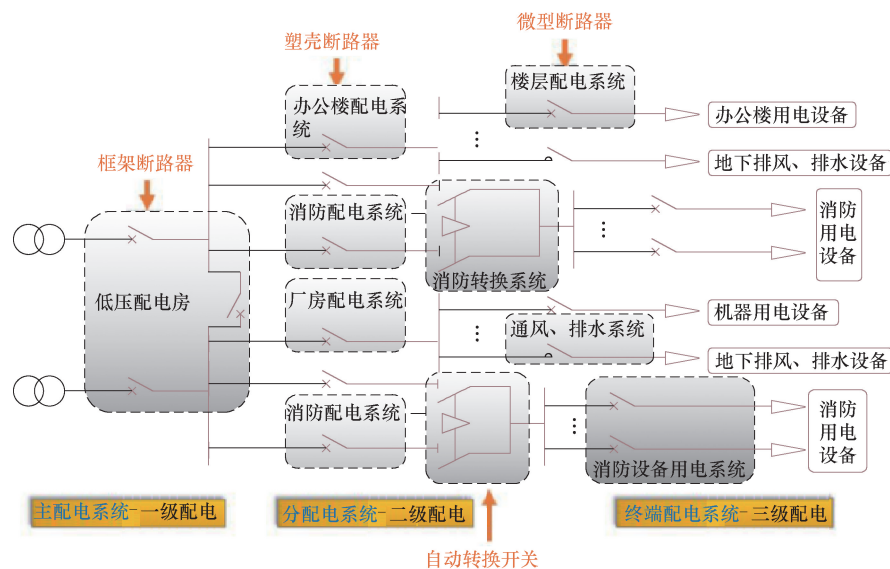


图 2 配电系统结构

传统的电力系统运行方式

传统电力系统中，作为给电力系统提供配电保护的断路器（短路、过载和漏电保护），99%以上是采用机械式的。而这些配电箱很多装在户外，在夏天温度很高的情况下，经过几年时间，往往外壳等绝缘件软化变形或者老化严重，甚至出现用电故障之后，断路器无法分闸或者触头无法打开到安全隔离位置的情况。图 3 为不良的小型断路器（以下简称 MCB）。

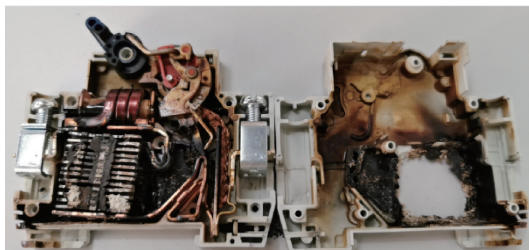


图 3 不良 MCB

低压断路器国家标准要求见表 1。

目前使用中，很多 MCB 因为装在表箱中，实际工作的环境温度达 50℃ 以上。在高温的同时，湿度远超国标要求的 50%。导致 MCB 本身在实际工作环境中出现性能下降及产品电气寿命范围内出现功能性缺失，比如 MCB 失去了过载和短路保护功能，漏电保护器失去了漏电保护。同时因为没有

表 1 低压断路器使用的标准工作条件

环境影响量	使用标准范围	基准值
周围温度/℃	-5~40	20
海拔/m	不超过 2 000	
相对湿度 40℃ 时最大值	50%	
外磁场	任何地方不超过地磁场 5 倍	地磁场

产品失效预警，等到线路下一次出现上述电气故障时，线路得不到该有的保护，因此出现各种触目惊心的电气火灾，给人们带来非常大的痛苦和损失。

由于断路器目前的保护无法覆盖电弧故障、线路老化、拉乱接线引起的弧光放电和打火等的保护。这些隐患往往在长时间的积累过程中，导致电线的绝缘性能缺失而造成相间短路，是引发电气火灾的主要因素。这些显然是目前纯机械断路器无法实现的。而智慧用电到底需要实现哪些功能呢？与现有传统断路器相比有哪些差异呢？见表 2，需要做到如下几个方面。

表 2 传统电力运行与智慧用电运行对比

功能	传统管理	智慧用电
保修管理	电话报修，口述故障难以表达清晰，报修过程无跟踪，结果无确认，信息只能做到一对一传递，容易断层	线路隐患及故障信息实时查看，自动报警预警处置信息一对多传递，提升工作协同效率，保证报修结果

(续)

功能	传统管理	智慧用电
安全巡检	纸质手工数据抄录,抄录时间无法监督,数据无法系统保存,安全隐患难以追溯	用电安全数据化、可视化,数据实时存储,自动生成分析图表,用电安全隐患追踪更省时省力
运维管理	人工值守,无预警能力,故障判断对值班人员专业度与经验依赖较大,相关信息、档案、维修和维护保养记录分散凌乱,易丢失、难查找	可自动采集运行数据,实现 7×24 h 实时监控,提供远程故障预警报警推送,通过短信、APP 等方式通知到相关人员,各楼层相关单元电气线路信息集中管控,数据流程管理轻松方便,责任可以追溯
能耗管理	仅有电费缴纳明细,没能耗数据分析比对,无法针对设备生命周期进行管理	对能耗数据可分线路、分区域和分部门等按需求分项计量,按月、季、年等生成各种图表、数据分析及比对,可实现设备生命周期的管理
成本管理	人力、物力和财力较大	无须值守、巡检,摆脱人体的疲劳性、局限性和低效性,节约成本

要实现这些功能,首先要有能源物联网。

能源物联网

物联网相当于人类的感官系统和神经系统,用来感知采集、输送应用环境中的各种数据,并通过指令反向控制输出。通过一些物联网设备(传感器、信息采集器和感应器等),采集有用的信息。比如电梯物联网中,电梯传感器可以感应电梯降落速度,监控电梯是否有故障等。物联网设备采集完信息后,再将这些有用信息传送到云平台。能源物联网是一种基于环境和设备感知、工况智能预知的智能节电控制系统与模型,能源物联网的基本原理是根据环境、设备状态智能感知,通过自适应调控电动机、照明设备的电源及工作状态,达到有效节电的目的。关键技术包括传感网技术、通用节电模型库技术、智能人机交互配置技术和节电控制网关技术。物联网的三个层级如图 4 所示。

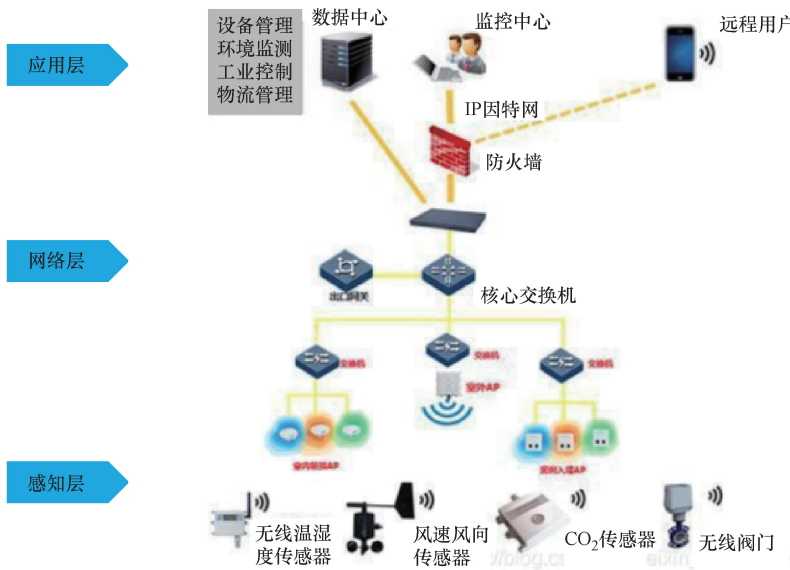


图 4 物联网的三个层级

1) 感知层。相当于人的感官和神经末梢,用来感知和采集应用环境中的各种数据。包括电流、电压、剩余电流(漏电)、温度、湿度、功率和浪涌电流等各种传感器。灵敏度和准确度高,功耗低,可以无线传输。

2) 网络层。相当于人的神经系统,用来传输

数据。包括各种各样的有线、无线通信技术和标准,比如有线 RS 485、无线 Zigbee/BLE/WiFi/NFC/RFID/LTE 等。低功耗,广域覆盖,更多连接是无线网络的发展方向。目前新的通信技术和标准 NB-IoT、LoRa 和 eLTE-IoT 都是往这个方向努力。未来的 5G 会取代目前很多的无线通信技术。

3) 应用层。相当于人的大脑指示和反应，通过指令反向控制输出。如用电设备管理、环境监测预警和能耗控制等。

安全智慧用电的生态

安全智慧用电必须通过物联网、人工智能、大数据和云计算这样的生态来实现。如图 5 所示，总的来说大数据是基础，物联网是架构，云计算是中心，人工智能是产出。



图 5 安全智慧用电生态

边缘计算在智慧用电的应用

基于边缘计算的电气安全监测和大数据分析，在用户用电设备终端部署智慧电气终端，采集用电设备开关电压、电流、温度和湿度等参数，在边缘侧进行计算。降低对云平台计算力的要求，减少网络时延。海量数据边缘侧运算只提取特征值上传，降低对带宽的要求。如图 6 所示，相比传统技术，基于边缘计算的电气安全系统主要特点包括以下方面。

1) 实现了电气火灾监测技术从“报警”到“预警”的飞跃。准确度实现 100 万~93 亿倍的提升，将预警的时间提前量从“秒”级提升到“月”级；误报率从 53% 以上降为 0，真正意义上做到安全预警。

2) 除传统剩余电流监测功能外，新增电气绝缘、老化、电弧故障和线路打火在线监测功能，实现上述几方面全时、量化描述，突破了长久以来难以对电气设备绝缘水平实时监测的技术难题。杜绝因为接触不良、乱拉乱接电线长期打火、线路老

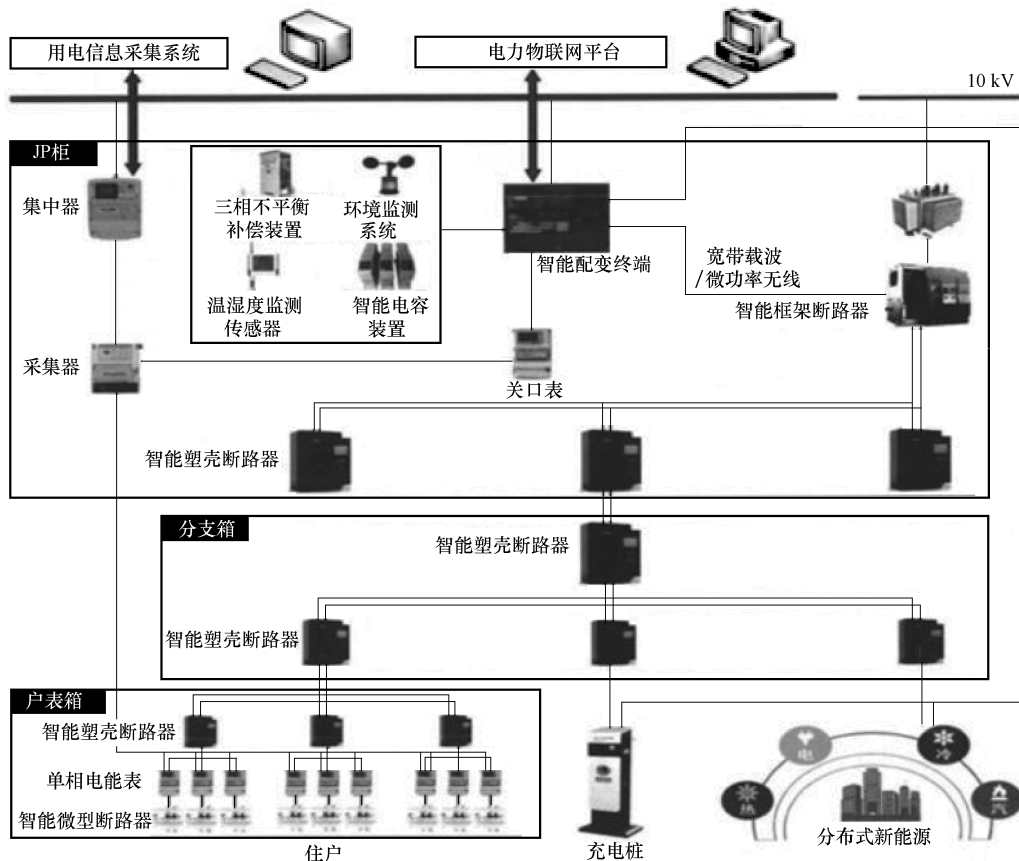


图 6 智慧用电监控平台结构

化等引起的电气火灾。这也是杜绝电动自行车和电动汽车引发电气火灾的主要途径。

3) 新系统集成成了能耗监测功能,能实时监测用户用能数据,为用户实施节能减排提供了有效工具,可以实现错峰用电、智能选择低电费时段用电。给老百姓带来安全的同时,降低了用电成本。

安全用电的智慧时代

电力被人类发明应用以来,一直是天使与魔鬼的化身。一方面给人类带来光明,就像经济发展的催化剂,如 2020 年新冠疫情肆虐的时候,国家对工业恢复的监测和评估就是看各单位尤其是企业的工业用电情况;另一方面,因为电猛如虎,非常无情,每年因为电气火灾剥夺了大量的人员生命和财产。面对这样的一把双刃剑,人类必须让它尽量做天使,而把它残暴的一面关进笼子里。要实现这一步,电力系统里最核心的电力终端,也就是 MCB 的智能化显得格外重要。这种断路器原本只能提供过载和短路保护,加上漏电保护装置 RCD 可以实现漏电保护。这些保护都不带自诊断功能,当功能缺失时,都无法报警,更不能预警。要实现多种功能和电气故障预警,目前看,市面上各种功能的产品都有,但是体积都比 MCB 要大,叠加起来体积很庞大。而且各自都有自己的电气线路,很烦琐和

不经济。同时,终端配电箱里放不下,价格也不是普通老百姓能接受的。但智慧 MCB 这一切都可以变成现实。因此,信息电子、电力电子和集成电路的发展至关重要。

智慧 MCB

如图 7 所示,智慧 MCB 实现各种保护(过载、短路、漏电、过欠电压)、电能表计量、火灾监控、线路温度监测和智能照明模块等,对电流、电能、功率、电量、温度和电压等进行全面的监控和预警。在产品实现多功能化的同时,实现了产品的小型化。相当于把上述十大模块浓缩在传统的 MCB 里面,这是非常了不起的组合创新。体积顶多是原来这么多功能模块加起来的 1/10。势必会倒逼技术的革新和降低整个的成本。做到电力的远动系统(RTU):遥信、遥测、遥控和遥调。把这些用电信息及时、准确地呈现到手机屏幕上,让人们在办公室里也能对家里的用电情况了如指掌,通过遥控的方式,将电动汽车充满电的时间移到凌晨 0~3 h 时的低谷时段,在早上用完电动汽车后,将下午用车的充电需求利用 15:00 的较低时段的电价完成电动汽车的充电;进行分时电价策略的制定,通过分时电价引导居民智慧用电,实现削峰填谷,平滑负荷曲线的效果,随着泛在物联网的建设,以及大数据技术和智能电网的进一步发展,智能调整电价将



图 7 智慧 MCB

进一步优化引导智慧用电，实现电力系统和用户的双赢。从而遏制甚至杜绝目前电动车充电带来的火灾高发的情况。

智慧 MCB 实现了安全用电、智慧用电、能源管控和数据分析。具体如图 8 所示。

以安全用电为例，用电异常的报警功能、漏电自检功能、过温自动报警或断开和过载设定功能，

这些功能基本杜绝了各方面的安全隐患，如图 9 所示。把线路保护从故障出现提前到了功能缺失预警和填补过温报警或断开这样非常现实的安全需求。这对于人类来讲是一大进步。就像去除空气当中的雾霾一样，智慧用电、能效管理和数据分析有很多革命性的创新。这些原理在此文的前段已经介绍，在此就不再赘述。

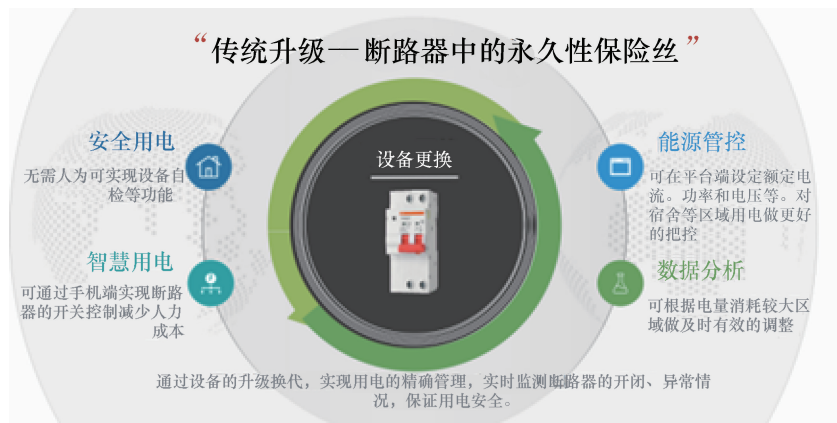


图 8 智慧 MCB 的四大功能

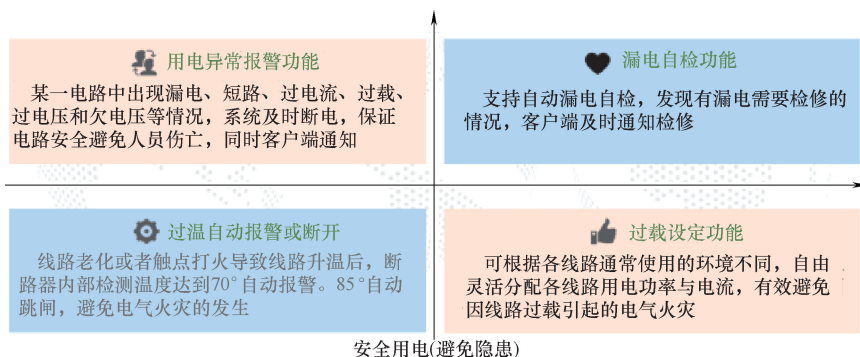


图 9 安全用电（避免隐患）

结束语

安全用电的智慧化，目的是为了保障人类的安全，同时实现更好的能效管理，以便节约能源。而作为实现这一功能最重要的核心载体——MCB，2020 年，我国的产量有 15 亿极，目前正在使用的有 500 亿极。在这个庞大的数量当中，起码有 20%，也就是 100 亿极存在智慧化的需求。随着智能化技术的发展和各种应用场景的培育和涌现，智

慧 MCB 的发展将覆盖生活的方方面面。例如智慧消防、智慧校园、智慧小区、智慧加油站、智慧充电桩、智慧工厂、智慧路灯和智能商业综合体等。众多产品高度浓缩的组合式创新，借助的是高速发展的电子和集成电路技术，实现集成化和小型化。产生的智慧 MCB 将让智慧用电更好地服务于人类。EA

（收稿日期：2021-04-17）