

Research on Adaptive Hidden Danger Identification Characteristic of Intelligent Power System

ZHU Jiangmiao, CHEN Sanqiang
Zhejiang Academy of Safety Science and Technology, Hangzhou 310012, China
zjmsx@163.com

基于智慧用电技术的电气火灾风险特质研究

朱建淼, 陈三强
浙江省安全生产科学研究院、浙江省安全工程与技术研究重点实验室, 杭州 310012
zjmsx@163.com

Abstract: The principle, adaptive hidden danger identification characteristic and features of an intelligent power system are introduced in this paper. The types and distributions of common hidden dangers in electrical circuits are analyzed from a systematic perspective based on the monitoring data, which can provide basic ideas and methods for the further rectification directions of the circuits. According to an uncompleted statistics, approximately 15000 sets of intelligent power system are installed in Zhejiang Province. 583,665 hidden dangers have been monitored in which the hidden dangers of current take 41.2%, the hidden dangers of residual current occupy 37.3% and the hidden dangers of cable temperature contributes 21.5%. By the construction of socialized service system through intelligent electricity and electric fire prevention and control, the accurate location and accurate investigation of an electrical fire hazard can be realized, which can effectively reduce the hidden danger of safety in the process of electricity use, reduce the number of electric fires, and raise the risk awareness of the enterprise's electricity safety. The electrical fire accidents have dropped by more than 30% in the area where the intelligent power system is installed.

Keywords: Electric process; Intelligent power system; Fire prevention; Hidden danger distributions

摘要: 本文介绍了智慧用电系统原理、风险识别的自适应特质和技术特点, 基于监测数据, 系统分析了通过该系统识别的电气线路常见隐患类型及其分布, 为今后电气线路的整改方向提供了思路和方法。据不完全统计, 目前浙江省已经安装 15 余万套智慧用电设备, 共监测到 583665 起隐患, 其中, 电流隐患占比 41.2%, 剩余电流隐患占比 37.3%; 线缆温度隐患占比为 21.5%。通过智慧用电电气火灾防控社会化服务体系建设, 实现了电气火灾隐患的精准定位、准确排

查, 有效减少了用电过程的安全隐患, 降低了电气火灾数量, 提高了企业了用电安全风险意识, 智慧用电安装覆盖较好的地区电气火灾事故降幅达 30% 以上。

关键词: 电气过程; 智慧用电系统; 防火防灾; 安全隐患分布

I. 引言

随着国民经济的快速发展, 国内用电安全形势愈发严峻^[1]。据统计, 从 2011 年至 2016 年, 我国共发生电气火灾 52.4 万起, 造成 3261 人死亡、2063 人受伤, 直接经济损失达到 92 亿余元, 均占全国火灾总量及伤亡损失的 30% 以上^[2], 2017 年因电气引发的火灾共有 7.4 万起, 造成 370 人死亡、226 人受伤, 直接财产损失 11.2 亿元。因此, 降低电气火灾数量, 提高用电安全无论是对于人员安全还是国家经济发展都是及其重要的^[3]。

近年来, 随着人工智能、大数据和移动终端技术等领域的兴起, 如何利用这些新兴技术解决用电过程存在的安全问题是人们研究的重点之一。周正^[4]等通过分析我国电力系统和用电过程的现状, 结合目前新兴技术的发展, 认为电气电网的智能化是今后的发展趋势, 智能化的电网不但可降低网络的运行费用, 还可缓解国内严峻的用电安全形势。史海疆等^[5,6]研究了珠海派诺科技股份有限公司推出的 SmartPM 6000 能源管理系统, 该系统使用智能化的集成技术, 自主分析和量化用电系统内各用能系统的能耗和运行, 利用大数据思路为企业的智慧用电系统和绿色用能提供基本的指导思路。考虑到移动终端的发展, 王白根等^[7]探究了将手机 APP 在智慧用电系统中的可行性, 以平板电脑或智能手机为用电检查移动服务载体, 实现与智能电能表数据的交换, 实现用电检查快速响应和动态管控的新机制,

可有效及时地辨识用电过程中可能存在的安全隐患，为全面开启智能用电提供了新思路和新方法。基于以上思路，李海峰等^[8]申请了《智慧用电系统检查及管理移动终端及其系统》的专利，智慧用电系统被广泛的应用于山东^[2]和浙江^[9,10]等地，为这些地区用电过程安全隐患的降低提供了智能化的保障^[11]。

以上研究介绍了智慧用电系统的概念及其应用，但这些应用仅仅是某一个企业或公司的应用，而通过单一数据获得的结论一般不具备统计意义^[12]，无法得到准确的用电安全隐患类型和分析。因此，无法为今后电气火灾防控的研究和分析提供基本的数据支撑和指导。

本文基于智慧用电系统在浙江省内各个地区的应用，通过对比安装前后的实际数据以获得智慧用电系统在电气火灾防控中的优势，并进一步分析了用电过程的安全隐患的类型和分布以及其可能造成的问题。

II. 智慧用电系统自适应隐患识别模型

传统的电气火灾监控技术，通过监测线缆温度和剩余电流的大小，与事先设定的阈值比较，进行阈值报警。这种技术不仅监测的参数太少，而且判断逻辑过于简单，无法全面评估供电回路的安全状态。而智慧用电技术不仅仅是物联监测技术，还集

成了大数据分析技术和电气火灾社会化服务体系，是探索建立预测预警、隐患治理、社会化服务和政府信息收集四方联动的安全生产预防体系的重要手段。通过“线上监测，线下服务”把责任落实到企业，把信息返回给监管部门，把服务引申到技术支持机构。智慧用电系统采用的大数据分析技术，基于数据模型，利用多维参数智能识别隐患，通过横向分析和纵向分析，对不同供电回路的特性进行自适应的个性化识别。

首先建立一套对电气数据进行全方位度量的指标体系。横向指标不是像传统的电气火灾监控技术通过单一的阈值，而是通过电气回路的多个传感器实时监测数据进行整合分析，对各参数之间的平衡度进行分析研判。纵向坐标的指标则反映供电回路监测数据对自己历史常态数据的偏离度以及不同供电回路的监测数据的偏离度进行分析研判。

其次对供电回路的电气安全隐患进行深入分析，洞悉不同类型隐患的特点，罗列不同的电气火灾隐患的数据特征，形成电气火灾隐患数据判别模型。

最后通过现场勘查确认对研判模型进行比对矫正，实现大数据分析模型的修正提升。

通过三年的数据积累和自适应隐患识别模型的优化，目前在浙江推广应用的智慧用电技术已经能识别 10 种常见的电气火灾隐患，有效准确性达到 80%。常见电气火灾隐患分析如图 1 所示。

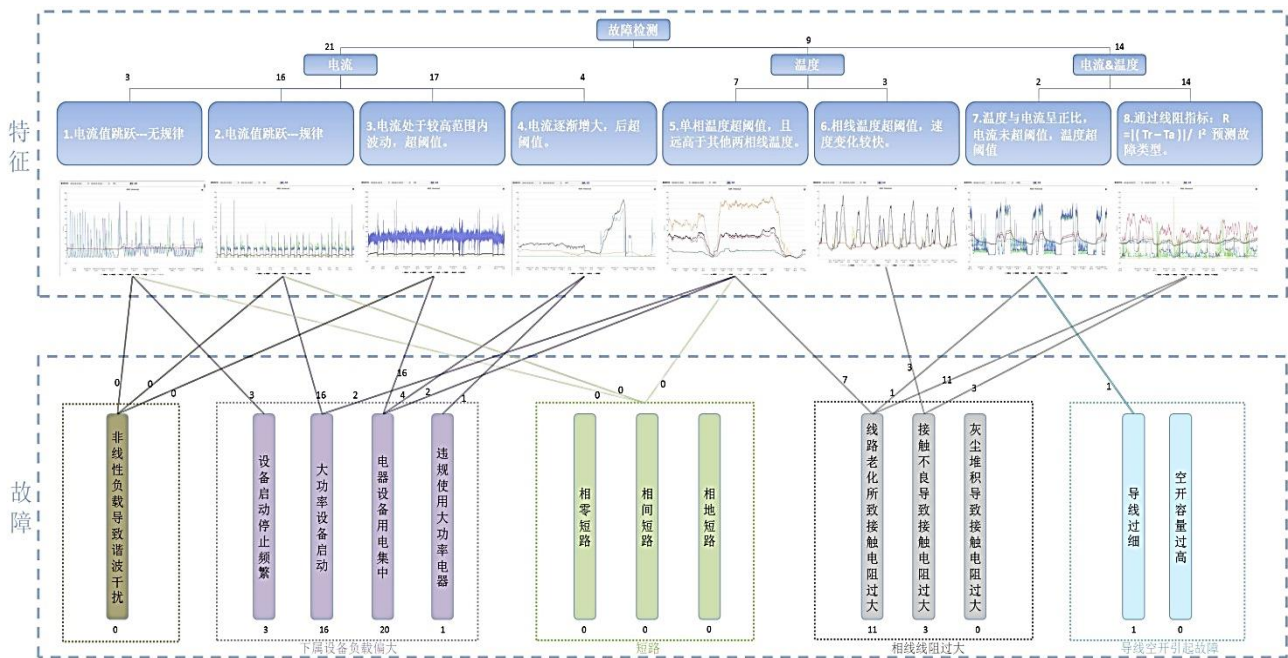


图 1 电气火灾隐患分析图

Fig. 1 Electric fire hazard analysis diagram

从服务体系建设来讲，智慧用电技术通过在用户的配电柜、二级箱柜、末端的配电箱等安装用电

安全智能传感终端，实时采集电气线路的剩余电流、电流和温度等参数，通过无线方式把数据上传到智

慧用电系统物联网服务平台，平台对接收到的数据进行分析，对超过设定隐患判定值的，通过手机短信、APP、语音电话及人工介入等方式及时将有关情况发送企业主负责人、安全管理员、维保人员和网格员等，告知其电气火灾隐患，提醒企业主及时排查和消除隐患。若企业主在隐患排查中遇到困难，还可通过地方社会化服务机构进行排查整改。具体流程如图 2 所示。

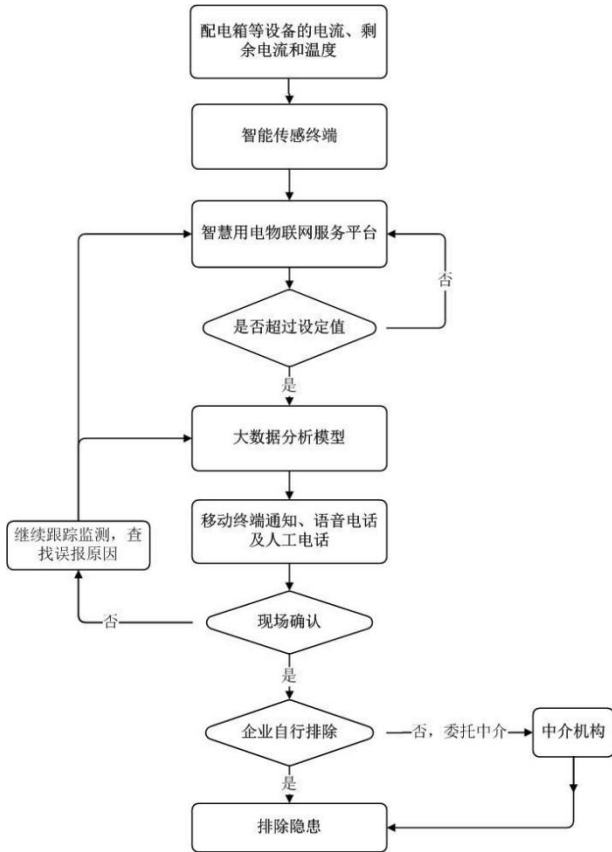


图 2 智慧用电系统的流程图

Fig. 2 Flow chart of intelligent power system

III. 基于大数据自适应识别的电气隐患类型及危害

根据智慧用电系统的监控数据及自适应识别模型，可将电气隐患分为三个方面：电流、温度和剩余电流。而基于这些分布数据，可为今后电气过程的整改方向提供思路和方向，提高消除安全隐患的工作效率。

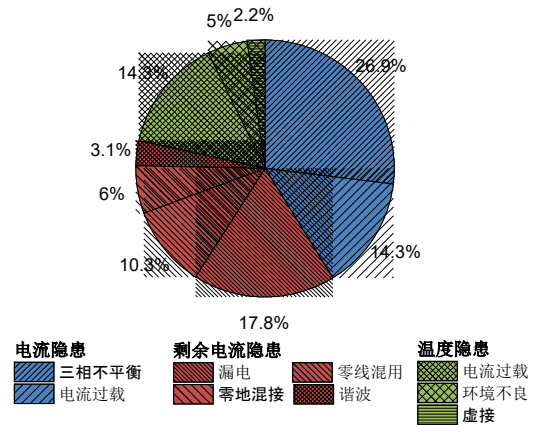


图 3 安全隐患分布

Fig. 3 Distributions of hidden dangers

以 2017 年 1 月至 2018 年 3 月的监控数据为例，共监测到浙江省 583665 起隐患，其中，电流隐患占比 41.2%，隐患比例最高；其次为剩余电流隐患，隐患占比为 37.3%；温度隐患相对占比最低，为 21.5%，见图 3。因此，降低电流隐患对于提高用电过程安全是最为有效的。

1. 电流隐患

由图 3 可知，存在电流隐患的企业数量最多，在电流隐患中，65.36%的电流隐患均由三相不平衡导致，34.64%的原因为电流过载。

而电流隐患可能会造成以下危害：1) 引起导线温度升高，易引起电气火灾；2) 加速线路或设备老化，造成用电设备损坏，使触电风险升高；3) 增大相关用电损耗，浪费电能；4) 易造成短路，引起瞬间导线温度升高，导致电气火灾或发生爆炸。

2. 温度隐患

根据图 3，引发温度隐患的原因主要为电流过载，占总温度隐患的 66.32%；其次为环境不良和虚接，分别占总温度隐患的 23.26%和 10.42%。

温度隐患的危害主要是：1) 温度过高加速线路或设备老化，造成用电设备或线路的损坏，导致漏电、短路等事故的发生；2) 易造成短路，引起电气火灾或发生爆炸；3) 造成局部电压偏低影响设备正常运行或发生缺相烧毁用电设备；4) 造成继电保护误动作，影响生产；5) 环境温度过高导致传感器、空开或其他设备故障；6) 线缆温度过高，易发生自燃，或引燃周围可燃物，引起火灾。

3. 剩余电流隐患

引发剩余电流隐患的原因主要为漏电，占比总剩余电流隐患的 47.74 %；其次为零线混用和零地混接，分别占 27.72%和 16.12%，谐波相对较低，仅占 8.43%，见图 3。

而剩余电流隐患的危害主要有：1) 漏电会造成人身触电，产生电火花、电弧、过热高温而造成

火灾，而且还会造成用电浪费；2) 设备漏电时，电流将设备外壳、保护接地线、大地形成闭合回路，会造成人身触电或线路短路事故；3) 若漏电电流将很大，会使熔断器动作而切断电源，影响生活与生产；4) 线路漏电一般形容相线的绝缘老化或损坏产生的异常电流。

IV. 智慧用电系统在浙江省的应用

本节主要讨论将智慧用电系统安装到浙江各地区后，其具体的消除安全隐患的过程，以及安装前后防灾减灾的对比。

4.1 案例 1: 未及时排查, 事故发生

浙江衢州龙游某小学用电线路烧毁: 2016 年 1 月 19 日平台检测到空调回路存在隐患, 并进行了线

路风险评估; 根据评估结果, 系统推送了共计 102 条警示信息。但未引起学校方面的重视, 最终造成了线路燃烧, 故障前后数据折线图见图 4。

4.2 案例 2: 及时排查, 避免事故发生

2015 年 10 月 23 日 13:57 监控平台对浙江杭州建德市某纺织公司的一楼总闸用电回路的风险评估等级较高, 达到红色等级。监测到疑似因接触不良引起的箱体温度和 A 相火线温度过高。

经智慧用电系统提示, 该公司于 10 月 24 日进行整改, 确认问题为一楼总闸处电缆线与空开连接处的铜铝过渡接头氧化, 接触不良产生高温现象。

整改上述问题后, 平台数据恢复正常, 具体整改前后数据折线图如图 5。

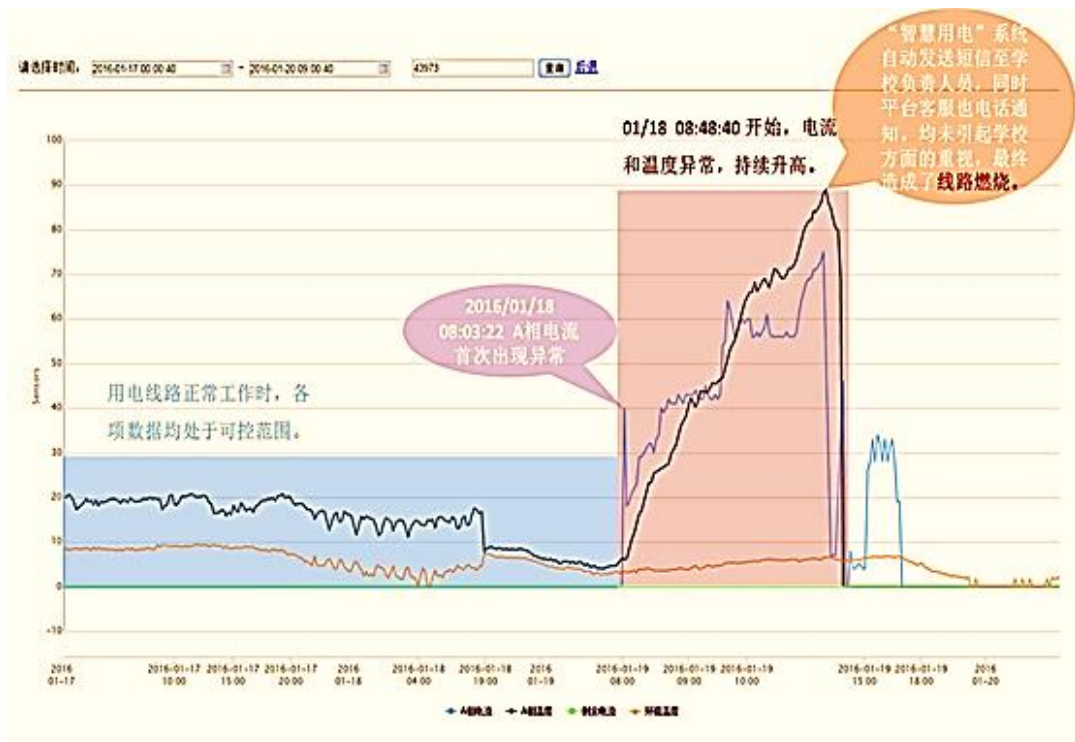


图 4 案例 1: 事故发生前后数据折线图

Fig. 4 Case 1: Data before and after the accident

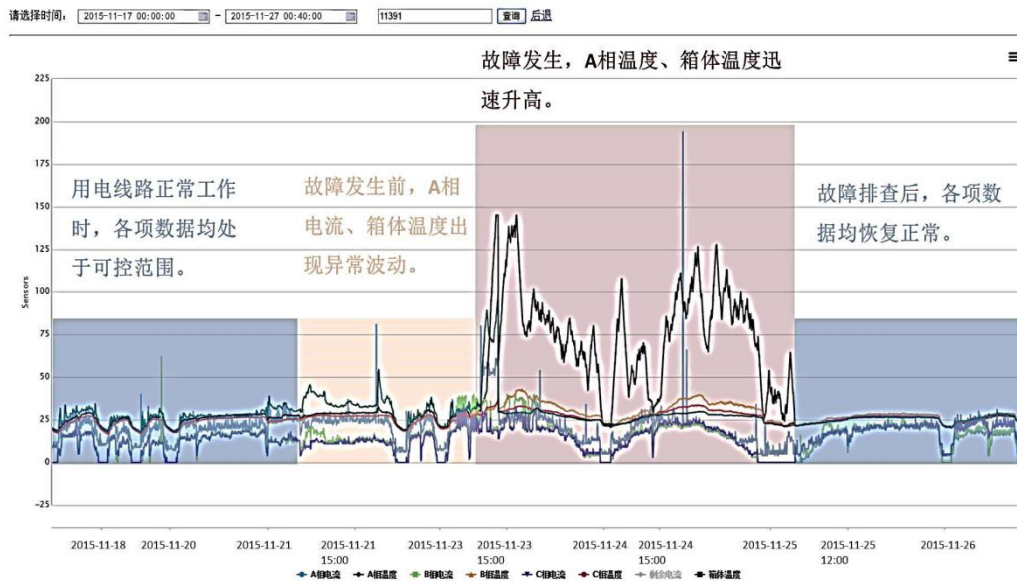


图 5 案例 2: 事故发生前后数据折线图

Fig 5 Case 2: Data before and after the accident

4.3 智慧用电系统安装前后的对比

由节 3.1 和节 3.2 可知, 智慧用电系统安装后, 可有效预测可能发生的安全隐患, 如果这些隐患得到相关工作人员的重视, 则可消除隐患, 达到防灾减灾的效果。

从省消防部门统计数据分析, 2016 年全省电气火灾事故较 2015 年减少 471 起, 下降幅度为 3.7%; 随着全面推广应用智慧用电技术, 2017 年全省电气火灾事故较 2016 年减少 4625 起, 下降幅度达到 30% 以上, 电气火灾事故防范成效明显。以推进智慧用电系统相对集中的湖州吴兴区为例, 2015 年发生电气火灾 68 起, 而安装智慧用电系统后, 2016 年发生电气火灾 28 起, 2017 年发生电气火灾 21 起, 电气火灾下降趋势明显, 具体见图 6。

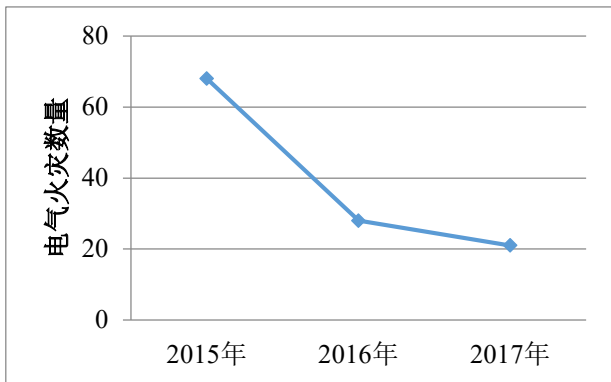


图 6 湖州市吴兴区电气火灾数量情况

Fig. 6 Quantity of fire in Wuxing, Huzhou

因此, 从浙江省及地方县区统计数据来看, 智慧用电系统的安装可有效降低电气火灾事故的发生, 其下降幅度可达到 30% 以上; 此外, 系统定期发送的监测线路用电安全情况分析报告, 有利于提高企业用电安全风险意识, 促使企业及早发现, 及时整改, 避免发生重大事故, 唤醒企业的用电安全风险意识。

V. 结 论

由于国内用电安全形势愈发严峻, 给我国国民经济和人民生命财产安全带了严重的挑战, 因此, 降低电气火灾数量, 提高用电安全无论是对于人员安全还是国家经济发展都是及其重要的。

本文主要介绍了智慧用电系统的相关概念和实现流程, 并以浙江省的智慧用电系统推广应用为例, 说明了智慧用电系统降低电气过程隐患的具体过程, 同时也分析了浙江省电气过程常见隐患类型及其分布, 为今后电气过程的整改方向提供了思路 and 方向。

因此, 智慧用电系统实现了电气火灾隐患的精准定位、准确排查, 达到了防患于未“燃”的效果。同时通过对电气安全运行状况的记录, 为企业的用电积累了电子台账, 并积累形成安全用电大数据, 通过对大数据的分析将有效评估和预测用电安全趋势, 为社会和政府监管部门提供专业的电气火灾安全隐患分析、处理服务。

参 考 文 献

- [1] 郭克. 电网企业强化安全管理的若干措施[J]. 中国安全生产科学技术, 2009, 5(3): 202-204. [Guo Ke. Some measures of strengthening safety management for grid company [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2009, 5(3): 202-204.]
- [2] 何国家, 黄贵海, 蔡慎军, 解鹏. “智慧用电”——电气火灾隐患排查治理新模式[J]. 中国安全生产, 2017, (9): 34-36. [He Guo-jia, Huang Gui-hai, Cai Shen-jun, Xie Peng. "Intelligent electricity" -- a new mode of electrical fire hazard investigation and treatment [J]. China Occupational Safety and Health, 2017, (9): 34-36.]
- [3] 吴发旺. 电力突发事件应急管理中的博弈[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, (3): 73-77. [Wu Fa-wang. Game on emergency management of power incident [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2011, 7(3): 73-77.]
- [4] 周正, 曾玉荣, 叶露, 孙松. 智慧城市配、用电通信技术研究及应用[J]. 电子技术与软件工程, 2014, (6): 146-148. [Zhou Zheng, Ceng Yu-rong, Ye Lu, Sun Song. Research and application of smart city distribution and power communication technology [J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2014, (6): 146-148.]
- [5] 史海疆. 珠海派诺:智慧用电 绿色用能[J]. 电气应用, 2014, (6): 8-11. [Shi Hai-jiang. Zhuhai Paiou Technology: Intelligent power and green energy [J]. Electrotechnical Application, 2014, (6): 8-11.]
- [6] 刘星, 王艺蒙. 派诺科技:智慧用电 绿色用能[J]. 电气技术, 2015, (7): 20. [Liu Xing, Wang Yi-meng. Paiou Technology: Intelligent power and green energy [J]. Electrical Engineering, 2015, (7): 20.]
- [7] 王白根, 程进, 曹环琴. 智慧用电检查移动终端系统初探[J]. 中国电业(技术版), 2015, (10): 48-51. [Wang Bai-gen, Cheng Jin, Cao Huan-qin. The exploration of mobile terminal system by intelligent electricity use [J]. China Electric Power(Technology Edition), 2015, (10): 48-51]
- [8] 李海峰, 吕斌, 吕利, 王小华. 智慧用电检查及管理移动终端及其系统[J]. 电气技术, 2016, (1): 147. [Li Hai-feng, Lv Bin, Lv Li, Wang Xiao-hua. Intelligent electricity inspection and management of mobile terminals and their systems [J]. Electrical Engineering, 2016, (1): 147.]
- [9] 钦国伟, 杜欣哲. 科技助力用电安全——浙江衢州市推进“智慧用电”预防火灾隐患[J]. 劳动保护, 2015, (9): 49-51. [Qian Guo-wei, Du Xin-zhe. Technology helps power safety —Quzhou, Zhejiang promotes smart electricity to prevent fire hazards [J]. Labor Protection, 2015, (9): 49-51.]
- [10] 李明伟, 潘斯源, 杨平. 浙江湖州:吴兴区推广“智慧用电”防控电气火灾事故[J]. 中国安全生产, 2016, (7): 27. [Li Wei-ming, Pan Si-yuan, Yang Ping. Huzhou, Zhejiang: Wuxing district promotes the use of intelligent electricity to prevent and control electric fire accidents [J]. China Occupational Safety and Health, 2016, (7): 27.]
- [11] 孙翠敏, 俞弦, 孙茜. 浅析智慧用电安全隐患监管服务系统[J]. 新校园, 2017, (9): 171. [Sun Cui-min, Yu Xian, Sun Qian. An analysis of the supervision and service system for the hidden danger of electricity safety [J]. New Campus, 2017, (9): 171.]
- [12] 张卓, 吴超, 高开欣. 电气伤亡事故的主客体场景指标设计及统计规律[J]. 中国安全生产科学技术, 2018, 14(1): 185-192. [Zhang Zhuo, Wu Chao, Gao Kai-xin. Indexes design for subjective and objective scenes of electrical casualty accidents and statistical regularity [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2018, 14(1): 185-192.]

基金项目: 浙江省重点研发计划(2018C03035)、浙江省科技条件专项项目(304008-2018-1016)。