



基于物联网技术的智能变电站安防监控系统

何业慎¹, 梁琨², 谭威¹, 胡鑫¹

(1. 国网信息通信产业集团公司深圳市国电科技通信有限公司, 广东 深圳 518031;

2. 天津科技大学计算机科学与信息工程学院, 天津 300457)

摘要: 通过在变电站内部部署相应的物联网感知设备, 建立混杂条件下物联网的场景觉察机制, 实现对变电站环境、基础设施、人员往来以及异常状况等方面的多因素、多维度的深度感知。同时, 利用有线与无线融合的多态通信技术实现感知网络的互联互通, 建立智能变电站安防监控系统。该系统能够对变电站内外环境进行立体式安全感知与监测, 从而有效提升智能变电站的智能化监控水平, 保障变电站安全稳定运行。

关键词: 智能变电站; 安防监控; 多态通信; 智能分析

中图分类号: TP399

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018119

Security monitoring system of intelligent substation based on IoT

HE Yeshe¹, LIANG Kun², TAN Wei¹, HU Xin¹

1. China Gridcom Co., Ltd., State Grid Information & Telecommunication Group Co., Ltd., Shenzhen 518031, China

2. College of Computer Science and Information Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China

Abstract: Through the deployment of the internet of things, such as intelligent terminal, sensing sensor etc., in the intelligent substation, a scene awareness mechanism was established under the mixed conditions to intelligent functions, such as the smart sensing of substation environment, infrastructure support, personnel exchanges, abnormal conditions judgments and other factors, and the multi-dimensional depth perception was realized. Meanwhile, interoperability of the perception network, the establishment of intelligent substation security monitoring system could be achieved by using wired and wireless fusion of multi-state communication technology. The system can multi-dimensionally perceive and monitoring the security of substation environment, which effectively enhances the smart substation intelligent monitoring level to ensure safe and stable operation of the substation.

Key words: intelligent substation, security monitoring, polymorphic communication, intelligent analysis

1 引言

智能变电站不是简单地对传统变电站的升

级, 而是通过全新设计, 利用网络、物联网和通信等最新技术, 采用先进且具有交互功能的感知设备和智能终端, 自动完成信息的采集、测量和



监测等基本功能,实现电网的实时反馈、智能控制、决策分析和协同互动等高级应用功能^[1]。由于智能化运行、自动化控制,减少了人员的介入,智能变电站通常为无人变电站。因此,保证变电站安全可靠运行,有效提供变电设备状态和电网运行数据、信息的实时采集和发布服务,同时支撑电网实时控制、智能调节和各类高级应用,实现变电站与调度、相邻变电站、电源和用户之间的协同互动成为必然要求^[2]。

基于物联网技术的立体安防监控系统是保障智能变电站正常运行的关键,它由环境感知系统、多态通信系统、智能分析系统和云平台等子系统组成,实现信息统一接入、集中管理、出入控制、身份识别、设备自检和智能联动等功能,达到了维护智能变电站安全运行的目的。本文基于智能变电站相关需求,对智能变电站立体监控系统模型进行了架构设计与系统设计,详细介绍了系统功能。基于聚类理论,新性设计视频分析和识别算法,有效提升了视频处理速度及准确性;同时,结合安防系统综合信息采集,通过云平台实现数据的分离、清洗、融合信息处理及智能决策分析方法,实现了变电站智能安全防护。系统的部分关键技术,在嘉兴智能变电站得到应用,对视频的处理速度及防护识别的准确性都有很好的反馈,应用效果良好。

2 系统模型

2.1 总体模型设计

智能变电站安防监控系统如图 1 所示,由环境感知系统、多态通信系统、智能分析系统和云平台组成,可以实现各个子系统间的智能互动和综合决策功能,其具体功能如下。

- 环境感知系统通过对变电站的环境信息和系统运行信息进行数据采集,实现了对变电站内环境的全面感知,包括对人员和动物的非法侵入、变电站内的温湿度以及设

备运行状态的感知等功能。

- 多态通信系统融合有线通信与无线通信等多种通信模式^[3],通过建立全覆盖的多态通信系统,融合物联网感知技术,实现感知信号的全面完整采集和信息的可靠传输,建立以 Wi-Fi、3G、4G 等移动通信技术为支撑的远程报警系统。
- 智能分析系统通过建立感知数据模型、智能分析数据模型、智能决策模型,对环境感知数据和系统运行数据开展智能分析。针对智能变电站的系统状况和异常行为进行分析和预警,同时建立报警联动机制,开展多渠道报警。
- 云平台主要用于建立和处理感知数据,对格式化数据和非格式化数据进行处理,开展规范化、规格化清洗,剔除垃圾数据。

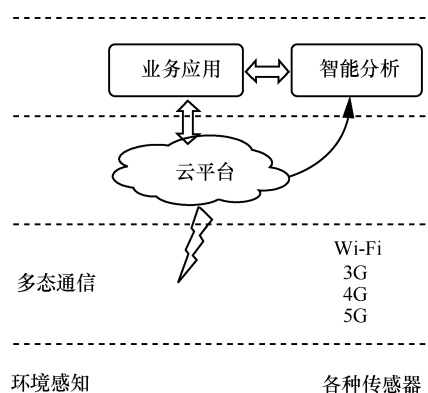


图 1 智能变电站安防监控系统结构

2.2 主要实现技术

2.2.1 物联网感知技术

物联网感知技术实现了感知数据的采集,为智能变电站的安全管理引入了新理念、新技术和新方法。变电站内环境具有特殊性,其安全运行与多种因素有关,采用单一的数据结构很难获得全面、准确的安全信息,通过物联网感知技术,自主获取设备、环境、运行等对象的属性、状态等重要参数^[4]。其应用在全方位感知变电站安全的同时,也极大地增加了信息的多样性、信息数量的巨大性以及信息

关系的复杂性。

2.2.2 云计算技术

云计算的核心思想是向用户提供按需服务,统一管理 and 调度大量在线计算资源,将用户要求的服务分解成多个子任务,由云平台上处于空闲状态的处理器对这些子任务进行并行处理,它具有无限扩展、随时获取、按需使用的特性^[5]。实现云计算的核心技术主要包括并行运算、海量数据的分布存储技术、虚拟化技术、云计算平台管理技术、海量数据管理技术和信息安全管理技术等^[6]。

随着现代安防技术不断向数据复杂化、通信多态化、分析智能化的形态迈进,云计算技术以特有的优势为智能安防技术注入新的生机和活力。在安防视频监控应用中,高清视频在编码处理后仍需大量的存储空间,监控存储云可以作为大规模安防高清监控存储的首选解决方案。同时,利用云计算技术调动后端闲置的节点进行视频分析,节省了前端监控点的任务和成本。

2.2.3 智能视频分析技术

智能视频分析技术是立体安防技术中的关键技术,可深度集成到视频监控系统中,在精确化、智能化和可调度方面有了很大提高,可以有效弥补传统监控的不足。可以采用“前端+后端”智能分析的方式,即通过前端摄像机进行视频采集的同时,利用前端设备进行初步视频智能分析,将视频流发送到服务器端进行深度处理与分析,利用视频编码与压缩等技术,实现了监控数据的有效存储与利用。其关键技术主要有视频移动探测(video motion detection, VMD)技术、PEG-4 压缩编码技术、UDP 视频传输协议以及背景差分运动目标检测等技术^[7]。

2.2.4 “互联网+”技术

“互联网+”强调互联网、云计算、大数据和物联网等信息技术与各种传统行业的有效结合与发展互动。借助互联网平台以及多种信息技术与通信技术,将互联网与安防行业进行深度融合,

充分利用移动互联网工具,将各类资源在云端进行整合和再分配,从而实现“互联网+安防”云平台。这些移动互联网工具以移动应用服务平台为主导,实现移动客户端的实时监控和告警服务,使得安防视频监控突破地域、区域、时间限制,实现跨区域、跨时域,同时包含地理信息、环境信息等多元要素,实现了技术与管理的融合,为建立立体、远程和全方位安防提供支撑。

3 功能设计与实现

智能变电站安防监控系统通过多元技术,实现了变电站空间全覆盖、关键信息全获取和关键设施全控制,例如基于模式识别的智能视频监控、部署感知设备实现周界防范、对非法入侵或敏感事件实现判断决策报警等。此外,智能变电站安防监控系统还包括门禁管理、人员巡检和机器人巡检等多个子系统,完成对变电站内部与周边环境的监控。首先进行信息的预处理,过滤掉大量干扰和无用信息,再运用模式识别、图像处理、数据挖掘和分布式存储等多种技术,最终实现智能联动、报警处理、预警分析和智能决策等功能,以便实现智能变电站的多维立体安防监控。

3.1 功能设计

3.1.1 智能视频监控

智能视频监控利用智能分析技术开展视频流智能化处理,通过定义要素、制定规则和建立智能模型,实现对视频流的析出、分解和评估,对变电站内部及外部环境进行实时监控,对触发规则事件进入智能模型判断,并及时发出告警,从自主、人工两个方面开展有效处置。智能视频监控可实现的具体功能主要包括:自动识别报警、运动物体检测以及火苗、烟雾、冒气和喷水等各类情况的识别报警,同时还包括锅炉水位的识别、变压器油位的识别等。

变电站视频监控系统一般由传输网络、监控中心和监测站点等组成,如图2所示。

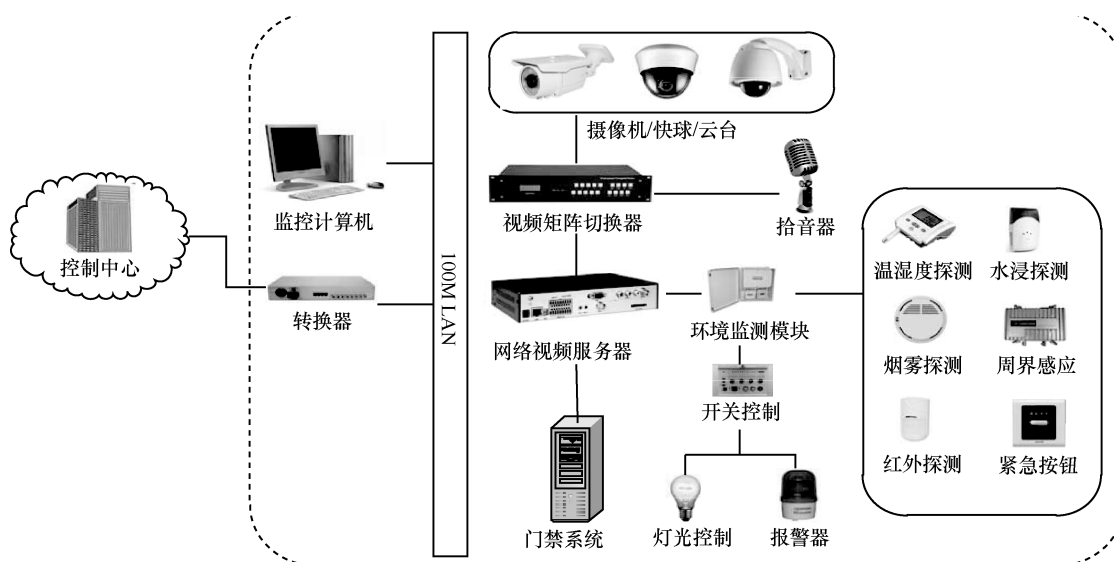


图2 变电站视频监控系统结构

3.1.2 周界防范

传统的变电站周界安防系统存在红外围栏误报率高、电子围栏无法提前对入侵进行预警且定位精度差、视频监控信息密度过低等问题^[8]。无线传感器网络、红外和超声波等技术的发展为变电站的周界防范提供了新的思路。通过物理和通信进行防范，利用激光围栏检测及定位入侵位置进行阻拦，采用 ZigBee 无线传感器网络传输报警和控制信息，利用通用分组无线服务（general packet radio service, GPRS）网络进行远程报警，结合网络摄像机进行远程视频监控，组建智能变电站周界的立体安防系统，如图3所示。

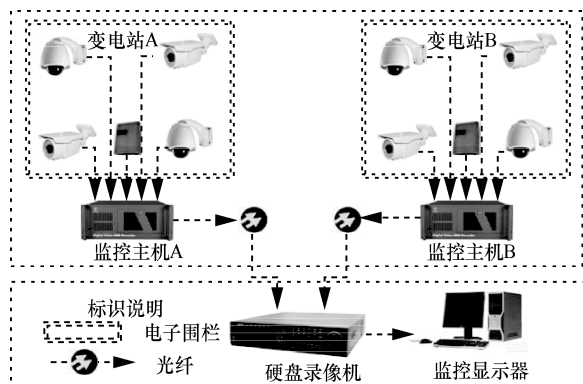


图3 智能变电站周界的立体安防系统结构

智能变电站周界的立体安防系统主要分为两层：前端监控层和后端控制层。前端监控层主要负责变电站周界入侵的检测、威慑以及取证等工作，包括网络摄像机、电子围栏、ZigBee 通信模块等安装在变电站内部及周边的各种终端设备。后端控制层主要负责对报警信息进行显示、存储以及对网络摄像机进行控制等，并对 ZigBee 网络和以太网进行维护以及远程报警等，包括控制器、监控主机、监控显示器和硬盘录像机等安装在控制室内的各种控制设备。

3.1.3 联动报警

入侵报警系统（intruder alarm system, IAS）通过感知技术、通信技术和计算技术等评估事件性质，针对非法进入或试图非法进入设防区域的特定事件进行识别与告警。由于传统变电站的图像监视、声光报警等安防技术相对独立，防火、防盗检测手段较为单一，其系统联动明显功能不足且缺乏智能决策报警机制。在智能变电站安防监控系统中可以对火灾、非法入侵或敏感事件通过红外、超声波、数据分析等技术实现判断决策报警^[9]。其报警方式也呈多样化，包括手机应用报警、短信报警和警铃等方式。同时，通过远程

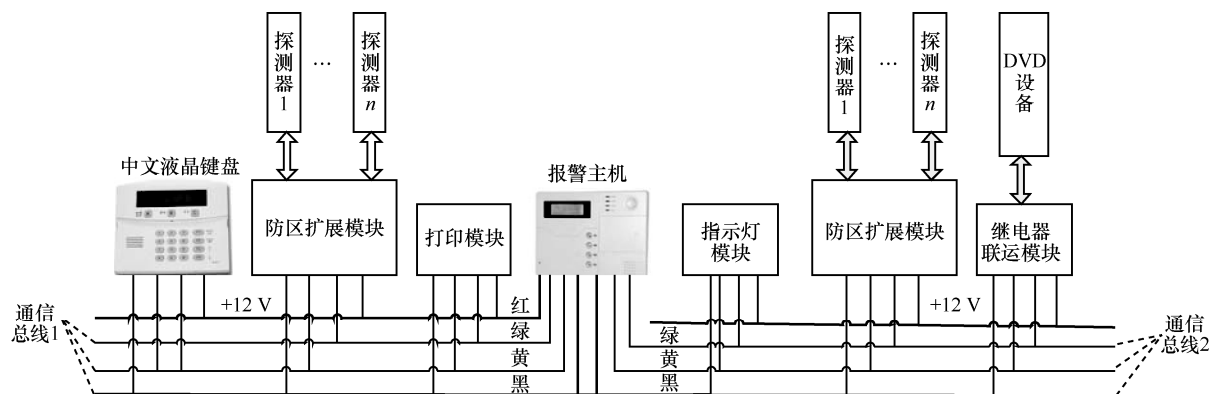


图4 入侵报警系统结构

监控、警视联动等方法可以实现视频信息与设备状态信息、远程可视化监控报警、前端视频监控和采集系统等的联动功能。

变电站最有可能发生的异常情况有火灾、非法入侵等，智能变电站周界安防系统中的探测器一旦感应到异常情况就会发出报警信号，由视频监控系统自动记录，并分析视频内容，对报警区域进行位置关联与定位，比较易于实现事故的追溯。入侵报警系统结构如图4所示。

3.1.4 门禁管理

智能变电站的门禁管理是为变电站出入门安装的智能识别系统，实现实时监控、防盗报警、远程控制以及状态记录等功能。门禁管理包括智能卡、电子密码、虹膜识别、人脸识别和指纹识别等多种模式。

智能变电站门禁管理系统包括门禁服务器、通信网络、门禁控制器和能产生跳码的手机等。其中，门禁控制器用于控制各类门禁终端，如读卡器、键盘、电控锁和门磁等^[10]。通过变电站现有网络进行组网，在控制中心实现集中控制和数据共享。智能门禁系统结构如图5所示。

3.1.5 人员巡检和机器人巡检

由于变电站设备长期处于工作状态，确保电气设备的安全稳定运行尤为重要。智能变电站安防监控系统采用人员巡检和机器人巡检相结合的方式，旨在及时发现设备的安全隐患，完成变电

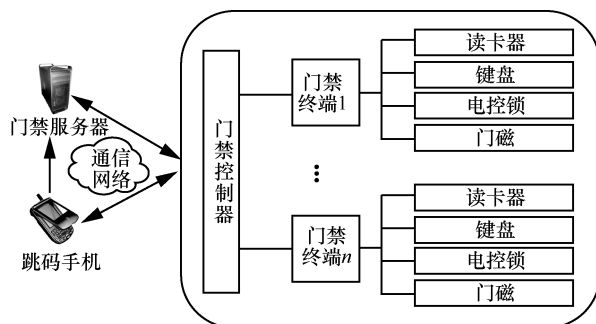


图5 智能门禁管理系统结构

站设备的日常巡视、温度测试等工作。一方面，采用红外线测温手段对设备状态进行监视，变电站工作人员只需定期或不定期进行巡视检查；另一方面，利用智能巡检机器人建立自动、完整和智能的安全防护体系架构。根据设定的巡检轨道进行空间移位，通过视频、红外线和超声波等实现故障判定、障碍物规避和关键设施扫描等功能，实现对特定变电站环境的巡检监控，如有毒、高寒、高温和高尘等环境下的巡检工作^[11]。

3.2 目标检测及智能决策报警

3.2.1 基于聚类的背景建模与运动目标检测方法

立体安防中，需要利用智能视频监控系统对目标对象进行图像检测，主要是对图像序列中的运动目标进行实时检测。目前对运动目标进行智能检测的方法有很多，如背景减除法、光流场法、帧间差分法、聚类法和混合高斯法等，其中最常用的是背景减除法。背景减除法的实现原理是通过背景估计和图像滤波来获得背景图像，这种方



法检测到的运动对象比较完整,适用于普通视频监控需求,其计算式可表示为:

$$d_k(x,y)=|f_k(x,y)-b_k(x,y)| \quad (1)$$

其中, $f_k(x,y)$ 为当前帧, $b_k(x,y)$ 为当前帧的背景帧, $d_k(x,y)$ 是当前帧与背景帧的差分结果。其算法流程如图 6 所示。

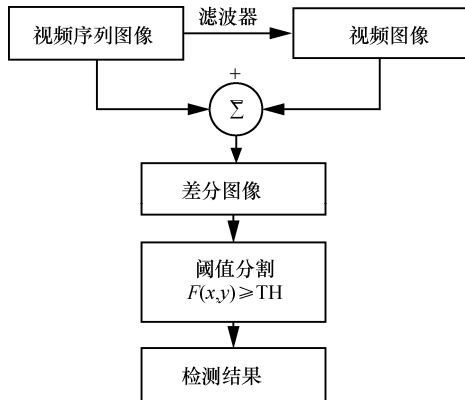


图 6 背景减法算法流程

其中, TH 为分割阈值。在实际的场景中,受光照度、背景复杂度和摄像机抖动等因素给运动目标的正确检测带来极大挑战。当目标运动较缓慢且情况较复杂时,可以采用基于聚类的背景建模与运动目标检测方法来极大地降低算法的复杂度,得到较好的检测效果^[12-13]。这种方法是为每个像素点建立固定个数的模板,并自适应地进行背景的训练,减小了算法占用的存储空间,从而有效地提高了背景提取以及目标检测的效率。

具有聚类理论支撑的背景减法,需要首先设定背景减除阈值 TF、相似度阈值 TB,且 $0 < TF < TB$ 。各像素点采集到当前像素值后,计算其与各聚类中心的相似度 G_{sim} ,并判断是否存在满足相似条件,即 $G_{sim} > TF$ 的聚类中心。如果存在,则该新像素为背景,同时更新该聚类中心值;如果不存在相似聚类中心,则该像素为前景目标。根据动态背景像素的取值特征,对其在时间轴上多峰分布分析映射到相应子类,用聚类技术实现动态背景的判别与更新,可准确地实现运动目标

的分割。

3.2.2 智能决策报警

智能决策报警系统是安防的重要组成部分,是针对异常事件实施决策判定及报警的重要模块。通常,根据智能变电站发生异常事件的特点,首先对异常事务做出定义,构建先验知识库,同时依据深度学习等理论建立事件评估模型,融合规则及标注,实现综合推理和求解,完成决策和告警,通过不断的动态学习对知识库进行完善更新^[14]。智能决策报警系统的基本结构如图 7 所示。

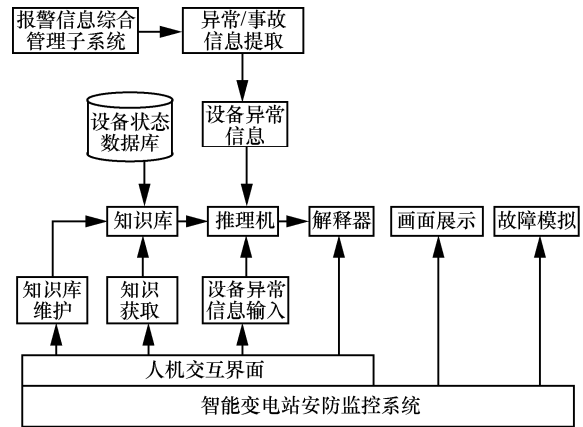


图 7 智能决策报警系统的基本结构

4 结束语

物联网技术大大提升了智能变电站安防的智能化水平,为变电站安防提供了有力的技术保障和支持。本文针对智能变电站的特点和管理需求,通过在变电站部署相应的物联网感知设备,建立复杂条件下物联网环境感知机制,通过环境感知系统、多态通信系统、智能分析系统和云平台等,实现对变电站环境、基础设施、人员往来和异常状况等多因素多维度的深度感知。同时,利用无线和有线互相支撑,实现感知网络的互联互通,建立变电站云平台及智能决策系统。针对多种感知信息,提出一套信息融合、智能决策与联动报警等策略和方法,初步建立了基于物联网技术的智能变电站安防监控系统。

参考文献:

- [1] 曹楠, 李刚, 王冬青. 智能变电站关键技术及其构建方式的探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(5): 63-68.
CAO N, LI G, WANG D Q. Key technologies and construction methods of smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(5): 63-68.
- [2] 国家电网公司. 智能变电站技术导则: Q/GDW 383-2009 [S]. 2009.
State Grid Corporation. Technical guidelines for intelligent substation: Q/GDW 383-2009 [S]. 2009.
- [3] 崔秀国, 刘翔, 操时宜, 等. 光纤通信系统技术的发展、挑战与机遇[J]. 电信科学, 2016, 32(5): 34-43.
CUI X G, LIU X, CAO S Y, et al. Development, challenge and opportunity of optical fiber communication system technologies [J]. Telecommunications Science, 2016, 32(5): 34-43.
- [4] 魏颖琪, 林玮平, 李颖, 等. 物联网智能终端技术研究[J]. 电信科学, 2015, 31(8): 146-152.
WEI Y Q, LIN W P, LI Y, et al. Study on key technologies of intelligent IoT device [J]. Telecommunications Science, 2015, 31(8): 146-152.
- [5] 王晓利. 云计算技术及其在安防行业的应用[J]. 中国安防, 2013(9): 43-45.
WANG X L. Cloud computing technology and its application in security industry[J]. China Security & Protection, 2013(9): 43-45.
- [6] 罗萱, 叶通, 金耀辉. 云计算数据中心网络研究综述[J]. 电信科学, 2014, 30(2): 99-104.
LUO X, YE T, JIN Y H. Survey on data center network for cloud computing [J]. Telecommunications Science, 2014, 30(2): 99-104.
- [7] 陈冬冬, 张曼琳, 贾平, 等. 智能视频分析技术在综合安防系统中的应用[J]. 计算机系统应用, 2011, 20(5): 144-149.
CHEN D D, ZHANG M L, JIA P, et al. Application of intelligent analysis technology for video to integrated security defence system[J]. Computer Systems & Applications, 2011, 20(5): 144-149.
- [8] 任堂正, 杨俊杰, 楼志斌. 无人值守变电站周界光电一体化安防系统设计[J]. 电测与仪表, 2016, 53(12): 111-117.
REN T Z, YANG J J, LOU Z B. Design of photoelectric integration security system of unmanned substation perimeter[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2016, 53(12): 111-117.
- [9] 夏水英, 王一宁, 赵亮, 等. 视频联动技术在变电站智能巡检系统中的应用实践[J]. 电气技术, 2016, 17(8): 82-85.
XIA S Y, WANG Y N, ZHAO L, et al. Application practice of video linkage technology in substation intelligent inspection system[J]. Electrical Engineering, 2016, 17(8): 82-85.
- [10] 刘建戈, 邵加武. 变电站智能门禁系统的研究与应用[J]. 电力信息化, 2013(1): 44-49.
LIU J G, SHAO J W. Research and application of substation intelligent entrance guard system[J]. Electric Power Information Technology, 2013(1): 44-49.
- [11] 周立辉, 张永生, 孙勇, 等. 智能变电站巡检机器人研制及应用[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(19): 85-88.
ZHOU L H, ZHANG Y S, SUN Y, et al. Development and application of equipment inspection robot for smart substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(19): 85-88.
- [12] 张国家, 左敦稳, 黎向锋, 等. 基于相似度聚类分析的动态背景建模与减除[J]. 机械设计与制造工程, 2013, 42(8): 9-13.
ZHANG G J, ZUO D W, LI X F, et al. The dynamic background modeling and deduction based on similarity clustering analysis[J]. Manufacturing Information Engineering of China, 2013, 42(8): 9-13.
- [13] 高美凤, 刘娣. 分块帧差和背景差相融合的运动目标检测[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(1): 299-302.
GAO M F, LIU D. Moving object detection based on consecutive blocks frame difference and background subtraction[J]. Application Research of Computers, 2013, 30(1): 299-302.
- [14] 李江林, 张晓华, 杨红旗, 等. 智能变电站智能告警与辅助决策的实现[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(15): 146-150.
LI J L, ZHANG X H, YANG H Q, et al. Implementation of intelligent alarm and AMD system in the smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(15): 146-150.

[作者简介]



何业慎(1979-), 男, 深圳市国电科技通信有限公司高级工程师, 主要从事电力通信技术方面的研究与开发工作。



梁琨(1982-), 女, 天津科技大学讲师, 主要研究方向为电力物联网、大数据、信息安全等。

谭威(1984-), 男, 深圳市国电科技通信有限公司助理工程师, 主要研究方向为电力通信技术、安防监控技术、体系运维管理、产品标准化管理及项目实施管理。

胡鑫(1986-), 男, 深圳市国电科技通信有限公司助理工程师, 主要研究方向为信息安全技术、网络空间安全技术、安全生产标准化及安全管理等。