

电网技术

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

11
2020

第44卷11期
Vol.44 No.11

QK2049529

HL LYSTAR
宏力达

股票代码
688330

INNOVATIVE
ENERGY INTERNET

创新能源互联网 >>>

一二次深度融合智能柱上开关

一二次融合智能柱上开关由开关本体（户外真空断路器）、控制终端（馈线终端）及配套软件组成，深度融合了电流、电压传感器、电容取电模块、线损采集模块等关键技术。主要用于三相交流50Hz、额定电压12kV和24kV的户外配电系统，用于线路分段、联络、分支、用户分界等场合，在配电线路中起分断、控制、保护和线损采集的作用。

现场照片



产品特点



- 一体化固封，小型化设计
本体重量≤91KG
- 超低功耗设计
整机运行功耗<1.2W
- 可靠的选择性保护
短路故障和接地故障的选择性保护
- 内置电容取电模块
解决电磁式PT的铁磁谐振和易被雷击损坏等问题
- 内置高精度交流电压
电流传感器
- 防远方误合闸的
联动控制
- 分布式单相
接地故障诊断
- 科学的定值管理
- 定值自动匹配
- 安装免调试
运行免维护

上海宏力达信息技术股份有限公司

地址：上海市徐汇区古美路 1528 号 A3 幢 8 楼 电话：021-33266008 手机：13817032270
传真：021-33266088 邮箱：zhangxl@holystar.com.cn

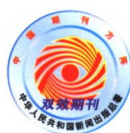
www.holystar.coam.cn



ISSN 1000-3673



万方数据



国家电网有限公司 主办

编辑委员会

主任: 周孝信

委员(按姓氏笔画排序):

丁明 卫志农 王成山 王伟胜
王益民 王海凤 韦化 文劲宇
文福栓 艾芊 毕天姝 吕运强
刘健 刘广一 刘开培 刘玉田
刘明波 刘建明 汤涌 孙华东
孙宏斌 严正 李卫东 李亚楼
李成榕 杨胜春 肖先勇 别朝红
何正友 张东霞 张乔根 周浩
周泽昕 段献忠 姚良忠 袁小明
徐政 郭剑波 梅生伟 曹一家
曹均正 盛万兴 康重庆 董新洲
程浩忠 谢小荣 路书军 廖瑞金
穆钢 鞠平

青年委员(按姓氏笔画排序):

丁一 王蓓蓓 冯双磊 吕泉
刘友波 刘敦楠 齐波 汤奕
孙国强 李勇 李斌 李卫星
李生虎 李建林 吴学智 张宁
张波 张志劲 陆超 易俊
胡伟 胡泽春 郭庆来 涂春鸣
崔杨 焦在滨 裴玮 魏晓光

顾问委员会

主任: 郑健超

委员(按姓氏笔画排序):

马伟明 王锡凡 卢强 朱英浩
刘吉臻 汤广福 杨奇逊 严陆光
吴复立 邱爱慈 余贻鑫 汪雁生
沈国荣 宋永华 陆佑楣 陈清泉
陈维江 罗安 郑宝森 顾国彪
唐任远 黄其励 韩祯祥 程时杰
舒印彪 薛禹胜

目次

· 交直流互联电网仿真 ·

- 适用于电磁暂态仿真的变阶变步长 3S-DIRK 算法
.....叶小晖, 汤涌, 宋强, 刘文焯, 吕广宪, 陆一鸣 (4047)
- 基于 HYPERSIM 的柔性直流输电系统数模混合仿真建模及试验
.....杨立敏, 朱艺颖, 郭强, 孙翔, 刘翀, 刘世成, 王峰洲, 陈晓刚 (4055)
- 跨层级多区域电力系统 AGC 全过程动态仿真建模及验证
.....肖雄, 宋新立, 谈超, 苏志达, 刘涛, 王民昆, 吴国旻 (4063)
- 雷击引发常规直流谐波振荡的机理与措施研究
.....郭琦, 罗超, 林雪华, 邓丽君, 李书勇, 黄立滨 (4071)
- 基于 MATLAB/Simulink 的新一代电力系统动态仿真工具箱
.....林思齐, 熊永新, 姚伟, 艾小猛, 文劲宇 (4077)
- 基于特征值分析的配电网多速率暂态仿真性能评估方法研究
.....刘科研, 叶华, 裴玮, 邓卫, 叶学顺 (4088)

· 电网调控领域人工智能技术应用研究与实践 ·

- 基于波动规律挖掘的风电功率超短期预测方法
.....梁志峰, 王铮, 冯双磊, 董存, 万筱钟, 丘刚 (4096)
- 考虑风速时空相关特性的元启发式支配预测模型
.....潘超, 王典, 蔡国伟, 杨雨晴, 于凤娇 (4105)
- 组合辐射衰减因子预报与 RBF 神经网络的光伏短期功率预测方法
.....梁志峰, 董存, 吴骥, 崔方, 陈卫东 (4114)
- 考虑多能时空耦合的用户级综合能源系统超短期负荷预测方法
.....栗然, 孙帆, 丁星, 韩怡, 刘英培, 严敬汝 (4121)
- 基于一种新型鲁棒损失的神经网络短期负荷预测方法
.....蔡秋娜, 潮铸, 苏炳洪, 王龙, 段秦尉, 温亚坤, 李冰 (4132)
- 基于深度强化学习的分布式电采暖参与需求响应优化调度
.....严干贵, 阚天洋, 杨玉龙, 张薇 (4140)
- 电力调度文本的自然语言理解与解析技术及应用
.....佟佳弘, 武志刚, 管霖, 刘奇, 杜亮, 徐良德 (4148)

· 电力市场 ·

- 电力“中长期+现货”市场全业务支撑平台关键技术研究
.....黄龙达, 杨争林, 庄卫金, 邵平, 孙鹏, 徐攀 (4156)
- 计及三主体竞价的综合能源系统日前迭代出清策略
.....崔杨, 闫石, 王铮, 王茂春, 赵钰婷 (4164)
- 基于多代理 Double DQN 算法模拟发电侧竞价行为
.....高宇, 李昀, 曹蓉蓉, 李宁峰, 高铭泽 (4175)
- 基于区块链的电网实时定价混合博弈研究
.....李军祥, 周继儒, 何建佳 (4183)
- 基于云模型的激励型区域柔性负荷响应不确定性研究
.....林俐, 张玉, 顾嘉 (4192)
- 考虑中长期交易与短期调度衔接的风电消纳模型
.....曹胡辉, 裴智峰, 向劲勇, 郝供哈, 桂卫华 (4200)

· 能源互联网 ·

- 考虑电池组健康状态的储能系统能量管理方法.....李相俊, 马锐 (4210)
- N-K 重故障下输储协同规划模型及算法
.....郭铭群, 赵鹏飞, 孙珂, 孙英云 (4218)
- 基于电网扰动暂态响应分析的虚拟同步机黑箱建模
.....姜静雅, 王玮, 唐芬, 吴学智, 李相俊, 杨正文 (4227)

计及机组降损收益的电源侧电池储能调频/调峰经济效益评价方法
王静, 刘文霞, 李守强, 刘宗歧, 杨梦瑶, 郭浩明 (4236)

不同典型用户侧储能配置评估与运行优化模型
郭久亿, 刘洋, 郭焱林, 许立雄 (4245)

含电转气的区域综合能源系统热电优化调度
崔杨, 闫石, 仲悟之, 王铮, 张鹏, 赵钰婷 (4254)

基于双层优化模型的电-气耦合综合能源故障恢复策略
杨丽君, 王晨, 赵优, 郝金慧, 尹昊冉 (4264)

区域水-能耦合系统的电-气-水混合潮流模型
赵霞, 谭红, 孙名轶, 冯欣欣 (4274)

基于高斯混合模型聚类和多维尺度分析的负荷分类方法
张美霞, 李丽, 杨秀, 孙改平, 蔡雅慧 (4283)

计及可控负荷的发电一体化综合优化调度
侯慧, 徐焘, 肖振锋, 邓翔天, 刘鹏, 薛梦雅 (4294)

基于组合赋权-云模型的电力物联网安全风险评估
何永贵, 刘江 (4302)

考虑样本不平衡的并行化用户负荷类型辨识方法
刘洋, 高丽霞, 刘璐 (4310)

· 电力系统 ·

基于区域气候模式的内蒙古地区风能资源预测评估
李薇, 龚奕彰, 时利香, 王信粉, 郭军红 (4318)

基于实测数据的风电机组动态调节性能研究
刘玉山, 王灵梅, 孟恩隆, 贾护民, 陈立明, 贾成真, 郭东杰 (4328)

不平衡工况下新能源并网变换器韧性分析及优化控制
王祺, 秦文萍, 张宇, 王磊, 韩肖清, 王鹏 (4337)

基于电压收敛性预测的 MMC 低开关频率均压控制策略
蒲羿, 罗永捷, 熊小伏, 宋勇辉, 陈强 (4347)

不同逆变电源主动支撑控制方式的对比研究
孙大卫, 刘辉, 赵峰, 吴林林, 宋鹏, 程雪坤 (4359)

城市配电网正常运行约束安全域及最大供电能力的网络流本质
肖峻, 屈玉清, 宋晨辉, 孙哲, 陈飞龙 (4368)

一种适应风机接入的配电网谐波责任划分方法
王俊雄, 臧天磊, 符玲, 宋九洲, 赵虹钧 (4377)

三相变压器超高次谐波传递特性
张逸, 方键, 林芳, 阮正鑫, 张伟骏, 陈育欣 (4387)

规模化电动汽车负荷的柔性台区协同经济调度
孙国强, 徐广开, 沈培锋, 卫志农, 陈胜, 吕思, 王徐廷, 张昊亮 (4395)

考虑充电负荷随机特性的电动汽车充电网络模糊多目标规划
钱科军, 谢鹰, 张新松, 李亚飞, 徐杨杨, 陆胜男 (4404)

巴西电网“3.21”大停电中控制保护系统动作分析及启示
常忠蛟, 刘云 (4415)

基于 1989 年 3 月地磁暴的蒙东电网事故风险评估
李海明, 陶勇, 张俊双, 谢浩锐, 刘连光 (4427)

· 高电压技术 ·

超/特高压线路带电作业间隙放电特性仿真计算
方雅琪, 王力农, 李瑞, 宋斌, 高嘉辰, 刘凯 (4435)

配 126 kV 单断口选相真空断路器长行程磁力机构设计及性能试验
田宇, 许家源, 王永兴, 董思源, 田可新 (4445)

直流电晕老化对脂环族环氧树脂及 HTV 硅橡胶性能的影响
黄新波, 杨文博, 田毅, 袁正康 (4454)

特高压交流开关型可控避雷器控制系统设计
张磊, 葛健, 李志兵, 陈秀娟, 张春合 (4464)

· 广告索引 · (4470)

《工程索引》(EI) 收录核心期刊
 2015 和 2017 年度中国“百强报刊”
 中国最具国际影响力学术期刊
 中国百种杰出学术期刊
 中国精品科技期刊
 全国中文核心期刊
 RCCSE 中国权威学术期刊
 《科学文摘》(SA) 收录期刊
 《文摘杂志》(AJ) 收录期刊
 中国科学引文数据库 (CSCD)
 中国期刊方阵双效期刊
 电力行业优秀科技期刊

《电网技术》(月刊)

第 44 卷 第 11 期 (总第 444 期)

主 管: 国家电网有限公司

主 办: 国家电网有限公司

编 辑: 中国电科院期刊中心

《电网技术》编辑部

出 版: 《电网技术》杂志社有限公司

主 编: 郭剑波

副主编: 汤 涌、康重庆、孙华东

编辑部副主任: 李兰欣 010-82812543

广告部经理: 李慧东 010-82812429

发 行: 闫 焜 010-82812465

编 辑: 010-82812523/2672/2981/2982

网上投稿: <http://www.dwjs.com.cn>

电力系统内部电话: 91862+后四位

传 真: 010-82812980

地 址: 100192 北京清河小营东路 15 号

中国电力科学研究院有限公司内

印 刷: 北京科信印刷有限公司

北京市昌平区北清路马连店甲 6 号

总发行: 北京报刊发行局

国外发行: 中国国际图书贸易总公司

订 阅: 全国各地邮局

邮发代号: 国内 82-604 国外 1474M

中国标准连续出版物号: ISSN 1000-3673

CN 11-2410/TM

广告经营许可证号: 京海市监广登字 20170131 号

期刊基本参数: CN 11-2410/TM * 1957 * M * A4 * 423 * zh * P * ¥80.00 * 20000 * 47 * 2020-11 版权所有 未经许可不得转载及上网

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2020, Vol. 44 No. 11 (Ser. 444)

Contents

• Topics of AC/DC Interconnected Power Grids Simulation •

- Variable Order/Step Integration by 3-stage Diagonally Implicit Runge-Kutta Method for Electromagnetic Transient Simulations**
..... YE Xiaohui, TANG Yong, SONG Qiang, LIU Wenzhuo, LÜ Guangxian, LU Yiming (4047)
- Modelling and Validation of Digital-analog Hybrid Simulation for VSC-HVDC System Based on HYPERSIM**
..... YANG Limin, ZHU Yiyang, GUO Qiang, SUN Xu, LIU Chong, LIU Shicheng, WANG Fengyuan, CHEN Xiaogang (4055)
- Construction and Validation of AGC Full Dynamic Simulation Models for Cross-level and Multi-area Power Systems**
..... XIAO Xiong, SONG Xinli, TAN Chao, SU Zhida, LIU Tao, WANG Minkun, WU Guoyang (4063)
- Mechanism and Countermeasure of the Harmonic Oscillation Induced by Lightning Strikes in LCC-HVDC System**
..... GUO Qi, LUO Chao, LIN Xuehua, DENG Lijun, LI Shuyong, HUANG Libin (4071)
- MATLAB/Simulink-based Dynamic Simulation Toolbox for New Generation Power System**
..... LIN Siqi, XIONG Yongxin, YAO Wei, AI Xiaomeng, WEN Jinyu (4077)
- Research on Computational Performance of Multi-rate Transient Simulation in Distribution Network Based on Eigen-value Analysis**..... LIU Keyan, YE Hua, PEI Wei, DENG Wei, YE Xueshun (4088)

• Research and Practice of Artificial Intelligence Technology Application in the Field of Power Grid Dispatching and Control •

- Ultra-short-term Forecasting Method of Wind Power Based on Fluctuation Law Mining**
..... LIANG Zhifeng, WANG Zheng, FENG Shuanglei, DONG Cun, WAN Xiaozhong, QIU Gang (4096)
- Meta-heuristic Dominance Prediction Model Considering Wind Speed Spatio-temporal Correlation Characteristics**
..... PAN Chao, WANG Dian, CAI Guowei, YANG Yuqing, YU Fengjiao (4105)
- Short-term Photovoltaic Power Prediction Method Combining With Radiation Attenuation Factor Prediction and RBF Neural Network**..... LIANG Zhifeng, DONG Cun, WU Ji, CUI Fang, CHEN Weidong (4114)
- Ultra Short-term Load Forecasting for User-level Integrated Energy System Considering Multi-energy Spatio-temporal Coupling**
..... LI Ran, SUN Fan, DING Xing, HAN Yi, LIU Yingpei, YAN Jingru (4121)
- Short-term Load Forecasting Method Based on A Novel Robust Loss Neural Network Algorithm**
..... CAI Qiuna, CHAO Zhu, SU Binghong, WANG Long, DUAN Qinwei, WEN Yakun, LI Bing (4132)
- Demand Response Optimal Scheduling for Distributed Electric Heating Based on Deep Reinforcement Learning**
..... YAN Gangui, KAN Tianyang, YANG Yulong, ZHANG Wei (4140)
- Power Dispatching Text Analysis and Application Based on Natural Language Understanding**
..... TONG Jiahong, WU Zhigang, GUAN Lin, LIU Qi, DU Liang, XU Liangde (4148)

• Electricity Market •

- Key Technology of Whole Business Supporting Platform in “Medium&long-term + Spot” Electricity Market**
..... HUANG Longda, YANG Zhenglin, ZHUANG Weijin, SHAO Ping, SUN Peng, XU Pan (4156)
- Day-ahead Iterative Clearing Strategy of Integrated Energy System Considering Three-agent Bidding**
..... CUI Yang, YAN Shi, WANG Zheng, WANG Maochun, ZHAO Yuting (4164)
- Simulation of Generators’ Bidding Behavior Based on Multi-agent Double DQN**
..... GAO Yu, LI Yun, CAO Rongrong, LI Ningfeng, GAO Mingze (4175)
- Mixed Game of Real-time Pricing Based on Block Chain for Power Grid**..... LI Junxiang, ZHOU Jiru, HE Jianjia (4183)
- Uncertainty of Regional Incentive Flexible Load Based on Cloud Model**..... LIN Li, ZHANG Yu, GU Jia (4192)
- Wind Power Accommodation Model Considering the Link of Medium and Long-term Transactions With Short-term Dispatch**
..... CAO Huhui, QIU Zhifeng, XIANG Jinyong, HAO Qihan, GUI Weihua (4200)

• Energy Internet •

- Energy Management Method of Energy Storage System Considering the SOH of Battery Pack**..... LI Xiangjun, MA Rui (4210)
- N-K Contingencies Considered Joint Planning of Energy Storage and Transmission Expansion Problem: Model and Algorithm**
..... GUO Mingqun, ZHAO Pengfei, SUN Ke, SUN Yingyun (4218)
- Black-box Modeling of Virtual Synchronous Generator Based on Transient Response Analysis Under Grid Disturbances**
..... JIANG Jingya, WANG Wei, TANG Fen, WU Xuezhi, LI Xiangjun, YANG Zhengwen (4227)
- A Method to Evaluate Economic Benefits of Power Side Battery Energy Storage Frequency/ Peak Regulation Considering the Benefits of Reducing Thermal Power Unit Losses**
..... WANG Jing, LIU Wenxia, LI Shouqiang, LIU Zongqi, YANG Mengyao, GUO Haoming (4236)
- Configuration Evaluation and Operation Optimization Model of Energy Storage in Different Typical User-side**
..... GUO Jiuyi, LIU Yang, GUO Yanlin, XU Lixiong (4245)
- Optimal Thermoelectric Dispatching of Regional Integrated Energy System With Power-to-gas**
..... CUI Yang, YAN Shi, ZHONG Wuzhi, WANG Zheng, ZHANG Peng, ZHAO Yuting (4254)

-
- Electric-gas Coupled Integrated Energy Fault Recovery Strategy Based on Bi-level Optimization Model**
 YANG Lijun, WANG Chen, ZHAO You, HAO Jinhui, YIN Haoran (4264)
- Hybrid Power-gas-water Flow Modeling for Regional Water-energy Nexus** ZHAO Xia, TAN Hong, SUN Mingyi, FENG Xinxin (4274)
- A Load Classification Method Based on Gaussian Mixture Model Clustering and Multi-dimensional Scaling Analysis**
 ZHANG Meixia, LI Li, YANG Xiu, SUN Gaiping, CAI Yahui (4283)
- Generation and Load Integrated Optimal Scheduling Considering Adjustable Load**
 HOU Hui, XU Tao, XIAO Zhenfeng, DENG Xiangtian, LIU Peng, XUE Mengya (4294)
- Electric Internet of Things Security Risk Assessment Based on Combined Weighting-cloud Model**..... HE Yonggui, LIU Jiang (4302)
- Parallel Load Type Identification Algorithm Considering Sample Class Imbalance** LIU Yang, GAO Lixia, LIU Lu (4310)
- **Power System** •
- Prediction and Evaluation of Wind Energy Resource in Inner Mongolia Based on Regional Climate Models**
 LI Wei, GONG Huanzhang, SHI Lixiang, WANG Xinfen, GUO Junhong (4318)
- Dynamic Adjustment Performance of Wind Turbines Based on Measured Data**
 LIU Yushan, WANG Lingmei, MENG Enlong, JIA Humin, CHEN Liming, JIA Chengzhen, GUO Dongjie (4328)
- Toughness Analysis and Optimal Control of Renewable Energy Grid-connected Converters Under Unbalanced Voltage Condition**..... WANG Qi, QIN Wenping, ZHANG Yu, WANG Lei, HAN Xiaoqing, WANG Peng (4337)
- Reduced Switching Frequency Voltage Balancing Control Strategy Based on Voltage Convergence Prediction for Modular Multilevel Converters**..... PU Yi, LUO Yongjie, XIONG Xiaofu, SONG Yonghui, CHEN Qiang (4347)
- Comparison of Inverter Generators With Different Support Control Methods**
 SUN Dawei, LIU Hui, ZHAO Feng, WU Linlin, SONG Peng, CHENG Xuekun (4359)
- Network Flow Nature of Security Region and Total Supply Capability for Urban Distribution Network With Normal Operation Constraints** XIAO Jun, QU Yuqing, SONG Chenhui, SUN Zhe, CHEN Feilong (4368)
- Harmonic Responsibility Determination Method for Distribution Network With Wind Turbines Integration**
 WANG Junxiong, ZANG Tianlei, FU Ling, SONG Jiuyuan, ZHAO Hongjun (4377)
- Supraharmonics Transmission Characteristics in Three Phase Transformer**
 ZHANG Yi, FANG Jian, LIN Fang, RUAN Zhengxin, ZHANG Weijun, CHEN Yuxin (4387)
- Coordinated Economic Dispatch of Flexible District for Large-scale Electric Vehicle Load**
 SUN Guoqiang, XU Guangkai, SHEN Peifeng, WEI Zhinong, CHEN Sheng, LÜ Si, WANG Xuyan, ZHANG Haoliang (4395)
- Fuzzy Multi-objective Optimization of Electric Vehicle Charging Network With Stochastic Characters of Charging Load**
 QIAN Kejun, XIE Ying, ZHANG Xinsong, LI Yafei, XU Yangyang, LU Shengnan (4404)
- Analysis on and Inspiration of the Control and Protection Actions During “0321/March 21” Blackout in Brazilian Power Grid**
 CHANG Zhongjiao, LIU Yun (4415)
- Risk Assessment of East Inner Mongolia Power Grid Accident Based on Geomagnetic Storm in March 1989**
 LI Haiming, TAO Yong, ZHANG Junshuang, XIE Haokai, LIU Lianguang (4427)
- **High Voltages** •
- Discharge Characteristics Calculation Method for Live Working Gaps of EHV and UHV Lines**
 FANG Yaqi, WANG Linong, LI Rui, SONG Bin, GAO Jiachen, LIU Kai (4435)
- Design and Performance Test of Electro-magnetic Force Actuator for 126kV Single Break Vacuum Circuit Breaker With Controlled Switching**..... TIAN Yu, XU Jiayuan, WANG Yongxing, DONG Enyuan, TIAN Kexin (4445)
- Effect of DC Corona Aging on Properties of HTV Silicone Rubber and Alicyclic Epoxy Resin**
 HUANG Xinbo, YANG Wenbo, TIAN Yi, YUAN Zhengkang (4454)
- Control System Design of UHV AC Switch Type Controllable Arrester**
 ZHANG Lei, GE Jian, LI Zhibing, CHEN Xiujian, ZHANG Chunhe (4464)
-

Sponsor: State Grid Corporation of China

In Cooperation with: China Electric Power Research Institute (CEPRI)

Chairman of Editorial Committee: Zhou Xiaoxin

Editor-in-Chief: Guo Jianbo

Editor and Publisher: Power System Technology Press

Associate Director of Editorial Board: Li Lanxin

Publication Number: ISSN 1000-3673

CODEN: DIJIES **Devey#:** 621.31

Address: China Electric Power Research Institute, Qinghe, Beijing 100192, China

Tel/Fax: 86-10-82812980

E-mail: pst@epri.sgcc.com.cn http://www.dwjs.com.cn

Agent of Subscriptions Abroad: China International Book Trading Corporation (GUOJISHUDIAN) P.O.Box 399, Beijing, China



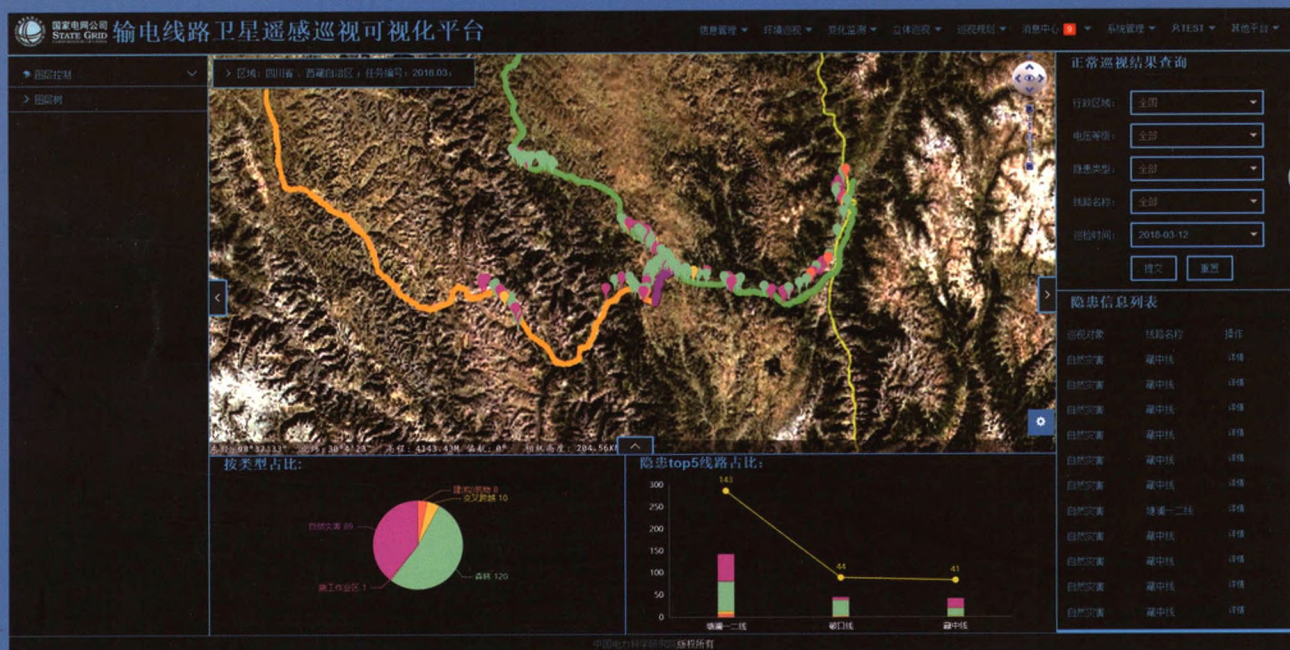
国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

输电线路卫星遥感智能巡视系统

系统简介：

依托自主研发的海量影像动态免切片热加载、电网典型环境隐患智能提取和合成孔径雷达地表形变高精度测量等关键技术，结合三维网络地理信息技术，实现输电线路环境隐患高精度定位和三维直观可视化展示，将输电线路环境巡视野外作业转化为办公室图像智能处理，为一线运维人员巡查提供靶向信息，提升输电通道环境巡视效率与隐患发现的时效性。



影像热加载、智能提取、协同判读、信息管理、环境巡视、变化监测

[智能识别、协同判读、高效巡视、三维直观]

单位：中国电力科学研究院有限公司输变电工程研究所

联系人：马潇 18911153596 010-82812786-833