

电网技术

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

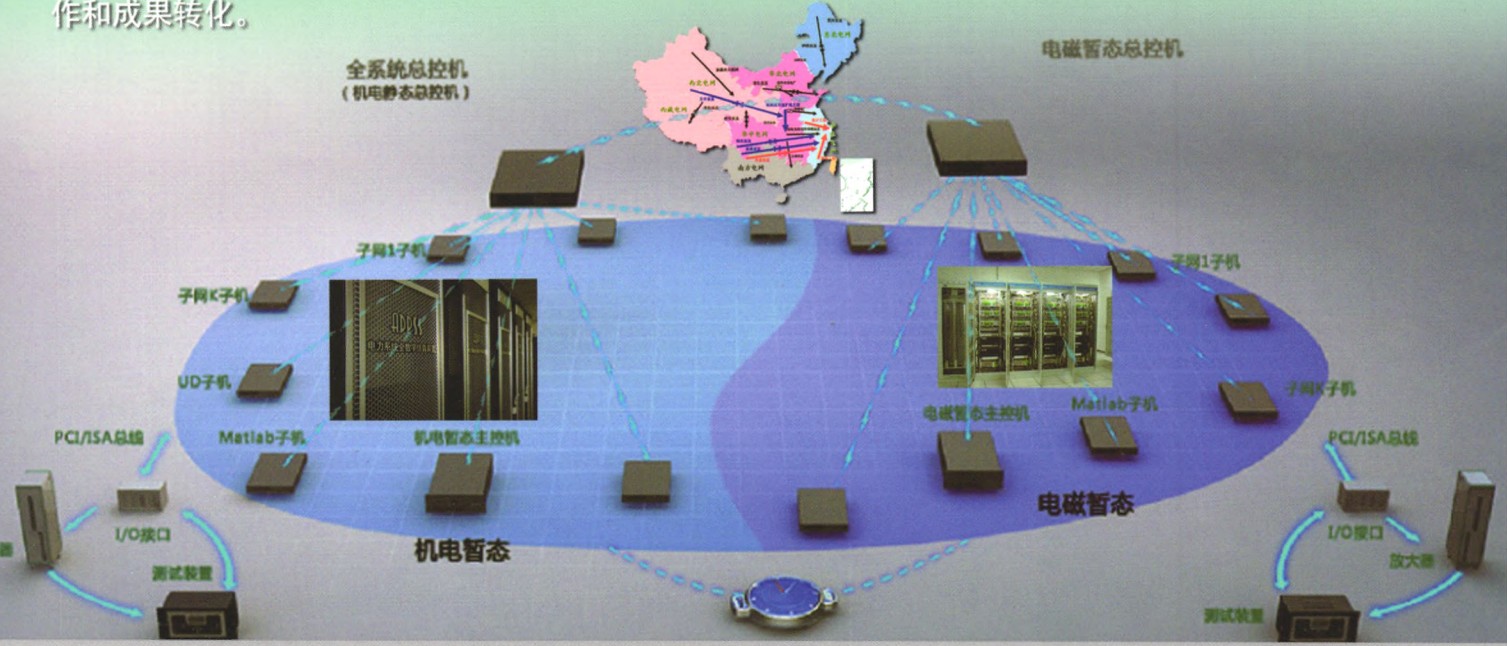
10
2015

第39卷10期
Vol.39 No.10



中国电力科学研究院 电力系统研究所

电力系统研究所长期从事电力系统规划、设计等工程项目的技术支撑以及生产运行方面的科学研究，具备深厚的行业背景、丰富的实践经验、先进的仿真技术以及完备的试验体系，愿与海内外重大装备企业、电网运营公司、科研单位、试验认证机构等一道，针对高比例新能源接入下的电网运行与控制、基于ICT技术的大电网仿真、储能及电力电子在电力系统中应用等领域，开展技术合作和成果转化。



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

单位：中国电力科学研究院
地址：北京清河小营东路15号

邮编：100192
电话：(010) 82812392



欢迎关注微信号

ISSN 1000-3673



万方数据



国家电网公司 主办

《电网技术》
编辑委员会

主任：刘振亚
委员（按姓氏笔画排序）：
Wei-Jen Lee 丁明 尹积军 文福拴
王敏 王成山 王相勤 王益民
Haifeng Wang（王海风） 韦化
帅军庆 伍萱 刘广迎 刘开俊
刘开培 刘玉田 刘建明 印永华
孙昕 汤涌 纪延超 吴云
吴玉生 Qinghua Wu（吴青华）
张文亮 张丽英 张启平 张运洲
张春城 张智刚 李卫东 李文毅
李向荣 李庆林 李成榕 李群湛
杜至刚 杨庆 肖世杰 肖立业
陈峰 陈月明 周浩 郑宝森
K L Lo（罗国麟） 段献忠 赵庆波
Wilsun Xu（徐文远） 索南加乐
栾军 郭剑波 康重庆 曹一家
曹均正 曹志安 黄强 程浩忠
舒印彪 葛正翔 路书军 廖瑞金
穆钢 鞠平

顾问委员会

主任：陆延昌
副主任：周孝信 郑健超
委员（按姓氏笔画排序）：
马伟明 王锡凡 卢强 孙才新
朱英浩 严陆光 余贻鑫 宋永华
Felix Wu（吴复立） 杨奇逊 汪矸生
沈国荣 邱爱慈 陆佑楣 陈清泉
赵遵康 唐任远 顾国彪 黄其励
程时杰 韩祯祥 潘家铮 薛禹胜

目次

· 智能用电技术（特约栏目主编 刘建明、杜蜀薇）·	
智能电网电力需求响应标准体系研究与设计	
..... 闫华光，陈宋宋，杜重阳，李彬（2685）	
基于双层离散粒子群优化的智能小区车辆与家庭互动调度策略	
..... 黄宇，杨健维，何正友（2690）	
考虑运行策略及投资主体利益的主动配电系统储能优化配置	
..... 刘文霞，牛淑姪，石道桂，谢江，徐慧婷（2697）	
主动配电网规划研究综述	
..... 邢海军，程浩忠，张沈习，张逸（2705）	
配电网差异化节能规划方法及其应用	
..... 姜飞，涂春鸣，刘子维，等（2712）	
居民用户需求响应业务模型研究	
..... 李童佳，张晶，祁兵（2719）	
· 低碳电力技术（特约栏目主编 康重庆）·	
适应低碳电源发展的低碳电网规划模型	
..... 杜尔顺，孙彦龙，张宁，陈宋宋，何桂雄，康重庆（2725）	
考虑电网调峰能力限制的风储联合系统概率综合效益评价方法	
..... 徐国栋，程浩忠，马则良，张建平，方斯顿，朱忠烈（2731）	
带超级电容的光伏发电微网系统混合储能控制策略	
..... 程志江，李永东，谢永流，邱麟，董博，樊小朝（2739）	
风电和抽水蓄能联合送出时的大型风电最优入网规模研究	
..... 李惠玲，张志强，唐晓骏，郑超，李顺昕，杨金刚（2746）	
超级电容与电解电容并联储能系统的特性研究	
..... 常潇（2751）	
采用横纵向误差平移插值修正的风电预测精度改善方法	
..... 胡亚伟，王筱，晁勤，蔺红，陈哲，王一波（2758）	
非迭代与分时段最优的风电功率短期预测	
..... 梁沛，卢继平，钟璐，等（2766）	
双馈风电机组低电压穿越参考功率优化整定	
..... 王健，严干贵，郑超，沈清坤，李放（2772）	
计及暂态电压安全性的风电场无功电压协调控制	
..... 卢锦玲，何振民，何同祥，魏方园，徐超（2780）	
基于风电机组输出时间序列数据分群的风电场动态等值	
..... 张星，李龙源，胡晓波，王晓茹，周孝信（2787）	
一种风力机虚拟惯量控制与传统发电机调速控制的协调方法	
..... 王刚，侍乔明，崔志勇，付立军，吴优，徐力（2794）	
高倍聚光光伏电站监控系统设计	
..... 弭轶，陈诺夫，白一鸣，等（2802）	
考虑环境成本和需求侧管理项目的电源规划模型	
..... 张晓辉，闫鹏达，钟嘉庆，郭茜茜，田春雨（2809）	
· 直流输电与直流电网（特约栏目主编 汤广福）·	
±1100 kV 特高压直流系统试验方案研究	
..... 杨万开，印永华，班连庚，曾南超（2815）	
基于多馈入功率恢复因子的南方电网多回直流分层协调控制策略	
..... 冯明，李兴源，洪潮，李妮，王超，覃波（2822）	
特高压直流输电线路雷击暂态过程与行波保护响应特性分析	
..... 李书勇，郭琦，崔柳，蔡泽祥，梁益（2830）	
直流换流站换流阀火灾监视系统及自动灭火方案	
..... 孙哲，李彦斌，张民（2836）	
基于波参数的直流线路谐波阻抗解析方法	
..... 刘心旸，李亚男，蒋维勇（2842）	
· 电力系统 ·	
统一潮流控制器多时间尺度混合实时数字仿真	
..... 周飞，陆振纲，于弘洋，潘冰，荆平，郭剑波（2848）	

考虑离散马尔可夫模型的多工况电力系统自适应控制策略
.....马静, 高翔, 李益楠, 刘畅, 王增平 (2856)

考虑参数不确定性的电力系统区间线性状态估计
.....卫志农, 颜全椿, 孙国强, 倪明 (2862)

电力系统拓扑分析的 LU 矩阵分解算法刘鲁锋, 付立军 (2869)

电力系统在线安全稳定分析应用模式
.....孙树明, 谢昶, 吕颖, 鲁广明, 史东宇, 于之虹, 等 (2875)

考虑电量可实现性和启停功率轨迹的火电机组组合混合整数线性规划
模型邓俊, 韦化, 黎静华 (2882)

基于广域信息的同调机群聚类识别方法
.....张亚洲, 张艳霞, 蒙高鹏, 赵冉, 高瑾 (2889)

基于修正功率因数评估的配电网低压电容器协同控制
.....张勇军, 黄向敏 (2894)

基于两相式模块化多电平变流器的电气化铁路不断电过分相装置拓扑
研究田旭, 姜齐荣, 魏应冬 (2901)

· 高电压技术 ·

基于地中电场分布的针刺式接地装置结构参数优化
.....朱彬, 司马文霞, 袁涛, 郭润生 (2907)

特殊污秽条件下电流互感器复合绝缘外套电蚀缺陷机理分析
.....贾志东, 曾智阳, 陈灿, 王希林, 杨朝翔, 闫振华 (2915)

哈郑线河南段带电绝缘子污秽成分及悬挂高度对积污的影响
.....高峰, 李瑶琴, 李黎, 卢明, 杜振霞, 马宁, 戴玲 (2923)

绝缘子表面盐密分布式测量系统的设计
.....高维钊, 张庆超, 郑明忠, 张恒超, 施宇翔 (2929)

±800kV 特高压直流工程网侧 750kV 换流站区域空气间隙优化
.....陈秀娟, 夏潮, 丁玉剑, 张翠霞 (2935)

分裂导线阻抗调节防冰及融冰方法
.....蒋兴良, 王尧玄, 舒立春, 罗保松 (2941)

多场耦合对直流环氧绝缘材料机械性能和热性能的影响
.....吴明清, 田浩, 侯国良, 侯亚峰, 袁端鹏, 林生军 (2947)

· 自动化 ·

适用于弱馈系统的零序方向元件防误动方法
.....徐海洋, 宋国兵, 樊占峰, 刘珮瑶 (2952)

适用于双馈风电场的改进电流突变量选相元件黄涛, 陆于平 (2959)

实现 GIS 故障精准辨识切除及自动恢复供电的母线保护新原理
:.....李乃永, 张美玲, 王昕, 吴金玉, 刘承禄 (2965)

双端非同步数据精确线搜索比相的故障定位
.....任红向, 梁睿, 丁然, 辛健 (2972)

有源配电网跳闸闭锁域的确定方法司新跃, 陈青, 马杰 (2979)

· 电能质量 ·

V2G 模式下城市电网电压质量概率评估方法
.....郭小敏, 杨健维, 何正友 (2986)

基于多绕组调节模式的变压器式可控电抗器谐波电流优化
.....田铭兴, 柳轶彬, 郭毅娜, 李进 (2993)

邻近直流输电落点的城市电网谐波传导特性分析
.....陈甜甜, 胡蓉, 金祖洋, 杨洪耕 (3000)

声明 (2704)

“直流电网基础理论及关键技术”专题征稿启事 (2738)

“能源互联网”专题征稿启事 (2745)

“配用电大数据技术”专题征稿启事 (2786)

“可再生能源发电与综合消纳技术”专题征稿启事 (2808)

《电网技术》荣获 2015 年“百强科技期刊” (2835)

“基于 MMC 的柔性输电技术”专题征稿启事 (2900)

《工程索引》(EI) 收录核心期刊
2015 年度全国“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 39 卷 第 10 期 (总第 383 期)

主 管: 国家电网公司
主 办: 国家电网公司
编 辑: 《电网技术》编辑部
出 版: 《电网技术》杂志社
主 编: 张文亮
副主编: 郭剑波 汤 涌
编辑部主任: 宋书芳 010-82812532
副主任: 刘浩芳 010-82812536
广告部经理: 齐 华 010-58386112
发 行: 闫 岷 010-82812465
编 辑: 010-82812523/2543/2980/2981/2982
网上投稿: <http://www.dwjs.com.cn>
电力系统内部电话: 91871+后四位
传 真: 010-82812980
E-mail: pst@epri.sgcc.com.cn
地 址: 100192 北京清河小营东路 15 号
中国电力科学研究院内
印 刷: 北京科信印刷有限公司
北京市昌平区七北路马连店甲 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: 京海工商广字第 0168 号

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2015, Vol. 39 No. 10 (Ser. 383)

Contents

• Smart Electricity Consumption Technology •

Research and Design of Power Demand Response Standard System About Smart Grid Yan Huaguang, Chen Songsong, Du Chongyang, Li Bin (2685)

A Dispatching Strategy for V2H of Intelligent Community Based on Bilayer Discrete Particle Swarm Optimization Huang Yu, Yang Jianwei, He Zhengyou (2690)

Optimal Allocation of ADS Battery Energy Storage Considering Operation Strategy and Investment Subject BenefitLiu Wenxia, Niu Shuya, Shi Daogui, Xie Jiang, Xu Huiting (2697)

Review of Active Distribution Network Planning..... Xing Haijun, Cheng Haozhong, Zhang Shenxi, Zhang Yi (2705)

Differentiated Energy-Saving Planning Method of Distribution Networks and Its Applications Jiang Fei, Tu Chunming, Liu Ziwei, et al (2712)

Studies on Business Model of Demand Response for Residential Users.....Li Tongjia, Zhang Jing, Qi Bing (2719)

• Low-Carbon Electricity •

Transmission Expansion Planning Model Facilitating Low-Carbon Power Sources' DevelopmentDu Ershun, Sun Yanlong, Zhang Ning, Chen Songsong, He Guixiong, Kang Chongqing (2725)

A Method to Evaluate Probabilistic Comprehensive Benefits of Joint Wind Power and Storage System Considering Constraints of Peak Load Regulation Capacity Xu Guodong, Cheng Haozhong, Ma Zeliang, Zhang Jianping, Fang Sidun, Zhu Zhonglie (2731)

Control Strategy for Hybrid Energy Storage of Photovoltaic Generation Microgrid System With Super Capacitor Cheng Zhijiang, Li Yongdong, Xie Yongliu, Qiu Lin, Dong Bo, Fan Xiaochao (2739)

Research on Optimal Capacity of Large Wind Power Considering Joint Operation With Pumped Hydro Storage Li Huiling, Zhang Zhiqiang, Tang Xiaojun, Zheng Chao, Li Shunxin, Yang Jingang (2746)

Characteristics Analysis of Parallel Supercapacitor and Electrolytic Capacitor Energy Storage System Chang Xiao (2751)

A Forecasting Accuracy Improvement Method for Wind Power Based on Phase and Level Errors Translating and Interpolating CorrectionHu Yawei, Wang Xiao, Chao Qin, Lin Hong, Chen Zhe, Wang Yibo (2758)

Short-Term Wind Power Forecasting Based on Non-Iterative Algorithm and Divided Period Optimization Liang Pei, Lu Jiping, Zhong Lu, Zhang Fenqiang (2766)

Optimal Setting of Reference Power for Low Voltage Ride-Though of Wind Turbines With Doubly Fed Induction Generators Wang Jian, Yan Gangui, Zheng Chao, Shen Qingkun, Li Fang (2772)

Reactive Power and Voltage Coordinated Control Strategy of Wind Farm Considering Transient Voltage Security Lu Jinling, He Zhenmin, He Tongxiang, Wei Fangyuan, Xu Chao (2780)

Wind Farm Dynamic Equivalence Based on Clustering by Output Time Series Data of Wind Turbine GeneratorsZhang Xing, Li Longyuan, Hu Xiaobo, Wang Xiaoru, Zhou Xiaoxin (2787)

A Coordinated Strategy of Virtual Inertia Control of Wind Turbine and Governor Control of Conventional Generator Wang Gang, Shi Qiaoming, Cui Zhiyong, Fu Lijun, Wu You, Xu Li (2794)

Design of Monitoring System for High Concentration Photovoltaic Power StationMi Zhe, Chen Nuofu, Bai Yiming, Fu Rui, Liu Hu, Ma Chong, Chen Jikun (2802)

Generation Expansion Planning Model Incorporating Environment Cost and Demand Side Management Programs Zhang Xiaohui, Yan Pengda, Zhong Jiaqing, Guo Xixi, Tian Chunyu (2809)

• HVDC Transmission & HVDC Grid •

Study on ± 1 100 kV UHVDC System Commissioning Test Program Yang Wankai, Yin Yonghua, Ban Liangeng, Zeng Nanchao (2815)

Study of Layered Coordinated Control Strategy of CSG's HVDC Systems Based on Multi-Infeed Power Recovery Factor Feng Ming, Li Xingyuan, Hong Chao, Li Ni, Wang Chao, Qin Bo (2822)

Thunderstruck Transient Process of UHVDC Transmission Line and Response Characteristic of Traveling Wave Protection Li Shuyong, Guo Qi, Cui Liu, Cai Zexiang, Liang Yi (2830)

Scheme of Fire Monitoring System and Automatic Fire Extinguishing Solution for Converter Valve of HVDC Converter StationSun Zhe, Li Yanbin, Zhang Min (2836)

A Novel Analytic Method of DC Line Harmonic Impedance Based on Wave Parameters.....Liu Xinyang, Li Yanan, Jiang Weiyong (2842)

• Power System •

Research on Multiple Time Scale Hybrid Real-Time Digital Simulation and Testing of Unified Power Flow ControllerZhou Fei, Lu Zhengang, Yu Hongyang, Pan Bing, Jing Ping, Guo Jianbo (2848)

Adaptive Control Strategy Considering Discrete Markov Model for Power System With Multiple Operating Conditions	Ma Jing, Gao Xiang, Li Yinan, Liu Chang, Wang Zengping (2856)
Power System Interval Linear State Estimation Considering Network Parameter Uncertainty	Wei Zhinong, Yan Quanchun, Wei Zhinong, Sun Guoqiang, Ni Ming (2862)
LU Matrix Factorization Algorithm for Power System Topology Analysis	Liu Lufeng, Fu Lijun (2869)
Power System Online Security and Stability Analysis Application Modes	Sun Shuming, Xie Chang, Lü Ying, Lu Guangming, Shi Dongyu, Yu Zhihong, et al (2875)
An MILP Model for the Thermal Unit Commitment Problem With Feasible Energy Delivery and Start-up & Shut-Down Power Trajectories	Deng Jun, Wei Hua, Li Jinghua (2882)
A Wide Area Information Based Clustering Recognition Method of Coherent Generators	Zhang Yazhou, Zhang Yanxia, Meng Gaopeng, Zhao Ran, Gao Jin (2889)
Cooperative Control of Low-voltage Capacitors in Distribution Networks Based on Modified Power Factor Assessment	Zhang Yongjun, Huang Xiangmin (2894)
Two-Phase Modular Multilevel Converter Topology Study of Railway Uninterruptible Phase-Separation Passing Device	Tian Xu, Jiang Qirong, Wei Yingdong (2901)

· **High Voltages** ·

Structure Parameter Optimization of Grounding Device With Needle-Shaped Conductors Based on Electric Field Distribution in Soil	Zhu Bin, Sima Wenxia, Yuan Tao, Guo Runsheng (2907)
Mechanism of Erosion Defect of Composite Insulation Jacket for Current Transformer Under Special Contamination Conditions	Jia Zhidong, Zeng Zhiyang, Chen Can, Wang Xilin, Yang Zhaoxiang, Yan Zhenhua (2915)
Analysis on Contamination Components of Energized Insulator of Hami-Zhengzhou Overhead Line in Henan and Influence of Installation Height on Pollution Accumulation	Gao Feng, Li Yaoqin, Li Li, Lu Ming, Du Zhenxia, Ma Ning, Dai Ling (2923)
Design of Distributed Measurement System for Salt Density on Insulator Surface	Gao Weizhao, Zhang Qingchao, Zheng Mingzhong, Zhang Hengchao, Shi Yuxiang (2929)
Optimization of Air Gap Clearance in 750 kV Converter Station Area on AC Side of ± 800 kV UHVDC Project	Chen Xiujuan, Xia Chao, Ding Yujian, Zhang Cuixia (2935)
Anti-icing and De-icing Method of Line Impedance Regulation of Bundled Conductor	Jiang Xingliang, Wang Yaoxuan, Shu Lichun, Luo Baosong (2941)
Influence of Multi-Field Coupling on Mechanical and Thermal Properties of DC High-Voltage Epoxy Insulating Materials	Wu Mingqing, Tian Hao, Hou Guoliang, Hou Yafeng, Yuan Duanpeng, Lin Shengjun (2947)

· **Automation** ·

A Novel Method Adapted to Weak-Infeed System for Preventing Mal-Operation of the Zero-Sequence Direction Component	Xu Haiyang, Song Guobing, Fan Zhanfeng, Liu Peiyao (2952)
Improved Superimposed Current Phase Selector Applied to DFIG-Based Wind Farm	Huang Tao, Lu Yuping (2959)
A New Bus Protection Principle of GIS Fault Accurate Isolation and Automatic Restoration of Power Supply	Li Naiyong, Zhang Meiling, Wang Xin, Wu Jinyu, Liu Chenglu (2965)
Fault Location Research Adopted Two-Terminal Asynchronous Data and Based on Accurate Line-Searching and Phase-Comparing	Ren Hongxiang, Liang Rui, Ding Ran, Xin Jian (2972)
A Determining Method of Tripping Closed Area for Active Distribution System Protection	Si Xinyue, Chen Qing, Ma Jie (2979)

· **Power Quality** ·

Probabilistic Evaluation Method of Voltage Quality for Urban Power Network Considering Vehicle to Grid	Guo Xiaomin, Yang Jianwei, He Zhengyou (2986)
Harmonic Current Optimization of Controllable Reactor of Transformer Type Based on Multi-Winding Regulation Mode	Tian Mingxing, Liu Yibin, Guo Yina, Li Jin (2993)
Analysis Research on Harmonic Transmission Characteristics of Urban Power Network Adjacent to UHVDC Terminal Location	Chen Tiantian, Hu Rong, Jin Zuyang, Yang Honggeng (3000)

Sponsor: State Grid Corporation of China
In Cooperation with: China Electric Power Research Institute (CEPRI)
Chairman of Editorial Committee: Liu Zhenya
Editor-in-Chief: Zhang Wenliang
Editor and Publisher: Power System Technology Press
Director of Editorial Board: Song Shufang
Associate Director of Editorial Board: Liu Haofang
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



“扫一扫”关注北京博电微信公众平台

**面向能源互联
服务智能电网**

**专注检测技术
献礼中国制造**



传统变电站检测



智能变电站检测



特高压输变电测试



带电检测与在线监测



实验室及现场仿真



轨道交通检测



北京博电新力电气股份有限公司

北京博电「PONOVO」——中国智能电力检测及监测设备的专业产品制造商和系统方案解决商。北京博电2001年注册成立，于2011年改制为现代股份制企业。2014年，北京博电被认定为“国家火炬计划重点高新技术企业”。总部坐落于中关村高科技产业园区。

公司主要从事电力设备检测与监测产品的研发、生产、销售及售后服务。公司产品包括计划检修设备、状态检修设备和电力仿真设备三大类，检测范围涵盖传统变电站、智能变电站、特高压输变电、带电检测与在线监测、实验室及现场仿真等领域。产品广泛应用于电力、轨道交通、石化、冶金、船舶、航空航天、国防军工等行业。

欲了解产品详情，敬请致电博电总部或各地派出机构

24小时技术服务热线: 400-680-0650

电话: 010-58731010 传真: 010-58731816

地址: 北京市海淀区知春路甲48号盈都大厦C座 100098

内蒙古东、辽宁: 024-31314420/31328422 浙江、福建: 0571-88867519/0591-62700989

广东、海南: 020-38105422 江苏、安徽: 025-83344652/4653

西藏、四川、云南: 028-85257761/6057 重庆: 023-68625013

贵州、广西: 0771-5618014 山东: 0531-87923775

湖南、湖北、江西: 027-59521918/1919 黑龙江、吉林: 0451-87535873

河北南、河南、山西: 0371-67170077/0078 新疆: 0991-6871822

内蒙古西、陕西、甘肃、宁夏、青海: 029-89379801 北京、天津、河北北: 010-51926050

上海: 021-62036771 南京技术服务部: 025-83344652/4653

<http://www.ponovo.cn>