

中国电力

3
2019

ELECTRIC POWER



秦皇岛华电测控设备有限公司
QINHUANGDAO HUADIAN MEASUREMENT & CONTROL EQUIPMENT CO., LTD.

美国R-LEVELS® 清洗剂中国唯一指定代理商

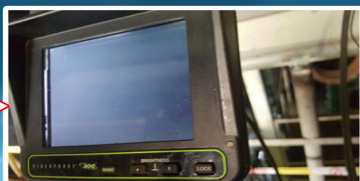
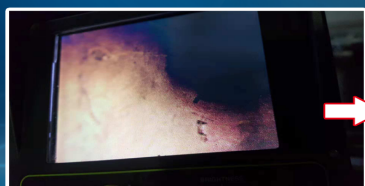
- ★ 环保 & 可生物降解、直接排放
- ★ 对设备无损坏
- ★ 快速有效
- ★ 成本效益 & 高效
- ★ 适用于广泛的水操作设备



R-LEVELS® 清洗剂通过河北某电科院、东北某电科院、华北某电科院换热设备清洗耐腐蚀检验。

由河北某电厂提供现场凝汽器管作为试验用材并按要求割管制取，依据DL/T 957-2017《火力发电厂凝汽器管化学清洗及成膜导则》和DL/T 523-2017《化学清洗缓蚀剂应用性能评价指导及试验方法》，遵照秦皇岛华电测控设备有限公司提供的技术方案对电厂凝汽器清洗进行试验。

依据两个标准，除垢率不小于85%为合格，不小于95%为优良，平均腐蚀速率应小于 $1.0\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。由上述数据可以看出，本药剂浸泡试验中清洗除垢率、腐蚀速率均达到优良品级，金相试验未见异常，清洗效果显著。



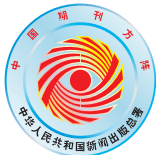
除垢试验结果			
清洗液浓度	15%	30%	50%
平均除垢率	97.3%	98.4%	99.1%

腐蚀试验结果			
清洗液浓度	15%	30%	50%
平均腐蚀速度	0.092g/(m ² ·h)	0.133g/(m ² ·h)	0.391g/(m ² ·h)



地址：河北省秦皇岛市北环路108号 电话：0335-5300192 5300122 400-811-8908 400-911-3000
传真：0335-5300199 网址：<http://www.hdsc.net> 邮箱：hdsc_kfb@126.com

ISSN 1004-9649





中国电力

ZHONGGUO DIANLI
第 52 卷第 3 期 2019 年 3 月

目次

《中国电力》编辑委员会

名誉主任委员 舒印彪

主任委员 张运洲

副主任委员

陈维江 陈小良 蒋敏华 王成山
叶 泽 康重庆 朱法华

顾问委员(按姓氏笔画排序)

王志轩 卢 强 史玉波 刘吉臻
杜祥琬 周孝信 黄其励 韩祯祥
潘自强 薛禹胜

委员(按姓氏笔画排序)

丁 明 王继业 王锡凡 王耀华
文福拴 甘德强 司马文霞 刘建明
孙献斌 汤广福 李若梅 李明节
李庚银 邱忠涛 何金良 余 军
余贻鑫 辛耀中 汪小刚 沈 沉
宋永华 张伯明 张保会 岳光溪
胡兆光 姚 强 姚良忠 徐 政
郭剑波 曹一家 程时杰 程浩忠
翟永平 穆 钢

国际顾问(以姓名英文字母为序)

Kevin DU (Canada) Laili LAI (UK)
Wei-jen LEE (USA) Hao LIU (Canada)
Kwok Lun LO (UK) Jianhui WANG (USA)
Xiaofeng ZHANG (USA) Henry ZHAO (USA)
Suyan ZHOU (France)

主 编 汤广福 王耀华

副 主 编 康重庆 朱法华 李 琼

本期执行主编 蒋东方 方 彤

责任编辑 李 博 张 燕 张子龙 张重实
吴恒天 韩 峰 杨 娜 刘 明
李秀平

发行广告 孙 洁 王瑞民

专稿

电力系统中储能发展前景及应用关键问题研究

…………… 元博,张运洲,鲁刚,徐志成,王芑,杨捷 (1)

特约主编寄语

有色烟羽治理离我们还有多远? …………… 朱法华 (9)

有色烟羽治理专栏

燃煤电厂有色烟羽治理要点分析与环境管理…………… 莫华,朱杰 (10)

燃煤机组烟气消白技术路线选择与经济分析
…………… 梁秀进,朱文韬,魏宏鸽,朱跃 (16)

高硫低温高灰烟气环境中 SO₃ 的行为研究
…………… 张知翔,李楠,邹小刚,苏林,李文锋,李卫涛,韩键平,徐党旗 (23)

电袋复合除尘器协同脱除 SO₃ 和 Hg …………… 陈奎续 (29)

600 MW 燃煤机组 SO₂、烟尘综合治理技术经济性分析
…………… 张志中,张杨,杜振,裴煜坤,徐克涛,朱跃 (36)

燃煤烟气 SO₃ 测试捕集效率试验研究
…………… 陈威祥,郭俊,叶兴联,刘锡尧,陈永强,郑芳,龚国汉 (43)

脱除烟气 SO₃ 实现 SCR 宽负荷脱硝的可行性分析 …………… 胡冬 (49)

电网

多馈入直流系统无功补偿选址研究…………… 雷前,鲍伟,瞿海妮,许唐云 (56)

计及电源结构时空特性的电能替代评价…………… 张新鹤,宋阳,黄伟,屈博
一种基于调峰平衡的风光综合消纳分析方法
…………… 张晋芳,栗楠,刘俊,弭辙,元博 (68)

基于分层马尔可夫模型的冗余配置保护最优检修周期研究
…………… 崇志强,陈培育,马世乾,于光耀,王旭东,李国栋,郭悦 (73)

基于 PSCAD 的电力系统电压调节器仿真分析
…………… 陈新琪,秦刚华,杨敏,赵力航,陈蓉,谢葛尚 (81)

具有抗逆序及权重自适应的黑启动方案评估方法
…………… 姚历毅,罗萍萍,项胤兴,林济铿 (87)

“国家期刊奖”获奖期刊

中文核心期刊

中国期刊方阵期刊

中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊

中国科技核心期刊

RCCSE 中国核心学术期刊(A)

英国《科学文摘》(SA, INSPEC)收录期刊

俄罗斯《文摘杂志》(AJ of VINITI)收录期刊

美国《剑桥科学文摘》(CSA)收录期刊

中国科技论文统计源期刊

中国科技文献数据库收录期刊

中文科技期刊数据库收录期刊

中国期刊网收录期刊

中国电力报刊协会优秀期刊

特高压输电线路悬垂串金具优化研究

…………… 牛海军, 司佳钧, 周立宪, 朱宽军, 刘胜春, 朱小强, 史小龙 (95)

SF₆/N₂ 流注放电仿真及协同效应研究

……… 李学斌, 鲁旭臣, 李斌, 郑格玲, 李鑫涛, 庚振新, 单长旺, 林莘 (102)

发电

基于故障预警系统的燃煤发电设备状态检修

…………… 杨勤, 张震伟, 杨荣, 董宇鸣, 张洪胜 (109)

燃煤电厂循环水回水系统扩大单元制运行研究与应用

…………… 余波, 明剑谱 (115)

燃气-蒸汽联合循环机组循环水泵优化管理系统设计与开发

…………… 黄郑, 爰建军, 于国强, 司风琪, 周建新 (120)

智慧安全系统在火电厂中的应用研究

…………… 韩超, 马欣欣, 沈维春, 董士波, 王秀娜, 曹旭, 徐剑锋 (127)

大数据在智能化电厂中的应用研究与展望… 王忠杰, 文乐, 杨新民 (133)

节能与环保

珠海电厂精处理系统再生废水综合利用改造方案

…………… 李玉宇, 吴火强, 余伟权, 毛进, 连坤宙 (140)

SCR 系统结构模型与数值模型的适用性分析

…………… 肖育军, 邹毅辉, 李彩亭, 周雪斌 (146)

SCR 超低排放综合诊断及闭环优化 …… 杨希刚, 金保昇, 许月阳 (153)

信息与通信

输电线路在线监测的层次化通信网络规划模型

… 余斌, 尹项根, 吴小忠, 汤吉鸿, 宁春海, 李辉, 朱维钧, 刘海峰, 徐浩 (161)

高压开关柜局部放电检测机器人的开发与应用

…………… 栾贻青, 李建祥, 李超英, 黄锐, 吕俊涛 (169)

基于物联网和移动互联的二次设备运维技术研究与应用

…………… 王利平, 庞晓艳, 朱雨, 刘鑫, 赵子涵, 张旭丰, 丁希亮 (177)

中国电力

(月刊, 1956 年创刊)

第 52 卷第 3 期(总第 604 期)

2019 年 3 月 5 日出版

主管单位: 国家电网公司

主办单位: 国网能源研究院有限公司

中国电机工程学会

编辑出版: 《中国电力》编辑部

地 址: 北京市昌平区北七家镇未来科学城滨河大道 18 号“国家电网公司”园区 B315

邮政编码: 102209

电 话: 010-66603808 (编辑部)

010-66603801 (广告、发行)

传 真: 010-66603578

电子信箱: ZGDL@sgeri.sgcc.com.cn

网 址: www.chinapower.org

印 刷: 北京科信印刷有限公司

总 发 行: 北京市报刊发行局

订 购: 全国各邮局

国内邮发代号: 2-427

国内定价: $\frac{50.00 \text{ 元/期}}{600.00 \text{ 元/年}}$

国外发行代号: M-276

国外总发行: 中国国际图书贸易总公司
(北京 399 信箱)

中国标准连续出版物号: $\frac{\text{ISSN } 1004-9649}{\text{CN } 11-3265/\text{TM}}$

广告经营许可证号: 京宣工商广字第 8004 号

声明

本刊已与相关数据库合作, 许可在其数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文, 该数据库著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意本刊上述声明。

ELECTRIC POWER

Vol.52 No.3 March 2019

MAIN CONTENTS

Special Contribution

- Research on Key Issues of Energy Storage Development and Application in Power Systems
..... YUAN Bo, ZHANG Yunzhou, LU Gang, XU Zhicheng, WANG Peng, YANG Jie (8)

Special Column on Colored Plume Treatment

- Analysis of Key Points on Curbing Colored Plume in Coal-Fired Power Plants and Environmental Management
..... MO Hua, ZHU Jie (35)
- Technical Route Selection and Economic Analysis on Wet Plume Treatment for Coal-fired Units
..... LIANG Xiujin, ZHU Wentao, WEI Hongge, ZHU Yue (22)
- Study on the Behavior of Sulphur Trioxide in the High-Sulphur Low-Temperature and High-Ash Flue Gas Environment
..... ZHANG Zhixiang, LI Nan, ZOU Xiaogang, SU Lin, LI Wenfeng, LI Weitao, HAN Jianping, XU Dangqi (28)
- Collaborative Removal of SO₃ and Hg by Electrostatic-Fabric Integrated Precipitator CHEN Kuixu (35)
- Techno-Economic Analysis on Comprehensive SO₂ and Dust Treatment Technologies of 600 MW Coal-Fired Units
..... ZHANG Zhizhong, ZHANG Yang, DU Zhen, PEI Yukun, XU Ketao, ZHU Yue (42)
- Experimental Study of the SO₃ Detection and Collection Efficiency in Coal-fired Flue Gas
..... CHEN Weixiang, GUO Jun, YE Xinglian, LIU Xiyao, CHEN Yongqiang, ZHENG Fang, GONG Guohan (48)
- Feasibility Analysis on the Application of SO₃ Removal Technology in Coal-fired Power Units at Low Load SCR Operation
..... HU Dong (55)

Power System

- Site Selection for Reactive Power Compensation of Multi-Infeed HVDC systems
..... LEI Qian, BAO Wei, QU Haini, XU Tangyun (60)
- Evaluation of Electric Power Replacement Considering Spatiotemporal Characteristics of Power Source Structure
..... ZHANG Xinhe, SONG Yang, HUANG Wei, QU Bo (119)
- An Integrated Analysis Method for Wind & Solar Power Accommodation Based on Peak Regulation Balance Principle
..... ZHANG Jinfang, LI Nan, LIU Jun, MI Zhe, YUAN Bo (72)
- Research on the Optimal Maintenance Cycle of Redundancy Protection Based on Hierarchical Markov Model
..... CHONG Zhiqiang, CHEN Peiyu, MA Shiqian, YU Guangyao, WANG Xudong, LI Guodong, GUO Yue (80)
- Simulation Analysis of Power System Voltage Regulator Based on PSCAD
..... CHEN Xinqi, QIN Ganghua, YANG Min, ZHAO Lihang, CHEN Rong, XIE Geshang (139)
- Evaluation Method of Black Start Scheme with Anti-reverse Order and Weight Adaptive
..... YAO Liyi, LUO Pingping, XIANG Yinxing, LIN Jikeng (94)
- Optimum Research of Suspension String on Ultra High Voltage Transmission Line
..... NIU Haijun, SI Jiajun, ZHOU Lixian, ZHU kuanjun, LIU Shengchun, ZHU Xiaoqiang, SHI Xiaolong (101)
- Research on Streamer Discharge Simulation and Synergistic Effects of SF₆/N₂
..... LI Xuebin, LU Xuchen, LI Bin, ZHENG Geling, LI Xintao, GENG Zhenxin, SHAN Changwang, LIN Xin (108)

Generation Technology

- Conditional Maintenance of Coal-Fired Power Generation Equipment Based on Early Fault Warning System
..... YANG Qin, ZHANG Zhenwei, YANG Mo, DONG Yuming, ZHANG Hongsheng (114)
- Research and Application of Expanded Unit Element System in Circulating Water Drainage System for Coal Fired Power Plant
..... YU Bo, MING Jianpu (119)
- Cycle Pump Optimization Management System for CCGT Power Plants
..... HUANG Zheng, SHU Jianjun, YU Guoqiang, SI Fengqi, ZHOU Jianxin (126)
- Application Research of Intelligent Security System in Thermal Power Plants
..... HAN Chao, MA Xinxin, SHEN Weichun, DONG Shibo, WANG Xiuna, CAO Xu, XU Jianfeng (132)
- Applied Research and Prospect of Big Data in Power Plant Intelligence
..... WANG Zhongjie, WEN Le, YANG Xinmin (139)

Energy Conservation and Environmental Protection

- Comprehensive Utilization of Resin Regenerating Wastewater in Zhuhai Power Plant
..... LI Yuyu, WU Huoqiang, YU Weiquan, MAO Jin, LIAN Kunzhou (145)
- Applicability Analysis on the Structure Model and Numerical Model for the SCR System
..... XIAO Yujun, ZOU Yihui, LI Caiting, ZHOU Xuebin (160)
- Comprehensive Diagnosis and Closed Loop Optimization of NO_x Ultra-Low Emission of SCR
..... YANG Xigang, JIN Baosheng, XU Yueyang (160)

Information and Communication

- A Planning Model for Hybrid Hierarchical Communication Network of Transmission Line Online Monitoring
..... YU Bin, YIN Xianggen, WU Xiaozhong, TANG Jihong, NING Chunhai, LI Hui, ZHU Weijun, LIU Haifeng, XU Hao (168)
- Development and Application of Partial Discharge Detection Robot for High Voltage Switchgear
..... LUAN Yiqing, LI Jianxiang, LI Chaoying, HUANG Rui, LYU Juntao (176)
- Research and Application of Intelligent Maintenance System Based on Internet of things and mobile Internet technology
..... WANG Liping, PANG Xiaoyan, ZHU Yu, LIU Xin, ZHAO Zihan, ZHANG Xufeng, DING Xiliang (184)

ELECTRIC POWER (Monthly) Vol.52 No.3 (Ser.604) March 2019

Competent Authorities: State Grid Corporation of China

Sponsors: State Grid Energy Research Institute

Chinese Society for Electrical Engineering

Editor and Publisher: Editorial Department of Journal

Editor-in-Chief: TANG Guangfu, WANG Yaohua

Publication Number: ISSN 1004-9649

General Distribution: Beijing Office of Postal Service

Distributed Abroad: China International Book Trading Corporation,
P.O. Box 399 Beijing, China

Add: Tower B, SGCC, Future Science Park, Beijing 102209, China

Web Site: <http://www.chinapower.org>

E-mail: ZCDL@sgeri.sgcc.com.cn

Tel: +86-10-66603801

Fax: +86-10-66603578