

中国电力

5

2015

ELECTRIC POWER

SPC

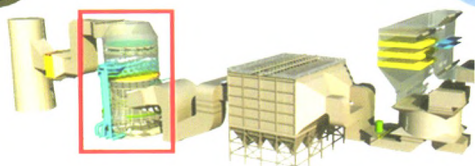
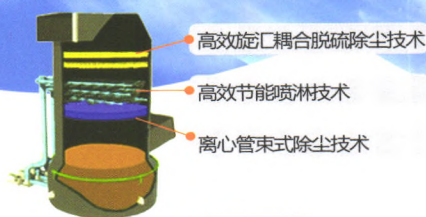
北京国电清新环保技术股份有限公司
Beijing SPC Environment Protection Tech Co., Ltd

北京国电清新环保技术股份有限公司是一家专业从事工业环保节能及资源综合利用的国家级高新技术环保上市企业(股票代码:002573)。公司成立于2001年,是以工业烟气脱硫脱硝除尘为主的集技术研发、项目投资、工程设计、施工建设、运营服务为一体的综合性服务运营商。注册资本5.328亿元人民币。截至2014年底,国电清新拥有7家子公司及7家运营分公司,千余名员工,资产总额近48亿元人民币。

卓越而经济的环境保障
至诚 合作 分享 担当

SPC-3D技术 特点及优势

单塔一体化
脱硫效率高
运行低能耗
投资省
运行简便
适应性强



清 新 品 质 让 天 空 蔚 蓝

地址:北京海淀区西八里庄路69号人民政协大厦十一层 邮编:100142 电话:010-88111168 传真:010-88146322 网址:www.qingxin.com.cn

ISSN 1004-9649



9 771004 964155





中国电力

ZHONGGUO DIANLI
第 48 卷第 5 期 2015 年 5 月

目次

《中国电力》杂志顾问委员会

顾 问(按姓氏笔画排序)

王久玲 王炳华 史大桢 史玉波
李小明 李菊根 汪建平 陆延昌
范集湘 周大兵 曹培玺 翟若愚

《中国电力》杂志编辑委员会

主任委员 舒印彪

副主任委员 吴玉生 张运洲 邓建玲

委 员(按姓氏笔画排序)

卢 强 匡尚富 刘建明 李若梅
李俊峰 杨奇逊 辛耀中 沈国荣
宋永华 张文亮 张博庭 张嗣兴
陈维江 欧阳予 金耀华 周孝信
郑健超 赵 杰 赵遵廉 胡式海
胡兆光 袁 德 黄其励 蒋敏华
韩祯祥 温绪庭 薛禹胜

主 编 胡兆光

副主编 李 琼

本期执行主编 李秀平

责任编辑 杨 静 张重实 李 博 张 燕
辛培裕 张子龙 杨 娜 刘 明
喻银凤

发行广告 杨 娜 孙 洁 李蔚君

安全专栏

- 火力发电机组 2013 年非计划停运统计及分析 ... 李建锋,周宏,吕俊复 (1)
- 150 m 高钢筋混凝土烟囱及烟道腐蚀检测及分析 崔娟玲,郭昭胜 (7)
- 直接空冷凝汽器运行腐蚀原因分析及控制策略
..... 邓宇强,李海平,张祥金,倪瑞涛,祁东东,宋飞 (12)
- 西门子 1 000 MW 汽轮机阀门活动试验风险预控策略及实例分析
..... 左帅,张志挺,代洪军,陈念军 (17)
- 基于组合赋权的变权模糊输电设备状态评估方法
..... 王奇,常安,宋云海,申文,刘亚东,盛戈峰 (21)
- 基于概率风险评估的直流输电系统短时检修安排 王滔,管霖 (27)
- 变压器故障诊断专家系统的开发及应用
..... 史家燕,赵肖敏,史源素,张冰 (31)
- 某型 1 000 MW 汽轮机汽流激振解决对策研究
..... 李志龙,李艳超,于海东,叶绍仪,刘石 (36)
- 应用贝叶斯框架的 LS-SVM 概率输出诊断电力变压器故障
..... 秦鹏,赵峰 (41)
- GIS 回路电阻超标缺陷定位分析 贾志杰,张斌 (46)
- 一起光纤差动保护动作情况分析探讨 ... 王玉强,柏峰,孟磊,王忠权 (51)
- 基于改进抽样法的电力系统可靠性评估
..... 张巍峰,车延博,林济铿,胡世骏,刘辉,魏文辉,林昌年 (56)
- 计及风电出力不确定性的配电网保护策略研究
..... 钱利宏,王玮,魏华,何昊 (64)
- 基于云模型和灰色区间关联的重要电力用户风险群评价
..... 李存斌,高坡 (68)
- 基于 SM2 密码体系的 SD 卡的电力移动终端安全接入方案
..... 王志贺,骆钊,谢吉华,顾伟,陈海超,许超,周亮 (75)
- 美国电力行业信息安全运作机制和策略分析 朱晓燕,方泉 (81)

“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)收录期刊
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

节能环保

燃用神华煤火电厂近零排放技术路线与工程应用
..... 周洪光,赵磊,陈创社,李敏 (89)
350 MW 燃煤机组降低烟尘排放技术的研究与实践
..... 史晓宏,李广滨,魏书州,赵瑞 (93)

发电

1 000 MW 超超临界机组锅炉燃烧优化试验研究 ... 郭杰,秦希超 (97)
潮汐变化下 1 000 MW 海水直冷机组循环水泵运行优化研究
..... 李大才 (103)
F 级燃机调速系统建模研究与应用
..... 单英雷,李福兴,李文峰,王官宏 (109)
火电机组吸收式热泵的余热回收加热凝补水经济性分析
..... 霍鹏,李千军,郑李坤 (115)
封闭煤场中煤堆温度传递特性试验研究
..... 王欢,周永刚,李培,王炳辉,赵虹 (120)

电网

750 kV 变电站 GIS 设备 VFTO 特性研究 王磊 (125)
一种配电网拓扑结构辨识方法的探讨 李虹,张占龙,高亚静 (133)
输电线路镀锌铁塔塔脚局部腐蚀失效分析及防护
..... 陈彤,庄建煌,黄伟林,谈天,张俊喜 (139)
一种通过调整 VSC 等效输出阻抗来抑制 SSR 的新方法 ... 陈建国,
徐梅梅,徐玉韬,乔玉超,徐振宇,高自强,张旭,郑巍,梁新艳 (144)

智能电网

交直流混合微电网中电动汽车充换电系统研究
..... 郑瑞,韩肖清,张军六,王鹏,张鹏 (150)
智能变电站同步整组试验方法 赵永生,刘海峰,梁文武,李辉 (156)

电力动态 (16,55,88,119,160)

中国电力

(月刊,1956 年创刊)
第 48 卷第 5 期(总第 558 期)
2015 年 5 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
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
技城北区国家电网办公区 B315
邮政编码: 102209
电 话: 010-66603808 (编辑部)
010-66603802 (广告)
010-66603801 (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: 北京报刊发行局
订 购: 全国各邮局
国内邮发代号: 2-427
国内定价: 15.00 元/期
180.00 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: ISSN 1004-9649
CN 11-3265/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.48 No.5 May 2015

MAIN CONTENTS

Security Column

- Statistics and Analysis of Unplanned Outage of Thermal Power Generating Units in 2013 LI Jianfeng, ZHOU Hong, LU Junfu (6)
- Inspection and Analysis of the Corrosion of 150-Meter Super High Reinforced Concrete Chimney and Flue CUI Juanling, GUO Zhaosheng (11)
- Corrosion and Protection of Air-Cooled Condensers in Thermal Power Plant DENG Yuqiang, LI Haiping, ZHANG Xiangjin, NI Ruitao, QI Dongdong, SONG Fei (16)
- Pre-control Strategy and Case Study on Risks in Valve Test of Siemens 1 000-MW Steam Turbines ZUO Shuai, ZHANG Zhiting, DAI Hongjun, CHEN Nianjun (20)
- A Variable Weights Transmission Equipment Condition Evaluation Method Based on Combined Weight Theory WANG Qi, CHANG An, SONG Yunhai, SHEN Wen, LIU Yadong, SHENG Gehao (26)
- Short-time Maintenance Schedule of HVDC Transmission Systems Based on Probabilistic Risk Assessment WANG Tao, GUAN Lin (30)
- Development and Application of Transformer Fault Diagnosis Expert System SHI Jiayan, ZHAO Xiaomin, SHI Yuansu, ZHANG Bing (40)
- Study on Solutions to Steam Flow Excited Vibration of a 1 000-MW Steam Turbine LI Zhilong, LI Yanchao, YU Haidong, YE Shaoyi, LIU Shi (40)
- Fault Diagnosis Method for Power Transformer Based on LS-SVM Probability Output of Bayesian Framework QIN Peng, ZHAO Feng (45)
- Location Analysis of GIS Circuit Resistance Defection JIA Zhijie, ZHANG Bin (50)
- Analysis and Discussion on an Action of Optical Fiber Differential Protection WANG Yuqiang, BAI Feng, MENG Lei, WANG Zhongquan (55)
- Power System Reliability Evaluation Based on Improved Sampling Method ZHANG Weifeng, CHE Yanbo, LIN Jikeng, HU Shijun, LIU Hui, WEI Wenhui, LIN Changnian (63)
- Research on Protection Schemes for Distribution Network Considering Wind Power Supply Uncertainty QIAN Lihong, WANG Wei, WEI Hua, HE Hao (67)
- Risk Group Evaluation Based on Cloud Model and Grey Incidence Decision-Making for Important Power Consumers LI Cunbin, GAO Po (74)
- Secure Access of Electric Power Mobile Terminal Using SM2-Crypto-system-Based SD Card WANG Zhihe, LUO Zhao, XIE Jihua, GU Wei, CHEN Haichao, XU Chao, ZHOU Liang (80)
- Study on Mechanism and Strategy of Cybersecurity in U.S. Electric Power Industry ZHU Xiaoyan, FANG Quan (88)

Energy Conservation and Environmental Protection

- Research on the Technical Route and Industrial Application of Near-Zero Emission of Coal-Fired Power Plants Supplied with Shenhua Coal ZHOU Hongguang, ZHAO Lei, CHEN Chuangshe, LI Min (96)
- Research and Practice on Dust Emission Reduction Technology in 350 MW Coal-Fired Generator Unit SHI Xiaohong, LI Guangbin, WEI Shuzhou, ZHAO Rui (96)

Generation Technology

- Combustion Optimization for a 1 000-MW Ultra Supercritical Boiler GUO Jie, QIN Xichao (114)
- Operation Optimization of Circulating Pump in 1 000-MW Direct Seawater Cooling Generating Unit under Tidal Variations LI Dacai (132)
- Research and Application of Speed-Control System Modeling of F-Class Gas Turbines SHAN Yinglei, LI Fuxing, LI Wenfeng, WANG Guanhong (114)
- Economic Analysis on Waste Heat Recovery Technique Applied for Make-up Water Heating in the Absorption Heat Pumps of Thermal Power Units HUO Peng, LI Qianjun, ZHENG Likun (119)
- Experimental Research on Temperature Transfer Characteristics of Coal Pile in Closed Coal Yard WANG Huan, ZHOU Yonggang, LI Pei, WANG Binghui, ZHAO Hong (124)

Power System

- Study on VFTO Characteristics of GIS in 750 kV Substation WANG Lei (132)
- Research and Discussion on a Method for Topology Identification of Distribution System LI Hong, ZHANG Zhanlong, GAO Yajing (143)
- Corrosion Failure Analysis and Protection for Tower Foot of Hot Galvanized Transmission Tower CHEN Tong, ZHUANG Jianhuang, HUANG Weilin, TAN Tian, ZHANG Junxi (143)
- A New Approach to Damp SSR by Adjusting Equivalent Output Impedance of VSC CHEN Jianguo, XU Meimei, XU Yutao, QIAO Yuchao, XU Zhenyu, GAO Ziqiang, ZHANG Xu, ZHENG Wei, LIANG Xinyan (155)

Smart Grid

- Study on Charging and Swapping System for Electric Vehicle in Hybrid AC/DC Micro-grid ZHENG Rui, HAN Xiaoqing, ZHANG Junliu, WANG Peng, ZHANG Peng (155)
- Study on the Whole System Synchronization Testing Method in Smart Substation ZHAO Yongsheng, LIU Haifeng, LIANG Wenwu, LI Hui (160)

ELECTRIC POWER (Monthly) Vol.48 No.5 (Ser. 558) May 2015

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: HU Zhao-guang

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 & Technology Park, Beijing 102209, China

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

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

Tel: +86-10-66603802, 66603801

Fax: +86-10-66603578

脱硫废水零排放技术——蒸发结晶

FGD 废水处理现状

石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺是国内燃煤电厂的主流工艺, 脱硫过程中产生的废水中重金属、SS 和 COD 较高, 特别是高含盐量使得处理后的废水回用难度很大, 目前所采用的深度处理方法都不是很理想, 无法实现脱硫废水真正的零排放。

- **常规处理法**：通过氧化、中和、沉淀、絮凝等方法去除脱硫废水中的重金属及污染物，形成的泥饼送到灰场堆放，处理后的废水 CL 离子浓度很高容易产生二次污染。
- **深度处理—排入渣水系统**：常规处理后的脱硫废水排入电厂水力排渣系统，废水中的重金属与碱性的渣水发生反应，渣水处理系统的过滤作用可以截留废水中的杂质以及渣水与脱硫废水中和反应生成的固体物质，达到去除脱离废水中杂质的目的。但是脱硫废水中的高浓度氯离子对渣水系统的金属管道有腐蚀。
- **深度处理—烟道气蒸发**：脱硫废水经过雾化后喷入烟道，利用高温烟气使废水中的杂质蒸发结晶，并在电除尘器中随着烟尘一起脱出，但是有些污染物还是随着烟气排入大气，同时该方法对除尘系统产生腐蚀，对原有系统运行也有一定影响。
- **深度处理—反渗透**：常规处理后的脱硫废水，经过微滤（MF）预处理后进入反渗透系统，该方法处理分离出来的净水水质较好，但是过程产生的浓水如何有效利用或无害处置是一个不好解决的问题。

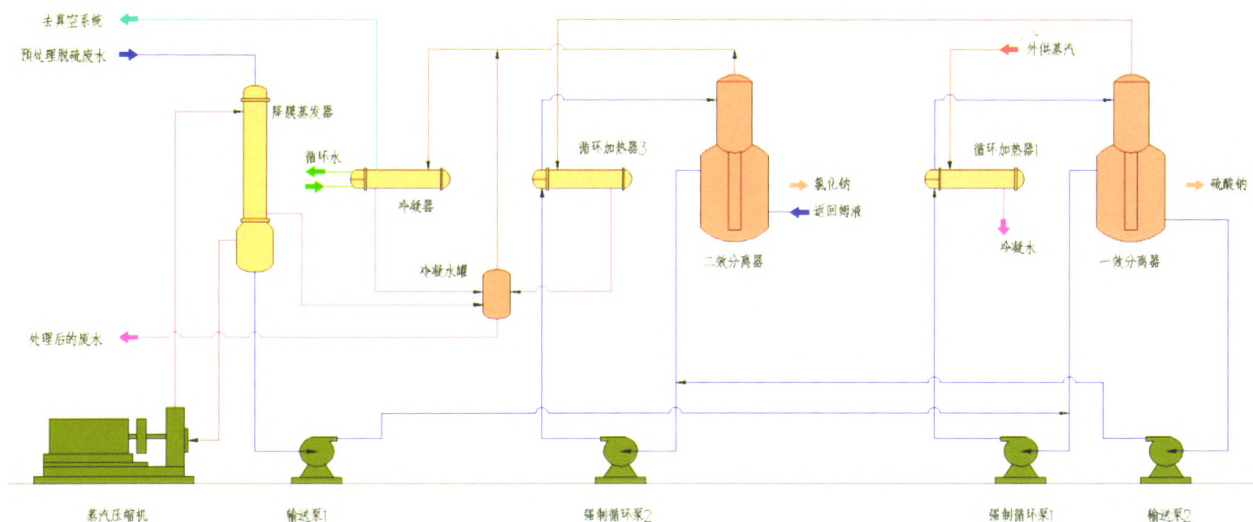
MVR 蒸发结晶工艺—FGD 废水零排放技术

工艺原理: 常规处理法 + 软化处理 + 蒸发结晶

软化理统:脱硫废水首先经过常规处理,然后再使用苏打水对废水进行软化处理,使废水中的 CaCl 和 MgCl 转化为 NaCl , CaSO_4 转化为 Na_2SO_4 , 软化过程中产生的碳酸钙可返回 FGD 吸收系统重复使用。

蒸发结晶系统：经过上述处理后，废水首先经预热器加热升温后进入降膜蒸发器进行蒸发浓缩，废水在此被蒸发出大部分水分，剩余的高盐份残液进入二效强制循环加热器和结晶器进一步闪蒸水分，使得废水中的硫酸钠和氯化钠以晶浆的状态从结晶器排出，再经过离心机分离得到硫酸钠和氯化钠的晶体，离心机分离出的母液返回蒸发结晶系统。降膜蒸发器中蒸发出的二次蒸汽经过蒸汽压缩机压缩后再重新返回降膜蒸发器做为加热热源重复适用，无需外部提供蒸汽。二效蒸发所用的蒸汽来自外部，这部分蒸汽仅占蒸发所需蒸汽的5%左右，因此蒸发蒸发结晶系统非常节能。

采用 MVR (蒸汽机械再压缩) 技术对脱硫废水进行蒸发结晶处理, 蒸发后的废水冷凝液水质好、可完全回收利用, 蒸发结晶后形成的盐作为副产品可以出售, 真正做到废水零排放。系统每年只需化学清洗一、二次, 运行费用很低。



辽宁省轻工设计院有限公司

地址：沈阳市皇姑区泰山路 46 号

邮编: 110131

联系人：殷勤 13704051166

E-mail: yinqin@vip.163.com