

工业和信息化部节能与综合利用司指导
中国工业节能与清洁生产协会主办
2017年10月 第5期（总第35期）



INDUSTRIAL ENERGY
CONSERVATION AND CLEANER PRODUCTION
倡导绿色工业 服务节能减排

工业节能与清洁生产

INDUSTRIAL ENERGY CONSERVATION AND CLEANER PRODUCTION

中国工业节能与清洁生产协会 工业资源综合利用专业委员会成立

“军民融合”产业政策研讨会
在北京召开



2017 中国国际节能环保 技术装备展示交易会

时间：2017年12月8日-10日 地点：成都会展中心召开



更多会展内容请关注
展会微信号



绿色制造 · 创新引领



喜迎十九大

让绿色成为生态文明发展的最靓底色

走向生态文明新时代，建设美丽中国，是实现中华民族伟大复兴的中国梦的重要内容。党的十八大把生态文明建设纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局，首次把“美丽中国”作为生态文明建设的宏伟目标。十八大审议通过《中国共产党章程（修正案）》，将“中国共产党领导人民建设社会主义生态文明”写入党章，作为行动纲领；十八届三中全会提出加快建立系统完整的生态文明制度体系；十八届四中全会要求用严格的法律制度保护生态环境；十八届五中全会提出“五大发展理念”，将绿色发展作为“十三五”乃至更长时期经济社会发展的一个重要理念，成为党关于生态文明建设、社会主义现代化建设规律性认识的最新成果。

习近平总书记高度重视生态文明建设，提出了“我们既要绿水青山，也要金山银山”“绿水青山就是金山银山”的精辟论断。这是对生产力理论的重大发展，符合中国实际，具有很强的指导性，是对生态环境重要性认识的升华和质的飞跃。在党的十九大上，习近平总书记指出，加快生态文明体制改革，建设美丽中国。我们要建设的现代化是人与自然和谐共生的现代化，既要创造更多物质财富和精神财富以满足人民日益增长的美好生活需要，也要提供更多优质生态产品以满足人民日益增长的优美生态环境需要。必须坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针，形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式，还自然以宁静、和谐、美丽。习近平总书记还强调指出，生态文明建设功在当代、利在千秋。我们要牢固树立社会主义生态文明观，推动形成人与自然和谐发展现代化建设新格局，为保护生态环境作出我们这代人的努力。



目录

Contents

INDUSTRIAL ENERGY CONSERVATION
AND CLEANER PRODUCTION

工业节能与清洁生产
2017年10月第5期(总第35期)

| 特别报道

- 03 成都易态科技有限公司基于金属间化合物多孔/膜材料的高温气体过滤技术经权威鉴定达到国际领先水平
- 04 迪拜铝业 CEO Abdunnasser Bin Kalban 六合集团董事长叶正光一行到访协会
- 05 中国工业节能与清洁生产协会工业资源综合利用专业委员会揭牌仪式暨“军民融合”产业政策研讨会在北京召开

| 要闻

部委动态

- 06 工业领域煤炭高效清洁利用试点城市经验交流会在陕西韩城召开
- 06 全国绿色工厂推进联盟成立大会在京召开
- 07 水泥行业落实《绿色制造工程实施指南》、推动绿色发展大会在河北邯郸召开
- 07 中国制造 2025 添百亿专项资金

省市动态

- 08 河北：全省能源消费总量控制在 3.27 亿吨标准煤左右
- 08 青海：节能减排综合方案 2020 年天然气消费比重 16.3%

- 09 河南：正式发布实施燃煤电厂大气污染物超低排放标准

会员动态

- 10 双良荣耀四连 成功卫冕分布式能源优秀项目特等奖
- 11 东方电气集团与中国电力建设集团签署战略合作协议
- 11 中国建材总院牵头承担的国家重点研发计划项目正式启动

| 产业报道

- 12 基于金属间化合物多孔/膜材料的高温气体过滤技术
- 19 低温多效蒸馏海水淡化技术在钢铁企业节能减排中的应用
- 23 A-O-MBR 工艺低温环境对垃圾渗滤液的处理研究
- 27 节能减排一体化技术——烟气深度净化及余热回收
- 31 表面过滤技术在垃圾焚烧发电厂烟气脱酸净化中的作用

| 研究

- 34 我国工业绿色发展成效分析



成都易态科技有限公司基于金属间化合物多孔 / 膜材料的高温气体过滤技术经权威鉴定达到国际领先水平

本刊讯 (记者 王磊) 8月27日,在北京组织专家对成都易态科技有限公司自主研发的基于金属间化合物多孔 / 膜材料的高温气体过滤技术进行了鉴定。协会会长王小康、工业和信息化部节能与综合利用司司长高云虎、环境保护部政策法规司司长别涛、国家节能中心副主任徐志强等出席会议,中国工程院郝吉明院士以及来自清华大学、北京科技大学、天津大学、华能集团、中国环保机械行业协会7名相关领域专家组成鉴定委员会。会议由协会常务副秘书长智慧主持。

王小康会长在鉴定会开始时指出,协会作为连接政府、企业、产业的桥梁与纽带,积极为广大会员及工业企业做好优秀科技成果转化和市场推广工作。同时,他表示协会将紧密跟踪国际动态,围绕国家战略目标,联合各方资源力量,发挥专家优势,引导更多的社会力量积极参与到国家节能环保工作中,逐步形成政府为

主导、企业为主体、市场有效驱动、全社会共同参与的推进工业绿色发展的新格局。

此次技术鉴定会分为前期项目考察、资料审查和现场质询答辩等环节。通过上述工作,专家深入了解了该技术的研发原理、性能指标以及应用情况等,一致认为基于金属间化合物的材料和过滤膜及膜元件制备技术处于国际领先水平,工程应用系统集成技术稳定可靠,在多个工业领域成功应用,有力地推动了产业升级,实现了清洁生产,具有显著环境效益、经济效益和社会效益,建议进一步加大推广力度。

最后,王小康会长指出了节能环保领域起步晚、欠账多、水平低、规模小、发展快、容量大的现状,强调了节能环保工作对惠民生、调结构、促增长的重要意义。技术研发没有尽头,易态科技应不忘初心,不断完善、升级、更新技术。

迪拜铝业 CEO Abdulnasser Bin Kalban 六合集团董事长叶正光一行到访协会



本刊讯（记者 滕飞）9月8日，迪拜铝业 CEO Abdulnasser Bin Kalban、六合集团董事长叶正光一行到访协会，就协会与迪拜铝业开展合作进行了会谈。会议由协会会长王小康主持。



王小康

王小康介绍了协会的业务情况，表示协会一直与国外的一些知名企业保持着很好的合作伙伴关系，也希望与阿拉伯国家的企业加强了解、展开合作。

王小康指出，中国工业门类的多样性在世界范围内屈指可数，有很多的方向、选择和附属市场，合作伙伴的选择对于企业尤为重要，尤其对于进入中国市场的外国企业来说，选择好的合作伙伴可以带来

更好的机会，更低的投资成本和更小的风险，协会愿意为阿拉伯国家的企业在中国市场寻找合适的投资人和合作伙伴提供服务。

Abdulnasser Bin Kalban 对协会的工作和作用表达了强烈的兴趣与合作意愿。表示愿意通过协会平台与中国的相关企业开展合作。



最后，双方具体围绕储能技术、钾锂的提炼与应用、新能源电厂建设、铝业下游合作展开交流谈论。并达成了初步合作意向。

协会常务副秘书长智慧、六合创新有限公司总经理叶晓梅、六合环能投资集团有限公司副总裁叶铁军等陪同参会。



中国工业节能与清洁生产协会工业资源综合利用专业委员会揭牌仪式暨“军民融合”产业政策研讨会在北京召开

本刊讯 (记者 吴迪) 9月16日,中国工业节能与清洁生产协会工业资源综合利用专业委员(以下简称“专委会”)在北京举行揭牌仪式暨“军民融合”产业政策研讨会。中国工业节能与清洁生产协会会长、全国政协委员、全国政协人口资源环境委员会委员、国家制造强国建设战略咨询委员会委员、发展循环经济工作部际联席会专家咨询委员会委员、中国节能环保集团公司原董事长王小康,中国工程院院士邱定蕃,工业和信息化部节能与综合利用司巡视员李力,海军军事研究所研究员、海军大校李杰,军事科学院教授王珏、国防大学教授梁金安出席会议并发言。参加会议的还有国资委规划局、国家节能中心、中央党校、中国标准化院、中国地质大学、北京印刷学院、中国包装出口研究所、海军、空军等单位的领导、专家,以及新闻媒体代表共约80余人。会议由中国工业节能与清洁生产协会常务副秘书长智慧主持。

王小康首先对各位领导、企业代表的参会表示热烈欢迎,并对协会的业务情况进行了介绍。他在致辞中表示,为整合工业资源综合利用各方资源,串联工业资源综合利用产业链,提升工业资源利用效率,规范工业资源综合利用行业健康发展,协会决定成立工业资源综合利用专业委员会。希望通过专委会的设立,搭建政府、工业企业、资源综合利用企业之间交流合作平台,加强工业资源综合利用先进技术推广应用,促进工业领域资源综合利用与信息产业、工业服务业、城镇化建设深度融合,深入推进工业绿色发展。



智慧宣读了《关于成立中国工业节能与清洁生产协会工业资源综合利用专业委员会的决定》,并对专委会工作提出了相关要求。

会上,邱定蕃院士做了《我国矿产资源二次开发资源开发与资源综合利用》的报告,阐述了国家矿产资源发展所面临的基本概况,



李杰教授从国家战略高度,做了《加快军民融合发展的战略思考》的报告,揭示了国家实施军民融合发展战略的意义;王珏教授和梁金安教授分别做了《军民融合战略的历史和现实》、《基础要学 关键在做》的报告。

本次座谈着重研究了工业资源综合利用与军民融合发展所面临前的产业政策,以及与此相关的体制创新、制度保障、技术成果转化等问题,有利于进一步推进绿色制造技术在国防建设与资源综合利用领域的相互融合发展,开创并尽快形成工业清洁生产军民融合新局面。



王小康会长、工信部节能司巡视员李力为专委会揭牌

工业领域煤炭高效清洁利用试点城市经验交流会在陕西韩城召开

本刊讯 为总结交流煤炭高效清洁利用试点城市先行先试以来取得的经验和做法，研究解决存在的问题，深入推进工业领域煤炭高效清洁利用，工业和信息化部节能与综合利用司在陕西省韩城市组织召开了工业领域煤炭高效清洁利用试点城市经验交流会，高云虎司长出席会议并讲话，陕西省工业和信息化厅、试点城市和有关金融、企业、科研院所代表参加了会议。

高云虎指出，当前工业节能形势严峻，推进煤炭高效清洁利用对完成工业节能减排任务、促进工业绿色发展、改善大气环境质量具有重要意义。这项工作要在前期工作的基础上，抓好以下

主要工作。一是要抓好试点示范，梳理总结成功经验，尽快形成可复制、可操作的经验向全国推广。二是要抓好技术创新，在技术、产品、产业上“做文章”“出彩头”。三是要抓好统筹推进，多措并举吸引社会资本投向用煤企业开展节能减排技术改造，积极帮助企业缓解“融资难、融资贵”等困难。四是要抓好工业节能监察，倒逼企业实施技术改造和产业升级，提高企业煤炭高效清洁利用水平。

会上，韩城等8个试点城市分别进行了经验交流发言，行业专家进行了技术交流，与会人员还实地考察了当地煤炭高效清洁应用典型企业。（工信部网站）



全国绿色工厂推进联盟成立大会在京召开

本刊讯 为全面创建绿色工厂、加快建设绿色制造体系，2017年9月12日，全国绿色工厂推进联盟成立大会在北京召开。部节能与综合利用司高云虎司长、中国工程院干勇院士出席会议并讲话，来自工业和信息化部相关司局、中国电子技术标准化研究院、相关研究机构、行业协会和骨干企业的代表参加了会议。

高云虎司长指出，创建绿色工厂是落实绿色制造工程，推进

绿色制造体系建设的有力抓手。联盟要凝聚行业组织、企业、第三方服务机构等方面的力量，为企业创建绿色工厂搭建支撑平台。一是要发挥联盟效应，推动企业持续加强绿色化改造，不断从节能节水、清洁生产、资源综合利用等方面提升企业绿色化水平；二是要深化绿色工厂战略研究，完善绿色工厂标准体系，为绿色工厂的建设、运行和评价提供指导；三是要加强绿色先进工艺技术创新交流，提升绿色技术服务能力。（工信部网站）

水泥行业落实《绿色制造工程实施指南》、推动绿色发展大会在河北邯郸召开



本刊讯 2017年10月12日，中国水泥协会在河北邯郸召开主题为“实施绿色制造，发展绿色工厂”的贯彻《绿色制造工程实施指南》、推动水泥工厂绿色发展大会。河北省政协副主席段惠军，工业和信息化部节能与综合利用司、河北省政府、邯郸市政府有关负责同志，以及全国水泥企业代表共200余人参会。

工业和信息化部节能与综合利用司有关负责同志指出，为贯彻落实“中国制造2025”，加快推动生产方式绿色化，工信部印发了《绿色制造工程实施指南》，提出以企业为主体，以标准

为引领，以绿色工厂创建等为重点，加强示范引导，全面推进绿色制造体系建设。水泥行业通过落实各项绿色标准，加快节能环保先进适用技术推广应用，绿色发展水平得到了显著提升，绿色工厂创建成果较为突出。近日，12家优秀水泥企业入围了首批绿色制造示范企业名单，得到社会广泛关注与赞扬。

会上，各位专家、代表围绕水泥行业绿色工厂创建以及水泥窑协同处置等内容展开了热烈的交流与讨论，共同为水泥行业节能与绿色发展出谋划策。（工信部网站）

中国制造2025 添百亿专项资金

本刊讯 日前从工信部、发改委、财政部等权威部门获悉，我国将根据《中国制造2025》总体规划，继续以专项资金等方式支持中国制造2025重点项目发展。近期工信部已确立了制造业创新能力建设、产业链协同能力提升、产业共性服务平台、新材料首批次应用保险4个方面共25项重点任务，并正在协同相关部委和组织进行项目遴选工作。

近期，工信部发布了《2017年工业转型升级（中国制造2025）资金（部门预算）项目指南的通知》（以下简称《通知》），明确了未来一阶段对中国制造2025的资金支持方向。《通知》首先确立了制造业创新能力建设、产业链协同能力提升、产业共性服务平台、新材料首批次应用保险四大重点任务，同时还根据目前中国制造2025整体进展，制定了包括物联网、新材料、智能家电和高端消费电子、工业控制系统信息安全保障能力、婴幼

儿配方乳粉行业质量安全追溯体系等25个具体的重点任务。此外，《通知》还对每个重点任务作出了细致的实施目标。例如，“智能家电和高端消费电子”这一任务就包括了智能电冰箱、变频空调、智能电饭煲、智能马桶盖、服务机器人、汽车电子产品等多个具体实施项目。

据相关专家透露，此次给予中国制造2025重点任务的资金支持力度非常大，单个项目的资金支持水平在3000万元到5000万元，部分共性技术项目或关键技术项目则将获得超过亿元的资金支持。

相关专家推算，《通知》中涉及的细分项目超过100个，按照上述资金支持力度，总的资金支持金额将有望突破百亿元大关。

（经济参考报）

河北：

全省能源消费总量控制在 3.27 亿吨标准煤左右

本刊讯 近日，河北省政府印发《“十三五”能源发展规划》，明确提出，到 2020 年，全省能源消费总量控制在 3.27 亿吨标准煤左右，年均增长 2.2%。电力消费 3900 亿千瓦时，年均增长 4.2%。

深化供给侧结构性改革，推进能源生产革命

优化煤炭生产供应。强化政策引导，推动地质条件复杂、开采难度高、安全隐患大的煤矿退出市场，依法关闭长期亏损、运营困难和非机械化生产的落后煤矿，到 2020 年压减煤炭产能 5100 万吨。结合煤炭资源、区域功能等情况优化布局，到 2020 年张家口、承德、秦皇岛、保定基本形成“无煤市”。推进煤矿企业整合，推动生产集约化，到 2020 年煤炭开采企业控制在 10 家以内、煤矿数量 60 处左右。合理确定煤矿产能，打击超能力开采行为，煤炭产能、产量分别保持 7000 万吨、6000 万吨水平。

强化油气安全保障。协调配合、加快建设陕京四线等气源干线，推进 LNG（液化天然气）接卸站建设，扩大接卸能力。到 2020 年形成管道气源输入能力 1800 亿立方米、海上 LNG 接卸能力 1300 万吨，我省保障供应能力达到 300 亿立方米。

大力发展绿色电力。加快建设张家口、承德千万千瓦级风电基地，有序推进唐山、沧州海上风电建设，积极布局发展低风速风电项目。

提高清洁高效利用水平，推进能源消费革命

推进煤炭清洁高效利用。结合产业结构转型升级和大气污染防治，落实“工程减煤、技改节煤、政策限煤、清洁代煤”措施，严格控制增量，积极减少存量，到 2020 年消费量控制在 2.6 亿吨以内。2017 年保定、廊坊禁煤区实现电煤、集中供热和原料用煤外燃煤“清零”，到 2020 年平原农村采暖散煤基本清零、山坝等边远地区采暖散煤控制在 800 万吨以内。

积极扩大天然气利用规模。结合清洁取暖，扩大取暖燃气规模。完善燃气管网，建设 LNG、液化石油气、煤气配送设施，增强储气调峰能力。完善工艺技术，降低燃气成本，鼓励工业窑炉煤改气。

大力推广利用非化石能源。结合电力体制改革，实施可再生

能源配额制及竞争性配置机制，落实可再生电力全额保障性收购制度，创新和完善绿色能源优先上网、优先使用政策，鼓励可再生电力参与市场直接交易。

建设优质高效服务体系，推进能源惠民共享

大力发展集中供热。在县以上城区及重点镇等热负荷集中区，优先发展集中供热。加快邢台、廊坊等热电联产项目建设，确保 2018 年供暖季前全部投产。对现役纯凝燃煤发电机组实施供热改造，力争 2020 年具备条件机组全部实现热电联产。

加快推进农村清洁取暖。因地制宜实施集中供热、气代煤、电代煤、可再生能源“四个替代”，到 2020 年全省农村清洁取暖率达到 70% 以上。以平原区域农村为重点，按照“宜气则气、宜电则电”的原则，在落实气源的前提下有规划地推进气代煤、电代煤，到 2020 年完成 600 万户。

实施光伏扶贫工程。着力加快村级光伏扶贫电站建设，自 2017 年开始争取利用 2 年左右时间，原则上在具备条件的贫困村每村建设一个 100-500 千瓦的村级光伏扶贫电站，壮大村级集体经济，带动贫困群众脱贫。（河北经济日报）



青海：

节能减排综合方案 2020 年天然气消费比重 16.3%

本刊讯 近日，《青海省“十三五”节能减排综合工作方案》经省政府印发实施，明确青海省“十三五”节能减排目标，并在优化产业和能源结构、加强重点领域节能、强化主要污染物减排、大力发展循环经济、实施节能减排重点工程等方面提出具体工作要求。到 2020 年，全省单位生产总值能耗比 2015 年下降 10%，能源消费增量控制在 1120 万吨标准煤以内。

根据实施方案，“十三五”期间，青海省将优化产业和能源结构。强化节能环保标准约束，对环保、能耗、安全等不达标或生产、使用淘汰类产品的企业和产能，要依法依规有序退出。加快发展新兴产业，到2020年，特色战略性新兴产业增加值占工业增加值比重达到15%以上，服务业增加值占国内生产总值比重达到45%以上。推动优化能源结构，到2020年，煤炭消费占能源消费比重为30.5%，电煤占煤炭消费量比重提高至38%，非化石能源消费占能源消费比重达到41%左右，天然气消费比重达16.3%。

实施方案明确，抓实抓好重点领域节能。加强工业节能，进一步提升有色、建材、化工、石化、钢铁等行业能源管理信息化、智能化水平，提升工业生产效率，降低能耗，到2020年，规模以上工业单位增加值能耗比2015年下降10%；强化建筑节能，到2020年，政府投资的公益性建筑和公共建筑全部执行绿色建筑标准；促进交通运输节能，到2020年，公路通车里程达8.5万公里，新能源和清洁能源车辆占比在2015年基础上显著提高；推进农业农村节能，加快淘汰老旧农业机械，推广农用节能机械、设备，发展节能农业大棚。

在水污染防治上，严格实施流域分区控制，深入推进湟水流域综合治理。2017年底前，各工业园区（工业集聚区）建成运行工业废水集中处理设施，并安装自动在线监控设施。实施工业污染源全面达标排放计划，建立企业排放“红黄牌”制度，对超标或超总量的排污企业予以“黄牌”警示，限制生产或停产整治，对整治后仍不能达到要求、且情节严重的企业予以“红牌”处罚，一律停业关闭。另外，2017年基本淘汰全省范围内黄标车。2018年1月1日起，全面供应与国V标准柴油相同硫含量的普通柴油；2020年实现车用柴油和普通柴油并轨，柴油车、非道路移动机械等均统一使用相同标准的柴油。

大力发展循环经济，实施节能减排工程。到2020年，西宁市餐厨废弃物资源化率达到90%以上，生活垃圾回收利用率达到35%以上。到2020年，工业固体废物综合利用率达到60%以上，农作物秸秆综合利用率达到85%。初步形成废弃电器电子产品等高值废弃物在线回收利用体系。到2020年累计完成464万千瓦机组超低排放改造任务；实施电力、钢铁、水泥、石化、平板玻璃、有色等重点行业全面达标排放治理工程。实施主要城镇清洁取暖工程，完善城市燃气管网等基础工程，淘汰约900蒸吨燃煤锅炉。健全绿色金融体系，鼓励银行业金融机构对节能减排重点工程给予多元化融资支持。（西海都市报）

河南：

正式发布实施燃煤电厂大气污染物超低排放标准

本刊讯 9月30日，记者从河南省环保厅获悉，10月1日起，河南省《燃煤电厂大气污染物排放标准》正式发布实施，为河南省燃煤发电机组和其他行业燃煤锅炉深度治理提供了法律依据，将为河南省大气污染防治攻坚战深入开展和大气环境质量的持续改善起到积极推动作用。

为深入贯彻落实省委、省政府关于持续打好打赢大气污染防治攻坚战的决策部署，切实加强燃煤发电机组大气污染防治，促进全省空气质量改善，河南省环保厅、省质监局于今年3月份开始启动《燃煤电厂大气污染物排放标准》河南省地方标准制定工作。该标准8月28日顺利通过省人民政府批准，并于10月1日正式发布实施，成为全国第4个发布实施燃煤电厂超低排放地方标准的省份。

目前，全省燃煤发电机组占火力发电机组总装机容量和总发电量的95.9%、97.1%，原煤消耗量占全省工业煤炭消耗量的45%，二氧化硫、氮氧化物排放量分别占全省工业排放量的31.9%、37.4%。燃煤火力发电是河南省大气污染防治的重点行业，控制好燃煤锅炉大气污染物排放是改善大气环境质量的重要环节，该标准的制定是改善我省环境空气质量的需要。

据介绍，河南省超低排放标准中，烟尘、二氧化硫、氮氧化物、汞及其化合物4项指标排放限值分别为10毫克/立方米、35毫克/立方米、50毫克/立方米、0.03毫克/立方米；其中，W型火焰炉膛锅炉和循环流化床锅炉的氮氧化物排放限值为100毫克/立方米。目前，除汞指标与国家标准持平外，我省排放标准中，烟尘、二氧化硫、氮氧化物三项指标均比国家标准（颗粒物30毫克/立方米、二氧化硫200毫克/立方米、氮氧化物100毫克/立方米）更严。

目前河南省144台统调燃煤发电机组和124台地方燃煤发电机组已完成超低排放改造任务，达到了我省的超低排放标准。按照省政府2017年大气污染防治攻坚战要求，今年河南省86台65蒸吨/时以上燃煤锅炉要完成超低排放改造，未按期实现的将依法实施停产治理。（中国电力网）

双良荣耀四连 成功卫冕分布式能源优秀项目特等奖

本刊讯 2017年8月8日-11日，中国分布式能源国际论坛在京召开，来自政府部门、行业协会、新能源企业、燃气企业、电力电网企业、节能服务企业、设备提供商、金融投资机构以及关注分布式能源未来发展的专业人士，了解分布式能源发展最新动态，考察优秀项目，探讨行业新政与商机。

10号上午，业界一直翘首以盼、拭目以待的分布式能源大奖花落谁家终于揭晓，经过专家团对众多分布式能源项目的评审，双良凭借武汉国际博览中心分布式能源站项目的高效顺利运行，在继2014年中石油昌平数据中心、2015年上海迪斯尼乐园、2016年上海国家会展中心连续三年蝉联中国分布式能源优秀项目特等奖之后，成功荣获本届论坛最高荣誉“2017年度分布式能源优秀项目特等奖”，实现了2014-2017年中国分布式能源

获奖项目介绍

武汉国际博览中心位于武汉市汉阳区四新新城，是我国中部地区规模最大的展览场馆，是华中地区规模最大、最具代表性的天然气分布式能源项目，采用双良冷热电联供系统，系统核心设备选用3台4.3MW GE 颜巴赫内燃机、3台4MW级双良烟气热水型溴冷机，以一拖一方式装设，综合能源利用效率高达85.9%，同时，系统配置4台7MW双良燃气热水锅炉、2台4.2MW双良燃气蒸汽锅炉进行调峰。该项目因三维优化设计和能源空间最优化配置荣获中国建筑学会颁发的“科技进步壹等奖”，目前正在申报国家示范项目。



武汉国际博览中心



优秀项目特等奖四连冠！双良节能不断助力中国分布式能源技术的新发展。

以“建言新区规划，智慧绿色布局”为主题的高峰对话在多位业内专家之间展开，各位专家高屋建瓴、共同探讨新区生态建设方向。双良节能系统股份有限公司溴冷机技术部经理刘电收先生代表公司出席，并就双良溴化锂吸收式产品在分布式能源领域中的应用作了主题发言，刘电收表示，双良作为国内分布式能源技术的推动者与实践者，凭借在溴化锂吸收式技术研发及制造方面的巨大实力，必将成为打造高标准高起点的新区生态建设的重要技术支撑。



双良节能系统股份有限公司技术部经理刘电收作大会主题演讲

双良作为本次论坛的焦点，引起了新华社、中国电力报、中国财经报、腾讯视频、凤凰视频、中国能源网等二十多家媒体的广泛关注。（双良节能）

东方电气集团与中国电力建设集团签署战略合作协议

本刊讯 9月15日，东方电气集团与中国电力建设集团在蓉签署战略合作协议。中国电力建设集团党委书记、董事长晏志勇，东方电气集团党组书记、董事长邹磊，党组副书记、副总经理黄伟，党组成员、副总经理张继烈等出席了签约仪式。

邹磊对晏志勇一行来访表示热烈欢迎，介绍了集团公司近期“六电并举”产业发展情况。他表示在与中国电建的长期友好合作中，双方合作领域广泛，并携手打造了许多经典工程。他希望借着此次签署战略合作协议的东风，扩展双方电力产业链上合作的同时，开创新领域的合作，共同开拓国内外市场，为国家能源电力发展做出更大贡献。

晏志勇介绍了中国电建的国际化经营、“十三五”发展规划

等方面的情况。他指出，东方电气在装备制造业的龙头地位不可撼动，感谢东方电气给予中国电建的支持和帮助。他表示，肩负党中央国务院赋予的历史使命，双方要进一步深化友好合作，实现优势资源互补，创新开拓合作领域，为双方国内外业务进一步拓展搭建平台，共同推动中国装备“走出去”。

东方电气与中国电建一直在能源建设领域保持了良好的合作，相互协作共同建设了三峡、溪洛渡等世界瞩目的特大能源工程；同时，携手走出国门，在巴基斯坦、越南、老挝、印尼、土耳其、埃塞俄比亚建设了数十个电站。在前期良好合作的基础上，中国电建、东方电气将进一步深化合作，建立战略合作伙伴关系，组成联盟共同开拓全球能源建设市场。（东方电气）

中国建材总院牵头承担的国家重点研发计划项目正式启动

本刊讯 9月5日，由中国建材总院牵头承担的国家重点研发计划“建材行业烟气污染物全过程减排及节能耦合技术研究与示范”项目启动会暨课题实施方案论证会在京召开。科技部社发司副司长邓小明、中国21世纪议程管理中心资源环境处副处长王顺兵、中国建材总院副院长颜碧兰，项目咨询专家王小明研究员、高翔教授、潘东晖教授级高工、郅晓教授级高工、李俊华教授、朱天乐教授、包玮教授级高工出席会议。启动会由总院重大项目办公室主任赵平主持。

会议介绍了中国建材总院数十年来管理和承担国家重大科技计划项目情况、管理制度和经费管理要求，阐述了项目的研究计划、研究目标、考核指标和任务安排等情况。与会专家针对各课题的研究内容和实施方案进行了认真讨论并提出了中肯的建议，最终形成了各课题的论证意见。

王顺兵介绍了“大气污染成因与控制技术研究”专项管理要求，提出在项目实施过程中应“聚焦目标、注重创新性和阶段性成果”。邓小明充分肯定了该项目的重要意义和中国建材总院的管理水平，强调国家重点研发计划以解决国民经济和社会发展中重大、核心、

关键科技瓶颈问题为宗旨，希望通过项目组全体成员的共同努力，实现项目目标的超越，为我国的环境保护、生态文明建设和建材工业发展提供技术支撑。

“建材行业烟气污染物全过程减排及节能耦合技术研究与示范”项目是中国建材总院在明确科技规划引领下取得的又一项国家重大项目，前期在中国建材总院的精细组织下，形成了项目申报的顶层设计，建立了紧密的申报团队，最终在激烈的项目竞标中胜出。项目获批后，为规范项目管理，中国建材总院专门成立项目管理办公室、项目咨询专家组与项目秘书组，同时建立了行之有效的沟通协调机制，明确了未来开展管理工作的各项制度，为项目高效管理奠定了基础。

本次项目启动会暨课题实施方案论证会的成功召开，不仅梳理了各课题的研究方案，促进了项目参加单位的沟通交流，同时为下一步项目实施方案的论证和各项研究工作的开展起到了良好作用。

各课题负责人和主要科研骨干等30余人参加了会议。（中国建材）

基于金属间化合物多孔 / 膜材料的高温气体过滤技术

成都易态科技有限公司 张祥剑

一 前言

在传统工业生产中，火法冶金、工业窑炉、燃煤锅炉等产生的高温烟气因受制于高温滤材及高温除尘技术的限制，不得不采用降温除尘进行处理，导致资源利用率低、能耗高、工艺流程长等问题。因此高温滤材及高温除尘技术一直备受关注并得到持续发展，但现有高温布袋滤料耐温仍然有限（ $\leq 260^{\circ}\text{C}$ ），高温电除尘也只能在 400°C 以下工作，开发出既能适应更高的过滤温度范围（ $200\text{--}600^{\circ}\text{C}$ ），又要除尘效果理想（净气颗粒物浓度 $\leq 5\text{ mg/Nm}^3$ ）的装备技术一直是个难点。

在滤材方面，德国 Schumacher 公司、美国 ACUREX 公司等通过编织或烧结工艺分别开发出 SiC 滤管、陶瓷纤维毡等，但存在韧性和抗热振不足等问题，而后美国 3M 公司、杜邦公司、B&W 公司又分别研制了硅铝酸盐 - 碳化硅复合陶瓷过滤材料、氧化铝 - 氧化铝纤维复合陶瓷过滤材料，但仍存在温度波动较大

时复合层连接处出现剥离等问题。为了解决陶瓷类过滤介质性脆、抗热震性差、复合层易剥离等问题，美国 Mott 公司、英国 Povair 公司等开发出了烧结金属滤管和烧结金属丝网，但金属过滤材料在实际使用过程中，耐磨性与耐腐蚀性皆无法和陶瓷材料相媲美。

近年来，国内高温除尘技术研究也取得了长足的进步，成都易态科技有限公司的金属间化合物多孔 / 膜材料，利用不同金属间的偏扩散原理（Kirkendall 效应），实现了孔隙自主调控、无需添加造孔剂、材料耐磨损和抗腐蚀性性能优良，在此基础上进行了十余年的持续研究和开发，构建了基于金属间化合物多孔 / 膜材料的成套高温气体过滤技术理论与技术体系，形成了基于金属间化合物多孔 / 膜材料的高温气体过滤技术成果，并在多个行业和领域成功应用。

二 金属间化合物多孔 / 膜材料及膜元件介绍

利用元素之间偏扩散引起的柯肯达尔（Kirkendall）效应，研制出的金属间化合物多孔 / 膜材料及其元件，基于原子尺度的偏扩散反应合成技术，可在微米 / 亚微米级别实现孔结构的精确调控；完成了基于偏扩散反应烧结机理制备多孔 / 膜及其元件的系统化

生产工艺和标准，实现了膜及膜元件制备技术全过程的环保生产和精确控制，膜及膜元件达到了良好的高温化学稳定性、高温热稳定性、高温机械物理性能、高温过滤性能。



图 1 金属间化合物多孔 / 膜材料制备过程及反应原理

图 1 为金属间化合物多孔 / 膜材料制备过程及反应原理；金属间化合物多孔材料膜的内部结构如图 2 所示，制备出的整体膜元件如图 3 所示。

金属间化合物多孔 / 膜材料具有以下优良的性能：

1) 具有优良的抗高温氧化性能；

2) 具有优良的抗 H_2S 、 SO_2 、 S_2 等腐蚀性性能；

3) 具有优良的力学性能；

4) 具有优良的抗热振性能；

5) 还具有孔隙率高、曲折因子小、壁薄、阻力低、通量大、过滤精度高等优良性能。

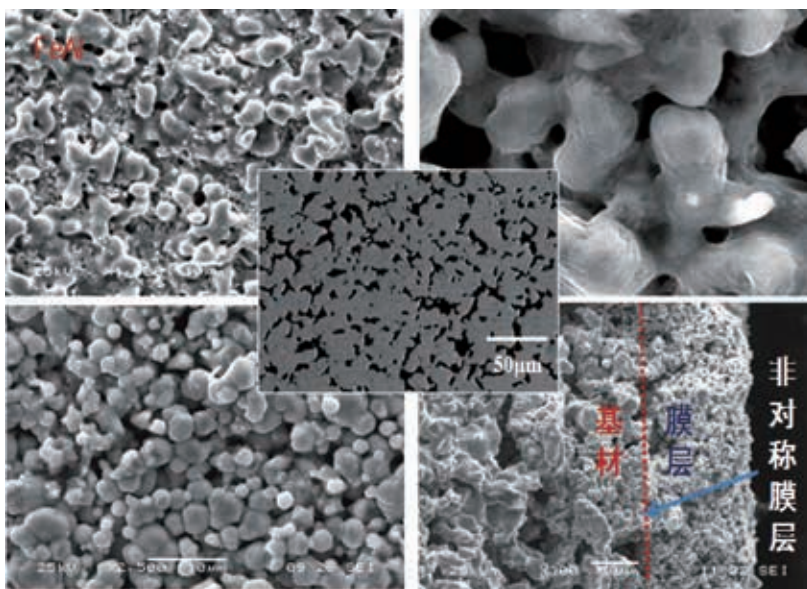


图 2 金属间化合物多孔 / 膜材料微观形貌及非对称膜结构

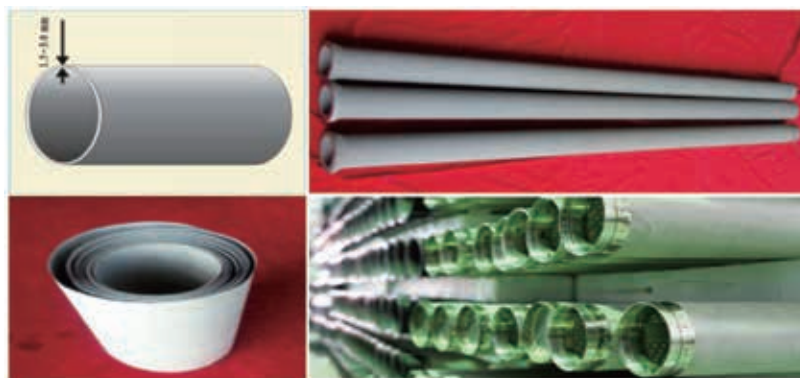


图 3 金属间化合物多孔 / 膜材料高温膜元件

三 高温气体过滤技术

1. 高温气体过滤技术组成

金属间化合物多孔 / 膜材料具有良好的机械物理性能和优异的抗氧化、抗腐蚀性性能，特别适合用于工业领域高温含尘烟气的净化除尘，基于此，成都易态科技有限公司结合材料性能

和不同的应用领域开发出了一系列的高温气体过滤技术。该技术形成 147 项专利技术，其中 6 项 PCT 专利、103 项发明专利、38 项实用新型专利。易态科技高温过滤技术主要组成如图 4 所示。

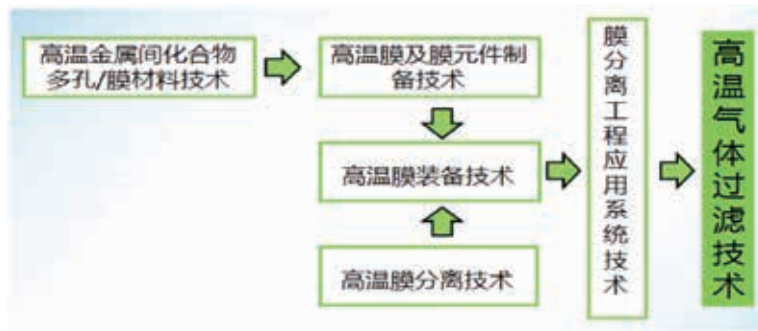


图4 易态科技高温气体过滤技术组成

易态科技高温过滤技术主要由五大领先技术构成：（1）国际首创的膜材料制备技术，形成7项行业标准和18项专利技术，其中2项PCT专利、16项发明专利；（2）国际领先的膜及膜元件制备技术，形成了2项行业标准和40项专利技术，其中3项PCT专利、36项发明专利、1项实用新型专利；（3）行业领先的膜分离应用技术，形成了17项专利技术，其中7项发明专利、10项实

用新型专利；（4）先进可靠的膜装备技术，形成1项国家标准和32项专利技术，其中16项发明专利、16项实用新型专利；（5）原创的膜分离工程应用系统集成技术，形成40项专利技术，其中1项PCT专利、28项发明专利、11项实用新型专利。这五大技术的有机结合组成了易态科技的高温气体过滤技术。

2. 高温气体过滤技术原理

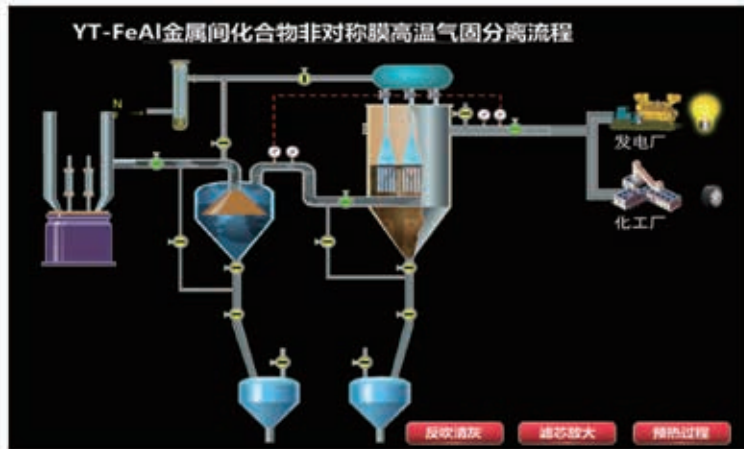


图5 金属间化合物多孔/膜材料的高温气固分离流程

图5是金属间化合物多孔/膜材料的高温气固分离流程。工业锅炉、高温窑炉产生的高温含尘烟气经过预处理系统除去大颗粒物，然后进入易态高温过滤系统进行高温（200-600℃）、高精度、大流量、低阻力的稳定过滤除尘，实现过滤后的气体颗粒物浓度 $\leq 5 \text{ mg/Nm}^3$ ，通过有效的反吹清灰实现过滤系统压差 $\leq 1.2 \text{ kPa}$ （柔性膜，过滤风速 $\leq 1.5 \text{ m/min}$ ）或 $\leq 5 \text{ kPa}$ （刚性膜，过滤风速 $\leq 1.5 \text{ m/min}$ ）。高温高精度过滤后的洁净气体，如为净煤气等有价值气体则可直接用做燃料或化工原料，如为SCR前的锅炉烟气则可直接进入SCR脱硝，如为高温热烟气则可用于余热回收或直接高温干燥。

3. 高温气体过滤技术参数

根据不同的过滤对象和客户要求匹配出合适的膜元件，并确定相关参数。高温过滤技术参数范围及要求如下：

- 1) 除尘器工作温度：200-600℃；
- 2) 净化前气体含尘量：30-150 g/Nm³；
- 3) 净化后气体含尘量： $\leq 5 \text{ mg/Nm}^3$ ；
- 4) 过滤精度：0.1 μm；
- 5) 过滤风速：0.6-3.0 m/min；
- 6) 过滤阻力：在1.5 m/min的过滤风速下，刚性膜除尘器 $< 5 \text{ kPa}$ （如铁合金行业），柔性膜除尘器 $< 1.2 \text{ kPa}$ （如燃煤锅炉行业）；
- 7) 自动化控制可远程监控；
- 8) 滤材使用寿命 ≥ 4 年。

四 高温气体过滤典型案例

1. 高碳铬铁密闭式矿热炉高温荒煤气过滤项目



图6 高碳铬铁矿热炉荒煤气高温过滤

运行情况：气量 -12000m³/h；温度 220-550 °C；进口粉尘浓度 -150g/m³；出口粉尘浓度 ≤ 5mg/Nm³；过滤风速 1.5 m/

min；运行阻力 ≤ 5kPa；首套装置于 2012 年投运，至今已稳定运行近 5 年；第二套装置于 2014 年投运，至今已稳定运行 3 年。

2. 高钛渣矿热炉高温荒煤气过滤项目

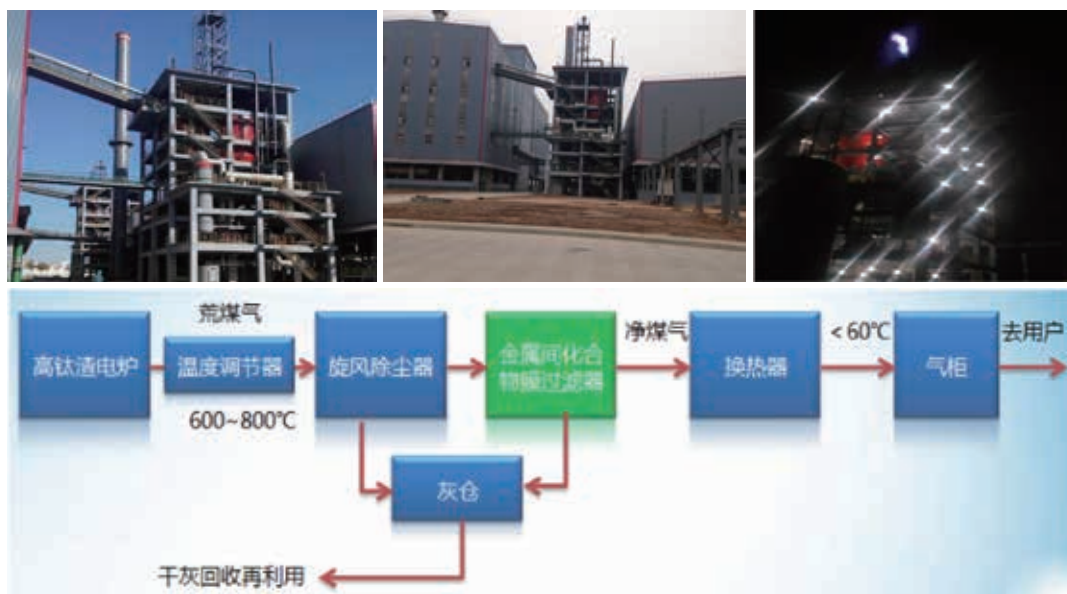


图7 高钛渣矿热炉高温荒煤气过滤

运行情况：气量 14000m³/h；温度 -550 °C；进口粉尘浓度 -150g/m³；出口粉尘浓度 ≤ 5 mg/Nm³；过滤风速 1.5 m/

min；运行阻力 ≤ 5 kPa；首套装置于 2014 年投产运行，至今已稳定运行 3 年；第二套装置于 2015 年投入运行，已稳定运行 2 年。

3. 氧化钼焙烧高温烟气除尘回收项目



图 8 焙烧烟气高温过滤回收氧化钼粉尘

运行情况：气量 11000m³/h；温度 -420 °C；进口粉尘浓度 ≤ 45g/m³；出口粉尘浓度 ≤ 5mg/Nm³；过滤风速 -1.5 m/min；

运行阻力 ≤ 2 kPa；首套装置 2016 年投入运行，稳定运行至今；第二套装置正在建设，预计 2017 年 9 月底投运。

4. 氧化钴焙烧气体净化收尘项目

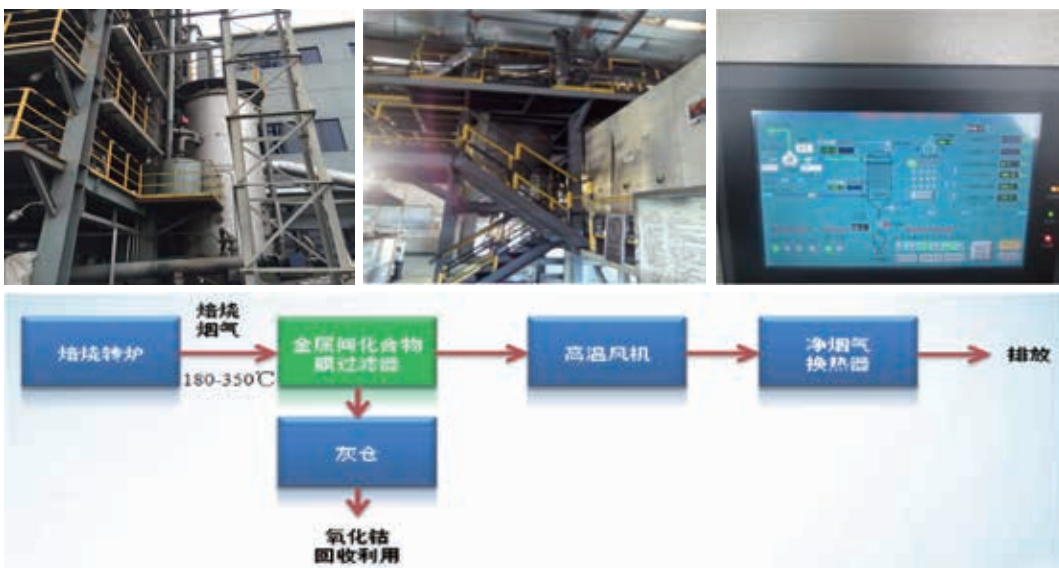


图 9 焙烧烟气高温过滤回收氧化钴粉尘

运行情况：气量 3600m³/h；温度 180-350 °C；进口粉尘浓度 -100g/m³；出口粉尘浓度 ≤ 5mg/Nm³；过滤风速 -1.5 m/min；运行阻力 ≤ 2 kPa；首套装置 2013 年投入运行，至今已稳

定运行 4 年；第二套装置 2015 年投入运行，至今已稳定运行近 2 年；第三套装置正在建设，将于 2017 年底投运。

5. 高温含尘含砷烟气除尘收砷项目



图 10 高温含尘含砷烟气高温除尘及低温回收精白砷

运行情况：气量 45000m³/h；温度 260-350℃；进口 m/min；运行阻力 ≤ 0.8 kPa；2017 年 5 月投产，稳定运行
粉尘浓度 -40g/m³；出口粉尘浓度 ≤ 5mg/Nm³；过滤风速 1.2 至今。

五 效益分析

1. 经济效益

表 1 典型项目经济效益表

| 项目 | 投资回收期（月） | 备注 |
|--|----------|------|
| 2×25500 KVA 铁合金密闭矿热炉荒煤气除尘 | 13.1 | 工艺革新 |
| 2×33000 KVA 高钛渣密闭矿热炉荒煤气除尘 | 5.2 | 工艺革新 |
| 15000 KVA 黄磷电炉冶炼煤气除尘 | 3.6 | 工艺革新 |
| 3000 t/年氧化钴焙烧气体净化收尘 | 4.6 | 工艺升级 |
| 4800 t/年氧化铝高温焙烧气体收尘 | 13.4 | 工艺升级 |
| 45000 m ³ /h 沸腾炉焙烧含砷硫铁矿气体除尘 | 3.4 | 创新工艺 |
| 300 MW 燃煤锅炉 SCR 前除尘气体效益预测 | 48 | 创新工艺 |

表 1 比较可见，YT 高温金属间多孔膜过滤装置通过工程实践及工程预测，可取得优良的经济效益和社会效益、投资回报周期短，特别对于有价粉尘和气体，其投资回报周期在多数 1 年以

内，对于燃煤电厂，投资回报周期已在 4 年以内，具有良好的市场推广价值和前景。

2. 环境效益和社会效益

采用金属间化合物多孔/膜材料的高温气体除尘技术，还可为客户带来如下环境效益和社会效益：

1) 该技术资源回收优势明显。实现有价粉尘的资源化回收，提高有价粉尘的回收率，实现有价气体的回收利用，实现危废资源无害化、有价值；

2) 该技术能源节省、利用充分。通过缩短工艺流程实现能耗降低，通过高温过滤实现高温气体热量的充分利用，通过高精度过滤有效提升换热效率；

3) 该技术环保效益显著。该技术颗粒物排放稳定可靠，最低可达到 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，以处理 $10000\text{Nm}^3/\text{h}$ 气体为例，装置钢材消耗量约为布袋除尘器65%，占地面积缩小40%，过滤元件可回收利用，全生命周期无二次污染；

4) 该技术成就客户实现产品品质有效提升。高温高精度过滤得到高纯度洁净气体，高纯度工艺性气体可作为后续产品的前驱体并提升了下游产品的品质，利用物质的不同相变点实现了物质的分离和产品提纯。

六 结论

成都易态科技有限公司基于金属间化合物多孔/膜材料的高温过滤技术，集金属间化合物多孔/膜材料技术、膜及膜元件制备技术、膜分离技术、膜装备技术、膜系统及工程应用技术于一体，解决了 $200\text{-}600^\circ\text{C}$ 高温气体和粉尘过滤难题，可实现高温气体颗粒物排放浓度稳定达到 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，具有高温、高精度、大通量、低阻力、运行稳定可靠、维护简单、使用寿命长、性价比

高、环境友善等九大特点。该技术成果拥有自主知识产权，获得2项国际发明专利、103项国家发明专利、38项实用新型专利，工程应用系统集成技术稳定可靠，已在多个工业领域成功应用，有力推动了产业升级和节能环保，实现了清洁生产，环境效益、经济效益和社会效益显著。该技术已通过国家科技成果鉴定，建议进一步加大推广力度。



低温多效蒸馏海水淡化技术在钢铁企业节能减排中的应用

首钢京唐钢铁联合有限责任公司 吴礼云 杨荣力 唐智新 吴刚 孙雪

【摘要】结合京唐公司建设海水淡化的实践经验,介绍了LT-MED海水淡化在钢铁企业节能减排中作用。不仅可以实现源梯级利用,而且实现工业废水零排放,并通过海水综合利用实现浓盐水零排放及CO₂减排,具有较好的经济效益、环境效益和社会效益,为沿海钢铁企业海水淡化及海水综合利用的建设提供借鉴。

【关键词】低温多效蒸馏 海水淡化 钢铁企业 节能减排

海水淡化作为一种淡水增量技术,经过40多年的发展,技术日趋成熟,应用地区和规模越来越大,已成为解决沿海国家和地区淡水紧缺问题的一种有效技术手段。目前海水淡化技术有几十种,现阶段国内大规模工程化应用的主要包括以反渗透(RO)为主的膜法海水淡化技术和以低温多效蒸馏(LT-MED)为主热法海水淡化技术。LT-MED海水淡化技术是指在真空情况下,盐水的最高蒸发温度低于70℃的淡化技术。与其它海水淡化技术相比,其具有以下优势:(1)操作温度低;(2)海水预处理简单;

(3)系统操作弹性大;(4)系统热效率高等优点。

若将LT-MED海水淡化装置与钢铁行业相结合,可实现资源互补协同发展,不但可以保障钢铁企业生产的用水需求,而且对于钢铁企业的余热余能资源有效利用、电及蒸汽系统平衡发挥重要作用,有利于推动钢铁企业技术升级和循环经济模式的形成。本文结合首钢京唐钢铁联合有限责任公司(以下简称京唐公司)建设海水淡化的实践经验,介绍了LT-MED海水淡化在钢铁企业节能减排中作用,这种作用主要体现在节水、节能、低碳环保等方面。

一 实现能源梯级利用

钢铁工业是国民经济的重要产业,也是耗能大户,能源消耗约占全国工业总能耗的15%,但能源的利用效率仅为30%-50%,其余大部分能量转换为各种形式的二次能源。目前我国钢铁企业的二次能源回收率比较低,绝大多数钢铁企业的二次能源回收率未能超过50%,许多中小钢铁企业的二次能源回收更是刚刚开始,而国外先进钢铁企业对二次能源的回收率均在90%以上,如日本的新日铁已达92%。在当前我国钢铁行业面临严重产能过剩和环保要求日益严格的情况下,如何实现二次能源的有效利用以降低经营成本及减轻环保压力,应成为钢铁企业关注的焦点。

LT-MED海水淡化技术可以适应多种热源,尤其是低品位热

源,如汽轮机发电后的乏汽及高炉冲渣水、循环冷却水、低温烟气等低温热源产生的低品质蒸汽。沿海钢铁企业可以按照“能级匹配”、“梯级利用”的原则,建立以LT-MED海水淡化为核心的钢铁企业二次能源利用关键技术,如图1所示。

以钢铁企业富裕煤气及其它高品质余热资源(如干熄焦余热、烧结余热、热轧余热等)为热源,通过煤气锅炉及余热锅炉生产高品质蒸汽,高品质蒸汽首先用于发电,然后再将发电后的乏汽供给LT-MED海水淡化装置制备淡水。此外,低品质余热资源(如高炉冲渣水、循环冷却水、低温烟气等)通过换热器将热量传递给除盐水,除盐水再通过闪蒸罐生成低品质蒸汽供给LT-MED海水淡化装置制备淡水。

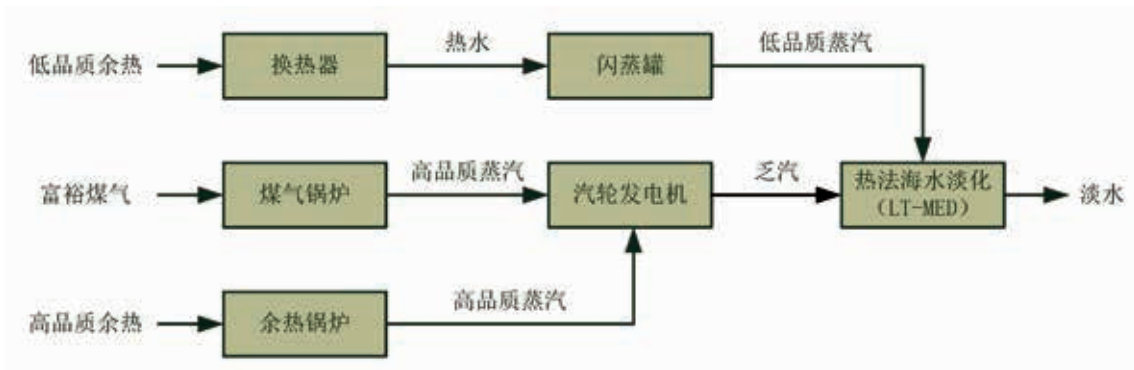


图1 能源梯级利用示意图

以钢铁企业富裕煤气及其它高品质余热资源(如干熄焦余热、烧结余热、热轧余热等)为热源,通过煤气锅炉及余热锅炉生产高品质蒸汽,高品质蒸汽首先用于发电,然后再将发电后的乏汽供给LT-MED海水淡化装置制备淡化水。此外,低品质余热资源(如高炉冲渣水、循环冷却水、低温烟气等)通过换热器将热量传递给除盐水,除盐水再通过闪蒸罐生成低品质蒸汽供给LT-MED海水淡化装置制备淡化水。

京唐公司建有4套LT-MED海水淡化装置,单套产量为1.25万m³/d。根据设计,海水淡化蒸汽汽源有2种:一是自备电站

300MW发电机组汽轮机抽汽,抽汽的压力为0.6-0.8MPa、温度220-250℃;二是厂区管网蒸汽,蒸汽的压力为0.9-1.1MPa、温度为250-280℃,蒸汽经过减温减压后供给海水淡化装置使用。为进一步发挥LT-MED海水淡化装置对低端余热的利用能力,降低海水淡化的制水成本,在其中2套海水淡化装置的主蒸汽入口前分别配置了中温中压汽轮发电机组,利用汽轮机末端负压排汽供给海水淡化装置制备除盐水。京唐公司海水淡化前置发电工艺流程如图2所示。

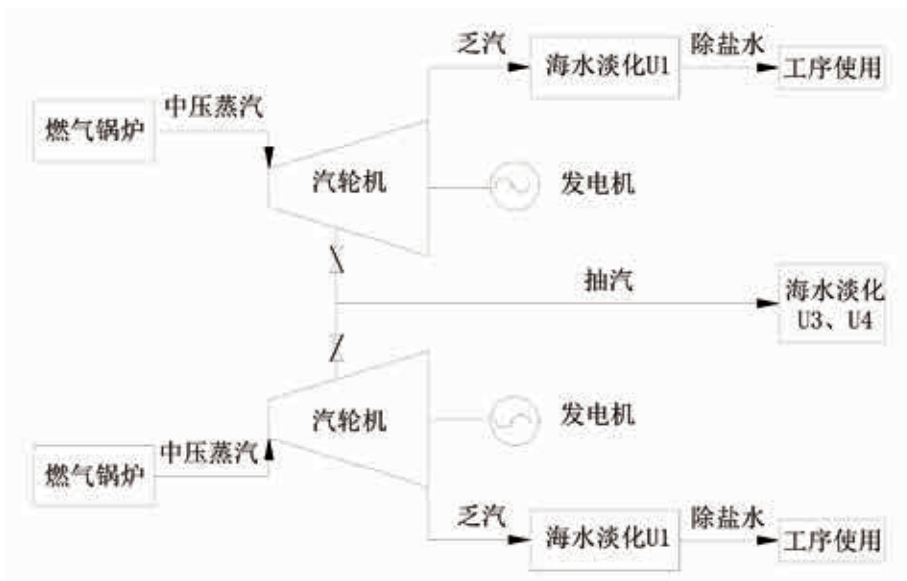


图2 海水淡化前置发电工艺流程示意图

京唐公司海水淡化前置发电工艺利用2台130t/h工业锅炉燃用钢厂富裕煤气,产生中压蒸汽(压力为3.82MPa、温度为450℃)推动2台25MW汽轮发电机组发电,将发电后的乏汽(压力为0.03-0.035MPa、温度为69-73℃)直接供其中2套海水淡化装置制水,同时从汽轮机抽汽(压力为0.6-0.8MPa、温度为

220-250℃)供另外2套海水淡化装置制水。该技术充分利用了LT-MED海水淡化装置对蒸汽温度要求低的特点,完全取代汽轮机凝汽器,利用被凝汽器循环冷却水带走的部分热量制水,从而将系统热效率提高至82%以上,不但降低了海水淡化制水成本,而且还减少了凝汽器及其附属设备的投资及运行费用。

二 实现废水零排放

钢铁工业作为我国基础产业，既是用水大户，也是排污大户。随着水资源日益短缺及环保要求越来越高，如何保障供水安全及排污控制成为了钢铁行业的关键问题。解决我国钢铁行业生产用水的重要手段之一就是开发利用非常规水源，如海水淡化、中水及雨水回用等。中水回用是提高水资源综合利用率，减轻水体污染的有效途径之一，既能减少水环境污染，又可以缓解水资源紧缺的矛盾。目前，国内钢铁企业基本都采用膜法将中水进行深度脱盐处理后再回用，但该方法会产生一定量的浓盐水，使用范围

狭窄，若直接排放又会造成环境污染。

沿海钢铁企业可以利用临海优势，结合自身能源优势，采用热法海水淡化方式取得优质淡化水，利用淡化水含盐量较低的特点对工业废水中的含盐量进行稀释，使其水质恢复到工业新水水质指标，以达到回用的目的，如图 3 所示。该技术不但实现了工业废水的零排放，而且可以回收市政污水。目前该技术已在京唐公司成功应用，年可以回收废水 1500 万吨左右。

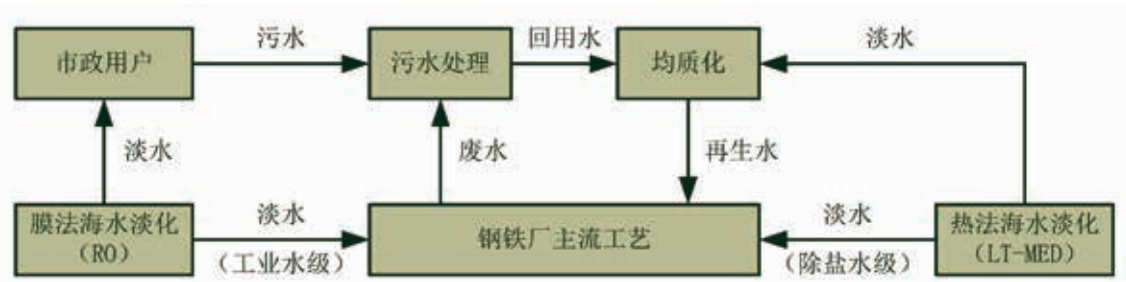


图 3 废水零排放工艺示意图

三 实现 CO₂ 减排

海水中存在着大量的钙、镁等离子，在海水淡化过程中，容易形成的碳酸盐及硫酸盐等物质，因其溶解度较小极易形成沉淀，影响热法海水淡化换热管的传热效率及膜法海水淡化膜的寿命，不仅影响海水淡化的正常生产，而且增加能耗和物耗。若能利用 CO₂ 对海水进行预处理，去除海水中的钙、镁离子，不仅可以解决海水过程中的结垢问题，还可以减少了 CO₂ 排放，缓解对环境的污染。钢铁企业一般通过煅烧石灰石（CaCO₃）以获得炼钢所需的氧化钙（CaO），而副产的 CO₂ 直接排入大气。如图 4 所示，

可以利用白灰窑等烟道气中的 CO₂ 对海水预处理，去除海水中的钙、镁等易结垢离子，在实现 CO₂ 减排的同时，并获得碳酸钙（粉末状）及氢氧化镁副产品。其中碳酸钙可以用于烧结混料；氢氧化镁是非常高效的脱硫剂，可用于钢铁企业各个工序环保设施的脱硫，脱硫后产生的硫酸镁可作为化肥原料。这一技术路线在起到固碳、脱硫环保作用的同时，可以将海水中的钙、镁离子去除，对后续海水综合利用也起着十分重要的作用。

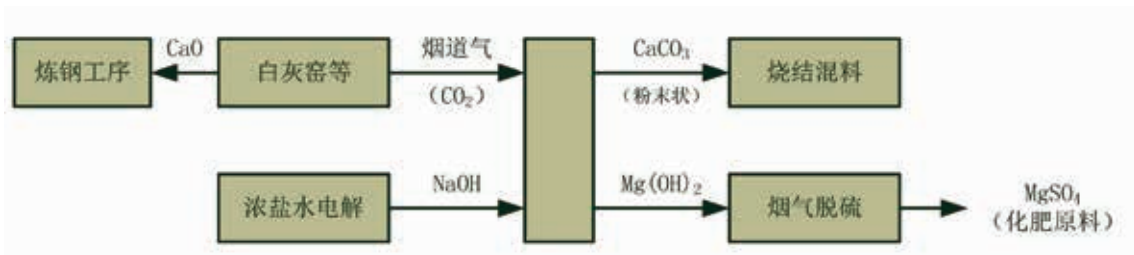


图 4 海水除硬预处理示意图

四 实现海水综合利用

目前，我国沿海地区水资源短缺日益严重，近 90% 的沿海城市存在不同程度缺水问题。随着钢铁、化工等耗水企业加速向沿海地区转移，沿海城市缺水问题将进一步加剧。因此，钢

铁企业应发挥自身优势，充分利用海水资源，开发海水综合利用关键技术，在解决企业自身用水的同时，实现节能减排，如图 5 所示。



图 5 海水综合利用示意图

海水首先用于自备电站直流冷却系统，产生的温排水一部分用于海水脱硫，其余部分用于海水淡化。用于海水淡化的温排水先通过特殊的预处理系统去除海水中的钙、镁等产生硬度的离子，然后作为反渗透海水淡化的原料水，减小其运行压力。膜法海水淡化产生的浓海水作为 LT-MED 海水淡化的原料水，使浓海水进一步浓缩，提高其含盐量。LT-MED 海水淡化产生的浓盐水作为后续盐化工的原料，提取溴、钾、钠等有用物质，使资源利用达

到最大化。

通过该技术路线，一方面充分利用了钢铁企业低温余热资源，提高钢铁企业的能源利用效率，并保障了冬季沿海地区（尤其北方沿海地区）反渗透海水淡化稳定运行；另一方面提高了淡水的回收率，减少了取排水设施的建设规模，有利于建设成本的降低；更重要的是实现了海水综合利用零排放，有效降低了海水淡化的成本，并减少了对海洋生态环境的影响。

五 结语

沿海钢铁企业可以发挥钢铁企业综合性优势，充分利用海水资源，建立以海水淡化为依托的循环经济产业链，实现节能减排，

如图 6 所示。

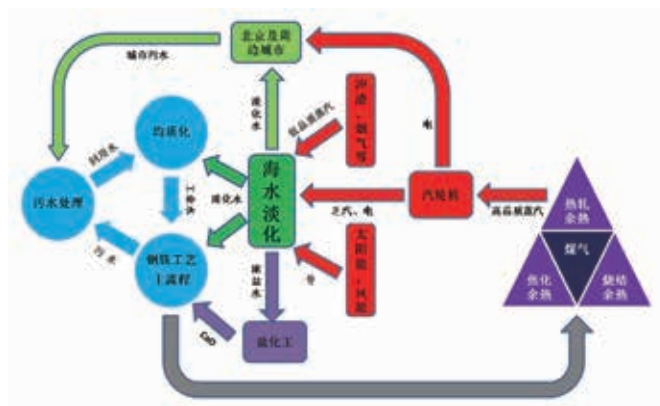


图 6 建立以海水淡化为依托的钢铁企业循环经济产业链

该产业链以海水淡化为核心，通过能源梯级利用、海水综合利用、淡水循环利用、低碳环保等关键技术的研发及应用，将发电、海水综合利用、废弃物资源化再利用有机地结合起来，形成一个

以海水综合利用为主线，以“热电水盐”联产为特色的完整的资源节约、环境友好、效益显著的循环经济产业链，为沿海钢铁企业海水淡化及海水综合利用的建设提供借鉴。

A-O-MBR 工艺低温环境 对垃圾渗滤液的处理研究

柳州森淼环保技术开发有限公司

垃圾填埋渗滤液中含有多种难降解有机成分及氨氮，具有污染物浓度高、毒性强，水质水量波动大等特点，属于难降解有机废水。特别在冬季，此时垃圾渗滤液具有晚期垃圾渗滤液特点，产量少，可生化性低，同时低温一定程度上抑制了污泥中功能微生物活性，因此，处理难度更大。传统工艺如氧化沟和 SBR，在冬季气温低时运行，污染物去除率明显降低。A-O-MBR 是一项用于垃圾渗滤液处理的新型组合工艺，目前在垃圾渗滤液处理中已有不少应用。但其低温下的运行规律目前尚无

深入探讨，此外，目前应用的 MBR 多为外置式 MBR，内置平板式 MBR 应用较少。

本研究采用内置平板式 MBR 膜组件，研发制备采用 A-O-MBR 组合工艺的中试规模实验装置。2010 年 10 月至 2011 年 2 月期间，在某垃圾填埋场现场处理垃圾渗滤液，研究低温环境下 A-O-MBR 组合工艺处理垃圾渗滤液的可行性，考察平板 MBR 对垃圾渗滤液处理的适用性，初步探讨低温环境下 A-O-MBR 的运行规律和机理。

一 实验部分

1. 实验装置

实验装置为钢结构，总容积 $3\text{m} \times 6\text{m} \times 2.8\text{m}$ ，分为同容积连体四个池，分别为 A 池、O1 池、O2 池和 MBR 池（图 1）。A

池内设搅拌机搅拌，O 池和 MBR 池内设曝气，从 MBR 池至 A 池内设回流。MBR 膜组件采用森淼环保技术开发有限公司生产平板 MBR 膜组件，膜面积共 70m^2 。

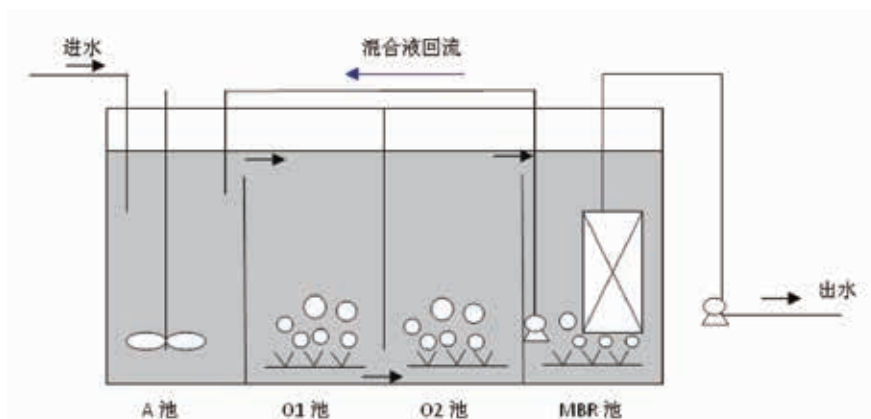


图 1 A-O-MBR 实验装置示意图

2. 污泥驯化

2010 年 9-10 月进行污泥驯化。以垃圾填埋场渗滤液处理站氧化沟污泥为接种污泥，通过排上清和重复进泥，浓缩污泥，至 MBR 池 MLSS 在 10000mg/L 左右。闷曝 1 晚后，以垃圾渗滤液调节池出水为进水，在 1/5 设计流量下连续运行，至 COD 去除

率稳定达 70% 以上， $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率稳定达到 80% 以上，标志污泥驯化初步成熟。然后，逐步提高运行水量至设计流量 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ，COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率无明显降低，标志污泥驯化完成。污泥驯化阶段进水水质如表 1 所示。

表 1 污泥驯化阶段进水水质

| 水质指标 | COD(mg/L) | NH ₃ -N(mg/L) | pH | 水温 (°C) |
|------|-----------|--------------------------|-----|---------|
| 平均值 | 2185 | 851 | 8.3 | 25 |
| 波动范围 | 1348-3328 | 628-926 | 7-9 | 20-30 |

3. 运行过程

2010 年 11 月 -2011 年 2 月，除去现场停电等意外情况，设备连续稳定运行 80 天。运行期间，各池污泥浓度维持在 10000mg/L-15000mg/L，DO、pH 和温度等具体情况如表 2、3 所示。

表 2 各单元工艺参数控制

| 参数 | A 池 | O1 池 | O2 池 | MBR 池 |
|-------------|---------|-------|------|-------|
| DO (mg/L) | 0.2-0.5 | 0.5-1 | 1-2 | 3-6 |
| pH | 7-8 | 7-8 | 7-8 | 6-8 |

表 3 工艺运行基本参数

| 运行时间 (d) | 水温 (oC) | 进水 pH | 内回流比 |
|------------|-----------|-------|------|
| 1-35 | 22(20-25) | 7-9 | 3:1 |
| 36-55 | 13(10-16) | 7-9 | 3:1 |
| 56-80 | 8(4-11) | 7-9 | 3:1 |

4. 实验指标检测

COD : HACH 快速消解，分光光度法测定；NH₃⁻N: 纳氏试剂分光光度法；NO₂⁻N : N-(1- 萘基) - 乙二胺光度法；NO₃⁻N :

紫外分光光度法。由于垃圾渗滤液在调节池中停留时间很长，有机氮含量较少，因此以 NH₃⁻N、NO₂⁻N 和 NO₃⁻N 之和计为 TN。试验所用药品均为分析纯。

二 结果与分析

1.COD 的去除

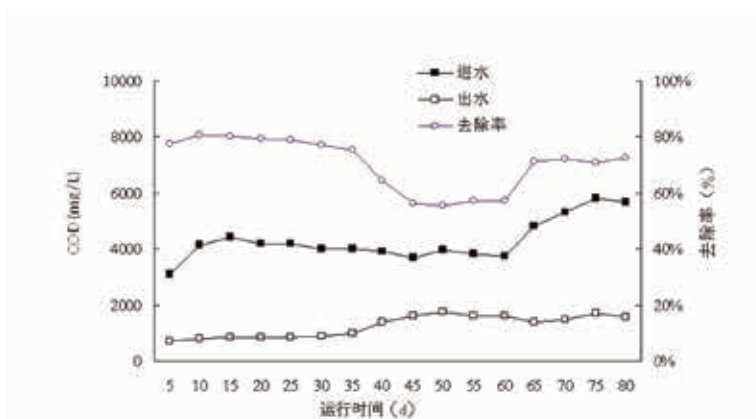


图 1 A-O-MBR 对垃圾渗滤液 COD 的去除

如图 1 所示，系统对 COD 的去除效率受进水成分影响较大。从第 35 天开始，虽然气温和进水 COD 变化不明显，但出水 COD 明显增加，由 1000mg/L 升至近 2000mg/L，之后虽有进水水质波动和气温下降，出水 COD 无明显波动。垃圾渗滤液中

含有部分灰黄霉酸等生化降解部分，此部分含量随垃圾成分，填埋方式和季节不同而有变化。一般来说，冬季垃圾渗滤液性质类似晚期垃圾渗滤液，可生化性较差，难降解成分相对更多。

在第 III 阶段，平均气温 8℃，MBR 进水 COD482-85827

mg/L 时, 出水 COD 在 1377-1714mg/L, 去除率稳定在 70-75%。同期运行的渗滤液处理站氧化沟二沉池出水 COD 高于 MBR 池出水, 说明在低温环境下, 相对传统工艺, MBR 工艺对 COD 的去除有优势。原因是, MBR 工艺泥龄较长, 对环境冲击

如温度, 适应性较强, 因此即使低温环境下也能达到较高的去除率。在如此低温下, MBR 对 COD 的去除效率未见文献报道, 对 A-O-MBR 工艺的工程应用有一定参考价值。

2. 氨氮的去除

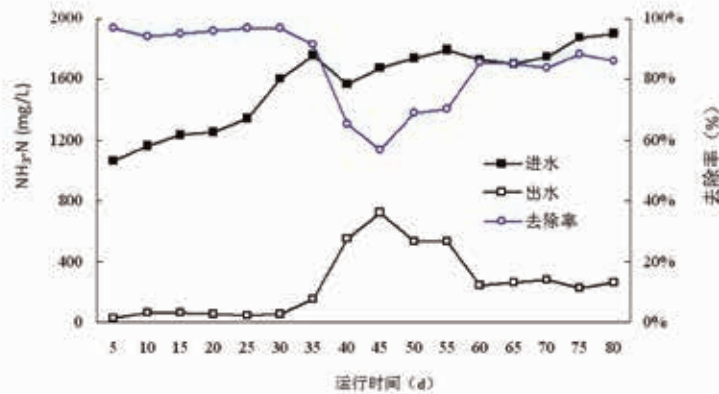


图2 A-O-MBR 对垃圾渗滤液 NH₃-N 的去除

如图 2 所示, 系统对 NH₃-N 的去除受进水 NH₃-N 浓度变化影响较大。运行期间, 进水 NH₃-N 逐步上涨, 在第 25d-35d, 进水 NH₃-N 涨幅最大, 由 1305mg/L 升至 1864mg/L, 之后维持在 1800mg/L 左右。受此冲击, 出水 NH₃-N 由 50mg/L 升至最高 722mg/L, 之后逐步回落, 稳定在 250mg/L, 说明系统对进水 NH₃-N 浓度冲击有较强适应性。

在第 60d-80d, 进水 NH₃-N 1700-1826mg/L 时, 出水 COD 在 221-283mg/L, 去除率稳定在 84% 以上, 明显优于同期运行渗滤液处理站氧化沟出水。

3. TN 的去除

由于仪器故障, 第 21d-50d TN 数据缺失。由图 4 可知, 在 1-20d, 去除率在 60%-80%。孟了等利用 MBR 处理垃圾渗滤液, 运行水温 28℃, C/N 比 3:1 左右时, TN 去除效率 70%, 与此结果相符。在第 60d-80d, 进水 TN 1926-2104 mg/L 时, 出水 TN 在 800mg/L 左右, 去除率有一定下降稳定在 55% 以上, 说明温度低, TN 去除效率受低温影响。研究表明, SBR 工艺处理垃圾渗滤液时, 冬季 TN 去除效率为 30%, 殷琨等也报道, Orbal 氧化沟处理垃圾渗滤液时, 冬季具有去除效率低问题, 说明 MBR 工艺对垃圾渗滤液 TN 的去除相对传统工艺有一定优越性。

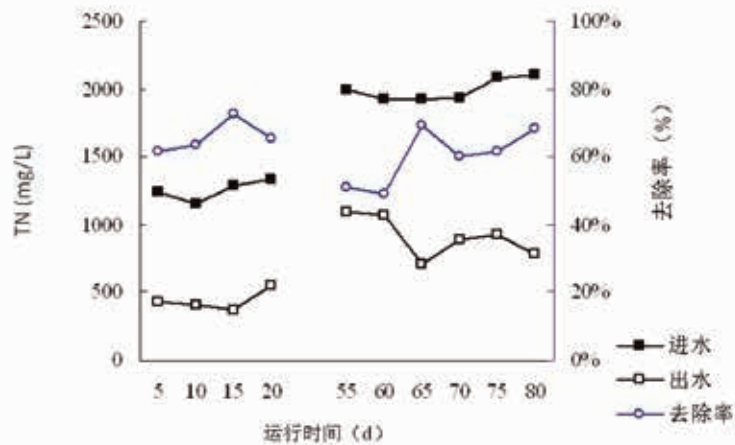


图4 A-O-MBR 对垃圾渗滤液 TN 的去除

4. 脱氮机理分析

工艺采用的 MBR 为浸没式平板 MBR，污泥浓度较高，运行过程中维持在 10000mg/L-15000mg/L，高于活性污泥法，也高于浸没式中空纤维 MBR，提高了硝化系统对低温的适应性，在低温下也维持了较高的脱氮效率。

在本研究中，在最后 20d，MBR 池中出水亚硝氮 (NO_2^-) 波动范围 120mg/L-277 mg/L，说明形成部分短程硝化反硝化(图 5)。短程硝化反硝化，即由 NO_2^- 阶段直接进行反硝化阶段，节省 C 源用量和反应空间。而在 1d-20d，MBR 池发生完全硝化反

硝化，两个阶段运行相比，除温度外，DO，运行负荷，等参数无明显变化，说明后期形成的部分短程硝化反硝化主要由于温度影响形成。这是因为，低温对硝酸菌抑制程度高于亚硝酸菌。复合式 A/O 工艺、SBR 工艺和 MBR 工艺等处理垃圾渗滤液时都实现了实现短程硝化反硝化，但这些研究多是实验室研究，未探讨反应温度的影响。本研究证实了，在低温下 MBR 工艺中，垃圾渗滤液能稳定实现部分短程硝化反硝化，这也是 A-O-MBR 低温下有较高 TN 去除率的原因之一。

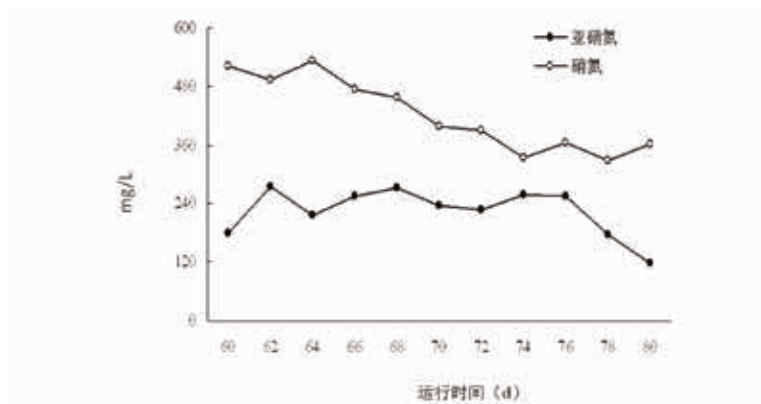


图 5 A-O-MBR 出水亚硝氮和硝氮

结论

在温度 5°C -15°C 时，A-O-MBR 处理垃圾渗滤液，效果较好，初步证实工艺可行。虽然垃圾渗滤液进水污染物浓度增加，可生化性降低，COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 TN 去除率分别达 70%、84% 和 55% 以上。

工艺采用的浸没式平板 MBR，维持高污泥浓度，此外，系统在低温下稳定实现部分短程硝化反硝化，是工艺能高效去除 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 TN 等污染物的重要原因。



节能减排一体化技术

——烟气深度净化及余热回收

青岛高校信息产业股份有限公司 辛港 贺岩 赵小鹏 王振岗 李秀福

一 技术背景

节能减排、低碳发展是我国生态建设的重要内容。长期以来，我国节能应用技术研究基本上沿着能源替代和能效动态优化方向，减排技术沿着过程资源利用效率和末端治理方向深化和展开，受特定条件限制很难将减排技术与节能技术有机结合起来，因而一些减排技术一次投资大，运行成本高，直接影响企业的生存竞争。尤其在燃煤发电等行业废气排放治理方面尤为明显。

纵观燃煤发电供热行业，过去燃煤燃烧后的排烟为黑烟（图



图1 过去“黑烟”

烟气中“水雾”的存在，影响酸性气体及其他污染物（如垃圾锅炉产生二噁英）在大气中的扩散，污染物随着液滴在很短距离内就会沉降到地面，在排放源附近聚集、浓缩，造成厂区局部污染。现有解决此问题的方法是在烟囱末端加装烟气加热装置

1），主要包括粉尘、酸性气体、CO₂、水蒸汽等。现在经过一系列除尘、脱硫、脱硝处理之后排出的烟气为白烟（图2），主要包括少量酸性气体、CO₂、水蒸汽。虽然较过去有明显改善，对环境污染大幅减小，可是仍存在一些危害。

烟囱排出的滚滚白烟实质上是烟气中水蒸汽在烟囱出口与环境空气混合后降温冷凝成的小水滴，其内部含有一定量的酸性气体如：SO₂、SO₃等，容易形成酸蚀。因此有研究认为脱硫后烟气对烟囱的腐蚀比脱硫前更厉害。



图2 现在“白烟”

（GGH等），将烟气加热至80℃以上，以增大烟气的扩散半径，使水蒸气在远离烟囱出口的区域凝结，造成巨大的能源浪费。

基于上述背景，以浙江大学强大的科研实力为支撑，提出了针对燃煤锅炉等一系列烟气深度净化与余热回收的解决方案。

二 技术应用简介

烟气深度净化及余热回收一体化技术（图3）在深度净化烟气的同时可以回收烟气中气化潜热，不仅实现了环保设备的高效

除尘、脱硫，而且解决了传统烟气处理技术无法解决的“脱水”、“热回收”问题。热湿废气余热主要包括两部分，一部分是废气显热，

直接表现为废气干球温度，干球温度越高，显热越大；另一部分是气化潜热，以废气的含湿量为指标，相同温度下，废气含湿量

越高，潜热越大。

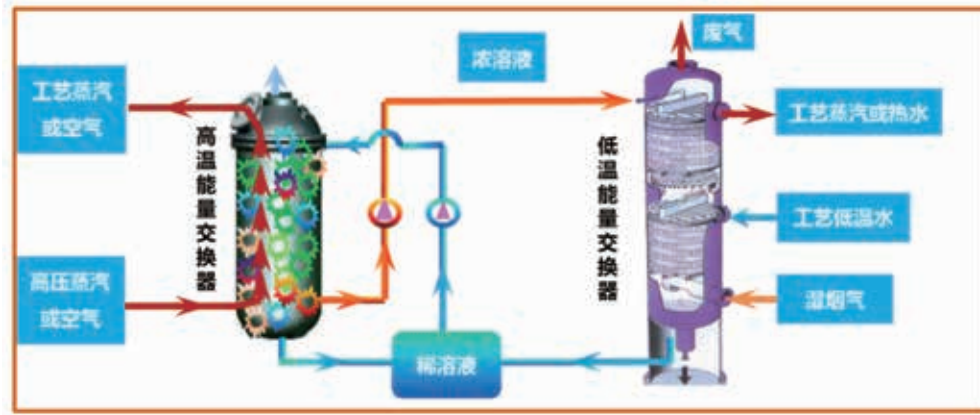
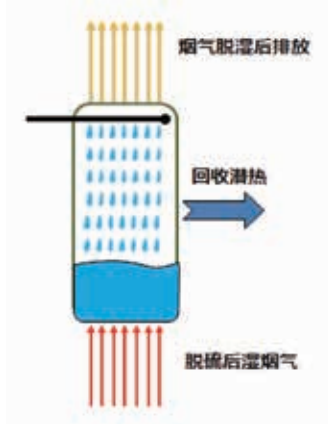


图3 烟气深度净化及余热回收一体化技术

本技术原理（图4）是通过特殊吸收溶液对湿热废气的喷淋吸收作用，达到将废气中汽化潜热释放出来的目的，进而加热工

艺水，最终实现低品质余热的回收利用。



- ◆溶液具有很强的吸收性
- ◆脱除“气溶胶”中的水蒸气、粉尘及其他有害物质
- ◆“湿气”在液化后释放大量潜热
- ◆吸收过程的温度不降反升

图4 烟气深度净化及余热回收一体化技术示意图

三 技术路线和特点

1. 系统构成

烟气深度净化及余热回收利用一体化技术主要由烟气系统、溶液系统、水系统、驱动蒸汽系统、沉淀处理系统和电气及热工控制系统六大系统组成。

烟气系统：脱硫除尘后的饱和湿烟气，进入低温能量转换器，经过浓溶液吸收，脱除烟气中水分，硫份，粉尘，变为洁净干烟气排出；烟气中水蒸气被溶液吸收，释放出气化潜热，此过程实现烟气深度净化与余热回收；

驱动蒸汽系统：抽取的0.4MPa-1.0MPa蒸汽，作为高温能

量转换器的驱动热源，将稀溶液浓缩至浓溶液，蒸汽冷凝水回收至锅炉，过程中产生的二次蒸汽作为热源继续加热，二次蒸汽放热后冷凝水回收至厂内中水；

水系统：常温除盐水首先进入低温能量转换器，吸热升温至60℃，然后泵入热水箱，在热水箱中被高温能量转换器的二次蒸汽加热至80℃，然后进入除氧器继续被蒸汽加热。

溶液系统：低温能量转换器中的稀溶液经过PH值调节，以及分离、脱除生成的脱硫产物后泵入高温能量转换器，进行浓缩，变为浓溶液，泵入低温能量转换器继续处理烟气。

沉淀处理系统：沉淀处理系统需要根据溶液进出口的浓度变化，确定容器内的沉淀量，以及确定是否需要进行沉淀的过滤及清理，溶液经过一级旋流、二级旋流，最后经过真空皮带脱水机排除沉淀物。

电气及热工控制系统：系统通过分布在整个烟气深度净化及余热回收系统的所有监测点，将相关控制数据全部上传到中控室电脑，从而实现中控室集中控制。

2. 技术特点

突破常规换热传热温差限制，在不降低热源温度的工况下，高效回收余热，提升余热品质，回收常规换热技术无法利用的汽

化潜热。

采用液态吸湿剂吸收热湿空气中的水蒸气，以气液换热的方式替代常规气液换热，加快了传热速度，提高余热的回收效率以及回收品质。

具有良好的除湿效果，从多方面净化烟气，不仅脱除烟气中水分，还可减少粉尘、二氧化硫、氮氧化物等多种污染物，降低PM2.5排放。

节能环保协同进行，以节能收益支付环保投入，使传统“环保设备”具有经济收益，提高企业环保积极性。

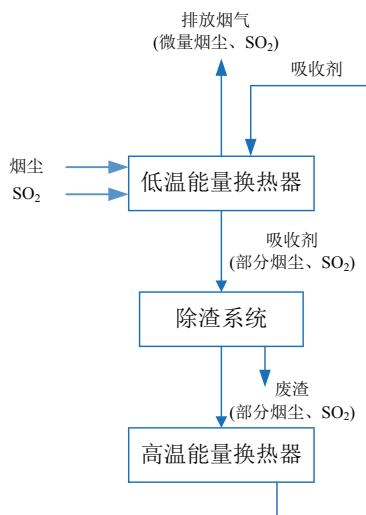
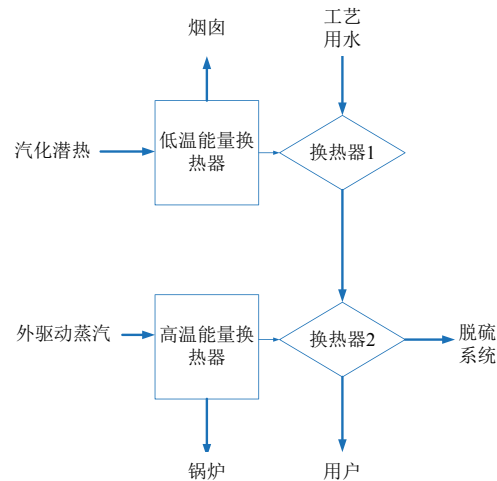


图5 烟气净化及余热回收路线图



3. 技术路线

烟气净化路线：烟气首先进入低温能量换热器，经过高浓度吸收剂的喷淋作用，脱除烟气中水分，硫份，粉尘，变为洁净干烟气排出，脱除出来的部分烟尘和二氧化硫进入除渣系统，沉淀后经过旋流形成废渣，吸收剂与水蒸汽结合后浓度变低，经过高温能量换热器后，水份被蒸发出来，吸收剂浓度变高，然后继续

进行喷淋。

余热回收路线：烟气中水蒸气经过低温能量换热器被喷淋溶液吸收，释放出汽化潜热，然后通过换热器1来加热工艺用水；外驱动蒸汽通过高温能量换热器对稀溶液加热并产生二次蒸汽，外驱动蒸汽冷凝后变为锅炉补水，同时二次蒸汽通过换热器2对工艺用水进一步加热供给用户，冷凝后的二次蒸汽进入脱硫系统。

四 案例分析

烟气深度净化及余热回收一体化技术在燃煤锅炉烟气治理过程中的应用

以某企业非供暖季锅炉出力 35t/h，供暖季锅炉出力 55t/h 为案例。改造前，燃煤锅炉常温补水经过冷渣、锅炉排污、省煤器等环节加热后送入锅炉汽包，除盐水预热的存在“高能低用”的情况， η 损失大。

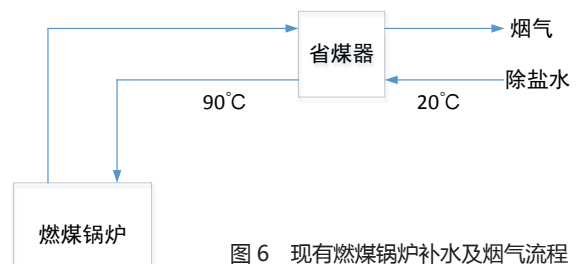


图6 现有燃煤锅炉补水及烟气流程

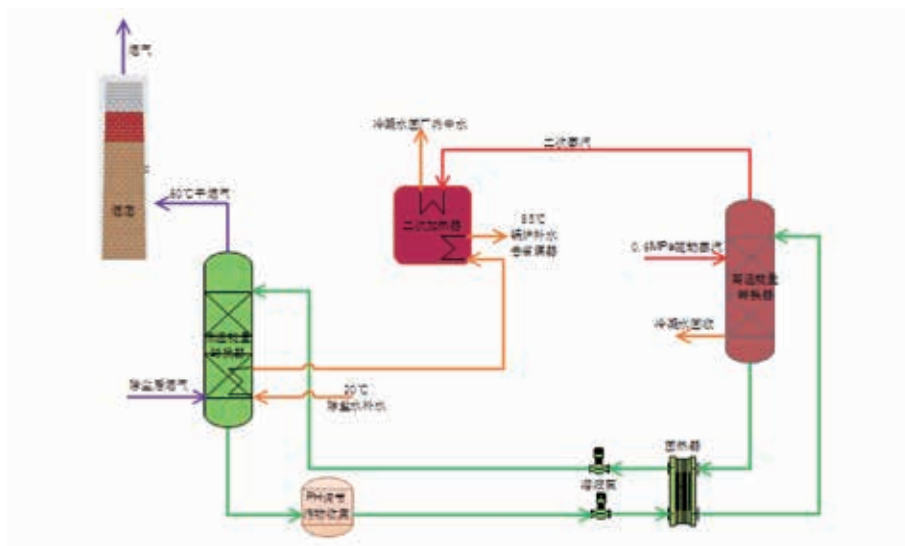


图7 燃煤锅炉深度净化及余热回收一体化流程

技术改造项目完成后,可回收烟气余热用于加热锅炉除盐水,同时实现节能和环保的目的,在节能方面,非供暖季净回收余热 796kW,折合 8238.9GJ,供暖季净回收余热 1246.7kW,折 8720GJ,全年总净节能 16958.9GJ,折合标煤 579 吨,净节能收益 118.7 万元。在环保方面,可实现烟气含尘低于 5mg/

Nm³, SO₂ 排放低于 35mg/Nm³, 实现超低排放。根据季节不同,溶液对烟气中水分的去除率高达 40%-70%,排出的烟气看不见“白雾”,消除“烟囱雨”现象,回收水可直接用于脱硫补水。烟气经过低温能量转换器后温升 10℃ -30℃,保证排放温度 ≥ 60℃,提高烟气抬升力,利于烟气快速消散。

五 展望

根据国务院《大气污染防治行动计划》、《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014-2020年)》、《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》,全面实施超低排放和节能改造,是推进煤炭清洁化利用、改善大气环境质量、缓解资源约束的

重要举措。企业排放现状距离超低排放标准烟尘 ≤ 5mg/Nm³ 和 SO₂ ≤ 35mg/Nm³ 有很大差距。同时,工业系统中的湿废气量巨大,对其余热进行回收具有较高的实用价值和利用空间。因此,烟气深度净化及余热回收一体化技术具有广泛的应用前景。



表面过滤技术在垃圾焚烧发电厂 烟气脱酸净化中的作用

戈尔工业品(上海)有限公司 孙宏 杨伟才

【摘要】随着中国城市的发展,垃圾焚烧工程获得兴起。对焚烧后尾气的处理技术提出了越来越高的要求。基于“表面过滤”理论的 Gore® 过滤技术,不但为粉尘达到欧盟标准提供了技术保障,而且为脱酸/硫后续反应提供了反应界面,在实际中可以有效节约反应剂。

【关键词】烟气净化 垃圾焚烧 袋滤技术 过滤 脱硫

本世纪头二十年是我国发展的重要战略机遇期,“十一五”是承前启后的重要时期。在这期间,国家将全面贯彻落实科学发展观,建设资源节约型、环境友好型社会,大力发展循环经济,统筹经济社会发展,统筹人与自然和谐发展,实现城市生活垃圾管理可持续发展。根据建设部第27号令《城市生活垃圾管理办法》,《中华人民共和国固体废物污染防治法》(2005年4月1日),及《关于编制“十一五”城市生活垃圾无害化处理设施建设规划的通知》(发改办投资[2005]666号)的精神。“十一五”期间,全国城市生活垃圾无害化率将达到40%;鼓励东部地区经济发展地区选用先进的焚烧处理技术,减少原生生活垃圾填埋量,节省

土地资源,东部地区设市城市的焚烧处理率将达到新的高度,而目前,我国的垃圾焚烧率不足7%。因此,城市生活垃圾焚烧处理技术在“十一五”期间在我国将会迎来一个发展期。

从技术上讲,生活垃圾焚烧处理技术具有“无害化”、“资源化”、“减量化”的特点,但焚烧以后的烟气净化技术具有一定难度。目前广泛采用半干法、干法加袋式收尘技术这一经典的路线。实现表面过滤的布袋除尘器,在现代化的垃圾焚烧发电厂中不但起到环保的作用(达到欧盟粉尘排放要求),而且提供一个后续反应的平台,也称为“布袋反应器”,同时节约了反应剂和吸附剂。

一 薄膜滤袋及其性能特点

1. 薄膜滤袋

由戈尔公司研制的 GORE® 薄膜滤袋,其过滤表面是一层用戈尔专利生产的“膨体”专利技术制成的多微孔,极光滑的 ePTFE(膨体聚四氟乙烯)薄膜。由于薄膜的纤维组织极为细密(能使粉尘粒子无法“穿越”薄膜,而使粉尘排放量接近于零的水平;又由于 ePTFE 薄膜本身具有不粘尘,憎水和化学性能稳定等特性,因此清灰性能极佳。

2. “深层过滤”与“表面过滤”技术

用普通滤料过滤,最初接触滤料的粉尘将会滞留在滤料表面,

形成“一次尘”使滤料孔隙率减少而提高过滤效率。“深层过滤”就是利用普通滤料上形成的“一次尘”来达到过滤粉尘的目的。随着过滤的进行,粉尘会顺气流压力不断渗入滤料,导致运行阻力不断上升,系统处理风量下降,能耗增加,并使滤袋工作寿命大大缩短。另外,由于“一次尘”的存在,在处理含湿量大的气体时,滤料就容易“板结”而过早失效。

从本质上看,PTFE 薄膜滤料就象是一层事先由厂家做好的,质量可控的人造一次粉尘层,也就是利用一张质密而又多孔的薄

膜实现使粉尘全部沉积在滤料表面的过滤技术，而且薄膜极易清灰，操作压降较低，称之为“表面过滤”。目前世界上袋式除尘器所推崇的“表面过滤”技术，就是指1974年由戈尔公司发明和倡导的，ePTFE薄膜复合在各种不同基布材料上制成薄膜滤料来实现的一种崭新的过滤技术。

3. 薄膜滤袋的性能特点

GORE® 薄膜滤料的性能曲线：由于其纤维结构极为细密，故初始运行压降要比未经使用的普通滤袋高。又由于其具有极佳的清灰性能，所以能在运行过程中始终保持比普通滤袋低得

多的运行阻力。低运行阻力使 GORE® 薄膜滤袋的使用寿命大大延长。

过滤效果高：能达到世界上最严格的粉尘排放标准；近于零的排放使空气再循环设备的成本大大降低，并节省了大量能源。

运行阻力低：气流量通常可增加30%以上，从而可大大提高系统的生产效率；过滤风速可比普通滤料提高到1~3倍，从而使除尘器体积减小，除尘器初投资成本减少；可使滤袋寿命大大延长，从而减少了设备的维护费用和停工时间；降低了系统的风机动力和压缩空气消耗，减少了系统的运行费用。

二 布袋反应器的基本原理

在干法和半干法的系统中，脱酸工艺中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 颗粒与烟气反应后，部分没有完全反应的颗粒在布袋表面因膜的存在而进行再次反应，称为“二次停留”，在二次停留时，可以与酸气进行后续反应。所以除酸过程不完全是在前道除酸工艺中进行，有部分在薄膜滤袋的表面进行，最大可以达到30%，因此，此布袋被称为“布袋反应器”。此时，采用能实现表面过滤的薄膜滤袋是十分必要的。因为膜提供了一个未完全反应完的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 颗粒在膜前停留的平台，使得烟气能继续反应，反应完成后在膜前，反

应产物全部清掉，新的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 颗粒能再次停留。相反，如果是深层过滤的滤袋，反应完成后， $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 变成 CaCl_2 ，或者内核仍是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，外壳已成了 CaCl_2 ，这些颗粒不能继续反应，并进入滤袋内部纤维，起到堵塞滤袋的作用。

薄膜滤袋能在膜表面提供烟气反应的平台；同时因为膜表面光滑，使得清灰容易，因此在袋收尘应用时薄膜滤袋的清灰周期长，停留在膜表面的反应剂可以充分利用，也就是能节约反应剂10%-30%，其基本原理如图1。

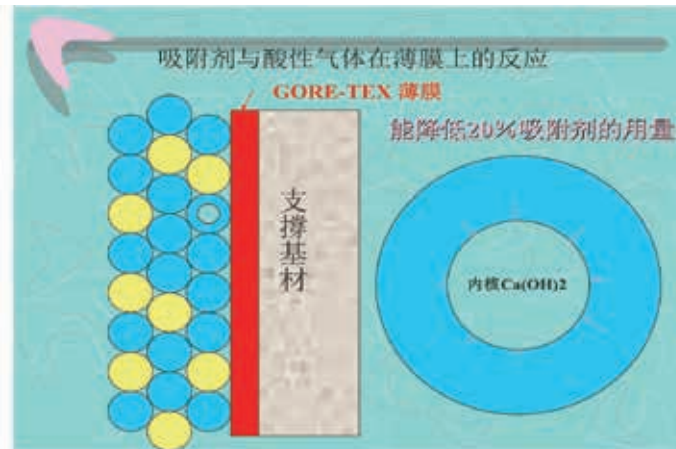


图1 薄膜提供后续反应平台，成为布袋反应器

三 实例

1. 台湾树林资源利用厂

台湾树林资源利用厂是一座日设计生活垃圾处理量1350吨的垃圾焚烧发电厂，由3条日处理450吨的生产线构成。使用

马丁(Martin)移动炉排。投产时选用的是PTFE毡滤袋，投产第一年除尘器压力损失上升到35-43 mbar，处理风量由105600 Nm^3/hr 下降到93500 Nm^3/hr ，第二年工厂不得不决定使用

(ePTFE) 薄膜滤袋 (Gore®/ Superflex™), 更换 PTFE 毡滤袋以降低运行阻力, 实现系统的设计处理风量。除尘器的运行阻力就从 43.2mbar(424mm H₂O) 下降到 15.5mbar(152mmH₂O), 这就使减少滤袋的清灰成为可能。于是脉冲压缩空气压力从 5kg/cm² 下降到 3.4kg/cm², 清灰周期则从 27.7 分钟延长到 117.7 分钟, 在满足 HCL 排放控制的前提下, 可减少熟石灰的消耗。清灰频率既要满足焚烧炉系统运行对通风的要求, 也要让滤袋表面熟石灰层能满足停留使脱酸性能得到充分利用。通常, 每吨垃

圾焚烧要消耗 14-16 公斤熟石灰。滤袋更换前, 每吨垃圾平均熟石灰用量为 14.6 公斤 (以 24 小时平均), 安装了 Gore® 薄膜 Superflex 滤袋后, 熟石灰消耗明显减小, 这是因为薄膜滤袋清灰性能很好, 每次清灰都将反应生成物粉尘层去除干净, 新吸上去的新鲜熟石灰能在清灰间隔停留更长的时间, 熟石灰效用得到了充分发挥, 薄膜滤袋安装后的数年来, 熟石灰的平均消耗为 13.8kg/吨, 除了熟石灰使用量的减少外, HCL 平均排放量也大约从 53ppm 降低到 30ppm 左右。

2. 欧洲 Thonon-les-Bains 垃圾焚烧厂

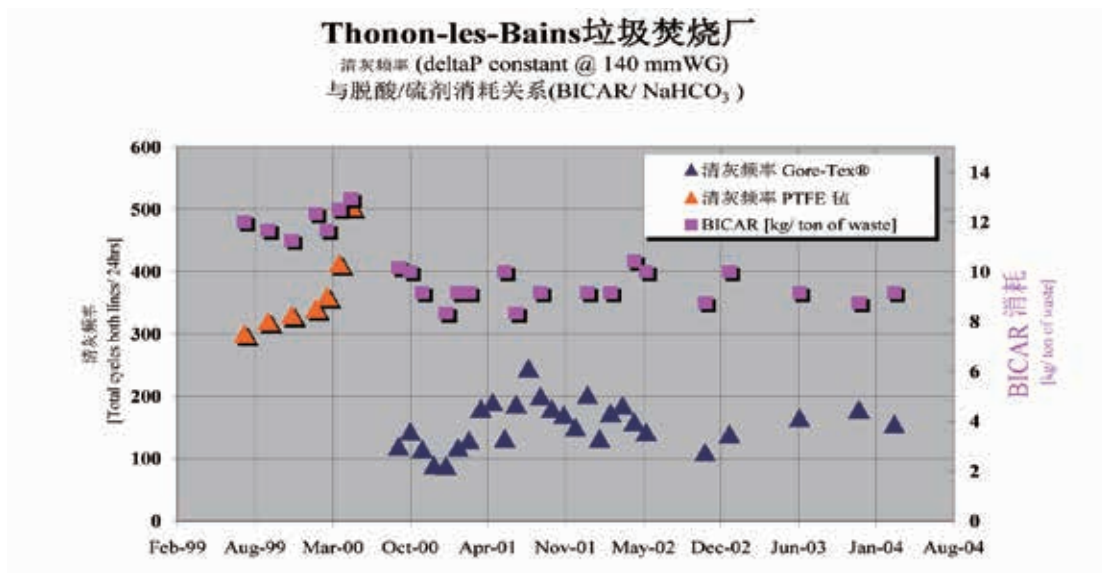


图 2 欧洲垃圾电厂反应剂消耗对比试验

该公司 1999 年使用普通滤袋后, 系统清灰频率持续攀升 (图中浅色三角表示)。2000 年 3 月换用 GORE® 滤袋, 系统的清灰频率大幅下降 (图中深色三角表示)。图中方块标记真实记录了该厂使用不同滤袋的脱酸 / 硫剂消耗量。该厂脱酸 / 硫剂月耗

量有所波动, 但在使用 GORE® 布袋前后系统的清灰频率有明显的变化 (上图中浅色三角变为深色三角)。而实际的脱酸 / 硫剂月耗量由原先的约 12kg / 吨垃圾下降为约平均 9.5kg / 吨垃圾。可见, 使用薄膜袋滤技术 (Gore®) 后, 脱酸 / 硫剂得到了有效的节约。

四 结语

一般来说, 垃圾焚烧尾气处理系统由烟气反应 (脱酸, 除二噁英) 及除尘部分组成, 这两部分的功能其实不是分离的, 使用表面过滤的除尘滤袋 (如 Gore®), 不但布袋寿命长, 稳定风量, 粉尘排放严格达到欧标, 而且因表面 PTFE 膜提供继续反应界面, 进行“二次吸附”功能, 具有“布袋反应器”的作用, 所以能极大节约脱酸 / 硫剂。在我国主要大型生活垃圾焚烧发电厂, 比如,

上海生活垃圾焚烧厂 (1500 吨 / 天), 天津生活垃圾焚烧厂 (1200 吨 / 天), 宁波生活垃圾焚烧厂 (1000 吨 / 天), 山西生活垃圾焚烧厂 (1000 吨 / 天), 深圳生活垃圾焚烧厂 (1000 吨 / 天)。苏州生活垃圾焚烧厂 (1000 吨 / 天) 等均使用了表面过滤技术 (Gore®), 投产后取得了良好的环保效益, 社会效益和经济效益。

我国工业绿色发展成效分析

中国工业节能与清洁生产协会 邓向辉

“十二五”以来，国家逐渐把经济发展的重心由数量向质量转变，进入了经济发展的新常态。我国的 GDP 保持了中高速增长，但增长率逐年下降，由 2010 年的 10.6% 下降到 2015 年的 6.9%^[1]，达到近 20 年来的最低水平。与此同时，我国的经济结构不断优化，第三产业占比由 2010 年 44.2% 提高到 2015 年 50.5%^[1]，第三产业成为国民经济中的主导产业。

“十二五”时期，《国民经济和社会发展第十二个五年规划》

一、经济进入新常态，工业绿色发展取得新成就

“十二五”以来，中国工业保持了平稳较快发展态势。在“一带一路”、“中国制造 2025”等政策背景下，工业在国民经济社会中的核心功能逐步由促进经济数量型增长，向解决重大民生问题和提升全球竞争力转变。“十二五”期间，工业增长速度由 2010 年的 12.6% 下降到 2015 年 5.9%^[1]。分经济类型来看，股份制企业和私营企业保持了较高的增长速度，国有控股企业、集体企业经济增长率明显偏低。分类来看，高技术制造业增加值增长保持了 10% 以上的增长速度，成为推动工业增长的重要驱动。我国工业从 10% 以上的高速增长回落到 7%-8% 的中高速增长，是一种缘于市场需求规模、结构和增速变化的新常态。

在经济新常态的驱动下，我国的能源消费、碳排放、污染物排放水平逐步降低，绿色发展取得了新的成就。2005-2010 年，

和《工业转型升级规划》中提出的各项工业发展目标基本完成。工业保持平稳较快增长、自主创新能力明显增强、产业结构进一步优化、信息化和军民融合水平显著提高、质量品牌建设迈上新台阶、资源节约环境保护和安全生产水平显著提升。但与此同时，一些长期制约工业可持续发展的根本性问题依然存在，如低端产能过剩、增长严重依赖投资驱动、重大装备和核心零部件缺乏自主创新能力、国有企业的创新动力和活力不足等。

中国能源消费总量年均增长近 2 亿吨，碳排放年均增长 3.8 亿吨，一举成为世界上碳排放总量最大的国家^[2]。2012 年之后，中国的能源消费和碳排放总量增长明显放缓。2012-2014 年，能源消费总量年均增长 1.2 亿吨，碳排放年均增长 2 亿吨左右，年均增速较“十一五”期间分别下降 40% 和 60% 左右^[3]。碳排放增速的下降，增强了中国 2030 年左右实现碳排放峰值的信心。

“十二五”期间，全国单位 GDP 能耗累计下降 18.2%^[1]，超额完成 16% 的规划目标。与此同时，“十二五”期间，我国主要污染物 COD、氨氮、二氧化硫、氮氧化物排放量分别累计降低 12.9%、13.0%、18.0% 和 18.6%^[4]，全部超额完成主要污染物减排“十二五”规划目标。

二、结构调整政策显现，企业转型迎来新机遇

在过去的几十年，技术进步始终是推动中国绿色发展的主要因素。“十二五”以来，结构调整开始扮演越来越重要的作用。

按当年价格计算，2013 年第三产业在经济结构中的占比首次超过第二产业，根据佩蒂 - 克拉克定律，标志着中国已成为以服务业

[1] 《中国统计年鉴 2015》，《2015 年国民经济和社会发展统计公报》。

[2] 齐晔，张希良，《中国低碳发展报告 2015-2016》，北京：社会科学文献出版社，2016。

[3] 齐晔，张希良，《中国低碳发展报告 2015-2016》，北京：社会科学文献出版社，2016。

[4] 环保部，《2015 年中国环境状况公报》。

为主的经济体，经济发展格局进入到一个崭新的时代。

工业部门占中国能源消费的70%以上，对能源强度的持续下降具有举足轻重的作用。长期以来，工业部门特别是高能耗行业的产值增速快于GDP的平均增速，不利于能源强度的整体下降。

“十二五”以来，受全球金融危机的影响，中国工业部门产值增速逐步放缓。从六大高能耗行业的产值规模增速来看，电力工业和黑色金属冶炼业（钢铁工业）、非金属矿物制品业（建材工业）下行明显。从能源消费来看，2010-2014年，建材工业能源消费总量占全国能源消费的比重由9.01%下降到8.59%，钢铁工业由18.54%下降到16.28%，六大高能耗行业整体由52.88%下降到51.38%^[5]。高能耗行业在经济、能源结构中的整体性下降，使结构因素在能耗强度下降中发挥了重要作用。

“十二五”期间，我国西南水电基地溪洛渡、向家坝、糯扎渡、锦屏一级和二级等一批重点工程陆续竣工投产。2015年年底全国发电装机容量达15.08亿千瓦，同比增长10.5%，其中非化石能源发电装机比重提高至34.3%左右。电力结构进一步优化，有力促进了能源结构调整。2015年，我国风电累计并网装机容量达12934万千瓦，持续3年领跑全球，并成为世界上第一个达到1亿千瓦的国家。风电也成为继火电、水电之后，成为第3个达到1亿千瓦的发电类型。截至2015年底，全国光伏发电装机容量达4318万千瓦，其中，光伏电站3712万千瓦，分布式光伏606万千瓦。光伏发电装机比“十二五”太阳能发电目标装机3500万千瓦超出818万千瓦。2015年年底全国核电装机容量达到2608万千瓦，同比增长29.9%^[6]。火电结构进一步优化，技术水平进一步提高。高参数、大容量、高效环保型机组比例进一步提高。截至2014年底，全国30万千瓦及以上火电机组比例达到

77.7%，比2013年提高近1.4个百分点，2005-2014年累计关停小火电机组预计超过0.95亿千瓦。

“十二五”期间，伴随宏观经济发展进入新常态，钢铁行业进入了“低增长、低价格、低效益、高压力”和需要依靠创新推动发展的钢铁新常态。在严峻的形势面前，宝钢、鞍钢、首钢、河北钢铁、华菱等大型钢铁企业积极用新思维去破解企业发展难题。河钢集团致力于颠覆在行业高盈利期形成的思维定势和经营模式，全面推进市场化改革，推进国际化经营，打造完善的市场销售体系，并将最优秀的专业技术人员优化配置到产线和营销一线，企业竞争力得到明显提升。华菱集团以“变革”为突破口取得成效，在优化产品结构的同时降成本提升企业盈利能力，形成了汽车板、物流、节能环保等新的效益增长点。面对钢材市场需求疲弱和融资压力增强等市场挑战，钢铁企业加强市场研究与分析，在准确研判市场的同时，通过降低库存、产成品资金占用、融资成本等方式，提升了自身的市场竞争力和抗风险能力。近10年来，钢铁行业非钢产业投入近700亿元，投资规模不断扩大，逐渐成为钢铁企业盈利创效的重要渠道^[7]。2014年以来，钢铁企业创新发展多元产业，积极培育新的经济增长点，如2014年昆钢实现销售收入845亿元，其中非钢产业销售收入425亿元，已经超过钢铁主业；武钢设置多个非钢产业板块，明确各板块发展重点，加快实现由钢铁主业依赖型向多元产业协同型转变；首钢打造文化产业园，将搬迁后首钢老厂区发展成为国内3A级旅游景区。随着钢企非钢产业的快速发展，部分钢铁企业的多元产业收入或实现利润已占总收入或利润的50%，宝钢多元产业实现收入已达近千亿元；鞍钢多元产业外部市场收入占总收入的50%。

三、研发投入不断增长，技术实现新突破

“十二五”以来，工业领域的研发投入不断增长，技术实现新突破。全社会R&D经费支出从2010年的7063亿元增加到2014年的13016亿元，增长88.5%，年均增长超过20%^[8]。2014年R&D经费支出与国内生产总值之比相应提高到2.09%。

中国也取得了探月“嫦娥”、入海“蛟龙”、中国高铁、“天河一号”、国产大飞机、“天宫一号”等一批重大的科技成果。

煤电企业积极筹措资金，克服困难，进行了大规模环保设施改造。经初步测算，仅2014年脱硫、脱硝、除尘建设和改造费

[5] 《中国能源统计年鉴2015》

[6] 《2015中国国民经济和社会发展公报》，国家能源局，中国电力企业联合会。

[7] 王小康，2015中国节能减排发展报告，北京：中国经济出版社，2016。

[8] 《中国能源统计年鉴2015》

用超过 500 亿元，每年用于煤电环保设施运行的费用超过 800 亿元。现役火力发电机组自 2014 年 7 月 1 日起实施《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011），随着现役机组达标改造完成，2014 年电力大气污染物排放量大幅下降。电力烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放量分别降至 98 万吨、620 万吨、620 万吨左右，分别比 2013 年下降约 31.0%、20.5%、25.7%^[9]。电力二氧化硫排放量（2013 年实现）、氮氧化物排放量（2014 年实现）全面提前完成《节能减排“十二五”规划》规定的电力二氧化硫 800 万吨、氮氧化物 750 万吨的减排目标。与 2006 年排放最高时相比，烟尘、二氧化硫、氮氧化物三项污染物排放之和减少了约 50%。

2015 年全国 6000 千瓦及以上火电机组供电标准煤耗 315 克/千瓦时，同比下降 4 克/千瓦时，比 2005 年下降了 55 克/千瓦时，煤电机组供电煤耗继续保持世界先进水平。烟尘控制方面，2014 年，按照修订后的《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011），燃煤电厂除尘设施进行了大范围改造，湿式电除尘器等开始在一些新建机组和改造机组上大规模应用。同时，通过优化现有脱硫吸收塔内流场、改造湿法脱硫除雾系统等方式提高了对烟尘的协同脱除能力。2014 年煤电平均除尘效率达到 99.75% 以上。二氧化硫控制方面，2014 年底，统计口径内的燃煤发电机组基本上全部采取了脱硫措施，其中，烟气脱硫机组容量约 7.55 亿千瓦，约占全国煤电机组容量的 91.5%，比 2005 年提高 77 个百分点，比美国 2011 年高 31 个百分点；其他机组主要为具有炉内脱硫能力的循环流化床锅炉。氮氧化物控制方面，2014 年底，烟气脱硝机组容量约 6.6 亿千瓦，约占全国煤电装机容量的 80%，比美国（2011 年）高 30 个百分点；预计火电烟气脱硝比重达到 72% 左右。

四、节能环保领域成为稳增长与调结构重要抓手

因为经济增长与节能减排的双重压力，节能环保产业的重要地位一再凸显。2014 年环保行业营业收入约 3.98 万亿元，到

“十二五”以来，重点大中型钢铁企业整体能源利用效率逐步提升。重点大中型钢铁企业主生产工序焦化、烧结、炼铁、炼钢的能耗进一步下降，且下降幅度较大。2014 年重点大中型钢铁企业烧结工序能耗企业限定值达标率为 93%，炼铁工序能耗企业限定值达标率为 91%，转炉工序能耗企业限定值达标率为 42%。占钢铁企业二次能源回收总量 70% 的高、焦、转炉煤气的利用量仍在提高，损失率逐渐降低。2014 年焦炉煤气利用率提高了 0.63 个百分点，高炉煤气利用率提高了 0.87 个百分点，转炉煤气利用率提高了 4.34 个百分点。吨钢转炉煤气回收量提高了 3.92%，企业自发电量基本比 2013 年提高了 2 个百分点。2014 年，提前实现“十二五”资源综合利用的主要目标，钢渣利用率超过 96%，高炉渣利用率超过 98%^[10]。

“十二五”以来，建材工业面对产能严重过剩、市场需求不旺、下行压力加大的严峻形势，认真落实中央决策部署，努力克服各种困难，全行业经济运行总体保持了“稳中有进”，发展质量继续向好。一是化解产能过剩取得初步成效。2014 年新增水泥熟料产能较上年减少 2400 多万吨，下降 25%。淘汰落后水泥产能 8100 万吨。二是大型建材企业集团通过并购重组，市场集中度进一步提高。前 10 家水泥集团熟料产能 9.16 亿吨，产业集中度 52%。其中，中国建材集团水泥熟料总产能达 3 亿吨，占全行业 17%。安徽海螺集团兼并重组效益显著提高，预计全年利润总额同比增长 15% 左右。三是技术进步步伐加快。除尘、脱硝、脱硫等适用技术已在建材行业加速推广应用，水泥窑协同处置城市垃圾和产业废弃物发展势头良好，精细陶瓷、闪烁晶体、耐高压复合材料气瓶等产业化技术日趋成熟，企业资源计划（ERP）、制造执行系统（MES）陆续在骨干企业应用，电子商务快速发展，信息化技术业内渗透加快，两化融合进一步加深^[11]。

2015 年总产值达到 4.5 万亿元，成为国民经济新的支柱产业。2014 年，A 股上市环保公司全年收入规模达到 791 亿元，较

[9] 《中国环境统计年鉴 2015》

[10] 中国钢铁工业协会。重点减排钢铁企业节能减排月度简析。

[11] 中国建筑材料联合会。

2013年增速达到14.51%；全年利润规模将达134亿元，同比增速为15.91%，行业景气度在逐步提高。

工程类企业增速较快，运营类企业增速平稳。2014年，环保工程企业营业收入同比增加19.65%，年增速达19.33%；环保运营企业营业收入年增速达2.57%。从行业净利润来看，工程企业增速较快，年增速将达27.18%，远高于2013年的

16.88%；运营企业基数大，增速在回落，年增速预期为2.75%。综合来看，国家环保投入的增加和执法加严后企业环保投资的增加双重因素推动下，环保行业处于高度景气。而从目前环境投入需求角度看，环保欠账太多，雾霾依旧、水源性与水质性缺水严重、土壤、流域水等万亿级市场仍未启动，未来环保投入需求仍将继续加大。

表1 环保产业发展概况

| 年份 | 从业单位数(个) | 从业人员数(万人) | 营业收入(亿元) |
|-------|----------|-----------|----------|
| 2014年 | 25,710 | 328.0 | 39,810 |
| 2013年 | 25,000 | 325.0 | 35,000 |
| 2011年 | 23,820 | 319.5 | 30,752.5 |
| 2004年 | 11,623 | 159.5 | 4,572.1 |
| 2000年 | 18,144 | 317.6 | 1,689.9 |

资料来源：环保部，中国产业信息网整理

环保投资的多少在一定程度上反映了一国对环境保护的重视程度，环保投资是改善环境质量的有效手段。从绝对规模来看，2000-2013年中我国的环保投资绝对量稳步提升，由2000年

的1062亿元上升至2013年的9037.2亿元，增长了8.51倍。“十二五”期间，环保投资维持在9000亿左右，但增速较“十一五”时期明显放缓。

表2 环保投资规模(单位：亿元、%)

| 年份 | 环保投资额(亿元) | 环保投资占GDP的比重% | 环保投资占财政支出的比重% | 环保投资占财政收入的比重% | 环保投资占全社会固定资产投资比重% |
|------|-----------|--------------|---------------|---------------|-------------------|
| 2000 | 1062.0 | 1.02 | 6.68 | 7.93 | 3.23 |
| 2005 | 2565.2 | 1.39 | 7.56 | 8.11 | 2.89 |
| 2010 | 7612.2 | 1.86 | 8.47 | 9.16 | 3.02 |
| 2011 | 7114.0 | 1.47 | 6.51 | 6.85 | 2.28 |
| 2012 | 8253.5 | 1.55 | 6.55 | 7.04 | 2.20 |
| 2013 | 9037.2 | 1.54 | 6.47 | 7.00 | 2.02 |
| 2014 | 9575.5 | 1.51 | 6.31 | 6.82 | 1.87 |

资料来源：环保部，中国产业信息网整理

目前，中国在环保投融资领域，除财政转移支付和银行贷款之外，投融资渠道不断增多，多元化投融资格局正逐步形成，增

强了环保产业获取资金的可能性和可行性。中国环保产业发展投融资进入了改革发展期，公私合营PPP模式、环境金融(绿色信

贷、绿色证券、绿色保险等)、环保产业基金、环境产权交易等市场化融资不断涌现,并形成了一批政府与市场、财政与市场资本相结合的投融资体系。

环保产业 PPP 模式进入推广应用阶段。随着政策的不断完善,民间资本、外资等各种社会资本开始大量进入到污水、垃圾处理、供水等领域。2014 年国家提出在环保的公共基础设施建设领域大力吸引社会资本参与 PPP 模式,并强化了相关政策支撑。2014 年 12 月 4 日,国家发展改革委发布《关于开展政府和社会资本合作的指导意见》(发改投资[2014]2724 号),其中包含《政府和社会资本合作项目通用合同指南》。同日,财政部网站发态《政府和社会资本合作模式操作指南(试行)》,还发布了《关于政府和社会资本合作示范项目实施有关问题的通知》,确定了 30 个 PPP 示范项目,总投资规模约 1800 亿元。其中污水处理、供水、环境治理等项目合计达到 15 个。另据不完全统计,各省 2015 年环保 PPP 项目的计划投资,总额已突破 1 万亿元。

绿色信贷规模不断增大,“银政投”绿色信贷计划付诸实施。绿色贷款,一般是指银行用较优惠的利率和其他条件来支持有环保效益并同时限制有负面环境效应的贷款项目。2012 年,银监会制定下发绿色信贷纲领性文件《绿色信贷指引》,鼓励银行业金融机构大力开展绿色信贷,促进节能减排和环境保护提出了明确要求,成为中国银行业实行绿色信贷的纲领性文件。截至 2014 年 6 月末,21 家主要银行机构节能环保项目和服务贷款余额 4.16 万亿元,占其各项贷款的 6.435。其中,工业节能节水项目余额 3470.1 亿元,节能服务贷款余额 349.3 亿元,建筑节能及绿色建筑贷款余额 565.4 亿元,绿色交通运输项目贷款余额 1.98 万亿元。2015 年 1 月 19 日,银监会与国家发改委在京联合发布《能效信贷指引》,成为继发布《绿色信贷指引》之后绿色信贷发展历程又一标志性事件。能效信贷作为银行支持用能单位提高能源利用效率、降低能源消耗而提供的信贷融资方式,是绿色信贷的重点领域。目前,国家正在推动地方启动“银政投”绿色信贷计划。该计划由国家开发银行、地方政府和风险投资机构共同出资,形成资金池,面向中小环保企业提供优惠贷款,解决企业环保融资难问题。在“银政投”计划中,政府资金以无息方式注入并循环使用,大幅提高资金使用效率和效果,同时降低企业融资成本。该计划已经在海南、山东等地开展试点。

绿色证券呈现一定规模。截至 2014 年底,沪深两市共有 77 家环保主营上市公司,其中,市值在 200 亿元以上的有 8 家,100 亿 -200 亿元的有 14 家,100 亿元以下的有 55 家。在 22 家市值 100 亿元以上的环保上市公司中,国有企业 11 家、民营企业 11 家,充分反映民营环保企业正越来越被资本市场接受和推崇。

绿色保险从试点走向正式实施。绿色保险又称为环境污染责任保险,是基于环境污染赔偿责任的一种商业保险,以企业发生污染事故对第三者造成的损害依法应承担的赔偿责任为标的的保险。2007 年,为建立环境风险管理的长效机制,应对严峻的环境风险,环境污染强制责任保险开始在全国试点实施。2013 年,环保部和中国保监会联合发文,指导 15 个试点省份在涉及重金属企业、石油化工等高环境风险行业推行环境污染强制责任保险,首次提出了“强制”概念。2007 年至今,投保企业已超过 2 万家次,保险公司提供的风险保障金累计超过 600 亿元。2014 年,全国有 22 个省、自治区、直辖市近 5000 家企业投保环境污染责任保险,涉及重金属、石化、危险化学品、危险废物处置、医药、印染等行业。

环保产业基金的陆续成立,为企业提供了更多的投融资新平台。数据显示,当前已成立的以环保为主题的基金约有 15 只,其中指数型基金 3 只,主动管理的产品 12 只(8 只为普通股票基金,4 只为混合型基金),其中鹏华环保产业、银河美丽优萃、申万菱信中证环保、华宝兴业生态中国为 2014 年发售。另外,重庆批准设立规模为 10 亿元的环保产业股权投资基金。

环境产权交易市场建设开辟了环保产业投融资新天地。《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》指出,发展环保市场,推行节能量、碳排放权、排污权、水权 4 种环境产权交易。目前,我国主要开展了排污权交易和碳排放权交易试点工作。2007 年以来,国务院有关部门组织江苏、浙江、湖南、湖北、河南、河北、山西、陕西、内蒙古、天津等 11 个省(区、市)开展排污权有偿使用和交易试点。2014 年 8 月,国务院印发《关于进一步推进排污权有偿使用和交易试点工作的指导意见》,意见提出,到 2015 年底前试点地区全面完成现有排污单位排污权核定,到 2017 年底基本建立排污权有偿使用和交易制度。2011 年底,中国确定在北京、上海、广东、天津、湖北、深圳和重庆 7 个省市开展碳交易试点。截至 2014 年 10 月底,全国

7个试点一、二级碳排放权交易市场共纳入控排企业2000余家，每年发放配额约12亿吨，共交易配额2896万吨，成交额12.8亿元。中国是全球最大的碳卖家，据世界银行测算，中国可提

供的CDM项目占到世界总需求的50%以上。截至2015年2月28日，已获得CERs(核证减排量)签发的中国CDM项目已达1433个。

五、改革进入深水区，机遇与挑战共存

面向未来，中国已经提出了到2020年全面建成小康社会，到本世纪中叶建成富强民主文明和谐的社会主义现代化国家的奋斗目标；明确了转变经济发展方式、建设生态文明、走绿色低碳循环发展的政策导向，努力协同推进新型工业化、城镇化、信息化、农业现代化和绿色化。中国将坚持节约资源和保护环境基本国策，坚持减缓与适应气候变化并重，坚持科技创新、管理创新和体制机制创新，加快能源生产和消费革命，不断调整经济结构、优化能源结构、提高能源效率、增加森林碳汇，有效控制温室气体排放，努力走一条符合中国国情的经济发展、社会进步与应对气候变化多赢的可持续发展之路。

国务院《关于加快推进生态文明建设的意见》提出：到2020年，资源节约型和环境友好型社会建设取得重大进展，主体功能区布局基本形成，经济发展质量和效益显著提高，生态文明主流价值观在全社会得到推行，生态文明建设水平与全面建成小康社会目标相适应。定量目标包括：单位国内生产总值(GDP)二氧化碳排放强度比2005年下降40%至45%；用水量力争控制在6700亿立方米以内；万元工业增加值用水量降低到65立方米以下；非化石能源占一次能源消费比重达到15%左右；重要江河湖泊水功能区水质达标率提高到80%以上。

从发展形势看，“十三五”时期工业化、城镇化进程仍将处于推进阶段，速度将有所放缓，钢铁、水泥等重化工业产品产能峰值将陆续到达，能源消费将延续低速低量增长，煤炭峰值将在2020年左右来临，对环境的压力整体有所减轻。但是，多年增长的总量基数显著增大，预期至2020年我国将新增6000万左右的城镇人口，带来固定资产投资、城镇生活型污染排放以及城市生态空间安全格局压力持续增长。我国完成全阶段工业化过程节点预测在2030年左右，城镇化基本稳定节点在2030年，未来5年还将是资源能源支撑工业化完成、经济爬坡过坎、城镇化进程推进的重要阶段，带来的污染排放新增压力仍将处于高位水平。而前期快速工业化进程下累积的多个经济发展阶段的环境问题数

量巨大、成因复杂，尚未得到有效解决。新老问题、新旧压力叠加，应对难度及风险明显加大。

2020年前后在能源技术推广应用和消费方式转型下，能源需求总量有望进入比较平缓的增长趋势。比较明显的是用电量增速进入新常态，将维持在3%-5%的中速增长。受经济新常态的影响，电力行业诸多人士认为，“用电量增速的新常态”也已到来。中电联专家认为，“十三五”我国用电量将维持中速增长。全社会用电量增速超过6%的情况将成为历史，未来10年用电量增速将维持在3%-5%的中速增长。与之相对应，煤炭消费总量控制将促使煤炭消费进入筑底阶段。前述《能源发展战略行动计划(2014-2020年)》明确提出，到2020年煤炭消费控制在42亿吨左右，一次能源占比由目前65%下滑至61%。对照当前市场，未来煤炭消费开始筑底阶段，仍有一定增长空间。需求强度年均下降约4.5%，消费量年同比增长2.5%，增量向工业消费领域倾斜。

石油需求将进入负增长时代。未来石油需求强度下降速度加快，体现的是经济结构、收入水平、资源禀赋及政策风向的共同结果。一方面，我国原油对外依存度已达60%，能源安全值得审慎对待；另一方面，在经济新常态下，产业结构调整，投资占比下滑，石油消费相应减少。经济结构变迁与需求替代，带动能效提高。石油需求负增长预测并不是来自经济大幅下滑的预期，而是源自能效提高，主要表现在经济结构变迁与需求替代。

2015年1月起实施的新《环保法》，已经正式确立了总量减排的法律地位。第44条规定，国家实行重点污染物排放总量控制制度，重点污染物排放总量控制指标由国务院下达，省、自治区、直辖市人民政府分解落实，企业事业单位在执行国家和地方污染物排放标准的同时，应当遵守分解落实到本单位的重点污染物排放总量控制指标。与“十一五”“十二五”相比，在目标实施上，环保“十三五”规划将从单一目标即总量控制目标、减排目标，

变成双目标即环境质量改善和污染物总量控制，内容涉及绿色经济、核安全问题、土壤环境保护、生态环境保护、水环境污染防治等诸多方面。未来5到10年，中国主要污染物排放的“拐点”将全面到来，即污染物排放量总体上将由上升转为下降。在中国的主要大气污染物中，二氧化硫排放的峰值出现在2006年，氮氧化物的峰值出现在2011年^[12]。中国主要污染物排放总体上正进入跨越峰值并进入下降通道的“转折期”，未来5-10年主要污染物排放的拐点将全面到来。“十三五”时期，中国主要污染物排放的叠加总量将达到峰值。

经济发展和环境保护的新常态必将对未来一段时期我国的环保产业发展产生积极而深远的影响，我国环保产业将迎来更加发展的大机遇、好时期，至少体现在以下四方面：大规模集中治理污染已成新常态，环保产业总体规模将进一步扩大；依法治污、严格执法已成新常态，环保产业的市场需求将进一步释放；政府购买环境服务已成新常态，环保产业转型升级步伐将进一步加快；环保投融资主体多元化已成新常态，环保产业的市场活力将进一步激发。据测算，预计“十三五”期间环保投入将增加到每年2万亿元左右，“十三五”期间社会环保总投资有望超过17万亿元。总体而言，由于三大污染治理行动计划（“水十条”、“大气十条”及“土壤十条”）的推进，环保产业进入生命周期的稳健成长期。

中国目前虽然经济增长速度回落，但结构调整稳步推进，转型升级步伐势头良好，新主体、新产业、新业态、新产品、新动力正在加快孕育。不论是节能服务业，还是环境服务业，均属于第三产业范畴。中国第三产业的快速成长已经促使第三产业对GDP的贡献率超过第二产业。但是制造业依然是中华民族复兴的重要支柱。没有强大的制造业，就没有国家和民族的强盛。中国必须实现制造业的转型升级。国务院发布的《中国制造2025》指出，制造业升级发展的基本方针之一是绿色发展，即坚持把可持续发展作为建设制造强国的重要着力点，加强节能环保技术、工艺、装备推广应用，全面推行清洁生产。发展循环经济，提高资源回收利用效率，构建绿色制造体系，走生态文明的发展道路。具体目标则是到2020年实现重点行业单位工业增加值能耗、物耗及污染物排放明显下降，到2025年

实现重点行业单位工业增加值能耗、物耗及污染物排放达到世界先进水平。

但是，根据相关研究预测，中国制造业综合竞争力2020年将仅达到美国工业化中期水平，即上世纪80年代的水平。与美国、日本等发达国家相比，中国仍远远落在后面。我国制造业主要产品在全球价值链中附加值偏低，落后产能、过剩产能问题突出，预期“十三五”时期产业、能源等结构调整阵痛短期仍将持续，化解落后产能仍将是主要任务，环境保护与发展方式转变、结构调整仍将处于战略相持阶段。这一阶段，资源、劳动力、土地等生产要素价格持续上涨，主要依靠低要素成本参与国际竞争、通过消耗大量不可再生资源来实现工业增长的局面将难以为继；这一阶段，随着许多产业规模扩张已基本走到尽头，传统增长方式力不从心，一些曾经有效的调控手段和措施随着发展环境变化，反而成为影响当前结构调整的主要障碍。我国必须尽快构建并落实高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系，既能促使传统产业进行绿色转型，也能促使新兴产业高起点绿色发展。

在习近平总书记“四个全面”战略布局中，全面建成小康社会是处于引领地位的战略目标，如期全面建成小康社会事关中国梦实现的大格局，事关中华民族的伟大复兴。总的来看，未来五年是中国经济化解增长压力，迈向高收入国家的关键时期。中国能否顺利跨过转型升级的“坎”，这一阶段至关重要。但是，这一阶段经济增长的约束条件大于支持条件。节能减排已经是中国最紧迫的议题之一，大气污染已成为最受民众关注的问题。李克强总理在与中外企业家对话交流时曾指出，治理污染与稳定增长之间确有矛盾，尤其对发展中国家。但是，我们已确定要走在发展中保护、在保护中发展的新路，让新兴节能环保产业“跑赢”落后产业。李克强说，这条路的关键是要淘汰落后产业，发展新兴的节能环保产业，争取让新兴的节能环保产业能够跑过淘汰落后产业的速度。前者跑过后者的速度之差基本反映了中国经济绿色增长速度。节能环保产业是否能够真正成为国家支柱性产业，这将影响我国在未来5年能否全面建成小康社会，在未来5-10年能否实现主要污染物排放叠加总量达到峰值，在未来10-15年二氧化碳排放何时早日达到峰值。

[12] 《2011年中国环境状况公报》



约稿函

《工业节能与清洁生产》是由中国工业节能与清洁生产协会主办编辑，面向会员单位、相关政府部门、研究机构定向直投的内部刊物。

刊物以“倡导绿色工业，服务节能减排”为办刊宗旨，多角度透析我国工业领域节能减排的现状、问题、典型案例及未来发展前景，力图搭建工业耗能企业与节能环保企业之间沟通的桥梁，促进行业间的信息交流，增强行业间的横纵向联系。

欢迎有关单位和个人踊跃投稿。稿件一经采用，稿费从优。

一、投稿栏目

会员动态、会员报道、政策解读、研究

二、稿件要求

来稿请以附件word形式，邮件主题为《工业节能与清洁生产》稿件。

1. 宋体5号字体，字数不超过5000字；
2. 文章末尾请注明姓名、邮箱、电话、联系地址等真实有效的联系方式。

三、发行人群

各相关政府部门
各省市工业和信息化主管部门
相关行业协会、国际组织
会员单位、相关专家
科研机构、高等院校
重点用能企业、节能减排服务机构

四、联系方式

联系人：吴迪
电话：010—62242099
投稿邮箱：cieccpa@126.com
联系地址：北京市西城区平安里西大街26号新时代大厦 100034





倡导绿色工业 服务节能减排

中国工业节能与清洁生产协会
CHINA INDUSTRIAL ENERGY CONSERVATION AND CLEANER PRODUCTION ASSOCIATION

地址：北京市西城区平安里西大街26号新时代大厦（100034）

电话：86-10-62242099

传真：86-10-62248538

网址：www.cieccpa.org

电子邮箱：cieccpa@126.com

