中美清洁煤联盟科研进展综述

郑楚光教授
联盟中方主任

杰瑞德. 弗兰切教授
联盟美方主任

U.S. – China Clean Energy Research Center
中美清洁能源研究中心

華中科技大學
Huazhong University of Science & Technology

中美清洁煤联盟合作工作进展

- 总结自上次北京联合会议到2013 年 1 月 6-8 日加州联合会议为止的合作进展
- 工作进展年度报告联合摘要和提交未来研究协作计划 （见讲义）
- 姚强博士作技术报告，弗莱德门博士对联盟活动情况进行深度阐释
- 我们期望合作项目持续、 发展和壮大！

任务1 - 先进发电技术

- 1.1 -现役电站提高效率和减排技术
- 1.2 -高参数超超临界发电技术
- 1.3 -亚临界电站制粉系统升级

项目负责人- Qiang Yao, Matt Zedler

- 1.1 –清华大学 (YAO) , 巴威公司 (MCCAULEY)
- 1.2 –上海交大 (ZHANG),巴威公司 (MCCAULEY)
- 1.3 –清华大学 (YAO) ,阿米那能源公司(ZEDLER)

论文成果

发表论文：

- J Zhuo, S Li, L Duan, Q Yao. 关于减少污水污泥与煤混烧过程颗粒物质形成的磷素转化的影响，能源燃料，2012，26 (6):3162–3166.
- Z. X. Zhang, X. J. Wu, T. Zhou, et al. 煤燃烧过程中灰沉积含铁的矿物熔融行为的影响，燃烧学会论文集， 2011 (33), 2853-2861

计划

- 下年度计划
- 组织召开workshop
- 形成节能减排技术路径和贡献

任务2 -煤炭清洁转化技术

- 2.1 -煤炭热解气化分级转化多联产系统
- 2.2 -具备CO2富集能力的煤炭化学链气化技术
- 2.3 -煤直接制代用天然气转化技术
- 2.4 -煤的催化气化天然气转化技术
- 2.5 -煤直接液化残渣气化特性
- 2.6 -非常规煤气化的测量、 建模和环保技术
- 2.7 -煤与生物质共转化技术研究

项目负责人- Zhongyang Luo(浙大)/ Ismail Celik(WVU)

- 2.1 – 浙江大学(Luo) , 西弗吉尼亚大学(Celik))
- 2.2 – 浙江大学(Wang), 西弗吉尼亚大学 (Celik))
- 2.3 – 中科院能源动力中心 (Xiao) ,西弗吉尼亚大学 (Sun)
- 2.4 – 新奥集团(Gan) ,美国国家能源技术实验室(Lou)
- 2.5 – 神华集团(Chen) ,怀俄明大学(Bell)
- 2.6 – 新奥集团(Cheng) ,劳伦斯利物浦国家实验室 (Friedman)
- 2.7 – 中国矿业大学 (Liu) ,西弗吉尼亚大学 (Sun)

成果

- 在1MWt试验装置上验证煤炭热解燃烧分级转化技术的可行性，具备工业示范能力;
- 验证了化学链气化、直接制取SNG、液化残渣气化、生物质煤气化、地下煤气化等新型煤气化技术的可行性，并且取得较好的研究进展
- 建设和运行了1500-2300高温碳反应系统；
- 发表论文17篇， 申请或授权专利12项

计划

- 下年度计划：将按照研究任务书及研究内容，按计划开展研究，并加强中美合作伙伴的研究合作和交流。
- 余下的总体目标：完成煤炭热解气化燃烧分级转化、新型煤炭气化（煤炭化学链气化、更高温度的碳热反应系统、煤炭直接制天然气、煤炭液化残渣气化、煤地下气化）、煤炭生物质共转化等的研究与开发，部分技术实现在中美两国的工业示范。

任务3 -燃烧前碳捕获

- 3.1 -燃烧前碳捕集技术
- 3.2 -整体煤气化联合循环发电技术

项目负责人- 许世森(华能)/ David Julius (杜克)

- 3.1 – 华能集团(Xu) , 杜克能源(Julius)
- 3.2 – 华能集团(Xu) , 杜克能源(Julius)

成果

- 华能与杜克就IGCC合作达成一致，将分享IGCC建设、工艺、可靠性和环境特性等知识和经验
- 基于IGCC的燃烧前CO2捕集技术研发
- CO2吸收剂及工艺的开发与评价
- 中温吸附剂开发及PSA中试台搭建
- CO2固体吸收剂选择及新型吸收剂开发

计划

- 完成华能IGCC和杜克IGCC的经验分享，签署两个公司间的知识产权协议
- 进行IGCC系统集成与优化研究
- 开展燃烧前捕集对IGCC系统影响的研究
- 通过现有CO2固体吸收剂选择及新型吸收剂开发，提高吸收能力，降低能耗

任务4 - 燃烧后碳捕集

- 4.1 - GIBSON电厂百万吨/年燃后碳捕集系统
- 4.2 -烟气中分离二氧化碳吸收剂的研发
- 4.3 -提高 CO_2 捕集动力学的催化剂研究
- 4.4 -烟气中分离二氧化碳的膜技术研发
- 4.5 –燃烧后碳捕集吸收剂的浓缩

项目负责人- 郜时旺 (华能) / 刘坤磊 (肯塔基大学)

- 4.1 - 华能(Gao), 劳伦斯利物莫 (Friedman)
- 4.2 - 华能(Gao),肯塔基大学(Remias)
- 4.3 - 华能(Gao),肯塔基大学(Lippert)
- 4.4 - 西北大学(Ma), 洛斯阿拉莫斯 (Berchtold)
- 4.5 - 清华大学(Wang), 肯塔基大学(Landon)

成果

- 初步完成Gibson-3电厂100万吨/年燃烧后CO_2捕获系统模拟计算
- 成功开发了带有相变的CO_2吸收剂
- 发现了高效新型催化剂(催化速率k_{cat} 10^5)
- 通过表面氧化处理，成倍提高了电吸附容量
- 完成了新型有机胺体系CO_2吸收与解吸基础应用研究
- 完成新型吸收剂腐蚀性能研究
- 开发了选择性超薄膜的沉积制膜方式
- *Journal of The Electrochemical Society* **2012,** *159* (11), A1861-A866.

计划

- Gibson-3电厂捕集系统模型细化和优化
- 两相吸收剂研究和小试(0.1 MWth)
- 催化剂细化、定量生产和小试
- 系统集成方案优化，新型吸收剂性能评估
- 不对称的碳基电极布置用于CO_2富集过程的实验验证
- 制备复合材料超薄CO_2分离膜

任务5 -富氧燃烧 CO2 捕集

- 5.1 -富氧条件下的燃料表征和排放研究
- 5.2 -富氧燃烧试运行实践及数值优化
- 5.3 -全流程稳态和动态过程建模仿真
- 5.4 -大规模工程应用可行性研究

项目负责人- Zhaohui Liu, Kevin McCauley

- 5.1 – 华中科技大学(Liu) , 巴威公司(Mccauley)
- 5.2 –华中科技大学(Liu) , 巴威公司(Mccauley)
- 5.3 –华中科技大学(Liu) , 巴威公司(Mccauley)
- 5.4 -华中科技大学(Liu) , 巴威公司(Mccauley)

成果

- 华中与巴威签署科研合作协议
- 中美各拿4种煤进行比选、模拟
- 建模
- 合作发表论文

计划

- 继续进行煤种比选分析
- 评估新型富氧燃烧的中试
- 示范项目的信息共享和交流
- 共同努力开发商业化示范项目

任务6 – 二氧化碳封存容量和近期技术

- 6.1 -盆地咸水层形成
- 6.2 -地质存储和提高采收率技术
- 6.3 -地质封存和煤层气驱气
- 6.4 -模拟建模仿真

项目负责人- Li Xiaochun, Ren Xiangkun/Tim Carr, Ron Surdam, Phil Stauffer

- 6.1- 中科院岩土所 (Li)/西弗吉尼亚大学(Carr) / 印第安纳地质勘查所(Rupp)
- 6.2- 陕西能源研究院(Zhou), 陕西延长石油公司(Gao)/怀俄明大学(Jiao, Surdam)
- 6.3 - 劳伦斯利物浦国家实验室 (Buscheck)
- 6.4 - 中国矿业大学 (Zhu)/劳伦斯利物浦国家实验室(McNab) /洛斯阿拉莫斯国家实验室(Stauffer)

成果

- Li Q (2011) A coupled reactive transport model for heat and density driven flow in CO2 storage in saline aquifers. ASCE Journal of Hazardous Toxic and Radioactive Waste, 15,DOI: 10.1061/(ASCE)HZ.1944-8376.0000084.
- Li Q & Ito K (2011) Analytical and numerical solutions on the response of pore pressure to cyclic atmospheric loading: with application to Horonobe underground research laboratory, Japan. Environmental Earth Sciences,DOI: 10.1007/s12665-12011-11058-12660.
- Li Q, Li XC, Wei N & Fang ZM (2011) Possibilities and potentials of geological co-storage CO2 and SO2 in China. Energy Procedia, 4,6015-6020.
- BAI Bing,LI Xiao-chun, LIU Ming-ze, SHI Lu, Li Qi.A fast explicit finite difference method for determination of wellhead injection pressure.J. Cent. South Univ. Technol.Accepted.

计划

（1）形成共同的咸水层封存选址方法，补充鄂尔多斯盆地数据，确定优先场地；

（2）完成咸水层优先场地的资料收集及地质建模

（3）进一步扩大试验区，选择更有利于CO2混相驱的区块，进行提高采收率室内试验与模拟评价

（4）完成沁水盆地的ECBM潜力评估和不确定性研究

任务7 -微藻固碳及利用

- 7.1 - 藻株的筛选
- 7.2 - 藻类培养的发展和演示
- 7.3 - 高效后加工的发展
- 7.4 – 技术经济分析

项目负责人- Zhenqi Zhu, Mark Crocker

- 7.1 –新奥集团(Zhu), 肯塔基大学(Crocker)
- 7.2 –新奥集团(Zhu), 肯塔基大学(Crocker)
- 7.3 –新奥集团(Zhu), 肯塔基大学(Crocker)
- 7.4 -新奥集团(Zhu), 肯塔基大学(Crocker)

成果

- 新奥获得6株有潜力突变藻株，KY分别获得最佳适合当地夏季和冬季养殖的当地藻株。
- 在内蒙鄂尔多斯和肯德基分别建立低成本反应器体系
- 优化封闭反应器与开放跑道池养殖系统
- 在East Bend发电厂，建立并运行微藻养殖示范设施。
- 申请3个专利，发表3篇文章，4篇文章在评审过程中，发布11篇会议报告。

计划

- 室外验证突变株的产量和环境耐受性能
- 评价循环水对藻养殖的影响
- 在小试规模上，优化微藻絮凝沉淀采收方法和湿藻油脂萃取工艺
- East Bend示范系统2013年运行，体积约为2万升；
- 进一步应用并完善微藻技术经济分析
- 应用East Bend数据及数据处理结果，建立技术分析模型。

任务8 - 工业化建模，模拟与评估

- 8.1 – 电厂循环和负荷随动运行
- 8.2 -稳态和动态燃后碳捕获技术建模
- 8.3 -可视化和操作员培训工具与模拟
- 8.4 - 碳捕集燃煤电站建模与仿真
- 8.5 - 全脱碳燃煤发电系统设计和静态建模
- 8.6 - 燃前碳捕集煤化工系统生命周期分析

项目负责人- Zheng Li, Richard Turton

- 8.1 -西弗吉尼亚大学(Turton)， NETL (Zitney)
- 8.2 -西弗吉尼亚大学(Turton)，劳伦斯利物浦国家实验室(Friedmann)
- 8.3 -西弗吉尼亚大学(Turton)
- 8.4 -清华大学(Li)
- 8.5 -华能，中电顾问，中电投资
- 8.6 -神华集团

成果

- MEA碳捕集过程的动态建模和仿真
- 燃煤电厂燃烧后捕集三种改造方案性能分析：节流，滑压，背压透平
- IGCC系统模块化建模
- 采用离子交换膜空分技术的IGCC系统系能
- 多流程二氧化碳捕集系统动态建模
- 三维环绕式仿真系统的建立
- Gibson 3号二氧化碳捕集流程技术经济性分析

计划

下年度计划

- 多流程二氧化碳捕集系统设计和控制设计
- 电站循环运行的设备损耗分析及经济性分析
- 电站出力变化率、负荷变动区间和缩短启动时间的经济性影响
- 电站动态建模，集成二氧化碳捕集系统的动态模型
- 二氧化碳捕集系统的控制策略研究及与电站整体的协同控制研究
- 新型带二氧化碳捕集的电站设计
- 带二氧化碳捕集的煤化工系统全生命周期分析

长期

建立和校核以下模型：

- 二氧化碳捕集系统动态模型
- 多流程二氧化碳捕集系统的鲁棒控制系统
- 带二氧化碳捕集的电站动态模型
- 新型带二氧化碳捕集的电站设计
- 带二氧化碳捕集的煤化工系统全生命周期分析