

# 中美清洁能源联合研究中心（CERC） 清洁煤技术（包括碳捕集和封存）联合研究方案

## 1. 引言

2009年11月，胡锦涛主席和奥巴马总统发表了建立中美清洁能源联合研究中心（CERC）的通告。11月17日美国能源部部长朱棣文、中国科技部部长万钢和国家能源局局长张国宝签署协议，启动建设中美清洁能源联合研究中心。中美清洁能源联合研究中心的主要目标是促进两国清洁能源技术的研究、开发和商业化。该中心还将本着互惠互利的原则，在有助于促进中美两国清洁能源利用的若干领域中，加强知识、能力和双方合作基础的建设加强。

在三个清洁能源联合研究中心项目中，清洁煤技术（包括碳捕集和封存）项目涉及煤炭清洁利用和二氧化碳捕集、利用与封存。中美两国的煤炭资源相对丰富，在其能源系统中广泛应用，也是保证其经济增长的核心助力，这对于两国环境保护、温室气体减排和相关产业发展既是挑战，又是机遇。

中美两国分别选择“华中科技大学”和“西弗吉尼亚大学”领导各自研发团队，分别组成中、美两国清洁煤技术联盟。两个联盟（统称清洁能源联合研究中心清洁煤技术联盟，CERC-ACTC）将实施一项为期五年的工作计

划，以大力促进中美两国在清洁煤(包括碳捕集、利用和封存)领域的技术进步。

## 2. 宗旨

中美清洁能源联合研究中心清洁煤技术联盟期望提高两国煤炭清洁、高效利用技术(包括碳捕集、封存和利用)。

## 3. 研究领域

双方团队已确定重点研究任务，涵盖从煤炭的清洁发电、清洁转化、新型低成本碳捕集技术到地质封存与应用研究等多个方向。清洁能源联合研究中心清洁煤技术联盟提出的研究方案已确定首批关键项目。预期通过清洁能源联合研究中心清洁煤技术联盟工作应对中美两国所面临的诸多挑战(表1)。根据中美清洁联合能源中心协议及其知识产权附约，双方在就技术管理达成约定后方可启动以下合作活动：

### 1) 基于 IGCC 的 CO<sub>2</sub> 捕集与封存

先进气化与 CO<sub>2</sub> 捕集封存相结合仍是实现低碳发电的关键途径。中美双方工业界和学术界的学者将针对绿色煤电和 Edwardsport 等重大示范项目及其中先进技术开展研究，对稳态、瞬态性能及关键操作运行原则进行示范验证和数据收集，以提供该类电厂完整、透明的成本和性能评估方法。通过开展此项研究工作，建立研发测试平台，进行基于 IGCC 的 CO<sub>2</sub> 捕集、利用与封存技术研发和示范。

## 2) 燃烧后 CO<sub>2</sub> 捕集、利用与封存技术

中美两国团队将通过测试分析和实际电厂燃烧后捕集与地质封存示范，实现 CO<sub>2</sub> 的大规模减排。该项目将通过大型发电公司（中国华能集团、中国电力投资集团公司、美国电力公司和杜克能源等）合作，开展燃烧后 CO<sub>2</sub> 捕集、利用与封存的试验和示范，对能够降低成本、简化设备改造并对环境友好的有竞争力的技术路线（胺法和低温氨法等）开展研究。我们预期此项工作将为中美两国的决策者理解燃烧后处理设备改造对于快速减排的重要性奠定基础，并在为市场研发新的低成本燃烧后处理捕获可选方案的同时，为整合捕获和埋存提供新的可操作思路。

## 3) 地质封存能力和近期机遇

神华集团联合西弗吉亚大学等美方联盟成员，围绕典型盆地开展地质封存潜力评估技术和方法、CO<sub>2</sub> 盐水层封存的运移模拟技术、地质封存监测技术的研究和应用、CO<sub>2</sub> 地质封存的安全风险性评估技术、盐水层封存的地质描述和表征等研究。通过上述研究和神华示范工程的运行，掌握并验证 CO<sub>2</sub> 盐水层封存的关键技术，为在中国实施大规模 CCS 的可行性提供科学依据。

## 4) 微藻固碳与利用

微藻因其远比其他农作物如大豆亩产产油高约 90 倍的产油优势和比森里高约 5 至 8 倍的固碳能力（据新奥微藻产业化示范工程试验数据，中国科技部、能源局、发改委资助项目）以及可以在沙荒地和滩涂等非农耕

地上养殖的优势，即是未来先进生物能源的重要源头，也是 CO<sub>2</sub> 资源化利用的可持续性发展方式。利用微藻直接固定燃煤发电电厂烟气中的二氧化碳已在现场试验研究中得到论证( 据新奥-杜克能源在美国 Eastbend 电厂联合进行的微藻与烟气直接对接试验 )。在此基础上，双方将联合开展燃煤发电电厂微藻固碳的产业化示范工程，确定不同电厂烟气的产业化固碳和生物质多联产方案，并在后处理与产品开发方面开展联合研发。项目预期将在二氧化碳资源化和产业化利用、高产微藻生物能源的低成本产业化方面通过不断创新、探索出一条切实可行的技术产业化路线。

#### 5) 富氧燃烧研究、开发与示范

对于 CO<sub>2</sub> 捕集与封存，围绕富氧燃烧成本、排放性能的研究与评估仍是全球性挑战。该项目联合了美方大型示范项目（如未来电力）及双方优秀的研究机构（如华中科技大学、巴威公司等），开展实验室研究和现场应用，以求在投资节省和运行性能提高等方面取得突破。工作任务包括针对富氧燃烧的中美煤炭适应性，生物质混烧潜力（负排放），工程技术改造方案，新型 CO<sub>2</sub> 压缩技术及系统集成，以及 CO<sub>2</sub> 与痕量气体联合注入的可行性等。

#### 6) 煤炭多联产与 CO<sub>2</sub> 捕集

具备 CO<sub>2</sub> 捕集能力的煤炭多联产系统是今后煤炭利用技术主要发展方向之一。中美双方研究团队将重点开展煤的热解-气化-燃烧分级转化多联产系统、新型煤化工多联产以及 CO<sub>2</sub> 捕集技术等方面的研究与开发，实现煤

炭高效低成本转化、占地面积减小、碳捕集以及低污染物排放，同时在中美两国进行技术的工业示范与应用，促进所研发的技术在两国的发展与销售。

#### 7) 其它主题

除了这里确定的研究项目，其他关键领域的合作也将持续进行。我们期待更多的满足清洁能源联合研究中心清洁煤技术联盟的目标和宗旨的成员及项目能够加入进来。

表 1 首批清洁能源联合研究中心清洁煤技术联盟联合研究项目

序号	中方项目名称	中方参加单位	美方项目名称	美方参加单位	关键技术特征
1	IGCC 及近零排放发电技术研究	国家能源煤炭清洁低碳发电技术研发中心 中国华能集团清洁能源技术研究院 中国电力工程顾问集团公司 清华大学 中国科学院能源动力研究中心 中国电力投资集团公司 上海交通大学	百万吨级基于 IGCC 的 CCS 技术	杜克能源, GE, 劳伦斯利弗莫尔国家实验室, IGS, 洛斯阿拉莫斯国家实验室, 美国国家能源技术实验室, 西弗吉尼亚大学 ( D. Mohler + R. Turtan )	IGCC 运行研究
			IGCC 研究中试	怀俄明大学, GE, 洛斯阿拉莫斯国家实验室 ( M. Northam + E. Norton )	各种煤及生物质的气化, 气体净化, CO <sub>2</sub> 分离
2	大规模燃烧后二氧化碳捕集、利用和封存技术研究	国家能源煤炭清洁低碳发电技术研发中心  中国华能集团清洁能源技术研究院  中国电力工程顾问集团公司  中国电力投资集团公司 清华大学	先进的胺法测试平台	杜克能源, 阿尔斯通, 西弗吉尼亚大学, 美国国家能源技术实验室, 肯塔基大学, 巴威公司, 劳伦斯利弗莫尔国家实验室 ( R. Smith + SJ Friedmann )	几种不同胺法装置; 各种运行测试能力; 各种仪器设备;
			基于氨的捕集封存及规模化集成技术	美国电力公司, 阿尔斯通, 美国 Ramgen 公司, 肯塔基大学, 美国国家能源技术实验室, 劳伦斯利弗莫尔国家实验室, 西弗吉尼亚大学 ( G. Spitznogel + K. Liu )	封存和 CCS 系统集成放大; 低温氨法;
3	CO <sub>2</sub> 地质封存规律和模拟技术及大规模封存方案研究	神华集团 中科院武汉岩土力学研究所 清华大学 西北大学 中国矿业大学 延长石油	鄂尔多斯地质封存	怀俄明大学, WSGS, 西弗吉尼亚大学, 洛斯阿拉莫斯国家实验室, 劳伦斯利弗莫尔国家实验室, 美国国家能源技术实验室 ( R. Surdam + T. Carr )	封存地质表征; 建模模拟; 风险评估; 盐水层测试;
			传统 CO <sub>2</sub> 增产石油	WSGS, 怀俄明大学, 西弗吉尼亚大学, 劳伦斯利弗莫尔国家实验室 ( D. Mohrbacher )	油藏描述和排名, 监测规划和设计
4	电厂烟气产业化微藻固碳技术研究	新奥集团 浙江大学 中国科学院能源动力研究中心	藻类固碳利用	杜克能源, 肯塔基大学, 美国国家能源技术实验室 ( R. Smith )	温室或池塘的藻类捕集; 藻类再利用;

5	富氧燃烧新原理 及关键装备研发	<p style="text-align: center;">         华中科技大学          清华大学          中国电力工程顾问集团公司          哈尔滨工业大学       </p>	富氧燃烧理论、发 展与示范	<p style="text-align: center;">         巴威公司，阿尔斯通，西弗吉尼亚大学，劳伦斯利          弗莫尔国家实验室，美国国家能源技术实验室          ( K. McCauley + S.J. Friedmann )       </p>	富氧燃烧与盐水层封存；新 型 CO <sub>2</sub> 压缩机；美国多个装 置的基本示范与燃烧试验
6	煤热解气化分级 转化多联产技术	<p style="text-align: center;">         浙江大学          中国科学院能源动力研究中心          中国矿业大学       </p>	CO <sub>2</sub> 捕集与多联产 煤化工	<p style="text-align: center;">         阿米那能源环保公司，西弗吉尼亚大学，美国国家          能源技术实验室 ( W. Latta + I. Celik )       </p>	用于发电和化工生产的煤炭 转化及捕集

#### 4. 中美联盟团队

中美双方已整合各自主要研究机构的研究日程安排和研究任务以保证本合作的成功并取得成效(表2,表3)。包括与对方企业和研发机构有长期稳定合作的重点高校、国家实验室和企业等。中美双方团队成员已就多个项目进行了深入合作,并期待在清洁能源联合研究中心框架下开展更紧密合作。

表2 清洁能源联合研究中心清洁煤技术联盟中方成员

联盟主任: 郑楚光 博士, 华中科技大学		
首席科学家: 姚 强 博士, 清华大学		
总工程师: 许世森 博士, 中国华能集团清洁能源技术研究院(待定)		
研究院所	高校	企业
中国华能集团清洁能源技术研究院	华中科技大学	华能集团
中国科学院能源动力研究中心	清华大学	神华集团
中国科学院武汉岩土力学研究所	浙江大学	新奥集团
	中国矿业大学	中国电力投资集团公司
	上海交通大学	中国电力工程顾问集团公司
	哈尔滨工业大学	陕西延长石油(集团)有限责任公司
	西北大学	

表3 清洁能源联合研究中心清洁煤技术联盟美方成员

联盟主任: 杰拉尔德·弗莱彻 博士, 西弗吉尼亚大学			
技术项目负责人: 胡里奥·弗里德曼 博士, 劳伦斯利弗莫尔国家实验室			
高校及地质勘查机构	国家实验室	非政府组织	美方公司
西弗吉尼亚大学	劳伦斯利弗莫尔国家实验室	中美清洁能源论坛	阿尔斯通
怀俄明大学	洛斯阿拉莫斯国家实验室	世界资源研究所	美国电力公司
肯塔基大学	美国国家能源技术实验室		巴威公司
怀俄明州地质调查局			杜克能源

印第安纳地质调查局			GE
			巨点能源公司
			阿米那能源公司
			美国 Ramgen 公司

## 5. 总结

中美双方在清洁能源联合研究中心清洁煤技术联盟下确定的研究任务与项目，将有助于加快两国清洁煤技术（包括 CO<sub>2</sub> 捕集）的研发与部署。通过以上工作，中美两国将在经济发展、温室气体减排和能源效率提高等方面获益。这类合作对于建立两国企业与政府间信任、实现世界和谐发展目标必不可少。我们希望在中方和美方领导下，通过持续的交流协作，清洁能源联合研究中心能够寻求到更多的、新的伙伴关系和双边协作机会。

## 6. 签署

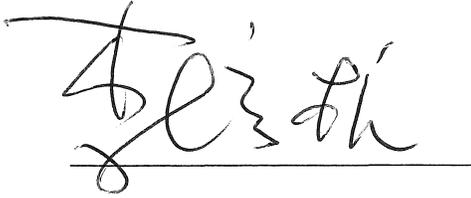
以上联合研究方案已经中美双方联合编制和达成一致，于 2011 年 1 月 18 日签署。

清洁煤技术联盟中方

清洁煤技术联盟美方

华中科技大学

西弗吉尼亚大学

A handwritten signature in Chinese characters, appearing to be '李之栋' (Li Zhidong), written in black ink above a horizontal line.A handwritten signature in English, appearing to be 'Franklin', written in black ink above a horizontal line.