

中国富氧燃烧技术 的研发进展

华中科技大学
煤燃烧国家重点实验室
郑楚光

报告内容

富氧燃烧碳捕获优势

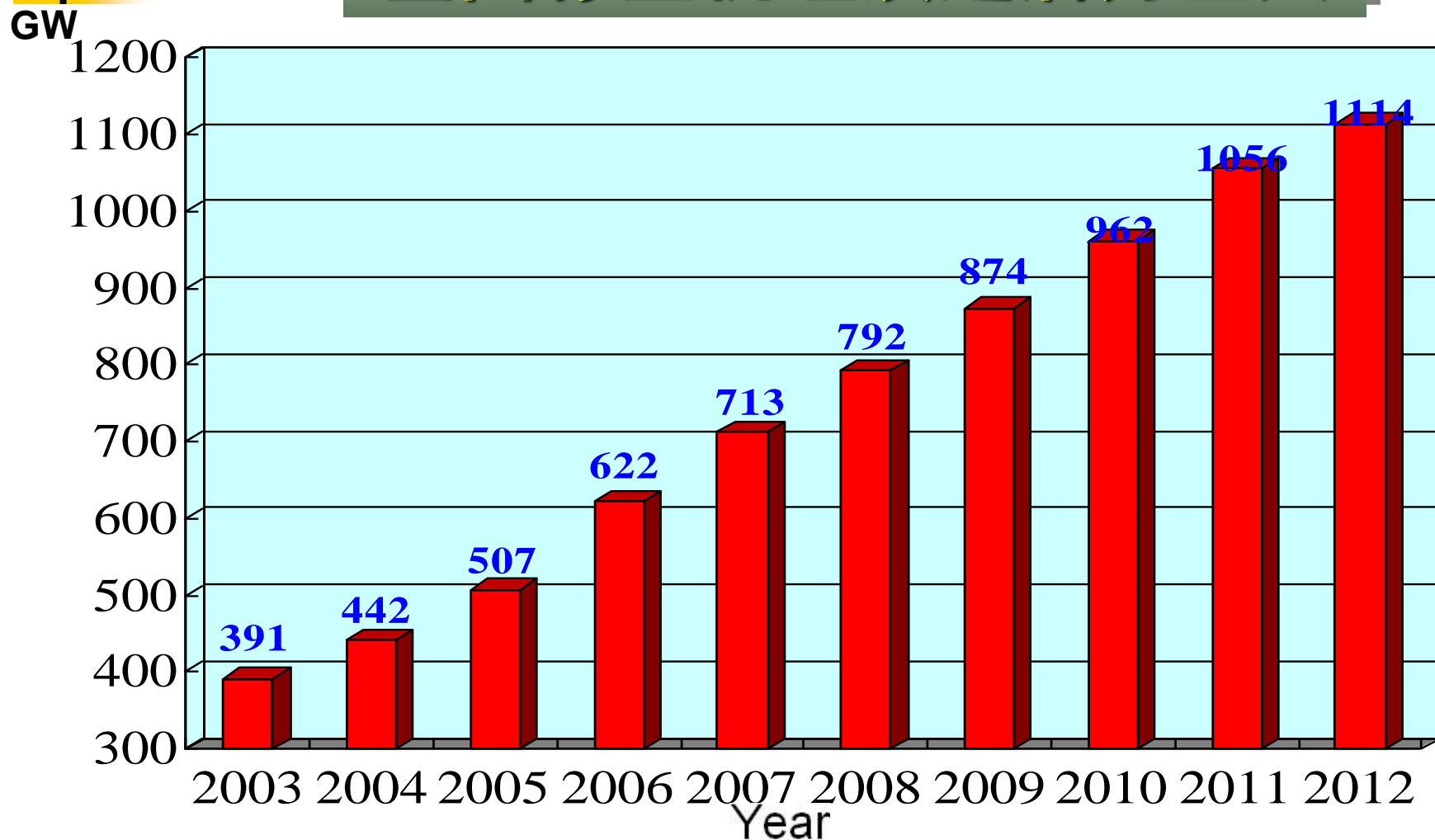
氧燃烧技术研发进展

工作特色与发展趋势

富氧燃烧技术的优势

- ✓可用于新建和改造机组;
new and retrofit;
- ✓规模化应用;
large capacity power generating units;
- ✓低成本;
lower-cost
- ✓没有明显的技术障碍;
no technology barrier;
- ✓非化工过程;
non-chemical;
- ✓污染物协同脱除
simultaneous removal of pollutant

全国存量机组改造潜力巨大

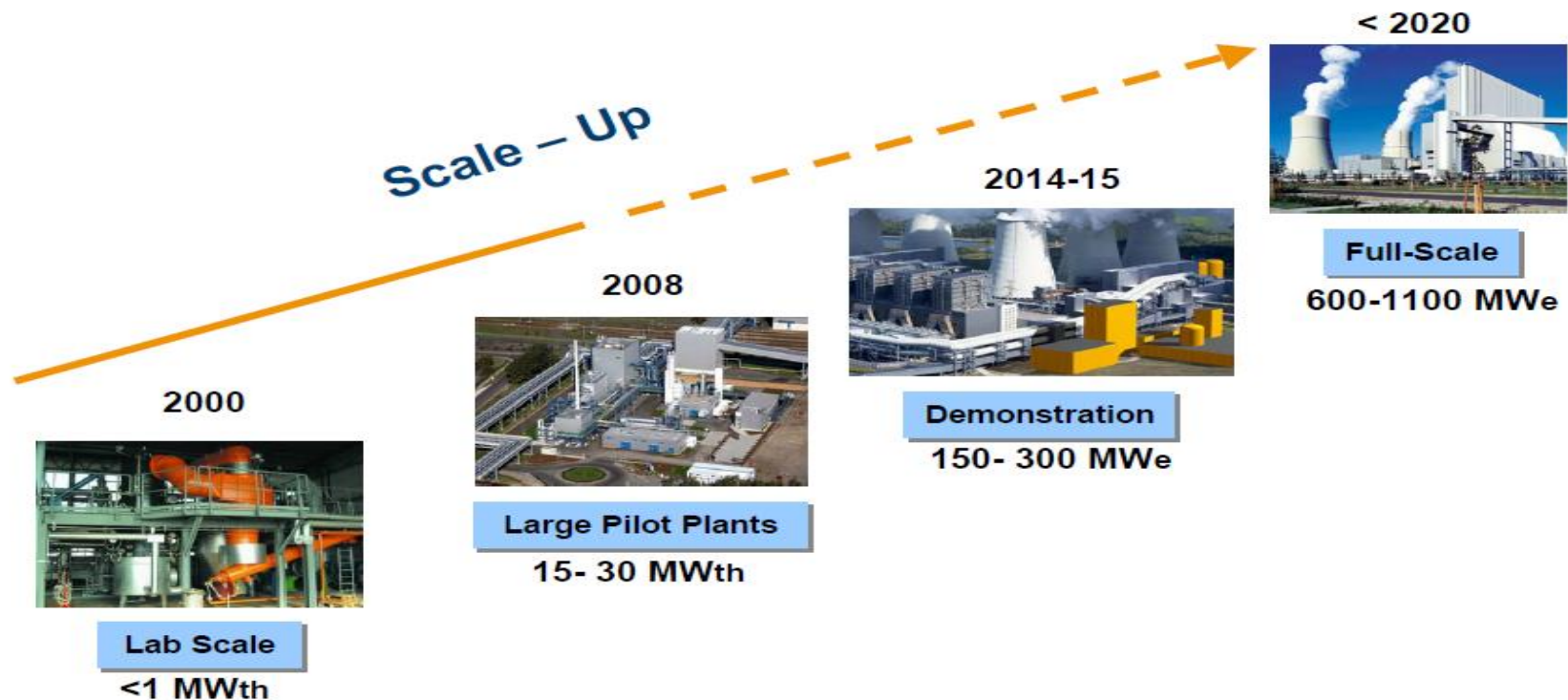


截至2012年底，中国火电装机容量8.19亿千瓦。中国存量机组改造5%就可以每年减排CO₂ 0.2*10⁹吨，约占全球CO₂总排放量的0.5%

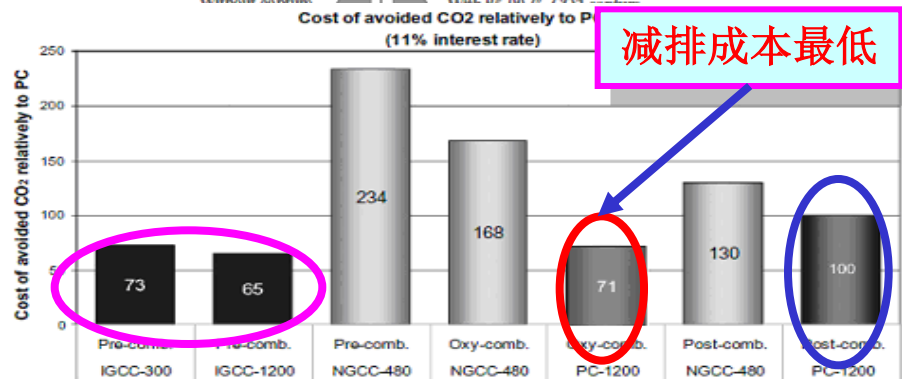
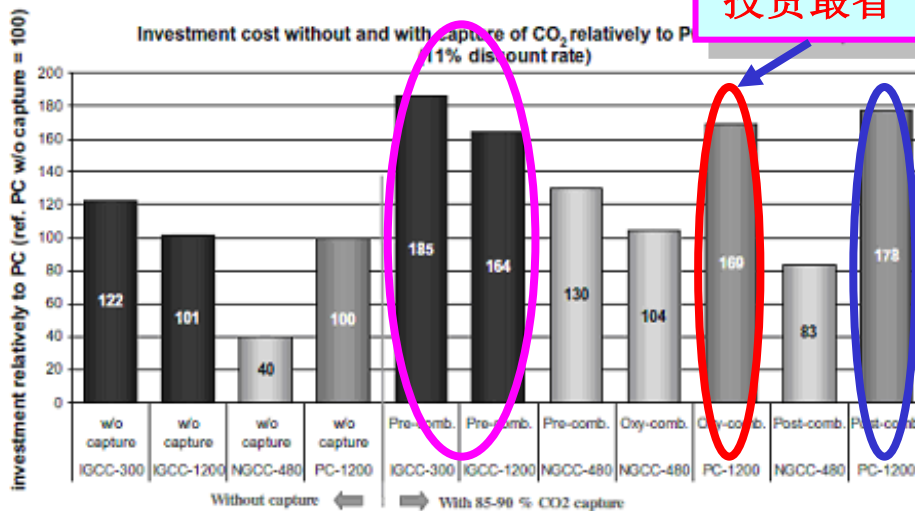
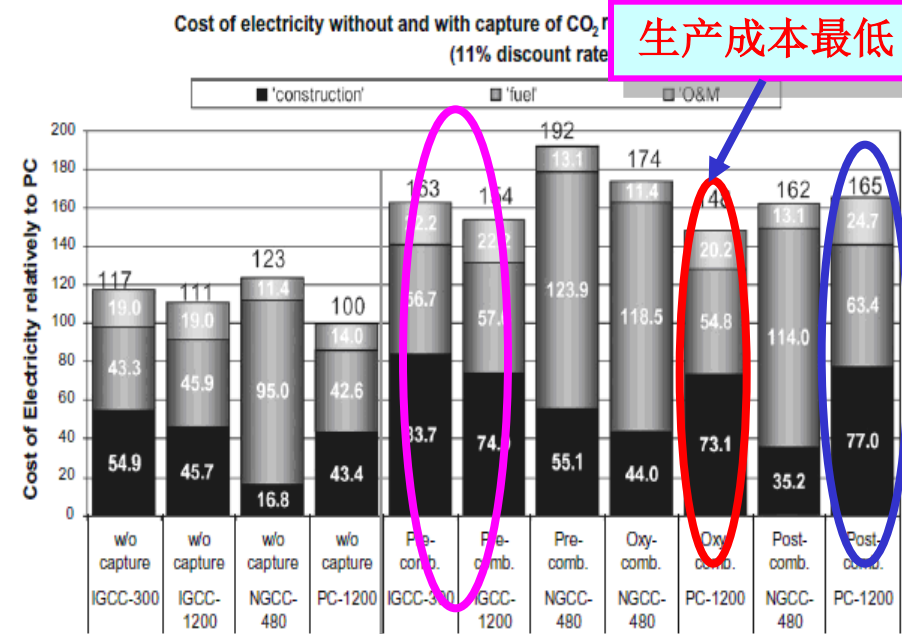
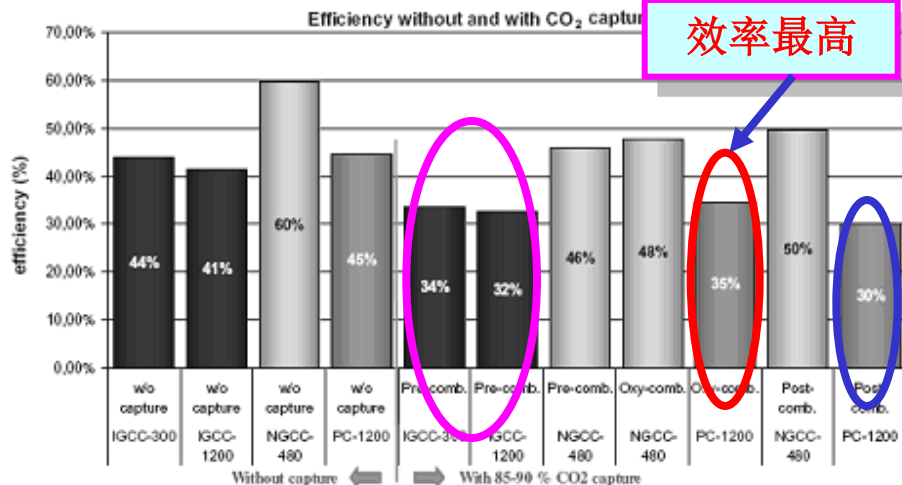
规模化应用

易于工程放大至600MW~1000MW大容量机组

Engineering magnification to large capacity units (e.g. 600MW, 1000MW) is straightforward



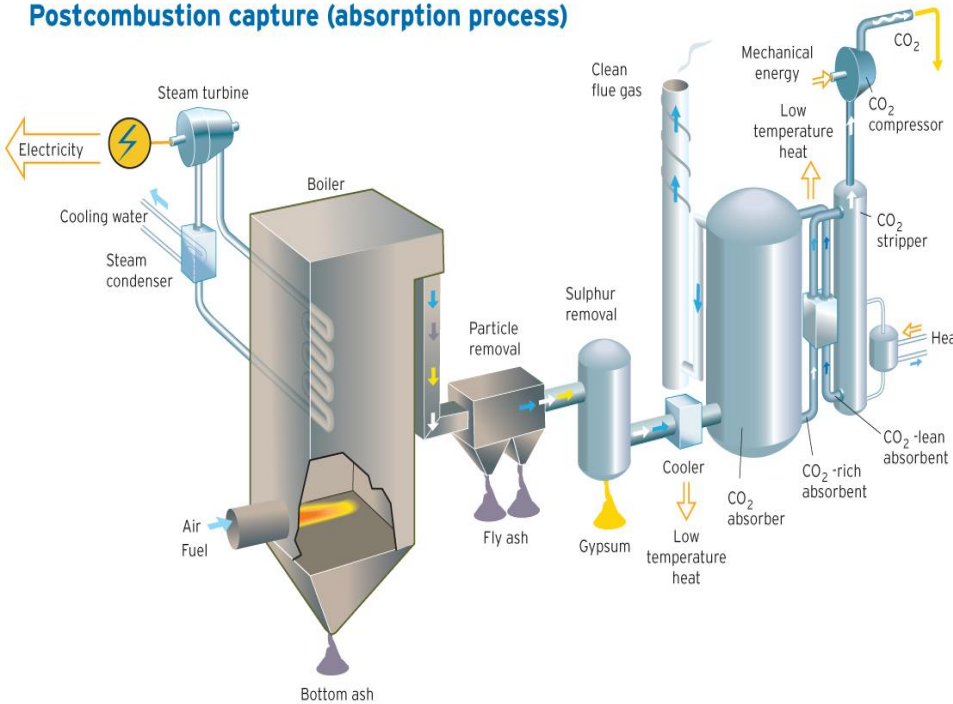
不同系统的比较



对于IGCC系统要使用燃烧前捕获物理吸收（甲醇）方法，对于燃煤电厂使用氧燃烧方法，而对NGCC系统使用燃烧后捕获（胺）方法。

非化工过程

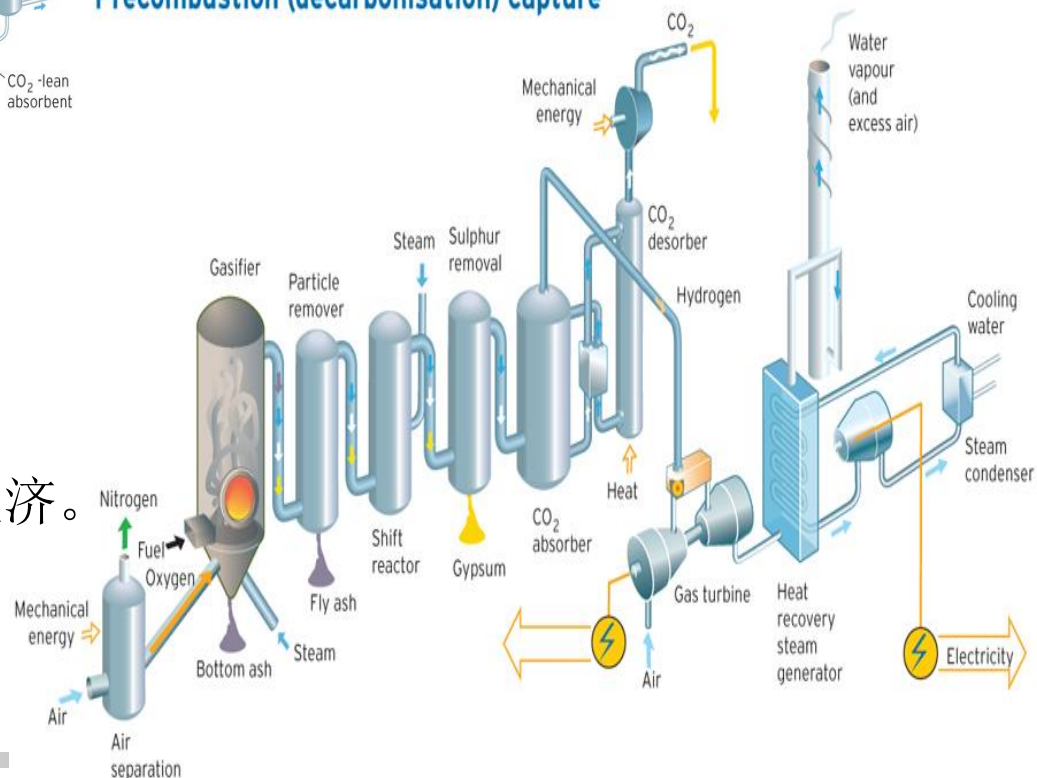
Postcombustion capture (absorption process)



MEA, NH₃生产的CO₂排放及其污染问题值得关注。

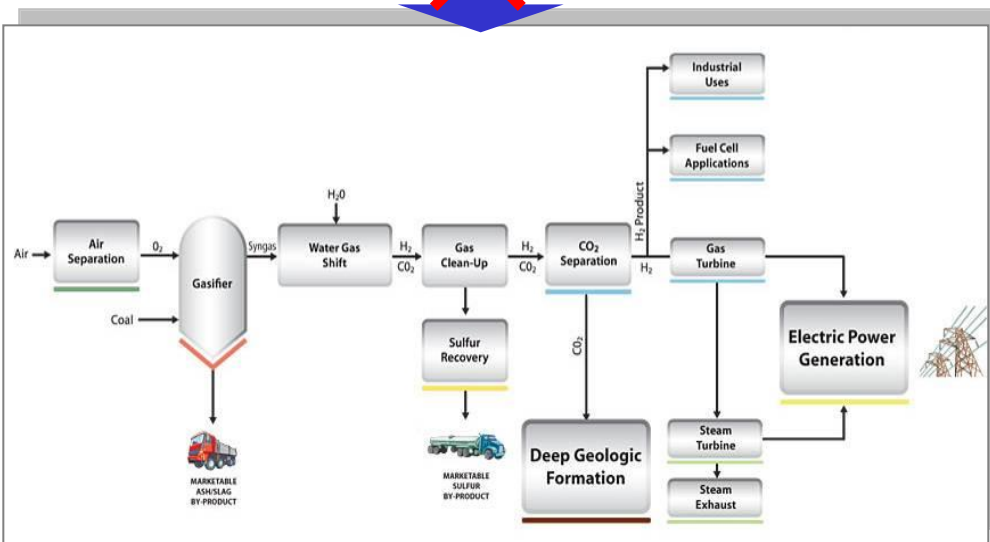
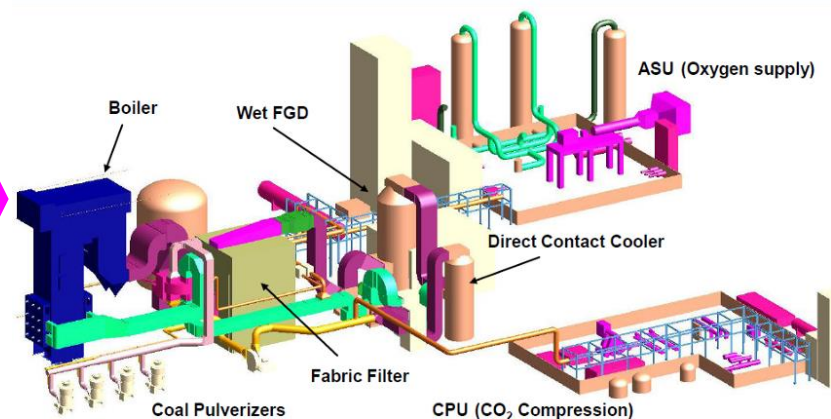
CO₂ emission for MEA, NH₃ production and environmental concerns

Precombustion (decarbonisation) capture



过程复杂，单纯以发电为目标不经济。

Electric and chemical co-generation



☆ <http://www.energy.gov/news/9309.htm>

☆ August 5, 2010

☆ **Secretary Chu Announces FutureGen 2.0**

☆ *Awards \$1 Billion in Recovery Act Funding for Carbon Capture and Storage Network in Illinois*

美国能源部国家能源技术实验室(NETL)的分析表明，富氧燃烧有可能是对现有燃煤发电机组清洁化改造、捕获CO₂以实现地理埋存的最低成本途径。

富氧燃烧技术研发路线图

- 国家973计划项目
- 国家863计划项目
- 自然科学基金



200~600MWe
示范工程



十万吨/年级工业示范
富氧与CCUS结合
空分-压缩-发电系统优化



2.5MWt OXY-CFB

万吨/年级系统耦合验证
空分-纯化工艺耦合
烟气净化及脱水工艺



2010
3MWt全流程验证试验系统

富氧燃烧概念验证
燃烧设备研发
中试数据收集及优化
设计方法研究



2006
0.3MW中试试验

- 武汉新能源研究院
- 国家能源煤炭清洁低碳发电技术研发中心

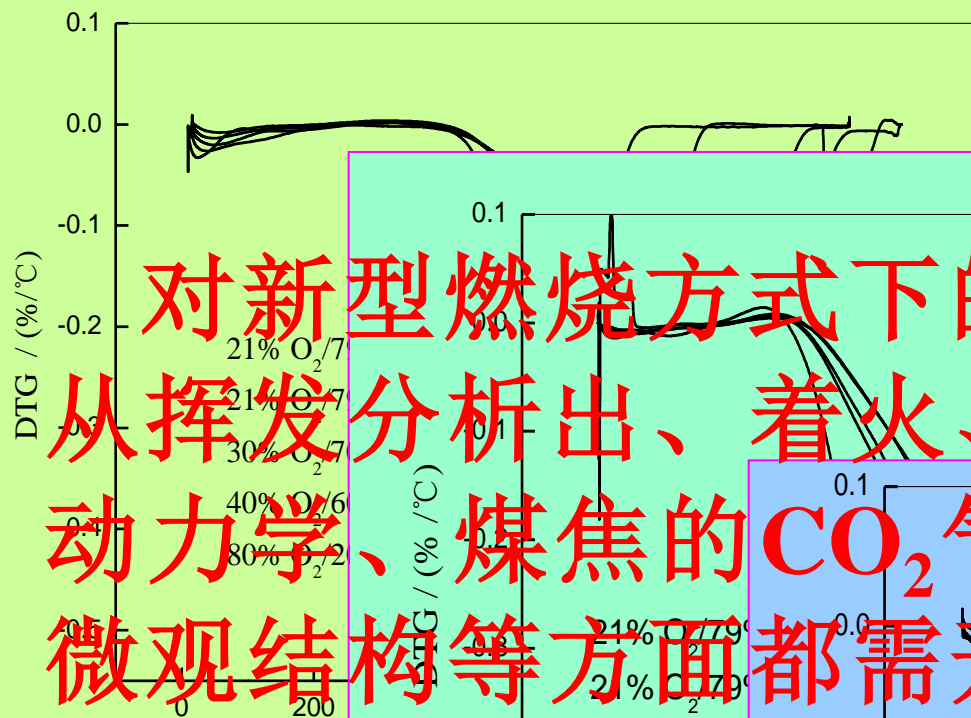
- 国家支撑计划
- 中美清洁能源中心

✓ 新研发思路

机理研究

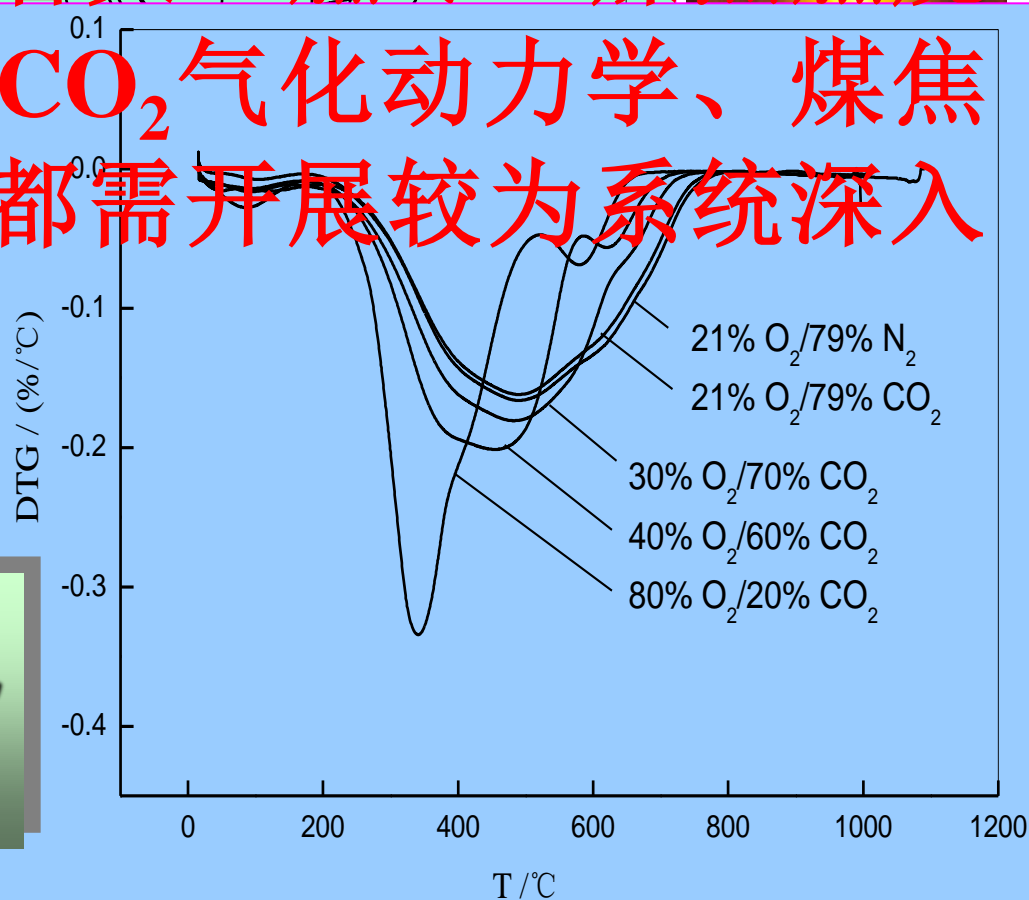
1995
实验室台架



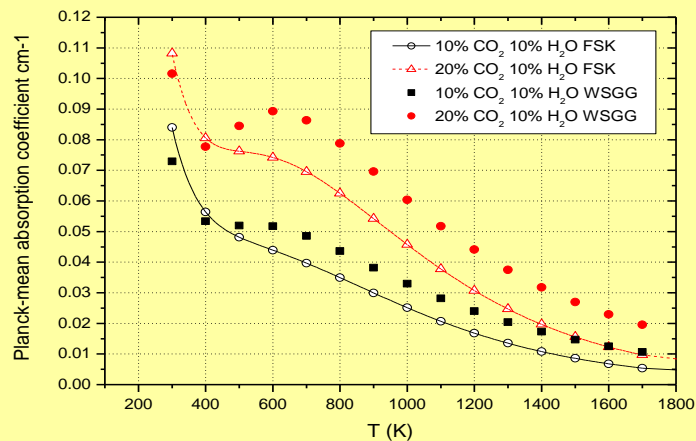


对新型燃烧方式下的煤粉燃烧特性，
 从挥发分析出、着火、燃尽、煤焦燃烧
 动力学、煤焦的CO₂气化动力学、煤焦
 微观结构等方面都需开展较为系统深入
 的理论研究。

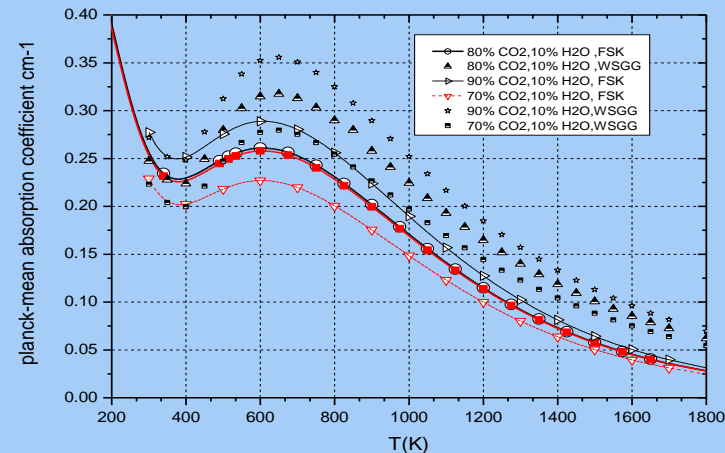
煤在O₂/CO₂气氛
 下的DTG曲线



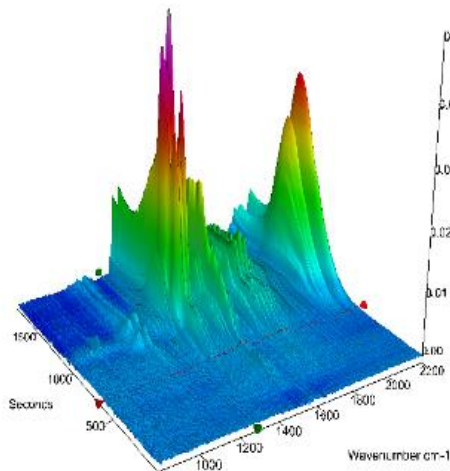
O_2/CO_2 燃烧条件基础特性



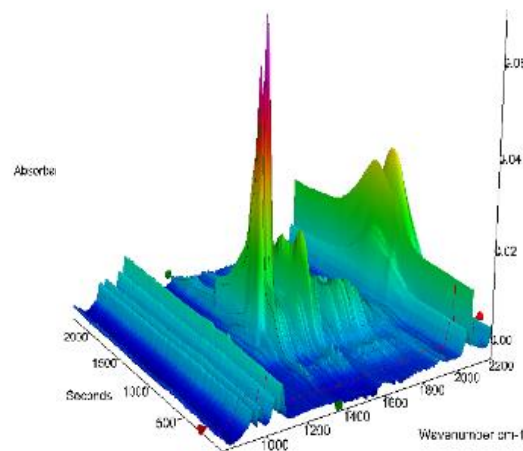
常规燃烧及气化工况下Kp比较



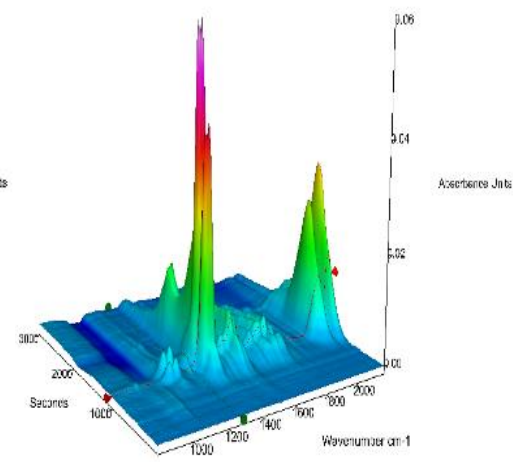
富氧条件下Kp比较



21% O_2 /79% N_2



21% O_2 /79% CO_2



30% O_2 /70% CO_2

- 影响富氧条件下气体对辐射的影响力主要体现在800-1200K以内
- 在 O_2/CO_2 气氛下， SO_2 及 NO 的释放量明显减少

我室O₂/CO₂循环燃烧试验台

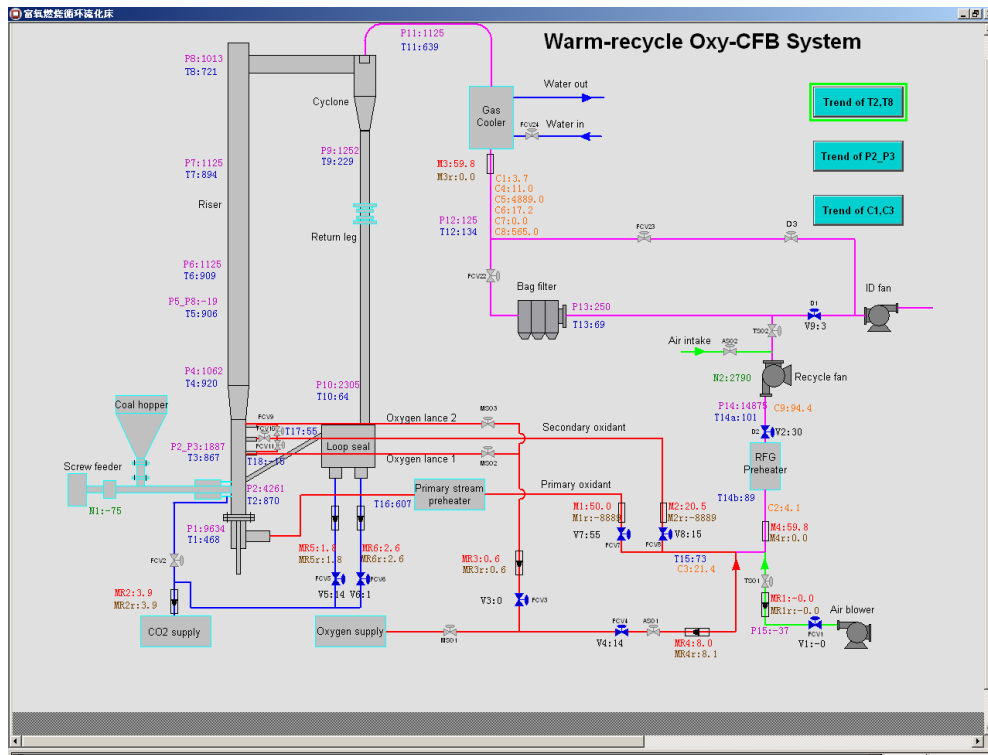
	空气燃烧	O ₂ /CO ₂	O ₂ /CO ₂ +Ca	O ₂ /RFG+Ca
CO ₂ (%)		93.9	95.5	95.4
NO _x (mg/Nm ³)	1438	1257(33%)	308(85%)	472**(89%)
SO ₂ (mg/Nm ³)	5857	6460(16%)	571(93%)	314**(96%)
Hg(mg/h)*	5.89	18.15 (68%)		

占地面积: ~200M²
台架总高: 12.5m
总造价: 400余万元





50kW Oxy-CFB试验台架



50kW_{th} Oxy-CFB test facility with flue gas recycle



The oxy-fuel combustion facility has been successfully tested for 300 h with warm flue gas recycled.

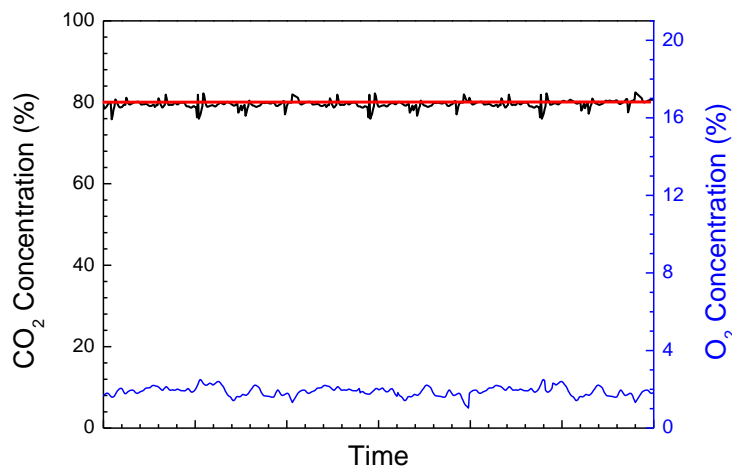
3MW 全流程富氧燃烧台架



Conception Design from Mar. 2011; Construction work start from Feb. 28th, 2012;
Finished at Dec. 18th 2012.

试验的主要成果

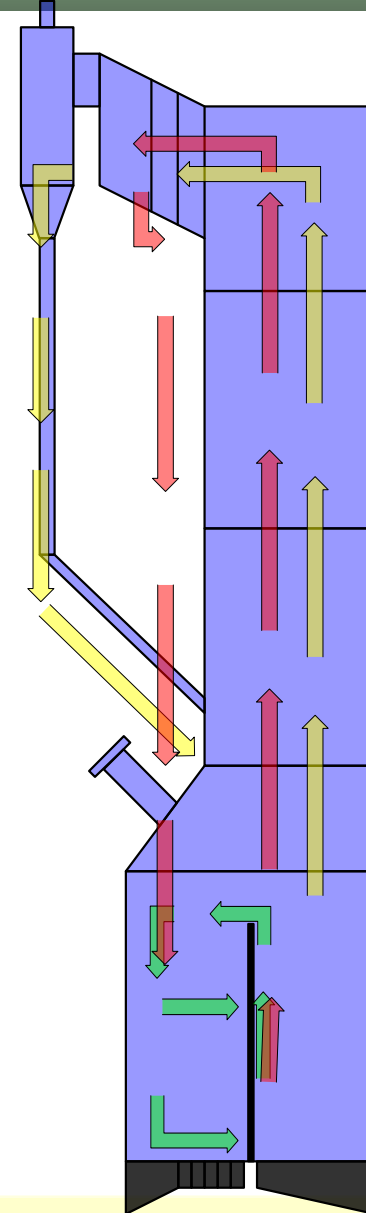
- 干烟气CO₂浓度达到82%;
- 得到高纯度的液态 CO₂;
- 关键部件的设计与验证;
- 实现了由空气向富氧的燃烧方式的顺利切换。



Concentrations of CO₂ in the flue gas of 3MW_{th} oxyfuel combustion (dry basis)

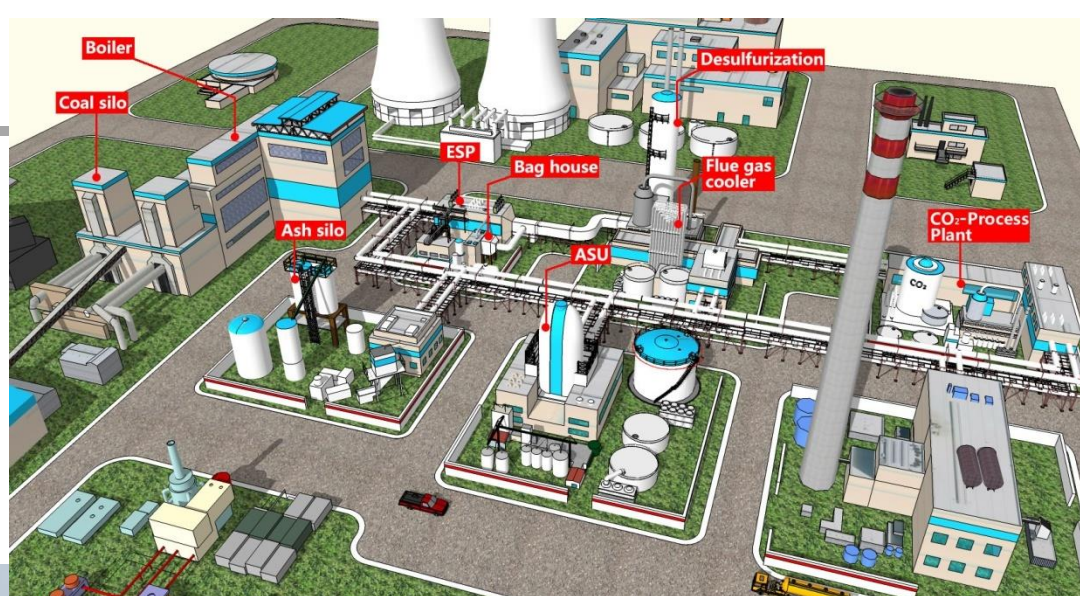


2.5MW Oxy-CFB试验台架



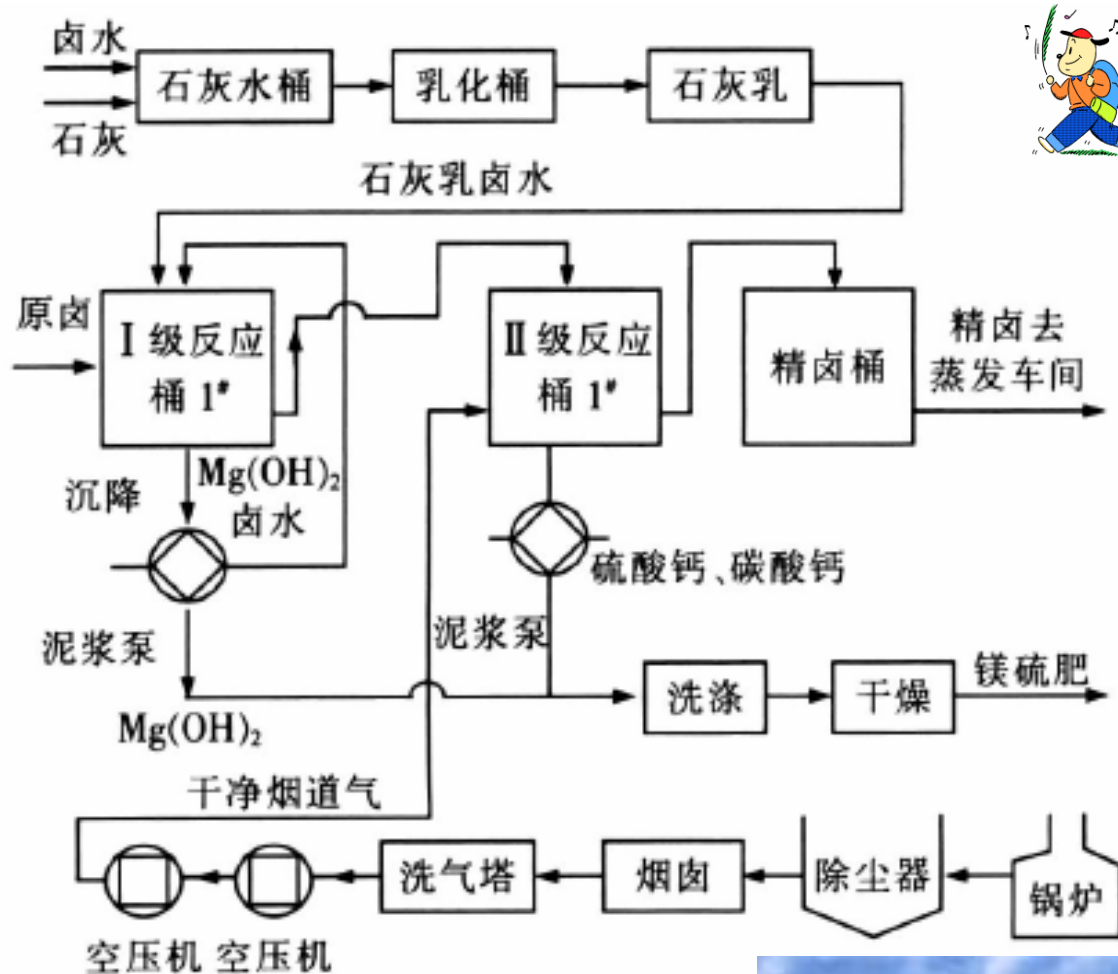
The size of boiler is largely reduced by using the parallel bed heat exchanger.

35MW示范 厂区一览





石灰- CO_2 卤水净化工艺与埋存



基于富氧燃烧的200MW碳捕集燃煤电厂技术研发及系统集成

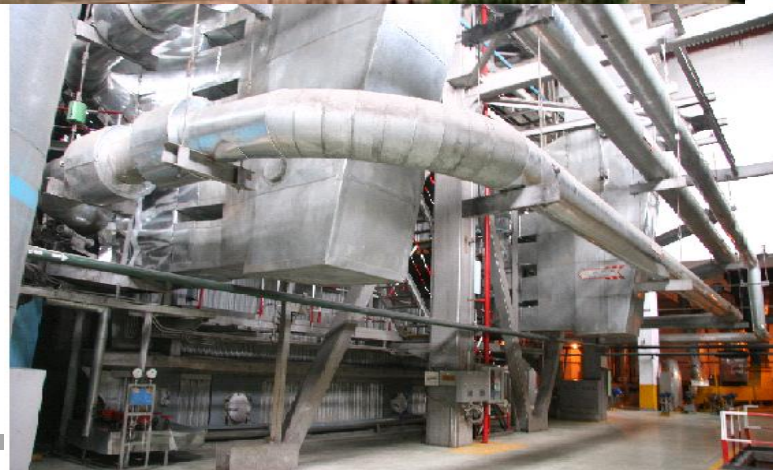


神华直接煤变油工程



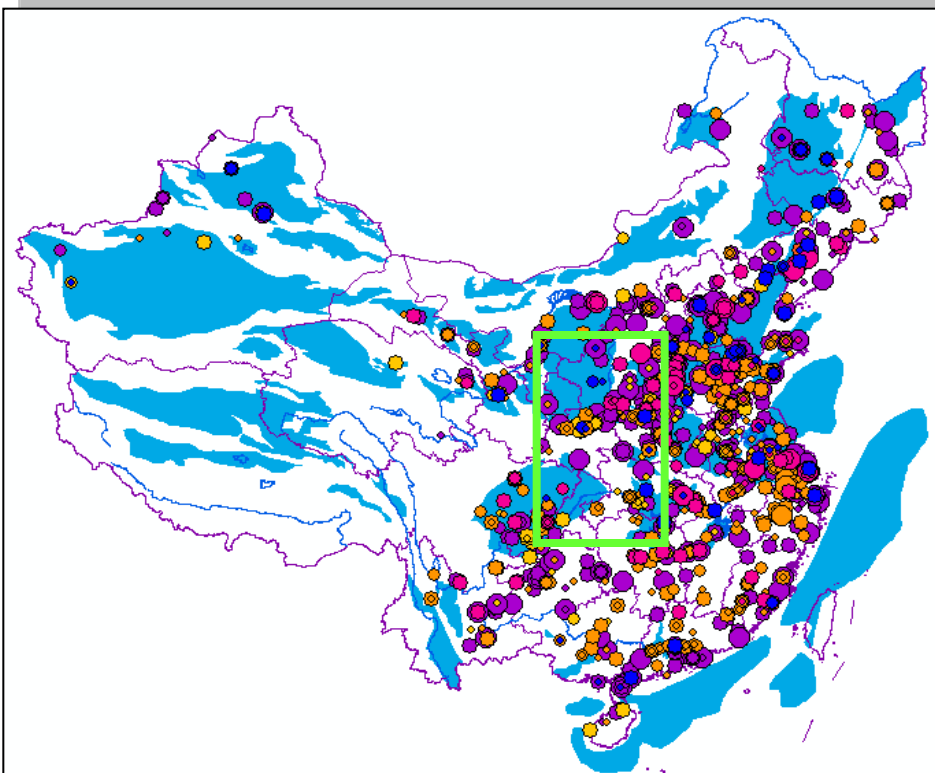
神华集团煤液化厂鸟瞰图

- ◆规划规模：500万吨油品/年（分二期建设）
- ◆示范规模：100万吨油品/年（一期工程第一条生产线）
- ◆建设地点：内蒙古自治区鄂尔多斯市



示范工程选址

- 国华神木发电有限公司
- 陕西省神木县店塔镇
- 装机容量 2×100 MWe
- 捕集的 CO_2 进行地质埋存



鄂尔多斯盆地理论封存容量：2624亿吨。其中

咸水层：2565亿吨(中国第二位)

气田：11亿吨（第一位）

油田：4亿吨（第四位）

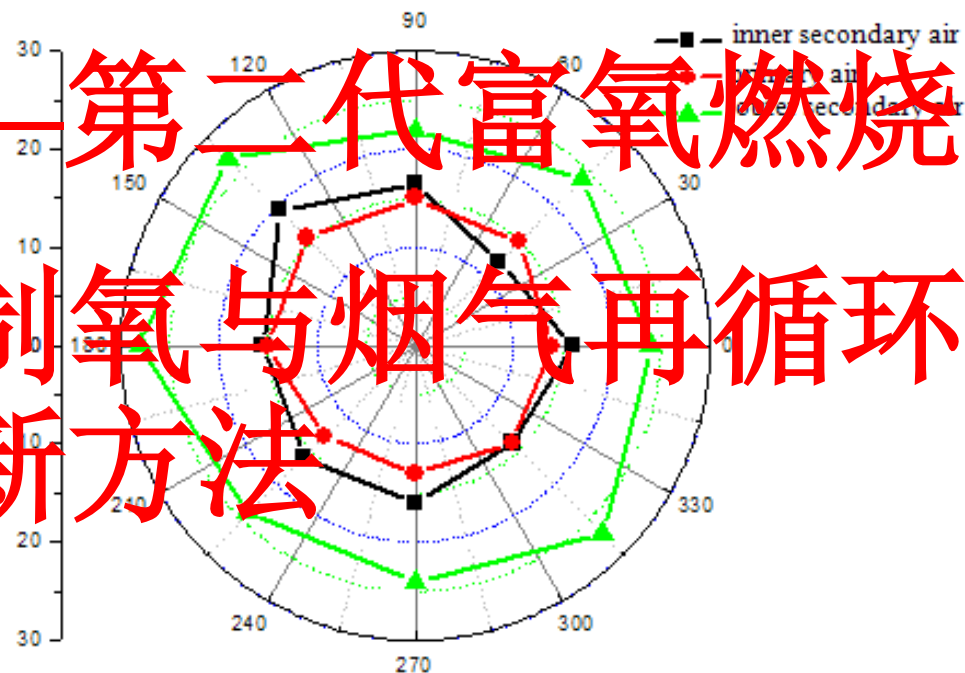
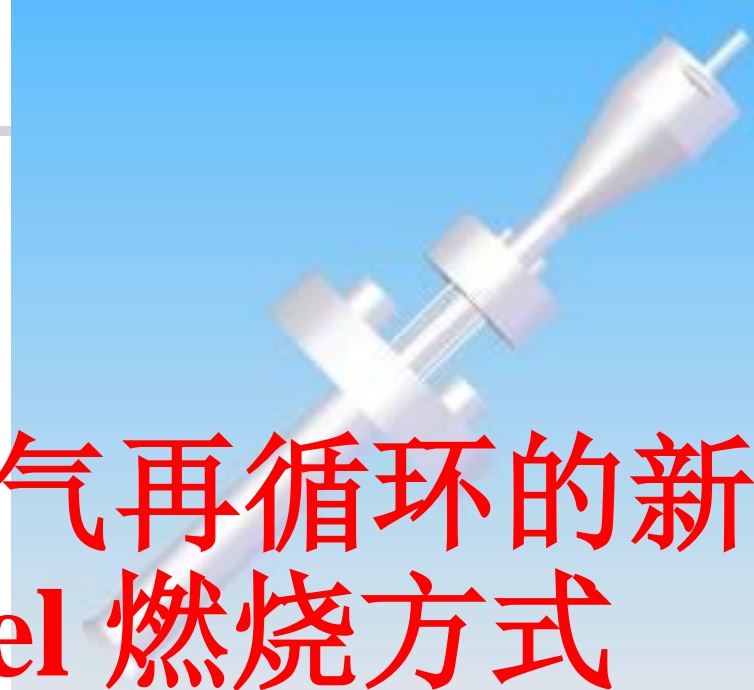
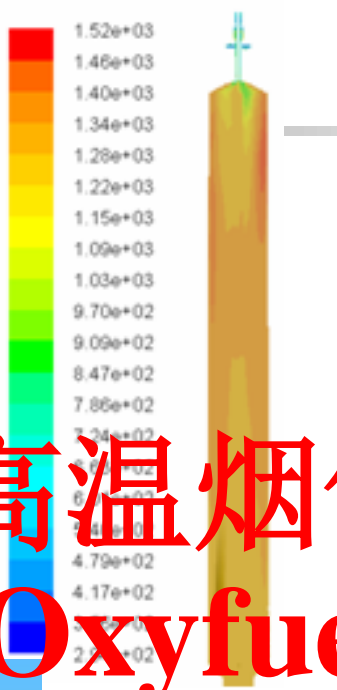
煤层：45亿吨（第一位）

新理念和新方法

- 发展基于高温烟气再循环的新型 MILD-Oxyfuel 燃烧方式

- 化学链燃烧——第二代富氧燃烧

- 提出化学链制氧与烟气再循环解析的耦合新方法



工作特色

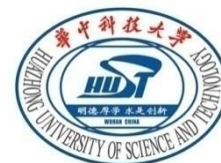
- ★ 紧密的产业联盟
- ★ 重大的研发基地
- ★ 广泛的国际合作

富氧燃烧产业联盟



富氧燃烧产业创新联盟，2011. 5. 29

百万等级富氧燃烧碳捕获技术研发合作框架协议，2012. 3



国家能源煤炭清洁低碳发电技术 研发（实验）中心

国家能源煤炭清洁低碳发电技术
研发（实验）中心

国家能源局



ADVANCED COAL TECHNOLOGY CONSORTIUM

清洁煤技术联盟

U.S.-CHINA CLEAN ENERGY RESEARCH CENTER

中美清洁能源研究中心



FOUNDING DIRECTORS

首任主任

Dr. Zheng Chuguang
Director for China

郑楚光 博士
中方联盟主任
华中科技大学

Huazhong University of Science and Technology

Dr. Jerald J. Fletcher
Director for the United States
West Virginia University

杰里·弗莱彻 博士
美方联盟主任
西弗吉尼亚大学

January 2011

二〇一一年一月

与Alstom和B&W 公司合作



亚洲开发银行技援项目

Oxy-fuel Combustion CO₂ Capture Technology Assessment

ADB



东方电气集团东方锅炉股份有限公司
Dongfang Boiler Group Co., Ltd.

亚洲开发银行技术援助项目 “碳捕集和封存 (CCS) 示范和应用路线图” 启动研讨会-B部分

Asian Development Bank Technical Assistance
Road Map for Carbon Capture and Storage Demonstration and Deployment – Component B
Inception Workshop

2013年04月23日 · 成都
23 April 2013 · Chengdu

技术援助项目由全球CCS研究院 CCS 基金支持
by the CCS Fund established by the Global CCS Institute



Subject
investigated
研究对象

**Oxy-combustion
demonstration project**
氧燃烧示范工程

**Oxy-combustion
technology in China**
氧燃烧技术在中国

**Project
goals**
项目目标

**Promote the first 100MWe
demonstration project**
推进中国第一个200MWe氧
燃烧示范工程

**Provide decision support on
the strategy of Oxy-
combustion demonstration
and application in China**
为中国氧燃烧技术的示范和应用
提供战略决策支持

**Methodology
and activities**
研究方法和内容

**Risk assessment and
management, 3E evaluation,
material balance, energy
balance and financial balance**
风险评估和管理、3E评价、物资
平衡、能量平衡和财务平衡

**Technology roadmap,
scenario analysis and
financial simulation** 技术路
线图、情景分析和财务模拟

**Project
outputs**
项目产出

**Pre-feasibility report
and implementation
guide for demo** 示范工程
预可研报告和实施导
则

**Capacity
improvement**
能力提升

**Technology roadmap,
policy demand and
financial planning** 技
术研发路线图、政策需
求和投融资规划

开展工程示范的建议

- ★ 燃煤CO₂捕捉的富氧燃烧技术与资源化利用相结合，可望成为一条符合国情的规模CO₂减排和利用的途径。目前工程示范的理论和技術条件已经成熟；
- ★ 建议国家从战略层面，更加关注和重视燃煤的规模减排与资源化利用技术的开发，尽快组织实施工业规模的示范系统。推动我国的CO₂减排事业和低碳经济的发展。