

# 中国CCUS的发展、机遇与挑战

CCUS in CHINA, Development, Opportunities, and Challenges

计秉玉

Dr. Ji, Bingyu

2017年4月 April, 2017

中国石化石油勘探开发研究院

Petroleum E&P Research Institute, SINOPEC

# 提 纲

## Outline

- 一、前言

Introduction

- 二、中国在CCUS方面的行动

CCUS Practice of China

- 三、中国在CCUS方面的技术进展

CCUS Technical Progresses of China

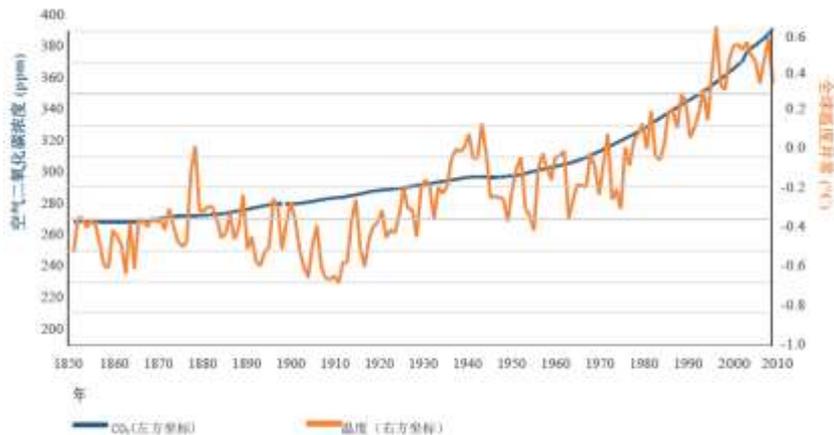
- 四、面临的机遇与挑战

Opportunities and Challenges

# 一、前言 Introduction

大气中CO<sub>2</sub>浓度显著提升，引起全球温度上升，引发极端天气日益频繁，环境受到严重威胁的观点得到普遍认可和高度重视。

Global warming caused by CO<sub>2</sub> emissions leads to the frequent generation of extreme weather



来源: Data from Brohan et al. (2006), MacFarling et al. (2006), Tans and Keeling (2011)

图1全球大气中二氧化碳浓度与平均温度的趋势

CO<sub>2</sub> concentration V.S. Temperature

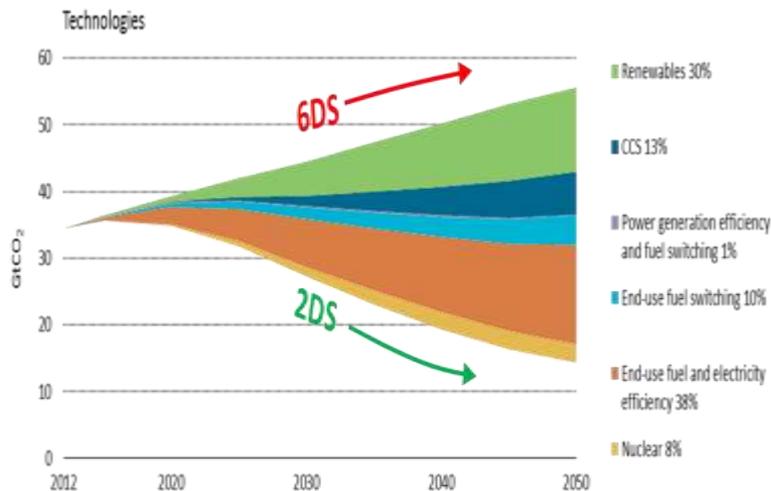


Flood



Glacier melting

# 一、前言 Introduction



contributions to emissions reduction

Cited by IEA, 2015

➤二氧化碳减排已经引起世界各国的关注，CCS/CCUS成为热点话题。

Cut CO<sub>2</sub> emission is an essential international issue, CCS/CCUS is now a world-topic.

➤据IEA预测，CCS技术对温室气体减排的贡献率将超过13%

CCS will reduce emission by over 13%, according to IEA

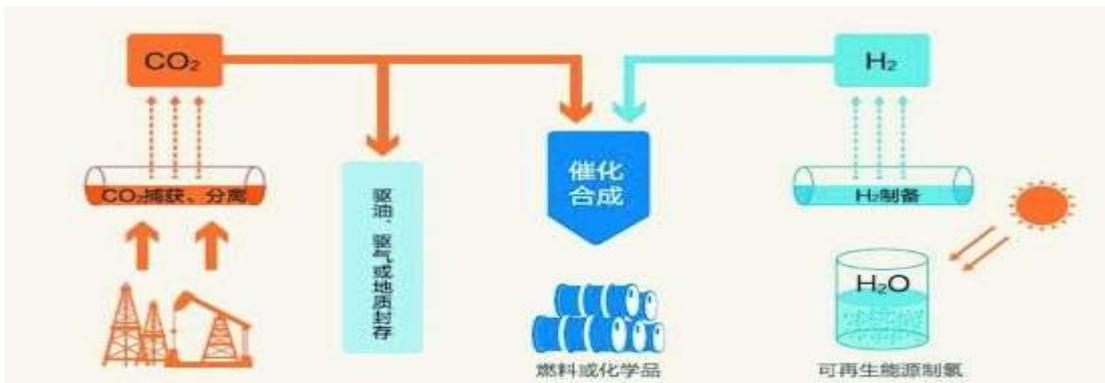
➤全球碳捕集研究院、碳捕集利用与封存知识国际中心等机构相继成立。

International organizations/institutes are founded (International CCS Knowledge Centre, Global CCS Institute...)

# 一、前言 Introduction

中国在政府指导下，企业、科研单位和高等院校共同参与，已围绕CCS/CCUS相关理论、关键技术和配套政策的研究开展了很多工作，建立了一批专业研究队伍，取得了一些技术成果，成功开展了工业级技术示范。

Leading by Chinese Government, Companies, Research Institutes, and Universities are united. Fundamental theory, technologies, and policies are developed, generated, and are being industrialized.



# 提 纲

## Outline

- 一、前言

Introduction

- 二、中国在CCUS方面的行动

CCUS Practice of China

- 三、中国在CCUS方面的技术进展

CCUS Technical Progresses of China

- 四、面临的机遇与挑战

Opportunities and Challenges

## 二、中国在CCUS方面的行动 CCUS Practice of China

### 1. 政府行动 Government Support

- 政策方面：自1990年以来，先后制定了系列CCS相关政策和法规，大力推动了国内CCS技术的发展

Since 1990, policies and regulations were made to support the development of CCS



## 二、中国在CCUS方面的行动 CCUS Practice of China

### 1. 政府行动 Government Support

- 在国家科技部指导下，汇集国内CCUS领域具有一流研发实力的企业、高等院校和科研院所等37家单位组建了CO<sub>2</sub>捕集利用与封存产业技术创新联盟。

Leading by China Ministry of Science and Technology, CCUS Technology Innovation Alliance was established by 20 companies, 14 universities, and 3 research institutes.

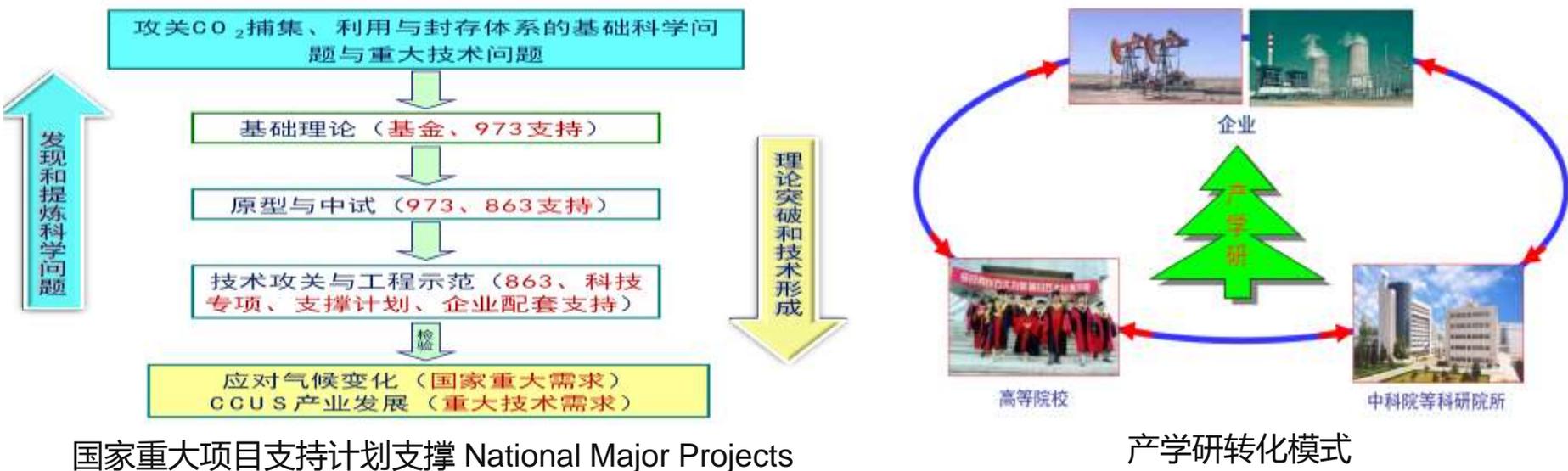


## 二、中国在CCUS方面的行动 CCUS Practice of China

### 1. 政府行动 Government Support

- 项目扶持方面：以重大科技项目为依托，以CCUS产学研转化链为目标，推动CCUS技术示范与应用。

A series of National Major Projects of CCUS were started, covering fundamental research, technology development, and field application



## 二、中国在CCUS方面的行动CCUS Practice of China

### 2. 企业行动 Support from companies

中国企业积极推进CCUS技术的发展应用，开展CO<sub>2</sub>捕集、输送、驱油的研究与工程示范等20多个CCS试验项目。

Currently China has over 20 on-going CCUS pilot projects, covering capturing, transportation, EOR...

➤油田企业：探索CO<sub>2</sub>驱油提高采收率与埋存一体化技术，开展矿场先导试验

oil companies: pilot tests of CO<sub>2</sub> EOR and depleted reservoir storage

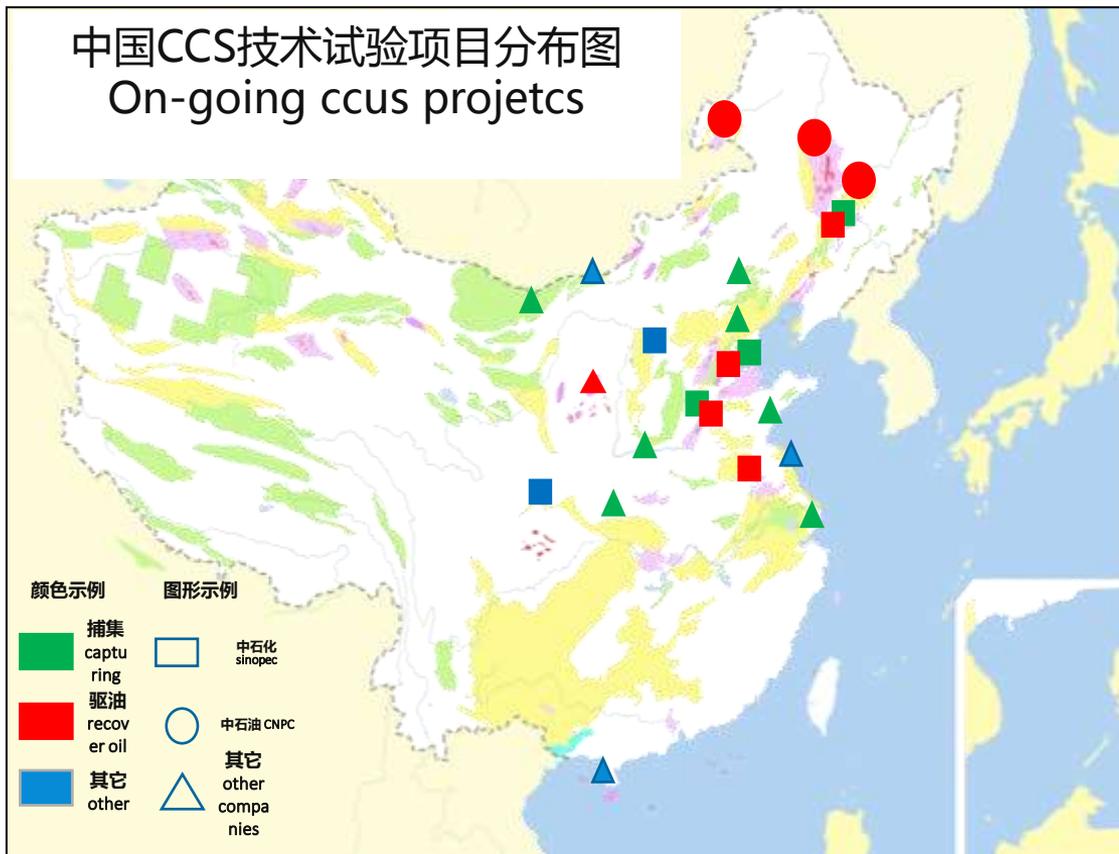
➤煤炭企业：开展CO<sub>2</sub>捕集与埋存技术研究，探索注CO<sub>2</sub>开发煤层气技术

Coal companies: capture and storage, especially for CO<sub>2</sub> recover coal-bed methane

➤发电企业：开展不同CO<sub>2</sub>捕集技术研究，探索咸水层埋存技术

Power companies: capturing & deep aquifer storage

## 二、中国在CCUS方面的行动CCUS Practice of China



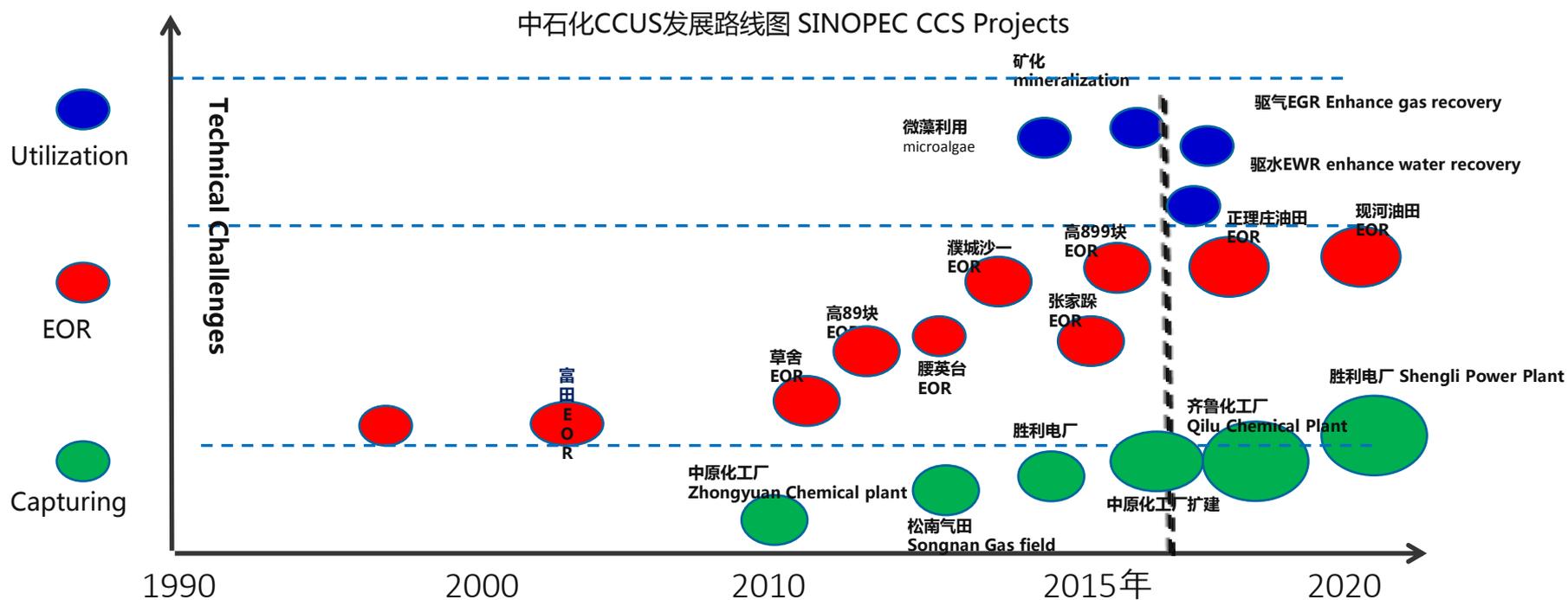
### CCS研究与矿场示范项目

序号	项目名称
捕集	中石化胜利电厂烟道气捕集
	中石化中原化工厂尾气捕集
	中石化东北松南气田高碳天然气回收
驱油	中石化胜利油田CO <sub>2</sub> 驱油项目
	中石化中原油田CO <sub>2</sub> 驱油项目
	中石化草舍油田CO <sub>2</sub> 驱油项目
	中石化腰英台油田CO <sub>2</sub> 驱油项目
	中石油吉林油田CO <sub>2</sub> -EOR
	中石油大庆油田CO <sub>2</sub> -EOR
	延长油田CO <sub>2</sub> -EOR
捕集利用与埋存	中科金龙CO <sub>2</sub> 化工利用
	华能集团北京热电厂捕集
	中海油CO <sub>2</sub> 制可降解塑料
	华能上海石洞口捕集项目
	中电投重庆双槐电厂碳捕集
	连云港清洁煤能源动力系统研究设施
	神华集团煤制油CO <sub>2</sub> 捕集和封存示范
	新奥微藻固碳生物能源项目
	华能绿色煤电IGCC**电厂捕集利用和封存示范
华中科技大学35MWt富氧燃烧技术研究与示范	

## 二、中国在CCUS方面的行动 CCUS Practice of China

中国石化自上世纪90年代以来，开展了全方位、多角度的CCUS技术研究，取得了系列成果。

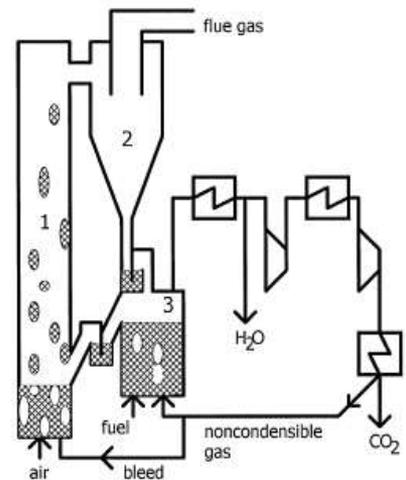
Since 1990, SINOPEC conducted multiple CCUS projects & researches



## 二、中国在CCUS方面的行动CCUS Practice of China

**3.研究部门与高校行动：**14所高校与企业相结合，从捕集-运输-驱油-埋存等多个方面支持CCUS技术发展

14 universities joined those projects as well to support CCUS



# 提 纲

## Outline

- 一、前言

Introduction

- 二、中国在CCUS方面的行动

CCUS Practice of China

- 三、中国在CCUS方面的技术进展

CCUS Technical Progresses of China

- 四、面临的机遇与挑战

Opportunities and Challenges

### 三、中国在CCUS方面的技术进展CCUS Technical Progresses of China

#### 1. 捕集技术 Capturing

- 燃烧后捕集：在低成本高效吸收剂与吸附剂、新型分离膜材料、高效流化床反应器等方面取得进展；  
Post-combustion: Low-cost high-efficiency absorbent/adsorbent; advanced separation membrane; Fluidized bed reactor
- 燃烧前捕集：华能天津发电厂26.5万千瓦IGCC发电装置于2012年11月建成运行，迈出了技术示范的扎实一步；  
Pre-combustion: IGCC power generator of 265,000Kw started in Nov, 2012, by China Huaneng, Tianjin Power Plant
- 富氧燃烧：华中科技大学等团队在无焰富氧（煤粉）燃烧方式在35MW装置上实现。  
Oxygen Enriched Combustion: Flameless Oxygen-Enriched Pulverized Coal combustion power generator, leaded by Huazhong University of Science and Technology, applied in Yingcheng Power Plant.



上海石洞口发电厂燃烧后捕集



华能天津IGCC



湖北应城富氧燃烧

### 三、中国在CCUS方面的技术进展CCUS Technical Progresses of China

#### 1. 捕集技术 Capturing

➤ 中国石化：吸附剂/吸收剂、捕集工艺多样化

SINOPEC: Absorbent/Adsorbent, realized through different technics



**中原炼厂烟道气捕集:** 以一乙醇胺为主溶剂的MEA法，捕集规模10万吨/年

Zhongyuan Refinery Plant—flue gas: monoethanolamine (MEA), 100,000 ton/Year



**松南天然气分离处理:**以N - 甲基二乙醇胺为主溶剂的MDEA法，处理规模50万吨/年

Songnan Gas Plant—Natural gas separation: N-MethyldiethanolaMine (MDEA), 500,000 ton/year



**胜利燃煤电厂烟气捕集:**以MEA为主、添加了活性胺、缓蚀剂、抗氧化剂等辅助成分的复合MSA溶剂，捕集规模3万吨/年

Shengli Coal power plant—flue gas: Composite MSA solvent(MEA, with Active amine, corrosion inhibitor, antioxidant...), 30,000 ton/year

### 三、中国在CCUS方面的技术进展CCUS Technical Progresses of China

#### 2. 输送技术 Transportation

国内目前主要是以CO<sub>2</sub>槽车运输为主，短距离管输为辅，CO<sub>2</sub>运输成本较高。

Majorly by Tankers;

- ✓ **中石化**：完成了百公里级别CO<sub>2</sub>长输管道设计，建成了20km管道，投产安全运行2年

SINOPEC: designed a 100km pipeline, constructed 20km by now;

- ✓ **中石油**：建成了53公里CO<sub>2</sub>气相长输管道，解决了CO<sub>2</sub>管输相态控制与优化设计难题

CNPC: built 53km pipeline, with optimized phase control



### 三、中国在CCUS方面的技术进展CCUS Technical Progresses of China

#### 3. CO<sub>2</sub>驱油与封存技术 CO<sub>2</sub> EOR and Storage

➤ 中国石化：油藏类型多样（低渗、水驱废弃、致密）、先导项目逐年增加

SINOPEC: CO<sub>2</sub> pilot applied to low-permeable/depleted water flooding/tight reservoirs



No. of CO<sub>2</sub> projects

### 三、中国在CCUS方面的技术进展CCUS Technical Progresses of China

#### 3. CO<sub>2</sub>驱油与封存技术 CO<sub>2</sub> EOR and Storage

- 中石化注CO<sub>2</sub>项目24个，已覆盖储量2512万吨，累计注入CO<sub>2</sub>量154万吨，增油25.58万吨

24 projects with reserves of 25,120,000 tons of oil in place, injected 1,540,000 tons of CO<sub>2</sub>, with produced incremental oil of 255,800 tons

	项目名称	覆盖储量 (10 <sup>4</sup> t) Reserves	阶段增油量 (10 <sup>4</sup> t) Incremental oil	累注量 (10 <sup>4</sup> t) Cumulated injection	累计埋存量 (10 <sup>4</sup> t) Stored CO <sub>2</sub>
华东	草南泰州组	142	6.6490	18	15.51
	草南阜一段	126	0.1199	2.32	2.3
	草中阜三段	125	2.7392	12.04	10.58
	台兴QK111断块	151.91	1.1795	5.74	5.39
	张家垛张3区块	98.73		0.13	0.13
	曲塘阜三段	149.33	0.0983	2.45	2.38
	祝庄阜一段	41		0.89	0.89
	华3块阜三段	145.15	0.6469	2.82	2.58
	鹤5断块	26.02		0.7	0.7
	帅垛阜三段	202.99		2.02	2.02
	曹桥阜三段	27		0.45	0.45
张1块阜三段	47	0.4023	0.78	0.62	
江苏	花X26-1井组	26.39	0.0888	0.12	0.12
胜利	高89	170	6.9789	26.99	24.12
中原	濮城沙一下	275	1.3164	31.9	
	新16块	180.71	0.7067	5.04	
	卫42	152.7		6.49	
	文200	158.9		1.47	
	文181块	34.93	0.1512	3.06	
	文179块	41.9	0.0154	1.52	
	文138块	11.6	0.0682	1.19	
	胡96块	8	0.793	3.89	3.32
	赵庄	12.1	0.3671	2.3	2.3
东北局	腰英台	158	3.2548	21.65	
合计		2512.36	25.5757	153.96	

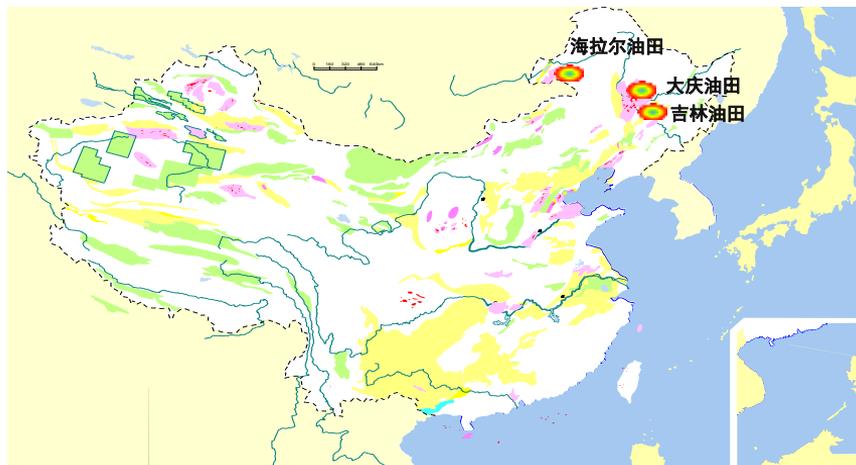
## 三、中国在CCUS方面的技术进展CCUS Technical Progresses of China

### 3. CO<sub>2</sub>驱油与封存技术 CO<sub>2</sub> EOR and Storage

- 中国石油相继在大庆、吉林开展了低渗油藏CO<sub>2</sub>驱先导试验，取得了较好的效果

CNPC applied CO<sub>2</sub> EOR projects in Daqing and Jilin oilfield

中国石油大庆油田注CO<sub>2</sub>先导试验区概况  
CO<sub>2</sub> pilot tests



试验区	地质储量 Reserve (10 <sup>4</sup> t)	渗透率 Permeability (mD)	试验时间 Start Date (年)	累积注气 Injected CO <sub>2</sub> (10 <sup>4</sup> t)	直接气驱累积产油 Incremental oil (10 <sup>4</sup> t)	转气驱累积增油 Incremental oil (10 <sup>4</sup> t)
树101先导性	125.9	1.06	2007	21.5	7.842	
树101外扩1	99.6	1.06	2013	12.45	2.471	
树101外扩2	181.7	1	2014	4.85	0.222	
树16	585.4	0.81	2015	11.7		3.12
贝14先导性	330	1.12	2011/2015	17		2.02
海拉尔工业化	352	3.58	2016年底	0.1		
芳48先导性	16	0.68	2003	3	1.62	
芳48扩大	90	1.26	2007	20.4	1.39	
合计	1780	/	/	91	13.55	5.14

### 三、中国在CCUS方面的技术进展 CCUS Technical Progresses of China

#### 3. CO<sub>2</sub>驱油与封存技术 CO<sub>2</sub> EOR and Storage

- 延长石油靖边乔家洼、吴起等区块开展了注CO<sub>2</sub>驱油先导试验，设计年注入CO<sub>2</sub>规模50万吨、年埋存30万吨，

Yanchang Petroleum : 500,000 tons injection capacity, 300000 tons could be stored per year.



靖边乔家洼油区CO<sub>2</sub>驱现场



### 三、中国在CCUS方面的技术进展CCUS Technical Progresses of China

#### 4. 其他地质封存技术 other geological storage technologies

- 神华集团：CO<sub>2</sub>化工源捕集+ 深部咸水层埋存；一口注入井、二口监测井，规模：10万吨/年，截止2016年底，累计完成CO<sub>2</sub>注入30万吨；

Capture CO<sub>2</sub> from chemical plant, and injected into deep aquifer through one injector with 2 surveillance wells. 300,000 tons were injected by end of 2016.

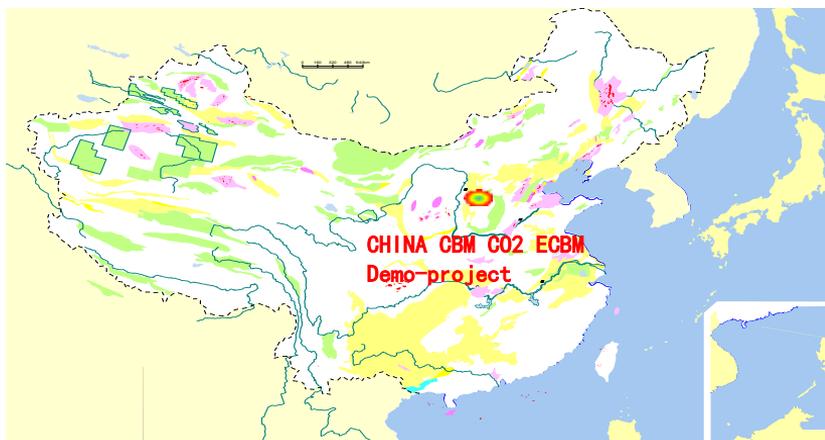


### 三、中国在CCUS方面的技术进展CCUS Technical Progresses of China

#### 4. 其他地质封存技术other geological storage technologies

- 中联煤：CO<sub>2</sub>驱煤层气现场试验；规模：2500吨/年，形成了CO<sub>2</sub>ECBM及埋存过程安全评价方法与流程。

China United Coal bed methane Co. (CHINA CBM): capture CO<sub>2</sub> from Chemical fertilizer plant to enhance production of coal-bed methane, with capacity of 2500tons/year.



中联煤CO<sub>2</sub>-ECBM试验区块地理位置图



中联煤CO<sub>2</sub>-ECBM试验注入泵及矿场照片

### 三、中国在CCUS方面的技术进展CCUS Technical Progresses of China

#### 5. 其他综合利用技术 other utilization methods

- 中石化与四川大学：联合开展CO<sub>2</sub>矿化利用技术研究；

SINOPEC & Sichuan University: CO<sub>2</sub> mineralization;

- 中石化：开展了CO<sub>2</sub>微藻制油技术研究；

SINOPEC: use CO<sub>2</sub> microalgae to generate biodiesel;

- 新澳集团和中科院：开发了微藻固定CO<sub>2</sub>多联产技术。

ENN Group & China Academy of Sciences: CO<sub>2</sub> fixation by microalgae



微藻固定CO<sub>2</sub>技术

# 提 纲

## Outline

- 一、前言

Introduction

- 二、中国在CCUS方面的行动

CCUS Practice of China

- 三、中国在CCUS方面的技术进展

CCUS Technical Progresses of China

- 四、面临的机遇与挑战

Opportunities and Challenges

## 四、面临的机遇与挑战 opportunities & challenges

- ✓ **发展机遇一:国家减排承诺**  
Opportunity one: national commitment
- **减排承诺**：努力2030年达到CO<sub>2</sub>排放峰值，将非化石能源比例提高至20%；

Commitment: Peak of CO<sub>2</sub> emission will be reached by 2030, non-fossil fuels to reach 20% of total consumption.



## 四、面临的机遇与挑战

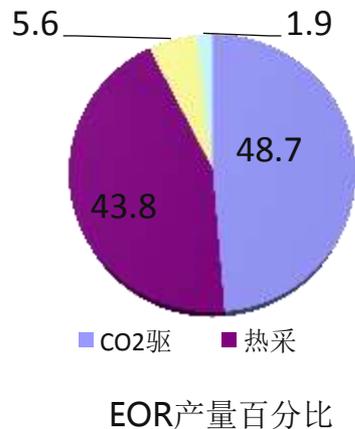
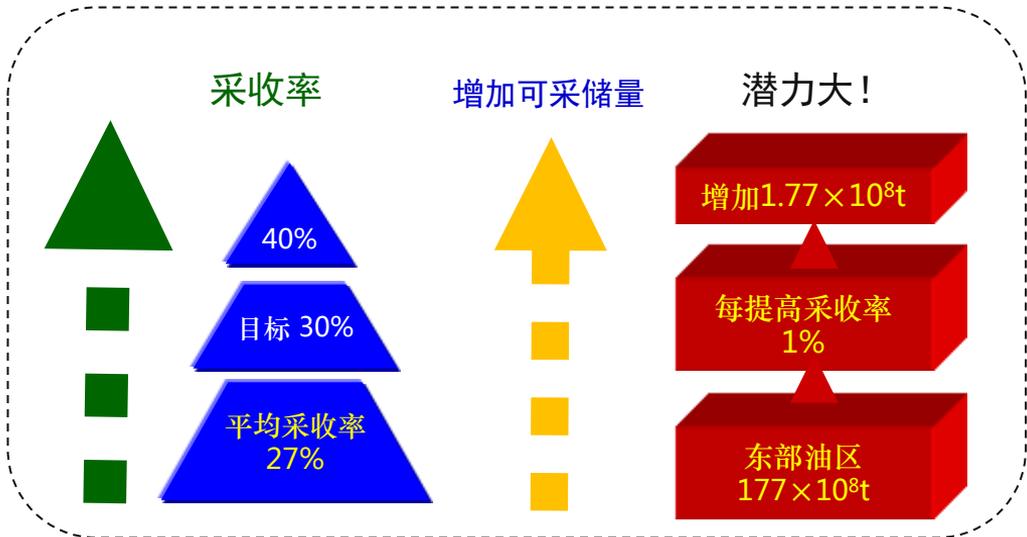
### ✓ 发展机遇二：油田企业内在提高采收率需求 Opportunity two: the demand of EOR

- 据《世界油气杂志》统计：气驱提高采收率居首，CO<sub>2</sub>驱油效果好。

By now, CO<sub>2</sub> is the best way to enhance recovery

- 采收率每提高一个百分点，相当于新找到一个6亿吨规模的大油田。

Production of 1% increase in recovery, is equal to a oilfield of 600,000,000 tons reserve;



全国致密油资源总量超过100 × 10<sup>8</sup>t，难以水驱，CO<sub>2</sub>驱前景广阔  
China has over 100 × 10<sup>8</sup>t resource of tight reservoirs, which are suitable for CO<sub>2</sub> EOR

## 四、面临的机遇与挑战

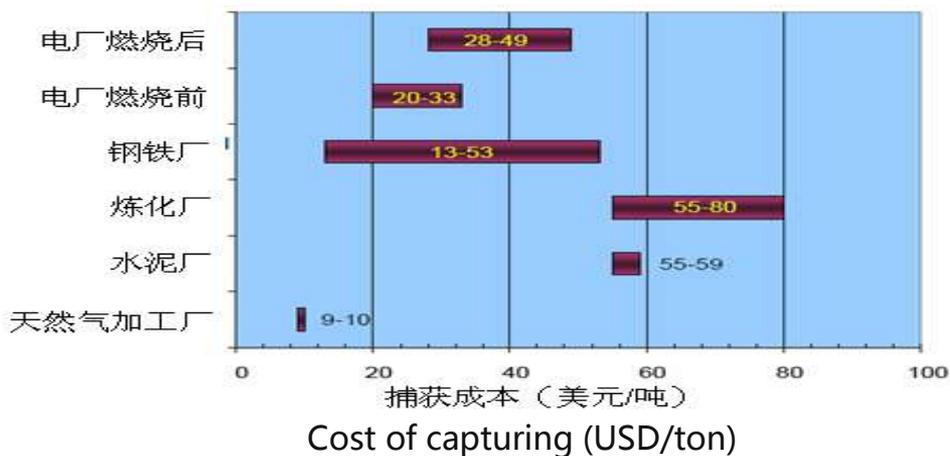
### ✓ 面临挑战一：成本偏高制约CCUS技术规模推广

- CO<sub>2</sub>捕集成本偏高，大规模捕集难度大；

High cost in capturing;

- CO<sub>2</sub>输送以罐车为主，成本高；CO<sub>2</sub>管网建设投入高，管道输送的安全风险较高。

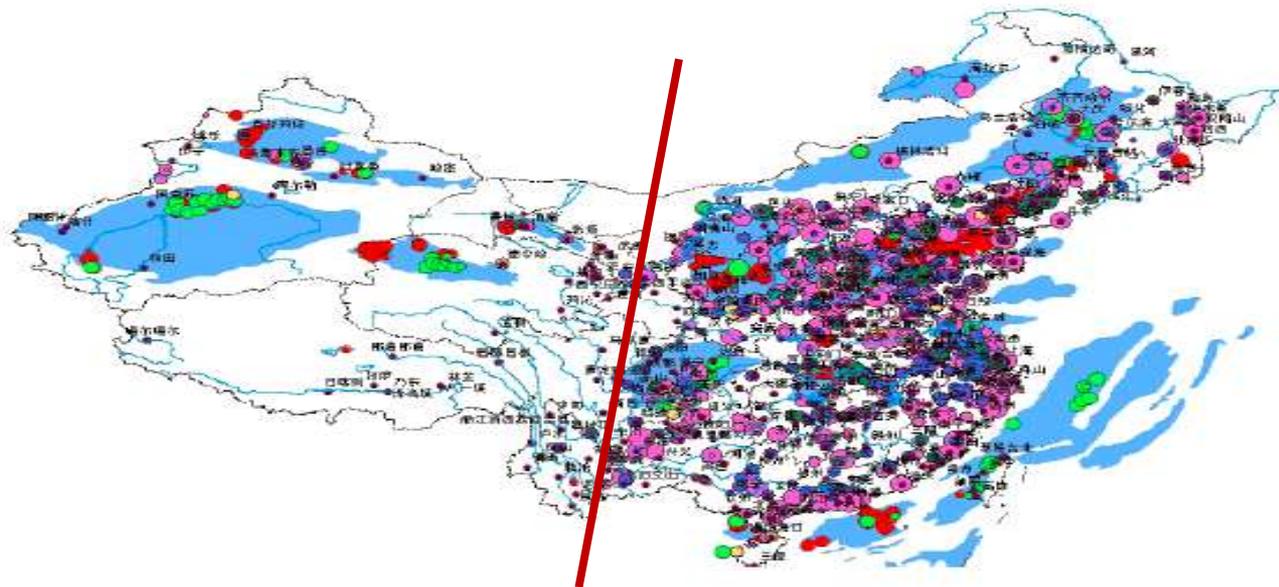
High cost in transport;



## 四、面临的机遇与挑战

- CO<sub>2</sub>源汇存在一定错位，排放源与埋存地匹配关系需要进一步优化

CO<sub>2</sub> source mismatch with geological storage locations



来源：CO<sub>2</sub>排放源分布中科院岩土力学研究所

## 四、面临的机遇与挑战

- **面临挑战二：**中国陆相沉积储层非均质性强、混相压力高，部分先导试验区效果不理想，需要开展相适应的CO<sub>2</sub>驱油技术研究

Due to the nature of continental deposition, performances of pilot test are not always favorable;

- **面临挑战三：**CO<sub>2</sub>作为化工原料（如合成降解塑料等）、微藻制油、矿化等均有研究，且部分技术也进行了先导试验，但由于成本高、投资风险大等问题，还无法推广

Besides CO<sub>2</sub> EOR, other technologies using CO<sub>2</sub> as chemical raw material (Degradable plastics; biodiesel; mineralization...) are of too high cost to be applied at current stage.



## 四、面临的机遇与挑战

### 对中国CCUS技术发展的建议： suggestions

- ✓ **建议一：**开展全国CO<sub>2</sub>源汇匹配优化研究，明确我国CO<sub>2</sub>埋存利用综合潜力；  
To study the CO<sub>2</sub> source-sink matching, evaluate the storage capacity and potentials;
- ✓ **建议二：**开展全国CO<sub>2</sub>管网规划与布局设计研究，启动CO<sub>2</sub>区域管网建设试点；  
To start national CO<sub>2</sub> pipeline deployment design research, and regional construction of pipeline net-work;
- ✓ **建议三：**开展低成本捕集工艺技术研发，建设大型CCUS示范工程及基地。  
Low cost capturing technics should be further studied, to build industrial scale CCUS demonstration project;
- ✓ **建议四：**加强国家政策法规和企业激励机制建设  
Policy support to inspire companies to invest in CCUS
- ✓ **建议五：**产学研结合，充分发挥企业、院校的纽带作用，促进工业界在CCUS技术方面的交流与合作  
Enhance the bond of Industry-University-Research Institute, to promote collaborations & communications

# Thanks !



China CCUS

China CCUS