

# 煤炭利用必须走清洁高效转化之路

王品刚

神华集团有限责任公司

2015.08.25



# 提 纲

一、**清洁高效利用是煤炭产业发展的必由之路**

---

二、**神华集团在煤炭清洁高效转化方面的理念**

---

三、**神华集团在煤炭清洁高效转化方面的实践**

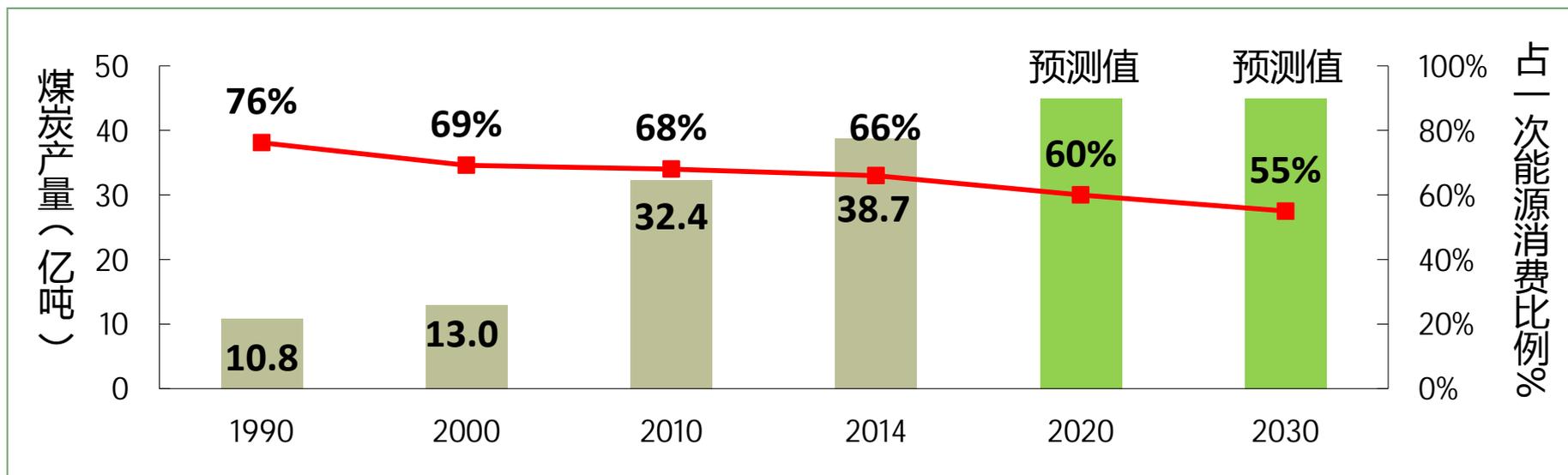
---

四、**结语**

---

# 一、清洁高效利用是煤炭产业发展的必由之路

- 煤炭主体能源地位在相当长时期内难以改变
- 煤炭是我国储量最丰富的化石能源（96%）
- 煤炭长期占一次能源消费总量的70%左右（2014年，66%）
- 预计到2030年，中国煤炭消费量仍占一次能源消费总量的55%左右



# 一、清洁高效利用是煤炭产业发展的必由之路

## 传统的煤炭开发利用方式生态负效应日渐突出

### ■ 粗放式煤炭开发引发地下水和地表生态损伤

- 地表塌陷——0.2-0.3公顷/万吨，修复率不到30%
- 地下水破坏——年约80亿m<sup>3</sup>，利用率不到30%

### ■ 未优质化的煤炭利用引起大气污染

- 电煤比例仅为53%，远低于美国（90%），也低于世界平均水平（65%）
- 散煤燃烧比例极大，是造成大气污染的关键因素



# 一、清洁高效利用是煤炭产业发展的必由之路

**大力推进煤炭清洁高效利用是保护环境、应对气候变化，实现煤炭产业可持续发展的必然要求。**

- **2020年单位GDP二氧化碳排放量比2005年降低40% - 45%。**
- **高碳产业，低碳发展**
- **由相对粗放开发向集约绿色、互联智能方式转变**
- **由传统高污染利用向高效清洁利用方式转变**

# 提 纲

**一、清洁高效利用是煤炭产业发展的必由之路**

---

**二、神华集团在煤炭清洁高效转化方面的理念**

---

**三、神华集团在煤炭清洁高效转化方面的实践**

---

**四、结语**

---

## 二、 神华集团在煤炭清洁高效转化方面的理念

- 神华集团成立于1995年
- 煤炭、电力、铁路、港口、航运、煤制油化工一体化开发运营
- 2014年，资产9286亿元，收入3249亿元，利润640亿元，全球五百强第196位



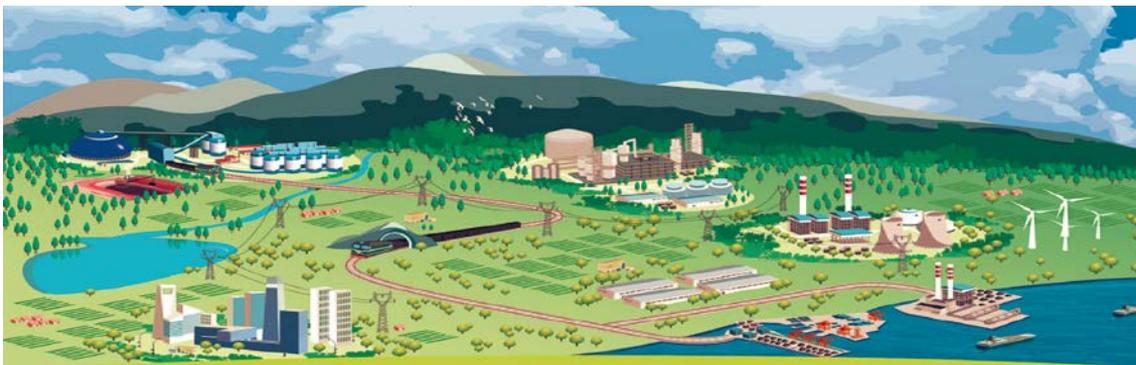
## 二、 神华集团在煤炭清洁高效转化方面的理念

神华是目前世界最大的煤炭综合能源企业，2014年煤炭产销量达**5.88亿吨**，约占中国煤炭消费量的**1/7**，但在中国经济新常态下神华也面临着来自各方面的挑战：

- 煤炭市场低迷导致传统煤炭板块盈利能力严重下滑
- 依靠投资驱动做大规模的发展模式遇到瓶颈
- 发展中的环境管控风险大大增加
- 应对能源技术革命的科技创新支撑能力不足

## 二、 神华集团在煤炭清洁高效转化方面的理念

- 神华的发展战略：**依靠科技创新实现转型发展，建设世界一流清洁能源供应商和清洁能源方案提供者**
- 打造清洁能源供应商的“新三板”
  - 产运销一体化产业链为基础的**煤基能源板块**
  - 高端新技术应用为基础的**清洁能源产业板块**
  - 技术转让推广为基础的**清洁能源技术板块**



## 二、 神华集团在煤炭清洁高效转化方面的理念

- 煤炭清洁转化的终极目标是生产包括电力、燃料和化工产品在内的终端产品，
  - 生产过程中要把污染物和温室气体的排放降至最低，实现**超低排放**
  - 实现对伴生资源(铝、镓、锗、铀、硫等)、废弃物或污染物的**资源化高效综合利用**
  - 利用**碳捕获、封存和利用(CCUS)**技术降低温室气体排放



# 提 纲

**一、清洁高效利用是煤炭产业发展的必由之路**

---

**二、神华集团在煤炭清洁高效转化方面的理念**

---

**三、神华集团在煤炭清洁高效转化方面的实践**

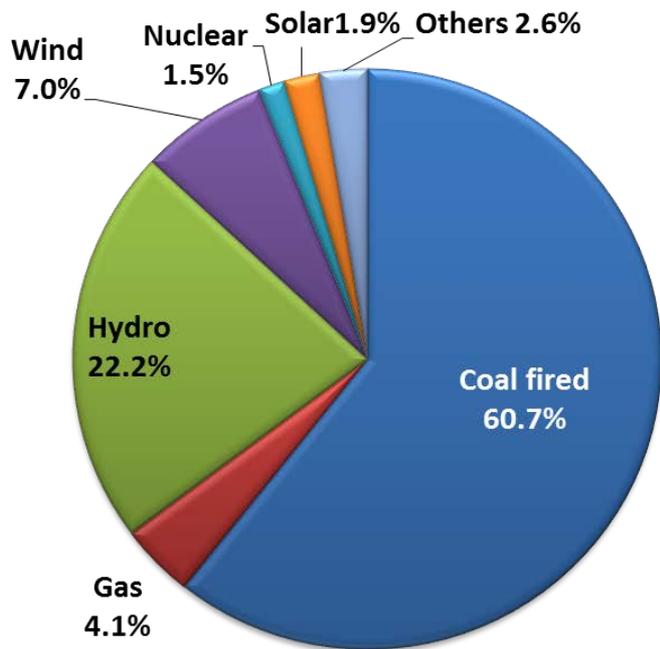
---

**四、结语**

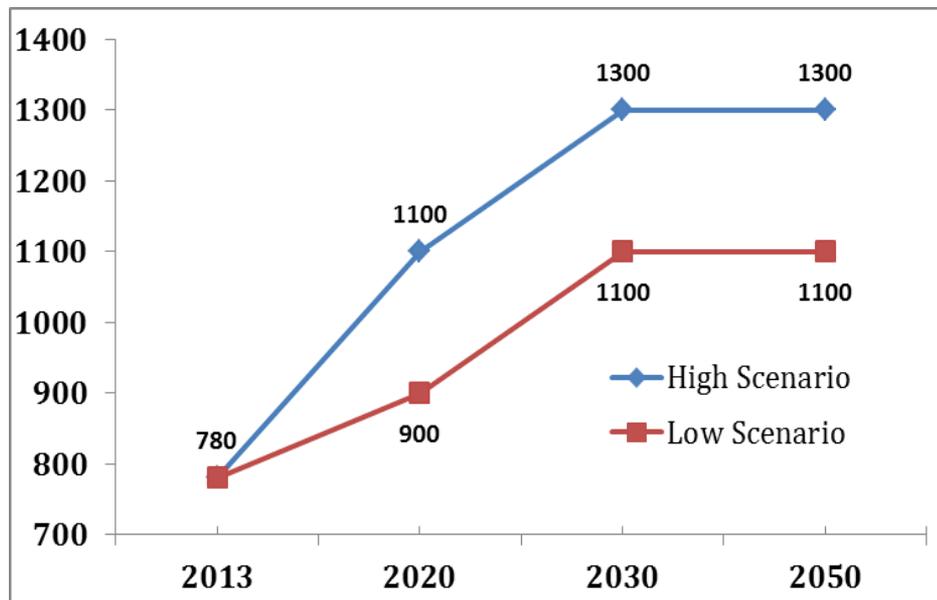
---

# （一）基于超低排放的燃煤发电

- 燃煤发电是中国电力的主要来源，目前占全国电力装机的**60.7%**，占发电量的**75%**左右。
- 未来较长一段时间内，燃煤发电仍将是我国的主要电力来源（预计2030装机量在**1100-1300GW**之间）



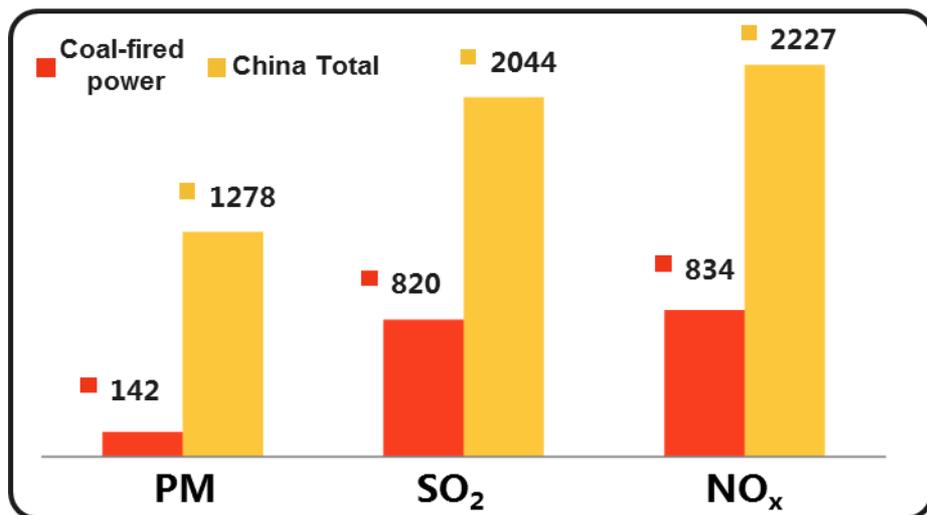
中国发电装机构成（总装机1360GW）



中国燃煤发电装机预测（中国电力规划院）

## (一) 基于超低排放的燃煤发电

- 燃煤发电虽然污染控制总体来说在各工业行业中处于领先，但由于燃煤发电的绝对量仍较大，且重点地区分布密度大，仍是大气污染的重要来源之一
- 2013年，全国火电行业粉尘排放量约**142万吨（12%）**；SO<sub>2</sub>排放量**780万吨（38%）**；NO<sub>x</sub>排放约**834万吨（37%）**



2013年火电行业污染物排放与全国排放总值



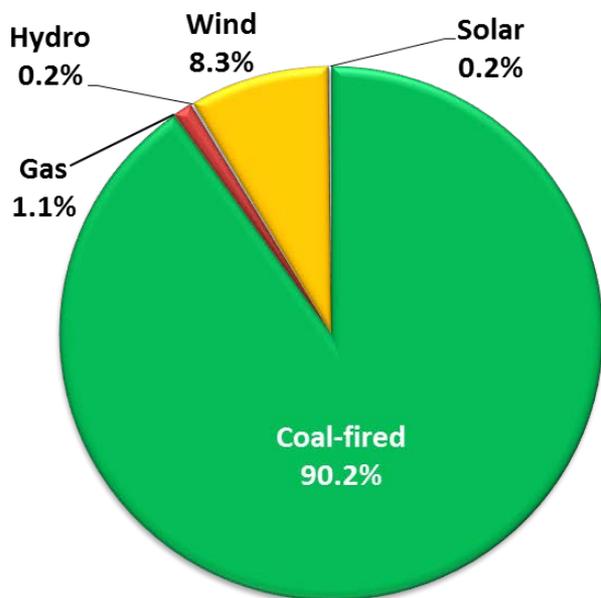
# (一) 基于超低排放的燃煤发电

- 2014年：神华电力板块总装机容量**6885万千瓦**，发电**3246亿度**
- 国华电力、国神集团等5家火电企业

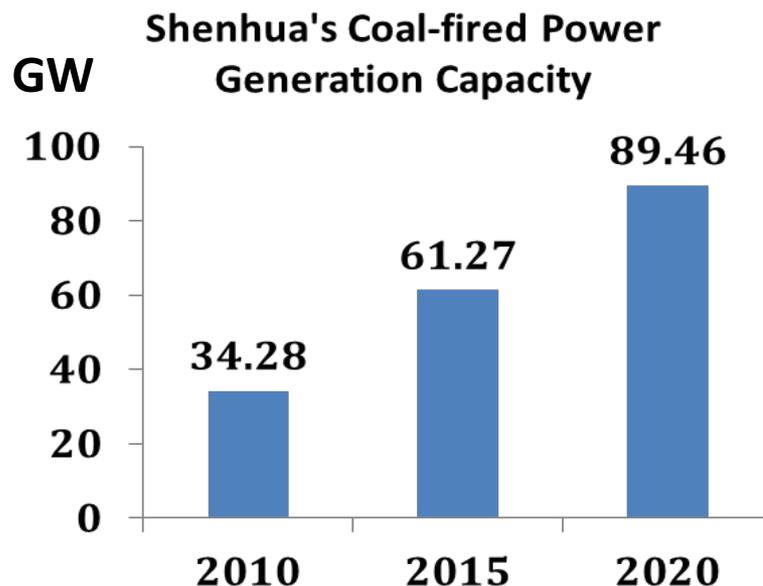


## (一) 基于超低排放的燃煤发电

- 神华集团目前燃煤发电装机**6127万千瓦**，占神华总电力装机的**90%以上**
- 预计到2020年神华燃煤发电装机将接近**9000万千瓦**



神华发电装机构成 (2015)



# （一）基于超低排放的燃煤发电

## ■ 燃煤发电超低排放概念的提出

中美燃煤燃气发电相关排放指标（新建机组）

污染物 ( mg/Nm <sup>3</sup> )	粉尘	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
燃煤排放标准 ( 中国一般地区 )	30	100	100
燃煤排放标准 ( 重点地区 )	20	50	100
燃煤排放标准 ( 美国 )	20	184	135
燃气机组排放标准 ( 中国 )	5	35	50

- 使燃煤发电的污染物排放达到或低于中国燃气机组排放标准值，即燃煤发电的超低排放

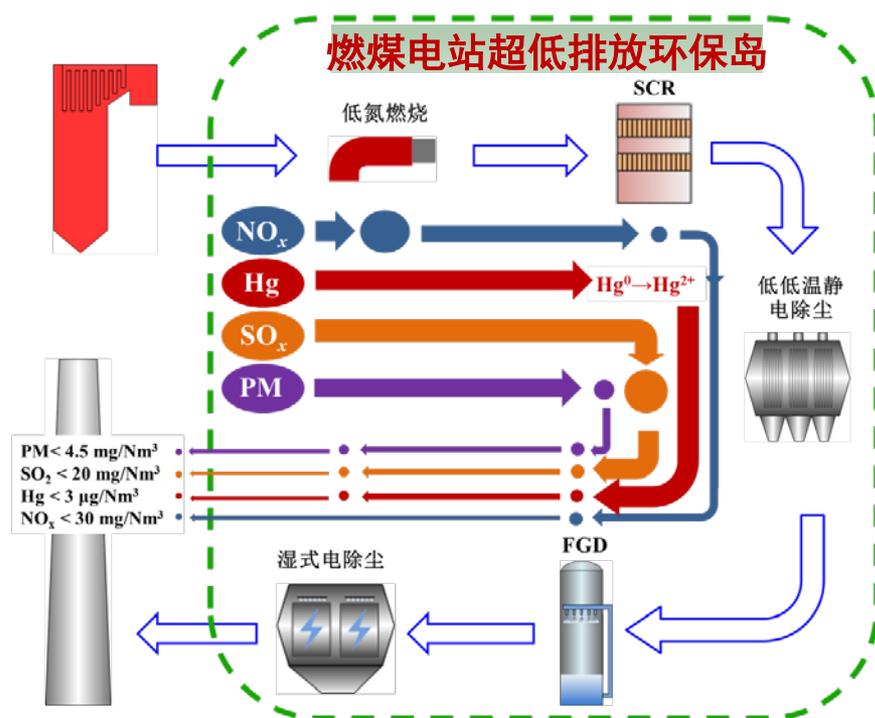
# (一) 基于超低排放的燃煤发电

## ■ 神华燃煤发电超低排放总体技术思路

- 优化集成先进污染物处理技术，实现污染物高效协同脱除
- 对现役机组升级改造达到超低排放标准，在新建机组中全部利用新技术路线，打造高效清洁的燃煤标杆电厂

协同脱除技术

- PM梯级深度脱除
- 湿法SO<sub>x</sub>梯级深度脱除
- 全负荷NO<sub>x</sub>高效脱除
- 吸附剂喷射脱汞技术
- 运行优化控制
- 集成技术、示范应用



# (一) 基于超低排放的燃煤发电

## ■ 示范工程污染物超低情况

电 厂		污染物浓度	烟尘 (mg/Nm <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )
		排放值	排放值	排放值	
1	燃气机组排放值		5	35	50
2	国华舟山4号机组 (新建350MW)		2.46	2.76	19.8
3	国华三河1号机组 (改造350MW)		5.00	9.00	35.00
4	国华定洲3号机组 (改造660MW)		2.00	6.00	17.00
5	国华惠州1号机组 (改造330MW)		1.40	8.00	18.00
6	国神万州1号机组 (新建1000MW)		3.50	9.00	23.00
7	国神大港3号机组 (改造300MW)		2.96	17.88	30.45
8	国神鸳鸯湖2号机组 (改造600MW)		4.27	22.57	29.28

- 环保部门长期监测数据表明燃煤发电超低排放项目的排放值全面优于燃气排放标准

# （一）基于超低排放的燃煤发电

## ■ 超低排放改造的经济性分析

分别以舟山电厂4号机组、三河电厂1号机组和定洲4号机组为例，分析燃煤机组“超低排放”的建设、改造成本以及对运行电价的影响，**增加运行电价低于1分/千瓦时**

项 目 \ 机 组	舟山4号	三河1号	定洲3号
固定资产投资（万元）	4093	4800	7500
单位投资增加（元/千瓦）	117	137	114
影响电价（分/千瓦时）	0.66	0.98	0.52

注：电价为含税、按年5500利用小时计算。

# （一）基于超低排放的燃煤发电

## ■ 超低排放改造的经济性分析

在上网电价仅增加1分钱左右的改造（建设）成本投入，就可以实现燃煤发电机组优于燃气排放标准排放，而目前燃煤机组**0.4元/千瓦时**左右的上网电价，远低于天然气燃气轮机组高达**0.8元/千瓦时**左右的上网电价，燃煤机组超低排放经济、社会效益显著。



国华沧东电厂



国华余姚燃机电厂

# （一）基于超低排放的燃煤发电

## ■ 对于行业的贡献

- 神华已有**22台**燃煤机组完成了超低排放改造，占全国的**1/3**（神华燃煤发电装机占全国的1/13）
- 推动燃煤电厂超低排放改造被写入今年总理**政府工作报告**，国家要求东部地区新建燃煤发电机组基本达到燃气轮机组污染物排放限值
- 如果全国燃煤机组全面推广应用超低排放技术，煤电主要污染物排放较2013年可降低约**90%**

### 应用超低排放技术环保效益分析

污染物	2013年火电行业排放（万吨）	全面应用超低排放技术（万吨）
SO <sub>2</sub>	820	<b>53</b>
NO <sub>x</sub>	834	<b>76</b>
烟尘	142	<b>8</b>



# （一）基于超低排放的燃煤发电

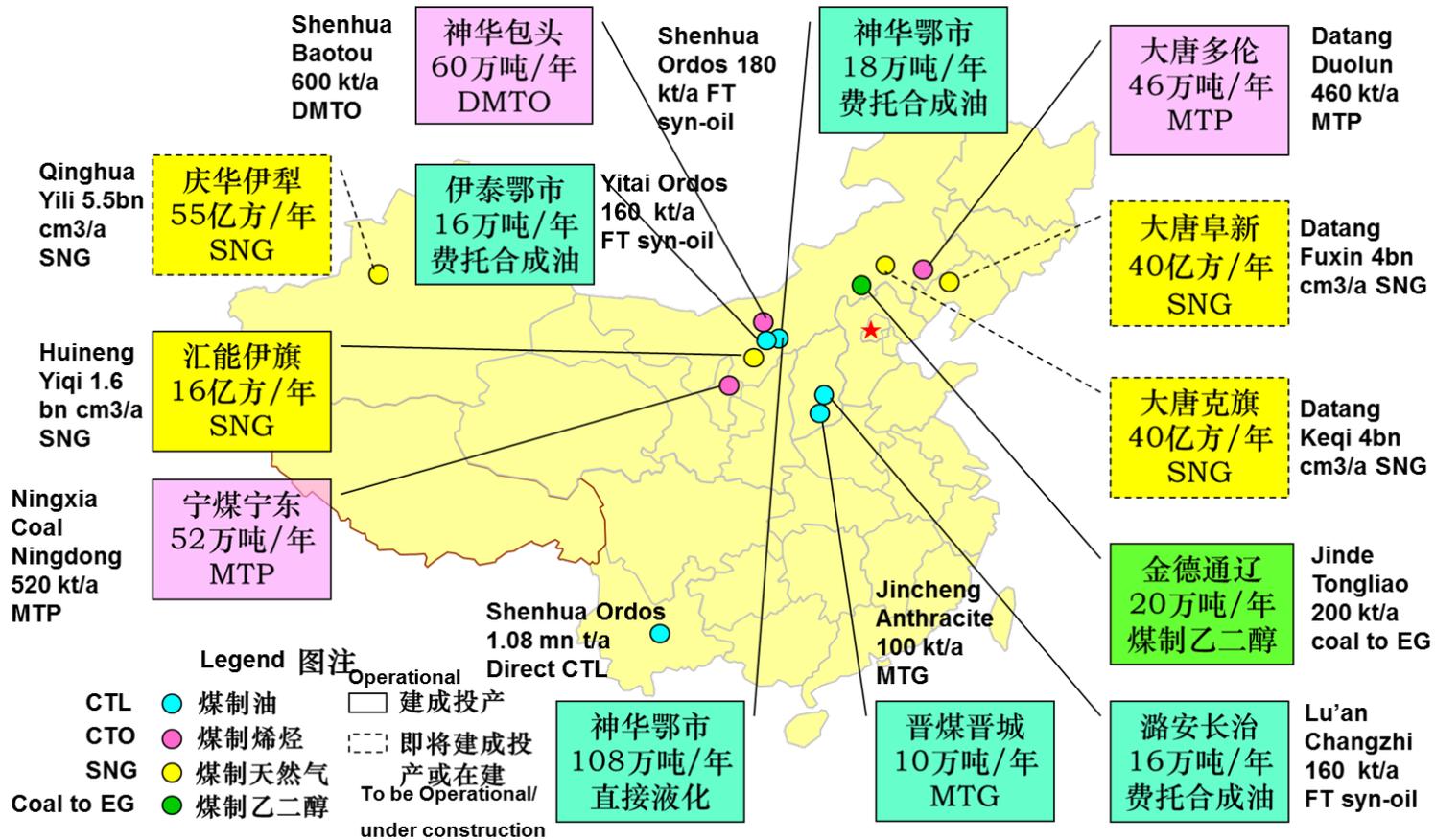
## ■ 下一步计划

- 神华集团**全部新建机组**要全部实现超低排放
- 到**2017年**在京津冀、长三角、珠三角等重点地区将陆续完成现有**50多台机组**超低排放改造
- 进一步开展超低排放技术集成试验研究、污染物在线监测技术等先进技术的研究



## (二) 基于清洁转化的现代煤化工

- 进入21世纪后，随着进口原油量的持续提高，中国煤炭清洁转化产业技术和工业示范取得了突破性发展，目前该领域技术及产业规模整体上处于世界领先地位



中国部分代表性现代煤化工示范项目分布图

## （二）基于清洁转化的现代煤化工

- **主要技术路线发展情况（截至2014年底）**
- **煤制油：已形成产能163万吨，在建产能680万吨，由于中国石油对外依存度已达60%，未来石油需求仍将持续增加，市场前景广阔**
- **煤制烯烃：已形成产能472万吨，占国内烯烃总产能1/5，考虑在建（800万吨）、规划（1300万吨）的项目规模，未来市场容量将趋于饱和，竞争加剧**
- **煤制气：已形成产能27亿m<sup>3</sup>，在建164亿m<sup>3</sup>，由于中国计划大幅提高天然气使用量，市场前景广阔，但关键是要提高项目的经济性**
- **煤制醇醚和芳烃：煤制醇醚已有商业化示范装置，煤制芳烃已完成万吨级工业试验，醇醚和芳烃均属国内有一定缺口的基础化工原料，项目的经济性有待验证**

## (二) 基于清洁转化的现代煤化工

### 神华煤炭清洁转化产业发展现状

煤制油：126万吨/年、煤制烯烃160万吨/年  
甲醇205万吨/年

#### 煤制油

投产：126万吨/年  
在建：676万吨/年

鄂尔多斯DCL  
108万吨/年

鄂尔多斯IDCL  
18万吨/年

宁夏IDCL  
400万吨/年（在建）

鄂尔多斯DCL  
276万吨/年（在建）

#### 煤制烯烃

投产：160万吨/年  
在建：268万吨/年

包头MTO  
60万吨/年

宁夏MTP  
100万吨/年

新疆MTO  
68万吨/年（在建）

陕西MTO  
60万吨/年（在建）

榆林煤制烯烃  
140万吨/年（在建）

#### 煤制甲醇

投产：205万吨/年

神木化工  
60万吨/年

咸阳化工  
60万吨/年

宁夏 I  
60万吨/年

宁夏 II  
25万吨/年

#### 煤制天然气

在建：20亿立方/年

鄂尔多斯SNG  
在建：20亿立方/年

## （二）基于清洁转化的现代煤化工

### 世界首套百万吨级煤直接液化示范项目

- 2011年~2014年，神华直接液化项目累计生产油品**342万吨**，实现营业收入**228亿元**，利税**58亿元**，利润**12亿元**
- 煤直接液化生产的柴油中硫、氮含量远低于一般油品，是一种更为清洁的液体燃料
- 煤直接液化可生产具有**高密度、低凝点、高热容、高稳定性**等特点的特种燃料，可以替代石油基燃料且大幅提高性能，是未来获取航空、航天领域特种燃料的重要途径

世界首套100万吨/年直接液化工业化装置



## （二）基于清洁转化的现代煤化工

### 世界首个60万吨/年MTO示范项目

- 2011年-2014年，包头MTO项目累计生产聚烯烃**212万吨**，实现营业收入**235亿元**，实现利润**43亿元**
- 通过该项目的实施，使煤制烯烃工艺已较为成熟，可大规模替代石油制取乙烯丙烯原料，降低国内化工行业对原油的需求

世界首套60万吨/年煤制烯烃工业化装置



## （二）基于清洁转化的现代煤化工

### 世界单体投资最大的煤制油项目——宁煤400万吨间接液化

- 总投资**550亿元**，形成400万吨油品产能，预计达产后年均销售收入**266亿元**，年均利税总额**153亿元**
- 依托该项目将实现大型浆态床反应器、10万等级全套空分装置、2000吨/天干煤粉气化炉等关键设备的国产化

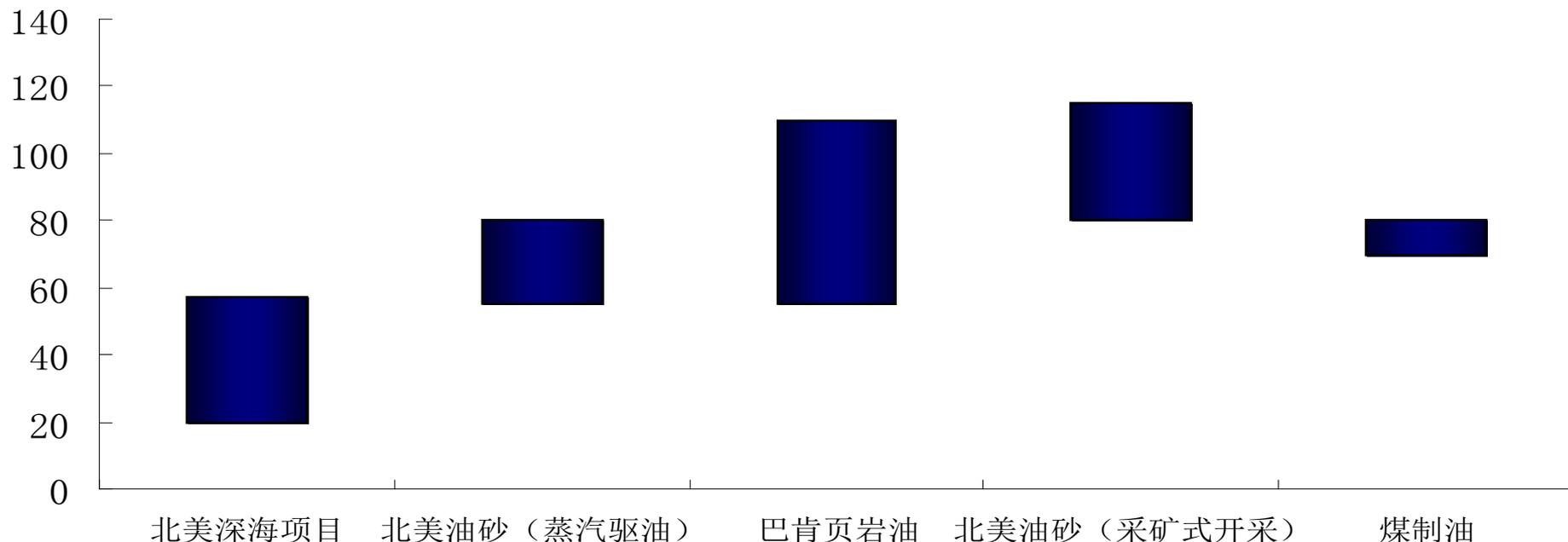
400万吨煤间接液化（在建）



## （二）基于清洁转化的现代煤化工

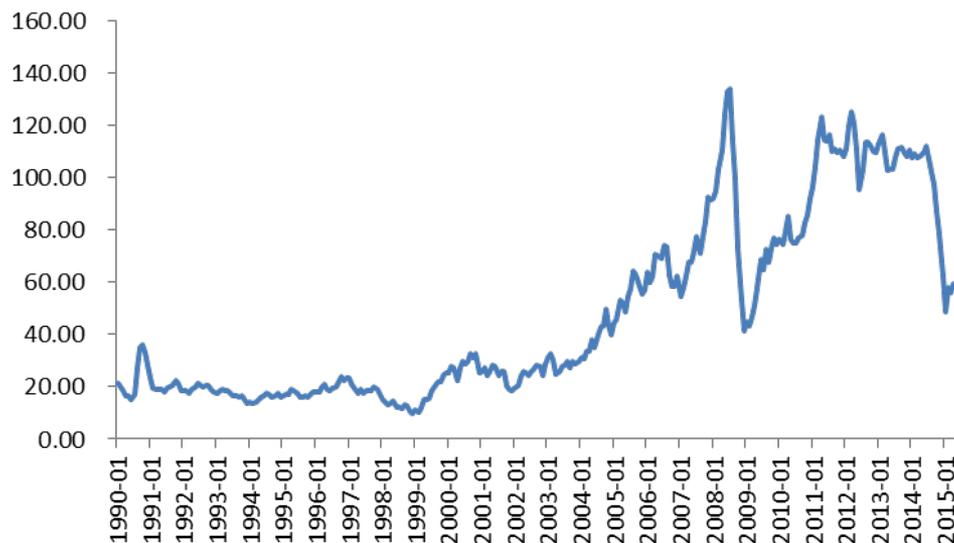
### 热点问题1. 现代煤化工的盈利能力与原油价格波动

- 煤制油的盈亏平衡点在油价**70-80美元**，煤制烯烃更低一些，有一定比较优势，
- 煤炭占煤化工成本30%，随煤价降低，煤制油成本也将下降
- 资产折旧占成本约30%，随规模化和技术进步，成本也将下降

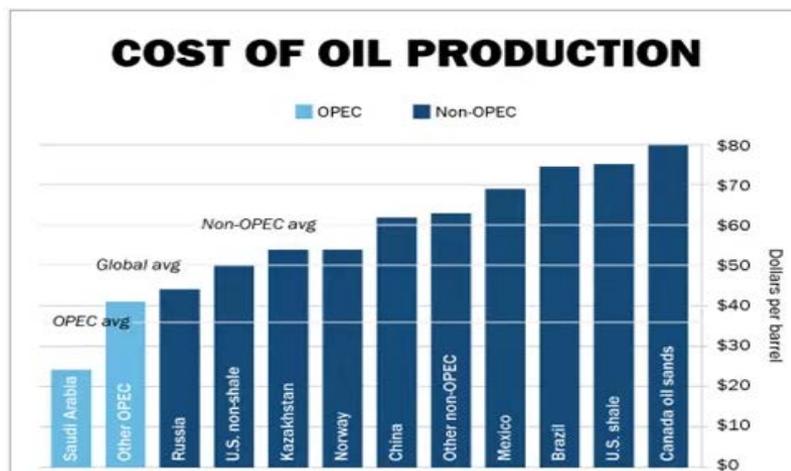


## (二) 基于清洁转化的现代煤化工

- 近20多年来世界油价总体趋势是在**震荡上升**，目前大部分国家**开采成本高于当前国际油价**，大部分OPEC国家需要平衡政府预算的油价在**90美元左右**
- 基于以上事实，认为国际油价不会长期维持低位，长期仍看好煤制油仍将有较好的经济性



国际原油价格1990-2015 (布伦特)



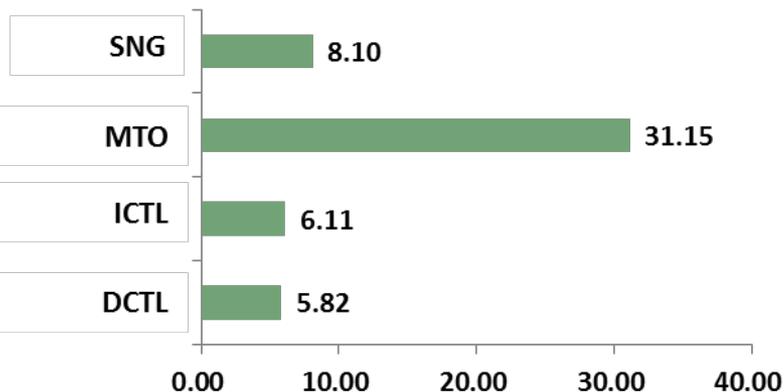
Source: Financial Times

## (二) 基于清洁转化的现代煤化工

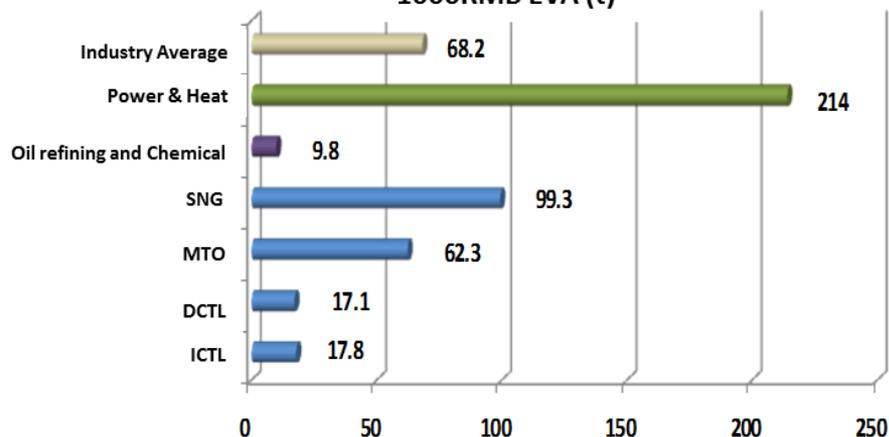
### 热点问题2. 现代煤化工产业的水资源瓶颈

- 以万元经济增加值水耗计算，煤制油仅为工业平均的1/4左右，MTO略低于工业平均值，SNG为工业平均的1.5倍左右。
- 现代煤化工产业与水资源的主要矛盾是绝大部分项目布局在干旱缺水的西部矿区
- 根据测算，若将煤炭运输至东部水资源丰富区转化，与西部就地转化相比成本将增加15~20%，将大大降低项目经济性

Water Consumption (tce/t, tce/kNm<sup>3</sup>)



Water Consumption per 1000RMB EVA (t)



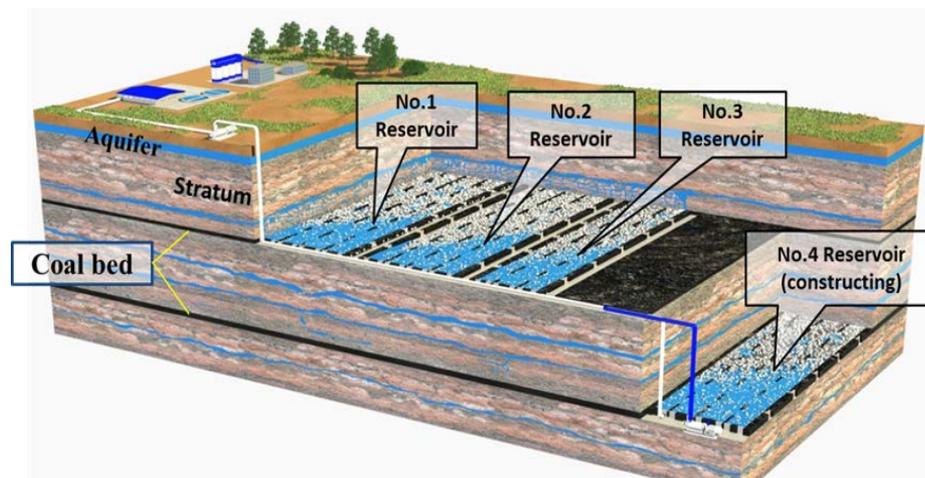
## (二) 基于清洁转化的现代煤化工

### 突破现代煤化工产业的水资源瓶颈

- 工艺创新和集成先进的污水处理技术，降低水耗和污水排放量
- 利用矿井水、中水等代替新鲜水源



集成多项水处理技术，煤直接液化的水耗已由设计值10吨降至5.3吨，并实现污水零排放

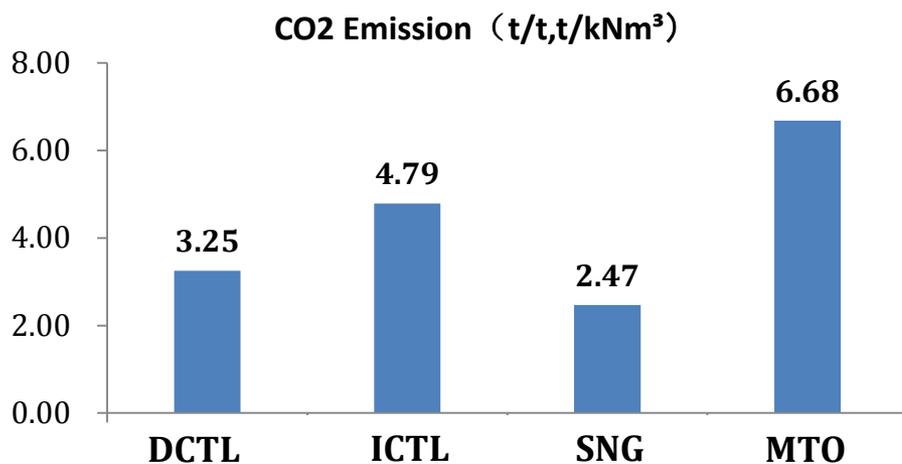


利用地下水库储存的矿井水给煤制油项目供水  
(35000m<sup>3</sup>/天)

## (二) 基于清洁转化的现代煤化工

### 热点问题3：现代煤化工产业的CO<sub>2</sub>排放

- 由于现代煤化工CO<sub>2</sub>排放主要来自于转化过程的排放而非能耗，因此碳排放强度高于一  
般工业行业
- 现代煤化工产业排放的CO<sub>2</sub>超过50%为高浓度CO<sub>2</sub>，捕集成本相对较低（约为电厂捕  
集的1/3~1/4）
- 神华开展了10万吨/年CCS工程示范，掌握CO<sub>2</sub>盐水层地质封存核心技术，已完成30  
万吨封存量



神华煤直接液化CCS示范工程

## （二）基于清洁转化的现代煤化工

### ■ 对现代煤化工产业总结与规划

- 在中国的能源结构下，基于清洁转化的现代煤化工，是对于石油化工的重要补充
- 示范项目运行情况表明：现代煤化工可以实现**最终产品和生产过程的两个清洁化**
- 到2017年神华将形成约**800万吨煤制油和300万吨煤制烯烃**的产能，到2020年规划形成3500万吨原油替代量的产能



神华煤直接液化示范工程

## （三）粉煤灰制铝镓技术

- 粉煤灰制铝镓
- 内蒙古准格尔煤田铝资源约**40亿吨**，约为我国现有氧化铝基础资源量**7倍**；镓资源约**86万吨**，相当于全球已探明镓资源总量**80%**
- 开发了国内外首创的**一步酸溶法工艺**，具有流程短、低排放、低成本等优势，建立了4000吨/年中试工厂
- 成功制得：冶金级氧化铝（纯度**99.35%**），镓（**99.99%**），规划建设年产100万吨氧化铝和100吨镓的生产线



粉煤灰



由粉煤灰提取的氧化铝和铝锭

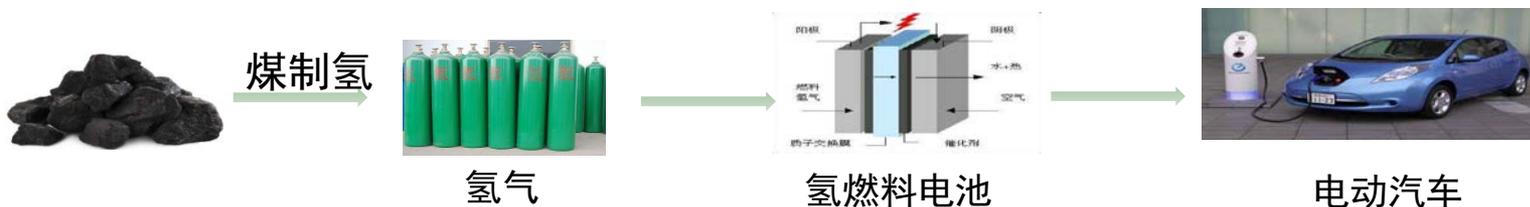
## (四) 氢能利用技术

### ■ 氢能利用技术

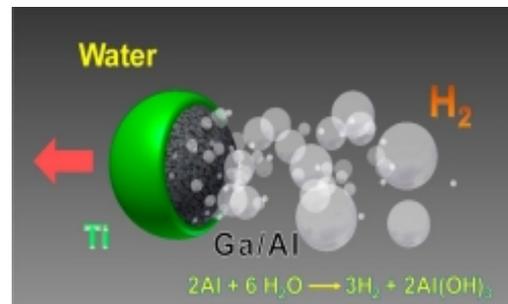
- **煤制氢**是目前成本最低的制氢方式，神华已在开展氢能利用基础研究，还将继续推动煤制氢产业的发展，用于氢燃料电池汽车等用途

不同原料制氢成本

原料种类	煤炭	天然气	干气	重油
制氢成本(元/m <sup>3</sup> )	0.6~0.7	1.21	1.33	1.66



- **镓铝合金**可与水反应直接制氢，这项技术一旦商业化，依托神华所掌握的镓资源，将是一场清洁能源生产的革命。



# 提 纲

**一、清洁高效利用是煤炭产业发展的必由之路**

**二、神华集团在煤炭清洁高效转化方面的理念**

**三、神华集团在煤炭清洁高效转化方面的实践**

**四、结语**

## 四、结语

### 中美在煤炭清洁利用领域的交流与合作非常重要

- 中美是世界上最大的两个煤炭生产国和消费国
- 神华一直注重与美方就煤炭清洁高效利用展开技术、人才交流与合作
- 通过中美煤炭清洁发展论坛这一平台继续展开深入交流



谢谢

