

# 烟气汞污染控制技术

北京清新环境技术股份有限公司

研发一部 许昌日

2015年12月9日

# 目录

1

国内外汞排放现状与法规

2

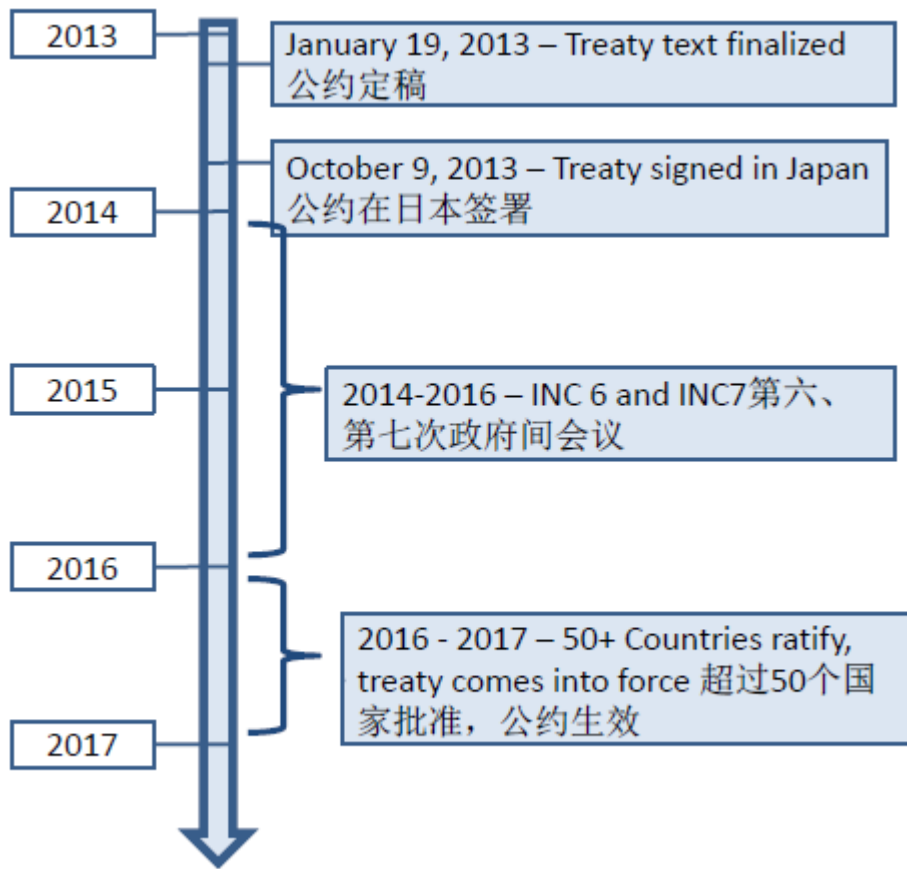
国内外汞控制技术进展

3

清新环境在烟气汞控制方面的研究

# 1 国内外汞排放现状与法规

## 1.1 公约实施时间表及大气汞控制方案



公约关于大气汞排放控制方案

### ●新污染源

公约生效后，**5年内**实现最佳可行技术和最佳环保实践

### ●现有污染源

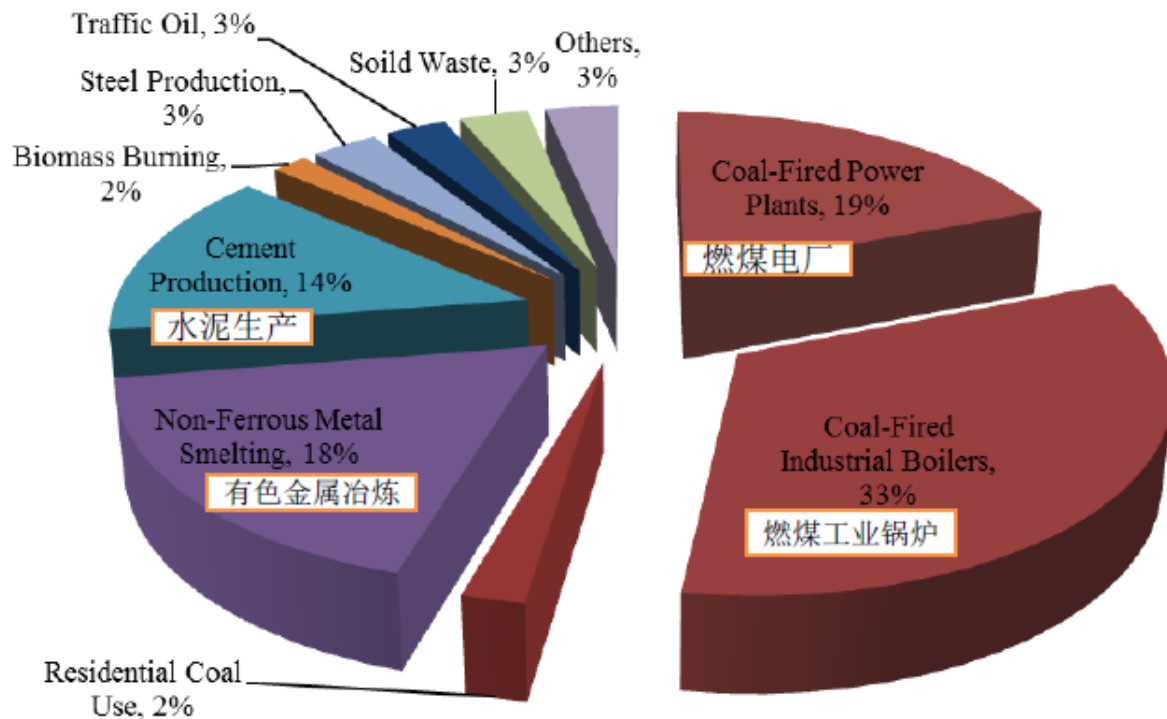
利用不同方案，减排实现合理的进展，**10年内**实现承诺

### ◆中国面临挑战

最大的汞使用国和排放国  
减排任务艰巨

# 1 国内外汞排放现状与法规

## 1.2 中国各行业汞排放比例（2007年）



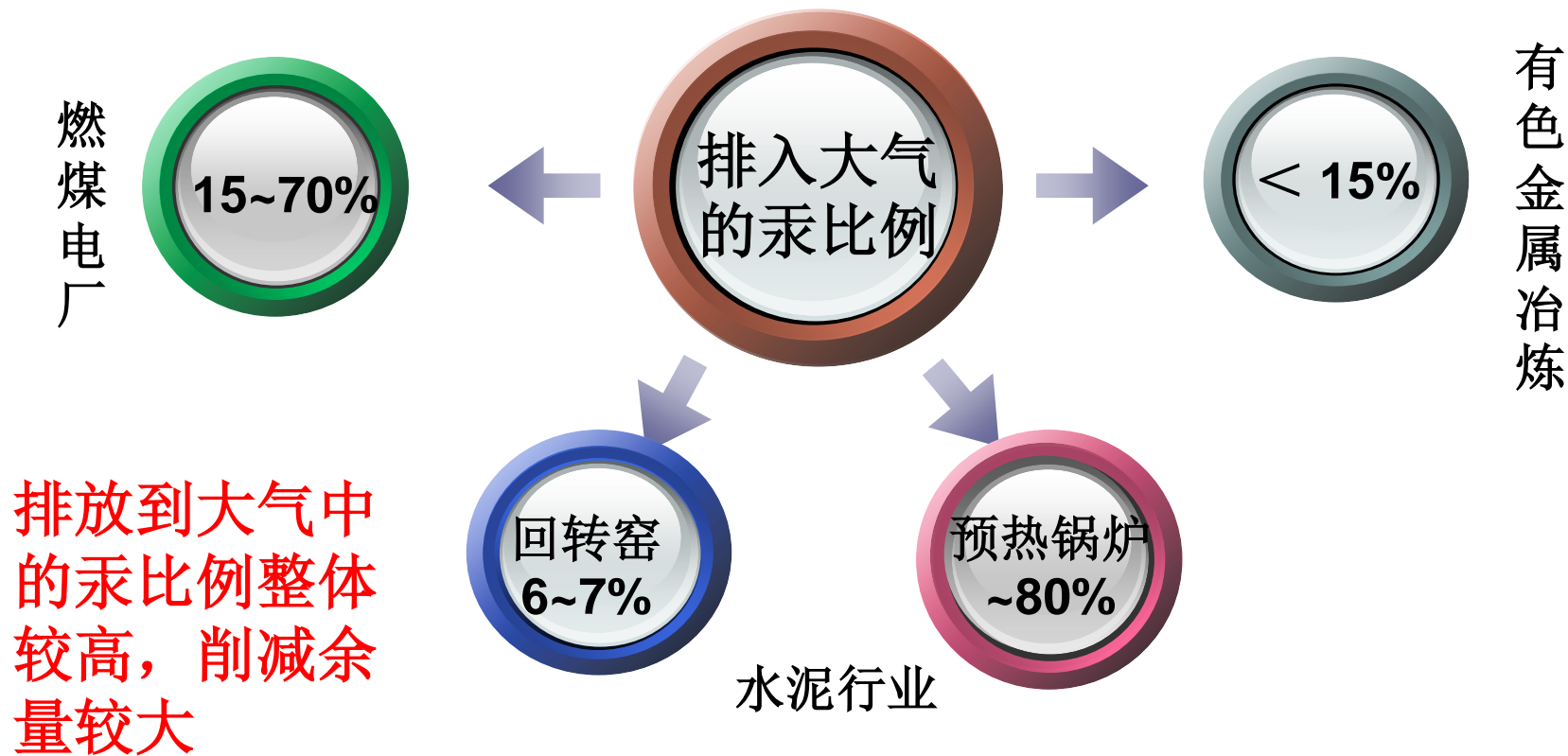
汞排放重点行业：

- 燃煤电厂
- 工业锅炉
- 有色金属冶炼
- 水泥生产

汞排放合计 > 80%

# 1 国内外汞排放现状与法规

## 1.3 中国重点行业汞排放特征



数据来自《中国大气汞排放现状及重点部门履约建议》报告，张磊，2014

# 1 国内外汞排放现状与法规

## 1.4 中国各行业大气汞排放最新标准

限值集中在 $0.01\sim 0.1\text{mg}/\text{m}^3$

行业	标准号	排放标准
火电厂大气污染物排放标准 燃煤电厂	GB 13223-2011	燃煤电厂： $0.03\text{ mg}/\text{m}^3$
生活垃圾焚烧污染控制标准	GB 18485-2014	现有企业： $0.05\text{ mg}/\text{m}^3$ 新建企业： $0.05\text{ mg}/\text{m}^3$
锡、锑、汞工业污染物排放标准	GB 30770-2014	现有企业： $0.015\text{ mg}/\text{m}^3$ 新建企业： $0.01\text{ mg}/\text{m}^3$
锅炉大气污染物排放标准	GB 13271-2014	在用锅炉： $0.05\text{ mg}/\text{m}^3$ 新建锅炉： $0.05\text{ mg}/\text{m}^3$
水泥工业大气污染物排放标准 水泥制造	GB 4915-2013	水泥制造： $0.05\text{ mg}/\text{m}^3$
铅、锌工业污染物排放标准	GB 25466-2010	现有企业： $0.05\text{ mg}/\text{m}^3$ 新建企业： $0.012\text{ mg}/\text{m}^3$
铜、镍、钴工业污染物排放标准	GB 25467-2010	现有企业： $0.012\text{ mg}/\text{m}^3$ 新建企业： $0.1\text{ mg}/\text{m}^3$
危险废物焚烧污染控制标准	GB 18484-2001	现有企业： $0.1\text{ mg}/\text{m}^3$ 新建企业： $0.1\text{ mg}/\text{m}^3$

# 1 国内外汞排放现状与法规

## 1.5 国内外燃煤电厂大气汞排放标准对比

单位:  $\text{mg}/\text{m}^3$

煤种 \ 国家地区	中国 (2011年)	美国 (2011年)	加拿大 (2006年)	德国 (2004年)
烟煤	0.030	~0.007	~0.0023	0.030
次烟煤 降水量 > 635mm		~0.020	~0.0062	
次烟煤 降水量 ≤ 635mm		~0.035	~0.0062	
褐煤		~0.060	~0.0116	
煤矸石		~0.006	~0.0023	

煤中汞  $\longrightarrow$  SCR、ESP、FGD  $\longrightarrow$  0.001 ~ 0.02  $\text{mg}/\text{m}^3$  < 0.03  $\text{mg}/\text{m}^3$   
实测数据 排放标准

未来: 随着公约的逐步实施总量控制, 我国汞排放要求预计进一步提高

# 目录

1

国内外汞排放现状与法规

2

国内外汞控制技术进展

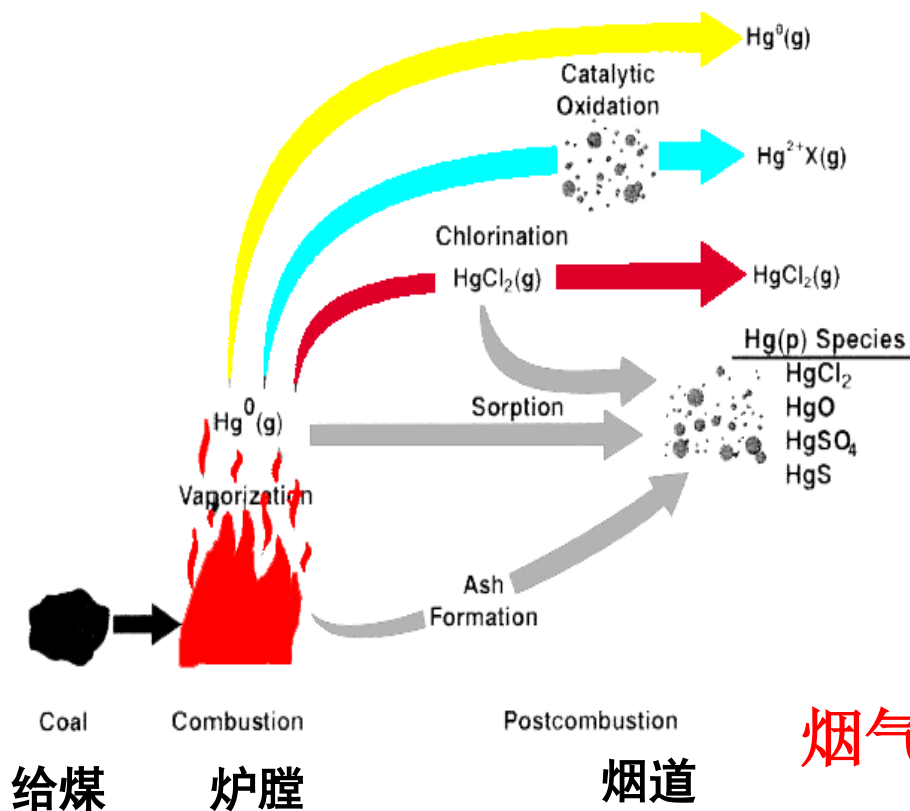
3

清新环境在烟气汞控制方面的研究



# 2 国内外汞控制技术进展

## 2.1 燃煤汞的存在形式特点



●汞可分为3种形态：气态元素汞（ $Hg^0$ ）、气态二价汞（ $Hg^{2+}$ ）和颗粒态汞（ $Hg^p$ ）。

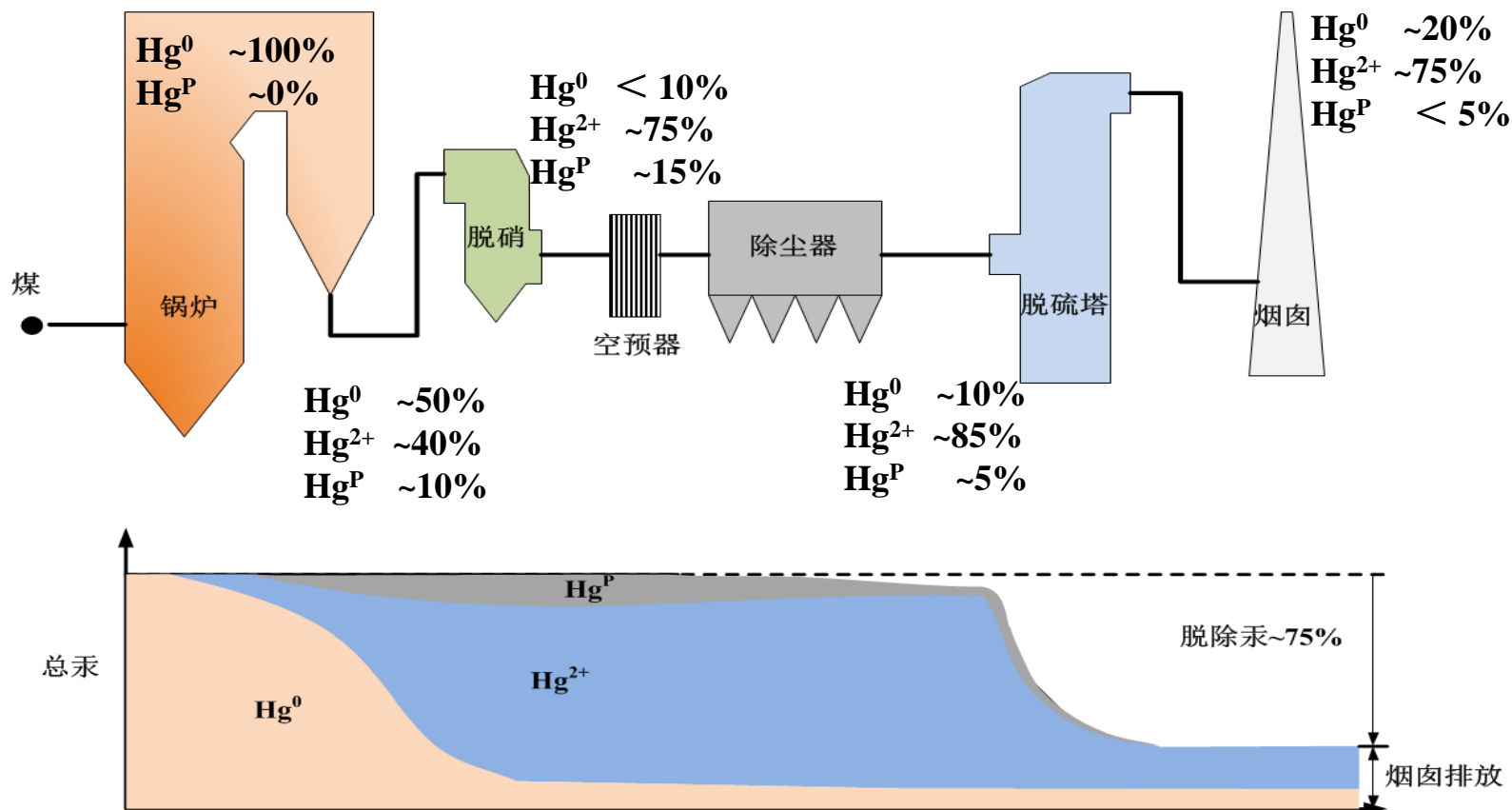
●煤燃烧时，煤中的汞几乎全部以 $Hg^0$ 的形式进入烟气中；在烟气冷却过程中，部分 $Hg^0$ 转化为 $Hg^{2+}$ 和 $Hg^p$

- 元素汞：难以从烟气中去除
- 氧化态的汞：脱硫设备洗涤
- 颗粒态的汞：除尘设备捕集

**烟气中汞的形态将决定脱汞的效果**

# 2 国内外汞控制技术进展

## 2.2 现有设备对汞的控制



数据来自浙江大学能源清洁利用国家重点实验室电厂实测

# 2 国内外汞控制技术进展

## 2.3 汞吸附技术

### 吸附剂喷射

吸附剂：活性炭、改性活性炭、  
钙剂吸附剂、飞灰等

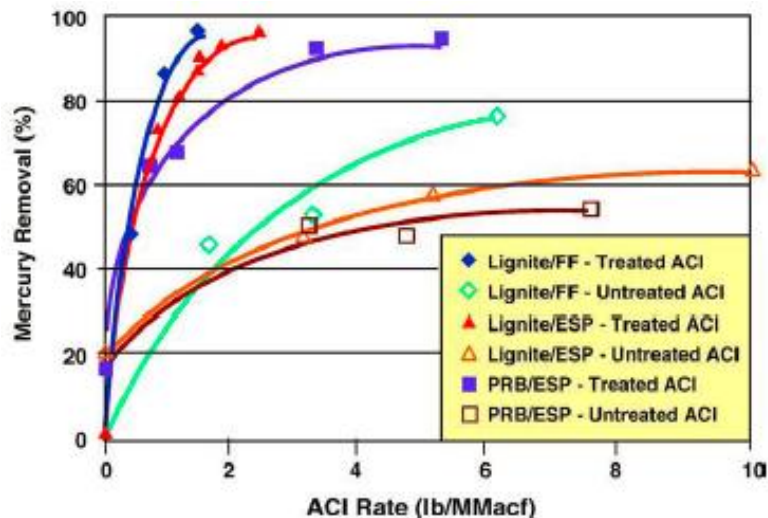
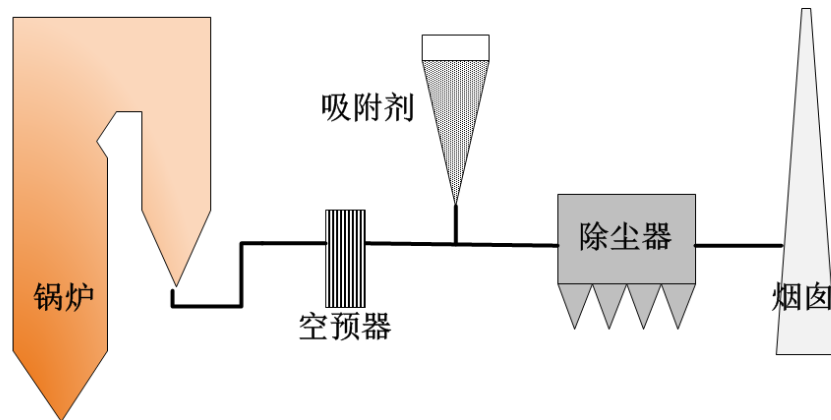
特点：运行成本较高

燃煤硫分高时去除效率低

影响飞灰品质

采用活性炭与改性活性炭时ACI脱汞效率

- 采用改性活性炭，脱汞效率大幅提高，吸附剂用量减少
- 改性活性炭喷入量3 lb/mm<sup>3</sup>（约48mg/m<sup>3</sup>），脱汞率高于90%

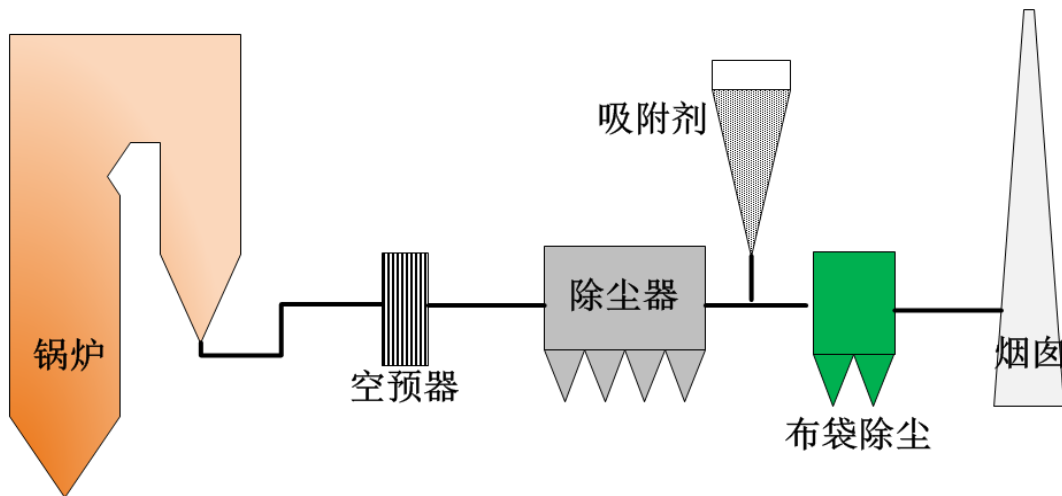


数据来自(T.J. Feeley III et al., FPT, 2009)

# 2 国内外汞控制技术进展

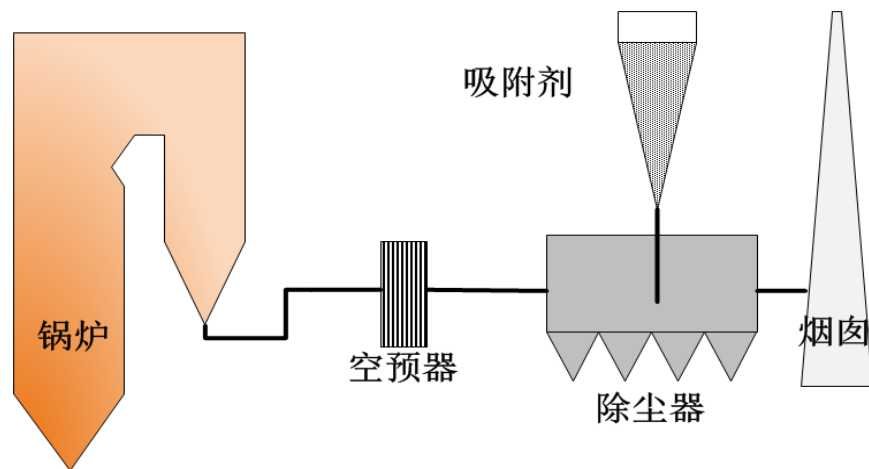
## TOXECON™

特点：额外增加除尘器  
成本高  
99%的飞灰利用率  
脱汞率：可达90%



## TOXECON II™

特点：成本比TOXECON™低  
对现有设备改动少  
部分飞灰可出售或再利用  
脱汞率：低于80%



# 2 国内外汞控制技术进展

## 2.4 汞氧化吸收技术

### 液相强制氧化

关键：提高FGD里 $Hg^{2+}$ 比例

抑制 $Hg^{2+}$ 向 $Hg^0$ 的重新还原

特点：成本较ACI低、反应副产物需要处理

脱汞率：70~90%

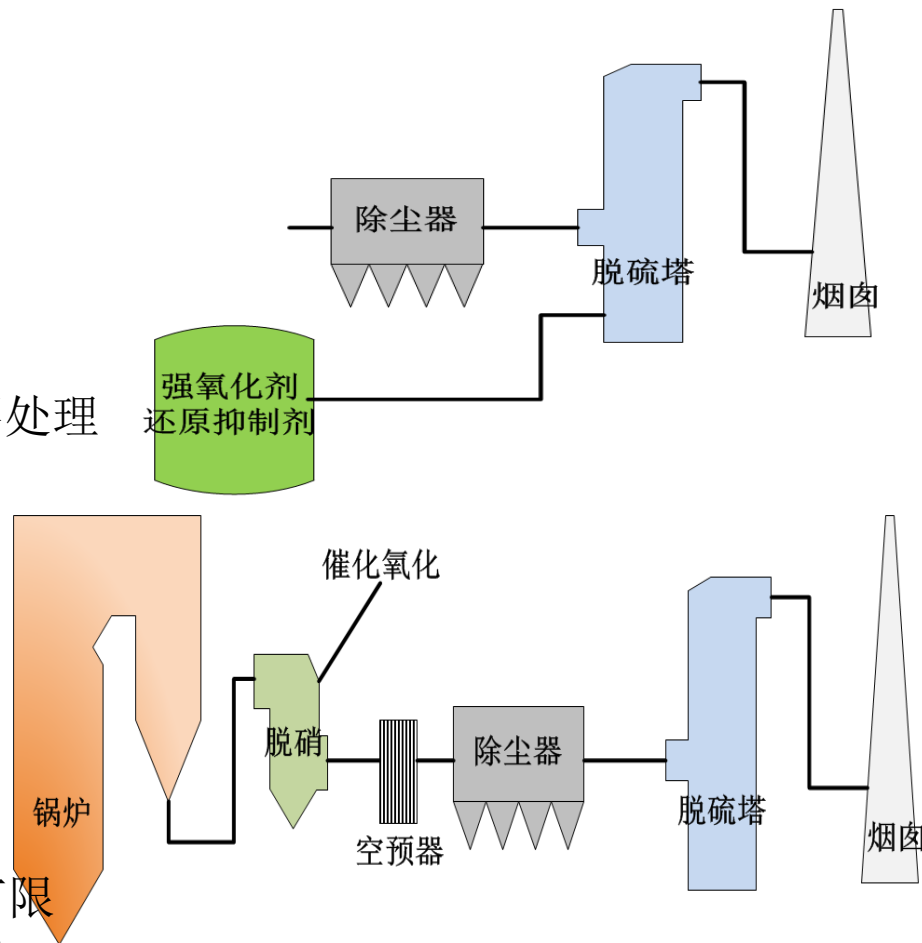
### 催化氧化+液相吸收

催化剂：SCR催化剂

碳基催化剂

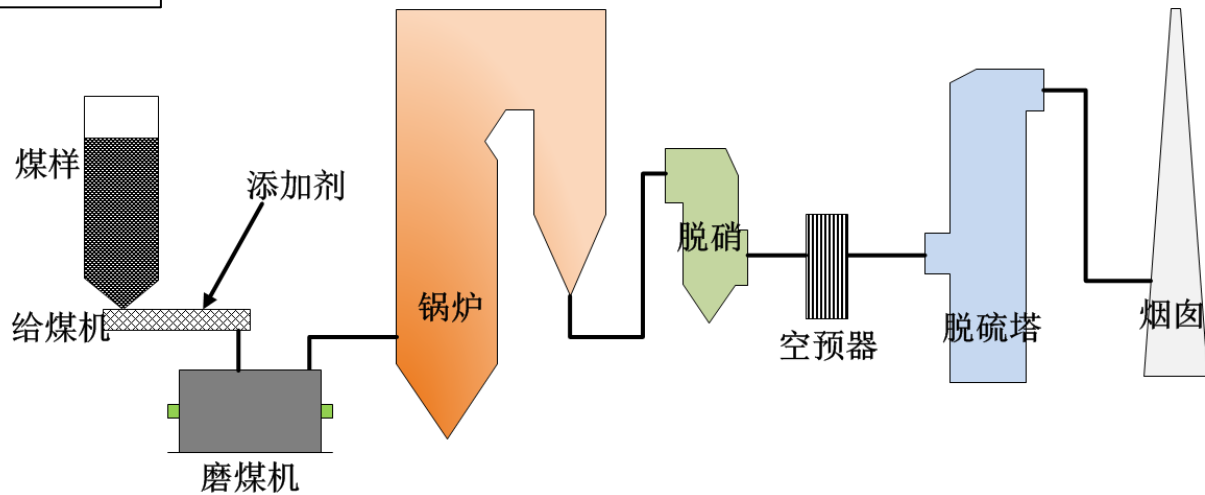
金属及金属氧化物

特点：氯元素含量低时汞的氧化效果有限  
催化剂劣化时脱汞效率下降明显



## 2 国内外汞控制技术进展

### 煤中加剂技术



添加剂：Cl、Br、I等卤素

特点：增加燃烧生成的二价汞比例、有利于后续吸收

设备成本低

脱硫系统浆体中卤素含量增高，对设备有腐蚀的可能

脱汞率：有SCR时，添加10-20ppm Br，效率可55%  $\longrightarrow$  90%

# 目录

1

国内外汞排放现状与法规

2

国内外汞控制技术进展

3

清新环境在烟气汞控制方面的研究

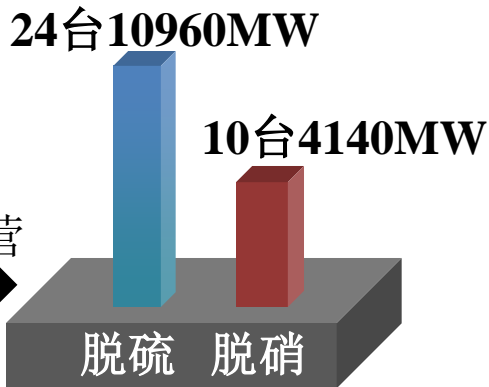
# 3 清新环境的烟气汞控制研究

## 3.1 清新环境简介



- 投资
- 研发设计
- 建设
- 运营

特许经营



**SPC-3D一体化技术**  
出口SO<sub>2</sub>浓度: 35mg/Nm<sup>3</sup>  
出口粉尘浓度: 5mg/Nm<sup>3</sup>

2001

公司成立

2011

深交所上市  
注册资金¥10.6亿

2014



资产¥50亿



7家子公司  
7家运营分公司



1000多人

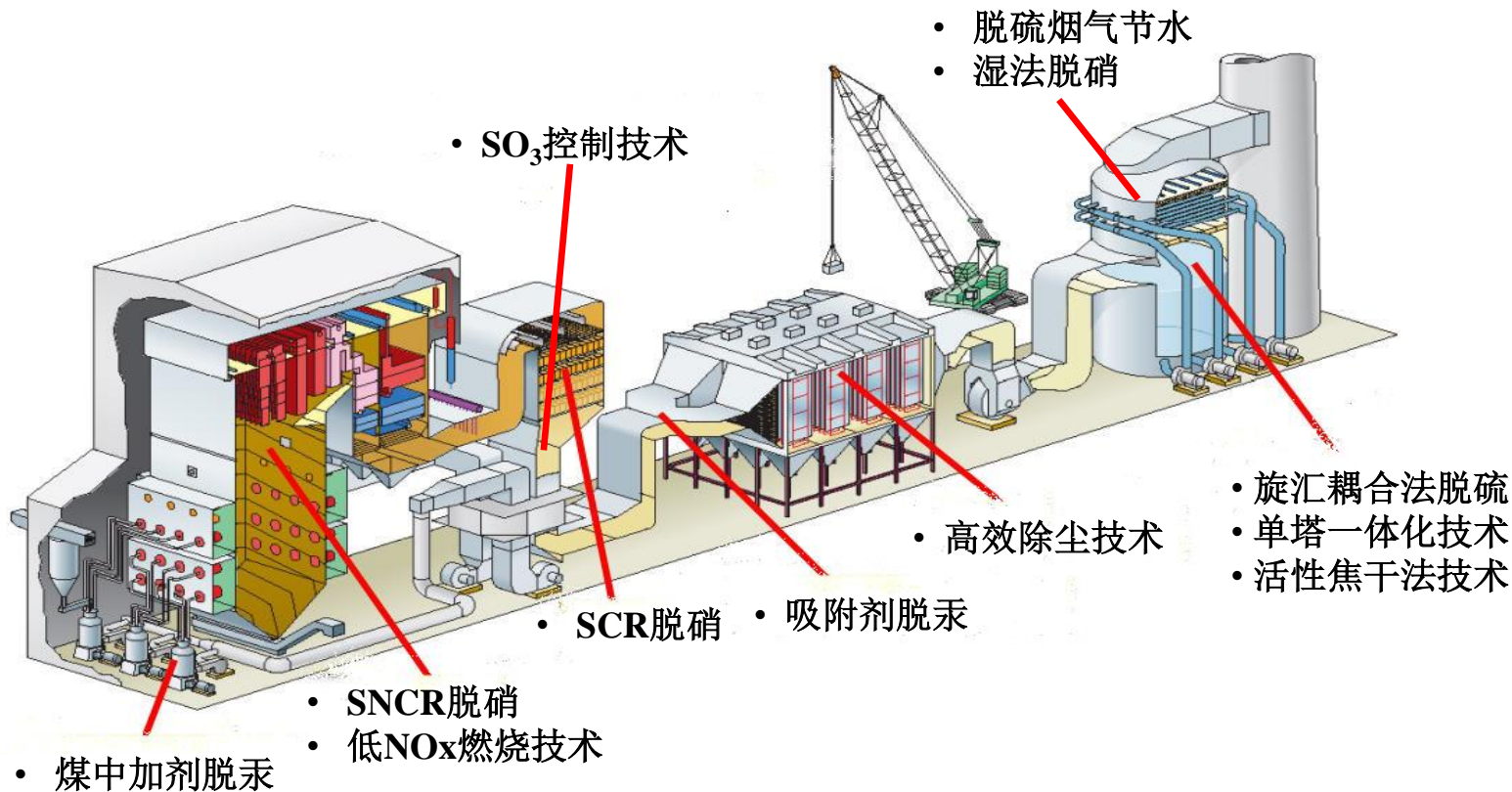


核心专利  
60余项  
正申请  
30余项



# 3 清新环境的烟气汞控制研究

## 3.2 清新环境在电厂污染物控制方面开展的工作



# 3 清新环境的烟气汞控制研究

## 3.3 脱汞技术路线：煤中加剂+炉尾喷吸附剂技术

- 活性炭对 $\text{Hg}^0$ 和 $\text{Hg}^{2+}$ 都有较强吸附能力，而且对 $\text{Hg}^{2+}$ 的吸附能力比 $\text{Hg}^0$ 强
- 我国约90%的煤中氯含量小于500ppm，折合成烟气中HCl浓度低于30ppm的“特低氯煤”
- 烟气 $\text{Hg}^0$ 在活性炭表面C和酸性气体的催化下氧化成 $\text{Hg}^{2+}$

添加卤素如Cl、Br、I能促进烟气中 $\text{Hg}^0$ 向 $\text{Hg}^{2+}$ 的转化，并结合活性炭/改性活性炭喷射技术进行脱汞

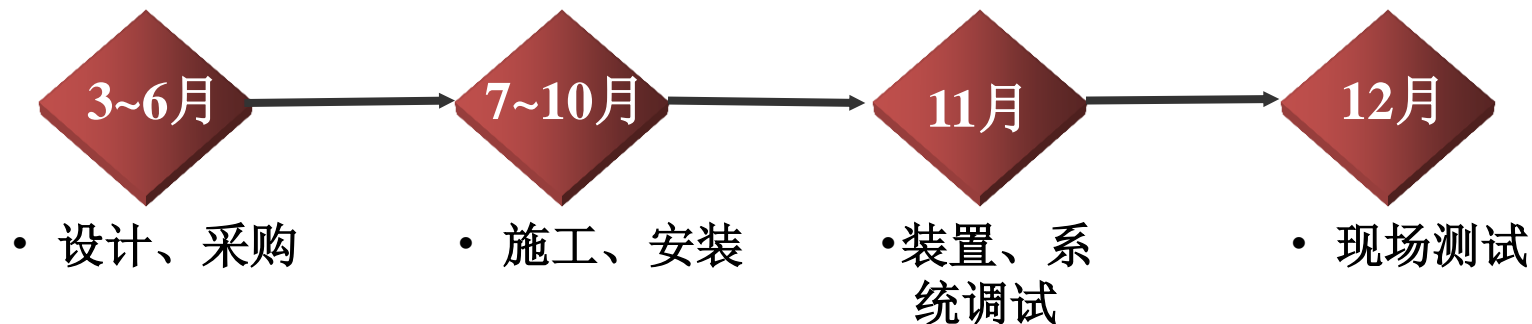
# 3 清新环境的烟气汞控制研究

## 3.4 清新环境脱汞示范项目

### 目标

- 通过示范工程测试获取燃煤锅炉脱汞工艺的第一手测试数据
- 掌握燃煤电站锅炉汞排放控制工艺的关键参数及其优化

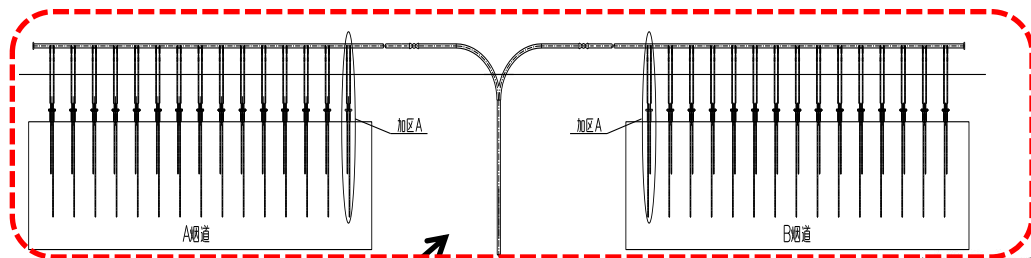
### 项目进度



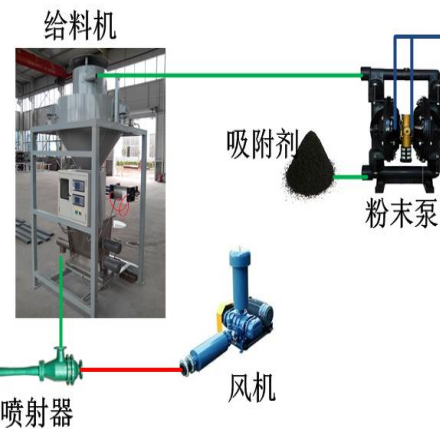
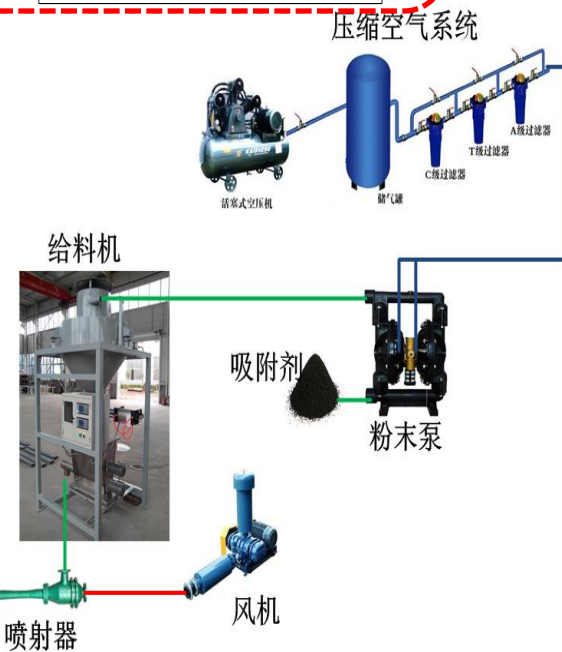
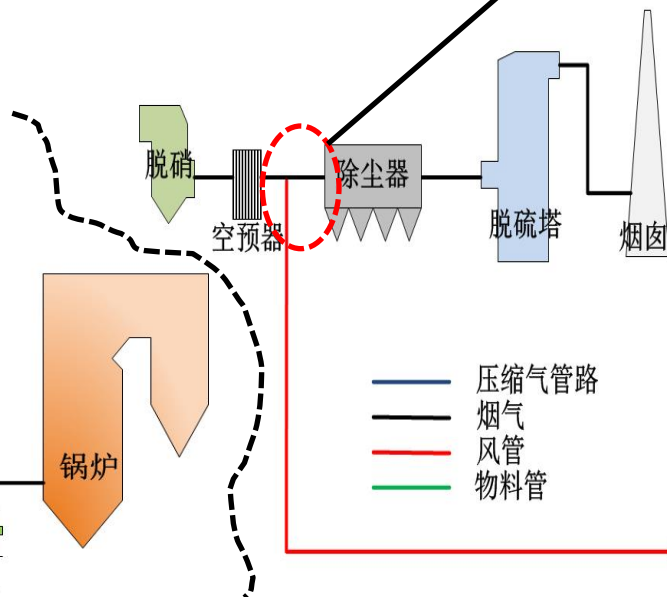
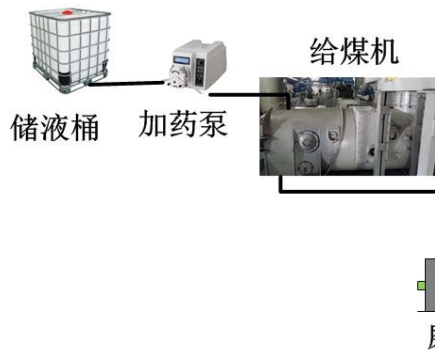
# 3 清新环境的烟气汞控制研究

## 吸附剂喷射系统

清新环境专利喷射管组  
CN 203469763U



## 煤中加剂系统



# 3 清新环境的烟气汞控制研究

## 示范项目设计、安装、调试

示范电厂：大唐国际一台300MW燃煤机组

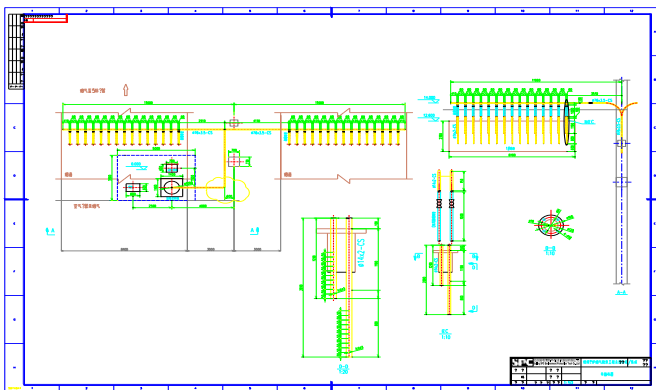
现有环保设施：SCR+ESP+WFGD

主要设计参数：

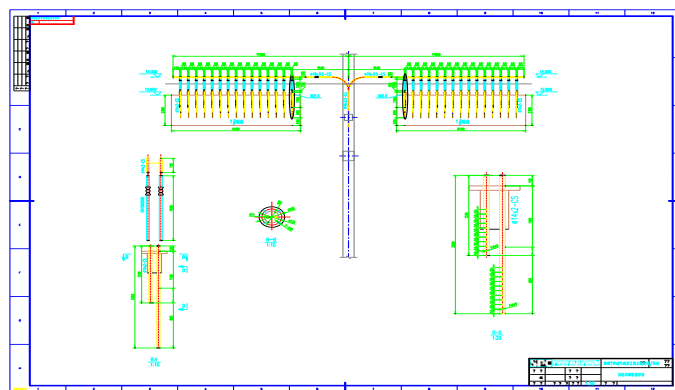
煤中加剂用量：0~50L/h

吸附剂输送量：0~200kg/h

风量：0~3.7m<sup>3</sup>/min，压缩气量：80~100m<sup>3</sup>/h



吸附剂喷射平面布置图



吸附剂喷射管组安装图

# 3 清新环境的烟气汞控制研究

示范项目设计、安装、调试



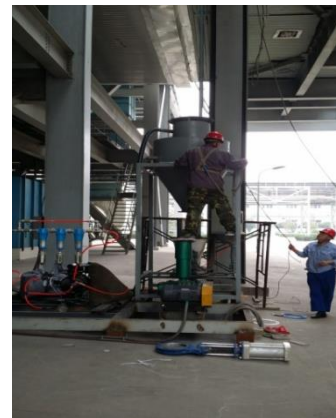
活性炭管垂直段



活性炭管水平段



风管连接



给料系统安装调试



活性炭喷射管组整体安装

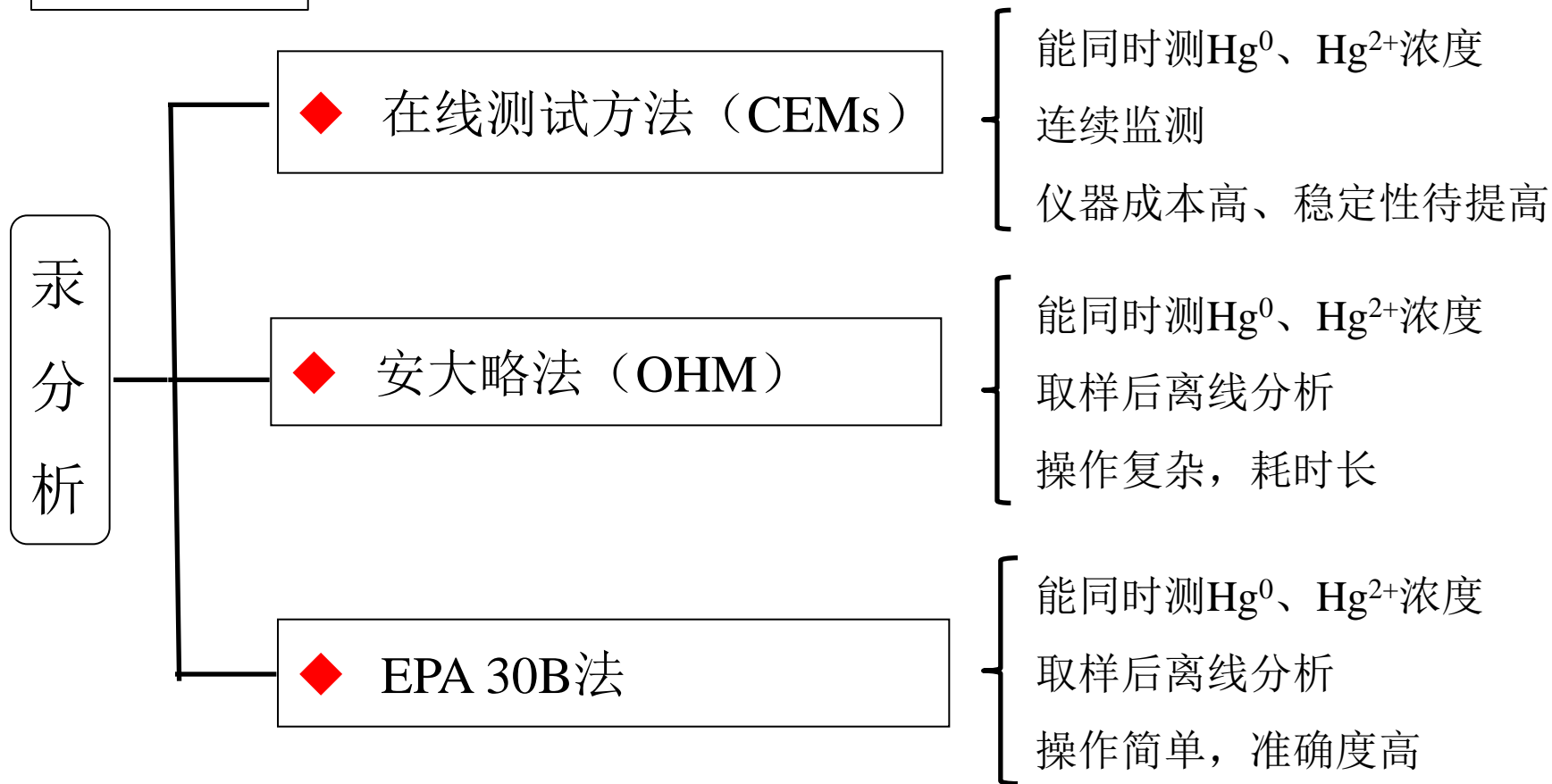


活性炭喷射装置整体连接



# 3 清新环境的烟气汞控制研究

## 汞测试方法

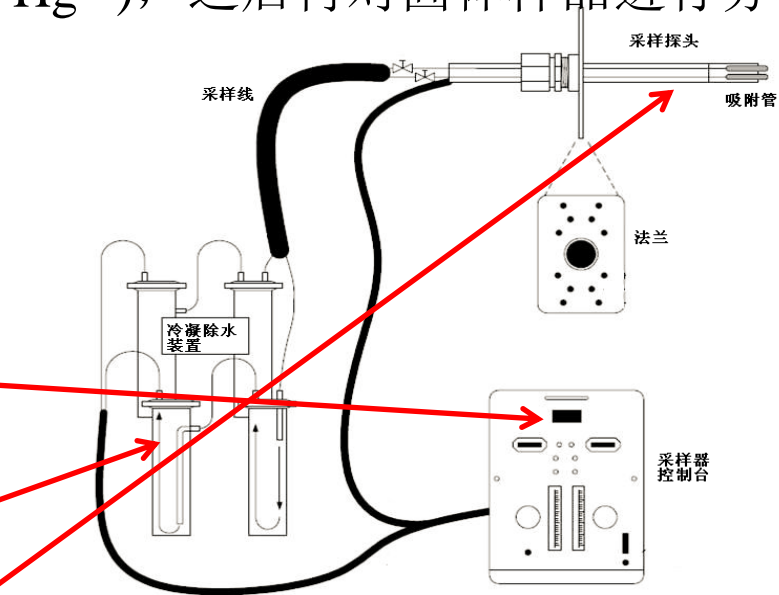
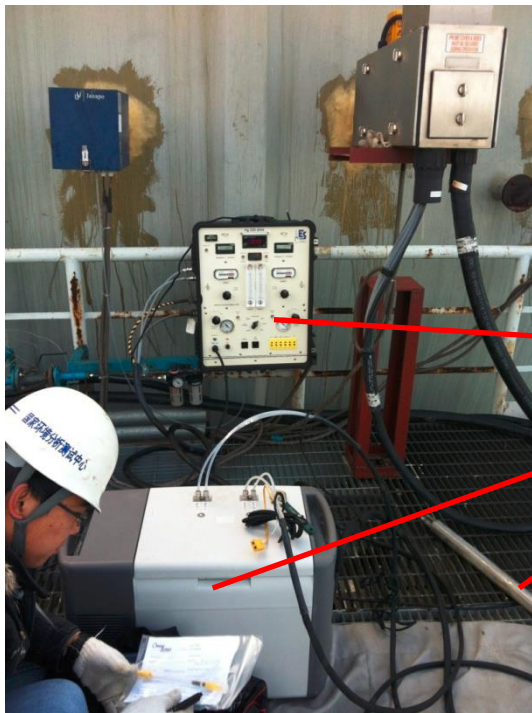


# 3 清新环境的烟气汞控制研究

本项目采用**30B法测汞**

汞排放本底值测试结果 $0.006\sim 0.008\text{mg}/\text{m}^3$

●原理：用填充有专用吸附材质（如活性炭等）的吸附管捕集烟气中的 $\text{Hg}^0$ 和 $\text{Hg}^{2+}$ 以及总汞( $\text{Hg}^0+\text{Hg}^{2+}$ )，之后再对固体样品进行分析。



汞  
采  
样  
系  
统

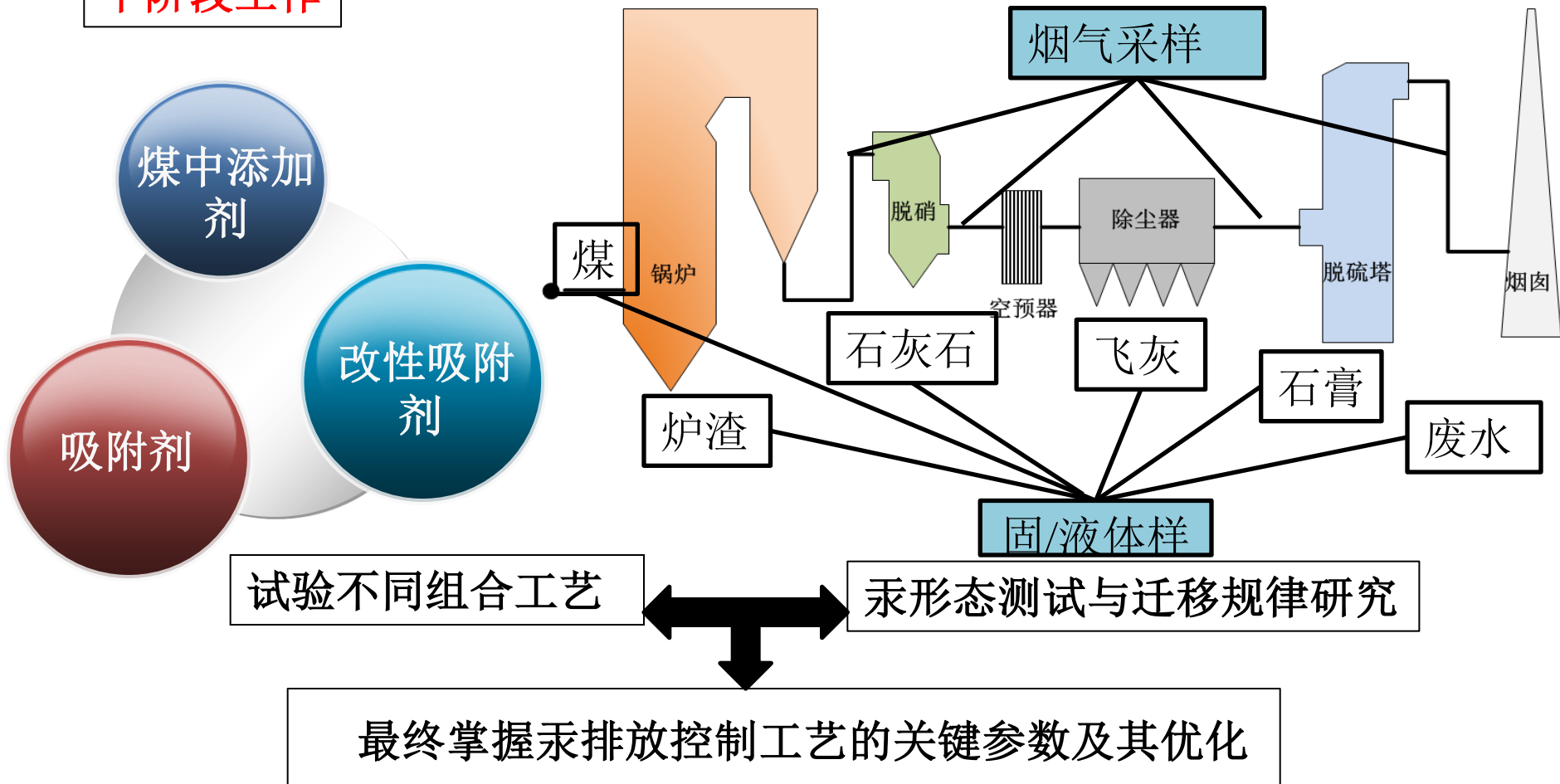


汞分价态测试管  
总汞测试管



# 3 清新环境的烟气汞控制研究

下阶段工作



THANKS!

**xucr@qingxin.com.cn**