



# 日本的250MW空气吹入IGCC实证项目的进展情况

2011年10月13日

石桥 喜孝



洁净煤发电 (Clean Coal Power) 研究所

# 关于洁净煤发电研究所



1. 创立日期： 2001年6月15日

2. 事业内容：

使用实证设备对煤气化联合循环发电技术的设计、建设和运行进行试验和研究。

3. 股东名单：

北海道电力株式会社

关西电力株式会社

东北电力株式会社

中国电力株式会社

东京电力株式会社

四国电力株式会社

中部电力株式会社

九州电力株式会社

北陆电力株式会社

电源开发株式会社

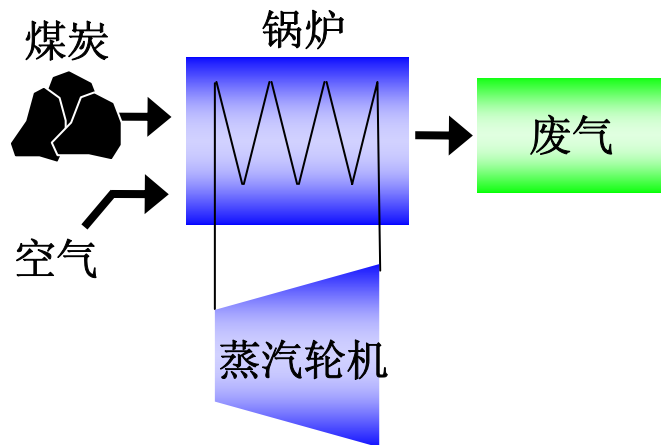
4. IGCC 开发联盟：

上述电力公司 + 电力中央研究所 (CRIEPI)



## PCF 以往的燃煤火力发电

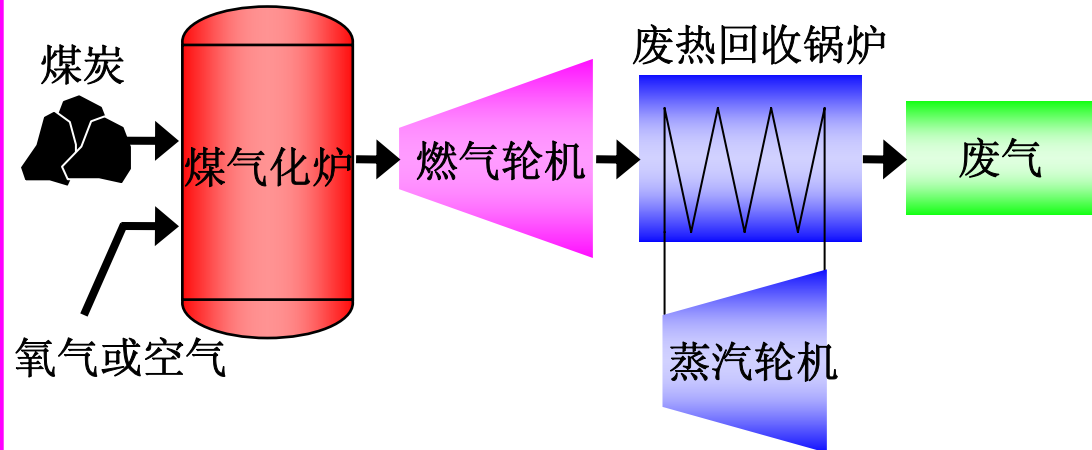
锅炉+蒸汽轮机



PCF : Pulverized Coal Firing

## IGCC 煤气化联合循环发电

煤气化炉+燃气轮机+锅炉+蒸汽轮机



IGCC : Integrated coal Gasification Combined Cycle

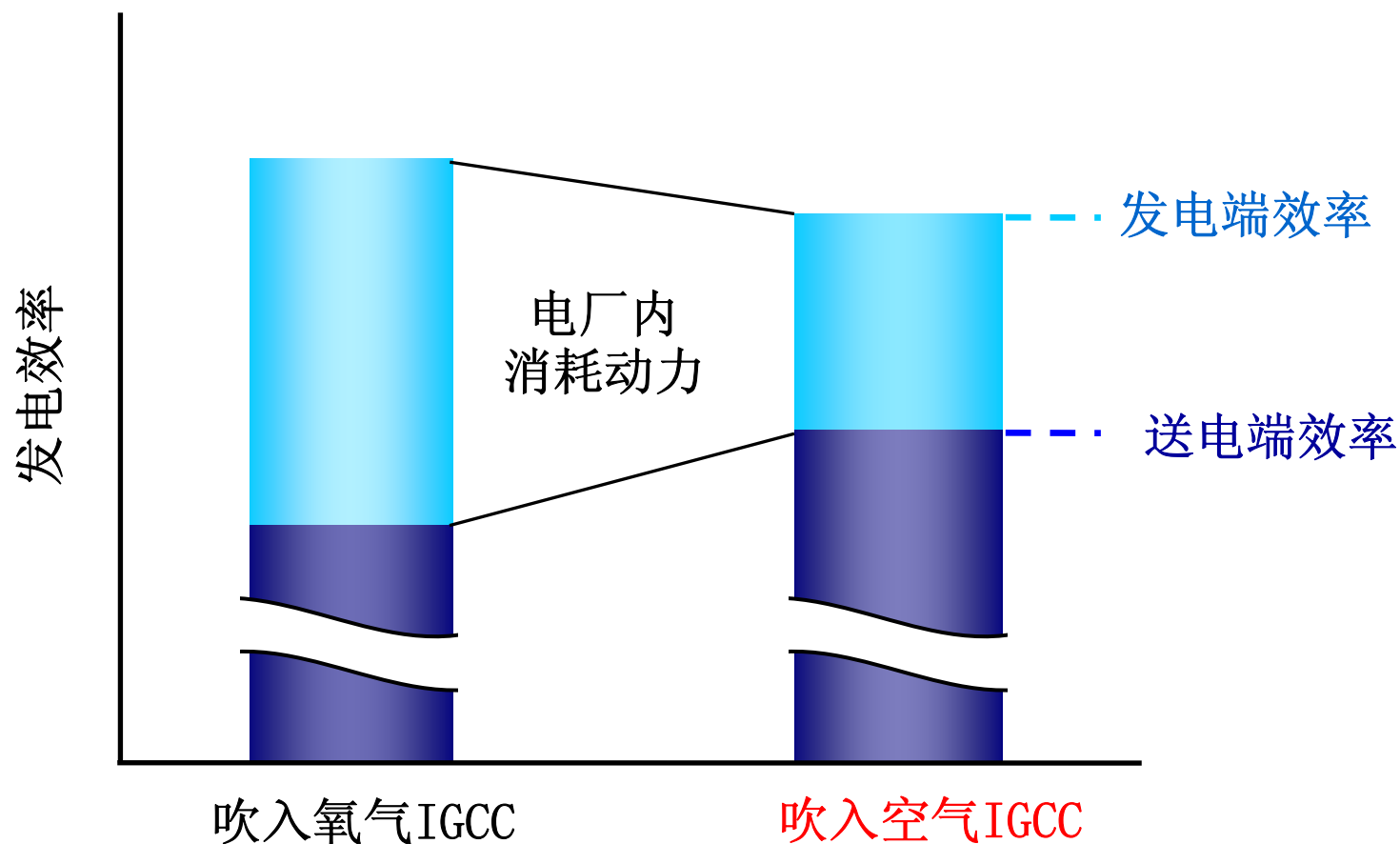
IGCC采用联合循环发电技术，与以往的煤炭火力发电相比，发电效率较高。IGCC有氧气吹入和空气吹入的两种方式。

# 煤炭IGCC项目



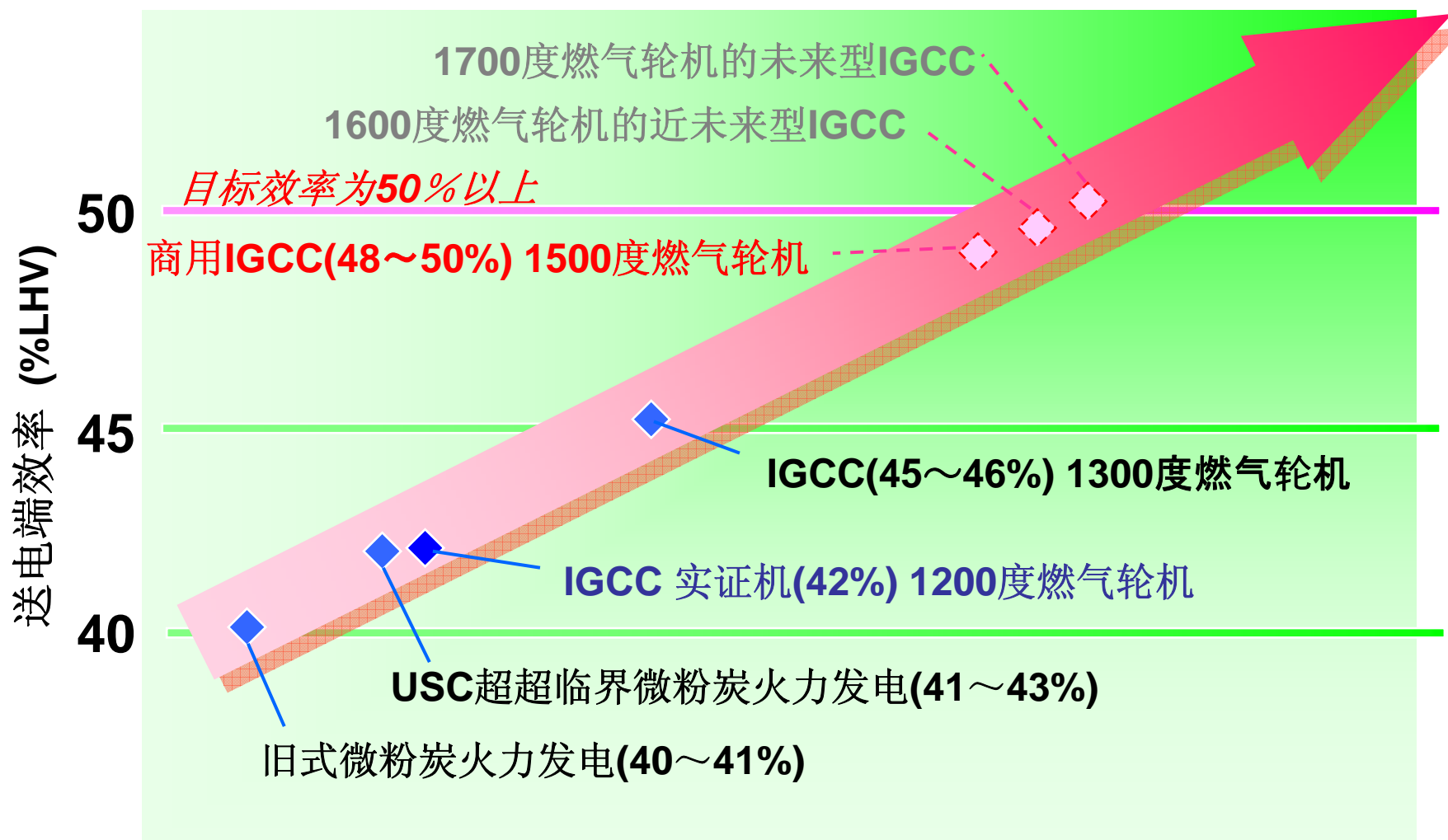
各国的比较	<b>Buggenum</b> 荷兰	<b>Puertollano</b> 普埃托利亚诺 西班牙	<b>Wabash River</b> 沃巴什河 美国	<b>Tampa</b> 坦帕电气 美国	<b>Nakoso</b> 勿来 日本
煤气化炉形式	吹入氧气 干式供煤 <b>Shell</b>	吹入氧气 干式供煤 <b>Penflo</b>	吹入氧气 湿式供煤 <b>E-Gas™</b>	吹入氧气 湿式供煤 <b>GE</b>	吹入空气 干式供煤 <b>三菱重工</b>
煤炭使用量	2,000 t/日	2,600 t/日	2,500 t/日	2,500 t/日	<b>1,700 t/日</b>
发电端功率 (GT:燃气轮机)	<b>284 MW</b> 1,100 °C级	<b>335 MW</b> 1,300 °C级	<b>297 MW</b> 1,300 °C级	<b>315 MW</b> 1,300 °C级	<b>250MW</b> 1,200 °C级
实证试验的 开始时期	1994年1月	1997年12月	1995年10月	1996年9月	<b>2007年9月</b>

# 空气吹入IGCC的优势



勿来采用的吹入空气IGCC方式与吹入氧IGCC相比，预计可以实现更高的发电效率。

# 发电效率改善



随着高温燃气轮机联合循环技术的进步，发电效率会进一步提高。

# 空气气化IGCC技术在日本的发展历史



IGCC实证机  
洁净煤发电研究所  
1700t/d 250MW (2007-2010)



## 小规模试验性设备

煤气化联合循环发电技术研究组合  
200t/d 相当25MW (1991-1996)



## 小型试验设备

CRIEPI-MHI 2t/d(1983-1995)



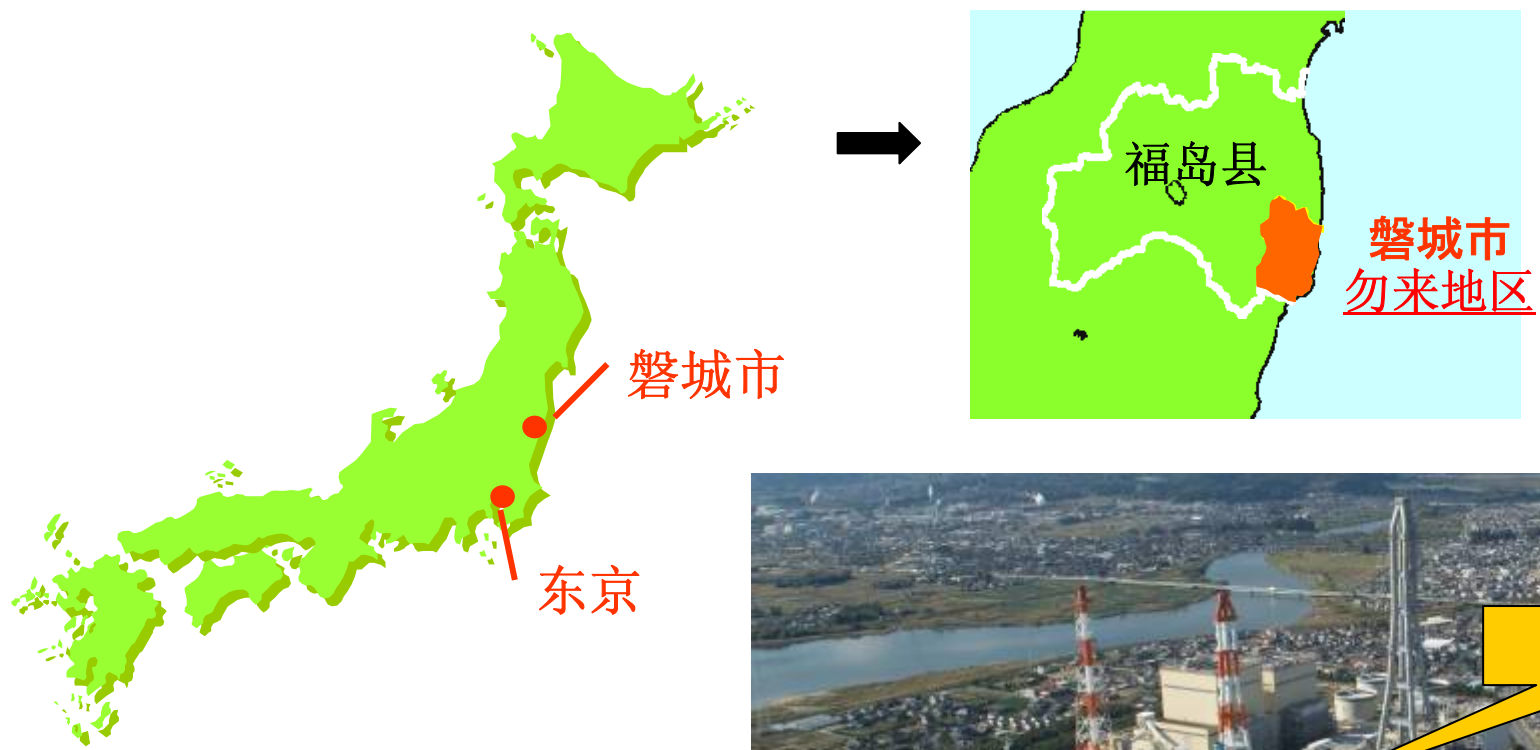
CRIEPI: 电力中央研究所

## 实验确认设备

MHI长崎 24t/d (1998-2002)

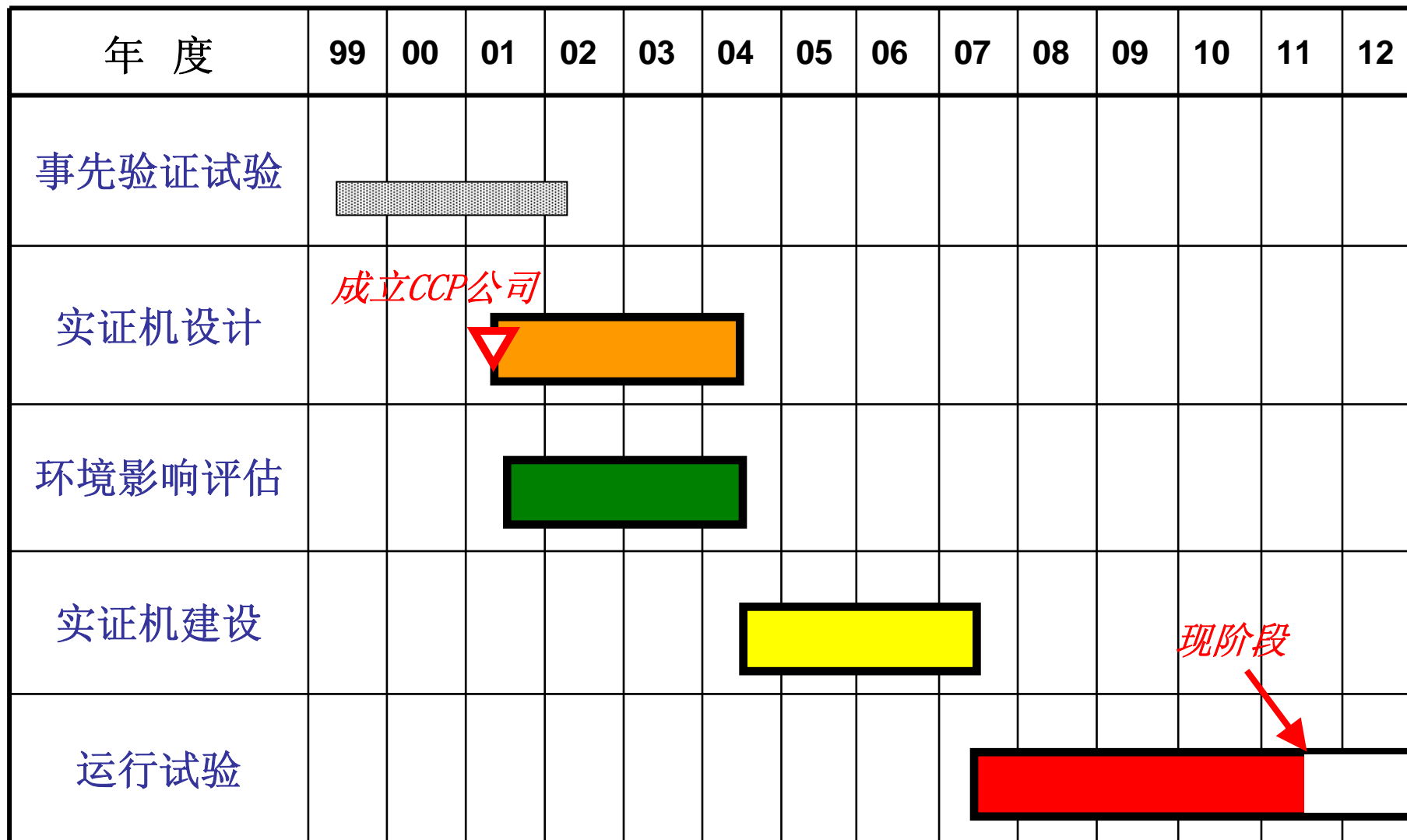


# 试验地点



建设在常磐共同电力公司 勿来火电厂内

# 实证计划概要



运行试验始于2007年9月。

# 勿来IGCC实证机 从地震·海啸导致的灾害到复原



勿来IGCC于今年3月11日袭击东日本的9级地震和海啸时受灾。所有设备浸水2m深，管道设备等受到大范围的损害，幸而主要设备具有适当的抗震设计,总体来说没有受到致命的伤害。

受灾后约4个半月所有的设备完全复原,7月28日起从新开始运行。目前亦按额定出力持续运行。(开始运行后的运行时间约为1,650小时)

海啸来袭时的状况 (3月11日)

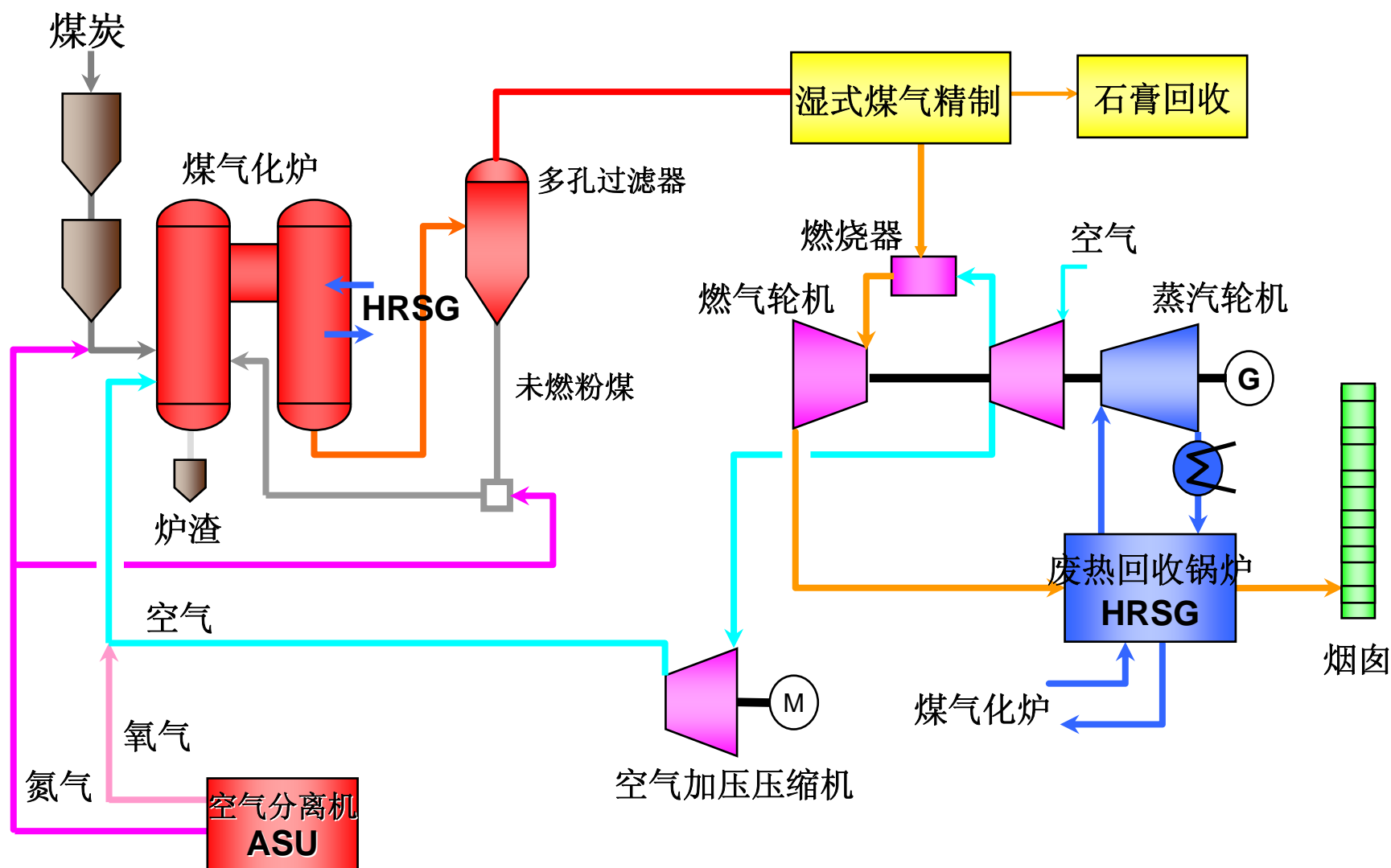


**IGCC**

9月现在



# 系统图



空分的目的是用于生产对煤炭和未燃粉煤进行加压或搬运时使用的氮气，所以空分装置的体积非常小。10

# 俯瞰图



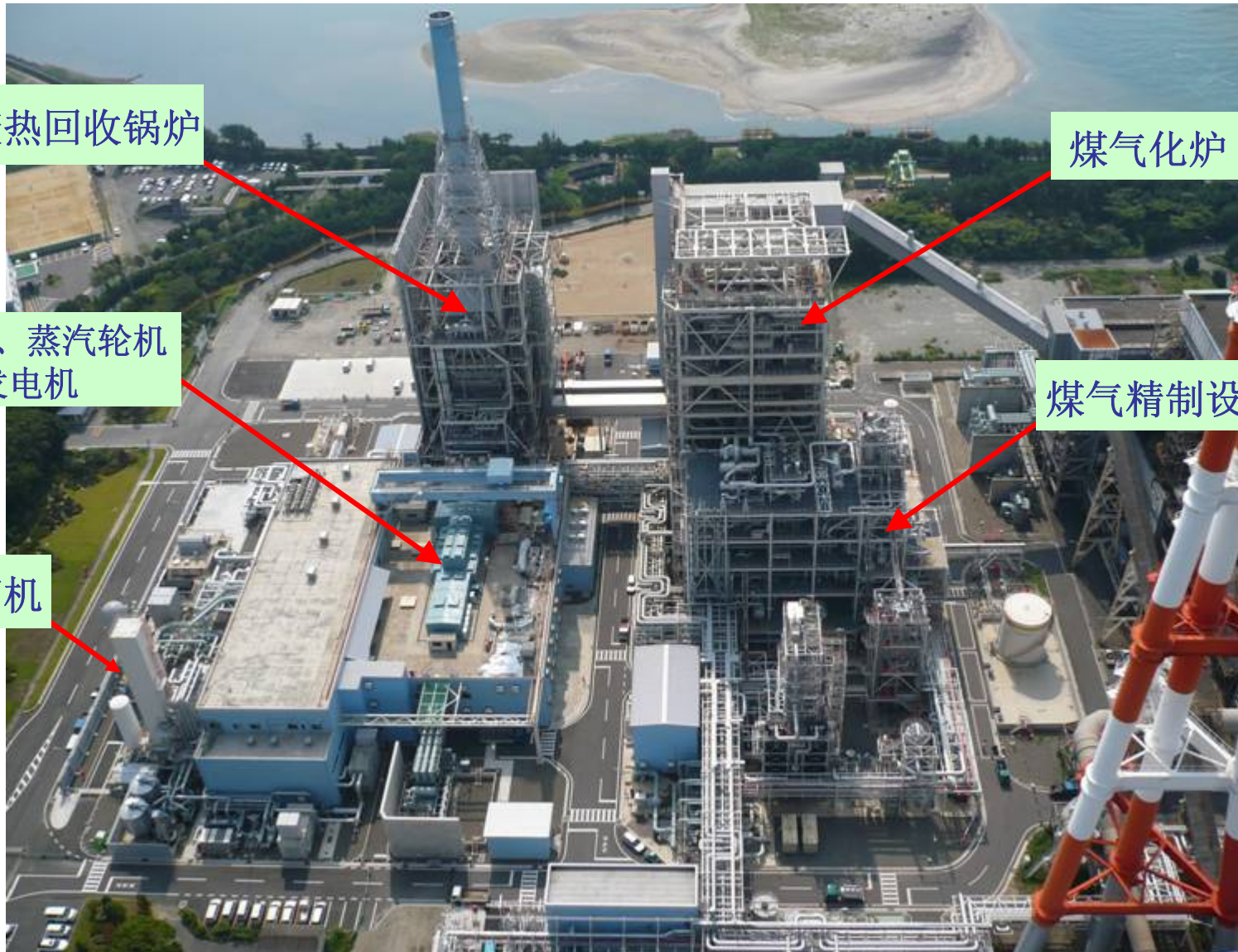
废热回收锅炉

煤气化炉

燃气轮机、蒸汽轮机  
及发电机

煤气精制设备

空气分离机



# 勿来IGCC的规格



容量	250 MW		
煤炭使用量	约1,700 吨/天		
方式	煤气化炉	空气吹入 & 干式供煤	
	煤气精制	湿式(MDEA)+石膏回收	
	燃气轮机	1200 °C级 (50Hz)	
目标热效率	发电端	48% (LHV)	46% (HHV)
	送电端	42% (LHV) *	40.5% (HHV)
排气目标值	SOx 硫氧化物	8 ppm	(16%O <sub>2</sub> basis)
	NOx 氮氧化物	5 ppm	
	粉尘	4 mg/m <sup>3</sup> N	

\* IGCC商用机拟使用1500度的燃气轮机，送电端效率可以达到48~50%。  
IGCC实证机作为研究用设备，为了降低示范电厂容量，使用了1200度燃气轮机。

# 实证试验的项目和目标



	项 目	目 标
1	安全性和稳定运行	验证设备启动、运行、停机时的安全性和稳定性。
2	可靠性	实现2000小时连续运行（相当于3个月）。
3	炭种适用性	为了今后设计商用机，确认各类炭种的稳定运行。
4	高效率性	实现目标发电效率。
5	耐久性	运行5000小时后进行点检，验证设备仪器的耐久性。
6	经济性	根据实证机的建设、运行及维护结果，评估IGCC商用机的经济性。

# 系统的安全性和稳定性 (1)



## 性能试验的结果 (2008年3月)

	设计值	试验结果
空气温度	15 °C	13.1 °C
发电端功率	250 MW	250.0 MW
燃气轮机功率	128.9 MW	124.4 MW
蒸汽轮机功率	121.1 MW	125.8 MW
送电端效率(LHV)	42 %	42.4 %(42.9%)
煤气发热量(LHV)	4.8 MJ/m <sup>3</sup> N	5.2 MJ/m <sup>3</sup> N
组成成分 CO	28.0 %	30.5 %
CO <sub>2</sub>	3.8 %	2.8 %
H <sub>2</sub>	10.4 %	10.5 %
CH <sub>4</sub>	0.3 %	0.7 %
N <sub>2</sub> 和其他	57.5 %	55.5%
环境性能 (16% O <sub>2</sub> Corrected)	<目标值>	
SO <sub>x</sub>	8 ppm	1.0ppm
NO <sub>x</sub>	5 ppm	3.4 ppm
粉尘	4 mg/m <sup>3</sup> N	<0.1 mg/m <sup>3</sup> N

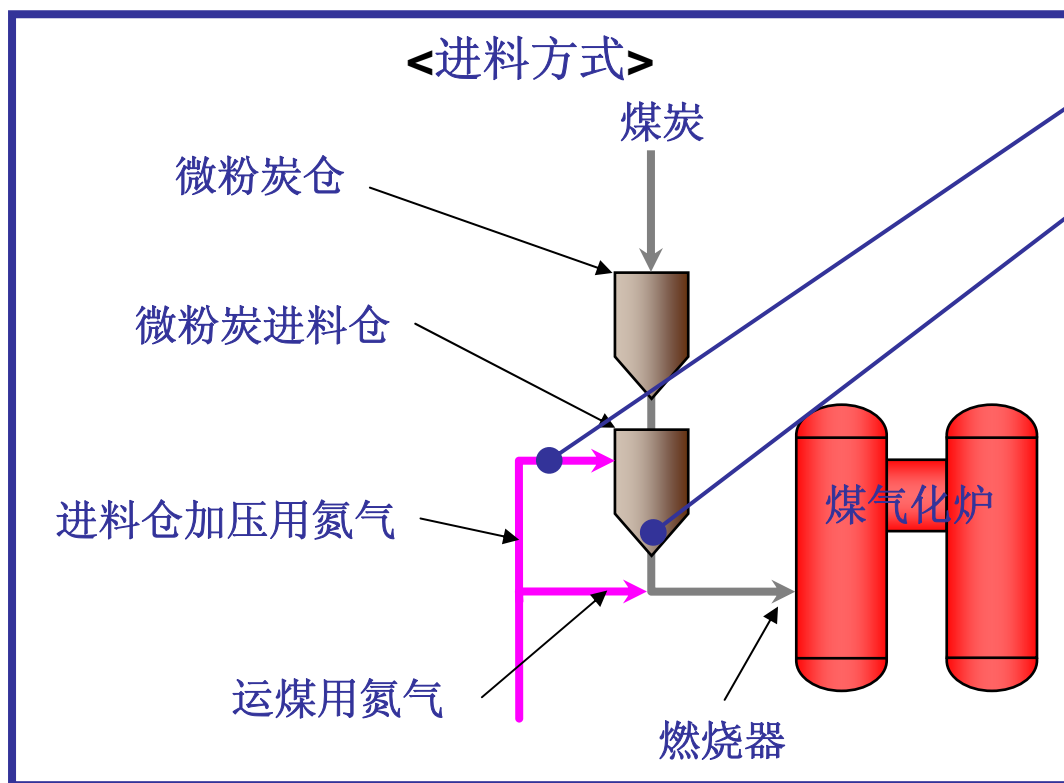
2008年3月达到额定负荷(250MW)，确认了在额定负荷状态下的稳定运行和设计性能。

# 系统的安全性和稳定性 (2)



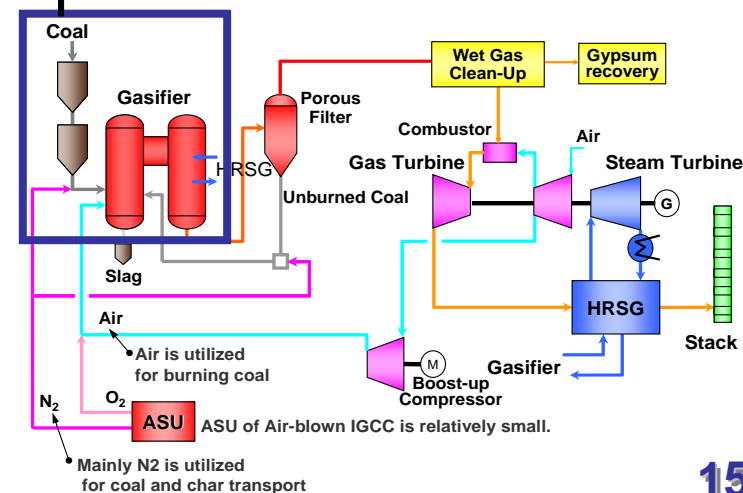
## 干式供煤方法的改善

2007年试运行试验中，往煤气化炉进料时曾经发生进料不稳定的现象。改善进料方式后该问题已经得到解决。



### 设备改善

- 改善进料仓的加压控制
- 改善进料仓底部的流动性



# 系统的安全性和稳定性 (3)



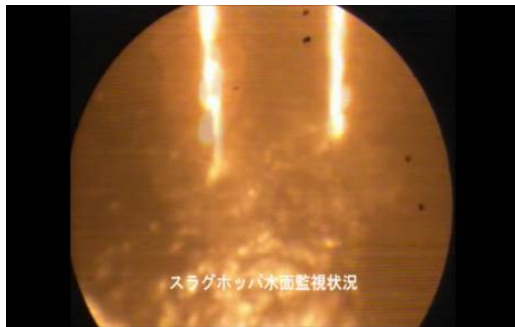
## 发煤渣状况监测系统

迄今为止没有发生过煤渣孔堵塞的现象。  
煤渣稳定地落下，可以证明煤气化炉在非常稳定的状态下运行。

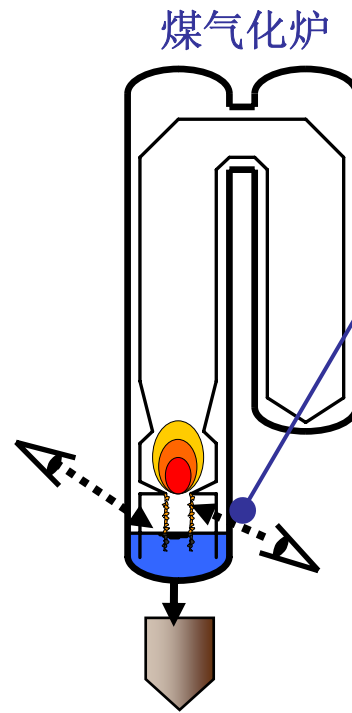
<煤渣的稳定落下>



煤渣从煤渣孔落下

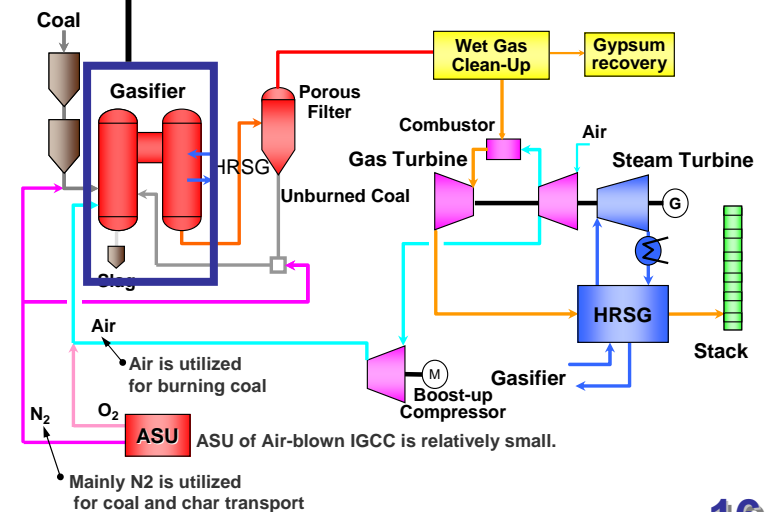


煤渣落入煤渣仓的水中

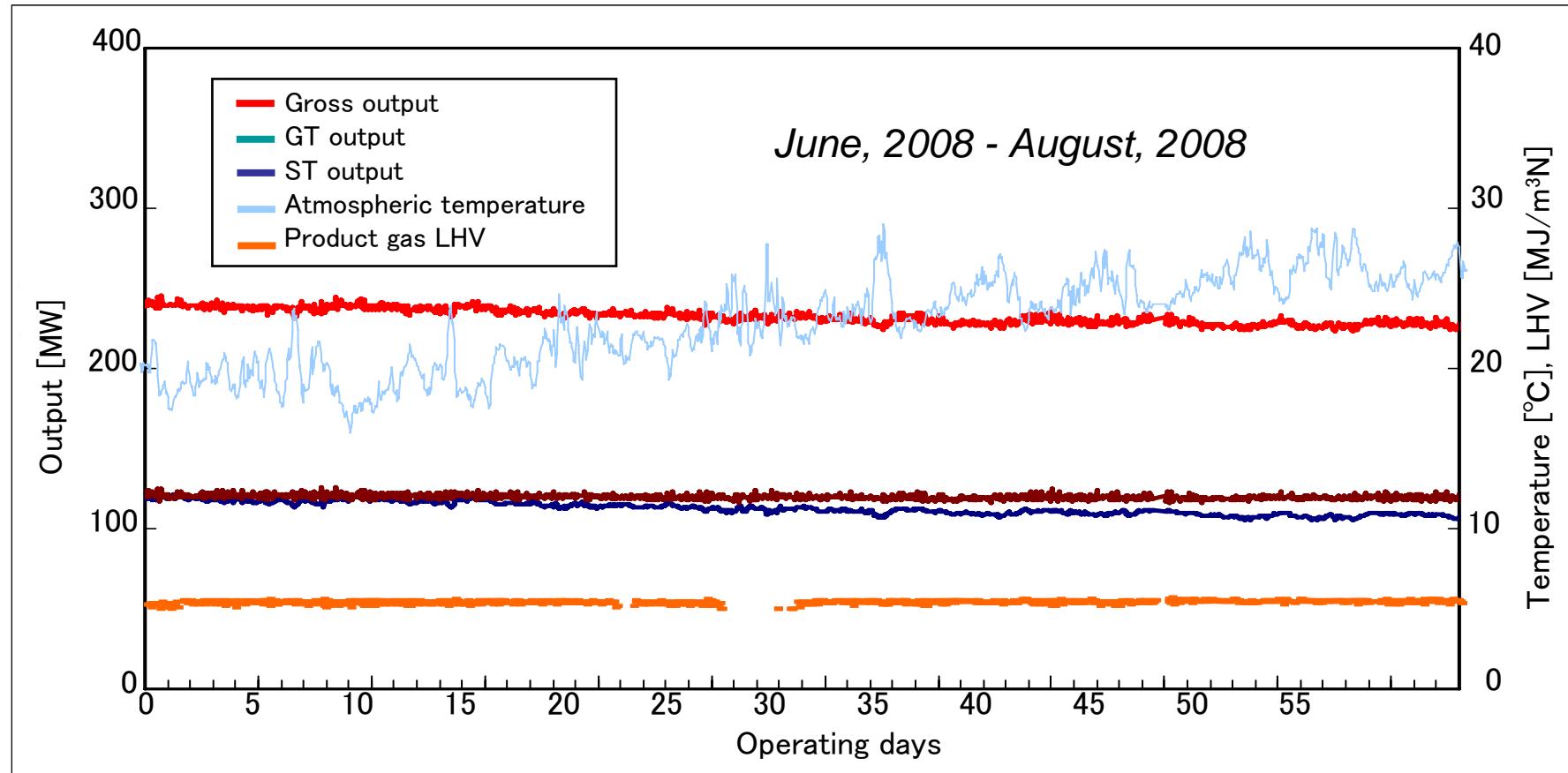


煤渣落下监测装置

- > 图像分析装置
- > 音响监测装置



## 长期可靠性验证试验过程的经时变化数据 (2008年夏天)



- 已经确认可以在额定负荷状态下稳定运行。
- 在试验运行的第一年就实现了2000小时连续运行。

# 炭种适用性 (1)

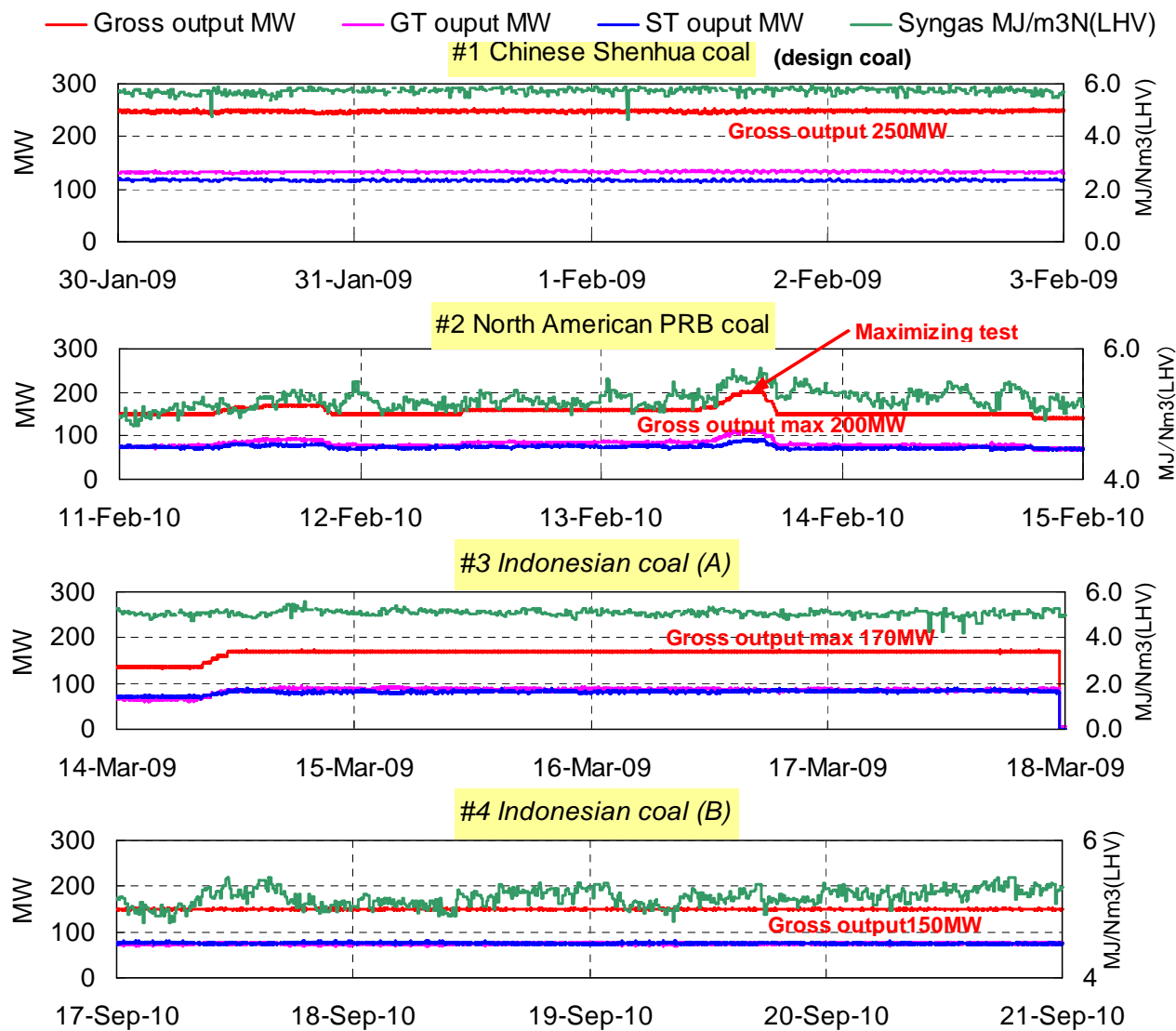


## 使用炭的性状 (2009- 2010年)

		中国神华炭 2009.1 <设计炭>	北美PRB炭 2010.2	印度尼西亚炭	
				A 2009.3	B 2010.9
热量 (air dry)	kJ/kg	27,120	26,670	26,370	23,010
含水量 (as received)	wt%	15.4	25.3	21.7	29.7
含硫量 (air dry)	wt%	0.25	0.39	0.25	0.12
工业分析(air dry)					
固有水分	wt%	7.5	8.0	7.9	17.1
固定碳素	wt%	51.3	47.4	45.2	37.8
挥发成分	wt%	32.3	39.1	42.5	41.6
灰分	wt%	8.9	5.5	4.4	3.5
灰熔融性					
流动温度	deg C	1225	1420	1260	1230

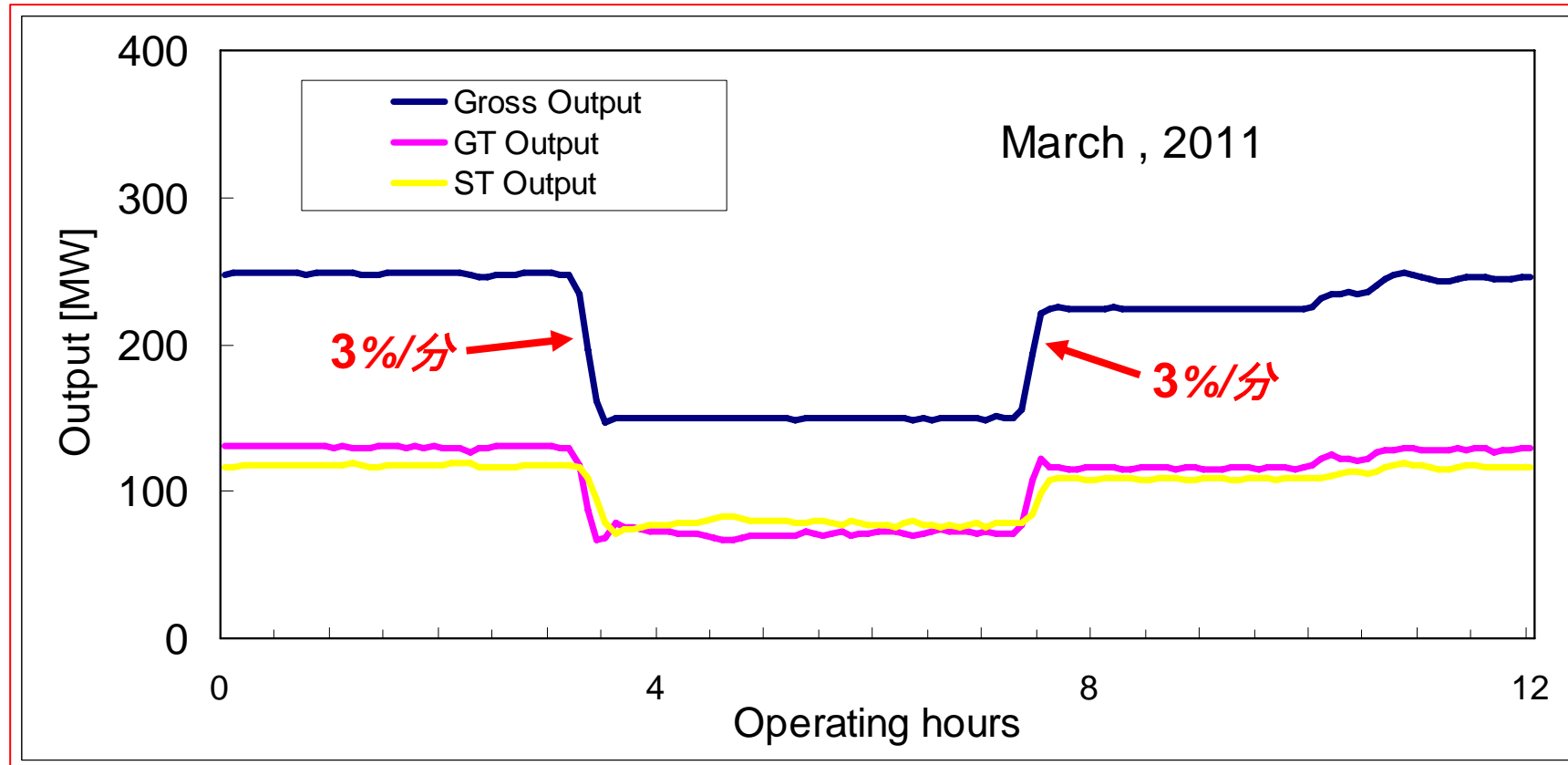
实证机既可以使用烟煤(中国神华炭) 也可以使用次烟煤(北美PRB炭、印度尼西亚炭)。

# 炭种适用性(2) ; 试验结果



确认了不同煤种都可稳定发电。其它煤种正在验证。

## 负荷变化率



通过调整运行参数, 负荷变化率已经达到了日本常规火电厂的水平3%/分。

自2009年6月至2010年6月实施耐久性试验。  
一年的累计运行时间达5013小时。

在实施耐久性试验过程中，由于下表所示主要附属设备发生故障导致数次停机。但在耐久性试验结束后的点检时，没有发现设备的重大损伤。

故障现象	系统	原因	对策
1. 多孔过滤器下边的旋转阀门密封垫漏气	未燃粉煤循环系统	由于密封垫没有拧紧，导致从密封垫处漏气。	拧紧密封垫，妥善进行管理。
2. 运煤渣用的传送带停止	煤渣处理系统	传送带的刮板挂在底板槽上，过电流导致电动机停机。	改善传送带的结构。
3. 微粉煤除尘器漏煤	微粉煤供给系统	由于滤布出现破孔，导致滤布内的微粉煤堆积，发生微粉煤氧化升温现象。	安装微粉煤漏煤的监测装置，改善操作顺序。
4. No. 2抽气空气冷却机的导热管漏气	煤气化炉空气供给系统	导热管材质不良导致发生腐蚀现象。 泄漏的空气进入冷凝器，导致冷凝水的氧气浓度上升。	更换为合理材质的导热管。
5. 煤气化炉的未燃粉煤燃烧器的冷却管泄漏	煤气化炉	由于燃烧器顶部的安装位置不合理，导致燃烧器冷却管磨损。	合理改变燃烧器顶部的安装位置。

为了提高IGCC商用机的经济性，正在基于实证机的建设、运行和维护的实际经验，积极地采取有效措施。

发电成本 / kWh =

(建设费) + (运行费用) + (维修费用) + (碳排放税)

IGCC > PCF

IGCC < PCF

IGCC ≐ PCF

IGCC < PCF

① 商用阶段建设费比常规要高约20%。

正在研究降低设备成本，如减少部件，反映各种试验结果

② 燃料费用可降低约20%。

③ 维修费用正在研究中。

明年将进行法定检修，会带来可供评价的有益信息。

IGCC商用机的发电成本目标—降低到目前的微粉煤火力发电成本同等以下水平。

# 目标&成就总结



	目标	结果	达标情况	今后的计划
安全性和稳定运行	<b>250MW</b>	<b>250MW</b>	达标	
长期连续运行	<b>&gt;2000</b> 小时	<b>2039</b> 時間	达标	
送电端热效率	<b>&gt;42%</b> (LHV标准)	<b>42.9%</b>	达标	
煤气化炉 碳转化率	<b>&gt;99.9%</b>	<b>&gt;99.9%</b>	达标	
环境性能	<b>SOx &lt;8ppm</b> <b>NOx &lt;5ppm</b> <b>粉尘 &lt;4mg/m3N</b>	<b>1.0ppm</b> <b>3.4ppm</b> <b>&lt;0.1mg/m3N</b>	达标	
使用炭种	沥青炭 (B) 亚沥青 (SB)	中国炭 (B) 北米炭 (SB) 印度尼西亚炭(SB)	达标	适用炭种的增加
启动时间	<b>&lt;18</b> 小时	<b>15</b> 小时	达标	
最低负荷	<b>50%</b>	<b>36%</b>	达标	
负荷变化率	<b>3%/分</b>	<b>3%/分</b>	达标	
耐久性、可靠性和、维护性	<b>5000</b> 小时运行试验结束后进行评估	一年运行 <b>5013</b> 小时，无重大损伤	基本达到	维修间隔的评估 高开工率运行
经济性	发电成本几乎与以往的微粉炭电厂相同	已经对建设成本和燃料成本进行评估	评价中	维修成本的评估

- 空气吹入IGCC可以实现煤炭火力发电领域最高的送电端效率。日本从事空气吹入IGCC的研发工作已经27年多了，目前已经进入最终阶段。
- 目前，我们的实证试验进展顺利。送电端效率已经超过设计的数值，实现了2000小时连续运行，并完成了5000小时的耐久性运行。通过实证试验，我们积累了诸多经验，以期用于IGCC商用机。
- 为实现IGCC的商用化，最重要的在于可靠性和经济性。CCP验证了高效空气吹入IGCC的高可靠性，确立了具有价格竞争力的技术，希望能为防止地球变暖以及节约能源做出贡献。

- 最近CCS (Carbon dioxide Capture and Storage、二氧化碳回收与存积)越发受到关注。CCS虽然有利于应对地球变暖问题，但其成本昂贵，目前尚未达到可以实现阶段。
- 空气吹入IGCC是现阶段可以商用的、且送电端发电效率最高的煤炭火力发电系统。将这一技术用于改建陈旧的低效微粉煤火力厂，可以有助于防止地球变暖以及节约资源，可谓是比较现实的解决办法。
- 由于空气吹入IGCC在煤气中混入氮气，因此和氧气吹入IGCC相比，不太适用于生产化学品和多种产品。但在电力消耗量大幅度增长的中国，我认为以发电为目的的空气吹入IGCC的需求非常之高。

中文网站

<http://www.ccpower.co.jp/cn/>



谢谢!