

潔淨能源

煤炭氣化技術介紹

煤炭氣化技術



- 基本製程是以燃料如油、煤炭、水及氧化劑（空氣或氧）在氣化爐中經由不完全燃燒之氣化反應
 - 空氣或氧氣之供應量約為理論完全燃燒生成 CO_2 和 H_2O 所需之0.4至0.6
 - CO 和 H_2 等可燃性氣體為氣化反應之主要產物，僅部分完全氧化成 CO_2
- 氣化反應
 - 溫度 $730 \sim 1600^\circ\text{C}$
 - 壓力為1至80個大氣壓下進行
 - 煤炭氣化後之主要產物為 H_2 、 CO 、 CO_2 、 CH_4 及少量不純物質
 - 氣化時之氧化劑、壓力、溫度及進料方式(乾粉或水煤漿)等，決定煤氣含 H_2 、 CO 及 CH_4 此三種氣體成份之多寡
- 氣化爐可分為移動或固定床（Moving/Fixed Bed）、流體化床（Fluidized Bed）、及挾帶床（Entrained Bed）三種



氣化反應主要反應式



煤炭

和氧氣氣化反應
 $C + 1/2O_2 \rightarrow CO$

和氧氣燃燒反應
 $C + O_2 \rightarrow CO_2$

和二氧化碳氣化反應
 $C + CO_2 \rightarrow 2CO$

氧氣

和蒸汽氣化反應
 $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$

和氫氣氣化反應
 $C + 2H_2 \rightarrow CH_4$

蒸汽

水-氣轉化反應
 $CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2$

烷化反應
 $CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$

氣化合成氣組成
(Vol %)

H ₂	25 - 30
CO	30 - 60
CO ₂	5 - 15
H ₂ O	2 - 30
CH ₄	0 - 5
H ₂ S	0.2 - 1
COS	0 - 0.1
N ₂	0.5 - 4
Ar	0.2 - 1
NH ₃ +HCN	0 - 0.3
ash/slag	



□ 燃燒 vs. 氣化



□ **碳轉換率(Carbon conversion efficiency)**是指煤炭燃料中的碳轉換為氣體燃料中的碳的比例，即氣體中含碳量一與原料中含碳量之比。

□ **冷氣化效率(Cold gas efficiency)**是指煤炭氣化後生成氣體的總熱量與氣化原料的總熱量之比。它是衡量氣化過程的主要指標。

$$CCE = \frac{\text{氣化後氣體的含碳量}}{\text{煤炭燃料中的碳}}$$

$$CGE = \frac{\text{氣化後氣體的總熱量}}{\text{煤炭燃料的總熱量}}$$



氣化技術應用發展現狀與趨勢



- 至西元2007年已有144家商業化氣化廠共427座氣化爐在運轉，相當於產生56,238MWth之合成氣量。
 - 其中55%為煤炭、32%以石油焦與殘渣油為燃料。
 - 用途上以生產化學品最多佔45%，其次為F-T燃料佔28%，發電為19%，氣體燃料則為8%。
- 氣化技術近年來受到廣泛的重視，主要發展趨勢：
 - 氣化多元化應用—發電、合成燃氣、優質液態燃料、產氫及化學品等。
 - 高效率、零排放之未來電廠，即結合IGCC、燃料電池、產氫技術、CO₂捕獲及封存等。
- 氣化部份已是商業化技術，但仍積極發展中
 - 挾帶床—GE(Texaco), Shell, ConocoPhillips(E-Gas), Siemens, Prenflo, MHI(Air Blown)，中國華東理工OMB，西安熱工研究院(TPRI)。
 - 流體化床—HTW, KRW, GTI, 中國恩德
 - 固定(移動)床—BGL, Sasol-Lurgi, 中國太原重工
 - 新一代之氣化爐—美國KBR之Transport Reactor與Wormser的Mild Gasification，日本則有EAGLE計畫。

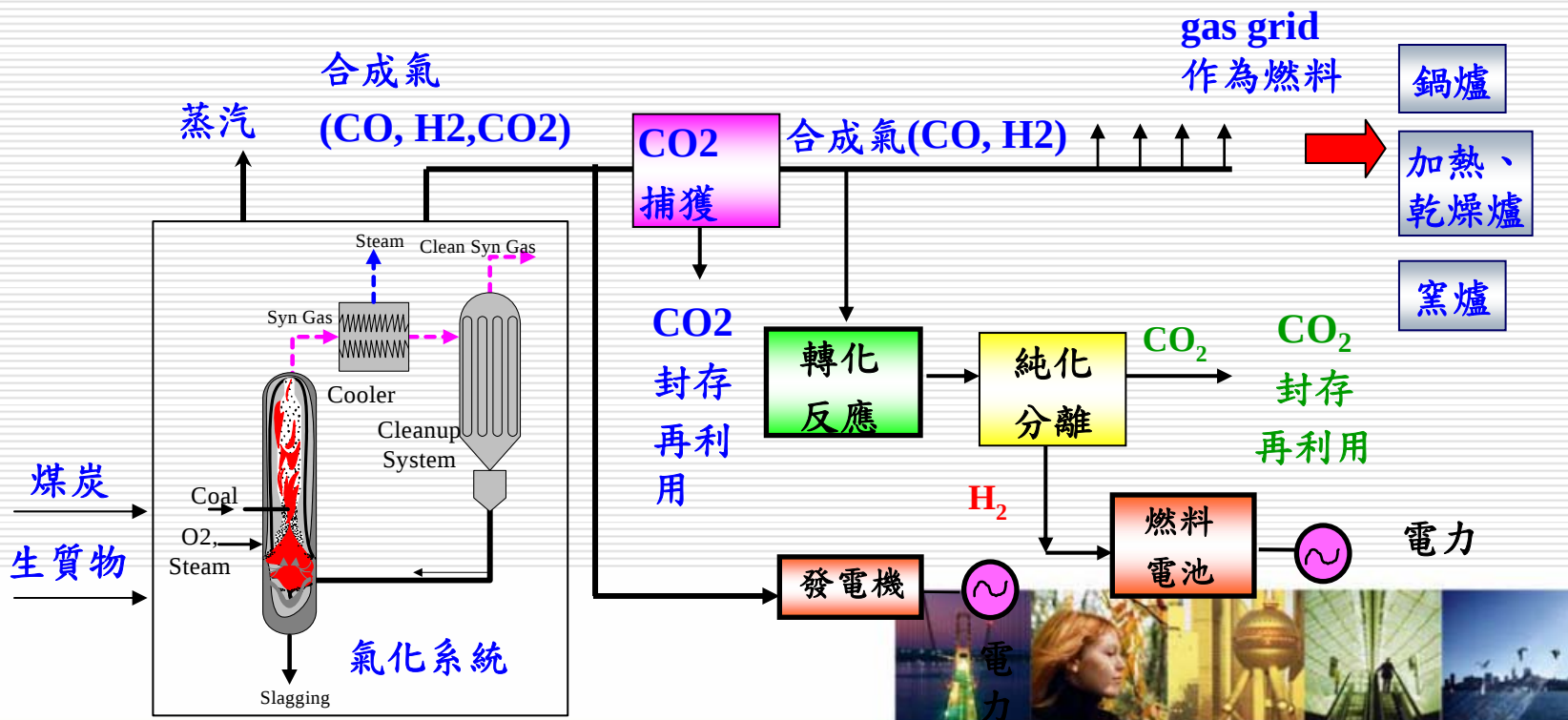


氣化系統工業應用架構



- 生產「低碳氣化合成氣」替代天然氣和石油燃料為目標
- 氣化爐規模

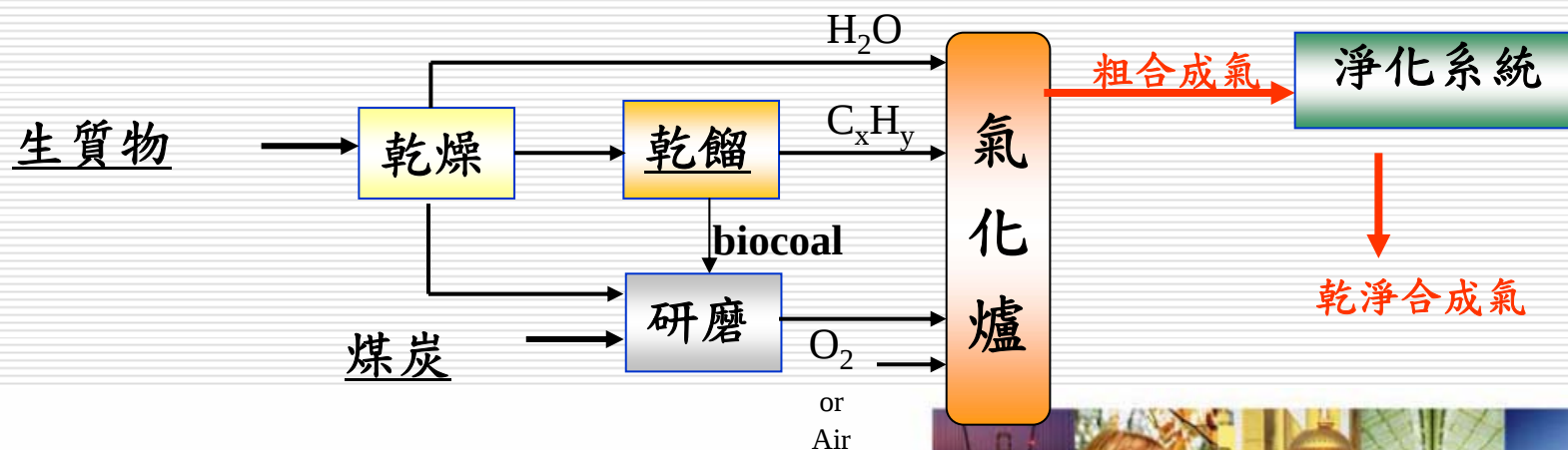
- 1000~2000噸煤炭/天大型氣化廠，工業區能源整合應用。
- 20~100噸煤炭/天中小型氣化廠，獨立或小區域能源整合應用。
- 混拌生質物共氣化，以增加競爭性與降低CO₂排放之影響



煤炭與生質物混拌共氣化技術

□ 技術特性

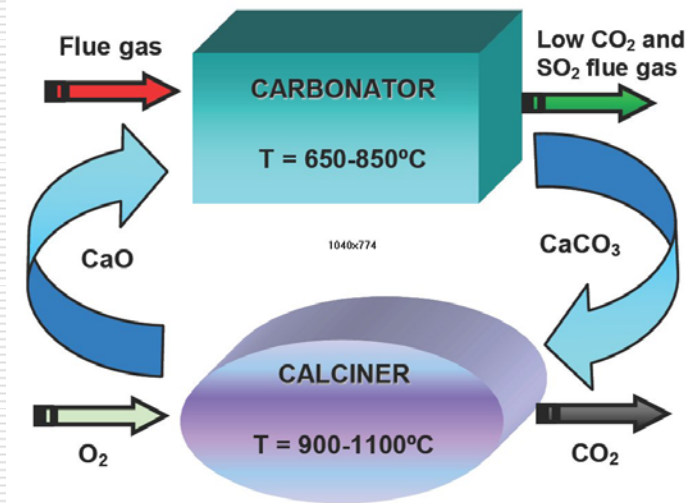
- 生質物混拌比例可達 30%，氣化效率可達75%
- 生質物混拌比例(5~30%)對氣化特性(合成氣組成、溶渣流動性、碳轉化率與氣化效率)的影響為決定混拌比例之因素
- 操作條件(溫度、壓力、O/C、H/C比)受混拌比例之影響
- 進料方式：預混和非預混方式
- 生質物前處理設施，包括乾燥、破碎及乾餾，以及與煤炭混拌等技術皆具備。



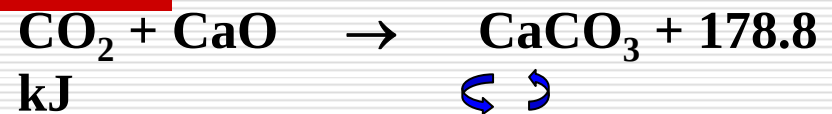
煤炭與生質物混合氣化流程示意圖



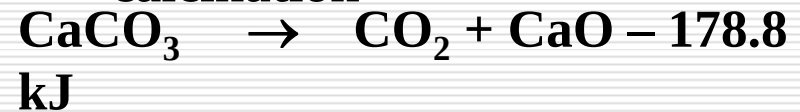
CaCO₃ / CaO looping捕獲CO₂



carbonation



calcination

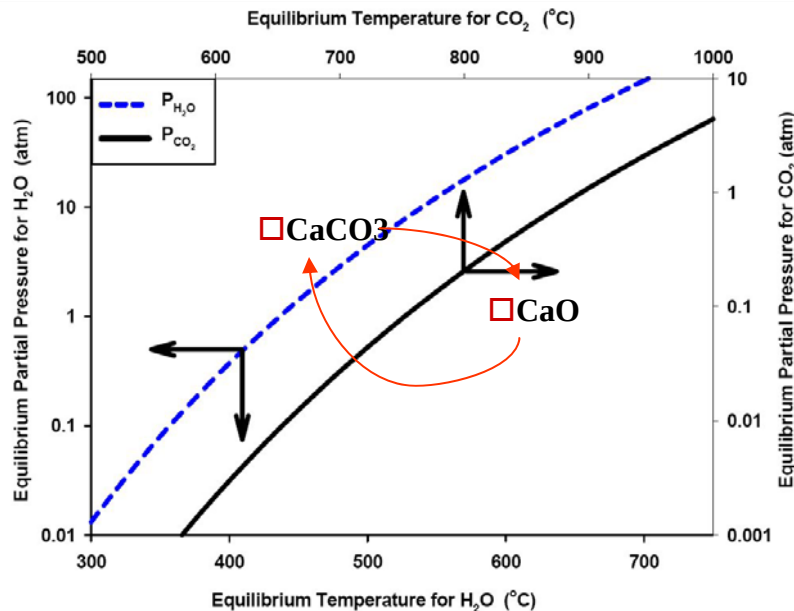


□ 碳酸化(carbonation)反應

■ 放熱反應，合理反應速率環境在
650°C 以上

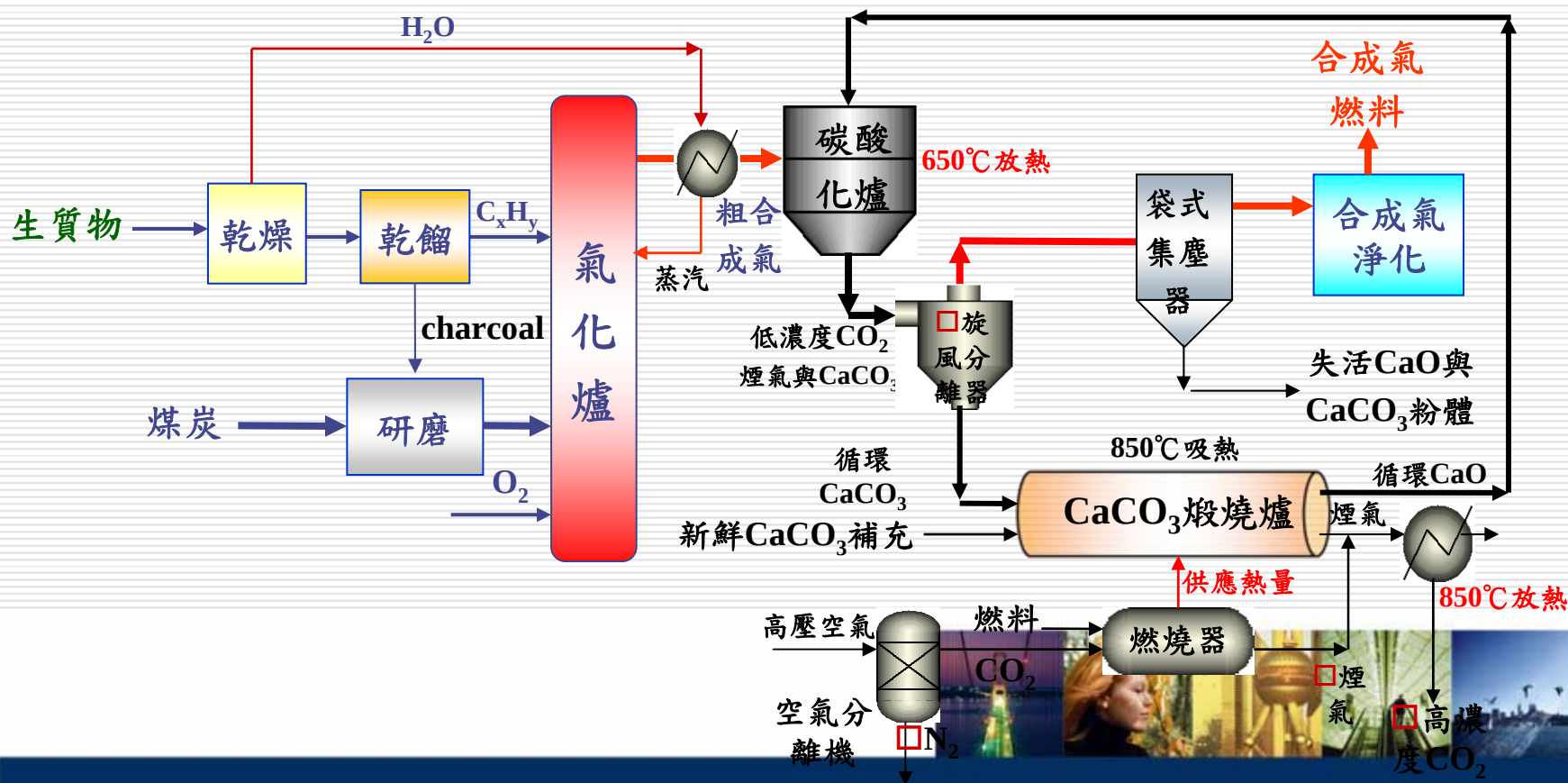
□ 煅燒(calcination)反應

■ 吸熱反應，必要條件850°C 以上持溫
30分鐘，且避免超過950 °C造成燒
結(sintering)劣化，降低吸附活性
與容量。



CO₃/CaO

- ## 循環CaO



結語



- 以氣化系統作為替代天然氣燃料，具有相當的經濟可行性。
- 中小型氣化系統
 - 為挾帶床氣化爐，碳轉化率與氣化效率高。
 - 粉體進料，燃料適用範圍廣。
 - 氣化溫度高，因此無焦油、酚水等造成環境問題。
 - 可以水煤漿進料，亦可增設乾粉進料。
 - 水煤漿進料的優勢
 - 製程轉換較容易
 - 可與水煤漿產業連結
 - 設計規劃規模2 噸煤/小時，氣化操作壓力6 kg/cm²
- 低碳氣化能源系統為未來之趨勢
 - 混拌生質物共氣化
 - 結合CO₂捕獲系統

