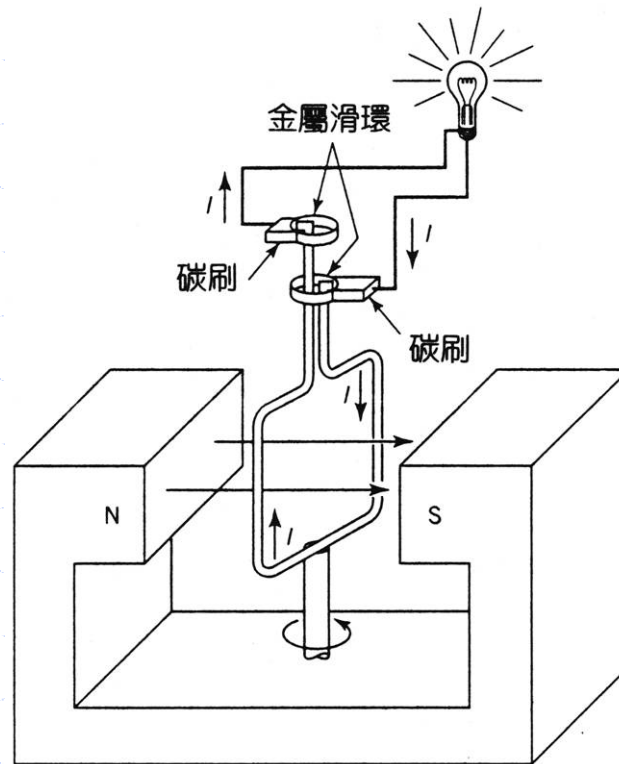


第九章 發電科技

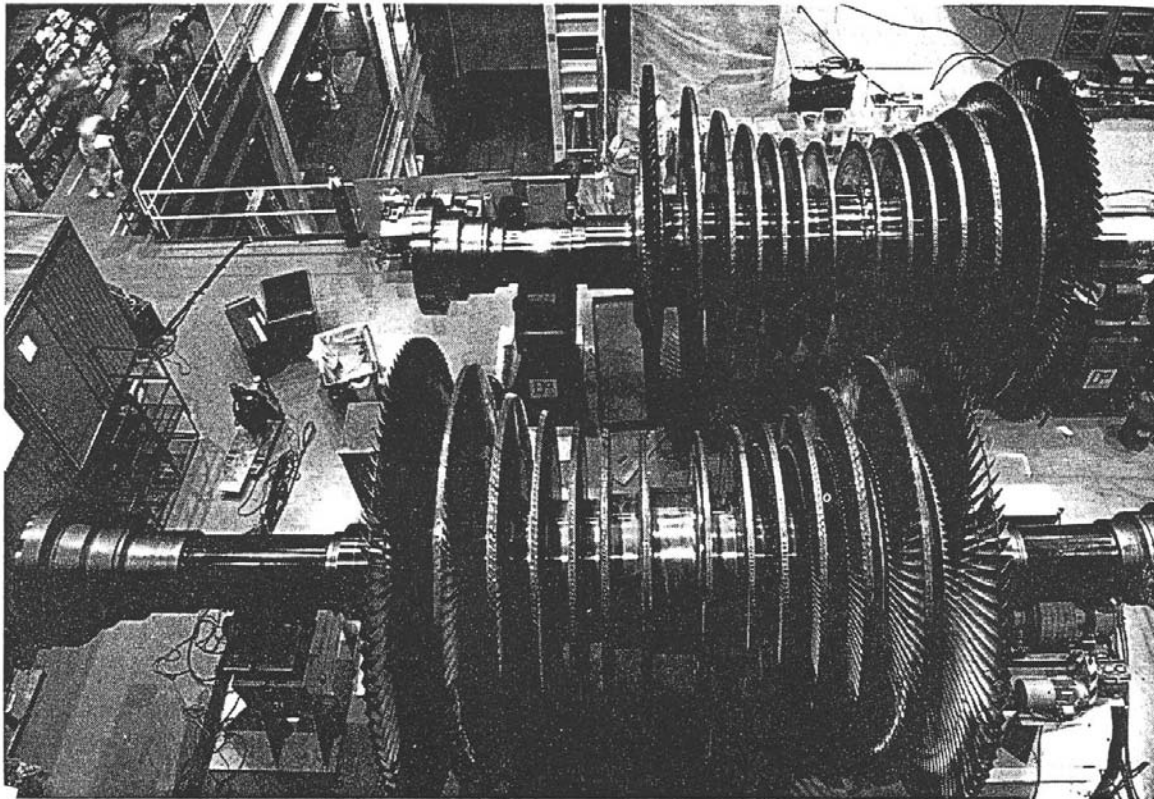
- 9-1 發電原理
- 9-2 汽電共生
- 9-3 淨煤技術
- 9-4 氣化複循環系統

發電原理

當轉子或電樞在磁場中旋轉時，線圈內將產生**感應電流**以阻抗線圈在磁場中運動，換言之，將其消耗外力或是機械能以轉換成電能。

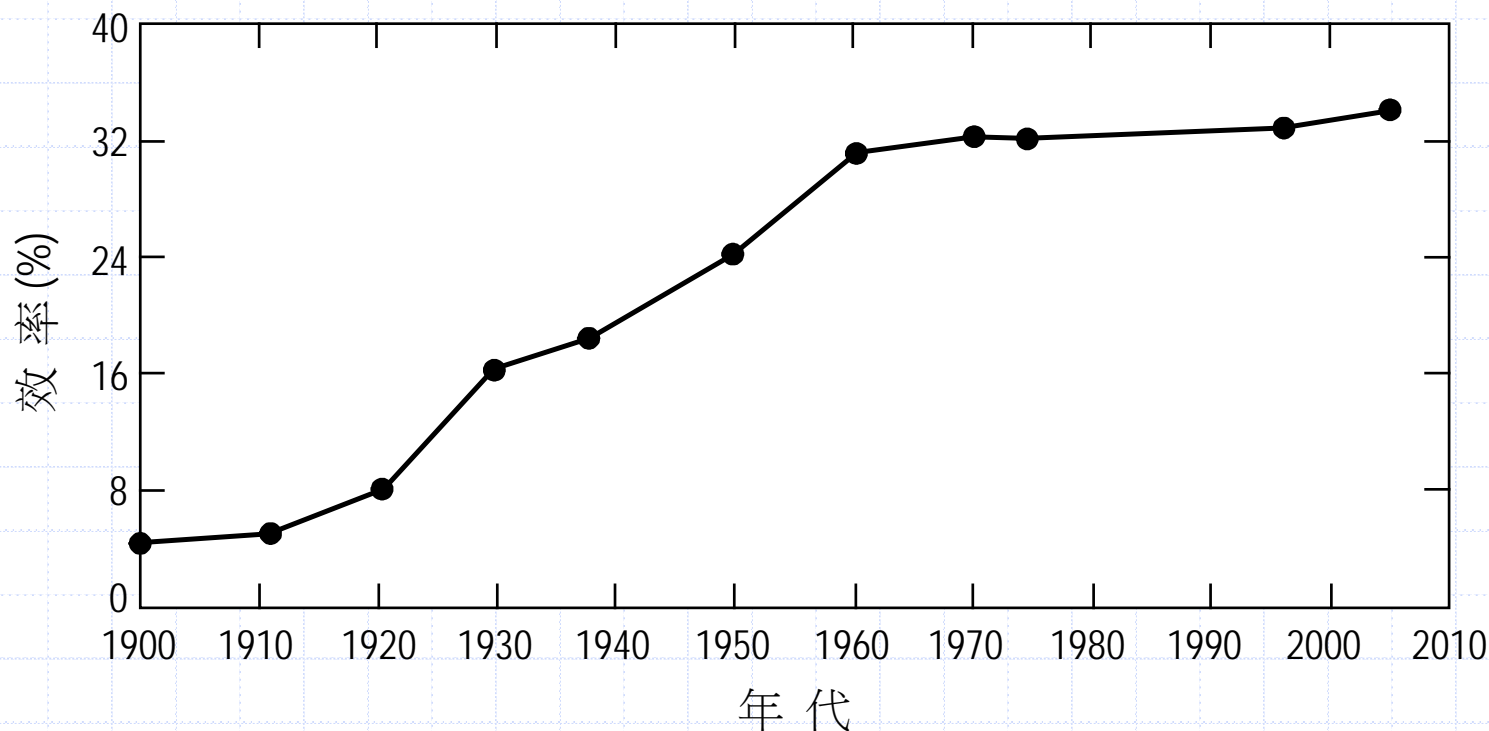


現代汽渦輪機



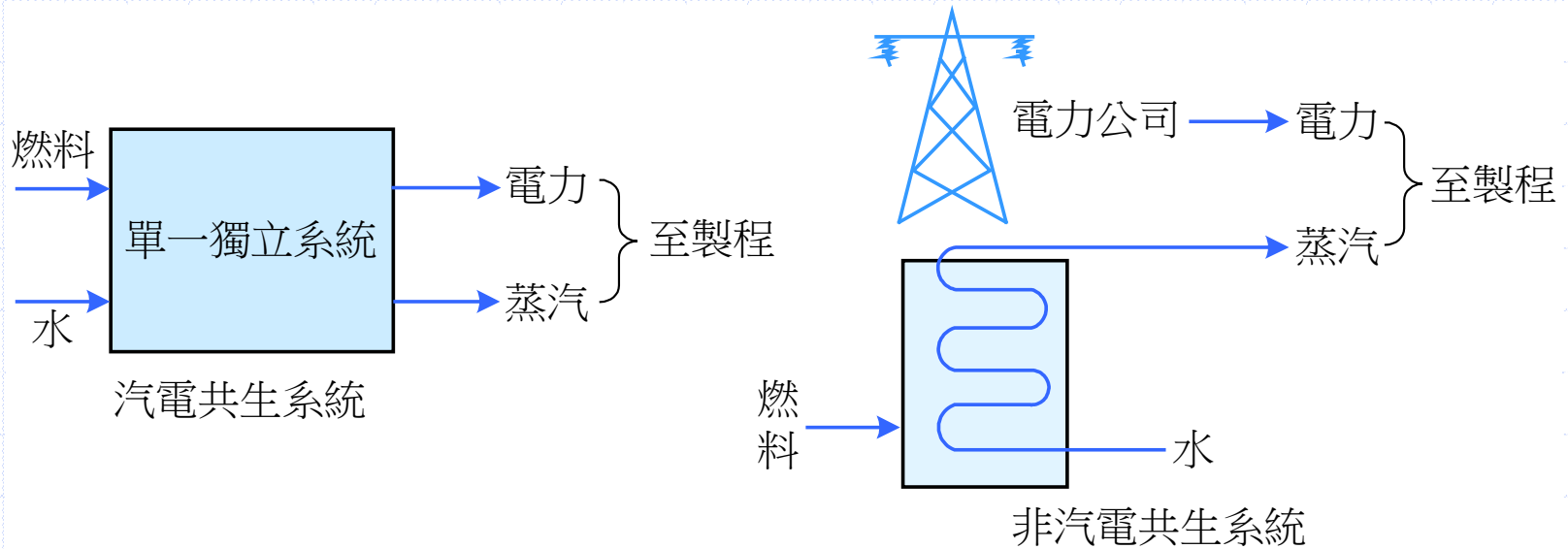
化學能轉換成電能的效率演進情形

目前的發電效率僅能將**燃料中約1/3的化學能轉為電能**，換言之，仍有約2/3的能量最終以廢熱的形式排放至大氣中。提高發電效率是目前能源利用中極重要工作項目之一。



汽電共生

汽電共生系統係指在使用燃料或處理廢棄物的同一流程中能同時產生熱能（或蒸汽）及電能的能源利用方式。



汽電共生的優點

1. 節約能源

傳統系統所產生工業製程用熱能的效率約為75%，而傳統發電的平均效率則只有35%。因為汽電共生系統的效率一般約可達65~85%，因此使用汽電共生系統生產電力及熱能約可節省燃料10~30%。

2. 減少環境污染

因為產生同樣數量之能量所需的燃料較少，故在同樣的熱能及電能使用量下，汽電共生設備所產生之污染較少。同時由燃料之開採、運輸及提煉等過程中對環境所造成的污染及衝擊亦可減少。

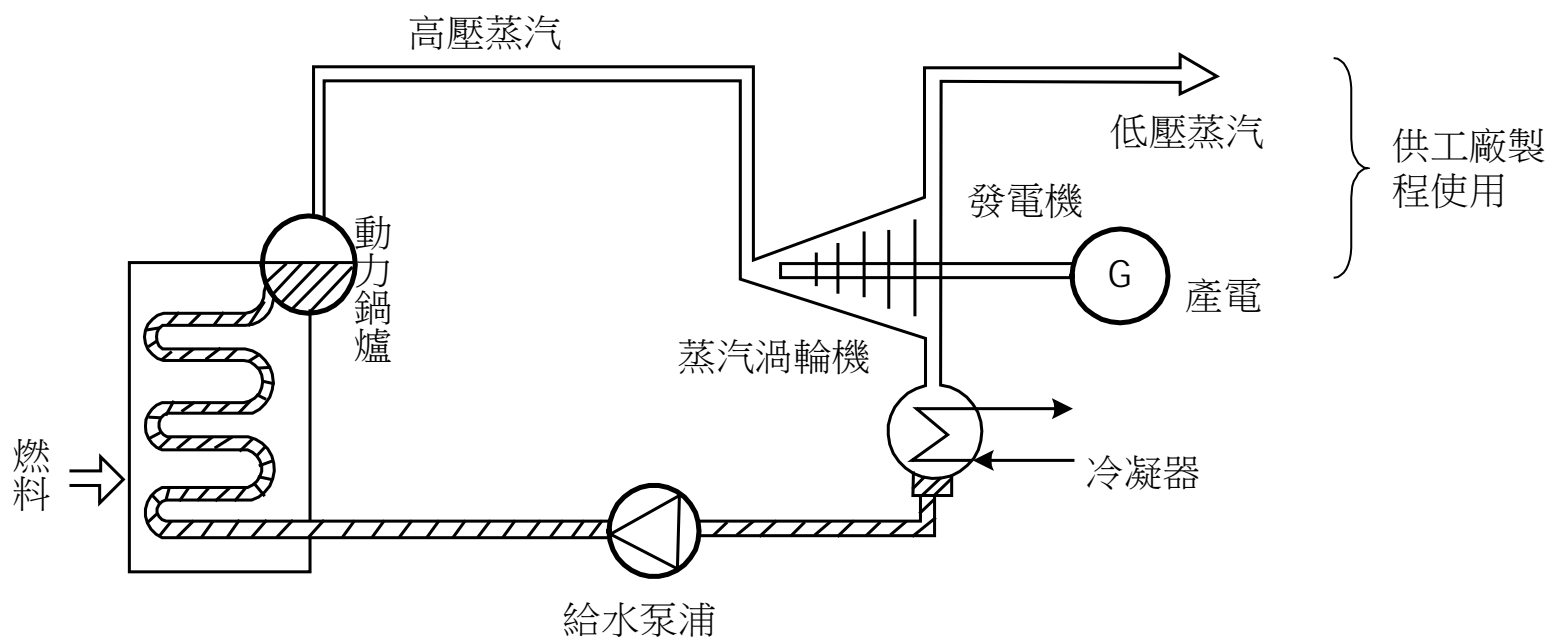
3. 較高經濟效益

對於等量的電力及熱能輸出而言，汽電共生系統的投資及運轉成本較傳統分離式系統之合計成本低約10~30%。

汽電共生的種類

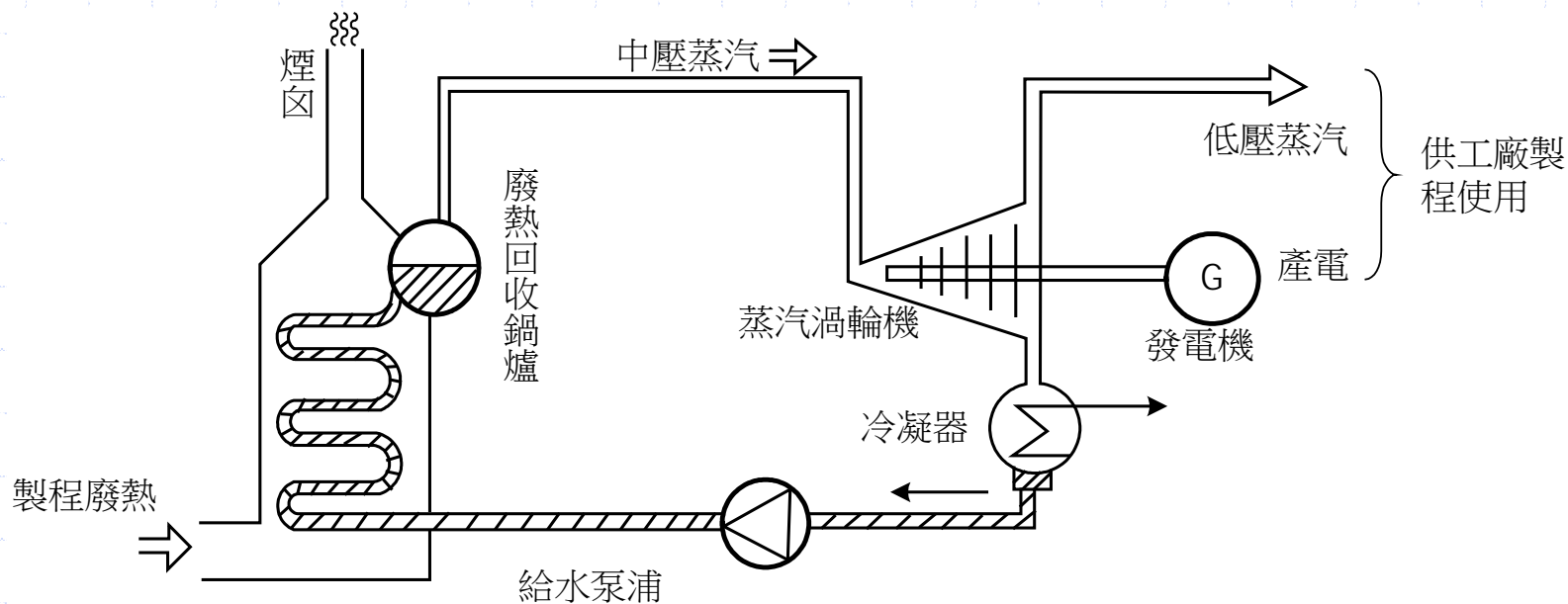
1. 頂循環 (Topping cycle)

又稱為先發電循環，其乃將燃料燃燒所產生之**熱能先用以發電**，再利用剩餘之熱能供製程使用，該循環中使用燃料的鍋爐稱為「**動力鍋爐**」



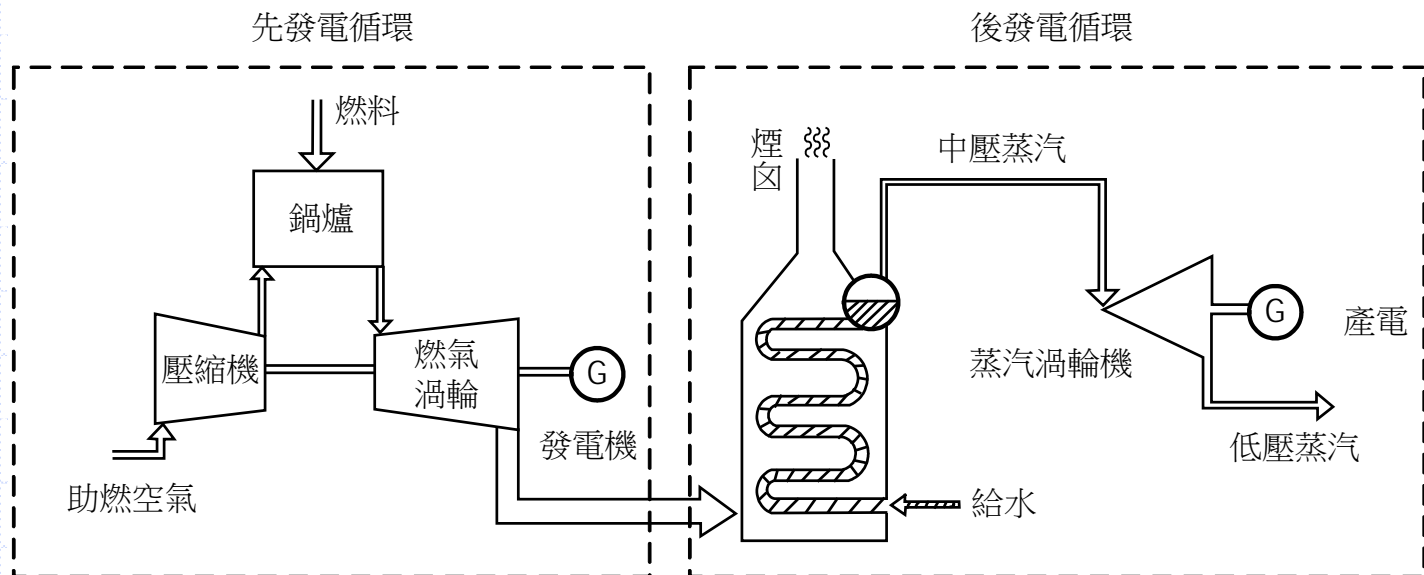
2. 底循環 (Bottoming cycle)

又稱為後發電循環，即燃料燃燒所產生之熱能先供製程使用，再回收廢熱產生蒸汽，推動蒸汽渦輪機發電，其所用的鍋爐稱為「廢熱回收鍋爐」。



3. 複循環 (Combined cycle)

所謂複循環即前兩個循環的組合。使用場合必須配合燃氣渦輪發電機先發電（即先發電循環），而後利用燃氣渦輪排出的廢熱將廢熱回收鍋爐加熱並產生蒸汽，再將產生的蒸汽推動蒸汽渦輪發電機發電產汽（即後發電循環）。將兩個循環合併一起連續使用就是所謂複循環。



汽電共生設置條件

政府基於提高能源有效利用之目的而推廣汽電共生，對汽電共生系統之熱效率予以規範。在「汽電共生系統實施辦法」第5條中規定，凡有效熱能比率不低於20% 且總熱效率不低於52% 者，才稱為合格汽電共生系統，得請當地綜合電業收購其生產電能之餘電，與提供系統維修或故障所需備用電力。

其中值得注意的是，由於專業處理廢棄物之汽電共生系統並不受前二項有關有效熱能比率及總熱效率基準之限制，因此新建廢棄物焚化廠亦可適用此優惠電價回售台電。

汽電共生設置條件

有效熱能比率

$$\eta_e = \frac{E_h}{E_h + E_e} \times 100\%$$

總熱效率

$$\eta_t = \frac{E_h + E_e}{E_f} \times 100\%$$

煤炭使用

煤炭主要應用於火力發電及鋼鐵業的煉焦製程。煤炭的消耗衍生出許多環境污染的問題。

煤炭消耗以燃燒為主要方法，由於煤炭中含有硫分、灰份及其他微量重金屬（如Hg、Pd、Sn...），因此燃燒過程會產生**空氣污染物**，並嚴重威脅人體及動植物的健康。

煤炭，雖然熱值極高，碳成分最後將轉化成二氧化碳，造成大氣的**溫室效應**，進而產生**全球暖化**現象。

淨煤技術

係指更有效率地燃燒或使用煤炭，並減少硫氧化物、氮氧化物、甚至二氧化碳的排放。

廣義的淨煤技術包含洗煤（coal wash）、高效率的燃燒技術、燃煤電廠的污染控制及二氧化碳捕捉與封存等。洗煤屬於燃燒前（pre-combustion）燃料處理階段，可有效去除硫分及重金屬等成分，因而降低使用後空氣污染物的排放；高效率的燃燒技術屬於燃料燃燒中階段，是目前淨煤技術開發主流；污染控制及二氧化碳捕捉與封存則屬於燃燒後（post-combustion）階段。

煤炭高效率的燃燒技術

超臨界粉煤燃燒 (Supercritical Pulverized Coal Combustion, PCCC)：超臨界粉煤燃燒乃將蒸汽壓力提高至蒸汽臨界壓力以上，例如25MPa；而若將蒸汽壓力提高至30MPa左右，則稱為超超臨界燃燒 (ultra-supercritical combustion)，因而可將機組發電效率提高至42%以上。

增壓流體化床燃燒 (Pressurized Fluidized Bed Combustion, PFBC)：PFBC是將流體化床燃燒爐體加壓，產生的蒸汽用以推動複循環機組中蒸汽渦輪機發電，加壓後燃燒氣經過初步除塵後，則可用來推動氣渦輪機發電而達成複循環發電。

煤炭高效率的燃燒技術

氣化複循環系統 (Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)：是以氣化方式將煤炭轉化成合成氣，經過除硫、除氮及除塵後，再送進氣渦輪機發電，餘熱回收並加熱水使成蒸汽後，再銜接蒸汽渦輪機發電，發電效率可達45%左右。由於IGCC是一種將煤炭氣化、合成氣淨化及結合複循環發電機組的先進動力系統，在獲得高發電效率的同時，也能解決燃煤污染排放之問題，因此是一種極具潛力的淨煤技術。

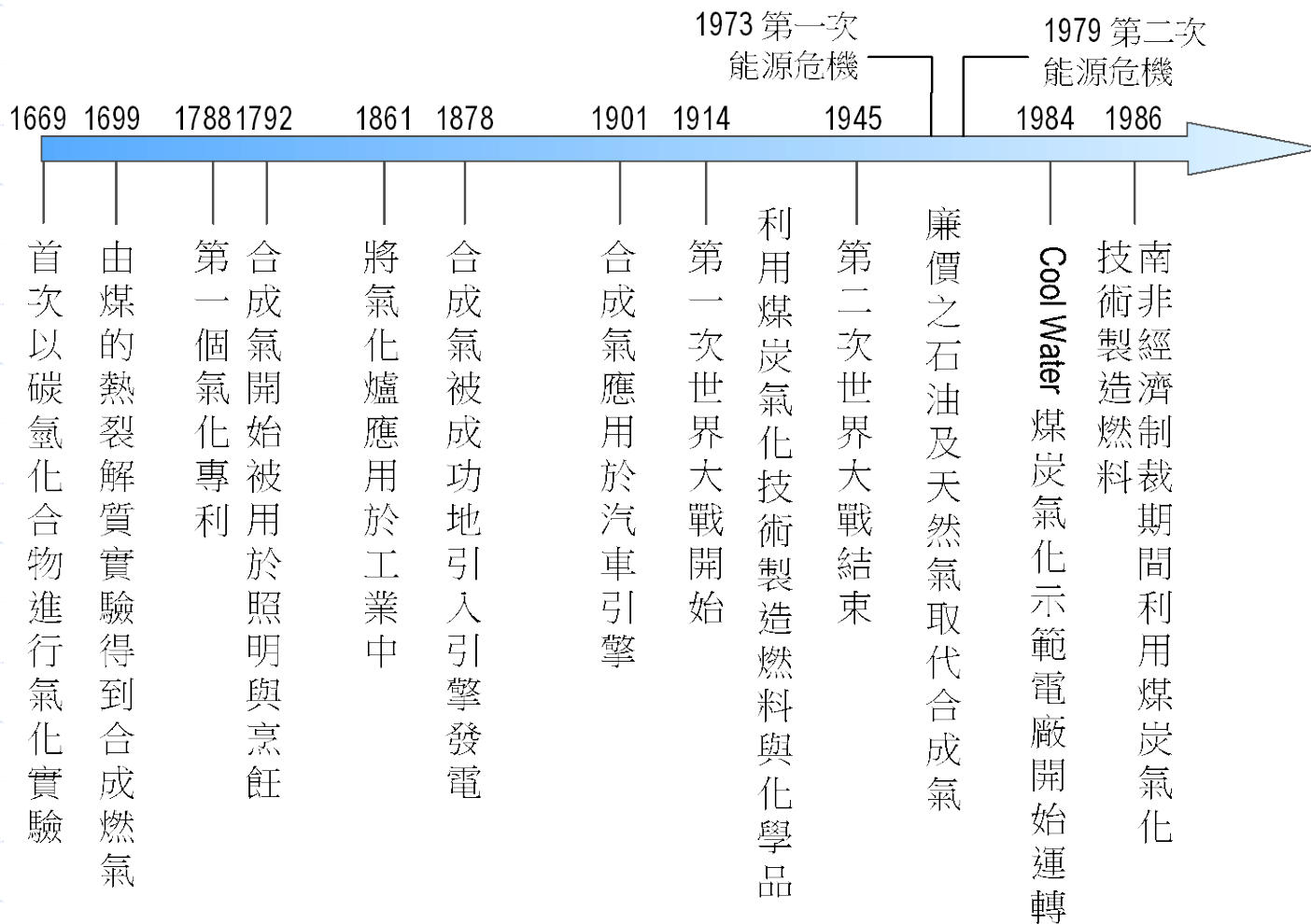
氣化燃料電池整合系統 (Integrated Gasification Fuel Cells, IGFC)：即為IGCC加上燃料電池 (IGCC + Fuel Cell) 之整合發電系統，煤炭氣化所生成之合成氣作為高溫燃料電池之燃料以發電，IGFC預估之效率可達60%以上。

氣化

氣化原理乃在高溫及不充分氧化劑環境下，使燃料與空氣（或氧）進行不完全或部份燃燒，甚至通入蒸汽反應以產生可燃性氣體及部份焦油，而燃氣主要包含了一氧化碳、氫氣與部份甲烷，前兩者稱之合成氣。

氣化具有燃料多元性、發電效率高、用水量低、污染物排放量低及可生產其它化工副產品等優點。例如氣化技術應用煤炭做為燃料最為廣泛，但亦可應用於廢棄物、垃圾衍生燃料、石油焦、殘渣油及生質能等。此外，氣化系統可在燃氣燃燒之前，先將污染物移除，故其污染較燃燒程序低。

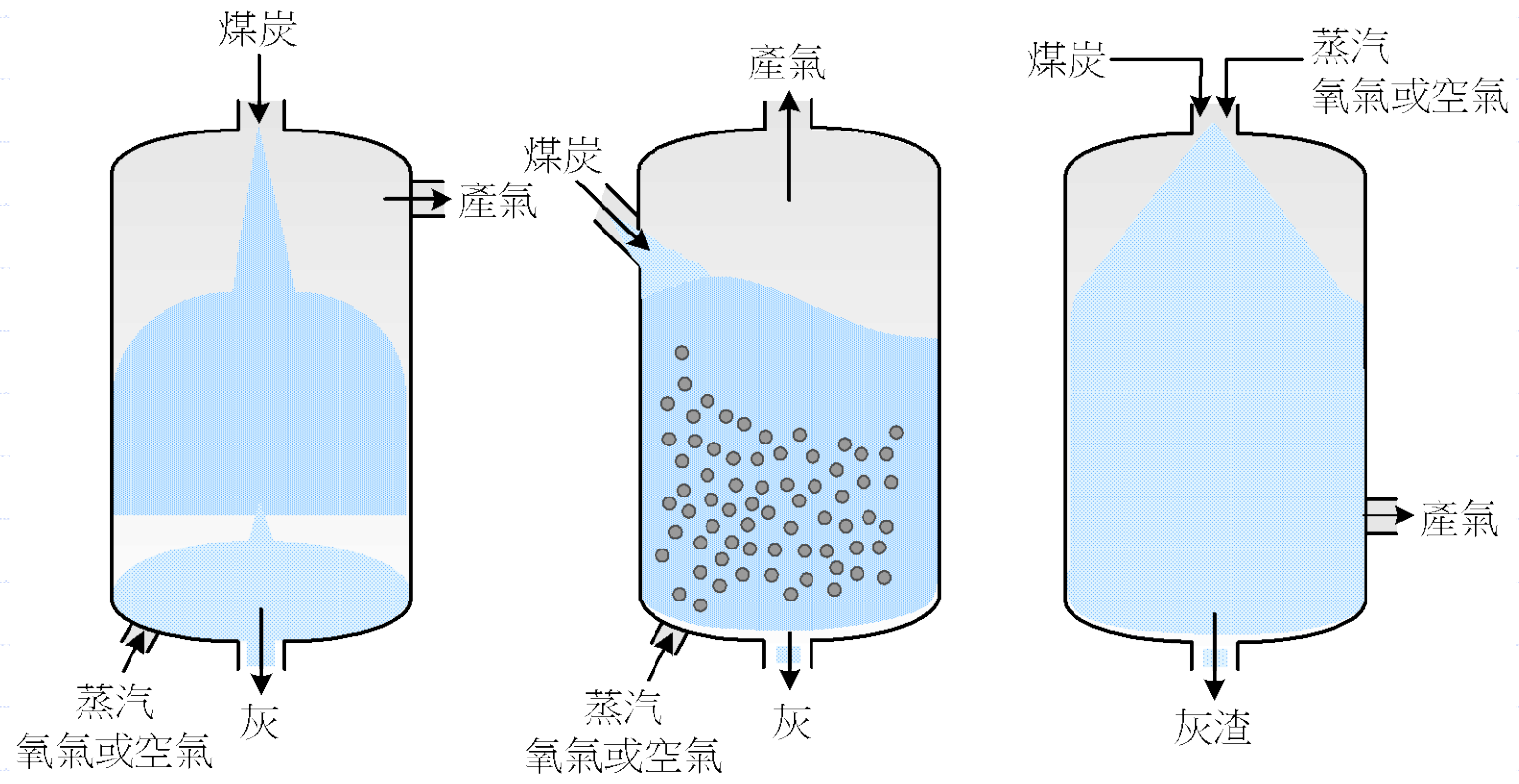
氣化技術的發展與演進



氣化爐形式

1. **固定床或移動床**: 通常煤與空氣的移動方向恰好相反，大粒徑煤由氣化爐上端輸入，而蒸汽及空氣則由底部向上流動以加熱煤。
2. **流體化床**: 較高速反應氣體由底部向上流動以產生紊流。床內煤粒子僅佔一部份，其他粒子則有煤灰、沙、硫份吸附劑（如石灰石）。
3. **挾帶床或懸浮床**: 其乃將煤粉末化並直接吹送至爐中。由於其顆粒甚小，因此煤粉將懸浮爐中以進行氣化反應，並於高溫環境下於數秒時間內完成。

氣化爐形式



(a) 固定床

(b) 流體化床

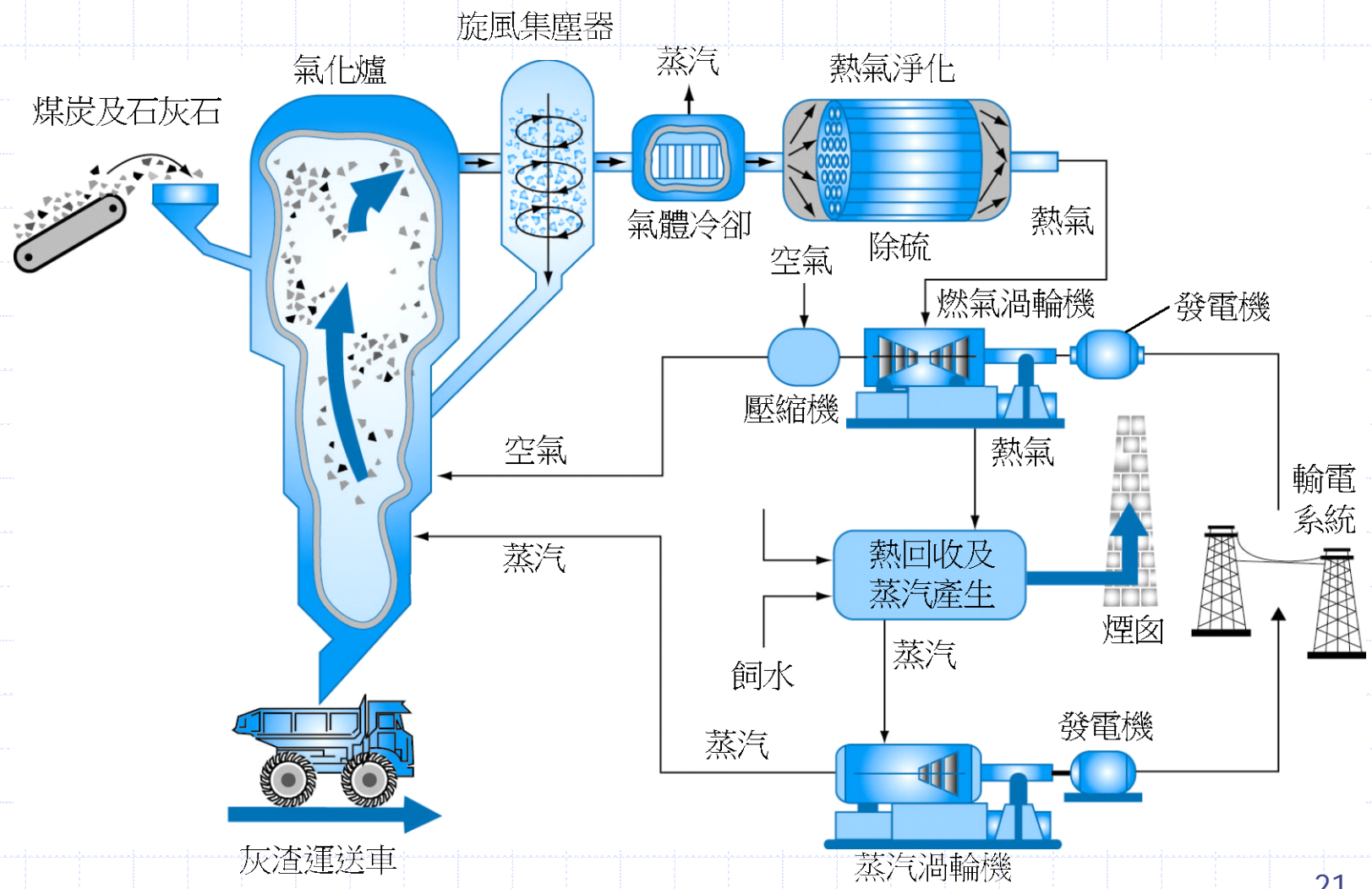
(c) 挾帶床

氣化複循環系統 (IGCC)

氣化複循環系統(IGCC)發電係將煤炭或重質油置於氣化爐中，還原轉化為合成燃氣CO、H₂及CH₄，經除塵、除硫和除氮後，再送至複循環機組當燃料發電，目前效率約達45%左右，較傳統燃煤發電的35%高出甚多。

IGCC主要設備包括煤炭供給系統、氧氣製造廠、氣化爐、煤氣淨化系統、熱回收、煤渣處理及複循環發電系統等部分。

氣化複循環系統 (IGCC)



氣化複循環系統 (IGCC)

目前在國際市場上最具競爭力之氣化爐，大致可分為二種：其一為德士古 (Texaco) 石油公司（現被GE所併購）所研發的**煤漿進料及耐火磚爐壁**專利技術，即將煤粉和水拌成煤漿後送入氣化爐內，爐壁以耐火磚作為隔熱材料；其二為殼牌 (Shell) 石油公司所研發的**煤粉進料及水牆爐壁**專利技術，即將煤粉和氧氣送入氣化爐內，爐壁以水牆作為隔熱材料。

IGCC的優點

1. **高發電效率**：目前IGCC之效率已達42~46%，未來相關技術問題的解決及操作優化的進步，效率將可超過50%。
2. **極佳環保性**：由於IGCC係採用前燃燒處理方式去除污染物，克服了煤炭因直接燃燒產生的環境污染問題，其粒狀污染物的排放極低，除硫率可達98%，除氮率90%，且因發電效率高，二氧化碳排放可減少25%，並較容易配合二氧化碳的捕捉與封存。
3. **綜合利用煤炭及其他燃料資源**：IGCC可以石油焦、污泥、瀝青、殘渣油及生質物作為燃料，所產生的產氣除可直接燃燒用於發電外，合成氣也可依據實際需求將作為化工原料及產品，達到煤炭及其他燃料資源綜合利用目的。

工研院能環建立之多元燃料壓力式挾帶床氣化爐

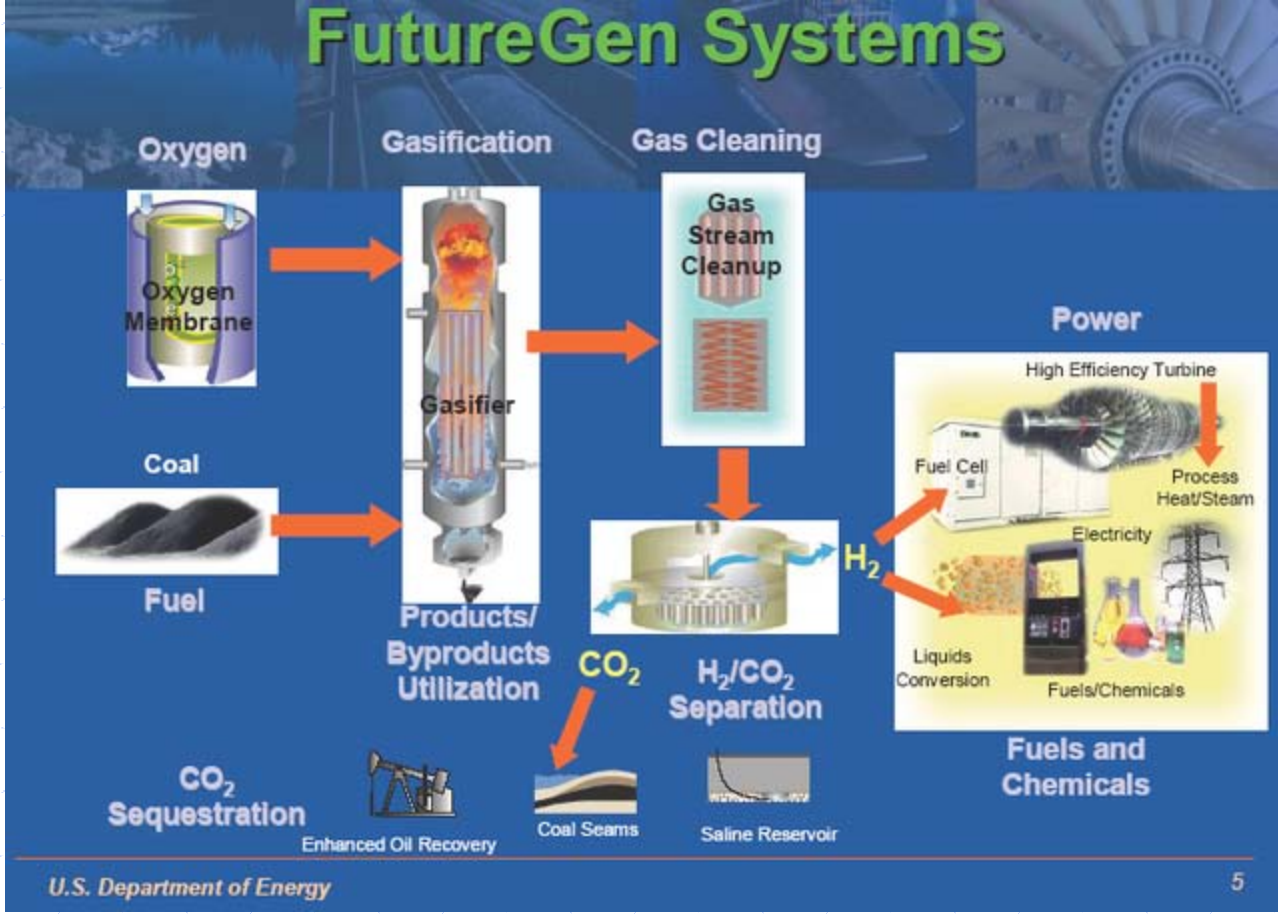


IGCC的優點

美國能源部自2003年開始啟動一創新計畫，現今則與工業界於伊利諾州之Mattoon合資，建立一座煤炭氣化發電暨二氧化碳封存電廠，該創新計畫名稱為「**未來發電(FutureGen)**」。該項計畫目標在於建立最先進之煤炭電廠，去除用煤所衍生之環境污染問題，並完全將二氧化碳捕捉與封存，達到零排放之境界。

除了美國的FutureGen外，中國大陸的「**綠色發電(GreenGen)**」、歐盟的「**產氫及發電(HypoGen)**」及澳洲的「**零排放發電(ZeroGen)**」等已個別於2004、2004及2005年啟動，這些計畫目標皆著眼於發電同時，將**二氧化碳捕捉與封存(carbon capture and storage, CCS)**，以達到淨煤技術的開發。

FutureGen-Integrated Hydrogen



U.S. Department of Energy

5

歐盟 HypoGen 計畫之概念

