

# 生質能源

能源與科技  
Ch. 7 再生能源(III)



# 第 12 章 生質能源

➤ 12.1 簡介

➤ 12.2 木材

➤ 12.3 乙醇生產

➤ 12.4 生質柴油

➤ 12.5 都市固體廢棄物

➤ 12.6 摘要

## 12.1 簡介

- ◆ 生質能是指近年來從大量種植之生質植物中所提取的能量；它在被使用後，會產生新的物質來。
- ◆ 生質燃料，像木材等這一類的物質，是以其在自然界中存在的形式來直接使用的，也可以是把自然生長的物質轉化成為一種更容易使用之燃料時所產生的物質（如從植物所產生的乙醇）。
- ◆ 生質燃料可分為四個基本類別：  
木材、生質醇、生質柴油以及都市廢棄物。

## 12.2 木材

- ◆ 木材一直是工業上和建築上一個重要的材料來源。現今世界有三分之一的人口依靠木材作為主要的能源。
- ◆ 用於能源生產的木材有三種使用的形式：
  1. 薪柴 ( firewood )
  2. 木炭 ( charcoal )
  3. 黑液 ( black liquor )

## 12.2 木材

- ◆ 木材的燃燒基本上是碳或烴的氧化，從化學角度來看，非常像化石燃料的燃燒。
- ◆ 與煙煤的能量含量 31 MJ/kg 比起來，木材的能量含量通常只有 14 MJ/kg 左右。
- ◆ 木材稱為是**碳中性的**（carbon neutral）。當它以再生資源使用時，不會增加環境中的溫室氣體。

## 例題 12.1

試問要多少公斤的木材才能具有與 1 噸煙煤相同的能量？

木材的能量含量通常只有 14 MJ/kg

煙煤的能量含量 31 MJ/kg

解答

## 例題 12.1

試問要多少公斤的木材才能具有與 1 噸煙煤相同的能量？

### 解答

因為 1 噸 = 1000 公斤，從內文可知 1 噸煙煤所具有的能量含量為

$$(3.10 \times 10^7 \text{ J/kg}) \times (1000 \text{ kg/t}) = 3.10 \times 10^{10} \text{ J/t}$$

又 1 公斤木材有  $1.4 \times 10^7 \text{ J}$  的能源。因而 1 噸煤相當於

$$(3.10 \times 10^{10} \text{ J/t}) / (1.4 \times 10^7 \text{ J/kg}) = 2.21 \times 10^3 \text{ 公斤的木材。}$$

## 12.2 木材

- ◆ 許多作為能源的木材是用在住宅上，而不是用來產生電網上的電力。其主要是來自處理和運輸成本的問題。
- ◆ 木材所含有的硫比煤炭所含有的少很多，因此  $\text{SO}_x$  的排放不是一個問題。然而，燃燒木材會產生大量的氮氧化物和顆粒物。另外，木材的燃燒還會排放一種致癌物苯并 (a) 芘。



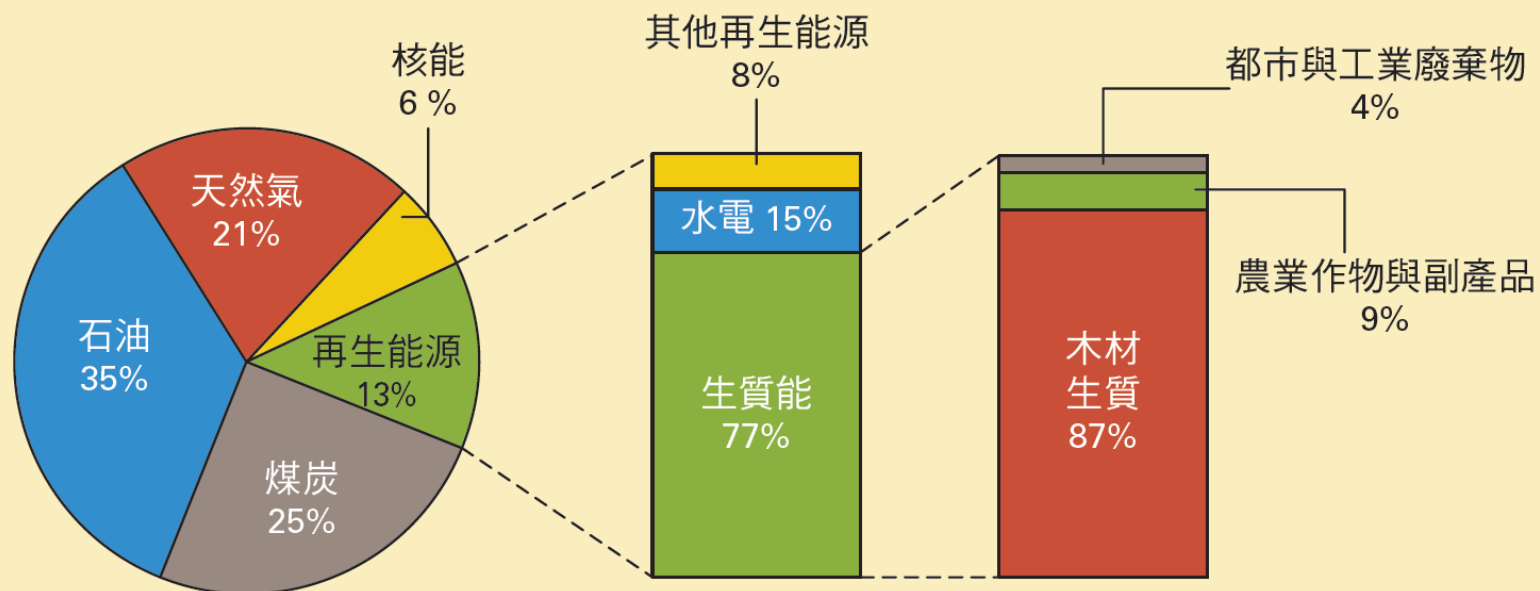


圖 12.1 全世界之再生能源的產量比例（2007 年）以及各種再生能源的細分。

**表 12.1** 世界不同地區每年作為能量來源之木材的能源含量（2002 年）。

| 地區           | 薪柴 ( $10^{15}$ J) | 木炭 ( $10^{15}$ J) | 黑液 ( $10^{15}$ J) | 總計 ( $10^{15}$ J) |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 非洲           | 6088              | 453               | ~0                | 6541              |
| 北美洲 / 中美洲    | 1673              | 64                | 1599              | 3335              |
| 南美洲          | 1528              | 211               | 601               | 2341              |
| 亞洲           | 9254              | 145               | 414               | 9812              |
| 歐洲           | 806               | 23                | 592               | 1420              |
| 大洋洲          | 86                | 1                 | 29                | 115               |
| <b>全世界總計</b> | <b>19,458</b>     | <b>897</b>        | <b>3234</b>       | <b>23,589</b>     |

Based on data from World Energy Council

## 12.2 木材

- ◆ 腐爛木材所排放的碳主要是以甲烷（ $\text{CH}_4$ ）這種形式，而燃燒木材所排放的碳大多是以  $\text{CO}_2$  這種形式。
- ◆ 雖然  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  這兩個都是溫室氣體，但在吸收紅外線輻射上甲烷比二氧化碳更有效 25 倍左右。

## 12.3 乙醇生產

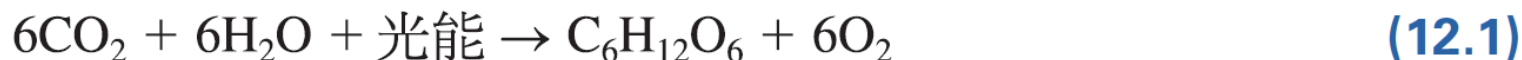
- ◆ 輕烴類（例如甲烷和乙烷等）在室溫下都是氣態，而水合輕烴類在室溫下則通常是液態。其中有些是醇類，如甲醇、乙醇等。
- ◆ 生質醇可以作為能量的來源，且由於它們在室溫下是液體，對石油基運輸燃料（如汽油）來說，它們是一個很方便的替代物。

**表 12.2** 組成為  $C_nH_{2n+1}OH$  之輕醇的時性，燃燒熱為 HHV（第 1 章）。

| $n$ | 名稱 | 化學式                              | 分子量<br>(g/mol) | 密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 沸點 (°C) | 燃燒熱<br>(MJ/L) |
|-----|----|----------------------------------|----------------|----------------------------|---------|---------------|
| 1   | 甲醇 | CH <sub>3</sub> OH               | 32.04          | 0.792                      | 64.7    | 17.9          |
| 2   | 乙醇 | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH | 46.07          | 0.789                      | 78.4    | 23.5          |
| 3   | 丙醇 | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH | 60.10          | 0.785                      | 82.3    | 26.3          |
| 4   | 丁醇 | C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH | 74.12          | 0.810                      | 117.7   | 29.7          |

## 12.3 乙醇生產

- ◆ 乙醇製造容易，且適合在內燃機中直接用來替代汽油；而甲醇可作為燃料電池的燃料。
- ◆ 目前大約有 95% 的乙醇是生質乙醇；其餘的是從石油所製備的。
- ◆ 從生質醇來的能源是太陽能的一種表現，太陽光藉著光合作用利用水和二氧化碳來製造出葡萄糖（ $C_6H_{12}O_6$ ）。這個過程如下



## 12.3 乙醇生產

- ◆ 葡萄糖發酵後會產生乙醇，一起產生的還有  $\text{CO}_2$  以及熱



- ◆ 乙醇燃燒會產生二氧化碳和水，以及熱：



## 12.3 乙醇生產

◆ 從有機物生產商業乙醇的步驟如下：

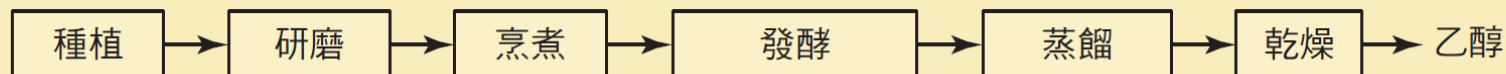


圖 12.2 乙醇生產的程序。



## 12.3 乙醇生產

### 12.3a 發酵

- ◆ 根據方程式 12.2，傳統的發酵過程會把單糖（包括葡萄糖、果糖、蔗糖和澱粉）轉化成乙醇。
- ◆ 例如，目前由玉米來生產乙醇只利用了 50% 左右的乾玉米粒。

## 12.3 乙醇生產

### 12.3b 蒸餾

- ◆ 從乙醇中除去水分通常都需要對發酵產物做蒸餾。傳統的蒸餾技術會產生乙醇的**共沸**（azeotropic）混合物，還有大約 4% 的水。
- ◆ 水分的存在使得混合物與汽油不能混溶，對汽油 - 乙醇混合物這種燃料而言，它的使用就受到了限制。

## 12.3 乙醇生產

### 12.3c 脫水

- ◆傳統的脫水技術把苯與由蒸餾所產生的共沸乙醇-水混合物滲雜在一起。水會優先與苯混合，這樣乙醇就可以被分離出來。但廢料中含有致癌物質苯。
- ◆新的**無苯技術**已經被開發出來了，該項技術利用分子篩吸收水分並允許乙醇被提取。

## 12.3 乙醇生產

### 12.3d 乙醇的使用

- ◆ 乙醇可以以其純粹形式被用來作為一種內燃機的燃料，或者也可與汽油以各種比例混合。
- ◆ 例如 **E10** 表示混合物中有 10% 的乙醇和 90% 的汽油。在 1970 年代石油危機期間頗為流行，E10 燃料以**乙醇汽油**（gasohol）之名大量上市。

## 12.3 乙醇生產

### 12.3d 乙醇的使用

- ◆ 使用乙醇比例更高的汽油時，需要對引擎設計稍作修改。然而，修改較老舊的引擎可能會有些問題，因為乙醇會溶解燃料系統中所**累積的有機沉積物**而使得引擎堵塞。
- ◆ 許多在北美所銷售的車輛〔稱為**彈性燃料車**（flex fuel vehicle, **FFV**）〕配備了使用乙醇混合物達到 E85 的能力。(表示混合物中有 85% 的乙醇和 15% 的汽油)

## 12.3 乙醇生產

12.3d 乙醇的使用

- ◆ 乙醇擁有 23.5 MJ/L 的能量含量，甲醇只擁有 17.9 MJ/L 的能量含量，而汽油(辛烷,  $C_8H_{18}$ )則具有 34.8 MJ/L，儘管增加引擎效率可以部分抵消掉這些差異。
- ◆ 在休閒車的汽油引擎中使用含乙醇的燃料一直有些爭議。除了潛在的堵塞問題外，對儲存在潮濕海洋環境中的燃料來說，乙醇的存在會促使空氣中的水分凝結混入燃料中，從而導致性能的損失以及機械的障礙。

## 例題 12.2

具有相同續航力的車輛，計算出使用甲醇和使用乙醇之車輛的燃料箱體積及其相等的燃料之質量，並與燃料箱體積為 70 L 的汽油－動力車輛相比較。假設引擎效率對這三種燃料而言都是相同的。（註：汽油的密度取決於所含有之各種烴的確切比例，但具有大約 0.72 kg/L 的平均值。）

### 解答

## 解答

如果汽油的能量含量為 34.8 MJ/L，則一個容量為 70 L 的燃料箱將具有  $34.8 \text{ MJ/L} \times 70 \text{ L} = 2436 \text{ MJ}$  的總能量含量。使用表 12.2 中甲醇和乙醇之每單位體積的能量含量（分別為 17.9 MJ/L 和 23.5 MJ/L），要產生與 70 L 汽油相同的能量，這兩種生質燃料所需的體積為

$$\text{甲醇：} \frac{2436 \text{ MJ}}{17.9 \text{ MJ/L}} = 136 \text{ L}$$

以及

$$\text{乙醇：} \frac{2436 \text{ MJ}}{23.5 \text{ MJ/L}} = 104 \text{ L}$$





使用表 12.2 的密度值，這兩種生質燃料的質量為

$$\text{甲醇} : (136 \text{ L}) \times (0.792 \text{ kg/L}) = 108 \text{ kg}$$

以及

$$\text{乙醇} : (104 \text{ L}) \times (0.789 \text{ kg/L}) = 82 \text{ kg}$$

比較起來，70 L 汽油的質量為  $(70 \text{ L}) \times (0.72 \text{ kg/L}) = 50 \text{ kg}$ 。這表明，以生質燃料為動力的車輛必須能容納更大體積且更大質量的燃料。

## 12.3 乙醇生產

12.3d 乙醇的使用

- ◆ 目前，大約 90% 的乙醇生產是為了燃料的用途。全世界生產的乙醇將近 70% 不是產於美國就是產於巴西。在美國，幾乎所有的燃料乙醇都是由玉米製備成的；在巴西，則幾乎都是用甘蔗。

**表 12.3** 乙醇的產量（2009 年）。

| 國家           | 乙醇產量 $10^6$ L |
|--------------|---------------|
| 美國           | 40,121        |
| 巴西           | 24,898        |
| 歐盟           | 3936          |
| 中國           | 2051          |
| 泰國           | 1646          |
| 加拿大          | 1098          |
| 哥倫比亞         | 314           |
| 印度           | 348           |
| 澳大利亞         | 216           |
| 其他           | 1749          |
| <b>全世界總量</b> | <b>73,940</b> |

© Cengage Learning 2015

Based on <http://www.eepe.murdoch.edu.au/resources/info/Res/biomass/index.html>

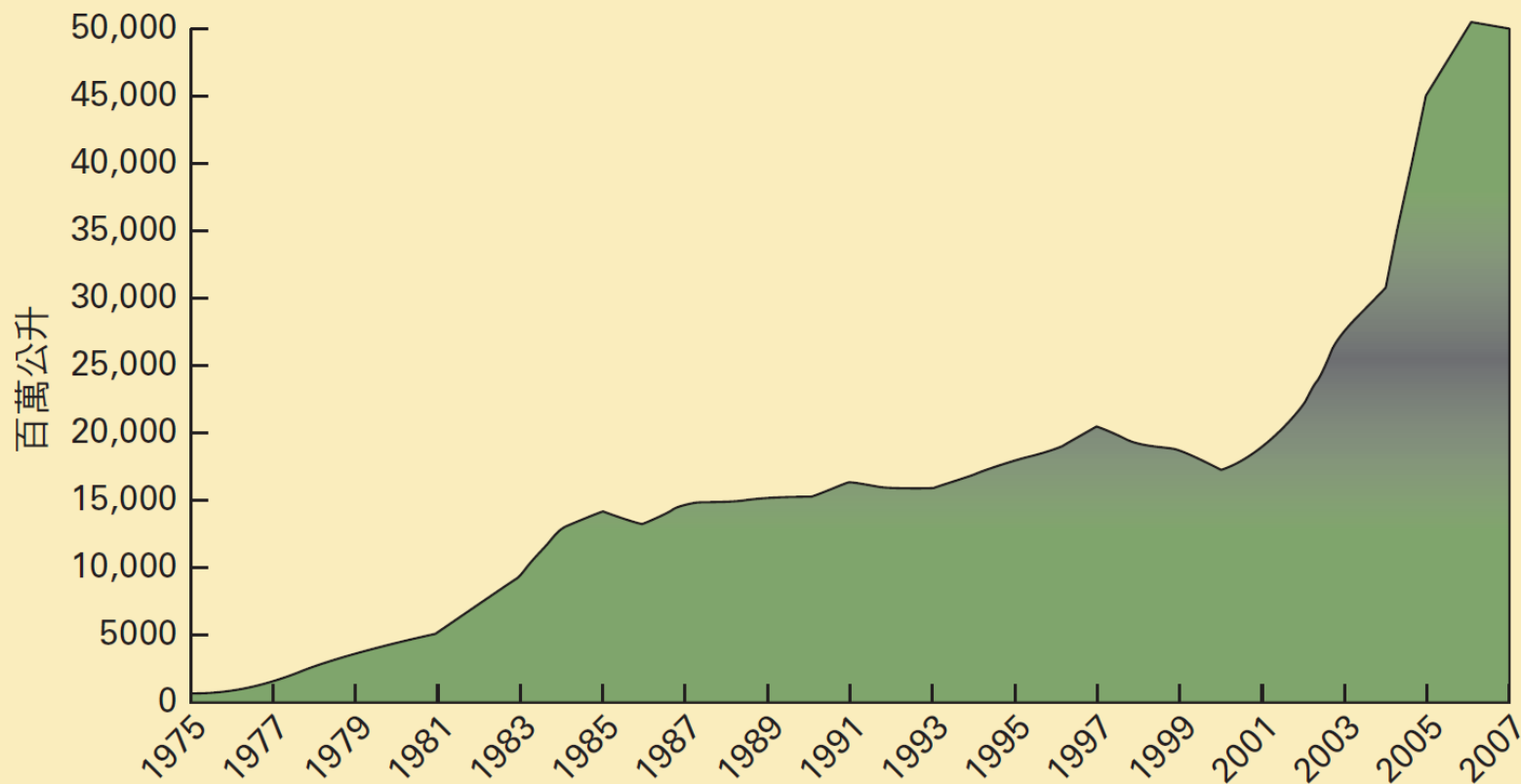


圖 12.3 全世界的燃料乙醇產量，1975 年至 2007 年（ $10^6$ L）。

## 12.4 生質柴油

- ◆ 生質柴油燃料是由**短鏈烷基酯**組成的，而且在大多數方面上與傳統的石油衍生柴油燃料相類似。它是由植物油或動物脂肪的酯交換產生出來的。
- ◆ 生質柴油與未加工過的植物油有別〔通常稱為**直植物油**（straight vegetable oil，SVO）〕，SVO 有時被當作燃料來使用。

## 12.4 生質柴油

- ◆ 使用生質柴油必須對引擎做些小小的修改，因在柴油引擎中經常使用到的天然橡膠成分，若曝露在生質柴油下可能會降低品質。
- ◆ 此外，以石油衍生柴油運轉的引擎通常會從燃料留下沉積物，這些沉積物可溶解於生質柴油燃料中，而可能導致過濾器堵塞。

## 12.4 生質柴油

- ◆ 生質柴油可以與石油柴油混合，所得的燃料由生質柴油的百分比（例如，B5 為 5% 的生質柴油和 95% 的石油柴油等）表示，最多到有 100% 生質柴油的 B100。
- ◆ 雖然廢植物油和廢動物脂肪看起來可能是製造生質柴油很有吸引力的原料，但它不太可能是生產這種燃料的主要成分。
- ◆ 在美國，目前大多數的生質柴油是使用大豆所提取的油製成的。

## ◆ 公共電視 我們的島—綠色原油 [15:11]

發佈日期：2012年4月8日

- ◆ 目前歐美許多國家都以發展生質柴油作為替代石化燃料、降低二氧化碳排放的新選擇。德國是全球生產生質柴油的龍頭，每年生產生質柴油超過100萬公噸，目前的德國境內有1900座生質柴油的加油站，供應公車、卡車、計程車等車輛使用。美國自2005年起立法規定，全美的柴油車必須添加百分之二的生質柴油，預估未來十年美國生質柴油產量將成長33倍。因為生質柴油的生產，可以創造出五萬個工作機會。那麼，在台灣，生質柴油的遠景呢？



## 12.4 生質柴油

- ◆在美國，每年大約  $1.8 \times 10^{11}$  L 的柴油燃料用於運輸和加熱。估計植物油初級產量約為每年  $1.3 \times 10^{10}$  L，而動物脂肪產量大約是這個數值的一半。
- ◆藻類是生產生質柴油的最佳選擇。其特徵是，它可以在海洋環境中生長，也可以在不適於耕作之陸地的池塘上生長。

◆ 紀錄台灣》「綠金」取代「黑金」藻類榨出油  
[13:44] 2011年11月19日

- ◆ 為什麼燃燒生質燃料排放的二氧化碳被認為環保，燒石化燃料就不環保？原因很簡單，生質燃料裡的碳原本就是植物從大氣中吸收進來的，燃燒過程只是把這些碳再排進大氣。

更多完整報導，詳見：

<http://video.chinatimes.com/>

**表 12.4** 不同植物每單位種植面積之生質柴油的典型年產量。

| 植物  | 生質柴油年產量<br>$10^3 \text{ L/km}^2$ |
|-----|----------------------------------|
| 藻   | 1700                             |
| 棕櫚油 | 475                              |
| 椰子  | 215                              |
| 油菜籽 | 95                               |
| 大豆  | 55–91                            |
| 花生  | 84                               |
| 向日葵 | 77                               |

© Cengage Learning 2015

- Jonathan Trent：微藻，未來生質能源的超新星
- [14:45] TED 發佈日期：2012年9月28日
- Call it "fuel without fossils": Jonathan Trent is working on a plan to grow new biofuel by farming micro-algae in floating offshore pods that eat wastewater from cities. Hear his team's bold vision for Project OMEGA (Offshore Membrane Enclosures for Growing Algae) and how it might power the future.

## 例題 12.3

一個國家的實際海岸線長度說起來有點曖昧，它取決於把港口、島嶼、港灣和其他特定點，包括在海岸線內的尺度。舉例來說，如果把所有小規模的特定點都包括在內的話，美國大陸的海岸線估計最短約為 8000 km，到最長約為 80,000 km。現在，從一個實際的觀點來假設，美國有一個最長的海岸線 16,000 km，且在離岸 100 m 的距離內都被用於養殖藻類以生產生物柴油，試問它可滿足多少比率的美國柴油總需求？

解答

## 解答

藻類生產的總可用面積為

$$(16000 \text{ km}) \times (0.1 \text{ km}) = 1600 \text{ km}^2$$

表 12.4 中對藻類的生質柴油年產量所給出的值為  $1.7 \times 10^6 \text{ L/km}^2$ 。可用的沿岸面積每年將可生產

$$(1600 \text{ km}^2) \times (1.7 \times 10^6 \text{ L/km}^2) = 2.7 \times 10^9 \text{ L 的生質柴油}$$

如果美國的柴油總使用量為  $1.8 \times 10^{11} \text{ L}$ ，在本例題所規定的條件下所養殖的藻類可生產的量就等於  $(2.7 \times 10^9 \text{ L}) / (1.8 \times 10^{11} \text{ L}) = 0.015$ ，或是總使用量的 1.5%。這樣的計算可用來強調生產生質燃料這項農業任務的艱鉅性。

- [Algae Power](#) [5:42]
- 發佈日期：2014年3月14日
- New technology could lead to an advanced biofuel from algae with a boost from corn ethanol.

## 12.4 生質柴油

- ◆ 近來，生質柴油的產量大幅增加，特別是歐洲占了世界產量的 85% 以上；全球產量在 2005 年約為  $4 \times 10^9$  L；其德國居於領先地位。



Based on <http://www.eepe.murdoch.edu.au/resources/info/Res/biomass/index.html>

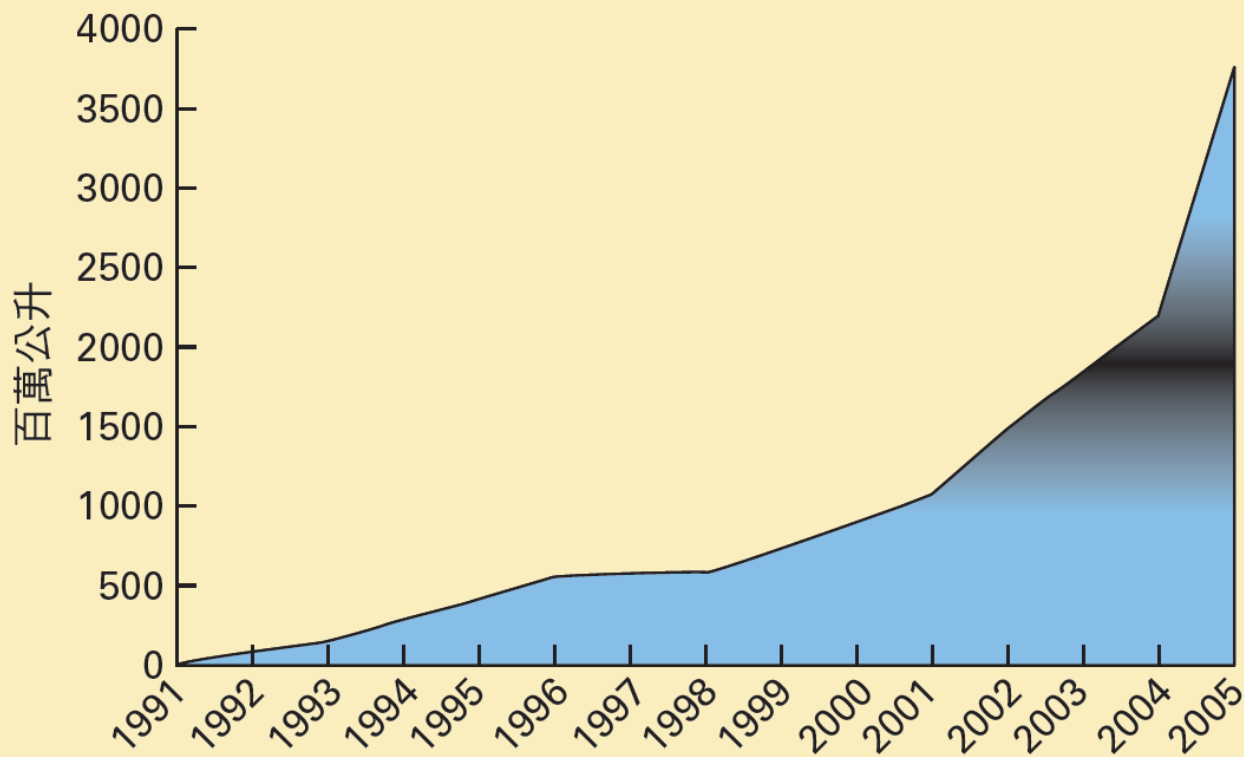


圖 12.4 全世界生質柴油產量的成長，1991～2005 年（ $10^6$  L）。

## 12.5 都市固體廢棄物

- ◆ **都市固體廢棄物 (MSW)**：是指從所有來源來的廢棄物，但不包括化學性或生物性的危險廢棄物或放射性廢棄物，它也不包括汙水以及其他非固體廢棄物。
- ◆ 處理都市固體廢棄物最適當的方法取決於廢棄物的性質。方法包括
  - 再循環
  - 堆肥
  - 掩埋
  - 垃圾焚化發電

都市固體廢棄物的生產率，1960～2009年

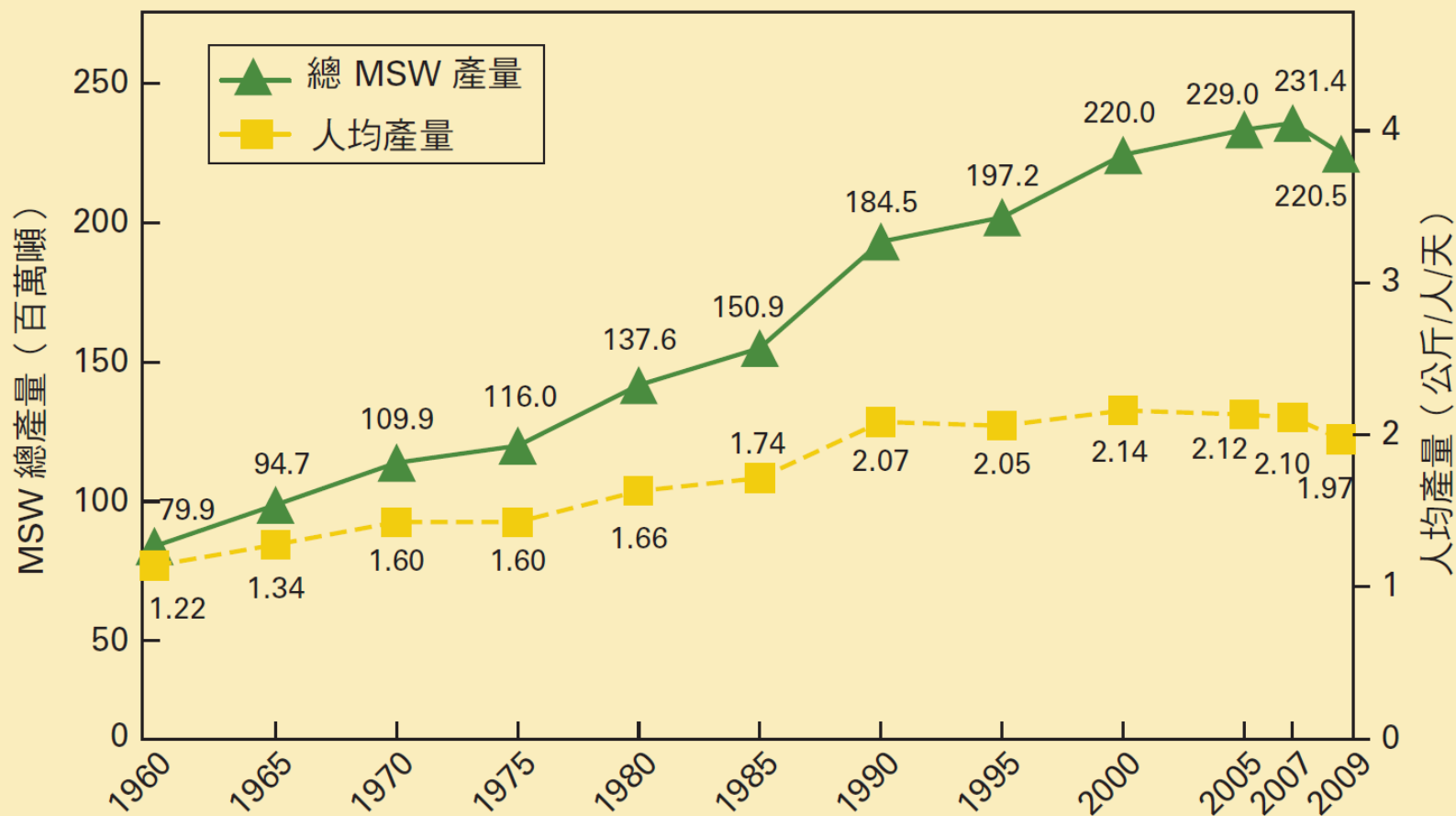


圖 12.5 美國都市固體廢棄物的產量，左座標軸為美國年生產總量，而右座標軸為每日人均產量。

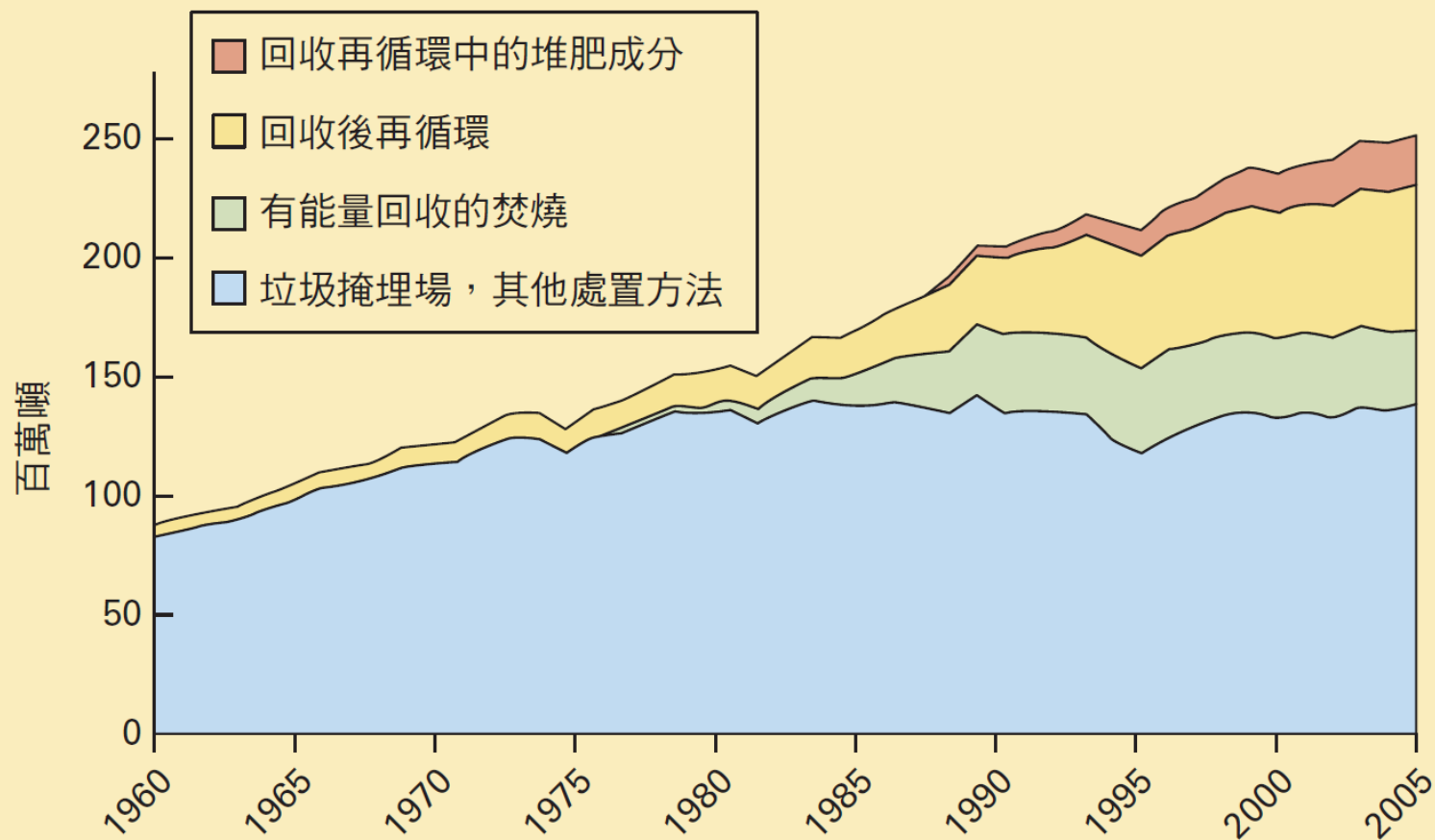


圖 12.6 美國各種都市固體廢棄物處置方法的相對重要性。

## 12.5 都市固體廢棄物

- ◆ 利用都市固體廢棄物產生能量的方式有：
  1. 先除去不可燃材料（如玻璃和金屬），然後直接燃燒剩下的可燃材料以產生熱，這些熱可以用來產生蒸汽以運轉渦輪機和發電機。
  2. 在垃圾掩埋場把分解有機物質所產生的氣體（主要是甲烷）收集起來，再燃燒氣體以產生熱，隨後再產生電力。

## 12.5 都市固體廢棄物

3. 切碎可燃物來製造出**垃圾衍生燃料**（**refusederived fuel**，**RDF**）。RDF 隨後可以製成粒狀用於燃燒，或者它也可以被加熱以產生氣體（即氣化）。

## 例題 12.4

試估計美國的總能源需求量可以由都市固體廢棄物（MSW）提供的百分比；假設這些廢棄物的總含量為  $10 \text{ MJ/kg}$ ，而且它是以 30% 的效率被利用。

解答

## 解答

從圖 12.5 可知，美國每天的人均廢棄物產量約 2 公斤。這具有每天 20 MJ 或每年 7.3 GJ 的能量含量。而從圖 2.4 可知，美國每年的人均初級能源使用約為 330 GJ。因此，RDF 可提供的最高百分比為  $7.3/330 = 0.022$ （或 2%）的能源需求。這是一個相當樂觀的估計，因為它並沒有考慮到收集並處理都市固體廢棄物所需要的能量。



## 12.5 都市固體廢棄物

- ◆ 所有的燃燒都會排放溫室氣體，主要是二氧化碳。
- ◆ 都市固體廢棄物中大多數的可燃成分（例如木屑以及紙張）是烴基物質，而這些物質在燃燒過程中會排放汙染物到大氣裡頭。
- ◆ 典型的汙染物包括顆粒物、未燃燒的烴類，以及氮化合物。有些物質還會含有毒性成分，例如鉛、汞和鎘等。

## 12.6 摘要

- ◆ 木材是以生質為基礎之最傳統的能源，且多年來一直是我們能源生產的一部分。
- ◆ 生質柴油是從植物油或動物脂肪衍生的，而且是石油基柴油燃料的直接替代品。

## 12.6 摘要

- ◆ 目前，化石燃料能源是用於生產生質燃料能源的一個重要來源；而且它的結果是溫室氣體排放的淨減少量可能比所認為的還要小。
- ◆ 就廢棄物的收集和處理而言，一些廢棄物能源含量的回收比單純的能源利用更有優勢，其次是垃圾掩埋場的溫室氣體排放，它沒有能源上的利益。

- ◆ [This Machine Captures CO2 From Air and Turns It To Fuel](#) [4:24]
- ◆ 發佈日期：2015年12月6日
- ◆ In this video by Carbon Engineering, the designers explain the motivation and rationale behind the Direct Air Capture process, and what Carbon Engineering is doing to commercialize air capture in today's economy.

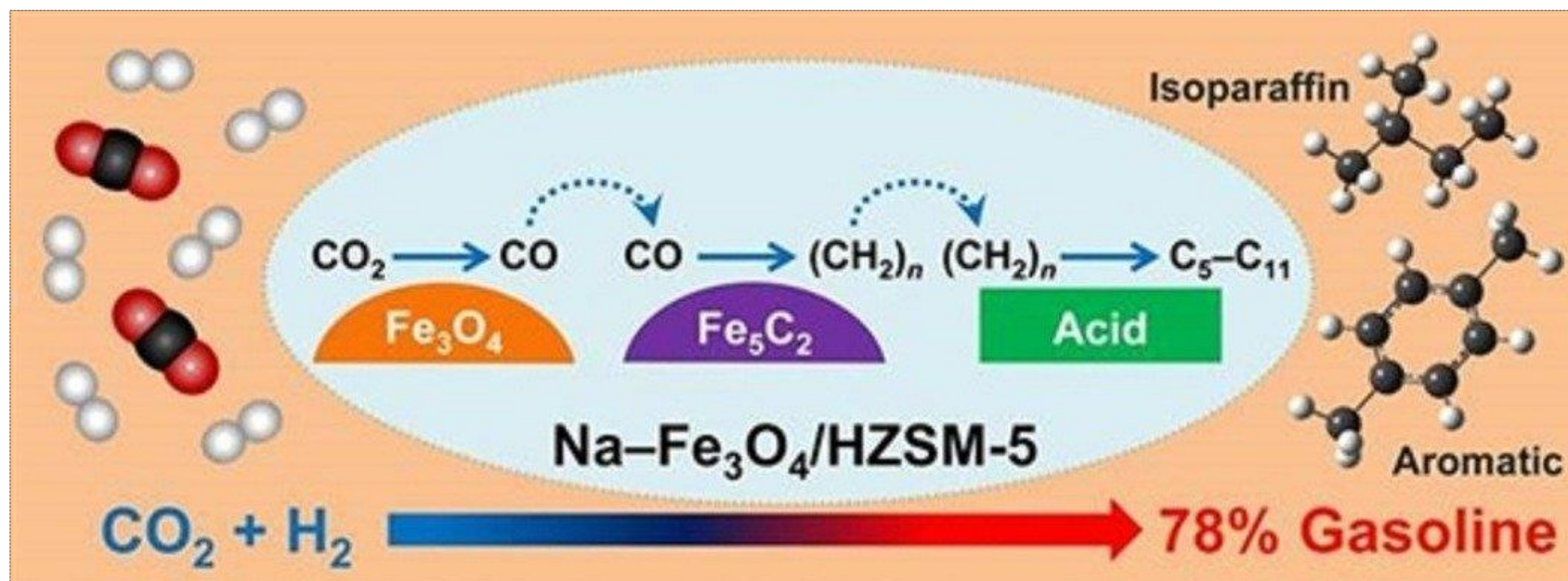
# 科學家意外發現 將二氧化碳轉酒精方法

- ◆ 2016年10月20日 16:29 張義寧/整理報導
- ◆ 美國橡樹嶺國家實驗室 ( Oak Ridge National Laboratory, ORNL ) 表示，他們意外地發現將二氧化碳轉化為酒精的方法。研究人員指出，他們將奈米碳和奈米銅做為催化劑成功將二氧化碳轉化為酒精。研究團隊利用碳、銅、氮等形成的催化劑觸發了氧化逆轉反應。在以奈米技術為基礎催化劑下，溶於水的二氧化碳生成酒精的反應率為63%。研究人員表示，在推動了氧化逆轉過程的同時，二氧化碳生成了具有很高純度的實用性燃料 - 乙醇。未來，這技術可望用在儲存風力、水力等綠能源發電上。

- ◆ Nano-spike catalysts convert carbon dioxide directly into ethanol [2:03] 2016年10月12日
- ◆ In a new twist to waste-to-fuel technology, scientists at the Department of Energy's Oak Ridge National Laboratory have developed an electrochemical process that uses tiny spikes of carbon and copper to turn carbon dioxide, a greenhouse gas, into ethanol. Their finding, which involves nanofabrication and catalysis science, was serendipitous. Learn more:  
<https://www.ornl.gov/news/nano-spike-...>

# 陸科學家新發明 二氧化碳加氫變汽油

中科院大連化學物理研究所孫劍、葛慶杰研究員團隊，發現了二氧化碳高效轉化新過程，並設計了一種新型多功能複合催化劑，首次實現了二氧化碳直接加氫製取高辛烷值汽油，



- ◆ 相比於更活潑的「孿生兄弟」一氧化碳，二氧化碳分子非常穩定，難以活化，與經典的費托合成路線相比，二氧化碳與氫分子的催化反應更易生成甲烷、甲醇、甲酸等小分子化合物，而很難生成長鏈的液態烴燃料。
- ◆ 為了解決這一問題，研究團隊設計了一種高效穩定的多功能複合催化劑。首次實現了二氧化碳直接加氫製取高辛烷值汽油。在以奈米技術為基礎催化劑下，溶於水的二氧化碳生成高辛烷值汽油的反應率為78%。



- ◆ 這種催化劑有三個優勢，一是能在接近工業生產的條件下進行轉化，有利於大規模生產；二是這種方法生產的汽油排放能滿足環保要求，其主要指標苯、芳烴和烯烴基本能滿足中國國家五級環保標準；三是具有較好的穩定性，可連續穩定運轉1000小時以上，察看出潛在的應用前景。
- ◆ 相關過程和催化材料已申報多項發明專利。該研究成果於2017年5月2日發表於學術刊物《自然·通訊》上，被譽為「二氧化碳催化轉化網域的突破性進展」。
- ◆ (旺報)

# 柴油引擎的歷史

- ◆ 1876年時，德國人奧圖(Nikolaus Otto)發明了第一具四行程內燃引擎。當時許多工程師都致力於內燃機的發展，但是多以火花點火引擎為發展方向，如Mercedes-Benz的創辦人戴姆勒，正是將汽油引擎應用於車輛的始祖。但由於汽油在如此高溫高壓下，會產生猛烈的爆震，因此後來選定了當時不受重視的柴油。柴油因不易點燃不能作為火花點火引擎燃料，並且柴油點燃後會產生黑煙，也不能像煤油般作為照明燃料，所以在那時不受重視。但是柴油安定不易爆震的特性，正好可作為壓縮點火引擎使用。

- ◆ 第一具壓縮點火引擎於1892年問世，但由於當時柴油引擎在發展初期技術尚未成熟，儘管它有不錯的熱效率及省油性，在當時卻很難與技術以達成熟的汽油引擎相互競爭。直到美國Cummins公司在1924年時，將供油噴射泵應用於柴油引擎上，解決了以高壓空氣供油方式的不穩定運轉，並首度將柴油引擎裝於卡車上，奠定了車輛使用柴油引擎的基礎。1936年，柴油引擎也搭載於Mercedes-Benz 260D，這也是柴油引擎應用於轎車的濫觴。

# 柴油引擎

- ◆ 在一般常見的引擎中，又分為利用點火器(如火星塞)點火的火花點火(SI)引擎，及利用高壓高溫空氣使燃料燃燒的壓縮點火(CI)引擎。汽油引擎屬於火花點火引擎，柴油引擎則屬壓縮點火引擎。
- ◆ 各種不同形式的柴油引擎所產生的排氣量都會有所不同，此外最大的差別在於其燃燒室及供油系統的設計上。柴油引擎燃燒室的設計，可分為以下三種：  
直接噴射式、預燃室型間接噴射、渦流式型間接噴射，以下將介紹三種不同引擎燃燒室的優缺點。

# 直接噴射式：

◆ 直接噴射引擎之缸頭燃燒室設計是平的，主燃燒室位於活塞上端鍛造成之特殊的凹陷空間內，並經由處於凹洞中央處之多孔型噴油嘴來達成迅速將燃油噴入之目的。

**優點：**燃燒室構造簡單且表面積較小，熱損失和耗油率低、缸頭構造簡單，受熱變形機會小、引擎啟動容易且不需預熱塞、燃燒室表面積的容積率小，冷卻損失亦小。

**缺點：**對燃油之可燃性級數的要求較高、需要較高的燃油噴射壓力、使用之多孔型噴油嘴價格較高、噴油嘴微小的衰退會大大影響引擎的性能、因其氣流渦動較弱，空氣的使用率較差，不適合在高轉速運作。

# 預燃室型間接噴射：

◆ 預燃室位於主燃燒室上方，在燃燒行程前期，噴油嘴將燃油噴入預燃室中產生局部燃燒，因而產生高溫高壓氣體。隨此壓力，剩餘之燃油經噴油嘴之油孔噴出並進入主燃燒室中，然後與渦動的空氣混合來完全燃燒。預燃室型引擎，它的燃燒過程分兩階段完成，差別是在燃油與空氣的混合係利用從預燃室所噴出的氣流來完成。

**優點：**因燃油噴射壓力相對較低(80~150bar)，燃油系統故障較率低且壽命較長、對燃油可燃性級數要求較低、操作上較寧靜且不易發生爆震、空氣與燃油之混合狀況較佳。

**缺點：**缸頭構造複雜、因預燃室的表面積容量大，所以冷卻損失亦較大、引擎啟動困難且需預熱系統、需較大啟動扭力，也就是需要高功率的啟動馬達、耗油率較直接噴射式為高。

。

## 渦流式型間接噴射：

- ◆ 渦流式型在壓縮行程期間，空氣流入渦流室，當燃油噴入時會產生強大的渦動效果，然後到達燃燒室。燃油點燃是藉著噴入渦流室的燃油，與空氣混合時產生強烈的循環而發生。在預燃室型式中，燃油僅被局部點燃，但在渦論室型式中，所有的燃油均被完全點燃。因此，渦流室的容積佔全部整個燃燒室容積達70~80%以上。渦流室型式之燃燒特性介於直接噴射式與預燃室型式之間。

**優點：**燃油與空氣之混合狀況較佳，引擎轉速與平均有效壓力可提升、具更低的噴射壓力、因引擎的轉速範圍更廣，引擎運轉更平順。

**缺點：**缸頭構造複雜、熱效率較直接噴射式低、在低速時容易發生爆震、在引擎啟動期間需要預熱塞。