

# 熱機學講義

## 第一回

501061-1



社團  
法人  
考

考友社

出版  
發行

# 第一講 緒論

## 命題重點

### 一、熱機學之定義

熱機學(Heat Engine)本質上屬於工程熱力學，只不過其涉及之機械較多。

1. 廣義的熱機乃指凡利用熱能以發生動力的機械和利用動力以產生熱效果及冷凍效果之機械均稱之。
2. 狹義的熱機乃指凡利用熱能以發生動力的機械。

### 二、熱機的分類

(一)今以加熱的方式可將熱機分類如下：

1. 內燃機(Internal Combustion Engine)凡能燃燒燃料以產生熱能，再將熱能轉變為機械能的動力機械均稱之為內燃機，如汽油機、柴油機、燃氣渦輪機、噴射引擎、火箭、煤氣機等均屬之。
2. 凡燃料在機件本身之外燃燒，熱量加諸于機件內之工作介質(Working Substance)，機件可將工質之熱量轉變為機械能，則此機件裝置即稱為外燃機，如蒸汽機、蒸汽渦輪機、核子動力廠均屬之。
3. 產生加熱效應或冷凍效應的機件設備，如熱泵、冷凍機、空氣調節設備等。

(二)倘若以熱機之一般使用目的而言，則可分類如下：

1. 原動機：凡能把熱能轉換成動力之裝置，即狹義之熱機。
2. 冷凍機：凡能藉功之輸入，將熱能由低溫抽送至高溫產生冷凍作用之裝置。
3. 熱泵(狹義)：凡能藉功之輸入，將熱能由低溫抽送至高溫而產生加熱作用之裝置。

### 三、熱力學定律

(一)熱力學第一定律：不論何時，一密閉系統完成一循環，則系統所作出之淨功等於其輸入之淨熱。

(二)熱力學第二定律：源於經驗的兩個假說。

1. 愷爾文-普郎克假說：

任何一循環運轉之機械設備，其僅和單一的能量貯槽作熱交換便能做出功來是不可能的。

2. 克勞休斯假說(Clausius Statement)：任何一機械設備，在沒有其它效應下(如功輸入)，便能藉著循環運轉，將熱能源源不斷地由低溫送至高溫是不可能的。

(三)熱力學第三定律：在絕對零度時，沒有雜質、差排之純結晶體，其熵為零。

### 四、各種熱機之簡單作動原理

(一)內燃機(Internal Combustion Engine)

內燃機有五大主要系統：

1. 燃料系統：包括化油器(或燃油噴油器)，油泵，空氣清潔及靜聲器，儲油筒，燃料油等。
2. 冷卻系統：包括水箱，水泵，風扇，調溫器，散熱片，汽缸冷水泵等。
3. 潤滑系統：包括滑油濾清器，滑油泵，滑油冷卻器等。
4. 電系統：包括點火裝置，發電機，馬達及蓄電池等。

5.引擎本體系統：包括汽缸體，汽缸蓋，活塞，連桿，曲軸，軸承，凸輪軸等  
(二)蒸汽動力廠之作動原理

- 1.原煤儲倉、進給器、磨粉機－煤燃料之研磨及輸送供應系統。
- 2.燃燒器(Burner)－用以燃燒經由壓力通風扇，空氣預熱器、風扇進入之空氣及煤粉以形成高溫之燃氣。
- 3.燃燒爐(Furnace)－燃氣通道及限制燃氣流動範圍之設備，內含爐筒、爐管、過熱器、節熱器等裝置。冷水由給水管經節熱器後流入爐筒，再經由數排並列爐管加熱成水蒸汽後再流入爐筒，蒸汽之部份可繼續行進至過熱器，以形成高過熱度之水蒸汽以便引入蒸汽渦輪機輸出功。
- 4.鍋爐之爐筒及爐管(Boiler)－貯存及產生飽和或低過熱度水蒸汽之設備。
- 5.過熱器(Superheater)－利用廢氣熱量以產生高過熱度之水蒸汽之設備，可增加熱效率。
- 6.節熱器(Economiser)－利用廢氣熱量以增高鍋爐給水溫度之設備，可減少輸入熱，增加熱效率。
- 7.空氣預熱器(Air Preheater)－利用廢氣之高溫將熱加于新進入之空氣，可減少排放廢氣中所含之熱能損失。
- 8.凝結器(Condenser)－將水蒸汽凝結成水以便增壓用，如此可提高動力廠之熱效率及功輸出。
- 9.集塵器(Collector)－在廢氣送入煙囪以前用以除掉未燃之煤粉及灰分等之設備以免形成空氣污染。
- 10.壓力通風扇(或鼓風機)－將空氣打入磨粉機中以行混合之用。
- 11.抽風扇(Fan)－幫助廢氣經由煙囪排出。
- 12.低壓、中壓、高壓給水加熱器(Feed Water Heater)－加熱進入鍋爐前之給水，可減少冷凝結之冷凝能量損失進而提高動力廠之熱效率。
- 13.蒸汽渦輪機(Steam Turbine)－利用來自鍋爐之高壓、高溫過熱蒸汽帶動渦輪機旋轉輸出功或帶動發電機。

(三)燃氣動力廠 (Gas Power Plant)之作動原理

- 1.壓縮機(Compressor)－將空氣由低壓壓縮至高壓。
- 2.回熱器(Regenerator)－利用廢氣之熱量加熱於空氣以減少燃燒器熱量之輸入，進而提高整個動力廠之熱效率。
- 3.燃燒器(Combustor)－將燃料油等及空氣混合並點火燃燒產生高溫高壓之氣體
- 4.燃氣渦輪機(Gas Turbine)－將來自燃燒器之高溫、高壓燃氣轉變為渦輪的迴轉動能進而帶動發電機或輸出功至外界，其中一部份能量並用以驅動壓縮機。

(四)冷凍廠之作動原理

- 1.低溫低壓的液態冷媒(通常為氟氯烷或氨)經蒸發器時吸取待冷凍處之熱量而蒸發為同溫度低壓的汽態冷媒。
- 2.壓縮機將低溫低壓的汽態冷媒壓縮至高溫高壓的狀態。
- 3.高溫高壓的汽態冷媒流經凝結器時，冷凝為同溫同壓的液態冷媒並由接收器負責貯存。
- 4.最後再經膨脹閥或節流閥降壓、降溫成為低溫、低壓的液體冷媒以供循環使用。

(五)空調設備(Air Conditioning Plant)。

(六)蒸汽機之作動原理

- 1.高溫高壓之水蒸汽由汽櫃上方引入，並由D型滑閥控制經由P通道進入汽缸之時間。
- 2.活塞為雙動式，左或右邊進汽時均會產生動力衝程，進而由十字頭將活塞的

## 精選試題

一、試比較二行程引擎與四行程引擎之差異及其優劣點。

答：(一)二者之差異如下：

四 行 程 引 擎	二行程引擎
1 曲柄每二轉完成一循環。 2 汽門之控制需靠凸輪軸，而凸輪軸轉速為曲軸之1/2轉速 3 不一定需增壓器。 4 需汽門裝置。	1 每一轉完成一循環。 2 不一定需凸輪軸，若使用凸輪軸，則其轉速與曲軸的轉速相同。 3 必需裝設增壓器。 4 汽門裝置可由進排汽孔代替。

(二)二行程引擎之優點

- 1 在同一大小及同一迴轉數下所產生之馬力較大：因4行程引擎之曲柄軸須迴轉2次才產生1次燃燒，但2行程引擎則曲柄軸每迴轉1次即有一次燃燒，因此理論上2行程引擎所能產生之馬力當為4行程引擎之2倍。但實際上因其熱效率，體積效率，機械效率較低，因此僅約1.7倍。
- 2 構造較為簡單，操作較為簡易：2行程引擎無須裝設吸氣閥及排氣閥，亦無須操作閥動之機構，以致價格亦較便宜。
- 3 迴轉力矩較為均勻：2行程引擎之燃燒較為頻繁，施加於曲柄軸之力矩損失較小，迴轉速度較為均勻，因此飛輪可較小。

(三)四行程引擎之缺點：

- 1 驅氣作用較為困難，因此須裝設驅氣泵。
- 2 燃料消耗量較多，熱效率較低：因行使驅氣作用時有部分混合氣隨廢氣同時由排氣孔逃出。又因有部分廢氣餘留在氣缸內而妨害下次之燃燒，因此熱效率會下降。
- 3 因冷卻較為困難故無法高速運轉：因最容易過熱之排氣孔位於氣缸之中央，以致氣缸，活塞，及氣缸罩皆被過熱(Overheat)而潤滑不完全。
- 4 潤滑油消耗量較多：因潤滑油會經由排氣孔被吹出。

二、今有一理論鄂圖循環，其開始壓縮之壓力為 $0.8[\text{kg}/\text{cm}^2]$ ，壓縮終了之壓力為 $12.0[\text{kg}/\text{cm}^2]$ 時，試求此循環之壓縮比及理論熱效率分別為若干？( $k=1.3$ )

答：

$$p_1 = 0.8 [\text{kg}/\text{cm}^2], \quad p_2 = 12.0 [\text{kg}/\text{cm}^2] \quad k = 1.3$$

$$\therefore 12.0 = 0.8 \epsilon^{1.3}$$

$$\therefore \epsilon = 8.03$$

$$\text{又 } \eta_0 = 1 - \left(\frac{1}{\epsilon}\right)^{k-1} = 1 - \left(\frac{1}{8.03}\right)^{1.3-1} = 0.465。$$

三今有一狄則耳循環，其最高溫度及壓力分別為2500[° K]，及40[kg/cm<sup>2</sup>]，又最低溫度及壓力分別為300[° K]及1[kg/cm<sup>2</sup>]時，試求其壓縮比，停汽比，及熱效率分別為若干？

$$\text{答： } \varepsilon^k = \frac{P_2}{P_1} = 40$$

$$\therefore \varepsilon = 40^{1/1.4} = 13.95 \rightarrow 14 \text{ (壓縮比)}$$

$$T_2 = T_1 \varepsilon^{k-1} = 300 \times 13.95^{0.4} = 861 \text{ [° K]}$$

$$\therefore \sigma = \frac{T_3}{T_2} = \frac{2500}{861} = 2.9 \text{ (停汽比)}$$

$$\eta_D = 1 - \left( \frac{1}{13.95} \right)^{0.4} \frac{2.9^{1.4} - 1}{1.4 \times 1.9} = 0.55 = 55 \text{ (\%)}$$

四今有一雙燃循環引擎，其壓縮比為15，壓縮開始之壓力設為0.9[kg/cm<sup>2</sup>]，溫度60[° C]，最高壓力為60[kg/cm<sup>2</sup>]，最高溫度為2400[° C]時，試求其熱效率為若干？但 k=1.35

$$\text{答： } P_1 = 0.9 \text{ [kg/cm}^2\text{]}, \quad T_1 = 273 + 60 = 333 \text{ [° K]} \\ P_3 = 60 \text{ [kg/cm}^2\text{]}, \quad T_3 = 2400 + 273 = 2673 \text{ [° K]} \\ k = 1.35, \quad \varepsilon = 15$$

因此

絕熱壓縮後之壓力及溫度分別為

$$P_2 = 0.9 \times 15^{1.35} = 34.8 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$T_2 = (273 + 60) \times 15^{0.35} = 859 \text{ [° K]}$$

等容加熱後之溫度

$$P_3 = 859 \times \frac{60}{34.8} = 1480 \text{ [° K]}$$

停汽比

$$\alpha = (273 + 2400) / 1480 = 1.806$$

壓力上升比

$$r = \frac{60}{34.8} = 1.724$$

∴熱效率

$$\eta_s = 1 - \left( \frac{1}{15} \right)^{0.35} \left[ \frac{1.724 \times 1.806^{1.35} - 1}{1.724 - 1 + 1.35 \times 1.724 \times (1.806 - 1)} \right] \\ = 0.578 \text{ .}$$

五何謂閃火點、燃燒點及著火點？

答：(一)閃火點：將燃料徐徐加熱而產生蒸汽，將火焰接近時會引發閃火之最低溫度稱之為閃火點(Flash point)。

(二)燃燒點：在閃火點附近雖一度引起閃火亦僅能將既成之可燃蒸汽燃燒完後便立刻停止燃燒，但若將溫度提高至閃火點溫度以上20~30[° C]時，則可