



# 德國鍋爐燃燒器與火焰型態比較

專題生：張懿云 何宇慧

指導教授：施聖洋 老師

# 05

## 前言

我們所研究的裝置為西方國家的鍋爐熱水器，使用此類電器會產生一些常見溫室氣體。由於人們無法脫離對熱水器的依賴，為此應避免過多的燃氣燃燒未完全而浪費燃料，也為了減緩地球的溫室效應，我們針對熱水器的效能做觀測。

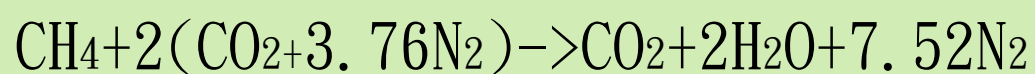
我們將主要的反應裝置移出原鍋爐熱水器箱體外進行研究，以了解燃氣與空氣預混燃燒的火焰型態。燃料和空氣的混合情形是影響熱水器效率的主要原因之一，所以我們主要探討甲烷和空氣的當量比  $\phi$  值對燃燒狀態的影響。

- I. 觀察風機的风速如何影響燃燒狀態。
- II. 觀察比較火焰在貧油時與富油時的火焰形態。
- III. 在不同的流量下，分別量測出讓火焰持續燃燒的穩定狀態區間：貧油可燃極限(lean flammable limit)

## 文獻回顧

當量比：

甲烷與空氣的反應方程式：



CH<sub>4</sub>的mole數:2(CO<sub>2</sub>+3.76N<sub>2</sub>)空氣的mole數=1:9.52

當量比  $\phi = (A/F)_{\text{stoic}} / (A/F) = (Q_A/Q_F)_{\text{S}} / (Q_A/Q_F)$

A: 空氣流量, F: 甲烷流量,  $(A/F)_{\text{stoic}} = 9.52$

∴ 甲烷流量 = 空氣流量 \*  $\phi$  / 9.52

貧油與富油燃燒：

在貧油區域中，當預混焰受到紊流場拉伸，隨著紊流強度增加，二氧化碳造成輻射熱損失的效應越明顯。隨著紊流強度增加，富油區域較無明顯效應。貧油CH<sub>4</sub>/air火焰比富油CH<sub>4</sub>/air火焰較難受到紊流場作用而產生整體熄滅的現象。

## 實驗方法

1. 風機連接產波器，以三角波控制伏特值的方法來改變風機吸取空氣的風速。
2. 比較兩種不同狀態下的火焰結構，觀察並拍攝火焰在貧油時與富油時的火焰形態。
3. 在固定產波器伏特值的情況下，先將甲烷流量(浮子式流量控制器2~20L/min)調至可引燃  $\phi$  值所對應的流量。以點火器點燃後，將甲烷流量逐漸調小至穩定狀態，穩定狀態的火焰形狀是薄薄一層附在燃燒器上。再將甲烷流量持續調小至火焰消失，此時的甲烷流量換算成  $\phi$ ，即為貧油可燃極限。

\*空氣流量換算公式:(截面積=0.0013515m<sup>2</sup>)

風機風速(m/s)\*截面積(m<sup>2</sup>)=空氣流量(m<sup>3</sup>/s)

## 實驗設備



Figure 1. 多孔性預混燃燒器

Figure 2. 風機

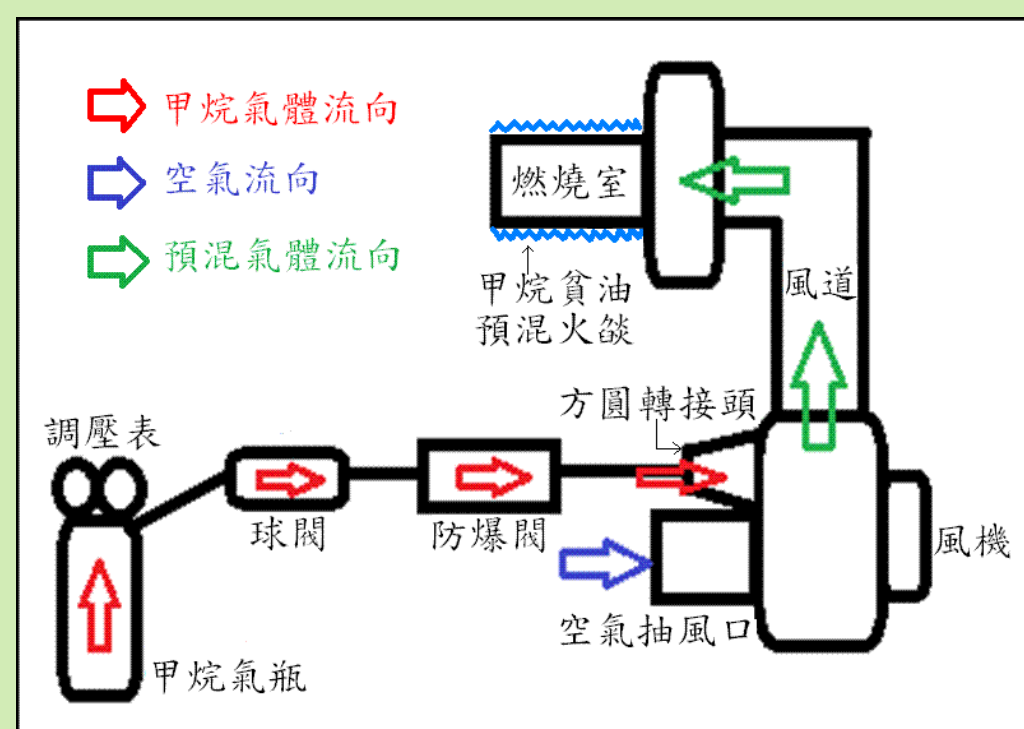


Figure 3. 整體實驗裝置示意圖

## 結果

1. 風速越大，火焰從下端到頂端全部熄滅的時間越短。
2. 預混火焰燃燒型態：

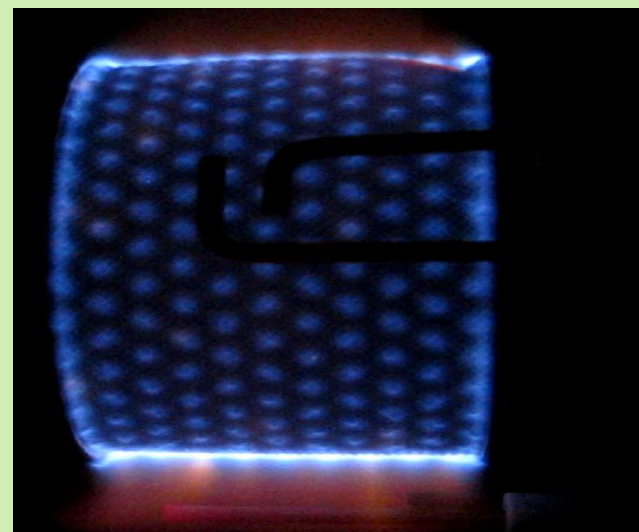


Figure 4. 富油燃燒

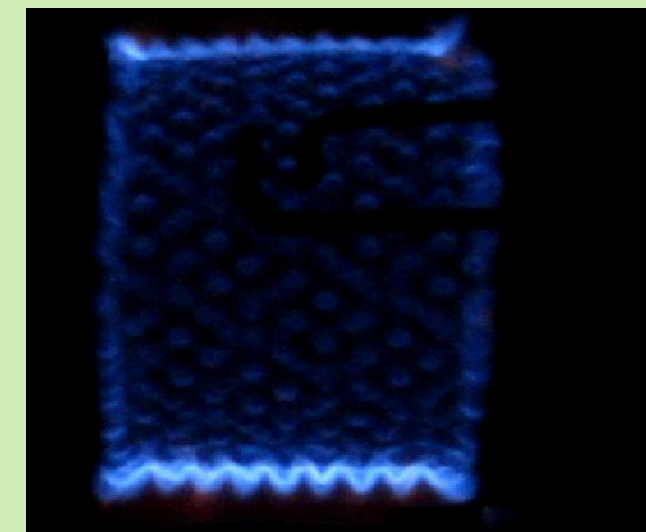


Figure 5. 貧油燃燒

3. 實驗數據：

伏特 (V)	進口風速 (m/s)	出口風速 (m/s)	空氣流量 (m <sup>3</sup> /s)	甲烷流量		當量比 $\phi$
				(L/min)	(m <sup>3</sup> /s)	
1.81	1.2	1.6525	0.002233354	2.3	0.0000383	0.163
1.81	1.2	1.6525	0.002233354	2.5	0.0000417	0.177
1.81	1.2	1.6525	0.002233354	2.6	0.0000433	0.184
2.15	1.4	1.7268	0.002333770	3.1	0.0000517	0.210
2.15	1.4	1.7268	0.002333770	3.2	0.0000533	0.217
2.15	1.4	1.7268	0.002333770	3.5	0.0000583	0.238
2.20	1.6	1.8011	0.002434187	4.6	0.0000767	0.299
2.20	1.6	1.8011	0.002434187	4.8	0.0000800	0.312
2.20	1.6	1.8011	0.002434187	4.9	0.0000817	0.319
2.25	1.7	1.83825	0.002484395	6.0	0.0001000	0.383
2.25	1.7	1.83825	0.002484395	6.0	0.0001000	0.383
2.25	1.7	1.83825	0.002484395	6.2	0.0001030	0.394

Table 1. 甲烷流量實驗值與貧油可燃極限  $\phi$

## 總結

1. 由於風速越大，火焰的燃燒狀態越不穩定；且風速越大代表空氣流量越多，供給持續燃燒的甲烷流量也越多，較容易造成燃燒不完全。
2. 富油容易燃燒不完全，火焰顏色偏紅；反之，貧油燃燒較完全，火焰顏色偏藍。
3. 我們測得的甲烷貧油可燃極限  $\phi$  最低為0.163。而在我們查到的文獻中，一氧化碳的貧油可燃極限  $\phi = 0.34$ ，氫氣的貧油可燃極限  $\phi = 0.14$ 。所以我們認為如果以燃料能被更有效率的利用來看，甲烷優於一氧化碳，但下次也可嘗試用氫氣來實驗看看，效率或許更高。