

早期的燃燒說

林煥祥

國立中山大學通識教育中心

huannlin@mail.nsysu.edu.tw

火是自然界重要的現象之一。長期以來，人們對燃燒的概念，自古以來大都是根據對火的直接觀察所提出來的。

大約在 1660 年，波義耳(Robert Boyle, 1627-1691) 和胡克 (Robert Hooke, 1635-1703) (圖 1) 進行了真正的燃燒化學實驗。他們把木炭或硫磺放在一個器皿中，抽出器皿中的空氣，再將器皿加熱，結果發現木炭或硫磺並不能燃燒。但是他們又把木炭、硫磺與硝石混合(即黑火藥)，那麼即使在抽真空的條件下，仍會猛烈燃燒起來。於是波義耳和胡克提出重要結論：燃燒必須依賴空氣和硝石中所含的某種共同成分。



圖 1：波義耳 (左) 和胡克 (右)

(圖片來源：http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_Boyle 和 http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_Hooke)

金屬 + 火微粒 = 金屬鍛灰。

13.74 g 13.87 g

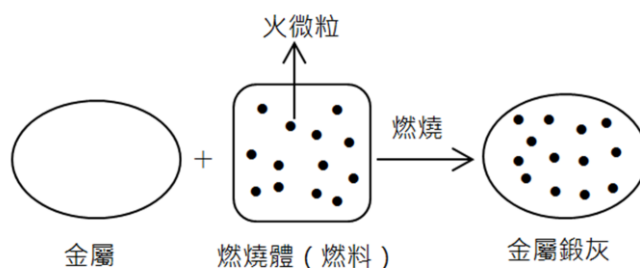


圖 2：波義耳的火微粒說示意圖

■ 波義耳的火微粒說

1637 年，波義耳研究燃燒現象。他在密封容器內鍛燒金屬銅、鐵、鉛、錫等，研究鍛燒前後的增重。他認為火是由火微粒所構成，於是將金屬鍛燒增重的原因歸結：金屬鍛燒時，從燃料中發散出來的火微粒，穿過容器壁，進入了金屬，結合成比金屬本身還重的鍛灰。例如鍛燒“銀”，波義

耳認為燃燒後增重了 0.13 g，就是火微粒與金屬結合的重量。圖 2 為波義耳的火微粒說示意圖。

波義耳犯了一個極大的疏忽：只注意到加熱物質本身所發生的變化(被加熱的金屬重量增加)，卻疏忽了加熱物質周圍環境的變化(放置金屬的曲頸甌在加熱前後的重量比較)。然而，最根本的原因是因為波義耳一直嘗試以微粒解釋燃燒現象。

於燃燒體本身(燃料)會釋放出某種物質與

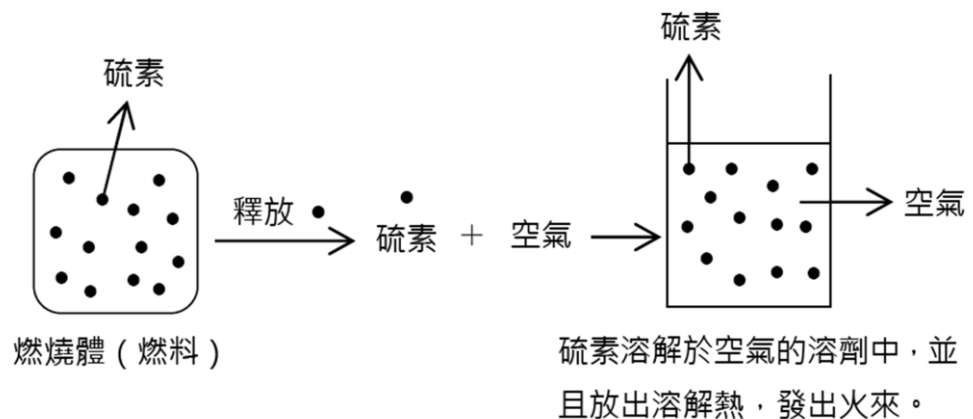


圖 3：胡克的硫素說示意圖

空氣結合，疏忽對空氣的了解，也沒有更深入的研究燃燒的本質與空氣關係。

■ 胡克的硫素說

1664 年，胡克研究蠟燭的火焰，提出對火焰的見解。他認為火焰是引起化學作用的混合氣體，並指出沒有空氣不能燃燒。但是他相信燃燒時燃燒體內有煉金術士所謂的“硫素”放出，溶解於空氣中時，放出溶解熱，於是發出火來。圖 3 為胡克的硫素說示意圖。

雖然波義耳和胡克都提出了空氣介入燃燒的理論。可惜，他們都把燃燒的產生歸因

■ 施塔爾的燃素說

1703 年，德國的施塔爾 (Georg Ernst Stahl, 1660-1734) (圖 4) 提倡「燃素說」- 他認為可燃的要素是一種氣態的物質，它存在於一切可燃的物質中，他把這種要素稱為“燃素”。他主張物質燃燒時，物質裡面的可燃成分(燃素)，會從物質



圖 4：施塔爾

(圖片來源：

http://en.wikipedia.org/wiki/Georg_Ernst_Stahl。)

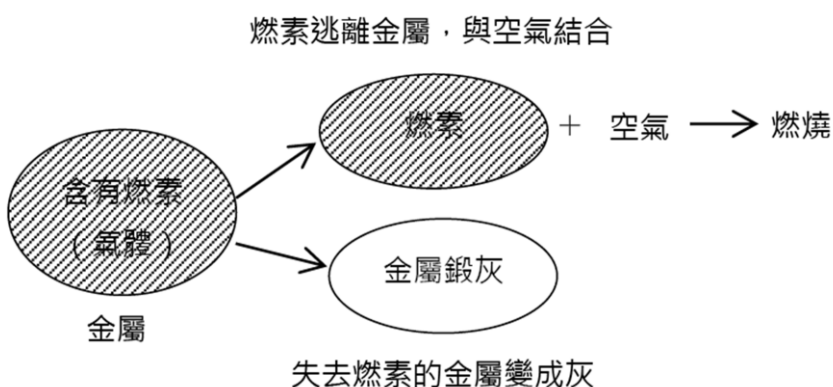


圖 5：施塔爾的燃素說示意圖

內逃逸出來，與空氣結合，從而發光發熱，這就是火。最後，物質只剩下灰。圖 5：施塔爾的燃素說示意圖。

施爾塔對金屬鍛燒的變化過程的解釋恰與波義耳相反：

金屬 - 燃素 = 金屬鍛灰。(施塔爾)

金屬 + 火微粒 = 金屬鍛灰。(波義耳)

施塔爾認為物質在加熱時燃素並不能自動分解出來，必須藉空氣來吸收燃素。例如：酒精（燃素 + 水）燃燒 → 水。酒精中的燃素

舍勒 (Carl Wilhelm Scheele, 1742-1786)、普里斯特利 (Joseph Priestly, 1733-1804)、以及卡文狄西 (Henry Cavendish, 1731-1810) (圖 6) 等人。

1772 年，舍勒根據實驗提出對燃燒的見解：空氣中有兩種氣體。一種是火氣，能助燃；另一種是劣質空氣。舍勒認為燃燒時，火氣和燃素化合，形成光和熱而散去。令人遺憾的是舍勒始終相信燃素說，所以他從未試探以“火空氣”取代燃素以解釋燃燒現象。



圖 6：舍勒（左）、普里斯特利（中）及卡文狄西（右）

(圖片來源：<http://zh.wikipedia.org/卡尔·威廉·舍勒>、[http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph Priestley](http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Priestley) 和 [http://en.wikipedia.org/wiki/Henry Cavendish](http://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Cavendish)。)

被空氣吸收了，所以酒精燃燒後只剩下水。

燃素學說與真實的氧化還原比較，恰恰是對燃燒現象做了顛倒的解釋，把化合過程描述成分解過程。但是，在當時燃素學說“解答”了一連串的問題，因此很快得到許多化學家的支持和採納。從十八世紀初到該世紀末，大約一百年，在化學史上常常稱這段時期為燃素時期。

當時接受這種燃素理論的重要化學家有

■ 普里斯特利發現氧氣

1774 年，普里斯特利加熱紅色的水銀之石灰化質（氧化汞），他發現以這種方法所製造出來的氣體能讓蠟燭和木炭很容易著火並燃燒。由於普里斯特利篤信燃素說，他認為反應的變化是由金屬灰（氧化汞）+ 燃素 → 金屬（水銀），而參與實驗的這種氣體不過是含燃素極少的空氣，於是稱它為“去燃素的空氣”（實際上是氧氣）。他從金屬鍛灰中分

離出了氧氣，恰恰是燃素的對立物，對化學的發展意義格外重大。所以現在化學史界多數都認為他是氧氣的發現者。

■ 拉瓦錫的燃燒理論

舍勒和普里斯特利雖然都獨立地發現並製得了氧氣，但是他們都被傳統的燃素說束縛著，所以仍然得到錯誤的結論。燃素學說被質疑的地方是無法解釋金屬鍛燒後增重的事實。而就在舍勒、普里斯特利及卡文狄西假定了他們的燃素理論後不久，有一位法國著名化學家 - 拉瓦錫 (Antoine Lavoisier, 1743-1794) (圖 7) 卻提出相反的理论。拉瓦錫不認為當物質燃燒或鐵生銹時會放出燃素。反之，他說物質或鐵其實是與空氣中已存在的物質結合。這物質就是火空氣，也是去燃素的空氣。拉瓦錫將此物質命名為氧氣。



圖 7：拉瓦錫

(圖片來源：
http://en.wikipedia.org/wiki/Antoine_Lavoisier。)

鍛燒後變成鍛灰，它們是金屬的氧化物。

拉瓦錫在 1782 年，仔細地記錄了氧化汞和水銀加熱反應前後的質量變化的實驗，他根據質量關係的說明所獲得的結論：燃燒是氧的化合 (氧化) 反應。拉瓦錫將燃素說的「氧化 = 金屬 - 燃素」觀念修正為「氧化 = 金屬 + 氧」。氧氣被發現，燃素灰燼終於真相大白，燃素說終於退出了歷史舞臺，也終於了解燃燒的真實意義！

在 1777 年，拉瓦錫提出了燃燒理論：主要有下列四點：

1. 燃燒時放出光和熱。
2. 物體只有在氧存在時才能燃燒。
3. 物質在空氣中燃燒時，燃燒物所增加的重量，正好等於空氣所減少的重量。
4. 非金屬燃燒時後，通常變為酸，氧是酸的本質，一切酸中都含有氧元素；金屬