

應用在煙火的 s-棟化合物



在維港上空燃放煙花

煙火是甚麼？

你曾否觀看維港上空燃放煙花的表演呢？這些色彩奪目和變化多端的圖案是怎樣產生的？煙火一般稱為「煙花」，在空中燃放時，炸藥會發出白熾光或螢光。「煙花」也可視為把等量的硫粉、活性碳及硝(V)酸鉀混合而成的黑火藥，一點兒火星便可引爆的混合物。

煙火用甚麼東西造成？

煙火所含的主要物質有：氧化劑、還原劑、發光劑、膠結劑和調節器，把它們混合便是煙火。

氧化劑

氧化劑提供燃燒混合物時所需的氧。常用的氧化劑有硝酸鹽、氯酸鹽和高氯酸鹽等，其中最常用者為硝酸鹽。由於硝酸鹽一般只會放出所含氧的三分之一，不一定引起突然爆炸的效果。另一類氧化劑是氯酸鹽，例如氯(V)酸鉀(KClO_3)，會完全釋出所含的氧而產生驚人的反應，由於它們的爆炸性高，使用時便十分危險。相比之下，含氧較多而危險程度遠低於氯酸鹽的氯(VII)酸鹽，例如氯(VII)酸鉀(KClO_4)，多為業界採用。

還原劑

煙火的第二個組分是還原劑。從氧化劑釋出的氧令還原劑燃燒，產生熱氣體。硫磺和活性碳便是兩種常用的還原劑。它們在氧中燃燒後，分別釋出二氧化硫及二氧化碳。一般來說，使用兩種還原劑的混合物

可提高反應的速率或使反應延緩，所以還原劑對控制反應速率十分重要。此外，加入金屬可加快反應，若把金屬研成幼細的粉末，效果更佳。

膠結劑與發光劑

膠結劑可把煙火中的混合物結成塊狀，這種塊狀物稱為「星狀體」。經水潤濕的糊精，以及經醇潤濕的蟲漆，都是構成星狀體的兩個主要成分。煙火所發出的各種色光乃源自發光劑，每一種色光取決於所用的化學品。

為何要使用 s-棟化合物？

s-棟元素是周期表的第一族及第二族元素的統稱。選用 s-棟化合物是由於它們具獨特的爆炸性，以及能輻射出可見光。光輻射體可分為固體輻射體（黑體輻射）和氣相輻射體（分子及原子）兩大類。黑體是理想的輻射體，它能均勻地吸收或發射出任何波長的輻射，例如鋼和碳，能發射出黃光或橘光。相反地，灰體輻射體非但不能產生任何光，而且還會遮蔽橘黃光。理論上，當黑體或灰體的溫度達至藍色星體的 9000 K 時，便會發出藍光，可是煙火根本不能達至這溫度。相比之下，選用氣相輻射體較佳，另 s-棟化合物能發射不同的可見光，更是理想的選擇。

一些 s-棟元素所發出的獨特焰色

金屬離子	顏色
鋰	深紅
鈉	金黃
鉀	淡紫
銨	紅
銻	藍
鈣	磚紅
鋇	血紅
鋇	蘋果綠

雖然很多化合物皆能發射範圍廣泛的原子或分子輻射，可是合適的輻射體並不多，原因頗為複雜。首先，有些元素的光輻射強度很高，會遮蔽與它混在一起的其他元素所發射的光，或是改變它們產生的顏色。例如：原來由氯化鋇(I)和氯化鈣(I)發射的應是藍綠混合色光，可是氯化鋇(I)所發射的輻射，難免受 BaOH 和 BaO 輻射的干擾，令顏色變為黃色或黃綠色，故甚難察覺這些煙火是藍綠色的。

另一個難題是作為輻射體的元素多具有高度活潑性，例如氯化鋇(I)及氯化鈣(I)都是十分活潑的化合物，根本不可能直接裝成煙火，須使用特別方法來產生這些輻射，並使它們在高溫的火焰中氯化，以釋出最大的輻射強度。欲使它們發光情況理想，須讓適量的輻射體呈現在火焰中，並在良好的氧化體系下，產生高溫。在煙火中加入鎂粉或鋁粉可進一步提升火焰溫度，提高光的強度。

還有其他類型的煙火嗎？

我們會因應在空中燃放煙花時期望出現的效果而設計不同類別的煙火。

閃爍煙火

閃爍煙火含有煙火的所有成分。把化學品調成糊狀，然後均勻地塗在小棒上，經風乾後便成為閃爍煙火。在閃爍煙火中，燃料、氧化劑和其他化學品須按一定比例混合。點火後，它們便會從其中一端開始緩慢地燃燒至另一端，不會立即爆炸。若混

入少量鋁粉或鎂粉，會發出明亮而閃爍的火花，市售的「仙女棒」便屬這類煙火。

在高空燃放的煙火

在高空燃放的煙火，外形一般呈球殼狀，內含四個部分：

- 容器
- 呈圓球狀的「星狀體」
- 引火藥
- 具有延緩燃燒作用的導火線，它讓殼形容器上升至適當高度後才發生爆炸。

載著化學品的殼狀煙火在高空燃點時，會閃出耀眼而帶不同色彩的火光。首先，把殼狀煙火裝入小圓筒內，然後向天空發射，當它上升至某高度時，導火線便會燃著，再達到預計高度時，引火藥被點燃，旋即爆炸。這時，爆炸令星狀體的外圍發火，產生耀目四射的火花。由於爆炸令星狀體向四周噴射，所以一般燃放的煙花都呈球狀，煙火在高空所呈現的圖案，取決於殼形容器內星狀體如何排放。

問題

1. 煙火的主要成分是甚麼？請分別敘述它們的功用。
2. 比較氯酸鹽和硝酸鹽，解釋為甚麼煙火多選氯(VII)酸鹽來製造。請輔以化學方程式作答。
3. 解釋為甚麼多選 s-棟元素來製造煙火，而不用 d-棟元素。
4. 使用不同的化合物，可令煙火產生不同的色彩，請舉例說明。
5. 解釋為甚麼煙火常加入鋁粉或鎂粉。

參考資料

李昂 (1990)《煙火化學—原理與應用》台北：科技圖書股份有限公司。

Lancaster, R. (2002) Fireworks: An Explosive Business. *Catalyst*, November, pp. 1-3.

Russell, M. S. (2000). *The Chemistry of Fireworks*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.

<http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/fireworks/fireworks.htm>

<http://chemistry.about.com/library/weekly/aa062701a.htm?once=true&>

<http://www.howstuffworks.com/fireworks5.htm>

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/fireworks>