



新中國少年文庫

燭的故事

法 拉 第 著
楓 林 譯

生活·讀書·新知

三 聯 書 店



目 次

- 第一講** 蠟燭和它的製造方法——蠟燭的
火焰底發生、形狀、光亮和變化 · 1
- 第二講** 燭火為什麼這樣光亮——燃燒時
空氣的作用——碳是燃燒後的產
品 · · · · · 17
- 第三講** 燃燒生成物——由燃燒而生成的
水——水的性質——氫是水的構
成的一部份 · · · · · 30
- 第四講** 水的電解——氧的燃燒作用
——水的另一組成部份 · · · · · 45
- 第五講** 氧是空氣的組成部份——~~氮和氫~~
的特性——壓力——~~空氣和它的~~
彈力——~~蠟燭燃燒後的生成物~~
物——~~碳酸氣和它的特性~~
- 第六講** 碳或炭素——二氧化碳的組成
-

——呼吸和燭的燃燒的共同點

——結論 75

第 一 講

蠟燭和它的製造方法 蠟燭的火焰底 發生、形狀、光亮和變化

一枝普通蠟燭的歷史，可以提供給我們許多有關自然現象的知識。在這部歷史中，包括了控制我們這個世界的一切物理的法則，並且可以大膽的說，不知道這些化學現象，要研究蠟燭的燃燒，將成為不可能的事情。

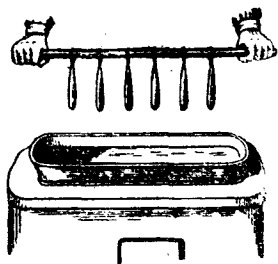
驟然看來，蠟燭燃燒是一件頂普通的事。但是，假如我們仔細研究，不難發現這裏面有頂複雜的道理，就是在蠟燭燃燒的時候，發生了許多物理作用和化學變化。觀察了這些化學變化，我們等於上了一堂化學課，也可以認識一些化學的基本定律。

我預先告訴你們，現在對你們講的，雖然是一個嚴肅的科學問題；但我要使文字簡單、通俗、明白易解。

現在我面前有幾堆木屑，很容易會燒起來的，還有一堆特別好玩的東西，是從愛爾蘭泥炭坑裏掘來的，這堆小東西叫做“燭木”。這是頂好的、硬的、堅實的一種木頭，可以用它做各種各樣的器物。

同時，這種東西很容易點燃，所以出產“燭木”地方的人，都曉得利用它做引火或火炬的材料。它燃燒時放出一種光亮極勻稱的火焰，跟頂好的蠟燭差不多。

但是我們所講的題目是只限於這一種人造蠟燭，從前製造的方法是：用一根橫起來的木棍，上面懸掛一些用紗線做成的燈心，放在盛着熔化的油脂的缸裏；當這些燈心吸收了充分的油脂的時候，即把燈心取出，這樣油脂就會冷凝；此後又在油脂缸裏反復浸沾，直到燈心



第 1 圖

周圍凝結有相當厚度油脂的時候，蠟燭便算做好了（第 1 圖）。這種方法可以做成各種粗細大小不同的蠟燭。從前煤礦裏面使用的是細小的一種。那個時候，人們以為蠟燭越小，就越容易避免礦內瓦斯的爆炸。為了避免危險，就特為礦工製造了最小的一種蠟燭。大概要二十、三十、四十到五十枝這樣的蠟燭，才合到一磅重。直到人

們發明了礦工用的德威燈(第2圖),這種小蠟燭就被放棄不用了。

還有一個很有趣的例子,就是“皇家喬治”號郵船的蠟燭。這枝蠟燭沉在海底已經有多少年了,日夜被海水侵蝕着。它雖然有許多處破裂,卻仍舊燃着勻稱的火焰,油脂也保持着它的本色。這證明了像這樣的蠟燭是可以保持到很多的年代的。



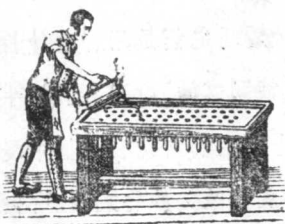
第2圖

下面我們再談到幾種很好的蠟燭,看看它們是用什麼材料製造的。首先,用牛脂可以製造,這大概是俄國式的,所以人們把牛脂叫做俄國油。用牛脂製成的蠟燭就是上面我們所說在油缸中浸沾製成的一種。蓋呂薩克^①把這種原料變成一種美妙的東西,叫做硬脂。用硬脂製造的蠟燭比直接用牛油做的好多了。蓋呂薩克製造硬脂的方法是在牛油裏加上生石灰,煮沸後,形成像肥皂的一種糊狀物。此時加入硫酸和石灰化合,便游離出一種油質,這種油質就叫做硬脂酸。同時生出另一種濃厚的,好像麥芽糖似的一種液體——甘油。硬脂酸和甘油是混合着的。要想把它們分開,只要壓榨這個混合體,油狀物即可分出,留存的東西,便祇剩下硬脂了。

① 路易·喬治·蓋呂薩克(1778-1850)——法國大化學家,在化學上有許多發現,在化學製造上也曾貢獻了不少的發明和改良。

此外，用鯨魚腦^①和石蠟^②也可以製造蠟燭的。

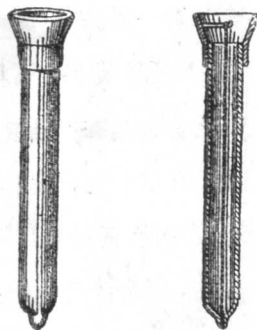
那麼，普通製造蠟燭是用什麼方法呢？我已經講過製造蠟燭的粘凝法。現在我們談一談澆注法。你們先想一想，怎樣才能使用一種能澆注到模型裏的東西來製造蠟燭？“澆注”？你可能認為，既然蠟燭很容易熔化，當然就可以注到模型裏。那麼，當你看到在實際做的時候要碰到多少困難，一定會感到驚奇的。事實上並不是每種蠟燭都可以澆注的，譬如用蠟做的蠟燭，就是不能澆注的，硬脂酸是比較合於澆注的一種物體。



第 3 圖

在我面前有一具平板，在板裏嵌有許多模型(第 3 圖)。首先我們取來織好的燈心，它是在燃點的時候不結燈花的，把它從模型的上部直拉到底部(第 4 圖)。在模型的上部，放置小橫樑，它可以使燈心保持緊直的狀態。擺好燈心後，即刻把熔化了的硬脂注進模型。等到硬脂在模型裏冷卻了，除去外面多餘的硬脂，再剪斷燈心的頂端。此時模型裏面

在我面前有一具平板，在板裏嵌有許多模型(第 3 圖)。首先我們取來織好的燈心，它是在燃點的時候不結燈花的，把它從模型的上部



第 4 圖

① 鯨魚腦——一種白色油狀物，柔軟易碎。從鯨魚腦膜中取出的脂肪物。

② 石蠟——白色蠟狀物，從煤油，特種泥炭及其他物體中提煉的副產物。

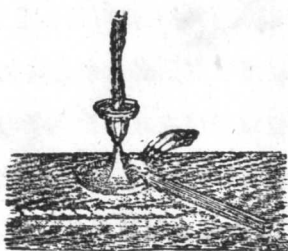
的蠟燭便成功了。將模型倒放，就可取出裏面的蠟燭。蠟燭的底部比頂端細，所以脫去模型便很容易，等到完全冷卻後，它的體積便縮小了。鯨魚腦油和硬脂酸製造蠟燭，就是用的這種方法。

用蠟製造蠟燭的方法是完全不同的。如第5圖所示：在橫桿下平行懸着一個木質輪子，輪子上附有好多根棉線製成的燈心，輪圈的軸心可以在盛有熱蠟的鍋上轉動。當輪子轉動的時候，工人用大杓把蠟液在燈心上面反復澆



第5圖

灑。等到燈心上蠟汁冷卻後，重新又在上澆灑蠟液，直到蠟燭達到大小適度為止。此時，他把蠟燭取下，在平滑石板上反復滾動，使它長短一致，燭面光亮，便算製造成功了。這種叫做澆製蠟燭。



第6圖

關於上面所講的這些，不再多說，現在讓我們談談其他的蠟燭。你們一定看到過一些五色繽紛的、美麗的蠟燭（第6圖）。請看看那些黃色的、藍色的、玫瑰色的、灰色的蠟燭——它們都是用各種顏料染成的。你們同樣也可

以看到這些蠟燭有著各種各樣的形狀。這一種是刻着花紋的圓柱形的，另外一種是顏色鮮豔的花朵形的，當它燃着的時候，就好像太陽照耀着美麗的花束。當然，刻雕着花的蠟燭，燃燒起來是較差的。

現在我們談談比較重要的問題——火焰的研究。你們知道燈和燭的分別在那裏？燈的構造是把燈心放在盛有燃料的油池裏，燃料可以用各種的油，燈心是用棉花製成的。燈心的上端可以點燃。燃起的火鉸向下延燒，遇到油類，即行熄滅，只剩下頂端繼續燃燒。在這種情形下，燃燒的不是燈心，而是燈心所含有的油類。

那麼你要問油是怎樣昇到燈頭去的呢？我們馬上來解釋這個問題。現在我首先要問你：你對蠟燭的燃燒是不是感到驚奇？因為蠟燭是硬的，它怎麼會跑到燈頭上燒起火焰呢？假如這種物體會變成液體，它又怎能保持原來的形狀呢？因為蠟燭並沒有油池呀！這實在是一件奇怪的事情。

在我們的房間裏，常常會感覺到有相當強的空氣在流動，它有時幫助我們，但也會妨礙我們點燈。為了使燈火的火焰勻稱而且靜止，我們可以應用街上商人的方法。使蠟燭在有風吹起來的時候，仍然會發出勻稱而且穩定的火焰。就是把蠟燭裝在玻璃燈罩裏，底部有空氣可以供給，又不受外面風的影響，玻璃燈罩裏面的火焰便會十分穩定。這是很容易辦到的，你們可以在家裏試驗試驗這種裝置。

在觀察一根點燃的蠟燭的時候，首先我們注意到蠟燭和火焰的接觸處變成凹形，像小杯的樣子。



第 7 圖

向蠟燭移動的空氣，因為受到熱的影響而上昇。這樣便形成了蠟燭週圍的氣流。蠟燭的外層是很冷的，火焰的熱力對中心的作用比較強，凹形處中心的蠟燭化得比邊緣快，所以燈心向下凹陷（第 7 圖）。

只要蠟燭週圍的空氣保持着均衡的流通，蠟燭上端的小凹是平整的，它內部含有的流動體也保持着水平的表面狀態；但假如從火焰的右方或左方微微吹動，凹處的邊緣立即破裂，內部熔化的流質向下傾瀉，結成冰墜形的固體物。因此我們可以了解凹形能夠保持的原因，是因為空氣保持均衡流動的關係。凡是不能形成這個小凹的燃料，即不適於做製造蠟燭的材料。只有“燭木”是一個例外，它好像一個浸透燃料的海綿體。

現在你要問為什麼美麗的、雕花的蠟燭燃燒得比較不好的原因，這是因為它的形狀不是真正的圓柱體；它的邊緣不完整，空氣的流通便不能均衡。同時形成的小凹的邊緣是不整齊的，有突出和凹入的部份，蠟的熔液隨時可能流出，火焰也不會勻整（第 8 圖）。



第 8 圖

燃燒不好的蠟燭會有熔液流出。火焰繼續燃燒，熔液結成蠟柱，和燈心平行着。這蠟柱高出燭的邊緣，因受空氣吹動，所以比較容易冷卻，火焰發散的熱力對它的作用也就減弱了。

現在，我們來觀察受熱熔化的蠟液是怎樣從小凹裏上昇到燃燒着的火焰去的。你們可以看到，火焰從燈心向下降低到某一點，這一點和熔化的蠟液有相當的距離，並且和小凹的邊緣不相接觸。我們很難想像到比蠟燭更好的燃料，它的各部的配合能夠如此理想，並有互相幫助的作用的。蠟燭的本身完全是由燃料構成的，但它在點着火的時候並不是馬上燒掉——這實在是一件可驚的事情，因為在別種情形下，火焰力量的強度和速度必然會把它一下子燒光的！

為了明白這種現象，我們要仔細研究一下。首先我們要弄清楚火焰是怎樣吸取燃料的。這問題把我們引到一個有趣的物理問題——毛細管的牽引作用^①。藉着毛細管的力量，維持火焰的燃料從燈心上昇到燃燒的一點，恰好是火焰的中心。

為了叫你明白毛細管的現象，我可以舉出幾個例子，來說明兩種不能互相溶解的物體是怎樣發生互相牽引的作用的。當你洗手

① 毛細管作用——一種能使液體在細管內上昇或下降的力。如將兩端開口的玻璃管放入一盛水的器皿內，則玻璃管內的水面較器皿中的水面高。如器皿裏盛的是水銀，則起相反的現象：玻璃管中的水銀面較器皿中的為低。

的時候，水澆到手上，手便變濕，這裏便發生了我所講過的毛細管作用。又假如你的手是清潔的（這是不常有的事，因手是很容易染有污垢的），祇要把手指放進水內，水就可上昇到手背上，即使你的手背是在水面以上。

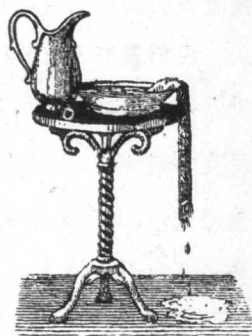
我們可以舉出另外一個例子。在盤子裏放着一個多孔的東西——譬如說是小鹽柱吧；現在我們把一種液體倒在盤子裏，譬如說，並不是



第 9 圖

水，而是食鹽的溶液；直到盤子不能再多容受為止。因為透明的食鹽溶液也許不能使我們看清楚即將發生的現象，爲了能明顯地看到液體的上昇，假如我們先把液體染成藍色，然後把它注入盤內，立刻可以看到液體慢慢從小柱上昇；如果小柱能始終挺直，藍色的液體就會一直昇到小柱的頂端（第 9 圖）。

現在我們想像盤子是蠟燭，小鹽柱是燈心，而鹽水是熔化的蠟液。假如這藍色液體是可以燃燒的並且小柱頂端置有真正的燈心的話，那麼這種液體是可以點燃的。



第 10 圖

這是一個很有趣的現象。我們手濕了，

可以用毛巾拭乾，因為毛巾能吸收我們皮膚上的水份；同樣，燈心會吸收熔化了了的蠟液、硬脂和其他相同的物體，向上運送到火焰燃燒着的地方。

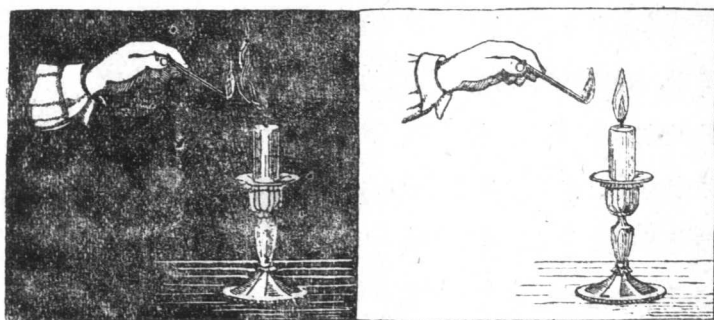
我們有時粗心把毛巾的一端放入盛水的面盆，另一端拖在盆外，不久就會看到水從拖在外面一端的毛巾滴到地板上成了水窪（第 10 圖）。

這裏還有同一現象的另外一個例子。假設我們手裏有一根簾草，草的中心具有許多縱直小管。我們把這根草放進盛有汽油的盤中，汽油便會上昇到簾草的頂端，就如同藍色鹽水上昇到小柱的頂端一樣。簾草的外壁是由一層硬殼所構成的，所以吸收的汽油不會外洩。現在汽油已經上昇了，把它燃點起來，就成功了像蠟燭一樣的簾草棍。汽油是由毛細管作用而上昇的；同樣道理，熔臘的液體也是從燈心上昇而在火焰中燃燒的。

我們還有沒有解決的第二個問題，很重要的一個問題：為什麼火焰不會順着燈心向下燃燒呢？實際上，當火焰一經和熔液接觸，便立刻熄滅了。這很容易證明，只要把蠟燭歪倒，使熔化的蠟液順燈心流下，此時火焰便不能像以前那樣有力地燃燒，相反地不是由燈心把燃料慢慢上昇，而是溶液一下子來得太多，便把火焰澆熄了。

那麼為什麼熔化的臘液不會使正常燃燒的火焰熄滅呢？要明白這個，我們便轉而注意另外一種很有趣的現象——燃料變為氣

體的問題。爲了說明這個，可做一個頂簡單的試驗。你們都嗅過蠟燭熄後的氣味，這氣味是使人不愉快的。當火燭熄後，你們看到從火焰處有上昇的煙霧；這不是煙，而是一種氣體，這氣體也不是別的，而是固體的蠟燭變化成功的。先要小心地把蠟燭熄滅（只要向火焰輕輕的吹至相當時間即可），這時從燭心有氣體放出，試把已經點燃的火柴靠近燈心，可見火柴的火焰怎樣從氣體傳到燭心，把蠟燭又燃着了（第 11 圖）。做這個試驗必須迅速敏捷，否則氣體便會冷卻，變爲液體、固體或完全消失，而使我們的試驗完全失敗。



第 11 圖

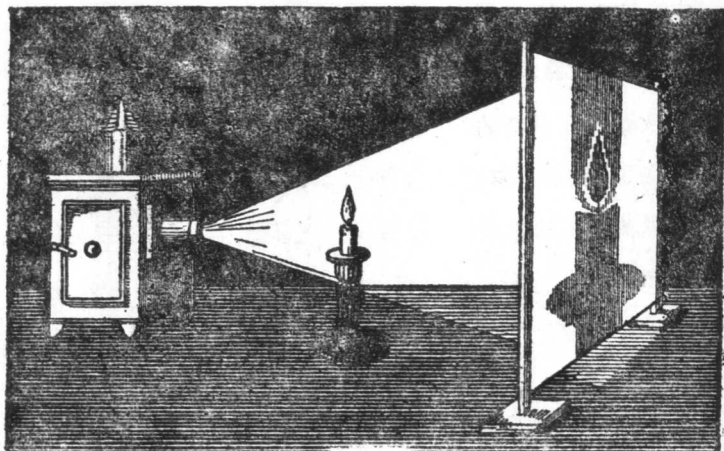
現在我們看看火焰是怎樣構成的。我們必須明瞭蠟燭在火焰特別光亮的部份燃燒時發生了什麼變化，這是很重要的。我們知道金銀和紅寶石白玉等都是光亮，但光亮的程度就比火焰的光亮差遠了。有怎樣的鑽石能比得上火焰的光亮呢？鑽石的光亮不過是一種反射的光亮，而火焰則雖在黑暗中仍然是光亮的。寶石在沒

有光線的場合即黯然失色，而火焰則是自己發光的。

我們要觀察火焰構成的狀態，應先把點着的蠟燭放在玻璃燈罩裏，免去空氣吹動的影響。它燃燒的火焰是勻稱的，普通的形狀是和圖上一樣的；但一般的火焰形狀是隨空氣的流動和蠟燭的大小而有不同。我們所看到的是光亮的長形的圓錐，上端比底部光亮；在中間靠近燈心處有比較黑暗的部份。這是因為蠟質的燃燒在這裏不及頂端完全的緣故。

在這裏我介紹給你們一個火焰燃燒圖（第12圖），是一位叫庫克爾的學者幾年前畫的。這個圖表示了燈的火焰的燃燒情形，它能幫忙我們了解蠟燭的燃燒。蠟燭的小凹是相當於燈的油池，熔化了的蠟液相當於燈的油液，至於燈心則兩者都有。在庫克爾的圖上，火焰在燈心上向上燃燒，火焰週圍有在普通情況下不能看到的氯化物層。在圖上也表現了火焰燃燒時所不能缺少的空氣，它在向上移動時形成氣流，使火焰向上伸延到相當的高度。要證明以上所說的話，可將燭火放在太陽和一張白紙的中間，此時紙上即有火焰的影子出現（第13圖）。既然火焰自己有充足的光亮可以使別種物體發生黑影，它自己卻也能顯出影子，這不是挺奇怪嗎？同時可以看到在火焰影子的週圍，有一種東西與火焰是分離的，但與火焰同時上昇並迫使火焰上昇。



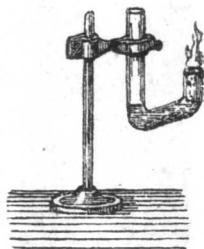


第 13 圖

假如我們沒有太陽，我們可以找到另外一種光源；我們找一個大的油燈，它所發的強光可以代替太陽。把蠟燭放在油燈和布幕的中間，這樣就可以得到蠟燭火焰的影子。在圖上同時可以看到蠟燭和火焰的黑影。在這裏你看到火焰的黑暗部份，和庫克爾圖上所表現的是一樣的；還有一部份是光亮的。如果你仔細看，你會發現在影子上最黑暗的部份，實際上是最光亮的；相反也是一樣的。在幕布上也可以看到因熱而向上昇的、同時也使火焰向上的空氣流的黑影。空氣是火焰所不可缺少的，同時它也使蠟燭小凹的邊緣冷卻。

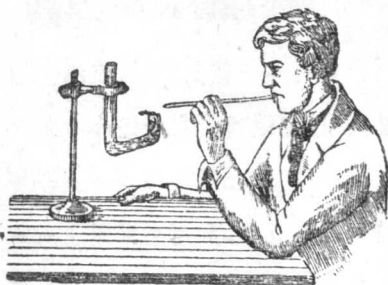
另外一個試驗證明藉着空氣流動的力量，火焰可以上昇，也可以下降。這個試驗不是用蠟燭，而是用別的火焰作試驗。並且我們使空氣不是向上昇，而是向下流動的；換句話說，就是不使火焰向

上,而是向下燃燒。用下面簡單的小裝置(第 14 圖)就可進行試驗。我們用酒精燃燒發生火焰。酒精的火焰是不發煙的,它的光亮也不很大;爲了容易觀察,我們可以使火焰着色,以減少試驗的困難^①。現在點燃酒精,火焰就向上升起,這是因爲空氣向上流動,同時保持火焰燃燒的關



第 14 圖

係;其次取玻璃管從上邊向火焰吹氣(第 15 圖),如此則使空氣流動的方向改變,就可看見火焰向管內燃燒了。在日常生活中,可以



第 15 圖

看到有些燈的火焰是上昇的,煙是向下出的,或與此相反——煙向上而火焰向下。這證明空氣流動的方向改變,則火焰的形狀和方向也隨着改變了。

我們看到過火焰的各種形狀。但是要想澈底的研究它的

構造,則必須叫它有相當固定的形狀。

在研究長火焰的形狀中,我們發現它不能長久保持正常的形狀,而是可以分成枝叉的。爲了證明這一點,我不用蠟燭,而用一種新的燃料。這裏有棉花一大堆,用酒精浸濕,然後點燃,細心觀看它

① 混合氧化銅少許於酒精,則可得綠色火焰。