

燃烧

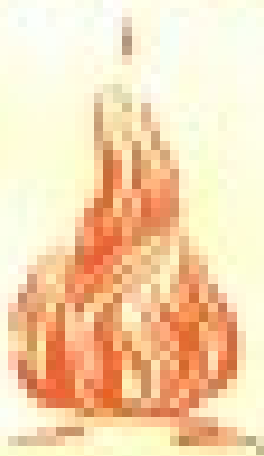
黄炳荣 楼书聪



科学普及出版社

燃烧

—— 科学幻想 ——



（一）

燃 燒

黃炳榮 樓書聰

科学普及出版社

1957年•北京

本書提要

燃燒和人類生活是有密切關係的。原始人因為掌握了燃燒才得以熟食，才漸漸懂得了製造陶器、冶煉金屬，進而控制了一部分自然條件，使人類生活得到很大的提高。到了現代，人類和燃燒的關係更為密切了。火力發電、蒸汽機、內燃機都要利用燃燒取得動力；離開了燃燒，人類簡直就無法生存了。因此，很早以前科學家（包括古代的哲學家）就開始研究燃燒，而在深入研究燃燒本質的基礎上，產生了化學這門科學。

在通常的化學課本里，不能把有關燃燒的知識介紹得很詳細，也不可能充分地聯繫實際來講。本書正好能補足這一缺點。本書的作者不但用通俗的文字介紹了形成燃燒的科學道理，同時也結合介紹了和燃燒有關的一些科學和歷史知識。

總號：551

燃 燒

著 者：黃 炳 榮 樓 書 聰

審 閱 者：俞 崇 智

出 版 者：科 學 普 及 出 版 社

（北京市西便門外郵家灣）

北京市書刊出版業營業證出字第091號

發 行 者：新 華 書 店

印 刷 者：北 京 市 印 刷 一

（北京市西便門南大街乙1號）

開本：787 × 1092 毫米

印張：14

1957年11月第1版

字數：33,500

1957年11月第1次印刷

印數：4,700

統一書號：13051·52

定 價：（9）2角1分

52
H6

目 次

前 言	1
火的故事	1
物質的燃燒	8
燃燒的条件	13
談談取火	19
怎样从燃燒中获得高温	24
利用燃燒的灯	36
燃燒的危害	42

前 言

燃燒和人類的关系是非常密切的，人類的生产和生活，都离不开燃燒。

我們的祖先利用了火，才能熟食，才学会了燒制陶瓷和冶煉金屬，才能大大地改进生产改善生活，跨入了新的时代。

十八世紀的工業革命，应用了蒸汽机，就改变了工業的面貌，改变了人類生活的面貌。但是这一切也是建立在鍋爐和燃燒的技术上的。

二十世紀虽然是电和原子能的世紀，可是燃燒仍起着它的作用。要知道，靠燃料燃燒而获得电能的火力發電，至今还起着重要作用。至于現代人的日常生活的各方面，煮飯、燒水、取暖，就更离不开燃燒了。

燃燒在人們的手中，是一股巨大的創造力量和毀坏力量，人們對燃燒的研究过去曾大力进行过，現在和將來还要繼續不斷地进行着。

这本小册子向讀者介紹一些有关燃燒的常識。

火 的 故 事

1. 人类是在什么时候开始用火的

五六十万年以前，当猿人还用打击出来的石器击退野兽的时候（历史上把这个时期叫作旧石器时代），已经开始用火了。我国考古学家和化学家已經証明，中国猿人是最早用火的一批。在周口店一帶發掘出来的含有灰燼的地層，使人深信人類使用火的历史是很悠久的。我国考古学家还發現中国猿人所

用的骨器（用动物骨骼做成的工具），在制造过程中就使用了火：先用火將鹿角需要折断的地方鍛燒，然后用力打击，就很容易地把它截成兩段。

猿人学会用火并不是簡單的事。野兽看見了火，都会吓得四散逃奔。原先，猿人也正是一样害怕火的。那么，猿人是怎么会去用火的呢？

猿人最初發現的火一定是自然火，可能是雷击或者是火山爆發引起的森林火灾。起初，猛烈的森林大火一定燒死了不少猿人和动物，因此在很長一段时期內，猿人对每次林火都是十分驚訝和害怕的。但是到后来，猿人吃到了被林火燒死的动物的肉，特別清香有味，就漸漸引起了熟食的念头，才使他們想到怎样利用火去烤兽肉。

火的發現和使用是原始人和自然作斗争所取得的巨大成就。人类用火能支配一部分的自然力，因而使人类的物質生活条件發生了重大的变化：火燒过的魚、兽肉、植物等都可作为人类的食物，从而使人类的粮食增多；人类从生食变成熟食，大大减少了疾病，人类的生存率也因此提高；用火可制造各种比較完善的生产工具，就改进和扩大了人类的生产；火可用来御寒，于是人类有可能散居到地球上大部分的地方，特別是寒冷的地方；同时还可以用火防御野兽的襲击；……。不过，人类不是一开始就掌握了火的許多用途，而是从用火烤煮兽肉起，通过不断的劳动，才学会取火，再漸漸地学会燒制陶器，学会冶煉金屬，逐步使火馴服，变成人們改造自然的强有力的工具。

2. 万物之源

人类使用了火以后，火在人們的生产、生活上日益显示出它的重要作用，于是就引起了人們对火的注意，就引起了爱好

研究的學者們的注意，去探求火的本質，探求火和自然界萬物間的關係。

2,500 年前(約公元前540—480 年)，有一位古希臘哲學家赫拉克利特，就曾把火看作是萬物之源。他和當時大多數哲學家們認為自然界的萬物都是由一種物質本原變出來的。這個本原既不是水，也不是氣，而是一種比這些更靈活更善變的東西，那就是火。火變成萬物，萬物復歸于火，就象黃金換成商品，商品換成黃金一樣。

過了 200 年，當時希臘最有名的哲學家亞里斯多德修正了這種見解，提出了四元素論。他認為火、氣、水、土是最簡單的物質，自然界的一切物質都是由火、氣、水、土構成的。

亞里斯多德的四元素論，流傳了一千多年，成為中古時代(14—16 世紀)煉金家的理論基礎。煉金家們認為任何物質(包括黃金以及其他金屬)都是由基本要素按照一定比例組成的，於是他們就耗盡了心血，想用火把普通的金屬變成黃金。圖 1 是歐洲古代煉金家表示元素關係的圖解。

現在我們已經知道自然界中的萬物，確實是由數目不多的元素所組成的。但是人們用象燃燒這類化學方法，決不能把一種元素轉變成另一種元素。當時煉金家們所追逐的物質——黃金，正是現在我們認為的元素之一。把普通金屬用火鍛燒成黃金，當然

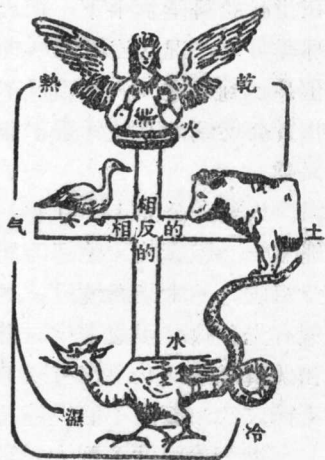


圖 1 歐洲古代的煉金家表示元素關係的圖解。

是不可能的事情。

我国古代也有类似学说，战国时代(約公元前400年左右)，就有五行学说。它認為天地万物都是由金、木、水、火和土五种物質生成的。接着，在公元前300年就有了煉金术。但是，到四、五世紀时，煉金术就和制葯工作相結合，从幻想气氛中分化出来，創造了多种葯品，也掌握了它們的用途。因此，当时我国这方面的进步比欧洲的葯物化学时期(16世紀)又早了一千多年。

3. 燃素

火是什么？不知有多少人曾經思索过这个問題。經過許多曲折的道路，我們才知道火是在可燃物質燃燒时产生的一种現象。

前面已經談过，起先人們是把火当作一种物質来看待的。在当时的科学水平下，把火当作物質并不象我們現在所想象的那樣可笑，况且当时那些理論在表面上看来，似乎很有“道理”。但是，到后来人們發現并不是任何物質都能燃燒。为什么有些物質会燃燒而有些物質不能燃燒呢？这个問題引起了許多人的兴趣。

大約在公元1,700年，德国科学家許太尔創立了新的燃燒理論——燃素論。他認為能燃燒的物質都是由燃素和灰分兩部分組成的。木柴燃燒时，其中的燃素就跑到空气中去了，这时就有光和热的現象發生。燃素跑完后，留下来的就是灰分。煤和硫黃燃燒时几乎沒有灰分留下来，那么它們几乎全部是由燃素構成的；石头不能燃燒是因为它沒有燃素的緣故。

燃素論經過了許太尔學生們的补充，內容变得非常完整了。它相当完滿地解釋了許多本来是难以理解的現象。例如有人問：蜡燭为什么不能在密閉的容器中繼續燃燒？燃素論者就

說：物質燃燒時空氣吸收燃素就象海綿吸收水分一樣容易，但是密閉容器中的空氣有限，所能吸收的燃素也有限，到後來由於空氣不能繼續再吸收燃素，於是燃燒就停止了。燃素論也相當完滿地解釋了從礦石冶煉金屬的過程：因為礦石是金屬的灰分，當它和煤炭共熱時，煤炭中的燃素就和礦石結合起來，於是它們就變成了金屬。

十八世紀許多的科學家都同意了這種說法，燃素論也使科學家充滿信心地去鑽研化學。

雖然燃素論統治着化學有一百年之久，但是燃素到底是一種什麼物質，人們并不知道。有些人猜它是氣體，也有人說不是，可是誰也沒有看見過。直到俄國科學家羅蒙諾索夫發現了物質不滅定律後，才知燃燒並不是物質放出燃素的緣故，而是另外一回事。

4. 羅蒙諾索夫的功績

十八世紀中葉燃素論對某些現象的解釋，已經不能使人滿意了。煤炭燃燒以後剩下的灰分，它的重量比原來輕，燃素論者說這是煤炭中燃素跑掉的緣故。當然，失去了一部分物質，重量總是要減少的。但是後來發現，許多金屬在鍛燒後，重量反而增加了，這是為什麼呢？燃素論者就無法給以完滿的解釋。

俄國聖彼得堡科學院院士米·華·羅蒙諾索夫就獨立地進行研究，提出了一種嶄新的理論。他認為金屬加熱後重量的增加，說明了在金屬表面流動的空氣中的微粒和金屬結合起來的緣故。1748年在他給友人的信中很明顯地表示了他對自然界變化的看法，他寫道：“自然界的一切變化都有這樣一種共同的情況：某一物減少瞭多少，在另一物上就加上了多少。……失眠的時間多了幾小時，睡覺的時間也就少瞭幾小時。”就這樣，他在理論上說明了自然界存在着的不變的規律——物質不

灭定律。

1756年，他又用实验方法证实了物质不灭定律。他在密闭的玻璃容器中將各种金属煅烧(圖2)，在事前和事后都用天平来秤瓶子和金属，结果真象他所估计的一样，重量完全不变。

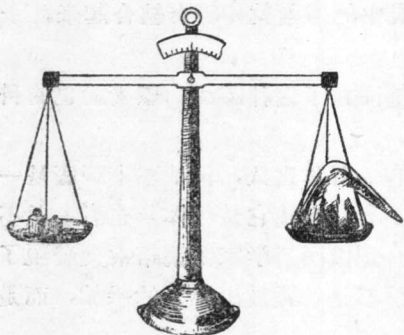


圖2 罗蒙諾索夫的实验裝置。

罗蒙諾索夫的發現，在各国学术界引起了很大的影响。天平在化学实验中的应用也逐渐受到了重視。

5. 新的發現

1771年瑞典化学家卡尔·社勒，他在研究空气组成的时候，發現在密闭的容器中燃燒易燃的物质如磷和硫后，空气的体积减少了五分之一。他就猜想空气并不是由單一的物质组成的，并且認為只有其中一部分气体能支持燃燒。他叫这部分气体为“火气”。

有趣的是在唐肃宗(公元756年)时期，我国学者馬和的著作“平龙認”中，对空气组成的复杂性曾經有过类似的說法。他把能够支持燃燒的一部分气体叫作“陰气”。該書的抄本被一个名叫波尔南的外国人帶到国外，法国学者克拉普罗特就根据这个材料写成了“第八世紀中国人的化学知識”的論文。这篇論文已成为化学史上的重要文献之一。所可惜的是这本抄本至今并没有被找到，馬和的身世也无法知道。

在社勒的發現之后又过了三年，英国科学家普利斯特里在無意中制得了氧气。那时凸透鏡剛發現不久，普利斯特里对凸透鏡的聚光作用很感兴趣。当他用巨大的凸透鏡把太阳光集中

在橙紅色的三仙丹（氧化汞）粉末上時，使他感到很奇怪的是，受熱的地方出現了銀白色的水銀珠滴。再仔細觀察時，他看到在水銀生成的地方，同時有氣泡冒出。他設法收集了這種氣體（就是現在我們所說的氧氣），並且對它進行了研究。

普利斯特里雖然發現了氧氣，但是他仍然是燃素論的擁護者。他對蠟燭在這種氣體中能燃燒得更猛更亮的現象是這樣解釋的：這種氣體是沒有燃素的氣體，比起平常的空氣來，它要吸收更多的燃素，所以蠟燭在這種氣體里燃燒，會發出耀眼的光芒。

同年，普利斯特里到巴黎去游歷，會見了法國科學家拉瓦錫，談起了發現的奇怪現象，這給拉瓦錫一個很深刻的印象。

6. 拉瓦錫的研究

當時拉瓦錫也知道三仙丹是用水銀在空氣中鍛燒（在空氣中強熱）而得到的，但是不知道水銀在空氣鍛燒過程中究竟起了怎樣的變化。他設計了一個實驗：把少量的水銀放在長頸的玻璃曲頸甌里，曲頸甌的頸口通到一個玻璃鐘罩內，並把這個鐘罩放在水銀槽中（圖3）。很显然，曲頸甌和玻璃鐘罩內的空氣是連通的，但是和外面空氣是隔絕的。他把曲頸甌里的水銀加熱，水銀面上就逐漸出現了紅色的三仙丹。在開頭的五天中，三仙丹生成得相當快，以後就慢了下來。到第十二天，三仙丹不再繼續增加了，這就表示

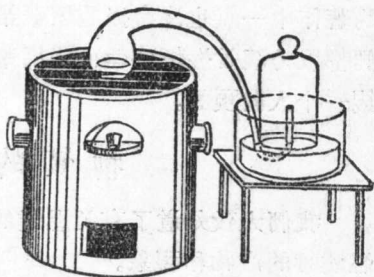


圖3 拉瓦錫研究空氣所用的裝置。

剩餘的空氣不再和水銀起作用了。于是他停止了加熱。這時他發現曲頸甌和玻璃鐘罩內空氣的體積減少了。只剩下原來體

积的五分之四。在殘存的空气中，燃着的蜡燭会很快地熄灭，活着的小动物也会很快地死去。拉瓦錫又很仔細的將曲頸甌里的三仙丹收集起来，并放在另一較小的曲頸甌內加强热，重新得到了水銀。他發現釋放出来的气体的性質和普利斯特里所講的完全一样，他叫它为氧气，而这份氧气的体积恰恰等于鐘罩里减少的空氣的体积。將这份氧气和前面實驗中所剩下的气体以一和四的比例混和，所得到气体的性質和平常的空氣性質完全一样。这样，拉瓦錫就發現了空氣并不是單獨一种物質。金屬鍛燒后重量的增加原来就是空氣中氧和金屬結合而生成氧化物的緣故。

各种不同的實驗，又証明了鍛燒和燃燒的本質是相同的。物質經過鍛燒或燃燒后所得到的產物都是氧化物，例如金屬鐵在鍛燒或燃燒后所得到的都是四氧化三鐵。至此，拉瓦錫才發現火不是什么物質本原，而是物質燃燒过程中所表現出来的光和热的現象。

1779年，拉瓦錫向巴黎科学院提出了新的燃燒理論，說明了燃燒是物質和氧化合时發光發热的化学現象。但是在拉瓦錫的著作中一点也沒有提起罗蒙諾索夫和普利斯特里，慢慢地人們都以为經過燃燒實驗而得出來的物質不灭定律和氧气是拉瓦錫一个人發現的。

物質的燃燒

我們大致知道了有关燃燒的历史，現在再来研究一下物質燃燒时的產物和現象。

1. 蜡燭燃燒后变成了什么

有些物質在空氣中燃燒时，变化是相当簡單的。例如碳燃燒时，碳和氧化合成二氧化碳气体；硫黃燃燒时和氧化合成刺

鼻的二氧化硫气体；磷燃燒时和氧化合成五氧化二磷。碳、硫和磷都是單質（不能分解的最簡單的物質），單質燃燒时往往只生成氧化物。

那么化合物（能分解的复杂的物質，如蜡燭）燃燒时生成什么呢？

用干燥的冷玻璃杯罩在石蜡制的蜡燭的火焰上（圖4），不久，在杯壁上就可以看到一層白濛濛的水珠，这說明蜡燭点燃时有水蒸汽生成。要是在干燥的玻璃杯里先用澄清的石灰水瀉一下，再將玻璃杯罩在火焰上，很快就可以看到杯壁上的石灰水变得渾濁了。因为石灰水碰到二氧化碳气时，就会生成白色的沉淀物——碳酸鈣，使水渾濁（用玻璃管向石灰水中吹气，也可以看到这个現象，因为我們吹出的气是二氧化碳气），因此就說明蜡燭燃燒时还产生了二氧化碳气。

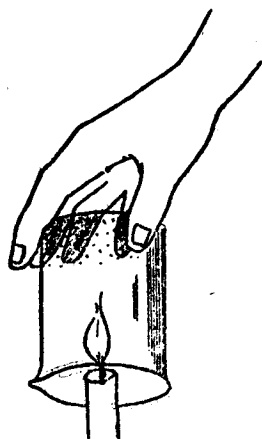


圖4 蜡燭的燃燒。

石蜡燃燒后为什么生成水和二氧化碳呢？原来石蜡是由氢原子和碳原子組成的化合物，在燃燒时氢和氧化合成水，碳就和氧化合成二氧化碳。

有机物是由碳、氢、氧、氮和硫等元素組成的，因此在它的燃燒产物中往往有二氧化碳、水、二氧化硫和氮气（氮原子很不活潑，在平常情況下不和氧化合）等，但是燃燒的主要产物还是二氧化碳和水。

2. 火焰

我們知道了物質燃燒后的产物，現在再讓我們研究一下物

質燃燒時所產生的火焰。

當你仔細觀察蠟燭火焰的時候，你會看出火焰是由三部分組成的(圖5)：最里面的部分呈暗紅色(我們叫它為焰心)；中間的一層最亮(我們叫它為內焰)；最外面的一層是淡黃色的，不很明顯(我們叫它為外焰)。要是我們用一根細玻璃管小心地插入焰心部分，這時玻璃管口就會有白色的象霧狀一樣的東西



圖5 蠟燭的火焰。

出來，這種東西也可以燃燒，它就是氣態的石蠟。

如果把冷的刀片插入內焰，過一會兒我們就可以發現刀面上蓋上了一層煙炱——微小的炭粒子。

為什麼火焰會分成三層呢？我們可以來分析一下。當你點起蠟燭時，固體的石蠟就熔化成液體，這種液體石蠟就成了蠟燭芯下面的油池。蠟燭芯是用多股的棉紗綫編織成的，在燈芯中就形成了很多根毛細管，正象毛巾能吸收水分一樣，燈芯也同樣能吸取液態的油。液體的石蠟在燈芯上受熱而汽化，這就構成了焰心。石蠟蒸汽一面燃燒一面在高熱下分解，由於火焰中部氧氣供應

不夠，這些蒸汽和分解產物不能完全燃燒就產生一部分炭粒子。這些炭粒子在高溫下，就象燒紅的炭一樣，發出了強光，形成了內焰。到了火焰外層，石蠟的一切分解物都燒完了，這就構成了不光亮的外焰。因為外焰直接和空氣接觸，燃燒得最充分，因此溫度也最高。

蠟燭燃燒時，四周的空氣由於受了熱就往上升，這樣便帶着石蠟蒸汽、碳和氫一同升上去，於是火焰向上顫動着，好象活的一樣。

煤油燈和酒精燈燃燒時，形成的火焰也分為三層。由於各層火焰的燃燒情況不同，溫度也有不同，大致上都以外焰的溫

度为最高。

3. 燃烧是不是一定都有火焰

点燃蜡烛时有火焰，点燃煤气灯时也有火焰，燃烧木柴时同样有火焰，但燃烧木炭有时有火焰有时却没有火焰。读者自然会提出疑问：为什么木炭燃烧时会没有火焰呢？木炭和木柴不同的地方在哪里呢？

我们先来看一看木炭是怎样制成的：将木材堆积起来，并盖上了土，在土堆上面挖几个出气孔后，就点燃木材。这样，一部分的木材着火了，大部分的木材因为空气供应不足，就在高温下逐渐被烤焦而变成炭。这就是土法“烧炭”。

我们还可做一个木材干馏的实验（图6）：在试管中放入一些干木条，在管口上塞一个带尖嘴玻璃管的单孔软木塞。在装有干木条的试管底部用酒精灯加热，慢慢地木条就变成了炭条，同时在试管口就有液体聚积，在尖嘴口上也有气体逸出。当我们用火柴点燃这气体时，尖嘴口就有了火焰。这就说明木条干馏时，会产生一种可燃的气体。

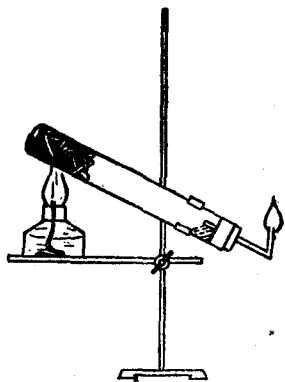


图6 木材变成炭。

现在我们可以明白为什么木炭燃烧时没有火焰的道理了。原来木柴在燃烧时，它一面干馏，一面燃烧，干馏产生了可燃的气体，这种气体燃烧时就形成了火焰。而木炭在烧制过程中可燃气体都已跑掉，木炭本身再也没有可燃气体逸出，所以它燃烧时虽然发出亮光，但几乎看不见火焰。当然，你或许也看见过这样的情况，就是在炉中燃烧的木炭，有时候也吐出淡蓝色的美丽的火焰。这是因为炭炉中由

于空气供应不足，在木炭內層就产生了一氧化碳气，一氧化碳气上升到炭火頂端的时候，就和氧化合（發生燃燒）而变为二氧化碳，同时發出淺藍色的火焰。因此，这种的火焰是由于燃燒不完全而引起的，木炭在空气供应充足的情况下燃燒，就沒有这样的火焰了。

一般來說，燃燒时产生可燃气体的往往就有火焰。不过有些物質不能产生可燃气體，但是也有火焰。如鎂帶和磷在燃燒时都不会产生可燃气體，燃燒时也有火焰，这是为什么呢？

原来这种火焰是由烤热了的鎂和磷的氧化产物——氧化鎂和五氧化二磷的固体微粒所形成的。固体微粒灼热后会發出强光，同时空气流又帶着它上升，这样就成了火焰。这些产物冷却以后，就現出了原形，原来是一些白色的固体粉末。

很明显的，要是燃燒时有可燃的气体或有固体的微粒，那末都会有火焰。

火焰的温度一般都很高，液体固然不能存在，都要变成气体，就是固体，也会有一些变成蒸汽。严格地說，物質都是在变成蒸汽状态后才燃燒的，所以实际上物質燃燒时或多或少都会有火焰。

4. 火焰都亮嗎

很多火焰是發光的，如燭火發淡黃的光，照明彈或鎂光灯的火焰，發出耀眼的亮光。但不是所有的火焰都是亮的，酒精灯的火焰就不亮。至于象氫气和硫化氫燃燒时，远远地看过去，简直就看不出有火焰。不过您用一張紙片接触它时，紙片却燒起来了，可見火焰是存在的。因此可以知道，物質产生的火焰是有暗有亮的。为什么呢？我們不妨来研究一下。

有些物質燃燒时产生的火焰之所以暗，是因为它們燃燒后