

淺談物質的三態

王輔羊

台北縣立五股國中

前 言

存在於大自然中的物質可隨著溫度的不同而區分為三態，即固體、液體與氣體的狀態。不管是固體、液體或氣體，均是由許多小粒子所組成的，只是鬆緊的程度不同而已，因此它們在各態中的物理或某些化學性質却不同。除了固體（如冰）外，液體（如水）與氣體（如水蒸氣）是另二態的物體，因其可流動，故合稱為流體（Fluid，此字源出拉丁文，是「流動」“to flow.”的意思），它們沒有一定的形狀，只是能隨器成形罷了！基於這個理由，液體無定形，但能流動。氣體雖也屬流體，但其粒子疏鬆排列，並盡可能地分散開來。

一、固 體

固體是物質三態之一，它有一定的形狀與體積。舉其一端即能取其全體，如金屬、木材、土壤、岩石之類都是固體，或謂之定質。

任何一種物體只要有一定的形狀就是固體，如鹽、糖、橡膠、鑽石、鐵與蠟等是。

有時要想把一個固體擠壓至變形的程度極為困難，這種固體是硬性的，如鐵與鑽石即是。如果一個固體能夠很容易就擠壓變形，則為軟性的。橡膠與蠟即為軟性固體之例。橡膠在被擠壓後又會回復其原形，蠟則否。橡膠是彈性體，而蠟則為塑性體。

固體中的粒子彼此非常強烈地吸引在一起，它們占有緊密的空間，堅固地聚合在一起，此即何以固體有一定形狀的原因。

事實上固體內的粒子並非完全保持不動狀態。它們在所在位置附近振動，就像一個

人站在一處却以腳移動。這種振動量視溫度而變。溫度愈高，振動愈為強烈。

如果溫度升到足夠高的話，振動就變得非常強烈，以致每個粒子彼此斷裂開來。它們開始自由滑動。此時固體熔化成液體。

而熔化時的溫度則叫做熔點。每個固體皆有其自己的熔點。冰在攝氏零度時熔化為水，鉛約在 327°C (620°F) 時熔化，鎢則在 3410°C (6170°F)，為金屬中熔點最高者。

反過來說也是對的。普通的液體物質如果冷卻到一個夠低的溫度時，就會凝固成固體。當溫度下降時，液體粒子的運動速度越來越慢，直到它們固定不動為止。水銀的凝固點約在 -40°C ，酒精約為 -151°C 。甚至像空氣這種氣體，如能充分冷卻，則先液化，再行凝固。

時常，當一固體形成時，其粒子很有次序地占有空間而成幾何圖案。當這種情形出現時，結晶生成。結晶是許多有著一定幾何形狀與直線邊、尖銳角的固體物質。這些形狀是由於粒子排列所造成的。

每個固體物質常結晶成其自己特殊的形狀，例如，一般的食鹽就常結晶成小立方體。結晶形狀的研究叫做結晶學 (crystallography)。

近年來化學家已學會製造純晶體了。這些晶體是由單一型的粒子所構成，幾乎不含任何他型粒子的雜質。當雜質以適量加入其中時，這種結晶還會有許多有用的性質呢！

銻或矽的晶體是一個很好的例子。當少量的某些雜質加入其中時，它們就能單向導電。有時非常有用，可使電流流過如同「單向門」(“ one-waygate ”) 通過一般。

這種晶體可以化合形成電晶體。它們是能控制電流並使其增強的小裝置。電晶體體積非常小，又可取代體積比它大很多的無線電真空管而運作。使用電晶體後，可以製造出各種小收音機與小電子裝置。

研究晶體的特殊性質涉及電學，叫做固態物理學 (solidstate physics)。

二、液 體

液體是物質三態之二，易於流動，沒有一定的形狀，而其表面成平面，能隨器成形，最常見而為人熟知的例子就是水，還有油與酒類。

有些情況下，液體粒子的行為頗似固體，但在另外一些情形中，則似氣體。

例如，液體粒子間較為接近，如固體中的情形。這意思是定量液體佔有特定的空間

。液體與固體一樣，皆具有一定的體積。

但液體中的粒子不固守在一定的位置上。它們像氣體般，可以運動到其鄰近粒子之上下左右的空間。此即何以液體無定形。如將液體注入容器中，則成容器之形。如果倒在桌面上，則散成平面狀。

液體粒子間傾向於聚集在一起的力，是謂內聚力（**Cohesion**）。但液體粒子也有一種被他物吸引之力。例如，它們可被器壁所吸引，這種吸引力叫做附著力（**adhesion**）。水的粒子對於潔淨的玻璃表面之附著力大於其彼此間的內聚力，這就是為何水能弄濕玻璃的原因；另一方面，水的粒子對於蠟之附著力則小於其彼此間的內聚力，此即何以水不能把蠟弄濕之故。水平面在遇到蠟製容器壁時，向上凸起成弧形。

玻璃容器的水平面兩端接觸到器壁，所以向下彎曲成弧形，容器越窄，水面升得越高，此一現象叫做毛細作用（**capillary action**）。透過這種作用，水會在吸墨紙纖維中爬升，同時也部份由於此作用，使得植物根部的水分輸送到莖部來。

液體內部的粒子被各邊的其他粒子所吸引，這些吸引力平衡，結果內部的粒子可自由運動。但是在表面的粒子被其內側的粒子向內拉引，此時則無向外的平衡拉力。這種在液體表面的向內拉力叫做表面張力（**surface tension**）。通常表面張力可使表面積減小。基於這個理由，少量的液體常成球形（在各種形狀中，球形體積有著最小的表面積）。不過，由於重力之拉引常使球形扁平。例如，它使得一杯水的表面變平，但是對於霧中的小水滴，因為它們太小了而不會受到重力的影響，因此成為球形。

有些固體在另一個液體中會非常均勻地分散開來。這就是固體溶解於液體中；產生的是溶液。水可以溶解大量的固體物質；亦即它是個優良的溶劑。化學反應最容易在物質成溶液狀態時發生。根據此理由，生命的進行發生於水溶液中。生物表面看似為固體，但其身上至少有四分之三的水分。

當有些物質溶解在液體中時，它們降低了液體粒子間的吸引力，這減少了液體的內聚力。如此可使液體粒子較易被其他物質所吸引。這就是當肥皂或清潔劑溶於水中時所發生的情形。如此水溶液將弄濕了油性或脂性的粒子，將它們洗掉。這就是為何用肥皂水洗手比單用水效果好得多的原因。肥皂也能減少表面張力，結果表面可以突出液面以產生泡沫。這就是為何人們都要用肥皂水才能吹出泡泡的原因。

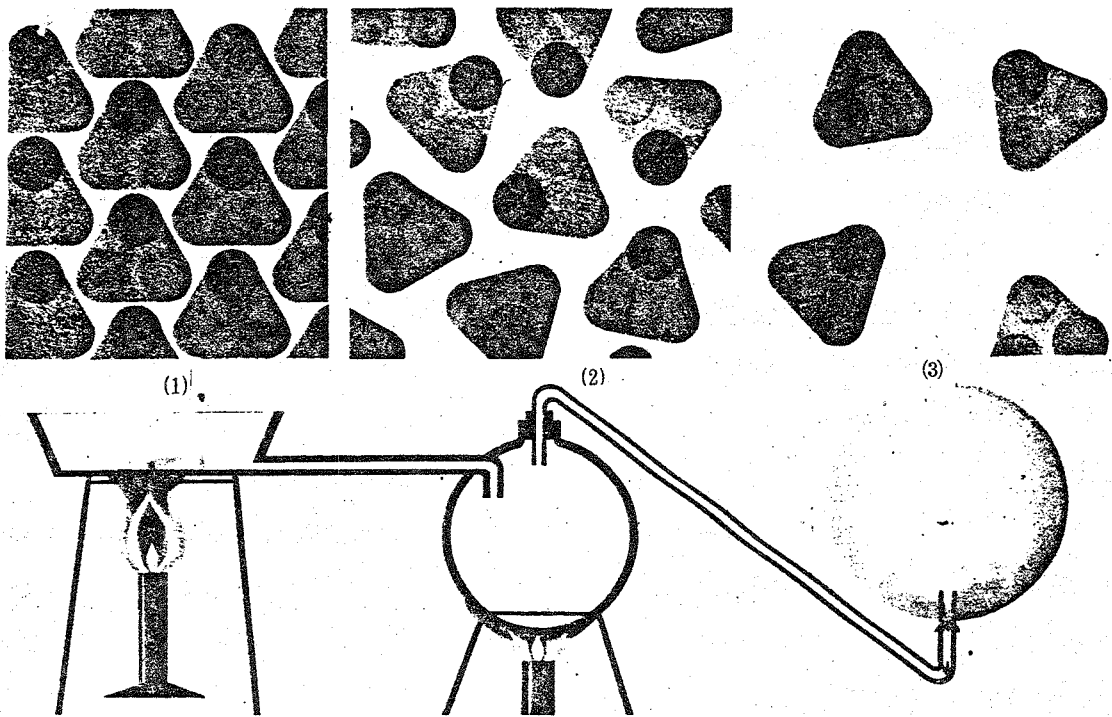
如果液體被強熱到足夠高時，其粒子拉開而失去接觸。液體將在這個溫度沸騰成為氣體。例如，水就變成水蒸氣。反之，若將液體充分冷卻，其粒子失去了自由運動的能力；變成固定不動於原位。我們說液體在此溫度凝固成固體，就像水冷卻成冰般。

液體沸騰的溫度爲其沸點，凝固的溫度爲其凝固點。水的沸點爲 100°C ，凝固點（冰點）爲 0°C 。每一液體均有其自己特定的沸點與凝固點。

如果把固體加熱，它就熔化成液體。如果將氣體冷卻，也能凝結成液體。用這種方法你可以得到熾熱的液態鐵與超冷的液態空氣。

除了水之外，常見的液體有酒精與汽油。酒精是液體中，可與水自由混合的一例。汽油是液體不可與水混合的一例。酒精與汽油皆可燃燒；水則否，反可滅火。

一個十分不尋常的液體是水銀（汞）。它是金屬，但因其熔點很低，所以即使在室溫下也可液化。它的密度是水的 13.6 倍——所以 1 公升的水銀就約重 13.6 公斤了。



圖一 (1)固體粒子是緊密堆積的，加熱後會使粒子散開來。
(2)固體變成液體後，再對液體加熱，粒子會散得更開。
(3)液體變成氣體後，其體積與形狀甚易改變。

三、氣 體

氣體是一種沒有一定形狀的物質，非密閉於容器內，即自由擴散於空中，如空氣等是。當其外形與我們周圍的空氣相似時，吾人即稱之為氣體。

氣體正如固態的物體般，是由許多小粒子組成的。固體中的粒子，比如說一塊糖吧，是緊密地聚合在一起，停在原地不動的。然而，氣體中的粒子則可自由運動；它們較易於散布開來。

基於這個理由，一個氣體樣品是沒有任何特殊形狀的。如果把氣體放置於一個容器內，它將散開而充滿於其中，亦即能隨器成形。氣體也不占一定量的空間。假定有一個氣體樣品可裝滿一個容器，它也能夠填滿另一個兩倍大的容器；因其會散播開來之故。

當有個氣體裝在一容器中時，其運動粒子撞擊器壁而彈回。億兆個粒子不斷地由四面八方彈回來。每一彈回的粒子都具有些推力。所有這些推力累積起來就產生了氣體的壓力。如果你試著去擠壓一個膨脹的氣球，就會感覺到這種壓力。

如果容器做得較小些——以致其占有的空間也小些——我們就說它的體積較小。因其體積較小，氣體粒子彼此間推壓得更緊些。此時粒子只有這麼小的空間可以運動，因此它們每秒鐘撞擊器壁的次數加多了。當體積變小時，壓力就增大了。

倘若容器做得較大些，情況剛好相反。體積變大而壓力相對減小。體積與壓力成（反比）反向變動的情形即是熟知的波以耳定律，這是為了紀念英國的物理學家兼化學家羅伯特·波以耳（Robert Boyle，1627-1691）而命名的，他於十六世紀中葉時發現了這個定律。

假使氣體被加熱，其粒子會運動得更快。它們碰撞器壁而反彈回來的力量更為加強。這就是說壓力增加了。如果器壁可移動，粒子的額外力將把它們推回而產生更大的空間。因此，若是將氣體的溫度增高，不是其壓力變大（如果容器的器壁不能移動），就是其體積變大（假使器壁可移動的話），這就是著名的查理定律，為紀念法國的科學家賈達士·查理（Jacques Alexandre Cesar Charles，1746-1823）而如此命名，他於1800年左右發明此一定律。

倘若器壁有些小洞，一些運動中的氣體粒子就會來碰撞它們而穿透過來，也就是說，容器破漏了。或者假定有兩種不同的氣體被裝在同一容器內。每一氣體內的粒子將會向各方向移動，使得它們兩者相混。這種氣體可由小洞滲漏出去或彼此相混合的能力就叫做擴散。氣體粒子愈重其擴散得愈慢。

當氣體不在容器中時，其粒子可自由地移動。它們將使氣體無限制地擴散開來，除非有什麼東西吸住它。在地球上，空氣就是被重力所吸引而形成大氣層的。

地球的重力並非限制氣體粒子運動的唯一力量。粒子彼此間也以輕微之力相互吸引著。如果溫度降低，粒子運動的速率即減慢，此時它們相吸的效應就增加了。倘使溫度降得夠低，吸力會使粒子聚合在一起不分開。氣體已不再成為氣體了，它已液化而成為了液體。

要想把空氣轉變成液體，溫度必須在很低的情況下，所需的溫度約在華氏零下三百度左右（ $-300^{\circ}\text{F} = -184\frac{2}{9}^{\circ}\text{C}$ ）。有些氣體在它們將液化前，甚至必須冷卻到更低的溫度才行。

另一方面，如果地球上的任何物質被強熱到夠高的溫度的話都能轉變成氣體，水在 212°F （ 100°C ）時沸騰成水蒸氣。如果加熱到 $5,500^{\circ}\text{F}$ （ 3038°C ）時，就是像鐵那樣的金屬也會變成鐵蒸氣的！

在太陽上的溫度，所有的物體都成了氣體狀態。太陽與所有的恒星都是熾熱氣體所成的巨大球體。在恒星之間也是氣體。這種外太空的氣體是非常稀薄地散布的。因其如此稀薄，故只有靈敏的科學儀器才能測知其存在。

地球上許多不同的氣體，這裡要談的是其中一些影響深遠常見的氣體：

a. 空氣：最常見的一種氣體，它實際上是由不同氣體所組成的混合物，其中最主要的是氧氣與氮氣，兩者約各占五分之一與五分之四。食物中的物質與氧化合以產生能量；此即為何吾人體內需氧的原因。空氣中的氮對我們沒什麼影響，但其確有沖淡氧的效果，以緩和氧化作用。

b. 氨：這種氣體有著強烈的刺鼻臭味。它在水中很容易溶解，即成為氨溶於水的溶液，（ NH_4OH ）氨水可以瓶裝購買，用在洗滌和許多其他用途上。

c. 氫：它以少量出現於空氣中，不與別的物質化合，為惰性氣體（鈍氣、稀有氣體）之一，這就是為何它被用於燈泡中的緣故，因此處需要的是一種不會與熾熱的金屬絲相化合的金屬。

d. 二氧化碳：此氣體可以少量存在於空氣中。它亦可在體內產生，你所呼出的氣體中就含有相當量（ $\sim 10\%$ ）的二氧化碳。少量的二氧化碳是無毒的。

e. 一氧化碳：它產生於汽車的廢氣中，也包含於一些廚房廢氣中。它與二氧化碳不同的一點是，相當有毒性。

f. 氯：它是一種有刺鼻氣味的黃綠色毒性氣體，用於漂白劑上，可殺死飲用的自來水中之細菌。

g. 氮：亦為鈍氣之一，重量為空氣的七分之一，因此常用於氦氣球上。當其冷卻至 -452°F (-269°C) 時，即成液體。（註：氮之原子量為 4）

h. 氫：它只有氦氣的一半重，是所有氣體中最輕的一個。但因它遇火花有爆炸性，所以用在氣球上較危險！

i. 甲烷：又名沼氣，分子式 CH_4 ，是一種易燃氣體，常用於烹調食物的燃料與暖氣上。

〔（改寫）取材自“*The New Book of Knowledge*”，波士頓大學藥學系 Issac Asimov 作，〔PP. 57～59，PP. 251～252，P. 310〕，並參考「辭源」〕。