

野馬與塵埃 大氣 懸浮粒子

壯氣南山若可排，今為野馬與塵埃。
清談落筆一萬字，白眼舉觴三百杯。
周鼎不酬康瓠價，豫章元是棟梁材。
眷然揮涕方城路，冠蓋當年向此來。

宋·黃庭堅〈過方城尋七叔祖舊題〉



北宋元豐元年（西元一〇七八年）青年詩人黃庭堅路過方城（今河南方城縣），順便去尋找他已逝長輩曾經題字過的地方。庭堅的七叔祖黃注，字夢升，是個豪氣干雲又才氣縱橫的文學家，不過一生仕途卻不怎麼得志，只作個「南陽主簿」的小官。黃庭堅對著舊題緬懷著這一位先輩，而今時過境遷，豪氣、文才早已化為烏有，因而寫了上面這首詩，並以「野馬與塵埃」來描寫人生的虛幻。

「野馬與塵埃」典出《莊子·逍遙遊》：「野馬也，塵埃也，生物之以息相吹也。」從莊子的語氣看起來，「野馬」、「塵埃」是兩樣不同的東西，但是它們之間的可相同點是十分微小輕浮，乃至可以被生物微弱的氣息所吹動。然而後代文人往往不察，而把它們當成是同一個東西。這個誤解惹出北宋大科學家沈括的指正，在他的大作《夢溪筆談》裡列出：

「莊子言：『野馬也，塵埃也。』乃是兩物。古人即謂野馬為塵埃，如吳融言：『動梁間之野馬』；又韓偓云：『窗裏日光飛野馬』，皆以塵埃為野馬，恐不然也。」

吳融及韓偓的文章及詩句硬是把野馬和塵埃等同起來，的確是一個誤解。沈括不愧是科學家，從莊子的語氣中就推知野馬與塵埃是不同的兩樣東西，因此不會人云亦云。然而「野馬」到底是什麼東西呢？沈括接著指出：「野馬乃田間浮氣耳。遠望如群羊，又如水波。佛書謂：『如熱時野馬、陽焰』即此物也。」

用現代語言來說，「野馬」並不是一種「東西」，而是一個大氣「現象」。白天地面受日照變熱，近地面的空氣也會因熱傳導而變熱。在氣壓相同時，熱空氣的密度要比冷空氣小，因此產生浮力而上升，而它周遭的空氣因較冷，因而較重，便可能下沉，或者因為暖空氣上升而被迫作出補償性的下沉運動，這便是「自然對流」運動。

很顯然在一個對流中的空氣層，即使是同一高度的空氣密度也不會均勻，而是有的部分密度大，有的密度小。當我們透過這一層對流中的空氣遠眺遠方的草原森林時，那些被長草或樹木所散射的陽光進到我們眼睛之前，會先經過這層密度瞬息變化不定的空氣，結果光線的路徑也隨之彎來彎去（這便是折射現象），草原森林的影像一下子對焦，一下子失焦，像是隔著一層翻騰的氣

泡。便形成沈括所說的「如群羊」，像一群來回走動的肥羊，又「如水波」的波動，現代名詞稱為「閃爍」。

氣溶膠與大氣懸浮粒子

難道「野馬」與「塵埃」一點關係都沒有嗎？實又不然。「野馬」其實代表著空氣的不穩定性，也正是大氣的不穩定性才能夠支持大量的懸浮塵埃。要是「野馬」不夠「野」，這些塵埃便要紛紛「落定」了，因此從這個角度看來，野馬與塵埃雖不是同一個東西，卻是緊密關連的。

一般人心目中的塵埃多半是像沙粒般的固體粒子，其實塵埃中也有不少液態的油滴、水滴，或外表為液體所包裹的固體粒子。只要它們的大小能夠被空氣擾動中的上升氣流所支撐，便得以長久懸浮在空氣中。像這樣只由氣態介質來支撐一些懸浮其中粒子的系統叫做氣溶膠，而其中的粒子則稱之為氣溶膠粒子或懸浮粒子，或簡稱「浮粒」。

浮粒的尺度

浮粒的顆粒大小差別很大。大風起時，漫天風砂中的砂粒當然也是浮粒，但它們的顆粒相當大，在1毫米上下，用肉眼便可以清楚分辨出來。這樣大的粒子很難在空氣中長久停留，只要風力稍弱，它們便紛紛落回地面。

真正能在空氣中長久懸浮的粒子要比1毫米小得多，通常都在10微米以下（1微米是1米的百萬分之一）。大量的浮粒其實都在1微米以下，常被歸成一類，稱之為次微米浮粒。這些次微米浮粒已經小到肉眼不能直接分辨，通常須用顯微鏡，甚至電子顯微鏡才能看見它們。只有當它們的濃度相當大的時候，藉由強光的照射下才能讓我們肉眼看到一層似煙似霧的東西。

而「煙」又是什麼東西呢？它其實是一團浮粒。由燃燒過程產生的浮粒有大有小，而它們的大小往往由它們被陽光照射時所顯出來的顏色便可大略探知。例如燒煤工廠中大煙囪冒出的滾滾濃煙，隔著陽光看起若是黑褐色的，代表其中顆粒頗大，而且濃度頗濃。這樣的濃煙若是映著陽光，有時候看起來很白，代表煙中含有大量水分，而浮粒會被一層液態水包裹，而水滴反射陽光頗強，所以看起來是「白煙」。



沈括

「青煙裊裊」。

「大粒子」的問題

德國大氣化學家雍耶（Christian Junge）把大氣中的浮粒按其大小分為三類：艾特肯粒子（Aitken Particles）：半徑小於0.1微米的浮粒；大粒子：半徑在0.1~1微米的浮粒；巨粒子：半徑大於1微米的浮粒。這種分類法很顯然地把「大粒子」的地位凸顯出來，因為它們的尺度界定得最清楚，這是有其道理的。

道理之一是，粒子的大小和它們能否在人體內停留頗有關係。當我們呼吸時，空氣中的浮粒當然也會隨著吸氣氣流進入鼻腔。我們鼻腔中的鼻毛便是一組空氣過濾器，氣流中若有巨粒子，大多數被鼻毛擋住過濾掉，而與鼻液凝合成塊，這是在空氣污濁的大都市中生活的人們的共同經驗！大粒子及艾特肯粒子則由於顆粒甚小以致它們可以溜過鼻毛的過濾而進入肺內。

眾所周知，人類肺臟中有數不清的彎曲通道。這些原為迅速吸收氧氣而「設計」的通道，對於微粒來說卻等於是「迷宮」一般。艾特肯粒子由於體型太微小，它們倒很容易從通道中又隨著呼氣過程而被排出體外。但是對「大粒子」而言，想要從小通道中「全身而退」就沒有那麼簡單了。結果許許多多的大粒子全被卡在通道中，阻礙了這些小支氣管的暢通。如果大粒子本身含有毒性的話，則後果更不堪設想！

另一個和大粒子有關的現象是氣溶膠的老化現象。原來氣溶膠中剛被製造出來的時候，其中浮粒的尺度譜，或稱為「粒徑譜」，有可能很寬，因為有許多艾特肯粒子，也有許多大粒子及巨粒子。但是說也奇怪，如讓

然而有些工廠煉油廠的煙囪有時會排出一些看起來是藍色的煙。這代表著煙中的粒子十分小，多半是次微米浮粒。這些小粒子的光學特性便是強烈散射陽光中短波的藍光，結果我們便會看到

這團氣溶膠懸浮了幾天之後，無論它原來的粒徑譜是什麼型態，它會「老化」成一個幾乎是標準狀態，即以大粒子（靠近0.1微米，有時稍小）為尖峰濃度的譜型出現。這是什麼道理呢？

原來這和氣溶膠的「動力特性」有關，也是雍耶的另一發現。浮粒在氣溶膠中會因遭受空氣分子不間歇的撞擊而產生隨機運動，這通常稱為布朗運動，因而兩個浮粒彼此相撞的機會也不小。兩個小粒子撞在一塊，如果良緣天定，就會合併成一個較大的粒子。這一來當然便改變了粒徑譜的型態。這種因布朗運動相撞而合併的情形以艾特肯粒子最為迅速，因為它們個子小，以致布朗運動較為顯著的關係。於是乎，一團新鮮的氣溶膠在過了幾天之後，艾特肯粒子大都紛紛合併成為大粒子。

而巨粒子呢？它們並無顯著的布朗運動效應，但是由於它們的體型較大，有許多大塊頭在幾天之內便掉落地面，不再是氣溶膠的一分子了。反之，那些「大粒子」既無太迅速的布朗運動效應，因此不太會合併增長成為巨粒子；而另一方面，它們的體型又不夠大，不會像巨粒子那麼容易掉落，因此過了幾天之後，大粒子們還是



USGS/EPF

火山活動可以輸送大量浮粒進入大氣層高層，造成氣候影響。

大致保持原樣，掛在那裏。

所以，氣溶膠老化現象的總結果便是，艾特肯粒子與巨粒子迅速減少，而大粒子則略有增加。於是乎，尖峰濃度總是出現在大粒子的尺度附近。

浮粒在大氣中的角色

這些被野馬載奔的塵埃浮粒並不只是無所事事地掛在天空中漫遊。它們的存在對於大氣的物理及化學過程有相當大的影響。

首先，如果空氣中有大量浮粒的話，能見度馬上降低，整個地區會被一層煙霧似的浮粒所遮蓋而使景物的輪廓顯得模糊不清。氣象學上的「霾」便是這種浮粒的效果。在工業尚未發達的過去，霾的發生多半只和天氣過程有關，也不十分尋常。但是在工廠處處的今天，人工過程便會產生大量的浮粒，結果是在大都市地區通常都有大量浮粒，不只能見度降低，連市容（尤其從上空看下去）也倍覺醜陋。

而又由於浮粒的大小尺度接近可見光的波長（0.4~0.7微米），它們會非常有效地散射太陽光。由於太陽的可見光是太陽輻射的尖峰值，幾乎是地球上天氣過程以及各種生物過程唯一的總能源，如果大量微粒懸浮在大氣中的話，顯然太陽可見光會被嚴重散射回太空中，導致地面所能接受到的總輻射量大減。這一來有可能導致氣候轉冷，進而嚴重影響生物過程。

對於侏羅紀時代耀武揚威在地球上的巨大爬蟲類——恐龍——後來為何會滅絕？目前有一種說法，認為地球表面遭受到巨大的彗星或隕石的撞擊，以致揚起遍布四海的巨大塵雲。塵雲者，浮粒是也。它們散射陽光，造成每天都是陰霾遍布似冬季的景況。恐龍們因受不了這種酷寒的氣候，兼之五穀不生，導致草食動物滅絕，連帶也滅絕了肉食物種了。

在八〇年代，由於美國及前蘇聯各貯有可以互相毀滅對方好幾次的核子彈頭，因此科學家推算，如果發生全面核子大戰的話，由於核彈爆炸，所揚起的塵雲，也不下於大彗星撞擊地球的效果，所以也會造成「核子冬天」的寒冷氣候。現在蘇聯雖已解體，但是一些第三世界國家卻取而代之的擁有核武器，所以這種「核子冬天」的憂慮仍然是存在的。

除了直接的輻射效應外，浮粒更可能由於「成雲效



王寶貴攝於東京上空

在世界大都市上空常可看到的景象 上層天空還是美麗乾淨的藍天白雲，而低層則籠罩著一層因人類工業活動及車輛排放廢氣造成的黑褐色光化學煙霧。

應」而對大氣產生更巨大的影響。一般人以為，雲的形成只不過是水汽凝結成水滴或是冰晶而已，其實真正過程絕非如此簡單。如果大氣中沒有雜質如浮粒者，水滴及冰晶就難以形成。正因為有這些浮粒存在，有的可以作為凝結核來形成水滴，有的可以作為冰核來形成冰晶，才使得蔚藍的天空中得以鑲嵌著美麗的白雲。此情此景，我們可以說：「氣至清則無雲」，也就是說要是大氣中沒有浮粒，白雲則無從存在。

然而當前地球上空大氣的問題卻是浮粒可能太多，太多的凝結核與冰核可能產生大量的小水滴及冰晶，結果是「雲密不雨」，導致天氣可能轉冷（因為陰雲之故），而且水滴及冰晶又太小使得雨滴無法形成，也下不來，造成大地乾旱。這是個十分迫切的問題，因為目下第三世界國家產生工業用能源最省錢的辦法就是燒煤。燒煤除了直接產生煤煙之外，煤中的天然污染物硫，也會形成二氧化硫。二氧化硫和雲及雨的化學作用，除了產生酸雨之外，還會產生大量的硫化物粒子。如果國際協商無法達成改善的辦法，這些大量的浮粒可以預見是一定會發生的，其對全球氣候的影響也是可預期的。這絕對是一個要正視的問題。 □

深度閱讀資料

王寶貴（1997），雲物理學，國立編譯館主編，渤海堂印行。

王寶貴

美國威斯康辛大學大氣海洋科學系