

遠鐘沈響緣雲溼

一杜詩《船下夔州郭宿雨濕不得上岸別王二十判官》中聲光現象之解析

郭中一

（東吳大學物理系副教授）

優秀文學家和科學家常有的共同之處是兩者都具有敏銳的觀察力，前者目的在於道人之所未道，乃能轉出新意；後者卻不能即此而止，還需要探尋其來龍去脈。然而在科學史的研究上，詩文中所展現出文學家的慧眼，卻彌足珍貴。所謂「陽春召我以煙景，大塊假我以文章」，文學作品中對自然現象的描摹，有別出樞機者，常蘊含新的科學觀察。

詩聖杜甫的五言律句《船下夔州郭宿雨濕不得上岸別王二十判官》：

依沙宿舸船，石瀨月娟娟。
風起春燈亂，江鳴夜雨懸。
晨鐘雲外濕，勝地石堂煙。
柔橈輕鷗外，含悽覺汝賢。

其中描述物理現象甚多，若要明白詩中深厚的友朋之情，勢必要深入了解此中原理。本篇情理交融，附情於理，乃不見其浮濫，相較之下，如李白詩中「桃花潭水深千尺，不及汪倫送我情」就似乎太過顯豁無餘韻。然而正因此故，歷來著名選本，恐不知何以索解，多未收納此詩。唯宋人陳衍獨具隻眼，於其《石遺室詩話》中有如後的精彩解釋：「蜀江岸峻，雨下如綆縻，篷底聽之，知江之鳴由雨之懸也。明晨雨止，寺鐘鳴，以關心天氣人聞之，覺鐘聲不如尋常響亮，似從雲外來，被濕雲裹住。」其中意蘊，且於此分條詳述。

水面聲道

首先，深夜或清晨於船上聞鐘的景況常為人所道。張繼《楓橋夜泊》中「夜半鐘聲到客船」的句子，無人不曉，然則鐘聲在夜間或清晨獨能傳遠，道理何在？這是我們要解的第一個謎題。

聲波是一種可以以氣體、液體或固體做為介質的波動，以介質壓縮造成的疏密變化傳播能量。波動在密介質中因為分子間距較小，振動易於傳播，所以速度較快。當波傳播出去時，由於密介質中波速較快，波面會向波速較小的疏介質方向偏，這就是折射的現象。相較於空氣，水是密介質，一般來說，水中波速約為空氣中波速的四倍；而固體由於更為緊密，其中波速較水中更快。

空氣中的情形與固體、液體中不同，受溫度而非密度影響較大；空氣溫度愈高，密度愈低，但是其中波速卻愈快，對聲波而言是較密的介質。固體、液體中的分子速

度都並不甚快，而空氣中的分子速度則是極快，而且易隨溫度升高，所以差異極為明顯。例如對乾空氣而言，攝氏零度時的聲速是每秒 331 公尺，攝氏 15 度時的聲速則是每秒 345 公尺。由於空氣中聲速隨溫度變化的差異相當可觀，所以交響樂團演奏前或中場時，每每要現場調音，便是爲了要就當場的溫度調整，以免樂器頻率產生變化。

杜甫、張繼和譚元春（見下文）所處的環境，都是已入深夜或時當清晨，江水已將在白日所吸收的日照熱量散去，溫度較低。相較之下，江面以上的空氣溫度較高。所以寺廟中的鐘聲聲波傳出，無論在上層熱空氣中或下面的江面上，都會折向貼近水面聲速較慢的空氣層中。這部份空間，好似聲波的甬道，不使散失，故能夠傳遠。夜半鐘聲或歌聲，所以特爲悠遠不散，引人佇聽，固然是夜半萬籟俱寂的緣故，介質分布的特性使其不易散失尤爲主因。

同樣的原理，在近代的航海技術中，曾被應用爲快速且及遠的傳訊之用，在通訊或海上救難中頗爲方便。原來海洋可依聲速大小分爲表面層、主躍變層和深海等溫層三層。其中位於水面下約一千公尺處的主躍變層中聲速最小，因此在此深度的聲波都會被上下兩層密介質折射回來，使其必定保持在此「水下聲道」中傳播，不易散失。其中低頻聲波，更由於吸收率較低（見下文），竟然可以傳到幾千公里之外。所以遇難船隻或墜海飛行員可以投擲炸藥包，使其在水下聲道中傳播出爆響，由三個以上的測站接收即可定出遇難地點，施以援手。由水下聲道傳播的聲音，甚至可以先期預報海嘯的襲擊，以利早先走避。

高頻衰減

其次，陳衍所謂「鐘聲不如尋常響亮」，如「被濕雲裹住」，聽鐘而得辨空氣溼度，豈非神異？若果如此，足見詩人觀察周至，心思細密。

聲波在傳播時，因爲距離愈遠，能量會分布到更大的空間，因而逐漸衰減，稱爲「幾何衰減」。除此而外，聲波的能量也會逐漸消散在空氣中，轉成空氣的熱量。但是空氣中如果飽含水分，水分子更能夠爲聲波所振動，將聲波的能量吸收。但是水分子對高頻率的聲波吸收較多，而且溼度愈高時，吸收率也愈高。所以鐘聲在溼度高的空氣中傳播愈遠，其中高頻率部份喪失愈多，所以鐘聲的音色也因而改變，顯得較爲低沈。

明朝末年詩人鍾惺和譚元春，既是至交好友，作詩風格也相近，合稱「鍾譚」。兩人力求詩思清遠，有時太出偏鋒，不免過於險怪。又因爲學識所限，雖然有不少好的詩句，但是往往全詩僅有一句好句，必須要費力去披沙揀金。譚元春有《舟間》一詩，整體而言，還算好詩，但其中第三句尤爲佳妙：

楊柳不遮明月愁，盡將春色與輕舟。
遠鐘渡水如將濕，來到耳邊天已秋。

理亦同然。但是相較之下，杜詩只用了短短「晨鐘雲外濕」五字，不但描寫簡練，而且全詩觀察物態事理更爲豐富且深入。

蓬作共鳴

此外，杜詩中「江鳴夜雨懸」句，更為奇特，「夜雨」居然可以使「江鳴」。一夜喧鬧，又為雨所阻，不得送故人遠行，想來詩人必不得好睡？

陳衍謂「蜀江岸峻」，雨打水面聲，不易散去，果然不錯。但是還不足以說明「江鳴」之故，「江鳴」還要以杜甫所乘的有蓬船隻才能解釋。宋代科學家沈括的名著《夢溪筆談》〈器用〉篇中有如此的記載：「古法以牛革為矢服，臥則以為枕，取其中虛，附地枕之，數里內有人馬聲，則皆聞之，蓋虛能納聲也。」牛馬皮所做的中空箭囊，取做枕頭，貼地而聽，可以將遠處的人馬聲放大。這種設置，與杜甫所乘的有蓬船隻並無二致。沈括的解釋是「虛能納聲」，其實也就是共鳴器的原理。墨經中守城埋甕聚聲，以探知敵方隧地而來攻的方位，原理也是相同的。

聲波和光波相異處之一在於光波容易被物體吸收，聲波卻極容易為物體反射。聲波一旦傳入封閉的共鳴器空間內，便可以多次反射，加強音量。詩人如果不畏下雨，撤去頂蓬，使雨打水面聲無法來回混響，便不至於喧聲擾人了。

閃頻定速

「風起春燈亂，江鳴夜雨懸」兩句，其中妙在不用夜雨「落」而用「懸」。「懸」者，停止不動，如上有所牽繫狀。所以故，為有風吹動船內所張設的燈火，燈具既是掛起，自然有其固有的振盪頻率。因為光照範圍有限，雨絲落下有及有不及，相當於以閃頻光源照射雨絲。如若氣象條件不變，雨絲應當有一定的間距，故可將落雨視為週期現象。當閃頻光源的週期為落雨週期的整數倍時，雨絲便看似靜止不動。如能多次改變閃頻光源的週期，觀察到同樣的靜止現象，則落雨週期當可取為各次閃頻光源週期的最大公約數。

閃頻光源在目前科技領域的應用甚廣，可以測定高速過程的物理特性。對運動員來說，更可以藉閃頻光源做高速攝影，分析動作正確與否，從而針對訓練，增進運動競賽中的表現。先端的物理研究中，更研發間距極短的穩定脈衝激光，做為探索高速過程的閃頻光源。

詩心見理

詩是經濟的語言，以簡短的文字含攝深廣的內容，才是好詩。杜詩凝練博大，由此可管窺一斑。科學創造力的第一步，也由此起始。

參考資料

關於詩詞中科學現象的解析，筆者已整理數十則為系列教材，以為教學之用。曾用於台北市文山社區大學開授「吟詩誦詞話科學」課程，2001年7月起，並於教育廣播電台每週三上午九時「藝文與科學」單元播出。相關文章以詳略不同的版本，陸續發表於《中國時報》、《國語日報》、《國文天地》月刊，茲不一一引述。