

【科學知識】

來自岩石中的波--聲發射(神奇的波之五)

方謙光

每當地震來臨，山搖地動天崩地裂，伴隨著巨大的轟鳴。

目前地質學家和地震學家們公認的地震發生的原因就是地殼內聚集的能量使岩層發生變形，當岩層承受不住這巨大的壓力突然斷裂時，地層內部所聚集的能量是瞬間突然釋放，以地震波的形式向周圍傳播，就形成了地震。

地震雖然是在瞬間發生的，但地殼內能量的積累卻是一個相當漫長的過程。當岩石受到擠壓時並不是默不作聲，隨著受到的外力大小不同，岩石也會發出不同聲音的現象，稱之為「聲發射」。當然，這種聲音可能十分微弱，光憑人的耳朵也可能聽不到。隨著科學的進步，人們可以借助高靈敏度的電子儀器把這些從岩石發出來的微弱聲音的信號檢測和記錄下來，然後對這些信號進行分析和處理，不但可以找到發射源，而且還能判斷此時岩層受力的情況，這樣的一門科學就稱為聲發射技術。

「聲發射」是一種普遍的自然現象，而不是什麼新鮮的事物。在自然界中，不單純是岩石，有很多的金屬和非金屬材料在受外力的作用發生形變或斷裂的情況下都會發射出不同的聲音。根據文獻記載，聲發射現象記載可以追溯到公元八世紀，阿拉伯煉丹士 GEBER 在他的《完美概要》一書中就記述了關於錫能發出一種刺耳的聲音，稱之為「錫鳴」。鐵的聲音比較響亮，也比較好聽。不同的物質在受力的情況下會產生不同的聲音。

岩石和各種金屬或非金屬材料在受力和變形的過程中為什麼會發聲呢？根據科學家們不斷的研究發現：聲發射的起因是由於材料在受力過程中晶體顆粒相互摩擦，材料的內部結構在發生變化。如晶體顆粒的變形和斷裂時產生的振動，這種振動以彈性波的形式釋放出來，這就是產生聲發射現象的根本原因。

各種不同的材料，在不同的情況下又發出各種不同聲音，其發聲的大小、音調的高低、頻率、響度又各不相同。因此在這些聲音中包含著豐富的信息。人們可以通過精密的儀器記錄下這些聲音，對這些來自岩石或者金屬、非金屬材料內部發出的聲音資料和信息進行分析和處理，就可以了

解到這些岩石或金屬、非金屬材料的受力和破壞的過程。

關於聲發射的系統所做的研究，起源於上世紀的三十年代，在 1936 年德國科學家進行首次聲發射實驗，1948 年美國科學家第二次聲發射實驗，接著英國科學家進行第三次聲發射的實驗。近代聲發射技術的奠基人應當是德國的科學家凱塞(KAISER)博士。凱塞在 1950 年發表的博士論文中詳細地探討了聲發射的機理及物理本質，凱塞認為：聲發射的產生是由於晶體材料在受到外力的情況下，晶體顆粒之間相互摩擦和材料的斷裂所引起的。並且對各種材料試樣進行常規拉伸實驗，測定出了各種試樣所發出的各種不同的特定的聲音，及發音過程，測定各種材料發音的頻率，同時還測定了發聲的頻率與材料受到應力之間的關係。同時凱塞還發現了聲發射是一種不可逆的現象。這就是著名的「凱塞效應」。在 1950 年，凱塞(KAISER)在對金屬材料做單向拉伸實驗時發現了一種奇特的現象，當第一次對金屬材料進行拉伸時，隨著拉力的增大，金屬材料不斷地發聲。拉力停止以後，再對該材料進行第二次拉伸，在開始階段金屬材料則啞口無言不再發聲，只有等到拉力超過第一次的最大的拉力時，金屬材料才會重新發聲。這就是說金屬材料本身具有「記憶」功能，它能夠記住過去所承受過的最大應力。凱塞效應就是這種奇特的受力「記憶」現象。

科學家們用各種不同的材料進行實驗，不但是金屬材料在受力時能夠發聲，對非金屬材料如玻璃、瓷器等在受力時同樣能夠發聲，也同樣具有「記憶」功能。對於地質學家和地球物理學家來說，最關心的是岩石受到壓力的發聲情況以及在岩石中產生的凱塞效應。通過對採集到的岩石樣品進行壓縮實驗，根據凱塞效應就可以知道岩石在歷史上受到的最大壓力，測定岩石的應力水平。地質學家和地震學家們也就是利用岩石聲發射和凱塞效應來有效地監測地震和各種地質災害的發生。通過監聽從地層中發出來的聲音可以判斷岩層和山體岩石受力變形的情況，通過對岩石樣品進行壓縮實驗，根據凱塞效應測定地層中地應力的水平，及時進行地震及各種地質災害的預測和預報。

現在聲發射技術不但應用到地震和地質災害的預報方面，在國民經濟建設中對大型的礦山、煤礦、公路鐵路的隧道開挖過程中進行安全的監測，對大型建築物如水壩、高擋牆、高邊坡等的安全可以進行監控。同時

聲發射技術在材料科學方面可以做為一種「無損檢測」的手段，在研究「金屬疲勞」方發揮獨特的作用。

聲發射做為一種新興的科學技術，理論基礎方面還不十分完善，實驗手段也不很健全，不過可以相信，隨著科學技術的不斷進步和發展，發射技術會日臻完善，為人類進步做出更大的貢獻。

2001 年 9 月 25 日于溪翁莊

【文化漫談】

文字的妙趣--「上」「下」之間

華語中心 方謙亮

前一陣子打開電視，聽到最多的一句話就是「下臺！下臺！」，在很多人的大聲怒吼之下，感覺到「下」字的威力很驚人。所謂「上臺看機智，下臺看智慧」，不知我們的上層人士可聽到了？人生上下起伏不定，股票市場不也在天上演著上沖下洗的遊戲嗎？上上下下就看自己如何拿捏了。

「上」字意思極多，表較高之處如：山上、皇上、上賓、上人等，也表向前之意，如：向上、上進、上臺。而「下」字呢則表較低之處：山下、下級、下層、下屬等，又表失勢之意如：下臺、下海。

「上流和下流」又如何區分呢？河水的上流區域和下流區域、社會上的上流人士和下層人士。「上海」是地名，「下海」呢？是去捕魚嗎？還是做以前沒做過的比較下等的工作。「海上」是海上作業，還是一首歌曲「海上花」呢？「上手」是經過一段準備期間，可以開始去做了。「下手」呢？這可要小心使用，比如：在商場上「下手很快」，搶得先機，「下手神準」絕不會出錯，「下手又準又狠」，就得看看是什麼情況了。另外「手下」的意思呢？當頭頭的人有幾個小兵可供使喚；「手下留情」有求饒之意。「上刀山下油鍋」、「上山下海」表示不畏艱難，勇往直前。

「上下」放在一起也很好用，如：上下其手、上下有序、上山下海、上行下效、七上八下、上下一條心、上有政策下有對策。記得念小學的時候，作業本上老師給了個甲上，高興極了。若老師給個乙下，就不太妙了，不太敢拿出來給父母看，從小我們就知道上下的不同。

「下」有命令之意，如：下去、坐下、跪下，我們不敢命令別人，跟