

科學講堂

逢星期三見報

較礦石提取便宜卻耗時 互有長短

泉水「煉」鋰 用之不竭

近年，手提電腦、電話、照相機等等大行其道，除了各種儀器功能高度發展，吸引大眾爭相使用功不可沒外，耐用的電池也是不可或缺。現今流行的電子產品使用的電池，大都是鋰離子電池（lithium ion battery）。

顧名思義，鋰離子電池當中自然含有鋰（lithium）這種金屬。近年推出的電動汽車，更加需要大量的鋰去製造更大的電池。金融公司高盛（Goldman Sachs）估計，特斯拉（Tesla）的S型號電動汽車，其70kWh電池所需的鋰，比一萬部手機所需的鋰還要多。

大家可有想過，這些電池中的鋰，是從哪裡來的？要從大自然中提取鋰，礦石是現今一個主要的來源。

礦石提取4步驟 只需幾天完成

鋰輝石（spodumene）與透鋰長石（petalite）由鋰、鋁、矽及氧幾種元素組成，是鋰金屬的重要來源；鋰雲母（lepidolite）含有多種金屬，除了鋰以外，還是提供鉿（rubicidium）等等稀有金屬的原材料。

從這些礦石中提取鋰需要多重步驟，大致上有4種不同的過程。

第一，就是將礦石碾磨壓碎，以加速其他的化學過程；第二，是在提取過程的不同步驟中為材料加熱，這樣不但可以加快化學反應的速度，熱力本身還可以改變礦石的分子結構，令鋰更容易被提取；第三，在不同階段加入硫酸、蘇打，以化學反應最終製成碳酸鋰；第四，以不同方法

將不必要的雜質去除。

南美「鋰金三角」水 加蘇打轉化

除了礦石以外，鋰還存在於一些含礦量高的泉水中。南美國家阿根廷、智利和玻利維亞有許多這樣的泉水，因此被稱為「鋰金三角」。

從這些泉水提煉鋰的方法，跟我們從海水提取食鹽有點兒相似：把這些泉水泵到地面的蓄水池中，然後等待陽光和乾燥的天氣讓水慢慢蒸發掉；直至鋰的濃度達到一定程度再加入蘇打，泉水中的氯化鋰就會轉化成為碳酸鋰供我們收集。

和上述的「礦石方法」相比，這個方法便宜得多：大約只需要一半的成本。不過



■保存於油中的鋰金屬。 網上圖片

由於泉水蒸發的速度不會很高，這個「泉水方法」可能需要一年半到三年去提取碳酸鋰；反過來說，從礦石中提煉，只需幾天就足夠了。因此是「速度」與「成本」之間的取捨。

我們需要為鋰的供應而擔心嗎？美國麻省理工材料科學及工程學系的助理教授Elsa A. Olivetti和她的伴侶於今年10月發表了一份研究文章，指出由2010年至2014



■位於玻利維亞的烏尤尼鹽沼（Salar de Uyuni），含鋰量也很高。

網上圖片

年間，我們對鋰的需求增加了73%，而供應只上升了28%，碳酸鋰的價格也在2015年急劇飆升。

不過，鋰在地球的含量，應該足夠滿足我們的需要。只不過「從泉水取鋰」的方法需時，不能馬上適應我們需求的急速改變。幸而有跡象顯示，供應商們正在努力提升產量，因此對鋰未來的狀況還不需悲觀。

■張文彥博士

作者簡介：香港大學土木及結構工程學士。短暫任職見習土木工程師後，決定追隨對科學的興趣，在加拿大多倫多大學取得理學士及哲學博士學位，修讀理論粒子物理。現任香港大學理學院講師，教授基礎科學及通識課程，不時參與科學普及與知識交流活動。

奧數揭秘

逢星期三見報

二項式係數

初中的時候，大概是中二左右，就會學恒等式的一課，比如(a+b)² = a²+2ab+b²，這一道算式，總會背過的。學完之後，總是仍然有無數次，在展開的時候，寫少了中間的2ab，把展開式寫成了a²+b²，這大概誰都經歷過。

到了之後學的數學多一點，開始會想起，若是3次方又怎樣，於是查一查，或者自己算一算，也會得出(a+b)³ = a³+3a²b+3ab²+b³。如是者再問4次方5次方又怎樣，那漸漸就會找到二項式定理，也就是(a + b)ⁿ = C_n⁰aⁿ + C_n¹aⁿ⁻¹b¹ + C_n²aⁿ⁻²b² + C_n³aⁿ⁻³b³ + ... + C_nⁿbⁿ，其中C_n^r = $\frac{n(n-1)(n-2)...(n-r+1)}{r!}$ ，r=0,1,2,...,n。這個看來還真是挺複雜的，那麼試著找個數字小一點的情況說明一下。

試考慮n=5的情況，算式就成了(a+b)⁵ = a⁵+5a⁴b+10a³b²+10a²b³+5ab⁴+b⁵，當中算式的係數還真夠奇特的，那是怎麼來的呢？試著去了解一下a³b²的項，為什麼展開之後有10個這樣的項呢？可以把左邊的括號寫開來看看，就是(a+b)(a+b)(a+b)(a+b)(a+b)

留意到a³b²的項，總是由5個括號當中，選出2個b與其餘3個a相乘而得，那麼由5件事物中選出2件而不分次序，就是C₅² = $\frac{5 \times 2}{1 \times 2}$ = 10。普遍來說，在(a+b)ⁿ的情況裡，a^{n-r}b^r的係數，就是組合數C_n^r。

這些組合數，單單看表達式C_n^r = $\frac{n(n-1)(n-2)...(n-r+1)}{r!}$ ，已經挺嚇人了。不過原來有些關於這些組合數的和，是可以有個簡單方法得出的。為了討論方便，先簡化之前的二項式定理，設a=x和b=1，得(x+1)ⁿ = C_n⁰xⁿ+C_n¹xⁿ⁻¹+C_n²xⁿ⁻²+...+C_nⁿ

問題

求 $C_2^0 + C_2^1 + C_2^2 + \dots + C_{n-1}^n + C_n^0$ 。

答案 留意到恒等式的x可以任意代入任何數字後，等式仍然相等。只需設x = $\frac{1}{2}$ ，即得

$$\frac{C_n^0}{2^n} + \frac{C_n^1}{2^{n-1}} + \frac{C_n^2}{2^{n-2}} + \dots + \frac{C_{n-1}^1}{2} + C_n^n = (1 + \frac{1}{2})^n = \frac{3^n}{2^n}$$

若是一開始不知道二項式定理，單單看着要求組合數的和，還真夠難的，還要每個組合數都乘上了2的許多次方，看來就不太像解得了似的。組合數配合二項式定理，可以有許多組合恒等式能夠推論出來，結論經常都是不明顯的，單看剛才的問題，就已經多少看到威力。

初學展開(x+1)ⁿ，就是次方比較小的，也覺得挺困難的，就是有公式，係數也很複雜。不過原來這些複雜的係數之間，經過代入不同的x值，會令到看來複雜的組合數的和，能夠有個簡單的表達方式。這點峰迴路轉的變化之中，令人感受到數學的趣味。數理有時是挺繁複的，但就是在繁複的算式中，看到一點簡單的結果，更能突顯那簡潔的美感。

奧數的題目有時會在一些複雜的計算之間，隱藏了一些簡化運算的捷徑。這並不止在於為了考驗人們的智巧，更是為了令學生避開一些繁複的計算，直下感受到解難的樂趣。

■張志基

簡介：香港首間提供奧數培訓之教育機構，每年舉辦奧數比賽，並積極開辦不同類型的奧數培訓課程。學員有機會獲選拔成為香港代表隊，參加海內外重要大賽。詳情可瀏覽：www.hkmos.org



科技暢想

隔星期三見報

近年，機器的圖像辨識技術發展得越來越成熟，背後的算法到底是如何運作的？

2012年，有學者開始建立一個系統，它可以分析過千張圖片，並「自我訓練」去準確地識別常見的物件，例如花、汽車……

在圖片辨識系統背後驅動其運作的運算技術，稱為「神經網絡」，它是一種在全球被廣泛使用的技術。其中一個應用例子是無人駕駛汽車，透過「神經網絡」，它可以識別街道上的標誌和行人。

認知三維世界 勝舊有技術

不過這種技術仍有限制，譬如說，神經網絡所認知的咖啡杯都是直立的，假如有一張圖片顯示倒立的咖啡杯，系統就辨認不到了。

因此，現時的研究學者正在發展另一種運算技術，稱之為「膠囊網絡」（Capsule Network）。設計這個系統的意念是要仿效人類的思維。如果說神經網絡的認知是二維世界，那麼膠囊網絡便是三維世界。該科研團隊最近發表了一篇文章

「膠囊網絡」小數據識大世界

獻，當中說明他們所研發的膠囊網絡技術，可以讓機器在新的角度辨別出不同物件，準確率比之前的技術更高。

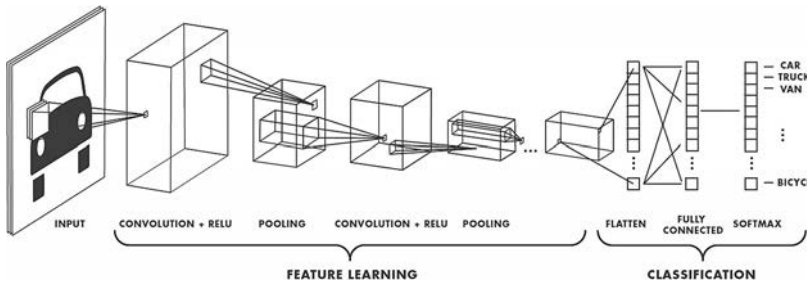
利用膠囊網絡技術，研發團隊希望可以建立像人類一樣擁有三維觀點的機器，只要在一個角度認識了指定的物件後，日後從任何角度也可以識別到該物件。這是神經網絡不能做得到的。

膠囊方法的另一個好處是它能夠通過一小部分數據來學習，獲得最先進的性能。從這個意義上說，膠囊理論更接近人腦在實踐中所做的事情。

真正自動化路仍遠

人類的腦部散佈著神經元網絡，而神經網絡是一種算法，透過識別大量的數據模式，它可以學習不同的事物，即是說，透過分析數千張汽車的相片，神經網絡就能馬上辨認到汽車。

這種算法的意念可追溯到1950年代，但直至到近數年才真正應用到現實世界，主要原因是互聯網所產生的數據越來越多，而且處理得越



■膠囊網絡運作示意圖

網上圖片

來越好。在最近5年，神經網絡加速了電子產品的運算速度，例如智能手機、翻譯系統等等。

雖然近年的機器深度學習不斷進步，現時距離讓機器擁有真正智慧的目標仍然很遠，有必要再展開新的研究，很多著名的科技公司亦正在推出更優秀的自動化機器，例如能夠與人對話的電腦、無人駕駛汽車等。

研發膠囊網絡技術的團隊相信，他們的技術應用可以擴展到不同的狀況和層面，以加速電腦的運算速度及認知範圍，亦希望製作出可以與人對話的電腦。

膠囊網絡更深入和細緻地模擬人類腦部的神經元網絡，這項技術也能夠協助其他形式的人工智能「成長」。

■香港新興科技教育協會 洪文正

簡介：本會培育科普人才，提高各界對科技創意應用的認識，為香港青年人提供更多機會參與國際性及大中華地區的科技創意活動，詳情可瀏覽www.hknetea.org。



有問有答

隔星期三見報

什麼是《兒童減少災害風險憲章》？這是保護兒童在災難中的安全和救援的憲章。

2006年10月11日是第十七個國際減災日，前聯合國秘書長安南當天發表了國際減災日致辭。

他在致辭中說，當年國際減災日的主題是「減災始於學校」，突出了保護兒童安全的必要性，也突出了讓兒童直接參與增強防災意識工作的必要性。

國際減災日提出

到了2011年，國際減災日的主題是「讓兒童和青年成為減少災害風險的合作夥伴」。

10月13日，聯合國秘書長潘基文在發表致辭時提到，尼泊爾已開始向學齡兒童普及家庭和建築安全的基本知識；在古巴開展的兒童參與減災和適應氣候變化活動也已漸漸普及世界其他國家；最近，更有600多名來自非洲、亞洲和拉丁美洲的兒童編寫了《兒童減少災害風險憲章》。

他說：「這些都傳達了一個信息：減少災害風險，應人人有責，

減災始於學校 國際憲章護童

天天關注。」

救助兒童會、聯合國兒童基金會、國際計劃和世界宣明會共同發起了「兒童與氣候變化」同盟，該同盟在21個國家召開了協商會議，包括孟加拉國、巴西、柬埔寨、中國、多米尼加共和國、埃塞俄比亞、加納、印度、印度尼西亞、肯尼亞、老撾、黎巴嫩、萊索托、墨西哥、莫桑比克、尼加拉瓜、菲律賓、坦桑尼亞、東帝汶、瓦努阿圖和越南。

兒童盼有安全場所玩耍學習

在研究中，兒童表示他們希望學校能建在更為安全的地方，而在洪水和海嘯高發地區，兒童則希望學校能建在地勢較高的地方。

兒童還希望能保護重要的學習資料，有安全的場所玩耍和學習，在必要時學校能迅速地遷移和重建，並且能有更牢靠的基礎設施，例如社區的道路和橋樑更結實。

基於上述研究結果，該同盟還起草了一份兒童憲章，並呈遞給5月9日至13日在日內瓦召開的「聯合國『國際減災戰略（UN/ISDR）』全

球減輕災害風險平台」會議，與會的2,500名代表都收到了這份憲章。

「憲章」提5主題

「憲章」根據諮詢中兒童提出減災工作的重點，按照不同領域歸納為5個主題。

（1）學校必須安全，學生的教育不能中斷。「當我看到學校被暴風雨破壞時，我感到很傷心。由於學校倒了，我無法上學。學校是在晚上倒的，等早上我和朋友上學時，發現學校已經沒有了。」（老撾的一名兒童）

（2）兒童保護必須作為災難前、災難中和災難後的重點工作。「我們覺得在社區中得不到任何人的保護。」（莫桑比克的一名兒童）

在印度，兒童建議開展生活技能培訓，這樣他們可以「提高自我保護和遠離風險困境的能力」，兒童

還希望他們在災難中受到創傷時能獲得特別的照料。

（3）兒童有參與和獲取信息的權利。「我是社區緊急救援委員會的一名成員。我們的目標是通過落實社區緊急救援計劃的各項措施，來降低災害風險。」（多米尼加共和國的一名兒童）

（4）社區基礎設施必須安全，救援和重建工作必須有助於降低未來的風險。「應該修建橋樑，每年雨季孩子都無法到校學習，因為從家裡到學校途中需要穿越水溝、河流和水渠，這些都很容易把兒童淹死。」（萊索托的一名兒童）

（5）減輕災害風險工作必須覆蓋最脆弱的群體。「在我的家鄉，有3個四五歲的孩子在河堤上想要避開洪水，但最後滑倒跌進河裡淹死了，因為他們不會游泳。」（菲律賓的一名兒童）

《十萬個為甚麼(新視野版)災難與防護1》

香港教育圖書公司

香港教育圖書公司

災難與防護1