



作者：徐業良(2006-04-14)；推薦：徐業良(2006-04-14)。

附註：本文發表於汽車購買指南雜誌，2006年五月號，史丹福專欄。

## 電池原理 ABC

最近在學校裡作許多機械設計相關的研究都牽涉到電池的問題，電池不是主角，但是沒有電池，機械就是動不起來，電池的電壓、電流、電量、體積、充電時間、壽命都是要關切的問題。

所有的汽車引擎室裡也都有一個 12 伏特的蓄電池，您平常也許很少注意到它，但車上所有電器的電力，包括引擎啟動馬達、點火系統、控制電腦，乃至於車內音響、頭燈、雨刷等等，都要靠這顆蓄電池來提供電力。您知道，沒有汽油汽車不會跑，沒有電，汽車同樣動不了。

日常生活中電池到處都有，用電池的經驗大家一定都不少，但是深究起來發現我自己對電池的知識也實在蠻粗淺的。最近為了研究上的需要，K 了一些電池原理，這個月的史丹福專欄就和大家分享一下，不談什麼最新汽車高科技，談一談電池原理的 ABC。

一顆電池基本上是一個裝滿化學藥劑的罐子，可以藉著化學藥劑的電化學反應產生電力。不過電池內部這個化學反應不是隨時都在發生，而是要在電池正負極之間連上一條導線，讓電子有條通路能從負極流到正極，負極和正極的反應能夠同時發生，化學反應才能完成。因此電池正負極之間斷路時沒有化學反應，基本上就是把電力“存著”，電池可以放在架上好幾個月，仍然有很多電力。

電池最早是西元 1800 年左右一位叫作伏塔(Volta)的先生發明的，到現在兩百年，但其中的化學原理其實沒什麼改變。如果您家中有個國小或國中的小孩要參加科學展覽，製作一個「碳鋅電池」應該是個很容易交差的題目。碳鋅電池製作很簡

單，下面就教您怎麼作，也回憶一下國中的化學課，瞭解了碳鋅電池內部的化學反應，您也會瞭解一般電池運作大致的機制。

首先您需要一瓶硫酸，硫酸的化學式是  $H_2SO_4$ 。把一根鋅棒插進去，硫酸會立刻開始吃掉鋅棒，您會看到氫氣小氣泡在鋅棒周圍生成，同時還會發熱。從化學的觀點，發生的事情事這樣的，在硫酸中  $H_2SO_4$  分成幾個帶電的離子，包括兩個帶正電的氫離子( $H^+$ )和一個帶負電的硫酸根離子( $SO_4^{--}$ )，鋅棒插入之後就溶化在硫酸中變成帶正電的鋅離子( $Zn^{++}$ )，同時把兩個電子丟出來( $2e^-$ )。同性相斥異性相吸，硫酸中帶正電的的氫離子順理成章地接收了這兩個帶負電的電子，變成了氫氣( $H_2$ )，就是您看到鋅棒周圍冒出的泡泡，而且硫酸熱起來，表示這是一個會放出能量的化學反應。

這時您再插一根碳棒進到硫酸瓶裡，沒有事情發生。但如果在鋅棒和碳棒之間連上一根導線，讓電子有條通路從鋅棒流到碳棒，您會發現氫氣泡泡不在鋅棒周圍生成，而改在碳棒周圍發生。在導線上加顆小燈泡，燈泡亮起來，您也可以享受一下小孩對您崇拜的眼神。

碳鋅電池的實驗中，氫氣泡泡不在鋅棒周圍產生，而電子流到碳棒後再產生氫氣，主要是鋅棒和碳棒之間有個「電動勢」。如果您把流來流去的電子想作是水流，同樣是水，高處的水和低處的水有水位差，水從高處往低處流，放出能量，水位差越大，等量的水放出的能量也越強。同樣道理，電動勢（或電位差、電壓差）吸引電子從鋅棒經過外部導線流到碳棒。電動勢的大小和電極、電解液的材料有關，不同的化學反應有不同的電動勢。拿電表量一下，鋅棒和碳棒之間有 0.76 伏特的電壓差，而且正負及街上導線之後，化學反應發生時硫酸沒有發熱，化學反應產生的能量轉成導線上的電能，讓燈泡發光。最後硫酸裡的氫離子用完了，或者整根鋅棒被溶解了，化學反應不再發生，電池就死了。

您常用的一般乾電池都是碳鋅電池，也叫作「一次電池」，用完就得丟掉（是回收啦），不能充電。而汽車所用的鉛酸電池則是用一塊鉛板和一塊二氧化鉛板當作電池的正負極，還是用硫酸當成電解液。鉛酸電池中鉛板是負極，在電池中的反應和碳鋅電池的鋅棒差不多，鉛(Pb)溶入硫酸裡，變成硫化鉛  $PbSO_4$ ，放出電子。電子經由外部導線流到正極的二氧化鉛板，但這時不是產生氫氣，也是產生硫化鉛  $PbSO_4$ ，和一些水。

鉛酸電池放電時，正負極都產生固體的硫化鉛，外加一些水，使得硫酸越來越稀薄，最後便沒有辦法繼續產生化學反應，電池就沒電了。但是和碳鋅電池不同的

是，如果對鉛酸電池充電的話（把電子還給負極的鉛板），前面所敘述整個反應是可逆的，固體的硫酸鉛重新溶解，在負極鉛板上又重新形成鉛，正極二氧化鉛板也重新形成二氧化鉛，硫酸濃度也提高，把電又存回鉛酸電池了！

有沒有發現，碳鋅電池正極產生氫氣，鉛酸電池正極不產生氫氣，這個不同點還挺重要的。鉛酸電池是「二次電池」，電用完了可以重新充電，碳鋅電池就沒辦法充電，除非您有辦法把變成氣泡跑掉的氫氣重新收集回來。另外要提醒您，如果您下車忘記關車燈把電池耗完了，要用其他車子電池對您車上電池充電時，電極接法是負接負正接正，其他車子的電瓶從負極把電子充還給您車子電池負極的鉛板。

鉛酸電池這個化學反應中鉛板和二氧化鉛板之間的電壓是 2 伏特，汽車用 12 伏特的鉛酸電池需要 6 對正負極串連，中間用隔板隔起來，免得正負極接觸發生短路，才能有 12 伏特電壓。噢，國中物理就學過，把幾顆電池正接負、負接正連在一塊，叫作「串連」，例如原本一顆普通乾電池電壓 1.5 伏特，6 顆乾電池串連起來電壓就變成 6 倍 9 伏特，但是可以用的電量還是和一顆電池一樣，沒有變多，就像把一桶水從一樓樓頂搬到六樓樓頂，水還是一樣多，不過這桶水流下來時產生的能量變成 6 倍。許多電器使用 9 伏特的方形電池，如果打開來看看其內部，會發現只是 6 顆 1.5 伏特的小小電池串連起來而已。許多電器用品使用兩顆或四顆電池串連，以產生較高的電壓，如果其中一顆有問題，電池串連後達到不了所需的高電壓，會讓其他的電池也感覺死掉了一樣，但是其實如果單獨測試其他三顆電池，卻又正常，因此通常的勸告是新舊電池不要混著使用。

Mmm，不過為了安全與環保，絕對不鼓勵您真的去拆開乾電池來看。

另一種連接方式，如果把 6 顆電池正極連接在一塊兒，負極連接在一塊兒，叫作「並連」，這時候電壓還是 1.5 伏特，可以用的電量則變成 6 倍，把一樓樓頂的一桶水變成六桶水，但還是在一樓樓頂。

這個討論也開始牽涉到電池電量的概念。您如果仔細讀一下汽車用鉛酸蓄電池的規格表，會看到電池主要的規格包括電壓、電量、外型尺寸、和充電電流。電池的電量是用「安培小時(Ah)」來表達，安培是電流的單位，每秒鐘流出多少電量的意思。例如您新買的鉛酸蓄電池註明規格是電量 40Ah，意思就是說理論上這個電瓶用 40 安培的電流放電，可以連續放 1 小時。40 安培是很大的電流，您通常用不到這麼大的電流，用比較小電流放電的話，自己作作數學，同樣的電瓶 20 安培電流可以放電 2 小時，10 安培電流可以放電 4 小時，5 安培 8 小時

或者用 2400 安培超大電流，放電 1 分鐘電瓶電量就用完了？

注意這些計算只是“理論上”，放電電流太大，電池內的化學反應根本來不及產生這麼多電子。此外電瓶放電的過程中，電壓也逐漸下降，您的 40Ah 還沒放完，電池電壓早就不夠推動電器了。此外溫度也會有影響，過低溫時化學反應發生慢，電量可能放不到規格值一半。

同樣的概念也可以推到電池的充電上。在電動車的應用，充電時間過長一直是使用蓄電池的電動車最大罩門，例如電容量 40Ah 的鉛酸電池要充電的話，理論上用 40 安培的電流充電，一小時就可以充滿，Mmm，或者用 2400 安培電流充電，1 分鐘就可以充滿。

噢，這只是理論上。同樣道理，大電流充電電池內的化學反應根本來不及發生，只會讓電池電容量減少、壽命簡短而已。汽車鉛酸電池規格都有註明一個充電電流，一般都只是電容量數字的十分之一，像是電容量 40Ah 的鉛酸蓄電池充電電流訂在 4 安培以下，也就是說以 4 安培電流充電才不會嚴重影響電池壽命，這時候理論上要 10 小時才能充飽，實際上所需要的時間則可能還要長。

不過電池每次充電放電一次，電池裡的電解液（例如硫酸）還是會減損一些，儲存電量就會減少一些。充足電後再放電到一定的深度為一次週期，蓄電池的壽命就是以充放電週期壽命來表示，指的是電池反覆進行充電、放電，直到電池容量減少到額定容量 70% 時的週期次數。電池週期次數越多，就表示壽命越長，例如電動自行車用的蓄電池週期壽命不得少於 350 次，換算一下一次充放電週期電動自行車可以行駛多遠（例如 30 公里），便可知道這顆蓄電池可以使用的公里數（ $30 \times 350 = 10,500$  公里）。

汽車上的電池通常不會有很大的放電深度 - 除非您下車忘記關車燈把電池耗完了，而且引擎啟動時隨時在充電，因此比較難準確估算壽命。您的汽車都內建一套電池充電系統，包括一個發電機和一個電壓調節器，由引擎帶動，在汽車運行時可以持續對電池充電，同時並提供汽車各項設備的電力。所有的汽車儀表版上都有一個電池警示燈，警示燈就會亮起來不代表電池沒電，而是代表電池沒有被充電。引擎還沒啟動時電池警示燈會亮，如果引擎啟動後電池警示燈還是亮著，表示充電系統有問題，最有可能的問題是發電機皮帶斷了。您的電瓶警示燈亮起來時，汽車仍然能夠使用電池中儲存的電量正常操作一陣子，不過您得在電池電耗盡前趕緊到達修車廠，否則電池電量用完，車子就完全動不了了。

所以您瞭解，汽車在引擎沒啟動時才會吃電瓶的電，除了下車忘記關車燈會把電池的電耗完之外，另外一個您可能碰上的狀況是引擎有問題啟動馬達打不起來，

汽車啟動馬達是很吃電的東西，您反覆打了好幾次，啟動馬達聲音越來越虛弱，然後就打不動了，電池看起來是死了。

您沮喪地走開想找人救援，神奇的是一小時後您再回來，電池又有電了，又可以重新啟動引擎。這種休息一會兒又會恢復有電的「自我充電」現象，主要是向啟動馬達大電流放電時，電池的化學反應在正負極板上產生了大量化學反應產物，使得化學反應減慢，讓電池休息一下，使這些化學反應產物有機會揮發掉，電力就神奇地回覆了。電池瞬間用電越大，或者持續用電，化學反應物的堆積越快，休息一下回復的自我充電現象就越顯著。

汽車用的鉛酸電池有許多缺點，包括重量重、體積大、電容量小、使用壽命短，報廢後其酸液和重金屬還有污染的問題，說實在不是太好的選擇，只是目前還沒有其他更成熟的技術前不得不然的選擇。

電池雖然是歷史悠久的古老技術，但是前景仍然十分看好，各種新型電池都在持續發展中，技術上也許很快會有重大突破。這個月只談電池原理 ABC，這些新電池技術下次談到電池原理 DEF 時再向大家報告。