

回收的承諾及變化多端和含糊不清的環境

◎李麗女

自从我上一次針對特定的主題寫了一定字數的任務，我竟然忘記創作文字以適合出版是多麼大的一項挑戰，開始著手寫這篇文章就像很多的中學生一樣有著相同的恐怖不安，就好像在面對一份必修的書面報告一樣。雖然如此，身為SAE電池回收委員會的主席，我深感榮幸一定要努力完成。

電池回收過去一向是一件不費吹灰之力的談論事項，鉛酸電池已在及正在做回收，任何一項事物沒有不被納入回收的；全部以噸位計，鉛酸電池的量遠超過其它的數個訂單量及物料回收商的電池化學品，亦即，精煉業者如他們所認為的是起源於冶金術的行話，依據所處理的噸數獲取所得。

鉛酸電池由於它們的市場是相當的有規模，其使用及存在於汽車、工業及動機動力場所，以提供大量的物料給回收商。

鉛酸電池的電池結構相當的簡單，而且大部份是鉛，因此在冶金術回收過程是非常的有效率；在過去幾年，鉛酸電池已建立了一個顯著的回收效率和使用回收物料之標準。

鉛標準

例如，在西方世界有高於90%的所有電力極弱的電池被蒐集以回收，而且幾乎90%的新鉛酸電池組是由回收物料製作而成的—在與其它的金屬相比較時該標準使得其它的金屬都黯然失色了。

另外，鉛酸電池回收是有利益可圖的，報廢品以金屬為主經由收集、採購、提煉及

出售過程，其並未取得任何的政府補助。

此一高收集率及物料價格/可使用性，使得北美洲及歐洲得以維持具有獲利性及競爭性的鉛酸電池產業，而不需要與廣大的技術與工作競爭以降低海外市場的成本。雖然某些電池已發生移往東歐及墨西哥，但它不能與其它產業所見到的大量外移相互作比較。

化學物質混合的欺騙

對其它化學物質而言，該圖片並非是相當地美好。雖然立法如歐洲電池指令提供了社會的壓力，發展鉛酸電池的相類似系統以處理所有的電池之化學性質，這不是一件容易的事；例如，鉛酸電池組主要處理的成份是鉛，但是很多的其它電池組之化學性質則是廣泛的綿延了整個週期表。



這些年來鉛酸電池已豎立了回收效率及使用回收物料的卓越標準



在另一端具規模的元素複雜性是落在鋰電池的化學性質，特別是鋰離子。這些電池組包含有金屬氧化物或磷酸鹽與多重的組合如錳、鈷、鎳、鐵、鈦等，屬於陰極/陽極的原物料，以碳為主要成份的物料也有出現如石墨以做為陽極或電解液系統的一部份。

雖然使用在這些電池的基本元素相對地並不昂貴，但站在工程學的觀點卻變得非常昂貴，因為它們的價值大部份是由化學純化要求、相結構組織以及從毫米型態到微米型態等過程－代價高昂的製作活動。

切斷價格的連接

這最終對一個電池的價值和對回收商而言，一個電池的價值是斷開且互不相連的；電池是販售給最終的消費者，以做為一項高級工程裝置並具有高物料績效要求，對精煉廠而言，電池的價值是依據從電池中所回收到的元素價格而預估的。在某些情況下，那些元素的價格是由世界公開市場訂定的，如在倫敦金屬交易所或上海。

這些市場設定了價格但終究有一些附加條件，最近一項壓倒性的重要事情已經出現，金屬的價格反應需求或是財務金融機構的投資是多樣化的嗎？這是一個相當好的問題，因為價格水準和反覆無常驅動著回收的經濟性。價格水準的訂定取決於經回收的金屬價格及報廢品價值所可得到的利潤，這兩者，反覆無常是一個主要的風險成份，因為購買了報廢品、擁有精煉廠、採買試劑以及運送金屬需耗費現金及時間。

有效的管理是存活的重要關鍵，一個同樣較具挑戰性的情景是，當前與某些其它物料一樣並不具有公開的市場存在，例如鋰錳或是碳，在這些狀況下價格就剛好是你所付出的。

基本上所有電池的化學作用及設計之製做，是為了使績效最大化並且使首輪的生產成本最小化

對那些在回收產業的價值，這是令人非常困擾的，而且對設定的投資水準以決定可能的利潤是不確定的。

鎳

鎳金屬氫化合物（NiMH）電池與鋰離子是相類似的情況，雖然鋰離子的化學性質不是那麼豐饒。由高百分比的鎳金屬所組成的，簡化了它們的回收流程至某一個程度，但無論如何，把鐳系元素（稀土）及過渡金屬加到氫儲存合金以使用於陰極上，使得回收變得更複雜。

鐳系元素的回收很麻煩的，因為在焦冶金及水冶金的回收系統上它們很容易氧化，回復這些元素到它們的金屬狀態是非常困難的，需要氟化物的產物及鈣的金屬熱還原法以形成合金後的純金屬。

在當前的時候，大部份的NiMH電池是以二次不鏽鋼作法加以回收，但大多數的電池等級的物料之價值都損失了。典型的鋅-錳/鋅-碳電池是最簡單的冶金術，而且聲稱收集了約90%的後消費者電池；可惜的是它們的數量非常的少，這意謂著每



類電池沒有顯著的價值以驅動回收的經濟活動。

另外，使用於製造電池的鋅是被轉變為鋅氧化物，鋅可以被回復原狀，不管是透過高溫下的蒸發作用或是透過酸過濾；為了產生鋅金屬以使用在新的電池上，一定發生化學還原作用，當鋅被一回復為礦砂時是需要熱能的。前述的探討於現有的電池設計上是一項高堅持己見的反應，其現在將可與最先進的電池回收相互參照。

三種回收類型

三種一般類型的回收過程可讓那些有意願於從事報廢電池之物料價值的回收。（應注意到有某些團體從事二次使用的回收電池組，取自油電混合車的極板網柵儲存/替代的能源備用，在最終處置前可能找到了一個仲介市場。）焦冶金、水冶金及物理分離技術已經及正在被開發以界定電池回收，每一種都有其本身特有的一套強勢和挑戰，但是無論如何，有關於電池回收的細節能舉辦討論會之前，一套共同的定義必須可被共享。

回收意謂是什麼？這不是輪廓鮮明如每個人所認為的，而且也包括各種錯綜複雜的有害廢棄物處理、能源再生、降等循環和直接回收等事情。有害廢棄物處理亦即在壽命週期結束時的掩埋處理必須加以避免，但是到底該如何避免並未定義清楚。

能源再生為從產品內所含有的物料可再被取得能源，其已被視為一項具有價值的重獲/回收的流程，這使得正被用於生產新電池的物料有所削減，但卻是取代了報廢電池提煉的燃料用法。

價格水準及其易變動性驅動了回收的經濟活動，價格水準的設定取決於經回收的金屬之價值，以及報廢品的價值，因此即為可得到的利潤性；易變動性是一項主要的風險因素，因為購買報廢品、擁有回收場、採買試劑及運送金屬需花費現金與時間。回收作為一項後來添加的東西嚴重限制回收流程的發展，對此而言，例外的是鉛酸電池，其已有150年達到最佳化的回收流程

降等循環是在回收所含有的物料，其價值低於投入製造流程之原物料，如想想在焦冶金提煉期間所生產的礦渣之情形。在鋰離子電池所含有的鋰都被氧化因此屬於礦渣層，所產出的礦渣假使符合某些標準，現在都收集拿來做為道路/混凝土。鋰已被回收但是意謂其價值遠低於它被使用於鋰離子電池組中。現實上，回收是將所含有的物料加以回復到原先投入到該製造程序中的原物料，使其有一個相同的價值，如金屬鉛是從報廢的電池中所產出的。該金屬又返回到電池製造商手上，以使用於電池製造核心所運用的網柵和氧化物的生成，這使得鉛再次重回到一個電池製造所認可的製程中，因此在回收和製造之間存在一個清晰的轉讓用途。

直接回收是一項新興的技術，該技術是回收製造過程中有價值的內含物。現行的例子有從鉛酸電池回收電池外殼，外殼與鉛基的物料是用一項沉浸/漂浮的操作加以分離。經過清洗後，聚丙烯被收集成為粒子狀，這些粒子之後送至射出成型模具以成型為新的外殼。被回收的物料又回復到最後的製造步驟以做為直接的投入物料。



統計學的觀點

與SAE電池標準小組討論的結果，RSR科技公司研究已使用與發展中電池回收技術的統計學，以對回收發展的方向有較佳的了解。

焦冶金的操作是使用高溫的過程，迫使物料轉變為它們的元素型態，以再賣到產業界做為賤金屬，結合該方法是有數種純度，它是一個廣為大家接受的及有效的製程技術，且考慮到可立即應用到現有的工廠運作中。然而為了矯正固有艱鉅的事是困難且昂貴的，可能仍需使用水冶金的操作以完全回收所有有價值的物料。處理排出物以釋放到空氣中或水裡中需要昂貴的清洗作業，值得回收的元素或金屬在氧化或取礦砂的過程中會有所損失，而且此過程必需使用大量的能源。

另外，水冶金的作業使用如水之化學藥品以溶解物料，來獲取後續過程中的沉澱物或電附著金屬。水冶金過程的好處令人印象深刻，它是一個廣為大家接受的過程技術，具有相當高的物料回收率，其可在焦冶金過程之後使用，以回收遺留在礦渣及冰銅中的金屬。然而其本身有其艱鉅的事情，特別是對報廢的溶液之水處理。

關於活性化學藥品及溶劑的排放法規和環境健康安全議題，要執行的代價可是很高的；在水冶金處理之前或之後，它也可能在初始的物料處理時，需要以焦冶金操作此即增加費用。

直接回收是根據物料的物理特性加以分離，物理方法的分離如搗碎、礦物的整治處理（篩選）、淘析、漂浮、重力分離、磁性與靜電分離都是現行的新動向領

域。該方式使用特定的裝置操作以方離不同的物料成為濃縮物，其可以直接使用於電池的生產製造。直接回收有某些非常引人注目的好處：游動不定的排放低、回收電池等級的物料以做為電池等級的物料並不需要重新製作化合物、較精確的符合回收的嚴謹定義並與歐盟電池指令的指導方針相匹配。儘管如此，直接回收本身有其特定艱鉅的挑戰，它是一個新興的技術必須取得市場才得以發展；另外，可能應該開發較堅固耐用的物料，以便經得起嚴酷的多次循環，非傳統冶金術的生產流程，對物料的初始調配可能需要某些焦冶金及水冶金的作業。

可能很明顯的，沒有任何的電池化學性質是汲汲營營於設計以便於回收，實質上，所有的電池化學性質及設計，是為了得到最大的績效以及使得第一輪的生產成本最低。與花費在發明、開發及行銷最近的“超級”電池的財力資源互相比較，電池回收產業相對的是很微小。

將回收做為一項事後的想想法已嚴重地限制回收流程的發展，唯一例外的是已有150年的最佳化回收流程的鉛酸電池。在現有的環境及經濟氛圍以及全球70億人口，對能源儲存的貪婪慾望、對電池建造有一點點的先見之明，將有助於減少掩埋報廢電池的噸數。

（譯自一資料來源：Battery International Fall 2011, Timothy Ellis）

