

鋰電池

電壓高和質量輕使鋰電池的能量密度在先天上就占有很大的優勢，鋰電池實際上是一系列以鋰為負極活性材料的電池，實驗室中有百種以上的組合，但實際可行的只約十多種。

■ 柯賢文

電池的功能在於把活性物質中的化學能，經由電化學反應轉換成電能。拉克蘭奇（Le Clanche）在 1860 年首先以鋅汞合金為陽極接於負端，以塗在炭棒上的二氧化錳為陰極接於正端，並以氯化銨溶液為電解液，製成了第一個實用的電池，俗稱拉克蘭奇電池（Leclanche cell）。一百多年後的今天，使用最多最普遍的仍然是同樣原理的拉氏乾電池。

隨著科技的進展，電子儀器、武器系統、太空探險等的發展都朝著更精細及超高功能的方向猛進，系統負責人絕對不希望昂貴的設備因為使用便宜的電池而失效，也不會希望電池占去太多的寶貴空間及重量。因此尋找單位體積或單位重量具有高能量密度的電池就成為必然的趨勢，而高放電電流密度也是需求目標之一，鋰電池的研發也因應而生。

經過 30 年來的努力，鋰電池研發成果已經相當輝煌，由早期不可充電的一次電池發展到已經商業化可充放電的二次鋰電池，甚至往大動力的電動車研發。由於鋰電池的發展有如電子產業般日新月異，本文僅就鋰電池的基本原理加以討論。

所謂鋰電池，實際上包括了所有以鋰或其合金為負極的一系列電池系統，種類非常繁多，它們的主要優點包括：電壓高一未通電流時的開路電壓可高達 3.9 V，放電時則在 3.0 V 左右，是傳統乾電池的 2 倍；能量密度高一金屬鋰質輕、電壓高，通常有乾電池 2 ~ 3 倍的能量；適用溫度範圍廣—不使用水溶液，電解液的溫度範圍很寬廣，攝氏 - 40 ~ 70 度都可以放電；功率高一鋰高溫電池可以高達每平方公分 1 安培的超高電流密度放電；儲存壽命長—由於化學特性及密封需求，壽限都在 5 至 10 年或更長。

基本原理

電化學反應是一種藉由通過電流在電極板上發生的化學反應。一個電化學反應槽的基本構造，包括正極、負極及電解液。只有一個反應槽的稱為單元電池（cell），由兩個以上的單元電池串聯或並聯而成的就是組合電池（battery），大型電池電源如電動車或備用電力等，都由很多單元電池串並聯組合而成。

電池放電時，正極發生還原作用，吸收電子，進行陰極反應；負極發生氧化作用，放出電子，進行陽極反應。充電時，正負極剛好發生相反的反應。習慣上電池只由外端分正負極，正極在放電時進行陰極反應，充電時進行陽極反應。本文都以正負極敘述，不使用陰陽極反應，以免混淆。

電解液的主要功能是在電池內部以離子的形態提供電流的通路，它必須有良好的導電性，以免產生太大的內電阻。為了節省空間，電池的正負極須緊密接觸，因此兩極之間必須有一隔離層，以免短路引起自行放電反應。

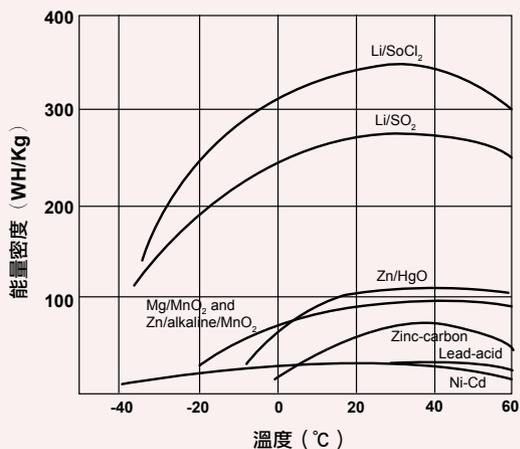
基本的電化學反應可分為熱力學、動力學及質量傳送三個問題來討論。動力學探討電流通過時產生阻力的極化現象，質量傳送則牽涉到陰、陽離子在兩極板之間傳送的問題。熱力學則在電化學上論述化學能轉換為電能之間的關係。

打開電動勢表， $\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$ 的陽極反應電動勢高達 3.0 伏，排列第一。再查金屬鋰的物理化學特性，密度是 0.53 克 / 立方公分，只有水的一半多一些。高電壓和

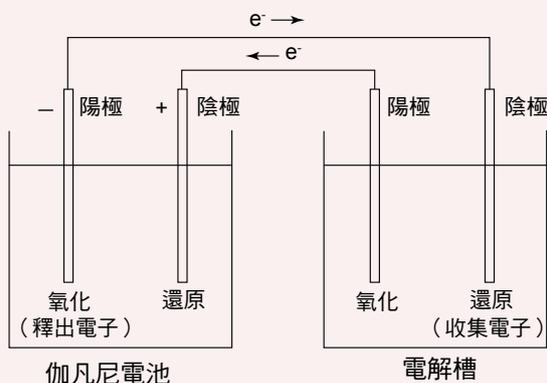
鋰電池系統的理论能量密度及平衡電壓

反應式	電壓 (伏特)	能量密度 (瓦時 / 公斤) (瓦時 / 公升)	
$2\text{Li} + \text{F}_2 \rightarrow 2\text{LiF}$	6.05	6,254	6,443
$4\text{Li} + 2\text{SOCl}_2 \rightarrow 4\text{LiCl} + \text{SO}_2 + \text{S}$	3.67	1,477	2,005
$\text{Li} + \text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{LiV}_2\text{O}_5$	3.50	497	1,397
$\text{Li} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{LiMnO}_2$	3.50	1,000	3,097
$2\text{Li} + \text{AgCrO}_4 \rightarrow \text{Li}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Ag}$	3.31	513	2,088
$2\text{Li} + 2\text{SO}_2 \rightarrow \text{Li}_2\text{S}_2\text{O}_4$	2.91	1,098	1,353
$4\text{Li} + \text{CF}_4 \rightarrow 4\text{LiF} + \text{C}$	2.8 ~ 3.3	1,992	2,053
$2\text{Li} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{LiI}$	2.77	556	1,920
$2\text{Li} + \text{S} \rightarrow \text{Li}_2\text{S}$	2.18	2,550	2,826
$6\text{Li} + \text{Bi}_2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{Li}_2\text{O} + 2\text{Bi}$	2.04	646	2,478
$4\text{Li} + \text{FeS}_2 \rightarrow 2\text{Li}_2\text{S} + \text{Fe}$	1.75	1,273	2,474
$2\text{Li} + \text{Cu}_2\text{S} \rightarrow \text{Li}_2\text{S} + 2\text{Cu}$	1.74	539	1,714

* 假設反應物及生成物都是固態



鋰電池和傳統電池的能量密度比較（資料來源：*Handbook of Batteries & Fuel Cells*）



伽凡尼電池與電解槽都是一種電化學反應，前者輸出電能，後者則需由電源提供電能。

質量輕使鋰電池的能量密度在先天上就占有很大的優勢。實際的電池重量包括外殼、電解液、導電體、隔離紙等的重量，能量密度往往不到理論值的一半。

鋰電池系統

鋰電池實際上是一系列以鋰為負極活性材料的電池，實驗室中有百種以上的組合，但實際可行的只約十多種。由於金屬鋰接觸水會發生激烈的反應，因此電解液必然是非水溶液，一般使用有機溶劑，如氰化甲烷（ CH_3CN ）、二甲基亞砷（ $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ ）、碳酸丙烯酯（ $(\text{C}_3\text{H}_6)\text{CO}_3$ ）等。此外，金屬鋰質軟，不能直接當負極板使用，通常是壓在鎳網上做為負極。電池的組裝必須密封，以免大氣的水分滲入。現依鋰電池特性分成下列五大類討論。

液態正極 乍看有點奇怪，因為一般正負極材料都是固態，這類電池的特性是正極活性物質是液態，而且本身可以是電解液的溶劑，如硫化亞砷（ SOCl_2 ）。它也可以是氣體溶於溶劑中，如二氧化硫（ SO_2 ）

溶於氰化甲烷（ CH_3CN ）。這種電池有賴於在金屬鋰上形成一層保護膜，以阻止自行放電或化學反應的繼續發生，但放電時保護膜就自行破裂，以利反應進行。

常見的正極板是炭粉壓在鎳網上，炭粉的優點是有很大的表面積，能以較大的電流放電。

這種電池的放電電壓可高達 3 伏以上，能量密度及放電功率都很高，適用溫度也很廣，但具相當的危險性。如果內部短路放電或過熱會造成爆炸，威力有如一個小手榴彈，非常可怕。以鋰 / 硫化亞砷電池為例，它可以在攝氏零下 40 度正常放電，且在惡劣的寒帶氣候仍可使用。

一個 D- 型電池的電容量高達 20 安培小時，大約是高性能鹼性電池的兩倍，能量則是四倍。自行放電率每年小於 1%，因此可存放 10 年以上。大容量電池有些高達 20,000 安培小時，如 MX 飛彈發射控制室的備用電源。小型的電池可使用於 GPS、遙測、石油探勘、緊急救難等，使裝備的重量大為減輕，這類電池在軍事上的用途特別廣。

鋰電池的分類及性能

分類	電解質	放電功率	容量 (安時)	正極材料	電壓 (伏特)	特性
液態正極	有機或無機物	中高功率	0.5 ~ 20,000	SO ₂	3.0	高功率、高能量密度、可低溫放電、壽限長、高安全性
				SOCl ₂	3.6	
				SO ₂ Cl ₂	3.9	
固態正極	有機物	低中功率	0.03 ~ 5.0	V ₂ O ₅	3.3	中高能量密度、容易封裝、少安全問題
				AgCr ₂ O ₅	3.1	
				MnO ₂	3.0	
				-CF-	2.6	
				S	2.2	
				Cu ₂ S	1.7	
				FeS ₂	1.6	
				CuO	*1.5	
Bi ₂ O ₃	1.5					
固態電解質	固態	極低	0.003 ~ 0.5	P2VP- I ₂	2.8	壽限長、穩定、不自行放電、安全性高、電流甚低 (微安培)
熱電池	熔鹽	極高	—	WO ₃	2.4 ~ 2.6	預存式電池，使用在武器系統上，壽命 10 ~ 20 年
				CaCrO ₄	2.2 ~ 2.6	
				V ₂ O ₅	2.2 ~ 2.7	
				FeS ₂	1.6 ~ 2.1	

固態正極 和一般水溶液電池一樣，正極活性材料是固態，其能量密度及放電功率都比第一類小，但較安全，因此使用於一般消費電子產品。二氧化錳是常見的正極材料，做為電池材料的特性已為人們熟悉，便很自然地應用在鋰電池系列中。鋰錳電池於 1980 年初商業化，其優越性能包括：電壓高、適用溫度範圍廣、儲存壽命長、安全可靠、容量大等。

二氧化錳實際上是一種相當複雜的化合物，可分為天然錳粉及合成錳粉兩種。

合成的二氧化錳又可分為化學級及電化級。天然錳粉因不同的產地而有不同的成分及特性，品質不易掌握，只有低級的乾電池才使用。電化學級二氧化錳有很大的空孔度及較低的極化現象，在一定的空間內可以壓縮較多的錳粉且維持電極特性，是實用的正極材料。

電解液的配製都以適量的鋰鹽溶於有機溶劑中，單一的溶劑很難符合需求，通常使用有機混合溶劑。目前大多使用碳酸丙烯酯和 1,2 - 二甲基乙二醚的混合劑，電

解液的導電鹽是過氯酸鋰 (LiClO₄)。

鋰錳電池是最普遍且價格最低的鋰電池，輸出電壓是 3.0 伏，外表主要有圓柱型及鈕扣型兩大類。鈕扣型鋰電池的規格已標準化，通用的標示是 CR-xxxx (數字)，前兩數字表示直徑，後兩數字表示高度，單位都是 mm，如 CR-1220 鋰電池直徑是 12 mm，高度 2.0 mm。它們廣泛使用於一般消費性電子器材，如計算機、計算器、數位相機、電子表、電腦記憶體電源等。由於具有高能量密度、較高功率及長壽命的優點，已逐漸取代傳統的銀鋅鈕扣型電池。

其他固態正極的鋰電池尚有 Li / (CF)_n、Li / Ag₂CrO₄、Li / V₂O₅、Li / FeS₂ 等系列，但少見於 3C 電子用品。

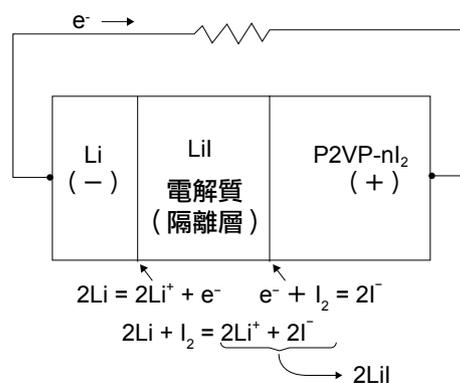
固態電解質 電解質必須只能傳送離子，一般都是液體，但固態物質也可以傳送離子，因而可成為固態電解質使用於電池中。早在本世紀初就有人發現離子也可以在固態物質內傳動而導電，其導電係數很小，不到 10⁻⁸ / (Ω-cm)，因此大多適用於微安培的低電流電池，優點是壽命可長達 5~10 年或更長。

1960 年代先後發現 AgI 及 β-alumina (鋰、鈉、鉀或其他導電離子和氧化鋁陶瓷形成的錯合物) 兩系列的固態離子導體，導電係數在室溫下高達 0.1 至 0.001 / (Ω-cm)，幾乎可以和水溶液電解液相比。但缺點是電子導電度也很高，導致兩極之間的自行放電，因此才把重點移到以鋰離子導電的固態電解質，其中尤以碘化鋰系列最受注目，即 Li / LiI / P2VP-I₂ 電池。

正極材料採用碘的聚-2-乙炔吡啶碘錯合物 (poly-2-vinyl-pyridine-iodine，簡稱 P2VP-nI₂)，它是一種紫黑的黏狀物。P2VP 的化學式是 (CH₂-CH[C₆H₅N])_n，分子量大多在 10⁴ 至 10⁵。P2VP-nI₂ 中的 n 代表碘



鈕扣型鋰電池的規格已標準化，通用的標示是 CR-xxxx (數字)，前兩數字表示直徑，後兩數字表示高度，單位都是 mm，如 CR-1220 鋰電池直徑是 12 mm，高度 2.0 mm。

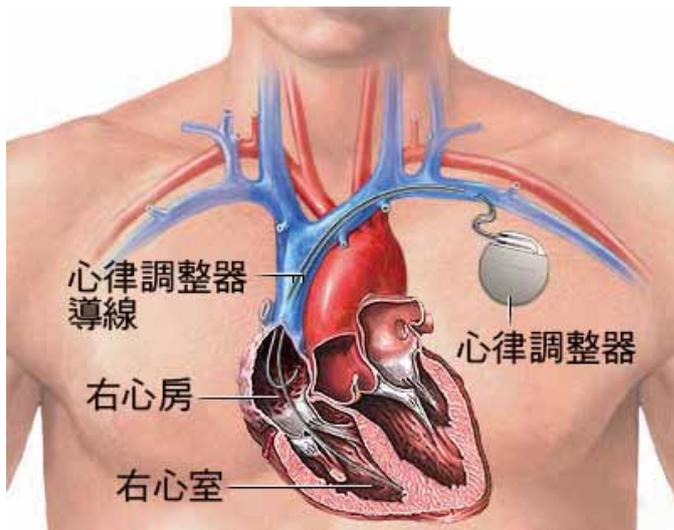


鋰碘電池的電化學反應示意圖，碘化鋰有電解質及隔離層的雙重功能，沒有內部短路的顧慮，非常安全。

和 2-乙炔吡啶的比 (I₂ / 2VP)，其數值由 1 至 8。n 值越小，錯合物黏度越大。

反應生成物碘化鋰在攝氏 37 度時的導電係數約為 5 × 10⁻⁷ / (Ω-cm)，它不但是電解質，而且可以當正負極的隔離層，因此正負極不會短路。放電後，正極材料的碘含量漸漸減少，P2VP-nI₂ 也慢慢變硬。同時碘化鋰層變厚，電池的內電阻也隨著提升，輸出電壓也漸漸降低。這個現象使鋰碘電池非常安全可靠，不會有因兩極接觸而引起短路的顧慮。

電池的放電曲線可以分為 3 個階段，第一階段放電電壓平穩地減低，第二階段



心律調整器，內有可使用 10 年的鋰碘電池，省去開刀換裝的風險。（圖片來源：<http://www.healthcentral.com/heart-disease/h/benefits-of-pacemaker.html>）

的放電電壓急速下降，顯示去極化劑的碘含量已經快用完，這是一個黃燈的警告訊號，這時的開路電壓仍可維持在 2.8V。到了第三階段，碘已經無法提供進行電化學反應，這時放電和開路電壓都急速下降接近零。

醫生會建議心臟跳動嚴重不規則的病患植入一顆心律調整器，以控制心跳正常。它的電源就是鋰碘電池，可維持 10 年，以避免不必要的開刀取換，且大小能配合心律調整器置入人體。鋰碘電池必須絕對氣密，以避免電池內的化學物漏出傷害人體，或體液滲入而破壞電池。由於用途特殊，這些電池的基本要求就是容量，以及品質非常嚴格，每一個電池都有序號，所有材料及封裝人員和日期都可追蹤。

熱電池 熱電池對很多人而言是陌生的，因為在數百度的高溫下進行電化學反應有點奇怪。鹽在固態時不能導電或導電率很低，但是熔融鹽的導電係數比水溶液電解質還大一個數量級以上。具最低熔點（eutectic point）的 LiCl-KCl 混合熔鹽在攝氏 352 度的導電係數是 $2.1(\Omega\text{-cm})^{-1}$ ，而飽

和 NaCl 水溶液只有 $0.2(\Omega\text{-cm})^{-1}$ 。因此利用熔融鹽當電池的電解質有明顯的優點，即可以用比較大的電流密度放電。

熱電池的負極材料大多是鈣或鋁合金，也有鎂合金，正極是去極劑、電解質和凝結劑混合而成的薄餅，最上層則是熱片，被激發後產生的熱量足以熔融固態電解質薄餅。在放電過程中，薄餅必須維持約攝氏 500 度的熔融狀態，電池須有良好的絕熱層保護，因此放電時間不能持久，而且必須一次用完。由於武器系統（引信、火箭、飛彈、地雷等）的電源必須有瞬間大功率放電及能長時間儲存的特性，這種電池非常適合。

所謂預存式電池（reserved battery）是在沒有激發之前不能放電，它們有很長的存放期限，熱電池和預存式銀鋅電池都是，電池是包裝在完全氣密的鋼罐內，非常穩定。熱電池的主要優點如下：存放期限很長，可以達 10 年以上；激發時間短，可以在 1 秒內提供高功率放電；可靠度高，並可以在惡劣的環境下放電，包括震動、溫度等；不須維護，可以附在武器系統內長

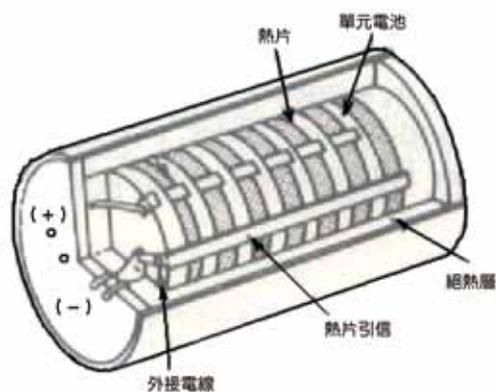
達 10 ~ 20 年仍可完整放電。

熱電池因負極材料的不同而分成鈣系 (Ca / LiCl-KCl / WO₃、Ca / LiCl-KCl / CaCrO₄) 及鋰系 (Li(M) / LiCl-KCl / FeS₂) 兩大系統，它們都可以在不到 1 秒內激發，且電流密度高達 1 安培 / 平方公分以上。為了降低使用溫度，幾乎所有的熱電池都利用 LiCl-KCl 最低熔點混合鹽，其莫耳成分是 61% LiCl，熔點是攝氏 352 度。除了熔點低之外，氯鹽還有不分解、價格便宜等優點。

正極材料俗稱去極劑 (depolarizer)，因其可以減低陰極的極化現象。正極材料的選擇必須注意有較高的電位，電解質的匹配，以及在熔鹽溫度下須穩定。熱源實際上有「熱紙」及「熱片」兩種。熱紙是由火藥級的鋯及鉻酸鋇的細粉混合而成，粒徑在 1 ~ 10 微米之間。填加劑有陶瓷粉、石棉纖維等。

乾燥後的熱紙非常容易燃燒，燃燒速率高達 10 ~ 15 公分 / 秒，而且熱含量約 1,675 焦耳 / 克。燃燒後只剩一些灰，電阻很大，因此須附有鎳或鐵的導電片。熱片則由過氯酸鉀及過量的細鐵粉混合而成，並壓成薄餅狀。過量的鐵粉可以使燃燒後的熱片維持原狀，以保存熱量。剩餘的鐵粉可以導電，不須另加導電片。熱片的燃燒速率比較慢，沒有熱紙敏感，熱含量由 920 至 1420 焦耳 / 克，視鐵粉的多寡而定。負極材料大多採用 20% 鋰鋁合金粉末壓製而成，因其放電效率良好，但有凝結成球的問題。

熱電池是一種非常專業的電池，絕大多數使用在武器系統中，或緊急特殊狀況下的用電。單元電池大多是圓柱型，但組合的電池組須配合武器系統可用的空間而設計，其形狀不一而足。



熱電池結構示意圖，由單元電池堆積串聯，其間有熱片加熱，可激發使固態鹽瞬間熔化放電。



圓柱型熱電池，多個單元電池串並聯後，可做為武器系統的大電源。(圖片來源：中山科學研究院)

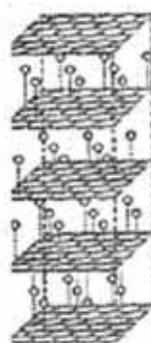
鋰二次電池 一次電池不可充電，用完就丟；二次電池則可充放電並重複使用。最普遍的二次電池是鉛酸電池和鎳鎘電池，前者太重，後者則有鎘汙染及充放電記憶問題。為了解決上述問題，鋰二次電池一直是研發的重點。但其最大的問題是找不到適當的電解液，因此無法有效運送鋰離子，使其充電還原成可放電的負極材料鋰金屬，而且不會穿破隔離層引起短路。

為了減碳環保，電動車或汽電混合車受到很大的期待，其中最大的問題是電池重量及充放電。

早期發展的鋰二次電池較為人熟悉的系統有 Li / MoS_2 、 $\text{Li} / \text{LiAsF}_6$ 、 Li / SO_2 、 Li / MnO_2 、 $\text{Li} / \text{polypyrrole}$ 等，但都因不穩定而暫停。直到1992年新力（Sony）成功開發出鋰離子電池，以一種鋰離子和凝膠聚合物的混合物做為電解質，改善了電池的充放電次數及安全問題，鋰離子二次鋰電池才正式商業化。

常見鋰離子二次鋰電池的負極是炭粉，正極是鋰鈷氧化物、磷酸鋰鐵或鋰錳氧化物，典型電解液則是無配位的鋰鹽如 LiPF_6 、 LiAsF_6 、 LiClO_4 、 LiBF_4 或 LiCF_3SO_3 ，溶於碳酸乙烯酯或碳酸乙酯等有機溶劑。電極片必須具有多孔性結構，以利鋰離子的進出。石墨炭粉具層狀結構，兼具多孔及超大的表面積，且可導電，普遍使用於鋰電池電極。

在充電時，鋰離子從正極片主體移出至電解液，經電場遷移嵌入負極片，還原成為一種鋰間層化合物存於炭粉主體結構內，放電的過程則完全相反。



石墨具碳原子的層狀結構，可容鋰原子滲入，有利鋰原子的進出，成為間層化合物。

由於鋰離子二次鋰電池具有高能量密度、較高功率及長壽命的優點，充放電次數也可達數百次以上，而且沒有如鎳鎘電池的記憶效應及環境污染問題，因此已取代傳統二次電池，如鎳鎘或鉛酸電池，使用在3C的電子用品如手機、筆電、相機等。但為了追逐高利潤，廠商往往製造成只配合特定商品的形狀，不能互相替換，造成使用者不少麻煩。

為了減碳環保，電動車或汽電混合車受到很大的期待，其中最大的問題是電池重量及充放電。傳統的鉛酸或鎳鎘電池的充放電不是問題，但重量難以承受，且有



為了追逐高利潤，廠商往往把鋰離子二次鋰電池製造成只配合特定商品的形狀，不能互相替換，造成使用者不少麻煩。（右）手機電池，（左）筆電電池。

所有電池都有不同程度的危險性，鋰電池的能量密度特別高，化學性能也非常活潑，危險性就非比尋常。

汙染問題，因此高功率大容量的鋰二次電池的研發就成為必然的趨勢，各大汽車財團無不全力以赴。另一類超大型鋰二次電池是供離峰用電的電量儲存，它必須有很好的充放電效率，Li-Al / FeS₂ 系列的熱電池合乎這條件，因為熔鹽電解質的導電率遠比液態電解液佳。

材料選擇

鋰元素在化學周期表的左上方，不但質量輕，化學活性也很強，遇水就發生激烈化學反應產生氫氣。

但鋰放在乾燥空氣中時，僅會在表面起一層薄薄的氧化膜，具有一定的保護作用。供應電池用的金屬鋰片一般存放在密閉的金屬罐中，並充以惰性氣體以利運送及存放。在良好的乾燥空氣中（攝氏 20 度時的相對溼度 3% 以下），可以維持金屬光澤達 1 個月之久。

金屬鋰質軟富延展性，可以滾壓成薄片，處理起來一點也不困難。鋰的標準還原電壓是 - 3.05 V，質量又輕，做為電池的負極材料可以有最大的理論能量密度。正極材料的選擇必須注意它和電解液的匹配，如不起化學反應、極化電壓低等。還有就是能產生高電壓和高能量密度，最好本身或反應生成物能導電，其次就是無毒、不揮發、不易燃、價格合理和容易獲得。有多種材料曾被試驗過，但實際可用的只有十多種。



乾燥箱的外框是不銹鋼材質，加上除溼乾燥設備，相對溼度可維持在 1%。

鋰的化學活性既然很強，電解液的選擇必須特別注意。首先要了解使用的溶劑必須具有哪些特性：不具反應的氫原子，如 CH₃OH 上 OH 根的氫會和鋰起化學反應，不可使用，但 CH₃CN 中 CH₃ 根的氫則不和鋰起化學反應，可以使用；不和正負極材料起反應，或者是形成一層在放電時會被破壞的保護膜；高介電常數，以利鹽類的溶解，並產生高導電度的電解液；液態溫度範圍廣，以利使用環境的選擇；易處理、無毒、穩定、不易揮發和不易燃燒；價格合理，容易取得。

由於上述材料大多有強烈的化學活性，其他如隔離紙、封裝材料等的選擇也就有不同層次的問題。除了耐用，安全之外，更不能和接觸的材料起化學反應。鋰電池的研發或生產都須在低於 3% 相對溼度下進行，乾燥室就如無塵室，是一個很

鋰電池因具高容量及大功率密度，在現今的科技產品中占有非常重要的地位，如手機、筆電、相機等都非常依賴鋰電池，使其成為不可缺少的角色。

耗能的空間，尤其台灣的環境溼度很高。研發則在乾燥箱中進行，它是一個配有除溼設備的不銹鋼結構體，價格不斐。

安全問題

所有電池都有不同程度的危險性，鋰電池的能量密度特別高，化學性能也非常活潑，危險性就非比尋常。由於爆炸事件頻傳，早期負極含量超過 0.5 公克金屬鋰的電池便不准在民航飛機上使用。

鋰電池的安全問題可分 3 個層次來討論，即製造、使用及廢棄。

製造的安全問題 鋰金屬遇水起激烈的化學反應產生氫氣，放出的熱量足以使其燃燒。水氣也有催化作用，可促使鋰和氮氣反應產生氮化鋰，它進一步和水激烈反應產生氫氣。失火時，鋰的灌救必須使用一種特別的滅火器—以石墨粉混合表面處理劑，才能有效隔離金屬鋰和空氣及水分。

使用的安全問題 正極是液態的鋰電池因能量密度和放電功率很大，有非常高的危險性。一個 D 型電池的爆炸威力有如一顆小手榴彈，其他型鋰電池的爆炸威力雖然沒有那麼大，但也足以傷人。數年前，新力筆電的鋰電池就因爆炸而下架，造成很大的商譽損失。爆炸可歸因於極端的放熱反應，造成所謂的熱奔（thermal runaway）現象。熱奔的發生不外是製造上的缺失和不正常的使用，如：短路或長時間大電流放電、不當串聯的強迫放電、強迫充電等。

廢棄的安全問題 鋰電池的化學物質活性很活潑，可以很快地在環境中反應，因其含有高能量，廢棄前須確定電壓低於 2.0 伏。一般消費性電子產品的鋰電池可在收集後由專業人員焚化處理。正極是液態的鋰電池的廢棄處理是一件非常麻煩的事情，因為電池具有危險的爆炸性，化學成分也有強烈的腐蝕性，在美國只有少數幾個合格的專業處理場所。

鋰電池因具高容量及大功率密度，在現今的科技產品中占有非常重要的地位，如手機、筆電、相機等都非常依賴鋰電池，使其成為不可缺少的角色。此外，為了降低大氣溫室效應，減少二氧化碳的排放，電動車或汽電混合車受到很大的期待，因此高功率大容量的鋰二次電池的研發勢在必行。

再生能源的開發是分散式電源重要的一環，可配合智慧型電網的架設，它必須有超大型二次電池來儲存電能及穩定電力輸出，高溫鋰二次電池有很好的充放電效率，是理想的選項之一。

柯賢文
臺灣科技大學
