

●作者/李孟家士官長·陳銘勝上尉

綠色科技能源-磷酸鋰鐵電池

提要：

- 一、電池一般依屬性分為物理電池及化學電池二種，而化學電池主要又區分：一次電池、二次電池、發電型電池三大類，各有不同應用層面。
- 二、比較各類二次電池的效能，在環境保護的前提下，磷酸鋰鐵電池被評選為二次電池之最佳電池。
- 三、國軍目前車輛所使用的電池仍以鉛酸電池為主，以 CM12 戰車 6TMF 鉛酸電池組 24V/360Ah，改用動力型磷酸鋰鐵電池 24V/48Ah 做實車測試，以探討國軍車輛運用磷酸鋰鐵電池之可能性。

壹、導論

1780 年秋天，義大利波洛尼亞大學的解剖學教授賈法尼（Luigi Galvani 1737~1798）在偶然的情況下，以銅製的解剖刀碰觸到置於鐵盤內的青蛙，發現其立刻產生抽搐現象，因而認為有微電流流過，經過十年的研究，在 1791 年發表成果，他認為這是一種由動物本身的生理現象所產生的電，稱為動物電。但他的成果，義大利另一科學家亦是他的好友伏特（Alessandro Volta, 1745~1827）以他的推理卻持相反意見，他認為動物的纖維或體液不是導電的必要條件，有電流產生是由於兩種金屬和電解質那些因素的關係，所以二者間的爭論促使他們繼續從事相關的實驗，於 1800 年伏特以含食鹽水的溼抹布夾在銀和鋅的圓形板中間，按銀→布→鋅→銀→布→鋅的次序，然後堆積成圓柱，利用導線連接最頂端的銀圓板和最底層的鋅圓板，製造出最早的一個電池，稱為“伏打電堆”。

這是人們第一次獲得了比較強且穩定而持續的電流，電池的紀元就此



圖 1 伏特(Alessandro Volta)

資料來源：<http://www.psebattery.com/about.asp?id=9>

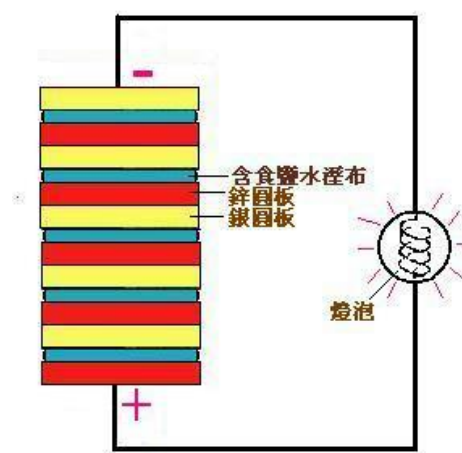


圖 2 伏打電堆示意圖

資料來源：<http://www.psebattery.com/about.asp?id=9>

展開，現在電氣所帶來的文明，伏打電堆是一個重要的起步，他帶動後續電化學、電磁聯繫、電氣相關研究的蓬勃發展，後來電動機和發電機研發成功也得歸功於它，進而導致第二次產業革命改變人類社會的結構。歷經了兩百多年至今，已發展出各種種類式樣的電池出現在你我周圍。

貳、電池簡介¹

一、電池分類

電池一般依屬性分為物理電池及化學電池二種，物理電池例如太陽能電池即屬之，目前較不普及；現在一般市面常見的電池都屬於化學電池，也就是透過化學反應產生的能量轉換成電能使用，例如碳鋅電池、鹼性電池、鉛酸電池、鋰電池等皆屬之。在

化學電池部份，主要又區分以下三大類：

（一）一次電池(primary cells)

如乾電池、水銀電池等，其內部之化學反應為不可逆，不能進行充電，當電池化學反應進行完成，電池即被丟棄。

（二）二次電池(secondary cells)

如鉛酸電池、鎳鎘電池等，此類電池幾乎是基於可逆之化學反應，經電極反應將其化學能轉換成為電能，當電能消耗殆盡後，可進行充電程序恢復其活性，可一再地重複使用。

（三）發電型電池(fuel cells)

發電型電池之基本原理不同於一般電池組，一般電池組功能為儲藏電能，而發電型電池如燃料電池則是類似發電機，由燃料的化學反應直接發電。

¹黃景皇士官長，高電容量電池使用安全與注意事項，陸軍通資半年刊 102 期



圖 3 電池類型介紹

資料來源：黃景皇士官長，高電容量電池使用安全與注意事項，陸軍通資半年刊 102 期

二、常用一次電池介紹²

一般市面上常見的乾電池（碳鋅電池）、鹼性電池（鹼性電池）以及水銀電池，皆屬此類。不同的電池有不同的應用面，但因為只能單次使用，而且在原料及製程上使用具污染性的汞，對環境以及人體的負荷相當大，

污染性極高，特別是水銀電池含汞量最高，一顆鈕釦型的水銀電池若是不經回收妥善處理，可污染 60 萬噸的水，這個數字就相當於人一生的飲水量，人類食用後，水銀會累積在人體，造成神經系統、腎臟及肝臟的受損，產生精神異常、聽覺受損、老化等現象。

²楊錢威，智慧型居家清潔機器人之充電站研製，成功大學碩士論文，94 年

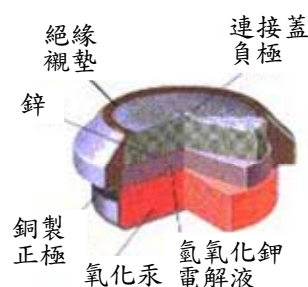
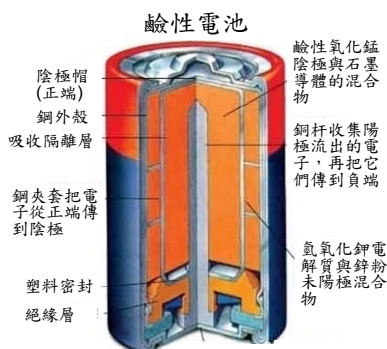
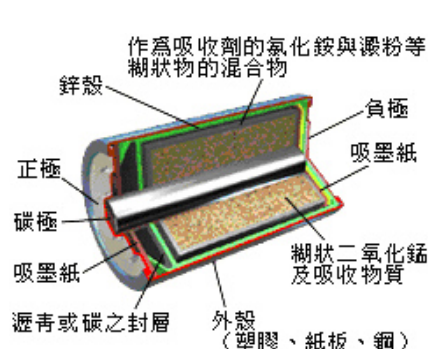


圖 4 碳鋅電池示意圖

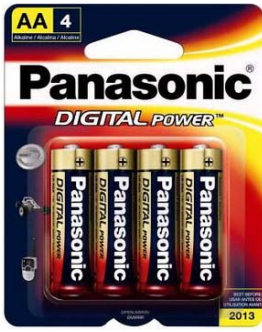
圖 5 鹼性電池示意圖

圖 6 水銀電池示意圖

資料來源：參考 <http://www.artc.org.tw> 本研究整理

表一：常用一次電池介紹表

項目	圖示	說明
碳鋅電池（乾電池）	圖 7 展示了 4 號碳鋅電池，品牌為 SONY，型號為 ULTRA。圖中標註了「4 號碳鋅電池」和「16 入」。	以鋅為陽極，陰極為碳棒，周圍的二氧化錳為活性物質，電解液的部分，使用氯化銨（Anomonium chloride）的電解質凍及溶解於水中的氯化鋅（Zinc chloride）。一般的工作電壓在 1.5V。主要使用在小電流的產品上。若是使用在需要較大電流或是需要長時間工作的產品上，則化學反應所放出來的氫氣會在碳棒上堆積，降低電池效率及壽命，也就是說使用的電流量越大，則電池所含的電容量會下降。若是存放的溫度過高（約 39℃）則其使用壽命大約會縮短一半，也就是為何乾電池必須存放在陰涼處之原因。一般說來，碳鋅電池的有效期限約為 3 年。

鹼性電池 (鹼錳電池)	 圖 8 鹼性電池	鹼性電池的出現，主要用來改善碳鋅電池無法在大電流或長時間使用的缺點。同樣以鋅作為陽極，二氧化錳混和物作為陰極，和碳鋅電池最大不同是，鹼性電池使用高濃度的氫氧化鉀 (Potassium-hydroxide) 做電解液。在高電流的使用情況下，鹼性電池的壽命約為碳鋅電池的 10 倍，並能長時間的使用，工作電壓仍能保持在 1.5V。鹼性電池的有效期限較碳鋅電池長，約為 5 年。
水銀電池 (汞電池)	 圖 9 水銀電池	陽極為鋅—汞合金，陰極則用氧化汞，電解液為氫氧化鉀。形式上有鈕釦型(一般常見的扁型)以及圓筒型，工作電壓有 1.35V 以及 1.4V。1.35V 主要用於工業儀器上，1.4V 則為一般用途。具有良好的放電特性，也就是說不管輸出的電流大小，其容量皆保持固定。在震動與高速度的使用情況下，效能良好，這也就是為什麼照相機和許多通訊器材皆使用此種電池的原因。和碳鋅電池與鹼性電池不同的是，水銀電池不使用的時候，幾乎不會漏電，可存放超過 10 年以上。

資料來源：參考許家興，電動車電池類型與電池基礎介紹，財團法人車輛研究測試中心，2009，作者整理

表二：一次電池比較表

電池種類	電池型號	工作電壓	有效期限	應用範圍
碳鋅電池	1、2、3、4 號、BA-30C、 BA-42C、 BA-2CBA-200C、 BA-58C	1.5V	三年	小功率、小電流，且連續使用時間不長之電器產品，如隨身聽、手電筒、遙控車、玩具等。
鹼性電池	1、2、3、4 號、 BA-3007C、 BA-3406C、BA-386C	1.5V	五年	使用在高電流與需要長時間使用的裝置，輸出電壓較碳鋅電池穩定，蓄電量也較高。
水銀電池	PX1、PX27、PX32、 PX625、PX640、PX675	1.35V 1.4V	大於十年	具有良好的放電特性以及穩定的輸出電壓。在震動或是加速度使用的情況之下，仍能有不錯的表現。

資料來源：參考黃景皇士官長，高電容量電池使用安全與注意事項，陸軍通資半年刊 102 期

三、常用二次電池介紹³

市面上常見的有鉛酸電池、鎳鎘電池、鎳氫電池以及鋰電池。不同的電池因為其工作電壓、電容量以及安全性的關係，有不同的應用。雖說二次電池可多次使用，但是像鉛酸和鎳鎘電池的主要材料鉛和鎘，這兩種金屬對於人體的威脅極大，因此在歐盟新頒布的危害物質限用指令(the Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical equipment) **RoHS** 中，就將這兩種金屬名列為禁用材料。

而鋰離子電池目前主要應用在可攜式的消費性電子產品部份，以手機、筆記型電腦等為主，鋰離子電池



圖 10 RoHS 環保標章圖

資料來源：<http://zh.wikipedia.org>

依正極材料的不同又可以區分成鋰鈷、鋰錳、鋰鎳鈷、磷酸鋰鐵電池等，其中以鋰鈷電池為主流，佔比重達九成以上，一般所稱的鋰電池即是指鋰鈷電池，但鋰鈷電池因為具有安全性問題及缺貨問題，近來各電池大廠已開始尋找新替代性的正極材料，未來鋰電池發展安全性將是一大考量點。

³許家興，電動車電池類型與電池基礎介紹，財團法人車輛研究測試中心，2009

表三：常用二次電池介紹表

項目	圖示	說明
鉛酸電池	圖 11 鉛酸電池	1859 年，鉛酸電池就已經出現，迄今已有一百五十多年歷史，是二次電瓶中應用最為廣泛且技術最純熟的電瓶。陽極材料為鉛，陰極材料為二氧化鉛，電解液為濃度 27%~39% 的硫酸溶液，在室溫時 (25℃)，能提供 2V 的工作電壓。傳統的鉛酸電池在使用的過程中會發生電解液減少的狀況，所以需要加水補充，為開放式鉛酸電池。隨著材料技術的進步，電解液在反應的過程中不會發生減少的現象，所以不需補充水分，為密閉式的鉛酸電池，目前市面上所使用的多屬此類。鉛酸電池具有製造成本低、適用溫度範圍廣及瞬間放電率高等優點，儘管缺點是體積過大與重量過重，但是在價格上相對便宜許多，目前在市場上還是佔有一席之地，不過由於使用鉛的材料，後續回收工作若沒做好，對環境的影響甚劇。
	化學反應	$\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-} \xrightleftharpoons[\text{C}]{\text{D}} 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

鎳鎘電池	 圖 12 鎳鎘電池	1899 年由瑞典科學家 Waldemar Jungner 發明問世，在 1970 年代時廣泛使用，雖然工作電壓僅有 1.2V，較鉛酸電池為低，但因為有高能量、內阻小、循環壽命長等優點，於是被廣泛使用。鎳鎘電池以氫氧化鎳為陽極活性材料，鎘為陰極活性物質，電解質為氫氧化鉀，電解液為鹼性水溶液。因為發展已久，成本較低，主要運用在消費性電子產品、通訊資訊產品、安全照明設備。目前發展至今因為記憶效應 (memory effect) 等問題，再加上鎘具有嚴重的污染性，在環保意識的抬頭之下，已被多國所禁用，慢慢被鎳氫或鋰離子小型二次電池所取代而淡出市場。
	化學反應	$\text{Cd} + 2\text{NiOOH} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{C}]{\text{D}} \text{Cd(OH)}_2 + 2\text{Ni(OH)}_2$
鎳氫電池	 圖 13 鎳氫電池	鎳氫電池發明於 1990 年，其設計理念源始於鎳鎘電池，主要用來改善鎳鎘電池的記憶效應問題。同樣以氫氧化鎳為陽極材料，在陰極的活性物質則改用無污染性的儲氫合金，是材料革新的一個典範。跟鎳鎘電池比較起來，鎳氫電池具有更多項優勢，如有更高的體積能量密度和重量能量密度、循環使用壽命長、充電時間短、放電深度大、耐過度充電和過度放電、內電阻低與記憶效應不明顯等，而且最重要一點是無環保問題，在市場上仍舊佔有一席之地，主要應用在早期筆記型電腦、消費性電子產品等。
	化學反應	$1/6\text{LaNi}_5\text{H}_6 + \text{NiOOH} \xrightleftharpoons[\text{C}]{\text{D}} 1/6\text{LaNi}_5 + \text{Ni(OH)}_2$
鋰電池	 圖 14 鋰電池	鋰離子電池是 1991 年發明的，鋰離子電池主要由正極、隔離膜、負極三層所組成，其正極材料技術以提昇安全性、增加電池蓄電量及降低成本為三大發展主軸，目前常用的有鋰鈷、鋰鎳、鋰錳、鋰鎳鈷、磷酸鋰鐵等，不同正極材料的特點如表四所述。負極由石墨所製成，隔離膜採用只允許鋰離子通過的聚烯多孔膜，與鎳隔、鎳氫電池相比，鋰離子電池優點為，工作電壓高為 3.6V 或 3.7V，體積能量密度比與重量能量密度為鎳隔、鎳氫電池的 2~3 倍，循環使用壽命長，沒有記憶效應可隨時充放電，自放電率低，工作溫度範圍大，可在 -30 度~+60 度之間工作，大部份鋰電池不含任何化學毒素，為真正綠色環保電池。
	化學反應	$\text{Li}_x\text{CoO}_2 + \text{C}_6 \xrightleftharpoons[\text{C}]{\text{D}} \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + \text{Li}_x\text{C}_6$

資料來源：參考 www.carnews.com，作者整理

表四：不同正極材料之鋰電池介紹表

項目	圖示	正極材料	特性
鋰電池	 圖 15 鋰鈷電池	鋰鈷 (LiCoO_2)	採用鋰鈷氧化物作為正極材料的鋰電池又稱為鋰鈷電池，該類電池除了具有高電容量及高能量密度的優點之外，溫度特性及電池壽命的表現也不俗。可惜的是，鋰鈷電池的產品安全性較讓人憂心，尤其近幾年來筆記型電腦及手機用鋰電池的危安事件頻傳，更使得消費者對於鋰鈷電池的信任度下降。
	 圖 16 鋰鎳電池	鋰鎳 (LiNiO_2)	鋰鎳電池的成本較低，而且能儲存的電容量較高，但對於材料性能的一致性和再現性差，造成其製作過程困難，最嚴重的是依然有污染及安全性的問題，故後面不加以比較。
	 圖 17 鋰錳電池	鋰錳 (LiMn_2O_4)	鋰錳電池的成本低且安全性比鋰鈷電池好很多，但循環壽命欠佳，且在高溫環境下有時甚至會出現錳離子溶出的現象，或造成自放電嚴重，導致儲能特性差。
	 圖 18 鋰鎳鈷電池	鋰鎳鈷 (LiNiCoO_2)	鋰鎳鈷電池是鋰鎳電池和鋰鈷電池的綜合體，兼具鋰鎳和鋰鈷的優點，一度被產業界認為是最有可能取代鋰鈷電池的新正極材料，但是鋰鎳鈷的循環壽命差、安全性不佳，需要有安全迴路的設計，若設計不良，容易因為使用或充電時間過長造成過熱現象，甚至爆炸起火，再加上鈷的價格高昂，以致於成本居高不下而無法廣泛運用，故後面不加以比較。
	 圖 19 磷酸鋰鐵電池	磷酸鋰鐵 (LiFePO_4)	磷酸鋰鐵電池本身原料價格低，而且磷、鋰、鐵存在於地球的資源含量豐富，沒有供料問題，同時磷酸鋰鐵的結構穩定，並且兼具環保及安全性，使用時也不會有燃燒爆炸危險，惟該材料仍有體積能量密度較低及材料導電性差等缺點；體積能量密度低將限制該電池在手攜式產品之應用，而導電性則需仰賴製程技術來改善，但整體來說相當具有發展優勢。

資料來源：參考王福祥，均利科技股份有限公司研究報告，作者整理

表五：二次電池比較表

電池種類	鉛酸電池	鎳鎘電池	鎳氫電池	鋰鈷電池	鋰錳電池	磷酸鋰鐵電池
商品化時程	~1956 年	1990 年	1990 年	1992 年	1997 年	2004
克電容量 (mAh/g)	20~40	40~50	60~90	140~145	110~120	120~150
體積能量密度 (Wh/L)	100	150	250	466	285	270
重量能量密度 (Wh/Kg)	30	57	80	167	110	112
最大放電率	1C~5C	10C~15C	10C~15C	5C↓	10C~20C	10C~30C
工作電壓	2V	1.2V	1.2V	3.7V	3.7V	3.2V
循環壽命(次)	200~300	500↓	500↓	>500	>500	2000↑
充電時間(Hr) 80%電力	8	1.5	4	2~4	2~4	0.5~1
工作溫度(℃)	-25~55	-25~50	-25~40	-20~55	-20~40	-20~75
安全性	液體滲漏 危險	液體滲漏 危險	佳	高能量輸出 入安全性差 有燃燒爆炸 危險	高能量輸出 入安全性差 有燃燒爆炸 危險	最佳
環保特性	差 (鉛污染)	差 (鎘污染)	符合 RoHS	符合 RoHS	符合 RoHS	符合 RoHS
記憶效應	無	嚴重	明顯	無	無	無
熱穩定性	佳	佳	佳	差	極差	最佳
自漏電率(月)	40% ↑	25% ↑	20%	10% ↓	10% ↓	2% ↓
充電效率	60%	75%	80%	90%	90%	95%
應用範圍	大型 電池	大型 電池	大型 電池	小型 電池	動力電池、 大型電池	動力電池、 大型電池

資料來源：參考<http://blog.roodo.com/energytech/archives/3686829.htm>，本研究整理

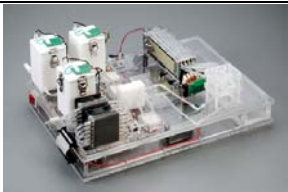
四、發電型電池介紹⁴

發電型電池主要有太陽能電池(物理電池)及燃料電池(化學電池)，以燃料電池為例，是一種燃料的化學能，透過電化反應直接轉換成電能的裝置，燃料電池萌芽於 1839 年由威廉·

羅伯特·葛羅夫爵士（Sir William Robert Grove）利用水電解的逆向操作，將一對白金電極接上負載後，再將電極浸在稀釋的硫酸溶液中，使得氫氣與氧氣隨即反應而產生電能。燃料電池具有低污染、高效率、無噪音、用途廣與免充電等優點，缺點為製作成本較高。

⁴楊錢威，智慧型居家清潔機器人之充電站研製，成功大學碩士論文，94 年

表六：燃料電池介紹表

種類	圖示	使用燃料	應用範圍
質子交換膜燃料電池 (PEMFC)	圖 20 質子交換膜燃料電池	氫氣	電動汽車 電動機車 電動腳踏車 電動工具機
直接甲醇燃料電池 (DMFC)	 圖 21 直接甲醇燃料電池	甲醇	手提電腦 行動電話 數位相機 個人數位助理
固態氧化物燃料電池 (SOFC)	 圖 22 固態氧化物燃料電池	固態電解質 氧化鋯 氧化鈾 氫氣 其他碳氫燃料	分散式的電力系統 大型發電機

資料來源：參考楊錢威，智慧型居家清潔機器人之充電站研製，成功大學碩士論文，94 年

參、磷酸鋰鐵電池介紹

一、新能源掘起

鉛酸電池、鎳鎘電池，都普遍存在有儲能效能低、自漏電問題嚴重、壽命短等問題，且後續處理不當將嚴重污染環境及影響人體健康，歐盟 RoHS 環保規範已於 2006 年規定不准於歐洲境內使用及生產鎳鎘電池，2012 年以後亦將禁用鉛酸電池；而近

年來鋰鈷電池、鋰錳電池發生了多起爆裂燃燒的危安事件，使得鋰鈷電池、鋰錳電池的安全問題特別受到重視；而磷酸鋰鐵電池因具有綠色、節能、環保、效率高、壽命長及優異安全性等優點，經專家評估比較各類充電電池，「磷酸鋰鐵電池」被評選為二次電池之最佳電池。

二、產業概況

(一) 專利訴訟

磷酸鋰鐵正極材料於 1997 年由美國德州大學教授 Googenough 申請獲得，專利權屬德州大學。德州大學又將專利獨家授權給加拿大魁北克水利 (H&Q) 公司，H&Q 又與德國磷肥大廠 (SUD-CHEMIE) 合資成立 Phostech 公司，從事磷酸鋰鐵粉末的

生產。

自從磷酸鋰鐵電池問世以來，專利所屬即有爭議，業界訴訟案件不斷，從 Valence、NTT Docomo 到 A123 公司目前都與 Phostech 公司有官司在進行，加上磷酸鋰鐵粉末的製程技術目前尚不穩定，也影響了磷酸鋰鐵電池在市場上的市佔率。

重要事件

- 1997/1 - Texas大學Goodenough教授取得磷酸鋰鐵專利
- 2001 - H&Q與Phostech向美國Valence提告
- 2001 - Texas大學與H&Q向日本NTT提告
- 2006/9 - 德州大學控告B&D及A123

DCX 6401 Combo Kit



H&Q 魁北克水利公司,取得Texas大學獨家授權
Phostech:H&Q與德國磷肥大廠SUD-CHEMIE轉投之公司
A123:團隊來自MIT,技術為奈米改質,太電電能曾代工
B&D:全球手工具大廠,2006年採用A123電池推出產品

專利佈局

材料專利

United States Patent [19] Goodenough et al.		[11] Patent Number: 5,910,382 [45] Date of Patent: *Jun. 8, 1999
[54] CATHODE MATERIALS FOR SECONDARY (RECHARGEABLE) LITHIUM BATTERIES		What is claimed is:
[25] Inventors: John B. Goodenough, Austin, Tex.; Akshay K. Padhan, Austin, Tex.; K. S. Narayanaswamy, Joplin, Mo.; Christian Masquelier, Douglas, Billancourt, France.		1. A cathode material for a rechargeable electrochemical cell, said cell also comprising an anode and an electrolyte, the cathode comprising a compound having the formula $LiMPO_4$ sub. 4, where M is at least one first-row transition-metal cation.
[73] Assignee: Board of Regents, University of Texas Systems, Austin, Tex.		
[21] Appl. No.: 08/040,523		
[22] Filed: Apr. 21, 1997		

*日本NTT Docomo更早在日本申請了專利,造成業界觀望
*H&Q控告NTT之研究員於1993在Texas Univ.任職時竊取技術

製程專利

- Carbon Coating: 以碳塗佈至體顆粒表面→Phostech, Valence
- Metal Doping: 以金屬氧化物包附顆粒
- Small Particle Size: 以奈米製程讓顆粒微細化→A123, Sony

圖 23 磷酸鋰鐵專利示意圖

資料來源：王志方，台灣工業銀行磷酸鋰鐵電池之產業概況，2008 年

(二) 國內廠商發展情形⁵

2000 年前後國內多家廠商看好鋰電池的前景，投入鋰鈷電池的生產製造行列。惟鋰電池屬資本及技術密集產業，在國內電化學人才不足，加上生產線量產提昇的速度不夠快，使得國內廠商之發展失去先機。近年來韓國及大陸鋰電池芯廠商快速崛起，更壓縮了國內廠商的生存空間。所幸磷酸鋰鐵電池的問世，可說為國內鋰電

池廠商提供了另一個新商機。

目前國內廠商長園科技在上游材料之量產技術部分獲得了某個程度的突破，該公司也獲得台塑集團的結盟；下游電池 Pack 領域原本就是國內廠商的強項，未來有機會取得與國際大廠的合作機會；至於過去國內產業較弱的電池芯部分，倘若廠商能夠有效結合上游材料與下游組裝，塑造國內一條鞭生產的模式，未來在磷酸鋰鐵的電池芯領域仍有機會扳回一成。

⁵王志方，台灣工業銀行磷酸鋰鐵電池之產業概況，2008 年

	廠商	主要產品營收	重點說明
正極材料	長園科技	鋰鈷、鋰鐵材料(80%)、電池(6%)	2006年導入鋰鐵，台塑生醫私募投資長園，未來亦將和成立新公司
	尚志精密化學	電著塗料(30%)、電阻塗料(10%)	技術來自於大同大學材工系吳溪煌教授，屬液相法，與工研院合作
	立凱電能	磷酸鋰鐵材料、電池	與尚志師出同源，採奈米塗佈技術，電池芯外包代工，銷售電池芯
	必翔電能	鋰鐵粉末代工、電池組	併購太電電能，透過工研院與Phostech合作，應用於電動車
電池芯	金山電能	電池芯、電池組	應用於廣達OLPC XO-1，尺寸14450
	統量	磷酸鋰鐵電池芯	統振、香港金山與有量共同成立
	動能科技	鋰高分子、鋰鐵電池芯	原本專注鋰高分子電池，07年底轉而投入鋰鐵電池芯
	昇陽半導體	重生晶圓(48%)、電池芯(3%)	堆高及電動車電池，40138電池，技術為工研院及台超
電池組	台灣超能源	電池芯、極板	07年幫昇陽做前段(軋壓與裁切)代工，08年亦有幫國外廠代工極板
	新盛力(STL)	電池組	與A123合作，電動手工具電池組，出貨給B&D
	新普科技	電池組	與A123合作，切入電動手工具電池組的組裝代工
	創陽科技	電池組	大陸深圳之電池廠提供電池芯，應用產品為救車充電器

圖 24 國內磷酸鋰鐵電池之發展佈局

資料來源：王志方，台灣工業銀行磷酸鋰鐵電池之產業概況，2008 年

三、磷酸鋰鐵電池優點

(一) 高電流放電能力：瞬間放電可達電瓶儲能 30 倍之電力，可作大動力輸出。

(二) 高溫時熱穩定性良好：工作溫度範圍-20~75℃，高溫環境電池仍能正常運作，不會減低效能。

(三) 安全性高：遇穿刺或大電流短路，不會燃燒或爆炸，產品獲得 UL 安全認證。

(四) 漏電率低：每月 2%以下，不需經常做浮充，節省電費支出。

(五) 循環壽命長：至少可循環充電 2000 次以上(約為鎳鉻電池 4 倍)，仍保有 70%以上電量。

(六) 可快速充電：可於 0.5 小時內充將電池充電達 80%。

(七) 無記憶效應：磷酸鋰鐵電池無記憶效應，鎳系列電池均有記憶效應，造成鎳鉻電池儲能效果打折扣。

(八) 體積小、重量輕：體積與重量約為鎳鉻電池的 2/3。

(九) 保養容易、減省維護成本：屬乾式電池，不需添加電解水、無電解液滲漏問題，不需編列回收預算。

(十) 具環保性：不含毒性成分，符合歐盟綠能環保 RoHS 規範規定，無二次處理所產生之環保與污染問題。

(十一) 具節能減碳功能：使用壽期長，循環壽命達 3,000 次以上；可 30 分鐘內完成充電，減少原物料消耗及電力使用，符合政府政策。

(十二) 安全性無虞：已通過 UL1642 認證，無爆炸燃燒之安全顧慮。

(十三) 儲能效益優：由於具低電流(48ma)充電特性，可解決太陽能與風力發電儲能效益不足之問題。

四、磷酸鋰鐵電池運用層面

(一) 筆記型電腦與個人電腦

2005 年磷酸鋰鐵電池最早是由 Valance 開始導入市場，以供給筆記型電腦的外接式電池電源導入市場，之後也推出 12V 鉛酸尺寸的電池組，以取代鉛酸電池的運用市場為目標。



圖 25 Valence 12 V 磷酸鋰鐵電池

資料來源：<http://blog.xuite.net/leehsienchung/blog/27433>

(二) 電動工具

磷酸鋰鐵電池第一個在市場上有顯著出貨量的運用為電動工具市場，事實上過去電動工具以鎳鎘電池為主，搭配鋰電池的電動工具可輕易突破電動工具過去 18V 的電壓設計限制，並形成電動工具業界的新的產品趨勢。2005 年 E-one Moli 與 Milwaukee

所合作推出的 V28 使用鋰錳正極材料的 26650 電池在電動工具業界造成震撼，便已宣告電動工具的鋰電池時代來臨。

(三) 電動車

在輕型電動車的運用包括電動腳踏車、電動代步車、電動機車皆開始導入磷酸鋰鐵電池的使用，例如必翔以磷酸鋰鐵電池 18650 在市場推出裝載磷酸鋰鐵電池的電動腳踏車、電動



圖 26 昇陽國際半導體 40138F1 磷酸鋰鐵電池組用於 Plug-in Hybrid EV

資料來源：昇陽國際半導體公司網站

代步車。在電動車方面，A123 與包括通用汽車在內的主要歐美車廠合作的電動車，昇陽國際半導體的 10Ah 電池也與國外 PHEV 插電式油電混成車及電動車業者也開始合作。

(四) 汽車起動電池

由於使用磷酸鋰鐵電池具有增強馬力及省油的效果，一般而言，10~20% 的省油效果是很常見，因此多家業者在推廣以磷酸鋰鐵電池設計的汽車啟動電池，可直接替換 12V 鉛酸電池。由於鉛價上漲，鉛酸電池漲價將近 2 倍，若考慮磷酸鋰鐵電池壽命及省油效果，價格較昂貴的鋰電池或許有機會被市場接受。



圖 27 通用汽車 Chevy Volt 運用 A123 磷酸鋰鐵電池組

資料來源：通用汽車網站

(五) 與發電系統並聯使用

與發電系統之並聯使用也是未來磷酸鋰鐵電池的運用重點，例如與再生能源系統結合，包括配合太陽能運用與風力等發電系統的儲能系統，然而雖然鉛酸電池價格上揚，但與磷酸鋰鐵電池仍有 3~5 倍以上的價差，相較而言，磷酸鋰鐵電池的成本將會太高，但若計算電池保養成本及更換成本及考慮空間與重量下，以磷酸鋰鐵電池作為儲能電池取代鉛酸電池是有其優勢。

肆、比較與建議

一、國軍使用狀況

國軍車輛使用的電池皆鉛酸電池為主，主要型式有 2HN、6TN、6TL、6TMF 等型式及免加水電瓶等。

(一) 2HN 電瓶：12V、100 安培小時之電容量，使用於 M151 1/4T 指揮車/偵察車(已列為汰除裝備)。



圖 28 2HN 電瓶

資料來源：車輛組資料庫

(二) 6TN、6TL 及 6TMF 電瓶：6TN 為 12V、100 安培小時之電容量，6TL 及 6TMF 為 12V、120 安培小時之電容量；使用於各式履帶車輛及輪型車輛，如 M24、M41A3、M48A3、CM11、CM12、M60A3 等戰車；M113 和 CM21 系列裝甲車；及 1 1/4T 悍馬車、2 1/2T 載重車、5T 吊車/載重車等。



圖 29 6TMF 電瓶

資料來源：車輛組資料庫

(三) 免加水電瓶：使用於中型戰術輪車、民用行政車輛等。



圖 30 免加水電瓶

資料來源：車輛組資料庫

國軍所有軍車，不論戰車、自走砲、甲車、卡車或吉普車之車用電壓均為 24V，單個電瓶之電壓為 12V，故任何軍車均需要由至少兩個電瓶串聯產生 24V 的電壓。以國軍現役戰車為例：M41A3 及 M41D 戰車需安裝四個電瓶串並聯，以提供 24V、200-240 安培小時的電容量，CM11、CM12 及 M60A3 戰車需安裝六個電瓶串並聯，以提供 300-360 安培小時的電容量。



圖 31 CM12 戰車

資料來源：車輛組資料庫



圖 32 CM12 戰車鉛酸電池組
24V/360Ah

資料來源：車輛組資料庫

二、運用實例

(一) 測試案例

使用動力型 24V/48Ah 磷酸鋰鐵電池替換原採用 24V/360Ah 6TMF 鉛酸電池組，測試引擎啟動、怠速轉動測試電量、砲塔旋轉測試，測試磷酸鋰鐵電池供電能力。



圖 33 動力型磷酸鋰鐵電池
24V/48Ah

資料來源：均利科技股份有限公司提供

(二) 測試紀實

1. 引擎啟動測試、怠速轉動測試電量

(1)測試時間：99 年 6 月 29 日

(2)測試經過：第一階段，在初次冷啟動前量測電壓為 28.0V。第一次啟動引擎即成功發動，並且在短時間內即刻發動，反應速度相當迅速，實測電流需求，啟動瞬間電流達到 900A，之後隨即以「怠速起動 (Idle Start)」方式來測試其電流消耗量，每次持續 15 秒鐘，在第一階段總共 19 次，電壓從 26.2V 逐漸降至 25.9V，第 20 次再啟動引擎，同樣是順利成功啟動；第 20 次啟動後，引擎持續發動一分鐘，電壓回復 26.6V。

第二階段，從第 21 次到第 33 次作「怠速起動」，電壓從 26.1V 逐漸降至 23.8V，然而在電量消耗近光狀態下，第 34 次啟動引擎，引擎仍正常啟動，且檢查電池溫度常溫，無升高之情形發生。

2. 砲塔旋轉測試

(1)測試時間：99 年 7 月 15 日

(2)測試經過：引擎發動 15 分鐘後，電池電壓量測值為 26.5V，引擎熄火靜態測試砲塔旋轉，砲塔旋轉之動力為依靠電池電力驅動液壓馬達充壓使砲塔得以旋轉，實測結果液壓馬達充壓次數高達 60 次（至電池電力用罄為止），而一般鉛酸電池操作結果，在液壓馬達充壓次數達 20 次時，即需要對電池實施充電，否則將造成電力耗盡情形。

(三) 初步結果

- 1.根據以上資料，磷酸鋰鐵電池以優異的特性通過 CM12 戰車測試，啟動電力得以一組磷酸鋰鐵電池 24V/48Ah 取代 6TMF 鉛酸電池組 24V/360Ah。
- 2.引擎怠速啟動次數及砲塔旋轉液壓馬達充壓次數之效能提昇為鉛酸電池 3 倍。
- 3.電池重量減少 175kg、體積為鉛酸電池 2/3，可增加車內使用空間、減少戰車載重，增加戰場機動與靈活性。

三、比較與分析

使用動力型磷酸鋰鐵電池 24V/48Ah 替換原採用 6TMF 鉛酸電池組 24V/360Ah，針對底盤及砲塔進行測試，比較結果如表七所示：

表七：動力型磷酸鋰鐵電池替換 6TMF 鉛酸電池組測試結果比較表

比較項目 \ 品名	CM12 戰車-6TMF 鉛酸電池組	磷酸鋰鐵電池
數量	六顆(採串併聯方式連接)	一顆
電壓(V) 安培小時(Ah)	24V 360Ah	24V 48Ah
尺寸(mm)	286x267x230*6	479x157x230*1
重量(Kg)	198(33*6)	23.2
公稱電壓(V)	24	25.6
最大連續輸出電流(A)	1080	960
瞬間最大輸出電流(A)	1440	1440
最大充電電流(C)	0.3	≥5
充電效率	60% to 70%	95%
自放電率(月)	> 20%	< 2%
充電時間(Hr) (80%)	8	0.5
操作溫度(°C)	-15 to 50	-20 to 75
保存溫度範圍 (°C)	-15 to 50	-20 to 45
設計壽命(年)	1.5~2	≥5
保固(年)	1	3
環保性	鉛污染	符合綠能 RoHS 規範
價格	一顆約 5,000，六顆 30,000	目前約 8 萬
AVDS-1790-2C 引擎 可急速啟動次數	6~12	30
砲塔旋轉液壓馬達 充壓次數	20	60

資料來源：參考王福祥，均利科技股份有限公司研究報告，作者整理，資料時間 99.12 月

分析二者間的最大差異如下：

(一) 外觀尺寸重量：在傳統鉛酸電池組需要六顆採串併聯方式連接，整體體積大，重量高達 198 公斤，而磷酸鋰鐵電池僅需一顆，且體積小重量亦僅有 23 公斤，明顯優於傳統鉛酸電池組，將有助於戰車整體重量減輕，並增加車內運用空間，提高機動性能。

(二) 充放電能力：二者瞬間輸出的電流不相上下，但在充電效率部份，

磷酸鋰鐵電池充電時間 30 分鐘、95% 充電效率，明顯高於傳統鉛酸電池組充電時間 8 小時、70% 充電效率，且在一段時間不用時，傳統鉛酸電池組自放電率高於 20%，容易產生自漏電現象，反觀磷酸鋰鐵電池低於 2%，則無此問題，因此使用磷酸鋰鐵電池將可使整體電池維護成本降低。

(三) 電瓶效益：傳統鉛酸電池組約可使用二年，價格約 30,000，磷酸鋰

鐵電池可使用五年，價格約八萬，效益部份若以使用年限跟價格來看，二者相差不大，但由於磷酸鋰鐵電池尚在導入市場階段，相信未來量產後，價格定會大幅壓低，更顯其競爭力。

（四）環保性：由於歐盟新頒布的危害物質限用指令 RoHS，規定含鉛量在 1000PPM 以上的產品，都將禁用，因此傳統鉛酸電池將逐漸因環保議題被取代，而磷酸鋰鐵電池符合 RoHS 規範，為一綠能環保電池，再加上其各方面性能及安全性，未來發展勢必成為主流。

（五）實測性能數據：經實車測試結果，磷酸鋰鐵電池無論在怠速啟動次數或砲塔充壓次數部份，所得數據都明顯高於傳統鉛酸電池組將近 3 倍，明優於傳統電池組。

四、建議事項

（一）磷酸鋰鐵電池具有高電容量、大電流放電、循環壽命長、可快速充電、適用於高溫環境、自漏電率低且安全又環保等特性，非常適用於軍事車輛嚴苛環境之電力需求。

（二）磷酸鋰鐵電池其體積小、重量輕、安全性高、縮短充電時間、節省維護成本與保護人員安全，又可增加車內使用空間、增加車輛靈活度、運用於軍用車輛，將可有效提升戰力。

（三）CM12 戰車實車電力測試，是以小電容量 24V/48Ah 磷酸鋰鐵電池取代 24V/360Ah 鉛酸電池組，效果顯著；惟考量整車電力需求，電容量建議以磷酸鋰鐵電池 24V/180Ah 取代鉛酸電池 24V/360Ah 使用，將可充份滿足戰車於戰場上所需之電力，維持戰

場持續戰力。

伍、結論

文明的進步相對也替我們帶來了傷害。目前國軍在各式動力裝備的電能儲存部份，依舊是採用鉛酸電瓶為主，倘若廢棄的電池若沒做好處理的工作，則電池中的重金屬就會污染到整個自然環境，導致無法彌補的傷害。而磷酸鋰鐵電池在性能與安全部份的表現亦頗令人滿意，最重要的是它對生態環境不會造成傷害，因此不管是民間或軍中，其發展成為新動力裝備電源的新趨勢是不可避免的，身為國軍應與時俱進，除了可兼顧裝備性能與戰力外，同時可為這個地球的環境保護盡一份心力，從大方向來看，這不也是與國軍保家衛國的使命相謀合呢？

參考資料：

- 一、黃景皇士官長，高電容量電池使用安全與注意事項，陸軍通資半年刊 102 期
- 二、楊錢威，智慧型居家清潔機器人之充電站研製，成功大學碩士論文，94 年
- 三、許家興，電動車電池類型與電池基礎介紹，財團法人車輛研究測試中心，2009
- 四、田福祥，均利科技股份有限公司研究報告
- 五、王志方，台灣工業銀行磷酸鋰鐵電池之產業概況，2008 年
- 六、馬安一，二次電池的介紹與選用評估，元智大學最佳化設計實驗室，2006
- 七、磷酸鋰鐵電池產業概況，亞東證券投顧資料
- 八、通用汽車網站
- 九、昇陽國際半導體公司網站
- 十、車輛組資料庫
- 十一、技術手冊
TM9-2350-CO4-20-1
- 十二、技術手冊 TM9-6140-20O-14
- 十三、<http://www.psebattery.com/about.asp?id=9>
- 十四、<http://www.artc.org.tw>

- 十五、<http://www.moneydj.com/KMDJ/wiki/WikiViewer.aspx?Title=%u78F7%u9178%u92F0%u9435%u96FB%u6C60>
- 十六、<http://zh.wikipedia.org>
- 十七、www.carnews.com
- 十八、<http://blog.roodo.com/energytech/archives/3686829.htm>

作者簡介



李孟家士官長，女性專業士官班 11 期、後勤學校士官長正規班 96-2 期、曾任補給士、彈補士、組長兼管制士、助教，現任職於裝甲兵學校車輛組教官



陳銘勝上尉，陸軍後勤學校志預官 49-3 期、國防管理學院後勤管理正規班 52 期曾任保養官、副連長、後勤官，現任職於裝甲兵學校車輛組教官