

電池製造業原物料耗用通常水準

第一章 前言

電是目前社會中主要的動力能量來源之一，透過直流電與交流電的交互應用，使得電成為日常生活中不可或缺的角色。其中，電池又是每個人所必須使用的能源範疇之一。電池是利用化學能與電能的轉換而生電，因具安全性、可攜性，以及可即時使用等特性，故用途甚廣，如通信、信號標誌、特殊照明、3C 電子產品、電動車與各類儲能產品等，莫不有賴於電池之供應。電池乃日常生活中隨時隨地經常使用且極易獲得的一項電源，它所涵蓋的範圍極為廣泛，而依其用途及使用材料分類，其種類不下數十種之多。除傳統之鎳鎘電池、鉛酸電池及鎳氫電池外，此次修訂以電動車（含四輪車、二輪車與電動自行車）、3C 電子產品及各類儲能產品所常用之鋰離子電池為對象，故電動車所使用之燃料電池與太陽電池因非屬二次電池，不在本次修訂範疇中。

上述二次電池產品皆具各種不同型態，因此族繁不及備載，只選擇生產量大者（鉛酸電池與鋰離子電池），並依其理論計算與各工廠實際調查所得之資料作為損耗率認定。

第二章 簡介

一、名詞解釋、電池術語

(一)活性物質

凡能進行電池反應（氧化、還原反應）的物質，皆可稱為活性物質。陽極板上活性物質可被氧化；陰極板上的活性物質可被還原。

(二)電解質（液）

可分為液體電解質與固體電解質兩大類，其須具備使離子具有傳導性、不易與活性物質產生反應等特性。最具代表性的材料即為鉛酸電池的稀硫酸以及鋰離子電池中的碳酸酯/六氟磷酸鋰。

(三)隔離板

欲提高電池之儲能密度，可縮短陽極板與陰極板間距離，為防止兩極間造成短路，於兩極間所加的絕緣隔板稱為隔離板。另其同時能防止極板上的活性物質脫落功能，使電池具有較長壽命。

(四)化成

適用於電極板開始產生電子/離子傳遞的名詞術語，也就是說極板經過化成之後，方有能力進行放電反應。例如鉛酸電池的極板框格中所填充之過氧化鉛粉（活性物質），必須經過化成作用始可使用，或是鋰離子電池中的鈷酸鋰陰極活性物質/石墨陽極活性物質，必須經過化成作用始可使用。

(五)一次電池(Primary cell/battery)

只能放電無法充電再使用之電池，用完即丟，如鹼性

乾電池、鋅錳乾電池、鋰一次電池等。

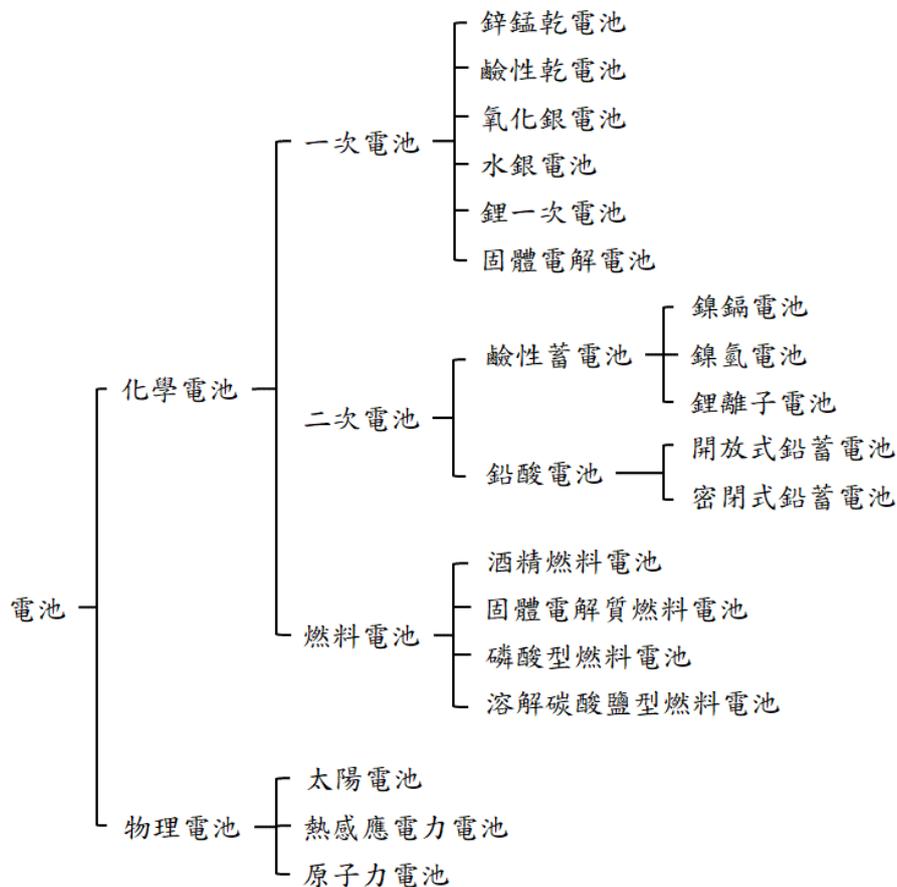
(六)二次電池(Secondary cell/battery)

可以進行充電而重複使用之電池，如鉛酸電池、鎳鎘電池、鎳氫電池、鋰離子電池、鋰高分子電池等。

二、電池的分類

電池的運作原理，主要由電池內有無產生化學反應，可區分為化學電池與物理電池；依使用方式不同，可區分為一次電池或二次電池；依化學成分不同，可區分為鎳鎘電池、鎳氫電池或鋰離子電池等；依電池外觀不同，可區分為密閉型或開放型，詳如下表 1 所示。

表 1 電池分類表



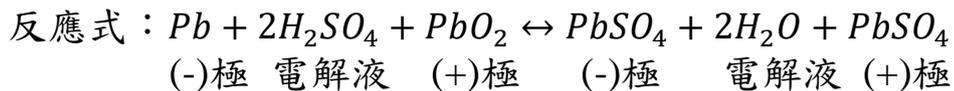
三、化學電池的定義

本原物料耗用通常水準以化學電池為主。凡是陽極電極的電位與陰極電極的電位，兩者經由具有離子傳導性的電解質導通後，而形成具電場的態勢，以使化學能可與電能進行轉換者。

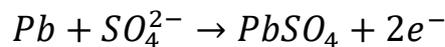
茲介紹幾樣常見之化學電池：鉛酸電池、鎳鎘電池(Ni-Cd)、鎳氫電池(Ni-MH)及鋰離子電池(Lithium ion)。

(一)鉛酸電池

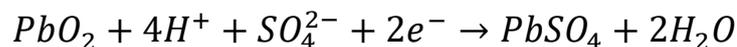
首先，形成負性陰極板的海綿狀鉛與電解液反應，放出大量鉛離子，使硫酸鉛性質起變化，並增高陰極板負電位。另一方面，正性陽極板吸收在電解液中多量的正氫離子，一直增加正帶電，以致提高與陰極板間電位差。在同一時刻，形成陽極板的過氧化鉛就變成硫酸鉛、正氫離子則變成氫氣，惟在電解液中中和後變成水，且淡化電解液濃度。



陰極鉛板（海綿狀）與電解液反應，放出大量鉛離子。



陽極板吸收在電解液中多量的正氫離子，而帶正電。



電解液：H₂SO₄（硫酸）水溶液；電壓：2.0V。

優點：便宜、安全、容易保養。

缺點：深度放電下壽命短、高重量、廢電池污染。

用途：啟動系統、緊急備用電源。

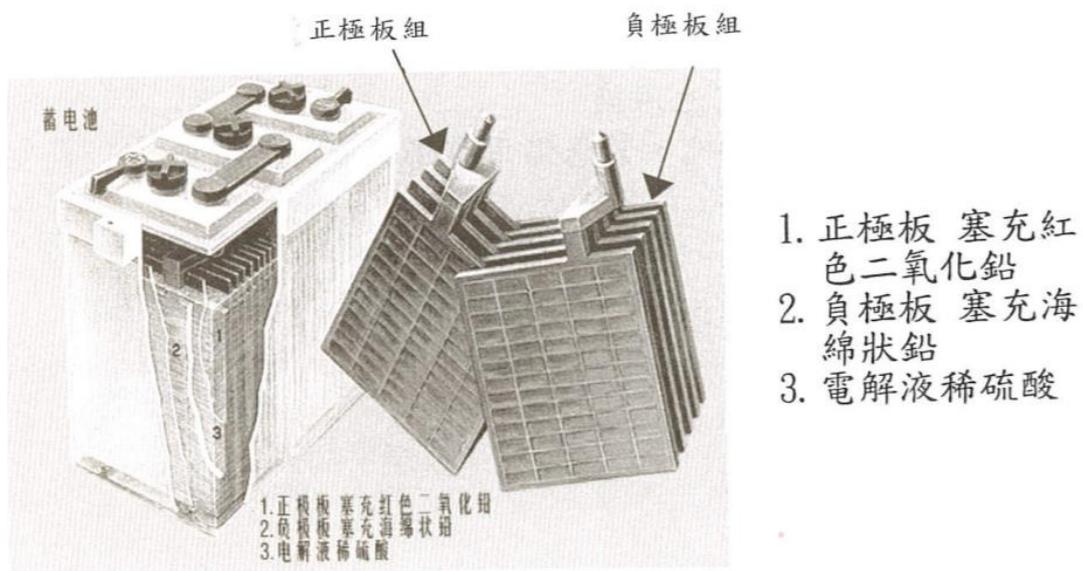
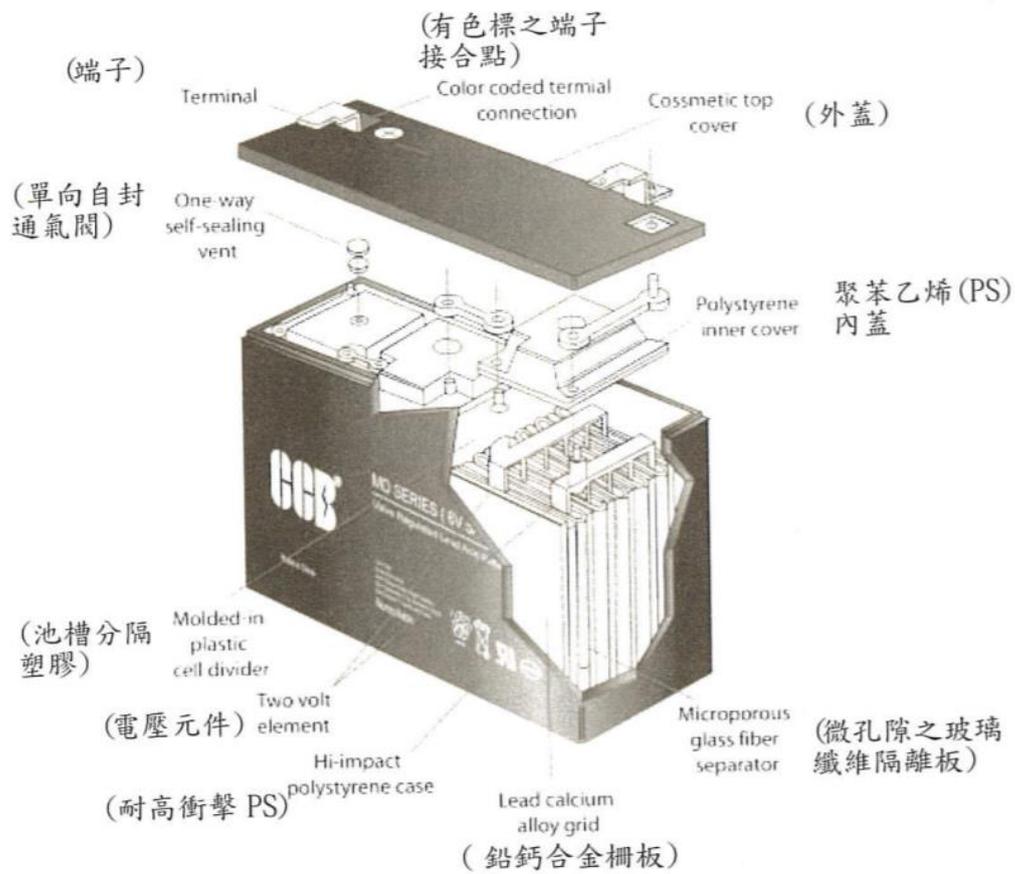


圖 1 鉛酸電池結構圖

(二) 鎳鎘電池(Ni-Cd)

反應式： $\text{Cd} + \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O} = 2 \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Cd}(\text{OH})_2$

電解液：KOH aqueous（氫氧化鉀水溶液）；電壓：1.2V。

優點：便宜、壽命長、深度放電性能佳、可大電流輸出、記憶效應。

缺點：自放電率高（ $\sim 30\%$ / 月）、高重量、廢電池污染。

用途：消費性電子產品、電動工具。

(三) 鎳氫電池(Ni-MH)

反應式： $\text{MH} + \text{NiOOH} = \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{M}$

電解液：KOH aqueous（氫氧化鉀水溶液）；電壓：1.2V。

優點：電壓與鎳鎘(Ni-Cd)電池一樣，可直接取代、廢電池污染性低、安全性高，成本低。

缺點：記憶效應低、高溫放電性能不佳，自放電率高（ $\sim 20\%$ / 月）。

用途：消費性電子產品、電動工具、電動機車。

(四) 鋰離子電池(Lithium ion)

反應式： $\text{C} + \text{LiMO}_2 = \text{Li}_{1-x}\text{MO}_2 + \text{CLi}_x$

電解液：六氟磷酸鋰(LiPF₆)於混合溶劑中；電壓：3.7~4V。

優點：高低溫放電性能佳，自放電率低、充電時不發熱。

缺點：充電電壓不能過高(<4.25V)，須保護電路。

用途：3C 電子產品、電動車（含四輪車、二輪車與電動自行車）、儲能。

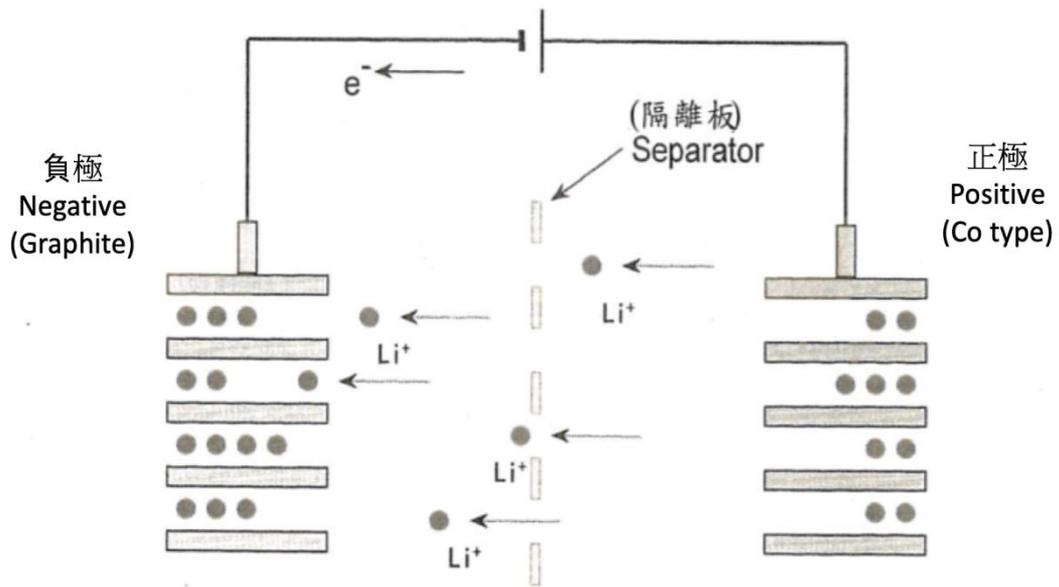


圖 2 鋰離子電池之充電行為

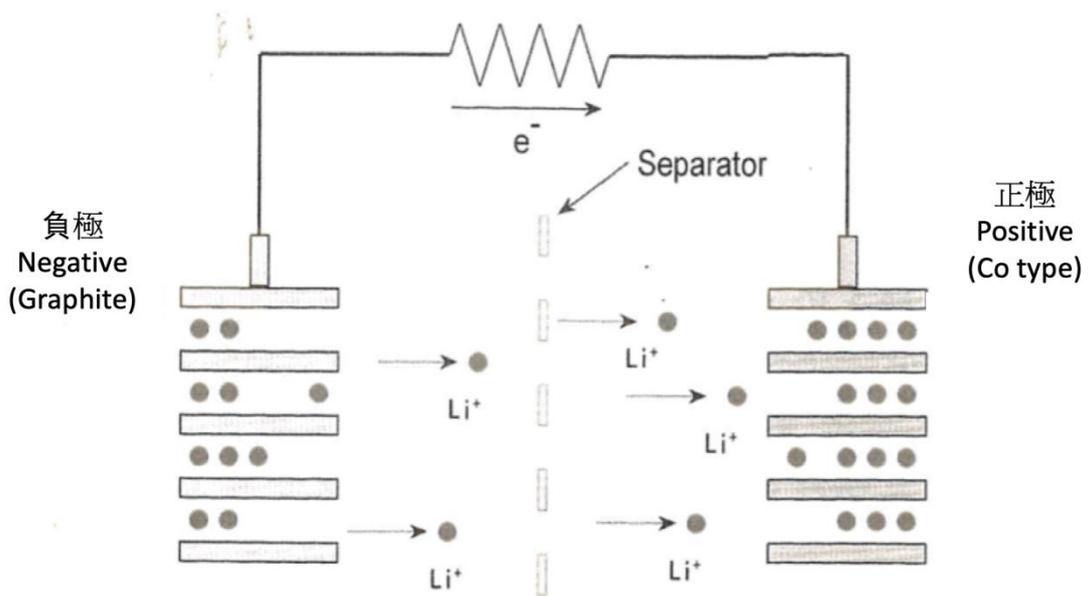
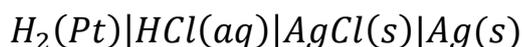


圖 3 鋰離子電池之放電行為

四、電池的表示法

關於電池的表示法，在國際協定中早有既定的規格。例如以白金為基體之氫電極為負極，以銀為基體之氯化銀電極為正極。以鹽酸為電解液的電池，其所存貯的能量係以下式表示：



括號中的 aq 及 s 係分別表示水溶液或固體。又此電池之電壓（標準電動勢）可以下列能斯特方程式表示：

$$\varepsilon^0 = (RT/nF)/\ln K$$

K：化學反應時的平衡常數

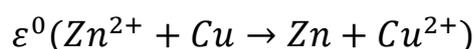
R：氣體常數

T：絕對溫度

n：參考反應之價電子數（正整數）

F：法拉第常數

又 ε^0 通常係記載與括號內對應之化學反應。其所表示的方法如下：



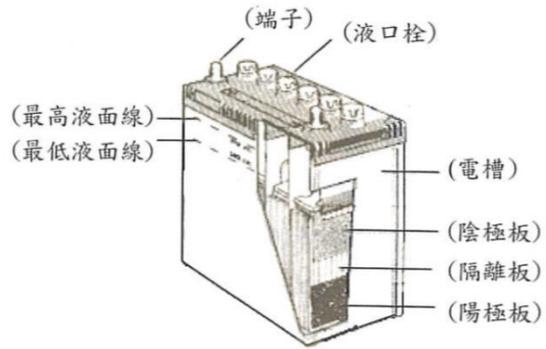
第三章 原物料耗用情形

電池種類繁多，但目前臺灣地區有規模生產之工廠僅限鉛酸電池及鋰離子電池。雖然鎳氫電池使用量大，但生產技術屬較低層次，大多遷往中國大陸生產，生產家數所剩不多，故此次調查報告增修訂重點除傳統之鉛酸電池外，特別加入以電動車（含四輪車、二輪車與電動自行車）及各類儲能產品所常用之鋰離子電池為調查對象。

鉛酸電池種類繁多無法逐一例舉，但大致可分為開放型與密閉型兩大類（如圖 4 所示）。開放型與密閉型電池主要差異為：(1)開放型電池的外觀具有電解液填充孔，而密閉型電池則無。(2)開放型電池之隔離板為厚紙板，而密閉型電池之隔離板為吸水性較佳的玻璃纖維或是高分子材質。(3)開放型電池分為汽車用與機車用，而密閉型電池則依電池型號分為大型之不斷電系統(UPS)、保全系統及小型之產品為攝影機用、玩具用等。

鋰離子電池種類更是繁多，各種尺寸及形狀不一而足。形狀方面主要有圓筒形及方形（如圖 5 所示）。市面上的 3C 電子產品【包括手機(cell phone)、個人數位助理器(PDA)、數位相機(digital camera)等】皆以方形為主；用於電動車及儲能產品則以圓筒形為主，是本原物料耗用情形分方形及圓筒形表達。

開放型



密閉型



排氣孔 安全塞 端子

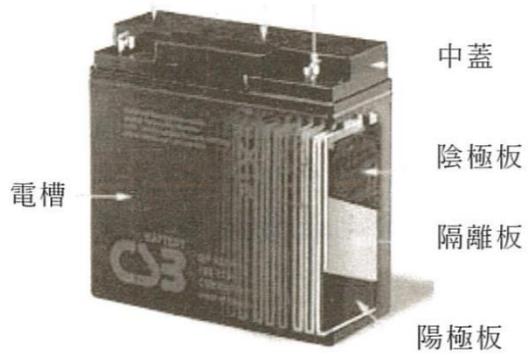


圖 4 開放型電池與密閉型電池結構圖

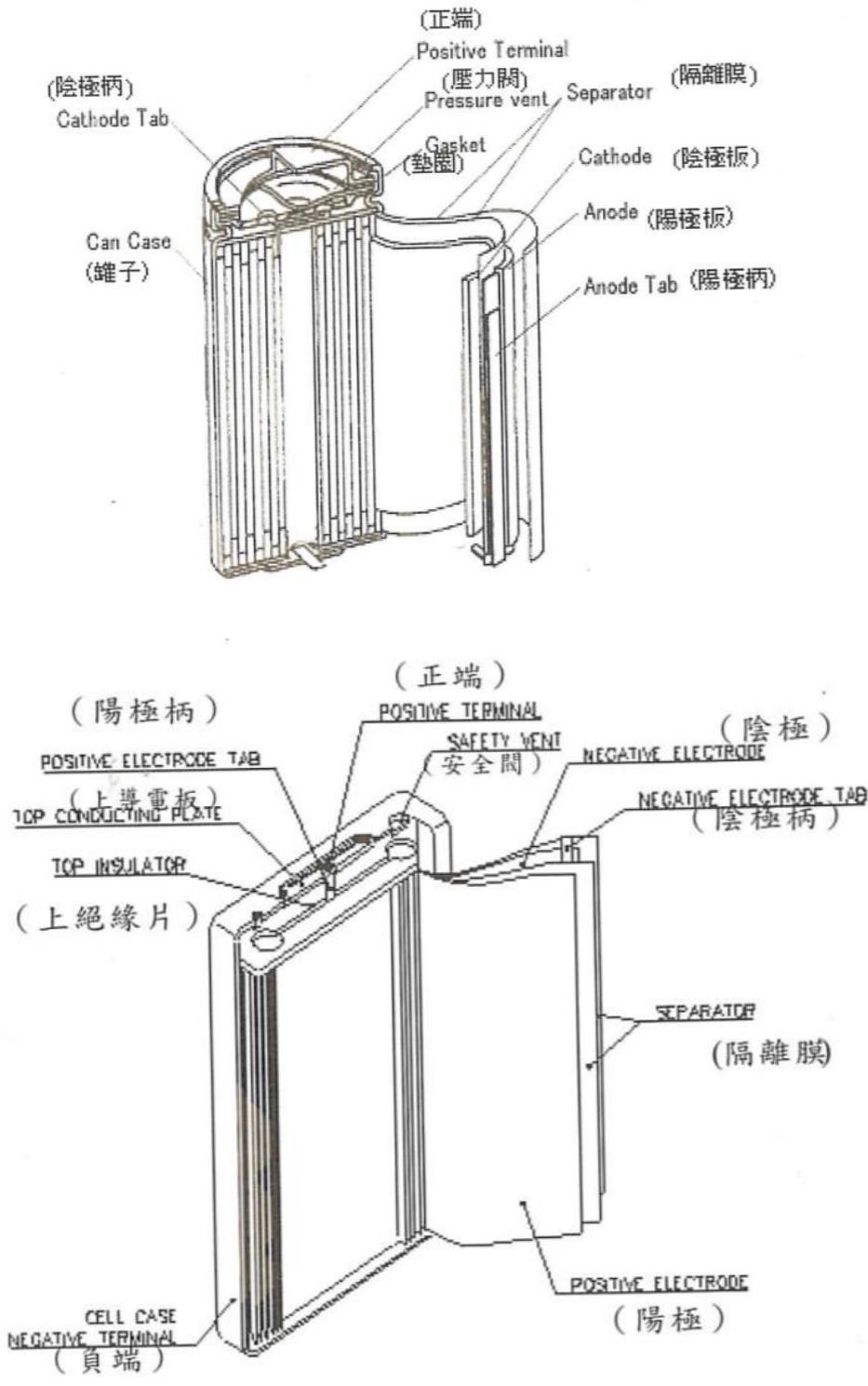


圖 5 鋰離子電池之圓筒形(上)及方形(下)結構圖

一、鉛酸電池生產階段與損耗

(一)常見之生產階段如下表所示。

表 2 生產階段表

階段一 鉛粉製程	階段二 鉛板製造	階段三 生板製程	階段四 極板製程	階段五 組裝製程
純鉛 熔融 凝結切段 鉛粉機(氧化) 收集 鉛粉	鉛(銻/鈣)合金 合金爐(熔融) 鑄造 鉛板(格子體)	混合練捏 塗板 乾燥	化成 泡水(陰極板) 烘乾 裁剪/修整	組裝 短路檢查 封蓋 密閉檢查 包裝

(二)原物料耗損表如下列各表（表3—表6）所示。

表3 開放型汽車用電池製程階段原物料耗損百分比
（製造流程如圖6所示）

製程階段 耗損 原物料	熔融	鑄造	塗板	乾燥	化成	裁剪	組裝	包裝	總耗 損率
純鉛	0.5%	-	5%	1%	0.5%	1%	-	-	8%
鉛鈣合金	1%	1%	5%	1%	0.5%	1%	-	-	9.5%
硫酸液	-	-	5%	1%	2%	1%	-	-	9%
添加劑	-	-	5%	1%	0.5%	1%	-	-	7.5%
膠殼	-	-	-	-	-	-	0.3%	-	0.3%
隔離板 (玻璃棉)	-	-	-	-	-	-	0.3%	-	0.3%
配屬附件	-	-	-	-	-	-	0.3%	-	0.3%
包裝材料	-	-	-	-	-	-	-	0.5%	0.5%

註：

- 1.於鉛粉製程中，鉛粉氧化會產生膨脹效應，略補純鉛之耗損。
- 2.鑄造時雖有毛邊等下腳，但可回收送入熔爐內重新鑄造，所以各製程階段之耗損率已扣除下腳回收率。
- 3.包裝材料為包裝之彩盒、外紙箱及打包帶等。

表 4 開放型機車用電池製程階段原物料耗損百分比
(製造流程如圖 6 所示)

製程階段 耗損 原物料	熔融	鑄造	塗板	乾燥	化成	裁剪	組裝	包裝	總耗 損率
純鉛	0.5%	-	5%	1%	0.7%	1%	-	-	8.2%
鉛鈣合金	1%	1%	5%	1%	0.7%	1.5%	-	-	10.2%
硫酸液	-	-	5%	1%	2%	1.5%	-	-	9.5%
添加劑	-	-	5%	1%	0.7%	1.5%	-	-	8.2%
膠殼	-	-	-	-	-	-	0.5%	-	0.5%
隔離板 (玻璃棉)	-	-	-	-	-	-	0.5%	-	0.5%
配屬附件	-	-	-	-	-	-	0.5%	-	0.5%
包裝材料	-	-	-	-	-	-	-	0.5%	0.5%

註：

- 1.於鉛粉製程中，鉛粉氧化會產生膨脹效應，略補純鉛之耗損。
- 2.鑄造時雖有毛邊等下腳，但可回收送入熔爐內重新鑄造，所以各製程階段之耗損率已扣除下腳回收率。
- 3.包裝材料為包裝之彩盒、外紙箱及打包帶等。

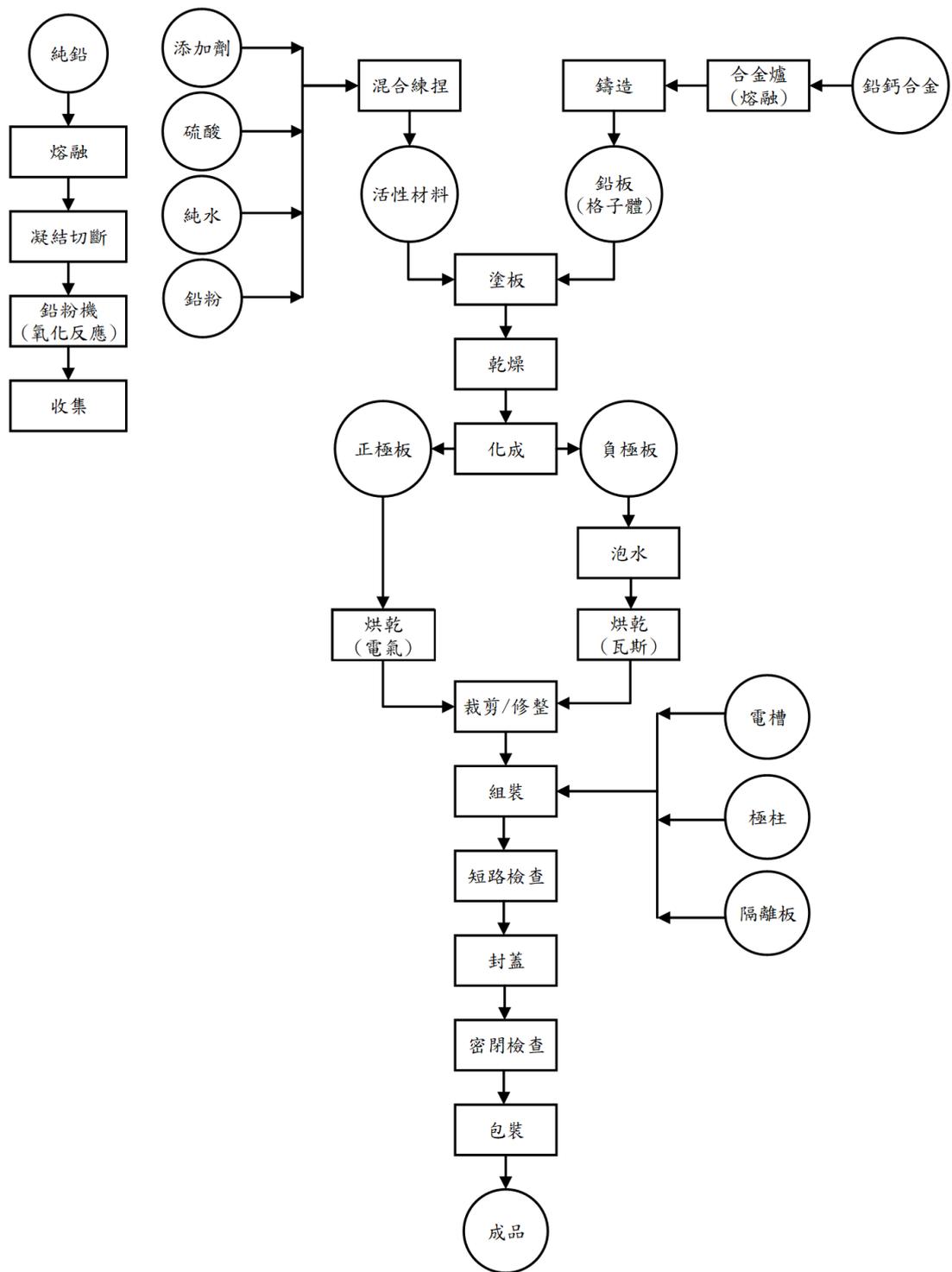


圖 6 開放型鉛酸電池製造流程圖

表 5 密閉型大型電池製程階段原物料耗損百分比
(製造流程如圖 7 所示)

製程階段 耗損 原物料	熔融	鑄造	塗板	乾燥	化成	裁剪	組裝	包裝	總耗 損率
純鉛	0.5%	-	4%	1%	0.7%	1%	-	-	7.2%
鉛鈣合金	1%	1%	4%	1%	0.7%	1.5%	-	-	9.2%
硫酸液	-	-	4%	1%	2%	1.5%	-	-	8.5%
添加劑	-	-	4%	1%	0.7%	1.5%	-	-	7.2%
膠殼	-	-	-	-	-	-	0.8%	-	0.8%
隔離板 (玻璃棉)	-	-	-	-	-	-	0.8%	-	0.8%
配屬附件	-	-	-	-	-	-	0.8%	-	0.8%
包裝材料	-	-	-	-	-	-	-	0.5%	0.5%

註：

- 1.於鉛粉製程中，鉛粉氧化會產生膨脹效應，略補純鉛之耗損。
- 2.鑄造時雖有毛邊等下腳，但可回收送入熔爐內重新鑄造，所以各製程階段之耗損率已扣除下腳回收率。
- 3.包裝材料為包裝之彩盒、外紙箱及打包帶等。

表 6 密閉型小型電池製程階段原物料耗損百分比
(製造流程圖如圖 7 所示)

製程階段 耗損 原物料	熔融	鑄造	塗板	乾燥	化成	裁剪	組裝	包裝	總耗 損率
純鉛	0.5%	-	4%	1%	1%	1%	-	-	7.5%
鉛鈣合金	1%	1%	4%	1%	1%	2%	-	-	10%
硫酸液	-	-	4%	1%	2%	2%	-	-	9%
添加劑	-	-	4%	1%	1%	2%	-	-	8%
膠殼	-	-	-	-	-	-	1%	-	1%
隔離板 (玻璃棉)	-	-	-	-	-	-	1%	-	1%
配屬附件	-	-	-	-	-	-	1%	-	1%
包裝材料	-	-	-	-	-	-	-	0.5%	0.5%

註：

- 1.於鉛粉製程中，鉛粉氧化會產生膨脹效應，略補純鉛之耗損。
- 2.鑄造時雖有毛邊等下腳，但可回收送入熔爐內重新鑄造，所以各製程階段之耗損率已扣除下腳回收率。
- 3.包裝材料為包裝之彩盒、外紙箱及打包帶等。

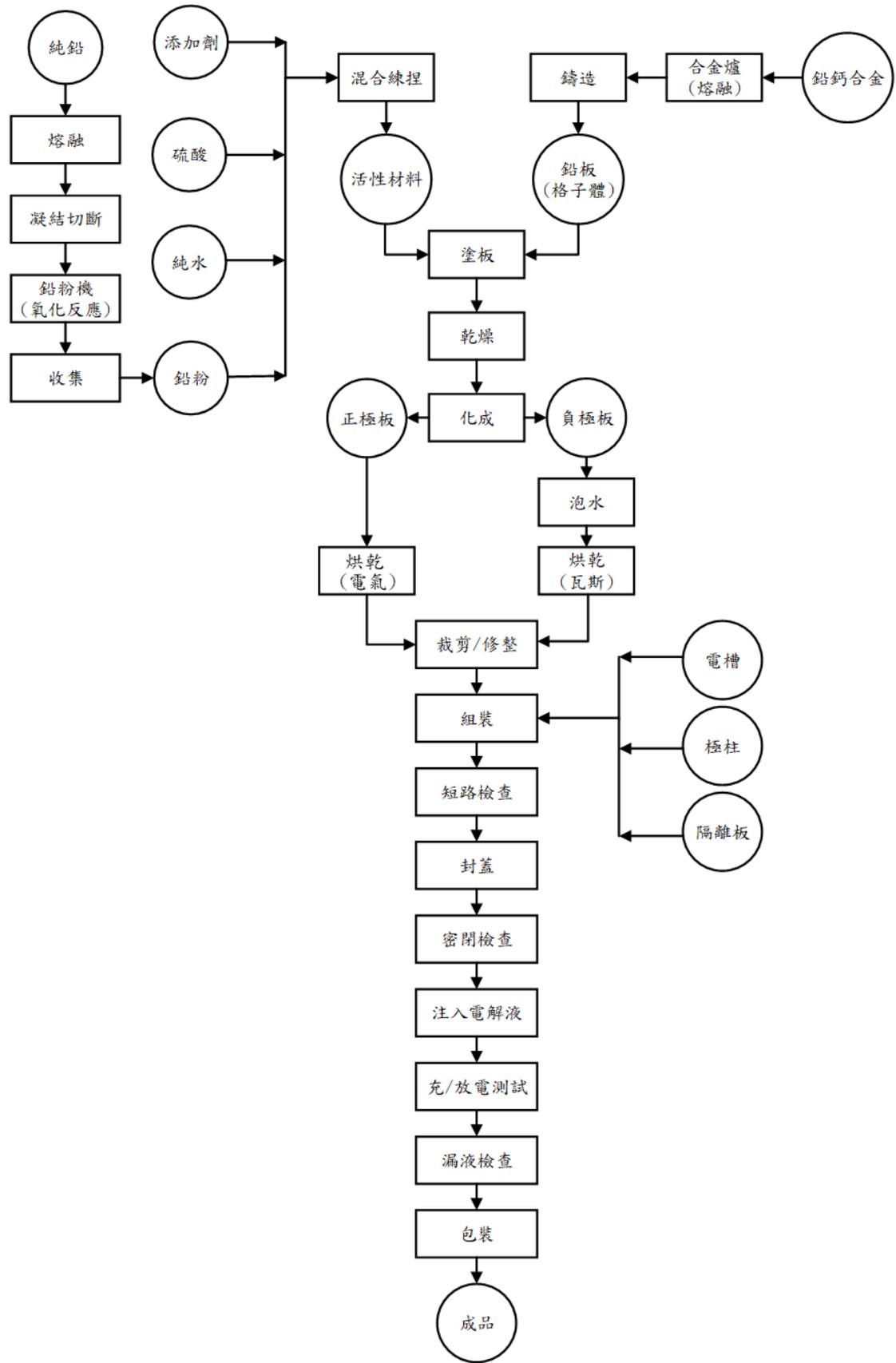


圖 7 密閉型鉛酸電池製造流程圖

二、方形與圓筒形鋰離子電池生產階段與耗損

(一)材料概述：

正極：LiCoO₂ or LiNi_xMn_yCo_zO₂ (x+y+z=1)、導電碳粉 (conductive carbon)、黏合劑(PVdF)、鋁箔(Al Foil)。

負極：中間界相石墨碳微球(MCMB)、導電碳粉(conductive carbon)、黏合劑(PVdF)、銅箔(Cu Foil)。

電解液：六氟磷酸鋰(LiPF₆)在一定比例的碳酸酯(carbonate)混合溶劑。

隔離膜：聚乙烯(PE)/聚丙烯(PP)或 PE 或 PP。

罐子：不鏽鋼或鋁罐。

蓋子：不鏽鋼或鋁罐。

絕緣膠帶：PP 或聚醯亞胺(polyimide, PI)。

標印：聚對苯二甲酸乙二酯(PET)或聚氯乙烯(PVC)。

(二)製程概述：

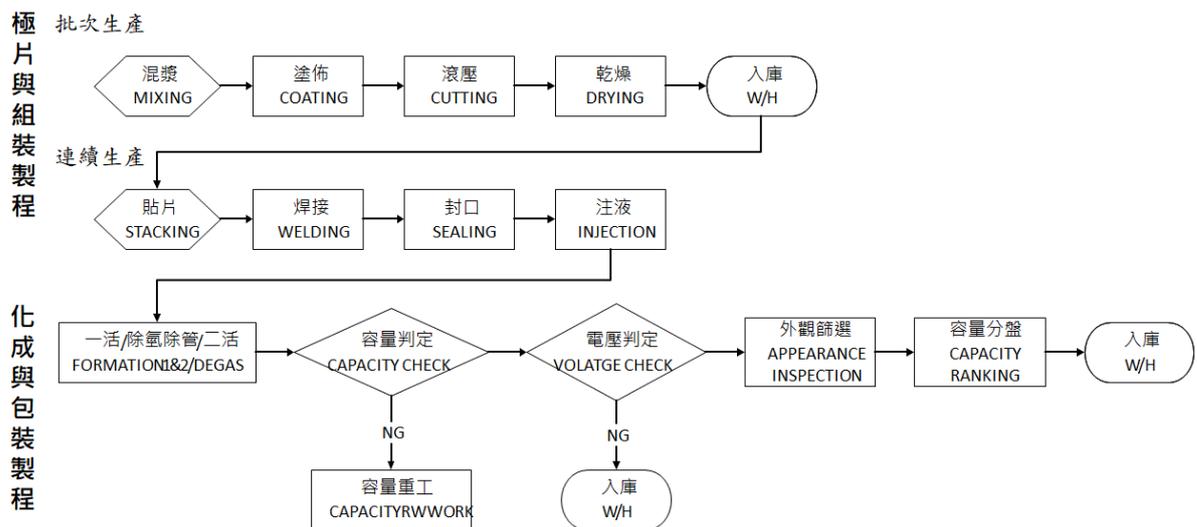


圖 8 鋰離子電池製程概述

極片製程 (詳如圖 9)：混料、塗佈、滾壓、分條、乾燥。

組裝製程 (詳如圖 10)：捲繞、組裝、清洗、烘乾。

化成製程（詳如圖 11）：充電活化、儲存熟化、品質確認。
後加工及包裝製程（詳如圖 11）：保護元件焊接、套膜、
外觀檢查包裝。

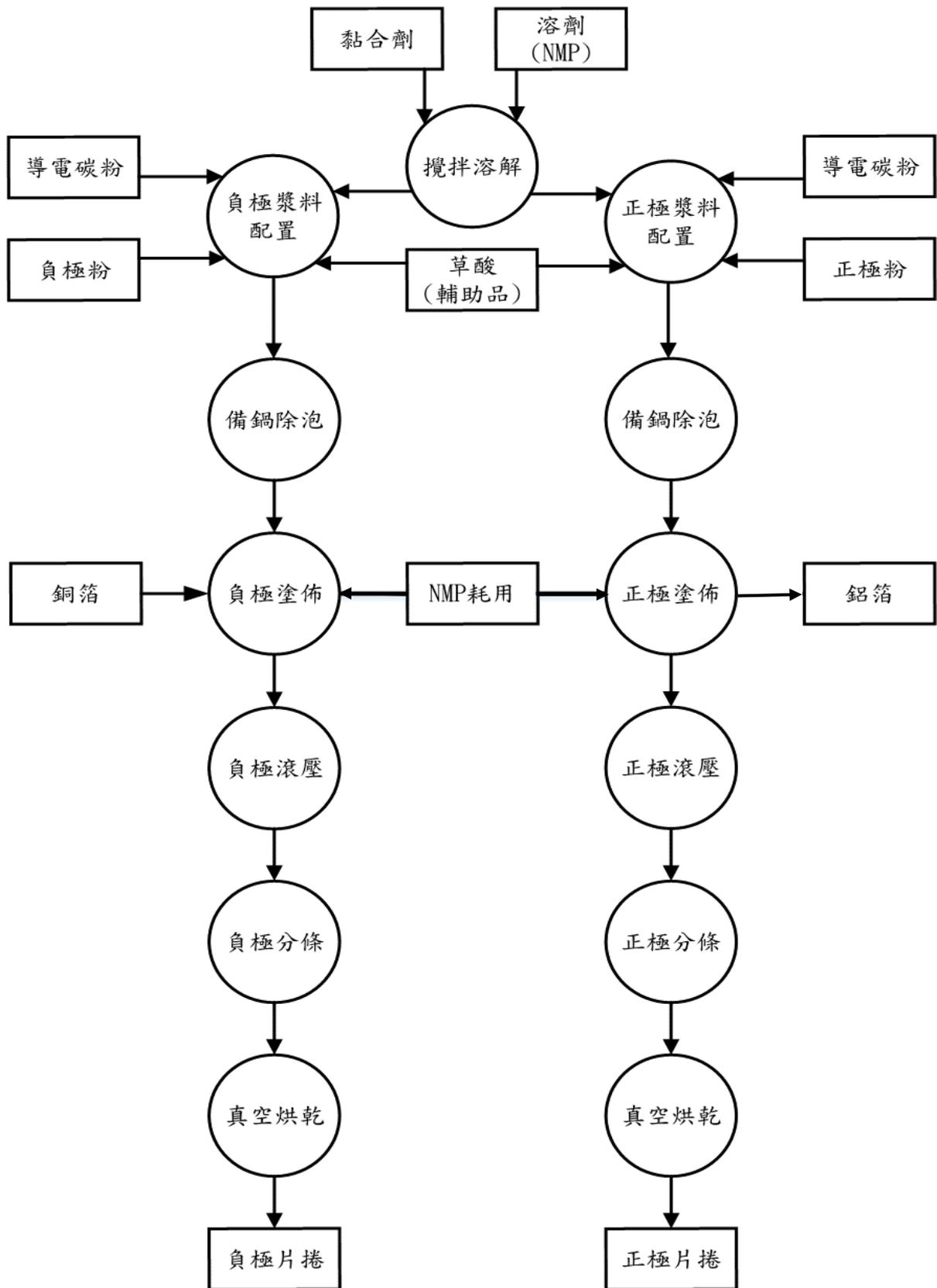


圖 9 鋰離子電池極片製程流程圖

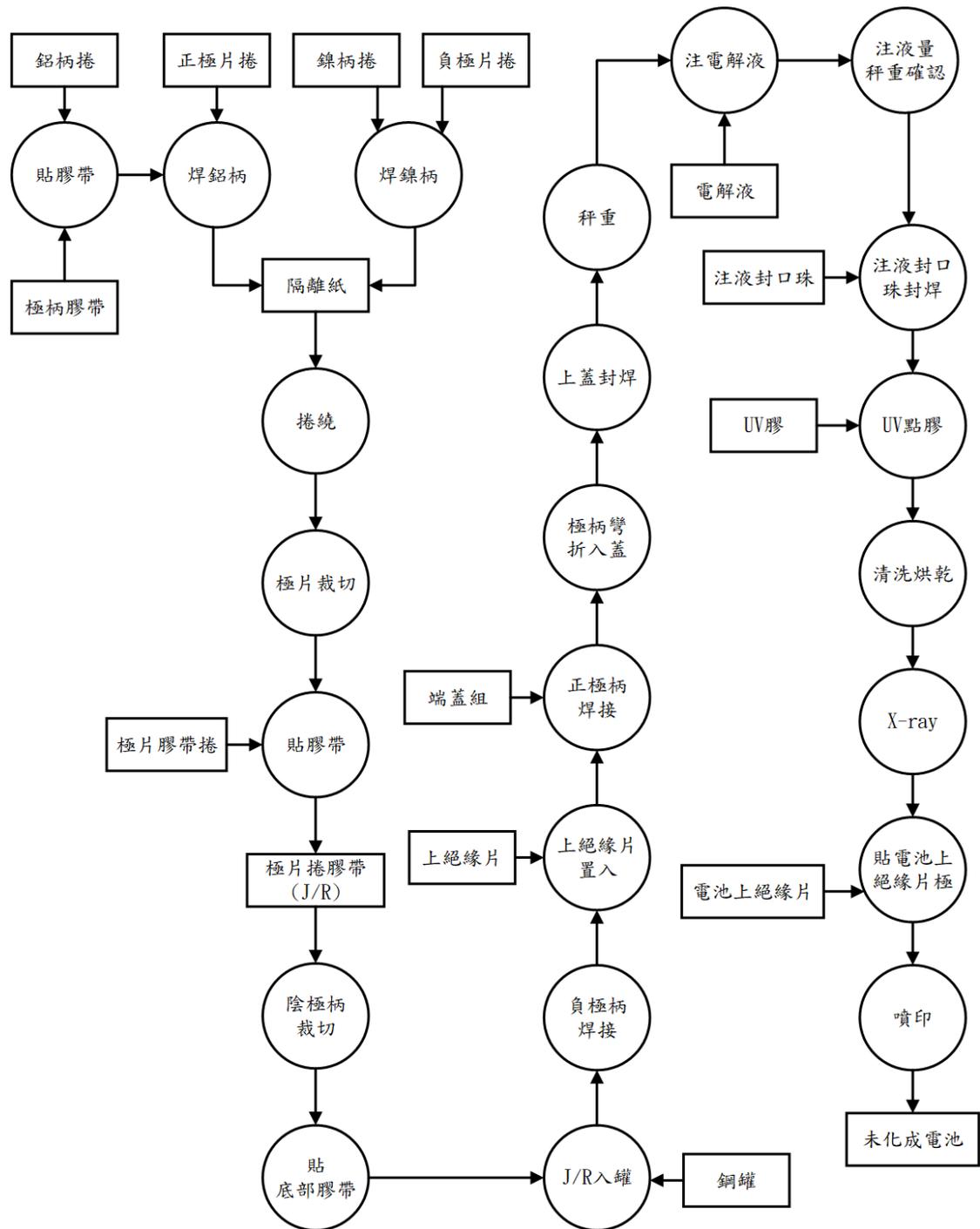


圖 10 鋰離子電池組裝製程流程圖

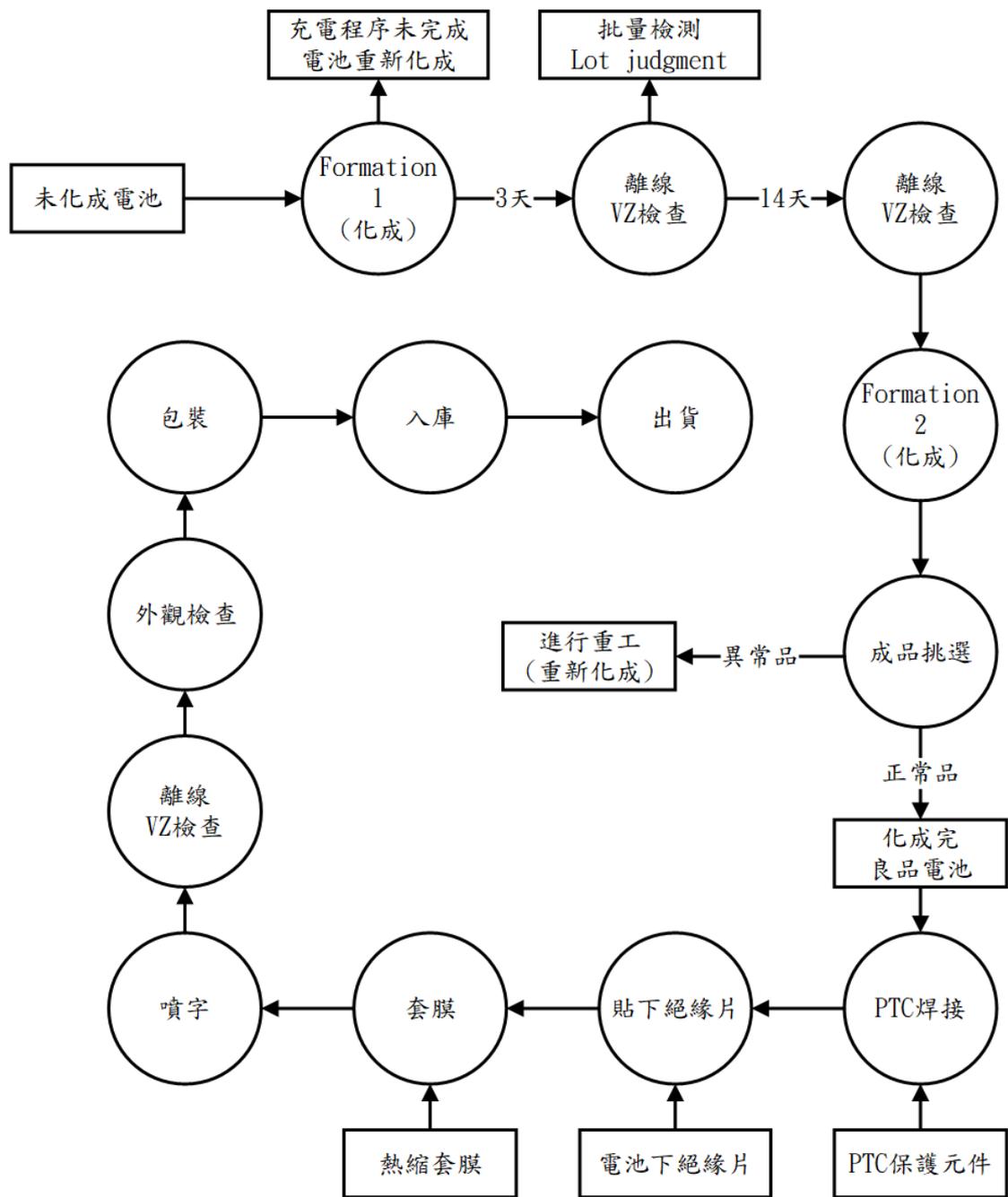


圖 11 鋰離子電池化成及包裝製成流程圖

(三)各製程之各種原料之耗損率如下表：

表 7 方形鋰離子電池之各種原料於各製程之耗損率表

各階段製程	原料名稱	耗損率
Cathode (正極片)	Al Foil (鋁箔)	15.0%
	Lithium Cobalt Dioxide (正極粉)	10.0%
	Conductive Carbon (導電碳粉)	10.0%
	Binder (黏合劑)	10.0%
	NMP (溶劑)	10.0%
Anode (負極片)	Cu Foil (銅箔)	15.0%
	MCMB (負極粉)	10.0%
	Conductive Carbon (導電碳粉)	10.0%
	Binder (黏合劑)	10.0%
	NMP (溶劑)	10.0%
Jelly Roll(極片捲)[組裝]	Separator (隔離紙)	9.0%
	Nickel Tab (鎳柄)	9.0%
	Tab Tape (極柄膠帶)	9.0%
	Aluminum Tab (鋁柄)	9.0%
	J/R Tape (極片捲膠帶)	9.0%
Formation[化成]	Cell Top INS. (電池上絕緣片)	5.0%
	Up Insulator (上絕緣片)	5.0%
	Stell/Al Can (罐子)	5.0%
	Electrolyte (電解液)	5.0%
	Sealing Ball (注液口封口珠)	5.0%
	J/R Bottom Tape (極片捲底部膠帶)	5.0%
	UV Adhesive (UV 膠)	5.0%
	Top Assembly (端蓋組)	5.0%
Finished Cell (後加工及包裝製程)	Shrink Tube (熱縮套膜)	1.0%
	PTC/thermal fuse (保護元件)	1.0%
	Cell Bottom INS. (電池下絕緣片)	1.0%

表 8 圓筒形鋰離子電池之各種原料於各製程之耗損率表

各階段製程	原料名稱	耗損率
Cathode (正極片)	Al Foil (鋁箔)	23.6%
	Lithium Cobalt Dioxide (正極粉)	13.0%
	Conductive Carbon (導電碳粉)	13.0%
	Binder (黏合劑)	13.0%
	NMP (溶劑)	20.0%
Anode (負極片)	Cu Foil (銅箔)	20.0%
	MCMB (負極粉)	11.7%
	Conductive Carbon (導電碳粉)	11.7%
	Binder (黏合劑)	13.0%
	NMP (溶劑)	20.0%
Jelly Roll (極片捲)[組裝]	Separator (隔離紙)	3.8%
	Nickel Tab (鎳柄)	3.0%
	Tab Tape (極柄膠帶)	3.0%
	Aluminum Tab (鋁柄)	2.5%
	J/R Tape (極片捲膠帶)	3.5%
Formation[化成]	Cell Top INS. (電池上絕緣片)	3.0%
	Up Insulator (上絕緣片)	3.0%
	Stell/Al Can (罐子)	3.5%
	Electrolyte (電解液)	5.0%
	Sealing Ball (注液口封口珠)	5.0%
	J/R Bottom Tape (極片捲底部膠帶)	5.0%
	UV Adhesive (UV 膠)	5.0%
	Top Assembly (端蓋組)	2.5%
Finished Cell (後加工及包裝製程)	Shrink Tube (熱縮套膜)	1.6%
	PTC/thermal fuse (保護元件)	2.0%
	Cell Bottom INS. (電池下絕緣片)	3.0%

表 7 及表 8 之註 1~4 詳下頁。

註 1：上游製程之良品也可能因為下游製程之不良造成再次之耗損。因此，為了避免重複列表，將下游製程之不良所造成上游製程之各原料耗損累計於上游製程之各原料耗損中，如註 2、註 3、註 4 所述。即表 7 及表 8 已為該產品經各製程所造成之各項原料總耗損，但相同原料需相加【相同原料只有導電碳粉、黏合劑及 NMP（溶劑）】。

註 2：表中所述 Cathode（正極片）及 Anode（負極片）之耗損率已涵蓋下游組裝製程、化成製程、後加工及包裝製程之不良率所造成之耗損。

註 3：表中所述組裝之耗損率已經涵蓋下游化成製程、後加工及包裝製程之不良率所造成之耗損。

註 4：表中所述化成製程之耗損率已經涵蓋下游後加工及包裝製程之不良率所造成之耗損。

第四章 下腳及不良品之處理

生產過程中所產生的廢料均送經環保署認定之合格廠商處理，其經濟價值不高，如有下腳收入，應列為其他收入或營業成本減項。