



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201230592 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：100124999

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 07 月 14 日

(51)Int. Cl.：

H02J7/00 (2006.01)

H01M10/44 (2006.01)

(30)優先權：2010/07/15 美國

61/364,563

2010/11/24 美國

61/417,037

(71)申請人：Z動力能源有限責任公司(美國) ZPOWER, LLC (US)

美國

(72)發明人：瑞肯 特洛伊 RENKEN, TROY (US)；鮑爾斯 提姆 POWERS, TIM (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：88 項 圖式數：18 共 119 頁

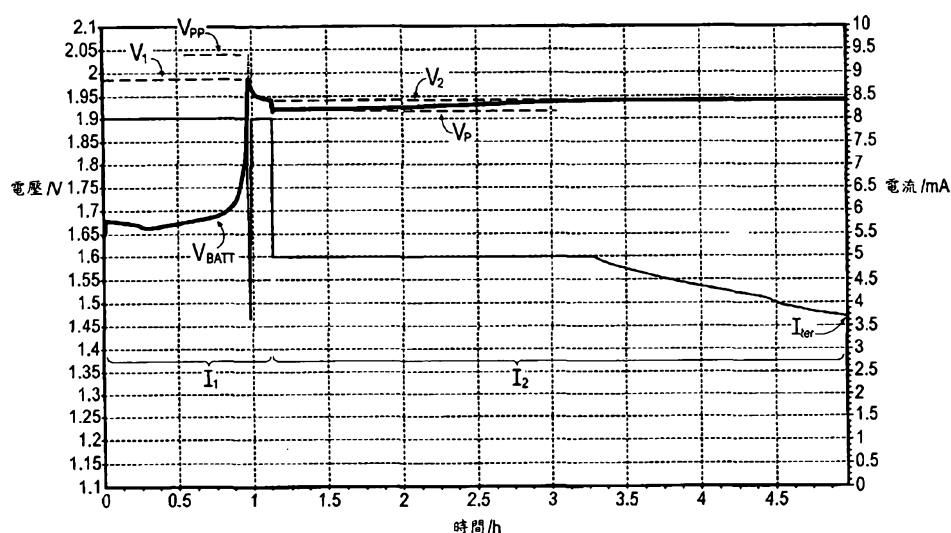
(54)名稱

用於將電池組再充電之方法及裝置

METHOD AND APPARATUS FOR RECHARGING A BATTERY

(57)摘要

本發明提供一種用於將銀-鋅可再充電電池組充電之新穎方法及用於實踐該充電方法之裝置。該再充電裝置包括：再充電管理電路；及銀-鋅電池組、主機器件或包括該再充電管理電路之充電基底中之一或多者。該再充電管理電路提供用於調節銀-鋅電池組之再充電之構件，用於評估電池組功能的診斷，及防止由對不適用於該充電方法之材料組成的電池組(例如，非銀-鋅電池組)充電引起之對裝置之損壞的安全措施。



I_1 ：第一充電電流

I_2 ：第二充電電流

I_{ter} ：終端充電電流

V_1 ：電壓

V_2 ：電壓

V_{BATT} ：電壓

V_P ：電壓平線區

V_{PP} ：固有極化峰值之
電壓



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201230592 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：100124999

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 07 月 14 日

(51)Int. Cl.：

H02J7/00 (2006.01)

H01M10/44 (2006.01)

(30)優先權：2010/07/15 美國

61/364,563

2010/11/24 美國

61/417,037

(71)申請人：Z動力能源有限責任公司(美國) ZPOWER, LLC (US)

美國

(72)發明人：瑞肯 特洛伊 RENKEN, TROY (US)；鮑爾斯 提姆 POWERS, TIM (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：88 項 圖式數：18 共 119 頁

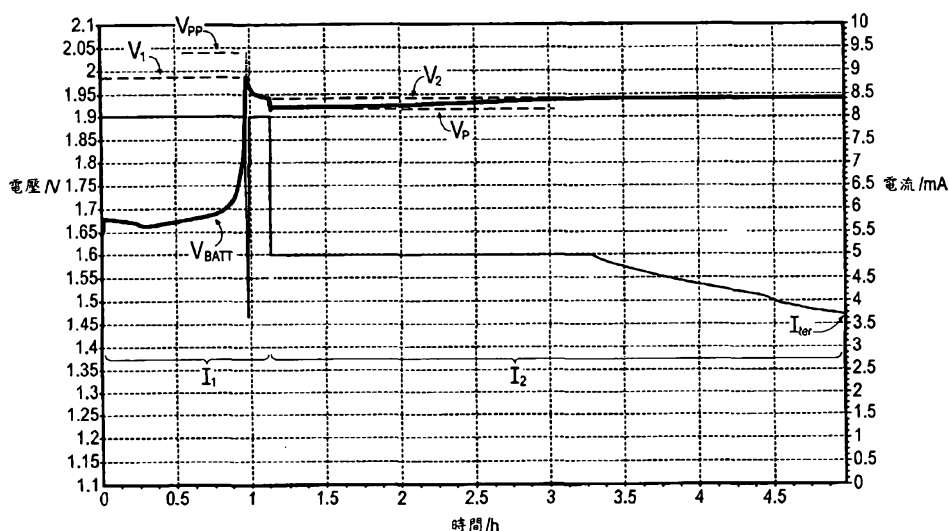
(54)名稱

用於將電池組再充電之方法及裝置

METHOD AND APPARATUS FOR RECHARGING A BATTERY

(57)摘要

本發明提供一種用於將銀-鋅可再充電電池組充電之新穎方法及用於實踐該充電方法之裝置。該再充電裝置包括：再充電管理電路；及銀-鋅電池組、主機器件或包括該再充電管理電路之充電基底中之一或多者。該再充電管理電路提供用於調節銀-鋅電池組之再充電之構件，用於評估電池組功能的診斷，及防止由對不適用於該充電方法之材料組成的電池組(例如，非銀-鋅電池組)充電引起之對裝置之損壞的安全措施。



I_1 ：第一充電電流

I_2 ：第二充電電流

I_{ter} ：終端充電電流

V_1 ：電壓

V_2 ：電壓

V_{BATT} ：電壓

V_p ：電壓平線區

V_{pp} ：固有極化峰值之
電壓

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於用於將電池組再充電之系統、裝置及方法。特定而言，本發明之方法及裝置對於將銀-鋅電池組再充電係有用的。

此實用申請案主張2010年7月15日申請之美國臨時申請案第61/364,563號及2010年11月24日申請之美國臨時申請案第61/417,037號的權利。此等申請案之全文特此以引用之方式併入本文中。

【先前技術】

可再充電電池組在技術中係已知的且通常用於(例如)攜帶型電子器件中。儘管習知可再充電電池組係有用的，然而用以將電池組再充電之系統及方法亟待可增強或改良電池組之使用壽命、存放期及/或效能之改良。因此，此項技術中存在對發展用於將電池組再充電之改良裝置及用於將該電池組充電的方法的需要。

【發明內容】

本發明提供用於將可再充電電池組充電之新穎方法。本發明之方法減少當可再充電銀-鋅電池組在使用期間經受不對稱循環時通常觀察到之容量衰減。本發明之方法可用於將電池組之充電輪廓包含由一或多個極化峰值分離之一或多個電壓平線區(諸如針對銀-鋅可再充電電池組所觀察到之彼等輪廓)的電池組充電。

本發明之一態樣提供將具有多個電壓平線區之可再充電

電池組充電之方法，其中該電池組具有小於其最高電壓平線區之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：以一第一充電電流 I_1 將電池組充電，其中施加該第一充電電流 I_1 直至將電池組充電至一電壓 V_1 為止；及當該電池組之電壓為 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 ，其中電壓 V_1 小於與電壓平線區 V_P 相關聯之固有極化峰值之電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{Batt} ，且 V_1 大於電壓平線區 V_P 。

在一些實施例中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% (例如，小於 30%) 時，該第一充電電流 I_1 足以在自約 1 分鐘至約 300 分鐘 (例如，自約 5 分鐘至約 300 分鐘，或自約 10 分鐘至約 90 分鐘) 之時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。在一些實例中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% (亦即，該電池組具有超過 60% 的 DOD) 時，該第一充電電流 I_1 足以在自約 10 分鐘至約 260 分鐘 (例如，約 10 分鐘至約 180 分鐘) 之時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。在其他實例中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% 時，該第一充電電流 I_1 足以在約 75 分鐘或更少 (例如，自約 5 分鐘至約 75 分鐘) 的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。在其他實例中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% 時，該第一充電電流 I_1 足以在自約 15 分鐘至約 75 分鐘的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。在替代實例中，該第一充電電流 I_1 足以在約 240 分鐘或更少時間內將該電池組自小於其額定容量之 30% 的 SOC 充電至其額定容量

之自約30%至約40%的SOC。且在一些實例中，該第一充電電流 I_1 足以在少於約240分鐘內將該電池組自小於其額定容量之30%的SOC充電至其額定容量之約40%的SOC。在一些實施例中，當 V_{Batt} 小於 V_1 時，該第一充電電流 I_1 實質上係恆定的。

在一些實施例中，當該電池組之電壓為 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ (例如， $\pm 10\%$)之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1500秒(例如，自約6秒至約1200秒或自約5秒至約600秒)之時段。

此方法之一些實施進一步包含：以一第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中在該第一充電電流 I_1 後施加該第二充電電流 I_2 直至電池組電壓到達一電壓 V_2 為止，其中該電壓 V_2 大於 V_P 且小於 V_{PP} ；及當該電池組之電壓到達電壓 V_2 時控制該第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 。此實施之一些實施例進一步包含：在以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒(例如，約6秒至約900秒)之時段後，終止該第一充電電流 I_1 ；及當該第一充電電流 I_1 終止時施加一第二充電電流 I_2 。在一些實例中， I_2 實質上係恆定的直至將該電池組充電至一電壓 V_2 為止。在其他實例中，當 V_{Batt} 大於或等於 V_P 且小於 V_2 時，該充電電流 I_2 係實質上恆定的。

在一些實施例中，施加該第二充電電流 I_2 至少直至將該電池組充電至該電池組之額定容量之自約80%至約110%的

SOC為止。

在其他實施例中，在將電池組充電至 V_1 之電壓之前的時段期間， I_1 大於或等於 I_2 。舉例而言，在將電池組充電至 V_1 之電壓之前的時段期間， I_1 大於 I_2 。在其他實施例中，在將電池組充電至 V_1 之電壓之前的時段期間， I_1 等於 I_2 。

在一些實施例中， V_1 大於或等於 V_2 。舉例而言， V_1 大於 V_2 。在其他實施例中， V_1 等於 V_2 。

在替代實施例中， V_{Batt} 係電壓 V_1 之自約50%至約87%。

一些實施進一步包含當該電池組之電壓到達電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒(例如，自約6秒至約900秒或自約5秒至約600秒)之時段。其他實施包含當該電池組之電壓到達 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約550秒至約650秒之時段。

在一些實施例中， I_1 為約50 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約5 mA至約50 mA。在其他實施例中， I_2 小於約50 mA。舉例而言， I_2 係自小於約50 mA至約1 mA。且在此等實施例之一些中，該電池組具有自約1 Ah至約4 Ah之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約1 Amp或更小。舉例而言， I_1 係自約80 mA至約1 Amp(例如，自約80 mA至約0.99 Amp)。在其他實施例中， I_2 小於1 Amp。舉例而言， I_2 係自約80 mA至約0.99 Amp。在此等實施例之一些中，該電池組具

有自約100 mAh至約1000 mAh之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約300 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約8 mA至約299.99 mA。在一些實施例中， I_2 小於300 mA。舉例而言， I_2 係自約4 mA至約299.99 mA。在此等實施例之一些中，該電池組具有自約15 mAh至約150 mAh之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約150 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約3 mA至約60 mA。在一些實施例中， I_2 小於150 mA。舉例而言， I_2 係自約2 mA至約149.00 mA(例如，自約2 mA至約59.99 mA)。在此等實施例之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約150 mAh之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約15 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約0.1 mA至約14.99 mA。在一些實施例中， I_2 小於15 mA。舉例而言， I_2 係自約0.1 mA至約14.99 mA。

在一些實施例中，電壓 V_2 係 V_1 之自約90%至約99%。舉例而言，電壓 V_2 係 V_1 之自約96%至約98%。

在其他實施例中， V_1 為約2.04 V或更小。舉例而言， V_1 係自約2.04 V至約1.96 V。在其他實施例中， V_1 係自約1.99 V至約1.96 V。

在一些實施例中， V_2 為約2.03 V或更小。舉例而言， V_2 係自約2.03 V至約1.93 V。在其他實施例中， V_2 係自約1.93 V至約1.95 V。

一些實施不包括計數庫侖。

其他實施進一步包含當電池組之DOD到達約80%或更少

(例如，DOD為約20%或更少，或DOD為約10%或更少)時產生一電信號。

一些實施進一步包含若電池組之電壓低於 V_p 歷時2秒或更多之時段則產生一電信號。

且，一些實施進一步包含：以一診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約60秒(例如，少於約20秒或少於約10秒，或少於約7秒)之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之電壓 V_{Batt} 小於在以該診斷充電電流 I_{Diag} 充電前電池組之初始電壓則終止電池組的充電。一些實例進一步包含：以一診斷充電電流 I_{Diag} 將該電池組充電歷時少於約60秒(例如，少於約20秒或少於約10秒，少於約7秒，或少於約5秒)之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之電壓 V_{Batt} 小於約1.65 V則終止電池組的充電。一些實例包含：以小於約10 mA(例如，約8 mA)之一診斷充電電流將電池組充電歷時約3秒之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之OCV小於或等於1.55 V則終止電池組的充電。且，一些實例包含：以小於約10 mA(例如，約8 mA)之一診斷充電電流將電池組充電歷時約3秒之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之SOC的增加小於0.02%則終止電池組的充電。

在一些實施例中， I_{Diag} 係自約5 mA至約25 mA。

一些實施包含：以小於約10 mA(例如，約8 mA)之一診斷充電電流將電池組充電歷時少於約10秒(例如，少於約5秒，或約3秒)之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池

組之SOC的增加小於約0.02%則終止電池組的充電。

本發明之另一態樣提供一種偵測一可再充電銀-鋅電池組之方法，該方法包含：以小於約10 mA(例如，約8 mA)之一電流將該電池組充電歷時約7秒或更少之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池之電壓小於約1.65 V則產生一電信號。

在一些實施例中，該電信號啟動一音訊警報或一視覺警報。

其他實施例進一步包含以約8 mA之一電流將該電池組充電歷時約3秒的時段。

本發明之另一態樣提供一種偵測一可再充電銀-鋅電池組之方法，該方法包含：將該電池組充電以使得電池組之SOC增加約0.02%，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之電壓小於約1.65 V則產生一電信號。

本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之一可再充電電池組充電之方法，其中該電池組具有小於一第一順序電壓平線區之電壓 V_{P1} 之約70%之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：在該充電電池組之電壓到達大於 V_{Batt} 之第一順序電壓平線區 V_{P1} 之後，以實質上為恆定的一恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時不超過30分鐘之時段；以一第一充電電流 I_1 將該電池組充電，其中該第一充電電流 I_1 實質上係恆定的直至將該電池組充電至一電壓 V_1 為止；及當該電池組之電壓到達該電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持

於 V_1 歷時自約6秒至約900秒之時段，其中電壓 V_1 小於針對一電壓平線區 V_P 之固有極化峰值的電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{P1} ，且 V_1 大於電壓平線區 V_P 。

一些實施例進一步包含在該電池組之電壓到達大於 V_{Batt} 之該第一順序電壓平線區 V_{P1} 之後，以實質上為恆定的一恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時不超過15分鐘之時段。

一些實施例進一步包含若在以 I_{recov} 充電歷時自約1小時至約2小時之時段之後，該電池組之電壓 V_{Batt} 未能到達大於 V_{Batt} 的第一順序電壓平線區 V_{P1} ，則產生一電信號。

一些實施例包含：以一第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該第二充電電流 I_2 實質上係恆定的，直至該電池組電壓到達一電壓 V_2 為止，其中該電壓 V_2 小於該電壓 V_1 且大於該第一順序電壓平線區 V_{P1} ；及當該電池組之電壓到達電壓 V_2 時控制該第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過電壓 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 。

替代實施例包含在距將電池組充電至電池組之額定容量之自約80%至約150%的容量之點約10分鐘或更少的時段之後終止該第二充電電流 I_2 。

一些實施例不包括計數庫倫。

且，在一些實施例中，可再充電電池組包含一陽極，該陽極包含一鋅材料。在其他實施例中，該可再充電電池組包含一陰極，該陰極包含一銀材料。在一些實施例中，該可再充電電池組包含鈕扣電池、硬幣電池、圓柱電池或稜

柱電池。

一些實施例進一步包含當該第二充電電流 I_2 終止時產生一電信號。

一些實施例進一步包含當該第二充電電流 I_2 終止時啟動一視覺信號。

本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之一可再充電鈕扣電池充電之方法，其中該電池具有大於約1.10 V且小於約1.70 V之一電壓，該方法包含：以一第一充電電流 I_1 將該電池充電，其中該第一充電電流 I_1 實質上為恆定的直至將該電池充電至大於1.70 V且小於2.04 V之一電壓 V_1 為止；及當該電池之電壓到達該電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約900秒之時段。

一些實施例進一步包含：以一第二充電電流 I_2 將該電池充電，其中該第二充電電流 I_2 實質上係恆定的直至該電池電壓到達一電壓 V_2 為止，其中該電壓 V_2 小於該電壓 V_1 且大於1.7 V，及當該電池之電壓到達電壓 V_2 時控制該第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過電壓 V_2 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池的電壓維持於 V_2 。

其他實施例包含在距將電池充電至電池之額定容量之自約80%至約110%的容量之點不超過5分鐘之後終止該第二充電電流 I_2 。

在一些實施例中，該第一充電電流 I_1 足以在自約30分鐘至約180分鐘之時段中將該電池組充電至該電壓 V_1 。

一些實施例進一步包含當該電池之電壓到達電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約550秒至約650秒之時段。

在一些實施例中， I_1 為約50 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約5 mA至約50 mA。在其他實施例中， I_2 小於約50 mA。舉例而言， I_2 係自小於約50 mA至約1 mA。且在此等實施例之一些中，該電池組具有自約1 Ah至約4 Ah之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約1 Amp或更小。舉例而言， I_1 係自約80 mA至約1 Amp(例如，自約80 mA至約0.99 Amp)。在其他實施例中， I_2 小於1 Amp。舉例而言， I_2 係自約80 mA至約0.99 Amp。在此等實施例之一些中，該電池組具有自約100 mAh至約1000 mAh之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約300 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約8 mA至約299.99 mA。在一些實施例中， I_2 小於300 mA。舉例而言， I_2 係自約4 mA至約299.99 mA。在此等實施例之一些中，該電池組具有自約15 mAh至約150 mAh之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約150 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約3 mA至約60 mA。在一些實施例中， I_2 小於150 mA。舉例而言， I_2 係自約2 mA至約149.00 mA(例如，自約2 mA至約59.99 mA)。在此等實施例之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約150 mAh之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約15 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約0.1 mA至約14.99 mA。在一些實施例中， I_2 小於15 mA。舉例而言， I_2 係自約0.1 mA至約14.99 mA。

在一些實施例中，電壓 V_2 係 V_1 之自約90%至約99%。舉例而言，電壓 V_2 係 V_1 之自約96%至約98%。

在其他實施例中， V_1 為約2.04 V或更小。舉例而言， V_1 係自約2.04 V至約1.96 V。在其他實施例中， V_1 係自約1.99 V至約1.96 V。

在一些實施例中， V_2 為約2.03 V或更小。舉例而言， V_2 係自約2.03 V至約1.93 V。在其他實施例中， V_2 係自約1.93 V至約1.95 V。

在一些實施例中，調變該第一充電電流 I_1 歷時約550秒至約650秒之時段。

其他實施例不包括計數庫倫。

在一些實施例中，該電池包含一陽極，該陽極包含一鋅材料。

在其他實施例中，該電池包含一陰極，該陰極包含一銀材料。

一些實施例進一步包含當終止該第二充電電流 I_2 時產生一電信號。

一些實施例進一步包含當終止該第二充電電流 I_2 時啟動一視覺信號。

本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區及大於其額定容量之50%之一初始SOC的一可再充電電池組充

電的方法，其中該電池組具有小於或等於其最高電壓平線區之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：以一實質上恆定之充電電流 I_2 將該電池組充電直至將該電池組充電至一電壓 V_2 為止；及以一受控制之充電電流 I_{ter} 將該電池組充電以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 ，其中該電壓 V_2 大於或等於(例如，大於)電壓平線區 V_P 之電壓且小於固有極化峰值之電壓。

一些實施例進一步包含當 I_{ter} 為 I_2 之約 95% 或更少(例如，約 85% 或更少)時終止該充電電流 I_{ter} 。舉例而言，當 I_{ter} 為 I_2 之約 80% 至約 95% 時，當溫度高於約 25°C 時，終止該充電電流 I_{ter} 。

其他實施例進一步包含當 I_{ter} 為 I_2 之約 75% 或更少時終止該充電電流 I_{ter} 。

在一些實施例中， V_2 為約 2.0 V 或更小。

在一些實施例中， I_2 為約 6 mA。

在一些實施例中， I_{ter} 為約 4.5 mA。

本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之一可再充電電池組充電之方法，該方法包含：以一調變充電電流 I_1 將該電池組充電，其中該充電電流 I_1 經調變以使得將該電池組之電壓限制於 V_{max} ，且該充電電流具有一最大安培數 I_{1max} ；自充電開始之後約 50 至約 70 秒計時時間；當計時時間時量測充電電流 I_1 之最低安培數 I_{1low} ；及若當計時時間時 I_1 之安培數為 I_{1max} 歷時連續 2 秒的時段，則當 I_1 之安培數在 I_{1end} 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流

I_1 ，其中 $I_{1\text{end}}$ 係當將電池組充電至約 100% 之 SOC 時維持電池組中之 V_{max} 的電壓所必需的溫度相依最小充電電流；或若在計時 20 分鐘之後 $I_{1\text{low}}$ 小於充電電流 I_1 之安培數，則一旦將電池組充電至約 50% 之 SOC 便遏止充電電流 I_1 ，其中電池組之 SOC 係藉由在計時時間之同時積分充電電流來判定；或若在計時 20 分鐘之後 $I_{1\text{low}}$ 大於或等於 I_1 之安培數，則當 I_1 之安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_1 ；或當 I_1 之安培數在 $I_{1\text{min}}$ 1.0 V 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_1 ，其中 V_{max} 為電池組之額定最大電壓的至少 95%，該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等充電電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

在一些實施例中， V_{max} 為約 2.03 V 或約 2.0 V。

在其他實施例中，充電電流具有 6 mA 或更小之最大安培數 $I_{1\text{max}}$ 。舉例而言，充電電流具有 5.5 mA 或更小之最大安培數 $I_{1\text{max}}$ 。

在一些實施例中，自充電開始之後約 60 秒計時時間。

其他實施例進一步包含量測溫度，其中溫度量測準確性具有 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之偏差(例如， $\pm 2^\circ\text{C}$ 之偏差)。

一些實施例進一步包含：以一第二調變充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該第二充電電流 I_2 經調變以使得將電池組之電壓限制於 V_{max} ，且將該充電電流安培數限制於最大安培數 $I_{1\text{max}}$ ；當該電池組之電壓為 V_{max} 之約至少 95% 時計時時間；及以充電電流 I_2 連續將該電池組充電直至計時 20

分鐘為止。

本發明之另一態樣提供一種將具有約 2.0 V 之額定電壓之一可再充電銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：以一調變充電電流 I_1 將該電池組充電，其中該充電電流 I_1 經調變以使得將該電池組之電壓限制於 2.03 V 或更小，且該充電電流具有 6.0 mA 之最大安培數 $I_{1\max}$ ；在充電開始之後 60 秒計時時間；當計時時間時量測充電電流 I_1 之最低安培數 $I_{1\text{low}}$ ；及若當計時時間時 I_1 之安培數為 $I_{1\max}$ 歷時連續 2 秒的時段，則當 I_1 之安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_1 ，其中 $I_{1\text{end}}$ 係當將電池組充電至約 100% 之 SOC 時維持電池組中之自 1.95 V 至 2.03 V 的電壓所必需的溫度相依最小充電電流；或若在計時 20 分鐘之後 $I_{1\text{low}}$ 小於充電電流 I_1 之安培數，則一旦將電池組充電至約 50% 之 SOC 便遏止充電電流 I_1 ，其中電池組之 SOC 係藉由在計時時間之同時積分充電電流來判定；或若在計時 20 分鐘之後 $I_{1\text{low}}$ 大於或等於 I_1 之安培數，則當 I_1 之安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_1 ；或當 I_1 之安培數在 $I_{1\min}$ 1.0 V 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_1 ；且其中該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等充電電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

一些實施例進一步包含量測溫度，其中溫度量測準確性具有 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之偏差。

一些實施例進一步包含：以一第二調變充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該第二充電電流 I_2 經調變以使得將電池

組之電壓限制於2.03 V或更小，且將該充電電流安培數限制於6.0 mA或更小之最大安培數 $I_{1\max}$ ；當該電池組之電壓為1.9 V時計時時間；及以充電電流 I_2 連續將該電池組充電直至計時20分鐘為止。

本發明之另一態樣提供一種將具有小於1.65 V之OCV之一可再充電2.0 V銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：以具有10 mA或更小(例如，6.0 mA或更小)之安培數的第一充電電流 I_1 將該電池組充電；一旦將該電池組充電至1.90 V之OCV便計時時間；調變該第一充電電流以使得將該電池組之電壓限制於2.03 V或更小，且該第一充電電流具有6.0 mA或更小之最大安培數 $I_{1\max}$ ；以該第一充電電流連續將該電池組充電直至計時20分鐘為止；及當調變第一充電電流之安培數小於終止電流 $I_{1\text{end}}$ 之安培數歷時60秒之連續時段時遏止該調變第一充電電流，其中 $I_{1\text{end}}=I_{\text{Chg}}+I_{\text{Temp}}$ ，其中 I_{Chg} 為充電補償電流， I_{Temp} 為溫度補償電流，且 $I_{\text{Chg}}=(T_2 \times I_{\max})/T_{\text{Chg}}$ ，其中 T_2 為以該第一調變充電電流將該電池組充電至約2.0 V之電壓所必需的時間，且 T_{Chg} 為電池時間常數；以第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之電壓限制於2.0 V或更小，且該第二充電電流具有5.0 mA之最大安培數 $I_{2\max}$ ；在充電開始之後60秒計時時間；當計時時間時量測充電電流 I_2 之最低安培數 $I_{2\text{low}}$ ；及若當計時時間時 I_2 之安培數為 $I_{2\max}$ 歷時連續2秒的時段，則當 I_2 之安培數在 $I_{2\text{end}}$ 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_2 ，其中 $I_{2\text{end}}$

係當將電池組充電至約100%之SOC時維持電池組中之2.0 V的電壓所必需的溫度相依最小充電電流；或若在計時20分鐘之後 I_{2low} 小於充電電流 I_2 之安培數，則一旦將電池組充電至約50%之SOC便遏止充電電流 I_2 ，其中電池組之SOC係藉由在計時時間之同時積分充電電流來判定；或若在計時20分鐘之後 I_{2low} 大於或等於 I_2 之安培數，則當 I_2 之安培數在 I_{2end} 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_2 ；或當 I_2 之安培數在1.0 V以下歷時約5分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_2 ；且其中該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

一些實施例進一步包含量測溫度，其中溫度量測準確性具有 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之偏差。

在一些實施例中，在充電之前電池組之OCV大於1.25 V。

在其他實施例中，在充電之前電池組之OCV小於1.25 V。

一些實施例進一步包含以1.0 mA之恢復充電電流將該電池組充電歷時至少30分鐘的時段；及當將該電池組充電至1.60 V之電壓時遏止該恢復充電電流。

【實施方式】

參看隨附圖式以舉例之方式描述本發明之特定態樣。

諸圖說明根據本發明的將電池組再充電之電池組再充電器及方法的例示性實施例。基於上述內容，大體而言應理解，本文中所使用之命名法僅出於便利性，且用以描述本

發明之術語應被給予由一般熟習此項技術者所理解的最廣泛意義。

I. 定義

如本文中所使用，「極化峰值」或「固有極化峰值」指先於一電壓平線區之電池組電壓中之尖峰的峰值電壓值，其在當以未經控制以箝位電池組之電壓的充電電流將具有複數個電壓平線區(例如，至少2個電壓平線區)的可再充電電池組自一第一平線區之電壓充電至較高平線區之電壓時觀察到。例示性電壓平線區說明於圖2(如 V_P)與圖3A及圖3B(如 V_{P1} 、 V_{P2} 及 V_{P3})中。例示性極化峰值說明於圖2中(如 V_{PP})、圖3A及圖3B中(如 V_{PP1} 及 V_{PP2})與圖18中。注意，在圖3A及圖3B中，當充電電流實質上係恆定及未箝位時，觀察到例示性極化峰值。在不限制本發明之範疇的情況下，咸信當在以不受控電流將電池組充電的同時最大化可再充電電池組之內部化學(例如，陰極材料、陽極材料或兩者之氧化態)之通量狀態時，極化峰值出現。當充電電流實質上係恆定的但未經控制以箝位電池組電壓時，當產生針對一再充電電池組之電壓曲線時，針對銀-鋅電池組及其他電池組觀察到此現象。此電壓曲線之一實例提供於圖18中，其中極化峰值識別於該曲線之充電區段中。注意，當根據本發明之一些方法將一可再充電電池組充電時，將不會觀察到一或多個極化峰值，此係因為一或多個充電電流(例如，第一充電電流、第二充電電流或兩者)經控制以箝位電池組之電壓。

術語「電壓平線區」係指電池組容量之一範圍，其中當以實質上恆定之充電電流將電池組充電時，電池組的電壓保持實質上不改變，例如，具有 $\pm 10\%$ 或更少之方差或具有 $\pm 5\%$ 或更少之方差。儘管電壓平線區之電壓範圍通常為窄的(例如，具有 $\pm 10\%$ 或更少之方差或具有 $\pm 5\%$ 或更少之方差)，但電壓平線區之特性在於平線區上之最低電壓(例如， V_P)或藉由平線區上之最低電壓(例如， V_P)識別。此舉例說明於圖2中(如 V_P)與圖3A及圖3B中(如 V_{P1} 及 V_{P2})。在不限制本發明之範疇的情況下，咸信當電池組之一或多個電化電池之內部化學(例如，陰極或陽極或兩者的氧化態)在充電期間穩定化時出現電壓平線區，且沿平線區之電池組電壓的適度方差係由動態效應而非成核控管，咸信此現象在平線區之間的電壓下為顯著的。當產生針對一再充電電池組之電壓曲線時，可觀察到電壓平線區現象。

如本文中所使用之術語「控制」、「調變」係指提高、降低或維持一充電電流，以使得被充電之可再充電電池組的電壓受限制或「箝位」。

術語「可再充電電池組」及「電池組」在本文中係可互換地使用且係指能夠自化學反應得到電能或經由引入電能而促進化學反應的器件。一電池組取決於其設計可具有一或多個電化電池。舉例而言，鈕扣電池或硬幣電池為具有一個電化電池之電池組。

如本文中所使用，可互換地使用「放電深度」及「DOD」以指示已自一電池組或電池抽取多少能量之量

測，其常常表示為容量(例如，額定容量)之百分比。舉例而言，100 Ah之電池組在被抽取了30 Ah時已經歷30%之放電深度(DOD)。

如本文中所使用，可互換地使用「充電狀態」及「SOC」以指示在電池組中之剩餘可用容量，其表示為電池或電池組之額定容量的百分比。電池組之「初始SOC」係指在電池組經受充電或再充電之前電池組的充電狀態。

如本文中所使用，術語「銀」或「銀材料」係指任何銀化合物，諸如 Ag、AgO、Ag₂O、Ag₂O₃、AgOH、AgOOH、AgONa、AgCuO₂、AgFeO₂、AgMnO₂、Ag(OH)₂、其之水合物或其任何組合。注意，銀之「水合物」包括銀之氫氧化物。因為咸信在電池之充電及放電期間(其中銀充當陰極)，或當銀原子之氧化態處於通量狀態時，環繞銀原子之配位層係動態的，所以術語「銀」或「銀材料」意欲涵蓋此等銀氧化物及水合物(例如，氫氧化物)中之任一者。術語「銀」或「銀材料」亦包括以摻雜劑摻雜及/或以塗層塗覆之上文所提及之物質中的任一者，該等摻雜劑及/或塗層增強銀之一或多個性質。下文提供例示性摻雜劑及塗層。在一些實例中，銀或銀材料包括進一步包含第一列過渡金屬摻雜劑或塗層之銀氧化物。舉例而言，銀包括銀-銅氧化物、銀-鐵氧化物、銀-錳氧化物(例如，AgMnO₂)、銀-鉻氧化物、銀-釩氧化物、銀-鈷氧化物、銀-鈦氧化物、銀-鈮氧化物、其之水合物或其任何組合。注意，本文中所使用之術語「氧化物」未在每一

實例中描述存在於銀或銀材料中之氧原子的數目。舉例而言，銀氧化物可具有 AgO 、 Ag_2O_3 或其組合之化學式。此外，銀可包含大塊材料或銀可包含具有任何合適平均粒徑之粉末。

如本文中所使用，「電解質」係指充當導電介質之物質。舉例而言，電解質促進電池中之電子及陽離子的移動。電解質包括諸如鹼性劑之水溶液的材料混合物。一些電解質亦包含諸如緩衝劑之添加劑。舉例而言，電解質包含緩衝劑，該緩衝劑包含硼酸或磷酸。例示性電解質包括(不限於)含水 KOH 、含水 NaOH 或 KOH 於聚合物中之液體混合物。

如本文中所使用，「鹼性劑」指鹼或鹼金屬之離子鹽(例如，鹼金屬之含水氫氧化物)。此外，鹼性劑當溶解於水中或其他極性溶劑中時形成氫氧化物離子。例示性鹼性電解質包括(不限於) LiOH 、 NaOH 、 KOH 、 CsOH 、 RbOH 或其組合。電解質可視需要包括其他鹽以改質電解質之總離子強度，例如， KF 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

如本文中所使用，「Ah」指安培(Amp)小時且係電池組或電化電池之容量的科學單位。衍生單位「mAh」表示毫安小時且為 Ah 之 1/1000。

如本文中所使用，「最大電壓」或「額定電壓」指在不干擾電池之預期效用的情況下電化電池可經充電之最大電壓。舉例而言，在攜帶型電子器件中 useful 之若干鋅-銀電化電池中，最大電壓小於約 2.3 V 或更小或約 2.0 V。在諸

如在攜帶型電子器件中有用之鋰離子電池組的其他電池組中，最大電壓小於約15.0 V(例如，小於約13.0 V或約12.6 V或更小)。電池組之最大電壓可取決於構成電池組之有效壽命之充電循環的數目、電池組之存放期、電池組之電力需求、電池組中之電極的組態及用於電池組中之活性材料的量而變化。

如本文中所使用，「陽極」係(正)電流藉以流入至極化電器件中的電極。在一電池組或嘉凡尼電池中，陽極係在電池組之放電階段期間電子自其流出之負電極。陽極亦為在放電階段期間經受化學氧化之電極。然而，在二次電池或可再充電電池中，陽極為在電池之充電階段期間經受化學還原的電極。陽極係由導電或半導體材料形成，例如，金屬、金屬氧化物、金屬合金、金屬複合物、半導體或其類似者。常見陽極材料包括Si、Sn、Al、Ti、Mg、Fe、Bi、Zn、Sb、Ni、Pb、Li、Zr、Hg、Cd、Cu、LiC₆、米許合金、其合金、其氧化物或其複合物。諸如鋅之陽極材料甚至可經燒結。

陽極可具有許多組態。舉例而言，可自塗覆有一或多種陽極材料之導電網格或柵格組態陽極。在另一實例中，陽極可為陽極材料之實心薄片或棒。

如本文中所使用，「陰極」係(正)電流自其流出極化電器件的電極。在一電池組或嘉凡尼電池中，陰極係在電池組中之放電階段期間電子流入至其中之正電極。陰極亦為在放電階段期間經受化學還原之電極。然而，在二次電池

或可再充電電池中，陰極為在電池之充電階段期間經受化學氧化的電極。陰極係由導電或半導體材料形成，例如，金屬、金屬氧化物、金屬合金、金屬複合物、半導體或其類似者。常見陰極材料包括 Ag 、 AgO 、 Ag_2O_3 、 Ag_2O 、 HgO 、 Hg_2O 、 CuO 、 CdO 、 NiOOH 、 Pb_2O_4 、 PbO_2 、 LiFePO_4 、 $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 、 V_6O_{13} 、 V_2O_5 、 Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 、 MnO_2 、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 或其複合物。諸如 Ag 、 AgO 、 Ag_2O_3 之陰極材料甚至可經燒結。

陰極亦可具有許多組態。舉例而言，可自塗覆有一或多種陰極材料之導電網格組態陰極。在另一實例中，陰極可為陰極材料之實心薄片或棒。

關於呈完全充電狀態之活性材料而表示電池組及電池組電極。舉例而言，鋅-銀電池組包含一陽極及一陰極，該陽極包含鋅且該陰極包含銀粉末(例如， Ag_2O_3)。儘管如此，在大多數情況下一種以上的物質存在於電池組電極處。舉例而言，鋅電極通常包含鋅金屬及鋅氧化物(除了在經完全充電時)，且銀粉末電極通常包含 AgO 、 Ag_2O_3 及/或 Ag_2O 及銀金屬(除了在完全放電時)。

如本文中所使用，應用於鹼性電池組及鹼性電池組電極之術語「氧化物」涵蓋通常至少在一些狀況下存在的相應「氫氧化物」物質。

如本文中所使用，「電阻率」或「阻抗」指在電化電池中之陰極的內部電阻。此性質通常以歐姆或微歐之單位表示。

如本文中所使用，術語「第一」及/或「第二」不指次序或表示空間或時間之相對位置，而是此等術語用以在兩個不同元件或組件之間進行區分。舉例而言，第一分離器未必在時間或空間上先於第二分離器；然而，該第一分離器不是該第二分離器且反之亦然。儘管第一分離器在空間或時間上先於第二分離器係可能的，但第二分離器在空間或時間上先於第一分離器係同等可能的。

如本文中所使用，術語「容量」指電池之放電電流與將電流放電直至該電池到達終端電壓為止的時間(以小時為單位)之數學乘積。

類似地，術語「實際容量」或「理論容量」指電池組或電化電池基於存在於電池中之電極材料的量、存在於電池中之電解質的量及電極之表面積而在100% SOC下在理論上應放電的容量。概括而言，電池/電池組之容量係以安培小時(Ah)或毫安小時(mAh)表示之可用電荷量。安培係電流之量測單位且經定義為在一秒內通過電導體之一庫侖電荷。電池或電池組之容量與存在之活性材料的數量、存在之電解質的量及電極之表面積有關。電池組/電池之容量可藉由以一恆定電流放電直至電池組/電池到達其終端電壓為止來量測，其取決於電池之預期使用。

電池之「額定容量」係由電池或電池組在特定負載及溫度下直至電壓截止點所輸送之平均容量，由製造商針對電池之預期使用而指定。對於許多類型之電池，工業標準制定電池的額定容量，其係基於電池之預期使用。注意到，

銀-鋅電池通常具有為電池之實際容量之約70%或更少(例如，約50%或更少)的額定容量。

如本文中所使用，「A」及「Amp」可互換地使用且指電流(例如，充電電流)之單位。

II. 將一可再充電電池充電之方法

A. 充電方法1：

參看圖2、圖3A、圖3B、圖5、圖7A及圖7B，本發明之一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之可再充電電池組充電之方法，其中該電池組具有小於其最高電壓平線區之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

a. 以一第一充電電流 I_1 將電池組充電，其中施加第一充電電流 I_1 直至將該電池組充電至一電壓 V_1 為止；及

b. 當該電池組之電壓為 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ (例如， $\pm 10\%$ ， $\pm 5\%$)之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 ，其中電壓 V_1 小於與電壓平線區 V_P 相關聯之固有極化峰值之電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{Batt} ，且 V_1 大於電壓平線區 V_P 。

若干方法包含額外步驟，諸如

c. 以一第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中施加第二充電電流 I_2 直至電池組電壓到達一電壓 V_2 為止，其中電壓 V_2 大於 V_P 且小於 V_{PP} ；及

d. 當該電池組之電壓到達電壓 V_2 時控制第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 。

在一些方法中，充電電流 I_1 在 V_{Batt} 小於或等於 V_1 之時段期間實質上係恆定的。且，在一些方法中，充電電流 I_2 在 V_{Batt} 小於或等於 V_2 之時段期間實質上係恆定的。在此等方法中，在將電池組充電至 V_1 之前，充電電流 I_1 大於或等於充電電流 I_2 。舉例而言，在將電池組充電至 V_1 之前， I_1 大於充電電流 I_2 。在其他實例中，在將電池組充電至 V_1 之前， I_1 等於充電電流 I_2 。

在一些方法中，施加第二充電電流 I_2 至少直至將該電池組充電至該電池組之額定容量之自約 80% 至約 150% (例如，自約 80% 至約 110%) 的 SOC 為止。

在其他方法中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% (例如，小於 30%) 時，第一充電電流 I_1 足以在自約 1 分鐘至約 300 分鐘 (例如，自約 5 分鐘至約 300 分鐘，自約 5 分鐘至約 240 分鐘，或自約 10 分鐘至約 90 分鐘) 之時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。在一些方法中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% (例如，小於 30%) 時，第一充電電流 I_1 足以在自約 10 分鐘至約 260 分鐘 (例如，約 10 分鐘至約 180 分鐘) 之時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。在其他方法中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% (例如，小於 30%) 時，第一充電電流 I_1 足以在約 75 分鐘或更少 (例如，自約 5 分鐘至約 75 分鐘或自約 15 分鐘至約 75 分鐘) 之時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。

在其他方法中，第一充電電流 I_1 足以在約 240 分鐘或更少時間內將該電池組自小於其額定容量之 40% (例如，小於

30%)的SOC充電至其額定容量之自約30%至約40%的SOC。舉例而言，第一充電電流 I_1 足以在少於約240分鐘(例如，少於約180分鐘)內將該電池組自小於其額定容量之40%(例如，小於30%)的SOC充電至其額定容量之約40%的SOC。

在其他方法中，當該電池組之電壓為 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1500秒(例如，自約6秒至約1200秒或自約6秒至約900秒)之時段。舉例而言，一些方法包括當該電池組之電壓到達電壓 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒(例如，自約6秒至約900秒)之時段。其他實例包括當該電池組之電壓到達 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約600秒之時段。

一些方法進一步包含

e.在以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒(例如，自約6秒至約900秒)之時段後，終止第一充電電流 I_1 ；及

f.當第一充電電流 I_1 終止時施加第二充電電流 I_2 。

在其他方法中， V_1 大於或等於 V_2 。舉例而言，在一些方法中， V_1 大於 V_2 。在另一實例中， V_1 等於 V_2 。

在一些方法中， V_{Batt} 係電壓 V_1 之自約50%至約87%。

在一些方法中， I_1 為約5 Amp或更小。舉例而言， I_1 係自約100 mA至約5 Amp。在此等實例之一些中， I_2 為約5 Amp或更小。舉例而言， I_2 係自約100 mA至約5 Amp。在此等實例之一些中，該電池組具有自約1 Ah至約10 Ah之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約500 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約20 mA至約500 mA。在此等實例之一些中， I_2 為約500 mA或更小。舉例而言， I_2 係自約20 mA至約500 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約200 mAh至約1 Ah之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約50 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約5 mA至約50 mA。在此等實例之一些中， I_2 為約50 mA或更小。舉例而言， I_2 係自約5 mA至約50 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約50 mAh至約200 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約25 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約4 mA至約25 mA。在此等實例之一些中， I_2 為約25 mA或更小。舉例而言， I_2 係自約4 mA至約25 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約50 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約2 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約10 μ A至約2 mA。在此等實例之一些中， I_2 為約2 mA或更小。舉例而言， I_2 係自約10 μ A至約2 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約1 mAh至約4 mAh之額定容

量。

在一些方法中， I_1 為約50 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約50 mA至大於8 mA。在其他實例中， I_1 係自約5 mA至約50 mA。在此等實例之一些中， I_2 小於50 mA。舉例而言， I_2 係自小於約50 mA至約1 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約1 Ah至約4 Ah之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約1 Amp或更小。舉例而言， I_1 係自約1 Amp至大於80 mA。在其他實例中， I_1 係自約80 mA至約1 A(例如，自約8 mA至約0.99 A)。在此等方法之一些中， I_2 小於1 Amp。舉例而言， I_2 係小於1 Amp至約80 mA。在其他實例中， I_2 係自約80 mA至約0.99 A。在其他實例中，該電池組具有自約100 mAh至約1000 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約300 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約250 mA至約大於8 mA。在其他實例中， I_1 係自約8 mA至約299.99 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於300 mA(例如，小於250 mA)。舉例而言， I_2 係自小於250 mA至約4 mA。在其他實例中， I_2 係自約4 mA至約299.99 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約15 mAh至約150 mAh(例如，自約50 mAh至約100 mAh)之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約150 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約3 mA至約60 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於約150 mA。舉例而言， I_2 係自約2 mA至約149.99 mA。在此等方

法之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約150 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約25 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約25 mA至大於4 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於25 mA。舉例而言， I_2 係自小於25 mA至約2 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約50 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約15 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約15 mA至大於0.1 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於15 mA。舉例而言， I_2 係自小於15 mA至約0.1 mA。

在一些方法中， I_1 係自約3.0 mA至約3.5 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約40 mAh至約50 mAh(例如，約44 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約15 mAh至約20 mAh(例如，約18 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約25 mWh至約30 mWh(例如，約29 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約4.7 mA至約5.6 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約50 mAh至約60 mAh(例如，約57 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約20 mAh至約30 mAh(例如，約28 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約40 mWh至約50 mWh(例如，約45 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約5.4 mA至約6.4 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約70 mAh至約80 mAh(例

如，約 78 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約 30 mAh至約 40 mAh(例如，約 32 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約 50 mWh至約 60 mWh(例如，約 51 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約 15 mA至約 24 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約 250 mAh至約 275 mAh(例如，約 269 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約 100 mAh至約 140 mAh(例如，約 120 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約 175 mWh至約 225 mWh(例如，約 192 mWh)。

在一些方法中，電壓 V_2 係 V_1 之自約 85%至約 100%(例如，自約 90%至約 100%或自約 90%至約 99%)。舉例而言，電壓 V_2 係 V_1 之自約 96%至約 98%。

在一些方法中， V_1 為約 2.04 V 或更小。舉例而言， V_1 係自約 1.96 V 至約 2.04 V。在其他實例中， V_1 係自約 1.96 V 至約 1.99 V。

在一些方法中， V_2 為約 2.03 V 或更小。舉例而言， V_2 係自約 1.93 V 至約 2.03 V。在其他實例中， V_2 係自約 1.93 V 至約 1.95 V。

根據本發明將一可再充電電池組再充電之若干方法不包括作為判定已充電至電池組之容量的方法的庫侖計數。

本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之可再充電電池組充電之方法，其中該電池組具有小於其最高電壓平線區之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：以第一充電電流

I_1 將該電池組充電，其中第一充電電流 I_1 實質上係恆定的直至將電池組充電至電壓 V_1 為止；及當該電池組之電壓為 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約900秒之時段，其中電壓 V_1 小於針對一電壓平線區 V_P 之固有極化峰值的電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{Batt} ，且 V_1 大於電壓平線區 V_P 。

一些方法進一步包含：當該電池組具有小於 V_1 之電壓時，以小於第一充電電流 I_1 之第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中第二充電電流 I_2 實質上係恆定的直至該電池組電壓到達電壓 V_2 為止，其中電壓 V_2 小於電壓 V_1 且大於 V_{Batt} ，及當電池組之電壓到達電壓 V_2 時控制第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 。又，一些方法亦包含在距將電池組充電至電池組之額定容量之自約80%至約150%(例如，自約80%至約110%)的SOC之點約10分鐘或更少(例如，約5分鐘或更少)的時段之後，終止第二充電電流 I_2 。

在一些方法中，當該電池組之初始SOC小於其額定容量之40%(例如，小於30%)時，第一充電電流 I_1 足以在自約5分鐘至約240分鐘的時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。在其他方法中，當該電池組之初始SOC小於其額定容量之40%(例如，小於30%)時，第一充電電流 I_1 足以在自約10分鐘至約180分鐘的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。在其他方法中，當該電池組之初始SOC小於其額定容量之40%(例如，小於30%)時，第一充電電流 I_1 足以在自約15分

鐘至約75分鐘的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。或，第一充電電流 I_1 足以在約240分鐘或更少時間(例如，約180分鐘或更少)內將該電池組自小於其額定容量之40%(例如，小於30%)的SOC充電至其額定容量之自約30%至約40%的SOC。舉例而言，第一充電電流 I_1 足以在少於約240分鐘內將該電池組自小於其額定容量之40%(例如，小於30%)的SOC充電至其額定容量之約40%的SOC。在其他方法中，當電池組之初始SOC小於其額定容量之40%(例如，小於30%)時，第一充電電流 I_1 足以在約75分鐘或更少之時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。

在一些方法中， V_{Batt} 係電壓 V_1 之自約50%至約87%。

其他方法進一步包含當該電池組之電壓到達電壓 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約900秒(例如，自約550秒至約650秒)之時段。

視需要，此等方法中之一些進一步包含若在將電池組充電至 V_2 之電壓之後 V_{Batt} 低於 V_p 歷時超過1秒的時段，則產生指示電池組中之軟短路的電信號。

視需要，此等方法中之一些進一步包含以診斷充電電流將該電池組充電以判定電池組是否與本充電方法之一些步驟相容。一實施例包含：以一診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約30秒之時段，偵測該電池組之電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約1.65 V或更小(例如，小於約1.65 V)則終止電池組的充電。在一些方法中， I_{Diag} 大於或等於 I_1 。在其他

方法中， I_{Diag} 比 I_1 大自約5%至約200%。在一些方法中， I_{Diag} 比 I_1 大自約30%至約100%。且在一些方法中， I_{Diag} 約等於 I_1 。其他實施例包含：以比 I_1 高約10%至約200%之診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約10秒之時段，偵測該電池組之電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約1.60 V或更小則終止電池組的充電。一些方法包含：以比 I_1 高約30%至約100%之診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約5秒之時段，偵測該電池組之電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約1.55 V或更小則終止電池組的充電。

在一些方法中，電壓 V_2 係 V_1 之自約90%至約99%。舉例而言，電壓 V_2 係 V_1 之自約96%至約98%。在其他方法中， V_1 為約2.04 V或更小。舉例而言， V_1 係自約2.04 V至約1.96 V。或， V_1 係自約1.99 V至約1.96 V。

在其他方法中， V_2 為約2.03 V或更小。舉例而言， V_2 係自約2.03 V至約1.93 V。在其他實例中， V_2 係自約1.93 V至約1.95 V。

大體參看圖6，本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之一可再充電電池組充電之方法，其中該電池組具有小於一第一順序電壓平線區 V_{P1} 之電壓之約80%(例如，小於約70%)的一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

a.在該充電電池組之電壓到達大於 V_{Batt} 之第一順序電壓平線區 V_{P1} 之後，以實質上為恆定的一恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時不超過約120分鐘(例如，不超過30分鐘，不超過約20分鐘，或不超過約15分鐘)之時段；

b. 以第一充電電流 I_1 將電池組充電，其中第一充電電流 I_1 實質上係恆定的直至將該電池組充電至一電壓 V_1 為止；及

c. 當該電池組之電壓到達電壓 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約 6 秒至約 1200 秒(例如，自約 6 秒至約 900 秒)之時段，

其中電壓 V_1 小於針對一電壓平線區 V_P 之固有極化峰值的電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{P1} ，且 V_1 大於電壓平線區 V_P 。

在一些方法中， I_{recov} 係 I_1 之自約 5% 至約 90%。舉例而言， I_{recov} 係 I_1 之自約 10% 至約 30%。

一些方法進一步包含：

d. 以小於第一充電電流 I_1 之第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中第二充電電流 I_2 實質上係恆定的直至該電池組電壓到達電壓 V_2 為止，其中電壓 V_2 小於電壓 V_1 且大於第一順序電壓平線區 V_{P1} ；及

e. 當該電池組之電壓到達電壓 V_2 時控制第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過電壓 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 。

其他方法進一步包含：

f. 在距將電池組充電至電池組之額定容量之自約 80% 至約 150%(例如，自約 80% 至約 110%) 的容量之點約 10 分鐘或更少的時段之後，終止第二充電電流 I_2 。

且一些方法進一步包含若在以 I_{recov} 充電歷時自約 15 分鐘

至約2小時(例如，自約30分鐘至約120分鐘)之時段之後，該電池組之電壓 V_{Batt} 未能到達大於 V_{Batt} 的第一順序電壓平線區 V_{P1} ，則產生指示該電池組正經歷短路(例如，軟短路或硬短路)之電信號。

此態樣之一些方法亦不包括計數庫侖來評定經充電至電池組的容量。

在一些方法中，可再充電電池組包含一陽極，該陽極包含一鋅材料。

在其他方法中，可再充電電池組包含一陰極，該陰極包含一銀材料。

可使用本發明之方法再充電之例示性電池組包括鈕扣電池、硬幣電池、圓柱電池或稜柱電池。

上文之方法視需要可包括額外步驟，諸如當第二充電電流 I_2 終止時產生一電信號。一些方法進一步包括當第二充電電流 I_2 終止時啟動視覺信號、啟動音訊信號、啟動振動信號，或其任何組合。

參看圖7A、圖7B及圖8A，本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之可再充電鈕扣電池充電之方法，其中該電池具有大於約1.10 V且小於約1.70 V(例如，大於1.20 V及1.70 V)之電壓，該方法包含：

a. 以第一充電電流 I_1 將電池充電，其中第一充電電流 I_1 實質上係恆定的直至將該電池充電至大於1.70 V且小於2.04 V之一電壓 V_1 為止；及

b. 當該電池之電壓到達電壓 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，

以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池的電壓維持於 V_1 歷時自約 6 秒至約 900 秒之時段。

一些方法進一步包含：

c. 當該電池組具有小於 V_1 之電壓時，以小於第一充電電流 I_1 之第二充電電流 I_2 將該電池充電，其中第二充電電流 I_2 實質上係恆定的直至該電池電壓到達電壓 V_2 為止，其中電壓 V_2 小於電壓 V_1 且大於 1.7 V，及

d. 當該電池之電壓到達電壓 V_2 時控制第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過電壓 V_2 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池的電壓維持於 V_2 。

且，其他方法進一步包含：

e. 在距將電池充電至電池之額定容量之自約 80% 至約 110% 的容量之點不超過 5 分鐘之後，終止第二充電電流 I_2 。

在一些方法中，第一充電電流 I_1 足以在自約 30 分鐘至約 180 分鐘之時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。

其他方法進一步包含當該電池之電壓到達電壓 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約 550 秒至約 650 秒之時段。

在一些方法中， I_1 為約 50 mA 或更小。舉例而言， I_1 係自約 50 mA 至大於 8 mA。在其他實例中， I_1 係自約 5 mA 至約 50 mA。在此等實例之一些中， I_2 小於 50 mA。舉例而言， I_2 係自小於約 50 mA 至約 1 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約 1 Ah 至約 4 Ah 之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約1 Amp或更小。舉例而言， I_1 係自約1 Amp至大於80 mA。在其他實例中， I_1 係自約80 mA至約1 A(例如，自約8 mA至約0.99 A)。在此等方法之一些中， I_2 小於1 Amp。舉例而言， I_2 係小於1 Amp至約80 mA。在其他實例中， I_2 係自約80 mA至約0.99 A。在其他實例中，該電池組具有自約100 mAh至約1000 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約300 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約250 mA至約大於8 mA。在其他實例中， I_1 係自約8 mA至約299.99 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於300 mA(例如，小於250 mA)。舉例而言， I_2 係自小於250 mA至約4 mA。在其他實例中， I_2 係自約4 mA至約299.99 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約15 mAh至約150 mAh(例如，自約50 mAh至約100 mAh)之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約150 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約3 mA至約60 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於約150 mA。舉例而言， I_2 係自約2 mA至約149.99 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約150 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約25 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約25 mA至大於4 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於25 mA。舉例而言， I_2 係自小於25 mA至約2 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約50 mAh之額定容

量。

在一些方法中， I_1 為約15 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約15 mA至大於0.1 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於15 mA。舉例而言， I_2 係自小於15 mA至約0.1 mA。

在一些方法中， I_1 係自約3.0 mA至約3.5 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約40 mAh至約50 mAh(例如，約44 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約15 mAh至約20 mAh(例如，約18 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約25 mWh至約30 mWh(例如，約29 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約4.7 mA至約5.6 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約50 mAh至約60 mAh(例如，約57 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約20 mAh至約30 mAh(例如，約28 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約40 mWh至約50 mWh(例如，約45 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約5.4 mA至約6.4 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約70 mAh至約80 mAh(例如，約78 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約30 mAh至約40 mAh(例如，約32 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約50 mWh至約60 mWh(例如，約51 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約15 mA至約24 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約250 mAh至約275 mAh(例

如，約 269 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約 100 mAh至約 140 mAh(例如，約 120 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約 175 mWh至約 225 mWh(例如，約 192 mWh)。

在一些方法中，電壓 V_2 係 V_1 之自約 90%至約 99%。舉例而言，電壓 V_2 係 V_1 之自約 96%至約 98%。

在一些方法中，電壓 V_1 係自約 1.95 V至約 1.99 V。

在其他方法中，調變第一充電電流 I_1 歷時約 550 秒至約 650 秒之時段。

在一些方法中，電壓 V_2 係自約 1.93 V至約 1.95 V。

其他方法不包括如上文所描述之計數庫侖。

在一些方法中，電池組包含一陽極，該陽極包含鋅材料。

在其他方法中，電池組包含一陰極，該陰極包含銀材料。

一些方法進一步包含當終止第二充電電流 I_2 時產生一電信號。且，其他方法進一步包含當終止第二充電電流 I_2 時啟動一信號(例如，視覺信號、音訊信號、振動信號、或其任何組合)。

本發明之一些方法適用於將具有相對高初始 SOC 之電池組再充電。參看圖 4，本發明提供一種將具有多個電壓平線區及大於其額定容量之 50% 之初始 SOC 的可再充電電池組充電的方法，其中該電池組具有小於或等於其最高電壓平線區之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

a. 以實質上恆定之充電電流 I_2 將該電池組充電直至將該電池組充電至一電壓 V_2 為止；及

b. 以一受控制之充電電流 I_{ter} 將該電池組充電以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 ，

其中電壓 V_2 大於或等於電壓平線區 V_P 之電壓， V_P 小於固有極化峰值之電壓 V_{PP} 。

一些方法進一步包含：

c. 當 I_{ter} 為 I_2 之約 85% 或更少時終止充電電流 I_{ter} 。

其他方法進一步包含進一步包含：

d. 當 I_{ter} 為 I_2 之約 75% 或更少時終止充電電流 I_{ter} 。

且在其他方法中， V_2 為約 2.0 V 或更小。

在一些方法中， I_2 為約 6 mA 。在其他方法中， I_{ter} 為約 4.5 mA 。

本發明之其他態樣將以上方法中之一或多者併入至一充電方法中，該充電方法適用於將一可再充電電池再充電且操作以最大化可再充電電池之循環壽命。

本發明之額外方法之實例呈現於圖 8A 至圖 8D 中。

一方法包括以下步驟：

步驟 1：量測電池之 SOC。

步驟 2A：若電池之 SOC 大於約 0.0% 且小於或等於約 30% (例如，開路電壓 (OCV) 大於約 1.0 V 且小於或等於約 1.6 V)，則根據多級充電程序 (在下文之步驟 3A 處開始) 將該電池充電。

步驟 2B：若 SOC 大於約 30% (例如，OCV 大於約 1.6 V (例

如，約 1.85 V 或更大))，則根據單級充電程序(在下文之步驟 3B 處開始)將該電池充電。

步驟 2C：若 SOC 為約 30% 或更小(例如，OCV 為約 1.0 V 或更小)，則根據過量放電恢復程序(在下文之步驟 3C 處開始)將該電池充電。

多區域充電程序

步驟 3A(多區域充電程序之區域 1)：以實質上恆定之充電電流 I_1 將電池充電，充電電流 I_1 具有足夠安培數以在約 1 小時之充電內將電池充電至約 30% 之 SOC，其中充電電流受控制以使得電池之電壓不會在將電池充電至 V_1 的電壓之後在自約 6 秒至約 600 秒結束之時段中上升至高於其極化峰值電壓 V_{PP} ，接著根據多區域充電程序之級 2 將電池充電。

步驟 4A(多區域充電程序之區域 2)：以實質上恆定之充電電流 I_2 將電池充電，其中 $I_1 > I_2$ (例如， I_2 為 I_1 之約 62.5%)，其中充電電流受控制以使得電池之電壓不會上升至高於最大電壓 V_2 ， V_2 為 V_1 之約 98%，計時以 I_2 之充電電流將電池充電的時間，及在將電池組充電至 85% 或更高之 SOC 之後約 60 秒終止充電電流。

1. 單一區域充電程序

步驟 3B：以充電電流 I_2 將電池充電，其中充電電流受控制以使得電池之電壓不會上升至高於 V_2 ，計時以 I_2 之充電電流將電池充電至 V_2 之電壓的時間，及在將電池充電至 85% 或更高之 SOC 之後約 60 秒終止充電電流。

2. 過量放電恢復程序

步驟3C：以恆定充電電流 I_{recov} 將電池充電直至將電池充電至第一順序電壓平線區之電壓 V_{P1} 為止，繼之以根據上文描述之多級充電方法將電池充電。

上文提及之充電方法(例如，多級充電程序、單級充電程序或過量放電恢復充電程序)中的每一者在圖2、圖4、圖5、圖6及圖8A至圖8D中舉例說明。

現參看圖2，根據本發明之一實施例展示與銀-鋅電池之「多區域充電模式」有關的充電曲線。在一實施例中，充電曲線包括兩個相應曲線，其係相對於時間繪製且自左至右閱讀。在一實施例中，在約1.65 V處開始之第一曲線係銀-鋅電池之電壓(OCV)，且在一實施例中，在約8.5 mA處開始之第二曲線係銀-鋅電池之充電電流。

鑒於上文所描述，在一實施例中，適用於實踐本發明之方法之再充電管理電路(諸如，圖1中所說明之電路)可定位於充電基底內，充電基底可描述為電流限制電壓源。在其他實施例中，管理電路可分裂於充電基底、電池組、由該電池組供電之電子器件或其任何組合之間。因此，再充電管理電路可包括充電方法且當銀-鋅電池之SOC小於約30%時使充電基底輸送第一充電電流 I_1 ，其中第一充電電流 I_1 受控制以使得電池組之電壓不超過 V_1 。當將電池組充電至電壓 V_1 且歷時不超過600秒之時段時，再充電管理電路可使充電基底輸送第二充電電流 I_2 ，其中第二充電電流 I_2 受控制以使得不將電池充電至高於第二最大電壓位準 V_2 ，其中 V_2 小於或等於 V_1 。另外，在一實施例中，當受控充電電

流 I_2 小於或等於最小充電電流 I_{ter} 歷時約 60 秒(例如，自約 30 秒至約 90 秒，或自約 50 秒至約 70 秒)之時段時，可終止用於將銀-鋅電池充電的充電方法。

在描述本方法之進一步態樣之前，提供系統之一或多個實施例的一些態樣。在一實施例中，充電電壓準確性可在 1.900 V 至 2.000 V 之間約 ± 2 mV 內。在一實施例中，電壓準確性可在 1.900 V 至 1.200 V 之間約 ± 25 mV 內。另外，在一實施例中，充電電流準確性可在約 ± 0.1 mA 內。另外，在一實施例中，溫度量測準確性可在約 $\pm 5^\circ\text{C}$ (例如， $\pm 2^\circ\text{C}$) 內且為環境溫度之量測；另外，在一實施例中，溫度量測不必量測電池殼溫度。

在一實施例中，亦可在銀-鋅電池、系統及充電方法之一或多者的設計中考慮以下限制。在一實施例中，銀-鋅電池之電壓可不連續在多於一(1)秒的時間內超過 2.00 V。另外，在一實施例中，高於 2.00 V 限制的任何電壓偏移可由當充電基底正在穩定化銀-鋅電池上之充電電壓之時的充電電壓/電流轉變產生。另外，在一實施例中，充電電流 I_2 或 I_{ter} 可不連續在多於三十(30)分鐘的時間內下降至低於約近似 1 mA 之「涓流」充電位準。另外，在一實施例中，銀-鋅電池之最大充電時間(在約室溫下)可為約六(6)小時。另外，在一實施例中，當環境溫度條件在約近似約 0°C 與約近似約 40°C 之間時，可將銀-鋅電池充電。另外，在一實施例中，電池電流在充電期間可經積分且在單一充電中可不超過 27 mAh。

在本發明之一些方法中，放電警告信號觸發庫倫計數終止循環。

B. 充電方法2：

參看圖10至圖17，本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之一可再充電電池組充電之方法，該方法包含：

1) 以一調變充電電流 I_1 將電池組充電，其中充電電流 I_1 經調變以使得將電池組之電壓限制於 V_{max} ，且該充電電流具有一最大安培數 I_{1max} ；

2) 自充電開始之後約50至約70秒計時時間(在圖11中展示為 T_1)；

3) 當計時時間時量測充電電流 I_1 之最低安培數 I_{1low} ；及

4A) 若當計時時間時 I_1 之安培數為 I_{1max} 歷時連續2秒的時段，則當 I_1 之安培數在 I_{1end} 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_1 ，其中 I_{1end} 係當將電池組充電至約100%之SOC時維持電池組中之 V_{max} 的電壓所必需的溫度相依最小充電電流；或

4B) 若在計時20分鐘之後 I_{1low} 小於充電電流 I_1 之安培數，則一旦將電池組充電至約50%之SOC便遏止充電電流 I_1 ，其中電池組之SOC係藉由在計時時間之同時積分充電電流來判定；或

4C) 若在計時20分鐘之後 I_{1low} 大於或等於 I_1 之安培數，則當 I_1 之安培數在 I_{1end} 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_1 ；或

4D)當 I_1 之安培數在 $I_{1\min}$ 1.0 V以下歷時約5分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_1 ，

其中 $V_{\max}$ 為電池組之額定最大電壓的至少95%，該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等充電電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

在若干方法中， $V_{\max}$ 為2.03 V或2.0 V。在其他方法中，充電電流具有6 mA或更小之最大安培數 $I_{1\max}$ 。舉例而言，充電電流具有5.5 mA或更小之最大安培數 $I_{1\max}$ 。

在若干方法中，自充電開始之後約60秒計時時間。

且，一些方法包括量測溫度，其中溫度量測準確性具有 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之偏差。

視需要，一些方法包括

5)以第二調變充電電流 I_2 將電池組充電，其中第二充電電流 I_2 經調變以使得將電池組之電壓限制於 $V_{\max}$ ，且將充電電流安培數限制於最大安培數 $I_{1\max}$ ；

6)當該電池組之電壓為 $V_{\max}$ 之約至少95%時計時時間(在圖12中展示為 T_2)；及

7)以充電電流 I_2 連續將電池組充電直至計時20分鐘為止。

本發明之另一態樣提供一種將2.0 V可再充電電池組充電的方法，該方法包含：

1)以調變充電電流 I_1 將電池組充電，其中充電電流 I_1 經調變以使得將該電池組之電壓限制於2.0 V或更少(例如，1.98 V)，且該充電電流具有6.0 mA或更小(例如，5.5

mA 或 5.0 mA) 之最大安培數 $I_{1\max}$ ；

2) 在充電開始之後 60 秒計時時間 (在圖 11 中展示為 T_1)；

3) 當計時時間時量測充電電流 I_1 之最低安培數 $I_{1\text{low}}$ ；及

4A) 若當計時時間時 I_1 之安培數為 $I_{1\max}$ 歷時連續 2 秒的時段，則當 I_1 之安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_1 ，其中 $I_{1\text{end}}$ 係當將電池組充電至約 100% 之 SOC 時維持電池組中之 2.0 V 之電壓所必需的溫度相依最小充電電流；或

4B) 若在計時 20 分鐘之後 $I_{1\text{low}}$ 小於充電電流 I_1 之安培數，則一旦將電池組充電至約 50% 之 SOC 便遏止充電電流 I_1 ，其中電池組之 SOC 係藉由在計時時間之同時積分充電電流來判定；或

4C) 若在計時 20 分鐘之後 $I_{1\text{low}}$ 大於或等於 I_1 之安培數，則當 I_1 之安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_1 ；或

4D) 當 I_1 之安培數在 $I_{1\min}$ 1.0 V 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_1 ，

其中電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；充電電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

一些方法進一步包含：以第二調變充電電流 I_2 將電池組充電，其中第二充電電流 I_2 經調變以使得將電池組之電壓限制於 2.0 V 或更小，且將充電電流安培數限制於 5.0 mA

之最大安培數 $I_{1\max}$ ；當電池組之電壓為 1.9 V 時計時時間；及以充電電流 I_2 連續將該電池組充電直至計時 20 分鐘為止。

在一些實例中，經充電之電池組為尺寸 10、13、312 或 675 的可再充電銀-鋅鈕扣電池。

在圖 8A 至圖 9 中提供其他例示性方法(作為步驟圖)。

在一些方法中，電池組充電器為電流限制電壓源。當電池阻抗低時，充電器輸送如由充電方法設定之最大允許電流。隨著電池阻抗增加，電池電壓上升至最大允許電壓，且調變(亦即，降低)充電電流以將電池組之電壓維持於最大允許電壓。

在一些方法中，充電電壓準確性具有 $\pm 0.5\%$ (例如，在 1.200 V 至 2.000 V 之間 ± 10 mV)之偏差。在其他方法中，充電電流準確性具有 $\pm 2\%$ (例如，在 1 mA 至 5 mA 之間 ± 0.1 mA)之偏差。在一些方法中，以 $\pm 2\%$ 之準確性量測或計時時間(例如，歷時 5 小時時段，準確性為 ± 0.1 小時)。且，在一些方法中，溫度量測準確性具有 $\pm 5^\circ\text{C}$ (例如， $\pm 2^\circ\text{C}$)之偏差。溫度量測不必量測電池殼溫度，僅量測環境溫度。

在一些方法中，電池電壓不連續在多於 1 秒的時間內超過 2.00 V。高於此電壓限制之電壓偏移應歸因於當充電器正在穩定化電池上之充電電壓時的充電電壓/電流轉變。在圖 10 及圖 13 至圖 17 中，用於電池之最大充電電壓經標示為 $V_{\max}$ 。在此等充電方法中允許電壓漣波，但峰值應不超過 2.0 V。

在一些方法中， $V_{\max}$ 為1.98 V。

在一些方法中，電池充電電流不連續在多於5分鐘的時間內下降至低於最小位準 $I_{\min}$ 。用於電池之最大充電電流為 $I_{\max}$ 。允許電流漣波但電壓峰值應不超過2.0 V。在一些方法中， $I_{\min}$ 為1.0 mA。在其他方法中， $I_{\max}$ 為5.0 mA(例如，當電池組之額定容量為31 mAh時， $I_{\max}$ 為5.0 mA)。在一些方法中， $I_{\max}$ 為5.5 mA(例如，當電池組之額定容量為35 mAh時， $I_{\max}$ 為5.5 mA)。

1. 深度放電(區域1)

本發明之另一態樣提供一種將具有小於1.65 V之電壓(例如，OCV)的可再充電2.0 V銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：

- 1)以具有6.0 mA或更小(例如，5.5 mA或5.0 mA)之安培數的第一充電電流 I_1 將電池組充電；
- 2)一旦將電池組充電至1.90 V之OCV便計時時間；
- 3)調變該第一充電電流以使得將電池組之電壓限制於2.0 V或更小，且該第一充電電流具有6.0 mA或更小(例如，5.5 mA或5.0 mA)之最大安培數 $I_{1\max}$ ；
- 4)以第一充電電流連續將電池組充電直至計時20分鐘為止；及
- 5)當調變第一充電電流之安培數小於終止電流 $I_{1\text{end}}$ 之安培數歷時60秒之連續時段時，遏止該調變第一充電電流，其中

$$I_{1\text{end}} = I_{\text{Chg}} + I_{\text{Temp}},$$

其中 I_{Chg} 為充電補償電流， I_{Temp} 為溫度補償電流，且

$$I_{Chg} = (T_2 \times 5.0 \text{ mA}) / T_{Chg},$$

其中 T_2 為以第一調變充電電流將電池組充電至約 2.0 V 之電壓所必需的時間，且 T_{Chg} 為電池時間常數；

6) 以第二充電電流 I_2 將電池組充電，其中充電電流 I_2 經調變以使得將電池組之電壓限制於 2.0 V 或更小，且第二充電電流具有 5.0 mA 之最大安培數 I_{2max} ；

7) 在充電開始之後 60 秒計時時間；

8) 當計時時間時量測充電電流 I_2 之最低安培數 I_{2low} ；及

9A) 若當計時時間時 I_2 之安培數為 I_{2max} 歷時連續 2 秒的時段，則當 I_2 之安培數在 I_{2end} 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_2 ，其中 I_{2end} 係當將電池組充電至約 100% 之 SOC 時維持電池組中之 2.0 V 的電壓所必需的溫度相依最小充電電流；或

9B) 若在計時 20 分鐘之後 I_{2low} 小於充電電流 I_2 之安培數，則一旦將電池組充電至約 50% 之 SOC 便遏止充電電流 I_2 ，其中電池組之 SOC 係藉由在計時時間之同時積分充電電流來判定；或

9C) 若在計時 20 分鐘之後 I_{2low} 大於或等於 I_2 之安培數，則當 I_2 之安培數在 I_{2end} 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_2 ；或

9D) 當 I_2 之安培數在 1.0 V 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_2 ，

其中電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

在一些方法中，利用兩個區域途徑以用於充電。參看圖 11 及圖 12，區域 1 包括自初始步驟開始經由將電池組充電至小於固有極化峰值之電壓 $V_{\max}$ 之步驟的充電方法的步驟。區域 2 包括自將電池組充電至 $V_{\max}$ (例如，圖 11 中之 T_1 的結束處) 之後約 30 秒至約 90 秒開始之充電方法的步驟，且繼續直至終止充電電流。當在區域 2 中充電電流下降至終止電流位準時終止充電。終止電流位準取決於電池在哪一區域開始充電。

在如圖 11 中所說明之一些方法中，當電池組電壓 (例如，OCV) 在充電之前小於或等於 1.65 V 時，通常將電池深度放電至小於 50% 之 SOC。若允許安定，則電池組之開路電壓 (OCV) 將安定至 1.60 V。以 $I_{\max}$ (例如，5.0 mA 或 5.5 mA) 將電池充電至 $V_{\max}$ 之最大電壓 (例如，1.98 V 或 2.0 V)。當電池電壓到達 1.90 V 時，電池組電壓接近極化峰值，且極化峰值計時器 T_1 開始。極化峰值計時器計時約 20 分鐘的時間。當此計時器處於作用中時，充電電流將迅速下降及恢復。當 T_1 計時器處於作用中時，即使充電電流下降至低於 $I_{\min}$ 亦不終止充電電流。當 T_1 計時器完成時 (亦即，該計時器已計時 20 分鐘)，進入區域 2。在 T_1 計時器完成之後，將充電設定點維持於 $V_{\max}$ (例如，1.98 V 或 2.0 V) 及 $I_{\max}$ (例如，5.0 mA 或 5.5 mA)。充電電流繼續直至充電電流在連續 60 秒內小於 I_{lend} 為止。 I_{lend} 係以 mA 為單位之經

計算充電終止電流，其補償充電狀態，電池老化及環境溫度。用於 I_{lend} 之計算以方程式(1)表示：

$$I_{lend} = I_{Chg} + I_{Temp} \quad (1)$$

其中 I_{Chg} 為以mA為單位之充電補償電流，且 I_{Temp} 為提供於表1A及表1B中之以mA為單位的溫度補償電流：

表1A：用於31 mAh容量電池組之 T_{Temp} 及 I_{2end} 值。

溫度	最大充電時間	I_{Temp}	I_{2end}
$\geq 25^{\circ}\text{C}$	0.0小時	0.6	4.0
15°C	+1.0小時	0.4	3.5
5°C	+2.0小時	0.2	3.0
0°C	+2.5小時	0.0	2.5

表1B：用於35 mAh容量電池組之 T_{Temp} 及 I_{2end} 值。

溫度	最大充電時間	I_{Temp}	I_{2end}
$\geq 25^{\circ}\text{C}$	0.0小時	1.0	4.5
15°C	+1.0小時	0.6	4.0
5°C	+2.0小時	0.3	3.5
0°C	+2.5小時	0.0	3.0

I_{Chg} 係基於恆定電流計時器 T_2 之計算值， T_2 係電池在區域2中在恆定電流下(例如，當 I_2 實質上恆定時)充電之所量測時間長度。當計時器 T_1 開始時，計時器 T_2 亦開始。在 T_1 結束後，當充電電流下降至低於 I_{max} 時計時器 T_2 結束。 T_2 之最小值為 T_1 。 I_{Chg} 係藉由方程式(2)判定：

$$I_{Chg} = (T_2 \times I_{max}) / T_{Chg} \quad (2)$$

其中 T_{Chg} 係以小時為單位之電池時間常數。注意， T_{Chg} 係針對諸如31 mAh鈕扣電池或35 mAh鈕扣電池之特定電池

設計按經驗判定的。表2中提供用於上文之31及35 mAh鈕扣電池的一些 T_{Chg} 值：

表2：用於兩種類型之可再充電鈕扣電池的 T_{Chg} 值。

容量	T_{chg}
31 mAh	5.0小時
35 mAh	5.5小時

注意，處於其循環壽命之早期的電池組將具有較低阻抗且將更容易接受電荷，此導致較長之所量測 T_2 。較長之 T_2 導致較大之 I_{chg} ，在充電電流較高的同時其較早終止充電。處於其壽命之後期的電池組將具有較高阻抗且較難以接受電荷，此導致較短之 T_2 。較短之 T_2 導致較小之 I_{chg} ，當充電電流較低時其較遲終止充電。

2. 溫度相依

較高環境溫度增加電池之導電性，此允許電池組較快地充電。較低環境溫度減小電池組之導電性且將電池組充電至相同容量需要更多時間。因此，用於最大充電時間之值可經修改以補償溫度對導電性之影響。

上文之表1A及表1B詳述基於環境溫度待與最大充電時間一起使用之偏移量。對於在下文所指示之特定值之間的溫度，按比例縮放偏移量。不管溫度如何，最小充電電流值保持為最低可接受充電電流。

本發明之一些方法進一步包含量測溫度，其中溫度量測準確性具有 $\pm 5^\circ\text{C}$ （例如， $\pm 2^\circ\text{C}$ ）之偏差。

3. 淺度放電(區域2)

本發明之另一態樣提供一種將具有約 2.0 V 之額定電壓的可再充電銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：

1) 以調變充電電流 I_1 將電池組充電，其中充電電流 I_1 經調變以使得將電池組之電壓限制於 2.0 V 或更小，且充電電流具有 5.0 mA 之最大安培數 $I_{1\max}$ ；

2) 在充電開始之後 60 秒計時時間；

3) 當計時時間時量測充電電流 I_1 之最低安培數 $I_{1\text{low}}$ ；及

4A) 若當計時時間時 I_1 之安培數為 $I_{1\max}$ 歷時連續 2 秒的時段，則當 I_1 之安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_1 ，其中 $I_{1\text{end}}$ 係當將電池組充電至約 100% 之 SOC 時維持電池組中之 2.0 V 的電壓所必需的溫度相依最小充電電流；或

4B) 若在計時 20 分鐘之後 $I_{1\text{low}}$ 小於充電電流 I_1 之安培數，則一旦將電池組充電至約 50% 之 SOC 便遏止充電電流 I_1 ，其中電池組之 SOC 係藉由在計時時間之同時積分充電電流來判定；或

4C) 若在計時 20 分鐘之後 $I_{1\text{low}}$ 大於或等於 I_1 之安培數，則當 I_1 之安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_1 ；或

4D) 當 I_1 之安培數在 $I_{1\min}$ 1.0V 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_1 ；及

電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；充電電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

一些方法進一步包含：以第二調變充電電流 I_2 將電池組

充電，其中第二充電電流 I_2 經調變以使得將電池組之電壓限制於 2.0 V 或更小，且將充電電流安培數限制於 5.0 mA 之最大安培數 $I_{1\max}$ ；當電池組之電壓為 1.9 V 時計時時間；及以充電電流 I_2 連續將電池組充電直至計時 20 分鐘為止。

一些方法進一步包含：以第二調變充電電流 I_2 將電池組充電，其中第二充電電流 I_2 經調變以使得將電池組之電壓限制於 2.0 V 或更小，且將充電電流安培數限制於 5.0 mA 之最大安培數 $I_{1\max}$ ；當電池組之電壓為 1.9 V 時計時時間；及以充電電流 I_2 連續將電池組充電直至計時 20 分鐘為止。

若在充電之前電池組 OCV 大於 1.65 V，則電池組具有相對高之充電狀態。若允許安定，則電池組之開路電壓 (OCV) 將為 1.86 V。在此狀況下，使用固定終止充電電流 $I_{2\text{end}}$ 。

當充電在區域 2 中開始時，電池組阻抗存在寬變化。若在充電之開始時電池組幾乎被完全充電，則電池阻抗顯著低於電池組接近轉變區域的情況下。圖 13 展示電池組以高充電狀態開始充電，與在圖 14 中電池組在接近轉變區域處開始充電相對。

由於此阻抗變化，所以使用區域 2 過濾計時器 T_3 。計時器 T_3 在充電開始之後 60 秒開始。當 T_3 處於作用中時，若充電電流在連續 2 秒內到達 $I_{\max}$ ，則使用 $I_{2\text{end}}$ (參見表 1A 及表 1B) 來終止充電。圖 13 展示此情形之實例，此係由於充電電流在 T_3 期間到達 $I_{\max}$ 。當充電電流降至低於 $I_{2\text{end}}$ 時充電終止。當 T_3 處於作用中時，若充電電流已到達 $I_{\max}$ 且接著

在 T_3 完成(參看圖 15)或充電電流降至低於 $I_{\min}$ 之任何時間之前降至低於 $I_{2\text{end}}$ ，則充電可終止。

一旦 T_3 開始，則記錄最小充電電流 I_{low} 且將其與在 T_3 已結束時之充電電流比較。若 I_{low} 小於 T_3 之結束處的充電電流，則藉由積分充電電流將 $C_{\max}$ 之 50%(亦即，SOC 之 50%)充電至電池中。當已將 $C_{\max}$ 之 50% 充電至電池中時或若充電電流降至低於 $I_{\min}$ ，則充電終止。圖 16 將此情形展示為充電電流在 T_3 期間從未到達 $I_{\max}$ 且當已將 $C_{\max}$ 之 50% 充電至電池中時充電電流小於 $I_{2\text{end}}$ 。

若 I_{low} 等於或大於在 T_3 之結束處之充電電流，則當充電電流降至低於 $I_{2\text{end}}$ 時充電可終止。對於此狀況，若充電電流已低於 $I_{2\text{end}}$ ，則充電可立即終止。

4. 過量放電恢復

本發明之另一態樣提供一種用於將具有小於 1.25 V 之 OCV 的可再充電電池組充電的方法，該方法包含：

1) 以 1.0 mA 之恢復充電電流將電池組充電歷時至少 30 分鐘的時段；及

2) 當將電池組充電至 1.60 V 之電壓時遏止恢復充電電流。

當電池組 OCV 小於 1.25 V 時，電池組已被過量放電。在此情況下，在可使用正常或快速充電方法之前，可平緩地將電池組充電至最小條件。以 I_{recov} 將電池組充電歷時最少 30 分鐘且直至充電電壓到達 V_{recov} 為止。一旦充電電壓超過 V_{recov} ，則充電可轉變至正常充電。可能不可以 I_{recov} 充

電速率將電池組充電歷時多於1小時。表3中呈現用於31 mAh及35 mAh鈕扣電池兩者之樣本 V_{recov} 及 I_{recov} 值。

表3：用於兩種可再充電電池組之 V_{recov} 及 I_{recov} 值。

容量	V_{recov}	I_{recov}
31 mAh， 35 mAh	1.60 V	1 mA

在電池電壓到達 V_{recov} 之後，可積分充電電流直至將最大容量 C_{max} 充電至電池中為止，接著可終止充電。隨後之充電循環將回復至正常充電方法。參看圖17。在室溫下之估計充電時間為7至8小時，此係歸因於較慢的充電開始及最大容量充電目標。

5. 診斷

a. 診斷-軟短路

在一實施例中，方法中之一或多者亦可考慮「軟短路」，「軟短路」係由鋅樹枝狀結晶引起之內部短路，鋅樹枝狀結晶瞬時刺穿分離器堆疊但由短路電流燒損 (burn back)。出於比較之目的，不包括軟短路之充電曲線展示於圖7A中，而包括軟短路之充電曲線展示於圖7B中。注意到，軟短路為銀-鋅電池組之預期失效模式。

軟短路通常發生於上部平線區中以橫跨電極之最高電壓位準充電期間。在每一燒損事件之後，鋅樹枝狀結晶生長得更大且能夠攜載更多短路電流直至樹枝狀結晶汽化或溶解為止。軟短路逐步變得越來越糟直至最終形成「硬短路」為止，「硬短路」在下文更詳細地進行描述。

通常，軟短路將發生於一充電循環中且直至若干循環後才會重現，此係因為樹枝狀結晶生長回來要花費時間。最初，軟短路將輕微地減少銀-鋅電池之額定充電容量，且隨著鋅樹枝狀結晶能夠攜載更多電流，銀-鋅電池之額定充電容量將甚至進一步減少。因此，軟短路之早偵測可允許與該系統相關聯之方法中的一或多者向使用者傳達銀-鋅電池組可能必須在未來之某時點被替換。

為了考慮到電池組短路，本發明之一些方法視需要包含若電池組之電壓低於 V_p 歷時2秒或更多的時段，則產生可指示電池組中之軟短路的電信號。

在多區域充電方法中，軟短路首先出現於區域2充電步驟中，此係由於電位係最高的且最有利於經由樹枝狀結晶抽取電流。若區域2中之充電電壓連續地小於或等於電壓平線區 V_p (例如，1.90 V)歷時多於1秒(例如，約2秒或更多)的時段，則一旦將電池組充電至 V_2 之電壓，便可證實軟短路診斷。本發明之一些方法包括當證實軟短路時產生一電信號。

b. 診斷-硬短路

在一實施例中，方法中之一或多者亦可考慮「硬短路」，其使銀-鋅電池不能操作，此係由於硬短路將銀-鋅電池完全放電從而導致電池之電壓下降至幾乎為0.00 V。通常，硬短路係由經由分離器的樹枝狀結晶短路及自罩至蓋之外部導電橋引起，該等樹枝狀結晶短路為危害罩與蓋之間的絕緣障壁從而導致在墊片下方或周圍之鋅樹枝狀結晶

生長之內部結構。分離器通常經設計以耐受樹枝狀結晶生長，但在電池組之壽命之結束處，分離器將變得較弱且最終可允許樹枝狀結晶生長穿過其，從而導致「硬短路」。參看圖 18。

可將具有硬短路之銀-鋅電池區分於在過量放電恢復事件期間之過量放電銀-鋅電池(參見，例如，充電方法 300 之步驟 S.302、S.303')。舉例而言，若電池之電壓 V 在規定時間限制內(例如，在(例如)步驟 S.302 處所見之約一(1)小時內)未到達 V_{recov} ，則充電方法 300 可判定銀-鋅電池具有硬短路且可自步驟 S.302 前進至步驟 S.303'。在一實施例中，當判定銀-鋅電池是否包括硬短路時，充電方法 300 可考慮約 0.100 V 至約 0.300 V 之最小 OCV 偵測位準。

硬短路使電池不能操作，此係歸因於其將電池完全放電及導致電池電壓降至幾乎為零(0)V。

硬短路係由經由分離器的樹枝狀結晶短路、危害在罩與蓋之間的絕緣障壁之內部機械問題、在墊片下方或周圍生長之鋅樹枝狀結晶，及自罩至蓋的外部導電橋引起。

可將具有硬短路之電池區分於在過量放電恢復充電期間之過量放電電池。若電池電壓在規定時間限制(亦即，1 小時)內未到達 V_{recov} ，則電池具有硬短路。

c. 偵測

高阻抗電池難以使充電容量回至電極中。具有此條件之電池逐漸需要更多時間來變成完全充電的。此導致較長充電時間及較低電流臨限值。最後，隨著阻抗上升，電池將

不再在室溫下在6小時內充電至全容量。隨著將較少電荷放回至電池中的每一連續循環，容量傾向於逐漸下降。

高阻抗電池係由逐漸密化且變得更難以充電之鋅陽極引起，從而使電池老化，電池之老化影響電極接受電荷之效率及電解質不平衡(其當分離器經阻塞且不允許水轉移有效率地發生時可發生)。

在一實施例中，方法中之一或多者亦可考慮到具有相對高阻抗之銀-鋅電池，該相對高阻抗可導致銀-鋅電池難以使電荷回至電極中。通常，高阻抗銀-鋅電池係經常由逐漸密化且變得較難以充電之鋅陽極引起，藉此使銀-鋅電池老化，此可影響(a)電極接受電荷之效率，及(b)電解質不平衡(其當分離器經阻塞且不允許水轉移有效率地發生時可發生)。

在一實施例中，當 I_{min} 終止充電時，證實高阻抗/容量衰減診斷。在警告使用者之前可證實多個高阻抗/容量衰減警告。

d. 不正確電池組化學物質

如上文所指出，根據本發明將電池組再充電之方法並非對所有類型的電池組相容。應瞭解，具有非銀-鋅化學物質之許多電池可共用與銀-鋅電池之殼幾何形狀相同的殼幾何形狀；因而，當設計一或多個方法時，應緊記及考慮不同化學物質以便防止使用者試圖將具有非順應性化學物質之電池再充電。舉例而言，在一實施例中，類似電池殼可不包括銀-鋅化學物質，而是例如：鋅-空氣(ZnO_2)，鎳-

金屬氫化物(NiMH)或其類似者。

當將此發明之一些充電方法應用於鋅-空氣電池組或錳-氧化物電池組時，電池組可經受充氣或爆炸。為了避免此情形，本發明之一些充電方法進一步包含評定經充電之電池組的化學物質之一步驟或一系列步驟，且若電池組經評定為具有不相容充電特性，則終止充電方法。此等步驟可在將電池組充電時或將電池組放電時發生。

鋅-空氣及NiMH電池在以 I_{det} 充電時相比於AgZn傾向於具有較慢充電電壓上升。可量測充電電壓上升且識別鋅-空氣及NiMH電池。若在充電之前電池電壓在1.25 V與1.65 V之間且在以 I_{det} 充電3秒之後電池電壓未超過1.55 V，則電池為鋅-空氣或NiMH。對於在充電之前電池電壓小於1.25 V之鋅-空氣及NiMH電池，將過量放電恢復方法用於偵測。過量放電的鋅-空氣及NiMH電池在以 I_{recov} 充電歷時1小時時將不會到達 V_{recov} 。表4中提供用於兩種電池組之 I_{det} 值：

表4：用於2種電池組之 I_{det} 值。

容量	I_{det}
31 mAh	8 mA
35 mAh	10 mA

部分放電的 Ag_2O 或銀-氧化物電池在充電期間看起來與AgZn幾乎相同，此係因為陽極與陰極為相同化學物質。因此，可將 Ag_2O 電池充電高達 V_{max} 。當到達 V_{max} 時，在 Ag_2O 電池中之充電電流將類似於AgZn下降。區別在於

Ag₂O之充電電流通常降至1.0 mA以下且決不恢復至較高位準。AgZn電池在到達V_{max}時亦具有充電電流下降，但充電電流下降在極化峰值計時器完成前在電流再次上升回前僅為瞬時的。充電電流之反曲點用以識別AgZn。反曲經定義為0.5 mA或更多的上升。完全放電之Ag₂O電池在充電期間具有相當慢之電壓上升。此係藉由在充電電壓超過1.80 V之後量測電壓上升而偵測。AgZn將在到達1.80 V之後5分鐘內到達V_{max}，但Ag₂O電池將花費長得多的時間。銀-氧化物化學物質可花費長達1小時的時間來偵測，但在此時間期間電池不受損壞且將接受電荷。

深度放電之鹼性電池相比於AgZn亦具有較慢充電電壓上升且可類似於鋅-空氣及NiMH而加以偵測。新鹼性電池具有較接近AgZn及Ag₂O之開路電壓。因此，可將鹼性電池充電至高達V_{max}且接著可在極化峰值計時器期間像Ag₂O一樣監視充電電流。

參看圖8D，根據本發明之一實施例描述上文提及之充電方法400。在一實施例中，充電方法400包括若干分枝，每一分枝包括關於判定與系統介接/連接至系統之電池組的充電是否應或不應進行的不同結果。在充電不應進行之條件中，理由可包括以下各者中之任一者，諸如，例如：(a) 試圖將具有非順應性化學物質之電池充電，或例如：(b) 電池包括順應性化學物質，但(例如)包括不允許之高阻抗。

然而，若待由系統充電之電池包括適當之OCV準則(例如，在充電時段之開始處的OCV(V)大於或等於約(例

如)1.65 V)，則方法400可自步驟S.401前進至步驟S.402(亦即，在步驟S.402處，方法400可前進至在步驟S.102'處之「多級充電模式」或在步驟S.202處之「單級充電模式」中的一者)。然而，相反地，若待由系統50充電之電池不包括適當之OCV準則(例如，在充電時段之開始處的OCV(V)小於1.65 V)，則方法400可自步驟S.401前進至步驟S.402'以便進一步調查待由系統50充電之電池的OCV(V)。

1.分枝S.402'至S.405'

在步驟S.402'處，舉例而言，方法判定電池之OCV是否大於或等於約近似1.2 V且小於或等於約近似1.45 V。若在步驟S.402'處以上條件為真，則方法400自步驟S.402'前進至步驟S.403'，在步驟S.403'處以8 mA將電池充電直至電池之OCV等於約近似1.55 V或充電之時間約等於三(3)秒為止。方法400接著自步驟S.403'前進至步驟S.404'以判定在以8 mA充電之三(3)秒內電池之OCV是否小於1.55 V。若在步驟S.404'處以上條件不為真，則方法400接著前進至步驟S.405'，在步驟S.405'處停止充電，此歸因於電池可能具有 ZnO_2 、NiMH、鹼性或其類似者中之一者的非順應性化學物質。然而，若在步驟S.404'處條件為真，則方法400自步驟S.404'前進至步驟S.404''，步驟S.404''在上述揭示內容中更詳細地加以論述。

2.分枝S.402'及S.403''至S.407''

參看回至步驟S.402'，論述方法400之另一分枝。在步驟



S.402'處，可判定條件不為真(亦即，OCV可小於1.2 V或大於1.45 V)，且因而，方法400自步驟S.402'前進至S.403''。在步驟S.403''處，舉例而言，方法400判定電池之OCV是否大於約近似1.45 V且小於約近似1.65 V。

若在步驟S.403''處以上條件為真，則方法400自步驟S.403''前進至步驟S.404''，在步驟S.404''處以8 mA將電池充電直至電池之OCV等於約近似1.98 V或直至充電電流I下降為止。方法400接著自步驟S.404''前進至S.405''，在S.405''處判定在關於電池OCV為1.8 V之時段的五(5)分鐘內電池是否到達 V_{lmax} 。

若在步驟S.405''處以上條件為真，則方法400自步驟S.405''前進至步驟S.406''以判定在極化峰值計時器 T_1 期間充電電流I是否小於1 mA。若在步驟S.405''以上條件為真，則方法400自步驟S.406''前進至步驟S.407''，在步驟S.407''處停止充電，此歸因於電池可能具有非順應性化學物質(例如，電池為鹼性電池)或電池包括順應性化學物質(例如， $Ag_2O/AgZn$)，然而卻包括不允許之高阻抗。類似地，若在步驟S.405''條件不為真，則方法400自S.405''前進至停止充電之步驟S.407''。另外，若在步驟S.406''處條件不為真，則方法自步驟S.406''前進至步驟S.407'''，步驟S.407'''在上述揭示內容中更詳細地加以論述。

當考慮上文描述之步驟S.406''時，將瞭解，在充電期間 Ag_2O 或「銀I氧化物」電池與 $AgZn$ 或「銀II氧化物」電池表現得幾乎相同，此係因為陽極與陰極為相同化學物質；

因此，可將 Ag_2O 電池充電至高達 $V_{1\max}$ ；當到達 $V_{1\max}$ 時，在 Ag_2O 電池中之充電電流將與 AgZn 電池類似地下降。然而，區別在於 Ag_2O 電池之充電電流通常降至1 mA以下且經常不恢復至較高位準。另外， AgZn 電池在到達 $V_{1\max}$ 時亦具有充電電流下降，但是然而充電電流下降在極化峰值計時器完成前在電流再次上升回之前僅為瞬時的。更進一步地，空 Ag_2O 電池在充電期間具有相當慢之電壓上升，此可藉由在充電電壓超過1.8 V之後量測電壓上升來偵測。另外， AgZn 電池在到達1.8 V之後將迅速到達 $V_{1\max}$ ，但是然而， Ag_2O 電池將花費長得多的時間。

3.分枝S.402'、S.403''及S.403'''至S.405'''

參看回至步驟S.402'，論述方法400之另一分枝。在步驟S.402'處，可判定條件不為真(亦即，OCV可小於1.2 V或大於1.45 V)，且因而，方法400自步驟S.402'前進至S.403''。在步驟S.403''處，舉例而言，方法400判定電池之OCV是否大於約近似1.45 V且小於約近似1.65 V。在步驟S.403''處，可判定條件不為真(亦即，OCV可小於1.2 V)，且因而方法400自步驟S.403''前進至S.403'''。

在步驟S.403'''處，以1 mA將電池充電直至電池到達1.6 V為止。方法400接著自步驟S.403'''前進至S.404'''，在S.404'''處判定在(1)小時內電池之OCV是否到達1.6 V。若在步驟S.404'''處以上條件不為真，則方法400前進至步驟S.405'''，在步驟S.405'''處停止充電，此歸因於電池可能具有 ZnO_2 、NiMH、鹼性或其類似者中之一者的非順應性

化學物質。然而，若在步驟S.404'''處條件為真，則方法前進至步驟S.404''，步驟S.404''已在上文進行論述且出於簡潔目的此處不再重複。

4.分枝S.402'、S.403''至S.406''及S.407'''

現將注意引至步驟S.407'''。若在上文步驟S.406''處描述之條件不為真則到達步驟S.407'''。在步驟S.407'''處，方法400判定在極化峰值計時器 T_1 期間充電電流 I 是否展現反曲(亦即，反曲經定義為0.5 mA或更多的上升)。若在步驟S.407'''處以上條件為真，則反曲可指示電池為銀-鋅電池且銀鋅電池之銀狀態為AgZn或「銀II氧化物」；因而，方法400自步驟S.407'''前進至步驟S.402(亦即，在步驟S.402處，方法400可前進至在步驟S.102'處之「多級充電模式」或在步驟S.202處之「單級充電模式」中的一者)。然而，相反地，若在步驟S.407'''條件不為真，則方法400自S.405''前進至停止充電之步驟S.407''。

在本發明之一些方法中，電池組評定在充電期間發生，且包含以充電電流將電池組充電歷時一設定時段及判定初始電壓上升速率是否滿足臨限值，且若電壓上升速率不能滿足臨限值，則終止充電。舉例而言，當將電池組放電至額定容量之約50%或更少之SOC時，最初以診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時一短時段(例如，少於10秒)，且量測電池組之電壓。若電池組之電壓未能滿足臨限值(例如，約1.65 V)，則終止充電。

在一些實施例中，上文之充電方法中之任一者進一步包

含以約 8 mA 的診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約 7 秒(例如，少於約 5 秒或約 3 秒)的時段，且若 V_{Batt} 小於或等於約 1.65 V(例如，小於或等於約 1.55 V)，則終止充電方法。

在其他實施例中，上文之充電方法中之任一者進一步包含以約 8 mA 的診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約 7 秒(例如，少於約 5 秒或約 3 秒)的時段，且若電池組之 SOC 的增加並非至少 0.02%，則終止充電方法。

在一實施例中，評定在電池組放電時發生。舉例而言，在將電池組放電之結束處，當 V_{Batt} 在 1.4 V 與 1.15 V 之間(例如，在 1.4 V 與 1.2 V 之間)時量測每單位時間平均電池組電壓之改變，且若在 30 分鐘或更少(例如，15 分鐘或更少，10 分鐘或更少，或 5 分鐘或更少)之時段期間改變不小於或等於 60 mV，則產生一電信號，該電信號警告使用者不應根據本發明之方法將電池組充電。

一實施例包含在將電池組放電之結束處(例如，當 DOD 為約 70% 或更少時，當 DOD 為約 90% 或更少時，或當 DOD 為約 95% 或更少時)判定每單位容量平均電池組電壓的改變，且若隨著 DOD 改變 3%，每單位時間電池組電壓之改變不大於或等於 60 mV，則產生一信號(例如，音訊信號、視覺信號、振動信號或其任何組合)，該信號警告使用者不應根據本發明將電池組再充電。或，若隨著 DOD 改變 3%，每單位時間電池組電壓之改變大於或等於 60 mV，則產生一信號(例如，音訊信號、視覺信號、振動信號或其

任何組合)，該信號警告使用者應根據本發明將電池組再充電。其他實施例包含產生一信號，該信號與充電管理系統通信且取決於評定之結果啟用或停用根據本發明之方法對電池組的充電。

6. 評定再充電電池組之SOC

根據本發明之方法再充電之電池組的容量，及相關聯之SOC可使用以下方程式(3)計算：

$$\text{容量} = \int_0^{T_{cc}} I_{cc} dT + \int_{T_{cc}}^{T_{final}} I_{cv}(T) dT \quad (3)$$

其中 T_{cc} 為恆定電流時間， I_{cc} 為實質上恆定電流， I_{cv} 為維持電池組中之恆定電壓的受控電流，及 T_{final} 為充電終止之時間。可使用數學近似法近似出容量來判定方程式(3)中之積分中之每一者的容量。

在本發明之一些方法中，庫倫計數可用以判定充電至可再充電電池組之電能的容量。

其他方法基於將電池組充電至一特定電壓所必需之時間來近似出電容量。

針對根據本發明之若干方法經充電至 V_1 及 V_2 的電池組，近似出電池組之容量或判定何時將電池組充電至其額定容量之約80%或更多之SOC的一例示性方法為量測電池組之電壓自電壓 V_1 到達 V_2 所需要的時間。此時間接著用以藉由使用以下方程式(4)判定 I_{ter} ：

$$I_{ter} = I_{comp} - m(T_{V_2} - T_{V_1})^Y \quad (4)$$

其中 I_{comp} 為針對給定溫度之最小充電電流，項 $(T_{V_2} - T_{V_1})$ 表

示將電池組自 V_1 充電至 V_2 所需要之時間量，且 m 及 Y 為常數。若方程式(4)給出小於 I_2 之 I_{ter} 值，則 $I_{ter}=I_2$ 。判定 Y 及 m 之一方式為使用 m 及 Y 的各種值(例如， Y 為 1， Y 在 0.25 與 4.0 之間，或 Y 在 0.3 與 3 之間)測試與意欲使用本方法充電之電池組具有相同總體設計之電池組的群體，並選擇來自展示最長循環壽命之電池組的 m 及 Y 值。判定 I_{comp} 之一方式為使用在若干溫度下 I_{comp} 的各種值測試與意欲使用本方法充電之電池組具有相同總體設計之電池組的群體，並選擇在每一溫度下之值 I_{comp} 以使得電池之短路不發生。 I_{comp} 通常為將在 5 至 200 小時之間的時段內將電池自 0% SOC 完全充電至 100% SOC 的電流(例如，在 23°C 之溫度下， I_{comp} 為 1 mA， I_{comp} 為 10 mA 至 0.01 mA， I_{comp} 為 7 mA 至 0.1 mA)。在諸如針對一些鈕扣電池之一些實例中， I_{comp} 在約 23°C 之溫度下為 1 mA， m 為 1 毫安/小時且 Y 為 1。

當將電池組充電至 V_2 且充電電流 I_2 受控制時，在 I_2 等於 I_{term} 時終止受控 I_2 充電電流， I_2 等於 I_{term} 在將電池組充電至其額定容量之 80% 或更多(例如，90% 或更多，95% 或更多，99% 或更多，或約 100%)之 SOC 時發生。

針對根據本發明之若干方法經充電至 V_1 及 V_2 的電池組，近似出電池組之容量或判定何時將電池組充電至其額定容量之約 80% 或更多之 SOC 的另一例示性方法為量測電池組之電壓針對當前充電循環自電壓 V_1 到達 V_2 所需要的時間及自前充電循環到達 V_2 及 V_1 之時間。接著藉由使用形式上與以下方程式(5)類似的逐段連續方程式來將此等時間用以判

定 I_{ter} :

$$I_{ter} = I_{comp} + m(T_{V_2} - T_{V_1})^Y + \sum_{i=1}^n m_i(T_{V_{2,i}} - T_{V_{1,i}})^{Y_i} \quad (5)$$

其中 I_{comp} 為針對給定溫度之最小充電電流，項 $(T_{V_2} - T_{V_1})$ 表示將電池組自 V_1 充電至 V_2 所需要之時間量，且 m 及 Y 為常數。若方程式(5)給出小於 I_2 之 I_{ter} 值，則 $I_{ter} = I_2$ 。判定 Y 及 m 之一方式為使用 m 及 Y 的各種值(例如， Y 為 1， Y 在 0.25 與 4.0 之間，或 Y 在 0.3 與 3 之間)測試與意欲使用本方法充電之電池組具有相同總體設計之電池組的群體，並選擇來自展示最長循環壽命之電池組的 m 及 Y 值。判定 I_{comp} 之一方式為使用在若干溫度下 I_{comp} 的各種值測試與意欲使用本方法充電之電池組具有相同總體設計之電池組的群體，並選擇在每一溫度下之值 I_{comp} 以使得電池之短路不發生。 I_{comp} 通常為將在 5 至 200 小時之間的時段內將電池自 0% SOC 完全充電至 100% SOC 的電流(例如，在 23°C 之溫度下， I_{comp} 為 1 mA， I_{comp} 為 10 mA 至 0.01 mA， I_{comp} 為 7 mA 至 0.1 mA)。在諸如針對一些鈕扣電池之一些實例中， I_{comp} 在約 23°C 之溫度下為 1 mA， m 為 1 毫安/小時且 Y 為 1。方程式(5)之總和中的下標 i 範圍自前一循環至目前循環， $i=1$ ，及 $i=n$ ， n 為在當前循環再前一個之數目。數目 n 通常小於 10 或小於 5。判定 Y_i 及 m_i 之一方式為使用 m_i 及 Y_i 的各種值(例如， Y_i 為 1， Y_i 在 0.0 與 4.0 之間，或 Y_i 在 0.3 與 3 之間)測試與意欲使用本方法充電之電池組具有相同總體設計之電池組的群體，並選擇來自展示最長循環壽命之電池組的 m_i 及 Y_i 值。方程式(5)中之總和亦可由為時間導數或 $(T_{V_2} - T_{V_1})$ 之差的函數的項

(亦即，方程式(6))替換，其中 Δ 表示差分操作且 x 表示第一、第二或第三差分。

$$I_{ter} = I_{comp} + m(T_{V_2} - T_{V_1})^y + \sum_{i=1}^n m_i \frac{\Delta^x (T_{V_2,i} - T_{V_1,i})^{y_i}}{\Delta^x i} \quad (6)$$

當將電池組充電至 V_2 且充電電流 I_2 受控制時，在 I_2 等於 I_{ter} 時終止受控 I_2 充電電流， I_2 等於 I_{ter} 在將電池組充電至其額定容量之80%或更多(例如，90%或更多，95%或更多，99%或更多，或約100%)之SOC時發生。

針對根據本發明之若干方法經充電至 V_1 及 V_2 的電池組，近似出電池組之容量或判定何時將電池組充電至其額定容量之約80%或更多之SOC的另一例示性方法為量測電池組之電壓針對當前充電循環自電壓 V_1 到達 V_2 所需要的時間及自前充電循環到達 V_2 及 V_1 之時間。接著藉由使用已知延遲反饋控制方法或延伸時間延遲自動同步方法中之任一者將此等時間用來判定 I_{ter} 。

7. V_1 、 V_2 、 I_1 、 I_2 及 I_{ter} 之動態調變

充電參數 V_1 、 V_2 、 I_1 、 I_2 及 I_{ter} 未必在循環間為恆定的，但可經調變以最佳化各種效能特性。此等效能特性之實例為：在若干循環上提供恆定放電容量，在電池組之壽命期間維持恆定充電時間，增加該若干循環至最小容量，修復軟短路及在過量放電事件之後恢復效能。可藉由使用已知延遲反饋控制方法或延伸時間延遲自動同步方法(諸如特此以全文引用之方式併入之I. Kiss，Z. Kazsu及V. Gaspar；Chaos 16 033109(2006)中所描述的方法)中之任一

者來調變充電參數 V_1 、 V_2 、 I_1 、 I_2 及 I_{ter} ，其中來自前一充電及/或放電循環之不同效能特性與當前充電參數一起使用以調變針對當前充電循環的充電參數中之一或多者。可藉由不同方法同時調變充電參數中之每一者。可用於控制方法中之效能特性的實例為：放電電壓之結束、開路電壓、待用時間、總充電時間、平均放電電壓、 I_{ter} 或 $T_{V2}-T_{V1}$ 。

III. 充電裝置

在一些實施例中，可再充電電池組耦接至包含充電管理系統(例如，硬體、韌體及/或軟體)之主機器件(例如，電子器件，諸如蜂巢式電話、PDA、膝上型電腦、手電筒、攜帶型音訊器件及/或攜帶型視訊器件)。在其他實施例中，可再充電電池組包含充電管理系統，其中可再充電電池組耦接至包括電池組充電管理系統的主機器件，諸如蜂巢式電話、膝上型電腦、攜帶型音訊器件(例如，mp3播放器)或其類似者。美國專利第 6,191,522 號中描述此一系統。且，在一些實施例中，充電管理系統或電路被劃分於主機器件(例如，由電池組供電之電子器件)、電池組自身、充電基底或其任何組合間。儘管上述揭示內容中之一些係針對電池組及主機器件，但將瞭解，術語「電池組」及「主機器件」係針對所主張之發明的一實施例，且「電池組」及「主機器件」之特定應用描述不應被用於限制申請專利範圍之範疇。

在一實施例中，電池組具有電池之實際容量之約 50% 或

更少的額定充電容量。當電池組被稱為「完全充電」時，電池具有電池組之額定容量之約100%的SOC。當電池組對諸如電子器件之主機器件供電時，電池組之SOC下降。當將電能輸送至可再充電電池組時，可再充電電池組被再充電。用於將可再充電電池組再充電之一或多種方法在上文進行描述且大體分別展示於圖8A至圖8D中之100、200、300及400處。

在一實施例中，系統可包括(例如)充電銜接件或充電基底，諸如在美國專利第6,337,557號中所描述之充電銜接件或基底。在其他實施例中，系統可包括包含如圖1中所描繪之電路的再充電硬體。可再充電電池組可直接與充電基底銜接或以其它方式置於充電基底上，以使得充電基底能夠直接或間接地將電池組再充電。在另一實施例中，電池組可耦接至電子器件，且，在一實施例中，電子器件可直接與充電基底銜接或以其它方式置於充電基底上，以使得充電基底能夠直接或間接地將可再充電電池組再充電。在一實施例中，充電基底可連接至通常展示於AC處之電源電系統，以便允許將可再充電電池組再充電。

在一實施例中，「直接」充電方法可包括(例如)「直接有線接觸」，「直接有線接觸」包括(例如)自(例如)可再充電電池組、電器件及充電基底中之一或多者延伸之一或多個電接點/引線，以使得電接點/引線允許將電力自(例如)電源電系統輸送至可再充電電池組。在一實施例中，「間接」充電方法可包括(例如)「電感充電」以使得電磁場可

轉移來自(例如)連接至電源電系統之充電基底及可再充電電池組與電子器件中之一或多者的能量。

在一實施例中，可再充電電池組為鈕扣電池組；然而，本發明之其他實施例包含可再充電電池組及將此等電池組充電之方法，可再充電電池組包含電性串聯配置之複數個電化電池。在本發明中有用之其他可再充電電池組亦包括圓柱電池及稜柱電池。

在一些實施例中，可再充電電池組包含兩個電極(亦即，一陽極及一陰極)及一電解質(亦即，充當用於促進電子及陽離子之移動之導電介質的物質)。電解質可包括諸如(例如)鹼性劑之水溶液(例如，含水NaOH、含水KOH或其組合)之材料混合物。一些電解質亦可包含添加劑，諸如包括硼酸、磷酸或其類似者之緩衝劑。本發明之電池組中的一些例示性陰極包含銀材料。且，本發明之電池組中的一些例示性陽極包含鋅。

在一實施例中，可再充電電池組之陰極包含銀材料。在一實施例中，可再充電電池組之陽極可包含鋅(Zn)。因此，鑒於上文所描述之可再充電電化電池組之電極的可能化學物質，可再充電電化電池組可稱作「銀-鋅電池組」。

在一實施例中，銀-鋅電池組包括鹼性電解質，鹼性電解質包含鹼金屬的含水之氫氧化物。在一實施例中，電解質可包含氫氧化鋰(LiOH)，氫氧化鈉(NaOH)、氫氧化鉀(KOH)、氫氧化銫(CsOH)、氫氧化銣(RbOH)或其任何組合。儘管上文描述若干電解質，但將瞭解，銀-鋅電池組

不限於特定電解質且銀-鋅電池組可包括任何理想電解質。

在一實施例中，銀-鋅電池組可以受控方式再充電。在一實施例中，用於將銀-鋅電池組再充電之系統可包括說明為圖1中之電路圖的再充電管理電路。

在一實施例中，再充電管理電路允許以受控方式將銀-鋅電池組再充電。在一實施例中，再充電管理電路可包括於銀-鋅電池組(諸如在美國專利第7,375,494號中所描述之電池組)、電子器件及充電基底中之一或多者內。在一實施例中，再充電管理電路可提供為處理器、邏輯電路或其組合。適用於執行本發明之充電方法之其他再充電系統的一些態樣包括在美國專利第7,018,737號；第6,181,107號；第6,215,276號；第6,040,684號；及第6,931,266號；及美國專利申請公開案第20050029989號；第20030040255號中所描述的態樣。

在一實施例中，如在圖1中舉例說明之再充電管理電路允許以受控方式將銀-鋅電池組再充電。在一實施例中，再充電管理電路可包括於銀-鋅電池組、電子器件及充電基底中之一或多者內。在一實施例中，再充電管理電路可被提供為處理器、邏輯電路或其組合。

在一實施例中，可藉由用於可再充電電池組之再充電管理電路達成之充電方法100至400可使用一或多個調變充電電流(例如， I_1 及/或 I_2)，該一或多個調變充電電流在一些實施例中被描述為恆定電流、恆定電壓(CC-CV)充電電

流。如在圖 2、圖 4、圖 5、圖 6、圖 7A 及圖 7B 中之充電曲線圖中所見，用於充電方法 100 至 400 中之受控充電電流以高達充電電流頂值(例如， $I_{1\max}$ 或 $I_{2\max}$)之最大充電電流將電池組充電直至將電池組充電至最大電壓(例如， V_1 或 V_2)為止，在最大電壓時充電電流以最大電流繼續或被減少，以使得充電電池組之電壓不會上升至高於最大電壓。且，當電池組之電壓降至最大電壓以下時，充電電流增加至高達最大充電電流直至電池組之電壓到達最大電壓，充電電流被遏止，或充電程序/方法進入另一區域(諸如在多級充電程序中)為止。

另外，在一實施例中，可藉由用於電池組之再充電管理電路提供之充電方法 100 至 400 中的一者或兩者或兩者以上之通訊可包括至少兩種不同充電模式，此可取決於(例如)銀-鋅電池組的容量。在一實施例中，充電模式包含多級充電模式(參見，例如，方法 100)及單級充電模式(參見，例如，方法 200)。其他實施例進一步包含可選「過量放電恢復充電模式」(參見，例如，方法 300)及/或「電池組診斷調查充電模式」(參見，例如，方法 400)。

因此，將瞭解，因為使用者可能利用電子器件歷時約十八(18)小時，所以二十四(24)小時時段之餘量(時間)僅留下約六(6)小時來將銀-鋅電池組再充電。因而，在設計充電方法 100 至 400 中之一或多者時，銀-鋅電池組之最大充電時間的實施例可為約六(6)小時。因此，將瞭解，若(例如)使用者操作電子器件歷時約十八(18)小時，則可允許使用

者在(例如)使用者不在使用電子器件及可能(例如)在睡覺時的約六(6)小時內將銀-鋅電池組再充電至約滿容量。換言之，六(6)小時充電時段可稱作上文提及之單級充電模式的一實施例。

然而，在一實施例中，亦將瞭解，若(例如)使用者操作電子器件歷時一時段(例如，使用者操作電子器件歷時約十八(18)小時)且忘記將銀-鋅電池組再充電，則可必須快速將銀-鋅電池組再充電以便將電容量輸入至電池組中且使電子器件在至少一縮短時段中可操作。在此情況下，銀-鋅電池組之再充電可必須以一方式加速，以使得電池組之SOC在縮減的充電時間內至少部分復原；藉此使電子器件在一時段中可操作。因此，在一實施例中，亦可以一方式設計充電方法100至400中之一或多者，使得在約1小時之充電內將具有小於40%之SOC的電池組充電至約40%之SOC。換言之，一小時充電時段可稱作上文提及之多級充電模式的一實施例。

其他實施例

已出於使讀者熟悉本發明之新穎態樣的目的而論述本文中所揭示之實施例。儘管已展示及描述本發明之較佳實施例，但在不必脫離如在以下申請專利範圍中所描述之本發明之精神及範疇的情況下，一般熟習此項技術者可作許多改變、修改及代替。

【圖式簡單說明】

圖1為能夠執行根據本發明之一實施例之用於將一可再

充電電池組或鈕扣電池充電的例示性方法的電池組充電電路之電路圖。

圖2為具有至少一電壓平線區之可再充電電池組之充電曲線的圖，其中繪製了在根據本發明之一方法以第一充電電流 I_1 及第二充電電流 I_2 將該電池組充電時的電池組電壓 V_{Batt} 及充電電流。

圖3A為具有多個電壓平線區之可再充電電池組之充電曲線的例示性圖，其中繪製在以一未箝位之充電電流將電池組充電時的電池組電壓以說明在充電期間觀察到之電池組的固有極化峰值 V_{PP1} 及 V_{PP2} 與電壓平線區 V_{P1} 、 V_{P2} 及 V_{P3} 。

圖3B為圖3A中所展示之一電壓平線區之放大圖，其展示在電壓平線區電壓 V_{P1} 、電壓 V_1 與固有極化峰值之電壓 V_{PP1} 之間的關係之表示。

圖4為具有至少一電壓平線區之可再充電電池組之充電曲線的圖，其中繪製在根據本發明之一方法(其中 $V_{Batt} > V_1 > V_{P1}$)將該電池組充電直至充電電流 I_2 到達終端充電電流 I_{ter} 為止時的電池組電壓及充電電流。

圖5為具有至少一電壓平線區之可再充電電池組之充電曲線的圖，其中根據本發明之多區域充電方法將電池組充電，在該方法中以充電電流 I_1 將電池組充電至第一電壓 V_1 ，接著以充電電流 I_2 將電池組充電至電壓 V_2 ，且電壓 V_1 約等於電壓 V_2 。

圖6為具有至少一電壓平線區之可再充電電池組之充電曲線的圖，其中根據本發明之多區域充電方法將電池組充

電，在該方法中以恢復充電電流 I_{recov} 將電池組自一低 SOC 充電直至該電池組之電壓到達恢復電壓 V_{recov} 為止，接著以第一充電電流 I_1 將電池組充電直至該電壓到達 V_1 為止，且最後以第二充電電流 I_2 將該電池組充電直至該第二充電電流到達 I_{ter} 為止。

圖 7A 為根據本發明之例示性實施例的用於將一電池組再充電之充電曲線的圖。

圖 7B 為根據本發明之例示性實施例的用於將經歷軟短路之電池組再充電的充電曲線的圖。

圖 8A 為表示根據本發明之一實施例的用於將具有至少一電壓平線區之可再充電電池組再充電的一例示性方法的步驟圖。

圖 8B 為表示根據本發明之一實施例的用於將具有至少一電壓平線區之可再充電電池組再充電的另一例示性方法的步驟圖。

圖 8C 為表示根據本發明之一實施例的用於將具有至少一電壓平線區之可再充電電池組再充電的另一例示性方法的步驟圖。

圖 8D 為表示根據本發明之一實施例的用於將具有至少一電壓平線區之可再充電電池組再充電的另一例示性方法的步驟圖。

圖 9 為表示用於將一可再充電電池組再充電之另一例示性方法的步驟圖。

圖 10 為根據本發明之一例示性實施例的正以多區域充電

方法充電的電池組之充電曲線的圖。

圖 11 為根據本發明之一例示性實施例的正以多區域充電方法充電的電池組之充電曲線的圖。

圖 12 為根據本發明之一例示性實施例的正以多區域充電方法充電的電池組之充電曲線的圖。

圖 13 為根據本發明之一例示性實施例的正被充電的具有約 50% 或更多之 SOC 的電池組之充電曲線的圖。

圖 14 為根據本發明之一例示性實施例的正被充電的具有約 50% 或更多之 SOC 的電池組之充電曲線的圖。

圖 15 為根據本發明之一例示性實施例的正被充電的具有約 50% 或更多之 SOC 的電池組之充電曲線的圖。

圖 16 為根據本發明之一例示性實施例的正被充電的具有約 50% 或更多之 SOC 的電池組之充電曲線的圖。

圖 17 為根據本發明之一例示性實施例的正被充電的具有約 1.25 V 或更小之 OCV 的電池組之充電曲線的圖。

圖 18 為將一電池組放電至小於約 40% 的 SOC 且接著以未籍位電池組之電壓之實質上恆定的充電電流將該電池組充電直至該電池組電壓到達極化峰值為止，且接著根據本發明之一方法將該電池組充電之充放電曲線的圖。

【主要元件符號說明】

100	充電方法
200	充電方法
300	充電方法
400	充電方法

$C_{\max}$	最大容量
I_1	第一充電電流
I_2	第二充電電流
$I_{1\text{end}}$	溫度相依最小充電電流/終止充電電流
$I_{2\text{end}}$	溫度相依最小充電電流/終止充電電流
$I_{\max}$	最大充電電流
I_{recov}	恢復充電電流
I_{ter}	終端充電電流
T_1	時間
T_2	時間
T_3	時間
V_1	電壓
V_2	電壓
V_{BATT}	電壓
$V_{\max}$	最大充電電壓
V_P	電壓平線區
V_{P1}	第一順序電壓平線區
V_{P2}	電壓平線區
V_{P3}	電壓平線區
V_{PP}	固有極化峰值之電壓
V_{PP1}	固有極化峰值之電壓
V_{PP2}	固有極化峰值之電壓
V_{recov}	恢復電壓

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：

100124999

※申請日：

100. 7. 14

※IPC 分類：

H02J 7/00
H01M 10/44

一、發明名稱：(中文/英文)

用於將電池組再充電之方法及裝置

METHOD AND APPARATUS FOR RECHARGING A BATTERY

二、中文發明摘要：

本發明提供一種用於將銀-鋅可再充電電池組充電之新穎方法及用於實踐該充電方法之裝置。該再充電裝置包括：再充電管理電路；及銀-鋅電池組、主機器件或包括該再充電管理電路之充電基底中之一或多者。該再充電管理電路提供用於調節銀-鋅電池組之再充電之構件，用於評估電池組功能的診斷，及防止由對不適用於該充電方法之材料組成的電池組(例如，非銀-鋅電池組)充電引起之對裝置之損壞的安全措施。

三、英文發明摘要：

The present invention provides a novel method for charging silver-zinc rechargeable batteries and an apparatus for practicing the charging method. The recharging apparatus includes recharging management circuitry; and one or more of a silver-zinc cell, a host device or a charging base that includes the recharging management circuitry. The recharging management circuitry provides means for regulating recharging of the silver-zinc cell, diagnostics for evaluating battery function, and safety measures that prevent damage to the apparatus caused by charging batteries composed of materials that are not suited for the charging method (e.g., non-silver-zinc batteries).

七、申請專利範圍：

1. 一種將具有多個電壓平線區之可再充電電池組充電之方法，其中該電池組具有小於其最高電壓平線區之電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

以第一充電電流 I_1 將該電池組充電，其中施加該第一充電電流 I_1 直至將該電池組充電至電壓 V_1 為止；及

當該電池組之該電壓為 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_1 ，

其中電壓 V_1 係小於與電壓平線區 V_P 相關聯之固有極化峰值的電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{Batt} ，且 V_1 大於該電壓平線區 V_P 。

2. 如請求項 1 之方法，其進一步包含：

以第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中在該第一充電電流 I_1 之後施加該第二充電電流 I_2 直至該電池組電壓到達電壓 V_2 為止，其中該電壓 V_2 大於 V_P 且小於 V_{PP} ；及

當該電池組之該電壓到達該電壓 V_2 時控制該第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_2 。

3. 如請求項 2 之方法，其中施加該第二充電電流 I_2 至少直至將該電池組充電至該電池組之額定容量之自約 80% 至約 150% 的 SOC 為止。

4. 如請求項 1 至 3 中任一項之方法，其中 I_1 實質上係恆定的直至將該電池組充電至電壓 V_1 為止。

5. 如請求項4之方法，其中 I_2 實質上係恆定的直至將該電池組充電至電壓 V_2 為止。
6. 如請求項1至3中任一項之方法，其中當該電池組的初始SOC小於其額定容量之40%時，該第一充電電流 I_1 係足以在約1分鐘至約300分鐘的時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。
7. 如請求項1至3中任一項之方法，其中當該電池組的初始SOC小於其額定容量之40%時，該第一充電電流 I_1 係足以在約5分鐘至約240分鐘的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。
8. 如請求項1至3中任一項之方法，其中當該電池組的初始SOC小於其額定容量之40%時，該第一充電電流 I_1 係足以在約10分鐘至約90分鐘的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。
9. 如請求項1至3中任一項之方法，其中當該電池組的初始SOC小於其額定容量之40%時，該第一充電電流 I_1 係足以在約75分鐘或更少的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。
10. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該第一充電電流 I_1 係足以在約240分鐘或更少時間內將該電池組自小於其額定容量之30%的SOC充電至其額定容量之自約30%至約40%的SOC。
11. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該第一充電電流 I_1 係足以在少於約240分鐘內將該電池組自小於其額定容

量之約30%的SOC充電至其額定容量之約40%的SOC。

12. 如請求項1至3中任一項之方法，其中當該電池組之該電壓為 V_1 時，控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1500秒之時段。

13. 如請求項2至3中任一項之方法，其進一步包含：

在以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒之時段後，終止該第一充電電流 I_1 ；及

當該第一充電電流 I_1 終止時施加該第二充電電流 I_2 。

14. 如請求項13之方法，其進一步包含：

當該電池組之該電壓到達電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_1 歷時自約5秒至約600秒之時段。

15. 如請求項5之方法，其中在將該電池組充電至 V_1 之電壓之前的該時段期間， I_1 係大於或等於 I_2 。

16. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 V_1 係大於或等於 V_2 。

17. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 V_{Batt} 係該電壓 V_1 之約50%至約87%。

18. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 為約5安培(Amp)或更小。

19. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 係自約100 mA至約5安培。

20. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 為約5安培或更小。
21. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 係自約100 mA至約5安培。
22. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該電池組具有自約1 Ah至約10 Ah之額定容量。
23. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 為約500 mA或更小。
24. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 係自約20 mA至約500 mA。
25. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 為約500 mA或更小。
26. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 係自約20 mA至約500 mA。
27. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該電池組具有自約200 mAh至約1 Ah之額定容量。
28. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 為約50 mA或更小。
29. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 係自約5 mA至約50 mA。
30. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 為約50 mA或更小。
31. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 係自約5 mA至約50 mA。

32. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該電池組具有自約50 mAh至約200 mAh之額定容量。
33. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 為約25 mA或更小。
34. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 係自約4 mA至約25 mA。
35. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 為約25 mA或更小。
36. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 係自約4 mA至約25 mA。
37. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該電池組具有自約4 mAh至約50 mAh之額定容量。
38. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 為約2 mA或更小。
39. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 係自約10 μ A至約2 mA。
40. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 為約2 mA或更小。
41. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 係自約10 μ A至約2 mA。
42. 如請求項2至3中任一項之方法，其中該電池組具有自約1 mAh至約4 mAh之額定容量。
43. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該電壓 V_2 係 V_1 之自約90%至約100%。

44. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 V_1 為約2.04 V或更小。
45. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 V_1 係自約1.96 V至約2.04 V。
46. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 V_2 為約2.03 V或更小。
47. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 V_2 係自約1.93 V至約2.03 V。
48. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該方法不包括計數庫倫。
49. 如請求項1至3中任一項之方法，其進一步包含若在將該電池組充電至 V_2 之電壓之後 V_{Batt} 低於 V_P 歷時多於1秒的時段，則產生指示該電池組中之軟短路的電信號。
50. 如請求項1至3中任一項之方法，其進一步包含：以診斷充電電流 I_{Diag} 將該電池組充電歷時少於約30秒之時段，偵測該電池組之該電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約1.65 V或更小則終止該電池組的充電。
51. 如請求項50之方法，其中 I_{Diag} 係大於或等於 I_1 。
52. 如請求項51之方法，其中 I_{Diag} 比 I_1 大約5%至約200%。
53. 如請求項52之方法，其中 I_{Diag} 比 I_1 大自約30%至約100%。
54. 如請求項51之方法，其中 I_{Diag} 約等於 I_1 。
55. 如請求項1至3中任一項之方法，其進一步包含：以比 I_1 高約10%至約200%之診斷充電電流 I_{Diag} 將該電池組充電

歷時少於約10秒之時段，偵測該電池組之該電壓 V_{Batt} ，
及若 V_{Batt} 為約1.60 V或更小則終止該電池組的充電。

56. 如請求項1至3中任一項之方法，其進一步包含：以比 I_1 高約30%至約100%之診斷充電電流 I_{Diag} 將該電池組充電歷時少於約5秒之時段，偵測該電池組之該電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約1.55 V或更小則終止該電池組的充電。
57. 一種偵測可再充電銀-鋅電池組之方法，其包含：以約10 mA或更小之電流將該電池組充電歷時約7秒或更少的時段，偵測該電池組之電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約1.65 V或更小則產生一電信號。
58. 如請求項57之方法，其中該電信號啟動音訊警報或視覺警報。
59. 一種偵測可再充電銀-鋅電池組之方法，其包含：將該電池組充電以使得該電池組之SOC增加約0.02%，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之該電壓為約1.65 V或更小則產生一電信號。
60. 一種將具有多個電壓平線區之可再充電電池組充電的方法，其中該電池組具有小於第一順序電壓平線區 V_{P1} 之電壓之約80%的電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

在充電電池組之該電壓到達大於 V_{Batt} 之該第一順序電壓平線區 V_{P1} 之後，以實質上為恆定的恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時不超過約120分鐘之時段；

以第一充電電流 I_1 將該電池組充電，其中該第一充電電流 I_1 實質上係恆定的直至將該電池組充電至電壓 V_1 為

止；及

當該電池組之該電壓到達該電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_1 歷時約 6 秒至約 900 秒之時段，

其中電壓 V_1 係小於針對電壓平線區 V_P 之固有極化峰值的電壓 V_{PP} ， V_P 係高於 V_{P1} ，且 V_1 係大於該電壓平線區 V_P 。

61. 如請求項 60 之方法，其中 I_{recov} 係 I_1 之自約 5% 至約 90%。
62. 如請求項 61 之方法，其進一步包含在充電電池組之該電壓到達大於 V_{Batt} 之該第一順序電壓平線區 V_{P1} 之後，以實質上為恆定的恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時不超過約 30 分鐘之時段。
63. 如請求項 62 之方法，其進一步包含若在以 I_{recov} 充電歷時自約 1 小時至 2 小時之時段之後，該電池組之該電壓 V_{Batt} 未能到達大於 V_{Batt} 的該第一順序電壓平線區 V_{P1} ，則產生一電信號。
64. 如請求項 62 之方法，其進一步包含根據請求項 2 至 53 中任一項將該電池組充電。
65. 如請求項 1 至 3、57 至 64 中任一項之方法，其中該可再充電電池組包含鈕扣電池、硬幣電池、圓柱電池或稜柱電池。
66. 如請求項 2、3、57 至 64 中任一項之方法，其進一步包含：

當該第二充電電流 I_2 終止時產生一電信號。

67. 如請求項66之方法，其進一步包含：

當該第二充電電流 I_2 終止時啟動一視覺信號、啟動一音訊信號、啟動一振動信號，或其任何組合。

68. 一種將具有多個電壓平線區及大於其額定容量之50%之初始SOC的可再充電電池組充電的方法，其中該電池組具有小於或等於其最高電壓平線區之電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

以實質上恆定之充電電流 I_2 將該電池組充電直至將該電池組充電至電壓 V_2 為止；及

以受控制之充電電流 I_{ter} 將該電池組充電，以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_2 ，

其中電壓 V_2 係大於電壓平線區 V_P 之該電壓且小於固有極化峰值之電壓 V_{PP} 。

69. 如請求項68之方法，其進一步包含：

當 I_{ter} 為 I_2 之約95%或更少時，終止該充電電流 I_{ter} 。

70. 如請求項69之方法，其進一步包含：

當 I_{ter} 為 I_2 之約75%或更少時，終止該充電電流 I_{ter} 。

71. 如請求項68之方法，其中 V_2 為約2.0 V或更小。

72. 如請求項71之方法，其中 I_2 為約6 mA。

73. 如請求項72之方法，其中 I_{ter} 為約4.5 mA。

74. 一種將具有多個電壓平線區之可再充電電池組充電的方法，其包含：

以調變充電電流 I_1 將該電池組充電，其中該充電電流 I_1 經調變以使得將該電池組之該電壓限制於 V_1 ，且該充

電電流具有最大安培數 $I_{1\max}$ ；

自充電開始之後約 50 至約 70 秒計時時間；

當計時時間時，量測充電電流 I_1 之最低安培數 $I_{1\text{low}}$ ；及

若當計時時間時 I_1 之該安培數為 $I_{1\max}$ 歷時連續 2 秒的時段，則當 I_1 之該安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_1 ，其中 $I_{1\text{end}}$ 係當將該電池組充電至約 100% 之 SOC 時，維持該電池組中 V_1 的電壓所需的溫度相依性最小充電電流；或

若在計時 20 分鐘之後 $I_{1\text{low}}$ 小於充電電流 I_1 之該安培數，則一旦將該電池組充電至約 50% 之 SOC 便遏止充電電流 I_1 ，其中該電池組之該 SOC 係藉由在計時時間之同時積分該充電電流來判定；或

若在計時 20 分鐘之後 $I_{1\text{low}}$ 大於或等於 I_1 之該安培數，則當 I_1 之該安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_1 ；或

當 I_1 之該安培數在 $I_{1\min}$ 1.0 V 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_1 ，

其中 V_1 為該電池組之額定最大電壓的至少 95%，該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等充電電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

75. 如請求項 74 之方法，其中 V_1 為 2.03 V 或 2.0 V。

76. 如請求項 74 之方法，其中該充電電流具有約 6 mA 或更小之最大安培數 $I_{1\max}$ 。

77. 如請求項 76 之方法，其中該充電電流具有約 5.5 mA 或更

小之最大安培數 $I_{1\max}$ 。

78. 如請求項 74 之方法，其中自充電開始之後約 60 秒計時時間。

79. 如請求項 74 至 78 中任一項之方法，其進一步包含量測該溫度，其中該溫度量測準確性具有 $\pm 2^\circ\text{C}$ 之偏差。

80. 如請求項 74 至 78 中任一項之方法，其進一步包含：

以第二調變充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該第二充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之該電壓限制於 $V_{\max}$ ，且將該充電電流安培數限制於最大安培數 $I_{1\max}$ ；

當該電池組之該電壓為 $V_{\max}$ 之約至少 95% 時計時時間；及

以充電電流 I_2 連續將該電池組充電直至計時 20 分鐘為止。

81. 一種將具有約 2.0 V 之額定電壓之可再充電銀-鋅電池組充電的方法，其包含：

以調變充電電流 I_1 將該電池組充電，其中該充電電流 I_1 經調變以使得將該電池組之該電壓限制於 2.03 V 或更小，且該充電電流具有 6.0 mA 之最大安培數 $I_{1\max}$ ；

在充電開始之後 60 秒計時時間；

當計時時間時量測充電電流 I_1 之該最低安培數 $I_{1\text{low}}$ ；及

若當計時時間時 I_1 之該安培數為 $I_{1\max}$ 歷時連續 2 秒的時段，則當 I_1 之該安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_1 ，其中 $I_{1\text{end}}$ 係當將該電池組充電至約 100% 之 SOC 時維持該電池組中自 1.95 V 至 2.03 V 的電壓

所需的溫度相依性最小充電電流；或

若在計時20分鐘之後 I_{low} 小於充電電流 I_1 之該安培數，則一旦將該電池組充電至約50%之SOC便遏止充電電流 I_1 ，其中該電池組之該SOC係藉由在計時時間之同時積分該充電電流來判定；或

若在計時20分鐘之後 I_{low} 大於或等於 I_1 之該安培數，則當 I_1 之該安培數在 I_{end} 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_1 ；或

當 I_1 之該安培數在 I_{min} 1.0 V以下歷時約5分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_1 ；及

其中該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等充電電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

82. 如請求項81之方法，其進一步包含量測該溫度，其中該溫度量測準確性具有 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之偏差。

83. 如請求項82之方法，其進一步包含：

以第二調變充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該第二充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之該電壓限制於2.03 V或更小，且將該充電電流安培數限制於6.0 mA或更小之最大安培數 I_{max} ；

當該電池組之該電壓為1.9 V時計時時間；及

以充電電流 I_2 連續將該電池組充電直至計時20分鐘為止。

84. 一種將具有小於1.65 V之OCV之可再充電2.0 V銀-鋅電池組充電的方法，其包含：

以具有 10 mA 或更小之安培數的第一充電電流 I_1 將該電池組充電；

一旦將該電池組充電至 1.90 V 之電壓便計時時間；

調變該第一充電電流以使得將該電池組之該電壓限制於 2.03 V 或更小，且該第一充電電流具有 6.0 mA 或更小之最大安培數 I_{1max} ；

以該第一充電電流連續將該電池組充電直至計時 20 分鐘為止；及

當該調變第一充電電流之該安培數小於終止電流 I_{lend} 之該安培數歷時 60 秒之連續時段時，遏止該調變第一充電電流，其中

$$I_{lend} = I_{Chg} + I_{Temp},$$

其中 I_{Chg} 為充電補償電流， I_{Temp} 為溫度補償電流，且

$$I_{Chg} = (T_2 \times I_{max}) / T_{Chg},$$

其中 T_2 為以該第一調變充電電流將該電池組充電至約 2.0 V 之電壓所需的時間，且 T_{Chg} 為電池組時間常數；

以第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之該電壓限制於 2.0 V 或更小，且該第二充電電流具有 5.0 mA 之最大安培數 I_{2max} ；

在以第二充電電流 I_2 充電開始之後 60 秒計時時間；

當計時時間時量測充電電流 I_2 之最低安培數 I_{2low} ；及

若當計時時間時 I_2 之該安培數為 I_{2max} 歷時連續 2 秒的時段，則當 I_2 之該安培數在 I_{2end} 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_2 ，其中 I_{2end} 係當將該電池組充電至約

100%之SOC時維持該電池組中2.0 V的電壓所需的溫度相依性最小充電電流；或

若在計時20分鐘之後 I_{2low} 小於充電電流 I_2 之該安培數，則一旦將該電池組充電至約50%之SOC便遏止充電電流 I_2 ，其中該電池組之該SOC係藉由在計時時間之同時積分該充電電流來判定；或

若在計時20分鐘之後 I_{2low} 大於或等於 I_2 之該安培數，則當 I_2 之該安培數在 I_{2end} 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_2 ；或

當 I_2 之該安培數在1.0 V以下歷時約5分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_2 ；及

其中該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

85. 如請求項84之方法，其進一步包含量測溫度，其中該溫度量測準確性具有 $\pm 2^\circ\text{C}$ 之偏差。

86. 如請求項84或85之方法，其中在充電之前該電池組之該電壓係大於1.25 V。

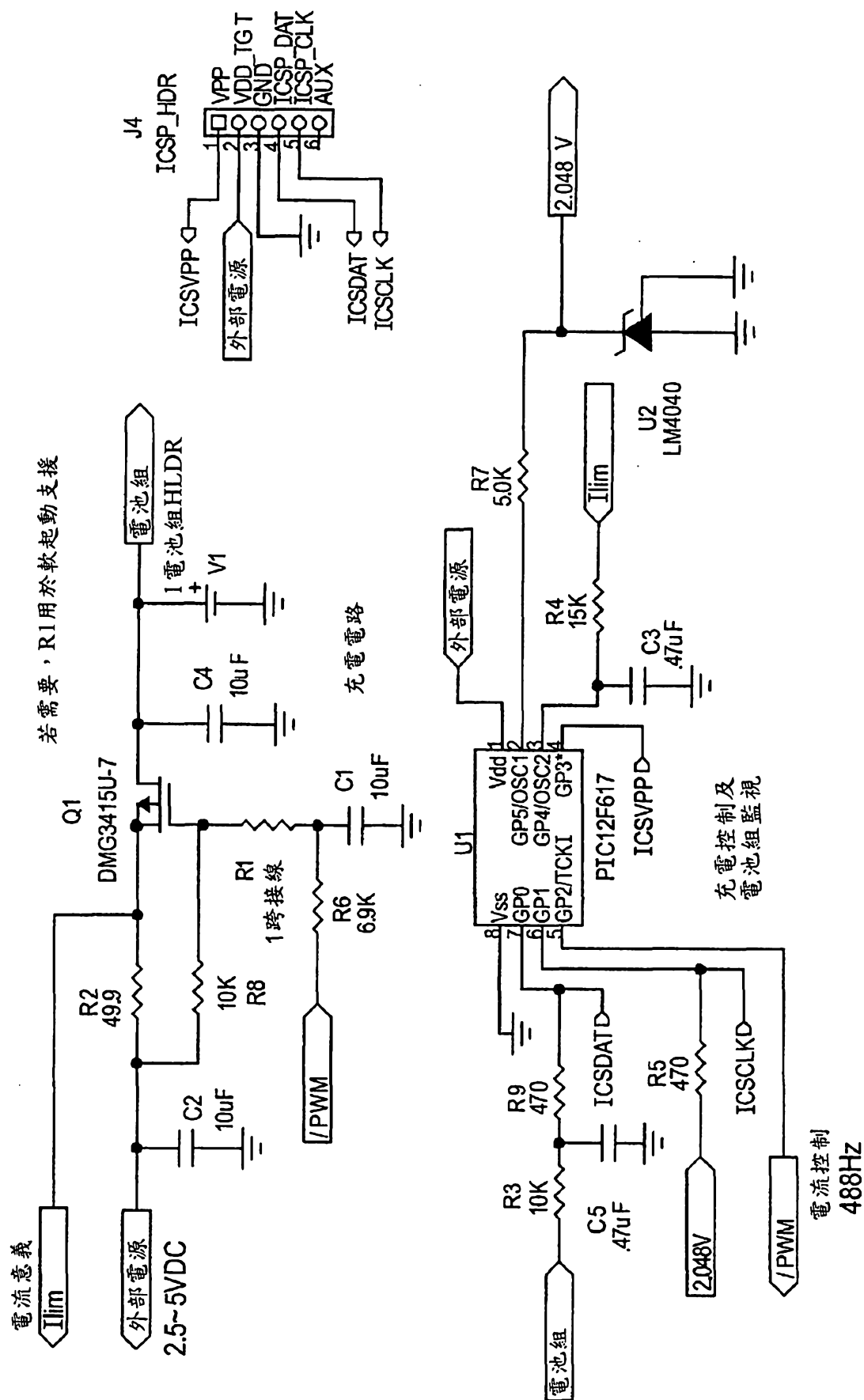
87. 如請求項84或85之方法，其中在充電之前該電池組之該電壓係小於1.25 V。

88. 如請求項87之方法，其進一步包含：

以1.0 mA之恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時至少30分鐘的時段；及

當將該電池組充電至1.60 V之電壓時遏止該恢復充電電流 I_{recov} 。

八、圖式：



一

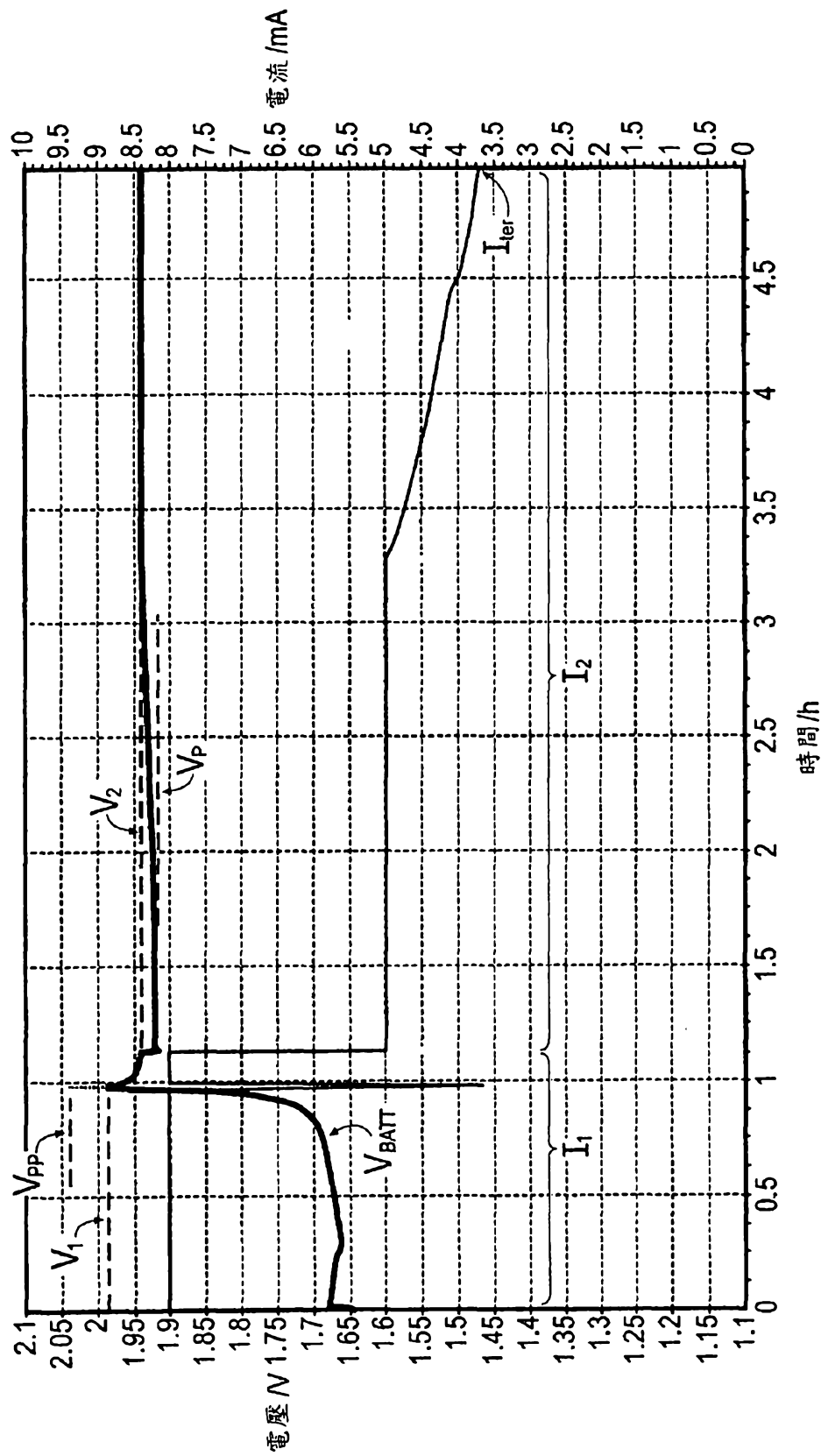


圖2



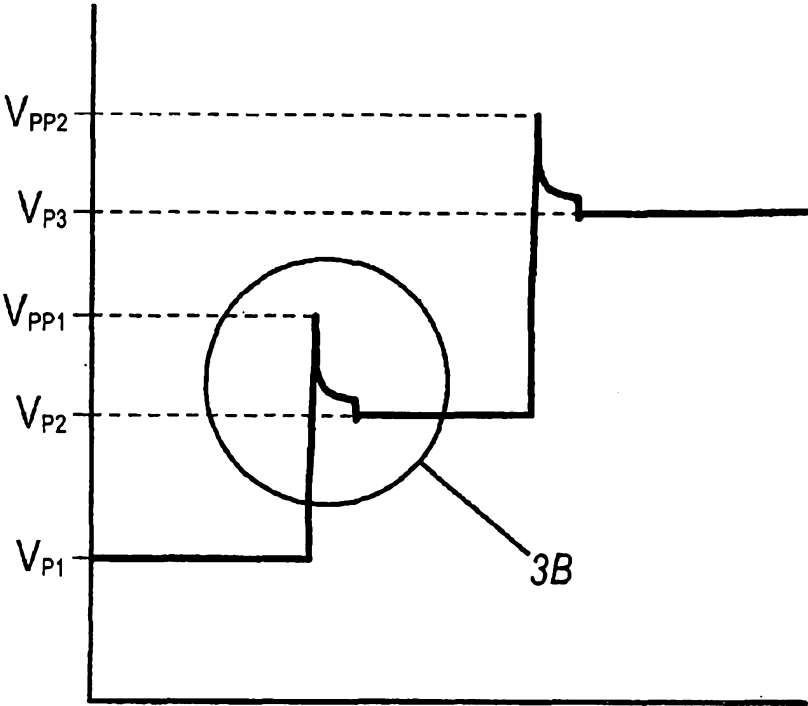


圖 3A

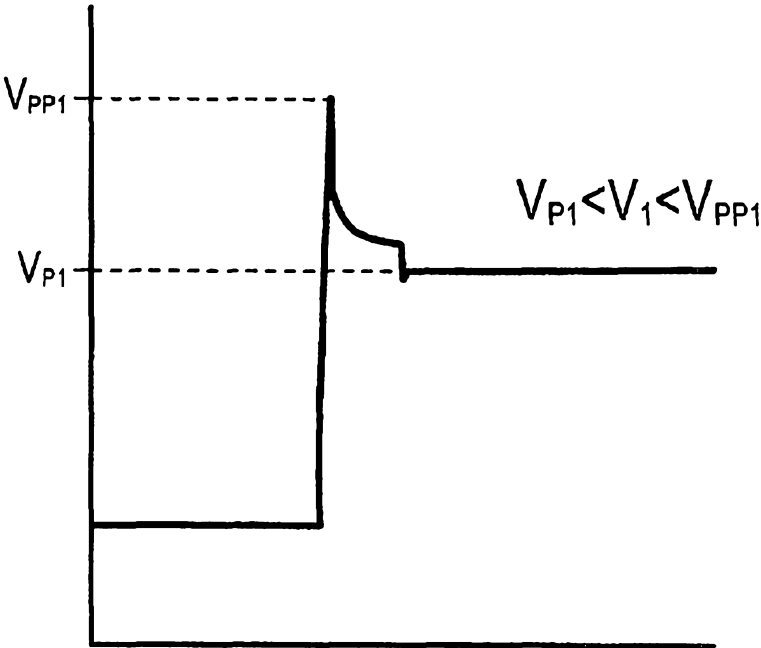


圖 3B

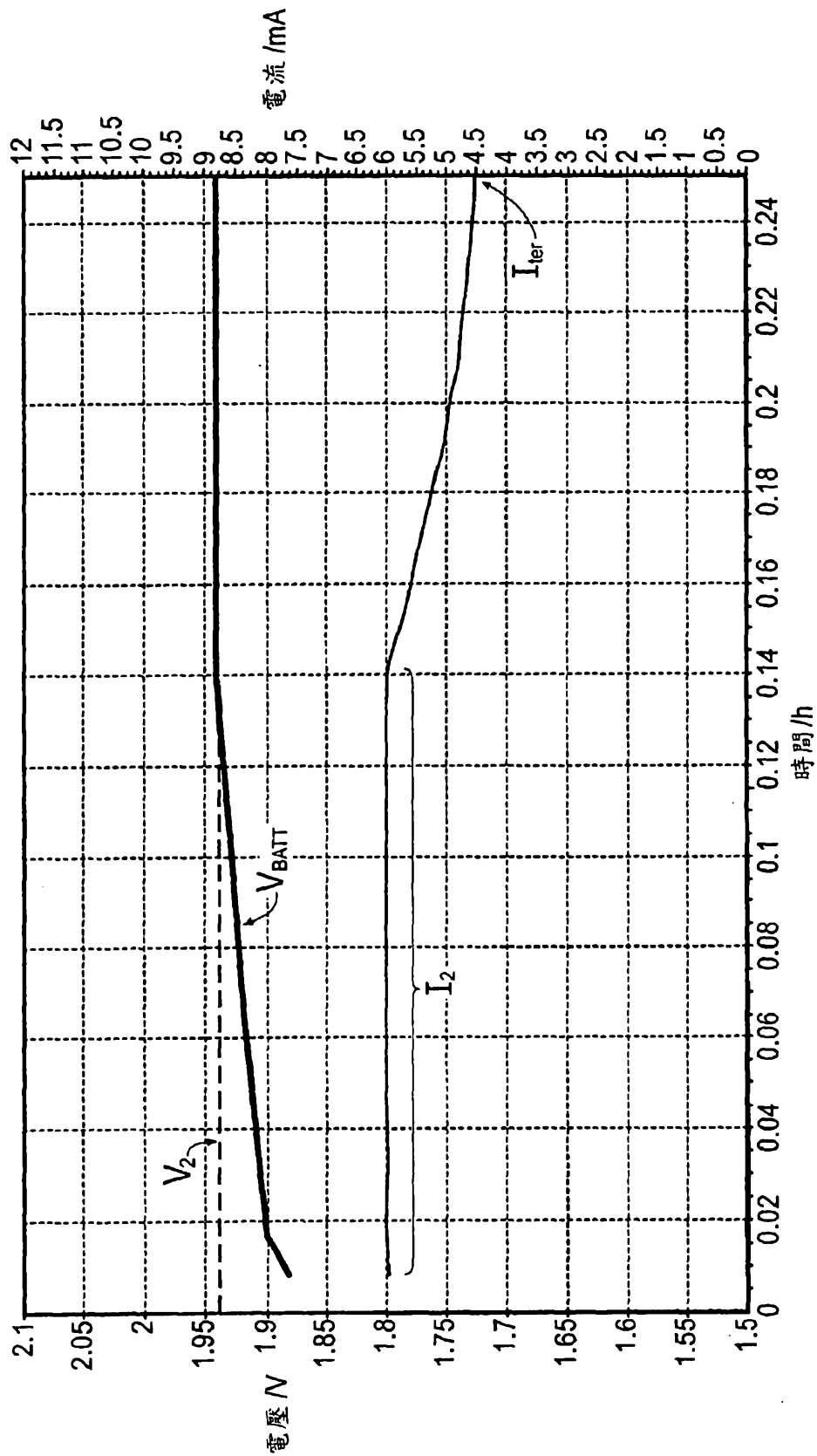


圖 4

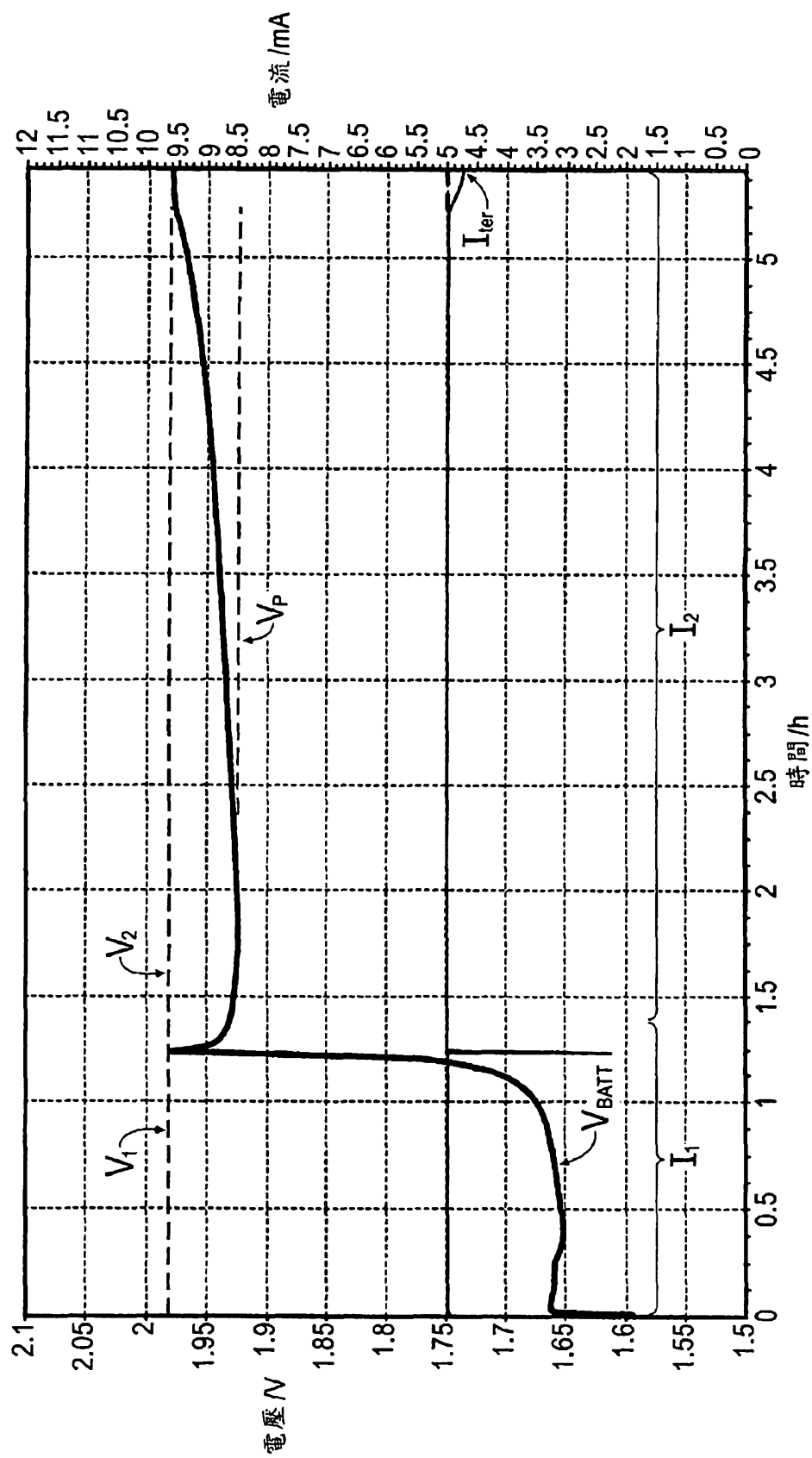


圖5

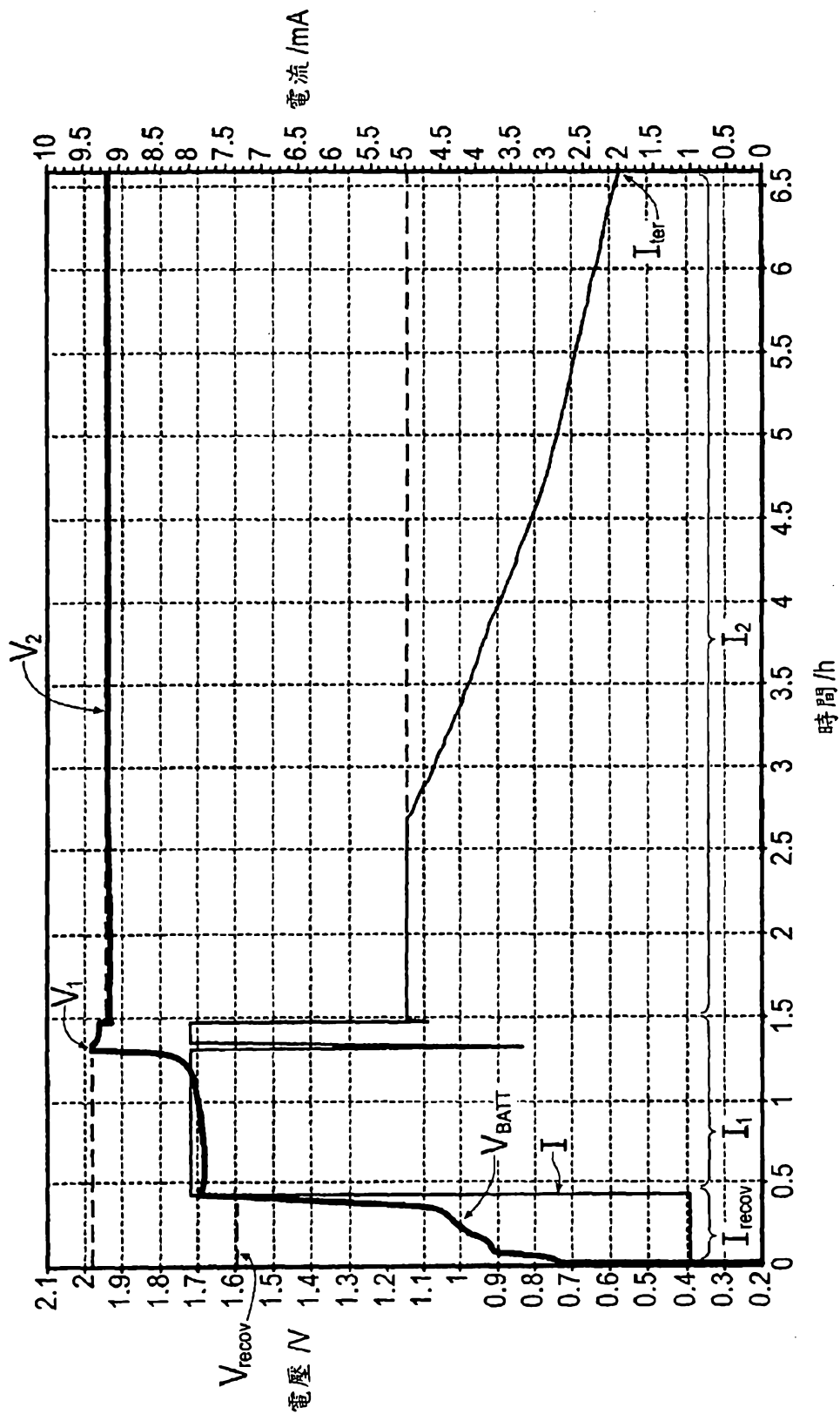


圖6

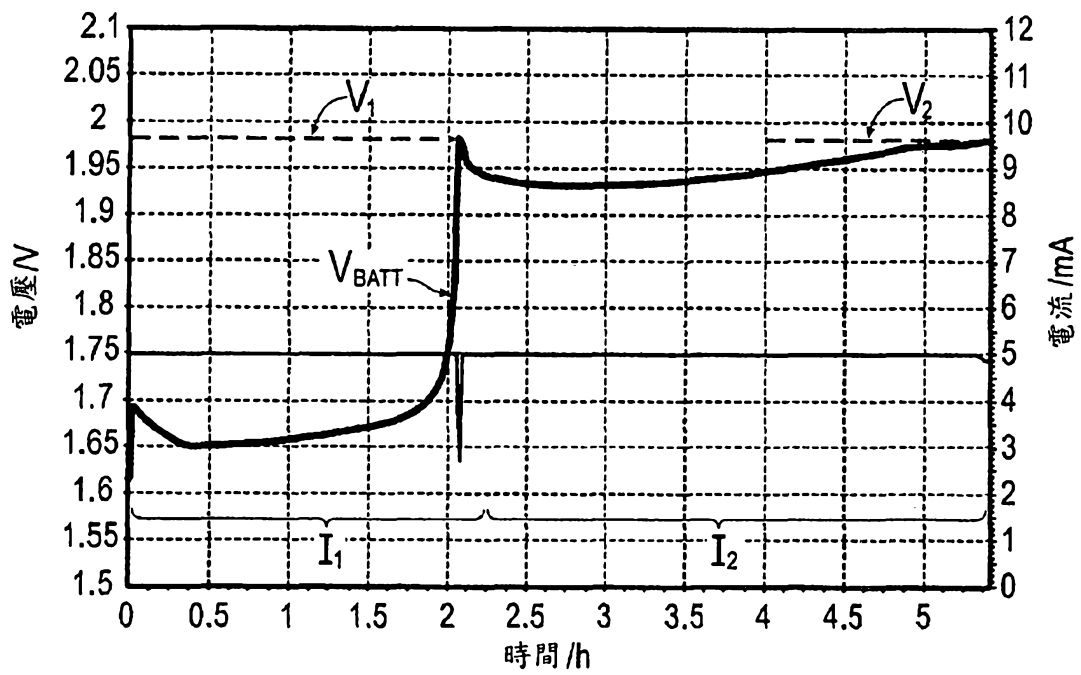


圖 7A

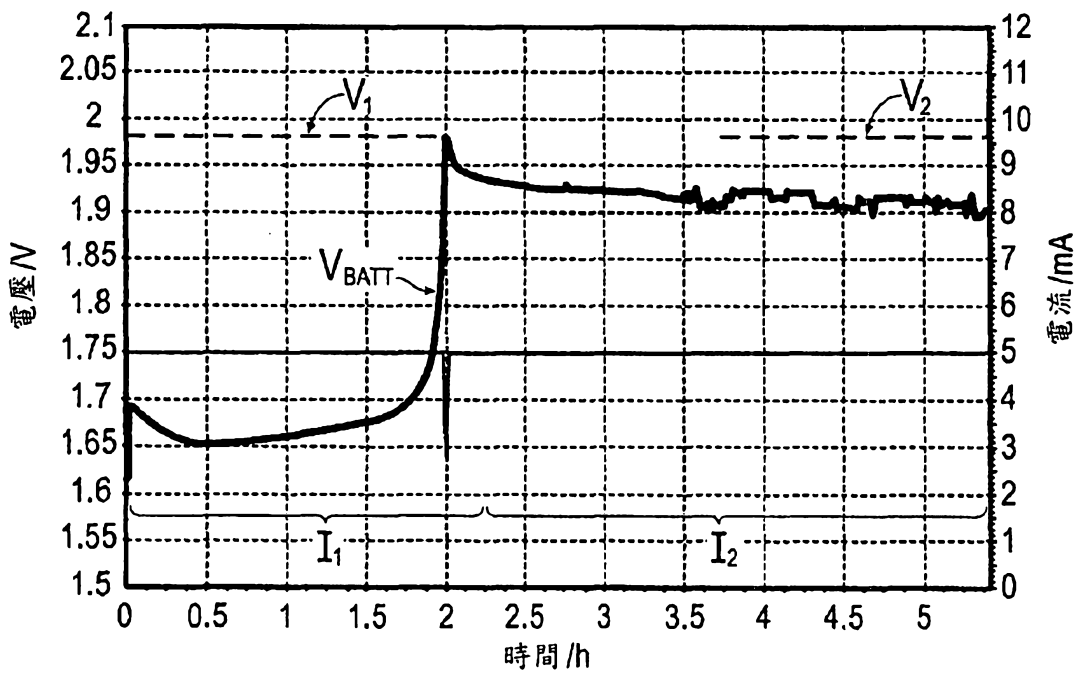


圖 7B

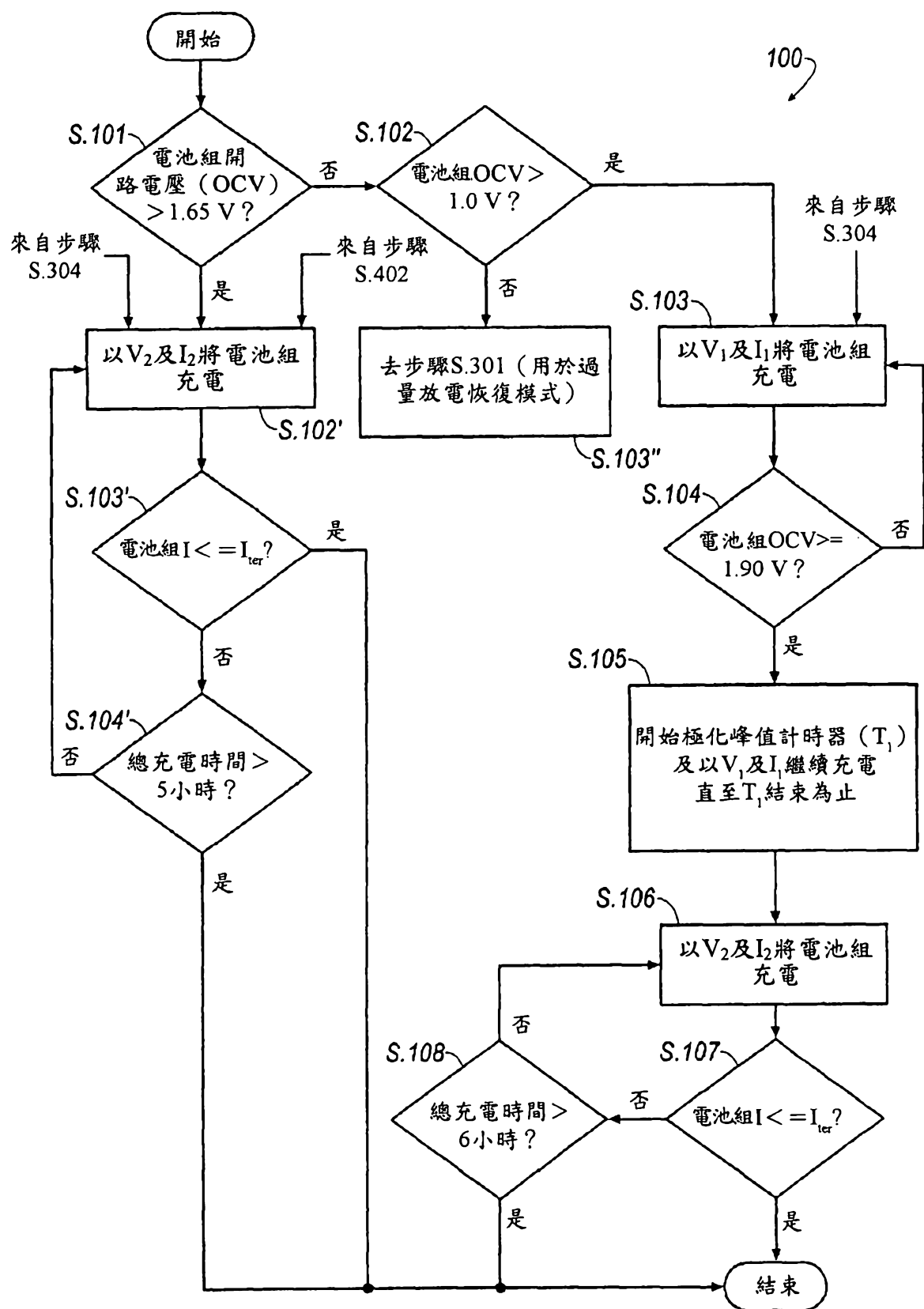


圖 8A

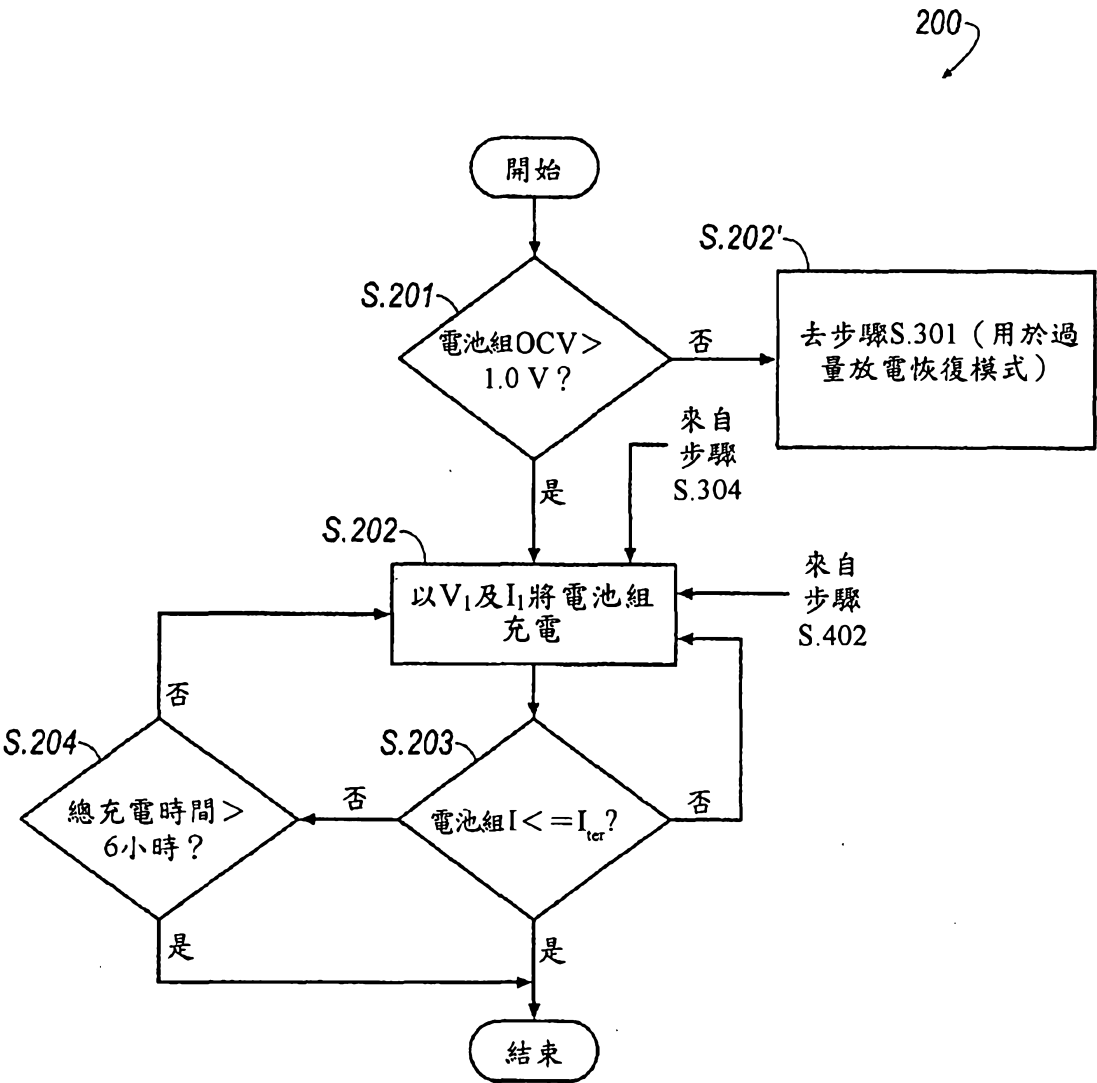


圖 8B

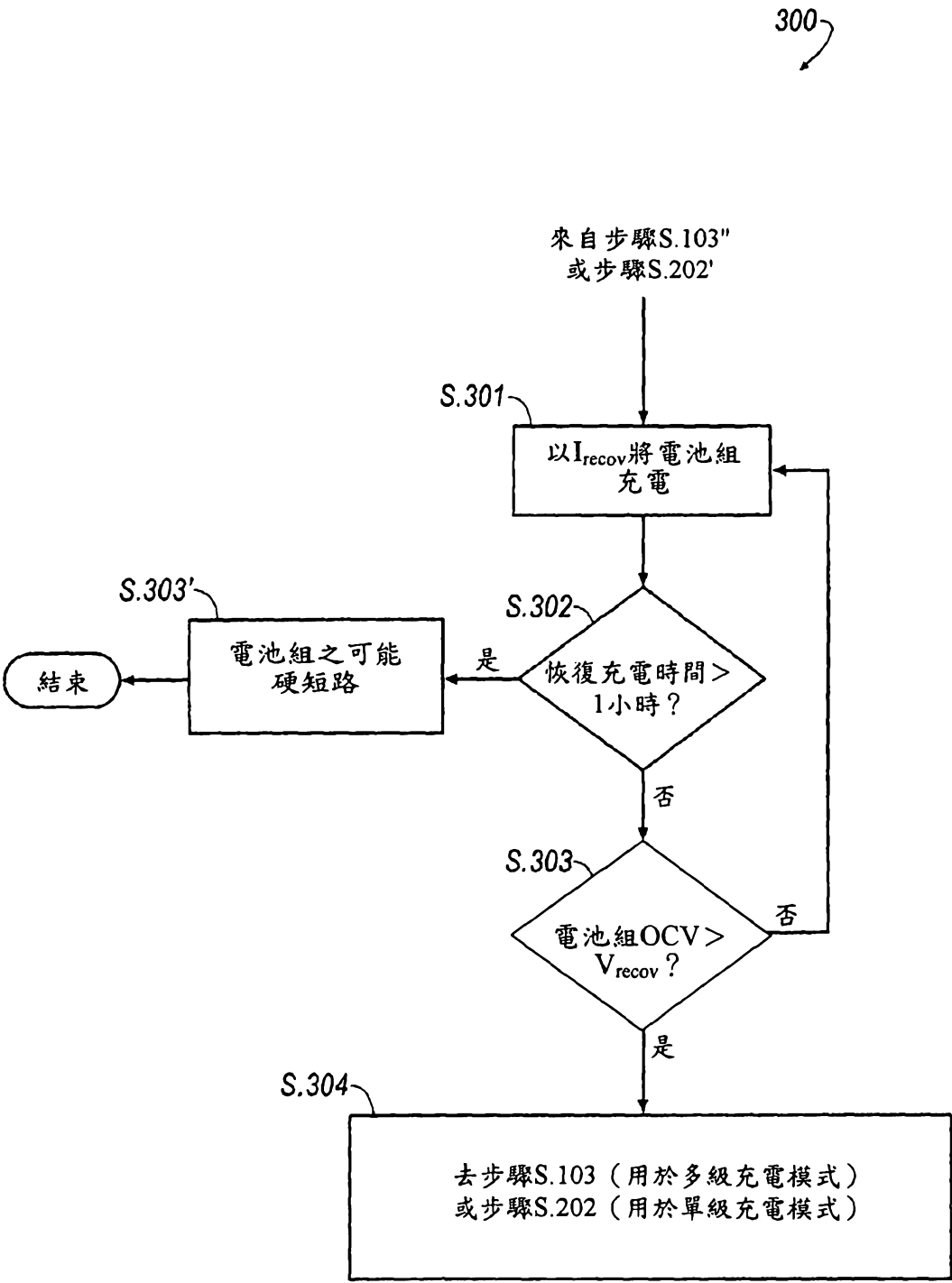
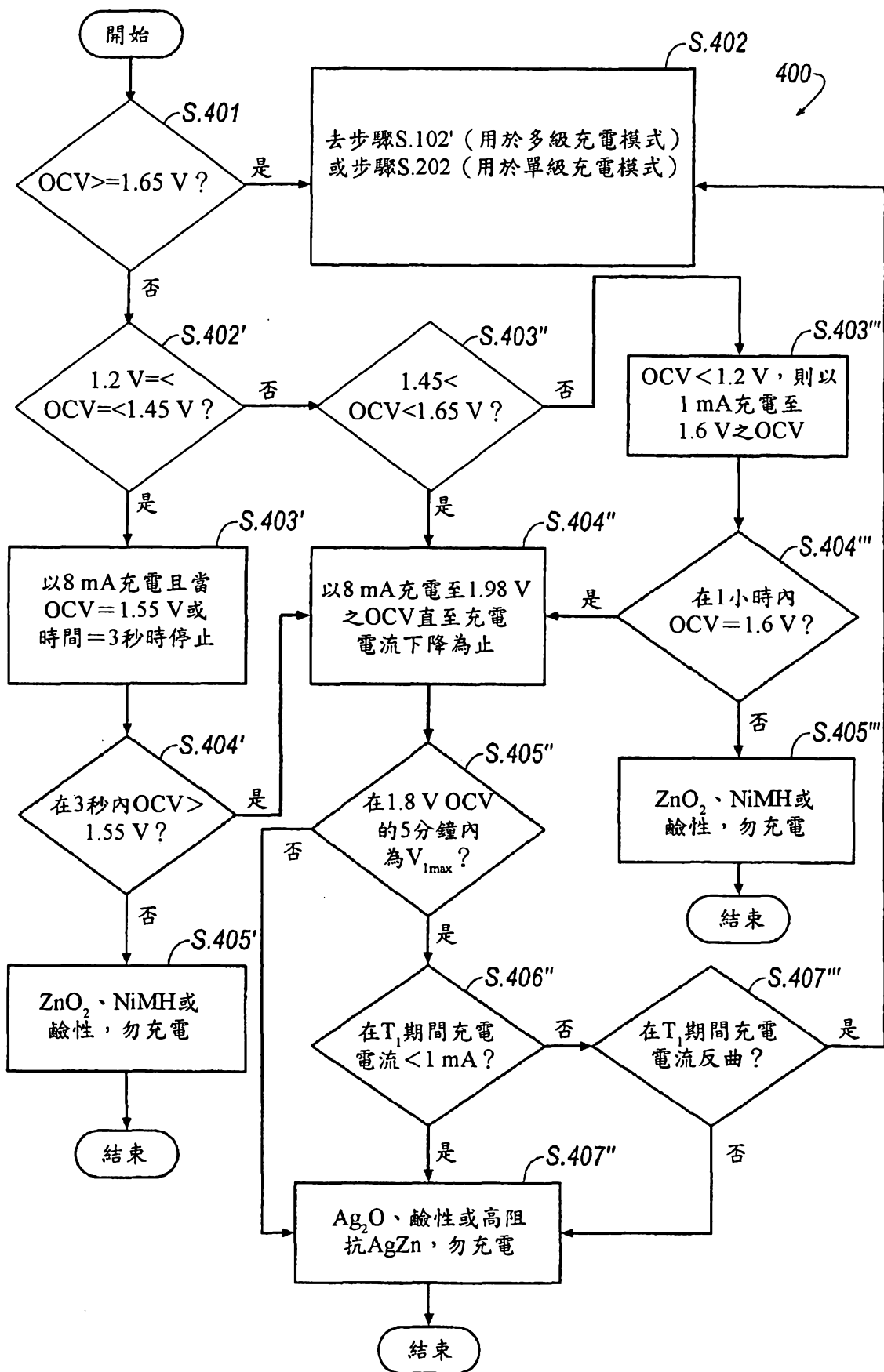


圖8C



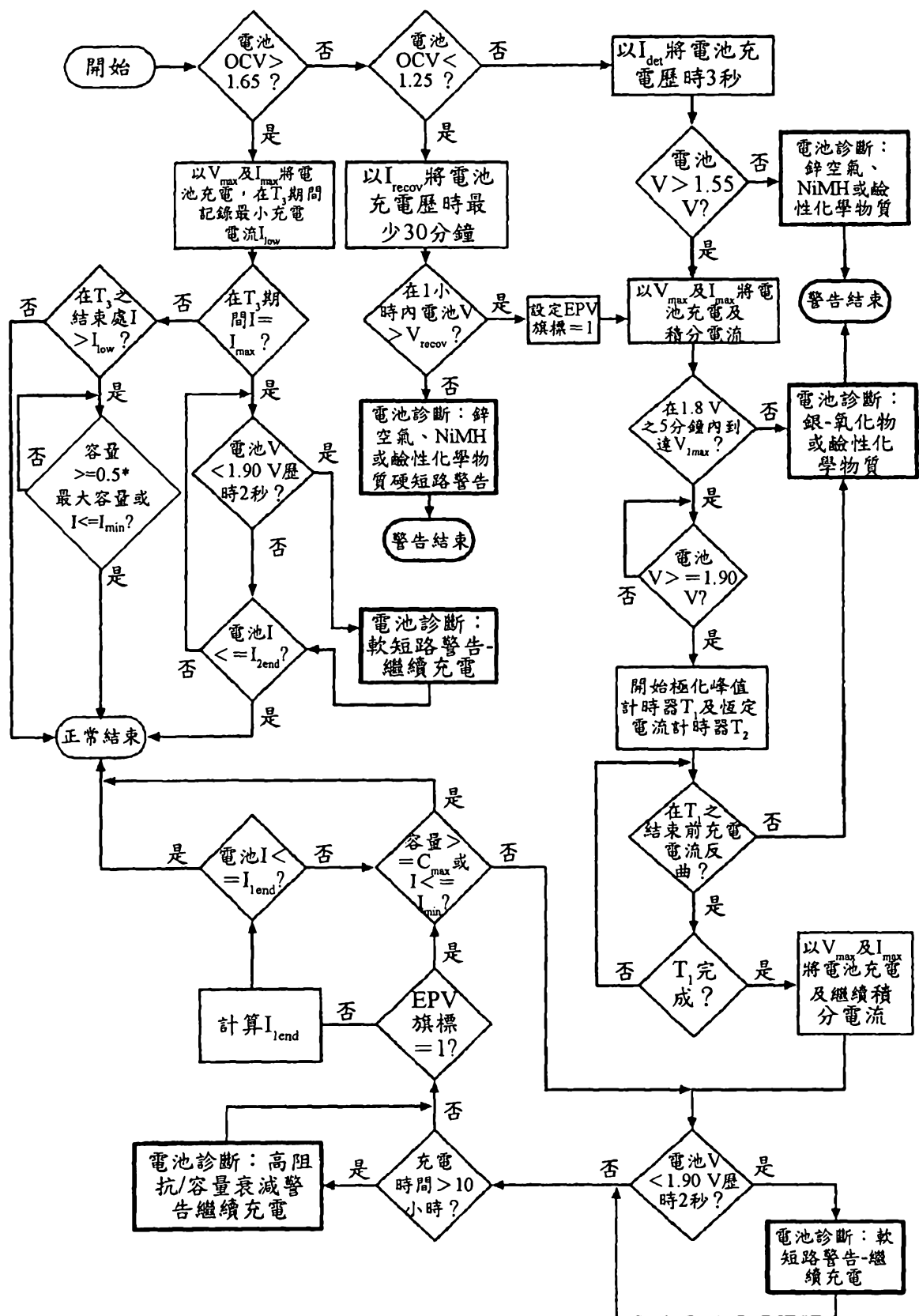
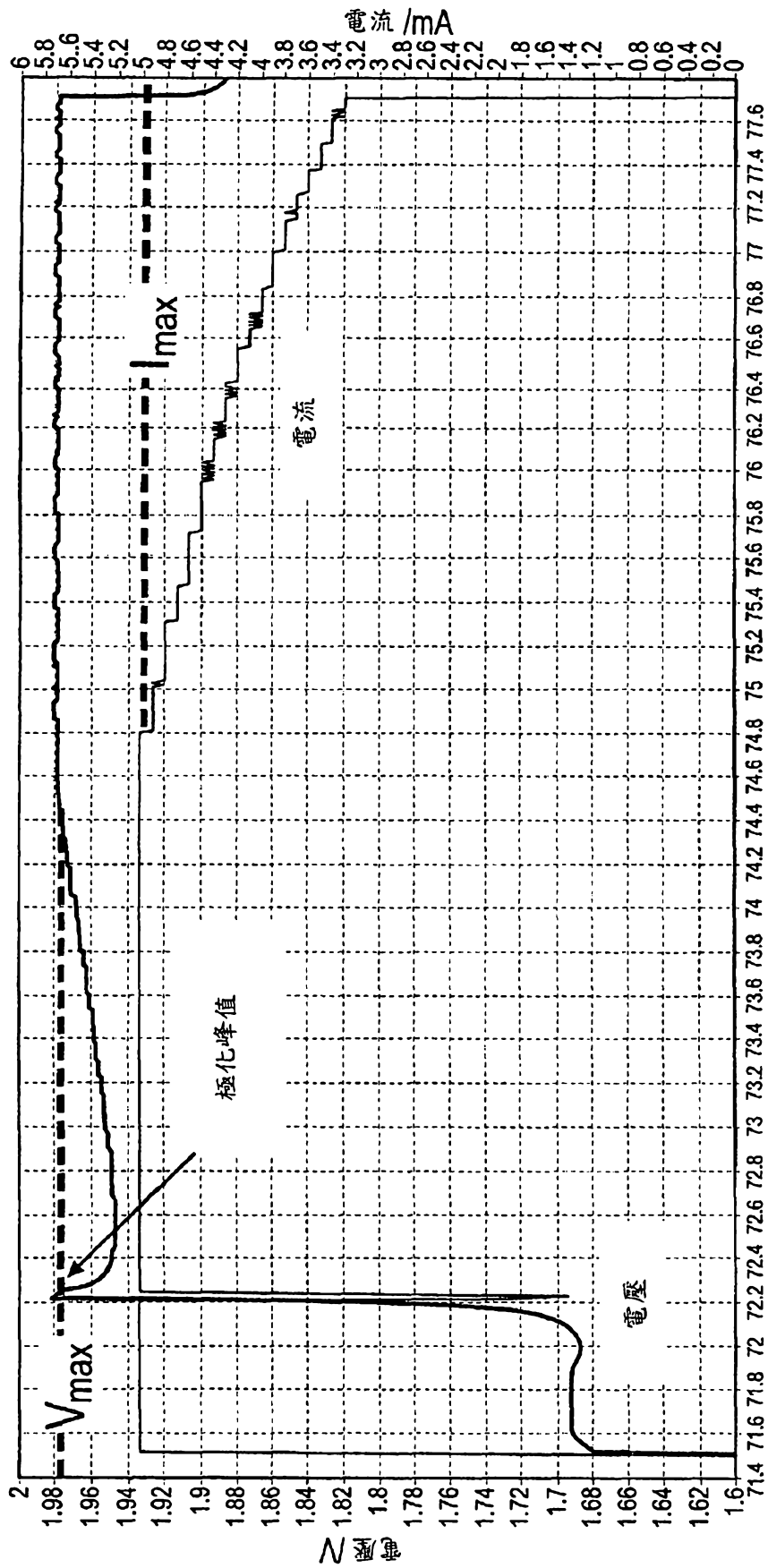


圖 9



時間/h

圖10

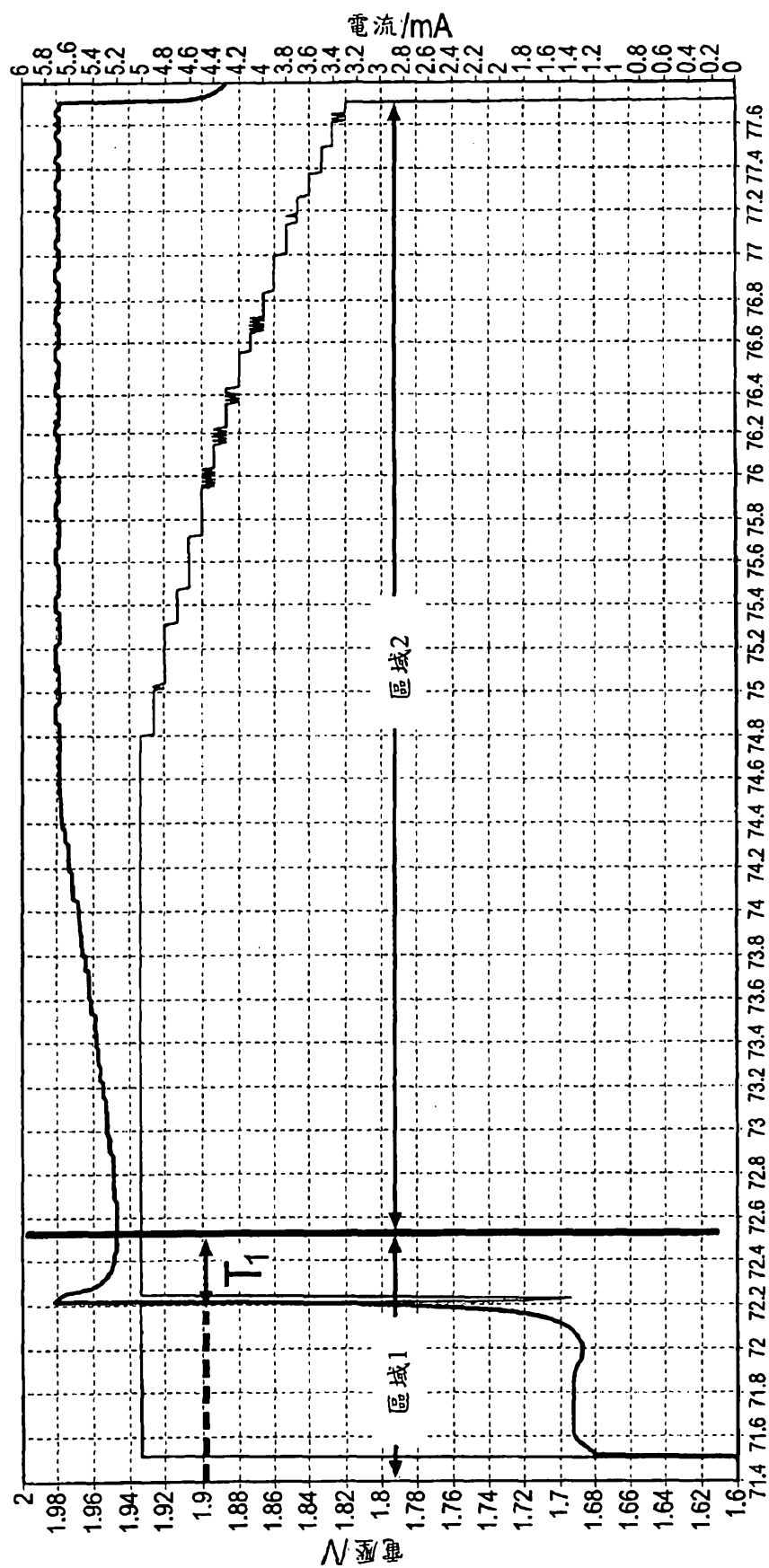
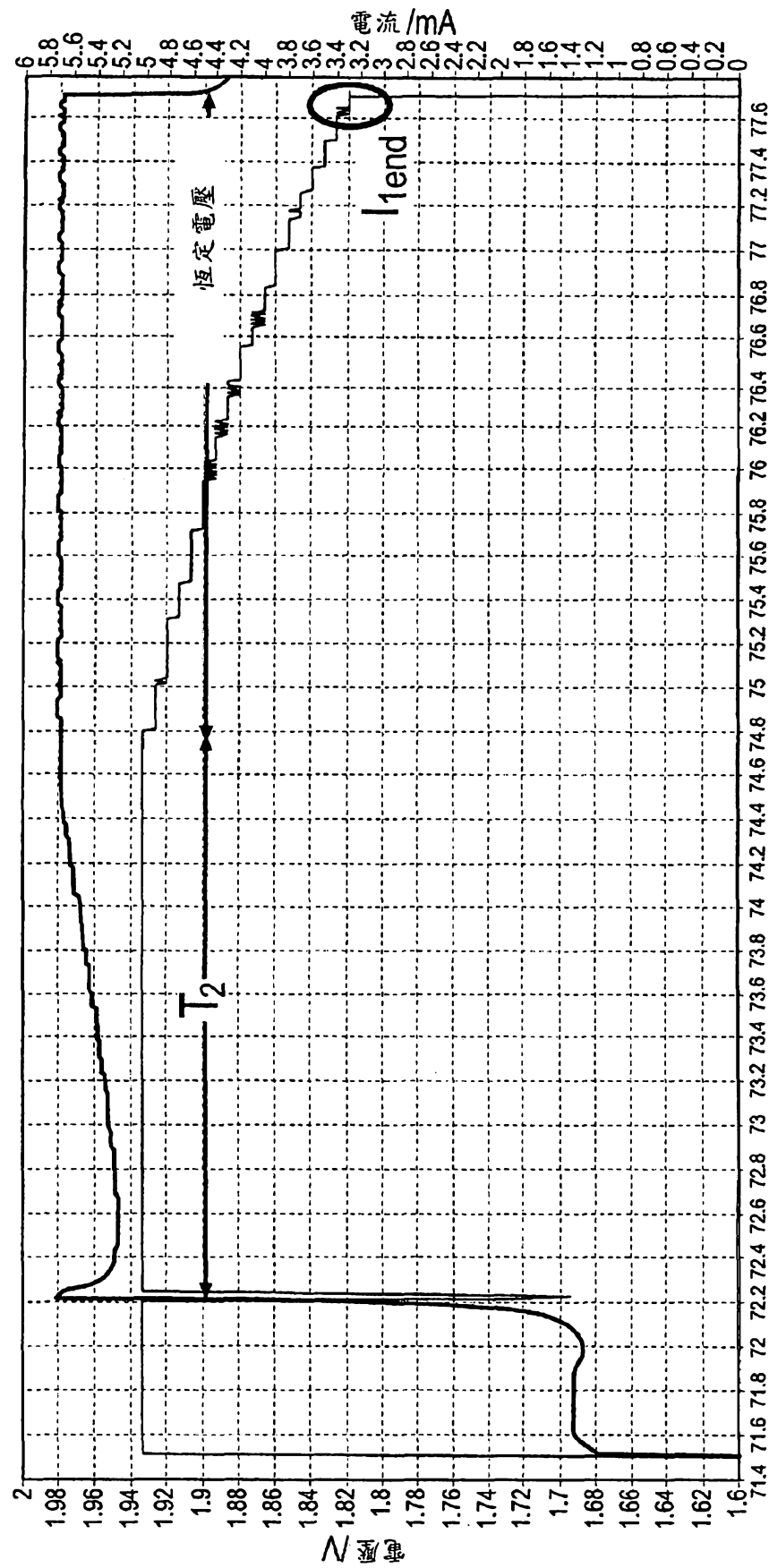
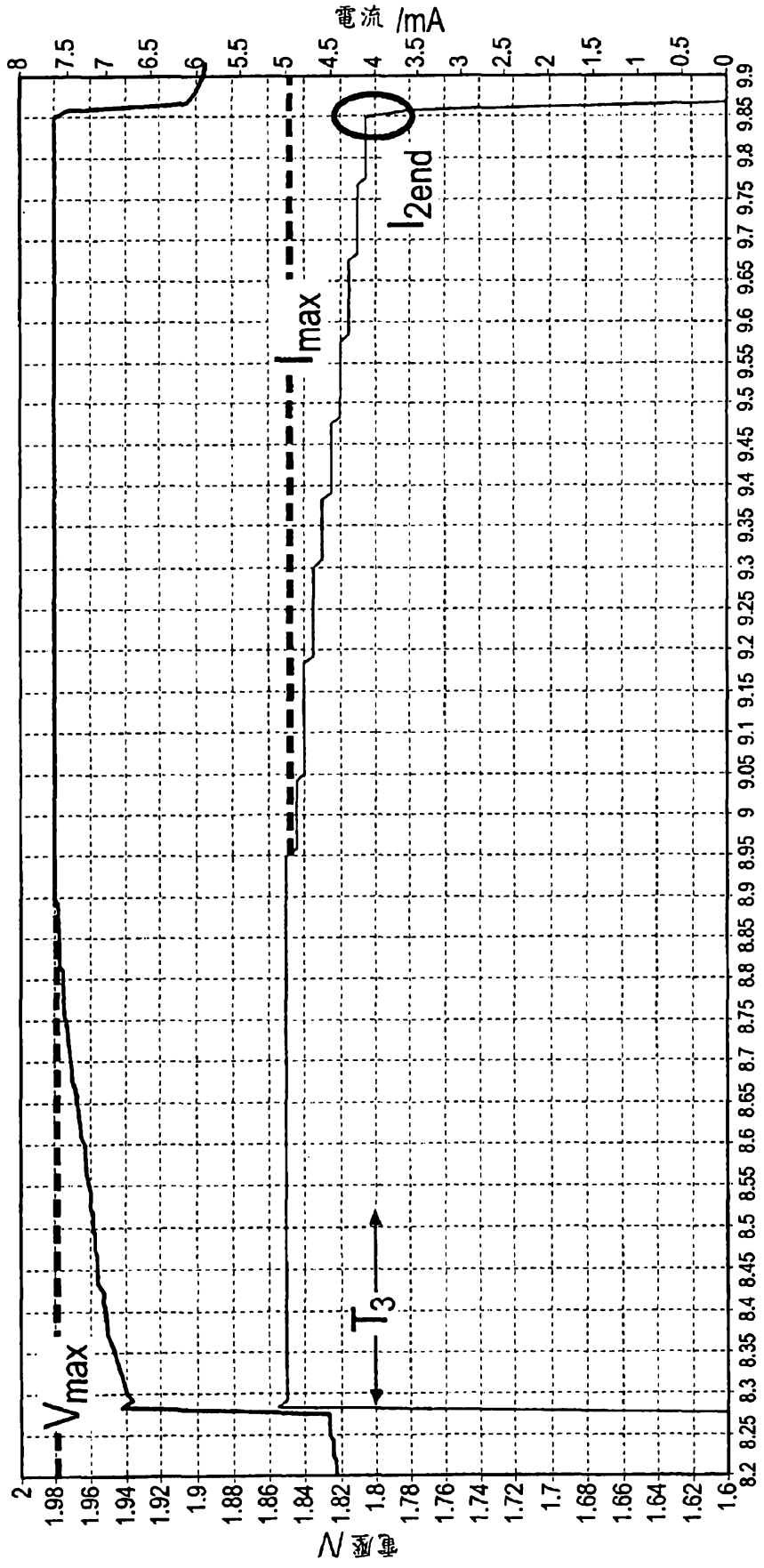


圖 11



時間/h
圖12



時間/h
圖13

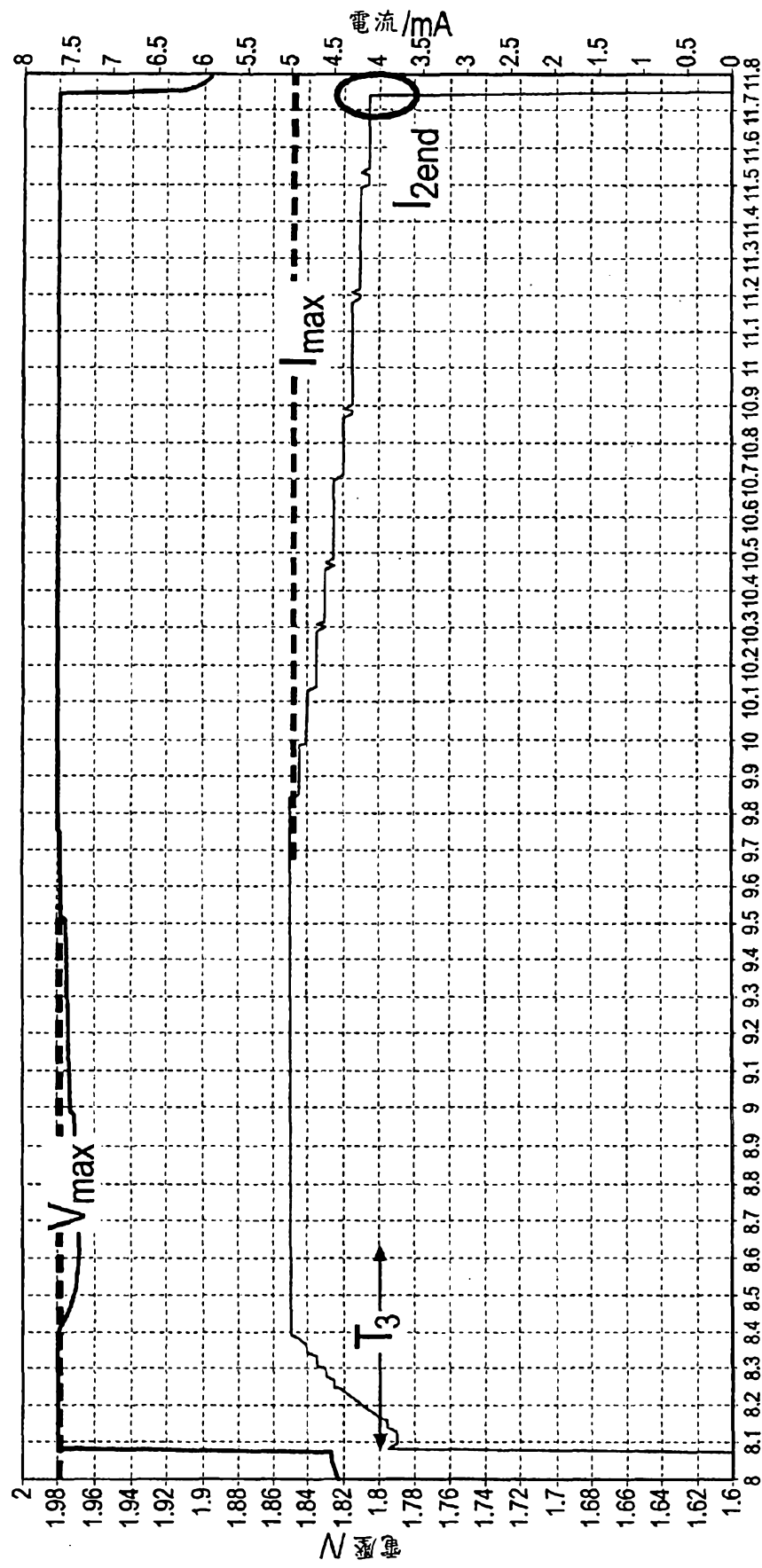


圖14

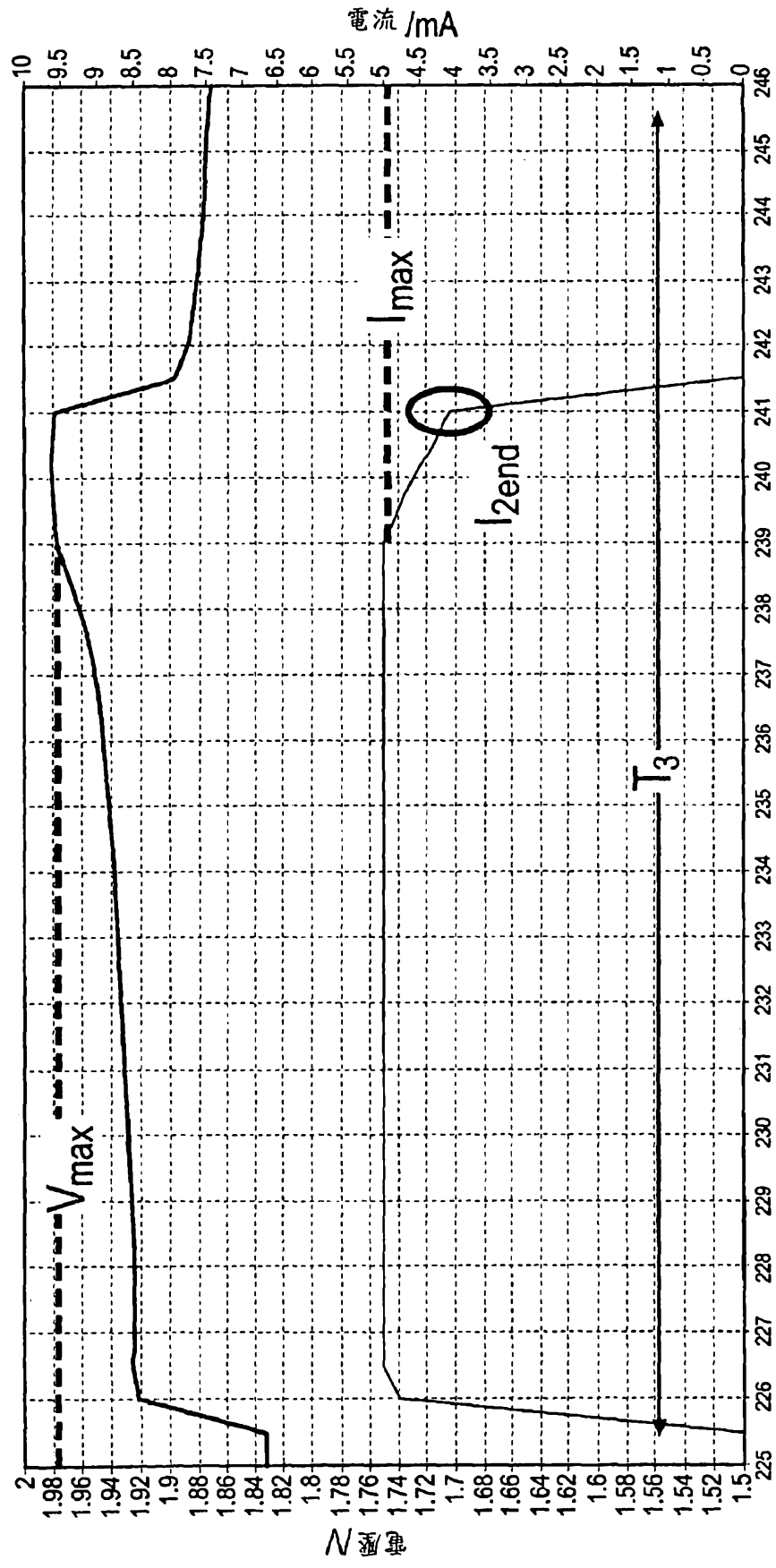
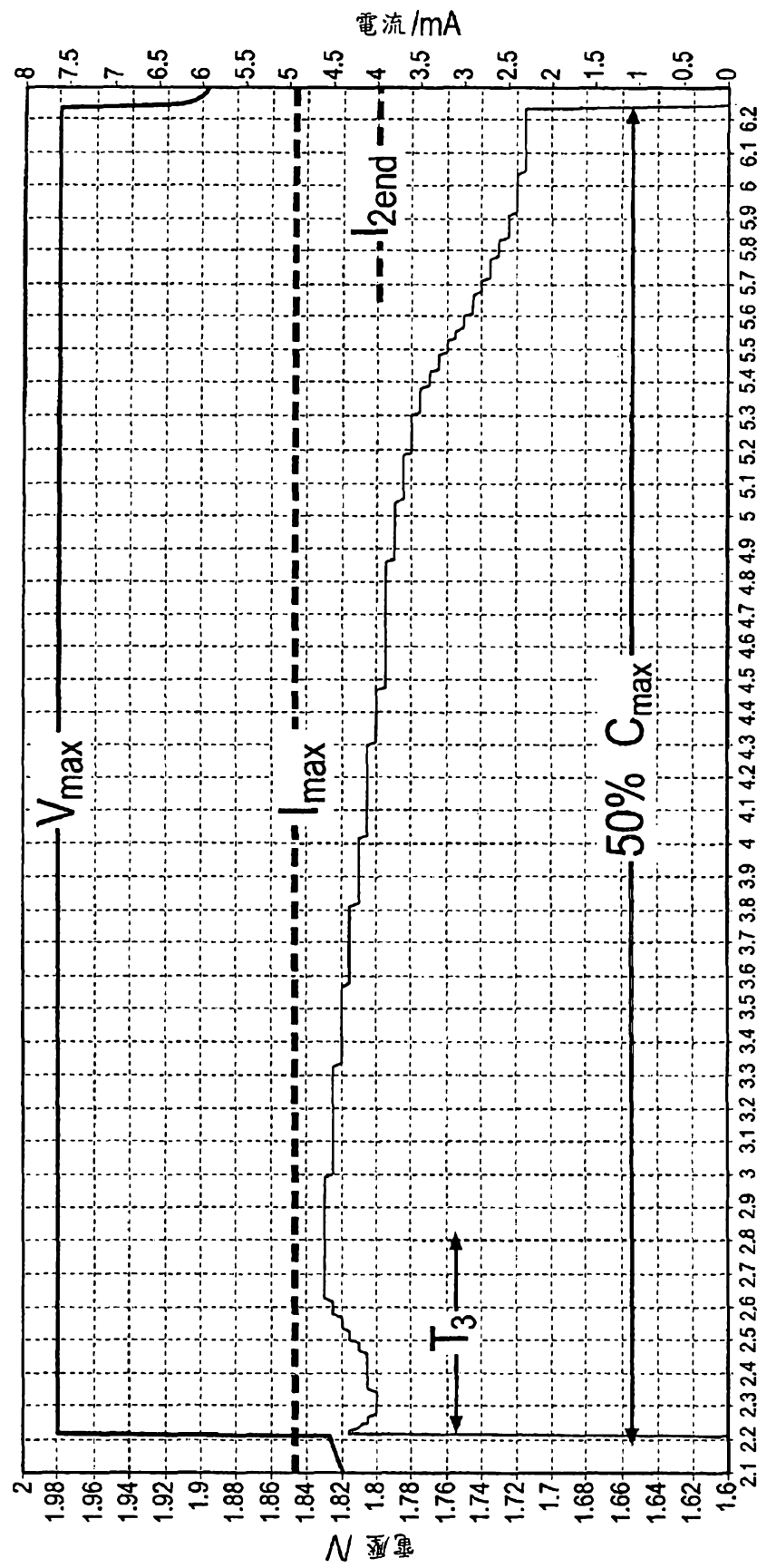


圖15



時間 /h
圖16

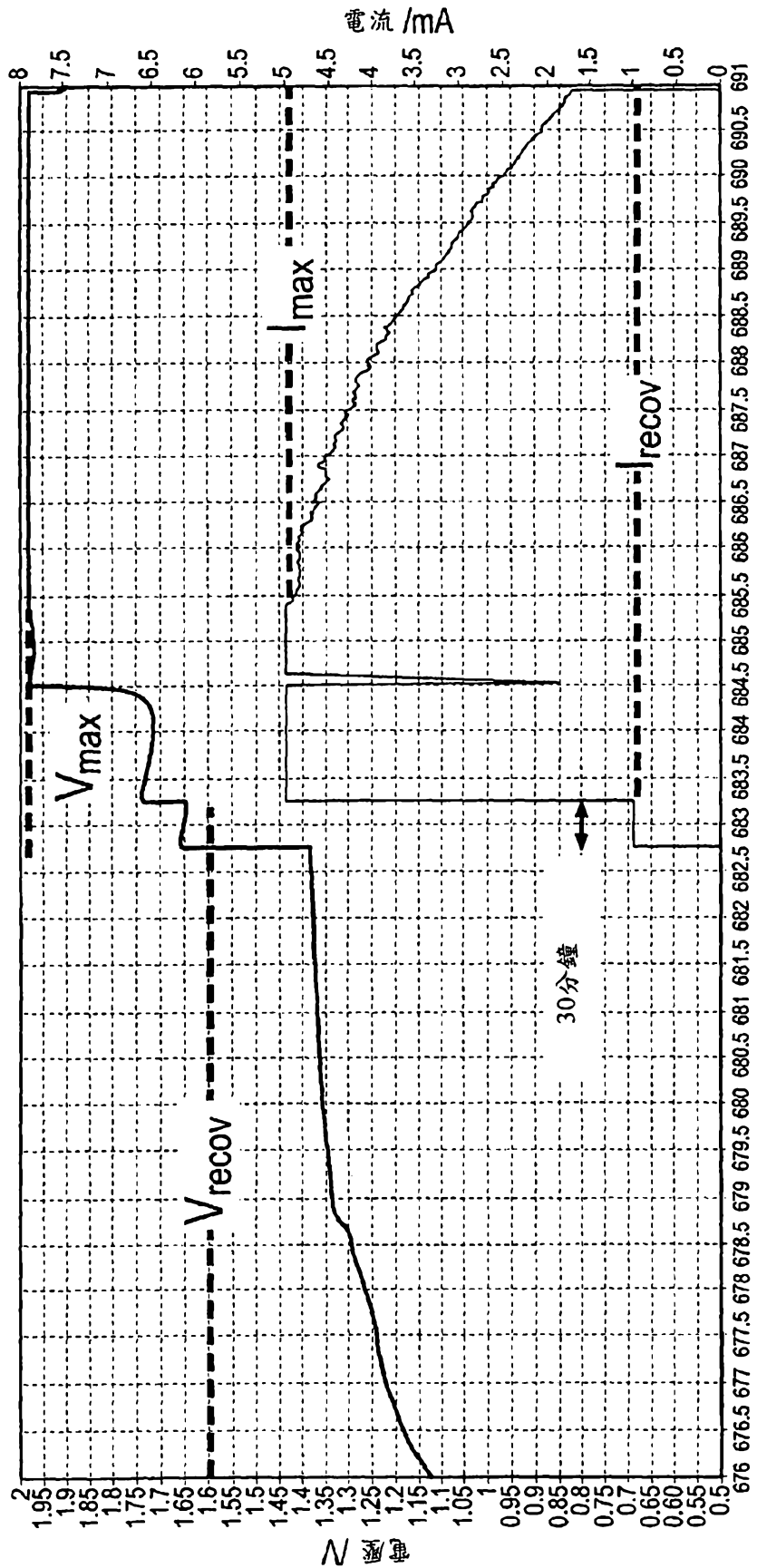


圖17

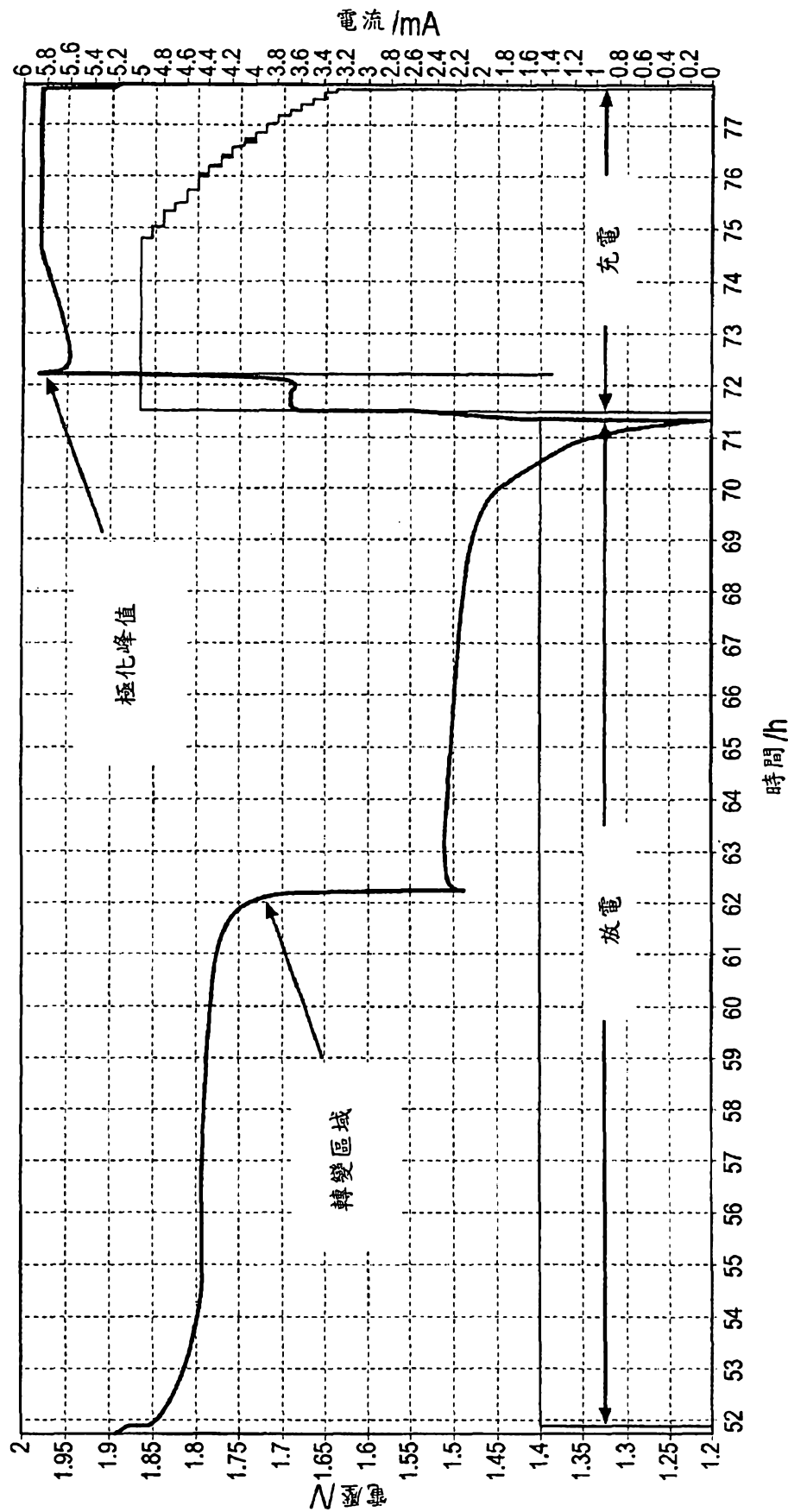


圖18

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2) 圖。

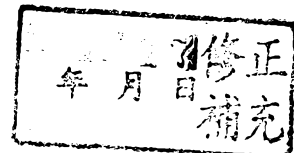
(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

I_1	第一充電電流
I_2	第二充電電流
I_{ter}	終端充電電流
V_1	電壓
V_2	電壓
V_{BATT}	電壓
V_P	電壓平線區
V_{PP}	固有極化峰值之電壓

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

發明專利說明書



中文說明書替換本(101 年 1 月)

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：100124999

※ 申請日：100.07.14.

※IPC 分類：

H02J 7/00 (2006.01)
H01M 10/48 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於將電池組再充電之方法及裝置

METHOD AND APPARATUS FOR RECHARGING A BATTERY

二、中文發明摘要：

本發明提供一種用於將銀-鋅可再充電電池組充電之新穎方法及用於實踐該充電方法之裝置。該再充電裝置包括：再充電管理電路；及銀-鋅電池組、主機器件或包括該再充電管理電路之充電基底中之一或多者。該再充電管理電路提供用於調節銀-鋅電池組之再充電之構件，用於評估電池組功能的診斷，及防止由對不適用於該充電方法之材料組成的電池組(例如，非銀-鋅電池組)充電引起之對裝置之損壞的安全措施。

三、英文發明摘要：

The present invention provides a novel method for charging silver-zinc rechargeable batteries and an apparatus for practicing the charging method. The recharging apparatus includes recharging management circuitry; and one or more of a silver-zinc cell, a host device or a charging base that includes the recharging management circuitry. The recharging management circuitry provides means for regulating recharging of the silver-zinc cell, diagnostics for evaluating battery function, and safety measures that prevent damage to the apparatus caused by charging batteries composed of materials that are not suited for the charging method (e.g., non-silver-zinc batteries).

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於用於將電池組再充電之系統、裝置及方法。特定而言，本發明之方法及裝置對於將銀-鋅電池組再充電係有用的。

此實用申請案主張2010年7月15日申請之美國臨時申請案第61/364,563號及2010年11月24日申請之美國臨時申請案第61/417,037號的權利。此等申請案之全文特此以引用之方式併入本文中。

【先前技術】

可再充電電池組在技術中係已知的且通常用於(例如)攜帶型電子器件中。儘管習知可再充電電池組係有用的，然而用以將電池組再充電之系統及方法亟待可增強或改良電池組之使用壽命、存放期及/或效能之改良。因此，此項技術中存在對發展用於將電池組再充電之改良裝置及用於將該電池組充電的方法的需要。

【發明內容】

本發明提供用於將可再充電電池組充電之新穎方法。本發明之方法減少當可再充電銀-鋅電池組在使用期間經受不對稱循環時通常觀察到之容量衰減。本發明之方法可用於將電池組之充電輪廓包含由一或多個極化峰值分離之一或多個電壓平線區(諸如針對銀-鋅可再充電電池組所觀察到之彼等輪廓)的電池組充電。

本發明之一態樣提供將具有多個電壓平線區之可再充電

電池組充電之方法，其中該電池組具有小於其最高電壓平線區之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：以一第一充電電流 I_1 將電池組充電，其中施加該第一充電電流 I_1 直至將電池組充電至一電壓 V_1 為止；及當該電池組之電壓為 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 ，其中電壓 V_1 小於與電壓平線區 V_P 相關聯之固有極化峰值之電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{Batt} ，且 V_1 大於電壓平線區 V_P 。

在一些實施例中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% (例如，小於 30%) 時，該第一充電電流 I_1 足以在自約 1 分鐘至約 300 分鐘 (例如，自約 5 分鐘至約 300 分鐘，或自約 10 分鐘至約 90 分鐘) 之時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。在一些實例中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% (亦即，該電池組具有超過 60% 的 DOD) 時，該第一充電電流 I_1 足以在自約 10 分鐘至約 260 分鐘 (例如，約 10 分鐘至約 180 分鐘) 之時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。在其他實例中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% 時，該第一充電電流 I_1 足以在約 75 分鐘或更少 (例如，自約 5 分鐘至約 75 分鐘) 的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。在其他實例中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% 時，該第一充電電流 I_1 足以在自約 15 分鐘至約 75 分鐘的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。在替代實例中，該第一充電電流 I_1 足以在約 240 分鐘或更少時間內將該電池組自小於其額定容量之 30% 的 SOC 充電至其額定容量

之自約30%至約40%的SOC。且在一些實例中，該第一充電電流 I_1 足以在少於約240分鐘內將該電池組自小於其額定容量之30%的SOC充電至其額定容量之約40%的SOC。在一些實施例中，當 V_{Batt} 小於 V_1 時，該第一充電電流 I_1 實質上係恆定的。

在一些實施例中，當該電池組之電壓為 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ (例如， $\pm 10\%$)之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1500秒(例如，自約6秒至約1200秒或自約5秒至約600秒)之時段。

此方法之一些實施進一步包含：以一第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中在該第一充電電流 I_1 後施加該第二充電電流 I_2 直至電池組電壓到達一電壓 V_2 為止，其中該電壓 V_2 大於 V_P 且小於 V_{PP} ；及當該電池組之電壓到達電壓 V_2 時控制該第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 。此實施之一些實施例進一步包含：在以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒(例如，約6秒至約900秒)之時段後，終止該第一充電電流 I_1 ；及當該第一充電電流 I_1 終止時施加一第二充電電流 I_2 。在一些實例中， I_2 實質上係恆定的直至將該電池組充電至一電壓 V_2 為止。在其他實例中，當 V_{Batt} 大於或等於 V_P 且小於 V_2 時，該充電電流 I_2 係實質上恆定的。

在一些實施例中，施加該第二充電電流 I_2 至少直至將該電池組充電至該電池組之額定容量之自約80%至約110%的

SOC為止。

在其他實施例中，在將電池組充電至 V_1 之電壓之前的時段期間， I_1 大於或等於 I_2 。舉例而言，在將電池組充電至 V_1 之電壓之前的時段期間， I_1 大於 I_2 。在其他實施例中，在將電池組充電至 V_1 之電壓之前的時段期間， I_1 等於 I_2 。

在一些實施例中， V_1 大於或等於 V_2 。舉例而言， V_1 大於 V_2 。在其他實施例中， V_1 等於 V_2 。

在替代實施例中， V_{Batt} 係電壓 V_1 之自約50%至約87%。

一些實施進一步包含當該電池組之電壓到達電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒(例如，自約6秒至約900秒或自約5秒至約600秒)之時段。其他實施包含當該電池組之電壓到達 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約550秒至約650秒之時段。

在一些實施例中， I_1 為約50 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約5 mA至約50 mA。在其他實施例中， I_2 小於約50 mA。舉例而言， I_2 係自小於約50 mA至約1 mA。且在此等實施例之一些中，該電池組具有自約1 Ah至約4 Ah之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約1 Amp或更小。舉例而言， I_1 係自約80 mA至約1 Amp(例如，自約80 mA至約0.99 Amp)。在其他實施例中， I_2 小於1 Amp。舉例而言， I_2 係自約80 mA至約0.99 Amp。在此等實施例之一些中，該電池組具

有自約 100 mAh 至約 1000 mAh 之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約 300 mA 或更小。舉例而言， I_1 係自約 8 mA 至約 299.99 mA。在一些實施例中， I_2 小於 300 mA。舉例而言， I_2 係自約 4 mA 至約 299.99 mA。在此等實施例之一些中，該電池組具有自約 15 mAh 至約 150 mAh 之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約 150 mA 或更小。舉例而言， I_1 係自約 3 mA 至約 60 mA。在一些實施例中， I_2 小於 150 mA。舉例而言， I_2 係自約 2 mA 至約 149.00 mA (例如，自約 2 mA 至約 59.99 mA)。在此等實施例之一些中，該電池組具有自約 4 mAh 至約 150 mAh 之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約 15 mA 或更小。舉例而言， I_1 係自約 0.1 mA 至約 14.99 mA。在一些實施例中， I_2 小於 15 mA。舉例而言， I_2 係自約 0.1 mA 至約 14.99 mA。

在一些實施例中，電壓 V_2 係 V_1 之自約 90% 至約 99%。舉例而言，電壓 V_2 係 V_1 之自約 96% 至約 98%。

在其他實施例中， V_1 為約 2.04 V 或更小。舉例而言， V_1 係自約 2.04 V 至約 1.96 V。在其他實施例中， V_1 係自約 1.99 V 至約 1.96 V。

在一些實施例中， V_2 為約 2.03 V 或更小。舉例而言， V_2 係自約 2.03 V 至約 1.93 V。在其他實施例中， V_2 係自約 1.93 V 至約 1.95 V。

一些實施不包括計數庫侖。

其他實施進一步包含當電池組之 DOD 到達約 80% 或更少

(例如，DOD為約20%或更少，或DOD為約10%或更少)時產生一電信號。

一些實施進一步包含若電池組之電壓低於 V_p 歷時2秒或更多之時段則產生一電信號。

且，一些實施進一步包含：以一診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約60秒(例如，少於約30秒，少於約20秒，或少於約10秒，或少於約7秒)之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之電壓 V_{Batt} 小於在以該診斷充電電流 I_{Diag} 充電前電池組之初始電壓則終止電池組的充電。一些實例進一步包含：以一診斷充電電流 I_{Diag} 將該電池組充電歷時少於約60秒(例如，少於約20秒或少於約10秒，少於約7秒，或少於約5秒)之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之電壓 V_{Batt} 小於約1.65 V(例如，少於約1.60 V或約1.55 V或更少)則終止電池組的充電。一些實例包含：以小於約10 mA(例如，約8 mA)之一診斷充電電流將電池組充電歷時約60秒或更少(例如，約30秒或更少，約20秒或更少，約10秒或更少，或約3秒)之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之電壓小於或等於1.55 V則終止電池組的充電。且，一些實例包含：以小於約10 mA(例如，約8 mA)之一診斷充電電流將電池組充電歷時約3秒之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之SOC的增加小於0.02%則終止電池組的充電。如上討論，當具有診斷電流 I_{Diag} 之電池組終止充電時，一些該等實施例視情況包含產生一電信號，該電信號可啟動一視覺警報、一音訊警

報、一振動警報或其任何組合。

在一些實施例中， I_{Diag} 係自約5 mA至約25 mA。

一些實施包含：以小於約10 mA(例如，約8 mA)之一診斷充電電流將電池組充電歷時少於約10秒(例如，少於約5秒，或約3秒)之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之SOC的增加小於約0.02%則終止電池組的充電。

本發明之另一態樣提供一種偵測一可再充電銀-鋅電池組之方法，該方法包含：以小於約10 mA(例如，約8 mA)之一電流將該電池組充電歷時約7秒或更少之時段，偵測該電池組之電壓，及若該電池之電壓小於約1.65 V則產生一電信號。

在一些實施例中，該電信號啟動一音訊警報或一視覺警報。

其他實施例進一步包含以約8 mA之一電流將該電池組充電歷時約3秒的時段。

本發明之另一態樣提供一種偵測一可再充電銀-鋅電池組之方法，該方法包含：將該電池組充電以使得電池組之SOC增加約0.02%，偵測該電池組之電壓，及若該電池組之電壓小於約1.65 V則產生一電信號。

本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之一可再充電電池組充電之方法，其中該電池組具有小於一第一順序電壓平線區之電壓 V_{P1} 之約80%(例如，小於約70%)的一電壓(例如，OCV), V_{Batt} ，該方法包含：在該充電電池組之電壓到達大於 V_{Batt} 之第一順序電壓平線區 V_{P1} 之後，

以實質上為恆定的一恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時不超過30分鐘之時段；以一第一充電電流 I_1 將該電池組充電，其中該第一充電電流 I_1 實質上係恆定的直至將該電池組充電至一電壓 V_1 為止；及當該電池組之電壓到達該電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約900秒之時段，其中電壓 V_1 小於針對一電壓平線區 V_P 之固有極化峰值的電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{P1} ，且 V_1 大於電壓平線區 V_P 。

一些實施例進一步包含在該電池組之電壓到達大於 V_{Batt} 之該第一順序電壓平線區 V_{P1} 之後，以實質上為恆定的一恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時不超過15分鐘之時段。

一些實施例進一步包含若在以 I_{recov} 充電歷時自約30分鐘至約2小時(例如，自約1小時至約2小時)之時段之後，該電池組之電壓 V_{Batt} 未能到達大於 V_{Batt} 的第一順序電壓平線區 V_{P1} ，則產生一電信號。

一些實施例包含：以一第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該第二充電電流 I_2 實質上係恆定的，直至該電池組電壓到達一電壓 V_2 為止，其中該電壓 V_2 小於該電壓 V_1 且大於該第一順序電壓平線區 V_{P1} ；及當該電池組之電壓到達電壓 V_2 時控制該第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過電壓 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 。

替代實施例包含在距將電池組充電至電池組之額定容量

之自約80%至約150%的容量之點約10分鐘或更少的時段之後終止該第二充電電流 I_2 。

一些實施例不包括計數庫倫。

且，在一些實施例中，可再充電電池組包含一陽極，該陽極包含一鋅材料。在其他實施例中，該可再充電電池組包含一陰極，該陰極包含一銀材料。在一些實施例中，該可再充電電池組包含鈕扣電池、硬幣電池、圓柱電池或稜柱電池。

一些實施例進一步包含當該第二充電電流 I_2 終止時產生一電信號。

一些實施例進一步包含當該第二充電電流 I_2 終止時啟動一視覺信號。

本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之一可再充電鈕扣電池充電之方法，其中該電池具有大於約1.10 V且小於約1.70 V之一電壓，該方法包含：以一第一充電電流 I_1 將該電池充電，其中該第一充電電流 I_1 實質上為恆定的直至將該電池充電至大於1.70 V且小於2.04 V之一電壓 V_1 為止；及當該電池之電壓到達該電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約900秒之時段。

一些實施例進一步包含：以一第二充電電流 I_2 將該電池充電，其中該第二充電電流 I_2 實質上係恆定的直至該電池電壓到達一電壓 V_2 為止，其中該電壓 V_2 小於該電壓 V_1 且大於1.7 V，及當該電池之電壓到達電壓 V_2 時控制該第二充

電電流 I_2 ，以使得以不超過電壓 V_2 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池的電壓維持於 V_2 。

其他實施例包含在距將電池充電至電池之額定容量之自約 80% 至約 150% (例如，自約 80% 至約 110%) 的容量之點不超過 5 分鐘之後終止該第二充電電流 I_2 。

在一些實施例中，該第一充電電流 I_1 足以在自約 30 分鐘至約 180 分鐘之時段中將該電池組充電至該電壓 V_1 。

一些實施例進一步包含當該電池之電壓到達電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約 550 秒至約 650 秒之時段。

在一些實施例中， I_1 為約 50 mA 或更小。舉例而言， I_1 係自約 5 mA 至約 50 mA。在其他實施例中， I_2 小於約 50 mA。舉例而言， I_2 係自小於約 50 mA 至約 1 mA。且在此等實施例之一些中，該電池組具有自約 1 Ah 至約 4 Ah 之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約 1 Amp 或更小。舉例而言， I_1 係自約 80 mA 至約 1 Amp (例如，自約 80 mA 至約 0.99 Amp)。在其他實施例中， I_2 小於 1 Amp。舉例而言， I_2 係自約 80 mA 至約 0.99 Amp。在此等實施例之一些中，該電池組具有自約 100 mAh 至約 1000 mAh 之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約 300 mA 或更小。舉例而言， I_1 係自約 8 mA 至約 299.99 mA。在一些實施例中， I_2 小於 300 mA。舉例而言， I_2 係自約 4 mA 至約 299.99 mA。在此等實

施例之一些中，該電池組具有自約15 mAh至約150 mAh之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約150 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約3 mA至約60 mA。在一些實施例中， I_2 小於150 mA。舉例而言， I_2 係自約2 mA至約149.00 mA(例如，自約2 mA至約59.99 mA)。在此等實施例之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約150 mAh之額定容量。

在一些實施例中， I_1 為約15 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約0.1 mA至約14.99 mA。在一些實施例中， I_2 小於15 mA。舉例而言， I_2 係自約0.1 mA至約14.99 mA。

在一些實施例中，電壓 V_2 係 V_1 之自約90%至約99%。舉例而言，電壓 V_2 係 V_1 之自約96%至約98%。

在其他實施例中， V_1 為約2.04 V或更小。舉例而言， V_1 係自約2.04 V至約1.96 V。在其他實例中， V_1 係自約1.99 V至約1.96 V。

在一些實施例中， V_2 為約2.03 V或更小。舉例而言， V_2 係自約2.03 V至約1.93 V。在其他實例中， V_2 係自約1.93 V至約1.95 V。

在一些實施例中，調變該第一充電電流 I_1 歷時約550秒至約650秒之時段。

其他實施例不包括計數庫倫。

在一些實施例中，該電池包含一陽極，該陽極包含一鋅材料。

在其他實施例中，該電池包含一陰極，該陰極包含一銀

材料。

一些實施例進一步包含當終止該第二充電電流 I_2 時產生一電信號。

一些實施例進一步包含當終止該第二充電電流 I_2 時啟動一視覺信號。

本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區及大於其額定容量之50%之一初始SOC的一可再充電電池組充電的方法，其中該電池組具有小於或等於其最高電壓平線區之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：以一實質上恆定之充電電流 I_2 將該電池組充電直至將該電池組充電至一電壓 V_2 為止；及控制 I_2 將該電池組充電以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 ，其中該電壓 V_2 大於或等於(例如，大於)電壓平線區 V_P 之電壓且小於固有極化峰值之電壓 V_{PP} 。

一些實施例進一步包含當 I_2 達到最小臨限電流 I_{ter} 時終止充電電流 I_2 。在一些實例中，在電池組被充電至 V_2 之時段中， I_{ter} 為 I_2 之約95%或更少(例如，約85%或更少)。舉例而言，當溫度高於約 25°C 時， I_2 達到 I_{ter} 及 I_{ter} 為 I_2 之約80%至約95%時，終止該充電電流 I_2 。

其他實施例進一步包含在電池組被充電至 V_2 之時段中，當 I_2 達到 I_{ter} 及 I_{ter} 為 I_2 之約75%或更少時終止該充電電流 I_2 。

在一些實施例中， V_2 為約2.03 V或更小(例如，約2 V或更小)。

在一些實施例中， I_2 為約6 mA。

在一些實施例中， I_{ter} 為約4.5 mA。

本發明之另一態樣提供一種將一可再充電2.0 V銀-鋅電池組充電之方法，該方法包含：以一充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流 I_2 具有一最大安培數 I_{max} ，該最大安培數約10 mA或更少(例如，約6 mA或更少)，其中該充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之電壓限制於約2.03 V或更少；自以第二充電電流 I_2 充電開始之後約60秒計時時間；當計時時間時量測充電電流 I_2 之最低安培數 I_{low} ；及一旦將電池組以充電電流 I_2 充電至其額定容量之自約40%至約60%(例如，約50%)便遏止充電電流 I_2 ，其中電池組之充電容量係藉由在計時時間之同時積分充電電流 I_2 來判定；且該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

在一些實施例中，電池組在其放電狀態(亦即在充電之前)，具有大於約1.6 V(例如，大於約1.65 V)之OCV。

本發明之另一態樣提供一種將一可再充電2.0 V銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：以一充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流具有一最大安培數 I_{max} ，該最大安培數約10 mA或更少(例如，約6 mA或更少)，其中該充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之電壓限制於約2.03 V或更小；在以第二充電電流 I_2 充電開始之後60秒計時時間；當計時時間時量測充電電流 I_2 之最低安培數 I_{low} ；及若當計時時間時 I_2 之安培數為 I_{max} 歷時連續2秒的時段，則

當 I_2 之安培數在 I_{end} 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_2 ；或若在計時 20 分鐘之後 I_{low} 小於充電電流 I_2 之安培數，則一旦將電池組以充電電流 I_2 充電至其額定容量之自約 40% 至約 60% (例如，約 50%) 便遏止充電電流 I_2 ，其中電池組之充電容量係藉由在計時時間之同時積分充電電流 I_2 來判定；或若在計時 20 分鐘之後 I_{low} 大於或等於 I_2 之安培數，則當 I_2 之安培數在 I_{end} 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_2 ；或當 I_2 之安培數在 1.0 V 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_2 ；其中 $I_{end} = I_{Chg} + I_{Temp}$ ， $I_{Chg} = (T_2 \times I_{max})/T_{Chg}$ ， I_{Temp} 為溫度補償電流， T_2 為將電池組充電至自約 1.9 V 至約 2.0 V 之電壓所必需的時間， I_{max} 為電池組之最大充電電流，且 T_{Chg} 為電池時間常數，且該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

在一些實施例中，電池組在其放電狀態時具有大於約 1.6 V (例如，大於約 1.65 V) 之 OCV。

一些實施例進一步包含量測溫度，其中溫度量測具有 $\pm 5^\circ\text{C}$ (例如， $\pm 2^\circ\text{C}$) 之準確性。

本發明之另一態樣提供一種將一可再充電 2.0 V 銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：以第一充電電流 I_1 將該電池組充電，其中該充電電流具有一最大安培數 I_{max} ，該最大安培數約 10 mA 或更少 (例如，約 6 mA 或更少)；一旦電池組被充電至 1.9 V 之電壓開始計時；調變該第一充電電流 I_1 以使得將該電池組之電壓限制於約 2.03 V 或更小；一

且計時時間介於從約10分鐘至約30分鐘(例如，約20分鐘)過止第一充電電流 I_1 ；以第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流具有一最大安培數 $I_{\max}$ ，該最大安培數約10 mA或更少(例如，約6 mA或更少)，其中該第二充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之電壓限制於2.0 V或更少；在以第二充電電流 I_2 充電開始之後60秒計時時間；當計時時間時量測充電電流 I_2 之最低安培數 I_{low} ；及若當計時時間時 I_2 之安培數為 $I_{\max}$ 歷時連續2秒的時段，則當 I_2 之安培數在 I_{end} 以下歷時連續60秒的時段時過止充電電流 I_2 ；或若在計時20分鐘之後 I_{low} 小於充電電流 I_2 之安培數，則一旦將電池組以充電電流 I_2 充電至其額定容量之自約40%至約60%(例如，約50%)便過止充電電流 I_2 ，其中電池組之充電容量係藉由在計時時間之同時積分充電電流 I_2 來判定；或若在計時20分鐘之後 I_{low} 大於或等於 I_2 之安培數，則當 I_2 之安培數在 I_{end} 以下歷時連續60秒的時段時過止充電電流 I_2 ；或當 I_2 之安培數在1.0 V以下歷時約5分鐘或更少的時段時過止充電電流 I_2 ；其中 $I_{\text{end}} = I_{\text{Chg}} + I_{\text{Temp}}$ ， $I_{\text{Chg}} = (T_2 \times I_{\max}) / T_{\text{Chg}}$ ， I_{Temp} 為溫度補償電流， T_2 為將電池組充電至自約1.9 V至約2.0 V之電壓所必需的時間， $I_{\max}$ 為電池組之最大充電電流，且 T_{Chg} 為電池時間常數，且該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

本發明之另一態樣提供一種將具有小於1.65 V之OCV之一可再充電2.0 V銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：

以具有 10 mA 或更小之安培數的第一充電電流 I_1 將該電池組充電；一旦將該電池組充電至 1.90 V 便計時時間；調變該第一充電電流 I_1 以使得將該電池組之電壓限制於 2.03 V 或更小，且該第一充電電流具有 10.0 mA 或更小之最大安培數；一旦計時 20 分鐘後遏止該第一充電電流 I_1 ；以第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該第二充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之電壓限制於 2.0 V 或更少，且該第二充電電流具有一最大安培數 $I_{\max}$ ，該最大安培數約 10 mA 或更少；當 I_2 之安培數在 I_{end} 以下歷時連續 60 秒或更少的時段時遏止充電電流 I_2 ，其中 $I_{\text{end}} = I_{\text{Chg}} + I_{\text{Temp}}$ ， I_{Chg} 為充電補償電流， I_{Temp} 為溫度補償電流，且 $I_{\text{Chg}} = (T_2 \times I_{\max}) / T_{\text{Chg}}$ ， T_2 為時間從當電池組電壓為約 1.9 V 開始至當 I_2 小於 $I_{\max}$ 時結束之時段，且 T_{Chg} 為電池時間常數；或當 I_2 之安培數在 1.0 V 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_2 ；且其中該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差，溫度量測準確性具有不超過 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之偏差，且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

該等方法中之某些方法進一步包含量測溫度，其中溫度量測具有約 $\pm 2^\circ\text{C}$ 之準確性。

在一些實施例中，最大安培數 $I_{\max}$ 為約 6 mA 或更少。例如， $I_{\max}$ 約 5.5 mA 或更少。

在一些實施例中，電池組在其放電狀態時具有小於約 1.70V (例如，約 1.65 V 或更少) 之 OCV。

在一些實施例中，在充電之前電池組之 OCV 大於 1.25

V。

在其他實施例中，在充電之前電池組之OCV小於1.25 V。

一些實施例進一步包含以1.0 mA之恢復充電電流將該電池組充電歷時至少20分鐘(例如，至少30分鐘)的時段；及當將該電池組充電至1.60 V之電壓時遏止該恢復充電電流。

【實施方式】

參看隨附圖式以舉例之方式描述本發明之特定態樣。

諸圖說明根據本發明的將電池組再充電之電池組再充電器及方法的例示性實施例。基於上述內容，大體而言應理解，本文中所使用之命名法僅出於便利性，且用以描述本發明之術語應被給予由一般熟習此項技術者所理解的最廣泛意義。

I. 定義

如本文中所使用，「極化峰值」或「固有極化峰值」指先於一電壓平線區之電池組電壓中之尖峰的峰值電壓值，其在當以未經控制以箝位電池組之電壓的充電電流將具有複數個電壓平線區(例如，至少2個電壓平線區)的可再充電電池組自一第一平線區之電壓充電至較高平線區之電壓時觀察到。例示性電壓平線區說明於圖2(如 V_P)與圖3A及圖3B(如 V_{P1} 、 V_{P2} 及 V_{P3})中。例示性極化峰值說明於圖2中(如 V_{PP})、圖3A及圖3B中(如 V_{PP1} 及 V_{PP2})與圖18中。注意，在圖3A及圖3B中，當充電電流實質上係恆定及未箝位時，

觀察到例示性極化峰值。在不限制本發明之範疇的情況下，咸信當在以不受控電流將電池組充電的同時最大化可再充電電池組之內部化學(例如，陰極材料、陽極材料或兩者之氧化態)之通量狀態時，極化峰值出現。當充電電流實質上係恆定的但未經控制以箝位電池組電壓時，當產生針對一再充電電池組之電壓曲線時，針對銀-鋅電池組及其他電池組觀察到此現象。此電壓曲線之一實例提供於圖18中，其中極化峰值識別於該曲線之充電區段中。注意，當根據本發明之一些方法將一可再充電電池組充電時，將不會觀察到一或多個極化峰值，此係因為一或多個充電電流(例如，第一充電電流、第二充電電流或兩者)經控制以箝位電池組之電壓。

術語「電壓平線區」係指電池組容量之一範圍，其中當以實質上恆定之充電電流將電池組充電時，電池組的電壓保持實質上不改變，例如，具有 $\pm 10\%$ 或更少之方差或具有 $\pm 5\%$ 或更少之方差。儘管電壓平線區之電壓範圍通常為窄的(例如，具有 $\pm 10\%$ 或更少之方差或具有 $\pm 5\%$ 或更少之方差)，但電壓平線區之特性在於平線區上之最低電壓(例如， V_P)或藉由平線區上之最低電壓(例如， V_P)識別。此舉例說明於圖2中(如 V_P)與圖3A及圖3B中(如 V_{P1} 及 V_{P2})。在不限制本發明之範疇的情況下，咸信當電池組之一或多個電化電池之內部化學(例如，陰極或陽極或兩者的氧化態)在充電期間穩定化時出現電壓平線區，且沿平線區之電池組電壓的適度方差係由動態效應而非成核控管，咸信此現象

在平線區之間的電壓下為顯著的。當產生針對一再充電電池組之電壓曲線時，可觀察到電壓平線區現象。

如本文中所使用之術語「控制」、「調變」在本文中可互換地使用，係指提高、降低或維持一充電電流，以使得被充電之可再充電電池組的電壓受限制或「箝位」。

術語「可再充電電池組」、「電池組」「電化學電池」及「電池」在本文中係可互換地使用且係指能夠自化學反應得到電能或經由引入電能而促進化學反應的器件。一電池組取決於其設計可具有一或多個電化電池。舉例而言，鈕扣電池或硬幣電池為具有一個電化電池之電池組。

如本文中所使用，可互換地使用「放電深度」及「DOD」以指示已自一電池組或電池抽取多少能量之量測，其常常表示為容量(例如，額定容量)之百分比。舉例而言，100 Ah之電池組在被抽取了30 Ah時已經歷30%之放電深度(DOD)。

如本文中所使用，可互換地使用「充電狀態」及「SOC」以指示在電池組中之剩餘可用容量，其表示為電池或電池組之額定容量的百分比。電池組之「初始SOC」係指在電池組經受充電或再充電之前電池組的充電狀態。

如本文中所使用，術語「銀」或「銀材料」係指任何銀化合物，諸如 Ag、AgO、Ag₂O、Ag₂O₃、AgOH、AgOOH、AgONa、AgCuO₂、AgFeO₂、AgMnO₂、Ag(OH)₂、其之水合物或其任何組合。注意，銀之「水合物」包括銀之氫氧化物。因為咸信在電池之充電及放電期

間(其中銀充當陰極)，或當銀原子之氧化態處於通量狀態時，環繞銀原子之配位層係動態的，所以術語「銀」或「銀材料」意欲涵蓋此等銀氧化物及水合物(例如，氫氧化物)中之任一者。術語「銀」或「銀材料」亦包括以摻雜劑摻雜及/或以塗層塗覆之上文所提及之物質中的任一者，該等摻雜劑及/或塗層增強銀之一或多個性質。下文提供例示性摻雜劑及塗層。在一些實例中，銀或銀材料包括進一步包含第一列過渡金屬摻雜劑或塗層之銀氧化物。舉例而言，銀包括銀-銅氧化物、銀-鐵氧化物、銀-錳氧化物(例如， AgMnO_2)、銀-鉻氧化物、銀-釩氧化物、銀-鈷氧化物、銀-鈦氧化物、銀-鈮氧化物、其之水合物或其任何組合。注意，本文中所使用之術語「氧化物」未在每一實例中描述存在於銀或銀材料中之氧原子的數目。舉例而言，銀氧化物可具有 AgO 、 Ag_2O_3 或其組合之化學式。此外，銀可包含大塊材料或銀可包含具有任何合適平均粒徑之粉末。

如本文中所使用，「電解質」係指充當導電介質之物質。舉例而言，電解質促進電池中之電子及陽離子的移動。電解質包括諸如鹼性劑之水溶液的材料混合物。一些電解質亦包含諸如緩衝劑之添加劑。舉例而言，電解質包含緩衝劑，該緩衝劑包含硼酸或磷酸。例示性電解質包括(不限於)含水 KOH 、含水 NaOH 或 KOH 於聚合物中之液體混合物。

如本文中所使用，「鹼性劑」指鹼或鹼金屬之離子鹽(例

如，鹼金屬之含水氫氧化物)。此外，鹼性劑當溶解於水中或其他極性溶劑中時形成氫氧化物離子。例示性鹼性電解質包括(不限於)LiOH、NaOH、KOH、CsOH、RbOH或其組合。電解質可視需要包括其他鹽以改質電解質之總離子強度，例如，KF或Ca(OH)₂。

如本文中所使用，「Ah」指安培(Amp)小時且係電池組或電化電池之容量的科學單位。衍生單位「mAh」表示毫安小時且為Ah之1/1000。

如本文中所使用，「最大電壓」或「額定電壓」指在不干擾電池之預期效用的情況下電化電池可經充電之最大電壓。舉例而言，在攜帶型電子器件中有用之若干鋅-銀電化電池中，最大電壓小於約2.3 V或更小或約2.0 V。在諸如在攜帶型電子器件中有用之鋰離子電池組的其他電池組中，最大電壓小於約15.0 V(例如，小於約13.0 V或約12.6 V或更小)。電池組之最大電壓可取決於構成電池組之有效壽命之充電循環的數目、電池組之存放期、電池組之電力需求、電池組中之電極的組態及用於電池組中之活性材料的量而變化。

如本文中所使用，「陽極」係(正)電流藉以流入至極化電器件中的電極。在一電池組或嘉凡尼電池中，陽極係在電池組之放電階段期間電子自其流出之負電極。陽極亦為在放電階段期間經受化學氧化之電極。然而，在二次電池或可再充電電池中，陽極為在電池之充電階段期間經受化學還原的電極。陽極係由導電或半導體材料形成，例如，

金屬、金屬氧化物、金屬合金、金屬複合物、半導體或其類似者。常見陽極材料包括 Si、Sn、Al、Ti、Mg、Fe、Bi、Zn、Sb、Ni、Pb、Li、Zr、Hg、Cd、Cu、 LiC_6 、米許合金、其合金、其氧化物或其複合物。諸如鋅之陽極材料甚至可經燒結。

陽極可具有許多組態。舉例而言，可自塗覆有一或多種陽極材料之導電網格或柵格組態陽極。在另一實例中，陽極可為陽極材料之實心薄片或棒。

如本文中所使用，「陰極」係(正)電流自其流出極化電器件的電極。在一電池組或嘉凡尼電池中，陰極係在電池組中之放電階段期間電子流入至其中之正電極。陰極亦為在放電階段期間經受化學還原之電極。然而，在二次電池或可再充電電池中，陰極為在電池之充電階段期間經受化學氧化的電極。陰極係由導電或半導體材料形成，例如，金屬、金屬氧化物、金屬合金、金屬複合物、半導體或其類似者。常見陰極材料包括 Ag、AgO、 Ag_2O_3 、 Ag_2O 、HgO、 Hg_2O 、CuO、CdO、NiOOH、 Pb_2O_4 、 PbO_2 、 LiFePO_4 、 $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 、 V_6O_{13} 、 V_2O_5 、 Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 、 MnO_2 、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 或其複合物。諸如 Ag、AgO、 Ag_2O_3 之陰極材料甚至可經燒結。

陰極亦可具有許多組態。舉例而言，可自塗覆有一或多種陰極材料之導電網格組態陰極。在另一實例中，陰極可為陰極材料之實心薄片或棒。

關於呈完全充電狀態之活性材料而表示電池組及電池組

電極。舉例而言，鋅-銀電池組包含一陽極及一陰極，該陽極包含鋅且該陰極包含銀粉末(例如， Ag_2O_3)。儘管如此，在大多數情況下一種以上的物質存在於電池組電極處。舉例而言，鋅電極通常包含鋅金屬及鋅氧化物(除了在經完全充電時)，且銀粉末電極通常包含 AgO 、 Ag_2O_3 及/或 Ag_2O 及銀金屬(除了在完全放電時)。

如本文中所使用，應用於鹼性電池組及鹼性電池組電極之術語「氧化物」涵蓋通常至少在一些狀況下存在的相應「氫氧化物」物質。

如本文中所使用，「電阻率」或「阻抗」指在電化電池中之陰極的內部電阻。此性質通常以歐姆或微歐之單位表示。

如本文中所使用，術語「第一」及/或「第二」不指次序或表示空間或時間之相對位置，而是此等術語用以在兩個不同元件或組件之間進行區分。舉例而言，第一分離器未必在時間或空間上先於第二分離器；然而，該第一分離器不是該第二分離器且反之亦然。儘管第一分離器在空間或時間上先於第二分離器係可能的，但第二分離器在空間或時間上先於第一分離器係同等可能的。

如本文中所使用，術語「容量」指電池之放電電流與將電流放電直至該電池到達終端電壓為止的時間(以小時為單位)之數學乘積。

類似地，術語「實際容量」或「理論容量」指電池組或電化電池基於存在於電池中之電極材料的量、存在於電池

中之電解質的量及電極之表面積而在100% SOC下在理論上應放電的容量。概括而言，電池/電池組之容量係以安培小時(Ah)或毫安小時(mAh)表示之可用電荷量。安培係電流之量測單位且經定義為在一秒內通過電導體之一庫侖電荷。電池或電池組之容量與存在之活性材料的數量、存在之電解質的量及電極之表面積有關。電池組/電池之容量可藉由以一恆定電流放電直至電池組/電池到達其終端電壓為止來量測，其取決於電池之預期使用。

電池之「額定容量」係由電池或電池組在特定負載及溫度下直至電壓截止點所輸送之平均容量，由製造商針對電池之預期使用而指定。對於許多類型之電池，工業標準制定電池的額定容量，其係基於電池之預期使用。注意到，銀-鋅電池通常具有為電池之實際容量之約70%或更少(例如，約50%或更少)的額定容量。

如本文中所使用，「A」及「Amp」可互換地使用且指電流(例如，充電電流)之單位。

如本文中所使用，「s」、「秒」及「秒鐘」可互換地使用且指時間之單位。

如本文中所使用，「分」及「分鐘」可互換地使用且指時間之單位。

II. 將一可再充電電池充電之方法

A. 充電方法1：

參看圖2、圖3A、圖3B、圖5、圖7A及圖7B，本發明之一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之可再充電電池組

充電之方法，其中該電池組具有小於其最高電壓平線區之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

a. 以一第一充電電流 I_1 將電池組充電，其中施加第一充電電流 I_1 直至將該電池組充電至一電壓 V_1 為止；及

b. 當該電池組之電壓為 V_1 時控制/調變第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ (例如， $\pm 10\%$ ， $\pm 5\%$) 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 ，其中電壓 V_1 小於與電壓平線區 V_P 相關聯之固有極化峰值之電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{Batt} ，且 V_1 大於電壓平線區 V_P 。

若干方法包含額外步驟，諸如

c. 以一第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中施加第二充電電流 I_2 直至電池組電壓到達一電壓 V_2 為止，其中電壓 V_2 大於 V_P 且小於 V_{PP} ；及

d. 當該電池組之電壓到達電壓 V_2 時控制/調變第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 。

在電池組被充電至 V_2 之時段， I_2 係被控制至充電電流之約 95% 或更少時，若干方法視情況地包含終止該充電電流 I_2 。

在一些方法中，充電電流 I_1 在 V_{Batt} 小於或等於 V_1 之時段期間實質上係恆定的。且，在一些方法中，充電電流 I_2 在 V_{Batt} 小於或等於 V_2 之時段期間實質上係恆定的。在此等方法中，在將電池組充電至 V_1 之前，充電電流 I_1 大於或等於充電電流 I_2 。舉例而言，在將電池組充電至 V_1 之前， I_1 大

於充電電流 I_2 。在其他實例中，在將電池組充電至 V_1 之前， I_1 等於充電電流 I_2 。

在一些方法中，施加第二充電電流 I_2 至少直至將該電池組充電至該電池組之額定容量之自約 80% 至約 150% (例如，自約 80% 至約 110%) 的 SOC 為止。

在其他方法中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% (例如，小於 30%) 時，第一充電電流 I_1 足以在自約 1 分鐘至約 300 分鐘 (例如，自約 5 分鐘至約 300 分鐘，自約 5 分鐘至約 240 分鐘，或自約 10 分鐘至約 90 分鐘) 之時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。在一些方法中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% (例如，小於 30%) 時，第一充電電流 I_1 足以在自約 10 分鐘至約 260 分鐘 (例如，約 10 分鐘至約 180 分鐘) 之時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。在其他方法中，當該電池組之初始 SOC 小於其額定容量之 40% (例如，小於 30%) 時，第一充電電流 I_1 足以在約 75 分鐘或更少 (例如，自約 5 分鐘至約 75 分鐘或自約 15 分鐘至約 75 分鐘) 之時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。

在其他方法中，第一充電電流 I_1 足以在約 240 分鐘或更少 (例如，約 180 分鐘或更少) 時間內將該電池組自小於其額定容量之 30% (例如，小於 20%) 的 SOC 充電至其額定容量之自約 30% 至約 40% 的 SOC。舉例而言，第一充電電流 I_1 足以在少於約 240 分鐘 (例如，少於約 180 分鐘) 內將該電池組自小於其額定容量之 30% (例如，小於 20%) 的 SOC 充電至其額定容量之約 40% 的 SOC。

在其他方法中，當該電池組之電壓為 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約 1 秒至約 1500 秒(例如，自約 6 秒至約 1500 秒，自約 6 秒至約 1200 秒，或自約 6 秒至約 900 秒)之時段。舉例而言，一些方法包括當該電池組之電壓到達電壓 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約 6 秒至約 1200 秒(例如，自約 6 秒至約 900 秒)之時段。其他實例包括當該電池組之電壓到達 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約 6 秒至約 600 秒之時段。

一些方法進一步包含

e. 在以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約 6 秒至約 1500 秒(例如，自約 6 秒至約 1200 秒，或自約 6 秒至約 900 秒)之時段後，終止第一充電電流 I_1 ；及

f. 當第一充電電流 I_1 終止時施加第二充電電流 I_2 。

在其他方法中， V_1 大於或等於 V_2 。舉例而言，在一些方法中， V_1 大於 V_2 。在另一實例中， V_1 等於 V_2 。

在一些方法中， V_{Batt} 係電壓 V_1 之自約 50% 至約 87%。

在一些方法中， I_1 為約 500 Amp 或更小。舉例而言， I_1 係自約 100 mA 至約 500 Amp。在此等實例之一些中， I_2 為約 500 Amp 或更小。舉例而言， I_2 係自約 100 mA 至約 500 Amp。在此等實例之一些中，該電池組具有自約 1 Ah 至約

1000 Ah之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約500 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約20 mA至約500 mA。在此等實例之一些中， I_2 為約500 mA或更小。舉例而言， I_2 係自約20 mA至約500 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約200 mAh至約1 Ah之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約50 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約5 mA至約50 mA。在此等實例之一些中， I_2 為約50 mA或更小。舉例而言， I_2 係自約5 mA至約50 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約50 mAh至約200 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約25 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約400 μ A至約25 mA。在此等實例之一些中， I_2 為約25 mA或更小。舉例而言， I_2 係自約400 μ A至約25 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約50 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約2 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約10 μ A至約2 mA。在此等實例之一些中， I_2 為約2 mA或更小。舉例而言， I_2 係自約10 μ A至約2 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約1 mAh至約4 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約50 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約500 mA至大於8 mA。在其他實例中， I_1 係自約5 mA至約500 mA。在此等實例之一些中， I_2 小於500 mA。舉例而

言， I_2 係自小於約500 mA至約1 mA。在此等實例之一些中，該電池組具有自約1 Ah至約4 Ah之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約1 Amp或更小。舉例而言， I_1 係自約1 Amp至大於10 mA。在其他實例中， I_1 係自約10 mA至約1 A(例如，自約10 mA至約0.99 A)。在此等方法之一些中， I_2 小於1 Amp。舉例而言， I_2 係小於1 Amp至約10 mA。在其他實例中， I_2 係自約10 mA至約0.99 A。在其他實例中，該電池組具有自約100 mAh至約1000 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約100 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約100 mA至約大於1.0 mA。在其他實例中， I_1 係自約1.0 mA至約99.99 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於100 mA(例如，小於75 mA)。舉例而言， I_2 係自小於75 mA至約5 mA。在其他實例中， I_2 係自約5 mA至約99.99 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約15 mAh至約150 mAh(例如，自約50 mAh至約100 mAh)之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約150 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約0.3 mA至約60 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於約150 mA。舉例而言， I_2 係自約0.2 mA至約149.99 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約150 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約25 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約25 mA至大於0.4 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於25 mA。舉例而言， I_2 係自小於25 mA至約0.2 mA。在此等方

法之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約50 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約15 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約15 mA至大於0.1 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於15 mA。舉例而言， I_2 係自小於15 mA至約0.1 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約1.0 mAh至約15 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 係自約3.0 mA至約3.5 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約40 mAh至約50 mAh(例如，約44 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約15 mAh至約20 mAh(例如，約18 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約25 mWh至約30 mWh(例如，約29 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約4.7 mA至約5.6 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約50 mAh至約60 mAh(例如，約57 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約20 mAh至約30 mAh(例如，約28 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約40 mWh至約50 mWh(例如，約45 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約5.4 mA至約6.4 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約60 mAh至約80 mAh(例如，約70 mA至約80 mA或約78 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約30 mAh至約40 mAh(例如，約32 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存

自約 50 mWh 至約 60 mWh(例如，約 51 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約 15 mA 至約 24 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約 250 mAh 至約 275 mAh(例如，約 269 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約 100 mAh 至約 140 mAh(例如，約 120 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約 175 mWh 至約 225 mWh(例如，約 192 mWh)。

在一些方法中，電壓 V_2 係 V_1 之自約 85% 至約 100%(例如，自約 90% 至約 100% 或自約 90% 至約 99%)。舉例而言，電壓 V_2 係 V_1 之自約 96% 至約 99.5%。

在一些方法中， V_1 為約 2.04 V 或更小。舉例而言， V_1 係自約 1.96 V 至約 2.04 V。在其他實例中， V_1 係自約 1.96 V 至約 1.99 V。

在一些方法中， V_2 為約 2.03 V 或更小。舉例而言， V_2 係自約 1.93 V 至約 2.03 V。在其他實例中， V_2 係自約 1.93 V 至約 1.98 V。

根據本發明將一可再充電電池組再充電之若干方法不包括作為判定已充電至電池組之容量的方法的庫倫計數。

本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之可再充電電池組充電之方法，其中該電池組具有小於其最高電壓平線區之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：以第一充電電流 I_1 將該電池組充電，其中第一充電電流 I_1 實質上係恆定的直至將電池組充電至電壓 V_1 為止；及當該電池組之電壓為 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之

偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒(例如，自約6秒至約900秒)之時段，其中電壓 V_1 小於針對一電壓平線區 V_P 之固有極化峰值的電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{Batt} ，且 V_1 大於電壓平線區 V_P 。

一些方法進一步包含：當該電池組具有小於 V_1 之電壓時，以小於或等於第一充電電流 I_1 之第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中第二充電電流 I_2 實質上係恆定的直至該電池組電壓到達電壓 V_2 為止，其中電壓 V_2 小於或等於電壓 V_1 且大於 V_{Batt} ，及當電池組之電壓到達電壓 V_2 時控制第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 。又，一些方法亦包含在距將電池組充電至電池組之額定容量之自約80%至約150%(例如，自約80%至約110%)的SOC之點約10分鐘或更少(例如，約5分鐘或更少)的時段之後，終止第二充電電流 I_2 。

在一些方法中，當該電池組之初始SOC小於其額定容量之40%(例如，小於30%)時，第一充電電流 I_1 足以在自約5分鐘至約240分鐘的時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。在其他方法中，當該電池組之初始SOC小於其額定容量之40%(例如，小於30%)時，第一充電電流 I_1 足以在自約10分鐘至約180分鐘的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。在其他方法中，當該電池組之初始SOC小於其額定容量之40%(例如，小於30%)時，第一充電電流 I_1 足以在自約15分鐘至約75分鐘的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。或，第一充電電流 I_1 足以在約240分鐘或更少時間(例如，約180

分鐘或更少)內將該電池組自小於其額定容量之30%(例如，小於20%)的SOC充電至其額定容量之自約30%至約40%的SOC。舉例而言，第一充電電流 I_1 足以在少於約240分鐘內將該電池組自小於其額定容量之40%(例如，小於30%)的SOC充電至其額定容量之約40%的SOC。在其他方法中，當電池組之初始SOC小於其額定容量之40%(例如，小於30%)時，第一充電電流 I_1 足以在約75分鐘或更少之時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。

○ 在一些方法中， V_{Batt} 係電壓 V_1 之自約50%至約87%。

其他方法進一步包含當該電池組之電壓到達電壓 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒(例如，自約6秒至約900秒或自約550秒至約650秒)之時段。

視需要，此等方法中之一些進一步包含若在將電池組充電至 V_2 之電壓之後 V_{Batt} 低於 V_p (例如，1.90 V)歷時超過1秒的時段，則產生指示電池組中之軟短路的電信號。

○ 視需要，此等方法中之一些進一步包含以診斷充電電流 I_{Diag} 將該電池組充電以判定電池組是否與本充電方法之一些步驟相容。一實施例包含：以一診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約30秒之時段，偵測該電池組之電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約1.65 V或更小(例如，小於約1.65 V)則終止電池組的充電。在一些方法中， I_{Diag} 大於或等於 I_1 。在其他方法中， I_{Diag} 比 I_1 大自約5%至約200%。在一些方法中， I_{Diag} 比 I_1 大自約30%至約100%。且在一些方法中，

I_{Diag} 約等於 I_1 。其他實施例包含：以比 I_1 高約 10% 至約 200% 之診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約 10 秒之時段，偵測該電池組之電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約 1.60 V 或更小則終止電池組的充電。一些方法包含：以比 I_1 高約 30% 至約 100% 之診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約 5 秒之時段，偵測該電池組之電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約 1.55 V 或更小則終止電池組的充電。

在一些方法中，電壓 V_2 係 V_1 之自約 90% 至約 100%。舉例而言，電壓 V_2 係 V_1 之自約 96% 至約 99.5%。在其他方法中， V_1 為約 2.04 V 或更小。舉例而言， V_1 係自約 2.04 V 至約 1.96 V。或， V_1 係自約 1.99 V 至約 1.96 V。

在其他方法中， V_2 為約 2.03 V 或更小。舉例而言， V_2 係自約 2.03 V 至約 1.93 V。在其他實施例中， V_2 係自約 1.93 V 至約 1.98 V。

本發明之一態樣提供一種偵測一可再充電銀-鋅電池組之方法，該方法包含：一實施例包含：以一診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約 60 秒之時段，偵測該電池組之電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約 1.60 V 或更小(例如，小於約 1.55 V 或更小)則終止電池組的充電；其中 I_{Diag} 為約 25 mA 或更少。在一些方法中，以一診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約 7 秒或更少之時段，偵測該電池組之電壓 V_{Batt} ，及若該電池之電壓為約 1.60 V 或更少則產生一電信號，其中 I_{Diag} 為自約 20 mA 至約 25 mA 或約 10 mA 或更少。在一些實施例中，一電信號啟動一音訊警報、一視覺警

報、一振動警報或其任何組合。

大體參看圖6，本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之一可再充電電池組充電之方法，其中該電池組具有小於一第一順序電壓平線區 V_{P1} 之電壓之約80%(例如，小於約70%)的一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

a. 在該充電電池組之電壓到達大於 V_{Batt} 之第一順序電壓平線區 V_{P1} 之後，以實質上為恆定的一恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時不超過約120分鐘(例如，不超過30分鐘，不超過約20分鐘，或不超過約15分鐘)之時段；

b. 以一第一充電電流 I_1 將電池組充電，其中第一充電電流 I_1 實質上係恆定的直至將該電池組充電至一電壓 V_1 為止；及

c. 當該電池組之電壓到達電壓 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒(例如，自約6秒至約900秒)之時段，

其中電壓 V_1 小於針對一電壓平線區 V_P 之固有極化峰值的電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{P1} ，且 V_1 大於電壓平線區 V_P 。

在一些方法中， I_{recov} 係 I_1 之自約5%至約90%。舉例而言， I_{recov} 係 I_1 之自約10%至約30%。

一些方法進一步包含：

d. 以小於第一充電電流 I_1 之第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中第二充電電流 I_2 實質上係恆定的直至該電池組電壓到達電壓 V_2 為止，其中電壓 V_2 小於電壓 V_1 且大於第一

順序電壓平線區 V_{P1} ；及

e. 當該電池組之電壓到達電壓 V_2 時控制第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過電壓 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 。

其他方法進一步包含：

f. 在距將電池組充電至電池組之額定容量之自約 80% 至約 150% (例如，自約 80% 至約 110%) 的容量之點約 10 分鐘或更少的時段之後，終止第二充電電流 I_2 。

且一些方法進一步包含若在以 I_{recov} 充電歷時自約 15 分鐘至約 2 小時 (例如，自約 30 分鐘至約 120 分鐘) 之時段之後，該電池組之電壓 V_{Batt} 未能到達大於 V_{Batt} 的第一順序電壓平線區 V_{P1} ，則產生指示該電池組正經歷短路 (例如，軟短路或硬短路) 之電信號。

此態樣之一些方法亦不包括計數庫侖來評定經充電至電池組的容量。

在一些方法中，可再充電電池組包含一陽極，該陽極包含一鋅材料。

在其他方法中，可再充電電池組包含一陰極，該陰極包含一銀材料。

可使用本發明之方法再充電之例示性電池組包括鈕扣電池、硬幣電池、圓柱電池或稜柱電池。

上文之方法視需要可包括額外步驟，諸如當第二充電電流 I_2 終止時產生一電信號。一些方法進一步包括當第二充電電流 I_2 終止時啟動視覺信號、啟動音訊信號、啟動振動

信號，或其任何組合。

參看圖 7A、圖 7B 及圖 8A，本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之可再充電鈕扣電池充電之方法，其中該電池具有大於約 1.10 V 且小於約 1.70 V (例如，大於 1.20 V 及 1.70 V) 之電壓，該方法包含：

a. 以第一充電電流 I_1 將電池充電，其中第一充電電流 I_1 實質上係恆定的直至將該電池充電至大於 1.70 V 且小於 2.04 V 之一電壓 V_1 為止；及

b. 當該電池之電壓到達電壓 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池的電壓維持於 V_1 歷時自約 6 秒至約 1500 秒 (例如，自約 6 秒至約 1200 秒) 之時段。

一些方法進一步包含：

c. 當該電池組具有小於 V_1 之電壓時，以小於或等於第一充電電流 I_1 之第二充電電流 I_2 將該電池充電，其中第二充電電流 I_2 實質上係恆定的直至該電池電壓到達電壓 V_2 為止，其中電壓 V_2 小於或等於電壓 V_1 且大於 1.7 V，及

d. 當該電池之電壓到達電壓 V_2 時控制第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過電壓 V_2 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池的電壓維持於 V_2 。

且，其他方法進一步包含：

e. 在距將電池充電至電池之額定容量之自約 80% 至約 150% (例如，自約 80% 至約 110%) 的容量之點不超過 5 分鐘之後，終止第二充電電流 I_2 。

在一些方法中，第一充電電流 I_1 足以在自約1分鐘至約180分鐘(例如，自約30分鐘至約180分鐘)之時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。

其他方法進一步包含當該電池之電壓到達電壓 V_1 時控制第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_1 歷時自約550秒至約650秒之時段。

在一些方法中，電壓 V_2 為 V_1 之自約90%至約100%。舉例而言，電壓 V_2 為 V_1 之自約96%至約99.5%。

在一些方法中， I_1 為約1 Amp或更小。舉例而言， I_1 係自約1 Amp至大於80 mA。在其他實例中， I_1 係自約80 mA至約1 A(例如，自約8 mA至約0.99 A)。在此等方法之一些中， I_2 小於1 Amp。舉例而言， I_2 係小於1 Amp至約80 mA。在其他實例中， I_2 係自約80 mA至約0.99 A。在其他實例中，該電池組具有自約100 mAh至約1000 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約300 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約250 mA至約大於8 mA。在其他實例中， I_1 係自約8 mA至約299.99 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於300 mA(例如，小於250 mA)。舉例而言， I_2 係自小於250 mA至約4 mA。在其他實例中， I_2 係自約4 mA至約299.99 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約15 mAh至約150 mAh(例如，自約50 mAh至約100 mAh)之額定容量。

在一些方法中，電壓 V_2 為自約1.93 V至約1.98 V。

在一些方法中， I_1 為約25 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約25 mA至大於4 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於25 mA。舉例而言， I_2 係自小於25 mA至約2 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約4 mAh至約50 mAh之額定容量。

在一些方法中， I_1 為約15 mA或更小。舉例而言， I_1 係自約15 mA至大於0.1 mA。在此等方法之一些中， I_2 小於15 mA。舉例而言， I_2 係自小於15 mA至約0.1 mA。

○ 在一些方法中， I_1 係自約3.0 mA至約3.5 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約40 mAh至約50 mAh(例如，約44 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約15 mAh至約20 mAh(例如，約18 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約25 mWh至約30 mWh(例如，約29 mWh)。

○ 在一些方法中， I_1 係自約4.7 mA至約5.6 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約50 mAh至約60 mAh(例如，約57 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約20 mAh至約30 mAh(例如，約28 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約40 mWh至約50 mWh(例如，約45 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約5.4 mA至約6.4 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約70 mAh至約80 mAh(例如，約78 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約30 mAh至約40 mAh(例如，約32 mAh)之額定容量。

且，在一些實施例中，該電池組儲存自約 50 mWh 至約 60 mWh(例如，約 51 mWh)。

在一些方法中， I_1 係自約 15 mA 至約 24 mA。在此等方法之一些中，該電池組具有自約 250 mAh 至約 275 mAh(例如，約 269 mAh)之理論容量。在其他中，該電池組具有自約 100 mAh 至約 140 mAh(例如，約 120 mAh)之額定容量。且，在一些實施例中，該電池組儲存自約 175 mWh 至約 225 mWh(例如，約 192 mWh)。

在一些方法中，電壓 V_2 係 V_1 之自約 90% 至約 100%。舉例而言，電壓 V_2 係 V_1 之自約 96% 至約 99.5%。

在一些方法中，電壓 V_1 係自約 1.95 V 至約 1.99 V。

在其他方法中，調變第一充電電流 I_1 歷時約 550 秒至約 650 秒之時段。

在一些方法中，電壓 V_2 係自約 1.93 V 至約 1.98 V。

其他方法不包括如上文所描述之計數庫侖。

在一些方法中，電池組包含一陽極，該陽極包含鋅材料。

在其他方法中，電池組包含一陰極，該陰極包含銀材料。

一些方法進一步包含當終止第二充電電流 I_2 時產生一電信號。且，其他方法進一步包含當終止第二充電電流 I_2 時啟動一信號(例如，視覺信號、音訊信號、振動信號、或其任何組合)。

本發明之一些方法適用於將具有相對高初始 SOC 之電池

組再充電。參看圖4，本發明提供一種將具有多個電壓平線區及大於其額定容量之50%之初始SOC的可再充電電池組充電的方法，其中該電池組具有小於或等於其最高電壓平線區之一電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

a.以實質上恆定之充電電流 I_2 將該電池組充電直至將該電池組充電至一電壓 V_2 為止；及

b.控制充電電流 I_2 以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的電壓維持於 V_2 ，

其中電壓 V_2 大於或等於電壓平線區 V_P 之電壓， V_P 小於固有極化峰值之電壓 V_{PP} 。

一些方法進一步包含：

c.在電池組以 V_2 充電時之時段，當充電電流 I_2 達到 I_{ter} ，其中 I_{ter} 為 I_2 之約85%或更少時終止充電電流 I_{ter} 。

其他方法進一步包含進一步包含：

d.當 I_{ter} 為 I_2 之約75%或更少時終止充電電流 I_{ter} 。

且在其他方法中， V_2 為約2.0 V或更小。

在一些方法中， I_2 為約6 mA。在其他方法中， I_{ter} 為約4.5 mA。

本發明之其他態樣將以上方法中之一或多者併入至一充電方法中，該充電方法適用於將一可再充電電池再充電且操作以最大化可再充電電池之循環壽命。

本發明之額外方法之實例呈現於圖8A至圖8D中。

一方法包括以下步驟：

步驟1：量測電池之SOC。

步驟 2A：若電池之 SOC 大於約 0.0% 且小於或等於約 40%(例如，開路電壓(OCV)大於約 1.2 V 且小於或等於約 1.6 V)，則根據多級充電程序(在下文之步驟 3A 處開始)將該電池充電。

步驟 2B：若 SOC 大於約 50%(例如，OCV 大於約 1.6 V(例如，約 1.85 V 或更大))，則根據單級充電程序(在下文之步驟 3B 處開始)將該電池充電。

步驟 2C：若 SOC 為小於 30%(例如，OCV 為約 1.2 V 或更小)，則根據過量放電恢復程序(在下文之步驟 3C 處開始)將該電池充電。

多區域充電程序

步驟 3A(多區域充電程序之區域 1)：以實質上恆定之充電電流 I_1 將電池充電，充電電流 I_1 具有足夠安培數以在約 1 小時之充電內將電池充電至其額定容量之自約少於 30% 至約 40% 之 SOC，其中充電電流 I_1 受控制以使得電池在將電池充電至 V_1 的電壓之後在自約 6 秒至約 1500 秒(例如，自約 6 秒至約 1200 秒，自約 6 秒至約 900 秒，或自約 6 秒至約 600 秒)結束之時段中被充電至電壓 V_1 ，該電壓小於其固有極化峰值電壓 V_{PP} ，接著根據多區域充電程序之級 2 將電池充電。

步驟 4A(多區域充電程序之區域 2)：以實質上恆定之充電電流 I_2 將電池充電，其中充電電流受控制以使得電池之電壓不會上升至高於最大電壓 V_2 ， V_2 小於其固有極化峰值電壓 V_{PP} ，且大於電壓平線區之電壓；計時以 I_2 之充電電流

將電池充電的時間，及在將電池組充電至其額定容量之85%或更高(例如，自約85%至約150%或自約85%至約130%)之SOC之後約60秒終止充電電流。

1. 單一區域充電程序

步驟3B：以充電電流 I_2 將電池充電，其中充電電流受控制以使得電池之電壓不會上升至高於最大電壓 V_2 ，該電壓小於其固有極化峰值電壓 V_{PP} ，且大於電壓平線區之電壓；計時以 I_2 之充電電流將電池充電至 V_2 之電壓的時間，及在將電池充電至其額定容量之85%或更高(例如，自約85%至約150%或自約85%至約130%)之SOC之後約60秒終止充電電流。

2. 過量放電恢復程序

步驟3C：以恆定充電電流 I_{recov} 將電池充電直至將電池充電至第一順序電壓平線區之電壓 V_{P1} (例如，該電池之額定容量之小於約30%之SOC或小於約5%之SOC)為止，繼之以根據上文描述之多級充電方法將電池充電。

上文提及之充電方法(例如，多級充電程序、單級充電程序或過量放電恢復充電程序)中的每一者在圖2、圖4、圖5、圖6及圖8A至圖8D中舉例說明。

現參看圖2，根據本發明之一實施例展示與銀-鋅電池之「多區域充電模式」有關的充電曲線。在一實施例中，充電曲線包括兩個相應曲線，其係相對於時間繪製且自左至右閱讀。在一實施例中，在開始充電後，在約1.65 V處開始之第一曲線係銀-鋅電池之電壓，且在一實施例中，在

約 8.5 mA 處開始之第二曲線係銀-鋅電池之充電電流。

鑒於上文所描述，在一實施例中，適用於實踐本發明之方法之再充電管理電路(諸如，圖 1 中所說明之電路)可定位於充電基底內，充電基底可描述為電流限制電壓源。在其他實施例中，管理電路可分裂於充電基底、電池組、由該電池組供電之電子器件或其任何組合之間。因此，再充電管理電路可包括用於實行該充電方法之硬體且當銀-鋅電池之 SOC 小於約 40% 時使充電基底輸送第一充電電流 I_1 ，其中第一充電電流 I_1 受控制以使得電池組之電壓不超過 V_1 。當將電池組充電至電壓 V_1 且歷時不超過 1500 秒(例如，約 1200 秒，約 900 秒，或約 600 秒)之時段時，再充電管理電路可使充電基底輸送第二充電電流 I_2 ，其中第二充電電流 I_2 受控制以使得不將電池充電至高於第二最大電壓位準 V_2 ，其中 V_2 小於或等於 V_1 。另外，在一實施例中，當受控充電電流 I_2 小於或等於最小充電電流 I_{ter} 歷時約 60 秒(例如，自約 30 秒至約 90 秒，或自約 50 秒至約 70 秒)之時段時，可終止用於將銀-鋅電池充電的充電方法。

在描述本方法之進一步態樣之前，提供系統之一或多個實施例的一些態樣。在一實施例中，充電電壓準確性可在 1.900 V 至 2.000 V 之間約 ± 2 mV 內。在一實施例中，電壓準確性可在 1.900 V 至 1.200 V 之間約 ± 25 mV 內。另外，在一實施例中，充電電流準確性可在約 ± 0.1 mA 內。另外，在一實施例中，溫度量測準確性可在約 $\pm 5^\circ\text{C}$ (例如， $\pm 2^\circ\text{C}$) 內且為環境溫度之量測；另外，在一實施例中，溫度量測

不必量測電池殼溫度。

在一實施例中，亦可在銀-鋅電池、系統及充電方法之一或多者的設計中考慮以下限制。在一實施例中，銀-鋅電池之電壓可不連續在多於一(1)秒的時間內超過2.00 V。另外，在一實施例中，高於2.00 V限制的任何電壓偏移可由當充電基底正在穩定化銀-鋅電池上之充電電壓之時的充電電壓/電流轉變產生。另外，在一實施例中，充電電流 I_2 或 I_{ter} 可不連續在多於三十(30)分鐘的時間內下降至低於約1 mA之「涓流」充電位準。另外，在一實施例中，銀-鋅電池之最大充電時間(在約室溫下)可為約六(6)小時。另外，在一實施例中，當環境溫度條件在約近似約0°C與約近似約40°C之間時，可將銀-鋅電池充電。另外，在一實施例中，電池電流在充電期間可經積分且在單一充電中可不超過27 mAh。

在本發明之一些方法中，放電警告信號觸發庫侖計數終止循環。

B. 充電方法2：

參看圖10至圖17，本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之一可再充電電池組充電之方法，該方法包含：

1)以一調變充電電流 I_1 將電池組連續充電，其中充電電流 I_1 ， I_1 具有一最大安培數 I_{max} 且經調變以使得將電池組之電壓限制於 V_{max} ，其係小於下一個連續較高的固有極化峰值電壓 V_{PP} 且高於下一個連續較高的電壓平線區；且

2)當充電電流在一給定時段內(例如，圖12之 I_{1end} 或圖13至16之 I_{2end})達到一最低臨限安培數時遏止充電電流 I_1 。

在一些態樣中，該最低臨限安培數 I_{end} 係根據下面方式計算：

$$I_{end} = I_{Chg} + I_{Temp}, I_{Chg} = (T_2 \times I_{max})/T_{Chg}, \text{ 其中}$$

I_{Temp} 為溫度補償電流， T_2 為將電池組在極化峰值電壓前從 V_{max} 之自約87%至約96%(例如，約95.9%)之電壓充電至在極化峰值電壓後 V_{max} 之電壓所必需的時間(例如，在2V電池組中從1.9 V至約2.0 V電壓，或約2.03V)， I_{max} 為電池組之最大充電電流，且 T_{Chg} 為電池時間常數，且該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。該計算係詳細討論於下文中。

在若干方法中， I_{end} 為 I_{1end} 。在其他方法中， I_{end} 為 I_{2end} 。

在其他態樣中，當充電電流 I_1 在持續自約30秒至約90秒(例如，60秒)之時段中具有小於或等於 I_{end} 之安培數時，該充電電流被遏止。

在某些態樣中，當電池被判定係不同於銀鋅電池時，該充電電流被遏止。

在若干方法中， V_{max} 為2.03 V或2.0 V。在其他方法中，充電電流具有約10 mA或更少(例如，約6 mA或更小)之最大安培數 I_{max} 。舉例而言，充電電流具有5.5 mA或更小之最大安培數 I_{1max} 。

且，一些方法包括量測溫度，其中溫度量測準確性具有

$\pm 5^{\circ}\text{C}$ 之偏差。

本發明之另一態樣提供一種將具有多個電壓平線區之可再充電電池組充電之方法，該方法包含：

1) 以調變充電電流 I_1 將電池組充電，其中充電電流 I_1 具有一最大安培數 $I_{\max}$ 且經調變以使得將電池組之電壓限制於 $V_{\max}$ ，其係小於小於下一個連續較高的固有極化峰值電壓 V_{PP} 且高於下一個連續較高的電壓平線區。

2) 從當該電池組具有 $V_{\max}$ 之自約 87% 至約 97% 之電壓之點起使經過自約 10 分鐘至約 30 分鐘(例如，約 20 分鐘)之時段過去之後遏止充電電流 I_1 ；且

3) 以經調變之充電電流 I_2 將電池組充電，其中該充電電流 I_2 具有一最大安培數 $I_{\max}$ 且經調變以使得將電池組的電壓限制於 $V_{\max}$ 。

某些態樣進一步包含當 I_2 的安培數低於 $I_{2\text{end}}$ 歷時連續自約 30 至約 90 秒(例如，約 60 秒)的時段時遏止充電電流 I_2 。

某些態樣進一步包含若在計時 20 分鐘之後最低安培數 $I_{2\text{low}}$ 小於充電電流 I_2 之安培數，則一旦將電池組充電至約 50% 之 SOC 便遏止充電電流 I_2 ，其中電池組之 SOC 係藉由在計時時間之同時積分充電電流來判定。

某些態樣下進一步包含當 I_1 之安培數低於 $I_{1\min}$ ，例如 1.0 V，歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_1 。

在某些態樣下，該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差，且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

本發明之另一態樣提供一種將 2.0 V 可再充電電池組充

電的方法，該方法包含：

1)以調變充電電流 I_2 將電池組充電，其中充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之電壓限制於2.0 V或更少(例如，1.98 V)，且該充電電流具有6.0 mA或更小(例如，5.5 mA或5.0 mA)之最大安培數 $I_{\max}$ ；

2)在充電開始之後15秒計時時間(在圖11中展示為 T_1)；

3)當計時時間時量測充電電流 I_2 之安培數；及

4A)若當計時時間時 I_2 之安培數為 $I_{\max}$ 歷時連續5秒或更久的時段，則當 I_1 之安培數在 $I_{2\text{end}}$ 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_2 ，其中 $I_{2\text{end}}$ 係當將電池組充電至其額定容量之約100%之SOC時維持電池組中之2.0 V之電壓所必需的溫度相依最小充電電流；或

4B)若在計時之後， I_2 之安培數係為 $I_{\max}$ 歷時小於連續5秒之時段，則一旦該電池組被充電至約100%至約150%之SOC時遏止充電電流 I_2 ，其中電池組之SOC係藉由在計時時間之同時積分充電電流來判定；或4C)當 I_1 之安培數在 $I_{1\min}$ (例如，1.0 V)以下歷時約5分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_1 ，

其中電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；充電電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

一些方法進一步包含：以第二調變充電電流 I_2 將電池組充電，其中第二充電電流 I_2 經調變以使得將電池組之電壓

限制於2.0 V或更小，且將充電電流安培數限制於5.0 mA之最大安培數 $I_{1\max}$ ；當電池組之電壓為1.9 V時計時時間；及以充電電流 I_2 連續將該電池組充電直至計時20分鐘為止。

在一些實例中，經充電之電池組為尺寸10、13、312或675的可再充電銀-鋅鈕扣電池。

本發明之另一態樣提供一種將一可再充電2.0 V銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：以一充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流具有一最大安培數 $I_{\max}$ ，該最大安培數約10 mA或更少(例如，約6 mA或更少)；其中該充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之電壓限制於2.03 V或更少；在以第二充電電流 I_2 充電開始之後60秒計時時間；當計時時間時量測充電電流 I_2 之最低安培數 I_{low} ；一旦將電池組以充電電流 I_2 充電至其額定容量之自約40%至約60%(例如，約50%)便遏止充電電流 I_2 ，其中電池組之充電容量係藉由在計時時間之同時積分充電電流 I_2 來判定；且該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

在一些態樣中，電池組在其放電狀態(亦即在充電之前)，具有大於約1.6 V(例如，大於約1.65 V)之OCV。

本發明之另一態樣提供一種將一可再充電2.0 V銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：以一充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流具有一最大安培數 $I_{\max}$ ，該最大安培數約10 mA或更少(例如，約6 mA或更少)，其中該

充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之電壓限制於約 2.03 V 或更小；在以第二充電電流 I_2 充電開始之後 60 秒計時時間；當計時時間時量測充電電流 I_2 之最低安培數 I_{low} ；及若當計時時間時 I_2 之安培數為 I_{max} 歷時連續 2 秒的時段，則當 I_2 之安培數在 I_{end} 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_2 ；或若在計時 20 分鐘之後 I_{low} 小於充電電流 I_2 之安培數，則一旦將電池組以充電電流 I_2 充電至其額定容量之自約 40% 至約 60% (例如，約 50%) 便遏止充電電流 I_2 ，其中電池組之充電容量係藉由在計時時間之同時積分充電電流 I_2 來判定；或若在計時 20 分鐘之後 I_{low} 大於或等於 I_2 之安培數，則當 I_2 之安培數在 I_{end} 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_2 ；或當 I_2 之安培數在 1.0 V 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_2 ；其中 $I_{end} = I_{Chg} + I_{Temp}$ ， $I_{Chg} = (T_2 \times I_{max})/T_{Chg}$ ， I_{Temp} 為溫度補償電流， T_2 為將電池組自約 1.9 V 充電至約 2.0 V 之電壓所必需的時間， I_{max} 為電池組之最大充電電流，且 T_{Chg} 為電池時間常數，且該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

在一些實施例中，電池組在其放電狀態時具有大於約 1.6 V (例如，大於約 1.65 V) 之 OCV。

某些實施例進一步包含量測溫度，其中溫度量測具有 $\pm 5^\circ\text{C}$ (例如， $\pm 2^\circ\text{C}$) 之準確性。

本發明之另一態樣提供一種將一可再充電 2.0 V 銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：以第一充電電流 I_1 將該電

池組充電，其中該充電電流具有一最大安培數 $I_{\max}$ ，該最大安培數約10 mA或更少(例如，約6 mA或更少)；一旦電池組被充電至1.9 V之電壓開始計時；調變該第一充電電流 I_1 以使得將該電池組之電壓限制於約2.03 V或更小；一旦計時時間介於約10分鐘至約30分鐘(例如，約20分鐘)遏止第一充電電流 I_1 ；以第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流具有一最大安培數 $I_{\max}$ ，該最大安培數約10 mA或更少(例如，約6 mA或更少)，其中該第二充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之電壓限制於2.0 V或更少；在以第二充電電流 I_2 充電開始之後60秒計時時間；當計時時間時量測充電電流 I_2 之最低安培數 I_{low} ；及若當計時時間時 I_2 之安培數為 $I_{\max}$ 歷時連續2秒的時段，則當 I_2 之安培數在 I_{end} 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_2 ；或若在計時20分鐘之後 I_{low} 小於充電電流 I_2 之安培數，則一旦將電池組以充電電流 I_2 充電至其額定容量之自約40%至約60%(例如，約50%)便遏止充電電流 I_2 ，其中電池組之充電容量係藉由在計時時間之同時積分充電電流 I_2 來判定；或若在計時20分鐘之後 I_{low} 大於或等於 I_2 之安培數，則當 I_2 之安培數在 I_{end} 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_2 ；或當 I_2 之安培數在1.0 V以下歷時約5分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_2 ；其中 $I_{end} = I_{Chg} + I_{Temp}$ ， $I_{Chg} = (T_2 \times I_{\max})/T_{Chg}$ ， I_{Temp} 為溫度補償電流， T_2 為將電池組自約1.9 V之電壓充電至約2.0 V之電壓所必需的時間， $I_{\max}$ 為電池組之最大充電電流，且 T_{Chg} 為電池時間常數，且該等電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏

差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

某些實施例進一步包含量測溫度，其中溫度量測具有約 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ （例如， $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ）之準確性。

在某些態樣中，最大安培數 $I_{\max}$ 為約6 mA或更小。舉例而言， $I_{\max}$ 為約5.5 mA或更小。

在其他態樣中，電池組在其放電狀態具有小於約1.70 V（例如，約1.65 V或更少）之OCV。

在某些態樣中，在充電之前電池組之OCV大於1.25 V。

在其他態樣中，在充電之前電池組之OCV小於1.25 V。

一些實施例進一步包含以1.0 mA之恢復充電電流將該電池組充電歷時至少20分鐘（例如，至少30分鐘）的時段；及當將該電池組充電至約1.50 V或更多（例如，約1.60 V）之電壓時遏止該恢復充電電流。

在圖8A至圖9中提供其他例示性方法（作為步驟圖）。

在一些方法中，電池組充電器為電流限制電壓源。當電池阻抗低時，充電器輸送如由充電方法設定之最大允許電流。隨著電池阻抗增加，電池電壓上升至最大允許電壓，且調變（亦即，降低）充電電流以將電池組之電壓維持於最大允許電壓。

在一些方法中，充電電壓準確性具有 $\pm 0.5\%$ （例如，在1.200 V至2.000 V之間 ± 10 mV）之偏差。在其他方法中，充電電流準確性具有 $\pm 2\%$ （例如，在1 mA至5 mA之間 ± 0.1 mA）之偏差。在一些方法中，以 $\pm 2\%$ 之準確性量測或計時

時間(例如，歷時5小時時段，準確性為 ± 0.1 小時)。且，在一些方法中，溫度量測準確性具有 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (例如， $\pm 2^{\circ}\text{C}$)之偏差。溫度量測不必量測電池殼溫度，僅量測環境溫度。

在一些方法中，電池電壓不連續在多於1秒的時間內超過2.00 V。高於此電壓限制之電壓偏移應歸因於當充電器正在穩定化電池上之充電電壓時的充電電壓/電流轉變。在圖10及圖13至圖17中，用於電池之最大充電電壓經標示為 $V_{\max}$ 。在此等充電方法中允許電壓漣波，但峰值應不超過2.0 V。

在一些方法中， $V_{\max}$ 為1.98 V。

在一些方法中，電池充電電流不連續在多於5分鐘的時間內下降至低於最小位準 $I_{\min}$ 。用於電池之最大充電電流為 $I_{\max}$ 。允許電流漣波但電壓峰值應不超過2.0 V。在一些方法中， $I_{\min}$ 為1.0 mA。在其他方法中， $I_{\max}$ 為5.0 mA(例如，當電池組之額定容量為31 mAh時， $I_{\max}$ 為5.0 mA)。在一些方法中， $I_{\max}$ 為5.5 mA(例如，當電池組之額定容量為35 mAh時， $I_{\max}$ 為5.5 mA)。

1. 深度放電(區域I)

本發明之另一態樣提供一種將具有小於1.65 V之電壓(例如，OCV)的可再充電2.0 V銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：

1)以具有6.0 mA或更小(例如，5.5 mA或5.0 mA)之安培數的第一充電電流 I_1 將電池組充電；

2)一旦將電池組充電至1.90 V之電壓便計時時間；

3)調變該第一充電電流以使得將電池組之電壓限制於2.0 V或更小，且該第一充電電流具有約10 mA或更少(例如，約6.0 mA或更小，約5.5 mA或5.0 mA)之最大安培數 $I_{1\max}$ ；

4)以第一充電電流連續將電池組充電直至計時20分鐘為止；及遏止第一充電電流；

5)以第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之電壓限制於2.0 V或更少；該第二充電電流具有一最大安培數 $I_{\max}$ ，該最大安培數約10 mA或更少(例如，約6 mA或更少，約5.5 mA或約5.0 mA)；

6)當 I_2 之安培數小於 $I_{2\text{end}}$ 歷時60秒之連續時段時，遏止該充電電流 I_2 ，其中

$$I_{2\text{end}} = I_{\text{Chg}} + I_{\text{Temp}},$$

I_{Chg} 為充電補償電流， I_{Temp} 為溫度補償電流，且

$$I_{\text{Chg}} = (T_2 \times 5.0 \text{ mA}) / T_{\text{Chg}},$$

其中 T_2 為以第二充電電流 I_2 將電池組充電至約2.0 V之電壓所必需的時間，且 T_{Chg} 為電池時間常數；或

7)當 I_2 之安培數在1.0 mA以下歷時約5分鐘或更少時，遏止充電電流 I_2 ；

其中電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

在一些方法中，利用兩個區域途徑以用於充電。參看圖11及圖12，區域1包括自初始步驟開始經由將電池組充電

至小於固有極化峰值之電壓 $V_{\max}$ 之步驟的充電方法的步驟。區域2包括自將電池組充電至 $V_{\max}$ (例如，圖11中之 T_1 的結束處) 之後約30秒至約90秒開始之充電方法的步驟，且繼續直至終止充電電流。當在區域2中充電電流下降至終止電流位準時終止充電。終止電流位準取決於電池在哪一區域開始充電。

在如圖11中所說明之一些方法中，當電池組電壓(例如，OCV)在充電之前小於或等於1.65 V時，通常將電池深度放電至小於其額定容量之50%之SOC。若允許安定，則電池組之開路電壓(OCV)將安定至1.60 V。以 $I_{\max}$ (例如，5.0 mA或5.5 mA) 將電池充電至 $V_{\max}$ 之最大電壓(例如，1.98 V或2.0 V)。當電池電壓到達1.90 V時，電池組電壓接近極化峰值，且極化峰值計時器 T_1 開始。極化峰值計時器計時約20分鐘的時間。當此計時器處於作用中時，充電電流將迅速下降及恢復。當 T_1 計時器處於作用中時，即使充電電流下降至低於 $I_{\min}$ 亦不終止充電電流。當 T_1 計時器完成時(亦即，該計時器已計時20分鐘)，進入區域2。在 T_1 計時器完成之後，將充電設定點維持於 $V_{\max}$ (例如，1.98 V或2.0 V) 及 $I_{\max}$ (例如，5.0 mA或5.5 mA)。充電電流繼續直至充電電流在連續60秒內小於 I_{lend} 為止。 I_{lend} 係以mA為單位之經計算充電終止電流，其補償充電狀態，電池老化及環境溫度。用於 I_{lend} 之計算以方程式(1)表示：

$$I_{\text{lend}} = I_{\text{Chg}} + I_{\text{Temp}} \quad (1)$$

其中 I_{Chg} 為以mA為單位之充電補償電流，且 I_{Temp} 為提供於

表 1A 及表 1B 中之以 mA 為單位的溫度補償電流：

表 1A：用於 31 mAh 容量電池組之 I_{Temp} 及 I_{end} 值。

溫度	最大充電時間	I_{Temp}	I_{end}
$\geq 25^{\circ}\text{C}$	0.0 小時	0.6	4.0
15°C	+1.0 小時	0.4	3.5
5°C	+2.0 小時	0.2	3.0
0°C	+2.5 小時	0.0	2.5

表 1B：用於 35 mAh 容量電池組之 I_{Temp} 及 I_{end} 值。

溫度	最大充電時間	I_{Temp}	I_{end}
$\geq 25^{\circ}\text{C}$	0.0 小時	1.0	4.5
15°C	+1.0 小時	0.6	4.0
5°C	+2.0 小時	0.3	3.5
0°C	+2.5 小時	0.0	3.0

I_{Chg} 係基於恆定電流計時器 T_2 之計算值， T_2 係電池在區域 2 中在恆定電流下（例如，當 I_2 實質上恆定時）充電之所量測時間長度。當計時器 T_1 開始時，計時器 T_2 亦開始。在 T_1 結束後，當充電電流下降至低於 I_{max} 時計時器 T_2 結束。 T_2 之最小值為 T_1 。 I_{Chg} 係藉由方程式 (2) 判定：

$$I_{Chg} = (T_2 \times I_{max}) / T_{Chg} \quad (2)$$

其中 T_{Chg} 係以小時為單位之電池時間常數。注意， T_{Chg} 係針對諸如 31 mAh 鈕扣電池或 35 mAh 鈕扣電池之特定電池設計按經驗判定的。表 2 中提供用於上文之 31 及 35 mAh 鈕扣電池的一些 T_{Chg} 值：

表 2：用於兩種類型之可再充電鈕扣電池的 T_{chg} 值。

容量	T_{chg}
31 mAh	5.0 小時
35 mAh	5.5 小時

注意，處於其循環壽命之早期的電池組將具有較低阻抗且將更容易接受電荷，此導致較長之所量測 T_2 。較長之 T_2 導致較大之 I_{chg} ，在充電電流較高的同時其較早終止充電。處於其壽命之後期的電池組將具有較高阻抗且較難以接受電荷，此導致較短之 T_2 。較短之 T_2 導致較小之 I_{chg} ，當充電電流較低時其較遲終止充電。

2. 溫度相依

較高環境溫度增加電池之導電性，此允許電池組較快地充電。較低環境溫度減小電池組之導電性且將電池組充電至相同容量需要更多時間。因此，用於最大充電時間之值可經修改以補償溫度對導電性之影響。

上文之表 1A 及表 1B 詳述基於環境溫度待與最大充電時間一起使用之偏移量。對於在下文所指示之特定值之間的溫度，按比例縮放偏移量。不管溫度如何，最小充電電流值保持為最低可接受充電電流。

本發明之一些方法進一步包含量測溫度，其中溫度量測準確性具有 $\pm 5^\circ\text{C}$ (例如， $\pm 2^\circ\text{C}$) 之偏差。

3. 淺度放電(區域 2)

本發明之另一態樣提供一種將具有約 2.0 V 之額定電壓的可再充電銀-鋅電池組充電的方法，該方法包含：

1)以調變充電電流 I_1 將電池組充電，其中充電電流 I_1 經調變以使得將電池組之電壓限制於2.0 V或更小，且充電電流具有5.0 mA之最大安培數 $I_{1\max}$ ；

2)在充電開始之後60秒計時時間；

3)當計時時間時量測充電電流 I_1 之最低安培數 $I_{1\low}$ ；及

4A)若當計時時間時 I_1 之安培數為 $I_{\max}$ 歷時連續2秒的時段，則當 I_1 之安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_1 ，其中 $I_{1\text{end}}$ 係當將電池組充電至約100%之SOC時維持電池組中之2.0 V的電壓所必需的溫度相依最小充電電流；或

4B)若在計時20分鐘之後 $I_{1\low}$ 小於充電電流 I_1 之安培數，則一旦將電池組充電至約50%之SOC便遏止充電電流 I_1 ，其中電池組之SOC係藉由在計時時間之同時積分充電電流來判定；或

4C)若在計時20分鐘之後 $I_{1\low}$ 大於或等於 I_1 之安培數，則當 I_1 之安培數在 $I_{1\text{end}}$ 以下歷時連續60秒的時段時遏止充電電流 I_1 ；或

4D)當 I_1 之安培數在 $I_{1\min}$ 1.0V以下歷時約5分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_1 ；及

電壓具有 $\pm 0.5\%$ 之偏差；充電電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

一些方法進一步包含：以第二調變充電電流 I_2 將電池組充電，其中第二充電電流 I_2 經調變以使得將電池組之電壓限制於2.0 V或更小，且將充電電流安培數限制於5.0 mA

之最大安培數 $I_{\max}$ ；當電池組之電壓為 1.9 V 時計時時間；
及以充電電流 I_2 連續將電池組充電直至計時 20 分鐘為止。

一些方法進一步包含：以第二調變充電電流 I_2 將電池組充電，其中第二充電電流 I_2 經調變以使得將電池組之電壓限制於 2.0 V 或更小，且將充電電流安培數限制於 5.0 mA 之最大安培數 $I_{\max}$ ；當電池組之電壓為 1.9 V 時計時時間；及以充電電流 I_2 連續將電池組充電直至計時 20 分鐘為止。

若在充電之前電池組 OCV 大於 1.65 V，則電池組具有相對高之充電狀態。若允許安定，則電池組之開路電壓 (OCV) 將為 1.86 V。在此狀況下，使用固定終止充電電流 $I_{2\text{end}}$ 。

當充電在區域 2 中開始時，電池組阻抗存在寬變化。若在充電之開始時電池組幾乎被完全充電，則電池阻抗顯著低於電池組接近轉變區域的情況下。圖 13 展示電池組以高充電狀態開始充電，與在圖 14 中電池組在接近轉變區域處開始充電相對。

由於此阻抗變化，所以使用區域 2 過濾計時器 T_3 。計時器 T_3 在充電開始之後 60 秒開始。當 T_3 處於作用中時，若充電電流在連續 2 秒內到達 $I_{\max}$ ，則使用 $I_{2\text{end}}$ (參見表 1A 及表 1B) 來終止充電。圖 13 展示此情形之實例，此係由於充電電流在 T_3 期間到達 $I_{\max}$ 。當充電電流降至低於 $I_{2\text{end}}$ 時充電終止。當 T_3 處於作用中時，若充電電流已到達 $I_{\max}$ 且接著在 T_3 完成 (參看圖 15) 或充電電流降至低於 $I_{\min}$ 之任何時間之前降至低於 $I_{2\text{end}}$ ，則充電可終止。

一旦 T_3 開始，則記錄最小充電電流 I_{low} 且將其與在 T_3 已結束時之充電電流比較。若 I_{low} 小於 T_3 之結束處的充電電流，則藉由積分充電電流將 C_{max} 之 50% (亦即，SOC 之 50%) 充電至電池中。當已將 C_{max} 之 50% 充電至電池中時或若充電電流降至低於 I_{min} ，則充電終止。圖 16 將此情形展示為充電電流在 T_3 期間從未到達 I_{max} 且當已將 C_{max} 之 50% 充電至電池中時充電電流小於 I_{2end} 。

若 I_{low} 等於或大於在 T_3 之結束處之充電電流，則當充電電流降至低於 I_{2end} 時充電可終止。對於此狀況，若充電電流已低於 I_{2end} ，則充電可立即終止。

4. 過量放電恢復

本發明之另一態樣提供一種用於將具有小於 1.25 V 之 OCV 的可再充電電池組充電的方法，該方法包含：

1) 以 1.0 mA 之恢復充電電流將電池組充電歷時至少 30 分鐘的時段；及

2) 當將電池組充電至 1.60 V 之電壓時遏止恢復充電電流。

當電池組 OCV 小於 1.25 V 時，電池組已被過量放電。在此情況下，在可使用正常充電方法之前，可平緩地將電池組充電至最小條件。以 I_{recov} 將電池組充電歷時最少 30 分鐘且直至充電電壓到達 V_{recov} 為止。一旦充電電壓超過 V_{recov} ，則充電可轉變至正常充電。可能不可以 I_{recov} 充電速率將電池組充電歷時多於 1 小時。表 3 中呈現用於 31 mAh 及 35 mAh 鈕扣電池兩者之樣本 V_{recov} 及 I_{recov} 值。

表 3：用於兩種可再充電電池組之 V_{recov} 及 I_{recov} 值。

容量	V_{recov}	I_{recov}
31 mAh， 35 mAh	1.60 V	1 mA

在電池電壓到達 V_{recov} 之後，可積分充電電流直至將最大容量 C_{max} 充電至電池中為止，接著可終止充電。隨後之充電循環將回復至正常充電方法。參看圖 17。在室溫下之估計充電時間為 7 至 8 小時，此係歸因於較慢的充電開始及最大容量充電目標。

5. 診斷

a. 診斷-軟短路

在一實施例中，方法中之一或多者亦可考慮「軟短路」，「軟短路」係由鋅樹枝狀結晶引起之內部短路，鋅樹枝狀結晶瞬時刺穿分離器堆疊但由短路電流燒損 (burn back)。出於比較之目的，不包括軟短路之充電曲線展示於圖 7A 中，而包括軟短路之充電曲線展示於圖 7B 中。注意到，軟短路為銀-鋅電池組之預期失效模式。

軟短路通常發生於上部平線區中以橫跨電極之最高電壓位準充電期間。在每一燒損事件之後，鋅樹枝狀結晶生長得更大且能夠攜載更多短路電流直至樹枝狀結晶汽化或溶解為止。軟短路逐步變得越來越糟直至最終形成「硬短路」為止，「硬短路」在下文更詳細地進行描述。

通常，軟短路將發生於一充電循環中且直至若干循環後才會重現，此係因為樹枝狀結晶生長回來要花費時間。最

初，軟短路將輕微地減少銀-鋅電池之額定充電容量，且隨著鋅樹枝狀結晶能夠攜載更多電流，銀-鋅電池之額定充電容量將甚至進一步減少。因此，軟短路之早偵測可允許與該系統相關聯之方法中的一或多者向使用者傳達銀-鋅電池組可能必須在未來之某時點被替換。

為了考慮到電池組短路，本發明之一些方法視需要包含若電池組之電壓低於 V_P 歷時2秒或更多的時段，則產生可指示電池組中之軟短路的電信號。

在多區域充電方法中，軟短路首先出現於區域2充電步驟中，此係由於電位係最高的且最有利於經由樹枝狀結晶抽取電流。若區域2中之充電電壓連續地小於或等於電壓平線區 V_P (例如，1.90 V)歷時多於1秒(例如，約2秒或更多)的時段，則一旦將電池組充電至 V_2 之電壓，便可證實軟短路診斷。本發明之一些方法包括當證實軟短路時產生一電信號。

b. 診斷-硬短路

在一實施例中，方法中之一或多者亦可考慮「硬短路」，其使銀-鋅電池不能操作，此係由於硬短路將銀-鋅電池完全放電從而導致電池之電壓下降至幾乎為0.00 V。通常，硬短路係由經由分離器的樹枝狀結晶短路及自罩至蓋之外部導電橋引起，該等樹枝狀結晶短路為危害罩與蓋之間的絕緣障壁從而導致在墊片下方或周圍之鋅樹枝狀結晶生長之內部結構。分離器通常經設計以耐受樹枝狀結晶生長，但在電池組之壽命之結束處，分離器將變得較弱且最

終可允許樹枝狀結晶生長穿過其，從而導致「硬短路」。

可將具有硬短路之銀-鋅電池區分於在過量放電恢復事件期間之過量放電銀-鋅電池(參見，例如，充電方法300之步驟S.302、S.303')。舉例而言，若電池之電壓 V 在規定時間限制內(例如，在(例如)步驟S.302處所見之約一(1)小時內)未到達 V_{recov} ，則充電方法300可判定銀-鋅電池具有硬短路且可自步驟S.302前進至步驟S.303'。在一實施例中，當判定銀-鋅電池是否包括硬短路時，充電方法300可考慮約0.100 V至約0.300 V之最小OCV偵測位準。

硬短路使電池不能操作，此係歸因於其將電池完全放電及導致電池電壓降至幾乎為零(0)V。

硬短路係由經由分離器的樹枝狀結晶短路、危害在罩與蓋之間的絕緣障壁之內部機械問題、在墊片下方或周圍生長之鋅樹枝狀結晶，及自罩至蓋的外部導電橋引起。

可將具有硬短路之電池區分於在過量放電恢復充電期間之過量放電電池。若電池電壓在規定時間限制(亦即，1小時)內未到達 V_{recov} ，則電池具有硬短路。

c. 偵測

高阻抗電池難以使充電容量回至電極中。具有此條件之電池逐漸需要更多時間來變成完全充電的。此導致較長充電時間及較低電流臨限值。最後，隨著阻抗上升，電池將不再在室溫下在6小時內充電至全容量。隨著將較少電荷放回至電池中的每一連續循環，容量傾向於逐漸下降。

高阻抗電池係由逐漸密化且變得更難以充電之鋅陽極引

起，從而使電池老化，電池之老化影響電極接受電荷之效率及電解質不平衡(其當分離器經阻塞且不允許水轉移有效率地發生時可發生)。

在一實施例中，方法中之一或多者亦可考慮到具有相對高阻抗之銀-鋅電池，該相對高阻抗可導致銀-鋅電池難以使電荷回至電極中。通常，高阻抗銀-鋅電池係經常由逐漸密化且變得較難以充電之鋅陽極引起，藉此使銀-鋅電池老化，此可影響(a)電極接受電荷之效率，及(b)電解質不平衡(其當分離器經阻塞且不允許水轉移有效率地發生時可發生)。

在一實施例中，當 $I_{\min}$ 終止充電時，證實高阻抗/容量衰減診斷。在警告使用者之前可證實多個高阻抗/容量衰減警告。

d. 不正確電池組化學物質

如上文所指出，根據本發明將電池組再充電之方法並非對所有類型的電池組相容。應瞭解，具有非銀-鋅化學物質之許多電池可共用與銀-鋅電池之殼幾何形狀相同的殼幾何形狀；因而，當設計一或多個方法時，應緊記及考慮不同化學物質以便防止使用者試圖將具有非順應性化學物質之電池再充電。舉例而言，在一實施例中，類似電池殼可不包括銀-鋅化學物質，而是例如：鋅-空氣(ZnO_2)，鎳-金屬氫化物(NiMH)或其類似者。

當將此發明之一些充電方法應用於鋅-空氣電池組或鎂-氧化物電池組時，電池組可經受充氣或爆炸。為了避免此

情形，本發明之一些充電方法進一步包含評定經充電之電池組的化學物質之一步驟或一系列步驟，且若電池組經評定為具有不相容充電特性，則終止充電方法。此等步驟可在將電池組充電時或將電池組放電時發生。

鋅-空氣及NiMH電池在以 I_{Diag} 充電時相比於AgZn傾向於具有較慢充電電壓上升。可量測充電電壓上升且識別鋅-空氣及NiMH電池。若在充電之前電池電壓在1.25 V與1.65 V之間且在以 I_{Diag} 充電3秒之後電池電壓未超過1.55 V，則電池為鋅-空氣或NiMH。對於在充電之前電池電壓小於1.25 V之鋅-空氣及NiMH電池，將過量放電恢復方法用於偵測。過量放電的鋅-空氣及NiMH電池在以 I_{recov} 充電歷時1小時時將不會到達 V_{recov} 。表4中提供用於兩種電池組之 I_{Diag} 值：

表4：用於2種電池組之 I_{Diag} 值。

容量	I_{Diag}
31 mAh	8 mA
35 mAh	10 mA

部分放電的 Ag_2O 或銀-氧化物電池在充電期間看起來與AgZn幾乎相同，此係因為陽極與陰極為相同化學物質。因此，可將 Ag_2O 電池充電高達 V_1 。當到達 V_1 時，在 Ag_2O 電池中之充電電流將類似於AgZn下降。區別在於 Ag_2O 之充電電流通常降至1.0 mA以下且決不恢復至較高位準。AgZn電池在到達 V_1 時亦具有充電電流下降，但充電電流下降在極化峰值計時器完成前在電流再次上升回前僅為瞬

時的。充電電流之反曲點用以識別AgZn。反曲經定義為0.5 mA或更多的上升。完全放電之Ag₂O電池在充電期間具有相當慢之電壓上升。此係藉由在充電電壓超過1.80 V之後量測電壓上升而偵測。AgZn將在到達1.80 V之後5分鐘內到達V₁，但Ag₂O電池將花費長得多的時間。銀-氧化物化學物質可花費長達1小時的時間來偵測，但在此時間期間電池不受損壞且將接受電荷。

深度放電之鹼性電池相比於AgZn亦具有較慢充電電壓上升且可類似於鋅-空氣及NiMH而加以偵測。新鹼性電池具有較接近AgZn及Ag₂O之開路電壓。因此，可將鹼性電池充電至高達V₁且接著可在極化峰值計時器期間像Ag₂O一樣監視充電電流。

參看圖8D，根據本發明之一實施例描述上文提及之充電方法400。在一實施例中，充電方法400包括若干分枝，每一分枝包括關於判定與系統介接/連接至系統之電池組的充電是否應或不應進行的不同結果。在充電不應進行之條件中，理由可包括以下各者中之任一者，諸如，例如：(a) 試圖將具有非順應性化學物質之電池充電，或例如：(b) 電池包括順應性化學物質，但(例如)包括不允許之高阻抗。

然而，若待由系統充電之電池包括適當之OCV準則(例如，在充電時段之開始處的OCV(V)大於或等於約(例如)1.65 V)，則方法400可自步驟S.401前進至步驟S.402(亦即，在步驟S.402處，方法400可前進至在步驟S.102'處之「多級充電模式」或在步驟S.202處之「單級充電模式」

中的一者)。然而，相反地，若待由系統50充電之電池不包括適當之OCV準則(例如，在充電時段之開始處的OCV(V)小於1.65 V)，則方法400可自步驟S.401前進至步驟S.402'以便進一步調查待由系統50充電之電池的OCV。

1. 分枝S.402'至S.405'

在步驟S.402'處，舉例而言，方法判定電池之OCV是否大於或等於約近似1.2 V且小於或等於約近似1.45 V。若在步驟S.402'處以上條件為真，則方法400自步驟S.402'前進至步驟S.403'，在步驟S.403'處以8 mA將電池充電直至電池之電壓等於約近似1.55 V或充電之時間約等於三(3)秒為止。方法400接著自步驟S.403'前進至步驟S.404'以判定在以8 mA充電之三(3)秒內電池之電壓是否小於1.55 V。若在步驟S.404'處以上條件不為真，則方法400接著前進至步驟S.405'，在步驟S.405'處停止充電，此歸因於電池可能具有 ZnO_2 、NiMH、鹼性或其類似者中之一者的非順應性化學物質。然而，若在步驟S.404'處條件為真，則方法400自步驟S.404'前進至步驟S.404''，步驟S.404''在上述揭示內容中更詳細地加以論述。

2. 分枝S.402'及S.403''至S.407''

參看回至步驟S.402'，論述方法400之另一分枝。在步驟S.402'處，可判定條件不為真(亦即，OCV可大於或等於1.2 V但小於或等於1.45 V)，且因而，方法400自步驟S.402'前進至S.403''。在步驟S.403''處，舉例而言，方法400判定電池之OCV是否大於約近似1.45 V且小於約近似1.65 V。

若在步驟 S.403'' 處以上條件為真，則方法 400 自步驟 S.403'' 前進至步驟 S.404''，在步驟 S.404'' 處以 8 mA 將電池充電直至電池之電壓等於約近似 1.98 V 或直至充電電流 I 下降為止。方法 400 接著自步驟 S.404'' 前進至 S.405''，在 S.405'' 處判定在關於電池之電壓為 1.8 V 之時段的五 (5) 分鐘內電池是否到達 $V_{\max}$ 。

若在步驟 S.405'' 處以上條件為真，則方法 400 自步驟 S.405'' 前進至步驟 S.406'' 以判定在極化峰值計時器 T_1 期間充電電流 I 是否小於 1 mA。若在步驟 S.405'' 以上條件為真，則方法 400 自步驟 S.406'' 前進至步驟 S.407''，在步驟 S.407'' 處停止充電，此歸因於電池可能具有非順應性化學物質 (例如，電池為鹼性電池) 或電池包括順應性化學物質 (例如， $\text{Ag}_2\text{O}/\text{AgZn}$)，然而卻包括不允許之高阻抗。類似地，若在步驟 S.405'' 條件不為真，則方法 400 自 S.405'' 前進至停止充電之步驟 S.407''。另外，若在步驟 S.406'' 處條件不為真，則方法自步驟 S.406'' 前進至步驟 S.407'''，步驟 S.407''' 在上述揭示內容中更詳細地加以論述。

當考慮上文描述之步驟 S.406'' 時，將瞭解，在充電期間 Ag_2O 或「銀 I 氧化物」電池與 AgZn 或「銀 II 氧化物」電池表現得幾乎相同，此係因為陽極與陰極為相同化學物質；因此，可將 Ag_2O 電池充電至高達 $V_{\max}$ ；當到達 $V_{\max}$ 時，在 Ag_2O 電池中之充電電流將與 AgZn 電池類似地下降。然而，區別在於 Ag_2O 電池之充電電流通常降至 1 mA 以下且經常不恢復至較高位準。另外， AgZn 電池在到達 $V_{\max}$ 時亦

具有充電電流下降，但是然而充電電流下降在極化峰值計時器完成前在電流再次上升回之前僅為瞬時的。更進一步地，空 Ag_2O 電池在充電期間具有相當慢之電壓上升，此可藉由在充電電壓超過 1.8 V 之後量測電壓上升來偵測。另外， AgZn 電池在到達 1.8 V 之後將迅速到達 V_{max} ，但是然而， Ag_2O 電池將花費長得多的時間。

3. 分枝 S.402'、S.403'' 及 S.403''' 至 S.405'''

參看回至步驟 S.402'，論述方法 400 之另一分枝。在步驟 S.402' 處，可判定條件不為真(亦即，OCV 可小於 1.2 V 或大於 1.45 V)，且因而，方法 400 自步驟 S.402' 前進至 S.403''。在步驟 S.403'' 處，舉例而言，方法 400 判定電池之 OCV 是否大於約近似 1.45 V 且小於約近似 1.65 V。在步驟 S.403'' 處，可判定條件不為真(亦即，OCV 可小於 1.2 V)，且因而方法 400 自步驟 S.403'' 前進至 S.403'''。

在步驟 S.403''' 處，以 1 mA 將電池充電直至電池到達 1.6 V 為止。方法 400 接著自步驟 S.403''' 前進至 S.404'''，在 S.404''' 處判定在一(1)小時內電池之電壓是否到達 1.6 V。若在步驟 S.404''' 處以上條件不為真，則方法 400 前進至步驟 S.405'''，在步驟 S.405''' 處停止充電，此歸因於電池可能具有 ZnO_2 、NiMH、鹼性或其類似者中之一者的非順應性化學物質。然而，若在步驟 S.404''' 處條件為真，則方法前進至步驟 S.404''，步驟 S.404'' 已在上文進行論述且出於簡潔目的此處不再重複。

4. 分枝 S.402'、S.403'' 至 S.406'' 及 S.407'''

現將注意引至步驟S.407''''。若在上文步驟S.406''處描述之條件不為真則到達步驟S.407''''。在步驟S.407''''處，方法400判定在極化峰值計時器 T_1 期間充電電流 I 是否展現反曲(亦即，反曲經定義為0.5 mA或更多的上升)。若在步驟S.407''''處以上條件為真，則反曲可指示電池為銀-鋅電池且銀鋅電池之銀狀態為AgZn或「銀II氧化物」；因而，方法400自步驟S.407''''前進至步驟S.402(亦即，在步驟S.402處，方法400可前進至在步驟S.102'處之「多級充電模式」或在步驟S.202處之「單級充電模式」中的一者)。然而，相反地，若在步驟S.407''''條件不為真，則方法400自S.407''''前進至停止充電之步驟S.407''。

在本發明之一些方法中，電池組評定在充電期間發生，且包含以充電電流將電池組充電歷時一設定時段及判定初始電壓上升速率是否滿足臨限值，且若電壓上升速率不能滿足臨限值，則終止充電。舉例而言，當將電池組放電至額定容量之約50%或更少之SOC時，最初以診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時一短時段(例如，少於10秒)，且量測電池組之電壓。若電池組之電壓未能滿足臨限值(例如，約1.65 V)，則終止充電。

在一些實施例中，上文之充電方法中之任一者進一步包含以約8 mA的診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約7秒(例如，少於約5秒或約3秒)的時段，且若 V_{Batt} 小於或等於約1.65 V(例如，小於或等於約1.55 V)，則終止充電方法。

在其他實施例中，上文之充電方法中之任一者進一步包含以約 8 mA 的診斷充電電流 I_{Diag} 將電池組充電歷時少於約 7 秒(例如，少於約 5 秒或約 3 秒)的時段，且若電池組之 SOC 的增加並非至少 0.02%，則終止充電方法。

在一實施例中，評定在電池組放電時發生。舉例而言，在將電池組放電之結束處，當 V_{Batt} 在 1.4 V 與 1.15 V 之間(例如，在 1.4 V 與 1.2 V 之間)時量測每單位時間平均電池組電壓之改變，且若在 30 分鐘或更少(例如，15 分鐘或更少，10 分鐘或更少，或 5 分鐘或更少)之時段期間改變不大於或等於 60 mV，則產生一電信號，該電信號警告使用者不應根據本發明之方法將電池組充電。

一實施例包含在將電池組放電之結束處(例如，當 DOD 為約 70% 或更少時，當 DOD 為約 90% 或更少時，或當 DOD 為約 95% 或更少時)判定每單位容量平均電池組電壓的改變，且若隨著 DOD 改變 3%，每單位時間電池組電壓之改變不大於或等於 60 mV，則產生一信號(例如，音訊信號、視覺信號、振動信號或其任何組合)，該信號警告使用者不應根據本發明將電池組再充電。或，若隨著 DOD 改變 3%，每單位時間電池組電壓之改變大於或等於 60 mV，則產生一信號(例如，音訊信號、視覺信號、振動信號或其任何組合)，該信號警告使用者應根據本發明將電池組再充電。其他實施例包含產生一信號，該信號與充電管理系統通信且取決於評定之結果啟用或停用根據本發明之方法對電池組的充電。

6. 評定再充電電池組之SOC

根據本發明之方法再充電之電池組的容量，及相關聯之SOC可使用以下方程式(3)計算：

$$\text{容量} = \int_0^{T_{cc}} I_{cc} dT + \int_{T_{cc}}^{T_{final}} I_{cv}(T) dT \quad (3)$$

其中 T_{cc} 為恆定電流時間， I_{cc} 為實質上恆定電流， I_{cv} 為維持電池組中之恆定電壓的受控電流，及 T_{final} 為充電終止之時間。可使用數學近似法近似出容量來判定方程式(3)中之積分中之每一者的容量。

在本發明之一些方法中，庫侖計數可用以判定充電至可再充電電池組之電能的容量。

其他方法基於將電池組充電至一特定電壓所必需之時間來近似出電容量。

針對根據本發明之若干方法經充電至 V_1 及 V_2 的電池組，近似出電池組之容量或判定何時將電池組充電至其額定容量之約80%或更多之SOC的一例示性方法為量測電池組之電壓自電壓 V_1 到達 V_2 所需要的時間。此時間接著用以藉由使用以下方程式(4)判定 I_{ter} ：

$$I_{ter} = I_{comp} - m(T_{V_2} - T_{V_1})^Y \quad (4)$$

其中 I_{comp} 為針對給定溫度之最小充電電流，項 $(T_{V_2} - T_{V_1})$ 表示將電池組自 V_1 充電至 V_2 所需要之時間量，且 m 及 Y 為常數。若方程式(4)給出小於 I_2 之 I_{ter} 值，則 $I_{ter} = I_2$ 。判定 Y 及 m 之一方式為使用 m 及 Y 的各種值(例如， Y 為1， Y 在0.25與4.0之間，或 Y 在0.3與3之間)測試與意欲使用本方法充電之

電池組具有相同總體設計之電池組的群體，並選擇來自展示最長循環壽命之電池組的 m 及 Y 值。判定 I_{comp} 之一方式為使用在若干溫度下 I_{comp} 的各種值測試與意欲使用本方法充電之電池組具有相同總體設計之電池組的群體，並選擇在每一溫度下之值 I_{comp} 以使得電池之短路不發生。 I_{comp} 通常為將在5至200小時之間的時段內將電池自0% SOC完全充電至100% SOC的電流(例如，在23°C之溫度下， I_{comp} 為1 mA， I_{comp} 為10 mA至0.01 mA， I_{comp} 為7 mA至0.1 mA)。在諸如針對一些鈕扣電池之一些實例中， I_{comp} 在約23°C之溫度下為1 mA， m 為1毫安/小時且 Y 為1。

當將電池組充電至 V_2 且充電電流 I_2 受控制時，在 I_2 等於 I_{ter} 時終止受控 I_2 充電電流， I_2 等於 I_{term} 在將電池組充電至其額定容量之80%或更多(例如，90%或更多，95%或更多，99%或更多，或約100%)之SOC時發生。

針對根據本發明之若干方法經充電至 V_1 及 V_2 的電池組，近似出電池組之容量或判定何時將電池組充電至其額定容量之約80%或更多之SOC的另一例示性方法為量測電池組之電壓針對當前充電循環自電壓 V_1 到達 V_2 所需要的時間及自前充電循環到達 V_2 及 V_1 之時間。接著藉由使用形式上與以下方程式(5)類似的逐段連續方程式來將此等時間用以判定 I_{ter} ：

$$I_{ter} = I_{comp} + m(T_{V_2} - T_{V_1})^Y + \sum_{i=1}^n m_i(T_{V_{2,i}} - T_{V_{1,i}})^{Y_i} \quad (5)$$

其中 I_{comp} 為針對給定溫度之最小充電電流，項 $(T_{V_2} - T_{V_1})$ 表示將電池組自 V_1 充電至 V_2 所需要之時間量，且 m 及 Y 為常

數。若方程式(5)給出小於 I_2 之 I_{ter} 值，則 $I_{ter}=I_2$ 。判定 Y 及 m 之一方式為使用 m 及 Y 的各種值(例如， Y 為1， Y 在0.25與4.0之間，或 Y 在0.3與3之間)測試與意欲使用本方法充電之電池組具有相同總體設計之電池組的群體，並選擇來自展示最長循環壽命之電池組的 m 及 Y 值。判定 I_{comp} 之一方式為使用在若干溫度下 I_{comp} 的各種值測試與意欲使用本方法充電之電池組具有相同總體設計之電池組的群體，並選擇在每一溫度下之值 I_{comp} 以使得電池之短路不發生。 I_{comp} 通常為將在5至200小時之間的時段內將電池自0% SOC完全充電至100% SOC的電流(例如，在23°C之溫度下， I_{comp} 為1 mA， I_{comp} 為10 mA至0.01 mA， I_{comp} 為7 mA至0.1 mA)。在諸如針對一些鈕扣電池之一些實例中， I_{comp} 在約23°C之溫度下為1 mA， m 為1毫安/小時且 Y 為1。方程式(5)之總和中的下標 i 範圍自前一循環至目前循環， $i=1$ ，及 $i=n$ ， n 為在當前循環再前一個之數目。數目 n 通常小於10或小於5。判定 Y_i 及 m_i 之一方式為使用 m_i 及 Y_i 的各種值(例如， Y_i 為1， Y_i 在0.0與4.0之間，或 Y_i 在0.3與3之間)測試與意欲使用本方法充電之電池組具有相同總體設計之電池組的群體，並選擇來自展示最長循環壽命之電池組的 m_i 及 Y_i 值。方程式(5)中之總和亦可由為時間導數或 $(T_{V2}-T_{V1})$ 之差的函數的項(亦即，方程式(6))替換，其中 Δ 表示差分操作且 x 表示第一、第二或第三差分。

$$I_{ter} = I_{comp} + m(T_{V_2} - T_{V_1})^Y + \sum_{i=1}^n m_i \frac{\Delta^x (T_{V_{2,i}} - T_{V_{1,i}})^{Y_i}}{\Delta^x i} \quad (6)$$

當將電池組充電至 V_2 且充電電流 I_2 受控制時，在 I_2 等於 I_{ter} 時終止受控 I_2 充電電流， I_2 等於 I_{ter} 在將電池組充電至其額定容量之 80% 或更多 (例如，90% 或更多，95% 或更多，99% 或更多，或約 100%) 之 SOC 時發生。

針對根據本發明之若干方法經充電至 V_1 及 V_2 的電池組，近似出電池組之容量或判定何時將電池組充電至其額定容量之約 80% 或更多之 SOC 的另一例示性方法為量測電池組之電壓針對當前充電循環自電壓 V_1 到達 V_2 所需要的時間及自前充電循環到達 V_2 及 V_1 之時間。接著藉由使用已知延遲反饋控制方法或延伸時間延遲自動同步方法中之任一者將此等時間用來判定 I_{ter} 。

7. V_1 、 V_2 、 I_1 、 I_2 及 I_{ter} 之動態調變

充電參數 V_1 、 V_2 、 I_1 、 I_2 及 I_{ter} 未必在循環間為恆定的，但可經調變以最佳化各種效能特性。此等效能特性之實例為：在若干循環上提供恆定放電容量，在電池組之壽命期間維持恆定充電時間，增加該若干循環至最小容量，修復軟短路及在過量放電事件之後恢復效能。可藉由使用已知延遲反饋控制方法或延伸時間延遲自動同步方法 (諸如特此以全文引用之方式併入之 I. Kiss, Z. Kazsu 及 V. Gaspar; Chaos 16 033109(2006) 中所描述的方法) 中之任一者來調變充電參數 V_1 、 V_2 、 I_1 、 I_2 及 I_{ter} ，其中來自前一充電及/或放電循環之不同效能特性與當前充電參數一起使用以調變針對當前充電循環的充電參數中之一或多者。可藉由不同方法同時調變充電參數中之每一者。可用於控制

方法中之效能特性的實例為：放電電壓之結束、開路電壓、待用時間、總充電時間、平均放電電壓、 I_{ter} 或 $T_{V2}-T_{V1}$ 。

III. 充電裝置

在一些實施例中，可再充電電池組耦接至包含充電管理系統(例如，硬體、韌體及/或軟體)之主機器件(例如，電子器件，諸如蜂巢式電話、PDA、膝上型電腦、手電筒、攜帶型音訊器件及/或攜帶型視訊器件)。在其他實施例中，可再充電電池組包含充電管理系統，其中可再充電電池組耦接至包括電池組充電管理系統的主機器件，諸如蜂巢式電話、膝上型電腦、攜帶型音訊器件(例如，mp3播放器)或其類似者。美國專利第6,191,522號中描述此一系統。且，在一些實施例中，充電管理系統或電路被劃分於主機器件(例如，由電池組供電之電子器件)、電池組自身、充電基底或其任何組合間。儘管上述揭示內容中之一些係針對電池組及主機器件，但將瞭解，術語「電池組」及「主機器件」係針對所主張之發明的一實施例，且「電池組」及「主機器件」之特定應用描述不應被用於限制申請專利範圍之範疇。

在一實施例中，電池組具有電池之實際容量之約50%或更少的額定充電容量。當電池組被稱為「完全充電」時，電池具有電池組之額定容量之約100%的SOC。當電池組對諸如電子器件之主機器件供電時，電池組之SOC下降。當將電能輸送至可再充電電池組時，可再充電電池組被再充

電。用於將可再充電電池組再充電之一或多種方法在上文進行描述且大體分別展示於圖8A至圖8D中之100、200、300及400處。

在一實施例中，系統可包括(例如)充電銜接件或充電基底，諸如在美國專利第6,337,557號中所描述之充電銜接件或基底。在其他實施例中，系統可包括包含如圖1中所描繪之電路的再充電硬體。可再充電電池組可直接與充電基底銜接或以其它方式置於充電基底上，以使得充電基底能夠直接或間接地將電池組再充電。在另一實例中，電池組可耦接至電子器件，且，在一實施例中，電子器件可直接與充電基底銜接或以其它方式置於充電基底上，以使得充電基底能夠直接或間接地將可再充電電池組再充電。在一實施例中，充電基底可連接至通常展示於AC處之電源電系統，以便允許將可再充電電池組再充電。

在一實施例中，「直接」充電方法可包括(例如)「直接有線接觸」，「直接有線接觸」包括(例如)自(例如)可再充電電池組、電器件及充電基底中之一或多者延伸之一或多個電接點/引線，以使得電接點/引線允許將電力自(例如)電源電系統輸送至可再充電電池組。在一實施例中，「間接」充電方法可包括(例如)「電感充電」以使得電磁場可轉移來自(例如)連接至電源電系統之充電基底及可再充電電池組與電子器件中之一或多者的能量。

在一實施例中，可再充電電池組為鈕扣電池組；然而，本發明之其他實施例包含可再充電電池組及將此等電池組

充電之方法，可再充電電池組包含電性串聯配置之複數個電化電池。在本發明中，有用之其他可再充電電池組亦包括圓柱電池及稜柱電池。

在一些實施例中，可再充電電池組包含兩個電極（亦即，一陽極及一陰極）及一電解質（亦即，充當用於促進電子及陽離子之移動之導電介質的物質）。電解質可包括諸如（例如）鹼性劑之水溶液（例如，含水NaOH、含水KOH或其組合）之材料混合物。一些電解質亦可包含添加劑，諸如包括硼酸、磷酸或其類似者之緩衝劑。本發明之電池組中的一些例示性陰極包含銀材料。且，本發明之電池組中的一些例示性陽極包含鋅。

在一實施例中，可再充電電池組之陰極包含銀材料。在一實施例中，可再充電電池組之陽極可包含鋅（Zn）。因此，鑒於上文所描述之可再充電電化電池組之電極的可能化學物質，可再充電電化電池組可稱作「銀-鋅電池組」。

在一實施例中，銀-鋅電池組包括鹼性電解質，鹼性電解質包含鹼金屬的含水之氫氧化物。在一實施例中，電解質可包含氫氧化鋰（LiOH），氫氧化鈉（NaOH）、氫氧化鉀（KOH）、氫氧化銫（CsOH）、氫氧化銣（RbOH）或其任何組合。儘管上文描述若干電解質，但將瞭解，銀-鋅電池組不限於特定電解質且銀-鋅電池組可包括任何理想電解質。

在一實施例中，銀-鋅電池組可以受控方式再充電。在一實施例中，用於將銀-鋅電池組再充電之系統可包括說

明為圖1中之電路圖的再充電管理電路。

在一實施例中，再充電管理電路允許以受控方式將銀-鋅電池組再充電。在一實施例中，再充電管理電路可包括於銀-鋅電池組(諸如在美國專利第7,375,494號中所描述之電池組)、電子器件及充電基底中之一或多者內。在一實施例中，再充電管理電路可提供為處理器、邏輯電路或其組合。適用於執行本發明之充電方法之其他再充電系統的一些態樣包括在美國專利第7,018,737號；第6,181,107號；第6,215,276號；第6,040,684號；及第6,931,266號；及美國專利申請公開案第20050029989號；第20030040255號中所描述的態樣。

在一實施例中，如在圖1中舉例說明之再充電管理電路允許以受控方式將銀-鋅電池組再充電。在一實施例中，再充電管理電路可包括於銀-鋅電池組、電子器件及充電基底中之一或多者內。在一實施例中，再充電管理電路可被提供為處理器、邏輯電路或其組合。

在一實施例中，可藉由用於可再充電電池組之再充電管理電路達成之充電方法100至400可使用一或多個調變充電電流(例如， I_1 及/或 I_2)，該一或多個調變充電電流在一些實施例中被描述為恆定電流、恆定電壓(CC-CV)充電電流。如在圖2、圖4、圖5、圖6、圖7A及圖7B中之充電曲線圖中所見，用於充電方法100至400中之受控充電電流以高達充電電流頂值(例如， $I_{1\max}$ 或 $I_{2\max}$)之最大充電電流將電池組充電直至將電池組充電至最大電壓(例如， V_1 或 V_2)

為止，在最大電壓時充電電流以最大電流繼續或被減少，以使得充電電池組之電壓不會上升至高於最大電壓。且，當電池組之電壓降至最大電壓以下時，充電電流增加至高達最大充電電流直至電池組之電壓到達最大電壓，充電電流被遏止，或充電程序/方法進入另一區域(諸如在多級充電程序中)為止。

另外，在一實施例中，可藉由用於電池組之再充電管理電路提供之充電方法100至400中的一者或兩者或兩者以上之通訊可包括至少兩種不同充電模式，此可取決於(例如)銀-鋅電池組的容量。在一實施例中，充電模式包含多級充電模式(參見，例如，方法100)及單級充電模式(參見，例如，方法200)。其他實施例進一步包含可選「過量放電恢復充電模式」(參見，例如，方法300)及/或「電池組診斷調查充電模式」(參見，例如，方法400)。

因此，將瞭解，因為使用者可能利用電子器件歷時約十八(18)小時，所以二十四(24)小時時段之餘量(時間)僅留下約六(6)小時來將銀-鋅電池組再充電。因而，在設計充電方法100至400中之一或多者時，銀-鋅電池組之最大充電時間的實施例可為約六(6)小時。因此，將瞭解，若(例如)使用者操作電子器件歷時約十八(18)小時，則可允許使用者在(例如)使用者不在使用電子器件及可能(例如)在睡覺時的約六(6)小時內將銀-鋅電池組再充電至約滿容量。換言之，六(6)小時充電時段可稱作上文提及之單級充電模式的一實施例。

然而，在一實施例中，亦將瞭解，若(例如)使用者操作電子器件歷時一時段(例如，使用者操作電子器件歷時約十八(18)小時)且忘記將銀-鋅電池組再充電，則可必須快速將銀-鋅電池組再充電以便將電容量輸入至電池組中且使電子器件在至少一縮短時段中可操作。在此情況下，銀-鋅電池組之再充電可必須以一方式加速，以使得電池組之SOC在縮減的充電時間內至少部分復原；藉此使電子器件在一時段中可操作。因此，在一實施例中，亦可以一方式設計充電方法100至400中之一或多者，使得在約1小時之充電內將具有小於40%之SOC的電池組充電至約40%之SOC。換言之，一小時充電時段可稱作上文提及之多級充電模式的一實施例。

其他實施例

已出於使讀者熟悉本發明之新穎態樣的目的而論述本文中所揭示之實施例。儘管已展示及描述本發明之較佳實施例，但在不必脫離如在以下申請專利範圍中所描述之本發明之精神及範疇的情況下，一般熟習此項技術者可作許多改變、修改及代替。

【圖式簡單說明】

圖1為能夠執行根據本發明之一實施例之用於將一可再充電電池組或鈕扣電池充電的例示性方法的電池組充電電路之電路圖。

圖2為具有至少一電壓平線區之可再充電電池組之充電曲線的圖，其中繪製了在根據本發明之一方法以第一充電

電流 I_1 及第二充電電流 I_2 將該電池組充電時的電池組電壓 V_{Batt} 及充電電流。

圖 3A 為具有多個電壓平線區之可再充電電池組之充電曲線的例示性圖，其中繪製在以一未箝位之充電電流將電池組充電時的電池組電壓以說明在充電期間觀察到之電池組的固有極化峰值 V_{PP1} 及 V_{PP2} 與電壓平線區 V_{P1} 、 V_{P2} 及 V_{P3} 。

圖 3B 為圖 3A 中所展示之一電壓平線區之放大圖，其展示在電壓平線區電壓 V_{P1} 、電壓 V_1 與固有極化峰值之電壓 V_{PP1} 之間的關係之表示。

圖 4 為具有至少一電壓平線區之可再充電電池組之充電曲線的圖，其中繪製在根據本發明之一方法（其中 $V_{Batt} > V_1 > V_{P1}$ ）將該電池組充電直至充電電流 I_2 到達終端充電電流 I_{ter} 為止時的電池組電壓及充電電流。

圖 5 為具有至少一電壓平線區之可再充電電池組之充電曲線的圖，其中根據本發明之多區域充電方法將電池組充電，在該方法中以充電電流 I_1 將電池組充電至第一電壓 V_1 ，接著以充電電流 I_2 將電池組充電至電壓 V_2 ，且電壓 V_1 約等於電壓 V_2 。

圖 6 為具有至少一電壓平線區之可再充電電池組之充電曲線的圖，其中根據本發明之多區域充電方法將電池組充電，在該方法中以恢復充電電流 I_{recov} 將電池組自一低 SOC 充電直至該電池組之電壓到達恢復電壓 V_{recov} 為止，接著以第一充電電流 I_1 將電池組充電直至該電壓到達 V_1 為止，且最後以第二充電電流 I_2 將該電池組充電直至該第二充電

電流到達 I_{ter} 為止。

圖 7A 為根據本發明之例示性實施例的用於將一電池組再充電之充電曲線的圖。

圖 7B 為根據本發明之例示性實施例的用於將經歷軟短路之電池組再充電的充電曲線的圖。

圖 8A 為表示根據本發明之一實施例的用於將具有至少一電壓平線區之可再充電電池組再充電的一例示性方法的步驟圖。

圖 8B 為表示根據本發明之一實施例的用於將具有至少一電壓平線區之可再充電電池組再充電的另一例示性方法的步驟圖。

圖 8C 為表示根據本發明之一實施例的用於將具有至少一電壓平線區之可再充電電池組再充電的另一例示性方法的步驟圖。

圖 8D 為表示根據本發明之一實施例的用於將具有至少一電壓平線區之可再充電電池組再充電的另一例示性方法的步驟圖。

圖 9 為表示用於將一可再充電電池組再充電之另一例示性方法的步驟圖。

圖 10 為根據本發明之一例示性實施例的正以多區域充電方法充電的電池組之充電曲線的圖。

圖 11 為根據本發明之一例示性實施例的正以多區域充電方法充電的電池組之充電曲線的圖。

圖 12 為根據本發明之一例示性實施例的正以多區域充電

方法充電的電池組之充電曲線的圖。

圖 13 為根據本發明之一例示性實施例的正被充電的具有約 50% 或更多之 SOC 的電池組之充電曲線的圖。

圖 14 為根據本發明之一例示性實施例的正被充電的具有約 50% 或更多之 SOC 的電池組之充電曲線的圖。

圖 15 為根據本發明之一例示性實施例的正被充電的具有約 50% 或更多之 SOC 的電池組之充電曲線的圖。

圖 16 為根據本發明之一例示性實施例的正被充電的具有約 50% 或更多之 SOC 的電池組之充電曲線的圖。

圖 17 為根據本發明之一例示性實施例的正被充電的具有約 1.25 V 或更小之 OCV 的電池組之充電曲線的圖。

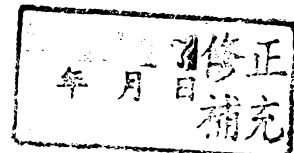
圖 18 為將一電池組放電至小於約 40% 的 SOC 且接著以未箝位電池組之電壓之實質上恆定的充電電流將該電池組充電直至該電池組電壓到達極化峰值為止，且接著根據本發明之一方法將該電池組充電之充放電曲線的圖。

【主要元件符號說明】

100	充電方法
200	充電方法
300	充電方法
400	充電方法
C_{max}	最大容量
I_1	第一充電電流
I_2	第二充電電流
I_{lend}	溫度相依最小充電電流/終止充電電流

$I_{2\text{end}}$	溫度相依最小充電電流/終止充電電流
I_{max}	最大充電電流
I_{recov}	恢復充電電流
I_{ter}	終端充電電流
T_1	時間
T_2	時間
T_3	時間
V_1	電壓
V_2	電壓
V_{BATT}	電壓
V_{max}	最大充電電壓
V_{P}	電壓平線區
V_{P1}	第一順序電壓平線區
V_{P2}	電壓平線區
V_{P3}	電壓平線區
V_{PP}	固有極化峰值之電壓
V_{PP1}	固有極化峰值之電壓
V_{PP2}	固有極化峰值之電壓
V_{recov}	恢復電壓

發明專利說明書



中文說明書替換本(101 年 1 月)

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：100124999

※ 申請日：100.07.14.

※IPC 分類：

H02J 7/00 (2006.01.01)
H01M 10/48 (2006.01.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於將電池組再充電之方法及裝置

METHOD AND APPARATUS FOR RECHARGING A BATTERY

二、中文發明摘要：

本發明提供一種用於將銀-鋅可再充電電池組充電之新穎方法及用於實踐該充電方法之裝置。該再充電裝置包括：再充電管理電路；及銀-鋅電池組、主機器件或包括該再充電管理電路之充電基底中之一或多者。該再充電管理電路提供用於調節銀-鋅電池組之再充電之構件，用於評估電池組功能的診斷，及防止由對不適用於該充電方法之材料組成的電池組(例如，非銀-鋅電池組)充電引起之對裝置之損壞的安全措施。

三、英文發明摘要：

The present invention provides a novel method for charging silver-zinc rechargeable batteries and an apparatus for practicing the charging method. The recharging apparatus includes recharging management circuitry; and one or more of a silver-zinc cell, a host device or a charging base that includes the recharging management circuitry. The recharging management circuitry provides means for regulating recharging of the silver-zinc cell, diagnostics for evaluating battery function, and safety measures that prevent damage to the apparatus caused by charging batteries composed of materials that are not suited for the charging method (e.g., non-silver-zinc batteries).

七、申請專利範圍：

1. 一種將具有多個電壓平線區之可再充電電池組充電之方法，其中該電池組具有小於其最高電壓平線區之電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

以第一充電電流 I_1 將該電池組充電，其中施加該第一充電電流 I_1 直至將該電池組充電至電壓 V_1 為止；及

當該電池組之該電壓為 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_1 ，

其中電壓 V_1 係小於與電壓平線區 V_P 相關聯之固有極化峰值的電壓 V_{PP} ， V_P 高於 V_{Batt} ，且 V_1 大於該電壓平線區 V_P 。

2. 如請求項 1 之方法，其進一步包含：

以第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中在該第一充電電流 I_1 之後施加該第二充電電流 I_2 直至該電池組電壓到達電壓 V_2 為止，其中該電壓 V_2 大於 V_P 且小於 V_{PP} ；及

當該電池組之該電壓到達該電壓 V_2 時控制該第二充電電流 I_2 ，以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_2 。

3. 如請求項 2 之方法，其中施加該第二充電電流 I_2 至少直至將該電池組充電至該電池組之額定容量之自約 80% 至約 150% 的 SOC 為止。

4. 如請求項 1 至 3 中任一項之方法，其中 I_1 實質上係恆定的直至將該電池組充電至電壓 V_1 為止。

5. 如請求項4之方法，其中 I_2 實質上係恆定的直至將該電池組充電至電壓 V_2 為止。
6. 如請求項1至3中任一項之方法，其中當該電池組的初始SOC小於其額定容量之40%時，該第一充電電流 I_1 係足以在約1分鐘至約300分鐘的時段中將該電池組充電至電壓 V_1 。
7. 如請求項1至3中任一項之方法，其中當該電池組的初始SOC小於其額定容量之40%時，該第一充電電流 I_1 係足以在約5分鐘至約240分鐘的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。
8. 如請求項1至3中任一項之方法，其中當該電池組的初始SOC小於其額定容量之40%時，該第一充電電流 I_1 係足以在約10分鐘至約90分鐘的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。
9. 如請求項1至3中任一項之方法，其中當該電池組的初始SOC小於其額定容量之40%時，該第一充電電流 I_1 係足以在約75分鐘或更少的時段中將該電池組充電至 V_1 之電壓。
10. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該第一充電電流 I_1 係足以在約240分鐘或更少時間內將該電池組自小於其額定容量之30%的SOC充電至其額定容量之自約30%至約40%的SOC。
11. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該第一充電電流 I_1 係足以在少於約240分鐘內將該電池組自小於其額定容

量之約30%的SOC充電至其額定容量之約40%的SOC。

12. 如請求項1至3中任一項之方法，其中當該電池組之該電壓為 V_1 時，控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1500秒之時段。

13. 如請求項2至3中任一項之方法，其進一步包含：

在以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_1 歷時自約6秒至約1200秒之時段後，終止該第一充電電流 I_1 ；及

當該第一充電電流 I_1 終止時施加該第二充電電流 I_2 。

14. 如請求項13之方法，其進一步包含：

當該電池組之該電壓到達電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 10\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_1 歷時自約5秒至約600秒之時段。

15. 如請求項5之方法，其中在將該電池組充電至 V_1 之電壓之前的該時段期間， I_1 係大於或等於 I_2 。

16. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 V_1 係大於或等於 V_2 。

17. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 V_{Batt} 係該電壓 V_1 之約50%至約87%。

18. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 為約500安培(Amp)或更小。

19. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 係自約100 mA至約500安培。

20. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 為約500安培或更小。
21. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 係自約100 mA至約500安培。
22. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該電池組具有自約1 Ah至約1000 Ah之額定容量。
23. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 為約500 mA或更小。
24. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 係自約20 mA至約500 mA。
25. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 為約500 mA或更小。
26. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 係自約20 mA至約500 mA。
27. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該電池組具有自約200 mAh至約1 Ah之額定容量。
28. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 為約50 mA或更小。
29. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 係自約5 mA至約50 mA。
30. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 為約50 mA或更小。
31. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 係自約5 mA至約50 mA。

32. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該電池組具有自約50 mAh至約200 mAh之額定容量。
33. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 為約25 mA或更小。
34. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 係自約4 mA至約25 mA。
35. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 為約25 mA或更小。
- 36. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 係自約4 mA至約25 mA。
37. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該電池組具有自約4 mAh至約50 mAh之額定容量。
38. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 為約2 mA或更小。
39. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 I_1 係自約10 μ A至約2 mA。
- 40. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 為約2 mA或更小。
41. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 I_2 係自約10 μ A至約2 mA。
42. 如請求項2至3中任一項之方法，其中該電池組具有自約1 mAh至約4 mAh之額定容量。
43. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該電壓 V_2 係 V_1 之自約90%至約100%。

44. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 V_1 為約 2.04 V 或更小。
45. 如請求項1至3中任一項之方法，其中 V_1 係自約 1.96 V 至約 2.04 V。
46. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 V_2 為約 2.03 V 或更小。
47. 如請求項2至3中任一項之方法，其中 V_2 係自約 1.93 V 至約 2.03 V。
48. 如請求項1至3中任一項之方法，其中該方法不包括計數庫侖。
49. 如請求項1至3中任一項之方法，其進一步包含若在將該電池組充電至 V_2 之電壓之後 V_{Batt} 低於 V_P 歷時多於1秒的時段，則產生指示該電池組中之軟短路的電信號。
50. 如請求項1至3中任一項之方法，其進一步包含：以診斷充電電流 I_{Diag} 將該電池組充電歷時少於約30秒之時段，偵測該電池組之該電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約 1.65 V 或更小則終止該電池組的充電。
51. 如請求項50之方法，其中 I_{Diag} 係大於或等於 I_1 。
52. 如請求項51之方法，其中 I_{Diag} 比 I_1 大約 5% 至約 200%。
53. 如請求項52之方法，其中 I_{Diag} 比 I_1 大自約 30% 至約 100%。
54. 如請求項51之方法，其中 I_{Diag} 約等於 I_1 。
55. 如請求項1至3中任一項之方法，其進一步包含：以比 I_1 高約 10% 至約 200% 之診斷充電電流 I_{Diag} 將該電池組充電

歷時少於約10秒之時段，偵測該電池組之該電壓 V_{Batt} ，
及若 V_{Batt} 為約1.60 V或更小則終止該電池組的充電。

56. 如請求項1至3中任一項之方法，其進一步包含：以比 I_1
高約30%至約100%之診斷充電電流 I_{Diag} 將該電池組充電
歷時少於約5秒之時段，偵測該電池組之該電壓 V_{Batt} ，及
若 V_{Batt} 為約1.55 V或更小則終止該電池組的充電。

57. 一種偵測可再充電銀-鋅電池組之方法，其包含：以一診
斷充電電流 I_{Diag} 將該電池組充電歷時少於約60的時段，
偵測該電池組之電壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約1.60 V或更小
則終止該電池組之充電，其中 I_{Diag} 為約25 mA或更少。

58. 如請求項57之方法，其中以診斷充電電流 I_{Diag} 將該電池
組充電歷時於約7秒或更少的時段，偵測該電池組之電
壓 V_{Batt} ，及若 V_{Batt} 為約1.60 V或更小則產生一電信號，
其中 I_{Diag} 為自約20 mA至約25 mA或約10 mA或更少。

59. 如請求項58之方法，其中該電信號啟動音訊警報、視覺
警報、振動警報或其任意組合。

60. 一種將具有多個電壓平線區之可再充電電池組充電的方
法，其中該電池組具有小於第一順序電壓平線區 V_{P1} 之電
壓之約80%的OCV，該方法包含：

在充電電池組之該電壓到達大於 V_{Batt} 之該第一順序電
壓平線區 V_{P1} 之後，以實質上為恆定的恢復充電電流 I_{recov}
將該電池組充電歷時不超過約120分鐘之時段；

以第一充電電流 I_1 將該電池組充電，其中該第一充電
電流 I_1 實質上係恆定的直至將該電池組充電至電壓 V_1 為

止；及

當該電池組之該電壓到達該電壓 V_1 時控制該第一充電電流 I_1 ，以使得以不超過 V_1 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_1 歷時約 6 秒至約 900 秒之時段，

其中電壓 V_1 係小於針對電壓平線區 V_P 之固有極化峰值的電壓 V_{PP} ， V_P 係高於 V_{P1} ，且 V_1 係大於該電壓平線區 V_P 。

61. 如請求項 60 之方法，其中 I_{recov} 係 I_1 之自約 5% 至約 90%。
62. 如請求項 61 之方法，其進一步包含在充電電池組之該電壓到達大於 V_{Batt} 之該第一順序電壓平線區 V_{P1} 之後，以實質上為恆定的恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時不超過約 30 分鐘之時段，及
當該電池組被充電至其額定容量之約 100 至 120% 之 SOC 時遏止經調變之第二充電電流；或
當充電電流在 1.0 mA 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_2 ；其中該等電壓具有 $\pm 1\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差，溫度量測準確性具有不超過 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之偏差，且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。
63. 如請求項 62 之方法，其進一步包含若在以 I_{recov} 充電歷時自約 30 分鐘至約 2 小時之時段之後，該電池組之該電壓 V_{Batt} 未能到達大於 V_{Batt} 的該第一順序電壓平線區 V_{P1} ，則產生一電信號。
64. 如請求項 62 之方法，其進一步包含根據請求項 2 至 53 中任一項將該電池組充電。

65. 如請求項1至3、57至64中任一項之方法，其中該可再充電電池組包含鈕扣電池、硬幣電池、圓柱電池或稜柱電池。

66. 如請求項2、3、57至64中任一項之方法，其進一步包含：

當該第二充電電流 I_2 終止時產生一電信號。

67. 如請求項66之方法，其進一步包含：

當該第二充電電流 I_2 終止時啟動一視覺信號、啟動一音訊信號、啟動一振動信號，或其任何組合。

68. 一種將具有多個電壓平線區及大於其額定容量之50%之初始SOC的可再充電電池組充電的方法，其中該電池組具有小於或等於其最高電壓平線區之電壓 V_{Batt} ，該方法包含：

以實質上恆定之充電電流 I_2 將該電池組充電直至將該電池組充電至電壓 V_2 為止；及

控制充電電流 I_2 以使得以不超過 V_2 之約 $\pm 20\%$ 之偏差將該電池組的該電壓維持於 V_2 ，

其中電壓 V_2 係大於電壓平線區 V_P 之該電壓且小於固有極化峰值之電壓 V_{PP} 。

69. 如請求項68之方法，其進一步包含：

當 I_2 達到 I_{ter} ，其中在該電池組被充電至 V_2 之時段 I_{ter} 為 I_2 之約85%或更少時，終止該充電電流 I_2 。

70. 如請求項69之方法，其進一步包含：

當 I_2 達到 I_{ter} ，其中在該電池組被充電至 V_2 之時段 I_{ter} 為

I_2 之約75%或更少時，終止該充電電流 I_2 。

71. 如請求項68之方法，其中 V_2 為約2.0 V或更小。

72. 如請求項71之方法，其中當該電池組被充電至 V_2 時，該充電電流 I_2 為約6 mA。

73. 如請求項72之方法，進一步包含當 I_2 為約4.5 mA時終止充電電流 I_2 。

74. 一種將具有小於1.65 V之OCV之可再充電2.0 V銀-鋅電池組充電的方法，其包含：

以具有10 mA或更小之安培數的第一充電電流 I_1 將該電池組充電；

一旦將該電池組充電至1.90 V之電壓便計時時間；

調變該第一充電電流 I_1 以使得將該電池組之該電壓限制於2.03 V或更小，且該第一充電電流 I_1 具有約10.0 mA或更小之最大安培數；

遏止以該第一充電電流 I_1 將該電池組充電一旦計時20分鐘；

以第二充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之該電壓限制於2.0 V或更小，且該第二充電電流具有約10.0 mA或更小之最大安培數；及

當該充電電流之該安培數小於終止電流 I_2 之該安培數歷時60秒或更少之連續時段時，遏止該調變第二充電電流 I_2 ，其中該電池組被充電至其額定容量之約80至150%之SOC，其中

$$I_2 = I_{\text{Chg}} + I_{\text{Temp}},$$

且 I_{Chg} 為充電補償電流， I_{Temp} 為溫度補償電流，

$$I_{\text{Chg}} = (T_2 \times I_1) / T_{\text{Chg}},$$

其中 T_2 為以小時為整合之時段，該時段係從當電池組電流達到 1.9 V 開始至當充電電流之數值開始調變至小於 I_2 時結束，且 T_{Chg} 為電池組時間常數，其係由每個電池組的大小及結構所決定；或

當充電電流在 1.0 mA 以下歷時約 5 分鐘或更少時遏止充電電流 I_2 ；及

其中該等電壓具有 $\pm 1\%$ 之偏差；該等電流安培數具有 $\pm 2\%$ 之偏差；該溫度量測準確性具有不大於 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之偏差；且計時時間具有 $\pm 2\%$ 之偏差。

75. 如請求項 74 之方法，其進一步包含量測溫度，其中該溫度量測準確性具有 $\pm 2^\circ\text{C}$ 之偏差。

76. 如請求項 74 或 75 之方法，其中在充電之前該電池組之該電壓係大於 1.25 V。

77. 如請求項 74 或 75 之方法，其中在充電之前該電池組之該電壓係小於 1.25 V。

78. 如請求項 77 之方法，其進一步包含：

以 1.0 mA 之恢復充電電流 I_{recov} 將該電池組充電歷時至少 30 分鐘的時段；及

當將該電池組充電至 1.60 V 之電壓時遏止該恢復充電電流 I_{recov} 。

79. 一種將具有大於 1.65 V 之 OCV 之 2.0 V 之可再充電銀-鋅電

池組充電的方法，其包含：

以調變充電電流 I_2 將該電池組充電，其中該充電電流 I_2 經調變以使得將該電池組之該電壓限制於 2.0 V 或更小 (例如，1.98V)，且該充電電流具有約 6.0 mA 或更少之最大安培數 $I_{\max}$ ；

在充電開始之後 15 秒計時時間；

當計時時間時量測充電電流 I_2 之安培數；及

若當計時時間時 I_2 之該安培數為 $I_{\max}$ 歷時連續 5 秒或更多的時段，則當 I_2 之該安培數在 $I_{2\text{end}}$ 以下歷時連續 60 秒的時段時遏止充電電流 I_2 ，其中 $I_{2\text{end}}$ 係當將該電池組充電至其額定容量之約 100% 至 150% 之 SOC 時的溫度相依性終止充電電流；或

若在計時之後 I_2 之安培數為 $I_{\max}$ 歷時連續小於 5 秒鐘，則一旦將該電池組充電至約 100 至約 150% 之 SOC 便遏止充電電流 I_2 ，其中該電池電流係被積分直到該電池組之額定容量之 50%；或

在計時已經完成後，當 I_2 之該安培數在 $I_{1\text{min}}$ 1.0 V 以下歷時約 5 分鐘或更少的時段時遏止充電電流 I_2 。

80. 一種偵測可再充電銀-鋅電池組放電的方法，其包含：

當該電池組電壓 V_{Batt} 介於 1.4 V 及 1.15 V，且如果電壓不大於或等於 60 mV 歷時 30 分鐘或更少的時段下產生一電信號，量測該電池組中單位時間內平均電池放電壓的變化。

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

I_1	第一充電電流
I_2	第二充電電流
I_{ter}	終端充電電流
V_1	電壓
V_2	電壓
V_{BATT}	電壓
V_P	電壓平線區
V_{PP}	固有極化峰值之電壓

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)