

蓄 電 池

毛 啓 爽 編 譯

中 國 科 學 圖 書 儀 器 公 司

出 版

編譯者序

蓄電池是一種最便利而最可靠的電源，應用很是廣大。大而言之發電廠，小而言之輛汽車，都非採用蓄電池不可。關於蓄電池的原理，固應明瞭，尤其維護與修理的方法，更應注意。因維護的得當，往往可以增加蓄電池的壽命不少。

本冊是電工技術叢書的一種，根據國際函授學校立特爾氏 (Ralph W. Ritter) 和亞楞氏 (E. W. Allen) 所編蓄電池 (Storage Battery) 小冊編譯而成。本冊分為兩編，第一編講述鉛板蓄電池及愛迪生式蓄電池之原理及構造，第二編講述維護及修理上述兩種蓄電池的方法，並如何控制充電與放電。

原書對於理論方面講解欠透澈之處，皆經譯者參考蓄電池專書予以補充。其對於實用知識，頗多切合實際的經驗之談，是任何電工書籍上所不能全部讀到的，很值得推薦於讀者之前。不過原書編排不免有次序凌亂以及重複之處，都經譯者加以整理，分章節編排過了。原書沒有問題和習題，也是譯者不憚繁瑣加進去的。讀者讀完每一章，可以翻看後面的題目，闔起書來尋求解答，可作為溫習之一助。

本冊承裘維裕，楊允中和楊季璠三先生校閱一過，予以極可寶貴之指正與建議，很為感激，特此誌謝。

一九四五年八月 毛啓爽於上海

- 尺寸 4.9 容量 4.10 電壓 4.11 溫度對於容量之影響
4.12 效率和壽命 4.13 優點 4.14 用途

第二編 蓄電池之裝置,維護及修理

- 第五章 鉛蓄電池之裝置及維護..... 59
- 5.1 電池室與通風 5.2 端鈕與連接柄之防腐 5.3 電池之裝配
5.4 極性之確定 5.5 充電與放電 5.6 充電之類別 5.7 浮接與
補足 5.8 補充電池之電解液 5.9 比重計讀數之誤解及改正
5.10 比重之調準 5.11 電池之擱置及儲藏 5.12 將電池恢復應
用 5.13 捷路之效應及補救
- 第六章 鉛蓄電池之修理及熔接法..... 76
- 6.1 如何處理舊極板 6.2 病態之極板 6.3 間隔物及電解液之
處理 6.4 如何移去沉澱 6.5 如何處理容器及蓋 6.6 如何重
裝電池 6.7 水療法 6.8 熔接法大意 6.9 熔接法之發餞設備
6.10 電熱碳棒設備 6.11 維護鉛蓄電池時所常遇之障礙 6.12
維護鉛蓄電池時應注意之點
- 第七章 鎳鐵鹼電池之裝置,維護及使用..... 94
- 7.1 裝置 7.2 充電 7.3 電解液 7.4 如何調換電解液 7.5 容
量損失之原因及補救方法 7.6 清潔工作 7.7 使用時注意之點
- 第八章 各種蓄電池充電與放電之控制方法..... 101
- 8.1 恒流充電法 8.2 改良恒壓充電法 8.3 蓄電池經電燈排而
充電 8.4 分組充電的聯接 8.5 用分激發電機充電 8.6 用反
電勢電池控制充電 8.7 經昇壓發電機充電 8.8 控制放電之方

法 8.9 人工推動之末端電池換接器 8.10 電動機策動之末端
電池換接器 8.11 用兩只末端電池換接器之控制法 8.12 末端
電池之數目及處理

問題及習題	119
英漢譯名索引	130

極流入，負極流出，叫做使電池充電(charge)。蓄電池的電解液和電極，雖也在電化過程中消失，但經充電時所起的化學作用，又可還原。換一句話說，化學能在放電時轉變為電能，交給外電路；在充電時，自外電源輸入電能，又變換為化學能。其化學能與電能之變換，完全為可逆的。

當充電與放電時，電極上經過化學變化的物料，稱為有效物料(Active material)大都放在一種能導電架子上的空格裏或口袋裏，或形成於一塊板的表面上。這種架子稱為柵(Grid)，柵上放了有效物料稱為極板(Plate)。在蓄電池裏的每一電極，包括一塊極板，或若干極板並聯的組合。正極板和負極板交錯地排列着，構成一個電池。

商用的蓄電池祇有兩種：一種是鉛—硫酸電池(Lead-Sulphuric-acid cell)，通常簡稱為鉛蓄電池(Lead cell)；一種是鎳—鐵—鹼電池(Nickel-iron-alkaline cell)，又稱愛迪生蓄電池(Edison cell)。本書將敘述這兩種蓄電池的原理和結構，至於原電池的制式和結構，不在本書範圍以內。

1.3 鉛蓄電池之物料——在鉛蓄電池中，正極板和負極板的柵，都是用鉛，或鉛與銻(Antimony)的合金製成。正極板的有效物料，當充電已足時是過氧化鉛(Lead peroxide)，是一種鉛和氧的化合物，呈深棕色。負極板的有效物料，在電池充足時，是鉛絨(Spongy lead)，一種海綿體而多孔的鉛，呈灰白色。電解液是硫酸的溶液，由一份重量的純濃硫酸，和約 24 至 1 份重是

的水混合而成；拿體積來說，大概是一份硫酸和約 4 至 24 份的水之比。水以蒸餾水為最佳，否則也以經過檢驗認為合格的水為宜，因為水裏必須沒有不傷害極板有效物料的雜質，電解液的比重 (Specific gravity) 必須在 1.200 至 1.300 之間。

一種物質的比重，就是某指定體積該物質的重量和同體積之水的重量之比。例如濃硫酸的比重是 1.835，一杯濃硫酸的重量，是在同一溫度時同樣大小一杯水的重量之 1.835 倍。又例如鉛的重量是同體積之水的重量之 11.45 倍，為簡便起見，就說鉛的比重是 11.45。每立方厘米 (c.c.) 之水重一克，一立特 (1 liter = 1,000 c.c.) 之水重一仟克，一立方呎之水重 62.5 磅，由比重可推算出任何物質的重量。

1.4 鉛蓄電池之化學作用——過氧化鉛裏的鉛和氧已經化合成一個物質，倘是不經過化學手續，是不能將他們分開的。當鉛蓄電池放電時，過氧化鉛就經過一種化學變化，將鉛和氧分開。同時，在溶液裏的硫酸分離為氫離子和硫酸根離子。(硫酸是由兩氫原子，一硫原子和四氧原子合成，化學式子是 H_2SO_4 ，一硫和四氧結合的離子是硫酸根離子。) 氫離子趨向正電極，交付了正電荷後就和過氧化鉛放出的氧化合為水。硫酸根和兩個極板的鉛化合而成硫酸鉛。所以在放電的過程中，正負極板上的有效物料都逐漸變成硫酸鉛，電解液裏硫酸漸少而水漸加多，電解液漸稀，比重也漸減低。

極板上變成硫酸鉛的有效物料的多寡，和電解液變稀的程

但因鉛絨逐漸收縮，變硬以致失去多孔性，漸用而容量漸低，是其一大缺點。若是加某種不活動物料，混合在塗漿式極板裏，可以防止負極板的這種趨勢。在製造普隆特式負極板時，可經過一種保久(permanizing)手續，以保持他的容量。有一種方法，是將已形成的極板浸在濃糖溶液裏，取出後再使極板細孔裏的糖炭化。

1.6 普隆特正極板之商用制式 — 普隆特式正極板皆用純鉛板，不加銻(Antimony)，在製造時，鉛板的表面，轉變為有效物料，即過氧化鉛。在使用期間，表面上的物料逐漸脫落，但是自動地被由內層的鉛所形成的有效物料所補充。換句話說，極板逐漸全部轉變為有效物料。

極板所能付出的容量，和他的表面面積成比例。在製造普隆特式正極板時，都設法增加表面面積到可能的最大限度，以便增多形成的有效物料。

圖 1.1 示屠道耳極板(Tudor plate)的式樣，是一塊有縱的和橫的肋骨的

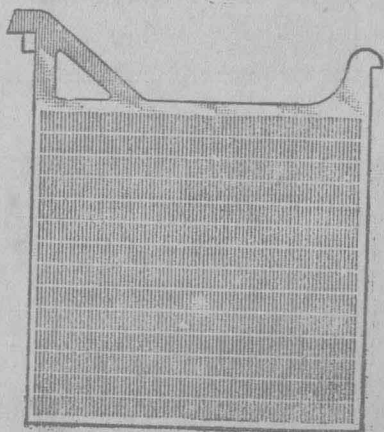


圖 1.1 屠道耳極板

純鑄鉛柵，介在肋骨當中的是展伸經過整個極板的空隙。有效物料，過氧化鉛，經加速的形成手續形成於這許多空隙裏，在肋的

橫斷表面上。

高爾德極板(Gould plate), 見圖 1.2, 由滾壓純鉛製成的坯子, 在他的表面上紡成無數緊密排列着的直長的葉片或鱗。製

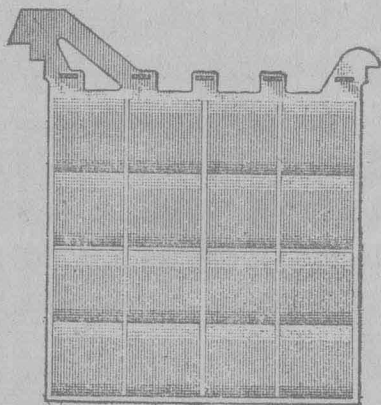


圖 1.2 高爾德極板



圖 1.3 高爾德極板之截面圖

造的手續, 是將平坦的坯子, 來回經過兩個裝着一串小鋼輪的轉軸的中間, 鋼輪們用直徑較小的墊圈間隔着。當轉軸以高速度旋轉時, 這些小鋼輪都被壓到鉛板裏, 將鉛擠出, 在兩個鄰近鋼輪的中間形成直長的葉片, 在板的兩面都有。嗣後, 再用形成方法, 將過氧化鉛形成在葉片的表面上。這種鉛板有一個居中的芯子, 凡是沒有被旋轉鋼輪所壓到的部分, 變成縱橫的肋條, 使極板更為堅牢。圖 1.3 顯示這種極板的垂直截面。

威拉德極板(Willard plate), 也是由滾壓純鉛坯子製成的, 見圖 1.4。在他的表面上用雕刻工具或犁狀物斜刻下去, 刻

出和表面成一角度的葉片，然後將葉片垂直地豎起。這許多葉片都是上狹而下闊，由板頂一直展伸到底部，並不留着沒有被刻着的肋條。他的居中的芯子，在頂部比在底部較重。刻好的板，再經形成手續，將過氧化鉛形成在葉片的表面上。

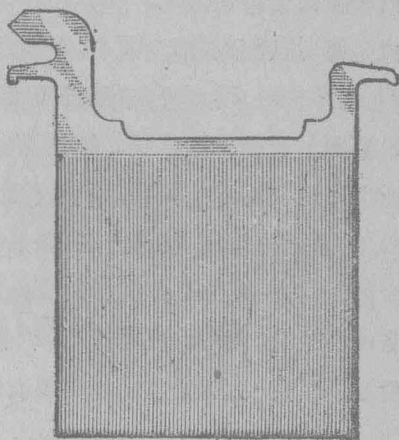


圖 1.4 威拉德極板

1.7 曼徹斯特正極板

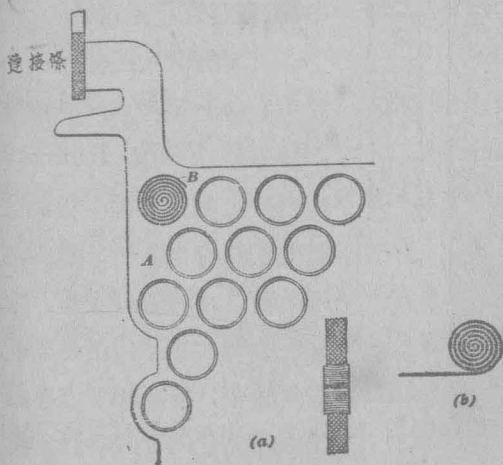


圖 1.5 曼徹斯特正極板

——一種特殊而通行的正極板，就是曼徹斯特極板(Manchester plate)。這種極板和普通簡單普隆特式所不同的地方，在於有效物料是和柵分開的，使得柵以至整個極板經久耐用，並且減少有效物料

部，用鉛錫合金的橫條聯接着。在製造的時候，必須先將管子套在芯子外面，再裝氧化鉛，最後纔加橫條。為使得管內的有效物料，和管外的電解液得以接觸起見，在管上刻有無數很細的橫縫，但是有效物料很難由細縫裏漏出來，可以避免正極板的剝落。在使用的時期裏，或許有過氧化鉛由細縫裏濾出，變成電池裏的沉澱，但是和塗漿式極板比較起來，這種損失是微少得很。橡膠管的外形和截面圖見圖 1.6(b)。和鎧甲式正極板合用的，大都是塗漿式負極板。

1.9 塗漿式正負極板——簡單的塗漿式極板，包括一個鉛錫合金製成的柵，在空格裏塗着以後變做有效物料的漿狀物。像圖 1.7 和圖 1.8 所顯示的，柵的外框呈長方形，和形成後的極板同

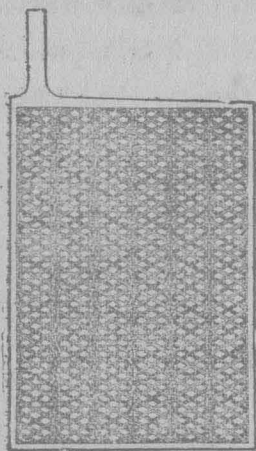


圖1.7 有菱形格子之塗漿式極板



圖1.8 有長方格子之塗漿式極板

plate) 是一種鉛錫合金製成的柵，由縱橫肋條形成許多一吋見方的口袋，見圖 1.11。

有效物料的鉛絨裝在口袋裏，每一面有一片鑿孔的鉛皮封蓋着，阻止有效物料的脫落。柵是對剖開的，先將鑿孔的鉛片安放在模子裏，再鑄成兩半個柵。在裝入有效物料後，再將兩半邊拼合，用鉚釘釘牢(參看圖 1.11 裏的截面

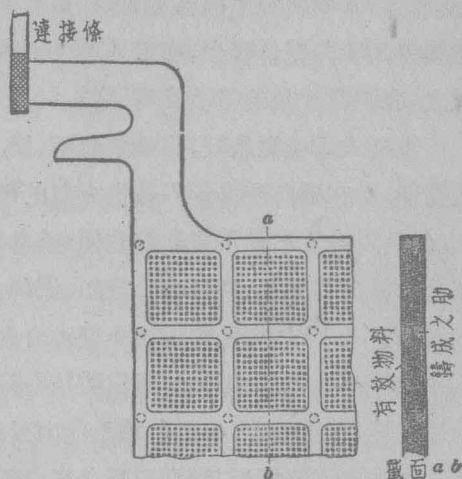


圖1.11 袋式正極板

圖), 然後用鉛熔接(Lead burning)於耳柄(Lug)上。袋式負極板大率和曼徹斯特式或屠道耳式正極板合用，多用於小型的電池。

1.11 極板設計與服務之關係——當採用一蓄電池於某種任務時，有幾種要點必須予以考慮的。這些包括壽命，成本，容量，重量，體積，以及在某種任務應加考慮的電阻問題。例如，固定蓄電池組需要有長久的壽命，便攜蓄電池組以重量輕和佔地少為首要。經常工作的蓄電池需要極板構造的堅牢，有效物料的剝落較少，不致因常用而容量漸低。為緊急服務的蓄電池需要能於短

這新陳代謝的現象，所以不能獲得全部壽命。曼徹斯特極板的設計，可克服極板膨脹的困難，使得形成式極板所潛在的長壽的優點，得以充分發展。普隆特式負極板容量的減低，並非由於有效物料的脫落，而是由於鉛絨的硬化，這點已經在第 1.5 節末段裏討論過了。

鎧甲式極板，既非形成式，也非塗漿式，但是兼具二者的優點。他的設計，使有效物料的脫落機會減少，可以獲得和形成式很相近的壽命，約當普通塗漿式的壽命二倍至三倍，同時重量輕而體積小，和塗漿式相仿。可以構成很堅實的電池，雖沒有像用曼徹斯特式極板同樣的堅實，但是已較簡單普隆特式進步不少。至於袋式負極極板的優點，也可由鎧甲式的推想出來了。

在類似汽車啓動的任務裏，需要比較高的放電率時，電池的內電阻實是一個重要的因素。在所有蓄電池裏，在常用的放電率時的內電阻，大都很小，可以略去不計。但是，當汽車啓動之際，放電電流大於正常 8 小時放電率電流的二十倍，並不是稀罕的事體，所以內電阻問題不得不加以考慮。因為很大放電電流的關係，在極板間的間隔物 (Separator) 的構造和安排，也佔一重要成份。不過內電阻低的間隔物，結構不能堅牢，壽命也不能長。要獲得低值內電阻的優點，不得不犧牲長壽的特點，作為交換。所以在設計這一種電池的間隔物時，必須權衡輕重，將上述兩個因素，予以折中的處理，正和設計極板時一樣的考慮。

不獨極板和間隔物為然，就是電池的每一部份的設計，也是

第二章

鉛蓄電池之構造及電解液

2.1 構造大概——鉛蓄電池之結構，包括正極板組，負極板組與板間間隔物；極板墊（在鉛襯木箱內需用），間隔物的鎮壓板（Hold-down）；容器，如玻璃缸，硬橡膠缸，或襯鉛木箱（Lead-lined wooden-tank）之類；電解液；容器蓋；支撐電池用的墊腳；以及鄰近電池間的接連柄或匯流排（Bus-bar）。

圖 2.1 示開口玻璃缸電池，圖 2.2 示用封口玻璃缸的電池，圖 2.3 示用橡膠缸的電池，圖 2.4 示用襯鉛木箱的固定電池。

在圖 2.1 裏， a 是一塊玻璃板，用來壓住極板的間隔物的。在圖 2.2 裏， a 是正端鈕， b 是負端鈕，在每一端鈕上裝着螺栓式連接器。 c 處是正極板， d 處是負極板，間隔物在 e 處， f 顯示橡膠圈束緊極板組合的下圍，用以防止裝運時極板的移動。另有一根橡膠長釘穿過極板組合的底部，套在負極板底部突出的耳孔裏，再用一個鉛別針和橡膠質緩衝器 g （Buffer），將釘頭鎮住。在缸蓋上面開一孔以便注入電解液，口上用一個通氣塞子 h 塞着。圖中 i 顯示電解液的液面。

在圖 2.3 裏，已經截去電池的一部，顯示電池內部的構造。 a 顯示雙正接線柱， b 處是雙負接線柱， g 處是木質間隔物， h

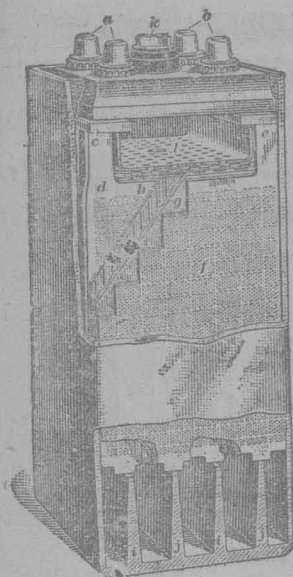


圖2.3 封口硬橡膠缸蓄電池



圖2.4 開口式鉛木箱蓄電池

2.2 組合及連接法——為獲得必要的安培小時容量起見，一個電池裏必須用多數的正和負極板，所有正極板組合起來接於正端，所有負極板也組合起來接於負端。除僅用兩塊極板的電池外，所有電池裏的負極板必比正極板多一塊。每一塊正極板夾在兩塊負極板當中，使得正極板的兩面都起化學變化，發生同樣的膨脹和收縮，減少板極被扭曲的機會。但是負極板在充放循環中沒有脹縮的現象，雖僅一面起化學變化也無妨礙，所以在極板的組合的最外層都是負極板。

在開口式電池裏，用來將正負極板分別組合起來的連接條

用玻璃缸頗不合算。用玻璃缸的電池，可為開口式，亦可為封口式。在開口式裏，極板利用他的耳柄擱在缸邊，而懸掛在缸裏（見圖 2.1）。在封口式裏，極板多利用接線柱或連接條懸掛於缸蓋，像圖 2.2 所示的樣子。

大型固定電池，都用木箱為容器，因為成本最輕。木箱的構造須堅固耐用。木箱內壁襯以鉛皮，防止酸液和木質相接觸，鉛皮的接縫處，要用熔接法接好，避免滲漏，木箱外面也須塗一層防酸的細漆。在木箱裏，極板也是利用突出的耳柄而懸掛在箱裏的，見圖 2.4，耳柄擱在箱邊一塊豎立的玻璃板上。

凡是便攜電池須時常被移動或受震動，需用堅固不易破裂，不致滲漏的容器，所以通用封口的硬橡膠缸。硬橡膠缸比玻璃缸堅固，但是重量較重，也不透明。曾經有採用賽璐珞（即假象牙）製的容器的，既透明而分量也輕，不過因為容易着火，而且接縫處容易滲漏，所以不能通用。

2.5 板墊——在開口式的玻璃缸或襯鉛木箱裏，極板利用他們的耳柄懸在缸裏，板底和箱裏間留有充分餘地以便容納沉澱物，可以毋需板墊(Plate support)。若是沉澱的餘地不夠，沉澱物愈積愈高，終至和極板底部相接觸，將正負組極板捷接起來，所以在封口式容器裏都採用板墊。

在所有橡膠缸裏，極板都是擱在缸底高起的幾根脊骨上，這種脊骨就是板墊。在新式的電池裏，極板底部大都稍稍突出一點，形成板腳，腳再擱在墊子上面。像圖 2.3 所示的，每板有兩腳，

利用這一個表，可約略算出調製電解液時所需的水及硫酸的重量。例如要製成比重為 1.215 的電解液 160 磅（溫度是攝氏 25 度）。查表知道在比重為 1.200 時，電解液中含硫酸百分之 29.4，在比重為 1.220 時含硫酸百分之 32.2，都是拿重量來說的。由此可見比重較 1.200 增加 20 點（即 0.020），硫酸的成份增加百分之 $32.2 - 29.4 = 2.8$ ，即每增加一點，硫酸增加百分之 $2.8 \div 20 = 0.14$ 。現在比重是 1.215，較 1.200 增加 15 點，硫酸增加百分之 $0.14 \times 15 = 2.1$ 即合百分之 $29.4 + 2.1 = 31.5$ 。在 160 磅電解液中，硫酸佔 $160 \times \frac{31.5}{100} = 50.4$ 磅或 $50.4 \div 2.205 = 22.8$ 仟克（一仟克合 2.205 磅），水佔 $160 - 50.4 = 109.6$ 磅或 49.6 仟克。又 160 磅電解液合 $22.8 + 49.6 = 72.4$ 仟克，體積是 $72.4 \div 1.215 = 59.6$ 立特。又如要將上述的電解液調稀到比重為 1.200，問要加水若干？在前面已經知道電解液中有硫酸 50.4 磅，若祇加水，不加硫酸，在比重為 1.200 時這同重量的硫酸僅佔電解液重量的百分之 29.4，新電解液的總重量應該是 $50.4 \div \frac{29.4}{100} = 171.4$ 磅，內含水 $171.4 - 50.4 = 121$ 磅，所以應該加水 $121 - 109.6 = 11.4$ 磅或 5.24 仟克，即 5.240 立特，電解液最後的重量是 171.4 磅或 77.8 仟克，體積是 $77.8 \div 1.200 = 64.7$ 立特。須予注意的，硫酸和水相混合後，體積要稍收縮的，例如在前一例子中硫酸的體積是 $22.8 \div 1.840 = 12.4$ 立特。水的體積是 $49.6 \div 1 = 49.6$ 立特，電解液的總體積不是 $12.4 + 49.6 = 62$ 立特，而是 59.6 立特，混合後體積收縮了 2.4 立特。但是重量是不變的，所以在計算時應取重

時在 2.1 至 2.2 伏之間，也可以應用。例如 60 只電池串聯時可以用 129 伏之類。電解液比重較高的電池組有較高的浮接電壓。

3.4 放電時電壓的變化——當放電時，一個電池的外電壓降到斷路電壓以下，所降低的多少隨着放電率的大小和放電的久暫而異。當開始放電一剎那間，電壓的降低，是因為內電阻而發生的，和電流成正比例。當放電繼續進行時，電壓繼續降低，其初較緩，以後漸速，大部份是——雖然不是全部份——極板毛細孔裏電解液變稀所致。因為在放電的過程中，水漸多硫酸漸少，極板上的有效物料也逐漸變成硫酸鉛，使電池本身的電動勢也降低。在放電終了時的最後電壓，在 8 小時率時大概是 1.75 伏；在 1 小時率時是 1.6 至 1.65 伏，（電壓是在電池仍舊供給電流時量

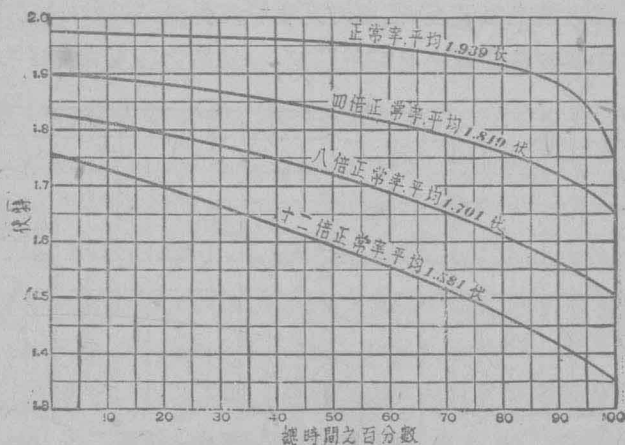


圖3.2 放電時電壓之變化