



蓄電池

毛啓爽編譯

電工圖書出版社印行

蓄 電 池

毛啓爽編譯

電 工 圖 書 出 版 社 印 行
上 海

凡 例

- (一)本叢書編譯之目的，係爲訓練電機工程事業各項中級工程師及高級技工之用；職業學校，函授學校等採作課本，最爲適合；即爲有志自修者，亦極合用；而大學生備作參考，以補大學教本略於實用之不足，裨益亦非淺鮮。
- (二)本叢書係用美國國際函授學校 (International Correspondence School)所編之教本爲依據，延聘專家，從事編譯；原書優點爲(1)注重實用，(2)說理淺顯；(3)插圖豐富詳明，尤以插圖多經精心繪製，與正文相得益彰，最爲特色。
- (三)本叢書一面採用國外已見成效之書籍爲藍本，一面力求適合國情，盡量加入國內已有之材料及法規，庶免隔閡之弊。
- (四)本叢書對於原書之優點，力爲發揮，惟原書若有舛誤或欠妥，亦不事盲從，而惟求其至是，不憚加以修正，以免遺誤。
- (五)本叢書側重中級電工教育，對於高深精確之理論，大都從略，間有必須牽涉之處，亦祇能取譬於日常切近之事物，出以通俗近似之陳述，精確之度難免犧牲，讀者諒之。
- (六)本叢書中所用各項單位，均取國際制，凡原書用英美制之處，則加註國際制之當量值。

- (七)本叢書在原則上選用教育部頒之名詞。凡名詞若爲部頒所無者，或部頒名詞在實用上有窒礙者，則有編輯會議商定之。
- (八)本叢書各冊名詞力求統一，惟卷帙甚繁，編輯部同人校訂難免疏漏，所望讀者發現矛盾或不一致之處，惠予指正，以期再版時收統一之效。
- (九)本叢書中重要名詞後均附註英文名詞，並於每冊後附英漢對照名詞彙。
- (十)本叢書爲普及起見，用語體文撰述。
- (十一)本叢書第一集共二十三冊，電工各門大致俱備，其他門類，如電信等，擬陸續另出第二集補成之。
- (十二)本叢書編輯同人均以業餘之暇從事撰述，疏誤在所難免，所望海內方家，不吝見教，俾於再版時得以更正，不獨同人個人之幸，亦中國電工教育之幸也，

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，一所發電廠，小而言之，一輛汽車，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徹之處，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，另重節編排過了。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。

中華民國卅四年八月 毛啓爽於上海

目 錄

第一編 蓄電池之原理,構造及特性

第一章 鉛蓄電池之原理及極板..... 1

1.1 電池之一般原理 1.2 蓄電池 1.3 鉛蓄電池之材料 1.4 鉛蓄電池之化學作用 1.5 鉛蓄電池極板之類別 1.6 普隆特極板之商用制式 1.7 曼徹斯特正極板 1.8 鎧甲式正圓極板 1.9 塗漿式正負極板 1.10 架式及袋式負極板 1.11 極板設計與服務之關係 1.12 極板之厚度

第二章 鉛蓄電池之構造及電解液..... 17

2.1 構造大概 2.2 組合及連接法 2.3 間隔物 2.4 容器 2.5 板墊 2.6 容器蓋 2.7 電池容器的墊腳 2.8 電解液

第三章 鉛蓄電池之特性及試驗用具..... 30

3.1 容量 3.2 內電阻 3.3 蓄電池的電壓 3.4 放電時電壓之變化 3.5 充電時電壓之變化 3.6 充放時電解液比重之變化 3.7 溫度對於蓄電池特性之影響 3.8 安時效率 3.9 瓦時效率 3.10 比重計 3.11 領示電池自動注水器 3.12 伏特計 3.13 安培小時計

第四章 鎳鐵鹼電池之原理,構造及特性..... 45

4.1 鎳鐵鹼電池之基本原理 4.2 鎳鐵鹼電池之化學作用 4.3 鎳鐵鹼電池之極板 4.4 正負極板之組合法 4.5 容器和蓋 4.6 極板之形成手續 4.7 電池組之組合法 4.8 電池之制式及

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 熔接法之發熱設備
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 鋁鐵輪電池之裝置,維護及應用 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

蓄電池

第一編 蓄電池之原理構造及特性

第一章

鉛蓄電池之原理及極板

1.1 電池之一般原理——電池(Cell)是由兩種不同的金屬或固體，浸在一種酸類，鹽基類或鹽類的溶液裏所構成。這種金屬或固體稱為電極(Electrode)，溶液稱做電解液(Electrolyte)，藉電極和電解液間所起的化學變化，使得兩電極間產生一種電動勢。若是將兩電極和外面的電路聯接起來，就有電流從一個電極流出，經外部電路到另一電極，再經電解液返回第一電極。電流所由流出電池的電極是正電極，電流所由流返電池的電極是負電極。若干只電池可以聯接成一個組合，稱為電池組(Battery)。

例如，將一銅片和一鋅片浸在稀硫酸溶液裏，拿一只伏特計跨接在兩片間，可量得約近一伏的電勢，銅是正極，鋅是負極。和外電路接通後，就有電流經銅極流出，鋅極流入。經過長時間的使用，鋅片漸薄，溶液裏硫酸鋅加多，銅極上有氣泡冒出。因為用

作電解液的酸類，鹽基類或鹽類的分子，在溶液裏分離為帶正電的和帶負電的兩種離子(Ion)，在溶液裏游盪着。當外電路接通後，正離子趨向一電極，將所帶正電荷交給該電極，使之得正性；同理負離子趨向另一電極，交付所帶的負電荷給該電極，使之得負性。離子交付了電荷後，或冒成氣泡，或和電極起化學作用，於是電極和電解液的物料都變成新的物質。

電池既供給電流於外電路，就有電能輸出。在有能量輸出時，電池裏的物料，都經過化學作用，變成新的物質，所變去物料的多少，和流過外電路的電荷成比例。我們知道，當數種物質間，發生化學作用時，同時有能量(Energy)的變化的。能量以化學能的方式，儲蓄在電池裏，經過電化作用而將能量以電能的方式放出於外電路。所以電池實際上是變換化學能為電能的一種設置。

1.2 蓄電池——電池有原電池(Primary cell)和蓄電池(Storage cell)兩種。在原電池裏的任何經過化學變化的物料，若是全都變掉了，該電池也就壽命告終。所以原電池的電解液，和消耗在溶液裏的電極，必須予以補充。倘是沒法補充的，祇好拋棄了再換新的。

電電池的原理，根本和原電池一樣，不過所配合的物料不同。當蓄電池已完全放電或部份的放電後，還可以用適當方向的電流通入電池，將所變去的物料，完全恢復原狀。電池供給電流於外電路，叫做放電(discharge)；將電流通入電池，由電池的正

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，稱成一個電池。

商用的蓄電池祇有兩種：一種是鉛—硫酸電池 (Lead-Sulphuric-acid cell)，通常簡稱爲鉛蓄電池 (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 18 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，是在同一混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 (1 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

度，都隨放出的電量而異。照理論上說，電池可以放電放到極板上的有效物料都變成硫酸鉛，電解液全部變成水為止。不過放電到相當程度時，兩極板上的有效物料大部變成硫酸鉛，兩極間的電壓就降低很多，不能供給電能於外電路，此時可認為放電已盡。

當充電時，完全將放電時所起的化學變化逆轉過來。電解液裏的水漸少而硫酸漸多，濃度逐漸恢復。正極板的硫酸鉛漸氧化為過氧化鉛，負極板也漸還原為鉛絨。電解液的比重和電壓都逐漸升高起來。在充足時，兩極板為不同的物料，兩者間的電壓大概是 2.05 伏左右。在充電已足後，倘是仍舊拿電流送進去，電解液和極板間的化學手續既已完成，唯一可起的化學變化是將水分解成氫氧二氣，分別在負極和正極上冒出。電池被充到在極板上冒氣很厲害的時候，就可表示充電已將近完成。

1.5 鉛蓄電池極板之類別——鉛蓄電池的極板，大概可分為普隆特極板(Plante plate)又稱形成式極板(Formed plate)；及福耳極板(Faure plate)又稱塗漿式極板(Pasted plate)兩大類。普隆特和福耳是這兩種極板製法發明人的名字。

普隆特極板包括一塊純鉛，表面上刻有凸凹不平的槽和楞，經電解手續將極板的金屬變為有效物料，形成在極板表面上。原先普隆特法是將正和負極板都浸在稀硫酸溶液裏，通過電流數小時後，再用反方向的電流通過同樣的時間，如是重複若干次，直等到有足量的有效物料形成在極板表面上，得到適足的容量

爲止。像這樣的形成手續，既慢而費昂，不適於商用。後來，發現加點氧化劑如硝酸之類在電解液裏，可以促進極板的形成。正極板的形成可以毋需反向電流。目前普隆特式負極板的形成，是將正極板逆過來的。拿所製成的正極板和一套配用極板 (Dummy electrodes)，同浸在稀硫酸溶液裏，將電流自配用極板通入電池，經極板流出，直等到正極板上原有的過氧化鉛都還原成純鉛絨爲止。這種配用極板祇是在製造負極板時爲搭配之用而已。

塗漿式極板包括一有脊，有空格或口袋之柵，拿鉛的氧化物和稀硫酸調成漿狀物再塗在極板的空格或口袋裏。製造正極板用鉛丹 (Red lead)，負極板用立陀僧粉 (Litharge)。等漿已凝固，將正負極板都浸在稀硫酸溶流裏，再通以確實方向的電流，使正板的鉛丹變成過氧化鉛，負板的立陀僧粉變成鉛絨。

普隆特極板比較有同樣容量的塗漿式極板既笨且重，成本比較昂貴。普隆特式正極板比較塗漿式的經久耐用，但是二式負極板的耐久性差不多，尤其在物料的重量相同的時候爲然。耐久性是拿電池所能經過的充放循環次數而容量不致減低太甚來比較的。塗漿式正極板宜用於便攜蓄電池 (Portable cell)，因爲這種電池必須重量輕而體積小，耐久性是屬於次要的；也宜於備用電池 (Stand-by cell)，因爲這種電池每年難得充放幾次。普隆特式正極板宜用於固定電池組 (Stationary battery)，這種電池每年經常地工作着，耐久性比重量和體積更要緊。有許多廠家將普隆特式極板取爲固定及車輛照明電池的負極板標準，

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

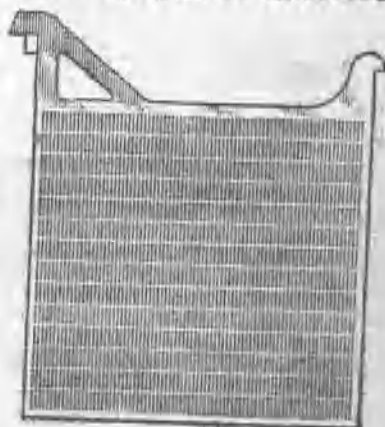


圖 1.1 屠道耳極板

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鰭。製

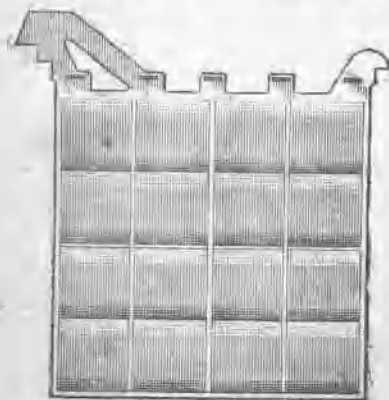


圖1.2 高爾德極板



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。

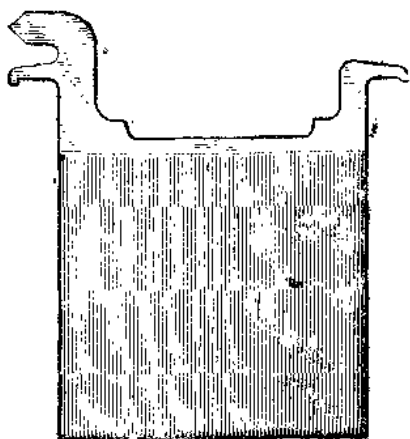


圖 1.4 威拉德極板

1.7 曼徹斯特正極板

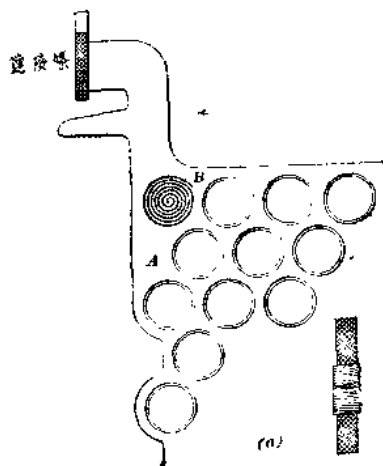


圖 1.5 曼徹斯特正極板

——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



(b)