

蓄電池

毛啓爽編譯

中國科學院古儀器公司印行

科學

(E)
基價

電 工 技 術 叢 書

蓄 電 池

毛 啓 爽 編 譯

中 國 科 學 圖 書 儀 器 公 司 印 行

上 海

中國科學社工程叢書

電工技術叢書

蓄電池

Storage Batteries

一九四五年九月初版

一九四九年十月三版

版權所有 翻印必究

原著者	R. W. Ritter & E. W. Allen
編譯者	毛 啓 爽
出版者	電工圖書出版社
發行者	楊 孝 述
發行所 印刷所	中國科學圖書儀器公司 上海(18)中正中路537號

分發行所	中國科學圖書儀器公司 北京 南京 廣州 漢口 重慶 杭州
------	---------------------------------

凡 例

- (一)本叢書編譯之目的，係為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，最為適合；即為有志自修者，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)所編之教本為依據，延聘專家，從事編譯；原書優點為(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，最為特色。
- (三)本叢書一面採用國外已見成效之書籍為藍本，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，力為發揮，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)本叢書在原則上遵用教育部頒之名詞。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，楊允中和楊季瑤三先生校閱一過，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

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。

蓄電池的原理，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，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 $2\frac{1}{2}$ 至 $1\frac{1}{2}$ 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 (1c.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，此時可認為放電已罄。

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，不適用於商用。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液裏，再通以適當方向的電流，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。耐久性是用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

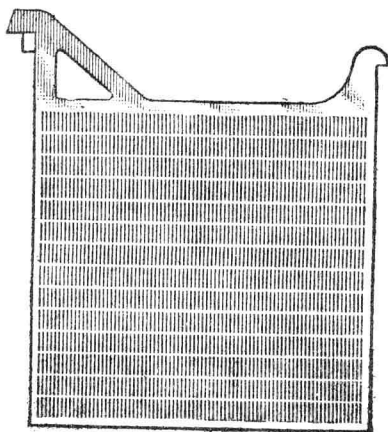


圖 1.1 屠道耳極板

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

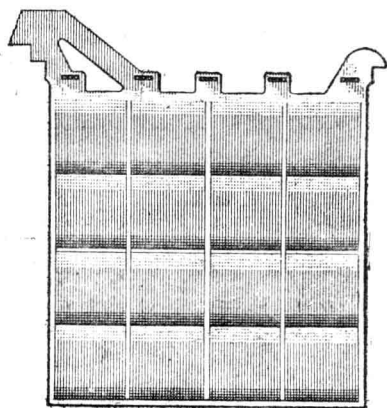


圖1.2 高爾德極板



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, 使極板更爲堅牢。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。

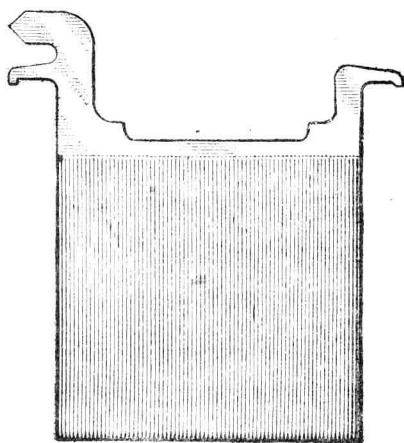


圖 1.4 威拉德極板

1.7 曼徹斯特正極板

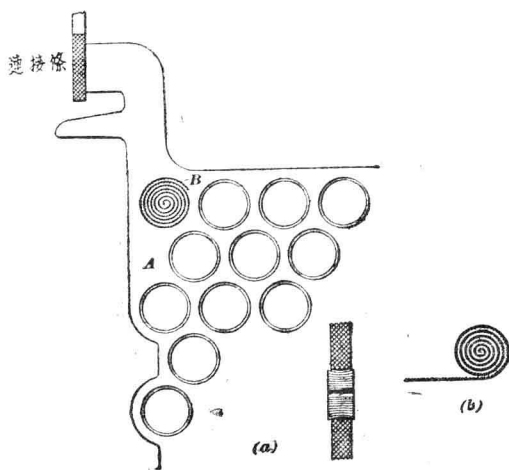


圖 1.5 曼徹斯特正極板

——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

脫落的機會。像圖 1.5 (a) 所顯示的, *A* 是一個鉛錫合金所製成的柵, 上面鑿有若干圓孔。將表面有纏紋的純鉛條捲成圓鈕形 (見圖 1.5 *b*), 用水壓力將鉛鈕緊嵌在圓孔裏, 如圖 1.5 (a) 中的 *B* 所示。圓鈕被嵌入後, 纏紋橫穿極板, 並且做成有效物料所附着的表面。有效物料的過氧化鉛也是經加速的形成手續所形成的, 形成以後, 螺旋鈕膨脹, 嵌於板中, 更形緊密。柵本身並不受何種作用, 不過用作機械的支架及電的傳導物而已。用鉛錫合金的目的, 在使得柵板更加堅硬牢固, 剛性比純鉛較強, 並防止受電解性的浸蝕。柵既僅用作螺旋鈕的支架, 極板可用至所有鉛鈕都變成有效物料, 不致發生裂痕, 而且在全部生命史中, 柵板是完整無傷的。

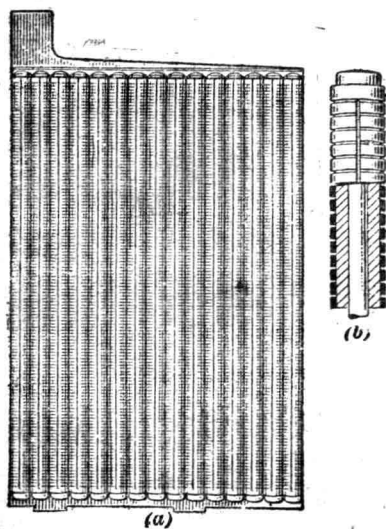


圖 1.6 鎧甲式極板

鈕都變成有效物料, 不致發生裂痕, 而且在全部生命史中, 柵板是完整無傷的。

1.8 鎧甲式正極板——

圖 1.6 (a) 示愛克沙特鎧甲式正極板 (Exide Ironclad plate), 包括一排平行而直貫的鉛錫合金芯子。套在芯子外面的是橡膠質長管, 塞滿在管壁和芯子間的是氧化鉛的粉子, 後來經形成手續變成深棕色的有效物料。這許多直貫的芯子在頂部及底

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。爲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

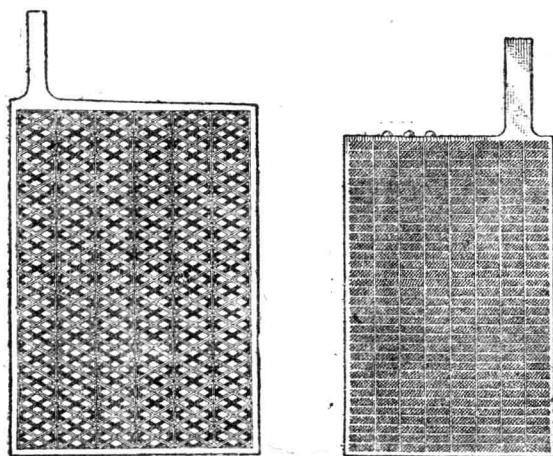
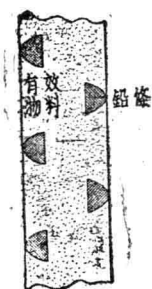


圖1.7 有菱形格子之塗漿式極板

圖1.8 有長方格子之塗漿式極板

樣厚薄。框裏的格子是由兩頭生在框邊上的短條交叉着所構成的，格子的式樣各廠家都不相同。圖 1.7 所顯示的是菱形格子，由對角的斜肋構成，再經縱長的肋串起來。在板的兩面，這許多格子是錯綜着的。

圖 1.8 顯示很通行的一種塗漿板，由橫直肋條構成。直肋的



厚度和外框一樣。橫條較薄在板的兩面錯綜排列着，像圖 1.9 截面裏所示的樣子。這種柵裏可塗較多的有效物料，有效物料的重量佔柵重較高的成份，所以每單位重量的容量也較高。

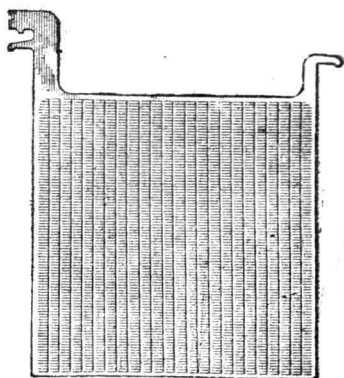
圖 1.9 塗漿式極板之截面圖

塗漿式正極板和負極板的不同之點，祇在於板的厚度，柵的結構和有效物料的化學成份。大概正極板比負極板較厚，正極板的有效物料和普隆

特式有一樣的化學成份。至於製造和形成手續，正負極板是相同的。

1.10 架式及袋式負極板——

架式負極板 (Shelf negative plate) 也是塗漿式極板的一種，是由直的主肋和若干橫的短條所構成的架狀柵板，見圖 1.10。有效物料塗在架子的空格裏。這種式樣祇限用於很小的極板。



袋式負極板 (Box negative

圖 1.10 架式負極板

plate) 是一種鉛錫合金製成的柵，由縱橫助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

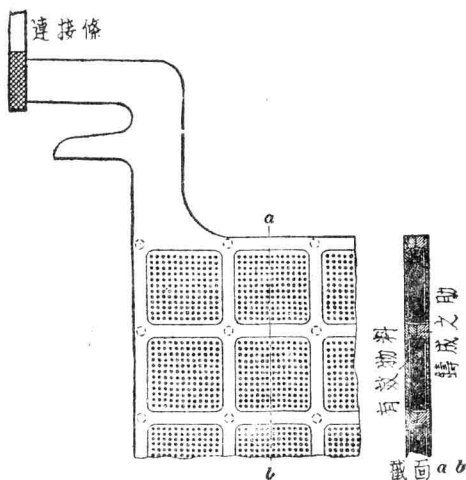


圖1.11 袋式負極板

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

時期內放出大量電能，極板有暫時擔任過量負載的本領。一種經常浮接(Floating)着的電池，難得放電並且常有機會補充的，有效物料的脫落機會較少，在電池裏也毋需留着過多的沉澱餘地；反之，在經常充放的電池裏則不然。

塗漿式極板製造時，先鑄成柵板，塗上以後變成有效物料的漿物狀，放在電解液裏通以適當方向的電流，使有效物料逐漸形成。他的製造及形成手續比較簡便，成本也最輕。但是結構不堅，有效物料容易脫落，所以壽命較短。例如，在容量降至最初容量的百分之八十以前，僅能任 300 至 400 次完全充放循環。但是在高放電率時，塗漿式極板每單位體積的安培數，甚大於結構堅實的他種極板，換言之，每單位重量的容量較大些。

結構堅實的極板，都是以長久壽命為主要目的而設計的。普隆特式極板，都是由一塊純鉛坯子，經過刻，耕或紡的手續，擴展板的表面面積，以便獲得商用的容量。再經過比較繁複的形成手續，將表面上的鉛轉變成一層有效物料。板的重量大，體積大，成本也自然較昂。但是結構堅實，壽命較長。例如正極板的設計，須使在容量未降至最初容量的百分之八十以前，能勝任 1,800 至 2,400 次完全循環；負極板的設計，須能任 2,500 次至 3,000 次充放循環。當實際工作時，在充放之循環中，此式正極板也歷經形成手續，其有效材料漸增，極板有膨脹的趨勢。所以正極板必逐漸脫落其有效材料的一部，以容納新生者。因此電池缸底與板腳之間，必須留着充分餘地，容納沉澱，使不致和板底相接觸。根據

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，人都很小，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

和該電池所擔任的任務，息息相關的。所以某種電池對於某種任務，有很優秀的服務成績，但是對於另一種任務，就不一定同樣的優秀了。這一點對於採用某一種電池於某種任務，也應加以仔細的考慮。

1.12 極板之厚度——用於電動車輛或相似任務的塗漿式極板的厚度，各有不同，看所應用的任務的條件而定。拿同樣鉛的重量來說，製成多數薄板的容量，在某種限度內，是要比製成少數厚板的容量為大。因為有效物料多形成於極板的表面，化學反應很難深入極板的內部，多數薄片的表面面積，自然大於少數厚板的表面面積，容量也當然較大。不過反過來說，薄板的堅實性較差，有效物料的脫落較多，補充量有限。因此，每磅鉛重的壽命，是厚板較長於薄板。再則，每磅鉛重薄板的製造成本，比厚板大。若是電池經常祇用到全部容量的一部份，是薄板的壽命較長於厚板。但是在某種條件之下，究竟怎樣的厚度方纔最為經濟，許多製造廠家，殊無一致的意見。

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），將釘頭鎖住。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*

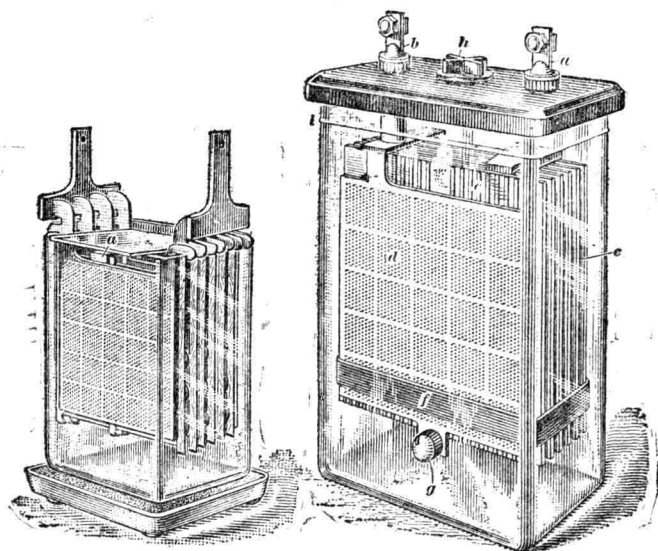


圖2.1 開口玻璃缸蓄電池

圖2.2 封口玻璃缸蓄電池

處是橡膠質絕緣物。*i* 是正極板的墊子，*j* 是負極板的墊子。*c* 是正的連接條將正極板連接起來，正極板之一如 *d* 所示；同樣 *e* 是負的連接條將負極板連接起來，負極板之一如 *f* 所示。*k* 處是通氣塞，*l* 處顯示遮沫板 (Splash cover) 架在極板頂上，用以阻止冒氣時電解液被噴濺出去。

圖 2.4 裏顯示一襯鉛的開口木箱，*a* 處是匯流排，用來連接一只電池的正極板，和隔壁一電池的負極板的。架在極板匯流排上的，是一塊玻璃板，可防止灰塵落在電池裏，同時防止電解液裏水份的蒸發，以及冒氣時電解液沫的噴濺。

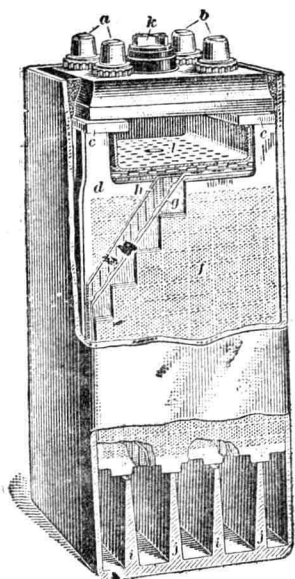


圖2.3 封口硬橡膠缸蓄電池

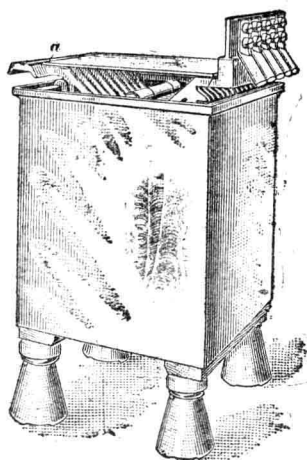


圖2.4 開口視鉛木箱蓄電池

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，減少板極被鉅曲的機會。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

大概不外下述兩種：一種是丁字連接條(T-strap)，一種是匯流排。丁字連接條，多用於裝在玻璃缸裏的小容量電池，像圖2.5(a)所示的樣子。極板上的耳柄，插在丁字條上的長方洞裏，再用鉛熔接起來。在圖2.1裏就顯示着兩個丁字條和極板組合。若是鄰近的電池，需要相接，可以用黃銅螺栓(Bolt)門在丁字條的直條上的圓孔裏，用包鉛的螺止(Nut)擱緊。在高放電率時，需要很低的連接電阻，可以將鄰近兩丁字條熔接起來，而不用螺栓，或者



圖 2.5 丁字形連接條

熔接與栓接兩者並用亦可。在較大的玻璃缸電池裏，常用雙丁字

條，像圖 2.5 (b) 所示的樣子。用單或雙丁字條時，大都在廠裏已經接好的。

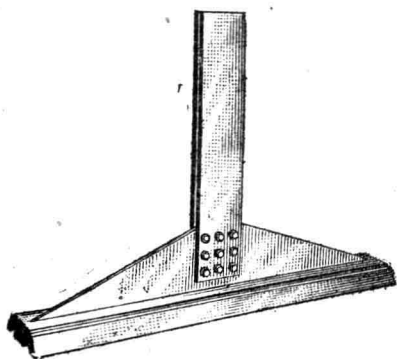


圖2.6 銅筋鉛匯流排

在襯鉛木箱裏的極板，以及在特重開口玻璃缸裏的 $10\frac{1}{2}'' \times 10\frac{1}{2}''$ 極板，都是用熔接法將極板組合起來的。將一個電池的正極板的耳柄，和隔壁一電

池的負極板的耳柄，都熔接在一個公共匯流排，(Bus-bar 像圖 2.1 裏的 *a*) 的兩端。在一排電池的末端和在特殊的地方，匯流排裏襯以銅筋，以增進他的機械上的強度和導電性。圖 2.6 裏顯示銅筋匯流排的樣子，或者像圖 2.4 裏右端所示的，後者最近常用於電話交換所的電池組。如果是用匯流排的，極板是分開來裝

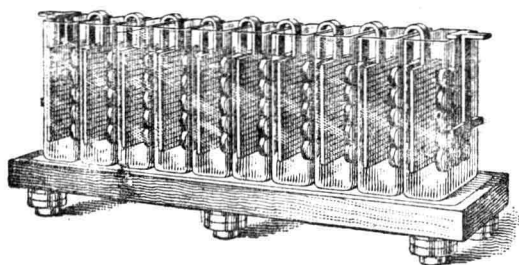


圖 2.7 開口式雙極電極組

運，到裝置時再熔接到匯流排上去。

在很小的電池裏祇用兩塊極板，一塊正的，一塊負的，這叫做雙板電池 (Couple-type cell)。電池若是開口的，一電池的正板可以和隔壁電池的負板永久熔接在 U 形連接條 (Connecting strap) 上， Ω 形條再掛在缸邊上，像圖 2.7 所示的樣子，該圖顯示有 10 只電池的電池組。市面上有一種用封口玻璃缸的雙板電池，圖 2.8 示六只此

運，到裝置時再熔接到匯流排上去。

在很小的電池裏祇用兩塊極板，一塊正的，一塊負的，這叫做

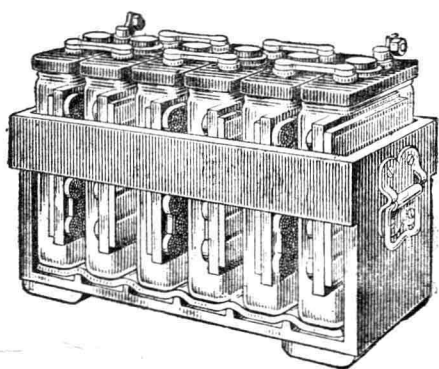


圖 2.8 封口式雙板電極組

式電池合成之電池組，裝在木承盤(Tray)上，相鄰兩電池正負



圖2.9 車輛蓄電池用之連接柄

極板的連接，就是一根短鉛條。圖

2.9 顯示車輛用電池組所採用連接柄(connector)的式樣。

2.3 間隔物——在所有蓄電池裏，除少數特殊組合的極板間留有寬大的空隙外，均須於鄰板間插入一種間隔物，以防止鄰板相接觸而發生捷路。從前在固定蓄電池裏用玻璃棒以間隔鄰板的方法，現在已經廢置不用了。差不多目前所有各種電池裏都用木質，或木質與橡膠合製的間隔物。用作間隔物的木片中，所含有害於電解液成份，事前用化學方法移去。木質間隔物經常被正極板的有效物料所侵蝕，用橡膠質的可免此弊，而且強度也較大，不過用橡膠薄片所插入的內電阻比用木片的為大。木片裝在電池裏以後，必須確保其潮濕，否則易生裂痕。

在開口式電池裏，木質薄片支持在幾根直長的鑲條(Dowell)裏，像圖 2.10 (a) 所示的樣子。每一鑲條是一個夾子，見圖 2.10 (b)。木片穿在夾縫裏，再用木釘(見圖(a)的 a)釘牢，鑲條比木片長，伸出極板底部少許，可以在圖2.1 裏看出來。木片當中的鑲條，掛在一個硬橡膠短釘上，見圖 2.10 (b)，短釘穿過鑲條，攔在鄰板的頂上，用以支持整個間隔物。為阻止間隔物的浮起，再用一塊玻璃板(圖 2.1 裏的 a)攔在極板頂上，壓住間隔物，這就是第3—1 節首段裏所述的鎮壓板。鑲條夾在兩塊極板中間，正好供給鄰板間之必需間隔，鑲條可用木質或橡膠質。

在封口式電池裏，和在發電廠的備用電池組裏，鄰板間の間隔須為極小，間隔物亦不用鑲條，大都用一面或兩面刻有縱槽的木間隔物。若是僅一面有槽和楞的，將間隔物插入極板間時，須以平滑的一面對負極板，有楞的一面對正極板，以減少木

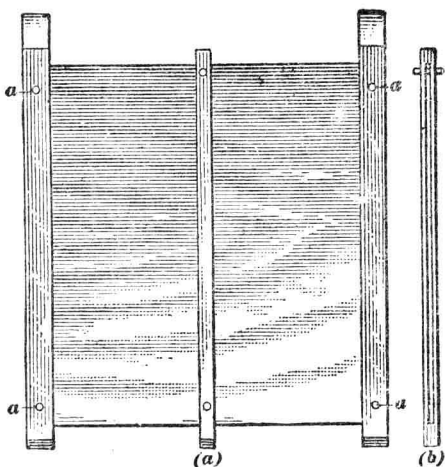


圖2.10 木質間隔物及其鑲條

片和正極板接觸的面積，並且容許充分的電解液在極板前週流。有時為保護木片並阻止正板上有效物料的脫落起見，在木片和正極板間再插入一鑿有細孔之橡膠薄片，像圖 2.3 裏的 *g* 和 *h*。不過因此插入相當內電阻，視鑿孔之大小及多少而異。所以要延長木片以致整個電池的壽命，不得不犧牲電池在高放電率時之優點。

2.4 容器——固定蓄電池的容器可用玻璃缸或襯鉛開口木箱。用玻璃缸可以明晰地窺見電池內部的情形，不會滲漏，不為酸所侵蝕，但是容易撞碎，成本昂貴，尤其以大型的電池為然。例如在 600 安培小時以下用普隆特板的，和在 1,000 安培小時以下用塗漿式板的電池，用玻璃缸很為適宜。容量過大，體積也大，

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，極板利用他的耳柄攔在缸邊，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，耳柄攔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，將正負組極板掙接起來，所以在封口式容器裏都採用板墊。

在所有橡膠缸裏，極板都是攔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，形成板脚，脚再攔在墊子上面。像圖 2.3 所示的，每板有兩脚，

缸底有四個墊子。正極板的脚和負極板的脚的位置是交錯着的。所有正極板擱在兩個墊子上，所有負極板擱在另外兩個墊子上，沒有一個墊子同時擱着兩種極板的。在這種結構裏，沉澱餘地比較沒有板脚的要加多一點，所多出的餘地，就是板脚高度所留出的。

在客車照明用的電池裏，用人字形瓷器放在襯鉛容器缸底作為板墊，極板擱在瓷器上面。但是最近就漸漸趨向於採用有板墊的橡膠缸了。

在封口的玻璃缸電池裏，極板或者懸掛於缸蓋，如圖 2.2 所示的樣子，或者也擱在缸底的墊子上，如圖 2.11 所示的樣子。這種墊子或是和缸分開的，或是和缸一起製成的。

2.6 容器蓋——在用玻璃缸或襯鉛箱的開口式電池裏，

大都用玻璃蓋板，用意在於減少水份的蒸發，並阻止酸液外濺。當冒氣時，酸液噴起，都凝聚在板的下面，仍舊滴入電解液，有橡膠缸的電池，都用硬橡膠蓋子，頂部四週，用土瀝青(asphalt)化合

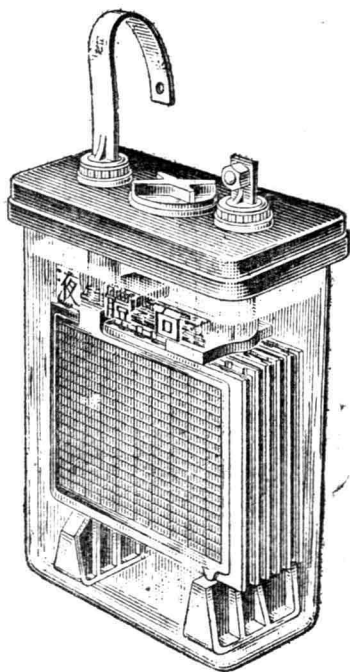


圖 2.11 有板墊之玻璃缸蓄電池

物固封起來。在低溫度時既着膠黏，在高溫度時也不要軟化。

封口式的玻璃缸，也大都用硬橡膠或與硬橡膠有相似組織的材料做蓋子，封口的方式和硬橡膠缸相做。蓋上必須開一洞，以便注入電解液，或加水以補充電解液。洞上塞一個通風塞子，或者蓋一個帽子，塞子及帽子上開一小孔，以便充電時氣體逸出。

2.7 電池容器的墊腳——開口玻璃缸的電池，大都安放在玻璃或木質承盤(Tray)裏面，盤裏舖着沙，或者放在橡膠質蓆子上面，以便將電池的重量均勻地分佈到缸的底部。拿耐久經用來說，玻璃盤當然比木質的好。像圖 2.1 裏的玻璃盤下是備着玻璃腳的，用木盤時，在盤下也墊着裙式 (Petticoat type) 的玻璃腳。很大型的封口式玻璃缸是支持在平行的橡膠質墊條上面，不用玻璃承盤。

支持襯鉛木箱的最佳的墊腳，莫過於貯油絕緣器，像圖 2.12

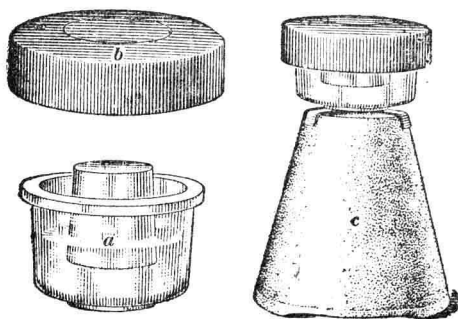


圖2.12 貯油絕緣器及陶器墩子

所顯示的。一個圓環形的玻璃碗 *a* 裏，半裝着油，上面蓋着一個圓鉛帽 *b*。玻璃碗是捲邊的，邊突出在外圍，鉛帽子的下邊向內捲，玻璃碗的邊正好嵌到帽子的溝槽

裏，使得由缸裏噴出的水或酸液不致滴到碗裏。這玻璃碗再擱在一個陶器的墩子 *c* 上。用四具這樣的墊脚就可支持一只電池，可參看圖 2.4。

瓷質絕緣器就是全部塗過釉的，對於支持襯鉛箱式電池，殊不合宜，因為釉終久要脫落的。如果用雙層的玻璃絕緣器，比用瓷器好，但是他的表面逐漸為灰塵以及酸液塗着一層薄膜，替漏電流(Leakage current)預備了一條捷徑，這種漏電流的電解作用，很容易將內襯的鉛皮侵蝕成許多孔隙，而木箱也就會滲漏。

2.8 電解液——電解液是由純淨的硫酸和水調和而成的，他的比重要看電池的制式和所用極板而定，大概在 1.200 至 1.300 之間。濃硫酸的比重是 1.840，要調成各種比重的電解液，所需用硫酸與水在體積方面和重量方面的比例，可參看下表。該表顯示在攝氏 25 度時各種比重電解液的成份和特性。

電解液之配合成份及凝固點

比重	水與硫酸的 體積之比 (硫酸為一份)	水與硫酸的 重量之比 (硫酸為一份)	電解液中硫酸 重量的百分數	凝固點
1.180	5.2:1	2.9:1	25.6	-21.2°C
1.200	4.3:1	2.4:1	29.4	-23.8°C
1.220	3.7:1	2.1:1	32.2	-31.4°C
1.240	3.4:1	1.9:1	34.5	-46.1°C
1.260	3.0:1	1.7:1	37.0	-58.8°C
1.280	2.75:1	1.5:1	40.0	-67.7°C

電解液每立特(liter)的重量仟克(kilogram)數，大致和比重相等。

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

量做根據。

固定蓄電池裏的容量較大，大概用較低比重電解液。便攜蓄電池以輕便為重要，不能多裝電解液，用比重較高的電解液，方能供給所需要的硫酸的分量。若是比重較高，就是硫酸太濃，極板和木質間隔物容易受硫酸的侵蝕，特別在高溫度時為然，這與電池的壽命是很有影響的。而且電解液太濃，他的黏着性必定很大，不容易滲透到極板的毛細孔裏，反而減低電池的容量。反過來說，電解液較稀，他的凝固點愈低，容易凝結為冰。在寒冷的地方，當電池充足時沒有凝結，一經放電放完，前重節節降低，或許有凝結的可能。所以對於比重的選擇，要看電池的制式，電池使用的環境而定，若是遷就了某一種條件或許要犧牲另一種優點。

電解液必須純淨，不含有損於極板的雜質。例如，鉛和鈣是無損的。氯化物，硝酸化物，鐵質，銅質以及砒之類，都是有損的。水應當用蒸餾水。如果沒有蒸餾水而取用就近的給水，最好取一點水樣，加以化學分析，檢定該水確無損傷極板的雜質，然後取用為妥。

在調製電解液時，用玻璃缸及玻璃棒，應當將濃硫酸緩緩傾入水中，切不可將水倒到濃硫酸裏。因為水酸混合時要發熱的，濃硫酸的比熱(Specific heat)比水低，同樣的熱量使酸昇高的溫度比使同體積的水所昇高的溫度為高。將水傾入酸中，混合液的溫度升高很快，以致發生大量蒸汽。結果，酸液噴射四濺，容器炸裂，甚而傷及人的身體，所以應該特別慎重。

第三章

鉛蓄電池之特性及試驗用具

3.1 容量——蓄電池的容量，拿他所能放出的電量的安培小時數(Ampere-hour)來表示。所謂安培小時，就是該蓄電池放電率的安培數，和能維持該放電率而電壓不致降低到終了電壓(End voltage)以下的小時數的乘積。終了電壓的規定，將在第3—4節內討論。不過在決定電池的容量時，在放電開始之初，必須確知該電池充電已足。

蓄電池的容量不是一個常量，容量的大小，要看放電率的大小，即放電的快慢而定。例如，某電池能連續供給40安電流至8小時之久，他的容量是 $40 \times 8 = 320$ 安培小時。若是要在5小時內放完，該電池祇能供給56.4安，此時的容量是 $56.4 \times 5 = 282$ 安培小時。在前一種情形，就是在8小時放電率時，該電池的容量是320安培小時；在後一種5小時放電率時，容量是282安培小時，祇是前一情形時的百分之八十八。

大概同一蓄電池在高放電率時的容量小於在低放電率時的；並且在間歇放電時的容量大於連續以高放電率放電時所可得到的。因為放出電量的多寡，看極板上有效物料所起的電化作用而定。在高放電率時，電化作用都發生在極板的表面，沒有容

許電解液滲透到極板內部的機會，而且極板表面的毛細很快孔地被硫酸鉛所蒙蔽，更阻止電解液的滲透，所以放出的電量小。在低放電率時，電解液可從容滲透，電化作用可以推至極板內部，放出的電量，自然可以較多。

所有蓄電池都有一種所謂正常容量定額(Normal capacity rating)，就是在某種正常工作情形時所可獲得的安培小時數，但並不是在所有工作情形時的定額。例如，許多蓄電池都拿正常8小時放電率的安培小時數來規定的。放電率低於正常率時，可得較高的容量；反之，在高於正常率的放電率時，容量較小。

圖 3.1 裏的曲線，顯示一種標準固定蓄電池的放電率和放電時間的關係。放電率是拿正常率的倍數來表示，時間是拿正常

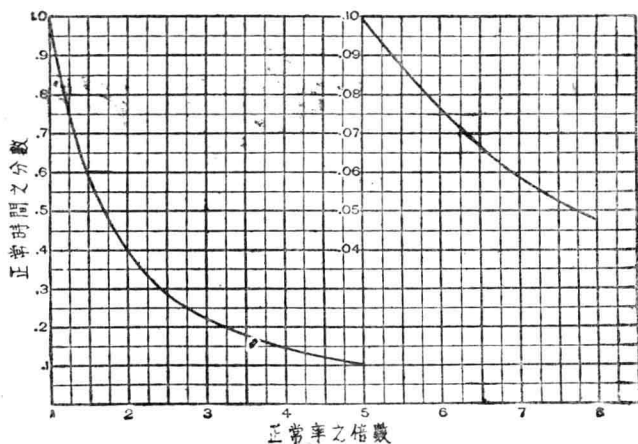


圖3. 放電時間與放電率曲線

時間的小數來表示的。例如，在雙倍正常率時，該電池在正常時間的十分之四就達到放電限度。假定正常率是 10 安，正常時間是 8 小時，正常容量是 80 安培小時。但是用 20 安放電率時，放電祇能維持 $0.4 \times 8 = 3.2$ 小時就是 3 小時 12 分，放出 $3.2 \times 20 = 64$ 安培小時。在他種放電率時的容量，也可用相做的方法從這曲線上尋出來。不過這個曲線不能應用於一般電池，因為極板厚度，電解液的比重，以及其他因素，都多少要變更這曲線的形狀的。

上面曲線所顯示的關係，祇能應用於連續的恆定率放電。若是放電是間歇的，所可取用的容量必定較用同率連續放電為大，所增加的多少，看間歇放電所分配的總時間而定。例如用 1 小時放電率間歇放電，而平均分配到 8 小時裏，他的容量約略和 8 小時放電率連續放電的容量相等。

3.2 內電阻——每一電池的內部都有電阻，大部份在電解液內及間隔物，另一部份在極板以及連接條和端鈕上面。接通外部電路，就有電流經過外部電阻，以及內部電阻 (Internal resistance, 簡稱內電阻)。內電阻的大小，隨電解液的濃度，間隔物的性質和極板的大小及距離而定。在充足時內電阻低，放電漸久，內電阻也漸高。

因為內電阻和外部電阻是串聯着的，所以內電阻也和外電阻同樣的可以發生電壓降，使在電池兩端量得的電壓 V 小於電池產生的電動勢 E 。假定通過電池的電流是 I ，內電阻是 r ， E

和 V 的差額就是 Ir 壓降，用公式表示出來，就是

$$E - V = Ir,$$

或

$$r = \frac{E - V}{I}。$$

在一隻電池或一組電池，以恆定放電率放電適足的時間以後，等到電池兩端的電壓已經穩定，很快地將電流中斷，可以觀察到電壓立刻昇高。這立刻昇高的電壓就是 E 和 V 之差，拿在中斷以前的電流值除他，就得到真正內電阻。如果不將電流全部中斷，而突然增加或減少一已知量，電池的端電壓也有變化，拿電流的變化除電壓的變化也可以得到內電阻。例如某蓄電池在用 12 安放電時，兩端的電壓量得為 1.98 伏，若是將電流全部中斷電壓突昇到 2.10 伏，電壓的升高是 $2.10 - 1.98 = 0.12$ 伏，所以內電阻是 $0.12 \div 12 = 0.01$ 歐。

反過來在充電時，內電阻也有壓降，不過電流方向和放電時候的方向相反，他的壓降使在電池兩端量得的電壓高於電池本身的電動勢。例如上述的電池電勢是 2.10 伏，在用 20 安充電時內電阻的壓降是 $20 \times 0.01 = 0.20$ 伏，那麼電池兩端的電壓就變成 $2.10 + 0.20 = 2.30$ 伏。

一只標準固定蓄電池的內電阻大概是這樣的，如果突然以一小时率放電，他的電壓立刻降低約百分之六至七。在放電開始後幾秒鐘內，電壓續行降低，那是因為極板毛細孔裏電解液變稀的緣故，這大概是內電阻壓降的百分之 20 至 30。在許多計算裏，這種電壓降也包括在內電阻壓降裏面。

3.3 蓄電池的電壓——在蓄電池裏因化學作用所產生的電動勢，並且用來使電流通過內電阻以及外電路的電阻的，叫做該電池的電動勢(Electromotive force)或者內生電壓(Internal voltage, 或簡稱內電壓)。當電池裏有電流通過時，在電池兩端用伏特計所量得的電壓，叫做電池的外電壓或端電壓(External or Terminal voltage)。當放電時，電動勢和外電壓之差，等於內電阻壓降，這已經在上節裏講過了。若是沒有電流通過電池，電動勢就和外電壓相等。

鉛蓄電池的斷路端電壓(Open-circuit voltage)，在1.95至2.15伏之間。若是任令電池在斷路狀態下擱置適足的時間，無論電池已經充足抑或已經放過電，他的斷路端電壓終久要歸還到上述的限度中間。所以一只電池的斷路端電壓的高低，並不能表示該電池充電的情形。

要始終保持一只電池在充足狀態，在該電池兩端所應維持的電壓，叫做電池的浮接電壓(Floating voltage)。浮接電壓必須微高於斷路電壓，以便補償電池本身的局部作用(Local action)。在電池內部，在同一塊極板上，因為有雜質的緣故，雜質和極板物料間形成一只微小的電池，經常地發生電化作用而作局部的放電，這就是局部作用。雖在電池斷路時，這種局部作用也存在的，消耗了極板的有效物料，使斷路電壓漸漸低下去。在充足時電解液有比重為1.200至1.220的浮接電池組，可以應用；但是浮接電池組兩端間每電池的平均電壓應當為2.15伏；有

時在 2.1 至 2.2 伏之間，也可以應用。例如 60 只電池串聯時且可用 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

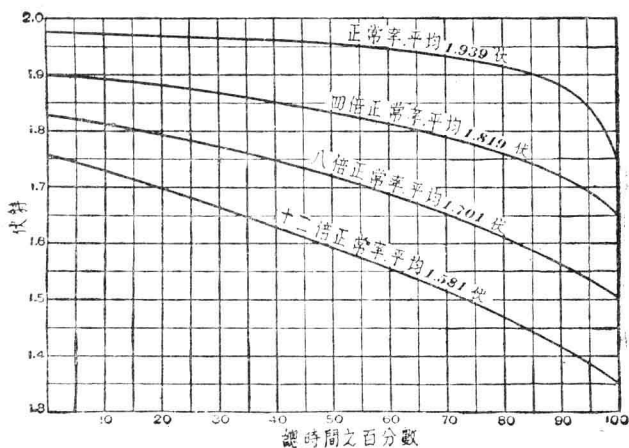


圖3.2 放電時電壓之變化

得的),這就是第3—1節裏提到的終了電壓。放電放到電壓降低到終了電壓時,可認為該電池放電已罄,不能再用。圖3.2顯示某種電池在各種放電率時電壓變化的情形,放電率是用正常率的倍數來表示的,平均電壓也分別註在每條曲線上。在放電開始時電壓的立刻降低,沒有顯示在圖3.2裏。

3.5 充電時電壓的變化——當以充電電流通過電池時,斷路電壓突然升高,這是因為內電阻的壓降和內部電動勢相加的緣故,已經在第3.2節裏解釋過。以後電壓逐漸升高,這當然是由於極板毛細孔裏電解液變濃所致的。因為在充電的過程中,硫酸漸多而水漸少,極板上的有效物料也漸復原,電池的電動勢自然漸漸升高。在充電將近充足時,開始冒氣,有氧和氫分別聚集在正和負極板的毛細孔裏,電壓乃又很快地升高,彼時所有極板上的有效物料都已恢復充足時的狀態。一只電池在正常充電率時,

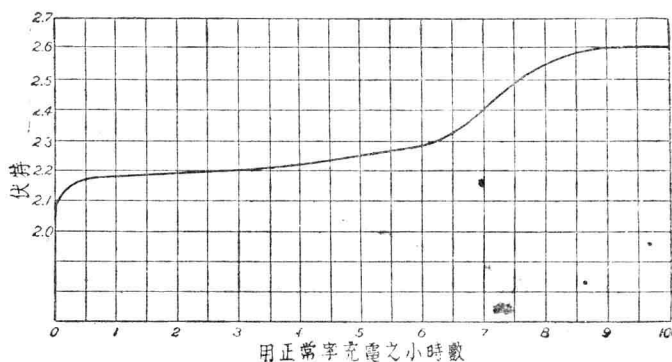


圖3.3 充電時電壓之變化

在充電電流仍通過時所量得的電壓，大概每電池在 2.5 至 2.75 伏之間。上面是指新電池來說的，若是已經用過幾年的舊電池，在充電完成時的電壓不會超出 2.5 或 2.4 伏的，這是由於極板上有效物料脫落掉的緣故。圖 3.3 顯示在正常充電率時電壓變化的情形。在該圖裏，可以注意到在某點以後，無論充電電流再繼續多久，電壓不再升高。

3.6 充放時電解液比重之變化 —— 在第一章第 1.4 節裏已經說過，鉛蓄電池裏電解液的比重在放電時逐漸減低，在充電時又漸復原。在固定蓄電池裏，充足時的比重大概是 1.210，在某數式內完全放電後的比重降低至 1.170 或 1.180，在另外數式裏或許要更低。比重變化的範圍，隨着電池裏電解液的總量和極板的容量之比而異。這種範圍一經確定，以後該電池的充電狀態，可以完全由比重情形來判斷，比重是和電池裏剩餘的安培小時容量成正比的。在車輛用的蓄電池裏，充足時的比重大概是 1.275，在放電終了時最低的比重在 1.100 至 1.150 之間。

當充電時，比重漸高，直至開始冒氣，表示充電已近完成。電解液中有氣泡存在，比重略略減輕。在充電停止以後，藏在極板毛細孔裏的濃硫酸液漸漸外散到溶液裏，同時浮在溶液內的氣泡也逐漸逸出，比重反有短時間的增高。

3.7 溫度對於蓄電池特性之影響 —— 前面所列的鉛蓄電池的各種數字都是根據華氏 70° 溫度的。(攝氏 21.1° 度)。

溫度減低，鉛蓄電池的容量也便減少。在 8 小時放電率時，

溫度每降低華氏一度，容量就減少 70° 時容量的千分之六。放電率愈高，容量減少的百分數也愈大。因為溫度降低，電解液的黏着性較大，不能滲透極板的毛細孔裏，這是容量減低的主要原因。

溫度降低時，鉛蓄電池的內電阻就增大，這也是當然的現象。在華氏零度（攝氏 17.8°C）時的內電阻，約為華氏 70 度時內電阻的二倍。

電解液的比重也跟着溫度而變化的。溫度每降低華氏 10 度比重約增加 3 點至 4 點（就是 0.003 到 0.004）。在讀取某電池的比重紀錄時，同時必須量出電池的溫度，將該比重紀錄折合到相當於華氏 70 或 80 度標準溫度下的比重，然後纔能用為判斷電池充電狀態的準繩。例如，比重計在華氏 40 度時讀得比重是 1.215，假使電解液溫度升高到華氏 70 度，他的比重應當是 1.204 左右（假定溫度升高華氏 30 度，比重減低 11 點即 0.011）。

3.8 安時效率——一只蓄電池放出的安培小時數，總歸比充入該電池而使之恢復原狀的安培小時數少。安培小時的損失不外兩種原因：一種是局部作用就是局部放電，將充入電量的一部份消耗而不能放出；一種是充電時的冒氣，將充入電能的一部份沒有變做有用的化學能。局部作用是由於電解液或極板裏的雜質或局部捷路而起的，在高溫度和長久擱置時，他的影響很大，但是在正常使用情形時，這種損失很微，可以從略。在充電將近完成時，極板上的硫酸鉛差不多已經完全變做過氧化鉛和鉛

絨，若是仍舊通以大電流，就將電解液中的水分解成氫氧二氣，有氣泡冒出使電池發熱。這時充入的電量將水分解而沒有使極板的有效物料還原，所以是浪費的。最好在發現冒氣時，立刻減低充電電流，冒氣不致於十分厲害。

一個蓄電池放出的安培小時數，和將其恢復原狀所需充入安培小時數之比，叫做該電池的安培小時效率(Ampere-hour efficiency, 簡稱安時效率)。在不必要的過量充電(overcharge)情形之下，安時效率可以弄到十分的低。除此以外，合法的安時效率要看各種情形而定的：極板的年齡和情形，溫度，充電率，充電和放電相隔的時間，放出電量和電池容量之比，以及該電池在經常工作範圍內的放電和充電狀態等。在平均情形中，百分之85至90左右的安時效率是很容易得到的。

3.9 瓦時效率——一個蓄電池輸出電能的瓦特小時數和輸入電能的瓦特小時數之比，叫做瓦特小時效率(Watt-hour efficiency), 簡稱瓦時效率。瓦特是安培和伏特的乘積，瓦特小時也是安培小時和伏特的乘積。充入的安培小時比放出的多，同時充電時的平均電壓也比放電時高，所以充入的瓦特小時數，更比放出的多。電壓所以不同的緣因，主要的是由於內電阻壓降，安培小時數所以不同的緣因，是由於局部放電，漏電，或冒氣等，所以充入的電能一部份損失於內電阻，局部放電和冒氣，即至放電時又有一部份電能損失於內電阻和局部放電。放電的平均電壓和充電時平均電壓之比，叫做電壓比(Voltage efficiency), 所

以瓦時效率等於安時效率和電壓比的乘積。

$$\text{瓦時效率} = \frac{\text{充入安培小時數}}{\text{放出安培小時數}} \times \frac{\text{充電電壓}}{\text{放電電壓}} = \text{安時效率} \times \text{電壓比}$$

瓦時效率不獨隨決定安時效率的各因素而定，而且受充放時電壓的影響。電壓比根本要看充電率和放電率而定，並且和極板的制式與大小，電池溫度，以及電池之工作範圍有關係。在平均情形之中，百分之 75 至 80 的瓦時效率大概可以得到的。在試驗情形中，用正常的充放電率，可以得到百分之 85 的瓦時效率，若是將近充成時，逐漸減少充電電流以避免冒氣及過高的最後電流，可以得到更高的效率。

例如，某充足的蓄電池，以 38 安的平均率放電 6 小時，平均電壓是 1.95 伏。後以 40 安之平均率充電 6 小時，就恢復原狀，充電時的平均電壓是 2.3 伏。這電池放出的安培小時是 $38 \times 6 = 228$ ，充入的是 $40 \times 6 = 240$ 安培小時，所以安時效率是 $228 \div 240 = 0.95$ 或百分之 95。電壓比是 $1.95 \div 2.30 = 0.848$ 或百分之 84.8，所以瓦時效率是 $0.95 \times 0.848 = 0.806$ 或百分之 80.6。放出的電能是 $228 \times 1.95 = 445$ 瓦特小時，充入的電能是 $240 \times 2.3 = 552$ 瓦特時，445 除以 552，也等於 0.806。

3.10 比重計——量電解液比重用的儀器叫做比重計 (Hydrometer)。他的原理可解說如下，將一個銅幣拋到水裏就下沉，但是拋到水銀裏就上浮。這是因為同體積的水銀重於同體積的銅，而銅又重於水。將銅拋到水銀裏，被銅幣所擠出的水銀的重量大於銅幣本身的重量，所以銅幣上浮。反之，將一塊木塊放

在水銀裏固然能浮，放到水裏也能浮，這是因為木塊的重量小於同體積的水或水銀的緣故。但是木塊在水銀裏比在水裏浮得高。若是將木塊在水銀面接觸處做一個記號，再將木塊浮在水裏浮出水面處也做一個記號，由這兩個記號可以算出水和水銀的比重。若是拿這塊木塊浮在另外一種溶液裏如硫酸之類，也在木塊浮出液面之處做一個記號，將他和其他兩個記號相比較，也可求出這溶液和水及水銀的比重。

通常任何溶液的比重，都是和水相比較的。拿木塊浮在水裏，在浮出水面處的記號可註以1.000，浮在硫酸內浮出液面處的記號，就可註為1.835，因為硫酸的比重是1.835。比重計所應用的原理和以上所說的相倣，不過不是用木塊而是用玻璃桿浮標的，像圖3.4所顯示的樣子。比重計包括一個儲有重量的玻璃泡和一個有刻度的玻璃桿，浮在所要量的溶液裏，由玻璃桿和液面交截處的刻度，直接讀出該溶液的比重。通常比重計的刻度範圍，在1.100至1.300之間。在開口式固定蓄電池裏，可將一只比重計經常浮在一只代表電池裏，這電池叫做領示電池(Pilot cell)。由這電池的情形，可推斷整個電池組的情形。

若是在封口式或便攜式蓄電池裏，沒有餘地安放比重計，可將電解液吸到一個玻璃筒裏，使在



圖3.4
比重計

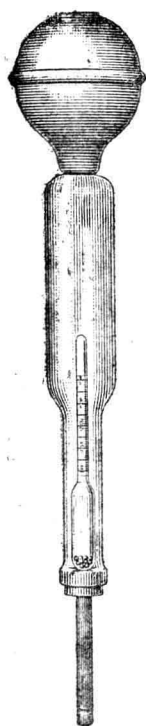


圖3.5

唧管比重計

筒裏的比重計浮起，隔着玻璃筒可以讀取比重計的紀錄。像圖 3.5 內所示的唧管比重計 (Syringe hydrometer)，包括一個橡皮球套在玻璃筒上面，筒的下面是短短的橡皮管子，筒裏有一只比重計。

為改正在不同溫度下的比重起見，在讀取比重時，必須同時量出電解液的溫度。並且當充電時，為避免電池的過熱起見，量溫度也是必須的。在固定蓄電池組裏，也可用一只浮式溫度計浮在領示電池裏。

3.11 領示電池自動注水器——要使得比重計的記錄，能夠確切地作為判斷電池蓄電狀態的指示，在領示電池內因蒸發和冒氣而失去的水分，必須時時補充以保持恆定的液面。在開口式裏可以用一具像圖 3.6 所示的領示電池自動注水器 (Automatic pilot-cell filler)，包括一只貯滿淨水的大玻璃瓶，出口處連接一只彎曲的管子，在管子最低處開一個小洞，平常是浸在電解液面以下的。若是電解液面低落使管子的小洞露出液面，就有一個空氣泡經過管子通到瓶裏去，壓出相當體積的水下來。

3.12 伏特計——要讀各個電池的電壓，必須用一只低讀數的伏特計，標度由 0 至 3 伏，分做 10 格或 20 格。倘使用一只雙

標度的伏特計，一面可讀3伏以下的電壓，另一標度有較高的範圍，能用以量整個電池組的最大電壓，那就更加方便了。

3.13 安培小時計
——安培小時計 (Ampere-hour meter) 是一種量度電量的儀器，他的構造和原理，與瓦特小時計相做，可以用

來指示一電池放出的電量和充入的電量，這種儀器有一只轉動的圓盤，轉動速率和所通過的電流相呼應。圓盤的轉數由一個指針在標度尺上紀錄出來，尺上刻着安培小時數。若是電流的方向反轉，指針的偏轉方向也反。

因為所有電池充入的安培小時數，必須較放出的多，所以在充電時令安培小時計較放電時走得慢點，大概校配到任令多充入百分之10至20的電量為度。要使得電池自動保持充電和放電的確當關係，這只儀器必須始終接在電池的電路裏。於是又可指示任何時間的放電狀態，不過在較高放電率時，或儀器沒有在適當的期間予以校準，所指示的要以實在的放電狀態略少。

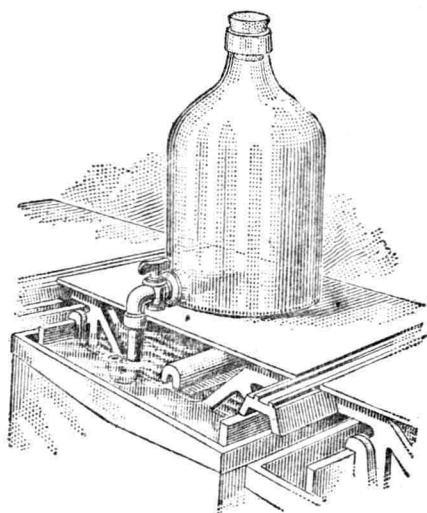


圖3.6 領示電池自動注水器

安培小時計又可用來自動控制充電和放電。例如充電充到某一種狀態，該儀器的指針達到標度上的某點，和一個觸點相接觸，經替續器(Relay)之作用而將充電電源拆去，或自動減低充電電流。同理，在放電放到某一種程度時，指針和另一個觸點相接觸，而將充電電源自動地接於電池。祇要用有適當容量的儀器，而每經 12 個月至 18 個月被檢查和校準過一次，這安培小時計是一種在適當的辰光將充電自動停止的最合用的器具了。

第四章

鎳-鐵-鹼電池之原理， 構造及特性

4.1 鎳-鐵-鹼電池之基本原理——鎳-鐵-鹼電池是1901年愛迪生所發明的。彼時因為運貨車，曳引車，和礦用機車等的車輛推進問題，以及蒸汽鐵道客車的照明問題，都需要一種輕便耐用的蓄電池，愛迪生蓄電池乃應運而生。美國商業上用的鐵鎳鹼電池祇有愛迪生式一種，也就是本章所要敘述的。

愛迪生式蓄電池裏的極板和容器的構造都用鋼，所以有輕便耐用的優點。像圖4.1所顯示的，*a*處是正極柱，*b*是負極柱，注液帽是*c*，*d*是一個活門，*e*是正極柵，內嵌正極管*f*，*g*處是負極柵，嵌着負極袋*h*。

要說明這種電池裏的化學作用，可先看下述的試驗。假定拿兩塊薄而亮的鋼片放在露天裏幾個禮拜，很快的他們就生銹了，這種銹是鐵和空氣中的氧化合而成的一種氧化物。現在拿這兩片生銹的鋼浸在水和氫氧化鉀(Potassium hydroxide)的溶液裏，並且和一個小直流發電機相接。立刻有電流由發電機一個鋼片流入電池，經過溶液達到另一個鋼片，再返回發電機。這個

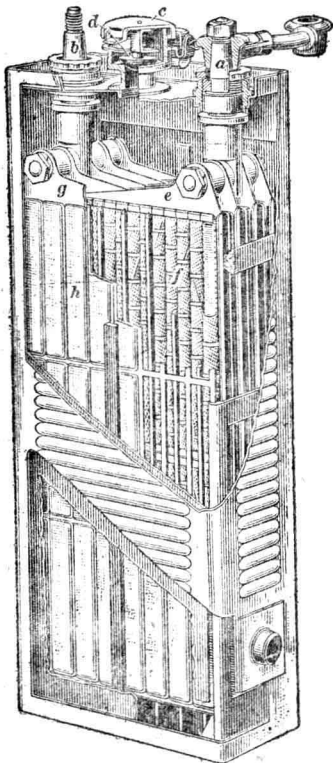


圖4.1 愛迪生電池之構造

電流將一片生鏽的鋼還原成金屬的鋼，使另一片比先前更加鏽一點。

若是將發電機拆掉，而接入一個安培計來代替他，在很鏽的鋼片上的過量的氧，要經過溶液回到那一片沒有鏽的鋼上，同時有電流經過安培計。這種電流繼續流動，等到兩片鋼再變成同樣的生鏽為止。上面所說的是一種簡單的鎳鐵鹼式電池，就是愛迪生氏在發明這種電池時所用的試驗。這種組合裏的有效物料是鐵鏽，而所有的鐵鏽祇限於在鋼片表面上的一層，所以他的容量是很有限的。並且因為鐵與氧化鐵間的有限的電位差，所以電壓也

是有限的。

4.2 鎳—鐵—鹼式的化學作用——實用的愛迪生式電池裏用鐵和氧化鎳，有效物料都裝在管子或口袋裏，不但可得較高的電壓，而且容量也增加很多。電池的正極板用氧化鎳裝在鑿孔的管子裏，負極板用一種氧化鐵裝在鑿孔的鋼口袋裏，不是像前面所

說的鐵銹。電解液用氫氧化鉀的溶液，大都加一點氫氧化鋰，可以增加極板的容量和壽命。

在這種電池裏充電及放電時所起的化學作用，是極板間氧的交換。在充電時，負極板上的氧被充電電流所迫而轉移到正極板上，使氧化鐵還原為鐵，正極板上的三鎳化四氧(Ni_3O_4)氧化成二氧化鎳(NiO_2)。在放電時，氧由正極板回到負極板上，使電流流出電池。下面所列的充放電時極板和電解液有效物料的化學式子。所可注意的，是在充放循環時電解液的成份不變，所以比重也沒有變化，這是和鉛蓄電池不同的。

	正極板 有效物料	電解液	負極板 有效物料
在放電狀態時	鎳之一種氧化物 $2\text{Ni}_3\text{O}_4$	氫氧化鉀 KOH	鐵之一種氧化物 Fe_3O_4
在充電狀態時	鎳之高次氧化物 6NiO_2	氫氧化鉀 KOH	金屬鐵 3Fe

4.3 鎳—鐵—鹼電池之極板——正極板，如圖 4.2 (a)，包括一個鍍鎳的柵狀板，內嵌若干鍍鎳鋼管(圖 4.2 b)，管裏貯藏正極板的有效物料。塞在管裏的是鎳的水化物 (Nickel hydrate)，但是經過形成手續後，就變成鎳的氧化物。管上鑿有很多的孔，以便電解液能夠自由地滲透到管裏面，和有效物料相接觸。為增加電導性起見，以極薄鎳片和有效物料交替地塞入管內。像圖 4.3 的截面圖所示的，與一層鎳片和一層有效物料夾着。在管子外面用八只無縫鋼環，以均勻間隔箍着，可以增加管子的機械強度。這些管子嵌在柵狀板裏，是用 40 噸壓力壓進去的。

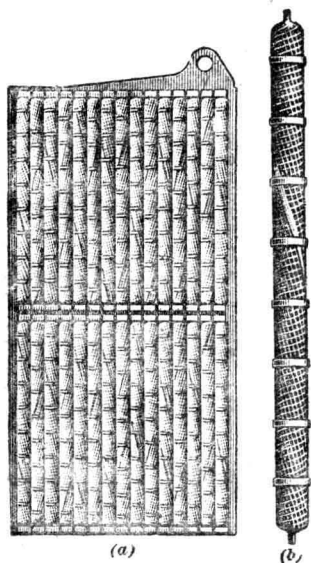


圖4.2 愛迪生電池正極板之柵及鋼管

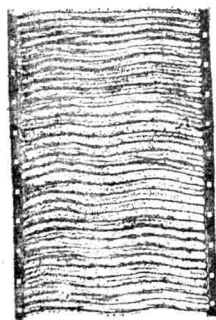


圖4.3 正極板鋼管之截面圖

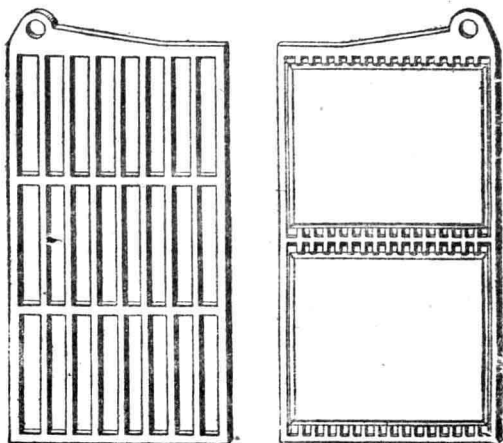


圖4.4 愛迪生電池負極板之柵

圖 4.5 顯示和正極板相似的負極板。不過所用的有效物料是研細的鐵的氧化物，裝在有鑿孔的長方形鋼袋裏。這些口袋是用 120 噸的壓力壓着嵌到柵（見圖 4.4）裏的，柵和口袋也都鍍過鎳的。

4.4 正負極板之組合法——像圖 4.4 裏所顯示的，每塊極板的頂部突起處都有一個眼孔，在將正負極板分別組成正負組時，用一根鋼質連接桿穿過各板的眼

孔。在桿上每兩鄰板之間，套有鋼質墊環 (washer) 以便獲得板間適當的間隔，在一組當中的間隔環就利用作極柱的底。在桿的兩端，各用一封鎖墊環 (Lock washer) 和一個螺止，將穿在桿上的極板夾緊。所有連接桿，螺止，墊環和極柱等，都和極板一樣的鍍鎳。

正負極板分別組合後，再交互插合，組成一個元件，像圖 4.6 所示的樣子。負極板比正極板多一片，在最外層的極板都是負的。正負極板間的絕緣，是用豎直的硬橡膠長釘完成的，這長釘由板頂一直延伸到板底。在外層負極板和容器間用橡膠片絕緣，在極板底邊及兩旁邊和容器間都是用硬橡膠架子絕緣的。這種架子同時用來分隔各欄

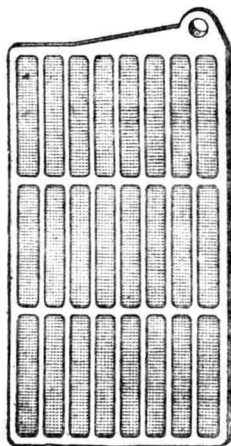


圖 4.5

愛迪生電池之正極板

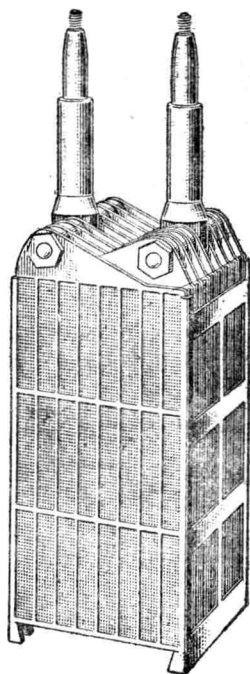


圖 4.6

愛迪生極板元件

並保持極板的排列整齊，但是仍不妨礙電解液的自由週流。

4.5 容器和蓋——燒碱，就是氫氧化鉀，並不浸蝕鋼，所以在

鎳鐵鹼電池裏利用這一優點而得到機械的強度和耐久性。因此，容器也用鍍鎳的鋼製成，在接縫處都用電鍍法銲接。尺寸較大電池容器的表面有凹凸不平的皺紋，一方面增加強度，一方面幫忙散熱。

在電池元件已經安放到容器裏以後，上罩鍍鎳的鋼蓋，也用電鍍法銲合。在接鎳柱穿過蓋子的地方，用被鋼環撐着的軟橡膠護套(Bushing)，和硬橡膠螺絲墊環，或腺狀帽(Gland cap)絕緣，並且使得接合緊密不致透氣和透水。正接鎳柱上通常都塗有紅色。

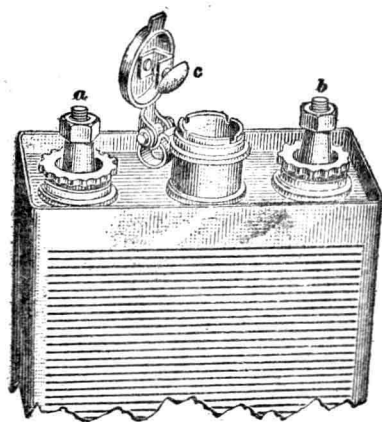


圖4.7 愛迪生電池之容器及蓋

在容器蓋子上開有三個洞，在兩邊的兩個是容許接鎳柱通過的，有橡膠套子護着，已經在前面說過，這就是圖 4.7 裏的 *a* 和 *b*。在正中一個洞是預備注入液體的，在洞口上裝一個有鉸鏈的帽子。用鋼質夾簧，使得這注液帽(Filler cap)要開就大開，要關就緊閉。在注液帽下面，掛着一個硬橡膠質活門。在帽子關合在洞上時，這活門因其重量而下垂，掩蓋着洞口，阻止外部空氣之內侵，並減少水分子的蒸發，但是仍容許內部氣體之外逸。注液孔和帽子活門等，可

參看圖 4.7 的 c。

4.6 極板之形成手續——在極板組合裝入容器，加蓋封好以後，注入電解液，液面要高出極板頂部半吋至 3 吋，看電池的制式而定。在注入電解液後，須先經過幾次充電和放電的循環。這就是形成手續(Forming process)，用意在於穩定電池的電化特性。這種手續一直繼續下去，等到測驗其達到正常運用情形和較額定值略多的容量為止。所有電池容器外面都塗着一層厚的絕緣油漆，然後在電池頂上再塗一層保護性的松香油膏。

4.7 電池組的組合法——鎳鐵鹼式電池組合起來，裝成一槽像圖 4.8 的樣子。在電池容器的旁邊鉚有鋼質突出的圓釘，裝到槽裏的時候，正好嵌到木框上的硬橡膠空心圓鈕裏，像圖 4.9 所

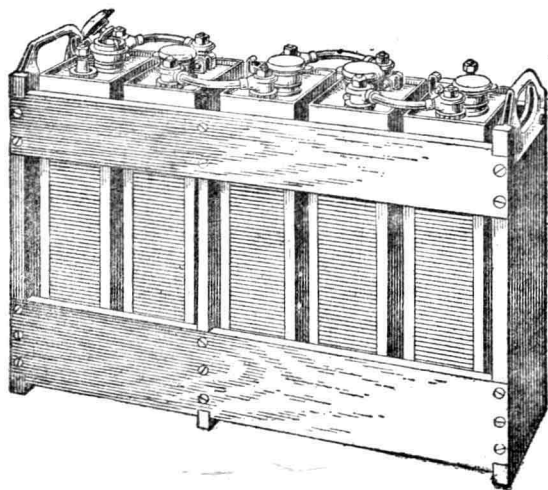


圖4.8 愛迪生電池之組合

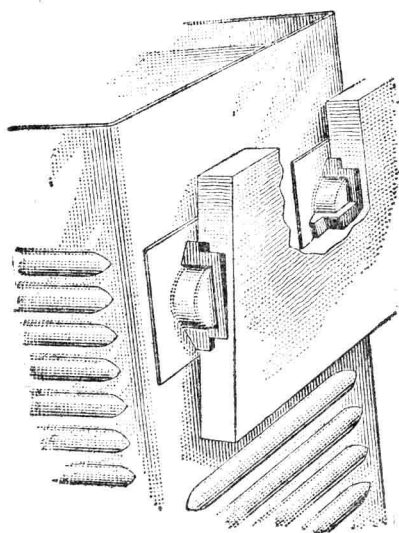


圖4.9 愛迪生電池容器旁之圓釘嵌入木槽上之圓鈕

腳套，鏈桿和螺止等，均須鍍銀。

4.8 電池之制式及尺寸——鎳鐵鹼式電池的制式，由正極管子的尺寸和每板的管子數目來決定。主要的有A式，B式和G式三種。A式和B式裏的正極板用 $\frac{1}{2}$ 吋直徑， $4\frac{1}{2}$ 吋長的管子。這種尺寸的管子，在5小時內每管有 $\frac{1}{2}$ 安培的正常放電率。A式極板的管子分兩排，每排15根，在B式極板裏祇有一排15根管子。G式的正極板用 $\frac{3}{16}$ 吋直徑， $4\frac{1}{2}$ 吋長的管子，每管在 $3\frac{1}{2}$ 小時內有 $\frac{3}{16}$ 安培的正常放電率。G式極板有每排為20根的管子兩排。

顯示的。這樣，可以支持着電池，並且電池和木槽以及隔鄰的電池相絕緣。

極柱的頂部刻有螺旋，柱子伸在蓋上的部份是頂部小而漸漸擴大，呈圓錐體形狀，正好套入鄰近電池間或電池組間所用接連柄的腳套。腳套係由鋼鍛成，鑽有圓孔以適合圓錐形之極柱，一端鉤於粗銅連接柄上。腳套套上以後，再用螺止腳緊。所有

各種制式電池的大小，再由正極板的數目來決定，在表示制式的字母後面附註的數目字，表示正極板的片數。例如，某 *A* 式電池有四片正極板，命名為 *A-4*；有六片正極板的 *B* 式電池命名為 *B-6*。制式和大小註字都印在電池蓋子上面。在用於某種任務如客車照明之類的電池，大都用特別高的容器，有時用特高而特寬的容器，以便多裝一點電解液，因為這種電池是不能時常整理，在規定時候補充他的電解液的。這種電池命名為高式或高寬式，在註字後分別加註 *H* 或 *HW*，如 *A-4H* 或 *A-4HW* 之類。

4.9 容量——如第 4.8 節所述的，鎳鐵鹼式電池的容量，要看正極板的數目和制式而定。正常瓦特小時容量，是正常安培小時容量和平均電壓的乘積。*A* 式和 *B* 式電池的容量是根據每電池 1 伏特及 5 小時的放電率而規定的，*G* 式電池是根據每電池 1 伏及 $3\frac{1}{2}$ 小時的放電率而規定的。這種數值都是以正常率放電為根據的。

在使用時，當最初的 125 次充放循環裏，容量漸漸增加，大概可以超過額定容量的百分之 15。嗣後，容量即逐漸低落。當比重降低到在華氏 60 度為 1.160 時，就應當調換新的電解液，換新後的容量立刻又有昇高，這大概是電池一生中最大的容量。在多數的應用裏，若是電池的安培小時容量降到低於額定容量的百分之 80，可認為壽命已經終了。

4.10 電壓——當用正常率放電時，平均電壓是 1.2 伏，到最

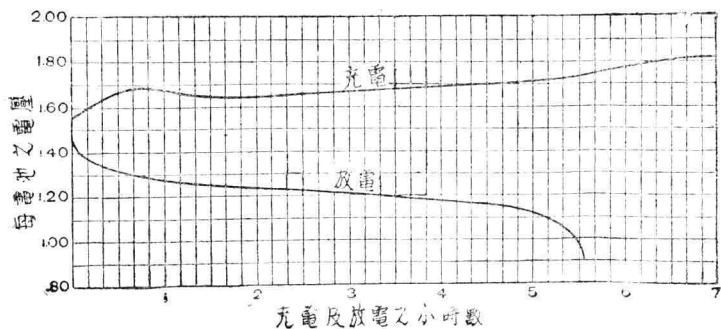


圖4.10 愛迪生電池充放時電壓之變化

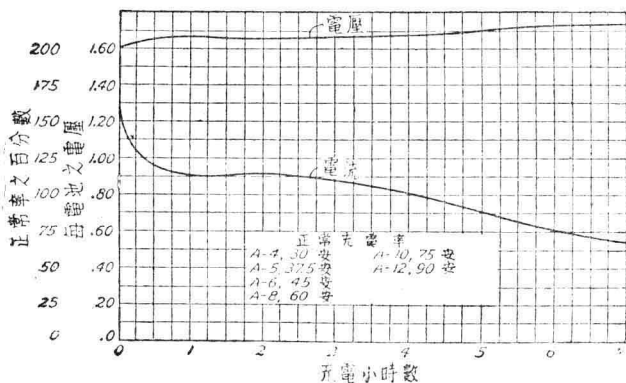


圖4.11 愛迪生電池充電時電壓與電流隨時間而變動之曲線

低的限度是 1 伏。圖 4.10 顯示用正常率充放時電壓變化的情形。圖 4.11 顯示跨接於每電池 1.84 伏的恆定電壓的電源，經一固定電阻使電池充電時，該電池電壓和電流變化的情形。圖 4.12 裏的曲線顯示用高放電率對於電壓變化的影響。該曲線都是 A-4

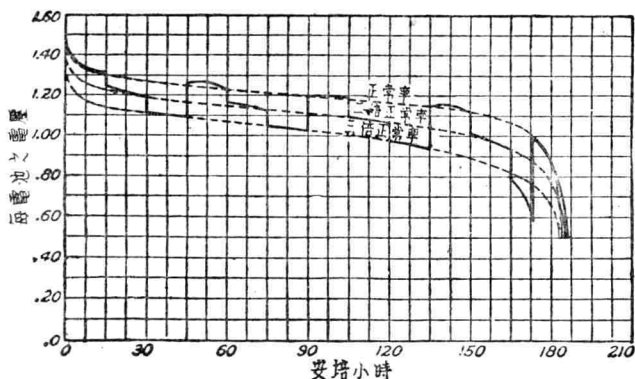


圖4.12 愛迪生電池放電時電壓之變化

式電池的紀錄，正常率是30安，另兩根曲線是用60安和90安放電的。

這種電池的內電阻，使得在電流之增加等於5小時放電率時，他的電壓降低了最初斷路電壓的百分之七。內電阻是限制安時效率和瓦時效率的因素，但能保護電池，以及電動機，控制器或接在電路裏的任何機器，使不致受過大放電率所引起的可能的傷害。

4.11 溫度對於容量之影響——電池裏電解液的溫度若是下降，電池的容量也減低。減低的多少，要看放電率而定，大概在低放電率時減低得少，在高放電率時減低得多。在正常放電率時，電解液溫度由華氏115度降到50度，他的容量就要減低百分之1.0 在華氏50度以下，減低得還要快。

一個在工作着電池裏的電解液溫度，終歸高於大氣溫度，這

是因爲有電流通過而發熱的緣故。所發的熱，也隨着放電率而有很多的變動，在低放電率時發熱較少，在高放電率時較多。在實際方面，用正常率放電的電池裏溫度，不會低於華氏 60 度的。正常工作溫度約在華氏 80 度至 115 度之間。若是溫度低於華氏零度下 17 度時，溶液就結晶，變做像雪一像的東西。

4.12 效率和壽命——當電池剛充足後，立刻放電，他的安時效率約爲百分之 82，電壓比約爲百分之 73，得到約爲百分之 60 的瓦時效率。若是在充電後，閒置一天，第一天裏要有微小於百分之 10 的容量損失。在以後 30 天裏，再要有百分之 20 的損失。當將電池恢復日常工作時，容量也就恢復。還有一種效率，是所謂重量效率 (Weight efficiency)，就是每磅電池重量的容量。在動力方面最通用的電池裏，電池的重量效率大概在五小時放電率時，爲每磅 12 至 13 瓦特小時。

鎳鐵鹼式電池的壽命，大約是 2000 次充放循環，一次循環包括一次用正常率放電放到電壓降至每電池一伏，和接着一次完全充電。壽命的年數，要看在兩次充電間的一次充放循環的平均百分數，和每年充電的次數，與其他因素而定，如這電池服務的性質以及如何維護電池之類。

4.13 優點——鎳鐵鹼式所具的優點很多，其所用材料，構造方法，以及所根據的電化原理，都是優點的成因。因爲各部都用鋼，所以能結構精密，能夠忍受在商用工作中所遇到的震動或碰撞。柵狀板，管子和口袋也用鋼製成，他的極板可確實保持着有

效材料，不致脫落，並且無扭曲之弊。

這種電池，不但構造堅固，重量效率之大，而且能忍受粗率使用。在使用時所常遇到的意外情形，如充電過量，偶然捷接，以反方向電流充電，在任何蓄電狀態下擱置不用，完全放電到零電壓的程度等，都不致產生永久的傷害。因為電解液不用酸類，所以不致有酸霧浮漾空中，極板和間隔物也不受損害。惟有長時期的過熱，熱到華氏 115 度以上；或者長時期的任令電解液面降落到極板頂部以下，使一部份極板曝露在外面，足可使電池受到永久的損害。圖 4.13 顯示用玻璃棒察驗電解液面的情形。

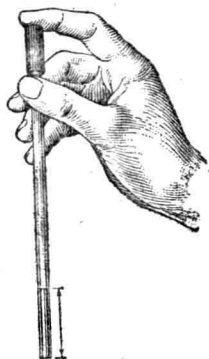


圖4.13 用玻璃棒察驗電解液之液面

4.14 用途 — 鎳鐵鹼式電池的用途很廣，最有效的應用像下面所說的：電池式街車及貨車，工業運貨車，曳引車，機關車（礦用及工業用）鐵路車的燈源，備用的緊急燈源，運貨車的燈源及發火（Ignition），孤立的電燈廠，潛艇的燈源及操縱，礦用電燈，鐵路號誌，電鐘，盜警及火警制，以及油浸斷路器（Oil circuitbreaker）的控制等。目前所製造的電池制式，還不能用於汽車的啓動，因為啓動用的電動機在初啓動之時，需要比正常率大 20 倍的放電率，這不是鎳鐵鹼式電池所能勝任的。

第二編 蓄電池之裝置維護及修理

第五章

鉛蓄電池之裝置與維護

5.1 電池室與通風——鉛蓄電池應當裝在乾燥而通風的房間裏面。封口式玻璃缸小電池可直接安放在塗有土瀝青漆的木架上，毋需單獨的電池室。開口式玻璃缸大電池，和用襯鉛木箱的電池，應裝在絕緣墩子上，高出地面五六吋左右。電池室的地板，也應當用抗酸的材料。用平坦的水泥地面，比用方磚或玻璃磚的好，因為在方磚的拼合處，難免復有細縫，以致酸液滲透進去。假是用木頭地板，表面上也要塗土瀝青漆。電池或電池架子的裝置，一定要能夠容許管理的人很容易達到電池的頂部。否則，管理人懶得去察看液面，忘記時常加水，結果電池就受傷害。

電池室須通風完備，以便吹去充電時由電池內噴出的氣體和酸沫。充電時放出的氣體是氫氧二氣，一遇電花(Spark)或者火燄，要發生爆炸。所以在充電時，切忌將燃着的香烟或是火燄攜帶到電池室裏。開關最好也不要裝在電池室內，因為將開關拉開時，是要發生電花的。如果通風不好，噴出的酸沫會逐漸凝聚

在容器，絕緣物，連接柄等表面，使得他們受到腐蝕。通風又可幫助電池散熱，使得溫度不致升高太甚，這於電池的壽命是有重大的關係的。常將電池運用於高溫度，足以促短他的壽命。

在小規模的裝置裏，利用門和窗作自然的通氣，就很滿意了。在大規模的發電廠電池裝置室裏，時常需要人工的通風，最好在電池室的一端靠屋頂處排出空氣，讓新鮮空氣由電池室的另一端靠地板處經許多入口吹進來。

5.2 端鈕與連接柄之防腐——在裝設蓄電池時，還有一點要注意的，就是適當的和緊密的連接柄裝置。裝得不當，將來容易受到腐蝕(Corrosion)，對於新的電池防止腐蝕，比較容易得多，以後就難以避免了。防止腐蝕的方法，先將所有應該栓合的表面括亮，但是不要括得太深以致括去外層的鉛衣，然後再塗一層純凡士林油膏(Vaseline)，要塗在螺栓的梗子以及任何沒有包鉛的金屬表面上。鉛質螺止須在第一次旋緊後，隔相當時候常常去旋緊他，因為鉛有滑動的趨勢，以致螺止自動鬆脫。

倘是腐蝕已經開始，最好用布或殘紗(waste)蘸着亞摩尼亞或蘇打的溶液，將連接柄和金屬面間任何酸液揩去，然後括乾淨了再塗一層凡士林油膏。用凡士林油膏比用油脂(Grease)好，因為油脂裏包含一種動物或植物的脂肪，比電解液的腐蝕性更厲害，用以防止腐蝕的，結果反增加腐蝕。

5.3 電池之裝配——買來一組新電池，都附有製造廠家的說明書，列舉裝配和連接電池的方法。下面所說的是裝配時應該遵

守的要點。

在沒有注入電解液以前，先要將正極板組和負極板組裝到容器裏，將每一電池的正端和鄰近電池的負端連接起來。木質間隔物要始終保住潮溼，先察看間隔物有無扭曲或破裂者，如果都完整而潮溼，應當很謹慎地插入極板中間，有楞的一面對正極板，在間隔物沒有乾燥以前，趕緊注入電解液。

電解液的比重看電池的式樣而定，最好也遵從廠家的說明。調製電解液的方法在第 2.8 節裏講過，應當用濃硫酸緩緩加到水裏，切不可將水傾到濃硫酸裏。在調到所需要的比重以後，等到電解液冷下去，纔能傾注到電池裏。

封口式蓄電池在裝運時，已貯有電解液，一切都已裝好，祇須施以一次初充電(Initial charge)，就可應用。開口式大電池在裝運時，容器，極板等都是分別包裝的，在裝置時應當依着上述的步驟去做。

5.4 極性之確定——在沒有將電池接到充電電源以前，必須確定電源的極性，何端是正，何端是負。如果有伏特計可用的話，那是再便當也沒有的；如果沒有伏特計可用，可以用下述的簡單試驗來檢定。預備一杯普通食鹽的溶液，將兩個導線經串聯着電阻(限制電流至一安培以下)接於電源，再插入這杯鹽水裏，距離約一吋左右，有無色氣泡冒出的一根線就是電源的負端。在充電時電源的正端接於電池的正端，電源的負端接於電池的負端。

倘若是開口式的電池，可以看出呈深棕色的極板是接在正

端的，負端所接的是呈灰白色的極板。在封口式便攜蓄電池方面，正端大概用紅漆塗着，或是附有別種記號的。如果沒有記號而又看不到極板，最好用伏特計或是上一段所述的簡單方法檢定一下。

5.5 充電與放電——充電當然需直流電源，但是應當用怎樣大小的電流來充呢？裝造廠家說明書上所載的充電率是最穩妥的。若是用恆定電流充電的，以用這種充電率為適宜，如果用更高的充電率，就要在充電末期時引起不必要的和浪費性的冒氣。如果要節省時間早點充好，在開始充電時可以用較高的充電率，在開始冒氣以後，就將電流逐漸減少，以不冒氣過甚為度。這種辦法須要管理員時常去察看，未免不便而實際上確有困難。一種較好的規則，是在電池電壓達到每電池 2.3 伏時，將充電率減低，例如在 60 只電池組是 138 伏，42 只電池組是 97 伏。

充電是否完成，一方面可由冒氣情形察看出來，同時可由電壓和比重達到最高點而在 15 分鐘至半小時以內不再升高來確定，這是指充電率保持恆定而言的。但是電壓和比重的最後值，並不見得一律的，要看溫度，充電率，極板制式，電池的年齡，電解液面的高度，以及硫酸因被噴出或和電池底的沉澱物化合而損失的數量來決定。所以在理論方面的電壓和比重值並不是充電已足的肯定的指示。

接一只安培小時計在電池電路裏，也是指示電池充電程度的一種方法，不過充電的方面要比放電的大百分之 10。大概，要

使得一個電池常在良好的充電狀態下，充電要比放電的多百分之15至20（參看第3.8節和第3.13節第二段）。

到充電末期電池裏很流暢地冒着氣，在康健的電池裏指示充電將近完成。但是在硬化（Sulphation，將在本節末一段裏解釋）很厲害的電池裏，在應該停止充電以前很久，早就流暢地冒氣了，所以這是不足為憑的。

在使裝在硬橡膠缸裏的便攜或車輛用蓄電池充電時，應當將蓋子上面的通風帽（見圖2.2和圖2.3）除去，電池箱子的蓋子也打開，讓冒出的氣體自由外逸。

至於電池的放電率是沒有一定的，最大的電流限制，以極板耳柄和連接柄所能平安地負載為度。電池可以在五六倍於他的1小時放電率放電幾分鐘，甚至可以用更高的電流作暫時短促的放電，祇要預備着有大載流量極板耳柄就行。用低放電率使電池放電逾量應儘量避免，如果有這種情形時，在放電後應該立刻予以充電。

在電池完全放電以後如果擱置過久，或者因為電池內部的捷路或部份捷路，使在低放電率下放電逾限，極板上就發生硬化現象。因為電池放電後極板上的有效物料變做硫酸化鉛（見第1.4節），在正常情形時，硫酸鉛是很鬆軟，容易被電流所分解的，在久經擱置不予充電以後，這種鬆軟的硫酸鉛細粒逐漸結合成一大塊硬的結晶，一種非導電體而很難被電流所分解的，在極板上呈現白色的斑點。所以在放電後要立刻予以充電。如果已有

硬化現象，祇有用正常充電率或更低的（倘是可能的話）充電率，予以長時期的充電，還可以補救，用高充電率是沒有效果的。

5.6 充電之類別——鉛蓄電池充電的方式可以分述在下面：

〔I〕初次充電——在蓄電池剛裝配完成以後，須立刻予以一次刷新充電，這叫做初次充電。這次充電用正常率要繼續 35 至 84 小時，看極板的制式而定，最好遵從製造家的說明。爲什麼第一次要充電這樣久呢？目的在使各電池的各極板都受到徹底的化學作用，而保持其容量。以後電池應用的成績，往往要看初次充電到若何情形而定，慎之於始是很重要的。

〔II〕正規充電——在電池放電後，施以正規充電 (Regular charge) 使恢復放出的電能。這種正規充電當然以用正常率爲佳，不過要趕快充好時，也可在開始充電用較大電流，以後逐漸減低，以不冒氣太烈而溫度不超過華氏 110 度（合攝氏 44 度左右）爲度。正規充電應當繼續維持到領示電池的比重比前一次均衡充電 (Equalizing charge, 見下一段) 時最高的比重低 5 點（即 0.005）爲止。所有電池都要很緩和的冒氣，但是不像均衡充電時冒氣的流暢。

〔III〕均衡充電——正規充電時，比重的記錄是在領示電池裏察看的，但是各電池的情形或有不同，一只電池的情形未必能代表全組。倘若有一只電池每次都沒有充足，日積月累，這只電池就有硬化等現象而永久受傷。凡是日常充放的電池，每隔一星期或二星期，要予以均衡充電一次。所謂均衡充電，就是用正規

充電率或較低率，延長充電時間，直等到領示電池的比重達最高值而在一小時以內不再升高，並且冒氣很流暢為止。目的在使每只電池都均勻地澈底充電一次，而恢復健康狀態。不過浮接的電池組是不需要均衡充電的。

〔IV〕補足充電——在擱置不用的電池組裏，或許因為漏電或局部作用等原因以致有能量的損失，應當每隔相當時間予以補足充電一次(Trickle charge)。浮接着的電池組因為不時的有些許的放電，也需要補足的。補足充電率要看電解液的比重和溫度，電池的年齡，以及在這次充電以前使用的情形而定。倘是由於維持某一種電壓，而由電壓的變動來自動地調節充電率，是比較簡單而適用。例如在低溫度時需要高的補足充電率，在高溫度時要低。但是如果維持一種端電壓，例如在比重為 1.210 的電池組裏是每電池 2.15 伏，可以自動得到適當的補足充電率，是比較不管電壓而每次在上述諸因素變更時變更充電率要高明得多，否則是多麼麻煩呀！

5.7 浮接與補充——將電池組和電源並聯着接於負載，讓電源擔任經常的負載，而電池組在負載突然增高時，或者發生意外電源中斷時纔放電於負載，這種電池組叫做浮接的(Floating)。事實上，最大規模電池組的裝置，都是在發電廠裏作為備用任務的。電池組跨接在電源線路或饋電線路上，在負載輕而線路電壓較高時，電池組被充電，在負載重時，電池組就放電，幫助發電機分担一部負載。

根據經驗的指示，在電池組端有每電池 2.15 伏的電壓，例如 60 只電池組是 129 伏，可以保持電池之充足，而不致有逾量的充電。在充足時比重為 1.210 的電池組端，必須有每電池 2.15 伏的電壓。比重低的電壓稍低，比重高的電壓稍高，大概比重相差 10 點（即 0.010），電壓要差 0.01 伏（每電池）。倘若電壓能夠準確地而穩定地維持着，即使每電池的電壓稍低百分之幾伏，仍舊是可以應用的。不過這種準確度除非是大規模的發電廠，其他的電廠是辦不到的。所以用每電池 2.15 伏較為妥善。這個量值，無論怎樣大小的電池，都可以應用；但是和電池充電完畢後液體的比重是有關係的，上面已經講過。

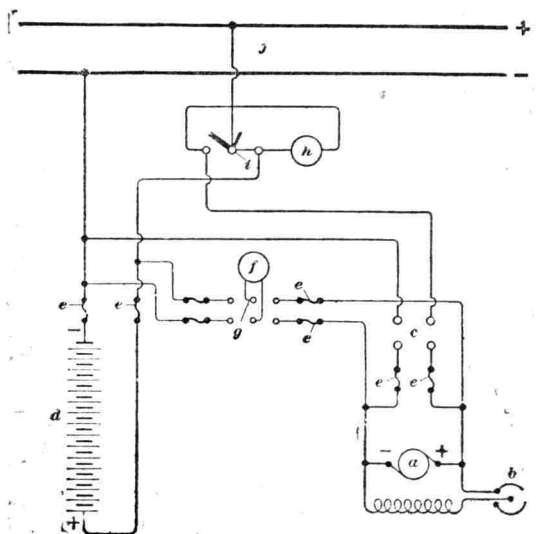


圖5.1 電池組浮接之電路圖

像圖 5.1 所示的，*a* 是直流發電機，*b* 是他的場變阻器，*c* 是一只雙極單投開關，*d* 是 60 只串聯着的電池組，*e* 是保險絲，*f* 是伏特計，*g* 是伏特計的插塞連接器（Plug switch），*h* 是安

培計， i 是可以彈回的開關將安培計接用的， j 是 129 伏匯流排。由圖可以見到電池組是浮接在匯流排上的。發電機電流並非全部流入電池，一部流到接在匯流排上的其他負載（圖上沒有畫出），電池取得發電機電流和負載電流的差額。電池組所需要的電流不過是總電流中的一小部份，發電機電流很小的百分數變動可引起電池組電流很大的百分數變動，所以適當的調準是很需要的。幸而這種調準並不難，因為在比重為 1.210 的電池組裏，若是保持每電池 2.15 伏，電池組將自動地接受所需要的充電電流。

在前一節裏已說過，所需以補足電池損失的電流叫做補足充電率，並且是始終小於發電機所供給的浮接充電率，除非發電機除電池組外沒有其他的負載。在這種情形之下，這電池組稱為補足充電的，每電池 2.15 伏的規則仍舊可以應用。在浮接時發電機所供給的浮充率可分成兩部，一是電池組所需要的補足充電率，一是其他部份所需要的電流。倘若沒有後者，浮充率就等於電池所需要的補充率，這電池組可認為浮接着的，也可認為在補足充電着的。

5.8 補充電池之電解液——電池裏的電解液應當高出極板之頂，因為日常水份之蒸發，和在充電時的冒氣（將水分解為氫氧二氣），所以水漸損失，液面漸低落。要保持適當的液面，必須時時注入認為可用的水。在正常的溫度和通風狀態之下，每星期添一次就夠了。如果需要添水較勤，這電池必定是被充電太多

了。電解液中的酸是不會蒸發也不被分解的，除非在冒氣時有很少量的酸被噴出，但是在封口式或有蓋的開口式電池裏，酸被噴射到蓋子上，仍舊還到電池裏去的，實際上損失的酸是極少，所以沒有加酸的必要。

本地的水源有時足夠純淨為補充電池之用。最好能夠先取一點水樣，經化學手續檢定一下，如果雜質過多，還是以用蒸餾水為宜。裝電池用的水應該盛在木質，瓷的，或玻璃器皿裏，切不要用鐵器或他種金屬的器皿。

電解液面降低的多少，看充電，溫度，濕度，和通風狀態而定。在平常情形時，開口式電池裏的電解液，大概每星期降低 $\frac{1}{2}$ 至 $\frac{3}{4}$ 吋。由這深度，電池的尺寸和電池的數目，可以計算出每星期應添裝的水的體積。例如有 200 只電池，每只的尺寸是 $25\frac{1}{2}$ 吋 \times 12 吋（合 65 厘米 \times 30.5 厘米），若是每星期液面降低 $\frac{1}{2}$ 吋（合 1.27 厘米），那麼每星期要補充 $200 \times 0.5 \times 25.5 \times 12 = 30,600$ 立方吋，合 $30,600 \div 231 = 132.5$ 加侖 (Gallon) 的水，或是 $200 \times 1.27 \times 65 \times 30.5 = 505,000$ 立方厘米 (c.c.)，即 505 立特 (Liter) 的水。

5.9 比重計讀數之誤解及改正——由比重計的讀數來推斷電池蓄電的狀態，往往會發生錯誤的，因為普通認為充足時的比重值是不變的，但是實際上很有變動的可能。比重可以變高，也可變低，並且在電解液溢出以後祇拿水來添補，或者不當加酸而加酸，都可更改原來的比重。例如，某電池在半充足時的正常電

解液比重是 1.180。倘是電解液溢出了，拿水來添補，無論怎樣充電，終不能使比重恢復原來充足時的讀數的，因為水的成份比原來的多，在充足時的比重自當比原來的低了。也許原有的電解液被換過適足的份量，在充足時的比重不會高於 1.180，這是很可能的。如果遇到一位不知道這次事體的人，在充電後讀得比重是 1.180，認為電池沒有充足而祇在半充足狀態，是完全誤會了，實際上電池已經充足了。所以在電解液的成份變更以後，不能再拘泥於原來的比重標準了。

在某一電池用過相當時候，是沒有方法預知充足時的比重應當如何的，祇有將電池充電，繼續到比重不再升高為止。在大多數使用着的電池裏，比重大概不致變動得很多，以致引起誤會。不過，管理的人員總要知道，比重值不一定是推斷充電狀態的絕對標準，除非在那時期的充足時比重值是確知的，或者電解液的成份是確實沒有變更過的。否則，還是繼續充電等到比重不再升高，然後停止充電，比較穩妥點。

使得比重計讀數有錯誤指示的他種原因很多：例如，一個根本不準的比重計或破裂了的比重計；在加水後水還沒有和原有電解液混合以前就讀取比重計的讀數；電解液面高度的不同；以及電解液溫度的不同等。對於前二原因補救很容易，姑且不談，對於後二原因，必須加以改正。

電解液面和溫度對於比重的效應，是不大普遍明瞭的。第一表列出某一種電池裏在三種不同溫度，兩種液面高度時，同一電

解液的比重值。例如，某充足電池的電解液溫度爲華氏 105 度，液面比極板頂高出 $\frac{3}{4}$ 吋，因爲充電時的冒氣將液面減低到極板頂部，充足後等到溫度降至華氏 45 度去量他的比重，將發現增多了 40 點，但是充電的狀態並沒有變更，這 40 點的變動完全由

第一表 溫度和液面對於比重之效應

電 解 液 面	華氏 45 度	華氏 75 度	華氏 105 度
在極板頂上 $\frac{3}{4}$ 吋	1.220	1.210	1.200
和極板頂平	1.240	1.230	1.220

於溫度和液面而起的。如果要將在不同溫度和液面時讀得的比重，折合到在標準溫度和液面時之比重，可由第一表所列的比重加以改正。例如取華氏 75 度和高出極板 $\frac{3}{4}$ 吋的液面爲標準，在其他溫度和液面情形時所讀得的比重，可以應用第二表加以改正。不過以上兩表，是舉某一種電池爲例的，不能應用於一般電池。

第二表 由第一表求得之比重改正因數

液 面	華氏 45 度	華氏 75 度	華氏 105 度
在極板頂上 $\frac{3}{4}$ 吋	減去 10 點	標準	加 10 點
和極板頂平	減去 30 點	減去 20 點	減去 10 點

5.10 比重之調準——在沒有進行比重調準以前，必須確知比重計的讀數沒有誤會，像前一節所說的。在封口式電池裏，除

非已經有溢出或漏出，或者在不需要的時候添加過電解液，否則在電池的一生裏毋需調準比重的。開口式電池一生或許要加添硫酸一次，以補足被冒氣時所噴出的酸液。

有認為比重高的是良好電池，愈高的愈好，這種觀念是錯誤的，尤其以新電池為然。例如，某電池的充足時比重應在 1.200 至 1.220 之間，認為用 1.220 比重比用 1.200 好，是不對的。因為存着這種觀念，於是時常將電池的比重調準得過高。但是比重過高，負極板容易受酸的侵蝕，對於負極板是絕對有害的。在 1.310 以上的比重或許是損毀性的。

要調準比重並確切保持在某點，不過是一種不必要的花費，而且事實上辦不到的。所以為調準起見，往往規定一個合理的範圍，比重變到這範圍以外 10 點或較高，纔需要重加調準。一個在充電時不冒氣的電池，或許是內部發生捷路了，就不必去調準比重。又在調準比重以前，管理員必須十分肯定地知道在繼續充電時比重不再升高，否則，電池還沒有充足，調準也是枉然。若是充電仍不能得到滿意的結果，自當直接去調準電解液的比重。

調準電解液的比重是很簡單的。倘若要調得高，先準備好比重不超過 1.350 的電解液。用較低的比重，當然較好，不過在需要快的時候，可以用 1.350 的比重，但是絕對不要再高。將電池裏的舊電解液取出一部份，立刻注入預備好的濃電解液，切忌任令電池在半滿的狀態下擱置着，當加 1.350 比重的電解液時，電池要正在充電而冒着氣，尤其以調低電解液比重時為然。至於須

取出多少舊的電解液，加入多少濃的電解液，可以事先由舊的比重，需要的新比重和比重及酸與水的成份之關係約略計算一下，如果不先事估計祇得試試看。濃液已加入後，再使電池充電而繼續冒氣約一小時，讓新加的和舊存的電解液充分混合起來。嗣即讀取比重和溫度，經改正以後，看看有沒有在所需要的範圍以內，否則再試一次。大概經過約略計算以後，再加以積久的經驗，不難在一次裏就可調得準確。若是要將比重調低，祇須加水即成，手續也和調高時一樣。

如果可以將電池顛倒過來，將舊電解液全部傾出，而代以調好的新電解液的話，比重的調準是極容易的。不過電池底總有點沉澱，在電池顛倒過來的時候沉澱物流到極板之間，在電池恢復原位以後，這種沉澱物仍舊停留在原地不肯滑下去，就難免發生捷路，所以這種辦法，還以不嘗試為妙。

5.11 電池之擱置及儲藏——無論電池是新的抑或舊的，決不能任令作無限期的擱置而不予充電，尤其在溫暖和潮溼的氣候為然。倘若這組電池是要擱置幾天以上的，第一必須確知該電池已經充電滿足。不然，應當先施以一次充電，繼續到所有電池都冒氣為止。在充着電的時候，一面要加水，讓冒氣將水和電解液澈底混合起來，否則，水祇浮在面上，在天冷時容易結冰。電解液面要有適足的高度，但以不致溢出或充電時不致翻出泡沫為度。

在充電完成以後，管理員必須確知所有電池的蓋板或通氣帽子都已完密地蓋好，拆去電池電路裏的保險絲以免偶然被捷

接。在閒置時，開口式的電池因為蒸發太多，電解液面很可能降落到極板頂部以下。倘是發現這種情形，須立刻加水再蓋好。在可能結冰的地方，在加水後應將電解液攪動，使得水和原有電解液澈底混合起來。

在閒置的期間，電池應當儲藏在乾燥而潔淨的地方，電解液溫度要保持在冰點以上，華氏 110 度以下。電池組須施以定期的補足充電，有必要時一面充電一面添點水。定期充電次數的多少看情形而定，沒有固定的規律的。電池本身的情形是一重要因素，在閒置時期的溫度也是一個因素。若是保持於較低溫度，但不致在冰點以下，電池的內部損失比較少點，充電的次數不必像在高儲藏溫度時的頻繁。若是電池的情形良好，而儲藏溫度在華氏 70 度左右時，可容許每隔 6 至 9 個月充電一次，這是指電解液比重在充足時為 1.210 的電池時而言的。若是比重較高，充電要勤一點，充足時比重為 1.275 的電池要每隔 2 至 3 個月充電一次。在高溫度時，充電間隔的時期要短一點，在夏季要每個月校驗比重一次，在察出電池已放出四分之一以上的容量時，趕緊施以充電。電池在擱置時，必須注意到充電的利便，所儲藏的地方和充電設備很接近，否則常因怕麻煩而忽略了補足充電，以致極板受傷，整個電池組的容量及壽命都因以減低。以上所述的保藏方法，電解液都是留在電池裏的，這是溼儲法。

倘在擱置期間，不能予以定期充電時，就要用乾儲法。先澈底地將電池組充電一次，將電解液用虹吸管全吸出來，盛在潔淨

的玻璃器皿裏，這電解液將來可以再用的。每只電池被吸空後，立刻注滿新鮮潔淨的水，讓極板在水裏浸過 12 至 15 小時。嗣後再將水吸出，就可任令作無限期的擱置了。倘使電池裏極板距離很近，不容易吸出電解液時，唯一安全的方法是將電池拆開，取出極板，在水裏浸過 12 至 15 小時，讓他們乾了以後，再和其他部份分別包裝儲藏起來。將電池顛倒過來最易釀成捷路，切勿嘗試。關於處理極板方法，參看第 6.1 節。

電池之需要修理的，在沒有儲藏以前先要修理完好，否則，勢必需要過量充電，而電池情形日以惡化，不值得再去儲藏。

5.12 將電池恢復應用——用溼儲法保藏的電池，在恢復服務時祇須予以一次過量充電，等到在 5 小時內電解液不再升高為止，或許有加水的必要，看液面如何而定。用乾儲法保藏着的開口式電池，須先換一套木質間隔物，再注滿比重較正常充足時之值稍高數點的電解液。若是老電解液仍舊保存着的，祇須補充一點就行了。於是將電池澈底充電一次，到比重和電壓達最高點，不再升高為止。若是在充足後的比重仍較正常值低，應當予以調準，使恢復標準值。

5.13 捷路之效應及補救——一組電池的蓄電情形，雖由領示電池的比重來指示，但是每年中仍須將每只電池的比重至少讀取三四次，俾能確知各個電池的情形。若是有一只的電池的比重總歸比其他的低，該電池或許發生捷路。當充電期間，應當嚴密注意該電池，看是否冒氣比其他電池遲或者冒得沒有其他電

池的流暢。如果確有捷路，應該即刻尋求原因加以清除，在清除以後，來一次均衡充電，以解除該極板上的硬化現象，也許一次均衡充電就可以將該電池恢復正常狀態。若是該電池的比重過低，非要等到第二次均衡充電後，該電池的全部容量，纔能恢復。有時可將該電池拆出來，單獨予以一次長時間的正常率充電。

第六章

鉛蓄電池之修理與熔鉛接法

6.1 如何處理舊極板 —— 電池管理員時常任令用過的舊極板放在半滿的電池裏，極板一部份曝露在空氣裏，一部份浸在溶液裏，或者任令兩塊不同極性的溼的極板互相接觸着。他們認為這是無傷的，但是事實上的確受傷，所以應該特別注意。

若是讓極板一部份曝露在空氣裏，一部份浸在溶液裏的話，有效物料就要傷失他的均勻性，到最厲害的程度，以後就很難使他們充電滿足。再則任令潮濕的正負極板互相接觸，就形成局部的捷路而放電過量，以後決無再使得他們恢復健康而均勻狀態的可能了。無論極板全部曝露在空氣裏，或全部浸在溶液裏，或者一部在空氣裏，一部在溶液裏結果都是一樣，當然以最後一種情形為最壞。

要使得正負極板不致接觸，若舊的間隔物不好的話，可以換新的。要使得極板全部浸在溶液裏，如容器裏溶液不夠的話，可以拿水或比重較輕的電解液來補充。如果該項極板暫時不用，而將來應用時再換新的間隔物，但是舊的間隔物又不能用了，為避免極板之相接觸起見，可以預備一只襯鉛皮的箱或桶，裝滿水。箱或桶以木做的或非導電物質做成的為佳。將正極板在水裏漂

過，洗去電解液，然後放在空氣裏任其乾燥。負極板要放在水裏，而且要全部都浸在水裏。

爲什麼處理正負極板的手續不同呢？因爲負極板絕對不能任其乾燥的。如果讓他乾燥了，以後需要很長時間的充電纔能復原，比濕的充電時間要長得多。倘是不得已非讓負極板乾着不可，他們應當先在純淨的水裏浸過，洗去電解液。一塊已經充足過的負極板乾在空氣裏，就很快地被氧化，發生很可觀的熱，尤以新的極板爲然。若是發熱太過，應當用冷水噴過。像這樣在空氣裏擱着的放電的負極板，在恢復應用時，需要和初次充電一樣的過量充電，纔能復原，不過配着的正極板未免因過分充電而受傷。所以說，負極板還是浸在電解液裏爲佳，倘是可能的話。

乾燥並不影響正極板，反之，讓正極板浸在水裏一星期以上，外面形成一層微白色的外皮，當將極板恢復應用時，就使得有效物料脫落了一部份。倘是負極板需要浸在水裏的，可予以一次充電後將正極板分開儲藏。

6.2 病態之極板——像用上節所述的方法所處理的正極板，除非有大量的有效物料被洗去，否則一定很康健可以再用的。有時，發現正極板扭彎了，這是由於充電常有不足，或極板發脹的原故。彎曲對於極板本身沒有什麼關係，不過彎曲太甚，極板的四角容易洞穿間隔物，以致釀成捷路。要將已彎曲的正極板扳直而不致破裂是很不容易的，所以彎曲得太厲害而有傷間隔物的正極板可以棄置不用另換新的。

負極板大概是在良好的機械狀態的，因為負極板不像正極板容易受使用不當的影響的。在已經過分充電或充電不足的電池裏，極板上的有效物料或許不康健；例如，顏色變淡，並且硬而厚，或者變成粒狀或砂礫狀容易剝落之類，如果加以一次長時間之充電，可以使他復原。不過，如果變成稀爛的糊狀，目前還沒有熟悉的療治方法，這大都是因為不必要時加入電解液或濃酸，或者長時間的過分放電所致。若是已成稀爛的糊狀物，或者有效物料脫落太多以致柵架都曝露出來的時候，這種負極板可以棄之不用。除非確知有效物料的情形良好，否則不值得用舊的病態的負極板和新的正極板裝配起來，因為維持負極板所需要的長時間的過分充電對於新的正極板是有害的。

彎曲的負極板，在充足的情形下，是可以順利地弄直的。祇須用兩塊板夾着極板，漸漸加以壓力就行了。

6.3 間隔物及電解液之處理——在將蓄電池拆開以後，如果發現木質間隔物都變脆，將來在重裝時最好重換新的，因為極板之間需要絕對良好的間隔木片，是毫無疑問的。橡膠質間隔物大概是可再用的。如果原來的電池裏用橡膠間隔物的，重裝時決不可將他省去不用。

間隔木片要用煉製過的，因木質裏所包含的成份，有一部份侵蝕正極板的柵，必須用化學方法將其移去，或加以中和。在保藏時，木質間隔物應該始終保持潮濕，最好浸在很稀的硫酸溶液裏。當重裝時，在未插入極板間以前，最好使間隔木片被電解液

所澈底飽和。有時，新的電池接受充電很慢，或者不能接受充電，往往以爲正極板有毛病，但是實際上新的間隔木片沒有被電解液所澈底飽和，也有這種現象的。

電解液在電池裏是比較小的一項，所以在修理電池時，最好用有適當比重的純淨電解液。當電池在使用時，也許有雜質混入電解液裏，非用化學方法檢驗，不能夠覺察出來。如果修理後仍用舊的電解液，極板仍舊要受傷，修理的工作，豈不是白費嗎？如果發現正極板剝落得很厲害，多半是由於電解液裏的雜質所致。在這種情形之下，最好將全部極板組合及電解液都廢棄不用，比較得妥當點，否則，舊的負極板和間隔物仍含有足量的雜質，和新的正極板配合以後，仍是侵蝕正極板，和沒有修理一樣。

6.4 如何移去沉澱 — 在修理電池時，同時必須移去電池容器底部所積聚的沉澱。因爲在拆開和裝合電池時，極板受着震動，以致有效物料變鬆，在裝配以後的最初幾次充放循環中，這種物料最先脫落，使得沉澱物比沒有拆開以前加多。所以在修理時應當趁便移去一部沉澱，俾留餘地容納額外的沉澱。

電池當使用時，有一部份有效物料從極板上逐漸脫落下來，聚積在電池的底部。除非脫落得太快，使得發生捷路的可能性較大，否則沒有什麼影響。在新的電池裏，就已經有一層薄薄的沉澱。電池漸用漸舊，沉澱也漸高。浮接着的電池，放電的機會少，常在充足狀態之下，沉澱聚積較慢，也許在電池已變成舊得不能再使用時，沉澱還沒有積滿。

有時沉澱的地位將近積滿，却巧極板的情形也需要修理，可以趁便移去沉澱，即或電池不須修理，也應當移去一部沉澱，免得發生捷路。如果沉澱物是成堆的聚積着，並沒有佔滿全部空間，暫時可毋需清除，可以將一堆一堆的沉澱先行攤平。在開口式電池裏，用一只玻璃管彎成 L 形，或用一條 L 形的木棒，沿着電池邊緣插下去，將 L 形橫的一段掃過極板的底部，將沉澱物攤平。

如果要清除沉澱，對於小的開口式電池，應當先將極板組合取出來（注意將極板夾緊，不要讓間隔物離位），傾出上面乾淨的電解液，移去沉澱，放回極板組合，再傾回乾淨的電解液，如果電解液損失了一點，可以用新的電解液來補充。有若干只電池要處理時，應當將一只處理完成，再處理第二

只，切不可讓移出的極板組合在空裏氣擱置太久。

對於大的開口式電池，不能用上述的方法來處理，可以用特製的木杓或鉛杓 (Scoop)，有一個 L 形的橫片，一端連着一個直柄，像圖 6.1 所示。玻璃缸的電池要用木杓，免得玻璃被敲碎，襯鉛箱的電池，可以用木杓或鉛杓。

用杓子移出沉澱時，在電池的每一頭，要拆去兩三塊極板，讓出適足的地

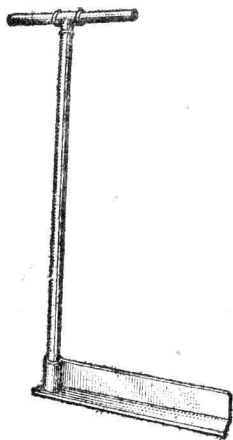


圖 6.1 清除沉澱之杓

位，以便將杓子放到電池裏去。放下去的時候，將 L 形橫葉的直邊抵着電池容器的一邊，直柄在電池的一角。放下去以後，將柄由一角移到另一角，同時扭動杓柄，讓橫葉在缸底劃着四分之一的圓弧。等到杓子裏堆滿了沉澱物，再在電池的另一端，提起杓子。注意將杓子抵着缸壁，不要讓沉澱物再滑下去。用杓子像上述的方法在電池裏掃過幾次，可以將沉澱物全部清除。如果電池的長度大於杓子長度的二倍，可以在電池中央拆去兩三塊極板，將杓柄在電池中央放下去，然後分向兩面掃過去。

在大型的襯鉛木箱裏，可以用排出法。或者注入電解液以排出沉澱，或注入清水以排出沉澱。若是用電解液的，在排出沉澱時，可毋需將電池斷路。將水或電解液用唧筒 (Pump) 吸入電池，吸入時必須有適足的力量攪動電解液，將沉澱物翻起，一面將混合着沉澱物的電解液再用另一只唧管抽出，流到另一只清濾的缸裏。若是用電解液的，唧筒必須有適當的速率，使得電池裏的液面約略保持恆定，極板不致曝露出來。若是用水的話，應當先抽出電池裏的電解液，將容器裏吸滿了水，再行抽出，如是重複幾次等沉澱都排出了，再注入電解液，注意極板要始終保持潮濕。

6.5 如何處理容器缸及蓋—— 在將儲藏着的容器缸取出預備應用以前，應該先檢驗是否有裂痕或者洩漏。能先加檢驗和修理，比較裝好後發現毛病再拆了調換，要省掉許多工作和時間的。

檢驗容器缸的一種很好而便當的方法，是先察看缸的外部，將缸放在一張潔淨的乾紙上面，注入比重為 1.300 的電解液，讓他攔在乾紙上面大概一晝夜的時間。倘是有裂痕的，電解液就要滲透到缸的外面，在缸外發現潮濕，或者流到缸下的紙上。如果不用電解液而用水，結果沒有用電解液有效，因為水沒有電解液那樣滲得透而快。

若是這只缸需要加蓋而封口的，在檢驗後傾出電解液，應該由缸口到口下二吋處用碳酸鈉(Sodium bicarbonate) 溶液洗過，這溶液是由一磅蘇打和一加侖水製成的。這種溶液將電解液中和，變成一種鹽類附着在缸壁上，可以用一塊乾布蘸着清水將其揩去，然後任其吹乾。倘若在缸壁上留有電解液的話，無論這電解液是怎樣的稀，將來封口的膠類是不會黏着的，潮濕的缸壁上膠類也不黏着。碳酸鈉是烘焙用蘇打(Baking soda)的化學名稱，在任何伙食店裏都可以買到，他可以中和酸類，比祇用水去揩拭好，但是不要用洗滌用的蘇打即鹼(Washing Soda)。

對於硬橡膠的缸，最好不要用太舊的，因為過分陳舊，極容易變得太脆而致破裂。在處理硬橡膠缸時，倘是放在熱水裏浸過一會兒，比較上不容易破裂。

在處理橡膠質缸蓋時，也可以在熱水裏將他浸過，使得他柔韌一點，而處理時不致破裂。玻璃蓋板最好不要使他局部受熱，以防炸裂。倘是電池的接頭柱在蓋子下面有護套管(Gasket)的，在重裝時切不可將他忘記了，否則電解液要沿着接頭柱的外圍

漏出的。在這種結構裏，大都用封鎖螺止將護套管擱緊在蓋子下面。有許多蓋子是備有雙層凸緣(Flange)，以便缸口嵌入的，應該先用封口膠類(Sealing compound)塗到凸緣之間，然後再蓋到缸上面去。

在封口式，要先刮去缸口或蓋子上面的剩留膠質，缸口處應當用碳酸鈉溶液將電解液中和，再用濕布揩拭，等候乾燥了，再塗封口用的膠類。融化膠類的時候，要緩緩加熱，等到融得很稀可以傾注爲止。若是加熱太快，就要使一部份膠質化汽而趨出，對於黏着性是很有妨礙的。

6.6 如何重裝電池——在重行裝配電池時，先將要用的間隔物準備好，再將正負極板交互插合起來。若使極板插合後，不趕快插入間隔物，正負極板大有捷接的可能。在封口式電池裏，若是蓋子已經和極板組合拆開的，有許多修理人員主張先將極板組合擱到缸裏的板墊上面，然後再加蓋；不過在用封鎖螺止將蓋子和極板組合擱在一起的時候，最好在沒有插入間隔物以前，先將蓋子和極板組合裝配起來。

當插入間隔物時，先從極板組合的中央插起，然後分向兩端插入。否則，兩端先插好間隔物，愈到中部極板擠得愈緊，要插入間隔物，必致將間隔物弄破，很少有例外的。間隔木片的平滑面對負極板，有槽楞的一面應該對正極板。在裝配以後，將間隔物的數目數過，看看有沒有遺忘的。若是兼用橡膠間隔物時，應當和木片同時插進。在木片已插入後，再要插進橡膠片是不可能

的。橡膠間隔物應該插在木片有糟楞的一面，橡膠片對着正極板，負極板方面是毋需橡膠間隔物的。

在極板組合裝配完成，沒有安放到容器裏以前，應該先察看極板的正負，依着電池排列方法所定正負極板在缸裏的位置而安放，以便各電池間的聯接。

對於非固定式電池組，例如運貨車裏所用的，有一點很關重要須予以注意的，便是極板組合應該緊密地裝在容器裏，不能留有空隙。因為這種電池經常受着震動，如果不裹緊在電池裏，間隔物在短時期內要被磨損的。倘若極板組合不能緊密地嵌在容器裏的話，在最外層極板和容器間應該嵌入一兩塊製煉過的間隔木片，將有楞的一面對着容器。

極板既經裝好，就可加蓋並封口。倘若在封口後不能立刻裝入電解液時，應該將蓋子的通風帽蓋好，免得水份蒸發，可以使間隔物保持潮濕。電解液的比重要看如何修理而定。若是在一組中僅換一只電池的容器的，可以用和同組中其他電池相同的比重。用低比重的電解液總歸比用高比重的好的，因為太高的比重有損於負極板，而低比重對於負極板反而有利，尤其是在修理後的初次充電為然，在初次充電後再將比重調準到正常情形。若是整個極板組合經過換新的，裝入電解液的比重大概要和新電池的一樣，這就是製造廠家所說明的比重。

6.7 水療法——過分放電的負極板呈硬化現象，通常用正常比重的電解液延長充電，使得他們復原。另一方法，是注入水而

不裝電解液，隨後充電充到 10 小時的最大比重和電壓，再將比重調整正常。當充着電的時候，始終不要讓比重高過 1.150，發現比重超過此值時，立刻吸出一部電解液，裝入同量的水。這種方法稱為用水治療法(Water treatment) 或簡水療法，比前一種方法快而治療澈底。不過對於正極板並不有利，若是用之不當，事實上也許要影響到正極板的柵的。所以如果正極板的柵已經有裂痕，腐蝕，或膨脹等弊，深到相當的程度，最好不要用這種方法。

6.8 鎔接法大意——要將鉛和鉛接起來，例如極板的耳柄和連接條，容器內襯鉛皮的接縫處等，決不能用鐸接法(Soldering)，因鐸接要用鐸錫，要受到硫酸的侵蝕的。在蓄電池工作方面，應當將需要連接的部份的鉛鎔化開來，再加一點鎔化的鉛，讓他冷凝就結成一片。這叫做鎔鉛接法(Leading burning，或簡稱鎔接法)，毋需任何鎔劑(Flux，俗稱鐸藥)。

在鎔接或修補內襯鉛皮時，因為鉛皮很薄，所以比鎔接極板耳柄和連接條等需要熟練的技巧。對於鎔接法要先有相當的經驗和技巧，纔能鎔接內襯鉛皮，不要輕易嘗試。

在所有鎔接法中，接合處的乾淨的表面是絕對重要的。鉛很柔軟，很容易用刮刀或剉刀將他的表面刮乾淨的。對於已經裝有電解液的電池，要鎔接的表面應當先用阿摩尼亞揩拭，將酸類中和，然後再刮。

特製的工具，如鎔接鉗(Burning tongs，見圖 6.2)，或鐵塊

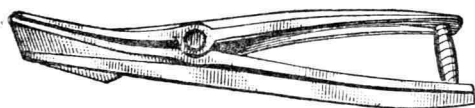


圖6.2 鑄鉛鉗

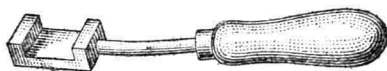


圖6.3 鑄接用鐵塊

(見圖 6.3), 是用來保持鎔化的鉛使不致泛濫開去的。在緊急的時候可以用石棉 (Asbestos) 或黏土。在平面的工作裏, 祇需一塊

薄的金屬片墊在接頭下面, 在每一邊放一個螺止或任何鐵塊夾着就行。

鎔接時要謹慎, 切不可讓鉛流出接頭範圍以外, 因為一滴鉛落到電池裏, 很有將電池捷接的可能。在鎔接後, 將接頭處仍要察看一過, 看看有沒有溢出, 若是已經凝固, 也應當將他刮去。

在將極板接成一組時, 例如在車輛用電池組裏的, 將極板耳柄嵌入連接條的方孔裏 (見圖 2.5), 將耳柄的尖端鎔化, 使得和連接條的孔接成一片, 將另外一塊鉛條鎔化, 讓鎔化的鉛填滿接頭處的任何罅隙, 使得接頭表面平滑。若是某一個接頭被燒得太熱, 鉛很有燒去的危險, 此時應當將工作暫停一停, 去鎔接另一個極板, 讓這接頭稍冷一點再行鎔接。

在將電池間的連接柄接到接頭柱的時候 (也是車輛用電池的情形, 見圖 2.8 和圖 2.9), 在開始鎔接以前, 先將連接柄緊緊地套在接頭柱外面, 柱頂要在連接條頂下約 $\frac{1}{8}$ 吋。若是接頭柱太長, 可拔起連接柄削去長出的部份。先將柱頂鎔化, 再鎔化連接

柄孔的內壁，然後從另外一塊鎔化着的鉛上滴下鉛質填平接頭。

對於平接頭(Butt joint)，在需要接合的兩端間，應該留有 $\frac{1}{8}$ 至 $\frac{1}{4}$ 吋的餘地，在兩端沒有完全鎔合以前，不要外加鎔鉛。

拆除電池間的連接柄，也可以用鎔接設備將接頭處鎔化再拔出連接柄，可以不必鑽開或割開。不過電池在未拆開以前，難免有許多氣體，鎔鉛時就有爆炸的危險，而且還要注意連接柄不要受損或弄斷以致將來不能再用，這也需要相當的技巧的。

鎔鉛的方法不外用火燄和用電熱兩種，如果用火燄的時候，先要吹去電池附近的爆炸氣體，以策安全。對於有封口蓋子的電池，可以輕輕地對着蓋子上的通風洞吹。再用一塊濕布罩在電池蓋子上，像圖 6.4 所示的樣子，也是一種預防法。濕布可以阻止

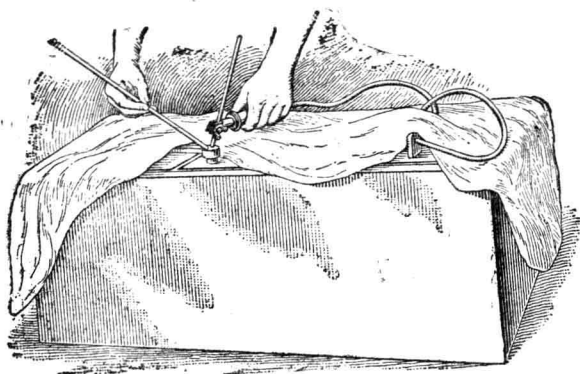


圖6.4 鎔接時用溼布罩着電池

火燄通到電池內部，而且即或發生爆炸時，電池和蓋子的碎片被布擋着不致亂飛而傷及工作人員。

6.9 鎔接法之發餸設備——鎔接法所需要的火餸，是由兩種氣體，或一種氣體和空氣混合起來而發生的，火餸發生於一個吹管(Blowpipe) 或像圖 6.5 所示的發餸尖口上。電熱法祇能用於

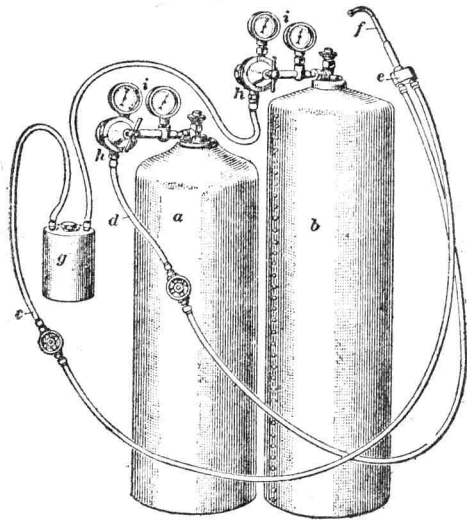


圖6.5 鎔接用發餸設備

小規模的工作，火餸法可用於任何大或小的工作。圖 6.5 示一種發餸設備，*a* 和 *b* 是兩個桶，裏面分別裝着兩種氣體，例如氧和氫；*c* 和 *d* 由兩桶接出的兩個連接管；*e* 是一個混合腔(Mixing chamber)；*f* 是發餸尖口(Burning tip)；*g* 是一個防止

逆灼箱(Safety flashback tank)，用來防止 *a* 桶裏的氧氣逆流到氫氣連接管或桶裏製造成一種猛烈爆炸的混合物；*h* 處是調節活門，*i* 處是氣壓計(Pressure gauge)和量氣計(Content gauge)。

所用氣體配合的種類很多，要看成本和本地是否有該項氣體可用而定。最好的配合是：氧和人造點燈用煤氣(俗稱自來火)；氫和空氣；氧和乙炔(Acetylene, 又稱電石氣)；氧和天然點

燈用氣體(如沼氣之類),氫和氧;空氣和天然點燈用氣體。空氣和混合的氣體,都要在某種壓力之下,看配合的種類和由氣體供給處到工作地點的距離而定。

無論用何種配合,氣體都分裝在兩個桶子裏(本地有煤氣供給的除外),然後通到一個混合腔裏混合起來,切不可合裝在一個桶子裏,否則難免要發生爆炸。再者各桶附裝的調節活門以及氣壓計等也不要混雜不清。

用氧氣的時候,和另一氣體可直接在發燄尖口混合,像圖 6.5 裏的混合腔 e 和發燄尖口 f 可合而為一。為免高壓下的氧氣逆流入氫氣桶裏以致發生可怖的爆炸起見,在混合腔 e 和氫氣桶 b 間裝着一個防止逆灼箱 g , 他的原理可參看圖 6.6 解說如下。圖中 j 管和圖 6.5 裏的氫氣桶連接着, k 管和圖 6.5 裏的 c 管連接着。 j 管口浸在水裏, k 管口開在水面上的空氣裏。正常的氫氣流動是經 j 管噴到水裏泛成氣泡,浮到水面外的空間,再經 k 管流出至 c

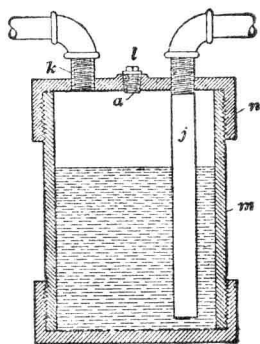


圖 6.6 防止逆灼箱之原理

管。若是氧氣的逆流壓力使得氧氣要從 a 桶逆流到 c 管(圖 6.5)和 k 管(圖 6.6),這氣體祇能由 k 管口噴到水面上的空間,不但不能流到水裏去,(因為氣體比水輕的緣故),並且將水壓到 j 管裏去,將氫氣的口封着,所以氧決沒有流到其他氣體桶子裏去

的危險。

如果用氧氣來發火燄的，不獨要預防氧和其他氣體混合，而且氧氣的管子裏應當沒有油質，因為油也有和氧合成爆炸性混合物的可能。管子的接頭應當用立陀僧粉和甘油來封。裝在桶子裏壓力為 1,800 磅的氧氣，是可以買得到的，對於處理桶子和管子，以及使用方法，須依着製造廠家的說明書去做。在低壓方面需要的壓力大概是 5 至 25 磅，看氧的純淨程度，和另一種氣體的性質而異，這是可以用調節活門來調節的。

裝在桶子裏有 1,800 磅壓力的氫氣，也可以買得到的，比用製氫機 (Hydrogen generator) 便利得多。在桶子和管子裏也要有調節活門和壓力計的設備。和氫配合應用的以空氣為多，在壓力計低壓方面有 2 至 3 磅的壓力就可以用了。空氣的供給可以取之於壓氣機或壓縮箱，再將其壓力降至 2 磅。氫和空氣需要先在混合腔裏混合起來，再通到發燄尖口。

6.10 電熱碳棒設備——電熱碳棒設備 (Electric carbon burning outfit, 見圖 6.7)多用於小規模工作，以下敘述他的用法。工作人員要用一塊有色的或黑的眼鏡，保護眼睛使不致被強烈的光所傷。碳棒的末端要削尖，裝在套管裏要伸出約一吋長。就可以用修理着的電池組做電源，大概兩只至四只電池串聯即可敷用，倘是電池是充足的用兩只，放電很多的用四只。將夾子夾在從銘接處數起的第三只和第四只連接柄上，以後再可多接，看需要而定。倘是所修理的電池不能用作電源的話，可以另外用

一只 6 伏電池組，用一根粗電線或電纜將電源的一端和要銲接的接頭聯接起來，夾子夾在電源的另一端。在已經聯接妥當以後，將碳棒尖端抵着要銲接的接頭處，於是有電流經過這個電路，碳棒發熱，立刻發

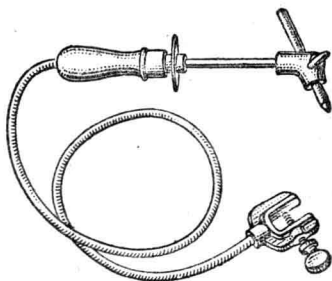


圖 6.7 銲接用之電熱碳棒設備

紅，後來變成白熾。將碳棒在接頭四週移動，始終和鉛相接觸，鉛受熱銲化，而接頭也就融合成一片。要另外加點銲鉛填平接頭的話，可將鉛條一端擱在接頭處和碳棒相接觸。在接好以後，將碳棒在接頭上拖過一兩次，使接頭表面平滑。銲接時也不需要任何銲劑。在應用時常要將碳棒連同套管在水裏浸過，使得碳不要太熱，否則不但套管和絕緣物要受傷，而且工作人員也要覺得難受。碳棒在水裏浸過後，就立刻受熱變燥，所以對於銲接並無妨礙。不過碳棒用了一會，表面就有一層外皮，不能發生適當的熱量，應當用刀或鉗將其刮去，如果必要的話。

5.11 維護鉛蓄電池時所常遇之障礙——茲將維護鉛蓄電池時所常遇之障礙之起因，結果及補救方法，列表於下。

現象	原因	結果	補救方法
電解液面太低	水被蒸發及分解 容器洩漏 溫度太高 冒氣太甚	容量減低 內電阻高而端電壓低 負極板被氧化在重裝 電解液時發生硬化 間隔木片受傷	加水再行充電 檢驗容器如有洩漏即 行換新 注意溫度及冒氣情形 校驗比重，如有必要， 須予調節

電解液比重 太低	酸液噴出太多 因雜質使極板硬化 加水過多	容量減低 電壓減低	充放數次後調節比重 如比重仍續降，檢驗 電解液之雜質
接頭端鈕腐蝕	電解液由蓋子漏出	接觸電阻加高，電壓 減低	刮去銹蝕處，用凡士 林塗層洩處。
內部捷接	間隔物破裂 沉澱堆集過高 有鉛在間隔物頂上	容量減低甚速 斷路電壓太低 即或在充電時比重仍 不能升高	調換新間隔物 清除沉澱
極板剝落	極板製造不佳(有效 物料與柵接觸不緊) 過分充電以致冒氣太 甚 在高溫度下極板膨脹 硫酸鉛形成太多	容量減低 電解液混濁 極板破裂	勿過分充電 將間隔物插緊 如極板太壞應予換新
病態之化學反應 (因局部作用，或 硫酸與極板化合 為硫酸鉛以致極 板硬化)	比重太高溫度亦高 電解液有雜質 充電不足 充電太遲	容量低減 放電時電壓低，充電 時電壓過高 比重漸低 極板變成灰白色	用水治療 延長充電一次
柵受腐蝕 (指塗漿板)	電解液內有形成劑 電解液太濃 塗漿物收縮	柵與漿間發生絕緣 極板破裂	重換電解液，將極板 沖洗後再充電一次 如極板已壞即換新者
正極板發脹 (指普隆特板)	電解液內有形成劑	極板扭曲	調換電解液，如障礙 不大，將極板壓平， 否則換新
負極板萎縮	鉛絨變硬，尤其在低 充電率時為甚 極板內有氧氣附着	極板萎縮，容量減低	硬化不甚，可放電至 電壓為零再予充電 硬化太甚，須反向充 電使負極板上變成 過氧化鉛，放電後 再正向充電
電池極性顛倒	在一組中有壞電池， 當全組放電時該電 池被反向電流充電 全組充電電流方向顛 倒	全組容量減低 全組電壓變低	檢察各個電池，取出 壞電池修理之或調 換之 若不便取出壞電池， 可使全組充電，將 好電池放電，再行 全組充電
極板耗損	年齡過久以致陳舊	充電後容量立刻減低 拒絕充電(冒氣很早 而電壓升高太快)	調換新極板
電池凍結	放電時環境溫度太低	極板毛細孔內之水結 冰而膨脹，使極板 扭曲，有效物料脫 落	無法補救

6.12 維護鉛蓄電池時應注意之點——維護鉛蓄電池時，下列諸點，應予注意，並應遵守的：

- (1) 放電後應立即充電，不可任令擱置於放電狀態之下。
- (2) 不可充電逾量，也不可充電不足。
- (3) 每隔相當時期，一組電池要予以均衡充電一次。
- (4) 充電時注意溫度不要太高，冒氣不要太厲害。
- (5) 電解液比重不可太高，最好要遵從製造廠家的說明。
- (6) 要時常注意電解液面，時常加水，不可任令極板曝露出來。
- (7) 無必要時，不可貿然加酸。
- (8) 電池箱要保持清潔。
- (9) 電池室要通風良好，保持乾燥。
- (10) 電池室內禁止吸煙，不可將任何火燄攜近電池。
- (11) 不可用沒有檢定過的不潔淨的水。
- (12) 調電解液時，不可將水傾注到酸裏。
- (13) 不要用鐵器盛電解液或電池用的水。
- (14) 電池的接頭處不可用銲錫或銲藥。
- (15) 不要將酸液潑到或濺到衣服或皮膚上。

第七章

鎳鐵鹼電池之裝置維護及使用

7.1 裝置——若干只電池裝成一盤(Tray),若干盤的電池再裝成一大箱(Compartment)。箱的構造,要能夠有適當的絕緣,流暢的通風,排水容易,並且揩拭便利。發火和點燈用的電池,可以裝在鋼製的或木製的箱子裏,箱子的外面要保持潔淨和乾燥。

作其他用途的電池箱子,應當有下述的通風設備。箱底應該有一吋寬的槽,或一排的洞,倘若盤是有底的,這種槽或洞應當開在兩盤的中間,對於僅有框子而沒有底的盤,這種槽應當開在每盤的底下。箱的四邊也要開孔,孔的所在要高於電池的最高部份,並且要保護電池,使水和泥等不致於侵入。這種孔的大小可以隨意,不過孔口的總面積要稍大於底部所開孔口的總面積。倘是電池是預備戶外用的,在冷天的時候,孔口應該部份的或全部的掩蔽起來,看情形而定。

若是電池是裝在車身鋼架下面的,在電池的注液帽上至少要有半吋的餘地。原來裝鉛蓄電池的箱子,要用濃的蘇打溶液徹底洗滌乾淨,也許要重行油漆過。

固定式電池組可不必裝在箱子裏,應當裝置在乾燥而通風的房間裏,放置在架子上面,使每盤周圍有一吋的空地,在頂上

至少有六吋的餘地，以便通風，揩拭和添水。

在聯接電池時，每只電池的鋼質接線柱和連接柄（見圖 4.3）先要揩拭乾淨，然後將柄子套在上細下粗的柱頂上。鬆懈或污穢的接觸，足以增加電阻，而使發熱過甚，這可以在通氣電流相當時期後，手觸連接柄而覺察出來。

7.2 充電——鎳鐵鹼電池在充電時，無量比重的必要，因為這種電池電解液的比重，不足以指示充電的程度的。B 式電池需要用正常率作 7 小時之充電；G 式的需要用正常率作 4 $\frac{1}{2}$ 小時的充電。不過如果放電時沒有用全部容量的話，充電期可以縮短一點。鎳鐵鹼電池被充到至少 15 分鐘內電壓停止升高，可認為充電已足，當然指充電電流恆定而言的。各式電池的容量和正常充電放電率，如下表所示。

電池制式及大小	充電或放電安培數	容量安培小時	電池制式及大小	充電或放電安培數	容量安培小時
A-3	22.50	112.50	B-4	15.00	75.00
A-4	30.00	150.00	B-6	22.50	112.50
A-5	37.50	187.50	G-4	30.00	100.00
A-6	45.00	225.00	G-5	37.50	125.00
A-7	52.50	262.50	G-6	45.00	150.00
V-8	60.00	300.00	G-7	52.50	175.00
A-10	75.00	375.00	G-9	67.50	225.00
A-12	90.00	450.00	G-11	82.50	275.00
B-1	3.75	18.75	G-14	105.00	350.00
B-2	7.50	37.50	G-18	135.00	450.00

充電時可用下列任何一種方法：(1) 恆流充電法 (Constant-current method)，(2) 改良恆壓充電法 (Modified constant-potential method)，及 (3) 浮充法 (Floating charge method)。

用一只安培小時計和斷路器，在電池接於電源以後，第一法是半自動的，第二法是全自動的。這幾種方法的詳情當於第八章內詳論之。

在用恆流充電法時，可以用正常率，要保持恆定，在充電進行期間，須逐漸減低電路中的電阻。電源要有每電池 1.84 伏的電壓，例如 60 只電池要 60×1.84 約 110 伏的電壓。若是電源電壓較高，須串聯電阻來限制充電的電流。倘若放電率平均小於正常率的百分之 80，充電率也可減低到平均放電率的百分之 120。

在用改良恆壓法時，若電壓為每電池 1.84 伏，在開始充電時，電流是正常率的百分之 165，到終了時降到百分之 65，全充電期內平均約為正常率的百分之 100。用這種電壓時，各式電池所需串聯的電阻見下表。

電池制式及大小	每電池歐姆數	電池制式及大小	每電池歐姆數	電池制式及大小	每電池歐姆數
A-3	0.0067	A-12	0.0017	G-14	0.0014
A-4	0.0050	G-4	0.0050	G-18	0.0011
A-5	0.0040	G-5	0.0040	B-1	0.0400
A-6	0.0033	G-6	0.0033	B-2	0.0200
A-7	0.0029	G-7	0.0029	B-4	0.0100
A-8	0.0025	G-9	0.0022	B-6	0.0067
A-10	0.0020	G-11	0.0018		

例如 21 只 B-4 式電池需要 21×1.84 約 39 伏，串聯電阻 $21 \times 0.0100 = 0.21$ 歐姆。如電壓較高串聯電阻須加大。

倘若電池是浮接着的，應當調節其連續充電率，保證電池輸入的安培小時數大約超過在一指定時期內放出的安培小時的百

分之25。這種充電的調節，可以設法保持電池組端的電壓為每電池1.5伏來完成。在鐵道信號制(Railway signaling)，電鐘制，火警制，以及其他任務，常用這種充電方法。

在緊急的時候，倘若時間不容許用正常率來充電。可以用較正常率為高的充電率。平常可容許的加速充電(Boost charge)率大概如下：5倍正常率可容許5分鐘；4倍正常率15分鐘；3倍正常率30分鐘；兩倍正常率60分鐘。當充電時，無論如何，在電池最熱部份的電解液溫度不能超過華氏115°，也決不能讓電解液泛起到注液帽口。

7.3 電解液——在電池裏的電解液面要保持適當的高度。除去在高式或高寬式外，液面大概較極板頂高出半吋。在A式的高式及高寬式電池裏，液面要高出板頂3吋，在B式的高式及高寬式裏，要高出板頂2½吋。

在測試液面的高度時，用一只8吋長內直徑為 $\frac{5}{16}$ 吋的玻璃管(見圖4.13)。用手指抵着管的上口，將管插到電池裏等到管的下口接觸板頂為止，然後將管抽出。察看管子裏電解液柱的高度，這就是液面在板頂上的高度。當充電而冒氣期間，不要測試液面，因為此時測得的高度是不準的。若電解液面不夠高，可以注入蒸餾水以補充。如果用愛迪生自動注水器的，可以不必測試液面，這注水器會自動地將液面保持到適當的高度的(可以參看圖3.6)。

在愛迪生電池裏，比重不是判斷充電程度的標準，所以除去

在決定電解液是否要掉換新的時候，無量電解液比重的必要。正常的比重值大概由 1.160 至 1.230，指在華氏 60 度而言。先將液面調節到適當的高度，完全充電一次，讓電池空閒着大概半小時，然後方可用比重計量度比重。在測試後，如果用唧管比重計的話，要將吸出的電解液，返回電池裏去。

7.4 如何掉換電解液 —— 在電池的整個生命史中，因為溢出，冒氣而噴出，以及補充時雜質的引入等原因，電解液逐漸變弱，必須掉換一兩次。當電解液的比重低到在華氏 60 度時為 1.160 時，就應當換新。應當從廠家買來標準換新用的電解液，等到新電解液已經準備就緒，再傾出舊的電解液，切不可任令電池空着。

換新的步驟如下：(1)將電池放電放到電壓為零。(2)將電池分組捷接 2 小時，每組不超過 5 只電池。(3)將電池一只一只地從電池箱裏取出。(4)傾出原有電解液的一半。(5)將電池猛烈地搖動，以資洗刷，切不要用水。(6)再將電池完全倒空。(7)用乾淨的玻璃或珐瑯器(俗稱搪瓷)漏斗注入新電解液，切不要用鋁製或馬口鐵製的器皿。(8)將電解液裝到適足的高度。倘若用了太多的溶液，在逐漸蒸發後而液面降落到適當的高度時，他的比重將要太高。(9)將每只電池都用上述的方法裝滿。(10)在電解液已裝入後幾分鐘，因為極板的吸收，液面或許微微降落。如果有這種現象，再加一點電解液，使液面復原。

換過電解液的電池，在沒有恢復應用以前，要用正常率過分

充電一次。對於 A 式及 B 式的要充電 15 小時，G 式的要充 10 小時。

7.5 容量損失之原因及補救方法——電池容量的損失，可追溯到以下諸原因：(甲)電池在比正常率低得很多的安培率之下運用了長久的時期；(乙)電池閒置過長久的時間；(丙)電解液需要換新；(丁)電池已經用到他的有用壽限。(丙)種原因的顯而易見的補救方法，是掉換電解液；(丁)種的自然重換一套電池。由於(甲)，(乙)二種原因的，可以下述的返老還童法(Rejuvenation treatment)來補救。

返老還童法的步驟如下：(1)先以正常率放電放到零電壓。在放電過程中，放電率一定要保持恆定，這是絕對重要的。(2)將電池分組捷接至少 2 小時，每組至多 5 只電池。(3)對於 A 及 B 式電池用正常率充電 15 小時，對於 G 式要充 10 小時。(4)再用正常率放電約至每電池平均電壓 1 伏。(5)用正常率充電，A 及 B 式要 7 小時，G 式要 4 $\frac{1}{2}$ 小時。(6)又用正常率放電至約每電池平均電壓 1 伏。

7.6 清潔工作——愛迪生式鎳鐵鹼電池，須要保持外部清潔。電池以及電池箱等必須保持乾燥，注意不要讓污垢以及其他物質落到箱底或兩電池之間；否則，要發生捷路，於電池是有傷的。在進行清潔工作以前先將電池自箱中取出。不要讓電池頂上聚集的鹽類落到電池裏或電池之間。在清潔以後，在電池的頂上，應該塗一薄層的液體或膏狀凡士林。在沒有重裝以前，最重

要的是檢察所有接頭柱，連接柄以及耳柄等是否清潔。在沒有將電池裝入箱內以前，應該先讓箱子乾燥。

7.7 使用時注意之點——在使用愛迪生電池時，要注意下列諸點：

(1)不要將鉛蓄電池裏的酸弄到鎳鐵鹼式電池裏；切不可用盛過酸液的器皿裝鎳鐵鹼式電池的電解液，否則要將電池破壞的。

(2)切不要將燃點着的火柴或其他火燄擱近電池組。

(3)切不可將工具或任何金屬塊擱在電池上。

(4)始終要將注液帽關着，除非在必要時如加水之類，纔將注液帽開啓。

(5)保持電池的外部乾燥而清潔。

(6)不要讓電池裏沒有電解液而空擱着。

(7)電解液是很強的鹼性，(或稱苛性的 Caustic)，若是不慎濺到人的身體或衣服上，立刻用多量的水將其洗去。特別在拆開電池時要注意。

第八章

各種蓄電池充電與放電 之控制方法

8.1 恆流充電法——將要充電的電池，經一具可變的電阻，接到電源上，接受充電，像圖 8.1 所示的接法。電源的電壓，比電池組的電壓高，調節串聯着的可變電阻，可以控制充電的電流。假定電源的電壓是 V ，電池組的電動勢是 E ， V 超過 E 的電壓，却好供給串聯 R 和電池組內電阻 r 因充電電流 I 經過而生的電壓降 $I(R+r)$ 。用公式表示出來，就是

$$V - E = I(R + r)$$

或
$$I = \frac{V - E}{R + r}$$

例如有 50 只電池串聯，在初充時之電動勢是每電池 1.9 伏，內電阻是 0.02 歐，電源電壓是 110 伏，串聯一個 0.5 歐的電阻。 E 是 $50 \times 1.9 = 95$ 伏， $V - E = 110 - 95 = 15$ 伏， $R + r = 0.5 + 0.01 \times 50 = 1.0$ 歐，充電電流就是 15 安。在充電的過程中，電池的電

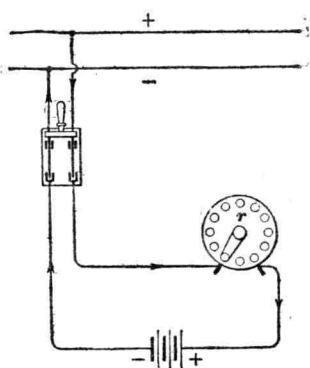


圖 8.1 恆流充電法

動勢 E 漸漸升高, $V-E$ 的差額漸小, 要保持充電電流恆定不變, 必須將可變電阻減低, 例如, 在上述例子中, 電池的電動勢昇到每電池 1.95 伏, E 是 $50 \times 1.95 = 97.5$, $V-E$ 降減到 12.5 伏, 假定保持充電電流仍舊是 15 安, 電路中的總電阻必須減少到 $12.5 \div 15 = 0.833$ 歐。假定內電阻不變, 串聯的電阻應當減少到 $0.833 - 0.01 \times 50 = 0.333$ 歐。

在電池的電動勢繼續升高時, 必須繼續減低串聯的電阻。不過在電池將近充足時, 如果仍充入初充時的電流, 電池必致冒氣太甚。此刻應當重行增加串聯電阻, 將充電電流減少到冒氣不致太甚為度。

8.2 改良恆壓充電法——將電池組直接接到充電的恆壓電源上, 因為沒有串聯電阻, 充電電流完全由電源電壓和電池電動勢的差數及內電阻來決定。因為電源電壓是恆定的, 電池在充電時電勢很低, 所以初充時的電流很大。即至電池電動勢漸漸升高, 充電電流自動地遞減下去。到近於充足的光景, 電流已減到很小, 使冒氣不致太甚。例如前節所述的例子裏, 若是不用串聯電阻, 初充時的電流是 $(110 - 95) \div (0.01 \times 50) = 15 \div 0.5 = 30$ 安, 電動勢昇到每電池 2 伏時的電流是 $(110 - 50 \times 2) \div (0.01 \times 50) = 10 \div 0.5 = 20$ 安。這叫做恆壓充電法, 可以毋需時常注意充電電流並調節可變電阻。

另有一種充電方法, 是在電池和電源間串聯一個電阻, 和圖 8.1 的接法一樣, 不過這電阻是固定的而不是可變的。在充電的

過程中，電池電動勢漸昇，充電電流也自動降減，和恆壓充電法相做，這種方法叫做改良恆壓充電法。初充電流高於恆流充電時的電流，在充電末期，降到很低於恆流時的充電電流。這種方法，結果大都是很滿意的。不過需要電源電壓無大變動，保持恆定，串聯電阻也要準確，成績纔能夠滿意。

在用改良恆壓充電法時，電源電壓，不但要高過電池組的最高電動勢，而且要顧到串聯電阻和內電阻的壓降。關於鎳鐵鹼式電池所用的電壓及串聯電阻值，已經在第7.2節裏列舉過的。關於鉛酸蓄電池，最滿意的電源電壓大概要每電池2.6伏；例如42只電池的組合要 $42 \times 2.6 = 109.2$ 伏，約近110伏。如果有幾組電池一同充電，可以互相並聯，各組自用一個串聯電阻。每一充電電路裏的電阻，包括由電源接到電池的引線及串聯電阻本身在內，看電池的制式和大小而定，可以由製造廠家方面得到這種數字。若是每電池2.6伏的電源電壓，大概電阻的歐姆值等於一組中電池的數目的二倍，除以該電池的6—或8—小時安培小時容量。例如，一組電池有42只，6小時定額是340安培小時，充電電路裏應當有 $2 \times 42 \div 340 = \frac{21}{85}$ ，約為 $\frac{1}{4}$ 歐。該項電阻的載流量，與電池的只數無關，應該等於該組電池的安培小時定額的四分之一，在上述的候子裏，應該是 $340 \div 4$ 或85安。

8.3 蓄電池經電燈排而充電——若是電源的電壓超過每只電池3或 $3\frac{1}{2}$ 伏，要保證充電末期時的電流在安全限度以內，所需串聯電阻比較要高一點。結果，在初充時之電流比較末期時之

電流，不致大得很多。電源電壓愈高，充電電流愈接近於恆定不變。很好的例子，是少數的電池經並聯的電燈排(Lamp bank)，接於較高電壓而充電，在圖 8.2 裏，一只 6 伏的電池組，經 5 只 110 伏，50 瓦電燈排，自 110 伏電源接受充電。充電電流約略是 $5 \times 50 \div 110 = 2.27$ 安，經過開關 *a*，保險絲 *b*，電燈排，電池 *c* 和安培計 *d*。當電池在充電的過程中，電動勢雖漸升高，但是僅佔總電壓的一極小部份，二者之間的差數，實際上變更得極小，可以認為不變，所以充電電流也實際上不變。例如，電池電動勢是 5.8 伏時，電源比電池高 $110 - 5.8 = 104.2$ 伏，在電池電動勢升高到 6.5 伏時，二者之差數是 $110 - 6.5 = 103.5$ 伏，不過變動了千分之七，八而已，所以充電電流實際上沒有很大的變動。

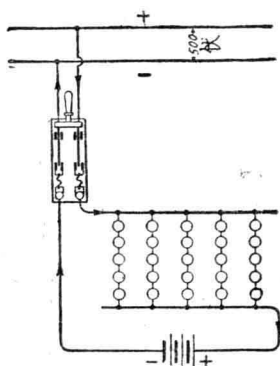
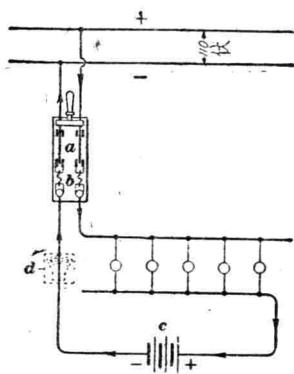


圖 8.2 蓄電池經電燈排而充電 圖 8.3 蓄電池經串聯之電燈排而充電

圖 5.3 顯示一組電池，經五排的電燈，每排有 110 伏 50 瓦電燈五只串聯，接於 500 伏電源。每排電燈約取電流 $\frac{1}{2}$ 安，總充

電電流約為 $2\frac{1}{2}$ 安。若是變更並聯着電燈的只數(圖 8.2), 或排數(圖 8.3), 可以變更充電電流, 不過僅在電池電動勢是電源電壓的一極小部份時, 這種方法纔能實用。像圖 8.2 所示的佈置, 若是有 25 只電池串聯, 充電時電壓在 55 與 65 伏之間, 在電燈端的電壓將是 55 與 45 伏之間, 不過得到正常所運用的電壓的一半。若是電燈的電阻恆定不變, 經過電燈的電流也祇有正常值的一半。但是鎢絲燈的電阻隨着所通過的電流而異, 電流減低, 電阻也稍減低; 反過來, 用碳絲電燈的電阻, 隨着電流的減低而昇高的, 所以在應用時要顧慮到這點。

8.4 分組充電的聯接 —— 在供給電燈用電的孤立發電所裏, 有時, 將一組電池平分作兩小組, 並聯起來經過串聯的固定電阻而充電, 放電時兩小組完全串聯起來。這種方法的配電板即電屏 (Switchboard) 聯接, 可以參看圖 8.4, 在該圖裏, 發電機和開關都沒有畫出, 祇畫出總匯流排 (Bus-bar)。電池聯接的轉換, 藉兩只雙極雙投開關 c 和 b 來完成。當開關 a 和 b 向上關合時, 甲組和乙組電池經導線 e 而並聯, 各經一固定電阻, 而接到匯流排上接受充電。總電流從正匯流排流入, 由 d 點分流, 一經 e 線開關 a , 甲組電池, 保險絲 j 和固定電阻 e , 回到負匯流排; 一經開關 b , 保險絲 k , 乙組電池, 固定電阻 f 回到負匯流排。每支路的充電電流各有一部流經領示燈 (Pilot lamp) g 和 h , 燈的亮度可約略指示電池充電到什麼程度。大概漸近充足, 電池的電動勢漸高, 充電電流漸小, 燈也漸暗。若是將開關 a 和 b 都向下

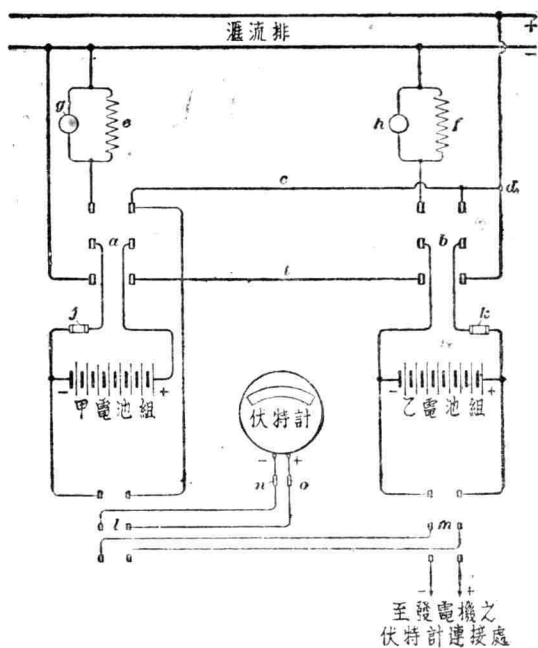


圖8.4 分組並聯充電之接線圖

關合，兩小組電池就經導線 i 而串聯，跨接在匯流排上。保險絲 j 和 k 是保護電池，不致有過大的充電或放電電流流經電池。在圖下部的兩只雙投開關，是為換接伏特計而設的。將開關 l 向上關合，伏特計量甲組電池的電壓； l 向下關， m 向上關，量乙組電池的電壓； l 和 M 都向下關，量發電機的電壓。伏特計由保險絲 n 和 o 保護着。

在孤立發電所裏的發電機和電池組的電壓都和燈用電壓差

不多，但是在使電池充電時，發電機電壓必須超過電池組的電壓。若是用分組充電的佈置，發電機電壓僅須超過半組電池的電壓，當然比燈用電壓低，所以發電機電壓毋需高出燈用電壓。不過在充電時，發電機供給的電流，是每只電池的充電率的二倍，電流的大小當然是由串聯電阻來決定的。

8.5 用分激發電機充電——用分激發電機使電池充電，可以利用發電機的電壓電流特性，自動地給電池一種遞減的充電率。

像圖 8.5 所示的，電池直接跨接於電源，毋需串聯電阻，該圖內 *a* 是發電機，*b* 是電池，*c* 是負載。發電

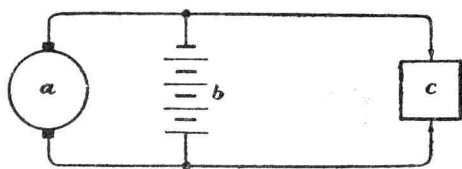


圖8.5 用分激發電機充電

機在電壓和電流方面，當然必須有適當的定額，以便同時充電入電池。當甫經放電的電池接受充電時，電池的電壓低，將取用發電機特性所可容許的電流，大概是充電末期時電流的三倍至四倍。在充電的過程中，電池的電壓漸高時，發電機電流也漸減少，若用有適當定額的發電機，電流就遞減到該電池所需的末期充電率，或許更低的充電率為止。

這種策略，多用於小的孤立的農家電燈發電設備。若是在充電的後期同時要供給電燈，電燈就要受到電池充電時的高電壓，因為電燈是和電池並聯着的。但是慣例在日間將電池趕緊充好，可免此弊，而且這種制度很簡單，足可抵消任何困難。

這種用分激發電機充電的計劃，用於使供給動力的電池充電，也很圓滿，如電動運貨街車或工業貨車之類的電池。在這種情形之下，祇有電池是發電機的負載，聯接法和圖8.5相似，不過略去負載 c 以及接到 c 處的引線就成。

8.6 用反電動勢電池控制充電——在少數情形時，當不用電燈時，提高發電機的電壓使電池充電，這種高電壓是並無妨礙的。如果當充電時，要用少數的電燈，可以用變阻器減低負載端的電壓，不過最好用反電動勢電池(Counter-electromotive-force cell)和主電池組串聯而相反。反電動勢電池裏的極板，不過是沒有有效物料的柵狀板。所以除掉當應用時在柵的表面上有點有效物料形成以外，並沒有容量。他的作用在消費掉一部份電壓，和用串聯電阻差不多。不過反電動勢電池裏的壓降是恆定的，與電流的大小無關，而電阻的壓降是和電流成正比，當負載變動時常須調節電阻，因而反電動勢電池比較合用。

圖 8.6 顯示用反電動勢電池的聯接方法。如果當充電時不需用電燈，開啓開關 a ，將雙極雙投開關 b 投向左方，發電機就直接跨接在主電池組的兩端。如果同時用電燈的，開關 a 要關合起來，開關 b 仍向左方關合，發電機仍舊跨接於主電池組，但是電燈端的電壓是主電池組端的電壓減去反電動勢電池 d 的電勢。利用場變阻器 e ，可以調節發電機的電壓，使達到足夠充電入電池所需的高壓，但是電燈端的電壓經反電動勢電池抵消之後，也正合電燈所需的正常運用值。若是關合開關 a ，開啓開關

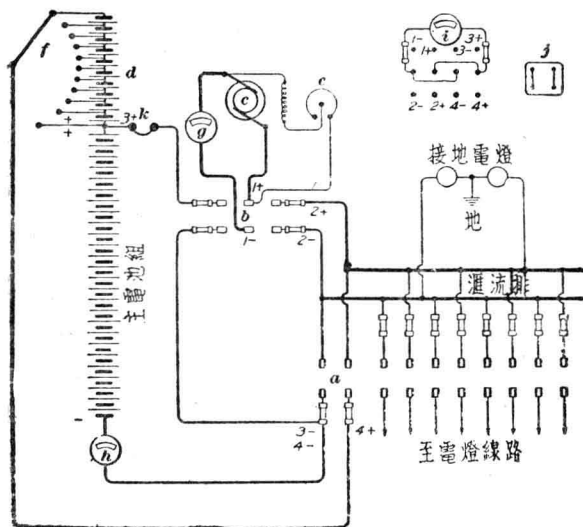


圖8.6 用反電動勢電池控制充電之接線圖

b, 匯流排上接受的電勢, 是主電池組的端電壓減去反電動勢電池的電壓和該項電池裏的內電阻壓降, 同時電池 d 接受充電電流。移動換接器 f , 可以變更反電動勢電池的只數, 而調節反電動勢電池 d 的電壓和內電阻壓降。安培計 g 指示發電機輸出的電流; 安培計 h 指示電池組的充電或放電電流。

在最新式電話局的自控設備裏, 也用這種計劃, 不過稍加改良。在圖 8.6 裏的換接器 f 可以省去, 反電動勢電池的只數固定不變。經替續器 (Relay) 的動作, 當放電的時候, 可以自動地將負載跨接於主電池組, 當充電的時候, 將負載自動地移接於主電池組和反電動勢電池串聯的組合。

在圖 8.6 裏伏特計聯接沒有完全畫出，實際上的接線方法是藉一對伏特計插塞 j (Voltmeter plug)，將伏特計接到各個要量電壓的場所。例如，接到 1^+ 和 1^- 量發電機電壓， 2^+ 和 2^- 匯流排電壓； 3^+ 和 3^- 主電池組電壓； 4^+ 和 4^- 主要電池組電壓減去反電動勢電池的電壓。

在圖 8.6 裏各部份電路都用保險絲保護着，以防過載。另有一只低載自控開關 k (Underload switch)，在充電電流降到某一預定之值以下，就自行動作，拆斷電路。

在圖右部有兩只接地的電燈，是用來指示匯流排任何一邊是否通地的。在正常情形時，電燈所受電壓是匯流排電壓之半，兩燈同樣的昏暗。若任何一匯流排通地，或和匯流排相接的導體通地，接在該匯流排一邊的一只電燈被掙接，該燈熄滅，另一只電燈受有全部電壓，當然亮到全部亮度。由燈的明滅，可以推斷那一根匯流排上發生通地的障礙。

8.7 經昇壓發電機之充電——在大規模的裝置裏，電池都是繼續浮接着的，除非在緊急的時候，或者不常遇到的特殊充電需要，纔將電池充電。這種電池在需要充電時，大都利用一只輔助發電機叫做昇壓發電機 (Booster) 的，和主發電機或其他電源相串聯，他的電壓幫助電源的電壓，以備充電時之需。這種充電方法比恆流或改良恆壓充電方法可取，因為串聯電阻的損失可以避免，而且容許電燈或其他負載直接取給於有正常電壓的主發電機，而電池則從主發電機和昇壓機的串聯組合接受充電。昇壓

機大都和策動他的電動機直接耦合，但是如果方便的話，也可用皮帶拖動。

經昇壓機而充電的聯接圖，見圖 8.7。主發電機(圖中沒有畫出)經過一個開關接到匯流排上。電池組接到一只雙極雙投開關的中間接線柱 a 和 b 。將開關向右方關合，充電電流從正匯流排，電池組，昇壓發電機，回到負匯流排。開關投向左方的放電位置，電池組直接和匯流排相接。

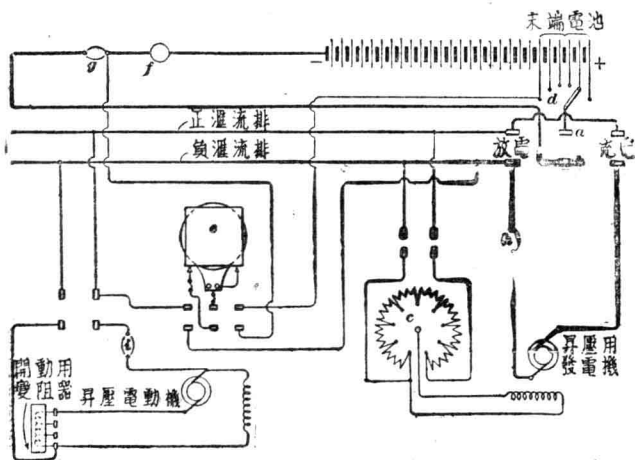


圖 8.7 經昇壓發電機充電之接線圖

昇壓機的場激，必須能夠變動，以便調節該發電機的電壓，從零達到最大。昇壓機不能自激，因為調節在低值場激時，運用於鐵質的低飽和狀態，電壓不甚穩定。所以場激由主匯流排供給，或他激式，場卷和一個三線端變阻器 c 相串聯(見圖 8.7)。變阻

器跨接於主匯流排，分成若干階段。場卷一端和匯流排一邊相接，他端接到變阻器的變阻臂(Rheostat arm)上。將變阻臂移到左面的極端，場卷就被捷接；移到右面的極端，場卷接受匯流排全部電壓。變阻器是始終跨接在匯流排上的，在一端有幾段電阻較高，用以減少連續流過該器的電流。

在圖 8.7 裏有五只末端電池(End cell)，藉末端電池換接器(End-cell switch) *d*，可以每次接入或拆出一只電池。末端電池的功用，在以下幾節內，將要述及。在該圖中，*e* 處是一只紀錄式伏特計(Recording voltmeter)，經雙極雙投開關的接合，可以接到主電池端(末端電池在外)，或匯流排上。在相當規模的裝置裏，用紀錄式伏特計差不多是一種標準。

安培計 *f* 指示電池的輸入和輸出電流，斷路器 *g* 保護電池使不致過載。有一只自控的低載開關，防止充電電流降到低於某預定之值。斷路器 *i* 保護昇壓機的電動機，使不致過載。

8.8 控制放電之方法——在小規模供電設備中，電池組的放電率低，電池電壓由放電開始到終了，變動極少，殊無控制電壓之必要。在有控制電壓的必要時，可以用下述三種方法中之一。

第一是用反電動勢電池控制，在電池電壓高的時候，多接幾只反電動勢電池，在放電過程中，電壓漸降，就逐次拆出一只反電動勢電池。電池組的只數，必須使放電時最低的電壓，確足以應付負載。

第二是用昇壓機控制，昇壓機和放電的電池串聯，增高昇壓

機的電壓，就提高串聯組合的總電壓，因而增加放電電流。

第三種是末端電池控制法，利用末端電池換接器，在一組電池的末端接入或劃出一只或幾只電池。這方法可用圖 8.8 來說明。 A 處是主電池組， B 處是幾只末端電池，他們和主電池組間的聯接是藉末端電池換接器來完成的。 a 是一種可移動的接觸器 (Contactor)，可以沿接觸軌 (Contact rail) c 滑動，而和各個接觸塊 (Contact block) b 相接觸，於是變更在一組末端所串

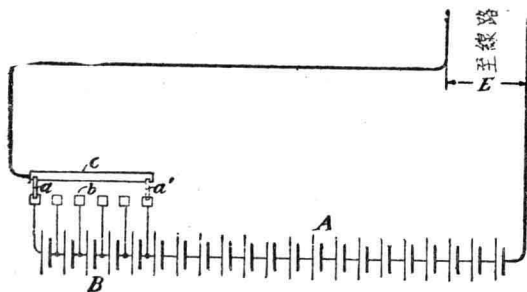


圖 8.8 用末端電池控制放電之原理

聯的電池只數。電池在充足時，電壓最高，應該將接觸器 a 移至 a' 處，將所有末端電池自電路上劃出。在放電的過程中，電壓漸降，可將接觸器移向左方，逐次接入一只電池，以便保持電壓 E 約略恆定於所需之值。

末端電池控制的方法，較前二者通用，所以在本章裏祇論述此法之要點以及末端電池換接的方法。

8.9 人工排動之末端電池換接器…… 末端電池換接器的功用，在接入或劃出末端電池時，不致將該電池捷接，或使電路被

中斷。若是負載的變更較慢，有充分的時間讓電務員換接電池時，可以用人工推動的換接器，如用於小規模的裝置，或燈用電源之類。

換接器部份的構造，像圖 8.9 (a) 及 (b) 所示的。在圖 (a) 裏顯示換接器有一個可轉動的接觸臂 (Contact arm) c ，在 c 上附裝一個副接觸臂 a 和 c 相絕緣，但是經一電阻 b 而相通，這電阻 b 是製成錄卷形捲繞在主臂 c 上。這種換接器多用於 50 至 500 安以內的末端電池，呈圓形或軌盤 (Dial) 形。當將接觸臂向

左移動時，主臂由一個接觸塊跳到次一個觸塊上。不過當主臂剛和次一塊相接觸時，附臂仍在前一觸塊上，暫時跨在兩個觸塊間，使電路不致中斷，同時將兩觸塊間的電池經電阻 b 而跨接，不致釀成捷路。向右移動時，附臂先和次一觸塊相遇，情形也正相同。這換接器裝在配電板上，臂上有柄為人工推動之用，圖上沒有畫出。電流經一滑動接觸條自接觸臂流出，接觸條裝在配電板的背面。

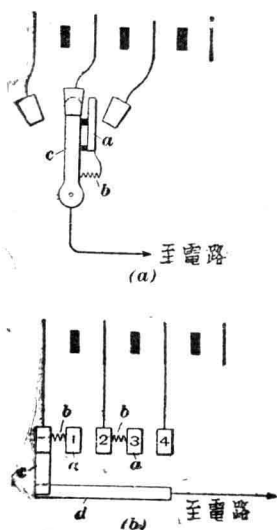


圖 8.9 人工推動之末端電池換接器

的，有一根連續不斷的接觸軌 d ，經可移動的接觸刷 (Contact

在 500 安至 5000 安間的換接器，是水平式或滑觸式，像圖 8.9(b) 所示

brush), 可以和一串觸塊相接觸, 在每兩個主觸塊間, 有一個副觸塊, 如 1 及 3 等, 主副兩觸塊間, 如 2 與 3 間, 有一個防止捷路的電阻 b 。接觸刷可以籍齒輪和齒條 (Pinion and rack) 的組合而移動, 齒條是靜止不動的, 齒輪隨着柄子 (圖中沒有示出) 旋轉的。每一主觸塊和副觸塊, 如 1 與 2, 2 與 3 等, 很為接近, 可以被接觸刷所跨接, 但是兩個主觸塊, 如 2 與 4, 都直接和電池相接, 不會被接觸刷所跨接的。所以在換接時電路既不中斷, 電池也經電阻而暫時跨接, 不致完全捷接。

8.10 電動機策動之末端電池換接器 —— 電動機策動的末端電池換接器, 都是滑觸式, 和圖 8.9(b) 所示的相似, 包括一排相間的主觸塊和副觸塊, 一個水平的導電的接觸軌, 和一個由水平放置的長螺絲桿所推動的接觸臂, 長螺絲桿是被電動機所策動而旋轉的。作防止捷路用的副觸塊, 是由碳塊製成, 接觸臂大都在每邊拖着一個碳質的尾巴。

在有一種換接器的裝置裏, 電動機是由兩只電磁鐵控制的。每只電磁鐵當被激發以後, 推動一只開關, 將電動機樞接到匯流排上, 一只開關是將電動機循一個方向旋轉而將接觸臂向一面移動的, 另一只開關是將電動機循相反的方向旋轉的。在配電板上有一只單極雙投開關, 電務員可將開關向任何一邊關合, 以便選擇任何一只電磁鐵施以激發, 將換接器向所需要的方向移動。和電動機用齒輪相耦合的有一只偏突輪 (Cam), 當接觸刷由一個主觸塊移到另一個觸塊的期間, 該輪適旋一轉, 抵住被電磁鐵

所關合的開關，使開關不致因電磁鐵的激發電流的中斷而隨時開啓，非要等到接觸刷完全和次一觸塊相接觸時不可。所以，電務員絕對不能將接觸刷停在兩個主觸塊之間。在換接器的每一末端，有一個限止開關(Limit switch)，被達到最末觸塊的接觸刷所推動，而中斷一只電磁鐵的激發電流，防止接觸刷向那一邊走過了頭。

另一種佈置，是在配電板上裝一只燈照着的軌盤，盤上有一組數字，代表電池的號數。電務員可將軌盤配在任何一點上，和要將接觸刷所移到的一只電池相應，於是該刷就被電動機推動到所需要的觸塊上，並且自動停在該處，毋需電務員的注意。

8.11 兩用只末端電池換接器之控制法——放電電壓用末端電池法控制的電池組，在被充電時需要提高發電機的電壓，而當充電期間如果同時要供給電燈，發電機的電壓對於電燈未免嫌高。有時用第二只末端電池換接器控制電燈端的電壓，使不致過高，圖 8.10 顯示這種佈置。開關 1,2,3 都關合，雙投開關 4,5 向上關合，電池就被充電，充電電流的路徑如圖中虛線箭頭所顯示的。同時發電機又供給電流到線路上去，開關 6 是關着的，線路電流的路徑，如圖中實線箭頭所顯示的。若是末端電池換接器 *D* 停在圖中所示的位置，接到負載去的線路上的電壓，就是主電池組 *B* 的加上兩只末端電池的電壓。第二只換接器 *C* 也停在圖中所示的位置上，發電機的電壓必須等於主電池組和所有末端電池相串聯時的充電電壓。安培計 *l* 和 *m* 分別指示發電機電流和

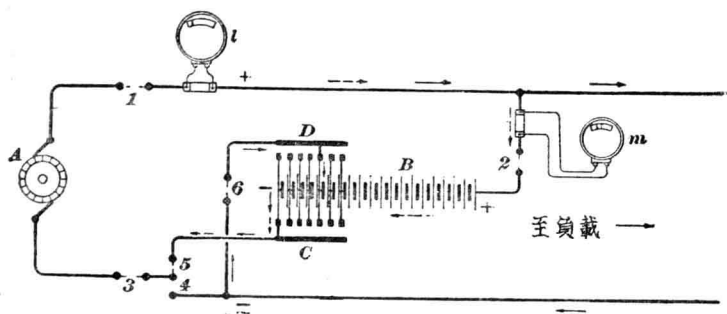


圖8.10 用兩只末端電池換接器控制放電

電池的電流。

8.12 末端電池之數目及處理——末端電池所需的數目，等於整個電池組的電池只數，減去主電池組所需要的最少只數。一組電池的總數，包括末端電池在內，等於所須保持的匯流排電壓除以每只電池在放電終了時的最低電壓。關於這一點，須注意到匯流排電壓可容許其在放電末期時降低到正常值以下，設計總發電廠裏備用任務的大規模電池裝置時，這差不多是一種標準的策略。

如果當充電時將電池自匯流排拆出的話，主電池組的只數由可容許的最低匯流排電壓除以電池的浮接電壓得之。如果當充電時，電池仍舊要接在匯流排上供給負載的話，主電池組的串聯只數，由匯流排電壓除以電池在充電完成時的最高電壓得之。

例如，要保持某匯流排的電壓於 115 伏，整個電池組的只數，包括末端電池在內，應當是 $115 \div 1.75 = 66$ 只，因為 1.75 伏

是電池的放電時的終了電壓。(最終電壓看電池的大小和放電率而定)。如果充電時電池不接在匯流排上的話，假定浮接電壓是每電池 2.1 伏，主電池組應該有 $115 \div 2.1 = 55$ 只，那麼末端電池要 $66 - 55 = 11$ 只。如果充電時電池仍接在匯流排上的話，假定充電完成時電池的最高電壓是每電池 2.5 伏，主電池組應該有 $115 \div 2.5 = 46$ 只，那麼末端電池要 $66 - 46 = 20$ 只。

在一般情形，末端電池是分只接在換接器上的，就是說每只電池跨接在鄰近的主觸塊上。在特殊情形之下，例如緊急備用的電池，在最末端的電池分組接在換接器上，每組兩只或三只接在鄰近的主觸塊間。於是可以減低換接器的成本及末端電池需用的銅，並且在緊急服務須用高放電率時，可以很快地將若干只末端電池接入，節省換接的時間不少。

因為當放電期間，末端電池是一只一只接入的，後接入的電池放電較少，比較其他電池也需要較少的充電。所以在充電時，以全部電池都接受電池開始，然後逐次劃出一只電池，最末端的先劃出，然後依次劃出，俾各電池被充入的電無過多或過少之弊。

問題及習題

1. 什麼叫做電池?原電池和蓄電池有什麼區別?
2. 什麼叫做電極?電解液?
3. 將一銅片和一鋅片浸在稀硫酸溶液裏,就構成一只簡單的電池,試解釋其原理?何者是正電極?何者是負電極?
4. 什麼叫做電池的放電?怎樣使電池充電?
5. 商用蓄電池有幾種?說出這幾種蓄電池的名稱。
6. 試述鉛蓄電池裏極板及電解液所用的材料。
7. 什麼叫做比重?鉛的比重是 11.45,一立方呎的水重 62.5 磅,問長 3 呎寬 $\frac{1}{2}$ 吋,厚 $\frac{1}{4}$ 吋的鉛板的重量是多少磅?
8. 今有 50 立方厘米的汞,重量是 680 克,問水銀的比重是若干?一磅的汞要佔多少立方吋的體積?
9. 試述鉛蓄電池放電時所起的化學變化。正負極板變成何種物質?電解液裏有什麼變化?比重有沒有變動?
10. 試述鉛蓄電池在充電時所起的化學變化,電解液有什麼變化?
11. 試述普隆特極板和塗漿式極板在製造方面的不同之點,並比較其優劣。
12. 鉛蓄電池的負極,常會發生一種什麼變化而容量漸低?在普隆特式裏如何避免之?在塗漿式裏如何防止之?
13. 普隆特式極板的有效物料,是如何形成的?怎樣使之加速形成?
14. 普隆特式極板的商用制式有幾種?舉出各種的名稱,形態和製造方法。

15. 曼徹斯特正極板的構造和普通普隆特式有什麼不同？有什麼特殊的優點？
16. 愛克沙特鎧甲式極板的構造怎樣？有什麼優點？
17. 塗漿式極板的柵有幾種式樣？結構如何？正負極板有分別嗎？
18. 袋式負極板和普通塗漿式的比較，有什麼優點？如何造成？
19. 選擇適用於一種任務的蓄電池的極板制式，有幾種要素應該考慮的？試詳細討論之。
20. 固定蓄電池和便攜蓄電池的需要有什麼不同？經常使用的蓄電池和緊急備用蓄電池的需要有什麼不同？何者宜用何式極板？
21. 用於何種任務的蓄電池，對於內電阻要特別注意？何故？
22. 極板的厚度對於電池的容量有什麼影響？以同重量的鉛而言，是製成一塊厚板好，還是製成若干片薄板好？
23. 一只鉛蓄電池的構造，包括那幾個重要部份？遮沫板的功用何在？
24. 在開口式電池裏怎樣將正負極板分別組合起來？在襯鉛木箱裏如何組合起來？
25. 在鉛蓄電池裏，為什麼負極板要比正極板多一塊？
26. 雙板電池如何裝配及連接？
27. 間隔物的功用何在？何種間隔物最為通用？什麼時候有用橡膠片的必要？
28. 為什麼在電池裏極板底和容器底間必須留有充分餘地？在開口式玻璃缸或襯鉛木箱裏如何留法？在封口式玻璃缸或橡膠缸裏如何留法？
29. 試比較鉛蓄電池所用各式容器之優劣？何式宜於何種電池？
30. 如何支持大型的襯鉛木箱式電池？如何安置開口玻璃缸式電池？
31. 硬橡膠缸電池要用什麼材料做蓋子？如何容許透氣和加水？

32. 電解液比重的選擇和電池的制式有什麼關係？和使用的環境有什麼關係？
33. 電解液裏的硫酸和水為什麼都要十分純淨？調製電解液時要注意什麼事體？何故？
34. 在攝氏 25 度時，某電解液有 32 立特，比重是 1.250，問內含硫酸若干克，若干磅，若干立特？水若干磅，若干立特？
35. 現在要將 200 仟克，比重為 1.200 的電解液，調成比重高到 1.260 [溫度同是 25°C)，問需加硫酸若干仟克？最後的體積若干立特？最後的重量若干仟克？
36. 有 250 仟克比重為 1.300 的電解液(溫度 25°C)，要將其調稀使得比重低到 1.215，問需加水若干仟克？最後的體積是若干立特？
37. 250 仟克比重為 1.250 的電解液和 50 仟克的水混合起來，問新電解液的比重是多少(溫度同是 25°C)，最後的體積是若干立特？
38. 有 200 立特，比重為 1.200 的電解液，加入 25 立特的濃硫酸，問新溶液的比重(溫度同是 50°C)是多少？最後的重量是若干仟克？內含硫酸若干仟克？
39. 蓄電池的容量用什麼單位來表示？何謂終了電壓？某蓄電池以 50 安的恒定率放電 8 小時，電壓降到 1.75 伏，問該電池的 8 小時率容量是多少？
40. 鉛蓄電池的容量和放電率的大小有什麼關係？詳細解釋之。
41. 某蓄電池的 5 小時率容量是 8 小時率容量的百分之八十五，若是用 8 小時率放電到終了電壓，放電率是 60 安，問用什麼恒定電流放電，5 小時就放完？
42. 何謂正常容量定額？某固定蓄電池之 8 小時率正常容量是安培 160 小

時，問用 50 安放電可維持幾小時？問 5 小時放完，放電電流應該是若干安培？1 小時放完的容量是若干安培小時？（參考圖 2.4）

43. 何謂電池的內電阻？內電阻因何而生？如何求出電池的內電阻？內電阻對於充電時和放電時電池的端電壓有什麼不同的影響？用公式分別表示出來。
44. 某電池充足時的斷路端電壓是 2.10 伏，在放電電流為 20 安時的端電壓是 1.95 伏，問該電池的內電阻是若干？外部負載的電阻是若干？
45. 某電池的內電阻是 0.0012 歐，電動勢是 2.10 伏，今有 50 只這樣的電池串聯着，和外電阻 0.24 歐相串聯，問可供給電流若干安？此時該電池組的端電壓是若干伏。
46. 像第 45 題所說的電池組和一個外電阻相串聯，尚使得電池組的端電壓不低於 96 伏，外電阻應該是若干歐？該電池的放電電流是 25 安。
47. 某蓄電池組有 118 只電池相串聯，每只電池的電動勢是 2.05 伏，內電阻是 0.0008 歐，今以 60 安電流使之充電，問該電池組的端電壓是若干伏？
48. 何謂蓄電池的浮接電壓？浮接電壓為什麼要高於斷路端電壓？50 只電池串接着的浮接電壓大約應當是若干伏？
49. 何謂局部作用？局部作用由何而生？有方法避免嗎？
50. 蓄電池放電時電壓隨時間變化的情形大概怎樣？充電時變化的情形怎樣？
51. 蓄電池的放電平均電壓隨何種因素而異？大概是若干伏？終了電壓大概是若干伏？充電時最高的電壓大概是若干伏？
52. 蓄電池在充電時和放電時的比重如何變化？固定蓄電池組在充足和放完時的比重大概是多少？車輛用蓄電池的比重是多少？

53. 溫度對於鉛蓄電池的容量，比重，和內電阻有什麼影響？試分別敘述之。
54. 假定電解液的比重，在溫度與降低華氏 10 度時就減低 3 點。某蓄電池在攝氏 50 度時量得比重是 1.225，問折合到攝氏 25° 時的比重是多少？折合到華氏 70 度的比重是多少？
55. 何謂安時效率？為什麼安時效率小於一？大概是百分之幾？
56. 某蓄電池在用 50 安放電 8 小時後，須用 80 安充電 6 小時，始能恢復原狀，問該電池的安時效率是多少？若是該電池的安時效率是百分之 85，問要在 3 小時使之充足，充電電流應該是若干安？
57. 何謂瓦時效率？為什麼放出的電能總歸少於充入的電能？如何由電壓比計算瓦時效率？瓦時效率隨那幾種因素而異？
58. 某蓄電池以 25 安的平均率放電 8 小時，平均電壓是 1.89 伏。後來以 48 安的平均率充電 4 小時半，再用 10 安電流續充 2 小時就已充足，充電時的平均電壓是 2.28 伏，問該電池的瓦時效率是多少？電壓比如何？安時效率是多少？
59. 試述比重計的原理。比重計浮在一組中的什麼電池裏？什麼時候用唧管比重計？
60. 用什麼儀器指示蓄電池充入或放出的電量？怎樣利用這種儀器自動控制充電和放電？
61. 用什麼簡單試驗說明鎳鐵鹼式電池的基本原理？
62. 愛迪生蓄電池的正負極用什麼化學藥品做有效材料？用什麼溶液做電解液？在電解液加點什麼藥品可以延長電池的壽命？
63. 試述愛迪生蓄電池裏放電時和充電時所起的化學變化？電解液的成份有變動否？

64. 試述愛迪生蓄電池正極板和負極板的構造。如何將正負極板分別組合起來?如何將正負極板互相絕緣?
65. 愛迪生蓄電池用什麼材料做容器和蓋子?接線柱怎樣穿過蓋子?試述注液帽的機構。
66. 怎樣將鎳鐵鹼式電池裝到木槽裏組合起來?怎樣將緊鄰的電池連接起來?
67. 愛迪生蓄電池有幾種制式?用什麼標準來規定的?各種制式的第一個字母表示什麼?後面的註字有什麼意義?舉一個例來說明。
68. 愛迪生蓄電池在用正常率放電時的平均電壓大概是幾伏?最低限度是幾伏?內電阻大概怎樣?
69. 溫度對於愛迪生蓄電池的定額有什麼影響?這種蓄電池的安時效率和瓦時效率大概怎樣?試述重量效率之意義。
70. 試舉出鎳鐵鹼式蓄電池十種優點,和其重要用途。為什麼這種電池不能用於汽車啟動?
71. 為什麼蓄電池室的通風要完備?怎樣通風?
72. 如何防止鉛蓄電池端鈕和連接柄的腐蝕?倘是已發現腐蝕,應該如何補救?為什麼不能用油脂來防腐?
73. 在裝配鉛蓄電池時,對於間隔物要如何處理?
74. 用什麼簡單的試驗來確定電源或蓄電池的正負極性?
75. 鉛蓄電池充電時為什麼會冒氣?對於鉛蓄電池有什麼害處?如何減輕冒氣的程度?
76. 為什麼比重,電壓和冒氣程度,不能用作鉛蓄電池充電程度的正確指示?用什麼方法可以肯定地知道充電已足?
77. 鉛蓄電池的放電電流受什麼限制?放電逾量和放電後擱置過久,電池

裏發生什麼病態？試言其故。

78. 何謂初次充電？為什麼初次充電應該特別地慎重？和正規充電有什麼不同？
79. 何謂均衡充電？什麼時候有均衡充電的必要？和正規充電手續有什麼不同？
80. 什麼情形的鉛蓄電池需要補足充電？何故？
81. 什麼叫做浮接？作什麼用途的蓄電池是浮接着的？例如 118 只串聯的電池組的正常浮接電壓大概是若干伏？浮接充電率和補足充電率有什麼關係？
82. 在鉛蓄電池裏，電解液面要保持怎樣恒定的高度？何故？為什麼祇要補充水？
83. 鉛蓄電池裏的電解液面的降落情形，大概怎樣？例如有 120 只電池，每只的尺寸是 18 吋 × 10 吋，若是每星期液面降落 $\frac{3}{8}$ 吋，問每星期要補充水幾加侖？幾立特？
84. 試列舉比重計讀數有誤解可能的幾種原因，使得讀出的比重不足為判斷充電狀態的絕對標準。
85. 試取華氏 75 度和液面高出板頂 $\frac{3}{4}$ 吋做標準，假使在華氏 45 度和液面與極板頂相平時的比重是 1.225，問折合到標準情形時的比重應該是多少？又如在標準情形時的比重應該是 1.215，在華氏 105 度，液面高出板頂 $\frac{3}{8}$ 吋時的比重計讀數應該是多少？
86. 什麼時候有將電解液重加調準的必要？詳述調準的步驟，為什麼不能夠將電池顛倒過來，傾出舊的電解液？
87. 在鉛蓄電池擱置不用而電解液仍留在電池裏的時候，需要怎樣去注意和服侍電池？補足充電相隔的期間要怎樣視何種因素而定？

88. 在什麼情形之下，蓄電池應該乾儲着？在儲藏以前應當怎樣處理電池的極板？
89. 用濕儲法保藏着的電池如何恢復應用？用乾儲法的如何？
90. 在保藏舊的極板時要注意那兩點？為什麼負極板宜於浸在電解液裏正極板則否？
91. 木質間隔物為什麼要始終保持潮濕？在沒有將新的間隔木片放到電池裏以前，要怎樣去處理？何故？
92. 試述用杓子移去電池中沉澱的步驟。用排出法清除沉澱的步驟。
93. 怎樣檢驗玻璃缸有無裂縫或滲漏？在沒有加蓋和封口以前，要怎樣處理缸口？怎樣處理硬橡膠缸和蓋子並怎樣封口？
94. 試述插入間隔物時所應取的步驟。對於便攜的蓄電池，怎樣可使極板組合嵌緊在容器裏不致動搖？
95. 水療法是治療極板的什麼病態的？試述水療法的步驟。
96. 為什麼對於鉛蓄電池不能用銲接法？應該用什麼方法將鉛和鉛連接起來？在用這種方法時，先要做什麼準備工作？
97. 試述將極板和連接條接合的步驟。將接頭柱和連接柄接合的步驟。在用火鎔時如何預防爆炸的危險？
98. 鎔鉛所需的火鎔可以用什麼氣體混合起來而發生？常用的是那幾種？用氧氣時要注意那幾點，庶可避免爆炸？
99. 試述發鎔設置的結構及其各部的功用。在用氫氧二氣時，如何防止逆灼？
100. 試述用電熱碳棒進行鎔鉛接法的步驟。用什麼電源？
101. 試列舉維護鉛蓄電池時所應注意之點。
102. 試述鉛蓄電池內部發生捷路之起因，結果，和補救方法。

103. 普隆特式正極板爲什麼會發脹?如何補救?負極板爲什麼會萎縮?如何補救?
104. 爲什麼在一組電池裏,會有一隻的極性和其他電池的極性相反?應該如何補救?
105. 過分充電對於鉛蓄電池有什麼害處?過分放電有什麼害處?
106. 鉛蓄電池電解液過濃有什麼害處?電解液的雜質有什麼害處?
107. 鎳鐵鹼式的電池箱要怎樣通風?
108. 如何判斷鎳鐵鹼式電池充電已足?爲什麼不量電解液的比重?充電時的最高溫度限制如何?如何使之加速完成充電?
109. 今有鎳鐵鹼式 A-12 電池 115 只,用改良恒壓法使之充電,問電源電壓需若干伏?串聯電阻若干歐?若有 B-6 式電池 35 只,則如何?
110. 愛迪生各式蓄電池裏電解液面的高度應該怎樣?如何測試之?正常比重應該怎樣?什麼時候有掉換電解液的必要?
111. 試述掉換愛迪生蓄電池電解液的步驟。
112. 試述愛迪生蓄電池容量損失的原因。
113. 試述返老還童法的功用和步驟。
114. 試列舉維護愛迪生蓄電池時所應注意之點。
115. 試述恒流充電法和改良恒壓充電法的異同并比較其優劣。
116. 今有 60 只鉛蓄電池須用改良恒壓法充電,該電池的 8 小時率容量是 1,200 安培小時,問電源電壓需若干伏,串聯電阻約需若干歐?該電阻的載流容量約爲若干安?若是將該項電池接到 200 伏電壓的電源,假定串聯電阻的載流量同前,問串聯電阻要增加若干歐?
117. 電壓低的電池組經電燈掛而接到電壓很高的電源上充電,充電電流的變化怎樣?何故?試舉一例以說明之。

118. 某蓄電池組有 50 只電池相串聯，總內電阻是 0.25 歐，接於 120 伏電源而充電，(甲)在初充時，每電池的電動勢是 1.8 伏，問充電電流是若干安？(乙)經過 3 小時後，電動勢昇到每電池 2.1 伏，問電池取入何種電流？(丙)問電動勢高到什麼程度，充電電流小到 10 安？(丁)這是那一種充電法？
119. 像第 118 題裏的電池組經過一個可變電阻接於 129 伏電源而充電，要保持充電電流為 50 安，(甲)問初充時串聯電阻應當是幾歐？(乙)3 小時後電動勢昇到 2.05 伏，串聯電阻應當是幾歐？(丙)最後將電阻調準到 0.75 歐，充電電流降低到 17.5 安，問此時電動勢是多少伏？
120. 像第 118 題的電池組經過一個固定電阻接於 120 伏電源而充電。(甲)若是串聯電阻是 0.50 歐，問初充時的電流是多少安培？(乙)3 小時後(電動勢是每電池 1.98 伏)的充電電流是多少安培？(丙)問電動勢高到每電池 2.2 伏時的充電電流是若干？(丁)這是那一種充電法？和第 119 題的充電法同否？
121. 某蓄電池的平均充電率是 80 安，今有 120 只電池串聯，每電池的平均充電電壓是 2.3 伏，經 0.2 歐電阻接於恒壓電源而充電。(甲)問電源電壓應該是若干伏？(乙)若是每仟瓦小時(即每度)值錢 2 角 5 分，問充電 8 小時的費用需若干元？
122. 分組並聯充電有什麼好處？畫出分組聯接的電路圖并說明之。
123. 像第 121 題裏所說的蓄電池組，分成兩組並聯接於 220 伏電源而充電各經一個串聯電阻，若是平均充電電流和平均電池電壓仍是 80 安和 2.3 伏，問每支路的串聯電阻應當是若干伏？充電 8 小時的用費是若干元？
124. 什麼是反電動勢電池？和末端電池在構造和功用方面有什麼不同？比

較用串聯電阻有什麼好處？

125. 畫出用反電動勢電池控制充電的簡單接線圖并加以解釋。低載自控開關的功用何在？用什麼方法指示匯流排的通地？
126. 昇壓發電機的功用何在？畫出用昇壓發電機控制蓄電池充電的簡單接線圖，並加以解釋。如何調節昇壓發電機的電壓？如何保護電池使不致過載？
127. 今用一昇壓發電機輔助 220 伏匯流排，使 120 只蓄電池充電。當以 60 安電流充電時，每電池的端電壓是 2.45 伏，問昇壓發電機應當有若干伏電壓？供給若干安電流？
128. 試述控制蓄電池放電的三種方法，并解釋其原理。那一種方法最為通用？
129. 末端電流換接器的功用何在？試述軌盤式及滑觸式換接器的構造，並畫圖顯示之。兩式的用途有什麼不同？
130. 電動機策動的末端電池換接器是怎樣動作的？如何防止換接器停在兩個觸塊的當中？怎樣防止接觸刷走過了頭？
131. 如何推算末端電池的只數？例如某蓄電池的終了電壓是 1.8 伏，浮接電壓是 2.15 伏，要保持匯流排電壓於 220 伏，問需要末端電池幾只？若是充電時的最高電壓是 2.65 伏，問充電時仍接於 220 伏匯流排時，應當用幾只末端電池？
132. 為什麼有時需用兩只末端電池換接器，用第 130 題的數字做例子來說明。

英漢名詞對照索引

Acetylene 乙炔, 電石氣	88	Contactors 接觸器	113
Amper-hour 安培小時	30	Content Gauge 量氣計	88
Amper-hour efficiency 安[培小] 時效率	39	Corrosion 腐蝕	60
Amperehour meter 安培小時計	43	Counter-electromotive-force cell 反電動勢電池	108, 112
Antimony 銻	3, 7	Couple-type cell 雙板電池	21
Asbestos 石棉	86	Dial 軌盤	114
Asphaltum 土瀝青	25	Discharge 放電	2
Automatic pilot-cell filler 領示 電池自動注水器	42	Dowell 鑲條(間隔木片的)	22
Baking soda 烘焙用蘇打	82	Dummy electrode 配用極板	6
Battery 電池組	1	Edison cell 愛迪生蓄電池	3, 45, 94
Bolt 螺栓	20	Electric carbon-burning outfit 電熱碳棒設置	90
Boost charge 加速充電	97	Electrode 電極	1
Booster 昇壓發電機	110, 112	Electrolyte 電解液	1, 27
Box negative 袋式負極板	12	End cell 末端電池	112, 117
Buffer 緩衝器(電池內)	17	End cell switch 末端電池換接器	112
Burning tip 發酸尖口(銲接設置)	88	End voltage [放電]終了電壓	30, 35
Burning tongs 銲接鉗	85	Energy 能量	2
Bus bar 匯流排	17, 21, 105	Equalizing charge 均衡充電	64
Bushing 護套	50	Exide iron-clad plate 愛克沙特 鎧甲式極板	10
Butt joint 平接頭	87	External voltage 外電壓	34
Cam 偏突輪	115	Faure plate 福耳極板	5
Cell 電池	1	Filler cap 注液帽	50
Charge 充電	3	Flange 凸緣	83
Compartment [電池]箱	94	Floating 浮接, 浮充	14, 65
Connecting strap 連接條	21	Floating-charge method 浮充法	95
Connector 連接柄	22	Floating voltage 浮接電壓	34, 117
Constant-current method 恆流 充電法	95, 101	Flux 銲劑(俗名銲藥)	85
Constant-potential method 恆壓 充電法	95, 102	Formed plate 形成式極板	5
Contact arm 接觸臂	114	Forming process 形成手續	6, 51
Contact block 接觸塊	113	Gasket 護套管	82
Contact brush 接觸刷	114	Gassing 冒氣	5, 36
Contact rail 接觸軌	113	Gauld plate 高爾德極板	8
		Gland cap 腺狀帽	50

Grease 油脂	60	Pasted plate 塗漿式極板	5
Grid [極板] 柵	3	Permanizing 保久	17
Hold-down 鎮壓板	17,22	Petticoat type 裙式(絕緣器)	26
Hydrogen generator 製氫機	90	Pilot cell 領示電池	41
Hydrometer 比重計	40	Pilot lamp 領示燈	105
Ignition 發火	57	Pinion-and-rack 齒輪與齒條	115
Initial charge [最]初充電	61,64	Plante plate 普隆特極板	5
Internal resistance 內電阻	15,32	Plate 極板	3
Internal voltage 內電壓	34	Plate support [極]板墊[脚]	24
Ion 離子	2	Plug 插塞	66
Lamp bank 電燈排	104	Portable cell (or battery) 便攜 蓄電池	6
Lead burning 鎔鉛接法	13,85	Potassium hydroxide 氫氧化鉀	45
Lead-lined wooden-tank 襯鉛 木箱	17,23	Pressure gauge 氣壓計	88
Lead peroxide 過氧化鉛, PbO_2	3	Primary cell 原電池	2
Lead sulphate 硫酸化鉛 $PbSO_4$		Railway signaling 鐵道信號	97
Lead sulphuric-acid cell 3,17,30 或 Lead-type cell 鉛[硫酸]蓄電池		Recording voltmeter 紀錄式 伏特計	112
Leakage current 漏電流	27	Red lead 鉛丹 (Pb_2O_4)	46
Limit switch 限止開關	116	Regular charge 正規充電	64
Litharge 密陀僧粉 (PbO)	6,90	Rejuvenation treatment 返老 還童法	99
Local action 局部作用	34	Relay 替續器	44,109
Lock washer 封鎖墊環	49	Rheostat arm 變阻臂	112
Locking nut 封鎖螺止	49	Safety flash-back tank 防止 逆灼箱	88
Manchester plato 曼徹斯特極板	9	Scoop 杓子	80
Mixing chamber 混合腔	88	Sealing compound 封口用膠類	83
Modified constant-potential method 改良恆壓充電法	102	Separator 間隔物	15
Nickel-iron-alkaline cell 鎳鐵 鹼式電池	3,45	Shelf negative 架式負極板	12
Nickel hydrate 鎳之水化物	47	Sodium bicarbonate 碳酸鈉	82
Normal-capacity rating 正常 容量定額	31	Soldering 銲接	85
Nut 螺止	20	Spark 電花	59
Oil circuit-breaker 油浸斷路器	57	Specific gravity 比重	4,27,37
Open-circuit voltage 斷路端電壓	34	Specific heat 比熱	29
Overcharge 過量充電	39	Splash cover 遮沫板	18
		Spongy lead 鉛絨	3

Stand-by cell 備用電池	6	Underload switch 低載自控開關	110
Stationary battery 固定蓄電池組	6	Vaseline 凡士林油膏	60, 99
Storage cell (or battery) 蓄電池	2	Voltage efficiency 電壓比	39
Sulphation [硫酸鉛之]硬化	63	Voltmeter plug 伏特計插塞	110
Switchboard 配電板	105	Washer 墊環	49
Syringe hydrometer 唧管比重計	42	Washing soda 洗濯用蘇打	82
T-Strap 丁字形連接條	20	Watt hour efficiency 瓦時效率	39
Terminal voltage 端電壓	34	Water treatment [用]水 [治]療法	85
Tray 盤, 屨	22, 94	Weight efficiency 重量效率	56
Trickle charge 補足充電	65	Willard plate 威拉特極板	8
Tudor plate 屠道耳極板	7		