

實用蓄電池學

周賢鴻 編著

亞細亞房發行



實用蓄電池學

編 著	周 賢 鴻
出 版 行	遠 東 書 店
	天津市宮北大街通慶里1號
印 刷	天津通俗出版社印刷廠
	(天津羅斯福路259號)
書 號	(41)8,001—6,000
印 數	

1952年1月初版 1953年1月再版

實用蓄電池學

目 次

第 一 章	鉛蓄電池概說	
1.1	蓄電池	1
1.2	鉛蓄電池概說	2
第 二 章	鉛蓄電池的化學作用簡說	
2.1	充放電期中的化學變化	5
2.2	注意事項	6
第 三 章	鉛蓄電池的構造	
3.1	鉛蓄電池的主要部分	7
3.2	極板	7
3.3	隔離板	8
3.4	電池槽	9
3.5	絕緣子和木架	10
第 四 章	極板和鉛蓄電池的種類	
4.1	極板的種類和極板應具備的條件	12
4.2	電極的化成	12
4.3	伯蘭特式極板	13
4.4	貝斯特式極板	14
4.5	伯蘭特式和貝斯特式極板的比較和它的種類	18
第 五 章	電 解 液	
5.1	電解液的性質	19
5.2	電解液的調整方法	22
第 六 章	鉛蓄電池的性質	

6.1	內 阻	24
6.2	鉛蓄電池的起電力和端子電壓	25
6.3	放電特性	25
6.4	充電特性	26
6.5	放電終期電壓	23
6.6	殘餘電流	28
6.7	容 量	28
6.8	放電率和充電率	28
6.9	容量關係	29
6.10	効 率	31
6.11	壽 命	32
6.12	自己(內部)放電	33
第 七 章	鉛蓄電池的充電和放電	
7.1	充電電源和鉛蓄電池的接法	36
7.2	調節電壓電流的充電法	37
7.3	依蓄電池狀態來施行的充電法	38
7.4	初充電	39
7.5	普通充電	41
7.6	過充電	42
7.7	特殊充電	42
7.8	普通放電	43
第 八 章	鉛蓄電池的故障	
8.1	極板的腐蝕	45
8.2	極板的彎曲和龜裂	46
8.3	作用物質的脫落	47
8.4	內部短絡	48
8.5	硫酸化	48
8.6	轉 極	50

8.7	漏電	50
8.8	蓄電池處理上的注意	50
第九章 鉛蓄電池的試驗法		
9.1	錫試驗	53
9.2	容量試驗	58
9.3	效率試驗	59
9.4	壽命試驗	59
9.5	內部電阻測量法	59
9.6	鉛蓄電池的規格	60
第十章 鉛蓄電池的電壓調整		
10.1	串聯可變電阻式電壓調整法	61
10.2	終端電池式電壓調整法	91
10.3	逆起電力電池式電壓調整法	63
10.4	電壓增減器式電壓調整法	63
10.5	充放電用的特殊電流遮斷器	64
第十一章 鉛蓄電池的種類和用途		
11.1	落地式蓄電池	65
11.2	移動用蓄電池	68
第十二章 鹼性蓄電池		
12.1	鹼性蓄電池	75
12.2	鎳鐵蓄電池的構造	75
12.3	鎳鐵蓄電池的性質	77
12.4	愛迪生和永格兩式以外的鹼性蓄電池	79
12.5	鎳鐵蓄電池和鉛蓄電池的比較	79
第十三章 蓄電池充電用整流器		
13.1	充電用整流器的種類	81
13.2	電動式直流發電機	81
13.3	水銀整流器	81

13.4	熱電子管整流器	85
13.5	乾式整流器	87
13.6	各種充電用整流器使用上的注意點	88
第十四章 電化的基礎和鉛蓄電池的理論		
14.1	電 離	90
14.2	水溶液的導電現象	90
14.3	水溶液的導電率	91
14.4	離子輸率，當量傳導率和移動速度	92
14.5	單極電位差	93
14.6	氧化還元電極的電位差	95
14.7	電池的起電力	95
14.8	法拉第的法則	96
14.9	分解電壓	97
14.10	過電壓	98
14.11	鉛蓄電池的基礎化學變化	99
14.12	基礎化學變化和法拉第法則	100
14.13	蓄電池的起電力	102
第十五章 參考圖表		
15.1	電解液調製時硫酸和蒸溜水的混合比	105
15.2	蓄電池充電終期電解液溫度比重對照表	107
15.3	常用鉛蓄電池和電解液重量	109
15.4	唐格式整流器電路	111
15.5	水銀整流器電路	112

第一章 蓄電池概說

1.1 蓄電池 (Accumulator or Storage Battery)

一物質起化學變化，變成他物質時，對外部發生電能，利用這種方法取出電能的裝置，叫做電池 (Battery)。

電池把電能取盡後，可以逆給以電流，使它發生逆化學變化而能恢復原有狀態的很多。就把這種性質叫做可逆性。凡缺少可逆性的都叫做一次電池 (Primary Battery)，把可逆性強的叫做二次電池 (Secondary Battery)。

二次電池利用可逆性，而由外部給以電流，使它恢復原有狀態，隨時都能使用，所以，又可以叫做蓄電池。

現在能供實用的二次電池有下列二種：

(1) 酸性蓄電池 如1860年法國伯蘭特氏 (Gaston planté)，所發明的鉛蓄電池，就是利用稀硫酸中，鉛的化學變化做成。

(2) 鹼性蓄電池 如1899年永格南氏 (Jungner) 所發明的 Jungner 蓄電池和1910年愛迪生 (Edison) 所發明的 Edison 蓄電池，都是利用鹼性液中，鐵類化學變化，所做成的。

蓄電的方法：要想直接把多量電能，長久貯存起來，是很困難的。但，如把電能變成他種能來貯存它，需要時再取出使用，那就比較容易了。如用電動唧筒，把水壓到高處，需要時，利用水的位能，使水車旋轉來發電。這就是把電能換成位能來蓄電的方法。其次，就是

把電能變成化學能來貯存的方法，如蓄電池就是。依體積、移動、攜帶、管理各點來看，當然，是蓄電池便利了。

現在各方面，所期待的蓄電方法，是能有更便利，更簡單，更優秀的方法發現。這也就是，蓄電池今後的發展方向。

1.2 鉛蓄電池概說

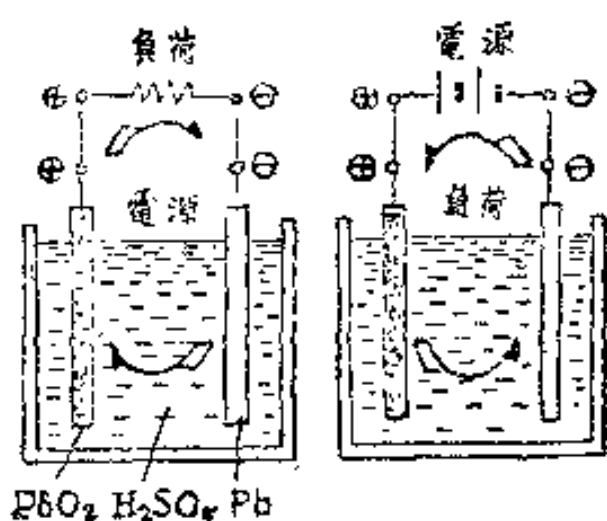
陽極和陰極：鉛蓄電池是把褐色過氧化鉛(PbO_2)和灰藍色海綿狀鉛(Pb)製的二塊極板，對立在稀硫酸液裏而成的。過氧化鉛是陽極，海綿狀鉛是陰極，相當於電源的 $\oplus\ominus$ 兩端。

放電和充電：蓄電池接負荷時，電流方向如第 1.1 圖所示。這樣，從蓄電池取出電流的作用就叫做放電 (Discharge)。放電中，陽極(PbO_2)和陰極(Pb)起化學變化，漸次變成硫酸鉛(PbSO_4)，最後達至不能放電狀態。又如第 1.1 圖(B) 所示，把直流電源的 $\oplus\ominus$ 各自接在蓄電池的陽極和陰極上，使電流通入而起分解，於是兩極的硫酸鉛起逆化學變化而還原成原來的 PbO_2 和 Pb 。這樣，使電流通到蓄電池裏，就叫做充電 (Charge)。

電解液：充電中的變化如後所述，是完全基於稀硫酸中的電解。所以，蓄電池就如同

一個電解槽，稀硫酸就相當於電解液(Electrolyte)。

作用物質：蓄電池得到電能時，兩極的硫酸鉛各變成 PbO_2 和 Pb 。



(A) 放電 (B) 充電
第 1.1 圖 鉛蓄電池的化學變化

放出電能時， PbO_2 和 Pb 是把電能變成化學能貯存時的有効物質。所以，把它叫做作用物質 (Active material)。這種作用物質愈多時，蓄電池的容量也愈大。

蓄電池的性質：蓄電池一個的電動勢 (起電力) 約 2 伏達 (Volts)。
 • 蓄電池所能取出的安全電流值是有限度的。因此，依所需要的電壓和電流，可以把數個蓄電池串聯起來，或並聯起來，或串聯後再並聯。
 • 這樣，把二個以上的蓄電池組成一組的，就叫做電槽。把其中的每個蓄電池叫做電池 (Cell)。

蓄電池兩端子間的電壓，叫做端子電壓。蓄電池的內部，有內阻，所以，電流流動時，就有內部電壓降下的發生。因此，放電時的端子電壓等於它的起電力和內部電壓降下的差。充電時的端子電壓等於它的起電力和內部電壓降下的和。

用途和種類：蓄電池的用途極廣，它的構造依用途而異，但是，一般可以分為固定式和移動式兩類。

例 題

(1) 蓄電池的內阻是 0.005Ω ，用 20A 電流放電時，它的端子電壓是 2V ，試問蓄電池的起電力是多少？

【解】起電力 = 端子電壓 + 內部降壓 = $2 + 20 \times 0.005 = 2.1\text{V}$ 。

(2) 蓄電池的內阻是 0.005Ω ，起電力達到 2.1V 時，用 20A 電流充電時，需電壓多少？

【解】充電時的端子電壓 = 起電力 + 內部電壓降下 = $2.1 + 20 \times 0.005 = 2.2\text{V}$ 。

起電力 (3) 蓄電池三組並聯每組內阻是 0.006Ω 的蓄電池四個串聯。試
 求其可謂是空載時電壓。充電時需電壓。高於起電力
 後、... ~~~~ 低、... ~~~~

答

間接 0.5Ω 的負荷時，它的負荷電流和端子電壓是多少V？但是，各蓄電池的起電力是2V。

【解】電池起電力 $=2 \times 4 = 8V$

$$\text{全電路的合成電阻} = \text{電池的合成內阻} + \text{負荷電阻} = \frac{0.006 \times 4}{3} +$$

$$0.5 = 0.508\Omega$$

$$\therefore \text{負荷電流} = 8 \div 0.508 = 15.7A$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{電池端子電壓} &= \text{起電力} - \text{內部電壓降下} \approx 8 - 15.7 \times 0.006 \\ &= 7.87V. \end{aligned}$$

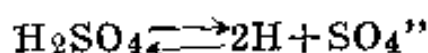
(4)前問的各蓄電池電流是多少？

【解】 $15.7A \div 3 = 5.23A$

第二章 蓄電池的化學作用簡說

2.1 充放電期中的化學變化

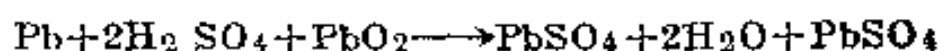
電離：稀硫酸溶液裏，有帶陽電荷的氫原子 H 和帶陰電荷的硫酸根 SO_4 存在。把這種帶電荷的遊離原子，叫做離子 (Ion)。把分子變成離子的現象叫做電離 (Ionization)。把物質溶於水而電離的液體叫做電解液。鉛蓄電池的電解液就是稀硫酸。



放電期中的化學變化：陰極由於海綿狀鉛溶解成 Pb^{2+} 和 SO_4^{2-} 結合而中和，失去離子狀態，變成 PbSO_4 而沉著在陰板上。這時，陰極奪取 $2\oplus$ 電荷變成 Pb^{2+} ，所以，在陰極板上發生 $2\ominus$ 電荷。

陽極方面， PbO_2 和水化合成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$ ，又電離成 Pb^{4+} 和 OH^- ，所以， Pb^{4+} 給外部電路 $2\oplus$ ，而變成 Pb^{2+} ；又和 SO_4^{2-} 結合成 PbSO_4 而沉著在極板上。

於是，電解液中餘下的 H⁺ 進入陽極板和 OH^- 結合成水 (H_2O)。綜合以上的變化，得知



陰極

陽極

陰極

陽極

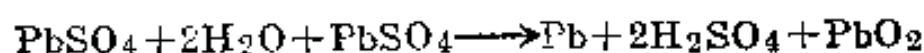
也就是，陰陽兩極板都變成硫酸鉛，硫酸消費生水而使電解液稀薄。

充電期中的化學變化：兩極的 PbSO_4 溶化而電離成 Pb^{2+} 和 SO_4^{2-} 。

• 其中，陰極的 Pb^{2+} 由外部電源獲得 $2\oplus$ 而成 Pb^{4+} 並且，分解 H_2O

和 O^{2-} 結合成 PbO_2 而沉着在極板上。同時兩極的 SO_4^{2-} 和 H_2O 中的 H^+ 結合，而在各極板附近生成新硫酸。

綜合以上的變化，得知



陰極

陽極

陰極

陽極

也就是陰極還原成海綿狀鉛，陽極氧化成過氧化鉛。同時，消費 2 分子的水，而又產生 2 分子的硫酸，以致電解液濃度增加。

2.2 注意事項

(1) 作用物質和電解液接觸處發生化學作用，所以，作用物質需充分具多孔性，使它難發生物作用的部分力求減少。

(2) 充放電期中，電解液的濃薄，起自於作用物質的多孔裏，所以，和極板外的電解液平均時，還需要相當的時間。

(3) 充放電期中，電解液的 SO_4 ，雖然同樣出入在兩極裏，但是， H^+ 和 H_2O 的分子出入在陽極方面的最多。因此，陽極附近電解液的濃度增減也極顯著。

(4) 硫酸鉛的容積比過氧化鉛，海綿狀鉛都大，並且，它的電阻也大。所以：作用物質隨放電而膨脹，隨充電而收縮。

【註】詳第十四章

第三章 鉛蓄電池的構造

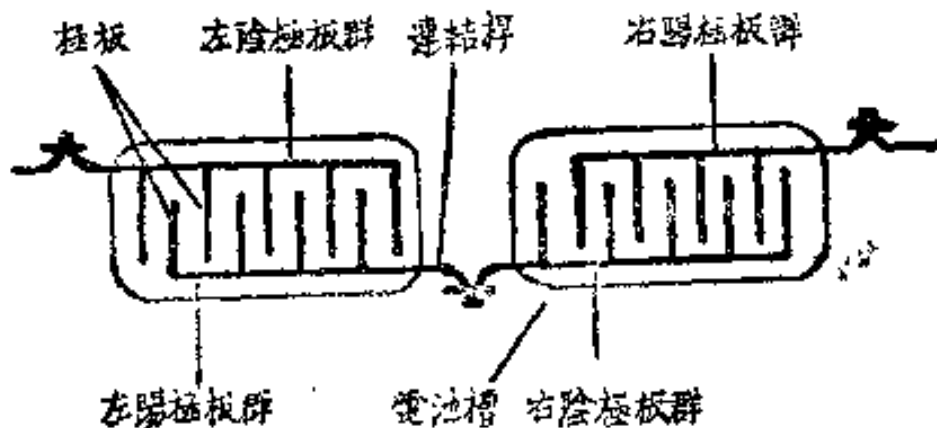
3.1 鉛蓄電池的主要部分

鉛蓄電池的構造依種類，用途來分，而有許多不同，但是，它的主要部分還是大同小異，就是，（1）極板（2）隔離板（3）電池槽（4）其他

3.2 極板 (Electrode or plate)

極板是由特殊形的鉛或鉛合金製的基板和作用物質所製成。並且，基板也就是電流的通路。

大蓄電池中的極板，如第 3.1 圖所示，陰陽兩極板相互間插而成。各同性極板，在極板耳 (Lug) 部分，用鉛連結桿密接成羣。把它叫做極板羣 (Group of plate)。如果，只用陽極板一片時，極板就很容易損傷，所以，多用一片陰極板把它夾在中間。



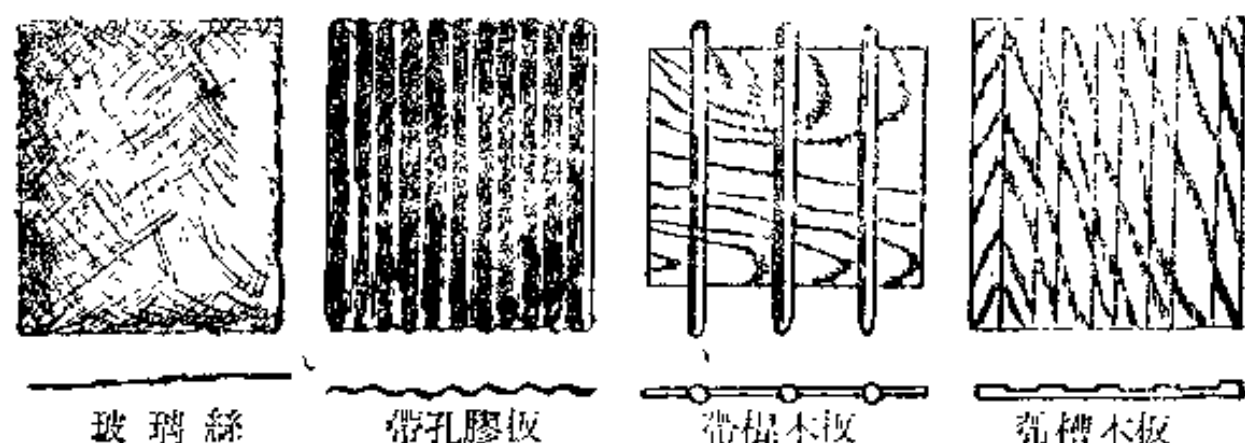
市上所售的小蓄電池中，它的極板都已用連結桿熔接了，但是，大蓄電池就不然，多在裝按處熔接。所以，把前者叫做已熔接式 (Ready burnt type)，把後者叫做未熔接式 (Unburnt type)。

固定用的蓄電池多數相連時，用一形鉛連接桿熔接。它的外部導線和松杯相熔解。已熔接式的，用鉛皮公母螺絲緊着。已熔接式的極板有左右分別，所以在訂製時須指定。如第 3.1 圖所示。

移動用的蓄電池在連結桿上，裝有棍柱 (Pole strap)，用連結桿 (Top plate) 和相隣的電池相接。

3.3 隔離板 (Separator)

陰陽兩極板如果對立置放時，一但接觸，就成短絡。要防止這種故障的發生，需在極板間，用木板，或絕緣片隔離起來，把這種板就叫做隔離板。隔離板，須採用不容易受電解液浸蝕，不妨礙電解液循環，不致增加電池內阻的。所以，多採用多孔性的木板如楊、柳、檜、松等，把它的樹脂用鹼液，或蒸汽去除之。近來，也漸有改用膠板木，玻璃絲，玻璃棍，橡皮等作隔離材料的。第 3.2 圖就是這種隔離板的形狀。



第 3.2 圖 蓄電池用隔離板

玻璃絲作隔離材料時，把玻璃絲包在陽極板上，再挾木板，這樣，不但作隔離用，同時，還可以防止極板活物質的脫落。所以，多用在耐震式蓄電池裏。

第 3.1 表 隔離板的電阻(20°C 比重1.210)

種 類	材 質	電 阻(Ω)
木 板	柳	0.0014
“	松(spruce)	0.0022~0.0032
帶孔膠木板	多孔度34%	0.0026
微孔橡皮板	橡 皮	0.0018
玻璃絲	玻 璃	0.0003~0.0007

3.4 電池槽 (Battery jar or Tank)

電池槽用來保藏極板容放電解液用，所以，不怕硫酸侵蝕，堅固耐高溫度等，是它不可缺少的條件。現在通用的，有玻璃槽，膠木槽，鉛板裹木槽等。

普通電池槽落地用的是開放式電池槽，移動用的是封口式電池槽。

開放式電池槽中的極板，藉極板耳懸架着極板本身，所以，極板下邊和槽底間須有相當的間隔，藉這，可以防止由於活物質脫落堆積所引起的短路。此外，還在槽口上蓋以玻璃片，用來防止塵垢的侵入，以及電解液中飛沫的飛散，所以，把它叫做飛沫蓋 (Spray plate)。

封口式電池槽的底部裝有極板鞍 (Bridge)，用來支架極板，其

間，空隙供堆積物用。槽口，用耐酸性絕緣化合物封閉，留一小孔，塞有小蓋，以備充電時放出氣體用。

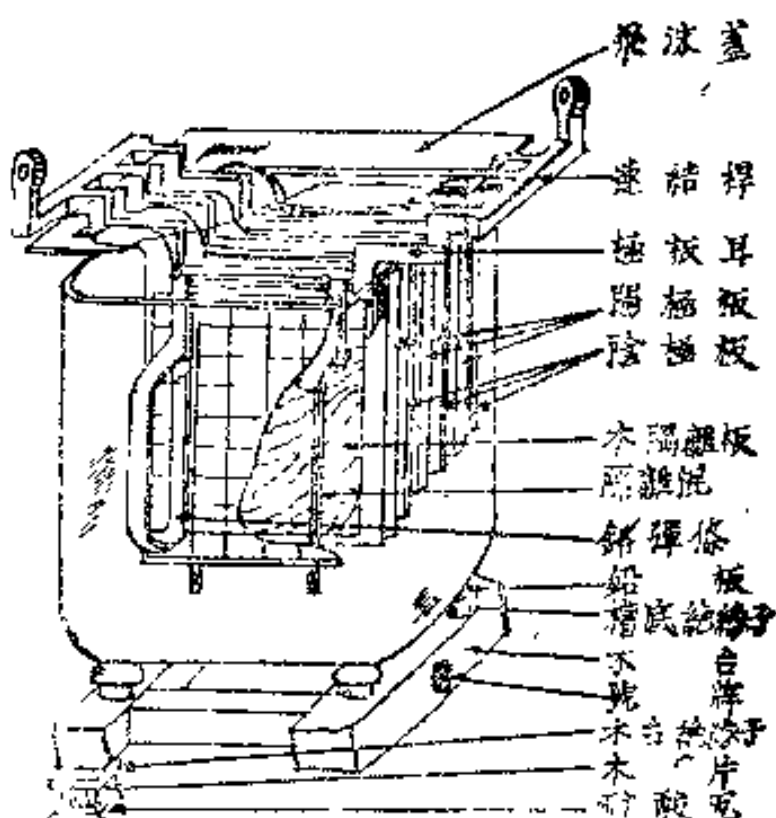
普通落地用的電槽稍大，以備置放液溫表、比重表等用，這種間隔，用鉛彈條 (Lead Spring) 保持着。

3.5 絕緣子和木架

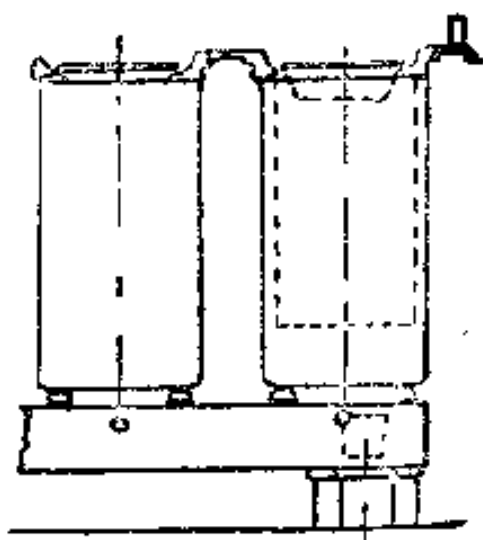
落地式蓄電池，為緩和地面震動計，而不直接放在地面上，其上加以絕緣子和木架

(Wood Stand)，藉絕緣子增強它的絕緣程

度，藉木架緩和地面震動，木架上塗有耐酸漆以免侵蝕，並且，在每一個電槽的下方標着號次，以便記錄。

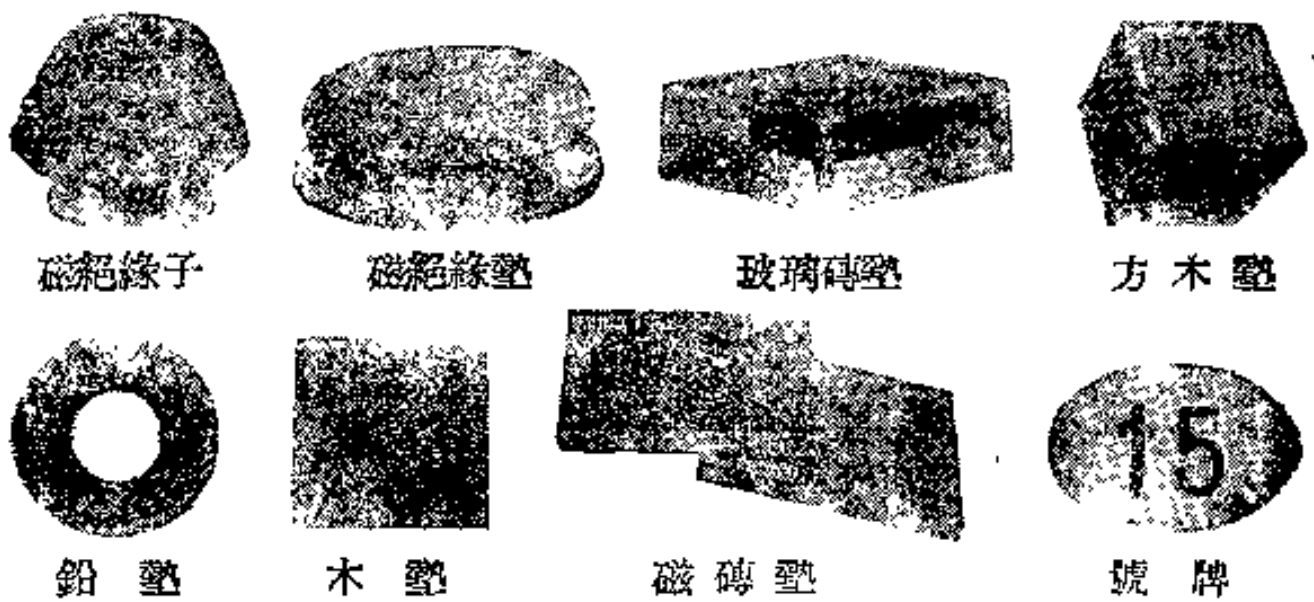


第 3.3 圖 落地式蓄電池的構造
(已熔接的)

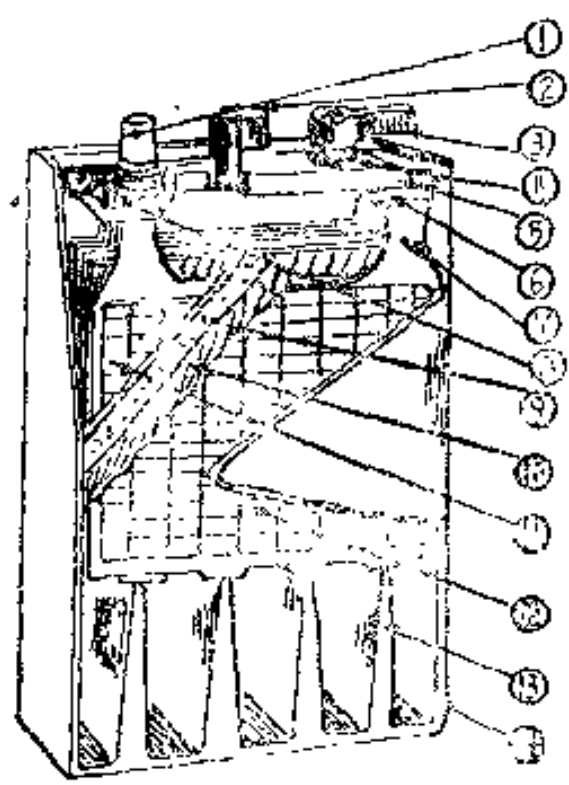


用連結桿(一)的接法圖

第 3.4 圖 落地式蓄電池(未熔接的)



第 3.5 圖 落地式蓄電池的部分品



- | | |
|----------|-----------|
| 1. 極柱 | 9. 玻璃絲棉 |
| 2. 液口蓋 | 10. 木隔離板 |
| 3. 連結板 | 11. 陽極板 |
| 4. 電槽蓋 | 12. 陰極板 |
| 5. 8. 瀝青 | 13. 鞍 |
| 6. 連結桿 | 14. 膠木電池槽 |
| 7. 耳 | |

第 3.6 圖 移動用蓄電池的構造



第 3.7 圖 移動用蓄電池的部分品