

中等专业学校教学用书

蓄 电 池

原編者：浙 江 省 邮 电 学 校

审校者：邮电院校蓄电池教材选編組

2732

2.R4

人 民 邮 电 出 版 社

中等专业学校教学用书

蓄 电 池

原編者：浙江省邮电学校

审校者：邮电院校蓄电池教材选編組

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书对鉛蓄电池的构造、工作原理、特性、维护及安装方法作了較詳細的叙述，同时对硷性蓄電池的理論及实际知識也作了扼要的介紹。

本书除供作邮电中等专业学校电信企业动力专业“蓄電池”課程的教学用书外，并可供从事蓄電池工作的机务人員参考。

蓄 电 池

原編者：浙 江 省 邮 电 学 校

审校者：邮电院校蓄電池教材选編組

出版者：人 民 邮 电 出 版 社

北 京 东 四 六 条 13 号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第〇四八号)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

发行者：新 华 书 店

开本 850×1168 1/32

印张 6 28/32 页数 110 插页 4

印刷字数 182,000 字

1962 年 3 月北京第一版

1964 年 6 月北京第四次印刷

印数 10,851—12,880 册

統一书号：K 15045·总1277-有269

定价：(科 4) 0.91 元

前 言

本书是参考前长春电信学校1960年3月編印的电信企业动力专业蓄电池教学大纲（初稿），在浙江省邮电学校主持下，由邮电院校蓄电池教材选編組負責进行选編的。該书以浙江省邮电学校教师吳大生所編蓄电池讲义为基础，并吸取各院校几年来积累的部分教学经验，经过改編、补充、整理、审校后，作为邮电中等专业学校电信企业动力专业的教学用书。选編組成員是：南京邮电学院教师余世梁、上海邮电专科学校教师王长鑑、江西省邮电学校教师沈紹伯、浙江省邮电学校教师吳大生、陈毓琮、陈世暄等。在审校过程中，还由浙江省邮电学校其他教师提供了不少意見。本书的繪图、繕校工作是由浙江省邮电学校部分教师和工作人員担任的。

由于经验不足，审編時間短促，本书內容难免有不够妥善，甚至錯誤之处，希望讀者，特别是使用本书的教师和同学，积极提出改进意見，以便今后修訂提高。

1961年9月

目 录

前言

第一章 緒論	1
1-1 蓄電池的一般概念	1
1-2 蓄電池在國民經濟中的作用及在通信事業中的重要性	1
1-3 蓄電池的發展簡史	2
第二章 鉛蓄電池的基本原理和構造	3
2-1 電池的構成	3
2-2 鉛蓄電池的基本構造和分類	8
2-3 鉛蓄電池的基本工作原理	12
2-4 充放電時的化學反應與法拉第定律	17
2-5 鉛蓄電池的電勢	19
第三章 鉛蓄電池極板的構造及其形成	21
3-1 極板的種類和應具備的條件	21
3-2 形成式極板的構造和形成方法	21
3-3 塗漿式極板的構造和極板的化成	25
3-4 半形成式極板的構造	29
3-5 各種極板在使用上的比較	29
第四章 鉛蓄電池的電槽及其他附件	30
4-1 隔離物	30
4-2 電池槽(容器)	36
4-3 其他附件	40
第五章 鉛蓄電池的電解液	42
5-1 電解液的性質	42
5-2 電解液的測量	53
5-3 電解液比重的選擇	57
5-4 電解液的配制	59
5-5 電解液的純度	62
第六章 鉛蓄電池的特性	68

6—1	铅蓄电池的端电压	68
6—2	充放电过程中铅蓄电池端电压的变化	69
6—3	充电率和放电率对铅蓄电池端电压的影响	73
6—4	铅蓄电池的容量和决定容量的因素	76
6—5	影响铅蓄电池容量的工作条件	83
6—6	极板的经历和使用寿命	88
6—7	铅蓄电池的局部放电	89
6—8	铅蓄电池的内电阻	90
6—9	效率	91
第七章	蓄电池组的工作方式	92
7—1	充放电工作方式	92
7—2	半浮充工作方式	93
7—3	全浮充工作方式	97
7—4	各种工作方式的比较	99
7—5	调整工作电压的方法	100
7—6	尾电池和反压电池	103
第八章	铅蓄电池的日常维护	103
8—1	铅蓄电池的放电	103
8—2	铅蓄电池的正常充电	110
8—3	过充电	113
8—4	“落后”电池的补充充电	114
8—5	比重调整 and 电解液的添加	115
8—6	蓄电池的保存和极板的存放	116
8—7	一般维护规则	116
第九章	铅蓄电池的故障	118
9—1	极板硫酸化	118
9—2	极板弯曲和龟裂	121
9—3	短路	121
9—4	蓄电池的反极	123
9—5	极板腐蚀	123
9—6	有效物质的过量脱落	124

9—7 利用錾試驗器判断极板是否正常	128
第十章 硷性蓄电池	130
10—1 硷性蓄电池的构造	130
10—2 硷性蓄电池的基本原理	138
10—3 正负极板的电位	142
10—4 硷性蓄电池的电解液	146
10—5 硷性蓄电池的特性	157
10—6 硷性蓄电池的维护	165
10—7 硷性反压电池	171
10—8 硷性和酸性蓄电池的比较	173
第十一章 蓄电池室	174
11—1 蓄电池室的要求	174
11—2 蓄电池室的通风	177
11—3 蓄电池室中的布线	180
第十二章 蓄电池组的安装工程	185
12—1 蓄电池组安装工程的准备工作	185
12—2 蓄电池木架的设计	190
12—3 铅蓄电池组的安装	198
12—4 硷性蓄电池组的安装	206
附录	209

第一章 緒 論

1—1 蓄電池的一般概念

蓄電池是一種化學電源，它能把電能轉變為化學能儲蓄起來，使用時再把化學能轉變為電能，而且變換的過程是可逆的。前一過程叫做蓄電池的**充電**，後一過程叫做蓄電池的**放電**。因為充放電是可逆的，故也叫它**二次電池**。

蓄電池主要由正負極板、電解液和電槽（容器）等組成。根據極板所用材料和電解液性質的不同，一般可分為酸性（鉛）蓄電池和鹼性（鐵鎳或鎳鎳）蓄電池兩種。又依其用途和容量的不同，分為若干不同的型式，如固定式的、移動式的等。

1—2 蓄電池在國民經濟中的作用及在通信事業中的重要性

蓄電池有電壓穩定（隨負載變動小），使用方便，安全可靠等優點。因此在國民經濟各部門中得到廣泛的應用。例如，在離開發電站、輸電網較遠，輸電困難以及沒有電源的地方、礦井坑道中、各種中小型內燃機啟動設備以及在汽車、輪船、飛機中，甚至在最先進的原子能發電站內的備用、事故照明和安全保護裝置中，在實驗室里，蓄電池均能單獨地供給穩定的直流電源。

蓄電池在通信事業中的應用，就更具有重要意義，在電報、電話及無線電通信中都廣泛用蓄電池作電源設備。為了確保黨和國家的通信需要以及適應國防事業、工農業生產的發展、經濟文化交流和適當滿足人民生活的需要，郵電通信工作就必須做到準確、安全和迅速、方便。為此就必須具有可靠和良好的電源設備，而蓄電池就正能满足這種要求，所以正確地使用和維護蓄電池設備在確保通信暢通提高通信質量上是很重要的。

1—3 蓄电池的发展简史

1801年,俄罗斯学者B·B彼得罗夫发现经过较长时间的电解,把电路断开后,在两极間产生了与电解电流方向相反的电势。当短路两极时,便有較大的瞬間电流通过。这一发现后来就促进了蓄电池的发明。

Э·X·楞茨所发现的电流极化定理和С·С·雅可比提出用可逆电池作为电源的观念,就给蓄电池的建立奠定了基础。

1860年世界上出现了第一个鉛蓄电池。但由于当时它的特性不好,制造困难,沒有实用价值。到了1881年俄罗斯物理学家拉奇諾夫提出了自鉛的氧化物中获取有效物质的方法后,蓄电池工业才开始大規模地发展起来。接着就出现了各种类型的鉛蓄电池,但它们的构造是大同小异的。

为了克服鉛蓄电池的某些缺点,使人們注意到了碱性电解液,这就促进了碱性蓄电池的发明。

在二十世紀初就已经制造出和我們現在所看到的大致相同的酸性蓄电池和碱性蓄电池。也就是說,在最近六十年內蓄电池的結構並沒有发生重大的变化。但在电气特性的改善和使用的专门化两方面却在不断地、迅速地发展着。专门化使人們能够制造出最适用于汽車、飞机、电信和宇宙航行等方面的蓄电池。原料和工艺过程的改善能保证蓄电池的经济和电气指标的大大提高。例如,蓄电池的容量現在較1881年提高了7—8倍。苏联研究出一种混合电解液,它能增加碱性蓄电池的寿命好几倍,并保证了蓄电池在温度达 $+60^{\circ}\text{C}$ 的情况下长期工作;又发现了能在严寒地方滿意地工作的碱性蓄电池;以及在运用情况下,受氢氧化鉀或氢氧化鈉等溶液的作用而损坏的碱性蓄电池容量减低以后的恢复方法等。

解放前,由于帝国主义特别是美国帝国主义的经济掠夺和国民党的反动統治,我国蓄电池制造工业和其他工业一样,一直处于极其落后的状态,蓄电池大部分依賴进口。解放后在党的英明领导下,

隨着社會主義建設事業的突飛猛進，通過全體蓄電池製造工作者的不斷努力，而且學習了蘇聯的先進經驗，特別是在總路線、大躍進、人民公社三面紅旗的光輝照耀下，我國蓄電池工業得到了迅速而巨大的發展。改變了過去依賴國外進口的面貌。現在已經能夠製造出各種類型、質量良好的蓄電池。如電動機車用、船舶用的蓄電池以及通信電源設備用的各種型號的蓄電池等。在電氣特性的改善和延長蓄電池的壽命等方面，也作出了很多的貢獻。

我國蓄電池的製造技術和工藝水平正在日新月異地向前發展。我們深信在黨的正確領導下，我國的蓄電池工業，將取得更輝煌和卓越的成就。

第二章 鉛蓄電池的基本原理和構造

2—1 電池的構成

用兩種不同金屬的電極浸於酸或鹼的電解液中，只要其中一個電極同電解液間產生電化作用，則電極間便有電位差存在。電位差的大小，視組成電極的金屬和電解液的性質而定。當把兩電極與外電路連通，在電路中便有電流通過，這種把物質的化學能轉變為電能的設備，稱作化學電池，一般就簡稱為電池。

電極電位的產生

當把金屬電極放在電解液中，電極和電解液間便產生了電位差。要知道這個電位差的來源，必須先對金屬的結構有所了解。在金屬中，由於原子間距離相當接近，因此價電子的行動範圍就擴大而變成公共化了。金屬可看成由金屬離子構成的晶格，價電子就在這些離子間川流不息的運動着，藉以把這些離子相互吸引住。這並不是說，金屬中已沒有原子存在。因為價電子時而接近某一離子，使它變成原子，時而接近另一離子，使其變成原子，離子和電子結合組成原子的可逆過程是不斷地在進行着的。因此金屬可以說是原子、

离子和电子组成的平衡系统。当一块金属放入它的离子溶液中时，将有下列情况发生。

根据金属的活泼性，将有一些金属离子从金属表面进入溶液成为水化离子，或者溶液中的若干离子进入金属。在前一种情况下将使金属带负电荷，而在后一种情况下，则使溶液带负电荷。这当然视金属离子相互之间同它和电子之间的作用力，以及水的偶极子^①对离子之间的作用力而定。由于这些力的存在，当离子离开金属表面进入溶液中，或者离开溶液进入金属表面，则必然需要对该离子做功。如果水的偶极子对离子的作用力大于金属离子相互间与电子间的作用力时，则使离子自金属表面进入溶液所作的功的力，被认为是金属对离子的溶解压力 $P_{\text{溶}}$ 。反之，如果金属离子相互间与电子间的作用力大于水的偶极子对离子之间的作用力时，则离子自溶液移向金属所作的功的力，被认为是溶液对离子的渗透压力 $P_{\text{渗}}$ 。显然，当金属的溶解压力大于溶液的渗透压力时，离子就离开金属而进入溶液。因为电子仍在金属中，故使金属表面带负电荷，而溶液带正电荷。极性相反的电荷质点互相吸引，遂在金属表面与溶液间的交界面上构成所谓双电层，于是金属和溶液间就产生了电场，如图 2—2 所示。通过双电层将有电位差存在。这时离子的移动就必须克服这个额外的电场作用力，因此离子的移动就受到限制。当溶解压力和渗透压力的差被这个电场的力所平衡时，金属上的离子就不再减少，溶液中的离子就不再增加。这时候的金属和溶液间的电位差，称为这个金属的电极电位。若溶液的渗透压力大于金属的溶解压力，亦会产生同样的现象，只是离子是从溶液移转到金属上

① 实验确定水分子是具有极性的，即是所谓的偶极子。水分子的结构是不对称的，两个氢原子与一个氧原子结合键间形成近似 105° 的角如图 2—1。在具有偶极矩的许多其他分子 (H_2S SO_2) 中，各原子核的排列与水中各个原子核的排列相同。

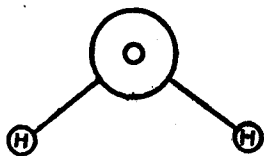


图 2—1 水分子的结构

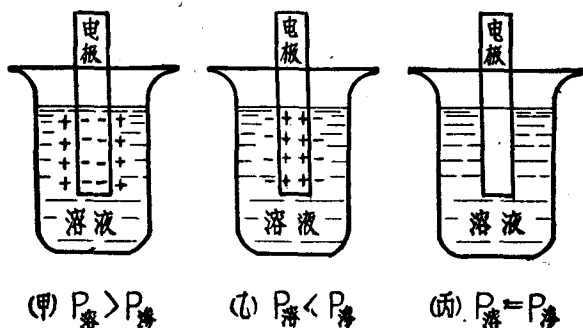


图 2—2 电极在电解液中产生电势的情况

去，使溶液带负电荷，金属带正电荷而已。

电极的正离子对电解液都有一定的溶解压力。根据实验证明，易于氧化的金属，如锌或铅，较不易氧化的金属如黄金和铂，具有较大的溶解压力。

电极电位的相对标准

我們已知道电极电位是由于电极和溶液之间的化学反应所形成的。但是要进一步测定每一个电极的电极电位就遇到困难了。因为任何测定电极与溶液间的电位差的方法，都包含了把测量仪器的一端接上电极，另一端插入溶液，这样就在测量系统中加入了另一个金属与溶液的交界面。因而所量到的便不是一个电极的电极电位了。因此我們所能测量到的仅是相对电极电位，即一个电极相对于另一电极而言的电极电位。这就得选择一种电极作为参考电极，令其电极电位为零，各种电极都和它组合形成不同的电池，测量所形成电池的电动势，便可求得他的电极电位了。我們所选择的参考电极是标准氢电极（被在 1 个大气压下的氢所饱和涂有铂黑的铂电极）。把各种金属和标准氢电极浸在同一标准溶液时（标准大气压下 1 升中含有 1 克当量物质的溶液），它们相对的电位序^①如表 2—1 所示。

① 在普通化学教科书中，电位序又称金属活动性顺序。

表2-1 金 属 的 电 位 序

金属名称	代 号	电 位 差 E(伏)	金属名称	代 号	电 位 差 E(伏)
鋰	Li	-3.02	鉍	Tl	-0.335
鉀	Rb	-2.98	鈷	Co	-0.27
鉀	K	-2.92	鎳	Ni	-0.23
鋇	Ba	-2.92	錫	Sn	-0.14
銣	Sr	-2.89	鉛	Pb	-0.126
鈣	Ca	-2.84	氫	H	0.00
鈉	Na	-2.71	銻	Sb	+0.20
鎂	Mg	-2.38	铋	Bi	+0.23
鋁	Al	-1.66	砷	As	+0.30
錳	Mn	-1.05	銅	Cu	+0.34
鋅	Zn	-0.763	銀	Ag	+0.799
鉻	Cr	-0.71	汞	Hg	+0.854
鐵	Fe	-0.44	金	Au	+1.70
銅	Cu	-0.402			

在电位序中氢占着中間位置，位于氢以上排列着具有較大溶解压力电极极性为負的金属；位于氢以下的金属則是电极极性为正的，故利用該电位序，可以确定金属电位的数值。

电池的构成

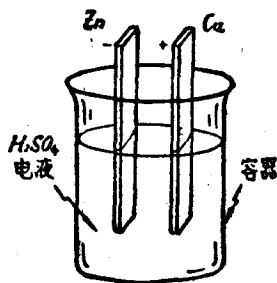


图2-3 銅鋅電池

由一个电极和溶液間产生的单极电位差沒有实用价值，因为我們沒有办法将負載的另一端接在溶液上。因此就必須将第二个电极插入电解液，这样就构成了一个电池。显然，由于把用不同物质的第二个电极插入电解液后，該电极与电解液間便产生了另一个单极电位差。这样在电池的两极間便产生了电位差（电势）。可見，

这个电位差是两个不同单极电位差的代数差，也就是电池的電势。

这时，如果用导线把这两个电极与外电路接通，在外电路中便有电流通过。

現以图 2—3 的銅鋅電池为例來說明以上过程。我們知道，鋅板放在硫酸溶液里，在溶解压力的作用下，鋅离子 (Zn^{++}) 不断地带着两个正电荷进入溶液中，留下两个电子在鋅板上，使鋅板上逐渐积聚了負电荷，直至溶解压力和渗透压力之差与靜電場的力平衡时，鋅离子的轉移速度也相对平衡；在硫酸溶液中自行分解的氫离子 ($2H^+$) 和硫酸根离子 (SO_4^{--})，除 SO_4^{--} 同 Zn^{++} 化合中和外，氫离子 ($2H^+$) 在渗透压力的作用下便移向銅极，結果使銅极带正电。直至渗透压力和溶解压力差同靜電場的力平衡时，氫离子的轉移也达到了相对平衡。因此在銅鋅电极間就产生了相应的电位差。

如果用导线将外电路接通，在鋅极（負极）上的負电荷即通过外电路轉移至带有正电荷的銅极（正极）。于是外电路中便有自由电子运动所产生的传导电流。由于負极上失去了負电荷，正极上得到了負电荷，削弱了两极同电电解液之間的靜電場，失去了原有的平衡状态，因此負极上的鋅离子 (Zn^{++}) 又移向电解液，和电解液中的硫酸根离子 (SO_4^{--}) 結合而成硫酸鋅 ($ZnSO_4$)，而电解液中的氫离子 (H^+) 則移向正极，将电荷卸与正极而中和后，变成氫分子 (H_2) 释出。

此时在电解液中有异性离子相向运动所产生的离子电流，如图 2—4 所示。这样我們就可以利用物质的化学作用，不断地把鋅极上的鋅离子 (Zn^{++}) 溶解于电解液中，維持电化作用的继续进行，而对外电路做功，直至鋅极上物质消耗完毕而化学变化停止为止（若不断补充电解液的話）。鋅銅電池的电势，可利用表 2—1 电位序表来确定。因为電池的电势等于

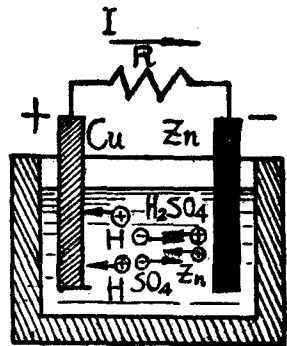


图 2—4 鋅鋅電池的放电

两种电极电位的代数差，故銅鋅電池的電勢為：

$$E = E_{(+)} - E_{(-)} = E_{\text{銅}} - E_{\text{鋅}} = 0.34 - (-0.76) = 1.1 \text{伏}$$

式中 $E_{(+)}$ 為附加輔助電極（正極）同電解液間的電位差， $E_{(-)}$ 為溶解電極負極同電解液間的電位差。

選擇電極的條件（1）兩極間電位差要大，即應選電位序表中距離較遠的物質；（2）電極所用物質應是價廉而能大量供應的。因此普通多用鋅為負極，銅或碳等為正極。

根據以上所述，電池電勢的高低，視組成電池的電極和電解液（有效物質）間的化學性質決定，與電池電極及電池本身大小和形狀無關。

2—2 鉛蓄電池的基本構造和分類

構成鉛蓄電池的主要部分，計有正極板組、負極板組、電解液、隔離物和電槽（容器）等。

鉛蓄電池的正、負極板是由純鉛製成基板，有效物質直接在上面形成，或用鉛鋅合金製成柵架，上塗以有效物質。正極（陽極）的有效物質是二氧化鉛（ PbO_2 ），負極（陰極）的有效物質是海綿狀純鉛（ Pb ）。從外表看來，在充電狀態時，正極板為暗棕色，而負極板是深灰色；在放電終了時，正、負極板顏色都變淡。因此根據極板顏色的不同，可以區別出正極和負極，以及充放電的程度。

在同一个電池內，其同極性的極板片數超過兩片者，用電池連接條聯接起來稱為“極板組”或“極板群”。至於極板組內的極板片數的多少，隨其容量（蓄電能力）的大小而異，大容量的蓄電池極板片數多，容量小的極板片數少（在這裡所說的極板是指尺寸和材料完全相同的極板，否則不一定符合上述關係）。在裝配極板時，必須使每一片正極板夾在二片負極板之間，使得正極板的兩面都能起化學變化，發生同樣的膨脹和收縮，減少正極板彎曲的機會。而負極板在充放電循環中，膨脹、收縮程度較小，如果僅一面起化學變化，其影響也不大。所以在極板組合的最外層都是負極板，因此在

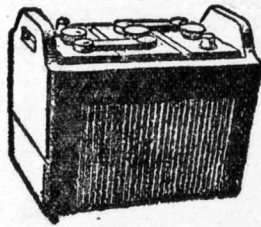
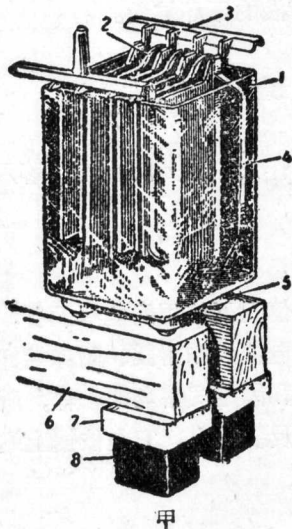
鉛蓄電池中負極板片數总比正極板多一片。最外層的負極板厚度，較夾在正極板中間的負極板薄得多，一般約為中間負極板厚度的一半。

在各種類型的鉛蓄電池中，除少數特殊組合的極板間留有寬大的空隙外，在兩極板間均需插入隔離物，以防止正負極板相互接觸而發生短路。隔離物有木質、硬橡膠、玻璃等數種，可根據蓄電池的程式適當選定。

容器即蓄電池的電槽，通常有玻璃容器、衬鉛木槽、硬橡膠電槽和塑料電槽等。玻璃槽和衬鉛木槽大部分用於固定式蓄電池。而移動式蓄電池則常用硬橡膠或塑料電池槽。

鉛蓄電池的電解液是用蒸餾水稀釋純潔的濃硫酸而成。它的比重高低要看電池的程式和所用的極板而定，一般在 $1.200/15^{\circ}\text{C} \sim 1.300/15^{\circ}\text{C}$ 之間。蓄電池用的電解液（稀硫酸）必須保持純潔，不含有害於鉛蓄電池的雜質。

根據使用的目的和要求不同，鉛蓄電池可分為固定式和移動式兩種，如圖 2—5 所示。



乙

圖 2—5 鉛蓄電池的程式
(甲) 固定式鉛蓄電池
1—容器；2—極板；3—連接條；
4—鉛彈簧；5—絕緣子；6—木橫
梁；7—玻璃磚；8—木墊腳
(乙) 移動式鉛蓄電池

固定式鉛蓄電池

固定式鉛蓄電池是供室內固定裝置使用的，具有容量大、壽命長的特點。這種電池單位容量的體積和重量都比較大。其結構元件分述如下：

1. 極板或極板組

容量大的蓄電池，為了便於運輸，減少損壞起見，出廠時極板都用單片型式供給，並不焊成極板組，因此在裝用時需由使用單位自行焊接。

2. 電槽

容量小的都用玻璃電槽，容量大的蓄電池，則用襯鉛木槽。電槽的作用是支承極板和盛貯電解液。

3. 電解液

使用比重較低（約為 $1.210/15^{\circ}\text{C}$ 左右）的電解液，籍以減少電池的內電阻以及減輕對極板和木隔板的腐蝕。

4. 隔離板

採用木隔板或玻璃絲板。隔離板是穿在小木夾棍的縫口內，這樣借以加強它的牢固性，並且有利於電解液的循環擴散。

5. 鉛彈簧

擱放在容器的一端，用以平壓極板，預防極板彎曲變形。

6. 其他

如玻璃蓋板，瓷絕緣墊腳等。前者的作用主要是防止塵土落入電池槽；後者使電池槽和大地絕緣。

移動式鉛蓄電池

移動式鉛蓄電池是便於攜帶，在移動情況下使用的電源設備，因此它應具有體積小、重量輕、瞬間放電電流大和耐震、耐凍性好等基本要求。其結構和組成的元件基本上和固定式蓄電池一樣，所不同的地方，僅在元件的使用材料和製造及裝置上。它是依據上述幾點基本要求製成的，現分述如下：

1. 電槽