

内 容 提 要

本书对固定式和移动式铅酸蓄电池及镉镍、铁镍、银锌碱性蓄电池的工作原理、构造、特性、安装、检修、运行维护和故障处理等，均作了系统的全面的叙述。同时，对纯水的制取和硅整流充电装置及新材料、新工艺、新产品，也作了较为详细的介绍。可供电力系统的工人，铁路交通、邮电系统的机务人员和工矿企业中的发电、供电工人阅读，也可供有关中专和技工学校学生参考。

蓄 电 池

袁 宝 善

黑龙江科学技术出版社出版

黑 龙 江 省 新 华 书 店 发 行

省地质测绘队铅印室制版 跃进印刷厂印装

开本787×1092毫米 1/32 • 印张88/16 • 字数176,000

1981年7月第1版 1981年7月第1次印刷

印数1—24,000

书号：15217·11 定价：1.10元

前 言

蓄电池是电力、邮电、铁路、交通、煤炭、纺织、石油化工及国防工业不可缺少的独立电源设备之一。它可作为传动装置、保护装置、自动装置、通信装置和信号装置的直流电源，因此，它的应用是比较广泛的。

蓄电池是化学能与电能相互转换的独立电源装置。它的安装、检修、运行与维护工作要求很高，每一环节均不可疏忽。对日常的充电、放电、均衡充电、调整电解液的比重和补充液面，以及保持室内温度和清洁卫生等工作，都必须做到精心细致，以保证蓄电池的容量和使用年限。

目前，对蓄电池的安装、检修、使用与维护工作，还存在着不少问题，致使蓄电池迅速劣化或损坏，独立的直流电源可靠性降低，影响着生产的安全，缩短了蓄电池的使用年限。因此，如何改善这些工作，是当前极其迫切的问题。

本书是在总结多年工作经验，吸取国外的部分技术，并多次征求、搜集制造厂家和工程技术人员的意见的基础上，进行编写的。

在编写过程中，承蒙吉林省电力工业局李宝全、李学林两位工程师的多方指导与审校，也曾得到吉林省电力工业局设计院宋淑英和四平电业局宋连库、单仁煜、魏克珍，以及四平市人民政府柴雅文等同志的多方协助，在此一并深表谢意。

由于本人水平有限，书中不妥之处以至错误，在所难免，望读者批评指正。

目 录

第一章 铅蓄电池的工作原理、型式、构造	
和组成.....	(1)
第一节 铅蓄电池的工作原理.....	(1)
第二节 铅蓄电池的型式、构造和组成.....	(4)
第三节 固定型防酸隔爆式铅蓄电池.....	(36)
第四节 铅蓄电池的主要参数.....	(42)
第二章 固定式铅蓄电池的安装与检修.....	(52)
第一节 对铅蓄电池室的要求.....	(52)
第二节 蓄电池室的通风、采暖与照明.....	(61)
第三节 固定式铅蓄电池的部件检查和验收.....	(65)
第四节 用化学除盐法制取纯水.....	(78)
第五节 极板的焊接.....	(82)
第六节 电解液的选择与配制.....	(85)
第七节 铅蓄电池安装、检修工艺.....	(98)
第八节 初充电.....	(106)
第九节 放电容量试验.....	(112)
第十节 铅蓄电池安装和检修后的验收.....	(119)
第三章 固定式铅蓄电池的运行与维护.....	(124)
第一节 按“充电—放电”方式运行.....	(124)
第二节 按“浮充电”连续充电方式运行.....	(129)
第三节 均衡充电(过充电)法.....	(135)
第四节 电解液的调整和补充.....	(135)
第五节 固定式铅蓄电池的维护.....	(136)

第六节	防酸隔爆式蓄电池的运行与维护·····	(140)
第七节	液状石蜡·····	(143)
第八节	铅蓄电池的储藏和保管·····	(145)
第九节	直流回路的绝缘监视·····	(147)
第十节	蓄电池组的选择·····	(152)
第十一节	充电机组的选择·····	(155)
第十二节	充电装置的比较·····	(156)
第十三节	硅整流器·····	(159)
第四章	固定式铅蓄电池的故障和修理·····	(172)
第一节	极板弯曲·····	(172)
第二节	极板硫化·····	(173)
第三节	极板短路·····	(176)
第四节	内部自然放电·····	(177)
第五节	电解液混浊·····	(178)
第六节	极板脱粉·····	(179)
第七节	正极板的故障·····	(180)
第八节	负极板的故障·····	(180)
第九节	极性颠倒·····	(181)
第十节	连接柄腐蚀与隔离物损坏·····	(182)
第十一节	充电后容量不足与容量减少·····	(183)
第十二节	放电时电压下降过早·····	(184)
第十三节	电解液比重低于和高于正常值·····	(184)
第十四节	玻璃槽损坏·····	(185)
第十五节	沉淀物过多并呈现不正常的颜色·····	(186)
第十六节	用隔电极测验极板的状况·····	(186)
第五章	碱性蓄电池·····	(189)

第一节	铁镍蓄电池和镉镍蓄电池的工作原理···	(189)
第二节	铁镍蓄电池的构造与组成·····	(190)
第三节	镉镍蓄电池的构造与组成·····	(198)
第四节	碱性蓄电池的电解液及其性质·····	(202)
第五节	碱性蓄电池的特性·····	(215)
第六节	碱性蓄电池的安装·····	(224)
第七节	碱性蓄电池的运行与维护·····	(226)
第八节	碱性蓄电池的故障处理·····	(233)
第九节	银锌蓄电池·····	(234)
第六章	移动式铅蓄电池·····	(242)
第一节	移动式铅蓄电池的结构·····	(242)
第二节	汽车和拖拉机用铅蓄电池·····	(246)
第三节	蓄电池车和船舶用铅蓄电池·····	(250)
第四节	铁路客车和内燃机车用铅蓄电池·····	(253)
第五节	摩托车用铅蓄电池·····	(256)
第六节	航标灯用铅蓄电池·····	(258)
第七节	电讯用铅蓄电池·····	(259)
第八节	采茶机用铅蓄电池·····	(259)
第九节	矿灯用铅蓄电池·····	(261)
第十节	干荷电蓄电池·····	(262)
第十一节	移动式铅蓄电池的使用和维护·····	(264)

第一章 铅蓄电池的工作原理、 型式、构造和组成

第一节 铅蓄电池的工作原理

蓄电池是一种化学电源，它能把电能转变为化学能储存起来。使用时，把储存的化学能再转变为电能，两者的转变过程是可逆的。

所谓蓄电池的可逆过程，就是指充电与放电的重复过程。将蓄电池与直流电源连接进行充电时，蓄电池将电源的电能转变为化学能储存起来，这种转变过程称为蓄电池的充电。而在已经充好电的蓄电池两端接上负荷后，则储存的化学能又转变为电能，这种转变称为蓄电池的放电。

蓄电池充电后，（如图 1—1（1）所示），正极板上活性物质已变成二氧化铅（ PbO_2 ），负极板上活性物质已变成绒状铅（ Pb ）（电解液比重为1.21时，单电池的端电压为2.05伏）。这时，如果在蓄电池两端接上电阻，如图 1—1（2）所示，电路内就会产生电流，由蓄电池正极板流到负极板。硫酸（ H_2SO_4 ）在水（ H_2O ）的溶液中，一部分分子自发地分解为离子，即分解为正的氢离子（ H^+ ）和负的硫酸根离子（ SO_4^{--} ）；当蓄电池放电时，氢离子移向正极板，而硫酸根离子移向负极板。

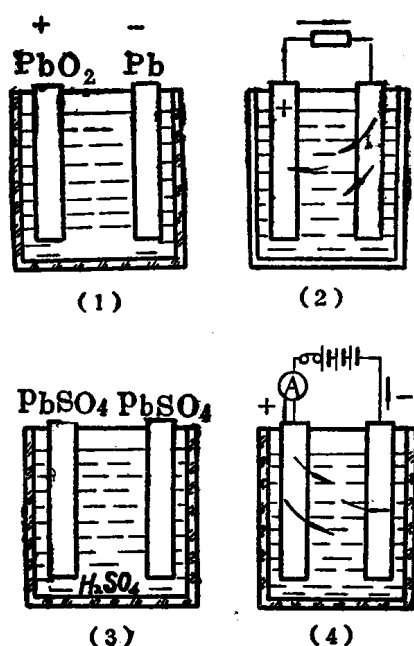
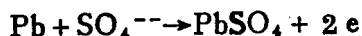


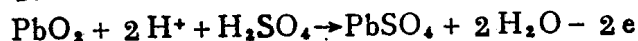
图 1—1 铅蓄电池工作原理

(1) 充电后 (2) 放电时 (3) 放电后 (4) 充电时

在负极板上的化学反应式为：



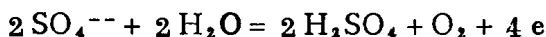
在正极板上的化学反应式为：



多余的负电子就从负极板流经电阻，返回到正极板。这样，蓄电池在放电时，硫酸同二氧化铅化合，生成两个水分子。结果电解液的浓度和比重下降，蓄电池的内阻增加，端电压下降，正、负极板上的活性物质变成了硫酸铅 (PbSO_4)，如图 1—1 (3) 所示。硫酸铅的体积和电阻比极板上的活

物质的大得多。铅、二氧化铅和硫酸铅的一克分子体积比为 18 : 26 : 49 , 所以 , 极板上铅和二氧化铅放电后变成硫酸铅, 体积大为增加。如果过量放电, 硫酸铅因过分膨胀, 可能使极板损坏。此外, 由于硫酸铅导电性能不良, 使蓄电池的内阻增大。

单只蓄电池在充电开始时的电压为 2 伏, 充电完毕时为 2.5~2.8 伏或稍高。蓄电池接到直流电源上时, 如果电源电压大于蓄电池电压, 则有充电电流由蓄电池正极流向负极, 如图 1—1 (4) 所示。在电流的作用下, 电解液中的硫酸根离子移向正极, 与水置换反应, 从水中取得两个氢离子成为硫酸而析出氧离子, 这时, 氧离子丢掉两个电子 (e) 而变成气体, 并从正极板上析出, 即



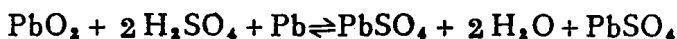
同时, 氢离子移向负极, 获得电子后中和成为氢, 在负极板上析出。在正极板上化学反应式为:



在负极板上反应式为: $\text{PbSO}_4 + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Pb}$

充电过程中, 水被吸收生出硫酸, 使正极板复原为二氧化铅, 负极板复原为绒状铅, 如图 1—1 (1) 所示。结果是, 电解液的浓度和比重增加, 蓄电池的内阻降低, 端电压升高。

放电和充电的循环过程中的可逆化学反应式如下:



式中从左向右为放电时化学反应, 从右向左为充电时化学反应。

在蓄电池放电、充电过程中，将发生下列现象：

1. 放电时：

(1) 正极板由深褐色的二氧化铅逐渐地变为硫酸铅，因此，正极板的颜色变浅了。

(2) 负极板由灰色的绒状铅逐渐变为硫酸铅，因此，负极板的颜色也变浅了。

(3) 电解液中的水分增加，因此浓度和比重逐渐下降。

(4) 蓄电池的内阻逐渐增加，端电压逐渐下降。

2. 充电时：

(1) 正极板由硫酸铅逐渐变为二氧化铅，颜色逐渐恢复为深褐色。

(2) 负极板由硫酸铅逐渐变成绒状铅，颜色也逐渐恢复为灰色。

(3) 电解液中的水分减少，因此浓度和比重逐渐上升。

(4) 充电接近完成时，正极板上的硫酸铅，大部分复原为二氧化铅，氧离子因找不到和它起作用的硫酸铅而析出，所以在正极板上产生了气泡。在负极板上，氢离子最后也因为找不到和它起作用的硫酸铅而析出，所以在负极板上也有气泡发生。

(5) 蓄电池的内阻逐渐减少，而端电压逐渐升高。

第二节 铅蓄电池的型式、构造和组成

一、铅蓄电池的型式

铅蓄电池按用途、制造用料、制造方法，可分为许多种

型式。各种型式蓄电池，一般都用字母来标明，前后数字则表示它的容量和极板数目之间的关系。

国产铅蓄电池原来的型式表示方法如下：固定式铅蓄电池，用KQ和K表示。KQ表示小型蓄电池，其每片正极板的容量为12安时。K型蓄电池每片正极板容量为36安时。2 K型是K型的二倍，4 K是K型的四倍。此外，在字母的前后标有数字，字母前的数字称为系数，字母后的数字称为指数，指数与系数表示蓄电池的极板数目和容量。例如，1 K—5型蓄电池，1是系数，5是指数，表示正极板共5片（ $\frac{5}{1} = 5$ ），每片正极板为36安时，其容量为180安时（ 36×5 ）。又如2 K—10型蓄电池，正极板共5片（ $\frac{10}{2} = 5$ ），每片正极板为72安时，其容量为360安时（ 72×5 ）。

国产固定式铅蓄电池现用型号和每个字母所表示的意义：

型号分为三部分。第一个字母为第一部分，第二个字母为第二部分，数字为第三部分。

例如，GG—12，第一部分字母G，表示这种蓄电池是固定式的。G是“固”字的汉语拼音GU的第一个字母。第二部分表示正极板的构造型式，所用符号有：H、T、B、G。H是化成式的“化”字，汉语拼音HUA的第一个字母。T是涂膏式的“涂”字，汉语拼音TU的第一个字母。B是半化成式的“半”字，汉语拼音BAN的第一个字母。G是正极板为玻璃丝管式的“管”字，汉语拼音GUAN的第一个字母。

第二部分中，例如GGF型，字母F是防酸隔爆式的

“防”字，汉语拼音FANG的第一个字母。

第三部分数字表示蓄电池的容量。

此外，有些蓄电池型号的数字后面，还有两种标明容器种类的符号B和M。B是玻璃槽的“玻”字，汉语拼音BO的第一个字母。M是衬铅木槽的“木”字，汉语拼音MU的第一个字母。

为了区分固定式蓄电池的容量范围，有时加注罗马数码I、II、III、IV。其中，“I”表示容量为12~60安时；“II”表示容量为36~252安时；“III”表示容量为288~720安时；“IV”表示容量为864安时以上。

国产移动式铅蓄电池，现用型号和每个字母、数字所表示的意义：

移动式铅蓄电池的型号，也是以汉语拼音字母和数字表示它的结构和容量。例如，3—Q—75，“3”是表示三个单格电池串联；Q是起动用铅蓄电池的“起”字，汉语拼音QI的第一个字母；数字75是容量为“75”安时。如在字母Q的后边加A字是干荷电蓄电池的“干”字的汉语拼音GAN的第二个字母。例如，6—C—182，“6”是表示六个单格电池串联；C是船舶用铅蓄电池的“船”字，汉语拼音CUAN的第一个字母，182是表示容量为“182”安时。又例如，D、T、N、M、B、X、S。D是蓄电池车用铅蓄电池的“电”字，汉语拼音DIAN的第一个字母。T是铁路客车用铅蓄电池的“铁”字，汉语拼音TIE的第一个字母。N是内燃机车用铅蓄电池的“内”字，汉语拼音NEI的第一个字母。M是摩托车用铅蓄电池的“摩”字，汉语拼音MO的第一个字母。B是航标灯用铅蓄电池的“标”字，汉语拼音

BIAO的第一个字母。X是电讯用铅蓄电池的“讯”字，汉语拼音XUN的第一个字母。S是闪光灯用铅蓄电池的“闪”字，汉语拼音SHAN的第一个字母。

二、铅蓄电池的构造和组成

铅蓄电池是由正极板、负极板、隔离板、隔离棒、容器、电解液、铅联接板、压条等部分组成。G—12~180安时（KQ型、1 K型）蓄电池，因为体积和重量较小，厂家制造时将正极板和负极板分别焊接成极板群；而G—216安时以上（2 K型和4 K型）蓄电池的正极板和负极板体积和重量较大，为了便于包装和运输，出厂时为单片，用户可自行焊接成极板群。

（一）极板

铅蓄电池的极板，依其构造和活性物质形成的方法分类，一般可分条多式（也称化成式、充成式或形成式）极板、半条多式（也称半化成式、半充成式或半形成式）极板、涂膏式（也称涂浆式）极板和玻璃丝管式（也称管式）极板等四种。

1. 条多式极板

条多式的正极板，系由纯度为99%以上的纯铅铸成的，体积与重量都比较大。为使极板的有效面积增大，用模具铸成条筋状，或用机械辗压成沟纹，如图1—2所示。每厘米内，有6~9个沟纹。因此它的作用面积，比原来的外廓面积约增大7~8倍。用化学方法化成处理（在极板上形成活性物质的过程，叫做蓄电池极板的化成）后，极板上形成活性物质。条多式极板的活性物质，是由本身的铅经氧化还原

而成。一般是将极板用硝酸浸渍，使极板上生成难溶于水的铅盐，然后充电使之变为活性物质。在化成时的电解液内，生成了硝酸铅，再用化成法在筋条和沟纹的表面，使之直接形成活性物质。极板上的活性物质在充电和放电过程中，逐渐脱落，由内层的纯铅再形成新的二氧化铅来补充。这种极板的容量，在较长的时间内几乎是不变的。活性物质具有脱落后再复原的性能，所以极板的使用寿命比较长。

2. 半条多式极板

半条多式极板，是综合条多式和涂膏式极板的优点而制成的。半条多式的板栅（也称栅架或骨架）和条多式极板板栅一样，是高纯度的电解铅，用刻有横竖条纹的方形小格钢模铸成的。但不同的是，在板栅的小方格内和表面上又涂了一层糊膏，如图 1—3 所示。半条多式极板所用涂膏材料与涂膏式极板所用涂膏材料相同。半条多式极板化成时，不需要条多式极板那样长时间反复充电和放电的过程来形成活性物质，减少了制造过程的时间和繁杂手续，又可以减少板栅的用铅量。它与同容量的条多式极板相比，较小，较轻，成本较低。由于板栅是由纯铅铸成的，在充电和放电过程中，特别

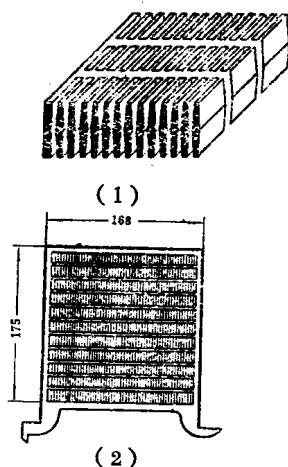


图 1—2 条多式极板

(1) 条多式极板正面

(2) 条多式极板剖面

是充电过程中活性物质脱落时，板栅内层表面能及时地自行氧化补充，所以使用寿命比涂膏式长些。

3. 涂膏式极板

(1) 板栅铸造

极板的涂料占全部极板重量的一半以上。涂料或者已形成的活性物质，变成疏松的状态，强度很差，不能受力。因此，一般用机械强度较高、耐腐蚀性较强的铅锑合金制成板栅，如图1—4所示。板栅制成空方格子，呈横竖

条纹形状，或制成有对角线的空方格子，涂料就嵌在格子中，这种极板称为格栅式极板。板栅既充作支持物又充作导体，

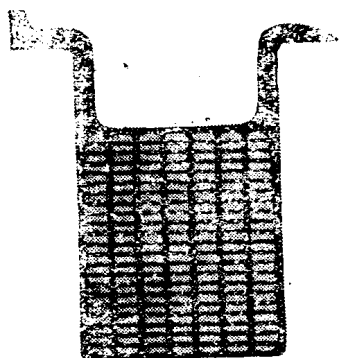


图 1—4 格栅式板栅



图 1—3 半条多式极板

活性物质变化而产生的电流是沿着板栅框格子传导到端头上的。因此要求板栅机械强度高、电阻率小、不易被酸腐蚀，在稀硫酸中具有相对的化学稳定性。通常用含锑6~9%的铅锑合金制造板栅，以增加机械强度。铅锑合金的物理性能如表1—1所示。

表 1—1 鉛錫合金的物理性能

含 錫 百分數	熔 點 (°C)	密 度 (克/厘米 ³)	抗 張 強 度 (公斤/厘米 ²)	斷裂時的 延 伸 率 (%)	布 氏 硬 度 (公斤/厘米 ²)	膨脹系數	在20°C時的電阻率 (歐·厘米)
0	327	11.34	125.13	—	3.0	0.0000292	0.0000212
4	299	11.03	397.90	22	5.7	0.0000278	0.0000240
5	292	10.95	447.11	29	6.2	0.0000275	0.0000246
6	285	10.88	480.85	24	6.5	0.0000272	0.0000253
7	278	10.81	504.75	21	6.8	0.0000270	0.0000259
8	271	10.74	521.63	19	7.0	0.0000267	0.0000265
9	265	10.66	532.87	17	7.2	0.0000264	0.0000271
10	261	10.59	539.20	15	7.3	0.0000261	0.0000277
11	256	10.52	235.69	13	7.4	0.0000258	0.0000283
12	252	10.45	525.84	12	7.4	0.0000256	0.0000289

铅锑合金的电阻率较纯铅为大，自放电较纯铅稍强，但并不严重。一般采用刻有方格纹路的硬钢模来铸造板栅，浇铸合金时，把温度控制在 $450\sim 500^{\circ}\text{C}$ 之间为适宜。

还有一种是箱式极板，箱式极板也是涂膏式极板的一种。这种极板是用两块较大的方格板栅组成，在两块板栅的外面用两块薄的铅网遮盖起来，然后填入糊膏状的活性物质形成箱状，如图 1—5 所示。活性物质被两块铅网夹住，不

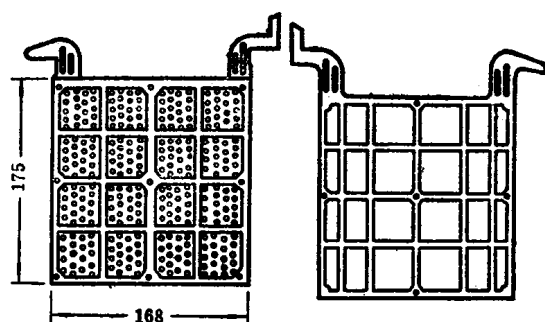


图 1—5 箱式极板结构

易脱落，作为条多式或半条多式的负极板用。两侧的负极板与中间的不同，因为两侧的负极板只需内面起作用，其朝外的一面是光滑的平铅板。

(2) 涂料（粉膏）和涂板

粉膏成分主要是铅的氧化物。正极板用铅丹 Pb_3O_4 ，为赤色粉末。负极板用一氧化铅 PbO ，为黄色粉末。这些氧化物与硫酸化合后变化如下：



经过充电后变为活性物质。实际上是把二者掺在一起使用。一般采用的混合比如表 1—2 所示。

表 1—2 涂料配方 (单位: 份)

涂 料 名 称	正 极 板	负 极 板
铅 丹	5	1
一 氧 化 铅	1	5
稀硫酸比重 (1.150)	1	1

由于受铅丹的纯度限制, 所以表 1—2 中的混合比并非标准值。将铅丹和一氧化铅混合后, 应充分搅拌均匀。然后将混合物装在大瓷缸中, 注入稀硫酸, 再进行搅拌, 直至见不到颗粒为止。

目前, 随着蓄电池制造工业的发展, 用来制造极板活性物质的主要原料铅丹, 已基本上被铅粉和一氧化铅所代替。铅粉是外面覆盖着一层一氧化铅的铅颗粒, 也可以说, 铅粉是铅的氧化物, 氧化度在 65~75 之间。铅粉氧化度高, 极板上活性物质获得容量就大。这种混合物随着铅的氧化度和分散度的不同, 呈现灰绿色或黄绿色。铅蓄电池工厂在生产铅粉时, 用球磨机加以研磨, 使之成为颗粒小, 氧化度高的铅粉。

蓄电池极板的粉膏, 是用铅粉、稀硫酸和纯水等制成, 根据不同的用途, 分为正极板粉膏和负极板粉膏。正极板粉膏配方如表 1—3 所示, 负极板粉膏配方如表 1—4 所示。丝管式正极板粉膏配方如表 1—5 所示。因而, 极板的初期容量和使用寿命也就取决于粉膏的成分和密度, 密度一般在 1.65~2.0 克/厘米³ 之间。