

电气工人丛书

发电厂变电所
电气部分

固定式铅蓄电池

袁宝善编著

中国工业出版社

电 气 工 人 从 书

发电厂变电所电气部分

固定式铅蓄电池

袁宝善編著

中国工业出版社

固定式鉛蓄電池是發電廠和變電所中的獨立電源，它供給某些設備的直流電源，以完成發供電設備在生產過程中的特殊任務。因此，對蓄電池運行維護的好壞，將直接影響發供電設備的安全運行和經濟運行。本書主要介紹發電廠和變電所用的鉛酸蓄電池的安裝、運行和檢修技術，其次是它的結構原理、選擇、故障分析等。

本書供電力系統中有關的電氣工人閱讀，可供工業企業發供電工人、技工學校和中等專業學校電專業學生參考。

電氣工人叢書
發電廠變電所電氣部分
固定式鉛蓄電池
袁 寶 萍 編著

水利電力部辦公廳圖書編輯部編輯（北京中興門內南長街）

中國工業出版社出版（北京朝陽門外大街16號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第116號

中國工業出版社第一印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

開本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印張 $3^{1/2}$ ·字數84,000
1965年5月北京第一版·1965年5月北京第一次印刷
印數0001—15,180·定價（科二）0.38元

統一書號：15165·3816（水電-498）

电气工人丛书出版说明

为了充实电力系统中从事生产和基建的电气工人的理论知识，提高技术水平，我们根据各方面的要求，特重新组织编写一套“电气工人丛书”，在两三年内陆续出版。这套丛书分三大类，即：发电厂变电所电气部分，高压输配电线路部分，继电保护部分。各个部分又按具体内容再分成若干分册。

“电气工人丛书”是在总结我国电力系统的运行、检修和安装经验的基础上，结合理论分析和设备构造，针对电气工人的需要和接受能力，对各种装置进行系统的讲述。丛书内容将着重生产运行方面。读者对象为具有初中文化水平和一定实际工作经验的电力系统电气工人，也可供其他各二业企业中的电气工人，技工学校和中等技术学校的电专业学生参考。

这套丛书的编写，由于缺乏经验，调查研究工作不够深入，可能存在不少缺点，希望各地读者对本丛书的安排与内容等方面提出批评与指正，意见请寄北京月坛水利电力部办公厅图书编辑部。

序 言

蓄電池是發電廠和變電所保證安全發供電的一種獨立電源。用來作為傳動裝置、信號裝置、繼電保護裝置和自動裝置電路以及事故照明和通訊裝置等的直流電源。從此可見，當直流電源故障時，開關和繼電保護裝置等均將失去作用，如果同時電力系統發生事故，就可導致事故擴大或設備損壞，這將給國民經濟帶來極其嚴重的損失。

蓄電池是化學能與電能相互轉換的裝置，當發生劣化或損壞情況時，很難恢復其原有性能。根據這一特點，對蓄電池的安裝、檢修、運行與維護工作要求很高，因此，每一環節均不可疏忽。對日常的充電、放電、均衡充電、調整電解液的比重、補充液面、保持室內溫度和清潔等工作都必須作到精心細致，並按規程和有關的規定進行各項工作，以確保蓄電池的容量和使用年限。

日前在蓄電池方面，存在着由於安裝、檢修、運行與維護不當，以致蓄電池迅速劣化和損壞，直流系統可靠性降低，嚴重地威脅發電廠和變電所的安全運行，並縮短蓄電池的使用年限。因此，如何改善這些工作是當前極其迫切的問題。

著者根據自己的工作經驗編著了這本書，想借此探討這方面問題，以便與廣大讀者一起，共同努力來改善蓄電池方面的工作。由於時間短促和個人水平所限，書中錯誤和不當之處在所難免，甚望讀者批評指正。

本書在編寫過程中，承吉林省電業管理局李寶全工程師和李

学林同志多次指导，并对原稿进行修改补充与审校工作，又承刘英、苏显泉、蔡福田等同志的协助，编者深表感谢。

編 者

1964年8月

目 录

电气工人丛书出版说明

序 言

第一章 鉛蓄电池的工作原理、构造与組成	1
第一节 鉛蓄电池的工作原理	1
第二节 鉛蓄电池的构造与組成	4
第三节 鉛蓄电池的主要参数	13
第二章 固定式鉛蓄电池的安装与检修	19
第一节 对蓄电池室的要求	19
第二节 蓄电池室的通风、采暖与照明	21
第三节 固定式鉛蓄电池的部件检查和驗收	22
第四节 极板的焊接	30
第五节 电解液的性质、比重的选择和电解液的配制	33
第六节 鉛蓄电池安装	44
第七节 鉛蓄电池安装、检修工艺	46
第八节 初充电	51
第九节 放电容量試驗	55
第十节 蓄电池安装和检修后的驗收	61
第三章 固定式鉛蓄电池的运行与维护	63
第一节 按“充电-放电”方式运行	63
第二节 按連續充电（浮充电）方式运行	67
第三节 均衡充电（过充电）法	71
第四节 电解液比重的調整与补充	71
第五节 鉛蓄电池的维护	72
第六节 液状石蜡	75
第七节 鉛蓄电池的貯藏与保管	75
第八节 直流回路中的絕緣監視	75

第九节	蓄电池组的选择	80
第十节	充电机组的选择	83
第十一节	充电装置的比较	84
第四章	固定式铅蓄电池的故障与修理	86
第一节	极板弯曲	86
第二节	极板硫化(生盐)	87
第三节	极板短路	90
第四节	内部自然放电	91
第五节	电解液混浊	92
第六节	极板脱粉	93
第七节	阳极板的故障	94
第八节	阴极板的故障	95
第九节	极性颠倒	96
第十节	联接柄腐蚀	97
第十一节	隔离物损坏	97
第十二节	充电后容量不足	98
第十三节	容量降低	98
第十四节	放电时电压降下过早	99
第十五节	电解液比重低落	100
第十六节	电解液比重过高	100
第十七节	玻璃槽损坏	101
第十八节	沉淀物	101
第十九节	用锅电极法测验极板的状况	102

第一章 鉛蓄電池的工作 原理、構造與組成

第一节 鉛蓄電池的工作原理

蓄電池與干電池有着根本上的區別。干電池的工作不是可逆的，它的作用物質在工作過後即被消耗不能復原；而蓄電池的工作則是可逆的，在使用放電後，經充電再復原，可以循環使用。固定式鉛酸蓄電池如果維護得當，一般使用年限可達20~30年。

所謂蓄電池的可逆過程，就是充電與放電的重複過程。當蓄電池與直流電源連接進行充電時，把電源的電能變為蓄電池的化學能，化學能是以電能的方式積累起來的，這種轉變過程稱為蓄電池的充電。如果對已經充好電的蓄電池，接上負荷時，則化學能又轉變為電能，這種轉變過程稱為蓄電池的放電。

蓄電池的充電與放電時的化學反應如下：

蓄電池充電後未加負荷時，如圖1-1，陽極板作用物質變成二氧化鉛（ PbO_2 ），陰極板作用物質變成海綿狀鉛（ Pb ），它的端電壓為2.05伏（電解液比重是1.21時）。此時在蓄電池兩端

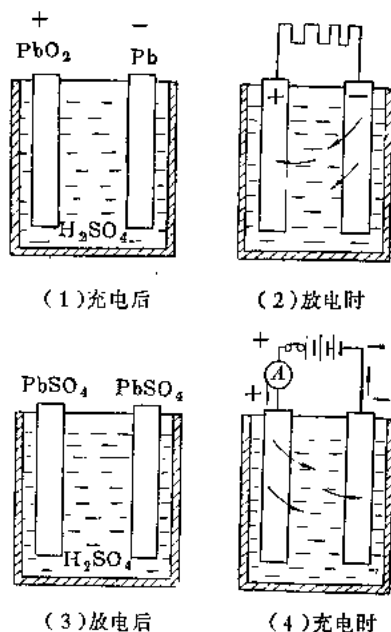


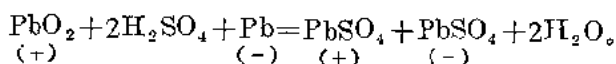
圖 1-1 鉛蓄電池工作原理

接上电阻时，如图 1-1 (2)，电路内就产生电流，电流由蓄电池阳极板流到阴极板。由于电的作用，硫酸(H_2SO_4)在水(H_2O)的溶液中分解出阳性氢(H_2)离子和阴性硫酸根(SO_4)离子；当蓄电池放电时，氢离子流向阳极板，而硫酸根离子流向阴极板。反应式为： $\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{--}$ 。

在阳极板处反应为： $2\text{e} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

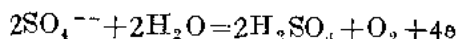
在阴极板处反应为： $\text{Pb} + \text{SO}_4^{--} = \text{PbSO}_4 + 2\text{e}$ 。

多余的负电子就由阴极板流经电阻返回阳极板。这样蓄电池在放电时有两个硫酸分子化合了，生成两个水分子。因此降低了溶液的浓度，比重下降，内阻增加，端电压下降，阴、阳极板上的作用物质变成了硫酸铅(PbSO_4)，如图 1-1 (3)。蓄电池在放电时总的反应式：



硫酸铅(PbSO_4)比极板上的作用物质(PbO_2 和 Pb)的体积和电阻大得多。铅，二氧化铅和硫酸铅的一克分子体积比约为 18:26:49，所以铅和二氧化铅在放电时，阴、阳极板变成硫酸铅，体积大为增加。如果过量放电时硫酸铅因过份膨胀可使极板损坏。此外，由于硫酸铅是导电性能不良的导体，因此蓄电池内电阻增大。

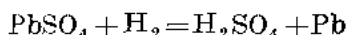
蓄电池充电开始时电压为 2 伏，充电终期为 2.5~2.75 伏。蓄电池接通直流电源时，如电源电压大于蓄电池的电压，则蓄电池中将有充电电流通过。它的方向是由阳极流向阴极，如图 1-1 (4)，在电流的作用下，硫酸分解为 H_2 和 SO_4 ，此时氢离子跑向阴极，硫酸根离子则跑向阳极，与水置换反应，从水中取得两个氢离子而析出氧离子，此时氧离子获得电子而中和成气体，并从阳极板上析出，即



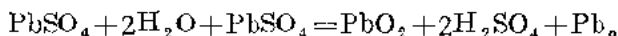
在阳极板处反应式为:



在阴极板处反应式为:

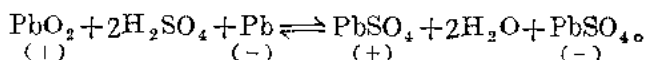


蓄电池在充电时写成下面的总反应式:



反应过程中水被吸收生出硫酸,则阳极板恢复为二氧化铅(PbO_2),阴极板恢复为海绵状铅(Pb),如图1-1(1),因之电解液浓度增加,比重升高,内阻降低,端电压逐渐升高。

在放电和充电循环过程之中可逆反应式如下:



式中从左向右反应称为放电反应,从右向左反应称为充电反应。

蓄电池在放电、充电过程中,将发生下列现象:

1. 放电时

(1) 阳极板由深褐色的二氧化铅逐渐的变为硫酸铅,因此阳极板的颜色变浅了。

(2) 阴极板由灰色的海绵状铅逐渐变为硫酸铅,因此阴极板的颜色也变浅了。

(3) 电解液中,硫酸浓度降低,而水分增加,因此比重逐渐下降。

(4) 内阻增加,端电压减低。

2. 充电时

(1) 阳极板由硫酸铅逐渐变成二氧化铅,颜色逐渐恢复深褐色。

(2) 阴极板由硫酸铅逐渐变成海绵状铅,颜色也逐渐恢复原来的灰色。

(3) 电解液中的水分减少,硫酸浓度增加,因此比重慢慢升高。

(4) 充电将要完成时, 阳极板上的硫酸鉛, 大部分恢复成为二氧化鉛, 氧离子因找不到和它起作用的硫酸鉛而析出, 所以在阳极板上产生了气泡。在阴极板上, 氢离子也因为找不到和它起作用的硫酸鉛而析出, 所以在阴极板上也有气泡发生。

(5) 内电阻逐渐减少, 而电压逐渐升高。

符号說明 鉛— Pb ; 硫酸鉛— PbSO_4 ; 水— H_2O ; 硫酸— H_2SO_4 ; 二氧化鉛— PbO_2 ; 电子— e ; 氢离子— H^+ ; 硫酸根离子— SO_4^{--} 。

第二节 鉛蓄电池的构造与組成

鉛蓄电池是由阴极板、阳极板、隔离板、隔离棒、容器、电解液(稀硫酸)、鉛联結条、压紧鉛条等部組成。阳极板上的二氧化鉛, 阴极板上的海綿状鉛, 称为作用物质。KQ型、1K型蓄電池, 因它的体积和重量較小, 厂家制造时把板板焊接成极板群; 而2K型体积較大, 为了便于包装和运输, 出厂时为单片, 由用户自行焊接成极板群。

一、极板

国产极板一般有充成式、半充成式和涂膏式三种类型。阳极板采用純鉛鑄成(純度为99%以上)經科学方法化成处理(在极板上形成作用物质的过程, 叫做蓄電池极板的化成), 使其形成作用物质。

1. 充成式

充成式阳极板体积与重量都比較大。它的作用物质是由本身的鉛經氧化还原而成。极板本身由純鉛浇鑄碾压制成。一般是将极板用硝酸浸漬, 使极板上生成难溶于水的鉛盐, 經充电使之变为作用物质。在化成时用的电解液内, 生成了硝酸鉛, 再用化成法使之还原为过氧化鉛, 即为阳极板。阴极板則可由阳极板反充电而成。也有先使极板生成碳酸鉛, 再还原为过氧化鉛的。目前国产的, 如KQ型、1K型阴极板为涂膏式(图1-2), 阳极板为充成式(图1-3)。2K型阳极板和阴极板采用涂膏式較多, 如图

1-4和1-5所示，也有的阳极板为半充成式的。

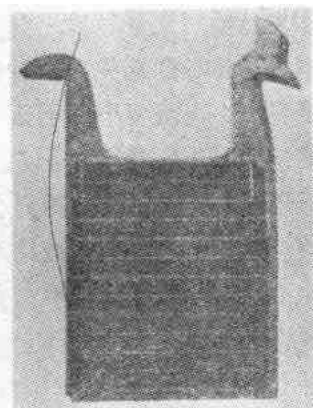


图 1-2 1K型涂膏式阴极板

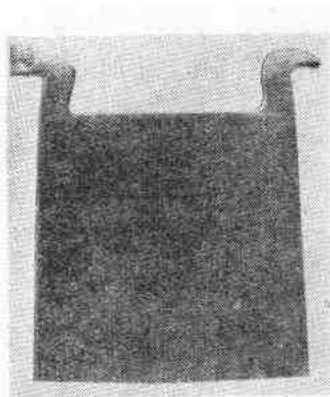


图 1-3 1K型充成式阳极板

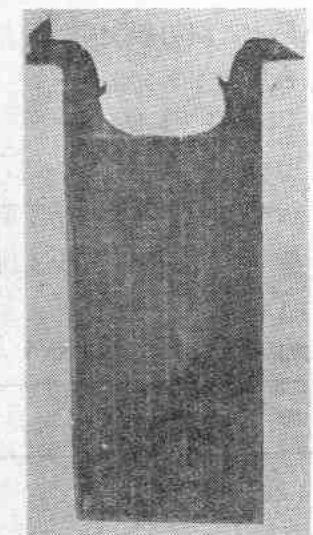


图 1-4 2K型涂膏式阴极板

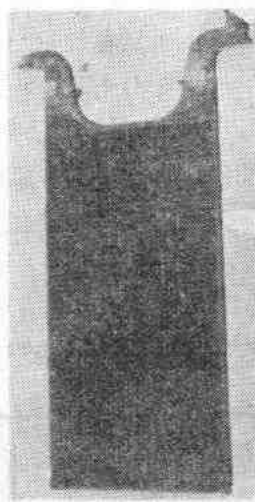


图 1-5 2K型涂膏式阳极板

2. 涂膏式

极板的涂料占全部极板重量一半以上。涂料或者已经变成的作用物质，形成疏松的状态，强度很差，不能受力，因此，一般用有较高机械强度，耐腐蚀性强的铅铋合金制成栅架。如图

1-6所示。栅架制成空格形，成为横竖条纹形，还有的制成对角的格子，涂料就嵌在格中。栅架既作支持物质又是导体，当作用物质变化而产生的电流，沿着栅架框格子传导到端头上。因此

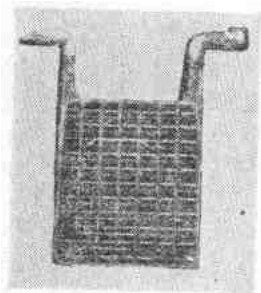


图 1-6 栅架

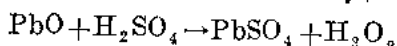
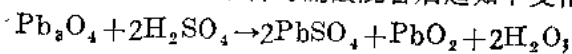
栅架的强度要高，电阻要小，不易受酸侵蚀。栅架的制作通常用 5~12 % 铅锡合金，以增加机械强度。铅锡合金的电阻较纯铅为大，自放电较纯铅稍强，但并不严重。一般栅架用刻有纹路的硬钢模来铸造。

3. 涂料（作用物质）

涂料的成分主要是铅的氧化物。

这些化合物与硫酸化合后，再经充电过程变为作用物质。

阳极板是铅丹（ Pb_3O_4 ），为赤色粉末。阴极板是氧化铅（ PbO ），为黄色粉末。涂料与硫酸混合后起如下变化：



铅丹和硫酸化合生成二氧化铅，用于阳极板。一氧化铅则用于阴极板。实际上是两者搀在一起使用。一般混合数量如表 1-1 所示。

表 1-1 涂 料 配 方 （单位：份）

涂 料 名 称	阳 极 板	阴 极 板
铅丹(Pb_3O_4)	5	1
一氧化铅(PbO)	1	5
稀硫酸(比重1.150)	1	1

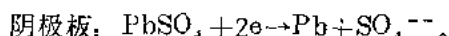
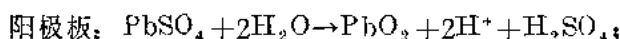
由于受铅丹的纯度的限制，所以表 1-1 中的配合比并非标准数值。铅丹和一氧化铅混合后应充分搅拌均匀。将混合物装在大瓷缸中，注入稀硫酸进行搅拌，直至见不到颗粒为止。涂料遇到

硫酸后立即发生化学变化，部分生成硫酸鉛，并发出热量。若加入的稀硫酸过浓，則生成的硫酸鉛过多，涂料体积增大，变得过分疏松，很容易脫落。但如果不够疏松时，則失去多孔性，参加反应作用的物质减少，因而减少电池容量。

阴极板涂料极易收縮。为防止收縮，涂料中附有硫酸鋇或烟黑。烟黑通常是用經過加工的木炭粉、黄麻、木屑等物，以0.003份混入涂料中，将涂料調成浆糊状态，用鍤子压入柵架的空格中。为防止裂紋，可在比重为1.100的稀硫酸中，浸几秒钟后凉干。在常温下，极板的干燥过程約48~96小时；但如温度較高，則只需12~24小时。凉干时不宜使温度变化急驟，特別是不許受冻。

4. 极板化成

极板的涂料中含有一氧化鉛（ PbO ，或称密佗僧）和四氧化三鉛（ Pb_3O_4 ，或称鉛丹）及硫酸鉛，經過化成手續使它变为二氧化鉛或海绵状鉛。化成时先将极板浸在稀硫酸中，此时涂料中的一氧化鉛和四氧化三鉛繼續和硫酸作用，再在极板上施以直流电源，則起下列化学变化：



这个变化和充电时变化相同。化成完了时，极板上的涂料全部变成了可用的有效作用物质，具有疏松多孔的结构。

凉干的极板，依一定距离，把阴极板或阳极板分別焊在一起，然后对插起来，并在阳极板和阴极板之間加隔离物来防止阴、阳极板接触。此后全部放入比重为1.050~1.150的稀硫酸中，把蓄电池的正负极和直流电源的正负极相連，加上直流电源，极板的涂料开始变化。由于在变化中有硫酸产生，液体中的硫酸含量逐渐增加，比重也逐渐升高，至极板颜色均匀，开始冒气泡为止。一般所通入的电流可按式計算：

$$I = (0.002 \sim 0.005) \times M \times S \quad (1-1)$$

式中 I ——通入的直流电流，安；

M ——每片阳极板的总面积，厘米²；

S ——阳极板的片数；

0.002~0.005——每片阳极板每平方厘米面积上所通过的电流。

化成后的阳极板与阴极板分别有90%的二氧化铅和纯铅。海绵状铅在空气中被氧化而发热，因此阴极板在取出时，应立即通入冷风散发热量。

每一极板群总是阴极板比阳极板多一片。也就是阳极板两面都被阴极板夹着。而且蓄电池两侧的阴极板的厚度比其他阴极板要薄一半。

二、隔离物

隔离物也叫隔离板和隔离棒。它装在阴、阳极板中间，使两极板之间保持有一定距离，防止异性极板接触短路；并且能够防

止由于较大充电和放电电流使极板受震动，而影响作用物质脱落和极板弯曲变形。

隔离板与隔离棒，一般常用的有四种：木质的隔离板和隔离棒；硬橡皮制成多小孔的隔离板和隔离棒；塑料制成多小孔的隔离板和隔离棒；也有用玻璃制成的隔离棒等。各有各的优点和缺点，硬橡皮或塑料制品内阻小，机械强度大，耐酸性强，使用持久，蓄电池大修后隔离物不易损坏，仍可

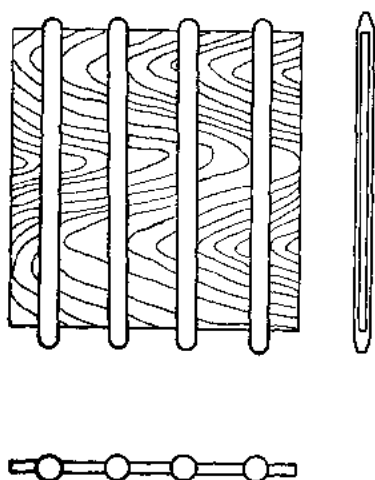


图 1-7 木隔板

继续使用，但吸酸量小，价格较贵。木质制成的隔离板和隔离棒，吸酸量大，价格低；但较硬橡皮或塑料的内阻大，耐酸性

和机械强度差，并且只能用一次，蓄电池的隔离物因长期浸入电解液中，已变脆，大修后不能再用。而塑料制品为多孔、吸酸量多的隔离物，大修后仍能使用，所以它比较优越，宜多采用。目前使用塑料或硬橡皮制成的隔离物还很少，还待进一步研究和试用，以积累经验。

图1-7为平板形木隔板。

不论隔离物采用哪种材料都应符合以下要求：

1. 能多量吸收电解液。隔离物必须疏松多孔，以大量吸收电解液，并容易对流和扩散。

2. 内阻低。隔离物对蓄电池的内阻影响很大，隔离物本身是绝缘体，但蓄电池的化学反应是通过隔离物小孔中的电解液来导电，孔愈多，化学反应就更为容易，导电性就愈好，因而内阻也就愈小。

3. 耐酸性强。机械强度高。蓄电池在充电、放电过程中或受大电流冲击以及极板弯曲变形时，都容易损坏隔离物，因而，应具有承受这种压力和冲击的机械强度。

目前因木质隔离物制做简便，价格便宜，故普遍采用。木质隔离物一般用红松、赤杨、榆木，或其他松木等制成。但因木质与硫酸作用后能生成醋酸，能够腐蚀阳极板，硬化阴极板，木质中的油脂又能堵塞小孔，故必须经过严格的化学处理后方可使用，否则对蓄电池危害甚大。

三、木质隔离物的化学处理

一般多用苛性钠（ NaOH ）溶液浸渍处理木隔板中的杂质。

用3~6%苛性钠（ NaOH ）溶液浸渍、处理木隔板中的杂质，首先做一个能容纳被处理的木隔板的铅槽或衬铅木槽，将木隔板按H型纵横排列好装入槽中。为使木隔板在酸、碱溶液中浸渍均匀，KQ型、1K型每隔7~8片夹上一片带沟的木隔板；2K型每隔3~4片夹上一片带沟的木隔板；2K型每隔3~4片夹上一片带沟的木隔板，并用铅块压住。将规定比重的碱液灌满槽