

直流电源设备的运行与维护

袁宝善 编著

黑龙江科学技术出版社

内 容 提 要

本书主要对铅酸蓄电池及碱性蓄电池的工作原理、构造、特性、安装、检修和故障处理等作了系统的叙述。与此同时,对纯水的制取、硅和可控硅整流充电装置、硅整流分合闸装置、电容储能式硅整流分合闸装置、镉镍电池式硅整流分合闸装置及复式整流装置等直流电源设备,也作了介绍。

本书可供电力、铁路、交通、冶金、煤炭、国防、邮电系统中的有关工人阅读,也可供有关中等专业学校和技工学校学生参考。

封面设计: 陈美艳

直流电源设备的运行与维护

袁宝善 编著

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街 35 号)

黑龙江新华印刷厂附属厂印刷·黑龙江省新华书店发行

开本 787×1092 毫米 1/16·印张 10 插页 1 字数 220 千

1985 年 4 月第一版·1985 年 4 月第一次印刷

印数: 1—24,520

书号: 15217·175

定价: 2.10元

前 言

铅酸蓄电池、碱性蓄电池、硅和可控硅整流充电装置、硅整流分合闸装置、电容储能式硅整流分合闸装置、镉镍蓄电池式硅整流分合闸装置、复式整流装置等是电力、邮电、铁路、交通、煤炭、冶金、纺织、石油化工及国防工业中不可缺少的直流电源设备。

在应用中，直流电源设备的安装、检修、使用和维护，事实上还存在不少问题，因而常常发生劣化或损坏等故障，影响安全生产，影响直流电源的使用寿命。近年来由于从事直流电源设备运行工作的青年工人大量增加，他们十分希望能有一本通俗易懂、结合实际、便于学习的技术读物。为此，编者在广泛搜集制造厂家和使用单位有关资料的基础上，加上本人近三十年的工作经验和体会，编写了这本书。

在本书编写过程中，曾得到吉林省电力设计院宋淑英，四平电业局宋连库、文红、劳洪文、许丽华、国淑媛、王月平、刘英、周玉兰等同志的多方支持和协助。在此一并深表谢意。

由于本人水平有限，书中一定存在不少缺点和错误，敬望读者批评指正。

目 录

第一章 铅酸蓄电池	1
第一节 铅酸蓄电池的工作原理.....	1
第二节 铅酸蓄电池的主要参数.....	2
第三节 铅酸蓄电池的型号和构造.....	7
第四节 铅酸蓄电池的特性.....	18
第二章 防酸隔爆式铅酸蓄电池的安装	21
第一节 防酸隔爆式铅酸蓄电池室的布置.....	21
第二节 防酸隔爆式铅酸蓄电池安装前的检查.....	24
第三节 用化学除盐法制取纯水.....	25
第四节 电解液的选择与配制.....	27
第五节 防酸隔爆式铅酸蓄电池的安装.....	34
第六节 初充电.....	37
第七节 放电容量试验.....	39
第八节 防酸隔爆式铅酸蓄电池的安装和检修后的验收.....	42
第三章 防酸隔爆式铅酸蓄电池的运行与维护	46
第一节 按浮充电连续充电方式运行.....	46
第二节 按充电—放电方式运行.....	49
第三节 均衡充电（过充电）法.....	52
第四节 电解液的调整 and 补充.....	52
第五节 防酸隔爆式铅酸蓄电池的维护.....	52
第四章 防酸隔爆式铅酸蓄电池的故障与修理	55
第一节 极板弯曲.....	55
第二节 极板硫化.....	56
第三节 极板短路.....	57
第四节 内部自然放电.....	58
第五节 电解液混浊.....	58
第六节 极板脱粉.....	58
第七节 正极板的故障.....	59
第八节 负极板的故障.....	59

第九节	极性颠倒	60
第十节	连接柄腐蚀与隔离物损坏	60
第十一节	充电后容量不足或容量减少	61
第十二节	放电时电压下降过早	61
第十三节	电解液比重低于或高于正常值	61
第十四节	沉淀物过多并呈现不正常的颜色	62
第十五节	用铜电极测验极板	62
第五章	碱性蓄电池	64
第一节	铁镍蓄电池和镉镍蓄电池的工作原理	64
第二节	铁镍蓄电池的构造与组成	64
第三节	镉镍蓄电池的构造与组成	68
第四节	碱性蓄电池的电解液及其性质	71
第五节	碱性蓄电池的特性	78
第六节	碱性蓄电池的安装	83
第七节	碱性蓄电池的运行与维护	84
第八节	碱性蓄电池的故障处理	87
第九节	银锌蓄电池	88
第六章	硅整流充电装置	93
第一节	GVA 系列硅整流充电装置	93
第二节	KGVA 系列可控硅整流充电装置	101
第七章	硅整流分合闸装置	113
第一节	整流交流电源	113
第二节	GKA 系列硅整流分合闸装置	114
第三节	GKA 系列硅整流分合闸装置的主要部件测试及检查项目	119
第八章	电容储能式硅整流分合闸装置	121
第一节	电容储能式硅整流装置系统接线	121
第二节	补偿电容量的选择	123
第三节	GKA 11 型和 GKA 12 型电容储能式硅整流分合闸装置	126
第四节	GKA 31 型和 GKA 32 型电容储能式硅整流分合闸装置	129
第五节	GKA 系列电容储能式硅整流分合闸装置的安装、运行与维护	132
第九章	复式整流装置	134
第一节	复式整流系统的接线	134
第二节	复式整流装置的计算	137

第三节	FZQ 系列复式整流装置.....	138
第四节	复式整流装置的运行与维护.....	142
第十章	镉镍电池式硅整流分合闸装置.....	144
第一节	GKA41 系列与 GKA42 系列镉镍电池式硅整流分合闸装置	144
第二节	GKA41 与 GKA42 系列镉镍电池式硅整流分合闸装置的运行与维 护.....	147
第三节	DWZ/DCn 型 镉镍电池式硅整流分合闸装置	149
第四节	镉镍电池式硅整流分合闸装置的故障和排除方法.....	152

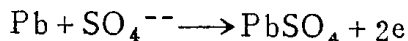
第一章 铅酸蓄电池

第一节 铅酸蓄电池的工作原理

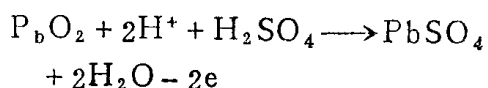
铅酸蓄电池是一种化学电源，它把电能转变为化学能并储存起来，使用时，把储存的化学能再转变为电能，两者的转变过程是可逆的。

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时，将有电流流过负荷，即储存在蓄电池内的化学能又转变为电能，这种转变过程称为蓄电池的放电。

铅酸蓄电池充电后（图 1—1 a），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 ）。这时，如果在蓄电池两端接上电阻（图 1—1 b），电路内就会产生电流，由蓄电池正极板流到负极板上。硫酸（ H_2SO_4 ）在水（ H_2O ）的溶液中，一部分分子自发地分解为正的氢离子（ 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。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（ $PbSO_4$ ）（图 1—1 c）。硫酸铅的体积和电阻比极板上的活性物质大得多。一克分子的铅、二氧化铅和硫酸铅体积比为 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。过量放电时，硫酸铅因过分膨胀，可使极板损坏。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，则充电电流由蓄电池正极流向负极（图 1—1 d）。在电流的作用下，电解液中的硫酸根离子移向正

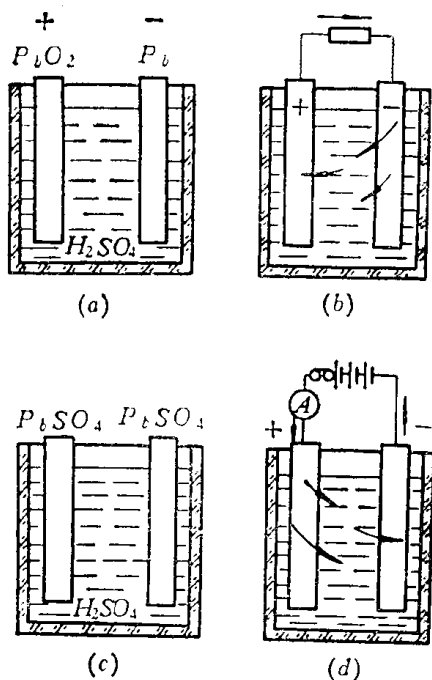


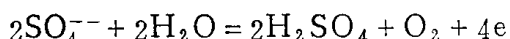
图 1—1 铅蓄电池工作原理

(a) 充电后 (b) 放电时

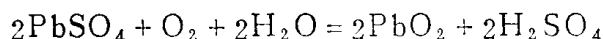
(c) 放电后 (d) 充电时

由蓄电池正极流向负极（图 1—1 d）。在电流的作用下，电解液中的硫酸根离子移向正

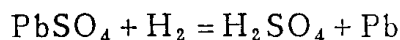
极, 与水置换反应, 从水中取得两个氢离子成为硫酸而析出氧离子, 这时, 氧离子丢掉两个电子(e)而变成气体, 并从正极板上析出, 即



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

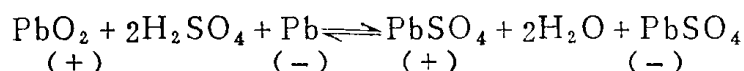


在负极板上反应式为



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(图 1—1 a)。结果使电解液的浓度和比重增加, 蓄电池的内阻降低, 端电压升高。

放电和充电循环过程中, 可逆反应式如下:



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:

放电时

- (1) 正极板由深褐色的二氧化铅逐渐变为硫酸铅, 因此, 使正极板的颜色变浅。
- (2) 负极板由灰色的绒状铅逐渐变为硫酸铅, 因此, 使负极板的颜色也变浅。
- (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。

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, 氧离子团找不到和它起作用的硫酸铅而析出, 所以在正极板上产生气泡。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产生。
- (5) 蓄电池的内阻减少, 而端电压逐渐升高。

第二节 铅酸蓄电池的主要参数

一、铅酸蓄电池的电动势

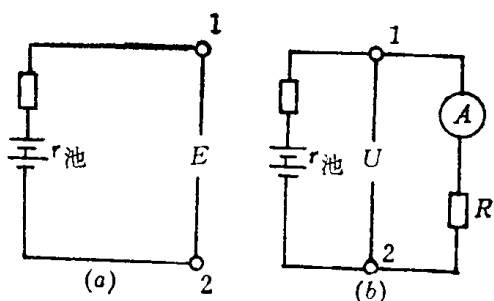
铅酸蓄电池的电动势就是蓄电池在没有负载时测得的端电压(E), 也就是蓄电池在开路时的端子电压(图 1—2 a)。在蓄电池两端接上一个负载电阻 R 时, 电路内便有电流流通。此时在端子 1、2 两点上测得的电压已不是 E, 而降低为 U 了。电压降低的原因是蓄电池中具有内阻($r_{\text{池}}$)。如果电流 $I=0$, 则 $U_{\text{开}} = E$, 这就是蓄电池的电动势和端电压两者不同之处。一般所说蓄电池的端电压, 是指它的闭路电压而言。

铅酸蓄电池的电动势, 主要与电解液比重有关。电动势与电解液比重的关系, 可近

似地用下面经验公式来表达：

$$E = 0.84 + \gamma \text{ (伏)}$$

(1—1)



式中 E —蓄电池的电动势，伏；

γ —电解液比重；

0.84—蓄电池电动势常数量。

γ 是极板活性物质细孔中电解液的比重，而不是极板间的电解液比重。由于测试用的比重计不可能测出极板细孔中电解液的比重，因而必须在蓄电池处于静止状态时进行测试。在静止时，由于电解液的扩散作用，浓度易于均匀，这时极板细孔中和极板间的电解液比重大致相同。

图 1—2 铅酸蓄电池的电动势与端电压
(a) 开路时的端电压 (b) 闭路时的端电压

当蓄电池充电完成时，将外电路断开，测得比重为 1.210，则按式(1—1)计算，蓄电池的电动势应为

$$E = 0.84 + 1.210 = 2.05 \text{ 伏}$$

蓄电池极板细孔中的电解液和极板间的电解液二者的比重有很大差别。在充电和放电过程中，蓄电池的电动势变化很大。当蓄电池充电时，极板细孔中形成的硫酸不能立即向容器中其它部分扩散，而极板细孔中的电解液比重较容器中的电解液比重高些；反之，在放电时，极板细孔内形成的水也不能立即向容器中其它部分扩散，极板细孔中的电解液，较容器中电解液比重低些。因此，在充电或放电終了后的一段时间内，蓄电池的电动势在充电后略有低落，由 2.3 伏降至 2.06 伏才稳定下来，而放电后略有回升，由 1.8 伏升至 2.0 伏而稳定。

固定式铅蓄电池充电后的电解液比重约为 1.220；放电后电解液的比重约为 1.160，按式(1—1)计算，蓄电池在静止状态时的电动势在 2.06 和 2.0 伏之间。

二、铅酸蓄电池的内电阻

铅酸蓄电池的内电路由电解液构成，而电解液中有一定的电阻，板栅与活性物质也有一定的电阻，尤其是隔离物的电阻很大，所有这些电阻的总和就是蓄电池的内电阻。

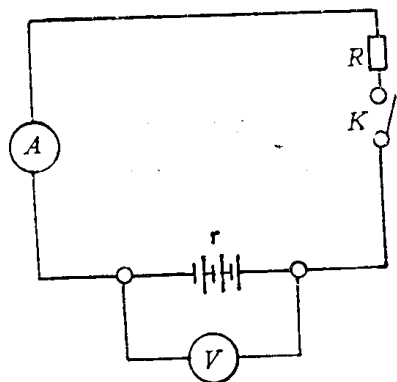
蓄电池的内电阻，不是一个固定值。为减少蓄电池的内电阻，将极板板栅制成多孔状的，板栅的比例应合适。隔离物的泡制和蓄电池安装工艺都影响蓄电池的内电阻。

充电时，蓄电池内电阻逐渐减小。其原因是，两极板上的硫酸铅分别变为二氧化铅和绒状铅，二氧化铅和绒状铅的导电性能都比硫酸铅好得多。电解液的电阻称为接触电阻，其中包括极板间电解液电阻和极板细孔内电解液电阻。当比重为 1.200 时，电解液的电阻最小。充电时，极板细孔中硫酸浓度增加，水分减少。由于硫酸导电性能比水好得多，所以内电阻降低。

放电时，蓄电池内电阻逐渐增大。其原因是，电解液比重降低。放电时，极板细孔中硫酸浓度减少，水分增多，所以内电阻增大。另一个原因是两极板上形成硫酸铅。硫酸铅是一种导电性能不良的盐状晶体物质，使内电阻增大。此外，电解液温度对蓄电池内电阻也有显著影响。当温度升高时，电解液粘度下降，分子和离子的活动性增强，内

电阻减小；反之，温度降低时，电解液粘度增加，分子和离子活动性减弱，从而使内电阻增加。因此，蓄电池内电阻不是固定值，在充电和放电过程中，随着电解液的比重、温度和极板上活性物质的变化而变动。

铅酸蓄电池的内电阻，在充电和放电过程中，可用直流电压降法求得。以 10 小时放电率的恒定电流放电至端电压值较稳定时，测量放电电流(I)和端电压(U)的数值，然后迅速用电路开关(K)断开负载(R)，这时，电动势(E)的数值就是图 1—3 中拉开电路开关(K)时电压表(V)指示的数值。



电动势(E)应大于端电压(U)。当开关(K)断开时，端电压立刻升高。这个升高的电压就是 E。E 和 U 之间的差就是蓄电池的内部电压降。其内电阻可用下式求出：

$$r_{\text{放}} = \frac{E - U}{I} \quad (\text{欧}) \quad (1-2)$$

式中 $r_{\text{放}}$ —放电时蓄电池的内电阻，欧；
E—蓄电池的电动势，伏；
U—放电时蓄电池的端电压，伏；
I—蓄电池的放电电流，安。

图 1—3 用直流电压降法测量蓄电池内电阻

例如，由 12 只蓄电池组成的 24 伏蓄电池组用 10 安放电时，测得电池的端电压为 23.4 伏。将电路断开后，电压立刻上升到 24 伏。按公式(1—2)计算，这组蓄电池的内电阻应为

$$r_{\text{放}} = \frac{24 - 23.4}{10} = 0.06 \quad (\text{欧姆})$$

如每只蓄电池的内电阻相同，则每只蓄电池的内电阻应为

$$r_{\text{放}} = 0.06 \div 12 = 0.05 \quad (\text{欧姆})$$

这 12 只蓄电池的内电阻有差别时，可用同样方法逐只测量计算。

同理，在充电时，也可用上法求得蓄电池的内电阻。

三、铅酸蓄电池的端电压

蓄电池的端电压可用下式表示：

$$\text{充电时 } U = E + Ir \quad (\text{伏}) \quad (1-3)$$

$$\text{放电时 } U = E - Ir \quad (\text{伏})$$

式中 U—端电压，伏；

E—电动势，伏；

I—充电或放电电流，安；

r—蓄电池的内电阻，欧。

蓄电池充电时，硫酸铅逐渐消失，电解液比重逐渐增高，电动势也慢慢增大，内电阻也随着逐渐减小。因此，必须增大充电时的外施电压，以维持一定的充电电流。放电时，电解液比重逐渐降低，电动势随着逐渐降低，内电阻逐渐增加，电压损失增大，使端电压降低。电动势和内电阻在充电和放电过程中的变化，影响蓄电池的充电和放电曲线。

当蓄电池充电时，在正、负极板上将有新的硫酸产生，并集中在极板上。起初，硫酸只能在极板的活性物质细孔中析出，后来，扩展到整个极板。所以，在充电初期，电压很快增加到 2.0~2.2 伏，然后随着电解液比重的增加而慢慢升高。

在继续充电中，极板上硫酸铅几乎全部变成了二氧化铅和绒状铅。在充电电流的作用下，电解液中的水，分解出氧气和氢气，只因产生气体的瞬间得不到足够数量的硫酸铅与之化合，最后只好分别在正、负极板附近散发出来。连续充电时，可以看到在正、负极板附近发生很多气泡，使电解液处于沸腾状态，电动势则愈来愈稳定，电解液比重达到一定值后就稳定下来。充电终期，电压显著升高到 2.5~2.8 伏，最后趋于稳定（图 1—4）。当蓄电池两极有强烈的气泡发生后，应使充电电流减少 40~50 % 左右，使充电更为深入。

蓄电池放电开始时，电压迅速下降，随着放电时间的增加，电压下降的速度加快，一直下降到 1.8 伏，甚至到 1.7 伏左右（图 1—5）。

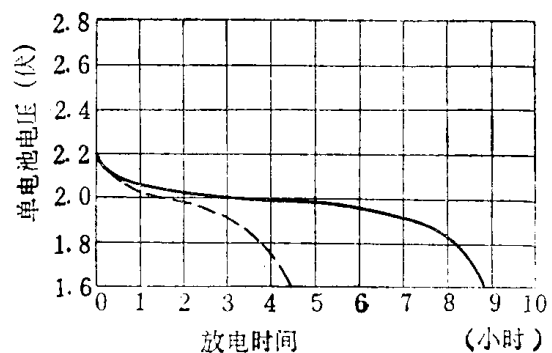
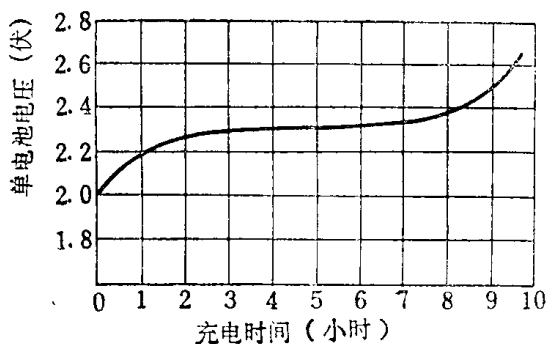


图 1—4 铅酸蓄电池电压在充电时的变化 图 1—5 铅酸蓄电池电压在放电时的变化

这时，正、负极板上二氧化铅和绒状铅已转为硫酸铅，不允许再继续放电，否则，电压将急剧下降，并使极板损坏。在放电开始的一段时间，电压显著降低。这是由于活性物质的细孔中，酸的比重降低所致。放电时，由于化学变化而生成的硫酸铅在极板上结成白色结晶体（叫做极板硫化或叫做极板生盐），影响电解液流通，以后再充电时恢复较慢，并不容易将全部硫酸铅恢复为活性物质。

放电电流愈大，电压降得愈快。图 1—5 中的虚线，表示放电电流加倍时的电压变化曲线。这是由于活性物质细孔缩小，极板和硫酸的接触面积减少所致。极板内部电解液不足，活性物质形成了不良的硫酸铅，增加了蓄电池的内电阻，这也是其中的原因之一。更重要的原因是，活性物质表面生成的硫酸盐，阻止了活性物质继续进行的化学反应。

铅酸蓄电池充电时，电压升高到 2.5~2.8 伏时停止充电，蓄电池电压从 2.8 伏会很快降到 2.1~2.2 伏左右。这是因为在充电时，从活性物质中析出的硫酸，使细孔内外的电解液不容易混合均匀，因此，细孔内的电解液比重较高，它比不直接和活性物质接触的电解液比重还要高。从而使蓄电池的电压也较高。当停止充电后，活性物质外面的电解液由于渗透作用，逐渐和细孔内的电解液混合，使比重降低，蓄电池电压也随着降低。

同理，当蓄电池的电压因放电已降到 1.75~1.8 伏时停止放电，电压就会立即恢复到 2 伏左右。这是因为放电时，活性物质细孔内的电解液和活性物质起化学反应，使电解液比重降低，它比外表面不直接和活性物质接触的电解液比重要低，所以，蓄电池电

压也较低。当停止放电后，由于渗透作用，活性物质细孔外面的电解液逐渐和细孔内的电解液相混合，使细孔内电解液的比重较混合前升高，因而电压也升高。

四、铅酸蓄电池的容量

将一个充足电的蓄电池连续放电，直至电压达到极限电压（1.75~1.8伏）时止，放电电流和放电时间的乘积称为蓄电池的容量，其单位为安培小时（简称安时）。

蓄电池的容量，随放电电流的大小和时间的长短不同而不同。同时，也与电解液的比重和温度有一定关系。当电解液平均温度为 25℃，以 1/10 容量（安培小时）的放电电流，作 10 小时放电率放电时，就是这个单电池放电到极限电压值 1.75~1.8 伏时的额定容量。如果容量为 180 安时的蓄电池，以 18 安电流放电，可达 10 小时。如果在 10 小时之内，用大于 18 安的电流放电时，则容量不足 180 安时；反之，在 10 小时内，用小于 18 安的电流放电，则容量可大于 180 安时。因为蓄电池以大于 10 小时放电率的电流放电时，化学变化较快，单位时间内极板上生成的硫酸铅较多，堵塞了活性物质的细孔，使电解液不能畅通无阻地进入细孔中和活性物质接触，而起化学反应，从而降低了蓄电池的容量。如果用小于 10 小时放电率的电流放电，化学反应就慢一些，极板上硫酸铅的生成也就比较缓慢，活性物质的细孔中，因化学反应所析出的水分能及时和外面的电解液相混合，比重变化不多，这就使活性物质的表面和细孔中都均匀地进行化学变化，从而增加了蓄电池的容量。由此可知，在使用蓄电池时应注意，用大电流放电时时间不要过长，否则虽电压没达到极限值，但极板也容易硫化和损坏。

蓄电池的容量与电解液温度之间的关系也很重要。当温度升高时，电解液粘度减小，比重降低，对极板活性物质的渗透作用增强。同时，由于温度愈高，电阻愈小，负载电流升高，因此容量有所增加。如果温度降低，则电解液粘度增加，流动性就较差，电化反应缓解，内阻也增大，对极板活性物质的渗透作用也减弱，因此容量有所减少。

电解液的比重与蓄电池容量之间，也有一定关系，比重愈高，容量就愈大。但如果电解液比重过高，电流易于集中，极板腐蚀和隔离物损坏也就愈快，这就缩短了蓄电池的使用寿命。所以，电解液比重必须适当。只顾提高蓄电池的容量，而不顾其使用寿命是不正确的。国产固定式铅蓄电池的电解液比重在 1.200~1.250 左右，温度为 15℃或 20℃不等。实验证明，比重过高，极板就容易被腐蚀。因此，采用温度 15℃，比重 1.2150 最为合适。由此可见，影响蓄电池容量最显著的因素是电解液温度。蓄电池制造厂规定的容量，称为额定容量，是以电解液温度为 25℃ 作为依据的。当电解液温度在 10~30℃ 的范围内变化时，温度每升高或降低 1℃，蓄电池的容量也相应地增大或减小额定容量的 0.8%。当温度超出这个范围时，可按下列式求得蓄电池容量，即

$$C_{25} = \frac{C_t}{1 + 0.008(t - 25)} \quad (\text{安} \cdot \text{时}) \quad (1-4)$$

式中 C_t —温度为 t 时的容量，安时；

C_{25} —温度为 25℃ 时容量，安时；

t —蓄电池放电时的典型电池实际平均温度，℃。

应该说明，公式(1-4)仅在温度 $t = 10 \sim 30^\circ\text{C}$ 范围内有效。但必须注意，虽然电解液温度升高，蓄电池容量增大，但如果超过一定限度，易使极板弯曲变形，增大了蓄电

池的局部放电，会使蓄电池受到不可挽救的损失。

蓄电池容量与极板总面积成正比，面积越大，活性物质越多，容量就大；面积越小，活性物质越少，容量就小。每个单电池的容量是以正极板的面积来计算的，例如 1K—5 型蓄电池的正极板为 5 片，每片高 17.8 厘米，宽 16.9 厘米，正极板每平方厘米容量为 0.06 安时（以 10 小时放电率计算），但正极板的两面都在工作，正极板的总面积为单面的两倍。所以 1K—5 型蓄电池的容量为

$$0.06 \times 17.8 \times 16.9 \times 2 \times 5 = 180 \text{ 安时。}$$

第三节 铅酸蓄电池的型号和构造

一个单体铅蓄电池是由正极板、负极板、隔离板、容器、电解液、联接板和压条（板）等部件所组成的。铅酸蓄电池的种类很多，它的制造方法不同，其容量和寿命也不同。近几年来，蓄电池制造工业发展很快，吸收外国一些生产经验，旧产品已淘汰更新，使用旧产品的用户已为数不多了。故本节着重介绍新产品防酸隔爆式铅蓄电池的构造。

一、防酸隔爆式铅酸蓄电池的型号

防酸隔爆式铅蓄电池的型号和每个字母所表示的意义如下：

例如，型号 GG—12，第一个字母 G，表示这种蓄电池是固定式的。G 是“固”字汉语拼音 GU 的第一个字母。第二个字母表示正极板的构造型式，所用符号有：H、T、B、G、H 表示化成式，是“化”字汉语拼音 HUA 的第一个字母。T 表示涂膏式，是“涂”字汉语拼音 TU 的第一个字母。B 表示半化成式，是“半”字汉语拼音 BAN 的第一个字母。G 表示正极板为玻璃丝管式，是“管”字汉语拼音 GUAN 的第一个字母。

如果是 GGF 型，字母 F 表示防酸隔爆式，是“防”字汉语拼音 FANG 的第一个字母。型号中的数字表示蓄电池的容量。

此外，有些蓄电池型号的后面，还有标明容器种类的符号 B 和 M。B 表示玻璃槽，是“玻”字汉语拼音 BO 的第一个字母。M 表示衬铅木槽，是“木”字汉语拼音 MU 的第一个字母。

二、防酸隔爆式铅酸蓄电池的构造

1. 负极板

极板的涂料占全部极板重量一半以上。当涂料或已形成的活性物质变成疏松状态时，其强度很差，不能受力。因此，一般用机械强度较高、耐腐蚀性较强的铅锡合金制成板栅（图 1—6）。板栅制成空方格形，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。板栅既充作支持物又充作导体，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

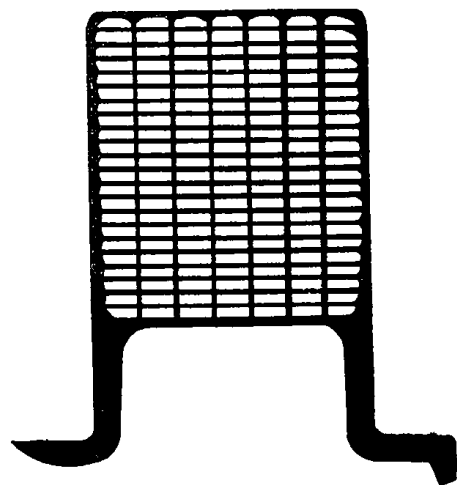


图 1—6 负极板栅

学稳定性。通常用含锑6~9%的铅锑合金制成板栅，以增加机械强度。铅锑合金的物理性能如表1—1所示。

铅锑合金的电阻率较纯铅大，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，将温度控制在450~500℃之间为宜。

表 1—1 铅锑合金的物理性能

含锑百分数	熔点(℃)	密 度 (克/厘米 ³)	抗张强度 (牛顿/厘米 ²)	断裂时的延 伸率(%)	布氏硬度 (公斤/厘米 ²)	膨胀系数	在20℃时的电 阻率(欧·厘米)
0	327	11.34	1226.27	—	3.0	0.0000292	0.0000212
4	299	11.03	3899.42	22	5.7	0.0000278	0.0000240
5	292	10.95	4381.68	29	6.2	0.0000271	0.0000246
6	285	10.88	4707.43	24	6.5	0.0000272	0.0000253
7	278	10.81	4946.55	21	6.8	0.0000270	0.0000259
8	271	10.74	5111.94	19	7.0	0.0000267	0.0000265
9	265	10.66	5222.13	17	7.2	0.0000264	0.0000271
10	261	10.59	5284.10	15	7.3	0.0000261	0.0000277
11	256	10.52	2309.75	13	7.4	0.0000258	0.0000283
12	252	10.45	5153.23	12	7.4	0.0000250	0.0000289

2. 涂料（粉膏）涂板

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原料铅丹，已被铅粉和一氧化铅所代替。它是一种小的铅颗粒，其铅粉外表面覆盖着一层一氧化铅。也可以说，铅粉是铅的氧化物，其氧化度在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。

蓄电池的粉膏，是用铅粉、稀硫酸和纯水等制成，根据不同的用途，分正极板粉膏和负极板粉膏。正极板粉膏配方如表1—2所示，负极板粉膏配方如表1—3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。

表1—2 正极板粉膏配方

材 料 名 称	配 方 比%	用 量
铅 粉	100	250 公斤
木炭粉或活性炭	4	10 公斤
硫 酸	—	15 升
(比重1.100±0.005, 15℃时)		

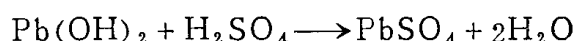
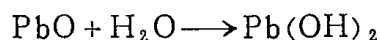
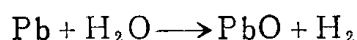
正极板粉膏由硫酸和铅粉配制而成。为防止负极板涂料硬化和收缩，在粉膏中必须添加一些称为膨胀剂的材料（硫酸钡、木素或磺酸盐和木炭粉等），放入搅拌机内或非金属的容器内，混合均匀，然后加入硫酸进行拌和。粉膏与硫酸之间立即发生强烈的化学反应。其中部分生成硫酸铅，并发生热量，使混合物立即结成稠厚块状物质，在拌和过程中也不易弄碎和调匀。在生产中，有时为了提高铅粉的氧化度，在加入硫酸前，还须添加氧化水，使拌和过程反应更加剧烈。铅粉颗粒中的金属铅遇水发生氧化，铅粉

表 1—3

负 极 板 粉 膏 配 方

材 料 名 称	配 方 比 %	用 量
铅 粉	100	250 公斤
硫 酸 钡	0.3	750 克
木 素	0.5	1.25 克
硫 酸	—	37 升
(比重 1.100 ± 0.005 , 15°C 时)		

颗粒的氧化铅遇水变成氢氧化铅 $[\text{Pb}(\text{OH})_2]$ ，并和硫酸起反应产生硫酸铅，其化学反应式如下：



配制粉膏时，必须严加控制，切不可随意将不同浓度、数量的硫酸和水与铅粉混合。如果加入的硫酸过浓或过量，则产生的硫酸铅就会过多，体积就会增大到使粉膏形成沙粒状，从而降低粉膏的粘合性，使它变得过分疏松，极板上将有较多的孔。这种多孔的活性物质，显然比紧密的活性物质容易脱落。但如果粉膏不够疏松，即失去多孔性，参加反应的活性物质将减少，从而降低蓄电池的容量。如果加水过量，也会使粉膏的粘合性降低，则制成的极板会出现塌陷、收缩和开裂现象。

将已调配适当的粉膏涂到板栅的方格中时，通常用手工操作，或采用专门涂膏机。目前，手工操作已逐渐被机械涂膏所取代。手工涂膏多是垫在有涂布的木板、塑料板或不锈钢板上，用特制的铲子、镘子和刮刀进行涂膏，因而生产效率低。机械涂膏，则采用特制的涂膏机，因而生产效率高很多，涂板质量较好。

极板在充电和放电过程中，为了防止粘附在栅格筋条上的粉膏翘起，破坏活性物质与板栅的结合强度，板栅涂膏的厚度不应超过板栅边缘厚度，并要求能看出板栅栅格的筋条。应注意极板质量，其表面不应有粗糙、外伤、粘附多余膏块、小坑、栅格未充满粉膏而露筋和穿孔等缺陷。

板栅上涂膏后，为使板栅与粉膏接触严密，并具有一定的结合强度，需用滚筒加适当的压力压平。但压力不可过大，否则将会减少极板活性物质的多孔性，从而影响极板的容量。

为防止粉膏粘附在滚筒、涂板或工作台面上，并吸收极板粉膏中压挤出来的水分，在极板表面和滚筒之间需垫有织纹清晰的垫布。

3. 正极板

防酸隔爆式铅蓄电池的正极板是玻璃丝管式极板（管式极板）。它是涂膏式的一种，由板栅、玻璃丝管或氯纶丝管、铅粉或铅膏等制成。

板栅是用导电性能好、耐腐蚀性强，电阻率小、机械强度高的铅锑合金（表1—1）在硬钢模具中浇铸而成（图1—7 a）。玻璃丝或氯纶丝编织成直径为8毫米的套管，这两种纤维材料具有抗张力强、耐腐蚀性强、电阻率小（欧姆·厘米 $0.004 \sim 0.007$ ）等物理性能。此外，它有一定的细缝，使套管内的粉膏既能和套管外电解液接触，又不易使

粉膏从细缝中漏出（图 1—7 b）。

管式极板的生产，采用振动灌粉式和挤膏式两种方式。振动灌粉式如图 1—8（a）所示。先将丝管套在板栅芯子外面，板栅芯子与丝管内壁之间的间隙应四周均匀，然

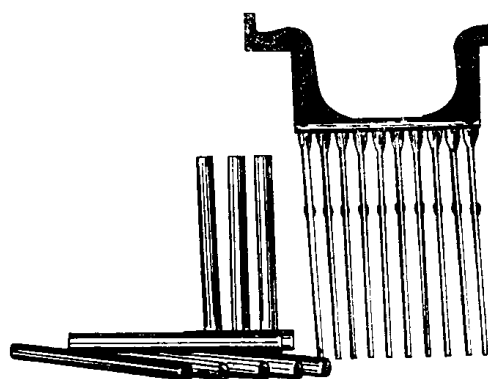


图 1—7 管式正极板板栅和玻璃丝套管

(a) 管式正极板板栅 (b) 玻璃丝套管

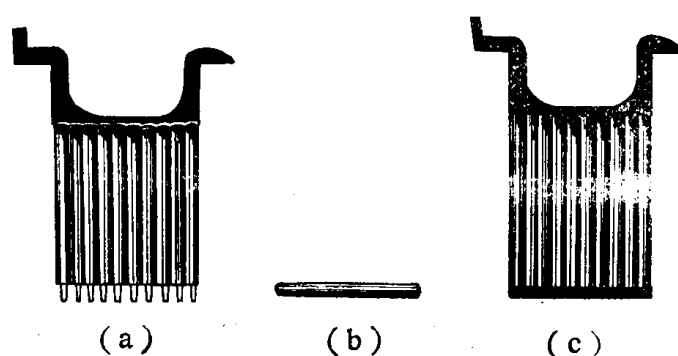


图 1—8 玻璃丝管式极板结构

(a) 丝管置于板栅芯子外面 (b) 合金或塑料封底横条
(c) 化成好的玻璃丝管式正极板

后装在振动灌粉机的卡具上，随着机械振动不断添入配合好的铅粉。但往往由于振动不实，丝管中间堵塞，留有一部分空隙，致使容量不足，并且灌粉时铅尘飞扬。

挤膏机有许多种型式，有立式转盘空气压缩挤膏机、卧式机械传动挤膏机以及射流控制挤膏机等。无论采用哪一种挤膏机，都必须象图 1—8(a)那样，先将丝管套在板栅芯子外面，板栅芯子与丝管内壁之间的间隙应四周均匀，然后准确地放入挤膏机的卡具中，缓慢地开动机器，把调和好的粉膏挤入丝管内。用水淋去极板表面的余膏，将极板整齐地放到架子上，以备干燥。

将干燥后的极板放入封底模具中，用铅锡合金或聚氯乙烯塑料浇铸，然后，将极板芯子和露在丝管外面的部分联接起来，构成一块整体极板，以备化成（图 1—8）。玻璃丝管式正极板，因其活性物质有丝管保护，无脱皮掉粉等弊病，所以使用寿命较长。

4. 极板的干燥

为了避免涂膏或挤膏后的极板在干燥过程中出现裂纹，在涂膏后 10 分钟以内，浸入比重为 1,150~1,180（15℃时）的稀硫酸溶液中约 10~15 秒钟，硫酸溶液温度一般为 10~35℃，使涂膏表面很快形成硫酸铅结晶层。如果浸酸前，已涂膏的极板放置时间过久，极板上将出现裂纹。实践证明，正极板裂纹虽然微小，但这并不意味着极板上的裂纹会消失，在充电和放电过程中，将会导致活性物质脱落，极板容量和寿命都会因之减小。负极板上往往还会在化成过程中出现裂纹。在化成时，由于负极板上活性物质的体积收缩，其裂纹不可避免地要增大。因此，为了防止极板上出现裂纹，除采取浸酸方法外，在干燥过程中，必须使整个极板粉膏内的水分均匀地蒸发逸出。如果将极板很快地放进热的干燥空气中，粉膏表面的水分蒸发过快，易使极板上出现裂纹。如果将已涂膏的极板送入温度较高的蒸汽中干燥，从粉膏中逸出的水分变为蒸汽，极板外面形成同温度的蒸汽，就可抑制粉膏中水分的蒸发，使水分均匀地从极板的孔隙中逸出，干燥时就不会产生裂纹。

目前，生产上大体采用两种干燥方式。一种是将已涂膏的极板挂在专门的架子上，

放入保持一定温度和相对湿度的干燥室(烘房)内进行干燥,并须严格控制温度和相对湿度。开始时,干燥室温度可保持在 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$,在干燥过程中须逐渐升高温度,但不得超过 80°C 。极板的干燥程度达95%时,即可停止干燥,然后让它在室内自然冷却24小时以上,方可进行化成。另一种干燥方式是将极板挂在链式的传送带上,通过可随时控制极板干燥程度相适应的温度和相对湿度的隧道窑进行干燥。用隧道窑进行干燥时,必须使隧道窑的各段炉区升温预热。隧道窑机械化程度的提高,可缩短极板干燥时间。上述为表面快速干燥方式,首先通过水蒸汽区间,称为第一段区间,温度控制在 $65\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。干燥正极板时,在第一段区间内,可通入压力为 $1.96\sim 4.9$ 牛顿/厘米²的蒸汽,使极板粉膏中的水分均匀逸出,再通过一段过渡区间(称为第二段区间),温度控制在 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$,以促使极板粉膏深部水分慢慢逸出。最后,可通过较干燥的空气区间(称为第三段区间),温度控制在 $100\sim 110^{\circ}\text{C}$,使极板表面层的水分全部蒸发。通过隧道窑干燥后的极板,须自然搁置48小时后,方可进行化成。隧道窑各个区间的作用不同,要求的干燥条件也不同。如隧道窑第一段温度过高,区段间的温度就不容易抑制极板表面水分的加速增发,极板上在干燥后往往会出现裂纹。如果第二区段间和第三区段间的温度不适应,极板干燥后粉膏还会发生疏松的夹生现象,即粉膏内部的水分蒸发量过少,影响粉膏的干燥程度和极板的机械强度。

此外,对涂膏的极板也可采用在正常室温下约72~96小时的自然干燥方法。不宜有急剧变化的环境温度,尤其是不能使极板受冻。

5. 极板化成时的装槽、焊接和灌酸

(1) 装槽 化成槽列的数目,按每槽2.8伏电压计算,由电源的额定电压确定。如直流电源的电压为220伏时,则每列化成槽的数目不能超过80个。

化成槽必须排列整齐,槽与槽之间需有1厘米以上的距离,槽列之间的距离不小于5厘米。极板装槽时,避免碰坏和损伤极板,装入槽内的负极板和正极板要面面对,距离一致。

化成极板的装槽方式,有双化和单化两种。正、负极板同时化成者,称为双化。双化极板的型号、规格相同,厚度基本一样的正、负极板(负板可稍薄),应以单片双化的形式装槽。正、负极板不能同时化成者,称为单化。单化的正、负极板可分别与假板组合装槽。装槽的极板除装入有疏状板的极板和丝管式极板外,均需插入隔离棒,且单化极板和厚度为2毫米以下的极板插入双支隔离棒,以防短路。单化时,所用假板的面积不能小于化成极板的面积。

(2) 焊接 极板装槽后,用化成极板用的合金联接板,将同极性极板的板耳并联焊接起来。极板焊接应牢固,以免发生掉线、短路、连电等事故。再用联接板将各个化成槽串联焊接起来,串联用的联接板应焊接在靠近化成槽两端的第二片极板上,以使化成电流分布均匀。

(3) 灌酸 灌酸前,必须将酸泵和胶管内的积水放尽。灌注化成的电解液液面,应高出化成极板15~20毫米以上。灌酸后,可将插在极板中的隔离棒调整笔直,以防止槽内极板短路。灌酸用的注酸泵如图1—9所示。

盘管式注酸泵如同自来水笔吸墨水的原理一样,将一根耐酸橡胶管2,安装在一个