

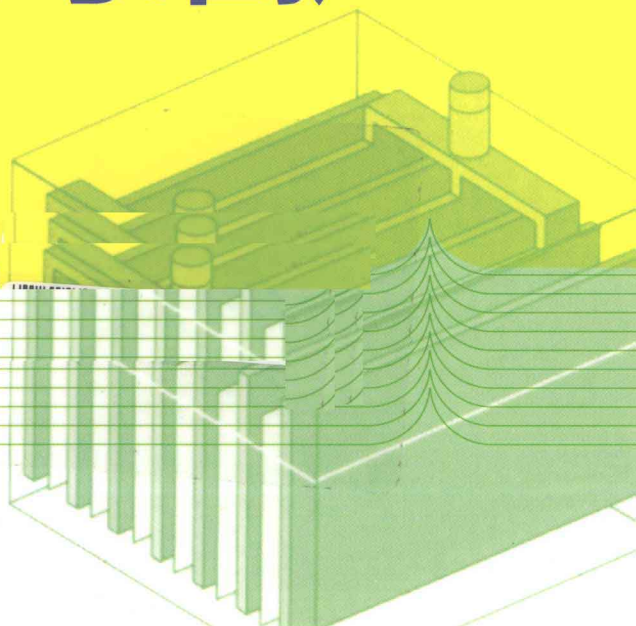
秦鸣峰 主编

XUDIANCHI DE
SHIYONG YU WEIHU

蓄电池的

使用与维护

第二版



化学工业出版社

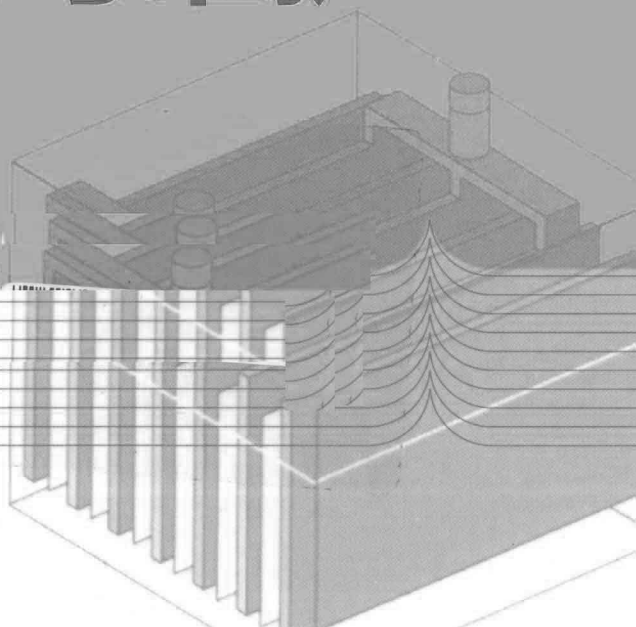
秦鸣峰 主编

XUDIANCHI DE
SHIYONG YU WEIHU

蓄电池的

使用与维护

第二版



化学工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

蓄电池的使用与维护/秦鸣峰主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2011. 9
ISBN 978-7-122-11454-9

I. 蓄… II. 秦… III. ①蓄电池-使用②蓄电池-维修 IV. TM912

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 103838 号

责任编辑: 高墨荣

装帧设计: 刘丽华

责任校对: 宋 玮

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9½ 字数 230 千字

2011 年 9 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

前言

蓄电池作为直流系统电源的重要组成部分，在通信、电力等各行各业的应用日益广泛。蓄电池的性能质量和使用维护直接影响到直流电源系统的整体性能。随着蓄电池设计、研发和生产工艺的不断改进和发展，蓄电池性能得以不断提高，其技术已相当成熟。但是很多蓄电池维护管理人员因对蓄电池直流电源设备的特性、安装维护及故障处理等工作缺乏理论知识和实践经验，应用中经常发生因安装、使用维护不到位而造成的蓄电池组劣化或者损坏，从而影响安全生产，缩短蓄电池组使用寿命。因此，对维护管理人员来说，正确使用和维护蓄电池组，及时发现蓄电池存在的不安全因素显得尤为重要。

《蓄电池的使用与维护》第一版 2009 年出版，本书从提高维护管理人员素质，改善设备运行状况为出发点，在阐明蓄电池的基本理论和基本概念的基础上，系统地叙述了铅酸蓄电池、镉镍电池的安装、验收和使用维护知识，特别介绍了阀控铅酸蓄电池在变电站直流系统中的应用。本书出版以来，深受广大读者欢迎，帮助蓄电池维修人员提高了理论水平和实际操作技能，增加了在科技飞速发展、市场经济体制下的竞争能力。为适应科学技术和企业生产发展的需要，我们对第一版进行了修订。第二版在第一版的基础上，针对广大读者在第一版使用时提出的一些建议，结合蓄电池在工艺、材料、应用和故障处理方法等方面的新

进展，进行了全面的修订，第二版依然保持第一版的实用性、通俗易懂的特点。

本书由秦鸣峰编写第 1 章，黄威编写第 2、3 章，刘本跃编写第 4、5 章。全书由秦鸣峰统稿。

由于编者水平有限，时间仓促，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

第1章 蓄电池的定义、结构及工作原理 1

1.1 蓄电池的基本知识	1
1.1.1 蓄电池的基本定义	1
1.1.2 常用电池分类	2
1.1.3 常用蓄电池介绍	3
1.1.4 蓄电池常用技术术语	6
1.1.5 蓄电池的特点	9
1.2 铅酸蓄电池	13
1.2.1 概述	13
1.2.2 铅酸蓄电池的基本构造	15
1.2.3 铅酸蓄电池的制造工艺	17
1.2.4 铅酸蓄电池的工作原理	21
1.2.5 铅酸蓄电池的性能	23
1.2.6 电池储存性能	26
1.2.7 密封免维护铅酸蓄电池	27
1.3 镉镍蓄电池	30
1.3.1 概述	30
1.3.2 镉镍电池分类	30
1.3.3 镉镍电池型号和标志	31
1.3.4 镉镍电池的工作原理	32

1.3.5 镉镍电池的性能	34
1.4 锂离子电池	38
1.4.1 概述	38
1.4.2 锂电池的分类	42
1.4.3 锂电池的工作原理	44
1.4.4 锂电池保护电路	46

第2章 蓄电池的检测技术 54

2.1 充放电性能测试	55
2.1.1 电池充电性能测试	55
2.1.2 电池放电性能测试	64
2.2 电池容量的测定	67
2.2.1 电池容量的检测方法	67
2.2.2 分选检测	68
2.3 电池寿命及检测技术	70
2.4 电池内阻、内压的测定	72
2.4.1 电池内阻的测定	72
2.4.2 电池内压的测定	77
2.5 高低温性能的测定	80
2.6 自放电及储存性能的测试	81
2.7 安全性能测试	83
2.7.1 耐过充过放能力的测试	83
2.7.2 短路测试	84
2.7.3 耐高温测试	84
2.7.4 钻孔实验	85
2.7.5 力学性能	85
2.7.6 抗腐蚀性测试	86
2.8 二次电池电极活性物质性能的测定	87
2.8.1 常规电极测试技术	87

2.8.2 微电极测试技术	88
2.9 阀控铅酸蓄电池检测与故障预测	91
2.9.1 常见阀控铅酸蓄电池维护测试方法	92
2.9.2 测量电池内阻预测阀控铅酸蓄电池故障	95

第3章 蓄电池的安装、调试及验收 99

3.1 镉镍蓄电池的安装、调试、试运行	99
3.1.1 镉镍蓄电池室的基本要求	99
3.1.2 安装前对蓄电池的检查	102
3.1.3 蓄电池的连接	103
3.1.4 电解液的注入	104
3.1.5 蓄电池的调试	105
3.2 镉镍蓄电池的验收	113
3.2.1 大容量蓄电池组验收的主要项目	113
3.2.2 镉镍蓄电池直流屏(柜)的主要验收项目	114
3.2.3 验收时,施工单位应提交的资料	116
3.3 阀控铅酸蓄电池的安装、调试、试运行	116
3.3.1 阀控式密封铅酸蓄电池安装场所的技术要求	116
3.3.2 阀控式密封铅酸蓄电池的安装工艺	123
3.3.3 安装注意事项	123
3.3.4 阀控式密封铅酸蓄电池的调试	125
3.3.5 蓄电池的试运行	127
3.4 阀控铅酸蓄电池的验收	129
3.4.1 检查验收的项目	129
3.4.2 验收时,应移交的资料和文件	130

第4章 蓄电池的使用和维护 132

4.1 蓄电池的维护常识和要求	132
-----------------------	-----

4.1.1	固定型防酸式铅酸蓄电池维护	133
4.1.2	启动用铅酸蓄电池	147
4.1.3	碱性蓄电池	155
4.2	铅酸蓄电池的使用和维护	165
4.2.1	铅酸电池的初充电	165
4.2.2	铅酸电池的运行方式	165
4.2.3	铅酸电池的过充电	167
4.2.4	铅酸蓄电池的维护及注意事项	167
4.2.5	阀控式铅酸蓄电池维护及使用	168
4.3	镉镍蓄电池的使用和维护	171
4.3.1	按浮充连续充电方式运行	172
4.3.2	按充电—放电方式运行	174
4.3.3	蓄电池的正常充电与放电	177
4.3.4	蓄电池的均衡充电	179
4.3.5	蓄电池的活化	180
4.4	铅酸蓄电池故障分析和故障处理	180
4.4.1	极板短路	180
4.4.2	极板硫化	181
4.4.3	极板弯曲	181
4.4.4	沉淀物过多	181
4.5	镉镍蓄电池故障分析和故障处理	181
4.5.1	容量降低	182
4.5.2	出现爬碱现象	182
4.5.3	蓄电池槽膨胀变形或渗漏溶液	183
4.5.4	蓄电池组在充电过程中, 电压与电流不稳定 现象	184
4.5.5	蓄电池在使用中的单只蓄电池的电压偏低或 零值	184
4.5.6	蓄电池充电后容量下降太快	185

4.5.7	正常充电或浮充电时的电压过高	185
4.5.8	极柱腐蚀及隔离物的损坏	186
4.5.9	蓄电池在浮充电使用中或充电时, 气体剧烈 沸腾, 电解液外溢严重	186
4.5.10	蓄电池在使用中个别的蓄电池反极 (亦称极性 颠倒)	187
4.5.11	充电装置输出的极性与蓄电池组极性反接线	188
4.5.12	蓄电池组中, 一只或几只蓄电池极性反向	188
4.5.13	开路电压偏低或零伏	189
4.6	蓄电池封口胶破裂的修补技巧	189
4.7	蓄电池外壳裂缝的修补技巧	190
4.8	蓄电池反极故障修理	190
4.9	蓄电池内部严重短路故障修理	191
4.10	用蒸馏水或苏打液排除蓄电池自行放电	191
4.11	用硅橡胶和聚苯乙烯判断蓄电池放电程度	192
4.12	蓄电池极性的判别	192

第5章 蓄电池的应用 194

5.1	阀控铅酸蓄电池在变电站直流系统的应用	194
5.1.1	变电站阀控密封蓄电池直流电源特点和基本 要求	194
5.1.2	高频开关模块型充电装置	198
5.1.3	蓄电池组数和容量的选择	225
5.1.4	直流回路熔断器、开关及导线的选择	233
5.1.5	阀控式密封铅酸蓄电池直流系统的基本接线	244
5.1.6	直流系统馈电网络接线	251
5.1.7	阀控式密封铅酸蓄电池直流系统的运行	255
5.1.8	微机型直流系统绝缘监察装置	257
5.1.9	阀控式密封铅酸蓄电池直流系统调压装置	261

5.2 蓄电池在 UPS 电源设备中的应用	265
5.2.1 UPS 蓄电池选择的重要性	265
5.2.2 UPS 的工作原理及种类	266
5.2.3 UPS 蓄电池的种类	270
5.2.4 蓄电池容量 ($A \cdot h$) 的选择	271
5.2.5 蓄电池寿命的选择	273
5.2.6 单个蓄电池电压的选择	275
5.2.7 蓄电池所能承受的纹波系数	275
5.2.8 蓄电池性能均一性	275
5.2.9 UPS 蓄电池的维护	276
5.3 蓄电池在电动车上的应用	279
5.3.1 电动汽车的电池模块原理分析	279
5.3.2 用于电动自行车的动力蓄电池	285
5.3.3 四种电动车蓄电池的性能比较	288
5.3.4 电动车蓄电池的维护	288

第1章

蓄电池的定义、结构及工作原理

1.1 蓄电池的基本知识

1.1.1 蓄电池的基本定义

电能可由多种形式的能量变化得来，其中把化学能转换成电能的装置叫化学电池，一般简称为电池，电池有原电池和蓄电池之分。放电后不能用充电的方式使内部活性物质再生的叫原电池，也称为一次性电池。放电后可以用充电的方式使内部活性物质再生，把电能储存为化学能，需要放电时再次把化学能转换为电能的电池，叫蓄电池，也称为二次电池。

蓄电池是一种电能的储存装置有各种形状大小、电压和容量。蓄电池其工作机理为当两种金属通常是性质有差异的金属浸没于电解液之中，它们可以导电并在极板之间产生一定电动势（图 1-1）。电动势大小或电压与所使用的金属有关，不同用途的蓄电池其电动势不同，例如有铅酸电池、镉镍电池、锂电池、锌

银碱性电池等。

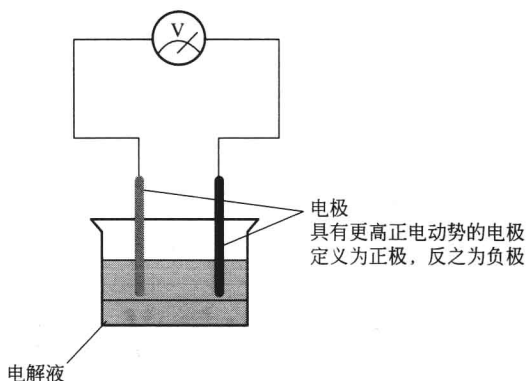


图 1-1 电池原理示意图

1.1.2 常用电池分类

电池大体上有四种分类方法。

(1) 按电解液种类分类

① 碱性电池。碱性电池电解质主要以氢氧化钾水溶液为主的电池，如：碱性锌锰电池（俗称碱锰电池或碱性电池）、镉镍电池、氢镍电池等。

② 酸性电池。酸性电池主要以硫酸水溶液为介质，如铅酸蓄电池。

③ 中性电池。中性电池以盐溶液为介质，如锌锰干电池（也称之为酸性电池）、海水激活电池等。

④ 有机电解液电池。有机电解液电池主要以有机溶液为介质的电池，如锂电池、锂离子电池等。

(2) 按工作性质和储存方式分类

① 一次电池。又称原电池，即不能再充电的电池，如锌锰干电池、锂原电池等。

② 二次电池。即可充电电池，如氢镍电池、锂离子电池、

镉镍电池等。

③ 燃料电池。即活性材料在电池工作时才连续不断地从外部加入电池，如氢氧燃料电池等。

④ 储备电池。即电池储存时不直接接触电解液，直到电池使用时，才加入电解液，如镁-氯化银电池又称海水激活电池等。

(3) 按电池所用正、负极材料分类

① 锌系列电池，如锌锰电池、锌银电池等；镍系列电池，如镉镍电池、氢镍电池等。

② 铅系列电池，如铅酸电池等；锂系列电池、锂镁电池。

③ 二氧化锰系列电池，如锌锰电池、碱锰电池等。

④ 空气（氧气）系列电池，如锌空电池等。

(4) 按蓄电池用途分类

① 启动型蓄电池。主要用于汽车、摩托车、拖拉机、柴油机等启动和照明系统。

② 固定型蓄电池。主要用于通信、发电厂、计算机系统作为保护、自动控制的备用电源。

③ 牵引型蓄电池。主要作为各种蓄电池车、叉车、铲车等动力电源。

④ 铁路用蓄电池。主要用作铁路内燃机车、电力机车、客车的启动、照明的动力。

⑤ 储能用蓄电池。主要用于风力、太阳能等发电用电能储存。

1.1.3 常用蓄电池介绍

(1) 铅酸蓄电池

通信设备中最常用的是铅酸蓄电池。从1859年Plante首先制成可充式蓄电池以来，已经有140多年的历史。至今铅酸蓄电池仍然是全球产量最大、应用最广泛的二次电池。铅酸蓄电池分

为富液式电池和阀控式密封铅酸蓄电池两类。

① 富液式电池 (Flooded Battery)。或称湿电池，是最常规并应用至今的铅酸电池，电池中有大量流动电解液。欧洲电信用后备电源主要采用富液式电池 (OPZS)。其优点是使用寿命长，电池一致性好，浮充电压压差小；缺点是运行过程中要定期加酸加水、调整电解液密度，有酸雾溢出，不能和通信设备放置在同一室内。

② 阀控式密封铅酸蓄电池 (Valve Regulated Lead Acid Battery)。缩写为 VRLA 电池。VRLA 电池与富液式电池的区别如图 1-2 所示。1971 年美国 Gates 公司首先把超细玻璃纤维隔膜 (Absorbed Glass Malt) 用于铅酸蓄电池，使电解液被吸收于 AGM 隔膜中，制成贫液式电池，达到气体复合的目的，使铅酸蓄电池实现了密封的梦想。VRLA 电池一问世，立即得到通信行业、电力工业的广泛应用。

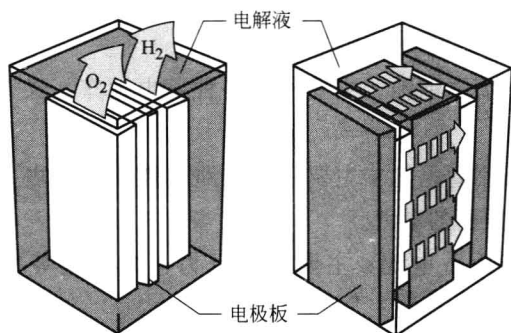


图 1-2 阀控式密封铅酸蓄电池（右）与富液式电池（左）比较

阀控式密封铅酸蓄电池的发展之所以如此迅速，是因为它具有如下特点。

a. 在电池整个使用寿命期间，无需添加水，无需调整酸密度等维护工作，具有“免维护”功能（相对于传统铅酸蓄电池的维护而言）。

- b. 不漏液、无酸雾、不腐蚀设备。
- c. 自放电小, 25°C 自放电率小于 3% (每月)。
- d. 电池寿命长, 25°C 下浮充状态使用可达 10 年以上。
- e. 结构紧凑, 密封良好, 抗振动, 比容量高。
- f. 电池的高低温性能较好, 可在 $-40\sim 50^{\circ}\text{C}$ 范围内使用。
- g. 不存在镉镍电池的“记忆效应”(指浅循环工作时容量损失)。

有一种 VRLA 电池是胶体阀控式密封铅酸蓄电池 (Gel-VRLA), 它是用气相 SiO_2 和稀硫酸形成凝胶电解质, 胶体电池是富液式密封电池, 成品电池不能再灌入电解液。胶体电池的浮充寿命略高于 AGM 电池。

(2) 镉镍蓄电池

镉镍 (Cd-Ni) 充电电池, 正极为氧化镍, 负极为海绵状金属镉, 电解液多为氢氧化钾, 氢氧化钠碱性水溶液。小型密封镉镍电池的结构紧凑, 坚固, 耐冲击、振动, 成品电池自放电小, 在使用上适合大电流放电, 适用温度范围广, $-40\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。它的特点是循环寿命长, 理论上有 2000~4000 次的循环寿命。常见外形是方形、扣式和圆柱形, 其有开口、密封和全密封三种结构。按极板制造方式又分有极板盒式、烧结式、压成式和拉浆式。镉镍蓄电池具有放电倍率高、低温性能好、循环寿命长等特点。

(3) 金属氢化物镍蓄电池

金属氢化物镍蓄电池是新开发出来的新产品, 负极为吸氢稀土合金, 正极为氧化镍, 电解液为氢氧化钾、氢氧化锂水溶液, 比能量是镉镍蓄电池 1.5~2 倍, 具有可快速充电、优良的高倍率放电性能和低温放电性能, 价格便宜, 无污染, 被称为绿色环保电池。

(4) 铁镍蓄电池

负极为铁粉, 正极为氧化镍, 电解液为氢氧化钾或氢氧化钠

水溶液。具有结构坚固、耐用、寿命长等特点，比能量较低，多用于矿井运输车动力电源。

(5) 锌银蓄电池

负极为锌，正极为氧化银，电解液为氢氧化钾水溶液，具有较高的比能量及优良的高倍率放电性能，但价格偏高，多用于军事工业及武器系统。

(6) 锌镍蓄电池

负极为锌，正极为氧化镍，电解液为氢氧化钾水溶液，具有高比能量，价格较低；但寿命较短，近年来锌镍蓄电池的循环寿命有了较大提高，预计随着循环寿命的提高将获得更广泛应用。

(7) 锂离子蓄电池

负极是碳（石墨），正极是氧化钴锂，由于采用有机电解质液，具有电压高、比能量高及优良的循环寿命，安全无污染，被称为绿色电源。常作为通信工具和便携器材的电源。

1.1.4 蓄电池常用技术术语

(1) 充电

蓄电池从其他直流电源（如充电器）获得电能叫做充电。

(2) 放电

蓄电池对外电路输出电能时叫做放电。

(3) 浮充放电

蓄电池和其他直流电源并联，对外电路输出电能叫做浮充放电。有不间断供电要求的设备，起备用电源作用的蓄电池都处于该种放电状态。

(4) 电动势

外电路断开，即没有电流通过电池时在正负极间量得的电位差，叫做电池的电动势。

(5) 端电压