

蓄电池_的 使用与维护

秦鸣峰 ○ 主编



化学工业出版社

蓄电池的 使用与维护

秦鸣峰 © 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

蓄电池的使用与维护/秦鸣峰主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-122-05429-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 062698 号

责任编辑: 高墨荣
责任校对: 陶燕华

装帧设计: 关 飞

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 7½ 字数 182 千字

2009 年 7 月北京第 1 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: 18.00 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。

为此，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。本书编写内容力求结合实际，注重实用，通俗易懂。

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

目录

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	5
1.2 铅酸蓄电池	8
1.2.1 概述	8
1.2.2 铅酸蓄电池的基本构造	10
1.2.3 铅酸蓄电池的制造工艺	11
1.2.4 铅酸蓄电池的工作原理	16
1.2.5 铅酸蓄电池的性能	18
1.2.6 电池储存性能	20
1.2.7 密封免维护铅酸蓄电池	21
1.3 镉镍蓄电池	24
1.3.1 概述	24
1.3.2 镉镍电池分类	24
1.3.3 镉镍电池型号和标志	25
1.3.4 镉镍电池的工作原理	26
1.3.5 镉镍电池的性能	28
1.4 锂离子电池	31
1.4.1 概述	31
1.4.2 锂电池的分类	33
1.4.3 锂电池的工作原理	36

第 2 章 蓄电池的检测技术	38
2.1 充放电性能测试	38
2.1.1 充放电性能测试	38
2.1.2 电池放电性能测试	40
2.2 电池容量的测定	43
2.2.1 电池容量的检测方法	44
2.2.2 分选检测	45
2.3 电池寿命及检测技术	46
2.4 电池内阻、内压的测定	48
2.4.1 电池内阻的测定	48
2.4.2 电池内压的测定	50
2.5 高低温性能的测定	52
2.6 自放电及储存性能的测试	53
2.7 安全性能测试	55
2.7.1 耐过充过放能力的测试	55
2.7.2 短路测试	56
2.7.3 耐高温测试	56
2.7.4 钻孔实验	57
2.7.5 力学性能	57
2.7.6 抗腐蚀性能测试	58
2.8 二次电池电极活性物质性能的测定	59
2.8.1 常规电极测试技术	59
2.8.2 微电极测试技术	60
2.9 阀控铅酸蓄电池检测与故障预测	62
2.9.1 常见阀控铅酸蓄电池维护测试方法	63
2.9.2 测量电池内阻预测阀控铅酸蓄电池故障	66
第 3 章 蓄电池的安装、调试及验收	70
3.1 镉镍蓄电池的安装、调试、试运行	70

3.1.1	镉镍蓄电池室的基本要求	70
3.1.2	安装前对蓄电池的检查	72
3.1.3	蓄电池的连接	73
3.1.4	电解液的注入	74
3.1.5	蓄电池的调试	75
3.2	镉镍蓄电池的验收	83
3.2.1	大容量蓄电池组验收的主要项目	83
3.2.2	镉镍蓄电池直流屏(柜)的主要验收项目	84
3.2.3	验收时,施工单位应提交的资料	85
3.3	阀控铅酸蓄电池的安装、调试、试运行	86
3.3.1	阀控式密封铅酸蓄电池安装场所的技术要求	86
3.3.2	阀控式密封铅酸蓄电池的安装工艺	92
3.3.3	安装注意事项	93
3.3.4	阀控式密封铅酸蓄电池的调试	94
3.3.5	蓄电池的试运行	97
3.4	阀控铅酸蓄电池的验收	98
3.4.1	检查验收的项目	98
3.4.2	验收时,应移交的资料和文件	99
第4章	蓄电池的使用和维护	101
4.1	蓄电池的维护常识和要求	101
4.1.1	固定型防酸式铅酸蓄电池维护	102
4.1.2	启动用铅酸蓄电池	116
4.1.3	碱性蓄电池	124
4.2	铅酸蓄电池的使用和维护	134
4.2.1	铅酸电池的初充电	134
4.2.2	铅酸电池的运行方式	134
4.2.3	铅酸电池的过充电	136
4.2.4	铅酸蓄电池的维护及注意事项	136

4.3	镉镍蓄电池的使用和维护	137
4.3.1	按浮充连续充电方式运行	137
4.3.2	按充电—放电方式运行	139
4.3.3	蓄电池的正常充电与放电	142
4.3.4	蓄电池的均衡充电	144
4.3.5	蓄电池的活化	144
4.4	铅酸蓄电池故障分析和故障处理	145
4.4.1	极板短路	145
4.4.2	极板硫化	145
4.4.3	极板弯曲	146
4.4.4	沉淀物过多	146
4.5	镉镍蓄电池故障分析和故障处理	146

第5章 阀控铅酸蓄电池在变电站直流系统的应用

5.1	变电站阀控密封蓄电池直流电源特点和基本要求	154
5.1.1	阀控密封铅酸蓄电池高频开关电源直流系统的组成	154
5.1.2	阀控密封铅酸蓄电池的特点	154
5.1.3	阀控密封铅酸蓄电池直流系统的特点	156
5.1.4	对直流控制电源的基本要求	156
5.2	高频开关模块型充电装置	157
5.2.1	充电装置的主要名词术语	157
5.2.2	高频开关模块型充电装置	162
5.2.3	高频开关模块型充电装置的技术特点	164
5.2.4	高频开关模块型充电装置主要性能	165
5.2.5	CZDW 微机控制高频开关控制电源直流系统装置	166

5.2.6	GZDW 系列微机直流电源成套装置电气原理	169
5.2.7	GZDW 系列微机直流电源成套装置微机控制自动化程序	172
5.2.8	GZDW 系列微机控制直流电源成套装置应具有的功能	174
5.2.9	GZDW 系列微机控制直流电源成套装置的功能特点	175
5.2.10	高频开关模块型整流设备的故障判断和处理	178
5.3	蓄电池组数和容量的选择	184
5.3.1	蓄电池组数的选择	184
5.3.2	蓄电池组容量的选择	185
5.3.3	无端电池的蓄电池组蓄电池个数的选择	189
5.3.4	蓄电池放电终止电压的校验	190
5.4	直流回路熔断器、开关及导线的选择	190
5.4.1	熔断器、负荷小开关的选择	190
5.4.2	各级熔断器的配合原则	192
5.4.3	220kV 网岗变电站直流系统熔断器配置网络图实例	193
5.4.4	蓄电池电路母线及电缆的选择	193
5.4.5	控制、信号及馈线的电缆截面选择	201
5.5	阀控式密封铅酸蓄电池直流系统的基本接线	201
5.6	直流系统馈电网络接线	209
5.6.1	辐射形供电网络	209
5.6.2	环形供电网络	209
5.6.3	事故照明供电	211
5.7	阀控式密封铅酸蓄电池直流系统的运行	212
5.7.1	运行监视	212

5.7.2	蓄电池直流系统母线电压的运行要求	213
5.8	微机型直流系统绝缘监察装置	214
5.8.1	WZJ 型微机直流系统绝缘监察装置基本 原理	214
5.8.2	WZJ 型系列绝缘检测装置的功能与特点	216
5.8.3	WZJ-4 型的特有功能	217
5.9	阀控式密封铅酸蓄电池直流系统调压装置	217
5.9.1	对调压装置功能的要求	218
5.9.2	硅链自动调压装置	218
5.9.3	DC/DC 斩波稳压器	219
参考文献		223

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。

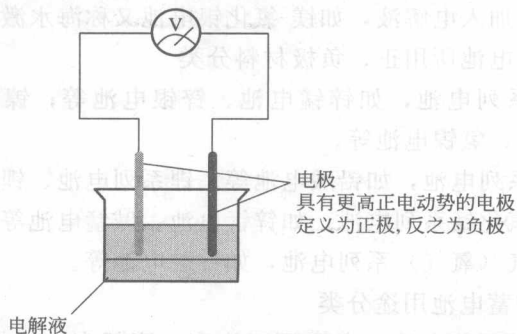


图 1-1 电池原理示意图

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。

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

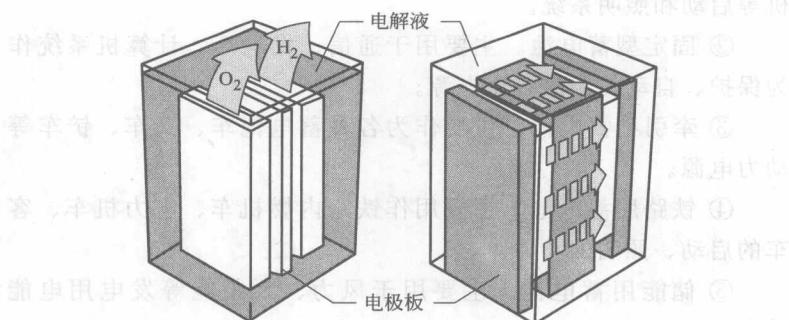


图 1-2 阀控式密封铅酸蓄电池（右）与富液式电池（左）比较

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℃自放电率小于3%（每月）。
- d. 电池寿命长，25℃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-40~50℃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）。

另一类 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

电路闭合后电池正负极间的电位差叫做电池的电压或端电压。

(6) 蓄电池的容量

通常电源设备的容量用 $kV \cdot A$ 或 kW 来表示。然而，作为电源的 VRLA 电池，选用安时 ($A \cdot h$) 表示其容量则更为准确。蓄电池容量定义为 $Q = \int_0^t t dt$ 。理论上 t 可以趋于无穷，但实际上当电池放电低于终止电压时仍继续放电，这可能损坏电池，故 t 值有限制。电池行业中，以小时 (h) 表示电池的可持续放电时间，常见的有 C_{24} 、 C_{20} 、 C_{10} 、 C_8 、 C_3 、 C_1 等标称容量值。

小电池的标称容量以毫安时 ($mA \cdot h$) 计，大电池的标称容量则以安时 ($A \cdot h$)、千安时 ($kA \cdot h$) 计。电信工业常取 C_{10} 、 C_8 等标称容量值。例如，常见的 Deka 电池 12AVR100SH 为 12V 单体，100A·h 容量，即可持续放电 10h，电流为 10A，共放出安时数为 $10 \times 10 = 100A \cdot h$ （实际测试中，为使电流值保持恒稳，当电压变化时，应调整外电路负载，以便计量）。

(7) 蓄电池的理论容量、实际容量、标称容量

理论容量也称计算容量由电池极板所含活性物质的量决定。铅酸蓄电池的电化当量对于 Pb, 4 价为 $0.517\text{A} \cdot \text{h/g}$, 2 价为 $0.259\text{A} \cdot \text{h/g}$; 对于 PbO_2 , 4 价为 $0.488\text{A} \cdot \text{h/g}$, 2 价为 $0.224\text{A} \cdot \text{h/g}$; 根据电化当量与活性物质的量计算出来的容量叫做蓄电池的理论容量。

实际容量是指蓄电池放电时所测得的容量, 取决于活性物质的量及利用率。活性物质与铅板相关, 但并不等同于铅重量。利用率与蓄电池极板的结构形式、放电电流的大小、温度、终止电压、原材料质量及制造工艺、技术和使用方法有关, 而且是变化的。当今, 已知单块极板最大容量为 $100\text{A} \cdot \text{h}/2\text{V}$ 。

额定容量又称标称容量, 即在制造厂规定的条件下, 蓄电池能放出的最低工作容量, 例如, $97\text{A} \cdot \text{h}$ 电池标称 $100\text{A} \cdot \text{h}$, 有些厂家的电池则是在使用几个循环之后, 实际容量达到或超出标称容量。

(8) 电量效率 (安时效率)

输出电量与输入电量之间的比叫做电池的电量效率, 也叫做安时效率。

$$\text{电量效率}(\%) = \frac{Q_{\text{放}}}{Q_{\text{充}}} \times 100\% = \frac{I_{\text{放}} t_{\text{放}}}{I_{\text{充}} t_{\text{充}}} \times 100\%$$

式中, $Q_{\text{放}}$ 和 $Q_{\text{充}}$ 分别是放电和充电容量, $\text{A} \cdot \text{h}$ 。

(9) 自由放电率

由于电池的局部作用造成的电池容量的消耗。容量损失与搁置之前的容量之比, 叫做蓄电池的自由放电率。

$$\text{自由放电率}(\%) = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\%$$

式中, Q_1 为搁置前放电容量, $\text{A} \cdot \text{h}$; Q_2 为搁置后放电容量, $\text{A} \cdot \text{h}$ 。

(10) 使用寿命

蓄电池每充电、放电一次, 叫做一次充放电循环, 蓄电池在