

实用蓄电池手册

桂长清 等编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

实用蓄电池手册

桂长清 郭丽 编著
贺必新 钱志刚

机械工业出版社

本书从理论与实践相结合的角度介绍了铅酸蓄电池、金属氢化物镍电池、锂离子电池、镉镍蓄电池、锌镍蓄电池、锌银蓄电池和超级电容器的工作原理、性能特点、工艺要点、主要原材料、国内外目前发展动态。其中对阀控密封式铅酸蓄电池的设计技术、生产工艺、性能特点、故障模式、在线检测技术和使用维护经验作了比较详细的介绍，因为它所表现出的一些规律性代表了其他蓄电池也具有的特性，对研究和改善其他蓄电池的性能具有借鉴作用。

本书适合从事化学电源和电动车领域开发、研究、设计、生产、在线控制的工程技术人员和电池使用维护人员阅读，也可作为高等院校电化学专业、应用化学专业的教师、研究生和高年级学生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用蓄电池手册/桂长清等编著. —北京: 机械工业出版社, 2010. 11

ISBN 978 - 7 - 111 - 31947 - 4

I. ①实… II. ①桂… III. ①蓄电池-技术手册 IV. ①TM912 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 182466 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 李振标 责任编辑: 李振标 版式设计: 张世琴
责任校对: 刘怡丹 封面设计: 姚毅 责任印制: 乔宇
三河市国英印务有限公司印刷
2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
169mm × 239mm · 27 印张 · 523 千字
0 001—3 000 册
标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 31947 - 4
定价: 68.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面防伪标均为盗版

前 言

蓄电池是人类研发出的性能优异的储能装置。风能和太阳能是大自然赐给人类的取之不尽用之不竭的能源，蓄电池与之结合后，将会显示出“如虎添翼”般的威力。发展电动车是减少城市大气污染的得力措施，但它却受制于蓄电池的发展和水平。微波通信已进入千家万户，但它的电源系统却分秒离不开蓄电池。千万事例说明了蓄电池在当今社会各个领域内，都起到了关键性的不可替代的作用。

科学是不断发展的，各种蓄电池也为了适应人类和市场不断扩展的需要，与时俱进地改变了自己的面貌，不断提高为人类服务的本领。但是应当看到，不同的蓄电池是不同的电化学反应体系，既具有不同的本质性优点，又同时具有本质性的不足之处。另一方面，人类使用蓄电池的场合是多样的，不同使用场合对蓄电池的要求也是不完全相同的。因而在选用蓄电池时，应尽可能做到扬长避短，使所选用的蓄电池具有最佳的性能价格比，这样才会得到市场的认可。本书将力图从本质上实事求是地向读者介绍一些常用的蓄电池的优点和不足之处，以及它们的最新发展动态和水平，剔除市场上目前出现的一些不实事求是的宣传和误导，为选用蓄电池的人们提供参考。

本书在介绍铅酸蓄电池、金属氢化物镍电池、锂离子电池、镉镍蓄电池、锌镍蓄电池、锌银蓄电池和超级电容器的工作原理、性能特点、电池结构、主要原材料、市场动态和国内外近况，以及有待解决问题的同时，比较详细地介绍了阀控密封式铅酸蓄电池的设计技术、生产工艺、性能特点、故障模式、在线检测技术和使用维护经验。这是因为阀控密封式铅酸蓄电池的产值和产量在蓄电池市场上都处于龙头地位，而且这种局面在短时间内难以改变；同时它的生产工艺比较成熟可靠，它所表现出的规律性对研究和改善其他蓄电池的性能具有借鉴作用。这也体现了作者力图使本书既具有一定的理论性，又具有

实用性和可操作性的指导思想。

此外，为使本书对从事蓄电池研究、设计和生产的同行们有点帮助，将我们从国内外的蓄电池专著、文献资料、产品样本收集到的一些有用数据，以及我们在数十年的蓄电池研制和生产中，总结出来的一些经验性设计参数，提供给电池行业的同行们参考，不妥之处，请各位指正。同时在此向本书每章所列的专著和文献资料的作者们深表感谢！

本书在编写过程中得到了一些兄弟电池厂家的鼎力相助，一些蓄电池专家和学者对本书提出了许多帮助和鼓励；本书在出版过程中，得到了机械工业出版社的大力支持，李振标编审给予了许多指导和帮助，我们在此向各位深深致谢！

参加本书编写工作的有：桂长清、郭丽、贺必新、钱志刚。

作 者

2010年5月于武汉

目 录

前言

第一章 化学电源总论 1

第一节 概述 1

一、化学电源及其特点 1

二、电池及其分类 2

第二节 电池的基本组成及其特性 6

一、电极 6

二、电解质 8

三、隔膜 13

四、电池槽和盖 15

第三节 蓄电池热力学基础 17

一、概述 17

二、电动势及其计算 22

三、热效应 25

四、电化当量和电池容量 26

第四节 蓄电池反应的动力学基础 28

一、电极极化与超电势 28

二、电极反应过程的特征 29

三、电化学反应的基本动力学参数 30

四、浓差极化 32

第五节 电池的主要性能参数 33

一、电池容量和比容量 33

二、电池的电压 34

三、电池能量和比能量 35

四、电池的输出功率和比功率 37

五、电池内阻 38

六、电池寿命 38

七、充电效率 39

八、自放电和荷电保持能力 39

参考文献 39

第二章 铅酸蓄电池理论基础

和通性 41

第一节 铅酸蓄电池的演变 41

第二节 产品的分类和特点 42

第三节 铅酸蓄电池的理论基础 44

一、铅酸蓄电池热力学基础 44

二、热效应 50

三、铅酸蓄电池反应物质的电化当量 51

四、铅酸蓄电池理论比容量 53

五、铅酸蓄电池反应的动力学基础 53

第四节 铅酸蓄电池额定容量 55

一、容量的含义 55

二、额定容量 55

三、影响蓄电池放电容量的主要因素 56

四、电池容量的变化规律 57

第五节 铅酸蓄电池寿命边值条件 57

第六节 铅酸蓄电池充电特性 58

一、充电反应过程 58

二、恒电流充电 59

三、充电过程电解液浓度和

温度的变化	59	第四节 板栅和铅零件	79
四、恒电压充电	60	一、板栅的结构形式	79
五、充电电流对充入电量 的影响	60	二、板耳位置的影响	80
六、混合型充电	60	三、筋条截面形状	80
七、脉冲充电	61	四、活性物质与板栅之间的 比率	81
第七节 铅酸蓄电池快速 充电	61	五、板栅设计实例	81
一、马斯电池充电定律	61	六、市售电动车电池极板	83
二、快速充电	62	七、连接条和极柱	83
第八节 阀控密封式铅酸蓄电池 中的反应	64	第五节 限压阀和电池槽盖	84
一、电池主反应	64	一、限压阀的作用	84
二、电池副反应	65	二、限压阀的技术要求	84
三、充电和过充电反应	66	三、限压阀的结构形式	84
参考文献	67	四、限压阀帽材料选择	85
第三章 铅酸蓄电池设计 和制造	68	五、电池槽和盖	85
第一节 电池容量计算	68	第六节 电池设计参数举例	86
一、电池理论容量	68	一、基本参数	86
二、活性物质利用率	69	二、设计计算	87
三、正、负极活性物质之间 的关系	71	三、6DZM10 电池物料衡算	88
四、湿铅膏、干铅膏和活性 物质之间的关系	71	第七节 铅酸蓄电池用主要 原材料	88
五、活性物质跟板栅之间的 关系	71	一、铅	88
六、极板容量的计算	71	二、铅合金	90
七、电池容量变换经验公式	72	三、硫酸	93
第二节 隔板和隔膜	74	四、活性物质添加剂	95
一、隔膜的作用	74	五、隔板	98
二、隔膜厚度与压力的关系	74	六、电池槽和盖	100
三、隔膜孔率与压力的关系	75	七、密封材料	100
四、隔膜吸酸量与压力的关系	75	第八节 板栅制造	101
第三节 电解液量的计算	76	一、板栅浇铸	101
一、电池放电反应需要的酸量	76	二、拉网式板栅	102
二、极群吸酸量	77	三、板栅的质量要求	103
		第九节 铅粉制造及其 技术特性	104
		一、铅粉制造	104
		二、铅粉的技术指标	104
		第十节 合铅膏	105

一、铅膏配方的选择	105	一、电池使用和设计特点	127
二、铅膏视密度及其对电池性能的影响	106	二、电池命名规定和规格型号	128
三、铅膏的相组成	106	三、主要性能要求	134
第十一节 极板涂膏、固化和干燥	107	四、使用与维护	134
一、涂膏	107	五、寿命和失效模式	135
二、固化和干燥	107	第三节 固定型铅酸蓄电池	135
第十二节 极板化成	109	一、设计与性能特点	135
一、化成过程中的反应	109	二、电池的规格和型号	136
二、化成槽电解液浓度、温度和槽压的变化	110	三、电池的技术要求和考核标准	139
三、极板组分在化成过程中的转化	110	四、电池使用与维护	140
四、电解槽化成（外化成）	111	五、寿命和失效模式	140
五、电池化成（内化成）	113	第四节 储能铅酸蓄电池	141
第十三节 电池组装与初充电	113	一、铅酸蓄电池储能系统的优点	141
一、电池组装工艺流程	113	二、储能电池的特点和要求	142
二、注酸和初充电	115	三、储能电池在电力系统的应用实例	142
参考文献	116	第五节 铁路内燃机车及电力机车用铅酸蓄电池	143
第四章 富液式铅酸蓄电池	118	一、型号命名含义	143
第一节 起动型铅酸蓄电池	118	二、型号规格	144
一、电池使用特点和要求	118	三、蓄电池性能和要求	144
二、电池设计对策	118	参考文献	146
三、起动型铅酸蓄电池的进步和发展	119	第五章 AGM 阀控密封式铅酸蓄电池	147
四、起动型铅酸蓄电池的型号和规格	120	第一节 阀控密封式铅酸蓄电池的充电特性	147
五、起动型铅酸蓄电池主要性能和测试方法	121	一、充电反应的变化	147
六、电池性能特点	123	二、饱和度对充电状态的影响	147
七、使用与维护	124	三、合理调整过充电量	148
八、寿命和失效模式	124	第二节 阀控密封式铅酸蓄电池的并联充电	148
九、摩托车用铅酸蓄电池	125	一、并联充电过程中的电流分配	149
第二节 牵引型铅酸蓄电池	127	二、并联充电过程中的电压	

变化	150	规律	159
三、并联充电对电池均匀性的影响	150	五、密封铅酸蓄电池的电导与放电容量的相关性	159
第三节 阀控密封式铅酸蓄电池的放电特性	152	第七节 开路电压与放电容量的关系	161
一、放电反应	152	一、新的阀控密封式铅酸蓄电池开路电压与放电容量	161
二、恒电流放电过程中的电压变化	152	二、VRLA 电池循环过程中的开路电压与放电容量	162
三、放电过程中电池的电解液浓度和温度变化	152	三、间断放电过程中的开路电压与放电容量	162
四、过放电	153	第八节 阀控密封式铅酸蓄电池荷电态在线诊断技术	163
五、自放电	153	一、荷电态的含义	163
六、并联放电	153	二、电导（内阻）测量法	164
第四节 电池内阻与大电流放电能力	154	三、电池内阻和开路电压差联合法	164
一、欧姆内阻对电池电压降的影响	154	四、固定时间放电法	164
二、电池欧姆内阻的组成	155	五、电化学反应内阻与双层电容乘积法	165
三、改善电池大电流放电能力的途径	155	六、交流阻抗参数法	166
第五节 电池内阻及其测定方法	156	七、CDF 现象	167
一、蓄电池内阻的组成	156	八、使用微机处理器的 VRLA 电池荷电态在线评估仪	168
二、直流法测电池欧姆内阻	156	九、线圈电感指示法	168
三、交流法测电池内阻	156	十、电池荷电态和健康状态在线诊断研究工作小结	168
四、用电导测试仪测电池内阻（电导）	157	第九节 由浮充信息评估电池健康情况	169
第六节 铅酸蓄电池内阻跟容量（荷电态）的关系	157	一、浮充电压高低及其提供的信息	169
一、开口式铅酸蓄电池交流阻抗测试结果	157	二、由浮充电压高低评估电池健康情况	169
二、阀控密封式铅酸蓄电池交流阻抗测试结果	158	三、浮充电压均匀性的启示	169
三、阀控密封式铅酸蓄电池电导测试结果	158	四、浮充电流反映蓄电池组的健康状况	170
四、铅酸蓄电池内阻的变化		五、判断原则和对策	170
		第十节 固定型阀控密封式	

铅酸蓄电池	170	的要求及其表述方法	192
一、电池使用特点和采取的设计措施	170	二、单格电池的均匀性	193
二、产品型号	171	三、蓄电池组的均匀性	194
三、产品主要性能要求	173	四、循环寿命试验中蓄电池组均匀性的变化	194
四、电池失效模式	174	第四节 电动车电池深放电 ...	195
五、固定型阀控密封式铅酸蓄电池的市场动态	174	一、深放电试验	195
第十一节 储能用阀控密封式铅酸蓄电池	175	二、深放电结果	195
一、风能蓄电系统的开发目标和技术要求	175	三、电池容量恢复能力	196
二、储能电池名称、型号、规格	176	四、深放电循环对放电容量的影响	196
三、储能电池性能和要求	176	五、深放电循环对电池均匀性的影响	197
四、胶体电池是当前储能系统的宠儿	178	第五节 电动自行车用铅酸蓄电池组的过放电	198
五、储能电池市场分析	179	一、过放电试验方法	198
参考文献	179	二、6DZM10 电池的过放电试验数据	198
第六章 动力型阀控密封式铅酸蓄电池	182	三、过放电量及其影响因素	199
第一节 动力型铅酸蓄电池现状	182	四、电池组开路电压的变化	199
一、动力型铅酸蓄电池使用概况	182	五、蓄电池组放电终止电压均匀性的变化	199
二、改进提高正在使用的 VRLA 蓄电池	183	六、过放电恢复能力	200
三、开发新型结构的密封式铅酸蓄电池	184	七、过放电对电池寿命的影响 ...	200
第二节 动力型密封式铅酸蓄电池充电技术	189	第六节 电动车电池配组和使用寿命	200
一、充电技术是影响电动车电池使用寿命的首要因素	189	一、电动车电池的当前水平	200
二、一些电动车用充电器的充电过程	191	二、电动车电池配组的效果	201
第三节 蓄电池组的均匀性 ...	192	第七节 电动车电池失效模式和失效机理	202
一、对电动助力车电池组均匀性		一、电池容量不足,车子跑的路程短	203
		二、电池容量衰减快,使用寿命短	203
		三、电池均匀性劣化	204
		四、电池严重硫酸盐化	205
		五、热失控与电池“鼓肚子” ...	206
		六、电压很高容量不足	206

七、电池贮存期间电压下降	
很快	206
八、电池漏液	206
第八节 电动车电池容量和	
寿命考核	207
一、电池容量	207
二、电池寿命及其考核方式	207
三、大电流放电性能	210
参考文献	210
第七章 胶体电池	213
第一节 胶体电池的发展	
历程	213
第二节 胶体电解质的制造	
工艺	213
一、硅溶胶的制造	214
二、硅凝胶的制备	216
三、胶体电解质添加剂	217
第三节 胶体电解质的性质	
及其影响因素	218
一、影响凝胶时间的因素	218
二、 SiO_2 含量对胶液导电性	
的影响	219
三、 SiO_2 含量对胶液触变性	
能的影响	219
四、硫酸浓度对胶体电解液性	
能的影响	219
五、钠离子对凝胶状态的影响 ..	220
第四节 胶体电解液的灌注 ..	220
一、直接灌注法	220
二、先酸后胶法	220
三、放电加胶法	221
四、两步加胶法	221
第五节 胶体电池设计和	
制造	221
一、隔板的选择	221
二、调整极群装配比	222
三、降低电池内阻	223
四、调整板栅和活性物质重量	
的比例	223
五、颗粒 SiO_2 胶体电池	223
第六节 胶体电池的特性	223
一、密封工作原理和气体	
复合效率	223
二、放电容量	223
三、自放电速度	224
四、电池寿命	224
五、电池内阻和大电流放电	
能力	225
六、耐深放电能力	225
七、抗电液分层能力较强	225
八、浮充电流与电池失水	225
九、充电过程中的热效率	226
十、低温特性	226
参考文献	226
第八章 锂离子电池	228
第一节 概况	228
第二节 锂离子电池工作	
原理及分类	229
一、工作原理	229
二、锂离子电池的分类及选型 ..	230
第三节 锂离子电池结构和	
制造工艺	231
一、结构形式	231
二、制造工艺	233
第四节 锂离子电池基本	
材料	234
一、正极材料	234
二、负极材料	238
三、电解质	241
四、隔膜材料	244
五、添加剂	245
第五节 电池性能及其影响	
因素	245
一、锂离子电池的综合评价	245

二、锂离子电池的充放电特性 … 246	三、自放电特性 …………… 287
三、放电容量及其影响因素 …… 247	四、寿命 …………… 287
四、循环寿命 …………… 250	五、耐过充、过放能力 …… 288
五、自放电速率和电池贮存性能 …………… 251	六、内阻 …………… 288
六、比能量和比功率 …………… 252	七、温度特性 …………… 289
七、电池内阻 …………… 255	八、记忆效应 …………… 289
第六节 锂离子电池的安全性	第六节 使用与维护 …… 289
和使用注意事项 …… 255	一、充放电制度 …………… 290
一、锂离子电池的安全性	二、电池活化 …………… 290
问题 …………… 255	三、电解液更换 …………… 291
二、电池设计采用的安全	参考文献 …………… 291
措施 …………… 257	第十章 金属氢化物/镍电池 …… 292
三、使用注意事项 …… 257	第一节 MH-Ni 电池命名
参考文献 …………… 257	和工作原理 …… 292
第九章 镉镍蓄电池 …………… 260	一、电池的基本组成和结构 …… 292
第一节 镉镍电池的分类	二、MH-Ni 电池命名和型号 …… 293
和型号 …………… 260	三、充放电反应 …………… 298
一、镉镍电池分类 …………… 260	四、过充电和过放电反应 …… 298
二、镉镍电池的型号和	第二节 MH-Ni 电池特性
标志 …………… 261	及其影响因素 …… 299
第二节 工作原理 …………… 262	一、电池充电特性 …………… 299
一、氧化镍电极工作原理 …… 262	二、电池放电特性 …………… 303
二、镉电极的反应机理 …… 263	三、电池容量 …………… 304
三、密封镉镍电池工作原理 …… 264	四、电池循环寿命 …… 305
第三节 电极的制造 …………… 265	五、温度特性 …………… 309
一、烧结式极板的制造 …… 265	六、电池贮存和自放电特性 …… 311
二、非烧结式极板的制造 …… 276	七、电池内阻 …………… 312
第四节 镉镍电池的结构	八、电池的比能量 …… 313
和制造 …………… 280	九、电池的比功率 …… 314
一、镉镍袋式碱性蓄电池 …… 280	十、可恢复的记忆效应 …… 315
二、开口镉镍烧结式碱性	第三节 镍电极的特性及其
蓄电池 …………… 281	制备 …………… 316
三、镉镍密封碱性蓄电池 …… 283	一、工作原理 …………… 316
第五节 镉镍电池的性能 …… 285	二、镍电极性能及制备 …… 317
一、充放电特性 …………… 285	第四节 金属氢化物电极
二、活性物质利用率 …… 286	性能及制备 …… 320
	一、工作原理 …………… 320

二、贮氢合金应具备的条件	321	六、循环寿命	350
三、贮氢合金的类型	321	七、记忆效应	351
四、贮氢合金的改性处理	323	第六节 充电特性	352
第五节 MH-Ni 电池的应用		一、快速充电	352
和市场动态	324	二、慢充电	353
一、小型便携式电器市场上		三、充电终止	353
的 MH-Ni 电池	324	四、过充电	354
二、电动自行车用 MH-Ni		五、充电过程中电池的	
电池	325	均匀性	354
三、电动汽车用 MH-Ni		第七节 锌镍电池应用	354
电池	325	一、适用温度与环境因素	355
四、混合型电动车用 MH-Ni		二、电动自行车与电动	
电池	327	摩托车	355
第六节 MH-Ni 电池开		三、深循环应用	355
发动向	329	四、混合动力电动车与纯	
一、MH-Ni 电池的进步和		电动车	355
开发目标	329	五、备用电源	356
二、镍电极的研究动向	330	六、军事用途	356
三、贮氢合金的研究动向	330	第八节 搬运与贮存	356
参考文献	331	一、电池泄气危险	356
第十一章 锌镍蓄电池	333	二、过充电与过放电保护	356
第一节 概述	333	三、易燃性与易爆性	357
第二节 电化学反应原理	334	四、贮存	357
第三节 电池组分	335	参考文献	357
一、锌电极	335	第十二章 锌银蓄电池	359
二、镍电极	338	第一节 概述	359
三、隔膜	341	一、锌银蓄电池发展概况	359
四、电解液	341	二、锌银蓄电池命名	360
第四节 电池结构设计	343	第二节 电化学原理与组成	361
一、密封电池	343	一、电化学原理	361
二、电池组设计与包装	345	二、电池构造和组成	361
第五节 电池放电特性	346	第三节 锌银蓄电池的制造	374
一、倍率性能	347	一、活性物质的制备	374
二、温度对性能的影响	349	二、隔膜预处理	376
三、电池的均匀性	349	三、正极板的制造	377
四、恢复	349	四、负极板的制造	379
五、荷电能力	349	五、单体电池装配	380
		六、电解液的配制	382

第四节 锌银蓄电池的性能 和寿命	383	三、组装	399
一、性能	383	第六节 实用设计	400
二、寿命	384	一、设计原则	400
第五节 用途	386	二、主要原材料标准和要求	400
参考文献	386	三、超级电容器的组合	403
第十三章 超级电容器	387	四、单元设计实例	405
第一节 概况	387	第七节 超级电容器与蓄电池 的混合动力源	406
一、发展简史	387	第八节 使用注意事项	409
二、现状简介	387	参考文献	409
三、用途	388	第十四章 铅酸蓄电池与环境 保护	411
第二节 分类	389	第一节 铅酸蓄电池使用过程 中对环境的影响	411
第三节 超级电容器等效模型、 基本原理和结构	390	一、传统的富液式铅酸蓄电池	411
一、等效模型	390	二、阀控密封式铅酸蓄电池	411
二、基本原理	390	第二节 铅酸蓄电池生产过程中 对环境的影响	412
三、结构	392	第三节 铅酸蓄电池生产厂的 三废治理	413
第四节 性能参数及测量	393	一、废气	413
一、容量	393	二、废水	414
二、内阻	395	三、废渣	414
三、漏电流	396	第四节 铅回收过程中对环境 的影响	414
四、自放电	397		
五、能量、功率	397		
六、寿命	398		
第五节 制造工艺	398		
一、制浆	398		
二、极片制造	398		

第一章 化学电源总论

第一节 概 述

一、化学电源及其特点

化学电源俗称电池，它是通过电化学反应将电池内活性物质的化学能直接转变为直流电能的装置。此外，还有将太阳光能转化为电能的太阳能电池，和将热能直接转化为电能的热电装置。后者在产生电能的同时没有发生物质的化学反应，通常称为物理电源或物理电池。本书中出现的“电池”，除特别指明的以外，均指的是化学电源。

化学电源与其他电源（例如火力发电、水力发电、风能、太阳能发电装置等）相比，具有以下特点：

(1) 能量转换效率高。其他发电方法往往要经过多种步骤，例如火力发电，先将煤或油燃烧，使燃料的化学能转变为热能，再由热机将热能转换为机械能，最后才由发电机把机械能转变为电能。在整个发电过程中，每一次转换都要损耗能量，而且热机受到“卡诺循环”的限制，总能量效率很低。化学电源直接将化学能转变为电能，不经过上述中间步骤，也不受“卡诺循环”的限制，能量效率高达60%以上。

(2) 化学电源不仅能产生电能，而且可以贮存电能，因此可与其他能源系统配合使用，组成能源系统。例如在草原、近海或山口地区，利用风能发电，将剩余的电能贮存在蓄电池内，待风力较小的时候向设备供电。

(3) 可制成各种形状和大小以及不同电压和容量的电池用于各种场合。例如圆形的干电池、方形的电动车电池、扁形的手机电池和扣式的手表电池等。

(4) 可在各种条件下使用。如高温、低温、高速、失重、真空等环境条件。它不像各种热机都离不开空气（或氧气），水力发电不能没有水，风力发电必须有足够的风力。

(5) 化学电源工作时一般不产生污染环境的物质，也没有噪声。从环保的角度来看，它确实是一种“干净”的能源。

(6) 化学电源既可以长时间贮存，又可以瞬间启用，不像其他能源都需要一定的起动时间或起动装置及设备。比如汽车发动机就是靠电池来起动的，而且在汽车行驶时，又要靠电池提供电能来“点火”。

二、电池及其分类

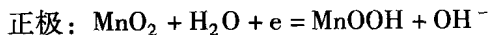
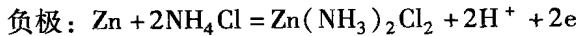
电池的分类原则有许多种，可以根据活性物质使用特点、电解液的性质、电池的结构形式、电池的用途、电池的容量等分类。其中最常用的也是人们最熟悉的分类方法是按电池活性物质使用特点来分。按照这一方法可以将化学电源分为四类。

(一) 一次电池或原电池

这种电池中的活性物质只使用一次。电池放电时活性物质不断发生变化，到一定程度后电池电压会快速下降，电池即停止工作，报废。这种电池不能充电。如果有人把它拿来充电，不但充不进去电，而且还会引起危险。一般来说，原电池的自放电速度小，贮存寿命长，比能量较高；但比功率却较蓄电池要低。

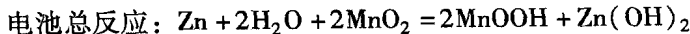
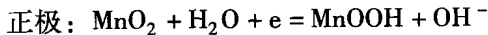
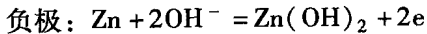
市场上常用的手电筒电池就是一次电池，叫锌锰干电池。它的正极是锰粉（ MnO_2 、 Mn_3O_4 的混合物），中间插一根炭棒用来导电，它的负担是锌皮，做成圆筒式。在锌皮筒内部放入正极包，有的厂家为防止锌皮腐蚀、漏电解质，还在锌皮筒外套上金属套，再将电池封好。

锌锰干电池的成流反应：



此反应只能说是电池的主要反应。此外尚有次级反应和某些副反应也在不断进行着。

市面上还有碱性锌锰电池出售。它的成流反应：



在碱性电解液中，由于二氧化锰放电的过电位小，而氢氧化钾的导电能力又强，副反应少，也没有沉淀物生成。因此碱性锌锰电池的电性能是很好的，其二氧化锰利用率也很高。它的比容量比锌锰干电池大。碱性锌锰电池在放电深度不大时，也有一定程度的可充电性，但其耐受的充电次数很少。

锌锰电池的开路电压与温度和电池荷电态有关。表 1-1 列出了新的 R20 电池的开路电压随温度的变化。如果电池的开路电压比表 1-1 所列数据要低，则表明电池的容量可能已低于额定容量值了。

表 1-1 R20 电池开路电压随温度的变化

温度/℃	-40	-30	-20	-10	1	10	20
开路电压/V	1.503	1.508	1.512	1.523	1.533	1.537	1.540

锌锰电池在大电流密度下连续放电时，正负极极化很大，无法达到一个稳定的状态，并且电池内阻也较大，所以锌锰电池不宜作大电流连续放电，不宜用作动力电池。

作为一次电池，除上述最常用的锌锰电池之外，尚有许多种电池。例如，锂二氧化锰电池，锌氧化汞电池，锌空气电池，镁二氧化锰电池，锌氧化银电池等，它们的成流反应见表 1-2。

表 1-2 某些一次电池的成流反应

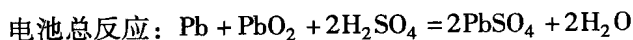
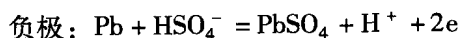
电池系列	负极	正极	成流反应
锌锰电池	Zn	MnO ₂	$Zn + 2MnO_2 \rightarrow ZnO + Mn_2O_3$
镁锰电池	Mg	MnO ₂	$Mg + 2MnO_2 + H_2O \rightarrow Mn_2O_3 + Mg(OH)_2$
碱性锌锰电池	Zn	MnO ₂	$Zn + 2MnO_2 \rightarrow ZnO + Mn_2O_3$
锌汞电池	Zn	HgO	$Zn + HgO \rightarrow ZnO + Hg$
镉汞电池	Cd	HgO	$Cd + HgO + H_2O \rightarrow Cd(OH)_2 + Hg$
锌氧化银电池	Zn	Ag ₂ O	$Zn + Ag_2O + H_2O \rightarrow Zn(OH)_2 + 2Ag$
锌空气电池	Zn	O ₂	$Zn + 1/2O_2 \rightarrow ZnO$
锂二氧化硫电池	Li	SO ₂	$2Li + 2SO_2 \rightarrow Li_2S_2O_4$
锂二氧化锰电池	Li	MnO ₂	$Li + MnO_2 \rightarrow MnO_2(Li^+)$

(二) 二次电池或蓄电池

这种电池中的活性物质可以反复多次使用。电池放电后，极板上的活性物质就发生了电化学变化；当用跟放电电流方向相反的电流给电池充电时，又可以使活性物质恢复到原来的状态，可再次放电。应当注意，这种电池虽然称为二次电池，但它们的充电和放电循环次数并不是只有 2 次，而是数百次甚至上千次。

蓄电池具有高比功率、高放电率、放电曲线平稳、低温性能好的优点；但它的比能量一般却低于原电池，荷电保持能力也比多数原电池差。

最常用的二次电池就是铅酸蓄电池。它的正极活性物质是棕色的二氧化铅，负极活性物质是灰色海绵状铅，电解液是硫酸水溶液。它的成流反应：



由于开口式的铅酸蓄电池在充电时会有酸雾逸出，对周围环境和设备造成了不良影响；现在市场上广泛使用密封式铅酸蓄电池。它的电解液贮存在多孔性的隔板之内，无流动电解液；电池盖上装有气阀，当电池内的气压低于开阀压力时，气阀关闭，电池内部跟大气隔绝，充电时生成的氧气被负极吸收；当电池内