

· 高等学校轻工专业教材 ·

995867

化学电源工艺学

宋文顺 主编



11.05

 中国轻工业出版社

高等学校轻工专业教材

化学电源工艺学

宋文顺 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

化学电源工艺学/宋文顺主编. - 北京: 中国轻工业出版社,
1998.8

高等学校轻工专业教材

ISBN 7-5019-2148-2

I. 化… II. 宋… III. 化学电源-高等学校-教材 IV. TM911

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 05318 号

责任编辑: 龙志丹 责任终审: 滕炎福 封面设计: 崔 云
版式设计: 智苏娅 责任校对: 郎静瀛 责任监印: 徐肇华

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17.25

字 数: 414 千字 印数: 1—2000

书 号: ISBN 7-5019-2148-2/TQ·138 定价: 25.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

序

本人在高校从事化学电源工艺学课程的教学工作近 40 年，长期以来一直使用自编的校内教材，无一本既体现轻工特点又反映近期电池发展的正式教材，本书编写试图在这方面作一尝试。

本书是在我 1990 年主编的《化学电源工艺学》的基础上，根据教学讲稿，参考国内外有关资料编写而成。

本书共 10 章，编写分工如下：绪论，第一、二、六、七、十章为宋文顺编写；第四、五章为夏同弛编写；第三、八、九章为王力臻编写，全书由宋文顺统稿。

在编写过程中较多地参考了 1979 年哈尔滨工业大学和天津大学合编的《化学电源工艺学》的校内教材和《电池》杂志近 10 年的论文、综述等资料以及 1984 年美国的《电池和燃料电池手册》中的图表和数据，在此向上述作者及本书参考资料中的作者表示诚挚的谢意，也对支持本书出版的所有人士表示衷心的感谢。

宋文顺

1997 年 6 月

目 录

绪论	1
第一章 化学电源的基本概念	3
第一节 化学电源的组成和工作原理	3
第二节 化学电源的热力学	7
第三节 化学电源的分类	9
第四节 化学电源的电性能	10
一、电池的开路电压	10
二、电池的内阻	11
三、电池的放电电压和充电电压	13
四、电池的容量和比容量	16
五、电池的能量和比能量	20
六、电池的功率和比功率	24
七、电池的自放电和贮存性能	25
八、蓄电池的循环寿命	27
九、蓄电池的输率	28
第五节 电池的組合	28
一、电池的串联	28
二、电池的并联	29
三、电池的复联	29
第六节 电极的组成、结构和成型方法	30
第二章 锌-二氧化锰电池	33
第一节 概述	33
第二节 锌-锰电池的命名与型号	34
第三节 锌-锰电池中的二氧化锰正极	36
一、电池电压的变化	36
二、二氧化锰电极的电化学行为	37
三、溶液中 pH、 NH_4^+ 、 Zn^{2+} 对 MnO_2 电化学行为的影响	46
四、二氧化锰的晶型与性能	49
五、二氧化锰的利用率与理想电芯结构	51
第四节 锌-锰电池的锌负极	53
一、锌负极的电化学行为	53
二、锌负极的极化	53
三、锌负极的自放电	54

四、影响自放电的因素	56
五、降低自放电的措施	60
第五节 锌-锰电池的反应	61
一、酸性介质中锌-锰电池的反应	61
二、碱性介质中锌-锰电池的反应	61
三、中性介质中锌-锰电池的反应	62
第六节 锌-锰干电池的性能	65
一、开路电压	65
二、工作电压及其变化	65
三、欧姆内阻	66
四、容量及影响容量因素的分析	67
五、贮存性能	72
第七节 锌-锰电池的气胀、出水冒浆及绿铜帽	72
一、电池的气胀	72
二、出水冒浆	73
三、铜帽生锈	74
第八节 糊式锌-锰干电池的制造工艺及分析	75
一、糊式锌-锰干电池的生产流程	76
二、炭棒的制造和分析	76
三、正极的制造和分析	76
四、负极锌筒的制造	81
五、电液的配制、净化与浆液配制	81
六、电池的装配	86
第九节 叠层锌-锰电池	87
第十节 纸板电池	89
一、纸板电池的特点	89
二、纸板电池的反应	89
三、纸板电池的隔离层	91
四、纸板电池的制造	95
第十一节 碱性锌-锰电池	96
一、碱锰电池的特点与结构	96
二、碱锰电池的反应	98
三、碱锰电池的制造	98
四、碱锰二次电池	101
第三章 铅酸蓄电池	104
第一节 概述	104
第二节 铅蓄电池的热力学原理	106
一、铅蓄电池的成流反应	106

二、电极电位与电池的电动势	107
三、铅-硫酸水溶液的电位-pH图	108
第三节 二氧化铅正极	112
一、二氧化铅电极的反应机理	112
二、 PbO_2 变体的晶型与其性能	114
三、循环过程中 PbO_2 性能的变化	116
四、正极板栅及其腐蚀	117
第四节 铅负极	121
一、铅负极的反应机理	121
二、铅负极的钝化	122
三、铅负极添加剂	123
四、铅负极的自放电	124
五、铅负极的不可逆硫酸化	126
第五节 铅蓄电池的电性能	126
一、电动势	126
二、充放电曲线	127
三、电池的容量及其影响因素	127
四、铅蓄电池的欧姆内阻	129
五、循环寿命	129
六、充电保持能力与输率	129
第六节 铅蓄电池的制造原理及工艺	130
一、涂膏式铅蓄电池的生产流程	130
二、板栅的制造	131
三、铅粉的制造	134
四、铅膏的配制及原理	136
五、生极板的制造	138
六、极板的化成	140
七、电池的装配	144
第七节 铅-二氧化铅电池的发展方向	145
第四章 镉-镍蓄电池	146
第一节 概述	146
第二节 镉-镍蓄电池的反应与电动势	147
一、成流反应	147
二、电极电位与电动势	147
第三节 氧化镍电极的工作原理	148
第四节 镉电极的工作原理	151
一、反应机理	151
二、影响电极寿命及容量的一些因素	151

第五节 密封镉-镍蓄电池的原理	152
一、密封原理	152
二、密封措施	153
第六节 镉-镍蓄电池的电性能	155
一、充放电曲线	155
二、容量及影响因素	156
三、记忆效应	156
四、循环寿命	156
五、自放电	156
第七节 镉-镍蓄电池的制造工艺	157
一、活性物质的制备	157
二、有极板盒式电池的制造	159
三、烧结式电池的制造	159
四、密封镉-镍蓄电池的制造	163
第八节 镉-镍蓄电池的改进及发展方向	165
一、粘结式电极	165
二、发泡式电极	165
三、纤维式电极	167
第五章 锌-银电池	169
第一节 概述	169
第二节 锌-银电池的反应与电动势	170
一、成流反应	170
二、电极电位及电动势	170
第三节 锌负极	171
一、锌的阳极钝化	172
二、两相多孔电极	173
第四节 氧化银电极	174
一、充电曲线	175
二、放电曲线	175
三、氧化银电极的自放电	177
第五节 锌-银电池的电性能	177
一、放电特性	177
二、比特性	178
三、贮存寿命与循环寿命	180
第六节 锌-银电池制造工艺简介	182
一、电极的成型	182
二、隔膜	184
三、电解液	185

四、电池的装配·····	185
第六章 金属-空气电池 ·····	186
第一节 概述·····	186
第二节 锌-空气电池的反应与电动势 ·····	187
第三节 氧的还原反应·····	188
一、氧电极的特点·····	188
二、氧还原的反应机理·····	189
第四节 气体扩散电极·····	190
一、气体扩散电极的特点·····	191
二、憎水型气体扩散电极·····	192
第五节 锌-空气电池的制造 ·····	195
一、聚四氟乙烯空气电极的制造工艺·····	195
二、锌负极的制备·····	197
三、锌-空气电池的装配 ·····	197
第六节 锌-空气电池的电性能 ·····	198
一、放电性能·····	198
二、贮存性能·····	198
第七节 二次锌-空气电池 ·····	200
第八节 锌-氧电池 ·····	201
第九节 镁-空气电池 ·····	201
一、概况及反应·····	201
二、镁电极的电极电位与钝化·····	202
三、镁电极的滞后现象·····	203
四、镁电极的电流效率·····	203
五、镁-空气电池的结构与电性能 ·····	204
第七章 锂电池 ·····	206
第一节 概述·····	206
第二节 锂电池的正极活性物质·····	209
第三节 锂电池的电解质溶液·····	210
一、有机电解质溶液·····	211
二、无机电解质溶液·····	213
第四节 锂-二氧化锰电池 ·····	215
一、锂-二氧化锰电池的特点 ·····	215
二、锂-二氧化锰电池的反应 ·····	215
三、锂-二氧化锰电池的结构与制备 ·····	215
四、锂-二氧化锰电池的电性能 ·····	218
第五节 锂-亚硫酰氯电池 ·····	220
一、锂-亚硫酰氯电池的特点 ·····	220

二、锂-亚硫酰氯电池的反应	221
三、锂-亚硫酰氯电池的结构及制造简介	221
四、锂-亚硫酰氯电池的电性能	222
五、锂-亚硫酰氯电池的电压滞后与安全问题	222
第六节 锂-碘电池	224
第七节 其他锂电池简介	226
一、 $\text{Li}-(\text{CF}_3)_n$ 电池	226
二、 $\text{Li}-\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ 电池	227
三、 $\text{Li}-\text{SO}_2$ 电池	228
第八节 常温锂二次电池简介	230
第八章 燃料电池	231
第一节 概述	231
第二节 燃料电池的工作原理及分类	232
一、燃料电池的工作原理	232
二、燃料电池的分类	233
三、各类燃料电池的优劣	233
第三节 燃料电池的热力学	234
一、燃料电池的电动势	234
二、燃料电池电动势的温度系数和压力系数	235
三、燃料电池的效率	236
第四节 燃料电池的动力学	238
一、燃料电池的工作电压	238
二、燃料电池的输出功率	239
第五节 燃料电池工作体系	240
一、燃料电池发电系统	240
二、燃料电池的工作	241
第九章 氢-镍电池	244
第一节 概述	244
第二节 高压氢-镍电池	245
一、高压氢-镍电池的结构	245
二、高压氢-镍电池的工作原理	245
三、高压氢-镍电池的特点	246
第三节 金属氢化物-镍电池	246
一、金属氢化物-镍电池的工作原理	246
二、目前所研制的金属氢化物-镍电池的性能及发展	247
三、金属氢化物-镍电池的特点	248
第四节 吸氢电极	249
一、贮氢材料的性质	249

二、贮氢材料的分类·····	250
三、吸氢电极用贮氢材料应具备的条件·····	250
四、电池用贮氢材料的进展·····	251
五、吸氢电极的制造方法·····	251
六、吸氢电极性能下降的原因·····	252
七、贮氢材料的表面改性技术·····	253
第五节 氢-镍电池的发展方向 ·····	254
第十章 锂离子二次电池 ·····	255
第一节 概述·····	255
第二节 锂离子电池的工作原理·····	257
第三节 锂离子电池的负极·····	257
第四节 锂离子电池的正极·····	259
第五节 锂离子电池的电解质溶液·····	260
第六节 锂离子电池结构与电性能·····	261
参考文献·····	263

绪 论

化学电源是一种直接把化学能转变成低压直流电能的装置，这种装置实际上是一个小的直流发电机或能量转换器。

众所周知，自然界的各种形式的能量，原则上都可以相互转换，并严格地遵守能量守恒定律，我们把化学能转变成电能的装置叫做化学电源，又叫电池，把其他形式的能量（如热能、光能、机械能、核能等）转变成电能的装置叫做物理电源。

化学电源工艺学是研究上述化学电源的生产制造原理及其工艺的科学，它涉及到电池的反应机理、电极的特性、电解质溶液的性质、电池的材料、电池的电性能以及它的制造流程和工艺等内容。

由于化学电源的种类繁多，考虑到轻工系统是以生产民用小型电池为主的特点，本教材将以此为重点，同时将对其他各种化学电池作适当的讲述。

1. 化学电源在国民经济及国防建设中的作用

在现代化的国民经济的各个部门，无不使用着各种各样的化学电源，化学电源已成为国民经济中不可缺少的一个重要组成部分，这是由于化学电源本身具有的特点所决定。化学电源具有如下特点：便于携带、使用简便；电池的容量、电流、电压都可以在相当的范围内变动；可以制成任意的形状和大小；能经受各种环境的考验（如冲击、震动、旋转、高低温等）而保证电能的正常输出；能换效率高，无噪声；对蓄电池还可作为贮能器。正因为化学电源有众多的优点，因此在工业、农业，交通运输、邮电通讯、文化教育等诸多方面被广泛地使用。从人们日常生活的照明用具、钟表、玩具、大哥大、BP机、收录音机、计算器、计算机、助听器到汽车、火车、飞机、拖拉机，以及尖端技术，像宇宙飞船、人造卫星、火箭导弹、遥测遥控等都广泛地使用着各种各样的化学电源。

在能源的开发中，充分利用自然力如风力、潮汐力、太阳能等有着重要的意义，由于这些能源的作用不连续，要解决大规模利用这些自然力，需要有能量贮存器，而价格低廉，使用期长的蓄电池就是很好的贮能器，所以化学电源在这方面也承担着很重要的任务。

虽然化学电源作为能源装置不能与火力发电、水力发电、原子能发电的作用相提并论，但它特有的良好的可移性和简便的供电方式则是不可代替的。

在国防建设中，特别是现代化的军事武器中，同样广泛地使用着各种不同的化学电源，在这方面的要求比民用电池要更严格、更高。无论是军用还是民用，对化学电源总的要求是：高度的可靠性；质量轻、体积小、容量大；寿命长；对环境无污染；耐受各种环境的考验；价格低、使用方便。这些苛刻的要求不断地推动着化学电源的发展。

化学电源在军事方面的应用，如潜水艇需要强大功率的蓄电池组以保证其高速行驶，火箭导弹需要绝对可靠、性能高度稳定的化学电源保证飞向目标，其他像飞机、坦

克、鱼雷、无线电定位、无线电通讯、遥测遥控、宇宙飞船以及各种武器都需要使用化学电源。

综上所述，无论是国民经济方面还是在国防建设方面，化学电源工业有着重要的作用，与其他工业一样是国民经济中重要的组成部分之一。随着现代化事业的发展，人民生活水平的不断提高，国防建设的加强，要求更多更好的化学电源来为其服务，所以，化学电源工业的发展前景是十分美好的，从事这方面的工作是有意义的、光荣的。

2. 化学电源的发展简史

从1800年意大利科学家伏打（Volta）教授发明伏打电池起至今，化学电源已经有近200年的历史了。

远在1800年伏打根据1786年伽瓦尼（Galvani）关于用两种不同金属接触青蛙肌肉时能够产生电流的所谓动物电学说研制成了伏打电池，这是世界上第一个能够实际应用的电池，并用它进行了许多电学有关的研究工作，发现了一些基本定律，如欧姆定律、法拉第定律等。

在近200年的电池发展过程中，曾研究过数十种各种不同的电池，但是由于种种原因能够成为商品得到广泛应用的仅一小部分，在这些电池中至今仍然对人们生活有重要影响的有如下一些电池：1859年法国的科学家普兰特（Plante）发明的铅酸蓄电池，这是世界上第一个可充电的电池；1868年法国的科学家勒克兰社（Leclanche）研制成功了锌-锰干电池；1889年至1901年瑞典的扬格纳（Jungner）和美国的爱迪生（Edison）先后研制成功了铁-镍蓄电池和镉-镍蓄电池；在第一次世界大战期间，中性锌-空气电池被研制成功；1943年法国的安德烈（André）发明了锌-银电池；1947年美国的茹宾（Ruben）研制成功了锌-汞电池。以上这些电池在实际应用中都经历了无数次从结构、工艺、材料方面的改进，使电池的性能较之以前有大幅度的提高。

化学电源高速发展是在50年代以后，由于科学技术的进步和人们生活水平的提高，推动着原有各种化学电源的改进和新型化学电源的产生，特别是电子、通讯、航天、汽车等工业的发展以及人们生活用品电气化的需求，要求体积小、质量轻、高能量、高功率、无污染、长寿命的电池日益迫切，从而促进新的化学电源不断出现。50年代碱性锌-锰电池问世，60年代燃料电池研制成功，70年代各种锂电池开发成功，80年代氢-镍蓄电池问世以及90年代锂离子电池出现，这些电池就其性能比过去的电池更加优越，使用寿命更长。同时，从电池研究成功到规模化生产的周期缩短，过去锌-锰干电池从研制成功到规模化生产用了数十年的时间，而90年代初研制成功的锂离子二次电池仅用了2~3年的时间。

总之近半个世纪，化学电源的发展是飞速的，它超过了历史上任何一个时期。我们可以看到，化学电源的发展是和社会的进步、科技的发展密不可分的，客观的需要永远是化学电源发展的原动力，也是它生命力之所在。

第一章 化学电源的基本概念

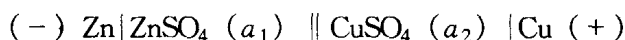
第一节 化学电源的组成和工作原理

化学电源是一种把化学能转变成低压直流电能的装置，一般又称为化学电池或电池，如锌-锰电池、铅蓄电池、镉-镍蓄电池、锂电池、氢-镍电池等。

任何一种电池是由四个基本的主要部件和一些附件组成。四个主要部件是两个不同材料的电极、电解质、隔膜和外壳，其他附件如接线柱、导电排等。

电池是一个电化学体系，要实现化学能直接转变成电能，必须具备两个条件：一是化学反应中的氧化和还原过程必须分隔在两个空间进行，二是物质在进行氧化与还原时电子必须经过外线路。上述二个条件，前者使化学电源中的反应与一般化学过程的反应相区别，后者使化学电源中的反应与电化学腐蚀中微电池的反应相区别，没有这二个条件，就不可能实现化学能向电能的转换，也不能制成化学电源。

为了讨论化学电池是如何实现化学能向电能的转换，即化学电池是如何放出电流提供电能的，我们以锌-铜电池（又称为丹聂尔-雅可比电池）为例加以讨论，这种电池的表达式为：



电池的结构示意图如图 1-1 所示。

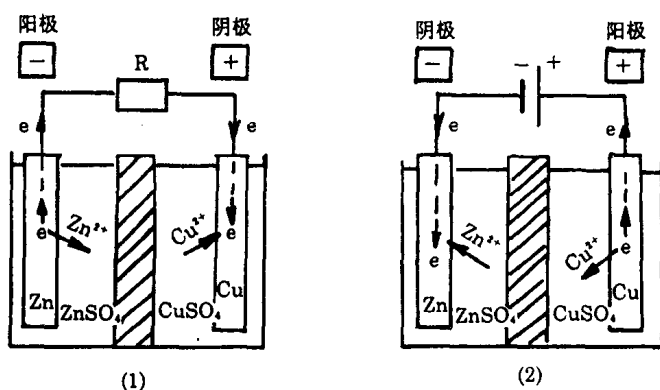
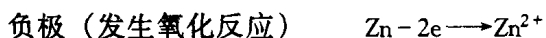


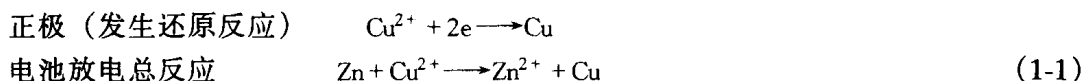
图 1-1 锌-铜电池结构示意图

(1) 一放电（原电池） (2) 一充电（电解池）

根据电化学理论可知，当铜片或锌片分别放入一定浓度的硫酸锌或硫酸铜水溶液中，由于物质在固、液两相之间电化学位不同，必将在固、液界面引起物质和电荷的转移，而最终形成双电层，建立电位跃。由于这两个电极体系都是可逆的，因此，它们所产生的电位跃我们称为可逆电极电位或平衡电极电位。

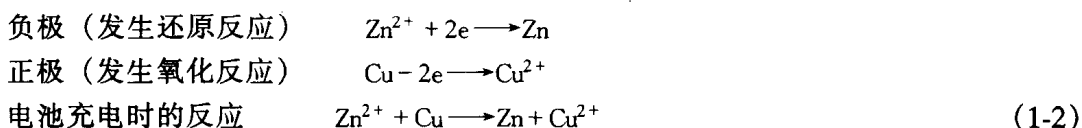
当两个可逆电极构成的电池，用负载将两极极端联结时，两极的平衡状态受到破坏，必将引起负极的电子流向正极，同时引起负极发生氧化和正极发生还原反应，见图 1-1 (1)，其反应如下：





我们把电极上发生的反应叫做电极反应或电化学反应，把电池发生的反应叫做成流反应，只要正、负极参加反应的物质不断进行反应，则电池将不断有电流输出，直到反应物质反应完毕为止，显然，电池将化学能转变成电能是靠电池中发生的式 (1-1) 反应，或靠两个电极分别发生的氧化、还原反应，它也满足上面所讲的构成电池所必须的两个主要条件。

当锌-铜电池进行充电时，情况与上述放电时正相反，见图 1-1 (2)，这时：



显然，电池在充电时是靠外加电源的电场迫使不能自发进行的反应式 (1-2) 得以进行，使物质和电池的状态都恢复到放电以前，即外加电能通过充电反应而转换成化学能（靠复原的物质）而贮存起来，供再次放电使用。

从上述电池的放电和充电过程，我们可以看出，电池中发生的反应有如下特点：

(1) 电化学反应是在电极/溶液的界面上进行的，反应进行时不仅有物质的转移，而且有电荷的转移。

(2) 氧化反应与还原反应总是“共轭”产生的，而且两个过程总是分隔在两个区域进行。

(3) 对于电池放电，负极总是发生氧化反应，反应时物质的化合价升高；而正极总是发生还原反应，反应时物质的化合价降低。在电池充电时，正好相反，负极（与外接电源负端相联）总是发生还原反应，物质的化合价降低；而正极（与外接电源正极相联）总是发生氧化反应，物质的化合价升高。

所以，不论是电池放电（原电池），还是电池充电（电解池），凡是反应时物质化合价升高的，必然发生氧化反应，发生氧化反应的电极，我们称为阳极；凡是反应时物质化合价降低的，必然发生还原反应，发生还原反应的电极，我们称为阴极。

但是，无论电池是在放电还是在充电，两个电极的电极电位的高低关系没有改变，因为充电时外电源的正极总是与被充电电池的正极相联结，负极与被充电电池的负极相联结。

关于电极极性的区别如表 1-1 所示。

表 1-1 电池在充、放电时电极极性的区别

电池的电极	放电时 (原电池)	充电时 (电解池)
正 极	阴 极	阳 极
负 极	阳 极	阴 极

(4) 物质在进行转换时电子必须经过外线路。

由上述可见，当有电流通过电化学体系时，外线路是靠电子来传递电荷，两个电极之间是靠离子的运动来传递电荷，在电极与溶液的界面是靠电化学反应来传递电荷，且整个回路通过的电流相等。

从上述的电池放电过程，我们可以看到，组成电池的各基本部件的作用如下。

正极和负极作用是参加成流反应和导电，有的电池，电极只起导电作用，我们把参与成流反应的物质叫做活性物质。

电解质的作用是保证两极之间液相的离子导电，有时电解质中的离子或溶剂还参加电极反应或副反应。

隔膜的作用是防止正负极接触而短路。

外壳是起容器的作用，有的电池如锌-锰干电池，其负极本身既是容器又是活性物质。

对于上述四个基本部件所使用的材料情况如下：

负极活性物质通常是采用电极电位较负的物质如氢、锂、钠、镁、锌、镉、铅等，它们本身是还原剂，参加成流反应中被氧化。

正极活性物质通常采用金属氧化物和硫化物以及一些无机盐，如 MnO_2 、 Ag_2O 、 PbO_2 、 NiOOH 、 HgO 、 TiS_2 、 AgCl 、 Ag_2CrO_4 等，它们本身是氧化剂，在成流反应中被还原。

由上述可知，化学电池之所以能将物质在化学反应时释放出来的化学能转变成电能，主要是靠参加成流反应的两个电极的活性物质及其电解液所构成的半电池体系，因此，由正负极活性物质组成的电极就成为电池的“心脏”，它决定着电池所给出的能量大小。所以在设计、研制电池时，正确选择物质体系是十分重要的，一般应根据以下原则：①构成电池后，电动势应尽可能高，即正极的电极电位要尽可能正，负极的电极电位要尽可能负；②电化当量要小，可保证电池在放出同样电量时有较轻的质量；③电化活性要高，一般采用粉状物质制成电极后有较大的反应比表面积，以保证有较大的电流放电，当然电化活性与活性物质的结构、组成有很大的关系；④在电解质中要有较高的稳定性，其自溶速度应可能小；⑤对环境无污染；⑥活性物质制成的电极对电子导电的电阻要小；⑦来源丰富、价格便宜。当然，要完全满足上述要求是很难的，对上述各项要求必须综合考虑，同时还要考虑电池制作的可能性。

电解质一般采用导电能力很强的酸、碱、盐的水溶液，同时还要考虑电极材料在其中的稳定性。不同的电池采用的电解质是不同的，如铅蓄电池的电解质采用硫酸水溶液，锌-银电池采用氢氧化钾水溶液，而锌-锰干电池则采用氯化铵与氯化锌的水溶液。对于一些很活泼的金属，如锂、镁等作电池的负极，则不能采用水溶液，而要采用有机溶剂，如锂-二氧化锰电池的电解质溶液是将 LiClO_4 溶于 P.C（碳酸丙烯酯）和 DME（乙二醇二甲醚）中构成。由于有的电池反应并不消耗电解质，如碱性电池，在一个电极消耗 OH^- 离子，而另一个电极又生成 OH^- 离子，因此整个电池反应并不消耗碱，所以，在电池设计时应该考虑，可以减少碱液在电池中的用量，保证离子导电就可以了。对于要消耗电解质的电池，在设计时不仅要考虑导电，而且要充分考虑电池放电的需

要，以保证电池放出必需的容量。此外，在某些电池中还有采用熔融盐电解质和固体电解质的。

隔膜又叫隔离层或隔板，一般是采用非金属材料制成的，具有大量的微孔以保证离子的通过。不同的电池所用的材料不同，隔离层质量的好坏，对电池的性能影响很大，电池对隔离层的要求是：①材料本身是绝缘的，对电子传导的阻力极大，以防止电池内部短路，同时隔离层本身是多微孔的，对离子的传导电阻要小，以保证电池的良好性能；②能耐受电解质的腐蚀；③能经受电池中正极氧化剂的氧化；④材料来源丰富、价格低廉。

外壳在电池中起容器作用，除锌-锰干电池是用锌筒（本身是活性物质）外，其他各类电池都不用活性物质作电池的容器。各种不同的电池都选用适合的材料作外壳，不管选用什么材料，它们都必须能耐受电解质溶液对它的腐蚀，同时，还应根据不同的使用要求如震动、冲击、耐高低温等情况来考虑选择。对于某些民用小型电池采用钢制外壳，如扣式锌-银电池、锌-空气电池等，稍大一些的电池几乎都采用非金属材料，如橡胶、有机玻璃、尼龙、聚苯乙烯、低压聚乙烯、ABS 塑料等。

表 1-2 列出了目前所生产的部分电池的电池组成、电池反应、开路电压的值。

表 1-2 常用几种电池的反应与标准电动势和开路电压

电 池 名 称	电 池 的 反 应	标准电动势/V	开路电压/V
Zn-MnO ₂ 电池（中性）	$\text{Zn} + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{MnO}_2 \longrightarrow \text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2 + 2\text{MnOOH}$	1.623	约 1.5
Zn-MnO ₂ 电池（碱性）	$\text{Zn} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{MnO}_2 \longrightarrow \text{ZnO} + 2\text{MnOOH}$	1.520	约 1.5
Zn-HgO 电池	$\text{Zn} + \text{HgO} \longrightarrow \text{ZnO} + \text{Hg}$	1.343	约 1.3
Zn-空气电池	$\text{Zn} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \text{ZnO}$	1.636	约 1.5
Zn-O ₂ 电池	$\text{Zn} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \text{ZnO}$	1.636	1.4~1.5
Pb-PbO ₂ 电池	$\text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{PbO}_2 \rightleftharpoons 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	2.040	约 2.0
Cd-NiOOH 电池	$\text{Cd} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NiOOH} \rightleftharpoons 2\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Cd}(\text{OH})_2$	1.329	约 1.3
Cd-AgO 电池	第一阶段 $\text{Cd} + \text{H}_2\text{O} + \text{AgO} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{O} + \text{Cd}(\text{OH})_2$	1.413	约 1.4
	第二阶段 $\text{Cd} + \text{H}_2\text{O} + \text{Ag}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{Cd}(\text{OH})_2$	1.151	约 1.1
	总反应 $\text{Cd} + \text{H}_2\text{O} + \text{AgO} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cd}(\text{OH})_2$		
Zn-AgO 电池	第一阶段 $\text{Zn} + 2\text{AgO} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{O} + \text{ZnO}$	1.852	约 1.7
	第二阶段 $\text{Zn} + \text{Ag}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{ZnO}$	1.590	约 1.5
	总反应 $\text{Zn} + \text{AgO} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{ZnO}$		