

现代电子信息技术丛书

化学与物理电源

——信息装备的动力之源



主编 陈景贵

国防工业出版社

TM91
215

电子科学研究所组织编著



化学与物理电源

——信息装备的动力之源

主 编 陈景贵

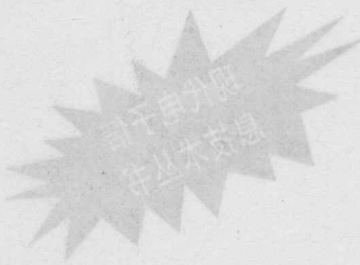
0077805

国防工业出版社

·北京·

(国防工业出版社, 附册, 北京, 1985)

(国防工业出版社)



香 港 只 能 刻 突 刊 学 译 子 甲

图书在版编目(CIP)数据

化学与物理电源:信息装备的动力之源/陈景贵主编. —北京:国防工业出版社,1999.9
(现代电子信息技术丛书)
ISBN 7-118-01962-3

I. 化… II. 陈… III. ①化学电源 ②物理电源 IV. TM91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 21418 号



国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

三河腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 8½ 179 千字
1999 年 9 月第 1 版 1999 年 9 月北京第 1 次印刷
印数:1—3000 册 定价:14.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)



《现代电子信息技术丛书》编审委员会

| | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 名誉主任 | 胡启立 | 曹刚川 | | | |
| 主任 | 王金城 | 吕新奎 | | | |
| 常务副主任 | 童志鹏 | | | | |
| 副主任 | 汪致远 | 王小谟 | 毕克允 | 殷鹤龄 | 于安成 |
| | 安卫国 | 熊和生 | 徐步荣 | 张仁杰 | 邱荣钦 |
| 委员 | 王政 | 夏乃伟 | 程淑清 | 杨星豪 | 侯印鸣 |
| | 何非常 | 黄月江 | 干国强 | 杨天行 | 石书济 |
| | 廖复疆 | 梅遂生 | 陈景贵 | 陈光禔 | 沈能珏 |
| | 张立鼎 | 瞿兆荣 | 徐泽善 | | |

《现代电子信息技术丛书》总编委

| | | | |
|-----|-----|-----|--|
| 总编 | 童志鹏 | | |
| 副总编 | 邱荣钦 | 王晓光 | |
| 委员 | 李德珍 | 张国敏 | |

《化学与物理电源》分册编著人员

主 编 陈景贵

编著人员 (按姓氏笔划排序)

王世达 冯熙康 孙德全 朴宗杰 李文滋

李金章 李洪祥 宋礼彬 汪继强 张建中

黄来和 黄超发 童析然

总编委

童志童 编 总

陈景贵 编 总

李洪祥 编 总

序

信息技术是一个复杂的多层次多专业的技术体系,粗略地可以分为系统和基础两个层次。属于系统层的一般按功能分,如信息获取、通信、处理、控制、对抗(简称为5C技术,即Collection, Communication, Computing, Control, Countermeasure五个词的第一个字母)等;基础层技术一般按专业分,如微电子、光电子、微波真空电子等。

信息技术革命的火炬是由微电子技术革命点燃的,它促进了计算机技术、通信技术及其他电子信息技术的更新换代,迄今,尚未有尽期。信息技术革命推动产业革命,使人类社会经历了农业、工业社会后进入了信息社会。

大规模集成电路的集成度是微电子技术革命的重要标志,它遵循摩尔(Moore)定律,每18个月翻一番,预计可延伸到2010年。届时,每个芯片可包含100亿(10^{10})个元件,面积可达到 10cm^2 ,作为动态存储器的存储量可达64Gb(吉比特),接近理论极限 10^{11} 个元件和256Gb存储量。微处理器芯片的运算速度每5年提高一个数量级,到本世纪末,每个芯片运算速度可达 $10\sim 100$ 亿次每秒,有人认为,实现2000亿次的单片微处理器在技术上是可能的。与此相适应,每芯片比特存储量与每MIPS(兆指令每秒)运算量的成本将呈指数式下降,现在一个100兆指令/s专用数字信号处理芯片只售5美元。如果飞机的价格也像微电子那样呈指数式下降的话,70年代初买1块比萨饼的费用在90年代就可以买1架波音747客机。3年内1部电话机将只用1块芯片,5年内1台PC机的全部功能可在1个芯片上实现,6年内1部ATM交换机的核心功能也可用1个单片完成。由于微处理器芯片价格持续不断地下降,构成了它广泛应用的基础。现在,在一般家庭、汽车和办公室中,就有100多个微处理器在工作,不仅是PC机,而且在电话机、移动电话机、电视机、洗衣机、烘干机、立体声音响、家庭影院中也有。1辆高档汽车中包含20多种可编程微处理器,1架波音777客机含有100多万行的计算机程序代码。

通信技术的进步还得力于光子技术的进步。光通信速率(比特每秒)每两年翻一番,现在实验室中已可做到 10^{12}b/s ,即可将全世界可能传输的全部通信量于同一时刻内在1根光纤中传送,或相当于1s内传输1000份30卷的百科全书。通信速率的提高和通信容量的增大,使光通信成本也不断降低,与80年代相比,降低了两个数量级。

因特网是全球信息基础设施的雏形,其发展速度惊人。现在每0.4s增加

一个用户,每4min增加一个网络。1996年联网数大于10万,联网主机数大于1000万,用户数大于7000万(预计到本世纪末,将大于2亿),PC机总量将达5亿,联网主机达3000万,信息量每5年翻一番。越来越多的公司、团体、机关、个人通过信息网络相互联接,其应用范围从单纯的电子函件通信扩大到远程合作(包括教育、诊断、办公、会议、协作等)、按需点播、多媒体文娱、电子商务、银行、支付等,人类社会生存与发展的另一维空间,即信息空间或称为赛博空间(Cyberspace)正在形成。如果说工业社会是建筑在汽车与高速公路上的话,信息社会则是建筑在信息与信息高速公路上的。政府、军队、经济、金融、电力、交通、电信等关键部门都要依赖于信息基础设施的正常运行。信息技术和信息产业的水平已成为综合国力的重要标志,也是国际竞争力的焦点与热点。

信息技术的飞跃发展及其渗透到各行各业的广泛应用,不仅推动了产业革命,而且也深刻地改变了人们的工作、学习和生活的方式。信息技术不仅扩展了人的视觉、听觉等感知能力,而且还渗透到思维领域,减轻或部分地替代人的脑力劳动,提高思维的效率和质量,实现人的思维能力的延伸,增强人的认知能力。信息作为事物的属性与相互关系的状态的表达是客观存在的,但不是显在的,很多是潜在的,有的是深埋的,有待挖掘与提炼。信息技术大大地丰富了信息采集的内容,提高了信息处理的能力,为人们认识客观事物及其规律的认识提供了创新的工具,也为人们正确认识与有效改造主观世界和客观世界提供了源泉,将使社会的物质文明与精神文明建设得到极大的发展。

信息、能源与物质是人类社会赖以生存与发展的三大支柱。在信息社会中,信息是最重要的支柱和最重要的产业,它影响着其他两个支柱的健康发展,包括生产、传输、分配、运行、减少损耗、改善管理、提高效率、降低成本等等;同时,它还能不断地培育与发展新物质和新能源的发明与生产,不断地改善生态环境,从而使人类社会进入可持续发展的健康轨道。

信息革命在带动产业革命的同时也带动军事革命,使得军事技术、武器装备、作战思想、作战方式、战争形态、军事原则、军事条令与部队编成等都将发生深刻的变化。如果农业社会是冷兵器时代,工业社会是热兵器时代,那么信息社会则是信息兵器时代。信息、信息系统与信息化平台、武器与弹药成为战场上的主战兵器。信息优势成为传统的陆地、海洋、空中、空间优势以外的新的争夺领域,并深刻地制约着传统领域的战斗胜负,从而构成信息化战争的新形态。在这种战争中,战争胜负决定于敌对双方掌握信息与信息技术的广度与深度。信息不仅是兵力倍增器,它本身就是武器和目标,是双方必争的制高点。1991年初的海湾战争,被称为硅片战胜钢铁的战争,即源于这样的认识。它开启了赛博空间战、网络战、信息战等簇新的作战方式。

以信息优势为核心的军事革命是建筑在先进的指挥、控制、通信、计算机、情报、监视、侦察及其一体化的信息战能力的基础上的,这个众系之系(系统的系统)我国称为综合电子信息系统,与美军后来提出的 C⁴ISR/TW 相当,它由以下 6 部分组成。

1. 鲁棒的多探测器信息栅格网络。为作战部队提供作战空间感知优势。
2. 先进的指挥控制与作战管理栅格网络。为部队提供作战的先期规划、胜敌一筹的作战部署,执行作战指挥控制与一体化兵力管理能力。
3. 从探测器到射击器的栅格网络。为部队提供精确制导武器的动态目标管理、分配与引导,协同作战,一体化防空,快速战损评估和再打击能力。
4. 联合的通信、导航与定位栅格网络。提供可靠、安全、大容量与高精度的信息,以支持部队的机动行动,确保全面优势。
5. 信息进攻能力。采取侵入、操纵与扰乱等手段,阻碍敌人作战空间感知、认知与有效用兵能力。
6. 信息防护能力。保证我方信息系统的安全,防护敌方对我信息网络的利用、干扰和破坏。

这个系统的系统涉及众多先进的信息技术的横向与纵向的有机集成,它包括雷达和光电的有源与无源探测技术、有线和无线及固定和移动通信技术、计算机硬件和软件技术、精确导航定位技术、航天航空测控技术、信息安全保密技术、电子战技术等横向专业技术的集成;也涉及微电子技术、光子与光电子技术、真空电子技术、压电与传感器技术等先进元器件技术,电子材料技术、电源技术、测试技术、先进制造技术等纵向基础技术的集成。当代军事革命要求在创新的军事思想指引下,发展有层次多专业的纵横集成的信息技术;同时,又要求在先进的信息技术驱动下,培育与发展新的军事思想,并在此基础上推动作战原则、军事条令与部队编成的变革,形成军事革命与信息革命的有机结合。

我们正处于世纪之交,党的第十五次代表大会的胜利召开,启动了有中国特色的社会主义事业在邓小平理论的指引下全面进入 21 世纪。我国的国防与军队现代化建设的跨世纪历史进程已经开始。为了适应军事革命环境下的高新技术军事斗争的需要,我军必须拥有信息优势,必须拥有以先进的综合电子信息系统为基础结构的性能优良的武器装备,必须提高部队素质,把人才培养推上新的台阶。

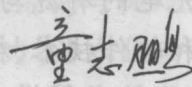
江泽民总书记非常重视人才的培养,他多次指示,要用高新技术知识武装全军头脑。在未来的信息化战场上,知识将成为战斗力的主导因素,敌对双方的较量将更突出地表现为高素质人才的较量。本丛书的编写出版就是为贯彻这个伟大号召提供系统基础知识。全书以先进的综合电子信息系统为龙头,

多层次、全方位地介绍相关的各项先进信息技术,既包括系统技术,也包括基础技术,共17个方面,荟萃成17个分册。丛书的编写以普及先进信息技术知识为目标,以中专以上文化程度,从事军、民用电子信息业务的技术人员和管理干部为主要对象,努力做到深入浅出,雅俗共赏,图文并茂,引人入胜,文字简练,语言流畅,学术严谨,论述准确,使其具有可读性、可用性、先进性、系统性与权威性。参加丛书各分册撰写的作者都是长期从事现代信息技术研究与发展的专家,他们在繁重的业务工作的同时,废寝忘食,长期放弃节假日的休息,辛勤耕耘,鞠躬尽瘁,为本丛书做出了卓越的贡献。他们以自己的模范行动,“努力成为先进思想的传播者、科学技术的开拓者、‘四有’公民的培育者和优秀精神产品的生产者”。我谨代表总编委向他们致以衷心的感谢!

本丛书的编写出版得到原国防科工委与原电子工业部领导的大力支持,得到国防工业出版社领导及责任编辑们的积极推动与努力,借此之机,向他们表示由衷的感谢!

中国工程院院士

原电子工业部科技委常务副主任



前 言

本书是《现代电子信息技术丛书》的一个分册,全面介绍化学电源、太阳电池、电源系统及温差电致冷组件的基础知识、结构、工作原理、性能特点、制造工艺及其应用。

化学与物理电源在国防、工业、农业、医疗和科学研究各个领域都有着广泛的应用,在民用便携电子设备中应用更加广泛。军用化学与物理电源是军事电子装备和武器系统的关键部件之一,是海、陆、空三军武器系统和卫星的心脏与动力;温差电致冷组件在导弹、卫星、雷达、光纤通信和高精密科学仪器上的应用日益增多。它们不仅是整机系统中的配套件,而且在现代军事电子系统中可构成功能性单元、组件或分系统。它们的发展及水平决定着军事装备和武器系统的性能水平、质量、可靠性、精度与机动性,在一定程度上决定着战争的胜败。

随着世界电子技术的飞速发展,军事通信、飞机、鱼雷、导弹、卫星及移动电话、笔记本电脑、摄像机和电动工具等军、民两用化学与物理电源技术也随之迅速发展。尤其是对现代便携式军事和民用电子设备用的高比能量化学电源及卫星用高效大面积太阳电池的研制与开发,更是方兴未艾,前景光明。

21世纪军事装备、武器系统和民用便携电子设备将向信息化、智能化、小型化方向发展,因此,发展新型的军、民两用化学与物理电源将会使新一代武器装备及民用便携电子设备的发展产生新的飞跃,意义深远重大!

本书共分三篇十二章:化学电源概述;镉镍碱性蓄电池;氢镍及金属氢化物镍蓄电池;密封铅酸蓄电池;锌银电池;锂电池;热电池;物理电源概述;硅太阳电池;化合物太阳电池;电源系统;温差电致冷组件等。

希望本书能为从事军、民用化学与物理电源及有关作业的技术干部和管理干部提供有益的参考与帮助,为我国化学与物理电源的发展与普及,为增强我军指战员对化学与物理电源的认识,从而提高我军在未来信息化战争中的作战能力和全民族的科学文化素质,实现科技强军和科技兴国尽微薄之力。

本书由10多位专家编写而成。在此特向他们表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

陈景贵

目 录

第一篇 化学电源

| | |
|-------------------------------|----|
| 第一章 概述 | 1 |
| 1.1 化学电源的含义、基本组成和工作原理..... | 2 |
| 1.2 化学电源的分类 | 2 |
| 1.3 化学电源一般特性的表征方法 | 4 |
| 1.4 化学电源的应用 | 5 |
| 1.5 21世纪的新能源装置——燃料电池 | 6 |
| 第二章 镉镍碱性蓄电池 | 9 |
| 2.1 分类与命名 | 9 |
| 2.1.1 分类 | 9 |
| 2.1.2 命名..... | 10 |
| 2.2 工作原理、结构与制造工艺 | 10 |
| 2.2.1 工作原理 | 10 |
| 2.2.2 结构..... | 11 |
| 2.2.3 圆柱密封镉镍电池 | 11 |
| 2.2.4 全密封镉镍电池 | 12 |
| 2.3 性能与应用..... | 13 |
| 2.3.1 性能 | 13 |
| 2.3.2 应用..... | 14 |
| 2.4 使用与维护..... | 14 |
| 2.4.1 开口烧结镉镍电池充电 | 15 |
| 2.4.2 密封镉镍电池充电 | 15 |
| 2.5 发展趋势..... | 15 |
| 第三章 氢镍及金属氢化物镍蓄电池 | 17 |
| 3.1 氢镍蓄电池..... | 17 |
| 3.1.1 工作原理与结构 | 18 |
| 3.1.2 电池结构 | 19 |
| 3.1.3 性能与应用 | 20 |
| 3.1.4 使用与维护 | 24 |
| 3.1.5 发展趋势 | 26 |
| 3.2 金属氢化物镍蓄电池..... | 26 |
| 3.2.1 工作原理与结构 | 27 |
| 3.2.2 性能与应用 | 28 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| 3.2.3 使用与维护 | 29 |
| 3.2.4 发展趋势 | 29 |
| 第四章 密封铅酸蓄电池 | 30 |
| 4.1 分类与命名 | 31 |
| 4.2 工作原理、结构与制造工艺 | 31 |
| 4.3 性能与应用 | 32 |
| 4.4 使用与维护 | 33 |
| 4.5 发展趋势 | 35 |
| 第五章 锌银电池 | 36 |
| 5.1 分类与命名 | 36 |
| 5.2 工作原理与结构 | 37 |
| 5.2.1 人工激活干式非荷电锌银蓄电池 | 39 |
| 5.2.2 人工激活干式荷电锌银蓄电池 | 39 |
| 5.2.3 人工激活一次锌银电池 | 39 |
| 5.2.4 自动激活一次锌银电池 | 41 |
| 5.3 性能与应用 | 43 |
| 5.4 使用与维护 | 45 |
| 5.5 发展趋势 | 45 |
| 第六章 锂电池 | 47 |
| 6.1 特点与分类 | 47 |
| 6.2 锂一次电池 | 48 |
| 6.2.1 工作原理、结构与制造工艺 | 49 |
| 6.2.2 性能与应用 | 51 |
| 6.3 锂离子蓄电池 | 52 |
| 6.3.1 工作原理与结构 | 52 |
| 6.3.2 性能与应用 | 53 |
| 6.4 使用与维护 | 55 |
| 6.5 发展趋势 | 56 |
| 第七章 热电池 | 57 |
| 7.1 特点与分类 | 57 |
| 7.2 组成、结构与工作原理 | 58 |
| 7.2.1 组成与结构 | 59 |
| 7.2.2 工作原理 | 59 |
| 7.3 不同的熔融盐电化学体系 | 60 |
| 7.3.1 钙镁阳极系列热电池 | 60 |
| 7.3.2 锂合金系列热电池 | 62 |
| 7.4 性能与应用 | 64 |
| 7.5 使用与维护 | 64 |
| 7.6 发展趋势 | 65 |

第二篇 物理电源

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第八章 概述 | 68 |
| 8.1 太阳电池 | 69 |
| 8.1.1 物理电源的含义、结构及工作原理 | 69 |
| 8.1.2 太阳电池及其电源系统的分类 | 70 |
| 8.1.3 太阳电池及其电源系统目前的水平 | 71 |
| 8.2 温差发电机 | 72 |
| 8.2.1 分类 | 73 |
| 8.2.2 工作原理与结构 | 73 |
| 8.2.3 性能与应用 | 74 |
| 8.3 物理电源的应用前景 | 75 |
| 第九章 硅太阳电池 | 77 |
| 9.1 常规硅太阳电池 | 77 |
| 9.1.1 工作原理、结构与制造工艺 | 77 |
| 9.1.2 性能与应用 | 79 |
| 9.2 改进型硅太阳电池 | 79 |
| 9.2.1 改进型的电池设计与制造 | 79 |
| 9.2.2 性能与应用 | 84 |
| 9.3 硅太阳电池方阵设计、性能与应用 | 85 |
| 9.4 使用与维护 | 87 |
| 9.5 发展趋势 | 88 |
| 第十章 化合物太阳电池 | 89 |
| 10.1 工作原理、结构与制造技术 | 89 |
| 10.1.1 砷化镓太阳电池 | 89 |
| 10.1.2 锗衬底砷化镓太阳电池 | 90 |
| 10.1.3 磷化铟太阳电池 | 90 |
| 10.2 性能与未来应用 | 92 |
| 10.3 发展趋势 | 93 |
| 第十一章 电源系统 | 94 |
| 11.1 空间电源系统 | 94 |
| 11.1.1 卫星的心脏 | 94 |
| 11.1.2 主要技术性能 | 95 |
| 11.1.3 系统的构成与工作原理 | 95 |
| 11.1.4 主要控制技术 | 97 |
| 11.1.5 基本配置方法 | 108 |
| 11.1.6 技术发展趋势 | 109 |
| 11.2 地面电源系统 | 110 |
| 11.2.1 希望之光 | 110 |
| 11.2.2 主要特点 | 110 |

| | |
|-------------------|-----|
| 11.2.3 应用前景 | 111 |
|-------------------|-----|

第三篇 温差电致冷组件

| | |
|-------------------------|-----|
| 第十二章 温差电致冷组件 | 113 |
| 12.1 分类与命名 | 113 |
| 12.2 工作原理、结构与制造工艺 | 114 |
| 12.3 性能与应用 | 115 |
| 12.4 使用与维护 | 117 |
| 12.5 发展趋势 | 119 |

化学电源又称电池,它是一种提供直流电的装置或系统。

电池对大多数人来说并不陌生,夜间行走在乡间小道上,需要有一个手电筒为你引路,使你不至于滑到路边的小溪或河塘中,随着社会生活的变化,孩子们已经有了电动玩具,中学生乃至大学生带着随身听,多数家庭使用遥控器随意进行电视频道和音量的选择和调节等等,在这些用具中,大多使用常见的干电池,它提供了使灯泡点亮、玩具电动机转动和遥控所必需的电能。

然而,日常生活中常见的电池只是化学电源中的一部分普通产品。目前,种类繁多的高技术化学电源已广泛应用于现代军事装备和武器系统,它们有的小如一个钱币,有的却重达数百公斤。

1990年的海湾战争曾被称为现代条件下的高技术局部战争,美国首次动用了通信、中继、侦察、气象、预警等在轨卫星,成功地满足了情报侦察、信息传递、战地气象预报等要求;采用了爱国者反导弹成功地拦截了伊拉克的苏联制造的飞毛腿导弹;采用低空飞行巡航导弹和新型飞机成功地摧毁了伊拉克的通信、指挥系统;采用航空母舰编队成功地封锁了伊拉克的海域等等,致使伊拉克军队很快失去了作战能力,因此,战争仅经历了42天就结束了。

世界各国对美国的高新技术武器装备大为惊讶,殊不知所有这些现代化军事武器装备中都采用了不同类型的高性能化学与物理电源。没有可靠的电源,卫星会变成太空垃圾,导弹鱼雷会失去控制,不仅不能命中目标,还可能在自己的阵地或舰船上爆炸,通信设备不能正常工作,使士兵因失去指挥而丧失战斗力,飞机、军舰和坦克等都不能正常航行,甚至有机毁人亡的危险。近年来,国际上正在发展大功率微波、激光、定向能武器,它们更需要高比功率的化学电源。因此,美国已将能量贮存和能量转换列入国防部核心技术计划,作为一个核心技术领域来发展。

同时,大多数化学电源技术与产品又是军民两用技术和产品。例如铅酸电池是坦克、舰艇的启动电源,同时又是各种汽车、摩托车的启动电源,特殊设计和制造的镉镍蓄电池可以用于飞机和卫星,而采用类似技术制造的小型镉镍电池却普遍用于电动工具、录像机、移动电话及家用电器等。近年来,由于电子信息技术的突飞猛进,迫切要求电池小型化、轻量化,环境保护要求的高涨,迫切需求新型绿色电池取代含汞和采用镉的电池,迫切需求新型高性能电池作为电动汽车的电池,消除汽油车的严重大气污染,天然能源资源的日趋耗竭则迫切要求发展新型再生能源(如太阳电池等)和高效清洁能源(如燃料电池

第一篇 化学电源

第一章 概 述

化学电源又称电池,它是一种提供直流电的装置或系统。

电池对大多数人来说并不陌生,夜间行走在乡间小道上,需要有一个手电筒为你引路,使你不至于滑到路边的小溪或河塘中;随着社会生活的变化,孩子们已经有了电动玩具,中学生乃至大学生挎着随身听,多数家庭使用遥控器随意进行电视频道和音量的选择和调节等等。在这些用具中,大多使用常见的干电池,它提供了使灯泡点亮、玩具电动机转动和遥控所必需的电能。

然而,日常生活中常见的电池只是化学电源中的一部分普通产品。目前,种类繁多的高技术化学电源已广泛应用于现代军事装备和武器系统,它们有的小如一个钱币,有的却重达数百公斤。

1990年的海湾战争曾被称为现代条件下的高技术局部战争,美国首次动用了通信、中继、侦察、气象、预警等在轨卫星,成功地满足了情报侦察、信息传递、战地气象预报等要求;采用了爱国者反导弹成功地拦截了伊拉克的苏联制造的飞毛腿导弹;采用低空飞行巡航导弹和新型飞机成功地摧毁了伊拉克的通信、指挥系统;采用航空母舰编队成功地封锁了伊拉克的海域等等,致使伊拉克军队很快丧失了作战能力,因此,战争仅经历了42天就结束了。

世界各国对美国的高新技术武器装备大为惊讶,殊不知所有这些现代化军事武器装备中都采用了不同类型的高性能化学与物理电源。没有可靠的电源,卫星会变成太空垃圾,导弹鱼雷会失去控制,不仅不能命中目标,还可能在自己的阵地或舰船上爆炸,通信设备不能正常工作,使士兵因失去指挥而丧失战斗力,飞机、军舰和坦克等都不能正常航行,甚至有机毁人亡的危险。近年来,国际上正在发展大功率微波、激光、定向能武器,它们更需要高比功率的化学电源。因此,美国已将能量贮存和能量转换列入国防部核心技术计划,作为一个核心技术领域来发展。

同时,大多数化学电源技术与产品又是军民两用技术和产品。例如铅酸电池是坦克、舰艇的启动电源,同时又是各种汽车、摩托车的启动电源;特殊设计和制造的镉镍蓄电池可以用于飞机和卫星,而采用类似技术制造的小型镉镍电池却普遍用于电动工具、录像机、移动电话及家用电器等。近年来,由于电子信息技术的突飞猛进,迫切要求电池小型化、轻便化;环境保护要求的高涨,迫切需求新型绿色电池取代含汞和采用镉的电池,迫切需求新型高性能电池作为电动汽车的电池,消除汽油车的严重大气污染;天然能源资源的日趋耗竭则迫切要求发展新型再生能源(如太阳电池等)和高效清洁能源(如燃料电池

等)。

从以上不难看出,化学电源不仅在现代军事武器和装备中,而且在国民经济和全球环境保护等各领域中都拥有着极其重要的地位和作用。

1.1 化学电源的含义、基本组成和工作原理

化学电源,是将物质的化学能通过电化学反应直接转换成电能的一种装置或系统。

化学电源的基本单元称为电池或单体电池,电池组是由两个或多个电池通过串联、并联组成的。图 1.1 表示电池是由三个主要部分组成的。电池放电的电化学过程可说明如下。

- 1. 负极(电源内部称阳极)在电化学反应时,向外电路释放电子,自身被氧化。
- 2. 正极(电源内部称阴极)在电化学反应时,从外电路接受电子,自身被还原。
- 3. 电解质是一种离子导体,离子在电池内的正、负极之间移动,实现电子(以离子形式表现)的转移。在上述电化学过程中,电池便向负载提供电压和电流,即输出了能量。

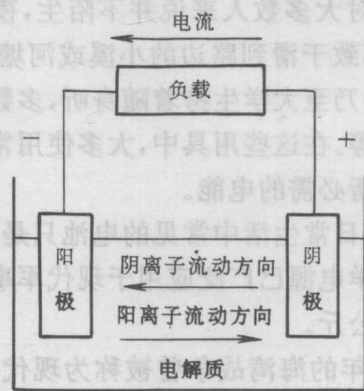


图 1.1 电池的基本组成和电化学反应(放电)

一般电池采用酸、碱、盐的水溶液为电解质;锂电池则采用不含水的有机或无机溶剂与无机盐形成的液体电解质;热电池采用熔融态的无机盐;某些电池也采用电池运行温度下呈离子导电的固体电解质。在实际电池中,正极和负极之间还应有隔膜,电池还应有壳体和带有正负极柱的盖子等,以构成一个完整的电池。根据实际应用的需要,电池的形状和结构可以是各种各样的,如圆柱型、扣式、扁平型和方型等。

1.2 化学电源的分类

一般,化学电源有两种分类方法:一种是以正、负极电对材料进行分类的方法,称为电池系列分类法;另一种是以使用特征进行分类的方法。

由于正、负极电对材料和电解质类型决定了电池的电化学反应,因此采用电池系列分类法可以表征出该系列电池的基本电性能特征,如电池的理论电压(V)、电对材料理论比容量(Ah/kg)等,如表 1.1 所示。

从使用角度考虑,则将化学电源分类为原电池(又称一次电池)、蓄电池(又称储能电池或二次电池)、储备电池和燃料电池。

原电池是一种只能一次使用而不能再充电的电池。常见的锌二氧化锰干电池,即是一种典型的原电池。此外,表 1.1 所列出的镁电池、碱性锌锰电池、锂二氧化硫电池、锂二氧化锰电池和锂亚硫酰氯电池等也都是原电池。

表 1.1 典型的电池系列、反应机理和电性能(理论值)

| 电池系列 | 阳极 | 阴极 | 反应机理 | 电性能(理论值) | | |
|---------|----------------|---------------------------------|--|----------|----------------------------|----------------------------|
| | | | | 电压/V | 比容量/(Ah·kg ⁻¹) | 比能量/(Wh·kg ⁻¹) |
| 锌锰干电池 | Zn | MnO ₂ | $Zn + 2MnO_2 \rightarrow ZnO + Mn_2O_3$ | 1.6 | 224 | 358.40 |
| 镁电池 | Mg | MnO ₂ | $Mg + 2MnO_2 + H_2O \rightarrow Mn_2O_3 + Mg(OH)_2$ | 2.8 | 271 | 578.80 |
| 碱性锌锰电池 | Zn | MnO ₂ | $Zn + 2MnO_2 \rightarrow ZnO + Mn_2O_3$ | 1.5 | 224 | 336.00 |
| 锂二氧化硫电池 | Li | SO ₂ | $2Li + 2SO_2 \rightarrow Li_2S_2O_4$ | 3.1 | 379 | 1174.0 |
| 锂二氧化锰电池 | Li | MnO ₂ | $Li + MnO_2 \rightarrow LiMnO_2$ | 3.5 | 286 | 1 001.0 |
| 锂亚硫酰氯电池 | Li | SOCl ₂ | $4Li + 2SOCl_2 \rightarrow 4LiCl + SO_2 + S$ | 3.65 | 402 | 1 470.0 |
| 镁氯化亚铜电池 | Mg | Cu ₂ Cl ₂ | $Mg + Cu_2Cl_2 \rightarrow 2Cu + MgCl_2$ | 1.6 | 241 | 385.60 |
| 锂合金热电池 | Li(Al) | FeS ₂ | $4Li + FeS_2 \rightarrow 2Li_2S + Fe$ | 1.33 | 345 | 458.85 |
| 锌氧化银电池 | Zn | AgO | $Zn + AgO + H_2O \rightarrow Zn(OH)_2 + Ag$ | 1.81 | 283 | 512.23 |
| 铅酸电池 | Pb | PbO ₂ | $Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$ | 2.1 | 120 | 252.00 |
| 镉镍电池 | Cd | NiOOH | $Cd + 2NiOOH + 2H_2O \rightarrow 2Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2$ | 1.35 | 181 | 244.35 |
| 氢镍电池 | H ₂ | NiOOH | $H_2 + 2NiOOH \rightarrow 2Ni(OH)_2$ | 1.5 | 289 | 433.50 |
| 锂离子电池 | C | LiCoO ₂ | $C + LiCoO_2 \rightarrow Li_xC + Li_{1-x}CoO_2$ | 3.8 | 110 | 418 |
| 锌空气电池 | Zn | O ₂ | $2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$ | 1.65 | 155 | 800 |
| 氢氧燃料电池 | H ₂ | O ₂ (或空气) | $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ | 1.23 | 2 975 | 3 659.2 |

蓄电池是可以与放电电流相反的电流通过电池、使电池再充电恢复到原来状态的电池,因而又称储能电池。表 1.1 中的铅酸电池、镉镍电池、氢镍电池及锂离子电池都是典型的蓄电池。

储备电池是一种特殊的一次电池,它们平时不能工作,通过某种方式使其激活才进入工作状态。属于这类电池的又有两种类型:一种是平时将电解质与电池本体分开,一旦将电解质注入电池即可工作;另一种称之为热电池,即作为电解质的无机盐平时呈固体状态,由于其不导电,则无任何化学或电化学反应发生,一旦使电解质加热熔化,电池即可工作。表 1.1 中的镁氯化亚铜是一种典型的海水激活电池,锂合金热电池则是热电池类型中的一个系列,而锌氧化银电池既可设计成原电池、储备电池,也可以设计成蓄电池。