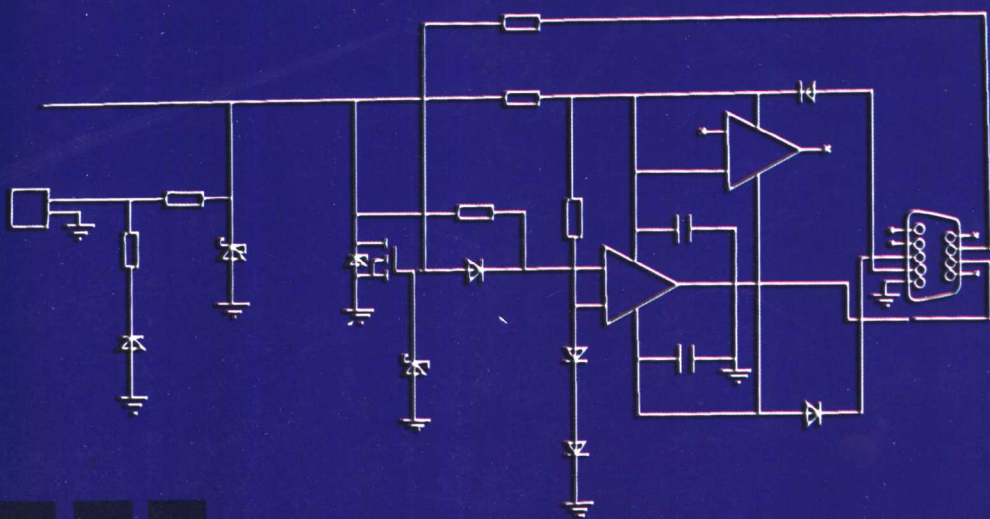


电能变换技术丛书

常用充电器电路与应用

路秋生 编著



电能变换技术丛书

常用充电器电路与应用

路秋生 编著



机械工业出版社

本书共分四章，主要内容有：常用可充电电池的特点与对充电电路的技术要求，常用可充电电池充电电路的工作原理与应用电路，电池充电、放电的检测与相关电池充电、放电参数的处理、显示，电池充电、放电电路的计算机监控等几方面的内容，同时本书对电池充电、放电电路的总线控制与实现也作了介绍和分析。

本书可以作为大专院校电子技术专业的有关师生，从事可充电电池充电电路生产、设计的技术人员和电子技术爱好者的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

常用充电器电路与应用/路秋生编著. —北京:

机械工业出版社, 2004. 8

(电能变换技术丛书)

ISBN 7-111-15002-3

I. 常... II. 路... III. 充电器—电路—基本知识

IV. TM910. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 075929 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 王 玫 版式设计: 霍永明

封面设计: 陈 沛 责任印制: 李 妍

成都新华印务有限责任公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16· 14 印张· 340 千字

0 001 - 4 000 册

定价: 23.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

电能变换技术丛书

编辑委员会

主任：蔡宣三

副主任：严仰光 牛新国 倪本来

委员：牛新国 王 玫 王 聪 毛三可

艾多文 刘凤君 刘胜利 严仰光

何湘宁 张卫平 张 立 张占松

张志国 李厚福 杨继深 沙 斐

陆 鸣 陈 坚 陈永真 陈建业

陈道炼 区健昌 赵良炳 侯振程

倪本来 倪海东 徐德鸿 崔鼎新

黄济青 龚绍文 路秋生 蔡宣三

执行主编：倪本来

责任编辑：王 玫

序

电能是当今最重要的能源形式。很难想像失去电能支撑的文明世界如何运行。在所有的动力资源中，电能使用最方便，适用范围非常广，并且是清洁的。电能变换则是用电之门，是用好电的必由之路。

供人类使用的电能都是通过一些方法生产或收集得来的。世界上绝大部分的电能来自发电站，例如水电站、火力发电厂和核电站，发电站是交流电网的源头。燃油发电机是防备电网故障或远离电网的应急和补充。风力发电、潮汐发电等是自然能与电能之间的有效转换。太阳电池是太空最理想的发电装置。燃料电池、锂离子电池、镍氢电池、镍镉电池、铅酸蓄电池等是经过电化学反应而产生电能的固定或移动式电能载体。形形色色的干电池是一次性的微小电能载体。所有称得上“电池”的都是直流电的储蓄体。

直接从电网或电池汲取的原生态的电能（姑且称之为原电）在某种意义上都是“粗电”。在大多数情况下，使用这些“粗电”都不能尽如人意，譬如电网上的电就不一定好使。电网是共用的，宏观上有高峰期和低谷期之分，电网在高峰期和低谷期的电压存在差异；由于不同用户从电网支取电能的时机和电量的不确定性和偶然性，特别是大型设备的起动和停止，足以给邻近电网造成随机的瞬时冲击和定式落差；由于雷电、风暴、炎热等自然因素造成电网扰动甚至供电瞬时中断等，都将给敏感用户带来麻烦：设备运转失常、系统效率降低、计算机数据丢失、逻辑功能混乱，严重时还将造成系统硬件损坏，使系统工作陷于瘫痪。为此需要稳压器和 UPS 对电网下载的粗电进行整合和修补。

由于电池自身具有的电容性，电压瞬时波动可能比电网要小。不过电池在工作中也问题不少，最常见的是电池电量随工作时间的延长或用电量的加大会逐渐衰竭；另外，电池单体的电压较低，很少以其自然形态直接拿来使用，多数是串联或串并联组合，但很难保证串联或串并联组合中的每个单体的特性一致。为此，必须实施合理的充电、放电和监控。

太阳电池用来将阳光转换成电能，但阳光的照射会因向背、阴晴、昼夜、四季而不均衡，为此，需要对转换的电能进行收集储存，再经 DC/DC 或 DC/AC 变换，获得稳定的直流电和交流电；风力等自然能发电同样受自然因素牵制，借助风力等自然力传动的发电机输出的电力经常处于不稳定状态，也必须实行调整控制。

不管是电网、电池还是相对独立的供电系统，都存在电磁环境问题。即在运行中因环境电磁干扰（如雷电、汽车点火引发），或共享电源母线的“惹事”负载设备的电磁干扰，或 DC/DC、DC/AC 变换装置自身的电磁干扰，都能搅得“四邻不安”。

今天的电网面临的承载非常严酷。由于功率半导体开关器件的长足进步、控制技术日益先进，变流设备的功率等级提升极快；又由于采用变流举措的负载设备日益增多，其复杂的负载性质带来的负面影响突出。基于这些因素的电网存在功率因数低下、波形畸变、浪涌、相位丢失等不良境况。因此，电能质量控制刻不容缓，电力补偿、有源滤波、柔性输配电等电能变换技术在电网和用户之间能起到较佳的缓冲匹配作用。

能源问题在本世纪仍占据瞩目位置,人们追求在节约电能方面有卓越贡献的高效能供电设备和用电方法。在现实中,相当一部分电能消费是以驱动电动机的形式进行的,如机床、电动工具、电动汽车、城市轻轨、传动系统、机器人、风机、水泵、纺机、空调等等。直接用粗放的原电驱动,免不了要引入串联阻抗或并联阻抗,以控制和调节电动机的运行状态,而这些不得已介入的阻抗会白白消耗电能。为了将这些浪费掉的非常可观的电能拣回来,利用现代电能变换技术对电动机实行变频调速控制,具有很好的节电潜力。

照明用电据称占全球总体用电的20%,节电潜力巨大,起源于欧美的绿色照明浪潮大有席卷全球之势。绿色照明的主题词:最小耗电产生最大流明。除了新型电光源和新型发光介质外,以全新的电能变换技术装备的电子镇流器将是实现绿色照明的主要角色。

生产力越发展,技术越进步,环境问题越加突出。电能的生产、变换、使用在很大程度上影响到环境。电能的生产一般伴随二氧化碳、二氧化硫气体排放,前者是地球温室效应的参与者,后者是酸雨的成因,两者对环境危害都很大。少一点电能生产却能换得环境少一点恶化。生产发展必然要增加电力的需求,关键在于节约电力,减少电力的浪费。这要求我们的电源装置、电能变换系统提高效率。另外,干净的电磁环境也要求电能变换设备在电磁兼容性方面达标。节约电能、电磁兼容、无环境污染的绿色供电势在必行。

21世纪将是科学技术突飞猛进的时代,技术进步定会牵动电能变换技术需求急速膨胀。“电能变换技术丛书”在这一时刻呈献给读者,意在诠释电能变换技术的最新应用。但是电能变换技术是实用性极强的技术,服务于各种领域,内容异常丰富,丛书限于规模实难尽述。不过,我们仍然企望借助几个具有典型意义的层面,如高频功率变换、变频传动、电能质量控制等在学术、产业都呈热点的几个方面展示多彩的电能变换技术应用。丛书主要供中等技术水平的科技人员阅读,在概念和应用实例方面照顾到其他层面的科技人员。丛书的读者定位为电源技术、运动控制、电力电子、电子技术、信息技术、能源转换、过程控制等应用领域的工程技术人员,以及科技爱好者们。读者如能从“电能变换技术丛书”中得到启示,并能在自己的工作实践中获得应用,编者将足以自慰。本丛书从立意到选题到写作内容,定有不足之处,欢迎读者批评斧正。

“电能变换技术丛书”编辑委员会

前言

在党中央关于用信息化技术带动工业化、促进工业化，以信息化技术改造传统工业的产业发展方针、政策的指导下，我国的信息技术、电子工业得到了很大的发展，同时信息化技术已渗透到了各个产业部门和人们的日常生活中，各种新型家用电器不断出现，小至手机、MP3、笔记本电脑、随身听等电子产品，大到 UPS 等，都离不开可充电电池。目前全国电池的使用量很大，几乎每个人都使用电池。而可充电电池（二次电池）由于它的能量质量比、能量体积比和使用成本等指标都比一次电池显现出很多的优越性，所以可充电电池的充电管理已成为一个重要问题。实践证明，对不同类型的可充电电池（如常用的 NiCd、NiMH 和 Li-Ion 电池）应采用不同的充电控制方法，而可充电电池的适当充电方法，不仅可以确保可充电电池充足电，而且还可以有效地延长可充电电池的使用寿命，反之，则会使可充电电池发挥不了它应输出的电量，给电池的使用者带来不便，严重时，还会给用户带来不应有的损失。

随着计算机技术的不断发展，计算机由于它的计算能力强，有关数据易于存储、传输和修改，易于实现自动控制等一系列优点，在各行各业得到了广泛的应用。目前在可充电电池的充电、放电管理中，广泛地使用了计算机技术。而便于和 MCU/CPU 进行数据交换、处理的各种总线技术，例如位总线（Bitbus）、系统管理总线（SMBus）、集成电路之间数据交换总线（I²C）和通用串行总线（USB）等，在可充电电池的充电、放电管理中得到了广泛的应用。

在笔记本电脑中，利用总线技术可以实现对电池电量状态，电池电量可用时间、电池剩余电量、电池是否正常等的管理及检测，进行有关电池工作状态数据的显示，当电池电量用完后，计算机可以自动关机，保存有关数据。同样，在目前得到普及的手机中，这些技术也得到了广泛的应用，极大地方便了用户的使用。

在本书的编写过程中，力求能从实用的角度对各种可充电电池的充电方法与相关技术指标要求，充电电路的实现，可充电电池充电、放电工作状态的监控、检测电路的实现，有关总线技术在可充电电池充电、放电电路中的应用与有关可充电电池充电、放电评估电路和相关计算机监控界面做相应的介绍及讨论，力求能反应各种新技术在可充电电池充电、放电电路中的应用，希望能起到抛砖引玉的作用。

由于目前世界上生产可充电电池充电、放电控制和管理的集成电路厂商众多，并且各厂商的产品各有特色，同样，限于本书的篇幅和为了保持全书知识的系统性，本书选用了美国德州仪器公司（TI）生产的有代表性的可充电电池充电、放电电路进行介绍、分析和讨论。

为了使读者在读完本书后能进一步深入了解可充电电池充电电路的有关新技术和应用，在本书的附录 A、附录 B 和附录 C 分别给出了作者目前能收集到的有关可充电电池充电电路常用集成电路的型号、特点、有关可充电电池充电电路的英文术语的中文对照和有关可充电电池充电电路常用集成电路主要生产厂商的网址，并列出了有关参考资料的来源，以期对

读者在工作中能有点儿帮助。

在本书的编写过程中，得到了美国德州仪器公司（TI）驻北京办事处有关工作人员的大力帮助与支持，在此向美国德州仪器公司（TI）驻北京办事处的有关工作人员表示感谢。同时我也要感谢机械工业出版社电工电子分社的牛新国编审、王玫编辑和北京奥米伽电源技术服务中心顾问倪本来先生在本书的编辑、出版工作中给予的大力帮助和支持。正是由于他们的大力帮助和支持，才使得本书顺利出版。

由于本书的篇幅有限，不可能将各种可充电电池充电、放电应用电路介绍得面面俱到，同时由于作者水平有限，书中难免有不当之处，敬请广大读者批评指正。

作 者

2004年6月6日

目 录

序

前言

第 1 章 常用电池与特点 1

1.1 化学电池 1

1.1.1 铅酸电池 2

1.1.2 镉镍电池 4

1.1.3 镍氢电池 6

1.1.4 锂电池与锂离子电池 7

1.1.5 新型电池 11

1.2 电池充电的有关技术指标和 充电电路结构与维护 12

1.2.1 电池充电的有关技术指标 12

1.2.2 充电电路的电路结构 与维护 18

第 2 章 充电器常用集成电路工作原 理与应用 20

2.1 bq2000 电池充电控制集成 电路 20

2.1.1 充电电路的主要功能 20

2.1.2 充电电路的工作原理 21

2.1.3 采用 bq2000 的 NiCd/NiMH 电 池充电电路 27

2.2 bq24700/24701 笔记本电脑 用电池充电电路 29

2.2.1 采用 bq24700/bp24701 的充电 电路特点 29

2.2.2 bq24700/bp24701 的内部工作框 图与引脚功能 31

2.2.3 采用 bq24700/bp24701 电池充电 电路工作原理 33

2.2.4 电路有关元器件的选取 40

2.3 采用 UC3906 的密封铅酸蓄 电池充电电路 42

2.3.1 UC3906 的工作框图和工作 特性 43

2.3.2 采用 UC3906 的三种充电工作 状态快充电电路 44

2.3.3 采用 UC3906 的两种充电工作 状态快充电电路 47

2.4 采用 UCC3956 的锂离子电 池充电电路 49

2.4.1 UCC3956 的引脚功能与工作 框图 49

2.4.2 采用 UCC3956 的充电电路工 作原理与相关参数计算 52

2.4.3 电池充电工作状态分析 54

2.4.4 电池充电控制环路 57

2.4.5 UCC3956 的应用电路 与设计 58

2.5 UCC3957 锂离子电池充电保 护集成电路的工作原理 与应用 62

2.5.1 UCC3957 的工作原理 62

2.5.2 采用 UCC3957 的 3 节锂离子电 池充电保护电路 64

2.5.3 采用 UCC3957 的 4 节锂离子 电池充电保护电路 67

第 3 章 充电器常用检测电路的工作 原理与应用 68

3.1 bq2010 电池充电检测集成 电路 68

3.1.1 bq2010 的主要特点和控制 功能 68

3.1.2 bq2010 的电池充电、放电计数 检测 72

3.1.3 bq2010 的电池充电、放电计数

误差	77	4.2 采用 bq2118 的电池电量提醒电路	151
3.1.4 与 bq2010 的通信	77	4.2.1 电路特点	151
3.1.5 bq2010 的寄存器	78	4.2.2 充电电路与制作	153
3.2 bq2018 电池充电检测电路 ...	87	4.3 采用 bq2145 的电池智能充电电路	154
3.2.1 bq2018 的特点、引脚排列与引脚功能	88	4.3.1 电路特点	154
3.2.2 bq2018 的工作框图和工作原理	89	4.3.2 充电电路与制作	156
3.2.3 bq2018 的寄存器	94	4.4 采用 bq2050 的铅酸蓄电池充电监测电路	157
3.3 具有 SMBus 接口功能的 bq2040 电池电量检测电路 ...	100	4.4.1 电路特点	157
3.3.1 bq2040 的特点、引脚排列与引脚功能	100	4.4.2 电池充电、放电的检测	158
3.3.2 bq2040 的控制功能和工作原理	102	4.5 采用 bq2954 的锂离子电池快速充电电路	159
3.3.3 bq2040 的标志寄存器 FLAGS1 和 FLAGS2	118	4.5.1 电路特点	159
3.3.4 bq2040 的电池误差代码和电池状态比特位	122	4.5.2 充电电路有关参数的设定 ...	162
3.3.5 bq2040 的智能电池数据(SBD)的封装与编程	126	4.6 EV2050 评估电路板	163
3.4 bq26500 电池充电、放电控制电路工作原理与应用	128	4.6.1 EV2050 的功能与所含部件	164
3.4.1 bq26500 的工作特性与引脚功能	128	4.6.2 EV2050 的连接与设置	164
3.4.2 bq26500 的内部工作框图和典型应用电路	131	4.7 bq26500 - EVM 评估电路 ...	173
3.4.3 bq26500 的供电工作方式 ...	143	4.7.1 bq26500 - EVM 评估电路特点	173
3.4.4 bq26500 的 EEPROM 编程和通信	145	4.7.2 bq26500-EVM 的软件、硬件启动	177
第 4 章 充电器电路的制作与评估电路	148	4.7.3 寄存器内容的屏幕显示和有关数据加载、通信	182
4.1 采用 bq219XL 的电池智能充电电路	148	附 录	186
4.1.1 电路特点	148	附录 A 常用充电器控制和充电监测集成电路	186
4.1.2 充电电路与制作	150	附录 B 充电器部分常用英文与中文术语对照	193
		附录 C 充电器用集成电路主要生产厂家网址	209
		参考文献	211

第1章 常用电池与特点

电池是一种能提供直流电的装置或系统,也可以说电池是指将化学能、热能、光能等各种形式的能量转化为电能的装置。自从人们第一次通过电池获得了比较稳定而持续的电流后,电池便具有了划时代的意义。通过人们的不断努力,开发了一代又一代的新型电池,从得到普遍使用的干电池到新型的镉镍(NiCd)电池、锂(Li)电池、锂离子(Li-ion/Li⁺)电池、镍氢(NiMH)电池、锂聚合物(Li-polymer)电池和燃料电池等,电池在容量、体积、使用方便程度方面都有了很大的突破。

根据摩尔定律,半导体处理能力大约一年半翻一番,而电池的能效要50年才能翻一番,差距之大,可见一斑。并且在电池的研制过程中,渗透着人们强烈的绿色环保意识,并以此作为电池研制和生产的重要指导原则。

按照电池提供电能的方法不同,电池可以大致分为化学电池和物理电池两大类。化学电池是将化学能直接转换为电能的一种装置,如目前得到广泛应用的铅酸蓄电池、镉镍蓄电池、锂电池、锂离子电池和镍氢电池等。

从电池的使用角度,又可以将化学电池分为原电池(又称为一次电池)、蓄电池(又称为储能电池或二次电池)、储备电池和燃料电池。一次电池是一种只能一次使用而不能再充电的电池。常见的一次电池主要有:锌二氧化锰干电池、镁电池、碱性锌锰电池、锂二氧化硫酸电池、锂二氧化锰电池等。而蓄电池是可以使和放电电流相反方向的电流通过电池、并可以使电池再充电到原来状态的电池,因此又叫储能电池或二次电池。铅酸蓄电池、镉镍电池、镍氢电池和锂离子电池等都是典型的二次电池。

而物理电池是指在一定条件下能实现能量直接转换的物理器件,如温差发电器、太阳电池等。

本书主要介绍了我们常用的几种化学可充电电池(例如铅酸电池、镉镍电池和锂离子电池等二次电池)充电器电路的工作原理与应用。

1.1 化学电池

化学电池是将化学能直接转换为电能的一种装置,由于它具有便于携带、性能可靠、使用方便、工作无噪声、耐振动,电池容量、电池电压和电池电流在相当大的范围内可供选择等优点,因此在各种电气设备、仪器设备、国防建设、日常生活和国民经济中得到了广泛的应用。

科学技术的飞速发展,使人们的生活质量得到普遍的提高,使我们的生活方式发生了很大的变化,诸如手机、数码摄像机(DV)、数码相机(DC)、笔记本电脑(Notebook)、个人数字助理(PDA)和电子表等众多电器日益走进我们的生活。这些设备是人们工作、生活和娱乐离不开的得力助手,而它们的正常工作都离不开电池。

1800年,意大利物理学家伏打用锌片和银片重叠成堆,中间隔以吸有盐水的纸板而产生

电动势,形成“伏打电堆”,是原电池的始祖。1800~1830年间所生产的电池,都属于“伏打电堆”或是其改进形式。1836年,俄国的雅柯比和英国的丹尼尔同时发明了锌铜电池,所作的最大改进除了电极所用材料不同外,就是可以连续使用。

19世纪中叶是电池产业发展最快的阶段,也是新产品出现最多的年代,其中,具有较重要意义的有两种:1860年法国普朗特发明的电极为螺旋状铅皮构成的铅蓄电池;1868年法国勒克朗谢发明的锌锰湿电池;1888年盖斯纳把勒克朗谢湿电池改为现在的干电池形式,由于使用方便,后来得到了广泛的应用。1881~1883年福尔等人创立了涂膏式极板,代替了普朗特式极板,使铅蓄电池获得了迅速的发展,形成现在所用的铅蓄电池,这是目前生产量最大和使用最广泛的铅蓄电池和干电池两种电池的前身。

碱性电池的原电池创始于1882年,是现代碱性蓄电池的前身;1900年爱迪生发明碱性铁镍蓄电池,同年雍格涅尔发明碱性镉镍蓄电池。1943年安德烈用半渗透性薄膜作隔板,开始生产锌银蓄电池。

1.1.1 铅酸电池

自从1860年法国科学家普朗特发明了铅酸蓄电池以来,已经历了100多年的历史。由于它具有工作电压高、可以大电流脉冲放电、使用安全可靠、价格低及原材料可以回收、高低温工作特性好、工作效率高(70%~80%)、浮充电寿命长及“无记忆效应”等优点,得到了广泛的应用。其缺点是储能密度低,实际能量质量比只有 $30\text{Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ 左右,自放电率高、循环使用寿命低,通常充电次数只有500次左右;过充电时,会析出大量气体,需要加水维护;由于不密封,电解液(硫酸溶液)溢出时,有腐蚀性和对环境的污染。

自20世纪60年代起,科学家在铅酸蓄电池体系中进行了气体复合原理的基础研究和开发工作。20世纪60年代中期,德国阳光公司开发出实用性胶体电解液密封铅酸蓄电池,美国Gates公司也研制出以纯铅为电极、超细玻璃纤维(AGM)为隔离膜的圆筒形密封铅酸蓄电池。同时日本汤浅公司也开始生产小型密封铅酸蓄电池。20世纪80年代,汤浅公司继续进行开发,以扩大其在100~3000Ah大容量固定型阀控密封铅酸蓄电池的应用范围。

1.1.1.1 密封铅酸蓄电池的分类

密封铅酸蓄电池也叫阀控密封铅酸蓄电池。这是因为电池在充电,尤其是过充电时产生的气体不能完全被电池内部吸收时,当内部气体压力超过电池上部阀门(胶帽)设置的释放压力时,就会放气,以避免电池外壳变形甚至爆炸。密封铅酸蓄电池按不同电解液形式,可分为吸液式电池和胶体电解液电池;按使用方式,可分为循环充电、放电使用电池和浮充电使用电池;按外形,又可分为方形电池和圆筒形电池等。

电池如果按用途又可分为小型家电及仪器用电池、固定电池、航空用电池、牵引用电池、UPS用电池、摩托车用电池和电动汽车用电池等。

1.1.1.2 密封铅酸蓄电池的使用与维护

根据电池负载的工作特性和用电量合理的原则来选用密封铅酸蓄电池型号是很重要的,它直接关系到负载运行的好坏和电池的使用寿命。

一般而言,密封铅酸蓄电池的放电量与放电速率有关。例如,以20h放电速率放电时,密封铅酸蓄电池的电容量为 C ,则以10h放电速率放电时,电池的容量就变为 $0.92C$;以5h放电

速率放电时,电池的容量就变为 $0.82C$;以 1h 放电速率放电时,电池的容量就变为 $0.6C$ 。可见;额定容量 C 为 10Ah 的铅酸蓄电池,不是在所有放电条件下都能放出 10Ah 的电量,只有在 0.5A 以下电流放电时,才能放出 10Ah 的电量,如果以 10A 电流放电时,则只能放出 6Ah 的电量。

在选用铅酸蓄电池时还应考虑其放电深度(DOD)。所谓放电深度是指每次使用电池时所用掉电池电量占电池额定电容量的百分数。一般而言,密封铅酸蓄电池在不同放电深度时的循环使用寿命分别为:100%放电深度时,使用寿命为 $180\sim 200$ 次;50%放电深度时,使用寿命为 $400\sim 600$ 次;30%以下放电深度时,使用寿命为 $1200\sim 1500$ 次。同时,小型密封铅酸蓄电池的浮充电寿命为 $3\sim 5$ 年,大型固定型密封铅酸蓄电池的浮充电寿命为 $8\sim 15$ 年。

同时在选用蓄电池时,不仅要考虑到实际使用的蓄电池放电深度和放电速率,而且还要考虑到使用环境温度对蓄电池容量和使用寿命的影响,做到既要满足用电量的需要,又要兼顾其使用寿命。

密封铅酸蓄电池的正确使用和维护是很重要的,这对蓄电池的容量和使用寿命影响较大。下面介绍密封铅酸蓄电池的充电、安装、操作和使用方法。

1.1.1.3 密封铅酸蓄电池的充电方法

1. 浮充电 当环境温度高于 25°C 时,为 $(2.29\pm 0.02)\text{V}$ /单体电池浮充电,浮充电电压应降低;当环境温度低于 25°C 时,浮充电电压应提高。浮充电电压增减幅度为温度每变化 1°C ,每个单体电池电压增加或减少 0.003V 。

如果单体电池的浮充电电压低于 2.20V ,则应对电池进行浮充电。其方法是:当环境温度为 $21\sim 32^{\circ}\text{C}$ 时,电池以 2.40V /单体电池的电压为电池充电 10h ;如果环境温度为 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时,则充电时间应延长至 20h 。

2. 循环使用 采用限电压、恒电流充电法,初始充电率不大于 0.3 ,充电电压为 $2.35\sim 2.40\text{V}$ (2V 大容量单体电池)。

1.1.1.4 密封铅酸蓄电池的安装与使用

密封铅酸蓄电池是荷电出厂,电池在运输、搬动、安装过程中必须特别小心,防止电池短路,搬运电池时,不要牵拉蓄电池的电极柱。密封铅酸蓄电池在安装连接时,应严格按照规定的连接线路图进行连接,不同容量、不同性能的电池不可以连接在一起使用。

蓄电池应在良好的通风环境内工作,避免在密闭容器或设备内工作;应远离热源和易产生火花的地方;避免阳光直接照射;不能置于大量放射性、红外辐射、紫外线辐射、有机溶剂和腐蚀性气体的环境中使用。蓄电池的使用场所不能有剧烈的振动或碰撞冲击。

密封铅酸蓄电池可以连续浮充电使用,也可用于循环充电、放电使用。充电设备的充电电压精度必须保持在 $\pm 1\%$ 的范围内。

蓄电池在运输和安装过程中会失去一些电量,因此在安装结束后、投入使用前,应对蓄电池进行补充电后才能使用。

密封铅酸蓄电池在使用过程中,不要单独增加蓄电池组中某几个电池的负载,这会造成单体电池之间容量的不平衡。当使用过程中,如果发现电池电压不正常、电池外壳破损或严重变形、电解液泄漏、电池内部温度异常等现象时,应找出原因并更换电池。

1.1.2 镉镍电池

镉镍电池是镉镍碱性电池的简称,是得到广泛应用的蓄电池中的一种。镉镍电池于1898年由瑞典人雍格涅尔(Jungner)发明,1901年取得制造袋式镉镍电池的瑞典专利,很快占据了欧洲的电池市场。

镉镍电池的正极活性物质是高价氢氧化镍,负极活性物质是海绵状金属镉,用氢氧化钾或氢氧化钠的水溶液作电解液。

镉镍电池(NiCd)具有功率高、能量质量比达 $22.5 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、循环及浮充寿命长(分别为2000次和7年)、充电容易、使用寿命长、使用和维护方便等优点,可以制成无需维护的密封和全密封结构的电池。是第一代商业化的首选电池。但是,它的“记忆效应”和金属镉对环境的污染是它在应用中的不利因素。

镉镍电池在百余年的发展历史中,经历了两次重大变革:一是电极结构由有极板盒(袋式、管式)发展成为无极板盒多孔烧结电极;二是电池结构由开口式发展成密封或全密封式结构。镉镍电池形状有方形、圆柱形、扁形。电池结构有开口、密封和全密封,容量范围从几毫安时到几千安时,能满足各种用途的需要。

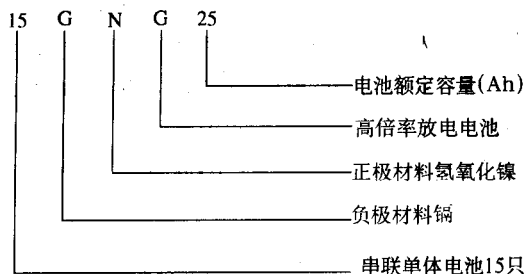
1.1.2.1 镉镍电池的分类与命名

镉镍电池种类繁多,国际电工委员会(IEC)制定了推荐标准,我国也制定了自己的标准,实现了产品系列化、标准化生产,可以满足不同使用场合的需要。下面介绍镉镍电池的分类与命名。

1. 镉镍电池的分类 镉镍电池按照电极结构不同,可分为有极板盒电极,包括袋式和管式电极;无极板盒电极,包括多孔烧结电极、泡沫镍(或纤维镍)电极、拉浆(涂膏)电极等。各类电极均可以制成开口式或密封式(而密封式又可分为液密式和全气密式)两类电池。大容量镉镍电池采用有极板盒电极,开口式居多;密封式镉镍电池采用无极板盒电极的居多。

2. 镉镍电池的命名

(1)开口式镉镍电池的命名:国产镉镍电池采用汉语拼音字母命名。G代表镉电极,N代表氢氧化镍电极,G前的数字代表电池组中串联的单体电池数,N后面的数字代表电池容量,有的在N后还有一个字母表示电池结构、放电率等,D、Z、G、C分别表示低倍率放电、中倍率放电、高倍率放电、超高倍率放电使用;通常低倍率放电镉镍电池的字母D可以省略。例如:



(2)密封镉镍电池的命名:国产密封镉镍电池,命名为 GNY、GNB 和 GNF。GN 为镉镍两个汉字的汉语拼音第一个字母,第三个字母表示电池的形狀,Y 表示圆形,B 表示扁形,F 表示

方形, Y_1 、 B_1 、 F_1 表示全密封, 见表 1-1。后面的数字表示容量, 如 GNY0.8 表示额定容量为 0.8Ah(800mAh) 的密封圆柱形镉镍电池。

表 1-1 国产密封镉镍电池的命名

形 状	汉 语 拼 音	表示字母	密 封 类 型
圆柱形	Yuan(圆)	Y	密封
		Y_1	全密封
扁形(扣式)	Bian(扁)	B	密封
		B_1	全密封
方形	Fang(方)	F	密封
		F_1	全密封

1.1.2.2 镉镍电池的使用

下面以烧结型全密封圆柱形镉镍电池为例, 介绍其使用时应注意事项。

电池出厂时是放电状态, 使用前必须活化处理, 即需充电、放电。下面以 5 号镉镍电池为例介绍其使用方法。使用前可在温度 $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$ 下用 10~12h 充电速率为电池充电 14h 左右, 然后以 100mA 电流放电, 当放电终止电压降至 1.0V 左右后再重新充电、放电, 经过 2~3 次以上循环, 容量合格、达到实际标准电压后再投入正常使用, 否则容量会很快下降, 并且使用效率很低。

如果使用后又长期保存, 需再使用时, 也应同样方式进行充电、放电, 经过几次循环, 待电池容量恢复后才能再投入使用。

1.1.2.3 镉镍电池的充电、放电

镉镍电池是利用两种金属在电池内部产生可逆反应, 属于长期使用的产品, 可以反复充电 300~500 次。根据不同的情况, 镉镍电池的充电、放电可分为三种形式。

1. 传统法 以直流恒电流充电, 充电时主要应注意以下两点。

(1) 在 $15 \sim 30^\circ\text{C}$ 的环境温度下, 用 10h 或用 5h 充电速率充电 6~7h, 电池电压不得超过 1.6V。在充电时间内, 当电池电压超过 1.6V 时, 应立即停止电池的充电。

充电时, 应严格控制充电时间, 过充电会损伤电池的内部结构, 减少电池的使用寿命, 而欠充电又会引起电池容量下降。当电池欠电压时, 应及时给电池充电, 否则就会因电池过放电而致使电池报废。

(2) 若用 5h 放电速率放电, 电池放电终止电压为 1.0V, 如用 20h 以下放电速率放电, 电池放电终止电压为 1.15V。应严格按照规定控制电池放电终止电压, 否则会影响电池的使用寿命。

2. 快速充电法 传统镉镍电池规定的标准充电、放电时间较长, 对于急于使用者就不方便了, 这时可使用快速充电法。快速充电就是用大电流充电, 例如对 GNY1.5 电池充电, 用 10h 充电速率充电要使它充足电需用 14h, 如果用快速充电法充电, 可将充电电流加倍, 即 $2I_{10} = 2 \times 0.15\text{A} = 0.3\text{A}$, 充电时间可缩短一半, 为 7h。如果还想更快些, 就可以采用 $(10 \sim 15)I_{10}$ 的标准充电电流充电。采用快速充电时必须注意以下一些事项。

(1) 电池放电必须是安全放电, 即放电电流比较平稳, 放电终止电压不得低于 1.0V。

(2) 充电速率大于 5h 时(充电电流为 $1.5\text{Ah}/5\text{h} = 0.3\text{A}$, 即 300mA), 电池电压不得高于 1.65V。

(3) 充电时,应注意电池的温度不要过高。

(4) 充电时间必须得到控制,不应使电池过充电。

为了避免由于电池大电流充电,致使电池内压上升和电池温度上升而出现电池发热现象,可先用大电流为电池充电至 80% 的容量,然后用小电流(I_{10})继续为电池充电,就能有效地避免以上不利的充电现象。

3. 高效充电法 镉镍电池是应用较早和使用比较广泛的可充电电池产品,如果使用方法得当,可以提高其使用寿命。按下面介绍的方法可以提高镉镍电池的使用寿命。

(1) 均衡使用:将所有电池进行分对标记,必要时,还要记录电池使用情况及充电的先后顺序,避免配错、混用,对各对电池轮流均衡使用。

(2) 顺序使用:充足电的电池首先可用于用电量较低的电动剃须刀、照相机或随声听等电器,用过一段时间没劲了,再用做收音机供电;当收音机听不到声音后再放电。放电是个关键问题,放电可以消除“记忆效应”,延长电池使用寿命,但是不能过放电!

(3) 镉镍电池的充电:镉镍电池的充电详见本章 1.2 节相关内容。

1.1.3 镍氢电池

镍氢(NiMH)电池是镍金属氢化合物碱性蓄电池的简称,正极采用氢氧化镍发泡板,并以从稀土提炼出来的储氢合金粉作负极,外观为密封圆柱形,单体电池电压为 1.5V,由于不含镉成分或含量极微,不污染环境,所以也叫环保电池。若把电池每单位重量的储电量称为“储能密度”,镍氢电池的储能密度比镉镍电池高 30%~50%。镍氢电池作为 20 世纪 90 年代的高科技产品,尤其是近年来的快速发展,已引起了世人的普遍关注。

1.1.3.1 镍氢电池的特点

单体镍氢电池的结构是密封圆柱形,标称电压为 1.2V,由于其优良的特性,所以受到人们的青睐。它主要有以下特点。

1. 容量大 NiMH 电池的“储能密度”,以 5 号(AA 型)可充电电池为例,至少在 1000mAh 以上,好的能达到 1400mAh,在同等体积和重量的条件下,其容量是镉镍电池的 2~3 倍,而比传统型镉镍电池要多出 1 倍多。

2. 无“记忆效应” “记忆效应”是指电池在使用过程中,由于没有完全放电就进行充电,造成电池负极板上产生不正常的氧化物晶枝,它对电池电压有抑制作用,表现为电池充电很足,但放电时,电压骤减,致使电池使用寿命缩短。镍氢电池无“记忆效应”,但在使用过程中,有自放电现象。正常使用情况下,其电量的流失量为每天 1%~3%,充满电的镍氢电池,放置几星期后再使用,就必须重新充电。由于镍氢电池无“记忆效应”,所以在开始为它充电前不需做放电处理,可以随用随充,在任一点充电。

3. 耐过充电、过放电能力强 镍氢电池充电、放电比较随便,即使过充电也不会造成电池永久性损伤,电池放电到 0V 以后再充电,仍然能够恢复镍氢电池的容量。

4. 无污染 由于镍氢电池含镉成分极微,甚至不含镉成分,不会污染环境,所以镍氢电池也叫环保电池或“绿色电池”。现有很多国家都投巨资兴建镍氢电池生产线。

5. 资源丰富 镍氢电池所用的储氢合金是从稀土中提炼出来的,而我国是稀土资源大国,约占全球总储量的 80%,所以我国发展镍氢电池具有得天独厚的优势。

6. 寿命长 镍氢电池以 1C 电流充电、放电循环使用寿命超过 500 次,以 0.2C 电流充、放

电循环使用寿命超过 1000 次,从实际使用寿命看,以 5 号镍氢电池为例,采用 1000mA 电流充电,可累计重复使用 1000h。

1.1.3.2 镍氢电池的应用

人们都希望使用重量轻、体积小、输出功率大、可靠性高、使用寿命长、价格合理的电池。最有可能替代镉镍电池的是镍氢电池,但必须首先解决两种电池的兼容性,后者可以在前者的充电器上充电,另一个是要尽量降低成本,便于使广大用户接受。现在这两个问题已得到解决,因此镍氢电池得到了广泛应用。

镍氢电池在应用时应注意以下问题。

1. 镍氢电池的充电 充电对电池的使用寿命影响很大,首先一定要根据所用设备的功耗选择电池的规格。大功耗的设备要避免使用小功率容量的电池,否则会严重影响电池的使用寿命。通常选用电池的容量应两倍于所用设备的功耗,才能获得长的使用寿命,同时还要注意电池首次充电时间不可少于 16h。电池充电可直接带负载充电,也可以只给电池充电;既可通过座式充电器充电,也可通过简易充电器充电。充电步骤对电池寿命有很大影响,为获得长使用寿命,每种电池都必须针对一套给定的条件采用特定的充电曲线,最好使用厂家配的专用充电器,以防止偏离最佳充电曲线,影响电池使用寿命。另外,有些充电器配有快速充电和正常充电两种充电工作方式,除特殊情况外,应选择正常充电工作方式。如果经常使用快速充电,会严重损伤电池,也会影响电池的使用寿命。

直接带负载充电,对电池没有负面影响。这种充电形式必须在使用和原相匹配的充电器基础上才能够得到保证。如果使用了不相匹配的充电器,对电池和负载都会有不同程度的不利影响,严重时还会“充毁”电池和负载。

应尽量使用座式充电器,它属于性能较好的专用充电器,好的座式充电器具有识别电池种类、充电相关参数(如电池是否安装到位、电池好坏、是否充足电、充电参数调节和单体电池个数等)的能力,充电质量优于简易充电器;其缺点是充电速度较慢,但可以完全充足电池所耗掉的电量。简易充电器充电速度较快,但是无法 100%地使电池充足电。

新电池最初几次充电、放电时,电池的容量一般都比较小,需要经过几次循环反复充电、放电后,才能使电池容量达到最大。

电池充电时一定要仔细看清楚充电电池的极性,切忌反极性充电,否则很容易使电池内部膨胀并造成电池损坏。

2. 镍氢电池的存放 不可以高温和高湿的环境下存放镍氢电池,并要求存放镍氢电池的环境要洁净,尤其要注意电池正、负极部位不要与金属物品接触。

1.1.4 锂电池与锂离子电池

锂电池是以金属锂或含锂物质为负极、利用化学反应而产生电能的电池。它主要有:锂碘电池(1972 年问世)、锂铬酸银电池(1973 年问世)、锂二氧化锰电池(1976 年问世)、锂二硫化钼电池(1989 年问世)、锂离子电池(1991 年问世)和锂二氧化锰电池(1994 年问世)等。它们是近 30 多年以来获得发展的新型高比能量电池系列。以锂、钠等活泼金属作电池负极的设想最早是由美国加州大学的一位研究生于 1958 年提出的。20 世纪 60 年代中期,国内外专家开始这方面的研究工作,并有相关论文发表。到 1971 年,日本松下电器公司的福田太郎首先发明了锂氟化碳电池,并得到应用。从此,锂电池逐渐脱离预研阶段,开始走向实用化、商品化。