

电源实用技术系列书

便携式电子设备充电器 实用电路与电源管理

BIANXIESHI DIANZISHEBEI CHONGDIANQI SHIYONG DIANLU YU DIANYUAN GUANLI

周志敏 周纪海 纪爱华 编著

- 二次电池充电器
- 充电器应用电路
- 锂离子电池保护电路
- USB外设电源
- 便携式电子设备电源管理



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电 源 实 用 技 术 系 列 书

便携式电子设备充电器 实用电路与电源管理

周志敏 周纪海 纪爱华 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书结合国内外便携式电子设备充电技术和电源管理技术的发展及在国内的应用实践,系统地阐述了便携式电子设备的充电和管理技术,全书共分为6章,在概述了二次电池的基础上,系统地讲述了二次电池充电器、充电器应用电路、锂离子电池保护电路、USB 外设电源、便携式电子设备电源管理。书后附有100多幅充电器典型应用电路图,读者可直接采用或结合应用设计特点在此基本电路上改进。本书在编写上把便携式电子设备充电技术和电源管理技术的基础理论知识与充电器和电源管理系统设计有机地结合,深入浅出地阐述了便携式电子设备充电器和电源管理系统设计的典型实用电路。

全书内容通俗易懂、突出重点、注重实用、内容新颖。本书可供交通、电信、航天、信息、电视传输等行业从事充电器设计与应用的工程技术人员和高等院校师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

便携式电子设备充电器实用电路与电源管理/周志敏,周纪海,纪爱华编著. —北京:中国电力出版社,2008.7

(电源实用技术系列书)

ISBN 978-7-5083-7329-4

I. 便… II. ①周…②周…③纪… III. ①电子设备-充电器-电路②电子设备-充电器-电源 IV. TM910.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 077586 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年1月第一版 2009年1月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 21.25印张 541千字
印数 0001—3000册 定价 39.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

随着信息化社会进程的加快,人们的生产、生活中各种便携式电子设备的应用也越来越广泛,其与人们的工作、生活的关系日益密切,而各种便携式电子设备都离不开可靠的电源,二次电池是目前便携式电子设备应用最为广泛的一种化学电源。在二次电池中,锂离子电池以高能量密度、小型化、薄型化、轻量化、高安全性、长循环寿命、低损耗、高效率、环保等显著优点而得以广泛的应用,现已成为便携式电子设备首选的二次电池。

二次电池在便携式电子设备中处于极其重要的地位,而对于为二次电池补充能源的充电器,其性能的优劣直接关系到便携式电子设备的安全性、可靠性指标,并直接影响二次电池的循环使用寿命。随着便携式电子设备的发展和应用,对二次电池提出了高效率、高密度、高可靠性的需求,使得便携式电子设备充电技术面临更新和更高的挑战。

在便携式电子设备的电源系统设计中,如何提高产品性能、进一步延长电池工作时间是便携式电子设备设计所面临的挑战,便携式电子设备的不断创新和发展,对为其供电的电源管理技术提出了更高的要求。便携式电子设备需要高效的电源管理方案,这对电源管理也提出了更高的挑战。电源管理技术的发展趋势是在更小的硅芯片上集成更多的功能特性,同时以更高的设计灵活性实现更强的系统用电性能,而不会增加成本。

本书在编写时尽量做到有针对性和实用性,力求做到理论和应用相结合,使得从事便携式电子设备充电器和电源管理开发、设计、应用的技术人员从中获益,读者可以此为“桥梁”,系统地全面了解和掌握便携式电子设备充电器和电源管理的设计和应用技术。

本书在编写过程中从资料的收集和技术信息交流上都得到了国内的专业学者和同行的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间短,加之作者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

目录

前言

第1章 二次电池	1
1.1 二次电池分类及应用	1
1.1.1 二次电池分类	1
1.1.2 二次电池的生产和应用	7
1.1.3 便携式电子设备电池选择的最佳方案	7
1.2 镍镉电池	11
1.2.1 镍镉电池的结构与特性	11
1.2.2 镍镉电池的工作原理	12
1.3 镍氢电池	17
1.3.1 镍氢电池工作原理及特性	18
1.3.2 影响镍氢电池性能的因素	21
1.4 锂离子电池	24
1.4.1 锂离子电池特性	24
1.4.2 聚合物锂离子电池结构及性能	27
第2章 二次电池充电器	31
2.1 电池的充电方法与充电器的辅助电路	31
2.1.1 电池的充电方法	31
2.1.2 充电器的辅助电路	34
2.2 镍镉电池充电器	36
2.2.1 分立器件镍镉电池充电器	36
2.2.2 智能型镍镉电池充电器	38
2.3 镍氢电池充电器电路	42
2.3.1 镍氢电池充电控制技术	42
2.3.2 镍氢电池充电管理器件	43
2.3.3 MAX712/MAX713 应用电路	46
2.3.4 快速充电控制器 AIC1783 应用电路	53
2.4 锂离子电池充电器	56
2.4.1 锂离子电池充电技术与充电器	56
2.4.2 降低线性锂离子电池充电器功耗的途径	58
2.4.3 锂离子充电解决方案	66
第3章 充电器应用电路	71
3.1 MAX 系列充电控制器应用电路	71

3.1.1	MAX2003A 充电控制器应用电路	71
3.1.2	MAX1501 充电控制器应用电路	75
3.1.3	MAX1660 电量计数芯片应用电路	76
3.1.4	MAX1679/AX1736 充电控制器应用电路	80
3.1.5	MAX846A 充电控制器应用电路	82
3.1.6	MAX1538 充电控制器应用电路	84
3.1.7	MAX8713 充电控制器应用电路	85
3.1.8	MAX8731A 充电控制器应用电路	85
3.1.9	MAX8808X/MAX8808Y/MAX8808Z 充电控制器应用电路	87
3.2	DS 系列电池管理芯片应用电路	88
3.2.1	DS2762 锂离子电池监测芯片应用电路	88
3.2.2	DS2770 电池管理芯片应用电路	91
3.3	BQ 系列充电管理芯片应用电路	96
3.3.1	基于 BQTINY-II 的电源管理模块设计	96
3.3.2	BQ2057 充电管理芯片应用电路	100
3.3.3	BQ2400×电池充电控制器/选择器	102
3.3.4	电池监控芯片 BQ26220	110
3.4	其他系列充电管理芯片应用电路	112
3.4.1	LTC1732 充电控制芯片应用电路	112
3.4.2	AAT3680 充电管理芯片应用电路	114
3.4.3	TWL2213 充电管理与控制芯片应用电路	117
3.4.4	LT1769 恒流、恒压电池充电芯片应用电路	122
3.4.5	UBA2008 充电控制芯片典型应用电路	126
3.4.6	基于 ST6210 控制的充电器应用电路	128
3.4.7	基于 ST72 控制的充电器应用电路	130
3.4.8	M62253FP 充电控制芯片应用电路	132
3.4.9	采用 μ P 控制 Si9731 型电池充电器电路	134
3.4.10	基于 PS501 的智能电池系统	137
3.4.11	GM6801 智能快速充电器应用电路	141
第 4 章	锂离子电池保护电路	148
4.1	锂离子电池保护电路和内热调节功能	148
4.1.1	锂离子电池保护电路	148
4.1.2	锂离子电池充电器 IC 内的热调节功能	152
4.2	电源保护元件 PPTC	157
4.2.1	高分子 PTC 热敏电阻	157
4.2.2	PPTC 器件的应用	162
4.3	锂离子电池保护器 IC	164
4.3.1	锂电池保护的 IC 特性	164
4.3.2	R5421 锂离子电池保护电路	169
4.3.3	AIC1811 锂离子电池保护电路	170

4.3.4	DS2720 锂离子电池保护器	172
4.3.5	DS2760 锂离子电池监控器	173
4.3.6	bq2058T/X 锂离子电池组充放电保护器	174
4.3.7	锂离子电池保护器 MAX1894/MAX1924 的应用	177
4.3.8	UCC395 锂离子电池充电保护应用电路	181

第 5 章 USB 外设电源 186

5.1	USB 外设电源与移动电话充电器标准	186
5.1.1	USB 外设电源设计	186
5.1.2	移动电话充电器标准	191
5.2	USB 接口充电解决方案	193
5.2.1	USB 充电器接口	193
5.2.2	多功能电源管理方案	196
5.3	USB 电源管理器	198
5.3.1	USB 电源管理器 LTC4085	198
5.3.2	USB 电源管理器 LTC3555	201
5.4	USB 端口充电控制器应用电路	203
5.4.1	MAX8600/MAX8601 充电控制器应用电路	203
5.4.2	MAX8606 充电控制器应用电路	204
5.4.3	MAX8677C 充电控制器应用电路	205
5.4.4	MAX8804W/MAX8804Y/MAX8804Z 充电控制器应用电路	206
5.4.5	基于 LTC4053 的 USB 口充电器电路	206
5.4.6	LTC4008 充电控制芯片应用电路	208
5.4.7	LTC4061/LTC4062 锂离子电池充电器应用电路	212

第 6 章 便携式电子设备电源管理 220

6.1	便携式电子设备电源系统	220
6.1.1	便携式电子设备电源系统的设计	220
6.1.2	便携式电子设备的电池管理	225
6.1.3	电源管理技术的发展	226
6.1.4	功率管理设计流程	231
6.2	便携式电子设备电源管理解决方案	236
6.2.1	便携式电子设备电源管理	236
6.2.2	便携式电子设备电源管理芯片	239
6.2.3	电压检测及选择芯片	244
6.3	便携式电子设备的电池管理解决方案	250
6.3.1	电池管理系统	250
6.3.2	便携式设备中的锂离子电池管理	252
6.3.3	锂离子电池保护	255
6.3.4	便携式电子设备的开关型充电器	257
6.4	笔记本电脑电源管理系统	263

571	6.4.1 笔记本电脑电源解决方案	263
571	6.4.2 笔记本电脑的电源适配器	268
571	6.5 移动电话电源管理解决方案	271
571	6.5.1 移动电话电源管理	271
121	6.5.2 智能电话电源管理 IC	274
附录 充电器典型应用电路图		283

参考文献	329
-------------	-----



第1章



二次电池

1.1 二次电池分类及应用

电池若仅定义为能量储存装置,则可包括飞轮和时钟发条等元件。在现代技术中电池的更精确定义为:能够产生电能的便携、独立化学系统。电池是一种化学电源,是通过能量转换而获取电能的装置,化学电源在氧化还原的电化学过程中将化学能转化为电能。一次电池是一次性应用的电池,又叫不可充电电池或原电池,从电池单向化学反应中产生电能。原电池放电导致电池化学成分永久和不可逆的改变。可充电电池又叫二次电池,可在应用中放电,放电后可由充电器对其进行充电。所以二次电池储存能量,而不是产生能量。二次电池是多次反复使用的电池,因此这里的二次实际上是多次的意思。二次电池又称为可充电电池或蓄电池。

化学电源主要由正极、负极和电解质构成。二次电池在工作时,正极和负极发生的反应均为可逆反应,因此使用电池后,可用充电方式使两个电极的活性物恢复到初态,这样电池能再次使用,实现放电过程,二次电池的重要特征就是反复充放电。

当电池充电时,电能转变为化学能贮存在电池中,同时伴随放热过程。电池工作时,化学能转变为电能,实现向负荷供电,伴随吸热过程。虽然电池反应总带有热量传输,但在实际电池反应式中,往往省略热量变化,因为只关心物质组成的变化。

电池的化学成分和设计共同限制了输出电流。若没有实际因素限制性能,电池瞬时可以输出无穷大电流。限制电池输出电流的主要因素是基本化学反应速率、电池设计,以及进行化学反应的区域。某些电池本身具有产生大电流的能力。如镍镉电池短路电流可大到足以融化金属和引起火灾。电池中所有化学和机械总效应可用一个数学因数表示,即等效内阻。降低电池内阻可获得更大的电流。

没有电池能永久贮存能量,电池不可避免地在进行化学反应过程中缓慢退化,导致贮存电量减少。电池容量与质量(或体积)之比称为电池的能量密度。高能量密度意味着在给定体积和质量的电池中可存贮更多的能量。

1.1.1 二次电池分类

对于二次电池,性能参数有很多,主要有以下4个指标。

- (1) 工作电压,电池放电曲线上的平台电压。
 - (2) 电池容量,常用安时(Ah)或毫安时(mAh)表示。
 - (3) 工作温区,电池正常放电的温度范围。
 - (4) 循环寿命,电池正常工作的充放电次数。
- 电池的性能可由电池特性曲线表示,这些工作曲线为充电曲线、放电曲线、充放电循环



曲线、温度曲线和贮存曲线。电池的安全性由特定的安全检测进行评估。

二次电池能够反复运用,符合经济实用原则,这是其最大的优点,自然人们最青睐二次电池。二次电池的种类也不少,就目前市场上主流产品而言,有4类电池:铅酸(LA)电池、镍镉(NiCd)电池、镍氢(NiMH)电池和锂离子(Liion)电池。

1. 便携式电子设备可选择的电源系统

对便携式电子设备的生产商来说,给便携式电子设备选择合适的电池是很困难的。因为电池的选择会对设备的功能、型号、成本造成很大的影响。设计者面对着很多选择,从简单的铅酸电池到复杂的集成了电子安全、监视和充电控制电路的锂离子电池。

(1) 镍镉电池。1899年瑞典人杨格纳(Jiinger)发明了镍镉电池,至今已有100多年的历史了,这也是一个历史悠久和产量大的电池。德国Varta是世界上第一个生产镍镉电池的厂家。

镍镉电池的电极板使用孔隙性镍烧结板或泡沫镍,正极镍板浸渗 $\text{Ni}(\text{OH})_2$,负极镍板浸渗或涂布 $\text{Cd}(\text{OH})_2$,电解液多数为30%~40%KOH。正极电位为+0.52V,负极电位为-0.809V,镍镉电池的电动势为1.329V。

镍镉电池工作电压为1.2V左右,具有优良的大电流放电性能,可在-20~60℃温度范围内工作。与铅酸电池相反,这种电池过充电性能好,可靠性高。与镍镉电池类似的碱溶液二次电池还有铁镍、锌镍、锌银、镉银等,这类电池有充放电周期数多、工作寿命长、长期不用也不影响寿命、可靠耐用、容易使用等特点,因而有很大的产量和应用空间。总之这类电池最大的优点是稳定耐用,缺点是镉较贵和污染环境。

镍镉电池种类繁多,有放置用的大型电池(多数20Ah以上)和小型密封型电池,6Ah以下的圆柱形和扁平形电池,0.5Ah以下的纽扣式电池。日本三洋公司生产40~2000mAh的95种型号的镍镉电池,按用途有8类电池:一般用(标准型)、高容量(E型)、快速充电用(R型)、高温用(H型)、耐热用(K型)、长寿命(C型)、保护记忆用(S型)、扁平形(KF型)。标准型典型电池为AA型,容量为600mAh,尺寸为14.2mm×50.5mm,质量为23g,内阻为12mΩ。AAA型的容量为250mAh,尺寸为10.5mm×44.5mm,质量为11g,内阻为24Ω。在20世纪60年代,密封式镍镉电池能满足大功率放电而用于导弹、火箭以及人造卫星能源系统。

镍镉电池正极板上的活性物质由氧化镍粉和石墨粉组成,石墨不参加化学反应,其主要作用是增强导电性。负极板上的活性物质由氧化镉粉和氧化铁粉组成,氧化铁粉的作用是使氧化镉粉有较高的扩散性,防止结块,并增加极板的容量。活性物质分别包在穿孔钢带中,加压成型后即成为电池的正负极板。极板间用耐碱的硬橡胶绝缘棍或有孔的聚氯乙烯瓦楞板隔开。电解液通常用氢氧化钾溶液。与其他电池相比,镍镉电池的自放电率(即电池不使用时失去电荷的速率)适中。镍镉电池在使用过程中,如果放电不完全就又充电,下次再放电时,就不能放出全部的电量。比如,放出80%电量后再充足电,该电池只能放出80%的电量,这就是所谓的记忆效应。当然,几次完整的放电/充电循环将使镍镉电池恢复正常工作。由于镍镉电池的记忆效应,若未完全放电,应在充电前将每节电池放电至1V以下。

(2) 镍氢电池。镍氢电池是生产了几年的新电池,又称为贮氢电池。20世纪70年代,荷兰飞利浦实验室在研究第一代稀土永磁合金时,试验了LaNi₅的磁性能,竟意外地发现LaNi₅有很好的贮氢性能,但深入研究发现对贮氢合金不适用,因为平衡压太高,循环寿命太短,进一步研究和改进发现,这些缺点都可克服,从而为发展贮氢电池奠定了技术基础。20世纪80年代末,已找到了电池适用的贮氢合金,典型材料为MmNi_{3.55}Co_{0.75}Mn_{0.4}Al_{0.3},

这里 Mm 为混合稀土,应用混合稀土替代镧,有利于降低成本。将贮氢合金替代镍镉电池中的镍电极,由此形成镍氢电池,两者有相同的工作电压 1.2V,因此这两种电池有良好的互换性。

镍氢电池的能量高,为镍镉电池的 1.8~2 倍,铅酸电池的 3 倍,有良好的充放电性能,可随充随放,快充深放,无记忆效应,特别不含镉、铅、汞等有害物质,对环境无污染,被称为绿色电池。

用于镍氢电池的贮氢材料有两大类,一类为 AB5 系列,日本的松下、三洋、荷兰飞利浦和我国都应用这种材料。另一类为 AB2 系列,美国 Ovonic、Gates,德国 Varta 等开发这类电池。通过贮氢合金组成、合金制备工艺、电极改性、电极成型工艺等研究,不断提高镍氢电池性能。

镍氢电池与镍镉电池类似,多种多样。有圆柱形和扁平形的小电池,有纽扣式电池,也有方形蓄电池组作为动力电池用,容量为 10~20Ah。日本三洋公司生产的 AA 型的容量为 1100mAh,尺寸为 14.2mm×50.0mm,质量为 27g,AAA 型的容量为 650mAh,尺寸为 10.5mm×44.5mm,质量为 13g。

镍氢电池正极板材料为 NiOOH,负极板材料为吸氢合金。电解液通常用 30% 的 KOH 水溶液,并加入少量的 NiOH。隔膜采用多孔维尼纶无纺布或尼龙无纺布等。

镍氢电池具有较好的低温放电特性,即使在 -20℃ 环境温度下,采用大电流(以 1C 放电速率)放电,放出的电量也能达到标称容量的 85% 以上。但是,镍氢电池在高温 +40℃ 以上时,蓄电容量将下降 5%~10%。这种由于自放电(温度越高,自放电率越大)而引起的容量损失是可逆的,几次充放电循环就能恢复到最大容量。

镍镉电池与镍氢电池的充电过程非常相似,都要求恒流充电。两者的差别主要在快速充电的终止检测方法上,以防止电池过充电。充电器对电池进行恒流充电,同时检测电池的电压和其他参数。当电池电压缓慢上升达到一个峰值时,对镍氢电池快速充电终止,而镍镉电池则当电池电压第一次下降了一个 $-\Delta U$ 时终止快速充电。为避免损坏电池,电池温度过低时不能开始快速充电,电池温度 $T_{\min}$ 低于 10℃ 时,应转入涓流充电方式。而电池温度一旦达到规定数值后,必须立即停止充电。

(3) 锂离子电池。锂离子电池是继镍氢电池后发展的新一代的二次电池。锂位于元素周期表第一族主族第一位上,是金属中最轻的元素,有最负的标准电位,组成电池能量密度大和电压高。1962 年, Boston 电化学会上最初提出锂非水性二次电池,这因为锂同水容易发生析氢反应,必须使用不能被锂还原的非水溶剂,即使用非质子性的稳定溶剂。后来随着嵌入化合物化学的发展,1976 年研究锂对石墨的电化学嵌入,1980 年研究 Li_xCoO_2 和 Li_xNiO_2 层状化合物,同年意大利科学家提出嵌入离子的摇椅概念。终于在 20 世纪 90 年代初, Sony 公司采用碳材料作负电极、锂钴氧化物作正电极和含锂盐的有机溶剂为电解质,开发出第一代锂二次电池,即锂离子电池或摇椅电池。这种电池充电时锂离子从正极脱出而嵌入负极,放电时过程相反,锂离子从负极脱出嵌入正极。这种电池的工作模式是锂离子在正负电极中摇椅式来回运动。

锂离子电池负极电位相对锂电极为正,正极电位为 4.0V,该电池的工作电压高,约 3.6V。高电压是个优点,一个锂离子电池相当于三个镍氢电池或镍镉电池,但这也是个缺点,因为移动电话芯片电压趋向下降,这将挑战 3.6V 锂离子电池的应用。锂离子电池有高的比能量,为镍氢电池的 1.5 倍和铅酸电池的 3 倍,放电曲线平稳,自放电率低,循环寿命长,与镍氢电池一样,无记忆效应和不污染环境,也为绿色电池。



锂离子电池采用卷绕式结构, 盖体设计强化了安全保护功能。对于这种高比能量电池, 必须经过规范的安全检测评估。镍氢和镍镉电池的电解液是水溶液, 而锂离子电池必需用非水性电解液, 其电导率低得多, 因此电极要大大减薄, 有着不同的电极制备工艺, 制备又薄又长的正负电极。锂离子电池同样有圆柱式、扁平式、纽扣式和动力用电池组。Sony 公司的 14500 电池容量为 500mAh, 尺寸为 14.3mm×50.4mm, 质量为 19g; 18650 电池的容量为 1350mAh, 尺寸为 18.4mm×64.9mm, 质量为 40g。

锂离子电池能够很好地配合电子产品小型化、袖珍化的发展方向, 移动电话和笔记本电脑要求又薄又轻的二次电池, 三洋超薄锂离子电池仅 4mm 厚, 质量比能量 160Wh/kg, 体积比能量 360Wh/L。

最近发展的聚合物锂离子电池被称为第二代锂离子电池, 由于采用导电聚合物电解质和特别的流延工艺, 可容易制备特别薄的和不同形状的电池。美国和日本先后宣布开始聚合物锂离子电池的生产。松下公司的聚合物锂离子电池容量为 600mAh, 尺寸为 3.6mm×35mm×62mm, 质量为 15g。

用 LiCoO_2 复合金属氧化物在铝板上形成阳极, 用锂碳化合物在铜板上形成阴极, 极板间插入有亚微米级微孔的聚烯烃薄膜隔板, 电解液为有机溶剂。为避免使用不当造成电池损坏, 在锂离子电池内设有以下三种安全机构。

1) 正温度系数元件 (PTC)。当电池内的温度过高时, PTC 的阻值随之上升, 会自动将阴极引线 with 阴极之间电路切断。

2) 特殊材料的隔板。当电池内温度上升到一定数值时, 隔板上微孔会自动溶解掉, 从而使电池内的反应停止。

3) 安全阀。当电池内部压力升高到一定数值时, 安全阀将自动打开。

锂离子电池易受到过充电、深放电以及短路的损害。单体锂离子电池的充电电压必须严格限制。充电速率通常不超过 1C, 最低放电电压为 2.7~3.0V, 如再继续放电, 则会损坏电池。锂离子电池以恒流转恒压方式进行充电。采用 1C 电流充电至 4.1V 时, 充电器应立即转入恒压充电, 充电电流逐渐减小, 当电池充足电后, 进入涓流充电过程。为避免过充电或过放电, 锂离子电池不仅在内部设有安全机构, 充电器也必须采取安全保护措施, 以监测锂离子电池的充放电状态。

2. 二次电池性能比较

表 1-1 为铅酸、镍镉、镍氢、锂离子电池特性的比较。

表 1-1 铅酸、镍镉、镍氢、锂离子电池特性的比较

电池类型	工作电压 (V)	质量比能量 (Wh/kg)	体积比能量 (Wh/L)	循环次数	记忆效应	自放电率 (%/月)
铅酸	2.0	—	—	400~600	无	3
镍镉	1.2	50	150	400~500	有	25
镍氢	1.2	60~80	240~300	>500	无	20
锂离子	3.6	120~140	300	>1000	无	10

20 世纪 80 年代的便携式电子设备, 如数字无绳电话、随身听和电动剃须刀等, 主要由镍镉电池供电。到了 20 世纪 90 年代后期, 镍氢电池和锂离子电池逐渐进入市场并得以广泛应用。因为镍镉电池的价格比镍氢和锂离子电池便宜, 所以镍镉电池在低端应用中十分普遍。镍镉电池可提供最高的放电电流, 适合短时间内需要大功率输出的应用。

镍镉电池的缺点是被所谓的记忆效应困扰 (现在的镍镉电池很少考虑这个因素), 使电

池容量降低。镍镉电池在未完全放电的情况下再充电,一些活性物质会累积并且开始结晶(在阳极有 $100\mu\text{m}$ 的镉累积层),但通过化学反应这层物质会自行消失(一块全新电池的阳极大约有 $1\mu\text{m}$ 厚度的镉结晶)。出现记忆效应会导致电池容量越来越小,端电压越来越低,使得电池到达最低可用端电压(关断点)的时间比预期的早很多,如图1-1所示。镍镉电池的另一个缺点是它的活性物质中含有有毒的镉。所以,欧洲法规2000/53/EG在2005年12月31号后禁止销售镍镉充电电池。

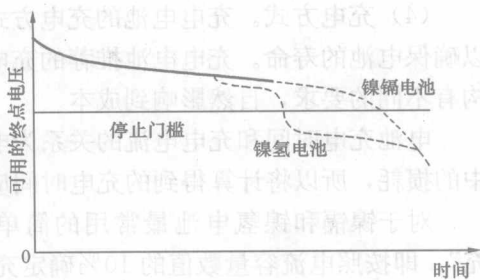


图 1-1 镍镉电池与镍氢电池记忆效应比较

镍氢电池比镍镉电池环保,但是价格高。镍氢电池的放电电流相比镍镉电池略小,但也受惰性效应的影响。惰性效应是比镍镉电池记忆效应稍轻的一种现象。惰性效应是由于镍的结晶导致的。惰性效应和记忆效应一样,导致无法完全使用可充电电池的全部容量,但都可以通过使用带有放电功能的充电器来避免。

锂离子可充电电池价格最高,但具有高的能量密度,因而可以在给定尺寸下提供更优性能,更适合小尺寸、高集成度的便携式电子设备。

随着新材料、新工艺的出现,更为先进耐用的可再充电电池也在不断出现。国外最新开发的固态聚合物(电解质)锂离子电池、锂金属电池不仅解决了漏液问题,而且电池的容量更大,体积更小,更为安全可靠,它们必将成为极有潜力的新一代电池产品。

3. 镍氢/镍镉电池与锂离子电池的差异

(1) 质量方面。以每一个单元电池的电压来看,镍氢与镍镉都是 1.2V ,而锂离子电池却为 3.6V ,锂离子电池的电压是前两者的3倍。并且同型电池的质量锂离子电池与镍镉电池几乎相等,而镍氢电池却比较重。每一种电池本身质量不同,但锂离子电池因 3.6V 高电压,在输出同等电压的情况下使单个电池组合时数目可减少 $1/3$ 而使成型后的电池质量和体积减小。

(2) 记忆效应。镍氢电池有惰性效应;镍镉电池有记忆效应,因此,定期的放电管理也是必需的。这种定期放电管理属于模糊状态下被动处理,甚至也有些在不正确的情况下进行放电(每次放电或者使用几次后进行放电都因电池生产厂的不同而有所差异),这种繁琐的放电管理在使用镍镉、镍氢电池时是无法避免的。相对的锂离子电池因为完全没有记忆效应,在使用上非常方便简单,它完全不必考虑二次电池残余电压的多少,直接可进行充电,充电时间自然可以缩短。

记忆效应是充电电池的一大天敌,一般认为是长期不正确的充电导致的,它可以使电池早衰。记忆效应可使电池无法有效地充电,出现一充就满、一用就完的现象。防止电池出现记忆效应的方法是确保电池“充足放光”的原则,也就是说在充电前最好将电池内残余电量放光,充电时要一次充足。通常镍镉电池容易出现记忆效应,所以充电时要特别注意,镍氢电池理论上没有记忆效应,但最好也遵循“充足放光”的原则,这也就是很多充电器提供放电附加功能的原因。对于由于记忆效应引起容量下降的电池,可以通过一次性充足再一次性放光的方法反复数次,大部分电池都可以得到修复。

(3) 自放电率。镍镉电池的自放电率为 $15\%\sim 30\%$ (月),镍氢电池的自放电率为 $25\%\sim 35\%$ (月),锂离子电池的自放电率为 $2\%\sim 5\%$ (月)。镍氢电池的自放电率最大,而锂离子电池的自放电率最低。

(4) 充电方式。充电电池的充电方式一直是人们关心的焦点,正确、良好的充电方法可以确保电池的寿命。充电电池推荐的充电方法多种多样,不同的充电方法对充电器的电路结构有不同的要求,自然影响到成本。

电池充电时间和充电电流的关系为电池容量除以充电电流得到充电时间,考虑充电过程中的损耗,所以将计算得到的充电时间应再乘以 1.2 这个常数。

对于镍镉和镍氢电池最常用的简单充电方法是利用 10%*C* 恒流充电,又被称为“慢充”,即按照电流容量数值的 10% 确定充电电流,如一节标称容量为 500mAh 的电池,它的建议充电电流为 50mA;又如一节标称容量为 1300mAh 的电池,它的建议充电电流为 130mA。在此电流下连续充电 12~15h 就可以视为电池充满。虽然建议使用恒流充电但要求并不严格,电流允许有较大的波动,所以按照此方法制作的充电器结构非常简单,一般只需要一个将 220V 市电转换成适当低压的变压器、整流的二极管、限流电阻以及一些发光二极管等指示装置构成低成本的充电器,市面上绝大部分独立常规充电器都采用这种方式,只不过外形不同罢了。“慢充”虽然比较简单,但是给电池充一次电需要十多个小时,为此,电池厂商也允许在急需使用时用 30%*C* 的电流给电池充电 4~5h,称之为“快充”,不过不建议常用,理论上对电池有轻微的损害。所以大部分常规充电器都有“快充”和“慢充”两挡,并建议用户使用“慢充”。

在很多情况下用户需要对电池快速、有效、安全地充电,快速充电就需要使用较大的电流。电池在大电流充电过程中会出现极化效应,使电池发热,而且当大电流充电电池充满后,如果不及时停止,电池会迅速发热,严重时可导致电池烧毁和爆炸。所以要求快速充电器具备充满自停功能,同时也要解决极化效应,使充电高效安全。早期的快速充电器采用简单的定时充电,不过此类充电器针对性强,充电效果也不令人满意。现代的充电器采用专用的充电控制 IC,以高频脉动电流给电池充电以解决极化效应,通过检测电池 ΔU 准确判断电池是否充满,并提供温度保护等保护措施和放电等附加功能。不过这种充电器结构比较复杂,成本也比较高,一般多用于移动电话、对讲机等高档通信设备及电器。

现在市场上充电电池型号很多,仅以 5 号电池为例,容量就有 500、600、700、850、1200、1300mAh 等。由上面的 10%*C* “慢充”原理可知,不同容量的电池需要不同的充电电流,市面上一些通用型充电器多为早期的以 500mAh 和 600mAh 电池设计,充电电流在 60~70mA 之间,如果要充更大容量的电池需要更长的时间。具体时间可先用万用表测电池的实际充电电流,再用电池容量除以充电电流乘以系数 1.2 得到充电时间。对于充 1000mAh 以上的镍氢电池可以尝试用普通充电器的快充挡,因为该挡电流较大,用万用表测电池的实际充电电流,其数值应接近所充镍氢电池要求 10%*C* 的充电电流。实际上,市面上很多所谓的镍氢电池充电器只不过是充电电流大一些的常规充电器而已。

市面出售的充电器主要有专用型和通用型两种,所谓专用型是配合某一电器一体化电池组实行充电,典型的是移动电话配套的充电器。选择此类充电器一般选用原装配套的产品比较适合,一是型号对口(有专用的充电适配器)、充电电压对应;二是大多数此类充电器都采用高效的快充方式,工作效率高。国产的兼容专用充电器最大的优势是价格便宜,不过由于厂家不同内部线路也不相同,采用的充电方式也不同,很多产品为了降低成本使用简单的电子线路,充电效果不佳的原因是没有采用国际推荐的充电方法。如果购买国产充电器,最好具备放电和充满自停的产品。并要配有液晶充电进程指示和具备自动快速充电功能。通用型充电器就是需要将电池一节一节地独立充电,市面上的产品大部分是采用前面提到的 10%*C* 简单充电线路,有的带有电量测试等附加功能。购买通用型充电器注意要和使用的电



池配套（以慢充为例，即充电电流为 $10\%C$ ），市场上也有一些具备充满自停的快速充电器，使用比较方便。中档的通用快速充电器都带有充电状态指示，并在产品包装规格上注明有充满自停的功能。

1.1.2 二次电池的生产和应用

20 世纪中期，信息、通信和电力电子技术等蓬勃发展，大大推动了电池工业的发展。特别是近 30 年中，二次电池发展迅猛，提供了新一代的先进电源。电池工业将是 21 世纪最有发展前途的产业之一。

美国和日本是电池科技大国，日本更是电池生产大国。在日本，20 世纪 90 年代以前，铅酸电池产量最高，但随着镍镉电池产量不断上升，1991 年超过铅酸电池，新生的镍氢电池和锂离子电池发展很快，1995 年镍氢电池年产 3.1 亿个，锂离子电池仅 3200 个，镍镉电池产量基本不变。1999 年，镍氢电池年产量 8.53 亿个，锂离子电池为 4.03 亿个。在产值方面，锂离子电池于 1996 年超过镍氢电池，1997 年超过镍镉电池，位于二次电池之首。

小型二次电池应用广泛，例如，通信设备：蜂窝电话、移动电话、寻呼机等。办公设备：笔记本电脑、个人数字助理（PDA）、快译通等。家用电器：遥控器、剃须刀、电动牙刷等。音像设备：收音机、录像机、数码照相机等。电动玩具：机器人、电动车、无线电控制等。电动工具：钻孔机、电锯、电焊机等。消防照明：探照灯、闪光灯、摄影灯等。

大型电池用于邮电通信、电力电子、交通运输等部门。发展电动车船应用的动力电池是实现电动汽车等无污染交通运输的关键问题。这已是国内外都十分关注和大力发展的项目，一些环保汽车已在试验性运行。

我国在生产镍镉电池的厂家是日本的 3 倍，但生产量仅是日本的 $1/3$ 。我国现已有几十条镍氢电池生产线，并建立了研究中心和中试基地。国内大多数镍氢电池生产厂也是小批量生产，年生产量不及日本大厂的周生产量。在生产技术、生产规模、产品质量上与国外存在较大的差距。国内也有一些锂离子电池生产研发基地，产品有圆柱形和方形两种体系 9 个品种。生产的方形电池 063467，容量为 900mAh，尺寸为 $6\text{mm} \times 34\text{mm} \times 67\text{mm}$ ，质量为 36g。国内正在致力于开发聚合物锂离子电池生产。

电池是电源的重要补充部分，近十年发展的镍氢电池和锂离子电池更具有广阔的发展空间。高性能二次电池就是高技术产品。而新电池还会在不断创新中诞生，目前的紧迫任务是加强电池科技发展，提高技术创新力度，开创电池工业新局面。

1.1.3 便携式电子设备电池选择的最佳方案

便携式通信设备越来越小巧，正确地选择电池对产品开发的成功至关重要，在设计便携式电子设备时，有多种电池解决方案可以选择，包括镍氢电池、锂离子电池、聚合锂离子电池和高级锂离子电池（ALB）等。同时，随着消费市场对造型精美的小型便携式通信设备的需求日益增长，超薄型聚合锂离子电池和聚合体电池越来越受欢迎。但是，对于不同的便携式电子设备来说，它们适用的最佳电池方案也不相同。

没有一种电池可适用于所有的便携式电子设备。每种电池都有自己独特的优点，在选择时应认真考虑。不同的应用对电池有着不同的要求，不过有几点是便携式电子设备电池选择中应该考虑的：外形尺寸、电压、能量密度、温度性能、耗电率及充放电次数。

1. 笔记本电脑

工作时间是笔记本电脑设计的首要考虑问题。由于笔记本电脑工作时温度高、处理器速度快并带有 CD-ROM 和 DVD 等配置，它需要非常强大的功率，镍氢电池几乎无法满足这些要求。锂离子电池（18650 直径为 18mm，长度为 65.0mm）是目前市面上能量密度最高、



最为经济的电池，用于多数笔记本电脑中。随着超薄笔记本电脑和亚笔记本电脑（sub-notebook）的日渐流行，棱柱形锂离子电池也凭借其小巧的外形是笔记本电脑电池最佳的选择。

随着各种超薄电池的出现，设计中开始研究如何将其更好地装配到设备中。例如，聚合锂离子电池和高级锂离子电池的厚度仅为 3mm，而且可降低至 1mm，十分适用于小型设备。因此，聚合锂离子电池和高级锂离子电池可以嵌入到液晶显示器（LCD）和笔记本电脑的外壳之间，它既可作为小型笔记本电脑的主电源，也可作为大型高端笔记本电脑主电源的备用电源。

2. 移动电话

由于面临着价格压力，过去许多移动电话厂商都选用镍氢电池以便降低成本。不过近年来移动电话已成为一种时尚物品，许多产品都具有可替换的个性化外壳及精美的外形。

随着移动电话尺寸不断减小，镍氢电池的标准也从 AA 发展到 AAA 和长 AAA。中低端移动电话开始采用棱柱形镍氢电池，多数高端产品则选用棱柱形锂离子电池。锂离子电池的价格大幅降低后，它们迅速成为中档移动电话的标准配置。

聚合锂离子电池和高级锂离子电池技术也在不断发展。标准锂离子电池的厚度为 4.8~14mm，可满足当前多数移动电话的要求。不过，集成了蓝牙或 MPEG4 的新型超小产品和移动电话需要更多的空间来容纳额外的电路，因此它们需要尺寸更小的聚合锂离子电池和高级锂离子电池。这些电池的能量密度与棱柱形锂离子电池的相当，目前厚度仅为 3mm。

当移动电话演变成为一种集成了邮件收发、拍照、视频和无线数据传输等功能的“通信工具”后，它们耗电更多、电池使用寿命更短，因而对电池的选择也就更为严格。多数消费者都不希望由于增加了功能而缩短电池的使用寿命，因此移动电话设计中必须积极寻找方法提高电池电量。

3. PDA

由于 PDA 的外形多变并且有多种电源可供选择，在设计时面临的困难更大。在设计时必须考虑一系列问题，如这款产品是否需要放进衬衫口袋中；是否具有联网功能；是否具有移动电话功能以及使用何种操作系统。设计中在选择电池时，必须考虑所有上述问题。

对于一些不带移动电话或联网功能的初级产品，在选择时只需要考虑成本问题，因此碱性电池是首选。如何设计 PDA 使之达到最佳价位已成为设计中的一个主要目标。如果 PDA 内置可充电电池，其成本势必提高。

目前市场上一些 PDA 产品具有联网、电话、MPEG、蓝牙及 MP3 功能，可迅速地耗尽电池。如果这些产品选用的不是充电电池，那么普通消费者便会成为电池“消耗者”，他们不得不频繁更换电池才能享用这些性能。此外，为了节省电池用量，消费者便会尽量不使用 PDA 的无线功能。PDA 制造商最终都希望客户能尽量使用这些无线功能，这样通过它们与无线网络服务商的合作协议，可获取一定收益来抵消相关设备部件的成本，这点与移动电话厂商一样。一旦这点成为事实，移动电话和 PDA 之间的界线便会变得模糊。

现在多数 PDA 采用锂离子电池或聚合锂离子电池和高级锂离子电池技术。那些可装进衬衫口袋的小型设计可选择聚合锂离子电池和高级锂离子电池。设计中可将聚合锂离子电池和高级锂离子电池嵌入 PDA 的塑料外壳下，以便节省出尽可能多的空间，而这样做仅会使总厚度增加 3mm。



4. 电动工具

电动工具的工作环境与其他设备大不相同,它的耗电率较为特殊。电动工具的电流可达50A,而移动电话的耗电率仅为500mAh。锂离子电池、聚合锂离子电池和高级锂离子电池等新型电池无法承受这样的电流消耗,因而此类设备只能选用镍氢电池。近年来,镍氢电池有了很大的改进,可满足此类产品的电流需求,不过对于多数电动工具厂商来说,这些电池使用寿命仍是个问题。镍氢电池的充放电次数为500次,而镍镉电池为1000次。

镍氢电池的价格比同类的镍镉电池贵30%~50%,因此主要用于高端设备中。大批量生产的电动工具,如电动螺丝起子和电钻的价格竞争十分激烈,因此普通用户不会考虑镍氢电池,尽管它的使用时间较长。而专业工具则开始使用镍氢电池,在一次充电后可使用较长的时间。

5. 便携式扫描仪

便携式电子设备市场呈现高度细分的趋势,要针对不同的目标客户选用各种不同的电池。例如,便携式扫描仪可使用从镍镉电池到聚合锂离子电池和高级锂离子电池的每种电池。用于仓储和货运服务的扫描仪通常使用能量密度较高的锂离子电池,与笔记本电脑用的电池类似。店内扫描仪则使用成本较低的镍氢电池或镍镉电池,因为它们使用时间较短。

此外还有各种无线设备,包括从注重外形和质量的穿戴式电脑到集成了40~50个电池的军用无线电充电基站。穿戴式电脑、因特网应用设备及电子图书等系统都可应用锂离子电池、聚合锂离子电池和高级锂离子电池技术,具体使用则视设备体积而定。如充电站和地面移动无线电等大型系统通常选择目前市面上能量密度最高的锂离子电池18650,而无线蓝牙设备,如无线头盔式耳机则会内置硬币式锂离子电池及聚合锂离子电池和高级锂离子电池。

6. 各种电池的优缺点

镍镉电池最为坚固耐用,每块镍镉电池的电压为1.2V,多数应用需要多个电池串联或并联才能满足要求。镍镉电池应用中的最大问题是它具有记忆效应,这一点严重限制了它在高端设备中的应用。

考虑到回收和环保问题,镍镉电池在其他产品中的应用也较少。与其他电池相比,镍镉电池的耗电率、使用寿命都令人非常满意,而且在极差的温度条件下也能保持良好的性能。但是,尽管镍镉电池比较经济,但它的电量也较低,相同的镍镉电池工作时间大约只有镍氢电池的一半,因此多数镍镉电池都沉重且体积庞大。

镍氢电池没有镍镉电池那么坚固耐用,在能量密度上也无法与锂离子电池竞争,但与镍镉电池相比它具有更佳的性价比。镍氢电池的电压与镍镉电池的相同,每块电池为1.2V。由于主要的电池应用市场如笔记本电脑及移动电话开始转为使用锂离子电池,镍氢电池的研发有所放缓,从理论上说,现有镍氢电池的电量也快接近其极限。因此,目前的研发主要是增强其耐用性,以便适用于电动工具和混合动力汽车等其他市场。

从锂离子电池开始进入市场至今已十几年,由于日益成熟,锂离子电池也变得更为坚固耐用,价格也有所下降。单个锂离子电池的电压为3.7V,与三节镍镉电池或镍氢电池一样。能量密度高和自放电低是锂离子电池在市场上成功的法宝,目前这种电池还开发增加了许多新的性能。例如,锂离子电池厂商正在开发无需保护电路的产品,以便进一步降低其成本。

从结构来看,锂离子电池可划分为圆柱形和棱柱形两种。圆柱形锂离子电池是所有充电电池中能量密度最高的,它们的直径通常为17~18mm,长度为50~67mm。由于笔记本电脑技术的更新换代紧跟半导体技术的发展,人们不断开发能在一定的封装中容纳更高电量的锂离子电池。在过去两年间,18650锂离子电池的电量从1350mAh发展为1600、