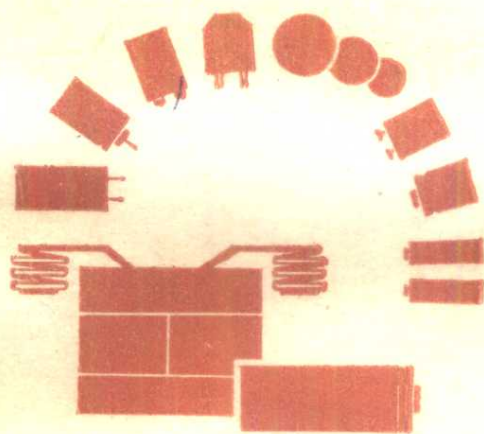


电子设备电源技术普及丛书

镉—镍电池

李金章 编著



人民邮电出版社

电子设备电源技术普及丛书

镉-镍 电 池

李金章 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

镉-镍电池是碱性化学电池中应用较广泛的电池。本书通俗地介绍了与镉-镍电池有关的化学电池基本知识、镉-镍电池的工作原理、结构和分类,重点介绍了镉-镍电池的应用和使用维护方法。

本书适合广大无线电爱好者、镉-镍电池的初学者和非电源专业的技术人员自学参考,也可供蓄电池的使用维护人员、电信工人和战士、电池厂工人阅读。

电子设备电源技术普及丛书

镉 - 镍 电 池

李金章 编著

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本: 787×1092 1/32 1985年3月第一版

印张: 4 4/32 页数: 66 1985年3月天津第一次印刷

字数: 93千字 插页: 1 印数: 1—6,000册

统一书号: 15045·总2985—有5397

定价: 0.80元

电池类型		开口袋式					开口烧结式			密封袋式				密封烧结式				
性能		4~2200Ah					0.6~360Ah			5mAh~70Ah				20mAh~160Ah				
容量范围		低	率	中	率	高	率	低率	大容量低率	高率	扣式	圆柱式	长方形	扣式	圆柱式	方形	有压力圆形	
单体比能	wh/L	32	58	34	47	25	37	60~70	70~83	73~100	45~70	45~80	30~50	45~70	70~110	45~70	60~95	
	wh/kg①	21	26	22	22	15	15	28~34	31~36	20~28	17~25	16~26	15~20	15~21	20~35	17~26	21~34	
	wh/L	31	26	34	22	25	17	45~55	50~65	25~50	42~67	35~40	20~30	25~60	43~62	40~55	43~55	
	wh/kg	21	25	22	20	15	14	20~25	25~30	19~25	16~24	20~25	10~15	7.7~18	19~29	16~20	18~26	
充电温度范围		-50℃~+40℃④					-55℃~+75℃			0℃~+45℃				0℃~+40℃				
高率放电能力		5~10C					20~45C			3C				圆柱式5C,方形20C				
工作温度范围							-40℃~+70℃			-20℃~+45℃				-40℃~+60℃				
安时效率		71.5%					71.5~83.5%			71.5~77%				67~71.5%				
瓦时效率		60%					62~75%			60~65%				60~65%				
电池内阻②(Ω)		0.05~0.2					0.03~0.06			0.05~0.2				0.03~0.04				
③ 低温百分性能	+25℃	100(高效率放电)					100(高效率放电)			100				100				
	0℃	95					95			85				95				
	-20℃	85					85			60				80				
	-40℃	65					70			20								
自放电		6个月后25%					6个月后30%			1个月后25%				1个月后30%				
										3个月后30%								
										6个月后40%				6个月后100%				
循环寿命(次)		500~>2000					500~>2000			100~250				500~2000 (有的达3500)				
室温放电深度大于70%		(有的>3000)												估计 25% 100,000次 50% 30,000次 75% 10,000次				
使用年限		8~25年 预计30年					3~10年			5年 预计7~12年				2~10年				

① 镉-镍电池理论比能量为211.7Wh/公斤, ② 预得某电池的内阻, 用该电池的容量安时数去除表中数字而得, ③ 根据25℃时0.2C/A放电为100%。其它温度均用0.2C/A放电, ④ 用比重1.30的KOH, *塑料壳电池, **钢壳电池。

前 言

镉-镍蓄电池在第二次世界大战前,尚未完全走出科学家的实验室,很少被人所知,仅在特殊场合使用。例如,在低温环境下代替铅-酸电池。第二次世界大战中,德国把镉-镍蓄电池用于著名的V-2飞弹,开创了镉-镍电池应用的新领域。到六十年代,镉-镍电池的研究和生产迅速发展,其应用超出了国防和科研的范围。在发达国家,长寿命、可充电、不用维护的密封镉-镍电池,大有取代锌-锰干电池之势。目前,我国的镉-镍蓄电池工业已发展起来,镉-镍蓄电池已从高、精、尖项目的应用转向普及。为使更多的人了解和使用镉-镍电池,本书由浅入深地介绍镉-镍蓄电池知识,包括工作原理、种类、使用维护和发展方向。为了使初学者顺利地阅读本书内容,首先通俗地介绍了化学电源的基本知识。本书叙述通俗易懂,尽力避免枯燥的理论分析,使读者加深对镉-镍蓄电池的性能和使用维护的理解。读者阅读本书后,便可根据自己生活和工作中的需要,合理地、灵活地使用镉-镍电池。本书可供广大无线电爱好者、镉-镍电池的初学者学习,也可供蓄电池的使用维护人员、电信工人和战士、电池厂工人阅读参考。

本书在编写中,承蒙南开大学周作祥副教授审阅,提出了许多宝贵意见,特致感谢。

由于水平有限,书中不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

作者

1983年11月

目 录

一、概述	1
二、化学电池的基本知识	3
2·1 什么是化学电池?	3
2·2 电流是怎样产生的?	4
2·3 化学电池三要素	7
2·4 镉-镍电池的代表式和反应方程式	8
2·5 电池容量	10
2·6 电池的“摩擦”损失——极化	12
2·7 什么叫做比能量	14
2·8 什么是自放电	16
2·9 添加剂与杂质	17
2·10 电池的表示符号和连接方式	18
三、镉-镍电池小史	21
3·1 古代贮存电能的趣闻	21
3·2 镉-镍电池的发明	21
3·3 爱迪生的贡献	23
3·4 电极结构的发展	24
3·5 电池结构的发展——从开口式到全密封	26
四、镉-镍电池的分类、命名与工作原理	28
4·1 分类	28
4·2 命名	29
4·3 工作原理	32
五、有极板盒式镉-镍电池	35
5·1 结构特点	35

5.2 性能	38
六、无极板盒式镉-镍电池	48
6.1 开口烧结极板镉-镍电池	48
6.2 密封镉-镍电池	51
6.3 烧结极板镉-镍电池的性能	63
七、镉-镍电池的应用	76
7.1 镉-镍电池的长处和短处	76
7.2 镉-镍电池的应用日趋广泛	79
7.3 怎样选用镉-镍电池	89
八、镉-镍电池的使用与维护	91
8.1 使用须知	91
8.2 使用前的检验	91
8.3 电池失效	93
8.4 电池的贮存	99
8.5 充电	99
8.6 性能调节	110
九、镉-镍电池的发展方向	112
9.1 小型密封镉-镍电池敢与锌-锰干电池争高低	112
9.2 镉-镍电池与铅-酸电池相竞争	114
9.3 调峰电源的大力士	114
9.4 阳光计划的好帮手	115
9.5 与空间技术的发展有不解之缘	116
9.6 空间贮能装置的新一代——氢-镍蓄电池	119
附录 1 国内外袋式镉-镍电池及其容量范围	123
附录 2 国外烧结极板镉-镍电池及容量范围	125
附录 3 各种镉-镍电池的性能	127

一、概 述

在日常生活中，粮食存放在布口袋里，食油装在瓶子里，水可以贮存在水缸里。那么，电能能不能贮存起来呢？回答当然是肯定的。不过电子太活泼了，要像贮存粮食和食油一样贮存电能是困难的。但是，如果把电能转变成其它形式的能加以贮存，使用时再以电能的形式释放出来，这是完全可以办得到的，贮存电能的方法很多，而应用最广的贮存电能的方法，是把电能转变成化学能贮存，这就是蓄电池。蓄电池根据所用电解液的不同，一般分为酸性蓄电池和碱性蓄电池两大类。本书着重介绍碱性蓄电池中广泛应用的镉-镍蓄电池。

人们在茶余饭后，坐在电视机旁，欣赏异国他乡正在进行的精彩体育比赛的时候，大概知道这是通过通信卫星转播的。但不一定知道卫星在36000公里的赤道上空转播节目，使用的是什么电源。现在运行着的国际通信卫星，它的贮能装置，就是镉-镍蓄电池。

镉-镍蓄电池与四个现代化和人们的日常生活关系十分密切。从款式新颖的电子手表到计算神速的电子计算器；从孩子们的电动玩具以及电动工具到飞机启动；从高级计算机的金属氧化物半导体(MOS)信息贮存器的电压保持到通信卫星和行星探测，从矿灯、航标灯到大型逆变器，都是镉-镍蓄电池的用武之地。

镉-镍蓄电池与铅-酸蓄电池相比有许多优点：①寿命长；②比能量和比功率高；③自放电小；④低温性能好；⑤有相当

好的耐过充电和过放电能力；⑥机械强度高；⑦维护简单。特别是密封电池，可以以任何姿态使用，无需维护。其不足是价格较贵。

镉-镍蓄电池按用途不同分为工业用和消费用两种。工业用主要以大型开口袋式电池为主，世界上的主要生产国（以产值为序）：瑞典、西德、英国、法国、日本和美国；消费用主要以小型密封烧结极板的电池为主，主要生产国（以产值为序）：美国、日本、法国、西德和英国。

我国的镉-镍蓄电池工业，58年以后蓬勃发展。现在既能生产几百安时的大型工业用电池，也能制造几个毫安时的小型密封电池。有扁形钮扣式电池，也有圆柱形和方形电池。镉-镍蓄电池产品已经系列化和标准化。我国自己研制的全密封镉-镍蓄电池已用于卫星和空间研究。

需要说明的是镉-镍电池全是蓄电池，为简单起见，下面通称为镉-镍电池。

二、化学电池的基本知识

在介绍镉-镍电池之前,本章简单地介绍一些化学电池的基本知识,以便为认识镉-镍电池铺平道路。当然对于有一定电化学基础的读者来说,则不必阅读本章的内容。

2.1 什么是化学电池?

化学电池又叫电化学电池,是一种把化学能直接转变成电能的装置。像手电筒里的干电池,心脏起搏器的锂-碘电池,铅-酸蓄电池和镉-镍电池都是化学电池。用电筒照明时,锌与二氧化锰起化学反应,把反应的化学能转变成电能;镉-镍电池工作时,镉与氢氧化镍起化学反应,把化学能转变成电能。需要指出,太阳电池是直接把光能转变成电能,是一种物理现象,不属于化学电源的范畴。

化学电池中的锌-锰干电池叫原电池,因为只能使用一次,也叫一次电池,蓄电池可以充电多次使用,所以也叫二次电池。

为什么把锌-锰干电池叫做原电池呢?有其历史的原因。早在1880年,发电机还未发明之前,铅-酸电池已经问世了,当时只能用锌-锰干电池给它充电。所以把锌-锰电池叫原电池,把铅-酸电池叫二次电池。

2.2 电流是怎样产生的？

当我们压住手电筒的开关按钮，灯泡亮起来的时候，就是有电流流过灯丝了。电流是从电筒的电池里流出的，电池为什么能产生电流呢？这还得从物质的基本结构谈起。

我们知道物质是由分子和原子构成的，原子又是由原子核和电子构成的，如图2-1所示。一个原子很像一个太阳系，中心的原子核是太阳，周围的电子是行星。原子核由质子和中子组成。中子不带电荷，质子带一个正电荷。原子核周围运动着的电子每个电子带一个负电荷。原子核周围的电子数与原子核内的质子数相同，所以原子是电中性的。用什么办法能使电子与原子分开

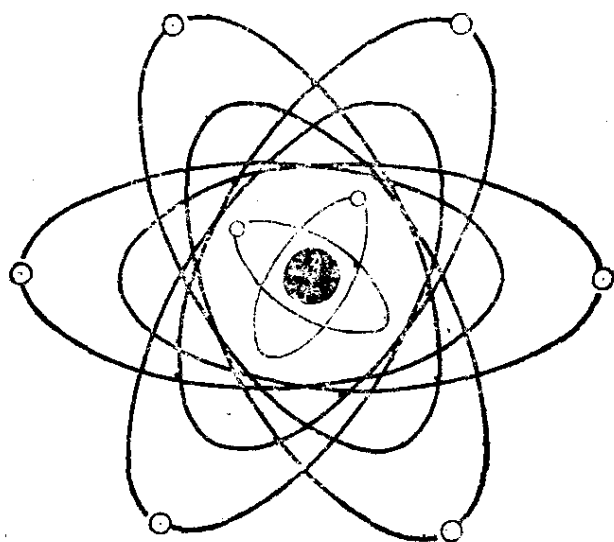
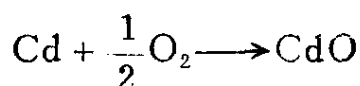


图 2-1 原子的示意图

呢？氧化-还原反应就是最熟悉的一种使电子转移的方法。这种反应在生活中普遍存在。像铁的生锈、煤的燃烧、植物的光合作用、动物的新陈代谢都存在着氧化-还原反应过程。发生氧化-还原反应一定需要有两类物质参加。一个在反应中得到电子

叫氧化剂，一个在反应中失掉电子叫还原剂。金属镉在空气中氧化的过程是：



镉原子失去两个电子，氧原子得到两个电子，结合在一起生成了一个氧化镉分子。金属镉就是还原剂，空气中的氧就是氧化剂。怎样把氧化-还原反应中发生的电子转移利用起来发电呢？由于电化学家的努力早已实现了把失去电子的氧化反应和得到电子的还原反应分离开来单独进行，使电子只能沿闭合外线路传递的电池。通常把发生氧化反应的区域叫做阳极，把发生还原反应的区域叫做阴极。电子沿着导线由阳极向阴极运动就形成电流。沿着导线流动的电子，就好像水在闭合管道里流动一样，如图2-2所示。电池的作用与水泵相似。没有水

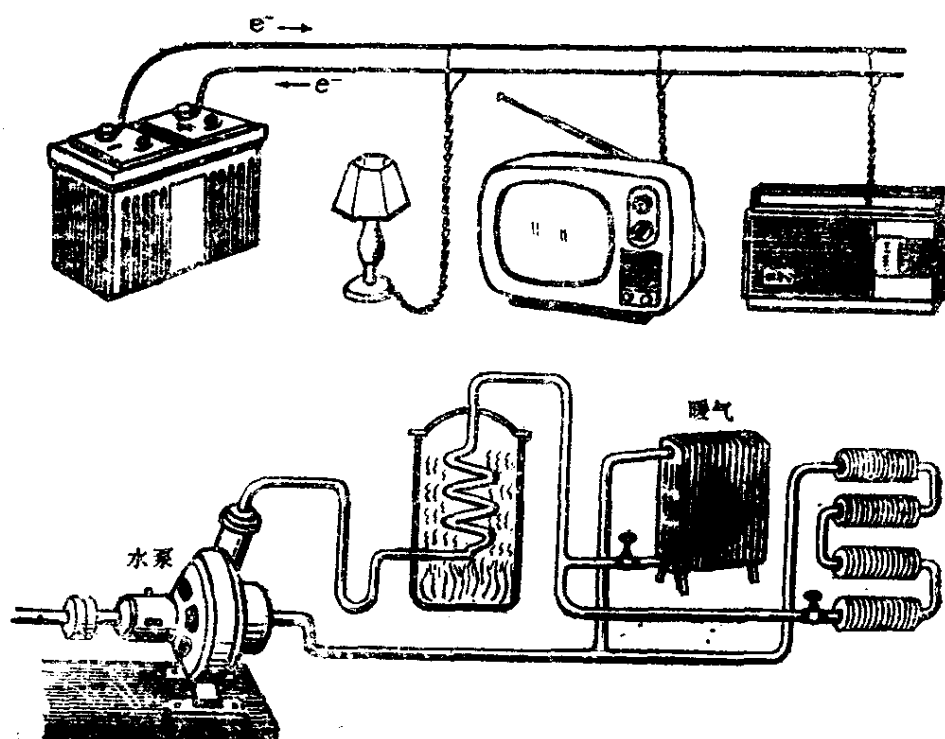


图 2-2 电子在线路中流动像水在闭合管道里流动一样

泵推动，管道里的水就不会循环，暖气也就不热了。没有电池，电子也不会沿着导线流动，收音机和其它家用电器也就不会工作了。

为了说明电流的产生过程，我们一起做下面的实验。如图2-3所示，把一个锌棒插在稀硫酸溶液中，会看到锌棒表面有气泡生成（图2-3a），锌棒逐渐溶解。这种现象实质上是锌原子(Zn)把自己的两个电子交给溶液中的氢离子(H^+)，锌原子变成了二价的锌离子(Zn^{++})。溶液中的氢离子(H^+)接受电子后变成氢原子(H)，两个氢原子结合成氢分子(H_2)，形成了锌棒表面上的气泡，用 e^- 表示一个电子，写成反应式如下：

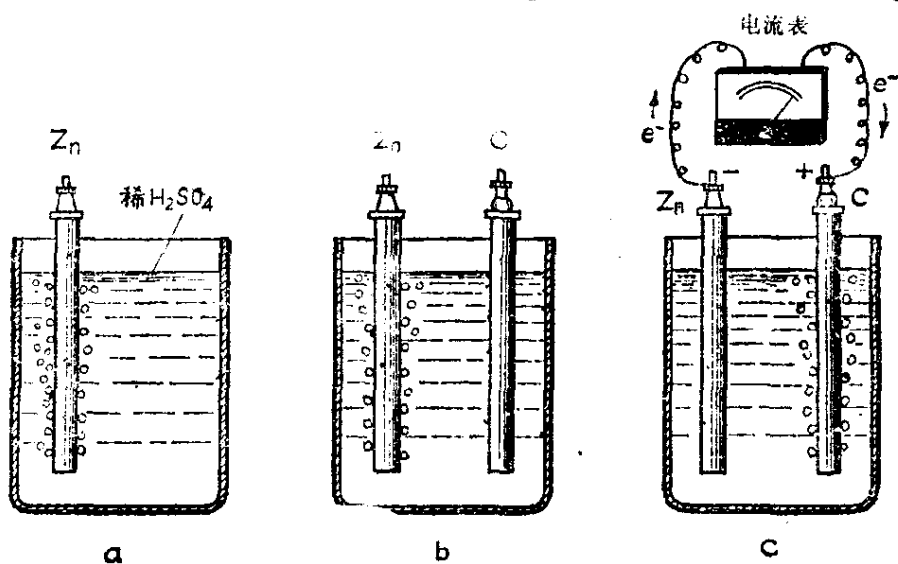
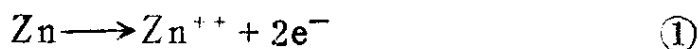


图 2-3 电流的产生

①式是氧化反应，②式是还原反应。因为都发生在同一个锌棒上，所以没有电流产生。在图2-3a的基础上再加一个碳棒，如图2-3b所示。锌在稀硫酸溶液中的反应，如上所述没有改变。但是，一旦把锌棒与碳棒用导线连接起来，情况就不同

了。这时锌棒表面不再有气泡生成，只发生锌的溶解（①式），而碳棒表面则有大量的气泡生成（②式）。说明氧化-还原反应已经分离开来，电子沿着导线由锌棒流向碳棒形成了电流，如图2-3c所示。因锌棒只起氧化反应所以叫阳极，而碳棒只起还原反应故叫阴极。

值得注意的是，电子沿外线路由阳极流向阴极，而我们却常说电流由正极流向负极。在本实验中碳棒是正极（这里也是阴极），锌棒是负极（这里也是阳极）。电流由正极流向负极恰与电子的流动方向相反。我们只要记住电子真正的流动方向与电流的流动方向相反也就够了。

2·3 化学电池三要素

从图2-3的实验中知道，要生成电流，首先要有一对发生氧化-还原反应的物质（这里是Zn和稀硫酸溶液中的 H^+ ）。如果氧化-还原反应在同一处发生是不能生成电流的（图2-3a），必须把氧化反应和还原反应分离开来（图2-3c）。只发生氧化反应的阳极和只发生还原反应的阴极以及把阳极反应、阴极反应统一在一起的介质电解液，是化学电池的三要素。不管原电池或蓄电池，尽管它们的形状五花八门，但这三个要素缺一不可。只不过它们正极、负极和电解液所用的物质有所不同罢了。

在干电池中，负极锌筒只发生氧化反应是阳极；正极碳棒上只发生还原反应是阴极，这是很清楚的。蓄电池则有所不同。蓄电池能把电能转变成化学能贮存起来，使用时再把化学能转变成电能释放出来。蓄电池使用一段时间后，也就是部分放电或完全放电后，如果用适当的反向电流（与电池放电电流

方向相反) 通入蓄电池, 蓄电池就可以再次使用。这种用反向电流通入蓄电池的做法叫充电。电池靠自身的能量使电流流过外线路叫放电。

由于蓄电池既可以放电, 又可以充电, 所以在两个电极上发生反应的性质也随之而改变。下面以镉-镍电池为例, 说明阳极和阴极与充电和放电之间的关系。

在电极里发生氧化反应或还原反应, 生成电流的物质叫活性物质。镉-镍电池的负极是镉电极, 活性物质是镉; 正极是氢氧化镍电极, 活性物质是氢氧化镍, 简称镍电极。镉-镍电池放电时, 负极发生氧化反应, 镉失去电子变成氢氧化镉, 是阳极; 正极发生还原反应, 氢氧化镍得到电子变成氢氧化亚镍, 是阴极。充电时正好相反, 负极得到电子氢氧化镉变成镉, 是阴极; 正极失去电子, 氢氧化亚镍变成氢氧化镍是阳极。虽然蓄电池充电、放电时, 正、负电极固定不变, 但每个电极的电极反应却随之而改变。蓄电池正电极放电时为阴极, 充电时为阳极; 负电极放电时是阳极, 充电时为阴极。

下面谈谈第三个要素电解液。电解液简称电液。氢氧化钾水溶液是镉-镍电池的电液。电液不是电子导体, 而是离子导体, 它把阳极反应和阴极反应在电池内部联系起来。没有电液, 氧化反应和还原反应就不能分开进行, 没有电液, 在电池内部两极间就没有电的通路。所以电液也是产生电流的必要因素。在实际电池中, 电液往往被吸收在非电子导电的多孔材料中, 放在正极和负极之间, 这就是隔板或隔膜。

2.4 镉-镍电池的代表式和反应方程式

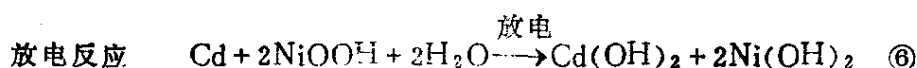
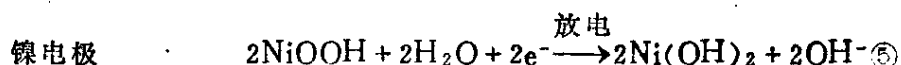
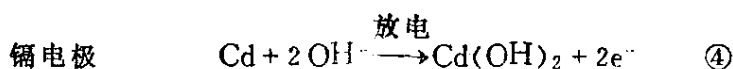
为了讨论方便, 用下面的符号表示镉-镍系列的电池



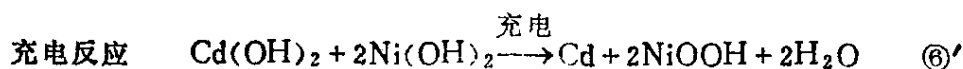
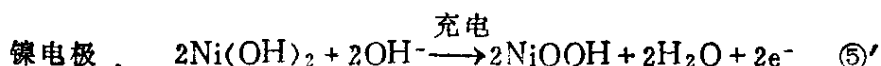
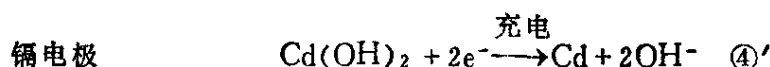
(-) 表示电池的负极，充电态负极的活性物质是镉；
(+) 表示电池的正极，充电态正极活性物质是氢氧化镍；KOH(H₂O) 表示电解液是氢氧化钾的水溶液；竖线代表固态镉和氢氧化镍与电液的界面。

电极上活性物质发生氧化或还原反应的变化和电子的转移，用化学符号表示出来，就是电极的电化学反应式，两个电极的反应式合在一起就是电池内发生的化学反应方程式。

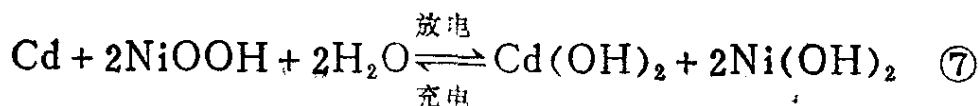
放电时电极的反应式为：



充电时电极的反应式为：



从式⑥'不难看出，充电的作用是把放过电的活性物质氢氧化镉和氢氧化亚镍重新恢复到放电前的状态，即镉和氢氧化镍。放电反应式⑥和充电反应式⑥'相互可逆，合并在一起为



⑦式是镉-镍电池化学反应的方程式，做成电池，反应的化学能就会转变成电能。如果没有做成电池，反应的化学能就变成了热。

2.5 电 池 容 量

电池容量是指充足电的电池放电到终止电压时输出的电量。在恒流放电的情况下，容量为：

$$Q = I \times t$$

Q ——电池放出的电量，单位是安时(AH)或毫安时(mAH)

I ——电流，单位是安培(A)或毫安(mA)

t ——时间，单位是小时(H)

所谓终止电压（也称放电终压）指电池低于这一规定电压时，电池就不能正常工作的电压。换言之，电池在低于终止电压的情况下继续放电，可能会使电池永久性损害。电池的容量是电池大小的标志，容量越大电池越大，容量越小电池越小。镉-镍电池最大容量为上千安培小时，最小容量仅几个毫安小时。安培小时简称安时，毫安小时简称毫安时，是电池常用的容量单位。1安时表示在电流强度为1安培的情况下在一小时内流过的电量。1安时等于3600库伦，也等于1000毫安时。

电池的容量由电极里所含活性物质的量决定。知道活性物质的量，就能按照该物质的电化当量计算电量。电化当量把物质的重量与电量联系起来。根据法拉弟定律，可以计算出各种物质的电化当量：把1个法拉弟的电量26.8安时除以物质的克当量。所谓克当量是物质的分子量除以价数的变化，单位用克表示。例如1克当量镉56.2克，1克当量氢氧化镍91.71克(表2-1)。那么

$$\text{镉的电化当量} = \frac{26.8 \text{ 安时}}{56.2 \text{ 克}} = 0.477 \text{ 安时/克}$$