

实验室用电

王 良 安 著

人 民 衛 生 出 版 社

实 驗 室 用 电

(供医葯院校及紅专学校实驗員用)

王 良 安 著

人 民 衛 生 出 版 社

一 九 五 九 年 · 北 京

內 容 提 要

在医药院校以及其他院校和紅专学校的实验室中，每日都要用到电器用具，往往因为用者对电气用具的性能用法不够了解，不是限制了它們的使用效能就是使它們意外地遭到损坏。目前，在党的社会主义建設总路綫的指导下，实验室如何在現有的设备条件下多快好省地运用电器用具，正是本书所要討論的范围。

本书列举了各种最常見的实验室电器用具，把它們的性能、用法詳細說明，使讀者不但能熟知它們的性能而且可以按其性質变换应用，大大地增加了它們的使用范围和效率。书中包括：电池、欧姆定律及其应用、电阻的測定、电功与电功率、常用的电測量仪器、交流电的基础知識、几种电器的运用及充电装备等八章，对于医药院校及紅专学校实验人員、学生在应用电仪器方面有很大帮助，可以作为他們在实验工作中的日常参考书。

实 驗 室 用 电

開本：850X1168/32 · 印張：3 3/4 字數：100 千字

王 良 安 著

人 民 衛 生 出 版 社 出 版

(北京書刊出版業營業許可證出字第〇四六號)

· 北京崇文區鎮子胡同三十六號 ·

北京市印刷一厂印刷

· 新华书店发行

統一書號：14048·1913

1959年6月第1版—第1次印刷

定 價：0.46 元

(北京版) 印數：1—4,500

前 言

在医药院校以及红专学校的实验室中，在某些技术操作上常常直接或间接需要用“电”。因此，在实验室工作或作某些技术工作时，与电的接触机会就较多。不可否认，“电”在现代还是我们工作中的有力助手之一。因为用它能直接变为热能、机械能或光等。用之得当，对我们就有很大的帮助；但若对它的特性不够熟悉，则不能充分地利用它。当稍稍疏忽时，更能产生无谓的损失，酿成灾害，甚或危害到生命。所以我们应该尽量地了解电的特性，使它更多更好地为我们服务。

由于现代工业、现代生活不可一日无电，所以电在我们的生产、生活当中占据极为重要的地位。在实验室中，多数实验操作要用电来进行，如果我们对电或一般电气用具或设备不够了解，或用之不当，就会影响操作，或限制了它的作用，所以熟悉电的性能，熟悉常见电气用具或设备，就能使我们运用自如，使实验工作进行得更理想，使现有的电气设备发挥更大作用。

本书列举了各种常见实验室用电气用具，把它们性质、用法加以说明，使读者不但能熟悉它们的性能，而且可以按其性质加以变换应用，使现有的设备发挥最大的效果。

目 录

前言

第一章	几种电池	1
§1	干电池	1
§2	铅蓄电池	2
§3	爱迪生蓄电池	7
§4	标准电池	9
第二章	欧姆定律及其应用	12
§1	欧姆定律	12
§2	各式电阻器	15
§3	电阻的连接	18
§4	各式电阻器的应用	19
§5	电源的应用	25
第三章	电阻的测定	31
§1	用安培计、伏特计测导体电阻法	31
§2	用滑线式惠斯登电桥测量电阻法	33
§3	用箱式惠斯登电桥测量导体电阻	35
§4	用欧姆表测导体电阻法	36
§5	测量电解液电阻法	39
§6	高电阻的简易测量法	40
§7	电池内阻的测量法	42
第四章	电功与电功率	46
§1	楞次-焦耳定律	46
§2	电功率	47
§3	楞次-焦耳定律的运用	47
§4	电热的应用	48
第五章	几种常用的电气测量仪器	50
§1	安培计	50
§2	伏特计	55
§3	伏特计与安培计的相互转化	59

§4	灵敏电流计	68
第六章	交流电的基础知識	70
§1	什么是交流电	70
§2	电阻、感抗、容抗	71
§3	各种电容器	73
§4	电容器的应用	74
§5	电容器电容量的测量方法	78
§6	感抗的测量法	80
§7	綫圈自感的应用	81
§8	交流电路	82
第七章	几种电器的运用	86
§1	开关	86
§2	保險絲	87
§3	电炉	90
§4	弧光灯	92
§5	变压器	93
§6	感应圈	98
§7	电动机	101
第八章	充电装备	103
§1	电子管整流器	103
§2	水銀整流器	106
§3	氧化銅整流器	107
§4	硒整流器	110
§5	液体整流器	111

第一章 幾種電池

能供給我們用电的組成物，都称之为“电源”，如各种電池、发电机等。我們习用的电有交流电和直流电。通常的电灯、电风扇、电动机（即马达）、电炉、电烘箱、电冰箱等所用的电都是交流电；电解、电镀、路可夫綫圈（感应圈）、伽伐尼电疗等所用的电都是直流电。所以所用电源也就有交流电源与直流电源之分。在这一章中，只提出几种常用的電池。除了最后的标准電池外，都可以充当直流电源。

§1 干電池 干電池的构造一般为：在鋅筒內充填二氧化錳(MnO_2)、石墨(C)粉、氯化銨(NH_4Cl)的饱和溶液及菱粉(或面粉)等混合物。在这混合物中插有碳棒，碳棒上嵌有銅帽。碳棒是阳极，鋅筒是阴极。配好的混合物(亦称配合剂)是以适当的压力压紧，并在它的外面用紗布包扎如袋形，然后安置在鋅筒中。安置好后，在它的上面复上紙壳(或紙板)，用瀝青(或火漆)封严；也有用金属盖的，参看图 1-1-1 所示。

一般干電池的电动势約为 1.5 伏特，但由于不同的电极与不同配合剂的緣故，也有高达 1.7 伏特或 1.9 伏特的。

由于制作上的技术不同，干電池的内电阻也有所不同，不过一般是相差不太大的。干電池在剛制好而未用时，它的内电阻值大約是 0.1—0.25 欧姆。經過使用后，它的内电阻值就会变大，大到一定程度时(达数欧姆时)，它的电动势值虽不变(仍約为 1.5 伏特)，但已不能充分地供給足够的电流强度。若长期(如一、二年)搁置不用，它的内电阻值也会增大。内电阻值增加

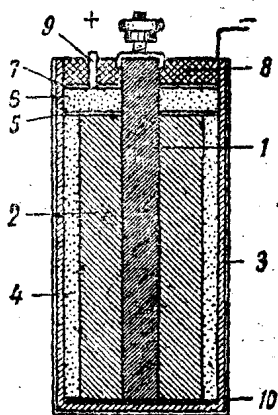


图 1-1-1 干電池的纵剖面

1. 阳极、2. 附聚物、3. 鋅筒、
4. 糊状物、5. 馬粪紙板垫片、
6. 木屑、7. 馬粪紙板、8. 火漆、
9. 排气管、10. 絕緣物。

的原因之一是：電池內部變乾燥。所以有人認為：將干電池拿在日光下經常曬會增加光亮，不致“跑電”，那是不對的。當然，將電池置于潮濕的地方也是不對的。

利用干電池的電能，最好採取間歇用電，而且不要超過它的最大的放電率，一般手燈用的干電池的放電率約是1安培。

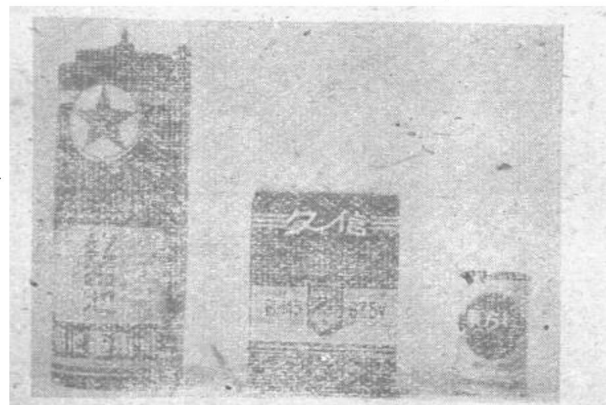


圖 1-1-2 幾種干電池的外形

§2 鉛蓄電池 鉛蓄電池是實驗室中普遍應用的直流電源。在許多實驗中（如使動物受到電刺激的實驗，電離某些制劑的實驗以及其他電的或光的實驗等）和教學中的示范實驗都常常需要利用它。

這類蓄電池的外殼常是用玻璃或其他不與硫酸起化學反應的非金屬物質（如硬橡膠、賽璐珞、塗瀝青的木材等）做成的。它的內部是兩組極板——純鉛極（ Pb 負極）和二氧化鉛極（ PbO_2 正極）——穿插着。兩組極板間隔有不怕硫酸浸蝕的絕緣片（有的是硬橡膠板，有的是石棉板）。這兩組極板連好，浸在電解液（即稀硫酸液，俗稱為“電水”）內。

由於鉛蓄電池在應用中有不同的需要，它的區分法通常有兩種：一是以它的端電壓約值來區分，分為2伏特、6伏特（三只鉛蓄電池串聯成一組）、12伏特（六只鉛蓄電池串聯在一起）等；另外一種是以它的最大的放電量值來區分，如有的是8安培小時（8 A.H.），有的是16安培小時、120安培小時等。幾種鉛蓄電池的

外形如图 1-2-1 所示。

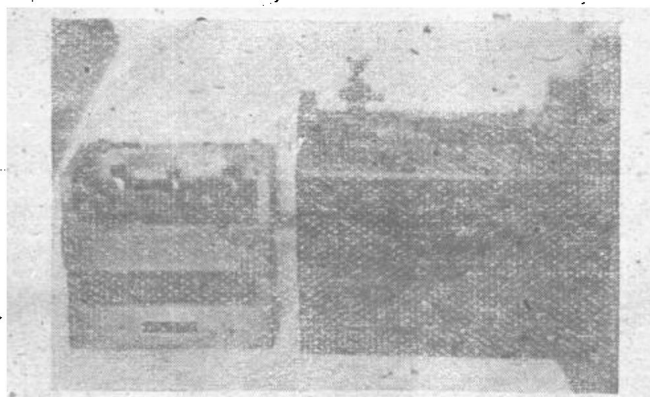


图 1-2-1 几种铅蓄电池的外形

使用铅蓄电池时应注意下列事項。

一、要查看該電池的最大輸出電量值（通常稱作電池的電容量），即安培小時數，然後計算一下該電池的最大安全電流強度值。在某項工作應用中，若所需的電流強度值大於該電池的安全電流值，就不應直接使用，而應將多個合適的鉛蓄電池並聯後再使用（並聯電池法，詳見第二章第五節）。例如，在一實驗中應用一大型感應圈，這感應圈需要 6 伏特、8 安培，這時應採用規格至少為 80 安培小時、6 伏特的鉛蓄電池（因最大安全電流強度值等於電池的電容量 / 10^①）。例如，一 15 安培小時的鉛蓄電池的最大安全電流值為 1.5 安培，余类推）。當然，若有一隻 120 安培小時的鉛蓄電池是可以採用的。

二、要查看該電池的端電壓值是否過低。如一隻 2 伏特的鉛蓄電池，其端電壓值為 1.8 伏特；或一隻 6 伏特的鉛蓄電池，其端電壓值為 5.4 伏特，就不應該再用，而要即時充電後再用。

也可以用比重計測量電解液的比重來斷定能用與否。若電解液的比重值低於 1.18 時，就不應使用而要即時充電。

三、要查看鉛蓄電池上每個接頭是否緊牢。若不緊牢，不但

① 亦有將此值定為 8 小時的放電率，即：最大安全電流值 = 電池的電容量（安培小時）/ 8（小時）。

影响到該鉛蓄電池的輸出能力，還會因局部的發熱而產生意外(其原因可參看第四章)。

為了使鉛蓄電池的應用壽命保持得長一些，管理鉛蓄電池是一項重要的工作。管理鉛蓄電池應注意下列事項：

一、檢查新來的蓄電池。為了運輸上的安全與方便，所購到的鉛蓄電池一般都是乾燥的，內部並不裝入稀硫酸液。所以在購置時一定要注意檢查鉛蓄電池的外殼有無破裂，它的加水蓋是否嚴密地封閉着；再看一下是否過期(應附有卡片注明)。若蓋子封閉不嚴密或已過期，則該鉛蓄電池的極板可能因受潮而彎曲、變形。它的效用及壽命將受影響，故應加注意。

也應該檢查一下電池的兩極有無短路現象，若一組(三只或六只)鉛蓄電池中，有一只的兩極有短路現象，則不管怎樣充電，總是不能達到額定值(6.6 伏特或 13.2 伏特)。若是單獨的一只鉛蓄電池有短路現象未被發覺，單獨充電時還有危險性，故亦應加注意。

二、新電池首次充電。購到新的鉛蓄電池後，先察看它的充電說明，然後按照執行。配制稀硫酸液前，應先估計鉛蓄電池容器的容量，以免灌注時不夠或剩餘過多。若遇到沒有說明的鉛蓄電池，則可按照下述辦法配制電解液備用。

配制電解液時，可採用純淨的、比重為 1.84 的濃硫酸(工業用的就可以，不必用“化學純”的)，與蒸餾水以 1:2 的成分配成比重為 1.28 的稀硫酸液。俟酸液冷後(溫度降至 35°C 以下)，灌注於鉛蓄電池內，以液面沒過極板的頂部為度。最好在灌注酸液後 6—10 小時內進行充電。配制酸液時最好用掛了釉的瓷器為容器。因為硫酸與水混合時產生大量的熱，會出現 100°C 的溫度。配酸液時應將硫酸徐徐倒入蒸餾水中，切不可將水倒入硫酸中，以免硫酸液濺出傷害皮膚及衣着等物。

三、及時充電。當電池的端電壓從 2.0 伏特降到 1.8 伏特(6.0 伏特降到 5.4 伏特)時，或它的稀硫酸液的比重從 1.28 降至 1.18 時，即應充電。不然，該鉛蓄電池將因過量用電而致使用壽命減短，甚至會損壞。以後無論怎樣充電，都不能使它恢復原來的端電壓——2.0 伏特(或 6.0 伏特)值，或即便能達到原來的電壓

值,亦只是短暫的,不堪一用的。

若用电很少或未曾用电,每一个月或至多不超过两个月也要充电一次。在充电前,最好施行一次适当的放电(可利用电阻器或电炉絲为放电的負荷物,放电使其每只的端电压降至1.8伏特),然后再进行充电。这样可以减少由电池内部发生不必要的化学变化所产生的“病态”(俗称硫酸鉛病),因而相应地增长了它的使用寿命。

四、保持清洁。电池的每个接头应經常保持清洁,不然在应用时往往因增加額外的电阻而使受到不必要的电的浪費,更会因而减小了輸出电流强度的最大限度。

电池表面常有酸液溅出或渗出。为了避免由此而产生的腐蚀作用与不必要的化学变化(銅变成硫酸銅),可于接头接好后,在它的上面涂抹一薄层凡士林,否則,需經常注意拭淨。

五、加蒸溜水。电池經過一定時間的应用后,其中水分会逐渐减少,使极板暴露于空气中,因而极板的应用面积相应地减小了。故每經半个月或一个月(根据实际的情况)要适当地加入蒸溜水补充。

六、儲存处理。电池在暂时搁置不用或較长時間內不需用时,应作适当的处理。处理方法有二:(1)湿儲法;(2)干儲法。

湿儲法适宜于短期不用。这种儲存法是在儲存之初将电池充足电,以后定期充电以补充空耗的电能。

干儲法适宜于长期(一年或稍长)不用。这种儲存法是首先将电池充滿电,然后吸出电解液,注滿蒸溜水,任它浸漬約12—15小时,再将水吸出(全部吸出),封好加水口,这样就可以不坏。

充电时应注意的事項是:

一、电源的正极应与鉛蓄电池的正极相接;錯接时,会因过强的电流通过,使电池的极板损坏。若电路中連有安培計,則安培計也有被燒毀的可能。

二、第一次充电应用 $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ 的安全电流值連續充电,并使超出它的額定安培小时数的 $\frac{1}{2}$ —1倍。用比重計測出电池电解液的比重达1.27—1.28为合适,或每只电池的端电压升至2.2伏特

为合适。例如，一16安培小时的鉛蓄電池第一次充电时应用0.4—0.5安培充电，連續充电60小时。当然，在有充电須知的情況下，应当按照須知中的規定进行。

三、充电时应將加水口的蓋打开。

四、不要有火焰（如擦着的火柴、擦燃打火机等）靠近正在充电的電池，以免发生爆炸。因为充电时会产生氢气，由加水口冒出。

五、应經常适当地注意电解液的溫度，不要使之超过 50°C ，否則极板将会受损。溫度过高时，須將电流調整略小或暫時停止充电，俟溫度降低后再繼續充电，补足所需的电量。例如，一只電池需充电量为24安培小时，当用2安培电流充电历8小时的时候，它的酸液溫度超过了 50°C ，即可减少充电的电流强度为1安培，再繼續充电8小时（ $2\text{安培} \times 8\text{小时} + 1\text{安培} \times 8\text{小时} = 24\text{安培小时}$ ）；或暫停一短時間，俟溫度下降后，再仍以2安培的电流强度充电4小时（ $2\text{A} \times 8\text{H} + 2\text{A} \times 4\text{H} = 24\text{A.H.}$ ）。

六、充电时，不应使发生激烈的冒气現象。冒气現象是表示能量的浪費。因冒气时大部分电能使水分解，未能变成有用的化学能，反使電池內部发热，甚至因气泡的激动使极板上的有用材料脫落，而使它的輸出电能减少，也会因而减少其使用寿命。

七、充电完毕后，应将加水口蓋好。

八、以后的充电（第一次以后），可用該電池的安全电流强度值連續充电十小时。例如，一16安培小时的鉛蓄電池在第二次或以后充电时，可用1.6安培（或2安培）的电流强度連續充电10小时（或8小时）。

九、不应过量充电。若发现充电时電池的端电压已升达最高或它的电解液的比重已达最高值且已保持稳定二、三小时，則可停止充电。不一定要机械地执行充电的总时数。

当測得電池組中某一電池的端电压总是为“0”时，就說明該電池中的兩組极板一定有短路处（即有碰到一起的地方）。若电压数够而电解液的比重值不够时，应加入較濃的硫酸液（如比重为1.30或1.40的），使它的比重增为1.27或1.28，但不应直接应

用比重为 1.30 或 1.30 以上的硫酸为电解液。若发现电解液的比重大于 1.28 时, 则应加注蒸馏水或较稀释的硫酸。

§3 爱迪生蓄电池 爱迪生蓄电池是碱性蓄电池的一种。这种蓄电池目前在市面上虽难得买到, 但有的学校或实验室里却会有残旧的。由于它具有不怕振动、不怕过量充电及过量用电, 能承受粗率地使用等优点, 故特将它的有关资料略述一二, 以供参考。

这类蓄电池的外壳一般是金属制的 (参看图 1-3-1), 内部是

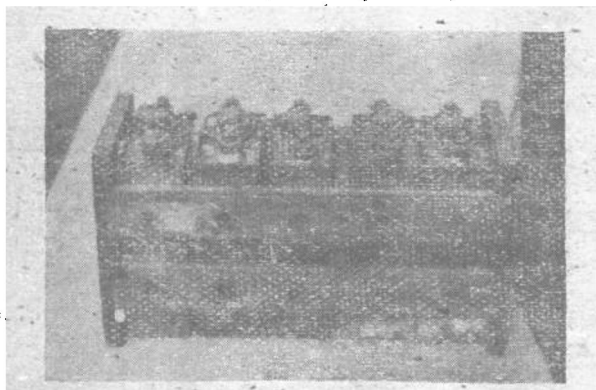
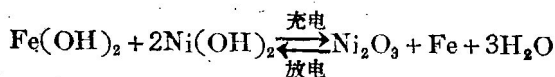


图 1-3-1 爱迪生蓄电池的外形

分别填充氢氧化铁和氢氧化镍的二组极板, 它的电解液主要是氢氧化钾或氢氧化钠的水溶液。每只电池的端电压由于配制的不同, 最高值为 1.25—1.35 伏特。它的化学反应是很复杂的, 其大略情况可用下式表示:



它所用的电解液以 21% 的氢氧化钾水溶液为佳; 用氢氧化钠也可以, 但会增加内电阻。根据实际的经验, 在氢氧化钾液中加入浓度为每升 50 克的氢氧化锂 (LiOH) 可以使它的电容量增大。

为便于应用, 此电池常有二只为一组的, 也有五只为一组的。一般使用的方法可以参照上一节 (即 § 2 铅蓄电池) 所述。

对于这类残旧的蓄电池, 可加以适当的调理, 使它恢复功能。

調理的方法是：先灌注新的電解液，以正常的充電率充分充電，隨後以正常放電率放電，使它的端電壓降至0伏特，再將電池組（每組不要多於5只）連成短路經2小時以上。然後再以正常充電率充分充電，再以正常放電率放電，使端電壓降至0伏特，並使連成短路歷2小時以上。這樣反復充電、放電，它的電容量將漸漸增大，直至達到正常為止。

灌注或換注電解液時，也應注意以下幾項：

一、在應用中，蓄電池的電壓始終不穩定，且逐漸下降，下降的速度較快，就必需更換電解液一次或兩次。更換時應謹慎從事，溶液應用蒸餾水配制。若應用了不潔淨的水，那麼，更換第三次還是有必要的。

二、電解液可以用氫氧化鉀（苛性鉀）或氫氧化鈉（苛性鈉）配制，每一升（1000毫升）水中溶入210—240克的氫氧化鉀或氫氧化鈉，以達比重為1.200為宜。最低限度亦應達1.160。

三、當準備要更換電解液時，首先要以正常放電率完全放電，使它的端電壓降至0伏特，並使短路2小時以上。這樣作可以保護極板，然後再倒空電池內的電解液，但不需要搖動或沖洗。

四、倒空舊電解液後，應立即注入新電解液，不要任其空置；灌注時，可借助於玻璃或珐琅質的漏斗。

五、灌注的電解液不應太滿，也不應過少，使液面超出極板的最高處即可。

管理這類蓄電池應注意下列事項：

一、不要將鉛蓄電池的電解液（稀硫酸液）倒在这种電池內。曾經與酸液接觸過的器具，也不要應用到這類電池上，否則，這類電池就要損壞。

二、不要在電池附近划火柴，更不要將火焰執近，否則，會發生爆炸的危險。

三、不要將工具或其他金屬物放置在電池上。

四、除灌注電解液或充電時外，應常將加水蓋蓋緊。

五、電池外部要保持清潔和乾燥，接頭要保持緊固。

六、電池的電解液也能損傷皮膚及衣物，必需謹慎處理。若

有溅出或溢出沾及皮肤、衣物，应立即用水冲洗净。

七、若电池放置一长时期不用，应作如下处理：

(一) 一定要使电解液浸没极板的最高部分。

(二) 要使它放电至端电压为 0 伏特，并使它呈短路。

(三) 应放置在干燥的地方，不应任它停留在潮湿处。

这样，电池除非遭受到意外的损毁，一般可存储很长的时间。

§4 标准电池 一般的电池常因配料的成分稍有出入，或环境温度有些变异时，就会影响到电池电动势的大小，因而它的电动势值就有所改变。标准电池则是一类不太受上述因素影响的电池。它的电动势基本上是不生什么变化的。当环境温度变化很大时，标准电池的电动势变化也是很小的。这类电池专供比较用，借以测出其他电源(电池)的电动势值。化学实验中，对某液体pH值的测定方法之一，就需要这类电池作比较标准。这类电池不能供给大量的电能，拿它来当作普通的电池用是不行的，也是不合算的。

常见的标准电池有两种：一是镉标准电池（也称作韦斯顿电池）；另一是锌标准电池。

镉标准电池是国际间常采用的一种，在我国各实验室中也常备有这一种。这一种电池的构造如图 1-4-1 所示，是用一H形的玻璃管为容器，在它的一个脚内盛以汞(Hg)、与硫酸汞(Hg₂SO₄)

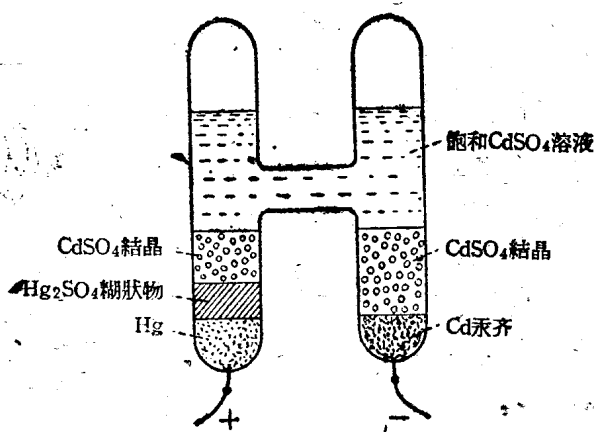


图 1-4-1 标准电池示意图

的混合物、硫酸鎘 (CdSO_4) 的結晶体, 在脚的底部嵌一白金絲, 通出玻璃管外为阳极。在另一脚內盛以鎘汞齐、硫酸鎘的結晶体, 在脚的底部也嵌一白金絲, 通出玻璃管外为阴极。用硫酸鎘的饱和溶液为电解液, 使与二脚連通, 参看图 1-4-1。

这一种标准电池的电动势在 20°C 时是 1.01830 伏特, 环境温度改变对电动势的影响不太大, 一般可忽略不計。在作精确的比較时, 可采用下述公式:

$$E_t = 1.01830 \times [1 - 4.06 \times 10^{-5} \times (t - 20) - 9.5 \times 10^{-7} \times (t - 20)^2 + 1 \times 10^{-8} \times (t - 20)^3] \text{ 伏特}$$

式中 E_t 为温度 $t^\circ\text{C}$ 时該电池的电动势值, t 为环境温度, 上式为一經驗式。

今举一例來說明上式。

当室温为 25°C 时, 这标准电池的电动势值应为 E_{25} 。

$$\begin{aligned} E_{25} &= 1.01830 \times [1 - 4.06 \times 10^{-5} \times (25 - 20) - 9.5 \times 10^{-7} \times (25 - 20)^2 + 1 \times 10^{-8} \times (25 - 20)^3] \\ &= 1.01830 \times [1 - 4.06 \times 10^{-5} \times 5 - 9.5 \times 10^{-7} \times 25 + 1 \times 10^{-8} \times 125] \\ &= 1.01807 \text{ 伏特} \end{aligned}$$

从例中可以看出: 若在計算中取四位有效数字的話, 是不会因环境的温度变化而影响到該电池的电动势。一般来講, 四位有效数字在計算中就相当够用了。

鎘标准电池的內部构造如上所述。但由于制造厂商的设计各有不同, 常常出現不同的外形。有时呈圓筒形, 有的呈长方盒形, 也还有附帶溫度計的, 如图 1-4-2 所示。

鋅标准电池的构造和鎘标准电池类似, 也是由一 H 形的玻璃管为容器, 但它內部的化学物质是不同的。在嵌有白金絲作为阳极的一脚中盛有汞、胶状硫酸汞; 在嵌有白金絲作为阴极的另一脚中盛有鋅汞齐, 用硫酸鋅溶液为电解液連通二脚。

这一种电池的电动势在 15°C 时为 1.434 伏特, 若不是 15°C 而在 $t^\circ\text{C}$ 时, 則它的电动势值为 E_t 。

$$E_t = [1.434 - 0.0012 \times (t - 15)] \text{伏特}$$

这一种标准电池就不如上一种。温度变化不太大时，不会影响到它的电动势值的第二位小数，也就是说，采用3位有效数字时，不大受环境温度的影响。

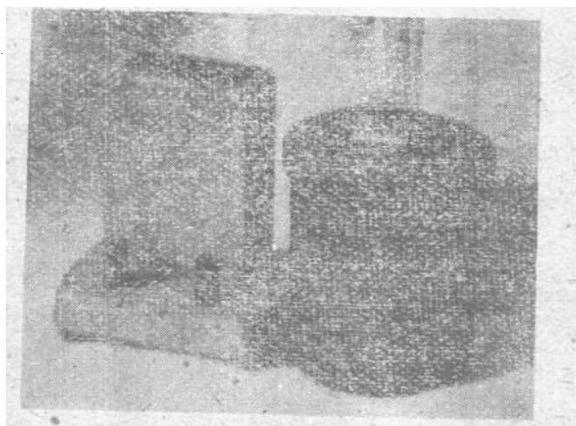


图1-4-2 标准电池的几种外形

由于标准电池的特性与一般电池不相同，所以，对标准电池的管理与应用上的注意事项也就不同了。为了使标准电池不减低它的应用价值（准确度不变），不缩短它的应用寿命，应注意下列几点：

一、不能用一般的伏特计测量它的电压或电动势。不然，非但测不准确，没有什么实际意义，反而会使标准电池受损。因为标准电池输出的电流不应过强，最多也就是0.1毫安培，当然愈少愈好。一只普通的伏特计（0—3V的）的内电阻约100—500欧姆（ Ω ），所需要的电流强度总在1毫安培（mA）以上，因此，不应随便用一伏特计去测量。这是与对待一般电池所不同的。

二、不能当作电源使用，了解到第一点，那么这一点就不必多说了。

三、不要任意使它倾斜，更不要将它倒置。

四、每次应用之初，应串联一只一万欧姆以上的电阻器，以防万一。