

电机工人適用

电 工 学

第十一分册 内燃机电气设备

罗先植 章炎福著



水利电力出版社

概 說

內燃机是应用得最广泛的原动机，为了使用方便，內燃机发动机常配置着成套的电气设备，这些电气设备可分为供給电能的电源和消耗电能的負荷两部分。

內燃机电设备的电源是发电机和蓄电池，当內燃机发动机正常运行时，发电机除用来对負荷供电外，同时对蓄电池充电；当轉速較低或負荷較重时，发电机和蓄电池同时对負荷供电；当发动机轉速很低或停止运行而需要用电的时候，蓄电池便代替发电机来供电。发电机和蓄电池之間裝置着截流器，当发电机电压低于蓄电池电压时，截流器的接触头是經常断开的，可是当发电机电压高到足够对蓄电池充电时，截流器能自动使它的接触头閉合，发电机就开始对蓄电池或其他負荷供电。

因为內燃机常用于汽車、拖拉机、船隻或其他起重运输等交通工具，所以这些內燃机的发电机必須在变动的轉速下仍保持比較平稳的电压和不超过額定数值的电流。利用电压調节器和电流限制器或第三刷发电机可达到以上的要求，关于发电机(包括第三刷发电机在內)、截流器、电压調节器、电流限制器的构造将在第二十六章中詳細說明。

內燃机附装的蓄电池大多是采用酸性蓄电池，这些蓄电池是由几个(一般是三个，有些是六个)单独的蓄电池串联組成的，每一个蓄电池的容量和电压完全相同，这些单独

的蓄電池常合裝在一個分格的容器中。關於蓄電池的構造和容量以及充電和放電等問題，將在第二十五章中詳細說明。

內燃機發動機需要用电的負荷是很多的，根據不同的用途大致可分為以下幾種：

(1) 點火系統：它是由感應線圈、斷電器、配電器和火花塞等組成，感應線圈和斷電器可以使蓄電池或發電機供給的低壓電源變成高壓電源，然後通過配電器而按時在汽缸的火花塞上發生點火的電弧，來燃點發動機汽缸中燃料和空氣的混合氣體。除蓄電池和感應線圈等組成的點火系統外，有些內燃機發動機是采用直接傳動的磁電機來產生點火的高壓電源。至於柴油發動機因為常採用壓縮點火的方法，故不屬於電氣設備的範圍。關於點火系統的構造和原理將在第二十七章中詳細說明。

(2) 起動系統：它是由裝有一定傳動機構的起動機和電磁開關以及連接起動機和蓄電池的導線等組成的，當發動機開動時，用來搖轉發動機的曲軸。

(3) 附屬儀表：用途不同的內燃機常配置着不同的儀表，一般內燃機的儀表包括：指示蓄電池充電或放電時電流強度的安培表、指示燃料貯量的油量計、指示冷卻水溫度的溫度計，此外在設備完善的內燃機中還裝有指示排氣溫度的高溫計，和其他有關的指示器、警報器等設備。

(4) 其他電氣設備：用於汽車、拖拉機、或其他小艇的內燃機發電機有時還具有照明負荷，用來供給行駛或停止時必要的照明、喇叭或其他信號標誌等輔助設備，此外

电动离合器、调速器等电气设备近年来也逐渐开始应用或推广。

内燃机电设备的额定电压是根据发电机或蓄电池的标称电压来决定的，在汽车上一般是采用6伏或12伏两种，大型汽车上有高到24伏的，船舶内燃机电设备的额定电压有时常采用较24伏更高的电压。

目 錄

概說

第二十五章 蓄電池	6
一、酸性蓄電池的工作原理	6
二、酸性蓄電池的構造	8
三、電解液	13
四、酸性蓄電池的充電和放電過程	18
五、蓄電池的容量	22
六、蓄電池的測定法	24
七、蓄電池充電的電路	26
八、蓄電池在充電前的準備工作	29
九、蓄電池的充電工作	31
十、蓄電池的充電設備	34
十一、蓄電池的故障	36
第二十六章 內燃機發電機和截流器——調節器	42
一、內燃機發電機的構造	42
二、發電機電壓的調節和電壓調節器	46
三、電流限制器	54
四、截流器	56
五、截流器——調節器	58
六、第三刷發電機	64
七、第三刷發電機負荷電流的調節	67
八、交流發電機	70
九、發電機的故障	75

第二十七章 內燃机发动机的点火	82
一、点火系统的概述	82
二、感应线圈的构造	87
三、断电器和配电器的构造	91
四、提早点火装置	98
五、磁电机	104
六、磁电机的冲轉器	118
七、磁电机点火和蓄电池点火的比較	120
八、火花塞	122
第二十八章 內燃机发动机的起劲設備	128
一、起劲設備概說	128
二、起劲机的构造	129
三、典型的起劲机	130
四、起劲机的开关	137
五、直流发电机的起劲繞組	145
六、起劲机的故障	149

第二十五章 蓄電池

一、酸性蓄電池的工作原理

我們在第一分冊第二章第五節中曾談到，利用化學變化來產生電動勢的設備叫做電池。電池可分為原電池和蓄電池兩種。在原電池（如手電筒電池、無線電的乙電池等）中，如果產生化學變化的物質全部轉化為別種物質後，就不能用反向電流通入電池的方法來恢復已變化的物質。因此，當原電池的化學物質全部用完后，就必須另外添加新的化學物質，否則電池就不能再用。在蓄電池中，我們先將電流通入電池，使電池通過化學變化後，把電能儲藏起來。當使用時，電池中的電能經過相反的化學變化輸出到外面的電路中去。因此，在蓄電池中，電能可以從蓄電池輸出到外面去，同時也可以使反向電流通入電池，來使它完全恢復到原來的狀態。

常用的蓄電池有兩種：一種是鉛質硫酸蓄電池，簡稱酸性蓄電池或鉛蓄電池；另一種是鎳-鐵-鹼蓄電池，簡稱鹼性蓄電池。因為酸性蓄電池的製造費用較少，放電量較大，特別適用於起動內燃機的電動機，所以在絕大多數的內燃機電氣設備中，都是採用酸性蓄電池來供給起動電流。本書只介紹有關酸性蓄電池的工作原理、構造和充電工作法等。

圖1甲表示酸性蓄電池的放電工作。當正極板和負極板同時和硫酸溶液接觸時，在正、負極板之間即產生了約2伏

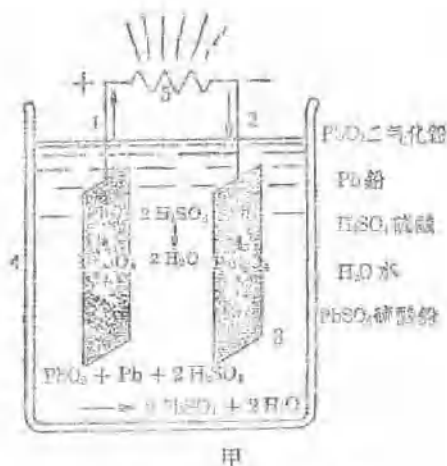
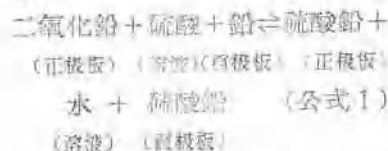


图1 酸性蓄电池的工作原理

1—二氧化鉛(正极); 2—鉛(負极); 3—硫酸溶液(电解质); 4—玻璃容器; 5—电阻(負荷)。

的电动势。如果我们用电阻5連通正极板1和負极板2时, 电流即从二氧化鉛1經過电阻5回到鉛板2, 如图中箭头所示。这时, 在蓄电池中产生了化学变化如下:



也就是說, 蓄電池的正极板(二氧化鉛)、負极板(鉛)和硫



酸溶液化合为硫酸鉛。这样的过程叫做蓄電池的放电。当蓄電池在向外面的电路輸出电流时，公式 1 的化学变化繼續进行，直到产生化学变化的物質（例如二氧化鉛、硫酸或鉛）全部用完时，化学变化就停止进行。这时，蓄電池不能再向外輸出电流，也就是說，它所儲藏的电能已全部放完。

当蓄電池的正、負极板都轉化为硫酸鉛时，如果我們用反向电流通入蓄電池，即电源的正极接通蓄電池的正极，电源的負极接通蓄電池的負极（如图 1 乙所示），电流即从电源的正极通过蓄電池的正极、負极，然后回到电源的負极，如图中箭头所示。这时，在蓄電池中产生了和公式 1 相反的化学变化。也就是說，蓄電池的正、負极板又分別轉化为二氧化鉛和鉛。这样的过程叫做蓄電池的充电。当正、負极板全部轉化为二氧化鉛和鉛时，我們即可停止充电。这时，蓄電池已从电源吸取了很多的电能並把它儲藏在化学物質中。我們只要用电阻接通蓄電池的正、負极板，蓄電池就又可向外面的电路輸出电流了。

二、酸性蓄電池的構造

蓄電池的構造随着它的工作条件和所供給的各种負荷的不同而不同，例如，固定的大型蓄電池需要有长久的寿命；便携式蓄電池的重量需較輕，所佔的地位需較少；經常工作的蓄電池需要有構造堅固的极板，产生化学变化的物質需不易脫落，但緊急用的蓄電池却需要能在短时期內放出較多的电能等等。这里所介紹的蓄電池是主要作为起

动用的便携式蓄电池，它能在短时期内放出较多的电能（因为要使内燃机起动，需用很大的电流，见第二十八章第二节），同时它的内电阻、体积、重量等也都必须较小。

酸性蓄电池的主要构造可分为容器、极板和隔板：

（1）容器

图2表示蓄电池的剖面图。因为在酸性蓄电池中所用的电解液是腐蚀性和化学性能都很强的硫酸，所以蓄电池的容器必须采用耐酸材料制成，如硬橡胶、玻璃或塑料

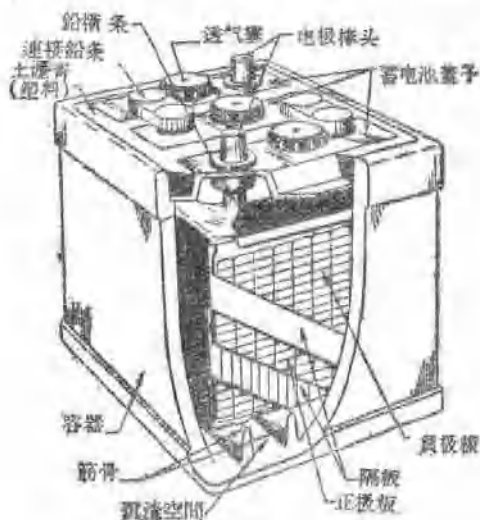


图2 酸性蓄电池的剖面图

等，其中以硬橡胶最为经济耐用，所以在内燃机电气设备所用的蓄电池中应用也最多。每一组正、负极板所组成的

单电池的电压约有2伏左右，在实际应用中常将三个、四个或更多个相同的单电池串接起来成为一组。因此图2所示蓄电池的容器有三个空格以便装置三组极板，这样，经串接后即可得到约6伏的电压。在容器的底部有几根突起的筋骨，它一方面可用以搁置极板，另一方面筋骨和筋骨之间的空间可以容纳极板偶然脱落下来的化学物质。



图3 极板的框架

蓄电池的盖子也是用硬橡胶制成，盖子上面有三个孔，旁边两个孔用来固定正极板和负极板。中间一个孔是有螺纹的，透气塞可以很方便地旋入孔中，使外面的杂物不能进入蓄电池的内部，同时当蓄电池

在移动时（如在内燃机车辆上），电解液也不会被溢出来。将透气塞旋出，即可从孔中灌入或取出电解液和进行测量、检查蓄电池的内部等工作。当蓄电池的极板装配完毕后，盖子和容器的接缝处需用耐酸的土沥青化合物密封。这种土沥青必须在低温度时也能保持它的黏性而不裂开，并且在蓄电池的最高工作温度（约 60°C ）时不会软化。

单电池和单电池之间用连接铅条焊接。在串联接法中，单电池的负极必须和相邻的蓄电池的正极相连接，因此在相邻的两个单电池中，正极板和负极板的布置必须相反，以使用最短的连接铅条即可把它们串接起来。

（2）极板

蓄電池的板板是用鉛和錫(5%~6%)的合金澆鑄成具有很多直條和橫條的柵架，如圖3所示。錫的作用可以增加柵架的機械強度，同時也不容易被硫酸腐蝕。在正極板上用鉛丹和稀硫酸，而在負極板上則用生氫氧化鈣和稀硫酸，分別調成漿糊狀的氧化鉛塗在柵架的空格里，並使它黏附在柵架的直條和橫條上。當漿糊狀的氧化鉛凝固后，再將正、負極板浸在稀硫酸溶液中，並通過適當的電流，使正、負極板分別轉變為二氧化鉛和鉛。

在起動內燃機車時，耗用的電流很大，因此在蓄電池中，必須有很多的化學物質和硫酸溶液接觸。為了增加它們的接觸面積，我們常採用薄的板板(厚度為2~3毫米)，並相應地增加板板的片數。並聯各板板之間隔一定的距離，以容納異性的並聯板板。每一塊板板的上端有一個凸出的鉛帽，和橫條互相焊接。使同性的板板都接成並聯，每一塊板板的電流經過橫條后從電極柱頭上流出。正負板板的組合完全相同，只是正極板的片數比負極板少一塊。當正、負極板互相交叉地鑲嵌(如圖4所示)時，每一塊正極板的两面都可和一块副極板相對應。如果正、負板板的片數相同，那末，最末一塊正極板將有一面不和負極板相對

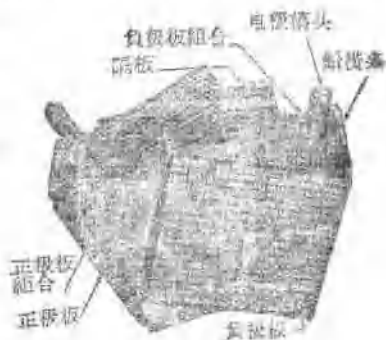


圖4 單電池板板的組合
(鑲嵌中的正負板板)

应。这样，当蓄电池在工作时，这一面将因没有电流而不发热，但另外一面都因化学变化而产生很多的热量，因此，这一块正极板即因两面温度不同而弯曲，甚致损坏。所以负极板的片数必须比正极板多一块。

在充电或放电时，电流须经过蓄电池的电极桩头、铅质横条、极板铅柄、极板框架、活性物质和电解液等部分。这些部分的电阻组成了蓄电池的内电阻。当电流通过蓄电池时，由于内电阻的作用，产生了电压降，并在蓄电池的内部产生热量使电解液的温度升高。为了减小蓄电池的内电阻，正、负极板之间的距离必须很小。在每两块正、负极板之间需插入一块绝缘隔板来防止正、负极板之间的短路。当正、负极板镶嵌完毕后，它们的电极桩头分别焊接在容器的盖子上。

(3) 隔板

隔板的作用是使蓄电池的正、负极板互相绝缘，它可以用木板、硬橡皮、塑料等制成。为了使电解液能自由地流通，隔板的构造应该是多孔性的，并具有很大的绝缘电阻。

木质隔板可用松树或赤杨树制成。它的一面是光滑的，但另一面却刨成槽形。槽形的一面应该朝向正极板，因为正极板的化学变化比负极板剧烈得多，所以木隔板和正极板相接触的一面必须刨成槽形，使较多的硫酸溶液容易和正极板相接近。

蓄电池中所用的硫酸溶液必须很纯粹，否则容易腐蚀极板和损坏蓄电池。木材的纤维含有醋酸，所以在把木材制

成一定的形状后，还必须浸在 6 %苛性钠的水溶液中 20 小时，使全部醋酸和苛性钠化合，然后再将隔板浸在清水中漂洗 6 小时。这时，木隔板中的醋酸虽已全部消除，但可能还有残余的苛性钠存在。因此，再将木隔板浸在稀薄的硫酸溶液中 6~8 小时，然后才能取出应用。

木隔板的价格便宜，並具有良好的多孔性，但不能承受較高的温度。当蓄电池的化学变化进行得太剧烈或溶液的温度太高时(高于 45°C)，木隔板容易被燒焦而损坏。在較新式的蓄电池中常采用具有許多小孔的硬橡皮、塑料等制成的隔板。虽然它們的价格較貴，但因它們的电阻率很高，能耐較高的温度(約 70°C)，机械强度也較大，所以它們可以制成很薄的极板来隔离靠得很近的正、負极板，因而減少了蓄电池的内电阻和它的尺寸。

三、电 解 液

酸性蓄电池中所用的电解液为硫酸。硫酸制造厂的产品一般都是純硫酸，它是水分很少而且杂质不超过一定标准的純粹硫酸。这种硫酸吸水能力很强，氧化性能非常剧烈，不論衣服或銅鋅等金屬和它接触后，都会受到它的腐蝕。因此，在操作时，必須注意勿使硫酸被潑出，尤其不可使它接触手、皮肤或潑入眼睛等地方，否則將造成灼傷事故。

蓄电池中所用的硫酸溶液为稀硫酸，即水和純硫酸按一定比例所制成的溶液。当純硫酸和水接触时，水就立刻被純硫酸所吸收而成硫酸溶液，同时产生大量的热。因此

在混合硫酸和水时，必須注意：

只可将硫酸倒入水中而切不可将水倒入硫酸中去。不然，即使少量的水落入到純硫酸中，也会使純硫酸的液面产生爆濺的現象，使一部分硫酸从容器中溅出，並且容易沾着手、面、眼睛或衣服等处而造成事故。如果不留心將較多的水倒入純硫酸中时，不但硫酸的液面将产生极剧烈的爆濺現象，而且还能产生很大的热量，足够将容器炸碎。这样所产生的后果将非常严重。因此，在将硫酸倒入水中的时候，需注意溶液的溫度，不可太高，同时必須緩慢地分成几次倒入水中，以免过快地产生太多的热量。

蓄電池所用稀硫酸的化学成分必須很純粹，它所含的雜質不能超过一定的数量，例如銅、鉄等含量都不得超过十万分之五。因为不純粹的电解液将腐蝕极板的框架，而且由于金屬雜質和极板同时和电解液相接触，因而形成了許多小電池。这些小電池不断地在蓄電池內部放电，消耗极板的活性物質，因而减少蓄電池所儲存的电能。同时，稀硫酸能和各种金屬(鉛除外)化合，因此不可用鉄、銅等金屬来作盛放硫酸的容器而只能用乾淨的玻璃、瓷、陶、硬橡皮或衬鉛木箱等来制造盛放稀硫酸的容器。

同样，水也必須是很純粹的蒸溜水或清潔的雨水。虽然水不容易和各种金屬起化学作用；但在实用上仍以玻璃、瓷、陶等来作容器，以减少雜質进入电解液的机会。

电解液，我們常用比重法来衡量它的重量。液体的比重是它的重量和相同容积水的重量的比值。因此，当液体的比重大于1时，它的单位容积的重量比水的单位容积的

重量大，也就是說，它比水重。當液體的比重等於1時，它的單位容積的重量和水的單位容積的重量相等，也就是說，它和水一樣重。同樣，當液體的比重小於1時，它的單位容積的重量比水小，也就是說，它比水輕。

液體的比重和溫度有着密切的關係。當溫度升高時，硫酸溶液因受熱而膨脹，因此比重降低。在測量蓄電池中硫酸溶液的比重時，以 20°C 為標準。如果硫酸溶液的溫度不是 20°C 時，必須將所測量的結果換算到 20°C 時的比重。當硫酸溶液的溫度高於 20°C 時，它的比重比在 20°C 時的小，這時溫度比 20°C 每高出一度，則需將測得的比重增加0.0007才能求得在 20°C 時的比重。同樣，當硫酸溶液的溫度低於 20°C 時，溫度比 20°C 每低一度，則需將測得的比重減去0.0007才能求得在 20°C 時的比重。

例1：某蓄電池的電解液在 30°C 時的比重為1.115。試求它在 20°C 時的比重。

解：溫度比 20°C 高出的度數： $30^{\circ}-20^{\circ}=10^{\circ}$ 。

但溫度每高出一度，比重需增加0.0007，故比重共計需增加

$$10 \times 0.0007 = 0.007,$$

所以在 20°C 時的比重為 $1.115 + 0.007 = 1.122$ 。

例2：某蓄電池在 10°C 時的比重為1.250。試求在 20°C 時的比重。

解：溫度比 20°C 低的度數： $20^{\circ}-10^{\circ}=10^{\circ}$ 。

但溫度每低一度，比重需減去0.0007，故比重共計需減去

$$10 \times 0.0007 = 0.007,$$

所以在 20°C 時的比重為 $1.250 - 0.007 = 1.243$ 。

純硫酸的比重約為1.830。這是很濃的硫酸，不适宜

用在蓄電池中。蓄電池所用的電解液是比重為1.150~1.300之間的稀硫酸。因此，我們常常需要將濃硫酸和蒸餾水混合後來配制適當比重的稀硫酸。表1表示在調配各種比重的電解液時，每一公升蒸餾水所需用的純硫酸的數量。

調製各種比重的電解液時，蒸餾水和硫酸的比例表 表1

電解液的比重	在15°C時每一公升蒸餾水所需比重為1.830的硫酸數量	
	克	立方厘米
1.100	167.4	91.0
1.125	214.3	116.4
1.171	303.6	167.3
1.240	478.0	260.0
1.262	534.2	290.0
1.285	593.0	324.7
1.308	670.0	363.3
1.320	709.0	384.3
1.383	939.0	510.0

測量液體比重的工具叫做比重表。圖5中1、2、3可表示它的構造。它是一根玻璃圓管1，底部放置小鉛珠2，以便使比重表在液體中可以維持直立的位置。圓管的上部為一玻璃梗3，上面刻着比重的度數。當比重表放置在液體中時，比重表所浮起的高度決定於液體的比重。液體的比重愈大，比重表浮得愈高，液體的比重愈小，比重表浮得愈低。因此，測量比重表所浮起的高度即可知道液體的比重。

在攜帶式蓄電池中，電解液高出極板的頂部只約10~15毫米左右，不能使比重表浮起，因此需將比重表放在缸