

# 第一章 蓄电池

工程机械上用电设备所需的电能都是由蓄电池和发电机提供的。蓄电池是靠内部的电化学反应将化学能转变为电能给负载（用电设备）供电的；发电机是在发动机的驱动下，将机械能转变为电能给负载供电的。蓄电池和发电机并联连接，与用电设备的基本连接关系如图 1-1 所示。

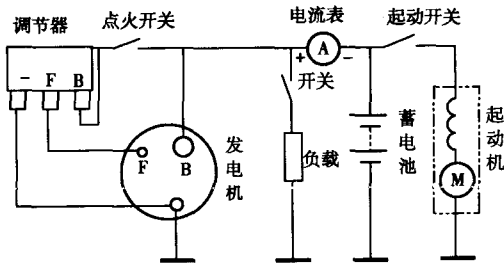


图 1-1 工程机械基本电路

蓄电池作为工程机械必不可少的电源，主要作用如下：

- (1) 在发动机起动时，为起动系和其他电气设备（包括发电机的激磁绕组）供电。
- (2) 由于各种原因（如：停车、发电机转速较低、发电机超载、发电机故障等）造成发电机不工作或输出电压低于蓄电池电压时，为电气设备供电。

(3) 吸收电路中产生的过电压，稳定电网电压，保护电子元器件。

由于在发动机起动时，蓄电池必须能给起动机提供 300~600A 的电流（有的起动机最大起动电流超过 1000A），并且要能持续一定的时间（一般要求 5~10s 以上）；在发电机发生故障不能发电时，蓄电池的容量应能维持车辆行驶一定的时间。因此，要求工程机械用蓄电池有尽可能小的内阻和足够的容量。

而起动用铅酸蓄电池虽然比能较低，但其内阻小、电压稳定、在短时间内能提供较大的电流，并且结构简单、原料丰富，因而在工程机械上得到广泛应用。本章主要介绍起动用铅蓄电池（以下简称蓄电池）的结构、原理、特性、使用和维护等内容。

## 第一节 蓄电池的结构

### 一、蓄电池的结构

蓄电池由 3 只或 6 只单格电池串联而成，每只单格电池的电压约为 2V 串联成 6V 或 12V 以供工程机械选用。目前国内外工程机械均选用 12V 蓄电池，需要 24V 电源时，用 2 只 12V 蓄电池串联使用。

现代工程机械用蓄电池的结构如图 1-2 所示，主要由极板、隔板、电解液和外壳 4 部分组成。

#### 1. 极板

极板是蓄电池的核心部分，在蓄电池充、放电

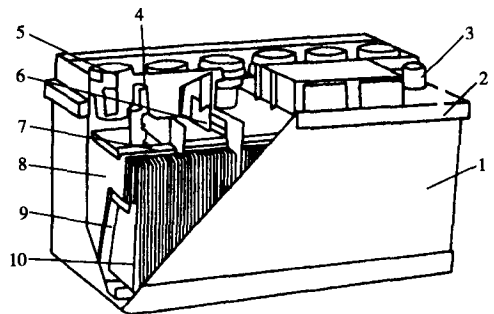


图 1-2 蓄电池结构

1-塑料电池槽；2-塑料电池盖；3-正极柱；4-负极柱；5-加液孔螺塞；6-穿臂链条；7-汇流条；8-负极板；9-隔板；10-正极板

过程中，电能与化学能的相互转换，依靠极板上活性物质与电解液中硫酸的化学反应来实现。极板是由栅架和活性物质组成，形状如图 1-3 所示 栅架如图 1-4 所示，由铅锑合金浇铸而成，加锑目的是提高机械强度和浇铸性能。但是锑有副作用，它会加速氢的析出而加速电解液消耗，还易从正极板栅架中解析出来而引起蓄电池自放电和栅架溃烂，缩短蓄电池的使用寿命。目前国内外大多采用铅 - 低锑合金栅架，含锑量为 2% ~ 3.5%。

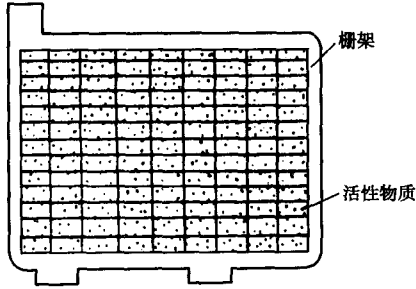


图 1-3 极板

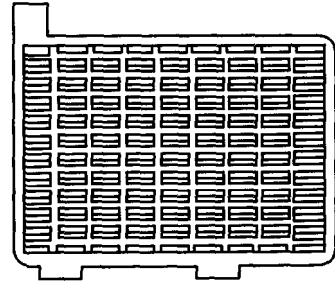


图 1-4 栅架

为了降低蓄电池的内阻，改善蓄电池的起动性能，现代工程机械蓄电池采用了放射形栅架。常用的放射形栅架结构分别如图 1-5a) 和 1-5b) 所示。

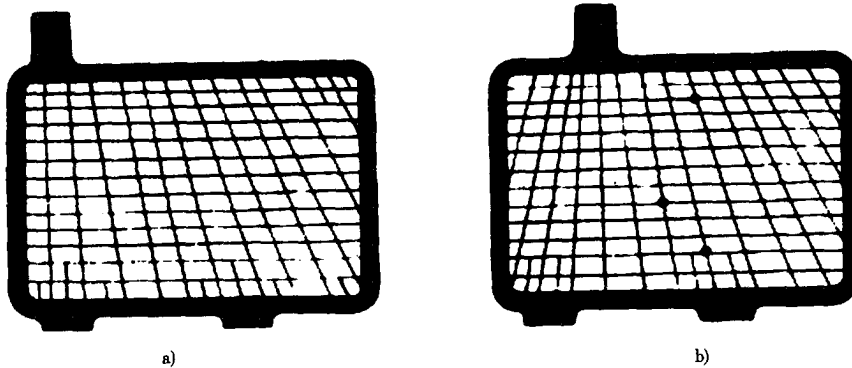


图 1-5 放射形栅架结构

极板分为正极板和负极板两种。将涂上铅膏后的生极板先经热风干燥，再放入稀硫酸中进行充电便得正极板和负极板。正极板上的活性物质为二氧化铅 ( $PbO_2$ ) 呈深棕色 负极板上的活性物质为海绵状纯铅 ( $Pb$ )，呈深灰色。为了提高负极板活性物质的多孔性，防止其在使用过程中钝化和收缩，常在负极板的铅中加入少量腐植酸、硫酸钡、木素磺酸钠和木素磺酸钙等添加剂。其中木素磺酸钠和木素磺酸钙对改善蓄电池的低温起动性能有显著效果。

目前国产极板的厚度为 2 ~ 2.4mm 国外大多采用 1.1 ~ 1.5mm 厚的薄型极板 (正极板比负极板厚)。采用薄型极板，对提高蓄电池的比容量 (即单位尺寸所提供的容量) 和起动性能都很有利。将一片正极板和一片负极板浸入电解液中，便可得到 2.1V 左右的电动势。

为了增大蓄电池的容量，将多片正、负极板分别并联，用汇流条焊接起来便分别组成正、负极板组，如图 1-6a) 所示。汇流条 (横板) 上联有极柱，各片间留有空隙。安装时各片正、负极板相互嵌合，中间插入隔板后装入蓄电池单格内，便形成单格电池。因为正极板上的化学反应比负极板上的化学反应剧烈，所以正极板夹在负极板之间，可使其两侧放电均匀，防止两侧活性物质体积变化不一致而造成极板拱曲，所以在每个单格电池中，负极板总比正极板多一片。如

6-Q-60 型蓄电池，每个单格电池中的正极板为 4 片，负极板则为 5 片。

蓄电池的额定容量可按单格电池内正极板的额定容量来计算。因为单格电池内各片正极板均并联，所以蓄电池的额定容量  $C_{20}$ （即 20h 率额定容量）就等于每片正极板的额定容量  $C_s$  乘以单格电池内正极板片数  $N$  即

$$C_{20} = C_s N \quad (1-1)$$

例如，6-Q-105 型蓄电池，每个单格电池有正极板  $N = 7$  片，每片正极板的额定容量  $C_s = 15A \cdot h$ ，所以该电池的额定容量  $C_{20}$  为： $C_{20} = C_s N = 105A \cdot h$ 。

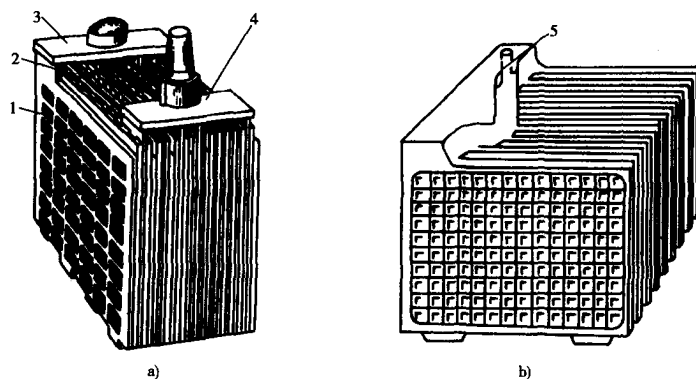


图 1-6 极板组总成构造  
a) 极板组总成 b) 极板组  
1-极板 2-隔板 3、4-横板；5-极柱

## 2. 隔板

为了减小蓄电池的内阻和尺寸，蓄电池的正负极板应尽可能靠近。为了防止相邻正、负极板彼此接触而短路，正、负极板之间要用隔板隔开。

隔板应具有多孔性，以便电解液渗透，还应具有良好的耐酸性和抗氧化性。隔板材料有木质、微孔橡胶和微孔塑料等。木质隔板价格便宜，但耐酸性能差，已很少使用。微孔橡胶隔板性能好、寿命长，但生产工艺复杂、成本较高，故尚未推广使用。微孔塑料隔板孔径小、孔率高、薄而柔，生产效率高、成本低，因此目前广泛采用。

安装时，隔板带槽一面应面向正极板，且沟槽必须与外壳底部垂直。因为正极板在充、放电过程中化学反应剧烈，沟槽既能使电解液上下流通，也能使气泡沿槽上升，还能使脱落的活性物质沿槽下沉。

## 3. 电解液

在蓄电池充放电过程中，电解液不但起导电作用，而且参与化学反应。电解液由纯硫酸与蒸馏水按一定比例配制而成。

电解液的纯度是影响蓄电池电气性能和使用寿命的重要因素，因此蓄电池用电解液应符合专业标准 ZBK 84003—89《铅酸蓄电池用电解液》规定。由于普通工业用硫酸含铜、铁等有害杂质质量较高，普通用水含杂质较多，会加速自放电，所以它们不能用于蓄电池。电解液所用硫酸和蒸馏水应符合国家有关标准规定。

电解液密度过高、过低不但影响蓄电池的内阻和容量，而且直接影响蓄电池的使用寿命。电解液密度越高，氧化作用越强，对栅架的腐蚀就越严重；密度越低，越容易导致蓄电池在冬季

使用中会出现结冰。实际使用中，充足电后，电解液密度一般在  $1.28 \pm 0.03\text{g}/\text{cm}^3$  之间。

#### 4. 外壳

铅蓄电池的外壳是用来盛放极板组和电解液的容器，其材料应耐热、耐酸、耐震。目前国内多采用硬橡胶外壳和聚丙烯塑料外壳。聚丙烯塑料外壳壁薄、重量轻、外形美观、透明，便于检查电解液液面高度等蓄电池内部情况。

外壳内有隔壁，将其分成 3 个或 6 个相同大小的单格，并且相互之间不沟通，各单格底部都有凸肋，以放置极板组。凸肋间的空腔可积存极板脱落下来的活性物质，以防极板间造成短路。

外壳上口用盖封闭起来。铅蓄电池盖分为单格小盖和整体式盖两种形式。硬橡胶壳的铅蓄电池大多采用单格小盖，每个小盖上都有三个孔。中间是加液孔，内有螺纹，用以安装加液孔螺塞；两边是电桩孔，分别引出单格电池的正、负电桩。电桩穿出部位加铅衬套，装配时与电桩焊为一体。小盖与外壳之间用无蜡高温沥青和具有低温特性的添加剂配制而成的沥青封口剂密封。塑料外壳的铅蓄电池大多采用整体式盖，盖上有与各单格对应的加液孔和两个正、负端电桩孔，铅蓄电池正、负极桩便从端电桩孔中引出，其余的电桩均不露出盖，盖与外壳的密封方法采用加热熔合或粘结剂粘合。

加液孔的塑料螺塞平时旋紧在加液孔上，加注电解液或蒸馏水和检查铅蓄电池的技术状况时旋下。螺塞上有通气孔，以保证铅蓄电池化学反应中放出的气体能随时逸出。

#### 5. 连接条和极桩

铅蓄电池的连接条和极桩均用铅锑合金铸成。连接条的作用是将铅蓄电池的单格电池串联起来，以提高蓄电池的电动势。连接方式有三种：第一种是敞露式，即连接条敞露在铅蓄电池的外部；第二种是跨桥式（图 1-7a），即在相邻单格电池之间的隔壁上端留有豁口，连接条通过豁口跨越隔壁，所有连接条均布置在整体盖的下面；第三种是穿壁式（图 1-7b）即在相邻单格电池之间的隔壁上打孔，供连接条穿过，把单格电池连接起来。后两种连接方式主要用于整体盖式铅蓄电池上，具有省铅、电阻小、起动性能好等优点，应用越来越广。

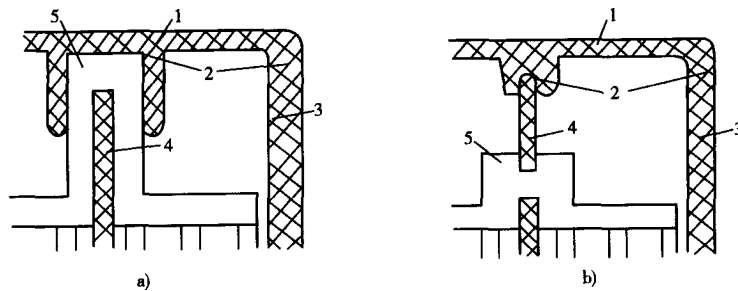


图 1-7 单格电池的连接方式

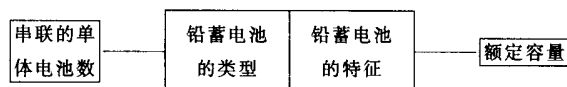
a) 跨桥式 b) 穿壁式

1-电池盖 2-粘结剂 3-电池外壳 4-隔壁 5-连接条

蓄电池的各单格电池串联后，两端的正负极柱穿出电池盖，分别形成蓄电池的正负极桩。一般正极桩标“+”号或涂红色，较粗；负极桩标“-”号或涂蓝色、绿色等，较细。

## 二、铅蓄电池的型号

在 JB 2259—85《铅蓄电池产品型号编制方法》中规定，铅蓄电池的型号由 4 部分组成，内容及排列格式如下：



(1) 串联的单体电池数用阿拉伯数字表示。

(2) 铅蓄电池类型是根据其主要用途来划分的。如起动用铅蓄电池代号为“Q”摩托车用铅蓄电池代号为“M”。

(3) 铅蓄电池特征为附加部分，仅在同类用途的产品中具有某种特征而在型号中又必须加以区别时采用。当产品同时具有两种特征时，原则上应按顺序将两个代号并列标志。产品特征代号见表 1-1 所示。

(4) 额定容量是指 20h 放电率时的容量，单位为 A·h，用阿拉伯数字表示。

铅 蓄 电 池 特 征 代 号 表 1-1

特 征	代 号	特 征	代 号	特 征	代 号
干荷电	A	防酸式	F	气密式	Q
湿荷电	H	密闭式	M	激活式	I
免维护	W	半密闭式	B	带液式	D
少维护	S	液密式	Y	胶质电解液	J

在产品具有某些特殊性能时，可用相应的代号加在产品型号的末尾。如 G 表示薄型极板的高起动率电池 S 表示采用工程塑料外壳、电池盖及热封工艺的蓄电池。

例如：

3-Q-90 由 3 个单体电池组成，额定电压为 6V，额定容量为 90A·h 的起动用铅蓄电池。

6-QA-105 由 6 个单体电池组成，额定电压 12V 额定容量为 105A·h 的起动用干荷电铅蓄电池。

6-QAW-100 由 6 个单体电池组成，额定电压 12V，额定容量为 100A·h 的起动用干荷电免维护铅蓄电池。

目前，免维护蓄电池型号、规格不统一。部分免维护蓄电池的型号、规格及主要参数见表 1-2。

部 分 免 维 护 蓄 电 池 的 型 号 、 规 格 及 主 要 参 数 表 1-2

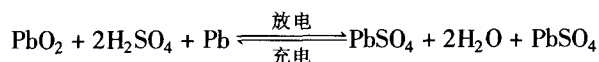
欧洲/日本 型号	通用型号	C <sub>20</sub> (A·h)	长 × 宽 × 高 (mm × mm × mm)	净重量 (kg)	冷起动 电流(A)	储备时间 (min)	负荷试验 电流(A)
30B20R	NS40ZMF	35	197 × 126 × 219	10.2	275	55	135
30B20L	NS40ZLMF	35	197 × 126 × 219	10.2	275	55	135
46B24R	NS60MF	45	237 × 126 × 219	12.3	325	75	160
46B24L	NS60LMF	45	237 × 126 × 219	12.3	325	75	160
A50D20R	A50D20RMF	50	206 × 172 × 201	12.3	350	78	170
A50D20R	A50D20LMF	50	206 × 172 × 201	12.3	350	78	170
55D26R	N50ZMF	55	260 × 172 × 221	16.65	475	90	230
55D26L	N50ZLMF	55	260 × 172 × 221	16.65	475	90	230
65D26R	NS70MF	65	260 × 172 × 221	17.51	550	140	250
54533	26R60SK	45	206 × 172 × 220	12.79	410	75	200
55530	20-55	55	242 × 172 × 190	14.80	400	90	200
56318	20-63	63	293 × 172 × 175	16.60	625	100	310
56618	20-66	66	277 × 172 × 190	17.40	500	110	250

## 第二节 蓄电池的工作原理和特性

蓄电池作为一种可逆的低压直流电源，既能将化学能转换为电能对外供电，也能将电能转换为化学能储存起来。以下介绍蓄电池的工作原理和特性。

### 一、蓄电池的工作原理

根据格拉斯顿和特拉普 1882 年创立的双极硫酸盐化理论（简称双硫化理论），当蓄电池放电时，正极板和负极板之间通过外接负载构成回路，使正极板上的活性物质二氧化铅（ $\text{PbO}_2$ ）和负极板上的活性物质铅（ $\text{Pb}$ ）与电解液中的硫酸（ $\text{H}_2\text{SO}_4$ ）作用形成硫酸铅（ $\text{PbSO}_4$ ）和水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）电解液密度减小；而充电时，在外加电源的作用下，正极板和负极板上的硫酸铅（ $\text{PbSO}_4$ ）与电解液中的水作用又分别转化为二氧化铅（ $\text{PbO}_2$ ）、铅（ $\text{Pb}$ ）和硫酸（ $\text{H}_2\text{SO}_4$ ），电解液密度增大。总电化学反应方程式为：



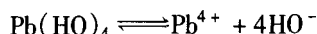
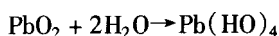
（正极板  $\text{O}$  电解液  $\text{O}$  负极板  $\text{O}$  正极板  $\text{O}$  电解液  $\text{O}$  负极板）

#### 1. 电动势的建立

根据能斯特理论，金属或金属化合物插入电解液后，部分金属或金属化合物溶于电解液，当溶解达到平衡时，在金属或金属化合物与电解液之间产生了电势差，叫作电极电势。由于蓄电池正极是二氧化铅（ $\text{PbO}_2$ ）负极是铅（ $\text{Pb}$ ），材料不同，电极电势不同，从而形成了蓄电池的电动势。

在负极板周围，有少量的  $\text{Pb}$  溶于电解液生成二价铅离子（ $\text{Pb}^{2+}$ ），而在极板上留下了一些电子，使极板带负电；由于正负电荷的相互吸引， $\text{Pb}^{2+}$  沉附于极板的表面，当溶解达到平衡时，负极板与电解液之间的电势差约为  $-0.1\text{V}$ 。

在正极板周围，有少量的  $\text{PbO}_2$  溶于电解液，与电解液中的水反应生成氢氧化铅（ $\text{Pb}(\text{HO})_4$ ）， $\text{Pb}(\text{HO})_4$  又电离成四价铅离子（ $\text{Pb}^{4+}$ ）和氢氧根离子（ $\text{OH}^-$ ）



这相当于  $\text{PbO}_2$  中的氧离子（ $\text{O}^{2-}$ ）进入电解液， $\text{Pb}^{4+}$  沉附于极板的表面，使极板带正电，当溶解达到平衡时，正极板与电解液之间的电势差约为  $2.0\text{V}$ 。

因此，在外电路未接通、正负极板与电解液反应平衡时，铅蓄电池的电动势（即正负极之间的电势差）约为  $E = 2.0 - (-0.1) = 2.1(\text{V})$ 。

#### 2. 放电过程

蓄电池将化学能转换成电能的过程称为蓄电池的放电过程。当蓄电池接上负载时，在电动势的作用下，放电电流  $I_f$  便从正极经过负载流向负极，即电子从负极流向正极，使正极电位降低、负极电位升高，原有的电离平衡被破坏。在正极板处， $\text{Pb}^{4+}$  得到电子变成  $\text{Pb}^{2+}$  后又与电解液中的  $\text{SO}_4^{2-}$  结合生成  $\text{PbSO}_4$  沉附于正极板上，使正极板处的电离平衡因为  $\text{Pb}^{4+}$  的减少而被打破 从而引起  $\text{PbO}_2$  不断减少；在负极板处，因为极板上的电子减少打破了负极板与电解液之间的电离平衡，从而引起负极板上的  $\text{Pb}$  失去电子形成  $\text{Pb}^{2+}$ ， $\text{Pb}^{2+}$  又与电解液中的  $\text{SO}_4^{2-}$  结合生成  $\text{PbSO}_4$  沉附于极板上；在电解液中，由于  $\text{SO}_4^{2-}$  的减少和  $\text{OH}^-$  与氢离子（ $\text{H}^+$ ）相对增多，

打破原来的平衡，使相对过剩的  $\text{OH}^-$  与  $\text{H}^+$  不断结合成水。当放电回路断开时，放电过程即被终止，正负极与电解液之间达到新的电离平衡状态；只有当正负极板上的活性物质全部转变为  $\text{PbSO}_4$  时，蓄电池才因为正负极板的电位差等于零，即电动势等于零而失去供电能力，放电过程才彻底停止。

蓄电池放电过程具有以下特征：

(1)正、负极板上的活性物质逐渐转变为  $\text{PbSO}_4$ 。理论上，放电过程可以进行到正负极板上的活性物质全部转变为  $\text{PbSO}_4$  为止，但是，由于电解液不能渗透到活性物质内部，使活性物质不能被充分利用。在使用中，所谓放完电的蓄电池，其活性物质的利用率（表征  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$  转变为  $\text{PbSO}_4$  的多少）只有 20% ~ 30%；并且随着放电电流的增大，活性物质的利用率降低，起动放电时，活性物质的利用率仅 10% 左右。所以，采用薄型极板和增加极板孔率是提高活性物质利用率、减小重量的有效途径。

(2)随着放电的进行，电解液中的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  减少，水增多，电解液密度下降。在使用中，可以通过检测电解液密度来判断蓄电池的放电程度。

(3)由于  $\text{PbSO}_4$  的导电性能比  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$  差，随着  $\text{PbSO}_4$  的增多，蓄电池内阻增大。同时，由于  $\text{PbSO}_4$  附着于极板表面，使电解液与  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$  接触面积越来越小，蓄电池的供电能力逐渐下降。

### 3. 充电过程

蓄电池将外接电源的电能转换成化学能储存起来的过程称为蓄电池的充电过程。充电时，蓄电池接直流电源，电源的正负极分别接蓄电池的正负极（即二者是并联而不是串联）。当电源电压高于蓄电池的电动势时，在电源电压的作用下，充电电流  $I_c$  从蓄电池的正极流入、负极流出，电子则从蓄电池的正极经外电路流入蓄电池负极，这时正、负极板和电解液发生的电化学反应正好与放电过程相反。在正极板处， $\text{Pb}^{2+}$  失去电子变成  $\text{Pb}^{4+}$  后，使正极板处的电离平衡因为  $\text{Pb}^{2+}$  的减少和  $\text{Pb}^{4+}$  的增多而打破，从而引起  $\text{PbSO}_4$  不断溶解，同时形成  $\text{PbO}_2$ ；在负极板处， $\text{Pb}^{2+}$  得到电子形成  $\text{Pb}$ ， $\text{Pb}^{2+}$  减少打破了负极板与电解液之间的电离平衡，从而引起负极板上的  $\text{PbSO}_4$  不断溶解，同时形成  $\text{Pb}$ ；在电解液中，由于  $\text{OH}^-$  与  $\text{H}^+$  相对减少，打破原来的平衡，使水不断分解为  $\text{OH}^-$  与  $\text{H}^+$ ，同时  $\text{SO}_4^{2-}$  增多。当电源断开时，充电过程即被终止，正负极与电解液之间达到新的电离平衡状态；只有当正负极板上的  $\text{PbSO}_4$  全部转变为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$  时，充电过程才完全结束。

蓄电池充电过程具有以下特征：

(1)正、负极板上的活性物质逐渐由  $\text{PbSO}_4$  转变为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$ 。理论上，充电过程可以进行到正负极板上的活性物质全部转变为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$  为止，但是，当大部分  $\text{PbSO}_4$  转变为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$  时，部分充电电流将电解水，使蓄电池正极冒出氧气，负极冒出氢气，并且随着  $\text{PbSO}_4$  的减少和充电电流的增大，电解水也越来越多，不但引起电解液中水的减少、蓄电池寿命缩短，还造成电能浪费。因此在使用中，当绝大部分  $\text{PbSO}_4$  转变为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$ 、电解液中大量冒气泡时就停止充电，并且在充电末期充电电流适当减小。

(2)随着充电的进行，电解液中的水减少、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  增多，电解液密度上升。在充电过程中，可以通过检测电解液密度来判断蓄电池的充电程度。

(3)随着充电的进行， $\text{PbSO}_4$  的减少及  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$  的增多，蓄电池内阻减小，同时，蓄电池的供电能力逐渐恢复。

## 二、蓄电池的特性

蓄电池作为一种化学电源，其主要技术参数电动势、内部电阻（简称内阻）和其充放电过程都有一些特点，了解这些特点对正确选择和合理使用蓄电池有重要的指导作用。

### 1. 静止电动势

电动势的高低，表征着电源给负载提供电压的大小，同样内阻的情况下，电动势越高，电源给负载提供的电压也越高。蓄电池的静止电动势是指蓄电池处于既不充电也不放电的静止状态时，正负极板之间的电位差，用  $E_0$  表示， $E_0$  大小主要与电解液的密度和温度有关。实际应用中，电解液密度一般在  $1.100\text{g/cm}^3 \sim 1.300\text{g/cm}^3$  范围内， $E_0$  可用关系式 (1-2) 近似计算，

$$E_0 = 0.85 + \rho_{25^\circ\text{C}} \quad (\text{V}) \quad (1-2)$$

式中： $\rho_{25^\circ\text{C}}$ ——电解液  $25^\circ\text{C}$  时的密度， $\text{g/cm}^3$ 。 $\rho_{25^\circ\text{C}}$  与实测电解液密度  $\rho_t$  的关系如式 (1-3) 所示

$$\rho_{25^\circ\text{C}} = \rho_t + \beta(t - 25) \quad (1-3)$$

$\beta$ ——密度温度系数， $0.00075\text{g/cm}^3/^\circ\text{C}$ ；表示电解液温度升高  $1^\circ\text{C}$  密度减小  $0.00075\text{g/cm}^3$ 。

$t$ ——实测温度， $^\circ\text{C}$ 。

蓄电池充足电时，电解液密度一般在  $1.28\text{g/cm}^3$  左右；放电终了时，电解液密度一般在  $1.12\text{g/cm}^3$  左右，对应的静止电动势约在  $2.05 \sim 1.97\text{V}$  之间。可见铅蓄电池的静止电动势随着充电和放电程度不同变化不大。因此，通过直接测量铅蓄电池的静止电动势判断其充放电程度，容易产生较大的误差，而用测量电解液密度的方法，相对误差要小一些。

### 2. 内阻

电源的内阻大小，决定了电源带负载的能力，内阻越小，电源带负载的能力越强，即可以输出更大的电流。蓄电池的内阻包括极板、隔板、电解液、连接条和极桩等部分的电阻。

极板电阻很小，并且随极板上活性物质的变化而变化。极板上  $\text{PbSO}_4$  越多，极板电阻越大。因此随着蓄电池放电，极板电阻越来越大，接近放电终了时，活性物质大部分转变为  $\text{PbSO}_4$ ，使极板电阻大大增加，蓄电池的供电能力迅速降低。

隔板电阻与隔板的材料、厚度及多孔性有关。在常用隔板中，木质隔板比微孔橡胶隔板和塑料隔板电阻大，微孔塑料隔板电阻最小。

电解液电阻与电解液的温度和密度有关。温度越低，电解液粘度越大，渗透能力下降，加之离子热运动减弱，电解液电阻增大。因此，蓄电池内阻随温度降低而增大。如 6-Q-75 型蓄电池，在  $+40^\circ\text{C}$  时内阻为  $0.01\Omega$ ，而在  $-20^\circ\text{C}$  时，内阻增大到  $0.019\Omega$ ，增加了近一倍。电解液密度过大时，由于粘度增加，渗透能力下降，引起电阻增大；密度过低时，电解液中的导电离子  $\text{H}^+$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  减少，电阻增大，实验表明  $25^\circ\text{C}$  时电解液密度为  $1.208\text{g/cm}^3$  电阻最小。

连接条和极桩的电阻是很小的，但是极桩的接触电阻却不可忽视，若极桩表面形成氧化物，则蓄电池的内阻将明显增大。

完全充足电的蓄电池在  $20^\circ\text{C}$  时其内阻  $R_0$  可根据 (1-4) 计算。

$$R_0 = 0.0585 \times U_e / Q_e \quad (\Omega) \quad (1-4)$$

式中： $U_e$ ——蓄电池的额定电压，V；

$Q_e$ ——蓄电池的额定容量，A·h。

综上所述可知，保持蓄电池充足电状态、采用适当密度的电解液、提高电解液的温度（如冬

季对蓄电池保温)并减小极桩接触电阻,是降低蓄电池内阻、提高蓄电池供电能力的有效措施。

### 3. 放电特性

是指在恒流放电(放电电流大小保持不变)过程中,蓄电池端电压和电解液密度随放电时间而变化的规律。将一只完全充足电的蓄电池以 20h 率的电流连续放电,每隔一定时间测量其单格的端电压和电解液密度,整理得到图 1-8 所示的放电特性曲线。由图可见,电解液密度随着放电时间的延长几乎按直线规律下降,这是因为放电电流恒定,电化学反应速度一定,单位时间内消耗的硫酸量和生成的水量都为定值。所以,蓄电池的放电程度与电解液密度接近成线性关系,电解液密度每下降  $0.04\text{g}/\text{cm}^3$ ,蓄电池约放电 25%。

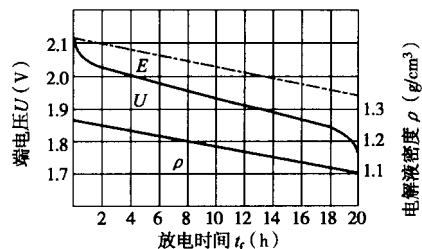


图 1-8 放电特性曲线

由于蓄电池内阻  $R_0$  的存在,因此放电过程中,蓄电池端电压  $U$  低于其电动势  $E$  即

$$U = E - I_f R_0 \quad (1-5)$$

式中:  $I_f$ ——放电电流, A。

从放电特性曲线可以看出,放电开始时,蓄电池端电压从 2.1V 迅速下降,这是由于孔隙内的硫酸与活性物质反应后,孔隙外的硫酸来不及补充引起的。

放电中期,极板孔隙外渗入的硫酸量与极板孔隙内消耗的硫酸量达到平衡,由于电动势随着电解液密度的减小而减小,蓄电池内阻上的压降随着  $\text{PbSO}_4$  的增多而增大。因此,端电压随着放电过程的进行缓慢下降,并且下降速度高于电动势的下降速度。

放电末期,有一个特殊阶段——放电终了,对应的端电压称为放电终止电压。将近放电终了时,极板上的活性物质大部分转变成  $\text{PbSO}_4$ ,由于  $\text{PbSO}_4$  比  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$  体积大 2~3 倍,所以  $\text{PbSO}_4$  的生成使极板孔隙的截面积减小,阻碍了电解液的渗透,极板孔隙内消耗掉的硫酸难以得到补充,端电压迅速下降至放电终止电压(以 20h 率放电,单格电压为 1.75V)放电过程达到放电终了。此时应立即停止放电,否则使蓄电池在短时间内端电压急剧下降为零,致使蓄电池过度放电(简称过放电)。过放电将使蓄电池产生硫化故障,导致极板损坏、容量减小。因此,应熟悉蓄电池放电终了的特征,避免过放电。

蓄电池放电终了的特征是:电解液密度下降到最小许可值,约为  $1.12\text{g}/\text{cm}^3$  单格电池电压降至放电终止电压。

放电终止电压高低与放电电流大小有关,放电电流越大,放电终止电压越低,如表 1-3 所示。

蓄电池的放电终止电压与放电电流的关系表 1-3

放电电流(A)	$0.05 C_{20}$	$0.1 C_{20}$	$0.25 C_{20}$	$C_{20}$	$3 C_{20}$
连续放电时间	20h	10h	3h	30min	5min
单格电池终止电压(V)	1.75	1.70	1.65	1.55	1.5

注:  $C_{20}$  为蓄电池 20h 率的额定容量, A·h。

### 4. 充电特性

是指在恒流充电过程中,蓄电池的端电压和电解液密度随充电时间变化的规律。以一定

的充电电流  $I_c$  向一只完全放电的蓄电池进行连续充电，每隔一定时间测量其单格的端电压和电解液密度，整理得到蓄电池的充电特性曲线。图 1-9 所示为蓄电池以 10h 率恒流充电的特性曲线。

充电时，电源电压必须克服蓄电池的电动势  $E$  和内阻  $R_0$  上的压降，因此充电过程中，铅蓄电池的端电压  $U$  总是高于蓄电池电动势  $E$ ，即：

$$U = E + I_c R_0 \quad (1-6)$$

由图可见，电解液密度和蓄电池电动势的变化主要经历三个阶段。在充电的中前期，没有电解水，充电电流全部用于活性物质转变，单位时间内生成硫酸量和消耗水量一定，电解液密度和电动势以较快的速度近似线性增长；充电进行到后期时，极板表面的  $PbSO_4$  大部分转变为  $PbO_2$  和  $Pb$ ，充电电流一部分用于活性物质转变，还有一部分电解水，电解液密度和电动势的增长速度下降，并且随着电解水的增多，电解液密度和电动势的增长越来越缓慢；当极板上的活性物质几乎全部转变完成时，称为充电终了，此后继续充电，充电电流几乎全部用于电解水，电解液密度几乎不再变化（严格地讲，由于水电解成气体排出，使电解液密度非常缓慢地上升），电动势也维持恒定，不再升高。

从充电特性曲线还可以看出，充电开始时，蓄电池端电压迅速上升，这是由于孔隙内发生化学反应生成的硫酸来不及向孔隙外扩散引起的；随后，当极板孔隙内析出的硫酸量与向外扩散的硫酸量达到平衡时，端电压随着电解液密度的升高缓慢上升；端电压升高到约 2.3V 时，水开始电解，在负极板周围形成氢气，在正极板周围形成氧气，由于氢离子在负极板处的积存使电解液与负极板之间产生了附加电极电位，端电压急剧上升到约 2.5 ~ 2.6V；达到充电终了时，电解液沸腾，端电压稳定在 2.7V 左右 此后再充电，端电压也不再升高。

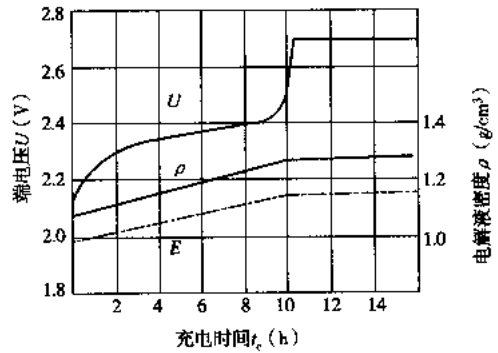


图 1-9 充电特性曲线

蓄电池充电终了的标志是：蓄电池内产生大量气泡，电解液“沸腾”；单格电池端电压上升到最大值 2.7V；电解液密度上升到最大值，约  $1.28g/cm^3$ 。

实际应用中，为了保证充足电，蓄电池达到充电终了后，一般还继续充电（称为过充电）2 ~ 3h。

注意：过充电时间不可过长，否则不但浪费电能、过量消耗水，而且容易加速活性物质脱落，降低蓄电池的容量，缩短蓄电池的使用寿命。

### 第三节 蓄电池的容量及影响因素

#### 一、蓄电池的容量

蓄电池的容量是标志蓄电池对外放电能力的重要参数，也是选用蓄电池的重要依据。

蓄电池的容量可以分为实际容量和标称容量两类。实际容量是指实际使用过程中，完全充足电的蓄电池在允许放电的范围内所能输出的电量  $C$  单位为安培·小时，简称安·时(A·h)。

$$C = \int_0^{t_f} I_f dt \quad (1-7)$$

式中： $I_f$ ——放电电流，A；  
 $t_f$ ——放电时间，h。

蓄电池的标称容量可分为额定容量和储备容量两种。

额定容量用 20 h 率容量表示，它是指充足电的新蓄电池在电解液温度为  $25 \pm 5^\circ\text{C}$  条件下，以 20h 率放电电流（即  $0.05 C_{20}$  安培）连续放电至各单格电池的平均电压降到 1.75V 时输出电量的最小允许值。它是检验新蓄电池是否合格的重要指标，新蓄电池的输出电量如果小于额定容量，即为不合格。

储备容量  $C_m$  是指充足电的新蓄电池在电解液温度为  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  条件下，以 25A 电流连续放电至 12V 蓄电池端电压下降至  $10.50 \pm 0.05\text{V}$ ，6V 蓄电池端电压下降至  $5.25 \pm 0.02\text{V}$  放电所持续的时间，单位为 min。它表征汽车充电系失效时，蓄电池尚能持续提供 25A 电流的能力。

当  $C_m < 480\text{min}$  或  $C_{20} \leq 200\text{A}\cdot\text{h}$  时，储备容量和额定容量之间的换算关系如下：

$$C_{20} = \sqrt{17778 + 208.3 \times C_m} - 133.3 \quad (1-8)$$

## 二、影响蓄电池容量的因素

影响蓄电池容量的因素有构造因素和使用因素两个方面。构造因素主要包括：极板厚度、表面积以及其他影响蓄电池内阻的结构因素；使用因素主要包括：电解液密度、温度和放电电流。

极板越薄，活性物质的多孔性越好，电解液越容易渗透，活性物质的利用率越高，蓄电池输出容量就越大。在外壳容积一定的前提下，采用薄型极板可以增加极板片数，增大蓄电池容量。因此，应尽量减小极板厚度。

极板表面积越大，能够参加化学反应的活性物质就越多，输出容量也就越大。增大极板表面积的方法有两种：增加极板片数和提高活性物质的多孔率。只要空间允许，可以通过增加极板片数增大蓄电池容量；依靠技术进步，提高活性物质的多孔率，是提高蓄电池容量的最有效途径。

适当增加电解液的密度，可以提高电解液的渗透速度和蓄电池的电动势，并减小内阻，使蓄电池的容量增大。但电解液密度超过一定值时，由于电解液粘度增大渗透速度降低，使内阻增大、极板硫化增加，导致蓄电池的容量减小。图 1-10 所示为蓄电池容量与电解液密度的关系。综合考虑电解液密度对蓄电池性能的影响，不同用途的蓄电池应采用不同密度的电解液。起动用蓄电池因内部容积限制，电解液储量较少，为防止放电终了时电解液密度过低，一般使用密度为  $1.260 \sim 1.300\text{g}/\text{cm}^3$  的电解液。实践证明，较低的电解液密度有利于提高放电电流和容量，有利于延长蓄电池的使用寿命。因此，在保证放电终了电解液不结冰的前提下，应尽可能减小电解液的密度。

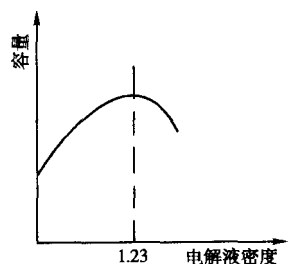


图 1-10 电解液密度对容量的影响

在蓄电池放电过程中，正、负极板上的活性物质会不断转变为  $\text{PbSO}_4$ 。而  $\text{PbSO}_4$  的体积比  $\text{PbO}_2$  大 1.86 倍、比  $\text{Pb}$  大 2.68 倍，所以随着  $\text{PbSO}_4$  的不断产生，极板孔隙会逐渐减小，硫酸渗透困难。放电电流越大，单位时间内产生的  $\text{PbSO}_4$  越多，堵塞极板孔隙的作用越明显，使更多

的极板内层活性物质不能参加反应。同时，放电电流越大，硫酸的需求量也越大，导致孔隙内电解液密度急剧下降，于是端电压迅速降低，缩短了放电时间。所以，放电电流越大，极板上用于参加电化学反应的活性物质越少，蓄电池容量越小，并且还影响蓄电池的使用寿命。因此必须想方设法减小发动机启动时的阻力矩，降低起动电流，并严格控制起动时间，每次起动的的时间一般不得超过 5s，而且相邻两次起动之间的时间间隔应在 15s 以上。

图 1-11 为 3-Q-75 型蓄电池以 225A 的电流放电，在不同温度下所输出的容量与额定容量的百分比。由图可见，电解液温度越高，蓄电池输出容量越大。这是因为温度降低，电解液粘度增加，同时隔板微孔收缩，使蓄电池内阻增大，电解液扩散速度减慢，活性物质内部的化学反应难以进行，使容量降低。

可见，电解液温度的高低对蓄电池容量有很大影响，在冬季应作好蓄电池的保温工作，以改善低温起动性能。

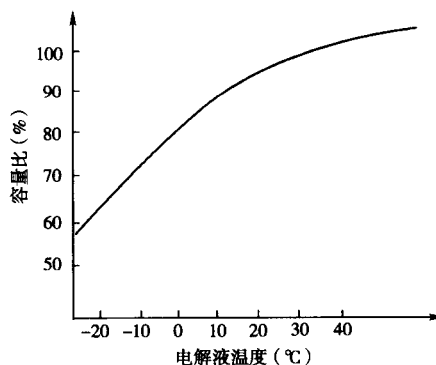


图 1-11 容量与电解液温度的关系

## 第四节 蓄电池的常见故障

蓄电池的常见故障有极桩腐蚀、极桩松动、密封胶干裂等外部故障和极板硫化、自放电、活性物质脱落等内部故障。外部故障可以直接通过外观检查发现，并根据具体情况进行维修或更换。对内部故障则需要根据使用和维护过程中的现象进行仔细分析，确定原因，视情处理。

### 一、极板硫化

是指极板表面形成白色、坚硬、不易溶解的粗晶粒硫酸铅的现象，简称“硫化”。这种粗晶粒硫酸铅导电性能很差，正常充电时很难还原为二氧化铅和海绵状铅。由于晶粒粗，体积大，会堵塞活性物质的孔隙，阻碍电解液的渗透和扩散，因此，硫化后蓄电池的内阻显著增大。极板严重硫化后，在充电和放电时都会出现异常现象。由于内阻大，充电时，单格电池的充电电压高，电解液温度升高快，过早出现“沸腾”现象，又因还原性差，所以密度上升很慢；放电时端电压随着放电进行迅速下降，达到终止电压持续的时间缩短，容量减小，特别是持续供给起动电流的能力明显下降，即“一充就热，稍放便无”。

产生硫化的主要原因有：

(1) 蓄电池长期充电不足或放电后不及时充电，造成温度变化时极板上的硫酸铅再结晶是产生硫化的主要原因。在正常放电时，极板上生成的硫酸铅晶粒较小，导电性能相对较好，充电时能够还原为  $PbO_2$  和  $Pb$ 。但是，当蓄电池长期处于充电不足状态时，极板上的硫酸铅部分溶解，温度越高，溶解度越大；当温度降低时，溶解度随之减小，以致出现过饱和现象，部分硫酸铅从电解液中析出，再次结晶成更大晶粒的硫酸铅附在极板表面而形成硫化。

(2) 蓄电池液面过低，在汽车行驶过程中，由于电解液上下波动，极板（主要是负极板）露出部分与空气接触而被强烈氧化，极板氧化部分再与波动的电解液接触，就会逐渐形成粗晶粒硫酸铅硬化层而使极板上部产生硫化。

减轻或避免硫化的主要措施是保持蓄电池经常处于充足电状态，及时检查电解液液面高度和密度，保持其符合规定。在汽车上虽有充电系统为蓄电池充电，但只能保证基本充足，因此应当定期（1~2个月）取下进行补充充电；对于放完电的蓄电池，应在24h内进行补充充电；电解液液面高度应符合规定。

对于已经硫化的蓄电池，应视硫化程度进行处理。轻者用过充电方法充电恢复，不太严重的可采用去硫化充电方法进行充电恢复，重者只能报废。

## 二、自 放 电

蓄电池在无负载状态下，电量自行消失的现象称为自放电。蓄电池自放电是不可避免的，这是其构造决定的。对于充足电的蓄电池，在30天内，若每昼夜容量降低不超过1%则为正常现象；若每昼夜容量降低超过1%，则为自放电故障。自放电故障导致了蓄电池的使用性能变坏，表现在蓄电池的供电能力随着存放时间的延长明显下降，自放电严重时，可能出现“充电良好，出车困难”，即蓄电池正常充电，但次日或几日后出车时有起动机运转无力等现象，表明蓄电池供电能力不足。

影响蓄电池自放电的因素主要包括结构因素和使用因素。构造因素如栅架中锑元素含量等；使用因素如电解液含杂质过多，电解液密度偏高，电池表面不清洁等，都会加剧蓄电池自放电。

为了减轻自放电，在使用中必须注意以下几点：

- (1) 配制电解液用硫酸和蒸馏水必须符合有关标准规定；
- (2) 配制电解液所用器皿必须由耐酸材料制做，配好的电解液应妥善保管，严防掉入脏物；
- (3) 蓄电池盖、塞要盖好，以免掉入杂质；
- (4) 蓄电池表面要保持清洁、干燥。

产生自放电故障后，应根据原因进行处理。若蓄电池表面脏污，可用清水冲洗干净，用热水效果更好；若电解液不纯，应倒出电解液，取出极板组，抽出隔板，用蒸馏水冲洗干净后重新组装，加入新的电解液后充足电即可。

## 三、活性物质脱落

主要是正极板上的活性物质  $PbO_2$  脱落，这是蓄电池过早损坏的主要原因之一。活性物质脱落故障的特征是蓄电池输出容量降低，充电时电解液浑浊，有褐色物质。

活性物质脱落的原因有，充电电流过大；过充电时间过长；低温大电流放电。充电电流过大使温度升高快、反应剧烈，容易引起极板栅架腐蚀，加速活性物质脱落；过充电会电解水，产生大量氢气和氧气，当氢气从负极板的孔隙内向外冲出时，容易导致活性物质  $Pb$  脱落，当氧气从正极板的孔隙内向外冲出时，容易导致活性物质  $PbO_2$  脱落；大电流放电，特别是低温大电流放电时极板易拱曲变形而导致活性物质脱落。此外，电解液密度增大、温度升高，也会加速栅架腐蚀和活性物质脱落。

为了减轻活性物质脱落，使用中应避免长时间过充电；蓄电池的充电电流不能过大；充电时电解液温度不得过高；电解液密度在保证冬季不结冰的前提下，应尽量降；蓄电池采用弹性支撑，减轻汽车行驶产生的颠簸振动。

脱落的活性物质沉积较少时，可清除后继续使用；沉积多时，须更换极板。

## 第五节 蓄电池的充电

为了使蓄电池保持一定容量和延长蓄电池的使用寿命，必须对蓄电池进行充电。新蓄电池和修复后的蓄电池在使用前必须进行初充电，使用中的蓄电池必须进行补充充电，并在必要时进行去硫化充电。

### 一、充电设备

汽车上采用的充电设备是由发动机驱动的发电机。充电室采用的多为硅整流充电机、晶闸管整流充电机和智能充电机等。

### 二、充电方法

蓄电池是直流电源，因此必须用直流电源对其充电。充电时，充电电源正极接蓄电池正极，充电电源负极接蓄电池负极。充电方法有定流充电、定压充电和快速脉冲充电三种。

#### 1. 定流充电

定流充电是指在充电过程中充电电流始终保持不变的一种充电方法。如图 1-12 所示。

充电电流  $I_c = \frac{U - E}{R}$ ， $U$  为蓄电池两端的充电电压， $R$  为蓄电池的内阻， $E$  为蓄电池的电动势。

在充电过程中，蓄电池的内阻虽然逐渐减小，但是电动势却是逐渐升高，并且其变化量较内阻大，所以要保持恒定的充电电流，就必须逐步提高蓄电池两端的充电电压。当单格电池的端电压升高到 2.4V 左右时，开始电解水、形成氢气和氧气，这时应将  $I_c$  减小一半，直到蓄电池完全充足电。

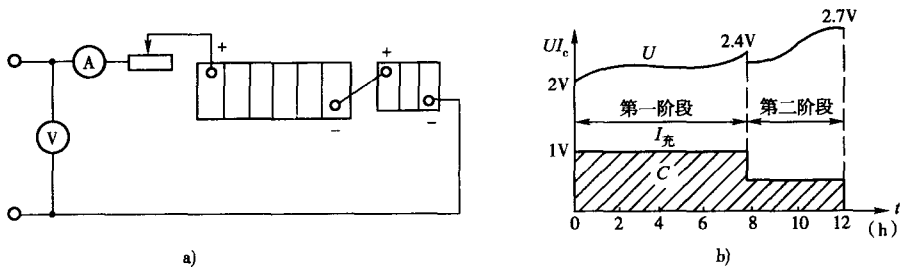


图 1-12 定流充电

a) 电路连接简图;b) 充电特性曲线

采用定流充电时，不论蓄电池是 6V 还是 12V 都可以串联在一起充电，如图 1-12a) 所示。

充电时，每个单格需要 2.7V 充电电压，故串联的单格电池总数不应超过  $n = \frac{U_c}{2.7}$ ， $U_c$  为充电机的额定电压。所串联蓄电池的容量最好相同，否则充电电流的大小应按照容量最小的来选定。当小容量的蓄电池充足电后，随即拆除，再继续给大容量的蓄电池充电。

定流充电有较大的适应性，可任意选择和调整充电电流，对蓄电池的技术状况要求低，有利于延长蓄电池的使用寿命，使用广泛，如初充电、补充充电、去硫化充电都可以采用定流充电。定流充电的缺点是充电时间长，并且需要经常调节充电电流。

#### 2. 定压充电

定压充电是指蓄电池的充电电压在充电全过程中保持恒定的充电方法，如图 1-13 所示。

定压充电开始时，由于蓄电池的电动势  $E$  较低，充电电流很大。此后随着  $E$  的增大，充电电流逐渐减小，至充电终了时，充电电流将自动降低到零（图 1-13b）。这样在充电过程中可不用人照管，充电结束时会自动断电，不易造成过充电。另外，由于定压充电开始时电流很大，在充电的前 4~5h 内蓄电池就可获得额定容量的 90%~95%，因而大大缩短了充电时间，较适合于补充充电。但定压充电不能调整充电电流的大小，充电开始电流很大，蓄电池温度较高，容易引起极板弯曲，活性物质脱落；充电末期，充电电流很小，极板深处的硫酸铅不易被还原，所以不能用于初充电和去硫化充电。

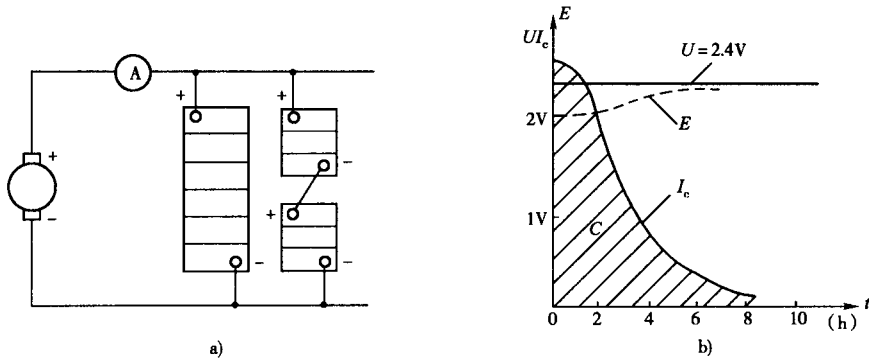


图 1-13 定压充电  
a) 电路连接简图; b) 充电特性曲线

定压充电可将额定电压相同的蓄电池并联在一起充电。采用定压充电时，要选好充电电压，若充电电压过高，则会造成蓄电池温度过高和过充电，容易造成极板弯曲和活性物质脱落；若充电电压过低，则会使蓄电池充电不足。一般每单格电池的充电电压为 2.3~2.4V。

### 3. 快速充电

定流充电和定压充电称为“常规充电”。要完成一次初充电需要 60~70h，补充充电也要近 20h，充电时间太长，给使用带来不便。从 20 世纪 70 年代开始，我国进行快速充电原理和技术的研究，先后研制生产出可控硅快速充电机和智能快速充电机，使蓄电池的初充电一般不超过 5h 补充充电只需 0.5~1.5h，大大缩短了充电时间，提高了效率。

#### (1) 快速充电的原理

在充电后期的化学反应过程中，蓄电池正负极板之间的电极电位差会高于蓄电池的静止电动势，这种现象称为极化。极化是阻碍蓄电池充电过程中电化学反应正常进行的主要因素，要实现快速充电，就必须找出极化的原因并采取相应措施。理论分析和实践表明，产生极化的原因主要有以下三点：①欧姆极化：因为蓄电池各导电部分均有一定电阻，当电流通过时将会产生电压降（欧姆压降），充电停止后会自动消失。②浓差极化：充电过程中，由于化学反应在极板的孔隙内生成硫酸，使极板孔隙内的电解液密度较容器内的电解液密度稍高一些，这种由电解液密度差异引起的电极电位的变化称之为浓差极化。停止充电后，由于分子的扩散，浓差极化也会逐渐消失。③电化学极化：充电接近终了时，极板表面上的活性物质大部分已转变成二氧化铅和铅，此时单格电压约为 2.3V，如再继续充电，则水开始分解，并在负极板上逸出氢气，正极板上逸出氧气。由于氢离子在负极板上与电子结合较为缓慢，使负极板附近积存有多量的氢离子，造成负极板电位降低，同时正极板逐渐被氧离子包围形成过氧化电极使正极板电位提高，这就是电化学极化。随着充电的进行和充电电流的增加，这种电化学极化会更加明

显。

另外，在充电过程中，蓄电池能够接受的充电电流是随时间而衰减的，如图 1-14 所示。充电电流为

$$i = I_0 e^{-\alpha t} \quad (1-9)$$

式中： $I_0$ ——在  $t = 0$  时，蓄电池能接受的充电电流最大值；

$\alpha$ ——衰变率常数，即充电接受比， $\alpha = \frac{I_c}{I_0}$ ， $I_c$  为  $t = 0$  时蓄电池实际接受的充电电流。

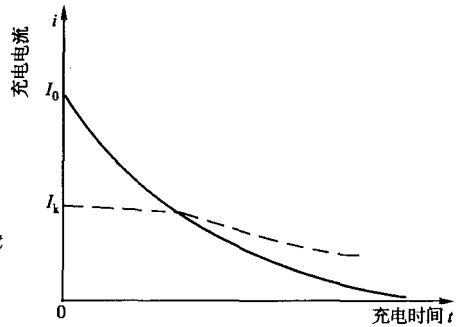


图 1-14 蓄电池充电接受能力曲线

遵循这条曲线进行充电，蓄电池则处于最佳接受状态。若充电电流大于曲线上对应的值，即充电接受比大于 1，并不能提高充电速率，只会导致水的分解；若充电电流低于曲线上对应的值，即充电接受比小于 1，将使充电时间延长。如图 1-14 中虚线所示， $t = 0$  时，用小于  $I_0$  的  $I_k$  充电，充电接受比小于 1，充电时间必然延长。

## (2) 快速充电方法

实现快速充电的基本方法有智能快速充电和脉冲快速充电两种。

利用蓄电池在充电初期可以接受较大充电电流的特点，间断地以大电流充电，使蓄电池在较短时间内，可以恢复 60% 左右的容量。这种以脉冲大电流充电来实现快速充电的方法称为脉冲快速充电法，其充电过程如下：采用大电流充电（如最大瞬时充电电流可达  $2C_{20}$ ）；当单格电池电压上升到 2.4V，水刚开始分解、冒泡时，由控制电路控制开始进行脉冲充电，即先停止充电一段时间（如 10 ~ 20ms），随之欧姆极化消失，浓差极化也因电解液的扩散而部分消失；接着再以小电流放电（如以  $0.1C_{20}$  的电流放电），脉冲宽度为 10ms，目的是消除电化学极化中产生的电荷积累，同时消除极板孔隙中形成的气体、帮助浓差极化进一步消失；然后再停止放电 30ms，在此期间，自动检查电动势是否降至规定的数值，若未降至规定数值，再进行一次放电，若已降至规定数值，则进行充电，如此循环，直至充足电为止。

控制充电电流按最佳充电电流曲线变化而实现快速充电的方法称为智能快速充电法。智能快速充电把蓄电池充电技术提高到了一个新的水平，主要优点是充电速度快、空气污染轻、省电节能、便于管理。对电池集中、充电频繁的部位，特别是汽车队，其优越性尤为突出。

## 三、充电种类

根据充电时蓄电池的技术状态不同，充电分为初充电、补充充电和去硫化充电三种。

### 1. 初充电

对新蓄电池或更换极板后的蓄电池进行的首次充电，称为初充电。初充电的目的在于恢复蓄电池在存放期间极板上部分活性物质缓慢放电和硫化而失去的电量。因此，初充电对蓄电池的使用性能影响极大。若初充电不彻底，会导致蓄电池永久性的充电不足，致使蓄电池容量不足、寿命缩短。初充电的特点是充电电流小，充电时间长。这是因为新极板总是难免受到潮湿空气的氧化，其电阻相对增大，采用小电流充电可防止温升过高、保证充电质量。初充电的程序如下：首先根据所在地区的最低温度或按照蓄电池制造厂家的规定往蓄电池中加注一定密度的电解液，静置 4 ~ 6h，并将液面调整到高出隔板上缘 10 ~ 15mm 位置。将蓄电池的正极接充电机的正极，蓄电池负极接充电机负极。初充电过程分两个阶段进行。第一阶段，充电

电流约为额定容量的 1/15，充电至单格电池端电压达到 2.4V，而且电解液中放出气泡，然后转入第二阶段。第二阶段的充电电流为第一阶段的 1/2，充电至电解液剧烈放出气泡（沸腾）、电压和电解液密度在 3h 内稳定不变为止。

充电过程中应经常测量电解液温度。若温度上升到 40℃，应将电流减半；如继续上升到 45℃，应立即停止充电，并采用人工冷却，待冷至 35℃ 以下时再充。初充电临近完毕时，应测量电解液密度，如不符合规定，应用蒸馏水或密度为 1.4g/cm<sup>3</sup> 的电解液进行调整。调整后应再充电 2h，如密度仍不符合规定，应再调整并充电 2h，直至密度符合规定为止。然后旋好加液孔螺塞，擦净蓄电池表面，即可使用。

对部分更换极板的蓄电池，修复后初充电时，应加入比规定密度低 0.03 ~ 0.06g/cm<sup>3</sup> 的电解液，并按一般初充电电流值的 50% ~ 80% 进行充电。

## 2 补充充电

蓄电池在使用过程中，常有充电不足的现象，应根据需要进行补充充电。一般每月至少一次。如发现有下列情况之一者，应及时进行补充充电。

- (1) 电解液密度降到 1.20g/cm<sup>3</sup> 以下时；
- (2) 冬季放电超过额定容量的 25% 夏季超过 50% 时；
- (3) 起动无力或灯光暗淡等表明电力不足时；
- (4) 充电后两个月未使用。

补充充电也分两个阶段进行。第一阶段电流值一般为蓄电池额定容量的 1/10，充电至单格电池端电压达到 2.4V，电解液中放出气泡；第二阶段电流值一般为蓄电池额定容量的 1/20，充电至端电压和电解液密度在 3h 内稳定不变为止。

表 1-4 给出了几种常见蓄电池的初充电和补充充电的充电电流。

蓄电池的充电电流 (A)

表 1-4

蓄电池型号	初 充 电		补 充 充 电	
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
3-Q-75	5	3	7	3
3-Q-90	6	3	9	4
3-Q-105	7	4	10	5
3-Q-120	8	4	12	6
3-Q-135	9	5	13	6
3-Q-150	10	5	15	7
6-Q-60	4	2	6	3
6-Q-75	5	3	7	3
6-Q-90	6	3	9	4
6-Q-105	7	4	10	5
6-Q-120	8	4	12	6

## 四、充电注意事项

- (1) 严格遵守各种充电方法的充电规范。
- (2) 充电过程中注意对各个单格电池电压和电解液密度的测量，及时判断其充电程度和技