

交通系统中等专业学校试用教材

汽车拖拉机电气设备

北京市交通局等 编

人民交通出版社

交通系统中等专业学校试用教材

汽车拖拉机电气设备

(汽车运用与修理 专业用)
筑路机械的使用与修理

北京市交通局等 编

人 民 交 通 出 版 社

交通系统中等专业学校试用教材

汽车拖拉机电气设备

北京市交通局等 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 13 字数: 315 千

1979年1月第1版

1979年1月第1版第1次印刷

印数: 0001—118,000册 定价: 1.05元

内 容 提 要

本书比较系统地阐述了汽车、拖拉机电气设备的结构原理以及使用与维修方面的基本知识, 主要包括: 蓄电池、直流发电机及其调节器、交流发电机及其调节器、起动机、蓄电池点火装置、磁电机点火装置以及照明、辅助设备等。

本书作为中等专业学校的汽车、筑路机械专业试用教材, 亦可供汽车、拖拉机电工参考。

前 言

汽车拖拉机电气设备是中等专业学校“汽车运用与修理”和“筑路机械的使用与修理”专业的一门专业课程。本书以电工学原理为基础。主要阐述汽车拖拉机电气设备（包括蓄电池、直流发电机、交流发电机、起动机、蓄电池点火装置、磁电机点火装置、照明、仪表、信号等）的结构原理、使用调整和故障分析。另外还介绍了一些国外有关电子发展的新技术。

参加编写的单位有：北京市交通局、辽宁省交通学校、黑龙江省交通学校、吉林省交通学校和西安公路学院中专部等。在编写过程中得到了有关工厂（场）和兄弟院校的大力协助，在此表示衷心的感谢！

由于时间紧迫，资料欠缺，加之参加这次编写工作的人员水平有限，本书存在不少缺点和问题，甚至还会有错误的地方，切望广大读者多提宝贵意见，以便研究修订补充。

目 录

绪 论	1
第一章 蓄电池	2
第一节 蓄电池的用途及构造	2
第二节 蓄电池的电化学反应过程	5
第三节 蓄电池的工作特性	9
第四节 蓄电池的容量及其影响因素	13
第五节 蓄电池的充电	16
第六节 蓄电池的故障及其排除	20
第七节 蓄电池的使用和保养	21
第八节 硷性蓄电池	23
第九节 新型电池	23
思考题	26
第二章 直流发电机及其调节器	27
第一节 直流发电机的构造	27
第二节 直流发电机的发电原理	29
第三节 直流并激发电机	30
第四节 直流发电机在汽车上的工作条件和对它的要求	32
第五节 直流并激发电机的电压调节装置	32
第六节 直流发电机的保护装置	38
第七节 直流发电机调节器实例	41
第八节 发电机的检修与试验	43
第九节 调节器的检验与调整	45
第十节 充电电路的故障判断	47
第十一节 发电机和调节器的使用与保养	49
思考题	49
第三章 交流发电机及其调节器	50
第一节 概述	50
第二节 交流发电机的构造	51
第三节 交流发电机的工作原理	54
第四节 交流发电机的工作特性	57
第五节 交流发电机配用的触点式调节器	60
第六节 晶体管调节器	63
第七节 继电器控制电路	66
第八节 充电系统的故障判断	68

第九节	交流发电机的故障检查与测试	70
第十节	调节器的故障检查与调整	74
第十一节	交流发电机及晶体管调节器的使用	78
第十二节	集成电路调节器	80
第十三节	永磁转子式交流发电机	82
思考题		83
第四章	起动机	85
第一节	直流串激式起动机	85
第二节	起动机的分类	89
第三节	直接操纵强制啮合式起动机	89
第四节	ST614 型电磁操纵强制啮合式起动机	91
第五节	321 型电磁操纵强制啮合式起动机	93
第六节	电磁啮合式起动机	95
第七节	起动机的试验、故障	96
思考题		97
第五章	蓄电池点火装置	102
第一节	对蓄电池点火装置的要求	102
第二节	蓄电池点火装置的组成	102
第三节	蓄电池点火装置的工作原理	103
第四节	蓄电池点火装置的工作特性	106
第五节	点火线圈的结构特点	108
第六节	断电—配电器和电容器的结构特点	110
第七节	点火提前自动调节装置	111
第八节	火花塞及其特性	117
第九节	蓄电池点火装置的使用	119
第十节	晶体管点火装置	124
思考题		131
第六章	磁电机点火装置	132
第一节	磁电机的组成及分类	132
第二节	磁电机点火装置的工作原理	133
第三节	磁电机点火装置的工作特性	135
第四节	磁电机的构造实例	137
第五节	磁电机点火装置的使用	140
第六节	无触点磁电机和磁电点火发电机	141
思考题		143
第七章	汽车照明	144
第一节	汽车照明设备概况	144
第二节	汽车大灯的工作情况	144
第三节	汽车大灯的类型	148
第四节	大灯在汽车上的固定与调整	149

第五节	汽车的其他照明设备	150
第六节	照明开关	154
第七节	低压直流日光灯	156
第八节	拖拉机照明设备	158
思考题		159
第八章	辅助电器	160
第一节	电喇叭	160
第二节	闪光继电器	162
第三节	制动信号灯和倒车警报器	164
第四节	机油压力表	165
第五节	水温表	167
第六节	燃油表	169
第七节	电流表	171
第八节	车速里程表	171
第九节	汽车的警报装置	172
第十节	电动刮雨器和挡风玻璃除霜及洗涤设备	173
第十一节	电动减速器和制动防抱死装置	177
第十二节	电动汽油泵	180
第十三节	柴油机起动辅助设备	182
第十四节	汽车电气设备对无线电的干扰及防止措施	184
第十五节	开关与保险装置	186
思考题		187
第九章	汽车拖拉机电气设备总线路	188
第一节	线路分析	188
第二节	汽车、拖拉机电气设备总线路举例	191
第三节	汽车电路的导线与线束	197

绪 论

“汽车拖拉机电气设备”是以电工学理论为基础，具体地论述汽车拖拉机上所使用的蓄电池、发电机、起动机、点火装置以及仪表、照明和信号等辅助设备的用途、原理、特性、结构和使用维修的一门专业课程。

汽车是交通运输的主要工具之一，为了适应交通运输现代化发展的需要，日益对汽车提出了更加高速、灵活、专用、可靠、自动、安全的要求。伴随着汽车性能和结构的不断提高，在电气设备上也有许多改革和创新。尤其在半导体电子技术出现以来，已广为汽车电器制造业所利用。如用体轻高效的半导体整流发电机取代直流发电机和晶体管调节器取代触点式调节器，还有晶体管点火装置和电子控制汽油喷射装置、电动汽油泵的使用。此外，在仪表、照明、信号以及防爆、报警、采暖、通风、降温、防干扰等方面的电气设备，更显示其小巧、灵敏、可靠、自动的优越性。

应当看到，在科学技术飞速发展的今天，汽车拖拉机的电气设备，也将不断更新和现代化。目前世界上已经研究出或正在进一步设想利用电子技术对汽车拖拉机进行彻底的改革。在国外利用新型蓄电池为动力代替内燃发动机的电动汽车、设有晶体管障碍自动停车装置的高速汽车、利用电磁涡流制动的高速大型汽车以及电子程序控制的汽车吊车等均已经研制完成。用无线电操纵的无人驾驶汽车也正在拟议之中。

从原始的磁电机点火到晶体管点火；从乙炔、煤油灯到电力照明；从单一的照明到名目日增的电气设备，充分说明电气设备在汽车上的使用，是一个由简到繁、由低到高、由附属到主要的变化过程，而且越来越证明其有着广阔的发展前途和重要性。

我国的汽车电器制造业，解放后在党和毛主席的领导下，随着汽车工业的发展，也得到了迅速的提高。目前已有不少先进的电气设备投产使用。党的十一大和全国五届人大已向我們指明了奔向二〇〇〇年的宏伟目标。可以预料，随着四个现代化的迅速推进，我们今后在这方面也一定能够迎头赶上和超过世界先进水平。

汽车拖拉机电气设备，是在不断地颠簸、震动以及直接受到气温、湿度、灰尘影响的情况下工作的。这些条件会加速电器的损坏。据统计电气设备的故障占汽车全部故障的20~30%。可见为了充分发挥汽车的经济、高速、安全性能，不但要求电气设备有完善、先进的设计，而且还要给以合理的使用与维修。为此，坚持理论与实践相结合的方针，扎实而全面地学好并掌握这门课程，对当前社会主义建设以及实现交通运输现代化都是十分重要的。

汽车电气设备的特点：

1. 低压—我国目前汽车拖拉机电气系统的电压等级主要有12伏和24伏两种。
2. 直流—汽车发动机靠直流电动机（即起动机）起动，由蓄电池供给直流电，而蓄电池的充电也是直流。
3. 单线，并联—所有用电设备均并联于电源，各电系的连接多采用单线制，即从电源到用电设备只用一根导线连接；另一根导线是汽车发动机或底盘的金属机体（搭铁）。

根据我国JB515-64《汽车、拖拉机用电气设备技术条件》规定，汽车电系为负极搭铁。

第一章 蓄 电 池

第一节 蓄电池的用途及构造

一、蓄电池的用途

汽车拖拉机上的用电设备是由发电机和蓄电池并联供电的，如图 1-1 所示。发动机发动以后，主要由发电机给用电设备供电，而蓄电池的供电是在如下的几种情况下进行的：

1. 起动发动机时，向起动机和点火系供电。
2. 发动机怠速时（采用直流发电机的情况下），向用电设备供电。
3. 在发电机超载情况下，协助发电机供电。
4. 在发电机的端电压高于蓄电池电动势时，能够通过电化学反应将一部分电能转变为化学能在蓄电池内储存起来，即充电。

蓄电池的主要用途是在起动发动机时向起动机提供大电流，一般为200~600安培，有的柴油机起动电流可达1000安培以上。所以汽车、拖拉机用的蓄电池，也有称为起动型蓄电池。起动型蓄电池的主要优点是内电阻小，端电压较稳定，价廉，所以现在国内外仍被普遍用于汽车、拖拉机上。

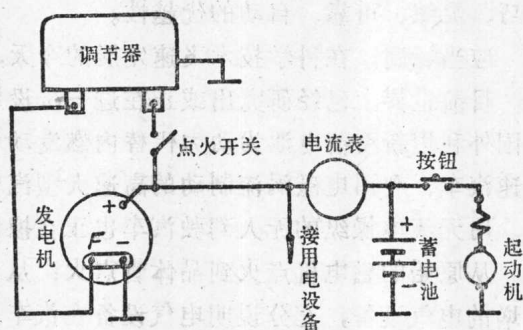


图1-1 汽车电源电路

二、蓄电池的构造

图 1-2 是 6 伏蓄电池，由三个单格电池组成，每个单格的电压为 2 伏。相邻单格电池之间

有间壁隔开，并用联条连接起来。每个单格电池内有正极板、负极板、隔板、电解液和保护板等。

蓄电池的主要组成部分及结构如下：

1. 极板

蓄电池的充、放电过程是靠正、负极板上活性物质和电解液之间的电化学反应来实现的。而正、负极板上的活性物质不

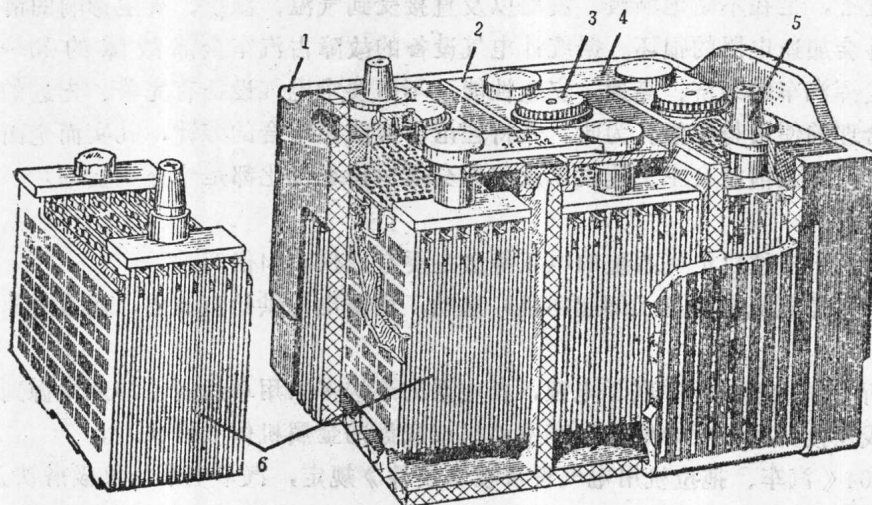


图1-2 蓄电池的构造

1-外壳；2-盖子；3-加液孔盖；4-连接条；5-极桩；6-极板组

同，正极板为二氧化铅 PbO_2 ，呈棕红色；负极板为海绵状纯铅 Pb ，呈灰色。但开始制作时均是以糊状氧化铅 PbO 涂在栅架上，再经化成处理（充电）才形成的，见图 1-3。

为了提高负极板的多孔性，防止使用过程中负极板的钝化和收缩，常在负极板的活性材料中加入硫酸钡，腐殖酸，炭黑等添加剂。在国外有采用新型有机添加剂的，如木素磺酸钠，木素磺酸钙和鞣料等，对于改善蓄电池的低温起动性能有十分显著的效果。

栅架的结构如图 1-4 所示，其材料主要是铅、锑合金，加锑的目的是为了提高浇铸性能和机械强度，锑的含量一般为 5~7%。但是锑有副作用，会加速氢气的析出和自放电，使电解液的消耗加剧，对蓄电池使用寿命有影响，所以国外现有采用低锑合金的栅架（含锑为 2~3.5%）和铅—钙—锡合金的栅架。采用该种栅架的蓄电池，再加上其他因素，可以使用 8 万公里的行程无需加水，所以称为无需维护电池。延长了蓄电池的使用寿命。

把正负极板各用一片浸入电解液中，便可获得 2 伏电势，但是为了增大蓄电池的容量，常将正负极板组合起来装在一个单格内，并且正极板总是比负极板少一片。这样可以保证在充、放电过程中，使正极板的两个面上的电化学反应程度趋于一致，以减轻正极板的翘曲和活性物质的脱落。目前国内的极板厚度为 2~2.4 毫米，而国外大多采用 1.1~1.5 毫米的薄型极板（一般正极板比负极板厚）。采用薄型极板，对于提高电池的比容量，改善起动性能是很有利的。

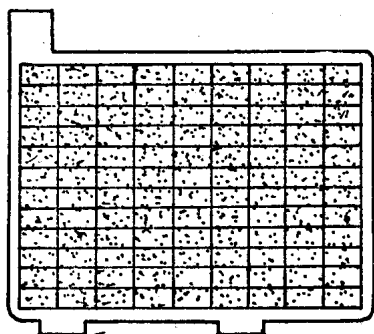


图1-3 极板

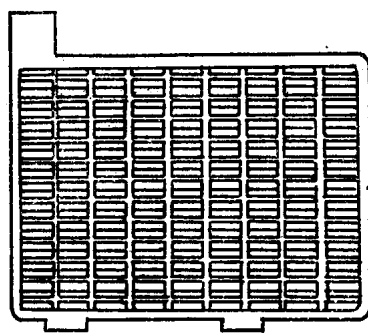


图1-4 栅架

2. 隔板

为了在有限的壳体内组装较多的极板片数而又不致使正负极板短路，故在相邻的正、负极板之间夹了一绝缘板，即隔板。隔板具有多孔性，可使电解液畅通无阻。常用的隔板材料有木质的，细孔橡胶的，细孔塑料的和玻璃纤维的以及浸树脂纸隔板等。木质隔板便宜，但耐腐蚀性差，尤其在电解液比重偏高的情况下，更易损坏。目前国内大量生产的细孔橡胶隔板，比木质隔板的耐蚀性强，但韧性差。国外目前采用较多的是细孔塑料（聚氯乙烯，聚丙烯，酚醛树脂等）隔板和浸树脂纸质隔板，孔径极小，孔率高，薄而柔韧，对提高蓄电池的比能量和使用寿命，对于减小蓄电池的内电阻提高低温起动性能有显著效果。

3. 壳体

壳体有 6 个单格的和 3 个单格的。相邻两单格之间有间壁隔着。在国内多用硬橡胶制成，耐热、耐震、耐酸性能均较好。但是不如塑料（聚丙烯）壳体。塑料壳体不仅耐酸、耐热，而且是高韧度、高强度、壳壁厚度可作到 3.5 毫米（橡胶壳体的壁厚一般为 10 毫米），重量轻，用料少。另外，塑料壳体易于热封合，生产效率高，并且不会给电池带进任何有害的杂质。现在国内也已开始生产塑料壳体。

4. 电解液

蓄电池用电解液是专用硫酸和蒸馏水配制而成的，电解液的比重一般应为 1.24~1.285 (15°C)。气温高的地区和季节采用低比重，反之采用高比重。

配制电解液时必须使用耐酸耐热的器皿，而且只能是将硫酸徐徐加入水内，不断搅拌。因为硫酸的比热为 0.337 卡/克，比水的比热 (1 卡/克) 小的多。受热时温升很快，易于产生气泡，造成飞溅现象，所以在配制电解液时切记不能将水往硫酸中加。

5. 联条

每个蓄电池都由 3 个或 6 个单格电池组成。这些单格电池就是靠联条将其串联起来的。联条装在盖子上面是一种传统的连接方式，不仅浪费铅材料，而且使电池的内电阻增大。所以此种联条的连接方式将逐渐被尺寸更为短小的跨接式和穿壁式所代替。图 1-5 就是一种穿壁式的示意图。

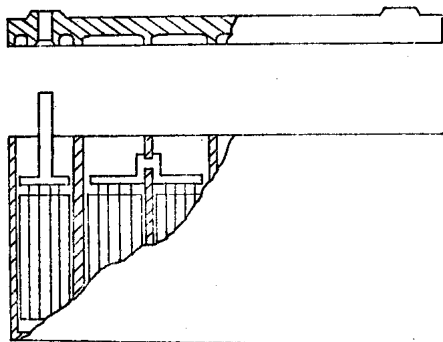


图1-5 单格电之间的穿壁焊示意图

三、蓄电池的规格型号

起动用蓄电池的类型，规格及外形尺寸如表 1-1 (为 1978 年 2 月公布的新标准) 所规定。

起动用铅蓄电池的规格型号

表1-1

序号	类别	电池型号	电池规格	单池 体 电数	额定 电压 (伏)	20小时率放 电额定容量 (安时)	最大外形尺寸 (毫米)		
							长	宽	高
1	第一类	3-Q-75	6伏 75安时	3	6	75	197	178	250
2		3-Q-90	6伏 90安时			90	224	178	250
3		3-Q-105	6伏 105安时			105	251	178	250
4		3-Q-120	6伏 120安时			120	278	178	250
5		3-Q-135	6伏 135安时			135	305	178	250
6		3-Q-150	6伏 150安时			150	332	178	250
7		3-Q-195	6伏 195安时			195	413	178	250
8	第二类	6-Q-60	12伏 60安时			60	319	178	250
9		6-Q-75	12伏 75安时			75	373	178	250
10		6-Q-90	12伏 90安时			90	427	178	250
11		6-Q-105	12伏 105安时			105	485	178	250
12	第三类	6-Q-120	12伏 120安时	6	12	120	517	198	250
13		6-Q-135	12伏 135安时			135	517	216	250
14		6-Q-150	12伏 150安时			150	517	234	250
15		6-Q-165	12伏 165安时			165	517	252	250
16		6-Q-195	12伏 195安时			195	517	288	250
17	第二类	6-Q-40G	12伏 40安时			40	212	172	250
18		6-Q-60G	12伏 60安时			60	279	172	250
19		6-Q-80G	12伏 80安时			80	346	172	250

起动用铅蓄电池的型号及其含义如下：

1. 型号由 5 个部分组成：

一、 串联 单体 电池 数	(破折 号)	二、 电池 用途	三、 极板 类型	(破折 号)	四、 额定 容量	五、 特殊 性能
—						

2. 第一部分根据串联的单体电池个数, 用阿拉伯数字表示之。

3. 第二部分用起动用的“起”字的汉语拼音“Qi”的第一个字母“Q”表示。

4. 一般电池第三部分可略去不用, 如为干荷电电池。则以“干”字汉语拼音“GAN”的第二个字母“A”表示。

5. 第四部分指20小时率放电额定容量, 以阿拉伯数字表示, 不带容量单位。

6. 第五部分指特殊性能, 如高起动率电池以“高”字的汉语拼音“GAO”第一个字母“G”表示。

7. 型号举例:

(1) 3—Q—90: 3只单体电池组成的, 额定电压6伏, 额定容量90安时的起动用铅蓄电池。

(2) 6—QA—75: 6只单体电池组成的, 额定电压12伏, 额定容量75安时的起动用干式荷电铅蓄电池。

(3) 6—QA—60G: 6只单体电池组成的额定电压12伏, 额定容量60安时的起动用干式荷电极板高起动率铅蓄电池。

第二节 蓄电池的电化学反应过程

一、电解液中的电离过程和电离平衡

蓄电池用电解液就是电解质硫酸的水溶液, 称为第二类导体(是靠带电的离子导电的)。电解液在导电过程中其本身是不发生化学变化的, 化学变化是发生在极板与电解液的接触面上。

那末电解液本身的离子是怎样形成的呢?

水分子(H_2O)是一种极性分子(即显示一定的电性)它可以和其他带电的粒子发生作用, 也可以和其他的极性分子发生作用。比如: 硫酸 H_2SO_4 就是一种具有极性键的分子和水分子的作用最显著, 硫酸(H_2SO_4)在水分子的作用下会被离解为酸式硫酸根离子(HSO_4^-)和氢离子 H^+ 。而 HSO_4^- 还会再进一步被水分子离解为 $H^+ + SO_4^{--}$, 但比第一步要困难些。电解液比重愈高, 这种离解作用就愈小。这种离解过程是会产生热能的。

硫酸在水中被离解为阴离子 HSO_4^- 和阳离子 H^+ 的过程就叫作电离过程。然而, 这种电离过程是可逆的, 即阴、阳离子一部分又可以重新结合成分子。



当电离过程的速度等于离子结合为分子的速度时, 电解液中阴、阳离子浓度和分子浓度就不再改变, 这就是电解液中的电离平衡状态, 但是一种动态平衡。

二、蓄电池中的平衡电极电位和电迁移

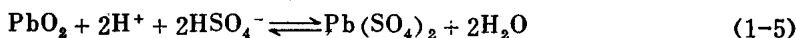
蓄电池的电动势是将正极板(PbO_2)和负极板(Pb)浸入电解液之后产生的。

正、负极板浸入电解液后, 在极板的表面就立即出现电化学反应, 负极板上的 Pb 被离解为 $Pb^{++} + 2e^-$, 电子 $2e^-$ 留在负极板上, Pb^{++} 被溶解到电解液中, 于是在电极和液面之间

建立了一个电位，称为电极电位。负极板相对于电解液为负电位。溶解下来的 Pb^{++} 还会有一部分与 SO_4^{--} 作用生成硫酸铅 PbSO_4 。而硫酸铅 PbSO_4 ，又会分解为 Pb^{++} 和 SO_4^{--} 。铅的溶解与电离同样也是一个可逆过程。负极表面的反应式如下：



正极板表面也同样具有一对可逆的氧化还原反应。首先是 PbO_2 被电解液溶解，与硫酸作用生产过硫酸铅 $\text{Pb}(\text{SO}_4)_2$ ，再离解为四价的铅离子 Pb^{+4} 和硫酸根 SO_4^{--} 。反应式如下：



四价的铅离子 Pb^{+4} 附着在正极板上，使正极板带上正电位。同时还有一部分 Pb^{+4} 会再与 SO_4^{--} 作用生成 $\text{Pb}(\text{SO}_4)_2$ 。

当式(1-4)和式(1-6)两边的可逆过程达到平衡状态时，正、负极板对于电解液的电极电位就称为平衡电极电位。平衡电极电位的高低和电解液的比重有关，随着比重的增大而增高。一般正极板的平衡电极电位为 2.0 伏左右，负极为 -0.1 伏左右，两极之间的电位差为 2.0 伏 - (-0.1 伏) = 2.1 伏，这就是蓄电池的静止电动势。

正因为正、负极板浸入电解液后有如上成对的氧化还原反应过程，即 Pb 、 PbO_2 和 H_2SO_4 作用生成 PbSO_4 的可逆过程，所以当新电池中灌入电解液之后，就会出现电解液比重稍有下降的现象。

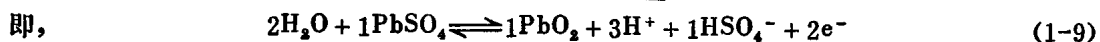
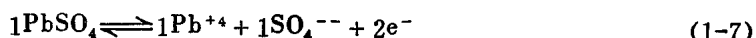
当电解液的比重在 1.29 以下时， H_2SO_4 在电解液中基本上都是以氢离子 H^+ 和酸式硫酸根 HSO_4^- 的形式存在的，也有少数的硫酸根 SO_4^{--} 。以上的平衡电极电位之差（即电动势）是指没有电流时正负极板表面的可逆反应过程。下边我们利用双硫化理论和电化当量的概念（以克分子和克原子计）来计算分析充电和放电过程中，正、负极板附近硫酸含量的变化规律。计算分析时也同时要考虑到电解液中的电迁移现象。

所谓电迁移，就是带电的离子在电场力作用下产生的定向运动。然而比重差引起的离子扩散运动也是不可避免的。但是比较起来，在充、放电过程中，电解液导电的实质主要是电迁移。在充电过程中，带负电荷的离子 HSO_4^- 是向正极板迁移的；带正电荷的离子 H^+ 是向负极板迁移的。放电过程中正好相反， HSO_4^- 向负极板附近迁移，而 H^+ 则向正极板附近迁移。

三、充电过程中的电化学反应

给蓄电池充电时，外电源的正极接蓄电池的正极，其负极接蓄电池的负极。充电电流是由电源的正极经蓄电池的正极板、电解液和负极板回到电源负极的。而从电子运动的方向来说正好相反，蓄电池的正极板是失去电子的，负极板则是获得电子的。这时电解液中的负离子 HSO_4^- 和正离子 H^+ 源源不断地分别迁移到正、负极板附近，以保障其连续的电化学反应的需要。

充电过程中，正极板表面的反应式为：



充电过程中，负极板表面的反应式为：



即，



根据前边的分析可知 SO_4^{--} 在电解液中是很难单独存在的，它会马上和 H^+ 结合为 HSO_4^- 。

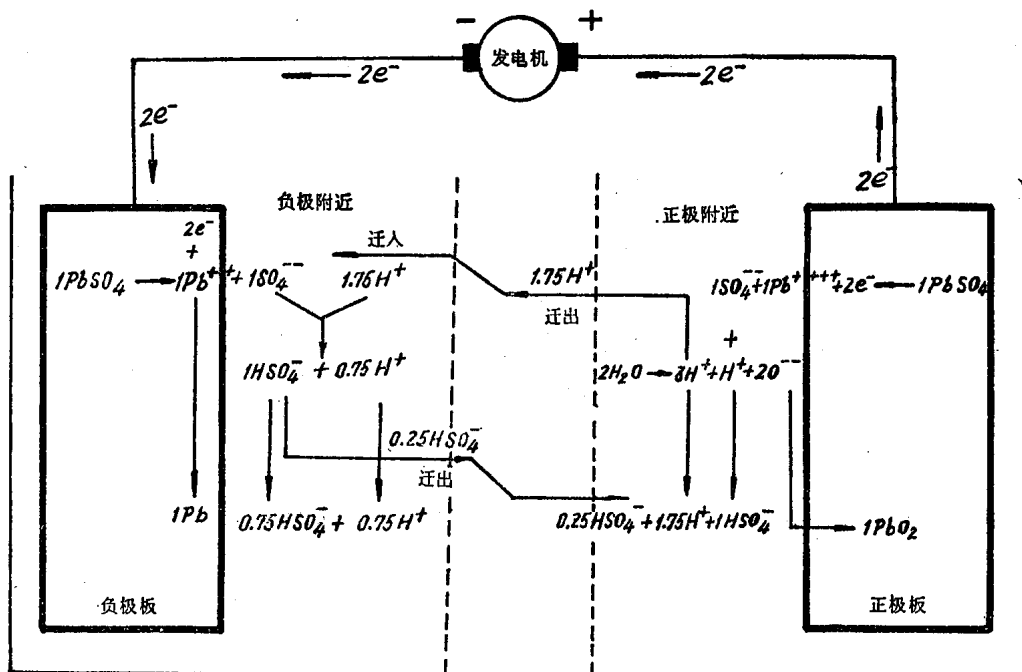


图1-6 充电过程中的电化学反应

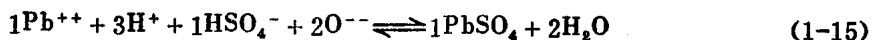
把式 (1-9) 和式 (1-12) 与图 1-6 中电迁移的过程结合起来分析，就可以知道在充电过程中，正极板表面产生了 1PbO_2 (附着在极板上)、 3H^+ 、 1HSO_4^- 和 $2e^-$ ，但由于迁入了 0.25HSO_4^- ，迁出了 1.75H^+ ，所以正极板附近实际产生了 1.25H^+ 和 1.25HSO_4^- ，即产生了 $1.25\text{H}_2\text{SO}_4$ 。而负极板附近则由于迁出了 0.25HSO_4^- 迁入了 1.75H^+ ，实际上净增了 0.75H^+ 和 0.75HSO_4^- ，即 $0.75\text{H}_2\text{SO}_4$ 。可见正极板附近硫酸的净增量为负极板的 1.67 倍。

就整个电解液来说，通过充电，消耗了水 H_2O ，增加了硫酸 ($\text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$)，所以电解液的比重是提高了。也就是说将电能转变为化学能储存起来了。

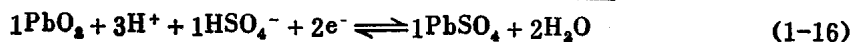
四、放电过程的电化学反应

蓄电池放电过程就是将化学能变为电能的过程。也就是当外电路成为封闭回路的情况下，由于蓄电池电动势的作用所引起的电荷运动。

放电过程中，正极板表面的反应方程式如：



即：



而负极板表面的反应式为:



即:

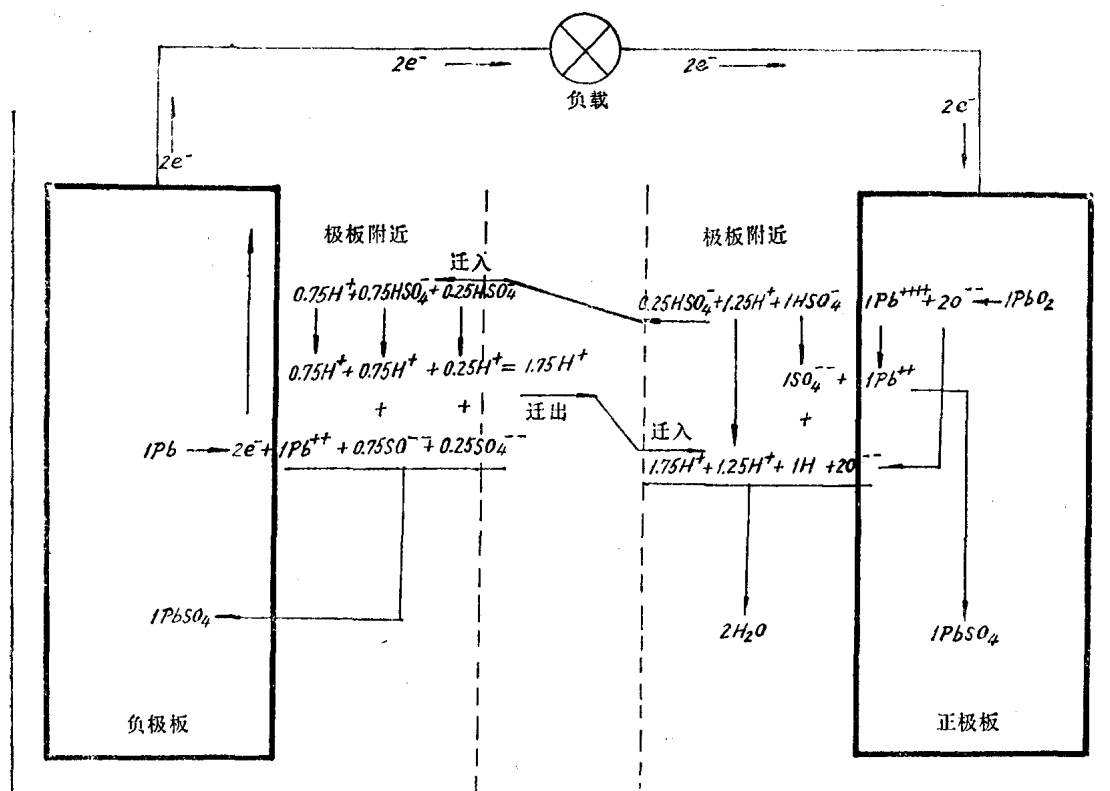
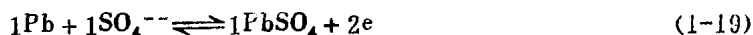


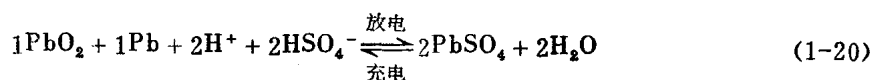
图1-7 放电过程的电化学反应

把上式(1-13)至(1-19)和图 1-7 结合起来分析, 就可以知道: 正极板附近的电化学反应情况, 如果按式 (1-16) 看只消耗了 3H^+ 和 1HSO_4^- 。但事实上由于电迁移的缘故, 迁出了 1.75H^+ , 迁入了 0.25HSO_4^- , 所以实际上在正极板附近净耗了 1.25H^+ 和 1.25HSO_4^- , 即净耗了 $1.25\text{H}_2\text{SO}_4$, 同时增加了 $2\text{H}_2\text{O}$ 。可见放电过程中, 正极板附近不仅消耗的硫酸多, 而且同时增加了大量的水 H_2O , 所以电解液比重下降较快。这也就是木隔板的带槽面要对着正极板的道理。

从公式(1-19)看, 放电过程中, 负极板附近好象只消耗了 1SO_4^{--} 。其实同样由于电迁移的缘故, 在放电过程中有 1.75H^+ 迁出, 有 0.25HSO_4^- 迁入, 所以实际上是消耗 0.75H^+ 和 0.75HSO_4^- , 相当于 $0.75\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

很显然, 放电过程中, 正极板附近净耗的硫酸量是负极板附近硫酸消耗量的1.67倍。

归纳以上充、放电过程的电化学反应式整个蓄电池的总反应式为:



同时还可以得出以下三个结论:

1) 比较公式(1-9)和(1-16)、公式(1-12)和(1-19), 可以看出在充、放电过程中正、负

极板表面的电化学反应的可逆性。所以就整个蓄电池而言也就具有可逆性如公式(1-20)所示,被称为二次电池。

2) 充电过程中消耗了水 H_2O , 增加了硫酸 ($H^+ + HSO_4^-$), 所以电解液比重是上升的。而放电过程中则相反, 所以电解液比重是下降的。

3) 不论是充电过程, 还是放电过程, 正极板附近的硫酸增减量总是负极板附近硫酸增减量的1.67倍。

五、充、放电过程中的极化现象

蓄电池在充电和放电过程中的极化现象有浓差极化、电化学极化和欧姆极化等。

所谓极化, 是指有电流通过蓄电池时, 正负极板表面电极电位的移动(相对于平衡电极电位而言)。产生极化时的电极电位与平衡电极电位的差值就叫作过电位。充电过程中, 正极板的电极电位高于平衡电极电位向正的方向变化, 负极板的电极电位低于平衡电极电位, 向负的方向变化。而放电过程则相反, 正极的电极电位向负的方向变化, 负极的电极电位向正的方向变化。

充、放电过程中, 在极板表面进行的是电化学过程, 而在溶液中则进行的是离子传递过程。这两个过程或某个过程之中, 往往有“最慢步骤”(即迟缓性), 影响整个反应的速度, 于是影响到电极电位的变化, 即产生极化现象。如果极化现象是由于电化学反应的迟缓性引起的, 就称为电化学极化; 如果极化现象是溶液中离子传递过程的迟缓性引起的, 就称为浓差极化; 在蓄电池内电阻上产生的电压降落就叫作欧姆极化。

实验证明, 蓄电池在充放电过程中“最慢步骤”是酸式硫酸根 HSO_4^- 的传递运动, 所以充放电过程中浓差极化是主要的。但在充电终了由于氢离子 H^+ 的大量产生, 并且向负极的传递速度很快, 而 H^+ 吸收电子, 化合为氢分子 H_2 的过程比较慢是“最慢步骤”所以出现0.33伏过电位。在这种情况下就可以认为电化学极化是主要的。

放电过程中的极化现象是电动势迅速下降, 而充电过程中的极化现象是端电压迅速上升。充电电流越大, 极化现象越严重。所以充电过程中的极化现象不仅会使充电电压提高, 浪费电能, 而且限制了充电电流, 使充电过程增长。这是我们不希望的, 最近国内逐渐试用的快速充电机就是通过充电过程的负脉冲来消除极化现象实现大电流充电的。充电电流最大值可达100多安培(视蓄电池容量而定), 因而大大缩短了充电过程(如常规充电时间一般为16小时左右, 而快速充电则只需1.5~2小时), 实现了快速充电。

第三节 蓄电池的工作特性

为要合理使用蓄电池, 就必须弄清它在工作时的特性, 也就是蓄电池的电动势、内阻及充放电时电动势和端电压的变化规律。

一、蓄电池的电动势和内阻

在静止状态时(即内部工作物质的运动处于平衡状态), 蓄电池的电动势, 称为静止电动势(即平衡电极电位), 其大小取决于电解液的比重和温度。

单格电池的静止电动势 E_1 与 $15^\circ C$ 时电解液比重的关系, 可用下列经验公式作近似计算:

$$E_1 = 0.84 + \gamma_{15^\circ C} \quad (1-21)$$