

汽车拖拉机电工

下 册

电 气 设 备

机 械 工 业 出 版 社

汽车拖拉机电工

下 册

电 气 设 备

吉林工业大学 汽运 电工 教研室编

机 械 工 业 出 版 社

本书分上下两册出版。

上册主要介绍电工电子学基础知识。内容包括交直流电路、电磁的基本概念与计算；交流电机、变压器的结构和工作原理及三相异步电动机的继电接触控制；以晶体管为主的整流、放大、稳压、振荡电路及可控硅整流元件和应用等。

下册主要介绍汽车拖拉机电气设备。包括汽车、拖拉机电器的结构、基本原理及运用特性等，对现代科学的新成就如晶体管点火、硅整流发电机、新型蓄电池等也作了简要介绍。

本书供汽车拖拉机驾驶员、修理工及技术人员参考，也可作为汽车拖拉机专业的教学参考用书

汽车拖拉机电工

下 册

电 气 设 备

吉林工业大学^{汽运}教研室编

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 12¹/₈·字数 293 千字

1975年3月北京第一版·1975年3月北京第一次印刷

印数 000,001—120,000·定价 0.86 元

*

统一书号, 15033·4234

前 言

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国汽车、拖拉机电器制造工业发展迅速，新产品的试制和生产等方面也取得了很大成绩。为了使广大汽车、拖拉机修理工、驾驶员和技术人员更好地掌握各种汽车、拖拉机电器的使用修理技术和电工电子学基础知识，我们编写了这本书。

遵照毛主席关于“**理论的基础是实践，又反过来为实践服务**”的教导，我们力求理论联系实际，较系统地介绍了汽车、拖拉机电器的结构、基本原理及运用特性等，并结合新技术发展的需要，编入了新型蓄电池、硅整流发电机、晶体管点火等内容。

本书在编写过程中，得到了长沙汽车电器厂、上海汽车电器厂、长春市人民汽车公司等十几个单位的大力支持和帮助，在此表示感谢。

由于我们水平有限，实践经验又少，书中会有不少缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。

吉林工业大学 ^{汽运} _{电工} 教研室

一九七三年十二月

目 录

第一章 蓄电池	1	第十一节 新型电池	27
第一节 蓄电池的用途及构造	1	一、钠-硫电池	28
一、蓄电池的用途	1	二、氢-氧燃料电池	28
二、蓄电池的构造	1	第二章 直流发电机和调节器	31
第二节 蓄电池的化学反应过程	5	第一节 直流发电机的结构	31
一、放电过程	5	一、机壳	31
二、充电过程	6	二、端盖	31
第三节 蓄电池的工作特性	7	三、皮带轮	31
一、蓄电池的电动势和内阻	7	四、磁极	32
二、蓄电池的充放电特性	8	五、电枢	32
第四节 蓄电池的容量	11	六、换向器	32
一、额定容量	11	七、电刷和刷架	33
二、起动容量	12	第二节 直流发电机的工作原理及特性	34
第五节 使用条件对蓄电池容量和 端电压的影响	13	一、电动势的产生	34
一、放电电流对蓄电池容量和 端电压的影响	13	二、直流发电机的电磁转矩和功率	35
二、电解液的温度对蓄电池的容量和 端电压的影响	13	三、电枢反应	36
三、电解液比重对蓄电池容量和 端电压的影响	14	四、直流发电机的励磁方式及并励直流 发电机的特性	36
第六节 蓄电池的充电和充电设备	15	第三节 并励直流发电机的电压调节装置	39
一、蓄电池的充电	15	一、振动式电压调节器的工作原理	39
二、充电设备	17	二、带电压调节器的直流发电机 空载特性	41
第七节 蓄电池的故障及其补救办法	21	三、简单振动式电压调节器存在的问题及 其补救办法	42
一、自行放电	21	第四节 直流发电机的保护装置	47
二、极板硫化	21	一、振动式电流限制器	47
三、内部短路	22	二、电流限制器和电压调节器 联合工作	48
四、活性物质脱落	22	三、改正线圈	48
五、容器裂损	22	四、逆流切断器	49
六、封口胶破裂	22	第五节 直流发电机与蓄电池并联工作 的情况	51
七、联条烧断	22	一、负载对发电机供电的影响	51
第八节 蓄电池的保养	22	二、蓄电池充电程度对发电机供电 的影响	52
第九节 蓄电池的修理	23	三、温度及使用条件对发电机供电 的影响	52
一、解体蓄电池	23	第六节 直流发电机调节器实例	52
二、清洗和检验	24	一、JT 81型 12 伏三联调节器	52
三、蓄电池的修复	25		
四、装配蓄电池	26		
第十节 硷性蓄电池	27		

二、FT81T型24伏三联调节器	53	二、321型电磁操纵式起动机	86
三、PAL-02-9403-0.8150/12型12伏双联、 双级式调节器	54	三、QD-04型电磁操纵式起动机	87
四、PAL-02-9405-20型24伏双联 调节器	54	第四节 起动机的试验、故障和保养	90
五、PPT32型24伏自动平衡式调节器	55	一、起动机的试验	90
第七节 直流发电机的检验与修理	60	二、起动机的故障及检验	91
一、励磁绕组的检验与修理	60	三、起动机的保养要点	91
二、电枢的检验与修理	60	第五节 起动机的检查和修理	91
三、电刷和电刷架的检验与修理	61	一、外部检查和修理	94
四、电枢绕组的绕制	61	二、磁极的检查和修理	94
五、发电机修复后的试验	62	三、电枢的检查和修理	95
第八节 发电机调节器的检验与调整	63	四、传动和控制机构的检查和修理	96
一、逆流切断器的检验与调整	63	第五章 蓄电池点火装置	97
二、电压调节器的检验与调整	63	第一节 蓄电池点火装置的组成	97
三、电流限制器的检验与调整	64	第二节 蓄电池点火装置的工作原理	98
第九节 充电电路的故障判断	64	一、触点闭合, 初级电流增长的过程	98
一、不充电	64	二、触点分开, 次级绕组产生高压 的过程	99
二、充电电流过大	65	三、放电情况	100
三、充电电流过小	65	第三节 蓄电池点火装置的工作特性	101
第十节 发电机和调节器的保养要点	65	一、发动机转速与气缸数对次级电压 的影响	101
第三章 交流发电机及调节器	66	二、火花塞积炭对次级电压的影响	102
第一节 永磁转子交流发电机	66	三、电容对次级电压的影响	104
一、结构	66	四、触点间隙对次级电压的影响	104
二、工作原理	66	五、点火线圈温度对次级电压的影响	104
三、使用中应注意的问题	67	第四节 蓄电池点火装置的结构特点	105
第二节 硅整流交流发电机	67	一、点火线圈	105
一、结构	68	二、断电-配电器	107
二、工作原理	69	三、电容器	108
三、使用中应注意的问题	70	四、点火提前自动调节装置	108
第三节 感应子式交流发电机	74	五、双触点断电-配电器	111
一、结构	74	六、火花塞	114
二、工作原理	74	第五节 蓄电池点火装置的使用	116
三、使用中应注意的问题	75	一、点火正时	116
第四节 硅整流交流发电机电压调节器	76	二、点火装置主要元件的故障与检修	117
一、振动式电压调节器	76	三、点火装置故障的判断	122
二、晶体管电压调节器	77	四、利用晶体管示波器检查点火装置 的故障	124
第四章 起动机	80	五、点火装置的保养	126
第一节 起动机的结构和工作原理	80	第六节 晶体管点火装置	127
第二节 起动机的特性	81	一、有触点单晶体管点火装置	127
第三节 起动机的传动机构和控制装置	84	二、无触点多级晶体管点火装置	129
一、直接操纵式起动机	86		

三、有触点电容放电晶体管点火装置	130	二、闪光继电器	158
四、无触点电容放电晶体管点火装置	133	三、制动信号灯	158
第六章 磁电机点火装置	135	第二节 仪表	158
第一节 磁电机的组成及分类	135	一、电流表	158
第二节 磁电机点火装置的工作原理	136	二、燃油表	159
一、永久磁铁磁通 ϕ_0 的变化	136	三、机油压力表	160
二、磁电机电动势的变化	136	四、水温表	161
三、高压电动势的产生	137	五、车速里程表	162
四、次级电压的最大值	138	第三节 风窗刮水器及结冰防止设备	163
第三节 磁电机点火装置的工作特性	138	一、风窗刮水器	163
一、发动机转速对次级电压的影响	138	二、风窗结冰防止设备	164
二、初级电容 C_1 、次级电容 C_2 和 火花塞积炭对次级电压最大值 U_{2max} 的影响	140	第四节 晶体管电动汽油泵	164
三、断电器触点的打开时间位角对次级 电压的影响	140	第五节 柴油机起动辅助设备	166
第四节 磁电机的构造实例	141	一、热胀式电火焰预热器	166
第五节 磁电机点火装置的使用	143	二、电磁式电火焰预热器	168
一、磁电机的点火正时	143	第六节 开关	168
二、磁电机的故障及检验	143	一、照明总开关	168
三、磁电机的保养	144	二、脚踏变光开关	168
第六节 无触点磁电机和磁电点火 发电机	145	三、制动信号灯开关	169
第七章 照明设备	147	四、蓄电池接触器	170
第一节 汽车照明装置概况	147	第七节 独立式采暖通风装置	170
第二节 汽车头灯的工作情况	148	一、结构	170
一、对汽车头灯的照明要求	148	二、控制电路	171
二、头灯眩目作用的避免	149	三、使用独立式采暖通风装置时的 注意事项	173
第三节 拖拉机照明装置	150	第八节 汽车电器对无线电的干扰及 防止措施	173
第四节 照明装置的构造	151	一、加阻尼电阻	173
一、灯泡	151	二、用电容器吸收火花	173
二、汽车头灯	152	三、用屏蔽遮掩	174
三、头灯在汽车上的固定	153	第九章 汽车拖拉机电气总线路	176
四、拖拉机头灯	153	第一节 线路分析	176
五、其他照明装置	153	一、电源电路	177
第五节 照明装置的使用和调整	154	二、起动电路	178
第八章 辅助电器	156	三、点火电路	178
第一节 信号装置	156	四、仪表电路	179
一、电喇叭	156	五、照明及信号装置电路	179
		第二节 汽车拖拉机电气总线路图例	181

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、拖拉机上用电设备所需的电能，由两个电源供应：发电机和蓄电池。发电机是由发动机带动而发电的。蓄电池是靠内部的化学反应来储存电能和向外供电的。它们接成串联，如图 1-1 所示。蓄电池 5 的一个电桩接铁，另一个电桩用导线经起动机 4 的开关接线柱，通过电流表 3 后，接用电设备；发电机 1 的一个电极在内部接铁，另一个电极用导线接调节器 2 的“电枢”接线柱，通过调节器内部，再经标有“电池”的接线柱通往用电设备。

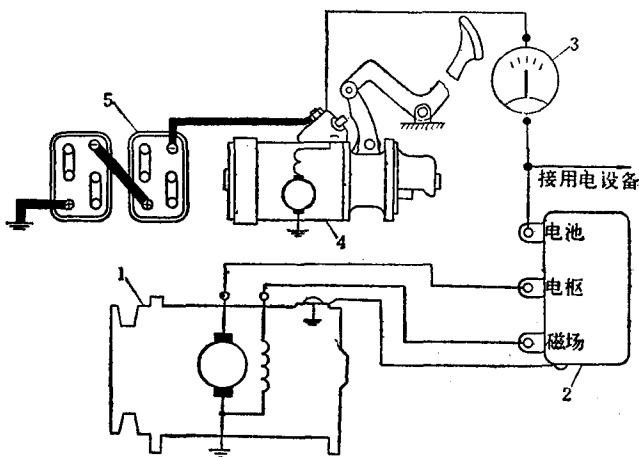


图1-1 电源线路

1—发电机；2—调节器；3—电流表；4—起动机；5—蓄电池

在发动机正常工作情况下，用电设备所需电能主要由发电机供给，但在下列场合，必须由蓄电池供给：

（1）当发动机起动时，要用电动机（起动机）拖转，还要用电点火。因这时发动机是停止的，发电机不能供电，需用蓄电池供电；

（2）在发动机转速很低时，发电机发出的电压太低，不能满足用电设备的要求，也由蓄电池供电；

（3）在负载过大，超过发电机供电能力时，由蓄电池与发电机共同供电。

但是，只用蓄电池也不行。因为蓄电池的容量是有限的，如不经常进行充电，电能很快就会消耗完。车上如果装上许多个电池，便要占去很大的地位和载重量。因此采用两个电源，平时由发电机供电，当负载少而发电机发出的电能有过剩，便向蓄电池“充电”，把电能储存起来，到需要时再放出去供给用电设备。

在发动机起动时，蓄电池必须在短时间内供给起动机200~600安培的强电流（有的柴油机可达1000安培）。铅蓄电池（或称酸性蓄电池）内阻小，能迅速供出大电流，因而采用得比较普遍。本章重点介绍铅蓄电池。

二、蓄电池的构造

图 1-2 是 6 伏蓄电池的构造，它由极板、隔板、容器及电解液等部分组成。容器分为三

格，每格内装电解液，正负极板组浸入电解液中成为单格电池，每单格电池标称电压为 2 伏，三个单格串联起来，便是六伏电池。

蓄电池各组成部分的构造如下：

1. 极板

蓄电池的充电和放电，是靠正、负极板上的工作物质（或称活性物质）和电解液中的硫酸的化学反应来实现的。正负极板的活性物质是不同的。

正极板的活性物质是棕色的二氧化铅 PbO_2 ，填充在栅架的格子内，见图 1-3、图 1-4。栅架由铅锑合金制成，其中含铅 94%、含锑 6%，加锑是为了提高栅架的机械强度和改善浇铸性能。

负极板的活性物质是青灰色的海绵状纯铅 Pb ，也填充在铅锑合金的栅架内。

为了增大蓄电池的容量，常将多片正极板和多片负极板（正极板 4 至 13 片，负极板 5 至 14 片）用横板连接成正极板组和负极板组，如图 1-5 所示，横板上连有电桩，各片间留有空隙。安装时，将正负极板组互相嵌合，中间插入隔板，便成为单格电池组。一般负极板比正极板多一块，如 15 片的单格电池组中正极板 7 片、负极板 8 片，外面两片都是负极板。因为正极板活性物质较疏松，机械强度低，这样把正极板都夹在负极板中间，使两侧放电均匀，保持正极板工作时不易因活性物质膨胀而翘曲，造成活性物质脱落。

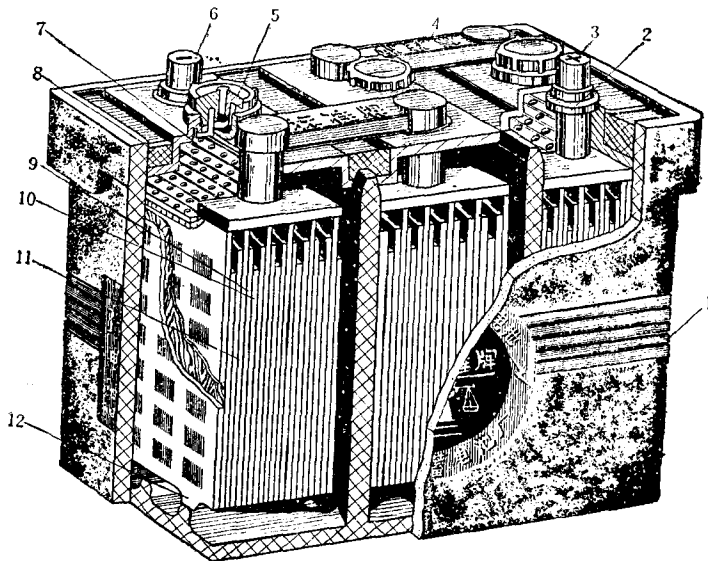


图1-2 蓄电池构造

- 1—蓄电池外壳；2—电桩衬套；3—正极接线柱；4—联条；
5—加液口小盖；6—负极接线柱；7—保护板；8—封口料；
9—隔板；10—负极板；11—正极板；12—棱条

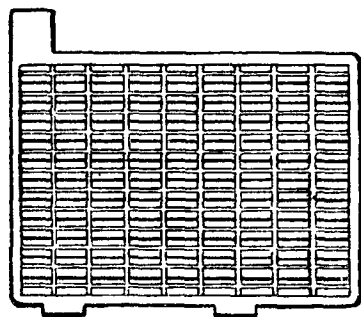


图1-3 栅架

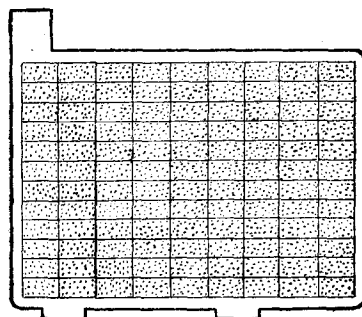


图1-4 极板

2. 隔板

为减小蓄电池内部的尺寸，正负极板应装得尽可能靠近。为了避免互相接触而短路，正负极板间用绝缘的隔板隔开。隔板材料应具有多孔性结构，以便电解液能自由渗透。常用的

材料有木隔板、细孔橡皮隔板、细孔塑料隔板、玻璃纤维纸浆隔板和玻璃丝棉隔板等。木隔板可用松木、赤杨、白杨等制成。木隔板一面开槽、一面平滑，见图 1-6，安装时有槽一面应对正极板，以便电解液流通。木材应经过“浸析处理”，先在 6% 的苛性钠水溶液中浸 20 小时，再在比重为 1.1~1.2 的硫酸水溶液中浸 6~8 小时，以除去有害杂质，并使孔隙释放，以便电解液渗透而减少极板内阻。木隔板价格较低，但不耐腐蚀，不耐高温，寿命较短，因此近年来较多的采用了细孔橡皮、细孔塑料、玻璃丝棉和玻璃纤维纸浆等材料制成的隔板。细孔橡皮和细孔塑料隔板耐酸性好，强度高，使用寿命长。玻璃丝棉隔板耐酸及多孔性好。玻璃纤维纸浆隔板多孔性好，成本低廉。在实际使用中经常采用玻璃纤维纸浆、细孔橡皮、细孔塑料与玻璃丝棉的组合隔板。

3. 容器

车用蓄电池容器多制成整体，内用间壁分隔成几个单格，每个单格放入极板组，成为一个单格电池。

容器（图 1-7）用硬橡皮制成，耐酸、耐热和耐震性好，现在也有用塑料制成的。各单格顶上都加池盖，盖上一般有三个孔，两边的孔供电桩穿出盖外，中间的孔用来加蒸馏水或电解液。加液孔上的塑料小盖 8 有通气小孔，使电池内气体泄出。为了防止汽车、拖拉机行走振跳时电解液溅出，电桩穿出池盖处加铅质衬套 7，装配时与电桩焊合一起。池盖与容器顶部用沥青封口剂密封。各单格电池的正负电桩，穿出池盖外用联条焊接，使各单格电池成为串联，即一个单池的正极电桩和相邻单格电池负极电桩相连。蓄电池一般在正电桩上涂有红色标志，并铸有“+”号，负电桩上不涂色，但铸有“-”号。

容器的底部有突棱，用以支承极板组，并容纳从极板脱落的物质，以防极板短路。

4. 电解液

蓄电池的电解液，是用纯净硫酸和蒸馏水按一定比例配合而成的溶液。一般工业用的硫酸和非蒸馏水都含有有害杂质，绝对不可加入蓄电池，否则容易自行放电，并易损坏极板。

电解液的比重对蓄电池的工作有重要影响。比重大些，可以减少结冰的危险，并提高蓄电池的容量。但比重过大，由于粘度增加，会降低蓄电池的容量，而且会使极板和隔板缩短使用寿命。电解液比重的大小应随地区和气候条件而定，可参考表 1-1。表 1-2 列出了国产铅蓄电池的规格。

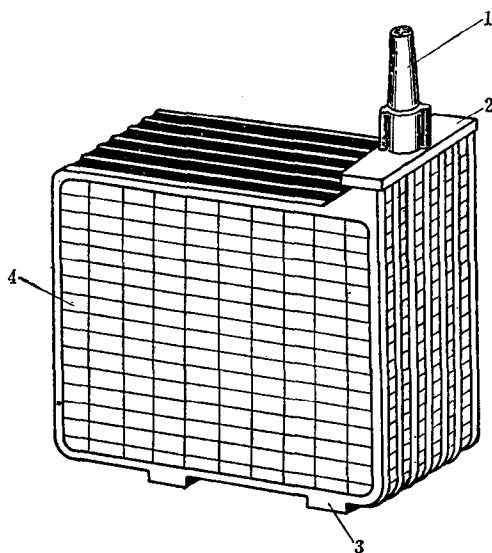


图1-5 极板组

1—电桩；2—横板；3—支承突起；4—极板

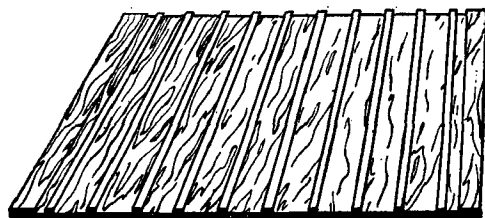


图1-6 木隔板

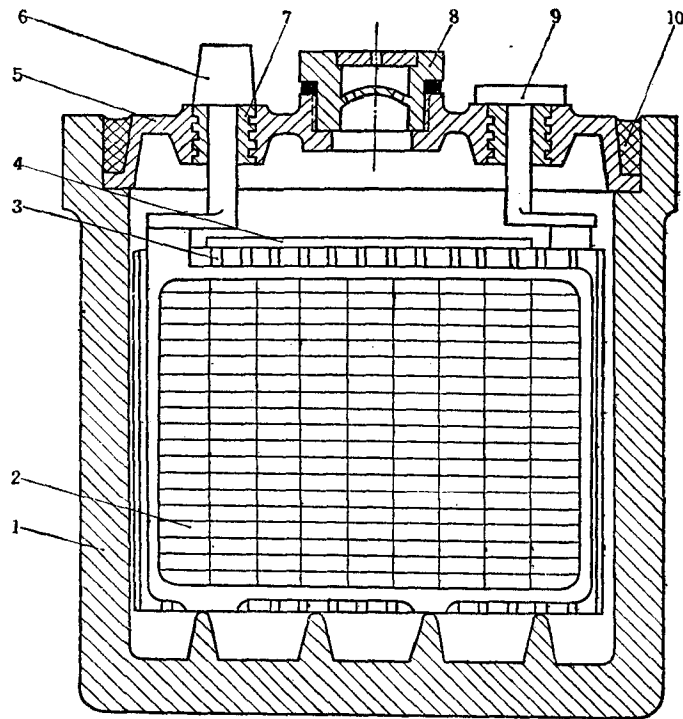


图1-7 蓄电池剖面图

1—容器；2—极板；3—隔板；4—保护板；5—池盖；6—电桩；
7—铅质衬套；8—加液口小盖；9—联条；10—封口料

表1-1 不同地区和气温条件下的电解液比重

气候条件	全充电蓄电池 15℃ 时的比重	
	冬季	夏季
冬季温度低于 -40℃ 地区	1.310	1.250
冬季温度高于 -40℃ 地区	1.290	1.250
冬季温度高于 -30℃ 地区	1.280	1.250
冬季温度高于 -20℃ 地区	1.270	1.240
冬季温度高于 0℃ 地区	1.240	1.240

表1-2 国产铅蓄电池的规格

蓄电池型号	单格电池极板数 (片)	外形尺寸 (毫米)				重量 (公斤)	
		长	宽	高	总高	带电解液	不带电解液
3-Q-56	9	170	178	210	235	12	14
3-Q-70	11	197	178	210	235	14	17
3-Q-84	13	224	178	210	235	15	20
3-Q-98	15	251	178	210	235	18	23
3-Q-112	17	278	178	210	240	20	25
3-Q-126	19	305	178	210	240	22	27
3-Q-140	21	332	178	210	240	24	29
3-Q-154	23	359	178	210	240	26	32
3-Q-168	25	386	178	210	240	28	34

(续)

蓄 电 池 型 号	单 格 电 池 极 板 数 (片)	外 形 尺 寸 (毫米)				重 量 (公斤)	
		长	宽	高	总 高	带 电 解 液	不 带 电 解 液
3-Q-182	27	417	178	210	240	34	41
6-Q-56	9	283	178	210	225	21	25
6-Q-70	11	374	178	210	235	27	33
6-Q-84	13	428	178	210	235	31	39
6-Q-98	15	517	188	210	255	37	47
6-Q-112	17	517	206	210	255	41	52
6-Q-126	19	517	224	210	255	46	58
6-Q-140	21	517	242	210	255	50	63
6-Q-154	23	517	260	210	255	54	67
6-Q-168	25	517	278	210	255	58	72
6-Q-182	27	517	296	210	255	61	75
3-QB-35	11	122	147	190	212	7	8
6-QB-35	11	234	147	190	212	14	16
6-QB-56	13	280	167	200	222	20	24

注 1. 本表系根据上海蓄电池厂资料整理的;

2. 第一位数字表示组成蓄电池的单格电池数; 第二位字母Q表示起动用, B表示薄板型; 第三位数字表示额定容量安培小时数。

第二节 蓄电池的化学反应过程

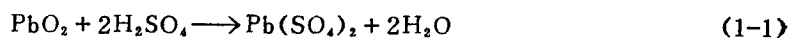
化学反应过程是蓄电池在充放电时内部的矛盾运动。

如前所述, 蓄电池充电状态时正极板是二氧化铅 PbO_2 , 负极板是海绵状纯铅 Pb , 电解液是化学纯净的硫酸水溶液。

蓄电池在充放电过程中的化学反应是可逆的, 即在接通用电设备时蓄电池作为电源向外供电, 将内部的化学能转变为电能。而在放电后用其他直流电源将电流通入蓄电池, 又能使蓄电池充电, 将外界供给的电能转变为蓄电池内部的化学能。让我们看一下在充放电过程中, 蓄电池内部的化学变化。

一、放电过程

蓄电池正极板的活性物质是二氧化铅 PbO_2 , 其中有少量溶于电解液, 与硫酸作用生成含有四价铅的硫酸铅 $\text{Pb}(\text{SO}_4)_2$ 和水 H_2O (图 1-8)。硫酸铅再分离为四价铅离子 Pb^{++++} 和两个硫酸根离子 2SO_4^{--} 。用方程式表示如下:



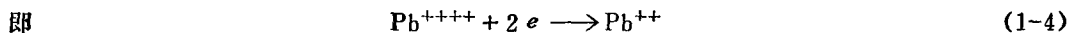
一部分四价铅离子 Pb^{++++} 沉附在正极板, 使正极板具有正电位, 约为 +2.0 伏。这一反应在正极板处进行, 反应时产生水而消耗掉硫酸, 使电解液的比重下降。

负极板处的铅, 有少量溶入电解液生成二价铅离子 Pb^{++} , 而在负极板上留有电子 $2e$, 使负极板具有负电位, 负电位约为 -0.1 伏。

所以在外电路未接通前, 这种运动达到相对平衡状态时, 蓄电池的电动势 E 约为:

$$E = 2.0 - (-0.1) = 2.1 \text{ 伏} \quad (1-3)$$

若将外电路接通,例如接入灯泡,则电动势 E 使电路内产生电流,电子 e 从负极板通过外电路流往正极板,使正极板电位降落,破坏了这种平衡状态。流到正极板的电子 e 与 Pb^{++++} 结合,变为二价离子 Pb^{++} , Pb^{++} 与 SO_4^{--} 结合,生成硫酸铅($PbSO_4$)而沉附在正极板上。



在负极板处 Pb^{++} 离子与 SO_4^{--} 结合,生成 $PbSO_4$ 而沉附在负极板上。

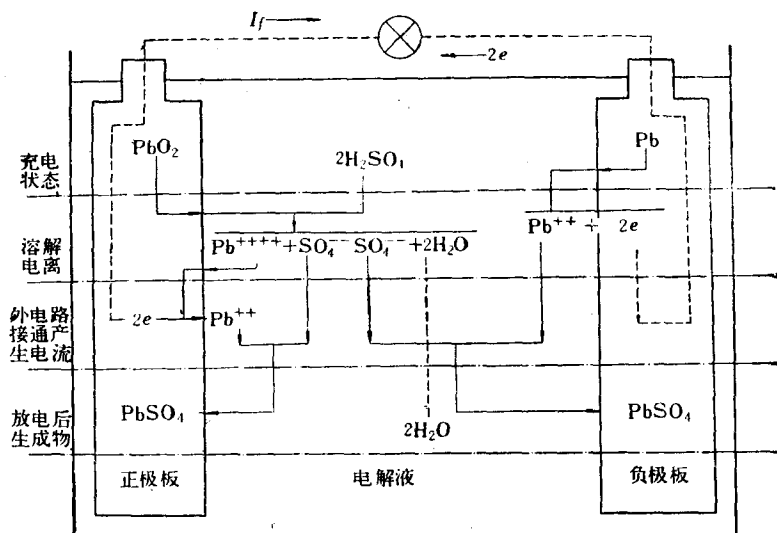


图1-8 铅蓄电池放电过程

在外部电流继续流通时,正负极板上的活性物质 PbO_2 和 Pb 将不断转变为 $PbSO_4$,电解液中的 H_2SO_4 逐渐减少,而 H_2O 逐渐增多。在理论上,这种运动过程将进行到极板上的所有活性物质转变为 $PbSO_4$ 为止,实际上不可能达到这种情况,因为电解液不能渗透到极板活性物质最内层中去。在使用中所谓放完电的蓄电池,极板上的活性物质材料只有20~30%转变成为硫酸铅。

二、充电过程

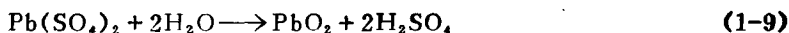
充电时蓄电池的两极接通直流电源(图1-9),其电压 U 高于蓄电池的电动势 E ,于是电流 I 将以相反的方向通过蓄电池,即由蓄电池的正极进入,负极流出。也就是电子由正极板经外电路流往负极板。

正极板处有少量 $PbSO_4$ 溶于电解液中,产生 Pb^{++} 和 SO_4^{--} ,由于电源的作用使沉附在正极板处的 Pb^{++} 失去两个电子变为 Pb^{++++} 回到溶液中,



Pb^{++++} 离子与 $2SO_4^{--}$ 结合生成 $Pb(SO_4)_2$,再与水作用生成 PbO_2 和 $2H_2SO_4$, PbO_2 沉附于正极板。





负极板处也有少量 PbSO_4 溶于电解液中产生 Pb^{++} 和 SO_4^{--} 。由于电流的作用使沉附在负极板处的 Pb^{++} 获得两个电子变为金属铅 Pb 。

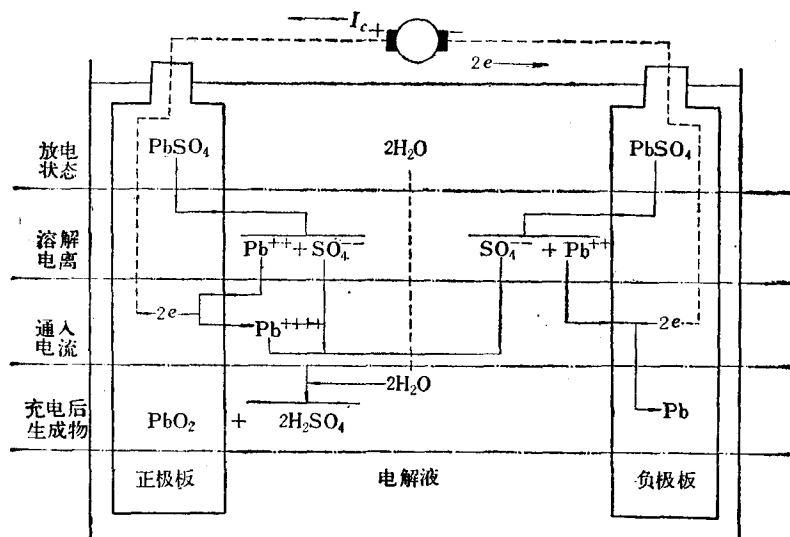
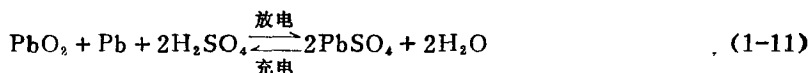


图1-9 蓄电池的充电过程

由蓄电池充放电时的化学反应过程可以得出以下几点结论：

(1) 蓄电池在充放电的过程中，其内部的活性物质是处于化合和分解的矛盾运动中，如果略去中间的化学反应，这一运动的过程可用公式表示：



蓄电池在放电时，电解液中的硫酸将逐渐减少而水增多，电解液比重下降；充电时恰好相反，电解液的比重增加。故可通过测量电解液比重的方法来判断蓄电池的充放电程度。

(2) 在充放电时电解液浓度发生变化，主要是由于正极板处的活性物质化学反应的结果，因而要求正极板处的电解液流动性要好，因此在装配蓄电池时，应使木隔板有槽的面或组合隔板的玻璃丝棉一面对着正极板，以使电解液流通。

(3) 蓄电池放电终了时，实际上极板上只有20~30%的活性物质转变为硫酸铅，极板上尚有70~80%的活性物质没有起作用。所以要减轻铅蓄电池的重量，提高其供电能力，应设法提高活性物质的利用率。在结构上应当提高极板的多孔性，减小极板的厚度。

第三节 蓄电池的工作特性

要使蓄电池得到合理使用，必须弄清它在工作时的特性，也就是蓄电池的电动势和内阻的变化关系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暂时平衡状态），蓄电池的电动势，称为静止

电动势, 其大小取决于电解液的比重和温度。图 1-10 表示单格电池的静止电动势 E_j 与 15°C 时电解液的比重关系。这一关系也可用下列经验公式作近似计算:

$$E_j = 0.84 + \gamma_{15^\circ\text{C}} \quad (1-12)$$

15°C 时电解液比重可根据下式换算

$$\gamma_{15^\circ\text{C}} = \gamma_t + \beta(t - 15) \quad (1-13)$$

式中 $\gamma_{15^\circ\text{C}}$ ——15°C 时电解液的比重;

γ_t ——实际测得的比重;

t ——实际测得的温度;

β ——比重温度系数, 蓄电池 $\beta = 0.00075$ 。

蓄电池的内阻包括电解液的电阻、极板电阻、隔板电阻及电桩接触电阻等。在正常的使用中极板的电阻很小。电解液的电阻与电解液的比重和温度有关, 如 6-Q-70 型蓄电池温度在 +40°C 时, 蓄电池的内阻约为 0.01 欧姆, 在 -20°C 时约为 0.019 欧姆。木质隔板由于多孔性差, 所以内阻比细孔橡皮和细孔塑料隔板为大。铅蓄电池的内阻甚小, 因此可以获得较大的放电电流, 适应起动时的需要。

蓄电池在放电时, 由于电解液比重下降, 使内阻增加, 充足电时则内阻减小。全充电的铅蓄电池, 在温度为 20°C 时内阻 R_0 可按下列经验公式近似计算:

$$R_0 = \frac{U_e}{17.1Q_e} \quad (1-14)$$

式中 U_e ——蓄电池的额定电压 (伏特);

Q_e ——蓄电池的额定容量 (安培小时)。

二、蓄电池的充放电特性

1. 蓄电池的放电特性

蓄电池的放电特性主要是研究在恒流放电过程中, 蓄电池的端电压 U_f 、电动势 E 和电解液比重 $\gamma_{15^\circ\text{C}}$ 随时间而变化的规律。

用恒流放电特性曲线来检查蓄电池的容量 Q 。测定蓄电池放电特性的电路如图 1-11 所示。

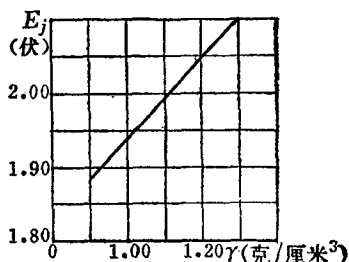


图1-10 静止电动势 E_j 与 15°C 时
电解液的比重关系

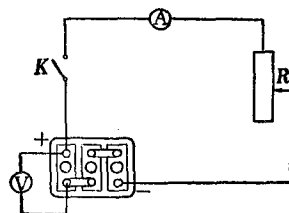


图1-11 测定蓄电池放电
特性的电路

放电过程中应不断地调节可变电阻 R , 使放电电流保持恒定, 并每隔一定时间测一次端电压 U_f 、电动势 E 、电解液比重 γ_t 和温度 t °C, 再将 γ_t 换算为 15°C 时的电解液比重, 就能绘制出放电特性曲线, 如图 1-12 所示。图中各参数的变化规律如下:

电解液比重 $\gamma_{15^\circ\text{C}}$ 是直线下降的, 从 1.27 降至 1.11, 这是因为放电电流是恒定的, 所以

在单位时间内, 蓄电池内部活性物质与电解液进行化学反应的速度是一定的, 这时所消耗的硫酸和所生成的水分与放电时间成正比, 所以蓄电池的放电程度和电解液比重也是成正比关系, 因而可用测量电解液比重来判断蓄电池的放电程度。在一般情况下 15°C 时电解液比重 $\gamma_{15^{\circ}\text{C}}$ 每下降0.04, 则蓄电池约放电25%, 这可参考表1-3。

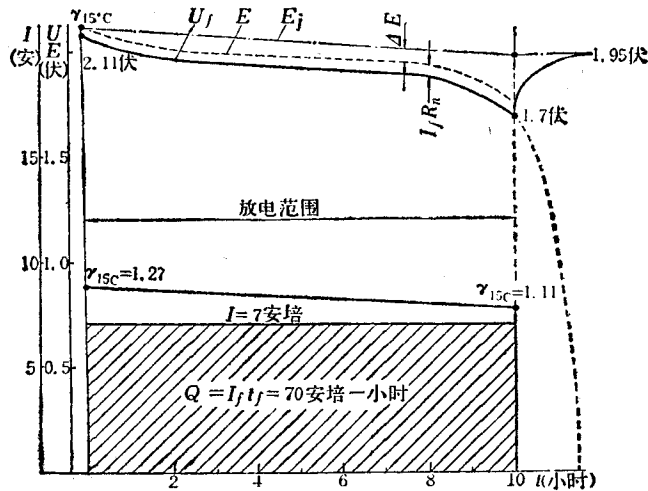


图1-12 蓄电池放电特性

表1-3 蓄电池放电程度与比重和冰点温度的关系

放电程度	充足电		25%		50%		75%		100%	
	比重 (15°C)	冰点 ($^{\circ}\text{C}$)	比重 (15°C)	冰点 ($^{\circ}\text{C}$)	比重 (15°C)	冰点 ($^{\circ}\text{C}$)	比重 (15°C)	冰点 ($^{\circ}\text{C}$)	比重 (15°C)	冰点 ($^{\circ}\text{C}$)
电解液的 比重和冰点	1.310	-66	1.270	-58	1.230	-36	1.190	-22	1.150	-14
	1.290	-70	1.250	-50	1.210	-28	1.170	-18	1.130	-10
	1.280	-69	1.240	-42	1.200	-25	1.160	-16	1.120	-9
	1.270	-58	1.230	-36	1.190	-22	1.150	-14	1.110	-8
	1.250	-50	1.210	-28	1.170	-18	1.130	-10	1.090	-6
	1.240	-42	1.200	-25	1.160	-16	1.120	-9	1.080	-5
放电计指示 电压(伏)	1.7~1.8		1.6~1.7		1.5~1.6		1.4~1.5		1.3~1.4	

因静止电动势 E_f 与比重($\gamma_{15^{\circ}\text{C}}$)成正比, 故 E_f 也成直线下降。

在放电时, 蓄电池的端电压 U_f 是不断下降的, 并且总是小于电动势 E , 因为蓄电池有内阻电压降, 它们之间的关系是

$$U_f = E - I_f R_n \quad (1-15)$$

式中 U_f ——放电时蓄电池的端电压;

I_f ——放电电流;

R_n ——蓄电池内阻;

E ——蓄电池的电动势。

放电开始时, 端电压从2.11伏迅速下降到2伏左右。接着缓慢地下降到1.85伏, 后迅速下降到1.7伏, 此时应终止放电。如再继续放电, 电压将急剧下降到零, 对外不能供电且

对蓄电池有害。如切断电流休息后，电动势可逐渐上升到 1.95 伏。

端电压如此变化的理由如下：开始接通负载时电池内部产生化学反应，极板孔隙内的硫酸迅速消耗，水增加，比重降低，引起电动势和端电压迅速下降。此时孔隙内的电解液比重，低于容器内电解液的比重，容器内的电解液便向孔隙渗入。当极板孔隙内消耗掉的硫酸，和渗入的硫酸达到平衡时，蓄电池的端电压和电动势，将随整个容器内电解液比重的降低而缓慢地下降。放电接近终止时，极板的活性物质大部分已转变为硫酸铅积聚在孔隙内，因硫酸铅的体积较原来的活性物质体积大，将极板的孔隙阻塞，使容器中电解液渗入极板内层困难，而使极板孔隙中的电解液比重迅速下降，蓄电池的端电压和电动势也迅速下降。若不立即停止放电，电压将急剧降到零。

蓄电池是否放完电，通常可由两个数量来判断：（1）单格电池电压降到放电终止电压（以 10 小时放电率放电时此值为 1.7 伏）；（2）电解液比重降到最小许可值约 1.11。

容许的放电终止电压与放电的电流强度有关，放电电流越大，则放完电的时间越短，而允许的放电终止电压越低，见表 1-4。表中 Q_c 为蓄电池的额定容量，它是在电解液温度为 30°C ，以一定电流连续放电 10 小时，单格电池电压降到 1.7 伏所供出的电量。

表 1-4 放电电流与终止电压的关系

放 电 电 流 (安)	$0.057Q_c$	$0.1Q_c$	$0.25Q_c$	Q_c	$3Q_c$
连续放电时间	20 小时	10 小时	3 小时	30 分	5 分
单格电池终止电压(伏)	1.75	1.70	1.65	1.55	1.5

2. 蓄电池的充电特性

蓄电池的充电特性主要研究在恒流充电过程中，蓄电池的端电压 U_c 、电动势 E 和电解液比重随时间的变化规律。

充电电路如图 1-13 所示，充电电源必须采用直流电源，电源的正极接蓄电池的正极。充电时不断调节可变电阻，保持充电电流 I_c 恒定，每隔一定时间测一次充电时端电压 U_c 、电动势 E 、比重 γ_t 和温度 t_c ，并将 γ_t 换算成 15°C 时的比重，即可绘制出充电特性曲线。

图 1-14 为 3-Q-70 型蓄电池，按 7 安培的充电电流进行充电所制取的特性曲线。

在充电过程中，蓄电池的电解液比重 $\gamma_{15^\circ\text{C}}$ 和静止电动势 E_t 是与充电时间成直线关系增长的。端电压 U_c 不断上升，并且总是大于电动势 E ，因为加在正负电桩上的端电压，必须克服电动势 E 和电池内阻 R_i 上的电压降 $I_c R_i$ ，电流才能通过。

$$U_c = E + R_i I_c \quad (1-16)$$

在充电开始瞬间，电动势 E 和端电压 U_c 迅速上升，然后慢慢上升到 2.3~2.4 伏，开始产生气泡，并逐渐增多，形成“沸腾”现象。接着电压剧烈上升到 2.7 伏，以后便不再上升。电动势始终保持比端电压低一些。

如此时将电流切断，端电压逐渐降低到静止电动势的数值（2.11 伏）。

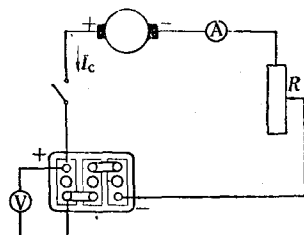


图 1-13 测定蓄电池充电特性的电路