

高等学校试用教材

汽车拖拉机电器与电子设备

(汽车运用工程、汽车拖拉机运用与修理专业用)

西安公路学院 编

人民交通出版社

要 参 考 内 容

高等学校试用教材

Qiche Tuolaji Dianqi Yu Dianzi Shebei

汽车拖拉机电器与电子设备

(汽车运用工程、汽车拖拉机运用与修理专业用)

3

2182512

西安公路学院 编

限

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要包括：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、传统点火系、电子点火系、磁电机点火系、照明设备与信号装置、仪表及其他辅助电气设备、汽车的电子控制装置等十一章，可作为高等院校汽车运用工程专业的试用教材，也可供汽车拖拉机运用与修理专业的师生以及汽车运输和农机部门的工程技术人员、工人参考。

汽车拖拉机电器与电子设备

(汽车运用工程、汽车拖拉机运用与修理专业用)

西安公路学院 编

高等学校试用教材

汽车拖拉机电器与电子设备

(汽车运用工程、汽车拖拉机运用与修理专业用)

西安公路学院 编

人民交通出版社出版

本社发行

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：19.75 字数：462 千

1985年6月 第1版

1987年12月 第1版 第2次印刷

印数：13,301—23,500册 定价：3.25元

前 言

本书是根据交通系统汽车运用工程专业（四年制）汽车、拖拉机电器与电子设备的教学大纲编写的。编写中按新大纲要求，对西安公路学院所编《汽车、拖拉机电气设备》教材的内容作了适当精简，同时为适应电子技术在汽车上日益广泛应用的需要，又增写了汽车电子设备部分。

本书共十一章，其中第一、二、三、四、五、七、八、九、十一章以介绍汽车、拖拉机传统电气设备的结构原理与使用维修为主，同时在内容上力求作到系统、详尽，以便于学生自学，并使之对汽车、拖拉机电气设备有一完整的概念（其课堂讲授与学生自学内容的比例，可由教师根据授课时数并结合学生具体情况决定）。第六、十章是根据新大纲要求增写的有关电子技术在汽车上应用方面的新内容。由于资料与实践条件所限，这部分内容还欠系统、完整，且阐述得亦不够透彻，尚有待今后进一步完善。

本书由边焕鹤主编，参加编写的有董力行、戴自兰等，其中第一章由戴自兰编写，第二至七章由边焕鹤编写，第八、九、十一章由董力行编写，第十章由董力行、边焕鹤合编，插图由李玉环绘制。

本书可作为高等院校汽车运用工程专业试用教材，也可供汽车、拖拉机运用、修理专业的学生以及汽车运输和农机部门的工程技术人员与工人工作参考。

本书编写过程中，承蒙长沙汽车电器研究所，上海交通电器厂，上海汽车电机一、二厂，上海汽车电器厂，上海蓄电池厂，上海拖拉机、汽车研究所，上海汽车配件公司，天津汽车电器厂，以及第二汽车制造厂等单位提供资料，给予大力支持，在此一并致谢。

由于编者水平所限，书中缺点、错误在所难免，恳切希望读者批评指正。

编 者

绪 论

《汽车拖拉机电器与电子设备》是以汽车构造、电工学与电子学为基础,讲述汽车、拖拉机所用电源以及用电设备的结构原理、特性及其使用维修等内容的一门专业课程的教材。

电器与电子设备是汽车、拖拉机的重要组成部分,其性能的好坏会直接影响到汽车、拖拉机的经济性、可靠性与安全性。例如:为使汽车、拖拉机发动机获得最高的经济性,需靠点火系统能在最适当的时间点火;为使发动机可靠起动,需采用电动起动机;为保证汽车、拖拉机工作可靠、行驶安全,则有赖于各种指示仪表、信号装置和照明等电器的正常工作。

随着汽车结构的改进与性能的不断提高,汽车上装用的传统电气设备正面临着巨大的冲击。近年来,伴随电子工业的发展,电子技术在汽车上的应用越来越广,车用电子装置的新产品不断涌现(如交流发电机,晶体管调节器,集成电路调节器,电子点火装置,晶体管电动汽油泵等),特别是大规模集成电路及微型处理机的应用,大大推动了汽车工业的发展,同时也给汽车的控制装置带来了巨大的变革。当前,电子技术在解决汽车所面临的能源、安全、污染等问题方面正起着重要作用。如电子控制汽油喷射装置和电子点火装置的应用不仅可节油5~10%,同时对排气净化亦十分有利;电子控制防抱装置的应用不但可使汽车在泥泞路面上高速行驶,而且紧急制动时可防止侧滑保证汽车安全制动。此外,在实现操纵自动化和提高舒适性等方面也仍然离不开电器与电子设备的应用。可见,随着现代汽车、拖拉机技术的不断发展,汽车上所装用的电器与电子设备的数量将会与日俱增,所起的作用也将越来越重要。

实践证明,由于汽车行驶的颠簸,发动机工作的振动,以及气温、湿度、灰尘的影响,加之使用不当,很容易使电气设备损坏。据统计,电气设备所出现的故障约占汽车、拖拉机全部故障的20~30%。由此可见,为提高汽车、拖拉机的完好率,使其更好地为四个现代化建设服务,不仅要求电气设备有完善、合理的结构,良好的工作性能,而且还有赖于对它们的正确使用、维护和调整。因此,对从事汽车运输与农机运用方面的技术人员来说,熟悉和掌握有关汽车、拖拉机电器与电子设备的结构原理、性能与使用维修等方面的知识并具有一定的操作技能就显得十分重要。

解放前,我国几乎没有汽车、拖拉机工业,电气设备也仅有少量生产,而且品种不全,质量低劣。解放后,在中国共产党和毛主席的领导下,随着汽车、拖拉机工业的建立和发展,电气设备制造业也在全国各地获得很大发展。尤其近几年来,在党的十二大和全国六届人大正确路线的指引下,我国汽车、拖拉机电气设备制造工业呈现一派蓬勃发展的兴旺景象,新工艺、新技术也得到了广泛应用。目前正进一步研制可装在交流发电机端盖上的集成电路调节器和无触点分电器等先进产品。我们坚信,在四个现代化建设的推动下,我国汽车电器行业一定能迎头赶上并超过世界先进水平。

虽然现代汽车、拖拉机上所装用的电器与电子设备的数量很多,但按其用途仍可大致归纳并划分为下列五部分。

1. 电源:包括蓄电池,发电机(直流发电机或交流发电机)及其调节器。

2. 点火装置: 包括传统点火系统, 磁电机点火系统, 以及电子点火系统的全部组件。

3. 用电设备: 包括起动机, 照明设备, 各种信号装置, 仪表和其他辅助电器 (如刮水器、点烟器、暖车器、玻璃升降器和收音机等)。

4.电子控制装置:包括电子控制燃油喷射装置,电子控制防抱制动装置,电子控制自动变速装置等。

5. 配电设备：包括电路开关，保险装置和导线。

农用拖拉机通常没有蓄电池和起动机,电气设备的数量亦较少,一般只包括照明灯、发电机、磁电机等。运输用拖拉机所装电气设备基本上与汽车相同。

汽车、拖拉机电系的特点: 其特点是: 电压高, 容量大, 工作电压波动范围大, 工作电压波动范围大, 工作电压波动范围大。

1. 低压: 汽车、拖拉机电系的额定电压有 6V、12V、24V 三种。目前, 汽车普遍采用 12V 电源, 而柴油车则多采用 24V 电源。

2. 直流：汽车发动机是靠电力起动机起动的，它是直流串激电动机，必须由蓄电池供电，而向蓄电池充电又必须用直流电，所以汽车电系为一直流系统（农用拖拉机因其没有蓄电池，也可采用交流系统）。

3. 单线制，所有用电设备均并联：即从电源到用电设备只用一根导线连接，而用汽车底盘、发动机等金属机体作为另一公共“导线”。

由于单线制导线用量少，且线路清晰，安装方便，因此广为现代汽车、拖拉机所采用。但在个别情况下，如装用在公共汽车木质车厢或铝质车厢上的电器，则仍需采用双线制。

采用单线制时，蓄电池的一个电极须接至车架上，俗称“搭铁”。若蓄电池的负极接车架就称之为“负极搭铁”；反之则称为“正极搭铁”。按机械工业部标准 GB2261-77《汽车拖拉机用电气设备技术条件》的规定，汽车、拖拉机电系已统一规定为负极搭铁。

目 录

绪 论	1
第一章 蓄电池	1
第一节 蓄电池的构造与型号	1
第二节 蓄电池的工作原理	5
第三节 蓄电池的工作特性	7
第四节 蓄电池的故障及其排除	13
第五节 蓄电池的充电和充电设备	14
第六节 蓄电池的使用和保养	19
第七节 干荷电铅蓄电池	23
第八节 免维护蓄电池	23
第九节 碱性蓄电池	25
第十节 新型电池	26
第二章 直流发电机及调节器	29
第一节 直流发电机的构造	29
第二节 直流发电机的工作原理与特性	34
第三节 汽车、拖拉机上发电机的工作条件及对它的要求	37
第四节 电压调节器	38
第五节 电流限制器	44
第六节 截流继电器	45
第七节 直流发电机调节器实例	47
第八节 发电机的主要故障与检查	52
第九节 发电机装复后的试验	56
第十节 调节器的检修、试验和调整	57
第十一节 充电系故障的判断与排除	59
第三章 交流发电机及调节器	62
第一节 概述	62
第二节 交流发电机的构造	65
第三节 交流发电机的工作原理	68
第四节 交流发电机的特性	71
第五节 交流发电机配用的电磁振动式调节器	73
第六节 晶体管调节器	77
第七节 继电器控制电路	79
第八节 集成电路调节器	83
第九节 交流发电机的故障检查与测试	85
第十节 调节器的故障检查与调整	89

第十一节	交流发电机充电系统故障的判断	92
第十二节	交流发电机及调节器的使用	92
第十三节	永磁转子式交流发电机	93
第十四节	无刷交流发电机	96
第四章	起动机	98
第一节	直流电动机	98
第二节	起动机的特性	101
第三节	起动机基本数据的确定	104
第四节	起动机的分类	107
第五节	机械控制强制啮合式起动机	108
第六节	ST614型电磁控制强制啮合式起动机	111
第七节	QD124型电磁控制强制啮合式起动机	113
第八节	电枢移动式起动机	116
第九节	齿轮移动式起动机	118
第十节	惯性啮合式起动机	122
第十一节	减速起动机	123
第十二节	起动机驱动保护电路	124
第十三节	起动转换开关	127
第十四节	起动机运行中故障的判断	128
第十五节	起动机的检查	129
第十六节	起动机的试验	131
第五章	传统点火系	133
第一节	对点火系统的要求	133
第二节	传统点火系统的组成与工作原理	138
第三节	传统点火系统工作过程的分析	140
第四节	传统点火系统的工作特性与影响次级电压的因素	144
第五节	传统点火系统点火特性的改善	147
第六节	传统点火系统的构造	149
第七节	传统点火系统的使用	164
第六章	电子点火系	175
第一节	半导体辅助电感点火系统	175
第二节	无触点电感式电子点火系统	178
第三节	电容放电式电子点火系统	188
第四节	压电式点火系	193
第七章	磁电机点火系	194
第一节	磁电机的组成与工作原理	194
第二节	磁电机工作过程的分析	195
第三节	磁电机点火装置的工作特性	198
第四节	磁电机的构造实例	199
第五节	飞轮磁电机与飞轮磁电点火发电机	201

第六节 磁电机的使用	203
第八章 照明设备与信号装置	206
第一节 汽车拖拉机的照明设备	206
第二节 低压直流日光灯	214
第三节 电喇叭	216
第四节 转向信号灯的闪光器	219
第九章 仪表及其他辅助电气设备	227
第一节 仪表	227
第二节 汽车的报警装置	235
第三节 电动刮水器和风窗玻璃防冰霜设备	238
第四节 柴油机的起动预热装置	245
第五节 晶体管电动汽油泵	247
第六节 开关与保险装置	249
第七节 汽车电气设备对无线电的干扰及防止措施	253
第十章 汽车的电子控制装置	256
第一节 电子控制燃油喷射装置	256
第二节 电子控制防抱制动装置	265
第三节 电子控制自动变速器	269
第四节 微型电子计算机在汽车上的应用	276
第十一章 汽车拖拉机电气设备总线路	279
第一节 线路分析	279
第二节 汽车、拖拉机总线路图实例	283
第三节 汽车拖拉机电系的导线和线束	292
附录	296
1. 本书所用主要符号	296
2. 本书所用国际单位与工程单位的对照表	297
3. 汽车拖拉机电器与电子设备名词术语	298
4. 主要参考资料	306

第一章 蓄 电 池

概 述

蓄电池为可逆的直流电源。它在汽车、拖拉机上与发电机并联，向用电设备供电。在发动机工作时，用电设备所需电能主要由发电机供给，而蓄电池的作用是：

- (1) 发动机起动时，向起动机和点火系供电。
 - (2) 发电机不发电或电压较低的情况下向用电设备供电。
 - (3) 当用电设备同时接入较多，发电机超载时，协助发电机供电。
 - (4) 蓄电池存电不足，而发电机负载又较少时，它可将发电机的电能转变为化学能储存起来（即充电）。此外蓄电池还有稳定电网电压的作用。
- 蓄电池的种类很多，用于汽车、拖拉机上的蓄电池必须能满足起动发动机的需要，即在短时间内（5~10s）可供给起动机强大的电流（一般为200~600A，有的柴油机可达1000A）。这种蓄电池通常称为起动型蓄电池。由于电解液不同，有酸性和碱性之分。铅酸蓄电池，构造简单，内阻小，起动性能好，且价格低廉，因此在汽车拖拉机上得到广泛的应用。本章主要介绍铅酸蓄电池，简称蓄电池。

第一节 蓄电池的构造与型号

蓄电池的构造如图1-1所示，由3个或6个单格电池串联而成。每单格的标称电压为2V，串联成6V或12V以满足汽车用电设备的需要。

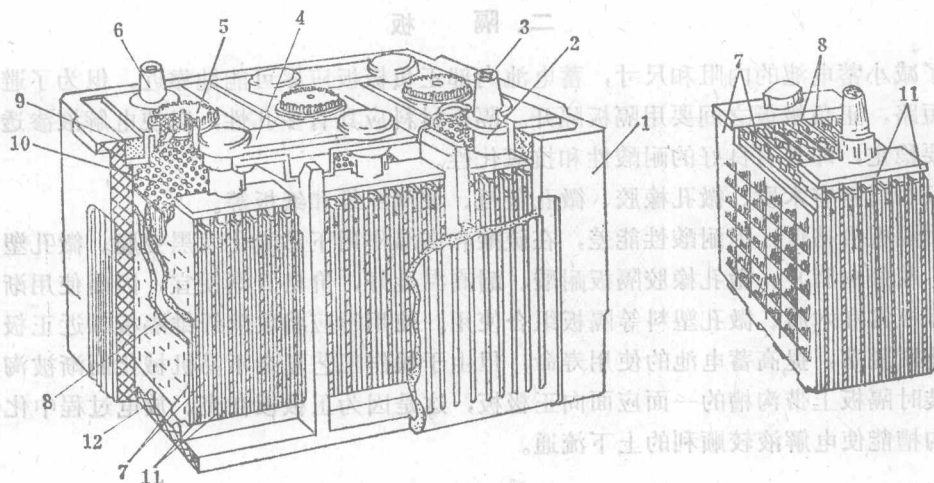


图1-1 蓄电池的构造

1-蓄电池外壳；2-电极衬套；3-正极接线柱；4-连接条；5-加液孔螺塞；6-负极接线柱；7-负极板；8-隔板；9-封料；10-护板；11-正极板；12-肋条

蓄电池主要由下列各部分组成：

一、极 板

极板是蓄电池的核心部分，它分正极板和负极板两种。蓄电池充、放电过程中，电能和化学能的相互转换就是依靠极板上活性物质和电解液中硫酸的化学反应来实现的。正极板上的活性物质是二氧化铅（ PbO_2 ），呈深棕色。负极板上的活性物质是海绵状纯铅（ Pb ），呈青灰色。

正负极板上的活性物质分别填充在铅锑合金铸成的栅架上。铅锑合金中，含锑6~8.5%，加入锑是为了提高栅架的机械强度并改善浇铸性能。但铅锑合金耐电化学腐蚀性能比纯铅差，锑易从正极板栅架中解析出来引起蓄电池的自放电和栅架的膨胀、溃烂，因而各制造厂家正在寻求降低含锑量的途径。

铅粉是极板活性物质的主要原料。它是用铅块放入球磨机中研磨成粉，在研磨中铅粉与空气接触，氧化成氧化铅，然后加入一定的添加剂和硫酸溶液调和成膏状，涂在栅架上，干燥后，放入硫酸溶液中，经较长时间的充电（蓄电池生产中称为“化成”一般在18~20h），使正极板变成棕色的二氧化铅，负极板呈青灰色的海绵状铅。为了防止负极板上活性物质的收缩，增加其多孔性，铅膏里常加入添加剂，如腐植酸、硫酸钡、木素磺酸钠、炭黑等。同时还在活性物质中加入天然纤维和合成纤维，以防止活性物质的脱落和裂纹。

国产负极板的厚度为1.8mm、正极板为2.2mm。国外大多采用薄型极板，厚度为1.1~1.5mm。薄型极板对提高蓄电池的比容量（极板单位尺寸所提供的容量）和改善起动性能都是很有利的。

为了增大蓄电池的容量，将多片正、负极板分别并联，用横板焊接，组成正、负极板组。横板上联有电桩，各片间留有空隙。安装时正负极板相互嵌合，中间插入隔板。在每单格电池中，负极板的数量总比正极板多一片（如东风EQ140汽车所用6-Q-105型蓄电池，每单格中的正极板为7片，负极板为8片，这样正极板都处于负极板之间，使其两侧放电均匀，否则由于正极板的机械强度差，单面工作会使两侧活性物质体积变化不一致，而造成极板拱曲。

二、隔 板

为了减小蓄电池的内阻和尺寸，蓄电池内部正负极板应尽可能地靠近，但为了避免彼此接触而短路，正负极板之间要用隔板隔开。隔板材料应具有多孔性，以便电解液渗透，且化学性能要稳定，即具有良好的耐酸性和抗氧化性。

隔板的材料有木质、微孔橡胶、微孔塑料、玻璃纤维和纸板等。

木质隔板价格低，但耐酸性能差，在硫酸和高温作用下易炭化发黑变脆。微孔塑料（聚氯乙烯、酚醛树脂），微孔橡胶隔板耐酸、耐高温性好，价格日渐便宜，因而使用渐多。玻璃纤维隔板常和木质、微孔塑料等隔板组合使用。使用时应将玻璃纤维隔板靠近正极板以防止活性物质脱落，提高蓄电池的使用寿命，但由于操作工艺复杂不易机械化而渐被淘汰。

安装时隔板上带沟槽的一面应面向正极板，这是因为正极板在充、放电过程中化学反应激烈，沟槽能使电解液较顺利的上下流通。

三、外 壳

蓄电池的外壳是用来盛放电解液和极板组，外壳应耐酸、耐热、耐震。在国内多采用硬

橡胶外壳。近年来由于工程塑料发展很快，用来作电池外壳重量轻，外型美观、透明、耐酸性好故已成为发展趋势。目前国内已开始生产聚丙烯塑料外壳。

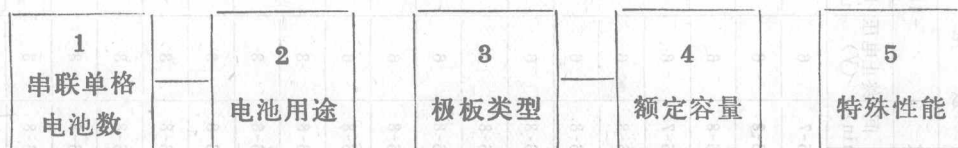
外壳为整体式结构，壳内由间壁分成3个或6个互不相通的单格，底部有突起的肋条以搁置极板组。肋条间的空隙是用来积存脱落下来的活性物质，以防止在极板间造成短路。每个单格的盖子中间有加液孔，可用来检查液面高度和测量电解液比重。加液孔平时用螺塞拧紧。螺塞中心的通气孔应经常保持畅通，使蓄电池化学反应放出的气体能随时逸出。在极板组上部常装有耐酸塑料护板，以防测量电解液相对密度、液面高度或加液时，损坏极板上部。盖子与外壳之间的缝隙用封口剂密封。封口剂要保证在+65℃不溢流，-30℃不产生裂纹。其配方用料为67%沥青，14%润滑油，19%石棉粉。

四、电解液

电解液是由纯硫酸（相对密度为1.84）和蒸馏水按一定比例配制而成。密度一般为1.24~1.30g/cm³。

电解液的纯度是影响蓄电池的电气性能和使用寿命的重要因素，因此要用HGB1008-59标准二级专用硫酸和蒸馏水。工业用硫酸和一般的水中因含有铁、铜等有害杂质会增加自放电和损坏极板，不能用于蓄电池。

蓄电池的型号按我国机械工业部JB1058-77起动用铅蓄电池标准规定，其型号编制和含义由5个部分组成：



(1) 串联单格数，用数字表示。

(2) 起动用蓄电池用“Q”表示。“Qi”是汉语拼音中起字的第一个字母。

(3) 一般蓄电池的第三部分可略去不用。干式荷电蓄电池，因极板系干式荷电类型，则以“A”表示（A表示“干”）。

(4) 第4部分系指20h放电率额定容量，单位为A·h。

(5) 指特殊性能，如“G”表示高起动率。

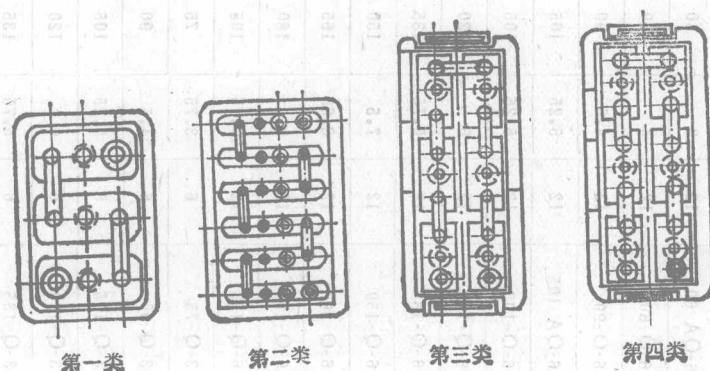


图1-2 蓄电池的类型

蓄电池型号、规格、外型尺寸及技术参数

表1-1

蓄电池型号	额定电压 (V)	20h 率放电			起 动 放 电				最大外形尺寸			单格电 池极板 片 数 (片)	计量标准 (千伏安时) (kV·A·h)	相当旧型号
		电 流 (A)	容 量 (A·h)	终 止 电 压 (V)	电 流 (A)	首 次		时 间 (min)	长 (mm)	宽 (mm)	高 (mm)			
						终止电压 (V)	时 间 (min)							
6-QA-60	12	3	60	10.5	180	8	5-7	6	270	168	225	9	0.72	~
6-Q-60	12	3	60	10.5	180	8	6-8	6	293	174	226	9	0.72	6-Q-56
6-Q-90	12	4.5	90	10.5	270	8	6-8	6	412	178	227	13	1.08	6-Q-84
6-QA-105	12	5.25	105	10.5	315	8	5-7	6	440	169	248	15	1.26	~
6-Q-105	12	5.25	105	10.5	315	8	6-8	6	440	169	248	15	1.26	6-Q-98
6-Q-120	12	6	120	10.5	360	8	6-8	6	513	196	229	17	1.44	6-Q-112
6-Q-135	12	6.75	135	10.5	405	8	6-8	6	513	196	229	19	1.62	6-Q-126
6-Q-150	12	7.5	150	10.5	450	8	6-8	6	513	216	229	21	1.80	~
6-Q-165	12	8.25	165	10.5	495	8	6-8	6	517	238	230	23	1.98	6-Q-154
6-Q-180	12	9	180	10.5	540	8	6-8	6	517	258	230	25	2.16	~
6-Q-195	12	9.75	195	10.5	585	8	6-8	6	517	277	240	27	2.34	6-Q-182
3-Q-75	6	3.75	75	5.25	225	4	6-8	3	184	174	226	11	0.45	3-Q-70
3-Q-90	6	4.5	90	5.25	270	4	6-8	3	213	174	226	13	0.54	3-Q-84
3-Q-105	6	5.25	105	5.25	315	4	6-8	3	248	178	227	15	0.63	3-Q-98
3-Q-120	6	6	120	5.25	360	4	6-8	3	275	178	227	17	0.72	3-Q-112
3-Q-135	6	6.75	135	5.25	405	4	6-8	3	275	178	227	19	0.81	3-Q-126
3-Q-150	6	7.5	150	5.25	450	4	6-8	3	306	178	227	21	0.90	3-Q-140
3-Q-165	6	8.25	165	5.25	485	4	6-8	3	338	182	228	23	0.99	~
3-Q-180	6	9	180	5.25	540	4	6-8	3	369	182	228	25	1.08	~

例如:

(1) 3-Q-90: 由3只单格组成, 额定电压6V, 额定容量90A·h, 起动用铅蓄电池。

(2) 6-QA-105G: 由6只单格组成, 额定电压12伏, 额定容量为105A·h, 起动用干式荷电极板, 高起动率蓄电池。

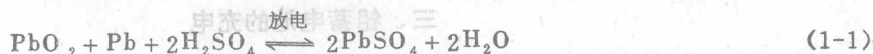
国产蓄电池的型号和规格、外形尺寸及技术参数, 如表1-1所示。蓄电池类型和极柱位置的关系如图1-2所示。

第二节 蓄电池的工作原理

蓄电池是由浸渍在电解液中的正极板(二氧化铅 PbO_2) 和负极板(海绵状纯铅 Pb) 组成, 电解液是硫酸(H_2SO_4)的水溶液。蓄电池中发生的化学反应是可逆的。其化学反应过程有各种不同的理论, 一般认为1882年格拉斯顿和特拉普提出的双极(或双重)硫酸盐化理论(简称双硫化理论)能较确切地说明蓄电池中的化学反应过程。

根据双硫化理论, 铅蓄电池中正极板上的活性物质(参与化学反应的物质)是二氧化铅, 负极板上是海绵状铅, 电解液是硫酸的水溶液。当蓄电池和外负载接通放电时, 正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都变成 PbSO_4 , 电解液中的 H_2SO_4 减少, 相对密度下降。

充电时按相反的方向变化, 正、负极板上的 PbSO_4 分别恢复成原来的 PbO_2 和 Pb , 电解液中的硫酸增加, 相对密度变大。如略去中间的化学反应过程可用下式表示:



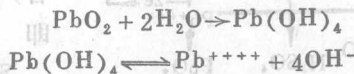
正极板 负极板 电解液 正、负极板 电解液

一、电势的建立

当极板浸入电解液时, 在负极板处, 金属铅受到两方面的作用, 一方面它有溶解于电解液的倾向, 因而有少量铅进入溶液, 生成 Pb^{++} , 在极板上留下两个电子 $2e$, 使极板带负电; 另一方面, 由于正、负电荷的吸引, Pb^{++} 有沉附于极板表面的倾向。当两者达到平衡时, 溶解便停止, 此时极板具有负电位, 约为0.1V。

正极板处, 少量 PbO_2 溶入电解液, 与水生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$, 再分离成四价铅离子和氢氧根离子。

即



Pb^{++++} 沉附于极板的倾向, 大于溶解的倾向, 因而沉附在正极板上, 使极板呈正电位。当达到平衡时, 约为+2.0V。

因此, 当外电路未接通, 反应达到相对平衡状态时, 蓄电池的静止电动势 E_0 约为:

$$E_0 = 2.0 - (-0.1) = 2.1\text{V}$$

二、铅蓄电池的放电

蓄电池接上负载, 在电动势的作用下, 电流 I_f 从正极经过负载流往负极(即电子从负极到正极), 使正极电位降低, 负极电位升高, 破坏了原有的平衡。放电时的化学反应过程如图1-3所示。

在正极板处, Pb^{++++} 和电子结合, 变成二价铅离子 Pb^{++} , Pb^{++} 与电解液中的 SO_4^{--} 结合生成 $PbSO_4$ 沉附于极板上。

即 $Pb^{++++} + 2e \longrightarrow Pb^{++}$



(1-2)

在负极板处, Pb^{++} 与电解液中的 SO_4^{--} 结合也生成 $PbSO_4$ 沉附在负极板上, 而极板上的金属铅继续溶解, 生成 Pb^{++} 和电子。

如果电路不中断, 上述化学反应将继续进行, 使正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都逐渐转变为 $PbSO_4$, 电解液中 H_2SO_4 逐渐减少而水增多, 故电解液比重下降。

理论上, 放电过程应进行到极板上的活性物质全部变为硫酸铅为止。而实际上是不可能的, 因为电解液不能渗透到活性物质的最内层。使用中, 所谓放完电的蓄电池, 实际上只有 20~30% 的活性物质变成了硫酸铅。因此采用薄型极板, 增加多孔率, 提高极板活性物质的利用率是蓄电池工业的发展方向。

三、铅蓄电池的充电

充电时, 应将蓄电池接直流电源。当电源电压高于蓄电池电动势时, 在电源力的作用下, 电流从蓄电池正极流入, 负极流出 (即驱使电子从正极经外电路流入负极)。这时正、负极板发生的反应正好与放电过程相反, 其化学反应过程如图1-4所示。

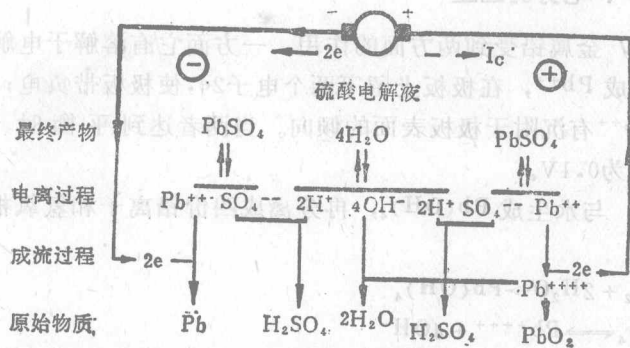
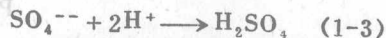


图1-4 蓄电池的充电过程

在负极板处有少量的 $PbSO_4$ 进入电解液中, 离解为 Pb^{++} 和 SO_4^{--} 即 $PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{++} + SO_4^{--}$

Pb^{++} 在电源的作用下获得两个电子变为金属 Pb , 沉附在极板上。而 SO_4^{--} 则与电解液中的 H^+ 结合, 生成硫酸。

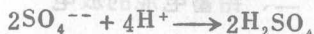
即 $Pb^{++} + 2e \longrightarrow Pb$



负极板上的总反应为:

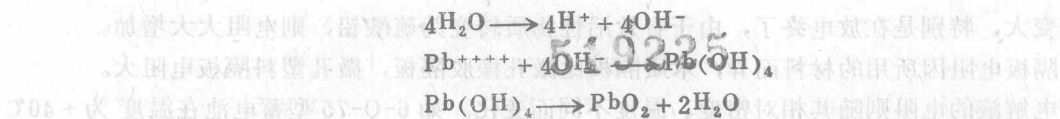


正极板处, 也有少量 $PbSO_4$ 进入电解液中, 解离为 Pb^{++} 和 SO_4^{--} , Pb^{++} 在电源作用下失去两个电子变为 Pb^{++++} , 它又和电解液中水解离出来的 OH^- 结合, 生成 $Pb(OH)_4$, $Pb(OH)_4$ 又分解为 PbO_2 和 H_2O 而 SO_4^{--} 又与电解液中的 H^+ 结合生成硫酸

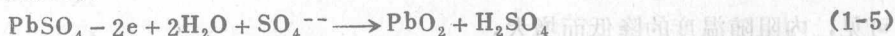


其反应式如下:





正极板上的总反应为:

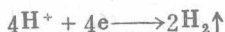


可见,在充电过程中,正、负极上的 PbSO_4 将逐渐恢复为 PbO_2 和 Pb , 电解液中硫酸成分逐渐增多,水逐渐减少。

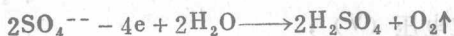
充电终期,比重将升到最大值,且会引起水的分解,水分解的化学反应式如下:



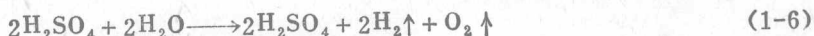
负极上:



正极上:



总反应为:



由上式可见,实际上分解的是水:



第三节 蓄电池的工作特性

蓄电池的工作特性主要包括静止电动势、内阻、充放电特性和容量。

静止电动势

静止电动势 E_0 是指蓄电池在静止状态(不充电也不放电),正负极板之间的电位差(即开路电压)。它的大小与电解液的相对密度和温度有关,在密度为 $1.050 \sim 1.300 \text{g/cm}^3$ 范围内,可由下述经验公式计算其近似值:

$$E_0 = 0.85 + \gamma_{25^\circ\text{C}} \quad (1-8)$$

式中: $\gamma_{25^\circ\text{C}}$ ——为 25°C 的电解液相对密度。

实测所得电解液相对密度应按下式换算成 25°C 时的相对密度:

$$\gamma_{25^\circ\text{C}} = \gamma_t + \beta(t - 25) \quad (1-9)$$

式中: γ_t ——实际测得的相对密度;

t ——实际测得的温度;

β ——相对密度温度系数 $\beta = 0.00075$, 即每温升 1°C , 密度将下降 0.00075g/cm^3 。

汽车用蓄电池的电解液相对密度在充电时增高,放电时下降,一般在 $1.12 \sim 1.30 \text{g/cm}^3$ 之间波动,因此蓄电池的静止电动势也相应地变化在 $1.97 \sim 2.15$ 之间。

二、内 阻

蓄电池的内阻包括极板、隔板、电解液、铅连接条等的内阻。

蓄电池的内阻很小,因此可以获得较大的放电电流。

极板电阻一般也很小,并且随极板上的活性物质的变化而变。充电后电阻变小,放电后

电阻变大，特别是在放电终了，由于有效活性物质转变为硫酸铅，则电阻大大增加。

隔板电阻因所用的材料而异，木质隔板比微孔橡胶隔板，微孔塑料隔板电阻大。

电解液的电阻则随其相对密度、温度不同而变化。如 6-Q-75 型蓄电池在温度为 +40℃ 时其内阻约为 0.01Ω，但在 -20℃ 时则为 0.019Ω，可见，内阻随温度的降低而增大。

图 1-5 所示为电解液内阻随相对密度变化的关系曲线。相对密度为 1.2 时（15℃），硫酸的离解最好，粘度较小，电阻也最小。

完全充足电的蓄电池在温度为 20℃ 时内阻 R_0 可按下述经验公式计算其近似值：

$$R_0 = \frac{U_e}{17.1Q_e} \quad (1-10)$$

式中： U_e ——蓄电池额定电压 (V)；

Q_e ——蓄电池额定容量 (A·h)。

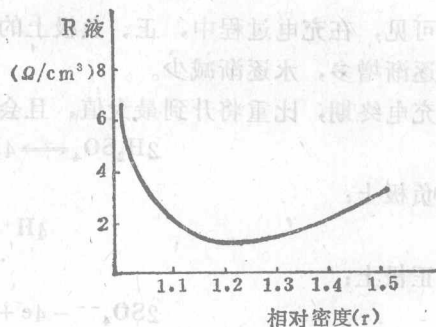


图1-5 电解液内阻与相对密度的关系

三、蓄电池的充电特性

蓄电池的充电特性是指在恒流充电过程中蓄电池的端电压 U 和电解液相对密度 γ 随时间而变化的规律。以一定的电流 I_c 向一只完全放电的蓄电池进行充电，在充电过程中，每隔一定时间测量其单格电池的端电压 U 和电解液相对密度 γ 便可得到如图 1-6 所示的蓄电池的充电特性曲线。

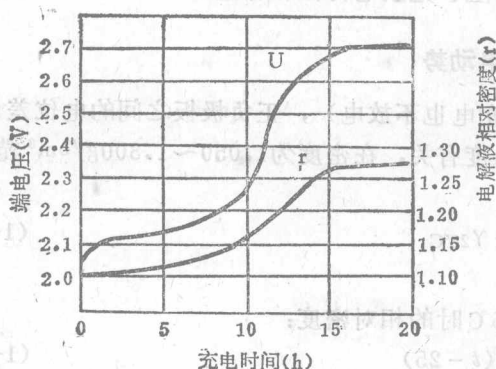


图1-6 蓄电池的充电特性曲线

充电时，电源电压必须克服蓄电池的电动势 E 和电池内部压降 $I_c R_0$ 。因此充电过程中，蓄电池的端电压总是大于电动势 E 。

$$\text{即：} U = E + I_c R_0 \quad (1-11)$$

由于恒流充电，单位时间内所生成的硫酸量相等，所以电解液相对密度随着时间逐渐上升。

蓄电池的端电压，在充电开始后便迅速上升，这是因为充电时活性物质和硫酸的化学作用首先是在极板的孔隙中进行的

的，生成的硫酸使电解液的相对密度增大，故端电压迅速上升。新生成的硫酸不断的向周围扩散，当继续充电至极板孔隙内析出的硫酸量与扩散的硫酸量达到平衡时，蓄电池的电压就不再迅速上升，而是随着整个容器内电解液相对密度的上升而相应增高。

充电接近终了，蓄电池端电压达到 2.3~2.4V 时，极板上的活性物质几乎全部恢复为二氧化铅和纯铅。继续通电，电解液中的水开始分解，产生氢气和氧气，以气泡的形式剧烈放出，形成“沸腾”状态。因为氢离子在极板上与电子的结合不是瞬时而是缓慢的，于是靠近负极板处积存有多量的正离子 H^+ ，使溶液和极板之间产生了附加电位差（约 0.33V），因而端电压升高到 2.7V 左右。

此时，应切断电路停止充电。否则，将造成“过充电”。过充电时，由于剧烈地放出气