



交通职业教育教学指导委员会推荐教材

全国交通高级技工学校、技师学院公路工程机械使用与维修专业教学用书

全国交通技师培训教材

公路工程 机械电子控制技术

主编 王立军

主审 冯久东



人民交通出版社

China Communications Press

交通职业教育教学指导委员会推荐教材

全国交通高级技工学校、技师学院公路工程机械使用与维修专业教学用书

全国交通技师培训教材

公路工程机械电子控制技术

Gonglu Gongcheng Jixie Dianzi Kongzhi Jishu

主编 王立军

主审 冯久东

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是全国交通技师培训教材,由交通职业教育教学指导委员会公路(技工)专业指导委员会组织编写。全书共分十一个单元,主要内容包括:起动型铅蓄电池,硅整流发电机与调节器,起动系,点火系,照明、信号、仪表及辅助设备,公路工程机械电气总线路,常用传感器及电气控制元件,沥青混凝土摊铺机、沥青混凝土拌和设备、挖掘机及振动压路机等典型工程机械的电控系统。

本书是全国交通高级技工学校、技师学院公路工程机械使用与维修专业教学用书,也可作为职业培训和技能鉴定教材,或供有关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程机械电子控制技术/王立军主编. —北京:人民交通出版社, 2007. 11
ISBN 978-7-114-06667-2

I. 公… II. 王… III. ①道路工程—工程机械—电气控制②道路工程—工程机械—电子控制 IV. U415.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 100177 号

书 名: 全国交通技师培训教材
公路工程机械电子控制技术
著 者: 王立军
责任编辑: 蔡培荣
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>
销售电话: (010) 85285838, 85285995
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 18
字 数: 420 千
插 页: 4
版 次: 2007 年 11 月第 1 版
印 次: 2007 年 11 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-06667-2
印 数: 0001-3000 册
定 价: 33.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通职业教育教学指导委员会

公路(技工)专业指导委员会

主任：周以德

副主任：朱小茹 张文才

委员：卞志强 严 军 周萌芽 高连生 梁柱义

蒋 斌 杜建忠 任义学 刘雅洲

秘书：张宏春

交通行业是一个劳动密集型行业,全行业约有4000万从业人员,其中90%以上是在交通建设、养护和运输服务等一线工作的,处于交通工程建设、养护和交通运输服务的终端环节,其素质和能力在很大程度上决定了交通发展的质量和效益。目前,各个专业和工种都普遍缺乏技能型人才,特别是高技能人才,公路施工与养护、筑路机械操作与维护等工种都属于交通行业技能型紧缺人才。

为了配合“交通行业技能型紧缺人才培养培训工程”的实施,加快高技能人才的培养培训步伐,交通职业教育教学指导委员会公路(技工)专业指导委员会组织全国交通类高级技工学校、技师学院的教师编写了《公路施工与养护》和《公路工程机械使用与维修》两个专业工种的技师培训教材。编写人员进行了广泛的一线走访,听取了工程施工与养护生产一线高技能人员的意见,使本套教材具有良好的实用性和先进性。本套教材填补了我国在公路施工与养护和公路工程机械使用与维修方面技师培养培训教材的空白,既可作为技师学院教学用书,又可作为在职培训技师用教材,对本行业高技能人才的培养培训具有重要的现实意义。

本套教材具有以下特点:

1. 教材内容与技师等级标准、考核标准相衔接,适应现代公路工程机械化施工与养护的要求。
2. 教材全部采用最新的标准和规范,符合先进性、科学性和实用性的要求。
3. 教材编写满足理实一体化和模块式的教学方式,体现职业教育特色,重点培养学生的实际操作技能。
4. 每个单元后均附有思考题,力求提高学生思考问题、解决实际问题的能力,以达到技师标准的要求。

《公路工程机械电子控制技术》是全国交通高级技工学校、技师学院公路工程机械使用与维修专业通用教材之一,内容包括:起动型铅蓄电池,硅整流发电机与调节器,起动系,点火系,照明、信号、仪表及辅助设备,公路工程机械电气总线路,常用传感器及电气控制元件,沥青混凝土摊铺机电控系统,沥青混凝土拌和设备电控系统,液压挖掘机电控系统,压路机电控系统。

参加本书编写工作的有:山东公路高级技工学校王立军(编写绪论、单元三、单元七、单元九)、路兴勇(编写单元一、单元八),河南南阳市公路技工学校王迅(编写单元四,单元五的课题一、二、三,单元十一),安徽公路技工学校王良明(编写单元二、单元五的课题四、单元六、单元十)。全书由王立军担任主编,北京路政局技工学校冯久东担任主审。

本套教材在编写过程中得到了全国20余所交通类职业院校领导、工程施工养护领域的专家及一线高技能人才的大力支持和帮助,共有70余名专业教师参与了教材的编审工作,在此表示感谢。

由于我们的业务水平和教学经验有限,编审人员工作繁忙、时间仓促,书中难免有不妥之处,恳切希望使用本书的教师和读者批评指正。

交通职业教育教学指导委员会
公路(技工)专业指导委员会
二〇〇七年四月

- 绪论 1
- 单元一 起动型铅蓄电池 3
 - 课题一 铅蓄电池的结构 3
 - 课题二 蓄电池的工作原理及特性 6
 - 课题三 蓄电池的容量及影响因素 10
 - 课题四 蓄电池常见故障 13
 - 课题五 蓄电池的使用和维护 15
 - 课题六 其他类型蓄电池简介 20
 - 思考题 23
- 单元二 硅整流发电机与调节器 24
 - 课题一 概述 24
 - 课题二 硅整流发电机 28
 - 课题三 调节器 43
 - 课题四 硅整流发电机及调节器的检修 47
 - 课题五 充电系常见故障及诊断 54
 - 思考题 60
- 单元三 起动系 61
 - 课题一 概述 61
 - 课题二 直流串励式电动机的构造及检测 64
 - 课题三 直流串励式电动机的工作原理及特性 69
 - 课题四 传动机构与操纵机构的组成及检查 71
 - 课题五 典型起动机电路分析 74
 - 课题六 起动机的检修与常见故障的排除 78
 - 思考题 84
- 单元四 点火系 85
 - 课题一 概述 85
 - 课题二 蓄电池点火系的组成及工作特性 87
 - 课题三 点火系主要部件的结构及检修 94

课题四	电子点火系	110
课题五	计算机控制点火系统	123
思考题		129
· 单元五	· 照明、信号、仪表及辅助设备	130
课题一	照明设备	131
课题二	信号装置	142
课题三	仪表	153
课题四	辅助设备	160
思考题		177
· 单元六	· 公路工程机械电气总线路	178
课题一	概述	178
课题二	典型工程机械电气设备总线路	187
思考题		195
· 单元七	· 常用传感器及电气控制元件	196
课题一	常用传感器	196
课题二	常用低压电气控器件	214
思考题		226
· 单元八	· 沥青混凝土摊铺机电控系统	227
课题一	车辆电控系统	227
课题二	行驶电控系统	230
课题三	供料电控系统	231
课题四	自动调平电控系统	233
课题五	其他电控系统	238
课题六	常见故障排除	240
思考题		241
· 单元九	· 沥青混凝土拌和设备电控系统	242
课题一	三相异步电动机的基本控制电路	242
课题二	冷集料给料装置电控系统	247
课题三	集料烘干、加热控制系统	250
课题四	计量控制系统	252
课题五	拌和设备电控系统常见故障与排除	254
思考题		256
· 单元十	· 液压挖掘机电控系统	257
课题一	监控系统	257
课题二	功率优化系统	259
课题三	发动机自动怠速控制系统	262
课题四	电子油门控制系统	263

课题五 挖掘机电控系统的故障与排除	265
思考题	266
· 单元十一 振动压路机电控系统	267
课题一 振动压路机主车电控系统	267
课题二 振动压路机常用电控系统	271
课题三 振动压路机电控系统故障排除	276
思考题	277
· 参考文献	278

《公路工程机械电子控制技术》是公路工程机械使用与维修专业的必修课程,它是由电工、电子技术、计算机技术、自动控制技术、机械技术、液压技术以及其他技术相互融合而成的一门独立的交叉学科。这些综合技术的采用,使现代公路工程机械形成了机、电、液一体化的新格局。

机、电、液一体化技术从20世纪70年代中期开始在国外工程机械上得到应用。80年代以微电子技术为核心的高新技术的兴起,推动了工程机械制造技术的迅速发展,特别是随着微型计算机及微处理器技术、传感与检测技术、信息处理技术等的发展及其在工程机械上的应用,从根本上改变了工程机械的面貌,极大地促进了产品性能的提高,使工程机械进入了一个全新的发展阶段。以微机或微处理器为核心的电子控制系统目前在国外工程机械上的应用已相当普及,并已成为高性能工程机械不可缺少的组成部分。工程机械的机、电、液一体化和智能化将是今后的发展方向。

我国公路工程机械生产厂家,通过引进、消化、吸收世界先进技术,使国产机械已接近或达到了世界先进水平,机、电、液一体化技术的应用日趋广泛。

公路工程机械种类繁多,因此各种机型所配备的电气与控制装置(系统)的组成、数量及复杂程度等差别也较大。目前公路工程机械所配备的电气与控制装置基本上可分为车辆电气设备和电子控制装置两大类。

1. 车辆电气设备

这是各种自行式机械所应配备的最基本的电器,通常包括以下4部分。

1) 电源系统

包括蓄电池、发电机及其调节器。两者并联工作,给全车提供电能。发电机是主电源,蓄电池是辅助电源,调节器控制发电机的输出电压。

2) 起动系统

包括起动机、起动继电器等,其作用是起动发电机。

3) 点火系统

主要包括点火元件、点火线圈、火花塞等,用于汽油机,功能是产生电火花,点燃汽缸中的可燃混合气。

4) 照明、信号、仪表及辅助设备

包括各种照明和信号灯、机油压力表、水温表等各种仪表以及空调、电喇叭等,用以保证行驶和施工的人机安全,提高操作者的舒适性。



2. 电子(微机)控制装置

主要包括计算机、传感器和执行元件等,用于实现各种控制功能。控制功能主要表现在以下几个方面:

- (1) 电子监控、自动报警及故障自诊。
- (2) 节能降耗,提高生产率。
- (3) 柴油机的控制。
- (4) 作业过程的自动或半自动化控制。

公路工程机械的电气设备具有以下特点。

1. 低电压

额定电压一般为 12V 或 24V,有些工程机械的电系两种电压共存,以便向不同额定电压的电器供电。

2. 直流电系

主要考虑向蓄电池的充电必须是直流电源。

3. 并联、单线

主要电气设备都采用并联连接,以防止它们之间出现故障而造成相互影响。

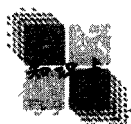
各电器的连接采用单线制,即从电源到各用电设备只用一根导线连接,而用机架、发动机等金属机体作为另一公共导线。采用单线制的优点是节省导线、线路清晰、安装和检修方便。

4. 负极搭铁

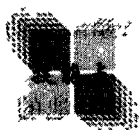
将蓄电池的负极桩接到机架、发动机等壳体上,俗称“搭铁”。

注意:根据国家标准规定必须采用负极搭铁,国外工程机械通常也为负极搭铁。

起动型铅蓄电池



1. 蓄电池的用途、工作原理及特性；
2. 蓄电池的结构、型号及容量的影响因素；
3. 蓄电池使用、维护中的注意事项；
4. 蓄电池常见故障形成原因及预防措施。



1. 能对蓄电池进行必要的维护；
2. 能运用仪表、常用工具进行蓄电池的维护及技术状况检查；
3. 能对蓄电池进行正确的充电。

—— 课题一 铅蓄电池的结构 ——

一、铅蓄电池的用途

铅蓄电池是一种化学电源,它既能把电能转变成化学能储存起来,也能把化学能变成电能提供给用电设备。这两个过程分别叫做蓄电池的充电和放电。蓄电池是可逆的直流电源,故又称为二次电源。

工程机械上用电设备所需的电能,一般是由发电机和蓄电池提供的。二者并联,在发动机正常工作时,主要由发电机向用电设备供电,而蓄电池的作用主要体现在以下几个方面:

(1) 起动发动机时,给起动机和点火系供电。要求在 $5 \sim 10\text{s}$ 内向起动机提供 $200 \sim 600\text{A}$ 的强大电流(个别柴油机的起动电流可高达 1000A)。

(2) 发电机不工作或输出电压过低时,向点火系及其他用电设备供电。

(3) 在发电机短时间超负荷时,可协助发电机向用电设备供电。



- (4) 蓄电池存电不足时,可将发电机的电能转变为化学能储存起来。
- (5) 具有电容器的作用,能吸收瞬间高电压,保护电路中电子元件不被损坏。

二、铅蓄电池的构造和性能特点

蓄电池的构造如图 1-1 所示,一般由 6 个单格电池串联而成,每个单格电池的标准电压为 2V。蓄电池主要由正负极板组成的极板组、隔板、电解液、外壳、联条和极柱等组成。

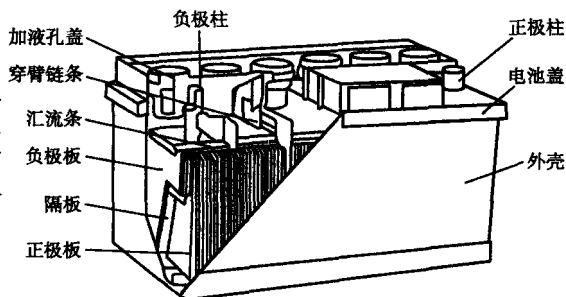


图 1-1 蓄电池的构造

1. 干荷电铅蓄电池的构造

1) 极板

极板是铅蓄电池的主要组成部分,它分为正极板和负极板。正、负极板均由栅架和活性物质组成。铅蓄电池的充、放电过程就是依靠极板上的活性物质和电解液中的硫酸进行化学反应来实现的。

正、负极板栅架结构相同,如图 1-2 所示。栅架的作用是:容纳活性物质并使极板成形,一般由铅锑合金浇铸而成。加锑的目的是为了提高栅架的机械强度和浇铸性能,但加锑后易引起蓄电池自行放电、腐蚀栅架。

活性物质是极板上的反应物质,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的纯铅(Pb),制作时铅膏中加入了松香、油酸、硬脂酸等防氧化剂。成形后负极板呈青灰色。

将正、负极板各一片浸入电解液中,就可获得 2.1V 的电动势。为了增大蓄电池的容量,而又不致使体积过大,一般都采用小面积的多片正、负极板分别并联,用横板焊接,组成正、负极板组,如图 1-2 所示。安装时正、负极板相互嵌合,中间插入隔板,放入单格电池槽内,形成单格电池。在单格电池中,负极板的片数比正极板的片多一片,正极板都处于负极板之间,使两侧放电均匀,否则由于正极板的机械强度差,易造成正极板的拱曲变形和活性物质的脱落。

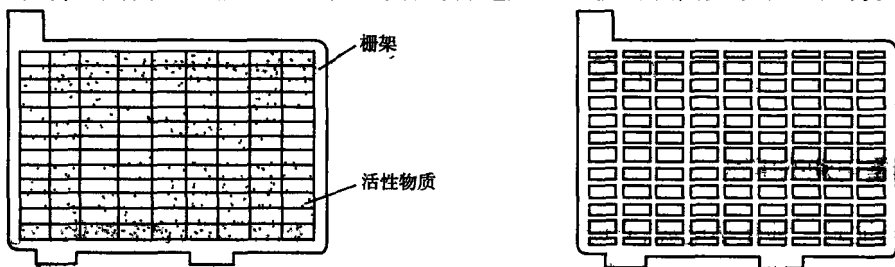


图 1-2 极板和栅架

2) 隔板

为了减小铅蓄电池的内电阻和尺寸,正、负极板间的距离应尽可能的小,为此在二者之间插入隔板。隔板的作用就是使正、负极板尽量靠近而不至于短路。隔板采用绝缘材料制成,应具有多孔性,有一定的机械强度,耐酸,不含有对极板有害的物质等性能。目前使用的主要有木质隔板、玻璃纤维隔板、微孔橡胶隔板和微孔塑料隔板。其中,微孔塑料隔板使用较为广泛。

隔板的结构形状有槽沟状、袋状等。槽沟状隔板比极板面积稍大,一面制有纵向槽沟,安

装时带槽沟的一面朝向正极板,并且使槽沟与外壳底部垂直。袋状隔板仅包在正极板外部,因为正极板活性物质比较松散,容易脱落。

3) 电解液

电解液是由密度为 $1.84\text{g}/\text{cm}^3$ 的化学纯净硫酸和蒸馏水按一定比例配制而成。密度一般在 $1.24 \sim 1.30(25^\circ\text{C})$,其作用是形成电离,促使极板活性物质溶离,产生可逆的电化学反应。使用时,应根据当地最低气温或制造厂的推荐进行选择(表 1-1)。

不同气温下的电解液相对密度(25℃)

表 1-1

使用地区最低气温(℃)	冬 季	夏 季	使用地区最低气温(℃)	冬 季	夏 季
-40	1.30	1.26	-39 ~ -20	1.27	1.24
-40 ~ -30	1.28	1.24	-20 ~ 0	1.26	1.23

4) 外壳

蓄电池的外壳是用来盛放电解液和极板组的容器,其材料应耐热、耐酸、耐振。目前国内多采用硬橡胶外壳和聚丙烯外壳,以后者居多。壳内用间壁分隔成 3 个或 6 个互不相通的不同单格;单格底部有凸筋用来积存极板脱落的活性物质。每个单格内放入一对极板组,组成一个单格电池。蓄电池盖上开有加液孔,用来添加电解液及检查电解液液面高度和相对密度。加液孔螺塞上的通气孔应该经常保持通畅,使蓄电池化学反应产生的气体能顺利逸出。

5) 联条

铅蓄电池一般由若干个单元电池串联而成,每个单格电池的额定电压为 2V。联条的作用是将单格电池串联起来,提高整个蓄电池的端电压。其连接方式采用穿壁式或跨桥式连接方式,如图 1-3)所示。联条由铅锑合金浇铸而成。

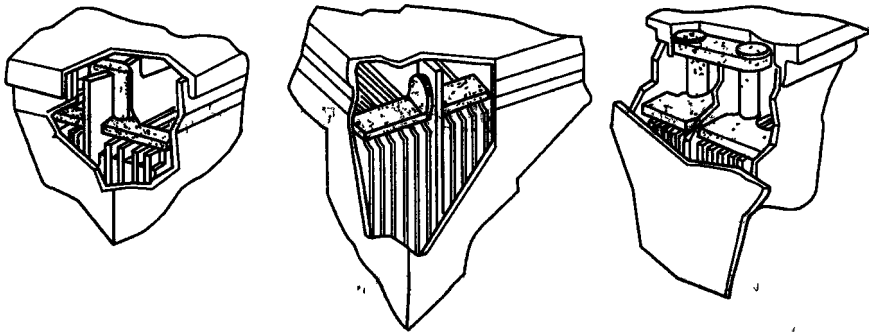


图 1-3 穿壁式联条

6) 极桩

铅蓄电池的首位两极板组的横板上分别焊有两接线柱称为蓄电池的正负极桩。极桩分为侧孔形、锥形和 L 形 3 种。为了便于区分,正极桩上或旁边标有“+”记号;负极桩上标有“-”记号。使用过的蓄电池标注不清时,可用万用表测定。

2. 干荷电蓄电池的性能特点

(1) 极板组在干燥状态下能长期(2 年)保存在制造过程中所得到的电荷;

(2) 在规定的保存期内启用,只要加入符合规定密度的电解液,静置 20min,调整液面至规定高度,不需进行初充电即可使用;

对储存期超过两年的干荷电蓄电池,使用前应进行 5~10h 的补充充电。

三、蓄电池的规格型号

蓄电池的型号按 JB 2599—85《起动型铅蓄电池标准》规定,铅蓄电池型号的编制和含义如下:

串联单格电池数	电池类型和特征	额定容量
---------	---------	------

(1) 单格电池数,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。如起动型铅蓄电池用“Q”,代号 Q 是汉字“起”的第一个拼音字母。

电池特征为附加部分,仅在同类用途的产品具有某种特征,在型号中又必须加以区别时才采用。当产品同时具有两种特征时,应按表 1-2 顺序将两个代号并列标志。

常见电池产品特征代号

表 1-2

序号	1	2	3	4	5
产品特征	干荷电	湿荷电	免维护	少维护	密封式
代号	A	H	W	S	M

(3) 额定容量用阿拉伯数字表示。20h 放电率的一片正极板设计容量为 $15A \cdot h$ 。

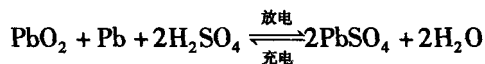
(4) 在产品具有某些特殊性能时,可在型号的末尾加注相应的代号,如:G 表示高起动率;S 表示塑料外壳;D 表示低温起动性能。

例:6-QAW-100,表示由 6 个单格电池组成,额定电压 12V,额定容量 $100A \cdot h$ 的起动用干荷电免维护蓄电池。

课题二 蓄电池的工作原理及特性

一、蓄电池的工作原理

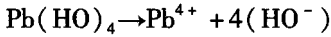
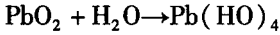
当蓄电池对负载放电时,正极板上的活性物质 PbO_2 和负极板上的 Pb 都转化成了 $PbSO_4$, 电解液中的 H_2SO_4 浓度降低;充电时,正负极板上的 $PbSO_4$ 在充电电流的作用下逐渐恢复为 PbO_2 和 Pb ,电解液中的硫酸浓度增高如图 1-4 所示。蓄电池充、放电过程的电化学反应式为:



1. 电动势的建立

当极板浸入电解液时,在负极板周围,少量金属铅(Pb)溶解于电解液生成 Pb^{2+} ,在极板上留下一些电子,使极板带负电;同时由于正、负电荷的吸引,一部分 Pb^{2+} 又沉附于极板表面。当两者达到平衡时,溶解便停止,此时极板具有负电位,约为 $-0.1V$ 。

正极板周围,少量 PbO_2 溶于电解液,与水反应生成 $Pb(OH)_4$, $Pb(OH)_4$ 不稳定,在电解液中又电离成四价铅离子(Pb^{4+})和氢氧根离子(HO^-)。即:



Pb^{4+} 沉附于极板的倾向, 大于溶解的倾向, 因而大部分 Pb^{4+} 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 。约为:

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

2. 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_t 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。

在正极板处, Pb^{4+} 和电子结合, 变成 Pb^{2+} 。

Pb^{2+} 与电解液中的 SO_4^{2-} 结合生成 PbSO_4 沉附于正极板上。

在负极板处, Pb^{2+} 与电解液中的 SO_4^{2-} 结合也生成 PbSO_4 沉附于负极板上, 而极板上的金属铅继续溶解, 生成 Pb^{2+} 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 都转变为 PbSO_4 , 电解液中 H_2SO_4 逐渐减少而水增多, 故电解液相对密度下降。同时由于 PbSO_4 的导电性能比 PbO_2 和 Pb 差, 随着 PbSO_4 的增多, 蓄电池的内阻增大, 供电能力逐渐下降。

理论上, 放电过程可以进行到正负极板上的活性物质全部变为硫酸铅为止。但是, 由于电解液不能渗透到活性物质的最内层, 活性物质不能被充分利用。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、增加多孔率是提高活性物质利用率、减小电池重量的有效途径。

3. 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, 在正极板处 Pb^{2+} 失去电子变成 Pb^{4+} 后, 使正极板处的电离平衡因为 Pb^{2+} 的减少和 Pb^{4+} 的增多而打破, 从而引起 PbSO_4 不断溶解, 同时形成 PbO_2 ; 在负极板处 Pb^{2+} 得到电子形成 Pb , 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 PbSO_4 不断溶解, 同时形成 Pb ; 在电解液中, 由于 HO^- 与 H^+ 相对减少, 打破了原来的平衡, 使水不断分解为 HO^- 与 H^+ , 同时 SO_4^{2-} 增多, 即电解液中 H_2O 逐渐减少而 H_2SO_4 增多, 故电解液相对密度增加。当电源断开时, 充电过程即终止, 正、负极与电解液之间达到新的电离平衡状态。

理论上只有当正、负极板上的 PbSO_4 全部变为 PbO_2 和 Pb 时充电过程才完全结束, 但是由于充电后期水越来越多的被电解, 造成水的损耗增加, 蓄电池的寿命缩短, 因此使用中, 当绝大部分 PbSO_4 转变为 PbO_2 和 Pb 电解液中产生大量气泡时, 应停止充电。

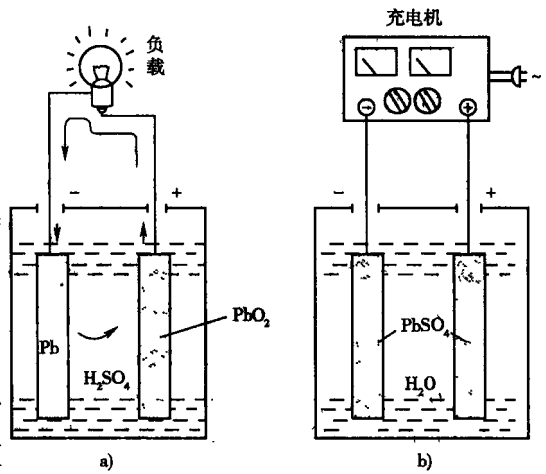


图 1-4 铅蓄电池反应原理

a) 放电; b) 充电



二、蓄电池的工作特性

1. 静止电动势

静止电动势是指蓄电池在静止状态下,正、负极板之间的电位差(即开路电压),用 E_0 表示。它的大小与电解液的相对密度和温度有关,其经验公式为:

$$E_0 = 0.84 + \rho_{25^\circ\text{C}}$$

式中: $\rho_{25^\circ\text{C}}$ ——25℃ 电解液实际测量的密度, $\rho_{25^\circ\text{C}} = \rho_t + \beta(t - 25)$;

ρ_t ——实际测量的电解液相对密度;

t ——实际测量的电解液温度;

β ——密度温度系数, $\beta = 0.00075$, 即温度每升高 1℃, 相对密度将下降 0.00075。

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 ~ 1.28 之间波动,因此,蓄电池的静止电动势也相应地在 1.97 ~ 2.05V 之间变化。

2. 内阻

蓄电池的内阻大小决定了蓄电池的带负载能力。在相同的条件下,内阻越小,输出电流越大,带负载能力越强。蓄电池的内阻为极板电阻、电解液电阻、隔板电阻、铅联条和极柱电阻的总和,用 R_0 表示。

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 PbSO_4 越多,极板电阻越大。因此,随着蓄电池放电程度的增加,内阻也在不断增大,尤其是在接近放电终了时,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。另外,隔板越薄,电阻越小。

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。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 H^+ 和 SO_4^{2-} 减少,电阻也增大。实验表明,25℃ 电解液密度为 1.208g/cm 时,内阻最小。

连接条电阻、极桩电阻一般很小,但要注意极桩的接触电阻。如果极桩表面存在氧化物,则蓄电池电阻将明显增大。

完全充足电的蓄电池在 20℃ 时,其内阻 R_0 可根据下式进行计算:

$$R_0 = \frac{U_0}{17.1C_{20}}$$

式中: U_0 ——蓄电池的额定电压, V;

C_{20} ——蓄电池的额定容量, A · h。

3. 铅蓄电池的工作特性

1) 放电特性

铅蓄电池的放电特性是指蓄电池在恒定电流放电状态下电解液的相对密度、蓄电池端电压随放电时间而变化的规律;图 1-5 是将充足电的 6—QA—100 蓄电池以 5A 的放电流进行放电时测得的规律曲线。

在放电过程中,电解液的相对密度呈直线下降,相对密度每下降 0.04, 蓄电池约放掉 25%

Q_c 的电量。

放电过程中,由于蓄电池的内阻 R_0 的存在,所以蓄电池的放电电压 U_f 总是小于其电动势 E ,即

$$U_f = E - I_f R_0$$

式中: I_f ——放电电流,A;

U_f ——放电时蓄电池的端电压。

从放电特性曲线可以看出,放电过程中,端电压的变化规律分三个阶段。

第一阶段 端电压由 2.11V 迅速下降到 2.0V 左右。这是由于放电开始时,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,使得孔隙内电解液的密度迅速下降引起的。

第二阶段 端电压由 2.0V 下降到 1.85V,基本呈直线规律缓慢下降。在这一段的放电过程中,容器中的电解液便向极板孔隙内渗透。当渗入的新电解液完全补偿了孔隙内消耗的硫酸量时,端电压将随整个容器内电解液相对密度的降低而下降,因此端电压下降缓慢,时间较长。

第三阶段 端电压迅速由 1.85V 下降到 1.75V。这是由于放电接近终了时,化学反应深入到极板的内层,而放电时产生的 $PbSO_4$ 是原来活性物质 PbO_2 和 Pb 的 2~3 倍, $PbSO_4$ 积聚在极板孔隙内,减小了极板孔隙的容积,使电解液的渗入困难,极板孔隙内消耗掉的硫酸难以得到补充,孔隙内的电解液相对密度便迅速下降,端电压也随之急剧下降。

当电压降至一定值时(20h 放电率,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。

停止放电后,由于极板孔隙中的电解液和容器中的电解液相互渗透,趋于平衡,蓄电池电压上升至 1.95V 时,称为蓄电池“休息”。

蓄电池放电终了的特征是:

(1) 单格电池电压下降到放电终止电压(表 1-3)。

起动型铅蓄电池的放电率与终止电压的关系

表 1-3

放电情况	放电率	20h	10h	3h	30min	5min
	放电电流(A)	0.05C ₂₀	0.1C ₂₀	0.25C ₂₀	C ₂₀	3C ₂₀
单格电池终止电压(V)		1.75	1.70	1.65	1.55	1.50

(2) 电解液相对密度下降到最小值。

2) 充电特性

铅蓄电池的充电特性是指蓄电池在恒定电流充电状态下,电解液相对密度、蓄电池端电压随充电时间变化而变化的规律,如图 1-6 所示。将放完电的 6—QA—100 蓄电池以 10A 的充电电流进行恒流充电,每隔一定时间测量其端电压、电解液密度和温度,便可得到该蓄电池

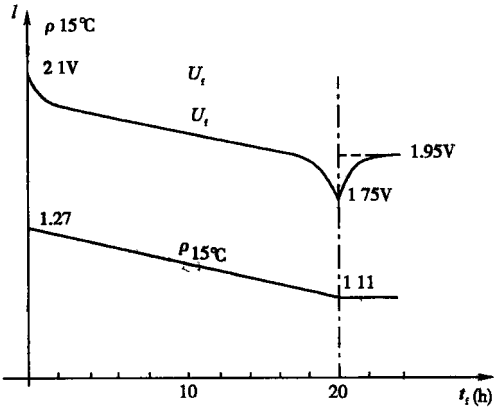


图 1-5 放电特性曲线