

交通 **高职** 院校统编教材

工程机械电气设备

(工程机械运用与维修、公路机械化施工专业用)

赵仁杰 主编
柴野 主审



● 人民交通出版社

交通高职高专院校统编教材

Gongcheng Jixie Dianqi Shebei

工程机械电气设备

(工程机械运用与维修、公路机械化施工专业用)

赵仁杰 主编

柴野 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书对工程机械电气设备的结构原理、性能检测和使用维修进行了较详细的阐述,重点介绍了工程机械电气设备新结构的性能特点及使用维修方法。全书共七章,主要内容有:电源系统,电力起动系统,汽油发动机点火系统,照明系统、信号系统与警报装置,电气仪表与辅助电器,工程机械电子控制装置,工程机械电气设备总线路。

本书为交通高职高专院校工程机械运用与维修、公路机械化施工专业统编教材,亦可供有关技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械电气设备 / 赵仁杰主编. —北京:人民交通出版社,2002.8

ISBN 7-114-04399-6

I. 工... II. 赵... III. 工程机械—电气设备
IV. TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 055462 号

交通高职高专院校统编教材

工程机械电气设备

(工程机械运用与维修、公路机械化施工专业用)

赵仁杰 主编

柴野 主审

正文设计:彭小秋 责任校对:尹静 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号 010 64216602)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:23.25 字数:582千

2002年11月 第1版

2002年11月 第1版 第1次印刷

印数:0001—5000册 定价:38.00元

ISBN 7-114-04399-6

TH·00037

前 言

交通职业教育教学指导委员会交通工程机械学科委员会自 1992 年成立以来,对本学科两个专业方向(港口机械、筑路机械)的教材编写工作一直十分重视,把教材建设工作作为学科委员会工作的重中之重,在“八五”和“九五”期间,先后组织人员编写了十多种专业急需教材,供港口机械和筑路机械两个专业内部使用,解决了各学校专业教材短缺的困难。

随着港口和公路建设事业的发展,港口机械和公路施工机械的更新换代速度加快,各种新工艺、新技术、新设备不断出现,对本学科的人才培养提出了更高的要求。另外,根据目前职业教育的发展形势,部分重点中专学校已改制为高等职业技术学院(校),多数中专学校同时招收中专和高职学生,本学科教材使用对象的主体已经发生了变化。为适应这一形势,交通工程机械学科委员会于 2000 年 5 月在云南交通学校召开了二届二次会议,制定了“十五”教材编写出版规划,并确定了“十五”教材编写的原则为:

1. 教材的使用范围:本套教材主要面向高职,兼顾中专,也可用于相关专业的职业资格培训,亦可供有关技术人员参考。

2. 教材内容难易适度,改变了以往教材偏多、偏深、偏难的现象,注重理论联系实际,便于学生自学。

3. 在教材内容的取舍和主次的选择方面,照顾广度,控制深度,力求针对专业,服务专业,对与本专业密切相关的内容予以足够的重视。

4. 教材编写立足于国内工程机械使用的实际情况,结合典型机型,系统介绍工程机械设备的基本结构和工作原理,同时有选择地介绍一些国外的新技术、新设备,以便拓宽学生的视野,为学生进一步深造打下基础。

“十五”期间公开出版的筑路机械专业教材共 6 种,包括《发动机构造与维修》、《工程机械底盘构造与维修》、《公路施工机械》、《工程机械电气设备》、《工程机械管理》、《工程机械液压与液力技术》。

《工程机械电气设备》是交通高职高专院校统编教材之一,内容包括电源系统,电力起动系统,汽油发动机点火系统,照明系统、信号系统与警报装置,电气仪表与辅助电器,工程机械电子控制装置,工程机械电气设备总线路等。全书共七章。

参加本书编写工作的有:内蒙古大学职业技术学院赵仁杰(编写绪论,第三章,第五、六、七章和附录)、内蒙古工业学校韩秉科(编写第一章)、内蒙古大学职业技术学院李美荣(编写第二章)、河北交通职业技术学院童晓帆(编写第四章)。全书由赵仁杰担任主编,湖北交通职业技术学院柴野担任主审,重庆交通学院职业技术分院罗贯三担任责任编委。

本教材在编写过程中得到交通系统各院(校)领导和教师的大力支持,在此表示感谢!

编写高职教材,我们尚缺少经验,书中不妥和疏漏之处,敬请读者指正。

交通职业教育教学指导委员会

交通工程机械学科委员会

2001 年 7 月

目 录

绪论	1
第一章 电源系统	3
第一节 铅蓄电池的功用、构造及型号	3
第二节 铅蓄电池的电化学反应及工作特性	8
第三节 铅蓄电池的容量及影响因素	14
第四节 铅蓄电池的充电方法及技术使用	18
第五节 新型铅蓄电池	25
第六节 交流发电机构造及型号规格	27
第七节 交流发电机的工作原理及特性	39
第八节 交流发电机调节器及继电器控制	43
第九节 交流发电机电源系的使用与检修	55
第二章 电力起动系统	70
第一节 电力起动机的构造与型号分类	70
第二节 电力起动机的工作原理与特性	76
第三节 工程机械用电力起动机举例	81
第四节 电力起动机的故障诊断与检测	89
第五节 电力起动机的使用保养与检修	91
第三章 汽油发动机点火系统	96
第一节 汽油发动机对点火系统的要求	96
第二节 蓄电池点火系统	99
第三节 磁电机点火系统	116
第四节 晶体管点火系统	131
第五节 计算机控制点火系统	137
第六节 汽油发动机点火系统的使用与检修	142
第七节 磁电机的使用与故障检测	155
第四章 照明系统、信号系统与警报装置	161
第一节 工程机械的照明设备	161
第二节 转向信号灯及其调节器	166
第三节 报警装置(电喇叭)	171
第四节 照明开关与报警信号装置	172
第五章 电气仪表与辅助电器	177
第一节 常规电气仪表	177
第二节 电子电气仪表	201
第三节 电子显示装置	206
第四节 电动刮水器	210

第五节	柴油发动机起动电预热装置	218
第六节	工程机械空调装置	223
第六章	工程机械电子控制装置	245
第一节	工程机械控制装置传感器	247
第二节	工程机械无级速度变换控制系统	261
第三节	液压挖掘机电子控制系统	277
第四节	液压起重机电子控制系统	284
第五节	自行式平地机的电子控制系统	305
第六节	稳定土厂拌设备电子控制系统	308
第七节	沥青混凝土拌和设备电子控制系统	311
第八节	沥青混凝土摊铺机电控系统	323
第九节	水泥混凝土拌和站电子控制系统	339
第十节	滑模式水泥混凝土摊铺机电控系统	349
第七章	工程机械电气设备总线路	353
第一节	工程机械电气设备的一般布线原则	353
第二节	工程机械电气线路组成与分析	353
第三节	工程机械电气设备用导线和线束	357
附录		361
一、	工程机械电气设备英文名词缩写	361
二、	工程机械电气设备主要符号及计量单位	361
三、	工程机械电气设备计量单位的换算	363
参考文献		364

绪 论

《工程机械电气设备》是以工程机械构造、电工学与电子学为基础,讲述工程机械所用电源、用电设备以及检测设备的结构原理、特性及其使用与维修等内容的一门专业课教材。

该课程的特点是科技含量高、实践性较强。在教学过程中,必须加强课堂教学、生产实践和实习试验等三方面的有机结合,以提高教学质量。

电气设备是工程机械的重要组成部分,其性能的好坏直接影响到工程机械的动力性、经济性、可靠性与施工质量。例如:为使柴油发动机可靠起动,需采用大功率电力起动机;为保证工程机械工作可靠、施工安全,需要依靠各种指示仪表、信号装置和照明设备等电气设备的正常工作,为提高工程机械施工作业的质量标准、施工进度,则有赖于各种电子传感器、检测仪器及电子计算机进行优化控制。

现代工程机械已经进入机电一体化的发展时代。随着工程机械的改进与性能的不断提高,工程机械上装用的传统电气设备正面临着巨大的冲击。在科学技术飞速发展的今天,尤其是电子工业的迅猛发展,电子技术在工程机械上的应用越来越广泛,工程机械用电子装置的新产品不断涌现(交流发电机、晶体管调节器、集成电路调节器、晶体管闪光器、电子计算机等),特别是工程机械的工作装置中,由于装备了大规模集成电路和微型处理器的投入使用,使施工作业质量极大提高,同时推进了工程机械工业的发展,也给工程机械的电子控制装置带来了巨大的进步。当前,电子技术在解决工程机械所面临的能源、安全、优质等问题方面正起着十分重要的作用。如电子控制柴油机喷油装置的应用不仅提高了柴油机的动力性,还可以节油3%~12%,同时对排气净化也十分有利。轮式机械电子控制自动变速器,在施工中可以自动进行起步、选档、换档,使施工操作轻便、换档平稳,大大减轻了操作工作的劳动强度。混凝土摊铺机电子控制自动找平装置,使路面摊铺工艺极大改善,自动调整施工作业质量,以保证高速公路路面达到优质的要求。此外,在实现施工操纵自动化和提高舒适性方面也仍然离不开电子设备的应用。可见,随着现代工程机械技术的不断发展,工程机械上所装用的电器与电子设备的数量也将与日俱增,所起的作用也将越来越重要。

工程机械电气设备,是在不断的颠簸、振动以及直接受到湿度、温度、尘土影响的情况下工作的。这些恶劣的条件,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工程机械全部故障的20%~30%。由此可见,为了保证工程机械的经济性、安全性和设备完好率,不但要求电气设备具有完善合理的结构,良好的工作性能,而且还要给以合理的使用、维修和调整。因此,对从事工程机械维修和机械化施工的技术人员来说,熟悉和掌握有关工程机械电器与电子设备的结构、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。

近几年来,我国工程机械电气设备制造工业呈现一派蓬勃发展的兴旺景象,引进世界先进技术,吸收新工艺、新设计,推广高新技术都取得了丰硕的成果,工程机械机电一体化的进展加快。可以预料,在四个现代化建设的大力推动下,我国工程机械电器行业一定能够迎头赶上和超过世界先进水平。

虽然现代工程机械上所装用的电器与电子设备的数量很多,但按其用途大致可划分下列五部分:

(1)电源:包括铅蓄电池、交流发电机及其调节器。

(2)点火装置:包括蓄电池点火系统、磁电机点火系统和晶体管点火系统。

(3)用电设备:包括电力起动机,照明、信号、仪表、报警装置,辅助电器(如刮水器、柴油机起动机预热器等)。

(4)电子控制装置:包括电子控制柴油喷油泵,电子控制防抱死制动 ABS 系统,轮式机械电子控制自动变速器,电子控制动力转向装置,电子控制全桥驱动装置,工程机械工作装置的电子控制等。

(5)配电设备:包括电路开关、熔断器装置和导线及全车线路。

工程机械电气设备的使用特点如下:

(1)低压:工程机械电气系统的额定电压一般有两种,12V 和 24V。目前,汽油机普遍采用 12V,柴油机则多采用 24V。

(2)直流:工程机械发动机是靠电力起动机起动的,它是直流串励式电动机,必须由铅蓄电池供电,而向铅蓄电池充电又必须用直流电,所以工程机械电气系统为直流系统。

(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(火线)连接,而用工程机械底盘、发动机等金属机体作为另一根公共“导线”(负极搭铁)。

当今世界工程机械的机电一体化技术,是集多种学科为一身的综合性的系统工程,必须在技术观念和教学认识上紧跟高新技术的发展形势。在工程技术上应以工程机械机电一体化技术为先导,以工程机械电液产品的高新技术为核心,将先导和核心的观念贯穿在机械、液压、化工等学科工程技术方面,积极引进和吸收国外的高新技术,缩短差距,抓住机遇,迎接新世纪高新技术的挑战。

第一章 电源系统

工程机械电气设备从总体上包括三大部分,即电源系统、控制装置和用电设备。工程机械电源系统的作用就是向工程机械上各用电设备或控制装置供电,满足工程机械用电需要。电源系统主要由发电机以及与发电机匹配的调节器、蓄电池、电流表等组成。

蓄电池与发电机及工程机械用电设备都是并联的。在发动机正常工作时,发电机应向用电设备供电和向蓄电池充电;当接入的用电设备过多使发电机超载时,蓄电池可协助发电机供电;起动时,蓄电池向起动机提供大电流;电流表用来指示蓄电池充电或放电电流的大小;调节器的作用是使发电机在转速变化时,能保持其输出电压恒定。

第一节 铅蓄电池的功用、构造及型号

蓄电池是将化学能转换成电能的一种低压可逆直流电源。

蓄电池按其本身的构造材料可分为酸性蓄电池和碱性蓄电池两类,碱性蓄电池其电解液为纯净苛性钠或苛性钾的碱性溶液,如铁-镍、镉-镍电池。酸性蓄电池电解液为纯净硫酸和蒸馏水的溶液,又由于酸性蓄电池极板材料的主要成分是铅,所以又称为铅蓄电池。

一、铅蓄电池的功用

工程机械上装设铅蓄电池,主要是为柴油发动机起动时供给强大起动电流(有些柴油机高达1000A),所以把工程机械及运输机械用铅蓄电池称为起动型铅蓄电池。

工程机械上的用电设备都是和交流发电机及铅蓄电池并联连接的,如图1-1所示。但在使用中,交流发电机和铅蓄电池不一定同时供电。一般情况下,交流发电机一开始运转,其电压就会高于铅蓄电池的电动势而单独向用电设备供电,铅蓄电池只有在下列情况下才能体现其电源功能:

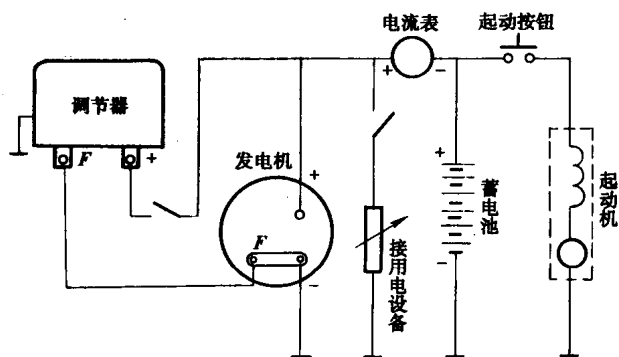


图 1-1 工程机械并联电路

(1)柴油发动机起动时,向起动机和用电设备供电;

(2)当同时接入较多用电设备、交流发电机超载时,协助交流发电机供电;

(3)交流发电机不发电或电压较低的情况下向用电设备供电;

(4)当交流发电机端电压高于铅蓄电池的电动势时,它可将交流发电机的一部分电能转换成化学能贮存起来(即充电)。

铅蓄电池还相当于一个较大的电容器,能吸收电路中随时出现的瞬间过电压,以保护晶体管元件不被击穿,延长其使用寿命。

铅蓄电池的最大优点是起动性好,电阻小,结构简单,电压稳定,原材料较为丰富,成本低。主要缺点是使用寿命短(见表 1-1)。

各种蓄电池的性能比较

表 1-1

类别	额定功率(kW)	寿命周期(h 或年)	类别	额定功率(kW)	寿命周期(h 或年)
铅		500 ~ 1 500h	钠-硫		
银-锌		50 ~ 1 500h	氢-氧	0.5 ~ 2	0.5 ~ 1 年
锌-空气	1 ~ 5	50 ~ 100h			

随着铅蓄电池的结构、材料、制造工艺的日益改进和使用技术的不断提高,其使用寿命会越来越长(国外新型铅蓄电池的使用寿命可达 4 年左右)。

二、铅蓄电池的结构

铅蓄电池是由多个单格电池组成,每个单格电池的标称电压为 2V。相邻两单格之间有间壁相隔,以保证各个单格电池的独立性,同时又用铅金属联条把单格串联起来,成为一个铅蓄电池总成,见图 1-2。

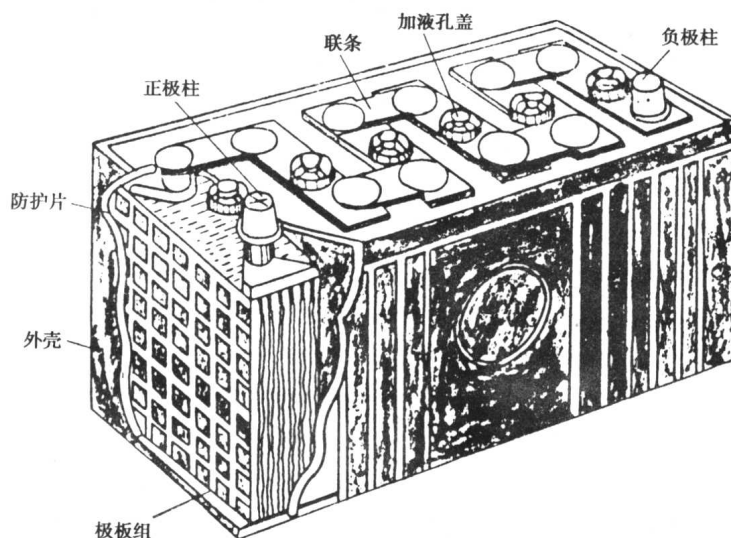


图 1-2 铅蓄电池的构造

铅蓄电池的主要组成部分:

1. 极板

极板是铅蓄电池的核心部分,它分为正极板和负极板。铅蓄电池的充放电过程,即电能和化学能的相互转换过程就是依靠极板上的活性物质和电解液中硫酸的化学反应来实现的。铅蓄电池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纯铅(Pb),呈深灰色。它们两者在放电终了时,颜色都将变淡。

极板是由栅架及铅膏涂料组成,其形状如图 1-3 所示。

栅架的结构如图 1-4 所示。其材料多为铅-锑合金(国内一般含锑 5% ~ 7%)。加入锑的目的是为了提高栅架的机械强度和浇铸性能,但锑有副作用,它容易从极板栅架中解析出来,

引起铅蓄电池自放电和栅架膨胀、溃烂,缩短铅蓄电池的使用寿命。在国外已采用铅-低铈合金栅架(含铈 2%~3%)和铅-钙-锡合金栅架。

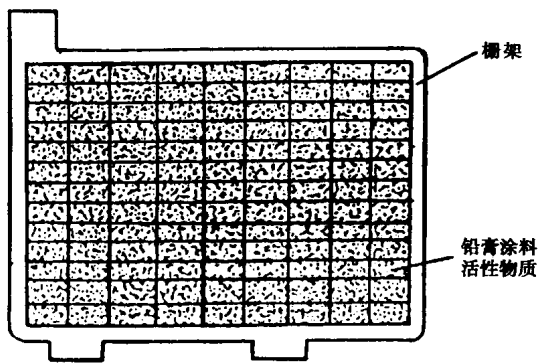


图 1-3 极板

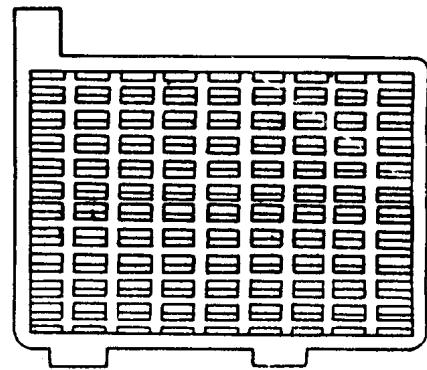


图 1-4 栅架

栅架尺寸的大小,决定了极板容纳活性物质的多少,并确定了正极板的额定容量。

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。经干燥后,放到硫酸溶液中,经较长时间的充电,使正极板变成二氧化铅,负极板变成纯铅。为了防止在使用中负极板上的活性物质收缩,增加其多孔性,涂在负极板上的铅膏中加入了少量的硫酸钡、腐殖酸、炭黑、木素磺酸钙、木素磺酸钠、合成鞣料等添加剂,其中木素磺酸钙、木素磺酸钠对改善铅蓄电池低温起动性有显著的效果。同时,在活性物质中还加入天然纤维和合成纤维,以防止活性物质的脱落和裂纹。

把正、负极板各一片浸入到标准电解液中,就能获得 2.1V 的静止电动势,端电压为 2V。但为了增加铅蓄电池的容量,将多片正、负极板组合起来,用横板焊接,组成正、负极板组,装在单格电池内。负极板的数量比正极板多一片,这样正、负极板两侧都处于负极板之间,使其两侧放电均匀,防止正极板的翘曲和活性物质脱落(负极板的化学反应没有正极板强烈)。

单格电池容量随极板片数的增多而相应增大,但端电压仍然只有 2V。为了提高端电压,实际生产的起动型铅蓄电池都是将单格电池串联成一个整体,通常将三个单格串联成额定电压 6V,或者将六个单格串联成额定电压 12V,还可以将两个不同容量的 6V 或 12V 串联成 12V 或 24V 的铅蓄电池组,这样就可根据用电设备额定电压的高低选配,形成具有相应端电压的起动型铅蓄电池。

2. 隔板

为了尽量减少铅蓄电池的体积,使正、负极板靠拢,但又不致使正、负极板短路,以及防止因极板翘曲和活性物质脱落而引起的短路,并且防止由于铈的析出而造成的自放电,故在相邻的正、负极板之间夹一绝缘板,即隔板。为了保证电解液畅通无阻,隔板应具有多孔性,还应耐酸、耐热、不氧化、不变形、不含杂质、具有一定的机械强度等。隔板按选用材料性质的不同可分为木隔板、多孔塑料隔板及浸树脂纸隔板等。一般将隔板的面积做得比极板稍大些,同时还将一面做成有纵向槽沟,并把带槽沟的一面对准正极板、且垂直于底壳,以保证电解液的畅通无阻,以及使正极板上脱落的活性物质顺利落入壳底槽中。

3. 电解液

铅蓄电池的电解液是由硫酸和蒸馏水按专用的规定比例配制而成,电解液的相对密度为

1.24 ~ 1.285。对于气温较高的地区应采用偏低密度,寒冷地区密度应稍大些,即使同一地区冬季应比夏季相对密度值高出 0.02 ~ 0.04。不同地区和气温条件下的电解液相对密度如表 1-2 所示,供调整铅蓄电池电解液的相对密度时参考。

不同地区和气温条件下的电解液相对密度

表 1-2

气温条件	完全充足电时铅蓄电池在 25℃ 的电解液相对密度	
	冬季	夏季
冬季温度低于 -40℃ 的地区	1.30	1.26
冬季温度在 -40℃ 以上的地区	1.28	1.24
冬季温度在 -30℃ 以上的地区	1.27	1.24
冬季温度在 -20℃ 以上的地区	1.26	1.23
冬季温度在 0℃ 以上的地区	1.23	1.23

配制电解液必须使用耐热、耐酸的器皿。因硫酸的比热比水的比热小得多,受热时升温快,易产生气泡,造成飞溅现象,所以配制电解液时切记只能将硫酸缓慢倒入蒸馏水中,并且不断搅拌。

4. 壳体

壳体的作用在于使铅蓄电池成为一个整体。制作壳体的材料必须耐热、耐酸、耐腐蚀、耐振动,并具有一定的机械强度。国产起动型铅蓄电池的壳体一般采用硬质橡胶制成的。近几年来,由于工程塑料迅速发展,利用聚丙烯塑料作为起动型铅蓄电池的壳体,体现了质量小、外形美观、半透明、有利于保养的特点,并且有耐腐蚀、原料广,制造工艺简单,易于热封合,不会给铅蓄电池带进任何有害杂质等优点。因此,以塑料代替橡胶作为铅蓄电池壳体,已成为今后的发展趋势,现在国内已大批生产和广泛使用。

壳体呈长立方形状,在内部制成互不相通的三个或六个单格。在顶沿内侧有与池盖相接合的特制槽沟,以便使封口密封良好。壳内底部有凸筋,用以支撑极板组,并使脱落的活性物质掉入凹槽内,以免使正负极板短路。安装好的起动型铅蓄电池,外壳顶部与池盖接合处,均用特制的耐酸沥青封口。伸出的极桩也都有铅衬套焊封严密。外壳顶部的加液孔盖也利用耐酸橡胶垫圈和孔盖旋紧。加液孔是用于注入电解液,旋紧孔盖就可以防止电解液溅出。孔盖上有气孔,随时排出铅蓄电池内的氢气和氧气,以免发生气压过大而炸裂壳体的事故。如果在孔盖上安装一个氧化铝过滤器,还可以避免水蒸气的逸出,减小水的消耗。

5. 联条

联条的作用主要是将单格电池串联起来,提高整个铅蓄电池的端电压,它由铅-锑合金铸造而成。过去对起动型铅蓄电池联条的安装方式,都是将其外露在池盖顶部,被称为传统联接方式。这种联接方式不仅浪费材料,而且使铅蓄电池内阻增加,所以现代新型的起动型铅蓄电池,大多采用跨接式或穿壁式联接方法,这对避免联条氧化,保证接触良好,提高技术性能都有明显的效果。穿壁式联接如图 1-5 所示。

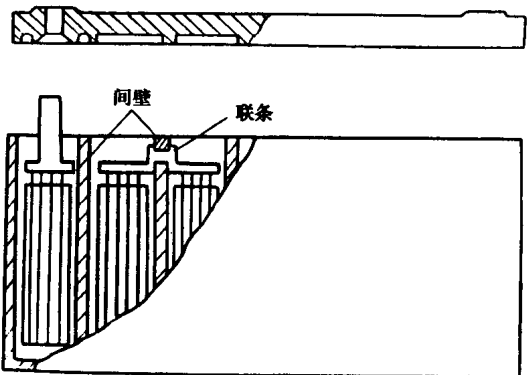
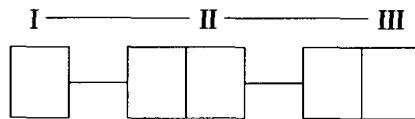


图 1-5 穿壁式联接

利用联条将各单格电池相邻两异性极桩串联,首末两单格电池的各异性极桩则分别伸出池盖顶部,形成铅蓄电池的正、负两个接线用的极桩,它们用作线路连接以进行充、放电工作。这两个极桩在出厂时,均由制造厂在正极桩上铸有“+”号,并涂以红色;负极桩上则铸有“-”号,多数不涂颜色,也有涂蓝色或绿色的,达到标志明显、严防接错极性的目的。

三、起动型铅蓄电池的规格型号及其选择

按照中华人民共和国《汽车电气设备产品型号编制方法》QC/T 73—93 标准的规定,铅蓄电池产品型号共分为三段,其排列及含义如下:



第一段表示串联的单格电池数,用阿拉伯数字表示,其标准额定电压为这个数字的 2 倍。

3——表示三个单格,额定电压 6V。

6——表示六个单格,额定电压 12V。

第二段表示铅蓄电池的类型和特征,用两个汉语拼音字母表示。其中第一个字母是 Q,表示起动用铅蓄电池,如果是 M 则表示摩托车用蓄电池;第二个字母为铅蓄电池的特征代号,无字母则表示为普通型铅蓄电池。以下是铅蓄电池的特征代号:

- | | |
|----------|----------|
| A——干荷电式; | W——免维护式; |
| F——防酸式; | D——带液式; |
| J——胶体电液; | Q——气密式; |
| Y——液密式; | H——湿荷电池; |
| B——半密闭式; | B——薄型极板。 |

第三段表示铅蓄电池额定容量和特种性能,我国目前规定采用 20h 放电率的额定容量,单位为 A·h(安·时),用数字表示,特殊性能用字母表示。

- G——表示高起动率;
- S——表示塑料槽;
- D——表示低温起动性能好。

国产铅蓄电池的规格、型号及参数见表 1-3 所示。

国产铅蓄电池的规格、型号及参数

表 1-3

序号	类别	蓄电池型号	蓄电池规格	单格 电池数	额定 电压 (V)	20h 放电 额定 容量 (A·h)	最大外形尺寸(mm)			参考质量(kg)	
							长	宽	总高	有电 解液	无电 解液
1	第一类	3—Q—75	6V75 A·h	3	6	75	197	178	250	17	14
2		3—Q—90	6V90 A·h			90	224	178	250	20	15
3		3—Q—105	6V105 A·h			105	251	178	250	23	18
4		3—Q—120	6V120 A·h			120	278	178	250	25	20
5		3—Q—135	6V135 A·h			135	305	178	250	27	22
6		3—Q—150	6V150 A·h			150	332	178	250	29	24
7		3—Q—195	6V195 A·h			195	343	178	250	41	34

续上表

序号	类别	蓄电池型号	蓄电池规格	单格 电池数	额定 电压 (V)	20h 放电 额定 容量 (A·h)	最大外形尺寸(mm)			参考质量(kg)	
							长	宽	总高	有电 解液	无电 解液
8	第二类	6-Q-60	12V60 A·h	6	12	60	319	178	250	25	21
9		6-Q-75	12V75 A·h			75	373	178	250	33	27
10		6-Q-90	12V90 A·h			90	427	178	250	39	31
11		6-Q-105	12V105 A·h			105	485	178	250	47	37
12	第三类	6-Q-120	12V120 A·h	6	12	120	517	198	250	52	41
13		6-Q-135	12V135 A·h			135	517	216	250	58	46
14		6-Q-150	12V150 A·h			150	517	234	250	63	50
15		6-Q-165	12V165 A·h			165	517	252	250	67	54
16		6-Q-195	12V195 A·h			195	517	288	250	75	61
17	第四类	6-Q-40G	12V40 A·h	6	12	40	212	172	250	75	61
18		6-Q-60G	12V60 A·h			60	279	172	250	75	61
19		6-Q-80G	12V80 A·h			80	346	172	250	75	61

在表 1-3 中,第一至第三类为普通型铅蓄电池,其中第一类为三个单格组成,第二类和第三类为六个单格组成,第四类为干式荷电式铅蓄电池,其中大部分已采用了薄板型极板。

额定容量是按国家有关部门颁布的标准:保证铅蓄电池在一定放电条件下,应该释放出的最低限度的容量。目前我国规定为 20h 放电率的条件是:放电时间为 20h,电解液的初始温度为 $25 \pm 5^\circ\text{C}$,相对密度为 $1.28 \pm 0.01(25^\circ\text{C})$,放电终止电压为 1.75V 的条件下的放电容量。

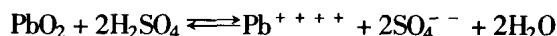
额定储备容量,按国际电工委员会(IEC)的标准中规定,工程机械用起动型铅蓄电池的容量用额定容量和储备容量表示,我国采用额定容量表示。

第二节 铅蓄电池的电化学反应及工作特性

一、铅蓄电池的电化学反应

1. 电势的建立

铅蓄电池极板浸入电解液中,正极板的活性物质 PbO_2 少量溶于电解液,与硫酸作用产生四价铅离子 Pb^{++++} 和硫酸根离子,即:



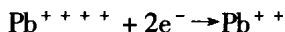
一部分 Pb^{++++} 沉附在正极板上,使正极板具有正电位,约为 +2.0V。负极板的 Pb 有少量溶于电解液中,生成 Pb^{++} ,使负极板具有约 -0.1V 的负电位。

因此,在外电路未接通,且这种反应达到相对平衡时,单格铅蓄电池电压(即静止电动势 E_j)约为:

$$E_j = 2.0 - (-0.1) = 2.1V$$

2. 放电过程

铅蓄电池接上负载后,在电动势的作用下,在电路内产生电流 I_f ,电子 e^- 从负极板经外电路的用电设备流向正极板,与 Pb^{++++} 结合生成 Pb^{++} , Pb^{++} 则与电解液中 SO_4^{--} 结合生成 $PbSO_4$,沉附在正极板上,使得正极板的电位降低。其化学反应式为:



在负极板处, Pb^{--} 与电解液中的 SO_4^{--} 结合也生成 $PbSO_4$,沉附在极板上,而极板上的金属铅继续溶解,生成 Pb^{++} ,留下电子 $2e^-$ 。

在外部电路的电流继续流通时,铅蓄电池正极板上的 PbO_2 和负极板上的 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,电解液相对密度下降。铅蓄电池放电时的化学过程如图 1-6 所示。

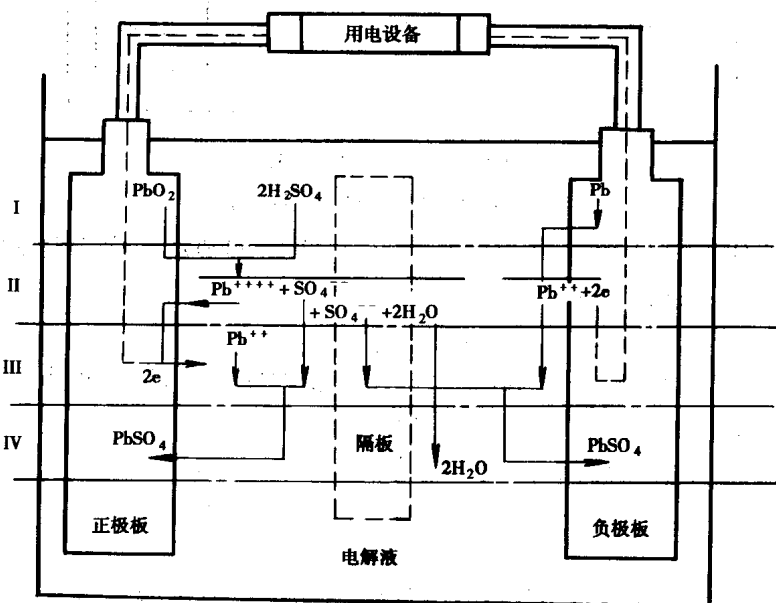
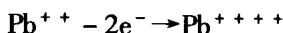
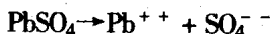


图 1-6 铅蓄电池的放电过程

3. 充电过程

充电时,铅蓄电池接入直流电源,当充电电源的端电压高于铅蓄电池电动势时,电流从铅蓄电池正极板流入,负极板流出(即电子 e^- 从正极经外电路流入负极)。正、负极板上发生的化学反应正好与放电过程相反,其化学反应过程如图 1-7 所示。

正极板处有少量 $PbSO_4$ 溶于电解液中,产生 Pb^{++} 和 SO_4^{--} 。由于直流充电电源的作用,使得沉附在正极板处的 Pb^{++} 失去 $2e^-$ 转变成 Pb^{++++} 回到溶液中,即:



Pb^{++++} 与 SO_4^{--} 结合生成 $PbSO_4$,再与水作用生成 PbO_2 和 H_2SO_4 , PbO_2 沉附于正极板上,即:



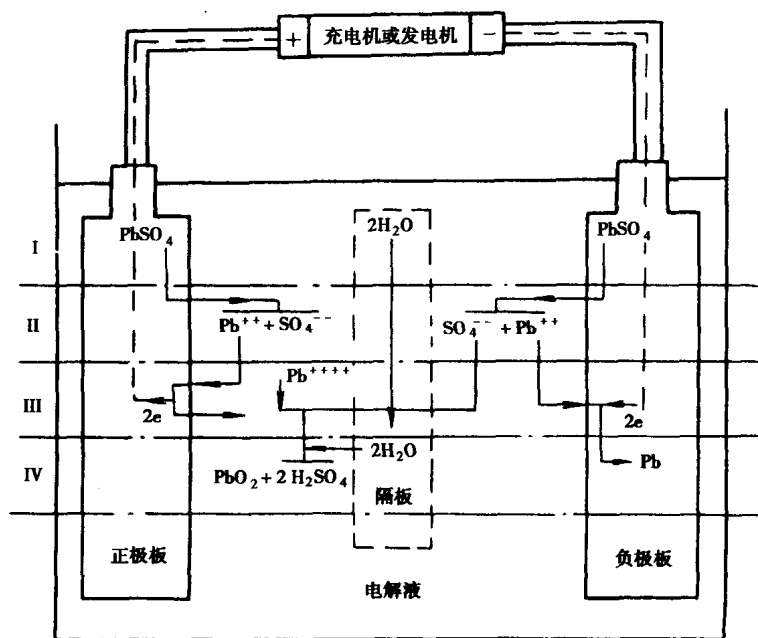
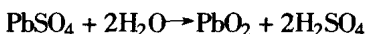
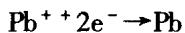


图 1-7 铅蓄电池的充电过程

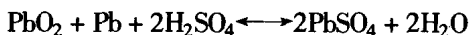


负极板上也有少量的 PbSO_4 溶于电解液中,产生 Pb^{++} 和 SO_4^{-} ,由于电流作用,使得沉附于负极板处的 Pb^{++} 获得电子变成 Pb ,即:



由此可见,在充电过程中,正、负极板上的 PbSO_4 逐渐恢复为 PbO_2 和 Pb ,电解液中的硫酸 (H_2SO_4) 成分逐渐增多,水 (H_2O) 逐渐减少,电解液相对密度将上升。

由以上分析可得,铅蓄电池充放电过程的总反应方程式表示为:



结论:

(1) 铅蓄电池在放电时,电解液中的硫酸将逐渐减少而水逐渐增多,电解液相对密度下降;铅蓄电池在充电时,电解液中的硫酸将逐渐增多,而水将逐渐减少,电解液相对密度增加。因此,也可以通过测量电解液相对密度的方法来判断铅蓄电池的充放电程度。

(2) 在充、放电时,电解液相对密度发生变化,主要是由于正极板处活性物质化学反应的结果,因此要求正极板处电解液的流动性要好,隔板的结构和安装应特别注意。

(3) 铅蓄电池放电终了时,实际上只有少部分活性物质转变为硫酸铅(20% ~ 30%)。因此,要减小铅蓄电池质量,提高供电能力,应设法提高极板的孔隙度,减小极板厚度以提高活性物质的利用率。

二、铅蓄电池的工作特性

1. 铅蓄电池的电动势、内电阻和端电压

铅蓄电池的工作特性主要指其电动势、端电压和内电阻在充放电过程中的变化规律。

1) 静止电动势

在静止状态下(即不充电也不放电的情况下),铅蓄电池的电动势(正、负极板之间的电位

差)称为静止电动势,其大小取决于电解液的相对密度和温度。

温度为 15℃ 时单格电池的静止电动势 E_j 与电解液相对密度的关系,可用下列经验公式计算:

$$E_j = 0.84 + \rho_{15^\circ\text{C}}$$
$$\rho_{15^\circ\text{C}} = \rho_t + \beta(t - 15)$$

式中: $\rho_{15^\circ\text{C}}$ ——15℃ 时电解液的相对密度;

ρ_t ——实际测量电解液的相对密度;

t ——实际测量电解液的温度(℃);

β ——相对密度温度系数, $\beta = 0.00075$ (即温度每上升 1℃, 相对密度下降 0.00075)。

2) 内阻

铅蓄电池内阻包括极板、电解液、隔板、铅联条和极桩电阻等。

在正常使用中,极板的电阻很小,但它随极板的工作状况而发生显著的变化。当极板表面生成一层硫酸铅时,它的阻值就会大大增加。

电解液的电阻取决于其相对密度和温度,当电解液的温度降低,或者相对密度过低或过高时,电阻都将会增加。电解液电阻和相对密度的关系如图 1-8 所示。

从图上可以看出相对密度为 1.200 (15℃) 时,电阻最小,即此时硫酸分解成离子的数量最多。相对密度过低或过高时,离子数量都会减少。而且相对密度过高时粘度增加,电解液中的离子流动速度减慢,会使电阻增加。

隔板的电阻取决于材质和厚度。隔板薄而且多孔,其电阻就小;反之,则电阻大。一般木质隔板由于多孔性差,所以比细孔橡胶和细孔隔板的电阻大些。

联条和极桩的电阻很小,但极桩在使用中因表面氧化,将会使电阻增加;如果外接导线与极桩接触不良,也会使电阻大大增加,以致使铅蓄电池不能正常工作。

但总的来说,铅蓄电池的内阻甚小,因此,可以输出很大的电流,适应起动柴油发动机的需要。

完全充电的铅蓄电池,在温度为 20℃ 时,总内电阻 R_0 可按下式计算:

$$R_0 = \frac{U_e}{1.71 Q_e} (\Omega)$$

式中: U_e ——铅蓄电池的额定电压(V);

Q_e ——铅蓄电池的额定容量(A·h)。

例如,3-Q-150 型铅蓄电池的内阻为:

$$R_0 = \frac{3 \times 2}{1.71 \times 150} = 0.023 (\Omega)$$

3) 端电压

铅蓄电池的端电压是指在不同工况下,正、负极桩间的电压值。其电压高低随铅蓄电池充、放电过程的变化而变化。充电时,端电压等于铅蓄电池电动势与内阻压降之和,并逐渐升高;放电时,则为电动势与内阻压降之差,并逐渐降低。

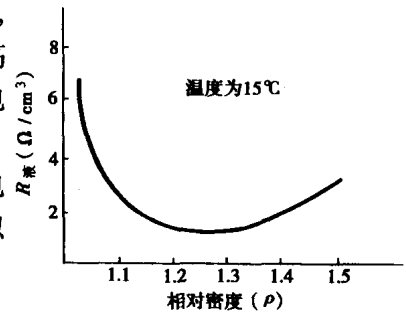


图 1-8 电解液电阻和相对密度的关系