

铁路中等职业学校职工学历教育试用教材

客车电气装置

黑龙江铁路高级技工学校	乔荫阁	主编
呼和浩特铁路成人中等专业学校	韩东伟	主审

中国铁道出版社

2003年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本套教材是为铁路职工进行学历教育而编写的。本书主要内容介绍客车蓄电池、感应子发电机、电采暖、GPS 列车信息系统的构造、作用原理和常见故障分析、检修、运用等知识。

本书是职工学历教育培训教材,也可作为复退军人非学历教育培训、一年环流培训以及岗位规范化培训、复退军人入校学习的教学用书,并可供铁路工程技术人员、职工学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

客车电气装置/乔荫阁主编.—北京:中国铁道出版社,2003.8

铁路中等职业学校职工学历教育试用教材

ISBN 7-113-05453-6

.客... .乔... .旅客列车—电气设备—专业学校—教材 .U271.038

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 076706 号

书 名:客车电气装置

作 者:乔荫阁 主编

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:金 锋

封面设计:蔡 涛

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:8.75 插页:1 字数:210 千

版 本:2003年9月第1版 2003年9月第1次印刷

印 数:1~5 000 册

书 号:ISBN 7-113-05453-6 U·1550

定 价:14.80 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话:(010)51873134 发行部电话:(010)51873171

前 言

为了适应铁路运输生产的需要,保证铁路职工队伍整体素质的提高,根据铁道部和铁路局对职工岗位达标及复退军人培训工作的要求,依据铁路中等职业学校有关专业教学计划的要求,从铁路职工学历教学入学的实际水平和状况出发,我们组织编写了适用于职工学历教育及复退军人入校学习的部分专业教材,并将陆续出版发行。

本套教材是根据《铁路运输技工学校教学计划》和《铁路职工技能鉴定指导丛书》的要求及各专业教学实际,结合铁路运输生产中的新技术、新材料、新工艺、新设备、新规章的运用进行编写的,为铁路职业学校开展职工学历教育提供适用、客观、科学、规范的教材,为学校授课提供依据,从而保证教学质量。

本套教材由哈尔滨铁路局教育处经过两年多的时间组织编写,在编写过程中我们根据目前铁路职工学历教育办学特点,结合近几年来铁路局所属成人中专及技工学校承担在职职工岗位学历达标及接受大量的复退军人上岗培训的教学实际,组织了长期从事教学、具有丰富教学经验和有一定的教改实践经历的专业教师担任教材的主编,由局内其他学校承担协编和审稿任务。为确保教材质量,我们还将部分教材送其他铁路局进行了审稿。

本套教材坚持理论与实际相结合,与过去已出版的中专教材相比,内容上减少了理论教学,加大实作应用,突出技能水平,语言上力求通俗易懂、言简意赅,具有较强的针对性。

本教材由黑龙江铁路高级技工学校乔荫阁主编,呼和浩特铁路成人中专韩东伟主审。哈尔滨铁路中等职业技术学校张宁审稿,参加本书编写的人员有乔荫阁、吴荣琦、谢树起、刘可欣、李望东、唐亚江等。周晓春、白石、董英秋、亢利平、徐晶等对本教材的修改工作提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

鉴于铁路改革和技术的发展,本教材难免有不足之处,欢迎读者提出宝贵意见。

哈尔滨铁路局教育处

2003年1月

目 录

第一章 车辆电气装置概述.....	1
第一节 客车供电方式及用电制.....	1
第二节 客车电气装置的组成及工作概况.....	2
复习思考题.....	4
第二章 客车蓄电池.....	6
第一节 TG 型铅蓄电池的构造	6
第二节 铅蓄电池的工作原理.....	8
第三节 铅蓄电池电解液	11
第四节 铅蓄电池的容量及电动势	14
第五节 铅蓄电池的检修及充放电工作	16
第六节 铅蓄电池主要故障的分析处理	20
第七节 碱性镉镍蓄电池	22
复习思考题	28
第三章 感应子发电机	29
第一节 感应子发电机的构造	29
第二节 感应子发电机的工作原理	33
第三节 KFT-1 型感应子发电机的工作特性	37
第四节 感应子发电机的维护、检修及试验.....	40
第五节 发电机的传动装置	41
复习思考题	44
第四章 KP-2A 型可控硅式控制箱	46
第一节 概 述	46
第二节 KP-2A 型控制箱的整流电路	48
第三节 KP-2A 型控制箱的稳压电路	50
第四节 KP-2A 型控制箱的辅助电路	58
第五节 KP-2A 型控制箱的结构与安装	61
第六节 KP-2A 型控制箱的调试及故障分析	64
复习思考题	69
第五章 逆 变 器	71
第一节 逆变器的基本工作原理	71
第二节 BY-2 系列逆变器的组成及工作原理.....	72
第三节 BY-2 系列逆变器的结构及故障分析.....	76
第四节 BY-40B 型逆变器	78
复习思考题	79
第六章 车体配线	80

第一节	车电装置的位置称呼法	80
第二节	车体配线	81
	复习思考题	88
第七章	TKZW-1TA 型轴温报警器	89
第一节	概 论	89
第二节	CMOS 场效应管集成电路元件	91
第三节	数字显示的基本原理	94
第四节	温度测量显示电路.....	100
第五节	轴温报警电路.....	105
第六节	轴温巡检及轴位显示电路.....	109
第七节	稳压电源和调试电路.....	111
第八节	使用维护、性能检测和故障分析	113
	复习思考题.....	117
第八章	新 技 术.....	119
第一节	塞 拉 门.....	119
第二节	电开水炉.....	125
第三节	电采暖装置.....	127
第四节	客车信息显示系统说明.....	129
	复习思考题.....	130
	参考文献.....	131

第一章 车辆电气装置概述

目前以及今后的很长一段时间里,旅客的运送仍然以铁路客车为主。为了使旅行条件更舒适、更安全,铁路客车设有一套以照明、轴温报警为主的用电设备和供给上述设备电能的供电装置。用电设备和供电装置通过车体配线连成一个完整的电力网路系统,形成了本课程所要讲述的车辆电气装置的基本内容。它不仅包括了传统的车轴式供电装置及照明、电扇等基本用电器,还包括了近几年来开始推广普及的集中式供电和客车空调、轴温报警器、塞拉门、电开水器、电采暖、GPS 列车信息系统等用电设备。

第一节 客车供电方式及用电制

我国铁路客车的供电方式,一直以车轴式为主导。随着空调客车的大量运用,客车用电量不断增加,客车供电方式正处于新旧交替时期,以柴油发电机组作为电源的车辆愈来愈多。

铁路客车所采用的供电方式从发电机驱动方式上分有车轴驱动和柴油机驱动两种,其中车轴式多用于普通客车,只有少量(24 型车)用于空调客车,而柴油发电机组则多用于空调客车。

另外,还有一种传统的区分方法,就是根据发电机所供负载的大小来区分,有单独式供电和集中式供电两种。本节所述供电方式即采用这种区分方法。

一、单独式供电

单独式供电方式是在单节客车上安装一套独立的供电装置,有车轴式和车下悬挂柴油发电机组式(用于单节空调客车)两种。其中车下悬挂柴油发电机组式运用较少,且做为空调客车也不是今后的发展方向,故本书暂不做介绍。

在单独式供电方式中,运用时间最长、应用范围最广的是车轴式供电方式。这种供电方式采用车轴式交流感应子发电机和蓄电池组并联向本车和相邻的车供电。发电机悬挂在转向架上,蓄电池组置于电池箱内并悬挂于客车底架。列车运行时,车轴通过皮带传动装置带动感应子发电机工作,发电机输出的三相交流电经整流后通过车体配线输入车内供负载使用并向蓄电池充。当列车低速运行或停车时,由蓄电池组向车上负载供电。由于这种供电方式中的发电机是交流的,其输出电流经整流后成为直流,因此该供电方式又被称为交一直流供电方式。

在车轴式供电方式中,运用时把安装有用电器、附件、车体配线及发电机和蓄电池组的车叫“母车”;把只安装有用电器、附件和车体配线的车叫“子车”。一列客车即是由数辆“母车”和数辆“子车”组成,而“母车”和“子车”的数量及排列要视用电量和列车编组情况而定。为了保证旅客列车在运行时正常用电,列车编组中“子车”的连续连挂不得超过两辆(首尾以一辆为

限)。除特殊情形外,加挂车每两辆中应挂母车一辆,在实际运用中,通常采用一辆“母车”带一辆“子车”的编组方式,“子车”通过电力连接器从“母车”获得电能。

二、集中式供电

在列车中的某一辆车上设置柴油发电机组,通过电力连接器向整个列车供电,这种供电方式称为集中式供电。

集中式供电因其供电量大,输出电压稳定而首先被用于全列空调车上。目前,我国的旅客列车正在由普通客车向空调客车发展,一辆空调客车的用电量可达30~40 kW,而一辆普通客车用电量仅有3 kW以下。因此,随着旅客列车现代化水平的不断提高,集中式供电将逐步取代单独式供电。

旅客列车采用集中式供电后,除供电量大大提高外,还体现出如下的特点:

1. 列车自重减小。由于没有车下发电机、传动装置和蓄电池组,故每辆母车的重量将减少近2 t。其供电设备的平均重量仅是采用车轴式供电装置时的1/5左右,而每千瓦功率所占的设备重量仅为1/10。

2. 制造成本降低。每辆车电气装置的价值,仅是车轴式供电装置的1/3到1/4,而每千瓦设备的价值仅是车轴式供电装置的1/10左右。

3. 车内可直接采用荧光灯及其镇流器,因而无需再设逆变器。

4. 集中式供电系采用柴油发电机组发电,其输出电压及频率不受列车运行速度的影响。

5. 采用集中式供电,不消耗机车功率。

就整个集中式供电来说,也存在着一些较难克服的缺点,如一旦发电机组出了故障或发电车从列车编组中摘车时,将会影响列车供电,甚至使整个列车供电完全停止。另外还需培训一批发电车专职检修和管理人员。

三、客车供电用电制

铁路客车用电制,20多年来经历了电压由低到高,由直流到交流,用电器由少到多,用电量由小到大的发展过程。在日光灯未上车时,一直采用直流24 V用电制,后因日光灯取代白炽灯且客车用电量也稍有增加,便开始采用直流48 V用电制。

近年来,空调客车的出现推动了客车用电制的改进,集中式供电采用了交流220 V(普通用电器)和交流380 V(空调机)用电制。

第二节 客车电气装置的组成及工作概况

一、车轴式供电的客车电气装置的组成及工作概况

(一) 车轴式供电的客车电气装置的组成及作用

车轴式供电的客车电气装置的组成包括:电源、控制箱、车体配线和用电器四个部分。

1. 电源部分

由一台 KFT - 1 型三相交流感应子发电机和一组 TG 型蓄电池组成,其中感应子发电机作为列车的行车电源。当列车进入正常运行时,输出电流经整流后送给车上负载并向蓄电池充电,与其配套使用的蓄电池组是列车低速运行或停车时的电源,由 24 个蓄电池串联而成。

感应子发电机悬挂于转向架构架上,采用三角皮带将动力从轴端皮带轮传至发电机皮带

轮,为此设有一套传动及皮带拉紧装置。

2. 控制箱

在车轴式供电的客车电气装置中,发电机输出电压及频率随车速及负载的变化而变化。为了将这个变化稳定在一定范围内,设置了一套自控装置。目前主要采用的是可控硅式控制箱,其作用是稳定电压,整流并控制蓄电池充电电流的大小。该控制箱置于乘务员室内,便于监视和调整。

3. 车体配线

电源输出的电能,通过连接线及配电盘与车上负载及子车相连接,这些连接部分及其附件称为车体配线,分为车体内的上部配线及车底架下的下面配线两部分。其作用是将电源、控制箱及用电器连成一个完整的电路。

4. 用电器

在采用车轴式供电的客车电气装置的客车中,用电器包括白炽灯、荧光灯(附逆变器)、电扇、排风扇、软卧呼叫装置、电动机、轴温报警器及播音设施。每辆车用电器平均功率一般在1 500 W左右。

(二) 车轴式交流发电机供电装置的工作概况

该供电装置采用三相交流感应子发电机做为车电源并与蓄电池组配套使用。其工作原理如图 1—1 及图 1—2 所示。

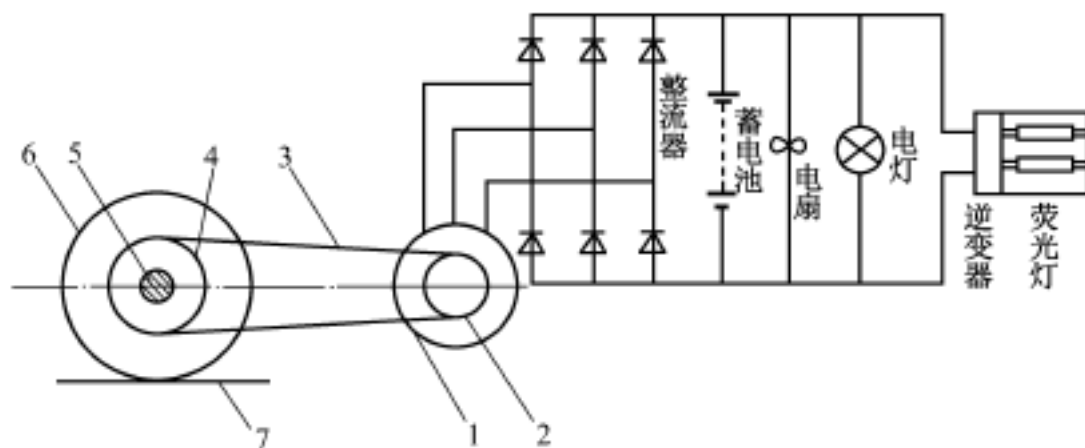


图 1—1 车轴式供电装置工作示意图

1—发电机;2—发电机皮带轮;3—传动皮带;4—车轴皮带轮;
5—车轴;6—车轮;7—钢轨。

行车时,发电机输出的三相交流电首先经过桥式整流电路整流,然后通过车体配线送给车上各种负载,包括直流负载和交流负载。向交流负载(荧光灯)供电时须经逆变器将直流电变换成交流电后方可使用。除了向车上负载供电外,还须向蓄电池充电。

发电机输出电压的稳定及向蓄电池充电电流的大小由控制箱来控制。

列车停车或低速运行时,车上负载改由蓄电池供电。

二、集中式供电装置的组成及工作概况

集中供电系统是由发电车向全列车供电。目前我国采用的发电车上,装有三台柴油发电机组,每台机组的功率为300 kW,发电车装机总功率为900 kW。发电车共分五部分:锅炉室、

厕所、休息室、配电室及机器间。其中配电室系发电车操纵中心,是三台主机及全车用电装置控制场所,它可通过配电盘上的集控装置操纵所连挂的车辆的风扇、压缩机和照明灯的开停。

根据季节和列车用电量的不同,发电车有两种供电状态。

1. 任意一台主机单独运行,向全列车供电;
2. 任意两台主机同时运行,各自向全列车供电。

集中式供电列车的每节车上,均设有配电盘及空调机配电柜,车上用电设备除采用集控装置操纵外也可根据需要进行单独控制。

柴油发电机组采用三相四线制工频400 230 V供电制。其中动力供电(通风机、压缩机)为工频三相380 V,照明供电为工频单相220 V。

三、客车电气装置发展概况

建国初期,我国铁路客车一直使用 20 世纪 30 年代的 L 型直流供电装置,技术落后,输出功率小,虽经多次改进,其发电机输出功率最大也只有3 kW(LK₃型发电机)。客车照明采用白炽灯,照度小,发光效率低。L 型供电装置中的附属机具在工作中仅起到控制通路的作用,不能控制发电机的端电压,使用电器的寿命及工作状态均受到影响。鉴于以上缺点,L 型直流供电装置已于 1968 年停止生产,与此同时,研制并生产出了比较先进的交一直流供电装置。

交一直流供电装置的出现,使我国的车电设备进了一大步。该装置采用交流5 kW发电机,不但功率比 L 型发电机大,而且重量轻,成本低,构造简单,维修方便。蓄电池淘汰了 TG-189型,改用 TG-315 型和 TG-350 型,目前又在改用 TG-450 型和 TG-540 型。

在交一直流供电装置中,还设置了与发电机配套使用的调压装置,它要根据列车的速度及电气负载的变化,自动保持发电机端电压的稳定。曾经使用的调压装置有两个系列:一个是磁放大器式控制箱,最早使用的是 KFTZ-1 型和 KFTZ-2 型,后来是 KFTZ-4 型,由于该系列控制箱维修不便,目前已不再使用;另一个是可控硅式控制箱;最早使用的是 KP-1N 型和 KP-2 型,目前使用的是 KP-2A 型。

铁路客车配备交一直流供电装置以后,用电器也出现了新的变化,特别是车内照明条件得到了改善,荧光灯照明取代了白炽灯照明,为此又研制出了荧光灯逆变器,将控制箱输出的直流电逆变成交流电供给荧光灯使用。最早使用的逆变器是 BY-1 型单灯逆变器,后来出现了向全车厢荧光灯供电的集中式逆变器,但因其造价高且工作不稳定,不久便被淘汰。目前使用的最多的是 BY-2 型单灯逆变器。

随着铁路科学技术的发展,列车集中供电装置已开始推广普及,它将取代传统的车轴式交流发电机与蓄电池并联运用的供电方式,而利用柴油发电机组作为供电电源。车上用电器的功率也由1 000 W增至30 kW左右,列车空调装置成为车上突出的电气负载。车上照明设备也可采用民用品并不需另设逆变器。目前,采用集中式供电装置的客车已经在主要干线投入正式运行。

复习思考题

1. 我国铁路客车采用几种供电方式及用电制?

2. 简述轴驱式供电装置的组成及各部主要作用。
3. 在轴驱式供电装置中,何为“母车”、“子车”?
4. 叙述旅客列车采用集中式供电的优点。
5. 简述车电装置的发展概况。

第二章 客车蓄电池

我国铁路客车轴驱供电装置中使用了大量的蓄电池,它是旅客列车低速运行或停车时车上用电器的电源。

蓄电池是一种化学电源,它可以把电能转化成化学能储存起来,当负载用电时,它又可以把化学能转化成电能释放出去。前一个过程叫蓄电池的充电,后一个过程叫蓄电池的放电。

蓄电池的基本结构是由正极板、负极板、电解液和电池槽组成。由于蓄电池的极板所用的材料不同,电解液的性质不同,蓄电池一般分为酸性(铅)蓄电池和碱性(镉镍)蓄电池两种。我国铁路客车目前轴驱供电系统中大部分采用了酸性铅蓄电池,最多的是 TG - 315 型和 TG - 450 型两种(T——铁路用;G——采用管式阳极板;315、450——蓄电池额定容量,单位是 A · h)。目前也开始采用碱性镉镍蓄电池。

本章主要介绍蓄电池的构造、原理、性能、参数、检修及充放电工作,并对蓄电池的常见故障作一分析。

第一节 TG 型铅蓄电池的构造

TG 型铅蓄电池的结构如图 2—1 所示,它是在胶槽中装入正负极板群和稀硫酸溶液,正负极板间插有隔离板,胶槽上有盖,盖上露出有极耳,用极耳卡紧固着,盖中央有浮标、浮标套和浮标孔盖,电槽盖与胶槽间用沥青封固,为防止蓄电池在列车振动时溢出电解液,液面上还放置一块防护板。TG 型铅蓄电池主要由以下几部分构成。

一、正极板群

为了提高蓄电池的容量,获得较大的放电电流,蓄电池的极板均以多片组成,且将正负极板片相互间插,同极极板连接成群,称为极板群。

TG 型铅蓄电池正极板群由 10 片正极板焊接而成,TG 型铅蓄电池的正极板群如图 2—2 所示,单片正极板的结构如图 2—3 所示。

它的制造工艺是先用含锑 5% ~ 10% 的铅锑合金上部连在一起,组成间隔均匀的板栅铅心〔简称正板栅,其结构如图 2—4 (a)所示〕;再将用玻璃纤维编织的套管〔如图 2—4 (b)所示〕,套在板栅铅心上,而后将套好管子的板栅送到灌粉机上,灌入适量的铅粉,灌粉后的极板逐个放在封口模具内用铅锑合金浇铸封底。

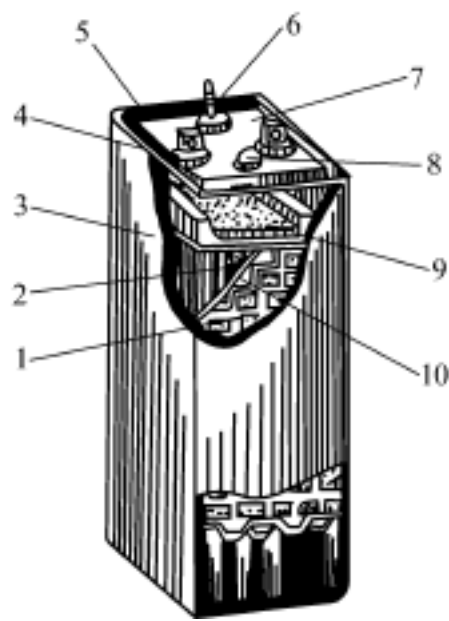


图 2—1 TG 型铅蓄电池的结构
1—负极板群;2—正极板群;3—胶槽;
4—极耳卡;5—硬沥青封口;6—浮标;
7—盖板;8—注液孔盖;9—防护板;
10—隔离板。

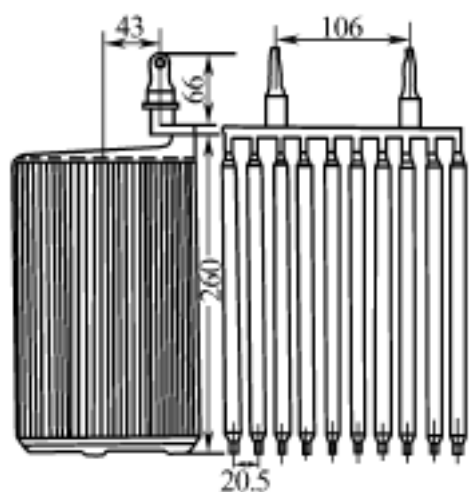


图 2—2 TG 型铅蓄电池正极板群

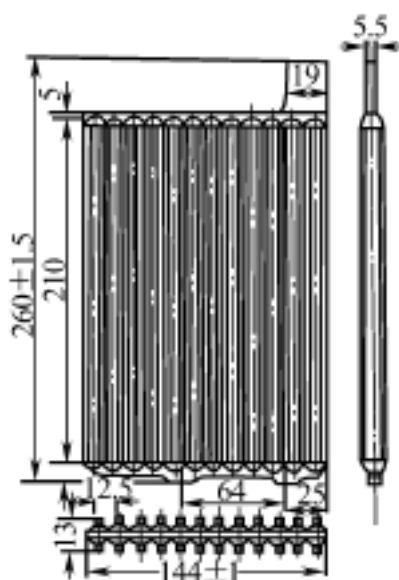


图 2—3 TG 型铅蓄电池的正极板片

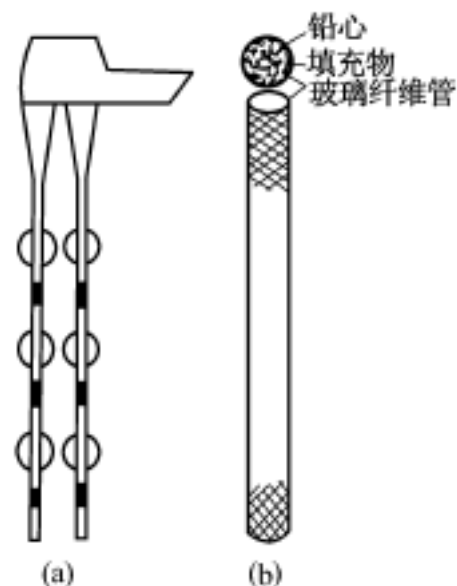


图 2—4 正板栅铅心及玻璃纤维套

二、负极板群

TG 型铅蓄电池的负极板群结构如图 2—5 所示,是由 11 片负极板组成的,即负极板群的片数比正极板群多一片。这是因为正负极板在材质、机械强度和化学反应过程等方面的差异而决定的。简略地说,由于正极在充放电化学反应过程中有水分子出入,微孔多,极板机械强度比较差,膨胀性强,如果让正极板单面作用就会造成膨胀弯曲而引起短路。为减少这种现象,故多设一片负极板,让正极板均匀地参与电化学反应。

TG 型铅蓄电池的负极板群为涂膏式,它是先用含锡量为 7%~8% 的铅锡合金铸成格状基板,并在基板格孔中涂上铅膏,涂膏后的极板放在密度为 1.180 g/cm^3 的硫酸中浸没 2~3 min,取出后烘干。

按上述方法制成的正负极板还不能直接使用,因为两极板上的作用物质都是氧化铅和部分硫酸铅,必须经过电化过程使其全部变为有用的作用物质,同时具有疏松适度的结构,即正极板上为多孔性的二氧化铅,负极板上为海绵状铅。这种电化过程通常称为化成,其操作方法如下:

首先将制成的正负极板交错地放入化成槽中,然后用化成条把电槽中的正极耳分别连接,同时将各槽按正负串联起来,槽内注入稀硫酸电解液,用小于 10 h 率电流进行较长时间的充电。

充电过程中应经常观察极板颜色,两极板间电压及电解液密度。充电完成后便停止充电,去掉化成条,取出正、负极板,用水冲洗掉作用物中的硫酸,然后在干燥室内进行干燥,最后焊上肩而成为正、负极板群。

经化成后的正、负极板群,在其极板表面不仅积聚了有效的作用物质,而且也构成了电池在充放电过程的电流通路。

三、隔离板

隔离板放置在每片的正、负极板之间,其作用是防止蓄电池的正、负极板在运用中由于振

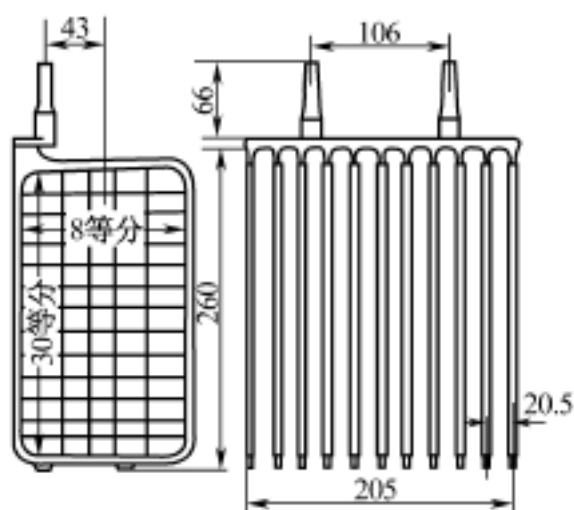


图 2—5 TG 型铅蓄电池的负极板群

动造成短路。目前隔板多采用微孔橡胶板,也可用微孔塑料或其他材料,但均应具备耐酸、多孔、坚韧和不含有害成分等条件。

四、电 槽

电槽是盛装蓄电池的正、负极板群和电解液的容器。TG型铅蓄电池的电槽是经过硫化处理的硬橡胶制成,如图2—6所示,底部为支持极板的垫脚。

五、电槽盖及浮标

TG型铅蓄电池的电槽盖是用硫化橡胶制成的,如图2—7所示。

盖上开有浮标孔,孔内装有硬橡胶制成的浮标套,套内放浮标。浮标孔盖旋装在电槽盖上,以保持浮标竖立在电槽内。电槽盖上开有注液孔,打开注液孔盖可从注液孔向蓄电池补充电解液,充电时电池产生的气体可以从注液孔盖上的排气孔排出。蓄电池全部组装好后,用沥青将盖与槽封固,防止进入灰尘和电解液溢出。

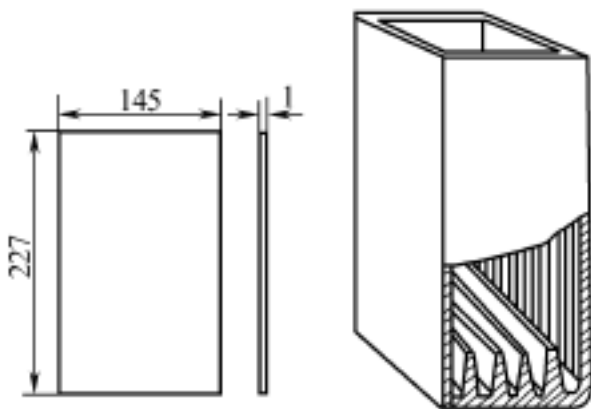


图 2—6 TG 型铅蓄电池的电槽及隔板

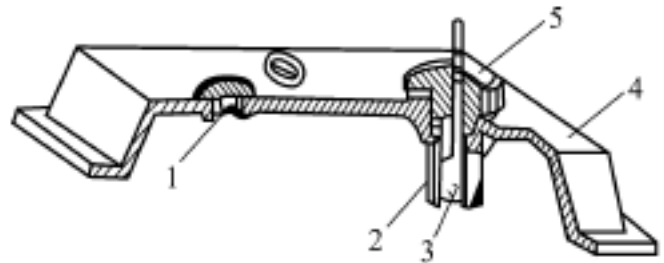


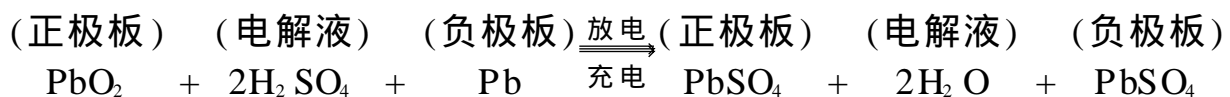
图 2—7 TG 型铅蓄电池盖及浮标

1—注液孔;2—浮标套;3—浮标;
4—盖;5—浮标孔盖。

第二节 铅蓄电池的工作原理

铅蓄电池是由两组极板插入稀硫酸溶液中而构成的。其充、放电过程中所发生的可逆电化反应是相当复杂的,这方面的理论阐述也很多,比较正确的解释为铅蓄电池放电后,两极板上的反应产物均为硫酸铅,而充电后又恢复为原来的铅和二氧化铅。

总的化学反应要用下列方程式表示,即



一、放电过程

蓄电池的放电过程如图2—8所示。

放电前在电解液中的硫酸离解为氢离子和硫酸根离子,即



在负极板上,根据金属的活动性,作用物质铅将有一部分丢下两个电子以两价的铅离子的形式离开负极板的表面进入电解液,即



每当一个铅离子(Pb^{2+})进入电解液时,就有两个电子(2e)被留在负极板上,使负极板对电解液显示一定的负电位。在正极板上,作用物质二氧化铅和电解液中的水部分反应,生成不稳定的氢氧化铅,即



而后再离解为铅离子和氢氧根离子,即



这时四价铅离子(Pb^{4+})附着在正极板上,使正极板对电解液显示正电位。

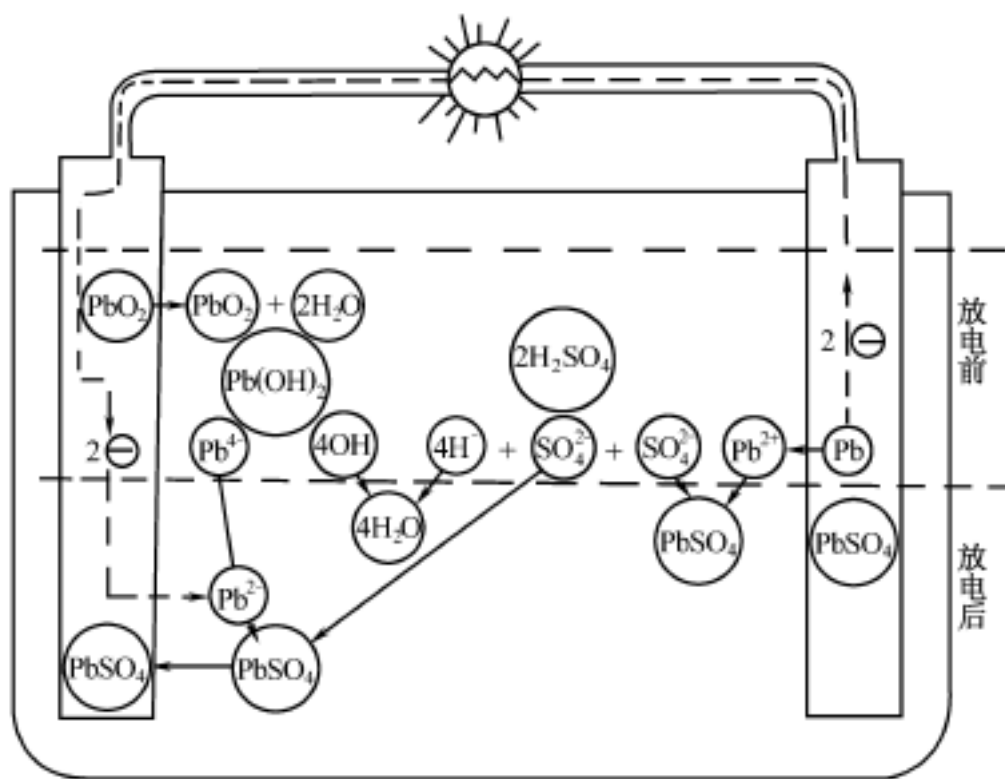
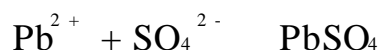


图 2—8 铅蓄电池放电时化学反应结构图

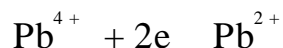
在未接通负载之前,我们说两极板上的作用物质离解到一定程度时,便处于动平衡状态,这时正、负极板间就存在一定的电位差,即电池电动势。

在接上负载并使外电路闭合时,由于正、负极板间的电位差的存在,在电场力的作用下,形成放电电流。

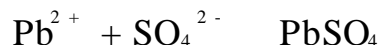
在负极板上,积累的电子经过外电路向正极板上流动,剩下的铅离子(Pb^{2+})就和电解液中的硫酸根离子(SO_4^{2-})化合成为溶解性很小的硫酸铅,即



PbSO_4 沉积在负极板作用物质的表面上。在正极板上,从外电路流动过来的电子使四价的铅离子(Pb^{4+})获得两个电子后还原为两价的铅离子,即



两价的铅离子再和硫酸根离子化合成为硫酸铅沉积在正极板作用物质的表面上,即



同时电解液中剩下的氢氧根离子和氢离子化合成水,即



通过上述分析可以看出,铅蓄电池放电的结果:使负极板上的作用物质由海绵状铅(Pb)变为硫酸铅(PbSO_4),极板颜色将由灰色变为浅灰色;正极板上的作用物质二氧化铅(PbO_2)也

变为硫酸铅(PbSO₄),极板颜色将由暗褐色变为褐色,同时随着放电过程的进行,电解液的密度要下降。

当蓄电池放电时,蓄电池的放电应放到规定的终止电压而停止,即蓄电池不宜过度放电(简称过放电)。蓄电池过放电时,容易使和有效作用物质混在一起的微小硫酸铅结晶形成较大的晶粒,增大极板电阻,再充电时就很难还原,甚至结晶到一定程度后,将导致蓄电池容量严重下降。

二、充电过程

充电过程是将略高于蓄电池电动势的直流电源的正极与蓄电池的正极连接,负极与蓄电池的负极连接,充电过程如图 2—9 所示。

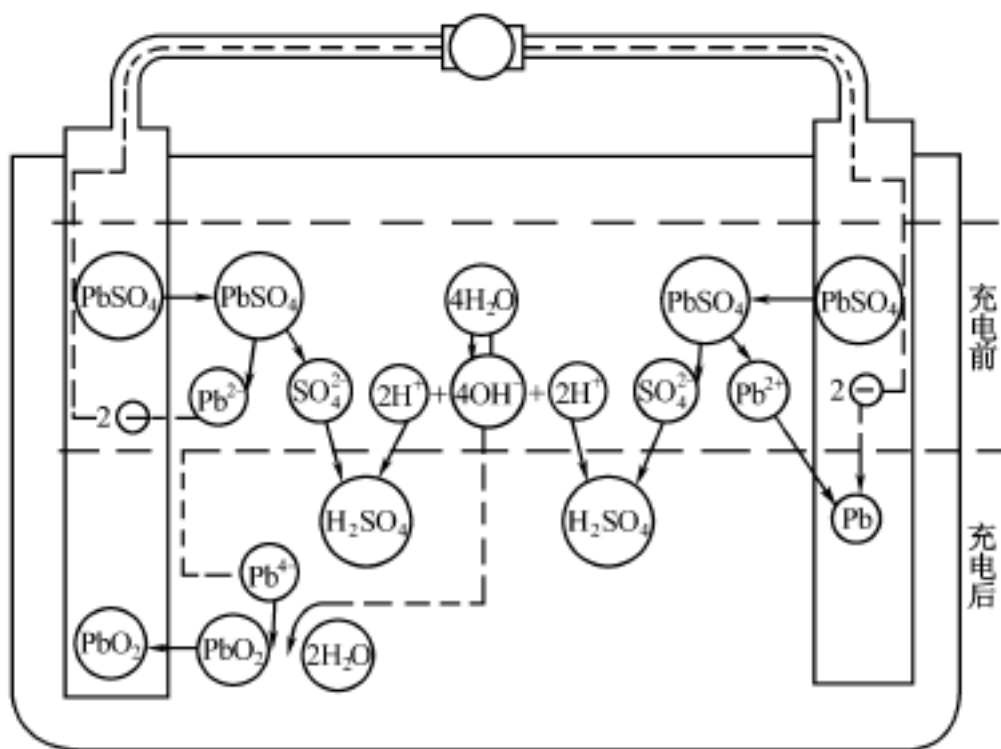
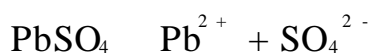


图 2—9 铅蓄电池充电时化学反应结构图

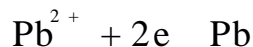
充电开始前,蓄电池电解液中的水分子部分电离为氢离子和氢氧根离子,即



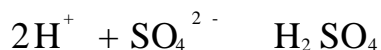
正、负极板上的硫酸铅均部分溶解并电离为二价铅离子和硫酸根离子,即



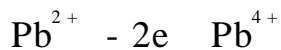
开始充电后,由于电源电压高于蓄电池的电动势,使电子由电源向蓄电池的负极板上流动,在负极板上,流过来的电子将吸引带正电荷的铅离子(Pb²⁺),并与之中和使其还原成海绵状铅(Pb),即



同时剩下的硫酸根离子与电解液中的氢离子化合还原为硫酸分子,即



正极板在充电电流作用下,两价铅离子被夺去两个电子而变为四价的铅离子,即



它和正极板附近的氢氧根离子化合成不稳定的氢氧化铅,即



由于氢氧化铅的化学不稳定性,又分解为二氧化铅和水,即



在电解液中,余下的硫酸根离子和氢离子结合成为硫酸,即



显然,蓄电池经充电后,两极板的作用物质被恢复为原来状态,即正极板为二氧化铅(PbO_2),负极板为海绵状铅(Pb)正极板颜色将由褐色变为暗褐色,负极板由浅灰色变为灰色。

当蓄电池充电终了时,由于正负极板上的硫酸铅(PbSO_4)大部分已被还原成二氧化铅(PbO_2)和海绵状铅(Pb),若再继续充电,充电电流只能起到分解水的作用,结果在负极板上有氢气(H_2)逸出,在正极板上则有氧气(O_2)逸出,造成强烈的冒气现象。因此,蓄电池充电终了应注意充电电流不宜过大,否则,产生强烈气泡,造成极板上的作用物质脱落,影响蓄电池的寿命。

第三节 铅蓄电池电解液

客车用 TG 型铅蓄电池的电解液为硫酸溶液,它由浓硫酸加纯水调制而成。电解液是蓄电池的重要组成部分,它是电池进行电化学反应的参加物和内部导电的条件。所以电解液质量的好坏直接影响着电池的性能和寿命。

一、电解液的性质

(一) 电解液的溶解热

客车铅蓄电池的电解液为浓硫酸的稀溶液。

浓硫酸与水混合时,产生大量的热称为溶解热。表 2—1 列出各种不同浓度的硫酸溶液的相对含热量。

表 2—1 硫酸溶液的相对含热量、溶解热和比热

25 时的密度	25 时相对克分子含热量 (kJ)	25 时的溶解热	25 时的比热 (kJ)
—	98.53	0	1.41
—	85.18	13.35	1.55
1.774	70	28.55	1.85
1.648	56.84	41.69	1.87
1.548	48.9	49.73	2.1
1.416	39.56	58.98	2.44
1.262	30.56	67.98	3.02
1.150	26.08	72.46	3.48
1.066	24.19	74.34	3.84
1.034	23.52	75.01	4
1.017	22.65	75.89	4.09
1.009	21.01	77.52	4.13
1.002	16.91	81.62	4.17
—	12.14	86.4	—
—	6.45	92.09	—

(二) 电解液的电阻

电解液的电阻的可用电阻率来衡量,单位是 $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

电解液的电阻随密度和温度而变化,同一种电解液在温度不同时,测得的密度值不同。电

解液在18℃时的电阻率值和温度系数,见表2—2。可以看出,电解液的电阻率在电解液密度为1.150~1.300 g/cm³时较小。

表2—2 电解液的电阻率及温度系数

电解液密度 (g/cm ³)	电阻率(Ω·cm)	电阻率的温度系数	电解液密度 (g/cm ³)	电阻率(Ω·cm)	电阻率的温度系数
1.050	3.46	0.012 4	1.450	2.18	0.020 2
1.100	1.90	0.013 6	1.500	2.64	0.021
1.150	1.50	0.014 6	1.550	3.30	0.023
1.200	1.36	0.015 8	1.600	4.24	0.025
1.250	1.38	0.016 8	1.650	5.58	0.027
1.300	1.46	0.017 7	1.700	7.64	0.030
1.350	1.61	0.018 6	1.750	9.78	0.036
1.400	1.85	0.019 4	1.800	9.96	0.065

电解液的电阻率和温度系数间的关系可用下式表示:

$$R_t = R_{18} [1 - a(t - 18)] \quad (\Omega \cdot \text{cm})$$

式中 a ——温度系数(18℃)(1/℃);

R_t ——在 t (℃)时电解液的电阻率值;

R_{18} ——电解液在18℃时的电阻率值;

t ——实测电解液温度(℃)。

电解液的电阻率对蓄电池的内阻影响较大,因此,电阻率的值是合理选择电解液密度的参考条件之一。

(三) 电解液的结冰点

电解液的结冰点随电解液的密度不同而不同。各种不同密度的硫酸溶液的结冰点如表2—3所示。

表2—3 电解液的冰点

密度(g/cm ³)(15℃)	冰点(℃)	密度(g/cm ³)(15℃)	冰点(℃)
1.000	- 0	1.400	- 36
1.050	- 3.3	1.450	- 29
1.100	- 7.7	1.500	- 29
1.150	- 15	1.550	- 38
1.200	- 27	1.700	- 14
1.250	- 52	1.750	+ 5
1.300	- 0	1.800	+ 5
1.350	- 49	1.835	- 34

从表2—3可以看出,密度在1.150~1.300 g/cm³的稀硫酸溶液结冰点较低。由于电解液的密度与蓄电池的充、放电状态有关,所以,为保证蓄电池的正常工作,应合理选择电解液的密度。在低外温情况下,电解液的结冰点应低于最低外温,防止电解液因外温过低而结冰。

二、电解液密度的选择及测量

蓄电池电解液浓度的高低,直接影响蓄电池的工作状态,这就要求我们对电解液中酸和水的含量应按正确的比例进行配制。