



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育交通类专业规划教材

汽车检测与诊断

(下册)

第2版



陈焕江 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育交通类专业规划教材

汽车检测与诊断(下册)

第2版

主 编 陈焕江
副主编 李冠峰

主 审 陈凤仁



机械工业出版社

书中主要介绍了汽车故障的诊断与分析方法,包括汽车电源系统、起动系统、发动机燃油供给系统、点火系统、变速系统、制动系统、转向系统及巡航控制系统、悬架系统的工作原理、主要故障类型和故障诊断分析方法等。

《汽车检测与诊断》一书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和普通高等教育交通类专业规划教材,分为具有相对独立性的上、下两册出版。上册以汽车技术状况的检测与诊断为主;下册以汽车主要总成或系统的故障分析与诊断方法为主。本书既可作为高等院校交通运输(汽车运用工程)和其他相关专业“汽车检测与诊断”课程的教材,也可供汽车检测诊断行业、汽车维修行业、汽车运输行业的技术人员和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车检测与诊断.下册/陈焕江主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2009.1(2011.6重印)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材.普通高等教育交通类专业规划教材

ISBN 978-7-111-10032-4

I.汽… II.陈… III.①汽车-故障检测-高等学校-教材②汽车-故障诊断-高等学校-教材 IV.U472.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第160423号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:杨民强 责任编辑:杨民强 赵海青

版式设计:霍永明 责任校对:张莉娟

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2011年6月第2版·第4次印刷

169mm×239mm·19.5印张·369千字

10 001—12 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-10032-4

定价:39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面防伪标均为盗版

前 言

《汽车检测与诊断》(第1版)根据全国高等院校汽车运用工程专业教学指导委员会第二届六次会议通过的编写大纲和普通高等教育交通类“十五”教材编写规划编写。自2001年7月出版以来,数次重印,在全国许多高等院校的交通运输(汽车运用工程)、汽车服务工程等专业的教学中得以广泛应用。2006年“教育部关于印发普通高等教育‘十一五’国家级教材规划选题的通知(教高[2006]9号)”把《汽车检测与诊断》(第2版)列入“十一五”国家级规划教材。

本书出版六年来,汽车技术、汽车检测诊断及维修技术、汽车运用技术都有了新发展。新技术、新材料、新工艺,特别是电子和自动控制等高新技术在汽车上的广泛应用,使之成为复杂的机-电-液一体化产品,提出了汽车技术状况检测和故障诊断的新问题和新技术课题。与此同时,一方面,电子技术在汽车检测诊断设备开发和改造中的应用也为现代汽车的检测诊断提供了更多、更有效的技术手段;另一方面,对汽车运用的高效益、安全、低公害的追求,使汽车质量评定、汽车性能与监控、汽车技术状况检测与故障诊断倍受关注。这些都直接促进了汽车检测诊断技术的快速发展和检测诊断标准的修订与颁布。鉴于此,再版《汽车检测与诊断》非常必要。

《汽车检测与诊断》(第2版)保持第1版的结构框架和内容框架,仍分为上、下两册出版。上册以汽车技术状况的检测与诊断为主;下册以汽车主要总成或系统的故障分析与诊断方法为主。两册具有一定的相对独立性,既可成套使用,又可单册使用,以满足不同学校的不同专业“汽车检测与诊断”课程的教学需求。在此基础上,《汽车检测与诊断(下册)》(第2版)力求反映汽车制造业、汽车检测诊断和维修行业、汽车运输行业的新技术、新发展,特别是结合了第1版出版以来已经修订、更新了的汽车检测诊断标准和汽车维修质量标准,删除了部分技术上已经陈旧的内容(如:化油器燃油供给系统故障诊断、传统机械控制点火控制系统故障诊断),增添了许多关于汽车电控系统(如:电子控制汽油、柴油喷射系统)故障诊断的新技术和方法等方面的内容,加强了汽车电源系统、起动系统、传动系统、制动系统故障诊断的内容。编者期望这样的改版、更新能得到读者的认可和实践的检验。

《汽车检测与诊断》(第2版)下册由长安大学陈焕江教授任主编,河南农业大学李冠峰教授任副主编。其中:第一、二、七章由陈焕江教授编写,第三章由河南机电高等专科学校张松青教授编写,第四章由长安大学蹇小平副教授编写,

IV

第五、六章由李冠峰教授编写，第八章由长安大学徐双应教授编写；陈焕江负责统稿。参加编写的还有王来军博士、肖梅博士、邱兆文讲师等。

编写本书的过程中，长安大学汽车综合性能检测站董元虎副教授、汽车学院运输工程实验室李春明高级工程师等许多老师提供了大量资料，并提出了许多宝贵建议；长安大学汽车学院和河南农业大学机电工程学院有关领导对本教材的出版非常关心并提供了许多帮助。编者对此深表谢意。

初稿完成后，承蒙陈凤仁教授审阅了书稿，提出了许多修改意见，编者表示衷心感谢。

恳请读者对本书的内容和章节安排等提出宝贵意见，并对书中存在的错误及不当之处提出批评和修改建议，以便本书再版修订时参考。

编 者

目 录

前言

第一章 汽车电源系统故障诊断	1
第一节 汽车电源系统的构成	1
一、汽车电源	1
二、汽车用电设备	1
三、汽车电源系统的工作特点和要求	2
第二节 汽车蓄电池及其故障诊断	2
一、汽车蓄电池的作用、类型和结构	2
二、蓄电池的容量及影响因素	5
三、铅酸蓄电池的常见故障及其原因	7
四、蓄电池技术状况检测诊断	8
五、蓄电池电解液品质和极板故障的诊断	12
第三节 汽车发电机故障诊断	14
一、汽车交流发电机的类型、结构	14
二、汽车交流发电机的工作原理和特性	18
三、汽车交流发电机技术状况检测	21
四、汽车交流发电机的常见故障及诊断方法	22
第四节 电压调节器故障诊断	24
一、电压调节器的作用和工作原理	24
二、电压调节器的检测诊断	26
复习题	30
第二章 汽车起动系统故障诊断	31
第一节 概述	31
一、起动系统的组成	31
二、汽车起动机的类型	31
三、汽车起动机的型号	32
第二节 汽车起动机的结构	33
一、直流电动机	33
二、传动装置	35
三、控制装置	40
第三节 起动机的工作原理和工作特性	41
一、起动机的工作原理	41
二、起动机的工作特性	42

第四节 汽车起动机的检测与故障诊断	43
一、汽车起动机的性能试验	43
二、汽车起动机常见故障现象及其诊断	46
复习题	50
第三章 发动机燃油供给系统故障诊断	51
第一节 电子控制汽油喷射系统的故障诊断	51
一、概述	51
二、电子控制汽油喷射系统的组成及工作原理	51
三、电子控制汽油喷射系统的检测	54
四、电子控制汽油机供油系统故障诊断	91
五、电子控制汽油喷射系统故障自诊断	95
第二节 传统柴油机燃油供给系统故障诊断	106
一、柴油机燃油供给系统的组成及工作原理	106
二、混合气的形成与燃烧	107
三、柴油机燃油供给系统主要部件检测	108
四、柴油机供油系统故障诊断	111
第三节 电子控制柴油喷射系统故障诊断	115
一、柴油机燃油喷射系统的发展	115
二、共轨柴油电子控制喷射系统的组成及工作原理	116
三、柴油机电子控制系统的功能	117
四、共轨柴油电子控制喷射系统的测试	121
五、故障自诊断	127
复习题	129
第四章 发动机点火系统故障诊断	131
第一节 电子点火系统故障诊断	131
一、电子点火系统概述	131
二、电子点火系统使用和维护注意事项	131
三、电子点火系统的故障检查	133
四、电子点火系统常见故障诊断	141
五、点火正时的检测与调整	142
第二节 电脑控制电子点火系统故障诊断	143
一、电脑控制电子点火系统概述	143
二、电脑控制电子点火系统使用维护注意事项	148
三、电脑控制电子点火系统故障检测与诊断方法	150
四、电脑控制电子点火系统故障检测与诊断步骤	151
五、电脑控制电子点火系统常见故障检测与诊断	152
六、电脑控制电子点火系统点火正时的检测与调整	153
复习题	155

第五章 汽车变速系统故障诊断	156
第一节 手动变速器的故障诊断	156
一、手动变速器的构造及工作原理简介	156
二、手动变速器检修的一般原则	159
三、手动变速器主要零件的检查	159
四、手动变速器典型故障及诊断排除	161
第二节 自动变速器的构造和工作原理	167
一、自动变速器概述	167
二、自动变速器的构成和基本工作过程	168
三、液力变矩器的结构与工作原理	169
四、行星齿轮变速系统和换档执行器的结构与工作原理	172
五、液压自动操纵系统的结构和原理	175
六、电子控制系统的构成和工作原理	176
第三节 自动变速器的检验	182
一、基础检验	182
二、道路试验	186
三、档位试验	188
四、失速试验	189
五、液压试验	190
第四节 自动变速器的故障诊断	191
一、故障诊断程序、原则与注意事项	191
二、自动变速器故障自诊断	193
三、电控系统元件的故障诊断	203
第五节 自动变速器常见故障排除	204
一、汽车不能行驶	204
二、变速器打滑	205
三、自动变速器换档冲击过大	206
四、自动变速器异响	208
复习题	208
第六章 汽车制动系统故障诊断	210
第一节 制动系统概述	210
一、汽车制动系统的基本要求	210
二、制动系统的基本结构和类型	210
第二节 气压制动系统故障诊断	212
一、气压制动系统的基本组成	212
二、常见故障的诊断	213
第三节 液压制动系统的故障诊断与排除	215
一、液压制动系统概述	215

二、真空增压式液压制动系统的常见故障诊断与排除	216
三、真空助力式液压制动系统	219
四、气压增压式液压制动系统	222
第四节 防抱死制动系统的故障诊断	225
一、防抱死制动系统的基本组成	225
二、ABS 的检修注意事项及排气	234
三、ABS 的故障诊断	237
四、ABS 的典型故障诊断	248
五、ABS 主要部件的检测	254
复习题	260
第七章 汽车转向系统和巡航控制系统故障诊断	262
第一节 汽车转向系统故障诊断	262
一、转向系统的结构	262
二、机械转向系统常见故障诊断	266
三、普通液力式动力转向系统检测与故障诊断	267
四、电子控制液力式动力转向系统检测与故障诊断	272
五、电子控制电力式动力转向系统的特点、评价参数和自诊断	276
第二节 汽车巡航控制系统故障诊断	277
一、汽车电子控制巡航控制系统的基本原理和构成	278
二、巡航控制系统的故障诊断	280
复习题	285
第八章 汽车悬架系统故障诊断	286
第一节 汽车悬架系统的种类和工作原理	286
一、传统被动悬架	286
二、半主动悬架	286
三、主动悬架	287
第二节 汽车悬架系统的故障诊断	290
一、前悬架常见故障诊断	291
二、后悬架常见故障诊断	292
三、电子控制悬架系统的故障自诊断	292
复习题	296
附录 发动机电子控制系统故障诊断表	297
附录 A L 型发动机电子控制系统故障诊断表	297
附录 B D 型发动机电子控制系统故障诊断表	300
参考文献	303

第一章 汽车电源系统故障诊断

第一节 汽车电源系统的构成

一、汽车电源

汽车电源由蓄电池和发电机两个电源并联而成，如图 1-1 所示。

发动机工作时，发动机带动发电机发电，由发电机向汽车用电设备提供电能，并向蓄电池充电；而起动发动机时，则由蓄电池向起动机及点火系统（汽油发动机）等提供电能。

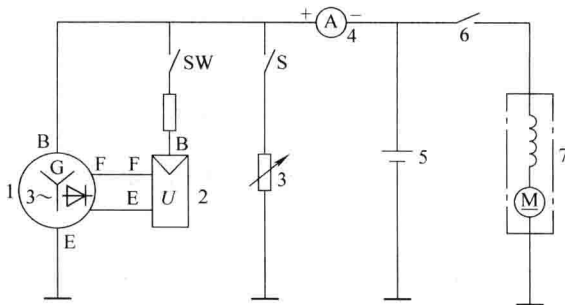


图 1-1 汽车电源系统的组成

1—发电机 2—调节器 3—用电设备 4—电流表
5—蓄电池 6—起动机开关 7—起动机

二、汽车用电设备

(1) 起动系统 主要包括起动机及其控制电路，用于使发动机顺利起动。

(2) 点火系统 点火系统分为传统点火系、电子点火系和微机控制点火系，用来产生具有足够能量的电火花，以点燃汽油发动机气缸中的可燃混合气。

(3) 照明、信号装置 照明系统包括车外和车内的照明灯具，提供车辆夜间安全行驶必要的照明；信号装置包括音响信号和灯光信号，提供安全行车所必需的信号。

(4) 仪表及报警装置 仪表及报警装置主要包括车速里程表、发动机转速表、冷却液温度表、燃油表、电压（电流）表、机油压力表、气压表及各种报警灯等，用于监测发动机及汽车的工作情况，掌握发动机及汽车的各种运行参数，以及及时发现异常情况。

(5) 辅助电器 辅助电器包括散热器风扇、风窗清洁装置（刮水器、洗涤器、除霜装置）、空调、低温起动预热装置、汽车声像、电动车窗、电动后视镜、中央门锁、电动座椅和防盗装置等，以保障汽车使用的安全性、舒适性和方便性。

(6) 汽车电子控制系统 汽车电子控制系统主要指利用微机控制的各个系统，包括：电控燃油喷射系统、微机控制点火系统、电控自动变速器、制动防抱

死系统、驱动防滑系统、电控悬架系统、自动巡航系统及安全气囊等。其功能是使汽车的各个系统均处于最佳工作状态，达到提高汽车动力性、经济性、安全性、舒适性和降低排放污染的目的。

三、汽车电源系统的工作特点和要求

现代汽车普遍采用工作电压为 12V 的电源系统，只有部分大型柴油车采用电压为 24V 的电源系统。汽车电源系统的工作特点和要求如下：

1) 蓄电池用作发动机的起动电源，需要在短时间内向起动机提供大电流（汽油发动机为 100 ~ 600A，大型柴油发动机可达 1000A），因此要求其内阻要小，大电流输出时电压要稳定，以确保有良好的起动性能。此外，还要求蓄电池的充电性能良好、使用寿命长、维护方便或少维护。

2) 发动机工作时的转速变化很大，要求发电机在发动机转速变化范围内都能正常发电且电压稳定，以满足用电设备的用电需求；此外，还要求发电机的体积小、重量轻、故障率低、发电效率高、使用寿命长。

第二节 汽车蓄电池及其故障诊断

一、汽车蓄电池的作用、类型和结构

1. 汽车蓄电池的作用

蓄电池既能将化学能转换为电能，也能把电能转换为化学能，是一种可逆的低压直流电源。汽车上装用蓄电池的作用是：

①发动机起动时，向起动机、仪表和点火系统供电；

②发动机低速运转时，发电机电压较低，蓄电池向用电设备和发电机磁场绕组供电；

③发动机中、高速运转时，把发电机供给用电设备后的剩余电能转换为化学能存储起来；

④发电机负载增多或过载时，与发电机一起向用电设备供电；

⑤稳定电源电压，保护电器部件。

2. 汽车蓄电池的结构

在汽车上使用最广泛的是起动型铅酸蓄电池。

铅酸蓄电池由正负极板组、隔板、电解液、外壳等部分组成，见图 1-2 所示。正、负极板组是蓄电池的

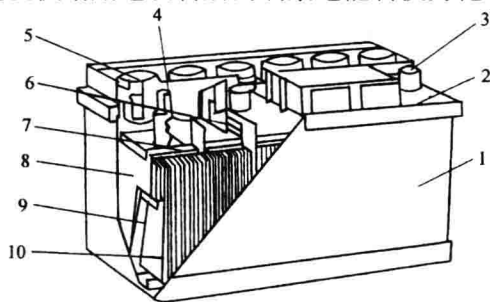


图 1-2 铅酸蓄电池的结构

1—塑料电池槽 2—塑料电池盖 3—正极柱
4—负极柱 5—加液孔螺塞 6—穿臂连条
7—汇流条 8—负极板 9—隔板 10—正极板

基本部件，数片正极板焊接在同一横板上构成正极板组，数片负极板焊接在另一横板上构成负极板组，正、负极板相互插在一起，使每片正极板都在两片负极板之间，并以隔板隔开。隔板用多孔性绝缘材料制成，以利于电解液渗透。负极板上所填充的活性物质（指能参加电化学反应的物质）为多孔性海绵状纯铅（Pb），正极板上填充有细小结晶二氧化铅（ PbO_2 ）。电解液由高纯度的硫酸和蒸馏水按比例配制而成。铅酸蓄电池是在盛有稀硫酸的容器中插入两组铅制极板而构成的电能储存器。

汽车用铅酸蓄电池由 6 个单格电池串联而成，每个单格电池的标称电压为 2V。使用 12V 电系的汽车装用 1 只蓄电池，而使用 24V 电系的汽车则装用 2 只。

3. 蓄电池的基本工作原理

铅酸蓄电池的核心部分是极板和电解液，极板上的活性物质与电解液发生电化学反应，建立电动势；在不同条件下，二者可发生完全相反的电化学反应，进行放电和充电过程。

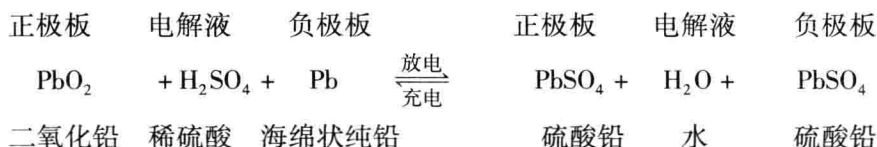
蓄电池正极板上的活性物质为二氧化铅，负极板上的活性物质为纯铅，电解液为硫酸（ H_2SO_4 ）的水溶液。浸入电解液的极板会有少量的活性物质溶解电离。

二氧化铅溶解、电离后产生四价铅离子（ Pb^{4+} ），并沉附于正极板上，使正极板相对于电解液的电位高；而 Pb 溶解、电离后产生电子（e），存留于负极板上，使负极板相对于电解液的电位低。因此，正负极板间产生电动势。

把用电设备接入蓄电池两极间，使用用电设备工作的过程称为放电。放电过程中，在电动势的作用下，负极板上的电子经外电路和负载流向正极板，形成放电电流。放电过程中，正极板上的二氧化铅和负极板上的海绵状纯铅逐渐变为硫酸铅（ PbSO_4 ），电解液中的硫酸逐渐消耗，同时放电过程中又生成了水，因此电解液变稀、密度变小。

把直流电源的正、负极分别与蓄电池的正、负极相连，直流电流强制流过蓄电池的过程称为充电。当接通充电电源后，电源力使正极板的电子经充电电路流向负极板，形成充电电流。充电过程中，正极板上的硫酸铅逐渐变为二氧化铅，负极板上的硫酸铅逐渐变为海绵状纯铅，电解液中的硫酸浓度不断增加。

充、放电过程的化学反应式如下：



4. 汽车蓄电池的类型

(1) 铅酸蓄电池 汽车用铅酸蓄电池按性能可分为湿荷电蓄电池、干荷电蓄电池和免维护蓄电池三类。

1) 湿荷电蓄电池指加注电解液后才能保存充电过程中所得电量的蓄电池。

2) 干荷电蓄电池指在未加注电解液状态下,能在较长时间内保存制造过程中所得电量的蓄电池。

3) 免维护蓄电池指在有效使用期内无需添加蒸馏水等维护工作的蓄电池,简称 MF 蓄电池。

干荷电蓄电池加足电解液后,静放 20 ~ 30min 即可使用,不需初充电工序;免维护蓄电池除无需维护(主要指使用中不需补加蒸馏水)外,还具有自放电少、耐过充电性能好和使用寿命长的优点。因此,现代汽车普遍采用干荷电蓄电池和免维护蓄电池。

(2) 碱性蓄电池 碱性蓄电池(如镍氢蓄电池、锂离子蓄电池、锌空气蓄电池、铁镍蓄电池、铁空气蓄电池等)在能量密度、使用寿命等方面都要优于铅酸蓄电池,但由于其内阻较大,不适合用作起动电源。目前,碱性蓄电池只是在电动汽车上使用。

5. 蓄电池的型号

国产蓄电池型号由三段五部分构成,每段之间以短线相连,如 6—Q—80C。其排列及含义如下:

串联的单格电池数—电池类型;电池特征—额定容量;特殊特性

串联的单格电池数,用阿拉伯数字表示。如:6 表示有 6 个单格,工作电压为 12V 的蓄电池。

蓄电池类型以主要用途划分,用汉语拼音字母表示。如:Q 表示用作起动电源的起动型蓄电池;D 表示电动车用蓄电池;M 表示摩托车用蓄电池;N 表示内燃机车用蓄电池;B 表示航标用蓄电池。

蓄电池的特征为附加说明,用以说明该蓄电池在同类用途的产品中具有某种特征需要加以区别。蓄电池的特征也以汉语拼音字母表示(表 1-1)。如果产品同时具有两种特征,原则上按表 1-1 的顺序将两个代号并列标示。

表 1-1 铅酸蓄电池特征代号

特征代号	A	H	W	S	J	M
蓄电池特征	干荷电	湿荷电	免维护	少维护	胶体电解液	密封式
特征代号	B	F	D	Y	Q	I
蓄电池特征	半密封式	防酸式	带液式	液密式	气密式	激活式

额定容量用阿拉伯数字表示,其单位为 A · h(安培 · 小时)。

蓄电池的特征特性用在额定容量后的拼音字母表示:G 表示薄型极板,高起

功率；S表示塑料外壳；D表示低温起动性能好。

二、蓄电池的容量及影响因素

1. 蓄电池的容量

蓄电池的容量 $C(\text{A} \cdot \text{h})$ 指在规定的放电条件下，完全充足电的蓄电池所能提供的电量，是衡量蓄电池对外放电能力、质量优劣以及选用蓄电池最重要的技术指标。

蓄电池的容量 C 等于放电电流 I_f 与持续放电时间 t_f 的乘积。即：

$$C = I_f \cdot t_f$$

蓄电池的额定容量是在一定的放电电流、一定终止电压和一定电解液温度下测得的。可以用20h放电率额定容量 C_{20} 和储备容量 C_m 表示。

(1) 20h 放电率额定容量 C_{20} 根据 GB/T 5008.1—2005《起动型用铅酸蓄电池技术条件》， C_{20} 指完全充足电的蓄电池，在电解液温度为 25°C 时，以20h放电率 ($I_f = 0.05C$) 连续放电到单格电池电压降至 1.75V (即：12V 蓄电池端电压降至 $10.50\text{V} \pm 0.05\text{V}$ ；6V 蓄电池降至 $5.25\text{V} \pm 0.02\text{V}$)，蓄电池所输出的电量 ($\text{A} \cdot \text{h}$)。

(2) 储备容量 C_m 根据 GB/T 5008.1—2005《起动型用铅酸蓄电池技术条件》， C_m 指完全充足电的蓄电池，在电解液温度为 25°C 时，以25A电流连续放电到单格电池电压降至 1.75V 所持续的时间，其单位为 min。蓄电池的储备容量表示了在汽车充电系失效时蓄电池尚能持续供电的能力。

在 $C_m < 480\text{min}$ ，且 $C_{20} \leq 200\text{A} \cdot \text{h}$ 时，储备容量与额定容量有如下换算关系。

$$C_{20} = \sqrt{17778 + 208.3C_m} - 133.3$$

2. 影响蓄电池容量的因素

蓄电池的实际容量取决于在允许放电的范围内，其极板上能参与电化学反应的活性物质质量。因此，影响蓄电池容量的主要因素如下：

(1) 极板的构造 极板的面积大，在允许放电范围内能参与电化学反应的活性物质就多，其容量也就大。普通蓄电池极板上的活性物质一般只利用了20%~30%。因此，采用薄形极板、增加极板的片数及提高活性物质的孔率，均能提高蓄电池的容量。

(2) 放电电流 放电电流越大，单位时间里所消耗的

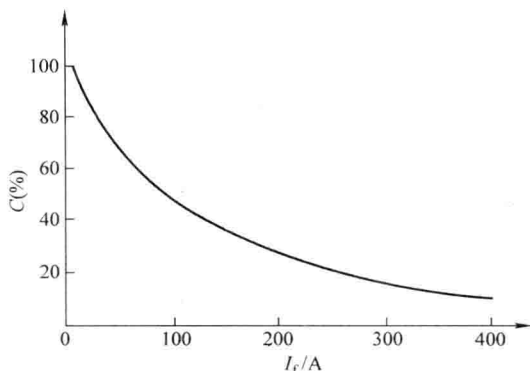


图 1-3 蓄电池容量与放电电流的关系

H_2SO_4 越多, 且 PbSO_4 的产生率也高。由于 PbSO_4 对极板孔隙的阻塞作用, 使孔隙内的电解液密度急剧下降, 蓄电池端电压很快下降至终止电压, 从而缩短了允许放电的时间, 使得极板孔隙内的一些活性物质未能参加电化学反应, 导致了蓄电池容量的下降。蓄电池容量与放电电流的关系如图 1-3 所示。

由于发动机起动时为大电流放电, 因此, 在起动时应注意: 一次起动的时间不应超过 5s; 连续两次起动应间隔 15s 以上, 以使电解液有时间渗透到极板孔隙内层, 提高极板内层活性物质的利用率和再次起动的端电压, 有利于提高蓄电池的容量和起动性能。

(3) 电解液的温度 电解液温度低时, 其粘度大, 渗透能力下降。因此, 极板内层的活性物质不能充分利用, 容量降低。此外, 温度越低, 电解液的溶解度与电离度也越低, 从而进一步加剧了容量的下降。小电流放电时, 温度每下降 1°C , 容量下降约为 1%; 而大电流放电时, 温度每下降 1°C , 容量下降约为 2%。蓄电池容量与温度的关系如图 1-4 所示。

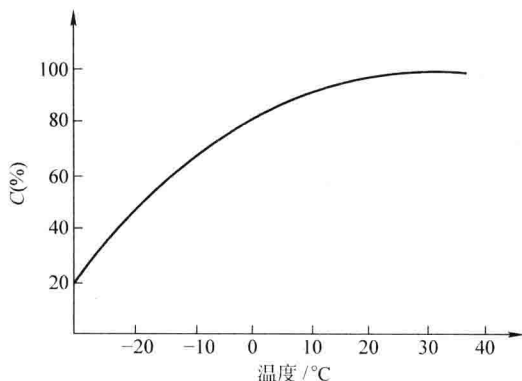


图 1-4 蓄电池容量与温度的关系

(4) 电解液密度 电解液的密度过低时, 因 H^+ 和 HSO_4^- 离子数量少, 容量下降; 密度过高, 则又会因其粘度增大、渗透能力降低、内阻增大、极板容易硫化, 而导致容量下降。蓄电池容量与电解液密度的关系见图 1-5。

实际使用中, 电解液的密度一般为 $1.26 \sim 1.285\text{g}/\text{cm}^3$ (充电状态)。模拟起动时的大电流放电试验表明, 蓄电池密度偏低时其放电电流大, 有效放电时间内输出的容量也大。因此, 对于起动型蓄电池, 在防止冬季使用时电解液结冰的前提下, 尽可能采用密度偏低的电解液, 以提高起动性能, 并减小极板硫化和腐蚀, 延长蓄电池的使用寿命。

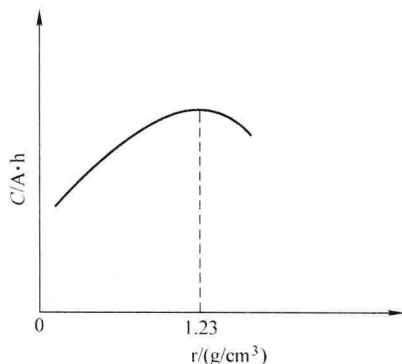


图 1-5 蓄电池容量与电解液密度的关系

三、铅酸蓄电池的常见故障及其原因

蓄电池的电气性能、使用寿命和故障类型，不仅取决于蓄电池的结构因素，还与使用条件和维护情况密切相关。蓄电池常见故障可分为外部故障和内部故障：外部故障有壳体破裂、封口胶破裂、极桩松动或腐蚀；内部故障有极板硫化、活性物质脱落、极板短路、自行放电等。

(1) 内部短路 蓄电池正、负极板间直接接触或被其他导体搭接使之短路的故障称为内部短路。内部短路的蓄电池，极板间通过短路点直接放电而消耗电能，除蓄电池容量变小外，充电时电压上升缓慢，难以达到规定的终止电压。

内部短路故障的形成原因主要有：隔板破损、脱落的活性物质沉积在极板组底缘或粘附在负极板上缘、极板组严重弯曲等。

(2) 极板活性物质脱落 在使用过程中，由于极板上的活性物质脱落而使蓄电池容量逐渐降低。活性物质脱落的基本原因是：充放电时，极板上的活性物质的体积总在不断膨胀和收缩；充足电后，极板孔隙中逸出大量气泡，在极板内部形成压力，使活性物质容易脱落。电解液密度过高、温度过低、充放电电流过大等都会使脱落速度加快；蓄电池制造质量的高低、汽车行驶中的振动、电解液结冰等也是影响活性物质脱落的重要因素。活性物质脱落主要发生在正极板上。

(3) 正极板弯曲 在使用中，若蓄电池经常以大电流放电，因极板表面各部位的电流密度不同而使各部位活性物质转变为硫酸铅的量不同，由于硫酸铅膨胀系数大从而使极板各部位的体积膨胀量不同，引起极板弯曲。正极板弯曲严重时会使迫使负极板随之弯曲。

(4) 极板硫化 蓄电池极板上生成白色粗晶粒硫酸铅的现象称为极板硫酸铅硬化，简称为极板硫化。粗晶粒硫酸铅导电性能差，正常充电时很难还原为二氧化铅和海绵状纯铅。因此充电时电解液密度上升很慢，温度却上升很快，会过早出现“沸腾”现象；同时，由于粗晶粒堵塞活性物质孔隙，阻碍电解液渗透和扩散，使内阻增大。由于内阻大，放电时电压急剧下降，不能持续供给起动电流；充电时，单格电池的充电电压高达 2.8V 以上。极板硫化主要在负极板上发生。

极板硫化的主要原因为：

1) 蓄电池长期充电不足或放电后充电不及时。正常放电时，极板上形成的硫酸铅晶粒较小，导电性和还原性均较好。蓄电池长期处于放电状态时，极板上的部分硫酸铅将溶解，温度越高则溶解度越大，温度降低后则溶解度随之减小，以致出现过饱和现象，部分硫酸铅从电解液中析出并再结晶成粗晶粒硫酸铅附在极板表面使之硫化。

2) 蓄电池电解液液面高度过低。电解液液面高度过低时，极板露出液面部

分与空气接触而氧化,氧化部分与波动的电解液接触,便会在极板上部逐渐形成粗晶粒硫酸铅硬化层。

3) 电解液密度过高或电解液不纯,气温变化大等。

避免蓄电池极板硫化的主要措施是保持蓄电池经常处于充足电状态。对于硫化不严重的蓄电池,可采用去硫充电法进行充电予以排除。硫化严重的蓄电池只能报废。

(5) 极板栅腐蚀 极板由栅架和活性物质组成,栅架一般由铅钙合金或铅钙锡合金浇铸而成。在使用过程中,极板栅架逐渐氧化腐蚀直至报废。极板腐蚀后,强度降低,出现变形或活性物质脱落现象,甚至发生折断。

电解液中混入有害酸类(如硝酸)和有机盐类、电解液密度过高、蓄电池长时间过充电等是引起极板栅早期腐蚀的主要原因。

(6) 单体电池极性颠倒 若电池组中某单体电池容量过低,放电时便会先放完所储存的电量,电压降至远低于其他单体电池。此时,电池组继续放电过程中,该单体电池会被其他单体电池反充电,把原来的正极板变为负极板,原负极板变为正极板,从而使电池组的电压迅速下降。

未能发现并排除电池组中个别单体电池的故障(如内部短路、活性物质脱落)或充电时电极接反是造成极性颠倒的主要原因。

(7) 自放电 电路未接通时,蓄电池所储存的电量随存放时间增长而逐渐下降的现象称为自放电。

自放电是由于极板上的活性物质慢慢与电解液发生化学反应生成硫酸铅引起的。电解液不纯(含铁、铜、锰、砷、镍以及硝酸、盐酸、醋酸或其他有机物),存放温度过高,隔板破裂使正负极板短路,壳体底部沉积物过多使正负极板短路,蓄电池盖表面有油污、尘土、电解液等,都会加速蓄电池的自放电。

除以上故障外,蓄电池外壳破裂、封口剂开裂和极桩断头等都是常见的外部机械损坏故障。

四、蓄电池技术状况检测诊断

1. 外观检查

蓄电池外观检查的内容包括:外壳破裂、封口剂开裂、连条断裂和极桩损坏等。

2. 电解液密度检查

配制铅酸蓄电池电解液的材料为高纯度的硫酸和蒸馏水,两者配制成的电解液密度一般在 $1.21 \sim 1.30 \text{g/cm}^3$ 之间,可根据蓄电池的用途、工作环境温度而选用不同密度的电解液。起动用铅酸蓄电池要求重量轻,又要求瞬时放电能力强,故采用浓电解液,选用的电解液密度范围为 $1.26 \sim 1.29 \text{g/cm}^3$ (全充电状态)。

我国南方气温高,应选用密度较低的电解液;北方全年温差变化大,夏季与冬