

【美】特雷西·马丁 著
于京诺 等译



如何诊断和维修 汽车电气系统

HOW TO DIAGNOSE AND REPAIR AUTOMOTIVE ELECTRICAL SYSTEMS

- 用通俗的语言描述汽车电气系统的原理
- 教您如何选择和使用检测与维修工具
- 介绍了点火系统、充电系统和控制系统
- 教您如何识读汽车电路图
- 教您如何排除汽车电气系统故障



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



如何诊断和 维修汽车

电气系统

(美) 特雷西·马丁 著
于京诺 等译



机械工业出版社

本书分4篇,共9章。第1篇为基本理论,介绍欧姆定律和电压降的测试方法;第2篇介绍汽车电气系统各种检测工具和仪器的功能以及使用方法;第3篇介绍蓄电池、充电系统、起动系统、点火系统、燃油喷射系统等电气系统的结构、原理和检测方法;第4篇介绍识读电路图和排除电气系统故障的方法。

本书以通俗、诙谐的语言和生动、具体的实例介绍汽车电气系统的诊断与维修方法,深入浅出,通俗易懂。书中还介绍了许多自制诊断工具、巧妙使用诊断工具以及故障诊断与维修方面的诀窍,不仅是初学者很好的入门教材,还可作为汽车电气技术专业技术人员的参考书。

First published in 2005 by Motorbooks, an imprint of MBI publishing lompang.

©Tracy Martin, 2005

All rights reserved.

北京市版权局著作权合同登记号 01-2012-3706

图书在版编目(CIP)数据

如何诊断和维修汽车电气系统/(美)马丁(Martin,T.)著;
于京诺等译. —北京:机械工业出版社,2012.11
ISBN 978-7-111-39931-5

I. ①如… II. ①马…②于… III. ①汽车—电气系统—
故障诊断②汽车—电气系统—车辆修理 IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第232078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:赵海青 责任编辑:赵海青

封面设计:路恩中

北京利丰雅高长城印刷有限公司印刷

2013年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·10.25印张·239千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39931-5

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

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

网络服务

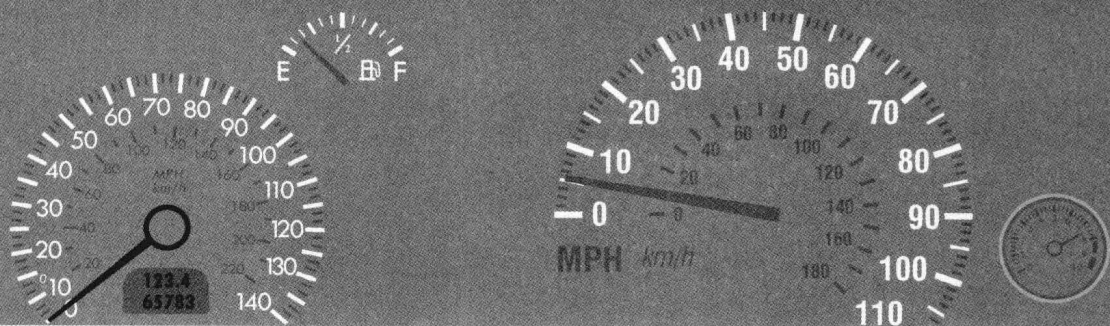
教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版





译者的话

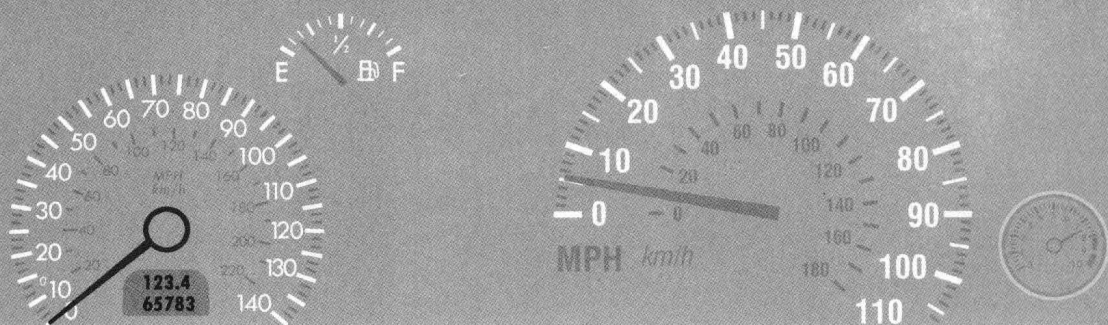
本书作者特雷西·马丁先生长期从事汽车电气系统故障诊断和维修工作，以及汽车电气系统故障诊断和维修的教学和咨询服务工作，具有丰富的实践经验。本书是特雷西·马丁先生根据 25 年积累的职业经验写成的，以通俗诙谐的语言和生动具体的实例介绍汽车电气系统的诊断与维修方法，深入浅出，通俗易懂。书中介绍了许多自制诊断工具、巧妙使用诊断工具以及故障诊断与维修方面的诀窍，令人叫绝！因此本书不仅对刚刚进入汽车电气技术行业的初学者是一本很好的入门教材，对从事汽车电气技术研究多年的专业人员也不无裨益。

本书分 4 篇，共 9 章。第 1 篇为基本理论，介绍欧姆定律和电压降的测试方法；第 2 篇介绍汽车电气系统各种检测工具和仪器的功能以及使用方法；第 3 篇介绍蓄电池、充电系统、起动系统、点火系统、燃油喷射系统等电气系统的结构、原理和检测方法；第 4 篇介绍识读电路图和排除电气系统故障的方法。

本书翻译人员有：于京诺、宋进桂、杨占鹏、梁贵航、赵万胜、李栋。

由于译者水平有限，难免存在翻译不当或者错误之处，敬请读者批评指正。

译者



前言

尽管汽车电气技术让我如此着迷，我还是花费了25年的时间才具备了写这本书的能力。我花费数年在车库中研究汽车的各种结构，但要确定应该做什么，不应该做什么，如何找到捷径，常常需要一个漫长而艰难的试验和失败的过程。最重要的是如何把这些信息转变为简单易懂的语言，让读者或者新技工能够理解消化。幸运的是得到一些在汽车修理和培训方面最优秀的专家的指导，编写的过程变得容易了一些。书中很多用来表达信息的指导性方法是借鉴我的同事、朋友以及其他技师。在我的职业经历中，常常有这样的想法：与汽车电气、电子系统及其诊断、检测相关的技术既不应该被复杂化，也不应该使用容易造成混乱的表达方法，在本书中将尽量做到这一点。

20世纪80年代初，我在南加利福尼亚州一家大型涡轮增压器生产厂从事技师工作。这家企业是少数几个汽车涡轮增压器设计和生产的开拓和创新者之一，并拥有西海岸最大的发动机测功设备。许多汽车生产厂在20世纪80年代早期开始采用发动机涡轮增压技术。我那个时期从事技师工作，有幸能够在这项技术实际应用于汽车前的几年就见识到它。在这种环境中，我学习到了最早期的发动机电子管理系统和工作模式，以及在发展过程中遇到的各种问题。

我曾有机会和其他的技师一起将被测试发动机安装在各个测功间内(隔声房间)，所有的电子设备都安装在发动机旁的台板上。测试过程中，计算机控制的化油器或者燃油喷射系统将不可避免地损坏而需要修理。因为没有维修手册(在生产之前还没有编写)，只有汽车工程师才有可能知道如何让系统再运转起来。但是问及工程师为什么设备没有按预期运转，他们通常是这样回答的：“系统使用现代电子技术，由杰出的电子工程师设计，不可能出现故障，一定是你们安装错误。”虽然这不是学习汽车电子控制技术最理想的环境，但在同事们的帮助下，我还是学习到了很多技术和知识。

数年之后，随着电控化油器和燃油喷射系统在汽车上的广泛使用，使我有机会对技工(现在是技师)讲授以前学习到的诊断和维修这些系统的方法，为许多全国性的大企业讲课，包括太阳(Sun)、艾伦(Allen)、尼桑(Nissan)和施耐宝(Snap-On)。通常情况下，这些授课是在大家工作一整天后的晚上进行，更多时候，我面对的是一群不幸的学生，他们希望回家吃晚餐而不是坐在教室上课。让这些学生保持清醒，并兴致盎然地投入学习是一项挑战。我认识到在课堂上用创新的方式传授知识并使内容生动的重要性。多年来，在这方面我获得了宝贵的经验。因此，在这本书中，纳入了许多这样的技术和思路。

除了教学，我有幸长期为一个位于加利福尼亚州的汽车数据系统(ADS)项目从事咨询工作。ADS 是一家前沿公司，提供汽车诊断电话“热线”。技术人员在面对一个具体汽车诊断与维修问题时，可以通过拨打这个电话立即获得人工回复的有效建议。汽车数据库汇编、引用并储存的汽车数据令人吃惊，至少储存了超过 30000 条适合于具体年款、车型的汽车以及与驾驶性能相关的记录和技术注释。因此，ADS 可以在超过 95% 的时间里持续向客户提供准确的建议。有了对该数据库的巨大信心和我在诊断故障排除中所接受的日常培训，我能将大量的有关汽车电气系统和诊断及维修信息综合起来。我对公司里一直慷慨与我分享他们宝贵的知识和经验的同事们永远心存感激。遗憾的是公司虽然仍在营业，但已经被一个大型汽车售后市场供应商收购。许多员工现在为一家位于加利福尼亚州南部的大型韩国汽车制造商工作，但愿他们在那里发现了诊断学的真谛。

最后，我为能够拥有一起生活了 25 年的妻子而感到幸运。在我们第一次约会时，她出现在我家门口才发现我在车库里鼓捣那辆刚买的 1964 款克尔维特(Corvette)。对她来说，这本应该是未来生活的预兆，然而，她并没有退却。对于这一点，我永远感激她，尤其感谢她不断努力丰富我的生活，让我幽默并更多与人接触。如果没有她，我不知道会变成什么样子，或许会在某个地方喝着发动机燃油维持生命并梦想着拥有一个像她那样的妻子。

这些经历告诉我一件事情：越是以为熟悉的东西，实际上不懂的东西越多。因此我同样要感谢这些年帮助过我的朋友，尤其是对写这本书提供帮助的朋友。

首先我要感谢 Teck，他是我在一所中学汽车维修车间短期任教时的老师，并且是 ADS 的创始者。多年来，他在技术上和做人上给我的建议，是激励我成长的无穷动力。如果没有他，相信我无法取得现在的成绩。同时，我要感谢 Curt Moore 和 Dave Bellaver 为本书提供了许多技术资料。我尤其要感谢一位从前的同事，科技文献作者 Mike McElfresh，他也是在 ADS 工作的汽车专家。如果没有他对本书在技术方面进行审核并提出许多宝贵意见，本书中原来的一些错误可能会引来你的嘲笑。幸运的是，他的慷慨和乐于助人使我免于遭受这种尴尬(希望如此!)，感谢 Mike 的所有帮助。最后，仍要感谢我的妻子，她的耐心阅读、精心修改和尖锐的意见(痛呀!)让这本书更加出色。是她避免了我写电压表和交流发电机时出现的没有搭铁回路的错误。我由衷地感谢她并承诺她不必再读这本书。

最后，我希望读者能够从书中获得一些实际的技巧和知识，以帮助你在面对汽车电气故障时提高自信心。

特雷西·马丁



译者的话
前言

第①篇 基本理论

第1章 欧姆定律	3
1.1 12V 直流电路的三要素	4
1.2 12V 直流电路的其他要素	7
1.3 电阻与电流的关系	9
1.4 直流电路和交流电路	10
1.5 数学计算	10
1.6 三种电路的工作规律	11
第2章 电压降测试	16
2.1 什么是电压降测试	16
2.2 不要使用电阻表	17
2.3 电压表如何测量电压	18
2.4 电路的动态测试	18
2.5 正极侧的电压降	20
2.6 负极侧的电压降	21
2.7 电压降的正常范围	22
2.8 确定故障点	24
2.9 要测试，不要猜测	25

第②篇 工 具

第3章 电子测试工具	29
3.1 试灯	30
3.2 万用表	31
3.3 自动设定量程功能	32
3.4 Fluke 万用表的功能	33
3.5 测量电流	35
3.6 逻辑探针	36
3.7 NOID 灯	37
3.8 短路探测器	38

3.9 跨接线和附件	40
3.10 点火线圈测试工具	41
3.11 电火花测试仪	42
3.12 点火正时灯	42
3.13 蓄电池测试仪	43
3.14 示波器	44
3.15 低温焊接工具	46

第③篇 电气系统

第4章 蓄电池	51
4.1 化学反应	52
4.2 放电	53
4.3 电解液	54
4.4 充电	54
4.5 蓄电池的评价指标	56
4.6 蓄电池的类型	56
4.7 蓄电池荷电状态的测试	57
4.8 蓄电池的动态测试	57
4.9 手持式蓄电池测试仪	58
第5章 充电系统和起动系统	61
5.1 充电系统	61
5.2 直流发电机	62
5.3 直流发电机电压调节器	63
5.4 交流发电机	64
5.5 交流发电机机械式电压调节器	67
5.6 晶体管电压调节器	68
5.7 内置式和计算机控制电压调节器	68
5.8 充电指示灯	70
5.9 交流发电机的检测	72
5.10 发电机的一般检测方法	75
5.11 发电机的完全励磁	77
5.12 普通完全励磁测试	77

5.13	有外置式电压调节器的 GM 发电机	78
5.14	具有内置式电压调节器的 GM Delcotron 发电机	79
5.15	Delco-Remy CS 发电机	80
5.16	具有外置式电压调节器的福特发电机	81
5.17	福特 Motorcraft IAR 发电机	82
5.18	具有外置式电压调节器的克莱斯勒发电机	83
5.19	克莱斯勒的计算机控制发电机	83
5.20	直流发电机和调节器测试	84
5.21	直流发电机充磁	84
5.22	起动机	84
5.23	起动机电磁开关	85
5.24	起动机检测	86
第 6 章 点火系统		89
6.1	如何由 12V 电压得到 100000V 电压	90
6.2	点火线圈	90
6.3	点火线圈的检测	92
6.4	触点和电容器	94
6.5	电子点火和计算机控制点火	96
6.6	触发器	98
6.7	点火模块	101
6.8	点火模块的一般检测	101
6.9	点火模块的“敲击”试验	103
6.10	点火次级电路	109
第 7 章 燃油喷射系统		113
7.1	化油器	114
7.2	电控燃油喷射	114
7.3	电控燃油喷射系统的试验	115
7.4	传感器检测	118
7.5	执行器检测	128

第 ④ 篇 电气系统的故障诊断

第 8 章 电路图		133
8.1	识读电路图	134
8.2	电路图识读练习	138
8.3	回答有关电路图的问题	139
第 9 章 电气系统的故障排除		145
9.1	什么是逻辑	145
9.2	实例分析：起动机不工作	147

[	9.3 搭铁不良.....	150
	9.4 线间短路.....	151
	9.5 寄生电流.....	151

第一篇



基本理论

本部分的内容包括普通电学理论的概括介绍以及直流电在汽车上应用的工作原理。许多书籍对于电的内部和外部知识都有非常详细的描述，是否懂得这些电学知识并不重要，重要的是懂得如何将电学知识应用到实际工作中，以便诊断和维修汽车电气系统的故障。

对电学理论进行深入的研究远比本书提供的实际动手操作要复杂和麻烦得多。由于本书对电学知识的介绍不够系统和全面，因此首先向具有更多电气或电子知识的读者表示歉意。为了帮助读者克服在电学知识方面遇到的困难，第1章有关欧姆定律的知识是以改装高速汽车为实例介绍12V汽车电气系统是如何工作的。接着在第2章中介绍电压降测试的步骤，阐述如何运用所学的知识解决汽车中的实际问题。实际上，本书涉及的所有问题在某些方面都与第1章和第2章所介绍的基本理论有关。因此，如果在阅读更详细的电路图或电控燃油喷射诊断的内容时这些知识已经遗忘，重新阅读这些电学理论可以提供许多帮助。

第1章

欧姆定律

由于数十亿计的电子在导线中流动是难以观察到的，并且对大多数人来说甚至是难以理解的，因此汽车电子和电气装置的维修是人们比较陌生的领域。与拆解和清洗化油器、更换轮胎或者将配件安装到汽车上不同，电气系统的维修是真正的脑力劳动，但并非不可能或者难以完成。当看到经验丰富的汽车技师使用电子仪器诊断汽车电气故障，特别是当你想到如果你遇到电气系统故障，你可能不得不像技师一样进行同样的操作时，你可能会觉得电气系统令人头疼。但是，有一个小诀窍可以让你轻松地掌握如诊断起动机只能发出“咔嗒”声而不能起动发动机、前照灯不亮、发动机熄火，以及发现并维修任何其他疑难故障，这个诀窍就是实践。

大多数人都懂得实践的重要性，尤其对于体育运动，例如棒球、自行车、台球或者保

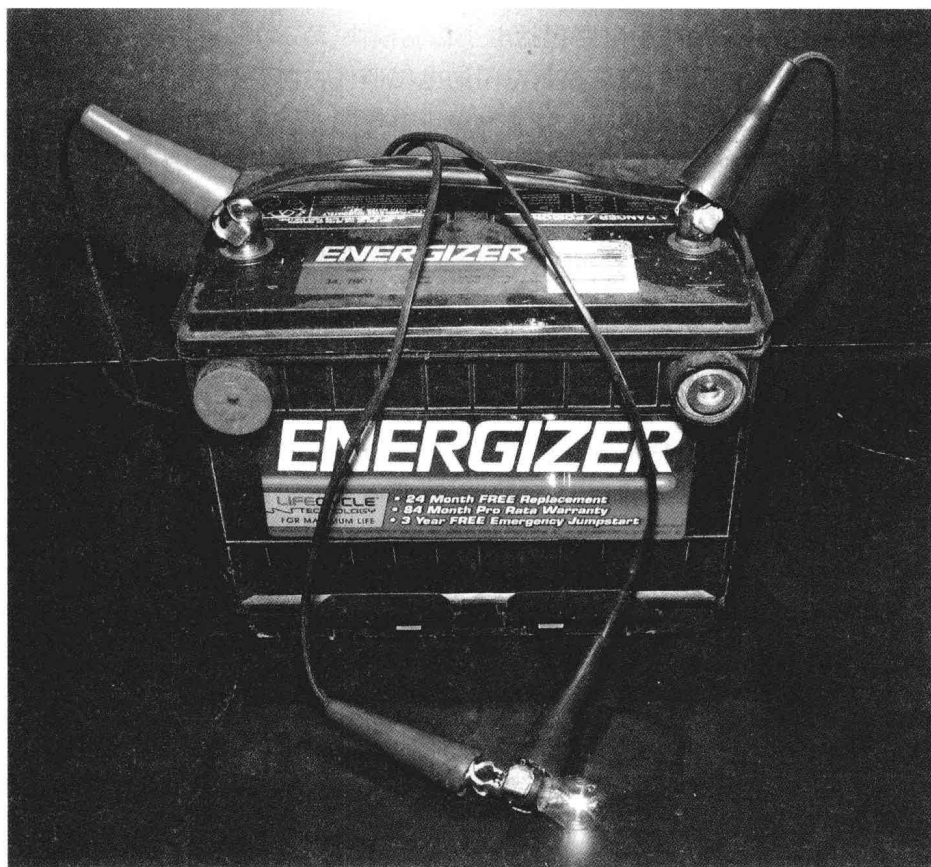


图 1-1 12V 蓄电池、导线和灯泡组成的简单的基本直流电路。



龄球等，任何一项运动都需要专门的技巧才能达到较熟练的程度。例如，假设你很久没有挥动棒球棒，在比赛中轮到你出场，你很有可能会出局。众所周知，比赛前的适当练习很大程度上能保证成功。同样的道理，当你的汽车发生故障的时候，也不应该不是你第一次打开你的新的数字电压表的时间。仅有简单的电学知识是不够的，你还必须通过使用万用表测量工作电路将理论知识应用于实践。当汽车发生故障时，才有可能在第一时间抓住机会将球击出（排除电气故障），这比你想象的要容易许多。

将电学理论应用于实际，最简单的就是要知道将电压表、电流表和电阻表连接到发生故障之前的工作电路上时，应显示什么读数。知道预期的读数并且懂得读数的含义就能够发现其他难以发现的问题。通过运用已知的数值对电路进行实际测量，将会使你得到充分的信心判断从没有工作的电路中发现了什么问题。让我们从常见的 12V 直流电路（图 1-1）开始讨论。

1.1 12V 直流电路的三要素

汽车上的每一个电气元件都是电路的一部分。电气部件的驱动和控制方案就构成了电路。汽车上的电气部件通常划分为不同的电路种类（尽管不总是如此），例如灯光电路由前照灯、尾灯、转向灯、日间行车灯和内灯等组成；充电电路包括发电机、电压调节器（如果使用）和蓄电池；典型的燃油喷射电路包括电子控制模块（ECM）和各种传感器和执行器。

在每一个系统中都有单独的电路控制专门的电气部件，前照灯和尾灯是灯光系统的一部分，但每一个部件都通过系统中独立的分支电路进行控制。一个系统包含有许多子系统，这给许多“绿荫树技工”（通常指在自家车道上对汽车进行改装或维修的业余爱好者——译者注）制造了很大的麻烦，而对于面对汽车电气系统故障的专业技术人员也是如此。为了诊断电气故障，必须将不工作的电路从整个大的系统中分开和隔离，并且从同一系统的其他操作电路分开和隔离。

当面对汽车电气系统故障维修时，大部分人通常会求助于汽车制造厂的电路图，他们误以为电路图提供了一个电气系统的设计图，因此能够帮助查找出不能正常工作的电路，但这种方法无异于大海捞针。汽车制造厂的电路图不能将工作不正常的电路分离或识别出来，事实上，由于它们只能够表示出整个灯光系统的电路，或者更差的是只能提供整车电气系统的总电路，因此这种方法往往使人感到无所适从，除非你知道要查找的部分。

具备识别和分离电路的能力，就可以使你能简单地连接一个电压表并能够预期各自正常的读数。你想懂得组成 12V 直流电路的“三要素”，要做到这一点并不困难。当“三要素”中的任何一个要素不存在时，说明电路已经停止工作。尽管这一点似乎很明显，但当在复杂电路图或者在发动机罩下实际线束中检查故障时还远远不够。但当你知道要查找的部分时，每一个 12V 直流电路的主要部件的“三要素”就能够很容易地被识别。

电路的“三要素”是电源、负载和搭铁回路，如图 1-2 所示。蓄电池是电源，其正极通过导线与灯泡连接，负载是灯泡，从灯泡到蓄电池负极之间的导线是搭铁回路。要使电路正常工作，它们缺一不可。

1. 电源

每一个电气部件工作时都必须有电源，电路工作所需要的全部电能都由电源提供。为了

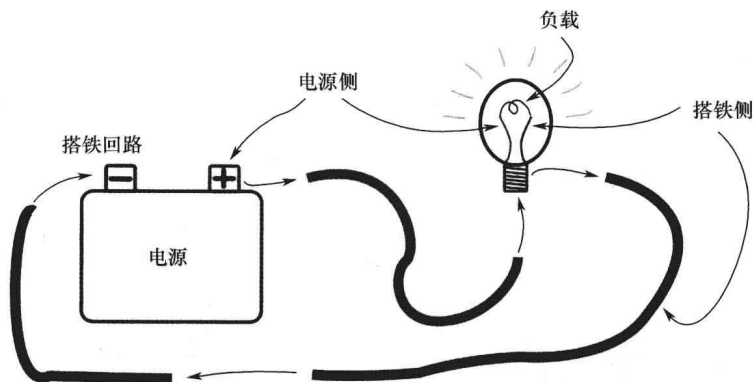


图 1-2 12V 直流电路的三要素，蓄电池是电源，负载是灯泡，从灯泡到蓄电池负极之间的导线是搭铁回路。

使电流在导线中流动，被称为电子的亚原子粒子(肉眼看不到)相互作用将电能从一点传递到另一点，为电路提供能量。从蓄电池正极开始，电子沿着电路运动。电源一侧电路的任何连接故障都会影响整个电路的工作。要发现这一点似乎是一件很容易的事情，但技师和家庭技工常常花费大量时间试图找到某一装置不能工作的原因，后来发现仅仅是因为一个简单的熔断器被烧断。

蓄电池和/或发电机是汽车上的电气和电子电路的主要电源(图 1-3)，另外，连接到蓄电池正极或者发电机输出端子的线路也是电源线。因此继电器、熔断器、接线盒和易熔线也位于为电气部件提供电源的电路路上，因为它们都与蓄电池的正极相连。其他用于称为电源的术语包括：正极侧、电源侧、热或热侧、正(+)、蓄电池等。

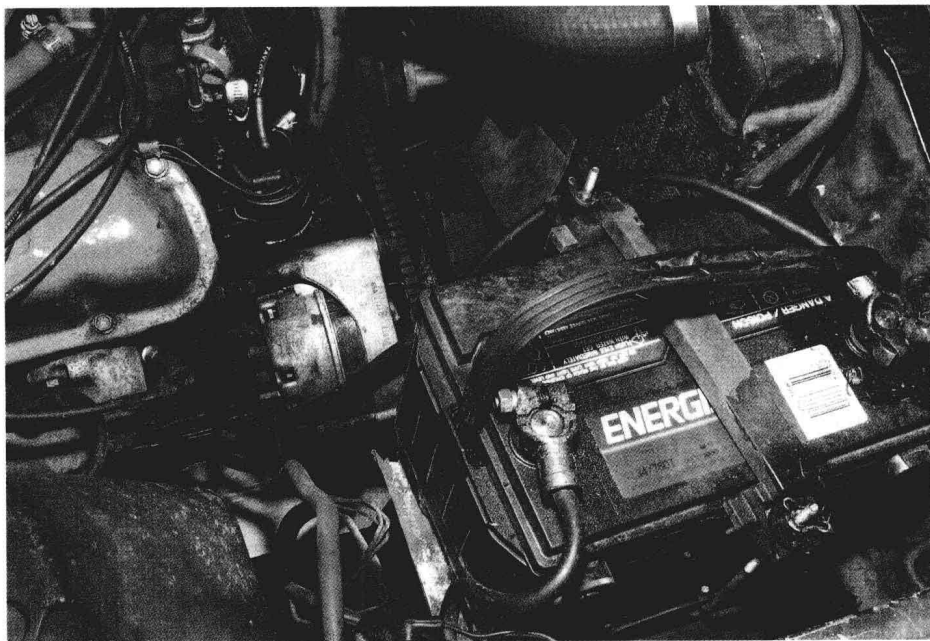


图 1-3 所有汽车上都有蓄电池和发电机两个电源。



2. 负载

负载是指能够产生电压降或者对导线中流动的电子产生电阻的装置(图 1-4)。大多数负载只不过是各种不同长度尺寸和形状的导体构成的,例如,电动机、继电器、灯、电磁阀、点火线圈、火花塞和计算机(黑匣子)都是具有一定电阻的负载。电路图中有数百个负载,它们都具有各自的功能,并且作为电路的一部分发挥相应的作用。

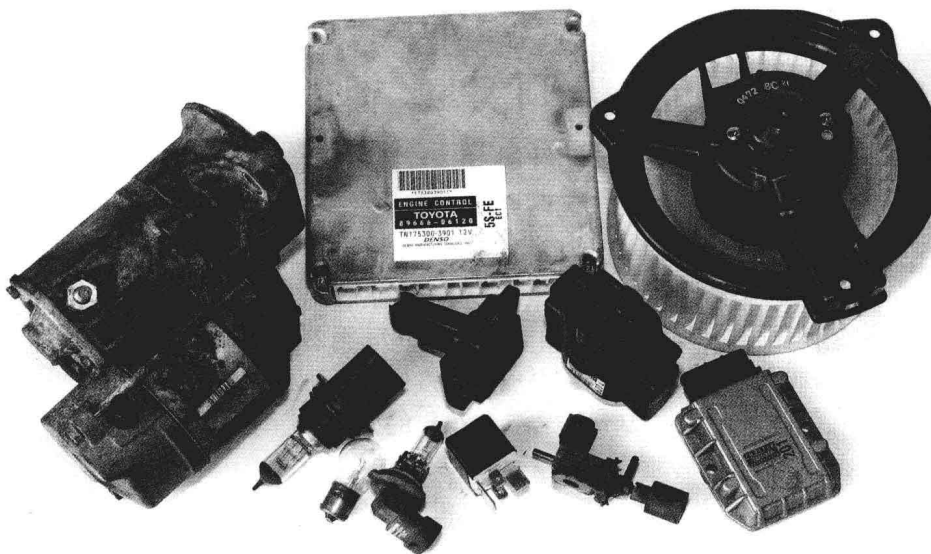


图 1-4 这些部件可能看起来不同,但它们都是具有一定电阻的负载。

但是,有一种负载总是不能引起大家的注意,这就是由于腐蚀或者连接松动以及开关或继电器内脏污造成的接触不良,它们在电路的各处都可能存在。我们不希望这些负载会对电流产生阻碍作用,形成电压降,对电路产生不良影响。最糟糕的是这些负载不会显示在电路图上,因此你不得不自己查找它们(第 2 章电压降测试将教你如何查找)。

3. 搭铁回路

搭铁回路为经过负载的电子提供返回蓄电池的回路。搭铁回路可以是导线、金属车身板件、发动机缸体、变速器或车架等。用作称为搭铁回路的其他术语包括:搭铁、冷、接地或者负(-)。电子流依次流过的电源、负载和搭铁回路称为完整的电路。如果“三要素”中的任何一个要素缺失,电路将断开而不能工作。

由于在电路中流动的电子是看不到的,因此要建立在电路内部有粒子流动的概念比较困难。以一条包括蓄电池、灯泡和导线组成的 12V 基本电路(图 1-5)为例,电路工作的唯一能够看得见的证据是灯泡发亮。如果电路连接在一起而灯泡不亮,至少说明“三要素”之一不存在,技师能够得到的证据就是灯泡不亮。

让我们用另一种方式思考这一概念,电路工作时在其内部发生的事情可以想象成水流过水管的情形,想象一个盛满水的水箱内部有一个水泵,水箱有一个进水口和一个出水口通过水管与负载连接,当水在一定压力下被泵出水箱时,被送往负载完成某项工作。当具有一定压力的水的能量被负载吸收以后,回水管(搭铁回路)将水从负载送回水箱并不断循环。

为了使这一过程能连续不断地进行,水必须以与泵出时相同的流量流回水箱。电子流通

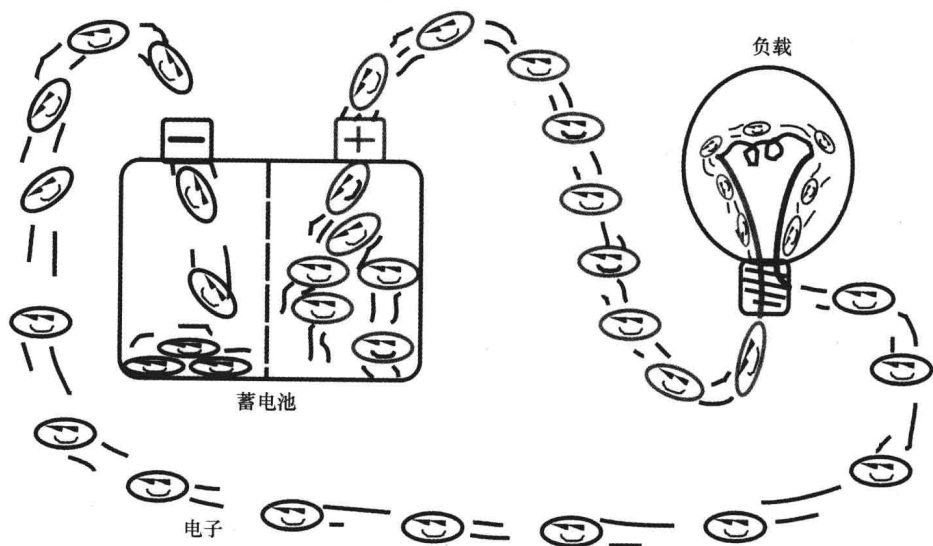


图1-5 快乐工作的电子被泵出蓄电池并通过负载，然后通过搭铁回路回到蓄电池负极，因此构成一个完整的电路。

过电路以相似的方式工作，从电路的电源一侧开始，电子流经负载并提供能量完成某项工作，然后从负载经搭铁回路流回蓄电池。

1.2 12V 直流电路的其他要素

你可能知道事情不会如此简单，仅仅依靠三要素不可能保持电路工作。不过不必担心，其他要素不是太多。

电源、负载和搭铁回路是能够实际看到和触摸到的实物，除了这三种实物以外，12V 直流电系统还有三个基本的但是看不见摸不着的概念，懂得它们的含义以及它们相互之间的关系就像懂得“三要素”如何构成电路一样重要。为了帮助你解除工作中的疑惑，幸运的是其他要素相互关系的结果可以看到。

其他要素是：电压、电流和电阻。电压值表示电压的高低，电流值表示流经电路的电量，电阻值表示电子流过电路遇到的阻力的大小。这三个概念代表了实际发生在工作电路中的三个电参数值，它们之间的关系可以反映直流电路工作是否正常。

1. 电压

电压可以认为是推动电子由蓄电池正极，通过负载并回到蓄电池负极所需要的压力。电压类似于空气压缩机对空气产生的压力，压缩机将空气压入储气筒内储存作为能源，当将气动工具连接到储气筒并接通开关以后，储气筒内的高压空气通过气管进入气动工具使其完成某项工作。空气压力越高，气动工具完成的工作越多。电压与此相似，电压越高，驱动电子流过导线和负载的力越大(图1-6)。汽车蓄电池的电压只有 12.6V，当发动机工作时，发电机可以将电压升高到 14.5V。由于电压较低，所以在插接器连接处或者导线上避免电压损失是非常重要的。

但是在汽车上有另一个电气系统具有比蓄电池 12.6V 高得多的电压，点火系统需要很