

国家示范性 高职院校建设规划教材



汽车电气系统 检测与维修

张宪辉 主编
田春霞 主审



化学工业出版社

国家示范性 高职院校建设规划教材



汽车电气系统 检测与维修

张宪辉 主 编

陈兆俊 副主编

田春霞 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以基于工作过程的模式进行编写,内容编排符合汽车维修企业的实际工作过程和学生的认知规律,每一情境均以一个实际的故障现象作为载体,按照呈现故障现象、分析故障原因、知识技能准备、专业技能拓展、故障实施及验证的流程进行设计,包括:情境分析、基础知识应会、专业知识应会、专业技能应会、专业技能拓展和任务工单五个部分。共设计了八个学习情境,分别包含蓄电池、发电机、启动系统、照明系统、信号系统、仪表系统、刮水器与洗涤器以及电动车窗与后视镜等方面的内容。通过内容的合理选取与配置,本书既可以作为基于工作过程的理论与实践一体化课程配套教材,同时在一定程度上也满足了作为学生专业工具书使用的要求,不仅能够很好地配合基于工作过程的课程教学,更能培养学生自主学习,独立思考的能力。

本书适合于高职高专汽车检测与维修技术、汽车电子技术、汽车运用与维修等相关专业使用,也可供从事汽车检测、维修等相关行业的工程技术人员及汽车爱好者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气系统检测与维修/张宪辉主编. —北京:化学工业出版社, 2010.5

国家示范性高职院校建设规划教材

ISBN 978-7-122-08404-0

I. 汽… II. 张… III. ①汽车-电气系统-故障检测-高等学校:技术学院-教材②汽车-电气系统-车辆修理-高等学校:技术学院-教材 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 077282 号

责任编辑:韩庆利

文字编辑:徐卿华

责任校对:陶燕华

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张15½ 字数400千字 2010年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

在中国汽车工业迅猛发展的今天,汽车检测与维修专业人员已被列入四大技能型紧缺人才之一。为不断培养满足汽车后市场需求的技能型专业人才,许多高等职业院校,在包括汽车检测与维修技术专业在内的多个重点专业中,进行了课程体系与教学内容等领域的大胆改革和积极探索,教材改革就是其中的一个重要方面。

作为汽车专业类教材,应以汽车维修行业人才需求为基本依据,以企业的实际工作任务为主线,通过专业知识和相关技能的有机融合,全面提高学生的专业能力,使其具备可持续发展的潜能,真正体现高等职业教育的特色。

本书以基于工作过程的模式进行编写,共设计了八个学习情境,分别包含蓄电池、发电机、启动系统、照明系统、信号系统、仪表系统、雨刮器与洗涤器以及电动车窗与后视镜等方面的内容。为使本书的内容编排符合汽车维修企业的实际工作过程和学生的认知规律,每一情境均以一个实际的故障现象作为载体,按照呈现故障现象、分析故障原因、知识技能准备、专业技能拓展、故障实施及验证的流程进行设计,包括:情境分析、基础知识应会、专业知识应会、专业技能应会、专业技能拓展和任务工单五个部分。通过内容的合理选取与配置,本书既可以作为基于工作过程的理论与实践一体化课程配套教材,同时也在一定程度上也满足了作为学生专业工具书使用的要求,不仅能够很好地配合基于工作过程的课程教学,更能培养学生自主学习,独立思考的能力。

本书适合于高职高专汽车检测与维修技术、汽车电子技术、汽车运用与维修等相关专业使用,也可供从事汽车检测、维修等相关行业的工程技术人员及汽车爱好者阅读参考。

本书由大连职业技术学院张宪辉主编(编写了本书的学习情境一、二、三),陈兆俊副主编(编写了本书的学习情境四、五),田春霞教授主审。参加本书编写的还有平顶山工业职业技术学院秦浩(编写了本书的学习情境六)、大连职业技术学院刘岩(编写了本书的学习情境七、八)。

本书在编写过程中参阅了相关文献,同时也得到了汽车维修领域技术专家的指导和帮助,在此表示衷心的感谢!由于编者专业水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2010年3月

目 录

篇头语	1
学习情境一 发动机启动无力故障检修	2
学习目标	2
情境分析	2
基础知识应会	4
一、电路基础	4
二、常用仪器	8
专业知识应会	12
一、蓄电池概述	12
二、蓄电池的构造与型号	13
三、蓄电池的工作原理和工作特性	18
四、蓄电池的容量及其影响因素	19
专业技能应会	21
一、蓄电池技术状况的检查	21
二、蓄电池的充电	22
三、蓄电池的常见故障及诊断	25
四、蓄电池的使用与维护	27
专业技能拓展	27
任务工单	30
学习情境二 发电机充电指示灯常亮故障检修	35
学习目标	35
情境分析	35
基础知识应会	36
一、电磁基础	36
二、电子技术基础	39
专业知识应会	44
一、交流发电机的构造	45
二、交流发电机的工作原理	50
三、交流发电机的工作特性	53
四、电压调节器	54
五、充电指示灯控制电路	61
专业技能应会	63
一、充电系统的故障类型及判断	63

二、交流发电机的不解体性能测试	66
三、交流发电机的解体检测	68
专业技能拓展	70
任务工单	74

学习情境三 启动机不运转故障检修

学习目标	79
情境分析	79
基础知识应会	81
一、电磁基础	81
二、继电器	82
专业知识应会	84
一、启动系统概述	84
二、启动机的组成	84
三、启动机的控制电路	91
四、启动机的类型	94
五、启动机的工作特性	97
专业技能应会	98
一、启动系统的故障类型及判断	98
二、启动机不解体性能测试	101
三、启动机的解体检测	102
四、启动机的使用与维护	106
专业技能拓展	106
任务工单	110

学习情境四 前照灯近光不亮故障检修

学习目标	115
情境分析	115
基础知识应会	117
一、汽车电路图的类型	117
二、汽车电路图的识读方法	120
专业知识应会	124
一、前照灯的结构与类别	124
二、前照灯控制电路	130
专业技能应会	133
一、前照灯控制电路实例分析	133
二、前照灯的使用、检测与调整	133
三、前照灯的故障现象与检修	135
专业技能拓展	137
一、自动前照灯系统	137
二、其他照明灯	139
任务工单	140

学习情境五	危险报警灯不闪烁故障检修	143
学习目标		143
情境分析		143
基础知识应会		145
一、电容器概述		145
二、电容器的主要参数		145
三、电容器的充、放电		146
四、电容的串联与并联		147
五、电容器的检测		147
六、电容器的选用		148
专业知识应会		148
一、闪光器		149
二、转向及危险报警灯电路		152
专业技能应会		153
一、转向及危险报警灯电路实例分析		153
二、转向及危险报警灯电路的故障及排除		154
专业技能拓展		154
一、其他信号灯系统		154
二、其他信号装置——电喇叭		157
任务工单		160
学习情境六	燃油油位表不动作故障检修	164
学习目标		164
情境分析		164
基础知识应会		166
一、热敏电阻型温度传感器		166
二、电源稳压器		166
专业知识应会		167
一、常规汽车仪表		169
二、仪表报警灯和指示灯		176
专业技能应会		182
专业技能拓展		184
一、新型汽车仪表概述		184
二、新型汽车仪表实例		185
三、新型汽车仪表的故障检测		186
任务工单		187
学习情境七	雨刮器无法自动复位故障检修	192
学习目标		192
情境分析		192
基础知识应会		194
专业知识应会		194

一、雨刮器的组成和工作原理	194
二、风窗洗涤器	199
专业技能应会	200
一、雨刮器电路实例分析	200
二、雨刮器和洗涤器的检查	204
三、雨刮器和洗涤器的故障检修	205
专业技能拓展	209
一、柔性齿条传动刮水器	209
二、自动刮水器系统	209
任务工单	211

学习情境八 右前电动车窗不动作故障检修

学习目标	215
情境分析	215
基础知识应会	217
一、熔断器	217
二、易熔线	217
三、断路器	217
专业知识应会	218
一、电动车窗的组成	218
二、电动车窗的控制电路	220
专业技能应会	222
一、电动车窗控制电路实例分析	222
二、电动车窗的故障检修	222
专业技能拓展	227
一、新型电动车窗控制技术	227
二、常规电动后视镜	230
三、新型电动后视镜技术	233
任务工单	235

参考文献

1. 汽车构造	1
2. 汽车电器	2
3. 汽车维修	3
4. 汽车检测与诊断	4
5. 汽车保险与理赔	5
6. 汽车美容与装饰	6
7. 汽车安全与法规	7
8. 汽车环保与节能	8
9. 汽车材料	9
10. 汽车工程图	10
11. 汽车英语	11
12. 汽车营销	12
13. 汽车企业管理	13
14. 汽车文化	14
15. 汽车历史	15
16. 汽车未来	16
17. 汽车社会	17
18. 汽车生活	18
19. 汽车艺术	19
20. 汽车科学	20

篇头语

随着现代汽车技术的日新月异，汽车故障也日趋纷繁复杂，同样一个故障原因可能引起不同的故障现象，而同样一个故障现象又往往是由不同的故障原因造成的，因此，要想在汽车维修领域成为一名称职的专业技术人才，就必须掌握扎实的专业理论知识和过硬的实践技能，通过理论和实践的有机结合，运用灵活的思维、利用积累的经验，在学习和工作中逐步提高自己的技能水平。

汽车维修，切忌思维混乱，没有章法。无论怎样复杂的故障，只要大家仔细观察，冷静思考，谨慎操作，最终问题都必将得到解决。在此，简单概括一下汽车维修的基本流程，希望大家能从中受益。

汽车维修的基本流程：

- (1) 确认故障现象
- (2) 圈定故障范围
- (3) 制定排查顺序
- (4) 依次排除故障
- (5) 故障排除验证

相信，只要大家把握原则，灵活运用，排除汽车故障应当是水到渠成之事！

学习情境一

发动机启动无力故障检修

(学习范畴: 蓄电池)



学习目标

知识目标:

1. 认识蓄电池的基本结构和型号;
2. 了解蓄电池的基本工作原理;
3. 掌握影响蓄电池性能的因素;
4. 熟悉蓄电池充、放电过程的基本特性。

技能目标:

1. 会对蓄电池进行正确充电(定压、定流、脉冲充电等);
2. 会对蓄电池进行正常维护及技术状况检查;
3. 能通过故障现象判断蓄电池故障类型并进行正确检修。



情境分析

[故障现象]

一辆丰田威驰轿车运行四年来车况一直都很正常,只是最近几天由于车主临时出差使该车处于闲置状态,待车主返回后准备发动车辆时,发现在启动过程中发动机运转极其缓慢,并伴随着“嗒嗒嗒…”的声音。

[故障原因]

通过上述故障现象,导致该故障的原因大致可以划分为如下几个方面:

- ① 蓄电池故障;
- ② 启动机故障(链接:学习情境三);
- ③ 启动线路故障;
- ④ 其他原因(如发动机机械故障等)。

本学习情境主要对由于蓄电池故障导致的发动机启动无力进行讨论、分析。

那么,蓄电池出现什么问题会造成发动机启动无力呢?一言以蔽之,就是蓄电池的储备电能严重不足,俗称“亏电”严重。

问题思考:

蓄电池是什么部件?安装在汽车上的哪些部位?在汽车中起什么作用?

知识链接:

参见专业知识应会之一

蓄电池“亏电”的原因多种多样,一般可归结为如下几个方面。

- ① 蓄电池自身故障:如蓄电池极板短路、活性物质脱落、硫化现象、自行放电等。
- ② 外部故障:如因汽车某些用电设备持续用电等原因造成蓄电池对外放电等。

问题思考:

蓄电池由哪些部分组成?它是如何工作的?上述故障呈现出的现象是什么样子?

知识链接:

参见专业知识应会之二、专业技能应会之三

[制定方案]

在实际的汽车维修工作中,一般都本着“由主至次,由简至繁”的检修原则,制定维修方案。通过分析,已经明确导致该故障的原因主要包括蓄电池自身故障和外部放电故障两个方面,那么大致的维修方案可确定如下。

- ① 先将这两方面的原因排除掉其中之一(思考:采取什么方法和手段进行排除呢?)。
- ② 针对已确定的原因进行再次分解,再依据检修原则,制定下一阶段的检修步骤。
- ③ 以此类推,直至真正的故障原因最终被排查出来为止。

[实施排查]

举例说明排查过程的实施。

① 为了确定造成该车故障的原因究竟是蓄电池本身,还是外部放电,采取如下手段进行故障的分割排除:在故障车辆上安装一块已知性能良好且充足电的蓄电池(或在原车蓄电池上并联充电电源),关闭车辆的所有用电设备(包括关好车门),断开蓄电池的负极,在蓄电池的负极柱与负极线缆之间串接一电流表(将万用表选至电流挡位置),使其正表笔与负极线缆连接,负表笔与蓄电池负极柱连接,读取电流值,该电流值表示了蓄电池对外放电的程度(读取放电电流值的大小是该步骤的核心内容,因为放电电流的大小直接决定了故障原因究竟是蓄电池本身,还是外部放电,所以放电电流是本步骤中进行故障排除的分割点)。

② 如果读取的电流值很小,为几十毫安,说明没有外部放电故障(之所以有几十毫安的电流存在,是因为汽车的时钟、ECU等部件需要提供常电源),当然,如果车辆上带有遥控防盗装置,有可能电流会大一些(具体值可参考不同车型的维修手册),这也属正常现象;如果电流值超过标准,达到几百毫安甚至1A以上,则说明该车确实存在外部放电故障,与蓄电池本身无关。假设测得该车的放电电流为1200mA,可以断定存在外部放电故障,此时无须对蓄电池进行检测。

③ 导致外部放电故障的原因主要有车载用电设备没有关闭、设备开关短路等,这些原因使用电设备在车辆关闭情况下仍处于运行状态,从而导致了蓄电池非正常的电量消耗。为此,需要通过观察、电流表测量和电路图分析等各种手段的有机结合,最终锁定故障部件,并维修或更换之。

问题思考:

针对蓄电池的各种故障如何进行检修(重点在于蓄电池的性能检测及正确充电)?

知识链接:

参见专业技能应会之一、二

[修复验证]

在排查、修复工作完成之后,一定要重新进行蓄电池放电电流的测试,以此来验证故障是否彻底得到解决。

**基础知识应会****一、电路基础****(一) 基本电量****1. 电流**

电荷的定向运动称为电流,用字母 I 表示。在金属导体中,电流实质上是带负电荷的自由电子在外电场力作用下的定向运动而产生的。在导电液体(如蓄电池的电解液)中,电流是带正、负电荷的离子在电场力作用下向相反方向移动而形成的。

电流是一个矢量。通常规定正电荷运动的方向为电路中电流的实际方向。在实际电路中可以选定参考方向,若电流的实际方向与参考方向一致,电流为正值;若电流的实际方向与参考方向相反,则电流为负值。

电流的基本单位是 A,安[培],在实际应用中还有 mA、 μA 等,并且 $1\text{A}=10^3\text{mA}=10^6\mu\text{A}$ 。

电流可分为交流电和直流电。目前,绝大部分汽车上使用的均为直流电源和直流用电设备。

2. 电位、电压、电动势

(1) 电位 电场力将单位正电荷从某点移到参考点(零电位点)所做的功称为该点的电位。在电路中电位是以任选一点作为零电位,其他点以此为标准确定电位,在同一个电路中零电位是唯一的,所有点的电位只能相对于同一零电位计算。电位的单位为 V,伏[特]。

在现代汽车的电路中,通常为负极搭铁,即车身或车架与蓄电池负极连接,作为电位的参考点,把车身或车架的电位规定为零电位,通常用“ $\perp$ ”表示。

电位没有方向性,是标量,通常用字母 V 加下标表示某点的电位,例如 $V_C=2\text{V}$ 。

(2) 电压 在电路中,由于电源的作用,电场力把正电荷从 a 点移动到 b 点所做的功 W_{ab} 与被移动的电量 Q 的比值称为这两点间的电压,用字母 U 表示,单位为 V。

由上述定义可知,电压即为两点间的电位之差,所以电压也称电位差。电压是衡量电场力做功能力大小的物理量。电压越高,电场力做功的能力越大。

电压是矢量,既有大小也有方向。电压的大小取决于电路中两点的选择。电压的正方向规定为从高电位指向低电位,即电压降低的方向。对负载来说,电流的流进端为高电位端,电流的流出端为低电位端,所以负载中的电压方向和电流方向是一致的。

应当注意,电位和电压是有区别的。电位是标量、是相对值,与参考点的选择有关;而电压则是矢量、是绝对值,与参考点的选择无关。

(3) 电动势 电动势也是电路中两点之间的电位差, 不过电动势通常是对电源内部而言的, 它用来表示其他形式的能量转换为电能的能力, 用字母 E 表示, 单位为 V 。

电动势的方向规定为从电源的负极指向正极, 即电位升高的方向。电动势的方向与电压的方向相反。

目前, 汽车用蓄电池的电动势主要有 $12V$ 和 $24V$ 两种。

3. 电阻

导体对电流起阻碍作用的能力叫作电阻, 用字母 R 表示。基本单位为欧姆 (Ω), 常用单位还有 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 等, 并且 $1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$ 。

导线所用材料的尺寸、种类、长度和温度等条件决定了导线的电阻。在电路中会出现很多电阻, 如灯泡、电动机、继电器等。几乎所有汽车电气设备元件都可以通过测其电阻来判断它的好坏, 例如, 当测量导线的电阻为无穷大时, 则表示导线断路。

导线电阻与其长度、截面积、温度有如下关系:

$$R=\rho L/S$$

式中 ρ ——导体的电阻率, $\Omega \cdot m$;

L ——导体的长度, m ;

S ——导体的截面积, m^2 ;

R ——导体的电阻, Ω 。

导体的电阻率由导体的材料所决定, 所以不同的材料其电阻率也是不同的。另外, 导体电阻还与导体的温度有关, 一般温度越高, 电阻越大 (负温度系数的材料除外, 有些材料随温度升高而下降, 如汽车上用的冷却液温度传感器等)。有时导线的物理损坏也会影响电阻, 如刻伤或剪伤, 使电阻增加。

(二) 欧姆定律

欧姆定律用来表达电流、电压、电阻三者关系, 如果已知其中两个便能算出另一个, 如:

$$U=RI$$

注: 在利用欧姆定律计算时, 三个要素对象一定要一致, 比如在计算一个电阻的阻值时, 一定要用该电阻两端的电压除以流过该电阻的电流。

1. 部分电路欧姆定律

不含电源的一段电路称为部分电路。如图 1-1 所示, 在该电路中, 存在如下关系:

$$I=\frac{U}{R} \quad \text{或} \quad U=RI$$

式中 U ——电路两端的电压, V ;

R ——电路电阻, Ω ;

I ——电路的电流, A 。

2. 全电路欧姆定律

含有电源的闭合电路称为全电路。如图 1-2 所示, 在该电路中包含内电路和外电路两个部分。在全电路中, 通过电路的电流与电源电动势 E 成正比, 与电路的总电阻 ($R+r$) 成反比, 此规律称为全电路欧姆定律, 如下式表示:

$$I=\frac{E}{R+r}$$

式中 R ——外电路电阻, Ω ;

r ——内电路电阻, Ω ;



I ——电路的电流, A;

E ——电源电动势, V。

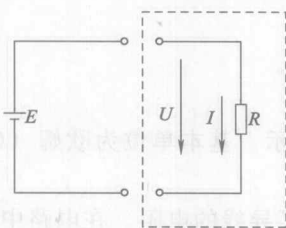


图 1-1 部分电路

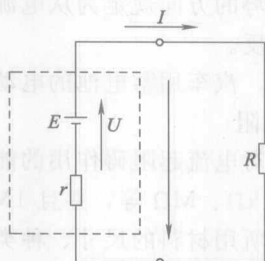


图 1-2 全电路

由此可得出

$$E = IR + Ir = U + U_r$$

式中 U ——外电路电压降, 简称端电压;

U_r ——内电路电压降, 也称内阻压降。

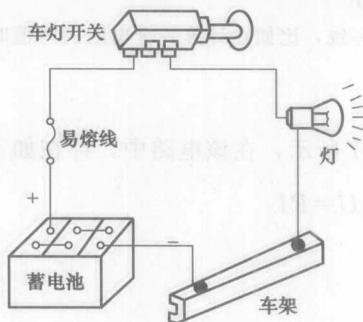
因此, 电源的电动势等于端电压与内阻压降之和。

(三) 电路状态

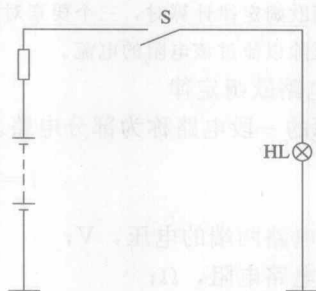
电路, 通俗地讲就是电流的路径。汽车的电路主要由四个基本部分组成, 分别是电源、导线、用电设备 (负载) 和控制元件 (开关等), 为安全起见, 在汽车电路中通常还包括保险、继电器等部件。

1. 通路 (闭合回路)

通路是指电路按规定路径处处导通, 由电源和负载共同构成了闭合回路, 如图 1-3 所示。根据负载的大小通路状态可分为轻载、满载和过载三种情况。负载在额定功率下的工作状态叫额定工作状态 (也称满载); 低于额定功率的工作状态叫轻载; 高于额定功率的工作状态叫过载。由于过载很容易造成电气设备烧坏, 所以通常情况下不允许电路出现过载。



(a) 实物图



(b) 原理图

图 1-3 电路通路

2. 断路 (开路)

断路是指电路中有支路被断开, 使得电源和负载未构成闭合回路, 电路中无电流通过。断路可分为控制性断路和故障性断路, 如图 1-4 所示。控制性断路是为了某种需要特意利用开关切断处于通路状态的电路; 故障性断路则是一种非预期的不正常断路状态。例如, 在汽车电气系统中, 通过控制照明灯开关来切断前大灯电路, 使其在白天熄灭, 这就属于控制性断路; 而电源与负载间的插接器松脱, 使负载无法正常工作, 就属于故障性断路。



图 1-4 电路断路

3. 短路

短路是指电路中的电流未从规定的路径通过，而从中途短接线路通过的状态，如图 1-5 所示。此时电路不通过灯泡而是由短路点 A、B 构成回路。由于短路时回路中电阻近似为零，所以电路中的电流要比正常时大几十倍或几百倍。如此大的电流通过电路会产生大量的热，使导线温度迅速升高，很容易烧坏导线、损坏电源及其他设备，甚至会引起火灾，因此，在汽车电路中，一般都会在电路中串联保险丝、易熔线、断路器等保护装置，一旦电流过大，电路就会变为断路状态。

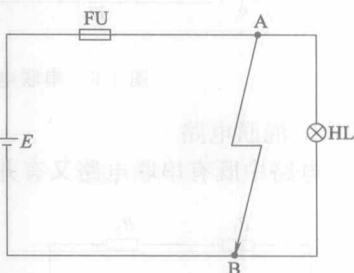


图 1-5 电路的短路故障

4. 接触不良

接触不良是指电路在导体接触部位由于接触面有氧化层、脏污、接触压力不足或接触面过小等原因造成的电阻过大的现象。严重接触不良会造成电路断路。

(四) 电路连接方式

1. 串联电路

两个或两个以上元件（电阻）首尾依次相连在电路中，使电流只有一条通路的连接方式叫作串联，这样的电路叫作串联电路，如图 1-6 所示。

串联电路具有以下特点。

- ① 流过每个电阻的电流相等，并等于总电流，即

$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n = I$$

- ② 电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

- ③ 电路的总电阻等于各电阻之和，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

可见，电阻串联后，总电阻增大，并大于电路中的任何一个电阻。

2. 并联电路

两个或两个以上元件（电阻）首与首连接，尾与尾连接，并连接到同一个电源上，这样的连接方式叫作并联，这样的电路叫作并联电路，如图 1-7 所示。

并联电路具有以下特点。

- ① 各电阻两端的电压相等，且等于总电压，即

$$U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n = U$$

- ② 总电流等于流过各电阻的电流之和，即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

③ 电路总电阻的倒数等于各分电阻的倒数之和, 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

可见, 电阻并联后, 总电阻减小, 并且小于电路中的任何一个电阻。

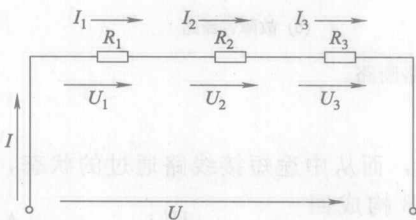


图 1-6 串联电路

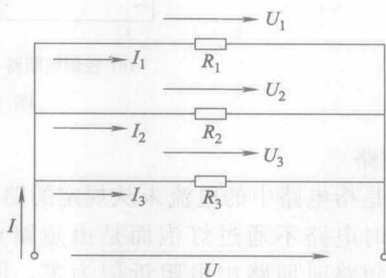


图 1-7 并联电路

3. 混联电路

电路中既有串联电路又有并联电路, 这样的电路称为混联电路 (也称复合电路), 如图 1-8 所示。

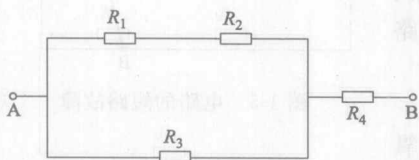


图 1-8 混联电路

在分析混联电路时, 一定先要搞清楚电路中各电阻之间的串并联关系, 然后利用串联和并联电路的特点, 分别求出串联和并联部分的各等效电阻, 最后求出电路的总电阻。

(五) 瓦特定律

功率是分析电路时经常用到的一个术语, 功率是用瓦特定律求得的, 瓦特定律确定了功率、电压、电流三者的关系, 如下式所示:

$$P=UI$$

功率 (P) 是电在单位时间所作功的度量单位, 功率的国际单位是瓦特 (W), 有时也用马力 (hp) 来表示。1hp=746W。例如汽车的某个附件额定功率为 60W, 则附件的电流为 $I=P/U=60/12=5A$ 。

二、常用仪器

(一) 万用表

作为最常用的一种电工测量仪表, 万用表能够测量多种电量和电参数, 并且测量量程多、操作简单、携带方便。目前, 广泛使用的万用表有两种: 一种是普通指针式万用表, 另一种是数字式万用表。指针式万用表能够测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻以及音频电平, 有的还可以测量电容、电感以及晶体管放大系数。数字式万用表的功能更多一些, 除了具有以上功能外, 还可以测量频率、周期、时间间隔等参数。

1. 指针式万用表

指针式万用表是以指针的偏转来指示被测量的大小, 如图 1-9 所示。它主要由磁电式测量机构 (俗称表头)、测量线路和转换开关三部分组成。测量时, 通过切换转换开关, 选择相应的测量线路, 将被测量转换成可由磁电式



图 1-9 指针式万用表外形图

表头直接接收的电流。磁电式表头满偏电流小、灵敏度高；仪表外配高压探头，电压量程可扩大至 25kV；内电路中串接 0.5A 熔丝进行保护。

(1) 直流电流和电压的测量 在测量直流电流或直流电压时，首先将转换开关旋至相应被测量的范围内，选好量程（量程的选择应使指针偏转在 $2/3$ 量程左右的范围内），再将表笔串入（测电流）或并入（测电压）被测电路中进行测量。注意插在“+”孔中的红表笔应接在被测电路的正极，插在“-”孔中的黑表笔应接在被测电路的负极。

(2) 交流电压的测量 交流电压的测量方法与直流电压的测量方法相同。

(3) 电阻的测量 指针式万用表按设计不同，其电阻挡的量程设置也不同，通常具有三、四或五个量程。所有量程共用一条刻度线。由于量程之间是 10 倍关系，为保证测量准确，每次测量前首先要选好量程，然后必须调零，其方法是：将红、黑表笔短接，旋动调零旋钮，直到指针指示“0”为止。万用表的指针转角与被测电阻一一对应，电阻刻度为非均匀刻度。

为保证在不同量程下测量机构满偏电流不变，需要电池电压不变；万用表干电池的端电压会随时间的延长而下降，导致工作电流变小，使测量结果偏大，所以在测量线路中设有调零电路。面板上的调零旋钮对应于并联在测量机构上的调零电位器，利用该调零电位器，可调整测量机构的工作电流，使调零时的指针满偏；由于万用表电阻刻度不均匀，使电阻挡的有效测量范围仅局限于误差较小的 $0.1 \sim 10$ 倍中值电阻范围内。测量时，若被测量超出这个范围，应转换量程挡，调零后重新测量。

2. 数字式万用表

数字式万用表主要由数字电压表、测量电路、量程转换开关等组成。其中测量电路能将待测电量和电参量转换为毫伏级的直流电压，供数字电压表显示待测量。当量程转换开关置于不同的位置时，可组成不同的测量电路。图 1-10 所示为数字式万用表面板。前面板装有液晶显示屏、量程转换开关、输入插口、hFE 插口及电源开关，后面板附有电池盒。对于数字式万用表的使用操作，首先应注意检查 9V 电池，开启万用表，如果电池电量不足，则显示屏左上方会出现符号，还要注意测试笔插孔旁边的符号，这是警告要留意测试电压和电流不要超出指示数字。此外，在使用前要先将量程放置在你想测量的挡位上。

(1) 电压测量

① 将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 VΩHz 插孔。

② 测直流电压（DCV）时，将功能开关置于 DCV 量程范围 [测交流电压（ACV）时则应置于 ACV 量程范围] 并将测试表笔并接到被测负载或信号源上，在显示电压读数时，同时会指示出红表笔的极性。

(2) 电流测量

① 将黑表笔插入 COM 插孔，当被测电流在 200mA 以下时红表笔插 mA 插孔；如被测电流在 200mA~2A 之间，则红表笔移至 10A 插孔（具体插孔符号标识因表各异）。

② 将功能开关置于直流电流（DCA）或交流电流（ACA）量程范围，把表笔串入被测电路中。

(3) 电阻测量

① 将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 VΩHz 插孔。

② 将功能开关置于所需 Ω 量程上，将红黑表笔跨接在被测电阻上。



图 1-10 数字式万用表外形图