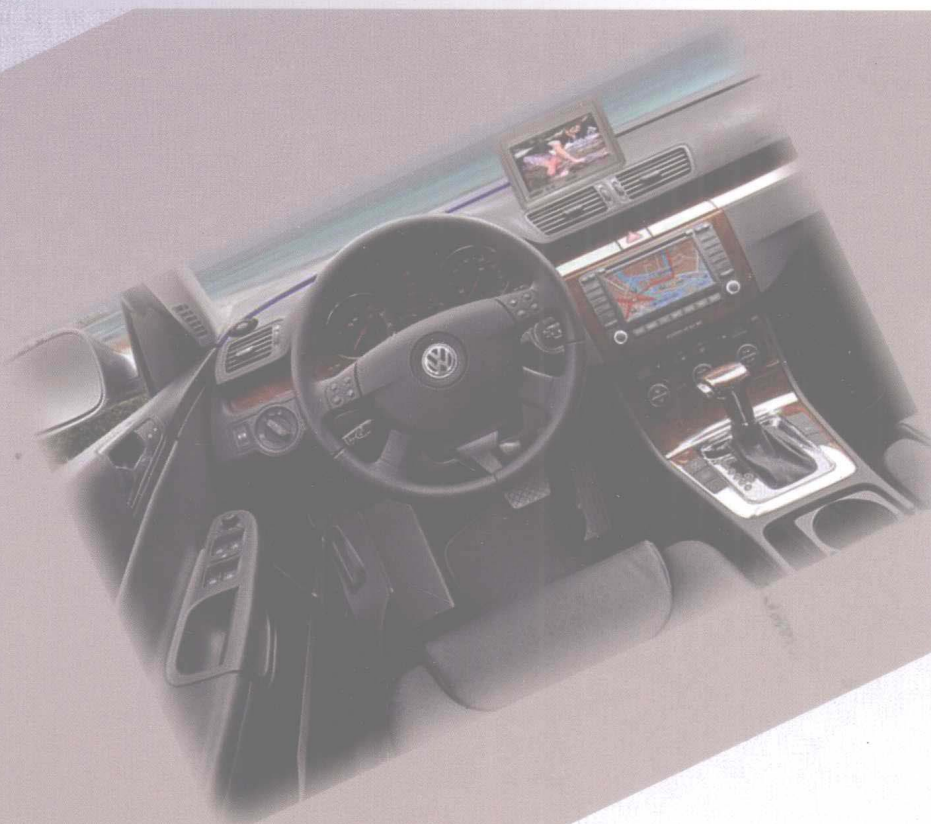


21 世纪高职高专汽车类专业规划教材

汽车电工与电子技术

主编 姚道如

主审 贾宝会



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

21 世纪高职高专汽车类专业规划教材

汽车电工与电子技术

主 编 姚道如

副主编 刘俊萍 刘鸿健 王贤高

主 审 贾宝会

武汉理工大学出版社

内容简介

本书根据高职汽车类专业特点编写,全书共有13章,主要包括:直流电流、单相正弦交流电路、二相交流电路、磁路与变压器、电动机、安全用电常识、常用半导体器件及应用、集成运算放大器、晶闸管及应用、数字电路、自动控制基础、汽车单片机及车载网络技术简介、汽车用传感器简介等内容。

本书充分考虑了汽车专业的针对性,以必需、够用为度,大胆改革,淡化理论,突出实用性、注重对学生技能的培养,尤其将近年来的新技术引入到课本中来。

本书可作为高职汽车类专业教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工与电子技术/姚道如主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2009.1

21世纪高职高专汽车类专业规划教材

ISBN 978-7-5629-2876-8

I. 汽…

II. 姚…

III. ①汽车-电工 ②汽车-电子技术

IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 003304 号

出版:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路122号 邮编:430070)

发行:武汉理工大学出版社发行部

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:787×960 1/16

印张:18.25

字数:420千字

版次:2009年1月第1版 2009年1月第1次印刷

印数:1—2000册

定价:32.00元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

21 世纪高职高专汽车类专业规划教材 编审委员会名单

主任委员:

崔树平 全国机械职业教育汽车类专业教学指导委员会委员
山西机电职业技术学院汽车工程系主任
明平顺 武汉理工大学汽车工程学院副院长,教授
雷绍锋 武汉理工大学出版社社长,教授,博导.

副主任委员:

胡 勇 刘俊萍 吴新晓 王贵槐
李铁军 张 智 袁建新 刘永坚

委 员(按姓氏笔画顺序排列)

方应明 王 浩 牛艳莉 石社轩
孙东升 吉武俊 刘鸿健 宋作军
李津津 许崇霞 娄 洁 姚道如
贾丽冬 梁朝彦

总责任编辑 王兆国

秘书长 徐 扬



foreword

前言

随着电子器件和信息技术的飞速发展,很多新技术被引入汽车的控制中,而原有的《汽车电工电子技术》由于偏理论、缺少新技术而不能适应高职教育教学的需要。本书针对高职高专汽车相关专业编写,相对于一般电工电子技术而言,具有很强的针对性,淡化了理论推导,强化了实践应用。

本教材在内容安排上,遵循高职汽车相关专业对电工电子技术的需要,力求将知识点和技能点有机地结合起来,以够用为度,着重对学生技能的培养,加强实用性,将近年来的新技术引进来,强调理论联系实际的编写模式。

本教材参考学时为 96 学时,使用时可根据教学需要进行取舍。

本教材由安徽职业技术学院姚道如副教授任主编并编写了第 7 章、第 8 章;天津交通职业技术学院刘俊萍副教授任主编并编写了第 3 章、第 9 章;河南信阳职业技术学院刘鸿健副教授任副主编并编写了第 4 章、第 5 章、第 12 章;河南职业技术学院王贤高老师任副主编并编写第 13 章;安徽工业经济职业技术学院李蛇根老师编写第 10 章;河南职业技术学院郑冰老师编写第 1 章;河南职业技术学院万弢老师编写第 2 章;天津交通职业技术学院赵鑫老师编写第 11 章;河南职业技术学院陈辉老师编写第 6 章。全书由姚道如统稿。

天津开发区职业技术学院贾宝会老师审阅了全书并提出了宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。由于作者水平有限,书中难免有很多疏漏和错误,殷切希望同行和同学们批评指正。

编 者
2008 年秋

Contents

目 录

1	直流电路	(1)
1.1	直流电路的组成及基本物理量	(1)
1.2	欧姆定律	(5)
1.3	常用导线	(8)
1.4	电阻	(11)
1.5	基尔霍夫定律	(15)
1.6	戴维宁定理	(17)
1.7	电容元件	(18)
1.8	电感元件	(21)
2	单相正弦交流电路	(32)
2.1	正弦交流电的基本概念	(32)
2.2	正弦量的相量表示法	(35)
2.3	纯电阻元件的交流电路	(38)
2.4	纯电感元件的交流电路	(40)
2.5	纯电容元件的交流电路	(42)
2.6	电阻、电感、电容串联电路	(44)
2.7	功率因数	(45)
2.8	谐振电路	(47)
3	三相交流电路	(58)
3.1	三相交流电源	(58)
3.2	三相负载	(61)
3.3	三相电功率	(66)

4	磁路与变压器	(68)
4.1	电磁基本知识	(68)
4.2	铁磁性材料与磁路欧姆定律	(75)
4.3	铁心线圈与电磁铁	(79)
4.4	变压器	(82)
4.5	汽车点火系统简介	(90)
5	电动机	(97)
5.1	三相异步电动机	(97)
5.2	单相异步电动机	(109)
5.3	直流电动机	(111)
5.4	步进电动机	(119)
5.5	常用低压控制电器与控制电路	(122)
5.6	汽车电源、用电器及控制方式	(132)
6	安全用电常识	(145)
7	常用半导体器件及应用	(151)
7.1	二极管及应用	(151)
7.2	晶体三极管及应用	(164)
8	集成运算放大器	(179)
8.1	集成运算放大器概述	(179)
8.2	集成运算放大器的应用	(182)
9	晶闸管及应用	(185)
9.1	晶闸管	(185)
9.2	晶闸管的应用	(191)
9.3	DC/DC 技术	(197)
10	数字电路	(199)
10.1	数制及编码	(199)
10.2	逻辑代数与逻辑电路	(203)
10.3	常用的组合逻辑电路	(210)
10.4	触发器	(216)
10.5	计数器	(221)
10.6	555 集成定时器及应用	(228)
10.7	A/D 和 D/A 转换	(234)
11	自动控制基础	(241)
11.1	自动控制系统及控制方式	(241)
11.2	自动控制系统的技术指标	(246)

12 汽车单片机与车载网络技术简介	(248)
12.1 计算机与单片机概述	(248)
12.2 MCS-51 单片机简介	(251)
12.3 汽车单片机与汽车电子控制单元简介	(257)
12.4 汽车车载网络技术简介	(260)
13 汽车用传感器简介	(268)
13.1 概述	(268)
13.2 汽车用传感器简介	(273)
参考文献	(281)

1 直流电路

学习目标

通过对本章的学习,熟悉直流电路的结构,理解电动势的大小及方向、电流、电压、电位、电功率、电能等概念;熟悉欧姆定律表达式,会分析电路三种状态及外特性;理解电阻的含义,能识别导线,学会导线连接,能对串并联电路进行分析和计算,学会各点电位计算和测量;学会正确使用电感和电容,并能掌握相关的计算方法;学会使用万用表。

1.1 直流电路的组成及基本物理量

用电设备需通过连接导线与电源连接才能使用,用电设备、连接导线和电源等在一起构成了一个有机的整体,这个整体就是一个闭合电路。电路可分成直流电路和交流电路两种。由于交流电路和直流电路的构成差不多,我们就先从直流电路入手来进行讨论。

1.1.1 电路的组成

组成电路的元、器件及其连接方式众多,但都包括四个基本部分,即电源、开关、连接导线、负载。以手电筒或带小电扇的旅游帽为例,它就是一个最简单的电路,由干电池、开关、导线、灯泡或小电扇四个部分组成,干电池为电源,灯泡或小电扇为负载。

1.1.2 直流电源

干电池是最常用的直流电源(如图 1.1 所示),可用于遥控器、电动玩具、手电筒、收录机、照相机等。直流电源有正负极,例如,普通干电池凸出的一端为电源正极,凹进的一端为电源负极。一般情况下,电源正极用“+”标出,负极用“-”标出。

直流电源还可以由交流电源转变而来,这将在后面二极管和晶闸管部分作详细介绍。

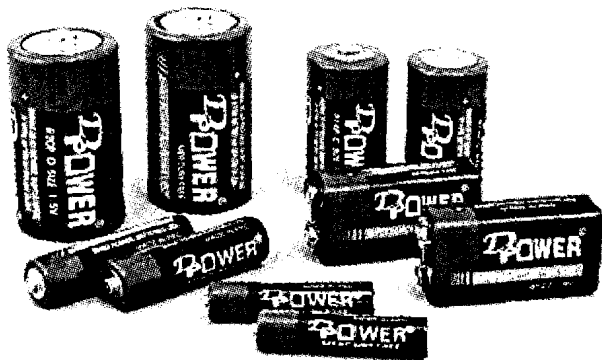


图 1.1 干电池

直流电源可以分为直流电压源和直流电流源两种,直流电压源是指电源两端的电压基本不随外电路的变化而变化,直流电流源是指提供的电流基本不随外电路的变化而变化。这里重点介绍一下直流电压源,表征直流电压源的参量有电动势和内电阻。电动势表征非静电力在电源内部搬运电荷所做的功与被移送电荷量的比值,通常用 E 表示,单位是伏特(V),简称伏;其方向在电源内部由电源的负极指向电源的正极。干电池每节是 1.5V;蓄电池每个单元 2V,常用的有 12V、24V 等。由交流电源转变而来的直流电源可取任意所需值。内电阻是电源内部所具有的电阻,通常用 r 表示,单位是欧姆(Ω),简称欧。

1.1.3 基本物理量

1. 电压

负载通电时两端会产生电压,那么,电压是什么呢? 电场力把单位正电荷从电场中点 A 移到点 B 所做的功 W_{AB} 称为 A 、 B 间的电压,用 U_{AB} 表示,即

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} \quad (1.1)$$

式中 U_{AB} —— A 、 B 间的电压(V);

W_{AB} —— 电场力把单位正电荷从电场中点 A 移到点 B 所做的功(J);

q —— 单位正电荷(C)。

电压的单位为伏特(V),如果电场力把 1C 电量电荷从点 A 移到点 B 所做的功是 1 焦耳(J),则 A 与 B 两点间的电压就是 1V。电压单位有千伏(kV)、伏特(V)、毫伏(mV)、微伏(μ V),其换算关系为: $1\text{kV}=10^3\text{V}$, $1\text{V}=10^3\text{mV}$, $1\mu\text{V}=10^{-6}\text{V}$ 。

电压的实际方向规定为从高电位点指向低电位点。

负载额定电压是指负载正常工作的电压。例如,标有“JZ12-15”的白炽灯泡,查电

工手册可知,其额定电压是 12V。

2. 电位

像水的高度用水位表示一样,电路中每一点都有一定的电位,也正是电位的不同,才使电荷产生了移动。为了衡量各点的电位,需选择一个参考点,规定该参考点电位为 0,习惯上取大地为参考点,即取大地电位为 0。

某点的电位就是该点与零电位点(参考点)之间的电压。电位通常用 V 表示,如 V_A 表示点 A 的电位。电位单位是伏特(V),无方向。

电压与电位的关系是 $U_{AB} = V_A - V_B$,通过这种关系可由电位算出电压或由电压算出电位。

3. 电功率

单位时间内电场力所做的功称为电功率,即

$$P = \frac{W}{t} \quad (1.2)$$

式中 P ——电功率(W);

W ——电功(J);

t ——时间(s)。

公式(1.2)是电功率定义式。电功率单位有瓦特(W)、千瓦(kW)、毫瓦(mW)、微瓦(μ W)等,它们之间的关系是: $1\text{kW} = 10^3\text{W}$, $1\text{W} = 10^3\text{mW}$, $1\text{mW} = 10^3\mu\text{W}$ 。

额定功率是指用电设备正常工作时的功率。

很多情况下,额定功率由用电设备铭牌给出。例如,标有“JZ12-15”的白炽灯泡,查电工手册可知,其额定功率为 15W。电功率还可以通过功率表测出。

除了电功率定义 $P = \frac{W}{t}$ 外,电功率还可以使用式(1.3)和式(1.4)进行计算,式(1.3)为一般计算公式,对于电阻来说,还可使用式(1.4)进行计算。

$$P = UI \quad (1.3)$$

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1.4)$$

式中 P ——电功率(W);

I ——流过负载的电流(A);

U ——负载两端的电压(V);

R ——负载电阻(Ω)。

4. 电流

电流是电荷定向移动而形成的,电路工作时,电源、导线、开关、负载等都有电流通

过。电流的大小用电流强度表示,简称电流,通常用 I 表示。

电流强度是指单位时间内通过导体截面的电荷量,即

$$I = \frac{q}{t} \quad (1.5)$$

式中 I ——电流强度(A);

q ——电荷量(C);

t ——时间(s)。

通常,我们把正电荷移动的方向规定为电流方向。在电源内部电流由负极流向正极,在电源外部电流由正极流向负极。

电流的单位有千安(kA)、安(A)、毫安(mA)、微安(μ A)和纳安(nA),其换算关系为: $1\text{mA}=10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$, $1\text{nA}=10^{-9}\text{A}$ 。

大小和方向均不随时间变化的电流叫恒定电流,简称直流。

在处理实际问题时,电流强度很少用式(1.5)来求解,而往往通过计算和测量来获得。对于用电设备来说,可通过式(1.6)计算电流。

$$I = \frac{P}{U} \quad (1.6)$$

式中 P ——电功率(W);

U ——电压(V);

I ——电流(A)。

根据式(1.6),在功率和电压已知的情况下,可算出电流。如果功率和电压为额定值,则算出的电流也为额定值。例如,标有“JZ12-15”的白炽灯泡,其额定电流 $I = \frac{P}{U} = \frac{15}{12} = 1.25\text{A}$ 。

5. 电能

电能表示负载消耗的能量,在知道功率和时间的情况下,可以由式(1.2)求出电能 W 。

电能的单位是焦耳(J),而工业和生活中常用“度”作单位,1度电表示功率为1千瓦(kW)的用电设备工作1小时(h)所消耗的电能, $1\text{度}=1\text{kW}\cdot\text{h}$,即 $1\text{度}=1\text{kW}\times 1\text{h}=1\text{kW}\cdot\text{h}=1000\text{W}\times 3600\text{s}=3.6\times 10^6\text{W}\cdot\text{s}=3.6\times 10^6\text{J}$ 。

【例题 1.1】 标有“JZ12-15”的白炽灯泡,照明两小时所消耗的电能是多少?

解: $W=0.015\times 2=0.03\text{kW}\cdot\text{h}=0.03\text{度}$ 。

1.2 欧姆定律

1.2.1 部分电路的欧姆定律

图 1.2 是一个不含电源的部分电路。当在电阻两端加上电压时,电阻中就有电流通过。通过实验我们知道,流过电阻的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比,与电阻 R 的大小成反比。这一结论为部分电路的欧姆定律,用公式表示为:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.7)$$

也可以写成:

$$U = IR \quad (1.8)$$

【例题 1.2】 某电热炉接在 220V 的电源上,通过的电流为 5A,求该电热炉的电阻。

解:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{5} \Omega = 44 \Omega$$

由部分电路的欧姆定律 $U = IR$ 可知,如果当电路中的电流 I 变化时,电阻两端的电压 U 也随之成正比变化,犹如数学上的 $y = kx$ 函数关系,满足这样条件的电阻称为线性电阻。由线性电阻和其他线性元件组成的电路称为线性电路。

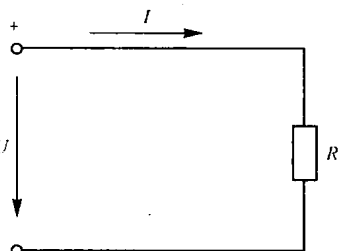


图 1.2 不含电源的部分电路

1.2.2 全电路的欧姆定律

如图 1.3,全电路是含有电源的闭合回路,图中虚线框内代表一个实际的电源,电源的内阻用 r 来表示。为了分析问题方便,我们把电动势 E 与内阻 r 等效地画出来(实际上它们不是分开的)。

当开关 S 闭合时, R 中就有电流通过, U 是电源输出的电压,是由 E 产生的。

现在讨论电动势 E 与电压 U 之间的关系。当开关 S 不闭合时,电源输出的电压 U 等于电源的电动势 E (大小相等而方向相反, E 的方向是由负极指向正极,而输出电压 U 的方向是由正极

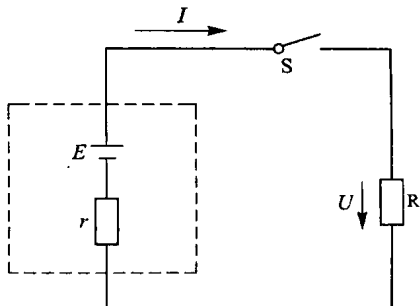


图 1.3 有电源闭合回路

指向负极);当开关 S 闭合时,我们发现电压 U 比 S 断开时小,并且当 R 的大小变化时, U 也是变化的。这是为什么呢?因为当 S 闭合时,电流不仅经过 R ,也经过 r ,实际上 R 与 r 是串联的,当电流通过 r 时,就会产生电压降 U_r 。

由图 1.3 可以看出,输出电压 U 等于电源电动势 E 减去电压降 U_r ,即

$$I = \frac{E}{R+r} \quad (1.9)$$

式(1.9)表明:在一个全电路中,电流强度与电源的电动势成正比,与电路中的内、外电阻之和成反比。这个规律称为全电路的欧姆定律。

【例题 1.3】 有一个电源,电动势 $E=12\text{V}$,内阻 $r=1\Omega$,外接负载电阻 $R=3\Omega$,求输出电压。

解:

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{12}{3+1}\text{A} = 3\text{A}$$

$$U_r = Ir = 3 \times 1\text{V} = 3\text{V}$$

$$U = E - U_r = (12 - 3)\text{V} = 9\text{V}$$

由上面的计算可知,当电源的内阻较大时,即使 E 较大,输出电压也不高。例如,干电池在使用后期,内阻也会变得较大,输出电流较小,功率变低;使用久了的汽车蓄电池,内阻也会变大,输出电压变小。

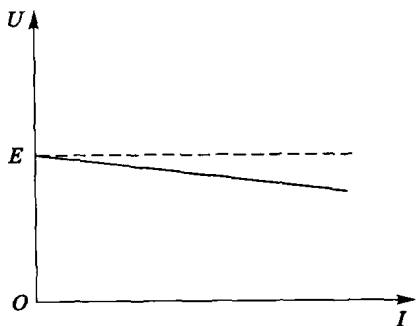


图 1.4 电源的外特性

由公式 $U=E-U_r$ 可知,当电阻 R 为无穷大时,也就是外电路开路时, $I=0$,端电压 U 最高,等于 E ;当负载电阻 R 变小时,电路中的电流 I 将增加,内阻 r 上的电压降 U_r 也会增加,输出电压 U 就会减小。反之,负载电阻 R 增大时, I 会减小,内压降也会减小, U 将增加。我们把电源的输出电压 U 随负载电流 I 变化的关系称为电源的外特性。如果以电路中的电流 I 为横坐标,以输出电压 U 为纵坐标(如图 1.4 所示),其关系曲线可直观地反映出:输出电压 U

是随负载电流的增大而减小的。

输出电压 U 的变化不仅与负载电流的变化有密切关系,而且也与电源内阻 r 的大小有关系。在负载电流 I 不变的情况下,内阻越小,输出电压 U 就会越高;而内阻 r 越大,输出电压 U 也就越小;当 $r=0$ 时, $U=E$,也就是说,此时输出电压 U 不再随负载电流 I 的变化而变化了,如图 1.4 中虚线所示。

1.2.3 电路的工作状态

电路的工作状态可分为通路、短路和开路三种。

1. 通路

图 1.5 所示电路中,当开关 S 接通后,电路中有电流通过,负载上有电压 U 。电路中进行能量的转换,将电源的电能变成热能消耗在电阻上,电路的这一状态称为通路,电源这时的工作状态称为有载。负载上的电压 $U = U_s - IR_s$ 。

任何一种电气设备在使用时都有一定的电压限额、电流限额和功率限额。这些限额分别称为此电气设备的额定电压 U_N 、额定电流 I_N 和额定功率 P_N 。额定值是制造厂家为配合产品使用而规定的标准,按照额定值来使用是最经济合理且安全可靠的,既充分发挥了设备能力,又保证了设备的正常使用寿命。例如,常用的电灯 $U_N = 220\text{V}$, $P_N = 40\text{W}$;若将其接入 380V 电

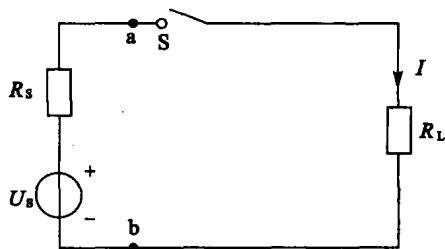


图 1.5 有载状态

源上,则将会立即烧坏;若接于 120V 电源,则又不太亮,功率达不到 40W 。设备在额定值下运行称为满载,超过额定值工作称为过载,少量过载一般是允许的,因为产品在设计时有一定的安全系数;反之,在低于额定值状态下工作称为轻载,轻载状态下虽然安全,但设备没得到充分利用。因此,在使用电器产品时,必须看清它的各种额定值,做到正确使用。

2. 开路

如图 1.5 所示电路,当开关 S 断开时,负载 R_L 上电流 $I = 0$,负载上电压 $U = 0$,电路处于开路工作状态,这时电源内阻 r 的压降为零,电源的端电压 U_a 等于电源电动势 E ,电源不输出电能,这时电源的工作状态称为空载。

3. 短路

在图 1.6 所示电路中,负载 R_L 被一短接线短接,负载上电压 $U = 0$,电路处于短路工作状态,电流从短路线上流过,这时短路电流 $I_s = \frac{U_s}{R_s}$ 有最大值。电源产生的功率 $P_s = I_s^2 R_s$

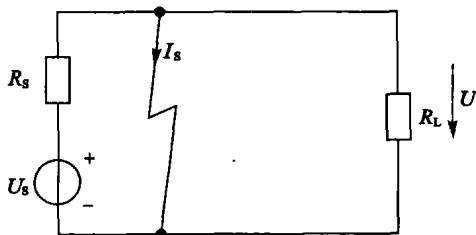


图 1.6 短路工作状态

全部消耗在内阻上。

电源短路的情况应尽量避免。在电路中为了防止因短路而损坏电气设备,常装有保护装置,例如熔断器、自动开关等,一旦发生短路,能迅速切断电路。但应指出,短路并非都指电源短路,有时为了某种需要可将电路某一部分短路。

1.3 常用导线

1.3.1 汽车常用导线

汽车用导线一般为专用的绝缘包层多股铜线,分为低压导线和高压导线两种,低压导线又分为普通线和电源线。考虑到汽车工作状况的特点(例如,振动剧烈,环境温度变化大,常处于潮湿环境及遭油渍、废气等腐蚀),低压导线一般采用聚氯乙烯绝缘包层的 QVR 型或聚氯乙烯-丁腈复合绝缘包层的 QFR 型两种。由于电压较低,为减少线损都采用多股细铜芯线绞合,柔软性好,不易折损。线芯工作温度为 $40\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。导线的标称截面一般有 0.5、0.8、1.0、1.5、2.5、3、4(单位: mm^2)七种。

汽车中起动机导线的工作电流最大,故一般选用的标称截面为 $25\sim 70\text{mm}^2$,允许最大电流达 $200\sim 1000\text{A}$ 。国产汽车常选用标称截面为 43mm^2 、带有压线头的配套专用起动车缆和搭铁电缆。

高压线的工作电压一般在 15kV 以下,要求绝缘包层厚,耐压性能好,有一定柔软性,能耐热、耐寒、耐腐蚀、防潮湿。由于电流强度较小,一般线芯截面积也较小,常用铜芯线和阻尼线两种。铜芯线一般用聚氯乙烯或氯丁橡胶做绝缘外套。阻尼线线芯由导电纤维和含导电炭黑的导电塑料组成,有一定电阻,其目的是抑制或衰减火花塞放电时发出的电磁波干扰。

1.3.2 导线的连接

当导线不够长或要分接支路时,就要将导线和导线连接起来。

铜芯导线的常用连接导线的线芯规格有多种,例如单股、7 股和 19 股等,其连接方法也各不相同。

(1) 单股铜芯导线的直接连接

将已剖除绝缘层并去掉氧化层的两根导线线头成 X 形相交,互相绞绕 $2\sim 3$ 圈,如图 1.7(a)所示。

扳直两线头,如图 1.7(b)所示。

将每根线头在芯线上紧贴并绕六圈,用钢丝钳切去余下的芯线,并钳平芯线的末

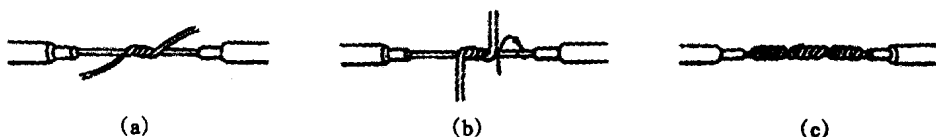


图 1.7 单股铜芯导线的连接

端,如图 1.7(c)所示。

(2) 单股铜芯导线的 T 字形连接

将除去绝缘层和氧化层的支路线芯的线头与干线芯线十字相交,使支路芯线根部留出 3~5mm 裸线,如图 1.8(a)所示。

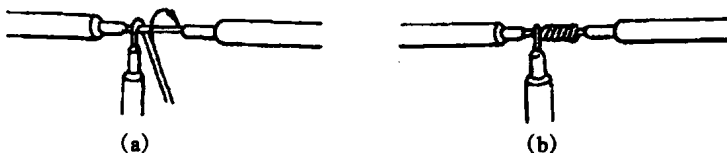


图 1.8 单股铜芯导线的 T 字形分支连接

按顺时针方向将支路线芯在干线上紧密缠绕 6~8 圈,用钢丝钳切去余下的芯线,并钳平芯线末端,如图 1.8(b)所示。

(3) 7 股铜芯导线的直线连接

先将剖去绝缘层的芯线头散开并拉直,接着把靠近绝缘层 $\frac{1}{3}$ 线段的芯线顺着原来的扭转方向绞紧,然后把余下的 $\frac{2}{3}$ 线段芯线分散成伞状,并将每根线头拉直,如图 1.9(a)所示。

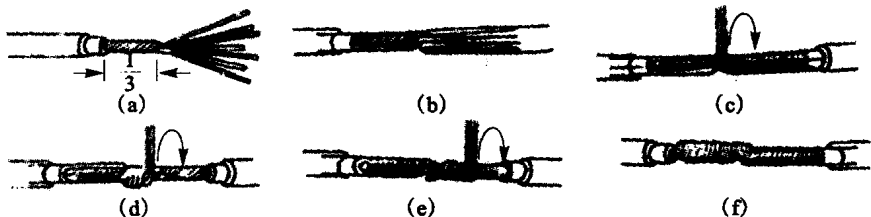


图 1.9 7 股铜芯导线的直接连接

将两个伞状芯线头隔根对叉,并拉平两端芯线,如图 1.9(b)所示。

把一端的 7 股芯线按两根、两根、三根分成三组,接着把第一组两根芯线扳起,垂直于芯线,并按顺时针方向缠绕,如图 1.9(c)所示。

缠绕两圈后,将余下的芯线向右扳直,再将第二组的两根芯线扳直,也按顺时针方向紧紧压着前两根扳直的芯线缠绕,如图 1.9(d)所示。