

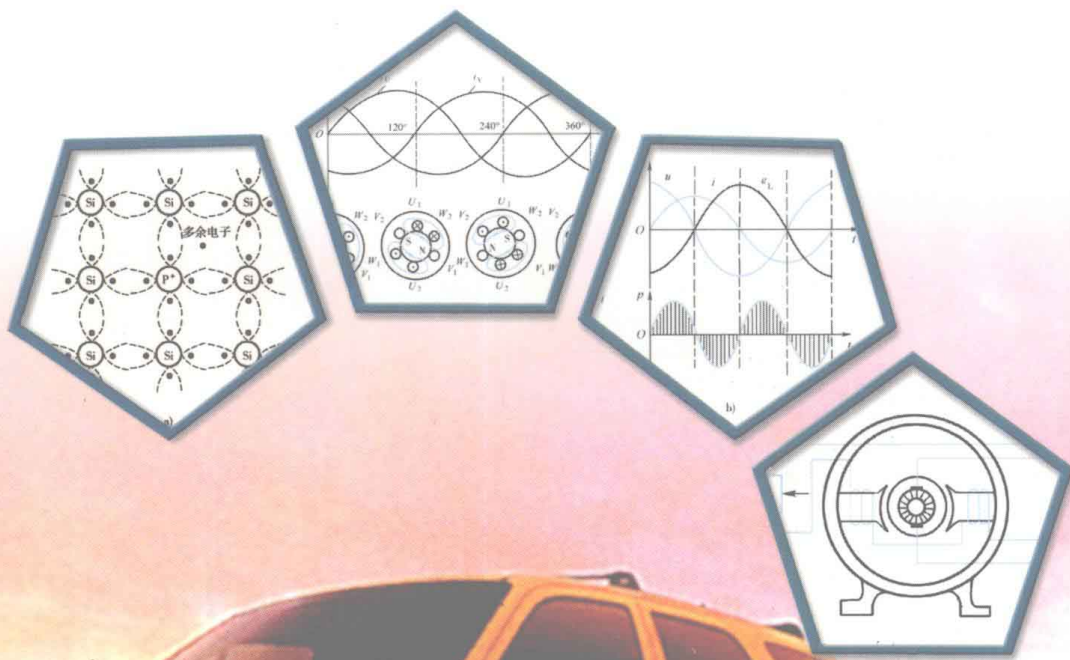


交通职业教育教学指导委员会推荐教材
高等职业院校汽车运用技术专业教学用书

高等职业教育汽车运用技术专业规划教材

汽车电工与电子基础

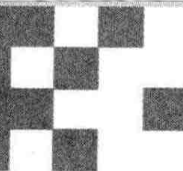
主编 任成尧 主审 罗 斌



人民交通出版社
China Communications Press



交通职业教育教学指导委员会推荐教材
高等职业院校汽车运用技术专业教学用书



高等职业教育汽车运用技术专业规划教材

Qiche Diangong Yu Dianzi Jichu

汽车电工与电子基础

主编 任成尧

主审 罗 斌



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书是高等职业教育汽车运用技术专业规划教材,也是汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养培训教材。由交通职业教育教学指导委员会汽车运用与维修学科委员会根据教育部颁布的《汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训教材指导方案》以及交通行业职业技能规范和技术工人标准组织编写而成。

本书将电工技术、电子技术的基本知识与汽车电气与电控技术等专业课程的内容进行了适当地整合,介绍了与汽车技术有关的直流电路、交流电路、磁路与变压器、交流发电机与电动机、工业企业供电与用电知识、低压电器与控制电路等电工技术和模拟电子技术、数字电子技术和汽车微机控制系统原理及应用等。

本书供高等职业院校汽车运用技术专业教学使用,也可作为相关行业岗位培训或自学用书,同时可供汽车维修人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工与电子基础 / 任成尧主编. —北京: 人民交通出版社, 2005. 8

高等职业教育规划教材. 交通职业教育教学指导委员会推荐教材. 高等职业院校汽车运用技术专业教学用书
ISBN 7-114-05681-8

I. 汽... II. 任... III ①汽车-电工-高等学校: 技术学校-教材②汽车-电子技术-高等学校: 技术学校-教材 IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第086659号

书 名: 汽车电工与电子基础

著 作 者: 任成尧

责任编辑: 袁 方

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 15.5

字 数: 384千

版 次: 2005年9月第1版

印 次: 2005年9月第1次印刷

书 号: ISBN 7-114-05681-8

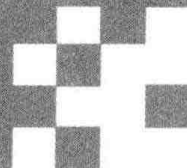
印 数: 0001~5000册

定 价: 28.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



交通职业教育教学指导委员会
汽车运用与维修学科委员会



主任委员: 魏庆曜

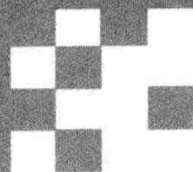
副主任委员: 张尔利 汤定国

委 员: 唐 好 刘 锐 周建平 颜培钦 李富仓

解福泉 杨维和 屠卫星 黄晓敏 刘振楼

彭运钧 陈文华 崔选盟 崔振民 金朝勇

秘 书: 吴玉基 秦兴顺



为贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》以及教育部等六部委《关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》精神,全面实施《2003—2007 年教育振兴行动计划》中提出的“职业教育与培训创新工程”,积极推进课程改革和教材建设,为职业教育教学和培训提供更加丰富、多样和实用的教材,更好地满足职业教育改革与发展的需要,交通职业教育教学指导委员会汽车运用与维修学科委员会组织全国交通职业技术学院的专业教师,按照教育部颁布的《汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》的要求,紧密结合目前汽车维修行业实际需求,编写了高等职业教育规划教材,供高等职业院校汽车运用技术专业教学使用。

本系列教材符合国家对技能型紧缺人才培养培训工作的要求,注重以就业为导向,以能力为本位,面向市场、面向社会,为经济结构调整和科技进步服务的原则,体现了职业教育的特色,满足了汽车运用技术领域高素质专业实用人才培养的需要。

本系列教材在组织编写过程中,认真总结了全国交通职业院校多年来的专业教学经验,注意吸收发达国家先进的职教理念和方法,形成了以下特色:

1. 专业培养目标设计基本指导思想是以行业关键技术操作岗位和技术管理岗位的岗位能力要求为核心,确定专业知识和能力培养目标,对实际操作能力要求达到中级技术工人水平,在系统专业知识方面要求达到高级技师水平,并为毕业生在其职业生涯中能顺利进入汽车运用工程师行业奠定良好发展基础;

2. 全套教材以《汽车文化》、《汽车专业英语》、《汽车电工与电子基础》、《汽车机械基础》、《汽车发动机构造与维修》、《汽车底盘构造与维修》、《汽车电气设备构造与维修》、《汽车维修质量检验》八门课程搭建专业基本能力平台,以若干专门化适应各地各校的实际需求;

3. 打破了教材传统的章节体例,以专项能力培养为单元确定知识目标和能力目标,使培养过程实现“知行合一”;

4. 在内容的选择上,注重汽车后市场职业岗位对人才的知识、能力要求,力求与相应的职业资格标准衔接,并较多地反映了新知识、新技术、新工艺、新方法、新材料的内容;

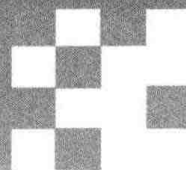
5. 本套教材将力图形成开放体系,一方面除本次推出清单所列教材之外,还将根据市场实际需求,陆续推出不同车系专门化教材;另一方面,还将随行业实际变化及时更新或改编部分专业教材。

《汽车电工与电子基础》是汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训核心课程之一,内容包括:直流电路、正弦交流电路、三相交流电路、磁路与变压器、交流电动机及控制、直流电动机、工业企业供电及用电知识、常用半导体器件及应用、数字电路基础、整流电路和稳压电路、电工测量仪表、汽车微机控制系统介绍,共 12 个单元。

参加本书编写工作的有:山西交通职业技术学院的王安新(编写单元一、二、三、八)、郭亚山(编写单元四、十二)、叶美桃(编写单元五、六)、乔金平(编写单元七、十)、张润锁(编写单元九、十一)。全书由山西交通职业技术学院任成尧担任主编,四川交通职业技术学院罗斌担任主审。

限于编者经历和水平,教材内容难以覆盖全国各地的实际情况,希望各教学单位在积极选用和推广本系列教材的同时,注重总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

交通职业教育教学指导委员会
汽车运用与维修学科委员会
2005 年 5 月



单元一 直流电路	1
1 电源及等效电路	1
2 负载的额定值及导线选择	6
3 电路基本定律(基尔霍夫定律)	8
4 复杂电路计算	9
5 电路中电位的计算	12
6 电路的过渡过程	13
思考与练习	21
单元二 正弦交流电路	23
1 正弦交流电的三要素	24
2 正弦交流电的表示法	26
3 单一参数的正弦交流电路	28
4 电阻、电感、电容器的串联电路	34
5 线圈与电容器的并联电路	36
6 电路中的谐振	38
思考与练习	42
单元三 三相交流电路	44
1 三相交流电源	44
2 三相负载的星形联接	47
3 负载的三角形联接	50
4 三相电路的功率	51
思考与练习	54
单元四 磁路与变压器	55
1 磁路	55
2 变压器	62
思考与练习	72

单元五 交流电动机及控制	75
1 三相异步电动机的结构	75
2 三相异步电动机的工作原理	77
3 三相异步电动机的铭牌和技术数据	80
4 三相异步电动机的起动、调速和制动	82
5 单相异步电动机	87
6 控制、保护器件	91
7 基本控制电路	96
思考与练习	101
单元六 直流电动机	103
1 直流电动机的构造和工作原理	103
2 直流电动机的分类和机械特性	107
3 直流电动机的起动、调速和反转	110
思考与练习	116
单元七 工业企业供电及用电知识	118
1 发电、输电和配电	118
2 安全用电	119
3 计划用电和节约用电	123
思考与练习	124
单元八 常用半导体器件及应用	126
1 概述	126
2 PN 结	126
3 晶体二极管	129
4 晶体三极管	131
5 晶闸管	136
6 基本放大电路	138

7 集成运算放大电路	143
8 反馈在放大电路中的应用	146
9 基本运算电路	149
10 三极管开关电路	153
思考与练习	157
单元九 数字电路基础	159
1 概述	159
2 基本逻辑门电路	163
3 集成门电路	166
4 集成触发器	171
5 基本数字部件	175
6 数字电路应用举例	180
思考与练习	183
单元十 整流电路和稳压电路	186
1 单相整流电路	186
2 滤波电路	190
3 稳压电路	193
4 调压电路	195
5 三相桥式整流电路	196
思考与练习	198
单元十一 电工测量仪表	201
1 普通指针式万用表	201
2 数字万用表	204
3 汽车万用表	206
思考与练习	211
单元十二 汽车微机控制系统介绍	212

1 汽车微机控制概述	212
2 汽车微机控制系统的基本组成	213
思考与练习	233
参考文献	235



单元一 直流电路

学习目标



知识目标

1. 简单叙述电路组成及各部分的作用;
2. 正确描述基尔霍夫定律和叠加原理。



能力目标

1. 会用万用表测量直流电路中的电阻、电压及电流值;
2. 能解决直流电路中的联接问题;
3. 会分析较复杂的电路。

1 电源及等效电路

1.1 电路的组成

电路是电流所经过的路径,一般由电源、用电器、导线和开关四部分组成。日常生活中的手电筒是一个最简单的直流电路。汽车上的照明系统也是直流电路的典型应用。

电源是把其他形式的能转换成电能的装置。常见的电源有干电池、蓄电池和发电机(汽车电路中的电源主要由蓄电池和带整流器的交流发电机)等。用电器是把电能转变成其他形式能的元件或设备,也常被称为电源的负载。常见的负载有电灯、电炉、电烙铁、扬声器和电动机等,汽车电路中的负载很多,例如照明灯、车用点烟器、起动机、汽车音响、电视机和转向灯等。导线是联接电源与用电器的金属线,它把电源产生的电能输送到用电器,常用材料有铜、铝等。开关是控制电路接通或断开的器件,例如手电筒的按钮、汽车上的点火开关及转向灯开关等。

用国家统一规定的电器元件或设备的符号来表示电路联接情况的图叫做电路图。如图 1-1b) 就是图 1-1a) 表示的实际电路的电路图。电路图能帮助人们了解整个电路的工作原理和电器安装顺序。

识图就是看懂电路图,包括三个方面:认识电路图上的符号,看懂电路的结构,了解各部分的作用和工作原理。

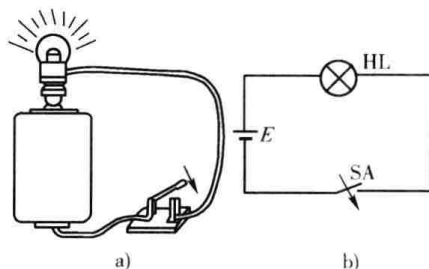


图 1-1 实际电路和电路图
a) 实际电路; b) 电路图



1.2 电源

1.2.1 电源力

在电场力的作用下,正电荷总是由高电位经过负载移动到低电位,如图 1-2 所示。当正电荷由极板 A 经外电路移动到极板 B 时,与极板 B 上的负电荷中和,使 A、B 极板上聚集的正负电荷数减少,两极板间电位差随之减少,电流随之减少,直至正负电荷完全中和,电流中断。要保证电路中有持续不断的电流,A、B 极板之间必须有一个与电场力 F_2 的方向相反的非静电力 F_1 存在,它能把正电荷从 B 极板源源不断地移到 A 极板,保证 A、B 两极板间电压不变,电路中存在持续不断的电流。存在于电源内部的非静电力 F_1 叫电源力。在干电池和蓄电池中,非静电力来自化学作用。在发电机中,非静电力来自电磁作用。

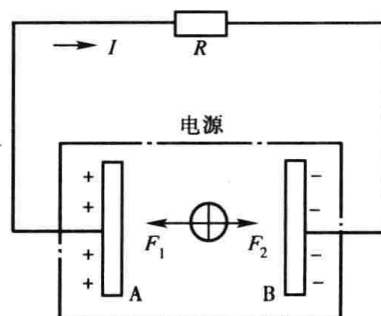


图 1-2 含有电源的电路

1.2.2 电动势

电动势是衡量电源将非电能转化为电能本领的物理量。电动势的定义为:在电源内部,电源力把单位正电荷从电源负极移到电源正极所做的功,用字母 E 表示。

如果电源力把电荷量为 q 的电荷从电源的负极经电源内部移到电源正极所做的功为 W ,则电动势可表示为

$$E = \frac{W}{q} \quad (1-1)$$

电源内部电源力的方向由负极指向正极,因此电源电动势的方向规定为由电源负极经电源内部指向电源正极。电动势的单位是伏(特),符号为 V。

1.3 电源的工作状态

电源的状态有三种:空载、负载和短路。如图 1-3 所示。

通常一个实际电源都可用一个电动势和电阻串联来表示。如图 1-3 中,电动势 E 与电阻 r 串联表示一个实际电源, r 为电源的内电阻。

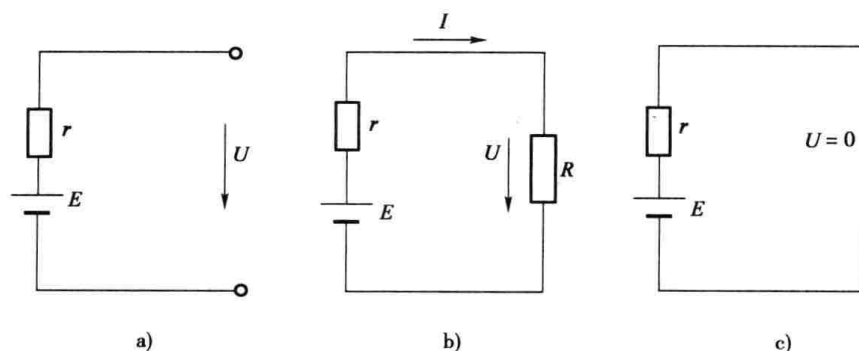


图 1-3 电源的三种状态

a) 空载状态; b) 负载状态; c) 短路状态



1.3.1 空载状态

外电路处于断路状态称为空载,如图 1-3a)。此时,相当于负载电阻 $R \rightarrow \infty$,电路电流 $I=0$,电源的输出电压等于电源的电动势,即 $U=E$ 。

1.3.2 负载状态

电源与负载电阻 R 形成回路,电源向负载供给能量的状态称为负载状态,如图 1-3b)。负载时电路中的电流为

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-2)$$

电源的输出端电压为

$$U = E - rI \quad (1-3)$$

由式(1-3)可知此时电源的输出电压小于电动势,即

$$U < E$$

1.3.3 短路状态

电源外电路电阻为零称为短路,如图 1-3c),此时电路中的电流叫短路电流,且

$$I_s = \frac{E}{r} \quad (1-4)$$

由于 r 一般很小,所以 I 很大,可能损坏设备和线路,这是不允许的。短路时, $U=0$ 。

通常可用万用表的电压档测量电源的端电压来判断电源处于何种状态。见表 1-1 所示的电源的三种状态。

电源的三种状态

表 1-1

电源状态	负载电阻	电源电流	电源端电压
空载	$R \rightarrow \infty$	$I=0$	$U=E$
负载	$R = \text{常数}$	$I = \frac{E}{R + r}$	$U = E - Ir$ $= IR < E$
短路	$R \rightarrow 0$	$I_s = \frac{E}{r}$	$U=0$

1.4 电源的等效电路

实际使用的电源,按其外特性的特征,可分为电压源和电流源两种。

1.4.1 电压源

实际电源可以用恒定电动势 E 和内阻 r 串联起来表示,它以输出电压的形式向负载供电,输出电压(端电压)的大小为

$$U = E - rI$$

如果电源的内阻 r 越大,则在输出相同电流的条件下,端电压越小。若内阻 $r=0$,则端电压 $U=E$ 与输出电流的大小无关。这种内阻 $r=0$,输出恒定电压 $U=E$ 的电源叫做理想电压源或恒压源,其符号如图 1-4 所示。如果电源的内阻 r 极小,可近似看成恒压源,如稳压电源。一般电源内部的电阻不可忽略,可用一个理想电压源 E 和内阻 r 串联起来表示,叫做实际电源的电压源模型,简称电压源,其符号如图 1-5 所示。

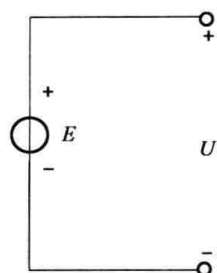


图 1-4 理想电压源

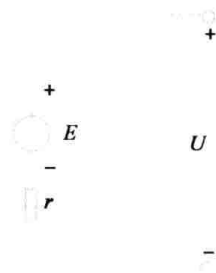


图 1-5 电压源

1.4.2 电流源

将电压源的端电压 $U = E - rI$ 做如下变换,则电路的电流关系(参考方向如图 1-6 所示)为

$$I = \frac{E - U}{r} = \frac{E}{r} - \frac{U}{r} = I_s - I_0$$

式中: I_s ——电源的短路电流, $I_s = \frac{E}{r}$;

I_0 ——内阻上的电流, $I_0 = \frac{U}{r}$;

I ——电源的输出电流。

根据电流关系式可画出如图 1-6 所示的电路图,表示电源以输出电流的形式对负载供电,恒定电流 I_s 在内阻上的分流为 I_0 ,在负载 R 上的分流为 I 。电源的输出电流 I 总是小于电源的短路电流 I_s ,当电源的内阻 r 远大于负载电阻 R 时,内阻上的电流 I_0 减小,输出电流增大,接近 I_s 值。如果内阻 $r \rightarrow \infty$ 时,则不管负载电阻如何变化,电源输出的电流 $I = I_s$,恒定不变。把内阻 $r \rightarrow \infty$ 的电流源叫做理想电流源,其符号如图 1-7a) 所示。实际的电流源可用一个理想电流源与内阻 r 并联表示,叫做实际电源的电流源模型,简称电流源,其符号如图 1-7b) 所示。

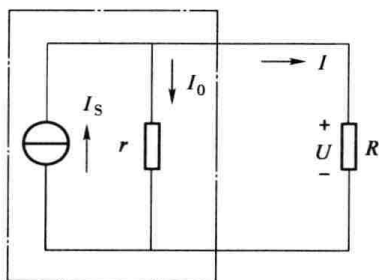
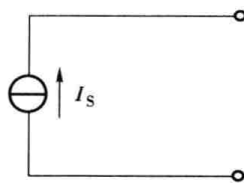
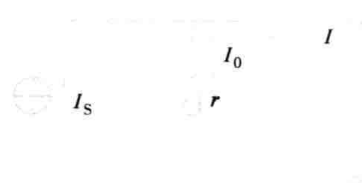


图 1-6 电流源电路图



a)



b)

图 1-7 电流源

a) 理想电流源; b) 实际电流源

1.4.3 电压源与电流源的等效变换

电压源以输出电压的形式向负载供电,电流源以输出电流的形式对负载供电。电压源和电流源可以等效变换。等效变换指对外电路等效,即把它们与相同的负载联接,负载两端的电



压,负载中的电流,负载消耗的功率都相同,如图 1-8 所示。两种电源等效变换关系由下式决定

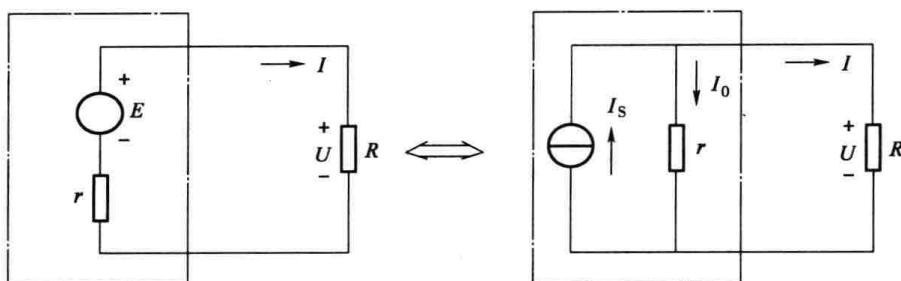


图 1-8 电压源与电流源的等效变换

$$I_s = \frac{E}{r}$$

$$E = rI_s \quad (1-5)$$

应用式(1-4)可将电压源等效变换成电流源,内阻 r 阻值不变,要注意将其改为并联;应用式(1-5)可将电流源等效变换成电压源,内阻 r 阻值不变,将其改为串联。

电压源与电流源进行等效变换时必须注意:

- (1) 电压源与电流源的等效变换指对外电路等效,对内电路不等效。
- (2) 理想电压源与理想电流源之间不能进行等效变换。
- (3) 等效变换时, E 与 I_s 的方向是一致的,即电压源的正极与电流源输出电流的一端相对应。

例 1-1 在图 1-9 所示电路中,已知 $E_1 = 12\text{V}$, $E_2 = 24\text{V}$, $R_1 = R_2 = 20\text{k}\Omega$, $R_3 = 50\text{k}\Omega$,试求流过 R_3 的电流 I_3 。

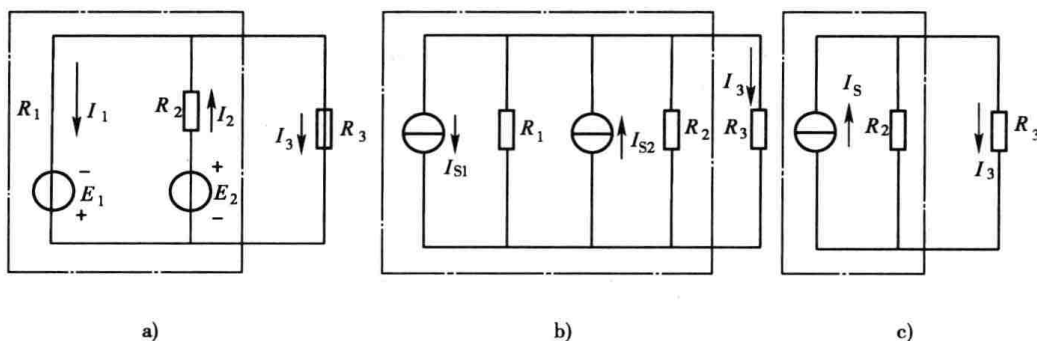


图 1-9 例 1-1 图

解 (1)将图 1-9a)中的电源分支作为电压源,根据公式将其等效变换成电流源,如图 1-9b)所示。由等效变换公式可得

$$I_{s1} = \frac{E_1}{R_1} = \frac{12}{20 \times 10^3} = 0.6\text{mA}$$

$$I_{s2} = \frac{E_2}{R_2} = \frac{24}{20 \times 10^3} = 1.2\text{mA}$$



解题时要特别注意 I_{S1} 与 E_1 、 I_{S2} 与 E_2 的极性必须一致。

(2) 将两个并联电流源合并成一个电流源, 两个电阻 R_1 、 R_2 合并成一个电阻 R , 如图1-9c) 所示。

$$I_S = I_{S2} - I_{S1} = 1.2 - 0.6 = 0.6 \text{ mA}$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1}{2} = 10 \text{ k}\Omega$$

(3) 根据等效概念, 图1-9c) 中流过 R_3 的电流与图1-9a) 中流过 R_3 的电流相等。应用分流公式求出 I_3 。

$$I = \frac{R}{R + R_3} I_S = \frac{10}{10 + 50} \times 0.6 = 0.1 \text{ mA}$$

2 负载的额定值及导线选择

2.1 负载的额定值

负载是把电能转换为其他形式能量的装置。实际的负载可能是一个元件, 也可能是一个网络。

任何用电设备在工作时都会发热。为保证用电设备能长期安全工作, 都规定有一个最高工作温度。很显然, 工作温度取决于发热量, 发热量又取决于电流、电压或电功率。我们把用电设备长期安全工作时允许最大的电流、电压和电功率分别叫做该用电设备的额定电流(I_N)、额定电压(U_N)、额定功率(P_N), 统称为额定值。对于电阻性负载, 其额定电流和额定电压的乘积就等于它的额定功率, 即 $P_N = I_N U_N$ 。

一般用电设备的额定值都标在明显位置(设备铭牌上), 也可以在产品目录中查得。我们把用电设备在额定功率下的工作状态叫做额定工作状态, 也叫满载; 低于额定功率的工作状态叫做轻载; 超过额定功率的工作状态叫做过载或超载。由于过载很容易烧坏用电设备, 一般都不允许出现过载。防止过载的常用方法是在电路中安装熔断器。

2.2 导线的选择

2.2.1 常用导线的分类

按材料不同分为铜线和铝线。铜线具有电阻率小、机械强度大等优点。铝线有质量小、价格便宜的优点, 但机械强度小、较脆。汽车电路和移动电器接线一般用铜线。固定电器接线尽量采用铝线。

按所加电压不同分为低压导线和高压导线。高压导线用于传送高电压, 如点火系统的高压线。

按有无绝缘分为裸线和绝缘线。裸线外面没有保护层, 绝缘线外面有绝缘保护层。

按绝缘材料不同分为聚氯乙烯(塑料)绝缘线和橡皮绝缘线。

2.2.2 导线的选择

2.2.2.1 导线型号选择及用途 对于低压交直流配电线路, 根据导线敷设的方法, 其型号可参见表1-2 进行选择。



常用导线的型号及主要用途

表 1-2

导线型号		额定电压 (V)	导线名称	主要用途	最小截面 (mm ²)
铝线	铜线				
LJ	TJ	—	裸绞线	室外架空线	25
LGJ	—	—	钢心铝绞线	室外大跨度架空线	—
BLV	BV	500	聚氯乙烯绝缘线	室内架空线或穿管敷设	2.5
BLX	BX	500	橡皮绝缘线	室内架空线或穿管敷设	2.5
BLXF	BXF	500	氯丁橡皮绝缘线	室内外敷设	—
BLVV	BVV	500	塑料护套线	室内固定敷设	—
—	RV	250	聚氯乙烯绝缘软线	250V 以下各种移动电器接线	0.5
—	RVS	250	聚氯乙烯绝缘绞型软线	250V 以下各种移动电器接线	0.5
—	RVV	500	聚氯乙烯绝缘护套软线	500V 以下各种移动电器接线	—

2.2.2.2 导线截面选择 我国的导线规格是以其截面积作为标称值。导线标称截面是经过换算的线心截面积,而不是实际几何面积。

一般根据电路的额定电压、工作电流和绝缘要求等选取导线截面、绝缘层的类型。

对于短距离配电线路(200m 以内),常用发热条件选择导线截面。一般家庭、修理厂和汽车上的导线均按此方法选线。具体方法如下:由公式 $I = \frac{P}{U}$ 计算出该负载的工作电流,然后根据导线的允许电流等于或略大于计算电流,直接从表 1-3 中选择。

部分 500V 橡皮与塑料绝缘电力电缆载流量表(单位:A)

表 1-3

导线 截面 (mm ²)	成品 外截面 (mm ²)	铜心橡皮或塑料绝缘电力电缆				铝心橡皮或塑料绝缘电力电缆			
		明敷(25℃)		穿塑料管(25℃)		明敷(25℃)		穿塑料管(25℃)	
		橡皮	塑料	2 根(橡皮)	2 根(塑料)	橡皮	塑料	2 根(橡皮)	2 根(塑料)
1.5	4.6	27	24	17	16	—	—	—	—
2.5	5.0	35	32	25	24	27	25	19	18
4	5.5	45	42	33	31	35	32	25	24
6	6.2	58	55	43	41	45	42	33	31
10	7.8	85	75	59	56	65	59	44	42
16	8.8	110	105	76	72	85	80	58	55
25	10.6	145	138	100	95	110	105	77	73

例 1-2 某修理厂的照明负载为额定电压 220V,额定功率 5kW,电源总线采用双心塑料绝缘电线、穿塑料管,采用铝心和铜心时,分别应选择多大的导线截面?

解 电源总线上实际流过的最大电流为

$$I = P/U = 5000/220 = 22.73\text{A}$$

直接查表 1-3“铝心塑料绝缘电线、穿塑料管、2 根(塑料)”一栏,其中 24A > 22.73A 符合