

新编

汽车电工手册

马淑芝 张秀屏 侯志辉 编著

机械工业出版社

9714392

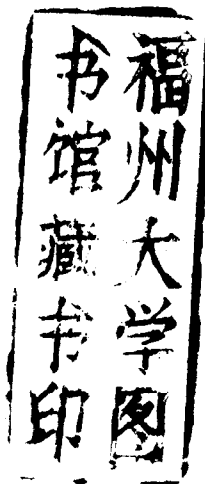


9714392

新编汽车电工手册

马淑芝 张秀屏 侯志辉 编著

U467.6-6
464



机械工业出版社

本手册是由吉林工业大学从事汽车教学、科研、试验与维修工作多年的教授、专家编写,手册首先简要阐述了电工基础、电子技术等方面的基础知识,然后系统地介绍了现代汽车电气设备的构造、原理、使用与维修及常用汽车电气设备的型号、规格。该手册内容新颖、通俗易懂、理论与实践相结合,实用性强、便于自学。

本手册适合广大汽车电工及工程技术人员阅读,也可作为汽车专业大学、中专学生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新编汽车电工手册/马淑芝等编著. —北京:机械工业出版社,1995.12

ISBN 7-111-04836-9

I. 新… II. 马… III. ①汽车-电工-手册②汽车-电气设备-电工-手册
IV. ①U463.6-62②TM-62

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第12247号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑:高金生 版式设计:张世琴 责任校对:贾立萍

封面设计:姚毅 责任印制:王国光

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1996年2月第1版第1次印刷

787mm×1092mm_{1/16}·26.25印张·640千字

0 001—5 000册

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

现代汽车广泛地采用了先进的电子技术,电子化程度日趋提高。为适应汽车电子技术发展的需要,我们根据多年的实践,并较广泛地收集了先进的技术资料而编写了本书。

本手册简要地讲述了电工基础、电子技术方面的基础知识,系统地介绍了现代汽车电器、电子控制点火装置、电控汽油喷射、电子控制防抱死制动系、汽车空调、中央门锁系统等先进电子装置的构造、原理、使用与维护等。本手册具有内容新颖、通俗易懂、理论与实践相结合、实用性强等特点。

本手册第一篇由张秀屏、陆吉文编写,第二篇由马淑芝编写、第三篇由侯志辉编写。

由于时间仓促、作者水平所限,书中难免有缺点和错误,欢迎广大读者批评指正。

作 者

1994.7

目 录

前 言

第 1 篇 基础知识

第 1 章 电工基础 1

1 电路的基本定律、定理和计算方法 ... 1

1.1 欧姆定律 1

1.2 基尔霍夫定律 2

1.3 功率及焦耳-楞次定律 2

1.4 电阻、电容、电感 3

1.5 电源及电源的等效变换 5

1.6 线性电路分析方法 7

1.7 电阻的星形和三角形联结的 等效变换 9

1.8 输入电阻的计算 9

1.9 叠加定理 10

1.10 戴维南定理和诺顿定理 11

2 正弦稳态电路 12

2.1 正弦量 12

2.2 正弦量的相量表示法 14

2.3 电阻、电感、电容电路 15

2.4 正弦电流电路的功率 16

2.5 正弦电流电路的谐振 17

2.6 互感电路 18

3 三相电路 19

3.1 对称三相电源 19

3.2 对称三相负载 20

3.3 对称三相电路的计算 21

3.4 不对称三相电路 22

3.5 对称三相电路的功率 23

4 非正弦周期电流电路 23

4.1 周期函数分解为傅里叶级数 23

4.2 非正弦周期量的有效值、 平均值和平均功率 25

4.3 非正弦周期电流电路的计算 25

5 一、二阶电路的瞬态分析 26

5.1 初始值的确定 26

5.2 一阶电路的零输入响应 27

5.3 一阶电路对阶跃激励的零 状态响应 28

5.4 RL 串联电路对正弦激励的 零状态响应 29

5.5 RC 微分、积分电路 31

5.6 一阶电路的全响应 31

5.7 RLC 电路的零输入响应 32

6 磁场和磁路 33

6.1 磁场的基本物理量 33

6.2 磁场的基本定律 34

6.3 铁磁物质的磁性能 36

6.4 磁路和磁路定律 37

6.5 恒定磁通磁路的计算 38

6.6 交流铁心线圈和变压器的计算 39

6.7 电磁铁吸力的计算 41

第 2 章 电子技术基础 43

1 二极管、稳压管与稳压电路 43

1.1 整流(检波)二极管 43

1.2 稳压管及稳压电路 47

1.3 常用二极管及稳压管部分型号 和主要参数 48

2 晶体三极管 54

2.1 晶体三极管结构、特性及参数 55

2.2 晶体管放大电路的三种基本组态 58

2.3 负反馈电路 59

2.4 复合管 61

2.5 常用晶体三极管的部分型号 和主要参数 61

3 晶体管整流电路 61

4 场效应晶体管 72

4.1 结型场效应晶体管 72

4.2 绝缘栅场效应晶体管 76

5 晶闸管及其整流电路	80	9.1 DT-890 型数字万用表外形结构	109
5.1 晶闸管的结构和工作原理	80	9.2 DT-890 型数字万用表主 要技术特性	110
5.2 晶闸管的伏安特性	81	9.3 测量操作步骤及注意事项	110
5.3 晶闸管的主要定额	81	10 真空管电压表	111
5.4 可控整流电路	83	10.1 GB-9 型真空管电压表主要 性能指标	111
5.5 晶闸管触发电路	91	10.2 使用方法	111
6 小型电源变压器设计与制作	94	第4章 常用电工材料	113
6.1 设计	94	1 导电材料	113
6.2 核算	96	1.1 导电材料的主要特性和用途	113
6.3 制做	97	1.2 电磁线	114
第3章 常用电工测量仪表	98	1.3 专用绝缘电线	125
1 概述	98	2 磁性材料	127
1.1 磁电式仪表的结构与工作原理	98	2.1 磁性材料的分类及性能	127
1.2 电磁式仪表的结构与工作原理	98	2.2 软磁材料	129
1.3 电动式仪表的结构与工作原理	99	2.3 铁氧体磁性材料	132
2 电流表	99	3 绝缘材料	134
3 钳形电流表	100	3.1 常用绝缘材料的分类及耐热等级	134
4 电压表	101	3.2 电工用绝缘薄膜、复合材 料及粘带	135
5 功率表	101	3.3 云母制品	138
6 电度表	104		
7 兆欧表	105		
8 万用表	107		
9 数字万用表	107		

第2篇 汽车电源、起动、点火与电子控制系统

第1章 蓄电池	141	5 蓄电池的常见故障	152
1 铅蓄电池的构造与工作原理	141	5.1 极板硫化	152
1.1 铅蓄电池的构造	141	5.2 自放电	153
1.2 蓄电池的工作原理	143	5.3 极板短路	153
2 蓄电池的工作特性	144	5.4 极板活性物质脱落	153
2.1 蓄电池的电动势和内阻	144	6 蓄电池的充电	154
2.2 蓄电池的放电特性	145	6.1 充电的种类	154
2.3 蓄电池的充电特性	146	6.2 充电方法	156
3 蓄电池的容量	147	7 蓄电池的保养	158
3.1 额定容量	147	7.1 蓄电池技术状况的检验	158
3.2 起动容量	147	7.2 蓄电池的维护	159
3.3 使用条件对蓄电池容量的影响	147	8 蓄电池的修理	159
4 蓄电池的型号、规格及选用	149	8.1 蓄电池故障的初步诊断	159
4.1 蓄电池型号的编制与含义	149	8.2 蓄电池的解体	160
4.2 国产蓄电池的型号与规格	150	8.3 蓄电池的修复	160
4.3 蓄电池的选型及使用	150	9 免维护蓄电池	161

9.1 免维护蓄电池的结构特点	161	9.4 北京切诺基汽车用整体式 交流发电机	191
9.2 免维护蓄电池的优点	162	9.5 夏利轿车用整体式交流发电机	192
9.3 免维护蓄电池的使用	162	9.6 蓝鸟牌轿车用整体式交流发电机	193
9.4 免维护蓄电池的型号及规格	163	9.7 常用整体式交流发电机产品	193
第2章 发电机及调节器	165	10 交流发电机的使用	194
1 交流发电机的结构	165	10.1 交流发电机的使用注意事项	194
1.1 普通交流发电机	165	10.2 交流发电机充电系统常见故障	195
1.2 带泵交流发电机	168	10.3 充电系统的故障诊断	197
2 交流发电机的工作原理	169	11 交流发电机的检修及性能测试	202
2.1 三相交流电动势的产生	169	11.1 交流发电机的检修	202
2.2 整流过程	171	11.2 调节器的检查	205
2.3 中性点电压	171	11.3 发电机与调节器的性能测试	209
2.4 励磁方式	172	第3章 起动机	212
3 交流发电机的特性	172	1 起动机的组成	212
3.1 空转特性	172	1.1 直流电动机	212
3.2 负载特性	173	1.2 传动机构	214
3.3 外特性	173	1.3 控制装置	216
4 无刷交流发电机	173	2 起动机的特性	217
4.1 感应子式无刷交流发电机	173	2.1 起动机的电磁转矩和反电动势	217
4.2 爪极式无刷交流发电机	174	2.2 起动机的特性	217
5 交流发电机的型号及安装尺寸	175	3 机械啮合式起动机	218
5.1 交流发电机的型号	175	4 电磁啮合式起动机	221
5.2 交流发电机的功率等级和 安装尺寸	176	5 电枢移动式起动机	222
5.3 常用国产交流发电机的产品	178	6 减速起动机和永磁起动机	223
6 交流发电机的调节器	179	6.1 减速起动机	223
6.1 交流发电机的电压调节	179	6.2 永磁起动机	224
6.2 调节原理	180	6.3 永磁减速起动机	224
6.3 交流发电机电压调节器的种类	180	7 起动机的型号与安装尺寸	224
6.4 调节器的型号	180	7.1 起动机的型号	224
7 触点振动式电压调节器	181	7.2 起动机的安装尺寸	225
7.1 双级振动式电压调节器	181	7.3 常用起动机产品	227
7.2 具有灭弧系统的单级振动式 电压调节器	183	8 起动电路中的继电器	228
7.3 具有充电指示继电器的调节器	183	9 起动机的使用与维护	229
7.4 常用触点式调节器产品	185	9.1 起动机的使用	229
8 晶体管电压调节器	185	9.2 起动系统中常见故障	229
9 集成电路调节器与整体式 交流发电机	187	9.3 起动系统的故障诊断	230
9.1 集成电路调节器的工作原理	188	10 起动机的检修与性能测试	230
9.2 JFZ1514 型交流发电机	189	10.1 起动机的拆卸与解体	230
9.3 奥迪轿车用整体式交流发电机	189	10.2 起动机的检修	233
		10.3 起动机的装复与调整	238

10.4 起动机的性能测试	238	能测试	278
第4章 点火系	240	11.1 点火装置的故障检查	278
1 传统点火系的组成	240	11.2 点火系的性能测试	283
2 传统点火系的工作原理	241	第5章 微机控制系统	284
3 传统点火系的工作特性	243	1 微机点火控制系统	284
3.1 发动机转速与气缸数对次级电压的影响	243	1.1 微机点火控制系统的组成	285
3.2 初级和次级电容对次级电压的影响	244	1.2 微机点火控制系统的工作过程	289
3.3 触点间隙对次级电压最大值的影响	244	1.3 故障自诊断	291
4 传统点火装置的结构	245	1.4 无分电器点火系统	293
4.1 点火线圈	245	2 微机控制汽油喷射系统	293
4.2 分电器的结构	247	2.1 空燃比	294
4.3 火花塞	254	2.2 空燃比控制	295
5 半导体点火系	257	2.3 多点汽油喷射	295
6 有触点半导体点火系	257	2.4 微机控制多点汽油喷射系统	298
7 无触点半导体点火系	258	2.5 单点汽油喷射	302
7.1 磁脉冲式无触点半导体点火装置	258	3 汽车发动机集中控制	303
7.2 光电式无触点半导体点火装置	261	3.1 系统的主要功能及工作方式	303
7.3 霍尔效应式无触点半导体点火装置	262	3.2 集中控制系统的组成	303
8 集成电路半导体点火装置	263	3.3 集中控制系统的工作过程	305
9 半导体点火系中使用的分电器	265	3.4 集中控制系统的故障诊断	305
9.1 磁脉冲式无触点分电器	265	3.5 国外汽车上常用的集中控制系统	311
9.2 霍尔效应式无触点分电器	266	4 变速器的微机控制	312
9.3 集成电路分电器	266	4.1 电控自动变速器	312
9.4 高能点火分电器	267	4.2 电控机械变速器	317
10 点火系的使用	267	5 车速控制系统	318
10.1 点火正时	267	6 防抱制动控制	320
10.2 点火系常见故障	270	6.1 防抱制动系统的组成	320
10.3 点火系故障诊断	271	6.2 防抱制动系统的工作过程	321
10.4 用示波仪诊断点火系的故障	274	7 控制系统中常用的传感器和执行机构	323
11 点火装置的故障检查与性能测试	278	7.1 传感器	323
		7.2 执行机构	329

第3篇 汽车辅助电器、灯光与总线路

第1章 汽车的冷气系统	333	2 汽车空调器的主要部件与功用	334
1 汽车冷气系统的工作原理	333	2.1 压缩机	334
1.1 制冷剂饱和蒸气压曲线	333	2.2 电磁离合器	335
1.2 制冷剂的特性	333	2.3 冷凝器	336
1.3 制冷循环工作过程	334	2.4 蒸发器	336

2.5 贮液干燥过滤器	336	7.1 汽车荧光灯的工作原理	359
2.6 膨胀阀	337	7.2 汽车荧光灯的故障诊断	360
3 汽车空调器的主要控制装置	338	8 电喇叭	360
3.1 发动机怠速自动提升装置	338	8.1 电喇叭的结构与工作原理	360
3.2 汽车空调系统转速与温度 控制的电路	338	8.2 电喇叭的避振结构与安装	361
4 汽车空调器的控制电路实例	339	8.3 电喇叭的类型	361
4.1 夏利轿车空调器控制电路	339	8.4 电喇叭的型号及适用车型	362
4.2 奥迪 100 型轿车空调器控制电路	341	8.5 电喇叭的维护和调整	362
4.3 尼桑轿车前空调电路	341	8.6 喇叭继电器	363
4.4 桑塔纳轿车空调电路	343	9 闪光器	364
4.5 切诺基牌 BJ2021 型汽车 空调电路	344	9.1 闪光器的结构与工作原理	364
5 汽车空调器的使用与维护	344	9.2 闪光器的型号	366
5.1 空调系统的使用	344	9.3 闪光器的使用	367
5.2 空调系统的维护	345	10 电动刮水器	367
5.3 汽车空调器故障的诊断	346	10.1 永磁电动机刮水器	367
5.4 汽车空调系统抽真空	348	10.2 上海桑塔纳轿车刮水器	368
5.5 汽车空调系统加注制冷剂	348	10.3 电动刮水器的型号和规格	369
第 2 章 汽车主要仪表与其他电器	351	10.4 电动刮水器的使用	370
1 电流表	351	11 中央控制电动门锁	370
1.1 电流表的结构与工作原理	351	11.1 锁制车门	371
1.2 电流表的检验与调整	351	11.2 打开车门	371
1.3 电流表的型号、规格及适用车型	351	12 车速感应式中央控制电动门锁	371
2 水温表	352	13 电动燃油泵	372
2.1 水温表的结构与工作原理	352	13.1 电动燃油泵的结构与工作原理	372
2.2 水温表的检验与调整	352	13.2 油泵的故障诊断与维修	372
2.3 水温表的型号、规格及适用车型	353	14 化油器辅助电器	373
3 燃油表	354	14.1 尼桑 VG30S 自动阻风阀	373
3.1 燃油表的结构与工作原理	354	14.2 尼桑 CA20S 自动阻风阀	373
3.2 燃油表的检验	354	14.3 化油器怠速通道电磁阀	374
3.3 燃油表的主要型号、规格及 适用车型	356	第 3 章 汽车灯光与全车电路	375
4 油箱存油量警告灯	357	1 汽车大灯的构造与使用	375
5 油压表	357	1.1 汽车大灯的结构	375
5.1 油压表的结构与工作原理	357	1.2 大灯光束照射方向的调整	376
5.2 油压表的检验与调整	357	1.3 汽车灯具的型号与规格	377
5.3 油压表的型号、规格及适用车型	358	2 汽车电路原理	381
6 发动机转速表	358	2.1 电源电路	381
6.1 发动机转速表的工作原理	358	2.2 起动机的控制电路	383
6.2 发动机转速表的校验	359	2.3 点火系电路	383
7 汽车荧光灯	359	2.4 仪表电路	384
		2.5 灯光电路	384
		2.6 汽车总线路分析	387
		3 上海桑塔纳轿车电路系统解析	390

3.1 电源电路	390	4.3 综合开关	398
3.2 发动机点火系、仪表及起动电路	390	4.4 汽车电系的导线	399
3.3 灯光电路	394	5 汽车电路原理图	402
3.4 喇叭与冷却风扇	395	5.1 标致(PEUGEOT)504 型汽车	
4 点火开关、大灯开关、综合		电路原理图	402
开关与汽车导线	396	5.2 奥迪(AUDI)牌 100C3GP 型	
4.1 点火开关	396	轿车电路原理图	402
4.2 大灯开关	396	参考文献	409

第1篇 基础知识

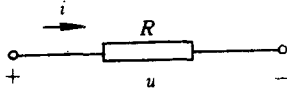
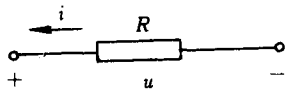
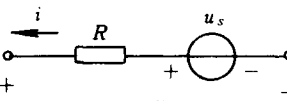
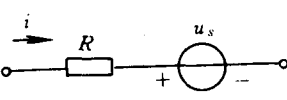
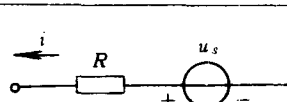
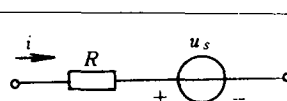
第1章 电工基础

1 电路的基本定律、定理和计算方法

1.1 欧姆定律

一段无源或含源电阻支路欧姆定律的表达式见表 1.1-1。

表 1.1-1 欧姆定律

名 称	电 路 图	公 式	备 注
无 源 电 阻 支 路 的 欧 姆 定 律		$u = Ri$ 或 $i = Gu$	采用参考方向后, u 、 i 、 u_s 等均是代数量, 各公式皆在指定的参考方向下得到的。 本书采用法定计量单位: u (V)、 i (A)、 u_s (V)、 R (Ω)、 G (S)
		$u = -Ri$ 或 $i = -Gu$	
含 源 电 阻 支 路 的 欧 姆 定 律		$u = u_s - Ri$ 或 $i = \frac{-u + u_s}{R}$	
		$u = u_s + Ri$ 或 $i = \frac{u - u_s}{R}$	
		$u = -u_s + Ri$ 或 $i = \frac{u - u_s}{R}$	
		$u = -u_s - Ri$ 或 $i = \frac{-u - u_s}{R}$	

1.2 基尔霍夫定律

在表 1.1-2 中,以图 1.1-1 所示电路为例,阐述基尔霍夫定律。

表 1.1-2 基尔霍夫定律

名 称	公 式	备 注
基 尔 霍 夫 电 流 定 律 KCL ^①	$\Sigma i = 0$ 或 $\Sigma i_0 = \Sigma i_i$ 对图 1.1-1 中节点 A 有 $i_1 + i_4 - i_5 = 0$ 或 $i_1 + i_4 = i_5$ 对含节点 A、B、C、D 的闭合面有 $-i_5 + i_6 - i_7 + i_8 = 0$ 或 $i_6 + i_8 = i_5 + i_7$	在集总参数电路中,任何时刻,对任一节点,所有支路电流的代数和恒等于零 在集总参数电路中,任何时刻,对任一节点,流出的电流之和等于流入的电流之和 基尔霍夫电流定律可将节点推广应用到包含有限个节点的闭合面
基 尔 霍 夫 电 压 定 律 KVL ^②	$\Sigma u = 0$ 或 $\Sigma Ri = \Sigma u_s$ 对图 1.1-1 中 ABCD 回路 $u_{AB} + u_{BC} + u_{CD} + u_{DA} = 0$ 或 $R_1 i_1 - R_2 i_2 + R_3 i_3 - R_4 i_4 = u_{s1} - u_{s3}$ 对跨越空间的闭合回路 ABDA 有 $u_{AB} + u_{BD} + u_{DA} = 0$ 或 $u_{BD} = u_{s1} - R_1 i_1 + R_4 i_4$	在集总参数电路中,任何时刻,沿任一闭合回路,所有支路电压的代数和恒等于零 在集总参数电路中,任何时刻,沿任一闭合回路,所有电阻上电压降的代数和恒等于电源端电压的代数和 在第二种表达式中,电阻中电流与回路绕行方向一致时取正号,反之取负号;电源端电压 u_s 与回路绕行方向相反的取正号,反之取负号 基尔霍夫电压定律可推广应用在任意跨越空间的闭合回路

① KCL 为“Kirchhoff's Current Law”的缩写。

② KVL 为“Kirchhoff's Voltage Law”的缩写。

1.3 功率及焦耳-楞次定律

1.3.1 功率

在元件的电压和电流关联参考方向下(见图 1.1-2a),元件吸收功率为

$$p(t) = u(t)i(t)$$

据此计算结果,当 $p > 0$ 时,元件吸收功率;当 $p < 0$ 时,元件实际上释放功率。

在元件的电压和电流非关联参考方向下(见图 1.1-2b),元件发出功率为

$$p(t) = u(t)i(t)$$

据此计算结果,当 $p > 0$ 时,元件发出功率;当 $p < 0$ 时,元件实际上吸收功率。

以上有关功率的讨论同样适用于任何一段电路,而不局限于一个元件。

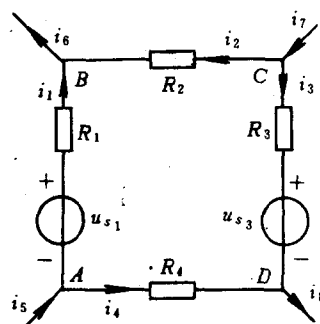


图 1.1-1 基尔霍夫定律示例

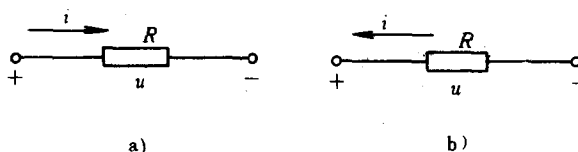


图 1.1-2 功率

法定计量单位中功率的单位为 W

1.3.2 焦耳-楞次定律

在电阻 $R(\Omega)$ 中通过电流 $i(\text{A})$, 经过时间 $t(\text{s})$, 所产生的热量为

$$Q=i^2Rt(\text{J})$$

或

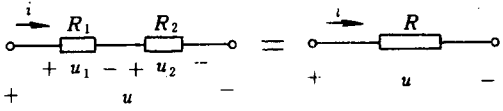
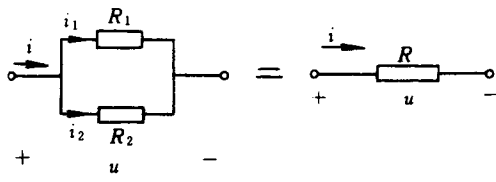
$$Q=0.24i^2Rt(\text{Cal})$$

1.4 电阻、电容、电感

1.4.1 线性电阻

电路中消耗电能的元件称为电阻元件, 若它在任何时刻均与其中的电压和电流无关, 则称为线性电阻元件, 用 R 表示, 其计算公式见表 1.1-3。

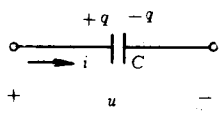
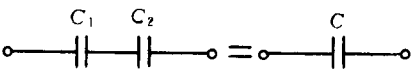
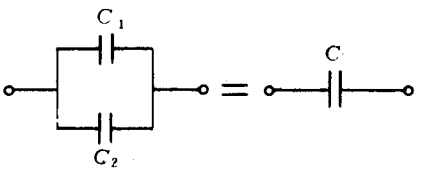
表 1.1-3 线性电阻计算公式

项 目	计 算 公 式
导体电阻 的计算	$R=\rho \frac{l}{S}$ 式中 R—导体的电阻(Ω) l—导体的长度(m) S—导体截面积(m^2) ρ—电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)
不同温度 下电阻的 换算	$R_2=R_1[1+\alpha(t_2-t_1)]$ 式中 R_2—温度 t_2 时电阻值(Ω) R_1—温度 t_1 时电阻值(Ω) α—电阻的温度系数($1/^\circ\text{C}$) t_1, t_2—导体的温度($^\circ\text{C}$)
电阻的串 联	 $\begin{aligned} u &= u_1 + u_2 \\ R &= R_1 + R_2 \\ u_1 &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} u \\ u_2 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} u \end{aligned}$
电阻的并 联	 $\begin{aligned} i &= i_1 + i_2 \\ \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ 或 } G = G_1 + G_2 \\ i_1 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} i \text{ 或 } i_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} i \\ i_2 &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} i \text{ 或 } i_2 = \frac{G_2}{G_1 + G_2} i \end{aligned}$
电阻吸收 功率	$P=ui=i^2R=\frac{u^2}{R}$

1.4.2 线性电容

C 表示电路中储存电场能量的理想线性电容元件, 它不消耗电能, 但可以和电能或磁场能量相互转换, 线性电容的计算公式见表 1.1-4。

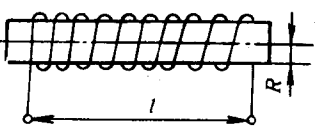
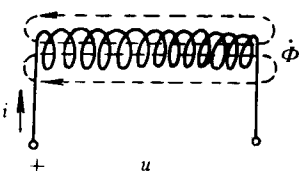
表 1.1-4 线性电容计算公式

项 目	计 算 公 式	
平 板 电 容 器 电 容 的 计 算	$C = \epsilon \frac{s}{d}$	式中 C —电容器的电容值(F) s —电容器极板面积(m ²) d —两极板间的距离(m) ϵ —介质的介电常数(F/m)
电 容 器 上 电 荷、 电 压、 电 流 的 关 系		$C = \frac{q}{u}$ $i = C \frac{du}{dt}$ $u(t) = u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi$ 式中 u —电容器两端的电压(V) q —电容器极板上的电荷(C) i —电容器中的电流(A)
电 容 串 联		$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$
电 容 并 联		$C = C_1 + C_2$
电 容 储 存 电 场 能 量	$W_c = \frac{1}{2} C u^2 (\text{J})$	

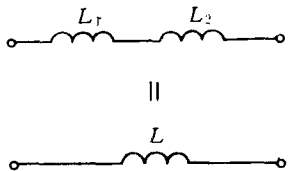
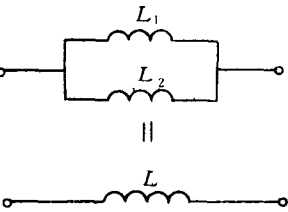
1.4.3 线性电感

L 表示电路中储存磁场能量的理想线性电感元件,它不消耗电能,但可和电能或电场能量相互转换,线性电感计算公式见表 1.1-5。

表 1.1-5 线性电感计算公式

项 目	电 路 图	公 式	备 注
长螺线管电感的计算		$L = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}$ ($\frac{l}{R} > 40$)	S —螺线管截面积(cm ²) l —螺线管长度(cm) N —螺线管匝数 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-9} \text{H/cm}$
电感上磁链、电压、电流的关系		$L = \frac{\psi}{i}$ $u = L \frac{di}{dt}$ $\Psi = N\Phi$	i —线圈中电流(A) u —线圈端电压(V) ψ —线圈的磁链(Wb) Φ —线圈的磁通(Wb) N —线圈的匝数

(续)

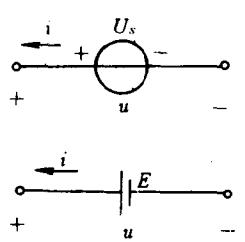
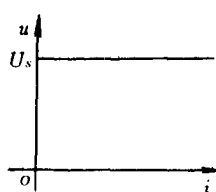
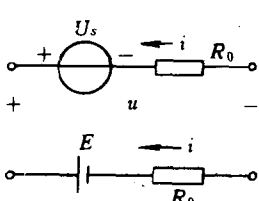
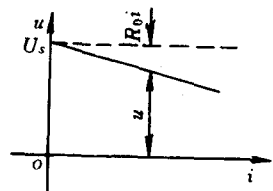
项 目	电 路 图	公 式	备 注
电 感 串 联		$L = L_1 + L_2$	L —线圈自感系数(H)
电 感 并 联		$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$ $L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$	
电 感 储 存 磁 场 能 量		$W_L = \frac{1}{2} Li^2 (J)$	

5 电源及电源的等效变换

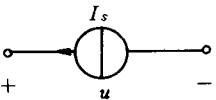
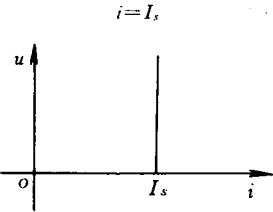
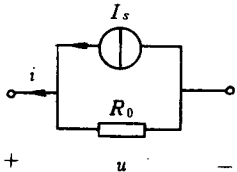
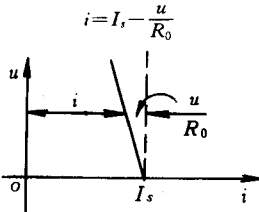
5.1 独立电源

独立电源可分为独立电压源和独立电流源,在表 1.1-6 中只介绍恒压源和恒流源的外特

表 1.1-6 独立电源

目	图 形 符 号	外 特 性	备 注
理想恒压源		$u = U_s$ 	理想电压源的端电压与外电路无关,总保持给定的时间函数(含常数)
实际恒压源		$u = U_s - R_0 i$ 	实际电压源内阻 R_0 一般很小,故要防止电压源短路,以免产生极大的短路电流而损坏电源

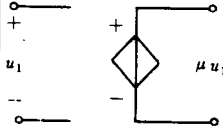
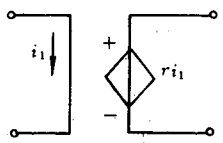
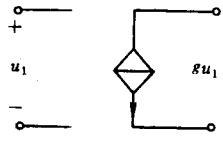
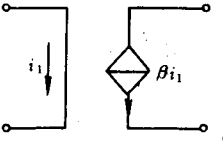
(续)

项 目	图形符号	外 特 性	备 注
恒 流 源	理想恒流源 	 $i = I_s$	理想电流源的电流与外电路无关, 总保持给定的时间函数(含常数)
源	实际恒流源 	 $i = I_s - \frac{u}{R_0}$	实际电流源内阻 R_0 很大, 故电流源不要开路放置, 以免产生极大的开路电压

1.5.2 受控源

受控源有四种: 电压控制电压源(VCVS)、电压控制电流源(VCCS)、电流控制电压源(CCVS)、电流控制电流源(CCCS), 详见表 1.1-7。

表 1.1-7 受控源

名 称	电路模型	关系式	备 注	名 称	电路模型	关系式	备 注
VCVS		$u_2 = \mu u_1$	μ —电压放大倍数	CCVS		$u_2 = r i_1$	r —转移电阻(Ω)
VCCS		$i_2 = g u_1$	g —转移电导(S)	CCCS		$i_2 = \beta i_1$	β —电流放大倍数

注: VCVS—Voltage Controlled Voltage Source;

VCCS—Voltage Controlled Current Source;

CCVS—Current Controlled Voltage Source;

CCCS—Current Controlled Current Source。

1.5.3 电源等效变换

电源的等效化简或等效变换, 都是指对外部性能等效的角度而言, 其等效变换关系式见表 1.1-8。

表 1.1-8 电源等效变换

项 目	电 路 图	关 系 式	备 注
电 压 源 串 联		$u_s = u_{s1} \pm u_{s2}$	视 u_{s2} 参考极性决定取正号或负号
电 流 源 并 联		$i_s = i_{s1} \pm i_{s2}$	视 i_{s2} 参考方向决定取正号或负号
电 压 源 与 任 意 两 端 元 件 并 联		$u = u_s$	等效电压源中电流等于对外电流 i 而不等于 i_1
电 流 源 与 任 意 两 端 元 件 串 联		$i = i_s$	等效电流源的电压等于对外电压 u , 而不等于 u_1
实 际 电 压 源 电 流 源 等 效 变 换		$i_s = Gu_s$ $G = \frac{1}{R}$	注意两图的参考方向, 而理想电压源或理想电流源不能实行等效变换

受控源可视作独立源, 按上述方法进行等效变换, 但在变换过程中控制量的大小和方向均不得改变。

1.6 线性电路分析方法

电路分析方法常用的有三种, 现以图 1.1-3 所示电路为例, 分析方法见表 1.1-9。

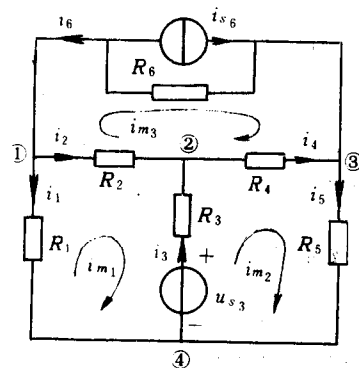


图 1.1-3 线性电路示例