

图解电动机 修理操作技能

● 赵家礼 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



图解

电动机修理操作技能

赵家礼 等编著



机械工业出版社

本书主要介绍单、三相和直流电动机的修理基础知识和安全知识；电动机修理常用的工具、仪表和设备的操作技能；电动机绕组和接线规律；电动机的故障诊断和修理技能；单、三相和直流电动机绕组重绕操作技能；电动机绕组简明计算以及电动机修理后检查试验和标准等。

本书特点是图文并茂，以图辅文，文字叙述简明扼要，通俗易懂，内容紧密联系实际，突出重点，针对性和实用性强，力求达到无师自通的目的。

本书可供再就业和在岗的广大电气工人和农村电工自学及有关技术人员参考使用，也可作为再就业培训部门以及电机修理工的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

图解电动机修理操作技能/赵家礼等编著. —北京：
机械工业出版社，2005.12
ISBN 7-111-17468-2

I. 图… II. 赵… III. 电动机-维修-图解
IV. TM320.7-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 112044 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：曲彩云

责任编辑：高金生 版式设计：冉晓华 责任校对：魏俊云

封面设计：饶 薇 责任印制：杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·14.875 印张·578 千字

0 001—4 000 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

本社购书热线电话（010）68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书编写目的是想通过图解和精炼的文字说明,使上岗、转岗以及在岗的广大电气工人和农村电工,用较短的时间能快速掌握电动机修理基本知识和学会电动机修理基本操作技能,以期收到事半功倍的效果。

全书共分十一章:第一章介绍电动机修理工必备的磁电基本知识和安全知识;第二章介绍常见的单、三相电动机和直流电动机的结构、铭牌数据和工作原理;第三章介绍修理电动机常用的工具、仪表和设备的基本操作技能;第四章介绍绕组的基本概念和连接规律,并提供许多绕组接线图,在修理时就不必花费大量时间画图了;第五章介绍电动机常见故障诊断及检修操作技能;第六、七章介绍电动机的拆装操作技能和零部件的修理方法;第八、九章介绍电动机绕组的重绕修理技能;第十章介绍绕组的简明计算;第十一章介绍电动机修理后检查试验及简易的试验方法和试验标准。

本书特点是图文并茂,以图辅文,文字叙述简明扼要,内容紧密联系实际,突出实用性,通俗易懂,无师自通。

参加本书编写的还有高级工程师赵捷、何青、鲁明、刘福振、孙树文以及工程师赵健、王立庆、沈文岩等。

在编写过程中,参看了一些国内外有关电动机修理文献,借用了一些图、表,在此向各位作者表示衷心感谢。另外,作者正在培训班给工人师傅讲授电动机修理知识和技能,得到他们的支持并提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

由于本人学识和技术水平有限,书中难免有不妥和错误之处,恳切希望广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 电动机修理工必备的

基础知识 1

- 第一节 磁电基本规律 1
 - 一、电压、电流、电阻 1
 - 二、欧姆定律 2
 - 三、电阻的性质及其连接 3
 - 四、焦耳定律 7
 - 五、磁场 7
 - 六、电生磁的规律 9
 - 七、磁生电的规律 9
 - 八、通电导体在磁场中受到力的作用 10
 - 九、楞次定律 11
 - 十、电容器及其连接 12
 - 十一、单相正弦交流电 14
 - 十二、三相正弦交流电的产生 16
 - 十三、三相绕组的连接 16
- 第二节 安全知识及触电急救 17
 - 一、安全基本知识 17
 - 二、触电急救 34

第二章 常见电动机结构、铭牌数据及工作原理 40

- 第一节 三相异步电动机结构特点、铭牌数据、分类及工作原理 40
 - 一、结构特点 40
 - 二、电动机工作制及其不同工作制的代用 43

- 三、三相异步电动机分类 46
- 四、铭牌数据的意义 46
- 五、电动机的出线端标志 52
- 六、工作原理 53

- 第二节 单相异步电动机结构、铭牌数据、分类及工作原理 55
 - 一、结构特点 55
 - 二、单相异步电动机的分类、特性和应用 56
 - 三、单相电动机铭牌数据意义 57
 - 四、单相异步电动机工作原理 60
- 第三节 直流电动机结构、铭牌数据、分类及工作原理 63
 - 一、结构特点 63
 - 二、绕组结构形式 63
 - 三、铭牌数据意义 66
 - 四、直流电动机用途与分类和结构上的主要差别 68
 - 五、工作原理 69

第三章 电动机修理常用的工具、设备、仪表基本操作技能 70

- 第一节 常用量具基本操作技能 70
 - 一、钢直尺 70
 - 二、游标卡尺 71
 - 三、外径千分尺 72
 - 四、百分表 73
 - 五、塞尺 73

六、外、内卡钳	75	十一、L形吊装工具	107
七、水平仪	75	十二、简易压力机	107
第二节 电钳工基本操作			
技能	76	第四章 电动机绕组及接线	
一、活扳手操作技能	76	规律	109
二、手锯操作技能	76	第一节 绕组基本知识和类别	109
三、锉刀操作技能	78	一、绕组的基本概念	109
四、錾削操作技能	79	二、绕组类别	111
五、攻螺纹和套螺纹操作		三、识图方法	116
技能	80	四、单层、双层绕组的特点	116
六、其他工具操作技能	83	第二节 三相绕组的连接规律	117
第三节 常用仪表基本操作		一、线圈组的连接方法	117
技能	84	二、绕组接线图绘制法	120
一、检电笔	84	三、三相绕组展开图画法	123
二、绝缘电阻表	85	四、三相绕组构成规律	126
三、钳形电流表(卡表)	86	第三节 单相绕组的连接规律	127
四、万用电表	87	一、单相绕组的绕组形式	127
五、转速表	90	二、单相绕组展开图画法	134
六、电流表	90	三、正弦绕组节距和线圈匝数	
七、交、直流电压表	90	的确定	135
八、功率表	92	第四节 直流机电枢绕组连接	
九、直流电阻电桥	93	规律	139
十、短路侦察器(开口		一、绕组分类	139
变压器)	95	二、电枢绕组节距	139
第四节 常用设备基本操作		三、均压线	140
技能	97	第五章 电动机常见故障及	
一、砂轮机	97	检修	142
二、钻床	98	第一节 三相异步电动机常见故障	
三、绕线机	101	及检修	142
四、台虎钳	102	一、运行检查及处理	142
五、旋具(又称改锥、螺丝刀、		二、电动机例行维护检查	146
起子等)	102	三、异步电动机常见故障及	
六、钢丝钳	102	处理方法	146
七、管子钳(又称管钳子)	104	四、绕组断路故障及检修	151
八、手电钻	104	五、绕组短路故障及检修	153
九、千斤顶	105	六、绕组接地故障及检修	155
十、拆轴承和联轴器自制		七、绕组接错线的故障	157
工具	106		

八、电动机单相烧毁故障	161
第二节 单相异步电动机绕组故障 及检修	162
一、绕组断路故障及检修	162
二、绕组短路故障及检修	163
三、绕组接地故障及检修	164
四、绕组接错线的故障	167
五、起动元件的故障及检修	167
六、电容器故障及检修	168
第三节 直流电动机常见故障及 检修	171
一、运行中刷火的观察	171
二、换向器表面状态的观察	172
三、电刷工作的检查	172
四、通风冷却系统的检查	173
五、润滑系统的检查	174
六、电动机振动的检查	174
七、刷火的等级标准	174
八、绝缘电阻低故障	175
九、换向器表面常见故障的 修理	175
十、直流电动机常见故障及其 修理措施	177
十一、换向器故障原因及其 修理方法	179
十二、换向器片间短路故障的 修理	184
十三、换向器云母板下刻的工艺 要求	185
十四、换向器松动、变形故障的 修理	187
第四节 直流电动机绕组故障及 修理	188
一、励磁绕组常见故障及 修理	188
二、换向极绕组故障及修理	190
三、补偿绕组故障及修理	191
四、电枢绕组故障及修理	192

第五节 电刷装置常见故障及 修理	194
一、电刷装置结构及分类	194
二、电刷装置常见故障及 修理	195
三、电刷装置检修的质量 要求	197
四、电刷引线松脱故障的 修复	198

第六章 电动机拆装操作 技能	201
第一节 三相异步电动机的 拆卸	201
一、电动机拆卸前的准备 工作	201
二、电动机主要部件的组成	201
三、解体电动机主要工具的使用 方法	201
四、三相异步电动机解体 步骤	204
五、带轮或联轴器的拆卸	207
六、拆卸轴承盖和端盖	208
七、拆卸风扇罩和外风扇	208
八、转子的拆除（抽转子）	208
九、滚动轴承的拆卸	211
第二节 三相异步电动机的安装	213
一、吹风清扫定、转子	213
二、装入内轴承盖和轴承 安装	214
三、安装端盖	215
四、转子穿入定子膛孔	215
五、穿心后的端盖安装	215
六、安装外风扇和风扇罩	216
七、联轴器或带轮的安裝	216
八、接好电源引线、接地线及地脚 螺栓	218
第三节 单相电动机的拆装	

要点	218	三、单相电动机转轴修理的	
一、单相电动机拆卸工序		特点	245
要点	218	第五节 集电环故障及修理	246
二、单相电动机装配工序		一、集电环结构及常用电刷	
要点	218	技术特性	246
第四节 直流电动机拆装方法	219	二、集电环常见故障	247
一、小型直流电动机拆卸方法	219	三、集电环工作表面常见故障及	
二、小型直流电动机装配方法	220	修理	247
三、电动机装配质量要求	220	四、集电环短路故障的修理	249
第七章 机械零部件的修理		五、紧固式集电环短路故障的	
技能	222	修理	250
第一节 滚动轴承故障及检修	222	六、电刷装置的故障及修理	251
一、滚动轴承的常见故障	222	七、集电环松动的故障及检修	252
二、滚动轴承的检修	223	八、集电环温度过高的检修	252
三、滚动轴承的检查	225	九、集电环短路装置的故障及	
四、滚动轴承的装配	226	检修	252
五、滚动轴承选用润滑脂		十、集电环检修后的质量	
(油)	231	要求	253
第二节 单相电动机轴承的拆装和		第六节 笼型转子的故障及	
检修	232	修理	254
一、轴承损坏的检查方法	232	一、笼型转子断笼故障及	
二、拆除旧轴承的方法	233	修理	254
三、滚动轴承的清洗和检查	233	二、常用的检查方法	256
四、滚动轴承的润滑和安装	234	三、铸铝转子的修理	256
五、修理质量要求	236	四、铸铝笼改铜笼的修复法	257
第三节 铁心故障及修理	237	五、铜笼转子修理	258
一、铁心松动故障及修理	237	第七节 其他机械零部件修理	258
二、铁心齿部弹开(扇张现象)的		一、端盖故障修理	258
故障及修理	238	二、机座底脚断裂的修理	261
三、铁心表面擦伤及修理	238		
四、电动机铁心局部烧熔的		第八章 绕组重绕修理技能	262
修理	239	第一节 三相异步电动机定子绕组	
五、单相电动机常见铁心故障		重绕	262
的检修	241	一、了解电动机的使用和	
第四节 转轴故障及修理	242	故障情况	262
一、转轴弯曲故障及修理	242	二、测量记录原始数据	262
二、检修方法	245	三、绕组极数和绕组形式的	
		判别	264

四、旧绕组的拆除	304	第五节 准备电磁线和绝缘材料	340
五、清理铁心	305	一、电磁线的选用	340
六、制作绕线模	305	二、绝缘材料的选用	341
第二节 绕线工艺	310	第六节 绕线准备	341
一、绕线前的准备工作	310	第七节 绕线工艺	341
二、绕制线圈	311	第八节 励磁绕组的嵌线	342
三、绕制圆导线线圈的质量要求	312	一、一般励磁绕组嵌线方法	343
第三节 嵌线工艺	312	二、正弦绕组嵌线方法	343
一、槽绝缘的准备	312	三、同心式绕组嵌线方法	347
二、嵌线前的准备	313	四、绕组嵌线质量要求	350
三、线圈嵌线时所用主要工具的使用方法	313	第九节 电动机质量检查	350
四、嵌线过程	317	一、外观检查	350
五、软线圈嵌线工艺要点	323	二、检查接线	350
六、定子绕组嵌线质量要求	323	三、测绝缘电阻	350
第四节 绕组连接	326	四、测直流电阻	350
一、概述	326	第十节 小型单相绕组浸烘工艺	350
二、准备工作	327	一、绕组绝缘处理	350
三、线头连接	327	二、绕组浸烘出现质量问题的原因和解决办法	353
四、焊接	328	第十一节 直流电动机电枢绕组重绕技能	374
第五节 绕组浸渍、烘干工艺	329	一、绕组拆除记录	374
一、浸渍的目的	329	二、拆除旧绕组的注意事项	376
二、定子绕组绝缘浸渍干燥工艺	330	三、旧线圈绝缘的清理和包扎	376
三、定子绕组接线、整体质量检查及浸渍烘干质量要求	335	四、绕线模的制作	377
第九章 单相和直流电动机绕组重绕技能	336	五、线圈绕制和成形	377
第一节 原始记录	336	六、单匝成形线圈的制作	378
第二节 拆除旧线圈	336	七、嵌线前准备工作及嵌线工艺	379
第三节 清理铁心	337	八、线圈与换向器焊接工艺	382
第四节 绕线模制作	338	第十章 绕组的简明计算	384
一、绕线模圆周长度简易确定法	339	第一节 圆导线代用	384
二、绕线模圆周长度简易计算法	339	一、保持导线截面不变的代用	384

二、改变绕组接线方式·····	384	九、绕组匝间耐冲击电压	
第二节 改变电压的计算·····	386	试验·····	442
一、改变接线方式改变电压·····	386	十、三相交流电动机工频	
二、重绕绕组改变电压·····	387	耐压试验·····	447
第三节 直流电动机改电压		第二节 单相异步电动机检查试验	
计算·····	390	的特点·····	449
一、直流电动机励磁绕组改		一、输入功率测定·····	449
电压计算·····	390	二、主、辅绕组匝数比·····	449
二、直流电动机换向极绕组		三、空载检查试验·····	449
改电压计算·····	391	四、堵转检查试验·····	450
三、电枢绕组改电压的重绕		五、测定起动元件在断开时的	
计算·····	392	转矩和转速·····	450
第四节 改变电动机极数的		六、单相电动机用摩擦轮法测试	
计算·····	392	转矩·····	450
一、改极原理·····	392	七、电风扇电动机试验特点·····	451
二、改极时要考虑的问题·····	393	八、洗衣机电动机试验特点·····	452
三、简易计算·····	393	九、串励电动机试验特点·····	453
第五节 应用类比法进行重绕		第三节 直流电动机检查试验·····	456
计算·····	399	一、绝缘电阻的测试·····	456
第十一章 电动机检查试验 ·····	429	二、直流电阻的测试·····	456
第一节 三相异步电动机检查		三、定子磁极绕组极性的	
试验·····	429	检查·····	457
一、绝缘电阻的测量·····	429	四、直流电动机中性线的	
二、直流电阻的测量·····	429	测定·····	458
三、转子绕组开路电压比的		五、直流电动机工频耐压	
测定·····	432	试验·····	458
四、集电环检查试验·····	433	六、直流电动机空转检查及	
五、电动机空载试验·····	433	空载试验·····	461
六、电动机堵转试验·····	435	七、直流电动机电枢绕组匝间冲击	
七、电动机振动的检查·····	439	耐电压试验·····	464
八、电动机噪声的检查·····	441	八、直流电动机磁极线圈及磁场绕组	
		的匝间冲击耐电压试验·····	465

第一章 电动机修理工必备的基础知识

第一节 磁电基本规律

一、电压、电流、电阻

现在有两个水杯 A 和 B，是连通的，中间阀门 C 可以调节水流大小，如图 1-1 所示。

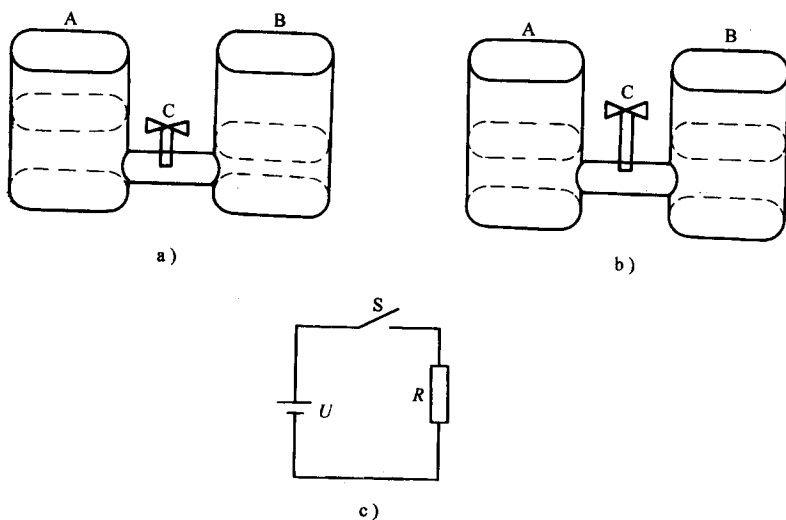


图 1-1 用水路比喻电路

首先把阀门 C 关闭，使 A 杯水位高于 B 杯形成水位差，或叫水压，如图 1-1a 所示。当打开阀门 C 时，A 杯中水在水压力的作用下，从 A 杯流向 B 杯，一直到两杯的水水平面一致为止，这时水位差为零，水流也就停止了（图 1-1b）。

在电路中，可以把电压 U 想像为水位差，或水压，电流视为水流，阀门开启大小视为电阻，则电路中有电流流通的条件是要有电位差或电压。当电压为零时，电流也为零。

水流大小除压力差大小作用外，还与阀门 C 开启大小有关，当阀门关闭时，虽然有水压但无水流，开启小时水流少，开启大时水流大，所以阀门起到水阻的作用。

2 图解电动机修理操作技能

在电路中,类似小阀门的是电阻,电阻大电流小;反之,电流大。当开关断开时,相当于水阀门关闭,这时虽然有电压但无电流流通,可见有电压不一定有电流。

当 A、B 水杯中水平面一致时,要想让水流再形成,那只有加水泵了,见图 1-2a。因为水泵是产生和形成水位差或水压的源泉,在电路中要使电流持续不断地沿电路流动,必需有电位差或电压,而电源(如发电机、干电池)就是产生电位差的源泉,叫电动势,用字母 E 表示,单位是伏(V),在如图 1-2b 所示的电路图中,串入电流表可测出电流大小,并联电压表可测出电动势即电压 U 是多少。

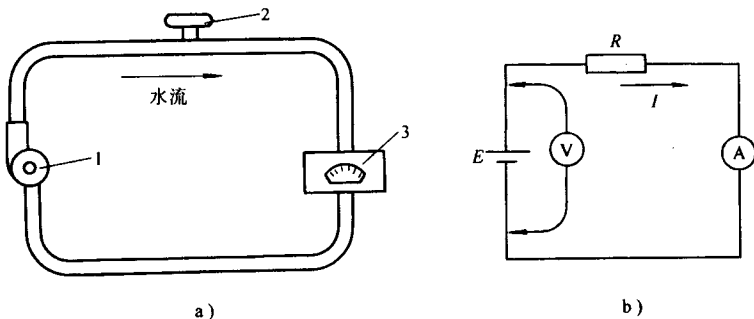


图 1-2 水泵相当于电路的电动势

1—水泵 2—阀门 3—流量计

电压的单位是:

$$1\text{V} = 1000\text{mV}$$

$$1\text{kV} = 1000\text{V}$$

$$1\text{mV} = 1000\mu\text{V}$$

电流的单位是:

$$1\text{A} = 1000\text{mA}$$

$$1\text{kA} = 1000\text{A}$$

$$1\text{mA} = 1000\mu\text{A}$$

电阻的单位是:

$$1\Omega = 1000\text{m}\Omega$$

$$1\text{k}\Omega = 1000\Omega$$

$$1\text{M}\Omega = 1000\text{k}\Omega$$

二、欧姆定律

德国 G, S 欧姆于 1826 年经实验研究出以下结论:

(1) 电流与电压成正比。

(2) 电流与电阻成反比。

电流、电压、电阻这种关系称为欧姆定律，即

$$I = U/R$$

此公式可按图 1-3 进行计算，圆圈中横线代表除号，垂直线代表乘号，如图 1-3a 所示。

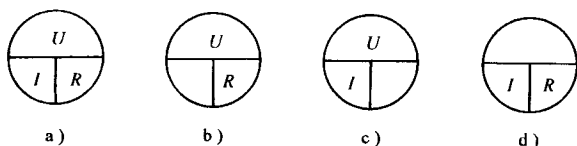


图 1-3 欧姆定律公式记忆法

当求电流 I 时，把 I 挡住，剩下是 U/R ，即 $I = U/I$ ，见图 1-3b。同理，图 1-3c 是求电阻 $R = U/I$ ，图 1-3d 是求电压 $U = IR$ 。

U ——电压符号 (V)；

I ——电流符号 (A)；

R ——电阻符号 (Ω)。

三、电阻的性质及其连接

当水在水管中流通时，粗管子比细管子水流出量大，长管子比短管子水流出量小，在电路中，如采用大截面积的导线比小截面积导线电流大，这是因为大截面积导线的电阻较小的原因，长导线比短导线电流小，这是因为相同截面积的导线，长导线比短导线的电阻大，如图 1-4 所示。

如果导线长短和截面积均相同，但采用不同材料做导线时，其电阻也不同。为了区别不同材料的电阻，常用电阻率 ρ 来表示，所谓电阻率是指各种不同材料的截面积均为 1 平方毫米 (mm^2)，长为 1 米 (1m) 的导线所具有的电阻数值，常用材料的电阻率 ρ 见表 1-1。

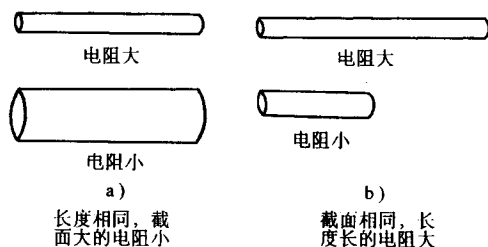


图 1-4 电阻的性质

表 1-1 常用材料的电阻率 ρ (20°C 时)

(单位: $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

材料名称	ρ
银	0.0165
铜	0.0175
铝	0.0283
钨	0.0548
铁	0.0978
铅	0.222

4 图解电动机修理操作技能

可见电阻率是表征材料的电流通过的容易程度。容易导通电流的材料叫导体，几乎不导通电流的材料叫绝缘体，介于导体和绝缘体之间的材料叫半导体，它们的划分界限如图 1-5 所示。

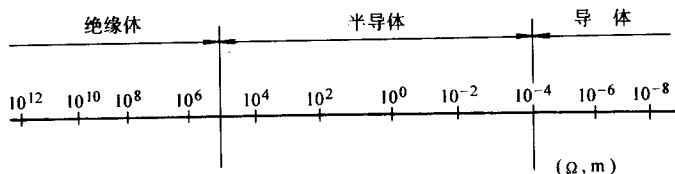


图 1-5 导体、半导体、绝缘体分界限

用 l 代表导线的长度 (m)， A 代表导线的截面积 (mm^2)， ρ 代表导线的电阻率，则导线电阻 $R(\Omega)$ 可用下式求出，即

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \text{或} \quad R = \frac{l}{\sigma A}$$

ρ 的倒数用 σ 表示， σ 叫电导率，它表示电流流动的难易程度。为了便于记忆公式，可按图 1-6 求解。

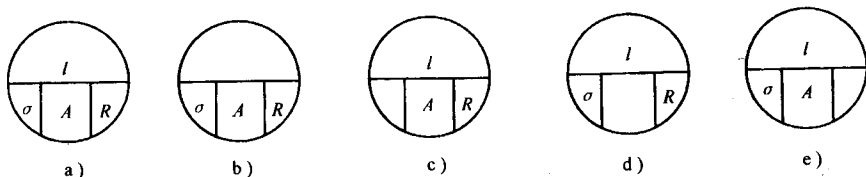


图 1-6 记忆 R 、 σ 、 A 、 l 关系

按图 1-6 可写出以下计算公式：

$$l = \sigma AR \quad (\text{图 1-6b})$$

$$\sigma = l/RA \quad (\text{图 1-6c})$$

$$A = l/\sigma R \quad (\text{图 1-6d})$$

$$R = l/\sigma A \quad (\text{图 1-6e})$$

如果用电阻率 ρ 表示时，用 $\rho = \frac{1}{\sigma}$ 代入可得

$$l = \frac{1}{\rho} AR = \frac{AR}{\rho} \quad (\text{图 1-6b})$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{l}{RA}, \quad \text{即} \quad \rho = \frac{RA}{l} \quad (\text{图 1-6c})$$

$$A = l/\frac{1}{\rho} R = \rho \frac{l}{R} \quad (\text{图 1-6d})$$

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (\text{图 1-6e})$$

电阻除与材料长度、截面积、物质的种类有关之外，还与温度有关。

金属的电阻随温度上升而增加，包在金属导线外面的绝缘材料，其电阻随温度上升而下降。

把相对于1°C温度变化的电阻值的变化称为电阻的温度系数 α_1 。设某金属导体在 t_1 °C时的电阻为 R_1 ，求温度为 t_2 °C时的电阻 R_2 是多少、 R_2 值可按下面公式求出，即

$$R_2 = R_1 \{1 + \alpha_1(t_2 - t_1)\}$$

同样是电阻，金属电阻与绝缘电阻的性质却不同，有以下区别：

(1) 长度 导体电阻与长度成正比、而绝缘电阻与长度成反比，因为绝缘材料越长，泄漏电流越大。

(2) 温度 导体电阻随温度上升而增大，而绝缘电阻随温度上升而减小。

(3) 电压 电压升高时，绝缘电阻减少。

(4) 湿度 金属导体电阻与湿度关系不大，而绝缘电阻随湿度增加而下降。

常见的电阻器有以下几种，见图1-7。

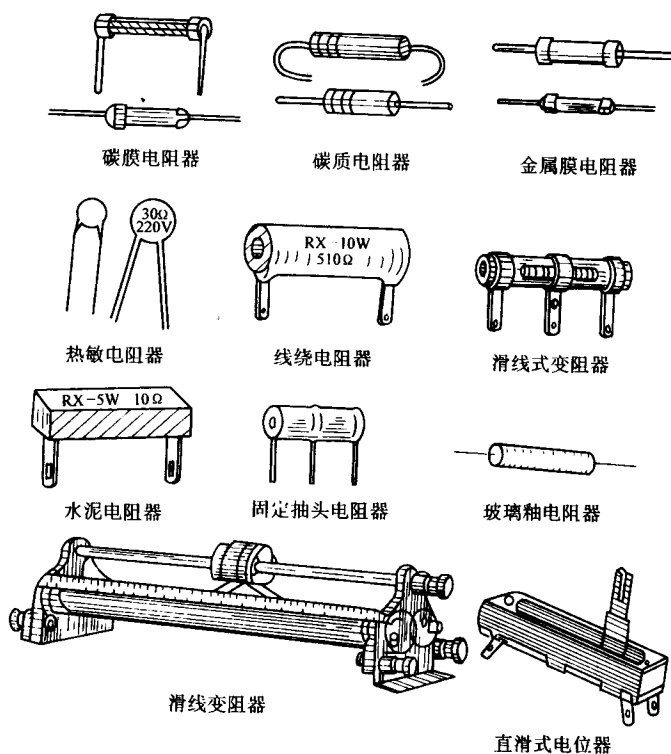


图 1-7 电阻器种类

电阻的连接:

电阻的串联 将若干个电阻一个接一个的成串地连接起来叫电阻的串联, 见图 1-8a, 串联的特点是:

(1) 各电阻流过相同的电流。

(2) 几个电阻串联时, 总电阻等于各电阻之和, 即 $R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$ 。

(3) 两个串联电路, 各电阻上的压降为 $U_1 = IR_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$; $U_2 = IR_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$ 。

(4) 串联电路的总电压等于各段电阻电压之和, 即 $U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$ 。

电阻并联 把若干电阻并排连接, 或各电阻的两端的头和头、尾和尾各自连在一起, 接在同一电源上, 叫电阻并联 (图 1-8b)。

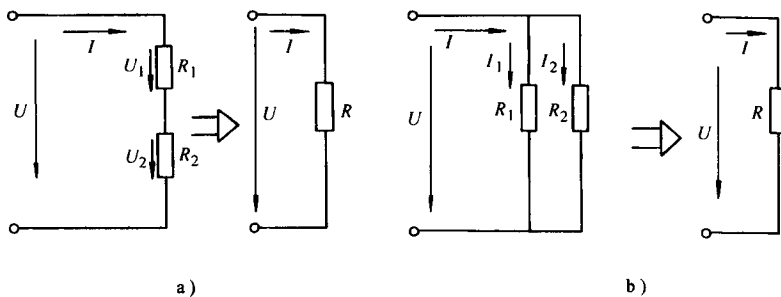


图 1-8 电阻串、并联接

并联电阻的特点:

(1) 每个电阻的两端电压相等, 均等于电源电压。

(2) 总电流等于各电阻支路电流之和, 即 $I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$ 。

(3) 几个电阻并联后的总电阻倒数等于各电阻倒数之和, 即 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$ 或 $R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}}$

当有两个电阻并联时则有

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

电阻混联 在电路中, 既有电阻串联又有并联的连接叫电阻混联, 如图 1-9 所示。

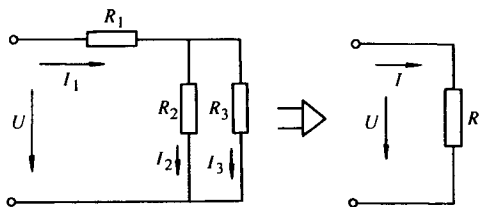


图 1-9 电阻混联

计算方法, 先把并联电阻 R_2 和 R_3 的总电阻 $R_{2,3}$ 求出, 然后, 再将 $R_{2,3}$ 与串联电阻 R_1 求出等效总电阻, 即

$$R_{2,3} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}, \quad R = R_{2,3} + R_1$$

四、焦耳定律

电流通过导体要发热, 单位时间内产生的热量大小与导体电阻一次方成正比, 与电流平方成正比, 这个关系叫焦耳定律, 即产生热量的电功率为 $P = I^2 R$ 。

又知电功率 $P = U^2/R$, 所以记忆计算公式时, 可按图 1-10 所示的公式计算。左上角为计算功率的三个公式, 右上角为计算电流的公式, 余类推。

电功率是指单位时间内电流所做的功, 而电能是指一段时间内电流所做的功, 即

$$\text{电功率(W)} \quad P = UI$$

$$\text{电功(W} \cdot \text{s)} \quad W = Pt = UIt$$

有时用千瓦·小时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 表示电功单位, $\text{kW} \cdot \text{h}$ 也就是平时所说的 1 度电, 电功率计算公式也像计算欧姆定律那样用圆图表示 (图 1-11), 以便于记忆。

如果求 P , 则 $P = UI$ (图 1-11b)

如果求 U , 则 $U = P/I$ (图 1-11c)

如果求 I , 则 $I = P/U$ (图 1-11d)

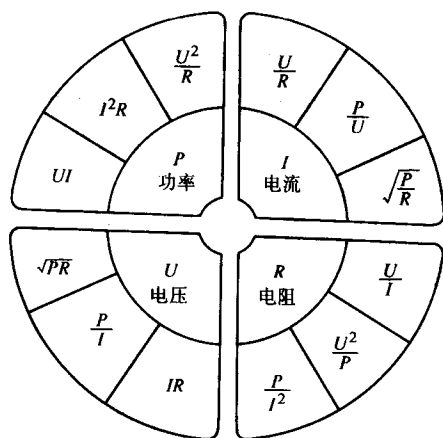


图 1-10 电功率与电压、电流、电阻关系

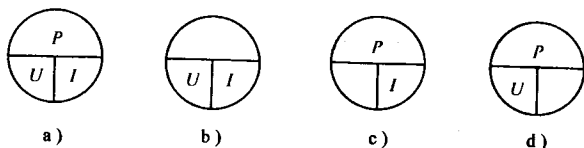


图 1-11 功率、电压、电流关系记忆法

五、磁场

把一块条形磁铁水平地悬吊空中, 它会自由转动, 最后它的一端指向地球南端, 叫南极, 用 S 表示, 它的另一端指向地球的北端, 叫北极, 用 N 表示 (因地球本身就是有南北极性的大磁铁)。如果把这块条形磁铁放在纸板下, 在纸板上撒上薄薄一层细铁粉, 轻轻敲动纸板, 则细铁粉自动形成如图 1-12 所示的形状。