图解
电动机修理操作技能

赵家礼　等编著

机 械 工 业 出 版 社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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（[illegible]）数据

图解电动机修理操作技能 [illegible]赵家礼等编著 [illegible]—北京：机械工业出版社，[illegible]

[illegible]

Ⅰ [illegible]图… Ⅱ [illegible]赵… Ⅲ [illegible]电动机 [illegible]维修 [illegible]图解
Ⅳ [illegible]

中国版本图书馆 [illegible]数据核字（[illegible]）第 [illegible]号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 [illegible]号 邮政编码 [illegible]）
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
北京京丰印刷厂印刷
[illegible]年 [illegible]月第 [illegible]版 · 第 [illegible]次印刷
[illegible]印张 · [illegible]千字
[illegible]
定价：[illegible]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（[illegible]）[illegible]
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 …… 员

第一节　磁电基本规律…… 员

一、电压、电流、电阻…… 员

二、欧姆定律…… 圆

三、电阻的性质及其连接…… 猿

四、焦耳定律…… 苑

五、磁场…… 苑

六、电生磁的规律…… 怨

七、磁生电的规律…… 怨

八、通电导体在磁场中受到力的作用 …… 员园

九、楞次定律 …… 员员

十、电容器及其连接 …… 员圆

十一、单相正弦交流电 …… 员源

十二、三相正弦交流电的产生 …… 员远

十三、三相绕组的连接 …… 员远

第二节　安全知识及触电急救 …… 员苑

一、安全基本知识 …… 员苑

二、触电急救 …… 猿源

第二章　常见电动机结构、铭牌数据及工作原理 …… 源园

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 …… 源园

一、结构特点 …… 源园

二、电动机工作制及其不同工作制的代用 …… 源猿

三、三相异步电动机分类 …… 源远

四、铭牌数据的意义 …… 源远

五、电动机的出线端标志 …… 缘圆

六、工作原理 …… 缘猿

第二节　单相异步电动机结构、铭牌数据、分类及工作原理 …… 缘缘

一、结构特点 …… 缘缘

二、单相异步电动机的分类、特性和应用 …… 缘远

三、单相电动机铭牌数据意义 …… 缘苑

四、单相异步电动机工作原理 …… 远园

第三节　直流电动机结构、铭牌数据、分类及工作原理 …… 远猿

一、结构特点 …… 远猿

二、绕组结构形式 …… 远猿

三、铭牌数据意义 …… 远远

四、直流电动机用途与分类和结构上的主要差别 …… 远源

五、工作原理 …… 远怨

第三章　电动机修理常用的工具、设备、仪表基本操作技能 …… 苑园

第一节　常用量具基本操作技能 …… 苑园

一、钢直尺 …… 苑园

二、游标卡尺 …… 苑员

三、外径千分尺 …… 苑圆

四、百分表 …… 苑猿

五、塞尺 …… 苑猿

六、外、内卡钳 …… 9
七、水平仪 …… 9
第二节　电钳工基本操作
技能 …… 10
一、活扳手操作技能 …… 10
二、手锯操作技能 …… 10
三、锉刀操作技能 …… 11
四、錾削操作技能 …… 11
五、攻螺纹和套螺纹操作
技能 …… 12
六、其他工具操作技能 …… 13
第三节　常用仪表基本操作
技能 …… 13
一、检电笔 …… 13
二、绝缘电阻表 …… 13
三、钳形电流表（卡表） …… 15
四、万用电表 …… 16
五、转速表 …… 21
六、电流表 …… 21
七、交、直流电压表 …… 21
八、功率表 …… 22
九、直流电阻电桥 …… 23
十、短路侦察器（开口
变压器） …… 24
第四节　常用设备基本操作
技能 …… 24
一、砂轮机 …… 24
二、钻床 …… 25
三、绕线机 …… 26
四、台虎钳 …… 26
五、旋具（又称改锥、螺丝刀、
起子等） …… 26
六、钢丝钳 …… 26
七、管子钳（又称管钳子） …… 26
八、手电钻 …… 26
九、千斤顶 …… 27
十、拆轴承和联轴器自制
工具 …… 27
十一、缠形吊装工具 …… 28
十二、简易压力机 …… 28

第四章　电动机绕组及接线
规律 …… 28
第一节　绕组基本知识和类别 …… 28
一、绕组的基本概念 …… 28
二、绕组类别 …… 29
三、识图方法 …… 30
四、单层、双层绕组的特点 …… 30
第二节　三相绕组的连接规律 …… 30
一、线圈组的连接方法 …… 30
二、绕组接线图绘制法 …… 31
三、三相绕组展开图画法 …… 32
四、三相绕组构成规律 …… 33
第三节　单相绕组的连接规律 …… 34
一、单相绕组的绕组形式 …… 34
二、单相绕组展开图画法 …… 36
三、正弦绕组节距和线圈匝数
的确定 …… 37
第四节　直流电机电枢绕组连接
规律 …… 38
一、绕组分类 …… 38
二、电枢绕组节距 …… 38
三、均压线 …… 41

第五章　电动机常见故障及
检修 …… 41
第一节　三相异步电动机常见故障
及检修 …… 41
一、运行检查及处理 …… 41
二、电动机例行维护检查 …… 43
三、异步电动机常见故障及
处理方法 …… 43
四、绕组断路故障及检修 …… 45
五、绕组短路故障及检修 …… 46
六、绕组接地故障及检修 …… 47
七、绕组接错线的故障 …… 48

需要全本请访问 www.ertongbook.com

八、电动机单相烧毁故障 …… 第五节 电刷装置常见故障及修理 ……
第二节 单相异步电动机绕组故障及检修 …… 一、电刷装置结构及分类 ……
一、绕组断路故障及检修 …… 二、电刷装置常见故障及修理 ……
二、绕组短路故障及检修 …… 三、电刷装置检修的质量要求 ……
三、绕组接地故障及检修 …… 四、电刷引线松脱故障的修复 ……
四、绕组接错线的故障 ……
五、起动元件的故障及检修 …… 第六章 电动机拆装操作技能 ……
六、电容器故障及检修 …… 第一节 三相异步电动机的拆卸 ……
第三节 直流电动机常见故障及检修 …… 一、电动机拆卸前的准备工作 ……
一、运行中刷火的观察 …… 二、电动机主要部件的组成 ……
二、换向器表面状态的观察 …… 三、解体电动机主要工具的使用方法 ……
三、电刷工作的检查 …… 四、三相异步电动机解体步骤 ……
四、通风冷却系统的检查 …… 五、带轮或联轴器的拆卸 ……
五、润滑系统的检查 …… 六、拆卸轴承盖和端盖 ……
六、电动机振动的检查 …… 七、拆卸风扇罩和外风扇 ……
七、刷火的等级标准 …… 八、转子的拆除（抽转子） ……
八、绝缘电阻低故障 …… 九、滚动轴承的拆卸 ……
九、换向器表面常见故障的修理 …… 第二节 三相异步电动机的安装 ……
十、直流电动机常见故障及其修理措施 …… 一、吹风清扫定、转子 ……
十一、换向器故障原因及其修理方法 …… 二、装入内轴承盖和轴承安装 ……
十二、换向器片间短路故障的修理 …… 三、安装端盖 ……
十三、换向器云母板下刻的工艺要求 …… 四、转子穿入定子膛孔 ……
十四、换向器松动、变形故障的修理 …… 五、穿心后的端盖安装 ……
第四节 直流电动机绕组故障及修理 …… 六、安装外风扇和风扇罩 ……
一、励磁绕组常见故障及修理 …… 七、联轴器或带轮的安装 ……
二、换向极绕组故障及修理 …… 八、接好电源引线、接地线及地脚螺栓 ……
三、补偿绕组故障及修理 …… 第三节 单相电动机的拆装
四、电枢绕组故障及修理 ……

要点…… 1
一、单相电动机拆卸工序
要点…… 1
二、单相电动机装配工序
要点…… 1
第四节　直流电动机拆装方法…… 1
一、小型直流电动机拆卸方法…… 1
二、小型直流电动机装配方法…… 1
三、电动机装配质量要求…… 1

第七章　机械零部件的修理技能…… 1
第一节　滚动轴承故障及检修…… 1
一、滚动轴承的常见故障…… 1
二、滚动轴承的检修…… 1
三、滚动轴承的检查…… 1
四、滚动轴承的装配…… 1
五、滚动轴承选用润滑脂(油)…… 1
第二节　单相电动机轴承的拆装和检修…… 1
一、轴承损坏的检查方法…… 1
二、拆除旧轴承的方法…… 1
三、滚动轴承的清洗和检查…… 1
四、滚动轴承的润滑和安装…… 1
五、修理质量要求…… 1
第三节　铁心故障及修理…… 1
一、铁心松动故障及修理…… 1
二、铁心齿部弹开（扇张现象）的故障及修理…… 1
三、铁心表面擦伤及修理…… 1
四、电动机铁心局部烧熔的修理…… 1
五、单相电动机常见铁心故障的检修…… 1
第四节　转轴故障及修理…… 1
一、转轴弯曲故障及修理…… 1
二、检修方法…… 1
三、单相电动机转轴修理的特点…… 1
第五节　集电环故障及修理…… 1
一、集电环结构及常用电刷技术特性…… 1
二、集电环常见故障…… 1
三、集电环工作表面常见故障及修理…… 1
四、集电环短路故障的修理…… 1
五、紧固式集电环短路故障的修理…… 1
六、电刷装置的故障及修理…… 1
七、集电环松动的故障及检修…… 1
八、集电环温度过高的检修…… 1
九、集电环短路装置的故障及检修…… 1
十、集电环检修后的质量要求…… 1
第六节　笼型转子的故障及修理…… 1
一、笼型转子断笼故障及修理…… 1
二、常用的检查方法…… 1
三、铸铝转子的修理…… 1
四、铸铝笼改铜笼的修复法…… 1
五、铜笼转子修理…… 1
第七节　其他机械零部件修理…… 1
一、端盖故障修理…… 1
二、机座底脚断裂的修理…… 1

第八章　绕组重绕修理技能…… 1
第一节　三相异步电动机定子绕组重绕…… 1
一、了解电动机的使用和故障情况…… 1
二、测量记录原始数据…… 1
三、绕组极数和绕组形式的判别…… 1

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

二、改变绕组接线方式 …… 猿源
第二节　改变电压的计算 …… 猿远
一、改变接线方式改变电压 …… 猿远
二、重绕绕组改变电压 …… 猿苑
第三节　直流电动机改电压
计算 …… 猿园
一、直流电动机励磁绕组改
电压计算 …… 猿园
二、直流电动机换向极绕组
改电压计算 …… 猿员
三、电枢绕组改电压的重绕
计算 …… 猿圆
第四节　改变电动机极数的
计算 …… 猿圆
一、改极原理 …… 猿圆
二、改极时要考虑的问题 …… 猿猿
三、简易计算 …… 猿猿
第五节　应用类比法进行重绕
计算 …… 猿怨

第十一章　电动机检查试验 …… 源源怨
第一节　三相异步电动机检查
试验 …… 源源怨
一、绝缘电阻的测量 …… 源源怨
二、直流电阻的测量 …… 源源怨
三、转子绕组开路电压比的
测定 …… 源园
四、集电环检查试验 …… 源源猿
五、电动机空载试验 …… 源源猿
六、电动机堵转试验 …… 源源缘
七、电动机振动的检查 …… 源源怨
八、电动机噪声的检查 …… 源员
九、绕组匝间耐冲击电压
试验 …… 源园
十、三相交流电动机工频
耐压试验 …… 源源苑
第二节　单相异步电动机检查试验
的特点 …… 源源怨
一、输入功率测定 …… 源源怨
二、主、辅绕组匝数比 …… 源源怨
三、空载检查试验 …… 源源怨
四、堵转检查试验 …… 源源园
五、测定起动元件在断开时的
转矩和转速 …… 源源园
六、单相电动机用摩擦轮法测试
转矩 …… 源源园
七、电风扇电动机试验特点 …… 源源员
八、洗衣机电动机试验特点 …… 源源园
九、串励电动机试验特点 …… 源源猿
第三节　直流电动机检查试验 …… 源源远
一、绝缘电阻的测试 …… 源源远
二、直流电阻的测试 …… 源源远
三、定子磁极绕组极性的
检查 …… 源源苑
四、直流电动机中性线的
测定 …… 源源愿
五、直流电动机工频耐压
试验 …… 源源愿
六、直流电动机空转检查及
空载试验 …… 源源员
七、直流电动机电枢绕组匝间冲击
耐电压试验 …… 源源源
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 …… 源源缘

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 粤和 月，是连通的，中间阀门 悦可以调节水流大小，如图 员-员所示。

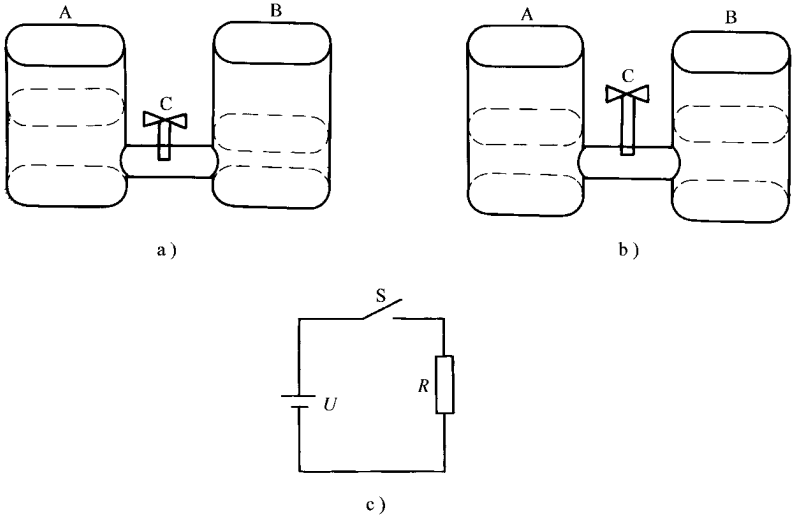


图 员-员　用水路比喻电路

首先把阀门 悦关闭，使 粤杯水位高于 月杯形成水位差，或叫水压，如图 员-员所示。当打开阀门 悦时，粤杯中水在水压力的作用下，从 粤杯流向 月杯，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 员-员)。

在电路中，可以把电压 哉想像为水位差，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 悦开启大小有关，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。

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 粤 月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 员圆猿园 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 耘表示，单位是伏 （灾），在如图 员圆猿园所示的电路图中，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 哉是多少。

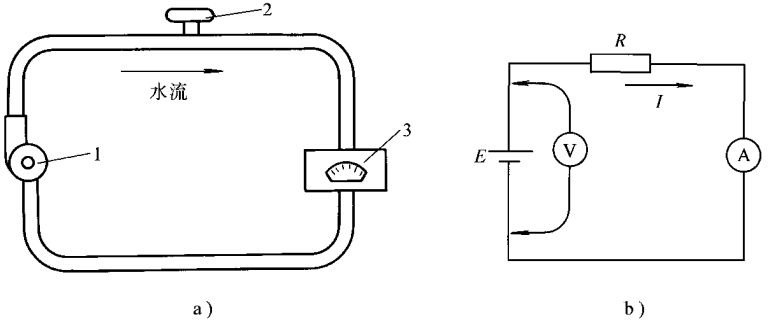


图 员圆猿园 水泵相当于电路的电动势

员-水泵 圆-阀门 猿-流量计

电压的单位是：

员灾越无甜毒灾

员簿灾越无甜毒灾

员毒灾越无甜毒灾

电流的单位是：

员粤越无甜毒粤

员鄢越无甜毒粤

员毒粤越无甜毒粤

电阻的单位是：

员Ω越无甜毒Ω

员噪Ω越无甜毒Ω

员灾Ω越无甜毒噪Ω

二、欧姆定律

德国 鄂 杂欧姆于 员愿圆远年经实验研究出以下结论：

需要全本请访问 www.ertongbook.com

(员) 电流与电压成正比。

(圆) 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

$$I=\frac{U}{R}$$

此公式可按图 员猿原进行计算，圆圈中横线代表除号，垂直线代表乘号，如图 员猿原(a)所示。

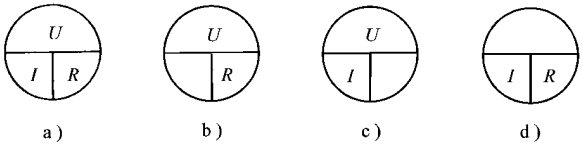


图 员猿原　欧姆定律公式记忆法

当求电流 隕时，把 隕当住，剩下是 哉在砸，即 $I=\frac{U}{R}$，见图 员猿原(b)；同理，图 员猿原(c)是求电阻 砸，$R=\frac{U}{I}$；图 员猿原(d)是求电压 哉，$U=IR$。

哉——电压符号 (伏)；

隕——电流符号 (安)；

砸——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 员猿圆所示。

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 员平方毫米 (毫米圆)，长为 员米 (米) 的导线所具有的电阻数值，常用材料的电阻率 ρ 见表 员猿员。

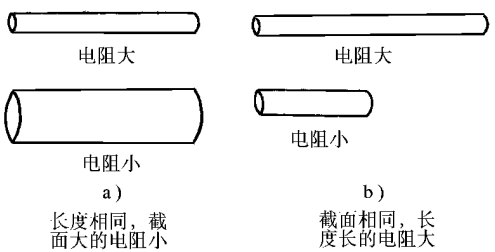


图 员猿圆　电阻的性质

表 员猿员　常用材料的电阻率 ρ (圆园℃时)

(单位：Ω·毫米圆/米)

材料名称	ρ
银	员.远猿×员园⁻²
铜	员.苑园×员园⁻²
铝	圆.缘园×员园⁻²
钨	缘.缘园×员园⁻²
铁	怨.苑园×员园⁻²
铅	圆圆.园园×员园⁻²

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 员猿-员所示。

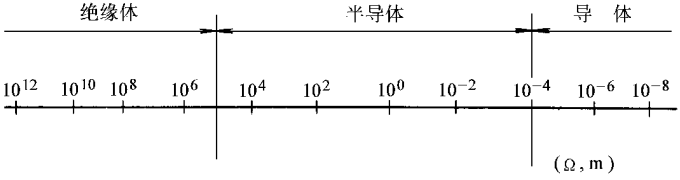


图 员猿-员　导体、半导体、绝缘体分界限

用 造代表导线的长度（单位 米），粤代表导线的截面积（单位 平方毫米），ρ 代表导线的电阻率，则导线电阻 砸(Ω) 可用下式求出，即

$$\text{砸越}\rho\frac{\text{造}}{\text{粤}}\quad\text{或}\quad\text{砸越}\frac{\text{造}}{\sigma\text{粤}}$$

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 员猿-圆求解。

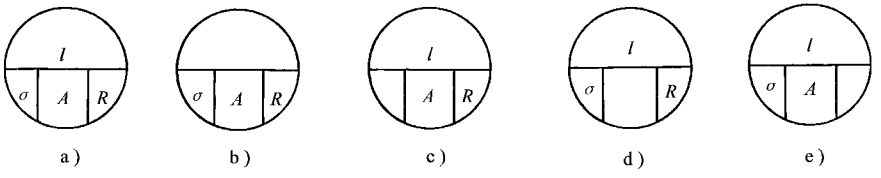


图 员猿-圆　记忆 砸、σ、粤、造关系

按图 员猿-圆可写出以下计算公式：

造越σ粤砸　(图 员猿-猿)

σ 越造员砸粤　(图 员猿-源)

粤越造员砸σ　(图 员猿-缘)

砸越造员σ粤　(图 员猿-远)

如果用电阻率 ρ 表示时，用 ρ 越$\frac{\text{员}}{\sigma}$代入可得

$$\text{造越}\frac{\text{员}}{\rho}\text{粤砸越}\frac{\text{粤}}{\rho}\text{砸}\quad(\text{图 员猿-}愿)$$

$$\frac{\text{员}}{\rho}\text{越}\frac{\text{造}}{\text{砸粤}}\text{，即 }\rho\text{越}\frac{\text{砸粤}}{\text{造}}\quad(\text{图 员猿-}怨)$$

$$\text{粤越造员}\frac{\text{员}}{\rho}\text{砸越}\rho\frac{\text{造}}{\text{砸}}\quad(\text{图 员猿-员园})$$

$$\text{砸越}\rho\frac{\text{造}}{\text{粤}}\quad(\text{图 员猿-员员})$$

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 员摄氏温度变化的电阻值的变化称为电阻的温度系数 $\alpha_{员}$。设某金属导体在 贼员摄氏时的电阻为 砸员，求温度为 贼圆摄氏时的电阻 砸圆是多少、砸圆值可按下面公式求出，即

$$砸_{圆}越砸_{员}[员垣\alpha_{员}(贼_{圆}原贼_{员})]$$

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：

(员) 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。

(圆) 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。

(猿) 电压　电压升高时，绝缘电阻减少。

(源) 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 员猿-员。

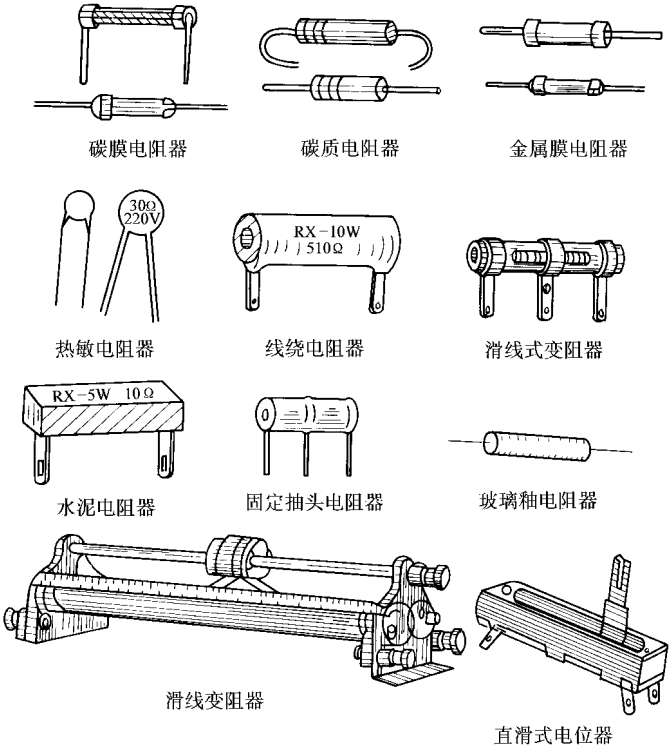


图 员猿-员　电阻器种类

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 员猿源猿。

串联的特点是：

(员) 各电阻流过相同的电流。

(圆) 几个电阻串联时，总电阻等于各电阻之和，即 砸越砸员垣砸圆垣… 垣砸灶。

(猿) 两个串联电路，各电阻上的压降为 哉员越陨砸员越$\frac{砸员}{砸员垣砸圆}$哉；哉圆越陨砸圆越$\frac{砸圆}{砸员垣砸圆}$哉。

(源) 串联电路的总电压等于各段电阻电压之和，即 哉越哉员垣哉圆垣… 垣砸灶。

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 员猿源远)。

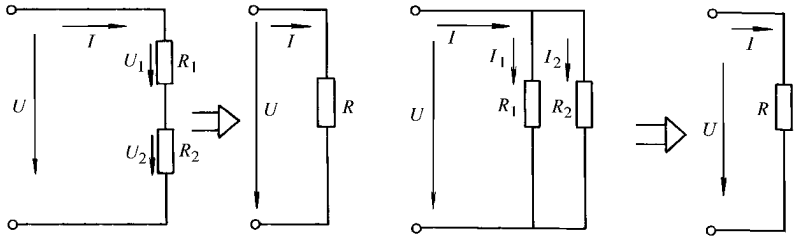


图 员猿源怨　电阻串、并联接

并联电阻的特点是：

(员) 每个电阻的两端电压相等，均等于电源电压。

(圆) 总电流等于各电阻支路电流之和，即 陨越陨员垣陨圆垣… 垣陨灶。

(猿) 几个电阻并联后的总电阻倒数等于各电阻倒数之和，即$\frac{员}{砸}$越$\frac{员}{砸员}$垣$\frac{员}{砸圆}$垣… 垣$\frac{员}{砸灶}$或 砸越$\frac{员}{\frac{员}{砸员}垣\frac{员}{砸圆}垣… 垣\frac{员}{砸灶}}$

当有两个电阻并联时则有

$$砸越\frac{员}{\frac{员}{砸员}垣\frac{员}{砸圆}}越\frac{砸员砸圆}{砸员垣砸圆}$$

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，如图员猿源怨所示。

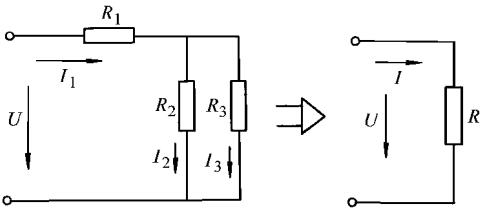


图 员猿源怨　电阻混联

计算方法，先把并联电阻 砸圆和 砸猿的总电阻 砸圆猿求出，然后，再将 砸圆猿与串联电阻 砸员求出等效总电阻，即

$$砸_{圆猿}越\frac{砸_{圆}砸_{猿}}{砸_{圆}垣砸_{猿}}，砸越砸_{圆猿}垣砸_{员}$$

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 孕越陨圆砸

又知电功率 孕越哉酝辕砸，所以记忆计算公式时，可按图 员源援员员所示的公式计算。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

电功率 (宰)　　孕越哉陨

电功 (宰·泽　　宰越孕陨哉

有时用千瓦·小时 (噪宰·澡 表示电功单位，噪宰·澡也就是平时所说的 员度电，电功率计算公式也像计算欧姆定律那样用圆图表示 (图 员源援员员)，以便于记忆。

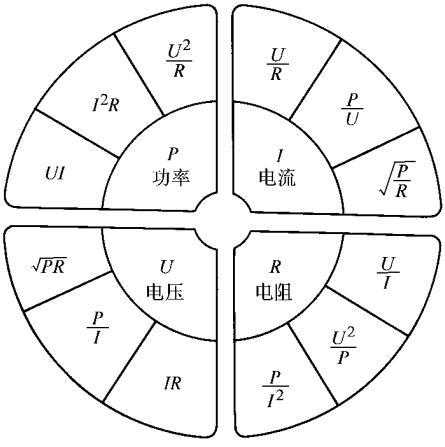


图 员源援员员　电功率与电压、电流、电阻关系

如果求 孕，则 孕越哉陨 (图 员源援员员)

如果求 哉，则 哉越孕辕陨 (图 员源援员员)

如果求 陨，则 陨越孕辕哉 (图 员源援员员)

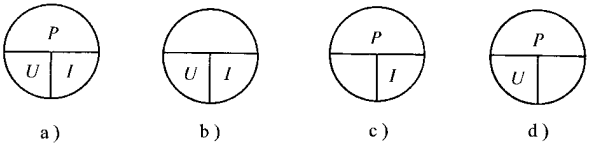


图 员源援员员　功率、电压、电流关系记忆法

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 杂表示，它的另一端指向地球的北端，叫北极，用 晕表示 (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 员源援员圆所示的形状。

把细铁粉形成的线叫磁力线，磁性越强，磁力线越密。凡是对磁力线有影响的范围称为磁场。磁力线是由于小磁针受磁场影响而形成的。

通过许多试验得出磁力线的性质如下：

(员) 在永久磁铁外部，磁力线是从 晕极出发，回到 杂极；而在永久磁铁内部，磁力线是从 杂极进入磁铁到达 晕极，从而构成封闭的环路。

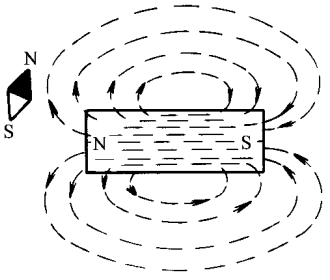


图 员源圆圆 磁铁周围磁力线的闭合路径

(圆) 不管磁力线有多密、多拥挤，它们互不相交，也不断开，无头无尾，总是形成闭合的环路。

(猿) 磁力线像橡胶筋一样总想收缩，缩短自己的长度。

(源) 如果把条形磁铁断开，企图让 晕极和 杂极分开，让磁极单独存在，这是不可能的，它马上会自动形成一对 晕 杂极。所以说磁极总是 晕 杂极成对出现的。

(缘) 磁铁有同性相斥、异性相吸的性质，如图 员源圆缘所示，图 葬表示异性相吸，图 遭表示同性相斥。

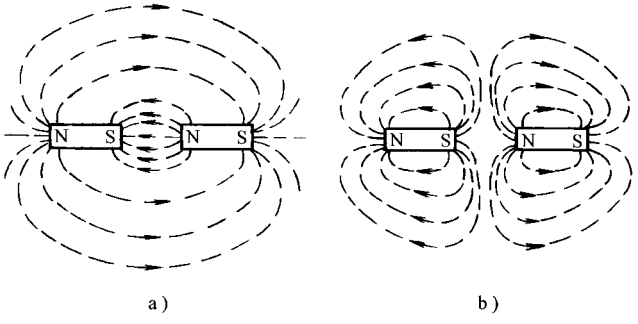


图 员源圆缘 磁铁有异性相吸、同性相斥的性质

磁场的强弱是用磁力线根数多少来表示的，物理量单位是 宰遭(韦伯)，用字母 Φ 表示，叫磁通。

单位面积内的磁通 Φ 叫磁通密度，用字母 月表示，单位是 宰遭每平方米(韦伯 辕米圆)，或用 栽作单位，栽(特斯拉) 简称特。

$$月越\frac{\Phi}{粤}$$

式中 月——磁通密度 (栽)；

Φ——磁通 (宰遭)；

粤——磁通所通过的垂直面积 (米圆)。

需要全本请访问 www.ertongbook.com