

双色

维修电工操作技能 一本通

● 乔长君 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

维修电工操作技能 一本通

● 乔长君 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



维修电工操作技能一本通

内容提要

本书以维修电工常遇到的低压异步电动机修理、低压电器的使用和维修、三相低压电动机控制线路原理与维修、直流电机的检修与控制、室内配线与照明维修知识为主线,并将与之相关的电工学基本知识、常用电工仪表工具、低压电器的选择和安装、电工识图知识、常用电子整流线路、电机基本知识与控制、安装材料、触电救护知识以相关知识的形式安排在每节后面。

本书包含了维修电工的基本知识与操作技能,内容来源于维修实践。全书内容翔实新颖,图文并茂,具有先进性、系统性和较高的实用价值。

本书适合初学电气维修的电工阅读,还可作为职业技术院校相关专业的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工操作技能一本通/乔长君编著. —北京:中国电力出版社, 2012. 4

ISBN 978 - 7 - 5123 - 2964 - 5

I. ①维… II. ①乔… III. ①电工 - 维修 - 基本知识
IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 078422 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 8 月第一版 2012 年 8 月北京第一次印刷

710 毫米 × 980 毫米 16 开本 15.75 印张 280 千字

印数 0001—3000 册 定价 36.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

维修电工作为技术性很强的工种，不仅要求具有很高的动手能力——快速排除故障，还要求具有很强的判断能力——快速确定故障。这就需要他们必须掌握丰富的电子技术知识、电工学知识、电气安装知识、低压电器维修知识。只有沉淀深厚的专业知识、积累丰富的实际工作经验，才能在维修实际中遇事不乱、沉着稳定，关键时刻有所作为。

本书涉及面较广，不求太深，旨在实用。故内容贴近实际，尽量使读者能看得懂、能接受、消化得了，更贴近实际的维修工作。

本书以维修电工常用的低压异步电动机修理、低压电器的使用和维修、三相低压电动机控制线路原理与维修、直流电机的检修与控制、室内配线与照明维修知识为主线，将电工学基本知识、常用电工仪表工具、低压电器的选择和安装、电工识图知识、常用电子整流线路、电机基本知识与控制、安装材料、触电救护知识以相关知识的形式安排在每节后面，以利于拓展读者知识面，达到举一反三的目的。

本书包含了维修电工的基本知识与操作技能，以模块形式编排，剔除了繁琐的推理和修饰性语言，浅显易懂。

参加本书编写的有乔长君、张春斌、董啸、魏昕、刘艺明、寇建国、片照民、申玉有、马军、朱家敏、于蕾、武振忠、杨春林等。全书由张鸿峰审核。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 7 月



目录

前言

第1章 低压异步电动机修理 ----- 1

- 1.1 三相低压电动机绕组故障查找方法 1
 - 1.1.1 三相低压交流电动机接地故障查找方法 1
 - 1.1.2 三相低压交流电动机短路故障查找方法 2
 - 1.1.3 三相低压交流电动机断路故障查找方法 3
 - 1.1.4 三相低压交流电动机接线错误的查找方法 3

相关知识1: 电工学基本知识

相关知识2: 常用电工仪表

- 1.2 低压交流电动机机械修理方法 18
 - 1.2.1 普通低压交流电动机的机械检修 18
 - 1.2.2 特种交流电动机机械检修 20

相关知识: 常用电工工具

第2章 低压电器的使用和维护 ----- 36

- 2.1 控制电器维修 36
 - 2.1.1 刀开关、熔断器组合电器的使用和维护 36
 - 2.1.2 断路器的使用和维护 39
 - 2.1.3 接触器使用和维护 41
 - 2.1.4 主令电器的使用和维护 43

相关知识: 通断电器的选择和安装

- 2.2 保护电器使用和维护 53
 - 2.2.1 熔断器的使用和维护 53

2.2.2 继电器的使用和维修	54
-----------------------	----

相关知识：控制电器的选择和安装

第3章 三相低压电动机控制线路原理与维修 ----- 61

3.1 三相笼型异步电动机控制线路	61
3.1.1 直接起动控制线路	61
3.1.2 运行线路	67
3.1.3 笼型三相异步电动机的制动线路	69

相关知识1：三相异步电动机的控制

相关知识2：电工识图知识

相关知识3：变频器知识（F1500-P系列）

相关知识4：低压控制线路故障判断方法

3.2 绕线式三相异步电动机的控制	103
3.2.1 起动控制线路	103
3.2.2 起重机专用线路	105

相关知识1：互感器常用线路

相关知识2：单相不可控整流线路

3.3 机床线路	118
3.3.1 车床线路	118
3.3.2 钻床线路	121
3.3.3 铣床线路	123
3.3.4 磨床线路	130
3.3.5 镗床线路	133

相关知识1：F1-20P-E编程器的使用

相关知识2：液控系统的基本知识

第4章 直流电机的检修与控制 ----- 144

4.1 直流电机常见故障及判断方法	144
4.1.1 直流电机常见故障及处理	144
4.1.2 直流电机故障查找方法	149
4.1.3 故障修理方法	150

相关知识：直流电机基本知识

4.2 直流电动机的控制	153
4.2.1 起动控制线路	153
4.2.2 调速与制动线路	154

相关知识：直流电动机的控制

第5章 室内配线与照明维修 ----- 157

5.1 配线工程	157
5.1.1 塑料护套线配线	157
5.1.2 钢管明配线	160
5.1.3 导线连接	168

相关知识1：室内配线距离要求

相关知识2：室内配线常用材料

5.2 照明安装	184
5.2.1 器具盒及配电箱的预埋	184
5.2.2 照明装置的安装	188

相关知识1：室内器具位置选择

相关知识2：照明灯具的选择

相关知识3：照明安装常用材料

5.3 照明检修	211
5.3.1 照明线路常见故障及处理	211
5.3.2 照明灯具故障	213

相关知识1：常用照明线路

相关知识2：电气照明线路的故障检查方法

相关知识3：触电救护

附表1 常用电气设备图形符号	229
----------------------	-----

附表2 常用电气设备文字符号	240
----------------------	-----



低压异步电动机修理

1.1 三相低压电动机绕组故障查找方法

1.1.1 三相低压交流电动机接地故障查找方法

1. 低阻接地

(1) 电笔法。

先将电机引出线（支路）打开，分别通入 220V 交流电，用电笔测试电机外壳，氖灯发光的即为接地相；打开极相组连线同样通入 220V 交流电，用电笔测试电机外壳，氖灯发光的即为接地极相组；最后打开组内连线，同样方法确定接地点。

(2) 万用表法。

将万用表选在 $R \times 10k$ 低阻挡，打开电机引出线（支路），用万用表测量绕组与机壳的直流电阻，最小的一相即为接地相（支路）；打开极相组连线，用万用表测量绕组与机壳的直流电阻，最小的一组；即为接地极相组；最后打开组内连线，同样方法确定接地点

2. 纯接地

(1) 绝缘电阻表法。

先将电机引出线（支路）打开，用绝缘电阻表测试绕组与外壳绝缘电阻为零的即为接地相（支路）；打开极相组连线，用绝缘电阻表测试绕组与外壳绝缘电阻为零的即为接地极相组；最后打开组内连线，同样方法确定接地点。

(2) 灯泡法。

将试灯串联在 36V 调压电源上，地线接在电机外壳上，打开电机引出线（支路），用试灯相线分别接触电机引线，试灯发光的即为接地相；打开极相组连线，同样用试灯相线分别接触绕组引线，试灯发光的即为接地极相组；最后打开组内连线，同样方法确定接地点。

(3) 电压法。

打开电机引出线（支路），将 36V 调压电源分别接入引出线与机壳之间，用电压表测量绕组对机壳的电压，电压值最小的即为接地相；然后将电源接入接地相的起末头，准确测量对地电压值，由 $U = U_1 + U_2$ ，可计算得到接地点的准确位置。

（4）电流法。

打开电机引出线（支路），将 36V 调压电源的相线串入电流表，地线接外壳，手持相线分别接触引出线，电流表有读数的一相即为接地相；然后电源相线分别接入接地相的起末头，准确读取此时的电流值，根据比例可计算得到接地点的准确位置。

（5）冒烟法。

先将电机引出线（支路）打开，分别通入 220V 交流电，注意观察电机，有火花产生的部位即为接地点。

1.1.2 三相低压交流电动机短路故障查找方法

（1）首先打开电机引出线，用绝缘电阻表测量相间绝缘电阻，若绝缘电阻为零说明是相间短路，这时用调压器给短路两相间通入低压电流，短时间后用手摸绕组，发热的交叉处即为短路位置。

（2）若相间绝缘电阻不为零，则按以下方法查找。

1) 电流法。

将电机引出线（支路）打开，分别把各相绕组接到低压电源上，测量每相的电流，较大的一相即为短路相；然后将低压电源分别接在短路相各极相组，测量每极相组的电流，较大的一相即为短路极相组；按同样的方法可确定短路线圈的位置。

2) 电阻法。

用双臂电桥分别测量三相绕组的直流电阻，电阻较小的一相即为短路相，然后再分别测量各极相组的直流电阻，电阻较小的一组即为短路极相组；按同样的方法可确定短路线圈的位置。

3) 触摸法。

将电机接在低压电源上，空转 1 ~ 2min，停车后迅速拆开，用手触摸绕组端部，线圈温度较其他线圈高的即为短路线圈。

4) 短路侦察器法。

将短路侦察器的开口铁心边放在被测定子铁心槽口上，通入交流电源，沿每个槽逐槽移动，电流表指示较大的线圈，即为短路线圈。

5) 电压法。

将三相低压电通入三相绕组,测量各极相组的电压,较小的一组即为短路极相组,再将电源通入该极相组,测量每把线圈的电压,较小的一把即为短路线圈。

1.1.3 三相低压交流电动机断路故障查找方法

1. 万用法

将万用表选在 $R \times 10$ 电阻挡,分别测量三相绕组的直流电阻值,较大的一相(支路)绕组,即为断路相;然后再分别测量各极相组的直流电阻,电阻较大的一组即为断路极相组;按同样的方法可确定断路线圈的位置。

2. 绝缘电阻表法

将电机引出线(支路)打开,用绝缘电阻表测量绕组的通断,可得断路相,然后再分别测量每极相组的通断;按同样的方法可确定断路线圈的位置。

3. 电阻法

将电机引出线(支路)打开,用双臂电桥测量绕组的直流电阻,阻值较大的即为断路相,然后再分别测量各极相组的直流电阻,阻值较大的即为断路相;按同样的方法可确定断路线圈的位置。

4. 试灯法

将试灯串联在 36V 调压电源上,打开电机引出线(支路),用试灯相线分别接触电机引出线,试灯不发光的即为断路相;打开极相组连线,同样用试灯相线分别接触绕组引线,试灯不发光的电机引出线(支路)打开,;最后打开组内连线,同样方法确定断路点。

5. 电流平衡法

将三相电源通入三相绕组,电流较小的一相即为断路相;将电机引出线(支路)打开,将单相电源的地线接在断路相的一端,手持相线自一侧顺次接触各极相组,当有电流通过时,前一极相组即为断路极相组;按同样的方法可确定断路线圈的位置。

1.1.4 三相低压交流电动机接线错误的查找方法

1. 万用法

将电机三相绕组接成 Y 形,把其中的任一相接到 36V 电源上,其他两相按图 1-1 (a) 接在万用表上,观察有无读数;再换一相接到 36V 电源上,如图 1-1 (b) 所示,观察万用表读数;如两次均无读数,说明接线正确;如两次均有读数,说明两次均未接电源的那相头尾接反,如两次有一次有读数,说明无读数的那一次接电源的一相接反。

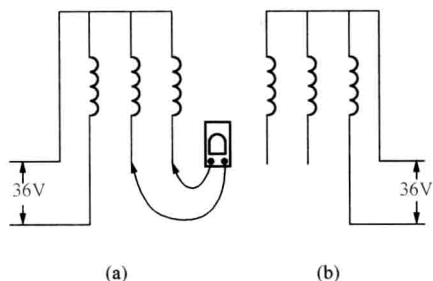


图 1-1 万用法查找接线错误

2. 毫安表法

将三相并在一起，接入毫安表，如图 1-2 所示。用手缓慢转动转子，如表针不动或微动，说明三相接线是正确的，如表针摆动很大，说明接线有错，可任意调换一相绕组接线再试。

3. 直流电极性法

将一相绕组两端接在毫安表上，另一相绕组经开关接干电池的两端，如图 1-3 所示。合上开关的瞬间观察毫安表的指针，正偏说明电池正极所接线头与毫安表正接线柱所接线头同极性，反偏则反极性。

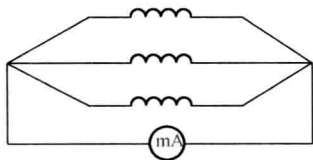


图 1-2 毫安表法查找接线错误

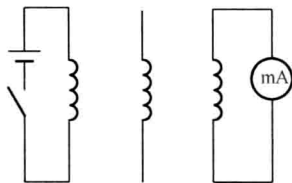


图 1-3 直流电极性法查找接线错误

4. 电压表法

将任意两相绕组按假定头尾串联后接在电压表上，另一端接 36V 电源，如图 1-4 (a) 所示，如电压表有指示，说明串联的两相首尾是正确的，如无指示说明串联的两相头尾接反，调换一相接头重试，如图 1-4 (b) 所示。

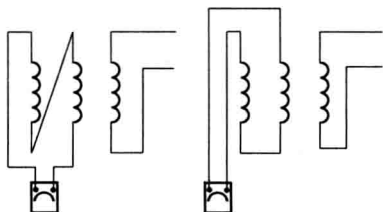


图 1-4 电压表法查找接线错误



相关知识1: 电工学基本知识

1. 电的概念

(1) 电子与电荷。

电荷是物质固有的一种特性。它既不能创生,也不能消灭,只能被转移,自然界不存在脱离物质而单独存在的电荷。目前发现自然界中只有两种电荷:正电荷与负电荷。正常情况下物体所带正电荷和负电荷的数量是相等的,对外界表现为不带电。只有由于某种原因,使得负电荷多于(或少于)正电荷时,这个物体才表现为带电。

两个带电荷的物体之间总存在相互的作用力,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。用电量来衡量物体携带电荷的数量,用字母 Q 表示,单位可以用电子数目来表示,但实际使用时这个单位太小,我们采用库仑(C)作为电量的单位。1库仑等于 6.24×10^{18} 个电子电荷。

(2) 电流。

导体内的自由电子或离子在电场力的作用下,有规律的流动叫做电流。人们规定正电荷移动的方向为电流的正方向。

单位时间内通过导体截面积的电量即为电流强度,习惯上简称为电流。用字母 I 表示, $I = \frac{Q}{t}$, 单位为安培(A),实际使用中还有 kA、mA、 μA 等。

大小和方向都不随时间变化的电流叫恒定电流,也叫直流电流,又称直流电。大小和方向都随时间变化的电流叫交流电流,也称交流电。

在单位横截面积上通过的电流大小,称为电流密度。用 J 表示, $J = \frac{I}{S}$, 单位为安培/平方毫米 (A/mm^2)。

(3) 电位与电压。

带电体周围存在着一种特殊的物理场叫电场。

电荷在电场中要受到电场力的作用而发生运动,因此我们可以认为电荷在电场中具有电位能。单位正电荷在电场中某点所具有的电位能叫做这一点的电位。单位是伏特(V)。

也就是说:在电场中任意选择一点作为参考点,单位正电荷从某一点移动到参考点时,电场力所做的功也就是电场中该点的电位。而参考点本身的电位则为零。

电场中任意两点之间的电位之差叫做电位差,也叫电压,用字母 U 表示,单位是伏特 (V)。

参考点的选择是任意的,而参考点的选择对各点电位的大小是有影响的,但却不影响电压的大小。在理论研究时,通常取无穷远处作为电位的参考点,在实际工作中,通常取大地作为电位的参考点,在电子设备中,通常取设备外壳作为电位的参考点。

(4) 电动势。

电动势等于电源力将单位正电荷从电源负极移动到电源正极所作的功。用字母 E 表示,单位是伏特 (V)。

2. 磁的概念

(1) 磁现象。

凡具有吸引铁、镍、钴等物质的性质称为磁性。而具有磁性的物质叫磁体。

在磁体的两端各有一个磁性最强的区域,这个区域叫磁极。并且同一磁体的两个磁极有着不同的性质,即磁南极 (S 极) 磁北极 (N 极)。在磁极之间具有“同性相斥、异性相吸”的特性。

(2) 磁场与磁力线。

磁体之间相互吸引或排斥的力称为磁力。

把磁体周围存在磁力作用的区域称为磁场。

为了直观、形象地描述磁场的方向和强弱而引出磁力线的概念,并规定在磁体的外部,磁力线由 N 极指向 S 极;在磁体内部,磁力线由 S 极指向 N 极,使磁力线在磁体内外形成一条条闭合的曲线,如图 1-5 所示。在曲线上任何一点的切线方向就表示该点的磁力线方向,也就是小磁针在磁力作用下静止时 N 极所指的方向。通常用磁力线方向来表示磁场方向。用磁力线的疏密程度表示磁场的强弱。磁力线越密,磁场越强。磁力线越疏,磁场越弱。

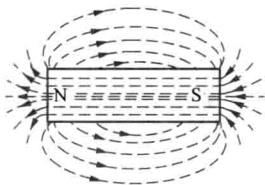


图 1-5 磁力线

(3) 磁通。

垂直穿过磁场中某一截面的磁力线条数,反映了磁场中这一截面上磁场的强弱。把垂直穿过磁场中某一截面的磁力线条数叫磁通或磁通量。用字母 Φ 表示,单位韦伯 (Wb)。

(4) 磁感应强度。

单位面积上垂直穿过的磁力线条数,称为

磁通密度,也叫磁感应强度。用字母 B 表示, $B = \frac{\Phi}{S}$, 单位特斯拉 (T)。

磁感应强度不仅有大小,而且有方向。磁感应强度的方向就是磁场的方向,也就是小磁针北极在该点的指向。

(5) 磁场强度。

磁场中磁感应强度的大小不仅与产生磁场的电流有关,还与磁场中的介质有关,为了使计算简便,通常用磁场强度来表示磁场。用字母 H 表示, $H = \frac{B}{\mu}$, 单位安培/米 (A/m)。

磁场强度的大小与磁场中的介质无关,方向和所在点的磁感应强度方向一致。

3. 电与磁

(1) 电流的磁场。

在电流的周围存在着磁场,这种现象称为电流的磁效应。通电导体周围产生的磁场方向可以用安培定则来判断。

直导线周围磁场的方向由右手安培定则判定:用右手握住通电导体,让拇指指向电流方向,则弯曲四指的指向就是直导线周围的磁场方向,如图 1-6 所示。

螺旋管内部磁场的方向由右手螺旋定则判定:用右手握住通电线圈,让弯曲四指指向线圈电流方向,则拇指所指方向就是线圈内部的磁场方向,如图 1-7 所示。

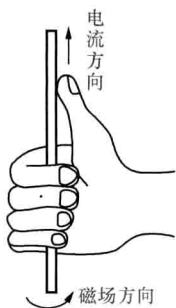


图 1-6 安培定则

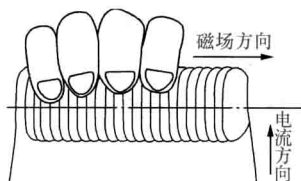


图 1-7 右手螺旋定则

应该注意的是如果导线中流入的是直流电,那么导线周围的磁场方向是固定不变的,如果导线中流入的是交流电,则磁场大小和方向将随电流方向的变化而变化。

(2) 电磁感应。

当穿过闭合回路所包围的面积中的磁通量发生变化时,回路中就会产生电流,这种现象叫电磁感应现象。回路中所产生的电流叫感应电流。另一种现象是:当闭合回路中的一段导线在磁场中运动,并切割磁力线时,导体中也会产生电流。

直线导体与磁场相对运动而产生的感应电动势 e 的大小与导体切割磁力线的速度 v 、导体的长度 L 和导体所处的磁感应强度 B 有关,若导体运动方向与磁力线之间的夹角为 α ,则感应电动势为: $e = BLv \sin \alpha$ 。

直线导体感应电动势的方向可用右手定则来判定:伸开右手,让拇指与其余四指垂直并在一个平面内,使磁力线穿过掌心,拇指指向切割磁力线的运动方向,四指的指向就是感应电动势的方向。如图 1-8 所示。

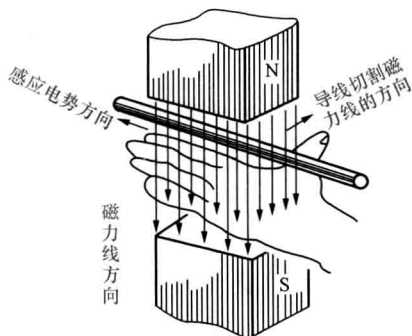


图 1-8 右手定则

线圈中磁通变化而产生的感应电动势 e 的大小与穿过线圈的磁通变化率有关,若线圈的匝数为 N ,则感应电动势为: $e = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 。

线圈中感应电动势的方向由楞次定律来判定:感应电流产生的磁通总是阻碍原磁通的变化。也就是说当线圈中的磁通增大时,感应电流产生的磁通与原磁通方向相反。而当线圈中的磁通减少时,感应电

流产生的磁通与原磁通方向相同。

(3) 磁场对电流的作用。

处在磁场中的通电导体会受到力的作用,这种作用称为电磁力。用字母 F 表示, $F = BIL \sin \alpha$ 。

电磁力的方向由左手定则判定:伸开左手,让拇指与其余四指垂直并在同一平面内,让磁力线穿过手心,四指指向电流方向,拇指所指方向就是通电导体所受到的电磁力的方向,如图 1-9 所示。

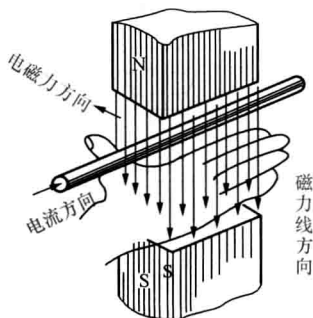


图 1-9 左手定则

4. 单相电路

(1) 电路。

电流通过的路径，称为电路。一个完整的电路由电源、负载、输电导线和控制设备组成。对电源来讲，负载、输电导线和控制设备等称为外电路。电源内部的一段称为内电路。

电路的工作状态分为通路、断（开）路和短路三种。

(2) 正方向。

习惯上规定正电荷运动的方向（即负电荷运动的反向）为电流的方向。但在分析较为复杂的电路时往往难于事先判断某支路中电流的实际方向，为此，常可任意假定一个方向作为电流的正方向，或者称为参考方向。当电流的实际方向与其正方向一致时，则电流为正值。当电流的实际方向与其正方向相反时，则电流为负值。

电流的正方向在电路图中，一般用箭头表示，箭头的方向就是电流的正方向。也可用双下标表示，例如 I_{ab} 表示电流的正方向由 a 点指向 b 点。

电压、电动势和电流一样，也同样具有方向，电压的方向规定为由高电位端指向低电位端，也就是电位降低的方向。电源电动势的方向规定为电源内部由低电位端指向高电位端，也就是电位升高的方向。在电路分析中，电压、电动势的正方向也是可以任意规定的，正方向的表示方法与电流的正方向表示方法完全相同。

(3) 电阻及其连接。

导体能导电，同时对电流有阻力作用，这种阻碍电流通过的能力称为电阻，用字母 R 或 r 表示，单位为欧姆（ Ω ）。常用单位还有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）。

当温度一定时导体的电阻不仅与它的长度和横截面积有关，而且与导体材料自身的电阻率有关，电阻率又称为电阻系数。是衡量物体导电性能好坏的一个物理量，用字母 ρ 表示，单位为欧姆·米（ $\Omega \cdot m$ ）。其数值是指导体的长度为 $1m$ 、截面积为 $1mm^2$ 的均匀导体在温度为 $20^\circ C$ 时所具有的电阻值，可见 $R = \rho \frac{L}{S}$ 。

表示物质的电阻率随温度而变化的物理量，称为电阻的温度系数。其数值等于温度每升高 $1^\circ C$ 时，电阻率的变化量与原来的电阻率的比值，用字母 d 表示，单位为 $1/^\circ C$ 。

1) 电阻串联。

将两个以上的电阻元件顺序地连接在一起, 构成一条无分支的电路, 称为串联电阻电路, 如图 1-10 所示。

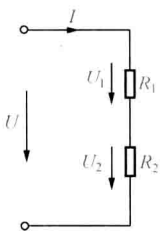


图 1-10 串联电阻电路

并联电阻电路有以下特点。

串联电阻电路中的等效电阻等于各个串联电阻之和, 即

$$R = R_1 + R_2$$

串联电阻电路中流过每个电阻的电流都是相等的, 并且等于总电流, 即

$$I = I_1 = I_2$$

串联电阻电路的总电压等于各个串联电阻两端电压之和, 即

$$U = U_1 + U_2$$

串联电阻电路中的各个电阻上所分配的电压与各自的电阻值成正比, 即

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

2) 电阻并联。

将两个以上的电阻元件都连接在两个共同端点之间, 构成一条多分支的电路, 称为并联电阻电路, 如图 1-11 所示。

并联电阻电路中有以下特点。

并联电阻电路中各个电阻两端的电压都是相等的, 并且等于总电压, 即

$$U = U_1 = U_2$$

并联电阻电路的总电流等于各个并联电阻两端电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2$$

并联电阻电路中的等效电阻的倒数等于各个并联电阻的倒数之和, 即

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

并联电阻电路中的各个电阻上所分配的电流与各自的电阻值成反比, 即

$$IR = I_1 R_1 = I_2 R_2$$

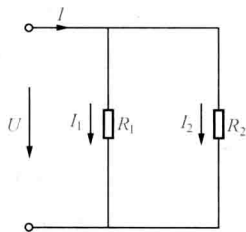


图 1-11 并联电阻电路