

化工和石油化工检修工人

技术等级标准自学丛书

内外线电工

化学工业部劳资司
中国石油化工总公司人事部



化学工业出版社

内 容 简 介

《内外线电工》是《化工和石油化工检修工人技术等级标准自学丛书》之一。本书编入了化工部1981年颁发的《化工检修工人技术等级标准》(试行本),并根据标准所规定的一级工至六级工应知应会的要求,分为基础知识和操作实例两部分,较全面地逐级介绍内外线电工所必需的基础知识、专业知识和实际操作技能。对所需了解和掌握的其他专业知识也作了相应的介绍。

本书由大连化学工业公司吕庆荣编写,顾立湖审阅。

本书可供具有初中以上文化水平的内外线电工自学使用,也可作为工厂技工培训参考读物。

化工和石油化工检修工人技术
等级标准自学丛书

内 外 线 电 工

化 学 工 业 部 劳 资 司

中国石油化工总公司人事部

责任编辑:陈逢阳

封面设计:任 辉

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本787×1092¹/₃₂印张20⁵/₃₂插页1字数457千字印数1—17,170

1987年9月北京第1版1987年9月北京第1次印刷

统一书号15063·3963 定价4.25元

前 言

目前,全国各化工及石油化工企业正在开展全员文化培训和技术培训,为了适应这些企业的检修工人技术培训的需要,不断提高检修工人的技术理论水平和实际操作技能,不断提高他们的技术素质。我们按照化学工业部一九八一年颁发的《化工检修工人技术等级标准》(试行本)(以下简称《等级标准》),组织编写了这套《化工和石油化工检修工人技术等级标准自学丛书》,全套丛书共计十五册,将陆续出版。

丛书根据《等级标准》中应知应会的要求相应分为基础理论与实际操作两部分,由一级工到六级工逐级撰写。

丛书是工人技术考核自学用书,力求把《等级标准》中基本要求的内容用通俗易懂的文字、形象直观的插图和有代表性示例系统地加以阐述。它不是《等级标准》的详细说明或解释,也不是升级考试的标准答案。

丛书在编写方式上,为了便于广大工人自学,保持知识的系统性和完整性,将《等级标准》中应知应会的条文作了适当的归类 and 次序的调整,并力求做到取材先进、重点突出、举一反三,尽量兼顾大、中、小企业的不同情况。但由于丛书的专业性较强、涉及的知识面又广,加上各企业之间的工艺、设备和技术水平等方面的差异,又由于受到篇幅的限制,所以,只能就一些共性的问题进行讨论,因而,不可避免地会存在一些片面性和局限性。但是,丛书是编写者辛

勤劳动的结晶，尤其是那些操作实例，是他们实践经验的总结，对广大工人学习技术，无疑是有裨益的。

化 学 工 业 部 劳 资 司

中国石油化工总公司人事部

1985年8月

目 录

一 级 工

基 础 知 识

一、电工学基础知识	1
二、识图基础知识	34
三、变、配电所常用电气设备的名称、用途及动稳定和热稳定的概念	45
四、10千伏及以下常用电力电缆的名称、规格型号及允许电流	51
五、常用绝缘材料和熔断器的规格及使用知识	56
六、常用电工仪表的规格、名称及使用维护方法	64
七、内外线电工常用工具的名称及使用方法	77
八、各种瓷瓶、瓷夹板、木槽、电线管等的安装方法和要求	83
九、电缆敷设的注意事项	92
十、10千伏及以下架空线路金具名称及其用途	94
十一、防火、防爆和防毒的一般知识	99

操 作 实 例

一、挖电杆坑、填土埋杆，登杆在瓷瓶上固定导线	104
二、安装电缆支架	109
三、单股导线的连接和出线端装接	111
四、绑绳扣	113

五、根据照明平面图 (图1-77) 确定各段应敷导线的根数	115
-------------------------------------	-----

二 级 工

基 础 知 识

一、复杂直流电路计算	117
二、识电气图基本知识	125
三、磁力起动器的结构、用途、规格和安装接线	146
四、常用导线和母线的规格及长期允许电流	149
五、各种灯的工作原理和接线	154
六、环氧树脂的配方和使用知识	159
七、钳工基本操作知识	161
八、电气安全工作知识	170

操 作 实 例

一、登杆更换瓷瓶和横担, 安装接户线	172
二、多股导线的连接和封端	175
三、按图安装室内照明, 并通电检查	178
四、按图2-41在原有低压配电盘上增设一台30千瓦电动机 配电回路	182
五、制作10千伏及以下室内外电缆终端头	185
六、用百分尺测量导线直径, 计算导线截面和公英制尺寸 的换算	201

三 级 工

基 础 知 识

一、交流电路基础知识	203
二、直流电动机、异步电动机和变压器的工作原理	223

三、三台单相变压器连成三相的方法	242
四、根据设备的容量、特点, 选择熔断器、电缆(导线) 和起动设备的方法	244
五、电缆的敷设方式、适用范围和技术要求	255
六、油断路器和常用低压电器的灭弧原理	259
七、油断路器和操作机构的安装调整方法	267
八、10千伏及以下架空线路安装规则	285
九、检查和修理室内外照明及动力线路的方法	296
十、半导体二极管、三极管的伏安特性和管子极性的 识别	298
十一、常用整流电路的种类及原理	307
十二、电焊基本操作方法	317

操 作 实 例

一、使用吊车、架杆等工具立杆	321
二、制作电缆支架	323
三、制作10千伏及以下电缆中间接头	325
四、制作低压配电盘, 按图(图3-104)安装配线, 现场 操作箱配线、控制电缆接线, 并进行试操作	335
五、装接三相电度表	342
六、10千伏及以下系统测定相位	344

四 级 工

基 础 知 识

一、变压器并列运行的条件及简单的理论分析	346
二、电动机和变压器的干燥处理方法	351
三、低压异步电动机的起动方法和控制装置	356
四、1000千伏安变压器原理展开图电路分析	370
五、避雷针的作用原理和安装方法	379

六、避雷器的种类、作用原理和安装方法	382
七、接地装置的种类、作用原理和安装方法	387
八、爆炸和火灾危险场所的划分和防爆电气设备安装的技 术要求	399
九、绝缘材料的性能及使用条件	406
十、常用起重工具的使用方法与绳索的安全拉力	413
十一、气候变化对架空线的弛度的影响	417
十二、三极管放大电路和简单直流稳压电源基本原理	420

操 作 实 例

一、安装10千伏及以下架空线路	436
二、安装高压开关柜、低压配电盘和母线	441
三、制作35千伏电力电缆和75千伏电除尘单芯电缆的终端 头和中间接头	452
四、分析图4-71为DW10-1500型自动空气开关电动机操作 控制原理，故障的检查和排除	459
五、按图（图4-17）所示的变压器原理展开图画继电器 屏的安装接线图	464
六、判断三相电动机定子线圈的首尾，进行运行前检查 和试车	468
七、组织敷设电缆	470
八、检修交流接触器和主令控制器	472

五 级 工

基 础 知 识

一、同步电动机的结构原理和励磁方法	475
二、高压电动机和变压器的差动保护原理和接线	482
三、线路电压降的一般知识	488
四、桥式吊车的电气设备和控制电路	493

五、蓄电池的结构、安装方法和蓄电池组直流系统	507
六、常用导线及拉线的安全拉力	519
七、柱上变压器台的设计与安装方法	521
八、可控硅的基本原理及简单控制电路	523

操 作 实 例

一、对蓄电池组进行初充电	550
二、15/3吨交流桥式吊车电气设备的安装	553
三、380伏低压架空线路的测量并编制工程所需材料 计划	558
四、可控硅整流装置的安装和调试	559

六 级 工

基 础 知 识

一、电气设备交接和预防性试验	565
二、35千伏及以下电缆绝缘击穿的原因分析	571
三、常用过电流、低电压、接地、差动、瓦斯和温度继电 器的结构和动作原理	575
四、常用继电保护装置的原理和接线	586
五、异步电动机的调速、电磁调速异步电动机和三相整流 子电动机的简单原理	594
六、异步电动机各种故障的产生原因及检查处理方法	602
七、直流电桥的原理和使用方法	606
八、功率放大电路、放大电路中的反馈和正弦波振荡 电路	612

操 作 实 例

一、调换图6-44所示架空线路中的1号终端杆和4号转

角杆	626
二、10千伏及以下架空线路的设计	627
三、变电所全部电气设备的安装	634
四、根据照明和动力线路施工图编制工程预算	636
五、电缆线路的设计	636

附 录

附录一 380 伏电动机保护及操作设备选择	638
附录二 内外线电工技术等级标准	643

一 级 工

基 础 知 识

一、电工学基础知识

(一) 直流电路

1. 电路

电路就是电流所流经的路径。电流流通时,在电路中同时进行着电能的传输和分配,以及把电能转换成所需要的其它形式的能量。直流电路是指电路中的物理量(如电流、电压和电动势等)的方向和大小不随时间而变化的电路。

(1) 电路的组成

电路一般可分成四个主要部分,即电源、负载、联接导线和控制设备。

1) 电源 电源是电路的能源,其作用是将各种形式的能量(如化学能、机械能与热能等)转换成电能。蓄电池和发电机等都是电源。

2) 负载 负载是用电的设备,其作用是将电能转换成所需要的其它各种形式的能量。灯泡、电动机和电炉等都是负载。

3) 联接导线 联接导线的作用是接通电源与负载以传输电能。

4) 控制设备 控制设备的作用是对电路执行闭合或断开等各种控制任务。刀开关、断路器和接触器等都是控制设

备。

(2) 电路中的物理量

1) 电流强度 电荷有规则的运动叫做电流。电荷的数量叫电量,用字母 Q 或 q 表示,单位是库仑。单位时间内流过导体截面的电量称为电流强度,习惯上简称电流,用 I 表示。单位是安培,用 A 表示。即:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中 Q ——电量,库仑;

t ——时间,秒;

I ——电流,安培 (A)。

电流很大时常常用千安 (kA) 为单位,电流很小时又常用毫安 (mA) 或微安 (μA) 为单位。它们之间的换算关系是:

$$1 \text{ 千安} = 1000 \text{ 安} = 10^3 \text{ 安}$$

$$1 \text{ 毫安} = \frac{1}{1000} \text{ 安} = 10^{-3} \text{ 安}$$

$$1 \text{ 微安} = \frac{1}{1000000} \text{ 安} = 10^{-6} \text{ 安}$$

2) 电流密度 通过导线单位截面积的电流称为电流密度,用 δ (希腊字母,读德耳塔) 表示,工程常用单位是安/毫米² (A/mm^2),用公式表示为:

$$\delta = \frac{I}{S} \quad (2-2)$$

式中 I ——电流,安培 (A);

S ——导线截面,毫米² (mm^2);

δ ——电流密度,安/毫米² (A/mm^2)。

3) 电压、电位和电位差 在负载电路中,之所以有电流产生是因为电荷受电场力的作用。在图 1-1 中,电场力将单位正电荷由电路中的 a 点移到 b 点所做的功,称为 a 、 b 两点之间的电压,用 U_{ab} 表示,单位是伏特,简称伏,用 V 表示。

分析电路时,往往也采用电位和电位差的概念。选取电路中的一个参考点作为零电位点,电路中其它各点与零电位点之间的电压称作该点的电位。电位的单位也是伏特。而电路中任意两点之间的电位之差称作两点之间的电位差,也就是两点之间的电压。

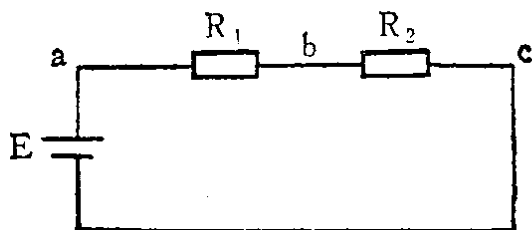


图 1-1 电压和电位

在图 1-1 中,若选 c 为参考点,则电路中各点的电位为:

c 点电位 $\varphi_c = 0$; a 点电位 $\varphi_a = U_{ac}$; b 点电位 $\varphi_b = U_{bc}$;
 a 、 b 两点间电位差 $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$ 。

电压的单位也可用千伏(kV)、毫伏(mV)表示,它们之间的换算关系和电流单位的换算相似。

4) 电动势 电源接上负载后电路中就会有电流,这说明电源两极之间都有电位差。不同的电源产生电位差的方法是不同的。在蓄电池中是由于电解液和极板之间的化学作用;在发电机中是电磁感应作用。但它们都是用非电的化学能或机械能把电源内部导体中所存在的正负电荷分别向两极推动,使得一个极具有一定量的正电荷,另一个极具有一定量的负电荷,于是两极之间产生了电位差。电源内部这种推

动电荷移动的作用力统称为电源力。

电源力将单位正电荷由电源的负极移到正极所做的功，称为电源的电动势，用 E 表示，单位是伏 (V)。

电路中各物理量的正方向是这样规定的：电流的正方向是正电荷移动的方向。电压的正方向是由高电位指向低电位的方向。电动势的正方向是由低电位（负极）指向高电位（正极）的方向。在分析电路时，某些电流、电压的方向往往难以事先确定，此时可人为选定一个方向作为正方向。若所得结果为正值，说明实际方向与选定方向一致；若所得结果为负值，则说明实际方向与选定方向相反。

(3) 电路中的能量转换 在外电路中，正电荷由高电位流向低电位，是电荷在电场力作用下克服阻力做功，是消耗电能的过程。在这过程中，电荷陆续消耗掉从电源获得的能量，并转变为其它形式的能量。在电源内部，为保持电源电动势的恒定，电源力将正电荷源源不断地由负极推到正极，是消耗其它形式的能量而取得电能的过程。内、外电路共同组成一个电流流通的闭合回路，在这闭合回路中，同时进行着电能的传输和能量的转换过程。

2. 电阻、电阻的串联和并联

(1) 导体电阻的计算 电荷在导体内移动时，导体阻碍电荷移动的能力称为电阻，用 R 表示。单位是欧姆，用 Ω 表示。大电阻以兆欧为单位，用 $M\Omega$ 表示，即：

$$1 \text{ 兆欧}(M\Omega) = 10^6 \text{ 欧}(\Omega)。$$

导体电阻的大小与导体长度成正比，与导体截面积成反比，此外还与导体的材料有关，用公式表示为：

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-3)$$

式中 L ——导体长度，米 (M) ；
 S ——导体截面，毫米² (mm²) ；
 ρ ——导体的电阻率 (希腊字母，读柔)，欧·毫米²/米($\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{M}$)；
 R ——导体电阻，欧姆 (Ω) 。

导体的电阻率，是长度为 1 米，截面为 1 毫米²导体的电阻。不同的材料具有不同的电阻率，几种常用材料在20℃时的电阻率如表 1-1 所示。

表 1-1 几种常用材料的电阻率和电阻温度系数

用 途	材料名称	20℃时的电阻率 欧姆·毫米 ² /米	0~100℃范围内平均温度系数 1/℃
导电材料	银	0.0165	0.0036
	铜	0.0175	0.004
	铝	0.0283	0.004
电阻材料	锰铜	0.42	0.000005
	康铜	0.44	0.000005
	镍铬铜	1.0	0.00013
	铂	0.106	0.00389

电阻率的倒数叫电导率，用 γ (希腊字母，读 伽马) 表示，所以求电阻的公式也可写成：

$$R=\frac{L}{\gamma S} \tag{1-4}$$

式中电导率 γ 的单位是米/欧·毫米²。

(2) 电阻和温度的关系 导体的电阻随着温度的变化而改变，一般金属的电阻都随着温度的上升而增大。电阻与温度之间的关系可用下式表示；

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-5)$$

式中 R_1 ——温度为 t_1 时导体的电阻，欧姆，

R_2 ——温度为 t_2 时导体的电阻，欧姆，

α ——导体电阻的温度系数（希腊字母，读阿尔法）
1/°C。

电阻的温度系数表示导体温度每升高 1 °C 电阻增大的百分数。不同的材料有不同的温度系数，几种常用材料在 0 ~ 100 °C 范围内的平均电阻温度系数如表 1-1 所示。

（3）电阻的串联 把多个电阻首尾相接地联接起来，在这几个电阻中通过的是同一电流，这种联接方式叫串联。图 1-2(a) 中 R_1 与 R_2 就是串联电阻。

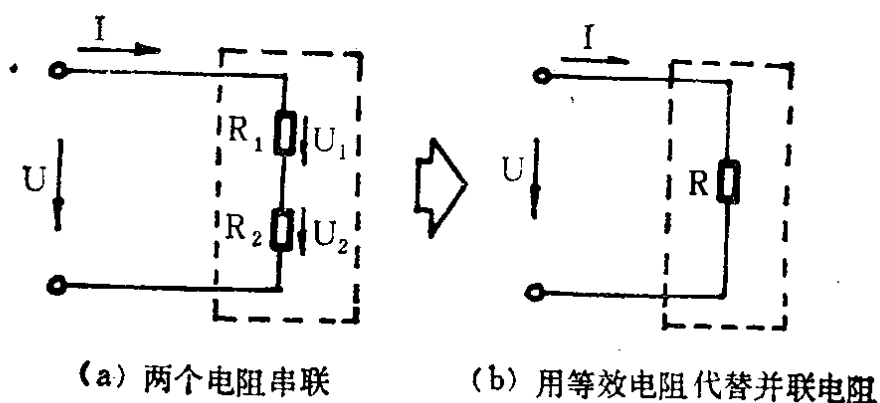


图 1-2 电阻的串联

所有串联电阻在电路中的作用可用一个等效电阻 R 来代替，如图 1-2(b) 所示。等效电阻的大小等于各串联电阻之和，即，

$$R = R_1 + R_2 \quad (1-6)$$

“等效”的意思就是电路的某一部分被替换之后，电路中其余部分的电压和电流并不因此而发生变化。

在图 1-2(a) 中，串联电阻 R_1 和 R_2 上的电压降分别为：

$$U_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1-7)$$

$$U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1-8)$$

比值 $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ 和 $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 叫做串联电路分压比。

(4) 电阻的并联 几个电阻的两端分别接在一起，每个电阻两端所承受的是同一个电压，这种联接方式叫并联。图 1-3(a) 中 R_1 与 R_2 就是并联电阻。

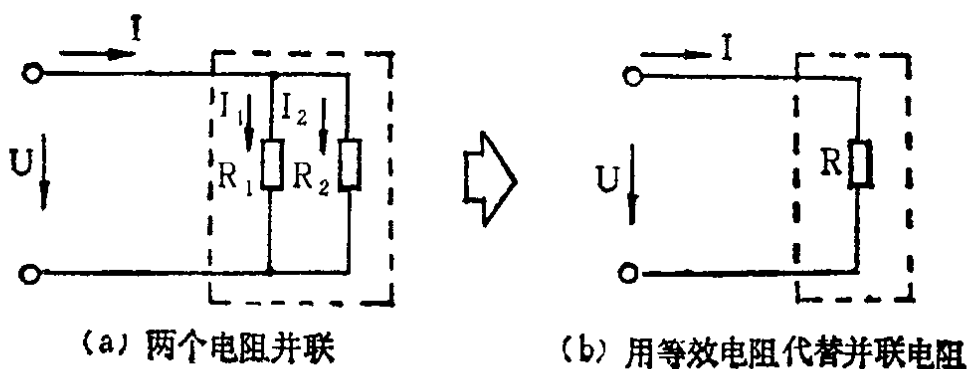


图 1-3 电阻的并联

并联电阻的等效电阻和各并联电阻之间符合下式关系：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (1-9)$$

即：并联电阻的等效电阻的倒数，等于各并联电阻的倒数之和。两电阻 R_1 和 R_2 并联可用符号 $R_1 \parallel R_2$ 表示。

在图 1-3 (a) 中，并联电阻 R_1 和 R_2 中流过的电流 I_1 和 I_2 分别为：