

化工和石油化工检修工人

技术等级标准自学丛书

电机修理工

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 提 要

《电机修理工》是化工和石油化工检修工人技术等级标准自学丛书的一个分册它是依据化学工业部颁发的《化工检修工人技术等级标准》编写的。书中写了1~6级工，每级工分为基础知识和操作实例两部分。基础知识包括电工学、电子学的最基础的部分，交直流电动机、变压器等检修知识，电工材料及绝缘材料知识，钳工基本操作知识以及检修所需的工具、仪表知识等。操作实例包括从小型异步电动机的拆装到6千伏高压电动机定子绕组的大修，交流电焊机及三相换向器变速异步电动机的修理，1000千伏安变压器吊芯检修等。

为了便于读者自学，本书力求通俗易懂，结合实际，并体现化工和石油化工行业电机修理工作的特点。

全书由大连化学工业公司斯培灿编写，顾立湖审阅。

本书可供具有初中以上文化水平的电机修理工自学使用，也可作为工厂技工培训的参考读物。

化工和石油化工检修工人
技术等级标准自学丛书

电机修理工

化学工业部劳资司

中国石油化工总公司人事部

责任编辑：李诵雪

封面设计：任 辉

化学工业出版社出版发行

(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经销

开本787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张16字数352千字印数1-33,000

1988年3月北京第1版1988年3月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-0078-2/TQ·40定价3.30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，相应分为基础理论和实际操作两部分，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的示例系统地加以阐述。它不是《等级标准》的详细说明和解释，也不是升级考核的标准答案。

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和次序的调整，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，丛书是编写者的辛勤劳动

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、电工学的基础知识 1
- 二、常用绝缘材料、绝缘漆的名称性能及使用知识25
- 三、常用导线的种类及规格34
- 四、电机修理常用工具、测量仪表的名称及使用知识36
- 五、异步电动机、直流电机的基本结构及拆装顺序55
- 六、熔丝的特性及使用知识63

操 作 实 例

- 一、测量导线的线径，并计算其截面积64
- 二、小型鼠笼电动机拆装65
- 三、拆修 1 千伏安及以下的220/36伏的变压器67

二 级 工

基 础 知 识

- 一、电磁场的基本概念74
- 二、电机变压器铭牌数据的意义83
- 三、异步电动机定子绕组基本知识90
- 四、三相低压电动机定子绕组大修工艺92
- 五、电动机装配不当对运行的影响 108
- 六、绕线机、千斤顶、塞尺、粘度计、单双臂电桥的

使用和保养知识	108
七、钳工基本操作知识及识简单的零件图	115
八、电焊锡焊应用知识	121
九、晶体二极管的结构、特性、用途及整流电路	124

操 作 实 例

一、小型鼠笼低压电动机定子绕组大修	130
二、三相异步电动机引出线的头和尾的检查	132

三 级 工

基 础 知 识

一、单相脉动磁场、三相旋转磁场的基本原理	136
二、异步电动机定子绕组的展开图	144
三、中小型三相低压电动机和单相电动机导线的 安全电流密度	154
四、异步电动机耐压、空载、短路试验的目的意义、 标准及方法	155
五、电机和变压器各部极限允许温升及其测量方法	158
六、小型单相变压器根据铁芯重绕线圈的计算	162
七、电机轴承常用润滑油的种类型号及使用知识	170
八、常用电刷种类、特征和应用范围，使用时注意事项	173
九、变压器绝缘油的物理和化学试验项目及标准	175
十、轴承热套的工艺	178
十一、防爆电机的类型、结构特点及检修技术要求	179
十二、化工防腐、户外型电机的结构特点	183
十三、交流电焊机的工作原理、结构及接线方法	185
十四、电动机和变压器的干燥	189
十五、异步电动机、直流电动机的起动装置名称 和起动方法	200

十六、晶体三极管的结构、放大原理、伏安特性曲线的物理意义及简单的交流放大电路	210
--	-----

操 作 实 例

一、检修低压异步电动机的一般故障	221
二、识别三相低压电动机定子绕组的实际接线	236
三、交流电焊机的修理	239

四 级 工

基 础 知 识

一、3~6千伏电压级交流高压电动机定子绕组绝缘规范	245
二、交流电机分数槽绕组的构成原则	249
三、交直流电机波绕组的构成法	254
四、异步电动机定子绕组改压计算	260
五、三相变压器空载、短路试验的目的意义及其方法	263
六、变压器联接组别的意义及测定方法	267
七、单相交流串激电动机结构、工作原理及故障的检查处理方法	274
八、多速异步电动机绕组的基本类型和外部接线方法	279
九、直流电机一般故障原因及检查处理方法	286
十、旋转式直流弧焊机构造、工作原理及其接线	286
十一、10千伏和10千伏以下电压、电流互感器的工作原理、构造及绝缘规范	298
十二、节能电动机和节能变压器	303
十三、转子静平衡试验	305
十四、可控硅的结构、工作原理及简单的控制线路	307

操 作 实 例

一、手电钻转子绕组重绕	315
-------------------	-----

二、常用直流电机电刷冒火原因及排除故障方法	330
三、电动机的换向器、集电环、滚动轴承、轴等机械部 分的检修	335
四、1000千伏安6.3/0.4千伏变压器吊芯检修	349

五 级 工

基 础 知 识

一、3~6千伏电压级交流高压电动机定子绕组的 大修工艺	354
二、3~6千伏电压级同步电动机转子磁极线圈大修工艺	360
三、电磁调速异步电动机结构、工作原理及特性	366
四、三相低压电动机改变极数重绕定子线圈的计算	369
五、铁损干燥法的计算	373
六、特种变压器的构造及工作原理	377
七、整流器式直流弧焊机构造、工作原理	386
八、防止变压器绝缘油劣化的技术措施	389
九、电动机修理中的几种节能节电措施	392
十、同步电动机可控硅励磁电源装置的工作原理	398

操 作 实 例

一、绕线式转子线棒型波绕组大修	399
二、根据低压电动机的类型、铁芯尺寸和铭牌数据 设计绕线模	407

六 级 工

基 础 知 识

一、化工防腐蚀绝缘材料的选用原则及分析	411
二、介质损耗角试验的目的意义	413

三、高压电机绝缘预防性试验的目的意义及其方法	415
四、3~6千伏电压级同步发电机的检修工艺	419
五、变压器螺旋式、连续式线圈的构成原则绕制工艺	437
六、三相低压电动机空壳铁芯重绕定子线圈的计算	448
七、三相感应调压器的结构和工作原理	460
八、三相换向器变速异步电动机结构及工作原理	462
九、各种控制电机绕组的种类、构成原则和下线、 接线及调试方法	465
十、35千伏及以上电压等级的电压电流互感器的构造 及其绝缘规范	473
十一、转子动平衡试验	476
十二、转子铸铝的工艺规程、操作方法	478

操 作 实 例

一、有工业气体腐蚀，且环境较潮湿的场合工作的6千伏 电压级高压电动机，其定子绕组大修 (按图制作定子线圈)	481
二、根据电机槽的尺寸及有关铭牌数据，计算导线截面尺寸	488
三、修理三相换向器变速异步电动机	491
附录《化工检修工人技术等级标准》	495
电机修理工	495

一 级 工

基 础 知 识

一、电工学的基础知识

(一) 直流电路

1. 电路

电路就是电流所流经的路径，电路的作用在于供电能的传输和分配，并在此过程中进行能量的转换。

直流电路就是其中的电流、电压、电动势等物理量的大小和方向都不随时间变化的电路。

(1) 电路的组成

电路一般可分成四个主要部分，即电源、负载、联接导线与控制设备。

1) 电源 电源是电路的能源，如蓄电池、发电机等，其作用是将各种形式的能量（如化学能、机械能）转换为电能。

2) 负载 负载是用电的设备，如灯泡、电动机、电炉等，其作用是将电能转换为所需形式的能量。

3) 联接导线 其作用是传输电能。

4) 控制设备 如按钮、刀开关、接触器和断路器，其作用是对电路执行闭合或断开等各种控制任务。

(2) 电路的物理量

1) 电流强度 电荷有规则的运动叫做电流，每秒钟通

过导线某一截面的电荷量（电量）叫电流强度，单位为安培，简称安（A）。

2) 电流密度 通过导线单位横截面的电流称为电流密度，单位为安/毫米²（A/mm²）。

电流密度为

$$\delta = \frac{I}{S}$$

式中 S ——导线的截面积，毫米²；

I ——导线中的电流，安。

3) 电动势 在电源内部电源力将单位正电荷从电源负极移到正极所做的功，叫做电源的电动势，单位为伏特，简称伏（V）。

4) 电压与电位 在外电路中（即电源以外的电路）单位正电荷由高电位点移到低电位点电场力所作的功，叫做电压。因此电压也就是高低电位点之间的电位差。而电路（或电场）中某点和零电位点（即参考点）之间的电压就是该点的电位。

电压与电位的单位都是伏特。

5) 电阻 电荷在导体内移动时，导体阻碍电荷移动的能力称为电阻，电阻的单位是欧姆，简称欧（ Ω ）。导体电阻的大小与导体长度 l 成正比，与导体截面积 S 成反比，此外还与导体的材料有关

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 l ——导体的长度，米；

S ——导体的截面积，毫米²；

ρ ——导体的电阻率，欧·毫米²/米。电阻率 ρ 就是

长1米，截面为1毫米²导体的电阻值。在20℃时铜的电阻率 $\rho=0.0175$ 欧·毫米²/米，铝的电阻率 $\rho=0.0283$ 欧·毫米²/米。

导体的电阻还和温度有关，铜、铝等金属导体的电阻随温度的升高而增大。导体电阻值随温度而变化的计算公式为

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (t_2 - t_1)]$$

式中 R_1 ——温度为 t_1 时导体的电阻，欧；

R_2 ——温度为 t_2 时导体的电阻，欧；

α_1 ——以温度 t_1 为基准时的导体电阻的温度系数。每种金属材料在一定温度下有一定的温度系数。

2. 欧姆定律及简单的串并联电路

(1) 欧姆定律

在直流电阻电路中，流过电阻中电流的大小与电阻两端电压的高低成正比，与电阻值成反比，这就是欧姆定律。在图1-1中，电流

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

式中 U ——电阻两端电压，伏；

R ——电阻，欧。

(2) 电阻的串联电路

在电路中把几个电阻依次联接起来，各电阻中通过同一电流，这种电路叫电阻的串联电路见图1-2。

串联电路的主要特点是：各个电阻中流过的电流相等。

在串联电路中有以下关系成立：

1) 电路的总电压等于各个电阻上的电压之和，即

$$\begin{aligned} U &= U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = \\ &= I(R_1 + R_2) \end{aligned}$$

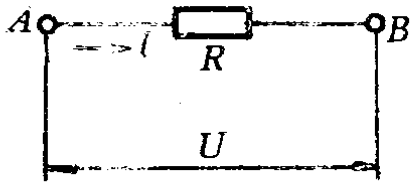


图 1-1 欧姆定律说明图

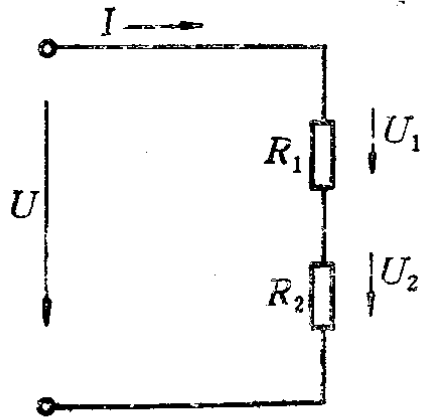


图 1-2 电阻的串联电路

2) 电路的总电阻 (等效电阻) 等于各电阻之和, 即

$$R = R_1 + R_2$$

3) 串联电阻对总电压具有分压作用

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

$$U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U \frac{R_2}{R} \quad (1-2)$$

式 (1-1)、(1-2) 说明, 串联电阻中每个电阻上分得的电压决定于这个电阻和总电阻 R 的比值。适当选择 R_1 和 R_2 的数值, 就可以在每一个电阻上获得相应的电压。比值

$\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ 和 $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 叫做分压比。

(3) 电阻的并联电路

在电路中, 把几个电阻首、尾分别联在一起, 各电阻两端承受相同的电压, 这种电路叫做电阻的并联电路 (见图 1-3)。

并联电路的主要特点是: 每个电阻上承受的电压相等。在并联电路中有以下关系成立:

1) 电路的总电流等于各支路电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

$$\frac{U}{R} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

2) 电路的总电阻 (等效电阻) 的倒数等于各并联支路电阻的倒数之和, 即

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

3) 并联电阻对总电流有分流作用

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1-3)$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1-4)$$

式 (1-3)、(1-4) 说明, 在两电阻并联时每一条支路上分得的电流决定于另一条支路的电阻和总电阻 R 的比值。比值 $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ 、 $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 叫做并联电路的分流比。

(4) 电阻的混联电路

如果在一个电路中, 既有互相串联的电阻, 又有互相并联的电阻, 这个电路就叫做电阻的混联电路。

计算或分析混联电路的一般步骤如下:

1) 首先合并单纯的串联与并联电阻, 算出电路的总电阻 (等效电阻);

2) 据总电阻和总电压算出电路中的总电流;

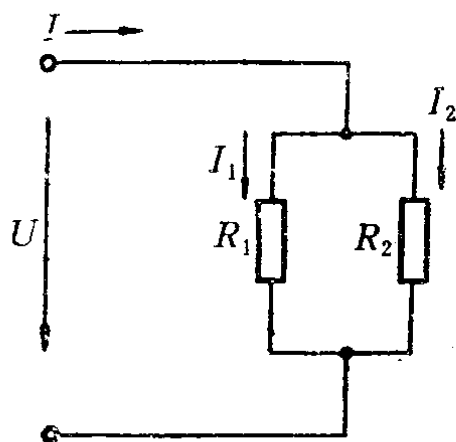
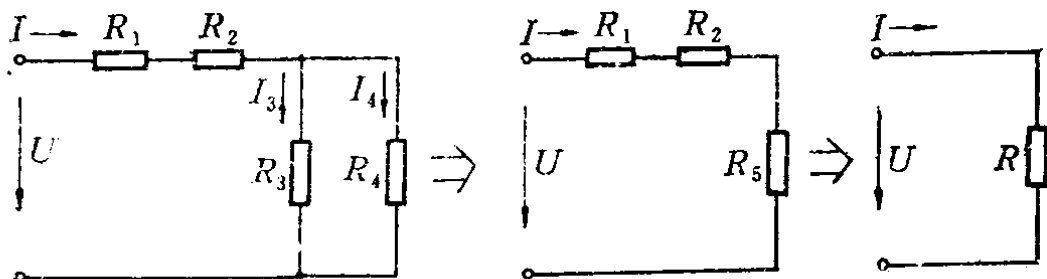


图 1-3 电阻的并联电路

3) 据串联电路中的分压关系和并联电路中的分流关系, 逐步推算各部分的电压和电流。

图1-4(a)是四个电阻组成的混联电路。



(a) 四个电阻的混联电路 (b) 三个电阻的串联电路 (c) 整个电路的总电阻 (等效电阻) R

图 1-4 电阻的混联电路的简化

已知电路的总电压 U 及电路中各电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 之值, 求电路的总电流 I 及流过 R_3 支路的电流 I_3 。

解:

先将并联电阻 R_3 、 R_4 合并, 得

$$R_5 = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

图1-4(a)就简化为图1-4(b), 再把 R_1 、 R_2 、 R_5 三个串联电阻加以合并, 得电路的总电阻 (等效电阻) R , 其值

$$R = R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

利用图1-4(c), 求出总电流

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

由并联电路的分流关系求出

$$I_3 = I \frac{R_4}{R_3 + R_4} = I \frac{R_4}{R_5}$$

(5) 全电路欧姆定律

在只有一个电源的无分支闭合电路中，电流 I 与电源的电动势 E 成正比，与外电路电阻和内电路电阻之和 $(R + r)$ 成反比，这叫做全电路欧姆定律。可用下式表示：

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-5)$$

图1-5为一台直流发电机作为电源的电路，其电势为 E ，内电阻为 r ，外电路负载电阻为 R ，电动势 E 的正方向和电流 I 的正方向一致。

式 (1-5) 可写成

$$E = IR + Ir$$

上式中 IR 系外电路的端电压 U ， Ir 系发电机内电阻的压降。所以，又可得

$$E = U + Ir$$

或

$$U = E - Ir$$

通常认为电源的电动势和内电阻是常数，且外电阻 R 比内电阻 r 大得多，外电路的端电压很接近电源的电动势。

现在来看在外电路开路 ($R = \infty$) 和短路 ($R = 0$)，这两种情况下的电路状态。

1) 开路 当外电路开路 ($R = \infty$) 时，电流不通 ($I = 0$)。此时，式 $U = E - Ir$ 变为 $U = E$ 。即开路时，电路的端电压在数值上等于电源的电动势。

2) 短路 当外电路短路 ($R = 0$) 时，电流达到最大

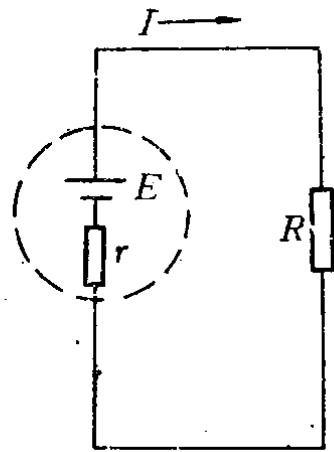


图 1-5 电源有内电阻的全电路

值 $I = \frac{E}{r}$ ，此短路电流可达直流发电机额定电流的10~20倍，能造成严重事故，所以电路中必须装设短路保护装置。

3. 电能与电功率

如电阻 R 的外加端电压为 U ，通过电阻的电流为 I （如图1-1），则在 t 时间间隔内由 A 点移到 B 点的电荷 q ($q = It$) 在电场力的作用下所作的功 W 为

$$W = qU = UIt \quad \text{焦耳 (J)}$$

运用欧姆定律可得不同的表达式如下：

$$\begin{aligned} W &= UIt = \frac{U^2}{R} t \\ &= I^2 R t \quad \text{焦耳} \end{aligned}$$

这个功就是在电阻中所消耗的电能，并转变为热能。这种现象称为电流的热效应。

单位时间内，电场力在电路 AB 段内所作的功称为它的电功率，以 P 表示，单位为瓦 (W)。

$$\begin{aligned} P &= \frac{W}{t} = UI \\ &= \frac{U^2}{R} = I^2 R \quad \text{瓦} \end{aligned}$$

(二) 单项正弦交流电路

电动势、电压和电流的大小和方向随时间作周期性变化的电路称为交流电路。电动势、电压和电流的大小和方向随时间作正弦规律变化的电路称为正弦交流电路。它是交流电路的基本形式。

1. 正弦交流电流

大小和方向随时间按正弦规律变化的电流称为正弦交流