

工人技术等级标准自学丛书

内外线电工必读

天津市机械工业管理局主编

天津科学技术出版社

工人技术等级标准自学丛书

内外线电工必读

(修 订 版)

天津市机械工业管理局主编

天津科学技术出版社

责任编辑：宗洁
徐彤

工人技术等级标准自学丛书

内外线电工必读

(修订版)

天津市机械工业管理局主编

*

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道130号

天津新华印刷三厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本787×1092毫米 1/32 印张24.125 字数514 000

1982年2月第1版

1990年6月第2版

1990年6月第4次印刷

印数：308 501-318 550

ISBN 7-5308-0717-X/TH·22

定价：9.35元

内 容 简 介

本书是1981年出版的工人技术等级标准自学丛书《内外线电工必读》的修订版，是依据机械工业部1985年颁布的《工人技术等级标准》编写的，书中较全面地阐述了初、中级内外线电工的应知、应会内容，并列举了典型的工作实例。

本书由刘永年、叶庆文编写，曲玉龙、石可清审阅。

前 言

1981年,天津市第一机械工业局受第一机械工业部委托,根据1978年部颁《工人技术等级标准(通用部分)》主编了《工人技术等级标准自学丛书》(每个工种单独成册,共三十五册)。该丛书出版后,深受广大读者欢迎,赢得普遍赞誉。

1985年机械工业部对原部颁《工人技术等级标准(通用部分)》进行了修订并重新颁布(下称《新标准》)。《新标准》在工人技术等级、工种划分及应知、应会的内容上都作了较大的改动,原丛书已不适应《新标准》的要求了。鉴于以上情况,天津市机械工业管理局(原天津市第一机械工业局)对该丛书按《新标准》要求,重新组织编写,包括《新标准》中的全部工种,每个工种一本,共计四十一本。其中三十二本由机械工业出版社出版,九本由天津科学技术出版社出版。

新编写的丛书是按《新标准》应知、应会、操作实例的要求,采用逐条解答的体例编写的。除检查工种只有中级一个等级外,其他工种均包括初、中两个等级。全套书采用了各项国家新标准和法定计量单位。该丛书可供机械工人自学之用,也可作为企业对技术工人进行培训和考核的参考用书。

由于此套《丛书》涉及的知识面广,我们又缺乏经验,有错误与不足之处,恳切希望各界读者批评指正。

天津市机械工业管理局

1987年12月

编委会名单

主任委员：王志平

副主任委员：董无岸、陈遐龄、王玉杰、赵国田、杨国林、
范广才(常务)

委员：杨溥泉、陈郁、温玉芬、戴振英、曹桂秋、
郝淑贤、解延年、孟昭义

目 录

初 级 工

应知.....	(1)
1 交流电路的基本知识及欧姆定律, 简单的串、并联 电路的计算	(1)
2 电动机星形、三角形接线方法	(35)
3 变压器的工作原理	(36)
4 识图的基本知识	(53)
5 半导体二极管、三极管极性识别方法及整流电路的 基本知识	(70)
6 内外线专用工具的名称及使用维护方法	(87)
7 常用绝缘材料(绝缘胶布、瓷夹板、瓷管等)和保 险丝的名称、规格、使用和安装方法	(98)
8 电力电缆的构造及一般敷设的基本知识	(105)
9 导线及保险丝种类、规格及如何根据用电设备的性 质、容量选择导线和保险丝截面	(120)
10 本变、配电所常用电气设备和电气装置的名称、型 号、规格、用途、基本构造和性能	(135)
11 本变、配电所各种电气装置的一次接线图和各种高 压电气设备在正常情况下的操作方法和运行操作规 定	(172)
12 本变、配电所各种正常运行监测仪表与常用继电器 的名称、型号、规格、用途	(182)

13	一般常用电工测量仪器、仪表(钳式电流表、兆欧表、万用表等)的名称、型号、规格、用途及使用的接线方法	(214)
14	一般常用安全工具和防护用品(高压测电笔、绝缘拉杆、放电装置、绝缘手套等)的名称、构造、用途及操作使用方法	(223)
15	10kV以下高低压的线间和对地标准距离	(231)
16	10kV以下架空线路敷设的基本知识	(235)
17	钳工、电焊工的基本知识	(260)
18	安全技术规程	(269)
应会		(272)
1	看懂本变、配电系统一次接线系统图,高、低压配电装置平面布置图并按图检查电气设备的安装位置	(272)
2	按操作规程正确进行各种停、送电工作	(275)
3	检查本变、配电所各种电气设备和室内外主要电气线路的外部缺陷和异常现象	(287)
4	根据监测计量、仪表和信号装置、继电器动作的指示,判断故障的原因	(299)
5	触电急救和人工呼吸法	(299)
6	攀登电杆装设10kV以下铁横担及接线	(304)
7	安装修理一般照明、动力线路	(319)
8	使用一般电工测量仪表(钳式电流表、万用表、兆欧表等)检查电气设备的故障	(339)
工作实例		(340)
1	判断并处理本变、配电所配电线路的停电故障	(340)
2	停电更换电容器组的熔断保险管的全部操作	(341)
3	安装具有30盏灯,容量为3kW的室内照明工程	(344)

中 级 工

应知.....	(350)
1 本厂常用变、配电设备(隔离开关、负荷开关、油开关、变压器等)的结构、原理和修理项目及质量标准.....	(350)
2 本厂主要高压电气设备(油开关、变压器、电容器、避雷器、电缆等)的试验方法	(367)
3 本变、配电系统主要配电线路的负荷性质及运行情况	(389)
4 本变、配电系统各种高压电气设备和配电装置的定期预防性试验及试验周期、项目标准	(396)
5 交、直流耐压试验仪器、仪表的使用和维护方法	(426)
6 变压器油的一般技术要求(如耐压、酸价、粘度、水分杂质等)	(441)
7 常用安全工具和防护用品的定期预防性试验	(444)
8 本变、配电系统的主要电气设备(油开关、变压器、电容器、电力电缆等)常见故障的种类(过载、冒火花、接地、闪络、异常声音等)及原因.....	(453)
9 调整负荷及调整功率因数的意义和方法	(453)
10 变压器的允许事故过负荷和正常过负荷的数值	(468)
11 变压器相、线电流及相、线电压的概念及计算方法	(483)
12 变压器接线组别的意义及并联运行的条件	(486)
13 本变、配电所各种继电保护装置的动作原理和作用及校验周期、项目标准	(491)
14 10kV、1000kV A以下变电所全部电气设备的安装	

方法	(50)
15 10kV以下电缆终端盒、中间盒的制作工艺规程和电 缆线路敷设规程	(552)
16 常用交直流电机的一般工作原理	(555)
17 可控硅的基本原理及其简单的控制线路	(564)
应会	(600)
1 绘制本变、配电系统一次接线图, 看懂本变、配 电系统二次接线控制原理图	(600)
2 判断、处理本变、配电系统的停电事故	(604)
3 看懂高压开关柜的安装接线图和原理图, 并按图接 线安装	(608)
4 根据有功、无功电度表计算平均功率因数	(617)
5 熟练掌握本变、配电系统的停、送电操作	(620)
6 10kV以下油开关的拆装、换油和调整行程	(620)
7 安装 10kV 以下的架空线路(立杆、作拉线、进行 70mm ² 导线弛度的调整等)	(636)
8 制作10kV以下的室内、外电缆中间盒、终端盒	(655)
9 按图装接各种接地工程, 并测量接地电阻	(696)
10 看懂各种交、直流电动机的起动控制线路图	(709)
11 按图装接30吨桥式行车的电气线路	(724)
12 简单的可控硅整流电路的安装和调整	(740)
工作实例	(746)
1 判断并处理本变、配电系统的停电事故	(746)
2 本变、配电系统送电前的准备工作	(746)
3 车间变电所全部电气设备的安装工程	(747)

初 级 工

应 知

1 交流电路的基本知识及欧姆定律，简单的串、并联电路的计算

一、几个基本的物理概念

1. 导体、绝缘体和半导体

(1) 导体 具有大量能够自由移动的带电粒子（自由电子或正、负离子），因而能很好地传导电流的物体，叫导体。如各种金属，碳及电解液等。

(2) 绝缘体 没有或只有极少量能自由移动的带电粒子，因而电流不能或很难通过的物体。如空气、木材、棉、毛、玻璃、电木、橡胶、石蜡、塑料等。

(3) 半导体 导电性能介于导体和绝缘体之间的物体，一般为固体，呈晶体结构。例如锗、硅以及金属的氧化物、硫化物等。

2. 电荷及其运动规律

(1) 电荷 它是电的量度，习惯上也把带电体本身简称电荷，电子是其最小单元。任何物体都具有大量的极微小的带正电和带负电的质点。在正常条件下，这些带正电和带负电的质点数量上是相等的。由于某种原因，使负电荷多于（或少于）正电荷，因而这个物体便带负电（或带正电）。

电荷以字母“ q ”表示，单位为C（库伦）。一个电子的电荷是 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。

(2) 电荷的运动规律 在带电体周围空间具有电力作用, 此空间叫电场。在带电体 Q 附近, 放进另一个带电体 q , 那么 q 就会受到电场的作用力。如果它们带的电荷性质相同, 就将相互排斥; 如果性质不同则将相互吸引。当带电体在电场力的作用下移动时, 电场便对它做了功。

电荷在电场内的某一点上受到的电场力 F , 不仅与电荷所带的电量 Q 成正比, 而且还与该点的电场强度 E 成正比。即

$$\vec{F} = \vec{E}Q$$

因电场力 F 和电场强度 E 均具有方向性, 故用矢量表示。关于矢量知识, 可参阅有关书籍。

3. 电位及电位差

在电场力的作用下, 单位正电荷从某点移动到参考点 (通常将参考点的电位定为零电位) 时, 电场所做的功, 叫做该点的电位。

电路中任意两点 a 、 b 间的电位差值叫做 a 、 b 间的电位差, 也叫 a 、 b 间的电压。这两点的电位分别用 U_a 和 U_b 表示; 两点间的电位差即电压, 用 U_{ab} 表示。电位和电位差 (电压) 的单位均为伏特, 用 V 表示。

4. 电源和电动势

将其他形式的能量转变为电能的装置, 称为电源。如发电机将机械能转变为电能; 干电池和蓄电池将化学能转变为电能, 等等。在电子和电工设备中, 有时也称变换电能形式的装置为电源, 如整流器 (将交流电变换为直流电)、稳压器等。

电源内部分离电荷以维持电位差的能力叫做电动势，用符号 E 表示。电动势 E 大小等于单位电荷在电源内部非静电力的作用下通过电源时所获得的能量，单位为伏特。电源的电动势在数值上等于外电路断开时电源两极间的电位差。

必须注意，电动势和电压两者的概念不同，不可混淆。电动势是指电源内部的一种非静电作用力(如机械能作用力，化学能作用力)，其方向是从负极到正极的方向，即电位升高的方向。而电压是指电路中任意两点间的电位高低之差，它的方向是电位降低的方向。

5. 电路和电流

电荷由高电位向低电位流动所经过的路径叫电路。电路是由电源、负载、导线和开关四个部分组成的。

电荷在电路中流动形成电流。习惯上把正电荷的运动方向定为电流方向。单位时间内通过导体横截面的电量叫做电流强度，简称为电流，用符号 I 表示，单位为安培，以A表示。

$$I = \frac{q}{t}$$

式中 q ——电量，单位为C；

t ——时间，单位为s。

1秒钟内流过导体横截面的电量是1库仑，则导体内的电流为1安培(A)。根据不同的需要，电流的单位还有kA、mA、 μ A。

$$1\text{kA} = 1000\text{A} = 10^3\text{A}$$

$$1\text{mA} = \frac{1}{1000}\text{A} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = \frac{1}{1000000}\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

电流方向不随时间变化的叫做直流电；电流的大小和方向随时间变化的叫交流电。

在选用导线截面时，常用到电流密度这个名词，所谓电流密度就是当电流在导体的横截面上均匀分布时，该电流 I 与导体横截面积 S 之比值，用字母“ J ”表示，即

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

电流密度 J 的单位为 A/mm^2 。

6. 电阻

电子在导体内做定向移动时，会受到导体中原子的阻力，这种阻碍电流通过的阻力叫做导体的电阻，用字母“ R ”或“ r ”表示，其单位为欧姆(Ω)，较小的电阻用 $\text{m}\Omega$ 、 $\mu\Omega$ 为单位；较大的电阻用 $\text{k}\Omega$ 、 $\text{M}\Omega$ 为单位。

$$1\mu\Omega = 10^{-6}\Omega$$

$$1\text{m}\Omega = 10^{-3}\Omega$$

$$1\text{k}\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega$$

$$1\text{M}\Omega = 1000000\Omega = 10^6\Omega$$

导体电阻的大小与该导体的长度 l 成正比，与导体的截面积 S 成反比，并与导体材料的性质有关。可用下式表示：

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

式中 R ——电阻，单位为 Ω ；

l ——导体的长度，单位为 m ；

S ——导体的截面积，单位为 mm^2 ；

ρ ——导体的电阻率，单位为 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

电阻率 ρ 也叫“电阻系数”。它表示长1m、截面积1mm²的导体所具有的电阻。金属导体的电阻率与温度有关。一般金属导体的电阻率随温度的升高而增大，随温度的降低而减小。

通常把温度每升高1℃，电阻的变化数值与原来电阻值的比值叫做电阻的温度系数，可用下式表示：

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

式中 α ——电阻温度系数，单位为1/℃；

t_1 ——初始温度，单位为℃；

R_1 ——初始电阻，单位为 Ω ；

t_2 ——升高后的温度，单位为℃；

R_2 ——温度升高后的电阻，单位为 Ω 。

表1·1-1 是几种常用的金属导体在20℃时的电阻率以及它们的平均电阻温度系数。

表1·1-1 几种导电材料的电阻率和平均电阻温度系数

材 料	电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	平均电阻温度系数 (1/℃)
银	0.016	0.004
铜	0.0175	0.004
铝	0.029	0.004
钨	0.056	0.0046
钢	0.13~0.25	0.006
铁	0.13~0.3	0.006

二、欧姆定律及简单的串、并联电路

1. 欧姆定律

(1) 定义 按图1·1-1 接线做实验。若保持电阻箱的电阻 R 值不变, 调节可变电阻以改变 A 、 B 两点间的电压, 便可发现电路中流过的电流 I 与电压 U 成正比, 即

$$I \propto U$$

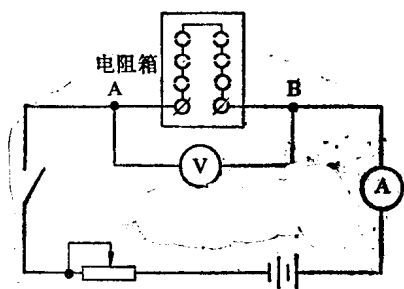


图1·1-1 简单直流电路

大小与电阻两端电压的高低成正比, 与电阻阻值的大小成反比。欧姆定律可用下式表示:

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

(2) 欧姆定律的三种表达方式 对于直流电路中的电流、电压、电阻三个物理量, 只要已知其中任意两个, 便可求出第三个。因此欧姆定律有三种表达方式, 即:

① 已知电压、电阻, 求电流: $I = \frac{U}{R}$;

② 已知电流、电阻, 求电压: $U = IR$

若保持 A 、 B 两点间的电压不变, 改变电阻箱的电阻 R 值, 则电流 I 与电阻 R 成反比,

即 $I \propto \frac{1}{R}$

由此可以得出欧姆定律: 在直流电阻电路中, 流过电阻中电流的

③已知电压、电流，求电阻：

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

为了帮助记忆，将上述三个物理量的关系用图1·1-2表示。图中横线表示除号。

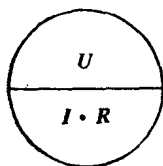


图1·1-2 欧姆定律图示

在使用图1·1-2 进行计算时，用手指遮住要求的物理量符号，剩下的就是运算公式。

应用举例：

【例1】一根导线的电阻为 $0.2\ \Omega$ ，流过 50A 电流，求这根导线上的电压降是多少？

解： $U = IR = 0.2 \times 50 = 10\text{V}$

【例2】一只电压表的满量程为 300V ，表头的最大通过电流为 1mA ，求此电压表的内电阻是多少？

解： $R = \frac{U}{I} = \frac{300}{0.001} = 300000(\Omega) = 300\text{k}\Omega$

2. 串联电路

把几个用电器的首尾依次联接起来的联接方式叫串联电路，如图1·1-3 所示。

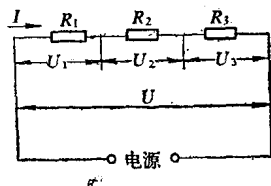


图1·1-3 电阻串联

电阻串联电路的特点：

(1) 各电阻中的电流相等。

(2) 各电阻两端的电压与各自的电阻成正比，即

$$U_1 = IR_1$$

$$U_2 = IR_2$$