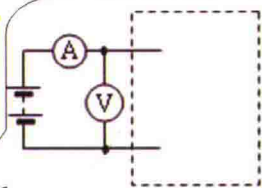


第二版

小张学电工

魏新生 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

第二版

小张学电工

常州大学图书馆
藏书章

魏新生 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍了电工工作中应必备的电工知识和应具有的电工技能。全书共分九章，主要内容包括电工基础知识、电力变压器、高压电气设备、电力线路、电动机、电工常用仪表和工具、过电压及其防护、安全知识、电力系统基本知识。

本书内容丰富，讲解深入浅出、浅显明了既可作为新参加工作电工的入门学习教材，也可作为进网作业培训的参考用书，对于中级工的技能培训也是不错的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

小张学电工/魏新生编著. —2 版. —北京: 中国电力出版社, 2015.10

ISBN 978-7-5123-8105-6

I. ①小… II. ①魏… III. ①电工技术 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 173827 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 7 月第一版

2015 年 10 月第二版 2015 年 10 月北京第三次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 11.25 印张 285 千字

印数 5001—8000 册 定价 28.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，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

小张学电工（第二版）

电工是一个理论基础要求比较深、技术含量比较高的工作岗位，这方面的书籍、资料比较多，但是一些从事电工工作的年轻人学习起来却觉得很费劲，他们希望有一本结合现场实际、实用、易懂的专业书。为此编者依据自己的现场经验以及近三十年从事入网作业电工培训工作的实际体会，编写了本书。

本书共分九章。首先对电工的基本知识做了概要的介绍，接着对变电站的电气设备做了比较详尽的讲解。同时还比较系统地介绍了从事电工工作必备的知识和技能，特别是其中很多内容都是在入网作业电工培训过程中由一线电工提出来的，是他们比较关心的知识点。例如，本书对于一些基本知识都只是进行了简单的介绍，而对于电工比较关心的设备、导线及熔断器的选择，异常现象的分析及故障判断，都以深入浅出的方式进行了浅显明了的介绍。最后，还着重介绍了电工工作安全方面的内容。

本书出版以来深受电工师傅们的欢迎，同时也提出一些修改意见，在修订过程中，删除了过时并已淘汰设备的内容，同时对一些常用电气设备进行了进一步细化的解释，希望能满足广大电工们的需要。

编者虽然从事入网作业电工培训工作多年，但因能力及知识的局限性，不足和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正，本人不胜感激。

编者

2015年8月



目录

小张学电工 (第二版)

前言

第一章 电工基础知识

1

第一节 直流电路

1

电路

1

电工基本物理量

2

第二节 交流电路

7

交流电基本物理量

7

纯电阻电路

8

纯电感电路和纯电容电路

9

电阻、电感、电容串联电路 (R 、 L 、 C)

12

三相交流电路

14

三相交流电电源的连接

15

三相交流电负载的连接

16

三相交流电路的功率

17

第三节 电磁感应基本知识

18

电流的磁效应

18

电磁感应

19

第四节 半导体基本知识

20

半导体基本特性

20

二极管

21

整流电路

23

晶体三极管

26

1

第二章 电力变压器

29

第一节 变压器的作用及工作原理 29

变压器作用 29

变压器的工作原理 30

第二节 变压器结构及各部件作用 31

变压器结构 32

变压器铭牌 38

变压器的额定参数 39

联结组标号 40

变压器型号 42

第三节 变压器运行 43

变压器正常运行允许的几个参数 43

变压器的并列运行 45

变压器运行中的巡视 48

变压器异常现象及处理 49

第四节 其他类型变压器 52

干式变压器 52

非晶合金铁芯变压器 53

低损耗油浸变压器 54

卷铁芯变压器 54

第五节 互感器 55

电压互感器 55

电流互感器 57

互感器运行巡视检查项目及要求 59

第三章 高压电气设备

62

第一节 高压断路器 62

电弧	62
高压断路器的作用	63
高压断路器的分类	63
高压断路器的结构	64
高压断路器主要参数	64
高压断路器的型号	65
真空断路器	66
SF ₆ 断路器	68
断路器操动机构	69
断路器运行维护	72
第二节 隔离开关	75
隔离开关作用、分类和型号	75
隔离开关的主要作用	75
隔离开关分类	76
隔离开关及操动机构的型号及含义	77
隔离开关的巡视检查项目	77
第三节 高压负荷开关	79
高压负荷开关的作用和分类	79
负荷开关的分类	80
第四节 高压熔断器	81
高压熔断器用途和分类	81
高压熔断器的型号及含义	82
从熔丝熔断部位看故障原因	83
熔断器的选择	87
多级熔断器之间的选择性配合	92
第五节 电容器与电抗器	93
高压电容器	93
电抗器	106

第四章 电力线路

110

第一节 电力线路概述	110
第二节 架空电力线路	111
架空电力线路构成	111
架空线路的路径选择	122
架空电力线路运行与维护	124
第三节 电缆电力线路	130
电缆线路的特点	130
电力电缆的结构及分类	131
电力电缆的试验周期	137
第四节 室内线路及电气照明	138
室内线路	138
电气照明	143
常用照明灯具	150
灯具附件	152
第五节 设备导线的选择	157
按发热条件选择	160
按电压损耗条件选择	163
按经济电流密度选择	165
按机械强度选择	166

第五章 电动机

171

第一节 直流电动机	171
直流电动机的型号与铭牌	171
直流电动机的基本结构	174
直流电动机的启动、调速和制动	177
直流电动机的维护	180

第二节 异步电动机分类和基本结构	182
------------------------	-----

异步电动机的类型	183
----------------	-----

异步电动机的基本结构	183
------------------	-----

第三节 异步电动机的启动	186
--------------------	-----

直接启动	186
------------	-----

降压启动	187
------------	-----

启动注意事项	189
--------------	-----

第四节 异步电动机的故障分析与处理	191
-------------------------	-----

电动机巡视	191
-------------	-----

电动机的故障及处理	192
-----------------	-----

第五节 异步电动机的控制回路	195
----------------------	-----

第六章 电工常用仪表和工具

第一节 电工常用仪表	210
------------------	-----

万用表	210
-----------	-----

钳形电流表	214
-------------	-----

绝缘电阻表	219
-------------	-----

接地电阻测试仪	230
---------------	-----

第二节 电工常用工具	236
------------------	-----

钢丝钳	237
-----------	-----

尖嘴钳	237
-----------	-----

斜口钳	238
-----------	-----

剥线钳	238
-----------	-----

电工刀	239
-----------	-----

螺钉旋具	239
------------	-----

扳手	240
----------	-----

手电钻	241
-----------	-----

压接钳	241
喷灯	243

第七章 过电压及其防护 244

第一节 过电压分类	244
-----------------	-----

外部过电压	244
-------------	-----

内部过电压	246
-------------	-----

第二节 过电压的防护	246
------------------	-----

直击雷过电压的防护	247
-----------------	-----

感应雷过电压的防护	251
-----------------	-----

第八章 安全知识 254

第一节 电气安全管理	254
------------------	-----

从事高压电气工作人员应具备的条件	255
------------------------	-----

在高压设备上工作应遵守的规定	255
----------------------	-----

保证人身安全的组织措施	256
-------------------	-----

保证人身安全的技术措施	257
-------------------	-----

第二节 电气安全常识	259
------------------	-----

触电伤害的因素	259
---------------	-----

人体触电的方式	260
---------------	-----

人体触电的防护	263
---------------	-----

安全电压及人体电阻	263
-----------------	-----

接地与接地保护	264
---------------	-----

电气装置的接地和接地电阻	266
--------------------	-----

剩余电流动作保护器	267
-----------------	-----

第三节 电气安全用具	271
------------------	-----

基本电气安全用具	272
辅助电气安全用具	276
一般防护安全用具	277
第四节 电气设备防火	280
第九章 电力系统基本知识	284
第一节 电力系统及电力网基本知识	284
第二节 供电质量及供电可靠性	287
电能质量	288
供电可靠性	291
第三节 电力系统中性点及低压配电系统的 接地方式	293
电力系统的中性点运行方式	293
低压配电系统的接地型式	296
附录 A 常用电气图形符号	302
附录 B 设备安装方式标注	336
附录 C 设备安装标注文字符号	339
附录 D 常用导线的允许载流量	340

电工基础知识

小张和小孙及其他 3 名新工人被分配到工厂的变电站做了一名电工,梦寐以求的电工工作使得小张异常兴奋,分配工作后的第一天……

小张一大早上班,来到办公室。班长对小张说:“你们几个新参加工作的同志按规定要接受上岗前的培训,从今天开始就由魏工程师(简称魏工)给你们上课。”

第一节 直 流 电 路



电路

魏工在黑板上画了一幅电路图,说:“这就是电路(见图 1-1),电路就是电流通过的路径。”

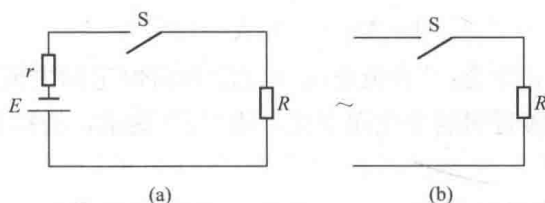


图 1-1 电路图

(a) 直流电路; (b) 交流电路

魏工一边用手指着电路的元件,一边说:“电路是由电源、



小张学电工(第二版)

负载、导线、开关组成的。它分为内电路和外电路两部分，内电路即电源内部的一段电路，外电路为负载、导线、开关。电源是将其他形式的能量转换成电能的设备。”



电工基本物理量

1. 电流

魏工继续说道：“导体中的自由电子在电场力的作用下做有规则的定向运动就形成电流。”

小张疑惑地问：“魏工，那怎么样才能让自由电子运动呢？”

“一是电路要有电位差，二是电路一定要闭合，这样才能形成电流。电流的大小用电流强度来表示，其数值等于单位时间内通过导体截面的电荷量。”魏工一边说，一边在黑板上写下了公式

$$I = Q/t \quad (1-1)$$

魏工指着公式说：“式中， Q 为电荷量， C ； t 为时间， s ； I 为电流强度， A 。电流强度的单位是‘安’，用字母‘ A ’表示。常用单位还有千安（ kA ）、毫安（ mA ）、微安（ μA ）。”

小张看到这里又问道：“魏工，电流常用单位之间是什么关系呀？”

“它们之间是千倍的关系。”说完，魏工就在黑板上写出了：

$$1kA = 1000A = 10^3 A$$

$$1A = 1000mA = 10^3 mA$$

$$1mA = 1000\mu A = 10^3 \mu A$$

魏工又介绍说：“直流电流（电流方向恒定的电流）的方向及量值大小不随时间的变化而变化，用‘ I ’表示，简称直流电。”

2. 电压

“物体带电后具有一定的电位，电路中任意两点之间的电位差，称为该两点之间的电压。电压的方向是从高电位指向低电位，电位的大小随参考点的不同而改变。”

小张听到这里，有些迷惑不解地问：“魏工，电位随参考点

不同而改变，我有点明白了。”

魏工指着电路图说：“你看，这个图（见图 1-2），假设 a 点为基准点也就是 0V 时，b 点的电位比基准点 a 点低 5V，也就是一 5V；而 b 点作为基准点为 0V 时，a 点电位同样比 b 点高 5V，也就是 +5V。它们之间的电位差始终是 5V，也就是说电压 U_{ab} 是 5V。”

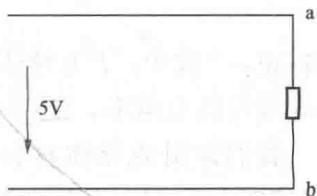


图 1-2 电位示意图

小张似乎明白地点点头。

魏工又接着说：“电压用 ‘U’ 表示，其单位是 ‘伏特 (V)’。常用单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV)，它们之间也是千倍的关系： $1\text{kV}=1000\text{V}=10^3\text{V}$ ， $1\text{V}=1000\text{mV}=10^3\text{mV}$ ， $1\text{mV}=1000\mu\text{V}=10^3\mu\text{V}$ 。”

3. 电动势

“电动势的定义：一个电源能够使电流持续不断沿电路流动，就是因为它能使电路两端维持一定的电位差。这种电路两端产生和维持电位差的能力就叫电源电动势。”魏工这次边说边在黑板上写下了电动势的定义。

魏工接着说：“电动势用 ‘E’ 表示，其单位也是 ‘伏 (V)’。”

魏工在黑板上写出了计算公式

$$E = A/Q \quad (1-2)$$

接着说：“该公式表明电源将其他形式的能转化成电能的能力。其中 A 为外力将正电荷从负极经过电源内部移动到电源正极所做的功，Q 为电荷量，E 为电动势。电源内电动势的方向是由电源的负极经过电源内部指向电源的正极，与电压的方向相反。”

4. 电阻

魏工指着电路图中电阻符号说：“这个就是电阻。自由电子在物体中移动受到其他电子的阻碍，这种导体对电流所表现的阻



碍能力就叫电阻。”魏工继续说，“电阻的单位是‘欧（Ω）’。”边说边在黑板上写出电阻的计算式

$$R = \rho l / S \quad (1-3)$$

解释说：“式中： l 为导体长度，m； S 为导线截面积， mm^2 ； ρ 为导线材料电阻率， $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。”

我们常用的导体材料主要有铜、铝，铜的电阻率为 $\rho_{\text{Cu}} = 0.017 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ，铝的电阻率为 $\rho_{\text{Al}} = 0.028 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。这是换算到 20°C 时的导线电阻率。”

5. 电阻的连接

魏工首先讲到：“电阻的连接主要有三种形式：电阻的串联、电阻的并联和电阻的混联。”

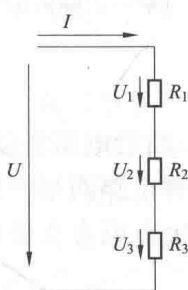


图 1-3 电阻的串联

说着，魏工画了一个电阻串联的电路图说：“这是电阻串联（见图 1-3），即将电阻首尾依次相连，使电流只有一条通路的连接方法。

电阻串联的特点为：

(1) 各电阻电流与总电流相等，即

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

(2) 总电压等于各电阻上电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

(3) 总电阻等于负载电阻之和，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \quad (1-4)$$

将电路中若干个电阻并列连接起来的接法，称为电阻并联，如图 1-4 所示。

电阻并联的特点：

(1) 各电阻两端的电压均相等，即

$$U_1 = U_2 = U_3$$

(2) 电路的总电流等于电路中各支路电流之总和，即

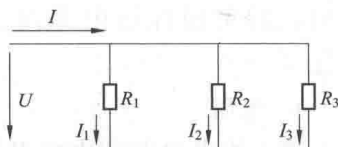


图 1-4 电阻的并联

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

(3) 电路总电阻 R 的倒数等于各支路电阻倒数之和, 即

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \quad (1-5)$$

并联负载越多, 总电阻越小, 电源供应电流越大。

(4) 通过各支路的电流与各自电阻成反比, 即 $I_1/I_2 = R_2/R_1$ 。

刚才我们讲的是电阻的串联和电阻的并联, 下面我们再看看混联电路。那么什么是电路的混联呢? 魏工自问自答地说, “电路中既有元件的串联又有元件的并联称为混联电路, 如图 1-5 所示。

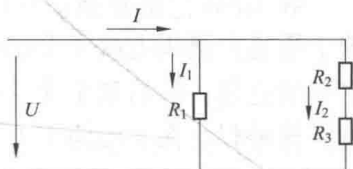


图 1-5 电阻的混联

混联电路计算时, 可分为几步: ①先找出各元件最简单的串联或并联关系, 求出各元件串联和并联的电阻值; 然后再计算电路的总电阻值; ②由电路总电阻值和电路的端电压, 根据欧姆定律计算出电路的总电流; ③根据元件串联的分压关系和元件并联的分流关系, 逐步推算出各部分的电流和电压。

例如像图 1-5 所示电路, 我们很容易看出右边的 I_2 支路电阻 R_2 和 R_3 是串联, 再和左边的 I_1 支路电阻 R_1 并联。求电路总电阻步骤如下: 第一步先求出右边的 I_2 支路电阻 R_2' , 即 $R_2' = R_2 + R_3 = R_{23}$; 第二步再求出总电阻 R , 即 $1/R = 1/R_1 + 1/R_{23}$ 。”

6. 电路欧姆定律

魏工说: “下面讲一下欧姆定律。欧姆定律是表示线性电路中电压、电流、电阻三者关系的基本定律。

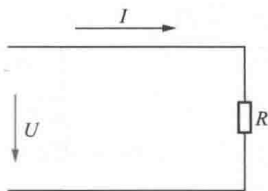


图 1-6 部分电路欧姆定律

部分电路欧姆定律: 如图 1-6 所示, 当电路中的电阻一定时, 流过电阻的电流与电阻两端所加的电压成正比; 当电阻两端电压一定时, 流过电阻的电流与电阻成反比, 称为部分电路欧姆定律。”



魏工在黑板上又写出了欧姆定律的计算公式

$$U = IR \quad (1-6)$$

即 $I = U/R \quad R = U/I$

小张看了说：“魏工呀，这一个定律怎么三个公式呀，还很容易记混。”

魏工说：“不要紧，我再教你们一个简易记忆公式”。说着，魏工用笔在黑板上画了个圆圈，并且边画边说：“我们先画一条水平的直径，然后划个半径把下半圆分为两份，在上半圆里添上电压符号 U ，在下面两个 $1/4$ 半圆里分别添上电流和电阻符号 I 、 R （见图 1-7）。”魏工说到这里，一边用手比划，一边接着说，“小张，你看刚才讲的欧姆定律公式，你想求哪个量，就把哪个量用手遮挡住，”说着就用手把上半圆中 U 遮挡了，“你再看下半圆，两个量 I 和 R 并列，就是相乘了。”

小张自己在下面跟着也画个图，把 I 遮挡住了，果然就是公式 $I = U/R$ ，小张高兴地说：“魏工，这个图特好，三个公式一下就都记住了”。

魏工看小张会了，又画出一电路图（见图 1-8），指着图接着说：“在闭合电路中（包括电源），电路中的电流与电源的电动势成正比，与电路中负载电阻及电源内阻之和成反比，称全电路欧姆定律。图 1-8 所示电路的计算公式为

$$I = E/(R + r_0) \quad (1-7)$$

式中： R 为外电阻； r_0 为内电阻； E 为电动势。”

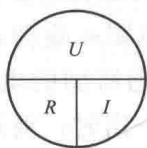


图 1-7 欧姆定律示意图

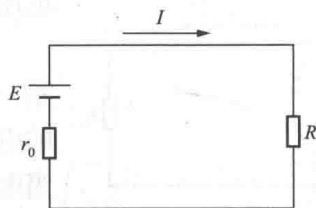


图 1-8 全电路欧姆定律