

小张学电工

魏新生 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

小张学电工

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。全书共分十章, 主要内容包括: 电工基础知识, 电子技术基础知识, 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。本书既可以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. —北京: 中国电力出版社, 2013. 4

ISBN 978-7-5123-4278-1

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 (2013) 第 066053 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>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 7 月第一版 2013 年 7 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 12.25 印张 309 千字

印数 0001—3000 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

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。

本书共分十章。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。

辽宁科技大学应用技术学院电气系主任金晓晨副教授、鞍山供电公司教授级高级工程师何佑生同志对本书进行了审阅，并提出宝贵意见。在本书编写过程中，郭晶给予了很多帮助，在此一并表示衷心感谢。

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，加之缺乏编写的经验，错误和疏漏在所难免，敬请读者批评指正，本人不胜感激。

编者

2013年3月



目录

小张学电工

前言

第一章 电工基础知识 1

第一节 直流电路 1

电路 1

电工基本名词术语 2

第二节 交流电路 8

单相交流电路 8

交流电的基本物理量 8

纯电阻电路 9

纯电感电路和纯电容电路 10

电阻、电感、电容串联电路 (R 、 L 、 C) 13

第三节 三相交流电路 15

三相交流电的定义 15

三相交流电的特点 16

三相电源绕组的接线 17

三相负载的连接 18

三相负载功率计算 19

第四节 电磁和电磁感应 19

磁的基本知识 19

电流的磁效应 19

电磁感应 21

第二章 电子技术基础知识 22

第一节 半导体基本知识 22

半导体的基本性能 22

半导体的基本特性 23

半导体类型 23

第二节 二极管 24

二极管的分类 25

二极管的型号 26

二极管的伏安特性 26

二极管的主要参数 27

二极管的测试 28

整流电路 29

滤波电路 32

稳压电路 35

第三节 晶体三极管 35

三极管型号 36

三极管的放大作用 36

三极管的简单测试 37

第三章 电力变压器 40

第一节 变压器的作用及工作原理 40

变压器作用 40

变压器的工作原理 41

第二节 变压器结构及各部件作用 42

变压器结构 43

变压器铭牌 50

变压器的额定参数 50

联结组标号	52
变压器型号	53
第三节 变压器运行	54
变压器正常运行允许的几个参数	55
变压器的并列运行	57
变压器运行中的巡视	59
变压器异常现象及处理	60
第四节 互感器	64
电压互感器	64
电流互感器	67
互感器运行巡视检查项目及要 求	68

第四章 高压电气设备 71

第一节 高压断路器	71
电弧	71
高压断路器的作用	72
高压断路器的分类	72
高压断路器的结构	73
高压断路器主要参数	73
高压断路器的型号	74
少油断路器	76
真空断路器	79
SF ₆ 断路器	81
断路器操动机构	82
断路器运行维护	85
第二节 隔离开关	90
隔离开关作用、分类和型号	90

隔离开关的主要作用	90
隔离开关分类	91
隔离开关及操动机构的型号及含义	91
隔离开关的巡视检查项目	92
第三节 高压负荷开关	93
高压负荷开关的作用和分类	93
负荷开关的分类	94
第四节 高压熔断器	95
高压熔断器用途和分类	95
高压熔断器的型号及含义	96
从熔丝熔断部位看故障原因	97
熔断器的选择	101
多级熔断器之间的选择性配合	106
第五节 电容器与电抗器	107
高压电容器	107
电抗器	120

第五章 电力线路 124

第一节 架空电力线路	125
架空电力线路构成	125
架空线路的路径选择	136
架空电力线路运行与维护	138
第二节 电缆电力线路	144
电缆线路的特点	144
电力电缆的结构及分类	145
第三节 室内线路及电气照明	151

室内线路	151
电气照明	156
常用照明灯具	163
灯具附件	164

第四节 设备导线的选择	169
-------------------	-----

按发热条件选择	172
按电压损耗条件选择	175
按经济电流密度选择	177
按机械强度选择	178

第六章 电动机 183

第一节 直流电动机	183
-----------------	-----

直流电动机的型号与铭牌	183
直流电动机的基本结构	186
直流电动机的启动、调速和制动	189
直流电动机的维护	192

第二节 异步电动机分类和基本结构	194
------------------------	-----

异步电动机的类型	195
异步电动机的基本结构	195

第三节 异步电动机的启动	198
--------------------	-----

直接启动	198
降压启动	199
启动注意事项	201

第四节 异步电动机的故障分析与处理	203
-------------------------	-----

电动机巡视	203
电动机的故障及处理	204

第五节 异步电动机的控制回路	207
----------------------	-----

第七章 电工常用仪表和工具

222

第一节 电工常用仪表..... 222

万用表 222

钳形电流表 226

绝缘电阻表 231

接地电阻测试仪 242

第二节 电工常用工具..... 248

验电器 249

钢丝钳 252

尖嘴钳 253

斜口钳 253

剥线钳 253

电工刀 254

螺钉旋具 254

扳手 255

手电钻 256

压接钳 256

喷灯 258

第八章 过电压及其防护

260

第一节 过电压分类..... 260

外部过电压 260

内部过电压 262

第二节 过电压的防护..... 262

直击雷过电压的防护 263

感应雷过电压的防护 267

第九章 安全知识

270

第一节 电气安全管理 270

从事高压电气工作人员应具备的条件 271

在高压设备上工作应遵守的规定 271

保证人身安全的组织措施 272

保证人身安全的技术措施 273

第二节 电气安全常识 275

触电伤害的因素 275

人体触电的方式 276

人体触电的防护 279

安全电压及人体电阻 279

接地与接地保护 280

电气装置的接地和接地电阻 282

剩余电流动作保护器 283

第三节 电气安全用具 287

基本电气安全用具 288

辅助电气安全用具 291

一般防护安全用具 292

第四节 典型案例分析 294

事故案例一 294

事故案例二 296

事故案例三 297

事故案例四 299

第五节 电气设备防火 300

第十章 电力系统基本知识

304

第一节 电力系统及电力网基本知识 304

第二节 供电质量及供电可靠性	307
电能质量	308
供电可靠性	311
第三节 电力系统中性点及低压配电系统的 接地方式	313
电力系统的中性点运行方式	313
低压配电系统的接地型式	316
附录 A 常用电气图形符号	322
附录 B 设备安装方式标注	356
附录 C 设备安装标注文字符号	359
附录 D 常用电气物理量	360
附录 E 触电急救	361
附录 F 常用导线的允许载流量	371



第一章

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。”

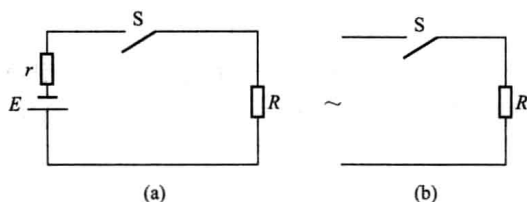


图 1-1 电路图

(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、



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。”



电工基本名词术语

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作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。常用单位有千安（ kA ）、安（ A ）、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，称为该两点的电压。”魏工接着讲到电压的特点，“电压的方向是高电位指向低电位，电位的大小随参考点不同而改变。”

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 -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。”

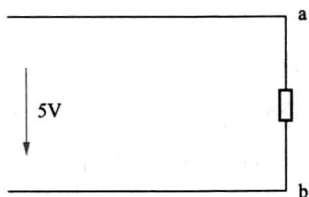


图 1-2 电位示意图

小张似乎明白地点点头。

魏工又接着说：“电压的单位是‘伏特’，用‘V’表示。常用单位有千伏（kV）、伏（V）、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：“电动势的单位也是‘伏’，用‘E’表示。”

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，与电压两端电压的方向相反。”

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’，用‘ Ω ’表示。”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 $\rho = 0.017 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ，铝的电阻率为 $\rho = 0.028 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。这是换算到 20°C 时的导线电阻率。”

5. 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。”

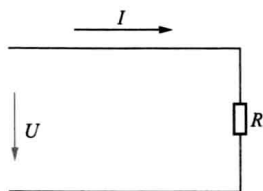


图 1-3 部分电路欧姆定律

部分电路欧姆定律：如图 1-3 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

$$U = IR \quad (1-4)$$

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 1-4）。”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 1-5），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 1-5 的计算公式为

$$I = E / (R + r_0) \quad (1-5)$$

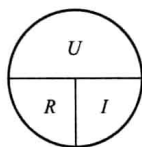


图 1-4 欧姆定律示意图

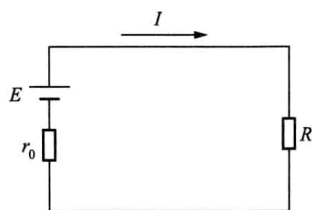


图 1-5 全电路欧姆定律

式中： R 为外电阻； r_0 为内电阻； E 为电动势。”

6. 串联电路

魏工画了一个电阻串联的电路图（见图 1-6）说：“这是电阻串联图，电阻串联是将电阻首尾依次相连，使电流只有一条通路的连接方法。电路串联的特点为：各电阻电流与总电流相等，即 $I=I_1=I_2=I_3$ ；总电压等于各电阻上电压之和，即 $U=U_1+U_2+U_3$ ；总电阻等于负载电阻之和，即 $R=R_1+R_2+R_3$ 。

7. 并联电路

魏工又画了个电阻并联电路图（见图 1-7），说道：“你们看这个，将电路中若干个电阻并列连接起来的接法，称为电阻并联。