

超值
双色版

电工操作

一点通

刘丙江 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电工操作

一点通

刘丙江 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要



为了使电工能在较短的时间内掌握电气设备的安装、使用和维护技能,特编写此书。

全书共有十二章,主要包括电工学的基本概念,电工常用工具的使用技巧,电工常用测量仪表及其使用技能,配电变压器的安装、运行、维护及故障处理技能,架空配电线路的设计、安装、运行及维护技能,室内配电线路的安装技能,电缆线路的安装技能,高压电器的安装、使用技能,低压电器的安装、使用技能,异步电动机的安装、运行和维护技能,直流电动机的运行和维护技能,安全生产。除第一章电工学的基本概念外,其余各章都把安装、操作、使用和维护作为主要内容来重点介绍,是一本名副其实的**操作技能一点通**。

本书理论联系实际,注重实用,图文并茂,文字叙述简明扼要、通俗易懂,选材全面,易于掌握,具有较强的可读性和可操作性,是《**电工技能一点通**》和《**电工识图一点通**》的姊妹篇。本书适合广大电力企业职工、城乡电工阅读,也可作为职业技术学院以及就业培训机构的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工操作一点通/刘丙江编. —北京:中国电力出版社,2012.5
ISBN 978-7-5123-3088-7

I. ①电… II. ①刘… III. ①电工技术-基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 107904 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 9 月第一版 2012 年 9 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 11.875 印张 314 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

电工操作一点通

为了使电工能在较短的时间内掌握电气设备的安装、使用和维护技能，特编写此书。

随着我国经济的快速发展，需要大量的技能型人才，目前，社会上技能人才短缺，特别是掌握“绝技绝活”的高技能人才，尤其缺乏，这在一定程度上制约了生产的发展。政府已出台相关政策，各地劳动就业部门和技工学校已开设各类专业课程，对就业人员和农民工进行技术培训，以满足社会对技能人才的需求。

电工是技术性要求较高的特殊工种，作为一名电工，既要掌握一定的电工理论知识，也需要熟练掌握必要的操作技能，只有这样才能胜任电工工作。在实际工作中，各种电气设备的安装、使用和维护是电工必须面对的问题，电工技术水平的高低，将直接关系到企业生产的正常进行。技术水平高的电工，能在较短的时间内排除故障，从而减少企业因停工待修所造成的经济损失。

全书共有十二章：第一章电工学的基本概念；第二章电工常用工器具的使用技巧；第三章电工常用测量仪表及其使用技能；第四章配电变压器的安装、运行、维护及故障处理技能；第五章架空配电线路的设计、安装、运行及维护技能；第六章室内配电线路的安装技能；第七章电缆线路的安装技能；第八章高压电器的安装、使用技能；第九章低压电器的安装、使用技能；第十章异步电动机的安装、运行和维护技能；第十一章直流电动机的运行和维护技能；第十二章安全生产。除第一章电工学的基本概念外，其余各章都把安装、操作、使用和维护作为主要内容来重点介绍。

附录收集了与正文相对应的电工仪表、电气设备和电线电缆的技术参数，方便读者查阅。

本书理论联系实际，注重实用，图文并茂，文字叙述简明扼要、通俗易懂，选材全面、易于掌握，具有较强的可读性和可操作性，是《电工技能一点通》和《电工识图一点通》的姊妹篇。本书适合广大电力企业职工、城乡电工阅读，也可作为职业院校以及就业培训机构的培训教材。

本书在编写过程中，参考了许多专家的书籍资料，在此表示衷心感谢。

鉴于编者水平有限，书中难免存在错误与不足之处，敬请专家和广大读者批评指正。谢谢！

编 者

目 录

电工操作一点通

前言

第一章 电学的基本概念

1

- 第一节 直流电的基本概念 1
- 第二节 电和磁的基本概念 6
- 第三节 交流电的基本概念 9

第二章 电工常用工具的使用技巧

14

- 第一节 电工通用工具的使用技巧 14
- 第二节 验电工具 20
- 第三节 线路与设备的安装、维修工具 24
- 第四节 安全工器具 41

第三章 电工常用测量仪表及其使用技能

49

- 第一节 电工仪表基础知识 49
- 第二节 电压表、电流表、钳形电流表的使用技能 52
- 第三节 功率表、功率因数表的使用技能 59
- 第四节 电子式电能表的使用技能 62
- 第五节 万用表的使用技能 74
- 第六节 绝缘电阻表和接地电阻测试仪的使用技能 ... 80
- 第七节 直流电桥及相序表的使用技能 87
- 第八节 经纬仪的使用技能 91

第四章 配电变压器的安装、运行、维护及故障处理技能 95

- 第一节 配电变压器的安装 95
- 第二节 配电变压器的运行、维护技能 102
- 第三节 配电变压器的常见故障及处理技能 109

第五章 架空配电线路的设计、安装、运行及维护技能 115

- 第一节 架空配电线路的设计 115
- 第二节 架空配电线路导线截面的选择 123
- 第三节 架空配电线路的安装技能 130
- 第四节 架空配电线路的运行、维护技能 144
- 第五节 低压集束导线的安装技能 147

第六章 室内配电线路的安装技能 152

- 第一节 护套线配线的安装技能 154
- 第二节 塑料线槽和绝缘子配线的安装技能 157
- 第三节 PVC 管配线的安装技能 160
- 第四节 高层建筑内线工程的敷设方式 167

第七章 电缆线路的安装技能 173

- 第一节 电力电缆的类型及选择 173
- 第二节 直埋电缆的敷设技能 177
- 第三节 电缆在电缆沟（隧道）和排管内的
敷设技能 182
- 第四节 电缆明敷的安装技能 187
- 第五节 水下电缆及桥梁电缆的敷设技能 191
- 第六节 电缆头的制作技能 192
- 第七节 电缆线路的巡视检查与常见故障及
原因 198

第八章 高压电器的安装、使用技能 **200**

第一节	断路器	200
第二节	负荷开关	208
第三节	隔离开关	212
第四节	重合器和分段器	216
第五节	高压熔断器	221

第九章 低压电器的安装、使用技能 **227**

第一节	熔断器	227
第二节	刀开关和转换开关	231
第三节	自动空气断路器	239
第四节	交流接触器	250
第五节	常用继电器	258
第六节	主令电器	267

第十章 异步电动机的安装、运行和维护技能 **272**

第一节	电动机的基本知识	272
第二节	电动机的起动设备	283
第三节	电动机的保护设备	290
第四节	电动机的安装	295
第五节	电动机的运行和维护	299
第六节	单相异步电动机	306

第十一章 直流电动机的运行和维护技能 **310**

第一节	直流电动机的结构和工作原理	310
第二节	直流电动机的励磁方式、起动 和调速	316
第三节	直流电动机的运行和维护技能	320

第十二章 安全生产 324

第一节	保证安全的组织措施	324
第二节	保证安全的技术措施	327
第三节	线路巡视和倒闸操作安全	330
第四节	线路施工安全	332
第五节	带电作业安全	334
第六节	配电设备上的工作安全	336
第七节	其他工作安全	337

附录 339

附录 A	电工仪表的技术参数	339
附录 B	配电变压器的技术参数	342
附录 C	电线、电缆、电杆的技术参数	349
附录 D	低压电器的技术参数	363
附录 E	Y 系列交流异步电动机的技术参数	368

参考文献 372

电 工 学 的 基 本 概 念

第一节 直流电的基本概念

(1) 电流——电荷在导体中有规律的定向运动称为电流。电流用字母“ I ”表示，单位为安培，简称“安”，用字母“A”表示。除此之外，电流单位还有 μA （微安）、 mA （毫安）、 kA （千安）等。它们之间的关系为： $1\text{kA} = 10^3\text{A}$ ； $1\text{A} = 10^3\text{mA}$ ； $1\text{mA} = 10^3\mu\text{A}$ 。

(2) 电流强度——电流强度是表示电流大小的一个量，指单位时间穿过导体截面积的电荷，习惯上往往把电流强度简称电流。

(3) 电压——电路两端的电位差叫做电压。电压实际上就是推动电子流动的动力，电压越高，电流传输的距离就越远。电压用字母“ U ”表示，单位是伏特，简称“伏”，用字母“ V ”表示。常用的电压单位还有 kV （千伏）、 mV （毫伏）等。它们之间的关系为： $1\text{kV} = 10^3\text{V}$ ； $1\text{V} = 10^3\text{mV}$ 。

(4) 电位——在电场力作用下，单位正电荷由电场中某一点移到参考点（参考点的电位规定为零）所做的功叫做该点的电位。

(5) 电动势——电源是电路中产生并维持电位差的能源，电源将单位正电荷由负极移到正极所做的功叫做电动势。电动势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产生并维持一定的电位差。电动势用字母“ E ”表示，单位也是 V （伏）。

(6) 电阻——电流通过导体时所受到的阻力称为电阻。电阻与导体的材料和环境温度有关，温度升高，电阻值增大。电阻用字母“ R ”表示，电阻的单位是欧姆，简称欧，用符号“ Ω ”表示。常用的电阻单位还有 $k\Omega$ （千欧）、 $M\Omega$ （兆欧）等。它们之间的关系为： $1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$ 。

(7) 电阻率——电阻率又叫电阻系数，是衡量物质导电性能好坏的一个物理量，用字母“ ρ ”表示，单位是欧姆·米（ $\Omega\cdot m$ ）。电阻率越大，物质的电阻越大，导电性能越低。

(8) 电阻定律——导体的电阻与其长度 L 成正比，与导体的截面积 S 成反比，即

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

式中 R ——电阻， Ω ；

ρ ——电阻率， $\Omega\cdot m$ ；

L ——导体长度， m ；

S ——导体的截面积， mm^2 。

(9) 部分电路欧姆定律——通过电阻的电流，与电阻两端所加的电压成正比，与电阻成反比，如图 1-1 所示，即

$$I = U / R \quad (1-2)$$

$$U = IR \quad (1-3)$$

$$R = U / I \quad (1-4)$$

式中 I ——电流， A ；

U ——电压， V ；

R ——电阻， Ω 。

(10) 全电路欧姆定律——在一个闭合电路中，电流与电源的电动势成正比，与负载电阻及电源内阻之和成反比，如图 1-2 所示，即

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

$$\text{或} \quad U = E - Ir \quad (1-6)$$

式中 I ——电流， A ；

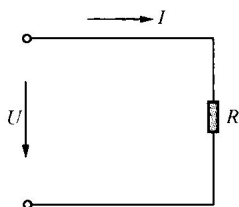


图 1-1 部分电路

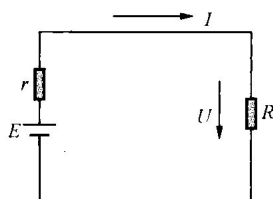


图 1-2 全电路

E ——电源电动势，V；

R ——负载电阻， Ω ；

r ——电源内电阻， Ω ；

U ——电压，V。

(11) 串联电路——电路中几个电阻首尾依次连接，流过同一电流，这种连接电路叫做串联电路。在串联电路（如图 1-3 所示）中

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \cdots + R_n \quad (1-7)$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I_n \quad (1-8)$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n \quad (1-9)$$

电阻串联分压公式（两个电阻串联）

$$U_1 = UR_1/R \quad (1-10)$$

$$U_2 = UR_2/R \quad (1-11)$$

$$U_n = UR_n/R \quad (1-12)$$

(12) 并联电路——在电路中，几个电阻的两端承受同一个电压，有几个电流回路，这种连接电路叫并联电路。在并联电路（如图 1-4 所示）中

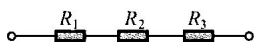


图 1-3 串联电路

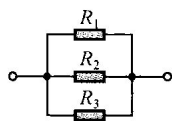


图 1-4 并联电路

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \cdots + 1/R_n \quad (1-13)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n \quad (1-14)$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n \quad (1-15)$$

两个电阻并联，其总电阻为

$$R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2) \quad (1-16)$$

n 个相同阻值的电阻并联，其总电阻为

$$R = R_1 / n \quad (1-17)$$

电阻并联分流公式（两个电阻并联）

$$I_1 = IR_2 / (R_1 + R_2) \quad (1-18)$$

$$I_2 = IR_1 / (R_1 + R_2) \quad (1-19)$$

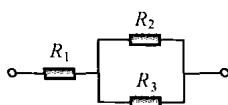


图 1-5 混联电路

(13) 混联电路——电路中电阻既有串联，又有并联，这种连接电路叫混联电路。在混联电路（如图 1-5 所示）中，总电阻

$$R = R_1 + R_2 R_3 / (R_2 + R_3) \quad (1-20)$$

式 (1-7)~式 (1-20) 中 R ——总电阻， Ω ；

R_1 、 R_2 、 R_3 ——分电阻， Ω ；

I ——总电流，A；

I_1 、 I_2 、 I_3 ——分电流，A；

U ——总电压，V；

U_1 、 U_2 、 U_3 ——分电压，V。

(14) 电源——电路中供给电能的设备叫电源。电源的作用是将其他形式的能如热能、水能、风能、核能、化学能等转换为电能。常见的电源有发电机、蓄电池、干电池等。

(15) 电能——电能是一段时间内电流所做的功，其数值是电功率和时间的乘积。电能的实用单位是千瓦·时，用字母“kW·h”表示。

(16) 电功率——单位时间内电流所做的功叫电功率，用字母“ P ”表示。电功率的单位是瓦特，简称瓦，用字母“W”表示。常用的单位还有 kW（千瓦）、兆瓦（MW）。它们之间的关系为： $1\text{MW} = 10^3\text{kW} = 10^6\text{W}$ 。

(17) 电路——电流通过的路径称为电路。简单的电路由电

源、负载、开关和连接它们的导线四部分组成。电路有通路、断路、短路、接地四种运行状态。

(18) 通路——电流导线连接完好，控制开关处于接通状态，电路中有电流通过，用电器正常工作称为通路。

(19) 断路——电路中某一部分因故断开，使电流不能导通的现象称为断路。

(20) 短路——电源通向负载的导线，不经过负载而相互直接连通称为短路。

(21) 接地——电力系统中某些点与具有地电位的点相连接称为接地。接地有正常接地与故障接地两种情况。工作接地、保护接地、重复接地、防雷接地、防静电接地是工作需要采取的保安措施。事故接地是由于电气设备绝缘破坏等原因而造成的故障接地。

(22) 接地装置——电气设备的接地体和接地线的总称叫接地装置。

(23) 直流电——大小和方向不随时间变化的电流称为直流电，如干电池等。直流电用符号“—”表示。

(24) 负载——对电源来说，使用电能的设备叫负载。负载的作用是消耗电能，将电能转换为其他形式的能（如机械能、热能、光能、化学能等）来做功。

(25) 绝缘体——不容易导电的物体叫绝缘体，如橡胶、塑料、玻璃、胶木及干燥的木板、棉布等。

(26) 导体——容易导电的物体称为导体，如金、银、铜、铝、铁、锡、铅等。电力工程所用的导线，大都是铜导线或铝导线。

(27) 半导体——导电性能介于导体和绝缘体之间的物体叫半导体，如锗、硅、硒、砷化镓等。

(28) 超导体——电阻可以忽略不计的导电体称为超导体。以目前的技术，超导是极端条件下的一种现象，如金属从室温开始冷却，金属的电阻率随之下降，而且温度越低，其电阻率也越

小，一些导体具有某个临界温度，当低于该温度时其电阻趋于零，即成为超导体。在电力工程中，将低温技术应用于创造有利于超导的条件，设备的尺寸有可能大大减少。

(29) 焦耳定律——电流通过导体要发热，发出的热量 Q 与电流强度 I 的平方、导体电阻 R 和时间 t 成正比，即

$$Q = 0.24 I^2 R t \quad (\text{J/m}^3) \quad (1-21)$$

(30) 基尔霍夫电流定律（节点电流定律）——流进一个节点的电流之和恒等于流出这个节点的电流之和，或者说流过任意一个节点的电流的代数和为零，其数学表达式为

$$\sum I = 0 \quad (1-22)$$

(31) 基尔霍夫电压定律（回路电压定律）——在任意回路中，电动势的代数和恒等于各电阻上电压降的代数和，其数学表达式为

$$\sum E = \sum IR \quad (1-23)$$

第二节 电和磁的基本概念

(1) 磁场——磁体周围有磁力作用的空间叫做磁场。磁场是能量存在的一种形式，也是一种看不见的物质。

(2) 磁力线——磁力线也称为磁感应线，是用来形象地描绘磁场的假想线，线密表示磁场强，线疏表示磁场弱。磁力线上某一点的切线方向就是该点磁场的方向。磁力线是无头无尾的闭合曲线，且互不相交，永久磁铁外部的磁力线从 N 极指向 S 极，内部的磁力线从 S 极指向 N 极。

(3) 磁通——通过某一垂直截面 S 的磁力线的根数叫磁通，用符号 Φ 表示，单位是韦伯 (Wb)，简称韦，较小的单位是麦克斯威 (Mx)，简称麦， $1\text{Wb} = 10^8\text{Mx}$ 。磁通只表示磁场的强弱，不表示磁场的方向。

(4) 磁路——磁力线所经过的路径叫磁路。

(5) 电磁力——载流导体在磁场中所受的力叫做电磁力，其

表达式为

$$F = BIL \quad (1-24)$$

式中 F ——导体所受的电磁力, N;

B ——磁感应强度, T;

I ——电流, A;

L ——导体长度, m。

(6) 电磁感应——当导体相对磁场运动而切割磁力线, 或线圈中磁通发生变化时, 导体或线圈中就一定会产生感应电动势, 这种利用磁场获得电流的现象叫电磁感应, 即“磁生电”, 所获得的电流叫做感应(生)电流。

(7) 自感——由于线圈本身电流的变化, 在线圈内引起电磁感应的现象叫自感, 产生的电动势和电流, 称为自感电动势和自感电流。

(8) 互感——两个相互靠近的线圈, 当一个线圈内的电流发生变化时, 引起另一个线圈内的磁通变化并产生感应电动势的现象叫互感, 产生的感应电动势和感应电流叫互感电动势和互感电流。变压器就是利用互感的原理制作的。

(9) 电感——自感和互感的统称。

(10) 涡流——当块状导体放在变化的磁场中, 或者在磁场中运动时, 导体内将产生感应电流。这种电流在导体内自成闭合回路, 很像水的漩涡, 故称为涡流。

(11) 磁化——线圈中的铁芯, 在线圈通电后, 其本身从没有磁性到出现磁性的现象叫磁化。

(12) 磁导率——物质的导磁性能称为磁导率, 用符号“ μ ”表示。

(13) 磁场强度——磁场强度是磁感应强度与磁导率的比值, 用字母“ H ”表示, 即 $H = B/\mu$ 。其单位是安/米 (A/m)。

(14) 磁感应强度——磁场内各点磁场的大小和方向通常用磁感应强度来衡量, 用字母“ B ”表示, 单位为特斯拉, 简称“特”, 用字母“T”表示。磁感应强度是个矢量。

(15) 磁滞——磁感应强度 B 的变化要滞后于磁场强度 H 的变化，这种现象称为磁滞。

(16) 左手定则——载流导体在磁场中会受到电磁力的作用。电磁力的方向由左手定则确定：伸开左手，使拇指和其余四指垂直，让磁力线垂直穿过手心，四指与电流的方向一致，则拇指所指的方向就是导体受力的方向，如图 1-6 所示。

(17) 右手定则——当导体与磁场作相对运动，即导体切割磁力线时，导体内会产生感应电动势。感应电动势的方向由右手定则确定：伸开右手，使拇指和其余四指垂直，让磁力线垂直穿过手心，拇指指向导体运动的方向，即导体切割磁力线的方向，则四指所指的方向就是感应电动势的方向，如图 1-7 所示。

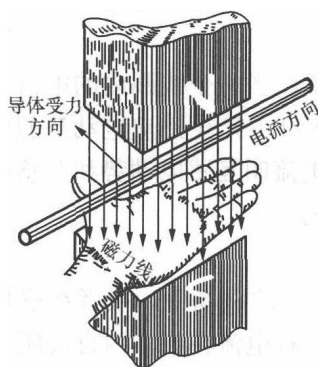


图 1-6 左手定则

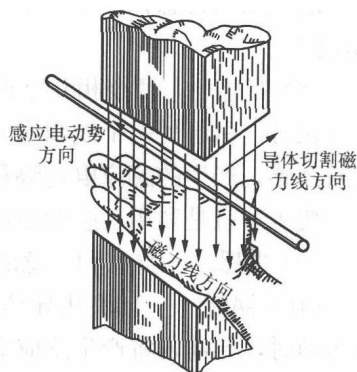


图 1-7 右手定则

(18) 右手螺旋定则——当电流通过导体时，导体的周围会产生磁场。磁场的方向由右手螺旋定则确定：对于直导线，可用右手握住导线，使拇指指向电流方向，则其余四指所指的方向就是磁场（磁力线）的方向；对于螺旋线圈，可用右手握住导线，使四指指向电流的方向，则拇指所指的方向就是磁场（磁力线）的方向，如图 1-8 所示。

(19) 趋肤效应——交变电流通过导体时，导体表面处的电流密度比导体中心处大，这种现象叫做趋肤效应。