

超值
双色版

电工技能

一点通

刘丙江 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



电工技能

一点通

刘丙江 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要



为了满足社会发展对技能型人才的需求,提高电工从业人员的技术素质,特编写本书。

全书共有六章,第一章为电工常用基础知识,第二章为电工常用安全知识,第三章为电工常用计算,第四章为电工常用操作技能,第五章为电工常用技艺,第六章为电工常用控制线路。收集整理电工常用名词、术语 175 个,常用安全知识 85 条,常用计算公式 70 多个,常用操作技能 30 个,电工常用技艺 60 个,常用控制电路 50 个。

《电工技能一点通》立足常用、实用,选材精细全面,文字叙述简练流畅,通俗易懂,一书在手,电工常用技能知识尽在掌握之中。本书适合城乡厂矿和农村的初、中级电工阅读,也可作为电工技能的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工技能一点通/刘丙江编著. —北京:中国电力出版社,2012.1
ISBN 978-7-5123-2617-0

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 011324 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 5 月第一版 2012 年 5 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 9.5 印张 251 千字

印数 0001—3000 册 定价 25.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

随着城乡现代化建设事业的高速发展, 社会对技能型人才的需求量越来越大, 努力提高就业人员的技术素质, 以适应社会发展的需要, 是摆在全社会面前急需解决的重大课题。对于厂矿企业、机关、学校、农村等都需要的电工行业, 由于行业的特殊技术要求, 对技能的学习和培训尤为重要, 《电工技能一点通》就是在这种形势下编写的。

《电工技能一点通》是一本电工常用技能的科普读物。全书共有六章, 第一章为电工常用基础知识, 收集和整理电工学常用的名词、术语和电力系统基本概念, 以及电工常用计量单位和换算; 第二章为电工常用安全知识, 内容包括电气安全基本概念, 电工常用安全知识和接地保护基本概念; 第三章为电工常用计算, 收集和整理直流电路计算, 交流电路计算, 变压器常用计算, 电动机常用计算, 导线的截面选择计算和高、低压电器选择计算的公式; 第四章为电工常用操作技能, 内容有导线连接、导线在绝缘子上的固定、拉线制作、电工登杆技术、电工常用结绳扣工艺、电工常用测量仪表使用; 第五章为电工常用技艺, 收集和整理电气设备的设计、安装、维护技艺, 电工测量仪表使用技艺, 电气设备检修技艺等 60 个; 第六章为电工常用控制线路, 内容包括识图的基本知识、常用电气图形符号和文字符号、电工常用控制电路, 其中电工常用控制电路收集照明控制电路 8 个, 电动机控制线路 10 个, 电动机降压起动线路 6 个, 电动机制动线路 8 个, 常用机床线路 5 个, 自动控制电路 4 个, 电动机保护线路 4 个, 电工经验电路 5 个, 共 50 个。

《电工技能一点通》立足常用、实用，选材精细全面，文字叙述简练流畅，通俗易懂，一书在手，电工常用技能知识尽在掌握之中。本书适合城乡厂矿和农村的初、中级电工阅读，也可作为电工技能的培训教材。

本书在编写过程中，参考了很多文献资料，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，请广大读者不吝赐教。

编 者

目 录

电工技能一点通

前言

第一章	电工常用基础知识	1
第一节	常用电工学名词、术语	1
第二节	电力系统基本概念	12
第三节	电工常用计量单位和换算	28
第二章	电工常用安全知识	34
第一节	电气安全基本概念	34
第二节	电工常用安全知识	40
第三节	接地保护基本概念	50
第三章	电工常用计算	55
第一节	直流电路计算	55
第二节	交流电路计算	64
第三节	变压器常用计算	68
第四节	电动机常用计算	72
第五节	导线的截面选择计算	75
第六节	高、低压电器选择计算	81
第四章	电工常用操作技能	85
第一节	导线连接	85
第二节	导线在绝缘子上的固定	101

第三节	拉线制作	103
第四节	电工登杆技术	106
第五节	电工常用结绳扣工艺	112
第六节	电工常用测量仪表使用	114

第五章 电工常用技艺 **126**

第一节	电气设备的设计、安装、维护技艺	126
第二节	电工测量仪表使用技艺	158
第三节	电气设备检修技艺	176

第六章 电工常用控制线路 **201**

第一节	识图的基本知识	201
第二节	常用电气图形符号和文字符号	215
第三节	电工常用控制电路	233

附录 **277**

附录 A	绝缘线安全载流量	277
附录 B	导线的规格及性能	279
附录 C	熔丝	282
附录 D	常用电气设备的规格及性能	285
附录 E	常用型钢规格及重量	292
附录 F	常用圆形水泥杆规格	293
附录 G	中国线规与近似英规对照表	294

参考文献 **296**

电工常用基础知识

第一节 常用电工学名词、术语

一、电路基本知识

1. 电荷

电荷是物质的一种固有属性。自然界的一切物质都是由分子所组成,分子又是由原子组成的,而原子又是由带正电的原子核和带负电的电子组成的。这些电子分层围绕着原子核作高速旋转,在较外层轨道上旋转的电子与原子核结合得比较松弛。这些电子在受到外因作用时,可能离开自己的轨道,在各原子之间作无规则的自由运动,习惯上把脱离了轨道而自由运动的电子称为自由电子。在正常情况下,任何原子的电子所带负电荷的总电量与原子核所带正电荷的总电量是相等的,因此物质不显带电。如果由于某种原因使物质获得电子或失去电子,则物质所带正负电荷的电量不相等而带电。获得电子的物质带负电,失去电子的物质带正电。我们把组成物质的无数带电微粒(如质子、电子)称为电荷。正、负电荷之间存在着相互作用力,同性电荷相互排斥,异性电荷相互吸引。这种有电荷存在和电荷变化的现象,就是通常所说的“电”。

2. 电场

带电物体相斥或者相吸作用力的范围,称为电场。电场具有两种特性:①凡是带电物体位于电场中,都要受到电场的作用力;②一旦带电体受到电场力作用移动时,电场要做功。

3. 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。

4. 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, 常用单位为安培 (A), 简称安。除此之外电流单位还有微安 (μA)、毫安 (mA)、千安 (kA) 等, 它们之间的关系为: $1\text{kA}=1000\text{A}$, $1\text{A}=1000\text{mA}$, $1\text{mA}=1000\mu\text{A}$ 。

5. 电流强度

电流强度是表示电流大小的一个量, 指每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。

6. 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) 所做的功称为该点的电位。

7. 电压

电路两端的电位差称为电压。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 (V), 简称伏。常用的电压单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV) 等, 它们之间的关系为: $1\text{kV}=1000\text{V}$, $1\text{V}=1000\text{mV}$ 。

8. 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称为电动势。电动势能够使电流持续不断沿电路流动, 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, 单位是伏 (V)。

9. 电阻

电流通过导体时所受到的阻力称为电阻。导体的电阻与导体长度 L 成正比, 与导体截面积 S 成反比, 并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 (Ω), 简称欧。常用的电阻单位还有千欧 ($\text{k}\Omega$)、兆欧 ($\text{M}\Omega$) 等, 它们之间的关系为: $1\text{k}\Omega=1000\Omega$, $1\text{M}\Omega=1000\text{k}\Omega=1\,000\,000\Omega$ 。

10. 电阻率

电阻率又称为电阻系数,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·毫米²/米($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。电阻率越大,物质的电阻越大,导电性能越低。

11. 电导

物体传导电流的本领叫做电导。在直流电路里,电导的数值就是电阻值的倒数。电导用字母 G 表示,单位是西门子(S)。

12. 绝缘体

不容易导电的物体称为绝缘体。如橡胶、塑料、玻璃、胶木及干燥的木板、棉布等。

13. 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,大都是铜或铝线。

14. 半导体

导电性能介于导体和绝缘体之间的物体称为半导体。如锗、硅、硒、砷化镓等都是半导体。

15. 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,超导是作为一种极端条件下的现象,即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,电阻率也越小,某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小。

16. 电功率

单位时间内电流所做的功称为电功率,用字母 P 表示。电功率的单位是瓦特(W),简称瓦。常用的单位还有千瓦(kW)、兆瓦(MW)。它们之间的关系为: $1\text{kW} = 1000\text{W}$, $1\text{MW} = 1000\text{kW} = 1\,000\,000\text{W}$ 。

17. 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 ($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

18. 电源

电路中供给电能的设备称为电源。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。常见的有发电机、蓄电池、干电池等。

19. 负载

对电源来说,使用电能的设备称为负载。负载的作用是取用电能,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。

20. 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。

二、电磁与电磁感应基本知识

1. 磁力

磁体能够吸引铁和磁极间同性互相排斥、异性互相吸引的相互作用,都是力的作用,这种力称为磁力。

2. 磁力线

磁力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。磁力线上每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。磁力线也称为磁感应线。

3. 磁路

磁力线所经过的路径称为磁路。

4. 磁势

导体的电流 I 和它的匝数 W 乘积称为磁势。表达式为: $F = IW$, 单位是安匝。

5. 磁场

磁体周围有磁力作用的空间称为磁场。磁场是能量存在的一种形式,也是一种看不见的物质。

6. 磁通

通过某一垂直面积 S 的磁力线根数称为磁通，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 (简称麦)， $1 \text{ 韦} = 10^8 \text{ 麦}$ 。磁通只表示磁场的强弱，不表示磁场的方向。

7. 磁感应强度

垂直通过单位截面的磁通量称为磁感应强度 (磁通密度)，用字母 B 表示，单位是特拉斯 (T)。

8. 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： $F = BIL$ 。

9. 电磁感应

当导体相对于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称为电磁感应。所获得的电流称为感应 (生) 电流，即“磁生电”。

10. 自感

由于线圈本身电流的变化，在线圈内引起电磁感应称为自感。产生的电势和电流，称为自感电势和自感电流。

11. 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，引起邻近另一个线圈内的磁通变化，产生感应电势的现象称为互感。这种感应电势和感应电流称为互感电势和互感电流。变压器就是利用互感的原理来制作的。

12. 电感

电感是自感和互感的统称。

13. 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。

14. 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，这一现象称为磁化。

15. 磁导率

物质的导磁性能称为磁导率。用字母 μ 表示。

16. 磁场强度

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

17. 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。

18. 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电磁力的方向，即导体受力方向，见图 1-1。

19. 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，见图 1-2。

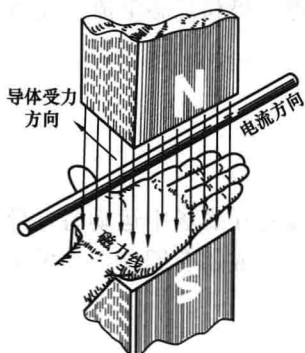


图 1-1 左手定则



图 1-2 右手定则

20. 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，见图 1-3 (a)；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，见图 1-3 (b)。

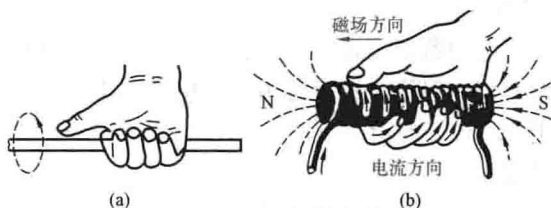


图 1-3 右手螺旋定则

(a) 载流直导线的右手螺旋定则；(b) 载流螺旋线圈的右手螺旋定则

21. 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，这种现象称为趋肤效应。

22. 邻扰效应

当相邻导线有电流通过时，在本导体中产生电动势，造成对本导体的干扰，这种现象称为邻扰效应。

三、交流电基本知识

1. 交流电

大小和方向都随时间作周期性变化的电流称为交流电。交流电用符号“~”表示。

2. 正弦交流电

大小和方向都随时间按正弦函数规律变化的电流、电压及电动势称为正弦交流电，简称交流电。

3. 周期

交流电在变化过程中，每隔一段时间，就重复变化一次。每

重复变化一次称为一周，交流电变化一周所需的时间称为周期。交流电的周期用字母 T 表示，单位是 s （秒）。我国电网交流电的周期为 $0.02s$ 。

4. 频率

交流电 $1s$ 内变化的周期数称为频率，用字母 f 表示，单位是赫兹（Hz），简称赫，常用单位还有千赫（kHz）和兆赫（MHz）。我国交流电的频率为 $50Hz$ ，称为工频。

5. 瞬时值

正弦交流电的数值是在不断变化的，其任一瞬间的数值称为瞬时值。瞬时值一般用小写字母表示，电压、电流、电动势的瞬时值分别用 u 、 i 、 e 表示。

6. 最大值

交流电在变化过程中所出现的最大瞬时值，称为交流电的最大值，常用 U_m 、 I_m 、 E_m 来表示电压、电流、电动势的最大值。

7. 有效值

交流电通过电阻性负载时，如果产生的热量与直流电在相同的时间内所产生的热量相等时，这一直流电的大小就是交流电的有效值，常用 U 、 I 、 E 表示电压、电流、电动势的有效值。平时所说电压、电流的数值以及电气仪表所测量出的数值大都是有效值。

8. 角频率

单位时间内交流电变化的角度称为角频率，又称为角速度，是反映交流电重复（循环）变化快慢的物理量，用字母 ω 表示，单位是弧度/秒（rad/s）。

9. 初相角

导线或线圈在磁场开始转动的瞬间就存在的角度称为初相角。

10. 相位

相位是反映正弦量的进程，线圈在磁场转动处于不同的时刻，就对应不同的相位。

11. 相位差

在任一瞬时，两个同频率正弦交流电的相位之差称为相位差。两个相同的线圈，但初相角不同，在同一磁场中以同一速度旋转，所产生的交变电动势的频率和最大值都相同。由于初相角不同，因此电动势不能同时到达最大值或零值。可见相位差就是初相角之差，它与时间及角频率无关。相位差实际上是说明两交流电之间在时间上超前或滞后的关系。

两个交流电的相位差为零时，它们的初相角相同，即表明这两个交流电同时达到零值或最大值，这称为同相。若一个交流电比另一个交流电早到零值或正的最大值，则前者称为超前，后者称为滞后。如果两者相位差为 180° 即表示同时到达零值或符号相反的最大值，称为反相。

应注意，只有同频率的正弦量之间，才有相位差、超前、滞后等概念。频率不同的正弦量在相位上不能进行比较。

12. 正弦交流电的三要素

最大值、频率（或角频率、周期）和初相角称为正弦交流电的三要素。

13. 电感

电感是表征电感器储能能力的物理量，用字母 L 表示，单位为亨（H）。常用单位还有毫亨（mH）。

14. 电容

电容是表征电容器储存电荷电量能力的物理量，用字母 C 表示，单位是法（F）。常用单位还有微法（ μF ）和皮法（pF），它们之间的关系为： $1\text{F}=10^6\mu\text{F}$ ， $1\mu\text{F}=10^6\text{pF}$ 。在电路中，电容器能把电能转变为电场能。

15. 电抗

电路中存在自感电势和电容，它们对电流起抗拒作用，通常称为电抗，用字母 X 表示，单位是欧姆（ Ω ）。电抗分为感抗和容抗。

16. 感抗

交流电流通过电感线圈时，线圈中会产生感应电动势来阻止

电流的变化,因而有一种阻止交流电流通过的作用,通常称为感抗,用字母 X_L 表示,单位是欧姆 (Ω)。

17. 容抗

交流电流通过电容时,与感抗类似,也有阻止交流电流通过的作用,通常称为容抗,用字母 X_C 表示,单位是欧姆 (Ω)。

18. 阻抗

交流电流通过具有电阻 (R)、电感 (L)、电容 (C) 的电路时,由于电阻、感抗、容抗都有阻止电流通过的作用,通常总称为阻抗,用字母 Z 表示,单位是欧姆 (Ω)。

19. 有功功率

有功功率是将电能转换为机械能、光能、热能等其他形式能量的电功率。它被用电设备直接消耗掉。有功功率用字母 P 表示,单位有瓦 (W)、千瓦 (kW)、兆瓦 (MW)。

20. 无功功率

在交流电路中,电感和电容是不消耗能量的,只是与电源进行能量的交换,通常把与电源交换能量的功率称为无功功率。无功功率用字母 Q 表示,单位有乏 (var)、千乏 (kvar)。无功功率用来在电气设备中建立和维持交变磁场,即用于电路内电场与磁场的交换。

21. 视在功率

交流电路中电压与电流有效值的乘积称为视在功率。它是电源或负载的总功率。通常用视在功率表示变压器等设备的容量,用字母 S 表示,单位有伏安 (VA)、千伏·安 (kV·A)。

22. 功率因数

在交流电路中,电压与电流之间的相位差 (φ) 的余弦称为功率因数,用符号 $\cos\varphi$ 表示。功率因数在数值上,是有功功率和视在功率的比值,即 $\cos\varphi = P/S$ 。

功率因数的大小与电路的负荷性质有关。电阻性负载,如电阻炉、白炽灯的功率因数为 1;电感性负载,如变压器、电动机的功率因数小于 1。