电工电子名家畅销书系

图解电工基础

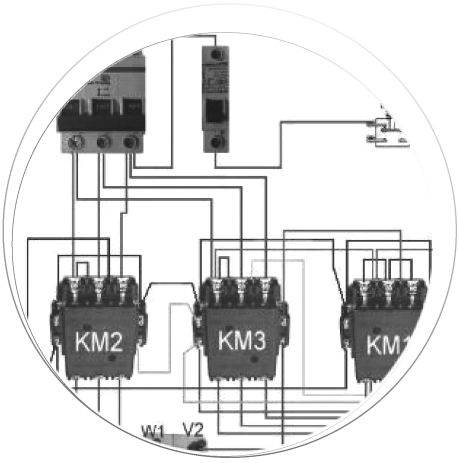
郎永强　孙希强　等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

电工电子名家畅销书系



图解

电工基础

郎永强　孙希强　等编著

机 械 工 业 出 版 社

千言万语往往不及一幅图生动易懂，本书除了严格按照国家标准和电气行业标准编写之外，坚持图文并茂的图解方式，详尽介绍了电工应知应会的电工操作技术。全书内容包括图解基础知识、牢记速算公式，图解工具使用、巧学仪表测量，照明设备安装、线路连接工艺，低压电器设备安装与使用技能，变压器安装技能，电动机安装、使用与维护技术，电力电子元器件与设备，电气故障维修技术，电气安全知识等。

本书适合初级农村电工、工厂电工、安装电工、维修电工自学阅读，另外参加电工技术培训和农民工电气技能培训、希望考取电工上岗证的技术工人也可以参阅本书。

图书在版编目（CIP）数据

图解电工基础/郎永强等编著. —北京：机械工业出版社，2015.4
（电工电子名家畅销书系）
ISBN 978-7-111-49617-5

Ⅰ.①图… Ⅱ.①郎… Ⅲ.①电工技术—图解 Ⅳ.①TM-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 048511 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：付承桂 责任编辑：张沪光 责任校对：张 征
封面设计：路恩中 责任印制：乔 宇
北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）
2015 年 5 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm · 14.5 印张 · 326 千字
0 001—4 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-49617-5
定价：39.90 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
服务咨询热线：010-88361066	机 工 官 网：www.cmpbook.com
读者购书热线：010-68326294	机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
010-88379203	金 书 网：www.golden-book.com
封面无防伪标均为盗版	教育服务网：www.cmpedu.com

出 版 说 明

我国经济与科技的飞速发展，国家战略性新兴产业的稳步推进，对我国科技的创新发展和人才素质提出了更高的要求。同时，我国目前正处在工业转型升级的重要战略机遇期，推进我国工业转型升级，促进工业化与信息化的深度融合，是我们应对国际金融危机、确保工业经济平稳较快发展的重要措施，而这同样对我们的人才素质与数量提出了更高的要求。

目前，人们日常生产生活的电气化、自动化、信息化程度越来越高，电工电子技术正广泛而深入地渗透到经济社会的各个行业，促进了众多的人口就业。但不可否认的客观现实是，很多初入行业的电工电子技术人员，基础知识相对薄弱，实践经验不够丰富，操作技能有待提高。党的十八大报告中明确提出“加强职业技能培训，提升劳动者就业创业能力，增强就业稳定性”。人力资源和社会保障部近期的统计监测却表明，目前我国很多地方的技术工人都处于严重短缺的状态，其中仅制造业高级技工的人才缺口就高达 400 多万人。

秉承机械工业出版社“服务国家经济社会和科技全面进步”的出版宗旨，60 多年来我们在电工电子技术领域积累了大量的优秀作者资源，出版了大量的优秀畅销图书，受到广大读者的一致认可与欢迎。本着“提技能、促就业、惠民生”的出版理念，经过与领域内知名的优秀作者充分研讨，我们打造了“电工电子名家畅销书系”，涉及内容包括电工电子基础知识、电工技能入门与提高、电子技术入门与提高、自动化技术入门与提高、常用仪器仪表的使用以及家电维修实用技能等。

整合了强大的策划团队与作者团队资源，本丛书特色鲜明：①涵盖了电工、电子、家电、自动化入门等细分方向，适合多行业多领域的电工电子技术人员学习；②作者精挑细选，所有作者都是行业名家，编写的都是其最擅长的领域方向图书；③内容注重实用，讲解清晰透彻，表现形式丰富新颖；④以就业为导向，以技能为目标，很多内容都是作者多年亲身实践的看家本领；⑤由资深策划团队精心打磨并集中出版，通过多种方式宣传推广，便于读者及时了解图书信息，方便读者选购。

本丛书的出版得益于业内最顶尖的优秀作者的大力支持，大家经常为了图书的内容、表达等反复深入地沟通，并系统地查阅了大量的最新资料和标准，更新制作了大量的操作现场实景素材，在此也对各位电工电子名家的辛勤的劳动付出和卓有成效的工作表示感谢。同时，我们衷心希望本丛书的出版，能为广大电工电子技术领域的读者学习知识、开

阔视野、提高技能、促进就业，提供切实有益的帮助。

作为电工电子图书出版领域的领跑者，我们深知对社会、对读者的重大责任，所以我们一直在努力。同时，我们衷心欢迎广大读者提出您的宝贵意见和建议，及时与我们联系沟通，以便为大家提供更多高品质的好书，联系信箱为 fuchenggui52@163.com。

机械工业出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

众所周知，图画一般具有直观明了、生动易懂的特点，用图讲解电工知识，往往能够收到易学易懂、事半功倍的好效果。而本书就是充分利用图的优点详细介绍电工应知应会的基础知识及操作技能的，目的是为了帮助广大电气工作者更快地提升个人技术，更好地胜任自己的工作。

本书编著的内容实用详尽、可操作性强，都是电工必须掌握的基本知识及操作技术。书中的这些基础技能在实际工作中往往会经常用到，初级电工读完本书即能上岗操作，因此书中内容与实践工作有着密切联系，学习掌握这些基础知识，是进一步学习更高技能的基石。

本书主要由郎永强和孙希强编写。其中，第1～6章由孙希强编写，第7～9章由郎永强编写，另外，丛湘亮、高鹏、史波、公维明、马国栋、赵波、冯全、陈刚、张国强也参加了本书的部分编写工作。

本书适合初级农村电工、工厂电工、安装电工、维修电工自学阅读，另外参加电工技术培训和农民工电气技能培训、希望考取电工上岗证的技术工人也可以参阅本书。

目　录

出版说明
前言
第 1 章　图解基础知识　牢记速算公式 …… 1
1.1　常用电气名词术语 …… 1
1.2　常用电气图形符号 …… 5
1.3　常用电气文字符号 …… 7
1.4　常用电气基本定律 …… 11
1.5　电工常用速算公式 …… 13
第 2 章　图解工具使用　巧学仪表测量 …… 23
2.1　电工随身工器具的使用 …… 23
2.2　设备安装工具的使用 …… 29
2.3　安全工器具的使用 …… 32
2.4　常用电工测量仪表的使用 …… 37
第 3 章　照明设备安装　线路连接工艺 …… 57
3.1　常用电气照明设备安装技巧 …… 57
3.2　照明开关 …… 61
3.3　插座 …… 63
3.4　照明线路的连接工艺 …… 67
第 4 章　低压电器设备安装与使用技能 …… 84
4.1　熔断器 …… 84
4.2　低压开关 …… 88
4.3　断路器 …… 92
4.4　交流接触器 …… 93
4.5　继电器 …… 97
4.6　漏电保护器 …… 99
第 5 章　变压器安装技能 …… 104
5.1　变压器在电力系统中的作用 …… 104
5.2　变压器的工作原理 …… 104
5.3　变压器的联结组标号 …… 106
5.4　变压器的结构 …… 107

5.5 正确选择变压器的容量 …… 112
5.6 正确选择变压器高、低压侧熔丝容量 …… 113
5.7 变压器的户外安装 …… 114
5.8 变压器的户内安装 …… 118
5.9 变压器的投运及停运操作程序 …… 124
5.10 变压器的运行维护 …… 125
5.11 变压器的日常维护 …… 126
第 6 章 电动机安装、使用与维护技术 …… 128
6.1 电动机的基本结构 …… 128
6.2 正确选择电动机 …… 132
6.3 电动机的安装和接线 …… 136
6.4 电动机的起动试运行 …… 147
6.5 电动机运行中的监视 …… 149
6.6 电动机的定期检查保养 …… 150
6.7 电动机的常见故障排除 …… 151
第 7 章 电力电子元器件与设备 …… 157
7.1 二极管 …… 157
7.2 晶体管 …… 161
7.3 晶闸管 …… 164
7.4 光耦合器 …… 169
7.5 数码管 …… 171
7.6 逻辑门电路 …… 173
第 8 章 电气故障维修技术 …… 176
8.1 电气故障的查找方法及步骤 …… 176
8.2 常见电源故障的检修 …… 178
8.3 电路故障的检修 …… 182
8.4 常用低压电器的故障检修 …… 190
8.5 常用电动工具的故障检修 …… 198
第 9 章 电气安全知识 …… 202
9.1 保证电工安全的措施 …… 202
9.2 电气防火防爆措施 …… 208
9.3 漏电接地保护 …… 214
9.4 触电急救 …… 215

第1章

图解基础知识　牢记速算公式

1.1　常用电气名词术语

（1）**电荷**　电荷是物质的一种固有属性。我们把组成物质的无数带电微粒（如质子、电子）称为电荷。电荷有两种：一种叫正电荷，另外一种叫负电荷。并且在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（见图1-1）。在正常条件下，任何一个物体所带的正电荷与负电荷均相等，呈中性。但如果由于某种原因（如摩擦、电磁作用等），使负电荷多于或少于正电荷，因而这个物体便带负电或正电。这种有电荷存在和电荷变化的现象，就是我们日常说的“电”。

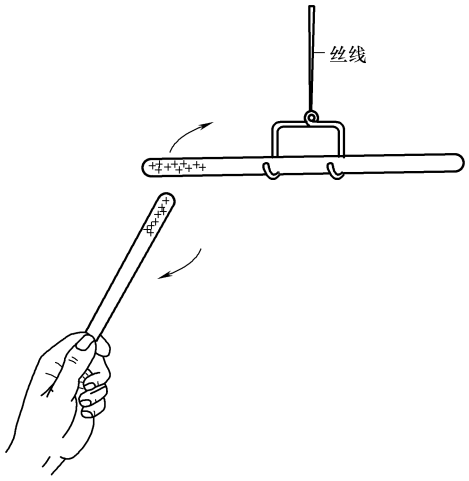


图1-1　两根摩擦带电的玻璃棒相互推斥

（2）**电流**　电荷在电场力作用下的有序运动形成电流（见图1-2），衡量电流大小的量是电流强度，简称电流。其量值为单位时间内通过电路某一导体横截面的电荷量。用符号 I 表示，单位为A（安培）。

（3）**电压**　电路中两点之间的电位差称为电压。用符号 U 表示，单位为V（伏特）。

（4）**电动势**　单位正电荷由低电位移向高电位时非静电力对它所做的功称为电动势。用符号 E 表示，单位是V（伏特）。

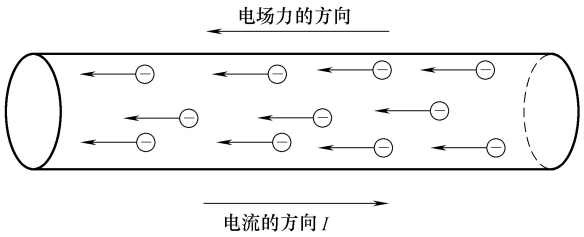


图1-2　电荷在电场力的作用下有序运动形成电流

（5）**电阻**　当把不同的负载接到电源上去的时候，负载中通过的电流大小是不相同的。例如，在一根铜棒的两端和一根铁棒的两端加上同样的电压，在两根棒中的电流将会相差很大，这是因为不同材料对于电流具有不同的阻力的缘故。我们通常把加在导体两端的电压和通过导体的电流的比值叫作电阻。电阻是阻碍电流

通过的能力，用字母 R 或 r 表示，单位是欧姆（Ω）。

（6）**电阻率** 是衡量物质导电性能好坏的一个物理量，用字母 ρ 表示，单位为 Ω·m。在数值上等于长 1m 截面积为 $1m^2$ 的导线，在温度 20℃时的电阻值，电阻率越大，导电性能越低。

（7）**电阻的温度系数** 表示物质的电阻率随温度而变化的物理量，其数值等于温度每升高 1℃时，电阻率的变化量与原来电阻率的比值，通常以字母 α 表示，单位为 1/℃。

（8）**电导** 物体传导电流的本领叫作电导。在直流电路里，电导的数值就是电阻值的倒数，以字母 G 表示，单位为 S（西门子）。

（9）**电导率** 也是衡量物质导电性能好坏的一个物理量。大小在数值上是电阻率的倒数，以字母 γ 表示，单位为 S/m（西/米）。

（10）**自感** 当闭合回路中的电流发生变化时，那么由这变化电流所产生、穿过回路本身磁通也会发生变化，因此在回路中也会感应电动势，这种现象称为自感现象，这种感应电动势叫自感电动势。穿过回路所包围面积的磁通与产生此磁通的电流之间的比例系数，叫作回路的自感系数，简称自感。其数值等于单位时间内，电流变化一个单位时由于自感而引起的电动势，用字母 L 表示，单位为 H（亨利）。

（11）**互感** 两只相邻线圈，当任一线圈中的电流发生变化时，则在另一只线圈中产生感生电动势，这种电磁感应现象叫互感。由此产生的感生电动势称为互感电动势。用字母 M 表示，单位为 H。

（12）**电感** 自感与互感的统称。

（13）**电容** 凡是用绝缘介质隔开的两个导体就构成了一个电容器。两个极板在单位电压作用下每一极板上所储存的电荷量叫作该电容器的电容，用字母 C 表示，单位为 F（法拉）。

（14）**感抗** 交流电流过具有电感的电路时，电感有阻碍交流电流过的作用，这种作用称为感抗，用 X_L 表示，单位为 Ω。

（15）**容抗** 交流电流过具有电容的电路时，电容有阻碍交流电流过的作用，这种作用称为容抗，用 X_C 表示，单位为 Ω。

（16）**阻抗** 交流电流过具有电阻、电感、电容的电路时，它们阻碍交流电流过的作用，这种作用称为阻抗，用字母 Z 表示，单位为 Ω。

（17）**直流电** 大小和方向不随时间变化的电流称为直流电。

（18）**交流电** 大小和方向随时间周期性变化的电流称为交流电。

（19）**正弦交流电** 随时间按正弦规律变化的交流电流称为正弦交流电。

（20）**非正弦交流电** 随时间不按正弦规律变化的交流电流称为非正弦交流电。

（21）**脉动直流电** 大小随时间变化而方向不变的电流称为脉动直流电。

（22）**频率** 交流电流 1s 内电流方向改变的次数称为频率，用字母 f 表示，单位为 Hz（赫兹）。

（23）**周期** 交流电每变化一周所需的时间称为周期，用字母 T 表示，单位为 s（秒）。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

（24）**瞬时值**　交流电在任一瞬间的值称为瞬时值，用小写字母表示，如 i、u、e 分别表示电流、电压及电动势的瞬时值。

（25）**最大值**　瞬时值中的最大幅值称为最大值，用带下标 m 的大写字母表示，如 I_m、U_m、E_m 分别表示电流、电压及电动势的最大值。

（26）**有效值**　如某一交流电通过某一电阻经过一定时间所产生的热量，等于某一直流电通过同一电阻在同一时间所产生的热量，则该直流电的数值即称为交流电的有效值，即交流电的有效值就是与它的热效应相当的直流值。用大写字母 I、U、E 分别表示电流、电压及电动势的有效值。

（27）**平均值**　交流电的平均值是指某段时间内流过电路的总电荷与该段时间的比值。正弦交流电的平均值通常指正半周内的平均值。

（28）**电能［量］**　电流所做的功叫电能，用符号 W 表示，单位为 J（焦耳）和 kW·h（千瓦·时）。

（29）**电功率**　单位时间（1s）电流所做的功叫作电功率，用符号 P 表示，单位为 W 或 kW。

（30）**瞬时功率**　交流电路中任一瞬间的功率称为瞬时功率，用符号 p_t 表示，单位为 W 或 kW

（31）**有功功率**　正弦交流电路的瞬时功率在一个周期内的平均值，称为有功功率，用字母 p_a 表示，单位为 W 或 kW。

（32）**视在功率**　电流 I 和电压 U 的有效值的乘积称为视在功率，用字母 S 或 P_s 表示，单位为 V·A 或 kV·A。

（33）**无功功率**　具有电感或电容的电路中，在半周期的时间里，电源的能量变成磁场（或电场）的能量储存起来，而在另半周期的时间里，又把储存在磁场（或电场）的能量释放出来送还电源。它只与电源进行能量交换而没有消耗能量。与电源交换能量的速率的振幅值叫作无功功率，用字母 Q 或 P_r 表示，单位为 var（乏）或 kvar（千乏）。

（34）**功率因数**　有功功率与视在功率的比值称为功率因数 $\cos\varphi$。

（35）**效率**　能量在转换或传递的过程中总要消耗一部分，即输出小于输入，输出能量与输入能量的比值叫作效率，用字母 η 表示。

（36）**相电压**　三相电路中，相线与中性线之间的电压称为相电压。

（37）**线电压**　三相电路中，相线与相线之间的电压称为线电压。

（38）**相电流**　三相电路中，流过每相上的电流称为相电流。

（39）**线电流**　三相电路中，三根端线中的电流称为线电流。

（40）**相位**　表示自正弦量零点开始经历了多少角度，它反映了正弦量的变化进程。

（41）**相量**　用来表示正弦量大小和相位的矢量。

（42）**磁场**　处在磁铁或载流导体周围空间的其他磁性物质或载流导体将受到磁场力的作用。即说明在磁铁或载流导体周围的空间存在着磁场。

（43）**磁通密度（磁感应强度）**　表示磁场大小与方向的基本物理量，它的方向即是磁场的方向。当正电荷在磁场中运动，其运动方向与磁场方向垂直时，则单位正电荷以单

位速度运动时所受到的磁场作用力，即为磁感应强度的大小。用字母 B 表示，单位为 T（特斯拉）。

（44）**磁通** 磁感应强度与垂直于磁场方向的面积的乘积称为磁通。用字母 Φ 表示，单位为 Wb（韦伯）。

（45）**磁场强度** 表示磁场大小与方向的物理量。磁场强度的闭合线积分等于该闭合线所包围的宏观传导电流的代数和，与导磁场物质无关。用字母 H 表示，单位为 A/m。

（46）**磁阻** 磁路对磁通所起的阻碍作用，用字母 R_m，单位为 1/H（1/亨）。

（47）**磁导率** 衡量物质导磁性能的一个系数，用字母 μ 表示，单位为 H/m。

（48）**相对磁导率** 任一物质的磁导率 μ 与真空磁导率 μ_0 之比值称为相对磁导率，用符号 μ_r 表示。

（49）**电磁力** 载流导体在外磁场中将受到力的作用，这种力称为电磁力。用字母 F 表示，单位为 N（牛顿）。

（50）**磁滞** 铁磁体在反复磁化的过程中，其磁感应强度的变化总是滞后于磁场强度的变化，这种现象称为磁滞。

（51）**涡流** 处在变化磁场中的导电物质内部将产生感应电流，以反抗磁通的变化，这种感生电流称为涡流。

（52）**剩磁** 处在磁场中的铁磁物质当移去磁场后，仍会保持一定的磁性称为剩磁。

（53）**电场** 把电荷（或带电体）引入其他带电体周围的空间时，将会受到力的作用，就是说在带电体周围存在电场。

（54）**电场强度** 表示电场强弱的物理量。数值上等于单位正电荷在该点处所受的作用力，方向是正电荷受力的方向。用字母 E 表示，单位为 V/m。

（55）**击穿** 电介质在电场的作用下发生剧烈放电或导电的现象叫击穿。

（56）**绝缘强度** 又称击穿电场强度。电介质不被击穿所能承受的极限电场强度。

（57）**导体** 内部的带电质点能够自由移动的物体称为导体。

（58）**半导体** 导电性能介于导体与绝缘体之间的物体称为半导体，如硅、锗等。

（59）**绝缘体** 又称电介质。电导率很小的物体称为绝缘体，如玻璃、云母等。

（60）**电流的热效应** 当电流通过导体时将由于导体电阻而产生功率损耗并转换成热能，这种效应称为电流的热效应，如电炉就是利用了这一原理。

（61）**电流的磁效应** 电流在其周围的空间产生磁场，当载流导体处于该磁场中时，将受到力的作用，这种效应称为电流的磁效应。如电动机、电磁测量仪表等都利用了这一原理。

（62）**电流的化学效应** 电流通过盐类、碱类和酸类的溶液，使其分解而将电能转换成化学能或其他形式的能量，这种作用称为电流的化学效应。如电镀就是利用了这一原理。

（63）**静电感应** 导体在附近电荷的作用下感应带电，靠近电荷的一端感生出与电荷符号相反的电荷，另一端感生出与电荷符号相同的电荷，正负电荷的数量相同，这种现象称为静电感应。工业上的静电植绒和静电电压发生器等都是利用了这一原理。

（64）**电磁感应**　当环链着一导体的磁通发生变化时，导体内就会产生电动势，这种现象称电磁感应，电磁感应产生的电动势叫作感应电动势。变压器就是利用电磁感应的原理制成的。

（65）**热电效应**　将两根不同的金属导线的两端分别连接起来，形成一闭合回路。若在其一端加热，另一端冷却，闭合回路中将产生电流。此外，在一段均匀导体上如有很高的温差存在时，导线两端会有电动势出现，这种现象称为热电效应。工业上测高温用的热电式仪表就是利用这一原理制成的。

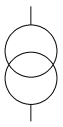
（66）**光电效应**　光线被物质吸收而产生电的效应称为光电效应。工业上的太阳能电池、光电管等都是利用了这一原理。

（67）**压电效应**　对石英、酒石酸钾钠等晶体的表面施加压力，在两受力面上将产生异性电荷，形成电位差，反之这些晶体处于交变的电场内将产生振动，这种现象叫压电效应。工业上如压电效应型超声波发生器、晶体相声器等就是应用压电效应这一原理制成的。

1.2　常用电气图形符号

常用电气图形符号见表 1-1。

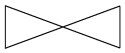
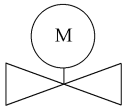
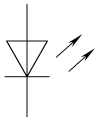
表 1-1　常用电气图形符号

名称	图形符号	名称	图形符号
直流电	⎓	变压器	
交流电	∿	直流/交流变换器	
交直流通用	≂	测试电压	
正极、正号	+	危险电压	
负极、负号	−	接地	
电路、传输通路（如微波技术）、线路等	———	保护接地	

（续）

名称	图形符号	名称	图形符号
三根导线	或 3	接机壳、接机架	
电阻器一般符号		信号低端	
熔断器		输出	
电容器一般符号		输入	
穿心电容器 旁路电容器		过电压保护装置	
电感器，线圈， 绕组，扼流圈		通/断（按一按）	
带磁心的电感器		通/断（按钮）	
缓慢释放继电器的线圈		调到最小	
缓慢吸合继 电器的线圈		调到最大	
屏、台、箱、柜一般符号		信号灯、照明灯、照明设备	
照明配电箱			
事故照明配电箱（屏）		电喇叭（报警用）	
直流配电盘		耳机	
交流配电盘（屏）		通风机（鼓风机、风扇等）	

（续）

名称	图形符号	名称	图形符号
阀的一般符号		二极管	
电动阀		发光二极管一般符号	
按钮一般符号		热敏二极管	

1.3　常用电气文字符号

1. 常用电气设备基本文字符号（见表 1-2）

表 1-2　常用电气设备基本文字符号

设备、装置和元器件种类	名　　称	基本文字符号	
		单字母	双字母
组件、部件	电桥	A	AB
	晶体管放大器		AD
	集成电路放大器		AJ
	磁放大器		AM
	电子管放大器		AV
	印制电路板		AP
	抽屉柜		AT
	支架盘		AR
变换器	速度变换器	B	BV
电容器	电容器	C	
保护器件	过电压放电器件(避雷器)	F	
	具有瞬时动作的限流保护器件		FA
	具有延时动作的限流保护器件		FR
	具有延时和瞬时动作的限流保护器件		FS
	熔断器		FU
	限压保护器件		FV
发生器、发电机、电源	发生器		GS
	同步发电机		
	异步发电机		GA
	蓄电池		GB
	旋转式或固定式变频机		GF

（续）

设备、装置和元器件种类	名　　称	基本文字符号	
		单字母	双字母
信号器件	声响指示器	H	HA
	光指示器		HL
	指示灯		HL
继电器、接触器	瞬时接触继电器	K	KA
	瞬时有或无继电器		
	交流继电器		
	闭锁接触继电器（机械闭锁或永磁铁式有或无继电器）		KL
	双稳态继电器		
	接触器		KM
	极化继电器		KP
	簧片继电器		KR
	延时有或无继电器		KT
	逆流继电器		KR
电感器、电抗器	感应线圈	L	
	线路陷波器		
	电抗器（并联和串联）		
电动机	电动机	M	
	同步电动机		MS
	可作发电机的电机		MG
	力矩电动机		MT
测量设备、试验设备	电流表	P	PA
	（脉冲）计数器		PC
	电能表		PJ
	记录仪表		PS
	时钟、操作时间表		PT
	电压表		PV
电力电路的开关器件	断路器	Q	QF
	电动机保护开关		QM
	隔离开关		QS
电阻器	电阻器	R	
	变阻器		
	电位器		RP
	测量分路表		RS
	热敏电阻器		RT
	压敏电阻器		RV

需要全本请访问 www.ertongbook.com