



电工技术新起点丛书

维修电工入门

- 突出快速入门
- 注重学以致用
- 轻松掌握一技之长

乔长君 张鸿峰 © 编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

电工技术新起点丛书

维修电工入门

乔长君 张鸿峰 编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共分 10 章,包括电工基础知识、常用电工材料、常用工具与仪表、变压器、三相异步电动机、直流电动机、低压电器、高压电器、照明及配线、室内配线、电缆工程等,内容来源于维修实践。全书内容翔实新颖,图文并茂,具有先进性、系统性和较高的实用价值。

本书适合初中以上文化程度,初学电气维修的电工阅读,也可作为专业人员的参考工具书,还可作为职业技术类学校相关专业的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工入门/乔长君,张鸿峰编. —北京:国防工业出版社,2011. 10
(电工技术新起点丛书)
ISBN 978-7-118-07492-5

I. ①维… II. ①乔… ②张… III. ①电工—维修—基本知识 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011) 212990 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
天利华印刷装订有限公司印刷
新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 12 1/2 字数 414 千字
2011 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

随着城乡一体化进程的不断加快,大批农村劳动力涌入城市,开始了择业、就业、开创美好新生活的步伐。学什么、做什么,怎样才能快捷掌握一门技术,并快速应用于生产实践,成为当务之急。为适应新形势的需要,在仔细调查研究基础上,我们精心组织编写了“电工技术新起点丛书”。

本丛书在编写时充分考虑了电工技术知识性、实践性和专业性都比较强的特点,选择了近年来中小型企业电工紧缺岗位从业人员必备的几个技能重点,以一个无专业基础的人零起步学习电工技术的角度,将初学电工的必备知识和技能进行归类、整理和提炼,用通俗的语言、大量的图片来讲解,剔除了一些实用性不强的理论阐述,以使初学者通过直观、快捷的方式学习电工技术,为今后进一步学习打下良好基础。

本丛书注重实际操作,突出实践,图文表相结合。其中涉及的器件或实际操作方法,大部分是根据实际情况现场拍摄的实物实景图或标准图改绘的线条图,方便读者的想象和理解。所有的一切都希望能帮助读者快速学习新知识,快速掌握新技术,学以致用。

本丛书旨在满足农村劳动力进城就业和社会上广大新工人学习和掌握电工基础知识和基本操作技能的需要,尽快提高操作人员的技术素质,从而增强企业的竞争力,促进农村劳动力转移、新生劳动力和转岗就业人员实现就业。

本丛书暂定为《电机修理入门》、《维修电工入门》、《安装电工入门》、《水电工入门》、《农电工操作技能入门》、《弧焊机维修入门》、《电工识图入门》。以后还将根据读者需要陆续出版其它图书。

本书是《维修电工入门》。

本书从电工基本知识入手,包括常用电工材料、常用工具与仪表、变压器、三相异步电动机、直流电动机、低压电器、高压电器、照明及配线、室内配线、电缆工程等内容。本书在内容上力求简明扼要,贴近实际,充分考虑到新世纪电气维修人员必备的实际技能,具有以下特点:

(1)根据电气维修人员实际需要,内容从电工基本知识开始,逐渐深入,条理清晰,通俗易懂,便于实践与自学。

(2)从电气维修实际出发,详细介绍了电气设备选用、维修等方面的知识,突出实用性,强化实践性。

(3)采用大量标准图片,这些图片都由实际线路、原理图改编,直观生动,方便学习。

参加本书编写的有乔长君、张鸿峰、申玉有、马军、朱家敏、于蕾、武振忠、杨春林等。全书由张永吉审核。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 电工基础知识.....	1
1.1 电工学基本知识	1
1.1.1 电的概念	1
1.1.2 磁的概念	2
1.1.3 电与磁	3
1.1.4 单相电路	5
1.1.5 单相交流电	8
1.1.6 三相对称正弦交流电路	9
1.2 常用电气图形符号和文字符号	10
1.2.1 常用电气图形符号	10
1.2.2 常用电气文字符号	25
第2章 常用电工材料	27
2.1 导电材料	27
2.1.1 导电材料的分类、用途和参数	27
2.1.2 铜和铜合金	28
2.1.3 铝和铝合金	28
2.1.4 常用电线、电缆	30
2.2 常用电工绝缘材料	37
2.2.1 绝缘材料按化学性质分类及用途	37
2.2.2 浸渍纤维材料	38
2.2.3 绝缘纤维制品	42
2.2.4 云母及云母制品	45
2.2.5 电工用塑料薄膜、复合制品及黏带	50
2.2.6 绝缘漆、胶和熔敷粉	54
2.2.7 六氟化硫(SF ₆)气体	61
2.3 电工常用磁性材料和电热材料	62

2.3.1	磁性材料	62
2.3.2	电热材料	69
2.4	常用电气安装材料	75
2.4.1	电工管	75
2.4.2	铜铝过渡排和铝压接管	77
2.4.3	接线端子	79
第3章	常用工具与仪表	81
3.1	常用工具	81
3.1.1	通用工具	81
3.1.2	常用量具	89
3.1.3	电动工具	90
3.1.4	电气安全用具	94
3.2	常用电工仪表	96
3.2.1	显示仪表	96
3.2.2	工具仪表	100
第4章	变压器	106
4.1	电力变压器分类、结构和工作原理	106
4.1.1	变压器的分类	106
4.1.2	变压器的结构	106
4.1.3	变压器的工作原理	107
4.1.4	连接组别	107
4.1.5	技术参数	109
4.2	变压器并列运行	110
4.2.1	并列条件	110
4.2.2	并列运行条件分析	110
4.3	专用变压器	111
4.3.1	自耦变压器	111
4.3.2	整流变压器	112
4.3.3	电流互感器	112
4.3.4	电压互感器	114
4.4	变压器的保护	116
4.4.1	变压器的故障与不正常故障状态	116
4.4.2	中、小型变压器的保护	116

4.5	变压器维修	122
4.5.1	变压器的常见故障及处理方法	122
4.5.2	处理方法	126
第5章	三相异步电动机	128
5.1	三相异步电动机原理与运行	128
5.1.1	三相异步电动机结构	128
5.1.2	三相异步电动机工作原理	129
5.1.3	三相异步电动机的运行	131
5.2	三相异步电动机的控制原理	132
5.2.1	三相异步电动机的启动	132
5.2.2	三相异步电动机的制动	134
5.2.3	三相异步电动机的调速	135
5.3	实用低压电动机故障判断方法及控制线路	136
5.3.1	低压电动机控制线路故障判断方法	136
5.3.2	三相异步电动机直接启动控制线路	143
5.3.3	三相异步电动机降压启动控制线路	159
5.4	防爆电动机	165
5.4.1	防爆综述	165
5.4.2	防爆电动机的结构特点	166
5.5	三相低压异步电动机的维修	167
5.5.1	三相低压异步电动机常见故障处理(表5-5)	167
5.5.2	三相低压电动机常见故障判断方法	169
5.5.3	三相低压电动机检修	174
第6章	直流电动机	184
6.1	直流电动机综述	184
6.1.1	直流电动机的基本结构	184
6.1.2	直流电动机的工作原理	184
6.1.3	直流电动机的励磁方式	185
6.1.4	换向火花	185
6.1.5	直流电动机出线标志	186
6.2	直流电动机的控制	186
6.2.1	直流电动机的启动	186
6.2.2	直流电动机的调速	186

6.2.3	直流电动机的制动	187
6.3	直流电动机的维修	188
6.3.1	直流电动机常见故障及处理方法	188
6.3.2	直流电动机的检修	192
第7章	低压电器原理及常见故障	195
7.1	概述	195
7.1.1	低压电器的定义和用途	195
7.1.2	低压电器的分类	195
7.1.3	低压电器的污染等级、安装类别和外壳防护等级	198
7.1.4	低压电器的正确选用	200
7.2	刀开关、隔离器、熔断器组合电器	200
7.2.1	概述	200
7.2.2	刀开关和隔离器	201
7.2.3	开启式负荷开关	203
7.2.4	封闭式负荷开关	205
7.2.5	熔断器式刀开关	206
7.2.6	组合开关	207
7.2.7	刀开关和组合开关的常见故障及其排除方法	209
7.3	熔断器	210
7.3.1	概述	210
7.3.2	熔断器的选择	212
7.3.3	熔断器的安装、使用和维修	214
7.4	断路器	217
7.4.1	概述	217
7.4.2	万能式断路器	218
7.4.3	塑料外壳式断路器	220
7.4.4	限流式断路器	223
7.4.5	其他常用断路器简介	224
7.4.6	低压断路器的安装、使用和维修	225
7.5	接触器	228
7.5.1	概述	228
7.5.2	常用接触器简介	229
7.5.3	接触器的选择、使用、维修	231

7.6	继电器	234
7.6.1	概述	234
7.6.2	电磁式电流、电压和中间继电器	235
7.6.3	时间继电器	240
7.6.4	热继电器	243
7.7	主令电器	247
7.7.1	用途和分类	247
7.7.2	按钮	247
7.7.3	行程开关	249
7.7.4	接近开关	250
7.7.5	万能转换开关	251
7.7.6	主令控制器	253
7.8	电磁铁	255
7.8.1	概述	255
7.8.2	电磁铁的安装和维护	255
7.9	漏电保护电器	257
7.9.1	概述	257
7.9.2	漏电保护器的选用	259
7.9.3	漏电保护器安装使用和维护	263
7.10	电动机综合保护器	267
7.10.1	概述	267
7.10.2	主要技术指标	268
第8章	高压电器	270
8.1	隔离开关	270
8.1.1	隔离开关的结构和分类	270
8.1.2	使用注意事项和常见故障	272
8.2	断路器	274
8.2.1	断路器的基本要求与技术参数	274
8.2.2	高压断路器用途和分类	276
8.2.3	高压断路器的结构	277
8.3	断路器修理	280
8.3.1	常见故障及处理方法	280

8.3.2	SF ₆ 气体的检漏方法	284
8.4	断路器的操动机构	285
8.4.1	操动机构概述	285
8.4.2	CT8 型弹簧机构	287
8.4.3	CD10 型电磁操动机构	288
8.4.4	CY5 液压操动机构	290
第9章	照明及配线	294
9.1	照明概述	294
9.1.1	照明种类	294
9.1.2	照明方式	295
9.1.3	照明供电方式	295
9.1.4	照明线路的一般要求	296
9.2	常用照明线路	296
9.2.1	白炽灯线路	296
9.2.2	荧光灯线路	299
9.3	电气照明的维修	300
9.3.1	照明线路常见故障及处理	300
9.3.2	照明灯具故障	304
9.4	室内配线	309
9.4.1	概述	309
9.4.2	钢管明配线	319
9.4.3	塑料护套线配线	333
9.4.4	钢索线路的安装	338
9.4.5	线槽配线	343
9.4.6	导线连接	349
9.4.7	绝缘包扎	354
第10章	电缆工程	356
10.1	概述	356
10.1.1	结构与用途	356
10.1.2	规格型号与分类	357
10.1.3	电缆选择	359
10.2	电缆敷设	367
10.2.1	电缆的敷设方式	367

10.2.2	直埋敷设	369
10.2.3	电缆明敷设	374
10.2.4	电缆保护管敷设	378
10.3	电缆头制作	382
10.3.1	准备工作	382
10.3.2	塑料电缆头制作	383
10.3.3	交联电缆头的制作	387
参考文献		391

第1章 电工基础知识

1.1 电工学基本知识

1.1.1 电的概念

1. 电子与电荷

电荷是物质固有的一种特性。它既不能创生,也不能消灭,只能被转移,自然界不存在脱离物质而单独存在的电荷。目前发现自然界中只有两种电荷:正电荷与负电荷。正常情况下物体所带正电荷和负电荷的数量是相等的,对外界表现为不带电。只有当某种原因,使得负电荷多于(或少于)正电荷时,这个物体才表现为带电。

两个带电荷的物体之间总存在相互的作用力,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。用电量来衡量物体携带电荷的数量,用字母 Q 表示,单位可以用电子数目来表示,但实际使用时这个单位太小,因而采用库仑(C)作为电量的单位。 1 库仑(C)等于 6.24×10^{18} 个电子电荷。

2. 电流

导体内的自由电子或离子在电场力的作用下,有规律的流动称为电流。规定正电荷移动的方向为电流的正方向。

单位时间内通过导体截面积的电量为电流强度,习惯上简称为电流,用字母 I 表示, $I = Q/t$, 单位为安培(A),实际使用中还有 kA、mA、 μ A。

大小和方向都不随时间变化的电流称为恒定电流,也称为直流电流,又称直流电。大小和方向都随时间变化的电流称为交流电流,也称交流电。

在单位横截面积上通过的电流大小,称为电流密度,用 J 表示, $J = I/S$, 单位为安培/毫米²(A/mm²)。

3. 电位与电压

带电体周围存在着一种特殊的物理场叫电场。

电荷在电场中要受到电场力的作用而发生运动,因此可以认为电荷在

电场中具有电位能。单位正电荷在电场中某点所具有的电位能称为这一点的电位,单位是伏特(V)。

也就是说,在电场中任意选择一点作为参考点,单位正电荷从某一点移动到参考点时,电场力所做的功也就是电场中该点的电位,而参考点本身的电位则为零。

电场中任意两点之间的电位之差称为电位差,也称电压,用字母 U 表示,单位是伏特(V)。

参考点的选择是任意的,而参考点的选择对各点电位的大小是有影响的,但却不影响电压的大小。在理论研究时,通常取无穷远处作为电位的参考点,在实际工作中,通常取大地作为电位的参考点,在电子设备中,通常取设备外壳作为电位的参考点。

4. 电动势

电动势等于电源力将单位正电荷从电源负极移动到电源正极所做的功。用字母 E 表示,单位是伏特(V)。

1.1.2 磁的概念

1. 磁现象

凡具有吸引铁、镍、钴等物质的性质称为磁性,而具有磁性的物质称为磁体。

在磁体的两端各有一个磁性最强的区域,这个区域称为磁极。并且同一磁体的两个磁极有着不同的性质,即磁南极(S极)磁北极(N极)。在磁极之间具有“同性相斥、异性相吸”的特性。

2. 磁场与磁力线

磁体之间相互吸引或排斥的力称为磁力。

把磁体周围存在磁力作用的区域称为磁场。

为了直观、形象地描述磁场的方向和强弱而引出磁力线的概念,并规定在磁体的外部,磁力线由N极指向S极;在磁体内部,磁力线由S极指向N极,使磁力线在磁体内外形成一条条闭合的曲线。在曲线上任何一点的切线方向就表示该点的磁力线方向,也就是小磁针在磁力作用下静止时N极所指的方向。通常用磁力线方向来表示磁场方向。用磁力线的疏密程度表示磁场的强弱。磁力线越密,磁场越强。磁力线越疏,磁场越弱,如图1-1所示。

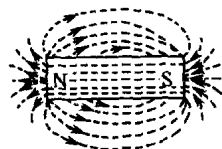


图1-1 磁力线

3. 磁通

垂直穿过磁场中某一截面的磁力线条数,反映了磁场中这一截面上磁场的强弱。把垂直穿过磁场中某一截面的磁力线条数称为磁通或磁通量。用字母 Φ 表示,单位为韦伯(Wb)。

4. 磁感应强度

单位面积上垂直穿过的磁力线条数,称为磁通密度,也称为磁感应强度。用字母 B 表示, $B = \Phi/S$,单位为特斯拉(T)。

磁感应强度不仅有大小,而且有方向。磁感应强度的方向就是磁场的方向,也就是小磁针北极在该点的指向。

5. 磁导率

磁导率是一个用来表示物质磁性的物理量,也就是用来衡量物质导磁能力的物理量,用字母 μ 表示,单位为亨利/米(H/m)。

真空的磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ 。

任何一种物质的磁导率与真空的磁导率的比值,称为该物质的相对磁导率,用字母 μ_r 表示。

6. 磁场强度

磁场中磁感应强度的大小不仅与产生磁场的电流有关,还与磁场中的介质有关,为了使计算简便,通常用磁场强度来表示磁场。用字母 H 表示, $H = B/\mu$,单位为安培/米(A/m)。

磁场强度的大小与磁场中的介质无关,方向和所在点的磁感应强度方向一致。

1.1.3 电与磁

1. 电流的磁场

在电流的周围存在着磁场,这种现象称为电流的磁效应。通电导体周围产生的磁场方向可以用安培定则来判断。

直导线周围磁场的方向由右手安培定则判定:用右手握住通电导体,让拇指指向电流方向,则弯曲四指的指向就是直导线周围的磁场方向,如图1-2所示。

螺线管内部磁场的方向由右手螺旋定则判定:用右手握住通电线圈,让弯曲四指指向线圈电流方向,则拇指所指方向就是线圈内部的磁场方向,如图1-3所示。

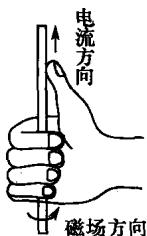


图 1-2 安培定则

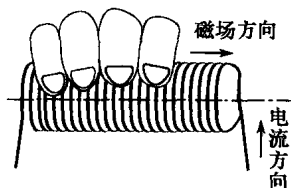


图 1-3 右手螺旋定则

应该注意的是,如果导线中流入的是直流电,那么导线周围的磁场方向是固定不变的,如果导线中流入的是交流电,则磁场大小和方向将随电流方向的变化而变化。

2. 电磁感应

当穿过闭合回路所包围的面积中的磁通量发生变化时,回路中就会产生电流,这种现象称为电磁感应现象。回路中所产生的电流称为感应电流。另一种现象是:当闭合回路中的一段导线在磁场中运动,并切割磁力线时,导体中也会产生电流。

直线导体与磁场相对运动而产生的感应电动势 e 的大小与导体切割磁力线的速度 v 、导体的长度 L 和导体所处的磁感应强度 B 有关,若导体运动方向与磁力线之间的夹角为 α ,则感应电动势 $e = BLv \sin \alpha$ 。

直线导体感应电动势的方向可用右手定则来判定:伸开右手,让拇指与其余四指垂直并在一个平面内,使磁力线穿过掌心,拇指指向切割磁力线的运动方向,四指的指向就是感应电动势的方向,如图 1-4 所示。

线圈中磁通变化而产生的感应电动势 e 的大小与穿过线圈的磁通变化率有关,若线圈的匝数为 N ,则感应电动势 $e = \left| N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$ 。

线圈中感应电动势的方向由楞次定律来判定:感应电流产生的磁通总是阻碍原磁通的变化。也就是说当线圈中的磁通增大时,感应电流产生的磁通与原磁通方向相反。而当线圈中的磁通减少时,感应电流产生的磁通与原磁通方向相同。

3. 磁场对电流的作用

处在磁场中的通电导体会受到力的作用,这种作用称为电磁力,用字母 F 表示, $F = BIL \sin \alpha$ 。

电磁力的方向由左手定则判定:伸开左手,让拇指与其余四指垂直并在同一平面内,让磁力线穿过手心,四指指向电流方向,拇指所指方向就是通电导体所受到的电磁力的方向,如图 1-5 所示。

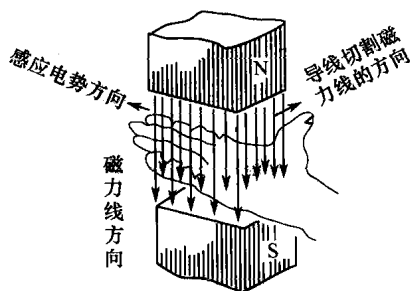


图 1-4 右手定则

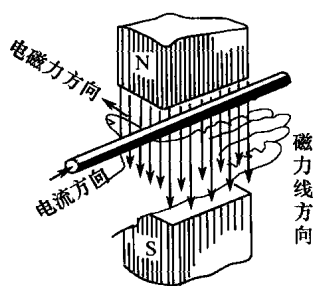


图 1-5 左手定则

1.1.4 单相电路

1. 电路

电流通过的路径,称为电路。一个完整的电路由电源、负载、输电导线和控制设备组成。对电源来讲,负载、输电导线和控制设备等称为外电路。电源内部的一段称为内电路。

电路的工作状态分为通路、断(开)路和短路 3 种。

2. 正方向

习惯上规定正电荷运动的方向(即负电荷运动的反向)为电流的方向。但在分析较为复杂的电路时往往难于事先判断某支路中电流的实际方向,为此,常可任意假定一个方向作为电流的正方向,或者称为参考方向。当电流的实际方向与其正方向一致时,则电流为正值。当电流的实际方向与其正方向相反时,则电流为负值。

电流的正方向在电路图中,一般用箭头表示,箭头的方向就是电流的正方向。也可用双下标表示,例如 I_{ab} 表示电流的正方向由 a 点指向 b 点。

电压、电动势和电流一样,也同样具有方向,电压的方向规定为由高电位端指向低电位端,也就是电位降低的方向。电源电动势的方向规定为电源内部由低电位端指向高电位端,也就是电位升高的方向。在电路分析中,电压、电动势的正方向也是可以任意规定的,正方向的表示方法与电流的正方向表示方法完全相同。