

全国工人中级技术考核培训教材

电工仪表修理工

中国劳动出版社

全国工人中级技术考核培训教材

电工仪表修理工

劳动部培训司组织编写

中国劳动出版社

(京)新登字 114 号

电工仪表修理工

劳动部培训司组织编写

责任编辑 葛 玮

中国劳动出版社出版

(北京市惠新东街 1 号)

北京印刷二厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

850×1168 毫米 32 开本 9.875 印张 216 千字

1994 年 8 月北京第 1 版 1994 年 11 月北京第 1 次印刷

印数:3100 册

ISBN - 7 - 5045 - 1548 - 5/TM · 096(课) 定价:5.00 元

本书是为了贯彻《工人考核条例》，根据机械工业部颁发的《工人技术等级标准》应知、应会要求，由劳动部培训司组织编写的全国工人中级技术考核培训教材。

本书共分两部分：第一部分为电工仪表修理技术基础，主要讲述了电磁学基本知识、单相及三相交流电路、晶体管电路、常用度量器、电工仪表的结构原理及调整检定，对常见故障的分析、排除、检修工艺和方法作了重点阐述；第二部分是试题和答案，选编了考核的基本题型，具有典型性和实用性。

本书可作为晋级考核的培训和自学教材，也可供从事电测工作的有关人员参考。

本书在编写过程中得到了安庆电力建设技术学校和合肥电力学校的大力支持，特此表示感谢！

本书由何定焕编写，王佩芳审稿。

前 言

为了适应工人岗位培训和贯彻《工人考核条例》，建立工人培训、考核、使用相结合的制度，推动职业技术培训，提高工人队伍素质的需要，我们组织编写了这套《全国工人中级技术考核培训教材》。1990年首批编写的十种教材，受到了广大读者的欢迎，经过三年的试用，我们在总结经验的基础上，这次又编写出版了铸造工、锻压工、电镀工、油漆工、模型工、齿轮工、起重工、筑炉工、工具钳工、铆工（铆、钣金、冲压工）、计量鉴定修理工、物理金相实验工、电工仪表修理工、热工仪表检修工、内外线电工、工业化学分析工等十六种教材。以后还将陆续编写出版其他工种教材。

《全国工人中级技术考核培训教材》，在内容编排上突破了文化课——技术基础课——专门工艺学的模式。从工人岗位生产技术的实际出发，突出操作技能训练。全书分两部分。第一部分内容着重阐明本工种中级技术的生产工艺、设备调整与维修等操作技能和技术理论知识及新技术、新工艺、新设备的有关知识。第二部分内容汇集了本工种的数百例试题与答案。因此，这套教材紧密结合在职工人岗位培训需要，可供组织升级考核复习和学员练习使用，也可供有关行业的人员自学使用。

在编写这套教材过程中，得到河北省劳动厅、湖南省劳动厅、上海市劳动局、江西省劳动厅、四川省劳动厅、河南

省劳动厅、辽宁省劳动局、安徽省劳动局、湖北省劳动局、新疆维吾尔自治区劳动厅、陕西省劳动局、广东省劳动局、天津市劳动局、黑龙江省劳动局等单位的大力支持，在此深表谢意！

由于编写这套教材时间仓促和缺乏经验，不足之处在所难免，恳切欢迎各单位和个人提出宝贵意见和建议。

劳动部培训司

1992 年 6 月

目 录

第一部分 电工仪表修理技术基础

第一章 电磁学基本知识	(1)
§ 1—1 磁场概述	(1)
§ 1—2 电磁感应	(5)
§ 1—3 自感和涡流	(7)
第二章 单相交流电路	(11)
§ 2—1 正弦交流电的基本概念	(11)
§ 2—2 交流电向量图表示法	(16)
§ 2—3 交流电路中的纯电阻元件、 纯电感元件	(20)
§ 2—4 电容器	(25)
§ 2—5 RLC 串联电路	(32)
§ 2—6 电路的谐振	(41)
第三章 三相交流电路	(45)
§ 3—1 三相交流电动势的产生	(45)
§ 3—2 三相电源的连接	(48)
§ 3—3 三相负载的连接	(51)
§ 3—4 三相电路的功率	(58)
第四章 晶体管电路基础知识	(61)
§ 4—1 晶体管的特性和参数	(61)
§ 4—2 基本放大电路的工作原理	(70)

§ 4—3	基本放大电路的分析方法	(74)
§ 4—4	功率放大电路	(84)
§ 4—5	整流电路	(88)
§ 4—6	直流稳压电源	(95)
第五章	电工仪表检修常用器材及零件修配	(100)
§ 5—1	常用度量器及辅助设备	(100)
§ 5—2	电工仪表的温度补偿	(110)
§ 5—3	检定用电源的主要要求	(113)
§ 5—4	零部件修理配制	(116)
第六章	专用仪表的结构原理和检定	(131)
§ 6—1	频率表	(131)
§ 6—2	相位表	(133)
§ 6—3	组合式同步表	(137)
§ 6—4	配电盘记录式仪表简介	(140)
第七章	万用表的调修	(143)
§ 7—1	万用表的结构	(143)
§ 7—2	万用表的检修	(145)
§ 7—3	万用表的使用和检验	(150)
第八章	电能表(电度表)的调修	(152)
§ 8—1	电能表的结构原理	(152)
§ 8—2	电能表的主要技术特性	(156)
§ 8—3	电能表的检修	(158)
§ 8—4	电能表的调整与校验	(160)
第九章	电阻、电感和电容的测量及 仪表调修	(164)
§ 9—1	电阻、电感和电容的测量 方法及比较	(164)

§ 9—2	用指示仪表测电阻、电感和电容.....	(165)
§ 9—3	携带式直流电桥的调修和检定.....	(168)
§ 9—4	万能电桥的原理及使用.....	(176)
§ 9—5	兆欧表和接地电阻试验器的调修.....	(179)
第十章	携带式直流电位差计的调修.....	(183)
§ 10—1	直流电位差计的工作原理.....	(183)
§ 10—2	直流电位差计的结构和使用.....	(184)
§ 10—3	携带式电位差计的调修.....	(189)
§ 10—4	携带式电位差计的检定.....	(192)
第十一章	电工指示仪表的调整检定.....	(197)
§ 11—1	常用电工指示仪表的调整.....	(197)
§ 11—2	检定方法的原则规定.....	(207)
§ 11—3	用直接比较法检定.....	(208)
§ 11—4	用直流补偿法检定.....	(216)
§ 11—5	用热电比较法检定.....	(222)
§ 11—6	用数字电压表检定.....	(226)

第二部分 试题与答案

试题.....	(232)
一、名词解释.....	(232)
二、填空.....	(232)
三、选择.....	(236)
四、判断.....	(240)
五、问答.....	(243)

六、计算.....	(248)
答案.....	(255)
一、名词解释.....	(255)
二、填空.....	(257)
三、选择.....	(260)
四、判断.....	(260)
五、问答.....	(260)
六、计算.....	(280)
附录一 中级电工仪表检修工标准.....	(296)
附录二 电工仪表修理工教学大纲.....	(298)

第一部分 电工仪表修理技术基础

第一章 电磁学基本知识

§ 1—1 磁场概述

一、磁铁的磁场

磁铁能吸引铁、钴、镍等物质，磁铁的这种性质叫做磁性。我们把能够长期保持磁性的磁铁叫做永久磁铁。永久磁铁有天然磁铁和人造磁铁两种。工业上用的人造永久磁铁是由铁钴镍的合金做成的，它们通常被做成条形、针形和蹄形等各种形状。磁铁之所以能吸引铁、钴、镍等物质，是由于磁铁的周围存在着一个具有磁力作用的磁场。

条形磁铁的两端磁性最强，称为磁极。任何一块磁铁都具有两个磁极，一个称为北极（用 N 表示），一个称为南极（用 S 表示）。两块磁铁通过磁场相互作用，同性磁极间相互排斥，异性磁极间相互吸引。将小磁针放在磁场中某一点，小磁针 N 极所指的方向规定为该点磁场的方向。为了形象直观地表示磁铁周围空间的磁场，可以用磁力线来描述。图 1—1 是条形磁铁的磁力线。

小磁针 N 极所指的方向，也就是磁力线在该点处的切线方向。在磁铁的外部，磁力线以 N 极到 S 极；在磁铁的内部，磁力线从 S 极到 N 极。两个磁极附近磁力线最密，说明磁极

附近的磁场最强，远离磁极的地方磁力线较稀疏，说明那里的磁场较弱。

二、电流的磁场

不仅磁铁能产生磁场，电流也能产生磁场。图 1—2 是通电直

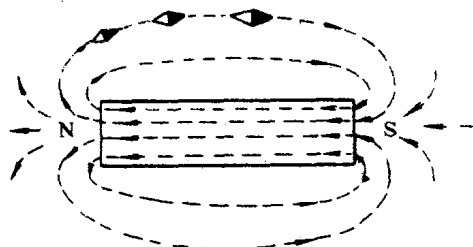


图 1—1 条形磁铁的磁力线

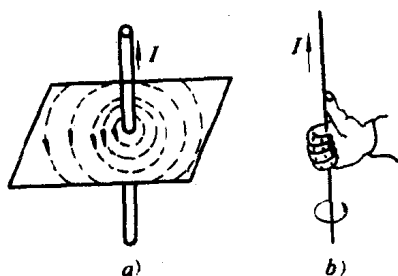


图 1—2 通电直导线的磁场

a) 磁力线分布

b) 右手螺旋定则

导线周围磁场的磁力线。

磁力线是一些以导线上各点为圆心的同心圆，这些同心圆都在跟导线垂直的平面上。电流的方向与其磁力线方向之间的关系可以用右手螺旋定则来确定：用右手握住导线，让伸直的大拇指所指的方向与电流的方向一

致，其余弯曲的四指所指的方向就是磁力线的环绕方向。

图 1—3 是通电线圈周围的磁场，磁力线分布情形与条形磁铁周围的磁场很相似。线圈中的电流方向跟它的磁力线方向之间的关系，也可用右手螺旋定则来确定：用右手握住线圈，让弯曲的四指所指的方向跟电流的方向一致，伸直的大拇指的方向就是线圈内部磁力线的方向，即大拇指所指的一端是 N 极。

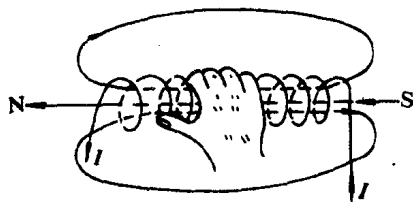


图 1—3 通电线圈的磁场

通电导线周围存在磁场这一现象，从一个方面反映了电与磁的内在联系。现在已经证明，磁铁的磁场和电流的磁场有相同的起源，就是电荷的运动。

三、磁场对通电导线的作用

实验表明，通电导线在磁场中会受到一个力的作用，这个力叫做磁场对通电导线产生的电磁力。若改变电流方向或改变磁场方向，导线所受电磁力的方向也随之改变。电磁力的方向与电流的方向、磁场的方向三者之间的关系可以用左手定则来确定：伸开左手，使大拇指与其余四指垂直，让磁力线垂直进入手心，四指指向电流的方向，这时大拇指所指的方向就是电磁力的方向，如图 1—4 所示。

四、磁场的几个物理量

1、磁感应强度 磁铁或通电导线周围磁场的强弱，可以用对磁针或另一根通电导线的电磁力的大小来反映。磁场越强，其产生的电磁力就越大；磁场越弱，其电磁力就越小。在磁场中某点垂直于磁场方向放入一小段长度为 l 、电流为 I 的通电导线，它所受的电磁力为 F 时， F 与 Il 的比值叫做该点的磁感应强度，用字母 B 表示，即

$$B = \frac{F}{Il} \quad (1-1)$$

磁感应强度是一个矢量，它的大小如上式所示，它的方向就是该点的磁场方向。在国际单位制中，电磁力的单位是牛顿 (N)，长度的单位是米 (m)，电流的单位是安培 (A)，则磁感应强度的单位是特斯拉 (简称特)，用字母 T 表示。

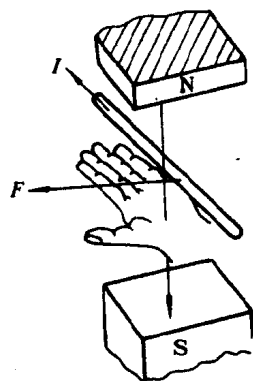


图 1—4 左手定则

般永久磁铁的磁极附近,磁感应强度 B 大约是 $0.4 \sim 0.7\text{T}$,在电机和变压器的铁心中, B 可达 $0.8 \sim 1.4\text{T}$,磁电系仪表中磁铁和铁心间的气隙中 B 大约是 $0.2 \sim 0.3\text{T}$,而地面附近地磁场的 B 大约只有 $5 \times 10^{-5}\text{T}$ 。

如果在磁场的某一区域里,磁感应强度的大小和方向处处相同,则这个区域就叫做匀强磁场。匀强磁场的磁力线,方向相同,疏密程度也相同,是一些分布均匀的平行直线。

在磁感应强度为 B 的匀强磁场中,与磁场方向垂直、长度为 l 且通有电流 I 的直导线所受到的电磁力 F ,由式 1—1 知

$$F = BIl \quad (1-2)$$

如果通电直导线与磁场方向成 α 夹角,如图 1—5 所示,则

$$F = BIl \sin \alpha \quad (1-3)$$

从式 1—3 可以看出,导线与磁场方向平行时,不受电磁力的作用。

2. 磁通 磁通是用来描述穿过一个面的磁场情况的物理量,用字母 Φ 表示。在我们定义磁感应强度为 B 的匀强磁场中,与磁场方向垂直、面积为 S 的平面的磁通为

$$\Phi = BS \quad (1-4)$$

在国际单位制中, B 的单位是特斯拉 (T), S 的单位是 m^2 (m^2),则磁通 Φ 的单位是韦伯 (简称韦),用符号 Wb 表示。磁通是标量,但在分析时把穿过平面的磁场方向,常叫做这个平面的磁通方向。

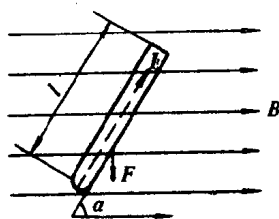


图 1—5 通电直导线所受电磁力

§ 1—2 电磁感应

一、直导线中的感应电动势

当直导线和磁场发生相对运动切割磁力线时，在直导线中就会产生感应电动势，这种现象叫做电磁感应。由电磁感应产生的电动势叫感应电动势，由感应电动势产生的电流叫感应电流。

感应电动势的方向可用右手定则来确定（如图 1—6 所示）：平伸右手，四指并拢并与大拇指垂直，让磁力线垂直穿过手心，大拇指指向导线运动的方向，则四指所指的方向就是感应电动势的方向。闭合回路中感应电流的方向与直导线中感应电动势的方向一致。

直导线作切割磁力线运动所产生的感应电动势的大小，与磁场的磁感应强度 B 、导线在磁场中的有效长度 l 及导线的运动速度 v 成正比。当导线、磁场方向和导线运动方向三者互相垂直时，导线中感应电动势的大小为

$$e = Blv \quad (1-5)$$

在国际单位制中， B 的单位是特斯拉， l 的单位是米， v 的单位是米/秒，则感应电动势的单位是伏特 (V)。

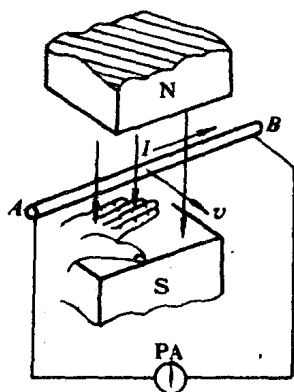


图 1—6 右手定则

二、线圈中的感应电动势

如图 1—7 所示, 将一个线圈经过检流计 PA 连接成闭合回路。把一块条形磁铁插入线圈或从线圈中拔出时, 发现检流计的指针都发生偏转, 说明线圈中产生了感应电动势, 在闭合回路中产生了感应电流。而当磁铁在线圈中不动时, 检流计的指针不偏转, 说明线圈中不产生感应电动势。

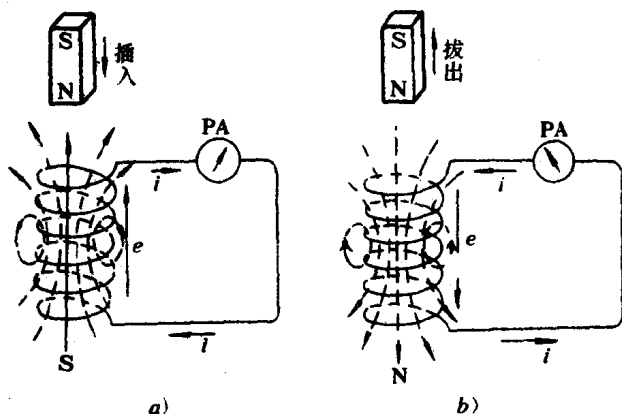


图 1—7 线圈中的感应电动势

a) 磁铁插入 b) 磁铁拔出

线圈中感应电动势的大小及方向可由法拉第电磁感应定律和楞次定律来确定。

法拉第电磁感应定律指出: 线圈中感应电动势 e 的大小, 与穿过线圈的磁通变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 成正比, 与线圈的匝数 N 成正比。

决定线圈中感应电动势方向的楞次定律指出: 当穿过线圈的磁通变化时, 感应电动势的方向总是企图使它的感应电流所产生的磁通反抗原有磁通的变化。也就是说, 当磁通增

加时，感应电流要产生新的磁通去反抗它的增加；当磁通减小时，感应电流就产生新的磁通去反抗它的减小。

感应电动势的大小用数学表达式可写为

$$e = - N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1-6)$$

式中 e —— 感应电动势 (V)；

N —— 线圈匝数；

$\Delta\Phi$ —— 磁通变化量 (Wb)；

Δt —— 磁通变化的时间 (s)。

公式中的负号表示感应电动势的感应电流所产生的磁通总是反抗原有磁通的变化，即线圈中感应电动势 e 为正，则其方向与原有磁通 Φ 的方向符合右手螺旋定则； e 为负，则其方向相反。在图 1—7a 中，当磁铁插入时， $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 为正，由式 1—6 知， e 为负，表示在与 Φ 成右手螺旋定则的相反方向才是 e 的方向；在图 1—7b 中，当磁铁拔出时， $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 为负，则 e 为正，表示其方向与 Φ 成右手螺旋定则关系。

§ 1—3 自感和涡流

一、自感

当通过线圈的电流发生变化时，线圈中的磁通也随着变化。这个变化的磁通反过来又将在线圈中产生感应电动势。这种由于线圈自身电流的变化而在本线圈内产生感应电动势的现象叫做自感现象，所产生的电动势叫做自感电动势，用 e_L 表示。自感现象是电磁感应现象的一种，自感电动势和感应电动势一样，其大小和方向分别遵守法拉第电磁感应定律和