



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

内线安装

李振东等 合编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

要 容 内

本书为《内线安装》课程教材，主要内容包括：内线安装的基本知识、内线安装的工艺要求、内线安装的安全要求、内线安装的质量要求、内线安装的验收要求、内线安装的故障排除等。本书可作为电力技术类专业培训教材，也可供从事内线安装工作的技术人员参考。

内线安装

李振东 李晓军 计晓平 门丕勋 合编
刘志国 胡中国 主审

中国电力出版社出版

ISBN 978-7-5083-2803-3

I. 内... II. 李... III. 内线安装—教材 IV. TM7

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第088731号

中国电力出版社出版
(北京三里河路8号 100044 http://jc.cepp.com.cn)
汇鑫印务有限公司印刷
北京汇鑫印务有限公司

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷
185毫米×109.5毫米 16开本 33.2印张 243千字
印数 0001—3000册 定价 35.00元

告 告 告

本书根据国家电网公司《内线安装》教材编写，可作为电力技术类专业培训教材，也可供从事内线安装工作的技术人员参考。



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为全国电力职业教育规划教材。

本书由3个模块25个单元组成,主要内容包括内线安装工的基础知识、技能操作和故障处理。

本书可作为职业技术学院电力技术类专业教学用书,也可作为电力行业技能鉴定内线安装工培训教材,还可作为工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

内线安装/李振东等编. —北京:中国电力出版社,2007

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978-7-5083-5809-3

I. 内... II. 李... III. 电工—职业教育—教材 IV. TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第088731号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007年8月第一版 2007年8月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 22.5印张 542千字
印数 0001—3000册 定价 32.00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

版权所有 翻印必究

前言

本教材以《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和《国家职业标准》为依据,按照中华人民共和国劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心关于国家职业资格培训教程编写的要求进行编写。

本教材在内容上体现了“以职业活动为导向,以职业技能为核心”的指导思想,紧贴该工种技能鉴定的标准、规范和指导书,突出技能操作,同时适当选编了相关基础知识内容,并以模块、单元、课题的层次结构来安排。本教材以实际操作为主线来编写,讲解通俗易懂,强调了“干什么,怎么干,为什么这么干”的原则,其内容符合电力行业相关典型设备安装工艺规程和企业现行生产规程。

本教材由大唐长春第二热电有限责任公司高级工程师李晓军、计晓平、李振东和吉林省电力培训中心门丕勋编写,李振东统稿。由原电力行业职业技能鉴定指导中心教授级高级工程师刘治国和吉林省电力公司培训中心高级工程师胡中国主审。

本书在编写过程中,得到了电力行业相关领导和上述专家所在单位的大力支持,在此一并感谢。

由于编写人员水平所限,书中不妥之处在所难免,请读者批评指正。

编 者

2007年5月

目 录

前言

模块一 基 础 知 识

第一单元 基本概念	1
课题一 电工名词术语	1
课题二 正弦交流电路	17
课题三 三相正弦交流电路	21
课题四 电子技术基础	22
第二单元 电路的基本定律和定则	25
课题一 常用的电工基本定律	25
课题二 计算复杂电路时应用方法和定律	28
课题三 有源二端网络定理(戴维南定理)	29
课题四 叠加原理	29
课题五 诺顿定理	29
课题六 Y— Δ 交换电阻的求法	30
习题	31
第三单元 简单直流电路的计算	32
课题一 电阻串联电路	32
课题二 电阻并联电路	32
课题三 电阻的混联	33
习题	33
第四单元 正弦交流电的计算	34
第五单元 常用器具	36
课题一 检修工具	36
课题二 常用起重工器具的使用	44
课题三 常用吊装指挥信号	48
课题四 安全用具	59
习题	63
第六单元 备用电源自动投入	64
课题一 概述	64
课题二 备用电源自动投入装置	65

习题	68
第七单元 双绕组电力变压器保护	69
课题一 变压器可能发生的故障、不正常工作状态及其保护方式	69
课题二 变压器的瓦斯保护	69
课题三 变压器的电流速断保护	72
课题四 变压器的过电流、过负荷保护	73
课题五 变压器保护接线全图举例	74
习题	75
第八单元 电动机保护	76
课题一 电动机的故障、不正常工作状态及保护方式	76
课题二 电动机的纵联差动保护	76
课题三 具有反时限特性的过电流继电器	78
课题四 电动机的电流速断保护和过负荷保护	84
课题五 电动机的单相接地保护	85
课题六 电动机的低电压保护	89
习题	90
第九单元 安全工作总则	91
课题一 高压设备上工作的安全措施分类	91
课题二 保证安全工作组织措施	91
课题三 保证安全技术措施	93
习题	94

模块二 技能操作

第十单元 变压器	95
课题一 变压器安装验收标准	95
课题二 电力变压器试验	103
课题三 干式变压器安装举例	107
习题	110
第十一单元 低压电气	111
课题一 总则	111
课题二 一般规定	112
课题三 低压断路器	113
课题四 低压隔离开关、刀开关、转换开关及熔断器组合电器	114
课题五 住宅电器、漏电保护器及消防电气设备	115
课题六 低压接触器及电动机起动器	115
课题七 控制器、继电器及行程开关	116
课题八 电阻器及变阻器	117

课题九 电磁铁	118
课题十 熔断器	118
课题十一 工程交接验收	118
习题	119
第十二单元 室内配线方法	120
课题一 基本要求和工序	120
课题二 预埋件的施工	123
课题三 瓷夹板配线	126
课题四 绝缘子配线	128
课题五 槽板配线	131
课题六 护套线配线	133
课题七 线管配线	134
课题八 电缆敷设	137
课题九 导线的连接与封端	144
习题	149
第十三单元 低压配电装置的安装	151
课题一 照明线路的布置和安装	151
课题二 照明动力配电盘	164
课题三 低压配电屏	167
课题四 接地装置	178
课题五 接触器、磁力起动器、自动空气开关安装	185
课题六 刀开关、熔断器安装	187
课题七 变阻器、电阻器安装	188
课题八 电磁铁安装	189
课题九 按钮、限位开关安装	190
课题十 控制器安装	190
习题	191
第十四单元 照明电器安装	193
课题一 白炽灯的安装	193
课题二 日光灯的安装	197
课题三 高压水银荧光灯和其他气体放电灯的安装	200
课题四 开关、插座、插头的安装	202
课题五 应急灯的技术要求	206
习题	207
第十五单元 电动机的安装	208
课题一 电动机的安装	208
课题二 电动机与起动设备的运行	211

课题三 电源核相工作	213
习题	215
第十六单元 电能表的选择与安装	216
习题	218
第十七单元 二次线的安装	219
课题一 继电保护屏的安装	219
课题二 二次接线的安装	221
习题	230
第十八单元 常用电工仪器仪表	232
课题一 电气仪表的工作原理和使用方法	232
课题二 常用电工仪表的用途及分类	240
课题三 常用电工仪器仪表的外附装置	250
课题四 普通电能表	250
课题五 其他电能表	252
课题六 携带式仪表	256
习题	258
第十九单元 继电保护	260
课题一 继电保护的作用与任务	260
课题二 对继电保护装置的基本要求	260
课题三 继电保护的操作电源	262
课题四 过电流保护	264
习题	284
第二十单元 低压成套配电装置	286
课题一 概述	286
课题二 变、配电所的自动装置	289
习题	293

模块三 故障处理

第二十一单元 变压器	294
课题一 变压器常见故障的特征、原因及处理	294
课题二 电抗器常见故障的原因及处理方法	297
课题三 互感器的常见故障及处理方法	300
课题四 避雷器的常见故障及分析处理	303
课题五 耦合电容器常见故障的原因及处理方法	304
第二十二单元 电缆的故障及检修处理	305
课题一 电缆的故障	305
课题二 电缆线路的故障检修处理	306

课题三 电力电缆故障的测寻	308
第二十三单元 电动机故障及处理方法	311
课题一 三相异步电动机的故障及其检查	311
课题二 直流电机的故障及其处理方法	316
第二十四单元 照明灯具的故障及处理方法	322
课题一 白炽灯的故障及处理方法	322
课题二 荧光灯的故障及处理方法	323
课题三 高压水银灯常见故障及处理方法	324
课题四 照明装置的运行管理	325
课题五 照明装置的故障检查及处理方法	326
课题六 高压钠灯的常见故障与处理方法	326
第二十五单元 蓄电池常见故障的原因及处理方法	328
课题一 蓄电池常见故障的原因及处理方法	328
附录 电工基本操作技能	330
参考文献	347

模块一 基础知识

第一单元 基本概念

课题一 电工名词术语

一、直流电

1. 电荷与电场

(1) 电荷：物体所带的电称为电荷，又称在物体或空间上过剩的正或负的电为电荷。

(2) 点电荷：体积无限小的带电体称为点电荷。

电荷有正、负两种，电荷与电荷之间有相互作用力。同性电荷相互排斥，异性电荷相互吸引。

(3) 带电体：带电的物体称为带电体。

2. 电场和电场强度

(1) 电场：在带电体周围存在着电场。

(2) 电场力：由电场产生的力称为电场力或把当把电荷放到电场中去时，电荷受到电场所施加的作用力称为电场力。

(3) 电场强度：电场强度是衡量电场强弱的物理量。电场中某一点的电场强度，在数值上等于单位正电荷在该点所受到的电场力，即

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (1-1)$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{\text{牛}}{\text{库}} = \frac{\text{焦}}{\text{米} \cdot \text{库}} = \frac{\text{伏}}{\text{米}} = \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

式中： E 的单位是伏/米 (V/m)； F 的单位中牛顿 (N)； q_0 的单位是库仑 (C)。

电场强度的方向是正电荷在该点所受电场力的方向。

(4) 不均电场：电场强度各点不等电场称为不均匀电场。

(5) 均匀电场：各点电场强度大小和方向都相同的电场称为均匀电场。

(6) 电力线描述电场时，要注意两点。

1) 电力线从正电荷出发，到负电荷终止，方向由正电荷指向负电荷。

2) 电力线必须垂直于带电体的表面，并且任何两条电力线都不会相交。

3. 电流、电压和电功

(1) 电流：电荷有规则地定向运动就形成了电流。

电流强度：用每秒钟通过某一截面的电荷量的多少来衡量电流的强弱，叫做电流强度 (简称电流)，用符号 I 表示。 Q 表示通过导线某一截面的电量， t 表示通过电量 Q 所用的时间，则得

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

电流的单位是安培 (简称安)，用符号 A 表示。某时的电流为 1 安培，即

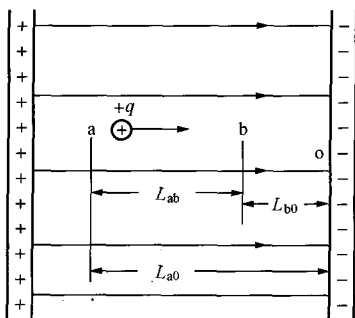


图 1-1 在均匀电场中, 电场力把 $+q$ 从 a 点搬到 b 点电场力做了功

$$1 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}}$$

(2) 电功: 电功表示电流所做的功叫电功或者叫电能。又称在均匀电场中, 电场力 f 把电荷 $+q$ 从 a 点搬到 b 点 (见图 1-1), 电场力做功 (为电功), 即

$$A_b = fL_{ab}$$

式中: A 表示功; f 是电场力 L_{ab} 为距离

(3) 电压: 要使电荷有规则地定向移动, 就形成电流, 在电路两端必须有电压, a、b 两点间电压的大小等于电场力 f 把单位正电荷从 a 点移到 b 点时所做的功 A_{ab} 用 V_{ab} 表示即

$$V_{ab} = \frac{A_{ab}}{q_0} = \frac{fL_{ab}}{q_0} \quad (1-3)$$

式中: q_0 的单位是库仑 (C); f 的单位是牛顿 (N); L 的单位是米 (m); A 的单位是焦耳 (J); V 的单位是伏 (V)。电压可称是衡量电场能力的物理量。

4. 电位和电位差

(1) 电位: 电场力将单位正电荷从电场中某一点移到参考点 (一般参考点的电位规定是零) 所做的功叫做该点的电位。用符号 φ_a 表示

$$\varphi_a = \frac{A_{a0}}{q_0}$$

如图 1-1 所示取负极板为参考点, 电位为 0。

同理

$$\varphi_b = \frac{A_{b0}}{q_0}$$

(2) 电位差: a、b 两点的电位差别叫做这两点之间的电位差, 即

$$\begin{aligned} \varphi_a - \varphi_b &= \frac{A_{a0}}{q_0} - \frac{A_{b0}}{q_0} \\ &= \frac{fL_{a0}}{q_0} - \frac{fL_{b0}}{q_0} \\ &= \frac{f}{q_0} (L_{a0} - L_{b0}) \end{aligned}$$

从图 1-1 可以看出

$$L_{ab} = L_{a0} - L_{b0}$$

所以

$$\varphi_a - \varphi_b = \frac{fL_{ab}}{q_0} \quad (1-4)$$

a、b 两点间电压是

$$V_{ab} = \frac{A_{ab}}{q_0} = \frac{fL_{ab}}{q_0} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-5)$$

所以说, 电压又叫做电位差, 表示电场中两点间电位差别。

5. 电源和电动势

(1) 电源: 把其他形式的能量转换成电能的设备叫电源。

电源力: 电源内部能推动电荷移动的作用力统称为电源力。

(2) 电动势：电源力将单位正电荷从电源的负极移动到正极所做的功，就叫做电源的电动势，即用符号 E 表示。

$$E = \frac{A_{BA}}{q_0} \quad (1-6)$$

式中： A_{BA} 代表电源力将电荷 q_0 从负极 B 移到正极 A 所做的功，所以电动势是衡量电源力做功能力的一个物理量。

6. 电功率

电功率：在单位时间内电场力（电源力）所做的功就叫做电功率，用公式表示是

$$P = \frac{A}{t} \quad (1-7)$$

式中 P ——电功率；

A ——电场力（电源力）移动电荷所做的功；

t ——单位时间；

7. 电源功率和负荷功率

(1) 电源功率：电源功率等于电源的电动势和电流的乘积如图 1-2 所示。用下式表示为

$$P_1 = EI \quad (1-8)$$

(2) 负荷功率：负荷功率等于负荷两端的电压和通过负荷的电流乘积，如图 1-2 所示

用公式表示即

$$P_2 = UI$$

负荷功率还可以写成为

$$P_2 = IU = I(IR) = I^2 R \quad (1-9)$$

$$P_2 = IU = \left(\frac{U}{R}\right)U = \frac{U^2}{R} \quad (1-10)$$

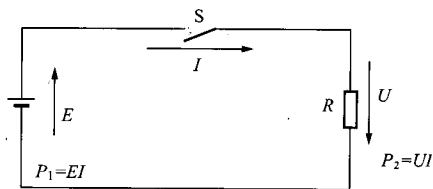


图 1-2 电源与负荷功率

8. 能量

能量就是物体所具有的做功的能力或做功的本领。

9. 效率

能量在转换过程中，有着各种损失，所以只有部分能量转化为其他的能量。用符号 Q_2 表示煤完全燃烧时产生的热量， Q 表示高压蒸汽所获得的热量。那么

$$\eta = \frac{Q}{Q_2} \quad (1-11)$$

这个比值就叫效率。

10. 电流的热效应

通过实验，发现电流通过导体时所产生的热量和电流值的平方、导体本身电阻值以及电流通过的时间成正比，用公式表达是

$$Q = 0.24 I^2 R t \quad (1-12)$$

式中 Q ——电流在电阻上产生的热量，单位是卡（1卡等于使 1g 水的温度升高 1°C 所需要的热量）；

I ——通过导体的电流，单位是安；

R ——导体的电阻，单位是欧；

t ——电流流过的时间，单位是秒。

11. 导体、半导体和绝缘体

(1) 导体：能够导电的物体叫导体。

(2) 绝缘体：不能够导电的物体叫绝缘体。

(3) 半导体：导电性能介于导体与绝缘之间的物体叫半导体。

12. 电阻、电阻率与电导

(1) 电阻：加在导体两端的电压和通过导体的电流的比值叫做电阻。

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1\text{V}}{1\text{A}} = 1\Omega$$

导体电阻和导体的截面积成反比，和导体的长度成正比。电阻又可写成

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-13)$$

式中 L ——导体长度，单位是米；

S ——导体的截面积，单位是平方毫米；

ρ ——比例常数，又叫导体的电阻率单位是 $\frac{\text{欧} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}}$ 。

(2) 电阻率：由导体材料的性能所决定的常数叫电阻率。 ρ 是长 1m，截面 1mm^2 导体的电阻值。

例如铜的电阻率 $\rho = 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ 。

(3) 电导：电阻用它的倒数来表示叫做电导。

电导用符号 G 或 g 代表，即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-14)$$

电导的单位是西门子 ($\frac{1}{\Omega}$)。

13. 线性电阻与非线性电阻

(1) 线性电阻：导体的电阻值不随电压电流的变化而改变（或者说电阻值是常数），这种电阻叫做线性电阻，如图 1-3 所示。

(2) 非线性电阻：通过不同的电流，或加不同电压时，就会有不同的阻值（或者说电阻值不是常数），这种电阻叫非线性电阻，如图 1-4 所示。

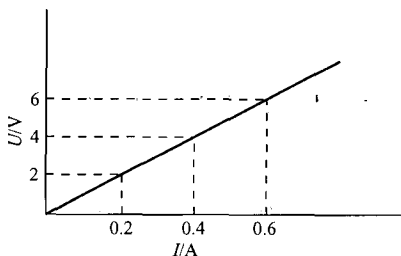


图 1-3 线性电阻的伏安特性是一条直线

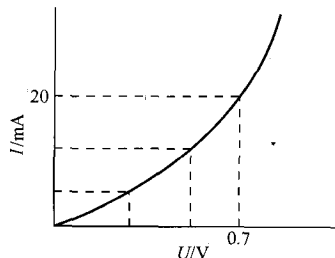


图 1-4 非线性电阻的伏安特性是一条曲线

二、电感元件

(1) 电感：绕组的磁链与电流的比值叫自感系数，又叫做电感，用符号 L 表示，即

$$L = \frac{\psi}{I} \quad (1-15)$$

式中 ψ ——是磁链，单位是韦；

I ——是电流，单位是安，电感的单位是亨利。

1 毫亨 (mH) = 10^{-3} 亨 (H)

1 微亨 (μ H) = 10^{-6} 亨 (H)

又一个密绕长绕组的电感可用下式计算。

$$L = \mu \frac{N^2 S}{L} \quad (1-16)$$

式中 N ——绕组匝数；

S ——绕组的截面积，单位是平方米；

L ——绕组的长度，单位是米；

μ ——绕组芯材料的导磁系数，单位是亨/米。

如绕组的磁路是以同一种材料制成的圆环，则其电感可用下式计算。

$$L = \frac{\mu_0 \mu n^2 s}{l} \quad (1-17)$$

对于圆柱形的无铁芯绕组来说，电感的计算方式如下。

$$L = K \frac{\mu_0 n^2 s}{l} \quad (1-18)$$

式中 K ——修正系数。

(2) 自感电动势用 e_L 表示。

$$e_L = -\frac{\Delta \psi}{\Delta t} = -\frac{L \Delta i}{\Delta t} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (1-19)$$

式中：自感电动势的大小和绕组中电流的变化率成正比；负号表明自感电动势反抗电流的变化。

(3) 绕组的磁场能：通过实验证明，磁场能量与绕组电流的平方以及绕组的电感成正比，即

$$W_L = \frac{1}{2} L I^2 \quad (1-20)$$

(4) 磁链：穿过绕组的磁通与匝数的乘积称为磁链，单位是伏·秒 (韦)。

$$\psi = \Phi n$$

(5) 自感磁链：如该磁链由绕组本身电流产生，则称自感磁链。

(6) 自感电压：由绕组中电流的变化在本绕组引起的自感电压称为自感电压，单位是伏。

$$U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (1-21)$$

式中： U_L 的极性按电流的方向标，电流进入绕组的一端标为 $U_L (+)$ 正极，另一端为负极。

(7) 互感磁链：穿过绕组的磁链由另一个绕组中的电流产生则称互感磁链。

(8) 互感：互感磁链与产生该磁链的电流之比称为互感，用 M 表示。

即

$$M = \frac{\psi_{12}}{i_1} = \frac{n_2 \phi_{12}}{i_1} \quad (1-22)$$

或表示为

$$M = \frac{\psi_{21}}{i_2} = \frac{n_1 \phi_{21}}{i_2} \quad (1-23)$$



图 1-5

(9) 同名端：由于磁通变化而感应出相同电压极性的两端称为绕组的同名端。如图 1-5 所示。

电流 i_2 在另一绕组中引起的互感电压 U_{M2} 为

$$U_{M2} = M \frac{\Delta i_1}{\Delta t}$$

U_{M2} 的极性由 i_1 的方向标定 i_1 流入端的同名端标正极，另一端为负极。

绕组中所储藏的磁场能量与电感 L 及绕组中的电流 i 的平方成正比，单位是焦耳，即

$$W_L = \frac{1}{2} Li^2$$

三、电容元件

1. 电容器和电容

(1) 电容器：任何两块金属导体，中间用不导电的绝缘材料隔开，就形成一个电容器，如图 1-6 (a) 所示。

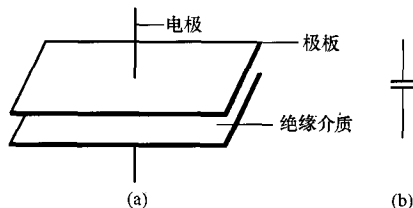


图 1-6 平板电容器的结构原理

(a) 电容器的结构；(b) 电容器的一般表示符号

(2) 电容：实验证明，电容器极板上所带电量和电容两端电压 U_c 成正比，用公式表示为 $Q = CU_c$ 。

所以
$$C = \frac{Q}{U_c} \quad (1-24)$$

C 叫做电容器的电容量（可称电容），是衡量电容器储存电荷能力的标准。电容的单位是法拉（简称法）。

(3) 法拉与微法和皮法关系是

$$1 \text{ 微法 } (\mu\text{F}) = 10^{-6} \text{ 法 } (\text{F})$$

$$1 \text{ 皮法 } (\text{pF}) = 10^{-6} \text{ 微法 } (\mu\text{F})$$

或者

$$1 \text{ 微法} = 10^6 \text{ pF}$$

$$1 \text{ F} = 10^{12} \text{ pF}$$

2. 电容器中的电流、电场能

(1) 电容器中充电和放电电流的大小在每瞬间都是不同的，这就是说电容器充电和放电电流的大小是一个随着时间而变化的量，即

$$i_c = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1-25)$$

式中 i_c ——代表瞬时电流（即每一瞬间的电流值）；

Δt ——一个很小的时间间隔；

ΔQ ——这段时间 (Δt) 内电荷的变化量。

(2) 电容器中的电场能。电场中储存着电场能, 电场能的大小和电容器电容的大小、电容器电压 U_L 的大小有关, 电容器电容愈大、电压愈高、电场能愈多。

充电电容器中储存的电场能可用下式表示。

$$W_c = \frac{1}{2} C U_c^2 \quad (1-26)$$

式中 W_c ——电容器中储存的电场能, 单位是焦耳;

C ——电容器的电容量, 单位是法;

U_c ——电容器的电压, 单位是伏。

(3) 电容器的物理性质。主要有: ①电容器能储存电场能量; ②电容器两端电压不能突变; ③电容器在直流电路中相当于断路, 即 $i_c = 0$ 。但在交流电路中, 则有变化的电流通过电容器。

四、电流的磁场

1. 磁铁的磁极

(1) 磁铁: 天然磁铁的磁性很弱。现代工业大量使用人造磁铁。人造磁铁是用钢铁和铬、钨、钴、镍等金属制成的, 叫做磁钢。

(2) 磁极: 由试验可知, 总有一个磁极指南, 一个磁极指北。指南的一端叫做南极, 用 S 表示, 指北的一端叫做北极, 用 N 表示。

2. 磁感应强度和磁通

(1) 磁感应强度: 用一个与电流和导线长度 L 都没有关系的电磁力来描述磁场强弱时, 必须应用它们的比值 $\frac{F}{IL}$, 这个比值就叫做磁感应强度, 即

$$B = \frac{F}{IL} \quad (1-27)$$

式中 B ——磁感应强度, 单位是韦/米² (Wb/m^2)。

$$1 \text{ 韦/米}^2 (\text{Wb/m}^2) = 10000 \text{ 高斯 (Gs)} = 10^4 \text{ 高斯 (Gs)}$$

(2) 电磁力: 通有电流的导体在磁场中受到力的作用, 这种力叫作电磁力。

$$F = BLI \quad (1-28)$$

式中 F ——载流导体所受的电磁力, 单位是牛顿;

B ——磁场中某一点的磁感应强度单位是韦/米²;

L ——与磁场方向垂直的导线长度, 单位是米;

I ——导线中流过的电流, 单位是安。

(3) 磁通: 通过某截面的磁感线的总数称为通过该截面的磁通或者是磁感应强度 B 和垂直于磁场方向的面积 S 的乘积, 叫做这块面积的磁通, 用符号 Φ 表示即

$$\Phi = B \cdot S \quad (1-29)$$

式中: B 的单位是韦/米²; S 的单位是平方米。那么 Φ 的单位是韦伯 (简称韦) 用符号 Wb 表示。

$$1 \text{ 韦伯 (Wb)} = 100000000 \text{ 马 (Mx)} = 10^8 \text{ 马 (Mx)}$$

式中 马——马克斯威尔 (简称马, Mx)。

(4) 磁通密度: 磁通密度为与磁场方向垂直的面积上的磁通。

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

式中： B 的单位是韦/米²（或高斯）。

$$1 \text{ 高斯} = 10^{-4} \text{ 韦/米}^2$$

(5) 磁通势：磁通的大小与绕组中的电流值 I 及绕组的匝数 n 有关，把绕组的匝数和电流的乘积称为磁通势。

$$F = In$$

式中： F 的单位是安培。

(6) 磁场：电流通过绕组会产生磁场。它的方向由右螺旋法则确定。

(7) 磁场强度：铁磁材料在电流的作用下会被“磁化”。单位长度的磁势叫做磁化力，又称磁场强度。

$$H = \frac{In}{L} \quad (1-30)$$

式中： H 的单位是安/米（奥斯特）。

$$1 \text{ 奥斯特} = 80 \text{ 安/米}$$

铁磁材料中的磁通密度 B 和磁场强度的关系为

$$B = \mu H = \mu_0 \mu_r H \quad (1-31)$$

式中 μ_0 ——真空磁导率 ($4\pi \times 10^{-7}$ 亨/米)；

μ_r ——相对磁导率；

μ ——磁导率（又称导磁系数）。

(8) 磁化曲线：表示磁通密度 B 与磁化力 H 之间关系的曲线叫磁化曲线。不同材料的磁化曲线形状不同。

(9) 磁滞：铁磁材料在反复磁化的过程中， B 的变化始终落后于 H 的变化，这种现象称为磁滞。

(10) 剩磁：当外加磁化力 H 等于零时，材料还保留的磁通密度 B 称为剩磁（剩余磁通密度）。

(11) 矫顽磁力：要克服剩磁，须加一个反向磁化力 H_c ， H_c 称为矫顽磁力。

五、电磁感应

(1) 电磁感应：变动的磁场能够在导体中引起电动势的现象叫做电磁感应。

(2) 感应电动势：由电磁感应产生的电动势叫做感应电动势。

(3) 产生感应电动势方法：

1) 移动导线附近的磁场。应用在交流发电机中。

2) 使导线在固定磁场中运动。应用在交、直发电机中。

3) 变动穿过绕组的磁通。应用在变压器、互感器静止的设备中。

(4) 感应电动势用公式表，即

$$e = Blv \times 10^8$$

式中 e ——感应电动势，单位是伏；

B ——磁感应强度，单位是高斯；

l ——导线的有效长度，单位是厘米；