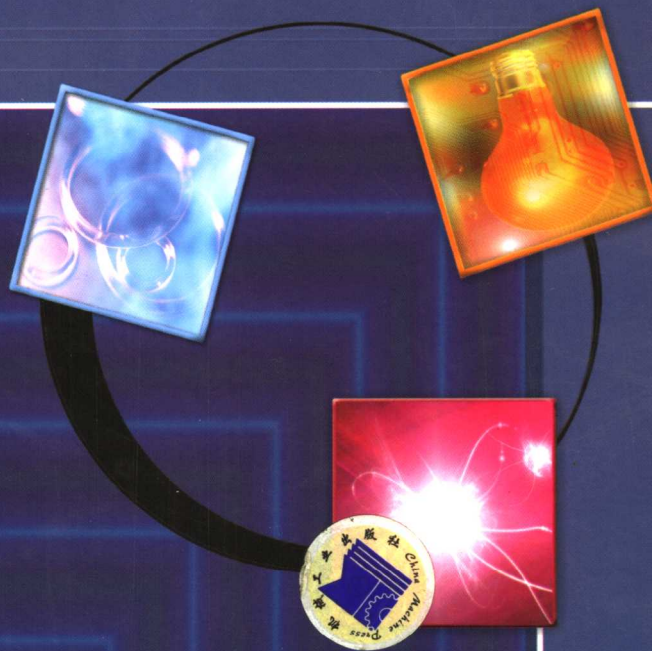


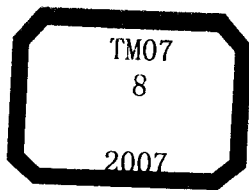
常见电气故障 的诊断与维修

芮静康 主编

CHANGJIAN DIANQI GUZHANG DE ZHENDUAN YU WEIXIU



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



常见电气故障的诊断与维修

芮静康 主编

机械工业出版社

本书介绍了变压器、电动机、输配电线路、断路器、隔离开关、负荷开关、熔断器、避雷器、接地装置、电力电容器、电抗器、接触器、继电器、起动机、电气照明等电气设备的常见故障与维护。本书内容广泛、实用，可操作性强，文字通俗易懂。

本书可供电工人员在从事电气设备运行、维修中阅读使用。也可供有关职业院校师生在实践教学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

常见电气故障的诊断与维修/芮静康主编. —北京: 机械工业出版社, 2007. 4

ISBN 978-7-111-21259-1

I. 常… II. 芮… III. ①电气设备-故障诊断②电气设备-故障修复 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 046719 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 牛新国 版式设计: 冉晓华 责任校对: 程俊巧

封面设计: 陈 沛 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 5 月第 1 版 · 第 1 次印刷

148mm × 210mm · 8.875 印张 · 259 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-21259-1

定价: 19.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

编 审 委 员 会

主 任	芮静康			
副主任	余发山	王福忠	武钦韬	
委 员	曾慎聪	路云坡	席德熊	周铁英
	车振兰	周德明	陈定栋	朱孝业
	张澄波	姜燕燕	谭炳华	童启明
	杨晓玲	方 裘	陈瑞阳	刘 俊
	李欣荣	周玉凤	王 梅	胡渝珏
	祖杉杉	纪燕珊		
主 编	芮静康			
副主编	王少华	张燕杰	耿 立	谭炳华
参 编	郑 征	高彩霞	许 丹	张 展
	赵来军	仝兆景	王 梅	陈晓峰
	杨晓玲			
主 审	余发山	王福忠		

前 言

常见电气故障的诊断与维修是个实际操作的问题，需要有一定的理论知识和丰富的实际经验。随着电气设备的大量增多和广泛应用，要保持电气设备的正常运行，必须及时地排除故障，而故障诊断是关键。不能有效地诊断故障，就更谈不上排除故障了。因此，影响生产、工作、生活的事情时有发生。

随着电工队伍的扩大，加入了许多年轻同志，其中相当多的同志尚缺乏经验，为了帮助这些同志尽快地胜任工作，特编写这本书，有利于年轻同志诊断和排除故障的能力得到提高与加强。

本书内容广泛、实用，可操作性强，文字通俗易懂。全书共十五章，分别叙述了变压器、电动机、输配电线路、断路器、隔离开关、负荷开关、熔断器、避雷器、接地装置、电力电容器、电抗器、接触器、继电器、起动器、电气照明等常见电气故障的诊断与维修。章章谈的都是实际问题。常采用的电气故障诊断方法有：直观法，试电笔检查法，试灯法，电压、电流、电阻测量法，绝缘电阻测量法，仪器测量法，逻辑电笔法，替换法，迹点寻迹法，排除法，比较法，重新装配法，短路和开路法，通电动作试验法，分析法，综合法等等。而排除故障的方法有：清理法，换用新品法，重新装配法，烘烤法，绝缘加固法，钳工修配法，机械加工法，粘接法，修理线圈法，大修理法等。以上这些方法常在本书所述的各种电气故障中运用，这些方法运用得越熟练，就能及时诊断故障，并正确排除，使电气设备及早恢复正常运行。

本书在出版过程中得到出版社的领导和编辑同志的大力支持，在编写过程中得到许多专家、教授和工人师傅的大力帮助，在此一并表示深深的谢意。

由于作者水平有限，书中错漏之处在所难免，请广大读者提出宝贵意见。

编 者

2007年3月于北京

目 录

前言

第一章 变压器的常见故障与维护	1
第一节 变压器的用途、工作原理及结构	1
一、用途和分类	1
二、结构和原理	1
第二节 变压器的运行要求与规定	7
一、配电变压器检查周期	7
二、配电变压器巡视检查项目	8
三、新装或大修后的变压器投入运行前的检查	12
四、变压器投入试运行	13
五、变压器运行方式	14
第三节 变压器检修工艺和质量要求	15
一、变压器检修前的准备	15
二、备品备件的准备	15
三、各种工具及试验设备的准备	16
四、吊心前必须有严密的组织措施和技术措施	16
五、检查起吊设备	16
六、变压器检修工艺和质量要求	16
第四节 变压器的安装	52
一、配电变压器的容量	52
二、安装电力变压器的基本要求	53
三、变压器安装前进行铁心检查应遵守的条件	54
四、变压器安装前铁心可以不检查的条件	54
五、变压器铁心检查前的准备工作	55
六、变压器铁心检查的主要技术措施	55
七、变压器铁心吊出检查时的顺序	56
八、变压器整体密封检查的方法	57
九、变压器安装前外观检查的内容	58

十、变压器干燥的方法	58
十一、变压器安装在室内时的要求	59
十二、变压器安装在室外时的要求	60
十三、配电变压器安装在电杆变台上时的要求	60
十四、配电变压器安装在落地式变台上时的要求	61
十五、配电变压器高低压侧熔断器的选择	61
十六、变压器投入运行前的检查内容	62
第五节 电压互感器的故障诊断与排除	63
一、用途和分类	63
二、故障诊断与排除方法	63
第六节 电流互感器的故障诊断与排除	68
一、用途和分类	68
二、故障诊断与排除方法	69
第二章 电动机的常见故障与维护	73
第一节 电动机的基本原理	73
第二节 电动机的故障诊断与排除	78
第三章 输配电线路的常见故障与排除	97
第一节 架空线路的故障诊断与排除	97
一、用途	97
二、架空电力线路的测试诊断项目	97
三、故障诊断与排除方法	99
第二节 电力电缆的故障诊断与排除	108
一、用途、种类和结构	108
二、故障诊断与排除方法	109
第四章 断路器的常见故障与维护	116
第一节 断路器的用途、分类与结构	116
一、断路器的用途	116
二、断路器的分类	117
三、常用低压断路器	118
四、断路器的基本结构	119
第二节 断路器的选择	120
一、低压断路器的选择	120
二、中、高压断路器的选择	122
第三节 断路器安装时的常见问题及处理	124

一、断路器安装的基本要求	124
二、杆上油断路器的安装要求	125
三、SF ₆ 断路器安装时的注意事项	125
四、真空断路器安装时的注意事项	126
第四节 断路器运行时的常见问题及处理	126
一、中、高压断路器异常及事故处理通则	126
二、常见问题及处理	127
第五章 隔离开关的常见故障与维护	150
第一节 隔离开关的用途、结构与分类	150
一、隔离开关的用途	150
二、隔离开关的结构、分类	151
第二节 隔离开关的选择	153
第三节 隔离开关安装时的常见问题及处理	154
第四节 隔离开关运行管理及常见问题处理	155
一、隔离开关的运行管理	155
二、隔离开关运行中常见问题的处理	157
第六章 负荷开关的常见故障与维护	159
第一节 负荷开关的作用和结构	159
一、负荷开关的作用	159
二、高压负荷开关的结构	159
第二节 负荷开关的安装和维护	163
一、负荷开关安装时应注意的问题	163
二、负荷开关巡视检查和维护应注意的事项	164
三、负荷开关的常见故障及处理方法	165
第七章 熔断器的常见故障与维护	167
第一节 熔断器的用途、分类与结构	167
一、熔断器的用途	167
二、熔断器的分类	167
三、熔断器的结构	168
第二节 熔断器的选择与安装	170
一、熔断器的选取原则	170
二、熔断器的选择与安装	172
第三节 熔断器日常维护、常见故障及处理	174
一、低压熔断器巡视检查和维护内容	174

二、高压熔断器巡视检查和维修内容	174
三、熔断器的常见故障及处理	175
第八章 避雷器的常见故障与维护	178
第一节 避雷器的用途、分类与结构	178
一、避雷器的用途	178
二、避雷器的分类	178
三、避雷器的结构及特性	179
第二节 避雷器的选择	183
一、根据应用范围选择	183
二、阀型避雷器的选择	184
第三节 避雷器安装时的常见问题及处理	185
第四节 避雷器运行时的常见问题及处理	186
一、避雷器巡视检查项目及运行管理	186
二、避雷器运行中常见故障及处理	187
第九章 接地装置的常见故障与维护	189
第一节 接地装置的用途、分类	189
一、接地装置的组成、用途	189
二、接地装置的分类	189
第二节 接地装置安装时的常见问题及处理	191
一、电气设备接地技术原则	191
二、接地装置的技术要求	191
三、各种电气设备接地装置的接地电阻值	192
四、接地装置的安装	193
五、电气装置均应接地或与中性线相接的金属部分	194
六、电气装置可不接地或不与中性线相接的金属部分	194
七、需要接地的直流系统接地装置的接地要求	195
八、接地线不应作其他用途	195
第三节 接地装置使用时的常见问题及处理	195
一、接地装置运行检查和试验	195
二、目前接地装置使用中存在的问题	196
三、接地装置的防腐、降阻措施	198
第十章 电力电容器的常见故障与维护	200
第一节 电力电容器的应用	200
一、电力电容器的种类与用途	200

二、电容器工作原理	201
第二节 电力电容器的选择与设计	202
一、电力电容器的型号及其含义	202
二、电力电容器型号规格的确定	205
第三节 电力电容器的运行与维护	206
一、电力电容器的运行标准	206
二、电容器运行维护注意事项	207
三、电容器的故障处理与维护	207
第十一章 电抗器的常见故障与维护	210
第一节 电抗器的应用	210
一、电抗器的种类	210
二、电力系统中电抗器的应用	211
第二节 电抗器的选择与设计	212
一、电抗器的设计	212
二、电抗器参数的选择	213
第三节 电抗器的运行与维护	214
一、电抗器运行注意事项	214
二、电抗器的故障处理及维护	215
第十二章 接触器的常见故障与维护	217
第一节 接触器的用途、分类与原理	217
一、接触器的用途	217
二、接触器的分类	217
三、接触器的结构原理	217
第二节 接触器的选择	218
一、接触器类型的选择	218
二、主电路参数的确定	218
三、控制电路参数和辅助电路参数的确定	219
四、接触器线圈电压的确定	219
五、接触器辅助触头的选择	219
第三节 接触器安装时的注意事项	220
第四节 接触器运行时的常见问题及处理	221
一、交流接触器	221
二、直流接触器	226
三、真空接触器	228

第十三章 继电器的常见故障与维护	230
第一节 继电器的用途、分类与原理	230
一、继电器的用途	230
二、继电器的分类	230
三、继电器的结构原理	231
第二节 继电器的选择	231
一、热继电器的选择	231
二、控制继电器的选择	233
三、时间继电器的选择	234
第三节 继电器的安装与维护	235
一、热继电器的安装与维护	235
二、控制继电器的安装与维护	237
第四节 继电器运行时的常见问题及处理	239
一、热继电器	239
二、控制继电器	242
第十四章 起动器的常见故障与维护	246
第一节 起动器的用途、分类与原理	246
一、用途和分类	246
二、工作原理	246
第二节 起动器的选择	248
一、起动方式的选择	248
二、控制笼型异步电动机时的起动器选用	248
第三节 起动器的安装与维护	250
第四节 起动器运行时的常见问题及处理	252
第十五章 电气照明的常见故障与维护	257
第一节 照明电路故障诊断与排除	257
第二节 白炽灯故障诊断与排除	260
第三节 荧光灯故障诊断与排除	262
第四节 高压汞灯故障诊断与排除	266
第五节 氙灯故障诊断与排除	267
第六节 其他灯故障诊断与排除	268
参考文献	270

第一章 变压器的常见故障与维护

第一节 变压器的用途、工作原理及结构

一、用途和分类

1. 用途

变压器是一种将交流电压升高或降低，又能保持频率不变的静止电气设备。输送同样功率的电能时，电压越高，电流就越小，输送线路上的功率损耗也就越小，输电线的截面积可以减小，这样可以节省金属导线的用量。因此，发电厂必须用电力变压器将电压升高，才能将大量的电能送往远处的用电地区，输电距离越远，电压就应越高；用电时又必须经变压器再把电压降低下来，以适应各种用电设备和安全用电的需要。变压器还可以用来改变交流电流、阻抗和相位。变压器在国民经济各部门及日常生活中得到广泛应用。

2. 分类

变压器的种类很多，可以按用途、相数、铁心结构和冷却方式等进行分类：

(1) 按用途分为电力变压器、工业用变压器（如电炉变压器、交流变压器等）和小型专用变压器。

(2) 按相数分为单相、三相和多相变压器。

(3) 按绕组数分为双绕组变压器、自耦变压器、三绕组变压器和多绕组变压器。

(4) 按变压器结构分为心式变压器和壳式变压器。

(5) 按冷却方式分为油浸式变压器、干式变压器和充气式变压器。

二、结构和原理

1. 结构

目前油浸式电力变压器是生产量最大、应用最广的一种变压器，其外形结构如图 1-1 所示。

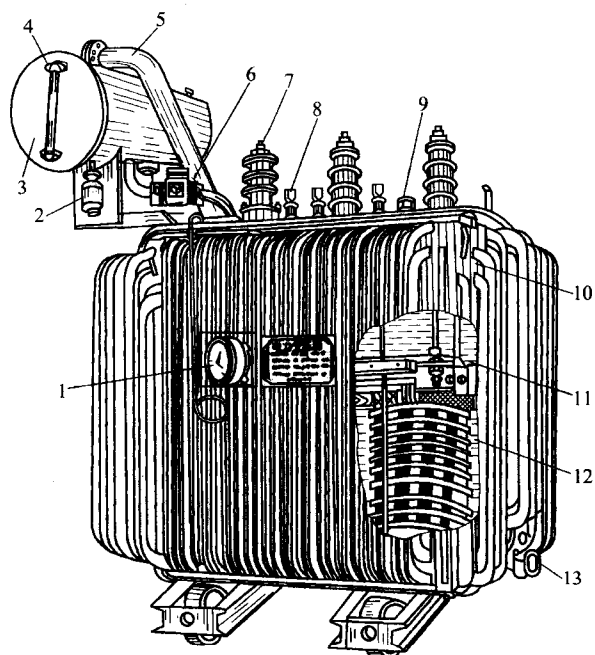


图 1-1 油浸式电力变压器

- 1—信号式温度计 2—吸湿器 3—储油柜 4—油位计 5—安全气道
6—气体继电器 7—高压套管 8—低压套管 9—分接开关
10—油箱 11—铁心 12—绕组及绝缘 13—放油阀门

变压器的结构主要由铁心、绕组、油箱和绝缘套管等组成。图 1-1 是油浸式电力变压器的结构。铁心和绕组是变压器进行电磁感应的基本部分，它们构成了变压器的主体，统称为器身；油箱起机械支撑、冷却、散热和保护作用；油箱内的油起冷却和绝缘作用；套管主要起绝缘作用。现分述如下：

(1) 铁心

变压器的铁心由铁心柱（外面套绕组的部分）和铁轭（连接铁心柱的部分）组成。

按铁心与线圈的不同配置方式，变压器分为心式和壳式两种基本结构，如图 1-2 所示。在单相心式变压器中，两个同样的线圈套在两个铁心柱上，接成串联或并联。壳式变压器的铁心是一个有分支的磁路系统，铁轭包围着线圈，形成线圈的“外壳”。

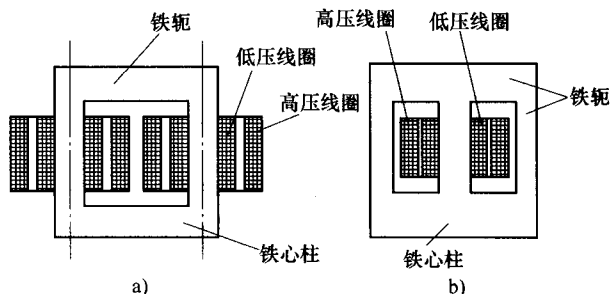


图 1-2 单相变压器的基本形式

a) 心式 b) 壳式

在三相心式变压器中，每相各有一个铁心柱，用上、下铁轭将铁心柱连接起来，如图 1-3 所示。

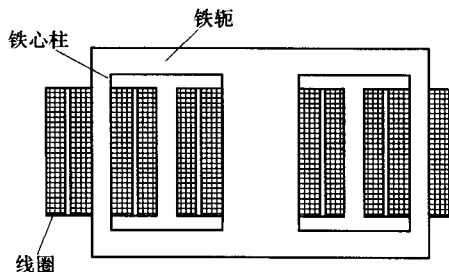


图 1-3 三相心式变压器

心式变压器的结构简单，线圈的套装与绝缘都比较容易，所以被广泛采用；而壳式变压器的机械强度好，常用于低压、大电流的变压器和小容量的控制变压器。

为了提高磁路的磁导率，降低铁心内的磁滞损耗、涡流损耗和减小励磁电流，铁心常用 0.35mm 或 0.5mm 厚、表面涂绝缘漆的硅钢

片叠压而成，叠装时相邻两层铁心叠片的接缝要互相错开，以减少接缝间隙，降低磁阻。图 1-4 中 a 和 b 是相邻两层硅钢片的不同叠法。

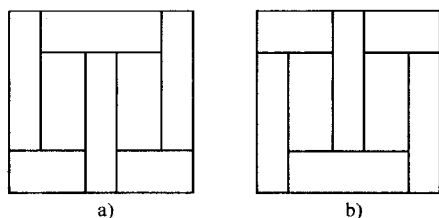


图 1-4 硅钢片的排法

a) 第 1、3、5…层 b) 第 2、4、6…层

为了充分利用空间，大型变压器的铁心柱一般做成阶梯形截面，如图 1-5a 所示；而小型变压器铁心柱截面可采用矩形或方形，如图 1-5b 所示。

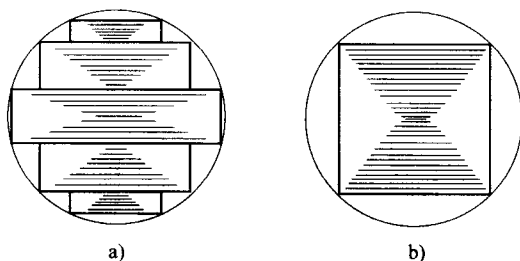


图 1-5 铁心柱截面

a) 阶梯形截面 b) 矩形截面

(2) 绕组

变压器的绕组由绝缘扁导线或圆导线绕成（铜或铝线），它是变压器的电路部分。根据绕组排列方式不同，变压器绕组可分为同心式和交叠式两类。同心式的高、低压绕组同心地套在铁心柱上，如图 1-2 所示。为了便于线圈和铁心绝缘，通常低压绕组靠近铁心。高、低压绕组之间和绕组与铁心之间都必须有一定的绝缘间隙，并以绝缘

纸筒隔开。交叠式绕组都做成饼式，高、低压绕组互相交叠放置，如图 1-6 所示。为了减小绝缘距离，通常低压绕组靠近铁轭。

同心式绕组的结构简单，制造方便，国产电力变压器都采用这种结构。交叠式绕组这种结构机械强度较高、漏抗小、引线方便，但绝缘较复杂，主要用于电炉和电焊变压器。

(3) 油箱

除少部分小容量干式变压器外，容量较大的变压器和电力变压器都是油浸式变压器，这种变压器将器身放置在盛满变压器油的油箱里。油箱内变压器油既是冷却介质，又是绝缘介质。

油箱包括油箱体和油箱盖。为了把变压器运行时铁心和绕组中产生的热量及时散出去，一般在油箱体的箱壁上焊有许多散热管，有的则安装散热器，散热效果更好。

(4) 绝缘套管

变压器的绕组引出线从油箱内穿过油箱盖时，必须经过瓷质绝缘套管，以使带电的引线和接地的油箱绝缘。绝缘套管的结构主要取决于电压等级：电压 1kV 以下的采用实心瓷套管；电压 10 ~ 35kV 的采用空心充气或充油式绝缘套管；电压 110kV 及以上的采用电容式套管。为了增加表面放电距离，套管外形做成多级伞形，电压愈高级数愈多。

2. 变压器的额定值

变压器在规定的使用环境和运行条件下的主要技术数据称为额定值，它是制造工厂设计和试验变压器的依据。在额定状态下运行时可以保证变压器长期可靠地工作，并且有优良的性能。额定值一般都标注在变压器的铭牌上，变压器的额定值主要如下。

额定容量 S_N ：额定容量是变压器的额定视在功率，单位为 VA、kVA 或 MVA。对三相变压器，额定容量是指三相容量之和。由于变压器效率高，通常把一次侧、二次侧的额定容量设计成相等。

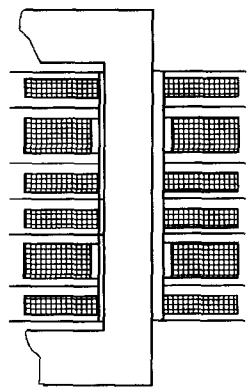


图 1-6 高低压绕组互相交叠放置

额定电压 U_{1N}/U_{2N} : U_{1N} 是一次侧所加的电压额定值, U_{2N} 是当变压器一次侧加上 U_{1N} 时的二次空载电压, 单位为 V 或 kV。对三相变压器, 额定电压指线电压。

额定电流 I_{1N}/I_{2N} : 根据额定容量和额定电压计算出的一次、二次电流即为额定电流。单位为 A。对三相变压器, 额定电流指线电流。

对单相变压器、一次、二次额定电流为

$$I_{1N} = \frac{S_N}{U_{1N}} \quad I_{2N} = \frac{S_N}{U_{2N}} \quad (1-1)$$

对三相变压器, 一次、二次额定电流为

$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{1N}} \quad I_{2N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{2N}} \quad (1-2)$$

额定频率 (Hz): 我国规定标准工业用电频率为 50Hz。

此外, 额定运行时变压器的效率、温升等也是额定值。除额定值外, 铭牌上标有变压器的相数、接线图及联结组标号、阻抗电压等。

3. 变压器的工作原理

变压器是利用电磁感应原理来实现电压的升高或降低的。在结构上, 变压器由绕制在同一铁心上的两个或多个线圈组成, 线圈之间只有磁的耦合, 并没有电的直接联系, 也就是说如同旋转电动机, 变压器也是以磁场为媒介的。为说明方便起见, 在图 1-7 所示的变压器工作原理图中, 只引入两个绕组, 并画成分别套在铁心的两侧。通常将接交流电源的绕组称为一次绕组, 有关一次绕组的物理量均以下标“1”来表示, 例如一次功率、电流、电阻分别为 P_1 、 I_1 、 R_1 ; 另一个接负荷的绕组称为二次绕组, 有关二次绕组的物理量均以下标“2”来表示, 例如二次功率、电流、电阻为 P_2 、 I_2 、 R_2 。当在一次侧上施加一交流电压 u_1 , 便有电流 i_1 流过, 并且在铁心中产生一交变磁通 Φ , 其频率与外加电源的频率一致。磁通 Φ 同时与一次、二次绕组交链, 根据电磁感应定律, 在一次、二次绕组中将感应出电动势 e_1 、 e_2 , 绕组的感应电动势正比于它们的匝数。因此只要改变一次、二次绕组的匝数, 便能改变感应电动势 e_2 的数值, 达到改变电