

中等职业学校教材

电机与电气设备

东北水利水电学校 薛忠 主编

水利电力出版社

薛忠

内 容 提 要

本书包括电机和电气设备两篇。第一篇讲述变压器、同步电机、异步电机、直流电机和控制电机的基本工作原理、结构和运行特性，并对立式水轮发电机的结构作了较详细的论述。第二篇讲述水电站常用电气设备的作用、工作原理和结构；电气主接线和厂用电接线及其运行方式；并简要介绍了配电装置和接地装置。

本书为中等专业学校水电站动力设备专业的教科书，也可作有关职工培训教材，还可供有关工程技术人员参考。

中等专业学校教材

电机与电气设备

东北水利水电学校 薛忠 主编

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 23.25印张 520千字

1985年11月第一版 1985年11月北京第一次印刷

印数00001—14620册 定价4.05元

书号 15143·5873

前 言

本书根据水利电力部1982年在北京召开的中等专业学校教材编审出版规划座谈会的决定，按照同年11月在成都召开的水电站动力设备专业教学计划及教学大纲讨论会通过的《电机与电气设备》教学大纲和1983年8月在杭州召开的《电机学》课程组会议通过的《电机与电气设备》教材编写大纲编写的。

参加本书编写的有：湖北省电力学校邓婉仪（第十九至二十二章）、东北水利水电学校蒋永林（第十四至十八章）和薛忠（第一至十三章），并由薛忠任主编。书稿经云南省电力学校唐尚志高级工程师审阅。

本书在编写过程中，得到一些水电站、电机制造厂和兄弟学校的大力支持。在此表示感谢。

由于我们学识水平不高，实践经验有限，书中缺点错误在所难免，诚恳欢迎批评指正。

编 者

1984年8月13日

目 录

前 言

第一篇 电机部分

第一章 变压器的基本知识及结构	1
第一节 变压器的基本原理和类型	1
第二节 电力变压器的结构	2
第三节 变压器铭牌	11
习题与思考题	13
第二章 变压器的运行原理	13
第一节 变压器的空载运行	13
第二节 变压器的负载运行	19
习题与思考题	27
第三章 三相变压器和其它变压器	28
第一节 单相变压器的极性	29
第二节 三相变压器的联接组别	30
第三节 变压器的并联运行	33
第四节 三线圈变压器和自耦变压器	36
习题与思考题	40
第四章 同步发电机的基本知识	41
第一节 同步发电机的工作原理	42
第二节 同步电机的类型	43
第三节 同步发电机铭牌	45
习题与思考题	47
第五章 水轮发电机的结构	47
第一节 立式水轮发电机的转子	47
第二节 立式水轮发电机的定子	55
第三节 立式水轮发电机的机架	62
第四节 立式水轮发电机的轴承	65
第五节 水轮发电机的通风冷却系统	79
第六节 制动系统和灭火系统	83
第七节 水内冷水轮发电机	85
第八节 抽水蓄能发电机	90
第九节 贯流式水轮发电机	96
习题与思考题	100

第六章 同步电机的电枢绕组及电势	100
第一节 导体的电势	100
第二节 线匝的电势	102
第三节 相电势	103
第四节 高次谐波及其削弱方法	105
第五节 电枢绕组的一般概念	109
第六节 三相双层迭绕组	112
第七节 三相双层波绕组	116
第八节 分数槽双层绕组	118
习题与思考题	123
第七章 电枢磁势和电枢反应	124
第一节 单相绕组的磁势——脉动磁势	125
第二节 三相绕组的磁势——旋转磁势	133
第三节 同步发电机的电枢反应	137
习题与思考题	142
第八章 同步发电机的正常运行	143
第一节 同步电抗	143
第二节 电势向量图	145
第三节 同步发电机的电压变化率	150
第四节 同步发电机的特性	151
第五节 同步发电机的损失和效率	158
习题与思考题	159
第九章 同步发电机的并联运行	160
第一节 并联条件和并联方法	160
第二节 同步发电机的功率和转矩平衡方程式	166
第三节 同步电机的功角特性	167
第四节 同步发电机与无穷大电网并联时有功功率的调节和静态稳定	170
第五节 同步发电机与无穷大电网并联运行时无功功率的调节	174
第六节 调节有功功率、无功功率时的相互影响	178
第七节 同步发电机与相近容量电网的并联运行	179
习题与思考题	180
第十章 同步发电机的调相运行	181
第一节 同步电机的可逆原理	181
第二节 同步电动机的向量图、功率和U形曲线	183
第三节 同步电动机的起动方法	186
第四节 水轮发电机的调相运行	187
习题与思考题	188
第十一章 异步电动机的基本知识及结构	188
第一节 异步电动机的工作原理	189
第二节 异步电动机的类型和结构	192

第三节 异步电动机的铭牌	197
习题与思考题	199
第十二章 三相异步电动机的电磁关系、电磁转矩和机械特性	199
第一节 电势平衡方程和磁势平衡方程式	199
第二节 异步电动机的电磁转矩	203
第三节 异步电动机的机械特性	204
习题与思考题	207
第十三章 异步电动机的起动	207
第一节 鼠笼式异步电动机的起动	207
第二节 绕线式异步电动机的起动	210
第三节 双鼠笼式和深槽式异步电动机	212
习题与思考题	214
第十四章 直流发电机的基本知识及结构	214
第一节 直流发电机的基本工作原理	215
第二节 直流电机的结构	216
第三节 直流电机铭牌	221
习题与思考题	221
第十五章 直流电机的电枢绕组及电势	221
第一节 电枢绕组的一般知识	222
第二节 电枢电势	227
习题与思考题	228
第十六章 直流发电机的电枢反应及换向	228
第一节 主磁场和电枢磁场	228
第二节 直流发电机的电枢反应	230
第三节 直流发电机的换向	232
习题与思考题	239
第十七章 直流发电机运行特性	239
第一节 励磁方式	239
第二节 电磁转矩和电磁功率	241
第三节 功率、电势和转矩平衡方程式	242
第四节 它励发电机的运行特性	243
第五节 并励发电机的自励条件及其运行特性	245
第六节 复励发电机的运行特性	249
习题与思考题	250
第十八章 控制电机	250
第一节 旋转变压器	250
第二节 自整角机	257
第三节 异步测速发电机	264
习题与思考题	266

第二篇 电气设备部分

第十九章 电力系统及发电厂	267
第一节 电气设备概述	267
第二节 发电厂及电力系统概述	268
第三节 电力系统中性点的运行方式	278
习题与思考题	284
第二十章 电器和载流导体	284
第一节 电弧的产生和熄灭	284
第二节 断路器	293
第三节 隔离开关	311
第四节 熔断器	315
第五节 低压电器	319
第六节 互感器	321
第七节 绝缘子、母线和电缆	329
第八节 避雷器	332
习题与思考题	335
第二十一章 电气主接线及厂用电	336
第一节 概述	336
第二节 电气主接线的基本形式	338
第三节 水电站的厂用电	348
习题与思考题	350
第二十二章 配电装置和接地装置	351
第一节 配电装置概述	351
第二节 屋内配电装置	354
第三节 屋外配电装置	356
第四节 水电站的电气设备布置	359
第五节 接地装置	362
习题与思考题	365

第一篇 电机部分

第一章 变压器的基本知识及结构

变压器是一种静止电器，它利用电磁感应原理，将一种等级的电压与电流转换成同频率的另一种等级的电压与电流。

变压器是一种重要设备。在电力系统中，要将大功率的电能从发电厂输送到远距离的用户区，一般都要采用高压输电，这是因为输送一定功率的电能，电压愈高，电流就愈小，线路的金属耗用量、电压降及功率损耗就愈小。由于发电机受绝缘水平的限制，端电压不能太高，因此，发电机的端电压需借助变压器来升压，以便把电能输送出去。当电能输送到用户区，为了安全用电等原因，又必须经变压器降压后再使用。总之，变压器对电能的经济传输、灵活分配和安全使用，具有重要意义。此外，变压器在电能的测试、控制和特殊用电设备上应用也很广。

本章主要研究变压器的基本原理、类型，电力变压器的结构和铭牌。

第一节 变压器的基本原理和类型

一、变压器的基本工作原理

变压器是根据电磁感应原理工作的，图1-1是变压器的工作原理图。在构成闭合回路的铁心上绕有两个互相绝缘的线圈（或称绕组）1和2，两个线圈有不同的匝数 N_1 和 N_2 。两个线圈中的一个接到交流电源上，称为原线圈，简称原方，又称一次线圈。另一个线圈接到负载上，称为副线圈，简称副方，又称二次线圈。当原方接到交流电源上时，在电源电压作用下，原线圈中有交变电流通过，交变电流产生的磁势在铁心中建立交变磁通 Φ 。其频率和电源电压的频率相同。这个交变磁通同时交链原、副线圈，根据电磁感应原理，在原、副线圈内分别产生感应电势 e_1 和 e_2 。副方有了电势，便可向负载供电，从而实现能量传递。

由于两个线圈与同一铁心磁通交链，每匝中所感应的电势相等，因此，两个匝数不等的线圈的感应电势的数值将不相等。由此可见，通过变压器来进行电能转换时，与线圈相连的两个电路，可以有不同等级的电压与电流。所以，只要改变原、副线圈的匝数，便可达到改变电压与电流的目的。这就是变压器利用电磁感应原理，把一种电压的交流电能转变成同频率的另一种电压的交流电能的基本工作原理。

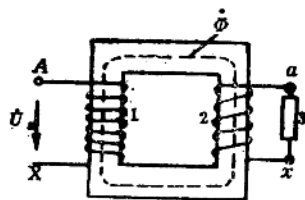


图 1-1 变压器的原理图
1—原线圈；2—副线圈；3—负载

二、变压器的类型

变压器的应用范围十分广泛，类型很多，且各种类型的变压器在结构上、性能上的差异也很大。一般按照变压器的用途进行分类，也可按照结构特征、相数、冷却方式等进行分类。

按用途可分为电力变压器、调压变压器、仪用互感器和其他变压器（如电焊变压器、整流用变压器、高压试验变压器）等。

按相数可分为单相变压器和三相变压器。

按冷却方式可分为油浸式变压器（油浸自冷变压器、油浸风冷变压器、油浸强迫油循环变压器）和干式变压器。

按线圈数可分为自耦变压器（单线圈）、双线圈变压器和三线圈变压器。

按变压器的铁心结构可分为心式变压器和壳式变压器。

第二节 电力变压器的结构

变压器的主要部件是铁心和线圈，统称为变压器器身。油浸式变压器的器身放在灌满变压器油的油箱内。此外，还有冷却装置、保护装置和出线装置等。

图1-2标出了油浸式电力变压器的主要组成部分和各部分的名称。下面简要叙述各部分的结构和作用。

一、变压器的铁心

铁心既是变压器的磁路，又是它的机械骨架。它由铁心柱、铁轭和夹紧装置组成。铁心柱上套有线圈，铁轭使整个磁路成为闭合磁路。

（一）铁心材料

为了减少铁心内的磁滞损耗和涡流损耗，变压器铁心通常是用含硅量约为5%、厚度为0.35或0.5mm、两面涂有绝缘漆的硅钢片迭成。

硅钢片因加工方式不同分冷轧和热轧两种。有的冷轧硅钢片具有方向性，即顺着辗压方向单位铁损耗比热轧硅钢片低，在相同的磁场强度下，磁通密度约大20%。而垂直辗压方向单位铁损耗约增至3~4倍。有的冷轧硅钢片无方向性，热轧硅钢片的方向性不明显。设计变压器时，铁心磁通密度一般都选在饱和点之后，热轧硅钢片在14500Gs左右就开始饱和，而冷轧硅钢片在17000Gs左右才开始饱和，因此，采用冷轧硅钢片的铁心截面较小，变压器的体积和重量也显著减小，所以，近年来，铁心材料采用冷轧硅钢片愈来愈多。

（二）铁心型式

根据结构型式和工艺特点，变压器铁心可分为迭片式和渐开线式两种。迭片式铁心又分成心式和壳式两种，图1-3是单相和三相心式变压器的铁心。为了便于说明此种铁心的特点，图中同时画出了线圈。从图中可以看出，这种铁心的结构特点是铁轭靠着线圈的上下两面，而不包围线圈的侧面。图1-4是单相壳式变压器的铁心。其特点是铁轭不仅包围线圈的上下两面，而且还包围线圈的侧面。由于心式变压器结构比较简单、线圈安装也较

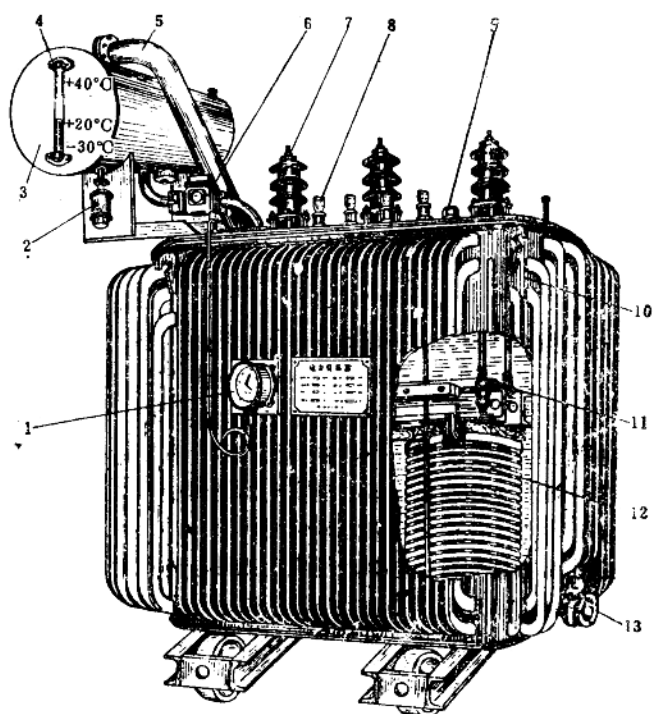


图 1-2 油浸式电力变压器

1—温度计；2—呼吸器；3—油枕；4—油表；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—线圈与绝缘；13—放油阀门

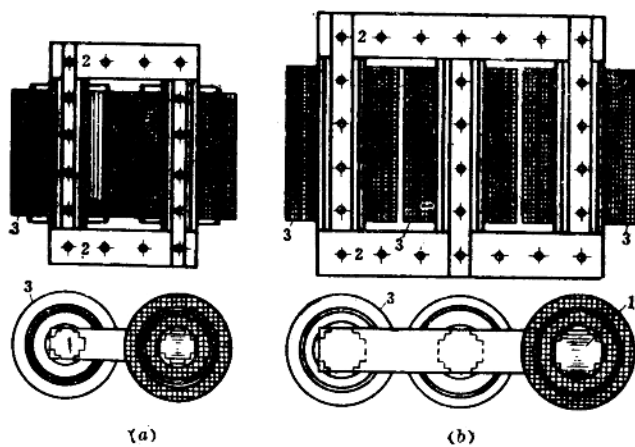


图 1-3 心式变压器的铁心

(a) 单相心式变压器；(b) 三相心式变压器

1—铁心柱；2—铁轭；3—线圈

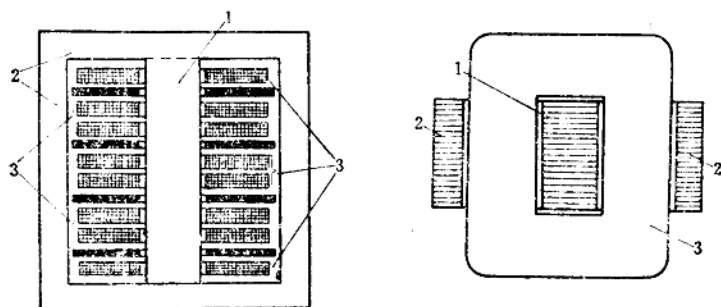


图 1-4 单相壳式变压器的铁心
1—铁心柱；2—铁轭；3—线圈

容易，所以电力变压器一般都采用心式铁心。

迭片式铁心需要多种尺寸的矩形迭片，制造工艺复杂，为了提高制造变压器的劳动生产率，在迭片式铁心的基础上发展了渐开线式铁心。

渐开线式铁心仍由铁心柱和铁轭两部分组成，如图1-5所示。铁心柱是由一种渐开线形状的硅钢片一片一片插装而成的，如图1-5(b)。铁心柱外径和内孔直径之比为4.5~8。铁轭是由同一宽度的硅钢带卷制成三角形，如果1-5(c)。三个铁心柱按等边三角形布置，铁心柱和上下铁轭依靠螺杆等夹件对接紧固起来。这种铁心具有结构紧凑、体积小等优点。

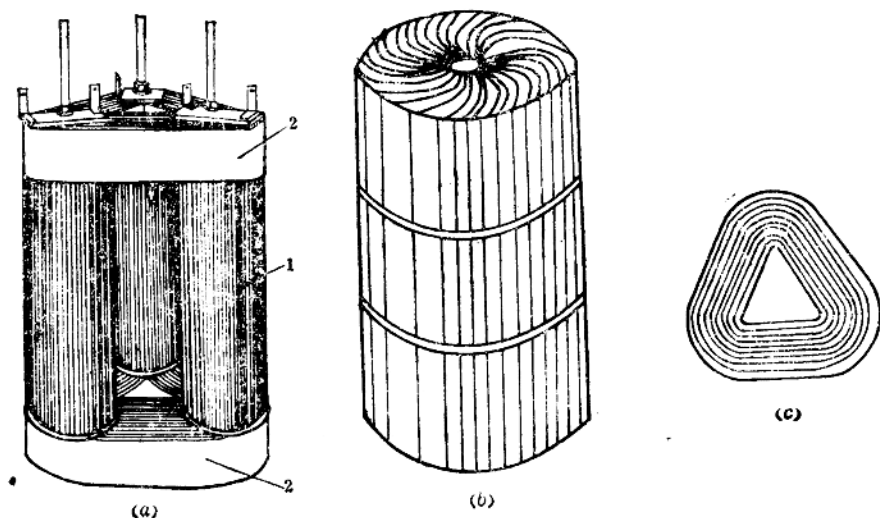


图 1-5 渐开线式铁心
(a)整个铁心；(b)铁心柱；(c)铁轭
1—铁心柱；2—铁轭

(三) 铁心迭装

变压器铁心迭装一般采用迭积式。它是把铁心柱和铁轭的硅钢片一层一层地交错迭积起来,如图1-6所示。迭装好的铁心其铁轭用槽钢(或焊接夹件)及螺杆固定。铁心与夹件都应接地,铁心的接地一般是用镀锡铜片,一端插入夹紧的铁轭硅钢片间,另一端用螺栓拧紧在与接地的油箱相通的钢夹件上。

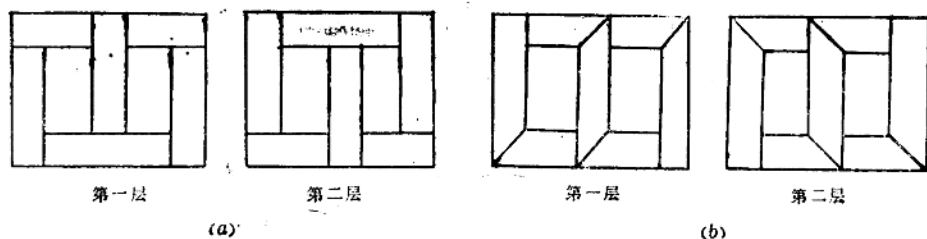


图 1-6 铁心的迭装
(a)正接缝迭积图;(b)斜接缝迭积图

(四) 铁心截面

铁心柱的截面在小型变压器中可用方形或矩形,在容量较大的变压器中,一般采用阶梯形截面,如图1-7所示。铁心柱截面的级数视变压器的容量而定,级数愈多,其有效截面愈大,但制造铁心的工艺程序亦愈复杂。中等容量变压器的铁心柱一般多为7~9级;巨型变压器的铁心多至十几级。在大容量的变压器中,为了保证铁心内部可靠冷却,在迭片间留有油道。

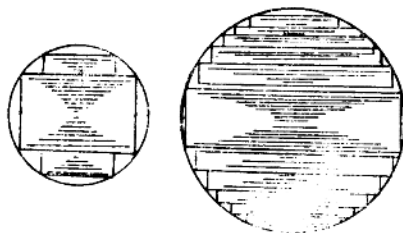


图 1-7 铁心柱截面的形状

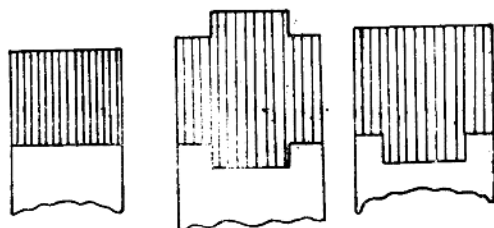


图 1-8 铁轭截面的各种形状

铁轭截面的形状通常比铁心柱的简单,常见的有矩形和梯形两种,如图1-8所示。为了减小变压器的空载电流和铁耗,在心式变压器中,铁轭截面一般比铁心柱截面大5~10%,在大容量的变压器中也有作成相等的。

二、变压器的线圈

线圈是进行电能变换用的,是变压器的电路部分。它一般用绝缘纸包的铜线或铝线绕制而成。

在变压器中,接到高压电网的线圈称为高压线圈,接到低压电网的线圈称为低压线圈。

圈。按高、低压线圈之间的相对位置不同，线圈可以分为同心式和交迭式两种。所谓同心式线圈就是高压和低压线圈都做成圆筒形状，而且装在铁心柱上又是互相同心的，如图1-3所示。为了便于线圈和铁心绝缘，通常低压线圈靠近铁心；交迭式线圈的排列方式如图1-9所示。由图可见，高、低压线圈沿铁心柱高度方向交迭地排列，为了减小绝缘距离，通常低压线圈靠近铁轭。此种结构主要用于壳式变压器中。

同心式线圈按形式分为圆筒式、螺旋式、连续式和纠结式等四种。

圆筒式线圈是同心式线圈中最简单的一种形式，它由一根或几根并联的绝缘导线沿铁心柱高度方向连续绕制而成。低压线圈用扁导线绕成单层或双层的，如图1-10(a)所示；高压线圈通常用圆导线绕成多层的，如图1-10(b)所示。

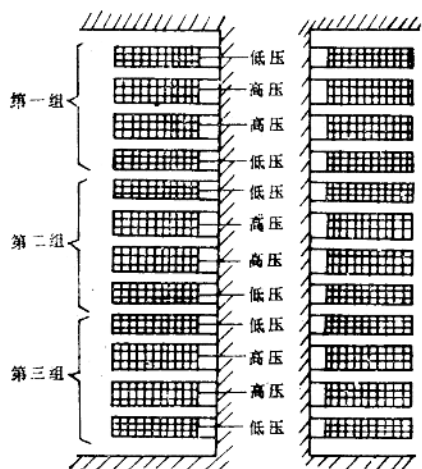


图 1-9 交迭式线圈

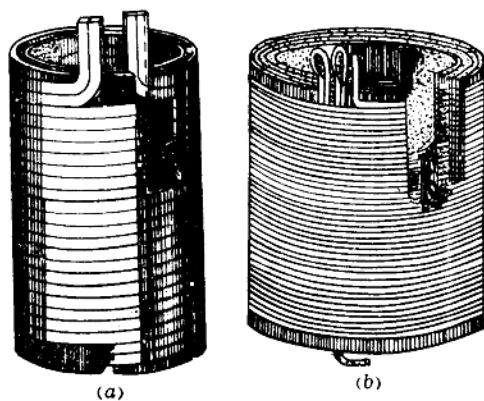


图 1-10 圆筒式线圈

(a) 低压双层圆筒式线圈；(b) 高压多层圆筒式线圈

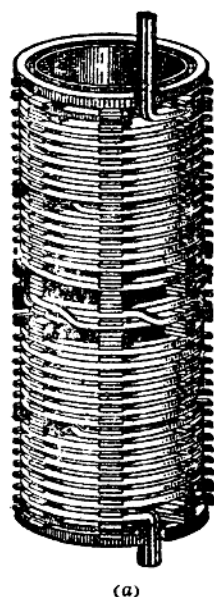
为了改善线圈的冷却条件，双层圆筒式线圈的两层中间和多层圆筒式线圈的内部设有油道，油道是由绝缘撑条构成的。

圆筒式线圈的优点是绕制方便，价格便宜，油道散热效率高。缺点是其端部支撑面不大，机械强度差，且局部温度高。此外，当并绕根数较多或绝缘件较复杂时绕制亦困难。

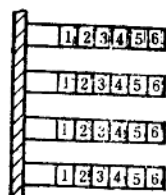
圆筒式线圈多做为容量为630kVA及以下，电压不超过15kV的变压器高、低压线圈。

螺旋式线圈是由许多根并联扁线按螺旋线的形式绕制而成的一种线圈。每绕一圈就是一匝，匝间隔以绝缘垫块，形成辐向油道。图1-11为单层螺旋式线圈的结构图。这种线圈具有冷却条件好、机械强度高、绝缘可靠、绕制方便等优点，适用于电流很大，匝数不多的场合，它主要用于三相容量为800kVA及以上，电压为35kV及以下的变压器的低压线圈。

连续式线圈是由单根或多根（一般不超过4根）并联扁导线连续绕制的许多个线段（又称线饼）组成的线圈，如图1-12所示。从一线饼到另一线饼的连接线不用焊接，而用特殊的翻线方法连续绕成，故称连续式线圈。连续式线圈的各个线段间由水平放置的横垫

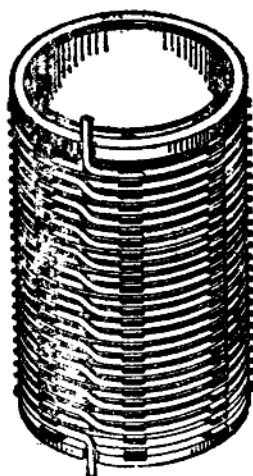


(a)

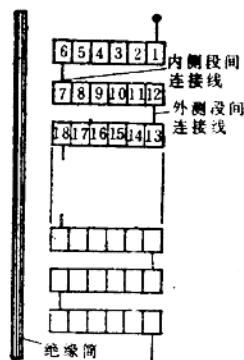


(b)

图 1-11 螺旋式线圈
(a)外形图；(b)导线排列情况



(a)



(b)

图 1-12 连续式线圈
(a)外形图；(b)连接顺序示意图

块隔开，横垫块在线盘上沿幅向均匀分布，构成幅向油道。为了便于线圈固定和进行幅向夹紧，线圈内径圆周均匀地装设纸板撑条，同时构成垂直油道。

连续式线圈优点是机械强度高、散热性能好，但绕制技术要求较高。它一般用于三相容量为630kVA及以上，电压为3~110kV变压器的线圈。

在连续式线圈中线匝是按自然数列的顺序1、2、3……排列的，见图1-12(b)，而在纠结式线段中，在数字相邻的两个线匝中间插入另外的一匝，如图1-13所示。这好似很多线匝纠结在一起，故称纠结式线圈。目前我国主要采用的是双段纠结式，即在两个线段内完成一个纠结连接。

纠结式线圈一般用于三相容量为6300kVA及以上，电压为110~330kV的变压器的高压线圈。

三、绝缘结构

变压器的绝缘分为外部绝缘和内部绝缘两种。外部绝缘指的是不同相的套筒间及套筒的载流部分对油箱等接地部分的空气绝缘。内部绝缘指的是油箱内部零件、组件、器身的绝缘，其中主要是线圈的绝缘、引线和分接开关的绝缘。内部绝缘又分主绝缘和纵绝缘。主绝缘是指线圈（或引线）对地，对异相或同相的其他线圈（或引线）之间的绝缘，纵绝缘是指线圈匝间、层间或者它和相应引线之间的绝缘。

各有关部件的空间距离（油隙）是构成主绝缘的主要部分，随着电压等级的提高，各部件之间的绝缘距离相应增大。实际上除油隙外，还必须采取另外的措施，如放置隔

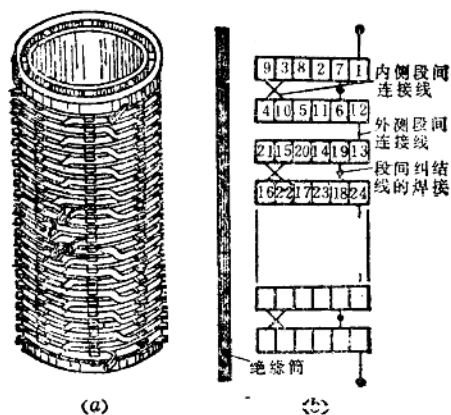


图 1-13 纠结式线圈
(a)外形图；(b)段间连结示意图

板等。

匝间绝缘主要是导线绝缘。小型变压器用漆包绝缘，大型变压器用电缆纸包绝缘。线圈的端部线匝要加强绝缘，以提高耐受冲击电压波的能力。线段绝缘一般均用油隙，即用绝缘垫块将线段与线段之间分隔。

四、变压器的分接开关

电压是电能质量的指标之一，电压变动范围一般不得超过额定电压值的 $\pm 5\%$ 。为了保证电压波动在一定范围内，就必须进行调压。为此，把线圈引出若干个抽头（分接头），当用分接开关切换到不同的抽头时，便接入了不同的匝数，达到了调压的目的。

切换变压器分接头的方法有两种：一种是停电切换，称为无载调压；另一种是带电切换，称为有载调压。

分接开关的种类很多，仅举一例加以说明。图1-14为三相分接开关无载调压的示意图，它由12个静触柱和三个由两片组成的半圆形动触片构成。静触柱按A、B、C三相由上而下排列，固定在四根胶木条上，动触头固定在回转轴上，它连接的两个静触柱，将线圈的一部分短接。旋转动触头，短接的部分将随之改变，从而达到调压的目的。

五、油箱和冷却装置

油浸式电力变压器的器身在充满变压器油的油箱内。油箱用钢板焊成，呈椭圆桶状。变压器油箱结构随变压器的容量不同而异。容量很小的变压器可用平板式油箱。容量稍大一些的变压器采用管式油箱，此种油箱壁上装有增加散热面用的管子。容量较大的变压器，在油箱上装有散热器，有的在散热器上还装有风扇，以提高散热能力，如图1-15所示。大容量的变压器可采用强迫油循环冷却方式，即利用油泵将变压器中的热油抽到变压器外的冷却器中，冷却后再送入变压器。冷却器用风扇冷却，称强油风冷；用水冷却，称强油水冷。

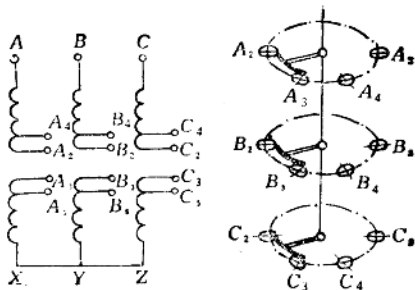


图 1-14 三相分接开关无载调压示意图

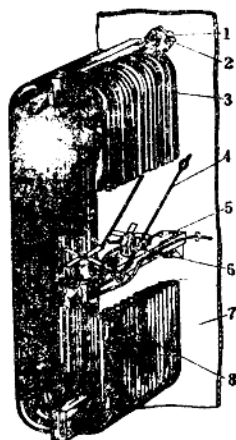


图 1-15 带风扇的扁管散热器

1—联管头；2—阀门；3—扁管散热器；4—拉杆，
5—支座；6—风扇电动机；7—油箱壁；8—进线盒

我国已经制成水内冷变压器，这种变压器的线圈用管形导线绕成，运行时，导线内直接通以冷却水，从而大大提高了冷却效果。此外，有的变压器铁心也采用水冷方式。

变压器大修时必须敞露器身，小容量变压器一般是吊出器身，如图 1-16 (a) 所示。较大容量的变压器器身较重，起吊需要重型起吊设备。为了检修方便，器身重量大于 15t 的变压器，把油箱作成钟罩式，检修时只要把上节油箱吊起即可，如图 1-16 (b)。

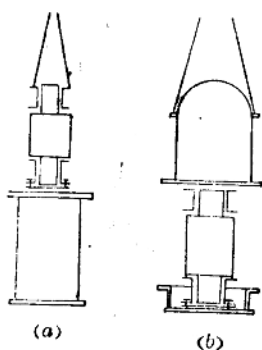


图 1-16 变压器器身检修起吊
(a)吊器身；(b)吊上节油箱

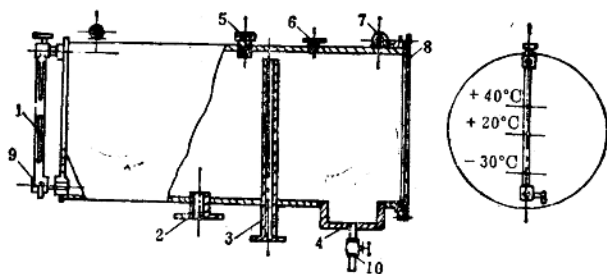


图 1-17 油枕的构造

1—油位计；2—气体继电器连通的法兰；3—呼吸器连通的法兰；
4—沉积器；5—注油孔；6—与防爆管连通的法兰；7—吊攀，
8—端盖；9、10—阀门

六、变压器的保护装置

(一) 油枕和呼吸器

油枕是用钢板作成的圆桶形容器，水平安装在变压器油箱盖上，用弯曲联管与油箱联接 (图 1-17)。它的容积应保证变压器在周围温度为 -30°C 的停运状态到 $+40^{\circ}\text{C}$ 的满载工

作状态下油枕中都保持有油，一般为变压器所装油量的8~10%。油枕的油位由油位计指示。

由于油枕的装设使变压器油与空气的接触面积变小，油枕内的温度又较油箱内低，因此，油的氧化过程减慢；油枕内的油几乎不参与油箱内油的对流循环，由空气中吸收的水份及氧化后的油垢都沉积到油枕下面的沉积器中，从而大大减慢了油的劣化速度；油枕的装设还为装设瓦斯保护提供了条件。

为防止空气中的水份浸入油枕的油内，油枕经呼吸器与外界空气连通。呼吸器内盛有吸潮物质，通常为硅胶。图1-18为呼吸器的结构图。

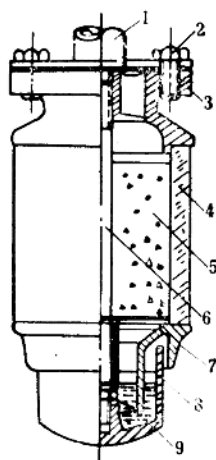


图 1-18 呼吸器的构造

1—连接管；2—螺钉；3—法兰盘；4—玻璃管；
5—硅胶；6—螺栓；7—底座；8—底座罩；9—变
压器油

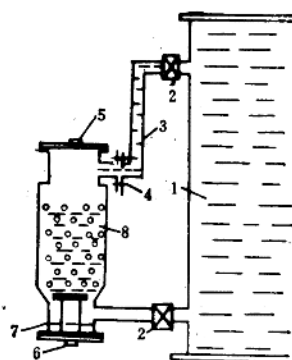


图 1-19 净油器

1—油箱；2—油阀门；3—联管；4—联结法兰；
5—放气塞；6—放油塞；7—集污器；8—净油罐

（二）净油器

净油器又称温差过滤器、滤油器、硅胶罐等，它是一种供油连续自动再生装置，其结构示意图如图1-19所示。它的主要部分是用钢板焊成的圆筒形净油罐8，它位于变压器油箱的一侧，上下两端用管子与油箱相通。罐内装有硅胶。在运行时，由于上层油与下层油之间的温差，变压器油从上向下经过净油器形成对流，油中的水份、渣滓、酸和氧化物等均被硅胶吸收，从而保持油质清洁，延长了油的使用年限。净油器的底部有放油塞6，上部有放气塞5。当需要放出净油器内的存油时，先将阀门2关闭，隔断净油器与油箱的油路，再打开放油塞。更换硅胶时，可拆开上、下盖板。

（三）气体继电器（瓦斯继电器）

气体继电器安装在油箱和油枕的联管中间，见图1-2。它为变压器内部故障保护，当变压器内部绝缘被击穿或发生匝间短路时，变压器油和其他有机绝缘物分解出气体，气体