

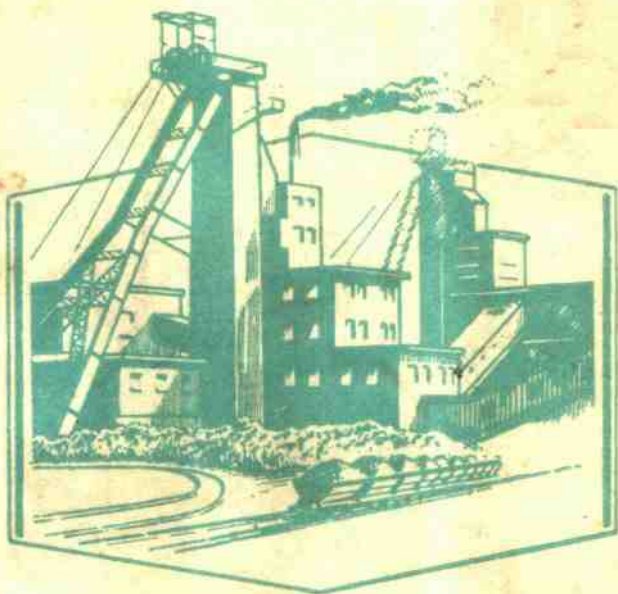
煤矿技工学校讲义

矿山电气设备修理电工 工艺学讲义

下 册

焦作煤矿技工学校
淮南煤矿技工学校 合編
大同煤矿技工学校

学校内部用书



中国工业出版社

本讲义分五篇：第一篇，钳工作业；第二篇，电工基本作业；第三篇，矿山电气保护控制设备及配电系统；第四篇，电力机械；第五篇，矿井固定机械和运输机械的电气设备。它分上下两册出版。下册内容为四、五两篇。

本讲义是煤矿技工学校矿山电气设备修理工工种的试用教材，也可供现场机电修理工人参考。

矿山电气设备修理电工艺学讲义

下 册

焦作煤矿技工学校

淮南煤矿技工学校 合编

大同煤矿技工学校

中国工业出版社出版（北京东黄城根路10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $\cdot 14^{2/3}$ ·插页3·字数386,000

1961年11月北京第一版·1961年11月北京第一次印刷

印数0001—4100·定价（7-2）1.40元

统一书号：15165·1218（煤炭-56）

目 录

第四篇 电力机械

第一章 变压器	1
第1节 变压器的用途及分类	1
第2节 变压器的构造	4
第3节 变压器铁心制造	17
第4节 变压器的线圈绕制	24
第5节 变压器的装配	36
第6节 变压器出厂试验	55
第7节 变压器的日常维修和计划检修内容	73
第8节 变压器故障的原因	80
第9节 变压器的修理	89
第10节 变压器的干燥法	103
第11节 变压器油的处理	108
第12节 利用旧铁心设计变压器的新绕组	116
第13节 我国制造的变压器	127
第二章 感应电动机	130
第1节 感应电动机的用途、分类及构造	130
第2节 感应电动机的机械加工概述	138
第3节 感应电动机的铁心制造	143
第4节 感应电动机的转子铸铝	54
第5节 感应电动机的绕组制造	153
第6节 感应电动机的嵌线与联接	155
第7节 感应电动机的浸漆与干燥	183
第8节 感应电动机的装配	169

第9节	感应电动机的成品检查和出厂試驗	200
第10节	电动机的运行维护	206
第11节	感应电动机的故障及其检查	208
第12节	感应电动机的修理	217
第13节	利用旧鉄心設計感应电动机的新繞組	230
第14节	感应电动机的改接	242
第15节	感应电动机的起运、安装和試車	251
第16节	我国感应电动机的制造系列及技术数据	263

第三章 直流电机 278

第1节	直流电机的用途、种类和构造	278
第2节	直流电机的故障現象及其原因	283
第3节	电枢繞組的故障检查及其修理	289
第4节	磁場繞組的故障检查及修理	299
第5节	换向器的故障检查和修理	304
第6节	电刷的故障检查及其修理	311
第7节	一般故障的检修	316
第8节	直流电动机的联接	318
第9节	我国制造的直流电机	324

第五篇 矿井四大件和运输机成的电气设备

第一章 矿井信号与通讯 325

第1节	概述	325
第2节	矿井信号装置	326
第3节	井筒提升信号	335
第4节	电机車站間运输信号	343
第5节	平巷的绳索运输信号和工作面运输信号	345
第6节	矿井通訊	347

第二章 矿井四大件的电气设备 356

第1节	概述	356
-----	----	-----

第2节	矿井压气	364
第3节	矿井提升	369
第4节	矿井排水	384
第5节	矿井通风	392
第三章	矿井电机车	401
第1节	矿井电机车的应用	401
第2节	电机车的机械设备	404
第3节	电机车的电气设备部分	409
第4节	电机车电气系统接线图	416
第5节	牵引网路的架设	423
第6节	蓄电池的使用和维护	431
第四章	地面运输设备的集中控制	441
第1节	概述	441
第2节	电气系统图中元件介绍及机械起动的 闭塞关系图说明	445
第3节	原则系统图说明	452
参考文献		457

第四篇 电力机械

第一章 变压器

第1节 变压器的用途及分类

变压器是发电变电及电力线路上的关键性设备。其中有供给火力、水力发电站用的大型升压变压器、高压输电线路终端的降压变压器；有供城市、乡村、工厂用的中小型电力变压器；矿山用的防爆变压器；以及仪表、继电器所用的电流、电压互感器，等等。

按照变压器的应用范围、构造、相数及冷却方式的不同，可以分成下列各种类型：

按应用范围来分，可分为：

- (1) 电力变压器：用于发电厂和电力网中以升降电压。
- (2) 电压调整器：用于电力网中以调整电压。
- (3) 自耦变压器：用于小范围的升压或降压或者用来启动交流电动机用。
- (4) 仪用变压器：用于测量仪表。
- (5) 专用变压器：如电焊变压器，电炉变压器及试验变压器等。

按照铁心和线圈的相对位置来分，可分为：

- (1) 心式：线圈包住铁心，用于在构造上较简单，线圈的安装和绝缘也比较容易，特别对电压等级高的变压器，此项优点比较显著，因此现在变压器的制造趋向于芯式如图4.1-1所示。
- (2) 壳式：铁心包住线圈，只有一些特种变压器和电炉变压器等采用壳式如图4.1-2所示。

按照相数来分，常用的可分为：单相变压器和三相变压器。

按照冷却方式来分，可分为：

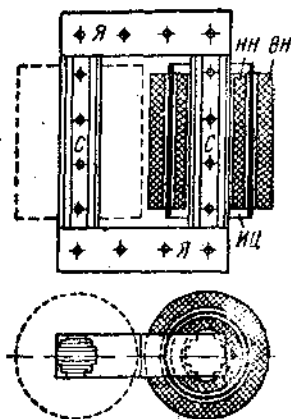


图 4.1-1 心式变压器的
铁心和绕组

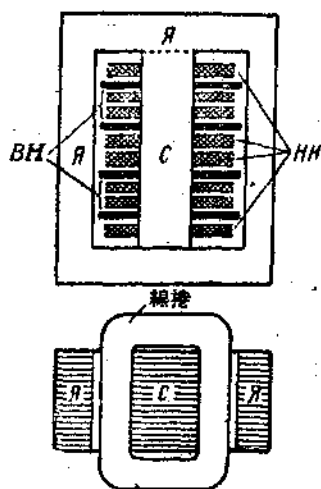


图 4.1-2 壳式变压器的
铁心和绕组

(1) 干式(或称空气自冷式)变压器: 它的热量直接散发在周围空气中, 一般此种变压器的容量比较小。

(2) 油浸自冷式变压器: 这种变压器的铁心和线圈浸在变压器油内, 利用变压器油将热量传递给外壳散发到空气中去。

(3) 油浸风冷式变压器: 在油浸式变压器的散热表面, 装置鼓风机或风扇, 加速冷却空气的流动, 以增强散热作用如图 4.1-3 所示。

(4) 强制油循环冷却式变压器: 它依靠增加油的流动速度和较低温度的冷却水来使热油冷却, 以加强变压器的散热作用。

至于三相变压器的内部结构情形, 可参看图 4.1-4 所示。

为了成批生产上的方便, 将不同容量和不同电压比的变压器, 分为四个标准系列, 每个系列中不论其容量、变压比是否相同, 则机械结构都采用标准化和通用化的零件与组件, 从而使工艺简化了, 为成批生产创造了条件, 这四个系列是:

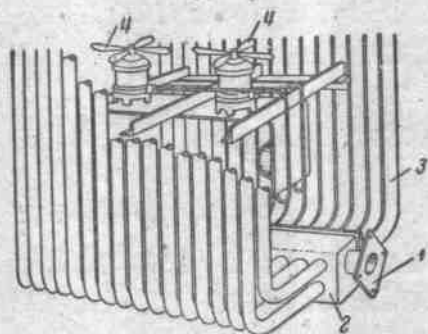


图 4.1-3 风冷式变压器

1—与油箱壁联接；2—分配油道；3—散热油管；4—扇风叶

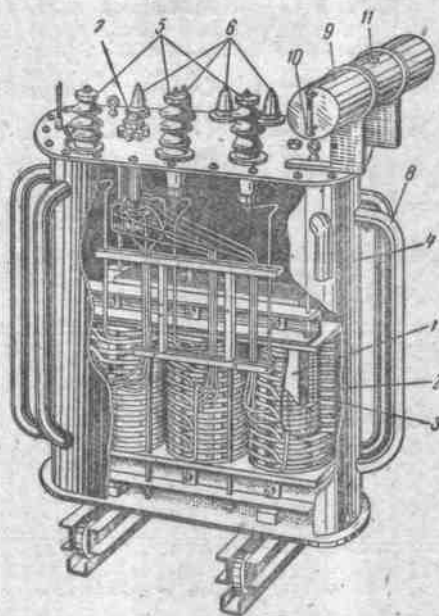


图 4.1-4 变压器结构

1—铁心；2—高压线圈；3—低压线圈；4—油箱；5—高压瓷套管；
6—低压瓷套管；7—调压开关手把；8—散热油管；9—油枕 10—油位
指示器；11—呼吸孔道

第一类：10—100千伏安，高压侧电压为10千伏以下。

第二类：135—560千伏安，高压侧电压为10千伏以下。

第三类：750—5600千伏安，高压侧电压为35千伏以下。

第四类：7500—60000千伏安，高压侧电压为110千伏以下。

第2节 变压器的构造

变压器的主要构成部分包括铁心，线圈，外壳，油枕，套管，变压器油及其附属和保护装置。

一、变压器的铁心

变压器的铁心是用厚度为0.35毫米或0.5毫米的硅钢片造成，硅钢片的含硅量通常在3—4%，目前在有条件的制造厂大都采用冷轧硅钢片，为了减小在铁心中的涡流损失，在片与片之间涂以绝缘漆或用0.02—0.04毫米厚的绝缘纸隔开。

铁心可分成两部分，一是铁心柱，一是轭铁如图4.1-1和图4.1-2中G表示轭铁，C表示铁心柱，对于心式变压器，由于通过轭铁的磁通和通过铁心柱的磁通相等，因此铁心柱和轭铁的截面积应该相等。一般为减小空载电流以便降低铁心损耗，常把轭铁的截面积做成比铁心柱截面积大5—15%。对于壳式变压器轭铁截面积只有铁心柱的截面积一半就可以了。

铁心柱的截面形状有方形、长方形及阶梯形如图4.1-5所示，小容量变压器有采用方形或长方形的，大容量变压器都采用阶梯形，阶梯级数的多少是根据变压器容量而选定的，容量越大，铁心柱直径也愈大，阶梯级数分的就愈多，这样就可以充分利用线圈内圆的空间。

容量大的变压器，为了增加铁心柱内部散热能力，在钢片之间留有油道，其油道的方向可与钢片平面平行的，也可以与钢片平面垂直的（后者仅用在特大形变压器中）如图4.1-6所示为铁心柱的两种油道的形状。

变压器轭铁的截面形状，有长方形的，也有阶梯形的如图4.1-7所示。轭铁为阶梯形时磁通在轭铁内部分布比较均匀，因

为在这种情况下，軛鉄截面相当于鉄心柱的截面。

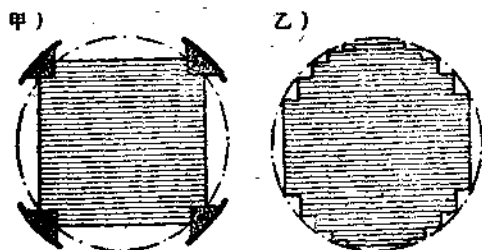


图 4.1-5 鉄心柱的截面形状

甲—方形；乙—阶梯形

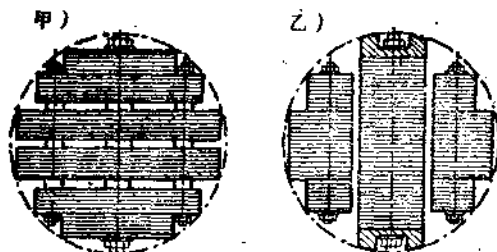


图 4.1-6 带油道的鉄心柱

甲——与鋼片面平行的油道；乙——与鋼片面垂直的油道

鉄心的装配有两种方法：对装和迭装，第一种方法是先将鉄心柱和軛鉄分別做好，然后由特种螺杆夹紧，在鉄心柱和軛鉄間放置一层耐热的絕緣墊片，以防止在鉄心柱中所产生的渦流，經過軛鉄形成回路，第二种方法是硅鋼片按图4.1-8所示，将硅鋼片交錯迭置而成变压器的鉄心整体，如果装置准确，接縫处的空隙可以很小，因此接縫处的损失也可以减少，目前变压器的鉄心装配，一般均采用迭装法。

二、变压器的綫圈

綫圈按照在鉄心柱上的高低压相互位置而分为同心式和交迭式两种：

1. 同心式綫圈：最简单的同心式綫圈是繞成圓筒形套装在鉄

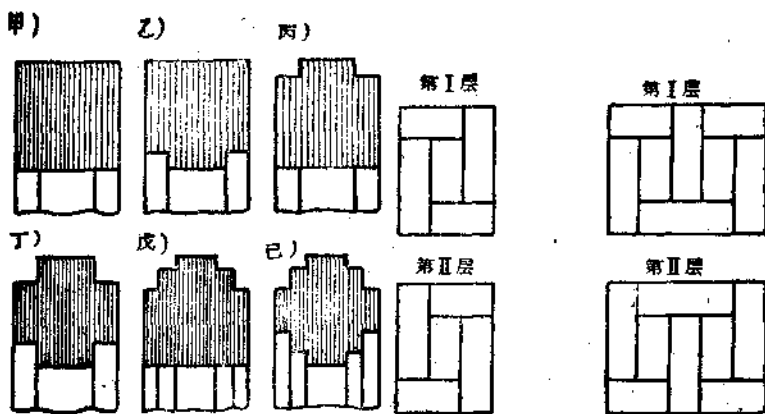


图 4.1-7 铁芯截面形状

图 4.1-8 变压器铁心的迭装配法

心柱上如图4.1-9所示，图中HH表示低压线圈，它是靠近铁心柱的，图中BH表示高压线圈；很显然高压线圈是装在低压线圈的外边，高低压线圈间是绝缘纸做成的绝缘纸筒。一般变压器都采用这种装置方式。

2. 交迭式线圈：是把线圈绕成线圈饼式，在装置时沿铁心柱的高度，高压线圈饼和低压线圈饼互相交替的迭装起来，如图4.1-10所示。装时靠近上下轭铁处应是低压线圈饼。交迭式线圈应用不多，只用于壳式变压器和电压低而电流特别大的变压器。

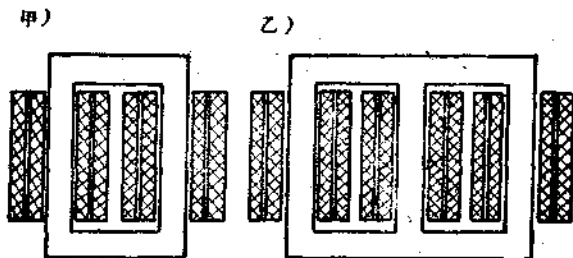


图 4.1-9 同心式圆筒形线圈

甲—单相变压器；乙—三相变压器

按照线圈绕制形式分类，一般常用的有圆筒式、分段式、连续式、盘式和螺旋式五种：

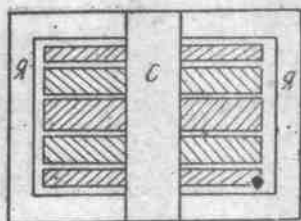


图 4.1-10 交叉式线圈

1. 圆筒形线圈:

此种线圈是由圆导线或扁导线绕成的, 如果匝数少, 可绕成轴向单层的螺旋形, 匝数多的可以绕成好几层, 一般圆导线绕成的线圈都是多层的, 扁导线绕成的线圈有单层、双层和三层的, 图4.1-11为二根扁导线并列绕成的双层圆筒式线圈。

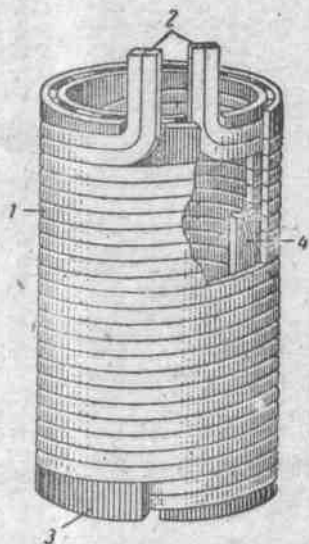


图 4.1-11 圆筒式双层低压线圈
1—线圈; 2—引出头; 3—端部绝缘斜条; 4—木衬条

圆筒式线圈的散热面积不够大, 同时线圈端部的支撑面积也不够大, 在产生短路故障时所发生的轴向力没有足够的稳定性, 因此, 它只用在容量为200—750千伏安的变压器。

2. 分段式线圈:

为了减少多层圆筒形线圈每层的线圈数, 从而减少其层间电压, 把一个多层圆筒形线圈分成几段, 就成为分段式线圈如图4.1-12所示。在互感器和高压试验变压器中往往采用这种线圈形式。

3. 连续式线圈:

连续式线圈是用1—2根(有时三根)并列的扁导线, 绕成径向为圆盘形, 轴向为若干圆盘形线圈(至少三个)串联而成的线圈。为了使各导线间的电流平均分布, 导线须采用换位的绕法如图4.1-13, 径向的线圈匝, 彼此都是紧挨着的, 轴向各层线圈之间

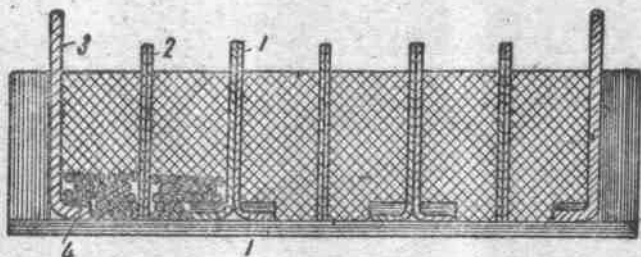


图 4.1-12 分段式线圈

1—绝缘筒；2—电工纸板垫圈；3—角形电工纸板垫圈；4—充填绝缘（绝缘纸板）

有绝缘垫隔开，构成径向油道，由于多层线盘的导线是连续的，故又称连续盘式线圈。

此线圈比圆筒式线圈有较大的散热面积，短路时对轴向力的稳固性大，所以连续式线圈一般都用在大容量和高电压等级的变压器。

4. 饼式（盘式）线圈：

把连续式线圈任取其中一个线饼就是一个单饼线圈，取其中在内部联接的一对线饼就是双饼线圈如图4.1-14所示。大型变压

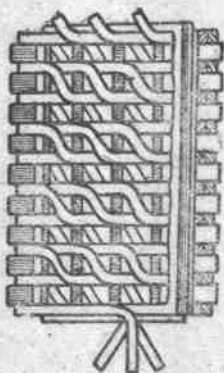


图 4.1-13 三根并列线圈
成的连续盘式线圈

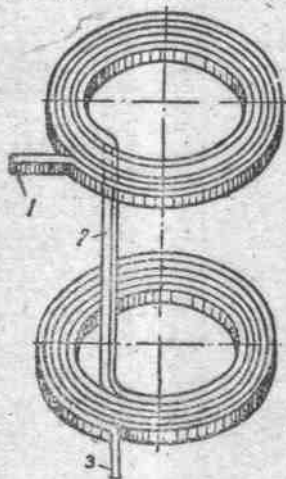


图 4.1-14 双饼式线圈
1—首端；2—内部联线；3—末端

器往往由于絕緣結構或装配工艺的需要，必須做成单讲或双讲的綫圈，最后联接起来。

5. 螺旋式綫圈：

多用于电流大电压低的綫圈，其結構就象一只螺旋形彈簧。导綫并繞的根數很多，如图4.1-15所示。在螺旋綫間留有油道，因此它具有較大的散热能力。

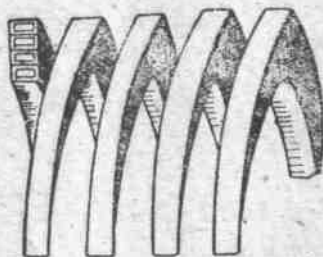


图 4.1-15 螺旋式綫圈

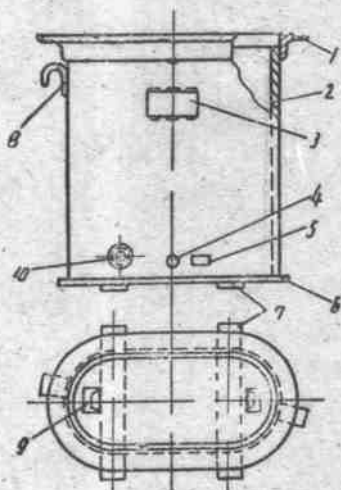


图 4.1-16 平滑式油箱

- 1—箱沿；2—箱壁；3—名牌底板；
4—接地螺絲；5—接地牌底板；6—
箱底；7—底板；8—吊拌；9—定位
鉄；10—塞座

三、变压器的油箱

变压器的油箱（又称外壳），它是用鋼板焊成，旧式的有用生鉄鑄成。我国普通变压器的油箱，一般皆制成橢圓形，对一些特殊变压器才做成其它形状。

变压器容量在10—20千伏安时，做成平滑的油箱壁如图4.1-16所示。

容量在30—50千伏安的变压器油箱壁，有做成波紋形的如图4.1-17所示。但因它加工工艺复杂，散热性能也不見得比管式的

好，所以現在一般稍大的变压器用管式油箱来代替，小的則用前一种平滑式的，而不做成波紋形的。

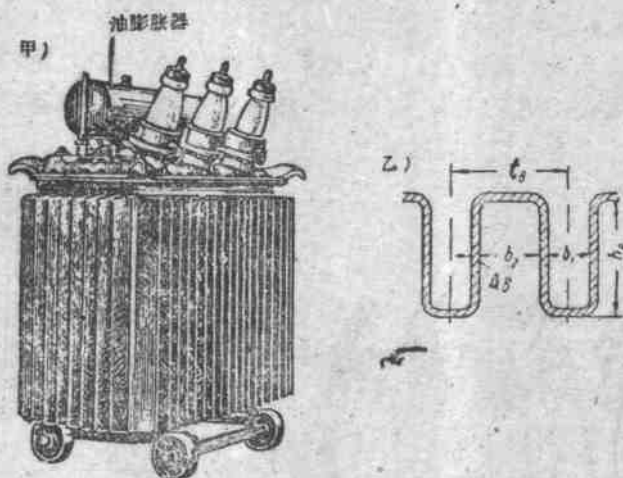


图 4.1-17 波紋式变压器油箱
甲—油箱整体外貌；乙—油箱波紋截面

容量在50—1800千伏安时，是用管式油箱如图4.1-18所示，是一个普通管式油箱的结构。管子排数1—3排不等，这要看变压器容量大小而定，油管一般是用 $\phi 51 \times 1.75$ 或 $\phi 40 \times 1.75$ （ $\phi 51$ 和 $\phi 40$ 表示管子外径，1.75表示管壁厚度）。

容量在3200千伏安以上的变压器，用散热器式油箱如图4.1-19所示。它是常见的一种散热器式油箱的外貌。它本来是属于管式油箱的，只是散热油管增多一些而已。

油箱外壁都有一个吊杆，以便吊起油箱之用如图4.1-16中8及图4.1-18中11就是吊杆。油箱壁还有放油阀，以便放出变压器油之用。

油箱的上盖一般有瓷套管，作为引线之用，另外还有油枕，安全气道，吊环及油箱底下的箱底支架和小车轮等。

油箱材料是用Cr-2号低碳钢，强度要求高的也有用Cr-3号钢，油箱一般是焊接而成的，所以焊接质量好坏是油箱质量好坏的关

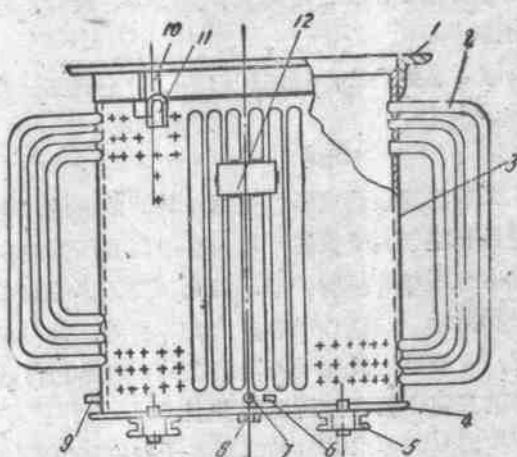


图 4.1-18 管式油箱

1—箱沿；2—油管；3—箱壁；4—箱底；5—箱底支架；6—接地牌
底板；7—接地螺絲；8—塞子；9—塞座；10—吊拌支板；11—吊拌；12—
名牌底板

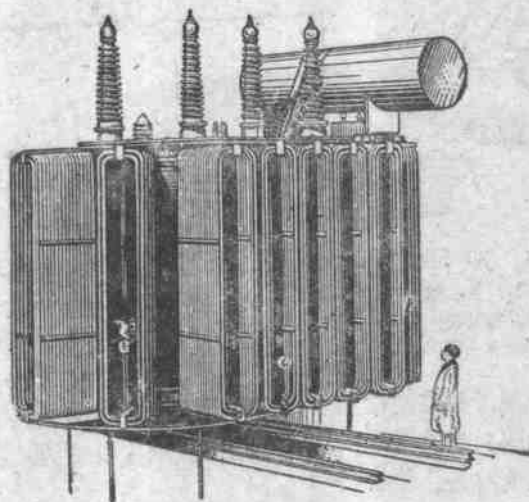


图 4.1-19 散热器式油箱的变压器

键。油箱好坏的主要标准是不漏油、强度够、尺寸符合规格。

四、附件

变压器除了上述铁心，线圈和油箱三个主要部分外，还有一些其它附件。

1. 油枕:

油枕(又称油膨胀器或叫储油器)装置的目的,在于使油箱里的油,避免和空气直接接触,但又必须使变压器油在发热和冷却时,有自由膨胀和收缩的余地,因此在变压器油箱盖上装置油枕如图4.1-20所示。油枕外形有圆形或方形的,是用厚1.5—4毫米钢板焊成,一般是用铁架顺着油箱狭的一边(如自低压侧看,则在变压器的左边)装在变压器的盖上。

对油枕构造上的要求是它的容积等于变压器所装油容量的8—10%;自油箱盖来的连接管应高出油枕底壁25—30毫米,以免在油枕里沉淀的油泥和水分带入油箱内,底壁下面应留有带放水栓的沉淀池,以便清除沉淀下来的油泥如图4.1-21的2所示。

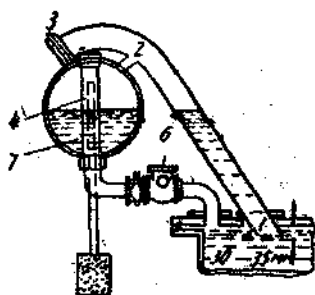


图 4.1-20 油枕

1—“端盖”; 2—连接管; 3—隔膜;
4—油位指示器; 5—呼吸器;
6—瓦斯继电器; 7—油枕

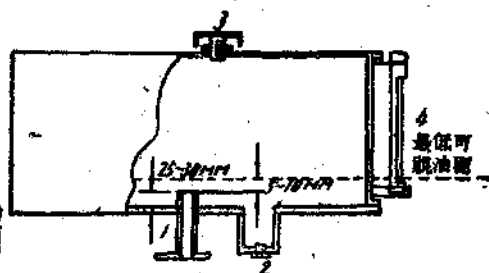


图 4.1-21 油枕的局部尺寸

1—接至油箱的连接管; 2—沉淀池;
3—呼吸器; 4—油位指示器

为了便于观察油枕内油面的高低,在油枕的一端装有油位指示器,如图4.1-21中4所示,它是用玻璃管做成的,从外部可以看出油位的高低。

为了便于变压器油膨胀和收缩时,油枕上部空气进出,在油