

SEC 汉变

变压器知识特辑

(三)

汉中新环干式变压器有限责任公司
HANZHONG XINHUAN DRY-TYPE TRANSFORMER CO.,LTD.

目 录

变压器器身结构（铁心、绕组、引线篇）	1
油浸式电力变压器的组成构造、油系统以及故障运维的全面讲解！	5
配变变压器容量计算与额定电流计算（附口诀）	15
揭露变压器的“造假问题”	19
1000kVA 变压器可以承受多少 kW 的用电量？	22
接地变压器最全讲解！从分类到接线方式，值得收藏！	24
变压器常见几种故障解析.....	29
变压器该如何养护？遵从什么法则？	33
图文讲解高压开关柜安装流程及注意事项，太专业了！	36

变压器器身结构（铁心、绕组、引线篇）

变压器器身结构

本文主要从铁心、绕组、引线三个方面介绍变压器器身结构。

一、变压器铁芯结构

01、铁芯的作用

变压器是根据电磁感应原理制造的,磁路是电能转换的媒介。铁芯就是变压器的磁路,主要作用是导磁。它把一次电路的电能转变为磁能,又由磁能转变为二次电路的电能。

同时铁芯又是变压器的机械骨架,铁芯的夹紧装置不仅使磁导体成为一个机械上完整的结构,而且在其上套有带绝缘的线圈,支持着引线,并几乎安装了变压器内部的所有部件。铁芯的重量在变压器各部件中重量最大,在干式变压器中占总重量的 60%左右,在油浸式变压器中,占 40%左右。

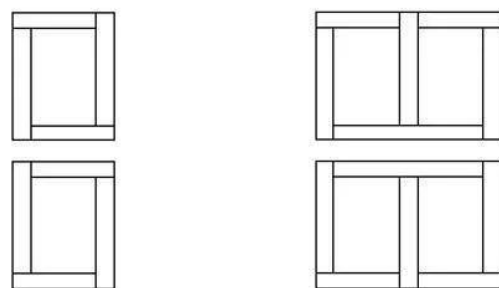
02、铁芯的形式

铁芯由铁心柱和铁轭两部分构成。铁心柱上套绕组,铁轭将铁心柱连接起来形成封闭磁路。

变压器的铁芯平面图如图 1 所示,图 1a 为单相变压器,图 1b 为三相变压器,铁芯结构可分为两部分,C 为套线圈的部分,称为铁心柱。Y 为用以闭合磁路部分,称为铁轭。单相变压器有两个铁心柱,三相变压器有三个铁心柱。

由于变压器铁芯中的磁通为一交变磁通,为了减小涡流损耗,变压器铁芯一般都用电阻率较大的硅钢片制成一定尺寸的铁芯片,组成铁芯的硅钢片先裁成所需的形状和尺寸即冲片,然后按交叠方式把冲片组合起来。图 2a 为单相变压器的铁芯,每层由 4 片冲片组成。图 2b 表示三相变压器的铁芯,每层由 6 片组成,每两层的冲片组合应用了不同的排列方式使各层磁路的接缝处相互错开,这种装配方式称为交叠装配,这种装配

可以避免涡流在钢片与钢片之间流通。并且因为各层冲片交错镶嵌,在把铁芯压紧时,可以用较少的紧固件而使结构简单。装配时,首先将冲片交叠装成整体铁芯,然后将下铁轭夹紧,抽去上铁轭冲片使铁芯柱露出,将预制好的绕组套在铁芯柱上,最后再把抽出的上铁轭冲片镶入。



(2a) 单相变压器

(2b) 三相变压器

图 2 变压器的铁芯的交叠装配 匠心造

按照绕组在铁芯中的布置方式, 变压器又分为芯式和壳式两种. 区别主要在磁路的分布上, 壳式变压器铁芯的轭包围住线圈, 芯式变压器铁芯中大部分在线圈之中, 只有部分在线圈之外即铁轭, 用来构成磁回路。

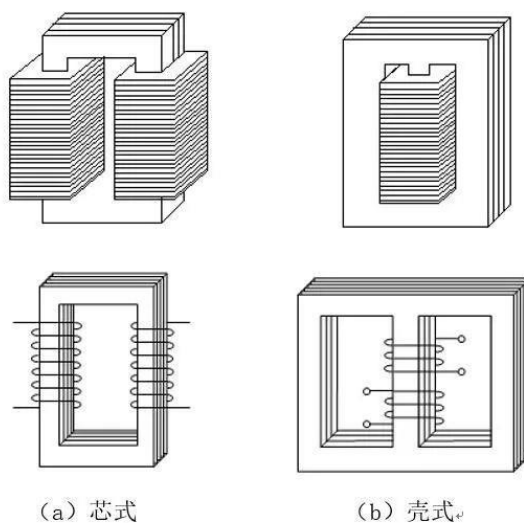


图 3 变压器的铁芯

匠心检修

03、铁芯的散热

变压器在正常运行时, 铁芯由于存在铁损会产生热量, 且铁芯重量和体积越大产生的热量越多。变压器油温在 95 度以上容易老化, 所以铁芯表面的温度应尽量控制在此温度以下, 这就需要铁芯的散热结构将铁芯的热量能快速的散发出去。散热结构主要是为了增加铁芯的散热面。铁芯的散热主要包括铁芯油道散热, 以及铁芯的气道散热。

在容量较大油浸式变压器中, 在铁芯的叠片之间常设置油槽, 以增强散热效果。油槽分为两种, 一种与硅钢片平行, 一种与钢片垂直, 如图 4 所示, 后一种布置方式散热效果较好, 但结构较复杂。

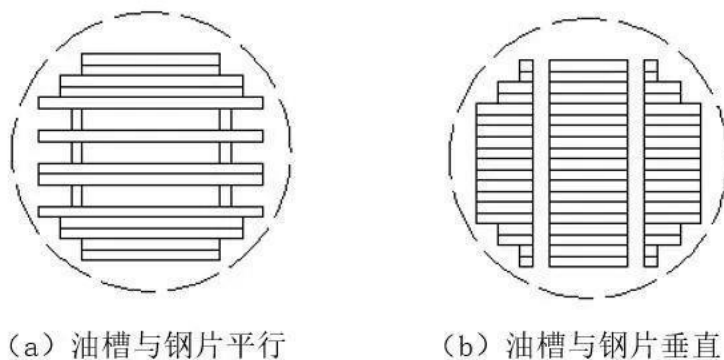


图 4 铁芯中的油槽

匠心检修

在干式变压器的铁芯是空气冷却, 为了保证铁芯温度不超过允许值, 常在铁芯柱及铁轭中安装气道。

04、铁芯的噪声

变压器在运行中会产生噪声。变压器本体噪声的根源在于铁芯硅钢片的磁致伸缩, 或者说变压器铁芯的噪声基本上是由磁致伸缩引起的。所谓磁致伸缩就是指铁芯励磁时, 沿磁感线方向硅

钢片的尺寸增加；而在垂直于磁感线方向硅钢片的尺寸减小，这种尺寸的变化称为磁致伸缩。另外，铁芯的结构和几何尺寸，铁芯加工制造的工艺等都会对其噪声水平有着一定程度的影响。

可以通过以下几种技术措施来降低铁芯的噪声水平：(1)使用磁致伸缩率 ϵ 值小的优质硅钢片。(2)降低铁芯的磁通密度。(3)改进铁芯的结构。(4)选择合理的铁芯尺寸。(5)采用先进的加工工艺。

05、铁芯的接地

变压器在正常运行中，带电的绕组及引线油箱间构成的电场为不均匀电场，铁芯及其金属部件都处于该电场中。由于静电感应的电位各不相同，使铁芯及其金属部件具有的悬浮电位也不相同，当两点之间的电位差达到能够击穿其间的绝缘时，便产生火花放电。这种放电能够使变压器的油分解，并损坏固体绝缘。为了避免这种情况，对铁芯及其金属部件都必须进行可靠的接地。

铁芯必须一点接地。当铁芯或其他金属构件有两点或两点以上接地时，接地点间就会形成闭合回路，形成环流，该电流有时可以高达数十安，会引起局部过热，导致油分解，还可能使接地片熔断，烧坏铁芯，这些都是不允许的。因此，铁芯必须接地，而且必须一点接地。

二、变压器绕组结构

01、绕组的作用

绕组是变压器最基本的组成部分，是建立磁场和传输电能的电路部分，一般用绝缘纸包裹的铜线或者铝线绕成，并套装在变压器的铁芯柱上。变压器的铁芯应具有足够的绝缘强度、机械强度和耐热能力。

02、绕组的型式

变压器绕组结构一般可分为两大类：层式结构和饼式结构。层式结构是指，绕组的线匝沿其轴向依次排列连续绕制而成，一般在 S8 及 S9 系列低损耗电力变压器中采用；饼式结构是指，绕组的线匝沿其辐向连续绕制而成一饼(段)，再由许多饼沿轴向排列组成，一般在 110kV 及以上高电压大型、特大型变压器中采用。

我国生产的电力变压器，基本上绕组都采用同心式结构。所谓同心绕组，就是在铁芯柱的任一横断面上，绕组都是以同一圆筒形线套在铁芯柱的外面。高、低压绕组之间，以及低压绕组与铁芯柱之间都必须留有一定的绝缘间隙和散热通道(油道)，并用绝缘纸板

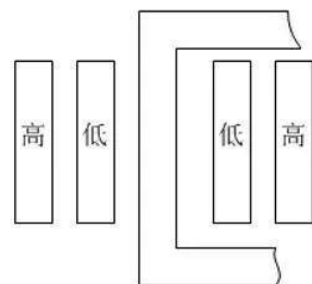


图 5

匠心造

筒隔开。绝缘距离的大小，决定于绕组的电压等级和散热通道所需要的间隙。当低压绕组放在里面靠近铁芯柱时，它和铁芯柱之间所需的绝缘距离比较小，所以绕组的尺寸就可以减小，整个变压器的外形尺寸也同时减小了。

在电力系统中最常用的是三绕组变压器。用一台三绕组变压器连接 3 种不同电压的输电系统比用两台普通变压器经济、占地少、维护管理也较方便。三相三绕组变压器通常采用 Y-Y- Δ 接法，即原、副绕组均为 Y 接法，第三绕组接成 Δ ，如图 XX 所示。 Δ 接法本身是一个闭合回路，许可通过同相位的三次谐波电流，从而使 Y 接原、副绕组中不出现三次谐波电压。这样它可以为原、副边都提供一个中性点。在远距离输电系统中，第三绕组也可以接同步调相机以提高线路的功率因数。

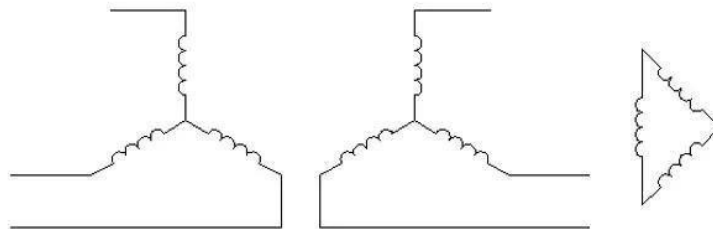


图 6 三相三绕组变压器 Y-Y- Δ 连接 

三、变压器引线结构

01、引线的材料及分类

变压器绕组外部连接绕组各引出端的导线称为引线，通过引线将外部电源电能输入变压器，也通过引线传输进来的电能从变压器输出到外部。

引线主要有以下几类：(1) 绕组线端与套管连接的引出线；(2) 绕组端头间的连接引线；(3) 绕组分接与开关相连的分接引线

引线的材料一般有：(1) 裸铜棒，适用范围：10kV 级 6300kVA 及以下变压器；(2) 纸包圆铜棒，适用范围：10~35kV 小容量变压器；(3) 裸铜排，适用范围：10kV 及以下低压绕组引线；(4) 铜绞线，适用范围：各电压等级特别是 110kV 及以上的引线；(5) 铜管，适用范围：220kV 及以上变压器引线。

为了保证绝缘距离足够，引线通过层压木、纸板件绝缘，必须满足电气性能、机械强度、温升这三个方面的要求。引线的选取也是根据电场强度和机械强度，以及短路时温升和长期负载时温升这几个方面来选取。

02、引线的连接

变压器引线的连接形式有：铜焊、气焊、冷压焊和螺栓连接。

铜焊的焊条应采用磷铜合金，用于绕组出线与引线以及引线之间的连接。气焊用于铜排引线的焊接和穿缆式套管接头的焊接。冷压焊是将引线连接的两个接线头插入一个金属管内，再用模具对金属管挤压，将两个接线头紧压在一起。冷压焊不需要加热，焊接比较安全，不存在虚焊、及烧伤引线及其他部位绝缘、挤压质量，抗拉强度高。因此冷压焊是目前大型变压器主要的引线连接方式。

螺栓连接主要用于与导杆式套管连接的引出线，引出线可以拆卸，能补偿引线长度的偏差，通常采用可以自由伸缩的弯曲弧形引线结构，也称为软连接。

03、引线的紧固

为确保引线的绝缘距离，并承受运行、短路时电力的振动和冲击而不发生位移和变形，必须采用夹持件以紧固引线。

引线夹持件应具有足够的机械强度和电气强度，为此引线的夹持件结构一般采用木支架结构，夹持件与变压器器身金属件固定时，为提高机械强度可用金属螺栓，但在夹持件之间固定时，必须用环氧螺栓，并有防松装置。在夹紧引线处应增垫绝缘纸板作为附加绝缘，以防止卡伤引线。

油浸式电力变压器的组成构造、油系统以及故障运维的全面讲解！

导读

油浸式变压器具有散热好、损耗低、容量大、价格低等特点。目前电网上运行的电力变压器大部分为油浸式变压器，其中 80%以上是采用自然油循环的冷却方式。自然油循环变压器线圈中设置导向板是现在普遍采用的一种冷却结构。本文着重分析油浸式电力变压器的结构、运行和维护，并且具体分析了油浸式电力变压器的油系统，简要的分析了油浸式电力变压器的故障。希望可以加大了解分析我国的油浸式电力变压器。

一、油浸式变压器构造

三相油浸式变压器的核心部份是由闭合铁芯和套在铁芯柱上的绕组组成。此外，还有油箱、储油柜、套管、呼吸器、防爆管、散热器、分接开关、瓦斯继电器、温度计、净油器等。

(1) 铁芯

铁芯是变压器的磁路部分。为了减小铁芯中的磁滞与涡流损耗，铁芯由 0.35mm~0.5mm 厚的硅钢片叠成，硅钢片表面涂有绝缘漆或利用表面氧化膜使片间彼此绝缘。依照绕组在铁芯中的布置方式，有铁芯式和铁壳式之分。三相变压器的铁芯中直立部分叫铁芯柱，在柱上套着变压器的低压绕组和高压绕组；水平部分叫铁轭，用来构成闭合磁路。



在大容量的变压器中，为使铁芯损耗发出的热量能够被绝缘油在循环时充分带走，以达到良好的冷却效果，常在铁芯中设有冷却油道。

(2) 绕组

绕组又叫线圈，是变压器的电路部分，分为原、副两种绕组。其中与电源连接的绕组叫原绕组，与负载连接的绕组叫副绕组。原、副绕组都是用包有高强度绝缘物的铜线或铝线绕成的。

三相变压器的每一相原、副绕组都制成圆筒形套在同一铁芯柱上，匝数少的低压绕组套在里面靠近铁芯，匝数多的高压绕组套在低压绕组的外面。这样放置是因为低压绕组对铁芯绝缘比较容易。低压绕组和铁芯之间及高压绕组和低压绕组之间都用绝缘材料做成的套筒隔离，把它们可靠地绝缘起来。为了便于散热，在高、低绕组之间留有一定的间隙作为油道，使变压器油能够流通。

变压器绕组主要故障是匝间短路和对外壳短路。匝间短路主要是由于绝缘老化，或由于变压器的过负荷以及穿越性短路时绝缘受到机械的损伤而产生的。变压器内的油面下降，致使绕组露出油面时，也能发生匝间短路；另外有穿越短路时，由于过电流作用使绕组变形，使绝缘受到机械损伤，也会产生匝间短路。

匝间短路时，短路绕组内电流可能超过额定值，但整个绕组电流可能未超过额定值。在这种情况下，瓦斯保护动作，情况严重时，差动保护装置也会动作。

对外壳短路的原因也是由于绝缘老化或油受潮、油面下降，或因雷电和操作过电压而产生的。

除此以外，在发生穿越短路时，因过电流而使绕组变形，也会产生对外壳短路的现象。对外壳短路时，一般都是瓦斯保护装置动作和接地保护动作。

(3) 油箱

油箱是变压器的外壳，铁芯、绕组都装在里面，并充满变压器油。对于容量比较大的变压器，在油箱外面装有散热片或散热管。漏油是油箱常见的问题。



变压器油是一种绝缘性能良好的矿物油，它有两个作用：

一是绝缘作用，变压器油的绝缘性能比空气好，绕组浸在油里可以提高各处绝缘性能，并且避免和空气接触，预防绕组受潮；

二是散热作用，利用油的对流，把铁芯和绕组产生的热量通过箱壁和散热管散发到外面。变压器油以它的凝固点不同分为 10 号、25 号、45 号三种规格，它们的凝固点分别为 -10°C 、 -25°C 、 -45°C ，一般根据当地气候条件予以选用。

(4) 储油柜（油枕）

储油柜俗称油枕，为一圆筒行容器，横放于油箱上方，用管道与变压器的油箱连接，储油柜的体积一般为油箱体积的 10%左右。该储油柜为胶囊式储油柜，胶囊将储油柜内的油与外界空气隔绝开。当变压器油热胀时，油由油箱流向储油柜；当变压器油冷却时，油由储油柜流向油箱。储油柜



有两个作用：一是当变压器油的体积随着油温的变化而膨胀或缩小时，储油柜起储油和补油的作用，保证油箱内充满油及铁芯和绕组浸在油内；二是可以减小油面与空气的接触面积，防止变压器油受潮和变质。

储油柜的油位显示采用连杆式铁磁油位计，以观测油面的高低，当由于渗漏等原因造成油量

不足时，应及时注油加以补充。油位计上刻有油温在 -30°C 、 $+20^{\circ}\text{C}$ 和 $+40^{\circ}\text{C}$ 时的油面高度标准线，作为装油的标准。油位标上 $+40^{\circ}\text{C}$ 表示安装地点变压器在环境最高温度为 $+40^{\circ}\text{C}$ 时满载运行中油位的最高限额线，油位不得超过此线； $+20^{\circ}\text{C}$ 表示年平均温度为 $+20^{\circ}\text{C}$ 时满载运行时的油位高度； -30°C 表示环境为 -30°C 时空载变压器的最低油位线，不得低于此线，若油位过低，应加油。油枕上装有呼吸孔，使油枕上部空间和大气相通。变压器油热胀冷缩时，油枕上部的空气通过呼吸孔出入，油面可以上升或下降，防止油箱变形或损坏。

(5) 套管

变压器绕组引出线通过导杆与外电路相连，套管是导杆与箱盖之间的绝缘体，它起着绝缘和固定导杆的作用。套管有高压套管和低压套管两种。

变压器绕组的引出线从箱内穿出油箱引出时必须经过绝缘套管，以使带电的引线绝缘。绝缘套管主要由中心导电杆和磁套组成。导电杆在油箱内的一端与绕组连接，在外面的一端与外线路连接。它是变压器易出故障的部件。

绝缘套管的结构主要取决于电压等级。电压低的一般采用简单的实心磁套管。电压较高时，为了加强绝缘能力，在瓷套和导电杆间留有一道充油层，这种套管称为充油套管。电压在 110kV 以上，采用电容式充电套管，简称为电容式套管。电容式套管除了在瓷套内腔中充油外，在中心导电杆（空心铜管）与法兰之间，还有电容式绝缘体包着导电杆，作为法兰与导电杆之间的主绝缘。

变压器套管漏油是最常见的故障，套管漏油的原因是套管上部算盘珠状橡胶密封圈和套管底部橡胶平垫老化引起。

(6) 呼吸器

呼吸器又称吸湿器，通常由一根管道和玻璃容器组成，内装干燥剂（硅胶或活性氧化铝）。当油枕内的空气随变压器油的体积膨胀或缩小时，排出或吸入的空气都经过呼吸器，呼吸器内的干燥剂吸收空气中的水分，对空气起过滤作用，从而保持油的清洁。浸有氯化钴的硅胶，其颗粒在干燥时是钴蓝色的，但是随着硅胶吸收水分接近饱和时，粒状硅胶将转变成粉白色或红色，据此可判断硅胶是否已失效。受潮后的硅胶可通过加热烘干而再生，当硅胶颗粒的颜色变成钴蓝色时，再生工作就完成了。

(7) 压力释放装置

压力释放装置在保护电力变压器方面起着重要作用。充有变压器油电力变压器中，如果内部

出现故障或短路，电弧放电就会在瞬间使油汽化，导致油箱内压力极快升高。如果不能极快释放该压力，油箱就会破裂，将易燃油喷射到很大的区域内，可能引起火灾，造成更大破坏，因此必须采取措施防止这种情况发生。压力释放装置有防爆管和压力释放器两种，防爆管用于小型变压器，压力释放器用于大、中型变压器。

防爆管装于变压器的顶盖上，喇叭形的管子与大气连接，管口有薄膜封住。当变压器内部有故障时，油温升高，油剧烈分解产生大量气体，使油箱内压力剧增。当油箱内压力升高至 $5 \times 10^4 \text{Pa}$ 时，防爆管薄膜破碎，油及气体由管口喷出，防止变压器的油箱爆炸或变形。

压力释放器与防爆管相比，具有开启压力误差小、延迟时间短（仅 2ms）、控制温度高、能重复动作使用等优点，故被广泛应用于大、中型变压器上。



压力释放器也称减压器，它装在变压器油箱顶盖上，类似锅炉的安全阀。当油箱内压力超过规定值时压力释放器密封门（阀门）被顶开，气体排出，压力减小后，密封门靠弹簧压力又自行关闭。可在压力释放器投入前或检修时将其拆下来测定和校正其动作压力。

压力释放器动作压力的调整，必须与气体继电器动作流速的整定相协调。

压力释放器安装在油箱盖上部，一般还接有一段升高管使释放器的高度等于油枕的高度，以消除正常情况下油压静压差。

(8) 散热器

散热器形式有瓦楞性、扇形、圆形、排管等，散热面积越大，散热的效果就越好。当变压器上层油温与下部油温有温差时，通过散热器形成油的对流，经散热器冷却后流回油箱，起到降低变压器温度的作用。为提高变压器冷却效果，可采用风冷、强迫油风冷和强迫油水冷等措施。散热器的主要故障是漏油。

(9) 瓦斯气体继电器

利用法兰将瓦斯继电器安装在储油柜与变压器油箱盖的连接管之间，运行中瓦斯继电器充满油，当变压器内部发生轻微故障而产生气泡时，它们会首先聚集在瓦斯继电器的上部空间，并迫

使油面下降，使上开口杯失去浮力自身质量加重，从而反向偏转，使磁铁靠近干簧管动作。下接点挡板式原理相同。

(10) 测温装置

油面温升是指变压器在额定状态下工作时，油箱中油面温度允许超出周围环境温度的数值。该主变本体油温暂设定报警为 80℃，跳闸为 100℃。

(11) 中性点接地闸刀

我国 110kV 电力系统中性点接地方式主要采用中性点直接接地方式（包括中性点经小电阻接地方式），即大接地电流系统。因为系统在发生单相接地故障时，接地短路电流很大。

变压器停送电操作时，其中性点一定要接地。因为该变压器绕组是半绝缘（又称分级绝缘）的，即变压器的绕组近中性点部分的主绝缘，其绝缘水平比绕组端部的绝缘水平低。所以，为防止过电压损坏变压器绝缘变压器停送电操作时，其中性点一定要接地。

(12) 分接开关（又称切换器）

储油柜用于有载调压变压器时，在储油柜的底装一个无胶囊的开关储油柜。

变压器调压方式分有载调压和无载调压两种：

有载调压是指变压器在运行中可以调节其分接头位置，从而改变变压器变比，以实现调压目的的。

变压器分接头一般从高压侧抽头，其主要是考虑：

(1) 变压器高压绕组一般在外侧，抽头引出连接方便；

(2) 高压侧电流小些，引出线和分头开关的载流部分导体截面小些，接触不良的影响好解决。

原理上，抽头在哪一侧都可以，要进行经济技术比较，如 500kV 大型降压变压器抽头是从 220kV 侧抽出的，而 500kV 侧是固定的。

当电压过低或过高，需要调节有载分接开关几个分接头才能达到要求时，需要重点注意的情况：

应一档一档地调节，即每按一下 N+1 或 N-1 按钮，中间停顿 1 分钟，待档位指示器上出现新的数字时，再按一下按钮。依次重复上面的过程，一直达到最终目标。当电动操作出现连动（即操作一次，会出现调整一个以上分接头，俗称滑档）现象时，应在主变控制屏的档位指示器上出现第二个分接头位置后，立即按急停按钮，并改为手动操作。

(13) 净油器（又称温差过滤器）

净油器是一个充满吸附剂（硅胶或活性氧化铝）的容器，它安装在变压器油箱的侧壁或强油冷却器的下部。在变压器运行时，由于上、下油层之间的温差，变压器油从上向下经过净油器形成对流。油与吸附剂接触，其中的水分、酸和氧化物等被吸收，使油质清洁，延长油的使用寿命。

二、油浸式变压器的油系统

油浸式变压器有几个互相隔离的独立油系统。在油浸式变压器运行时，这些独立油系统内的油是互不相通的，油质与运行工况也不相同，要分别做油中含气色谱分析以判断有无潜在故障。

(1) 主体内油系统

与绕组周围的油相通的油系统都是主体内系统，包括冷却器或散热器内的油，储油柜内的油，35kV 及以下注油式套管内油。

注油时必须将这个油系统内存储的气体放气塞放出，一般而言，上述部件都应有各自的放气塞。主体内油主要起绝缘与冷却作用。油还可增加绝缘纸或绝缘纸板的电气强度。在真空注油时，如有些部件不能承受与主体油箱能承受的相同真空强度时，应用临时闸隔离，如储油柜与主油箱间的闸阀。冷却器上潜油泵扬程要够，以免由于负压而吸入空气。这个油系统要有释压装置的保护系统，以排除器身有故障时所产生的压力。

(2) 有载分接开关切换开关室内的油

这部分油有本身的保护系统，即流动继电器、储油柜、压力释放阀。这个开关室内的油起绝缘与熄灭电流作用。油会在切换开关切断负载电流时产生的油中去，这个油系统要良好的密封性能，即使在切换过程中产生电弧压力也要保护密封性能。

有载分接开关切换开关室内的油虽与主体内油隔离，但在真空注油时，为避免破坏切换开关室的密封，应与主体内油同时真空注油，在真空注油时，使这两个系统具有相同的真空度，必要时也应将这个系统的储油柜在抽真空时隔离。为结构上方便，主体的储油与切换开关室的储油柜设计成一互相隔离的整体。

(3) 60kV 及以上电压等级的全密封

这个油系统内的主要起绝缘作用，或增加油电容式套管内绝缘纸的电气强度。在主体内注油时，应将套管端部接线端子密封好，以免进气。

(4) 高压出线箱内油、或点气出线箱内油

三相 500kV 变压器的高压出线通过波纹绝缘隔离油系统。这个油系统主要起绝缘作用。

为简化结构，这个油系统也可通过连管与主体内油系统相联或设计成单独的油系统。

(5) 在对油浸式变压器进行各种绝缘试验

首先是放气，通过放气塞释放可能存储的气体。可通过分析各个系统的油中含气色谱分析可预判有无潜在故障。每一油系统都要满足运行的要求，如吸收油膨胀与收缩时油体积的变化，放油用阀门、放气塞、冷却器与散热器与主油箱的隔离阀等。每一油系统具有良好的密封性能，有载分接开关切换开关室内的油应能单独更换而不放出主体内油，运输时主体内油可放出而充干燥氮气。

三、油浸式变压器的故障分析

变压器在运行中常见的故障有绕组、套管和分接开关及铁芯、油箱及其它附件的故障等。

(1) 绕组故障

主要有匝间短路、绕组接地、相间短路，断线及接头开焊等。

(2) 套管故障

变压器套管积垢，在大雾或小雨时造成污闪，使变压器高压侧单相接地或相间短路。

(3) 严重渗漏

变压器运行渗漏油严重或连续从破损处不断外溢以致油位计已看不到油位，此时应立即将变压器停用进行补漏和加油，引起变压器渗漏油的原因有焊缝开裂或密封件失效，运行中受到震动外力冲撞油箱锈蚀严重而破损等。

(4) 分接开关故障

常见的故障有分接开关接触不良或位置不准，触头表面熔化与灼伤及相间触头放电或各分接头放电。

(5) 过电压引起的故障

运行中的变压器受到雷击时，由于雷电的电位很高，将造成变电压器外部过电压，当电力系统的某些参数发生变化时，由于电磁振荡的原因，将引起变压器内部过电压，这两类过电压所引起的变压器损坏大多是绕组主绝缘击穿，造成变压器故障。

(6) 铁芯的故障

铁芯的故障大部分原因是铁芯柱的穿心螺杆或铁芯的夹紧螺杆的绝缘损坏而引起的。

(7) 渗漏油现象

变压器油的油面过低，使套管引线和分接开关暴露于空气中，绝缘水平将大大降低，因此易引起击穿放电。

四、变压器的运行与维护

为了保证变压器能安全运行和可靠的供电,当变压器发生异常情况时,能及时发现,及时处理,将故障消除在萌芽状态,以防止事故的发生与扩大,因此,对运行中的变压器必须作定期的巡回检查,并作好运行记录。



(1) 变压器的正常运行方式

① 额定运行方式

变压器在规定的冷却条件下,可按铭牌规范运行。油浸变压器运行中的允许温度应按上层油温来检查。上层油温应遵守制造厂的规定,但最高不得超过 95℃。为了防止变压器油劣化过速,上层油温不宜经常超过 85℃。

变压器的外加电压,一般不得超过额定值的 105%,这时变压器 2 次侧可带额定电流。个别情况下,经过试验或经制造厂的同意,外加电压可为额定电压的 110%。

② 允许过负荷

变压器可以在正常过负荷或事故过负荷的情况下运行。正常过负荷可以经常使用,其允许值根据变压器的负荷曲线、冷却条件以及过负荷前变压器所带负荷等来确定。事故过负荷只允许在事故情况下(还能运行的变压器)使用。

事故过负荷的允许值应遵守制造厂的规定;如无制造厂的规定时,对于自冷油浸变压器,可按下表中的要求运行。

事故过负荷对稳定负荷之比	1.3	1.6	1.75	2	2.4	3
过负荷允许的持续时间, min	120	30	15	7.5	3.5	1.5

(2) 变压器的不正常运行和应急处理

(a) 运行中的不正常现象。变压器在运行中发现有任何不正常现象时(如漏油、油枕内油面高度不够、发热不正常、声响不正常等)应设法消除。如有下列情形之一者应立即停下修理。① 内部声响较大,很不均匀,有爆裂声。② 在正常冷却条件下,温度不正常并不断上升。③ 油枕喷油或防爆管喷油。④ 漏油使油面降低于油位指示计上的限度。⑤ 油色变化过甚,油内出现碳质。⑥ 套管有严重的破损和放电现象。

(b) 不允许的过负荷、不正常的温升和油面。如变压器过负荷超过允许值时，应及时调整变压器的负荷。变压器油温的升高超过许可限度时，应判明原因，采取办法使其降低，因此必须进行下列工作。

① 检查变压器的负荷和冷却介质的温度，并与在这种负荷和冷却温度下应有的温度核对。② 核对温度表。③ 检查变压器机械冷却装置或变压器室的通风情况。

若发现油温较平时同样的负荷和冷却温度下高出 10℃ 以上，或负荷不变，油温不断上升，经检查冷却装置、变压器室通风和温度计都正常，则可能是变压器内部故障（如铁芯起火、线圈层间短路等），应立即停下修理。

如变压器的油已凝固时，允许将变压器带负荷投入运行，但必须注意上层油温和油循环是否正常。

当发现变压器的油面较当时油温应有的油位显著降低时，应立即加油。如因大量漏油而使油位迅速下降时，禁止将瓦斯继电器改为只动作于信号，而必须迅速采取堵漏措施，并立即加油。

(c) 瓦斯继电器动作时的处理。瓦斯继电器信号动作时，应检查变压器，查明信号动作原因，是否因空气侵入变压器内，或因油位降低，或是二次回路故障。如变压器外部不能查出故障时，则需鉴定继电器内积聚的气体的性质。如气体是无色无臭且不可燃，则是油中分离出来的空气，变压器仍可继续运行。如气体是可燃的，必须停下变压器，仔细研究动作原因。

检查气体是否可燃时，须特别小心，不要将火靠近继电器顶端，而要在其上 5~6cm 处。

如瓦斯继电器动作不是因为空气侵入变压器所引起，则应检查油的闪点，若闪点较过去记录降低 5℃ 以上，则说明变压器内已有故障。

如变压器因瓦斯继电器动作而跳闸，并经检查证明是可燃性气体，则变压器在未经特别检查和试验合格前不许再投入运行。

瓦斯继电器的动作，根据故障性质的不同，一般有两种：一种是信号动作而不跳闸；一种是两者同时动作。

信号动作而不跳闸者，通常有下列几个原因。① 因漏油、加油或冷却系统不严密，致使空气进入变压器。② 因温度下降或漏油致使油面缓缓低落。③ 因变压器故障而产生少量气体。④ 由于发生穿越性短路而引起。

信号与开关同时动作，或仅开关动作者，可能是由于变压器内部发生严重故障，油面下降太快或保护装置二次回路有故障等。在某种情况下，例如在修理后，油中空气分离出来得太快，也

可能使开关跳闸。

(d) 变压器漏油处理

漏油有焊缝漏油和密封漏油两种。焊缝漏油处理是补焊，焊接时应吊出器身，将油放净。密封漏油应查明原因，如操作不良（密封垫圈放得不正，压得不均匀，压力不够等），应酌情修理。若垫圈老化或损坏（如耐油胶皮发粘、失去弹性、开裂等），应更换密封材料。

(3) 油浸式变压器的巡回检查

对运行中的变压器应经常进行巡回检查和监视，以便及时发现异常现象或故障，避免发生严重事故。

应检查和监视的项目一般包括：

- (1) 变压器有无异音，如不均匀的响声或放电声等。
- (2) 油位是否正常，有无渗、漏油现象。
- (3) 油温是否正常（上层油温一般最高不得超过 85℃）。
- (4) 套管是否清洁，有无裂纹、破损和放电等现象。
- (5) 接头有无发热现象。
- (6) 防爆管的防爆膜是否完整。
- (7) 瓦斯继电器是否漏油，内部是否充满油。
- (8) 呼吸器是否畅通，油封呼吸器的油位是否正常，呼吸器中的硅胶是否已吸潮饱和。
- (9) 冷却系统是否运行正常。
- (10) 外壳接地线是否完好。

配变变压器容量计算与额定电流计算（附口诀）

变压器容量计算

首先选择变压器的额定电压。高压侧电压与所接入电网电压相等，低压侧电压比低压侧电网的电压高 10%或 5%（取决变压器电压等级和阻抗电压大小）；额定容量选择。

计算变压器所带负荷的大小（要求统计最大综合负荷，将有功负荷 kW 值换算成视在功率 kVA），如果是两台变压器，那么每台变压器的容量可按照最大综合负荷的 70%选择，一台变压器要按总负荷考虑，并留有适当的裕度。其它名牌参数可结合变压器产品适当考虑。

例如：选择 35/10kV 变压器。假定最大负荷为 3500kW，功率因数为 0.8，选两台变压器，容

量 $S=0.7 \times 3500 / 0.8=3062\text{kVA}$ ，可选择 3150kVA 的变压器，电压比为 35kV/10.5kV。再从产品目录中选择型号。

一、变压器容量计算公式

1、计算负载的每相最大功率

将 A 相、B 相、C 相每相负载功率独立相加，如 A 相负载总功率 10KW，B 相负载总功率 9KW，C 相负载总功率 11KW，取最大值 11KW。(注：单相每台设备的功率按照铭牌上面的最大值计算，三相设备功率除以 3，等于这台设备的每相功率。)

例如：C 相负载总功率=电脑 $300\text{W} \times 10$ 台)+(空调 $2\text{KW} \times 4$ 台)=11KW

2、计算三相总功率

$11\text{KW} \times 3$ 相=33KW(变压器三相总功率)

三相总功率/0.8，这是最重要的步骤，目前市场上销售的变压器 90%以上功率因素只有 0.8，所以需要除以 0.8 的功率因素。

$33\text{KW} / 0.8=41.25\text{KW}$ (变压器总功率) 变压器总功率/0.85，根据《电力工程设计手册》，变压器容量应根据计算负荷选择，对平稳负荷供电的单台变压器，负荷率一般取 85%左右。

$41.25\text{KW} / 0.85=48.529\text{KW}$ (需要购买的变压器功率)，那么在购买时选择 50KVA 的变压器就可以了。

二、关于变压器容量计算的一些问题

1、变压器的额定容量，应该是变压器在规定的使用条件下，能够保证变压器正常运行的最大载荷视在功率；

2、这个视在功率就是变压器的输出功率，也是变压器能带最大负载的视在功率；

3、变压器额定运行时，变压器的输出视在功率等于额定容量；

4、变压器额定运行时，变压器的输入视在功率大于额定容量；

5、由于变压器的效率很高，一般认为变压器额定运行时，变压器的输入视在功率等于额定容量，由此进行的运算及结果也是基本准确的；

6、所以在使用变压器时，你只要观察变压器输出的电流、电压、功率因数及其视在功率等于或小于额定容量就是安全的(使用条件满足时)；

7、有人认为变压器有损耗，必须在额定容量 90%以下运行是错误的！

8、变压器在设计选用容量时，根据计算负荷要乘以安全系数是对的。

可以看到变压器容量计算其实不难。主要是要注意变压器容量计算的一些问题。

变压器额定电流计算

额定电流是指用电设备在额定电压下，按照额定功率运行时的电流。也可定义为电气设备在额定环境条件（环境温度、日照、海拔、安装条件等）下可以长期连续工作的电流。用电器正常工作时的电流不应超过它的额定电流。

额定电流是由绕组的额定容量除以该绕组的额定电压及相应的系数（单相为 1，三相为 $\sqrt{3}$ ）而算得的流经绕组线端的电流。因此，变压器的额定电流就是各绕组的额定电流，是指线电流。但是，组成三相组的单相变压器，如绕组为三角形联结，绕组的额定电流则以线电流为分子，以 $\sqrt{3}$ 为分母来表示，例如线电流为 500A，则绕组的额定电流为 $(500/\sqrt{3})$ A。

变压器在额定容量下运行时，绕组的电流为额定电流。参照国家标准 GB/T15164—1994《油浸式电力变压器负载导则》，变压器可以过载运行，三相的额定容量不超过 100 MVA（单相不超过 33.3 MVA）时，可承受负载率（负载电流/额定电流）不大于 1.5 的偶发性过载，容量更大时可承受负载率不超过 1.3 的偶发性过载。

套管也应有相应的过载能力，绕组热点温度和顶层油温度分别不能超过 140℃ 和 105℃。

额定电流选择

一、普通电抗器的额定电流选择

(1) 电抗器几乎没有过负荷能力，所以主变压器或出线回路的电抗器，应按回路最大工作电流选择，而不能用正常持续工作电流选择。

(2) 对于发电厂母线分段回路的电抗器，应根据母线上事故切断最大一台发电机时，可能通过电抗器的电流选择。一般取该台发电机额定电流的 50%~80%。

(3) 变电所母线分段回路的电抗器应满足用户的一级负荷和大部分二级负荷的要求。

二、分裂电抗器的额定电流选择

(1) 当由于发电厂的发电机或主变压器回路时，一般按发电机或主变压器额定电流的 70% 选择。

(2) 当用于变电所主变压器回路时，应按负荷电流大的中通过的最大负荷电流选择。当无负荷资料时，一般按主变压器额定电流的 70% 选择。

变压器额定电流怎么计算

变压器额定电流表

额定容量 KVA	额定电流 (A)				
	0.4KV	10KV	35KV	110KV	220KV
10	14.43	0.577			
20	28.86	1.155			
30	43.30	1.732			
50	72.17	2.886	0.824		
80	115.47	4.619	1.319		
100	144.34	5.77	1.649		
125	180.42	7.22	2.062		
160	230.94	9.24	2.639		
200	288.67	11.55	3.299		
250	360.84	14.43	4.124		
315	454.66	18.18	5.196		
400	577.35	23.09	6.598		
500	721.68	28.86	8.248		
630	909.32	36.37	10.392		
800	1154.70	46.19	13.196		
1000	1443.4	57.73	16.496		
1250	1804.2	72.17	20.619		
1600	2309.4	92.37	26.393		
2000	2886.7	115.47	32.991		
2500	3608.4	144.34	41.239		

额定容量 KVA	额定电流 (A)				
	0.4KV	10KV	35KV	110KV	220KV
3150	4546.6	181.86	51.961		
4000	5773.5	230.94	65.983		
5000	7216.9	288.67	82.478		
6300	9098.3	363.73	103.923		
8000	11547.0	461.88	131.965		
10000	14433.7	577.35	164.957	52.486	26.243
12500	18042.2	721.68	206.196	65.608	32.804
16000		923.76	263.93	83.978	41.989
20000		1154.70	329.91	104.973	52.486
25000		1443.37	412.39	131.216	65.608
31500		1818.65	519.61	165.332	82.666
40000		2309.40	659.83	209.945	104.97
50000		2886.75	824.78	262.432	131.21
63000		3637.31	1039.23	330.664	165.33
80000		4618.80	1319.65	419.891	209.94
100000		5773.5	1649.57	524.864	262.43
125000		7216.8	2061.96	656.08	328.04
160000		9237.6	2639.3	839.78	419.89
200000		11547.0	3299.1	1049.73	524.86
250000		14433.7	4123.9	1312.16	656.08

变压器额定电流计算

变压器额定电流 I_{1N}/I_{2N} ，单位为 A、kA。是变压器正常运行时所能承担的电流，在三相变压器中均代表线电流。

变压器额定电流计算公式 对单相变压器： $I_{1N} = SN / U_{1N}$ $I_{2N} = SN / U_{2N}$ 对三相变压器：
 $I_{1N} = SN / [\sqrt{3} U_{1N}]$ $I_{2N} = SN / [\sqrt{3} U_{2N}]$

U_{1N} 为正常运行时一次侧应加的电压。 U_{2N} 为一次侧加额定电压、二次侧处于空载时的电压。单位为 V。相变压器中，额定电压指的是线电压。

SN 为变压器额定容量，单位为 VA、kVA、MVA，N 为变压器的视在功率。通常把变压器一、二次侧的额定容量设计为。

I1N 为正常运行时一次侧变压器额定电流。I2N 为二次侧变压器额定电流。单位为 A。

250KVA 有效使用功率等于百分之八十，250KVA 等于 200KW 变压器二次侧电流=变压器额定容量*1.44。

例如：100KVA 变压器二次侧电流

$$I=100*1.44=144 \text{ (A)}$$

各种容量变压器高低压侧额定电流的数据（包括 20、30、50、80、100、160、200、250、315、400KVA 等）

变压器容量 20、30、50、80、100、160、200、250、315、400KVA

高压侧电流 1.15、1.73、2.88、4.62、5.77、9.23、11.2、14.43、18.2、22.4

低压侧电流 28.9、43.2、72、115.2、144、230.4、288、360、453.6、576 已知变压器容量，求其各电压等级侧额定电流。

口诀 a：容量除以电压值，其商乘六除以十。

说明：适用于任何电压等级。

在日常工作中，有些电工只涉及一两种电压等级的变压器额定电流的计算。将以上口诀简化，则可推导出计算各电压等级侧额定电流的口诀：容量系数相乘求。已知变压器容量，速算其一、二次保护熔断体（俗称保险丝）的电流值。

口诀 b：配变高压熔断体，容量电压相比求。配变低压熔断体，容量乘 9 除以 5。

说明：正确选用熔断体对变压器的安全运行关系极大。当仅用熔断器作变压器高、低压侧保护时，熔体的正确选用更为重要。这是电工经常碰到和要解决的问题。

揭露变压器的“造假问题”

导读

目前，能源消耗和环境保护已成为全球普遍关注的社会问题。据统计，我国输配电损耗占全国发电量的 6.6% 左右，其中配电变压器损耗占到 40~50%，电能损耗严重。面对日益增长的能源需求与能源消耗矛盾，在电力行业中，变压器的节能降耗是节约资源和保护环境的重要措施之一。

在变压器行业快速发展表面光鲜的背后，仍存在着种种困扰和隐忧。例如，市场上频频出现竞相压价、假冒伪劣的现象，造成变压器产品质量良莠不齐。部分企业为了降低成本、牟取暴利，竟采用以铝代铜、铭牌造假、以次充好。



变压器是电网主要设备之一，提高电力变压器的质量，有助于提高电网运行的稳定性、供电可靠性以及经济性。而如今面对变压器产品质量隐患、监管不到位等行业困局，以及给行业和社会带来的重大压力和危害，亟须陈述利弊、正本清源。

1. 偷减变压器容量

算一笔简单的账，变压器 630kva、800kva、1000kva 三种常规容量，相邻容量的差价，以成都一变举例，出厂价的价格比例在 10~25%；那么如果客户需要 800kva 变压器，实际按照 630kva 来生产，“同款型号同款容



量”的变压器报价只有成都一变出厂价的七折~九折。可见偷减容量是多么可怕的恶况，客户用这种产品的后果就是几个月后变压器烧毁，出现短路、火灾等安全事故。

2. 以铝代铜由来已久

变压器的研制能力代表了我国整个电力装备行业的综合技术水平。正是因为行业处于良性发展，很多企业不断投入研发，促使变压器设计和制造技术不断提高，但尚存很多严重危害变压器质量的问题，当下尤以以铝代铜问题最为突出。

干式变压器被环氧树脂包裹，因此一些制造企业将变压器里面的铜绕组换成铝绕组。可以说，

变压器内部构造的偷梁换柱，从表面看，是假冒伪劣产品的再现；而从深层次看，无疑是一种危害国家、危害社会的犯罪行为。

早前，有国内企业发往尼泊尔的变压器因以铝代铜丑闻曾使“中国制造”蒙上一层阴影，令业内人士至今挥之不去。

3. 铭牌造假屡禁不止

一直以来，在自由平等的商业竞争中，铜芯变压器和铝芯变压器产品性能的优劣早就得到市场的评判，产品的价值得到了实现，价值规律也得到了体现。

业内外一致认为，铜芯变压器和铝芯变压器具有十分明显的差异。

在导体性能方面，铜具有绝对优势；在抗氧化腐蚀能力方面，铝的抗氧化腐蚀能力比铜要差的多；在抗电化腐蚀能力方面，铝的电极电位比铜要低得多，因而很容易被电化腐蚀；从热膨胀角度来看，铝的线性膨胀系数远大于铜，这会导致热胀冷缩后的接触不良，甚至产生接触不紧密、氧化发热等事故。综合几个方面的主要性能来看，无论是导电性能、机械性能还是耐腐蚀性能，均为铜优于铝。

此外，从技术安全出发，我国有关部门曾三令五申提出，在特别强调安全可靠、安全系数要求较高的项目中，变压器必须使用全铜。

不可否认，铜芯变压器比铝芯变压器具有不可比拟的优势，但两种产品的价格差别很多。全铜的变压器性能稳定，损耗较低，所以价格也就相对贵一些。于是就有不少变压器厂家拿全铝的变压器替换全铜的变压器卖给用户，并且不按标准规定在变压器标牌上注明“L”（表示铝绕组）。这种铭牌造假的现象绝非个例。

众所周知，在市场经济中，并非所有的企业都遵守竞争交易的正当规则。这种违法犯罪活动不仅使自身企业的信用度缺失，而且使变压器质量大打折扣，严重损害了广大用户的经济利益，干扰和阻碍了我国社会主义市场经济的发展。

究其原因：

第一，高额利润的驱动是变压器铭牌造假盛行的主要原因。由于铝芯变压器成本低，利润高，部分企业一味地追逐非法利益，谋取暴利，而且屡试不爽。

第二，违法成本低廉。有些变压器用户受到伤害，虽然经确认产品是以铝代铜，但维权难度大，时间成本高，只能是通过民事诉讼来索赔，或者是重新调换新变压器而已，导致铭牌造假行为长盛不衰。

第三，尚有一定的市场需求。有些用户选择产品时，首先看哪种产品价格低，因此为以铝代铜产品提供了市场空间。

第四，市场监管不到位。工商部门执法不严、打击不力，导致以铝代铜产品一直充斥市场。

第五，法制不健全、不完善，对违法企业惩罚力度太轻。由于现行法律不健全和完善，对违反市场规则者处罚不力，使以铝代铜造假企业不言放弃，继续瞒天过海。

4. 变压器能效升级

节能是推动生态文明建设、加快制造业高质量发展的重要内容，要始终把推广应用高效节能产品作为长期坚持的政策方向，作为落实绿色发展理念的重要举措。变压器在国民经济各行业广泛应用，也是重点通用用能设备，我们一方面不仅要与“中国制造”的基本方针及其战略目标中“质量为先”为基础，另一方面要降低变压器电能损耗，提高能源利用效率，意义重大。

1000kVA 变压器可以承受多少 kW 的用电量？

问题

“有一台 1000kVA 的老式变压器，现有负荷约 200kW，如果要增加约 600kW 的新负载，这台变压器能否承受？”

这个问题首先涉及到一个概念，那就是 kVA 和 kW 之间的关系及区别。kVA（千伏安）是视在功率的单位，kW（千瓦）则是有功功率的单位。除了视在功率和有功功率以外，还有无功功率，无功功率的单位是 kvar（千乏）。

那有功功率、无功功率、视在功率它们有啥区别呢？

有功功率是用电器实际消耗的功率，即电能转换为其他形式能量。

比如日常大家所交的电费，交的就是有功电量；



无功功率是指某些设备并没有真正消耗电，它只是暂时把电存起来的那部分功率。

比如某个用电设备里面有电容/线圈，那这个设备在工作的时候，电容/线圈就会一直处于充电放电状态。因为电容/线圈一直充电放电，并没有真正消耗电，所以把这一部分功率叫无功功率。

视在功率是指电源提供的总功率。

电源（一般都是指变压器或者发电机）它除了要给用电设备提供有功功率以外，还需要提供无功功率。原因很简单，用电设备里面的电容虽然不耗电，但是它一直在充电放电，所以也需要占用电源一部分容量。



搞清楚这些以后，我们再来看它们之间的关系，这就要讲到另外一个概念了——**功率因数**。一个电源能提供多少有功功率，这取决于功率因数。

【功率因数】

功率因数是指有功功率和视在功率的比值，一般用 $\cos \phi$ 表示。

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

举个例子，一个 1000kVA 的变压器，在功率因数 $\cos \phi=0.6$ 时，它可以输出 600kW 的有功功率；但是当功率因数 $\cos \phi=0.9$ 时，它可以输出 900kW 的有功功率。如果按 1 度电 1 块钱，在功率因数 0.6 时，该变压器可以产生 600 块/小时的经济效益；当功率因数达到 0.9 时，该变压器却可以产生 900 块/小时的经济效益。其实提高功率因数的作用远不止这么简单，还有很多，这里就不多说了。

【本题分析】

有了上面的基础以后，再来解释本题就游刃有余了。变压器的容量单位是 kVA（千伏安），而用电设备的功率单位是 kW（千瓦），两者的区别是计算设备功率 kW 的时候是需要乘功率因数的，就是说 1000kVA



容量的变压器，只有在功率因数为 1 的情况下，才会能满载输出 1000kW 的功率，但是在实际应用中基本不可能。在设计的时候，需要留有一定的余量，一般按照 90%的符合率计算，比较经济合理，即 $1000 \times 0.9 = 900\text{kVA}$ 。如果我们通过功率补偿，把功率因数补偿到 0.95 及以上，那么该变压器可以输出 $900 \times 0.95 = 855\text{kW}$ 有功功率。

注意：电力公司要求功率因数必须 0.9 以上，不然会有处罚；但是功率因数不能超过 1，否则系统电压会升高，影响系统正常运行。

题目中说，1000kVA 的变压器原来给 200kW 的用电设备供电，现在又加了 600kW 的用电设备，总共用电设备的有功功率达到了 800kW，依然没有超过计算值。

所以，1000kVA 的变压器原来给 200kW 的用电设备供电，现在又加了 600kW 的用电设备，只要我们能将功率因数提高到需要的数值，变压器完全能够长期安全运行。

接地变压器最全讲解！从分类到接线方式，值得收藏！

导读

接地变压器简称接地变，根据填充介质，接地变可分为油式和干式；根据相数，接地变可分为三相接地变和单相接地变。接地变压器的作用是给中性点不接地的系统提供一个人为的中性点，便于采用消弧线圈或小电阻的接地方式，以减小配电网发生接地短路故障时的对地电容电流大小，提高配电系统的供电可靠性。

电力系统中的 6kV、10kV、35kV 电网中一般都采用中性点不接地的运行方式。电网中主变压器低压侧一般为三角形接法，没有可以接地的中性点。当中性点不接地系统发生单相接地故障时，线电压三角形仍然保持对称，电力系统可以持续对用户供电 1 到 2 小时，并且电容电流比较小（小于 10A），不会引起间歇性电弧，一些瞬时性接地故障能够自行消失，这对提高供电可靠性，减少停电事故是非常有效的。但随着城市电网的不断扩大及电缆出线的不断增多，系统对地电容电流急剧增加，单相接地后流经故障点的电容电流较大（超过 10A）。

电弧不易熄灭、容易激发铁磁谐振过电压及产生间隙性弧光接地过电压，可能导致绝缘损坏，使线路跳闸，事故扩大，

具体为：

单相接地电弧发生间歇性的熄灭与重燃，会产生弧光接地过电压，其幅值可达 $4U$ （ U 为正常

相电压峰值) 或者更高, 持续时间长, 会对电气设备的绝缘造成极大的危害, 在绝缘薄弱处形成击穿; 造成重大损失。

由于持续电弧造成空气的离解, 破坏了周围空气的绝缘, 容易发生相间短路。

产生铁磁谐振过电压, 容易烧坏电压互感器并引起避雷器的损坏甚至可能使避雷器爆炸。这些后果将严重威胁电网设备的绝缘, 危及电网的安全运行。

为了减小单相接地故障时的对地电容电流, 需要在变压器中性点装设消弧线圈等补偿装置, 因此需人为建立一个中性点, 以便在中性点接入消弧线圈, 减小接地短路断路电流, 提高系统供电可靠性。

■ 国内外使用现状

我国的接地变压器通常采用 Z 型接线 (或称曲折型接线), 为节省投资和变电所空间, 通常在接地变压器上增加第三绕组, 替代所用变压器, 为变电所所用设备供电。根据我国《电抗器》国家标准规定, 接地变压器的接地方式可分为直接接地; 通过电抗器、电阻及消弧线圈接地。直接接地在我国还没有使用, 但已有电力研究部门开始这方面的探讨。国外的接地变压器通常采用或 Z 型连接, 用于 10kV 不接地系统, 构成了配电网的接地保护, 当系统发生接地故障时, 接地变压器对正序、负序电流呈现高阻抗性, 对零序电流呈现低阻抗性, 使接地保护可靠动作。

■ 三相接地变压器

三相接地变压器此类变压器采用 Z 型接线 (或称曲折型接线), 与普通变压器的区别是, 每相线圈分成两组分别反向绕在该相磁柱上, 这样连接的好处是零序磁通可沿磁柱流通, 而普通变压器的零序磁通是沿着漏磁磁路流通, 所以 Z 型接地变压器的零序阻抗很小 (10Ω 左右), 而普通变压器要大得多。按规程规定, 用普通变压器带消弧线圈时, 其容量不得超过变压器容量的 20%。Z 型变压器则可带 90% ~100% 容量的消弧线圈, 接地变除可带消弧圈外, 也可带二次负载, 可代替站用变, 从而节省投资费用。



■ 单相接地变压器

单相接地变压器单相接地变主要用于有中性点的发电机、Saton 变压器的中性点接地电阻柜, 以降低电阻柜的造价和体积。

■ 工作特点

- (1) 零序阻抗低，以保证零序电流的输出；
- (2) 励磁阻抗高，以降低空载电流；
- (3) 空载损耗低，以节省日常运行的能耗。

■ 接线方式

YNyn 联结

这种联结方式的变压器一般采用三相三柱式铁心，高压侧的中性点可以联结消弧线圈等实现接地。但是，当单相接地的零序电流流过高压侧绕组时，所产生的零序磁势不能被二次磁势所平衡，同方向的零序磁通又不能在三柱式铁心内形成回路，从而使得大量的零序磁通只能经过夹件、油和油箱本体而形成闭合回路，从而在油箱及夹件内引起附加损耗，以致形成局部过热，使变压器容量的利用受到限制。我国电力部门的有关运行规程，曾对 YNyn 联结变压器的中性点联结消弧线圈的工作状态，作过下列规定：

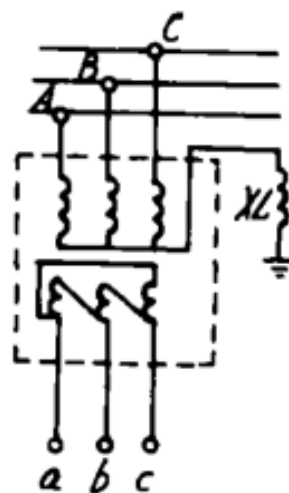
- (1) 消弧线圈的容量不得超过变压器额定容量的 20%；
- (2) 流过消弧线圈的零序电流在变压器内所产生的零序压降不得超过额定相电压的 10%；
- (3) 流经消弧线圈的三相总零序电流不大于变压器额定相电流的 60%。上述规定主要是根据零序磁通所造成的局部过热不致超过变压器绕组热点的最高温度限制而决定的。

从上述可知，YNyn 联结的接地变压器容量远未被利用，另外它的零序电抗值也较大。

YNd 联结

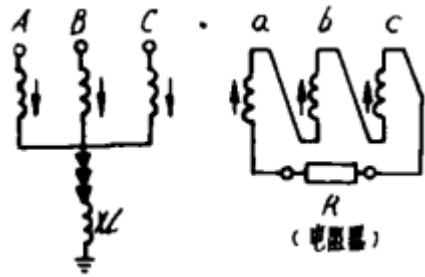
YNd 联结变压器与消弧线圈 XL 相联这种联结方式的特点是二次侧的三角形联结可提供零序电流的闭合通路，因而零序电抗较小。另外，由于每个心柱上的一、二次绕组的零序磁势得以平衡，所以零序漏磁也较小。但是，当 YN 联结绕组处于外部时，在油箱等部件内所引起的零序附加损耗仍不能完全避免。当它联结消弧线圈时，其容量的利用仍将受到一定限制。国外的试验研究表明：考虑附加损耗、局部过热、绝缘寿命和绕组热点最高温度的限制等因素后，YNd 联结的接地变压器允许的工作方式为：

- (1) 当平时二次满载时，YN 侧所接消弧线圈的容量不得超过变压器额定容量的 50%；



(2) 当平时二次的负载仅为变压器容量的 50%，则消弧线圈容量可以等于变压器的额定容量。

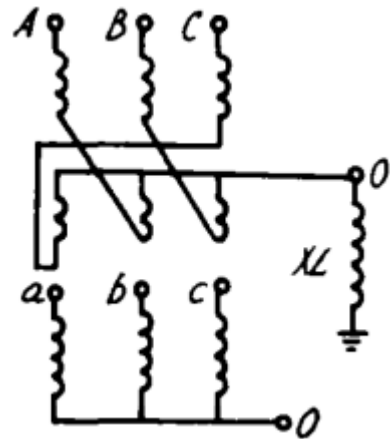
尽管这种联结的二次侧可以供电给地区负载或变电所自用电，但由于三角形联结难于同时向动力与照明混合用户供电，所以它的应用将受到很大限制。



YN, 开口 d 联结与消弧线圈 XL 相联与 YNd 联结相类似的是 YN, 开口 d 的联结方式，在开口三角形一侧可接入电阻器或电抗器以调节变压器的零序电抗，接入电阻器还可以抑制网络的铁磁谐振。如采用三相五柱式铁心还可使零序阻抗值大为增加，甚至有省去一台消弧线圈的可能，但结构复杂，造价增加。另外，二次采用开口三角形结线不能满足供电给地区负载及自用电的需要，因此这种方式采用不多。

ZNyn 联结

ZN, yn 联结变压器与消弧线圈 XL 相联这种联结方式是接地变压器常用联结方式，由于曲折形结法的同一铁心柱上的上下两半绕组内的零序磁势正好大小相等、方向相反而相互抵消，使得零序漏磁通减到很小，从而使它的零序电抗值很小，它的容量可以与所联结的消弧线圈的容量相等。



国内外广泛采用的接地变压器主要是这种联结方式。由于低压侧采用 yn 结法，故可以同时供给地区用电或变电所的自用电。低压侧容量常小于高压侧容量，多数情况下，低压侧容量在 80-200kVA 的范围内。

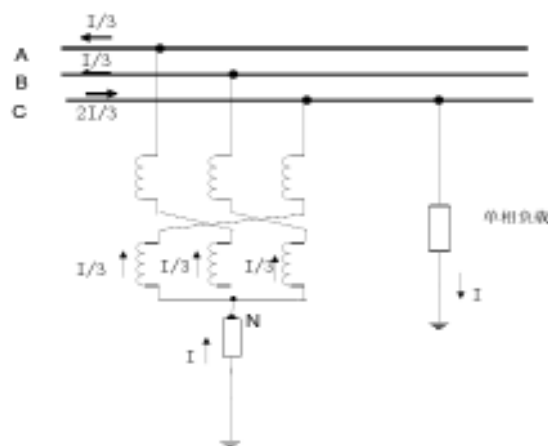
尽管高压侧的额定容量可以与联接的消弧线圈容量相等，但 Z 形接法将较 Y 形接法多绕 1.15 倍的匝数，所以接地变压器的实际容量应为消弧线圈容量的 1.15 倍。

■工作原理

系统发生单相故障时接地变压器的工作原理图以常用的 ZNyn 接线说明，接地变压器在运行过程中，当通过一定大小的零序电流时，流过同一铁心柱上的 2 个单相绕组的电流方向相反且大小相等，使得零序电流产生的磁势正好相反抵消，从而使零序阻抗也很小。

使得接地变压器在发生故障时，中性点可以流过补偿电流。由于有很小的零序阻抗，当零序电流通过时，产生的阻抗压降要尽可能的小，以保证系统的安全。由于接地变压器具有零序阻抗

低的特点，所以当 C 相发生单相接地故障时，C 相的对地电流 I 经大地流入中性点，并且被等分为三份流入接地变压器，由于流入接地变压器的三相电流相等，所以中性点 N 的位移不变，三相线电压仍然保持对称。



但在制造过程中高压绕组的上下包的匝数和几何尺寸不可能完全相等，使得零序电流产生的磁势不可能正好相反抵消，还是产生了一定的零序阻抗，通常在 6-10Ω 左右，相对于星形接线的变压器的零序阻抗 600Ω 而言，其优势不言而喻。此外，曲折接地变压器还可以使空载电流和空载损耗尽可能小。同普通星形接线变压器比较，由于曲折接线变压器的每相铁芯是由 2 个铁心柱的绕组组成，结合其向量图可知，与普通星形接线变压器比较，当电压相同时要多绕 1.16 倍。中性点电阻接地方式下城市配电网在单相接地时，零序阻抗和正序阻抗的幅值相差很大。三相正、负序电流流过时，接地变压器的每一铁芯柱上的磁势是该铁芯柱上分属不同相的两绕组磁势的相量和。三个铁芯柱上的磁势是一组三相平衡量，相位差 120°，产生的磁通可在三个铁芯柱上互相形成回路，磁路磁阻小，磁通量大，感应电势大，呈现很大的正序、负序阻抗；因此，接地变压器具有正、负序阻抗大而零序阻抗小的特点。

■主要技术参数

为适应配电网采用消弧线圈接地补偿的需要，同时也能满足变电站站用动力与照明负载的需要，选用 Z 型接线连接的变压器，需要合理设置接地变压器的主要参数。

(1) 额定容量接地变压器一次侧容量与需要与消弧线圈容量相配套。依据现有消弧线圈的容量规格，建议把接地变压器容量设为消弧线圈容量的 1.05-1.15 倍。如 1 台 200kVA 消弧线圈所配用的接地变压器容量为 215kVA。

(2) 中性点补偿电流单相故障时流过变压器中性点的总电流：

$$I = \frac{U}{\sqrt{3(Z_x + Z_d) \cdot (3 + Z_s)}}$$

上式中：

U 为配电网线电压 (V)；Z_x 为消弧线圈的阻抗 (Ω)；

Z_d 为接地变压器一次零序阻抗 (Ω/相)；

Z_s 为系统阻抗 (Ω);

中性点补偿电流的持续时间应与消弧线圈的持续工作时间相同, 按规定为 2 小时。

(3) 零序阻抗零序阻抗是接地变压器的重要参数, 对于继电保护限制单相接地短路电流及抑制过电压等都有重要影响。对于无二级线圈的曲折形 (Z 型) 以及星性/开口三角形联结的接地变压器只有 1 个阻抗, 即零序阻抗, 这样制造部门能满足电力部门的要求。

(4) 损耗损耗是接地变压器的 1 个重要性能参数, 对于带有二次线圈的接地变压器, 其空载损耗可以做到与同容量的双绕组变压器相同。对于负载损耗, 二次侧满载运行时, 由于一次侧负荷较轻, 其负载损耗小于与二次侧同容量双绕组变压器的负载损耗。

(5) 温升按国标对接地变压器的温升有如下规定:

1) 额定持续电流下的温升应符合一般电力变压器干式变压器国标中的规定, 但主要适用于二次侧经常带负荷的接地变压器;

2) 对短时负载电流的持续时间在 10s 以内时 (这种情况主要发生在中性点与电阻联结时), 其温升应符合国标电力变压器中对短路条件下的温升限值的规定;

3) 接地变压器与消弧线圈一起运行时其温升应符合对消弧线圈温升的规定: 对于持续流过额定电流的绕组温度为 80K, 主要适用于星性/开口三角形联结的接地变压器; 对于额定电流的最大流通时间规定为 2h 的绕组, 规定温度为 100K。

这种情况符合多数接地变压器的工作条件; 对于最大流通时间规定为 30min 的绕组, 规定温度为 120K。上述规定的出发点, 是根据在最严重的条件下绕组热点的最高温度不超过 $140^{\circ}\text{C} \sim 160^{\circ}\text{C}$, 以保证绝缘的安全运行和不至于严重危及绝缘寿命而规定。

变压器常见几种故障解析

电力变压器是一种改变交流电压大小静止的电力设备, 是电力系统中核心设备之一, 在电能的传输和配送过程中, 电力变压器是能量转换、传输的核心, 是国民经济各行各业和千家万户能量来源的必经之路。

如果变压器发生故障, 将影响电力系统的安全稳定运行电力系统中很重要的设备, 一旦发生事故, 将造成很大的经济损失。分析各种电力变压器事故, 找出原因, 总结出处理事故的办法, 把事故损失控制在最小范围内, 尽量减少对系统的损害。

1、绕组故障

主要有匝间短路、绕组接地、相间短路、断线及接头开焊等。产生这些故障的原因有以下几点：

- ① 在制造或检修时，局部绝缘受到损害，遗留下缺陷；
- ② 在运行中因散热不良或长期过载，绕组内有杂物落入，使温度过高绝缘老化；
- ③ 制造工艺不良，压制不紧，机械强度不能经受短路冲击，使绕组变形绝缘损坏；
- ④ 绕组受潮，绝缘膨胀堵塞油道，引起局部过热
- ⑤ 绝缘油内混入水分而劣化，或与空气接触面积过大，使油的酸价过高绝缘水平下降或油面太低，部分绕组露在空气中未能及时处理。

由于上述种种原因，在运行中一经发生绝缘击穿，就会造成绕组的短路或接地故障。匝间短路时的故障现象使变压器过热油温增高，电源侧电流略有增大，各相直流电阻不平衡，有时油中有吱吱声和咕嘟咕嘟的冒泡声。轻微的匝间短路可以引起瓦斯保护动作；严重时差动保护或电源侧的过流保护也会动作。发现匝间短路应及时处理，因为绕组匝间短路常常会引起更为严重的单相接地或相间短路等故障。

2、套管故障

这种故障常见的是炸毁、闪落和漏油，其原因有：

- ① 密封不良，绝缘受潮劣比，或有漏油现象；
- ② 呼吸器配置不当或者吸入水分未及时处理；
- ③ 变压器高压侧(110kV及以上)一般使用电容套管，由于瓷质不良故而有沙眼或裂纹；
- ④ 电容芯子制造上有缺陷，内部有游离放电；
- ⑤ 套管积垢严重。

3、铁芯故障

- ① 硅钢片间绝缘损坏，引起铁芯局部过热而熔化；
- ② 夹紧铁芯的穿心螺栓绝缘损坏，使铁芯硅钢片与穿心螺栓形成短路；
- ③ 残留焊渣形成铁芯两点接地；
- ④ 变压器油箱的顶部及中部，油箱上部套管法兰、桶皮及套管之间。内部铁芯、绕组夹件等因局部漏磁而发热，引起绝缘损坏。

运行中变压器发生故障后，如判明是绕组或铁芯故障应吊芯检查。首先测量各相绕组的直流

电阻并进行比较，如差别较大，则为绕组故障。然后进行铁芯外观检查，再用直流电压、电流表法测量片间绝缘电阻。如损坏不大，在损坏处涂漆即可。

4、瓦斯保护故障

瓦斯保护是变压器的主保护，轻瓦斯作用于信号，重瓦斯作用于跳闸。下面分析瓦斯保护动作的原因及处理方法：

- ① 瓦斯保护动作的原因可能是因滤油、加油和冷却系统不严密，致使空气进入变压器；
- ② 因温度下降和漏油致使油位缓慢降低；或是因变压器故障而产生少量气体；
- ③ 由于发生穿越性短路故障而引起；
- ④ 由于保护装置的二次回路故障所引起。

轻瓦斯保护动作后发出信号。其原因是：变压器内部有轻微故障；变压器内部存在空气；二次回路故障等。运行人员应立即检查，如未发现异常现象，应进行气体取样分析。瓦斯保护动作跳闸时。

可能变压器内部发生严重故障，引起油分解出大量气体，也可能二次回路故障等。出现瓦斯保护动作跳闸，应先投入备用变压器，然后进行外部检查。检查油枕防爆门，各焊接缝是否裂开，变压器外壳是否变形；最后检查气体的可燃性。

5、变压器自动跳闸的处理

当运行中的变压器自动跳闸时，运行人员应迅速作出如下处理：

- ① 当变压器各侧断路器自动跳闸后，将跳闸断路器的控制开关操作至跳闸后的位置，并迅速投入备用变压器，调整运行方式和负荷分配，维持运行系统及其设备处于正常状态；
- ② 检查掉牌属何种保护动作及动作是否正确；
- ③ 了解系统有无故障及故障性质；
- ④ 若属以下情况并经领导同意，可不经检查试送电：人为误碰保护使断路器跳闸；保护明显误动作跳闸；变压器仅低压过流或限时过流保护动作，同时跳闸变压器下一级设备故障而其保护却未动作，且故障已切除，但试送电只允许一次；
- ⑤ 如属差动、重瓦斯或电流速断等主保护动作，故障时有冲击现象，则需对变压器及其系统进行详细检查，停电并测量绝缘。在未查清原因之前，禁止将变压器投入运行。必须指出，不管系统有无备用电源，也绝对不准强送变压器。

6、变压器着火

变压器着火也是一种危险事故，因变压器有许多可燃物质，处理不及时可能发生爆炸或使火灾扩大。

变压器着火的主要原因是：

- ① 套管的破损和闪落，油在油枕的压力下流出并在顶盖上燃烧；
- ② 变压器内部故障使外壳或散热器破裂，使燃烧着的变压器油溢出。

变压器着火，应迅速作出如下处理：

- ① 断开变压器各侧断路器，切断各侧电源，并迅速投入备用变压器，恢复供电；
- ② 停止冷却装置运行；
- ③ 主变压器及高厂变着火时，应先解列发电机；
- ④ 若油在变压器顶盖上燃烧时，应打开下部事故放油门放油至适当位置。若变压器内部着火时，则不能放油，以防变压器发生爆炸；
- ⑤ 迅速用灭火装置灭火。如用干式灭火器或泡沫灭火器灭火。必要时通知消防队灭火。发生这类事故时，变压器保护应动作使断路器断开。若因故障断路器未断开，应用手动来立即断开断路器，拉开可能通向变压器电源的隔离开关。

7、分接开关故障

常见的故障是表面熔化与灼伤，相间触头放电或各接头放电。主要原因有：

- (1) 连接螺丝松动；
- (2) 带负荷调整装置不良和调整不当；
- (3) 分接头绝缘板绝缘不良；
- (4) 接头焊锡不满，接触不良，制造工艺不好，弹簧压力不足；
- (5) 油的酸价过高，使分接开关接触面被腐蚀。

由于主变事故一般不是单一的，而是多重的、发展的，且潜在的主要故障点比较隐蔽，加上故障性质的特殊性。因而我们为了确保变压器及电网的安全稳定运行，正确处理事故，应随时掌握下列情况：

- ① 系统运行方式，负荷状态，负荷种类
- ② 变压器上层油温，温升与电压情况；
- ③ 事故发生时天气情况；
- ④ 变压器周围有无检修及其他工作；

⑤运行人员有无操作；

⑥系统有无操作；

⑦何种保护动作，事故现象情况等。加强对变压器运行的巡监，做好常规的维护工作，及时地消除设备的缺陷，定期进行检修和预防性试验，尽量避免变压器事故的发生，减小事故对电网及电器设备的损害。

变压器的安全运行管理工作是我们日常工作的重点，通过对变压器的异常运行情况、常见故障分析的经验总结，将有利于及时、准确判断故障原因、性质，及时采取有效措施。

确保设备的安全运行变压器是输配电系统中极其重要的电器设备，根据运行维护管理规定变压器必须定期进行检查，以便及时了解和掌握变压器的运行情况，及时采取有效措施，力争把故障消除在萌芽状态之中，从而保障变压器的安全运行。

变压器该如何养护？遵从什么法则？

变压器是变换交流电压、电流和阻抗的器件，变压器工作原理是利用电磁感应原理制成的静止用电器。它的分类有很多，按照不通用的作用可分为脉冲功率变压器、中周变压器、触发变压器、屏蔽变压器等等。变压器利用电磁感应原理，从一个电路向另一个电路传递电能或传输信号的一种电器，是电能传递或作为信号传输的重要元件。变压器是变换交流电压、电流和阻抗的器件，当初级线圈中通有交流电流时，铁芯（或磁芯）中便产生交流磁通，使次级线圈中感应出电压（或电流）。变压器由铁芯（或磁芯）和线圈组成，线圈有两个或两个以上的绕组，其中接电源的绕组叫初级线圈，其余的绕组叫次级线圈。



那么，变压器该如何保养？遵循以下 5 大保养法则即可：

一、允许温度

变压器运行时，它的线圈和铁芯产生铜损和铁损，这些损耗变为热能，使 变压器的铁芯和线

圈温度上升。若温度长时间超过允许值会使绝缘渐渐失去机械弹性而使绝缘老化。

变压器运行时各部分的温度是不相同的，线圈的温度最高，其次是铁芯的温度，绝缘油温度低于线圈和铁芯的温度。变压器的上部油温高于下部油温。变压器运行中的允许温度按上层油温来检查。对于 A 级绝缘的变压器在正常运行中，当周围空气温度最高为 40°C 时，变压器绕组的极限工作温度是 105°C。由于绕组的温度比油温度高 10°C，为防止油质劣化，规定变压器上层油温最高不超过 95°C，而在正常情况下，为防止绝缘油过速氧化，上层油温不应超过 85°C。对于采用强迫油循环水冷却和风冷的变压器，上层油温不宜经常超过 75°C。（这种变压器上层油温最大允许值为 80°C）

二、允许温升

只监视变压器运行中的上层油温，还不能保证变压器的安全运行，还必须监视上层油温与冷却空气的温差—即温升。变压器温度与周围空气温度的差值，称为变压器的温升。对 A 级绝缘的变压器，当周围最高温度为 40°C 时，国家标准规定绕组的温升 65°C，上层油温的允许温升为 55°C。只要变压器温升不超过规定值，就能保证变压器在额定负荷下规定的运行年限内安全运行。（变压器在正常运行时带额定负荷可连续运行 20 年）

三、合理容量

在正常运行时，应使变压器承受的用电负荷在变压器额定容量的 75—90% 左右。

四、合理电流范围

变压器低压最大不平衡电流不得超过额定值的 25%；变压器电源电压变化允许范围为额定电压的正负 5%。

如果超过这一范围应采用分接开关进行调整，使电压达到规定范围。（调整时应停电进行）通常是改变一次绕组分接抽头的位置实现调压的，连接及切换分接抽头位置的装置叫分接开关，它是通过改变变压器高压绕组的匝数来调整变比的。电压低对变压器本身无影响，只降低一些出力，但对用电设备有影响；电压增高，磁通增加，铁芯饱和，铁芯损耗增加，变压器温度升高。

五、过负荷

过负荷分正常过负荷和事故过负荷两种情况。正常过负荷是在正常供电情况下，用户用电量增加而引起的。它将使变压器温度升高，导致变压器绝缘加速老化，使用寿命降低，因此一般情况下不允许过负荷运行。特殊情况变压器可在短时间内过负荷运行，但在冬季不得超过额定负荷 30%，夏季不得超过额定负荷的 15%。此外，应根据变压器的温升与制造厂规定来确定变压器的

过负荷能力。

当电力系统或用户变电站发生事故时，为保证对重要设备的连续供电，故允许变压器短时间过负荷运行，即事故过负荷，事故过负荷时会引起线圈温度超过允许值，因此对绝缘来讲比正常条件老化要快。但事故过负荷的机会少，在一般情况下变压器又是欠负荷运行，所以短时的过负荷致于损坏变压器的绝缘。事故过负荷的时间及倍数应根据制造厂规定执行，如没厂家资料也可参照如下数值。

自然冷却油浸式变压器允许的事故过负荷倍数及时间

过负荷倍数	过负荷允许的持续时间（分）	
	室外变压器	室内变压器
1.30	120	60
1.45	80	40
1.60	45	23
1.75	20	10
2.00	10	5

干式变压器事故过负荷倍数及时间(用于室内)

过负荷倍数	允许持续时间（分）
1.2	60
1.3	45
1.4	32
1.5	18
1.6	5

类型：开启式、封闭式、浇注式。

这种变压器用于安全防火较高的场合，开启式是常用的型式，其器身与大气相通，适于比较干燥而洁净的室内环境。涂装、车体变电所变压器就属于此种。

六、问答：变压器在运行中温度升高的原因是什么？

分为外因和内因两种情况。

外因：超时间的过负荷或冷却通风不好。

内因：①变压器铁芯硅片之间的绝缘损坏，使变压器的空载损耗增加，变压器温度升高。

- ②变压器绕组的绝缘损坏造成匝间短路，产生电弧而发热，使 变压器温度升高。
- ③分接开关接触不良，接触电阻增大而发热，使变压器温度升 高。
- ④套管内外部接线接触不良。

图文讲解高压开关柜安装流程及注意事项，太专业了！

一、高压柜拆包装及吊装就位

高压柜在装卸车上把包装拆除。转移设备的时候由于吊车只能把设备吊到门口，设备都很笨重而且门又不宽，室外到室内还有几级台阶或斜坡不能把设备直接放上叉车或者滚筒推进去，有的设备还不能放在地上，一般都有一个 10-15cm 高的基础，常用枕木在室外门口垫一个小平台，垫起来的高度跟几级台阶或里面的基础差不多，上面铺两根槽钢，槽钢一端搭在枕木上，另一端搭在室内或者基础上，槽钢的凹槽朝上，将设备平稳吊落在槽钢上，然后用撬棍伸入槽钢凹槽内将设备沿着槽钢移到室内，室内用滚筒或者叉车接住即可实现设备转移。



图一：将设备吊装至铺好的平台上(此为电容器)



图二：将设备平移进室内，室内使用的是链条葫芦二、高压开关柜就位及拼装



图三：高压柜全部就位后就是这样歪歪斜斜的，注意两排高压柜之间也有槽钢
找准主屏位置，一般是找#1 主变进线柜或#2 主变进线柜为主屏，找齐对正一般以三点一线的方法，即穿墙套管 B 相中心、主屏 B 相进线中心和主屏前



图四：这是在找主屏的中心，位置找准了之后记得打水平。

多排高压柜之间是以母线桥连接，先将靠主变进线侧的高压柜位置定位好，再次利用四点一线的方法找齐母线桥对侧的高压柜，则对侧的高压柜以母线桥高压柜为基准找齐对正，如此一来，不论有多少高压柜都能把位置找准。此时要注意的一点就是，母线桥连接的两排高压柜是要反相序的，一定要注意，这个情况一般是设计院与生产厂家之间就协商好了的，但是安装过程中还是要注意，如果没有反相序就要厂家做出相应的整改。



图五：这是母线桥两端，注意相序



图六:这张图可以看出来反相序了主屏就位后立刻用水平尺打水平,看是否需要垫片垫平,打完水平后立刻电焊固定。

将其他高压柜朝主屏靠拢。

高压柜与高压柜之间是靠连接屏螺丝卡紧的,前后都有,当高压柜就位后,打开高压柜前后



柜门以及母线室门板以及顶盖门板。连屏过程中切记要一块一块的朝主屏靠拢连紧,有的为了省事先把前柜门的连屏螺丝拧紧完再拧紧后柜门的,这样做有个弊端,因为现在市场上的高压柜五花八门,质量也参差不齐,每一个高压柜之间的配合不一

定那么紧密,前柜门卡紧了后柜门不一定对上,如果其中有高压柜连接不好,要立即处理,

不然就是痛苦的返工。

图七：这几张图可以看出两块高压柜之间的一些猫腻了，如果两块高压柜之间没有配合好，死无法紧密的连载一起的，如果高压柜做的不够好，在连屏的时候也会出现后面卡紧了但是前面还是很宽的距离，所以要一块屏一块屏的连接。



小窍门：10KV 高压柜在拆装过程中要拆装很多挡板和盖板，每块板上都卡着好几颗螺丝，

这些螺丝大多是比较小，容易弄丢，避免这些螺丝丢失的最好办法就是拆除挡板和盖板后将螺丝卡在原螺丝孔上，在以后装盖板的时候会减少许多不必要的麻烦，工程中间弄丢螺丝实在是太常见的现象了，不仅是螺丝，搞完一个工程之后工具都有很多都对不上号。

当高压柜连完屏后就是对母线的安装，此时配合高压柜生产厂家对母线进行连接，大概有两种母排，直排与带鸭嘴弯的母排，直排与直排之间连接须引渡排，而鸭嘴弯的母排可以直接连接，因为这两种母线的不同所以高压柜之间的母线筒也是不一样的，安装的时候要注意。在穿母线之前对母线进行清抹，到位后再接触部位涂上导电膏，串上螺丝。



图八：这个就是直排与直排之间的引渡排，排与排之间那黑糊糊的东西就是导电膏，每块母排上都会有标明是第几号柜到第几号柜的，这张图就是十一号柜。



图九：这个是直排高压柜的母线筒，母线中间是固定的，但是带鸭嘴弯的母排是穿不过这个孔的，所以不能用这种母线筒，带鸭嘴弯的母排所使用的母线筒中间是块可以移动的橡胶垫。

高压柜接地排的连接，如果这次安装工程只是一期工程，以后还要增加，要从设计图纸上找出此接地排看是否能承载以后的需要，如果接地排载流量太小了则需跟设计院与生产厂家提出要求。这种不仅仅是对接地排，其他类似情况，都要注意。接地排连接完毕后将与其与接地槽钢进行焊接。



图十：这个就是接地排，在高压柜的后柜门最下面。



图十一：接地排引出来之后与地网连接

拆除避雷器引线及带电显示器引线，这是为了以后对断路器进行耐压实验而做的准备。



图十二：这个是避雷器及引线，请看清楚接线方式



图十三：拆除引线，但是螺丝还是串在螺丝孔上。

紧接着是对母排螺丝进行紧固，这里对拧螺丝的力矩大小是有要求的，对于 M16 的螺丝，我们的要求是力矩不应小于 120NM，其他型号的参照相关表格要求，每一颗螺丝在紧固之后都必须用力矩扳手进行力矩确认，母排螺丝若没有紧固好接触电阻过大，在运行过程中会发热造成事故，还有一点要明确的就是铜、铝属于软金属，在承受过大压力时会发生变形，所以对于铜、铝母线不能用电动扳手进行螺丝紧固。



图十四：母线上好后穿上螺丝，就是这个样子，用扳手紧紧。

夹具上面的螺丝是不需要拧得太紧的，夹具主要是让母排在电动力的作用下不至于偏移而导致相间或者对地放电。这里说一下母排外面的这一层热缩材料，10kV 母线单相运行电压只有 5.77kV、35kV 母线单相运行电压 20.2kV，而外面所包的这一层热缩材料可以承受：击穿强度 30kV/mm、工频耐压：42kV/1min、雷电动击 75kV±15 次；如果没有热缩，若是异物(小动物、螺丝、杂物等)不小心跌落在母排与母排之间或者距离在 125mm(10kV)、300mm(35kV)之内可能引起母排对其放电，严重的会引起三相短路或者母线室爆炸，所以母线室内任何带电部位都是有热缩绝缘的，还有一个原因就是如果母线的哪个地方长期发热会引起热缩的变形，也方便检查出故障。





图十五、图十六：这两张图片上的螺丝都是不符合要求的，图十五的没有平垫片（参考图八），而图十六的螺丝没有出丝扣，这些小问题都是在安装的时候要注意的。紧贴着螺帽的是弹簧垫，检查螺丝有没有拧紧可以参考弹簧垫是否被压平（对于带电设备一般是通过弹簧垫来看螺丝是否松动）



图十七：不同的电压等级，室内室外对地距离都是有要求的，10KV 室内对地、相间距离为 125mm，

室外为 200mm；35KV 室内对地、相间距离为 300mm，室外为 400mm。其实安装高压柜的时候这个距离一般都是够的，最主要看的就是厂家人员制作安装母线桥和室内穿墙套管至主屏之间的母线筒的时候，那里面的对地、相间距离往往都会出问题，有的时候还要考虑相序是否正确，如果还要换相序就比较麻烦了，怎么样去躲距离也是一门学问。



当螺丝紧固后就是套热缩盒，业扩工程对 10kV、35 kV 母线进行包热缩盒的时候一定要有业主单位指派的专人在场，每套一个热缩盒之前都要业主单位对里面的螺丝进行力矩确认，检测是否达到要求，因为接下来就是对母线室进行卫生清扫以及封盖板，10kV、35 kV 母线室再也不会打开了。如果没有业主单位派人检查，那么到了 10kV、35 kV 高压室验收时可能要再次打开盖板对螺丝的力矩进行确认，检查过了就可以跳过这一步，免得到时候麻烦。

对母线室的卫生及母排进行清扫，确认母线室里无遗留物，然后封盖板。这时候也要业主单位有人在场，理由同上。



汉中新环干式变压器有限责任公司

HANZHONG XINHUAN DRY-TYPE TRANSFORMER CO.,LTD.

公司地址：陕西省汉中市经济开发区(北区)陈仓路南侧（大坝村）

服务专线：13891633018 0916-8195256 0916-8195261