

SEC 汉变

变压器知识特辑 (五)

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

目 录

变压器渗油的危害以及治理方法.....	1
变压器的额定电压是指什么？额定电压怎么确定？这个方法最简单.....	3
配电房变压器故障分析汇总.....	5
教你如何计算变压器的容量（经验分享），电气人必看！.....	7
变压器为什么要一点接地，多点接地不是更可靠吗？.....	9
变压器油中溶解气体检测.....	11
变压器过载，这些知识你都了解吗.....	15
变压器中性点保护讲解！.....	19
手把手教你主变本体瓦斯继电器取气方法，看这个就够了！.....	23
铜线与铝线为什么不能拧在一起？你知道原因吗？.....	32
10kV（台变及箱变）配电变压器全面讲解.....	35

变压器渗油的危害以及治理方法

1、变压器渗泄漏油的具体危害

1. 变压器渗漏油现象不仅严重影响外观，而且会因变压器需停运排除渗漏而造成经济损失。若变压器地面基础上油迹较多时，还可能成为引发火灾的隐患。

2. 渗漏油会严重干扰运行维护人员对变压器储油柜内的密封状况和油位计指示的正确性监视和判断。

3. 因渗漏而使油位降低后，可能使带电接头、开关等处无油绝缘的状况下运行，从而可能导致击穿、短路、烧损，甚至引起设备爆炸。

4. 变压器渗漏油后，会使全密封变压器丧失密封状态，易使油纸绝缘遭受外界的空气、水分的入侵而使绝缘性能降低，加速绝缘的老化，影响变压器的安全、可靠运行。

5. 此外，当储油柜顶部放气塞、套管导电头等部位出现密封损坏，或者储油柜顶部及其联管存在砂眼时，因部位较高，即使可能不会出现渗漏油现象，但可能进入雨水、潮气，导致绝缘性能变坏，甚至造成绝缘击穿、绕组烧毁事故。

2、治理变压器渗泄漏油的措施

处理渗油之前必须认真分析，查明渗漏的原因和确切渗漏点。对存在的油污点，先用清洗剂清洗，用干净水冲洗，最后用净布反复清擦，找到渗漏点的准确位置。

①. 利用焊接治理变压器漏油

变压器油箱上部发现渗漏油时，只须排出少量的油即可焊接处理；油箱下部发现渗漏时，由于吊芯放油浪费太大且受现场条件限制，可采用带油焊接处理。带油补焊应在漏油不显著的情况下进行，否则应采用抽真空排油法造成负压后焊接，负压的真空度不宜过高，以内外压力相等为宜，避免吸入铁水。补焊时应将施焊部位的油迹清除干净，最好用碱水冲洗再擦干；施焊过程中要注意防止穿透和着火，施焊部位必须在油面以下；施焊时采用断续、快速点焊，燃弧时间应控制在 10s~20s 之内，绝对不允许长时间连续焊接。

补焊渗漏油较严重的孔隙时，可先用铁线等堵塞或铆后再施焊；在靠近密封橡胶垫圈或其它易损部件附近施焊时，应采取冷却和保护措施。

有的网友普遍认为变压器器身及附件漏油，必须吊出器芯放干净油后再进行焊接处理，这种方法虽然安全，但是费时费力，还会影响用电。



有的人怕引起变压器油着火引起火灾,其实这种担心是多余的,油燃烧需要具备一定的条件,温度和氧气,但是在装有油的变压器器身上焊接时,油遇热是对流循环的,会迅速失去热量,而且油箱内是没有氧气的,所以带油修漏变压器是不会燃烧的。但是漏出的油却容易燃烧,燃烧产生的气流使焊条溶液很难落到裂隙处,导致焊接困难。

那么这个难题能不能解决掉呢?下面就介绍一下变压器带油修漏的具体方法:

(1) 根据带油修理时热量很快散发掉的特点,采用电弧焊进行补修,千万不要用气焊。



(2) 为了防止漏出的油气化妨碍焊接,可以用石棉绳或其它软一点儿的细绳将漏缝堵住,再进行焊接。对于大一点的漏缝,可以一部分一部分的焊接,将漏油处归结至一点时,再用石棉绳堵死焊接。如果是器身漏油,可以用锤子轻捻,将漏油口捻死再焊。

(3) 焊接速度要快,对于漏油处较大的缝隙,最好焊一会停一会,每次焊接时间不超过 20 秒。间歇几分钟再焊,让油冷却一会。



(4) 如果漏油点不明显，只是出现轻微漏油现象，可以使用肥皂临时补漏，方法是将肥皂用清水泡一下，然后在渗油点上来回涂抹几次即可。此种方法只是临时措施，等待有机会了再焊接补漏。但是有一点需要注意，焊接前必须停电，确认无电后再进行，并把油枕上的加油孔螺丝打开，让空气流通。同时准备好砂子和灭火器等消防器材，以防万一。

②更换密封治理变压器渗漏油

密封橡胶的承压面积应与螺钉的力量相适应，否则难以压紧；更换油塞橡胶密封环时，应将该部件各进口处的阀门和通道关闭，在自身负压保持至大量出油的情况下进行更换，密封件应有良好的耐油和抗老化性能，较好的弹性和机械性能，密封材料尽可能避免使用石棉盘根和软木垫等材料。

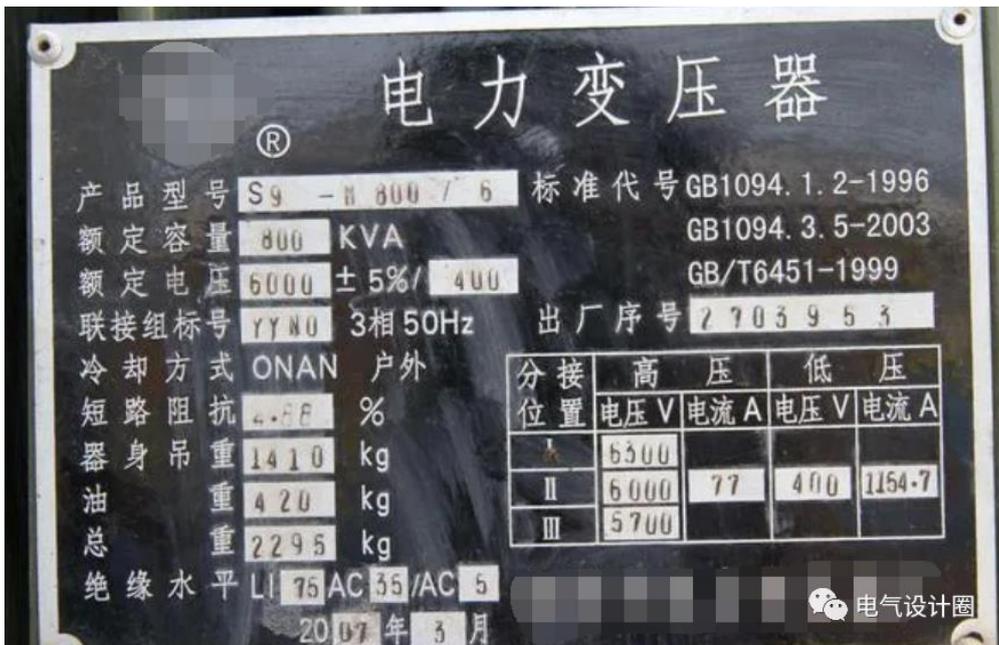
变压器的额定电压是指什么？额定电压怎么确定？这个方法最简单

提起变压器的额定电压，想必大部分电气设计人员都不陌生了，但是如果说到变压器额定电压的确定，可能不少电气设计人员都是只知其一就不知其二的。我们都知道变压器的额定电压（rated voltage）分为一次侧（初级）额定电压和二次侧（次级）额定电压。初级额定电压是指可以加在初级线圈上的最高电压。次级额定电压是在初级为额定电压，次级输出为额定电流的情况下，次级的输出电压。额定电压就是用电器正常工作时的电压。额定电压是电器长时间工作时所使用

的最佳电压。



额定电压简单地理解就是用电设备正常工作时的电压。额定电压是用电设备长时间工作时所使用的最佳电压。高了容易烧坏，低了不正常工作（灯泡发光不正常，电机不正常运转）。此时用电设备中的元器件都工作在最佳状态，只有工作在最佳状态时，用电设备的性能才比较稳定，这样用电设备的寿命才得以延长。那么变压器的额定电压应该怎么确定呢？下面小编简明扼要地给大家讲一讲，希望对广大电气设计人员有一定的帮助。



01 变压器额定电压的定义

首先我们看一下变压器的额定电压的定义：

根据GB/T 17468-2019 《电力变压器选用导则》：
变压器额定电压是指变压器线路端子之间指定施加的或空载时感应出的电压。对于三相变压器，额定电压是指其线电压。额定电压的单位用伏（V）或千伏（kV）表示。

电气设计圈

02 变压器的额定电压的确定

关于变压器额定电压的确定：其一次侧绕组和二次侧绕组的额定电压应根据下面的情况确定。

1、对于变压器的一次侧绕组，其额定电压分为两种情况：

电气设计圈

(1) 变压器直接与发电机相连是，一次侧绕组的额定电压与发电机的额定电压相同，需高出同级电网电压5%。

(2) 变压器直接与城市电网相连接时，其一次绕组的额定电压与城市电网的电压相同。

电气设计圈

2、对于变压器的二次侧绕组，需要考虑变压器自身的电压降（5%）和二次侧绕组同级供电线路的电压降（5%），因此变压器二次侧绕组的额定电压规定要比同级电网额定电压高10%；

电气设计圈

如果变压器的供电半径较小时，供电线路的电压降可以不考虑时，变压器的二次侧绕组的额定电压就可以取高于同级电网额定电压的5%，以补偿变压器自身的电压损失。

电气设计圈

配电房变压器故障分析汇总

配电房变压器是指用于配电系统中根据电磁感应定律变换交流电压和电流而传输交流电能的一种静止电器。在日常工作中，对变压器进行维护管理能有效地延长设备的使用寿命，能保证设备正常运行、提高设备的工作效率以及保证生产的安全性。

随着自动化生产的发展，配电房电气设备在日常的生产工作中发挥着巨大的作用，大大地提高了生产效率，增强了企业的竞争力，为社会的发展做出了重要的贡献。接下来赛普瑞小编为大家讲解配电房变压器故障分析的知识，希望可以帮助你们更好的维护电力安全！



一、变压器故障

配电变压器，是电力系统中配电房的重要设备，若出现故障，则将影响正常的生产、生活用电。其故障主要分为：电路故障和磁路故障。磁路故障，是铁芯和夹件所产生的故障，较为常见的是硅钢片引起短路、铁芯接地不良导致放电等故障。

二、电路故障

电路故障是引线故障和绕组故障，通常为线圈的绝缘受潮、产生老化和材料质量问题，切换器接触不良或制造工艺较为粗糙以及二次系统短路导致故障等。

运行变压器过程中出现异常声音在运作变压器的过程中，内部产生较大声响，随之出现爆裂声或变压器的套管存在严重的破损，伴有放电、闪烁的现象。当变压器运行时出现声音异常的状况，应立即停止运行变压器并及时进行检修。引起变压器出现异常声音故障的原因包括：变压器内部存在接触不良或是绝缘套管被击穿，便会出现放电现象。套管内放电并伴随闪烁，大多是套管破损、裂纹或其表面的釉面存在损伤。



三、故障处理方法

分析可能导致故障发生的原因，若是因为超负荷，导致变压器出现高且沉重的异响，则应及时调整变压器的负荷。若个别零件较为松动，如铁芯穿心螺钉松动，会引起铁芯的松动，而变压器出现不均匀的、强烈的噪声，必须及时停止变压器的运转加强检修。若系统出现铁磁谐波的振动时，变压器有粗细不匀的噪声出现，须及时对系统参数进行调整。

教你如何计算变压器的容量（经验分享），电气人必看！

变压器的额定容量是指主分接下视在功率的惯用值。在变压器铭牌上规定的容量就是额定容量，它是指分接开关位于主分接，是额定空载电压、额定电流与相应的相系数的乘积。对三相变压器而言，额定容量等于 $3 \times$ 额定相电压 \times 相电流，额定容量一般以 kVA 或 MVA 表示。

我们使用变压器过程中，也经常会铭牌模糊，破损。这种情况就很难直观掌握变压器参数，而变压器容量又是变压器参数中比较重要的一种，下面就和大家谈谈变压器容量计算的经验。这篇文章对选择、使用变压器也有一定帮助，话不多说，继续往下看。



(1) 变压器容量的计算

首先选择变压器的额定电压。高压侧电压与并网电压相同，低压侧电压比低压侧高 10%或 5%(取决于变压器电压等级和阻抗电压)；额定容量的选择。

计算变压器承载负荷的大小(需计算最大综合负荷,并将有功负荷 kW 值转换为视在功率 kVA)。如果有两台变压器,则可按最大综合负荷的 70%选择每台变压器的容量,按总负荷考虑一台变压器,还要考虑到适当的裕度。其他名牌参数可与变压器产品结合考虑。一台好的变压器承载负荷能力大,适用范围广,无疑是变压器的优先选择。

示例:选择 35/10kV 变压器。假设最大负荷为 3500kW,功率因数为 0.8。可选用两台容量都为 $S=0.7 \times 3500 / 0.8 = 3062 \text{kVA}$ 的变压器,那可选择 3150kVA 的变压器,电压比为 35kV/10.5kV。然后从产品目录中选择型号。

(2) 变压器容量计算公式:

1) 计算负载各相的最大功率

分别添加 A 相、B 相和 C 相的负载功率。如 A 相总负荷功率为 10kW, B 相总负荷功率为 9kW, C 相总负荷功率为 11kW。取最大值为 11kW。(注:单相设备功率按铭牌上的最大值计算。三相设备功率除以 3 等于该设备各相功率。)

2) 计算变压器的总功率

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

3) 计算变压器总功率

三相总功率/0.8,这是最重要的一步,目前市场上销售的变压器 90%以上的功率因数只有 0.8,所以需要除以 0.8 的功率因数。总功率= $33 \text{kW} / 0.8 = 41.25 \text{kW}$

4) 计算变压器总容量

变压器总功率/0.85,根据《电力工程设计手册》,要根据计算的负荷选择变压器的容量。对于稳定负荷供电的单台变压器,其负荷率一般为 85%左右。

$41.25 \text{ kW} / 0.85 = 48.529 \text{kW}$ (待购变压器功率),购买时选用 50kVA 变压器即可。

(3) 变压器容量计算需要的一些问题

- 1) 变压器的额定容量,为保证变压器在规定的使用条件下正常运行的最大载荷视在功率。
- 2) 载荷视在功率就是变压器的输出功率,也就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) 由于变压器效率高,一般认为变压器额定运行时,认为变压器的输入视在功率等于额定容量,其计算结果也基本准确。



6) 因此, 在使用变压器时, 观察变压器的输出电流、电压、功率因数以及其的视在功率等于或小于额定容量(满足使用条件时)是安全的。

7) 部分人认为变压器有损耗, 必须在额定容量的 90%以下运行是错误的。

8) 在对变压器进行容量设计和选型时, 安全系数乘以计算负荷是正确的。

由这些可见, 变压器容量的计算并不困难。主要问题是要注意变压器容量的计算的这些上述问题。

变压器为什么要一点接地, 多点接地不是更可靠吗?

变压器在运行中, 铁芯及固定铁芯、绕组的金属结构、零件、部件等均处在强电场中, 在电场的作用下, 它们具有较高的对地电位。如果铁芯不接地, 它与接地的夹件及油箱等之间就会产生电位差, 在电位差的作用下, 可能会产生断续的放电现象。

除此之外, 变压器在运行中, 绕组的周围具有较强的磁场, 铁芯、金属结构、零件、部件等都处



在非均匀的磁场中，它们与绕组的距离各不相等，所以，各金属结构、零件、部件等受磁场感应产生的电动势大小也各不相等，彼此之间也存在着电位差。电位差虽然不大，但也能击穿很小的绝缘间隙，因而也可能会引起持续性的微量放电现象。

无论是由于电位差的作用可能产生的断续放电现象，还是可能击穿很小的绝缘间隙引起的持续性微量放电现象，都是不能允许的，而且要检查这些断续放电的部位是非常困难的。

解决的有效办法是，将铁芯及固定铁芯、绕组的金属结构、零件、部件等可靠接地，使它们与油箱等同处于大地电位。**变压器的铁芯接地是一点接地，而且只能是一点接地。**因为铁芯的硅钢片相互之间是绝缘的，这是为了防止产生较大的涡流，因此，切不可将所有的硅钢片都接地或多点接地，否则，将造成较大的涡流而使铁芯严重发热。

变压器的铁芯接地，通常是将铁芯的任意一片硅钢片接地。因为硅钢片之间虽然绝缘，但其绝缘电阻数值是很小的，不均匀的强电场和强磁场，可以使硅钢片中感应的高压电荷通过硅钢片从接地处流向大地，但却能阻止涡流从一片流向另一片。所以，只要将铁芯的任意一片硅钢片接地，那么，就等于将整个铁芯都接地了。

需要注意的是：变压器的铁芯必须是一点接地，不能是两点接地，更不能多点接地，因为多点接地是变压器的常见故障之一。



■ 变压器铁芯为什么不能多点接地。

因为变压器铁芯叠片之所以只能一点接地，是因为假如有两点以上接地，这样接地点之间就可能形成回路。当主磁道穿过此闭和回路的时候，就会在其中产生了循环电流，造成内部过热引发事故。烧熔的局部铁芯会形成铁芯片间的短路故障，使得铁损变大，严重会影响变压器的性能和正常工作，只能更换铁芯硅钢片加以修复，因此变压器不允许多点接地只能有且只有一点接地。

■ **多点接地容易形成环流，易发热。**

变压器在运行过程中，其铁芯以及夹件等金属部件均处在强电场之中，因为静电感应会在铁芯及金属部件上产生悬浮电位，而这一电位会对地放电，这当然是不行的，所以，铁芯以及其夹件等都必须正确和可靠地接地（只有穿心螺栓的除外）。而铁芯只允许一点接地，如果有两点或者多点接地，铁芯就会与接地点和大地构成了闭合的回路。变压器运行的时候，有磁通就会穿过此闭合回路，就会产生所谓的环流，引起铁芯的局部过热，甚至烧毁金属部件以及绝缘层。

综上所述：**变压器的铁芯只能一点接地，不能两点或者多点接地。**

变压器油中溶解气体检测

一、油中溶解气体检测的意义及原理

1. 油中溶解气体检测的意义

电力变压器是电网的核心设备，其运行可靠性影响着电网的安全稳定。大多数变压器故障都是由内部局部微小缺陷逐步演变形成的。变压器构造为结构复杂的全密封箱体，其内部缺陷难以通过外部测量手段监测，但其导致的放电或过热现象，不同程度上均会导致变压器绝缘油及绝缘纸等固体绝缘材料发生一系列化学反应，生成不同类型的故障特征气体，并溶解于变压器油中。如同诊断人体疾病最常用的“验血”手段，通过对油中溶解特征气体浓度及比例的检测或监测，可及时发现变压器大部分内部隐患和缺陷。

常用的变压器油中溶解故障特征气体主要为氢气(H₂)、甲烷(CH₄)、乙烷(C₂H₆)、乙烯(C₂H₄)、乙炔(C₂H₂)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)七种，变压器在不同故障类型下产生的气体如表1所示。

表 1 油浸式电力变压器不同故障类型产生的气体

故障类型	主要气体组分	次要气体组分
油过热	CH ₄ 、C ₂ H ₄	H ₂ 、C ₂ H ₆
油和纸过热	CH ₄ 、C ₂ H ₄ 、CO	H ₂ 、C ₂ H ₆ 、CO ₂
油纸绝缘中局部放电	H ₂ 、CH ₄ 、CO	C ₂ H ₄ 、C ₂ H ₆ 、C ₂ H ₂
油中火花放电	H ₂ 、C ₂ H ₂	/
油中电弧放电	H ₂ 、C ₂ H ₂ 、C ₂ H ₄	CH ₄ 、C ₂ H ₆
油和纸中电弧放电	H ₂ 、C ₂ H ₂ 、C ₂ H ₄ 、CO	CH ₄ 、C ₂ H ₆ 、CO ₂

2. 油中溶解气体检测方法

常用的多组分气体检测方法主要包括气相色谱法、光声光谱法、电化学传感器法、半导体传感器法等，其检测原理图如图 1 所示。

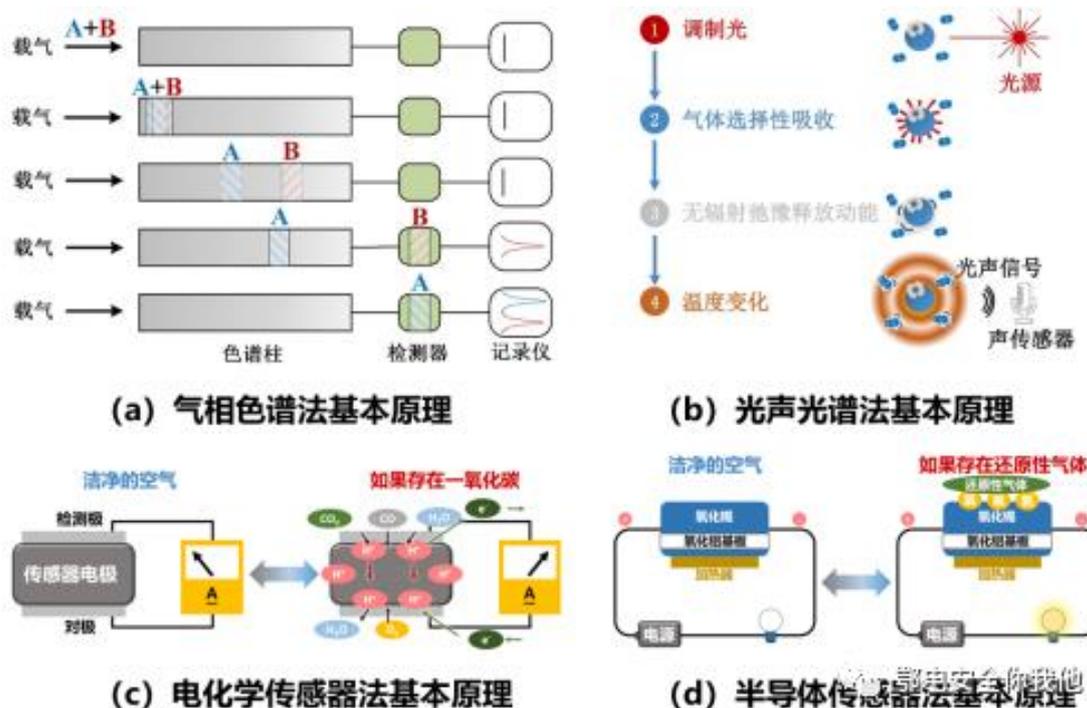


图 1 常用的多组分气体检测方法

气相色谱法通过气相色谱检测器测量油中溶解气体的浓度，其具有技术成熟度高、测量灵敏的优势，但存在需要更换载气、色谱柱的问题；

光声光谱法属于一种光学气体检测方法，其具有测量周期短、无需载气、维护量少的优势，但存在国产化程度低的问题，且部分气体（如乙炔）检测灵敏度仍有待提升。电化学传感器法与

半导体传感器法检测原理类似,均是通过待测气体改变传感器/半导体本身的特性后产生的电流信号来测量气体浓度,均具有灵敏度高、成本低的优点,但都同样存在气体间交叉干扰的影响,且长期可靠性较差。

目前常用于在线监测的油中溶解气体检测装置主要采用了气相色谱与光声光谱技术。气相色谱技术成熟度高,主要零部件实现了全国产化,具有价格优势;光声光谱技术具有检测周期短、维护量少的优势,入网率逐年上升,但由于其主要核心部件(光源、麦克风)仍依赖进口,导致其成本较高,价格较贵。

二、油中溶解气体在线监测装置入网检测

目前,油中溶解气体在线监测装置在变压器状态监测中具有广泛的应用,但变压器运行环境复杂,如何保持油中溶解气体在线监测装置在运行中的测量准确性(精度)是面临的一大难题。如果在线监测装置精度降低,甚至发生误报等现象,就丧失了在线监测装置对变压器早期潜伏性故障的监测作用,还会增加运维人员的工作量。究其原因,其一是部分在线监测装置在安装前未经严格的出厂检测和入网检测,测量精度达不到标准要求;其二是在线监测装置会在运行复杂环境的影响下,检测数据产生漂移,如不及时校正,其检测精度将逐步降低。因此,常用的方法是开展油中溶解气体在线监测装置的入网检测以及现场校准工作,以确保在线监测装置在运行中的精度。

依据国家电网有限公司变压器油中溶解气体在线监测装置检测、校验相关标准和工作要求,国网湖北电科院持续加强油中溶解气体检测装置质量检测,对全省新安装的220千伏及以上变压器类设备油色谱在线监测装置开展抽检,并定期赴现场,对跨区电网1000千伏特高



图 2 油色谱在线监测装置到货验收

压交流、±500千伏直流等变电站、换流站153台油色谱在线监测装置开展了现场校准,有力提升了变压器油中溶解气体在线监测装置的准确性、有效性和可靠性,保障了变压器设备的本质安

全水平。

三、油中溶解气体在线监测装置检测不合格的典型案例

2021年1月和3月，国网湖北电科院在开展变压器油中溶解气体在线监测装置专项技术监督时发现，计划在220千伏省内某变电站安装的由某公司生产的绝缘油色谱在线监测装置在到货验收检测时，经两次检测均不符合Q/GDW 10536-2017《变压器油中溶解气体在线监测装置技术规范》标准要求。首次检测测量误差试验、测量重复性试验和交叉敏感性试验不符合要求，设备换货后再次检测测量误差试验和交



图 3 油色谱在线监测装置现场校准

叉敏感性试验仍不符合要求。针对此状况，省电科院发布了针对该公司产品的技术监督告警通知单，并给出了以下处理意见：

1) 地市公司敦促供货单位及时提供新的符合标准要求的油色谱在线监测装置，并重新委托开展到货验收检测。如再次检测仍不满足标准要求的，应纳入供应商不良行为进行处理。

2) 对2021年1月1日以前，已中标、未投运的该公司生产的同型号变压器油中溶解气体在线监测装置，其到货验收性能检测要求由抽检变为全检。通过该典型案例，充分体现了针对油中溶解气体在线监测装置开展入网检测的必要性及有效性。

四、下一步工作计划

1. 加强油色谱在线监测装置到货验收检测能力

进一步加强针对新投运的油色谱在线监测装置进行到货验收检测的工作，将到货验收报告作为投产必备条件，确保在线监测装置入网质量、提高应用质效，加强检测能力。

2. 加强已入网油色谱在线监测装置性能提升

缩短油色谱在线监测装置现场校验周期，高效优质的开展现场校验工作，对性能指标发生变化的在线监测设备进行校准或技术监督，发挥油色谱在线监测装置及时发现设备隐患的作用。

3. 加强油色谱在线监测装置数据处理能力

对不同厂家的油色谱在线监测装置所收集到的监测数据进行数据清洗，排除误报及异常数据。对清洗后的数据进行故障分析，及时通过异常气体增长趋势等判断设备故障类型及故障发展情况。

变压器过载，这些知识你都了解吗

在变压器运行中。超过了铭牌上规定的电流就是处于过载运行。在一般情况下长期过载运行是不被允许的。变压器过载运行会使温度升高。决定变压器使用寿命的主要因素是绝缘的老化程度，而温度对绝缘老化起着决定性作用，**研究结果证明，绝缘工作时的温度每升高 8℃时，其寿命就会减小一半。**



变压器什么情况才叫过载

变压器都有自己固定的容量，当用电负荷超过该容量时即过载。

变压器容量固定，原边副边电压也是固定的，那么，原边副边的额定电流就是该台变压器所能承载的最大电流。随着负荷的增加，原边副边电流也都会相应增加，当电流值超过额定电流时

即过载。

例如：一台 10kv/400v 的变压器，容量是 1000KVA，它的原边副边额定电流分别为：58A、1440A 当副边电流超过 1440 时，此时原边电流也必然超过 58。这时就过载了。变压器可以过载运行吗？

在实际运行的情况下。大部分变压器的负荷都不是始终稳定的，负载每昼夜、各季节都在变动。在负荷较小期间其绝缘老化较额定负荷时小，因此，允许一部分时间内过载而不致影响变压器的使用寿命，也就是说。在不损害绕组绝缘和不降低寿命的前提下变压器可在正常运行的高峰负荷时和冬季时过载运行。其允许过载的数值要根据变压器的负荷曲线，周围冷却介质的温度，以及过负荷前变压器已经带了多少负载来确定。特殊情况下变压器短时间内的过载运行，也不能超过额定负载的 30% (冬季)，在夏季不得超过 15%。

变压器过载能力及时间

- 过载 10% 变压器可持续运行 180 分钟
- 过载 20% 变压器可持续运行 150 分钟
- 过载 30% 变压器可持续运行 120 分钟
- 过载 60% 变压器可持续运行 45 分钟
- 过载 75% 变压器可持续运行 15 分钟
- 过载 100% 变压器可持续运行 7.5 分钟
- 过载 140% 变压器可持续运行 3.5 分钟
- 过载 200% 变压器可持续运行 1.5 分钟

配电室工作人员实时监控各变压器运行情况，发现变压器过载 运行时，应密切观察过载情况及运行时间，超过以下规定过载运行时间应立即通知生产部门采取必要调控措施，以保证变压器及电网安全。

变压器有载调压技术

电力变压器有载调压技术的定义是能够在带负荷的条件下调节变比的变压器。应用有载调压手段的变压器都属于静止电气设备的一种类型，它是把某一值域的交流电压转换为另一种或者是几种不同数值电压的设备。

1、传统的有载调压方法

传统意义上的变压器，其有载调压装置应用的是机械型分接开关，用双过渡式电阻来举例子，

当分接头选择好之后，按照从右到左或者从左到右的顺序切换转换开关。机械型开关的驱动齿轮等动作很容易造成操作事故，会让变压器可靠程度减弱，对工作带来一定安全隐患。另外，当机械开关产生动作时，能形成电弧，一定的电弧让机械开关触点发生慢性烧蚀，所以当操作达到一定的次数以后，就一定要对触头进行更换，而我们不能忽略的另一个问题是，产生的电弧会让变压器发生油质下降的问题，继而让变压器中的绕组绝缘能力减弱，导致相间短路或者是匝间短路的发生。根据一些研究数据，在以传统有载调压方法为主的时期，分接开关事故与故障每年都占变压器总事故的百分之十至百分之二十之间，而 500 千伏变压器有接开关故障率更是一度高达百分之二十五，事故和故障频率非常高。因为机械型开关动作反应时间一般是 5 秒左右，用时较久，所以传统意义上的应用了有载调压技术的变压器只能应用在稳定状态中的电压调节。



2、新型的有载调压方法

正因为传统机械型开关存在着如上几种不足，所以各国都积极研究出了新型的有载调压装置，其按成分接头的种类，可以区分为机械改进型、电子开关型和辅助线圈型三种。

① 机械改进型有载调压技术

这类变压器是由传统型变压器加上开关电子电路而变换所成，它的分接开关只要用到少量晶闸管和一个过渡电阻，由机械开关和电子开关相互配合，起到限制操作中电弧产生的作用。晶闸管接在传统开关两侧，当断开一端支路时，触头电压触发晶闸管。二极管提供的门极电流从另一

端支路流过，因为电流过零，晶闸管切断，这样不会发生电弧。而当开关支路合上时，因为有晶闸管侧的电流分流，原支路电流减少，也能起到限制电弧的作用。这种形式装置的优势在于不用时间控制回路，而对晶闸管的容量要求也很低，晶闸管失控亦不会损坏变压器的分接头，不足之处是运行速度不快。

② 辅助线圈式有载调压技术

其实早在上世纪八十年代，就有研究者提出，用控制晶闸管导通角的办法叠加可调电压于变压器上，让三相变压器和升压变压器相互连接，其间可用反接晶闸管当作连接媒介，如果晶闸管的触发没有延时，那么当过零时触发，而电压会相位加载到负荷之上。而如果晶闸管的触发发生延时，则预告设置的短路开关可以起到防止升压变压器开路的作用。后来，另外有学者在此理论研究基础上，进行了改造，在变压器上增加了一定的辅助电压，用来保障所叠加的电压与原有电压相位相同。而几乎是在同时，西门子公司有人提出另外一种以辅助线圈为基础的有载调压方式，用来实现无弧化操作，具体作法是用一个可以调节额定电压的线圈，耦合接入到变压器中，调压范围是正负 0.63%

③ 电子开关式有载调压技术

因为电子电力技术的发展进步，也让晶闸管容量提高到了一个新的发展层面，应用微处理器来直接对切换晶闸管电子电力开关进行控制变成可能，它可以不用机械开关来作为辅助。而是用适当选择触发时间的办法来尽量降低晶闸管耗费功率。当前，这项技术只是处在试验阶段，一些诸如晶闸管易发生损坏、晶闸管故障造成的短路等问题，尚需要予以研究解决。

④ 电力变压器的三种新型调压技术比较分析

机械改进式有载调压特点是经济性高，谐波含量少，速度慢，电弧受限制，晶闸管失控时对于变压器的工作不发生影响；辅助线圈式有载调压特点是谐波多，电弧不被限制；电子电力开关式有载调压特点是速度快，晶闸管失控的影响大，谐波含量少，价格高。由此我们可以看得出来，三种类型的有载调压方法有各自的优势与不足。当前我们国家对于新型电力变压器的有载调压技术还没有系统的研究，如果可以借鉴国外的一些先进研究成果，再根据当地科技、经济等实际情况，把现在的有载调压技术进行改进，那么电力变压器的工作性能必将得到大幅度地提升。

变压器中性点保护讲解！

有的变压器中性点直接接地，有的变压器中性点经间隙接地，变压器中性点的保护主要是反映接地故障。

情况 1：当系统发生接地故障，中性点接地的变压器应装设零序电流保护，可由两段组成，每段各带两个时限，短时限动作于断开母联或分段断路器，缩小故障影响范围，长时限动作于断开变压器各侧断路器。

情况 2：当系统发生接地故障，中性点接地的变压器跳开后，电网零序电压升高或谐振过电压等都会危及中性点不接地的变压器中性点绝缘。因此，中性点不接地的变压器应装设零序电压保护或间隙零序电流保护。

1、分级绝缘变压器

大型变压器是电力生产的核心设备，由于其成本较高，故在 110 kV 及以上的中性点直接接地的电网中，多采用分级绝缘的变压器。

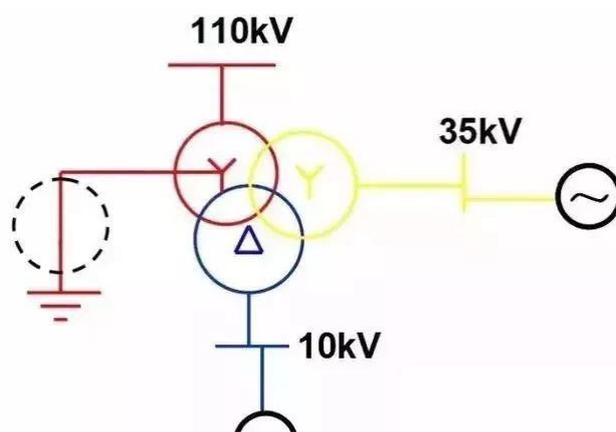
在实际运行中，部分变压器的中性点是直接接地的。但还有部分变压器的中性点不接地运行。所谓分级绝缘，就是变压器的线圈靠近中性点部分的主绝缘，其绝缘水平比线圈端部的绝缘水平低。

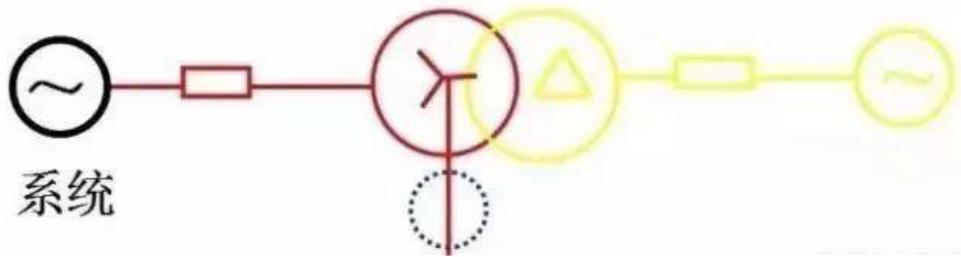
分级绝缘变压器运行中应注意的问题：

- a, 分级绝缘变压器中性点一定要加装避雷器和防止过电压间隙；
- b, 如果条件允许，运行方式允许，分级绝缘变压器一定要中性点接地运行；
- c, 分级绝缘变压器中性点如果不接地运行，中性点过电压保护一定要可靠投入。

2、变压器中性点配置关键原则

- a、在双母线运行时，应考虑当母联开关跳闸后，保证被分开的两个系统至少应有一台变压器中性点接地；
- b、变压器中、低压侧有电源时，则变压器中性点必须直接接地，以防止高压侧断路器跳闸，变压器成为中性点绝缘系统；
- c、发电机—变压器—线路组的主变压器中性点应保持接地运行。





3、变压器中性点过电压的三种形式

- a、大气过电压
- b、单相接地故障引起的过电压
- c、断路器非全相分合闸引起的过电压（主要表现为电网中断路器的非同期重合闸、非全相动作、导线断线等）

4、变压器中性点间隙保护的三种方式

可采用间隙、避雷器及避雷器联合放电间隙 3 种方式。

变压器多采用避雷器联合放电间隙的保护方式。放电间隙采用棒—棒间隙，避雷器多配置为氧化锌避雷器。

避雷器并联间隙的保护分工是工频、操作过电压由间隙承担，雷电、暂态过电



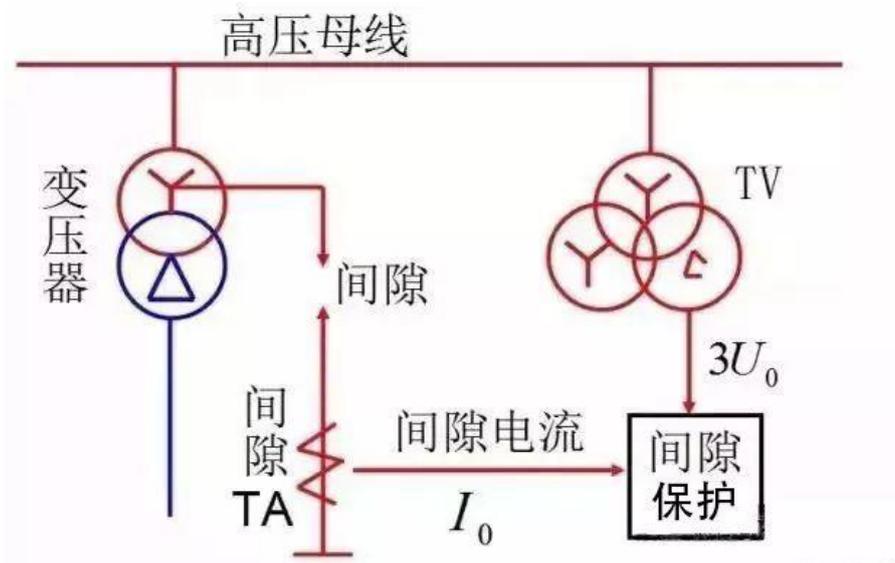
FNR-IXB 系列变压器中性点间隙接地保护装置

压由避雷器承担，同时，又用间隙来限制避雷器上可能出现的过高幅值的工频过电压和过高的残压。这种方式既对变压器中性点进行保护，又起到互为保护的作用。

5、变压器中性点间隙过流保护

为防止过电压损坏变压器中性点绝缘,对主变压器中性点目前普遍采取装设放电间隙的措施,并利用中性点套管电流互感器或在放电间隙回路装设独立的电流互感器,构成变压器中性点放电间隙零序过电流保护(简称“间隙过流”保护)

变压器中性点间隙保护原理如下图所示。



变压器高压侧中性点放电间隙保护何时投入，何时退出，为什么？

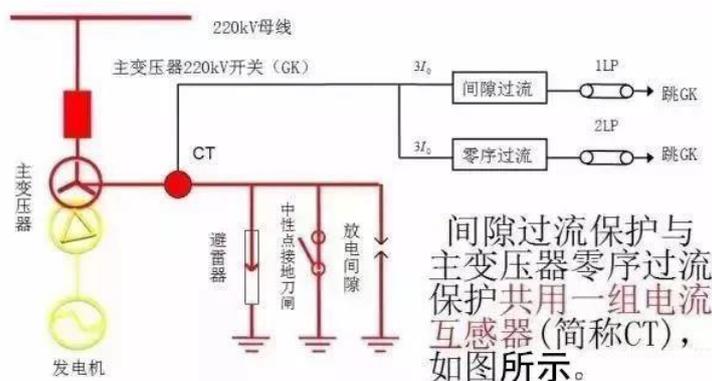
应在中性点接地刀闸合上前退出，在中性点接地刀闸拉开后投入。（即放电间隙保护与中性点不能同时在投入状态）

因为：放电间隙保护是由零序电压和零序电流并联组成，且电流定值比较灵敏，时间较短，没有与其他保护配合的关系。在直接接地状态时，如遇到外部故障，在中性点 CT 中就有零序电流流过，将造成间隙过流保护误动。

在经间隙接地状态时，在发生接地故障时，在其他接地变跳开后，中性点零序电压将升高，使间隙零序电压保护动作。间隙击穿后，零序电流动作，保护不接地变压器的安全。

变压器中性点间隙过流保护的三种接线方式：

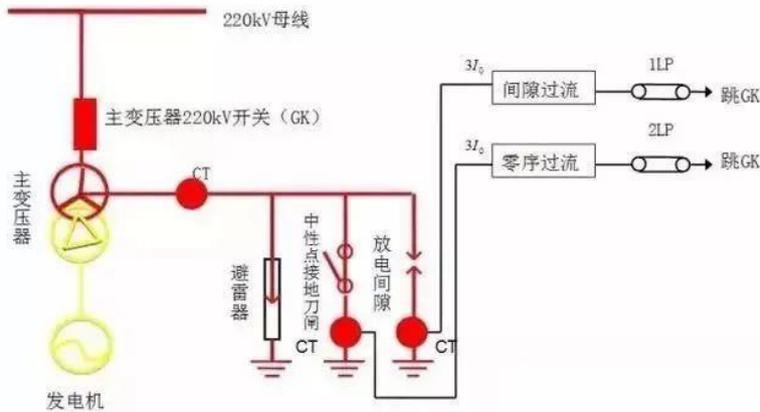
(1) 共用电流互感器接线图



2 个电流继电器动作值不同，且 2 种接地电流的性质不同。零序过流主要是工频量。间隙过流

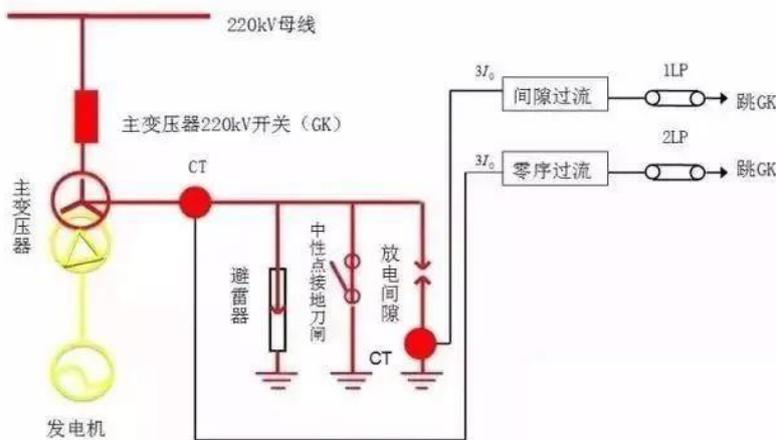
具有间隙、分段发展的性质，间歇时间和电流幅值均为随机性，且含有大量谐波分量。

(2) 电流互感器相互独立接线图



将 2 套保护的电流互感器相互独立，即交流回路分开，分别接在各自的正确位置处。此方案较为合理，但费用高。

(3) 综合接线示意图



变压器出厂时装设了主变压器中性点 CT,为降低费用，零序过流采用主变压器自带中性点 CT,间隙过流采用单独 CT 的综合接线。

6、变压器零序电压保护

中性点放电间隙是一种较为粗糙的设备，因其放电电压受气象条件、调整精度以及连续放电次数的影响可能出现该动作而不能动作的情况。为此，还应装设零序电压保护，作为放电间隙拒动时的后备保护。

手把手教你主变本体瓦斯继电器取气方法，看这个就够了！

导 读

本期头条为“主变本体瓦斯继电器取气方法”，主要从瓦斯继电器的种类及主要构造、瓦斯继电器取气样步骤、集气盒取气样步骤以及气样运输保存注意事项这四个方向详述。

■ 瓦斯继电器的种类及主要构造

瓦斯继电器分为两种：主变本体瓦斯继电器和有载调压开关瓦斯继电器。



瓦斯继电器主要构造



■ 瓦斯继电器取气样步骤

瓦斯取气前准备工作及注意事项：

a、取气样器具准备：

100ml 玻璃注射器、带针头 1ml 玻璃注射器各一只、医用乳胶软管、注射器胶帽、医用三通阀各一个、适量本体油。

b、取气前注意事项

①注射器应密封良好，清洁干燥，芯子与器身滑动自如无卡涩。取样前应用设备本体油润湿注射器，以保证注射器滑润和密封；

②乳胶软管与放气塞口径应一致，并能与医用三通阀密封连接；

③取样工作前应认真查看工作现场，办理相关工作许可手续，并将主变本体重瓦斯保护从跳闸改为发信；取气工作中应注意保持人身与带电部位的安全距离，高处作业时还应系好安全带，梯子应有专人扶持，尽可能从集气盒进行气样采集；

④进行有载气体继电器排气前，应先合上该主变中性点接地刀闸，并将该主变有载瓦斯保护暂时退出运行，工作中要与中性点套管、中低压侧套管保持足够的安全距离，开启气体继电器外盖后要做好绝缘隔离措施，防止操作过程中手指意外触碰到接线端子造成触电。



瓦斯继电器取气样步骤具体如下，分为 10 步：

1、打开瓦斯继电器外罩；



取下放气塞堵头

2、将乳胶管套在气体继电器的放气嘴上；



连接牢固

3、将乳胶管的另一头接到医用三通阀，并将注射器与三通阀连接（要注意乳胶管的内径与气体继电器的放气嘴及三通阀连接处要密封），三通阀应提前将放气塞密封；



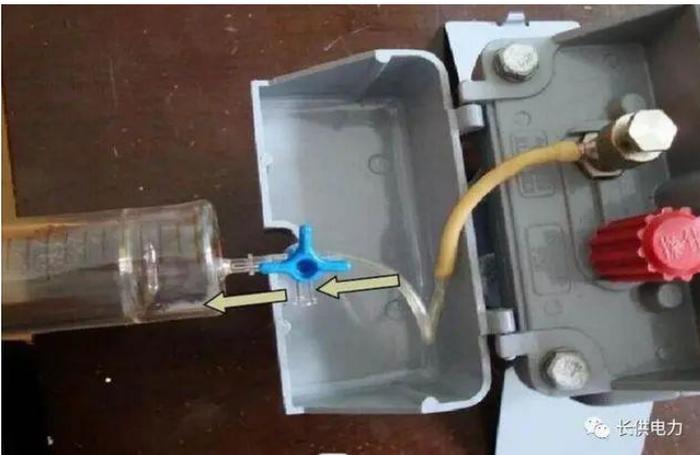
4、打开瓦斯继电器放气塞；



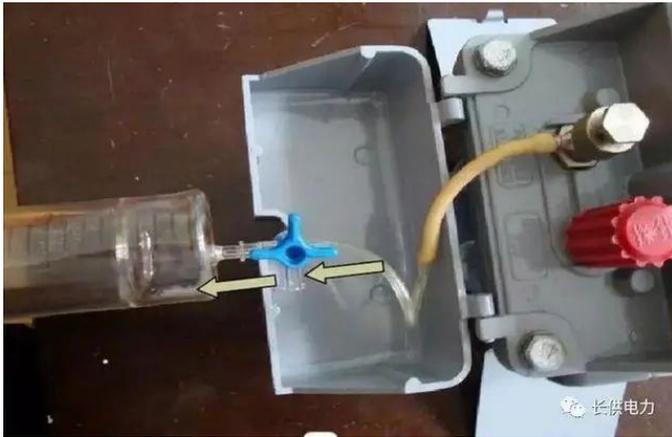
转动三通阀的方向，用气体继电器内的少量气体冲洗连接管路与注射器；



5、转动三通阀将冲洗连接管路及注射器后的气体排出，注意三通阀旋转方向不要搞错；



6、再转动三通阀取气样，一般取 60~80ml 气样即可，取得过多注射器容易泄露，取气样时应还要注意不要让油进入注射器；



7、取样后，转动三通阀的方向使之封住注射器口，将瓦斯继电器内剩余积气排出，待三通阀下端出口出油后关闭放气塞；



8、将注射器连同三通阀和乳胶管一起取下来；



关紧放气塞；



9、取下三通阀；



立即改用小胶帽封住注射器（尽可能排尽小胶帽内的空气）；



10、将注射器小胶帽封紧；



旋回放气塞堵头；



紧固外罩螺丝，取气工作结束。

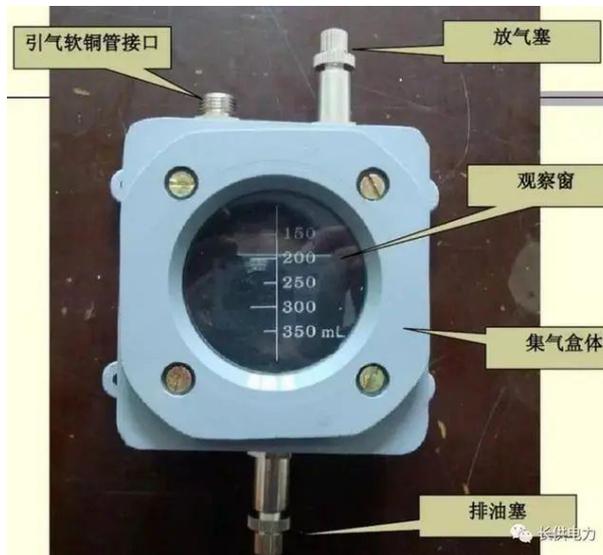


■ 集气盒取气样步骤

a、什么是集气盒？

集气盒是瓦斯继电器重要的附属配件，主要用于运行中瓦斯继电器取气样使用。它一般安装在主变中下部，一端用软铜引气管从瓦斯继电器侧面气孔引出，平时集气盒内充满变压器油。由于采用集气盒后取气样无需再登高作业，大大降低了取气样工作的危险性，也减轻了油务工作人员的劳动强度。

b、集气盒的主要结构：集气盒主要由引气软铜管、放气塞、排油塞、箱体、观察窗组成。



集气盒取气样步骤：

1、将瓦斯继电器内积气引入集气盒：旋下集气盒下部排油塞堵头，打开集气盒下部排油塞，慢慢放出盒内变压器油，当盒内油位降低后，瓦斯继电器内积气在油压作用下将顺着引气软铜管进入集气盒内，当引气管持续出油、轻瓦斯信号已消失且集气盒内油位开始上升时，表示瓦斯继电器内已无积气，关紧排油塞。

2、旋下集气盒上部放气塞堵头，将乳胶管、医用三通阀、注射器连到放气塞。

3、将乳胶管、医用三通阀、注射器连到放气塞。





4、重复瓦斯继电器取样步骤，气样取完后，将放气塞排气至出油后，关紧放气塞，旋回堵头，取气样结束。



■ 气样运输保存注意事项

1、取好的气样应尽快进行分析，通常油样保存期不得超过 4 天，气样保存期应更短些，建议不超过 2 天。在运输过程及分析前的放置时间内，必须保证注射器的芯子不卡瑟。

2、取好的气样必须避光保存，在运输过程中应尽量避免剧烈震荡。气样空运时要避免气压变化的影响，注射器芯子应留有适量滑动空间。

3、装运气样注射器时最好用专用的防震取样箱，应防止注射器意外破损，以免影响后续分析工作。

铜线与铝线为什么不能拧在一起？你知道原因吗？

铜线与铝线大家都很熟悉，但小编要问大家这两种线能接到一起吗？为什么？大家可能知道的就没几个了，现在小编来科普一下。

简单介绍一下铜线和铝线的优缺点：

相同面积，铜线比铝线负载大。铜线比铝线柔韧性好。铜线比铝线电阻率低。铜线比铝线稳定性好。但是，铜线是铝线价格的 3.5 倍左右。所以有好些人为了省钱，会选择用铝线，但是小编还是强力推荐铜线，这钱不能省！如果有些朋友，先是用铝线，后来买了铜线。**那么铜线和铝可以直接连接吗？答案：不可以。**

为什么铜线与铝线不能连接在一起？

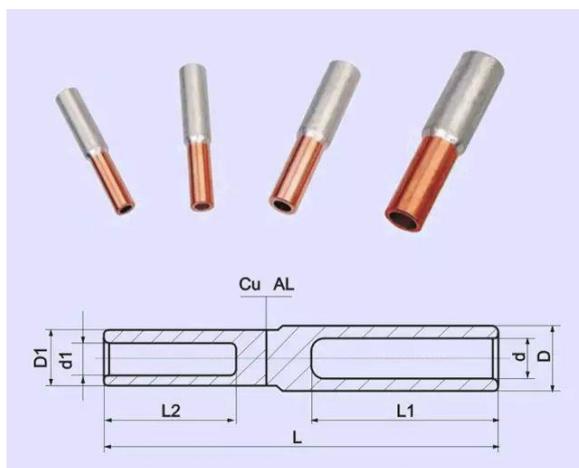
1. 铜铝的电位不同，铜铝接触的部分会由于原电池反应**加速铝线的氧化**，时间久了**铜铝接头处会接触不良**。要想接在一起，必须用铜铝过度线夹或过度线管。



铜铝过渡线夹

2. 这是一个化学问题，金属的化学特性有相对活泼和不活泼，比如黄金，从来都不生锈，这就说明黄金化学不活泼，铁容易生锈，铁就比黄金活泼，如果两种金属放在一起就会加速活泼金属的氧化，铝和铜相比，铝比较活泼，两种电缆连接，会加速铝氧化（也就是生锈），影响使用。

3. 当铜、铝导体直接连接时，这两种金属的接触面在空气中水分、二氧化碳和其他杂质的作用下极易形成电解液，从而形成的以铝为负极、铜为正极的原电池，使铝产生电化腐蚀，造成铜、铝连接处的接触电阻增大。



(铜铝线接头)

另外，由于铜、铝的弹性模量和热膨胀系数相差很大，在运行中经多次冷热循环(通电与断电)后，会使接触点处产生较大的间隙而影响接触，也增大了接触电阻。接触电阻的增大，运行中就会引起温度升高。高温下腐蚀氧化就会加剧，产生恶性循环，使连接质量进一步恶化，最后导致接触点温度过高甚至会发生冒烟、烧毁等事故。



铜铝过渡接头

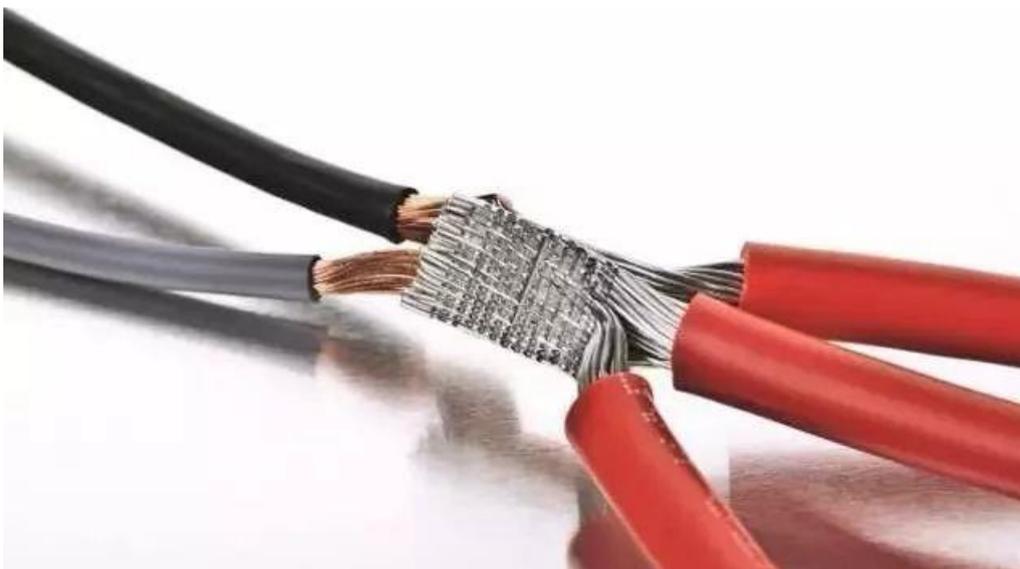
铜线和铝线连接时为什么用铜铝过渡线夹?

1. 在铜线和铝线连接处所生成的灰白色物质系三氧化二铝时间稍长,连接处接触电阻会增大、发热,造成电路时通时断极易引发建筑物火灾。所以要用专用的**铜铝过渡线夹**。避免产生不必要的麻烦!



铜铝线连接器件(俗称“铜铝鼻子”)

2. 如果直接将铜线和铝线绞到一起,接头很容易氧化,导致电阻增大,从而更容易烧坏。这种损坏的真正原因是**铝元素比铜元素活跃的多,在铜铝结合面将产生徐徐多多的微电势(即微电池),从而产生微电蚀,时间久了接触电阻变大**。普通家庭作业时,先把铜才度锡再连接会更可靠些。



3. 在电力系统中,铜和铝直接连接,在流过电流时会发生电化腐蚀,因此要**采用铜铝过渡**,

或在接触面中间垫锡片，有条件再涂一层导电膏。普通家庭连接时，可给铜线挂锡后在于铝线连接，可避免电化腐蚀。

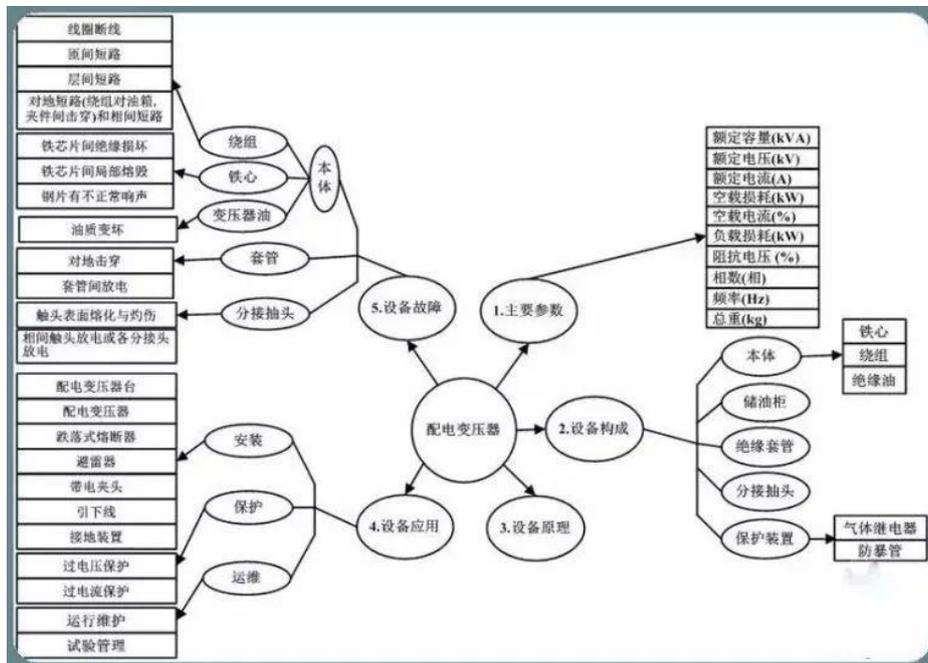
10kV（台变及箱变）配电变压器全面讲解

配电变压器，简称“配变”。指配电系统中根据电磁感应定律变换交流电压和电流而传输交流电能的一种静止电器。配电变压器通常是指运行在配电网中电压等级为 10-35kV（大多数是 10kV 及以下）、容量为 6300KVA 及以下直接向终端用户供电的电力变压器。

1. 配电基本介绍

1.1 定义

配电变压器，简称“配变”，指配电系统中根据电磁感应定律变换交流电压和电流而传输交流电能的一种静止电器。有些地区将 35 千伏以下（大多数是 10KV 及以下）电压等级的电力变压器，称为“配电变压器”，简称“配变”。安装“配变”的场所与地方，既是变电所。配电变压器宜采用柱上安装或露天落地安装。

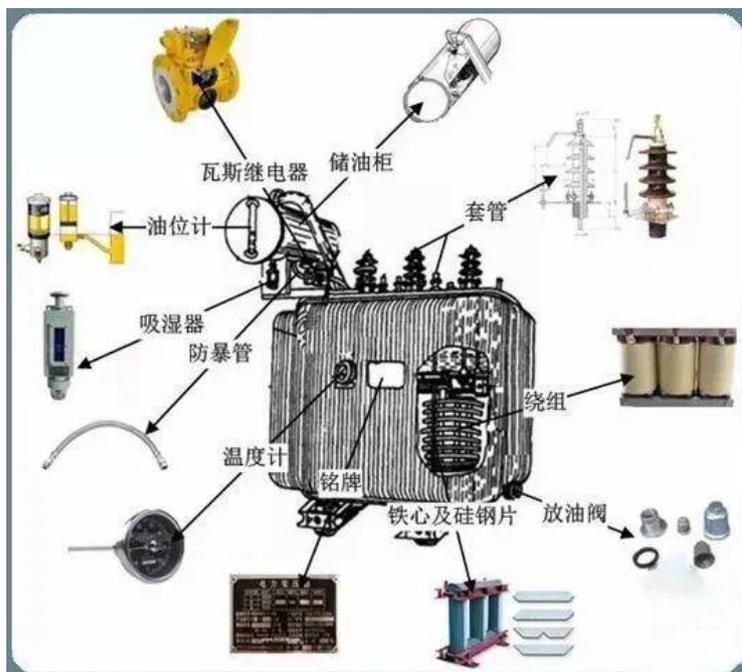


▲ 配电知识结构

1.2 结构

本次小编以油浸式配电变压器进行结构介绍，油浸式配电变压器按其结构可分为本体、储油

柜、绝缘套管、分接开关、保护装置等。如下图



▲ 配电变压器结构分解

1.2.1 本体

本体包含了铁心、绕组及绝缘油三部分，绕组是变压器的电路，铁心是变压器的磁路。二者构成变压器的核心即电磁部分。

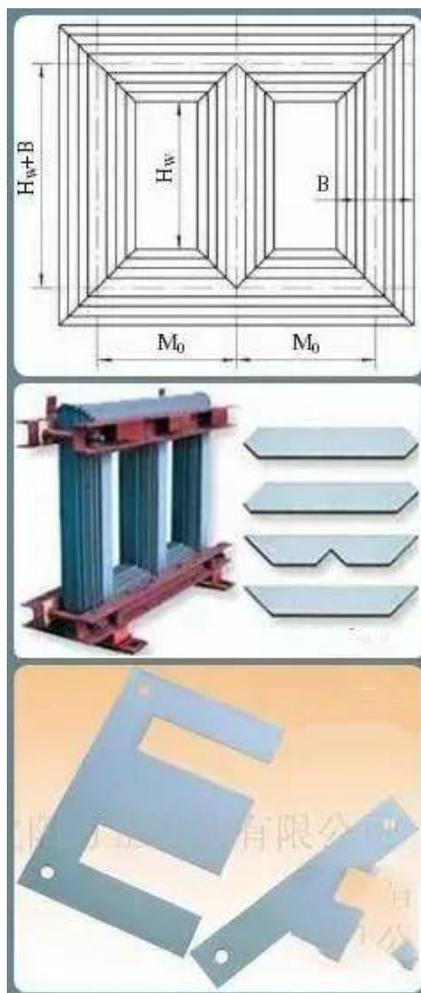
1.2.1.1 铁心

铁心是变压器中主要的磁路部分。通常由含硅量较高、厚度为 0.35 或 0.5mm、表面涂有绝缘漆的热轧或冷轧硅钢片叠装而成，铁心分为铁心柱和铁轭两部分，铁心柱套有绕组，铁轭闭合磁路之用。铁心结构的基本形式有心式和壳式两种。

▲ 铁心结构

1.2.1.2 绕组

绕组是变压器的电路部分，一般用绝缘扁铜线或圆铜线在绕线模上绕制而成。绕组套装在变压器铁心柱上，低压绕组在内层，高压绕组套装在低压绕组外层，低压绕组和铁芯之间、高压绕组和低压绕组之间，都用绝缘材料做成的套筒



分开，以便于绝缘。



▲绕组结构

1.2.1.3 绝缘油

变压器油的成份是很复杂的，主要是由环烷烃、烷烃和芳香烃构成，在配电变压器中变压器油起两个作用：一是在变压器绕组与绕组、绕组与铁心及油箱之间起绝缘作用。二是变压器油受热后产生对流，对变压器铁心和绕组起散热作用。常用的变压器油有 10 号、25 号和 45 号三种规格，其标号表示油在零下开始凝固时的温度，例如“25 号”油表示这种油在零下 25℃时开始凝固。应该根据当地的气候条件选择油的规格。

1.2.2 储油柜

储油柜装在油箱的顶盖上。储油柜的体积是油箱体积的 10%左右。在储油柜和油箱之间有管子连通。当变压器的体积随着油的温度变化而膨胀或缩小时，储油柜起着储油和补油的作用，保证铁芯和绕组浸在油内；同时由于装了储油柜，缩小了油和空气的接触面，减少了油的劣化速度。

储油柜侧面有油标，在玻璃管的旁边有油温在-30℃、+20℃和+40℃时的油面高度标准线，表示未投入运行的变压器应该达到的油面高度；标准线主要可以反映变压器在不同温度下运行时，油量是否充足。

储油柜上装着呼吸孔，使储油柜上部空间和大气相通。变压器油热胀冷缩时，储油柜上部的空气可以通过呼吸孔出入，油面可以上升或下降，防止油箱变形甚至损坏。

1.2.3 绝缘套管

它是变压器箱外的主要绝缘装置,大部分变压器绝缘套管采用瓷质绝缘套管。变压器通过高、低压绝缘套管,把变压器高、低压绕组的引线从油箱内引至油箱外,使变压器绕组对地(外壳和铁心)绝缘,并且还是固定引线与外电路连接的主要部件。高压瓷套管比较高,低压瓷套管比较矮小。

1.2.4 分接抽头

变压器高压绕组改变抽头的装置,调整分接位置,可以增加或减少一次绕组部分匝数,以改变电压比,使输出电压得到调整。变压器在退出运行,并从电网上断开后以手动变换分接开关位置的方式,而调整输出电压的称为无载调压。

1.2.5 保护装置

1.2.5.1 气体继电器

气体继电器装于变压器油箱与储油柜连接管中间,与控制电路连通构成瓦斯保护装置。气体继电器上接点与轻瓦斯信号构成一个单独回路,气体继电器下接点连接外电路构成重瓦斯保护,重瓦斯动作使高压断路器跳闸并发出重瓦斯动作信号;

1.2.5.2 防暴管

防暴管是变压器的一种安全保护装置,装于变压器大盖上面,防暴管与大气相通,故障时热量会使变压器油汽化,触动气体继电器发出报警信号或切断电源避免油箱爆裂。

2. 分类

2.1 按安装位置分类

配电变压器根据安装位置分为室内和室外。

室外安装分为台墩式、杆塔式和落地式(含预装式)。

2.1.1 杆塔式

杆塔式是将变压器安装在杆上的构架上。分为单杆式和双杆式。

当配电变压器容量在 30KVA 及以下时(含 30KVA),一般采用单杆配电变压器台架。将配电变压器、高压跌落式熔断器和高压避雷器装在一根水泥杆上,杆身应向组装配电变压器的反方向倾斜 $13^{\circ} - 15^{\circ}$ 。

当配电变压器容量在 50KVA~315KVA 时一般采用双杆式配电变压器台。配电变压器台由一主杆水泥杆和另一根副助杆组成,主杆上装有高压跌落式熔断器及高压引下线,副杆上有二次反引

线。双杆配电变压器台经单杆配电变压器坚固。

杆塔式安装的优点：占地少、四周不需围墙或遮栏，带电部分距地面高，不易发生事故。缺点：台架用钢材较多，造价较高。

2.1.2 台墩式

台墩式是在变压器杆下面用砖石砌成 0.5-1m 的四方墩台，将变压器放在上面。一般安装 315KVA 以上的变压器。

台墩式变压器安装应注意：

- (1) 变压器四周应装设不低于 1.8m 的牢固的遮栏或砌围墙，门应加锁并由专人保管。
- (2) 遮栏、围墙距变压器应有足够的安全操作距离。
- (3) 应在电杆或围墙上悬挂“高压危险，不许攀登”等警告牌，防止人、畜接近。

台墩式安装的优点：造价低，便于维护检修。缺点：占地较多，周围要装设遮栏，小动物易爬到带电部分上去，易发生受外力破坏事故。

2.1.3 落地式

落地式是指将变压器直接放在地面上，高压引下线、跌落式熔断器和避雷器等均在线路终端杆上。

落地式变压器安装应注意：

- (1) 变压器四周必须装设可靠的遮栏，门要加锁并由专人保管。
- (2) 遮栏外须挂“高压危险，不许攀登”等警告牌。
- (3) 因变压器的带电部分距地面很低，因此必须在切断电源后方可进入遮栏内。

2.2 电按按冷却方式分类

根据冷却方式分可分为油浸式和干式变压器。

油浸式变压器依靠油作冷却介质、如油浸自冷、油浸风冷、油浸水冷、强迫油循环等。干式变压器依靠空气对流进行自然冷却或增加风机冷却，多用于高层建筑、高速收费站点用电及局部照明、电子线路等小容量变压器。

2.2.1 油浸式变压器按外壳型式分为：

1) 非封闭型油浸式变压器：主要有 S8、S9、S10 等系列产品，在工矿企业、农业和民用建筑中广泛使用。

2) 封闭型油浸式变压器：主要有 S9、S9-M、S10-M 等系列产品，多用于石油、化工行业中

多油污、多化学物质的场所。

3) 密封型油浸式变压器：主要有 BS9、S9-、S10-、S11-MR、SH、SH12-M 等系列产品，可做工矿企业、农业、民用建筑等各种场所配电之用。

2.2.2 干式变压器按绝缘介质分为：

1) 包封线圈式干式变压器：主要有 SCB8、SC (B) 9、SC (B) 10、SCR-10 等系列产品，适用于高层建筑、商业中心、机场、车站、地铁、医院、工厂等场所。

2) 非包封线圈干式变压器：主要有 SG10 等系列产品，适用于高层建筑、商业中心、机场、车站、地铁、石油化工等场所。

2.3 电调压方式分类

根据调压方式可分为有载调压和无载调压。

所谓无载调压和有载调压都是指的变压器分接开关调压方式。区别在于无载调压开关不具备带负载转换档位的能力，调档时必须使变压器停电。而有载分接开关则可带负荷切换档位。

2.4 相数分类

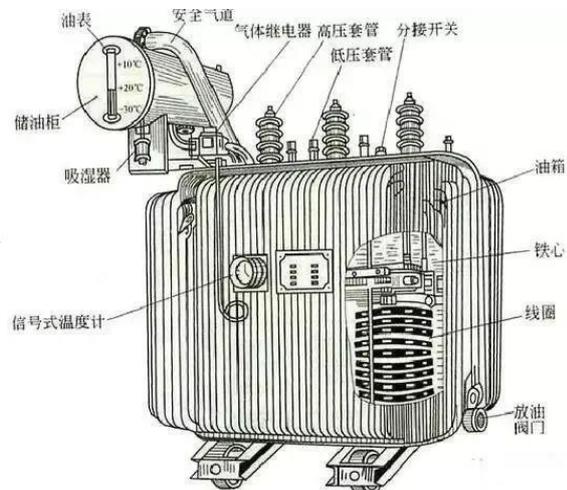
根据相数分为单相变压器和三相变压器。

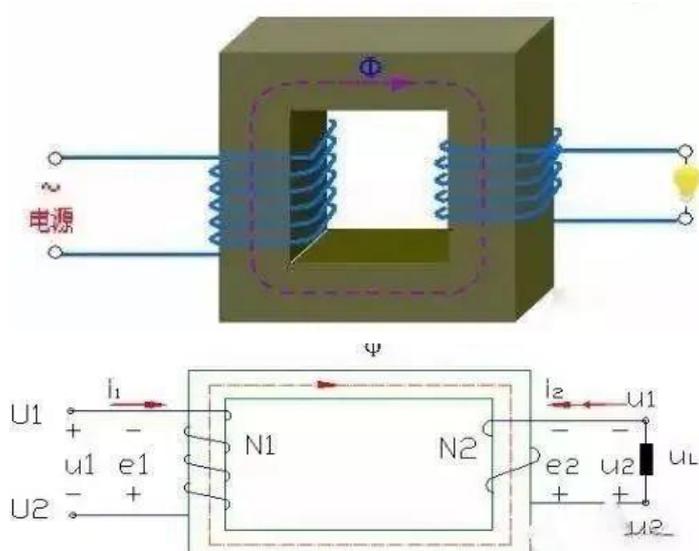
单相变压器单相变压器即一次绕组和二次绕组均为单相绕组的变压器。单相变压器结构简单、体积小、损耗低，主要是铁损小，适宜在负荷密度较小的低压配电网中应用和推广。

三相变压器用于三相系统的升、降电压。三相变压器，一般初级有三个绕组，其接法分为三角形和星形、延边三角形等，三个绕组上的电压相位互差 120 度，也就是常见的三相 380 伏接线方式，其铁芯传统的是三相三芯柱、三相五芯柱、渐开线形等形式。

3. 工作原理

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。它可以变换交流电压、电流和阻抗。最简单的铁心变压器由一个软磁材料做成的铁心及套在铁心上的两个匝数不等的线圈构成，如下图所示。





铁心的作用是加强两个线圈间的磁耦合。为了减少铁内涡流和磁滞损耗，铁心由涂漆的硅钢片叠压而成；两个线圈之间没有电的联系，线圈由绝缘铜线（或铝线）绕成。一个线圈接交流电源称为初级线圈（或原线圈），另一个线圈接用电器称为次级线圈（或副线圈）。实际的变压器是很复杂的，不可避免地存在铜损（线圈电阻发热）、铁损（铁心发热）和漏磁（经空气闭合的磁感应线）等，为了简化讨论这里只介绍理想变压器。理想变压器成立的条件是：忽略漏磁通，忽略原、副线圈的电阻，忽略铁心的损耗，忽略空载电流（副线圈开路原线圈线圈中的电流）。例如电力变压器在满载运行时（副线圈输出额定功率）即接近理想变压器情况。

变压器是利用电磁感应原理制成的静止用电器。当变压器的原线圈接在交流电源上时，铁心中便产生交变磁通，交变磁通用 ϕ 表示。原、副线圈中的 ϕ 是相同的， ϕ 也是简谐函数，表为 $\phi = \phi_m \sin \omega t$ 。由法拉第电磁感应定律可知，原、副线圈中的感应电动势为 $e_1 = -N_1 d\phi / dt$ 、 $e_2 = -N_2 d\phi / dt$ 。式中 N_1 、 N_2 为原、副线圈的匝数。由图可知 $U_1 = -e_1$ ， $U_2 = e_2$ （原线圈物理量用下角标 1 表示，副线圈物理量用下角标 2 表示），其复有效值为 $U_1 = -E_1 = jN_1 \omega \Phi$ 、 $U_2 = E_2 = -jN_2 \omega \Phi$ ，令 $k = N_1 / N_2$ ，称变压器的变比。由上式可得 $U_1 / U_2 = -N_1 / N_2 = -k$ ，即变压器原、副线圈电压有效值之比，等于其匝数比而且原、副线圈电压的位相差为 π 。

进而得出：

$$U_1 / U_2 = N_1 / N_2$$

在空载电流可以忽略的情况下，有 $I_1 / I_2 = -N_2 / N_1$ ，即原、副线圈电流有效值大小与其匝数成反比，且相位差 π 。

进而可得

$$I_1 / I_2 = N_2 / N_1$$

理想变压器原、副线圈的功率相等 $P_1 = P_2$ 。说明理想变压器本身无功率损耗。实际变压器总存在损耗，其效率为 $\eta = P_2 / P_1$ 。电力变压器的效率很高，可达 90% 以上。

4. 特征参数

额定容量

指变压器工作状态下的输出功率，用视在功率表示。用 S_N 表示，单位为 KVA 或 VA。

额定电压

指单相或三相变压器出线端子之间施加的电压值。用 U_N 表示，单位为 KV 或 V。一次额定电压用 U_{N1} 表示，二次额定电压用 U_{N2} 表示。

额定电流

指在额定容量和允许温升条件下，通过变压器一、二次绕组出线端子的电流，用 I_N 表示，单位 KA 或 A。一次绕组电流用 I_{N1} 表示，二次绕组电流用 I_{N2} 表示。

额定频率

批变压器设计时所规定的运行频率。用 f_N 表示，单位赫兹 (HZ)。我国规定额定频率为 50HZ。

空载损耗

空载损耗也叫铁损，指当以额定频率的额定电压施加于一侧绕组的端子上，另一侧绕组出线开路时，变压器所吸取的有功功率，用 P_0 表示，单位为 W 或 KW。空载损耗主要为铁芯中磁滞损耗和涡流损耗，其值大小与铁芯材质、制作工艺密切相关，一般认为一台变压器的空载损耗不会随负荷大小的变化而变化。

空载电流

变压器次级开路时，初级仍有一定的电流，这部分电流称为空载电流。空载电流由磁化电流（产生磁通）和铁损电流（由铁芯损耗引起）组成。对于 50Hz 电源变压器而言，空载电流基本上等于磁化电流。用 I_0 表示。通常用空载电流占额定电流的百分数表示，即 $I_0(\%) = (I_0 / I_N) \times 100\%$ 。变压器容量越大，数值越小。

负载损耗

负载损耗也叫短路损耗、铜损，是指当带分接的绕组接在其主分接位置上并接入额定频率的电压，另一侧绕组的出线端子短路，流过绕组出线端子的电流为额定电流时，变压器所消耗的有功功率，用 P_K 表示。单位为 W 或 KW。负载损耗的大小取决于绕组的材质等，运行中的负载损耗

大小随负荷的变化而变化。

变比

批变压器高压侧额定电压与低压侧额定电压之比，即 $UN1/UN2$ 。

绝缘电阻

表示变压器各线圈之间、各线圈与铁芯之间的绝缘性能。绝缘电阻的高低与所使用的绝缘材料的性能、温度高低和潮湿程度有关。

阻抗电压 (%)

把变压器的二次绕组短路，在一次绕组慢慢升高电压，当二次绕组的短路电流等于额定值时，此时一次侧所施加的电压。一般以额定电压的百分数表示。

相数

三相开头以 S 表示，单相开头以 D 表示。

联结组标号

根据变压器一、二次绕组的相位关系，把变压器绕组连接成各种不同的组合，称为绕组的联结组。为了区别不同的联结组，常采用时钟表示法，即把高压侧线电压的相量作为时钟的长针，固定在 12 上，低压侧线电压的相量作为时钟的短针，看短针指在哪一个数字上，就作为该联结组的标号。如 Dyn11 表示一次绕组是（三角形）联结，二次绕组是带有中心点的（星形）联结，组号为(11)点。

5. 产品型号

5.1 产品类别代号

0-自耦变压器，通用电力变压器不标

H-电弧炉变压器

C-感应电炉变压器

Z-整流变压器

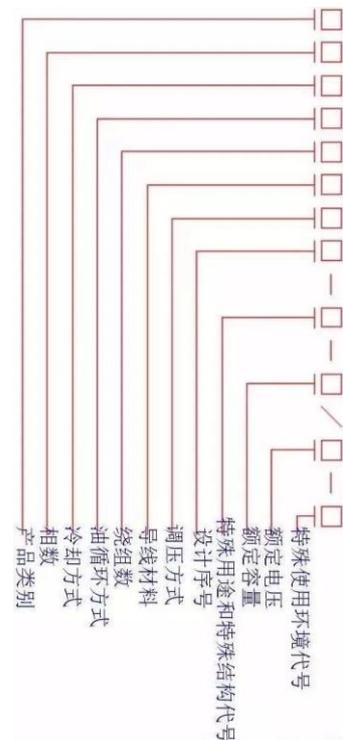
K-矿用变压器

Y-试验变压器

5.2 相数

D-单相变压器

S-三相变压器



5.3 冷却方式

F-风冷式

W-水冷式

注：油浸自冷式和空气自冷式不标注

5.4 油循环方式

N-自然循环

O-强迫导向循环

P-强迫循环

5.5 绕组数

S-三绕组

注：双绕组不标注

5.6 导线材料

L-铝绕组

注：铜绕组不标注

5.7 调压方式

Z-有载调压

注：无载调压不标注

5.8 性能水平代号（设计序号）

5.9 特殊用途或特殊结构代号

Z——低噪声用；

L——电缆引出

X——现场组装式；

J——中性点为全绝缘；

CY——发电厂自用变压器

5.10 变压器的额定容量

变压器的额定容量，单位为 KVA。

5.11 变压器的额定电压

变压器的额定容量，单位为 KV。

性能水平代号	电压等级 kV	性能参数	
		空载损耗	负载损耗
7	6、10	符合GB/T 6451组 II	符合GB/T 6451
	≥35	符合GB/T 6451	
8	6、10	符合GB/T 6451组 I	符合GB/T 6451
	≥35	比GB/T 6451平均下降10%	
9	6、10	配电变压器符合表A2	
	6、10	电力变压器比GB/T 6451组 I 平均下降10%	比GB/T 6451平均下降10%
	≥35	比GB/T 6451平均下降20%	
10	6、10	比GB/T 6451组 I 平均下降20%	比GB/T 6451平均下降15%
	≥35	比GB/T 6451平均下降30%	
11	6、10	比GB/T 6451组 I 平均下降30%	比GB/T 6451
	≥35	比GB/T 6451	

6. 常用变压器

6.1 油浸式变压器

配电变压器为工矿企业与民用建筑供配电系统中的重要设备之一，它将 10(6)kV 或 35kV 网络电压降至用户使用的 230/400V 母线电压。此类产品适用于交流 50(60)Hz，三相最大额定容量 2500kVA（单相最大额定容量 833kVA，一般不推荐使用单相变压器），可在户内（外）使用，容量在 315kVA 及以下时可安装在杆上，环境温度不高于 40℃，不低于-25℃，最高日平均温度 30℃，最高年平均温度 20℃，相对湿度不超过 90%（环境温度 25℃），海拔高度不超过 1000m。



最高日平均温度 30℃，最高年平均温度 20℃，相对湿度不超过 90%（环境温度 25℃），海拔高度不超过 1000m。

10kV 级 S11 系列配电变压器技术参数：

额定容量 (kVA)	电压组合(kV)			联结 组 标号	短路 阻抗 (%)	损耗(kW)		空载 电流 (%)	重量(kg)		
	高 压	分接 范围	低 压			空 载	负 载		器 身 重	油 重	总 重
160	11	±%5	0.4	Yyn0	4	0.28	2.42	1	470	150	765
200	10.5					0.34	2.98	1	575	170	910
250	10					0.4	3.4	0.9	660	195	1045
315	6.3					0.48	4.08	0.8	775	215	1215
400	6					0.57	4.98	0.8	890	245	1400
500						0.68	5.87	0.7	1070	265	1650
630				0.81	6.89	0.6	1265	365	2020		
800				或	0.98	8.42	0.6	1570	440	2530	
1000				Dyn11	1.15	9.86	0.5	1720	505	2710	
1250					1.36	11.73	0.5	2195	605	3520	
1600					1.64	14.03	0.5	2850	800	4520	
2000					2.1	16.5	0.4	3200	1000	5450	
2500					2.31	20	0.3	50	1200	3920	

6.2 干式变压器

干式变压器广泛用于局部照明、高层建筑、机场，码头 CNC 机械设备等场所，简单的说干式变压器就是指铁芯和绕组不浸渍在绝缘油中的变压器。冷却方式分为自然空气冷却（AN）和强迫空气冷却（AF）。自然空冷时，变压器可在额定容量下长期连续运行。强迫风冷时，变压器输出容量可提高 50%。适用于断续过负荷运行，或应急事故过负荷运行；由于过负荷时负载损耗和阻抗电压增幅较大，处于非经济运行状态，故不应使其处于长时间连续过负荷运行。



10kV 级 SCB10 系列配电变压器技术参数：

额定容量 (kVA)	电压组合			联接组号	空载损耗 (W)	负载损耗 (W) 120℃	短路阻抗 (%)	主机壳重量 (kg)	外形尺寸(mm)		规格 (mm)				
	高压 (KV)	分接 (%)	低压 (KV)						长*宽*高 (无防护外罩)	长*宽*高 (有防护外罩)					
30	6	±5%	0.4	Yyn0	190	710	2.4	250	680*450*625	1080*850*1020	400*400				
50					270	1000	2.4	265	700*450*640	1100*850*1040	400*400				
80					370	1380	1.8	430	860*450*755	1260*850*1150	400*400				
100					400	1570	1.8	520	940*450*800	1280*850*1200	400*400				
125					470	1850	1.6	670	1000*450*860	1300*850*1260	400*400				
160					550	2130	1.6	805	1050*710*945	1300*1010*1340	550*660				
200					630	2530	1.4	930	1050*710*970	1350*1010*1370	550*660				
250					720	2760	1.4	1070	1110*710*1045	1510*1010*1440	660*660				
315					6.3	±2*2.5	0.4	Dyn11	880	3470	1.2	1160	1120*710*1070	1520*1010*1465	660*660
400					10				980	3990	1.2	1440	1160*870*1120	1560*1170*1515	660*820
500	10.5	1160	4880	1.2	1595				1160*870*1140	1560*1170*1540	660*820				
630	11	1360	5880	1.0	1740				1250*870*1180	1560*1170*1580	660*820				
630	1300	5960	1.0	1745	1320*870*1165				1720*1170*1565	660*820					
800	1520	6960	1.0	2095	1370*870*1235				1770*1270*1635	820*820					
1000	1770	8130	1.0	2530	1440*870*1275				1840*1270*1670	820*820					
1250	2090	9690	1.0	2885	1485*870*1370				1885*1270*1770	820*820					
1600	2450	11730	1.0	3670	1650*1120*1535				2050*1520*1930	820*820					
2000	3320	14450	0.8	4200	1700*1120*1636				2100*1520*2035	1070*1070					
2500	4000	17170	0.8	4780	1760*1120*1705	2160*1520*2100	1070*1070								

6.3 干式变压器与油式变压器比较

	干式变压器	油式变压器
定义	依靠空气对流进行冷却，一般用于写字楼、城市的楼、堂、馆、所等高档地区的照明、电子线路等中小容量变压器。变比为10000V/400V，用于带额定电压380V、220V的负载。	依靠油作冷却介质，如油浸自冷，油浸风冷，油浸水冷及强迫油循环等。一般用于火电厂升压站的主变，变比20KV/500KV，或20KV/220KV，一般发电厂用于带动自身负载（比如磨煤机，引风机，送风机、循环水泵等）的厂用变压器也是油浸式变压器，它的变比是20KV/6KV。油式变压器的额定电压3-35kV等级。
结构	干变常把铁芯和绕组用环氧树脂浇注封装起来，也有一种现在用得更多的是非封装式的，绕组用特殊的绝缘纸再浸渍专用绝缘漆等，起到防止绕组或铁芯受潮。	油变是把由铁芯及绕组组成的器身置于一个盛满变压器油的油箱中。
区别	1、从外观上看，干式变压器能直接看到铁芯和线圈； 2、引线形式不一样，干式变压器大多使用硅橡胶套管； 3、容量及电压不同，干式变压器一般适用于配电用，容量大都在1600KVA以下，电压在10KV以下； 4、绝缘和散热不一样，干式变压器一般用树脂绝缘，靠自然风冷； 5、从应用场所上说，干式变压器大多应用在需要“防火、防爆”的场所，一般大型建筑、高层建筑上易采用； 6、造价不一样，对同容量变压器来说，干式变压器的采购价格高； 7、干式变压器常用H级绝缘材料，即用无机材料作补强的云母制品，加厚的F级材料，复合云母，有机硅云母制品、硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等，其极限工作温度是180℃； 变压器的绝缘介质是树脂或纸和绝缘漆，冷却方式有自冷和风冷。优点是：结构简单，一般不需要维护，占用空间少，方便判断故障。干式变压器绕组散热是利用空气自然散热或强迫风冷（用风机强迫空气对流），因没有油，也就没有火灾、爆炸、污染等问题，属环保型产品。属国家发改委推荐使用产品。	1、油式变压器只能看到变压器的外壳； 2、油式变压器大部分使用瓷套管； 3、油式变压器却可以从小到大做到全部容量，电压等级也做到了所有电压； 4、油式变压器靠绝缘油进行绝缘，靠绝缘油在变压器内部的循环将线圈产生的热带到变压器的散热器（片）上进行散热。 5、油式变压器由于“出事”后可能有油喷出或泄漏，造成火灾，大多应用在室外。 6、油式变压器价格要低； 7、一般油浸式变压器是由木材、棉花、纸、纤维等天然的纺织品，以醋酸纤维和聚脂胶为基础的纺织品，以及易于热分解和熔点较低的塑料，工作于矿物油中，或经树脂复合胶浸过，它的极限工作温度是105℃
优点	变压器的绝缘介质是树脂或纸和绝缘漆，冷却方式有自冷和风冷。优点是：结构简单，一般不需要维护，占用空间少，方便判断故障。干式变压器绕组散热是利用空气自然散热或强迫风冷（用风机强迫空气对流），因没有油，也就没有火灾、爆炸、污染等问题，属环保型产品。属国家发改委推荐使用产品。	油变造价低，油浸式变压器的绕组是浸在变压器油中的，绝缘介质就是油，冷却方式有自冷、风冷和强迫油循环冷却，其优点是冷却效果好，可以满足大容量。
缺点	缺点是：容量受到限制，一般容量在2000KVA以下使用，造价高。	缺点：得经常巡视，关注油位的变化，容易漏油造成污染。而且一旦缺油或事故状态下，易造成火灾。结构复杂，占地大，不容易判断故障，需要定期维护，而且可燃、可爆。一般不能直接安装在室内。S7系列由于耗能大，发改委要求属淘汰产品。
适应场合	干变的环保性，阻燃、抗冲击等等优点，而常用于室内等高要求的供配电场所，如宾馆、办公楼、高层建筑等等。	油浸式变压器由于防火的需要，一般安装在单独的变压器室内或室外。

7. 箱变（组合箱式变电站）

7.1 概述

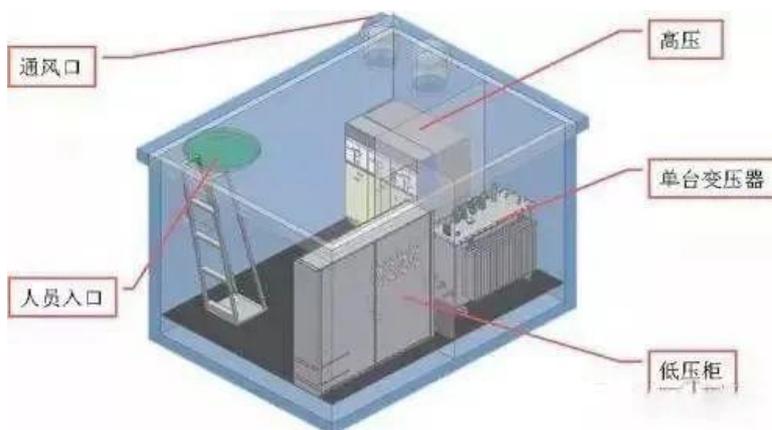
箱式变电站，又叫预装式变电所或预装式变电站。是一种高压开关设备、配电变压器和低压配电装置，按一定接线方案排成一体的工厂预制户内、户外紧凑式配电设备，即将变压器降压、低压配电等功能有机地组合在一起，安装在一个防潮、防锈、防尘、防鼠、防火、防盗、隔热、全封闭、可移动的钢结构箱，特别适用于城网建设与改造，是继土建变电站之后崛起的一种崭新的变电站。箱式变电站适用于矿山、工厂企业、油气田和风力发电站，它替代了原有的土建配电房，配电站，成为新型的成套变配电装置。

近年来低压供电的负荷密度不断增大，对供电的可靠性和质量也提出了很高的要求。在这种情况下，如果以某一较大容量的变电所为中心，以低压向周围的用户供电，将耗费大量的有色金属，电能损耗很大，还不能保证供电质量。反之，如果以高电压深入负荷中心，在负荷中心建变电所，就能缩短低压供电半径，提高供电质量，节约有色金属，降低电能损耗。在负荷中心最适宜建设箱式变电所。

高压 / 低压预装箱式变电站(所)也称为箱式变电所或组合式变电所(组合箱式变电站)、成套变电站、可移动变电站，产生于二十世纪七十年代，国内已有若干厂家生产。其构造大体上是一个箱式结构，设有高压开关小室、变压器小室及低压配出开关小室三个部分，额定电压为 10、35kV，可安装 1600kVA 及以下变压器。其特点是：占地面积小；工厂化生产、速度快、质量好；施工速度快，仅需现场施工基础部分；外形美观，能与住宅小区环境协调一致；适应性强，具有互换性，便于标准化、系列化；维护工作量小，节约投资。

因此，箱式变电所无论国外、国内都受到重视与欢迎，可得到普遍地应用，是非常有前景的电气设备，已被广泛用于工厂、矿山、油田、港口、机场、车站、城市公共建筑、集中住宅区、机关单位、学校、商业大厅和地下设施等场所。

目前，国内各种不同型号的组合式变电站品种很多，其中包括户外式、户内式、全封闭型、半封闭型，带走廊型、不带走廊型，组合式、固定式、装置式，干式变压器、油浸变压器，终端供电、环网供电等，可适应不同用户的需要。高压、变压器、低压三室的布置方式为目字形排列或品字形分隔方案。高压室设备元件选用引进、国产或进口的环网柜、负荷开关加限流熔断器、真空断路器。低压室由动力、照明、计量及无功补偿柜构成。通风散热设有风扇、温度自动控制器、防凝露控制器。箱壳大都采用普通或热镀锌钢板、铝合金板，骨架用成型钢焊接或用螺栓连接。



7.2 分类

箱变型式可分为欧式、美式和一体化式。欧式箱变是将变压器作为一个单独部件，集高压柜、变压器、低压柜三位一体，按一定的接线方案组合在一个或几个箱体而构成紧凑型成套配电装置。箱体有两种构成方式，即“目”字形布置和“品”字形布置。“目”字形布置的高低电压室较宽，便于实现环网或双电源接线的环网供电方案。



欧式箱变



美式箱变

欧式箱变的高压室一般是由高压负荷开关、高压熔断器和避雷器等组成的，可以进行停送电操作并且有过负荷和短路保护。低压室由低压空气开关、电流互感器、电流表、电压表等组成的。变压器一般采用 S9 或干式的等。

美式箱式组合变压器，其结构分为前后两部分，前部为接线柜，接线柜内包括高低压端子、高压负荷开关、插入式熔断器、高压分接开关操作手柄、油位表、油温计等；后部是油箱体及散热片，变压器绕组、铁心、高压负荷开关、插入式熔断器都在油箱体内。箱体采用全密封结构。一体化箱变为最近国内厂家研制，应用还不广泛，为双层结构，高、低压室置于变压器室上面。

欧式、美式和一体化式箱变各有优缺点，欧式箱变的体积较大，高低压开关和变压器都设于一个大壳体内，散热条件差，需装机械排风装置。美式箱变由于变压器冷却片直接对外散热，散热条件相对较好，但其造型较欧式差，其外观难与住宅小区等绿化环境配合。一体化箱变占地更少，优、缺点与美式箱变相似。另外，美式、一体化式箱变国内只能制造 630kVA 容量以下的，欧式箱变却可达 1250kVA。

普通箱式变电所型号分为三类

- (1) 高压开关设备型号；
- (2) 干式变压器柜型号；
- (3) 低压开关设备型号。

前三位字母符号的意义是：

Z-组合式；B-变电站；N(W)-户内(户外，可不加)；X-箱式；Y-移动式。

7.3 基本结构

箱式变电站结构与各种接线设备所需空间有关。环网、终端供电线路方案，设计有封闭、半封闭两大类，高低设备室分为带操作走廊和不带操作走廊式结构，可满足六种负荷开关、真空开关等任意组合的需要。高压室、变压器室、低压室为一字形排列，根据运输的要求设计有整体式和分单元拆装式两种。

箱体采用钢板夹层(可填充石棉)和复合板两种，顶盖喷涂彩砂乳胶。箱体具有防雨性能。为监视、检修、更换设备需要设计通用门，即可双扇开启也可单扇开启，变压器室设有两侧开门的结构。变压器小室有供变压器移动用的轨道(外壳明显处设置铭牌和危险标志)。

变电站的高低压侧均应装门，且有足够的尺寸，门向外拉，门上有把手、锁、暗闩，门的开启角度不小于 90°，门的开启有相应的连锁。高压侧满足“五防”的要求。不带电情况，门开启

后有可靠的接地装置，在无电压信号指示时，方能对带电部分进行检修。高低压侧门打开后，有照明装置，确保操作检修的安全。

外壳有通风孔和隔热措施，必要时可采用散热措施，防止内部温度过高。高低压开关设备小室内的空气温度应不致引起各元件的温度超过相应标准的要求。同时还采取措施保证温度急剧变化时，内部无结露现象发生。当有通风口时，应有滤尘装置。

箱式变电所的进出线方式可为下列 4 种之一：架空线进出、电缆进出、架空线进电缆出、电缆进架空线出。

箱式变电所高压受电设备采用高压负荷开关串接熔断器的方案，这种方案目前在海外城网配电网领域里得到了广泛的应用，特别是作为箱式变电所高压受电保护方案尤为适宜。这主要是由于：

(1) 这种保护方案基本能满足大多数箱式变电所使用场合的负荷情况，既能控制、分断正常负荷电流，又能承受和保护短路故障。

(2) 由于体积小，易于在有限的空间内实现高压环网方案，从而更好地突出箱式站体积小特点。

(3) 线路简单，维修保养工作量小，特别适合箱式变电所无人值班的实际使用情况

(4) 成本大大降低。断路器成本通常为相同额定参数负荷开关的 2~3 倍，采用高压负荷开关串接熔断器代替断路器突出了箱式站的自身特点，增加了与土建变电所的竞争能力。

目前国内几乎所有的生产厂，都在使用这种高压保护方案，它是箱式变电所高压受电设备的发展方向。

箱式变电所 10kV 配电装置常用负荷开关加熔断器和环网供电装置，从邻近架空线连接到变压器高压端。进线方式可采用电缆线或架空绝缘线。作为公用箱式变电所时，箱式变电所的低压出线视变压器容量而定，一般不超过 4 回，最多不超过 6 回，也可以一回总出线，到临近的配电室再进行分支供电。作为独立用户用箱式变电所时，可以采用一回路供电。

干箱式变电所的过电压保护，目前大多数箱式变电所内都装有避雷器，作为站内变压器和其他高压受电设备的过电压保护。

国内箱式变电所变压器低压侧主开关大致采用 DZ10、DW10、DW15 型 3 种自动开关，低压侧支路上采用的电器，大致有 BM、BT 系列熔断器和 DZ、DW 系列自动开关。在箱式变电所变压器容量为 200~630kVA 时，采用 DW10 或 DW15 作为低压主开关。当容量超过 800kVA 时，应尽量选用 DW15 开关。

7.4 常用箱式变压器介绍

美式箱式变是将变压器、负荷开关、保护用熔断器等设备统一设计，变压器的绕组和铁芯、高压负荷开关及保护用熔断器都在同一充满油的箱体内，没有相对独立的高低压开关柜。箱体为全密封结构，采用隐蔽式高强度螺栓及硅胶来密封箱盖；而低压室另外独立设置于油箱外。美式箱式变分为前、后两个部分，前面为高、低压操作间隔，操作间隔内包括有高低压套管、负荷开关、无载调压分接开关、插入式熔断器、压力释放阀、温度计、油位计、注油孔、放油阀等；后部为箱体及散热片。

欧式箱式变(预装式变电站)是将高压开关设备、配电变压器和低压配电装置放置在三个不同的隔室内，通过电缆或母线来实现电气连接的设备。高低压开关柜相对独立紧凑组合并与变压器预装在可以吊装运输的箱体内，变压器室、高压室及低压室都装有独立的门，因而其体积比美式箱式变较大。

地埋式变压器是一种将变压器、高压负荷开关和保护熔断器等安装在油箱之中的紧凑型组合式配电设施，安装时置于地坑之中。它具有不占用空间、可以在一定时间内浸没在水中运行、免维护等特点，有利于节约城市配电设施占地面积，因此在城网改造和建设中有广泛的应用前景。

8. 地埋式箱变

8.1 概述

随着城乡现代化建设进程的加快，城市的建设已步入旨在改善街景市貌的都市美容阶段。传统的箱式变电站错落无序地挤占闹市的黄金地面，与优美的城市环境显得格格不入。城市规划、高速公路、公共设施的建设对电力设备的要求越来越高，在欧、美、日等发达国家，已按照城市生态设计理念，逐步将变压器埋入地下安装。

地埋式箱变就是为了满足上述领域的要求而设计开发的全新的一种电力成套设备。地埋式箱变主要由地埋式变压器和广告灯箱式的户外开关设备组成。地埋式变压器是由变压器、高压负荷开关、熔断器等组合在一起的一种新型的紧凑型的变电设备，它安装在地坑中，不占用地表空间，而且能在一段时间内浸没在水中运行。广告灯箱式的户外开关设备为集广告牌及户外开关设备与一体的混合结构，安装在地面。箱体内部为户外高低压配电柜，两侧为广告灯箱，具有极佳的视觉效果。地埋式箱变符合城市生态设计理念，占地面积小，美化环境，适用于城市交通主干道、住宅小区、机场、车站、高速公路等场所。将成为城市配网设备的改造趋势。

地埋式箱变主要由地埋式变压器和箱式户外开关设备组成。地埋式变压器是由变压器、高压

负荷开关、熔断器等组合在一起的一种新型的紧凑型的变电设备，它安装在地坑中，不占用地表空间，而且能在一段时间内浸没在水中运行。箱式户外开关设备为户外开关设备为一体的混合结构，安装在地面。箱体内部为户外高低压配电柜，具有占地少、不影响地面建筑设施等。

8.2 特点

8.2.1 地下式组合变压器

地埋式箱变采用的地下式组合变压器具有以下特点：

- (1) 箱体采用不锈钢制作、全密封，防护等级达 IP68，可浸入水中运行。
- (2) 高低压进出线采用防水全密封、全绝缘、全屏蔽的接线方式，运行更加安全。
- (3) 采用环烷基变压器油，确保具有良好的散热能力，
- (4) 可采用非晶合金铁心，节能效果显著。
- (5) 绝缘耐热等级高，环保。
- (6) 后备及插入式熔断器，给予变压器更安全的保护。
- (7) 负荷开关具有二、三、四位置形式，适用于多种供电系统。

8.2.2 预制式地坑基础

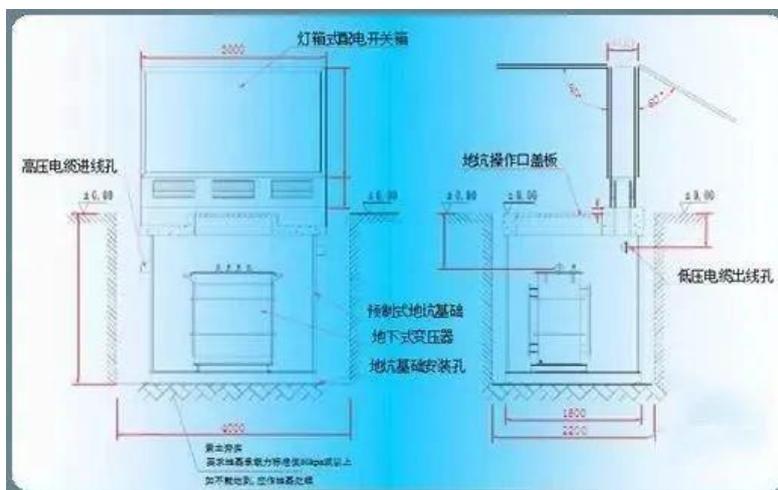
地埋式箱变的地坑基础在工厂预制，预制的地坑基础具有以下特点：

- (1) 地坑基础可采用 6mm 以上钢板预压成型，全密封结构，确保地表水及其它杂物不能进入地坑内；也可采用预制式钢筋混凝土结构，采用先进的防水技术处理，确保基础不渗漏，
- (2) 地坑底部设置有集水池，并可以安装自动排水系统控制的潜水泵。
- (3) 地坑内安装有高低压电缆安装支架，方便电缆安装固定。
- (4) 地坑内安装有防水照明灯，方便检修。

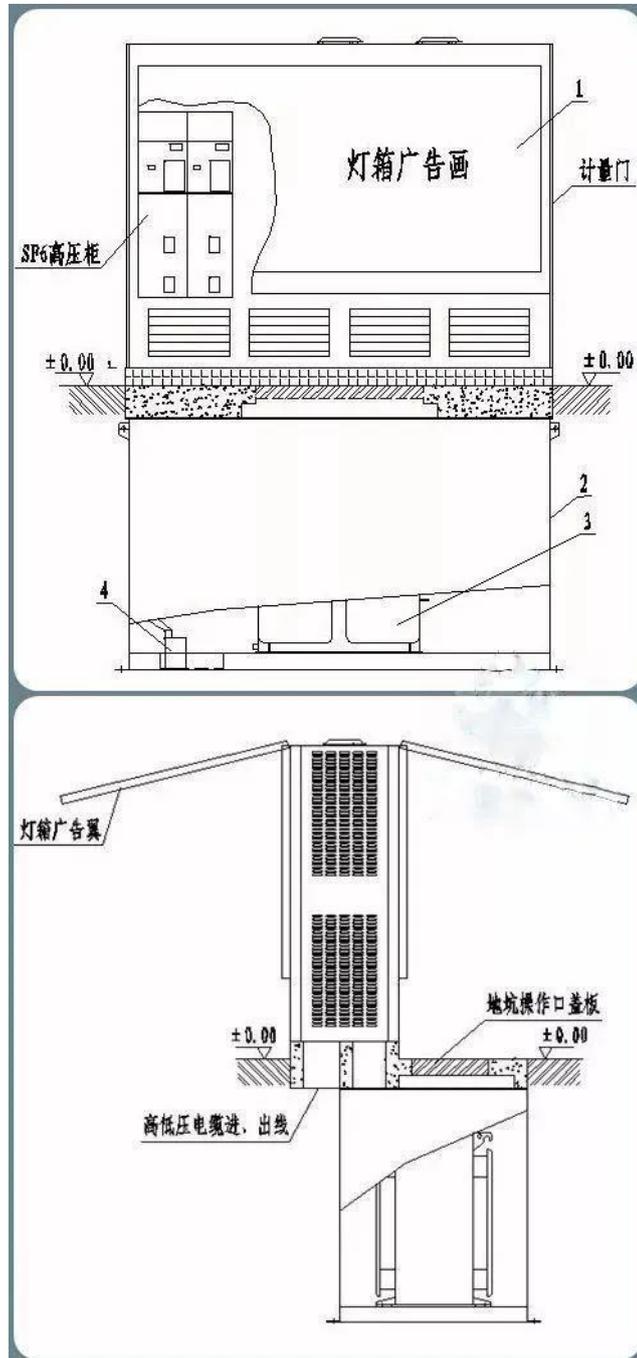
(5) 基础顶盖设有可打开的检修孔。

8.2.3 箱式户外开关设备

(1) 开关设备的保护外壳采用箱式结构，外壳的两门可全角度打开，并有气动弹簧支撑定位，便于开关设备的操作和维护。



- (2) 箱变设有隔热层，具有良好的隔热作用。
- (3) 开关设备采用双层门结构，防护等级达到国家标准。
- (4) 隐藏在箱变内的风机可以自动对地坑基础内进行排风和送风来降低温度。



▲结构布局

8.3 防水

8.3.1 地埋变的防水处理

地埋式箱变的地下式组合变压器虽然允许浸没在水中运行，但为了地下式变压器的长期安全可靠运行，地坑基础内的防水及排水必须进行周全的考虑和设计。

对于地下水位较低(低于地坑基础底部)的地区，采用预制式地坑结构，地坑顶部通风孔具备有效的通风和防雨能力，地坑基础底部铺设走水砂卵石，水可以直接渗入地下，对于地下水位较高(高于地坑基础底部)的地区，采用预制全封闭混凝土地坑结构，防止地表水流入及地下水渗入地坑内。

8.3.2 地埋变的散热

地埋式箱变主要从以下几个方面保证地下式变压器的温升和散热：

(1)地下式变压器采用 S11 系列低损耗产品或非晶合金铁心的产品，空载损耗及负载损耗都有很大程度的降低，所以发热量低。

(2)变压器的耐热等级高，具有较大的温升裕度，也提高了变压器的过负荷能力。

(3)在配电箱与基础地坑之间，设置了进风及出风风机，当地下式组合变压器的温升达到设定值时进行强送/排风降温，保证地下式变压器的正常进行。

8.4 技术优点

8.4.1 高可靠性

地埋式箱变所选用的地埋式变压器箱体外壳采用防腐不锈钢制作，全密封，高低压进出线采用防水全密封、全绝缘、全屏蔽的接线方式。保证了地埋式变压器的防腐和密封能力，整体防护等级达到 IP68，可短时浸没在水中运行。

高压配置插入式和后备熔断器，在变压器发生故障时，可迅速切断，不影响整体线路。

变压器地坑基础设计和制作时进行了防水及排水考虑，顶部通风孔具备有效的防雨防水功能，侧部及底部用特种防水材料处理，渗水不能侵入，在底部安装有受自动地埋式箱变可以浸没在水中运行，可抵御洪涝灾害，所有各项措施保证地埋变 20 年的使用寿命，可以免维护、免检修，有效提高了供电系统的可靠性。

8.4.2 自动化程度高

地埋式箱变可通过采用 GPRS 无线网络技术的地下式变压器综合操控装置，向控制中心或设备管理人员报告地下式组合变压器和低压设备的运行状况，还可以实现远程控制以及对高压断路器实行电操，极大的方便了对地下式组合变压器的操控和使用。

8.4.3 与普通箱变的比较

一般的箱变占地面积较大,难以很好地与环境协调。特别是在一些高档的生活小区新建道路,杂处在小区和道路上的配电设施或箱式变电站不能与小区和道路环境相协调,影响到小区和道路整体的美观,甚至会影响到道路的市容景观。

而地埋式箱变因为变压器安装在地下,不影响周围环境,安装在地面的配电箱体积小,很容易与周围环境相协调。如在生活小区里,地面的配电箱可以与小区绿化配套,成为小区景致的一部分。地面上的配电箱同时可以设计成广告灯箱。

9. 安装

正常环境下面配电变压器宜采用柱上安装或露天落地安装。工厂、车间、市郊生活区的配电变压器,根据具体情况可安装在室内。

9.1 单柱

变压器、高压跌落式熔断器和高压避雷器装在同一根电杆上。结构简单,安装方便,用料少,占地少,适用于安装 50KVA 以下的配电变压器。

9.2 双柱

由高压线终端电杆和另一根副杆(长约 7.5M)组成。比单柱式坚固,可安装 63-315KVA 的配电变压器露天落地安装变压器直接放在高度不低于 2.5M 砖石垒成的台(墩)上。拆装变压器方便,变压器容量不受限制。

9.3 配电变压器安装的安全技术要求

9.3.1 柱上安装的配电变压器的安全技术要求:

- 1) 变压器底座距地面不应小于 2.5m,所有的铁件要接地。
- 2) 裸露导电部分距地面的高度应在 3.5m 以上。
- 3) 变压器底座应与台架固定,上部应用金具与电杆固定。
- 4) 变压器的上引线和下引线均采用多股绝缘线。高压跌落式熔断器距地面不应小于 4m,高压熔断器中间相与边相距离不应小于 0.5m,高压熔断器的瓷件中心线与垂线间的夹角为 250-300。
- 5) 应悬挂“禁止攀登,高压危险!”的警告牌。

9.3.2 露天落地安装的配电变压器安全技术要求:

- 1) 落地式变压器的基础应高出地面 0.2m,如在积水地区,变压器周围应设在排水沟道;变

压器四周设置砖石围墙，其围墙高度不低于 1.8m，围墙的门应采用耐火材料制成，且设计在变压器低压侧一方，门应向外开，并在门上装锁。不宜采用竹、木围栏。

- 2) 变压器采用台（墩）式安装，其台（墩）高度不应低于 2.5m。
- 3) 室外装设两台以上变压器，其外壳相隔的距离不应小于 1.25m。
- 4) 变压器外壳应妥善地。
- 5) 压器距可燃性建筑物的距离不应小于 5m，距耐火建筑物的距离不应小于 3m。
- 6) 在围墙或台（墩）上，悬挂“止步，高压危险”的警告牌。

9.3.3 室内安装的配电变压器的安全技术要求：

- 1) 室内应有良好的自然通风。
- 2) 变压器室的耐火等级应为一级。
- 3) 压器外廓距后墙壁、侧墙壁净距不应小于 0.6m，距门净距不应小于 0.8m；变压器室的门窗均应向外开，且门窗的下方应有百叶窗。



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