摘要：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。

由于每台变压器负荷大小、冷却条件及季节不同，运行中不仅要以上层油温允许值为依据，还应根据以往运行经验及在上述情况下与上次的油温比较。如油温突然增高，则应检查冷却装置是否正常，油循环是否破坏等，来判断变压器内部是否有故障。

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。现根据对变压器的运行、维护管理经验。

**一.常见故障**

1变压器渗油

变压器渗漏油不仅会给电力企业带来较大的经济损失、环境污染，还会影响变压器的安全运行，可能造成不必要的停运甚至变压器的损毁事故，给电力客户带来生产上的损失和生活上的不便。因此，有必要解决变压器渗漏油问题。

油箱焊缝渗油。对于平面接缝处渗油可直接进行焊接，对于拐角及加强筋连接处渗油则往往渗漏点查找不准，或补焊后由于内应力的原因再次渗漏。对于这样的渗点可加用铁板进行补焊，两面连接处，可将铁板裁成纺锤状进行补焊;三面连接处可根据实际位置将铁板裁成三角形进行补焊;该法也适用于套管电流互感器二次引线盒拐角焊缝渗漏焊接。

高压套管升高座或进人孔法兰渗油。这些部位主要是由于胶垫安装不合适，运行中可对法兰进行施胶密封。封堵前用堵漏胶将法兰之间缝隙堵好，待堵漏胶完全固化后，退出一个法兰紧固螺丝，将施胶枪嘴拧入该螺丝孔，然后用高压将密封胶注入法兰间隙，直至各法兰螺丝帽有胶挤出为止。

低压侧套管渗漏。其原因是受母线拉伸和低压侧引线引出偏短，胶珠压在螺纹上。受母线拉伸时，可按规定对母线用伸缩节连接;如引线偏短，可重新调整引线引出长度;对调整引线有困难的，可在安装胶珠的各密封面加密封胶;为增大压紧力可将瓷质压帽换成铜质压帽。

防爆管渗油。防爆管是变压器内部发生故障导致变压器内部压力过大，避免变压器油箱破裂的安全措施。但防爆管的玻璃膜在变压器运行中由于振动容易破裂，又无法及时更换玻璃，潮气因此进入油箱，使绝缘油受潮，绝缘水平降低，危及设备的安全。

绝缘油在运行时可能与空气接触，并逐渐吸收空气中的水份，从而降低绝缘性能。同时绝缘油也可能吸收、溶解大量空气，由于油经常在较高温度下运行，油与空气中的氧接触，生成各种氧化物，并且这些氧化物呈酸性，容易使得变压器内部的金属、绝缘材料受到腐蚀，增加油的介质损耗，随之降低绝缘强度，造成变压器内闪络，容易引起绕组与外壳的击穿。

2.铁心多点接地

变压器铁心有且只能有一点接地，出现两点及以上的接地，为多点接地。变压器铁心多点接地运行将导致铁心出现故障，危及变压器的安全运行，应及时进行处理。

直流电流冲击法。拆除变压器铁心接地线，在变压器铁心与油箱之间加直流电压进行短时大电流冲击，冲击3～5次，常能烧掉铁心的多余接地点，起到很好的消除铁心多点接地的效果。

开箱检查。对安装后未将箱盖上定位销翻转或除去造成多点接地的，应将定位销翻转过来或除掉。

夹件垫脚与铁轭间的绝缘纸板脱落或破损者，应按绝缘规范要求，更换一定厚度的新纸板。

因夹件肢板距铁心太近，使翘起的叠片与其相碰，则应调整夹件肢板和扳直翘起的叠片，使两者间距离符合绝缘间隙标准。

清除油中的金属异物、金属颗粒及杂质，清除油箱各部的油泥，有条件则对变压器油进行真空干燥处理，清除水分。

3.接头过热

载流接头是变压器本身及其联系电网的重要组成部分，接头连接不好，将引起发热甚至烧断，严重影响变压器的正常运行和电网的安全供电。因此，接头过热问题一定要及时解决。

铜铝连接。变压器的引出端头都是铜制的，在屋外和潮湿的场所中，不能将铝导体用螺栓与铜端头连接。当铜与铝的接触面间渗入含有溶解盐的水分，即电解液时，在电耦的作用下，会产生电解反应，铝被强烈电腐蚀。结果，触头很快遭到破坏，以致发热甚至可能造成重大事故。为了预防这种现象，在上述装置中需要将铝导体与铜导体连接时，采用一头为铝，另一头为铜的特殊过渡触头。

普通连接。普通连接在变压器上是相当多的，它们都是过热的重点部位，对平面接头，对接面加工成平面，清除平面上的杂质，最好均匀地涂上导电膏，确保连接良好。

油浸电容式套管过热。处理的办法可以用定位套固定方式的发热套管，先拆开将军帽，若将军帽、引线接头丝扣有烧损，应用牙攻进行修理，确保丝扣配合良好，然后在定位套和将军帽之间垫一个和定位套截面大小一致、厚度适宜的薄垫片，重新安装将军帽，使将军帽在拧紧情况下，正好可以固定在套管顶部法兰上。

引线接头和将军帽丝扣公差配合应良好，否则应予以更换，以确保在拧紧的情况下，丝扣之间有足够的压力，减小接触电阻。

4.继电保护发生动作的情况

继电保护动作，一般说明变压器内部有故障。瓦斯保护是变压器的主要保护，它能监视变压器内部发生的部分故障，常常是先轻瓦斯动作发出信号，然后重瓦斯动作去掉闸。

(1) 轻瓦斯动作的原因有以下几方面:

① 因滤油、加油和冷却系统不严密，致使空气进入变压器;

② 温度下降和漏油使油位缓慢降低;

③ 变压器内部故障，产生少量气体;

④变压器内部短路;

⑤ 保护装置二次回路故障。

(2) 当外部检查未发现变压器有异常现象时，应查明瓦斯继电器中气体的性质

① 如积聚在瓦斯继电器内的气体不可燃，而且是无色无嗅的，而混合气体中主要是惰性气体，氧气含量大于16%，油的闪点不降低，则说明是空气进入瓦斯继电器内，此时，变压器可继续运行。

②如气体是可燃的，则说明变压器内部有故障，应根据瓦斯继电器内积聚的气体性质鉴定变压器内部故障的性质，如气体的颜色为:

a、 黄色不易燃的，且一氧化碳含量大于1-2%，为木质绝缘损坏;

b、 灰色和黑色易燃的，且氢所含量在30%以下，有焦油味，闪点降低，则说明油因过热而分解或油内曾发生过闪络故障;

c、 浅灰色带强烈臭味且可燃的，是纸或纸板绝缘损坏。

③ 如上述分析对变压器内的潜伏性故障还不能作出正确判断，则可采用气相色谱法作出适当判断。

进行气相色谱分析时，可从氢、烃类、一氧化碳、二氧化碳、乙炔的含量变化来判断变压器的内部故障，一般情况下:

a、当氢、烃类含量急剧增加，而一氧化碳、二氧化碳含量变化不大时，为裸金属(如: 分接开关)过热性故障;

b、 当一氧化碳、二氧化碳含量急剧增加时，为固体绝缘物(木质、纸、纸板)过热性故障;

c、 当氢、烃类气体增加时，乙炔含量很高，为匝间短路或铁芯多点接地等放电性故障。

5. 绝缘瓷套管出现闪络和爆炸的情况

(1) 由于密封橡胶垫质量不好，安装位置不当，螺母压得不紧等原因，导致套管密封不严，因进水或潮气浸入使绝缘受潮而损坏;

(2) 电容式套管绝缘分层间隙存在内部形成的游离放电;

(3) 套管表面积垢严重，以及套管上有大的碎片和裂纹，均会造成套管闪络和爆炸事故。

6.分接开关出现故障的情况

变压器油箱上有“吱吱”的放电声，电流表随响声发生摆动，瓦斯保护可能发出信号，油的闪点降低。这些都可能是分接开关故障而出现的现象。

(1) 分接开关故障原因如下:

① 分接开关触头弹簧压力不足，触头滚轮压力不匀，使有效接触面积减少，以及因镀银层的机械强度不够而严重磨损等会引起分接开关烧毁;

② 分接开关接触不良，经受不起短路电流的冲击而发生故障;

③ 倒分接开关时，由于分头位置切换错误，引起开关烧坏;

④相间距离不够，或绝缘材料性能降低，在过电压作用下短路。

如发现电流、电压、温度、油位、油色和声音发生变化，应立即取油样作气相色谱分析。当鉴定为开关故障时，应立即将分接开关切换到完好的档位运行。

(2)在运行中，开关接触部分触头可能磨损，未用部分触头长期浸在油中可能因氧化而产生一层氧化膜，使分接头接触不良。因此，为防止分接开关故障，切换时必须测量各分头的直流电阻，如发现三相电阻不平衡，其相差值不应超过2%。

(3)倒分接头时，应核对油箱外的分接开关指示器与内部接头的实际连接情况，以保证接线正确。此外，每次倒分接头时，应将分接开关手柄转动10次以上，以消除接触部分的氧化膜及油垢，再调整到新的位置。

变压器故障原因的分析

按变压器故障的原因，一般可分为电路故障和磁路故障。电路故障主要指线环和引线故障等，常见的有: 线圈的绝缘老化、受潮，切换器接触不良，材料质量及制造工艺不良，过电压冲击及二次系统短路引起的故障等。磁路故障一般指铁芯、轭铁及夹件间发生的故障，常见的有: 硅钢片短路、穿芯螺丝及轭铁夹件与铁芯间的绝缘损坏以及铁芯接地不良引起的放电等。

以上仅是对变压器的声音、温度、油位、外观及其他现象的故障的初步、综合的归纳、分析，由于变压器故障并非某单一因素的反映，而是涉及诸多因素，有时甚至会出现假象。因此，必要时必须进行变压器的特性试验及综合分析，才能准确、可靠找出故障原因，判明故障性质，提出较完善的处理办法，确保变压器的安全运行。

**二. 事故处理**

变压器运行中出现的不正常现象

1.变压器运行中如漏油、油位过高或过低，温度异常，音响不正常及冷却系统不正常等，应设法尽快消除。

2.当变压器的负荷超过允许的正常过负荷值时，应按规定降低变压器的负荷。

3.变压器内部音响很大，很不正常，有爆裂声;温度不正常并不断上升;严重漏油使油面下降，低于油位计的指示限度;油色变化过快，油内出现碳质;套管有严重的破损和放电现象等，应立即停电修理。

4.当发现变压器的油温较高时，而其油温所应有的油位显著降低时，应立即加油。

5.变压器油位因温度上升而逐渐升高时，若最高温度时的油位可能高出油位指示计，则应放油，使油位降至适当的高度，以免溢油。

变压器运行中的检查

1.运行监视。无人值班的变电所按规定进行巡视。对高温、尘土、污秽、大雾、结冰、雨雪等特殊气象条件，过负荷或冷却装置故障时应增加检查次数，除巡视检查外，还应有计划地进行变压器的停电清扫，以保证变压器处于可以带电运行的完好状态。对检修后或长期停用的变压器，还应当检查接地线;核对分接开关位置和测量绝缘电阻。

2.检查变压器上层油温是否超过允许范围。定期用红外线测温仪对变压器进行测温。由于每台变压器负荷大小、冷却条件及季节不同，运行中的变压器不能以上层油温不超过允许值为依据，还应根据以往运行经验及在上述情况下与上次的油温比较。

3.检查油质，应为透明、微带黄色，说明油质较好。油面应符合周围温度的标准线。

4.变压器的声音应正常。正常运行时一般有均匀的嗡嗡电磁声，如声音有所改变，应细心检查。

5.检查油枕油面。油面均应正常，无渗漏现象，高低压套管应清洁，无裂纹，无破损及放电烧伤痕迹，螺丝是否紧固。一、二次引线不应过紧或过松，接头接触良好，呼吸器应畅通，硅胶吸潮不应达到饱和，无变色，变压器外壳和零线接地应良好。

**三.事故分析**

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。

**四.典型案例**

北疆某电厂主变压器运行中出现的故障原因进行7分析研究，从而总结出在今后的运行、检修过程中要做到的一些预防措施及注意事项。

**电厂简介**

电厂装有四台水轮发电机组，型号为HLFN70-LJ-160，单机容量为8MW，电气主接线为扩大单元接线方式，两条110 K V线路，两条l 0KV直配线，两台主变压器，主变压器容量是20000KVA，额定电压121(±2×2.5%)/10.5KV，额定电流是100，45A/1099.71A，调压方式：无载调压。

**故障的原因及处理**

1)故障现象

由于主变压器运行已几年时间，需外部清扫。联系值班调度将1号主变正常停电后，由值班人员对主变外部进行常规检查和清扫。工作完成后由110KV高压侧断路器对1号主变充电，在高压侧断路器合闸的同时，电厂中控室信号屏光子牌出现了“10KV单相接地”信号，过了几分钟后又出现了“1号主变轻瓦斯动作”的信号，值班人员立即检查了10KVI段母线电压，结果B相相电压为零，A、C两相相电压正常，而110KV母线各相电压也均正常。运行人员又对主变本体进行检查，发现变压器励磁分接开关处有像水沸腾时发出的异常声响，值班人员立刻停运了该变压器并汇报领导。

2)处理经过

检修人员首先对瓦斯继电器内的气体进行了分析，此气体为淡黄色且可燃，这说明变压器内部肯定有故障，随后对主变的分接开关进行检查发现，分接开关的位置出现变动，前一次调整的位置在+1档，而实际位置却在+1档和+2档之间。然后对主变进行了绝缘电阻、直流电阻和绝缘油的耐压、色谱分析试验，通过对比，有两项试验结果不合格，一是分接开关在+1档位的接触电阻测试不出，二是对变压器的绝缘油进行色谱分析后，绝缘油中的乙炔(C2，H2)、氢气(H2)、总烃含量均超过了规定值，根据《电力设备预防性试验规程》规定：C2H2>5 PPm、H，>150 PPm、总烃>150 PPm时应引起注意。检修人员将变压器内的油放空后，进入变压器内对分接开关进行检查后发现，分接开关+1档的两个触头表面有放电和少许烧伤的痕迹，对表面进行打磨处理，上好定位销后重新测试接触电阻，+1档的接触电阻为：AO=1.229、BO=1.227、CO=1228(测试温度为14℃)，直流电阻符合规程要求。将绝缘油注入变压器，用真空滤油机对绝缘油进行了自循环过滤，重新作了绝缘油色谱分析试验，此时油中乙炔、氢气、总烃值符合标准。将变压器投运后，一切正常。过滤前后绝缘油中的气体含量见下表：

3)原因总结

此次事故发生是由于分接开关位置变位的原因，是在前一次分按开关档位调整后，对分接开关起限位锁定的螺栓没有固定到位，值班人员在对变压器进行外部清扫时接触到分接开关调整档位的圆盘，圆盘受力转动后，带动分接开关转动，故而造成分接开关的档位发生了变化。重新送电后由于分接开关的接头接触不良，所以两个触头表面产生局部放电以至引起绝缘油中的乙炔、氢气、总烃含量超标。

**预防措施**

通过此次事故，我们认为对于无载调压变压器的分接开关在今后的运行中应注意以下几点：

(1)在对分接开关进行切换前、后都必须测量其直流电阻。使用过的分接开关接触部分可能有一些局部熔伤，长期未用的分接头表面则可能存在氧化或触头不洁、镀层剥落、弹力不够、焊接脱落等现象，从而造成分接头的接触不良，接触电阻增大。这就将造成其局部过热，并危及变压器的安全运行，乃至造成变压器烧毁事故;还有可能引起绝缘油迅速劣化，从而被迫停运。因此，变压器在切换分接开关前、后都必须测量直流电阻，且三相电阻值相差不得超过2%。

(2)无载调压分接开关应在停电状态下进行切换，切换时应多转动几次手柄，对其触头表面的油污进行清除。切换必须到位，到位后要固定好定位销，防止松动变位。

(3)主变往往在大修后容易发生分接开关接触不良的故障，穿越性故障后也可导致烧伤接触面。在运行过程中，特别要注意轻瓦斯动作情况，如果瓦斯频繁动作说明有可能存在此故障，取油样化验，可得出绝缘油的闪点迅速下降}同时也可通过油的色谱分析来判断。最后，可将变压器停运，测量三相分接头的直流电阻来确定分接开关接触情况，当分接开关接触不良导致断相时，从指针表中就可判断。

通过此次事故的发生，我们认为供电变压器在平时的运行过程中，应加强巡视检查力度，在进行维护和检修过程中，应严格遵守相关的规程、规章，确保变压器安全、经济、高效运行。