**摘**　**要**：变压器是电力系统的重要设备之一，它的故障将对供电的可靠性和系统的正常运行产生严重影响。因此，开展变压器故障早期诊断，对保证变压器长期安全可靠运行，减少不必要的停用，防止异常情况的发展具有极为特殊的意义。  
  
**关键词**：变压器；故障；诊断

**0　前言**　　目前，国内电力系统使用的大型变压器多为油浸式变压器，其内部变压器油和固体绝缘材料由于受电场、热、湿度、氧等因素的影响，会逐渐老化、分解，产生少量的氢、低分子烃类气体、一氧化碳和二氧化碳等气体，且大部分溶解在油中。当变压器内部存在潜伏性故障或故障加剧时，油中溶解气体数量会相应增加，最终造成瓦斯保护动作。显然，故障气体的组成、含量和产气速率是诊断变压器故障存在、发展以及故障性质的重要依据，通过检测变压器油的色谱情况，对早期诊断变压器的内部故障、实现安全生产至关重要。本文介绍了变压器油中溶解气体分析使用的诊断方法。  
**1　变压器故障诊断的优点**　　油中溶解气体分析，在故障诊断方法上不仅是一门学科，而且是一门艺术，正确的诊断离不开科学原理与实践经验的结合，离不开不同学科知识的综合以及不同专业（如：化学、电气专业等）人员的配合。通过油中气体分析，对早期诊断变压器内部故障和故障性质（包括故障类型、故障严重程度及发展趋势等），提出针对性防范措施，实现变压器不停电检测和早期故障诊断等安全生产要求都具有极为重要的指导意义。  
**2　变压器产气故障类型及其油中气体特性  
2．1　过热故障**　　过热故障产生的气体主要是甲烷与乙烯，而乙烯是主导成分。若涉及固体绝缘材料，则会产生较多的CO、CO2。若无CO、CO2，就可能属裸金属局部过热性故障。  
**2．2　放电故障**　　（1）高能量放电故障，又称电弧放电故障。这种故障产气量大、气体产生剧烈，运用测定油中溶解气体的方法不易对其进行预诊断，往往是在出现故障（如：变压器轻瓦斯发信）后，我们才可根据油中气体、瓦斯成分的分析，对变压器故障的性质和严重程度进行诊断。高能量放电故障气体主要是乙炔和氢，其次是乙烯和甲烷；若涉及固体绝缘，CO的含量也较高。  
　　（2）低能量放电故障。一般是电火花放电，其故障气体主要是乙烯和氢。由于其故障能量较小，总烃一般不会高。  
　　（3）局部放电故障。其产气特征是氢组分最多（占氢烃总量的85％以上），其次是甲烷。局部放电的后果是绝缘老化，如任其发展，会引起绝缘损坏，甚至造成事故。  
**2．3　受潮故障气体特征**　　其特征是存在大量的氢气。若未及时处理，任其发展，势必会引起放电性故障，甚至造成设备损坏。  
**3　变压器故障诊断方法  
3．1　有无故障的诊断**　　（1）测定故障特征气体含量（分析数据）并与油中溶解气体含量的注意值进行比较。若气体浓度达到注意值（总烃、氢注意值均为150ppm，乙炔的注意值为5ppm），就应引起注意，加强跟踪分析，查明原因。  
　　（2）虽然注意值在反映故障的概率上有一定的可参考性，但由于受到油中气体含量、变压器容量、运行方式、运行年限等相关因素的影响，仅仅根据注意值的分析结果还难以正确诊断变压器故障的严重性，绝不能作为划分设备有无故障的唯一标准。在此基础上，还应充分考虑产气速率等方面的影响，对所诊断的变压器和查对的特征气体应有所侧重、有所区别。只有这样，我们才可根据分析进一步确定变压器有无故障，并对故障的性质作出初步的估计。  
　　（3）产气速率与故障能量大小、故障部位以及故障点温度等情况直接相关。通过测定故障气体产气速率，便可对变压器内部状况做进一步的诊断。  
　　（4）为弄清气体产生的真正原因，避免非故障原因所带来的误判断，在变压器故障诊断时，我们还应全面了解所诊断变压器的结构、制造、安装和运行、检修以及辅助设备等诸多方面的情况，结合色谱分析数据进行综合分析，以便正确诊断变压器有无故障。  
**3．2　用三比值法（五种特征气体的三对比值）来诊断变压器故障类型**　　（1）三比值法的编码规则和判断方法详见表1和表2。



    （2）应用三比值法注意事项  
　　①只有根据各组分含量的注意值或产气速率的注意值，有理由判断可能存在故障时，才能进一步用三比值法判断其故障的性质，而对气体含量正常的变压器，其比值没有意义。  
　　②表2中每一种故障对应于一组比值，对多种故障的联合作用，可能找不到相对应的比值组合。  
　　③在实际工作中也可能出现没有包括在表2中的比值组合，对于某些组合的判断目前尚需进一步研究、分析。例如：121或122对应于某些过热与放电同时存在的情况；202或201对于有载调压变压器，还应考虑切换开关油室有可能向变压器本体油箱渗漏的情况。

  


**3．3　用平衡判据法来诊断变压器故障类型**　　（1）通过分析和比较油中溶解气体和气体继电器中的自由气体浓度，便可判断自由气体与溶解气体是否处于平衡状态，进而判断故障持续的时间。  
　　（2）利用各组分（i）的澳斯特瓦尔德系数（Ki），可计算出油中溶解气体各组分浓度理论值（Coi），或从油中溶解气体各组分浓度值（Coi）计算出自由气体各组分理论值（Cgi），然后进行比较。当气、液两相达到平衡时，对某特定气体而言，Coi＝Ki＊Cgi。  
　　①当理论值与实测值近似相等时，可认为气体是在平衡条件下释放出来的。这里有两种可能：一种是故障气体各组分含量均很少，说明设备是正常的；另一种是溶解气体含量略高于自由气体含量，则说明设备存在产生气体较慢的潜伏性故障。  
　　②如果气体继电器中的故障气体含量明显超过溶解气体含量，则说明释放气体较多，设备存在产生气体较快的故障。  
**4　变压器故障诊断的步骤**　　（1）将试验结果中的几项主要指标，如：总烃、甲烷、乙炔、氢气等，与油中溶解气体含量注意值进行比较，同时注意进行产气速率与总烃产气速率注意值的比较，短期内各种气体含量迅速增加，但尚未超过油中溶解气体含量注意值，也可判为内部有异常情况；有的设备因某种原因气体含量基值较高，超过其对应设备油中溶解气体含量注意值，但增长速率低于其产气速率注意值，仍可认为属正常设备。  
　　（2）当认为设备内部存在故障时，可用三比值法对故障的类型作出判断。  
　　（3）在气体继电器内出现气体的情况下，应将继电器内气样的分析结果按平衡判据，与油中取出气体的分析结果作比较。  
    （4）根据上述结果及其他检查性试验数据，如：测量绕组直流电阻空载特性试验、绝缘试验、局部放电试验和测量微量水分等结果，并结合该设备的结构、运行、检修等情况，综合分析、判断故障的性质及部位，依据具体情况对设备采取不同的处理措施，包括缩短试验周期、加强跟踪监视、限制负荷、近期安排内部检查、立即停止设备运行等。通过合理安排检修、落实针对性措施，防止设备损坏事故的发生，避免非计划停运，确保设备安全运行。  
**5　结束语**　　变压器是电厂中的重要设备之一。虽配有避雷器、差动、接地等多重保护，但由于内部结构复杂、电场及热场不均等诸多因素，事故率仍很高，恶性事故和重大损失也时有发生。因此，利用先进在线监测设备，开展气相色谱分析，实行状态维护模式与检修，对防止油质劣化和早期诊断变压器潜伏性故障具有积极的作用，可保证电力供应更加安全可靠。