

中华人民共和国水利电力部

变压器油中溶解气体 分析和判断导则

SD 187-86

编制说明

水利电力出版社

2.6
+86

中华人民共和国水利电力部

变压器油中溶解气体 分析和判断导则

SD 187-86

编制说明

水利电力出版社

中华人民共和国水利电力部
变压器油中溶解气体分析和判断导则
SD 187-86

编 制 说 明
水利电力部电力科学研究院

*

水利电力出版社出版，发行

（北京三里河路6号）

北京市京东印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 2.25印张 46千字
1983年12月第一版 1988年12月北京第一次印刷
印数03001—10210册 定价1.05元
ISBN 7-120-00563-5/TM·153

关于《中华人民共和国水利电力
部变压器油中溶解气体分析和
判断导则SD187-86编制说明》
出版事项

(88)电科高字第04号

《变压器油中溶解气体分析和判断导则SD187-86》已由水电部批准,并于1987年3月1日起施行。为了对制定过程及应用中经常遇到的问题做一较详细的解释和说明,作为实施中的参考,特组织编写了该导则的编制说明。对《编制说明》中所阐述的内容有何意见和建议请函告电力科学研究院高压研究所。地址:北京市清河,邮政编码为100085。

水利电力部电力科学研究院

1988年3月12日

目 录

第一章 总则	1
一 指导思想和制定过程	1
二 适用范围	3
三 检测周期	3
第二章 取样	6
一 取油样的部位	6
二 取油样的容器	7
三 取油样的方法	9
四 油样保存的避光问题	12
五 油样保存的时间	13
六 从气体继电器中取气样的方法	14
第三章 从油中脱出溶解气体	15
一 脱气方法	15
二 油中溶解气体的脱气率	20
三 脱气率的求法	25
第四章 气体分析方法	29
一 测试对象	29
二 对色谱仪的要求	30
三 仪器的标定	32
四 色谱峰面积的测量和计算	35
五 试验结果的表达方式	37
六 关于校正因子	37
七 试验结果的计算方法	38
八 试验结果的重复性和再现性	40
第五章 试验结果的判断	42

一 概 述	42
二 变压器的注意值	46
三 互感器的注意值	49
四 套管的注意值	50
五 关于产气速率判据的问题	51
六 关于一氧化碳和二氧化碳的判断指标问题	56
七 关于故障类型的判断问题	57
八 关于故障状况的判断	60
九 综合分析判断的重要性	63

第一章 总 则

一、指导思想和制定过程

用气相色谱法检测充油电气设备（主要是电力变压器）内部故障，在电力部门已经普遍采用。这个方法对保障充油电气设备的安全运行起到积极作用。但是由于各地试验方法不统一，试验精度难以得到保证，试验结果往往缺乏可比性。因此，有必要把已有的经验进行总结和提高，尽可能把试验方法逐渐统一起来，以便在生产上发挥更大的作用。为此于1980年5月由原电力工业部科学技术委员会颁发了《用气相色谱法检测充油电气设备内部故障的试验导则》（试行）（以下简称试行本）。

4年来，试行本起到了它应有的作用，但也暴露了许多不足之处，有待修改。此外，随着实践经验的不断丰富，还有待总结和提高；现场不断提出的新问题也有必要在导则中补充新内容。遵照水利电力部的指示，于1984年对试行本进行了全面修订。

围绕试行本的修订，1984年做了如下的工作：

（1）5月召开了水利电力部全国色谱经验交流会，广泛地交流了4年多试行中的实践经验，初步汇集了修改要点。参加这次会议的有各大区电管局电力试验研究所，各省（市）、自治区电力局、电力试验研究所，水利电力部电力科学研究所、电力建设研究所、西安热工研究所，沈阳变压器厂，西安变压器电炉厂，保定变压器厂以及有关供电局、电业局、发电厂等共55个单位的科研技术人员或现场工作人

员。会后，由水利电力部科学技术司批准组织了色谱工作组，负责导则的修订工作。工作组由华东电力试验研究所、湖北省电力试验研究所、广东省电力试验研究所、贵州省电力试验研究所、东北电业管理局技术改进局（即东北电力试验研究院）及水利电力部电力科学研究院等六单位组成。

（2）6月在全国绝缘预防性试验规程讨论会上，对上述会议的讨论要点再次进行了讨论和征求意见。

（3）8月在甘肃省电力试验研究所针对操作的重点环节——脱气方法召开了现场会，对9个单位的8种不同的脱气方法做了平行试验，分析了测试结果的误差来源，并讨论了缩小误差的措施。

（4）7～11月间，发函至全国各大区电业管理局、电力试验研究所，各省（市）、自治区电力工业局、电力试验研究所征求修改意见，同时汇总了全国近6000台变压器，10000余台互感器和3000余支充油套管的测试数据，并加以分析。

（5）11月在北京召集了比较有经验的色谱试验人员及绝缘监督人员共同参加的色谱导则修订审查会议。参加的单位有华北、华东、河南省、甘肃省、广东省、浙江省、贵州省、湖北省、内蒙古自治区、吉林省、黑龙江省、山东省、江苏省等电力试验研究所及东北电业管理局技术改进局、水利电力部电力科学研究院等15个单位。与会代表结合本地区的经验和上述的资料加以分析和集中，对导则的全部内容进行了逐条讨论。会后，由工作组汇总修改意见，写出报水电部审批的送审稿，并根据会议讨论的内容及收集到的资料，负责编写修订说明。

本导则在修订过程中，参考了IEC在1977年颁发的567

号文件《从充油电气设备取气样和油样及分析自由气体和溶解气体的导则》和1978年颁发的599号文件《运行中变压器及其它充油电气设备气体分析的解释》以及其它有关文献。

由于本导则是根据油中溶解气体的分析结果检测充油电气设备内部故障和判断运行状况的，而应用得最广的是变压器，因此，本导则更名为《变压器油中溶解气体分析和判断导则》。

由于水平有限，本导则修订说明反映的情况可能不够全面，阐述的论点也可能有不当之处，如有批评指正意见，请向（北京清河）水利电力部电力科学研究院反映。

以下按导则的顺序进行说明。

二、适用范围

从试验方法的原理来看，只要是充油电气设备（开关除外），则都适用。但用该法作为诊断依据时，要根据设备的特点，区别对待。变压器、电抗器的结构和运行条件相仿，可按同样原则考虑；互感器油量小、运行热负荷小，溶解气体含量情况与变压器不同；充油套管是高场强结构，油受电场的作用会有不同的表现。以上这些都要单独予以说明。因此，本导则中一般所叙述的内容对变压器（电抗器）、互感器和充油套管均适用；必要时，对不同的设备单独作出规定，相应地在本说明中予以解释。

三、检测周期

为了实施本导则所规定的连续分析、监视气体增长率的原则，检测周期的规定是必不可少的。试行本中对检测周期的规定比较笼统，各地反映不便掌握。这次修订中针对不同用途、不同电压等级、不同容量的电力变压器（电抗器）、互感器、充油套管分别详细地规定了正常的检测周期及新投

运设备的检测周期。

导则中强调了新设备及大修后设备在投运前后应做检测。这是因为不少新设备或大修后未投运的设备，由于非故障原因，出厂时油中就已含有一定量的各种气体，如带油补焊等，即可使油中含有一定量的乙炔，这将给以后判断故障带来一定的困难，而且要根据故障气体的增长率判断故障，因此，有一个油中含气量的起始值为基准是必不可少的。在GBJ232-82《电气装置安装工程施工及验收规范》中没有油中气体测试的规定，应按本导则执行。考虑到有些基建单位暂时不具备测试条件，实施中会存在一定的困难，希望有条件的电力试验研究所及供电局给予协助。

导则中还强调了变压器在投运后的一段时期内应做多次检测。不少经验表明，这是很有必要的。因为不少设备的事故是在投运后不长时间内发生的。因此，在投运初期，测试时间间隔应短一些；若无异常情况，测试间隔可逐渐放长，直至认为正常为止。

对于运行中的设备，确定取样的频度主要是依据该设备的重要程度。对变压器来说，一般电压等级高的、容量大的，重要性就更突出；对于同容量的变压器来说，一般发电厂主变压器的重要性高于变电站的，而且发电厂变压器的负荷一般较重，出现异常的可能性也高一些。这次修订的导则考虑了这些因素，依据设备的重要性及实际试验工作的可能性提出不同的检测周期，希望能起到既保证重点又顾及到一般的作用。

上述规定是根据大部分地区的实际工作能力最低限度的要求制定的。有条件的地区可以扩大检测面，特别是那些虽然电压等级较低、容量较小，但却很重要的设备，例如，发

电厂厂用变压器也可列入定期检测范围之内。

关于互感器和充油套管的检测问题，主要是针对日前事故较多的情况提出来的。因为互感器和套管油量少，取油样不能太多，这与目前的脱气方法有一定的矛盾。因此，如果检测没有发现什么问题，可以少做检测。但对于电压等级较高的设备，仍不可大意。全密封的互感器不做检测，因为一旦破坏了它的密封，如处理不当，反而会引起事故。

第二章 取 样

一、取油样的部位

要注意所取的油样应能代表油箱本体油中的含气量。因为本试验方法的目的在于分析油中气体组分及其含量，而非油质本身。经验表明，上部取样所得结果不如下部取样的高，因为上部油中气体会因呼吸作用，经常与油枕中油面上的空气进行交换而扩散掉一部分。此外，在上部取样时，为避免气体继电器的重瓦斯动作，必须暂时退出保护，这是不安全也是不方便的。

湖北省电力工业局电力试验研究所曾在1977年的讨论会上介绍对一台变压器在八个不同的部位取样，所得结果相差不大，比较起来，上部取样还偏低些。

日本木下仁智在一台试验变压器上（采取自然对流冷却）设45个取样点，从某一点注入含某种气样的油，结论是满载下6h，空载下30h后，因对流扩散作用，油箱各部位的油中含气量大致均匀。因而认为自下部取样阀门取样，是能够代表变压器内油的整体状态的。故这次修订中仍坚持试行本中规定的从下部取样阀门取样。

但是也有这样的实例，当变压器突然击穿，重瓦斯跳闸后，有时测得上、下部油中含气量有差异，甚至上部明显高于下部。这是因为故障源产生的大量气体在短时间来不及扩散均匀的缘故。再有，当变压器的辅助设备，如潜油泵，油流继电器等有存在故障的可能性时，应设法采取对该辅助设备具有代表性的油样进行分析，以得到对判断该辅助设备

是否存在故障的有代表性的分析数据。因此，在导则中不排除在特殊情况下由不同位置取样的必要性。

二、取油样的容器

近年来不少地方对取样容器作了许多工作。国内目前所采用的取样容器主要有玻璃注射器和小口瓶。

为了考察不同取样容器对试验结果带来的差异，1977年色谱工作组曾在西安、兰州、鞍山进行了不同取样容器及取样方式的对比试验，小口瓶顺流及溢流取样与玻璃注射器取样结果比较见表2-1。为使结果准确可靠，每种方式均做了三个平行试验。

由表2-1数据可见，用玻璃注射器取样所得的结果，从平均值来看，普遍高于小口瓶溢流取样数值，但差别不大，小口瓶顺流取样的数值最低。还应指出，上述试验中取样操作均比较仔细；取样时变压器上层油温不高，底部油温更低，且运输距离都很近。这些都有利于减少小口瓶取样所造成的误差。西安供电局曾作了大量的取样容器对比试验，所得结果是：用注射器取样的结果分散性要小些。

湖北省电力中心试验所也提供证明，注射器取样数据普遍高于小口瓶的，而且分散性小，含量随放置时间的延长而减少的量也小，这是因为油中溶解气体各组分在油中的溶解度不同。当油与空气接触时，油中溶解气体将与空气产生交换平衡，而改变了它在油中的组成和含量。小口瓶取样不能不接触空气，而且瓶的容积是固定不变的，当环境温度降低时，油样的体积收缩，使瓶内呈现负压脱气。采用注射器取样避免了这些缺点，能够尽可能地减少取样这一环节所引进的误差。

武汉供电局进行了取样容器的对比试验后，决定一律采

表 2-1 不同取样容器及不同取样方式所测含气量 (%) 比较

变 压 器	取 样 方 式	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄
西安雁塔变 1 号 上层油温55℃	油顺流入小口瓶	0.074	0.28	3.1	0.18	0.42	0.0015	0.060	0.015	0.13
	油流入小口瓶底溢流	0.080	0.28	3.1	0.19	0.45	0.0014	0.065	0.014	0.14
	玻璃注射器	0.083	0.30	3.4	0.19	0.49	0.0015	0.077	0.023	0.19
西安平园变 4 号 上层油温60℃	油顺流入小口瓶	0.052	0.68	3.0	0.012	0.014	0.0026	0.0024	0.0048	
	油流入小口瓶底溢流	0.062	0.74	3.3	0.013	0.015	0.0030	0.0026	0.0066	
	玻璃注射器	0.068	0.76	3.3	0.013	0.016	0.0035	0.0028	0.0067	
鞍山首山变 B 相 上层油温53℃	油顺流入小口瓶	0.28	0.67	7.6	0.014	0.062	—	0.012	0.0074	0.003
	油流入小口瓶底溢流	0.31	0.71	8.6	0.015	0.063	—	0.013	0.0092	0.004
	玻璃注射器	0.32	0.73	8.5	0.015	0.067	—	0.013	0.0094	0.004

用注射器取样。以一台 90MVA 变压器为例, 其对比试验数据见表 2-2。

表 2-2 不同取样容器取样所测含气量 (%) 比较

取样方式	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄	CO	CO ₂
充氮小口瓶	0.06	0.35	0.07	0.56	0.04	0.011	0.11	0.67	6.9
玻璃注射器	0.11	0.49	0.14	0.83	0.04	0.011	0.23	0.66	7.8

1977年IEC制定的567号文件正文中, 只提出了玻璃注射器(玻璃芯子或塑料芯子)一种取样容器, 而在附录中介绍了带内盖的小口瓶——作为在常规分析中也可以采用的容器。尽管如此, 结合我国的具体情况和实践经验, 在本导则中只推荐玻璃注射器一种取样容器还是合适的。

武汉供电局等单位还为用玻璃注射器取样设计了专用的取样箱, 使注射器在运输过程中得以固定, 既防止针管破碎, 又保证芯子能自由活动。如采用带有金属头的玻璃注射器, 就更结实耐用一些。

对于所采用的玻璃注射器, 应保证一定的密封效果。IEC567号文件提出的考核方法是容器内贮存溶有氢气的油样, 放置两周, 每周氢的浓度下降不得大于 2.5%。根据我们现在采用的注射器, 很难达到这一要求, 因此, 这一检查方法未列入正文。但在使用中应尽量选择密封效果好的注射器取样。对如何提高注射器的密封质量问题正在研究中。

三、取油样的方法

导则提出设备的取样阀门应配上带有小嘴的取样帽作为连接器, 在小嘴上接软管, 再与注射器连接, 以避免油样与

空气接触。

取油样时应注意：

(1) 先用本体油润湿注射器及排尽注射器及连接管路内的空气。

(2) 不能用手拉动注射器的芯子，应靠设备内的油位压力使芯子自由滑动。

(3) 取下注射器时要注意使注射器嘴向下，将数滴油滴入已捏扁的小胶头内，以排除小胶头内的空气，之后，立即将小胶头套在注射器嘴上。

(4) 若注射器带有小三通阀门，应先关闭三通阀门，再取下注射器。

用注射器取样需要增加一些工作量，改进一些取样阀门。实践证明，这并不会带来太多麻烦，做几个简单的取样工具即可满足要求。武汉供电局在这方面做了一些努力，针对所有被监视的变压器加工了一组取样用的有机玻璃取样帽，上面装有小嘴，使所有设备的取样阀都能装上取样帽，在小嘴上接软管引出油样。取样时先卸下防尘帽，打开阀门使油流出，再拧上取样帽，使小嘴向上，排除内部的空气后就有油经小嘴流出。变压器防尘帽的规格不是很多的，一只取样帽往往可以通用于若干台变压器。电力科学研究院试制了一批取样帽，如图2-1所示，已赠与有关单位试用。吉林通化电业局设计生产了取样帽，使用它可以在密封的状况下开启取样阀的堵油螺丝，见图2-2。上海供电局也有原理上类似的装置。

互感器和充油套管的取样阀门，绝大多数不适用于色谱分析取样，需要改进。浙江省电力试验研究所试制的一种简单方便的取样阀门如图2-3所示。这种阀门类似于色谱仪的进

样口，用注射器针穿透密封胶垫取出油样，适合于取少量油样的情况，在设备上安装也很简单，值得推广应用。

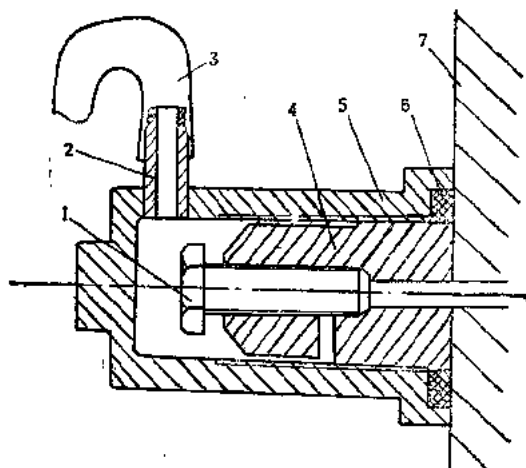


图 2-1 变压器取油样连接方式示意图（一）

1—堵油螺丝；2—取样小嘴；3—胶管；4—取样阀本体；5—取样帽；
6—胶垫；7—变压器本体

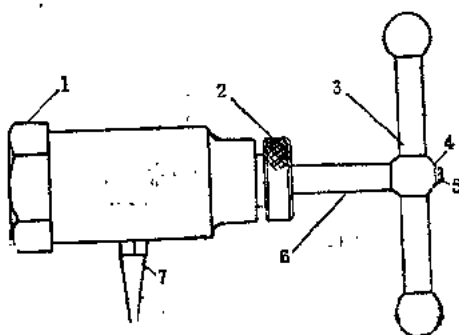


图 2-2 变压器取油样连接方式示意图（二）

1—本体；2—穿轴螺丝；3—手柄；4—垫圈；5—螺丝；6—操作杆；
7—出油嘴