

变压器油中溶解气体在线监测装置 技术规范

Technical specification for on-line monitoring device of gases dissolved in
transformer oil

2021-12-06发布

2021-12-06实施

国家电网有限公司 发布

目 次

| | |
|---|----|
| 前 言..... | II |
| 1 范围..... | 1 |
| 2 规范性引用文件..... | 1 |
| 3 术语和定义..... | 1 |
| 4 装置组成..... | 2 |
| 5 装置分类..... | 2 |
| 6 技术要求..... | 3 |
| 7 试验项目及要 求..... | 8 |
| 8 检验规则..... | 11 |
| 9 标志、包装、运输和贮存..... | 13 |
| 附录A 变压器油中溶解气体在线监测阈值设定规则(资料性附录)..... | 15 |
| 附录 B 变压器油中溶解气体在线监测装置现场校验方法(规范性附录)..... | 19 |
| 附录C 变压器油中溶解气体在线监测装置安装验收指导意见(资料性附录)..... | 23 |
| 编制说明..... | 25 |

前 言

为规范变压器油中溶解气体在线监测装置应用，明确相关技术指标，制定本标准。

本标准代替Q/GDW 10536—2017《变压器油中溶解气体在线监测装置技术规范》，与Q/GDW 10536—2017相比，主要差异如下：

- 修改了专项功能要求(见6.4.2~6.4.5)；
- 修改了测量范围与测量误差的技术要求，新增用于750kV及以上变电站装置的性能指标，并增加了测量范围与测量误差试验的参考油样浓度范围(见6.5.1和7.4)；
- 增加了最小检测浓度与最小检测浓度试验的要求(见6.5.2和7.5)；
- 增加了响应时间与响应时间试验的要求(见6.5.5和7.8)；
- 修改了交叉敏感性试验中气体组分及含量的要求(见6.5.6)；
- 增加了变压器油中溶解气体在线监测阈值设定规则(见附录A)；
- 增加了变压器油中溶解气体在线监测装置现场校验方法(见附录B)；
- 调整了安装验收相关内容的章节，作为单独附录(见附录C)。

本标准由国家电网有限公司设备管理部提出并解释。

本标准由国家电网有限公司科技部归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国网福建省电力公司电力科学研究院、国网浙江省电力公司电力科学研究院、国网山东省电力公司、国网安徽省电力公司电力科学研究院、国网北京市电力公司电力科学研究院、国网山西省电力公司电力科学研究院、国网河南省电力公司电力科学研究院、河南中分仪器股份有限公司、思源电气股份有限公司、宁波理工监测科技股份有限公司，福建和盛高科技有限公司。

本标准主要起草人：袁帅、杜修明、王广真、王剑、毕建刚、付德慧、是艳杰、金焱、张兴辉、王峰、杨圆、弓艳朋、许渊、常文治、于浩、杜非、杜劲超、王健一、连鸿松、明菊兰、齐国栋、赵常威、任志刚、俞华、任欢、张洪波、魏立新、谢裕焕、陈金祥。

本标准2011年4月首次发布，2017年11月第一次修订，2020年12月第二次修订。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至国家电网有限公司科技部。

变压器油中溶解气体在线监测装置技术规范

1 范围

本标准规定了变压器油中溶解气体在线监测装置的组成、分类、技术要求、试验项目及要求、检验规则、标志、包装、运输和贮存的要求。

本标准适用于变压器油中溶解气体在线监测装置的设计、生产、检验、验收、运维等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T191 包装储运图示标志

GB2536 电工流体变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油

GB/T7597 电力用油(变压器油、汽轮机油)取样方法

GB/T 17623 绝缘油中溶解气体组分含量的气相色谱测定法

DL/T 722—2014 变压器油中溶解气体分析和判断导则

Q/GDW1535 变电设备在线监测装置通用技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

变压器油中溶解气体 gases dissolved in transformer oil

油浸式设备由于内部电或热故障、材料老化等原因，产生的溶解于变压器油中的气体。

3.2

变压器油中溶解气体在线监测装置 on-line monitoring device of gases dissolved in transformer oil

安装在油浸式电力变压器(或电抗器)本体上或附近，可对变压器油中溶解气体组分含量进行连续或周期性自动监测的装置。

3.3

变压器油中溶解气体气相色谱检测方法(简称色谱法) gas chromatography detection method of gases dissolved in transformer oil

基于气相色谱原理对变压器油中溶解气体进行定性和定量检测分析的方法。

3.4

变压器油中溶解气体光谱检测方法(简称光谱法) spectroscopic detection method of gases dissolved in

transformer oil

基于光声光谱、吸收光谱、拉曼光谱等光谱原理对变压器油中溶解气体进行定性和定量检测分析的方法。

3.5

特征气体 characteristic gases

对判断充油电气设备内部故障有价值的气体，即氢气(H₂)、甲烷(CH₄)、乙烷(C₂H₆)、乙烯(C₂H₄)、乙炔(C₂H₂)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)。

[来源：DL/T 722—2014, 3.1]

3.6

总烃 total hydrocarbon

烃类气体含量的总和，即甲烷(CH₄)、乙烷(C₂H₆)、乙烯(C₂H₄)、乙炔(C₂H₂)含量的总和。

[来源：DL/T722—2014, 3.2]

3.7

油气分离 gas-oil separation

将溶解于油中的气体脱离出来的过程。

3.8

响应时间 response time

油中气体浓度发生变化，装置响应达到稳定值90%的时间。

4 装置组成

4.1 油样采集与油气分离部分

油样采集部分与被监测设备的油箱阀门相连，完成对变压器油的取样。油气分离部分实现油中溶解气体与变压器油的分离，包括动态顶空脱气、真空脱气、渗透膜脱气等方法。

4.2 气体检测部分

完成油气分离后的混合气体组分含量检测，包括气相色谱法、光谱法等气体检测方法。

4.3 数据采集与控制部分

完成信号采集与数据处理，实现分析过程的自动控制等。

4.4 通信部分

完成本装置与其他装置及系统的通信。

4.5 辅助部分

用于保证装置正常工作的其它相关部件，例如恒温控制、载气、管路等。

5 装置分类

5.1 多组分在线监测装置

监测变压器油中溶解气体组分7种及以上的监测装置，监测量应包括氢气 (H₂)、甲烷(CH₄)、乙 烯(C₂H₄)、乙烷(C₂H₆)、乙炔(C₂H₂)、一氧化碳(CO)和二氧化碳 (CO₂) 等主要特征气体。

5.2 少组分在线监测装置

监测变压器油中溶解气体组分少于7种的监测装置，监测量应至少包括氢气 (H₂) 或乙炔 (C₂H₂) 等特征气体。

6 技术要求

6.1 通用技术要求

变压器油中溶解气体在线监测装置的绝缘性能、电磁兼容性能、环境适应性能、机械性能、外壳防护性能、连续通电性能、可靠性及外观和结构等通用技术要求应符合Q/GDW 1535的规定。

6.2 接入安全性要求

变压器油中溶解气体在线监测装置的接入不应使被监测设备或邻近设备出现安全隐患，并满足如下要求：

- a) 油样采集与油气分离部件应能承受油箱的正常压力，取油接口和电磁阀耐受压力不小于0.6MPa；
- b) 对变压器油进行处理时产生的正压与负压不应引起油渗漏；
- c) 不应破坏或降低被监测设备的密封性；
- d) 不应使气体、水分或其他杂质进入被监测设备中。

6.3 结构要求

6.3.1 油样采集方式

油样采集方式要求如下：

- a) 宜采用循环油工作方式，可采用非循环油工作方式；
- b) 循环油工作方式：采集油样应能代表本体油样状态，取样方式和回油不影响被监测设备的安全运行，应符合不污染本体油、循环取样不消耗油的要求。

非循环油工作方式：采集油样应能代表本体油样状态，取样方式不影响被监测设备的安全运行，分析完的油样不回注被监测设备，应单独收集处理，单次排放油量不大于200mL，收集油的容器应具有油量监测功能，对满油进行就地及远程告警。

6.3.2 取油接口和电磁阀

满足6.2中a)的要求。

6.3.3 取样管路

油管应采用不含催化元素的不锈钢或紫铜等材质，油管外应加装防护部件，在气温较低地区使用的装置，应加装管路伴热带、保温管等保温部件，以保证变压器油在管路中流动顺畅。

6.3.4 载气

载气要求如下：

- a) 使用瓶装压缩气体作为气源的，单瓶载气使用次数不小于2200次，并符合瓶装压缩气体相关安全规程；
- b) 使用气体发生器等装置作为气源的，所产生气体的CH₄含量应小于0.5 μL/L、CO₂含量应小于25 μL/L，气体发生器使用寿命应与主机相同，并且宜配备载气气瓶作为备用。

6.3.5 温度湿度调节

应内置工业空调器，具备控温、除湿等功能。

6.4 功能要求

6.4.1 基本功能

变压器油中溶解气体在线监测装置的基本功能、监测功能、数据记录功能、报警功能、通信功能应符合Q/GDW 1535的规定。

6.4.2 远程(监控室)维护功能

满足如下要求：

- a) 支持远程维护和升级装置软件；
- b) 支持软件重启、立即采样等远程控制命令；
- c) 支持定值下发，包括告警阈值、采样周期等；
- d) 支持装置基本信息(如软、硬件版本信息)、故障信息(软、硬件故障信息)等信息上传和远程查询；
- e) 支持远程召唤历史数据和实时数据；
- f) 支持远程查询和导出装置运行日志数据，日志内容包含但不限于：故障信息、告警信息、操作指令等；
- g) 支持谱图通过就地工作站提取和通过DL/T860 通信协议传输至站端后台及其他信息系统；
- h) 采用交互式的图形化人机界面。

6.4.3 装置状态监控功能

具有自我诊断、内部故障报警信息等上送后台功能，进油量体积、核心模块温度值、柱前压力值应定量显示，具备载气剩余压力值上送及低压提醒功能。

6.4.4 自动加速监测功能

具有自动加速监测功能，能设定为启用或不启用该功能。若启用，发现监测预警后自动进行二次采样验证，确认后自动缩短为快速采样周期，及时跟踪变压器运行状况。

6.4.5 分析功能

装置的数据分析和诊断功能应符合以下要求：

- a) 应提供组分含量，能计算附录A中特征气体绝对增量和相对增长速率，以及DL722-2014 中的绝对产气速率、相对产气速率，并可采用报表、趋势图、单一组分显示、多组分显示等多种展示方式，气相色谱原理装置应提供检测结果原始谱图；
- b) 具有数据分析和故障诊断功能，提供符合DL722-2014 要求的三比值法、大卫三角形法或立体图示法辅助诊断分析结果。

6.4.6 现场校验功能

应具备专用的油样校验接口，符合附录B中B.2.2的要求。可具备气样校验接口，该气体校验功能应采用无用户干预全自动校验形式，所配备标准气体的性能有效期应不小于3年。

6.5 性能要求

6.5.1 总则

6.5中规定的性能指标，按照所应用装置的变电站电压等级，规定为750kV及以上变电站装置的性能指标和500kV及以下变电站装置的性能指标。换流站装置参照750kV及以上变电站装置执行。

6.5.2 检测范围与测量误差

检测范围与测量误差应符合以下要求：

- 根据对装置测量误差限值要求的严格程度，将测量误差性能定为A级、B级和C级。750kV及以上变电站装置要求见表1，500kV及以下变电站装置要求见表2，少组分装置要求见表3。
- 对于新建装置，750kV及以上变电站装置应符合表1要求；500kV及以下变电站装置应符合表2要求，其中，500kV变电站装置应符合表2中A级要求，330kV及以下变电站装置应不低于表2中B级要求；少组分装置应不低于表3中B级要求。
- 对于运行中装置，750kV及以上变电站装置应符合表1要求；500kV变电站装置应不低于表2中B级要求；330kV及以下变电站装置应不低于表2中C级要求。
- 实验室检验时，按照全部气体组分评定。运行中装置现场校验时，按照氢气、乙炔和总烃评定。
- 若产品说明书中标称的检测范围超出表1、表2和表3的，应按照说明书中的指标检验。

表1 750kV及以上变电站多组分装置测量误差要求

| 检测参量 | 检测范围 $\mu\text{L/L}$ | 测量误差限值 |
|--|----------------------|--------------------------------------|
| 氢气 H_2 | 2~20a | $\pm 2 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | 20~1000 | $\pm 30\%$ |
| 乙炔 C_2H_2 | 0.2~5a | $\pm 0.2 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | 5~10 | $\pm 30\%$ |
| | 10~50 | $\pm 20\%$ |
| 甲烷 CH_4 、乙烷 C_2H_6 、乙烯 C_2H_4 | 0.5~10 | $\pm 0.5 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | 10~150 | $\pm 30\%$ |
| 一氧化碳 CO | 25~100a | $\pm 25 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | 100~1500 | $\pm 30\%$ |
| 二氧化碳 CO_2 | 25~100 | $\pm 25 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | 100~7500 | $\pm 30\%$ |

表1 (续)

| 检测参量 | 检测范围 $\mu\text{L/L}$ | 测量误差限值 |
|--------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 总烃 (C_1+C_2) | $2\sim 10\text{a}$ | $\pm 2 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | $10\sim 150$ | ± 30 |
| | $150\sim 500$ | $\pm 20\%$ |

a在各气体组分的低浓度范围内，测量误差限值取两者较大值。

表2 500kV及以下变电站多组分装置测量误差要求

| 检测参量 | 检测范围 $\mu\text{L/L}$ | 测量误差限值 (A级) | 测量误差限值 (B级) | 测量误差限值 (C级) |
|--|-------------------------|---|---------------------------------------|---|
| 氢气 H_2 | $5\sim 20\text{a}$ | $\pm 2 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 3 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 4 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | $20\sim 2000$ | $\pm 30\%$ | $\pm 35\%$ | $\pm 40\%$ |
| 乙炔 C_2H_2 | $0.5\sim 5\text{a}$ | $\pm 0.5 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 1 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 1.5 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | $5\sim 10$ | $\pm 30\%$ | $\pm 35\%$ | $\pm 40\%$ |
| | $10\sim 200$ | $\pm 20\%$ | $\pm 30\%$ | $\pm 40\%$ |
| 甲烷 CH_4 、乙烷 C_2H_6 、乙 烯 C_2H_4 | $0.5\sim 10\text{a}$ | $\pm 0.5 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 1 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 2 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | $10\sim 600$ | $\pm 30\%$ | $\pm 35\%$ | $\pm 40\%$ |
| 一氧化碳 CO | $25\sim 100\text{a}$ | $\pm 25 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 30 \mu\text{L/L}$ | $\pm 40 \mu\text{L/L}$ |
| | $100\sim 3000$ | $\pm 30\%$ | $\pm 35\%$ | $\pm 40\%$ |
| 二氧化碳 CO_2 | $25\sim 100\text{c}$ | $\pm 25 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 30 \mu\text{L/L}$ | $\pm 40 \mu\text{L/L}$ |
| | $100\sim 1500\text{C}$ | $\pm 30\%$ | $\pm 35\%$ | $\pm 40\%$ |
| 总烃 (C_1+C_2) | $2\sim 10\text{a}$ | $\pm 2 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 3 \mu\text{L/L}$ | $\pm 4 \mu\text{L/L}$ |
| | $10\sim 150$ | $\pm 30\%$ | $\pm 35\%$ | $\pm 40\%$ |
| | $150\sim 2000$ | $\pm 20\%$ | $\pm 30\%$ | $\pm 40\%$ |

在各气体组分的低浓度范围内，测量误差限值取两者较大值。

表3 少组分装置测量误差要求

| 检测参量 | 检测范围 ($\mu\text{L/L}$) | 测量误差限值 (A级) | 测量误差限值 (B级) | 测量误差限值 (C级) |
|---|-----------------------------|---|--|---|
| 氢气 H_2 | 5~50a | $\pm 5 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | +10 $\mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 15 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | 50~2000 | $\pm 30\%$ | $\pm 35\%$ | $\pm 40\%$ |
| 乙炔 C_2H_2 | 0.5~5a | $\pm 0.5 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 1 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 1.5 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | 5~10 | $\pm 30\%$ | $\pm 35\%$ | $\pm 40\%$ |
| | 10~200 | $\pm 20\%$ | $\pm 30\%$ | $\pm 40\%$ |
| 一氧化碳 CO | 25~100 | $\pm 25 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 30 \mu\text{L/L}$ | $\pm 40 \mu\text{L/L}$ |
| | 100~3000 | $\pm 30\%$ | $\pm 35\%$ | $\pm 40\%$ |
| 复合气体 ($\text{H}_2, \text{CO}, \text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_2$) | 5~50a | $\pm 5 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 10 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ | $\pm 15 \mu\text{L/L}$ 或 $\pm 30\%$ |
| | 50~2000 | $\pm 30\%$ | $\pm 35\%$ | $\pm 40\%$ |
| 在各气体组分的低浓度范围内，测量误差限值取两者较大值。 | | | | |

6.5.3 最小检测浓度

750kV 及以上变电站装置油中乙炔最小检测浓度不大于 $0.2 \mu\text{L/L}$ ，油中氢气最小检测浓度不大于 $2 \mu\text{L/L}$ 。500kV 及以下变电站装置油中乙炔最小检测浓度不大于 $0.5 \mu\text{L/L}$ ，油中氢气最小检测浓度不大于 $5 \mu\text{L/L}$ 。

6.5.4 测量重复性

750kV 及以上变电站装置的测量重复性不大于3%。500kV 及以下变电站装置的测量重复性不大于5%。

6.5.5 最小检测周期

多组分在线监测装置的最小检测周期不大于2小时，少组分在线监测装置的最小检测周期不大于12小时。

6.5.6 响应时间

对于油中氢气和总烃，750kV 及以上变电站装置的响应时间不大于2小时，500kV 及以下变电站装置的响应时间不大于3小时。

6.5.7 交叉敏感性

一氧化碳 (CO) 含量 $>1000 \mu\text{L/L}$ 、氢气 H_2 含量 $<50 \mu\text{L/L}$ 时，氢气检测误差符合6.5.1中的要求。乙烷 (C_2H_6) 含量 $>150 \mu\text{L/L}$ 、二氧化碳 (CO_2) 含量 $>5000 \mu\text{L/L}$ 、其他烃类含量 $<10 \mu\text{L/L}$ 时，甲烷、乙烷、乙烯、乙炔检测误差符合6.5.1中的要求。

6.6 使用寿命要求

装置使用寿命不小于10年。

7 试验项目及要求

7.1 试验环境

开展装置性能检验的实验室环境要求如下：

- a) 环境温度+15℃~+35℃；
- b) 相对湿度25%~75%；
- c) 大气压力86kPa~106kPa；

注：基于某种原因，设备不能在上述条件下进行试验时，应把实际气候条件记录在检验报告中。

7.2 仪器设备和材料

7.2.1 气相色谱仪、脱气装置及其附件

符合GB/T17623 中仪器设备的配置要求。

7.2.2 变压器油

符合GB2536 的要求。

7.2.3 标定用标准混合气体

用于标定实验室气相色谱仪，应由国家计量部门授权的单位配制并提供标准物质证书，具有组分含量和有效期。

7.2.4 配油样用气体

包含以下的单组分气体或多组分混合气体：氢气 (H₂)、 甲烷(CH₄)、 乙烷(C₂H₆)、 乙烯(C₂H₄)、 乙炔(C₂H₂)、 一氧化碳(CO) 和二氧化碳 (CO₂)， 底气为氮气 (N₂)。 应由国家计量部门授权的单位配 制，具有组分含量、检验合格证及有效使用期。

7.2.5 其他气体(压缩钢瓶或气体发生器)

其他气体要求如下：

- a) 氮气(或氩气)：纯度不低于99.99%；
- b) 氢气：纯度不低于99.99%；
- c) 空气：无油无杂质。

7.2.6 油样制备装置

装置具有控温、搅拌等功能，同时应有气体进样口、油样手动取样口、在线监测装置接口等。

7.2.7 气路、油路系统的管材

使用不含催化元素的不锈钢管、紫铜管或壁厚不小于1mm 的耐油高分子聚合管作为采样管。

7.2.8 温度计

温度计的测量范围-20℃~+50℃，测量精度≤0.1℃。

7.2.9 气压表

气压表的测量范围80kPa~110kPa，测量精度≤0.2kPa。

7.3 油样制备

向油样制备装置中注入变压器油，然后通入一定量的配油样用气体并与变压器油充分混合，配制出一定组分含量的油样。制备的油样中气体组分含量由实验室气相色谱仪按GB/T17623 中方法测定。油样按所含气体组分含量应满足下列要求：

- 多组分监测装置检验：配制油样所含氢气、乙炔和总烃含量满足表4、表5要求。
- 少组分监测装置检验：参考表4和表5，介于最低检测限值和最高检测限值两者之间的油样不少于3个。
- 一般配制含多气体组分的油样，必要时也可以配制含单一气体组分的油样。

表4 750kV及以上变电站多组分装置配制油样浓度范围 单位：μL/L

| 气体组分 | 油样1 (低浓度) | 油样2 (中低浓度) | 油样3 (中浓度) | 油样4 (高浓度) |
|---------------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| H ₂ | 2~20 | 50~100 | 100~200 | 500~1000 |
| C ₂ H ₂ | 0.2~1.0 | 1~5 | 5~20 | 20~50 |
| EC ₁ +C ₄ | 2~10 | 50~100 | 100~200 | 200~500 |
| CO | 25~100 | 300~600 | 600~1000 | 1000~1500 |
| CO ₂ | 25~500 | 1000~3000 | 3000~5000 | 5000~7500 |

表5 500kV及以下变电站多组分装置配制油样浓度范围 单位：μL/L

| 气体组分 | 油样1 (低浓度) | 油样2 (中低浓度) | 油样3 (中浓度) | 油样4 (高浓度) |
|---------------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| H ₂ | 5~20 | 50~100 | 100~200 | 500~2000 |
| C ₂ H ₂ | 0.5~1.0 | 1~5 | 5~20 | 50~200 |
| ≥C ₁ +C ₂ | 2~10 | 50~100 | 100~200 | 500~2000 |
| CO | 25~100 | 300~600 | 600~1000 | 1500~3000 |
| CO ₂ | 25~500 | 1000~3000 | 3000~5000 | 7500~15000 |

7.4 测量误差试验

在同一样本中取两份油样，分别采用在线监测装置和实验室气相色谱仪进行检测分析，将两者检测数据进行比对。油样的采集、脱气，油中溶解气体的分离、检测等步骤，应按照GB/T7597 和 GB/T17623 的方法执行。按照公式(1)和公式(2)计算测量误差，所有气体组分的测量误差应满足6.5.2的要求。

$$Ea = C_o - C_l; \quad (1)$$

$$E_r = \frac{C_o - C_l}{C_l} \times 100\% \quad (2)$$

式(1)~(2)中：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/808007067052006061>