

电力设备在线监测装置校准规范
变压器油中溶解气体在线监测装置
(征求意见稿)

编 制 说 明

2022 年 4 月

目 录

一、 工作简况.....	1
二、 编制原则和主要内容.....	2
三、 主要试验验证情况和预期达到的效果.....	6
四、 采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况.....	6
五、 与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性.....	7
六、 重大分歧意见的处理经过和依据.....	7
七、 涉及专利的说明.....	7
八、 宣传贯彻要求.....	7
九、 废止现行有关标准的建议.....	7
十、 重要内容的解释和其它应予说明的事项.....	7

一、工作简况

1. 任务来源

本规范根据 2021 年 7 月 22 日，全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会下发“高压计量分委会关于下达《工频电压比例标准装置校准规范》等十项国家计量技术规范制修订计划的通知”（高压计量【2021】46 号），中“输变电设备在线监测装置校准规范 变压器油中溶解气体在线监测装置”国家计量技术规范制订工作要求，由国网湖北省电力有限公司电力科学研究院作为规范制订负责单位，由西安热工研究院孟玉婵作为规范指导老师。

2. 主要工作过程

1) 2021 年 10 月 11 日，全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会下发“关于成立《工频电压比例标准装置校准规范》等八项国家计量技术规范起草工作组的通知”（高压计量【2021】65 号），批准成立“输变电设备在线监测装置校准规范 变压器油中溶解气体在线监测装置”起草工作组。起草工作组由 1 名指导老师和包含国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、国家高压计量站、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、华北电力科学研究院有限责任公司、特变电工沈阳变压器集团有限公司、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、国网青海省电力有限公司电力科学研究院 7 家起草单位（人）共同组成。

2) 2021 年 11 月 12 日，在武汉组织召开《输变电设备在线监测装置校准规范 变压器油中溶解气体在线监测装置》起草工作组启动暨初稿讨论会线上会议。会议对由负责单位起草的《输变电设备在线监测装置校准规范 变压器油中溶解气体在线监测装置》初稿进行了讨论，形成会议意见并明确下步需要开展的试验验证工作及材料报送要求形成会议纪要。标委会于 11 月 22 日下发“关于印发国家计量技术规范《输变电设备在线监测装置校准规范 变压器油中溶解气体在线监测装置》起草工作组启动暨初稿讨论会纪要的通知”。

3) 2021 年 12 月 21 日至 2022 年 2 月 20 日，编写组相继完成《输变电设备在线监测装置校准规范：变压器油中溶解气体在线监测装置（征求意见稿）》、《不确定度分析报告》和 5 个试验验证性报告（《调研分析报告》、《现场校准环境试验验证报告》、《实验室校验试验验证报告》、《现场校验试验验证报告》、《油中水分对检测准确性影响报告》），经指导老师审查后，于 2 月 22 日将规

范征求意见稿所有材料提交标委会审查。

4) 2022 年 3 月 11 日, 标委会下发《审查组长意见 - 国家计量技术法规- 输变电设备在线监测装置校准规范 变压器油中溶解气体在线监测装置》, 初步审查“认为该技术标准(法规)征求意见稿及附件资料较完整, 征求意见稿适用范围未发生偏离, 技术参数包括了主要性能指标, 试验方法及验证结果基本再现, 同意秘书处组织审查组进行会议审查”, 并对规范征求意见稿提出 2 条审查意见。3 月 15 日, 编写组向标委会提交了对《审查组长意见》中 2 条审查意见的回复。

5) 2022 年 3 月 16 日, 标委会下发“关于对国家计量技术规范《输变电设备在线监测装置校准规范 变压器油中溶解气体在线监测装置(征求意见稿)》进行审查的通知”。经于标委会协商定于 3 月 24 日组织召开线上审查会。

6) 2022 年 3 月 24 日, 以三峡水力发电厂叶华松组长为首的评审组对本规范征求意见稿进行了为期 1 天的评审。编写组首先对《审查组长意见》中提出的 2 条意见进行了是否采纳的说明, 随后评审专家逐章节、逐条款对本规范征求意见稿进行审议和质询, 编写组针对各位专家提出的质询进行了逐一解答。

8) 2022 年 3 月 29 日, 标委会下发了“技术标准(法规)评审报告-《输变电设备在线监测装置校准规范 变压器油中溶解气体在线监测装置(征求意见稿)》”, 要求编写组按照评审意见对规范进行修改。

9) 2022 年 4 月 7 日, 编写组内部组织对《评审报告》中提及的 4 条意见及会上专家意见进行了讨论, 并再次对规范征求意见稿重新进行了梳理和完善。4 月 14 日将修改后的规范征求意见稿及相关材料提交至标委会审查。

二、编制原则和主要内容

1、 编制原则

1) 本规范制定遵循适用性、科学性和可操作性原则。工作组对国内外变压器油中溶解气体在线监测装置进行了收集和分析, 并在充分调研和试验验证的基础上起草。依据国家计量技术规范 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》进行本规范的制订工作。

2) 满足变压器油中溶解气体在线监测装置计量校准需求, 同时兼顾与其它

相关标准的协调一致性。

2、 主要内容

本规范为首次制订，包涵 9 章正文和 5 个附录。正文包括引言、引用文件、术语和计量单位、概述、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果表示和复校时间间隔。

对规范主要内容中一些条规差异在此进行说明。

1) 本规范“5.1 测量误差”中“表 1 多组分在线监测装置测量误差要求”和“表 2 少组分在线监测装置测量误差要求”，以及将多组分与少组分在线监测装置气体数量定义为 7 种与现行行标 DL/T 1498.2-2016《变电设备在线监测装置技术规范 第 2 部分：变压器油中溶解气体在线监测装置》存在差异。

本规范未延用 DL/T 1498.2-2016 标准中相应要求而是参照了最新修订的企业标准，国家电网有限公司 Q/GDW10536-2021《变压器油中溶解气体在线监测装置技术规范》进行修改。一是随着变压器油中溶解气体在线监测装置（以下简称“在线监测装置”）检测技术的不断提高，7 组分在线监测装置已成为厂家多组分在线监测装置的标准配置，不仅满足充油主设备对变压器油中溶解故障特征气体全组分检测要求，而且 6 组分与 7 组分在线监测装置经济性上差异不大，因此将原多组分与少组分在线监测装置气体数量定义由 6 种修改为 7 种；二是为了进一步发挥在线监测装置早期预警作用，提升其对主设备的保护作用，修改了多组分与少组分在线监测装置测量误差技术要求。该条款与现行标准的差异满足 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》中第 3.1 规范编写一般原则“充分考虑技术和经济的合理性，并为采用最新技术留有空间”的要求。

2) 本规范在“7.2.4 测量重复性中”要求以“连续测量 6 次”检测结果计算相对标准偏差 RSD ，而未参照 JJG 700-2016《气相色谱仪》中将计算相对标准偏差 RSD 次数更改为 7 次。一是 JJG 700-2016《气相色谱仪》依据 GB/T 30431-2013《实验室气相色谱仪》，将原 1999 版对重复性要求以连续测量 6 次的相对标准偏差 RSD 表示改为 7 次。本规范校准对象为变压器油中溶解气体在线监测装置（以下简称“在线监测装置”），其装置结构与实验室气相色谱仪存在较大差异，相比实验室气相色谱仪增加了油路循环过程以及对样品脱气环节的考核，因此大大增加了在线监测装置的检测周期，约为 2-4 小时。实验室色谱仪通常完成一次

全组分检测用时约为 10-15 分钟，连续检测 7 次，其检测时间也不超过 2 小时。油色谱在线监测装置完成连续 6 次检测时间长达 12-24 小时。二是从实际检测数据分析，测量重复性中实验室标准偏差以贝塞尔公式表示，当 n 为有限时，用贝塞尔公式所得到的标准偏差 σ 的估计值，不是总体标准偏差 σ 。因此，称下式 (1) 为标准偏差 σ 的常用估计，用 “ S ” 表示。

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2} \quad (1)$$

式 (1) 在 n 有限时， S 不是总体标准偏差 σ 的无偏估计，而是存在一个系统误差。概论统计表明对于服从正态分布的正态总体，总体标准偏差 σ 的无偏估计值 $\hat{\sigma}$ 为式 (2)

$$\hat{\sigma} = S_1 = \sqrt{\frac{n-1}{2} \frac{\Gamma(\frac{n-1}{2})}{\Gamma(\frac{n}{2})}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2} \quad (2)$$

令

$$K_\sigma = \sqrt{\frac{n-1}{2} \frac{\Gamma(\frac{n-1}{2})}{\Gamma(\frac{n}{2})}} \quad (3)$$

则 $\hat{\sigma} = S_1 = K_\sigma S$

即 S_1 与 S 仅相差一个与样本个数测量次数有关的系数 K_σ ， K_σ 常用计算值见表 1。

表 1 K_σ 常用计算值

n	2	3	4	5	6	7	8	9
K_σ	1.2533	1.1284	1.0854	1.0638	1.0509	1.0424	1.0362	1.0317
n	10	15	20	30	40	50		
K_σ	1.0281	1.0180	1.0132	1.0087	1.0064	1.0051		

选择一台光谱检测原理的在线监测装置在总烃 $\leq 100 \mu\text{L/L}$ ，最小检测周期为 1 小时条件下连续开展 20 次重复性检测。其全组分检测测量重复性见图 1 所示。

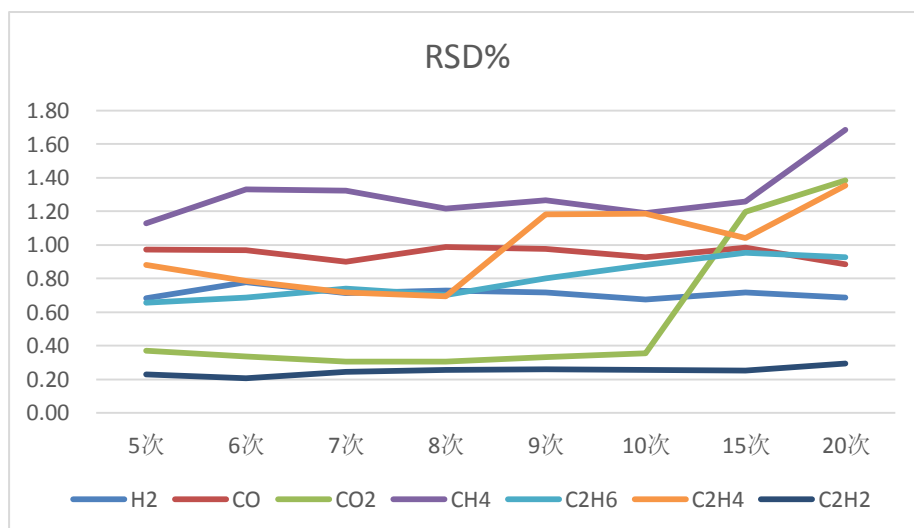


图 1 连续 20 次全组分测量重复性 RSD%曲线图

从上图可知，在实际检测过程中随着检测次数的增多，检测周期的缩短、检测时长的增加（即使将最小检测周期调整至 1 小时，连续检测 20 次也需至少 1 天的工作时间）、检测条件的变化都会使得检测过程中不确定因素增加而影响最终检测结果。选择 6-8 次连续检测数据重新计算 RSD%，可得到图 2。

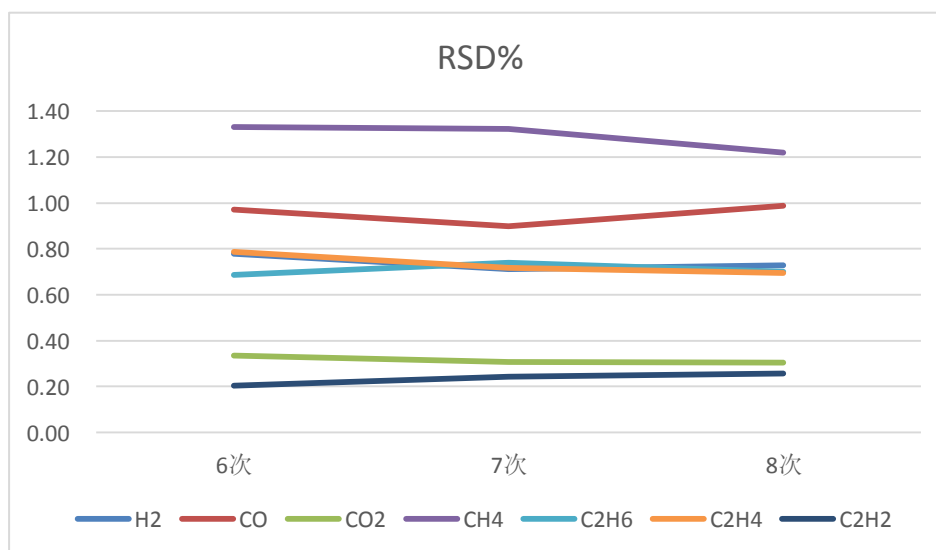


图 2 连续 6-8 次全组分测量重复性 RSD%曲线图

从图 2 可知连续检测 6-8 次时，其全组分测量重复性 RSD%已趋于稳定。三、目前与本规范校准对象强相关的现行标准 DL/T 1498.2-2016《变电设备在线监测装置技术规范 第 2 部分：变压器油中溶解气体在线监测装置》、国家电网有限公司 Q/GDW 10536-2021《变压器油中溶解气体在线监测装置技术规范》以及中国南方电网有限责任公司《变压器油中溶解气体在线监测装置技术规范书（通用部分）》（2020 版 V1.0），三个标准中的测量重复性都是以连续 6 次测量结果

进行计算。因此为了保持与现有相关标准的一致性并同时考虑在线监测装置重复性检测准确性和实际所需时间,本规范仍采用重复性以连续测量 6 次的相对标准偏差 RSD(%)表示。

三、主要试验验证情况和预期达到的效果

1、通过对变压器油中溶解气体在线监测装置分类、检测原理及技术性能比对分析,了解掌握变压器油中溶解气体在线监测装置结构原理,从而准确提出开展变压器油中溶解气体在线监测装置检测的计量特性。

2、通过对总计12个变压器油中溶解气体在线监测装置生产厂商的28台变压器油中溶解气体在线监测装置开展实验室校验试验验证工作,论证了本规范中提出的油样浓度配置范围、测量误差、最小检测浓度、测量重复性、最小检测周期、响应时间计量特性在实验室和现场检测操作的可行性以及这些计量特性对变压器油中溶解气体在线监测装置性能评价的正确性与可靠性。

3、通过在3座变电站对3个变压器油中溶解气体在线监测装置生产厂家的5个型号产品开展现场校验试验验证工作,论证了本规范中提出的测量误差、测量重复性、最小检测周期项目对运行中变压器油中溶解气体在线监测装置性能评价的重要性以及本规范中给出的现场校验流程的可操作性与实用性。

4、通过在青海(海拔:2254m,大气压力:76.8kPa)和华北(检测温度:-12~10℃/-21~-8℃,大气压力:85.7kPa)地区开展低环境温度、高海拔和低大气压力对变压器油中溶解气体在线监测装置测量误差影响验证性试验,证明了本规范中提出的环境条件对开展变压器油中溶解气体在线监测装置实验室和现场校验的适应性。

5、开展测量误差不确定度评定,找出变压器油中溶解气体在线监测装置测量误差的影响因素并且评价检测结果的不确定程度。

四、采用国际标准和国外先进标准情况,与国际、国外同类标准水平的对比情况

目前国际和国外尚未有同类校准标准,本规范未采用任何国际或者国外先进标准,其技术内容属于国际先进水平。

五、与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性

本规范符合现行相关法律、法规和政策要求，且与相关标准具有较好的兼容性。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、涉及专利的说明

无。

八、宣传贯彻要求

建议尽早发布实施。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、重要内容的解释和其它应予说明的事项

无。

标准起草组
2022 年 月 日