

ICS 29.040.20

CCS F 24

T/CEC

中国电力企业联合会标准

T/CEC 705—2022

**电力用气体湿度快速测定
可调谐激光光谱吸收法**

**Rapid determination of humidity of gases for electric power
tunable diode laser absorption spectroscopy**

2022-12-26 发布

2023-02-01 实施

中国电力企业联合会 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 方法概要	1
5 仪器与材料	2
6 校准	2
7 试验步骤	2
8 报告结果	3
9 精密度	3
参考文献	5



前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由全国电气化学标准化技术委员会（SAC/TC 322）归口。

本文件起草单位：国网福建省电力有限公司电力科学研究院、河南省日立信股份有限公司、国网重庆市电力公司电力科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、贵州电网有限责任公司电力科学研究院、广东电网有限责任公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网西藏电力有限公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司、国网青海省电力公司电力科学研究院、厦门加华电力科技有限公司、中电华创电力技术研究有限公司、国网新疆电力有限公司电力科学研究院。

本文件主要起草人：连鸿松、郑东升、赖永华、李龙、刘慧鑫、李新田、祁炯、黎晓淀、张晓琴、于乃海、张英、郭志斌、余海泳、吴奇宝、刘旭、周尚虎、白张、姚强、齐国栋、颜湘莲、王兰兰、林芬、刘子恩、杜子韦华、赵举、唐念、李强、马凤翔、王海飞、王浩、游骏标。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

电力用气体湿度快速测定 可调谐激光光谱吸收法

1 范围

本文件规定了采用可调谐激光吸收光谱法测定气体湿度的方法概要、仪器与材料、校准、试验步骤、精密度等。

本文件适用于六氟化硫、氮气、氢气等电力用气体湿度的测定，其他气体可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 5832.2 气体分析 微量水分的测定 第2部分：露点法

JJF 1272 阻容法露点湿度计校准规范

JJG 499 精密露点仪检定规程

DL/T 506 六氟化硫电气设备中绝缘气体湿度测量方法

DL/T 651 氢冷发电机氢气湿度技术要求

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 方法概要

基于半导体激光器波长调谐特性，通过电流控制波长扫描获得样品气体中水分子特征吸收光谱，利用锁相放大器进行谐波检测并解调出与吸光度相关的二次谐波信号，根据光吸收的朗伯-比尔定律以及标准气体湿度与二次谐波信号峰值的拟合曲线，计算被测气体样品中的水分含量。测量装置原理示意图见图1，气体样品的水分子浓度与光信号的关系见公式（1）。

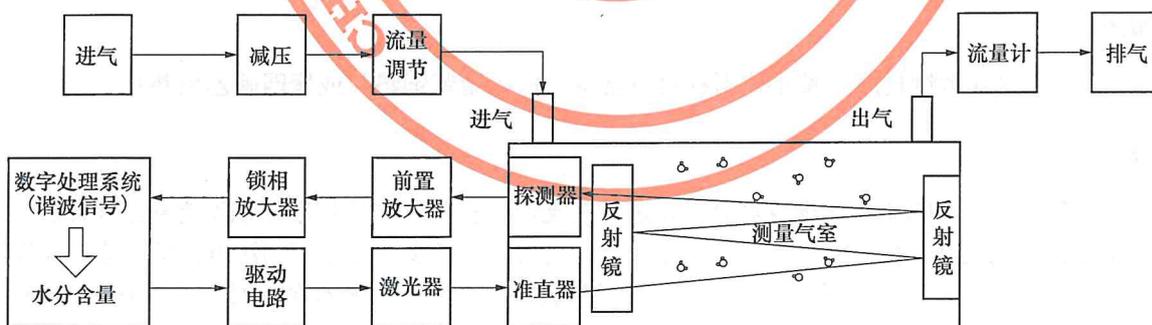


图1 测量装置原理示意图

$$I(\nu) = I_0(\nu) \exp[-pS(t)cL\phi(\nu)] \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$I(\nu)$ ——透射光强，单位为毫瓦（mW）；

$I_0(\nu)$ ——入射光强，单位为毫瓦（mW）；

- p —— 气体总压强，单位为标准大气压 (atm, 1 atm=101.3 kPa);
 $S(t)$ —— 吸收线在温度 t 下的线强，单位为每平方厘米每标准大气压 ($\text{cm}^{-2} \cdot \text{atm}^{-1}$);
 c —— 被测水分子气体在样品气体中的摩尔比浓度，单位为摩尔每摩尔 ($\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$);
 L —— 有效吸收光程，单位为厘米 (cm);
 $\phi(\nu)$ —— 吸收线的归一化线型函数，单位为厘米 (cm)。

5 仪器与材料

5.1 可调谐半导体激光吸收光谱分析仪

可调谐半导体激光吸收光谱分析仪 (以下简称“分析仪”)应符合下列基本要求:

- 工作环境温度: $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 应具备温度补偿功能。
- 工作环境湿度: $\leq 85\%$ (相对湿度)。
- 工作压力: $0.07\text{ MPa} \sim 1.0\text{ MPa}$, 应具备气体压力测量和压力补偿功能。
注: 不同工作压力会影响分析仪二次谐波吸收峰的展宽和吸收峰谱线强度, 从而影响气体的吸收系数, 分析仪应具备气体压力测量和压力补偿功能。
- 工作流量: 应具备流量自适应功能。
- 示值误差 (以露点计): 测量露点在 $-70\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 不超过 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$; 测量露点在 $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 不超过 $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$; 测量露点在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 不超过 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 检测限: $\leq 1\text{ }\mu\text{L/L}$ 。
- 90%响应时间: $\leq 30\text{ s}$ 。

注: 90%响应时间为从被测特性值发生阶跃变化的瞬间起, 到示值变化通过且保持在超过其稳态振幅值之差的 90% 所经过的时间。[来源: GB/T 18403.1—2001, 3.35]

- 重复性相对标准偏差 (RSD): $\leq 1\%$ 。

5.2 测量管路

气体管路系统的连接管应为内抛光的不锈钢管 (表面粗糙度 $Ra \leq 0.25\text{ }\mu\text{m}$), 或壁厚不小于 1 mm 、内径为 $2\text{ mm} \sim 4\text{ mm}$ 的聚四氟乙烯管, 管路内壁光滑、清洁, 现场测试的气体管路还应带不锈钢粉末烧结过滤器 (孔径 $d \leq 5\text{ }\mu\text{m}$), 管路的末端应具有自密封配件或阀门。管路的清洗应符合 DL/T 506 的技术要求。

5.3 接头

应选用不锈钢或黄铜材质, 禁止使用铁材质接头。内垫用紫铜垫片或聚四氟乙烯垫片。

6 校准

6.1 按照 JJF 1272 或 JJG 499 的规定对分析仪进行校准, 分析仪的定期校准周期不宜超过 1 年。

6.2 依据分析仪的工作范围, 从低湿到高湿的顺序, 依次设定不少于 3 个不同湿度的校准点, 并根据示值误差对分析仪的工作曲线、电位器或其他参数进行调整, 校准后的分析仪的示值误差不应低于 JJG 499 的二级要求。

7 试验步骤

7.1 试验准备

7.1.1 打开分析仪电源, 仪器自检、参数选择, 进入准备测量状态。

7.1.2 选择合适、干燥、洁净的试验连接管、接头、密封垫、阀门，将采样点与分析仪器连接好，测量气路连接处应密封、不泄漏。不同测试对象的测量气路与采样点连接应符合以下要求：

- a) 六氟化硫电气设备采样点与分析仪的连接按照 DL/T 506 的规定执行，采样接头存在潮气或凝结水时应用 500 W 及以上的吹风机进行吹干，分析仪的出口应连接尾气收集装置。
- b) 压缩气体钢瓶采样点与分析仪的连接按照 GB/T 5832.2 的规定执行，如果待测气体为六氟化硫钢瓶气，则应将钢瓶放倒，尾部高于头部倾斜约 30°，以获得代表性气体，分析仪的出口应连接尾气收集装置。
- c) 发电机氢气采样点与分析仪的连接按照 DL/T 651 的规定执行。

7.2 湿度测量

7.2.1 推荐在常压下测量，带压测量时应注意使用说明书中的相关技术要求。

7.2.2 吹扫气路系统。缓慢开启取样阀门，调节测量管路的气体流量调节阀，用待测气体吹扫气路系统以充分置换气路系统中的残留气体。对气体湿度低于 30 $\mu\text{L/L}$ 的样品，可先使用高纯氮气对测量系统吹扫干燥后进行测量。

7.2.3 选择待测气体的种类。

7.2.4 将分析仪设定为测量状态，按仪器说明书调节气体压力和流量，测定待测气体，测量过程中气体流量应保持稳定。

7.2.5 待分析仪测量数据稳定后，读取被测气体的湿度值。

7.2.6 关闭取样阀门，拆卸测量气路与采样点的连接，将采样点恢复到测量前状态。

7.2.7 仪器使用完毕，应用干燥氮气吹 15 min~20 min 后将仪器关闭，把仪器气路进出口封好备用。

8 报告结果

8.1 平行测试两次，取平行测试结果的平均值作为报告结果。

8.2 气体湿度测定结果用体积比 ($\mu\text{L/L}$) 表示，体积比与质量比或露点温度的换算方法按照 GB/T 5832.2 执行。

8.3 对电气设备内六氟化硫气体湿度的测定结果，应按照 DL/T 506 修正到 20 $^{\circ}\text{C}$ 时的数值。

8.4 测试报告应至少包括以下内容：

- a) 测定日期、环境温湿度、大气压、天气状况；
- b) 有关样品气的全部信息，包括被测设备名称、出厂编号、采样地点、样品气压力、样品气的状态、采样日期和时间等；
- c) 分析仪的名称、型号、出厂编号、校准日期；
- d) 测定依据、测定结果和分析意见；
- e) 测定人员和审核员姓名；
- f) 利用特殊方式测定时，需要注明测定方式；
- g) 测定时观察到的任何异常现象及说明。

9 精密度

9.1 重复性

在 95% 的置信水平下，两个测定结果应符合以下要求：

- a) 测量范围为 1 $\mu\text{L/L}$ ~50 $\mu\text{L/L}$ 时，最大允许误差为 1.5 $\mu\text{L/L}$ ；
- b) 测量范围为 50 $\mu\text{L/L}$ ~6000 $\mu\text{L/L}$ 时，最大允许误差为平均值的 3%。

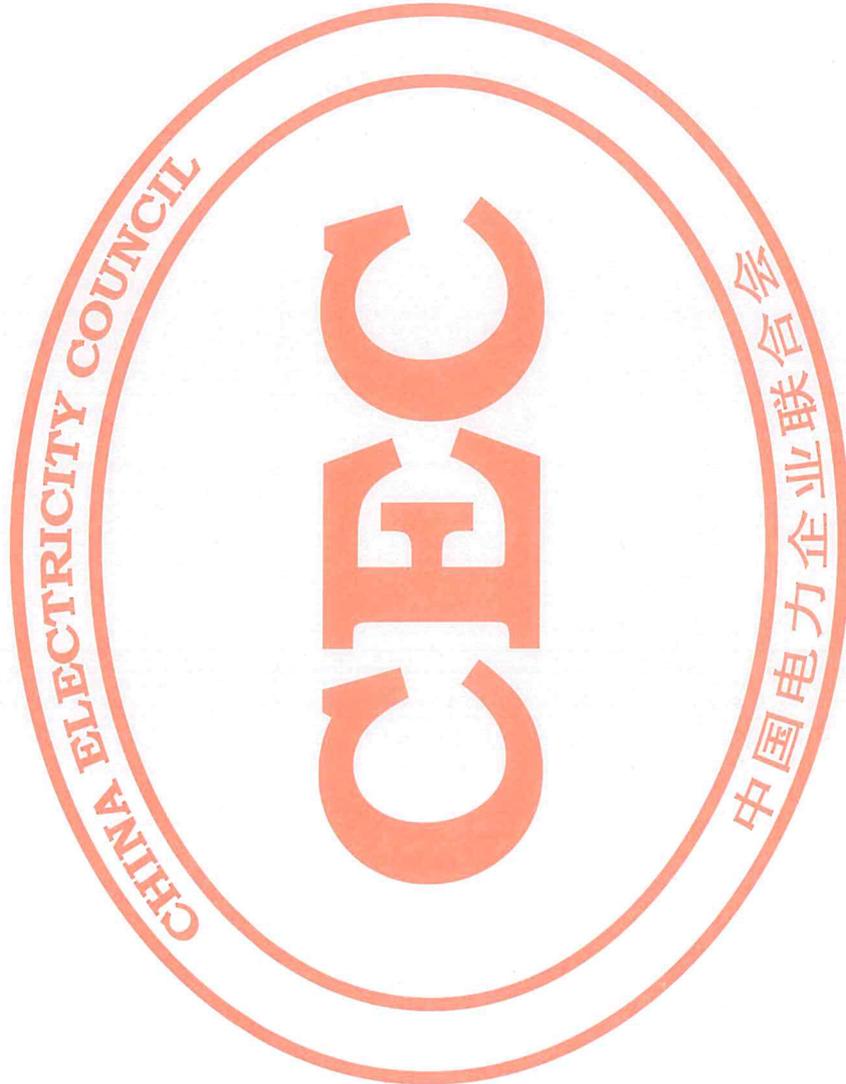
9.2 再现性

在 95%的置信水平下，两个测定结果之差应符合以下要求：

- a) 测量范围为 $1 \mu\text{L/L} \sim 50 \mu\text{L/L}$ 时，最大允许误差为 $3 \mu\text{L/L}$ ；
- b) 测量范围为 $50 \mu\text{L/L} \sim 6000 \mu\text{L/L}$ 时，最大允许误差为平均值的 6%。

参 考 文 献

- [1] GB/T 18403.1—2001 气体分析器性能表示 第1部分：总则
[2] GB/T 25476—2010 可调谐激光气体分析仪
-



中国电力企业联合会标准
电力用气体湿度快速测定
可调谐激光光谱吸收法

T/CEC 705—2022

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

*

2023年2月第一版 2023年2月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 0.5印张 18千字

*

统一书号 155198·4613 定价 20.00元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信

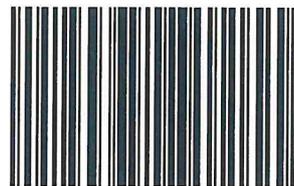


中国电力百科网网址



电力标准信息微信

为您提供最及时、最准确、最权威的电力标准信息



155198.4613