

ICS 27.100

F 24

# T/CEC

## 中国电力企业联合会标准

T/CEC 140—2017

---

### 六氟化硫电气设备中六氟化硫 气体纯度测量方法

Method of purity measurement of SF<sub>6</sub> insulated gas in electrical equipment

2017-05-15 发布

2017-08-01 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 采样.....	1
5 检测方法.....	1
6 检测结果处理.....	4
7 注意事项.....	4

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第一部分：标准结构和编写》给出的规章起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国电气化学标准化技术委员会（TC322）归口。

本标准起草单位：国网湖南省电力公司电力科学研究院，国网湖南省电力公司，国网重庆市电力公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：龚尚昆、李臻、万涛、周舟、毛文奇、冯兵、陈绍艺、姚强、刘凯、吴俊杰。

本标准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）。

# 六氟化硫电气设备中六氟化硫气体纯度测量方法

## 1 范围

本标准规定了六氟化硫电气设备中六氟化硫气体纯度测量方法。

本标准适用于六氟化硫电气设备中六氟化硫气体纯度的测量，六氟化硫混合气体的纯度测量也可参考执行。

## 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/T 5832.1 气体分析 微量水分的测定 第1部分：电解法

GB/T 12022—2014 工业六氟化硫

DL/T 506 六氟化硫电气设备中绝缘气体湿度测量方法

DL/T 639 六氟化硫电气设备运行、试验及检修人员安全防护导则

DL/T 1032 电气设备用六氟化硫（SF<sub>6</sub>）气体取样方法

## 3 术语和定义

### 3.1

**六氟化硫电气设备 SF<sub>6</sub> electrical equipment**

以六氟化硫气体作为主要绝缘介质的电气设备，主要有变压器、断路器、气体绝缘金属封闭开关设备、互感器、套管、电容器和避雷器等。

### 3.2

**六氟化硫气体纯度 SF<sub>6</sub> purity**

六氟化硫气体除去杂质的量之后占总量的份额，杂质一般为空气（N<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>）、四氟化碳（CF<sub>4</sub>）、六氟乙烷（C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>）、八氟丙烷（C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>）、水分和矿物油等，以质量百分比或体积百分比表示。

## 4 采样

六氟化硫气体采样按 DL/T 1032 中的有关规定进行。

## 5 检测方法

### 5.1 热导传感器法

#### 5.1.1 原理

不同纯度六氟化硫气体的热导率不同，当气体通入热导传感器时，热导传感器输出不同的电信号以实现六氟化硫气体纯度的定量检测。

#### 5.1.2 测量环境要求

a) 环境温度：-10℃~+55℃；

- b) 环境相对湿度（环境温度为 20℃时）：≤85%；
- c) 大气压力：80kPa~110kPa。

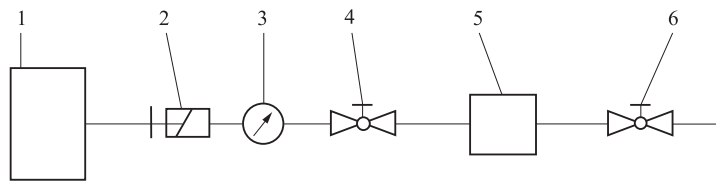
### 5.1.3 仪器要求

在环境温度 5℃~35℃下应符合下列基本要求。

- a) 测量量程：95%~100%（质量分数）、80%~100%（体积分数）；
- b) 示值误差：不超过±0.3%（体积分数）；
- c) 重复性：不超过 0.2%（RSD）；
- d) 分辨率：≤0.01%（体积分数）；
- e) 响应时间：≤60s；
- f) 测量流量：不宜超过 300mL/min。

### 5.1.4 操作步骤

- a) 六氟化硫纯度检测仪开机、预热，确认流量调节阀处于关闭状态。
- b) 将六氟化硫纯度检测仪与待检测设备用气路接口连接，检测连接方法参见图 1，并检漏无泄漏。
- c) 缓慢开启调节阀，将流量调至测试所需流量，开始测量，待检测数据稳定后，记录检测结果，重复检测一次。
- d) 检测完毕，断开仪器管路与取样口连接，并检漏无泄漏。
- e) 关闭仪器开关，将流量调节阀旋至关闭状态。



- 1—待测电气设备；
- 2—气路接口（连接设备与仪器）；
- 3—压力表；
- 4—仪器入口阀门；
- 5—测试仪器；
- 6—仪器出口阀门（可选）

图 1 检测连接图

### 5.1.5 仪器标定

仪器标定应符合下列要求：

使用前宜用六氟化硫标准气体进行验证，确保检测数据准确。

注：仪器应按时进行校准，校准周期不宜超过 1 年。

## 5.2 气相色谱法

### 5.2.1 原理

利用样品中各组分在气相和固相间的分配系数不同，当气态样品被载气带入色谱柱中流动时，各组分在两相间进行反复多次分配，经过一定的柱长后，彼此分离，配合不同检测仪器，检测出被测气

体中的杂质含量，利用归一法得出六氟化硫气体纯度，计算公式如下：

$$\omega = 100 - (\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5 + \omega_6) \times 10^{-4} \quad (1)$$

式中：

$\omega$  ——六氟化硫纯度（质量分数）， $10^{-2}$ ；

$\omega_1$  ——空气含量（质量分数）， $10^{-6}$ ；

$\omega_2$  ——四氟化碳含量（质量分数）， $10^{-6}$ ；

$\omega_3$  ——六氟乙烷含量（质量分数）， $10^{-6}$ ；

$\omega_4$  ——八氟丙烷含量（质量分数）， $10^{-6}$ ；

$\omega_5$  ——水分含量（质量分数）， $10^{-6}$ ；

$\omega_6$  ——矿物油含量（质量分数）， $10^{-6}$ 。

## 5.2.2 空气、四氟化碳、六氟乙烷和八氟丙烷含量的测定

### 5.2.2.1 仪器

气相色谱仪：宜配有热导检测器和火焰离子化检测器，对六氟化硫气体中空气、四氟化碳的检测限不大于  $10 \times 10^{-6}$ （体积分数），对六氟化硫气体中六氟乙烷、八氟丙烷的检测限不大于  $5 \times 10^{-6}$ （体积分数）。

### 5.2.2.2 操作条件

- 载气：纯度不低于  $99.99 \times 10^{-2}$ （体积分数）的氢气。
- 燃气：纯度不低于  $99.99 \times 10^{-2}$ （体积分数）的氢气。
- 助燃气：无油空气。
- 色谱柱：长约 2m、内径 3mm 的不锈钢柱，内装粒径 0.30mm~0.60mm 的涂有癸二酸二异辛酯的硅胶，或其他等效色谱柱，主要用于空气和四氟化碳的分析。长约 3m、内径 3mm 的不锈钢柱，内装粒径 0.250mm~0.425mm 的 Porapak Q，或其他等效色谱柱，主要用于六氟乙烷和八氟丙烷的分析。
- 其他条件：色谱柱温度、检测器温度、样气流量等其他条件参考仪器说明书。

### 5.2.2.3 操作步骤

- 打开载气阀门，接通主机电源，启动色谱工作站，调节合适的气体流量，设置色谱仪工作参数，等待色谱仪处于稳定备用状态。
- 气相色谱仪的标定：每次开机，待仪器稳定后，应采用外标法对色谱仪进行定量标定；仪器标定工况应与检测时条件相同，相邻两次标定结果之差不大于标定结果平均值的 2%。
- 样品检测：将待测样品与气相色谱仪进样口相连，按气相色谱仪说明书进行测试。平行测试至少 2 次，直至相邻两次测定结果之差不大于测定结果平均值的 10%，取其平均值。
- 测试完毕，断开样品与气相色谱仪气路连接，按气相色谱仪说明书关闭气相色谱仪。

### 5.2.2.4 结果处理

空气、四氟化碳、六氟乙烷、八氟丙烷的质量分数含量按式（2）计算：

$$\omega_i = \frac{A_i}{A_s} \times \omega_s \quad (2)$$

式中：

$\omega_i$  ——样品气中被测组分的含量（质量分数）， $10^{-6}$ ；

$A_i$  ——样品气中被测组分的峰面积；

$A_s$ ——气体标准样品中相应已知组分的峰面积；

$\omega_s$ ——气体标准样品中相应已知组分的含量（质量分数）， $10^{-6}$ ；

### 5.2.3 水分含量的测定

水分含量检测按 GB/T 5832.1 或 DL/T 506 中的有关规定进行。

### 5.2.4 矿物油含量的测定

矿物油含量检测按 GB/T 12022—2014 中 5.8 的有关规定进行。

## 6 检测结果处理

检测结果应符合下列要求：

a) 检测结果用体积百分比或质量百分比表示，单位为%。

b) 取两次检测结果的算术平均值作为检测结果。

质量百分比和体积百分比换算公式：

$$\omega = \frac{\varphi \times M_2}{(1 - \varphi) \times M_1 + \varphi \times M_2} \times 100\% \quad (3)$$

$$\varphi = \frac{\omega \times M_1}{M_2 + \omega \times (M_1 - M_2)} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

$\omega$  ——SF<sub>6</sub>气体纯度质量分数，%；

$\varphi$  ——SF<sub>6</sub>气体纯度体积分数，%；

$M_1$  ——空气的摩尔质量，28.84g/mol；

$M_2$  ——SF<sub>6</sub>的摩尔质量，146g/mol。

## 7 注意事项

a) 应严格执行有关安全规程，防止压力突变造成管道、检测仪器损坏。

b) 在检测过程中，应监视被测电气设备内的压力变化，防止压力过低造成设备报警或闭锁。

c) 试验人员的安全防护按照 DL/T 639 规定执行。

d) 检测仪器的尾气应回收处理。

中国电力企业联合会标准  
六氟化硫电气设备中六氟化硫  
气体纯度测量方法  
T / CEC 140 — 2017

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京九天众诚印刷有限公司印刷

\*

2017年10月第一版 2017年10月北京第一次印刷  
880毫米×1168毫米 16开本 0.5印张 10千字

\*

统一书号 155198 · 473 定价 9.00元

版权专有 侵权必究  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换



中国电机工程学会官方微信



中国电力出版社官方微信