

团 标 准

T/CES XXX-XXXX

六氟化硫设备故障特征四组分光学检测  
仪技术条件

Technical conditions of optical detection for fault characteristic  
four components of Sulfur hexafluoride electrical equipment

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 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 原理结构 .....	1
5 技术要求 .....	2
6 试验方法 .....	4
7 检验规则 .....	5
8 铭牌、标志和使用说明书 .....	6

## 前　　言

文本按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会绝缘材料与绝缘技术专业委员会归口。

本文件主要起草单位：贵州电网有限责任公司电力科学研究院。

本文件参加起草单位：武汉敢为科技有限公司、贵州电网有限责任公司凯里供电局、贵州电网有限责任公司六盘水供电局、中电华创电力技术研究有限公司、深圳供电局有限公司珠海供电局、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、海南电网有限责任公司三亚变电运检分公司、贵州电网有限责任公司都匀供电局、贵州电网有限责任公司贵阳供电局、云南电网有限责任公司电力科学研究院、华能（上海）电力检修有限责任公司、广东电网有限责任电力科学研究院、湖北省超能电力有限责任公司、上海赛泰电力科技有限公司、贵州财经大学。

本文件主要起草人：张英、王明伟、张俊龙、刘喆、杨建卫、张倩、余鹏程、赵世钦、潘云、刘晓波、杨俊秋、向宇、蒲曾鑫、王辉光、熊婷婷、何运华、唐念、孙静、曾武、陆轶、林磊、陈文龙、代洲。

本文件为首次发布。

# 六氟化硫设备故障特征四组分光学检测仪技术条件

## 1 范围

本文件规定了六氟化硫设备故障特征四组分 ( $\text{SO}_2\text{F}_2$ 、  $\text{SOF}_2$ 、  $\text{CO}_2$ 、  $\text{CF}_4$ ) 光学检测仪（以下简称为“光学检测仪”）的技术要求、试验方法、检验规则、标志和使用要求等。

本文件适用于六氟化硫设备故障特征四组分光学检测仪的设计定型、生产与检验。

## 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 191 包装储运图示标志

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）

GB 4743-2001 信息技术设备的安全

GB 4793.1-2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第 1 部分 通用要求

GB/T 6587-2012 电子测量仪器通用规范

GB/T 6587.2-2012 电子测量仪器 温度试验

GB/T 6587.3-2012 电子测量仪器 湿度试验

GB/T 6587.4-2012 电子测量仪器 振动试验

GB/T 6587.5-2012 电子测量仪器 冲击试验

GB/T 6587.6-2012 电子测量仪器 运输试验试验

GB/T 18268.1-2010 测量控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 1 部分：通用要求

## 3 术语和定义

### 3.1

**六氟化硫设备故障特征四组分光学检测仪 Optical detection for fault characteristic four components of Sulfur hexafluoride electrical equipment**

利用以  $\text{SF}_6$  为背景气体中  $\text{SO}_2\text{F}_2$ 、  $\text{SOF}_2$ 、  $\text{CO}_2$ 、  $\text{CF}_4$  在红外区域的吸收特性，气体滤波相关法获得四种特征组分的光谱信号；定量检测以  $\text{SF}_6$  为背景气体中的特征组分  $\text{SO}_2\text{F}_2$ 、  $\text{SOF}_2$ 、  $\text{CO}_2$ 、  $\text{CF}_4$  ( $\mu\text{L/L}$  浓度)。该装置适用于  $\text{SF}_6$  电气设备或装有  $\text{SF}_6$  钢瓶使用，属于定量分析  $\text{SF}_6$  设备中气体组分的仪器设备。

## 4 原理结构

### 4.1 方法原理

气体滤波相关法基本原理是利用待测物质分子的窄带吸收特性来区分和反演待测气体的浓度。红外光源发出的光经气体滤波相关调制后进入气体池，经样气吸收后的红外光经过滤光后，通过探测器接收光信号进行光电转换信号处理，得到待测气体的红外吸收光谱，对光谱进行差分分析，得出气体中相关组分的浓度。图 1 为仪器技术原理示意图。

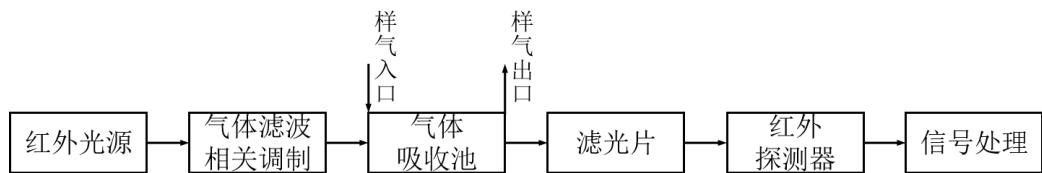


图 1 六氟化硫设备故障特征四组分光学检测仪技术原理示意图

#### 4.2 仪器构成

图 2 为仪器构成示意图。图 2 中样气入口接入减压阀，“A”指代 A 通道，通过电磁阀与泵连通，用于气体快速置换。“B”指代 B 通道，属于测量通道，通过电磁阀与样气出口相通。主控单元用于所有传感器采集驱动及阀体控制，泵阀控制用于电磁阀切换启停控制， $\text{CF}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{SOF}_2$ 、 $\text{SO}_2\text{F}_2$  代表检测四个组分的传感器模块，显示屏用于显示数据，电源系统用于供电。

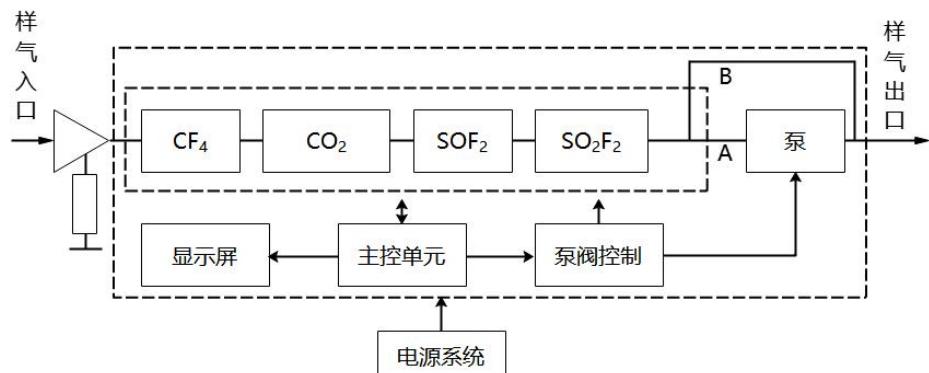


图 2 六氟化硫设备故障特征四组分光学检测仪构成示意图

### 5 技术要求

#### 5.1 工作条件

##### 5.1.1 环境条件

光学检测仪使用的工作环境温度为  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为  $15\% \sim 90\%$ ，大气压力为  $80\text{ kPa} \sim 110\text{ kPa}$ 。

##### 5.1.2 供电电源

光学检测仪使用交直流电源供电，电源电压  $220\text{ V}$ ，电源频率  $50\text{ Hz}$ 。

#### 5.2 外观

主机及其各种配件的壳体应清洁无污迹，无明显的划伤、凹陷、变形、脱漆等现象。铭牌不应缺少、错装，文字及符号应清晰、正确，并设置在主机显著位置。

#### 5.3 基本功能要求

光学检测仪应具备以下基本功能：

- 5.3.1 能定量检测  $\text{SF}_6$  设备或钢瓶气中  $\text{SO}_2\text{F}_2$ 、 $\text{SOF}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CF}_4$  含量。
- 5.3.2 具备自动采集背景光谱、零点、采样分析、分析结束功能。
- 5.3.3 内置真空泵，自动抽真空，进行气体置换。
- 5.3.4 内置  $\text{SO}_2\text{F}_2$ 、 $\text{SOF}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CF}_4$  四种特征组分标定功能。
- 5.3.5 外置校准口，具有仪器校准功能。
- 5.3.6 加热并温控的数字显示功能。
- 5.3.7 可完成四种特征气体组分全检测功能。

5.3.9 具有数据本机存储或输出到外置存储器的功能，具备打印功能。

5.3.10 具有数据无线通信传输（如：蓝牙等）功能。

## 5.4 电气安全要求

### 5.4.1 防电击

光学检测仪应符合 GB 4793.1-2007 中第 6 章要求。

### 5.4.2 低压电气安全

光学检测仪应符合 GB 4743-2001 中第 2.2 要求。

## 5.5 检测性能

### 5.5.1 检测气体流量

光学检测仪检测气体流量为 0.5 L/min。

### 5.5.2 气体压力

取样气体压力范围为 0.12 MPa~1 MPa，检测气体压力范围为 0.12 MPa~0.14 MPa。

### 5.5.3 响应时间和测试时间

响应时间  $T_{90} < 60S$ ，完成一次正常的测试时间应在 5 min 之内。

### 5.5.4 最小检测浓度、测量量程

光学检测仪最小检测浓度、测量量程应满足表 1 要求

表 1 仪器对气体组分最小检测浓度、检测量程

气体组分	最小检测浓度	检测量程
$\text{SOF}_2$	1 $\mu\text{L/L}$	1 $\mu\text{L/L}$ ~50 $\mu\text{L/L}$
$\text{SO}_2\text{F}_2$	1 $\mu\text{L/L}$	1 $\mu\text{L/L}$ ~100 $\mu\text{L/L}$
$\text{CO}_2$	1 $\mu\text{L/L}$	1 $\mu\text{L/L}$ ~1000 $\mu\text{L/L}$
$\text{CF}_4$	1 $\mu\text{L/L}$	1 $\mu\text{L/L}$ ~1000 $\mu\text{L/L}$

### 5.5.5 重复性

光学检测仪两次测试值之差应满足表 2 要求

表 2 重复性指标  $r$

气体组分	含量范围	误差
$\text{SOF}_2$	0 $\mu\text{L/L}$ ~10 $\mu\text{L/L}$	$\leq 0.5 \mu\text{L/L}$
$\text{SOF}_2$	10 $\mu\text{L/L}$ ~50 $\mu\text{L/L}$	$\leq 1.5 \mu\text{L/L}$
$\text{SO}_2\text{F}_2$	0 $\mu\text{L/L}$ ~10 $\mu\text{L/L}$	$\leq 0.5 \mu\text{L/L}$
$\text{SO}_2\text{F}_2$	10 $\mu\text{L/L}$ ~100 $\mu\text{L/L}$	$\leq 1.5 \mu\text{L/L}$
$\text{CO}_2$	0 $\mu\text{L/L}$ ~50 $\mu\text{L/L}$	$\leq 3 \mu\text{L/L}$
$\text{CO}_2$	50 $\mu\text{L/L}$ ~1000 $\mu\text{L/L}$	$\leq 5\%$
$\text{CF}_4$	0 $\mu\text{L/L}$ ~100 $\mu\text{L/L}$	$\leq 3 \mu\text{L/L}$
$\text{CF}_4$	100 $\mu\text{L/L}$ ~1000 $\mu\text{L/L}$	$\leq 5\%$

### 5.5.6 校准

通过外置校准口，仪器应按出现零点漂移后或 1 年周期进行校准，校准误差应满足表 3 要求。

表 3 误差

气体组分	含量范围	误差
$\text{SOF}_2$	0 $\mu\text{L/L}$ ~50 $\mu\text{L/L}$	$\leq 10\%$
$\text{SO}_2\text{F}_2$	0 $\mu\text{L/L}$ ~100 $\mu\text{L/L}$	$\leq 10\%$
$\text{CO}_2$	0 $\mu\text{L/L}$ ~1000 $\mu\text{L/L}$	$\leq 10\%$
$\text{CF}_4$	0 $\mu\text{L/L}$ ~1000 $\mu\text{L/L}$	$\leq 10\%$

注：“-”表示不作要求。

## 5.6 环境适应性要求

### 5.6.1 温度

光学检测仪应能承受 GB/T 6587. 2-2012 中组别为 II 的温度试验。

### 5.6.2 湿度

光学检测仪应能承受 GB/T 6587. 3-2012 中组别为 II 的湿度试验。

### 5.6.3 振动

光学检测仪应能承受 GB/T 6587. 4-2012 中组别为 II 的振动试验。

### 5.6.4 冲击

光学检测仪应能承受 GB 6587. 5-2012 中组别为 II 的冲击试验。

### 5.6.5 包装运输

光学检测仪应能承受 GB 6587. 6-2012 中流通条件登记为 2 级的运输试验。

## 5.7 电源适应性

光学检测仪应满足 GB/T 6587-2012 中 4.10 的要求。

## 5.8 电磁兼容性

光学检测仪抗干扰度应符合 GB/T18268. 1-2010 中表 2 要求。

## 5.9 外壳保护

光学检测仪外壳防护应符合 GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP51）的要求。

## 5.10 可靠性

正常环境下光学检测仪可连续工作 12 h, 进行 3d 试验, 试验期间, 仪器能正常工作, 试验后的仪器仍然能满足 5.5.6 要求。

## 6 试验方法

### 6.1 试验条件

除环境适应性试验外, 仪器的试验条件还应满足 5.1 中要求。

### 6.2 外观检查

装置外观用目测法检查, 结果应符合 5.2 中要求。

### 6.3 基本功能检查

启动光学检测仪, 按产品说明书进行各项功能检查, 结果应满足 5.3 中要求。

### 6.4 电气安全性能试验

#### 6.4.1 防电击

按照 GB 4793. 1-2007 中第 6 章规定执行。

#### 6.4.2 低压电气安全

按照 GB 4743-2001 中第 2.2 规定的方法要求进行。

### 6.5 检测性能试验

#### 6.5.1 基本检测性能试验

按照产品说明书，分别完成一次 SF<sub>6</sub> 气体压力为 1 MPa 和 0.12 MPa 标准气体（含量程内已知四种特征气体组分）检测，装置通入气体，气体进入光学检测仪前减压至 0.12 MPa，流量在 0.5 L/min，响应时间和完成一次测试时间应符合 5.5.3 要求。

### 6.5.2 最小检测浓度、测量量程试验

按照产品说明书，光学检测仪分别对含有最小检测浓度和最大检测浓度的四种特征气体组分的 SF<sub>6</sub> 标准气体（纯度 99.99%）进行试验，试验结果应符合 5.5.4 要求。

### 6.5.3 重复性试验

按照产品说明书，取 SOF<sub>2</sub> 含量和 SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 含量 0 μL/L~10 μL/L 区间各 3 个试验点，以及 SOF<sub>2</sub> 含量 10 μL/L~50 μL/L 区间 3 个试验点，SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 含量 10 μL/L~100 μL/L 区间 3 个试验点，取 CF<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub> 含量 0 μL/L~500 μL/L 区间以及 CF<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub> 含量 500 μL/L~1000 μL/L 区间各 3 个试验点，光学检测仪对标准气体进行试验，两次平行试验结果应符合 5.5.5 要求。

### 6.5.4 校准试验

按照产品说明书，光学检测仪出现零点漂移时或使用 1 年后，采用装置内设的校准曲线对符合表 2 中含四种特征气体组分含量的 99.99%SF<sub>6</sub> 标准气体进行拟合，选取 6 个试验点，拟合优度达到 0.99，校准后结果应符合 5.5.6 要求。

## 6 环境适应性试验

### 6.6.1 温度、湿度、振动、冲击试验

温度、湿度、振动、冲击试验按 GB/T 6587-2012 中 5.9 环境组别分别为 II 组的试验要求和试验方法进行，结果应符合 5.6 中要求。

### 6.6.2 包装运输试验

光学检测仪的包装运输试验按 GB/T 6587-2012 中 5.10 流通条件等级 2 级规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合 5.6 中要求。

### 6.7 电源适应性试验

光学检测仪的电源适应性试验按 GB/T 6587-2012 中 5.12 规定试验要求和试验方法进行，结果应符合 5.7 中要求。

### 6.8 电磁兼容性试验

光学检测仪抗干扰度试验按 GB/T 18268.1-2010 规定试验要求和试验方法进行，结果应符合 5.8 中要求。

### 6.9 外壳防护

光学检测仪外壳防护按 GB/T 4208-2017 规定试验要求和试验方法进行，结果应符合 5.9 中要求。

### 6.10 可靠性

接通电源，光学检测仪连续工作 12h，进行 3d 试验，试验期间，光学检测仪能正常工作，试验后的光学检测仪仍然能满足 5.5.6 要求。

## 7 检验规则

光学检测仪检验分为出厂检验、型式试验。

### 7.1 出厂检验

对每件产品均需进行出厂检验，同时提供出厂检验报告。

### 7.2 型式试验

### 7.2.1 型式试验条件

新产品鉴定投产前；正式投产后，如产品设计、材料、工艺或结构等有较大改变可能影响产品性能时；产品停产1年以上又重新恢复生产时；国家质量监督机构提出型式试验要求时，应进行型式试验，并符合每项试验中规定的要求。

### 7.2.2 型式试验的抽样与判定

从出厂试验合格的产品中随机抽取1台样机，经过型式试验，全部试验项目合格，则判定本次型式试验合格。经过型式试验，1台样机有试验项目不合格的，则应加倍抽样，重新进行型式试验，如第二次抽样样品仍不合格，则判定本次型式试验不合格。

### 7.3 试验项目

试验项目按表4规定中进行。

表4 试验项目

序号	试验项目	型式试验	出厂试验	要求	试验方法
1	外观	●	●	见5.2	见6.2
2	基本功能	●	●	见5.3	见6.3
3	电气安全性能	●	●	见5.4	见6.4
4	检测性能	●	●	见5.5	见6.5
5	环境适应性	●	○	见5.6	见6.6
6	电源适应性	●	○	见5.7	见6.7
7	电磁兼容性	●	○	见5.8	见6.8
8	外壳防护	●	○	见5.9	见6.9
9	可靠性	●	○	见5.10	见6.10

## 8 铭牌、标志和使用说明书

8.1 铭牌，至少应包含产品名称、产品型号、出厂编号、出厂年月、制造厂名。

8.2 包装运输标志，应符合GB/T 191的规定。

### 8.3 产品使用说明书

光学检测仪的使用说明书应给出如何安全和正确地使用本设备的全部信息，其信息应包括工作原理框图、主要技术指标及主要功能、面板说明、操作规范或步骤、安全注意事项、产品成套性、保修事项、常见故障及解决办法。