**ICS 29.020**

**F24**

**CSEE**

**电气设备六氟化硫气体泄漏**

**红外成像现场测试方法**

**Method for the electric equipment field test technology**

**of SF6 gas leak infrared imaging**

征求意见稿

（本稿完成日期：2017年9月27日）



中国电机工程学会 发布

中国电机工程学会标准

201X-XX-XX实施

201X-XX-XX发布

**T/CSEE XXX—201X**

目 次

[前言 II](#_Toc495611309)

[1　范围 3](#_Toc495611310)

[2　规范性引用文件 3](#_Toc495611311)

[3　术语和定义 3](#_Toc495611312)

[4　测试原理 3](#_Toc495611313)

[5 测试条件 3](#_Toc495611314)

[5.1 人员要求 3](#_Toc495611315)

[5.2 安全要求 4](#_Toc495611316)

[5.3 环境要求 4](#_Toc495611317)

[5.4 仪器要求 4](#_Toc495611318)

[6 测试方法 4](#_Toc495611319)

[6.1 测试周期 4](#_Toc495611320)

[6.2 测试前准备 4](#_Toc495611321)

[6.3 测试步骤 5](#_Toc495611322)

[6.4 注意事项 5](#_Toc495611323)

[7 结果的判断及处理 5](#_Toc495611324)

[7.1 漏点判断 5](#_Toc495611325)

[7.2 处理建议 5](#_Toc495611326)

[8 测试报告 5](#_Toc495611327)

[附录A](#_Toc495611328)[（资料性附录）](#_Toc495611329)[检测分析 7](#_Toc495611330)

[附录B](#_Toc495611331)[（资料性附录）](#_Toc495611332)[六氟化硫泄漏红外成像检测案例图片 8](#_Toc495611333)

[附录C](#_Toc495611334)[（资料性附录）](#_Toc495611335)[六氟化硫气体泄漏成像检测记录 11](#_Toc495611336)

# 前　　言

本标准按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的规定要求，依据GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准制定的主要技术内容为：

——规定了适用范围（见第1章）；

——提出了规范性引用文件（见第2章）；

——明确了本标准适用的术语和定义（见3.1~3.4）；

——明确了仪器测试原理（见第4章）；

——规定了仪器测试条件（见5.1~5.4）；

——规定了仪器测试方法（见6.1~6.4）；

——明确了现场测试结果的判断及处理（见7.1~7.2）；

——规定了测试报告格式（见第8章）。

本标准由中国电机工程学会提出。

本标准由中国电机工程学会测试技术及仪表专业标委会归口和解释。

本标准主要起草单位：广州供电局有限公司、中国电力科学研究院、国网北京电力公司。

本标准参与起草单位：国网冀北电力科学研究院、国网山东电力科学研究院、国网安徽省电力科学研究院、云南电网电力科学研究院、广州彼岸思精光电系统有限公司、浙江红相科技股份有限公司、山东长运光电科技有限公司。

本标准主要起草人：

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1号，100761，网址：http：//www.csee.org.cn，邮箱：[cseebz@csee.org.cn](mailto:cseebz@csee.org.cn)）。

电气设备六氟化硫气体泄漏红外成像现场测试方法

## 1　范围

本标准规定了使用红外成像仪检测六氟化硫设备气体泄漏的测试原理、测试要求、仪器要求、测试方法、结果的判断依据及处理建议。

本标准适用于以六氟化硫作为绝缘介质的各电压等级电气设备，包括变压器、套管、断路器、电流互感器、组合电器等。

## 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，仅所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 26860─2011 电力安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）

GB/T 12604.9─2008 无损检测 术语 红外检测

DL/T 639─2016 六氟化硫电气设备、试验及检修人员安全防护导则

DL/T 664─2008 带电设备红外诊断应用规范

## 3　术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

六氟化硫电气设备 **SF6 electrical apparatus**

以六氟化硫作为绝缘介质的电气设备。

注：DL/T 639—2016，定义3.1。

3.2

探测灵敏度 **detection sensitivity**

仪器所能够检出的六氟化硫电气设备最小漏气速率，用μL/s表示。

3.3

噪声等效温差**（NETD）** **noise equivalent temperature difference**

热成像系统或扫描器的信噪比为1时，黑体目标与其黑体背景之间的温度差。

注：GB/T 12604.9—2008，定义3.15。

3.4

**SF6**气体泄漏红外成像检测仪 **sulfur hexafluoride gas leaking detector of infrared imaging**

利用SF6气体某波段的红外吸收强而空气吸收弱的特性，通过红外成像系统、信号处理电路与显示系统，将通常不可见的泄漏SF6气体清晰地显现在显示器上的设备，属定性检测仪。

## 4　测试原理

六氟化硫气体和空气对波长在10.3~10.7μm左右的红外线的吸收特性存在较大差异，致使两者反映的红外影像不同。通过使用特定检测波段的高精度红外测试设备，可将通常可见光下看不到的气体泄漏，以红外视频图像的形式直观地反映出来，从而完成六氟化硫电气设备的红外检漏工作。

## 5 测试条件

### 5.1 人员要求

5.1.1 具有一定的发电厂、变（配）电站现场工作经验，熟悉并能严格遵守电力生产和工作现场的相关安全管理规定；

5.2.2 熟悉六氟化硫气体泄漏成像仪的工作原理、技术参数和性能，掌握六氟化硫气体泄漏红外成像仪的操作程序和使用方法；

5.2.3 了解六氟化硫电气设备的结构特点、易泄漏部位等基本常识。熟悉本标准，接受过六氟化硫气体泄漏测试的培训，具备现场测试能力。

### 5.2 安全要求

5.2.1 应严格执行GB 26860─2011和发电厂、变（配）电站巡视的要求，并有专人监护；

5.2.2不应在设备防爆膜附近停留测试。当设备发生大量泄漏等紧急情况时，应迅速撤出现场。

### 5.3 环境要求

5.3.1 室外检测

5.3.1.1 应避免在雷、雨、雾、雪等湿度大于85%的天气条件对检测的影响，在环境温度相对稳定、风速宜小于3m/s的环境下进行检测。

5.3.1.2 应避开太阳等强辐射源的影响，以被检测设备周围应具有均衡的背景辐射为宜。在满足安全距离要求的情况下，宜尽量缩短测试距离。

5.3.2 室内检测

5.3.2.1 应避免强辐射源对被测目标的影响，例如强烈灯光直射。

### 5.4 仪器要求

5.4.1 功能要求

应具备的主要功能如下：

── 具备外视频录制与图像拍摄功能；

── 具备可见光图像显示功能；

── 具备自动或手动聚焦功能；

── 具有激光指示定位功能；

── 具备多倍连续的数码变焦功能；

── 具备影像本机存储或输出到外置存储器的功能。

5.4.2 性能要求

仪器性能要求如下：

── 检测波段：10~11μm；

── 噪声等效温差：环境温度25℃±5℃时，NETD≤0.02K；

── 探测灵敏度：≤1μL/s；

── 探测器分辨率：≥320×240；

── 帧频：≥50帧/s；

── 数字信号分辨率：≥12bit。

## 6 测试方法

### 6.1 测试周期

6.2.1 应根据设备的运行状况、环境条件、检修计划等因素来确定其检测周期，运行中设备气室压力有明显降低或补气间隔小于2年时应进行检测。

6.2.2 设备检修前后宜进行检测。大修前检测的目的是发现设备漏点、提高检修质量；大修后检测的目的是验证设备的检修质量。

### 6.2 测试前准备

6.2.1 测试应在天气良好条件下进行，应满足5.3节要求。

6.2.2 掌握被试设备运行状况、结构特点、易泄漏部位、补气记录等信息。

6.2.3 核对设备运行编号、名牌信息，检查气室压力表读数并记录。

6.2.4 检查仪器存储卡、电池等状态。开机后应预留足够时间进行制冷（高温环境下所需时间更长）。

6.2.5 进行温度校准，待图像稳定后方可开始工作。

### 6.3 测试步骤

6.3.1 普测

6.3.1.1 将检测仪器调整至视频录制模式，并根据环境温度设置合理的温度范围。

6.3.1.2 检测时，对准目标设备，调整仪器焦距、选择色标种类。

6.3.1.3 首先采用普通检测模式对目标设备进行观察。对电气设备的法兰密封面、罐体预留孔的封堵、压力表座密封处、六氟化硫管道等各部位及各连接处进行观察时，应缓慢移动检测。

6.3.1.4 发现异常后，再针对异常部位进行精确定位。

6.3.2 定位

6.3.2.1 对于异常部位开展精确定位测试时，所选择的背景参照体应与被测设备具有较大的热像色差，以增加拍摄到的气体泄漏图像与背景的对比度。

6.3.2.2 在安全距离允许的条件下，检测仪宜尽量靠近被测设备，使被测设备尽量充满整个仪器的视场，便于对泄漏位置的精确定位。

6.3.2.3 应至少选择三个不同的方位和角度对测试点进行测试。

6.3.2.4 测试角度和位置的选取应综合考虑测试现场的风速、风向等环境因素（在现场风速大于1m/s时，测试点应包含迎风面和背风面），以保证对设备的全面测试。

6.3.2.5 将大气温度、相对湿度、测量距离等补偿参数输入测试仪器，进行数据修正，进一步提高测试精度，提高检测准确率。

6.3.2.6 记录测试的视频和图片。

### 6.4 注意事项

6.4.1 应尽量选择的背景参照体应与被测设备具有较大的热像色差的角度进行检测。

6.4.2 1m/s以下时测试结果最优。必要时可调节焦距和放大倍数以获得清晰地图像。

6.4.3多角度精确定位测试时，应记录最佳测试点位置、测试距离、现场的风向、风速等环境参数，供今后复测时使用，提高测试数据的互比性和复测工作效率。

6.4.4防止强电磁场影响红外成像检漏仪的正常工作。

## 7 结果的判断及处理

### 7.1 漏点判断

测试过程中，可结合电气设备常见泄漏风险点，对泄漏部位进行判断。拍摄到视频中出现泄漏的烟雾状气体，即可判断该部位存在气体泄漏。

附录A给出了电气设备常见泄漏点，供参考。

### 7.2 处理建议

在对泄漏点进行精确定位后，可根据设备的补气周期、泄漏部位和定量测试结果，安排后期的检修消缺工作。

附录B给出了六氟化硫气体泄漏红外成像典型缺陷现场检测图谱，供参考。

## 8 测试报告

记录表应包括：

1. 变电站名称；
2. 环境及仪器信息；
3. 测试日期及时间；
4. 测试单位和测试人员；
5. 气室压力表读书、上次补气时间、环境温湿度、风速；
6. 检测位置、红外图片编号、视频编号、泄漏情况概述；
7. 测试结论和建议。

附录C给出了红外成像检漏记录表格式，供参考。

附 录 A

（资料性附录）

检测分析

A.1 泄漏部位判断

主要对以下泄漏部位进行判断：

a）法兰密封面。法兰密封面是发生泄漏较高的部位，一般是由密封圈的缺陷造成的，也有少量的刚投运设备是由于安装工艺问题导致的泄漏。查找这类泄漏时应该围绕法兰一圈，检测到各个方位。

b）压力表座密封处。由于工艺或密封老化引起，检查表座密封部位。

c）罐体预留孔的封堵。预留孔的封堵也是六氟化硫泄漏率较高的部位，一般是由于安装工艺造成。

d) 充气口。由于活动造成密封缺陷。

e) 六氟化硫管道。重点排查管道的焊接处、密封处、管道与开关本体的连接部位。有些三相连通的开关六氟化硫管道可能会有盖板遮挡，这些部位需要打开盖板进行检测。包括机构箱内有六氟化硫管道时需要打开柜门才能对内部进行检测。

f) 设备本体沙眼。当排除了上述部位时，考虑存在沙眼。

A.2 泄漏原因

气体泄漏主要原因如下：

a) 密封件质量。由于老化或密封件本身质量问题导致的泄漏。

b) 绝缘子出现裂纹导致泄漏。

c) 设备安装施工质量。如螺栓预紧力不够、密封垫压偏等导致的泄漏。

d) 密封槽和密封圈不匹配。

e) 设备本身质量。如焊缝、沙眼等。

f) 设备运输过程中引起的密封损坏。

附 录 B

（资料性附录）

六氟化硫泄漏红外成像检测案例图片

B.1 法兰

法兰泄漏图见图B.1。

|  |  |
| --- | --- |
| H:\总部分\红外检漏\20161009红外测漏案例-For GZ\2号主变A相.JPG |  |

图B.1 法兰

B.2 绝缘盆子

绝缘盆子泄漏图见图B.2。

|  |  |
| --- | --- |
| H:\总部分\红外检漏\20161009红外测漏案例-For GZ\5003 A相断路器-流变1主变侧 (2).jpg |  |

图B.2 绝缘盆子

B.3 开关

开关泄漏图见图B.3。

|  |  |
| --- | --- |
| H:\总部分\红外检漏\20161009红外测漏案例-For GZ\#3主变220KV开关-C相.JPG |  |

图B.3 开关

B.4 断路器阀

断路器阀门泄漏图见图B.4。

|  |  |
| --- | --- |
| H:\总部分\红外检漏\20161009红外测漏案例-For GZ\110断路器A相.jpg |  |

图B.4 断路器阀

B.5 室内GIS

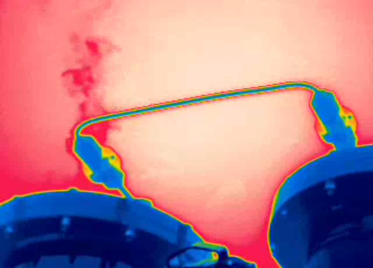
室内GIS泄漏图见图B.5。

|  |  |
| --- | --- |
| H:\总部分\红外检漏\20161009红外测漏案例-For GZ\A3 #3电缆柜.jpg |  |

图B.5 室内GIS

B.6 气室连通气管

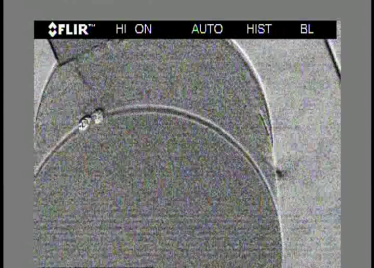
气室连通气管泄漏图见图B.6。

图B.6 气室连通气管

B.7 电流互感器

电流互感器泄漏图见图B.7。

图B.7 电流互感器

B.8 密度继电器

密度继电器泄漏图见图B.8。

**** 

图B.8 密度继电器

附 录 C

（资料性附录）

六氟化硫气体泄漏成像检测记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 变电站名称 | | |  | | | | | | 检测日期 | | | |  | | | | |
| 检测仪器编号 | | |  | | | | | | 检测人员 | | | |  | | | | |
| 设备名称 | |  | | | | 设备出厂编号 | | |  | | | 设备运行编号 | | | |  | |
| 检测压力 | | |  | | | | | | 上次补气时间 | | | |  | | | | |
| 天气 |  | | | | 环境温度 | |  | | 环境湿度 | |  | | | 环境风速 | | |  |
| 检 测 结 果 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 检测位置 | | | | 红外图片编号 | | | | 红外视频编号 | | 泄漏情况概述 | | | | | 处理意见 | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | |  | | | | |  | | |
| 审核： |  | | | | 日期： | |  | | 批准： | |  | | | 日期： | | |  |