

## 前 言

本标准是根据国际电工委员会 IEC 480:1974《电气设备中六氟化硫气体检验导则》和 IEC 376:1971《新六氟化硫的规范和验收》以及 IEC 376A:1973、IEC 376B:1974 的补充件,对 GB 8905—88《六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则》进行的第一次修订。本标准在技术内容上与国际电工委员会 IEC 标准等效。

本标准在编写上与 IEC 480、IEC 376 内容差别在于增加了第 7 章“设备中六氟化硫气体的安全管理”和第 8 章“检测标准与周期”。

变更前版的主要内容:

1. 第 3 章中六氟化硫气体密度按 IEC 376 和 IEC 480 改为六氟化硫气体在常温常压下的密度为 6.16 g/L。
2. 第 8 章中六氟化硫设备中气体湿度允许含量随温度的改变而变化,因此,规定在 20℃ 条件下测量与换算。
3. 六氟化硫杂质含量的测定采用 GB 12022 中 4.2、4.4、4.5、4.6、4.7 条的测定方法。一并列在第 9 章中。
4. 本标准保留 IEC 前言,增加了前言。

本标准从 1997 年 11 月 1 日起实施。

本标准自实施之日起,同时代替 GB 8905—88

本标准由电力工业部提出。

本标准由电力工业部高压开关设备标准化技术委员会归口。

本标准 GB 8905—88 修订工作由下列单位组成:

- 电力工业部电力科学研究所 金耀珠 刘良秋
- 华北电力科学研究院 侯芳菲
- 化工部黎明化工研究院 邵长山
- 电力工业部西安高压电器研究所 卢北冲 赵龙飞
- 长江水利委员会高压测量仪器制造 | 电力试验工程服务
- 武汉钢铁公司 刘良秋

本标准主要起草人

金耀珠

本标准 1988 年 3 月首次发布,1996 年 12 月第一次修订。

# 杭州高电

## 专业高压试验典范

### Professional high voltage test

高压测量仪器制造 | 电力试验工程服务

## IEC 前言

1. 关于 IEC 有关技术问题的规定,是由技术委员会所有国家委员会中的专业代表提出的。尽可能对这项学科在国际上取得一致意见。

2. 这次决议是依据美国的推荐,由国际性组织认可的。

3. 为了促进国际上的统一,IEC 希望所有的国家委员会采用这个文本作为国家标准。IEC 介绍的标准是在国际环境允许的范围之内,IEC 推荐的标准和国家之间的任何分歧,应在国家标准中明确指出。

本标准是 IEC 第 10C 技术委员会:“液态和气态绝缘材料”起草的。

草案于 1969 年在德黑兰和 1970 年在布鲁塞尔开会讨论,送请国际委员会于 1971 年 9 月批准。

IEC 国际委员会提出修改 376 号文第 7 章。第 9 章于 1973 年 1 月批准。

第 7 章于 1972 年 5 月在卢布尔雅市开会讨论批准。

参加国际委员会投票的国家公布如下:

澳大利亚、德国、南非、比利时、以色列、瑞典、加拿大、意大利、瑞士、(前)捷克斯洛伐克\*、日本、土耳其、丹麦、荷兰、(前)苏维埃社会主义联盟\*、埃及、葡萄牙、英国、法国、罗马尼亚。

本标准遵照 IEC 480:1974《电气设备中六氟化硫气体检验导则》各适用部分。六氟化硫气体杂质检验是遵照 IEC 376:1971、376A:1973、376B:1974《新六氟化硫的规范和验收》的适用部分。

\* 国名前的(前)为编者加。

# 中华人民共和国国家标准

## 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则

GB/T 8905—1996  
neq IEC 480:1974  
IEC 376:1971  
代替 GB 8905—88

The guide for processing and measuring  
SF<sub>6</sub> gas in power apparatus

### 1 范围

- 1.1 本导则主要是为六氟化硫电气设备的使用部门提供设备中的气体管理和检验方法。
- 1.2 本导则适用于使用部门对运行中电气设备中的气体检测。
- 1.3 本导则是通用导则。对电气设备中六氟化硫气体检验和管理的一些具体规定,按其他相关标准执行。

### 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文,本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB 5832.1—86 气体中微量水分的测定 电解法
- GB 5832.2—86 气体中微量水分的测定 露点法
- GB 11605—89 湿度测量方法
- GB 11023—89 高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法
- GB 12022—89 工业六氟化硫
- DL 506—92 六氟化硫气体绝缘设备中水分含量现场测量方法

### 3 六氟化硫气体的一般性质

#### 3.1 物理性质<sup>1)</sup>

六氟化硫气体的分子式为 SF<sub>6</sub>、分子量为146.07、分子直径为 $4.56 \times 10^{-10}$ m。

六氟化硫气体在常温常压下呈气态,在20℃和101325 Pa时的密度为6.16 g/L(约为空气的5倍)。

六氟化硫气体的临界温度为45.6℃,经压缩而液化,通常以液态装入钢瓶运输,其饱和蒸汽压曲线如图1所示。

采用说明:

1) 即 IEC 480、IEC 376中物理性质。

国家技术监督局1996-12-13批准

1997-11-01实施

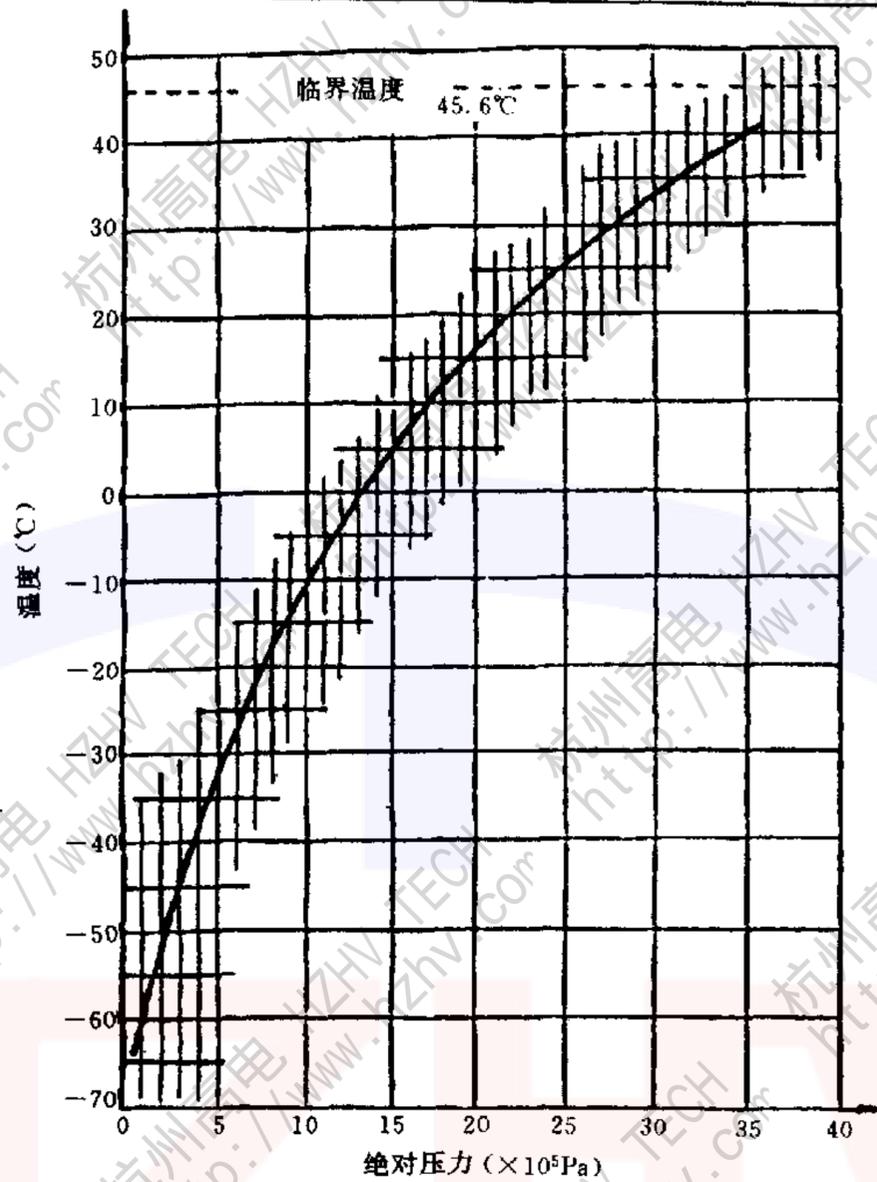


图1 六氟化硫的饱和蒸汽压曲线

纯净的六氟化硫气体是无色、无味、无嗅、无毒和不可燃的。

### 3.2 电气性质

3.2.1 六氟化硫是负电性气体(有吸附自由电子的能力),具有良好的灭弧和绝缘性能。在101.3 kPa 压力下的均匀电场中,六氟化硫气体的耐电压强度约为氮气的2.5倍。

3.2.2 纯净的六氟化硫是一种惰性气体,在电弧作用下会分解,当温度高达4 000 K 以上时,大部分的分解物为硫和氟的单原子。电弧熄灭后,绝大部分的分解产物又重新结合成稳定的六氟化硫分子。其中极少量的分解物,在重新结合的过程中与游离的金属原子、水和氧发生化学反应,产生金属氟化物及氧、硫的氟化物。

## 4 杂质的种类及其影响

### 4.1 杂质的种类

4.1.1 新气杂质及其允许含量应符合表1所规定的质量标准。

表1 六氟化硫质量标准

指标名称	指标
四氟化硫(CF <sub>4</sub> )	≤0.05%(质量分数)
空气(N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> )	≤0.05%(质量分数)
湿度(H <sub>2</sub> O)	≤8 μg/g
酸度(以 HF 计)	≤0.3 μg/g
可水解氟化物(以 HF 计)	≤1.0 μg/g

表 1(完)

指 标 名 称	指 标
矿物油	$\leq 10 \mu\text{g/g}$
纯度(SF <sub>6</sub> )	$\geq 99.8\%$ (质量分数)
毒性	生物试验无毒

4.1.2 运行电器设备中的六氟化硫气体含有多种杂质。由于电器设备内部残留水分的扩散会使空气和水的含量超过新气体相应的初始数值。放电使部分六氟化硫分解,可产生含氧、硫的氟化物及其他气体,以及固体分解产物。

#### 4.2 杂质的影响

某些杂质(例如氮气)当其含量低时对绝缘及灭弧性能无重大影响。对其他类的杂质必须限制其含量,以使它们无论是单独或是混合存在都不会对使用这些气体的设备造成运行事故。例如:水、酸性杂质和氧气(特别是当混合在一起时)会加速腐蚀,导致机械功能失灵。水和任何酸性杂质混在一起时会在低温度及高压下对设备的电气安全带来危害。因此,对这些杂质含量必须限制,以防止腐蚀、结露。

#### 4.3 杂质的允许含量

关于使用不纯气体的允许(杂质)极限并没有明确的规定,因为它们在很大程度上是取决于电气设备的设计和安装位置,如下述各种情况:最小的闪络距离、漏电路径长度,封闭系统内电弧的存在,与气体接触的各元件的性质、吸收装置等。

电器产品中湿度的要求应按照8.1.2的规定执行。其他杂质的含量由设计部门根据具体情况与使用部门商定。

#### 4.4 毒性杂质<sup>1)</sup>

六氟化硫用于电气设备内时,无论是在故障情况下或是在正常的开断电弧作用下,可能分解,产生氧、硫的氟化物和金属氟化物粉末。

经验表明,工作人员在即使是含有非常微量的分解物的环境中,也会感到刺鼻或不舒服的气味,对鼻、口及眼等有明显的刺激。这种反应在有明显中毒反应之前的几秒钟内就会产生。

### 5 取样方法

#### 5.1 概要

取样的目的是为了能够得到有代表性的气体样品。一般情况下,SF<sub>6</sub>是以气体状态存在的,样品应从设备内部直接抽取,不应通过设备内部的过滤器抽取。

#### 5.2 取样容器<sup>2)</sup>

最理想的是从被检查的设备中将气体样品直接通入分析装置。在运行现场不能直接检测的项目,采用惰性材质制成的容器取样。

当所取的样品是液态时,取样容器必需经受7 MPa 的压力试验,并且不准充满。充装条件应符合GB 12022—89中6.1和6.2的规定。

取样容器的脏污使被测试样中的杂质增加。取样瓶不得用于盛装除六氟化硫以外的其他物质。容器使用过后,加热至100℃抽真空,充入新六氟化硫至常压,至少重复洗涤两次。保存时需充入稍高于大气压的新六氟化硫气体。取样前,用真空泵再次抽真空,并用待取样品冲洗容器。

采用说明:

1) IEC 480的3.7有关防护措施列入GB 8905的7.1中。

2) IEC 480的4.9,GB 8905的5.2,按GB 12022的6.1和6.2执行。

### 5.3 取样管及连接<sup>1)</sup>

取样管是连接从被取样设备或取样容器到分析装置,取样管的内径为3~6 mm,长度应尽量缩短的聚四氟乙烯管或不锈钢管,接头应为全金属型,例如压接型或焊接型。管子的内部应清洗干净,除尽油脂、焊药等。

取样点应进行干燥处理,保持洁净干燥,连接管路确保密封完好。取样前用六氟化硫气体缓慢地冲洗取样管路后再连接取样。

## 6 气体的鉴别<sup>2)</sup>

当怀疑设备中的气体是否都是六氟化硫,以及备用六氟化硫气体与其他气体堆放一起不易识别时,可以用测定气体密度的方法和测定导热系数的方法鉴别。

### 6.1 密度的测定按六氟化硫新气密度测定法执行。

#### 6.1.1 方法原理

精确称量已知体积气体的质量,计算其密度。

#### 6.1.2 仪器

用一只玻璃球形瓶或圆柱瓶,两端装真空活塞,容量约100 mL为宜,如稍大也可用,只要天平能放得下,在天平称重允许范围内。

#### 6.1.3 玻璃球形体积的校正

将空球瓶称重,准确至±0.1 g,然后在相似的温度条件下装满蒸馏水后再称重,两次称重之差为水的重量,也就是在该温度下球形瓶的体积。

注:对硼硅酸盐玻璃瓶可不用校正体积。

#### 6.1.4 操作步骤

小心将球形瓶干燥,然后抽真空并称重,准确至±0.2 mg。

将球形瓶冷却至比环境温度稍低一点,然后用六氟化硫充满球形瓶,让充满气体的球形瓶保持在室温,然后很快打开一个活塞,使球形瓶中的气体与大气压力一致,记下当时的温度和气压,然后再称重球形瓶。

注:应小心地保证气体充满球形瓶,可以5 L/min的速度进行充气,充气一分钟则可充满。

注意:在抽真空和充SF<sub>6</sub>气体时,这两项操作必须采取适当的安全措施。

#### 6.1.5 结果的计算

$$r = 1000 \frac{m_2 - m_1}{V}$$

式中:  $r$ ——密度, kg/m<sup>3</sup>;

$m_2$ ——充满SF<sub>6</sub>时球形瓶重量, g;

$m_1$ ——抽真空后的球形瓶重量, g;

$V$ ——气体容积,由调整球形瓶压力时所测得的温度和压力,校正至标准状态下的温度和压力(20℃, 101325 Pa),以mL计。

### 6.2 导热系数的测定

导热系数的测量是现场鉴定六氟化硫气体最方便的一种方法。

#### 6.2.1 原理

导热系数测定的特征是热导池由两个热源探测器元件和两个匹配参比元件构成的惠斯登电桥,两

采用说明:

1) IEC 480的4.10, GB 8905的5.3,增加聚四氟乙烯管材。

2) IEC 480的5.11,本标准不采用红外光谱法鉴别。

个探测器元件和两个匹配参比元件被反接以得到不平衡的信号。

无论是探测器元件或参比元件首先和参比气体接触(一般是普通的大气),并把电桥调至平衡状态,然后待测气体通过两个探测器元件,由于待测气体有不同的导热系数热耗速率,因而探测器元件电阻发生变化,最终的不平衡是导热系数变化的函数。

### 6.2.2 鉴别方法

仪器应遵照制造厂的使用说明书操作。在使用前,仪器应用纯净的六氟化硫校正。

注

- 1 当使用六氟化硫和空气的标准混合物来校正时,导热系数测定装置也可用来近似鉴定从设备中取得的类似混合物的组成。
- 2 六氟化硫的导热系数远比空气和氮气的导热系数低,因此,这些气体之间是可能明显地加以区别的。由于二氧化碳的导热系数处于空气、氮气与六氟化硫之间,因此如果二氧化碳和空气、六氟化硫混合气体之间有可能出现混淆时,应采用其他方法鉴定。例如:二氧化碳可用装有相应化学试剂的试管鉴定。

## 7 设备中六氟化硫气体的安全管理<sup>1)</sup>

### 7.1 新气的质量监督

在电气设备充气前必须确认六氟化硫气体质量合格,具有气体出厂合格证。如不具备合格证,在电气设备充气前必须进行抽样复检,确认质量合格后方可进行充装。抽样的瓶数符合 GB 12022 中 5.4.2 的规定,复检的方法和步骤按第 9 章六氟化硫气体杂质的测定方法执行。

注:在 GB 8905—88 原有的基础上增加了 7.1, 7.2, 7.3 的内容。

### 7.2 六氟化硫气体的充装

7.2.1 在充装作业时,为防止引入外来杂质,充气前所有管路、连接部件均需根据其可能残存的污物和材质情况用稀盐酸或稀碱浸洗,冲净后加热干燥备用。连接管路时操作人员应配带清洁、干燥的手套。接口处擦净吹干,管内用六氟化硫新气缓慢冲洗即可正式充气。

7.2.2 对设备抽真空是净化和检漏的重要手段。充气前设备应抽真空至规定指标,真空度为  $133 \times 10^{-6}$  MPa,再继续抽气 30 min,停泵 30 min,记录真空度(A),再隔 5 h,读真空度(B),若(B)-(A)值  $< 133 \times 10^{-6}$  MPa,则可认为合格,否则应进行处理并重新抽真空至合格为止。

7.2.3 设备充入六氟化硫新气前,应复检其湿度,当确认合格后,方可缓慢地充入。当六氟化硫气瓶压力降至 0.1 MPa 表压时应停止充气。

7.2.4 充装完毕后,对设备密封处,焊缝以及管路接头进行全面检漏,确认无泄漏则可认为充装完毕。

7.2.5 充装完毕 24 h 后,对设备中气体进行湿度测量,若超过标准,必须进行处理,直到合格。

### 7.3 运行中六氟化硫气体质量监督与管理

7.3.1 设备安装室应定期进行室内通风换气,并定期进行六氟化硫和氧气含量的检测。空气中的含氧量应大于 18%。

7.3.2 运行人员经常出入的户内设备场所每班至少换气 15 min,换气量应达 3~5 倍的空间体积,抽风口应安置在室内下部。对工作人员不经常出入的设备场所,在进入前应先通风 15 min。

7.3.3 在户内设备安装场所的地面层应安装带报警装置的氧量仪和六氟化硫浓度仪。空气中氧含量应大于 18%,氧量仪在空气中含氧量降至 18% 时应报警。六氟化硫浓度仪在空气中六氟化硫含量达到 1 000  $\mu\text{L/L}$  时发出警报。如发现不合格时应通风、换气。

7.3.4 设备运行中如发现表压下降,补气报警时应分析原因,必要时对设备进行全面检漏,并进行有效处理,若发现有漏气点应立即处理。

7.3.5 六氟化硫气体中湿度是影响设备安全运行的关键指标,若发现湿度超出标准,应使用气体回收装置进行干燥、净化处理。

采用说明:

1) IEC 480, IEC 376 中无第 7 章内容。

7.3.6 六氟化硫电气设备中加入吸附剂的量,可取气体充入重量的1/10。

#### 7.4 设备解体时的安全管理

六氟化硫气体在电弧作用下分解成气态和固态的付产物,这些产物是有害的,并有腐蚀性,操作时必须注意安全。

7.4.1 设备解体前需要排放和处理使用过的六氟化硫气体,其中可能会有较大量的有害杂质,必须采取严格的监督管理措施,防止中毒事故。解体前需对气体全面分析,以确定其有害成分含量。也可用气体毒性生物试验的方法确定其毒性的程度,然后制定防毒措施。

7.4.2 设备解体前,通过气体回收装置将六氟化硫气体全部回收,回收的气体应装入有明显标记的容器内准备处理。如果残余气体向大气中排放时,一定要经过滤毒罐吸附,防止向大气中排放有毒气体。

7.4.3 设备解体后,检修人员应立即离开作业现场到空气新鲜的地方,工作现场需要强力通风,以清理残余气体,至少30~60 min后再进行工作。

7.4.4 六氟化硫电气设备内部含有有毒的或腐蚀性的粉末,有些固态粉末附着在设备内及原件的表面,要仔细地将这些粉末彻底清理干净。应用专用吸尘器进行清理,用于清理的物品需要用浓度约20%的氢氧化钠水溶液浸泡后深埋。

7.4.5 检修人员与分解气体和粉尘接触时,应该穿耐酸质料的衣裤相连的工作服,戴塑料或软胶手套,戴专用的防毒呼吸器,操作人员工作完毕后应注意清洗。

7.4.6 六氟化硫电气设备发生故障气体外逸时,人员应立即撤离现场,并立即采取强力通风,换气时间不得少于15 min。发生事故后,任何人进入室内必须穿防护服,戴手套及防毒面具。发生故障时,若有人被外逸气体侵袭,应立即脱掉工作服,送医院诊治。

7.4.7 回收的六氟化硫气体,经分析湿度不符合新气质量标准值时,必须净化处理,经确认合格后方可再用。

#### 7.5 吸附剂的管理

设备内吸附剂的种类,用量应符合制造厂规定。

##### 7.5.1 吸附剂的安装

吸附剂在安装前进行活化处理。

应尽量缩短吸附剂从干燥容器或密封容器内取出直至安装完毕之间的时间。一般不应超过15 min。

吸附剂安装完后,一般不超过30 min,应立即抽真空。

##### 7.5.2 吸附剂的处理

吸附剂需要进行活化处理时,处理温度应为500~600℃。由产生分解气体的设备中更换下来的吸附剂不要再生,应利用20%的氢氧化钠溶液浸泡后深埋。

##### 7.5.3 吸附剂的存放

吸附剂应防潮、防水,置于干燥处保管。

#### 7.6 六氟化硫容器的安全管理

##### 7.6.1 对生产六氟化硫气体部门的要求

六氟化硫制造厂应提供出厂产品的化学分析报告。报告中要包括8项指标:四氟化碳(CF<sub>4</sub>)、空气(Air)、水(H<sub>2</sub>O)、酸度、可水解氟化物、矿物油、纯度(SF<sub>6</sub>)和生物试验无毒合格证。这些指标应一起放在气瓶帽中随同产品出厂。

##### 7.6.2 对充装六氟化硫气体容器的要求

7.6.2.1 充装六氟化硫的压力容器要具备有国家认可部门的压力容器的检验标志方可使用。

7.6.2.2 充装六氟化硫的容器,充装前要经过真空处理干净,使之无油污、无水分。

7.6.2.3 压力容器的安全附件要齐全。阀体和容器连接处保证密封,不得有泄漏。

##### 7.6.3 充装气体时应遵守的规则

六氟化硫属于可压缩液化气体,在压缩充装时,气瓶设计压力为8.0 MPa时的充装系数不大于

1. 17 kg/L。气瓶设计压力为12.5 MPa时的充装系数不大于1.33 kg/L。严禁过量充装,严格进行充装重量复检,充装气体过量的气瓶不准出厂。要认真填写充装记录(包括日期、批号、毛重量、实际充气量、充装者、复检者签字)。

7.6.4 六氟化硫气瓶的运输,验收,贮存的安全管理

7.6.4.1 六氟化硫气瓶在存放时要有防晒、防潮的遮盖措施,且不准靠近热源及有油污的地方。安全帽、防震圈要齐全,气瓶要分类存放、注明明显标志,存放气瓶要竖放,标志向外,运输时可以卧放。

7.6.4.2 新六氟化硫应带有出厂卡片,按质量标准验收。

7.6.4.3 使用后的六氟化硫气瓶要留存余气,关紧阀门、盖紧瓶帽。

7.6.4.4 贮存气瓶的场所必须宽敞,通风良好。

## 8 检测标准与周期<sup>1)</sup>

### 8.1 检测标准

8.1.1 六氟化硫新气质量标准见表1。

8.1.2 六氟化硫设备在20℃时气体湿度的允许值见表2(按设备生产厂提供的温、湿度曲线换算)。

注:在GB 8905中增加SF<sub>6</sub>设备在20℃时气体湿度的允许值。

表 2

隔 室	有电弧分解物的隔室 μL/L	无电弧分解物的隔室 μL/L
交接验收值	≤150	≤500
运行允许值	≤300	≤1 000

注:六氟化硫设备中气体压力在0.1 MPa表压以下湿度允许值可以放宽。由供需双方商定

8.1.3 六氟化硫设备每个隔室的年漏气率不大于1%。

注:GB 8905-88中规定参考值3%年,修订后取消。

8.1.4 操作间空气中六氟化硫气体浓度极限值。

8.1.4.1 空气中六氟化硫气体的允许浓度不大于1 000 μL/L;或(6 g/m<sup>3</sup>)。

8.1.4.2 短期接触,空气中六氟化硫的允许浓度不大于1 250 μL/L;或(7.5 g/m<sup>3</sup>)。

### 8.2 检测周期

#### 8.2.1 湿度检测

126~550 kV 新设备投入运行后3~6个月测量一次,如无异常,以后可每1~2年测量一次。40.5~

72.5 kV 设备,投入运行后,一年复检一次,若无异常,以后可2~3年测量一次。

#### 8.2.2 漏气检测

按GB 11023-89中第4章操作。

#### 8.2.3 吸附剂的更换

六氟化硫设备大修或解体时,应更换吸附剂。

8.2.4 六氟化硫新气在用户存放时间超过半年者,使用前应进行湿度测量,质量应符合新气质量标准。

## 9 六氟化硫气体杂质的测定

### 9.1 六氟化硫气体中湿度的测定

#### 9.1.1 电解法

采用说明:

1) IEC 480:1974, IEC 376:1971中无第8章标准内容。

按 GB 5832.1《气体中微量水分的测量 电解法》操作。

9.1.2 露点法

按 GB 5832.2《气体中微量水分的测量 露点法》操作。

9.1.3 阻容法

按 DL 506“六氟化硫气体绝缘设备中水分含量现场测量方法”操作。

9.2 空气和四氟化碳含量的测定

按 GB 12022中4.2测定。

9.3 酸度的测定

按 GB 12022中4.4测定。

9.4 可水解氟化物的测定

按 GB 12022中4.5测定。

9.5 矿物油的测定

按 GB 12022中4.6测定。

9.6 六氟化硫气体毒性生物试验

按 GB 12022中4.7测定。

注

- 1 计算时将 GB 12022中20℃, 101.3 kPa 时六氟化硫的密度6.08 g/L 改为20℃, 101325 Pa 时六氟化硫的密度6.16 g/L。
- 2 GB 8905-88第8章去掉, 采用 GB 12022中4.2、4.4、4.5、4.6、4.7的方法测定。湿度测定采用 GB 5832.1、GB 5832.2、DL 506-92。