

ICS 国际标准分类号

CCS 中国标准文献分类号



团 标 准

T/CES XXX-XXXX

介质阻挡放电降解六氟化硫技术规范

Technical specification for dielectric barrier discharge degradation
of sulfur hexafluoride
(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 降解装置功能要求	1
5 降解过程的技术要求	2
6 降解处理效率	3
7 安全防护	3
附录 A (规范性) 介质阻挡放电降解六氟化硫处理装置	4

前　　言

本文件按照 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：湖北工业大学、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都匀供电局、广东电网有限责任公司电力科学研究院、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、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、湖北省超能电力有限责任公司。

本文件主要起草人：张英、王明伟、张晓星、张俊龙、潘云、赵世钦、刘喆、余鹏程、唐念、刘晓波、李亚龙、牧灏、邓云坤、周迅、林磊、蒲曾鑫。

本文件为首次制定。

介质阻挡放电降解六氟化硫技术规范

1 范围

本文件规定了介质阻挡放电降解六氟化硫过程的技术要求，并规定了介质阻挡放电降解六氟化硫处理的技术指标。

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/T8905 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则

GB/T 28534 高压开关设备和控制设备中六氟化硫（SF₆）气体的释放对环境和健康的影响

DL/T639 六氟化硫电气设备运行、试验及检修人员安全防护细则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1

介质阻挡放电 dielectric barrier discharge

有绝缘介质插入放电空间的一种非平衡态气体放电，又称为介质阻挡电晕放电或无声放电。

3.2

六氟化硫降解 sulfur hexafluoride degradation

在热、光、电等外界因素作用下，六氟化硫与活性粒子、催化剂等碰撞发生一系列化学反应生成其它便于进行吸收和吸附的小分子降解产物的过程。

3.3

六氟化硫废气 (sulfur hexafluoride exhaust gas)

不符合于电力设备用新六氟化硫气体要求的气体。

3.4

降解率 degradation efficiency

六氟化硫初始浓度和六氟化硫尾气浓度差与六氟化硫初始浓度的百分比。

3.5

降解速率 degradation rate

单位时间内降解六氟化硫气体的体积，用 L/h 表示。

4 降解装置功能要求

4.1.1 介质阻挡放电降解六氟化硫处理装置，应符合附录 A 要求，其主要功能是对六氟化硫废气进行降解处理。

4.1.2 电源装置提供高压等离子体电源。

4.1.3 混气配气装置主要功能是完成六氟化硫、氩气（浓度 99.99%）和水汽混配。

4.1.4 反应装置中反应矩阵由多根反应管并联组成，将六氟化硫降解成小分子降解产物。

4.1.5 尾气处理装置包含尾气的吸收和吸附处理，采用碱液吸收和固体吸附剂联合处理方式，碱液和吸附剂应方便更换。

5 降解过程的技术要求

5.1 降解装置使用前安全要求

5.1.1 降解装置需完成出厂试验，合格后使用。

5.1.2 降解装置所有气体管路无破损及泄漏，且保证气路畅通。

5.1.3 电源装置、反应装置接地端可靠接地。

5.2 降解处理前准备

5.2.1 将六氟化硫气体综合分析仪（符合 T/CEC 552 中第 5 章中 5.8 及第 6 章中 6.3 要求）接入装有废六氟化硫气体容器测量六氟化硫初始浓度，并进行记录。

5.2.2 连接电源装置、反应装置、混气配气装置、尾气处理装置，检查电源装置、反应装置接地端可靠接地。

5.2.3 将氩气钢瓶接入单极压力调节器、装有废六氟化硫气体容器接入单极压力调节器，将上述出气口对应接入混气配气装置的氩气进气口和六氟化硫进气口，并检查所有气体管路有无破损及泄漏现象，气路是否畅通。

5.2.4 将自来水注入混气配气装置内置，观察内置液位计，注水至水箱容积的 80%。

5.2.5 用工业纯氧化钙配制 100 g/L 氢氧化钙碱液 10L，将碱液注入尾气处理装置中碱液池。

5.2.6 用天平称取 5.5 kg 吸附剂，放入尾气处理装置中吸附盒。

5.2.7 将“工作时严禁接触放电矩阵和等离子体电源”警示标识牌悬挂或立于显眼处。

5.3 降解处理过程

5.3.1 接通 220 V 工作电源。

5.3.2 开启反应装置中散热器开关。

5.3.3 开启混气配气装置中温度控制装置开关，开始加热，水温温度保持 50~55°C。

5.3.4 开启电源装置开关，调节功率按钮至 5 kW。

5.3.5 打开氩气钢瓶阀门，调节单极压力调节器使气体流出压力为 0.12 MPa，流量控制器调节流量至 4.5 L/min，打开装有废六氟化硫气体容器阀门，调节单极压力调节器使气体流出压力为 0.12 MPa，流量控制器调节流量至 1.5 L/min，处理装置进入正常工作状态。

5.3.6 处理装置工作时，注意观察内置水箱液位计，确保内置水箱中水位不低于 20%容积的警戒水位，低于该水位应补水。

5.3.7 使用六氟化硫气体综合分析仪每小时测量一次尾气排气口排出的 SF₆尾气浓度和 SO₂含量，并进行记录。

5.3.8 降解率低于 96%的尾气，应接入尾气回收装置回收，回收后按照 5.3.11 处理，随后将回收尾气接入混气配气装置六氟化硫进气口，按照 5.3 依次开启处理装置进行二次降解。

5.3.9 处理装置工作 3 小时，或检测尾气中二氧化硫浓度超过 GB/T 16297 中第 6 章中 6.2 有关规定排放限值时，应从碱液排出口排出碱液至碱液回收桶，将碱液从碱液注入口注入碱液池。

5.3.10 处理装置工作 3 小时, 打开尾气处理装置中吸附盒, 更换吸附剂。

5.3.11 气体处理完毕后, 应依次关闭混气配气装置中温度控制装置开关, 装有废六氟化硫气体容器阀门, 电源装置开关, 反应装置散热器开关, 氩气阀门。

5.4 降解处理后工作

5.4.1 打开内置水箱排水口, 将水排干。

5.4.2 打开碱液排出口, 将碱液排干至碱液回收桶, 并用自来水反复清洗三次。

5.4.3 回收的碱液和更换的吸附剂应按照 GB1859 中第 8 章中 8.1 有关规定暂存, 按照 HJ-1276 中第 5 章中 5.2 有关规定进行标识。

6 降解处理效率

降解处理效率包含常温、压力 0.12 MPa 的降解速率和降解率, 技术指标应同时满足表 1 要求。

表 1 降解处理效率技术指标

降解速率 (常温, 0.12 MPa)	降解率
≥86 L/h	≥96%

7 安全防护

7.1 操作人员经过专门培训, 严格遵守操作规程。

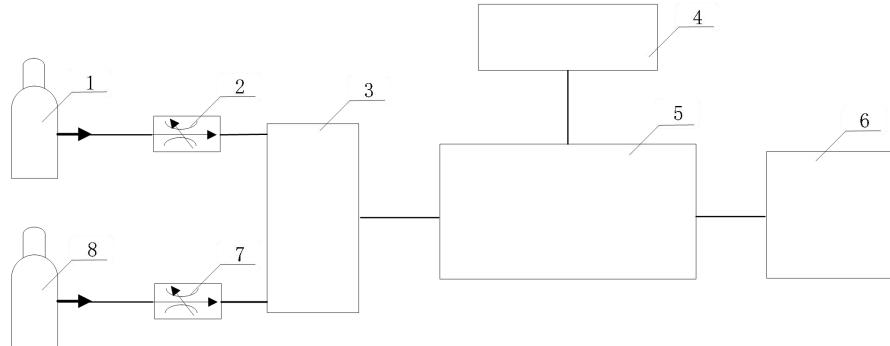
7.2 安全管理参照 DL/T639 中第 5 章中 5.1 和 5.4 中有关规定。

7.3 室内工作应采取强制排风措施。

7.4 环境保护及人员的安全防护参照 GB/T 28534 中第 5 章中 5.1.2 和 5.1.5 中有关规定。

附录 A
(规范性)
介质阻挡放电降解六氟化硫处理装置

A. 1 介质阻挡放电降解六氟化硫处理装置系统组成, 应符合图A. 1 的要求:



标引序号说明:

- 1—装有废六氟化硫气体容器
- 2—单极压力调节器
- 3—混气配气装置
- 4—电源装置
- 5—反应装置
- 6—尾气处理装置
- 7—单极压力调节器
- 8—氩气

图 A. 1 SF_6 废气降解装置测试装置示意图

A. 2 处理装置各组成部分应符合如下技术要求:

A. 2. 1 装有废六氟化硫气体容器

存储六氟化硫废气, 承受压力不低于 1 MPa。含六氟化硫电力设备、六氟化硫钢瓶、六氟化硫压缩罐。

A. 2. 2 单极压力调节器

稳压特性: 气源压力在 5 MPa~15 MPa 范围内, 进口压力每变化 1 MPa, 出口压力的变化不大于 7×10^{-3} MPa。流量特性: 在进口压力大于 2 MPa 时, 调节流量在额定范围内变化, 输出压力变化不大于输出压力表测量上限的±6%。最大进气压力: 15 MPa。最大出气压力: 1 MPa。

A. 2. 3 混气配气装置

A. 2. 3. 1 混合气体箱

箱体密闭, 承受压力不低于 0.2 MPa。内置于混气配气装置, 规格为 250mm*250mm*150mm。

A. 2. 3. 2 内置水箱

箱体密闭, 承受压力不低于 0.2 MPa。内置于混气配气装置, 规格为 250mm*250mm*250mm。

A. 2. 3. 3 SF_6 废气流量控制计

流量范围: 0.5L/min~5 L/min。测量误差: ±2%。

A. 2. 3. 4 氩气流量控制计

流量范围: 1 L/min~10 L/min。测量误差: ± 2%。

A. 2. 3. 5 温度控制装置

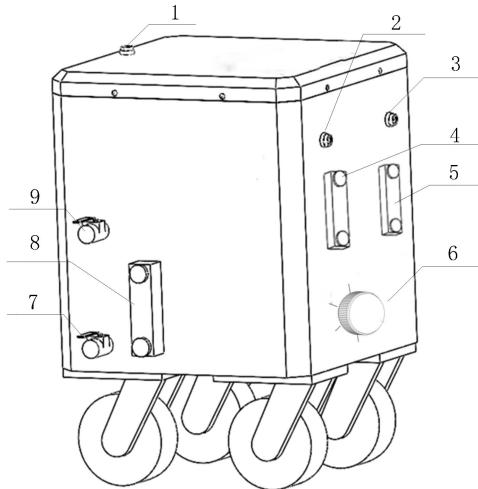
温度控制范围: 0~100 °C。测量误差: $\pm 0.5\%$ 。置于内置水箱内部。

A. 2. 3. 6 内置水箱液位计

测量范围: 1~16 cm。误差: $\pm 0.5\%$ 。

A. 2. 3. 7 混气配气装置示意图

混气配气装置示意图见图 A. 2。混气配气装置规格为 300 mm*300 mm*420 mm。按照进气口、流量控制计、混合气体箱、内置水箱、排气口顺序连接。内部承受压力不低于 0.2 MPa。



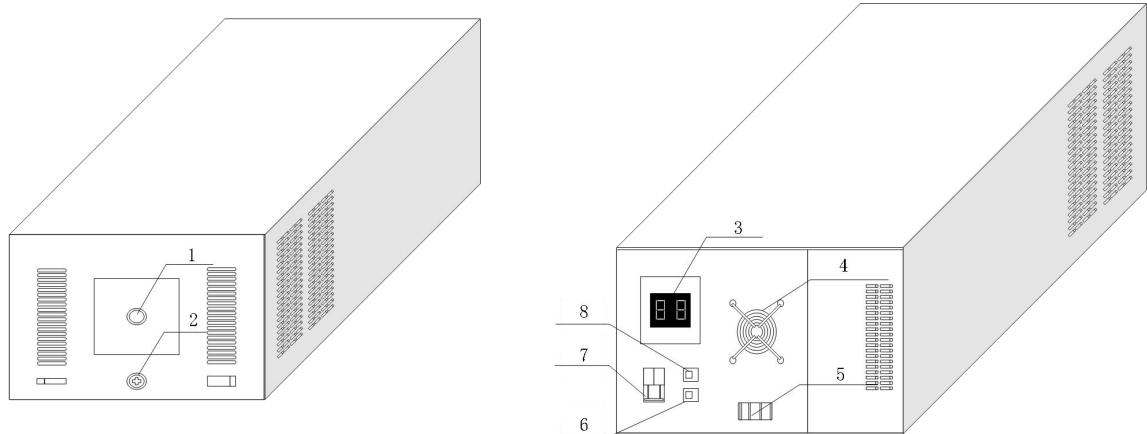
标引序号说明:

- 1—排气口
- 2—六氟化硫进气口
- 3—氩气进气口
- 4—六氟化硫流量控制计
- 5—氩气流量控制计
- 6—温度控制装置
- 7—排水口
- 8—内置水箱液位计
- 9—注水口

图 A. 2 混气配气装置示意图

A. 2. 4 电源装置

电源结构示意图如图 A. 3 所示。输入电压: AC 220V($\pm 10\%$)。工作频率: 0~100 kHz。输入功率: 2~10 kW。



a) 电源后视图

b) 电源正视图

标引序号说明：

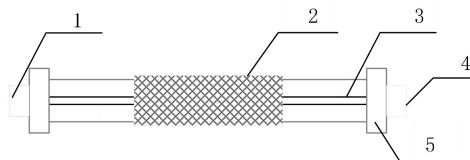
- 1——高压输出端
- 2——接地端
- 3——功率显示器
- 4——散热器
- 5——电源输入接线端
- 6——功率减小调节按钮
- 7——电源开关
- 8——功率增大调节按钮

图 A. 3 电源结构示意图

A. 2. 5 反应装置

A. 2. 5. 1 双层介质阻挡反应器

双层介质阻挡反应器结构图见图 A. 4 双层介质均为陶瓷，陶瓷管长 300 mm，内层厚 2 mm，外层厚 2.5 mm。内电极采用直径为 4 mm 的铝棒，外电极采用长度 200 mm 的不锈钢网，缠绕在外层介质上。反应器放电气隙为 6 mm，放电区域的长度为 200 mm。内部承受压力不低于 0.2 MPa。



标引序号说明：

- 1——反应器进气口
- 2——高压电极
- 3——低压电极
- 4——反应器出气口
- 5——法兰

图 A. 4 双层介质阻挡反应器结构图

A. 2. 5. 2 散热器

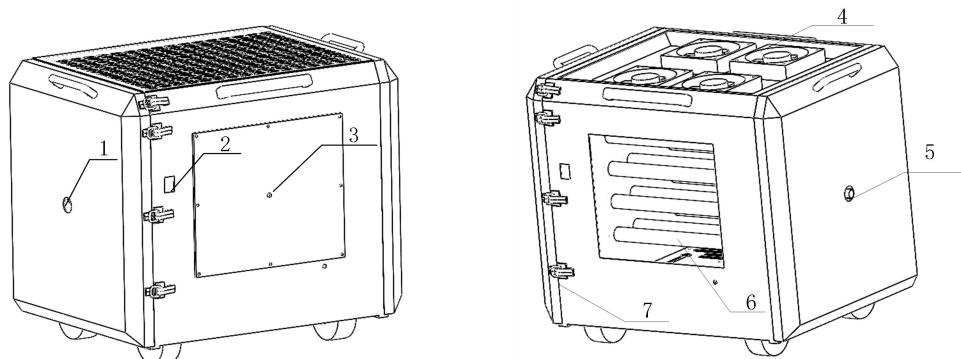
转速不小于 2000 r/min。

A. 2. 5. 3 反应矩阵

由 16 个(4×4) 双层介质阻挡反应器 (A. 2. 4. 1) 并列组成。

A. 2. 5. 4 反应装置示意图

反应装置示意图见图 A. 5。反应装置规格为 600 mm×500 mm×400 mm。按照降解前气体进气口、反应矩阵、降解后气体排气口顺序连接。设置散热器。将高压接线端通过铜裸导线 (规格: 4mm²) 与各个双层介质阻挡反应器高压电极连接形成汇流母线并联回路，母线通过高压穿墙套管端子引出并与等离子体电源高压极连接；低压端通过铜裸导线 (规格: 1mm²) 与各个双层介质阻挡反应器高压电极连接并于设备外壳相连，通过设备外壳接地。内部承受压力不低于 0.2 MPa。工作环境温度：-10 °C～+60 °C。工作环境湿度：20%～93% RH (不结露)。大气压力：86 kPa～106 kPa。



a) 反应装置外部结构

b) 反应装置内部结构

标引序号说明:

- 1——降解前气体进气口
- 2——散热器开关
- 3——高压接线端
- 4——散热器
- 5——降解后气体排气口
- 6——反应矩阵
- 7——接地端

图 A.5 反应装置示意图

A. 2. 6 尾气处理装置

A. 2. 6. 1 碱液池

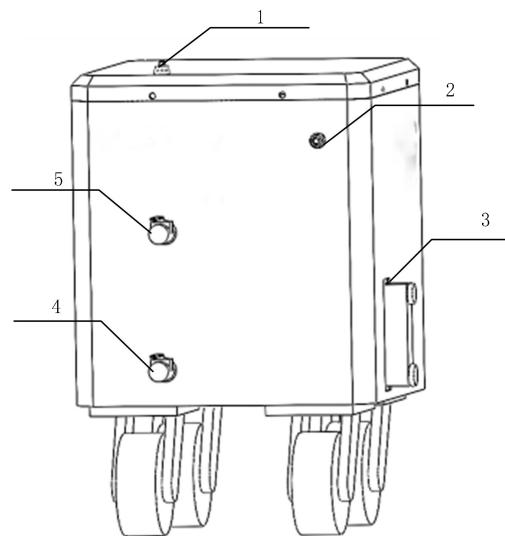
箱体密闭，承受压力不低于 0.2 MPa。耐蚀性等级：1 级。内置于尾气处理装置，规格为 300 mm*300 mm*200 mm（容积 18 L）。

A. 2. 6. 2 吸附盒

内部承受压力不低于 0.2 MPa。内置于尾气处理装置，规格为 60 mm*60 mm*200 mm。内置分子筛吸附剂，孔径为 4.0 mm~6.0 mm，粒度 $\geq 99.0\%$ 。

A. 2. 6. 3 尾气处理装置结构图

尾气处理装置示意图见图 A.6。尾气处理装置规格为 300 mm*300 mm*420 mm。按照降解后的尾气进入尾气进气口、碱液池、吸附盒、尾气排气口顺序连接。承受压力不低于 0.2 MPa。耐蚀性等级：1 级。



标引序号说明：

- 1——尾气排气口
- 2——尾气进气口
- 3——碱液液位计
- 4——碱液排出口
- 5——碱液注入口

图 A.6 尾气处理装置示意图