

DIANLI SHEBEI YONG SF₆ QITI
JISHU WENDA

电力设备用SF₆气体

技术问答

张利燕 主编

杜黎明 张若飞 杨彦肖 张闯 参编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANLI SHEBEI YONG SF₆ QITI
JISHU WENDA

电力设备用SF₆气体

技术问答

张利燕 主编

杜黎明 张若飞 杨彦肖 张闯 参编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以问答的形式，简明扼要地阐述了 SF₆ 气体基本知识、电气设备中 SF₆ 气体的监督和管理、SF₆ 气体实验室分析技术、SF₆ 气体绝缘电气设备现场检测技术、SF₆ 电气设备故障诊断技术、SF₆ 气体的回收处理再利用技术、SF₆ 电气设备故障分析实例及新技术等。

本书图文并茂，文字通俗易懂，实用性强，是一本化学及电气相关专业的技术实用图书。本书既可作为广大电力系统 SF₆ 气体分析工作人员、电气运行检修人员和技术人员日常工作及自学的岗位培训教材，又可作为相关专业大中专职业院校的专业参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力设备用 SF₆ 气体技术问答/张利燕主编. —北京: 中国电力出版社, 2011. 10

ISBN 978-7-5123-2088-8

I. ①电… II. ①张… III. ①六氟化硫气体-应用-电力设备-问题解答 IV. ①TM213-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 214023 号

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)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 3 月第一版 2012 年 3 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 7.625 印张 177 千字

印数 0001—3000 册 定价 26.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

六氟化硫（SF₆）气体不仅具有不燃烧的特性，而且具有优异的绝缘和灭弧性能，已逐渐被人们作为新型介质应用于高压电器中。1955年，美国西屋电气公司制造了世界上第一台SF₆断路器。进入20世纪60年代，SF₆电气设备的优越性已为世人所公认，各发达国家竞相研制开发该类设备，并广泛应用。我国从20世纪60年代开始研制SF₆绝缘电气设备，60年代研制出SF₆断路器并投入运行，1971年我国首次试制110kV GIS设备并投入运行。目前我国，63~500、750、800kV及1000kV电压等级的SF₆断路器和SF₆全封闭组合电器（GIS）的应用已经相当普遍，SF₆变压器也得到了不同程度的应用。

随着电力工业的迅速发展和技术进步，大容量、高电压的充SF₆气体的电气设备逐渐增多，电力用SF₆电气设备及SF₆气体的技术监督，已经成为发供电单位的一项重要技术监督工作，对保障电力生产安全经济运行起到了重要作用。SF₆气体的监督分析是电力系统充SF₆电气设备如变压器、断路器、GIS等维护及监督的重要手段，可以在电气设备不停电状态下，通过对电气设备中SF₆气体的监督检测分析，判断设备的运行状况，及时发现电气设备存在的不安全隐患或潜伏性故障，实现状态检修，保证设备安全稳定运行。

本书作者在河北省电力研究院从事SF₆监督检测试验及现场电气设备SF₆气体监督检测多年，积累了许多实测数据和经

验。本书作者总结了长期实验室研究及丰富的工程实践经验，从 SF₆ 气体基本知识、气体监督和管理、气体分析实际操作、回收处理、设备仪器的性能使用、现场试验、故障诊断、新技术介绍等方面编制了《电力设备用 SF₆ 气体技术问答》一书。本书内容既涉及实验室分析技术，又包括电气设备现场试验等，内容广泛，对实际工作具有参考和指导意义。

本书第 1 章由张闯执笔；第 2 章、第 6 章第 2 节由杜黎明执笔；第 3 章由杨彦肖执笔；第 4 章，第 5 章，第 6 章第 1、3 节由张利燕执笔，第 7 章由张若飞执笔，全书由张利燕统稿校核，郭若协助校对。在本书的编写过程中，曾得到了河北省电力研究院相关领导的大力支持，同时得到了河北省电力研究院相关同志的帮助，在此一并表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参阅了大量的国内外文献资料，还参阅了大量的会议和科研成果，在此向这些资料的作者表示真诚的感谢。

限于编者水平，不妥及疏漏之处在所难免，欢迎广大读者提出宝贵意见。

编 者

2011 年 9 月

主要符号说明

- B ——第三级吸收液耗用硫酸标准溶液的体积, mL
- c ——硫酸溶液的摩尔浓度, mol/L
- c_{F^-} ——氟离子活度, mol/L
- E ——电池的电动势, V
- E_0 ——标准电极电位, V
- F ——法拉第常数, 96 485C/mol
- F ——单位时间漏气量, MPa·m³/s
- F_0 ——单位时间漏气量, g/s
- F_Y ——年漏气率, %
- F_s ——仪器满量程值
- G ——设备内充 SF₆ 气质量, g
- m ——无水碳酸钠的质量, g
- m_1 ——抽真空的球形容气瓶质量, g
- m_2 ——充满 SF₆ 气体的球形容气瓶质量, g
- p_t ——测试系统的压力, Pa
- p_w ——测试露点下水蒸气的分压力, Pa
- p_s ——测试系统温度下的饱和水蒸气压力, Pa
- p_0 、 T_0 、 V_0 ——标准状况下气体压力 (101.325kPa)、温度 (273.15K)、体积 (22.4L/mol)
- p 、 T ——气体压力 (MPa)、温度 (K)
- p_r ——SF₆ 设备内充装压力 (表压), MPa
- p ——检测时的环境大气压力, MPa
- Q ——气体的流量, L
- R ——气体常数, 8.314 J/(mol·K)

S ——测量仪器示值
 t ——温度, $^{\circ}\text{C}$
 T ——热力学温度, K
 T_{d} —— SF_6 气体的露点温度
 U_{r} ——相对扩展不确定度
 V_1 ——滴定碳酸钠消耗硫酸溶液体积, mL
 V_2 ——空白试验消耗硫酸溶液体积, mL
 V_{C} —— 20°C 、 $101\ 325\text{Pa}$ 时的 SF_6 的校正体积, L
 W_{w} —— SF_6 气体湿度质量分数, g/g
 X ——第一级吸收液耗用硫酸标准溶液的体积, mL
 Y ——第二级吸收液耗用硫酸标准溶液的体积, mL
 Z ——第四级吸收液耗用硫酸标准溶液的体积, mL
 φ —— SF_6 气体湿度的体积分数, $\mu\text{L/L}$
 ρ —— SF_6 气体密度, g/L
 C' ——氢氧化钠标准溶液的浓度, mol/L
 S_0 ——标准值
 V_{f} ——被检测对象体积, m^3
 V_{m} ——封闭罩封闭室的体积, m^3
 ρ_0 ——第一次检查时设备压力换算出气体密度, g/L
 ρ_1 ——第二次检查时设备压力换算出气体密度, g/L

前言

主要符号说明

| | |
|--|----|
| 第 1 章 SF₆ 气体基本知识 | 1 |
| 第 1 节 SF₆ 气体基本特性 | 1 |
| 1. SF ₆ 气体有哪些基本物理性质? | 1 |
| 2. SF ₆ 气体的温度、压力、密度三者之间的关系如何? | 2 |
| 3. SF ₆ 气体的传热性能如何? | 3 |
| 4. SF ₆ 用于电气设备有哪些主要电气性能? | 4 |
| 5. SF ₆ 气体有无毒? 工作场所有什么要求? | 5 |
| 6. SF ₆ 气体的临界温度和临界压力是什么含义? | 5 |
| 7. 如何看待 SF ₆ 气体的毒性问题? | 6 |
| 8. 电气设备中 SF ₆ 气体湿度大有什么危害? | 6 |
| 9. 如何比较准确地测量 SF ₆ 气体湿度? | 7 |
| 10. 电弧高温作用对断路器内部将产生什么影响? | 7 |
| 11. SF ₆ 气体湿度体积分数和质量分数如何换算? | 8 |
| 第 2 节 SF₆ 气体绝缘特性 | 9 |
| 1. SF ₆ 气体用做电气设备绝缘介质有什么特点? | 9 |
| 2. SF ₆ 气体具有优良的绝缘特性的主要原因是什么? | 10 |
| 3. 选用气体作为绝缘和灭弧介质与选用液体和固体相比, 有哪些优点? | 10 |
| 4. SF ₆ 气体的绝缘性能如何? 影响其绝缘强度的因素 | |

| | |
|--|----|
| 有哪些? | 11 |
| 5. 游离和复合是一种什么现象? 什么是气体击穿? | 11 |
| 6. 为什么 SF ₆ 气体绝缘只适用于均匀电场或稍不均匀 电场, 不适于极不均匀电场? | 12 |
| 7. 电晕放电是如何发生的? 有什么特点? | 13 |
| 8. 为什么说 SF ₆ 气体是一种高绝缘强度的气体介质? | 14 |
| 9. 在气体放电中, SF ₆ 气体的负离子为什么起着阻碍 放电形成的作用? | 14 |
| 10. 为什么说 SF ₆ 气体的离子在电场中的运动速度 比氧和氮的小很多, 从而使间隙中的原子更容易 发生复合, 使带电的质点减少? | 14 |
| 第 3 节 各种因素对 SF ₆ 气体击穿的影响 | 15 |
| 1. 什么叫气体介质击穿? | 15 |
| 2. 影响 SF ₆ 气体击穿电压的主要因素有哪些? | 15 |
| 3. 电场均匀性对 SF ₆ 气体击穿电压有什么影响? | 15 |
| 4. SF ₆ 气体间隙对击穿电压有什么影响? | 15 |
| 5. 为什么提高 SF ₆ 气体的压力可以提高其击穿电压? | 17 |
| 6. SF ₆ 电极表面状态对 SF ₆ 气体击穿电压的影响有哪些? | 18 |
| 7. 电极材料对 SF ₆ 击穿电压的影响是什么? | 19 |
| 8. 在电气设备中, SF ₆ 气体绝缘与空气绝缘有何不同? | 19 |
| 9. 什么叫 SF ₆ 气体沿面放电? 什么叫沿面闪络? 影响 沿面电压的主要因素有哪些? | 20 |
| 10. 在 SF ₆ 电气设备中, 固体绝缘和引线绝缘电场分布 对沿面放电的影响是什么? 有何应对措施? | 20 |
| 11. 在 SF ₆ 电气设备中, 固体绝缘表面状况对沿面 放电的影响是什么? 有何应对措施? | 21 |
| 12. 什么叫电极的自屏蔽效应? SF ₆ 气体与空气的 自屏蔽效应对击穿电压有何影响? | 22 |
| 第 4 节 SF ₆ 气体灭弧性能 | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 1. 为什么 SF ₆ 气体具有优良的灭弧特性? | 22 |
| 2. SF ₆ 气体是怎样分解和电离的? | 23 |
| 3. 电弧是怎样产生的? | 23 |
| 4. SF ₆ 气体导电的伏安特性和电阻温度特性是什么? | 24 |
| 5. SF ₆ 气体热特性和电特性在熄弧过程中的作用是什么? | 24 |
| 6. SF ₆ 气体的负电性在熄弧过程中的作用是什么? | 25 |
| 7. SF ₆ 气体的电弧时间常数特点有哪些? | 25 |
| 8. SF ₆ 气体电弧分解作用下的分解过程如何? | 26 |
| 9. 影响 SF ₆ 气体电弧分解过程中的主要因素有哪些? | 26 |
| 10. 断路器灭弧的基本过程是怎样的? | 27 |
| 11. SF ₆ 断路器的灭弧原理是什么? | 27 |
| 第 2 章 电气设备中 SF₆ 气体的监督和管理 | 29 |
| 第 1 节 SF₆ 新气的质量监督和管理 | 29 |
| 1. 国家标准中对 SF ₆ 新气的质量是怎样规定的? | 29 |
| 2. 国际电工委员会 (IEC) 对 SF ₆ 新气的质量标准 及推荐检测方法是怎样规定的? | 30 |
| 3. 国际电工委员会 IEC 60376—2005《电力设备 用工业级六氟化硫 (SF ₆) 的规范》对 SF ₆ 新气的质量指标要求与修订前相比有了哪些变化? | 31 |
| 4. 其他国家对 SF ₆ 新气的质量是怎样规定的? | 31 |
| 5. 关于 SF ₆ 电气设备补气 and 气体混合使用有什么要求? | 31 |
| 6. SF ₆ 新气中的杂质来源有哪些? | 33 |
| 7. 为什么必须对 SF ₆ 新气进行验收? SF ₆ 气体到 货后用户应检查哪些内容? | 33 |
| 8. SF ₆ 新气质量抽样检测项目有哪些? 为什么要进行 这些项目的检测? | 34 |
| 9. SF ₆ 新气的质量抽检率是如何规定的? 在充入设备 前除按标准进行质量检测外, 还需做哪些检测? | 35 |
| 10. SF ₆ 新气的运输、储存是怎样规定的? | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 11. 国内标准推荐 SF ₆ 新气的质量检测项目和方法有哪些? | 36 |
| 12. 电气设备交接时, SF ₆ 气体湿度试验是 如何规定的? | 37 |
| 13. 电气设备交接时对 SF ₆ 气体密封试验是如何规定的? | 38 |
| 14. SF ₆ 质量监督的常用标准有哪些? | 39 |
| 第 2 节 SF₆ 运行气体的质量监督和管理 | 42 |
| 1. 我国对运行断路器、组合电器 (GIS) 中充装的 SF ₆ 质量是怎样规定的? | 42 |
| 2. 运行变压器中 SF ₆ 的质量标准是怎样规定的? | 43 |
| 3. SF ₆ 变压器交接时、大修后的 SF ₆ 质量指标 是怎样规定的? | 44 |
| 4. 运行变压器中 SF ₆ 气体的检测项目和周期 是怎样规定的? | 44 |
| 5. SF ₆ 高压电气设备在检修时如何进行质量控制? | 45 |
| 6. 如何对运行 SF ₆ 高压电气设备进行巡视检查和操作? | 46 |
| 7. 我国标准对运行电气设备 SF ₆ 气体湿度测量的 检测周期是如何规定的? | 47 |
| 8. SF ₆ 气体采样容器的要求是怎样的? | 48 |
| 9. SF ₆ 气体采样前应做什么准备工作? | 48 |
| 10. SF ₆ 气体取样装置是由哪几部分组成的? | 48 |
| 11. 利用冲洗法在电气设备上取 SF ₆ 样品的步骤是怎样的? | 48 |
| 12. 利用抽真空法在电气设备上取 SF ₆ 样品的步骤 是怎样的? | 50 |
| 第 3 节 电气设备运行和解体时 SF₆ 气体的监督、 安全防护管理 | 51 |
| 1. IEC 60480—2004 《从电气设备中取出六氟化硫 (SF ₆) 的检验和处理指南及其再使用规范》中推荐的从电气 设备中取出的 SF ₆ 气体质量的检测方法是什么? | 51 |
| 2. IEC 60480—2004 《从电气设备中取出六氟化硫 (SF ₆) | |

| | |
|--|-----------|
| 的检验和处理指南及其再使用规范》中对再利用 SF ₆ 气体中的杂质水平是怎样要求的？ | 52 |
| 3. 如何安全使用 SF ₆ 电气设备？ | 52 |
| 4. SF ₆ 电气设备运行时的安全防护措施有哪些？ | 54 |
| 5. 接触 SF ₆ 气体的工作人员应注意哪些事项？ | 54 |
| 6. 为什么电气设备检修或解体后的 SF ₆ 气体不能直接排放到大气中？ | 55 |
| 7. 电弧能量对 SF ₆ 气体分解过程的影响是怎样的？ | 55 |
| 8. 怎样做好设备解体时人员安全防护管理？ | 56 |
| 9. SF ₆ 电气设备检修中使用的安全防护用品应如何进行管理？ | 56 |
| 10. SF ₆ 气体钢瓶的技术要求有哪些？ | 56 |
| 11. 充装 SF ₆ 的钢瓶上的钢印标记分别代表什么意思？ | 57 |
| 12. 什么是气体的充装系数，国家标准对 SF ₆ 气体的充装系数有何规定？ | 58 |
| 13. 将 SF ₆ 气体充装到电气设备中应注意什么问题？ | 58 |
| 第 3 章 SF₆ 气体实验室分析技术 | 60 |
| 第 1 节 SF₆ 气体酸度测定法 | 60 |
| 1. 测量 SF ₆ 新气时为什么需要将气瓶倾斜倒置？ | 60 |
| 2. 如何测定 SF ₆ 气体酸度？ | 60 |
| 3. DL/T 916—2005 中测量 SF ₆ 酸度时，第二只吸收瓶的耗酸量大于第一只吸收瓶的耗酸量的 10%，则认为吸收不完全，需重新吸收，有什么道理？ | 61 |
| 4. SF ₆ 气体酸度测定中所用的 $\frac{1}{2}$ H ₂ SO ₄ 溶液的浓度为 0.01mol/L，是什么意思？ | 62 |
| 5. 在 SF ₆ 新气酸度测定中酸碱标准溶液的浓度准确性及滴定的体积对实验结果有何影响？ | 62 |
| 6. 测定 SF ₆ 气体酸度用的去离子水有什么要求？ | 63 |

| | |
|---|----|
| 7. 指示剂的选择使用对 SF ₆ 气体酸度实验有什么影响? | 63 |
| 8. 提高 SF ₆ 气体酸度测量的准确性应注意哪几个重要环节? | 64 |
| 9. 如何对硫酸标准溶液和氢氧化钠标准溶液进行标定? | 65 |
| 10. 使用强酸或强碱时有什么注意事项? | 66 |
| 第 2 节 SF ₆ 气体中空气、四氟化碳、纯度的气相色谱测定 | 66 |
| 1. SF ₆ 气体中空气、四氟化碳、纯度的测定方法是什么? | 66 |
| 2. 什么是色谱法? 色谱分离的基本原理是什么? | 67 |
| 3. 色谱的分类方法有哪些? 什么是气相色谱法? | 67 |
| 4. 气相色谱有什么特点? | 68 |
| 5. 什么是热导检测器? | 68 |
| 6. 热导池的结构和工作原理是什么? | 69 |
| 7. 影响热导检测器灵敏度的因素有哪些? | 70 |
| 8. 气相色谱法在 SF ₆ 气体分析中有哪些应用? | 71 |
| 9. 测定 SF ₆ 的纯度对色谱仪有哪些要求? | 71 |
| 10. 色谱法测定 SF ₆ 气体常用气路流程有哪几种? | 71 |
| 11. 在气相色谱中, 保留时间是怎样定义的? | 73 |
| 12. 在气相色谱中, 归一化定量分析法是怎样定义的? | 74 |
| 13. 在气相色谱中, 校正因子是怎样定义的? | 74 |
| 14. SF ₆ 气体中各组分的质量校正系数是怎样测定的? | 75 |
| 15. 怎样计算 SF ₆ 气体中各组分的校正面积? | 76 |
| 第 3 节 SF ₆ 气体中可水解氟化物含量测定法 | 76 |
| 1. SF ₆ 气体中可水解氟化物含量的测定方法和原理是什么? | 76 |
| 2. 氟离子浓度的测定方法都有哪些? 各有什么特点? | 76 |
| 3. 氟离子选择电极法的测定原理是什么? | 77 |
| 4. 在用氟离子选择电极法测定氟离子浓度时, 为什么要调节溶液的 pH 值为 5.0~5.5? | 78 |
| 5. 在氟离子选择电极法中, 加入总离子调节液(缓冲溶液) | |

| | |
|---|----|
| 的作用是什么? | 78 |
| 1. 饱和甘汞电极对电位值有什么影响? | 79 |
| 2. 空白电位值对氟离子选择电极法的测定有什么影响? 怎样洗涤氟电极? | 80 |
| 3. 影响氟离子选择电极法测试结果的因素主要有哪些? | 80 |
| 4. 氟离子选择电极怎样进行维护和保管? | 82 |
| 5. 参比电极的使用维护有什么要求? | 82 |
| 第 4 节 SF₆ 气体中矿物油含量测定法 | 82 |
| 1. SF ₆ 气体中矿物油含量测定法的原理是什么? | 82 |
| 2. 什么是红外光谱? | 83 |
| 3. 为什么要采用红外光谱分析法测定 SF ₆ 气体中的矿物油? .. | 83 |
| 4. 矿物油测定中为什么要用新蒸馏过的 CCl ₄ ? | 84 |
| 5. CCl ₄ 使用注意事项有哪些? | 84 |
| 6. 矿物油测定结果的影响因素有哪些? | 85 |
| 第 5 节 SF₆ 气体毒性生物试验 | 86 |
| 1. SF ₆ 气体毒性生物试验方法是什么? | 86 |
| 2. SF ₆ 气体毒性生物试验染毒缸容积应怎样测定? | 86 |
| 3. SF ₆ 气体毒性生物试验中, 通入混合器的各气体 流量应怎样计算? | 86 |
| 4. SF ₆ 气体毒性生物试验装置是如何连接的? | 87 |
| 5. SF ₆ 气体毒性生物试验装置中, 伸入混合器中的导管 长度能否互换? 为什么? | 87 |
| 6. 怎样判断 SF ₆ 气体的毒性问题? | 87 |
| 7. SF ₆ 气体毒性生物试验的注意事项有哪些? | 87 |
| 第 6 节 SF₆ 气体密度测定 | 88 |
| 1. 重量法测定 SF ₆ 气体的密度有什么优点? | 88 |
| 2. SF ₆ 气体密度测定的原理和方法是什么? | 88 |
| 3. 怎样计算 SF ₆ 气体的校正体积? | 88 |
| 4. 怎样准确测量容气瓶的体积? | 89 |

| | |
|--|-----------|
| 5. 对气瓶抽真空应注意哪些事项? | 89 |
| 6. 灌充 SF ₆ 气体时的注意事项有哪些? | 89 |
| 7. 影响试验精密度的因素有哪些? | 90 |
| 8. 测定 SF ₆ 气体密度时应有哪些安全注意事项? | 90 |
| 第 4 章 SF₆ 气体绝缘电气设备现场检测技术 | 91 |
| 第 1 节 电气设备中 SF₆ 气体湿度测量 | 91 |
| 1. SF ₆ 电气设备中水汽的来源有哪些? | 91 |
| 2. SF ₆ 气体中的水汽对电气设备有什么危害? | 92 |
| 3. 如何控制 SF ₆ 电气设备中的水分? | 92 |
| 4. 温度变化时, SF ₆ 电气设备内部固体绝缘材料对 湿度的影响是什么? | 93 |
| 5. 温度变化时, SF ₆ 电气设备内吸附剂对湿度的影响 是什么? | 93 |
| 6. 从气体分子运动的角度分析温度变化对湿度的影响 是什么? | 93 |
| 7. 温度变化时, 设备密封性能对湿度的影响是什么? | 93 |
| 8. SF ₆ 断路器内湿度大小对设备的影响是什么? | 94 |
| 第 2 节 SF₆ 气体湿度检测常用方法及仪器 | 94 |
| 1. 目前电力系统常用的 SF ₆ 气体湿度检测方法及检测 仪器有哪些? | 94 |
| 2. 重量法测量湿度的原理及特点是什么? | 94 |
| 3. 电解法湿度计测量原理及特点是什么? | 95 |
| 4. 阻容法湿度计测量原理及特点是什么? | 96 |
| 5. 露点分析仪测量原理及特点是什么? | 96 |
| 6. 检测电气设备中 SF ₆ 气体湿度的测量仪器有什么要求? | 96 |
| 7. 常用的三种测量湿度仪器性能比较如何? | 97 |
| 8. 现场检测 SF ₆ 电气设备湿度的注意事项有哪些? | 97 |
| 9. 气体流速对重量法测量湿度的影响是什么? | 98 |
| 10. 气体流速对电解法测量湿度的影响是什么? | 98 |

| | |
|---|-----|
| 11. 电解法湿度计本底电流是怎么回事？为什么长期放置的电解法湿度计在使用前必须用干燥气体吹扫电解池？ | 98 |
| 12. DMT242P 的测量原理及特点是什么？阻容式湿度计在使用中应注意哪些问题？ | 99 |
| 13. 气体流速对阻容法测量湿度的影响是什么？ | 100 |
| 14. 气体流速对露点法测量湿度的影响是什么？ | 100 |
| 15. 露点和霜点有什么区别？ | 100 |
| 16. 当环境温度较低且 SF ₆ 气体湿度较低时，用露点仪测量示值不稳定的原因是什么？应如何解决用露点仪测量低温低湿 SF ₆ 气体湿度的问题？ | 100 |
| 17. 进行电气设备 SF ₆ 气体湿度测量对测量管路的要求是什么？测量管路水汽及粉尘污染对检测结果的影响是什么？ | 101 |
| 18. SF ₆ 电气设备湿度常压下测量和带压下测量是如何进行的？ | 102 |
| 19. 常压和带压情况下对电气设备 SF ₆ 气体湿度进行测量，用露点表示结果有什么不同？ | 102 |
| 20. 常压和带压情况下对电气设备 SF ₆ 气体湿度进行测量，用体积浓度表示结果有什么不同？ | 103 |
| 21. 为什么国家标准规定 SF ₆ 电气设备中的气体湿度标准为 20℃ 时的数值？如何将电气设备内气体湿度测量结果折算到 20℃ 时的数值？ | 104 |
| 22. 如何将湿度测量结果的露点浓度换算成体积浓度？ | 105 |
| 23. 为什么 SF ₆ 湿度计必须进行定期校验？ | 105 |
| 24. 目前电力系统常用的标准湿度发生器有哪些？ | 106 |
| 25. 如何进行湿度计的校验？ | 107 |
| 第 3 节 SF ₆ 电气设备气体泄漏检测技术 | 108 |
| 1. 为什么 SF ₆ 气体泄漏检测对设备安全及其重要？ | 108 |
| 2. 为什么要对 SF ₆ 电气设备进行检漏？ | 108 |

| | |
|---|------------|
| 3. 检测电气设备中 SF ₆ 气体泄漏的测量仪器有什么要求? ····· | 109 |
| 4. 造成 SF ₆ 电气设备气体泄漏的可能原因有哪些? ····· | 109 |
| 5. 常用 SF ₆ 电气设备检漏方法有哪些? ····· | 109 |
| 6. 什么是 SF ₆ 电气设备扣罩检漏法? ····· | 110 |
| 7. 什么是 SF ₆ 电气设备挂瓶检漏法? ····· | 111 |
| 8. 什么是 SF ₆ 电气设备局部包扎检漏法? ····· | 112 |
| 9. 什么是 SF ₆ 电气设备压力降检漏法? ····· | 113 |
| 10. SF ₆ 气体泄漏检测方法的适用性如何? ····· | 113 |
| 11. 发现断路器 SF ₆ 气体明显泄漏时, 应如何处理? ····· | 114 |
| 12. 引起 SF ₆ 电气设备定量检漏误差的主要原因是什么? ····· | 114 |
| 13. 进行 SF ₆ 电气设备检漏操作时应注意什么? ····· | 115 |
| 14. 对 SF ₆ 电气设备安装室的通风换气、氧气及 SF ₆ 含量检测有哪些规定? ····· | 115 |
| 15. 压力表与密度表监测 SF ₆ 电气设备有什么不同? ····· | 116 |
| 16. 为什么 SF ₆ 电气设备采用密度表监测气体泄漏? ····· | 116 |
| 17. SF ₆ 气体密度表是如何工作的? ····· | 116 |
| 18. SF ₆ 气体密度表是如何进行温度补偿的? ····· | 117 |
| 19. SF ₆ 气体密度表使用中的注意事项有哪些? ····· | 117 |
| 20. SF ₆ 气体密度表是否需要校验? 校验哪些项目? ····· | 118 |
| 21. SF ₆ 断路器上带电触点密度表的报警、闭锁信号是如何设定的? ····· | 118 |
| 22. 在 SF ₆ 断路器上使用的压力表、密度表、密度继电器的区别及作用是什么? ····· | 118 |
| 第 4 节 SF₆ 气体泄漏检测的常用方法及仪器 ····· | 119 |
| 1. 电气设备 SF ₆ 气体泄漏常用检测原理有哪几种? ····· | 119 |
| 2. 紫外电离检测的工作原理是什么? ····· | 119 |
| 3. 紫外电离检测仪器的组成及特点是什么? ····· | 119 |
| 4. 电子捕获 (ECD) 检测的工作原理是什么? ····· | 120 |
| 5. 电子捕获检测仪器的组成及特点是什么? ····· | 120 |