



中华人民共和国国家标准

GB/T 28537—2012

高压开关设备和控制设备中六氟化硫 (SF₆)的使用和处理

Use and handling of sulphur hexafluoride (SF₆)
in high-voltage switchgear and controlgear

[IEC 62271-303:2008, High-voltage switchgear and controlgear—
Part 303: Use and handling of sulphur hexafluoride(SF₆), MOD]

2012-06-29 发布

2012-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 安装和交接期间 SF ₆ 的处理	4
4.1 概述	4
4.2 抽真空、充气 and 充气后 SF ₆ 质量的检查	4
4.3 事先充有 SF ₆ 的隔室充入到额定压力/密度	5
4.4 密封压力系统的充气	5
5 正常使用寿命期间 SF ₆ 的处理	7
5.1 再充入 SF ₆ 至额定压力/密度	7
5.2 SF ₆ 质量的检查	7
6 维护期间 SF ₆ 的收回和回收	9
6.1 概述	9
6.2 包含未经受电弧和/或经受正常电弧的 SF ₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF ₆ 的收回和回收	10
6.3 包含经受严重电弧的 SF ₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF ₆ 的收回和回收	11
7 寿命终了时 SF ₆ 电力设备的拆卸	12
7.1 概述	12
7.2 可控和/或封闭压力系统的寿命终了	13
7.3 密封压力系统的寿命终了	13
7.4 密封压力系统寿命终了时 SF ₆ 的收回和回收	15
7.5 寿命终了时电力设备的拆卸	16
7.6 寿命终了时的副产物	17
参考文献	18
图 1 SF ₆ 充气隔室的交接和再交接	4
图 2 预充入 SF ₆ 的隔室充气至额定压力/密度	6
图 3 SF ₆ 再充入到额定压力/密度	7
图 4 现场检查 SF ₆ 质量	8
图 5 SF ₆ 采样和交运	9
图 6 包含未经受电弧和/或经受正常电弧的 SF ₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF ₆ 的收回和回收	10
图 7 包含经受严重电弧的 SF ₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF ₆ 的收回和回收	12
图 8 可控和/或封闭压力系统的寿命终了	14

图 9	密封压力系统的寿命終了	14
图 10	密封压力系统寿命終了时 SF ₆ 的收回和回收	15
图 11	电力设备的拆卸	17
表 1	SF ₆ 充气隔室的交接和再交接	5
表 2	预充入 SF ₆ 的隔室充气至额定压力/密度	6
表 3	SF ₆ 再充入到额定压力/密度	7
表 4	现场检查 SF ₆ 质量	8
表 5	SF ₆ 采样和交运	9
表 6	包含未经受电弧和/或经受正常电弧的 SF ₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF ₆ 的收回和回收	11
表 7	包含经过严重电弧的 SF ₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF ₆ 的收回和回收	13
表 8	密封压力系统寿命終了时 SF ₆ 的收回	16
表 9	预期的 SF ₆ 特性和副产物数量	17

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 IEC 62271-303:2008《高压开关设备和控制设备 第 303 部分:六氟化硫(SF₆)的使用和处理》。

本标准与 IEC 62271-303:208 的技术性差异及其原因如下:

- 删除了与本标准无关的 IEC 62271-303 中第 4 章:SF₆ 的储存和运输、第 5 章:安全性和紧急救助、第 6 章:培训和证书、第 11 章:SF₆ 处理设备的种类;
- 删除了与本标准无关的 IEC 62271-303 中附录 A(资料性)、附录 B(资料性)、附录 C(资料性)和附录 D(资料性)的内容。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会(SAC/TC 65)归口。

本标准起草单位:西安高压电器研究院有限责任公司、西安西电高压开关有限责任公司、新东北电气(沈阳)高压开关有限公司、上海天灵开关厂有限公司、ABB(中国)有限公司、北京北开电气股份有限公司、江苏省如高高压电器有限公司、上海电气输配电试验中心有限公司、厦门 ABB 高压开关有限公司、广东番开电气设备制造有限公司、汕头正超电气集团有限公司、深圳电气科学研究所、宁波天安集团、益和电气集团股份有限公司、浙江开关厂有限公司、河南平高电气股份有限公司、西安西电开关电气有限公司、施耐德电气(中国)投资有限公司、泰兴科立德制冷设备有限公司。

本标准主要起草人:南智勇、邢娜、吴鸿雁、陈志彬、黄超、李新春、张承波、孙会刚、谢建波、李金玲、李宝宝、陆以安、申亮、林复明、杨坤、李世岗、宁茂亮、阎关星、沈春明、雷小强、冯小红、肖敏英、莫康、邓永辉。

引 言

SF₆ 气体应用于电气开关设备和控制设备已有 30 余年。它主要是用在额定电压超过 1 kV 直到所有已制造出的最高额定电压的开关设备和控制设备中。据估计,目前已有几百万台不同类型的充有 SF₆ 的单元在运行。

根据 GB/T 11022,共有 3 种气体系统在技术上是可用的:

——可控压力系统;

注 1: 因为不可接受的泄漏率(见 GB 7674),对于新设备不再使用可控压力系统。

——封闭压力系统:对于现代电力设备泄漏率的标准值为每年 0.5%和每个充气隔室 1%;

——密封压力系统:对于现代中压电力设备(商业上称为“终身密封产品”或“气密密封系统”),密封压力系统的密封性由其预期使用寿命来规定。相对于泄漏性能的预期使用寿命由制造厂来规定。优选值为 20 年、30 年和 40 年。

注 2: 为了满足预期使用寿命的要求,认为密封压力系统的年泄漏率小于 0.1%。

电气开关设备和控制设备中使用 SF₆ 的长期经验证明,只要建立和遵守某些基本的预防措施和程序,就有益于运行、工作和环境的安全性,例如:

——设备的安全运行;

——资源和工具的优化;

——设备停运时间的最小化;

——SF₆ 处理人员的标准培训;

——处理操作期间气体的排放量降低到功能物理限值以下;

——避免任何蓄意的排放,例如排放到大气中;

——在交接、使用、运行和寿命终了处理期间将 SF₆ 的消耗和排放降到最低。

最近,关于 SF₆ 技术应用于开关设备和控制设备方面的最新实践推荐已经由 CIGRE B3 研究委员会的 B3.02 工作组出版[1]。这些信息用来制定本标准。

高压开关设备和控制设备中六氟化硫 (SF₆)的使用和处理

1 范围

本标准适用于高压开关设备和控制设备在安装、交接、正常和异常操作时 SF₆ 处理、寿命终了的处置方面安全和环境的程序。

应该认为这些程序是保证从事 SF₆ 工作的人员安全和将 SF₆ 排放到环境中的数量减到最小的最低要求。

本标准通常也适用于包含 SF₆ 的混合气体。

注 1: 为了便于本标准的使用,通常意义上的高压开关设备的电压范围是泛指额定电压 3.6 kV 及以上。实际应用中,通常中压开关设备的额定电压范围是 3.6 kV~63 kV;高压开关设备的额定电压范围是 72.5 kV~252 kV;超高压开关设备的额定电压范围是 363 kV~800 kV;特高压开关设备的额定电压范围是 1 100 kV 及以上。

注 2: 整个标准中,术语“电力设备”代表“高压和中压开关设备和/或控制设备”。

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 1984 高压交流断路器(GB/T 1984—2003,IEC 62271-100,MOD)

GB/T 2900.20—1994 电工术语 高压开关设备(IEC 60050,NEQ)

GB/T 8905 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则(GB/T 8905—1996,IEC 60480,NEQ)

GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求(IEC 62271-1:2007,MOD)

GB/T 12022 工业六氟化硫(GB/T 12022—2006,IEC 376,IEC 376A,IEC 376B,MOD)

GB/T 28534—2012 高压开关设备和控制设备中六氟化硫(SF₆)气体的释放对环境与健康的影响(IEC 62271-303:2008,MOD)

3 术语和定义

GB/T 2900.20 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

注:许多不同类型的开关设备和控制设备都采用 SF₆ 气体作为绝缘和/或熄弧介质。

3.1

六氟化硫(SF₆)的异常释放 abnormal release of sulphur hexafluoride (SF₆)

压力系统故障引起的 SF₆ 从运行设备中的释放。

注:异常的 SF₆ 释放通常是不希望的和连续的气体排放。只要探测到异常的 SF₆ 泄漏,应立即采取适当的措施定位和减少泄漏。

3.2

六氟化硫(SF₆)的处理 handling of sulphur hexafluoride (SF₆)

可能涉及到 SF₆ 转移的任何过程。

3.3

抽真空 evacuation

把不同于 SF₆ 的气体(例如空气或氮气)从充气隔室转移到大气中。该操作通过真空泵实现。

3.4

六氟化硫(SF₆)的收回 recovery of sulphur hexafluoride (SF₆)

把 SF₆ 从充气隔室转移到回收装置或储存器中。该操作通常采用回收压缩机实现。

3.5

续充六氟化硫(SF₆) topping-up with sulphur hexafluoride (SF₆)

将预先充气的隔室充入六氟化硫气体至其额定充入压力。

注: 预先充气隔室为发运前在工厂充气的封闭压力系统。充入 0.02 MPa~0.05 MPa 之间的典型压力(相对压力)以便现场交接的简洁和快速。

3.6

六氟化硫(SF₆)的回收 reclaim of sulphur hexafluoride (SF₆)

一系列 SF₆ 的处理,包括收回、SF₆ 的最低提纯过程(如灰尘、副产物、湿度、油等的过滤)。

注 1: 标准的回收装置在 GB/T 28534—2012 第 7 章中描述。

注 2: 有时,“reclaiming(强调动作)”和“reclamation(名词)”可以具有“reclaim(动词)”相同的意义。

3.7

金属封闭开关设备和控制设备 metal-enclosed switchgear

除外部连接外,全部装配完成并封闭在接地金属外壳内的开关设备和控制设备。

[GB/T 2900.20—1994 的 3.5]

3.8

绝缘封闭开关设备和控制设备 insulation-enclosed switchgear

除外部连接外,全部装配完成并具有绝缘外壳的成套开关设备和控制设备。

注: 外部绝缘可以装有(半)导体层提供。

[GB/T 2900.20—1994 的 3.10,修改过]

3.9

气体绝缘金属封闭开关设备 gas insulated metal-enclosed switchgear

绝缘的获得至少部分通过绝缘气体而不是处于大气压力下空气的金属封闭开关设备。

注 1: 本术语通常适用于高压开关设备和控制设备。

[GB/T 2900.20—1994 的 3.12]

注 2: 三极封闭气体绝缘开关设备适用于三极封闭在一个公共外壳内的开关设备。

注 3: 单极封闭气体绝缘开关设备适用于每极封闭在一个独立外壳内的开关设备。

3.10

充气隔室 gas-filled compartment

开关设备和控制设备的隔室中的气体压力由下述系统之一保持:

——可控压力系统;

——封闭压力系统;

——密封压力系统。

注 1: 几个充气隔室可以永久地连接形成一个公共压力系统(气密装配)。

注 2: 本定义与 GB/T 11022—2011 的 3.6.6.1 的相同。

3.11

气体的可控压力系统 controlled pressure system for gas

可以从外部压缩气源或内部气源自动补气的容器。

注 1: 可控压力系统的例子有压缩空气断路器或气动操动机构。

注 2: 容器可以由几个永久连接的充气隔室组成。

注 3：本定义与 GB/T 11022—2011 的 3.6.6.2 的相同。

3.12

气体的封闭压力系统 **closed pressure system for gas**

只能定期地以人工方式连接到外部气源补气的容器。

注 1：封闭压力系统的例子是单压式 SF₆ 断路器。

注 2：本定义与 GB/T 11022—2011 的 3.6.6.3 的相同。

3.13

气体的密封压力系统 **sealed pressure system**

在预定的使用寿命期内不需要对气体或真空作进一步处理的容器。

注 1：密封压力系统的例子有真空断路器的灭弧室或某些 SF₆ 断路器。

注 2：密封压力系统的组装和试验全部在工厂进行。

注 3：本定义与 GB/T 11022—2011 的 3.6.6.4 的相同。

3.14

工业级六氟化硫(SF₆) **technical grade sulphur hexafluoride (SF₆)**

具有符合 GB/T 12022 的非常低的不纯净度的 SF₆ 气体。

3.15

使用过的六氟化硫(SF₆) **used sulphur hexafluoride (SF₆)**

初始充有符合 GB/T 12022 或 GB/T 8905 的 SF₆ 气体,从电气设备中取出的气体。充入后,在设备运行期间不论何种原因(例如维修、运行、维护)取出的气体,应予以转移且被认为是使用过的气体。

注：GB/T 28534—2012 附录 C 给出了以气态和固态副产物形式出现的 SF₆ 分解物的资料。

3.16

适合于现场再利用的使用过的六氟化硫(SF₆) **used sulphur hexafluoride (SF₆) suitable for reuse on site**

使用过的但不纯净度不超过 GB/T 8905 规定的 SF₆。

注：为了满足规定的技术要求,如果必要可以采用带有适当的过滤器和吸附材料的运行单元。

3.17

适合于气体制造厂再利用的使用过的六氟化硫(SF₆) **used sulphur hexafluoride (SF₆) suitable for reuse at the gas manufacturer**

超过了 GB/T 8905 规定的最大可接受的不纯净度,但符合气体制造厂给出的气体再利用技术规范的使用过的 SF₆。

注：为了满足规定的技术要求,如果必要可以采用带有适当的过滤器和吸附材料的运行单元。

3.18

不适合于再利用的使用过的六氟化硫(SF₆) **used sulphur hexafluoride (SF₆) not suitable for reuse**

符合 3.15 但不符合 3.16 和/或 3.17 的气体。

注：不适合于再利用的使用过的六氟化硫应按照关于废物管理方面的地方或国际法规进行处置。

3.19

未经受电弧的六氟化硫(SF₆) **non-arced sulphur hexafluoride (SF₆)**

气体副产物的体积比小于 0.1%(近似值)的使用过的 SF₆。

注：典型的未经受电弧的六氟化硫出现在充入后、带电和/或绝缘试验前,和/或从来不经电弧的绝缘隔室中。

3.20

经受正常电弧的六氟化硫(SF₆) **normally arced sulphur hexafluoride (SF₆)**

气体副产物的体积比介于 0.1%(近似值)和 5%(近似值)之间的使用过的 SF₆。

注 1：典型的经受过电弧的六氟化硫通常出现在正常(负载和故障)操作后的断路器和负荷开关中。

注 2：少量的固体副产物,主要有金属氟化物以及可能出现的钨氧氟化物。

3.21

经受严重电弧的六氟化硫(SF₆) heavily arced sulphur hexafluoride (SF₆)

气体副产物的体积比超过 5%(近似值)的使用过的 SF₆。

注 1: 典型的经受严重电弧的六氟化硫通常出现在内部电弧故障后的所有气体隔室中;断路器/负荷开关开断失败后;断路器成功开断几次接近额定短路电流值的短路电流后。

注 2: 大量的固体副产物,主要有金属氟化物以及出现的钨氧氟化物。

4 安装和交接期间 SF₆ 的处理

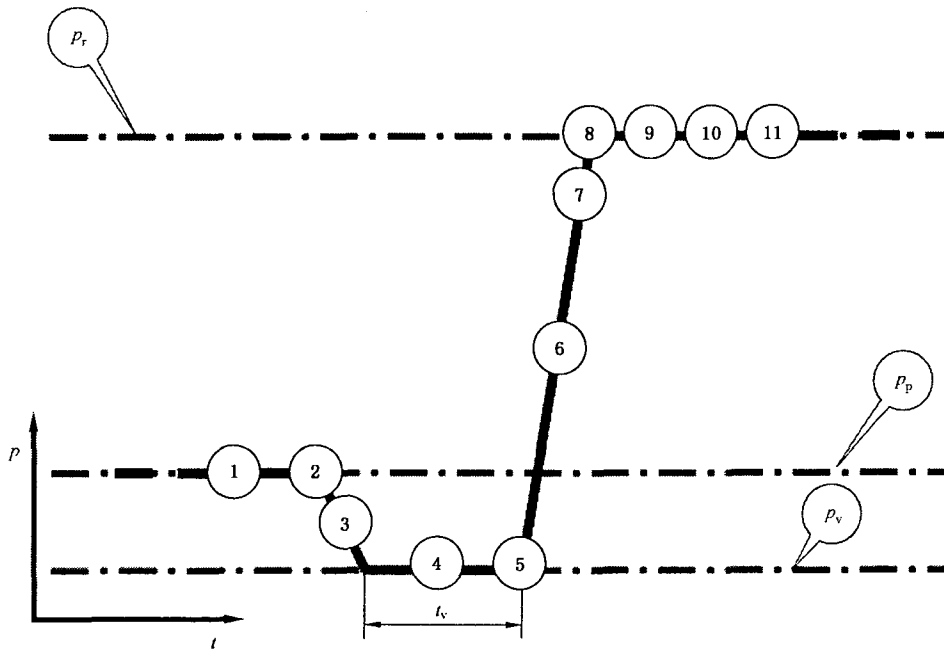
4.1 概述

本章给出的导则适用于按照 GB/T 12022 要求从事工业级 SF₆ 的作业或按照 GB/T 8905 的要求使用适用于现场再利用的使用过的 SF₆ 的作业,即给现场安装后的开关设备和充气设备的隔室充气。

4.2 抽真空、充气 and 充气后 SF₆ 质量的检查

本条款适用于在周围压力或轻微过压力(典型为 0.00 MPa~0.05 MPa)下包含不同于 SF₆(典型为空气或氮气)的压力系统的开关设备隔室。

除非原始设备制造厂在使用说明书中另有规定,下述对每个隔室中空气/氮气的抽真空和 SF₆ 的充入详细的操作程序应按图 1 进行,补充的细节在表 1 中给出。



- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1——准备 SF ₆ 处理设备; | 9——密封检查; |
| 2——吸附剂安装; | 10——SF ₆ 质量检查; |
| 3——抽真空; | 11——文件化; |
| 4——剩余空气和/或水分含量; | p_r ——SF ₆ 额定充入压力; |
| 5——文件化; | p_0 ——充气隔室的初始压力; |
| 6——充入 SF ₆ ; | p_v ——抽真空压力 < 2 kPa; |
| 7——文件化; | t_v ——抽真空时间 ≥ 30 min. |
| 8——压力/密度传感器检查; | |

图 1 SF₆ 充气隔室的交接和再交接

表 1 SF₆ 充气隔室的交接和再交接

步 骤		程 序
1	准备 SF ₆ 处理设备	检查回收装置是否正常工作、连接是否清洁和干燥以避免污染。 检查校准仪器是否检定有效
2	吸附剂安装	在隔室中快速加入吸附材料,随后立即开始抽真空
3	抽真空	连接真空泵让其在隔室压力小于 2 kPa 后至少工作 30 min
4	剩余空气和/或水分含量	断开真空泵读取压力表,压力应保持在小于 2 kPa
5	文件化	至少应记录隔室的制造厂、出厂编号和/或标识、真空压力(即剩余空气含量)、周围温度及日期,以便进一步参考
6	充入 SF ₆	连接 SF ₆ 储气罐直到隔室压力达到 SF ₆ 额定充入压力。为避免过充应使用经过校准的压力表和安全阀(见注 1 和注 2)
7	文件化	至少应记录隔室式的制造厂、出厂编号和/或标识、最终压力、周围温度及日期,以便进一步参考
8	压力/密度传感器检查	检查压力/密度传感器的功能性。可以在充气期间进行
9	密封检查	至少检查原始设备制造厂说明书中要求的所有现场连接的密封性
10	SF ₆ 质量检查	应按原始设备制造厂的说明书等待规定的时间再测量水分含量和 SF ₆ 百分比(见注 3)
11	文件化	至少应记录隔室的制造厂、出厂编号和/或标识、压力/密度传感器的功能性、水分含量和 SF ₆ 含量、周围温度及日期,以便进一步参考
<p>注 1: 充入到充气隔室中的 SF₆ 应是工业级 SF₆ 或者适合现场再利用的使用过的 SF₆。</p> <p>注 2: 如果气体来自于密封容器,或者储存在有合适标签或证书保证气体适合于再利用的密封容器中,不要求进行 SF₆ 检查。对于所有其他情况,应在充入操作之前或者储存在有合适标签或证书保证气体适合于再利用的密封容器中检查 SF₆ 质量,SF₆ 质量的检查包括湿度和 SF₆ 百分比含量。</p> <p>注 3: 如果充气隔室容积较小,SF₆ 质量检查后可能要求重新充气。</p>		

4.3 事先充有 SF₆ 的隔室充入到额定压力/密度

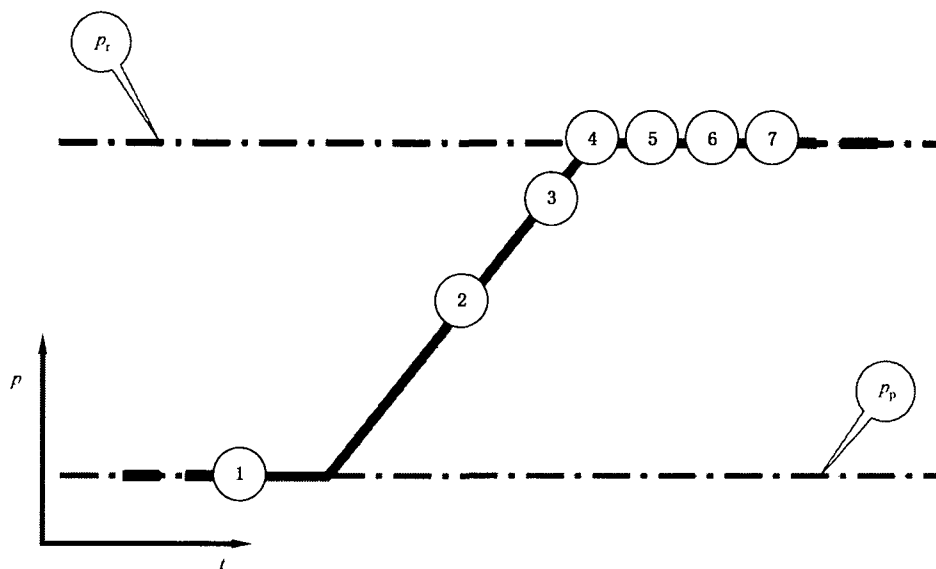
本条款适用于压力系统的隔室在工厂交运前事先充过气,它们包含的 SF₆ 高于大气压力(典型为 0.02 MPa~0.05 MPa),以便现场交接简便和快速。

除非原始设备制造厂的说明书中另有规定,将每个预充气的隔室充气至额定充入压力的操作应按图 2 中的详细程序进行。补充的细节在表 2 中给出。

4.4 密封压力系统的充气

绝大多数中压开关设备和/或控制设备都是 3.13 定义的密封压力系统。典型的这种设备就是在工厂充好 SF₆ 并在其预期使用寿命期间不需要进一步的 SF₆ 处理。

注: 在某些异常条件下(例如损坏),可能要求在现场对设备进行重新充气或重新交接,为此,应与原始设备制造厂联系。



- 1——准备 SF₆ 处理设备；
- 2——充入 SF₆；
- 3——文件化；
- 4——压力/密度传感器检查；
- 5——密封检查；
- 6——SF₆ 质量检查；
- 7——文件化；
- p_r ——SF₆ 额定充入压力；
- p_p ——充气隔室中的 SF₆ 初始压力。

图 2 预充入 SF₆ 的隔室充气至额定压力/密度

表 2 预充入 SF₆ 的隔室充气至额定压力/密度

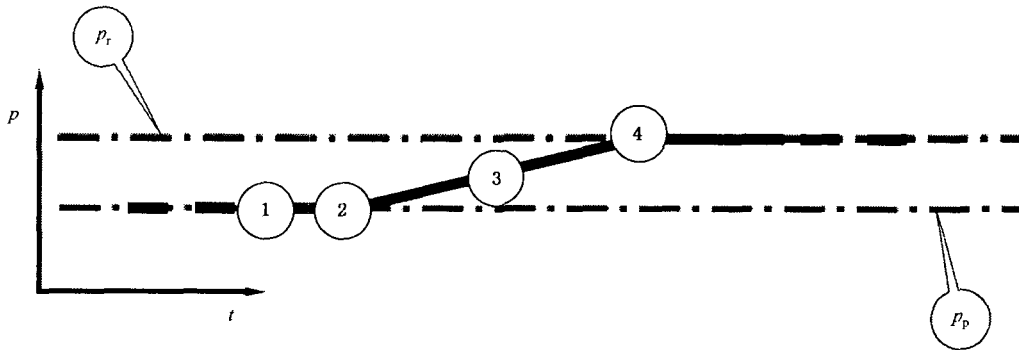
步 骤		程 序
1	准备 SF ₆ 处理设备	检查连接清洁和干燥、软管抽真空以及连接配管没有泄漏以避免污染。检查校正仪器是否检定有效
2	充入 SF ₆	连接 SF ₆ 储气罐直到隔室压力达到 SF ₆ 额定充入压力。为避免过充应使用经过校准的压力表和安全阀(见注 1 和注 2)
3	文件化	至少应记录隔室的制造厂、出厂编号和/或标识、最终压力、周围温度及日期,以便进一步参考
4	压力/密度传感器检查	检查压力/密度传感器的功能性。可以在充气期间进行
5	密封检查	至少检查原始设备制造厂说明书中要求的所有现场永久连接的密封性
6	SF ₆ 质量检查	应按原始设备制造厂的说明书等待规定的时间再测量水分含量和 SF ₆ 百分比(见注 3)
7	文件化	至少应记录隔室的制造厂、出厂编号和/或标识、压力/密度传感器的功能性、水分含量和 SF ₆ 含量、周围温度及日期,以便进一步参考
<p>注 1: 充入到充气隔室中的 SF₆ 应是工业级 SF₆ 或者适合现场再利用的使用过的 SF₆。</p> <p>注 2: 如果气体来自于密封容器,不要求进行 SF₆ 检查。对于所有其他情况,应在充入操作之前或者储存在有合适标签或证书保证气体适合于再利用的密封容器中检查 SF₆ 质量,SF₆ 质量的检查包括湿度和 SF₆ 百分比含量。</p> <p>注 3: 如果充气隔室容积较小,SF₆ 质量检查后可能要求重新充气。</p>		

5 正常使用寿命期间 SF₆ 的处理

5.1 再充入 SF₆ 至额定压力/密度

本条款适用于封闭压力系统的隔室(通常第一报警指示的、压力/密度监测装置指示的)以保证运行的连续性。在异常泄漏的情况下,应立即安排适当的纠正措施寻找泄漏点并消除泄漏。

除非原始设备制造厂(OEM)在使用说明书中另有规定,下述对每个隔室中 SF₆ 再充入的详细操作程序应按照图 3 进行,补充的细节在表 3 中给出。



- 1——明确泄漏的特征;
- 2——准备 SF₆ 处理设备;
- 3——再充入 SF₆;
- 4——文件化;
- p_r ——SF₆ 额定充入压力;
- p_0 ——充气隔室中的 SF₆ 初始压力。

图 3 SF₆ 再充入到额定压力/密度

表 3 SF₆ 再充入到额定压力/密度

步 骤		程 序
1	明确泄漏特征	检查上一次气体隔室的再充气,以了解泄漏是否异常
2	准备 SF ₆ 处理设备	检查连接是否清洁和干燥、软管抽真空以及连接配管是否泄漏以避免污染。检查校正仪器是否检定有效
3	再充入 SF ₆	连接 SF ₆ 储气罐直到隔室压力达到 SF ₆ 额定充入压力。为避免过充,应使用经过校准的压力表和安全阀(见注 1 和注 2)
4	文件化	至少应记录隔室的制造厂、出厂编号和/或标识、最终压力、周围温度及日期,以便进一步参考
注 1: 充入到充气隔室中的 SF ₆ 应是工业级 SF ₆ 或者适合现场再利用的使用过的 SF ₆ 。 注 2: 如果再充入隔室的 SF ₆ 相对于隔室中的 SF ₆ 总量很小,则再充入操作完成后不需要进行 SF ₆ 质量检查。		

5.2 SF₆ 质量的检查

5.2.1 概述

SF₆ 质量的检查通常利用便携式设备在现场进行。如果现场检验得不到满意的结果,可以通过气

体抽样并送到有资质的化学实验室进行不在现场的分析以便交叉对比检查。

按照 GB/T 8905,典型的 SF₆ 质量检查有湿度(例如用 mg/kg 表示的水分含量)、SF₆ 百分比(例如用 mL/L 表示的空气和/或 CF₄)以及总的活性气体副产物(例如用 μL/L 表示的活性气体总量)。

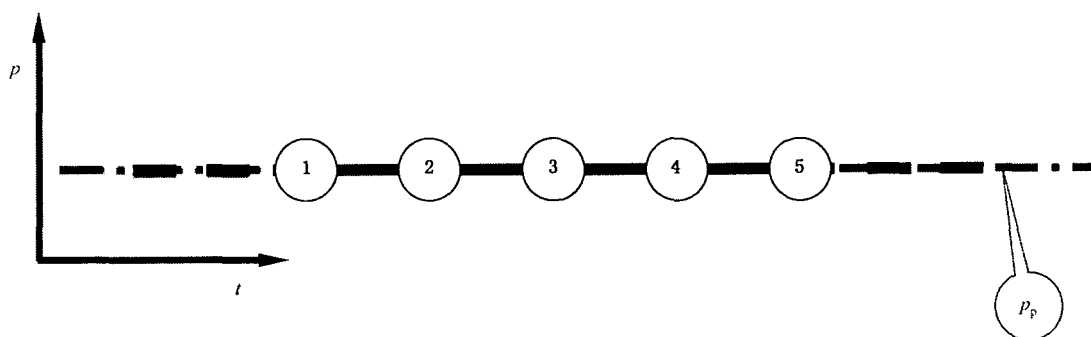
如果不清楚充气隔室的历史或者充气隔室包含经受严重电弧的 SF₆,应首先检查总的活性气体副产物以防止损坏其他便携式设备。

5.2.2 用便携式设备测量 SF₆ 的质量

本条款适用于可控的和/或封闭的压力系统的 SF₆ 充气隔室或者装有 SF₆ 的容器,以便利用便携式设备检查气体的质量。

除非原始设备制造厂在使用说明书中另有规定,下述对现场 SF₆ 质量的检查的详细操作程序应参照图 4 进行,补充的细节在表 4 中给出。

便携式设备的特性在 GB/T 28534—2012 第 7 章中描述。



- 1——准备便携式设备;
- 2——连接便携式设备;
- 3——读取便携式设备数据;
- 4——脱开便携式设备;
- 5——文件化;
- p_p ——充气隔室中的 SF₆ 压力。

图 4 现场检查 SF₆ 质量

表 4 现场检查 SF₆ 质量

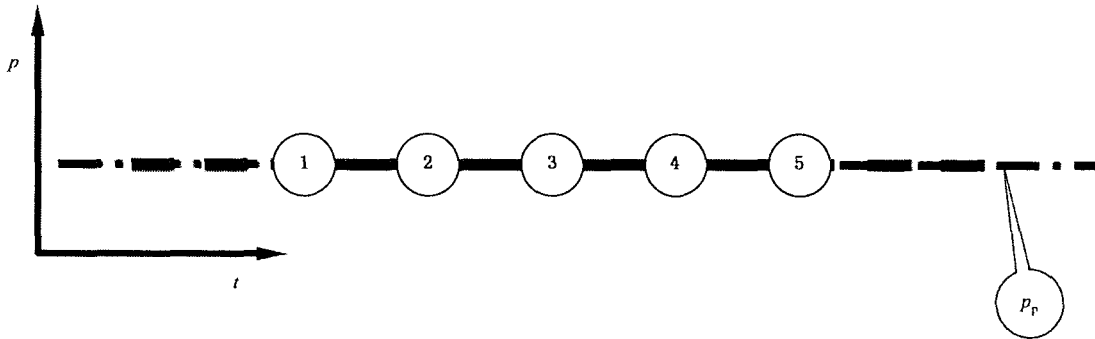
步 骤		程 序
1	准备便携式设备	检查便携式设备正常工作,气体连接清洁和干燥、软管抽真空以及连接配管没有泄漏以避免错误测量。检查校正仪器是否检定有效。采用短的连接使 SF ₆ 排放最低
2	连接便携式设备	连接便携式设备。紧密连接并建立气体通路
3	读取便携式设备数据	参照便携式设备制造厂提供的操作使用说明书
4	脱开便携式设备	停止气体流通并脱开便携式设备(见注)
5	文件化	至少应记录隔室的制造厂、出厂编号和/或气体隔室的标识、读数及日期,以便进一步参考
注: 如果充气隔室容积较小, SF ₆ 质量检查后可能要求重新充气。		

5.2.3 离场分析的 SF₆ 的抽样和运输

本条款适用于可控的和/或封闭的压力系统的 SF₆ 充气隔室或者装有 SF₆ 的容器,以便交叉检查现场不满意的 SF₆ 质量测量。

除非原始设备制造厂在使用说明书中另有规定,下述对 SF₆ 抽样和运输的详细操作程序应按照图 5 进行,补充的细节在表 5 中给出。

SF₆ 样品气瓶的特性在 GB/T 28534—2012 第 7 章中描述。



- 1——准备 SF₆ 采样设备;
- 2——文件化;
- 3——连接采样气瓶;
- 4——脱开采样气瓶;
- 5——交运;
- p_p——充气隔室中的 SF₆ 压力。

图 5 SF₆ 采样和交运

表 5 SF₆ 采样和交运

步 骤		程 序
1	准备 SF ₆ 采样设备	对采样气瓶抽真空(见注 1)。检查气体连接清洁和干燥、软管抽真空以及连接配管没有泄漏以避免样品污染,并采用短的连接使 SF ₆ 排放最低
2	文件化	给样品气瓶加上的标签至少包含下述信息:制造厂和出厂编号和/或气体隔室的标识、日期、压力和周围温度
3	连接采样气瓶	连接采样气瓶。紧密连接并建立气体流通
4	脱开采样气瓶	停止气体流通并脱开采样气瓶(见注 2)
5	交运	按照 GB/T 28534—2012 附录 A 描述的地方或国际法规运送至实验室
注 1: 关于采样气瓶,见 GB/T 28534—2012 的第 7 章。 注 2: 如果充气隔室容积较小,SF ₆ 质量检查后可能要求重新充气。		

6 维护期间 SF₆ 的收回和回收

6.1 概述

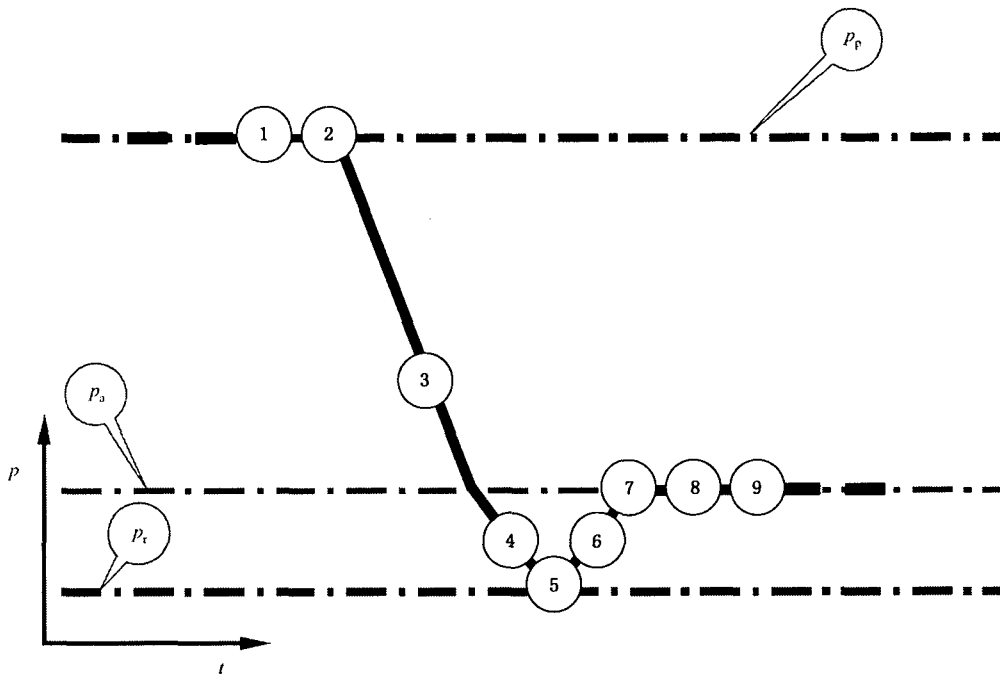
本章包含来自维护期间的所有充气隔室的 SF₆ 的收回和回收程序。

6.2 包含未经受电弧和/或经受正常电弧的 SF₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF₆ 的收回和回收

如果需要收回进行维护时,本条款适用于包含未经受电弧和/或经受正常电弧的 SF₆ 的可控和/或封闭压力系统的所有隔室。

除非原始设备制造厂在使用说明书中另有规定,下述对来自每个隔室的 SF₆ 的收回的详细操作程序应按照图 6 进行,补充的细节在表 6 中给出。

应严格遵守 GB/T 28534—2012 第 5 章中给出的安全规则。



- 1——准备 SF₆ 处理设备;
- 2——连接过滤器;
- 3——SF₆ 收回;
- 4——使剩余的 SF₆ 含量最小;
- 5——文件化;
- 6——充入空气;
- 7——打开充气隔室;
- 8——移开存在的固体副产物和吸附剂;
- 9——如有要求,中和;
- p_s ——充气隔室中的 SF₆ 压力;
- p_a ——大气压力;
- p_r ——SF₆ 剩余压力小于 2 kPa。

图 6 包含未经受电弧和/或经受正常电弧的 SF₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF₆ 的收回和回收

表 6 包含未经受电弧和/或经受正常电弧的 SF₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF₆ 的收回和回收

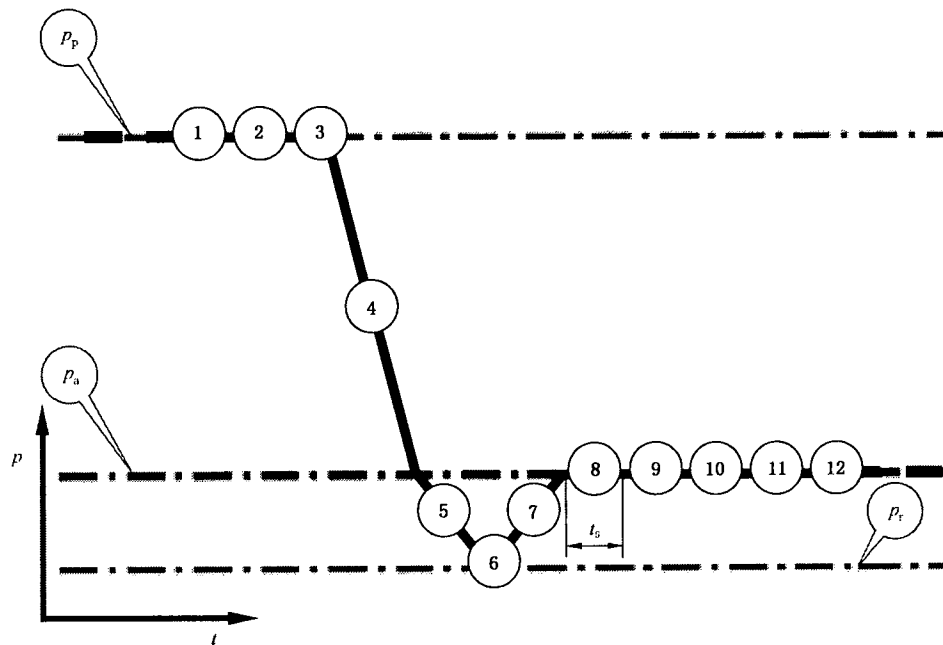
步 骤		程 序
1	准备 SF ₆ 处理设备	检查回收装置正常工作、过滤器和预过滤器仍然可用，气体连接清洁和干燥、软管抽真空以及连接配管没有泄漏以避免样品污染。检查校正仪器是否检定有效
2	连接过滤器	在充气隔室和压缩机之间接入预过滤器以及在压缩机和储存器之间接入过滤器
3	SF ₆ 收回	连接充气隔室。采用主压缩机阶段尽快使隔室中的 SF ₆ 剩余压力接近储存器中的压力。采用安全阀和经过校准的仪器以避免储存器过充(见注)
4	使剩余的 SF ₆ 含量最小	如果隔室中的 SF ₆ 剩余压力接近 100 kPa 连接辅助压缩机阶段,并让其继续运行直到压力达到小于 2 kPa
5	文件化	至少应记录隔室的制造厂、出厂编号和/或标识、读数及日期,以便进一步参考
6	充入空气	断开压缩机使空气缓慢进入充气隔室
7	打开充气隔室	小心打开充气隔室。使用的安全规程见 GB/T 28534—2012 第 5 章
8	移开存在的固体副产物和吸附剂	立即使用真空吸尘器或者干净的软抹布擦拭来收集可能存在的固体副产物。将吸附材料装在塑料袋中。将塑料袋用胶带密封并做好标签
9	如有要求,中和	如果收集到了固体副产物,用重量比 10% 的苏打溶液或者等效的方法去冲洗和中和所有部件,然后用干净的水冲洗,见 GB/T 28534—2012 第 5 章
注: 如果是液体储存,应该控制液体储存器的重量以避免过充。出于安全考虑,充入系数应小于 0.8 kg/L。		

6.3 包含经受严重电弧的 SF₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF₆ 的收回和回收

如果需要收回进行维护时,本条款适用于包含经受严重电弧的 SF₆ 的可控和/或封闭压力系统的所有隔室。

除非原始设备制造厂在使用说明书中另有规定,下述对来自每个隔室的 SF₆ 的收回的详细操作程序应按照图 7 进行,补充的细节在表 7 中给出。

应严格遵守 GB/T 28534—2012 第 5 章给出的安全规则。



- 1——准备 SF₆ 处理设备；
- 2——连接过滤器；
- 3——连接附加的预过滤器；
- 4——SF₆ 收回；
- 5——使剩余的 SF₆ 含量最小；
- 6——文件化；
- 7——充入空气；
- 8——固体副产物的沉淀；
- 9——打开充气隔室；
- 10——移开存在的固体副产物、吸附剂和可移开部件；
- 11——中和；
- 12——文件化；
- p_p ——充气隔室中的 SF₆ 初始压力；
- p_a ——大气压力；
- p_r ——SF₆ 剩余压力小于 2 kPa；
- t_s ——沉淀时间 \geq 1 h。

图 7 包含经受严重电弧的 SF₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF₆ 的收回和回收

7 寿命终了时 SF₆ 电力设备的拆卸

7.1 概述

本章涵盖了寿命终了时电力设备拆卸的不同阶段。从环境的观点出发,这是产品寿命周期的重要阶段。

寿命终了的拆卸应按照地方法规进行,是业主/运行人员的责任,由于原始设备制造厂的知识 and 经验非常重要,因此,应给予支持。第三方,如有资质的服务公司,也可以从事寿命终了的拆卸。现代技术水平的电力设备应在设计阶段考虑设备的寿命终了时的处理。

注:本章中描述的程序也适用于维护和大修。

电力设备的拆卸以及使用过的 SF₆、气室、粉尘、吸附材料和废弃物的相关处理应按照考虑了人员和环境的安全性来进行,如 GB/T 28534—2012 第 5 章所述。

表 7 包含经过严重电弧的 SF₆ 的可控和/或封闭压力系统所有隔室中 SF₆ 的收回和回收

步 骤		程 序
1	准备 SF ₆ 处理设备	检查回收装置正常工作、过滤器和预过滤器仍然可用,气体连接清洁和干燥、软管抽真空以及连接配管没有泄漏以避免污染。检查校正仪器是否检定有效
2	连接过滤器	在充气隔室和压缩机之间接入预过滤器以及在压缩机和储存器之间接入过滤器
3	连接附加的预过滤器	在回收装置的人口处接入附加的预过滤器
4	SF ₆ 收回	连接充气隔室。采用主压缩机阶段尽快使隔室中的 SF ₆ 剩余压力接近储存器中的压力。采用安全阀和经过校准的仪器。采用外部存储器并避免其过充(见注 1)
5	使剩余的 SF ₆ 含量最小	如果隔室中的 SF ₆ 剩余压力接近 100 kPa,启动连接辅助压缩机,并让其继续运行直到压力达到小于 2 kPa
6	文件化	至少应记录隔室的制造厂和出厂编号和/或标识,读数及日期以便进一步参考
7	充入空气	断开压缩机使空气缓慢进入充气隔室
8	固体副产物的沉淀	等候至少 1 h 以给出足够的时间使得充气隔室中的固体副产物沉淀
9	打开充气隔室	小心打开充气隔室。适用的安全规程见 GB/T 28534—2012 第 5 章
10	移开存在的固体副产物、吸附剂和可移开部件	立即使用真空吸尘器来收集可能存在的固体副产物。将吸附材料和可移开部件装在塑料袋中。将塑料袋用胶带密封并做好标签
11	中和	用重量比 10% 的苏打溶液或者等效的方法去冲洗和中和所有部件,然后用干净的水冲洗,见 GB/T 28534—2012 第 5 章
12	文件化	记录涉及内部故障的所有相关信息,包括一些照片
注 1: 如果是液体储存,应该控制液体储存器的重量以避免过充。出于安全考虑,充入系数应小于 0.8 kg/L。 注 2: 在充气隔室向大气打开的情况下,应从第 9 步开始程序。		

7.2 可控和/或封闭压力系统的寿命终了

图 8 给出了可控和/或封闭压力系统的寿命终了时应该遵循的典型程序。

如果不清楚充气隔室过去的使用历史,应按照第 6 章中的规定在安全的条件下分析和处理气体。一旦要收回和回收 SF₆,按照 GB/T 28534—2012 第 4 章,它既可以在现场再利用,也可以储存或者远离现场做进一步再利用。电力设备既可以在现场拆卸也可以运输到拆卸场。

7.3 密封压力系统的寿命终了

密封压力系统通常运输到拆卸现场,如图 9 所示。如果要求,SF₆ 收回和进一步的拆卸也可以在现场进行。SF₆ 收回的程序相同并在 7.4 中描述。

在取出 SF₆ 之前,密封压力系统应该运输到拆卸现场,该项工作通常由服务公司完成。这些公司

进行必要的处理和储存措施以避免可能使外壳破裂或泄漏的任何冲击,尤其是树脂基的外壳。经验表明,如果遵循原始设备制造厂发布的运输说明,在处理 and 运输期间 SF₆ 在环境中扩散的风险极低。

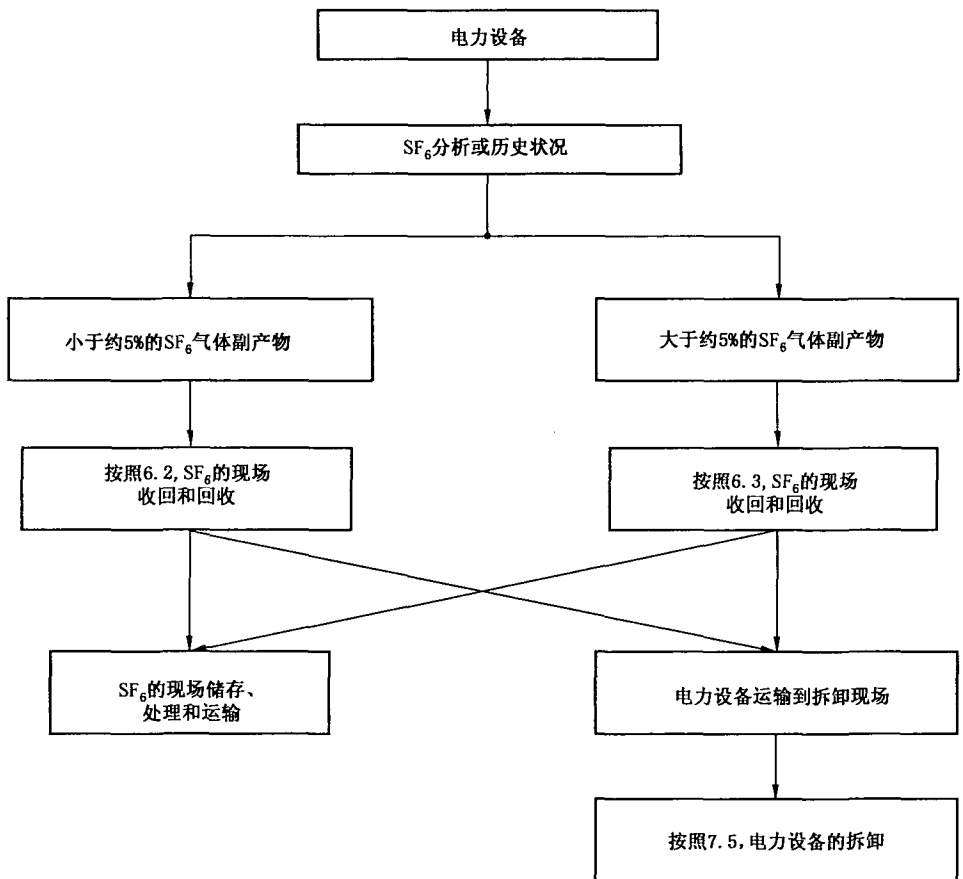


图 8 可控和/或封闭压力系统的寿命终了

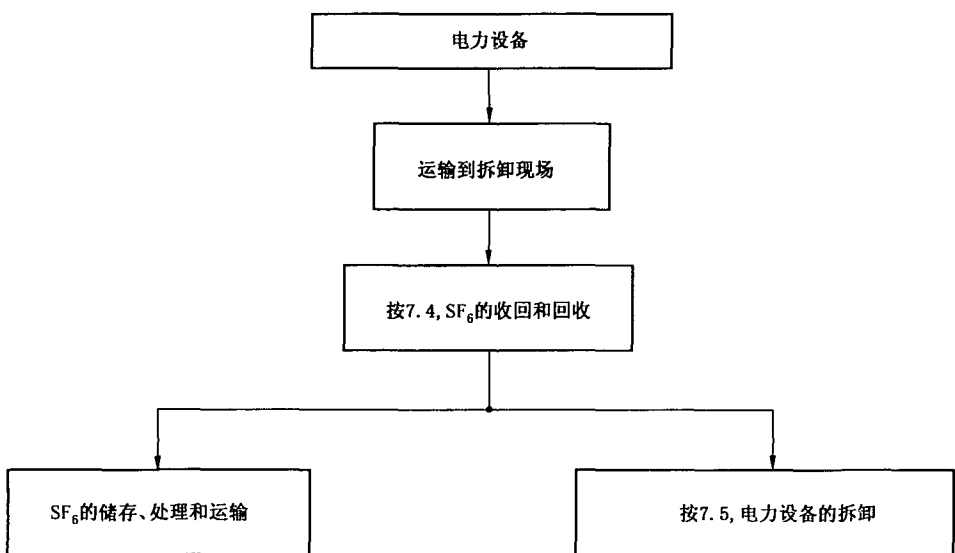


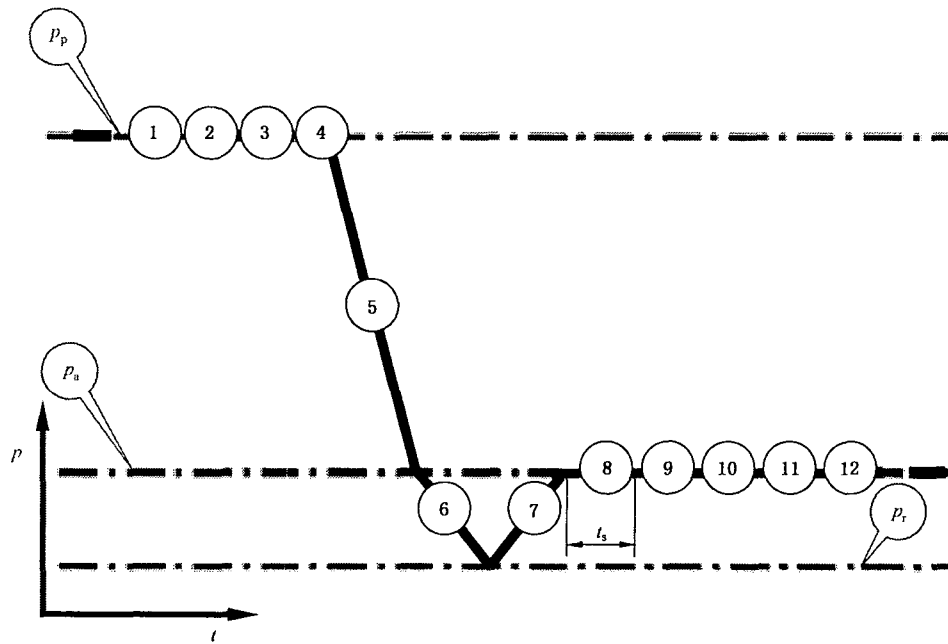
图 9 密封压力系统的寿命终了

7.4 密封压力系统寿命终了时 SF₆ 的收回和回收

密封压力系统寿命终了时 SF₆ 的收回和回收应在拆卸现场进行。如果密封压力系统配有符合制造厂说明书的连接设施、专用工具,则应该用于 SF₆ 的收回。如果没有,应采用密封配钻装置。

除非在原始设备制造厂的使用说明书中另有规定,在密封压力系统寿命终了时对 SF₆ 的收回和回收的下述详细操作程序应按照图 10 进行,补充的细节在表 8 中给出。

应严格遵守 GB/T 28534—2012 第 5 章给出的安全规程。



- 1——准备 SF₆ 处理设备;
 - 2——连接过滤器;
 - 3——连接附加的预过滤器(如果要求);
 - 4——连接 SF₆ 隔室;
 - 5——SF₆ 收回;
 - 6——使剩余的 SF₆ 含量最小;
 - 7——充入空气;
 - 8——固体副产物的沉淀(如果要求);
 - 9——打开充气隔室;
 - 10——移开存在的固体副产物、吸附剂和可移开部件;
 - 11——中和(如果要求);
 - 12——文件化;
- p_p ——充气隔室中的 SF₆ 初始压力;
 p_a ——大气压力;
 p_r ——SF₆ 剩余压力小于 2 kPa;
 t_s ——沉淀时间 ≥ 1 h(如果要求)。

图 10 密封压力系统寿命终了时 SF₆ 的收回和回收

表 8 密封压力系统寿命终了时 SF₆ 的收回

步骤		程 序
1	准备 SF ₆ 处理设备	检查回收装置正常工作、过滤器和预过滤器仍然可用,气体连接清洁和干燥、软管抽真空以及连接配管没有泄漏以避免污染。检查校正仪器是否检定有效
2	连接过滤器	在充气隔室和压缩机之间接入预过滤器以及在压缩机和储存器之间接入过滤器
3	连接附加的预过滤器(如果要求)	在回收装置的入口处接入附加的预过滤器
4	连接 SF ₆ 隔室	采用专用工具并遵守原始设备制造厂的说明书连接 SF ₆ 隔室。其他情况下,采用密封配钻装置
5	SF ₆ 收回	采用主压缩机阶段使隔室中的 SF ₆ 转移到储存器中。采用安全阀和经过校准的仪器。采用适当的外部存储器并避免其过充(见注)
6	使剩余的 SF ₆ 含量最小	启动连接辅助压缩机,并让其继续运行直到压力达到小于 2 kPa
7	充入空气	断开辅助压缩机使空气缓慢进入充气隔室
8	固体副产物的沉淀(如果要求)	等候至少 1 h 以给出足够的时间使得充气隔室中的固体副产物沉淀
9	打开充气隔室	小心打开充气隔室。适用的安全规程见 GB/T 28534—2012 第 5 章
10	移开存在的固体副产物、吸附剂和可移开部件	立即使用真空吸尘器或者干净的软抹布擦拭来收集可能存在的固体副产物。将吸附材料和可移开部件装在塑料袋中。将塑料袋用胶带密封并做好标签
11	中和(如果要求)	如果收集到了固体副产物,用重量比 10% 的苏打溶液或者等效的方法去冲洗和中和所有部件,然后用干净的水冲洗,见 GB/T 28534—2012 第 5 章
12	文件化	至少记录制造厂、设备的系列编号和/或标识、拆卸日期和回收的 SF ₆ 的数量(kg)
注:如果是液体储存,应该控制液体储存器的重量以避免过充。出于安全考虑,充入系数应小于 0.8 kg/L。		

7.5 寿命终了时电力设备的拆卸

图 11 描述了寿命终了时电力设备拆卸的典型程序。

第一个工作就是对拆卸现场的每个装配或分装进行标记。需要附有产品所有必要信息的标记清单。

气体隔室和内部零件可能包含固体副产物,应予以中和并清洗以便按照地方法规或国际标准对它们进行处理、回收和处置。中和和清洗的程序简单易用且仅需要准备 GB/T 28534—2012 第 5 章中给出的材料。

拆卸阶段,操作人员应了解产品。应该有可用的工具和图纸。

电力设备的典型构件由下列材料组成(以重量计的数量间的大致比例):

- 黑色和有色金属:75%~90%;

——绝缘材料:10%~25%。

如果存在 SF₆，只占总重量的很小一部分，而且，SF₆ 的存在对准备回收、再利用和处置设备要求的工作量增加了一小部分。绝缘材料的大部分重量是固体绝缘材料(例如浇注的树脂、塑料、瓷)的重量。有回收价值的大部分是金属。

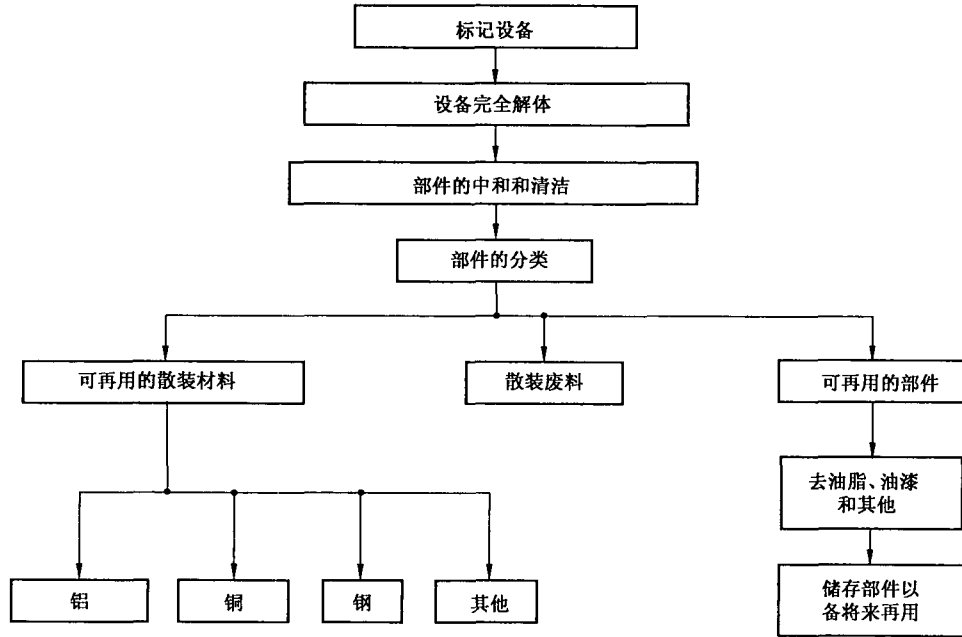


图 11 电力设备的拆卸

7.6 寿命终了时的副产物

电力设备的构件内副产物的数量取决于与 SF₆ 总量相关的累积的电弧能量，以及吸附剂的类型和数量。这取决于所讨论的设备的功能和运行的历史。与具有频繁故障开断历史的高开断能力的断路器相比，负荷开关可能含有数量少得多的副产物。

GB/T 28534—2012 附录 D 中给出了分解物总量计算的实际示例。在绝大多数情况下，即使在断路器中，分解物的程度较低。

原因如下：

- 平均来说，运行中有非常少的大电流开断；
- 充气隔室中配有吸附剂材料。

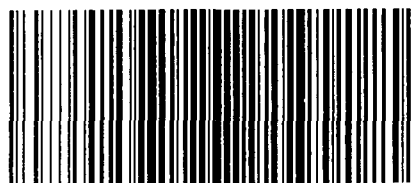
表 9 中给出了各种类型的电力设备预期的 SF₆ 特性和副产物数量。

表 9 预期的 SF₆ 特性和副产物数量

设计	SF ₆ 特性	预期的副产品数量
GIS 母线、电缆终端、真空断路器隔室 (SF ₆ 作为绝缘介质)……	未经受电弧的 SF ₆	体积从零到千分之几
GIS 接地开关和隔离开关	经受正常电弧的 SF ₆	轻微的粉状沉积
中压负荷开关和环网单元		轻微的粉状沉积
中压和高压断路器		达到百分之几(体积),轻微的粉状沉积
内部电弧故障后的所有充气隔室	经受严重电弧的 SF ₆	体积比可能超过 5%，中到重度的粉状沉积

参 考 文 献

[1] CIGRE WG B3.02 TF SF₆. Guide for the preparation of customised “Practical SF₆ handling instructions”. CIGRE brochure N. 276, 2005



GB/T 28537-2012

*
书号:155066 · 1-45590
定价: 24.00 元

国家标准体系简介

国家标准分为**强制性国家标准**和**推荐性国家标准**。对保障人身健康和生命财产安全、国家安全、生态环境安全以及满足经济社会管理基本需要的技术要求，应当制定强制性国家标准。强制性国家标准由国务院批准发布或授权发布。对于满足基础通用、与强制性国家标准配套、对各有关行业起引领作用等需要的技术要求，可以制定推荐性国家标准。

国家标准代号分为 GB 和 GB/T。国家标准的编号由国家标准的代号、国家标准发布的顺序号和国家标准发布的年号（发布年份）构成。

中国标准分为**国家标准**、**行业标准**、**地方标准(DB)**、**企业标准(Q/)**四级。中国标准按内容划分有**基础标准**（一般包括名词术语、符号、代号、机械制图、公差与配合等）、**产品标准**、**辅助产品标准**（工具、模具、量具、夹具等）、**原材料标准**、**方法标准**（包括工艺要求、过程、要素、工艺说明等）；按成熟程度划分有**法定标准**、**推荐标准**、**试行标准**、**标准草案**。按行业分类则包括：GB 及 GB/T 国家标准，GBJ 工程建设国家标准，GBZ 国家职业卫生技术标准，GBn 国家内部标准，GHZB 国家环境质量标准，GWKB 国家污染物控制标准，GWPB 国家污染物排放标准，JJF 国家计量技术规范，JJG 国家计量检定规程。