

ONE VISION. ZERO EMISSIONS.



■ 白皮书

## 替代气体处理第三部分 3

作者：

Dr. Sebastian Glomb

Martin Göppel

Peter Pilzecker



此文件由DILO中国代表处：珠海经济特区恒迪科技有限公司 [www.dilo.com.cn](http://www.dilo.com.cn) 翻译,仅供参考，以英文内容为准。

[www.dilo.com](http://www.dilo.com)





## ■ 1. 前言:

这个第三部分指南主要阐述了替代气体处理和SF<sub>6</sub>处理之间的不同。在这方面, 主要是着重在去转移压力容器里面部分液化的混合物和关联的设备充气, 以及在此操作过程中发生泄漏和故障事件的正确处理。另外, 本指南也讨论了在使用各种混合气体过程中, 确保可靠的使用技术的可能性。

SF<sub>6</sub>它作为一个单一组分主要处理。只有极少情况下才作为混合气体, 相比较替代气体, 在绝缘设备中使用, 通常由2种或者更多独立组分一起混合在气室里面(指南1)。

气室最初充入替代气体可以有不同的方式(指南2)。为确保设备的正确使用, 单独的气体或者预先混制的气体必须是均匀的混合物然后充入到气室。存在几种不同的组分, 以及不同的需求, 反之, 不同的应用需求不同的混合成分, 会增加替代气体相对于SF<sub>6</sub>处理的复杂性(图1)。



图 1: 代表性的SF<sub>6</sub>回收装置(左)和替代气体回收装置(右边)。

## ■ 2. 替代气体处理设备

现有的SF<sub>6</sub>回收装置没有设计用于替代气体的操作,我们**强烈不建议**用SF<sub>6</sub>回收装置处理替代气体.这样会防止设备损坏及处理过程中无意的泄露.由于不同的物理和化学特性.(高压,可渗透性等)替代气体独特的组分和不同的需求于SF<sub>6</sub>回收装置的功能不同.独立的组分会发生反应,因此会导致设备的破坏,潜在的泄露会引起用户健康和安全的风险.

替代气体处理和回收装置特性.在许多方面,是基于几十年来在SF<sub>6</sub>处理方面的经验,然而,由于替代气体的基础原理不同,和多元性,下面会详细解释:

3

与SF<sub>6</sub>处理主要的不同是设备的充气需要精确的设定.从局部液化状态下预先进行气体混制.部分液化储存的气体主要混合了C4-FN 和C5-FK (导则)2). 替代气体预先被储存在高压容器中在大于> 5 MPa 在20 °C时的压力.

这样在运行现场使用回收装置时可保证它的均匀化并被充入进设备.在此情况下,根据混合和应用,有不同的方式可以均化它.所有方法的共同之处就是在充气前局部液化的混合物在充气前需要在一个压力容器被加热.

压力容器可以通过电接触加热或者通过感应加热的方法进行热传导加热.关于感应加热,压力容器通过一个交流磁场进行非接触方式进行加热,类似微波炉的方法.由于非接触的传导方法,加热和从压力容器抽出气体大概比接触加热方式快2-3倍.(表 2).加热控制器和相关安全的传感器被集成在回收装置的功能上,以确保适度的加热,防止压力容器任何超热等.

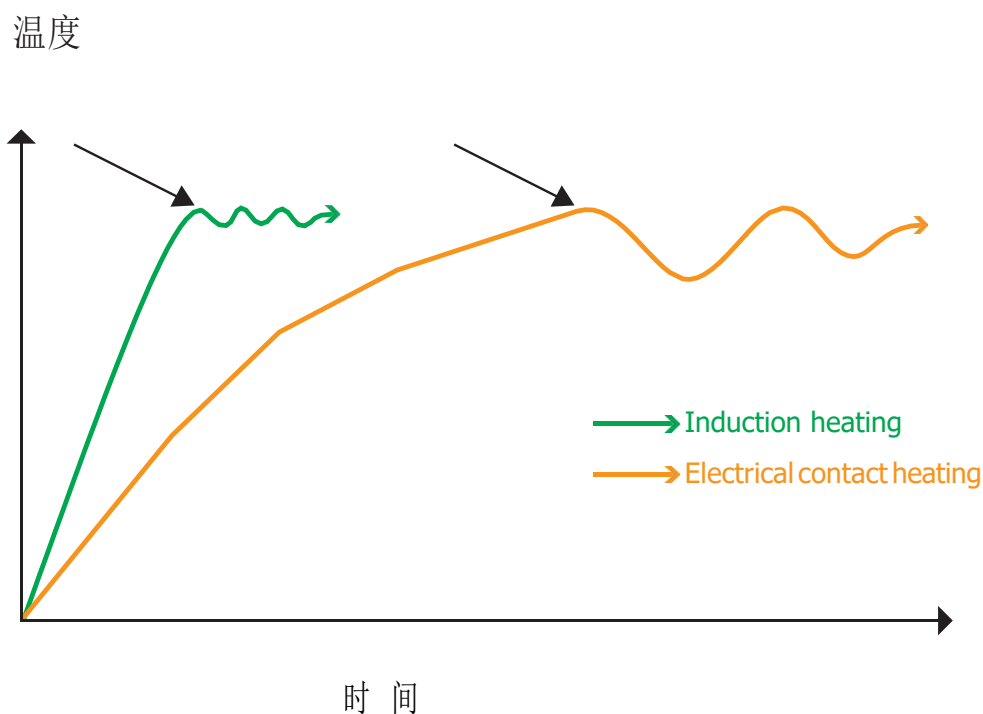


图 2:用非接触 传导(绿色)和电接触(橙色)加热压力容器到目标温度时所需的时间比较,箭头 标记的为充气程序被启动的时间点

另一个选项方法是将液态的同质/均匀混合物完全加热腾空到另一个大的容量的缓冲罐中, 气体被混合然后同质均匀为气态. 在此过程, 加热压力容器有助于加快完全的混合物被转移的速度. 缓冲罐通常被集成在回收装置里面, 可根据完整的压力容器的气量选一个体积使得它被加热并充入进所说的缓冲罐 (图3)

如果缓冲罐里面的气体混合以均匀的气态形式存在. 即使没有对带有不同体积和压力的充气设备充气时的额外的加热, 它可在任何时间被使用.



图3: 带有缓冲罐的回收装置将部分液化的混合物从被加热的容器转移的操作原理示意图.

对于均匀化产生的另外一个方法是完整的压力容器, 并使回收装置气体传输线去改变混合物的载体气体到达一个超临界状态. 在这种聚集状态下, 载体气体的溶解度被明显的增加. 反之, 此将导致在压力容器的所有组分完全混合. 可以通过加热管路从压力容器直接充气到气室. 此过程使用的载体气体是二氧化碳(CO<sub>2</sub>), 作为混合物的一种组分. 它首先需要被加热到超临界点以上在 73 bar 时 31 °C 以上, 均化状态只有在增加温度时才是稳定的. 温度必须在整个充气过程中, 自始至终的保持绝对稳定. 这里, 总是需要一直再加热压力容器已经连接管路. 1 在这方面, 它可能在充气过程中需要

被短暂的中断, 尤其是充入小气量气室时, 由此会引起问题发生.

当使用气体混合物是, 在正常工作条件下是不可能去只液化单一的组分 (例如: 合成空气), 使用一个气体回充设备将气体从压力容器里面移出. 混合物在整个过程中是处于一个均匀化气态下, 不需要额外的加热设备去移除.

### ■ 3. 在运行过程中泄露和故障

在充气设备的运行期间, 操作运行过程可能会发生泄露或放电产生分解物形式发生各种故障. 下面列举了潜在的故障并补救这些故障的可行性解决方案:

带有混合气的气体绝缘设备由于泄露使得气体露出均匀的组分, 气室里面气体的混合率是不会被改变的. 在泄露被前面描述的方法 (导则 2) 修复后, 可以重新充入相对应的替代气体. 应该使用适当的测量设备去检测持续的泄露后气室的质量是否符合生产厂家的要求的参数 (导则4).

必须特别注意带有 C4-F 和 C5-FK 气体绝缘设备里面的泄露,

这是因为通常气室里面的混合物被定义了精确的混合比率以确保它正确的使用, 混合物本身是被均化了的. 然而, 不规律的泄露可能会发生, 此取决于泄露的性质类别, (通过密封材扩散或者甚至大量泄露). 混合物中单独的组分露出快或者慢. 因此一个不同的混合率随机出现在气室里面, 同样的, 如果发生泄露, 水分和空气会被渗入进气室内. C4-FN 和 C5-FK 百分比浓度会被降低以至于不能确保混合气体完全的绝缘性能. 如果这样, 仍然可能通过一个用于替代气体特别设计的过滤系统来除掉水分, 但是空气已经渗透进氧气和氮气中, 室不能被除掉的, 如果气室单独的组分浓度和制造商规定要求的浓度有偏差. 混合气体不能再更进一步使用, 应该考虑咨询生产商进行完全更换.

当使用合成空气作为绝缘气体时, 渗入的水分也可以通过现有的替代气体过滤系统被除掉. 由于渗入的大气和合成空气的组

分类, 设备的混合率没有明显的改变. 它将不需要去更换混合气体.

充有替代气体绝缘的设备运行期间可能发生故障. 类似于充入 SF<sub>6</sub> 的设备, 这些故障可引起放电和引起气体的分解物. 当使用合成空气时作为绝缘气体时, 在放电后, 会产生低浓度的氮氧化物作为主要的分解物产品. 这些氧化物可以被过滤系统除掉, 从而不会进一步影响目前的混合比率以及绝缘特性.<sup>2</sup>

关于带有 C4-FN 或者 C5-FK 的气体混合物, 分解产物更是多样化而且更加验证, 这取决于放电的强度和性质以及出现在气体中的水分. C4-FN 和 C5-FK 在放电后的分解物大部分不会重新复回, 而 SF<sub>6</sub> 可以被独立的重新组合 (重新组回 SF<sub>6</sub>). 一旦它们被分解, 它们在气室的原始化学结构将不在保持, (图 4). The proportion of C4-FN/C5-FK 的混合比率将被减少从而降低所需浓度的绝缘性能.

一氧化碳 (CO) 可以被视为 C4-FN 和 C5-FK 放电后分解物产生的一个指标. CO 是一种无色无味的气体, 它是因为碳物资没有完全燃烧而产生, 例如, CO 被归类为有毒的气体在德国 TLV 当值为 30 ul/l 时.

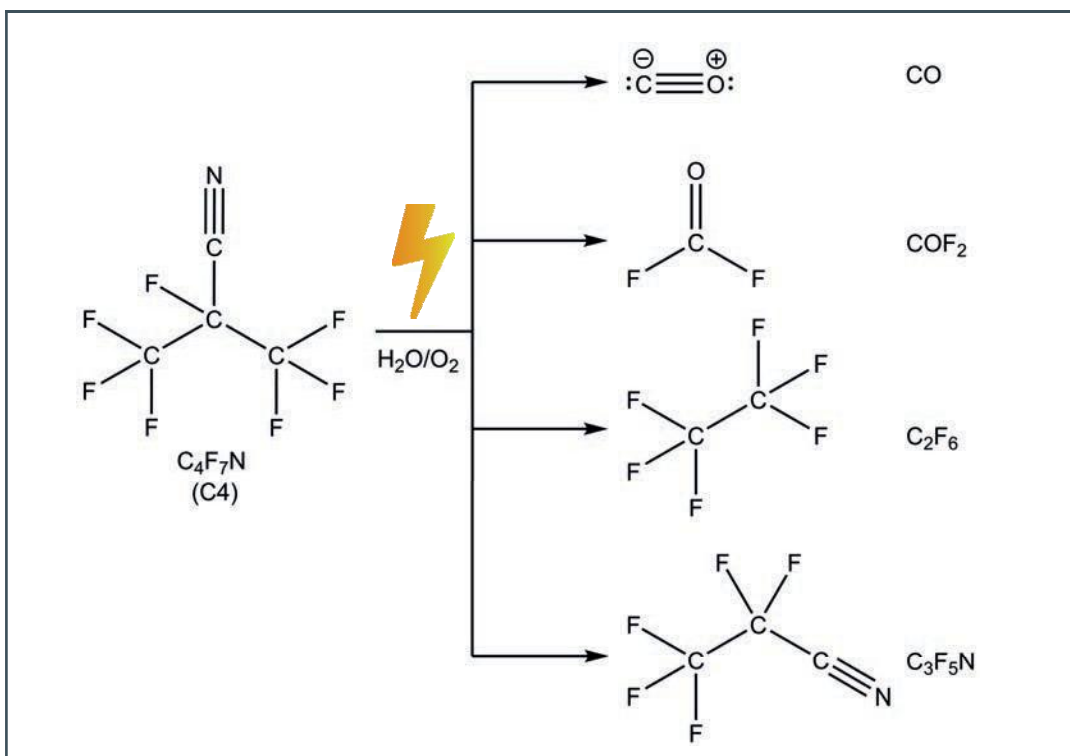


图4: C4-FN在含有微水和氧气放电后产生的分解物示意图。

在现有的替代气体分解物过滤单元,主要着重于除掉有腐蚀性和毒性的分解物产品,这些产品可直接导致人员的健康和回收装置的功能,在实验室,可以使用特殊的气相色谱分析仪精确的分析出分解产物作为函数的放电类型和强度.在此,我们没有更进一步列出由于不同气体和不同混合气体的比率.

考虑到设备中替代气体混合功能需要的浓度范围比较狭窄.需要定期的检测混合比率和微水及分解产物,甚至比使用SF6时的检测更重要.这种监测是必须的,以便及时的发现可能的泄露和污染以及放电.

从充气设备中回收质量不合格不全的混合替代气体可以用替代气体回收装置. 它也可以进行充气或者带有对设备进行抽真空设备 (图 5). 两款设备设计的方法都是可以使得被污染的气体以高压形式储存在外接的压力容器内, 知道部分液化. 被回收的气体可以被修复或者另外处理. 相比SF6, 它可在现场被通过干燥和分解物过滤清洁到一定纯度然后作为“使用的SF6”被重新使用, 3t替代气体的重新使用的极限值仍然没有一个统一的标准.



表1

图5: 用于替代气体的混合气体回收装置

7

## 4. 混合预防

在实践中, 经常会出现SF6和替代气体同时被处理-

使用不同的接头螺纹尺寸可以预防设备混合以及防止错误的气体或者混合气体被充入. 接头M26x1.5, M45x2 和 M76x2 被用于SF6的回收装置和连接管上. 接头 M28x1.5, M48x2, M78x2以及 M24x1.5, M43x2和 M74x2 被各自用于C4-FN 和C5-FK替代气体上 (表 1). 这些连接和SF6处理没有兼容性. 会确保不同混合气体无意中搞混在气室里面引起无意混合污染.

| 尺寸   | SF <sub>6</sub> | C4-FN   | C5-FK   |
|------|-----------------|---------|---------|
| DN8  | M26x1,5         | M28x1,5 | M24x1,5 |
| DN20 | M45x2           | M48x2   | M43x2   |
| DN40 | M76x2           | M78x2   | M74x2   |



在此方面,我们也不建议去使用相同的压力容器去用于当使用替代气体时没有被彻底清洗的SF6和不同的替代气体,尽管回收标准是 $< 1 \text{ mbar}$ ,但是仍然在压力容器和管路里面含有少量的残留,因此它不能防止SF6去污染其它混合气体

8

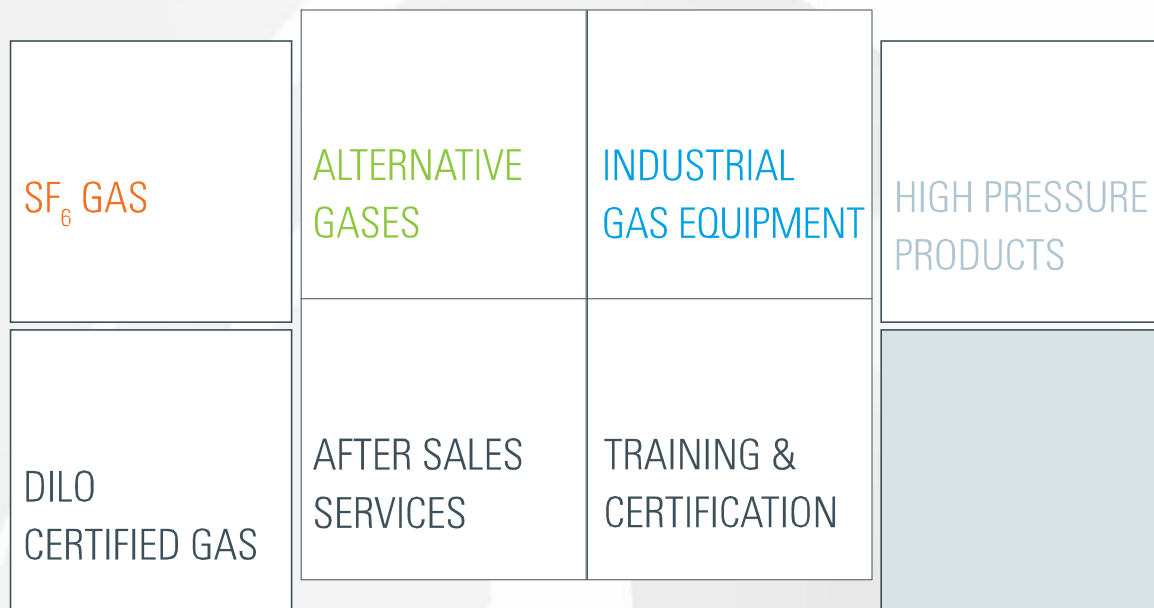
对于替代气体,特别设计的维护回收装置已经在当今使用.这个维护回收装置用于绝缘设备在泄露和放电后在现场的充气,回收和过滤清洁.相比SF6回收装置的主要差别是对气室的充气,混合气体是局部液化的.目前的技术方案已经预防了对设备的不正确使用产生污染发生.此方案包括对SF6和替代气体使用不同的螺纹尺寸.

第四部分指南和最后部分将着重于气体质量的测量,不同的测量参数.以及替代气体持续的再修复和再使用..

## ■ 5. 参考文献:

- (1) Cigré WGB3.45 „Application of non SF<sub>6</sub> gases or gas mixtures in medium voltage and high voltage GIS“.
- (2) Bernhard Lutz, Alternative Lösung Clean Air; DILO SF<sub>6</sub>-Anwendenderkonferenz; Berlin, 2019.
- (3) Specifications for the re-use of sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) and its mixtures in electrical equipment, 2020 (DIN EN IEC 60480 VDE0373-2).

ONE VISION. ZERO EMISSIONS.



此文件由DILO中国代表处：珠海经济特区恒迪科技有限公司 [www.dilo.com.cn](http://www.dilo.com.cn) 翻译, 仅供参考, 以英文内容为准。0756-3366788, 3344448

DILO  
Armaturen und Anlagen GmbH  
Frundsbergstrasse 36  
D-87727 Babenhausen  
☎ +49 (0) 83 33 3 02-302  
☎ +49 (0) 83 33 3 02-302  
✉ info@dilo-gmbh.com

[www.dilo.com](http://www.dilo.com)  
fin YouTube Instagram