



■ 白皮书

混合气体和气体混合物 第二部分

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 翻译,仅供参考，以英文内容为准。



■ 1. 前言

在替代气体导则的第二部分,您将会看到气体和混合气体的基本物理特性简述.它还同事显示对充气设备的生产运行, 售后服务及维护使用替代混合气体最新的可能性以及列出了它的优缺点.



■ 2. “气体混合和混合气体”总述

物理特性

由于它们的物理特性，纯洁的SF6和合成空气总是在通常的环境条件(>-50 °C; < 20 bar_{abs})，以均匀同质气态形式在气室里面。我们说它在均匀状态下只有当介质在聚合状态下(气态, 液态和固态)及没有局部液化，局部液化意味着在一个封闭的充入气体的气室里(开关, 压力罐等)由于压力增加或者温度降低使得一个或者几个组分发生部分液化，导致混合气体气相组成发生变化。在室温下，纯净的C5在大气压线被液化，

C4在稍微超压(> 250 kPa) (Figure 1)下液化. 在温度20 °C, C5有一个大约. 78 kPa (= 0.78 bar_{abs})蒸汽压力, 这意味着在恒定压力下温度降低或者在恒定温度下压力增加, 都可导致部分液化, 两种气体, 作为单一成分, 在室温下不能有一个较高压力, 需要和其它气体混合以便达到较高的气室充气压力. 为此, 将在室温下不能液化的氮气 (N₂)和二氧化碳 (CO₂) 用作充入气体. 二氧化碳CO₂ c在室温下可以液化. 但是需要5.73 MPa (= 57.3 bar_{abs})压力., 它高于气体绝缘设备的压力.

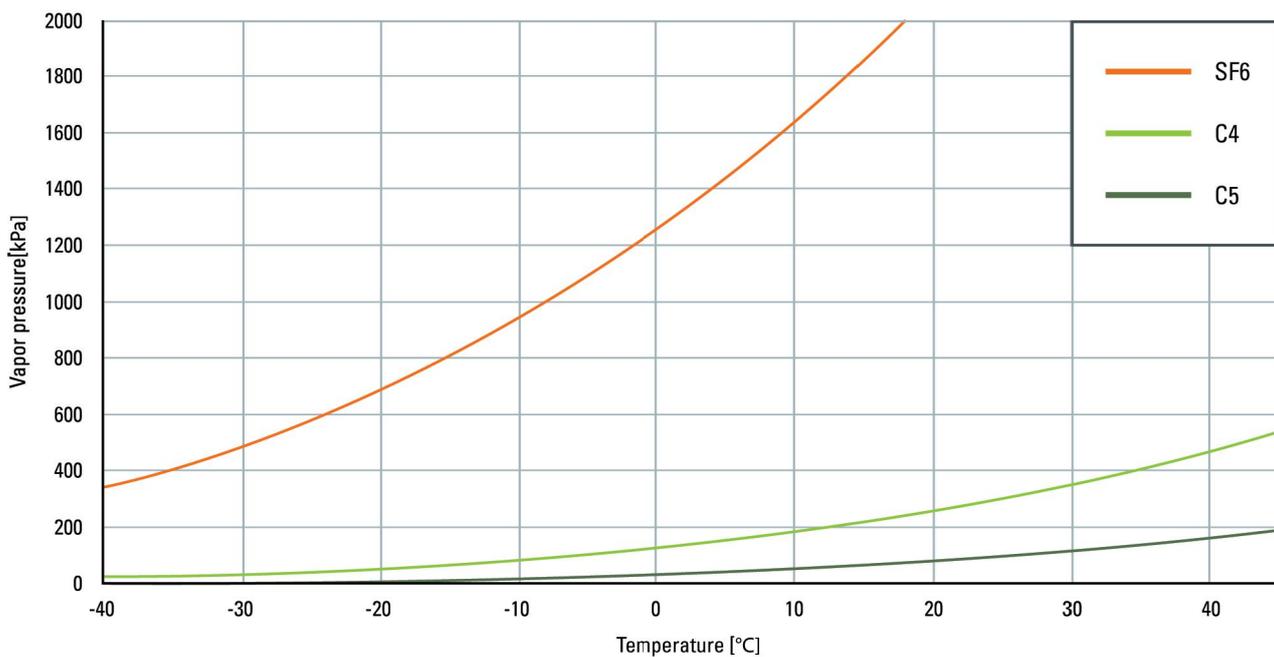


图1: 在温度-40°C到45°C时纯净的SF₆, C4和C5蒸汽压力曲线. 此曲线描述一种物质因温度而液化的压力在表中下面是气态,

液化的极限值被通过在较低温度和较高压力下通过C4和C5气体作为载体混合气体(表 1).一旦均匀以后,混合气体在恒定条件下在操作介质是稳定的.通过降低温度,和纯气体一样,成分的部分可能会发生液化.

于是设备内就不再有一致的混合率并导致气体的绝缘性能降低.

混合气体的特性			
商业名称		g ³ (GE)	AirPlus (ABB) CleanAir (Siemens)
使用的混合气体	纯SF ₆	C4: < 6.3 % with CO ₂	C5: < 15% in Synthetic Air CA: ~ 20 % O ₂ in N ₂
	SF ₆ with N ₂ or CF ₄	C4: < 6.3 % with O ₂ /CO ₂	C5: < 15 % in O ₂ /CO ₂ -
最低的操作温度	Pure SF ₆ : < -30 °C	依照精确的混合比例: < -50 °C	
	SF ₆ with N ₂ /CF ₄ : < -50 °C	-30 °C to -5 °C -	
GWP 温室效应	≤ 22800	≤ 500	< 1 0

表 1: 替代气体混合对比SF₆.

气体混合物生产

为了提供或者生产充气绝缘设备的混合气体.有以下可能性:

■ 气态储存

替代气体可以被以恒定比例的气态混合物供应,并直接充入到被抽真空的气室中.为了提供C4和C5混合的气态绝缘气体,压力容器(气瓶或者气罐)应该在较低的压力(< 20 bar_{abs})以避免在较低温度下单一成分分离(表1).最大的充入压力依照于混合比例和在现场以及运输过程最低外部温度.

以气态形式储存的C4和C5气体建议用于小的气室.

, 因为比较低的压力,只有相对小量的气体被储存在压力罐.(表 4). 合成空气不被液化., 因此,主要供应气瓶或者压力罐≥ 200 bar.在开始充入设备前,它必须通过真空泵抽真空.气室充气只需要一个充气装置(表 2).

优点	缺点
被认证的气体	相对小的气量被储存
可以充入小的气室	当降温时会有部分液化
不需要回收装置 (只需要一个充气装置)	混合率在现场不能被控制

表2: 气态储存和提取的优点和缺点.

■ 部分液化储存

当被储存的气体部分液化时,气体保持预先的混合和在高压储存.对于混合物,单个组分被和一个或者其它混合或者同事被压缩在高压状态.于是,单个组分(C4,C5,CO2)在压力罐发生部分液化(图2).由于这种局部液化的原因,这时如果直接从压力罐中抽出气体,混合比例会发生很大的变化.最初,没有凝结的成分如氮气或者氧气将被的增加,如果罐体内被回收到一个更大的扩展,预先浓缩的组分比例如C5或者C5将会增加,在液态下,物资的密度会导致有一个高的密度.于气态储存有一个鲜明对比由于部分液化,压力容器可以储存的量很大(表4),因此,混合气体在使用过程的稳定性和外面温度无关.(表3).

由于混合物单一组分在压力罐内被部分液化,混合物在充入设备之前必须被均匀化,它意味着必须被混合均匀,此功能需要一个特制内带加热功能的维护车.在抽出气体过程中可以精确的处理.此在第三章“替代气体处理”里面有描述.



图2: DILO用于四种组分的气体混合设备

优点	缺点
大的储存量	如果没有维护装置不能直接别抽出
精确的预制混合气体	通过维护车进行加热比较耗时
不受外界温度影响	在现场无法改变混合比例

表3:部分液化气储存和抽出气体的优缺点.

对于气态和部分液态储存.压力罐被充入了按照客户预定的混合比率.此气体混合被测量分析并授有一个相应的证明文件显示出精确的混合成分,这个混合比率在现场不能被改变.

储存容量比较	6 % C4 和 94 % CO ₂	6 % C5 和 94 % CO ₂	Synthetic Air合成空气 (20 % O ₂ in 80 % N ₂)
gaseous			
50 l cylinder, T = 20 °C	5.1 kg	1.6 kg	11.8 kg
600ltank/cylinderbundle, T=20°C	61.3 kg	19.1 kg	141.6 kg
Filling pressure, T = 20 °C	46.9 bar	13.5 bar	200 bar
liquefied			
50 l cylinder, PH = 300 bar	28.3 kg	30.6 kg	Not applicable
600 l cylinder, PH = 70 bar	79.3 kg	85.6 kg	Not applicable

表 4: 替代气体在液态和气态下最大储存容量的比较

PH= 罐子的测试压力. 合成空气以 200 bar 充入压力在 20 °C 为计算基础.混合气体在此温度下不会发生液化,为了计算液化点,采用了理想气体等式方程.

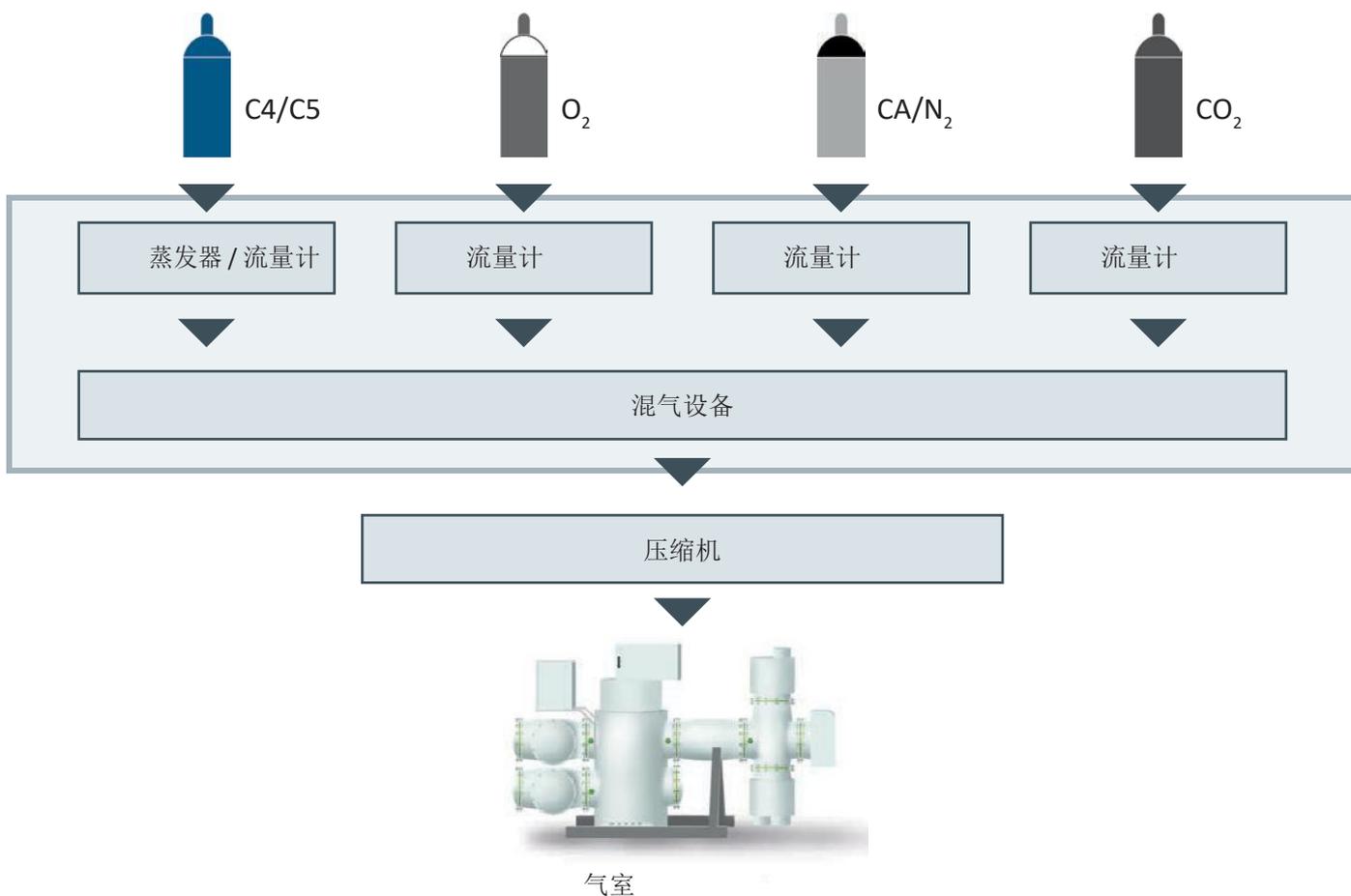
■ 现场混气 (使用混合气体单元)

当使用混合气体充气单元时,气体混合物直接在气体充入单元中由单一的气体生成.因此,因此,具有不同混合比率的气体混合物被生成出来.这种方法需要交付单一的组分以及被标定的混合单位用于所使用的气体、温度和需求的浓度(图3)。

由于全世界范围内可以提供普通的如 N₂ and CO₂ 等普通的载体气态,它们可在当地购买。所以,只需要运输绝缘气体。为了增加所生产的混合气体压力。在下游连接一个压缩机。大小气室可通过不同的混合单元来充入。(图5).

优点	缺点
混合比率可调	需要运输单独的气体
载体气体可以在当地购买	需要目标浓度的混气装置
大小气室都可以被充入	混气装置需要定期的被标定

表 5: 使用混气装置的优缺点



7

图 3: 气体混合和充气设备的示意图, 可以从单个组分直接充入气室.

预先设定的混合物（气态或者部分液态）的生产需要通过不同的过程实现。替代气体混合最常见的过程是基于重量(重量分析), 基于压力(压力表)或者基于体积(体积测定)的过程原理。依照制造的方法, 精确的混合组分被使用不同规格 (mol-%, vol.-%, 等.). 以 mol-% 为规格的可被直接追溯到国际单位系统, 因为它独立于温度和压力并在世界范围使用, 也独立与环境。¹

混合和提供的替代气体有各种可能性。依照应用, 所有的工艺都有它如上述的优点和缺点并且是比较精准的, 以便符合生产商的规格和精准的充气。

下一版将着重介绍替代气体的正确处理. 此外, 还将讨论使用的工艺安全和不同类型的替代气体互换的技术可能.

■ 3. 参考文献

(1) Michael M. Walter, Diana Leguizamon, Louis Maksoud, Thomas Berteloot, Yannick Kieuel, John Owens, Ang Xiao, Jason Bonk, Mike Delorme. Low temperature behaviour and dielectric performance of Fluoronitrile/CO₂/O₂ mixture. Cigre 2020.

ONE VISION. ZERO EMISSIONS. 一个愿景-零排放



QUALITY. MADE IN GERMANY

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 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)8333302-302
+49(0)8333302-302

✉ info@dilo-gmbh.com

www.dilo.com

