

# Trafag 气体密度监测的新标准

87x9 平台作为新兴绝缘气体混合物的统一解决方案



# Trafag 气体密度监测的新标准

## 87x9 平台作为新兴绝缘气体混合物的统一解决方案

### 目录

|                                            |   |
|--------------------------------------------|---|
| 执行摘要 .....                                 | 3 |
| 适用于所有绝缘气体混合物的无 SF <sub>6</sub> 的参考气室 ..... | 4 |
| 高精度切换保障运行安全 .....                          | 4 |
| 覆盖不断发展的绝缘气体理念的统一平台 .....                   | 4 |
| 从安全切换到预测性维护于一体的平台 .....                    | 5 |
| 测量系统的长期稳定性 .....                           | 6 |
| 大尺寸高分辨率显示面板, 精确读取运行状态 .....                | 6 |
| 集成阀门, 实现安全、免拆卸维护 .....                     | 7 |
| 为灵活集成而设计 .....                             | 8 |
| 结论 .....                                   | 8 |

## 执行摘要

气体绝缘设备正在经历重大的技术和法规变革。新的绝缘气体理念、更严格的泄漏减少和文档要求，以及基于状态维护的日益普及，都对气体密度监测系统提出了更高的要求。

Trafag 87x9 平台作为这些需求的统一技术基础而开发。它将 Trafag 经过验证的机械密度监测原理与可选的连续密度测量结合在一个可扩展的平台架构中。

该平台包括 8719 机械式气体密度监测器以及将机械切换与连续密度测量相结合的二合一型产品。这实现了安全相关功能的确定性切换，并在需要时提供用于趋势监测、文档、远程监控和系统集成的模拟或数字密度信号。

87x9 平台的核心是一套基于密度的测量系统，配备密封参考气室。这实现了机械温度补偿，并确保切换行为反映气体舱室的实际介电状态，而非局部温度波动或瞬时压力效应。测量原理在整个平台中保持一致，而各个设备型号则针对特定气体类型、混合比例、标称密度和工作压力范围进行选择 and 校准。

8719 基于密封参考气室系统实现确定性的机械切换。二合一型产品通过独立的连续测量通道扩展了该功能。这种双通道架构在保持机械切换不受影响的同时，增加了用于趋势分析、泄漏检测、法规文档、基于状态的维护和未来预测性维护策略的密度数据。

机械式监测器最多可设置五个切换点，二合一型产品最多可设置四个切换点，切换精度为 20°C 时  $\pm 10$  kPa，切换范围可达 250 kPa，87x9 平台实现了精确且多样化的监测理念。用于测试、取样、抽空和充气的模块化服务功能降低了干预工作量和泄漏风险，而灵活的机械和电气接口简化了与不同气体绝缘设备设计的集成。

最终形成了一个技术上坚固的 SF<sub>6</sub> 及替代绝缘气体混合物密度平台：在需要安全的地方实现确定性，在需要数据的地方可扩展，并在整个设备生命周期内保持稳定。



## 覆盖不断发展的绝缘气体理念的统一平台

气体绝缘设备正朝着采用密度更低但压力远高于  $\text{SF}_6$  的替代绝缘气体方向发展。为满足这些新要求，87x9 平台引入了基于 Trafag 40 年经验和 35 年成熟参考气室技术的改进型参考气室测量系统。核心原理保持不变，因为它依然具备无与伦比的抗振性、长期稳定性以及在全温度范围内最佳的切换点精度。

变化的是参考系统本身的能力。8719 的先进的参考气室可承受高达 13 bar 的绝对压力，实现对  $\text{SF}_6$  及现代替代气体混合物的精确密度切换。这些气体需要显著更高的工作压力以获得等效的绝缘性能，而新测量系统专为适应这些条件而设计，且不影响精度或可靠性。

每个设备型号都针对其目标气体类型、混合比例、标称密度和热力学行为进行校准。这确保了测量原理的一致性，同时使各型号适应气体的具体特性。最终形成了一个在  $\text{SF}_6$  和替代气体间保持技术一致性、降低系统复杂性，并在绝缘理念演变过程中依然提供稳定可靠密度监测的统一平台。



8719 气体密度监测仪的核心是先进的参考气室原理。其设计压力最高可达 13 bar。

## 适用于所有绝缘气体混合物的无 $\text{SF}_6$ 的参考气室

87x9 代产品的一个关键优势在于其参考气室始终不含  $\text{SF}_6$ ，即使设备用于仍在使用  $\text{SF}_6$  的系统中。这简化了设备寿命终结时的处理，因为参考气室仅包含无需特殊处理即可处置的气体。随着  $\text{SF}_6$  处置法规的日益严格，这一优势愈发重要。

测量系统本身延续了 87x6 代经过验证的参考气室原理，保留了相同的关键设计元素和制造工艺。新的参考气室不再充入系统气体，而是采用特定的  $\text{N}_2/\text{CO}_2$  混合物，以再现目标绝缘气体的等容行为。在校准过程中，切换点和显示比例会与舱室内特定气体混合物的属性精确匹配。这使每个设备型号都能反映其目标气体的热力学特性，同时基础测量原理保持不变。

## 高精度切换保障运行安全

运行安全依赖于可靠、明确定义且可重复的切换行为。

87x9 代产品大幅扩展了切换配置范围。机械式监测器最多可配备五个切换点，二合一型产品最多支持四个切换点。

这种扩展的切换能力实现了更为细致的监测理念，包括预警、主警报、联锁和超压功能。与前代产品相比，这为定义系统裕度和安全响应提供了更大的灵活性。

在 20°C 下切换精度为  $\pm 10 \text{ kPa}$ ，并在规定温度范围内保持稳定性能，87x9 平台在苛刻的运行条件下实现可重复的切换行为。高达 250 kPa 的扩展切换范围使监测策略的定义更加灵活和稳健。

在实际运行中，这有助于保持稳定的报警阈值，降低误报风险，并提升对运行裕度的控制。系统不仅能检测设定的极限，还能在实际工况下可靠地维持所需的切换行为。

## 从安全切换到预测性维护于一体的平台

气体密度监测已超越其最初的独立报警功能。现代气体绝缘设备必须证明其运行稳定，记录气体处理过程，并提供可追溯的证据，确保气体舱室在整个使用寿命内始终处于规定范围。同时，维护策略正从固定周期转向基于状态和预测性方法，这依赖于可靠的长期密度数据。缓慢泄漏、异常密度趋势及偏离预期行为的情况必须在达到报警阈值之前被及时发现。

87x9 平台通过通用机械架构和可扩展的监测深度来应对这一需求。

8719 基于密封参考气室系统实现确定性的机械切换。二合一型产品在此基础上增加了独立的模拟或数字输出测量通道。这使得可以在不改变基础机械切换行为的前提下，持续提供密度信息。

连续测量通道并不取代机械切换系统，而是对其进行补充。机械切换仍负责安全相关的设定阈值，而连续测量则为监测、诊断和系统集成提供所需的密度信号。

所有型号均采用相同的核心机械架构。这支持一致的接口、可预测的功能行为，并简化了在不同应用中的集成。因此，监测深度可以从独立切换扩展到连续模拟输出或数字通信，而无需改变基于密度的基本保护原理。

这种架构对于需要在一个统一平台结构内支持不同气体理念、监测理念和系统集成层级的 OEM 和运营商尤为重要。



完整的产品组合：8719 气体密度监测器（最多五个开关输出）、8729 二合一气体密度监测器（带附加模拟输出）和 8739 二合一气体密度监测器（带附加数字输出 (Modbus/RS485)）。

## 测量系统的长期稳定性

长期稳定性是任何基于密度的监测系统的基本要求，尤其是针对设计用于数十年运行的气体绝缘设备。

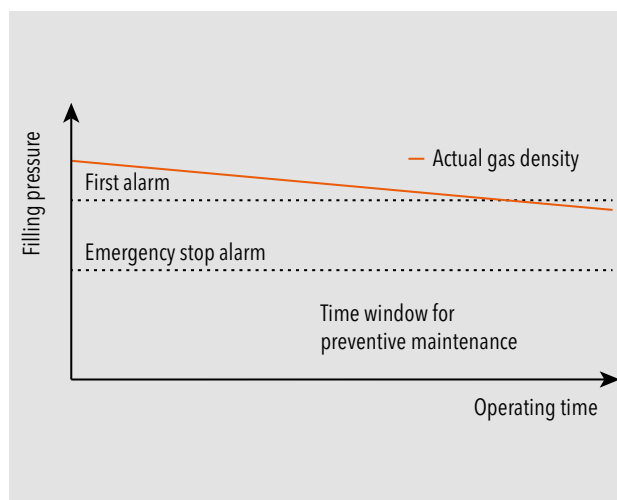
87x9 平台通过机械设计、材料选择和 Trafag 的密封参考气室架构相结合实现了这一目标。参考腔体在设备整个寿命周期内保持其内部条件。由于其与工艺介质隔离，不会受到工艺侧污染、湿气渗入或气体特有老化效应的影响。这确保了即使随着工艺气体条件、运行压力或应用需求随时间变化，密度比较也能保持稳定。

该机械热补偿系统旨在抵御疲劳、蠕变和材料漂移。各组件在稳定的弹性极限范围内工作，可在长期的温度循环和压力变化过程中保持稳定的开关阈值。补偿系统的几何结构经过专门设计，旨在最大限度地降低其对局部温度梯度的敏感性，从而确保开关行为始终与实际密度条件相关，而非受短期热效应影响。

在二合一型产品中，石英音叉传感器以真空为参考，扩展了长期监测能力。该传感器提供基于频率的稳定测量信号，漂移极小，几十年运行几乎无漂移。根据不同型号，该信号可作为模拟输出或数字 Modbus 值输出。

这一连续测量路径完全独立于机械切换机制。因此，与安全相关的切换行为不会受到影响，同时可获得连续的密度数据用于趋势分析、泄漏检测和状态维护。

通过长期检测微小的密度变化，石英传感器提供了超越机械系统确定性切换功能的补充信息。



连续的气体密度测量能够在达到报警阈值之前很早就发现缓慢的密度损失，为预防性维护创造时间窗口。

## 大尺寸高分辨率显示面板，精确读取运行状态

只有在现场能够快速且准确地解读运行状态时，精确切换才是有效的。

Trafag 基于参考气室的气体密度监测器的一个显著优势是其本质上“放大”的运行范围显示。刻度显示安全相关区域，从略低于最低报警阈值延伸到高于超压报警点，分辨率明显更高。这使得微小偏差易于识别，并支持在调试、检查和维护期间快速且自信地解读。

低压区域（从真空到约4巴），用于储存、运输和早期调试，依然完全可见，但显示更为紧凑，不会干扰对运行状态的关注。

与上一代87x6相比，新的87x9显示器带来了两项显著改进。整体显示更大，视觉上与传统压力表的布局一致，便于现场直观读取。此外，低压区域不再以单独的刻度和指针显示，而是与运行区间、低压区间及其间的中间区域整合为一个全量程显示。这种统一的呈现方式为整个密度范围提供了更清晰的概览，同时保持对运行状态的高分辨率聚焦。



适用于各种应用的理想显示方式：全量程显示、部分量程显示、无刻度趋势指示显示。

## 集成阀门, 实现安全、免拆卸维护

在气体绝缘系统中, 每增加一个气体接口都会增加泄漏风险、服务复杂性和安装工作量。外部阀门、临时测试适配器以及为验证而拆卸设备都会带来额外的密封点并增加干预风险。

随着对密度监测器功能测试和文档记录要求的提高, 服务操作正成为设备生命周期中的常规环节, 而非偶发干预。

87x9平台通过将服务功能直接集成到设备中来应对这一需求。根据应用需求, 测试、气体取样、抽空和充气阀门可作为监测器的一部分进行配置。

阀门选项为模块化设计, 可根据应用需求配置或省略。其位置灵活, 即使在狭小或复杂的安装环境下也能实现针对性的布置。

常规验证可在无需拆卸或移除监测器的情况下完成。这减少了密封点, 最小化了气体操作, 并支持可重复的服务流程。

紧凑的设计还减少了安装空间, 并缩短了设备质量与安装点之间的机械杠杆臂, 这在产生强烈振动的切换操作中尤为重要。更短的杠杆臂可降低机械负载, 减少磨损, 防止触点抖动, 并提升长期功能稳定性。在设备整个生命周期内, 这提升了维护效率, 简化了合规测试, 并降低了与服务干预相关的风险。



集成阀门实现了原位测试、维护和充气。

## 为灵活集成而设计

气体绝缘设备的安装条件通常受限于空间、机械布局、可达性和布线要求。87x9平台的设计能够适应这些限制，而无需改变监测理念。

可配置的气体连接和可调节的电气接口使设备能够集成到各种系统配置中。这支持在不同设备设计中的一致实施，同时减少了对特定应用适配的需求。

采用独立的连接器外壳，使布线可以独立于设备安装进行准备。由于布线通常是组装过程中最耗时的步骤之一，预先组装和测试线缆可优化安装流程，减少现场工作量，并支持标准化生产流程。

这种灵活性有助于减少安装差异，即使在紧凑或复杂的布局中也能支持可靠的集成。



无论安装在何种位置，均可实现最佳的可维护性：采用模块化设计，分为轴向（左）和径向（右）两种版本，连接角度分别为0°、90°、180°和270°。



预装配的连接器外壳实现简便布线。

## 结论

气体密度监测已成为现代气体绝缘设备中的一项战略性功能。它必须确保运行安全，在不断发展的绝缘气体技术概念中保持稳定，满足监管要求，并日益为基于状态的维护和预测性维护提供所需数据。

Trafag 87x9平台通过统一的技术架构满足了这些需求。它结合了成熟的基于密度的测量原理、针对不同气体的设备型号、长期的参考气室稳定性、精确的机械切换、混合测量能力、模块化服务功能和灵活集成。

机械切换持续提供高长期稳定性的确定性保护。二合一型产品则增加了连续密度可视性，用于趋势监测、文档记录、远程诊断和未来的维护策略。

由于两种测量路径在同一平台上独立运行，操作人员可以在保持既有安全理念的同时，增加下一代气体绝缘设备所需的数据能力。

因此，87x9平台成为Trafag气体密度监测的新技术标准：精确、稳定、可扩展，并适用于SF<sub>6</sub>及替代绝缘气体应用。

## 下载产品手册

扫描二维码获取您的副本



## 关于我们

Trafag公司总部位于瑞士,成立于1942年,在全球40多个国家拥有广泛的销售和服务网络。Trafag公司开发、制造和销售精确、坚固和免维护的测量仪器,用于监测高、中压开关设备中的SF<sub>6</sub>和替代保险气体。特拉法格公司保证提供极其精确、高度抗震的仪器,并具有市场上最宽的温度范围。此外, Trafag在压力和温度监测方面拥有广泛的产品系列。由于有能力在内部开发和制造所有主要部件, Trafag能够进行大规模生产,也能进行小批量的短期生产。根据ISO 9001标准进行严格的质量管理,在无尘室条件下拥有最先进的生产设施,并对生产过程进行严格监控,确保Trafag的产品达到最高质量标准。

## 87x9平台的主要性能特点

|       |                                                 |
|-------|-------------------------------------------------|
| 切换点   | 纯机械型监测器最多5个;二合一型监测器最多4个                         |
| 开关精度  | ±10 kPa (20°C时)                                 |
| 切换范围  | 最高250 kPa                                       |
| 测量原理  | 监测器: 带密封参考气室的基于密度监控的系统<br>传感器: 带石英振荡器的基于密度测量的系统 |
| 气体兼容性 | 针对特定SF <sub>6</sub> 或替代气体混合物校准                  |
| 混合测量  | 独立的连续密度测量路径                                     |
| 输出选项  | 模拟或数字密度信号, 取决于具体型号                              |
| 服务功能  | 可选测试、气体取样、抽空和充气阀门                               |
| 集成    | 灵活的气体连接、可调节的电气接口以及独立的连接器壳体阀门                    |

## 联系我们:

Trafag AG  
Industriestrasse 11  
8608 Bubikon  
Switzerland  
电话 +41 44 922 32 32  
trafag@trafag.com

