

泄漏检测系统工厂验收测试注意事项

工厂验收清单

工厂验收测试(FAT)是制造商在其工厂执行的质量保证流程,旨在对机器、系统或设备进行全面测试,确保其在交付给客户前符合要求。

其主要目的是验证该产品是否符合采购订单或合同中列明的所有预定义规格、性能标准及客户要求。

FAT通常包括功能和性能测试、文件审查、安全检查以及对相关标准符合性的验证。



为确保泄漏检测系统从一开始就完美运行,必须进行严格的出厂验收测试。精准且结构完善的现场验收测试(FAT)能够在实际运行条件下验证系统的准确性、可重复性和合规性,从而避免代价高昂的意外情况。

本指南重点介绍了关键检查点,有助于您保护质量、最大限度降低风险并在安装之前确保系统没有任何缺陷。

对于质量控制流程中的泄漏检测系统工厂验收测试(FAT),需要考虑某些特定的因素,以确保系统在发货前满足性能、准确性和合规性要求。有三个方面尤为重要:

明确定义验收标准

- ✓ 根据所需功能、准确性、精确度及合规标准,制定详细的验收标准。
- ✓ 包括测量不确定度、校准标准以及与预期用途相关的环境条件。

制定详细的测试计划

- ✓ 制定全面的测试计划,其中应列明具体的测量测试、操作流程及预期结果。
- ✓ 测试内容应涵盖模拟实际运行条件的功能性能测试,以验证测量系统的准确性和可靠性。

校准和文档

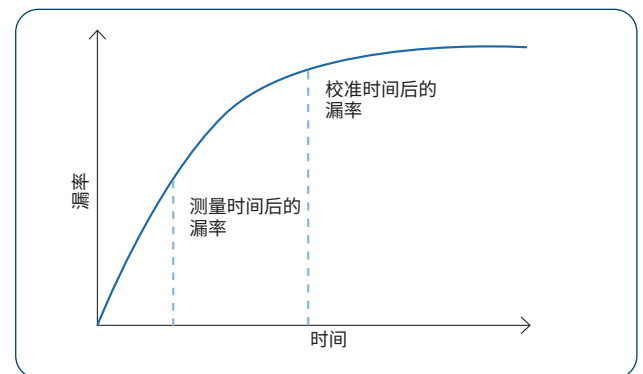
- ✓ 确认FAT中使用的所有测量仪器均已正确校准,且在其校准有效期内。
- ✓ 记录所有校准证书,并确保其可追溯至国家或国际标准。

确保正确校准

泄漏检测系统的校准应使用与后续测量完全相同的参数,尤其要注意以下几点:

→ 校准时使用的测量时间与实际测量时相同。

为了在自动泄漏检测系统中实现短周期和高测试量,应在检漏仪信号仍在上升时尽早进行测量。不同的测量时间会产生不同的校准系数。如果在校准过程中采用较长的测量时间,则显示的漏率会过高,从而导致系统灵敏度被高估。



→ 校准时必须使用与标准测试操作中相同的示踪气体浓度

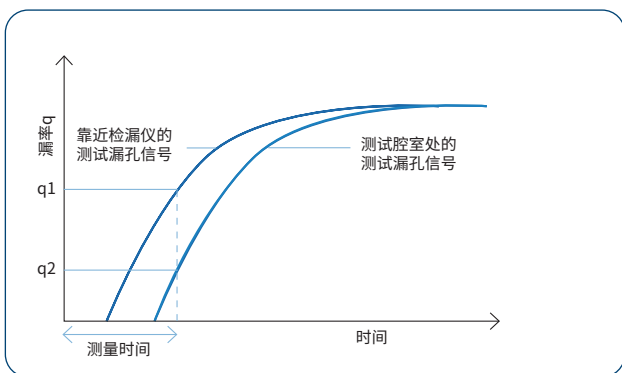
如果校准时使用100%的氦气，但系统后续运行使用的氦气浓度较低，则微小的泄漏将难以被察觉。如果校准泄漏处填充的是100%示踪气体，但实际运行部件填充的氦气浓度较低，则可能需要对校准漏率应用校正系数。

→ 校准测试漏孔必须安装在测试腔室内

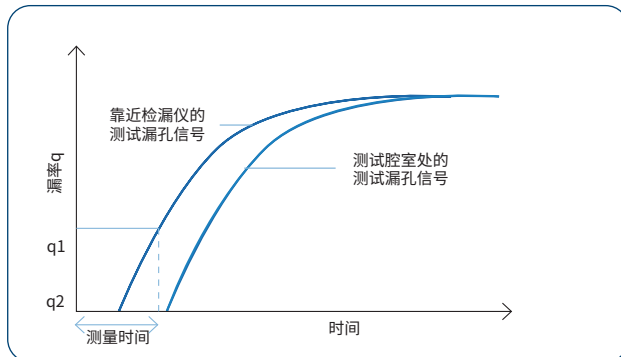


连接至泄漏检测腔室的校准漏孔

测试漏孔的位置会影响校准过程，因为不同的气体流动路径长度会导致不同的响应时间。靠近检漏仪入口的测试漏孔（甚至是内部测试漏孔）在给定时间点的漏率会高于测试腔室内的测试漏孔。



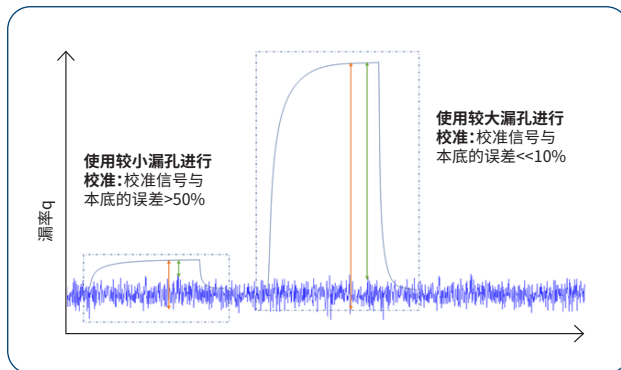
最糟糕的情况是，检漏仪附近的漏孔可能会被检测到，而测试腔室上的漏孔在给定的测量时间内则完全无法被检测到。



使用内部漏孔(内置于检漏仪中)还存在另一种风险:有时为了实现快速抽真空,会在腔室上安装非常大的泵,而只有腔室的一部分流量会输送到检漏仪。在这种情况下,只有一部分从漏孔处逸出的气体在工作模式下到达检漏仪,而校准时使用的是总漏率。

→ 校准时, 应使用比本底高至少一个数量级的测试漏孔

为校准稳定, 建议始终使用比本底漏率至少高一个数量级的漏率进行校准, 以便检漏仪能够清楚地区分本底和测试漏孔信号。这样, 本底的任何波动对校准信号的影响都很小。要实现更精确的校准, 允许使用更大的漏孔。特别是对于微小泄漏的检测, 用于校准的漏率应大于不合格漏率。



→ 确保文档记录和可追溯性

漏孔标准附带校准证书, 其中说明了经校准的漏率、测量不确定度以及可追溯的国家标准。校准证书的有效期限通常为一年。到达此期限后, 必须重新认证漏孔标准。未获得有效认证的漏孔不适用于校准, 且将违反合规要求。

验证检测能力是否正常

→ 验证最小可检测漏率是否与不合格漏率相匹配

为了验证是否满足验收标准, 使用与不合格漏率相匹配的测试漏孔(与校准漏孔不同)。可以通过在测试腔室上安装漏孔或使用具有相同不合格漏率的模拟部件进行验证。如果在腔室上使用验证漏孔, 请将其放置在距离检测设备最远的位置。



选择螺纹式漏孔 — 可提供与不合格漏率相匹配的定制漏率

使用与正常运行相同的参数(测量时间、示踪气体浓度), 并确认验证漏孔能被正确检测到。对于可调节的螺纹式漏孔, 请确保充填压力与标准工作压力一致。

→ 通过统计分析确保足够的重复性

测量系统分析(MSA)是一种统计方法, 用于评估测量系统的准确性、一致性和可靠性。它能够识别由仪器、操作程序、操作人员或环境因素引起的变异, 以确保测量结果在质量控制中具有可靠性。

量具重复性和再现性(Gauge R&R)

Gauge R&R衡量有多少变异来自设备(重复性)和不同的操作员(再现性)。它通过指示测量误差引起的总变异比例, 来判断测量系统是否适用于质量控制。Gauge R&R低于30%的系统通常被认为是可接受的, 而低于10%的系统则被认为是非常好的。

在泄漏检测中, Gauge R&R研究通常由三位操作员对十个测试零件进行多次测量, 以评估测量变异。如果零件无法提供一致的漏率(例如, 含有液体电解质的电池单元), 则可改用经过认证的测试漏孔。零件的漏率应接近密封性标准, 因为使用漏率相差几个数量级的零件可能会由于绝对误差和相对误差的不同而产生误导性的结果。

过程和测量系统能力指数

量具能力指数简称 C_g , 用于衡量测量系统的能力。较高的 C_g (通常 ≥ 1.33)表明此量具性能优良且精度较高。该指数的计算公式为:

$$C_g = \frac{0.2 \cdot T}{6\sigma}$$

其中T为容差(可接受的变化范围), σ 为标准偏差。相关指数 C_{gk} 包含测量系统的偏差(准确度), 从而能够更全面地评估量具性能。

$$C_{gk} = \frac{0.1 \cdot T - |\bar{x}_g - x_m|}{3\sigma}$$

在这里, \bar{x}_g 和 x_m 分别为测量平均值和测试漏孔值。对于完全合格的系统, C_g 和 C_{gk} 均应大于1.33。如需更详细的说明, 请参阅相关文献。

→ 漂移测试与再次校准频率(长期重复性)

虽然MSA可以很好地评估短期重复性, 但评估长期重复性同样至关重要。如果泄漏检测系统的信号随时间推移逐渐漂移, 短期重复性可能非常好, 但在一个工作班次内, 信号漂移仍可能导致显著误差。

在评估系统时, 请务必验证其至少一个班次的运行性能, 最好是一两天, 并以预设的频率(例如每两小时)测量已知的漏率。检测到的漂移量将决定泄漏检测系统需要多久校准一次。再次校准频率较低的系统使用起来更方便, 运行也更可靠。

→ 确保在粗漏后进行妥善恢复

检测到粗漏会增加系统的本底, 并可能导致后续泄漏测试循环的检测能力受限。通常在向部件内充入示踪气体之前, 会先通过压力衰减法进行粗漏测试。

为了评估测试系统的性能, 应向系统引入一个与粗漏预测试检测极限相匹配的粗漏(代表最坏情况), 并在之后测量验证泄漏, 以验证在先前发生大泄漏后不会遗漏任何泄漏。

一切就绪?



确保正确校准

- 校准时使用的测量时间与实际测量时相同。
- 校准时必须使用与标准测试操作中相同的示踪气体浓度
- 校准测试漏孔必须安装在测试腔室内
- 校准时, 应使用比本底高至少一个数量级的测试漏孔
- 确保文档记录和可追溯性

验证检测能力是否正常

- 验证最小可检测的漏率是否与不合格漏率相匹配
- 通过统计分析确保足够的重复性
- 漂移测试与再次校准频率(长期重复性)
- 确保在粗漏后进行妥善恢复