冷却部件的泄漏测试

如何检测冷却液分配单元（CDU）的泄漏

随着液体冷却对高密度电子产品和数据密集型应用日益重要，冷却液分配装置（CDU）已成为确保稳定热性能的关键组件。通过调节冷却液的温度、压力和流量，CDU 直接影响系统的可靠性和效率。任何完整性的丧失——尤其是泄漏——都可能导致设备损坏、运行时间减少或安全风险。

应用

CDU 根据系统要求和冷却能力采用多种机械配置设计。虽然内部结构可能不同，但大多数装置都包含泵、阀门、热交换器、传感器和分配歧管的组合，这些组件必须在受控的压力和温度条件下协同工作。由于这些组件例行处理循环冷却液——通常在较高压力下——任何泄漏风险都会对冷却回路和被保护设备构成严重威胁。本文档说明了 CDU 泄漏测试的典型执行方式，并概述了使用示踪气体嗅探器（如 INFICON 的 Sentrac 或 XL3000flex 泄漏检测器）来验证 CDU 完整性以进行最终验证的优势。

传统泄漏测试方法

每个接头、焊缝或密封件都是潜在的泄漏点。为了满足严格的气密性要求，现代 CDU 需要进行泄漏测试，测试阈值非常低，通常在 10^{-5} mbarl/s 的范围内。通常应用于 CDU 零件和组件的泄漏测试方法包括：

- **压力衰减：** 用于最终组装前的 CDU 零件。用空气或惰性气体对零件进行加压，然后隔离并监测是否存在随时间的压力下降。压力下降表明存在泄漏。该方法成本高效且易于实施，但对温度变化敏感，且对于大的内部体积的处理不当，缺乏检测小泄漏所需的灵敏度，并且无法指示泄漏位置。
- **真空泄漏测试：** 用于密封零件，如外壳和箱体。相比压力衰减，它对环境变化不太敏感，通过测量真空下的压力上升来提供稳定的结果。然而，它需要抽真空时间（在存在水分的情况下时间更长），投资成本更高，且无法确定泄漏位置。
- **泄漏检测传感器：** 可在功能验证期间集成。它们检测导电冷却液的存在，并确认在主动流量测试期间不发生泄漏。
- **示踪气体嗅探器泄漏测试：** 涉及用示踪气体（通常为氦气或形成气体）对 CDU 零件进行加压，并用手持嗅探探头扫描接头、焊缝和配件。该方法提供高灵敏度，达到现代液体冷却系统所需的低泄漏速率，并且与压力衰减或真空测试不同，允许精确定位单个泄漏。

泄漏规范（典型）	
mbarl/s	$1 \cdot 10^{-5}$
atm cc/s	$\approx 1 \cdot 10^{-5}$
cm^3/min	$\approx 6 \cdot 10^{-4}$
Pa m^3/s	$1 \cdot 10^{-6}$

CDU在数据中心环境中的示意图。Sentrac为组件级和组装系统的验证提供经济型泄漏测试解决方案，确保CDU安装后冷却液回路保持完全密闭。AI生成的图片

如需更多信息 → inficon.com

来自 INFICON 的嗅探器泄漏检测器进行最终泄漏测试

对完全组装的系统进行最终测试是必要的，以确保 CDU 安装后冷却液保持完全密闭。与 CDU 单个零件的测试类似，最终的嗅探测试涉及用形成气体（5% 氢气和 95% 氮气混合）或氦气示踪气体填充系统。
在用示踪气体填充装置之前，可以进行简短的预抽真空，以去除任何"气穴"并确保示踪气体分布均匀。

之后，对 CDU 进行泄漏检测。INFICON 提供三种经过验证的 CDU 最终验证解决方案：

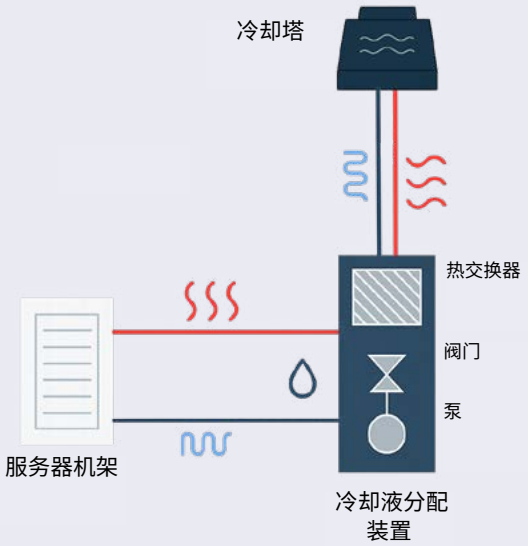
对于成本意识的制造商：Sentrac 泄漏检测器是 CDU 测试中最具成本效益的选择。Sentrac 使用形成气体工作，可检测各种大小范围的泄漏，无需氦气供应。其简单直观的操作和最少的培训要求使其适用于生产线和现场服务/维护团队，最大化资产利用率并降低总体拥有成本。

对于最高灵敏度要求：Protec P3000 泄漏检测器使用氦气作为示踪气体，能够实现高达 1×10^{-7}mbarl/s 的高灵敏度测量，满足最严格的 CDU 规范。

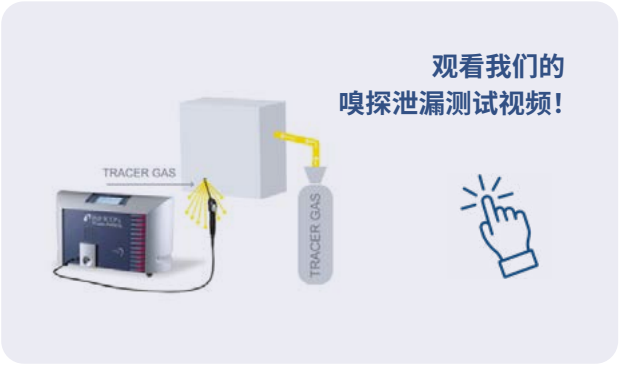
对于最大灵活性：XL3000flex 支持氦气和氢气示踪气体，具有相当的灵敏度，无需更换设备即可应对最广泛的应用场景。

所有泄漏检测器都使用手持嗅探探头，沿着密封件、接头、焊缝和其他关键区域手动（或自动）移动。逃逸的示踪气体会被立即检测到，当超过预设的拒收阈值时触发视觉和声学报警。这允许精确定位和量化泄漏。检测到的泄漏位置可以修复，最终在最终验证前再次测试。

CDU 原理图



液冷数据中心系统中热管理的简化示意图，显示了服务器机架、CDU 和冷却塔之间的冷却液流动。



氦气或合成气体泄漏测试的优势

- 可靠且可重复的测量
- 高灵敏度，检测甚至最小的泄漏
- 成本高效的示踪气体选择，形成气体消除了氦气供应成本，而不牺牲精度
- 适用于不能承受真空的零件的测试，如软塑料外壳、橡胶垫圈或精密电子组件
- 独立于湿度或温度变化
- 干燥、非腐蚀性测试
- 立即泄漏定位

INFICON公司的高性能嗅探式泄漏检测器专为高精度工业泄漏测试而设计，包括XL3000flex氦气和氢气泄漏检测器（用于在苛刻的生产环境中全天候嗅探），以及经济型Sentrac氢气泄漏检测器，后者具有处理小泄漏和大泄漏的独特能力，既可应用于生产线，也可应用于维修线。

XL3000flex 氦气和氢气泄漏检测器

Sensistor Sentrac 氢气泄漏检测器

由于我们持续改进产品，技术规格可能随时更改，恕不另行通知。