

IP67 及氦气泄漏测试:密封性能究竟要达到何种程度?

防水防尘性能测试 (IP67防护等级)

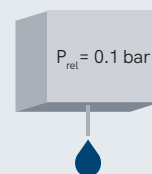
许多电气组件的外壳,如传感器外壳以及锂离子驱动电池组的电池盒,都规定为防尘防水等级IP67。第二个数字“7”表示防水等级。该测试规定,待测部件需在1米水深中浸泡30分钟,确保没有任何可能损坏内部电子元件的水进入外壳。

许多客户对这一规格对应的氦气泄漏率标准存在疑问。INFICON 通过实验来解答这一问题。



测试环境配置

创建了一个测试部件,该部件可配备不同尺寸的人工泄漏。人工泄漏由具有定义直径的玻璃毛细管制成,以模拟不同的泄漏路径尺寸。研究了直径范围为10 μm 至100 μm 的毛细管。测试部件被注满水并加压至100毫巴过压(约1.1巴绝对压力),相当于水深1米处的压力。随后观察人工泄漏的出口30分钟,并记录滴出的水量。



水质检测结果

水质检测结果汇总如下表:

泄漏路径直径	泄漏率	30分钟内滴落的水量	每次滴落的平均时间
$\varnothing 10 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	0.0008 sccm ($1 \cdot 10^{-5} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$)	肉眼无法看到任何液滴。	不适用
$\varnothing 20 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	0.012 sccm ($2 \cdot 10^{-4} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$)	一滴形成后在30分钟内不会滴落。	滴液可能在40至50分钟后滴落,具体时间取决于温度和湿度。
$\varnothing 25 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	0.03 sccm ($5 \cdot 10^{-4} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$)	3滴	8:30 – 9:00 分
$\varnothing 29 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	0.05 sccm ($9 \cdot 10^{-4} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$)	3 - 4 滴	7:30 – 8:30 分
$\varnothing 40 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	0.2 sccm ($3 \cdot 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$)	20滴	~ 1分30秒
$\varnothing 100 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	7.6 sccm ($1 \cdot 10^{-1} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$)	524滴	~ 3 秒

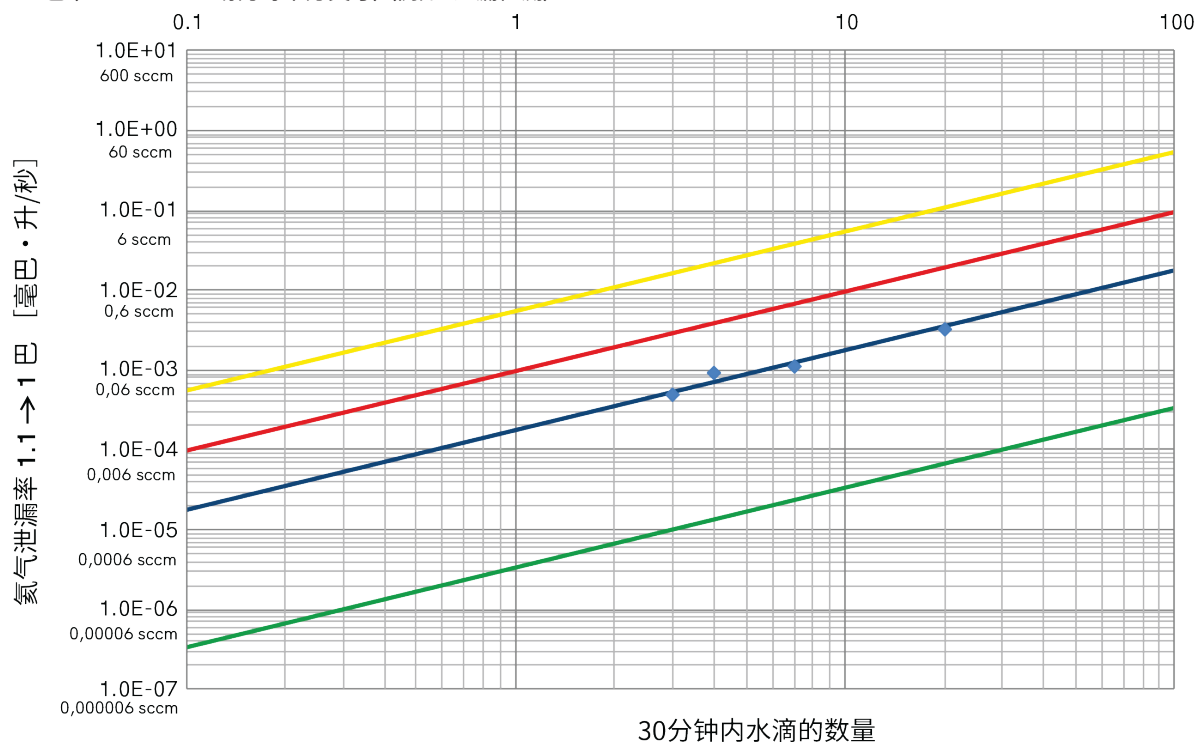
测试结果表明,水压试图将水推过泄漏路径时产生的力与使水附着在泄漏路径表面上的力处于平衡状态的泄漏路径,其直径刚好小于20微米。

泄漏率规格转换

下图描述了30分钟内潜在泄漏点渗水量与对应气体泄漏率之间的关联。氦气泄漏率与空气泄漏率的差异系数等同于氦气与空气动态粘度之比。由于两者差异仅为7%，在图示分辨率下可视为相同。图中蓝色曲线直接转换自玻璃材质泄漏路径的测试结果。其余曲线则根据材料特性换算得出其他材质对应的泄漏速率。

不同材料的泄漏通道

@ 1.1 巴 → 1 巴 (15.95 → 14.5 磅力每平方英寸) (例如：泄漏检测)



在100毫巴差压下的泄漏率

许多为IP67防护等级设计的部件，其承受的压差范围也极为有限（通常仅为100至200毫巴），否则将损坏部件本身或其密封件。上图展示了100毫巴压差下的泄漏率。根据部件可承受的进水量，可查阅对应的最大允许气体泄漏率测试值。若部件结构采用ABS或钢制外壳搭配聚合物密封件，当可容忍少量水渗入时（黄色/红色曲线），应将泄漏率测试值控制在 3×10^{-2} mbar·l/s (约1.8 sccm) 以下。若要求零渗水，则应采用 5×10^{-3} mbar·l/s (约0.3 sccm) 的泄漏率标准。若部件采用铝材配合聚合物密封（即泄漏路径为单侧铝表面与双侧聚合物表面），则应采用介于两种材料之间的泄漏率水平——若可容忍少量渗水，则测试范围设定为 9×10^{-4} mbar·l/s (约0.05 sccm)。若需绝对确保水无法渗入壳体，请选择 2×10^{-4} mbar·l/s (0.01 sccm) 的中间泄漏率范围。

结论

根据IP67标准进行的防水防尘密封性能测试需要采用高精度泄漏检测方法，能够检测低于1 sccm的泄漏率。示踪气体泄漏检测是此类应用的首选方法。不同的压力条件和材料会导致不同的泄漏率规格。请联系我们，告知您的具体测试需求，我们将竭诚为您提供专业支持，助您实现测试效率与可靠性的最大化！