

优化户外电子设备的性能与使用寿命：

现场研究证实：GORE®防水防尘透气产品能够提供持久保护

作者：Georg Hofer和Timo Seybel

要使电子设备在户外可靠地运行，外壳必须完全密封，这一点至关重要。由于温度波动造成的压差，这些密封件极易损坏，这可能会影响敏感电子元件，导致其出现故障。

使用戈尔®(GORE®)防水防尘透气产品为外壳实现可靠透气，能够确保快速平衡压力，大幅减少潜在的压力峰值，因而有助于延长使用寿命。同时，获得专利的防水透气膜技术能够可靠抵御水、灰尘、盐粒和其它液体的侵袭，并帮助减少或消除外壳内部的凝露。

除了实验室测试，戈尔还定期开展现场测试，以期获得因天气和紫外线辐照而导致的实际的材料老化结果。这些测试有一个共同的目标：证明戈尔防水防尘透气产品能够长期、可靠地保护外壳，防止污物和水进入，避免电子设备的性能受到任何影响。

本白皮书汇总了我们的一项长期研究在2024年取得的成果。戈尔的这项研究已持续长达8年之久，并将继续在慕尼黑南部的普茨布伦开展。



图1：研究地点

长期研究的设计方案

在普茨布伦戈尔工厂的屋顶花园里，安装了14个相同的铝制电子设备外壳，并以氯丁（二烯）橡胶密封件进行密封。这些外壳的防护等级为IP65，意味着它们能够阻止灰尘进入（防尘），有效防止接触，并抵御来自各个方向的射水。

外壳安装了不同的戈尔®(GORE®)防水防尘透气产品（参见图3：防水透气产品的分配）。为了获得使用不透水外壳时的相对值，其中一个外壳特意未安装防水透气产品。

在外壳内部，数据记录器持续记录相对湿度、温度和压力等数值。此外还安装了外部传感器，用于记录气象环境值以作为参考。戈尔防水防尘透气产品暴露在-15°C至+50°C的温度范围内（具体数值通过外部传感器测量）。在不透气的外壳中，这些温差会引起压力变化，导致密封件损坏。

定期检查外壳，并对传感器数据进行分析。检查防水透气产品，并测量与压力平衡和密封性相关的数据，如透气量和抗水压(WEP)。

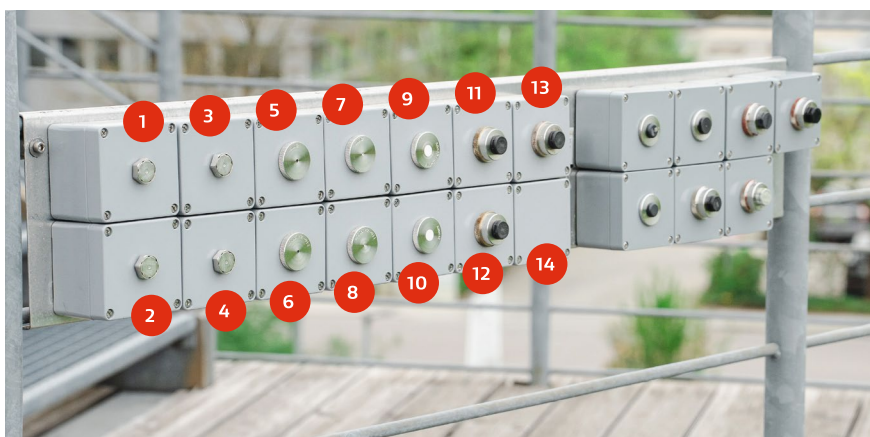


图2：安装不同GORE®防水防尘透气产品的外壳

编号	说明
1-4	GORE®防水防尘透气产品 — 螺纹系列（PolyVent不锈钢）
5-10	GORE®防水防尘透气产品 — 背胶系列（VE7、VE8、VE9系列）
11-13	GORE®防水防尘透气产品 — 卡扣系列（PolyVent标准）
14	参考外壳（未安装防水透气产品）

图3：防水透气产品的分配

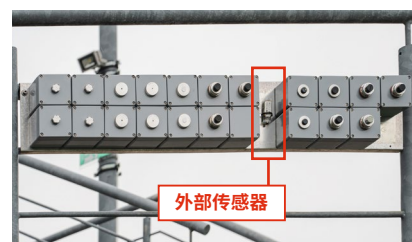


图4：外部传感器的位置

结果

压力平衡

从收集到的数据可以看出，安装戈尔®(GORE®)防水防尘透气产品的外壳在透气性方面具有明显优势。

透气外壳内部的压力与大气压几乎完全一致（图5），并且自2016年以来一直保持这一趋势。因此，无论是密封系统，还是外壳内部的电子元器件，几乎都不受压力影响。

在透气外壳中，传感器记录的最大压差为19 mbar，而在不透气的壳中，压差高达168 mbar。

在透气外壳中，密封系统几乎未遭受任何应力。这大幅降低了因密封件缺陷而导致的水分渗入风险。

相比之下，不透气的壳中出现了较高的压力峰值，使密封件受到大量应力，这大大增加了其在使用寿命期间发生泄漏的风险。

下图（图6）对透气和不透气外壳中的压差进行了对比。

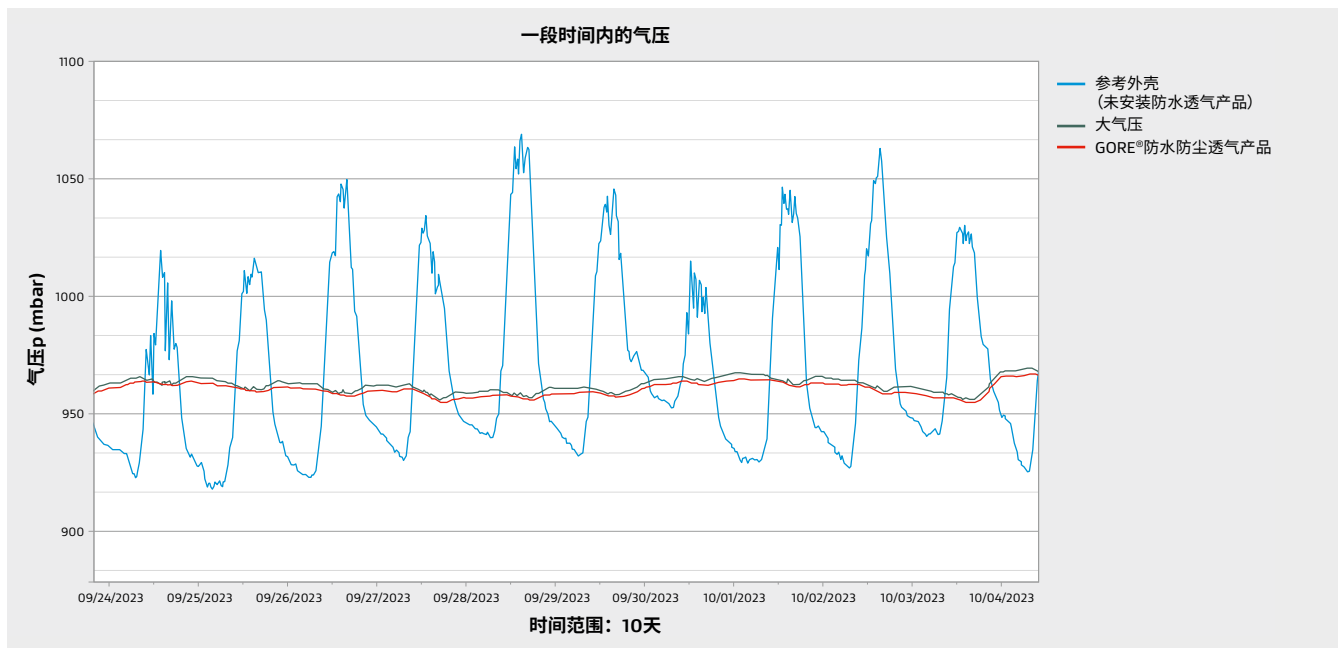


图5：数据日志示例：未安装防水透气产品的外壳（蓝色）与安装GORE®防水防尘透气产品的外壳（红色）中的气压和外部环境（绿色）中的气压对比。测量发现，透气外壳和不透气外壳之间的压差高达150 mbar。

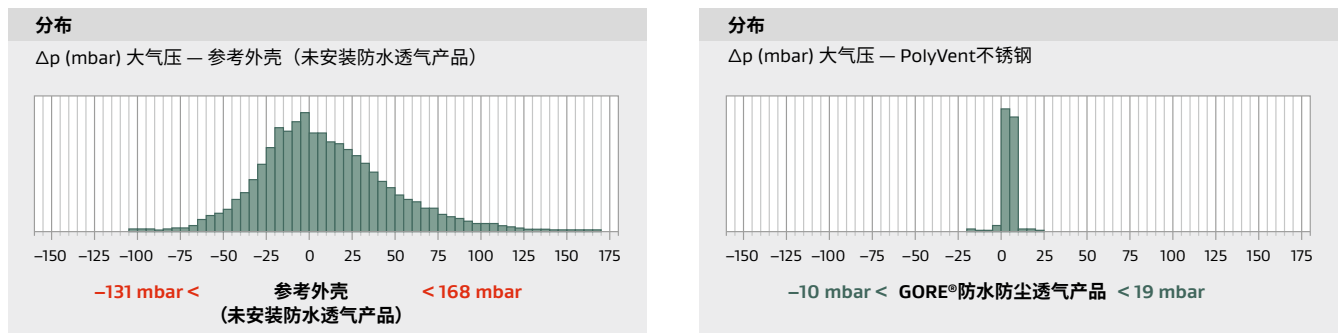


图6：自数据记录开始（2022年5月），不透气的壳（左）和透气壳（右）中的压差分布与范围

水分管理

在电子设备外壳中，如果潮湿的空气与低于空气露点的冰冷表面接触，便会形成凝露。若要保证电子元器件的可靠性和使用寿命，了解凝露的成因和预防措施至关重要。

得益于所有戈尔®(GORE®)防水防尘透气产品中安装的防水透气膜的多微孔结构，外壳可获得有效防护，避免水、灰尘、盐粒和其它污物的侵入。同时，水分能够以蒸汽的形式从外壳中逸出，从而降低凝露风险。

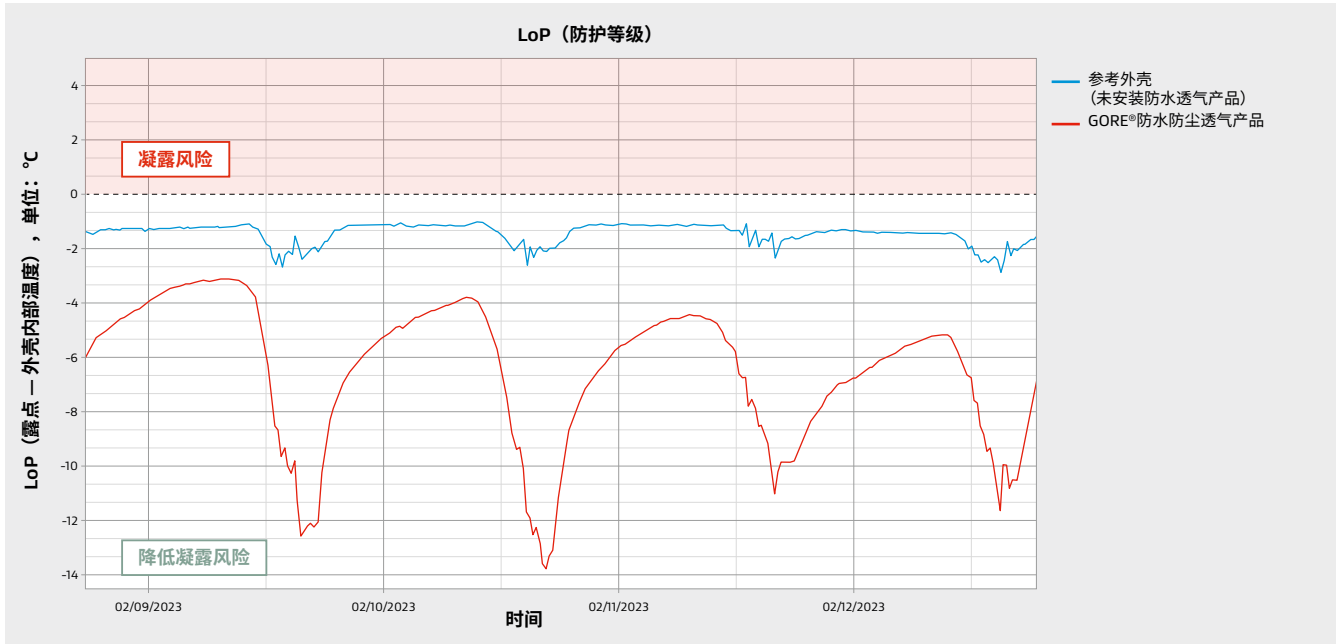


图7: LoP对比: 安装GORE®防水防尘透气产品和未安装防水透气产品的外壳

为了更好地说明水分管理，戈尔使用了**防护等级(LoP)图表**。

LoP数字可用于指示凝露形成的风险。LoP越低，外壳中出现凝露的风险就越低。

$$\text{LoP} = T_{\text{空气露点}} - T_{\text{外壳表面}}$$

如果外壳温度**低于**外壳内部空气的露点，便会形成凝露：

凝露风险：

$$\text{LoP} > 0 \quad (T_{\text{空气露点}} > T_{\text{外壳表面}})$$

如果外壳温度**高于**外壳内部空气的露点，则不会形成凝露：

凝露风险低：

$$\text{LoP} < 0 \quad (T_{\text{空气露点}} < T_{\text{外壳表面}})$$

一般而言，露点和LoP越低，凝露防护等级越高。

上图对比了未安装防水透气产品的外壳（参考外壳）与安装戈尔防水防尘透气产品的外壳的LoP。从图中可以清楚看到，未安装戈尔防水防尘透气产品的外壳的LoP更高，因此与安装戈尔防水防尘透气产品的外壳相比，形成凝露的风险显著提高。

相对湿度的对比进一步证明了水管理运转良好。图8对比了未安装防水透气产品的外壳与安装防水透气产品的外壳的相对湿度。数据显示，安装戈尔®(GORE®)防水防尘透气产品后，相对湿度降低（红色），而在未安装防水透

气产品的外壳内，湿度始终保持在较高水平（约90%，蓝色）。通过与未安装防水透气产品的外壳进行直接对比，可以看出安装戈尔防水防尘透气产品的外壳中的相对湿度降低多达46%（图8）。

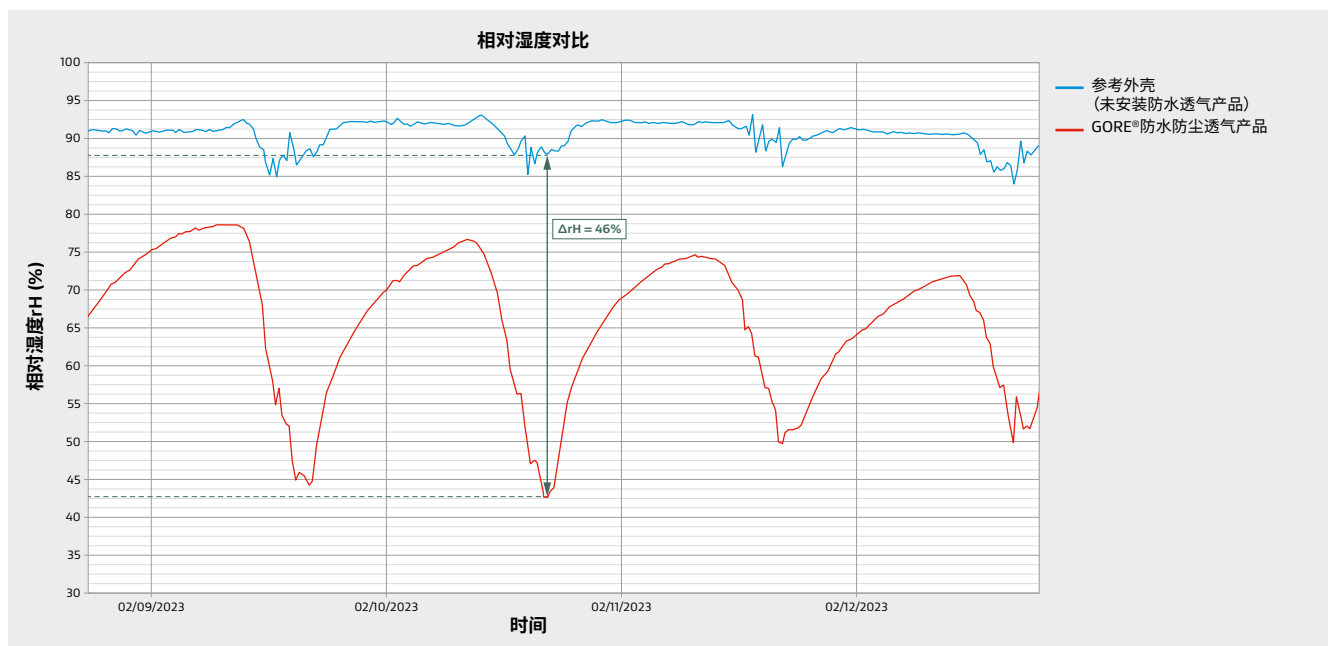


图8：相对湿度对比：安装GORE®防水防尘透气产品的外壳与未安装防水透气产品的外壳

检查防水透气产品

我们的工程师定期从外壳中拆除本研究所使用的戈尔® (GORE®)防水防尘透气产品，并与同型号的全新防水透气产品进行对比。

在此过程中，对所有戈尔防水防尘透气产品均进行检查，并对决定防水透气膜性能的两个基本特性进行测试：透气量和抗水压(WEP)。

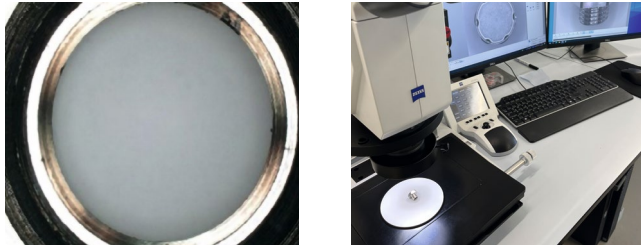


图9/10：对使用8年的GORE®防水防尘透气产品进行目视检查

透气量是指在特定时间内和特定压差下可以通过防水透气膜的空气量。抗水压是指防水透气膜在一定时间内必须承受的静态水压（静止液体内的压力）。

结果突出显示了这些防水透气产品的长期可靠性和耐久性。在这些防水透气产品使用了8年之后，测量结果表明，戈尔防水防尘透气产品的透气量没有受到任何损害。随着时间推移，透气量还略微增加，这是防水透气膜的典型特性。抗水压测试也取得了理想结果，这同样说明了戈尔防水透气产品能够长期提供可靠密封。图11和12展示了PolyVent不锈钢型号防水透气产品的透气量和延时抗水压。

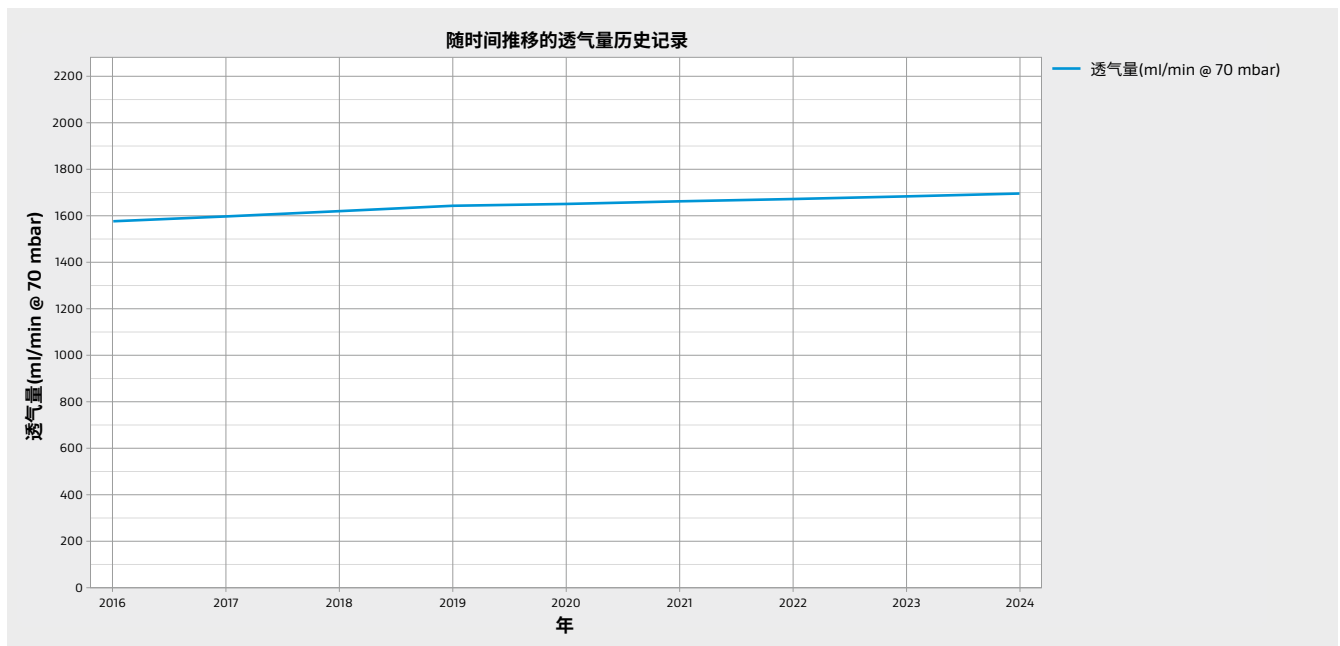


图11：随时间推移的透气量特性（PolyVent不锈钢）

	GORE®防水防尘透气产品		
	2016	2021	2024
延时抗水压 (0.3 bar/30秒)	确认	确认	确认

图12：GORE®防水防尘透气产品（PolyVent不锈钢）的抗水压概况

仅限工业用途。不适用于食品、药品、化妆品或医疗设备等制造、加工或包装作业。本文所有技术信息和建议都依据戈尔公司先前的经验和/或试验结果。戈尔公司尽力提供这些信息，但对此不承担法律责任。客户应检查具体应用中的适应性和可用性，因为只有具备了所有必要的工作数据才能判断本产品的性能。上述信息可能会不时变更，不作为产品规格使用。戈尔公司的销售条款适用于戈尔产品的销售。

GORE、戈尔、*Together, improving life*及其设计是W. L. Gore & Associates（戈尔公司）的商标。版权所有© 2024 W. L. Gore & Associates, Inc.保留所有权利。由戈尔（深圳）有限公司翻译。

立即扫码
获取技术支持



戈尔（深圳）有限公司上海分公司
地址：中国上海市南京西路1468号中欣大厦43楼
电话：86-21 5172 8299 传真：86-21 6247 9199 电邮：info_china@wlgore.com
gore.com.cn/protectivevents