

# 导热系数特性分析

## 摘要

戈尔®(GORE®) 隔热膜具备厚度小 (< 300 μm)、导热系数低于空气 (< 0.02 W/(m·K)) 的独有特性, 因此在特性分析方面存在挑战。采用改进的热流法、非原位厚度法和双厚度导热系数计算相结合的测试方法, 可提供可靠而准确的导热系数数据。导热系数结果显示, 数据分布低于 0.02 W/(m·K) 的导热系数规范值。

## 引言

具有超低导热系数的薄型隔热膜是一款新产品, 用于解决移动电子系统架构中复杂的热管理挑战。其应用范围包括改善散热性能以保持安全的表面接触温度, 以及保护热敏元器件免受过高温度的影响。

可靠且准确的导热系数数据对于设计周期早期的建模工作, 以及通过验证和扩增数量来保持性能而言至关重要。

因此, 需要进行适当的导热系数测试来预测和确保隔热膜在系统中的性能。在测量导热系数低于空气的可压缩薄型材料时, 会面临诸多挑战。主要难题在于需要可靠而准确地测量厚度, 且测量方法需要足够灵敏, 才能尽量减少导热系数计算中的误差。

戈尔隔热膜纤薄 (< 300 μm)、可压缩, 且导热系数低于空气 (< 0.02 W/(m·K))。测试方法结合采用了热流法、厚度法以及导热系数计算。

导热系数的规范上限值为 0.02 W/(m·K)。根据标准质量控制测试计划, 每批产品均需测试导热系数, 并在发货时进行认证。每个批次的产品都会接受直接验证, 以确保符合规范要求。提供本特性是为了报告具体的导热系数统计数据, 以便对热管理设计工程师有所帮助。

## 材料和方法

### 隔热膜材料

从生产批次中抽取 100 μm 戈尔隔热膜和 250 μm 戈尔隔热膜样品。新一轮原材料完成整个生产过程即定义为一个批次。此特性分析包含 2021 年 1 月至 2023 年 11 月期间生产的 135 批 100 μm 材料和 28 批 250 μm 材料, 这些数据代表了当前生产的质量。

隔热膜样品为直径 2 英寸的圆形模切产品, 分别从生产的卷膜的起始和结束处截取。若干个模切产品叠加, 制成计算导热系数所需的薄样品和厚样品。

### 测试方法

通过两项单独测试来测量热阻和厚度。两项测试均在 6 psi 的压力下对同一样品进行。进行热阻测试后, 立即在一个单独的、更灵敏的测试装置中进行厚度测试。为消除接触热阻的任何影响, 采用了双厚度法计算导热系数。这种方法需要对相同材料的薄样品和厚样品进行热阻和厚度测试。两种厚度的样品是通过叠加相同隔热膜材料样品来达成。由于材料的导热系数低于空气, 且顺应性良好, 因此层间界面热阻可以忽略不计。

### 热阻测试方法

使用由 ASTM C518-17 改进的热流量计并采用稳态热传输法来测量热阻。对每个产品料号的薄样品和厚样品分别测量热阻。计算导热系数需用到两种厚度。使用热流量计 (TA 仪器, 型号 FOX 50) 测量样品在 6 psi 压力下的热阻。结合使用设备校准标准与低导热系数 NIST 认证标准参考材料 (NIST 1453 SRM, 膨体聚乙烯), 以确保相应测试范围内的准确性。

## 厚度测试方法

热阻测试之后，立即使用改进的 ASTM F36-15 方法测量同一样品的厚度。使用 Instron 通用测试系统的压合模式以精确检测样品在 6 psi 压力下的厚度。这样可大幅提高双厚度法导热系数计算的可靠性。

## 导热系数计算

采用双厚度热阻法<sup>1</sup> 计算导热系数 ( $\lambda$ )。该方法用于消除使用热流法时接触热阻的任何影响。材料的导热系数等于热阻与厚度斜率的倒数，如等式 [A] 所示。

$$\text{等式[A]} \\ \lambda = \frac{t_2 - t_1}{R_2 - R_1}$$

导热系数计算值可靠范围为  $\pm 0.0003 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ，置信度 95%。

## 结果

250  $\mu\text{m}$  和 100  $\mu\text{m}$  样品的平均值和标准偏差如表 1 所示。每个批次抽取多个起始和结束样品来进行表征。

## 导热系数 W/(mK)

| 产品                | 平均值    | 标准偏差   |
|-------------------|--------|--------|
| 100 $\mu\text{m}$ | 0.0173 | 0.0005 |
| 250 $\mu\text{m}$ | 0.0162 | 0.0003 |

表 1: 100  $\mu\text{m}$  和 250  $\mu\text{m}$  戈尔隔热膜的导热系数结果

图 1a 和 1b 显示了 100  $\mu\text{m}$  和 250  $\mu\text{m}$  戈尔®(GORE®) 隔热膜的分布均低于 0.02 W/(m·K) 的规范上限 (USL) 值。

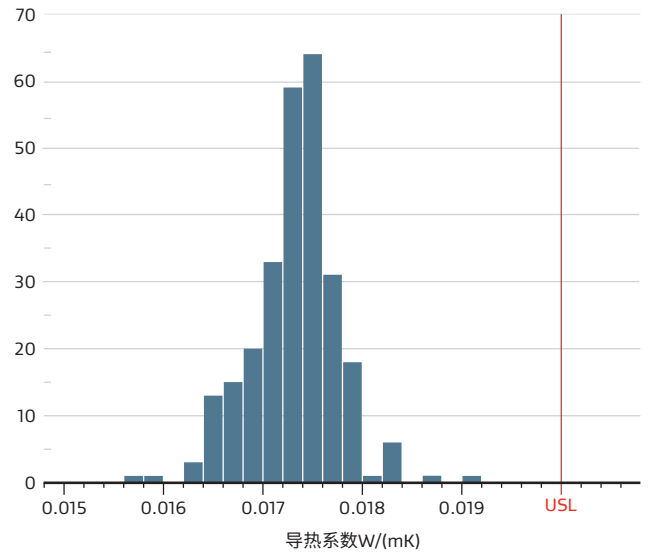


图 1a: 100  $\mu\text{m}$  戈尔隔热膜相对于 USL 的导热系数分布

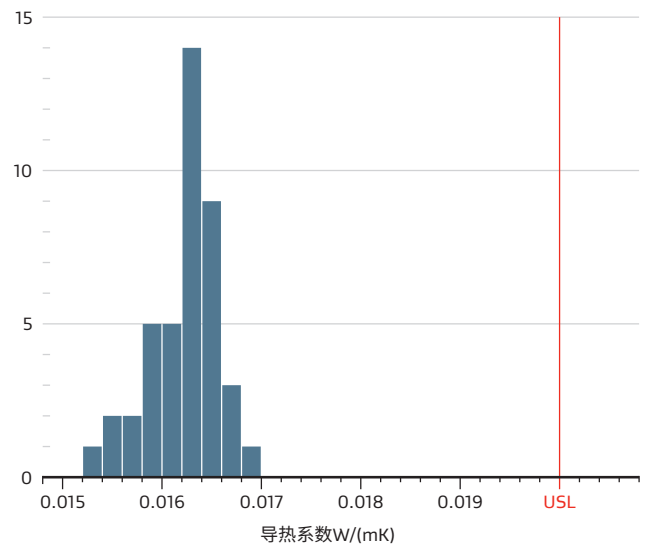


图 1b: 250  $\mu\text{m}$  戈尔隔热膜相对于 USL 的导热系数分布

## 讨论

戈尔有能力生产低于 0.02 W/(m·K) 规范上限值的产品。根据戈尔质量控制发布标准，每个批次均经过验证，符合导热系数规范。

对于热建模，建议使用从规范上限值 0.02 W/(m·K) 到 0.017 W/(m·K) 的范围。

戈尔还在韩国亚洲大学进行了测试，得出了完全相同的结果。

未来可能对测试方法进行改进以提高测试的可靠性和准确性。这一点尤为重要，因为戈尔的目标是进一步降低未来产品的导热系数和厚度。

联系我们 — 如需获取其它帮助，请联系戈尔销售代表。

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。

W. L. Gore & Associates Inc. 通过了 ISO 9001 标准认证。

ASTM 是美国材料与试验协会的注册商标。

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 © 2023, W. L. Gore & Associates, Inc. 保留所有权利。由 W. L. Gore & Associates (Shenzhen) Co., Ltd. 翻译。

### 全球各地联系方式

澳大利亚 +61 2 9473 6800

比利时、荷兰、卢森堡

三国经济联盟 +49 89 4612 2211

中国大陆 +86 21 5172 8299

法国 +33 1 5695 6565

德国 +49 89 4612 2211

印度 +91 22 6768 7000

意大利 +39 045 6209 240

日本 +81 3 6746 2570

韩国 +82 2 393 3411

墨西哥 +52 81 8288 1281

斯堪的纳维亚 +46 31 706 7800

新加坡 +65 6733 2882

南美 +55 11 5502 7800

西班牙 +34 93 480 6900

台湾 +886 2 2173 7799

英国 +44 1506 460123

美国 +1 410 506 7812

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/thermal