



光学应用石英玻璃 参数及特性

天然熔融石英及合成石英玻璃

用于光学应用

石英玻璃是一种广泛应用的光学材料。其能够将出色的宽光谱范围内的高透过性能与优异的物理及化学性能集于一身。正确地选择不同的特性和参数对于每一种应用都至关重要。在接下来的内容中，我们会详细介绍这些参数与特性，以及我们该如何对其进行测量和说明。

透光孔径 (CA)

透光孔径通常以材料尺寸的百分比来表示。所有指定的特性都适用于透光孔径。透光孔径是指光学器件中光束通过的区域（光学器件通常预留部分空间以便固定和防止边缘效应）。我们产品的透光孔径一般为直径或原始成型块料边长的80%或加工后块料和棒料的90%。

透过性能

对于透光光学材料，透过性能是其重要的指标之一。通常，透过性能由内部透过率或包括表面反射的形式给出，即所谓的菲涅耳损耗。对于加工完成的光学器件，菲涅耳损耗可由光学镀膜来降低（例如增透膜）。我们产品的透过率会通过透过率计算公式分为不同等级。

吸收特性

通常，没有透过的或被反射的光束会被吸收或散射。在高纯度熔融石英玻璃中，最明显的吸收峰(945nm,1245nm,1385nm,2210nm,2700nm-2800nm)是由于二氧化硅材料结构中OH-的存在导致的。因此，了解石英玻璃中OH-的含量是很有必要的。

其他一些由微量杂质导致的吸收通常见于紫外波段，或者在更长的维度上，例如光纤中。以天然熔融石英为例，因其通常是由天然的原始材料制成，材料中的杂质往往会引起更多的吸收。对于某些应用，需保持材料在某个波段范围内足够的吸收（例如紫外波段）。此处还可提供掺杂的（例如二氧化钛或铈）石英玻璃。

散射特性

通常，造成散射的原因有很多。玻璃材料结构本身具有散射效果。更强但局部的散射可由气泡和杂质导致。这些缺陷的数量取决于所使用的工艺和原材料。可用已有标准，例如ISO 10110，来定义气泡的等级。

另一种定义气泡数量的方法是通过计算所有气泡的总横截面（以 mm² 为单位），即缺陷投影的横截面积。

光学均匀性

折射率的局部变化

折射率的局部变化会引起光的传输方式的变化。这是在与光束传输方向垂直的平面上观察到的，但同样可以在光束传输方向上观察到。如果这种影响在垂直面和光束传输方向上的变化较小，则该种材料可以被称为 3D 等级的材料（用 3D 来表示）。

通常，折射率的变化分为对称的渐变和随机波动，以及强烈的突变（称为条纹）。

表征光学均匀性的一种方法是使用Zernike多项式。低阶的 Zernike项比高阶的更容易补偿。峰值值是光学均匀性的常用指标，但相对容易补偿。高阶的 Zernike 多项式对于更高质量的光学器件将更为重要。条纹是依据 ISO 10110的条纹等级 或 MIL-G-174B来定义。

我们对全透光孔径大于450mm或更大尺寸的子孔径进行2D 和 3D 等级的干涉测量。我们在 632.8 nm 处进行测量，并如之前定义的一样，减去了透光孔径区域的倾斜和偏移。

应力双折射

应力双折射是指光波的两种偏振部分在材料中经历不同的折射率路线，从而以不同的速度传输，进而导致波前畸变以及光波偏振态变化的这样一种现象。它是通过测量光路中每厘米的相位差来得到的，通常用nm/cm来表达。

荧光特性

荧光现象通常指材料在更高能量光波（通常波长较短）的照射下的发光现象（通常指紫外光）。荧光的来源是 SiO₂ 结构中的缺陷或金属杂质。通常我们使用8W的汞灯（波长为254nm以及UG5过滤器）照射并进行肉眼筛查。

贺利氏材料等级规格

光学参数规格

光学参数规格

	条纹等级, 依据 ISO 10110标准	均匀性 PV值 [ppm]	应力双折射 [nm/cm]	荧光特性	OH-含量 [ppm]
合成石英玻璃					
Suprasil [®] 311	2/-;5	≤ 3	≤ 5	无	~ 200
Suprasil [®] 312	2/-;5	≤ 4	≤ 5	无	~ 200
Suprasil [®] 313	2/-;5	n.sp.*	≤ 5	无	~ 200
Suprasil [®] 3001	2/-;5	≤ 4	≤ 5	轻微蓝色荧光	≤ 1
Suprasil [®] 3002	2/-;5	≤ 10	≤ 5	轻微蓝色荧光	≤ 1
Suprasil [®] 300	2/-;SW30	n.sp.	≤ 5	轻微蓝色荧光	≤ 1
Suprasil [®] 3301	2/-;5	≤ 2	≤ 2	无	~ 15
Suprasil [®] 3302	2/-;5	≤ 3	≤ 3	无	~ 15
Suprasil [®] 1	2/-;5	≤ 5	≤ 5	无	~ 750
Suprasil [®] 2 Grade A	2/-;5	≤ 5	≤ 5	无	~ 750
Suprasil [®] 2 Grade B	2/-;5	≤ 10	≤ 5	无	500 - 800
Suprasil [®] 1 ArF / KrF	2/-;5	≤ 5	≤ 5	无	~ 750
Suprasil [®] 2 ArF / KrF	2/-;5	≤ 5	≤ 5	无	~ 750
Suprasil [®] UVL	2/-;5	≤ 10	≤ 5	无	~ 1100
Spectrosil [®] 2000	2/-;5	≤ 10	≤ 5	无	~ 1100
天然熔融石英玻璃					
Infrasil [®] 301	2/-;5	≤ 5	≤ 5	蓝紫色荧光	≤ 8
Infrasil [®] 302	2/-;5	≤ 6	≤ 5	蓝紫色荧光	≤ 8
HOQ [®] 310	n.sp.	n.sp.	≤ 10	蓝紫色荧光	~ 30

* 通常≤10ppm

所有规格均适用于通光孔径部分。除特殊情况外, 我们的原始成型块料的通光孔径为几何尺寸的80%或表面加工部件的90%。对于尺寸大于450mm的产品, 可专门定制。

- Suprasil 1 ArF/KrF, Suprasil 2 ArF/KrF 以及 Suprasil UVL 产品掺杂了H₂ 以便降低紫外曝光情况下的吸收。
- ArF 和 KrF 等级是针对特定波长的透过率进行测量的, 请参阅透过性能章节。

贺利氏材料等级规格

气泡规格

气泡规格

	< 10 kg	10 - 20 kg	20 - 30 kg	< 50 kg	< 75 kg	< 110 kg
合成石英玻璃						
Suprasil [®] 311	1 × 0.063		请咨询			
Suprasil [®] 312	1 × 0.063			1 × 0.1		
Suprasil [®] 313	1 × 0.1	2 × 0.16		4 × 0.16	5 × 0.16	
Suprasil [®] 3001	1 × 0.063		请咨询			
Suprasil [®] 3002	1 × 0.063			1 × 0.1		
Suprasil [®] 300	1 × 0.1	2 × 0.16		3 × 0.16	4 × 0.16	
Suprasil [®] 3301	1 × 0.063		请咨询			
Suprasil [®] 3302	1 × 0.063			1 × 0.1		
Suprasil [®] 1	1 × 0.063	请咨询				
Suprasil [®] 2 Grade A	1 × 0.063			1 × 0.1		
Suprasil [®] 2 Grade B	1 × 0.063		1 × 0.1		2 × 0.1	
Suprasil [®] 1 ArF / KrF	1 × 0.063	请咨询				
Suprasil [®] 2 ArF / KrF	1 × 0.063			1 × 0.1		
Suprasil [®] UVL	1 × 0.063		1 × 0.1	3 × 0.16		
Spectrosil [®] 2000	1 × 0.063		1 × 0.1	3 × 0.16		
天然熔融石英玻璃						
Infrasil [®] 301	1 × 0.16		请咨询			
Infrasil [®] 302	1 × 0.4	2 × 0.4		3 × 0.4		4 × 0.4
HOQ [®] 310	2 × 1.0	3 × 1.0	4 × 1.0	5 × 1.0	6 × 1.0	9 × 1.0

被气泡遮挡的区域请参考 ISO 10110标准, 累计规则在此处适用。

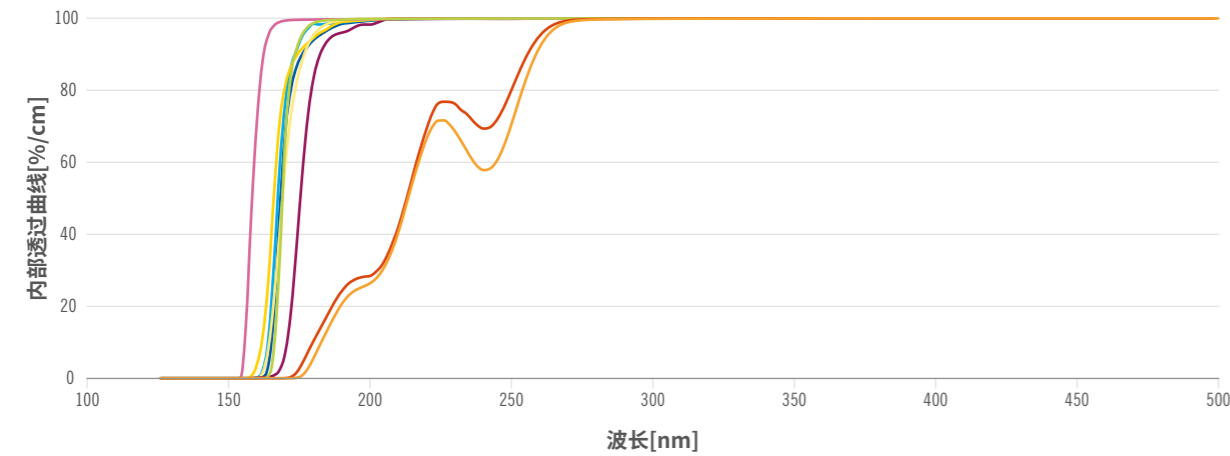
尺寸小于0.063mm的气泡未计入测量。可根据要求提供更精密的气泡规格。

光学特性

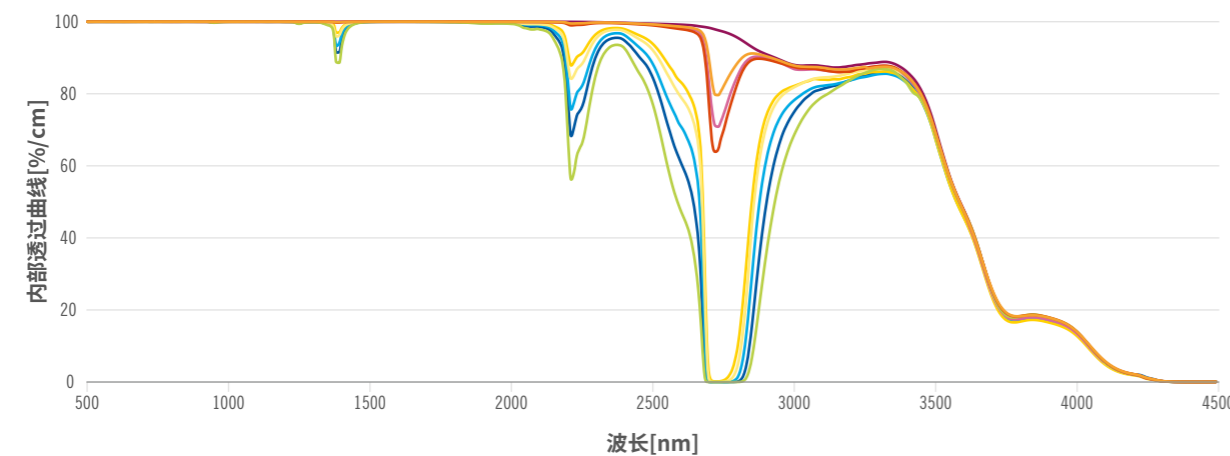
透过特性

典型的内部透过特性 (针对10mm厚样品)

紫外波段透过曲线



近红外透过曲线



— Suprasil® 1 / 2A — Suprasil® 311 / 312 — Suprasil® 3001 / 3002 / 300 — HOQ® 310 — Spectrosil® 2000
 — Suprasil® 2B — Suprasil® 313 — Suprasil® 3301 / 3302 — Infrasil® 301 / 302

波长[nm]	Suprasil系列典型透过率 [%/cm]	Suprasil ArF [%/cm]	Suprasil KrF [%/cm]
193.4	98.5	≥ 99.3	-
248.4	99.5	≥ 99.8	≥ 99.8
266.0	99.9	≥ 99.9	≥ 99.9

光学特性

色散

色散

塞尔迈耶尔方程

$$n^2(\lambda) - 1 = \frac{B_1 \times \lambda^2}{(\lambda^2 - C_1)} + \frac{B_2 \times \lambda^2}{(\lambda^2 - C_2)} + \frac{B_3 \times \lambda^2}{(\lambda^2 - C_3)}$$

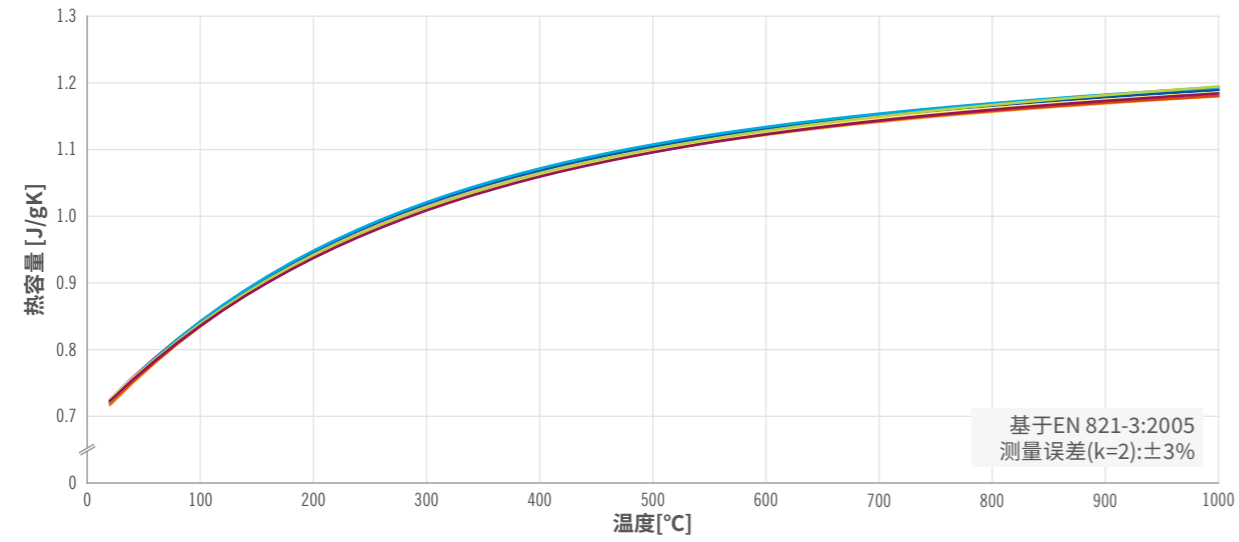
	天然熔融石英	合成石英玻璃	OH-含量小于1ppm的合成石英玻璃
塞尔迈耶尔常数*			
B1	6.70528671E-01	6.72472034E-01	6.73693289E-01
B2	4.33889824E-01	4.31646851E-01	4.31173589E-01
B3	9.09353456E-01	8.85914296E-01	9.05320925E-01
C1	4.48160190E-03	4.50684530E-03	4.50899296E-03
C2	1.32966549E-02	1.33090179E-02	1.33349842E-02
C3	9.94989893E+01	9.67375952E+01	9.92216527E+01
部分色散			
nF-nC	0.00676	0.00677	0.00677
nF'-nC'	0.00680	0.00680	0.00681
阿贝常数			
Vd	67.8	67.8	67.8
Ve	67.7	67.6	67.6

* 185 - 2326 nm, 22 °C, 1013.25 bar N₂

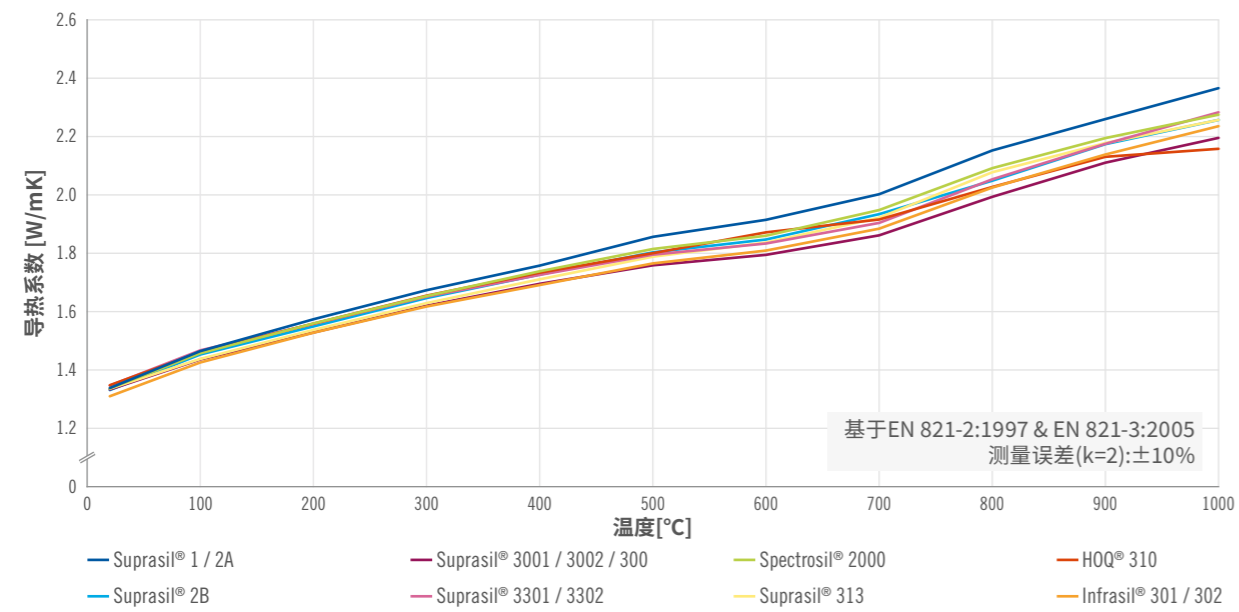
热性能

热容量, 导热系数

热容量



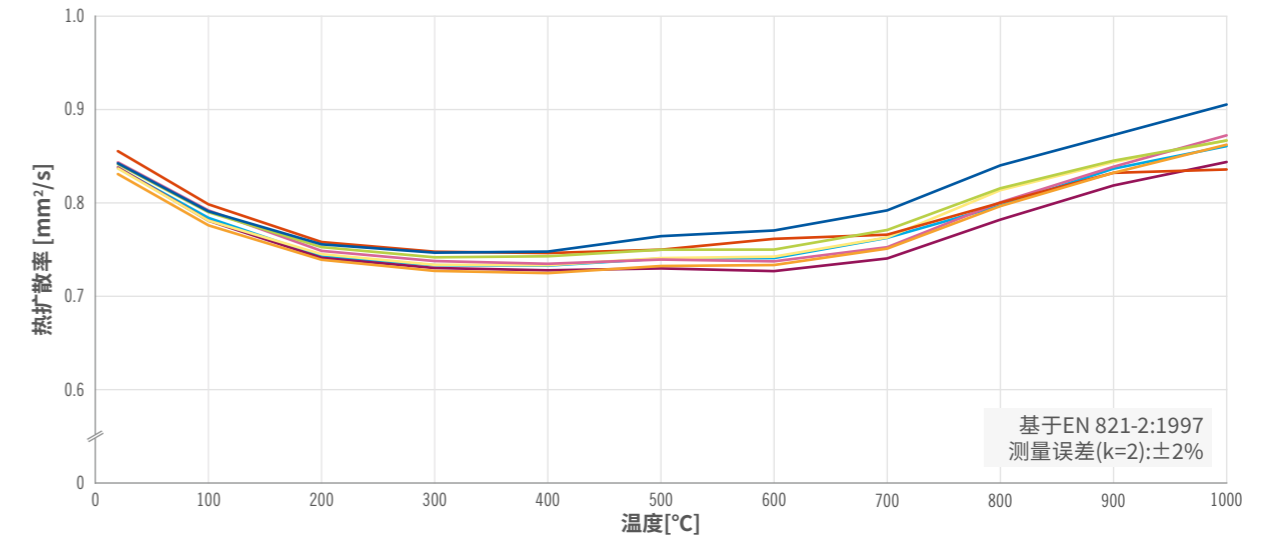
导热系数



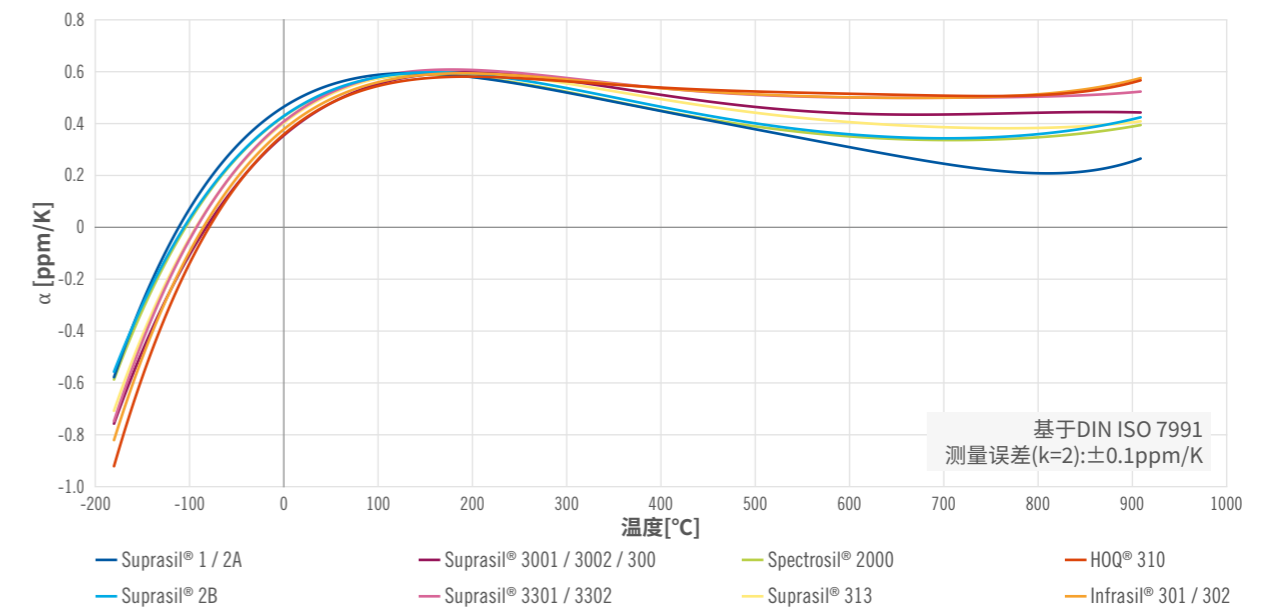
热性能

热扩散率, 热膨胀

热扩散率



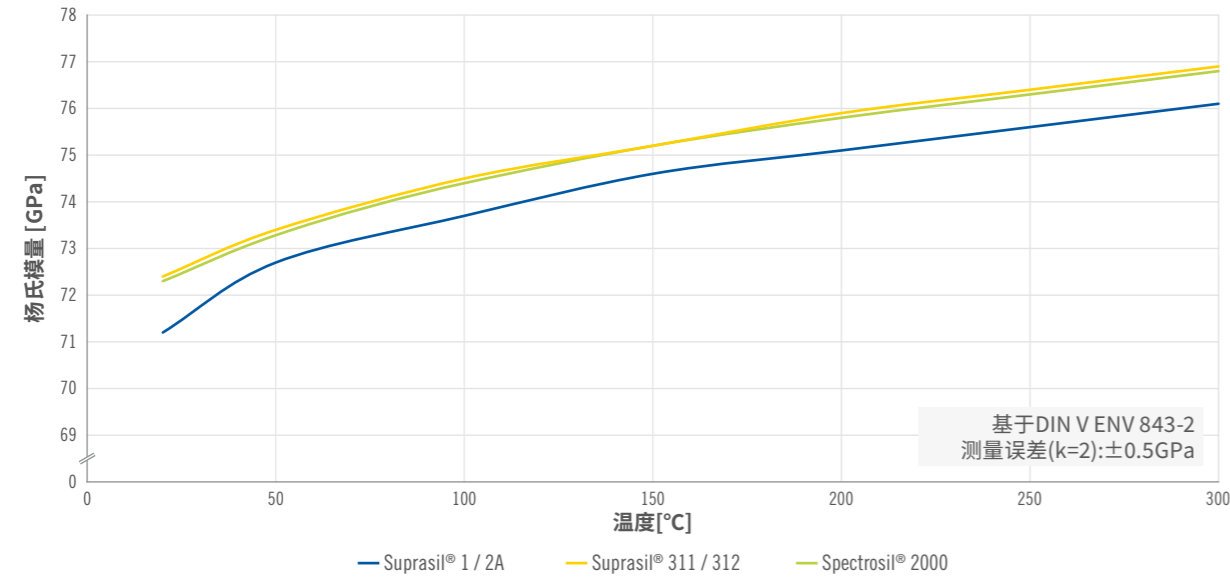
热膨胀



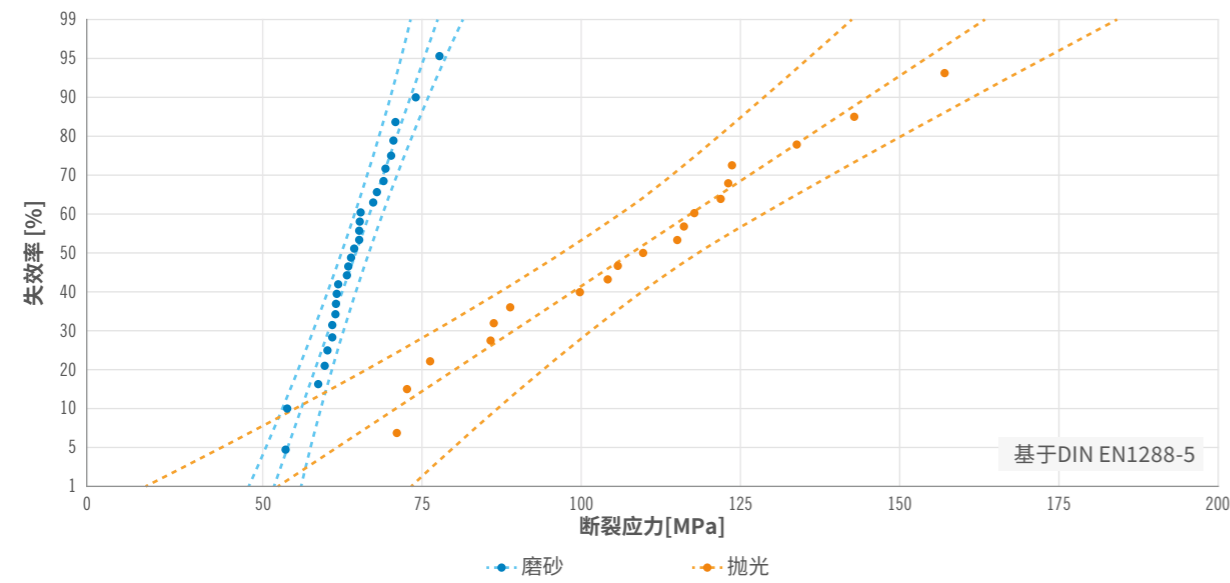
机械特性

杨氏模量, 威尔布模量

杨氏模量



威尔布模量



其他机械性能参数(室温下)

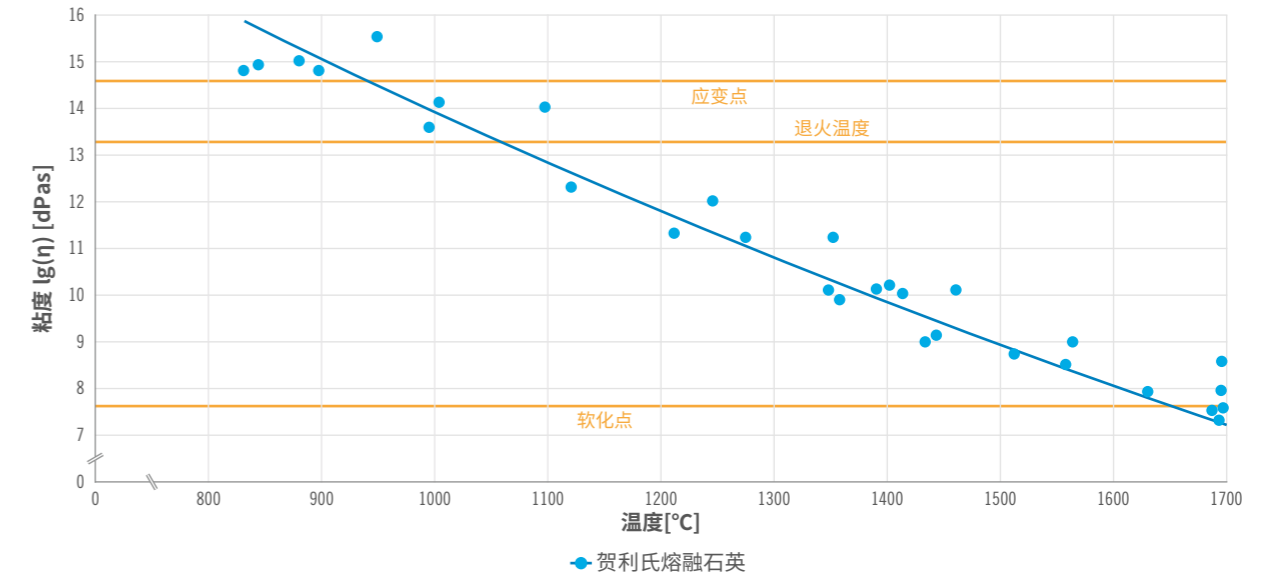
杨氏模量	72 GPa	密度	2.2 g/cm ³
剪切模量	31 GPa	努氏硬度	565 HK 0.1/20
泊松比	0.16	音速(纵向)	5900 – 5940 m/s

基于ASTM C1259 – 21 & DIN EN 4545-1:2018

机械特性

粘度

粘度

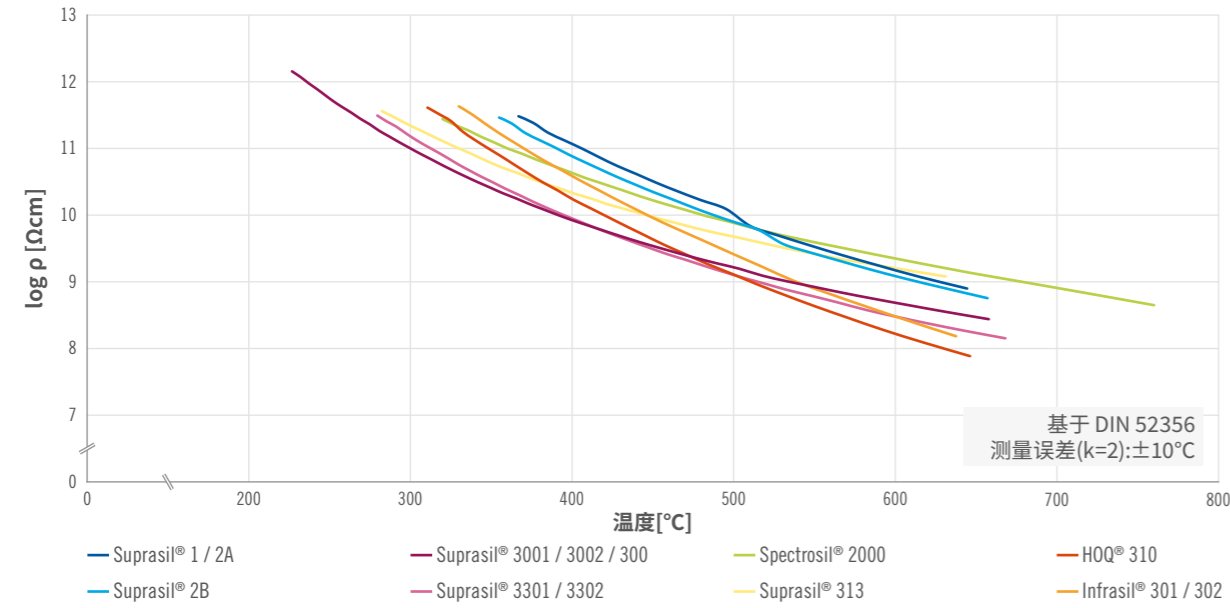


其他特性

电阻率, 化学稳定性, 金属杂质

备注

电阻率



化学稳定性

	天然熔融石英	合成石英玻璃
耐碱等级	A1	A1
耐酸等级	S1W	S1W

基于ISO 695的耐碱等级

A1: 高耐受性
A2: 中耐受性
A3: 低耐受性

基于 DIN 12116的玻璃耐酸等级

S1W: 耐酸性
S2W: 弱酸溶性
S3W: 中酸溶性
S4W: 高酸溶性

典型的金属杂质

合成等级	< 300 ppb
天然等级	< 50 ppm



HERAEUS COVANTICS HEADQUARTERS

Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG

Heraeusstraße 12–14
63450 Hanau
covantics@heraeus.com
covantics.com/contact

www.heraeus-covantics.com

The data in this brochure is subject to change.

The Heraeus logo, Heraeus and Covantics are trademarks or registered trademarks of Heraeus Holding GmbH or its affiliates. All rights reserved.

For more specific information, visit covantics.com/brands.

To learn about our locations, visit covantics.com/locations.

MATERIALS. INNOVATIONS. FOR GENERATIONS.