



victrex®

PASSION • INNOVATION • PERFORMANCE



材料特性手冊

## 目录

前言	
机械性能	2
拉伸性能	2
弯曲性能	3
压缩性能	3
蠕变性能	3
疲劳性能	4
冲击性能	4
热性能	5
热变形温度	6
相对热指数	6
热老化	6
线性热膨胀系数	7
热稳定性	7
流变性能	8
易燃性和燃烧性能	9
点燃	9
易燃性	9
烟雾浓度	9
烟雾、毒性及腐蚀性	9
电气性能	10
体积电阻率	10
表面电阻率	10
介电性能	10
静电衰减特性和损耗材料	12
摩擦性能(摩擦学)	13
摩擦力和磨损性能	13
环块磨损试验	13
推力垫圈	14
极限压力和速率	15
耐环境性能	16
耐水解性	16
抗气体/液体渗透性能	16
耐化学腐蚀性能	17
抗辐射性能	18
释气特性	18
认证和规范	19
供选材料	20

英国威格斯公司旗下的威格斯聚合物解决方案事业部有着超过30年的专业经验,是高性能聚合物聚芳醚酮的领先制造商,其产品包括 VICTREX® PEEK 聚合物。Victrex 是拥有市场上最广泛的聚芳醚酮产品组合的公司之一, Victrex 同客户和终端用户密切合作,提供由技术驱动的解决方案,帮助他们在航空、汽车、电子、能源、工业、医疗和半导体市场中迎接挑战并抓住机遇,将成本节约、产品品质和产品性能提升到全新的高度。

VICTREX PEEK 线性芳香族半结晶结构聚合材料具有独特的综合特性,能够在宽广的温度范围和极端条件下提供卓越的综合性能,是世界公认的性能最佳的热塑性材料之一。

此外, Victrex 提供的另外两种聚芳醚酮聚合材料 VICTREX® HT™ 聚合材料和 VICTREX® ST™ 聚合材料能够在温度不断升高的恶劣环境中保持出色的机械性能。

当终端用户应用中对于综合三种或更多种性能的要求时, Victrex 聚芳醚酮聚合材料以出色的材料性能为其带来极为显著的无以伦比的竞争优势。这一特点在不牺牲任何性能的情况下综合了诸多特性,使得材料能够在多种不同的工作环境和应用中充分发挥作用。

## 为什么选择 Victrex 聚芳醚酮聚合材料?

- 独特的综合性能
- 广泛的牌号材料可供选择
- 采用普通加工设备即可进行加工
- 符合国际认证和规范要求
- 稳定的产品质量
- 供货安全可靠
- 分布全球的专业技术团队为用户提供现场技术支持服务

### 耐高温性

卓越的耐高温特性。材料的玻璃态转化温度介于143°C至162°C之间。  
熔点介于343°C至387°C之间。

### 机械强度和尺寸稳定性

出色的强度、刚度、  
长期蠕变和疲劳性能。

### 耐磨性

高耐磨抗划伤与低摩擦系数相结合。

### 耐化学腐蚀性

耐酸、碱、烃类和有机溶剂的腐蚀。

### 耐水解性

低吸湿性。耐蒸汽、水和海水水解以及低渗透性。

### 电气性能

在较宽的频率和温度范围内保持良好的电气性能。

### 极低的烟雾和毒气

具有固有良好的阻燃性。无需使用阻燃剂。燃烧产生的气体只有很低的毒性。

### 高纯度

极少量的释出气体及浸出物。

### 环保特性

重量轻。可完全回收再利用。无卤素。符合RoHS标准。

### 易于加工

可采用普通的热塑性塑料加工设备进行加工的、性能最好的材料之一。

victrex.

HIGH PERFORMANCE PEEK POLYMERS

包括 VICTREX® PEEK 聚合材料在内的最广泛的聚芳醚酮产品组合。Victrex 聚合材料能够在宽广的温度范围和极端条件下提供卓越的性能。



aptiv.

VICTREX® PEEK FILM TECHNOLOGY

VICTREX APTIV® 薄膜能够以灵活的形式提供 VICTREX PEEK 聚合材料的所有特性。被认为是市场上用途最为广泛的高性能热塑薄膜。



VICOTE®

VICTREX® PEEK COATING TECHNOLOGY

环保的 VICOTE® 涂料。能以粉末和分散液形式提供。拥有耐高温性、优异的耐刮擦性和耐摩擦性、高强度以及耐久性。

Victrex 材料具有多种熔融粘度。能够满足特定的热塑性加工需求。从高流动性 PEEK 90 聚合材料到标准粘度 PEEK 450 聚合材料，熔融粘度逐渐增加。可以经过熔体过滤制成未填充颗粒、

经过碾磨制成细粉末、或者添加多种填充物制成共混材料，也可以直接作为各种形式的成品使用。如坯料、纤维、薄膜、衬管和涂层。表 1 概述了 Victrex 聚合物解决方案事业部的产品范围。

表 1 : Victrex 聚合物解决方案事业部产品组合

VICTREX® PEEK Polymers			
熔融粘度 — 聚合材料	90	150	450
未填充粗粉	90P	150P	450P
未填充细粉		150PF	450PF
		150XF	
		150UF10	
未填充颗粒	90G	150G / 150G903BLK	450G / 450G903BLK
玻纤填充材料	90GL30	150GL15	450GL15
	90GL60	150GL20	450GL20
		150GL30 / 150GL30BLK	450GL30 / 450GL30BLK
碳纤填充材料	90CA30	150CA30	450CA20
	90HMF20		450CA30
	90HMF40		450CA40
耐磨牌号材料		150FC30	450FC30
		150FW30	450FE20
VICTREX® HT™ Polymers		VICTREX® ST™ Polymers	
未填充粗粉	HT P22 / P45	ST P45	
未填充细粉	HT P22PF / P45PF		
未填充颗粒	HT G22 / G45	ST G45	
玻纤填充材料	HT 22GL30	ST 45GL30	
碳纤填充材料	HT 22CA30	ST 45CA30	
VICTREX® 特殊产品			
精细过滤颗粒	151G / 381G		满足极高纯度要求的未填充 VICTREX PEEK 聚合材料(纤维纺丝, 线缆)
高级耐磨牌号材料	VICTREX® WG™ Polymer WG101, WG102		在更高速度/负载应用中的性能表现优于标准耐磨牌号材料
抗静电材料	VICTREX® PEEK-ESD™ Polymer ESD101 and ESD201		满足特定电阻率范围

## 机械性能

Victrex 聚合物是公认的性能最好的热塑性聚合物，在宽广的温度和条件范围内可以保持非常稳定的机械性能。

### 拉伸性能

Victrex 聚合物的拉伸性能优于大多数的热塑性工程塑料。图 1 是 Victrex 未填充聚合物的拉伸性能比较曲线图，依据 ISO 527 测试标准对材料的拉伸性能进行评估。被测试的未填充牌号材料呈现了一定的延展性，屈服点伸长率约为 5%，拉伸强度超过 100MPa。

图 1：Victrex 未填充聚合物的典型拉伸应力应变曲线

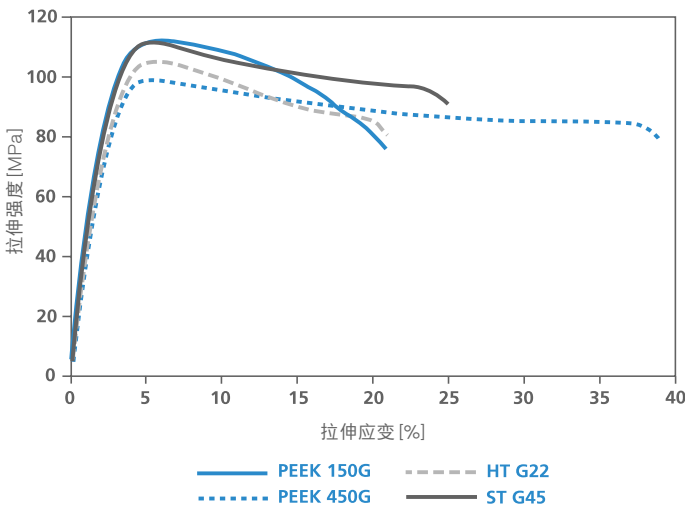


图 2 为一组 PEEK 共混材料的拉伸应力应变曲线，添加填充物能够增大材料的强度和刚度，另外经过填充的共混材料一般不表现出明显的屈服点，因此如果损坏会是脆性断裂。拉伸模量、拉伸强度和伸长率取决于填充物的种类和用量，因此差异很大。

图 2：PEEK 共混材料的典型拉伸应力应变曲线(对照 450G)

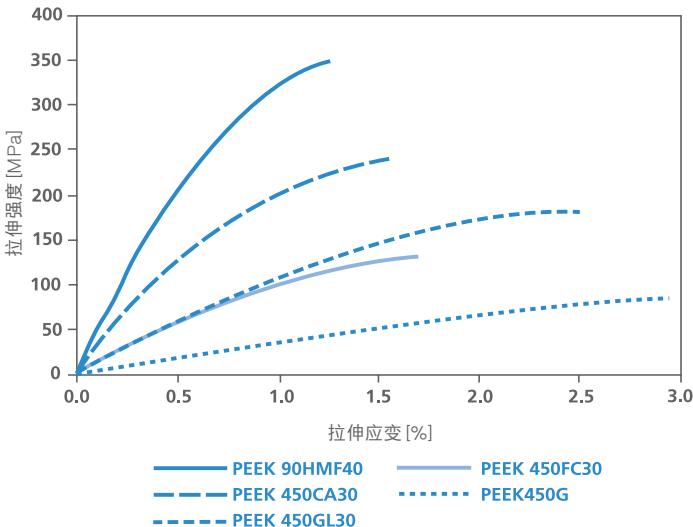
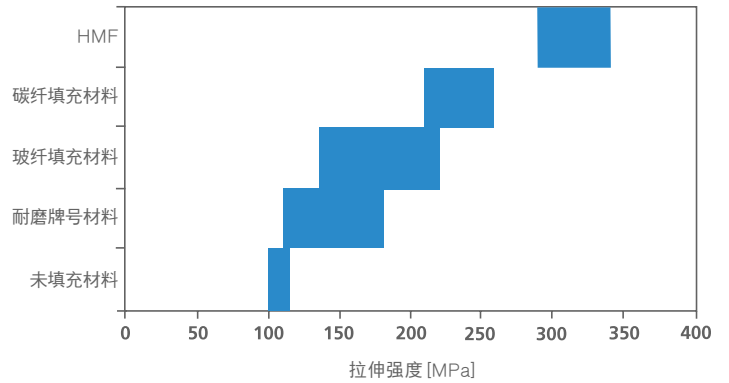


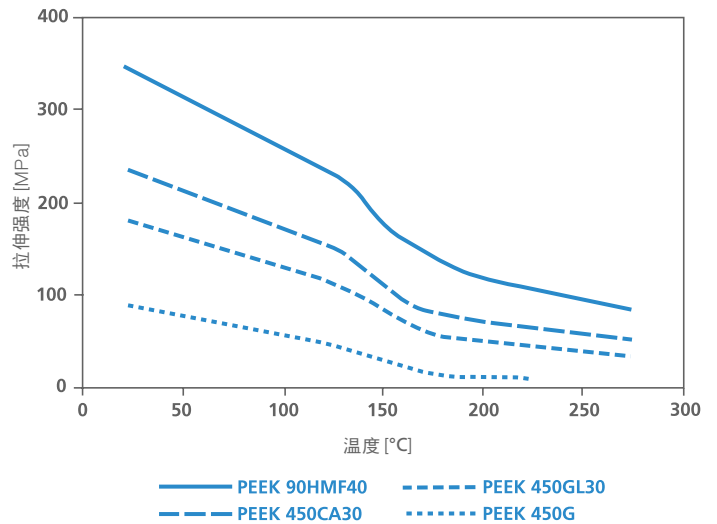
图 3 总结了未填充材料、玻璃纤维填充材料、碳纤维填充材料和耐磨牌号材料的拉伸强度变化范围。

图 3：Victrex 聚合物拉伸强度的变化范围



Victrex 聚合物适用于制造承受高温或在高温下连续使用的结构部件。图 4 为一组 Victrex 聚合物的拉伸强度随温度变化的曲线图，显示该材料在宽广的温度范围内可以保持非常稳定的机械性能。

图 4：各种 Victrex 聚合物的拉伸强度随温度变化曲线

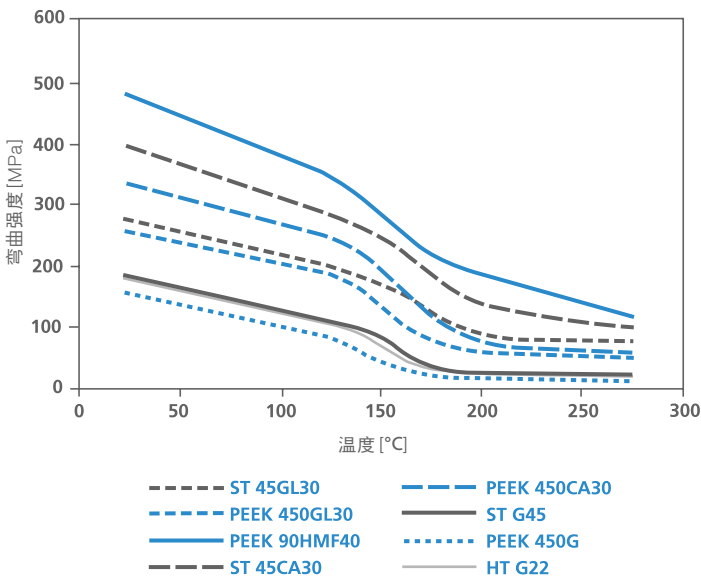


## 弯曲性能

在宽广的温度范围内，Victrex 聚合材料表现出卓越的弯曲性能。依据 ISO 178 测试标准对材料的弯曲强度进行评估，图5是弯曲强度随温度变化的结果。

所有 Victrex 半结晶结构聚合材料的弯曲强度都随温度而变化，并且在玻璃态转化的过程中发生显著的阶跃变化。即便如此，当温度高于玻璃态转化温度时，经过填充的聚合材料，弯曲强度数值超越了200MPa。通过对图中 PEEK、HT、ST 三种材料的对比可以发现，从 PEEK、HT 到 ST 的玻璃态转化温度是依次递增的，三种材料的弯曲强度稳定性也依次增强。

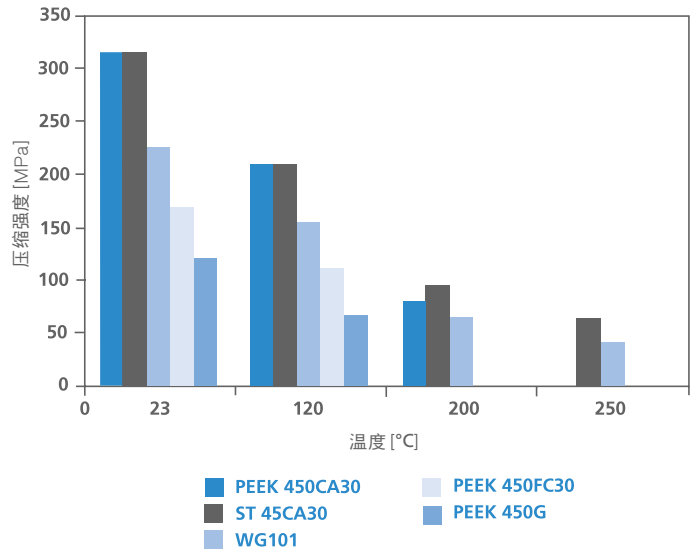
图 5：各种Victrex聚合材料的弯曲强度随温度变化的曲线



## 压缩性能

依据 ISO 604 测试标准，对材料在室温 23°C-250°C 温度范围内的压缩强度进行评估。图 6为一组 Victrex 聚合材料(主要是在磨损和极高压力条件下典型应用的牌号材料)的压缩强度随温度变化曲线图，以非填充 PEEK 450G 作为参照。

图 6：一组Victrex聚合材料的压缩强度随温度变化的曲线

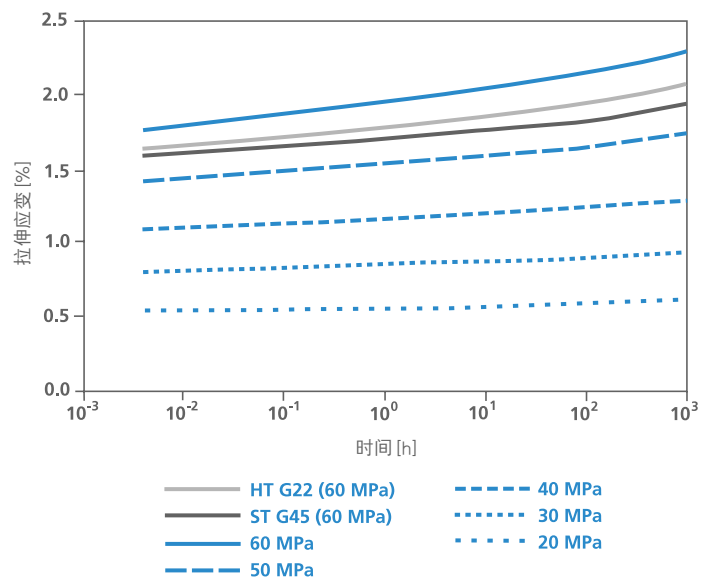


## 蠕变性能

Victrex 聚合材料具有出色的抗蠕变性能，可以在使用期间承受极大的应力，而随时间变化形变极小。蠕变的定义是在持续应力的作用下应变随时间的变化情况。依据 ISO 899 测试标准，对材料在 23°C 条件下 1000 作用小时的拉伸蠕变进行评估。

图 7 是 PEEK 450G 在 23°C 条件下 20MPa 至 60MPa 不同持续应力等级的拉伸蠕变结果。图中也对 HT 和 ST 两种材料在 60MPa 持续应力等级的拉伸蠕变情况进行了评估并加以比较。瞬时变形(短期蠕变应变)与拉伸测试得出的应力应变关系有关，因此作用力越大,蠕变曲线的起始伸长率也较高。在 60MPa 持续应力等级，HT 和 ST 呈现出略微小于 PEEK 450G 的蠕变情况。

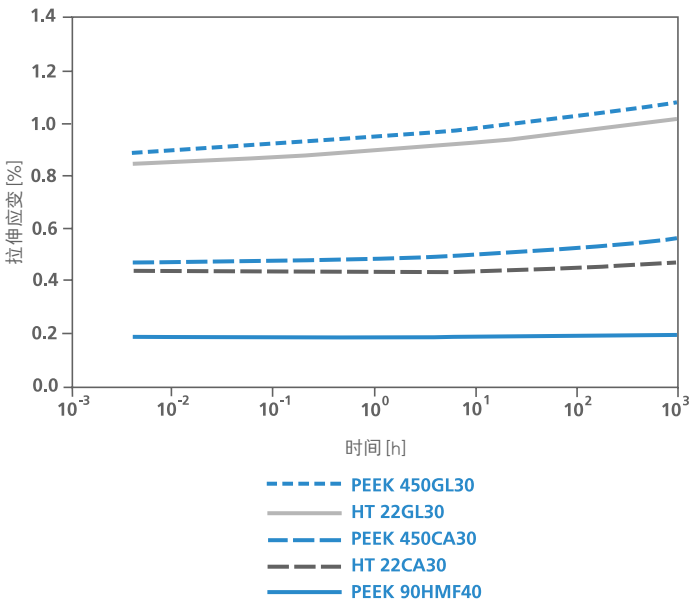
图 7：PEEK 450G、HT和ST聚合材料在23°C 时的拉伸蠕变曲线



为未填充聚合材料添加填充物能够提高材料的机械性能，如强度、刚度以及蠕变性能等，提高的幅度取决于填充物的种类和用量。图 8 为 23°C、90MPa 持续应力负荷条件下 PEEK 和 HT 共混材料的蠕变情况，显示出高强度和高刚度的特点。

PEEK 90HMF40 具有所有 Victrex 聚合材料中最高的强度和刚度特性，展现了出色的抗蠕变性能。在 90MPa 应力条件下，随着时间的变化，PEEK 450CA30 和 PEEK 450GL30 显示出比 PEEK 90HMF40 更容易检测到的蠕变情况。与基于 PEEK 的共混材料相反，HT 共混材料显示出略微改善的蠕变性能。

图 8：23°C、90MPa 持续应力条件下 PEEK 和 HT 共混材料的拉伸蠕变

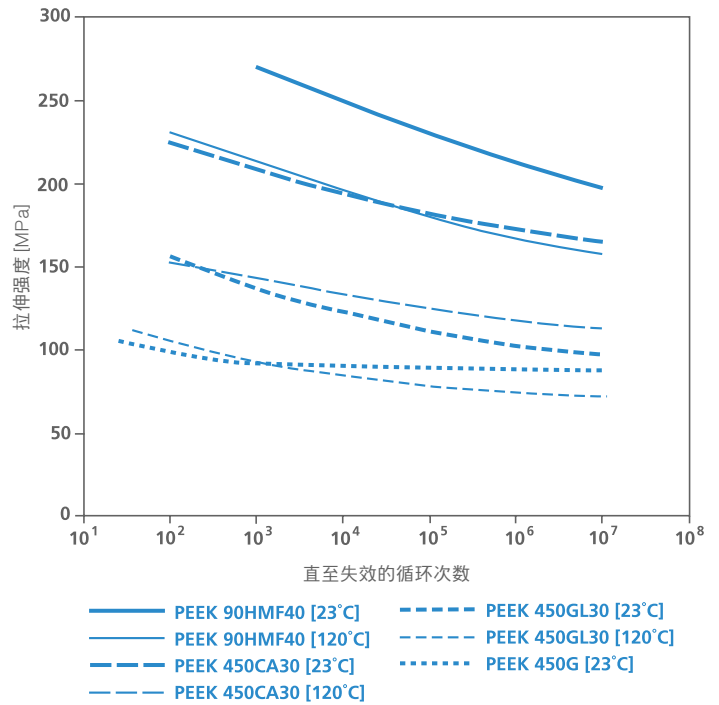


## 疲劳性能

疲劳可以定义为在持续循环负载下机械性能的减弱。采用 ISO 拉伸杆在 5Hz、正弦波的预定负载 10% 到 100% 的条件下施加应力，对拉伸疲劳进行评估。

图 9 显示了一组 Victrex 聚合材料在 23°C 和 120°C 条件下表现出的卓越疲劳性能。PEEK 450G 在 23°C 拉伸疲劳环境中表现出极少量衰减。为未填充 PEEK 聚合材料添加填充物能够显著提高疲劳应力等级。

图 9：在 5Hz、23°C 和 120°C 条件下一组 Victrex 聚合材料的拉伸疲劳情况



## 冲击性能

冲击测试旨在探究在特定冲击条件下的材料性能，并在测试条件允许的限制范围内估测材料的韧性。测试方法种类繁多，低能量测试可以使用钟摆几何法，而需要对失效进行评估的较高能量测试可以使用下落锤重力仪法。钟摆几何法可以参照 IZOD 测试 (ISO 180) 中采用的悬臂支持或参照 Charpy 测试 (ISO 179) 中采用的三点弯曲配置，两个测试中都运用了有缺口或无缺口冲击样条。

图 10 和图 11 展示了一组 Victrex 聚合材料沿边安装负载样品的 IZOD 和 Charpy 冲击强度，兼顾有缺口和无缺口冲击强度。未填充的 Victrex 聚合材料韧性极高，不会在 IZOD 和 Charpy 无缺口配置中断裂损坏。为 PEEK 添加填充物能够提高材料的有缺口韧性。

图 10：各种Victrex聚合材料在23°C时的IZOD冲击强度

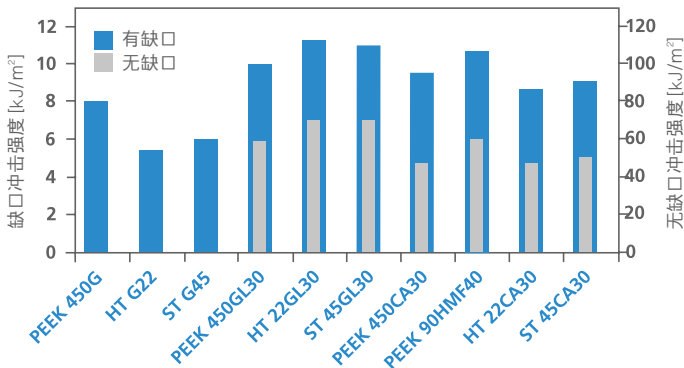


图 11：各种Victrex聚合材料在23°C时的Charpy冲击强度

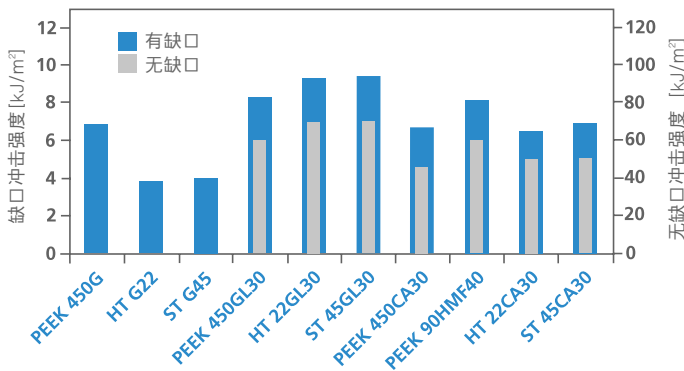
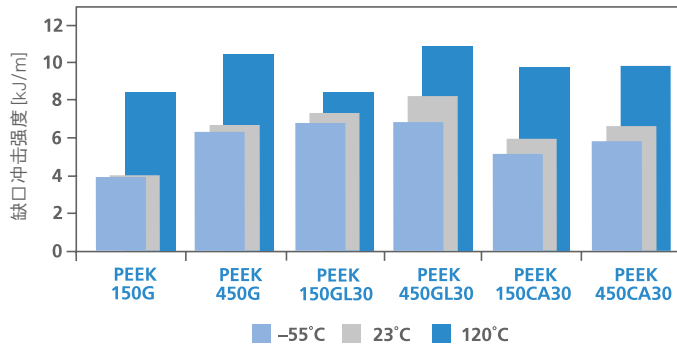


图12为一组Victrex聚合材料的冲击特性随温度变化的曲线图。随着温度从-55°C升高到120°C，材料的韧性逐渐增强。

图 12：各种Victrex聚合材料缺口Charpy冲击强度随温度变化的曲线

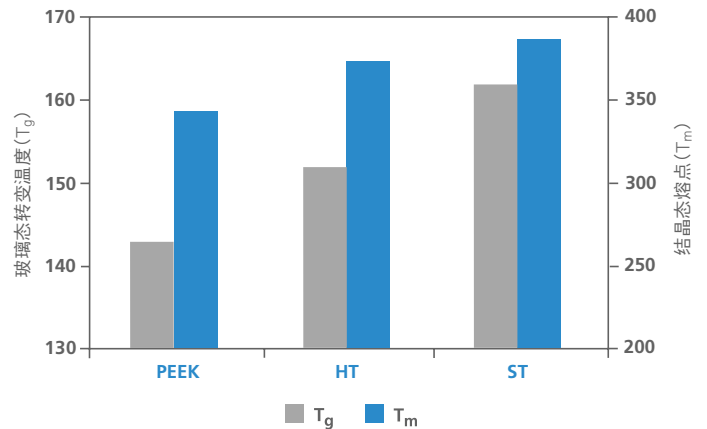


用 VICTREX® PEEK 聚合材料专门制成的飞机着陆齿轮罩，能够承受飞行碎片的冲击并在恶劣条件下保持卓越的耐候性能。

## 热性能

图13是 Victrex 聚合材料在如图所示范围内的玻璃态转化温度和结晶态熔点。由于这些材料是半结晶态材料，所以在熔点附近仍可保持良好的机械性能。

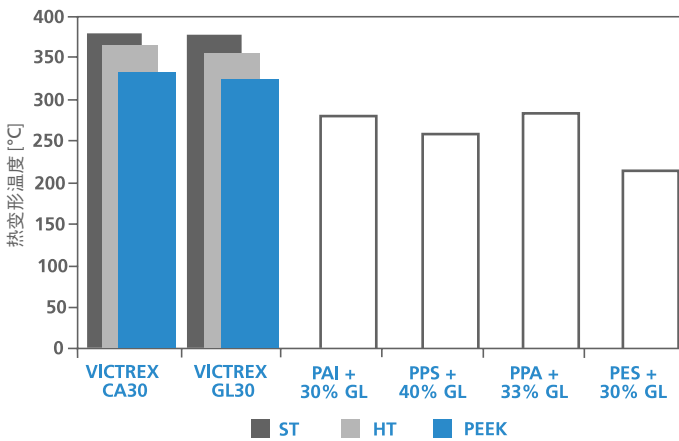
图 13：依据 DSC(ISO 11357)标准确定的 Victrex 聚合材料玻璃态转变温度(T<sub>g</sub>)和结晶态熔点(T<sub>m</sub>)



## 热变形温度

通过测定热变形温度 (ISO 75) 可以判断聚合材料的短期热性能。当达到热变形温度时，在恒定应力 (1.8MPa) 和恒速升温的作用下，样品发生一定变形。在高温条件下，Victrex 聚合材料能够保持卓越的刚度，其热变形温度也相应地高于其他高性能聚合材料。

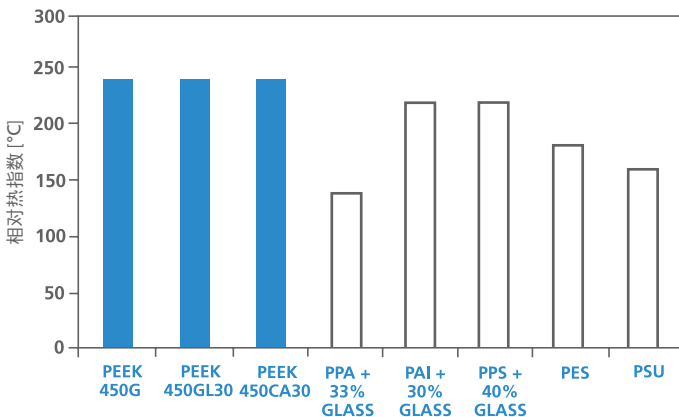
图 14：Victrex 聚合材料及其他高性能聚合材料的热变形温度 (恒定应力为1.8MPa)



## 相对热指数

聚合材料在高温下容易发生热降解。通过测量相对热指数 (由Underwriters Laboratories (UL746B) 定义) 可以评估这些效应。该测试判定在什么温度下，相比于某种已知相对热指数的控制材料 (相对热指数通常对应60,000到100,000小时的外推时间)，聚合材料的某一特定性能仍能保留 50%。图15列出与其他高性能聚合材料相比，Victrex 聚合材料的 UL 相对热指数等级。

图 15：一组高性能材料的相对热指数(机械不包括冲击)



## 热老化

未填充 PEEK 聚合材料在空气中不同的热老化温度下能出色地保持良好的机械性能，因此耐热老化性被确定为一项重要参数。图16和图17是热老化情况曲线图。图16中由于退火而不断增加结晶结构是造成初始阶段拉伸强度呈现增长态势的主要原因。其后的拉伸强度随时间的增长而降低则是由于发生了热降解情况。

图 16：高温条件下未填充PEEK聚合材料的保留拉伸强度保持随时间变化的曲线图

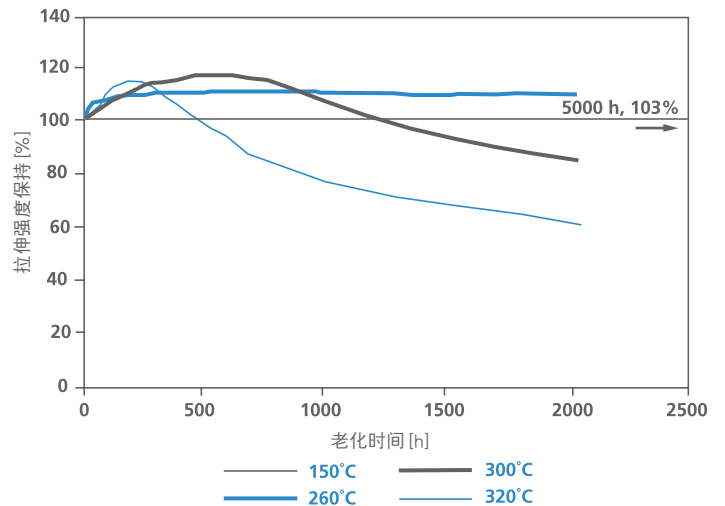
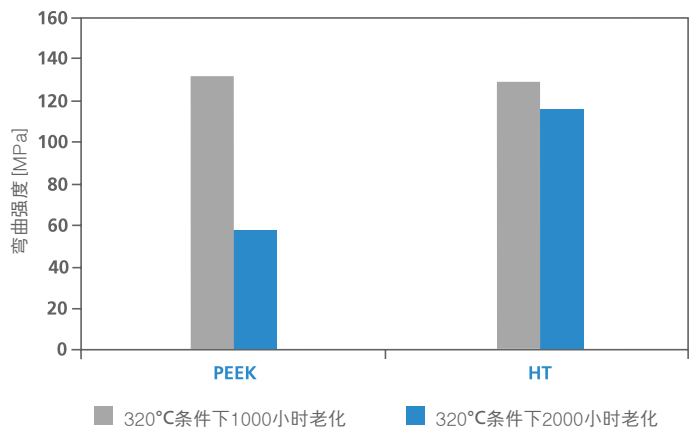


图 17：高温老化条件下未填充PEEK和HT聚合材料的保留弯曲强度随时间变化的图示





## 线性热膨胀系数

依据 ISO 11359 测试标准对线性热膨胀系数进行测量。研究了材料在三个坐标方向上的线性热膨胀系数，充分显示填充牌号材料的各向异性特点。图 18 表明了标准 PEEK 牌号材料的线性膨胀系数在流动方向上的变化及其在三个方向上的平均值。如 PEEK 450G 等未填充牌号材料几乎各向同性，在不同方向上的线性膨胀系数几乎没有差异。然而，玻璃纤维填充牌号材料和碳纤维填充牌号材料的线性热膨胀系数表现出各向异性的特点，即在流动方向上没有明显变化，而在垂直流动方向上变化显著。此外，随着温度逐渐升高至超过玻璃态转化温度，线性热膨胀系数增长显著，而共混材料中，这一变化尤其是在流动方向上的变化不太明显。

图 18：各种 Victrex 聚合材料在温度低于和高于玻璃态转化温度 ( $T_g$ ) 时线性热膨胀系数 (CLTE) 的图示

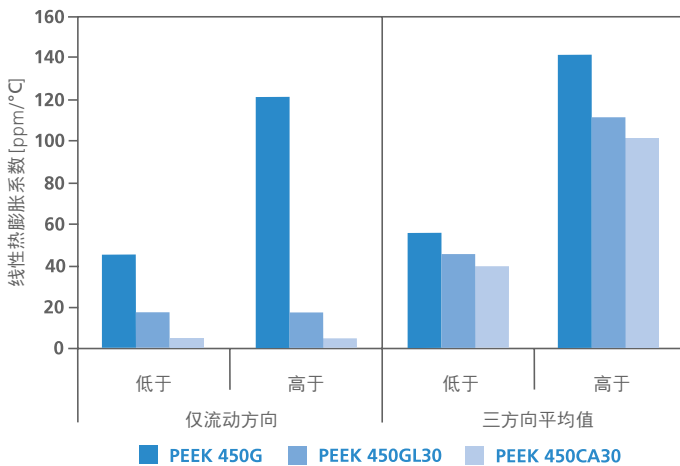
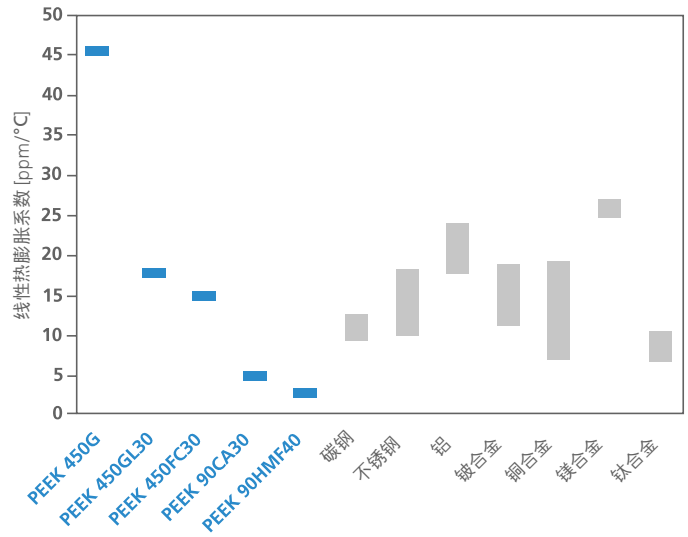


图 19 是在温度低于玻璃态转化温度 ( $T_g$ ) 时，Victrex 聚合材料和金属在流动方向上线性热膨胀系数的对比。

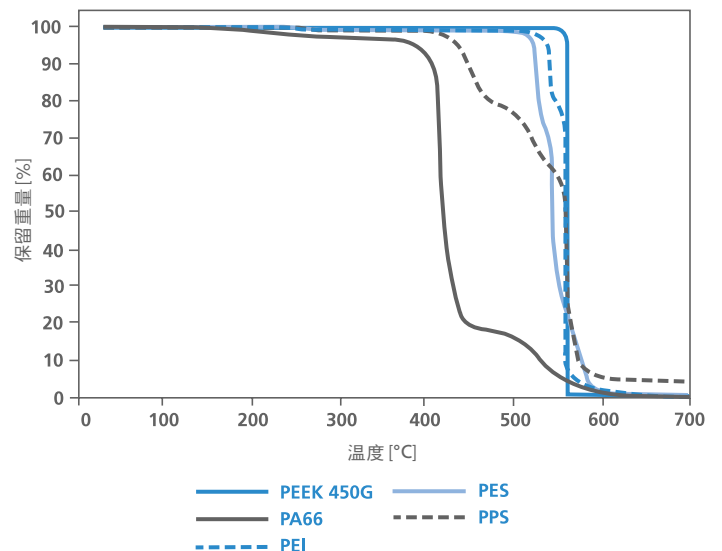
图 19：各种 Victrex 聚合材料的线性热膨胀系数 (CLTE) 与金属材料对比 (流动方向，温度低于玻璃态转化温度)



## 热稳定性

运用热重量分析法 (TGA) 证明 PEEK 在空气中的热稳定性。图 20 中 PEEK 450G 与其他高性能聚合材料曲线的对比表明，当温度升至高于  $550^{\circ}\text{C}$  时，开始发生降解，此前释气现象不明显。

图 20：运用热重量分析法 (TGA) 分析 PEEK 和其它高性能聚合材料的热稳定性

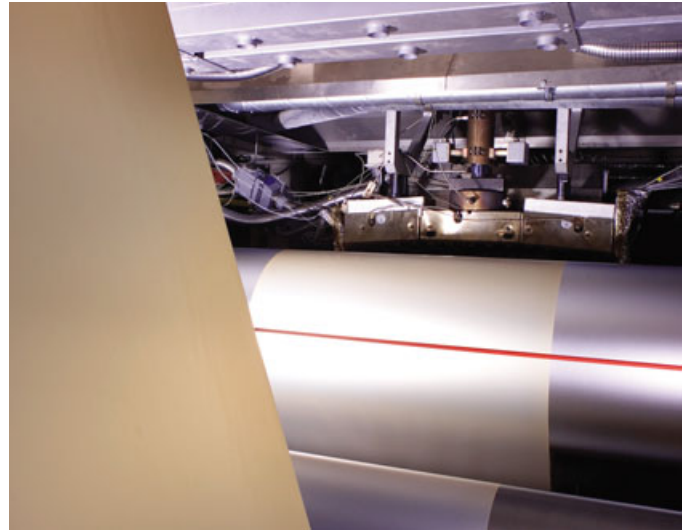


由于 VICTREX® PEEK 聚合材料具有高尺寸稳定性、低射频 (RF) 损耗和易于精密加工的特点，一项冷却套管应用采用了 VICTREX® PEEK 聚合材料设计一个全新的集成零部件。

## 流变性能

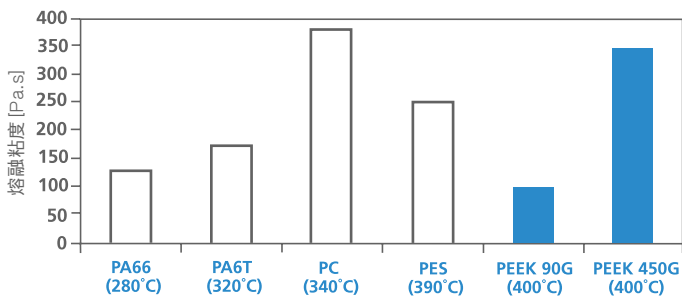
和大多数热塑性材料一样，Victrex聚合材料的熔融粘度随温度变化并表现出剪切稀化的特性。图21是一组高性能聚合材料在1000/s剪切率的条件下，熔融粘度对比曲线。虽然PEEK拥有最高的加工温度之一，但PEEK 450G的熔融粘度还在聚碳酸酯熔融粘度范围内。

熔融粘度取决于基体树脂、填充物种类以及填充物的用量比例。基于PEEK 450的共混材料，其粘度高于基于PEEK 150和PEEK 90的材料。如图22所示，向Victrex聚合材料添加玻璃纤维或碳纤维等填充物能够获得更高的熔融粘度。基于高流动性牌号PEEK 90G、填充物用量高达重量60%的共混材料，其熔融粘度很可能低于基于标准粘度PEEK 450G、30%填充的共混材料。图22中，基于耐磨牌号、填充物用量为重量30%的共混材料的熔融粘度与其他30%填充产品相差无几。



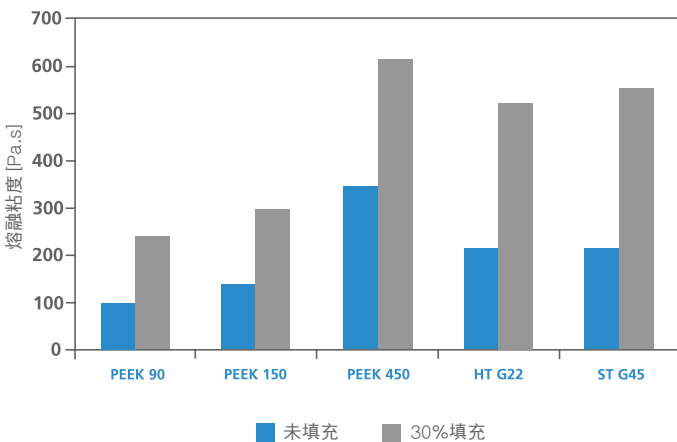
Victrex聚合材料的流变性能适用于标准的注塑成型技术和对熔融加工技术至关重要的工艺，如APTIV®薄膜挤压成型。

图 21：一组热塑性塑料在典型加工温度、1000/s剪切率条件下的熔融粘度



VICTREX® PEEK聚合材料替代钢，被用来制造医疗分散仪器中的高速转子和结构复杂的轴承壳。

图 22：各种Victrex聚合塑料的熔融粘度 (1000/s, 400°C(ST为420°C))



## 易燃性和燃烧性能

易燃性可以定义为材料维持燃烧的能力，易燃的材料就是易于点燃并能迅速燃烧起来的材料。

Victrex聚合材料具有固有的阻燃性，即使燃烧起来，与其它聚合材料相比只产生极少的有毒气体或腐蚀性气体。为其添加填充物(如玻璃纤维或碳纤维)可以进一步增强 Victrex 聚合材料固有的阻燃性。

### 点燃

灼热丝测试 (IEC 695-2-1) 能够评估材料的阻燃性和自动熄灭能力。未填充PEEK及其共混材料能够达到 GWFI 960°C 等级—960°C时点燃，在移除灼热丝后自动熄灭。

### 易燃性

测量塑料材料易燃性的公认标准为 UL94-V 垂直燃烧测试，评估塑料材料点燃后自动熄灭的能力—并非材料的阻燃性。未填充 PEEK 450G 能够达到 UL94-V0 等级 [1.5mm厚]。许多不同填充等级的玻璃纤维或碳纤维填充牌号材料能够达到 UL94-V0 等级 [0.5mm厚]。

### 烟雾浓度

塑料材料燃烧会产生烟雾，通常来自不完全燃烧。燃烧产生的烟雾会降低能见度，使得火灾逃生变得更加困难。Victrex 聚合材料的烟雾等级比航空易燃性标准规定的极限低95%以上(如Boeing BSS 7238标准)。

### 烟雾、毒性及腐蚀性

塑料燃烧会产生一系列有毒气体，如氰化氢(HCN)、含硫气体(SO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S)、含氮气体(NO、NO<sub>2</sub>)和一氧化碳(CO)。

这些气体能让逃生者失去行动力而无法逃离火灾现场，因此比火灾更致命。氟化氢(HF)和氯化氢(HCl)等腐蚀性气体会对敏感电子设备造成永久性损坏。

Victrex 聚合材料的燃烧产物主要是二氧化碳(CO<sub>2</sub>)和一氧化碳(CO)。产生的一氧化碳气体还不到航空毒性标准规定的极限数值的5%(如Boeing BSS 7239 标准和 Airbus ATS-1000 标准)。

通常根据对人体造成致命伤害的气体量来报告气体所具的毒性。表格2是美国国家标准局(NBS)烟雾实验室的测试结果，确认了唯一大量产生的有毒气体是一氧化碳。



具有阻燃性的 VICTREX® PEEK 聚合材料代替金属成为 P-Clamp 的制作材料，减轻重量并节省安装时间。

表2：美国国家标准局(NBS)烟雾实验室对燃烧产生气体毒性的测试

	无火焰测试 [ppm]		有火焰测试 [ppm]		最大允许浓度 [ppm]	
	90秒后	4分钟后	90秒后	4分钟后	90秒后	4分钟后
一氧化碳 (CO)	极微量	1	30	100	3000	3500
氯化氢 (HCl)	0	0	0	0	50	500
氰化氢 (HCN)	0	0	0	0	100	150
含硫气体 (H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> )	0	0	0	0	50	100
氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )	0	0	0.5	1	50	100
氟化氢 (HF)	0	0	0	0	50	50

## 电气性能

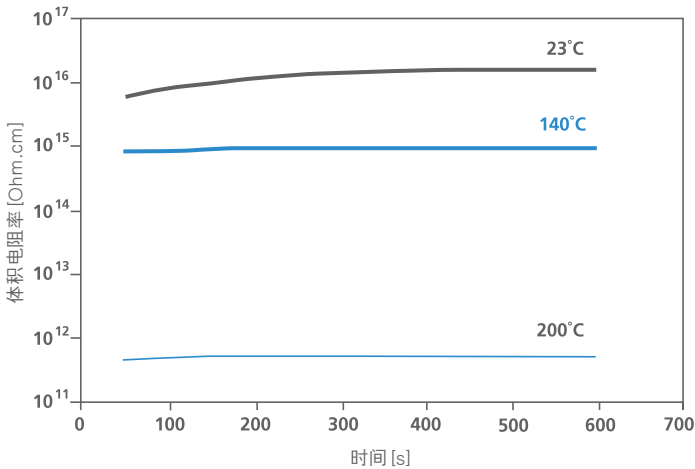
由于 Victrex 聚合材料具有出色的耐热性、耐候性和机械性能，故常用作电气绝缘体。

### 体积电阻率

材料的体积电阻定义为材料中平行于电流的电势差 [单位为伏特] 和电流密度 [单位为安培] 的比值。

对于所有的绝缘材料，电阻率随温度、湿度、零部件形状和时间的变化非常明显，必须根据工作环境在设计时加以考虑。图23所示的体积电阻率相对用电时间和温度的变化曲线，即反映了 PEEK 450G 的这种影响。在这些环境下，HT 显示出与 PEEK 450G 相似的体积电阻率特性。

图 23：在各种温度条件下 PEEK 450G 的体积电阻率随用电时间变化的曲线



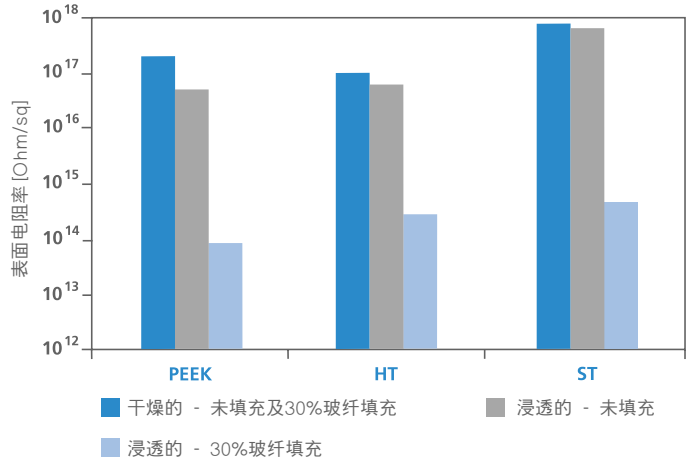
### 表面电阻率

材料的表面电阻定义为在样品表面成正方形几何形状的两个电极之间的电势差和两个电极之间电流的比值。

Victrex 聚合材料具有典型的高性能聚合材料的表面电阻率。

图 24 表明了依据 ESD S11.11 测试标准测试得出的 Victrex 聚合材料表面电阻率及湿度影响。在所有情况中，电阻率均随着湿度增加而减小。经填充的共混材料电阻率发生很大变化，但非填充 PEEK、HT 和 ST 仍是绝缘的。

图 24：吸水性对 Victrex 聚合材料表面电阻率的影响

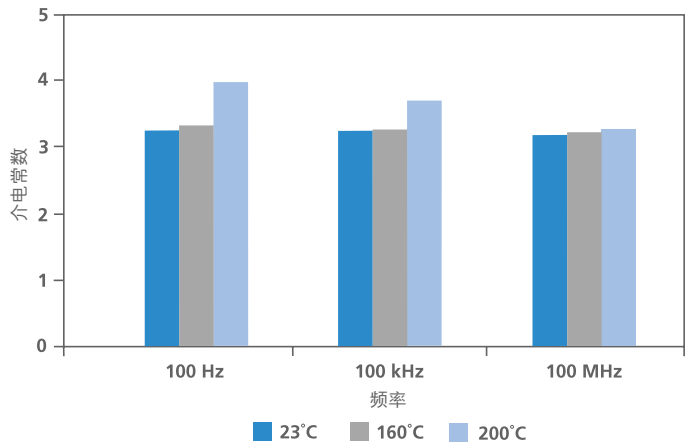


### 介电性能

介电常数(即相对介电常数)是材料的电容和真空中电容的比值。在聚合物材料中，介电常数是频率和温度的函数。

图 25 表示 PEEK 450G 在一定的温度和频率范围内的介电常数。

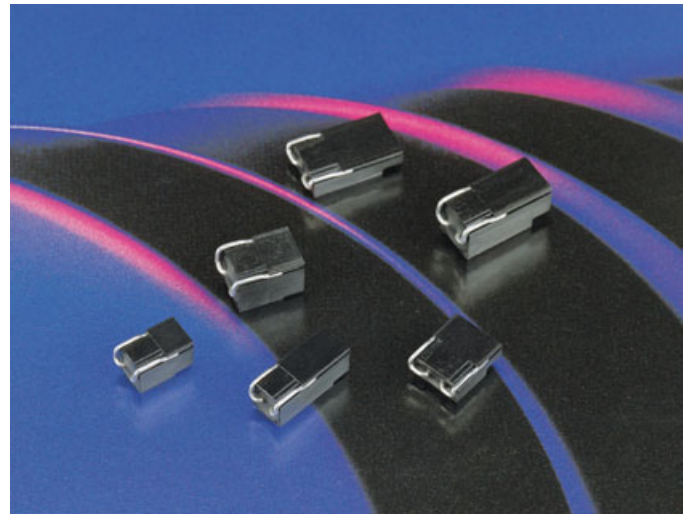
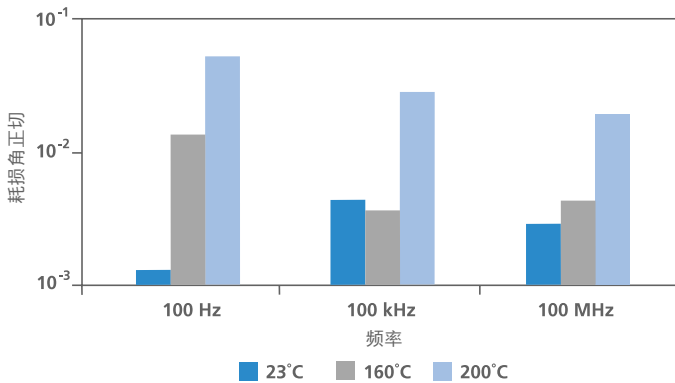
图 25：PEEK 450G在23°C至200°C温度范围内，100Hz至100MHz频率下的介电常数



耗损角正切(损耗因数)是由介电材料中的功率损耗和通过该介电材料的功率比值来表示。

图 26 表示 PEEK 450G 在一定温度和频率条件下的耗损角正切。图中的结果与其他高性能聚合材料不相上下。

图 26 : PEEK 450G在23°C至200°C温度范围内, 100Hz至100MHz频率下的耗损角正切

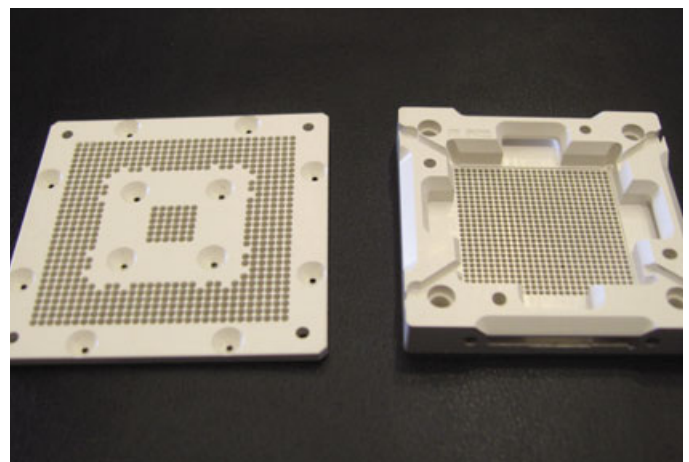
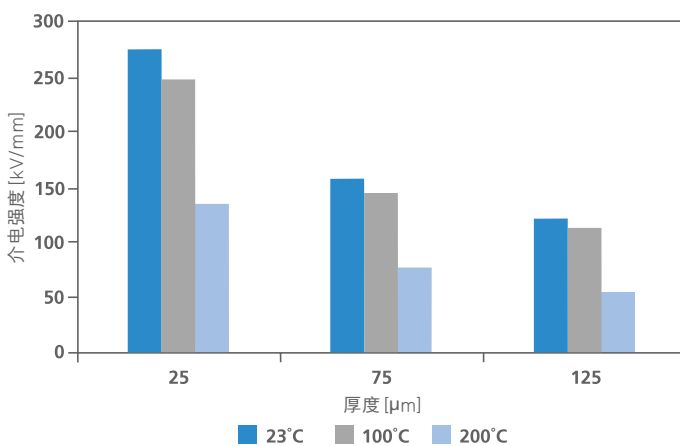


VICTREX® PEEK聚合材料被用于制作铝电解电容器的外壳, 满足了电子行业对无铅焊接的技术要求。

介电强度是指在材料中造成介电击穿必需的电压, 可用来测量绝缘体材料的电气强度。介电强度除了受材料种类的影响, 也受其他因素影响, 如样品厚度和温度等。

图 27 表示 PEEK 薄膜的介电强度随厚度和温度的变化。

图 27 : 结晶PEEK薄膜的厚度和温度对介电强度的影响

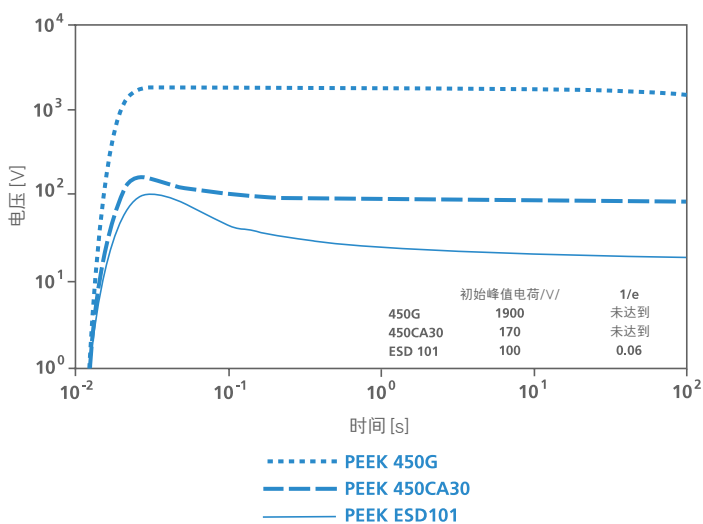


VICTREX® PEEK聚合材料利用良好的机械加工特性帮助后端测试原始设备制造商(OEM)提升产品性能, 制作出密间距,无瑕疵的极高品质产品, 并拥有卓越的电气特性, 经过多个周期仍能保持良好的介电特性。

## 静电衰减特性和损耗材料

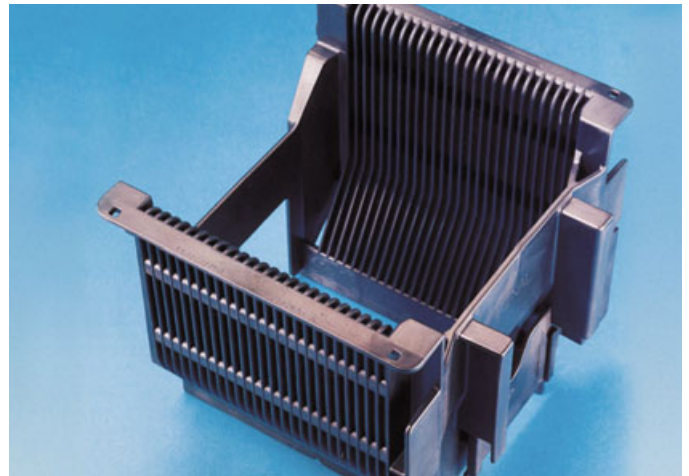
材料表面的静电保留和相应电势是电子应用中常常需要考虑的问题。图 28 表示出三种 Victrex 聚合材料在 9Kv 电晕放电环境下静电衰减随时间的变化情况。可以根据耦合到样品表面的初始电荷量及其耗散时间来判断材料是否适用于摩擦电环境。测试结果表明，PEEK 450G 容易产生静电并且耗散缓慢。PEEK ESD101 最不容易产生静电，还具有迅速耗散的优点。[1/e 是指初始峰值电荷衰减到初始值的 36.8% 时经过的时间，以秒计]。

图 28：PEEK 450G、450CA30 和 ESD101 的静电衰减特性



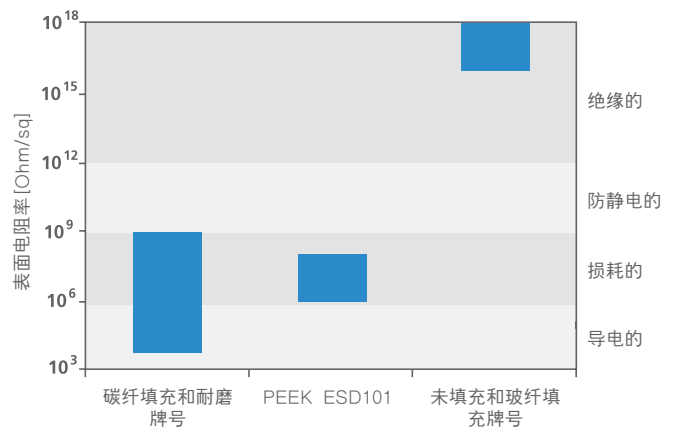
从电阻率方面来说，PEEK ESD101 具有耗散特性。在表面电阻率  $10^6$  到  $10^9$  这个重要抗静电区域里，PEEK ESD101 能够严格控制其表面电阻。

图 29 表明，其它的 Victrex 聚合材料不能严格控制表面电阻率，或具有绝缘特性，如未填充和玻璃纤维填充材料，或在导电和耗散区域表现出变化范围很宽的表面电阻，如碳纤维填充材料。



采用 VICTREX® PEEK-ESD™ 聚合材料制作的晶圆卡匣能够控制静电电荷的耗散，保护晶圆免受损害，并通过减少和防止静电积聚保护晶圆免受由于静电吸引而造成的污染。

图 29：Victrex 聚合塑料的电阻率



采用 VICTREX® PEEK 聚合材料制造的连接器和传感器在宽广的温度和频率范围具有卓越的介电性能。加上优异的尺寸稳定性使其应用于在无铅焊接过程中，具有耐磨损特性并且符合 RoHS 标准。

## 摩擦性能 (摩擦学)

摩擦学是一门研究接触的表面在外力作用下作相对运动时的交互作用，包括相关设计、摩擦、磨损与润滑的工程技术分支。

威格斯材料凭借在高压、高速度工况下的出色耐磨性能，广泛应用于制造摩擦部件。

### 摩擦力和磨损性能

磨损是指接触表面作相对运动时物质的逐步损耗。由于表面疲劳磨损、磨料磨损和粘着磨损等一系列不同过程，磨损可能让表面变得更加光滑或者粗糙。磨损率越低，在那特定的磨损情况下的耐磨性能就越好。磨损率表示特定磨损环境中表面厚度的减少速率，但常称为特定磨损率或磨损系数[磨损率/(压力x速率)]。

磨损率受测试条件(压力和速率)影响，因此必须弄清磨损系数测量是高速/低压测试还是低速/高压测试。

摩擦是指阻止两个物体表面发生相对滑动的现象。它属于无量纲属性( $\mu$ )，会随速率、压力、温度、润滑、接触表面的糙度和性质而变化。

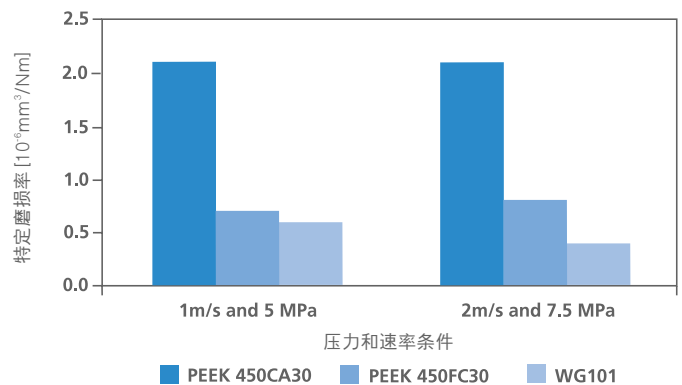
摩擦生热会使部件温度升高，尤其是在系统散热能力有限的情况下。随着温度上升超过 $T_g$ ，给定材料的磨损率也会随之增加(材料变得更软)。

### 环块磨损试验

环块磨损试验(ASTM G137)测量聚合材料在无润滑滑动条件下的耐磨性能。这种方案更适合于测量高速高载荷下的稳态磨损率，而使用ASTM D3702推力垫圈方案会引起过热(熔化引起提前失效)。虽然测试方案各异，但两种方法在耐磨性评级方面非常具有对比性。

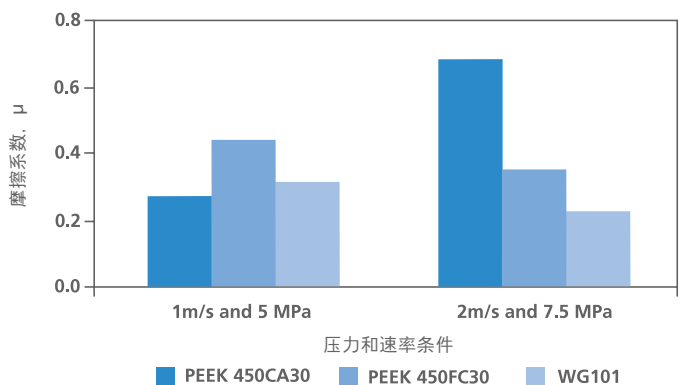
在5-15 MPa.m/s的压力和速率乘积范围内，一系列威格斯材料的环块磨损试验结果表明，相比对照 PEEK 450CA30，耐磨牌号材料具有明显更低的磨损率，详见图30。

图 30：环块磨损试验测得的各种Victrex材料的特定磨损率



摩擦系数在低速低压条件下略有不同。共混材料润滑后的摩擦系数在高速高压条件下减少，而未润滑的 PEEK 450CA30 则呈增加趋势，如图31所示。

图 31：环块磨损试验测得的各种Victrex材料的摩擦系数



## 推力垫圈

ASTM D3702 推力垫圈测试法(自润滑摩擦接触中的材料磨损率和摩擦系数)在汽车行业广泛用于聚合材料的比较和评级。

在速率 1-4m/s 和压力 0.35-0.65MPa(PV 值为 0.35-2.6MPa.m/s)下进行的测试显示各种威格斯材料配方对耐磨性能的影响, 详见图 32。

碳纤维材料(CA 和HMF代码)的磨损率低于玻璃纤维填充牌号材料(GL代码)。含耐磨添加剂的材料(FC、FW 和 WG 代码)在这些测试条件下展现出最低的磨损率。

图 32 : 推力垫圈测试法获得的各种威格斯材料在低PV值下的平均磨损率

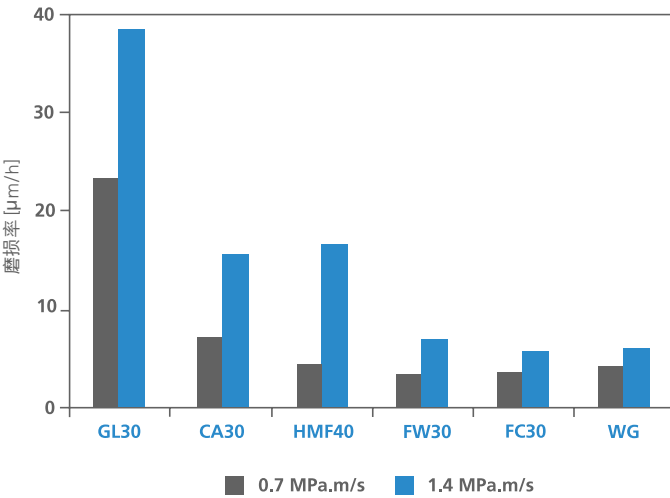
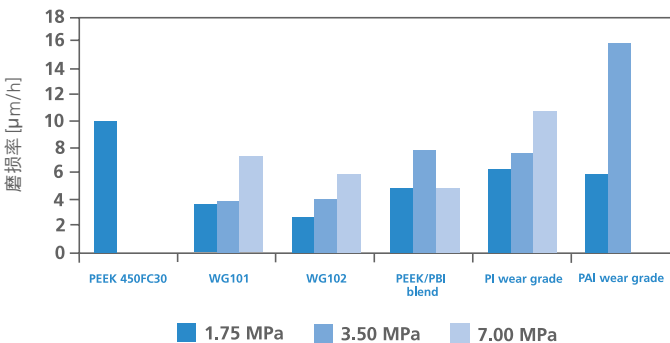


图 33 显示威格斯聚合材料在苛刻摩擦环境下和其他高性能聚合材料在 ASTM D3702 测试中在高达 6m/s 速率下进行测试直至毁坏的磨损结果。这些结果表明威格斯耐磨聚合材料的磨损性能超过其它高性能材料。

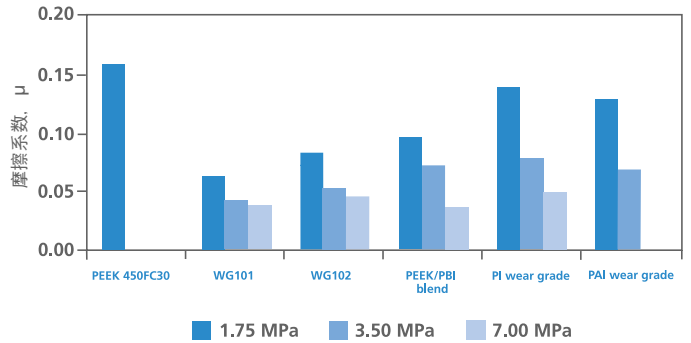
图 33 : 在1m/s测试速率下用推力垫圈测试法测得的各种威格斯材料和其它高性能材料的磨损率对比



\*VICTREX PEEK 450FC30 无法承受 1.75MPa 的测试条件。PAI 耐磨牌号材料无法承受 3.5MPa 的测试条件

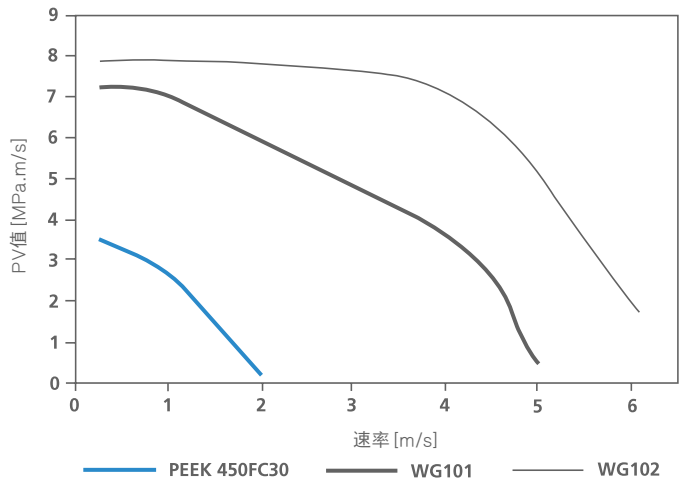
图 34 显示威格斯耐磨聚合材料的摩擦系数低于其它高性能材料。注意, 摩擦系数比前述环块法(ASTM G137)测得的数据高出四倍。

图 34 : 在1m/s测试速率下用推力垫圈测试法测得的各种 Victrex材料和其它高性能材料的摩擦系数对比



根据 ASTM D3702 测试, 威格斯耐磨共混材料的应用窗口如图 35 所示。WG101 和 WG102 可用于速率和 PV 值远高于 450FC30 的场合。WG102 在最高测试速率下的性能最为优异。

图 35 : Victrex耐磨牌号材料的应用窗口





## 极限压力和速率

在摩擦敏感应用中的材料常根据其极限 PV ( $L_{pv}$ ) 进行评级。

$L_{pv}$  是指材料在展现过度磨损、界面熔化或因严重刮伤引起裂纹增多之前可以承受的最高压力和速率的乘积。

在临界摩擦的作用下，材料可能经历压力或速率引发的失效。

样品载荷不断增加至样品在表面粗糙消除处发生疲劳破裂增长时，产生压力引发的失效。当相对运动使得表面相接处的材料产生的热功足以造成毁灭性的高磨损率时，发生速率引发的失效。

汽车磨损测试场景包括速率相对较低的高载荷情况(如推力垫圈)以及载荷相对较低的高速率情况(如动态密封件)。PV 条件相同的情况下，推力垫圈相比动态密封件，可以承受更高载荷，但转速较慢。

利用修改后的 ASTM D3702 推力垫圈几何法进行测试，获得低速/高载荷和高速/低载荷下的  $L_{pv}$  数据。

低速/高载荷时，所有被测材料都承受住了超过 20MPa 载荷和 0.7m/s 速率的考验。优质耐磨牌号材料(WG101 和 WG102)展现出明显低于标准威格斯耐磨材料(150FW30 和 450FC30)的摩擦系数和接触面温度。

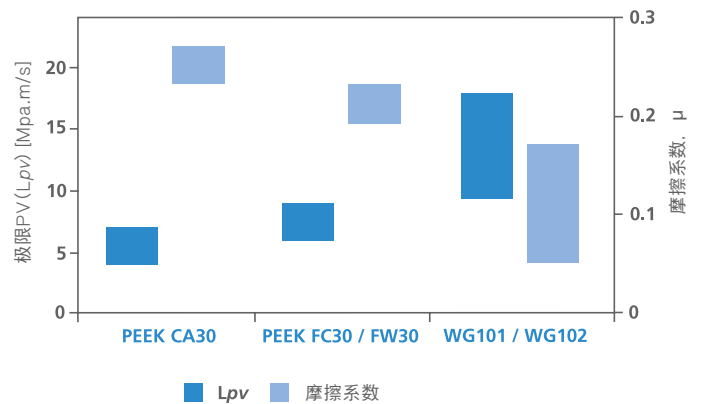
高速/低载荷时，这些化合物显示出三种不同的性能类别(评级和图 30 和 31 的 ASTM G137 环块磨损试验相同)，参见图 36。配合面温度超过  $\sim 300^{\circ}\text{C}$  时，所有样品均失效。

不带耐磨添加剂(450CA30 和 HT 22CA30)的碳纤维强化材料摩擦系数高( $\sim 0.25$ )、 $L_{pv}$  低(低于 7MPa.m/s)。

标准耐磨牌号材料(150FW30 和 450FC30)摩擦系数低( $\sim 0.20$ )， $L_{pv}$  高(6-9MPa.m/s)。

优质耐磨牌号材料(WG101、WG102)摩擦系数要低得多(0.05-0.15)，而  $L_{pv}$  大大提高(10-18MPa.m/s)。此测试中，WG102 能够承受超过最高载荷/速率组合的条件。

图 36 : Victrex 材料在高速、低负载条件下的  $L_{pv}$  和摩擦系数



VICTREX® PEEK 聚合材料取代平衡轴齿轮设计中的铁，令其更加耐用、可靠、高效。



VICTREX® HT™ 聚合材料在打印机指叉中替代用含氟聚合物喷涂的金属，无需二次处理，即可在摩擦环境中获得出色的耐高温性能。



由于可以承受灭菌流程的高温以及出色的耐磨损性能，VICTREX® PEEK 聚合材料可以取代饮料装瓶机中的不锈钢阀门及外罩。

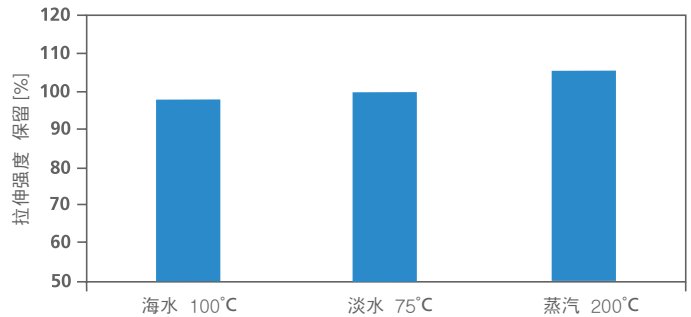
## 耐环境性能

Victrex 聚合材料具有非常出色的对各种环境耐受能力，即使在高温下也丝毫不受影响。这意味着它们制成的部件可以用于高侵蚀性环境，例如油气井下应用或者需要反复蒸汽灭菌的部件等。

## 耐水解性

Victrex 高性能聚合材料不会因长期浸泡在淡水、海水或蒸汽中而受损，因此是医疗部件、海底设备和阀门部件等应用的理想之选。

图37：在14 bar压力下PEEK材料，在75°C淡水、100°C海水和200°C蒸汽中的拉伸强度保留与浸泡时间的函数关系



VICTREX® PEEK 聚合材料在油气行业，可以用作生产耐磨管路的高性能内衬，充分发挥了 PEEK 材料出色的耐化学腐蚀性和抗气体渗透性。

## 抗气体液体渗透性能

PEEK 材料可以有效阻止液体和气体渗透。液体与气体在 PEEK 聚合材料中的溶解度、扩散性和渗透性远低于其它常用聚合材料。虽然温度越高，聚合物链的运动越剧烈，但即使温度增高，气体溶解度仍然几乎保持不变，而且渗透参数在超过玻化温度时也很少发生变化。此外，高压的影响很低：例如，压力增加 100 倍，渗透率只增加 10 倍。各种液体和气体在 PEEK 中溶解度低，加上自身的高模量，肯定不会受快速气体解压的影响。

表 3：各种常见气体在100µm结晶PEEK薄膜中渗透率

气体	渗透率 cm <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup>
二氧化碳	420
氦气	1600
氢气	1400
甲烷	8
氮气	15
氧气	76
水蒸气	4

通过对硫化氢(H<sub>2</sub>S)等气体在PEEK管道中的渗透率进行广泛研究，发现PEEK材料相比其它高性能聚合材料，具有优异的阻隔性，如表4所示。

表 4：PEEK和其它高性能聚合材料的渗透率比较

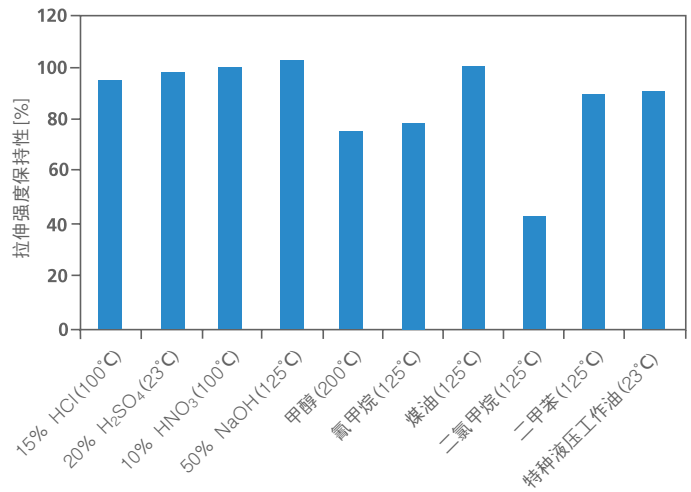
材料	温度 (°C)	渗透系数Q (cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> atm <sup>-1</sup> )	扩散系数D (cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )
PEEK	155	6.2 x 10 <sup>-9</sup>	6.5 x 10 <sup>-8</sup>
PEEK	110	1.2 x 10 <sup>-9</sup>	1.3 x 10 <sup>-8</sup>
PVDF	100	1.3 x 10 <sup>-6</sup>	无
PA 11	100	6.6 x 10 <sup>-7</sup>	0.8 x 10 <sup>-6</sup>

### 耐化学腐蚀性能

VICTREX PEEK 公认可在较宽的温度范围内保持对各种化学品的极佳耐受性，保持出色的机械性能，一般很少膨胀或褪色。作为这种广泛耐化学性的佐证，图 38 显示了 PEEK 450G 聚合材料在各种温度的不同化学品中浸泡 28 天后的拉伸强度保持性能。

最新耐化学腐蚀性能列表可从我们的网站 [www.victrex.com](http://www.victrex.com) 下载。

图38：PEEK 450G 聚合材料在不同化学品中浸泡四周之后的拉伸强度保持性能



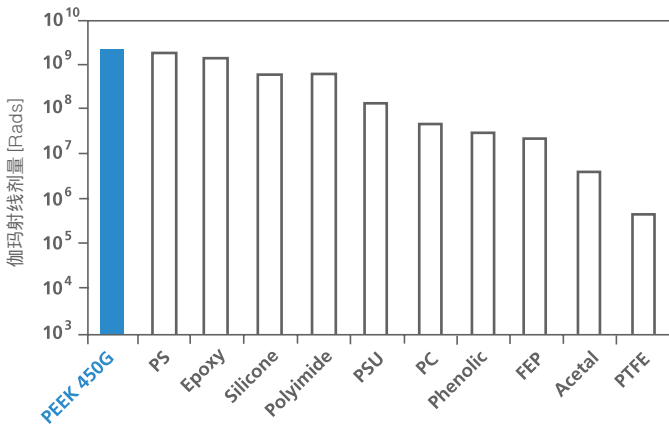
VICTREX® PEEK聚合材料在 PEEK-SEP 专利薄膜技术中用于天然气纯化、VOC 清除以及在苛刻分离应用中腐蚀性溶剂的过滤。

## 抗辐射性能

暴露于电磁或粒子电离辐射的热塑性材料可能变脆。

由于威格斯材料能量稳定的化学结构，部件可在高剂量电离辐射下正常工作或反复灭菌。图39显示了PEEK 450G和其它高性能聚合材料的柱形图比较，图中记录了可使材料弯曲性能出现可见的轻微减弱的辐射剂量。这些数据表明，威格斯材料耐辐射性能超过其它高性能聚合材料。

图 39：材料弯曲性能轻微退化时的氧化伽玛射线剂量



VICTREX® PEEK 聚合材料尺寸稳定性好、纯度高，可用于前开式晶圆盒（FOUP）硅晶技术中的晶圆接触部件。

## 释气特性

威格斯材料固有纯度高，而且低分子量挥发性有机物含量超低。表5显示的是根据 ASTM E595 测试的相关数据。威格斯材料在  $5 \times 10^{-5}$  Torr 真空环境内加热至 125°C 并保持 24 小时。所有测量值均以测试样品重量的百分比表示。

ASTM E595 规定 TML 的容许最大限制值为 1.0%，CVCM 的最大限制值为 0.1%。

表 5：各种 Victrex 材料的释气特性

PEEK	%TML	%CVCM	%WVR
450G	0.26	0.00	0.12
450GL30	0.20	0.00	0.08
450CA30	0.33	0.00	0.12

**TML** – 总体质量损失，表示测试样品在特定温度下持续一段时间之后释放之气体的总质量。

**CVCM** – 收集挥发冷凝材料，表示测试样品在一定时间和时间内所冷凝和收集的测试样品释出物质的数量。

**WVR** – 水蒸气恢复 - 表示测试样品在 23°C 和 50% 的相对湿度下经过 24 小时处理之后，恢复的水分质量。

## 认证和规范

威格斯材料广泛用于各种应用场合，包括航天航空(民用和国防)、汽车、船舶、工业和能源(化石燃料和可再生能源)。对于这些行业而言，为确保成品符合最终用户的自身标准或国际标准，必须获得最终用户认证。这些材料的技术规格完全符合不同行业领军企业(例如空客、波音、戴姆勒-克莱斯勒、博世和美国军方)的规范。表6概述了威格斯材料获得的一些重要全球认证。

表6：威格斯材料的全球认证概述

### 水接触

WRAS-(BS 6920)	VICTREX PEEK 450G、450GL30、450CA30 和 450FC30 满足 WRAS(英国水务中心认证)标准 — BS 6920 标准是有关水接触非金属材料以及民用冷水和 85°C 以下热水管道的水管配件制造材料的水质影响的规定。
DVGW-(W270)	VICTREX PEEK — 未增强、GL30、CA30和 FC30 满足 DVGW(德国水气工业协会)有关与饮用水接触型材料测试与评估的 W270 微生物增强标准。

### 食品接触

2002/72/EC	VICTREX PEEK — 未填充、未填充黑色 903、GLxx、GLxx Blk 和 VICTREX HT - 未填充材料符合欧盟委员会指令的规定 (2002/72/EC) 以及截止到 975/2009 的后续修正案，包括规范(EC)第 1935/2004 号指令，不论是其有关食品接触材料和物品的相应版本(注：“xx”表示填料添加水平)。
FDA 21 CFR 177.2415	VICTREX PEEK — 未填充、未填充黑色 903、GLxx、GLxx Blk、CAxx、FE20、FW30 和 VICTREX HT — 未填充材料符合美国食品和药品管理局(FDA)食品接触型塑料制品规范 FDA 21 CFR 177.2415 的成分规定。
多用途塑料 3A卫生标准	VICTREX PEEK 未填充材料(基于 90、150、380 和 450 粘度的所有牌号材料)、APTIV 1000 和 2000 系列挤压成型薄膜以及 VICOTE 700 系列研磨粉末材料。

### 易燃性

UL94	VICTREX PAEK 聚合材料和共混材料符合 UL (Underwriters Laboratory) 易燃性标准 94-V 的一般要求。具体牌号材料的详情可向威格斯公司索取或登录 UL 网站查询编号为 QMFZ2.E161131 的文件。
------	--

### 一般认证

ISO 9001:2008	威格斯制造有限公司有关高性能聚酮材料的设计、制造和销售的管理系统已通过 ISO 9001:2008 的评估与认证。
REACH	威格斯聚合物材料无需进行 REACH 登记注册。制造聚合物材料采用的单体已根据 REACH 的规定预先登记注册。特此证明，威格斯产品不含任何含量超过 0.1%w/w 的高度关注物质(SVHC)。我们的政策历来是对所有新增和现有供应商进行严格监控，确保我们不会提供任何高度关注物质含量超过 0.1%w/w 的材料。
RoHS	VICTREX PEEK、VICTREX HT、VICTREX ST 及其共混材料符合欧盟委员会指令 2002/95/EC(2003年1月27日)有关 RoHS(电气电子设备中某些危险物质的使用限制)的规定。
ELV	VICTREX PEEK、VICTREX HT、VICTREX ST 及其共混材料符合欧盟委员会指令 2000/53/EC 有关 ELVi(报废车辆)的规定，涉及车辆和报废车辆，及其部件和材料。
WEEE	威格斯材料，依据 RoHS 指令，同样符合欧盟委员会指令 2002/96/EC 有关 WEEE(废旧电子电气设备)的规定。
FM 4910认证	VICTREX PEEK — 未填充材料符合美国国家超净室材料易燃性测试规程标准 ANSI/FM 4910 的规定。FM 4910 旨在满足半导体行业对防火材料的需求。
MITI认证	VICTREX PEEK 材料已获日本贸易工业部(MITI)认证。
环境政策	威格斯的环境政策根据英国环境署审核签发的运营许可证(编号BU5640IA)实施。我们同时配备内部环境管理系统，这部分已在 ISO 9001:2008 管理体系认证中通过审核。

威格斯聚合物解决方案事业部不断探索PAEK产品的应用领域，从而不断加大我们产品获得的认证与规范。

请联系当地的威格斯办事处或通过我们的网站[www.victrex.com](http://www.victrex.com)进行查询。

# 供选材料

	条件	测试方式	单位	未填充			
				PEEK 90G	PEEK 150/151G	PEEK 381G	PEEK 450G
<b>机械性能</b>							
拉伸强度	屈服, 23°C	ISO 527	MPa	110	110	100	100
	断裂, 23°C						
	断裂, 125°C						
	断裂, 175°C						
	断裂, 275°C						
拉伸伸长率	23°C	ISO 527	%	15	25	40	45
拉伸模量	23°C	ISO 527	GPa	3.7	3.7	3.7	3.7
弯曲强度	23°C	ISO 178	MPa	180	175	170	165
	125°C			95	90	90	85
	175°C			20	19	18	18
	275°C			14	13	13	13
弯曲模量	23°C	ISO 178	GPa	4.3	4.3	4.2	4.1
压缩强度	23°C	ISO 604	MPa	120	120	120	120
	120°C			70	70	70	70
	200°C						
	250°C						
Charpy 冲击强度	缺口, 23°C	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	4.0	4.0	6.0	7.0
	无缺口, 23°C	ISO 179/1U		无断裂	无断裂	无断裂	无断裂
IZOD 冲击强度	缺口, 23°C	ISO 180/A	kJ/m <sup>2</sup>	4.5	5.0	6.5	7.5
	无缺口, 23°C	ISO 180/U		无断裂	无断裂	无断裂	无断裂
<b>热性能</b>							
熔点		ISO 3146	°C	343	343	343	343
玻璃态转变温度(T <sub>g</sub> )	起始温度	ISO 3146	°C	143	143	143	143
热膨胀系数	低于T <sub>g</sub> 沿着流动方向	ISO 11359	ppm/°C	45	45	45	45
	低于T <sub>g</sub> 平均值			55	55	55	55
	高于T <sub>g</sub> 沿着流动方向			120	120	120	120
	高于T <sub>g</sub> 平均值			140	140	140	140
热变形温度	1.8MPa	ISO 75A-f	°C	156	156	152	152
热传导率	23°C	ASTM C177	W/m°C	0.29	0.29	0.29	0.29
相对热指数	电气的	UL 746B	°C		260	260	260
	机械(无冲击)				240	240	240
	机械(带冲击)				180	180	180
<b>流动特性</b>							
熔融粘度	400°C	ISO 11443	Pa.s	90	130	300	350
	420°C						
<b>其他性能</b>							
密度	23°C	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	1.30	1.30	1.30	1.30
<b>电气性能</b>							
介电强度	2.5mm 厚度	IEC 60243-1	kV/mm	16	16	16	16
相对起痕指数(CTI)	23°C	IEC 60112	V	150	150	150	150
损耗角正切	23°C, 1MHz	IEC 60250	n/a	0.003	0.003	0.003	0.003
介电常数	23°C, 1kHz	IEC 60250	n/a	3.3	3.3	3.2	2.8
体积电阻率	23°C	IEC 60093	Ωcm	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>
<b>推荐加工条件</b>							
温度设定	加料口 - 喷嘴		°C	350-365	350-365	350-370	355-375
模具温度(最高 250°C)			°C	160-200	160-200	170-200	170-200
喷嘴温度			°C	365	365	370	375
器件温度			°C	160	160	170	180
器件温度	1mm 壁厚		mm	245	220	130	110
	3mm 壁厚						
模具收缩	沿着流动方向	ISO 294-4	%	1.0	1.0	1.0	1.0
	垂直流动方向		%	1.3	1.3	1.3	1.3

		玻纤增强					碳纤增强				
HT	ST	PEEK	PEEK	PEEK	HT	ST	PEEK	PEEK	PEEK	HT	
G22	G45	90GL30	150GL30	450GL30	22GL30	45GL30	90CA30	150CA30	450CA30	22CA30	
115	115										
		190	190	180	200	200	260	260	260	260	
		130	115	115	125	130	180	150	160	170	
		80	70	60	75	80	110	95	85	110	
		45	40	35	55	50	65	55	50	70	
20	20	2.3	2.5	2.7	2.8	2.5	1.3	1.5	1.7	1.6	
3.7	4.3	12.0	12.0	11.8	12.0	12.0	27	26	25	26	
185	180	290	280	270	300	300	360	360	380	370	
110	110	190	190	190	210	200	250	250	250	240	
32	36	80	80	80	120	125	120	120	120	170	
16	21	50	50	50	85	75	60	60	60	90	
4.2	4.1	12.0	11.5	11.3	11.0	11.0	24	23	23	23	
140	145	250	250	250	290	290	300	300	300	300	
90	90	160	160	160	180	190	200	200	200	210	
30	35	55	55	55	75	75	70	70	70	95	
					50	50				65	
3.8	4.0	7.5	7.5	8.0	9.0	9.5	6.0	6.0	7.0	6.5	
无断裂	无断裂	45	55	55	70	70	45	45	45	45	
5.0	6.0	8.5	9.0	10	11	11	6.0	7.5	9.5	8.5	
无断裂	无断裂	40	50	60	70	70	40	40	45	45	
373	387	343	343	343	373	387	343	343	343	373	
152	162	143	143	143	152	162	143	143	143	152	
45	45	20	20	18	20	21	5	5	5	5	
55	55	45	45	45	45	40	40	40	40	35	
75	105	20	20	18	25	23	5	6	6	5	
130	125	110	110	110	110	100	90	100	100	90	
163	172	335	335	328	360	380	342	339	336	368	
0.29	0.29	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.95	0.95	0.95	0.95	
			240	240							
			240	240				240	240		
			220	220				200	200		
190		220	280	560	500		260	320	675	550	
	220					550					
1.30	1.30	1.52	1.52	1.51	1.53	1.53	1.40	1.40	1.40	1.41	
17	21	17	17	20	16	19					
150	150	150	150	150	150	150					
0.0035	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004					
	3.0	3.3	3.3	3.2	3.2	3.3					
10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	
375-395	375-395	355-370	360-380	360-385	375-395	385-410	360-380	365-385	375-395	380-405	
190-215	200-220	170-200	170-200	180-200	190-215	200-220	170-200	180-210	180-210	190-215	
395	395	370	380	385	395	410	380	385	395	405	
200	200	180	180	190	200	210	190	200	200	200	
200	160	185	150	85	105	100	130	140	75	80	
	680			410		440			330		
1.0	1.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	
1.2	1.2	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.7	





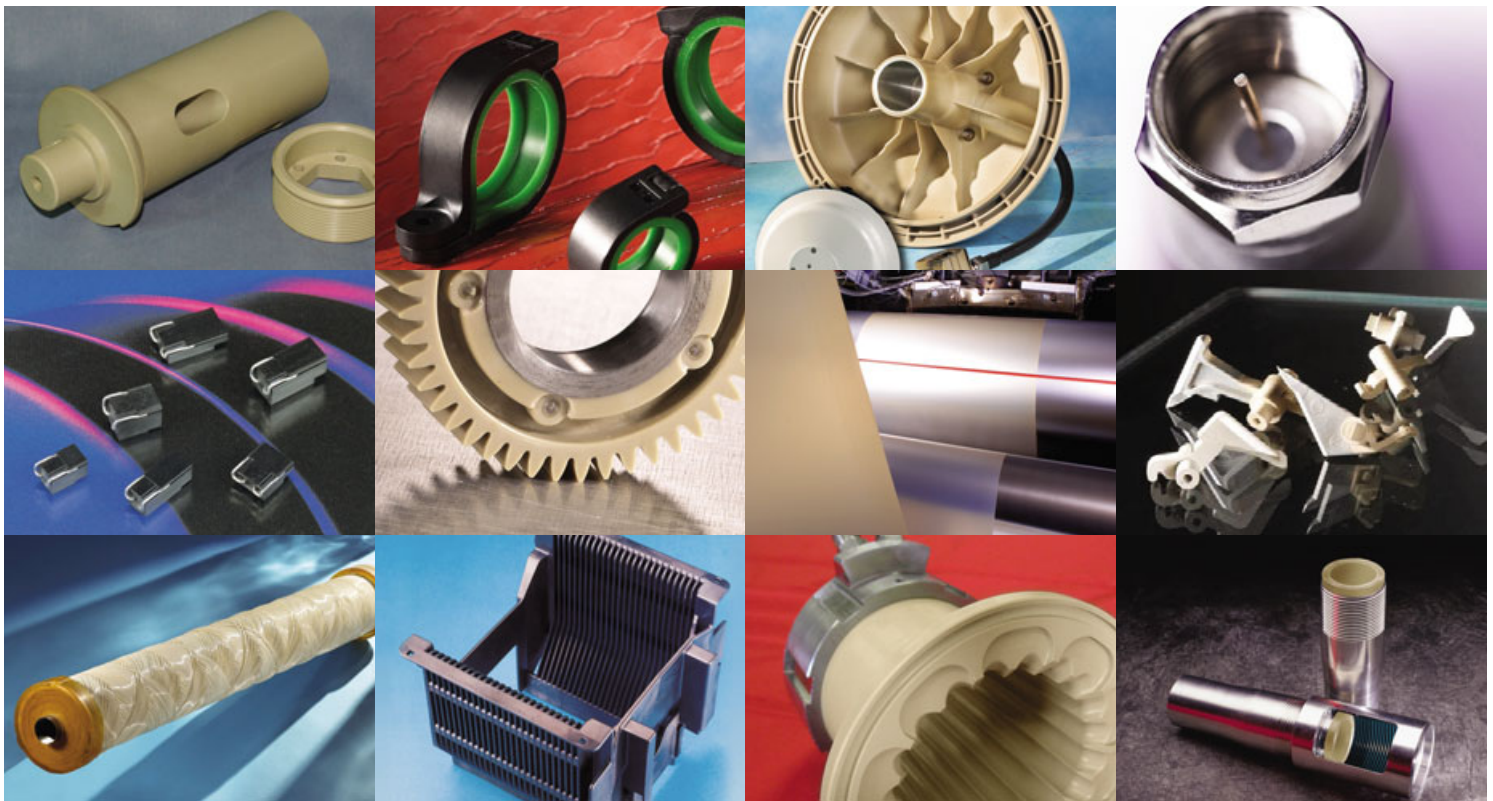
## NOTES

---

www.victrex.com/sc



威格斯聚合物事业部(Victrex Polymer Solutions)是领先全球高性能材料市场的创新型制造商, 其产品包括 VICTREX® PEEK 聚合物、VICOTE® 涂料和 APTIV® 薄膜。这些材料具有独特的综合性能, 可广泛应用于不同的市场领域, 有助于加工厂商和终端用户实现更低成本、更高质量及更优性能的目标。我们的生产工厂设在英国, 销售和分销中心为全球30多个国家提供服务; 我们在全球市场开发、销售和技术支持服务为客户的产品加工、设计和应用开发提供了有利的协助。如果需要任何帮助, 请联系我们!



**全球总部**  
Victrex plc  
Hillhouse International  
Thornton Cleveleys  
Lancashire FY5 4QD  
United Kingdom  
电话: + (44) 1253 897700  
传真: + (44) 1253 897701  
电子邮件: victrexplc@victrex.com

**美洲**  
Victrex USA Inc  
300 Conshohocken  
State Road Suite 120  
West Conshohocken,  
PA 19428 USA  
电话: + (1) 800-VICTREX  
电话: + (1) 484-342-6001  
传真: + (1) 484-342-6002  
电子邮件: americas@victrex.com

**欧洲**  
Victrex Europa GmbH  
Langgasse 16 65719  
Hofheim/Ts. Germany  
电话: + (49) 6192 96490  
传真: + (49) 6192 964948  
电子邮件: eurossales@victrex.com

**亚太地区**  
Victrex Japan Inc  
Japan Technology Center  
Mita Kokusai Building Annex, 4-28,  
Mita 1-chome, Minato-ku, Tokyo  
108-0073 Japan  
电话: + 81 (0)3 5427 4650  
传真: + 81 (0)3 5427 4651  
电子邮件: japansales@victrex.com

**亚太地区**  
威格斯高性能材料贸易(上海)有限公司  
中国上海莘庄工业区颛兴路  
1688号G-B座,  
邮编201108  
电话: + (86) 21-6113 6900  
传真: + (86) 21-6113 6901  
电子邮件: scsales@victrex.com

英国威格斯公司(Victrex Plc)相信此处包含的信息对产品的典型特性和/或用途做了精确描述, 但在每个特定应用中彻底测试产品, 以确定每个终端使用产品、设备或者其它应用的性能、效率和安全是客户的责任。使用建议不应作为侵犯任何特殊专利的动机。此处所含的信息和数据基于我们认为可靠的信息。本文中提及的产品不确保可购买性。为持续产品开发计划, 威格斯公司将保留改进产品、规格和/或包装的权利。VICTREX®、VICOTE® 和 APTIV® 是英国威格斯公司的注册商标。PEEK-ESD™、HT™、ST™ 和 WG™ 均为英国威格斯公司的商标。

威格斯公司不保证、明确或暗示, 包括但不限于, 保证适合特殊用途或者知识产权不受侵犯, 包括但不限于专利不受侵犯。此为明确或暗示、实际或法律上的明确免责声明此外, 威格斯公司不对您的客户或者代理商作出承诺, 而且未授权任何人作任何说明或担保, 除非另有规定。威格斯公司不对任何一般、间接、特殊、后果、惩罚、偶发或相似的损害承担赔偿责任, 包括但不限于因业务受损、利润损失或储蓄流失而造成的损害, 即使威格斯公司曾以某种形式获知可能造成上述损害。

