



HIGH PERFORMANCE PEEK POLYMERS

航空工程师需要各种可灵活加工、降低制造成本且耐受恶劣环境的轻质材料。在越来越多的航空应用中，VICTREX® PEEK® 聚合材料因其异常坚固、具有化学惰性和阻燃特性，并容易加工成公差极小的零部件等优点，已成功取代了金属、传统复合材料以及其它塑料。VICTREX PEEK聚合材料已正式通过多家飞机制造商的资质认可，同时也符合供应军用标准 MIL-P-46183 产品要求。

目前可供的多种新型 VICTREX PEEK聚合材料和复合材料牌号，不仅可将机械性能最优化，同时可改善模塑加工性能。此外，Victrex 还推出基于 VICTREX PEEK聚合材料的新型 APTIV™ 薄膜和 VICOTE™ 涂料，使系列产品形式更统一、更趋完善。

重要特性

- 优异的耐高温性能
 - 持续使用温度 (CUT) 达 260°C (500°F)
 - 热变形温度 (HDT)
 - 未填充材料 - 160°C (320°F)
 - 碳/玻璃纤维增强材料 - 310°C (590°F)
 - 在 200°C (392°F) 条件下使用一年后，拉伸强度无损耗
- 优异的耐疲劳性能
- 优异的耐磨性
- 优异的耐化学腐蚀性
 - 化学性能极为稳定，防侵蚀
 - 在喷气燃料和液压油中可长期保持性能稳定
- 优异的耐水解性能
 - 长期暴露在湿/热条件下，亦可保持性能稳定
- 优异的防火性能，无烟、无毒
 - 1.5mm厚的 VICTREX PEEK 450G 阻燃等级为 UL94 V-0
 - 烟尘和有毒气体释放量极低，不产生酸烟
- 优异的电气性能



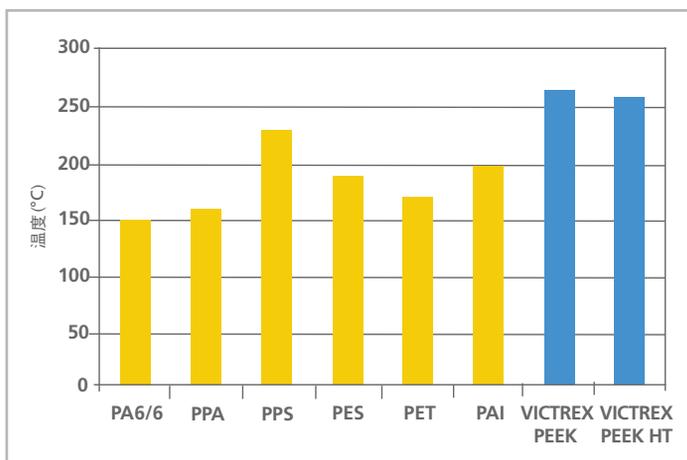
A380飞机 (承蒙AIRBUS公司提供图片)

性能

高温稳定性

许多航空部件必须长时间持续承受高温。与其它常见的高温热塑材料进行对比测试，VICTREX PEEK 聚合材料的性能极为稳定。

图 1: 按照 UL 746B 标准测量的相对温度指数(RTI)值



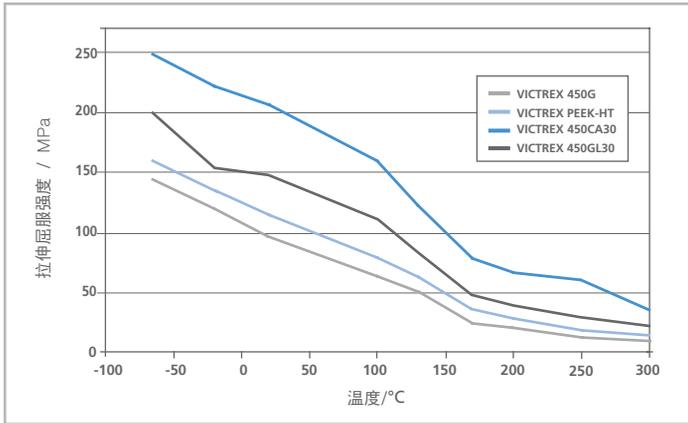
在轻型航空部件中的应用

杰出的性能...

耐高温

由于 VICTREX PEEK 聚合材料为半结晶结构，因此在高于玻璃态转化温度的条件下，其机械性能仍保持良好。

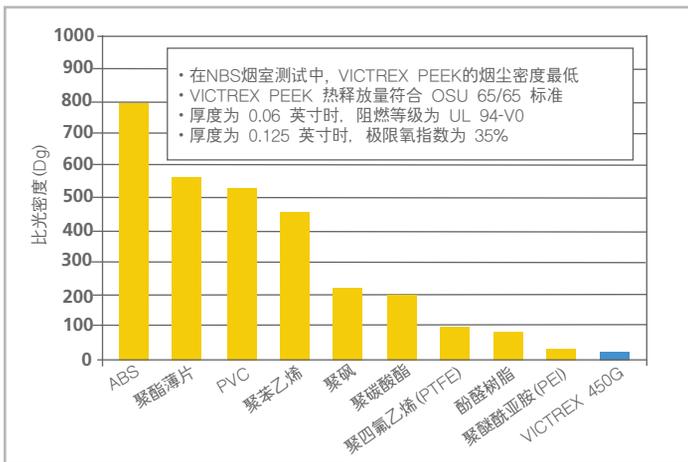
图 2: VICTREX PEEK 聚合材料的屈服强度与温度呈函数关系



阻燃性

VICTREX PEEK 聚合材料在阻燃性方面也很出色。厚度为 1.5mm 的 VICTREX 450G 阻燃等级为 UL94 V-0，厚度为 3.2mm/0.4mm 时，极限氧指数分别为 35%/24%。这些阻燃特性是该材料本身固有的，无需添加任何阻燃材料，如卤素添加剂等。测试中对塑料材料燃烧产生的烟尘进行测量，数据显示：在所有的测试材料中，以未填充牌号 VICTREX PEEK 聚合材料的比光密度值最低。

图 3: 一系列聚合材料的强制燃烧室烟尘测试结果



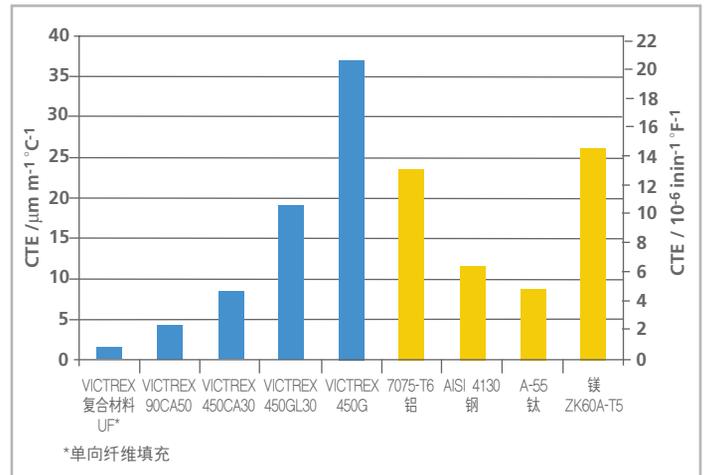
有毒气体释放

VICTREX PEEK 聚合材料燃烧时产生的有毒气体量微乎其微。其高温分解产物主要是二氧化碳和一氧化碳。VICTREX PEEK 450G 毒性指数为 0.22，未检测出酸性气体。

热膨胀系数

VICTREX PEEK 聚合材料中加入填料使其膨胀系数减小，达到与金属相当的水平，因此，可用聚合物材料部件直接替代金属部件，而不会存在任何不均匀膨胀引起的问题。

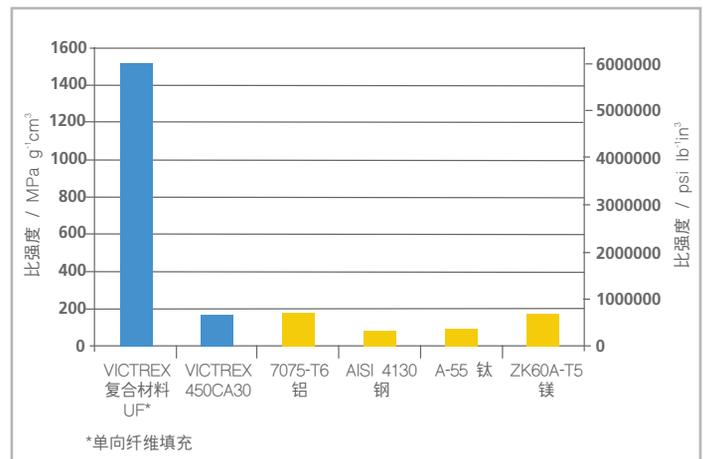
图 4: VICTREX PEEK 聚合物材料与其它普通航空材料的线性热膨胀系数进行比较



强度

与金属相比，VICTREX PEEK 聚合材料拉伸强度高、密度低。用玻璃短纤维或碳纤维进行增强，其强度-重量比可堪比或优于普通航空材料。用 VICTREX PEEK 聚合材料制成的长纤维增强复合材料，其强度和刚性显著提高。

图 5: VICTREX PEEK 聚合物材料与其它普通航空材料的比强度进行比较



航空器内部应用...

电线束夹和管夹

VICTREX PEEK 聚合材料与硅树脂利用二次注塑专利工艺生产的各种线夹和管夹，可大幅减轻新型波音787飞机的重量，并节省成本。

主要优点:

- 重量至少减轻 20%
- 通过合并减少了零部件数量
- 材料绝对无腐蚀性、不导电，适用于所有非受压区域。



VICTREX PEEK 聚合材料制成的线夹和管夹示例(承蒙安费诺精密连接器公司提供图片)

叶轮片

VICTREX PEEK 聚合材料部件已用于替代多种航空设备中的金属螺旋桨和叶轮，这些航空设备包括燃油冷却系统以及直升机中用于传送低压空气的通风系统风扇。聚合材料部件的设计可使重量远远低于金属部件、惯性更小，对于用来转动叶片的马达，其马力要求也相应降低。



采用 VICTREX PEEK 聚合材料制成的环境控制系统叶轮(承蒙 Eurocopter、Tema S.a.s. 和 Fluorten srl 公司提供图片)

机舱门把手

在开发空中客车 A380的过程中，设法减轻重量至关重要。这包括门把手系统在内。VICTREX PEEK 聚合材料是唯一通过空中客车公司测试项目的门把手材料。此类部件都采用注射成型工艺，几何形状复杂，具有大量加强筋和长流道结构。



用 VICTREX PEEK 聚合材料制成的门把手示例(承蒙 Kunststofftechnik Hans Rethwisch GmbH(KTR) 公司提供照片)

绝缘覆盖膜

过去十年来，美国联邦航空管理局 (FAA) 愈发严格的法规以及飞机减重计划的推出促使绝缘膜得以迅速发展。过去两年，Victrex 一直与飞机制造商以及复合膜厂商密切合作，为生产新型轻量级绝缘覆盖膜提供极薄的 APTIV™ 薄膜，其与 PVF (聚氟乙烯) 相比，重量可减轻 50-60%。



飞机机身绝缘内衬

附属系统

复合紧固件

采用轻质复合材料的飞机结构正成为新机开发的标准。然而，过度使用标准金属紧固系统来连接这些结构会增加不必要的重量。现在，一种由长纤维增强型 VICTREX PEEK 聚合材料制成的复合材料正在弥补这一不足，用这种材料可制成真正的轻型紧固系统、螺栓、螺母、插件和支架。这些复合材料的静强度可媲美高科技铝合金，其抗疲劳性能则可媲美钛合金。在弹性模量、共振性能和防腐性能等方面，也完全符合飞机的复合结构要求。



采用 VICTREX PEEK 聚合材料制造的复合紧固件(承蒙 Icotec 公司提供照片)

扎线带

用于捆扎线缆并固定到机身上。VICTREX PEEK 聚合材料的低吸湿性可确保扎线带尺寸稳定不变，因而不会膨胀和破坏电线的绝缘性能。



采用 VICTREX PEEK 聚合材料制成的扎线带(承蒙 Click-Bond, Inc. 公司提供图片)

线束

与金属编织线束相比，用 VICTREX PEEK 单丝制成的编织线束更受欢迎，因为其具有卓越的防刮擦、耐热老化特性，而且机械强度、电气性能以及摩擦性能也十分出众。

波纹套管

用 VICTREX PEEK 聚合材料制成的套管能形成一道坚固柔韧的屏障，隔绝化学物质和湿气，同时重量更轻、抗压溃性能更好。

新产品...

高流动性产品

高流动性产品可添加更高比例的增强纤维，而加工性能不会有任何下降。表1列出了高流动性(VICTREX 90级)系列产品和标准流动性材料的典型性能。

表 1: VICTREX PEEK复合材料的典型性能

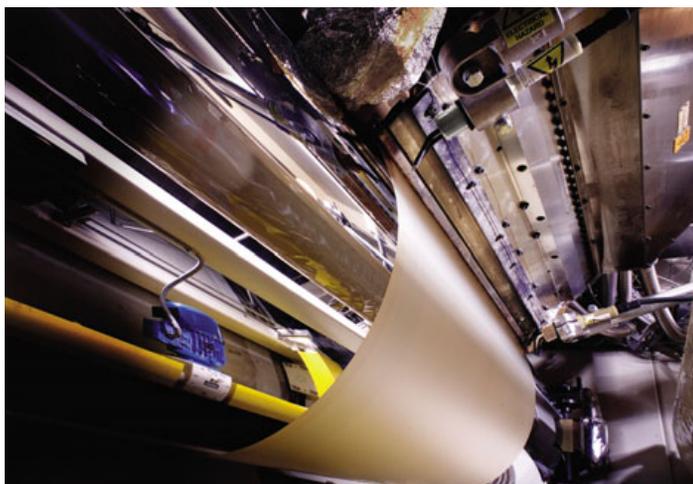
材料	拉伸强度/ MPa	模量/ GPa	弯曲 模量/ GPa	粘度/Pa s	
	ISO 527	ISO 527	ISO 178	1000s ⁻¹ 时	10000s ⁻¹ 时
VICTREX 90CA30	250	25	23	220	70
90CA50	230	35	31	360	110
450CA30	240	25	31	700	240
90GL30	190	12	11	220	70
90GL60	220	24	23	500	120
450GL30	180	12	11	560	150

高耐磨性产品

Victrex 推出的新型耐磨性产品，可提高润滑性，还推出了 VICTREX T-Series 产品，则可进一步增强高温耐磨性能。这些产品充分利用聚合物材料复合技术，将 VICTREX PEEK 与相容的聚合物材料结合起来。

APTIV™ 薄膜

APTIV 薄膜是一种用途最广的高性能热塑薄膜。这种柔韧的薄膜具有 VICTREX PEEK聚合物的所有性能。薄膜厚度范围为6至750微米，最宽可达1.5米。



利用热成形技术，还可将 APTIV 薄膜成功制成各种厚度的零部件和托盘，用作坚固、轻巧的零部件，可以取代航空应用中的金属部件。通过二次加工工艺(包括热成形、层压、热密封、焊接和喷镀)则可形成多种复杂结构。

在商业航空领域的应用包括:

- 隔热、隔音层结构，防潮性能出众、重量极轻。
- 覆盖膜可保护极薄的防火屏障，同时薄膜燃烧产生的烟尘和有毒气体极少，因此在燃烧测试中具有出色的综合性能。

VICOTE™ 涂料

VICOTE 涂料采用 VICTREX PEEK聚合物材料生产，其耐磨性、防刮擦、耐磨损、耐高温以及耐化学腐蚀性均得以增强，适用于要求苛刻的应用场合。表面涂上薄薄的一层，就具有 VICTREX PEEK聚合物的所有性能，可有效保护金属基材。



700粉末系列与 800喷剂系列。这些涂料可应用于大多数铁金属和非铁金属，无需使用底漆。VICOTE 涂料有黑色、灰/黑和米黄色几种，可用传统静电粉末涂装和液体喷涂设备涂覆。

在目前市售涂料中，有几种 VICOTE 涂料的挥发性有机化合物(VOC)含量为业界最低。而且绝大多数等级均符合 FDA 和 RoHS 标准。

VICOTE 涂料是一个多组分产品，所以在加工设计以及材料构建过程中，考虑其制造和使用方法至关重要。

由于 VICTREX PEEK聚合物材料具有半结晶结构，因此在高于玻璃化转变温度的条件下，仍保持良好的机械性能。

航空器外部应用...

雷达天线罩

VICTREX PEEK 聚合物材料经注射成型可制成高尺寸精度雷达天线罩，直径最大为 35cm。其具有以下优点：

- 防雨性能出众
- 强度大
- 与其它雷达天线罩材料相比，在极端温度环境下，其电气性能更稳定

雷达天线罩材料还必须能承受剧烈的热冲击和极端温度，而且不会发生破裂和变形。在较广的温度范围内，VICTREX PEEK 聚合材料的尺寸极为稳定。由于该材料吸湿率和膨胀系数较低，并具有延展性以及杰出的耐疲劳性能，因此可承受剧烈的温度波动。



用 VICTREX PEEK 聚合物材料制成的雷达天线罩 (承蒙 Algram 公司提供图片)

起落架轮毂罩

新型波音 777 延伸航程型飞机将配备主动压力传感器和 RF 无线传输系统，后者可将数据实时传送至驾驶舱。该系统指定轮毂罩采用 VICTREX PEEK 聚合物材料，因为该材料不会阻隔无线电传输、机械强度高、并且能抵抗跑道上出现的腐蚀性物质的侵蚀。飞机起落架必须能适应某些最极端的环境和着陆条件，包括：

- 高空 -54°C (-65°F) 的低温和停机坪上 80°C (176°F) 的高温
- 反复硬着陆
- 飞行碎片的撞击
- 接触喷气燃料、液压油、除冰溶液和盐份
- 紫外线照射



用 VICTREX PEEK 聚合物材料制成的波音 777 轮毂罩 (承蒙 Crane Aerospace 公司提供图片)

人孔盖

空中客车 A380 飞机上的燃料箱人孔盖属于外部非结构性零部件，其关键问题是重量、耐化学腐蚀性能和耐油性。

选择 VICTREX PEEK 聚合物材料是基于以下因素：

- 减轻重量
- 制造方便
- 耐化学腐蚀性
- 较广的温度范围内尺寸保持稳定
- 低吸湿率
- 低膨胀系数



用 VICTREX PEEK 聚合物材料制成的 A380 HTP 人孔盖 (承蒙空中客车公司提供图片)

整流罩支架

VICTREX PEEK 聚合物材料已获准用于整流罩支架。这一大型部件以前用铝制造，固定于反推装置的下部门上，与飞机外挂架相接。改用 VICTREX PEEK 聚合物材料的原因在于降低重量和成本。

聚合物材料取得认可的原因如下：

- 热变形温度达 315°C (600°F)
- 机械性能符合要求
- 良好的耐冲击性能
- 粘度适当，适合制造该类零部件



用 VICTREX PEEK 聚合物材料制成的吊架整流罩 (承蒙 Aircelle SAFRAN 集团公司提供图片)

VICTREX 450G、150GL30 和 150CA30的性能

性能	条件	测试方法	单位	VICTREX 450G	VICTREX 150GL30	VICTREX 150CA30
一般性能						
密度	结晶	ISO 1183	g/cm ³	1.30	1.5	1.4
吸水率	无定形 24小时, 23°C (73°F)	ISO 62	%	1.26	0.11	0.06
	平衡, 23°C (73°F)			0.50		
机械性能						
拉伸强度	屈服, 23°C (73°F)	ASTM D638 tV	MPa (psi)	97 (14,000)		
	断裂, 23°C (73°F)	ASTM D638 tV	MPa (psi)		168 (24,300)	230 (33,300)
拉伸伸长率	断裂, 23°C (73°F)	ASTM D638 tV	%	65	2	1.8
	屈服, 23°C (73°F)			5		
弯曲强度	23°C (73°F)	ASTM D790	MPa (psi)	156 (22,400)	241 (34,900)	345 (50,100)
弯曲模量	23°C (73°F)	ASTM D790	GPa (psi)	4.1 (600,000)	11 (1,550,000)	20 (2,900,000)
剪切强度	23°C (73°F)	ASTM D3846	MPa (psi)	53 (7685)	97 (14,000)	85 (12,500)
剪切模量	23°C (73°F)	ASTM D3846	GPa (psi)	1.3 (188,500)	2.4 (348,000)	
艾佐德冲击强度	0.25mm (0.01in) 有缺口, 23°C (73°F)	ASTM D256	Jm ⁻¹ (ft lb in ⁻¹)	94 (1.79)	94 (1.79)	110 (2.09)
	无缺口, 23°C (73°F)			无破裂	567 (10.8)	577 (11.0)
热性能						
熔点		DSC	°C (°F)	343 (649)	343 (649)	343 (649)
玻璃化转变 (Tg)		DSC	°C (°F)	143 (289)	143 (289)	143 (289)
比热		DSC	kJ kg ⁻¹ °C ⁻¹ (Btu lb ⁻¹ °F ⁻¹)	2.16 (0.52)	1.7 (0.41)	1.8 (0.44)
热膨胀系数	低于Tg	ASTM D696	10 ⁻⁵ °C ⁻¹ (10 ⁻⁵ °F ⁻¹)	4.7 (2.6)	2.2 (1.2)	1.5 (0.8)
热变形温度	高于Tg 1.8MPa (264psi)	ISO 75	°C (°F)	10.8 (6.0)	315 (599)	315 (599)
导热系数		ASTM C177	Wm ⁻¹ °C ⁻¹ (Btu in h ⁻¹ ft ² °F ⁻¹)	0.25 (1.73)	0.43 (2.98)	0.92 (6.38)
持续使用温度	电气	UL 746B	°C (°F)	260 (500)	240 (464)	240 (464)
	无机冲击			240 (464)	240 (464)	240 (464)
	有机冲击			180 (356)	220 (428)	200 (390)
防火、无烟、无毒						
易燃性等级		UL94	n/a	V-0@1.5mm (0.059in)	V-0@.75mm (.76mm)	V-0@.75mm (.76mm)
极限氧指数	厚度0.4mm (0.0157in) 厚度3.2mm (0.126in)	ISO 4589	% O ₂	24 35		
电气性能						
绝缘强度	50µm (0.002in) 薄膜	IEC 248	kV mm ⁻¹	190	175	
损耗角正切	23°C (73°F), 1MHz	IEC 112	n/a	0.003	0.004	
介电常数	50Hz, 0-150°C (32-302°F)	IEC 250	n/a	3.2	3.7	
	50Hz, 200°C (392°F)	IEC 250	n/a	4.5		
体积电阻率		IEC 93	10 ¹⁶ Ωcm	4.9	1.0	

上海

威格斯高性能材料贸易(上海)有限公司
上海莘庄工业区
颛兴路1688号G-B

电话: +(86) 21 6113 6900

传真: +(86) 21 6113 6901

电子邮件: eyu@victrex.com

香港

英国威格斯有限公司
香港红磡都会道10号
都会大厦1202-3室

电话: +(852) 2366 1357

传真: +(852) 2366 7667

电子邮件: kyu@victrex.com

台湾

英国威格斯有限公司
台湾台北市信义区
松仁路97号12楼之2

电话: +(886) 2 8786 0282

传真: +(886) 2 8786 0283

电子邮件: gli@victrex.com

广州

英国威格斯有限公司
中国广州市天河区体育东路118号
财富广场西塔15楼

电话: +(86) 20 3886 0668 ext.1331

传真: +(86) 20 3886 0638

电子邮件: kliu@victrex.com

北京

英国威格斯有限公司
北京市朝阳区建国门外大街甲6号,
中环世贸中心C座29层2951室

电话: +(86) 10 6563 9852

传真: +(86) 10 6563 9853

电子邮件: xwei@victrex.com

英国威格斯公司相信本手册准确描述了产品一般特性和/或应用。但是客户有责任根据其特定的应用对产品进行全面测试，以确定其对于每种终端应用产品、设备或其它应用的性能、功效和安全性。使用建议不应成为侵犯任何特殊专利的诱因。此处所含的信息和数据基于我们认为可靠的信息。本文件中提及之产品并不能保证其供应。英国威格斯公司保留更改产品、规格和/或包装的权力，以持续进行产品开发工作。VICTREX 英国威格斯公司的注册商标。PEEK 及 PEEK-HT 是英国威格斯公司在大陆、香港、台湾、韩国和新加坡的注册商标。T-Series、MAX-Series 和 APTIV 均为英国威格斯公司的商标。VICOTE 是英国威格斯公司在香港、台湾、日本和韩国的注册商标。

英国威格斯公司不做任何明示或暗示、根据事实或法律明确拒绝的保证。其中包括(但不限于)特殊用途的适用性或不侵犯知识产权(包括但不限于不侵犯专利)的任何明示或暗示保证。另外，英国威格斯公司不对您的客户或代理商做出任何保证。除上述规定外，未授权任何人做出任何代表或保证。不管其行为的形成如何，在任何情况下，即使英国威格斯公司已经告知发生损害的可能性，英国威格斯公司也不对任何一般的、间接的、特殊的、波及的、惩罚性的、附带的或类似的损害负责。其中包括(但不限于)对商业利益的损害、损失利润或损失存款。

