

有效的选择和设计技巧

塑料正在越来越多的应用中，替代如铜、不锈钢、铝、陶瓷等其它材料。改用塑料并能成为最主流的原因有：

- 更长的制品寿命
- 不需要润滑
- 降低对配合部件的磨损
- 较低的密度，因此惯性力较低
- 更好的力学阻尼[噪音较小]
- 设备运行速度更快[更高的线速度]
- 设备运行需要的功率较少
- 耐化学品、耐腐蚀且呈惰性

今天，可以选择的塑料材料有很多，但选择最适合的材料可能是一件非常难事情。本指引将提供一些帮助。

第一步：

确定该部件是否应用“轴承和磨损领域”[一件轴承部件受到相对运动及随后产生的摩擦力]或“结构应用领域”[仅受到静负载或动负载作用]。

确定最终部件的主要功能，将能缩小选择材料的范围。例如，在轴承和磨损应用领域，半晶化材料[如尼龙、聚甲醛]要优于非晶化材料[如聚碳酸酯、聚砜、聚醚酰亚胺或聚亚苯基砜]。在这些材料内，您可以通过了解哪种填充改性剂最适合您的应用领域，来进一步减少选择：

提高耐磨性能可添加二硫化钼、石墨、碳纤维和聚合物润滑剂[如：聚四氟乙烯、石蜡]。
提高结构性能[强度和刚性]可添加玻璃纤维和碳纤维。

一旦确定了应用特性[耐磨或结构要求]，您就可以通过确定该应用领域的机械性能要求，而进一步缩窄材料的选择。对于轴承和磨损性应用领域，首要考虑要素是负载轴承的性能[可承受轴承压力和/或压力速度 PV 值]和磨损性能[磨损因数]。

计算具体应用领域的 PV 值[压力[MPa]x 滑动速度 (m/s)]。利用图 1 其它类似文献，选择一种材料，使其极限 PV 值大于您已经计算该应用领域的 PV 值。考虑您所选择材料的“磨损因数”可以进一步选择材料。“磨损因数”越低，材料有望持续使用寿命越长。

有效的选择和设计技巧

图 1 耐磨性与与压力速度能力[*]



[*]: 上述详细数值参见第 42、44、57 和 59 页

结构部件通常设计在特定温度下的最大连续应力，该应力等于拉伸强度的 25%。如果是静负载部件，本指南对造成塑料蠕变的粘弹行为进行了补偿。

对于金属和塑料等大多数材料而言，在产生负载作用时，至少在一系列负载范围内，变形与所施加的负载成一定比例。由于应力[σ]与负载成比例，应变[ε]与变形成比例，这意味着应力与应变也成一定比例。胡克定律说明了这种比例：

应力[σ]/应变[ε]=常数[E]

常数[E]为弹性模量[或“Young’s 模量”]，代表材料刚性。在塑料行业，我们通常实施短期拉伸试验测定该弹性模量。当材料达到一个不再受胡克定律限制的一个特定值，我们称之为比例极限。

小于 1%应变仍在大多数工程塑料弹性极限范围内，因此一般情况下可根据材料线性弹性[遵循胡克定律]、均质性、各向同性假设进行分析。

有效的选择和设计技巧

大多数塑料的弹性模量取决于温度[随着温度升高而降低]。为在短期负载条件下计算变形量，我们在本手册中补充了多张表明材料刚性与温度对应关系的图表[参见第 36、55 页]。

当塑料制品受恒定静负载作用时，达到一个应变值后，会迅速变形，与其短期弹性模量[胡克定律]预测的大致相同，随即产生较长时间的慢速变形，否则负载过高，直至发生断裂。这一现象即称之为蠕变，极高温条件下的结构金属中也会出现该情况。

图 2: 23°C 条件下, Ertacetal® C 拉伸蠕变[*]

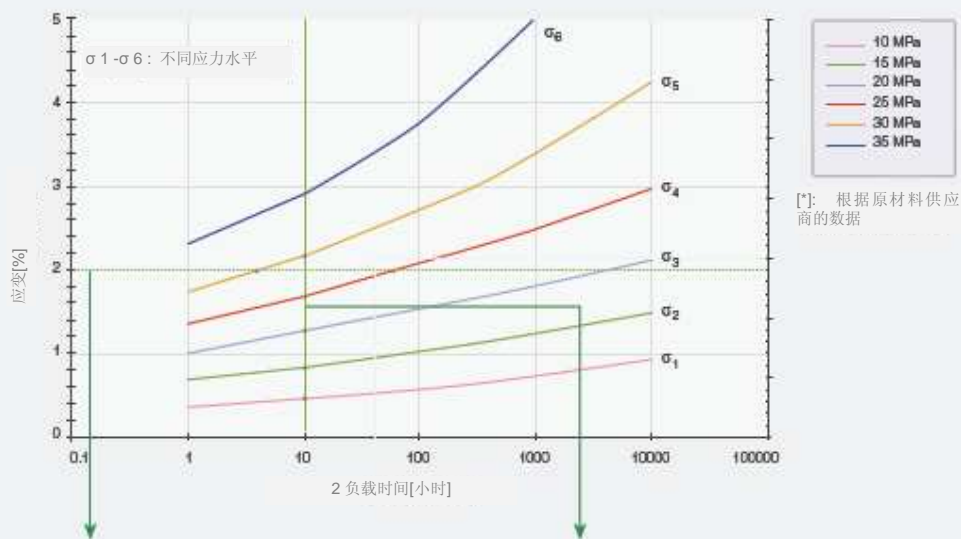


图 3: 2% 变形等距应力-时间曲线

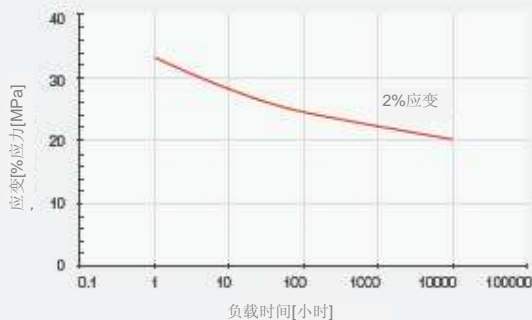
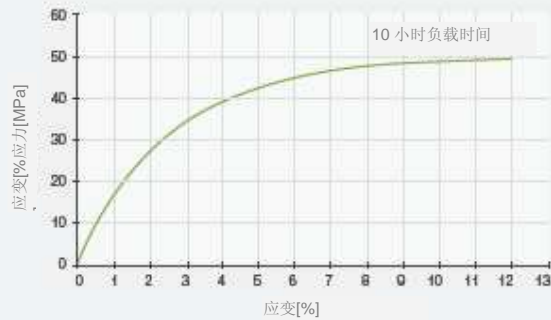


图 4: 等时应力-应变曲线



有效的选择和设计技巧

静负载下的变形是一个取决于应力水平、时间和温度的复杂函数，这一点仅能通过一系列由大量蠕变实验结果获得的图表加以说明，下图 5 中的 Ertacetal® C 反映了蠕变曲线。

蠕变数据有不同表现方式。根据这组特定温度条件下的基础蠕变曲线[图 2]，可获得等距应力-时间曲线[图 3]以及等时应力-应变曲线[图 4 和图 5]，每种曲线都有助于解决具体问题。第一张图说明了材料在恒定应变条件下(即塑料套管压装在钢质外壳内)应力随时间推移而降低[蠕变]。等时应力-应变曲线可用于计算最大可承受应力，但必须满足以下条件：塑料制品受该函数变化影响，在负载条件下经过一段时间，且受力不超过某一极限值。

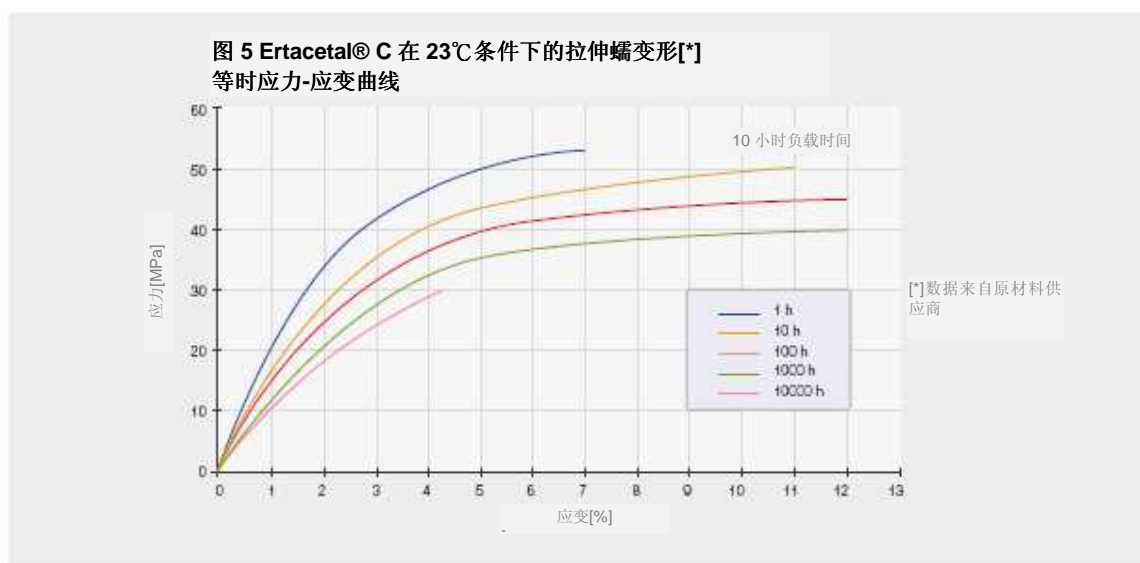


图 5 显示的是 Ertacetal® C 在 23℃ 条件下、从 1 小时到 10000 小时负载时间变化范围内的等时应力-应变曲线。

有效的选择和设计技术

第 2 步:

考虑耐热性在典型工作条件和极端工作条件应用下的要求。

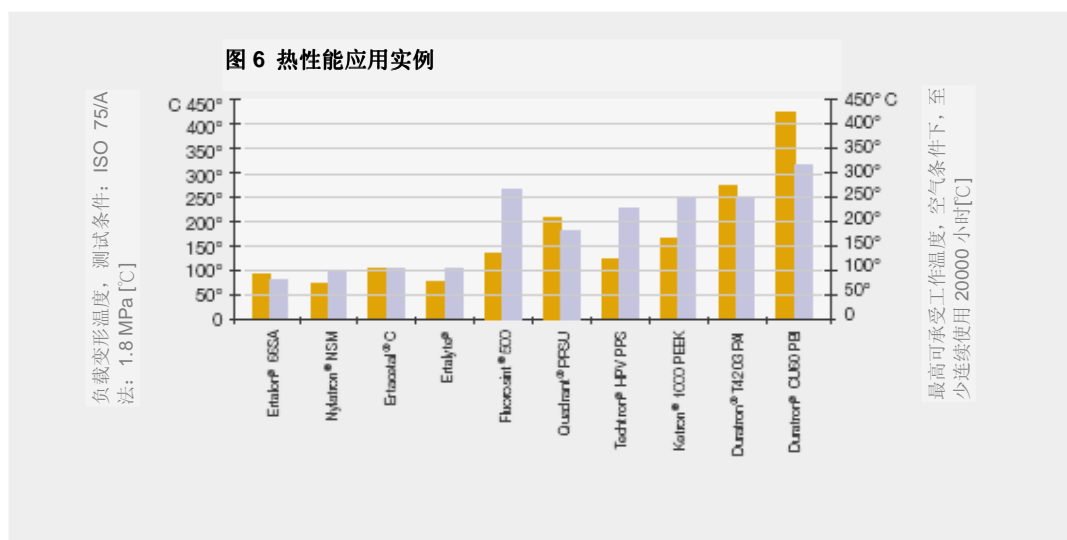
热塑性材料的耐热性能主要取决于“负载变形温度”和“最高连续可承受工作温度”。

“负载变形温度”，过去也被称为“热变形温度[HDT]”，与高温条件下一定水平的刚性有关，并且其常被视为中高应力作用下、无约束部件的最大温度极限。

“最高连续可承受工作温度”一般被视为高于该温度、经过长期暴露后就会出现明显的永久性物理性能退化。根据环境[空气、油脂]的不同，以及性能、所使用的退化标准以及暴露时间，完全相同的材料可能有几个最高可承受工作温度。因此，我们可找到一个温度，与 20000 小时热空气暴露后的初始值相比，该温度下的拉伸强度值降低了 50% [23°C 下测量值]；我们还可找到一个温度，与 10000 小时热油暴露后的初始值相比，该温度下的冲击强度下降了 50%[23°C 下测量值]。

半晶化塑料材料的熔点和非晶化塑料材料的玻璃化转变温度为短期极端温度值，达到该值保持稳定。因此，应避免在等于或高于这些温度的条件下使用大多数工程塑料。

但必须注意一点，最高可承受工作温度在诸多必要情况下取决于材料承受的机械应力持续时间和大小，即材料在具体应用领域中的最大变形量[参见图 6]。



有效的选择和设计技巧

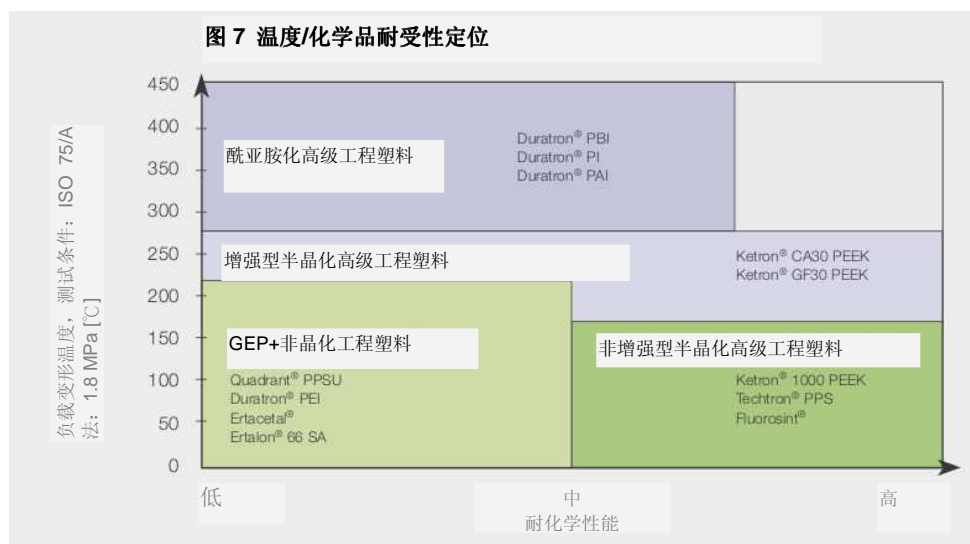
第 3 步:

考虑使用和清洗过程中与化学品接触

在本手册的多个章节均提供了化学品相容性信息作为参考。实际上由于化学试剂的浓度和温度、在塑料制品的暴露时间和应力水平都是确定其应用相容性的主要影响因素，因此很难进行预测。

Ertalon®/Nylatron®、Ertacetal®和 Ertalyte®通常适用于许多工业环境。Fluorsint®、Techron® PPS 和 Ketron® PEEK 等半晶化高性能材料比较适用于腐蚀性化学环境[见图 7]。

公司网站上具有大量可供参考的耐化学品数据。但我们强烈建议针对具体的应用领域，为确定所选塑料材料的最终适用性，在最终使用环境下对原型材料进行初步测试。



有效的选择和设计技巧

在开始第 5-7 步前，可适当考虑其它材料特性，包括相对冲击强度、韧性、尺寸稳定性以及是否符合某法规/机构规定。

具有更高拉伸断裂应变和冲击强度[缺口或无缺口]的材料具有较高的韧性和较低的缺口敏感性，因此更为适合涉及冲击负载的应用领域[详细情况参见本手册的性能表]。

工程塑料随温度变化的膨胀性和收缩性是钢的 2~20 倍。如第 34 页和第 56 页所示，线性热膨胀系数[CLTE]-本身就是一个温度函数。该函数[CLTE 随温度线性上升而提高]用于估算塑料制品的膨胀率。本文性能表中所给的 CLTE 值是不同温度范围内的平均值。

吸水性也会影响材料的尺寸稳定性，导致膨胀，这种影响在尼龙 6 和尼龙 66 中特别明显。环境湿度以及温度波动的影响必须在制品装配、组装和加工公差设计中进行考虑。

通常必须满足政府或其它机构的食品接触法规的要求[即欧洲指令 2002/72/EC、美国 FDA 食品添加剂法规]、饮用水接触法规[即 NSF、WRAS、ACS]、日常设备中的使用要求[即 3-A 乳制品标准]、可燃性能[即 UL 94]等。敬请浏览我公司网站或与我们联系，索取相关最新详情与说明。

第 5 步:

选择成本效益最高的型材

向设计人员提供范围最广的尺寸和结构选择。尽可能确保研究所有可能型材，从而让您获得最经济的型材，降低生产成本。

对于	选择	备注:
长度较长、截面较小的棒材、 板材和管材	挤出	一旦选择了塑料材料，务必牢记一点：物理性能会因型材加工技术的不同而有所差异。例如： 一般注射成型制品比挤出成型产品具有更强的各向异性[性能依赖方向]，其还表现出较低的耐磨性[热气性能取决于结晶程度]。 模压制品的各向同性[各个方向性能相同]更强。
大尺寸型材[重型部件] 棒材、板材和管材 近似形状	铸型	
定制铸型制品	模压	
高级工程塑料型材 棒材、盘、板材和管材		
高级工程塑料的小尺寸型材、 薄片材料	注射成型	
大批量[大于 10000 件制品]		

有效的选择和设计技巧

第 6 步:

确定材料的机械加工特性

机加工特性也是材料的选择标准之一。本手册提及所有（ ）产品均按照尽可能降低加工过程中各种内应力的原则进行。这通常需要假设在加工过程和加工后的最佳尺寸稳定性。然而，当加工部件必须要满足尺寸稳定性[公差、变形和翘曲]相关严格要求时/或当机械加工造成不对称/或较大的截面变化，建议在制品预加工后和最终加工前，采用中间退火程序。

通常，加工玻璃和碳纤维增强型等级与未填充等级相比，加工工具磨损会更快、加工过程中缺口敏感性更高并且表现出更强的各向异性。由于其硬度极高，酰亚胺化材料[如：Duratron® PAI、Duratron® PI 和 Duratron® PBI]对加工而言是一项挑战。加工这些材料时，应使用硬质合金和多晶钻石工具。以下相对机加工性能图可帮助您评估机加工性[1~6；1=最容易]。



1. TIVAR® | Acetron®/Ertacetal® | Semitron® ESd 225
2. Ertalon® 和 Nylatron®等级 | Symalit® 1000 PVDF, 1000 ECTFE & 1000 PFA | Fluorosint® 207, 500 & HPV | Semitron® ESd 500HR
3. Ertalyte® | Ertalyte® TX | Ketron® 1000 PEEK | Ketron® TX PEEK | Techtron® PPS | Duratron® T4203 & T4503 PAI
4. Quadrant® 1000 PC | Quadrant® PPSU | Quadrant® 1000 PSU | Duratron® U1000 PEI
4. Ertalon® 66-GF30 | Techtron® HPV PPS | Ketron® HPV PEEK | Duratron® T4301 & T4501 PAI
5. Ketron® GF30 PEEK | Ketron® CA30 PEEK | Duratron® T5530 PAI | Semitron® ESd 410C & 520HR
6. Fluorosint® MT-01 | Duratron® CU60 PBI | Duratron® D7000 PI

塑料分类

半晶化 Ertalon®/Nylatron®系列材料具有良好的机械强度、刚性、高韧性、低摩擦以及良好的耐磨性。这些性能使之成为金属、橡胶等各种材料的理想替代材料。

Ertacetal®系列材料具有高机械强度和刚性，并且尺寸稳定性更高。作为一种半晶化材料，Ertacetal®具有摩擦系数低和耐磨性好等特点。

非增强型半晶化 Ertalyte®系列材料具有极高的尺寸稳定性，以及优异的耐磨性、低摩擦、高强度、耐蠕变和耐中等酸性溶液等特性。

虽然 TIVAR®系列材料的机械强度、刚性和耐蠕变性比 Ertalon/Nylatron、Ertacetal 和 Ertalyte 更低，但其仍能满足许多行业需求，其最高温度高达 85℃左右。这些材料具有优异的冲击强度、优异的耐磨擦、耐磨损性能、低摩擦以及优异的释放性能。

Duratron® PBI、Duraron® PI 和 Duratron® PAI 在结构和摩擦和磨损应用方面具有极佳的性能。这些材料具有极高的耐高温性[Duratron PBI 可以连续承受高达 310℃的温度]，适用于其它材料无法承受的工作温度。

半晶化材料 Ketron® PEEK、Techtron® PPS、Fluorosint®和 Symalit® PVDF 通常具有优异的化学性能和机械性能，以及耐高温性。这些材料既能用于结构材料，也可用于耐磨损应用。Symalit ECTFE，尤其是 Symalit PFA，具有优异的耐化学性和耐热性，以及极佳的电气绝缘性和介电性。

非晶化材料 Quadrant® PPSU、Quadrant® PSU 和 Duratron® PEI 可保持优异的机械性能至玻璃化转变温度以及极佳的电气性能。此外，优异的耐水解性能[耐高压加热]为医疗、制药和日用品行业等结构性制品提供了极大的制造可能性。

从 Semitron® ESd 225（一种排静电聚甲醛等级）再到 Semitron® ESd 520HR（一种排静电聚酰胺-酰亚胺等级），六种 Semitron ESd 等级材料可在较大温度和机械负载条件范围内满足排静电需求。

高温高级工程塑料

Duratron® CU60 PBI >>聚苯并咪唑[PBI]

Duratron® CU60 PBI 是当前性能最好的工程热塑性塑料。由于其优越的性能，Duratron® CU60 PBI 在其它塑料材料都不能满足要求时，其可用作最终解决方案。

主要性能:

- 空气条件下，最大可承受工作温度极高[310℃连续工作温度，短期工作温度可高达 500℃]
- 可在很宽温度范围内保持优异的机械强度、刚性和耐蠕变性能
- 极佳的耐磨损和摩擦特性
- 极低的线性热膨胀系数
- 优异的耐高能辐射能力[伽马射线和 X 射线]
- 固有的低燃烧性能
- 离子污染环境下，可保持高纯度
- 良好的电气绝缘性能和介电性能

等级:

Duratron® CU60 PBI[聚苯并咪唑；黑色]

在所有非填充的热塑性热塑料中，DURATRON PBI 具有最高耐高温，在超过 200 ℃ 时仍具有最佳机械特性保持能力。在离子杂质的工作环境下，DURATRON PBI 非常“干净的”且不会排气 [在水中除外]。这些特性使这种材料在高科技产业，如：半导体和航空航天工业等行业大显身手。

DURATRON PBI 通常用作关键元件降低维护成本，并赢得宝贵的生产“正常运行时间”。它用来取代泵元件、阀座（高科技阀）、轴承、滚轴、高温绝缘子中的金属和陶瓷材料



技术说明:

高精度公差制造的部件应存放在密封容器中[一般为带有干燥剂的塑料袋]以避免因吸收潮气引起的尺寸变化。对于迅速暴露在 200℃ 以上温度的部件应在使用前“干燥”或者保持干燥以避免因热冲击出现变形。

高温高级工程塑料

Duratron® PI >> 聚酰亚胺[PI]

Duratron® PI 具有良好的综合性能，可满足恶劣环境下低磨损和较长使用寿命的应用要求。Duratron® PI 价值还体现在 Duratron PAI 热性能不能满足要求时、Duratron CU60 PBI 超高耐热性能又不起作用的应用领域。因此，Duratron PI 制品主要用于汽车、航空航天、国防、电子电气、玻璃、核工业和半导体行业等要求较为严苛的应用领域。

主要性能:

- 大气环境下，最高可承受工作温度[240℃连续使用，可短期暴露在高达 450℃的高温环境]
- 在较广的温度条件下具有机械强度、刚性和耐蠕变性能
- 良好的滑动性能和优异的耐磨性能
- 极佳的尺寸稳定性
- 固有的低燃烧性能
- 良好的电气绝缘性能和介电性能[仅适用于 Duratron D7000 PI]
- 低真空渗气性[干燥材料]
- 离子污染环境下，可保持高纯度[仅适用于 Duratron D7000 PI]
- 优异的耐高能辐射性能

应用领域:

阀和泵座、密封件和耐磨表面、半导体和电气制造行业的结构件和耐磨部件、玻璃和塑料加工行业的固定工具和加工部件、航空航天部件的金属替代物。

等级:

Duratron PI 有多个用于结构件和耐磨部件的等级，提供最大范围的型材-特别是厚片材、较大的片材几何体和厚壁管材。

Duratron® D7000 PI[PI; 颜色: 自然色(栗色)]

Duratron® D7000 PI 为 Duratron® PI 系列基础等级，是由未填充的聚酰亚胺树脂加工而成，具有最高物理性能和最佳电气和热绝缘性能。

Duratron® D7015G PI[PI+石墨; 颜色: 深灰色]

该等级含有 15% 石墨，加入后可确保长期耐磨损和低摩擦性能。

高温高级工程塑料

Duratron® PAI >> 聚酰胺-酰亚胺[PAI]

拥有多种性能表现以及范围广泛的应用领域，Duratron 聚酰胺-酰亚胺[PAI]型材分为挤出成型和模压两类。在高温环境条件下，该高级材料具有优异的机械性能和良好的尺寸稳定性。

主要性能:

- 大气环境下，最高可承受工作温度[可在 250℃连续使用]
- 可在范围较广温度条件下保持优异的机械强度、刚性和蠕变性能
- 高达 250℃下，优异的尺寸稳定性
- 极佳的耐磨和摩擦性能[特别是 Duratron T4301 和 T4503 PAI]
- 极佳的抗紫外线性能
- 优异的耐高能辐射性能[伽马射线和 X 射线]
- 固有的低燃烧性能

等级:

Duratron® T4203 PAI [挤出级] [PAI; 黄褐色]

Duratron® T4503 PAI [模压级] [PAI; 黄褐色]

DURATRON T4203 PAI 在所有 Duratron PAI 等级产品中，具有最高韧性和冲击强度。这种挤出等级的 DURATRON PAI 在高科技设备的精密零件中使用非常广泛。另外，良好的电绝缘性使其在电气元件领域获得广泛应用。模压级的 Duratron T4503 PAI 成分类似 Duratron T4203 PAI，一般用于需要较大尺寸的应用领域。

Duratron® T4301 PAI [挤出级] [PAI + 石墨 + PTFE; 黑色]

Duratron® T4501 PAI [模压级] [PAI + 石墨 + PTFE; 黑色]

添加 PTFE 和石墨使其与未填充等级的产品相比，具有更高的耐磨性和较低的摩擦系数，并且更不容易产生粘滑。DURATRON T4301 PAI 在较宽的温度范围内还具有优异的尺寸稳定性能。这种挤出的 DURATRON PAI 等级在磨损严重的应用中性能优越，如无润滑的轴承、密封、轴承罩和往复式压缩机零件。模压级 Duratron T4501 PAI 成分与 Duratron T4301 PAI 相似，一般用于需要较大尺寸的应用领域。

Duratron® T5530 PAI[模压级][PAI-GF30; 黑色]

填充 30%玻璃纤维增强级具有比 Duratron PAI 等级更高的刚性、强度和蠕变性能。非常适合用于在高温条件下长期支撑负载的结构材料。此外，Duratron T5530 PAI 在高达 250℃表现出极佳尺寸稳定性，因此其非常适用于电子行业、半导体行业的精密部件。Duratron T5530 PAI 在作为滑动部件时，应注意其玻璃纤维易擦伤配合面，因此需仔细考虑。



技术说明:

由于 Duratron PAI 具有相对较高的吸湿性能，应用于高温环境的部件或用于紧密配合的应用领域应该在安装前保持干燥。如果带有潮湿的制品迅速暴露在 200℃以上的温度条件下，会发生热冲击形成变形。

高温高级工程塑料

Ketron® PEEK >> 聚醚醚酮[PEEK]

Ketron PEEK 系列材料以聚醚醚酮树脂为基料。半晶化高级材料具有独特的综合性能，如：高机械性能、耐高温性能和优异的耐化学性能，这使之成为最受欢迎的高级塑料材料。

主要性能

- 空气中可承受极高的工作温度[250℃连续使用，高达 310℃的短期工作时间]
- 即使在高温条件下，保持高机械强度、刚性、耐蠕变性能
- 优异的耐化学和抗水解性能
- 优异的磨损和摩擦性能
- 极高的尺寸稳定性
- 优异的耐高能辐射性能[伽马射线和 X 射线]
- 固有的低燃烧性能和非常低水平的燃烧烟气释放
- 良好的电气绝缘和介电性能[不包括 Ketron HPV PEEK 和 CA30 PEEK]

应用领域:

如果需要更高机械负载轴承性能，或者需要优异的耐磨性能，Ketron PEEK 常用于替代 PTFE。Ketron PEEK 被广泛用作金属部件的替代材料。PEEK 等级加工的部件实例包括：泵部件、阀座、轴承、滚轴、齿轮、高温绝缘材料以及暴露于沸水或蒸汽的部件。

等级:



Ketron® PEEK-1000 [自然色（褐灰色）或黑色]—可用于“食品级”，详细情况参见第 25 页]

Ketron PEEK-1000 型材主要使用纯料的聚醚醚酮树脂加工而成，具有所有 Ketron PEEK 等级中韧性最好、抗冲击强度最佳。Ketron PEEK-1000 自然色和黑色两种等级都可用于常规的高温杀菌方法进行消毒[蒸汽、干态高温、氧化乙烯和伽马射线]。此外，用于生产 Ketron PEEK-1000 型材的原材料成分符合欧盟 [指令 2002/72/EC，修正版] 和美国 [FDA] 法规关于食品接触的塑料材料与制品的要求。

Ketron® PEEK-GF30 [自然色（褐灰色）]

填充 30% 玻璃纤维增强级，拥有比 Ketron PEEK-1000 更高的刚性和抗蠕变性能，同时拥有更佳尺寸稳定性。该等级非常适合用长期高温条件下高负载结构应用领域。Ketron PEEK-GF30 适用于滑动部件，但由于玻璃纤维易擦伤配合面，因此须仔细检查其适用性。



高温高级工程塑料

Ketron® PEEK>>聚醚醚酮[PEEK]

Ketron® PEEK-HPV [PEEK + CF+ PTFE +石墨；黑色]

在纯料 PEEK 中加入碳纤维、PTFE 和石墨，使 Ketron PEEK 成为“轴承级”等级塑胶。其优异的摩擦性能[低摩擦、耐磨损和较高底峰压值]，使该等级尤其适用于摩擦应用领域。

Ketron® PEEK-CA30 [PEEK-CF30；黑色]

填充 30%碳纤维增强级具有比 Ketron PEEK-GF30 更高的刚性、机械强度和耐蠕变性能，还具有极佳的耐磨损性能。此外，与非增强型 PEEK 相比，碳纤维可显著降低热膨胀系数，导热性能提高 3.5 倍，热量在轴承表面耗散更快，延长轴承使用寿命，提高压力速度。



技术说明：

从 150℃ 向上[高于玻璃化转变温度]，所有 Ketron PEEK 等级的机械性能显著下降，线性热膨胀系数增加明显。结果，Duratron PAI 材料可能更适合 150℃ 以上高负载工作下的精密公差制品。

类似大多数增强材料，Ketron GF30 PEEK、HPV PEEK、CA30 PEEK 和 TX PEEK 具有中等韧性和冲击强度。因此，所有用这些材料制造的制品“内”角，应该为倒圆角[半径 $R > 1\text{mm}$]，做成最大化边缘倒角，以便增强制品韧性。



高温高级工程塑料

Techtron® PPS >> 聚苯硫醚 [PPS]

Techtron PPS 系列以半晶化聚合物聚苯硫醚为原料，该材料的开发填补了标准热塑性塑料材料[如 PA、POM、PET 等]与高端高级工程塑料之间价格与性能的空白。

主要性能:

- 空气中可承受极高的工作温度[220°C连续使用，短期使用温度可高达 260°C]
- 高机械强度、刚性和耐蠕变性能，即使在高温条件下
- 极佳的耐化学与水解性能
- 极佳的尺寸稳定性
- 优秀的耐磨损和摩擦性能[Techtron HPV PPS]
- 生理学惰性[适用于食品接触]
- 优异的耐高能辐射性能[伽马射线和 X 射线]
- 良好的抗紫外性能
- 固有的低可燃性能
- 良好的电气绝缘和介电性能

等级



Techtron® PPS [PPS; 自然色(奶油色)]

这类未填充的聚苯硫醚基材料是应用在腐蚀性环境下理想的结构材料，或者作为 PEEK 替代材料应用在温度要求不高的领域。极佳的尺寸稳定性[最小的吸湿、线性热膨胀系数低]，加上易于精密加工，使 Techtron PPS 非常适合精密加工部件。本材料一般不用于高磨损应用领域。此外，用于加工 Techtron PPS 型材的原材料成分符合欧盟[指令 2002/72/EC，经修正]和美国[FDA 食品接触通知第 40 号]关于拟用于食品接触的塑料材料和制品的法规要求。



Techtron® HPV PPS[PPS+固态润滑剂; 深绿色——可用作“食品级”，详情参见第 25 页]

作为一种内润滑的增强型 PPS 等级，暴露在化学环境以及高温环境下时，Techtron HPV PPS 具有包括耐磨性、高负载能力和尺寸稳定性等优良的综合性能。

PA、POM、PET 以及其它塑料不能满足要求，或 PI、PEEK 和 PAI 等造价过高而需要更经济的解决方案时，可考虑使用 Techtron HPV PPS。

由于分布均匀的内润滑剂，Techtron HPV PPS 表现出优异的耐磨性和低摩擦系数。其克服了纯料 PPS 树脂以及玻璃纤维增强 PPS 的不足，前者摩擦系数高，后者在滑动部件应用领域造成配合面过早的磨损。

Techtron HPV PPS 可以用于各种工业设备，如工业烘干和食品加工箱[轴承、滚轴]、化学品加工设备[泵、阀和压缩机部件]和电气绝缘系统以及滑动部件。

技术说明:

用于 100°C 以上[高于玻璃化转变温度]，Techtron HPV PPS 机械性能明显下降，并且线性摩擦系数上升明显。Ketrin® PEEK 和 Duratron® PAI 可以应用于克服这些不利条件的替代材料。

高温高级工程塑料

Quadrant® PPSU >> 聚苯砜[PPSU]

Quadrant PPSU 是一种黑色非晶化高性能热塑性塑料，具有比聚砜和聚醚砜亚胺更高的冲击强度和耐化学性能。Quadrant PPSU 还具有优异的耐水解性能（由蒸汽压力釜进行测试），这使特别适用于重复蒸汽消毒的应用领域。

主要性能:

- 空气中最高可承受工作温度较高[180℃连续工作]
- 良好的耐化学品和优异的耐水解性能[适用于重复蒸汽杀菌]
- 较广温度范围内的高刚性
- 极高的冲击强度
- 生理惰性[适用于食品接触]
- 尺寸稳定性高
- 极佳的耐高能辐射性能[伽马射线和 X 射线]
- 良好的电气绝缘和介电性能

高温高级工程塑料

Quadrant® 1000 PSU 聚砒[PSU]

Quadrant 1000 PSU 略显黄色、半透明[非光学品质]非晶化热塑性材料，具有优良的机械、热学和电性能。其常常用于替代聚碳酸酯用于要求较高的耐高温性能、更好的耐化学品性能或高温高压应用领域。

主要性能

- 空气中最高可承受工作温度较高[150℃连续工作温度]
- 良好的耐水解性能[适用于重复蒸汽消毒]
- 较广温度范围内的高强度和刚性
- 良好的尺寸稳定性
- 生理惰性[适用于食品接触]
- 极佳的耐高能辐照性能[伽马射线和 X 射线]
- 良好的电气绝缘和介电性能

应用领域

Quadrant 1000 PSU 通常用于食品加工设备[牛奶机、泵、阀、过滤板、热交换器]，适用于分析仪器和各种承受反复清洗和高温作用的部件。

技术说明：

Quadrant 1000 PSU 等非晶化热塑性塑料在接触极性有机溶剂[如乙醇]时，有非常敏感的应力脆裂性。对无应力部件完全无害，但对应力部件大的零件会引起应力脆裂[这也适用于 Duratron® U1000 PEI，对 Quadrant PPSU 具有较小影响]。



高温高级工程塑料

符合食物接触认证^[1]

跨骏 (Quadrant) 高级工程塑料型材	基础聚合物	欧盟指令 2002/72/EC	美国 FDA 联邦法规 [21CFR]FDA FCN	食品级 ^[2]
Duratron® CU60 PBI	聚苯并咪唑	-	-	
Duratron® PI[所有等级]	聚酰亚胺	-	-	
Duratron® PAI[所有等级]	聚酰胺-酰亚胺	-	-	
Ketron® 1000 PEEK 自然色[*]	聚醚醚酮	+	+	√
Ketron® 1000 PEEK 黑色[*]	聚醚醚酮	+	+	√
Ketron® HPV PEEK	聚醚醚酮	-	-	
Ketron® GF30 PEEK 自然色	聚醚醚酮	-	-	
Ketron® CA30 PEEK	聚醚醚酮	-	-	
Ketron® TX PEEK	聚醚醚酮	+	+	√
Techtron® PPS	聚苯硫醚	+	+ ^[**]	
Techtron® HPV PPS	聚苯硫醚	+	+ ^[**]	√
Quadrant® PPSU 黑色	聚苯砜	+	+ ^[**]	
Quadrant® 1000 PSU 自然色 [*]	聚砜	+	+	
Duratron® U1000 PEI 自然色	聚醚酰亚胺	+	+	

高温高级工程塑料

Duratron® U1000 PEI >> 聚醚酰亚胺[PEI]

Duratron U1000 PEI 是一种琥珀色半透明[非光学级]非晶化热塑性材料，具有强度高和耐热性能好的特点。可在 170℃ 条件下连续工作，尤其适用于高强度/高耐热应用领域，同时还适用于要求宽频率和宽温度范围内一致性的电绝缘性能应用领域。

主要性能

- 空气中最高可承受工作温度高[可在 170℃ 条件下连续使用]
- 极高的耐水解性能[适用于重复蒸汽灭菌]
- 宽温度范围内高强度和刚性表现
- 固有的低可燃性能和燃烧过程中低烟气释放特点
- 良好的尺寸稳定性
- 生理惰性[成分符合食品接触法规要求]
- 极佳的耐高能辐射性能[伽马射线和 X 射线]
- 极佳的电气绝缘和介电性能

应用领域



Duratron U1000 PEI 非常适合电气/电子绝缘材料[包括许多半导体工艺部件]和各种需要高温条件下高强度和硬度的结构部件。由于具有优异的耐水解性能，Duratron U1000 PEI 适合重复加热的高压蒸气灭菌生产。



技术说明：

可溶性油的冷却液不应该在加工 Duratron U1000 PEI 时使用，否则材料会产生环境应力开裂。对这次类材料，最适合的冷却液为纯水或压缩空气[同样适用于 Quadrant PPSU 和 Quadrant 1000 PSU]。

高温高级工程塑料

Symalit® 1000 PVDF >> 聚偏二氟乙烯 [PVDF]

该氟聚合物具有良好的机械性能和优异的耐化学性能。作为一种多用途的工程塑料特别适用于制造石化、化工、冶金、食品、造纸、纺织品、生物制药和核工业等部件。

主要性能:

- 空气中最高可承受工作温度高[150℃条件下连续工作]
- 优异的耐化学和水解性能
- 中等机械强度、刚性和抗蠕变性
- 高冲击强度
- 极低吸水性能
- 优异的抗紫外性能[>232nm]和耐气候性能
- 生理惰性[符合食品接触法规要求的成分]
- 固有的低可燃性能
- 良好的电气绝缘性能

等级



Symalit® 1000 PVDF [PVDF; 自然白- 可用作“食品级”，详情参见第 25 页]

Symalit 1000 PVDF 为高结晶非增强型氟聚合物，具有良好的机械、热和电性能和耐化学品性能。其还具有良好的耐高能辐射性能[明显优于其它大多数氟聚合物]。

此外，生产 Symalt 100 PVDF 型材所用原料成分符合欧盟[指令 2002/72/EC，经修正]和美国[FDA]关于食品接触塑料材料和制品的法规要求。



高温高级工程塑料

Semitron® ESd 抗静电

Semitron® ESd 系列抗静电型塑料主要用于解决使用中会放电的应用领域。这些材料可提供静电荷的可控释放。

主要性能

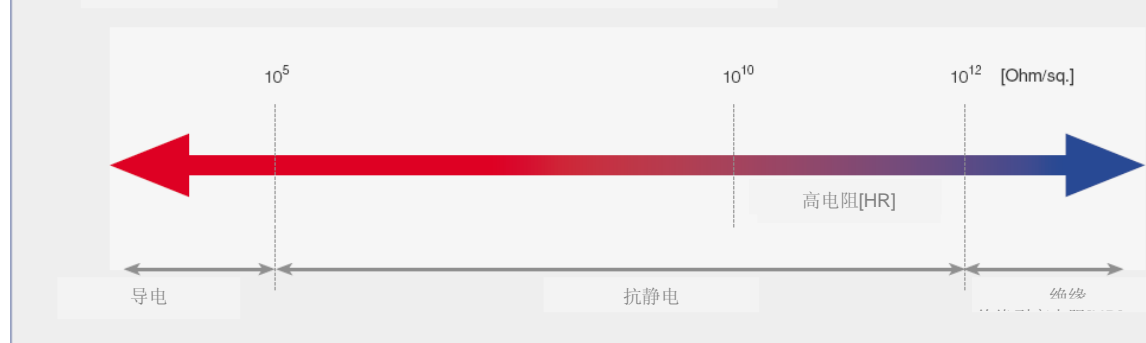
- 永久性排静电
- 可在 2 秒内排静电[5KV]
- 不使用金属或石墨粉末
- 根据基础聚合物的不同，热性能介于 90~260℃ 之间[连续使用温度]

应用领域:

Semitron ESd 抗静电型等级有 4 个，主要区别于宽温度范围和机械负荷条件下排静电需求。

Semitron ESd 材料一般用于集成电路、硬盘驱动器和电路板等敏感性电气部件的制造和处理设备。其还是材料处理设备和高速电子印刷和复制设备零部件的极佳选择。

图 8 表面电阻率[Ohm/Sq.]与电导率谱图



高温高级工程塑料

Semitron® ESd

Semitron® ESd 等级	表面电阻率[ohm/sq.](测试方法: ANSI/ESD STM11.11)	大气环境下最高可承受工作温度[°C]: 短期 连续[*]
Semitron® ESd 225	$10^9 \sim 10^{11}$	140 90
Semitron® ESd 410C	$10^4 \sim 10^6$	200 170
Semitron® ESd 500HR	$10^{10} \sim 10^{12}$	280 260
Semitron® ESd 520HR	$10^{10} \sim 10^{12}$	270 250

[*]更多信息，请参见第 77 页性能表。

等级:

Semitron® ESd 225 [静电排放型聚甲醛；米黄色]

Semitron ESd 225 为缩醛基静电排放型材料，是材料处理操作理想的选择。其也是硬盘驱动器制造或硅片处理过程中用作定位材料的理想选择。

Semitron® ESd 410C [静电排放型聚醚酰亚胺；黑色]

拥有高达 210°C 下优异机械性能，Semitron ESd 410C 可作为较高温环境下静电排放解决方案。此外，Semitron ESd 410C 具有优异的尺寸稳定性[低线性热膨胀系数、吸水性低]，是电子/电气或半导体行业处理设备的理想材料。

Semitron® ESd 500HR [静电排放型聚四氟乙烯；白色]

通过云母合成增强，Semitron ESd 500HR 具有优异的低摩擦性能、良好的尺寸稳定性和静电排放性能。Semitron ESd 500HR 解决了纯聚四氟乙烯出现的放电问题，同时还能保持聚四氟乙烯的典型性能，如较宽的耐化学性和低摩擦系数等。

Semitron® ESd 520HR [静电排放型聚酰胺-酰亚胺；黄褐灰色]

Semitron ESd 520HR 具有同类产品领先的静电排放、高强度、耐热性等综合性能。这种新型静电排放材料是制造半导体行业测试设备或其他输送设备上的槽、插座和连接器的理想材料。Semitron ESd 520HR 的最主要特点是其独有的高电压下[>100V]抵受介电击穿性能。常见的碳纤维增强材料在中等的电压条件下已带有不可回复的传导性，Semitron ESd 520HR 在 100~1000 伏特电压范围内仍保持电性能，同时可为所需要的应用提供优异的机械性能。

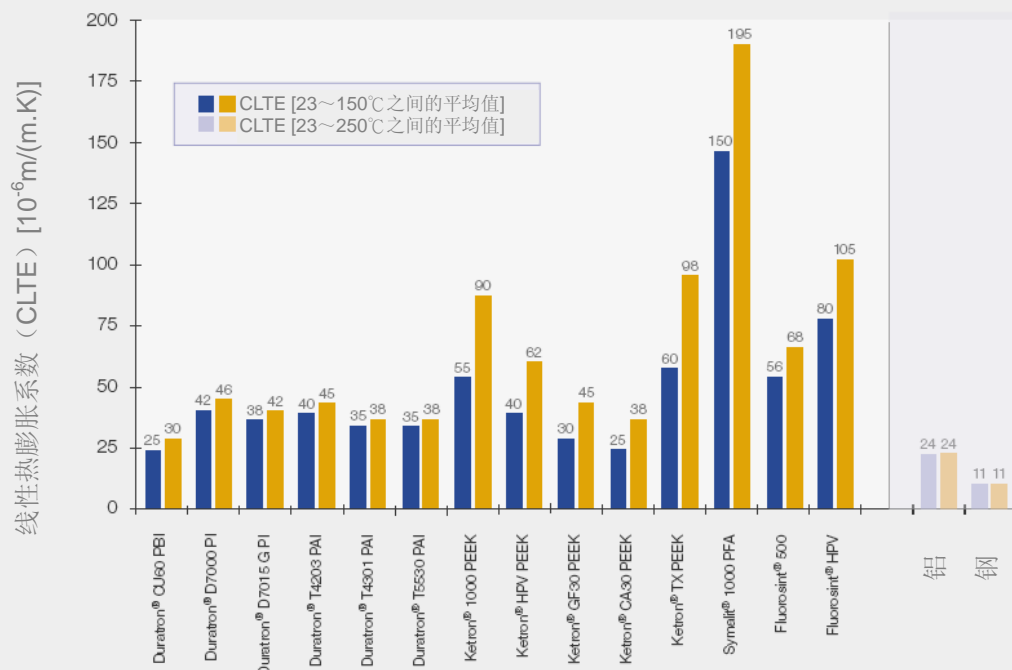


技术说明:

Semitron ESd 静电排放产品具有固有的排放性，不依赖大气环境[如湿度]，也不是单单进行表面处理来获得排放性。

高级工程塑料技术说明

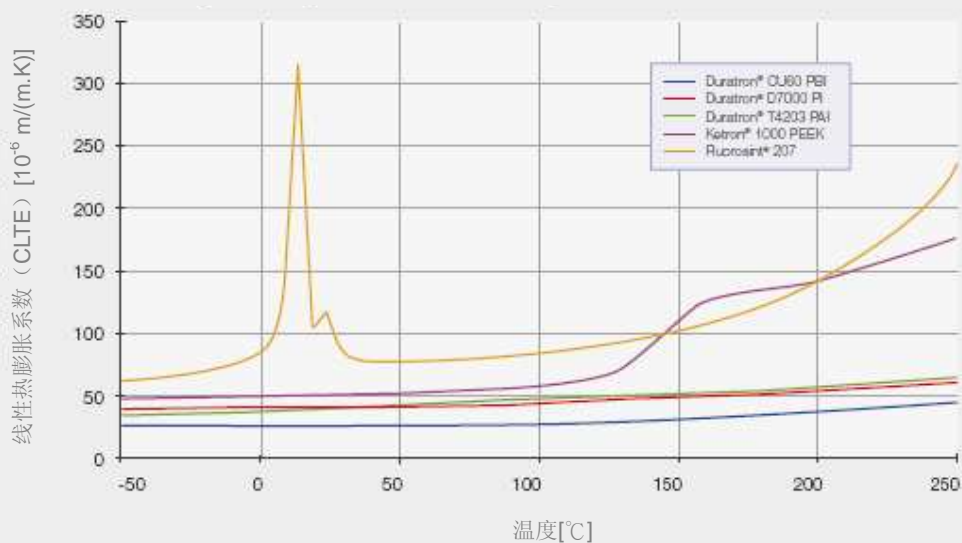
图 9：线性热膨胀系数[CLTE]



热膨胀

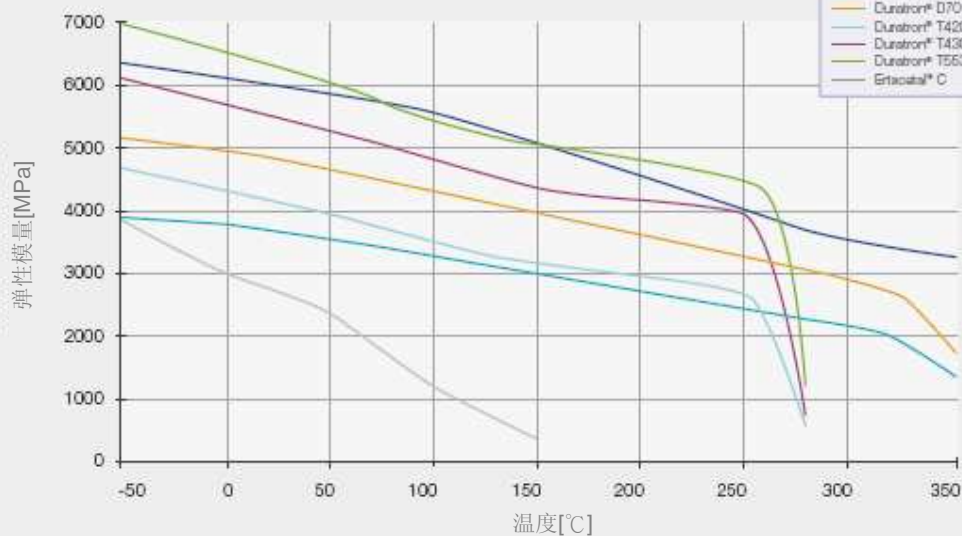
高级工程塑料技术说明

图 12: 线性热膨胀系数与温度关系图[依据测试标准 ASTM E831 进行热学分析]



尺寸稳定性

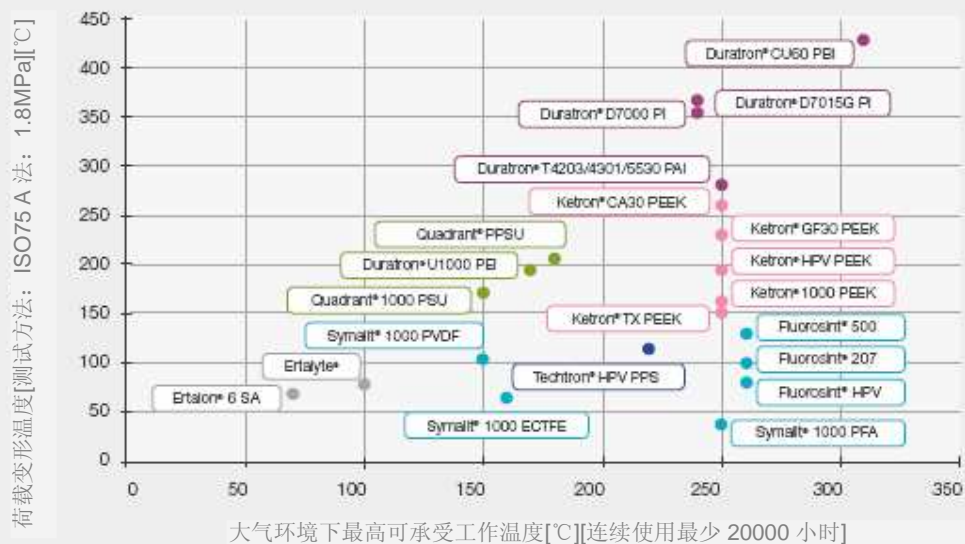
图 13: 刚性与温度的关系[来自 DMA 曲线]



弹性模量

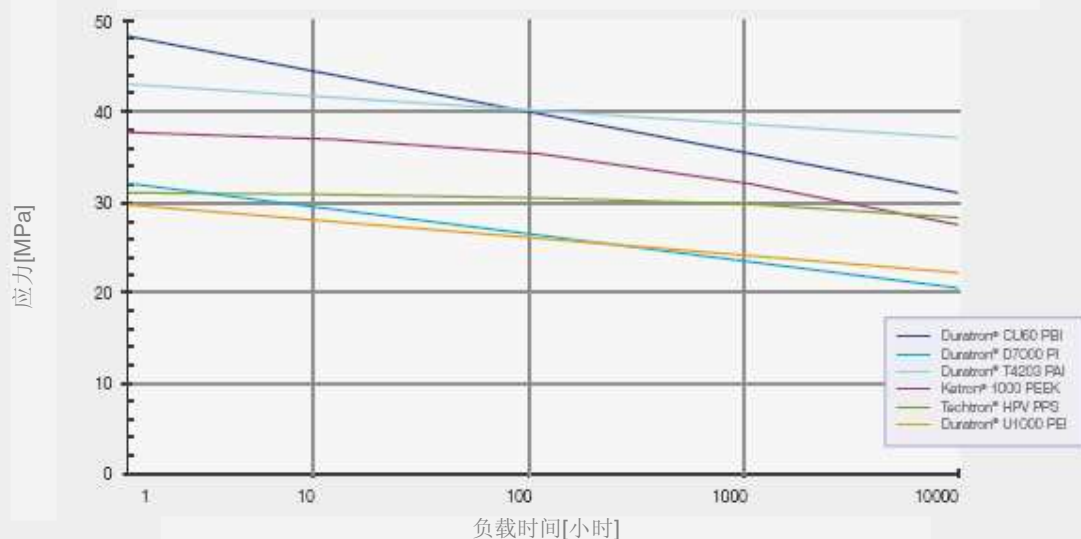
高级工程塑料技术说明

图 19: 负载变形温度与空气中最高可承受工作温度关系



变形温度

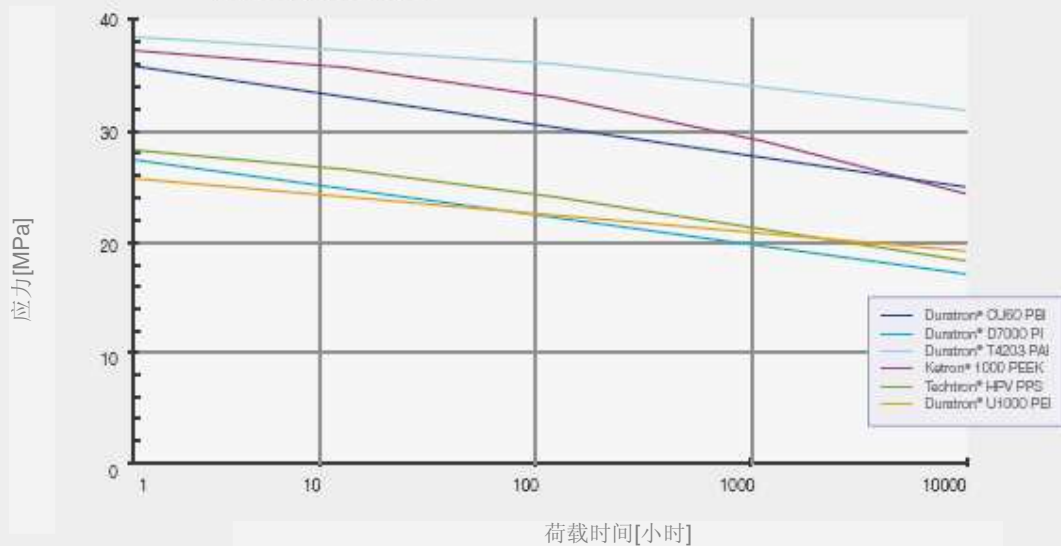
图 20: 23°C 条件下蠕变 1%变形的等距应力-时间曲线[来自蠕变测试]



蠕变

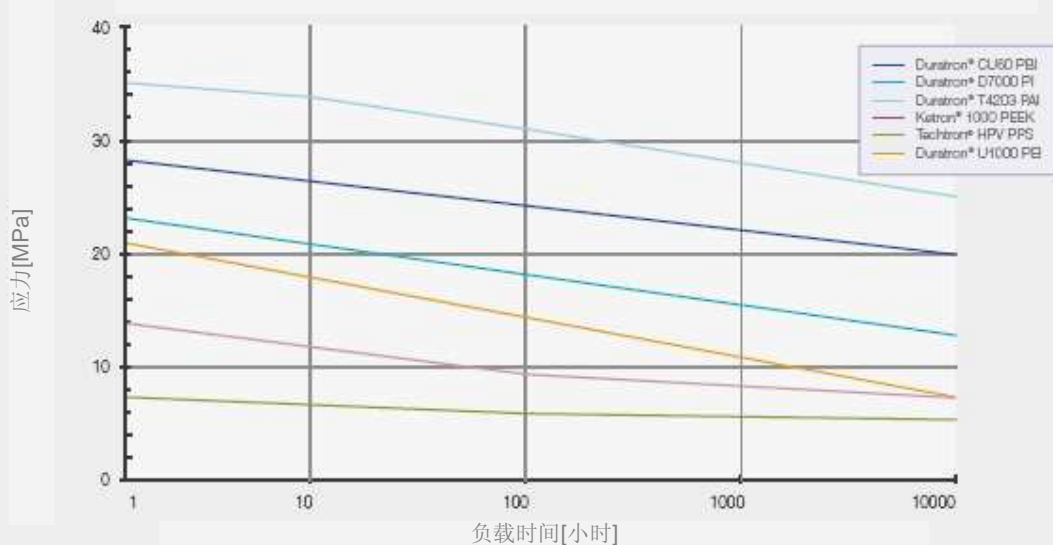
高级工程塑料技术说明

图 21: 80℃条件下蠕变 1%变形的等距应力-时间曲线[来自蠕变测试]



蠕变

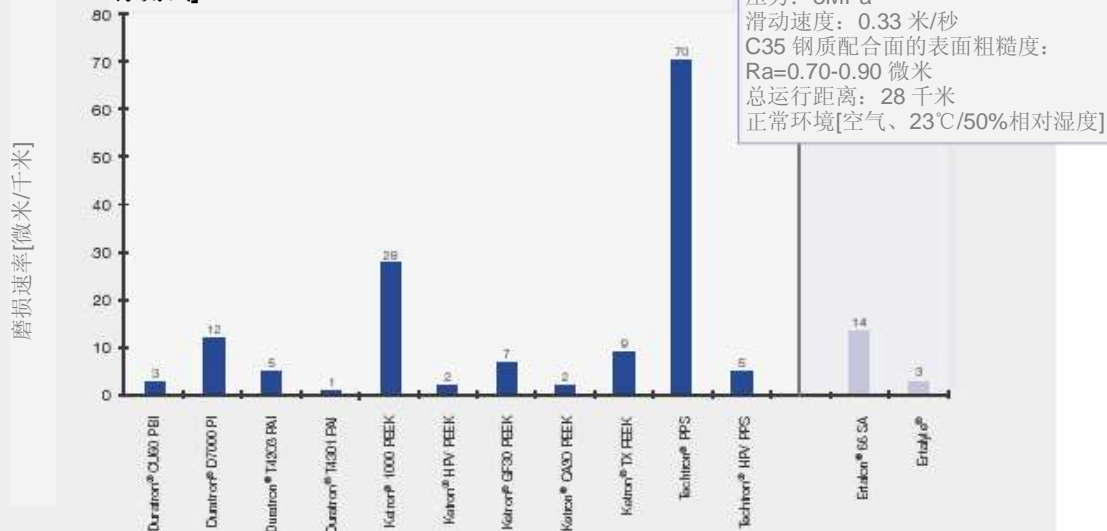
图 22: 150℃条件下蠕变 1%变形的等距应力-时间曲线[来自蠕变测试]



蠕变

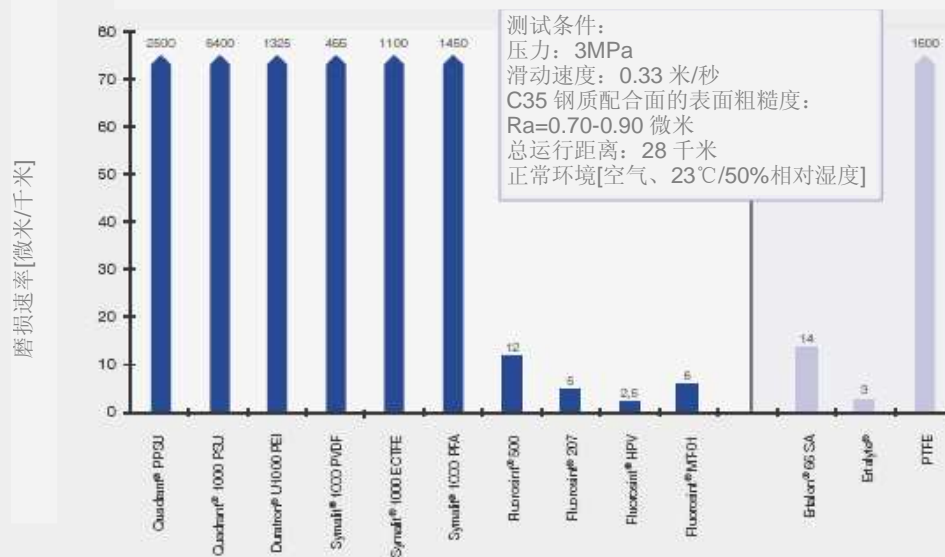
高级工程塑料技术说明

图 23: 耐磨性[通过“在钢盘上旋转塑料杆”摩擦系统进行测试]



耐磨性能

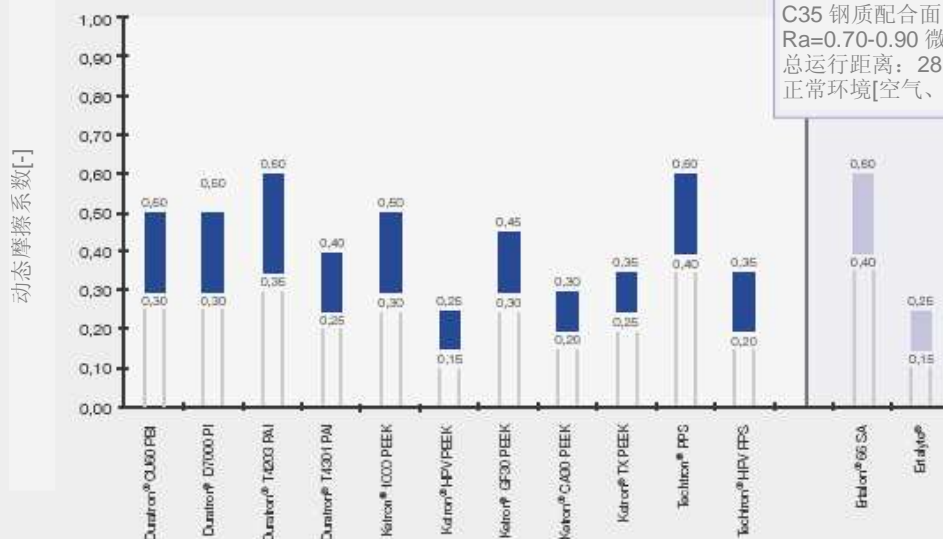
图 24: 耐磨性[通过“在钢盘上旋转塑料杆”摩擦系统进行测试]



耐磨性能

高级工程塑料技术说明

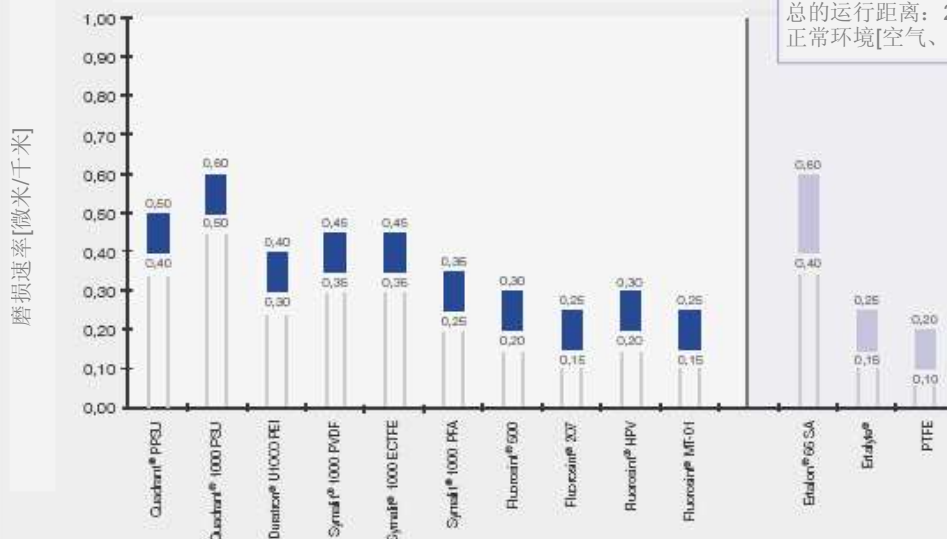
图 25: 动态摩擦系数[通过“在钢盘上旋转塑料杆”摩擦系统进行测试]



测试条件:
压力: 3MPa
滑动速度: 0.33 米/秒
C35 钢质配合面的表面粗糙度:
Ra=0.70-0.90 微米
总运行距离: 28 千米
正常环境[空气、23°C/50%相对湿度]

动态摩擦系数

图 26: 动态摩擦系数[通过“在钢盘上旋转塑料杆”摩擦系统进行测试]

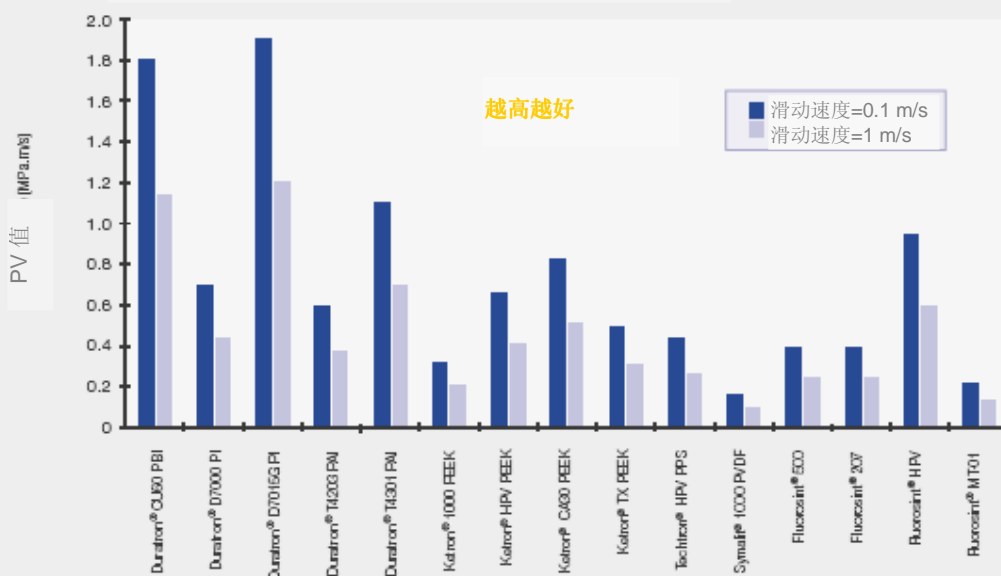


测试条件:
压力: 3MPa
滑动速度: 0.33 米/秒
C35 钢质配合面的表面粗糙度:
Ra=0.70-0.90 微米
总的运行距离: 28 千米
正常环境[空气、23°C/50%相对湿度]

动态摩擦系数

高级工程塑料技术说明

图 27：圆柱形套筒轴承的极限 PV 值[*]



极限 PV 值[MPa.m/s]

[*]图中给出的极限 PV 值适用于设计合理的塑料-金属结构组合，而且其具有优良的散热性能，在 23℃左右的正常大气环境下可以连续运行，且无润滑[即让钢轴在最大长/内径比为 1 的薄壁塑料套筒中旋转]。很明显，较高的 PV 值可容许断续环境或有润滑环境下运行。

高级工程塑料技术说明



物理性能[参考值*]

性能	测试方法	单位	Duratron® CU60 PBI	Duratron® PI	D7000 D7015G PI	Duratron® T4203 PAI [16]
颜色	-	-	黑色	自然色 [栗色]	灰色-黑色	黄色-黄褐色
密度	ISO 1183-1	g/cm3	1.30	1.38	1.46	1.41
在 23℃水中浸泡 24/96 小时后的水分吸收[1]	ISO 62	mg	60 / 112	66 / 128	46 / 100	29 / 55
在 23℃水中浸泡 24/96 小时后的水分吸收[1]	ISO 62	%	0.74 / 1.37	0.73 / 1.41	0.48 / 1.04	0.35 / 0.67
在 23℃/50%相对湿度大气环境饱和状态下水分吸收	-	%	7.5	2.2	1.3	2.5
在 23℃水中饱和状态下水分吸收	-	%	14	4	3	4.4
热性能[2]						
熔点[DSC, 10℃/分钟]	ISO 11357-1/-3	℃	NA	NA	NA	NA
玻璃化转变温度[DSC, 20℃/分钟][3]	ISO 11357-1/-2	℃	415	365	365	280
导热系数[23℃]	-	W/[K.m]	0.40	0.22	0.39	0.26
线性热膨胀系数:						
-23~100℃之间的平均值	-	m/[m.K]	25 x 10-6	40 x 10-6	36 x 10-6	40 x 10-6
-23~150℃之间的平均值	-	m/[m.K]	25 x 10-6	42 x 10-6	38 x 10-6	40 x 10-6
-高于 150℃的平均值	-	m/[m.K]	35 x 10-6	52 x 10-6	47 x 10-6	50 x 10-6
负载热变性温度: 方法 A: 1.8MPa	ISO 75-1/-2	℃	425	355	365	280
空气中最高可承受工作温度:						
-短期[4]	-	℃	500	450	450	270
-连续: 最少 20000 小时[5]	-	℃	310	240	240	250
最低工作温度[6]	-	℃	-50	-50	-20	-50
可燃性[7]:					-	
-“氧指数”	ISO 4589-1/-2	%	58	51	47	45
-根据 UL 94[1.5/3mm 厚度]	-	-	V-O / V-O	V-O / V-O	V-O / V-O	V-O / V-O
23℃下的机械性能[8]						
拉伸实验[9]:						
-屈服拉伸应力/断裂拉伸应力[10]	ISO 527-1/-2	MPa	NYP / 130	NYP / 115	NYP / 67	150 / -
-拉伸强度[10]	ISO 527-1/-2	MPa	130	115	67	150
-屈服拉伸应变[10]	ISO 527-1/-2	%	NYP	NYP	NYP	9
-断裂拉伸应变[10]	ISO 527-1/-2	%	3	4	2	20
-拉伸弹性模量[11]	ISO 527-1/-2	MPa	6000	3700	4900	4200
抗压实验[12]:						
-1/2/5%正常应变下的抗压应力[11]	ISO 604	MPa	58 / 118 / 280	35 / 69 / 145	44 / 81 / 145	34 / 67 / 135
Charpy 冲击强度-无缺口[13]	ISO 179-1/1eU	kJ/m2	20	65	10	no break
Charpy 冲击强度-缺口	ISO 179-1/1eA	kJ/m2	2.5	4.5	1.5	15
球压硬度[14]	ISO 2039-1	N/mm2	375	235	225	200
洛氏硬度[14]	ISO 2039-2	-	E 120	E 95 [M 120]	E 84 [M 115]	E 80 [M 120]
23℃条件下电性能						
介电强度[15]	IEC 60243-1	kV/mm	28	28	13	24
体积电阻率	IEC 60093	Ohm.cm	> 1014	> 1014	-	> 1014
	ANSI/ESD STM 11.11	Ohm/sq. -	> 1013	> 1013	< 104	> 1013 4.2
表面电阻率						
相对介电常数 ϵ_r :						
-@100Hz	IEC 60250	-	3.3	3.4	-	4.2
-@1MHz	IEC 60250	-	3.2	3.2	5.5	3.9
介电损耗因子 $\tan \delta$:						
-@100Hz	IEC 60250	-	0.001	0.006	-	0.026
-@1MHz	IEC 60250	-	-	0.005	0.007	0.031
抗电弧径迹指数[CTI]	IEC 60112	-	-	125	-	175

[1] 根据 ISO 62 的方法 1 进行, 测试样品为 $\varnothing 50 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 的圆片。

[2] 这些性能值大多数来自原材料供应商数据和其它出版物。

[3] 这里给出的性能值仅包括自非晶化材料和不显示熔融温度的材料[PBI & PI]。

[4] 仅用于短时间[几小时]内, 其中材料没有负载或非常低负载条件下。

[5] 耐高温测试超过 20000 小时。经过这段时间以后, 相比初始值, 拉伸强度下降(在 23℃条件下检测) 50%。因而, 这里给出的温度值是基于造成性能下降的热氧降解因素。注意, 由于大多数情况下, 最高可承受工作温度实质上是依据材料所承受机械应力的持续时间和强度。

高级工程塑料型材

Duratron® T4301 PAI [16]	Duratron® T5630 PAI	Ketron® 1000 PEEK	Ketron® HPV PEEK	Ketron® GF30 PEEK	Ketron® CA30 PEEK	Ketron® TX PEEK	Techtron® PPS	Techtron® HPV PPS	Quadrant® PPSU
black	khaki-grey	natural [brownish grey] black	black	natural [brownish grey]	black	blue	natural [cream]	deep blue	black
1.45	1.61	1.31	1.45	1.51	1.40	1.39	1.35	1.42	1.29
26 / 46	25 / 50	5 / 10	4 / 9	5 / 10	4 / 9	4 / 9	1 / 2	1 / 2	25 / 54
0.30 / 0.55	0.26 / 0.52	0.06 / 0.12	0.05 / 0.11	0.05 / 0.10	0.05 / 0.11	0.05 / 0.10	0.01 / 0.02	0.01 / 0.02	0.30 / 0.65
1.9	1.7	0.20	0.16	0.16	0.16	0.18	0.03	0.05	0.50
3.8	3.2	0.45	0.35	0.35	0.35	0.40	0.10	0.20	1.10
NA	NA	340	340	340	340	340	260	260	NA
280	280	-	-	-	-	-	-	-	220
0.54	0.36	0.25	0.78	0.43	0.02	0.25	0.30	0.30	0.30
35 x 10 ⁻⁶	35 x 10 ⁻⁶	50 x 10 ⁻⁶	35 x 10 ⁻⁶	30 x 10 ⁻⁶	25 x 10 ⁻⁶	55 x 10 ⁻⁶	60 x 10 ⁻⁶	50 x 10 ⁻⁶	55 x 10 ⁻⁶
35 x 10 ⁻⁶	35 x 10 ⁻⁶	55 x 10 ⁻⁶	40 x 10 ⁻⁶	30 x 10 ⁻⁶	25 x 10 ⁻⁶	60 x 10 ⁻⁶	60 x 10 ⁻⁶	60 x 10 ⁻⁶	55 x 10 ⁻⁶
40 x 10 ⁻⁶	40 x 10 ⁻⁶	130 x 10 ⁻⁶	85 x 10 ⁻⁶	65 x 10 ⁻⁶	55 x 10 ⁻⁶	140 x 10 ⁻⁶	145 x 10 ⁻⁶	100 x 10 ⁻⁶	65 x 10 ⁻⁶
280	280	160	195	230	260	155	115	115	205
270	270	310	310	310	310	310	260	260	210
250	250	250	250	250	250	250	220	220	180
-20	-20	-50	-20	-20	-20	-20	-30	-20	-50
44	50	35	43	40	40	40	44	44	38
V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0
NYP / 110	NYP / 125	115 / -	NYP / 78	80 / -	NYP / 144	90 / -	102 / -	NYP / 78	83 / -
110	125	115	78	80	144	90	102	78	83
NYP	NYP	5	NYP	3.5	NYP	5	3.5	NYP	8
5	3	17	3	4.5	4	6	12	3.5	> 50
5500	6400	4300	5900	7000	9200	3750	4000	4000	2450
39 / 72 / 130	55 / 104 / 180	38 / 75 / 140	46 / 80 / 120	54 / 103 / 155	69 / 125 / 170	31 / 61 / 120	39 / 77 / 122	33 / 65 / 105	21 / 41 / 83
45	30	no break	25	25	50	30	no break	25	no break
4	3.5	3.5	3	3	5	3	2	4	12
200	275	210	215	250	310	195	205	160	95
M 108 [E 70]	E 85 [M 125]	M 105	M 85	M 100	M 102	M 97	M 100	M 82	M 90
-	28	24	-	24	-	22	18	24	26
> 10 ¹³	> 10 ¹⁴	> 10 ¹⁴	-	> 10 ¹⁴	< 10 ⁵	> 10 ¹⁴	> 10 ¹⁴	> 10 ¹⁴	> 10 ¹⁴
> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹²	-	> 10 ¹³	< 10 ⁵	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³
6.0	4.4	3.2	-	3.2	-	3.2	3.0	3.3	3.4
5.4	4.2	3.2	-	3.6	-	3.2	3.0	3.3	3.5
0.037	0.022	0.001	-	0.001	-	0.001	0.002	0.003	0.001
0.042	0.050	0.002	-	0.002	-	0.002	0.002	0.003	0.005
175	175	150	-	175	-	150	125	100	< 100

[6]冲击强度随温度降低而降低，最低允许工作温度实际上主要由材料所受冲击程度决定。此处给出值基于不利冲击条件，因此可能不被认为是绝对实际限值。

[7] 此评估等级来自原材料供应商数据与其他出版物，并非反应实际火灾环境中材料表现出的危险。这些高级工程塑料型材没有可用的“UL 文档号”。

[8] 此处所给的大部分机械性能数据为干样品测试的平均值，干样品由 Ø 40 - 60 mm 棒材加工而成。除硬度测试以外，试样是去除棒芯与外缘后的中间区域，纵向取一定长度（与挤压方向平行）而得。

[9]测试样品：类型 1B

性能	测试方法	单位	Quadrant® 1000 PSU natural [yellow, translucent]	Duratron® U1000 PEI natural [amber, translucent]	Symalit® 1000 PVDF natural [white]	Symalit® 1000 ECTFE natural [cream]
颜色	-	-	-	-	-	-
密度	1183-1	g/cm3	1.24	1.27	1.78	1.68
在 23℃ 水中浸泡 24/96 小时后的水分吸收[1]	ISO 62	mg	19 / 38	16 / 34	1 / 3	0.7 / 1.5
在 23℃ 水中浸泡 24/96 小时后的水分吸收[1]	ISO 62	%	0.24 / 0.48	0.19 / 0.40	0.01 / 0.03	0.006 / 0.013
在 23℃/50%相对湿度大气环境饱和状态下水分吸收	-	%	0.30	0.70	0.05	0.04
在 23℃ 水中饱和状态下水分吸收	-	%	0.80	1.30	< 0.10	< 0.10
热性能[2]						
熔点[DSC, 10℃/分钟]	ISO 11357-1/-3	℃	NA	NA	175	240
玻璃化转变温度[DSC, 20℃/分钟][3]	SO 11357-1/-2	℃	190	215	-	-
导热系数[23℃]	-	W/[K.m]	0.26	0.24	0.19	0.15
线性热膨胀系数:						
-23~100℃之间的平均值	-	m/[m.K]	55 x 10-6	50 x 10-6	190 x 10-6	120 x 10-6
-23~150℃之间的平均值	-	m/[m.K]	55 x 10-6	50 x 10-6	220 x 10-6	140 x 10-6
-高于 150℃的平均值	-	m/[m.K]	70 x 10-6	60 x 10-6	-	220 x 10-6
负载热变性温度: 方法A: 1.8MPa	ISO 75-1/-2	℃	170	195	105	65
空气中最高可承受工作温度:						
-短期[4]	-	℃	180	200	160	180
-连续: 最少20000小时[5]	-	℃	150	170	150	160
最低工作温度[6]	-	℃	-50	-50	-50	-200
可燃性[7]:						
“氧指数”	ISO 4589-1/-2	%	30	47	44	52
-根据UL 94[1.5/3mm厚度]	-	-	HB / HB	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0
23℃下的机械性能[8]						
拉伸实验[9]:						
-屈服拉伸应力/断裂拉伸应力[10]	ISO 527-1/-2	MPa	88 / -	129 / -	60 / -	30 / -
-拉伸强度[10]	ISO 527-1/-2	MPa	88	129	60	48
-屈服拉伸应变[10]	ISO 527-1/-2	%	5	7	9	4
-断裂拉伸应变[10]	ISO 527-1/-2	%	10	13	30	> 50
-拉伸弹性模量[11]	ISO 527-1/-2	MPa	2850	3500	2200	1600
抗压实验[12]:						
-1/2/5%正常应变下的抗压应力[11]	ISO 604	MPa	25 / 49 / 101	31 / 61 / 137	20 / 36 / 62	14.5 / 26 / 33
Charpy冲击强度-无缺口[13]	ISO 179-1/1eU	kJ/m2	no break	no break	no break	no break
Charpy冲击强度-缺口	ISO 179-1/1eA	kJ/m2	3.5	3.5	10	180P
球压硬度[14]	ISO 2039-1	N/mm2	115	165	110	65
洛氏硬度[14]	ISO 2039-2	-	M 89	M 115	M 78	R 94
23℃条件下电性能						
介电强度[15]	IEC 60243-1	kV/mm	30	27	18	26
体积电阻率	IEC 60093	Ohm.cm	> 1014	> 1014	> 1014	> 1014
表面电阻率	ANSI/ESD STM 11.11	Ohm/sq.	> 1013	> 1013	> 1013	> 1013
相对介电常数εr:						
-@100Hz	IEC 60250	-	3.0	3.0	7.4	2.5
-@1MHz	IEC 60250	-	3.0	3.0	6.0	2.6
介电损耗因子tan δ:						
-@100Hz	IEC 60250	-	0.001	0.002	0.025	0.001
-@1MHz	IEC 60250	-	0.003	0.002	0.165	0.015
抗电弧径迹指数[CTI]	IEC 60112	-	150	175	600	600

备注: 1 g/cm³ = 1,000 kg/m³; 1 MPa = 1 N/mm²; 1 kV/mm = 1 MV/m; NYP: 无屈服点; NA:不适用

[10]测试速度: 5 或 50 mm/分钟. [选择依据标准 ISO 10350-1, 视材料延性行为而定[韧性或脆性]; 所有显示拉伸断裂应变≥ 10%的材料选择 50 mm/分钟. 测试条件。

[11] 测试速度: 1 mm/分钟.

[12] 测试样品: 直径 8 mm x 16 mm 圆柱体

[13]使用摆锤: 4 焦耳

[14]在 10 毫米厚试样[圆片]上测试, 在中心与外径之间选取

[15]电极参数: ø25 mm/ø75 mm 同轴圆柱体; 依据 IEC 60296 的变压器油; 1mm 厚试样。注意 Ketron® 1000 PEEK 黑料和 Quadrant® PPSU 黑料的电气强度要明显比表中列出的自然色材料数值低。

高级工程塑料型材

Symalit® 1000 PFA	Fluorosint® 500	Fluorosint® 207	Fluorosint® HPV	Fluorosint® MT-01	Semitron® ESd 225	Semitron® ESd 410C	Semitron® ESd 500HR	Semitron® ESd 520HR
natural [white]	ivory	white	tan	dark grey	beige	black	white	khaki grey
2.14	2.32	2.30	2.06	2.27	1.33	1.41	2.30	1.58
0.6 / 1.4	- / -	- / -	10 / 20	- / -	392 / 705	-	- / -	56 / 110
0.004 / 0.010	- / -	- / -	0.07 / 0.15	- / -	5 / 9	-	- / -	0.60 / 1.18
0.01	< 0.1	< 0.1	0.1 - 0.2	-	0.8	0.60	< 0.1	2.6
< 0.03	1.5 - 2.5	1 - 2	0.5 - 1	1.5 - 2.5	10	1.10	1 - 2	4.6
305	327	327	327	327	165	NA	327	NA
-	-	-	-	-	-	215	-	280
0.20	0.77	-	-	-	-	0.35	-	0.34
135 x 10 ⁻⁶	50 x 10 ⁻⁶	85 x 10 ⁻⁶	75 x 10 ⁻⁶	60 x 10 ⁻⁶	150 x 10 ⁻⁶	40 x 10 ⁻⁶	85 x 10 ⁻⁶	35 x 10 ⁻⁶
150 x 10 ⁻⁶	55 x 10 ⁻⁶	90 x 10 ⁻⁶	80 x 10 ⁻⁶	65 x 10 ⁻⁶	-	40 x 10 ⁻⁶	90 x 10 ⁻⁶	35 x 10 ⁻⁶
250 x 10 ⁻⁶	85 x 10 ⁻⁶	155 x 10 ⁻⁶	135 x 10 ⁻⁶	100 x 10 ⁻⁶	-	45 x 10 ⁻⁶	155 x 10 ⁻⁶	40 x 10 ⁻⁶
40	130	100	80	95	-	200	100	280
280	280	280	280	300	140	200	280	270
250	260	260	260	260	90	170	260	250
-200	-20	-50	-50	-20	-50	-20	-50	-20
≥ 95	≥ 95	≥ 95	≥ 95	≥ 95	< 20	47	≥ 95	48
V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	HB / HB	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0
15 / -	7 / -	10 / -	10 / -	14 / -	NYP / 38	NYP / 62	10 / -	NYP / 83
30	7	10	10	14	38	62	10	83
50	5	4	6	6	NYP	NYP	4	NYP
> 50	15	> 50	> 50	20	15	2	> 50	3
575	1750	1450	1200	1900	1500	5850	1450	5500
5.5 / 10 / 16	12 / 19 / 25	10.5 / 15 / 20	10 / 14.5 / 19	11 / 17 / 29	14 / 25 / 38	44 / 76 / 114	10.5 / 15 / 20	42 / 80 / 145
no break	8	30	55	20	no break	20	30	20
75P	4.5	7.5	12	4	8	4	7.5	4
35	60	40	45	55	70	-	40	250
R 70	R 55	R 50	R 45	R 74	R 106	M 115	R 50	M 110 [E 73]
35	11	8	-	-	-	-	-	-
> 10 ¹⁴	> 10 ¹³	> 10 ¹³	-	-	10 ⁹ - 10 ¹¹	10 ⁴ - 10 ⁶	10 ¹⁰ - 10 ¹²	10 ¹⁰ - 10 ¹²
> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	< 10 ⁵	10 ⁹ - 10 ¹¹	10 ⁴ - 10 ⁶	10 ¹⁰ - 10 ¹²	10 ¹⁰ - 10 ¹²
2.1	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1	2.85	2.65	-	-	4.3	3.0	3.1	5.8
< 0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-
< 0.0005	0.008	0.008	-	-	0.036	0.002	0.075	0.18
600	-	-	-	-	-	-	-	-

Beige: 米黄色; black: 黑色; white: 白色; khaki grey: 土黄灰色

[16] 必须注意模压 Duratron® T4503 PAI 和 Duratron® T4501 PAI 型材的性能值会明显不同于表中挤出级 Duratron® T4203 PAI 和 Duratron® T4301 PAI 型材给出的值。必须考虑各个个体的外形和尺寸相关的基础情况。具体请与我们联系。

• 本表主要用于对比目的，有利于选择材料。这里列出的数据在干燥材料产品性能的正常范围。但是，我们不对这些数据提供任何担保，并且数据不得用于建立材料规定界限或作为设计的唯一基准。

值得注意的是这些增强及添加过的材料表现出各向异性（平行于和垂直于模压方向，所测的性能不同）。