

聚四氟乙烯基本常识整理汇总

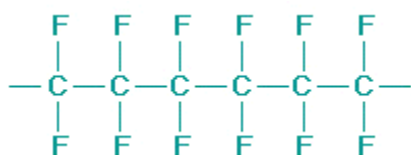
在氟塑料中，**聚四氟乙烯**消耗最大，用途最广，它是氟塑料中的一个重要品种。聚四氟乙烯的化学结构是把聚乙烯中全部氢原子被氟原子取代而成。

产品名称：聚四氟乙烯

英文名：[Polytetrafluoroethylene](#)

别名：PTFE;铁氟龙;特氟龙;teflon;特氟隆;F4;塑料之王;テフロン(日语)【英文缩写为 **PTFE**，商标名 **Teflon®**，中文译名各地不同：大陆译为**特富龙®**，香港译为**特氟龙®**，台湾译为**铁氟龙®**】

分子式：[CF₂CF₂]_n



生产方法：聚四氟乙烯由四氟乙烯经自由基聚合而生成。工业上的聚合反应是在大量水存在下搅拌进行的，用以分散反应热，并便于控制温度。聚合一般在 40~80℃，3~26 千克力 / 厘米² 压力下进行，可用无机的过硫酸盐、有机过氧化物为引发剂，也可以用氧化还原引发体系。每摩尔四氟乙烯聚合时放热 171.38kJ。分散聚合须添加全氟型的表面活性剂，例如全氟辛酸或其盐类。

用途：可制成棒、板、管材、薄膜及各种异型制品，用于航天、化工、电子、机械、医药等领域。

备注：

聚四氟乙烯[PTFE,F4]是当今世界上耐腐蚀性能最佳材料之一，因此得"塑料王"之美称。它能在任何种类化学介质长期使用，它的产生解决了我国化工、石油、制药等领域的许多问题。聚四氟乙烯密封件、垫圈、垫片。聚四氟乙烯密封件、垫片、密封垫圈是选用悬浮聚合聚四氟乙烯树脂模塑加工制成。聚四氟乙烯与其他塑料相比具有耐化学腐蚀与耐高温优异的特点，它已被广泛地应用作为密封材料和填充材料。

具有高度的化学稳定性和卓越的耐化学腐蚀能力，如耐强酸、强碱、强氧化剂等，有突出的耐热、耐寒及耐磨性，长期使用温度范围为-200-+250℃，还有优异的电绝缘性，且不受温度与频率的影响。此外，具有不沾着、不吸水、不燃烧等特点。悬浮树脂一般采用模压，烧结的办法成型加工，所制得的棒、板或其他型材还可进一步用车刨、钻、铣等机加工方法加工。棒材再经车削牵伸可制成定向薄膜。

聚四氟乙烯(PTFE)特性：

- 1.强度(高强度-重量比)
- 2.化学惰性
- 3.生物适应性
- 4.高热阻
- 5.严酷环境中的高化学阻抗
- 6.低可燃性
- 7.低摩擦系数

- 8.低介电常数
- 9.低吸水性
- 10.良好的风化属性

详细介绍:

聚四氟乙烯是四氟乙烯的聚合物。英文缩写为 PTFE。商品名为“特氟隆”(teflon)。被美誉为“塑料之王”。聚四氟乙烯的基本结构为 $-CF_2 - CF_2 - CF_2 - CF_2 - CF_2 - CF_2 - CF_2 - CF_2 - CF_2 - CF_2 -$ 。**聚四氟乙烯**广泛应用于各种需要抗酸碱和有机溶剂的,它本身对人没有毒性,但是在生产过程中使用的原料之一全氟辛酸铵(PFOA)被认为可能具有致癌作用。

聚四氟乙烯相对分子质量较大,低的为数十万,高的达一千万以上,一般为数百万(聚合度在 104 数量级,而聚乙烯仅在 103)。一般结晶度为 90~95%, 熔融温度为 327~342℃。**聚四氟乙烯**分子中 CF_2 单元按锯齿形状排列,由于氟原子半径较氢稍大,所以相邻的 CF_2 单元不能完全按反式交叉取向,而是形成一个螺旋状的扭曲链,氟原子几乎覆盖了整个高分子链的表面。这种分子结构解释了聚四氟乙烯的各种性能。温度低于 19℃时,形成 13/6 螺旋;在 19℃发生相变,分子稍微解开,形成 15/7 螺旋。

化学性质:

聚四氟乙烯的化学结构是把聚乙烯中全部氢原子被氟原子取代而成。它的分子式为:

PTFE 分子中 F 原子把 C-C 键遮盖起来而且 C-F 键键能高特别稳定,除碱金属与元素氟外它不被任何化学药品侵蚀。

PTFE 分子中 F 原子对称, C-F 中两种元素共价相结合,分子中没有游离的电子,整个分子呈中性。使 PTFE 具有优良的介电性能,因为 PTFE 分子结构中没有克键,所以它的结晶度很高。由于 PTFE 分子外有一层惰性的含氟外壳,使它具有突出的不粘性能与低的摩擦系数。

绝缘性: 不受环境及频率的影响,体积电阻可达 10¹⁸ 欧姆·厘米,介质损耗小,击穿电压高。

耐高低温性: 对温度的影响变化不大,温域范围广,可使用温度-190~260℃。

自润滑性: 具有塑料中最小的摩擦系数,是理想的无油润滑材料。

表面不粘性: 已知的固体材料都不能粘附在表面上,是一种表面能最小的固体材料。

耐大气老化性,耐辐照性能和较低的渗透性: 长期暴露于大气中,表面及性能保持不变。

不燃性: 限氧指数在 90 以下。

耐化学腐蚀和耐候性: 除熔融的碱金属外,**聚四氟乙烯**几乎不受任何化学试剂腐蚀。例如在浓硫酸、硝酸、盐酸,甚至在王水中煮沸,其重量及性能均无变化,也几乎不溶于所有的溶剂,只在 300℃以上稍溶于全烷烃(约 0.1g/100g)。**聚四氟乙烯**不吸潮,不燃,对氧、紫外

线均极稳定，所以具有优异的耐候性。

虽然在全氟碳化合物中碳-碳键和碳-氟键的断裂需要分别吸收能量 346.94 和 484.88kJ/mol，但聚四氟乙烯解聚生成 1mol 四氟乙烯仅需能量 171.38kJ。所以在高温裂解时，聚四氟乙烯主要解聚为四氟乙烯。聚四氟乙烯在 260、370 和 420℃时的失重速率（%）每小时分别为 1×10^{-4} 、 4×10^{-3} 和 9×10^{-2} 。可见，聚四氟乙烯可在 260℃长期使用。由于高温裂解时还产生剧毒的副产物氟光气和全氟异丁烯等，所以要特别注意安全防护并防止聚四氟乙烯接触明火。

它在 250℃的温度下不熔化，在-260℃的超低温中不发脆。聚四氟乙烯光滑异常，连冰都比不过它；它绝缘性能特别好，报纸厚的一层薄膜，便足以抵挡 1500V 的高压电。

物理性质：

聚四氟乙烯的机械性质较软。具有非常低的表面能。

聚四氟乙烯(F4,PTFE)具有一系列优良的使用性能：耐高温—长期使用温度 200~260 度，耐低温—在-100 度时仍柔软；耐腐蚀—能耐王水和一切有机溶剂；耐气候—塑料中最佳的老化寿命；高润滑—具有塑料中最小的磨擦系数（0.04）；不粘性—具有固体材料中最小的表面张力而不粘附任何物质；无毒害—具有生理惰性；优异的电气性能，是理想的 C 级绝缘材料。聚四氟乙烯材料，广泛应用在国防军工、原子能、石油、无线电、电力机械、化学工业等重要部门。

产 品：聚四氟乙烯棒材、管料、板材、车削板材。聚四氟乙烯是四氟乙烯的聚合物。英文缩写为 PTFE。结构式为 $\text{-(CF}_2\text{)}_n\text{-}$ 。20 世纪 30 年代末期发现，40 年代投入工业生产。性质 聚四氟乙烯相对分子质量较大，低的为数十万，高的达一千万以上，一般为数百万（聚合度在 104 数量级，而聚乙烯仅在 103）。一般结晶度为 90~95%，熔融温度为 327~342℃。聚四氟乙烯分子中 CF₂ 单元按锯齿形状排列，由于氟原子半径较氢稍大，所以相邻的 CF₂ 单元不能完全按反式交叉取向，而是形成一个螺旋状的扭曲链，氟原子几乎覆盖了整个高分子链的表面。这种分子结构解释了聚四氟乙烯的各种性能。温度低于 19℃时，形成 13/6 螺旋；在 19℃发生相变，分子稍微解开，形成 15/7 螺旋。

力学性能：它的摩擦系数极小，仅为聚乙烯的 1/5，这是全氟碳表面的重要特征。又由于氟-碳链分子间作用力极低，所以聚四氟乙烯具有不粘性。

电性能：聚四氟乙烯在较宽频率范围内的介电常数和介电损耗都很低，而且击穿电压、体积电阻率和耐电弧性都较高。

耐辐射性能：聚四氟乙烯的耐辐射性能较差（104 拉德），受高能辐射后引起降解，高分子的电性能和力学性能均明显下降。

聚 合：聚四氟乙烯由四氟乙烯经自由基聚合而生成。工业上的聚合反应是在大量水存在下搅拌进行的，用以分散反应热，并便于控制温度。聚合一般在 40~80℃，3~26 千克力 / 厘米² 压力下进行，可用无机的过硫酸盐、有机过氧化物为引发剂，也可以用氧化还原引发体系。每摩尔四氟乙烯聚合时放热 171.38kJ。分散聚合须添加全氟型的表面活性剂，例如全氟辛酸或其盐类。

膨胀系数（25~250℃） $10 \sim 12 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 。

聚四氟乙烯在-196~260℃的较广温度范围内均保持优良的力学性能，全氟碳高分子的特点之一是在低温不变脆。

聚四氟乙烯性能表:

名称	单位	指标
密度	kg/m ³	2.10-2.30×10 ³
结晶度	%	树脂93~97 淬火制品50~65 不淬火制品63~85
熔点	°C	327
热变形温度	°C	55
维卡软化点	°C	110
热分解温度	°C	>415
线膨胀系数(垂直于压力方向)	1/°C	20~60°C 10.3×10 ⁻⁵
		20~100°C 10.5×10 ⁻⁵
		20~150°C 11.4×10 ⁻⁵
		20~200°C 12.8×10 ⁻⁵
导热系数	W/m.K	0.256
泊松比(25°C)		0.40
折光率	%	1.37
吸水率		<0.01
对水的接触角		114°-115°
表面张力	N/Cm	18.5×10 ⁻⁵
介电常数(10Hz)		≤1.8-2.2
体积电阻率	Ωm	≥1×10 ¹⁵
表面电阻率	Ω	>10 ¹⁰
耐电弧	s	≥300
拉伸强度	MPa	27.6
断裂伸长率	%	238
压缩弹性模量	MPa	280
压缩强度5%	MPa	12.9
冲击强度(缺口)	KJ/m ²	2.0
弯曲强度	MPa	20.7
弯曲弹性模量	MPa	700
磨擦系数(负荷2MPa)(时间30mm)		0.11

磨损量（同上）	mg	249
磨痕宽度（同上）	mm	15.8

注：为 HG2-234-76 聚四氟乙烯树脂技术标准所规定的指标值。
为本厂按“塑料试验方法”（国际）测定所得的实测值。

应 用 领 域：

聚四氟乙烯可采用压缩或挤出加工成型；也可制成水分散液，用于涂层、浸渍或制成纤维。

聚四氟乙烯在原子能、国防、航天、电子、电气、化工、机械、仪器、仪表、建筑、纺织、金属表面处理、制药、医疗、纺织、食品、冶金冶炼等工业中广泛用作耐高低温、耐腐蚀材料，绝缘材料，防粘涂层等，使之成为不可取代的产品。

聚四氟乙烯及其填充产品：

一、通用材料

各种棒、管、板膜、带、绳、盘根、垫片。

二、防腐类

- 1.管道及配件：纯聚四氟乙烯管；聚四氟乙烯内衬管；外缠玻璃钢钢管；钢复合法兰；
- 2.化工容器内衬：聚四氟乙烯内衬釜；聚四氟乙烯内衬槽；聚四氟乙烯内衬塔；
- 3.热交换器；
- 4.波纹伸缩管；
- 5.阀门及泵的主要部件；
- 6.钢丝增强满压软管；
- 7.过滤材料。

聚四氟乙烯膜经过纵横双向拉伸内大量气孔，是一种新材料，将它与其他织物复合，即可制成烟尘固相防腐过滤袋或良好的防水透气、防风得暖的雨具运动服、防寒服、特种防护服和

轻便帐篷，制药用空气压缩空气、各种溶剂的无菌过滤及电子工业中高纯气体的过滤。

三、密封类

- 1.静密封：夹层垫片；坐料带；弹性密封带；
- 2.动密封（编制盘根、环形密封件）：V型密封体——用于轴、活塞杆、阀门；涡轮泵内密封件；[聚四氟乙烯](#)与橡胶的复合密封环；带波纹管可伸缩的机械密封。

四、承荷类

- 1.填充[聚四氟乙烯](#)轴承，用于食品化工造纸、纺织机械；
- 2.多孔铜浸渍氟塑料金属轴承，可在高温高压干摩擦、真空条件下正常使用；
- 3.[聚四氟乙烯](#)纤维轴承的聚四氟乙烯纤维与玻纤或其他纤维混纺的复合织物制成的轴承内衬，用于低速高负荷；
- 4.填充[聚四氟乙烯](#)活塞环，导向环，机床导轨和桥梁滑块；

五、绝缘类：

- 1.电线电缆的C级绝缘材料；
- 2.双水内冷汽轮发电机定子和转子引水管和热电偶的护套；
- 3.高频、超高频通讯设备和雷达的微波绝缘材料；
- 4.印刷线路基板及马达、变压器（含气体变压器）绝缘材料；
- 5.空调、电子炉、各种加热器及六氟化硫断路器的绝缘材料；

六、防粘类：

- 1.浆纱机热辊上的[聚四氟乙烯](#)玻璃布包覆层——可免除化学浆料形成的粘辊现象，大大提高生产速率和坯布质量；
- 2.食品工业的微波干燥输送带——较之其他材料的输送带有不吸收微波能量，不粘物因之有节电、清洁优点；
- 3.聚乙烯袋装封口的热合套防粘材料；
- 4.防粘涂层——用于厨房用锅、烘面包的烤模、冷冻食品储存托盘、电熨斗托底、复印机夹辊；

七、耐温类：

- 1.微波炉的驱动传动装置，如微波炉的连轴器、滚轮；
- 2.各种制冷机、空调、制氧机、压缩机的耐温配件；

八、其他类：

- 1.人体代用动脉、静脉血管、心脏膜；
- 2.内窥镜、钳导管，气管；
- 3.其他管、瓶、滤布等医疗器材。

九、参考资料：

- 1.百度百科：<http://baike.baidu.com/view/33744.htm>
2. 维 基 百 科 :
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%81%9A%E5%9B%9B%E6%B0%9F%E4%B9%99%E7%83%AF>
3. 互 动 百 科 :
<http://www.hudong.com/wiki/%E8%81%9A%E5%9B%9B%E6%B0%9F%E4%B9%99%E7%83%AF>

聚四氟乙烯基本常识整理汇总

1.生产现状

由于分子结构中含有氟原子等因素，PTFE 表现出高度化学稳定性、极强的耐高低温性能、突出的不粘性、异常的润滑性及优异的电绝缘性能、耐老化性和抗辐射性、极小的吸水率等特点被称为“塑料王”。广泛应用于航空航天、石油化工、机械、电子电器、建筑、纺织等诸多领域。

氟树脂由于其独特性能，全球产量与消费量快速增加，目前全球氟树脂的消费量约为 12 万 t，其中 70%左右为聚四氟乙烯（PTFE），全球 PTFE 产品分为悬浮聚合树脂、分散法聚合树脂、浓缩分散液三类，大致构成约为 52%、28%、20%。目前全球 PTFE 生产厂家约为 20 余家，遍布世界十几个国家和地区，生产与消费主要集中在西方发达国家和地区，国际上著名的 PTFE 生产企业主要有：美国杜邦公司、英国 ICI 公司、日本大金公司、德国的 Dyneon 公司、意大利的 Ausimont 公司、俄罗斯的基洛夫化学联合企业等，其中杜邦公司、ICI 公司、Dyneon 和大金公司四家企业生产能力约占全球总生产能力的 80%左右，可以说这些企业左右着未来 PTFE 生产与发展的命运，20 世纪年代末期 PTFE 生产总格局随着全球兼并重组的浪潮也进行较大规模的调整，许多企业之间进行了重组、转让和兼并，如 1999 年 ICI 公司把聚合物业务转卖给日本旭硝子公司；赫司特公司把旗下的 Dyneon 的 46%股份卖给合资伙伴 3M 公司；索尔维公司计划收购意大利的 Ausimont 公司等。20 世纪 80 年代至 90 年代全球 PTFE 呈现迅猛的发展局面，许多公司纷纷新建和扩建 PTFE 装置，近几年来发展速度有所减缓，2002 年全球 PTFE 的生产能力约为 11 万 t/a，预计 2005 年全球生产能力将达到 14 万 t/a 左右。

我国 PTFE 生产与研究起步较早，但是由于多种因素制约生产规模和工艺技术整体水平比较低，国内主要生产厂家有上海三爱富新材料股份有限公司、济南三爱富有限公司、晨光化工

研究院二分厂、阜新化工厂等，年生产能力约为 7000t/a。进入 21 世纪我国的 PTFE 业开始步入快速发展的阶段，由于我国生产 PTFE 的基础原料氟石资源丰富，约占世界总储量的三分之一，除了得天独厚的资源优势外，我国对 PTFE 的需求快速增加，因此近年来国内部分企业计划引进技术建设规模装置，另外国外多家跨国公司在或计划在中国建设氟树脂项目，如浙江巨化引进俄罗斯技术合资建设年产数千吨的聚四氟乙烯装置。常熟国际氟化工园建成后，阿托菲纳公司进驻投资外；日本大金公司投资 13.3 亿元在园区内投资建设聚四氟乙烯装置于 2003 年投产；另外许多公司也纷纷提出入驻的意向。可以预计未来我国 PTFE 业将迎来快速发展阶段。

尽管 PTFE 具有良好的物化性能，但是也存在一些缺陷，如其机械性能较差、线膨胀系数较大、耐蠕变性差易冷流、耐磨性差、成型和二次加工困难等缺陷。使其应用受到一定限制，随着我国 PTFE 产能快速增加，加强 PTFE 改性技术研究与应用，开发新型高效的 PTFE 复合材料，已经成为目前国内 PTFE 的研究与发展方向。

2 PTFE 的改性

为了改善 PTFE 存在的缺陷，可以通过增强、填充、复配和共混等多种手段对 PTFE 进行改性，以弥补自身缺陷，从而使开发出来的复合材料广泛适应于机械、电子电气、航空航天、汽车等行业的零部件的制备，改性方法主要有表面改性、填充改性和共混改性。

2.1 表面改性

由于 PTFE 极低的表面活性和不粘性限制了它与其他复合材料的复合，因此必须对 PTFE 材料进行一定的表面改性，以提高其表面活性。常用技术有表面活化技术，可以采用高能射线的辐射使其表面脱氟，在一定装置和条件下与其他材料氟化接技；用一些惰性气体的低温等离子处理 PTFE 材料，发生碳—氟或碳—碳键的断裂，生成大量自由基以增加 PTFE 的表面自由能，改善其润湿性和粘接性；将 PTFE 浸入熔融的醋酸钾中，在适宜温度下处理形成具有一定活性的活化层；PTFE 在一定配比的氢氧化钠、二丙烯基三聚氰胺混合液加热处理可以提高其表面活性；PTFE 经过一定强度和时间的电晕处理，可以形成可胶接的活化层。化学腐蚀改性，将 PTFE 经过一定化学试剂处理可以提高其表面活性，这些化学试剂可以是金属钠的氨溶液、萘钠四氢呋喃溶液、碱金属汞齐、五羰基铁溶液等。表面沉积改性，将 PTFE 浸渍在某些金属氢氧化物的胶体溶液中，使得胶体粒子沉积在 PTFE 表面。从而增大其湿润性，改善其表面活性，而易于与其他材料复合。上述表面改性方法主要适应于 PTFE 薄膜，通常 PTFE 薄膜进行适当处理后，可使其与其他材料很好粘接复合，从而广泛应用于化工防腐衬里、密封制品及润滑装置的设计与制造中，其主导思想是引入极性基团，增加界面结合力。

2.2 填充改性

在 PTFE 中加入填充剂，从而改善和克服 PTFE 的缺陷，目前填充 PTFE 制品是产量最大的 PTFE 树脂产品，值得注意的是在国外 PTFE 填充技术都是由 PTFE 树脂生产厂家完成，而我国 PTFE 填充技术都是由加工生产企业来完成。通过在 PTFE 树脂填充无机类、金属类和有机高聚物类等不同填料来改善 PTFE 的耐压性、耐磨性和冷却性，这些填料要求能经受住 PTFE 的烧结温度；不与 PTFE 反应；另外具有一定粒度并能改善 PTFE 的一些物化性能。

无机填充材料，常用无机材料主要有玻璃纤维、石墨、二硫化钼和碳纤维等。填充 PTFE 的玻璃纤维一般为无碱玻纤，填充量为 15%—25%，复合后 PTFE 的耐磨度可增加 500 倍以上，耐蠕变性和抗冷流性都有较大程度提高与改善；二硫化钼的加入可以有助于提高 PTFE

的硬度，降低初期的磨损量；石墨可以单独使用，也可以与玻璃纤维或炭黑配合使用，石墨填充的 PTFE 具有优良的耐化学药品性、压缩蠕变性和较好的导热性；少量碳纤维填充 PTFE 即可达到碳和石墨填充效果，而且具有极强的抗拉性能，但是碳纤维价格昂贵，应用受到一定限制。

金属填充材料，为了改善 PTFE 的机械性能、导热性能和尺寸稳定性，通常采用铁、铜、铅、钼、钨、银等金属及其氧化物来填充 PTFE，目前关于金属填充技术研究比较多，尤其是铜及其合金最为常用，铜粉填充 PTFE 可以提高制品的抗蠕变性、抗压强度、硬度及尺寸稳定性等。

有机填充材料，用于填充 PTFE 的有机材料主要是有机纤维和高分子聚合物，有机填充可使 PTFE 的耐热性、抗蠕变性、抗压能力、压缩、弯曲和耐磨性能得到改善。为了提高填充剂与 PTFE 的界面粘接性，防止烧结时分解，一般需要对填充剂进行适当处理，获得最佳的相容性和表面效应。

聚四氟乙烯基本常识整理汇总

2.3 共混改性

共混改性主要是利用 PTFE 的优异特点对一些树脂进行合金化处理，目前研究与应用前景看好，如 PTFE / PA、PTFE / POM、PTFE / PC、PTFE / PI、PTFE / PPO、PTFE / PEEK、PTFE / PPS、PTFE / PES 等合金产品源源不断被开发出来。

(1) PTFE 改性聚甲醛，聚甲醛 (POM) 具有极好的力学、化学和电性能，广泛应用于汽车、电子、精密机械和建材，近年来我国云南和江苏南通的规模化

聚甲醛项目建设，促进了我国聚甲醛工业生产与应用，但是 POM 存在着韧性差、缺口冲击强度较低等缺陷，为此国内外对 POM 树脂进行改性研究。国内采用冷压—热烧结工艺研制出一系列不同 PTFE 含量的 POM / PTFE 的共混物，可以明显改善摩擦磨损性能、韧性、抗蠕变性和外观；还有通过高速混合 PTFE 和增初增容改性后的 POM 挤出造粒制得合金粒料，使改性后 POM 的摩擦磨损性能得到明显改善，其改善机理在于 PTFE 转移膜的形成；国外通过机械共混方法制备多种 POM / PTFE 共混物，即 POM 分别与 PTFE、涂覆偶联剂 PTFE、经过化学处理的 PTFE 等数种 PTFE 共混，结果表明经过化学反应处理的、加偶联剂的 PTFE 与 POM 之间产生很强的粘附作用，具有非常优异的性能。

(2) PTFE 改性聚苯硫醚，聚苯硫醚 (PPS) 具有优异的耐高温稳定性、阻燃性和电学性能，广泛应用于汽车、电气电子及机械等领域，成为特种工程塑料的第一大品种，目前国内四川大学等单位已经成功开发出年产数百吨的工业化装置，国内每年需要进口相当数量满足国内需求。但是 PPS 缺点在于耐冲击性能较差、而且加工成型困难。由于 PTFE 惰性表面很难与 PPS 进行粘接，日本从提高表面亲和力的观点出发，采用增溶剂以降低两相界面张力，并采用在高剪切速率下进行混炼的技术，使该非相容体系合金化；国内利用 PPS 粉与混合剂混磨后，加入 PTFE 粉制成涂料，使得涂层具有优异的摩擦磨损性能、附着性、柔韧性和防粘性，其混合剂一般采用乙醇、水、二氧六环十二烷基磺酸钠的体系。PTFE / PPS 合金解决了 PPS 熔体流动速率高、难以直接模塑成型的问题，在 300℃ 以上仍能保持较高的力学性能，主要用于耐腐蚀的泵、阀、垫圈，以及动态密封、轴套、汽车引擎阀盖、色谱仪滑动密封件和导向件等。

(3) PTFE 改性聚酰胺，聚酰胺 (PA) 在产能上位居工程塑料的首位，特别适宜于玻璃纤维和其他材料填充增强改性等，广泛应用于汽车、电子电器、包装、机械、日用消费品等众多领域，目前国内年消费量 8 万 t/a 以上，对 PA 的改性研究与应用国内起步较早，目前大量改性 PA 在多个行业使用，PA 添加 PTFE 主要是提高其滑动性，据资料介绍，当 PTFE 填充量大于 10% 时，PA 的减摩耐磨性明显得到提高，如在 PA 体系中同时添加能与其部分相

容的线型低密度聚乙烯 / 丙烯—苯乙烯的共聚物 5%，PTFE10%，二者协同效应非常好，无论是从提高复合材料的性能，还是降低成本方面考虑，都是非常理想的改性方法。

(4) PTFE 改性聚酰亚胺，聚酰亚胺 (PI) 作为一种新型的工程塑料具有超强的耐热、耐辐射与耐磨性，主要用于航空航天工业，近年来应用拓展到电子、汽车等领域，我国研究与生产起步较早，目前形成十余家科研单位，并有部分产品出口。国外由 33%PTFE、2%炭黑和 65%可溶性 PI 组成的复合材料是摩擦磨损性能十分优异的无油润滑材料，如国外 RTP 公司采用热塑性聚酰亚胺与 PTFE 进行共混或混加其他磨耗剂与填料的技术开发了 RTP4200 系列产品，可用于汽车发动机罩下部件、航空航天设备和办公电子设备等。

(5) PTFE 改性聚醚醚酮，聚醚醚酮 (PEEK) 是一种新型工程塑料，具有高强度、耐热性和阻燃性，PEEK 复合材料在航空航天、电子电气等领域获得广泛应用。国内研究单位利用 PEEK 的良好力学性能和高耐热性、PTFE 的低摩擦系数，配以助剂改进加工工艺，通过熔融共混制备 PEEK / PTFE 共混物，并用玻璃纤维 / 碳纤维混合纤维增强以提高其力学性能，开发一种工艺性能好且能注射成型的无油润滑、耐高温、低摩擦的材料，用作高温发动机部件。

(6) PTFE 改性聚间苯二甲酰间苯二胺，聚间苯二甲酰间苯二胺 (PMIA) 是一种力学性能、耐高温性远高于其他脂肪族的聚酰胺，是一种理想的自润滑材料基本树脂，主要用作滚珠轴承、转动齿轮、活塞环等，为了进一步改善材料的摩擦学性能，需要采用润滑性填料改善摩擦磨损性能。国内利用高速混合装置使 PMIA 粉末与 PTFE 充分混合，并通过压缩浇铸得到样品，经过实验表明，当 PTFE 含量为 20% 时共混物具有最低的摩擦系数。

(7) PTFE 改性线型低密度聚乙烯，线型低密度聚乙烯 (LLDPE) 是一种最常用的通用塑料品种，其易被紫外线、热和氧侵蚀变脆，因此对 LLDPE 进行改性以延长其寿命，但是在提高 LLDPE 紫外线稳定的同时往往其力学性能下降，为了兼顾两者，采用 PTFE 对其改性可以有效解决这些问题，如果国外报道利用 γ 射线辐射粉体 PTFE，同时用硅烷偶联剂处理，用表面处理后的 PTFE 填充改性 LLDPE 后，不仅可以提高 PTFE 和 LLDPE 的粘接性，又可以提高共混物的力学性能，通过测试 LLDPE 的加工性和紫外线稳定性得到明显提高。

(8) 其他，除上述介绍外，PTFE 与其他多种工程塑料的共混国内外也进行大量研究，如 PTFE 与无定型高聚物聚醚砜 (PES) 进行共混，可以明显提高 PES 的润滑性能，英国 ICI 公司和日本住友化学相继开发出 PTFE 改性的系列耐磨耗的 PES 新产品；PTFE 与聚苯醚 (PPO) 共混物，综合了 PPO 耐热性、力学特性和尺寸稳定性与 PTFE 的耐磨润滑性，这种共混合金特别适合制成整体和大型轴承部件；聚(邻苯二甲酸—二酚基丙烷)树脂是一种非晶性透明聚合物，具有很多优异性能，但是其耐化学药品和自润滑性差，采用 PTFE 改性后，耐化学性和自润滑性明显提高；日本帝人化成开发的 PTFE 与聚碳酸酯 (PC) 共混合金特别适宜生产机械、车辆、电器等设备的齿轮凸轮和轴承等制品。

除以上改性方法外，在线型 PTFE 链上引入少量非氟基团，进行嵌段接枝以破坏其对称性，从而得到可热塑性塑料加工方法加工的改性 PTFE，加工性能大为改善，日益受到业内重视，另外如 PTFE 分散液、PTFE 微粉和膨胀型 PTFE 等因为加工性能优异倍受重视。

3 加工与应用

PTFE 的熔点高、熔融粘度很大，且对于无定形状态下的剪切很敏感，容易产生熔体破裂，因此不能采用熔融挤压、注射成型等常规的热塑性塑料成型工艺，只能采用类似粉末冶金的方法进行烧结成型。填充的 PTFE 的制造与 PTFE 的成型一样，可以采用预成型、自由烧结加工，也可以采用柱塞挤出法成型，上述加工工艺一般适合于一定壁厚的产品，而不适应于

PTFE 薄膜的加工，近年来国内进行大量研究，比较成熟的加工技术有：

针对分散性 PTFE 树脂，进行压延加工；利用这种树脂的低凝聚力和纤维化特性，把 PTFE 水乳液添加到粉末状体系中，搅拌一定时间，PTFE 原纤维络住粉状物，然后将其压缩，使粉状体变成固体，将这种固体压延，可以得到 PTFE 填充改性的薄膜。

利用 PTFE 烧结产品硬度低、韧性好的特点，进行金属车削加工。用车削加工的 PTFE 薄膜厚度可以达 0.04mm 左右，这种薄膜的机械性能较好，加工中不加任何物质，杂质含量低、无毒，可以用于医学领域。

另外还有一种常规挤出法和压延法的合成方法的挤压加工，树脂不经过熔融塑化，直接进行生料加工。该法是利用 PTFE 在压缩力的作用下可产生剩余变形特性，且加入一定助剂，剩余变形还可以增大，通常是将加入助挤剂的 PTFE 物料压制成一定密度的型环，放入挤出机中适当加热，挤出细条后，最后送入压延辊上压延成薄膜。

PTFE 加工除以上介绍一次加工工艺外，还有一些新开发的二次加工技术值得关注，如 PTFE 真空成型技术、热压成型与热吹塑成型技术、等压成型加工技术等。

PTFE 是耐腐蚀管道、管件、波纹管、泵体、阀门、釜、槽、塔和各类标准设备的耐腐蚀衬里首选材料；作为密封材料在机械、石化、交通运输、纺织和建筑行业使用十分广泛；PTFE 还可用做阀门、轴承、活塞环、导轨等要求耐蚀和底摩擦件；根据 PTFE 薄膜处理后具有选择透气性，可用做分离材料，有选择的透过气体或液体，尤其是过滤腐蚀性液体；近年来国外开发的将 PTFE 膜用作人造器官，如人造血管、心脏瓣膜等。而且许多新的应用技术和领域不断被开发出来，PTFE 及其改性材料展现了良好的发展前景。

根据目前国内外研究生产与应用状况，我国应该大力发展改性 PTFE 的材料，使其商品化、系列化、高性能化，尤其重要的是优先发展需求量大流动性好玻璃纤维、碳纤维、石墨、铜粉填充的 PTFE，充分利用我国稀土资源，开发稀土填充 PTFE 和纳米改性 PTFE 新品种将是我国今后重点的研究方向。