

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.04.012

熔融温度对 PPS 结晶度与结晶行为的影响

刘延宽¹,周雪霖¹,纪朝辉¹,南雁飞²

(1. 中国民航大学天津市民用航空器适航与维修重点实验室,天津 300300; 2. 中国航空综合技术研究所,北京 100028)

摘要: 为了研究熔融温度对聚苯硫醚 (PPS) 结晶度与结晶行为的影响,利用差示扫描量热 (DSC) 仪研究了不同熔融温度制备 PPS 的结晶度及结晶行为的差异;利用热重 (TG) 分析仪研究了熔融温度对 PPS 成型过程中热氧交联程度的影响。结果表明,在熔融温度为 300~360℃时,PPS 的结晶度随熔融温度的升高先增大后减小,熔融温度为 320℃时相对结晶度最大,最大值为 44.6%,熔融温度为 360℃时相对结晶度最小,最小值为 23.3%;320℃时结晶峰强最大,峰宽最窄,后随熔融温度的升高结晶峰向低温方向移动,峰强减弱、峰宽增加。在 300~360℃范围内,热失重率随着熔融温度的升高先平稳后下降。这是由于 PPS 分子活性、分子链的热氧交联反应随熔融温度的不同具有不同的表现形式,进而影响 PPS 的结晶度与结晶行为;随熔融温度的升高,PPS 分子链热氧交联反应加剧,在高温下难以降解。通过控制熔融温度改变 PPS 的结晶度,制备具有性能差异的 PPS 材料,满足不同的工程应用需求。

关键词: 聚苯硫醚; 结晶度; 熔融温度; 分子链; 交联反应

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)04-0059-05

Analysis on the Effect of Melting Temperature on Crystallinity and Crystallization Behavior of PPS

Liu Yankuan¹, Zhou Xuelin¹, Ji Zhaohui¹, Nan Yanfei²

(1. Tianjin Key Laboratory of Civil Aircraft Airworthiness and Maintenance, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

2. China Aero-Polytechnology Establishment, Beijing 100028, China)

Abstract : In order to study of the effects of different melting temperatures on the crystallinity and crystallization behavior of polyphenylene sulfide(PPS), the crystallinity and crystallization behavior of PPS processed by different melting temperatures were investigated by differential scanning calorimetry (DSC). The effects of different melting temperatures on the degree of thermal oxygen crosslinking on molding process of PPS were studied by thermogravimetric analysis (TGA). The results show that in condition of the melting temperature from 300 to 360℃, the crystallinity of PPS resin firstly increases then decreases with the melting temperature increasing. The relative crystallinity reaches at the maximum value at 320℃, which is 44.6% and the minimum value is 23.3% at 360℃. A strongest and narrowest crystallization peak is obtained at 320℃. Then the peak width began increase and peak intensity decreases with the melting temperature increasing. From 300℃ to 360℃, the thermal weight loss rate of PPS firstly kept stable then decreases with the melting temperature increasing. This is due to the different manifestations of molecular activity and thermal oxygen crosslinking reaction of PPS molecular chains with different melting temperature, and thus affect crystallinity and crystallization behavior of PPS material. The enhancement of molecular chain's crosslinking reaction with the increase of melting temperature, makes it difficult to thermally degrade at high ambient temperature. By controlling the melting temperature to change the crystallinity of PPS, materials with different performance properties can be obtained, to meet different engineering application requirements.

Keywords : polyphenylene sulfide ; crystallinity ; melting temperature ; molecular chain ; crosslinking reaction

聚苯硫醚 (PPS) 是由硫原子和对位苯环组成主链的热塑性材料,其具有半结晶材料的特点^[1-2]。该

高性能聚合物的相对密度为 1.36 g/cm³,玻璃化转变温度 (T_g) 约为 90℃,熔融温度 (T_m) 约为 285℃。

基金项目: 民航局科技项目 (MHRD20160106), 中央高校基本科研业务费项目中国民航大学专项 (3122018D032)

通讯作者: 刘延宽,在读博士,助理研究员,主要研究方向为热塑性复合材料、涂层及无损检测技术 E-mail: liuyankuan314@163.com

收稿日期: 2019-01-15

引用格式: 刘延宽,周雪霖,纪朝辉,等. 熔融温度对 PPS 结晶度与结晶行为的影响 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(4): 59-63.

Liu Yankuan, Zhou Xuelin, Ji Zhaohui, et al. Analysis on the effect of melting temperature on crystallinity and crystallization behavior of PPS[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(4): 59-63.

PPS 熔体的黏度约为 $200 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 可通过高填料或增强物的方式进行成型^[3]。由于 PPS 分子链的特殊结构, 材料在高温下具有较高的硬度和韧性, 且具有较低的体积收缩率和吸水性^[2], 因此, 碳纤维增强聚苯硫醚 (PPS/CF)、玻璃纤维增强聚苯硫醚 (PPS/GF) 等复合材料被广泛地应用于航空航天、汽车制造、军工、高端装备等高性能需求的应用领域^[4-5]。

聚合物结晶, 成核速率和晶体的生长速率都会受到温度的影响, 温度过低晶体的生长速率会受到影响, 温度过高晶核的形成则会受到抑制。N. L. Batista 等^[6]研究了降温速率对 PPS 材料结晶度的影响, 实验表明, PPS 制备过程中降温速率越小, 所得的试样结晶度越高。C. Silvestre 等^[7]研究了 PPS 球晶在不同温度区间内的生长规律, 并建立了晶体形态由束状结构向球晶的转化过程受温度的影响关系。章日超等^[8]研究了 PPS 及 PPS/CF 复合材料的等温结晶形态。另外, 温度对 PPS 纤维的后处理有较大影响, 温度过低或过高均会导致 PPS 纤维的拉伸与热定型效果不稳定, 其最佳牵伸温度应介于材料的 T_g 与冷结晶温度 (T_c) 之间^[9-10]。

综上可知, 温度是影响 PPS 性能与应用的重要因素。目前通过控制熔融温度对 PPS 结晶度及结晶行为的影响研究较少, 笔者通过控制 PPS 试样制备过程中的熔融温度, 使用差示扫描量热 (DSC) 仪测试计算熔融温度的差异对材料结晶度的影响, 同时运用 DSC 升降温曲线探究其结晶行为的变化规律。

1 实验部分

1.1 原材料

PPS 粉末: Susteel Grade 100 型, 日本东曹株式会社。

1.2 仪器及设备

真空干燥箱: DZF-6060 型, 中仪国科 (北京) 科技有限公司;

高温箱式电阻炉: KLS-1700X 型, 吴江峻环机械设备有限公司;

DSC 仪: TA-Q2000 型, 美国 TA 公司;

热重 (TG) 分析仪: SD-Q600 型, 美国 TA 公司。

1.3 试样制备

使用真空干燥箱将 PPS 粉末在 60°C 恒温环境下干燥处理 10 h, 将干燥处理后的 PPS 粉末称取 3 g 均匀铺放在 $20 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 的模具中, 将模具放入高温箱式电阻炉中按 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温

速率由室温分别加热至 $300, 320, 340, 360^\circ\text{C}$ 使粉末完全熔融, 保温时间均为 10 min, 之后立即取出于冰水中冷却, 制得不同熔融温度下的淬火 PPS 试样。

1.4 性能测试

采用 DSC 仪对 4 组不同熔融温度制备的 PPS 试样进行 DSC 测试与表征, 整个升降温过程处于流量为 $10 \text{ mL}/\text{min}$ 氮气环境保护中。将制得不同熔融温度下的淬火 PPS 原始试样按照 $8^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 320°C , 保温 10 min, 之后降至室温, 根据升温所得到的熔融峰 (吸热峰) 形貌计算并分析其结晶度变化规律。

采用相同设备与方法对 PPS 粉末进行测试: 分别称取 8 mg PPS 粉末共 4 组放入坩埚中, 将粉末分别按照 $8^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 $300, 320, 340, 360^\circ\text{C}$, 保温 10 min, 之后降至室温, 整个升降温过程处于流量为 $10 \text{ mL}/\text{min}$ 氮气环境保护中。通过降温所得到的结晶峰 (放热峰) 形貌计算并分析不同试样的结晶行为。

复合材料结晶度的计算公式如公式 (1) 所示:

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_{cc}(1-X)} \times 100\% \quad (1)$$

式中: X_c ——PPS 相对结晶度, %;

X ——纤维质量分数, %, 此处为 0;

ΔH_m ——熔融焓, 根据熔融峰面积获得, J/g ;

ΔH_{cc} ——100% 结晶情况下 PPS 的熔融焓, $80 \text{ J}/\text{g}^{[11]}$ 。

TG 分析: 刮取并称量 $8 \sim 9 \text{ mg}$ PPS 试样, 以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升至 800°C , 通过所得到的质量保持率数值判断材料热氧交联程度受熔融温度的影响。

2 结果与讨论

2.1 熔融温度对 PPS 结晶度的影响

图 1 为不同熔融温度下淬火制备的 PPS 试样的 DSC 升温曲线。由图 1 可以看出, 在升温过程中首先出现了冷结晶峰, 可知试样在冰水淬火过程中已经有部分结晶形成。不同熔融温度下制备的 PPS 淬火样品的 X_c 、冷结晶温度 (T_c)、起始熔融温度 (T_m^0)、熔融峰温度 (T_p)、熔限 (ΔT_m)、熔融焓 (ΔH_m) 的关系如表 1 所示。

由表 1 可以看出, 熔融温度从 300°C 上升到 320°C 时 PPS 结晶度有所升高且达到最大值为 44.6%。当熔融温度较低时, PPS 分子链活性较低,

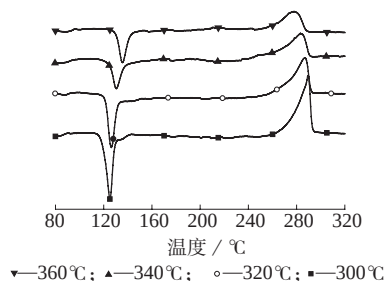


图1 不同熔融温度下 PPS 试样的 DSC 升温曲线

表1 不同熔融温度下的 DSC 测试升温曲线参数

$T_m / ^\circ\text{C}$	$X_c / \%$	$T_{cc} / ^\circ\text{C}$	$T_m^0 / ^\circ\text{C}$	$T_p / ^\circ\text{C}$	$\Delta T_m / ^\circ\text{C}$	$\Delta H_m / (\text{J} \cdot \text{g}^{-1})$
300	40.3	125.2	250.2	289.5	46.6	34.6
320	44.6	126.4	245.6	287.0	49.3	35.7
340	31.3	130.4	244.1	283.3	50.2	25.1
360	23.2	135.6	245.0	278.2	48.6	18.5

分子链未能及时规整排列,处于未充分平衡的结晶状态,可结晶性受到影响,熔融温度为 320℃时的结晶度略高于熔融温度 300℃时的结晶度;当熔融温度大于 320℃时,PPS 的结晶度随着熔融温度的升高显著下降,熔融温度为 340,360℃时 PPS 的相对结晶度为 31.3%,23.2%;熔融峰峰高减弱,峰宽变大,这是因为球晶尺寸会随结晶温度的升高而增大,结晶尺寸分布也相应变宽;同时可以看出,熔融峰温度降低,峰强减弱,峰形也从尖而高变成平而低,这是由于随着熔融温度的升高,材料结晶熔融后,部分 PPS 分子链段发生支化和交联,支化反应使结晶完整性降低,进而降低了聚合物的平衡熔点^[12],而交联反应的加强则会阻碍分子链的运动,减弱分子链进入晶格的能力,降低了 PPS 链段的规整度和对称性,从而使结晶生长受阻,结晶完善性降低;且同时发现随着熔融温度的升高,冷结晶峰强明显减弱,且向高温方向移动,冷结晶峰宽也明显增大,但 T_m^0 的变化并不明显,因为起始熔融温度主要与成核有关,因此该参数受熔融温度的影响较小。当熔融温度达到 360℃时,此时 PPS 分子链交联程度继续增加,在到达初始熔融温度前出现了微小的“台阶”区域,说明在结晶过程中形成了不完善晶体,这些不完善晶体会在 DSC 扫描阶段中优先熔融,并且表现为低熔融峰。研究表明,当熔融温度高于 350℃时,PPS 分子链处于高度交联状态^[13]。

2.2 熔融温度对 PPS 结晶行为的影响

图2为不同熔融温度下 PPS 试样的 DSC 降温曲线,降温过程发生结晶的起始结晶温度(T_c^0)、结晶峰温度(T_c)、结晶温限(ΔT_c)与熔融温度之间的关

系如表2所示。相比升温曲线参数,降温曲线 DSC 参数对熔融温度更加敏感,根据降温曲线可知,当熔融温度为 300℃时,由于 PPS 材料未能充分熔融,PPS 分子链活性较低,分子链没有得到及时的规整排列,结晶状态未能得到充分的平衡。随着熔融温度升高至 320℃,PPS 分子链段的活性随之增加,在熔融时间相同的情况下,由于动能的增加,PPS 分子链段进行迁移与重新排列的活性增大,这一过程促使晶粒的生长更加充分、晶界的移动更加显著,有效提高了 PPS 的结晶完整性,具体表现为初始结晶温度、结晶峰温度升高,结晶峰宽减小、峰强增大。

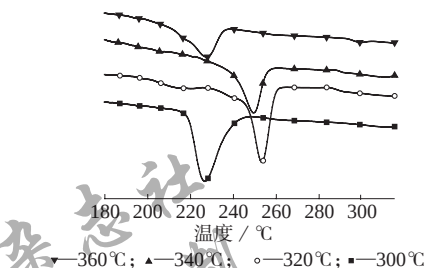


图2 不同熔融温度下 PPS 试样的 DSC 降温曲线

表2 不同熔融温度下的 DSC 测试降温曲线参数

$T_m / ^\circ\text{C}$	$X_c / \%$	$T_c^0 / ^\circ\text{C}$	$T_c / ^\circ\text{C}$	$\Delta T_c / ^\circ\text{C}$	$\Delta H_m / (\text{J} \cdot \text{g}^{-1})$
300	40.3	248.7	226.6	37.4	34.6
320	44.6	263.2	253.5	32.2	35.7
340	31.3	258.6	249.5	36.2	25.1
360	23.2	240.4	227.5	41.5	18.5

在熔融温度为 320℃至 360℃之间,随着熔融温度的增加,PPS 分子链段交联反应程度增大、分子链不断增长,这一过程阻碍了分子链段在材料结晶过程中的运动,进而对结晶行为起到了抑制作用。PPS 试样的 T_c^0 、 T_c 均随熔融温度的升高逐渐降低,结晶峰强减弱、峰宽增加。熔融温度 320,340,360℃的 PPS 样品初始结晶温度分别为 263.2,258.6,240.4℃;结晶峰温度分别为 253.5,249.5,227.5℃。这是因为随着熔融温度的升高,PPS 分子链发生支化和交联的程度加剧,使材料不能得到充分的结晶,同时导致结晶热有所下降,使材料的整个结晶峰向低温方向迁移。

2.3 TG 分析

图3与表3分别为不同熔融温度制备 PPS 试样的 TG 曲线和数据。由图3和表3可知,PPS 的热失重率随熔融温度的升高呈先平稳再下降的趋势,熔融温度 300,320,340,360℃的试样热失重率分别为 54.03%,54.33%,53.08%,51.09%。这一结果验证了 PPS 材料在空气中随熔融温度的升高,热氧交联反应加强,分子链进一步增长,这些反应增大

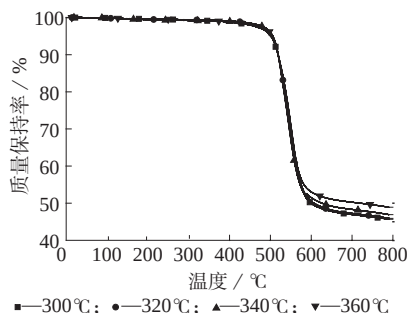


图3 不同熔融温度制备 PPS 试样的 TG 曲线

表3 熔融制备 PPS 试样的热失重率

熔融温度 / °C	X_c / %	热失重率 / %
300	40.3	54.03
320	44.6	54.33
340	31.3	53.08
360	23.2	51.09

了其在高温下降解的难度,因此热失重率下降。

2.4 结晶度对 PPS 在工程应用中的影响

在实际工程应用中,PPS 作为工程塑料其结晶度的提高通常会提高材料的密度与耐溶剂性,同时强度、刚度、抗蠕变性能均会得到提高^[14],但结晶度提高的同时也会使 PPS 材料的韧性下降,这是由于结晶区域规则排布的分子链段有效提升了材料的脆性与刚度,因此其韧性会略有下降^[15]。

因此,并不能单纯通过 PPS 材料结晶度的高低来评价其性能的好坏,在工程应用中,根据材料所处的环境不同,选取不同的工艺参数对 PPS 材料进行加工成型,通过控制熔融温度(320 °C)来提高 PPS 的结晶度,制备具有高刚度、低韧性的制品;通过提高熔融温度来降低 PPS 的结晶度,制备具有高韧性、低刚度的制品,满足不同的工程应用需求。

3 结论

(1) 当熔融温度为 300~320 °C 时,PPS 的结晶度随熔融温度的升高而增大,320 °C 时获得最佳的相对结晶度 44.6%。

(2) 当熔融温度为 320~360 °C 时,PPS 的结晶度随熔融温度的升高而显著下降,材料的相对结晶度从 44.6% 下降至 23.2%。

(3) 当熔融温度为 300~360 °C 时,PPS 的热失重率随熔融温度的升高呈先平稳再下降的趋势,热失重率从 54.33% 下降至 51.09%。

(4) 在熔融时间一定,熔融温度范围为 300~360 °C 时,PPS 试样的结晶度及结晶行为受熔融温度的影响较大,结晶度随熔融温度的升高呈先增大后减小的趋势;熔融温度较低时,PPS 分子链

活性较低,导致结晶不充分;随着熔融温度的升高,PPS 分子链段的活性随之增加,有助其分子链段的重新排列,使晶粒的生长更加充分、晶界的移动更加显著,提高了 PPS 的结晶完整性;当熔融温度超过 320 °C 时,聚合物发生氧化交联或链增长的速度则会迅速增加,甚至达到高度交联状态,阻碍分子链的运动,减弱分子链进入晶格的能力,从而使结晶生长受阻,结晶度降低。

参考文献

- [1] Anagreh N, Dorn L, Bilke-krause C. Low-pressure plasma pretreatment of polyphenylene sulfide (PPS) surfaces for adhesive bonding[J]. Int J Adhes Adhes, 2007, 28(1-2):16-22.
- [2] Diez-pascual A M, Naffakh M, Marco C, et al. Mechanical and electrical properties of carbon nanotube / poly (phenylenesulphide) composites incorporating polyetherimide and inorganic fullerene-like nanoparticles[J]. Composites Part A, 2012, 43(4):603-612.
- [3] Diez-pascual A M, Naffakh M. Synthesis and characterization of nitrated and aminated poly (phenylene sulfide) derivatives for advanced applications[J]. Mater Chem Phys, 2012, 131(3):605-614.
- [4] 陈亚莉. 高性能热塑性复合材料在飞机上的应用 [J]. 航空维修与工程, 2003(3):28-30.
Chen Yali. Application of thermoplastic composites on aircraft[J]. Aviation Maintenance and Engineering, 2003(3):28-30.
- [5] 相鹏伟,姜春阳,戚晓兵,等. 聚苯硫醚长丝的研究现状及其应用进展 [J]. 合成纤维工业, 2018, 41(6):54-58.
Xiang Pengwei, Jiang Chunyang, Qi Xiaobing, et al. Research status and application development of polyphenylene sulfide filament[J]. China Synthetic Fiber Industry, 2018, 41(6):54-58.
- [6] Batusta N L, Olivier P, Bernhart G, et al. Correlation between degree of crystallinity, morphology and mechanical properties of PPS / carbon fiber laminates[J]. Materials Research, 2016, 19(1):195-201.
- [7] Silvestre C, Dipace E, Napolitano R, et al. Crystallization, morphology, and thermal behavior of poly(p-phenylene sulfide)[J]. J Polym Sci, 2001, 39:415-424.
- [8] 章日超,芦艾,易勇,等. 聚苯硫醚及其纤维增强复合材料的等温结晶形态 [J]. 复合材料学报, 2007, 24(2):61-67.
Zhang Richao, Lu Ai, Yi Yong, et al. Morphologies of isothermal crystallized pure poly (phenylene sulfide) and fiber-reinforced poly (phenylene sulfide) composites[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2007, 24(2):61-67.
- [9] 崔宁,李杰,吴鹏飞,等. 国产聚苯硫醚短纤维的研究开发 [J]. 高科技纤维与应用, 2008, 33(6):23-27.
Cui Ning, Li Jie, Wu Pengfei, et al. Development of domestic polyphenylene sulfide staple[J]. Hi-Tech Fiber & Application, 2008, 33(6):23-27.

- [10] 刘鹏清,吴炜誉,李守群,等.拉伸与热定型对聚苯硫醚长丝结构性能的影响[J].合成纤维工业,2008,31(2):8-11,15.
Liu Pengqing, Wu Weiyu, Li Shouqun, et al. Effect of drawing and heat setting process on structure and properties of polyphenylene sulfide filament[J]. China Synthetic Fiber Industry, 2008, 31(2):8-11, 15.
- [11] Diez-pascual A M, Naffakh M. Synthesis and characterization of nitrated and aminated poly(phenylene sulphide) derivatives for advanced applications[J]. Materials Chemistry and Physics, 2012, 131(3):605-614.
- [12] Lou F L, Xu Y, Pang H, et al. Non-isothermal crystallization kinetics of poly (phenylenesulfide) with low crosslinking levels[J]. Chinese Journal of Polymer Science, 2013, 33(3):462-470.
- [13] 刘艳伟,卢艾,杨海波.聚苯硫醚热交联特性研究进展[J].高分子通报,2012(8):74-79.
Liu Yanwei, Lu Ai, Yang Haibo. Research on thermal cross-linking character of poly (phenylene sulfide)[J]. Chinese Polymer Bulletin, 2012(8):74-79.
- [14] Motta-dias M H, Jansen K M B, Luinge J W. Effect of fiber-matrix adhesion on the creep behavior of CF / PPS composites temperature and physical aging characterization[J]. Mech Time-Depend Mater, 2016, 20:245-262.
- [15] 徐敏,刘畅,孙晓敏,等.结晶行为改善聚乳酸韧性的研究进展[J].塑料,2018,47(2):68-74.
Xu Min, Liu Chang, Sun Xiaomin, et al. Research progress in toughening of polylactic acid via crystallization behavior[J]. Plastics, 2018, 47(2):68-74.

投稿须知

1 稿件内容

稿件应注重科学性、实用性及时效性,要求技术新颖,论点明确,论据可靠,数据准确,文字通顺、简练。稿件内容必须真实,避免抄袭,请作者文责自负。引用他人成果时,请按《著作权法》有关规定说明出处。内容应未曾发表过或被其他出版物刊载过,且无一稿多投。

2 稿件要求

凡属于重大科技获奖的论文和重点项目资助的论文,请在来稿第一页注明名称及批准号,本刊将优先刊登。

(1) 题目、作者署名及单位。题目力求简明、醒目,反映出文章的主题,一般不超过 20 个汉字。作者姓名在题目下按序排列,不同工作单位的作者,应在姓名右上角加注阿拉伯数字序号。作者单位须写全称并注明省份、城市和邮政编码。联系人信息(包括姓名,学历或职称,主要研究方向)注在第一页下方。

(2) 摘要及关键词。论文需要同时提供中文和英文摘要,摘要以提供论文的内容梗概为目的,不加评论和补充解释,应简明、确切地论述研究目的、原理和结论,具有相对独立性。中文和英文摘要均要求采用报道性摘要类型。具体要求:中英文摘要均为一段式,内容比较具体,一般需要列举关键数据。中英文摘要内容基本一致,中文摘要以 200~300 字为宜,英文摘要可略详。关键词要求 3~8 个。

(3) 正文。正文各部分都应简洁明了。层次标题一律用阿拉伯数字连续编号,尽量减少层次;不同层次的数字之间用小圆点相隔,末位数字不加标点符号。如“1”,“1.1”等。文中量、单位及符号的使用应符合国际标准和国家标准。

(4) 图表。图表要设计合理,简单自明。每一幅图都应有图序和简短确切的图名,横纵坐标均要注明物理量及其单位,线条图要用矢量格式的图,或将 *.opg, *.dwg, *.eps 等格式的图打包压缩随投稿一起上传。表格请使用三线表,每一表格都应有表序和简短确切的表题。图表标题一律用中文表达。

(5) 参考文献。以作者亲自阅读过的主要原始文献为限,不可引用非公开出版或发表的文献,不能引用其他文章中引用的但未经核对原文的文献,要注意引用最新的文献。参考文献要有一定的数量,研究性论文至少 15 篇。参考文献的著录按文章中引用的顺序依次排列,中文参考文献要有对照英文部分(英文部分不编号)。无论中外文的作者,一律采用姓前名后的形式著录;作者不超过 3 人时可全部著录,超过 3 人时,只著录前 3 位,其后加“等”或“et al”。综述类论文的参考文献著录项目适当简化,可参见本刊相关栏目文章样式。作者对所引文献的准确性和完整性负责。

3 投稿方式

请作者登陆“工程塑料网”(http://www.epa1973.net),进入杂志社之页,点击“网上投稿”后投稿。来稿请注明详细地址、电话、邮箱等信息,便于通知联系。一般一个月左右可以查询稿件审理意见,超过 3 个月未收到修改意见或回复的可自行处理。

4 注意事项

为适应我国信息化建设需要,扩大学术交流渠道,本刊已编入国内外著名数据库。稿件一经录用,将同时被数据库收录,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意收录,请在投稿时声明,否则将视为同意。