

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.05.011

玻纤增强聚丙烯抗菌防霉复合材料制备及性能

潘利明, 王晓群, 陆超超, 陈家锋, 黄珂伟, 肖敏, 陈良俊, 陈福双

(杭州金州高分子科技有限公司, 杭州 310018)

摘要:以聚丙烯(PP)为基体,玻璃纤维直接无捻粗纱为增强体,采用双螺杆混炼工艺制备玻璃纤维增强 PP 复合材料。通过调整 2 组 2 个剪切块配合深槽螺杆输送单元,尽量减少对玻纤的挤压和磨损,从而保持玻纤长度,最后通过加粗口径口模出料。在制备的玻纤增强 PP 复合材料中添加无机磷酸锆载银复合抗菌剂以提高材料的抗菌防霉性能,分别探讨了玻纤和抗菌剂含量(质量分数)对材料力学性能、耐热氧老化性能的影响,研究了抗菌剂含量对材料抗菌防霉性能的影响,并在最佳配方下考察了热氧老化和水浴老化对材料抗菌防霉性能的影响。结果表明,随着玻纤含量的增加,材料力学性能增加明显,当玻纤含量达到 25% 时,与未加玻纤的相比,拉伸强度提高 194%,弯曲强度提高 225%,缺口冲击强度提高 475%;经 150℃热氧老化 4 000 h 后,材料的力学性能较未老化时没有发生明显下降;抗菌剂含量对材料力学性能和耐热氧老化性能影响较小;抗菌剂含量达到 0.5% 以上时玻纤含量对抗菌性能无影响,且抗菌率大于 99.9%,防霉等级 1 级;最佳配方是玻纤含量 25% 和抗菌剂含量 1%,在该配方下制得的复合材料经过 4 000 h 的 150℃热氧老化和 95℃水浴老化后抗菌率仍高于 99%,防霉等级仍为 1 级。

关键词:聚丙烯;玻璃纤维增强;抗菌;防霉;热氧老化

中图分类号: TQ325.1+4, TQ327.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)05-0057-06

Preparation and Properties of Glass Fiber Reinforced Polypropylene Antibacterial and Anti-Mildew Composites

Pan Liming, Wang Xiaoqun, Lu Chaochao, Chen Jiafeng, Huang Kewei, Xiao Min, Chen Liangjun, Chen Fushuang

(Hangzhou Jinzhou Molecule Technology Co. Ltd., Hangzhou 310018, China)

Abstract : Glass fiber reinforced polypropylene (PP) composites were prepared by twin screw mixing process with PP as matrix and glass fiber direct roving as reinforcement. In order to minimize the squeezing and wear on the glass fiber for maintaining the glass fiber length, the combination of two groups of two shear blocks with deep groove screw conveying block was adopted, finally, the materials were extruded through the die with large diameter. Inorganic zirconium phosphate containing silver composite antibacterial agent was added into the composites to improve the antibacterial and anti-mildew properties. The effects of the contents of glass fiber and antibacterial agent on the mechanical and thermal-oxidative ageing properties of the composites were discussed respectively. The effects of antibacterial agent content on the antibacterial and anti-mildew properties of the composites were studied. The effects of thermal-oxidative aging and water bath aging on the antibacterial and anti-mildew properties of the composites were investigated under the best formula. The results show that, with the increase of glass fiber content, mechanical properties increase significantly, when the glass fiber content is 25 wt%, compared with the composite without glass fiber, the tensile strength increases by 194%, bending strength increases by 225%, the notched impact strength increases by 475%. After 150℃ thermal-oxidative aging for 4 000 h, compared with the composite without aging, the mechanical properties of the composite has no obvious decline. The antibacterial agent content has little effects on mechanical and thermal-oxidative ageing properties. When the antibacterial agent content is more than 0.5 wt%, the glass fiber content has no effect on the antibacterial performances, and the antibacterial rate is more than 99.9%, mildew resistance level is 1. The optimal formula is glass fiber content of 25 wt% and antibacterial agent content of 1 wt%, after 150℃ thermal-oxidative aging for 4 000 h and 95℃ water bath aging for 4 000 h, the antibacterial rate of the composite prepared with the optimal formula is still higher than 99% and the mildew resistance level is still 1.

Keywords : polypropylene ; glass fiber reinforcement ; antibacterial ; anti-mildew ; thermal-oxidative aging

通讯作者: 陈家锋, 学士, 工程师, 主要研究方向为工程塑料开发 E-mail : jiafengchen@163.com

收稿日期: 2020-03-06

引用格式: 潘利明, 王晓群, 陆超超, 等. 玻纤增强聚丙烯抗菌防霉复合材料制备及性能 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(5) : 57-62.

Pan Liming, Wang Xiaoqun, Lu Chaochao, et al. Preparation and properties of glass fiber reinforced polypropylene antibacterial and anti-mildew composites[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(5) : 57-62.

聚丙烯(PP)具有加工性能好、耐腐蚀性优良、电绝缘性好等优点,自工业化以来一直是用量较大的一种通用塑料,但是其存在成型收缩率大、低温易脆裂、耐磨性不足、热变形温度不高等缺点,应用受到了一定限制。采用玻璃纤维(以下简称玻纤)增强是提高PP力学性能、耐热性能和尺寸稳定性的重要措施。玻纤增强PP具有高强度、高耐热性、低热膨胀系数、高尺寸稳定性、良好的耐蠕变等优点^[1],作为一种通用热塑性增强复合材料应用十分广泛^[2-4],比如家用电器、汽车、电子电器、石油化工等领域,有着广泛的应用背景^[5-8]。

同时随着社会发展及人民生活水平的提高,健康的生存环境和更加美好的生活日益成为人类的追求目标。人们对于危害人类健康的环境微生物的重视也促使抗菌抗霉材料的应用领域越来越广泛^[9]。抗菌防霉材料具有环保、卫生等特点,在洗衣机、空气净化器、卫浴产品等领域有着广泛的应用和需求。抗菌抗霉高分子材料是一类具有杀菌、抑菌性能的新型功能材料,其核心成分是抗菌剂,将极少量的抗菌剂添加至高分子材料中制成抗菌防霉材料,其相应制品也就具有卫生自洁功能,减少因使用高分子制品而发生的交叉污染。目前市面上的抗菌防霉剂主要分4类^[10-11],即无机抗菌剂、有机抗菌剂、天然抗菌剂及高分子抗菌剂等,无机抗菌剂耐热性好、抗菌谱广、有效抗菌期长,但颜色稳定性差;有机抗菌剂抗菌防霉性能高、颜色稳定性高,但耐热温度低,易产生耐药性;天然抗菌剂抗菌效率高、安全无毒、环保性好,但加工困难、耐热性较差;高分子抗菌剂抗菌期长、安全无毒、抗菌谱广、颜色稳定,但目前仍处于研究起步阶段,成本高。

与普通短玻纤增强热塑性复合材料相比,长玻纤增强热塑性复合材料(LFT)的优势是玻纤在制品中的保留长度较长,大大提高了材料的综合物理力学性能,特别是材料在冲击强度上得到明显提高。但在实际生产中采用一套LFT专用挤出设备需要较大的投资,会给塑料改性企业尤其是中小型企业带来较高的成本,因此笔者采用常规双螺杆挤出机和LFT专用玻纤纱,通过调整螺杆组合以及采用深槽螺杆单元等方式,以尽量保留玻纤长度,制备了玻纤增强PP复合材料,研究了在该方式下玻纤含量对制备的复合材料力学性能和耐热氧老化性能的影响。该复合材料主要应用于洗衣机盛水桶,由于洗衣机盛水桶长时间接触水,导致异物、细菌残留,从

而滋生细菌而发霉、发臭,故在制备的玻纤增强PP复合材料的基础上添加抗菌剂,以解决洗衣机产品的细菌滋生问题,研究了抗菌剂含量对复合材料力学性能、耐热氧老化性能和抗菌防霉性能的影响。同时结合洗衣机的使用环境,测试了热氧老化和水浴老化对优选配方材料抗菌防霉性能的影响,以制备具有长效耐热和耐水老化特性的玻纤增强PP抗菌防霉复合材料。

1 实验部分

1.1 主要原料

均聚PP:1080,宁波台塑石化有限公司;

LFT用无碱玻纤直接无捻粗纱:362J,中国巨石集团有限公司;

抗氧剂1010,168,DSTP:德国巴斯夫公司;

马来酸酐接枝PP(PP-g-MAH):GPM200A,宁波能之光新材料科技股份有限公司;

无机磷酸锆载银复合抗菌剂:JD-1,晋大纳米科技(厦门)有限公司。

1.2 主要仪器与设备

双螺杆挤出机:CTE-35型,科倍隆(南京)机械有限公司;

注塑机:HTF60W2型,宁波海天集团股份有限公司;

万能试验机:AGS-X型,日本岛津公司;

悬臂梁冲击试验机:XJUD-5.5型,承德金建试验机有限公司;

热老化试验机:MOV-216型,泰琪科技(苏州)有限公司;

恒温水槽:DK-600S型,上海精宏实验设备有限公司。

1.3 试样制备

玻纤增强PP抗菌防霉材料是由均聚PP、相容剂PP-g-MAH、玻纤、抗菌剂、抗氧剂等经双螺杆挤出机混炼而成的复合改性材料,其中玻纤从挤出机6区喂料口进料,经一组两个45°剪切块剪切,再通过深槽螺杆单元输送,再经一组两个30°剪切块混合,再由深槽螺杆单元输送挤出,最后通过加粗口径口模出料。

先将各原料(除玻纤外)按一定配比加入搅拌机搅拌均匀,再投入挤出机加料斗,机台开机后,正常出料时,将玻纤分3~5股从喂料口喂入挤出机,加工温度范围为180~210℃,通过转速调整以及玻纤的股数来调整玻纤含量。经水冷、风干、造粒

后将粒子注塑成标准试样,注塑温度控制在 220 ~ 250℃。

1.4 测试与表征

拉伸性能按 GB/T 1040.2-2006 测试,拉伸速率 10 mm/min;

弯曲性能按 GB/T 9341-2008 测试,测试速率 2 mm/min;

悬臂梁缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试;

抗菌防霉性能按 GB/T 21551.2-2010 测试;

热氧老化试验:采用换气式热老化试验机,恒温 150℃,老化 4000 h,根据老化时间,分时段检测试样性能;

水浴老化试验:采用恒温水槽,恒温 95℃,老化 4000 h,根据老化时间,分时段检测试样性能。

2 结果与讨论

2.1 玻纤含量对材料性能的影响

(1) 力学性能。

表 1 为不同玻纤含量的玻纤增强 PP 复合材料的配方,表 2 为对应的力学性能。

表 1 玻纤增强 PP 复合材料各组分含量(质量分数) %

配方序号	均聚 PP	玻纤	相容剂	复合抗氧剂 ^①
1 [#]	98.5	0	0	1.5
2 [#]	87.5	10	1.0	1.5
3 [#]	82.0	15	1.5	1.5
4 [#]	76.5	20	2.0	1.5
5 [#]	71.0	25	2.5	1.5

注:复合抗氧剂中,抗氧剂 1010,168,DSTP 的质量比为 1/1/1,下同。

表 2 不同玻纤含量的玻纤增强 PP 复合材料力学性能

性 能	玻纤含量 / %				
	0	10	15	20	25
拉伸强度 / MPa	34	50	70	90	100
弯曲强度 / MPa	40	60	95	125	130
弯曲弹性模量 / MPa	1400	2800	3200	4000	4800
缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	4	13	15	20	23

从表 2 可以看出,随着玻纤含量的增加,材料的各项性能均有提高,当玻纤含量达到 25% 时,与未加玻纤的相比,拉伸强度提高 194%,弯曲强度提高 225%,弯曲弹性模量提高 243%,缺口冲击强度提高 475%,增幅较大。这主要是因为玻纤起到骨架增强作用,从而提高了材料的强度和刚性,同时从表 2 缺口冲击强度大幅度提升可以推断出制备的复合材料中玻纤的长度得到了较好的保留,故较长的玻纤在 PP 基体中形成较多的搭接点和缠结,材料在受到应力作用时可通过交叉纤维区域传递应力,使得承担应力的区域变大,宏观上提升了材料的力学性能。

同时,较长玻纤的搭接和缠绕容易形成三维交错结构,这种结构越牢固,表现出来的力学性能就越高。但是随着玻纤含量的提高,材料流动性变差,从而要求设备具有更高的注塑压力和注塑温度等条件,另外,随着玻纤含量的提高,材料表面的光泽度逐渐降低。

(2) 耐热氧老化性能。

采用表 1 的配方,研究了不同玻纤含量的玻纤增强 PP 复合材料的耐热氧老化性能,结果如图 1~图 3 所示。

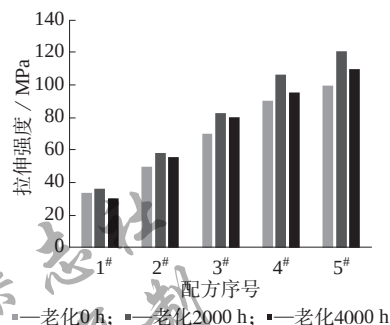


图 1 玻纤增强 PP 复合材料热氧化老化后拉伸强度变化

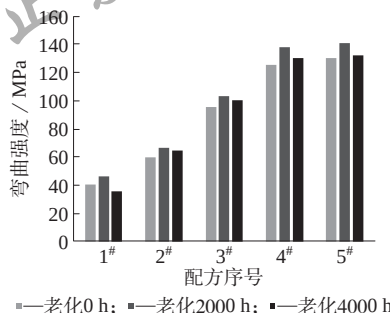


图 2 玻纤增强 PP 复合材料热氧化老化后弯曲强度变化

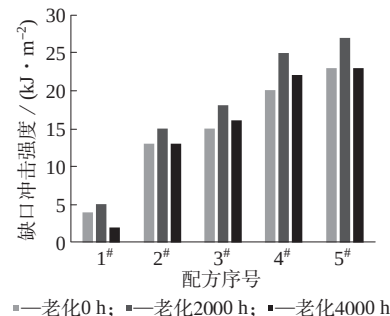


图 3 玻纤增强 PP 复合材料热氧化老化后缺口冲击强度变化

从图 1~图 3 可以看出,不同玻纤含量的复合材料经 150℃热氧老化后的力学性能变化趋势基本一致。在热氧老化 2000 h 之后,材料的各项力学性能均出现上升趋势,提高幅度为 10%~30%,老化 4000 h 后出现下降,未经玻纤增强改性的各项力学性能较未老化时下降幅度为 10%~50%,经过玻纤增强改性的仍然维持较高的保持率,甚至高于未老

化时水平。此现象可能由以下几种因素导致:一是复合抗氧剂的保护,延缓了材料的老化;二是在高温的环境中,PP 分子结构进行了重新调整,类似出现重结晶状态,从而使得材料的综合力学性能进一步的提高,但随着时间延长,氧气对材料的老化加剧,导致材料分子链断裂,力学性能开始降低;三是由于材料中添加的无机组分玻纤长度得到了较好的保留,长玻纤可以在 PP 基体中无序交叉形成空间三维交错网络结构,这在一定程度上能够保护 PP 基体,同时通过长玻纤网络的导热,将部分热量传导到更广泛的区域,使得局部区域抗热降解能力提高,因而延缓了材料老化的时间,这也就是老化 4000 h 后各玻纤含量下的复合材料力学性能未低于未老化时的原因。

2.2 抗菌剂含量对材料性能的影响

(1) 力学性能。

根据上述结果,选择玻纤含量为 25% 的复合材料,向其加入不同含量的抗菌剂,制成抗菌防霉材料,相关配方见表 3,相应复合材料的力学性能见表 4。由表 4 可以看出,抗菌剂含量对材料力学性能的影响较小。这可能是因为抗菌剂的添加量少,对材料力学性能没有表现出明显的影响。

表 3 玻纤增强 PP 抗菌防霉材料各组分含量(质量分数) %

配方序号	均聚 PP	抗菌剂	玻纤	相容剂	复合抗氧剂
6 [#]	71.0	0	25	2.5	1.5
7 [#]	70.8	0.2	25	2.5	1.5
8 [#]	70.5	0.5	25	2.5	1.5
9 [#]	70.0	1.0	25	2.5	1.5

表 4 不同抗菌剂含量的 25% 玻纤增强 PP 复合材料力学性能

性 能	抗菌剂含量 / %			
	0	0.2	0.5	1.0
拉伸强度 / MPa	100	100	102	101
弯曲强度 / MPa	130	131	132	131
弯曲弹性模量 / MPa	4800	4820	4799	4801
缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	23	22	23	22

(2) 耐热氧老化性能。

采用表 3 的配方,研究了抗菌剂含量对 25% 玻纤增强 PP 复合材料耐热氧老化性能的影响,结果如图 4~图 6 所示。从图 4~图 6 可以看出,抗菌剂的加入未改变复合材料力学性能随老化时间的变化趋势,同时也可以看出,除抗菌剂含量为 0.5% 时老化 4000 h 后弯曲强度有所下降外,其余情况下复合材料老化 4000 h 后的力学性能较未老化时没有明显下降,这说明抗菌剂含量对材料耐热氧老化性能的影响总体上很小。

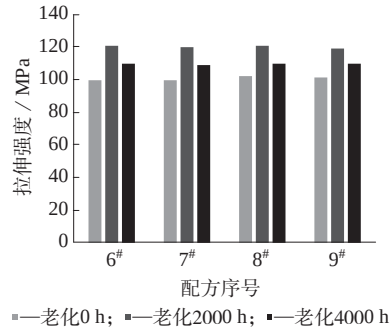


图 4 不同抗菌剂含量的玻纤增强 PP 材料热氧老化后拉伸强度变化

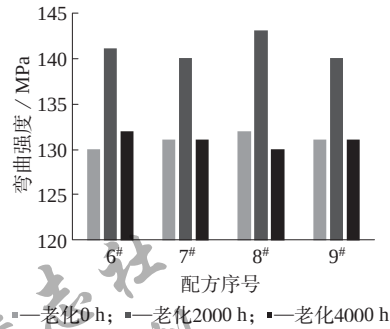


图 5 不同抗菌剂含量的玻纤增强 PP 材料热氧老化后弯曲强度变化

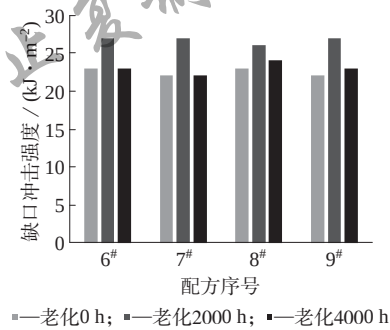


图 6 不同抗菌剂含量的玻纤增强 PP 材料热氧老化后缺口冲击强度变化

(3) 抗菌防霉性能。

采用表 3 的配方,研究了抗菌剂含量对 25% 玻纤增强 PP 复合材料抗菌防霉性能的影响,结果见表 5。

表 5 不同抗菌剂含量的 25% 玻纤增强 PP 复合材料抗菌防霉性能

性 能	抗菌剂含量 / %			
	0	0.2	0.5	1.0
大肠杆菌抗菌率 / %	0	88.6	≥ 99.9	≥ 99.9
金黄色葡萄球菌抗菌率 / %	0	90.2	≥ 99.9	≥ 99.9
防霉等级	4 级	2 级	1 级	1 级

注:抗菌菌所用菌种包括黑曲霉、土曲霉、宛氏拟青霉、绳状青、出芽短梗霉、球毛壳等。

从表 5 可以看出,材料的抗菌性能和防霉性能随着抗菌剂含量的增加而提高,当抗菌剂含量达到 0.5% 时,材料对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抗菌率达到 99.9% 以上,防霉等级达到 1 级,已经可以达到抗菌材料的要求。采用的抗菌剂是磷酸铝载银

复合抗菌剂,其主要的抗菌机理是通过抗菌剂中的银、锌离子溶出,与细菌中的酶结合,阻断了细菌代谢功能,从而导致细菌停止繁殖。

同时考察了不同玻纤含量下抗菌剂含量对材料抗菌性能的影响,结果见表6。表6中,玻纤含量为10%,15%,20%,25%时,相容剂的含量分别为1%,1.5%,2%,2.5%,复合抗氧剂含量始终不变,为1.5%。从表6可以看到,材料的抗菌性能在抗菌剂含量低的情况下受到影响,且随着玻纤含量的增加,抗菌性能降低,当抗菌剂量达到0.5%以上时,材料抗菌性能基本不受玻纤含量影响。这可能是因为长玻纤网络限制了分子活动的空间,存在于材料内部的抗菌离子游离到材料表面时受到的阻力较大,当抗菌剂含量较低时,这种阻力影响比较明显,而当抗菌剂含量较高时,足够多的抗菌离子可以克服这种阻力而游离到材料表面,故玻纤含量对抗菌性能的影响变得很小。

表6 不同玻纤、抗菌剂含量的复合材料抗菌率(大肠杆菌) %

玻纤含量 / %	抗菌剂含量 / %		
	0.2	0.5	1.0
0	92.5	≥ 99.9	≥ 99.9
10	88.9	≥ 99.9	≥ 99.9
15	87.2	≥ 99.9	≥ 99.9
20	86.3	≥ 99.9	≥ 99.9
25	85.5	≥ 99.9	≥ 99.9

注:抗菌剂含量为0%时,不同玻纤含量下的材料抗菌率均为0%。

2.3 热氧老化和水浴老化对材料抗菌防霉性能的影响

最终确定玻纤含量为25%、抗菌剂含量为1%,即采用表3的9[#]配方。对该配方材料进行热氧老化和水浴老化,研究不同的老化条件对材料抗菌率(大肠杆菌)和防霉等级的影响,结果见表7和表8。

表7 玻纤增强PP抗菌防霉材料150℃热氧老化后抗菌防霉性能

性 能	老化时间 / h		
	0	2 000	4 000
抗菌率 / %	≥ 99.9	≥ 99.9	≥ 99.9
防霉等级	1 级	1 级	1 级

表8 玻纤增强PP抗菌防霉材料95℃水浴老化后抗菌防霉性能

性 能	老化时间 / h		
	0	2 000	4 000
抗菌率 / %	≥ 99.9	≥ 99.9	≥ 99.2
防霉等级	1 级	1 级	1 级

从表7和表8可以看出,选用的磷酸锆载银复合抗菌剂的耐温性较好,耐持久性高,在150℃的热氧老化条件下,老化4 000 h后,材料的抗菌防霉性能稳定,抗菌率在99.9%以上,防霉等级仍保持在1级,且经过长时间水浴浸泡,抗菌剂虽有部分析出,

但仍保持较高的抗菌率,结果显示浸泡2 000 h时,抗菌率仍能达到99.9%以上,浸泡4 000 h时,抗菌率保持在99.2%以上,防霉等级仍保持在1级。

3 结论

(1) 采用2组2个剪切块配合深槽螺杆输送单元制备的玻纤增强PP复合材料中,玻纤对材料力学性能的增加明显,当其含量达到25%时,拉伸强度提高194%,弯曲强度提高225%,缺口冲击强度提高475%,而无机抗菌剂的添加对材料力学性能没有明显影响。

(2) 随老化时间增加,不同含量玻纤增强PP的力学性能先上升后下降,经150℃热氧老化4 000 h后,材料的力学性能较未老化时没有发生明显下降,而无机抗菌剂的添加对材料的耐热氧老化性能总体上没有明显影响。

(3) 抗菌剂可以有效提高材料的抗菌防霉性能,随抗菌剂含量增加,抗菌防霉性能有明显的提升,当抗菌剂含量达到0.5%以上时,材料抗菌率达到99.9%以上,防霉等级为1级。

(4) 当抗菌剂含量为0.2%时,材料的抗菌性能会受到玻纤含量的影响,且随着玻纤含量的增加,抗菌性能降低;当抗菌剂含量达到0.5%以上时,玻纤含量对抗菌性能基本没有影响。

(5) 针对玻纤含量25%、抗菌剂含量1%的复合材料,在150℃热氧老化4 000 h后,抗菌率仍保持在99.9%以上,防霉等级1级;在95℃水浴老化4 000 h后,抗菌率仍保持在99.2%以上,防霉等级1级。材料表现出了优异的防老化特性。

参考文献

- [1] 许冰,黄宗斌,韦超忠,等.长玻纤增强聚丙烯注塑成型薄壁制件的结构和性能研究[J].塑料工业,2018,46(3):97-100.
Xu Bing, Huang Zongbin, Wei Chaozhong, et al. Investigations on structures and mechanical properties of thin-walled formed parts with long glass fiber-reinforced polypropylene[J]. China Plastics Industry, 2018, 46(3):97-100.
- [2] 朱春龙,马超,付发祥,等.汽车用玻纤增强PP的制备及力学性能研究[J].现代塑料加工应用,2017,29(3):29-31.
Zhu Chunlong, Ma Chao, Fu Faxiang, et al. Preparation and mechanical properties of glass fiber reinforced polypropylene composite for automobile[J]. Modern Plastic Processing and Applications, 2017, 29(3):29-31.
- [3] 郭建鹏,孔伟.连续长玻纤增强PP复合材料[J].工程塑料应用,2018,46(6):41-44, 78.
Guo Jianpeng, Kong Wei. Continuous long glass fiber reinforced PP composite[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(6):41-44, 78.

- [4] 张杨,陈萌,钟颖,等.基料与相容剂对长玻纤增强聚丙烯性能的影响[J].上海塑料,2017(2):27-31.
Zhang Yang, Chen Meng, Zhong Ying, et al. Influence of matrix and compatibilizer on the mechanical properties of long glass fiber reinforced polypropylene[J]. Shanghai Plastics, 2017(2):27-31.
- [5] 蒋爱云,贾智慧,李显明,等.长玻纤增强聚丙烯复合材料的研究进展[J].合成材料老化与应用,2018,47(2):91-95.
Jiang Aiyun, Jia Zhihui, Li Xianming, et al. Research progress on long glass fiber reinforced polypropylene composites[J]. Aging and Application of Synthetic Materials, 2018, 47(2):91-95.
- [6] 万炳甲,王明义.玻纤增强聚丙烯复合材料研究进展[J].工程塑料应用,2019,47(11):139-143,155.
Wan Bingjia, Wang Mingyi. Research progress of glass fiber reinforced polypropylene composites[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(11):139-143, 155.
- [7] 李彬,谢静雅,付丹,等.长玻纤增强PP材料在汽车上的应用[J].时代汽车,2017(12):78-79.
Li Bin, Xie Jingya, Fu Dan, et al. Application of long glass fiber reinforced PP material in automobile[J]. Auto Time, 2017(12):78-79.
- [8] 林雨佳.长玻璃纤维增强聚丙烯复合材料在汽车中的应用[J].国外塑料,2015,33(4):42-45.
Lin Yujia. Application of long glass fiber reinforced polypropylene composite in automobile[J]. Word Plastics, 2015, 33(4):42-45.
- [9] 张丽敏,李方军,李雄武,等.高性能抗菌玻纤增强PP材料及应用[J].工程塑料应用,2019,47(4):6-10.
Zhang Limin, Li Fangjun, Li Xiongwu, et al. Antibacterial glass fiber reinforced polypropylene material and its application[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(4):6-10.
- [10] 王小娟.抗菌剂的分类及应用[J].染整技术,2018,40(7):14-17.
Wang Xiaojuan. Classification and application of antimicrobial agents[J]. Textile Dyeing and Finishing Journal, 2018, 40(7):14-17.
- [11] 王小娟.抗菌剂的种类及其在纺织品上的应用[J].纺织科技进展,2017(6):21-24.
Wang Xiaojuan. Types of antibacterial agents and their application in textiles[J]. Progress of Textile Science and Technology, 2017(6):21-24.

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。通讯作者信息(包括姓名,学历或职称,主要研究方向,电子邮箱)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16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

请作者登陆杂志社网站 <http://www.epa1973.net>, 点击“作者投稿”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。