

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2021.09.003

抗菌剂对高铁内饰用阻燃 PC 性能的影响

孟征^{1,2}, 孟非然³, 赵亚风^{1,2}

(1. 北京航天试验技术研究所, 北京 100074; 2. 北京航天凯恩化工科技有限公司, 北京 100074; 3. 航天推进技术研究院, 西安 710100)

摘要: 新冠疫情提升了对轨道交通内饰材料的抗菌性能要求。研究了可用于高铁内饰的阻燃抗菌聚碳酸酯(PC)材料,对比了磺酸盐阻燃剂全氟丁基磺酸钾(PPFBS)、双苯胺基磺酸盐(HES)、3-苯磺酰基苯磺酸钾(KSS)在PC中的阻燃效果,结果显示阻燃剂PPFBS阻燃PC具有较高的极限氧指数(LOI)。阻燃剂PPFBS加入0.08份可使PC LOI达39.5%,UL94 V-0级,满足高铁要求。平均粒径为5 μm的银离子抗菌剂添加0.75份可使阻燃PC的抗金黄色葡萄球菌和抗大肠杆菌的杀菌率>99.9%。表面活化银离子抗菌剂改善了抗菌剂与PC之间的界面相容性,阻燃PC的悬臂梁缺口冲击强度由14.1 kJ/m²提升到55.8 kJ/m²。该阻燃抗菌PC材料具有良好的抗菌性能,以及较高的LOI和悬臂梁缺口冲击强度,可用于公共交通领域有抗菌阻燃要求的塑料部件的注塑生产。

关键词: 抗菌; 阻燃; 聚碳酸酯; 极限氧指数; 悬臂梁缺口冲击强度

中图分类号: TQ327.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2021)09-0013-05

Effect of Antibacterial Agent on Antibacterial and Mechanical Properties of Flame Retardant PC Used for High-speed Train Interior

Meng Zheng^{1,2}, Meng Feiran³, Zhao Yafeng^{1,2}

(1. Beijing Institute of Aerospace Testing Technology, Beijing 100074, China; 2. Beijing Aerospace Chemical Engineering Co., Ltd., Beijing 100074, China; 3. China Academy of Aerospace Liquid Propulsion Technology, Xi'an 710100, China)

Abstract: Covid-19 has raised the requirements for the antibacterial properties of high-speed train interior materials. A flame retardant and antibacterial polycarbonate (PC) materials used for high-speed railway seat table were studied. The flame retardant effects of sulfonate flame retardant potassium perfluorobutylsulfonate (PPFBS), high efficiency sulfonate (HES) and potassium diphenylsulfonesulfonate (KSS) in PC were compared. The results show that PPFBS retardant PC has higher limiting oxygen index (LOI). When PPFBS 0.08 phr is added, the LOI of PC can reach 39.5%, UL94 V-0, which can meet the LOI requirements of high-speed railway seat table. By the addition of 5 μm antibacterial agent 0.75 phr, the sterilization rate of flame retardant PC against staphylococcus aureus and escherichia coli is more than 99.9%. The interfacial compatibility between antibacterial agent and PC is improved by using surface activating silver ion antibacterial agent, and the notched impact strength of flame retardant PC is increased from 14.1 kJ/m² to 55.8 kJ/m². The flame retardant and antibacterial PC material has good antibacterial properties, high oxygen index and high impact strength, which can be used in the public transportation plastic parts with antibacterial and flame retardant requirements.

Keywords: antibacterial; flame retardant; polycarbonate; limiting oxygen index; Izod notched impact strength

聚碳酸酯(PC)是综合性能优异的热塑性芳香族高分子材料,其学性能和加工成型性能优异,在汽车部件、电子/电气、家庭用品以及光学媒介等方面具有广泛的应用。PC优异的力学强度、良好的透明度以及其较低的密度,使其在轨道交通行业得到了青睐,用于替代玻璃制品、玻璃钢制品在轨道交通内

饰上的应用,以实现轨道交通的轻量化和节能减排。但纯PC制品的阻燃性能较差,垂直燃烧等级为UL94 V-2,与普通的热塑性塑料相比虽有较好的阻燃性,但仍可燃,且燃烧时有熔融体滴落,容易引起附近的材料着火,不能满足轨道交通行业的要求,必须对其进行阻燃改性,使之具有优异的阻燃防火能力,

通信作者: 孟征,研究员,博士后,主要从事高分子材料改性技术研发

收稿日期: 2021-07-06

引用格式: 孟征,孟非然,赵亚风. 抗菌剂对高铁内饰用阻燃 PC 性能的影响[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(9):13-17.

Meng Zheng, Meng Feiran, Zhao Yafeng. Effect of antibacterial agent on antibacterial and mechanical properties of flame retardant PC used for high-speed train interior[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(9):13-17.

以满足轨道交通内饰的防火要求、烟密度和烟雾毒性的要求等^[1-2]。国外对于阻燃PC在高铁内饰上的应用研究较多,沙特沙比克公司、德国拜耳公司均有阻燃PC产品用于高铁内饰制品的生产^[3-4]。

新冠疫情的爆发,提升了对于轨道交通等公共设施的防疫消毒要求^[5]。以高铁座椅和小桌板为例,其材质均为阻燃PC材料,在桌板表面、座椅扶手等部位,容易滋生细菌等微生物,对乘客健康造成极大的威胁,也容易造成致病菌对乘客的交叉感染^[6-8]。鉴于高铁运行期间,难以对高铁座椅和小桌板喷洒消毒剂消毒或者照射紫外线消毒,因此开发抗菌阻燃PC材料,用于高铁乘客经常接触的塑料制品,显得十分重要。在我国,抗菌塑料在家电、卫浴等领域已经有所应用,并得到消费者的认可。

抗菌塑料产品在抗菌效率、抗菌效果稳定性、长效性、安全性都有所保证,因此对相关抗菌技术提出了较高要求。抗菌塑料的抗菌性应当具有高效、广谱、持续性等特点,且无毒、无异味,对环境无影响。抗菌剂还应当与塑料具有良好的相容性,不与塑料中各种助剂发生化学反应,不因光和热变色。抗菌塑料的加工方法一般是将抗菌粉体或抗菌母料与树脂熔融共混造粒,再注塑或者模压成型制成制品^[9-10]。国外在抗菌塑料的开发应用方面较活跃,美国、日本、英国等国已大量使用抗菌性聚丙烯、聚乙烯、聚氯乙烯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料、聚苯乙烯等生产冰箱、洗衣机、饮水机、卫生洁具、水管、玩具、电脑键盘、各类遥控器、食品器皿和医用卫生材料等,日本洗衣机70%~80%的洗涤桶用抗菌PP制造。由于塑料制品的加工温度较高,一般都采用锌系、银系的无机抗菌剂作为抗菌助剂^[11-12]。

由于无机抗菌剂属无机物,与PC界面相容性差,会显著影响阻燃PC的力学性能。笔者对银离子抗菌剂进行表面活化,改善其与PC的界面相容性,并从几种磺酸盐类阻燃剂中优选了阻燃剂,研究了银离子抗菌剂对阻燃PC力学性能、阻燃性能、抗菌性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PC:A1105,烟台万华化学集团股份有限公司;

全氟丁基磺酸钾(PPFBS):EF-42,日本三菱化学株式会社;

双苯胺基磺酸盐(HES):广东铨盛化工有限公司;

3-苯磺酰基苯磺酸钾(KSS):广东铨盛化工有限公司;

抗氧化剂:1076,天津利安隆新材料股份有限公司;

抗氧化剂:168,天津利安隆新材料股份有限公司;

季戊四醇四硬脂酸酯(PETS):PETS-4,嘉兴中诚环保科技股份有限公司;

银离子抗菌剂1[#]:平均粒径10 μm,市售;

银离子抗菌剂2[#]:平均粒径5 μm,市售;

硅烷偶联剂:KH560,南京全希化工有限公司;

表面活化银离子抗菌剂3[#]:平均粒径5 μm,通过表面偶联剂活化抗菌剂2[#]得到,自制。

1.2 主要设备及仪器

同向平行双螺杆混炼挤出机:SHJ-36型,江苏诚盟装备股份有限公司;

高速混合机:SHR-50型,张家港亿利机械有限公司;

注塑机:MA900/260型,浙江宁波海天塑机集团有限公司;

电热鼓风干燥箱:DHG-9145A型,上海一恒实业有限公司;

极限氧指数(LOI)仪:JF-3型,南京江宁区分析仪器厂;

万能试验机:UTM-1422型,承德金建检测仪器有限公司;

复合式冲击试验机:HIT-2492型,承德金建检测仪器有限公司;

水平垂直燃烧测试仪:KS-50B型,上海今森检测设备有限公司;

透光率雾度仪:SGW-820型,上海仪电物理光电有限公司;

扫描电子显微镜(SEM):QUANTA 450型,美国赛默飞电子显微镜公司。

1.3 制备方法

将PC、抗菌剂、阻燃剂、抗氧剂、润滑剂按配方加入到高速混合机中,均匀混合后,加入到双螺杆挤出机中(温度设定260℃),经过熔融共混,经口模牵引拉出、水冷、风干、造粒,得到抗菌阻燃PC颗粒。将得到的抗菌阻燃PC颗粒在120℃下干燥4 h后,注塑成标准样条和样板,以供性能测试。

1.4 性能测试

LOI测试:按GB/T 2406-2008测试;

UL-94 燃烧等级测试:按 ASTM D625-1977 测试,阻燃样条厚度为 3.2 mm ;

拉伸强度测试:按 GB/T 1040-2006 测试;

弯曲强度测试:按 GB/T 9341-2008 测试;

悬臂梁缺口冲击强度测试:按 GB/T 1843-2008 测试;

抗菌性按 GB/T 31402-2015 测试,菌种为金黄色葡萄球菌、大肠杆菌。杀菌率按 WS/T 650-2019 测试;

透光率按 GB/T 2410-2008 测试。

2 结果与讨论

2.1 阻燃剂对 PC 阻燃性能的影响

按照表 1 中的配方通过熔融共混得到阻燃 PC,通过 LOI 和垂直燃烧试验研究阻燃剂对 PC 阻燃性能的影响。

表 1 阻燃 PC 配方

配方编号	PC	PPFBS	HES	KSS	1076	168	PETS
1 [#]	99.32	0.08			0.2	0.2	0.2
2 [#]	99.28	0.12			0.2	0.2	0.2
3 [#]	99.24	0.16			0.2	0.2	0.2
4 [#]	99.2		0.2		0.2	0.2	0.2
5 [#]	99.1		0.3		0.2	0.2	0.2
6 [#]	99		0.4		0.2	0.2	0.2
7 [#]	99.2			0.2	0.2	0.2	0.2
8 [#]	99.1			0.3	0.2	0.2	0.2
9 [#]	99			0.4	0.2	0.2	0.2

LOI 为在规定条件下,试样在氧气和氮气混合气体中,维持燃烧所需的最低氧气浓度(体积百分含量),LOI 反映出材料燃烧时对氧的敏感程度,其值越高,材料燃烧时对氧的敏感性越低。在轨道交通行业,对高铁内饰的 LOI 按不同安装位置有不同的要求。对于高铁内饰座椅和小桌板用阻燃 PC 来说,LOI 的要求是否满足高铁规定,按照《TB/T 3138-2018 机车车辆用材料阻燃技术要求》中关于“座椅蒙面材料 $\geq 30\%$ ”进行判定。

垂直燃烧等级分为 UL 94 V-0 级, V-1 级和 V-2 级三个等级。其中 UL 94 V-0 级的材料阻燃等级最高, V-2 级阻燃等级最低。在工业应用中,一些对阻燃性要求高的领域均要求,材料阻燃等级达到 UL94 V-0 级。表 2 中为配方 1[#]~9[#] 的 LOI 和垂直燃烧等级。由表 2 可以看出,添加磺酸盐阻燃剂 PPFBS 的阻燃 PC 的阻燃性能最好。阻燃剂 PPFBS 的添加量比 HES 和 KSS 的添加量低,1[#] 配方是 9 个配方中阻燃剂添加量最低的,其 LOI 也显著优于 4[#]~9[#] 配方。因此,优选 PPFBS 作为 PC 的阻燃剂。

表 2 配方 1[#]~9[#] 的 LOI 和垂直燃烧等级

配方编号	LOI/%	垂直燃烧等级 (UL 94)
1 [#]	39.5	V-0
2 [#]	41.0	V-0
3 [#]	41.4	V-0
4 [#]	28.2	V-1
5 [#]	29.5	V-0
6 [#]	30.7	V-0
7 [#]	28.0	V-1
8 [#]	29.0	V-0
9 [#]	30.1	V-0

2.2 抗菌剂对阻燃 PC 的抗菌性的影响

选择两种不同粒径的抗菌剂,对比其对阻燃 PC 抗菌性的影响。阻燃 PC 的阻燃剂选择 PPFBS,配方组成见表 3。表 4 为不同抗菌剂添加量时阻燃 PC 抗菌性能。

表 3 不同抗菌剂添加量的阻燃 PC 配方

序号	PC	阻燃剂 PPFBS	抗菌剂 1 [#]	抗菌剂 2 [#]	抗菌剂 3 [#]	1076	168	PETS
10 [#]	98.82	0.08	0.50			0.2	0.2	0.2
11 [#]	98.57	0.08	0.75			0.2	0.2	0.2
12 [#]	98.32	0.08	1.00			0.2	0.2	0.2
13 [#]	98.82	0.08		0.50		0.2	0.2	0.2
14 [#]	98.57	0.08		0.75		0.2	0.2	0.2
15 [#]	98.32	0.08		1.00		0.2	0.2	0.2
16 [#]	98.57	0.08			0.75	0.2	0.2	0.2

表 4 中的抗菌数据表明,抗菌剂 1[#] 和抗菌剂 2[#] 属同一类型的抗菌剂,只是平均粒径上有区别。平均粒径为 5 μm 的抗菌剂 2[#] 在同等添加量的情况下,抗菌性能优于抗菌剂 1[#],这与其粒径较小、分散性更佳有关。添加 0.75 份的抗菌剂 2[#] 的杀菌率 $> 99.9\%$,优选其为本配方的抗菌剂。

2.3 抗菌剂对阻燃 PC 悬臂梁缺口冲击强度影响

对于抗菌阻燃 PC 的综合性能,在抗菌、阻燃之外,需考虑其冲击强度是否能够满足实际应用需要。对于高铁内饰材料,冲击强度有较高的要求。表 5 列出了不同抗菌剂添加量的阻燃 PC 悬臂梁缺口冲击强度,数据表明,抗菌剂导致阻燃 PC 冲击强度显著下降,悬臂梁缺口冲击强度 $< 20 \text{ kJ/m}^2$ 的阻燃 PC 材料难以满足内饰应用的需求,在实际应用中受撞击容易发脆开裂。在不添加抗菌剂的情况下,阻燃 PC 1[#] 配方的悬臂梁缺口冲击强度高达 65.4 kJ/m^2 。而且表 5 中 10[#]~15[#] 的阻燃 PC 的悬臂梁缺口冲击强度的数据均低于 20 kJ/m^2 ,粒径较低的抗菌剂 2[#] 并未表现出对冲击强度的影响显著优于抗菌剂 1[#]。

表 4 不同抗菌剂添加量时阻燃 PC 抗菌性能

序号	微生物	无抗菌剂 试样片接 种后活 菌数 / (cfu · cm ⁻²)	无抗菌剂 试样片接 种后放 置 24 h 活菌数 / (cfu · cm ⁻²)	抗菌试样 片接种后 放置 24 h 活菌数 / (cfu · cm ⁻²)	抗菌活 性值	杀菌 率 / %
10 [#]	金黄色葡萄球菌	1.9 × 10 ⁴	2.4 × 10 ⁴	7.1 × 10 ³	0.5	70.4
	大肠杆菌	1.1 × 10 ⁴	4.5 × 10 ⁴	1.5 × 10 ⁴	0.5	66.7
11 [#]	金黄色葡萄球菌	1.1 × 10 ⁴	4.5 × 10 ⁴	4.4 × 10 ³	1.0	90.2
	大肠杆菌	1.1 × 10 ⁴	4.5 × 10 ⁴	1.4 × 10 ⁴	0.5	68.9
12 [#]	金黄色葡萄球菌	9.6 × 10 ³	2.8 × 10 ⁴	< 0.62	> 4.7	> 99.9
	大肠杆菌	1.4 × 10 ⁴	2.7 × 10 ⁴	< 0.62	> 4.6	> 99.9
13 [#]	金黄色葡萄球菌	1.9 × 10 ⁴	2.4 × 10 ⁴	510	1.7	97.9
	大肠杆菌	2.4 × 10 ⁴	3.6 × 10 ⁴	6.9 × 10 ³	0.7	80.8
14 [#]	金黄色葡萄球菌	1.4 × 10 ⁴	2.6 × 10 ⁴	< 0.62	> 4.6	> 99.9
	大肠杆菌	2.4 × 10 ⁴	3.4 × 10 ⁵	< 0.62	> 4.6	> 99.9
15 [#]	金黄色葡萄球菌	2.4 × 10 ⁴	3.6 × 10 ⁴	< 0.62	> 4.8	> 99.9
	大肠杆菌	2.5 × 10 ⁴	3.2 × 10 ⁴	< 0.62	> 4.7	> 99.9
16 [#]	金黄色葡萄球菌	2.4 × 10 ⁴	4.8 × 10 ⁴	< 0.62	> 5.9	> 99.9
	大肠杆菌	2.2 × 10 ⁴	1.0 × 10 ⁶	< 0.62	> 6.2	> 99.9

表 5 不同抗菌剂添加量的阻燃 PC 悬臂梁缺口冲击强度

编号	悬臂梁缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	编号	悬臂梁缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)
10 [#]	13.5	13 [#]	14.7
11 [#]	11.6	14 [#]	14.1
12 [#]	10.3	15 [#]	13.4
1 [#]	65.4	16 [#]	55.8

图 1 为 14[#] 和 16[#] 配方 PC 材料冲击样条断面。通过对抗菌阻燃 PC 14[#] 配方的冲击样条断面进行 SEM 分析表明,材料断面非常平滑,表现为典型的脆性断裂特征,其中的空穴有可能是冲击过程中,抗菌剂剥落导致。由于抗菌剂 2[#] 是无机材料,在界

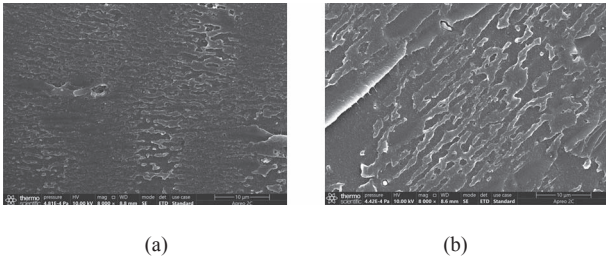


图 1 14[#] 和 16[#] 配方 PC 材料冲击样条断面

面上与 PC 树脂之间的粘接强度低,导致 PC 的韧性显著下降。对无机材料表面进行活化处理,以满足塑料混合加工的需要,是塑料改性常用方法,也是其它复合材料提升粘结性的方法^[13-16]。因此,必须对抗菌剂 2[#] 进行表面活化处理,以提升其与 PC 树脂基体之间的粘接性,避免阻燃抗菌 PC 冲击性能的下降。

通过采用偶联剂表面活化处理的方式,采用偶联剂活化处理抗菌剂 2[#],从而制得抗菌剂 3[#]。并采用表 3 中 16[#] 阻燃抗菌配方制得材料,其悬臂梁缺口冲击强度为 55.8 kJ/m²,冲击性能显著提升。缺口冲击断面的 SEM 图片表明,断面上由于抗菌剂剥离导致的空穴较少,且断面粗糙度显著增加,呈现韧性断裂的特点。表面活化的抗菌剂 3[#],其抗菌性能与抗菌剂 2[#] 相当,在金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的杀菌率均 > 99.9%。

2.4 抗菌剂对阻燃 PC LOI 和垂直燃烧性能的影响

表 6 配方 10[#]-16[#] 材料的 LOI 和垂直燃烧等级

配方	LOI / %	垂直燃烧等级
10 [#]	33.6	V-0
11 [#]	32	V-0
12 [#]	32	V-0
13 [#]	36	V-0
14 [#]	35	V-0
15 [#]	35	V-0
16 [#]	37	V-0

表 6 中数据表明,3 种抗菌剂对于阻燃 PC 的垂直燃烧性能无明显影响,使 LOI 数据下降。平均粒径 10 μm 的抗菌剂 1[#] 对于 LOI 恶化最为严重。而以表面活化的抗菌剂 3[#] 制备的阻燃抗菌 PC 16[#] 配方,其 LOI 在表 6 中最高,也证明其与 PC 良好的界面作用,降低了抗菌剂对于阻燃 PC 阻燃性的负面效果。

研究的阻燃 PC 为具有一定透光度的材料,采用透光率测试仪测试以 14[#] 配方和 16[#] 配方注塑的 3 mm 光板,对比二者的透光率发现,16[#] 配色的透光率为 52%,14[#] 配方透光率为 35%,也间接说明活化抗菌剂在阻燃 PC 基体中的良好分散效果。

3 结论

(1) 对比了磺酸盐阻燃剂 PPFBS, HES, FR-KSS 在 PC 中的阻燃效果,其中阻燃剂 PPFBS 阻燃 PC 具有较高的 LOI。阻燃剂 PPFBS 加入 0.08 份可使 PC LOI 值达 39.5%, UL94 达到 V-0 级,满足高铁座椅小桌板的 LOI 要求。

(2) 对比了两种银离子抗菌剂对阻燃 PC 的抗

菌性能的影响,平均粒径为 $5\ \mu\text{m}$ 的抗菌剂添加 0.75 份可使抗菌阻燃 PC 的金黄色葡萄球菌和抗大肠杆菌的杀菌率 $> 99.9\%$ 。

(3) 银离子抗菌剂 1[#] 和银离子抗菌剂 2[#] 使阻燃 PC 的悬臂梁缺口冲击强度显著下降。表面活化银离子抗菌剂 3[#] 改善了抗菌剂与 PC 之间的界面相容性,阻燃 PC 的悬臂梁缺口冲击强度由 $14.1\ \text{kJ}/\text{m}^2$ 提升到 $55.8\ \text{kJ}/\text{m}^2$ 。含活化银离子抗菌剂 3[#] 的阻燃 PC 透光率相对于含银离子抗菌剂 2[#] 的阻燃 PC 显著提升了 17%。

参考文献

- [1] 张学林. 高速列车典型内饰材料热解燃烧及火蔓延特性研究 [D]. 合肥: 中国科技大学, 2019.
Zhang Xuelin. Thermal decomposition combustion and fire spread characteristics of typical high-speed train interior materials[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2019.
- [2] 黄承辉, 姚一新, 杨俊杰. 聚碳酸酯薄层阻燃配方及性能 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(11):25–28.
Huang Chenghui, Yao Yixin, Yang Junjie. Flame retarding formula and its effect on the performance of polycarbonate thin layer[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(11):25–28.
- [3] Mee M, Assink R. Interior train components having low smoke and low heat release, and methods of their manufacture: USA. 10196517B2[P]. 2019–02–05.
- [4] Maas C, Nispen S. Polycarbonate compositions, method of manufacture thereof, and articles therefrom: USA. 10329421B2[P]. 2019–01–25.
- [5] 张铭. 城市轨道交通应对新冠肺炎疫情防控工作研究 [J]. 交通企业管理, 2020, 35(4):4–6.
Zhang Ming. City rail transit coping with novel coronavirus pneumonia epidemic prevention and control work[J]. Traffic Enterprise Management, 2020, 35(4):4–6.
- [6] 石涓, 郭浩, 许德江. 浅议抗菌材料在铁路车站等候室的应用 [J]. 安全卫生, 2004, 31(6):303–305.
Shi Juan, Guo Hao, Xu Dejiang. Application of antibacterial materials in waiting room of railway station[J]. Safety and Health, 2004, 31(6):303–305.
- [7] 袁其刚. 光触媒技术在轨道交通车辆车厢内空气治理中的应用 [J]. 城市轨道交通研究, 2014(1):107–110.
Yuan Qigang. Application of photocatalyst technology for air cleaning in rail transit vehicles[J]. Urban Mass Transit, 2014(1):107–110.
- [8] 冷映丽, 薛淑胜, 丁莉. 基于列车灯罩材料的防火试验对比 [J]. 消防科学与技术, 2015, 34(11):1 428–1 430.
- Leng Yingli, Xue Shusheng, Ding Li. The contrast of fire resistance experiment on vehicle light diffusers[J]. Fire Science and Technology, 2015, 34(11):1 428–1 430.
- [9] 郭洋洋, 唐晓宁, 张彬. 抗菌塑料的研究进展 [J]. 塑料工业, 2018, 46(8):8–13.
Guo Yangyang, Tang Xiaoning, Zhang Bin. Research progress of antibacterial plastics[J]. China Plastics Industry, 2018, 46(8):8–13.
- [10] 陆漓, 梁俊, 黄忠辉. 纳米载银沸石抗菌剂的制备及其在抗菌塑料的应用 [J]. 塑料助剂, 2017(1):27–30.
Lu Li, Liang Jun, Huang Zhonghui. Preparation of a silver carrying nano-sized zeolite antibacterial agent and its application in antibacterial plastic[J]. Plastic Additives, 2017(1):27–30.
- [11] 丁超, 李明昆, 岑茵. 一种抗菌聚碳酸酯复合材料及其制备方法: CN109553949A[P]. 2019–04–02.
Ding Chao, Li Mingkun, Cen Yin. An antibacterial polycarbonate composite and its preparation method: CN109553949A[P]. 2019–04–02.
- [12] 李泽国. 一种新型大规模制备高透明塑料用含银无机抗菌母粒的方法: CN103602019A[P]. 2014–02–26.
Li Zeguo. A new method for large scale preparation of silver containing inorganic antibacterial masterbatch for high transparent plastics: CN103602019A[P]. 2014–02–26.
- [13] 王栖桐, 冯钠, 边策, 等. 醋酸活化改性滑石粉对 PP 结构与性能影响 [J]. 现代塑料加工应用, 2017, 29(1):37–40.
Wang Xitong, Feng Na, Bian Ce, et al. Effect of acetic acid activity modified talcum powder on structure and performance of polypropylene[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2017, 29(1):37–40.
- [14] 谢忠, 甄兴新. 高性能 PVC 管材用的纳米活性碳酸钙的研制 [J]. 广东化工, 2021, 48(9):62–63.
Xie Zhong, Zhen Xingxin. Development of nano-composite active calcium carbonate for high performance PVC[J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48(9):62–63.
- [15] 胡盛, 袁晓慧, 谭志伟, 等. 硬脂酸钠对重质碳酸钙的干法改性研究 [J]. 中国非金属矿工业导刊, 2020(2):8–10.
Hu Sheng, Yuan Xiaohui, Tan Zhiwei, et al. Study on dry modification of heavy calcium carbonate by sodium stearate[J]. China Non-metallic Minerals Industry, 2020(2):8–10.
- [16] Bediwy A G, ElSalakawy E F. Bond behavior of straight and headed GFRP bars embedded in a cementitious composite reinforced with basalt fiber pellets[J]. Journal of Composites for Construction, 2021, 25(5):5 610–5 614.

欢迎投稿、欢迎订阅、欢迎刊登广告