

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.04.008

石墨烯改性抗静电塑料的制备及性能

张学锋¹, 高斌², 任业伟¹, 李文春¹, 邵军¹, 王承刚¹, 高福欣¹, 何杰¹

(1. 山东非金属材料研究所, 济南 250031; 2. 中国兵器工业第二〇八研究所, 北京 102200)

摘要:采用溶剂预分散法处理石墨烯,以乙烯-辛烯共聚物(POE)、高密度聚乙烯(PE-HD)、聚丙烯(PP)和丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)为基体,结合双螺杆共混挤出法制备石墨烯改性抗静电塑料,研究了石墨烯含量变化对这4种改性塑料电性能和力学性能的影响。结果表明,随着石墨烯含量的增加,4种石墨烯改性塑料的表面电阻率和体积电阻率均呈下降趋势,其中石墨烯改性POE的电性能最好,石墨烯改性PP的电性能最差;石墨烯对POE的力学性能影响不大;石墨烯对PE-HD、PP和ABS拉伸及弯曲强度的不利影响总体上较小,但对这3种塑料的韧性有较大的不利影响,当石墨烯质量分数由0.05%增加至5%时,石墨烯改性PE-HD、PP和ABS的缺口冲击强度分别下降了15.8%、30.5%和57.8%。当石墨烯质量分数为1%时,石墨烯改性POE的体积电阻率达到 $1.6 \times 10^9 \Omega \cdot m$,表面电阻率达到 $2.6 \times 10^8 \Omega$,具有较好的抗静电能力。

关键词:石墨烯;抗静电;乙烯-辛烯共聚物;高密度聚乙烯;聚丙烯;丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料;电性能;力学性能

中图分类号: TQ314.24 文献标识码: A 文章编号: 1001-3539(2018)04-0037-06

Preparation and Properties of Graphene Modified Antistatic Plastics

Zhang Xuefeng¹, Gao Bin², Ren Yewei¹, Li Wenchun¹, Shao Jun¹, Wang Chenggang¹, Gao Fuxin¹, He Jie¹

(1. Shandong Institute of Non-metallic Materials, Jinan 250031, China; 2. No.208 Research Institute of China Ordnance, Beijing 102200, China)

Abstract: Graphene were treated by solvent pre-dispersion method. Ethylene octyl copolymer (POE), high density polyethylene (PE-HD), polypropylene (PP) and acrylonitrile-butadiene-styrene plastic (ABS) was used as the matrix respectively, graphene modified antistatic plastics were prepared by blending with twin-screw extruder. The effects of graphene content on the electrical and mechanical properties of the four modified plastics were discussed. The results show that, with the increase of graphene content in the plastics, the surface resistivity and volume resistivity of the four graphene modified plastics show a downward trend, the electrical properties of graphene modified POE are the best, while the electrical properties of graphene modified PP are the worst. Graphene has little effects on the mechanical properties of POE and slight influences on the tensile and bending strength of PE-HD, PP and ABS in general, but it has great adverse effects on the toughness of the 3 kinds of plastics. When the mass fraction of graphene in the plastics increases from 0.05% to 5%, the notched impact strength of graphene modified PE-HD, PP and ABS decreases by 15.8%, 30.5% and 57.8% respectively. When the mass fraction of graphene reaches 1%, the volume resistivity of graphene modified POE reaches $1.6 \times 10^9 \Omega \cdot m$, and the surface resistivity is $2.6 \times 10^8 \Omega$, which has good antistatic ability.

Keywords: graphene; antistatic; ethylene octyl copolymer; high density polyethylene; polypropylene; acrylonitrile-butadiene-styrene plastic; electrical property; mechanical property

石墨烯是21世纪新发现的一种二维碳素晶体材料,具有独特的纳米结构:石墨烯由单层碳原子构成,呈现单层二维蜂窝状晶格结构。近年来研究

石墨烯及其应用的报道不断,在改性高分子材料领域石墨烯也已经是国内外学者研究的热点。石墨烯本身的导热性能、力学性能和电学性能十分优异,添

基金项目:宁波市重大专项(2013B6014)

通讯作者:张学锋,硕士,主要研究方向为石墨烯改性复合材料、导热高分子材料、功能高分子材料 E-mail: zhangxuefeng6917@163.com

收稿日期:2018-01-10

引用格式:张学锋,高斌,任业伟,等. 石墨烯改性抗静电塑料的制备及性能[J]. 工程塑料应用,2018,46(4):37-42.

Zhang Xuefeng, Gao Bin, Ren Yewei, et al. Preparation and properties of graphene modified antistatic plastics[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(4): 37-42.

加少量的石墨烯微片就可以对复合材料性能产生显著的影响,改善材料的电性能、热性能和力学性能等^[1]。塑料本身不导电,是电的绝缘体,但石墨烯的电学性能优良:常温下的电子迁移率超过 $15\,000\text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$,其电阻率只有 $1\times 10^{-6}\ \Omega\cdot\text{cm}$,比铜、银更低,是室温下电阻率最小的材料^[2-3]。相比于一般导电填料(例如导电炭黑等),石墨烯具有添加量小但电性能提高明显的优点,因此石墨烯的出现为导电高分子或抗静电高分子这一领域研究提供了一种新的方法^[4-5]。

近年来,石墨烯改性塑料的性能及其制备方法研究已成为石墨烯改性塑料应用研究的热点^[6-9]。目前常见的石墨烯改性塑料制备方法主要有熔融共混挤出法、原位聚合法、溶液聚合法等,不同方法各有优缺点。由于塑料产业应用的特点,目前大部分研究以熔融共混挤出法为主,多配合对石墨烯表面的改性处理来改善石墨烯与树脂的界面结合^[10-11]。

笔者以石墨烯为抗静电填料,首先选择一种常用增韧剂乙烯-辛烯共聚物(POE)为基体树脂,以期将石墨烯改性POE作为一种导电抗静电母料进行使用推广,同时立足于通用改性抗静电塑料的应用背景,选择市场中应用较为广泛的高密度聚乙烯(PE-HD)、聚丙烯(PP)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)为基体树脂,研究石墨烯对这4种树脂电性能和力学性能的影响。根据前期探索实验,发现石墨烯在高填充量时存在添加不易的问题,因此首先通过溶剂预分散法对石墨烯进行预分散处理,然后再通过双螺杆挤出机将石墨烯与上述4种基体树脂在熔融混合状态下混合均匀,制备得到石墨烯改性抗静电塑料。讨论了石墨烯含量对不同改性抗静电塑料电性能、力学性能的影响,为石墨烯改性抗静电塑料的制备和应用研究提供参考。

1 实验部分

1.1 主要原料

石墨烯: Morsh-P2, 宁波墨西科技有限公司;

PE-HD: 2200J, 中国石油天然气股份有限公司;

PP: HHP6, 中国石油化工股份有限公司茂名分公司;

ABS: PA757, 台湾奇美实业股份有限公司;

POE: LC670, 韩国LG化学公司;

硅烷偶联剂: KH550, 南京曙光硅烷化工有限公司;

二甲基硅油: PMX-200, 道康宁公司;

液体石蜡: 分析纯, 无锡市亚泰联合化工有限公司;

二甲苯: 分析纯, 无锡市晶科化工有限公司;

乙醇: 分析纯, 市售。

1.2 主要仪器及设备

增力电动搅拌器: JJ-1型, 常州华奥仪器制造有限公司;

高速混合机: SHR-10A型, 张家港市二轻机械有限公司;

数显电热恒温鼓风干燥箱: 101-0A型, 上海锦屏仪器仪表有限公司;

双螺杆挤出机: CTE-35型, 螺杆长径比为35, 南京科培隆机械有限公司;

注塑机: HTEF90w1型, 宁波海天塑料机械有限公司;

万能试验机: AGS-J型, 日本岛津制作所;

简支梁冲击试验机: TF-2054型, 扬州市天发试验机械有限公司;

体积表面电阻测定仪: GEST-121型, 北京冠测试验仪器有限公司;

透射电子显微镜(TEM): JEOL2100型, 日本电子株式会社;

低真空超高分辨场发射扫描电子显微镜(SEM): NOVA NanoSEM 230型, 美国FEI公司。

1.3 试样制备

石墨烯预处理: 将10 g硅烷偶联剂KH550在100 g乙醇溶液(乙醇/水质量比=8/2)中水解; 将10 g石墨烯与100 g水解完的硅烷偶联剂、50 g液体石蜡、50 g二甲苯放在1 L敞口烧杯中, 搅拌20~30 min后, 减压蒸馏, 最后在80℃的鼓风干燥箱中烘干备用, 可根据实验用量进行多批次制备。

物料混合与干燥: 将一定量的二甲基硅油分别与POE, PE-HD, PP, ABS颗粒在高速混合机中预混合2 min, 加入一定量的经过预处理的石墨烯, 继续混合2~3 min后, 在80℃鼓风干燥箱中干燥4 h, 转移至物料袋中备用。

共混挤出: 将上述4种物料经双螺杆挤出机挤出、水冷、干燥、造粒, 根据不同塑料材料特性, 选择不同的挤出工艺进行实验。改性POE挤出温度控制在150~170℃; 改性PE-HD挤出温度控制在180~210℃; 改性PP挤出温度控制在180~220℃; 改性ABS挤出温度控制在180~230℃; 4种改性

塑料材料挤出时的螺杆转速均控制在 280~290 r/min。

注塑试样:在 80~100℃鼓风干燥箱中将上述粒料干燥 4~6 h,然后根据塑料材料的不同,选择合适的注塑工艺,注射成型标准试样。改性 POE 注塑温度控制在 160~170℃,注射压力控制在 50~55 MPa;改性 PE-HD 注塑温度控制在 180~210℃,注射压力控制在 50~60 MPa;改性 PP 注塑温度控制在 190~220℃,注射压力控制在 55~65 MPa;改性 ABS 注塑温度控制在 200~230℃,注射压力控制在 55~65 MPa。

1.4 测试及表征

体积电阻率和表面电阻率按 GB/T 1410-2006 测试;

拉伸强度按 GB/T 1410-2006 测试,拉伸速率 10 mm/min;

弯曲强度按 GB/T 9341-2008 测试,测试速率 2 mm/min;

简支梁缺口冲击强度按 GB/T 1043.1-2008 测试;

将石墨烯改性塑料试样在冷冻条件下切片,在 SEM 下观察截面并拍照。

2 实验部分

2.1 石墨烯含量和基体树脂对石墨烯改性塑料电性能的影响

高分子基导电或抗静电复合材料的电阻率随着导电或抗静电填料含量的变化而变化,在某一临界值处产生导体-绝缘体转变,通常称为逾渗转变,而导电填料的临界含量称为复合材料的逾渗阈值。在石墨烯改性塑料中,石墨烯作为导电或抗静电填料在塑料内部形成了导电网络^[12-15],随着石墨烯含量的增加,导电网络会逐渐完善,因此石墨烯含量的变化对石墨烯改性塑料的电性能有着非常重要的影响,同时基体树脂也会对改性塑料的电性能产生一定的影响。图 1、图 2 分别示出不同石墨烯含量下石墨烯改性 POE, PE-HD, PP, ABS 的体积电阻率和表面电阻率。

由图 1、图 2 可以发现,随着石墨烯含量的增加,改性 POE, PE-HD, PP, ABS 材料的体积电阻率和表面电阻率总体上均呈现下降趋势,电性能均得以提高。这是因为当石墨烯含量较低时,石墨烯之间接触的几率较低,不易形成石墨烯的导电通路;随着石墨烯含量的增加,石墨烯之间接触的几率提高,

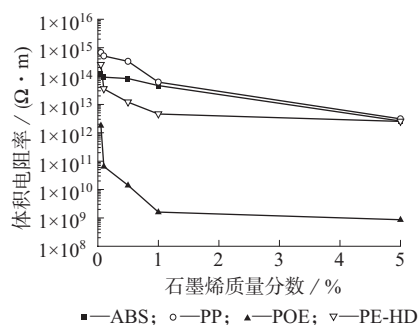


图 1 不同石墨烯含量下石墨烯改性塑料的体积电阻率

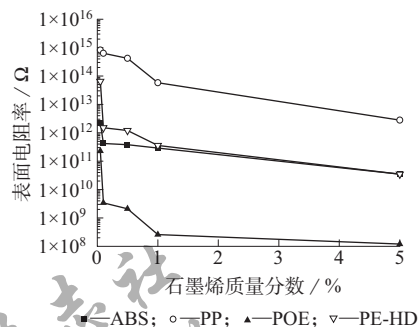


图 2 不同石墨烯含量下石墨烯改性塑料的表面电阻率

形成导电通路,宏观表现为表面电阻率和体积电阻率下降。当石墨烯质量分数由 0.05% 增至 1% 时,总体上看,4 种石墨烯改性塑料的体积电阻率和表面电阻率下降幅度相对较大;而当石墨烯质量分数由 1% 直接提高到 5% 后,总体上看,4 种改性塑料的体积电阻率和表面电阻率下降幅度较小,说明石墨烯质量分数在 1%~5% 范围内,对 4 种塑料电性能的改善并不明显。考虑石墨烯含量过高时其在树脂中分散较为困难,因此实验中采用的石墨烯质量分数未超过 5%。

由于大部分高分子材料为电的不良导体,一般意义上,对于填充型导电高分子而言,基体树脂的性能对改性导电高分子材料的电性能影响不大,改性导电高分子材料电性能的提高主要依赖于导电填料。但是在一些情况下,即使在相近的工艺条件下,改性导电塑料的性能也会出现差异。从图 1 和图 2 可以进一步看出,石墨烯改性 PP, ABS 的表面电阻率和体积电阻率下降幅度较小,电性能改善并不明显;对于石墨烯改性 PE-HD,虽然其电性能提高幅度相对于 PP 和 ABS 较明显,但总体上电阻率仍保持在较高的数量级上,电性能的改善不是很理想;与其它 3 种改性塑料相比,石墨烯改性 POE 的体积电阻率和表面电阻率下降幅度最大,电性能最好,当石墨烯质量分数达到 1% 时,石墨烯改性 POE 的体积电阻率达到 $1.6 \times 10^9 \Omega \cdot m$,表面电阻率达到 $2.6 \times 10^8 \Omega$,已具有较好的抗静电性能。

对比4种石墨烯改性塑料,当石墨烯质量分数达到1%时,石墨烯改性POE, PE-HD, ABS和PP的体积电阻率分别为 1.6×10^9 , 4.6×10^{12} , 4.6×10^{13} , $6.1 \times 10^{13} \Omega \cdot m$, 表面电阻率分别为 2.6×10^8 , 3.6×10^{11} , 2.9×10^{11} , $5.8 \times 10^{13} \Omega$ 。可以发现,依电性能的高低排序分别为石墨烯改性POE > 石墨烯改性PE-HD > 石墨烯改性ABS > 石墨烯改性PP。这是因为不同树脂的化学结构、凝聚态结构不同导致石墨烯与树脂之间存在不同的相互作用:①POE具有非晶态结构且具有弹性体的性质,因此POE分子链段排列较为无序且分子链活动性强,经过双螺杆挤出后,石墨烯微片更容易分散到分子链段之间,使石墨烯在POE内相互接触的几率增大,更容易形成导电网络;②PP为结晶性聚合物,其分子链段高规整度且有序排布,在一定程度上影响了石墨烯在分子链之间的分散行为,降低了石墨烯之间相互接触的几率,影响了石墨烯导电网络的形成;③相比于POE, ABS和PE-HD的分子链也较为规整,但有序程度较PP低,因此其改性塑料的电性能介于改性PP与改性POE之间。

2.2 石墨烯含量和基体树脂对石墨烯改性塑料力学性能的影响

POE主要作为增韧剂使用,其拉伸和弯曲性能数据较小,在力学性能测试中发现,不同石墨烯含量下石墨烯改性POE的拉伸和弯曲性能数据波动范围很小,且由于其韧性较大,在冲击性能测试中存在冲不断的情况,因此可以认为在石墨烯含量低于5%时,其对POE的力学性能没有影响。

表1、表2、表3分别为不同石墨烯含量下石墨烯改性PE-HD, PP, ABS的拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度。

表1 石墨烯改性PE-HD, PP, ABS的拉伸强度 MPa

石墨烯质量分数/%	基体树脂种类		
	PE-HD	PP	ABS
0.05	14.7	24.3	46.7
0.1	14.3	24.1	45.9
0.5	13.1	23.9	44.7
1	12.9	23.1	42.3
5	13.0	22.9	41.4

表2 石墨烯改性PE-HD, PP, ABS的弯曲强度 MPa

石墨烯质量分数/%	基体树脂种类		
	PE-HD	PP	ABS
0.05	6.9	27.6	67.4
0.1	6.5	27.1	67.0
0.5	5.8	26.3	66.9
1	5.2	26.1	65.1
5	5.3	26.0	64.8

表3 石墨烯改性PE-HD, PP, ABS的缺口冲击强度 kJ/m^2

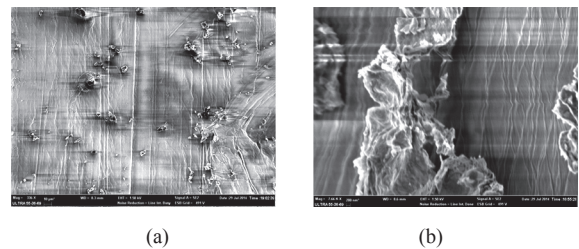
石墨烯质量分数/%	基体树脂种类		
	PE-HD	PP	ABS
0.05	83.3	12.8	19.9
0.1	81.8	12.3	18.2
0.5	78.6	11.5	15.2
1	72.3	9.6	10.2
5	70.1	8.9	8.4

由表1和表2可以发现,随着石墨烯含量的增加,石墨烯改性PE-HD, PP, ABS的拉伸强度和弯曲强度均有所降低,但下降幅度总体上较小。石墨烯本身具有一定的团聚现象,因而会在改性塑料的局部出现应力集中点,使拉伸和弯曲强度降低,但由于石墨烯含量较低,这种影响较小,因此拉伸与弯曲强度下降幅度总体上较小。

从表3可以看出,随着石墨烯质量分数由0.05%增加至5%,3种石墨烯改性塑料的缺口冲击强度性能均下降明显。其中石墨烯改性PE-HD的缺口冲击强度下降幅度最小,为15.8%;石墨烯改性PP的缺口冲击强度下降幅度次之,为30.5%;石墨烯改性ABS的缺口冲击强度下降幅度最大,为57.8%。在一定意义上,石墨烯在树脂中相当于是一种杂质,在一定程度上影响树脂原有的结构和分子链段之间的作用,对于PE-HD这种本身韧性比较好的材料,石墨烯的影响较小;但对于PP这种本身分子链段比较规整的树脂来说,加入石墨烯后在很大程度上影响了PP分子链段之间的相互作用,使石墨烯改性PP的韧性下降;石墨烯对ABS韧性的影响最为显著,这在一定程度上说明ABS本身的韧性比较容易受杂质的影响。

2.3 石墨烯改性塑料微观形貌分析

石墨烯在基体中的分布形态会在一定程度上影响改性塑料的性能。针对实验结果,首先选取电性能相对最差的石墨烯改性PP(石墨烯质量分数为1%)为研究对象,采用SEM观察其微观形貌,结果如图3所示。



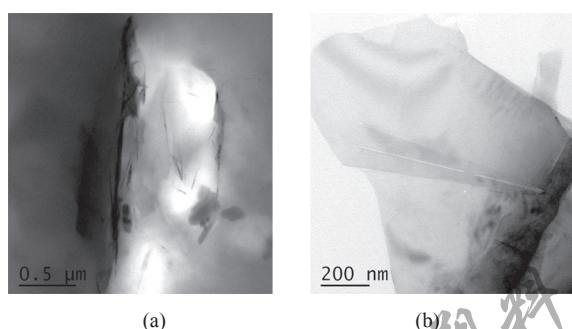
(a) 放大倍数: a—336倍; b—7660倍

图3 石墨烯改性PP截面的SEM照片

从图3a可以发现,石墨烯改性PP截面SEM照片中存在众多团聚的微米尺寸颗粒物。进一步放大

后,在图 3b 中可以发现图 3a 中的颗粒物是由片状结构材料团聚而成。这表明石墨烯在 PP 中发生了团聚,使其不易在基体树脂中形成贯通的导电网络,宏观表现为石墨烯改性 PP 的电性能提高不明显。

为了更细致地观察石墨烯在 POE 中的分散形态,采用 TEM 对石墨烯改性 POE 超薄切片的截面进行观察,如图 4 所示。由图 4 发现,石墨烯在非晶态的 POE 中分散效果较好,这是石墨烯改性 POE 的电性能优于石墨烯改性 PP 的原因。在石墨烯分散到 POE 的过程中,石墨烯先后经过高速混合、熔融挤出阶段,但仍然可以在 TEM 中看到呈现展开状态的石墨烯微片。



(a) (b)
标尺长度: a—0.5 μm; b—200 nm

图 4 石墨烯改性 POE 截面的 TEM 照片

3 结论

(1) 石墨烯能有效改良 POE, PE-HD, PP, ABS 的电性能,随着石墨烯含量的提高,上述 4 种石墨烯改性塑料的表面电阻率和体积电阻率均呈降低趋势,其中,石墨烯改性 POE 的电性能最好,石墨烯改性 PP 的电性能最差。当石墨烯质量分数达到 1% 时,石墨烯改性 POE 的体积电阻率达到 $1.6 \times 10^9 \Omega \cdot \text{m}$,表面电阻率达到 $2.6 \times 10^8 \Omega$,具有较好的抗静电性能。

(2) 石墨烯对 POE 的力学性能没有影响,对 PE-HD, PP, ABS 的拉伸与弯曲强度均有一定的不利影响,但强度的下降幅度总体上较小;石墨烯对 PE-HD, PP 和 ABS 缺口冲击强度的不利影响较大,尤其对 PP 和 ABS 的不利影响更大,当石墨烯质量分数由 0.05% 增加至 5% 时,石墨烯改性 PP, ABS 的缺口冲击强度分别下降 30.5% 和 57.8%。

参考文献

- [1] Jamie H W, Franziska S, Alicja B, 等. 石墨烯: 基础及新兴应用[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
Jamie H W, Franziska S, Alicja B, et al. Graphene: Fundamentals and emergent applications[M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd, 2015.
- [2] 杨全红, 吕伟, 杨永岗, 等. 自由态二维碳原子晶体—单层石墨[J]. 新型炭材料, 2008, 23(2): 97–103.
- [3] Yang Quanhong, Lyu Wei, Yang Yonggang, et al. Free two-dimensional carbon crystal single-layer graphene[J]. New Carbon Materials, 2008, 23(2): 97–103.
- [4] Novoselov K S, Geim A K, Morozov S V, et al. Electric field in atomically thin carbon films[J]. Science, 2004, 306(5 696): 666–669.
- [5] 王博, 张邦文, 邢瑞光, 等. 功能化石墨烯/聚酰亚胺复合材料的力学和介电性能[J]. 内蒙古科技大学学报, 2017, 36(2): 120–125.
- [6] Wang Bo, Zhang Bangwen, Xing Ruiguang, et al. Preparation and mechanical properties of functionalized graphene / polyimide nanocomposites[J]. Journal of Inner Mongolia University of science and technology, 2017, 36(2): 120–125.
- [7] 宋波. 多层石墨烯对 PA6 改性的性能研究[J]. 现代塑料加工应用, 2017, 29(4): 42–44.
- [8] Song Bo. Study on properties of PA6 modified by multilayer graphene[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2017, 29(4): 42–44.
- [9] 李爱元, 孙向东, 张慧波, 等. 尼龙 / 石墨烯复合材料研究进展[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(4): 140–145.
- [10] Li Aiyuan, Sun Xiangdong, Zhang Huibo, et al. Research advances on nylon / graphene composites[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(4): 140–145.
- [11] 付东升, 张康助, 张强. 导电高分子材料研究进展[J]. 现代塑料加工应用, 2004, 16(1): 55–59.
- [12] Fu Dongsheng, Zhang Kangzhu, Zhang Qiang. Recent advances in study of conductive polymer materials[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2004, 16(1): 55–59.
- [13] 谢兰, 熊玉竹, 罗筑, 等. 聚合物基石墨烯导电复合材料研究进展[J]. 塑料工业, 2017, 45(2): 7–9.
- [14] Xie Lan, Xiong Yuzhu, Luo Zhu, et al. Progress of conductive graphene / Polymer composites[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(2): 7–9.
- [15] 董慧民, 钱黄海, 程丽君, 等. 石墨烯 / 橡胶导电纳米复合材料的研究进展[J]. 材料工程, 2017, 45(3): 17–27.
- [16] Dong Huimin, Qian Huanghai, Cheng Lijun, et al. Research progress in graphene / rubber conducting nanocomposites[J]. Journal of Materials Engineering, 2017, 45(3): 17–27.
- [17] 胡圣飞, 张帆, 张荣, 等. 石墨烯表面改性及其在聚合物导电复合材料中的应用研究[J]. 高分子材料科学与工程, 2017, 33(8): 184–189.
- [18] Hu Shengfei, Zhang Fan, Zhang Rong, et al. Graphene surface modification and its application in conductive polymer composites[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2017, 45(3): 17–27.
- [19] 洪晓东, 陆玉刚, 梁兵. 氧化石墨烯的改性及其聚合物复合材料的研究进展[J]. 化工新型材料, 2017, 45(3): 1–3.
- [20] Hong Xiaodong, Lu Yuguang, Liang Bing. Progress in functionalized graphene and polymer / graphene composites[J]. New Chemical Materials, 2017, 45(3): 1–3.
- [21] 杨铨铨, 梁基照. 高分子基导电复合材料非线性导电行为及其

机理(I)——导电通道理论[J].上海塑料,2009(4):1-8.

Yang Quanquan, Liang Jizhao. Nonlinear conductive behavior and mechanisms of conductive polymer composites(I):Conductive Passage Theory[J].Shanghai Plastics,2009(4):1-8.

- [13] 曾戎,曾汉民. 导电高分子复合材料导电通路的形成[J]. 材料工程,1997(10):3-13.

Zeng Rong, Zeng Hanmin. Formation of the conductive path in conductive polymer composites[J]. Journal of Materials Engineering,1997(10):3-13.

- [14] 李洪彦,宋礼猛,李如意,等. 具有高热阻相界面的石墨烯 /

PMMA 复合材料的制备与性能研究[J]. 化工新型材料,2017,45(4):50-52.

Li Hongyan, Song Limeng, Li Ruyi, et al. Preparation and characterization of grapheme / PMMA composite with high insulated phase interface[J]. New chemical materials,2017,45(4):50-52.

- [15] Danescu R I, Zumbunnen D A. Computational simulation of controllable structure formation among particle additives in a continuous-flow chaotic mixer[J]. Powder Technology,2002,125:251-259.

同期活动蓄势待发, CHINAPLAS 2018 即将上演“华山论剑”

以技术为主导、创新驱动行业发展的“CHINAPLAS 2018 国际橡塑展”将于2018年4月24~27日首度亮相上海·虹桥·国家会展中心,不仅云集4000家展商为橡塑行业带来领先的解决方案,主办方更于展会期间匠心打造“第三届工业4.0论坛”、“科技讲台”、“医用塑料汇”、“设计x创新:CMF灵感之源”以及80多场交流会等一系列亮点活动。

“第三届工业4.0论坛”,领略世界级的精彩

在德国机械设备制造业联合会(VDMA)继续鼎力支持下,“CHINAPLAS 2018 国际橡塑展”倾情打造“第三届工业4.0论坛”。论坛将推出落地4.0工厂案例分享,以及更深入地探讨热点应用行业4.0实践案例,揭示最新智能塑料成型工厂,大咖现身解说如何实现精益生产自动化,提高产品组装与工作流程效益。论坛剖析传统制造业转型升级中遇到的痛点,共话应用行业的热点,借鉴来自德国最好的实践经验,助力橡塑业融入工业4.0的时代大潮。首批演讲嘉宾已揭晓,库卡、埃瑞玛、威猛巴顿菲尔、克劳斯玛菲、阿博格、德国亚琛工业大学等知名企业及机构确认参与演讲。论坛定档2018年4月25日下午、26日上午在国家会展中心办公楼A座A0-02会议室举行。展会同期配套海量解决方案推进智能制造。

“科技讲台”首次亮相获点赞,再度加码重磅出击

对于橡塑行业来说,“CHINAPLAS 国际橡塑展”就是一年一度的“华山论剑”。展会的技术含金量持续提高,“科技讲台”应运而生,为业界人士缔造“武学造诣”的交流平台。活动于上届展会首次推出,即获业内频频点赞,成为年度重要的橡塑科技发布舞台。在今届展会中,“科技讲台”活动将继续着力打造,携至尊阵营,搭建展商观众的高效沟通桥梁。围绕“智能制造-智能化”领域,科技讲台将聚焦自动化/机器人、微注塑、数字化/信息化、模内贴标、MES(工厂制造执行系统)、3D打印等热门话题;在“高新材料-轻量化”方面,涵盖薄壁化、高流动性、轻质材料、以塑代钢、微发泡、功能性、免喷涂、抗紫外线、抗菌、阻燃等技术;在炙手可热的“环保科技-绿色化”主题下,参会企业将研习可降解材质、低VOCs、节能减排、循环再用等技术。观众将会有机会与朗盛化学、世洋树脂、康斯坦普、新和成、苏威、埃瑞玛、海天、震雄、宝捷、一道、陕西西北人、ABB、吉玛泰克、欧特克等重磅企业交流。除此之外,为推

动医疗行业,“科技讲台”将围绕医用塑料推出一大波精彩活动。活动于2018年4月24~26日在4.2馆及8.2馆举行。

“医用塑料汇”一篮子医用塑料活动孕育新商机

展会已连续三年积极推广医用塑料技术在医疗器械、耗材及药物包装的应用,共吸引了超过3.4万从事医疗及药品相关行业的高品质观众参观展会,寻找行业新技术及解决方案。“医用塑料汇”将以公开论坛、指南及展示柜、赏阅团四大部分,全方位为业内观众呈现一篮子前沿与实用俱全的医用塑料方案和产品。活动聚焦新材料及医用级别塑料如硅橡胶、热塑性弹性体、耐消毒医疗仪器材料、适用于医疗器械的色母粒,机械设备及材料,如耐消毒剂材料、药物包装复合材料、医疗用TPU、PEEK、精密导管解决方案、洁净室注塑技术等。

CMF灵感之源,助力企业寻找市场蓝海

行业对下游产品的设计日益重视。CMF(Color色彩,Material材料的运用&Finish表面处理工艺)在产品设计中极其重要,直接主宰着用户的产品体验,为此CMF概念备受青睐!“CHINAPLAS 2018 国际橡塑展”紧捉行业需求,启动“设计x创新:CMF灵感之源”活动,带领观众体验塑料科技带来色彩、材料及生产工艺的无限可能,为优化产品设计、建立成功品牌及提升产品体验激发创意思维,帮助产品脱颖而出。活动分为两大部分——“CMF灵感库”及“CMF设计论坛”。“CMF灵感库”设于6.2馆,展示塑料科技为CMF设计提供的丰富资源,帮助企业打造实力与颜值兼具的产品;“CMF设计论坛”将于4月26日上午在8.2馆举行,全球领先塑料科技供应商及CMF设计大师为业界分享产品创新的无尽想象空间。

80多场技术交流会导航新趋势

主办方特地举办80多场延伸至不同应用行业的交流活动,帮助业界人士洞悉行业当下最新市场消息及把握形势,这些活动包括:“2018汽车座椅系统产业创新发展论坛”、“汽车轻量化材料与应用技术研讨会”、“汽车材料低VOC技术与应用研讨会”、“塑料在运输保护包装领域应用技术高峰论坛”、“家电行业新材料新工艺发展论坛暨供需对接会”等。

为进一步提高观众的服务水平及展会质素,展会的观众入场收费将调至人民币50元(一天票)及人民币80元(四天票)。2018年4月18日前完成预先登记,可享人民币50元购买四天票的优惠。登入www.ChinaplasOnline.com/prereg预先登记成为观众。

(雅式)