

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.04.024

PVC 用月桂酸柱撑锌铝铈类水滑石 热稳定剂的制备与性能^{*}

李先铭

(唐山师范学院物理系,河北唐山 063000)

摘要:采用共沉淀法制备了一种新型的 PVC 热稳定剂——月桂酸柱撑锌铝铈三元类水滑石,采用 X 射线粉末衍射(XRD)、傅立叶变换红外光谱(FTIR)对其结构进行了表征。利用刚果红法、转矩流变仪等考察其对 PVC 性能的影响,并研究了与常见热稳定(助)剂的协同效应。结果表明,月桂酸柱撑锌铝铈类水滑石的长期热稳定性较好。当月桂酸柱撑锌铝铈类水滑石与季戊四醇、硬脂酸锌的质量比为 1.5 : 1 : 1 时协同效果较好,当 3 份该复合热稳定剂加入到 100 份 PVC 时,可使 PVC 静态及动态热稳定时间分别达到 118 min 和 47 min,扭矩适中,拉伸强度为 49.1 MPa,断裂伸长率为 51.8 %,冲击强度为 5.8 kJ/m²,能够提高 PVC 的热稳定性和力学性能。

关键词:聚氯乙烯;柱撑水滑石;稀土;热稳定剂

中图分类号: TQ325.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)04-0119-05

Preparation and Properties of Lauric Acid Pillared Zn-Al-Ce Hydrotalcite-Like as Thermal Stabilizer for PVC

Li Xianming

(Department of Physics, Tangshan Normal University, Tangshan 063000, China)

Abstract : A novel thermal stabilizer for PVC, lauric acid pillared Zn-Al-Ce hydrotalcite-like, was synthesized by coprecipitation method. The structure was characterized by X ray powder diffraction(XRD) and Fourier transform infrared spectroscopy(FTIR). The property and synergy effect with other stabilizers were studied by Congo red testing method and torque rheometer. The results indicate that the novel thermal stabilizer behave a long-term thermal stability. Synergy effect is good with the mass ratio of the novel thermal stabilizer : pentaerythritol : zinc stearate being 1.5 : 1 : 1. When 3 phr compound thermal stabilizer is added in 100 phr PVC, the static and dynamic thermal stability time reach 118 min and 47 min, the torque is fit, the tensile strength is 49.1 MPa, elongation at break is 51.8% and impact strength is 5.8 kJ / m². Compound thermal stabilizer can improve thermal stability properties and mechanical properties of PVC.

Keywords : poly(vinyl chloride) ; pillared hydrotalcite ; rare earth ; thermal stabilizer

聚氯乙烯(PVC)是五大通用塑料之一,其制品得到广泛应用。但 PVC 属于热敏性树脂,在成型加工中需加入适量热稳定剂。传统热稳定剂如铅盐类、有机锡等,因毒性或价格偏高,市场份额逐年降低。研发高效、无毒、环保型复合稳定剂符合塑料助剂产业的发展要求^[1]。稀土热稳定剂是近几年我国研究较多的一类无毒(或低毒)热稳定剂,稀土元素可与 PVC 主链上的活泼氯进行配位作用,降低 PVC 的降解速率,表现出优异的热稳定性。水滑石类化合物(LDHs)是一类价廉、无毒的 PVC 辅助热稳定剂,具有主体层板化学组成及层间客体阴离子种类可调变的结构特点^[2]。将稀土离子 RE³⁺ 引入水滑石主体层板,可将稀土热稳定剂和水滑石的优势有机结合起来。水滑石层间客体的碳酸根由有机酸根

替换形成柱撑(或插层)水滑石,可提高水滑石与 PVC 之间的相容性^[3]。杨占红等^[4-5]制备的镁铝铈、锌铝铈类水滑石可有效延长 PVC 热稳定时间。许家友等^[6]合成的马来酸根插层水滑石能提高 PVC 力学强度。将稀土元素和有机酸根同时引入水滑石结构并应用于 PVC 的相关文献尚未见报道。基于此,笔者制备了月桂酸柱撑锌铝铈三元类水滑石(简称三元类水滑石),利用 X 射线粉末衍射(XRD)仪、傅立叶变换红外光谱(FTIR)仪进行表征,研究了其在 PVC 中的热稳定性及与常见热稳定(助)

^{*} 河北省高等学校科学研究计划资助项目(Z2014066),唐山市科技局应用基础研究项目(14130242B)

联系人:李先铭,硕士,讲师,主要从事高分子材料性能的研究

收稿日期:2015-01-12

剂的协同效应,并探讨对PVC力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PVC:SG-5,内蒙古君正化工有限公司;

硝酸铈、硝酸锌、硝酸铝、月桂酸、硬脂酸锌、硬脂酸钙、季戊四醇、氢氧化钠:分析纯,天津光复精细化工研究所;

环氧大豆油、硬脂酰苯甲酰甲烷(β -二酮)、镁铝水滑石:工业纯,天津市大茂化学试剂厂;

钙锌热稳定剂:工业纯,河北精细化工集团有限公司。

1.2 主要仪器与设备

FTIR仪:TENSOR37型,德国BRUKER光谱仪器有限公司;

XRD仪:Ultima VI型,日本理学公司;

转矩流变仪:RM-200A型,哈尔滨哈普电气技术有限公司;

开放式混炼机:SK-16型,苏州科晟泰机械设备有限公司;

平板压片机:QLB350型,苏州科晟泰机械设备有限公司;

万能制样机:WZY-240型,苏州科晟泰机械设备有限公司;

电子万能试验机:KT877S型,苏州科晟泰机械设备有限公司;

悬臂梁冲击试验机:XJU-22型,苏州科晟泰机械设备有限公司。

1.3 三元类水滑石的制备

采用共沉淀法,按物质的量之比 $n(\text{Zn}^{2+})/n(\text{Al}^{3+}+\text{Ce}^{3+})=2:1$, $n(\text{Al}^{3+})/n(\text{Ce}^{3+})=8:1$,称取硝酸锌、硝酸铝、硝酸铈溶于50 mL脱 CO_2 的去离子水中配成溶液,另称取氢氧化钠和月桂酸溶于90 mL脱 CO_2 的去离子水中配成溶液,其中 $n(\text{OH}^-)/n(\text{Zn}^{2+}+\text{Al}^{3+}+\text{Ce}^{3+})=2$, $n(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO}^-)/n(\text{Al}^{3+}+\text{Ce}^{3+})=2$ 。在 N_2 保护及强烈搅拌下,将上述两种溶液缓慢滴加到盛有30 mL去离子水的三口烧瓶中,控制反应液的 $\text{pH}=11\sim 13$ 。滴加完毕,于 85°C 回流4 h,之后于 100°C 陈化8 h。待反应结束趁热抽滤,用去离子水和乙醇将滤饼洗至中性,干燥,研磨得到白色粉末即三元类水滑石^[5,7]。

1.4 性能测试与结构表征

XRD分析:Cu靶 K_α 射线,扫描速度 $6^\circ/\text{min}$,扫描范围 $5^\circ\sim 80^\circ$,表征试样的晶体结构。

FTIR分析:采用KBr压片法测定试样结构,测试范围 $400\sim 4000\text{ cm}^{-1}$ 。

静态热稳定性能测试:按GB/T 2917.1-2002测试试样(于 180°C 油浴下),每间隔10 min记录试样颜色。

动态热稳定性能测试:在转矩流变仪上测试,每次进样63 g。混炼器三区温度均为 180°C ,转速为 35 r/min ,记录PVC的动态热稳定时间、塑化扭矩、平衡扭矩。

力学性能测试:在悬臂梁冲击试验机上按GB/T 1843-2008测定PVC的冲击强度,摆锤速度 3.5 m/s ,缺口深度2 mm;在电子万能试验机上按GB/T 1041-2006测定PVC的拉伸性能。

2 结果与讨论

2.1 三元类水滑石的表征

(1) XRD分析。

三元类水滑石的XRD测定结果如图1所示。

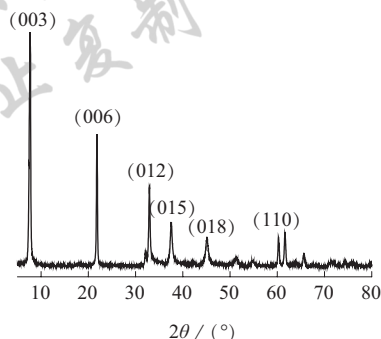


图1 三元类水滑石的XRD谱图

由图1可以看出,其谱基线较平稳,峰形尖锐且对称,出现了(003), (006), (012), (015), (018), (110)水滑石晶面的特征衍射峰^[7],说明其形成了类水滑石结构,结晶度较为完整。

(2) FTIR分析。

图2为镁铝水滑石与三元类水滑石的FTIR谱图。

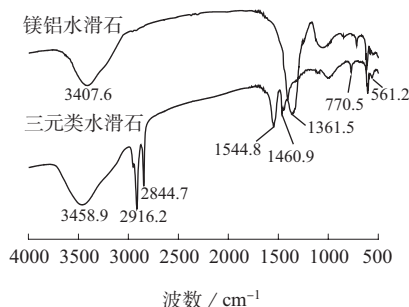


图2 镁铝水滑石与三元类水滑石的FTIR谱图

通过分析图2中镁铝水滑石与三元类水滑石

的 FTIR 谱图可知,三元类水滑石在 3458.9 cm^{-1} 出现了层板—OH 与层间结晶水的伸缩振动峰; 1361.5 cm^{-1} 处镁铝水滑石对应 CO_3^{2-} 特征吸收峰完全消失,取而代之的是 1544.8 cm^{-1} 和 1460.9 cm^{-1} 处出现的羧酸根离子反对称和对称吸收峰; 2916.2 cm^{-1} 和 2844.7 cm^{-1} 处分别为甲基、亚甲基伸缩振动峰; 770.5 cm^{-1} 和 561.2 cm^{-1} 处为 Al—O 键的伸缩振动峰。以上分析表明,月桂酸根离子已经完全代替了 CO_3^{2-} 进入水滑石层间。

2.2 三元类水滑石与常见热稳定(助)剂的协同效应

测定镁铝水滑石、三元类水滑石及其与常见热稳定(助)剂复配时对 PVC 静态热稳定时间及色泽的影响,结果见表 1。

表 1 PVC 的热稳定时间及色泽

项目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]
PVC/份	100	100	100	100	100	100	100
镁铝水滑石/份	3						
三元类水滑石/份		3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
环氧大豆油/份			1.5				
硬脂酸锌/份				1.5			
季戊四醇/份					1.5		
硬脂酸钙/份						1.5	
β -二酮/份							1.5
热稳定时间/min	9	34	30	27	70	36	31
终点试样颜色	砖红	砖红	黄褐	蓝黑	橙红	红褐	橙黄

比较表 1 中 1[#]、2[#] 试样可以看到,加入镁铝水滑石或三元类水滑石, PVC 的终点具有相同的颜色,但加入三元类水滑石的 PVC 的热稳定时间较加入镁铝水滑石的延长了 25 min,说明水滑石结构中稀土元素及月桂酸根的引入,有助于提升 PVC 的热稳定性能。实验中测定加入三元类水滑石的 PVC,在 10 min 着色为粉红,20 min 为橙红,30 min 为砖红,并不能很好地抑制 PVC 的初期着色。因此推断三元类水滑石属于长期型热稳定剂,不宜独立使用。

分析表 1 中 3[#]~7[#] 试样可知,三元类水滑石与环氧大豆油、硬脂酸锌和 β -二酮不存在协同作用,其中含硬脂酸锌的 PVC(4[#]) 出现“锌烧”现象(终点为蓝黑色), β -二酮能减缓试样着色,但热稳定时间缩短;与硬脂酸钙的协同作用不明显;而与季戊四醇存在着较好的协同效应,热稳定时间达到 70 min,在终点时 PVC 颜色为橙红,较三元类水滑石单独存在时的颜色(砖红)变浅,但抑制 PVC 初期着色性仍欠佳。

文献 [8] 研究表明,加热过程中季戊四醇能够与硬脂酸锌中的 Zn 元素形成配合物,致使对 PVC

有催化降解作用的 ZnCl_2 失活,消除“锌烧”现象,硬脂酸锌为初期型热稳定剂,所以进一步考察三元类水滑石与季戊四醇、硬脂酸锌的协同效应。在固定三元类水滑石为 1 份的基础上,测定硬脂酸锌与季戊四醇不同质量比对 PVC 的静态热稳定时间及色泽的影响,结果见表 2。

表 2 硬脂酸锌与季戊四醇质量比对 PVC 热稳定时间及色泽的影响

项目	硬脂酸锌与季戊四醇质量比						
	1:4	1:3	1:2	1:1	2:1	3:1	4:1
静态热稳定时间/min	56	69	83	109	76	57	31
终点试样颜色	红褐	红褐	砖红	砖红	青褐	蓝褐	蓝黑

注:三元类水滑石为 1 份。

从表 2 可以看出,当硬脂酸锌份数较少(硬脂酸锌与季戊四醇质量比为 1:4~1:1)时, PVC 终点颜色未出现“黑化”,“锌烧”现象被很好地抑制,当硬脂酸锌与季戊四醇质量比为 1:1 时, PVC 的热稳定时间最长,为 109 min;而硬脂酸锌份数较多(硬脂酸锌与季戊四醇质量比为 2:1~4:1)时, PVC 终点的“黑化”程度随着其份数的增加越来越严重。

固定季戊四醇与硬脂酸锌的质量比为 1:1,逐步改变体系中三元类水滑石的份数, PVC 的热稳定时间及色泽如表 3 所示。

表 3 三元类水滑石份数对 PVC 热稳定时间及色泽的影响

项目	三元类水滑石/份					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
静态热稳定时间/min	74	109	125	127	132	136
终点试样颜色	红橙	砖红	砖红	砖红	红褐	红褐

注:季戊四醇与硬脂酸锌的质量比为 1:1。

由表 3 可以看出,随着三元类水滑石份数的增加, PVC 的热稳定时间呈现先增大后趋于平缓的变化趋势,当添加 3.0 份三元类水滑石时, PVC 的热稳定时间最长,但此时热稳定剂的总份数达到 5.0 份,且终点着色较严重。综合考虑,选择三元类水滑石为 1.5 份,此时, PVC 的热稳定时间较长且色泽相对较浅。实验结果表明,三元类水滑石与季戊四醇、硬脂酸锌的质量比为 1.5:1:1 时存在较好的协同效应。

2.3 静态热稳定性能分析

将上述 3 种热稳定(助)剂的总份数按 1.5:1:1 调整为 3 份,得到复合热稳定剂:三元类水滑石 1.3 份、季戊四醇 0.85 份、硬脂酸锌 0.85 份。在 100 份 PVC 中添加 3 份复合热稳定剂,测定三元类水滑石及其复合热稳定剂对 PVC 静态热稳定时

间和色泽的影响,结果如表4所示。

表4 三元类水滑石及其复合热稳定剂对PVC
热稳定时间及色泽的影响

试样	静态热稳定 时间/min	时间/min						
		10	20	30	60	80	110	120
三元类水滑石	34	粉红	橙红	砖红				
复合热稳定剂	118	浅粉	浅粉	粉	粉红	橙	砖红	砖红

注:PVC为100份,三元类水滑石为1.3份、季戊四醇为0.85份、硬脂酸锌为0.85份。

由表4可以看出,与单独加入三元类水滑石的PVC相比,加入复合热稳定剂的PVC热稳定时间由34 min增加到118 min。PVC色泽在30 min时为粉色,110 min才变为砖红色,变色速率明显减缓,较好地抑制了试样的初期着色,提高了PVC的静态热稳定性能。

2.4 动态热稳定性能分析

按100份PVC添加3份复合热稳定剂,测定镁铝水滑石、三元类水滑石及其复合热稳定剂对PVC动态热稳定性能的影响,结果如图3所示。

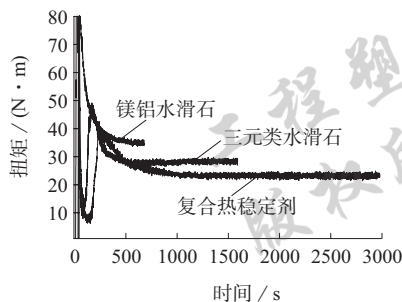


图3 不同热稳定剂对PVC动态热稳定性能的影响

由图3可以看出,加入镁铝水滑石的PVC的动态热稳定时间约为8.6 min,未出现塑化扭矩,平衡扭矩为35.3 N·m,平衡扭矩偏高;加入三元类水滑石的PVC的动态热稳定时间为24.5 min,塑化扭矩和平衡扭矩分别为47.8,28.0 N·m,相对于加入镁铝水滑石的PVC,其动态热稳定性能显著提高;加入复合热稳定剂的PVC的动态热稳定时间为47.0 min,较加入三元类水滑石的PVC延长了22.5 min,塑化扭矩和平衡扭矩分别降至38.3,23.1 N·m。三者相比,复合热稳定剂更能有效提高PVC的动态热稳定性能,降低生产能耗。

2.5 力学性能分析

按100份PVC添加3份复合热稳定剂,测定三元类水滑石、复合热稳定剂、市售钙锌热稳定剂对PVC力学性能的影响,结果见表5。分析表5数据可知,加入三元类水滑石的PVC的力学性能最

差;加入复合热稳定剂的PVC的拉伸强度、冲击强度较加入钙锌热稳定剂的稍高,但断裂伸长率则偏低。后期研究中需加入适量增塑剂或冲击改性剂等加以改善。总体来说,复合热稳定剂能够较好地提高PVC的力学性能。

表5 不同热稳定剂对PVC力学性能的影响

项目	拉伸强度/ MPa	断裂伸长率/ %	冲击强度/ (kJ·m ⁻²)
三元类水滑石	30.5	32.6	3.6
复合热稳定剂	49.1	51.8	5.8
钙锌热稳定剂	45.3	72.6	4.1

3 结论

(1) 经XRD与FTIR进行结构表征,采用共沉淀法制备了月桂酸柱撑铝铈类水滑石。将其作为热稳定剂应用于硬质PVC中,表现出较好的长期热稳定性能,明显优于传统镁铝水滑石。

(2) 三元类水滑石与季戊四醇、硬脂酸锌产生良好的协同效应,按三元类水滑石1.3份、季戊四醇0.85份、硬脂酸锌0.85份复配得复合热稳定剂,在100份PVC中添加3份复合热稳定剂,PVC静态及动态热稳定时间分别可延长至118 min和47 min,能够较好地抑制PVC初期着色,降低加工能耗及改善PVC的力学性能。

参考文献

- [1] 吴茂英.PVC热稳定剂的发展趋势与技术进展[J].塑料,2010,39(3):1-7.
Wu Maoying. Development trend and technological progress of heat stabilizers for PVC[J]. Plastics, 2010, 39(3):1-7.
- [2] 郭正波,严海彪,胡启科,等.水滑石复合热稳定剂在硬质聚氯乙烯中的应用研究[J].中国塑料,2014,28(7):86-90.
Guo Zhengbo, Yan Haibiao, Hu Qike, et al. Application of LDHs Compound thermal stabilizers in rigid PVC[J]. China Plastics, 2014, 28(7):86-90.
- [3] Wen Runjuan, Yang Zhanhong, Chen Hongyan, et al. Zn-Al-La hydrotalcite-like compounds as heating stabilizer in PVC resin[J]. Journal of Rare Earths, 2012, 30(9):895-902.
- [4] 杨占红,易师,贺红梅.PVC用热稳定剂镁铝铈类水滑石的合成[J].中南大学学报:自然科学版,2011,42(4):897-902.
Yang Zhanhong, Yi Shi, He Hongmei. Preparation of MgAlCe-CO₃-HTLcs as heat stabilizer for PVC[J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2011, 42(4):897-902.
- [5] 杨占红,陈红燕,温润娟,等.锌/铝/镧三元类水滑石的合成[J].塑料助剂,2010(6):24-26.
Yang Zhanhong, Chen Hongyan, Wen Runjuan, et al. Preparation of Zn/Al/La-CO₃-LHDs[J]. Plastics Additives, 2010(6):24-26.
- [6] 许家友,周细濠,叶常青,等.聚氯乙烯/插层水滑石的热稳定性和力学性能[J].硅酸盐学报,2013,41(4):516-520.

- Xu Jiayou, Zhou Xihao, Ye Changqing, et al. Thermal stability and mechanical property of polyvinyl chloride / intercalated hydrotalcite[J]. Journal of the Chinese Ceramic Society, 2013, 41(4):516-520.
- [7] 孙玉莲,黄怀忠,王一凡,等. PVC 用 ZnAlLa-CO_3^{2-} 类水滑石的制备与表征 [J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2011, 45(3):430-434.
- Sun Yulian, Huang Huaizhong, Wang Yifan, et al. The preparation and characterization of hydrotalcite using for PVC[J]. Journal of Huazhong Normal University:Natural Sciences, 2011, 45(3):430-434.
- [8] 张宁,李德玲,苏桂仙,等. 硬质 PVC 用新型苹果酸稀土复合热稳定剂的研究 [J]. 塑料工业, 2013, 41(6):109-112.
- Zhang Ning, Li Deling, Su Guixian, et al. Study on novel rare earth malate compound thermal stabilizers for rigid PVC[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(6):109-112.

绝大多数塑料制品不含“塑化剂”

最近很多食品中发现的“塑化剂”风波沸沸扬扬,不少人谈“塑”色变,一些媒体上也传出某些专家忠告人们放弃使用塑料制品以远离塑化剂毒害的建议,这是对塑料的误解。

日常生活中常见的聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚酯、尼龙、聚氨酯等塑料制品,在生产过程中并不需要添加塑化剂,它们和“塑化剂”不沾边,并不是所有塑料制品都含塑化剂。

只有一部分聚氯乙烯(即 PVC)制品,为了便于加工成型或者保持使用时的柔软弹性状态,添加了“塑化剂”。有的聚氯乙烯制品如硬质管材不需要添加“塑化剂”,有的聚氯乙烯制品如板材、型材添加“塑化剂”的量很少。

“塑化剂”是我国台湾省的叫法,在我国大陆叫“增塑剂”——增加可塑性的助剂,后一种叫法更准确,更贴切。就增塑剂本身而言,因品种较多,不同品种的毒性也有中等毒性、低毒性、微毒性、无毒性的区别,凡是接触食品的容器、餐具、包装、薄膜,如果用聚氯乙烯生产,这种聚氯乙烯必须符合国家标准的卫生指标,其它助剂,包括增塑剂也要符合国家标准的卫生指标,使用它们是安全的,并不是使用了增塑剂都有毒。根据塑料制品的使用场合来选择安全的增塑剂是塑料制品安全生产的基本原则,也应该是企业家的良心所在,使用正规厂家生产的正规产品是安全的。

(中国聚合物网)

我国科学家发明纤维状聚合物发光电化学池

可穿戴电子设备不仅能发光,而且还能改变颜色。这种更酷的时尚发光可穿戴电子设备有望在不久的将来成为现实。复旦大学高分子科学系、聚合物分子工程国家重点实验室彭慧胜课题组现已研制出一种新型纤维状聚合物发光电化学池,该项突破性研究为可穿戴纤维状发光器件的发展带来“曙光”。相关研究成果不久前已发表在国际顶级期刊《自然—光子学》。

近年来,可穿戴电子设备被广泛应用于微电子、生物医药、运输和航空航天等领域。随着可穿戴纤维状能源器件的不断发展,柔性、轻质、便捷已不能满足人们对可穿戴电子设备的所有想象。如何让可穿戴电子设备不仅“用起来很美”,而且“看起来更美”,科研工作者对可穿戴纤维状发光器件的研发进行了持续攻坚。

彭慧胜课题组经过三年多潜心研究,通过低成本溶液法在国际上首次研制了纤维状聚合物发光电化学池。课题组首先在钢丝上均匀吸附氧化锌纳米粒子和聚合物发光层,然后在聚合物发光层外表面均匀缠绕上一层高导电性的取向碳纳米管薄膜,作为透明电极,最终得到了纤维状聚合物发光电化学池。

传统发光器件主要包括有机小分子发光二极管和聚合物发光二极管。与传统发光二极管相比,纤维状聚合物发光电化学池具有独特的优点,如较低的操作电压、较高的电子/光子转换效率和较高的功率效率等。相比有机发光二极管,聚合物发光电化学池对电极材料表面的粗糙度要求较低,这将有利于大规模生产。

据了解,目前纤维状聚合物发光电化学池可实现 360° 发光。如果将不同颜色的发光聚合物集成到一根纤维上,还可实现一根纤维上同时发出不同颜色的光。该研究同时发现,这些发光纤维还具有良好的柔性,可编成柔性的织物和各种图案,将不同颜色的纤维组合在一起,通过控制发光纤维的亮度比,还可以实现复合光颜色的有效调控。

《自然—光子学》审稿人表示,多年来,人们一直渴望研制出可穿戴的发光纤维,但没有实现,这项研究实现了突破。据悉,课题组将进一步提高器件性能,为发光可穿戴电子设备的大规模工业化生产奠定基础。

(工程塑料网)

匈牙利生产出全球首辆电动塑料公交车

位于匈牙利布达佩斯的 Evopro Holding 公司已生产出全球首辆电动塑料公共汽车——Modulos。

欧洲委员会说道,这个项目耗时 3 年,总计成本 10 亿福林(325 万欧元),其中包括欧盟资助的 40 万欧元。

目前已有 25 辆这样的电动塑料公交车正在生产中。相比传统型金属公交车,Modulos 公交车在质量上减轻 2 t,而且车壁更薄。这种塑料电动公交车可以承载 65 名乘客,车内地板较低,方便乘客进入,充一次电能行驶 100 km。此外,该公交车还有一种混合动力版。

Modulos 分为几大模块:前端的一个驾驶员舱模块,尾部的发动机模块以及中间的乘客模块。Evopro 公司说道,通过模块的细分,就可以采用相同的制造工艺来生产不同尺寸的公交车,尽管目前车身最大长度为 9.5 m。

欧洲委员会强调,Modulos 是 12 个环境指示物之一,环境指标是评估欧洲绿色资本奖项的一部分。(中国色母粒网)