http://pmse.scu.edu.cn

界面增容剂反应基元含量对聚乳酸/生物基尼龙11共混体系结构及性能的影响

王 平[1,2,3]，董 事[1,3]，刘佳佳[1,3]，周意杨[1,2,3]，刘文秀[1,2,3]，杨 利[1,3]，曹 田[1,3]，朱露芳[1,3]

（1. 安徽建筑大学 材料与化学工程学院，安徽 合肥 230601；2. 安徽建筑大学 安徽省先进建筑材料国际联合研究中心，安徽 合肥 230601；3. 特种电线电缆国家地方联合工程研究中心安徽建筑大学分中心，安徽 合肥 230601）

摘要：设计合成了环氧值分别为10%，20%，30%，40%和50%的甲基丙烯酸缩水甘油酯基扩链剂(SMG-EX)，并将其引入聚乳酸/生物基尼龙11(PLA/Bio-PA11)共混体系中，研究了环氧值对PLA/Bio-PA11熔融共混过程中的熔体状态、共混物聚集态结构、热力学性能及力学性能的影响。结果表明，SMG-EX能够与PLA末端羧基、羟基，以及Bio-PA11的端羧基和氨基反应，从而增强PLA与Bio-PA11分子链间相互作用，在共混物界面和基体中形成微交联结构，并诱导共混物的相形态从“海岛结构”转变为“类双连续结构”，改善两相相容性，提高共混物力学性能。当SMG-EX中环氧基团含量超过40%时，共混物基体内部会因为环氧基团含量较高导致局部界面交联密度过高，材料的力学性能降低。当添加环氧值为40%的SMG-E40时，材料的拉伸强度为54.9 MPa，断裂伸长率达到232.1%，力学性能显著提升。

关键词：聚乳酸；生物基尼龙11；增韧；界面；力学性能

中图分类号：TQ317 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-7555（2025）07-0017-08

聚乳酸(PLA)是一种可生物降解的高分子材料，其强度高，加工性能和生物相容性优良，在包装[1,2]、生物医学[3,4]等领域具有广阔的应用前景，是代替石油基塑料的环境友好材料之一[5~7]。但是，PLA的韧性较差，结晶速率低，上述因素限制了其工业应用[8~12]，将PLA与其它高韧性聚合物熔融共混是当前最常用、高效的PLA高性能化方法[13,14]。生物基尼龙(Bio-PA11)由植物糖发酵的己内酰胺聚合而成，其不仅韧性良好，而且兼具高刚性、冲击强度和良好的热稳定性，将其与PLA共混，能够在维持材料强度的同时提高韧性。但是，将Bio-PA11直接与PLA进行物理共混时，两相混合物的界面相容性较差。为提高两者相容性，实现材料的高性能化，通常向共混物中引入环氧型扩链剂。Khankrua等[15]设计合成了不同结构环氧基团的扩链剂，研究了其对PLA/PA11力学性能及耐老化性能的影响，发现甲基丙烯酸缩水甘油酯基扩链剂增容效果优异。Zeinab等[16]将环氧基扩链剂ADR 4468引入PLA/PA11体系中用于反应性增容，发现ADR的引入改善了PLA和PA11的相容性。尽管目前环氧型扩链剂对PLA/PA11共混体系的增容效果已被证实，但扩链剂中环氧基团含量对共混物界面反应程度、界面状态、共混体系相结构和聚集态的影响，以及不同界面反应效率对材料宏观性能的影响等尚未明确。因此，设计合成了系列主链结构相同但环氧值不同的甲基丙烯酸缩水甘油酯基扩链剂，研究了不同环氧值的扩链剂对PLA/Bio-PA11共混体系界面交联结构、界面反应效率的影响，考察了界面反应程度对材料力学性能的影响。

doi: 10.16865/j.cnki.1000-7555.2025.0133
收稿日期：2024-06-30
基金项目：国家自然科学基金资助项目（51903002）；安徽省科技重大专项（2021e03020008，202103a05020031）；安徽省自然科学基金优青项目（2308085Y34）；安徽省高校杰出青年科研项目（2022AH020024）；安徽建筑大学博士启动基金（2023QDZ23）；安徽高校协同创新项目（GXXT -2023-098，GXXT-2023-040）
通讯联系人：王平，主要从事高分子材料共混与复合、精细与功能高分子设计与制备的研究，E-mail：anjzwp@ahjzu.edu.cn

1 实验部分

1.1 试剂与仪器

聚乳酸(4032D)：美国Nature Work；生物基尼龙11(Rilsan BECNOTL)：法国ARKEMA；不同环氧值的SMG-EX反应型界面增容剂：实验室自制，不同增容剂所对应的环氧值如Tab.1所示；丙酮：分析纯，上海麦克林；甲醇：分析纯，上海麦克林。

转矩流变仪：RM-200C型，哈尔滨哈普电气技术有限责任公司；抽真空平板硫化机：XH-406C，东莞市锡华检测仪器有限公司；差示扫描量热仪：DSC-02000，美国TA公司；钨灯丝扫描电子显微镜：JSM-6490LV，日本电子制造株式会社；智能数控万能制样机：WZY-4030，承德金和仪器制造有限公司；旋转流变仪：MCR-302e，奥地利Anton Paar公司；电子万能试验机：68TM-30型，美国Instron公司。

1.2 样品制备

1.2.1 具有不同环氧值的齐聚物的制备：根据Tab.1中的配方，取一定量的苯乙烯、甲基丙烯酸缩水甘油酯、甲基丙烯酸甲酯、偶氮二异丁腈于烧杯中混合得到预混液。取一定量甲苯置于烧瓶中，升温至70 ℃并保温。将预混液置入恒压滴定漏斗中并在2 h内滴加到甲苯中，滴加结束得到粘稠液体。之后用甲醇沉淀丙酮洗涤得到白色固体。室温挥发有机试剂后将其置于真空烘箱中，45 ℃真空干燥24 h得到功能齐聚物SMG-EX白色晶体。根据国标GB/T4612-2008测定自制功能齐聚物的环氧值，测得的环氧值见Tab.2。

1.2.2 PLA/Bio-PA11共混物的制备：首先将PLA，Bio-PA11在60 ℃真空干燥12 h，SMG-EX反应型界面增容剂在40 ℃真空干燥12 h。然后按Tab.3配方称取原料，混合混匀后加入至转矩流变仪中，于195 ℃熔融共混8 min。将制备好的样品在60 ℃真空干燥12 h，称取适量样品置于抽真空平板硫化机中，在195 ℃，5 MPa下压制成厚度为1 mm的板。最

Tab. 1 Preparation of SMG-EX ratios with different epoxy values

Components	SMG-E10	SMG-E20	SMG-E30	SMG-E40	SMG-E50
w(GMA)/%	10	20	30	40	50
V(St)/mL	35.50	30.00	28.50	25.00	21.50
V(GMA)/mL	3.46	7.50	10.40	13.80	17.30
V(MMA)/mL	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
m(AIBN)/g	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89

Tab. 2 Epoxy value of SMG-EX

Sample	SMG-E10	SMG-E20	SMG-E30	SMG-E40	SMG-E50
Epoxy value/%	10	20	30	40	50

Tab. 3 Formulation of PLA/Bio-PA11 blends

Sample	*w*(PLA)/%	*w*(Bio-PA11)/%	*w*(SMG-EX)/%
PLA	100	0	0
PLA/Bio-PA11	60	40	0
PLA/Bio-PA11/SMG-E10	59.4	39.6	1.0
PLA/Bio-PA11/SMG-E20	59.4	39.6	1.0
PLA/Bio-PA11/SMG-E30	59.4	39.6	1.0
PLA/Bio-PA11/SMG-E40	59.4	39.6	1.0
PLA/Bio-PA11/SMG-E50	59.4	39.6	1.0

后采用万能制样机裁制各测试所需样条。

1.3 测试与表征

1.3.1 *扫描电子显微镜观测*:采用JSM-6490LV型钨灯丝扫描电子显微镜(SEM)观察PLA/Bio-PA11共混体系拉伸断面与脆断面的微观形貌。测试前,在液氮中将样品脆断,然后采用SEM在15 kV的加速电压下观察PLA/Bio-PA11共混样品的脆断面。在相同加速电压下,观察PLA/Bio-PA11共混物样品的拉伸断面。

1.3.2 *非等温结晶行为分析*:采用DSC-02000型差示扫描量热仪(DSC)测试PLA/Bio-PA11共混体系非等温结晶行为。将样品装入坩埚,并放入差示扫描量热仪中。以10 ℃/min的升温速率将样品加热至200 ℃,并在该温度维持5 min以消除样品的热历史,之后以10 ℃/min的降温速率冷却至−30 ℃,最后以10 ℃/min的升温速率升至200 ℃。

1.3.3 *流变行为分析*:采用MCR-302e型流变仪研究PLA/Bio-PA11共混体系的流变行为。将测试样品裁剪为直径25 mm、厚度1 mm的圆片状。将样片置于平行板旋转流变仪上,并由室温迅速升温至180 ℃,在180 ℃恒温5 min以消除样品的热历史,最后对其进行动态频率扫描。应变设置为1%,扫描范围为0.005~400 rad/s,氮气流速为5 L/min。

1.3.4 *力学性能测试*:采用68TM-30型微机控制电子万能试验机以5 mm/min的拉伸速率研究不同环氧值齐聚物对PLA/PA11共混体系力学性能的影响。

2 结果与讨论

2.1 SMG-EX对PLA/Bio-PA11共混体系加工性能的影响

Fig.1为各样品熔融过程的扭矩-时间关系图,Tab.4为对应的平衡扭矩值。由图表可知,PLA的平衡扭矩为8.9 N·m,引入低熔体强度的Bio-PA11后,共混物的平衡扭矩降至7.1 N·m。向PLA/Bio-PA11共混体系中加入SMG-EX后,共混体系的平衡扭矩总体呈提高的趋势。当SMG-EX的环氧值为30%时,PLA/Bio-PA11共混体系的平衡扭矩最高升至7.7 N·m,但当SMG-EX中环氧值过高时,共混物的平衡扭矩降低。上述现象说明随着SMG-EX的引入,共混物内部发生了交联反应,共混物的熔体强度提高,致使扭矩增加。

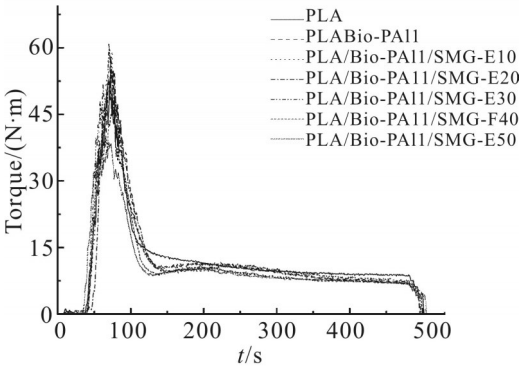


Fig. 1 Torque-time curves of PLA and PLA/Bio-PA11 blends

Tab. 4 Torque of PLA and PLA/Bio-PA11 blends

Sample	Balance equilibrium torque of blend system/(N·m)
PLA	8.9
PLA/Bio-PA11	7.1
PLA/Bio-PA11/SMG-E10	7.0
PLA/Bio-PA11/SMG-E20	7.3
PLA/Bio-PA11/SMG-E30	7.7
PLA/Bio-PA11/SMG-E40	7.0
PLA/Bio-PA11/SMG-E50	7.1

2.2 PLA/Bio-PA11/SMG-EX共混体系脆断面形态

Fig.2为各样品脆断面的SEM图像。由图可知,PLA的断面较为光滑,为典型的脆性断裂。引入Bio-PA11后,PLA/Bio-PA11共混物脆断面存在较多孔洞,这是因为PLA与Bio-PA11的相容性较差,Bio-PA11易从PLA基体中剥离。加入SMG-EX后,Bio-PA11的分散变得均匀,且粒径尺寸减小,界面处由于Bio-PA11剥离产生的孔洞也逐渐减少,脆断面较为粗糙。以上现象表明,SMG-EX的引入改善了PLA与Bio-PA11的相容性,增强了两相界面处的相互作用力。当环氧值超过40%时,共混物脆断面的结构较为疏松,且Bio-PA11分散相的粒径明显增大,这可能是共混物界面处的局部过度交联导致材料脆断时分散相被拔出,形成较大的孔洞。综上所述,SMG-EX的引入可以改善PLA与Bio-PA11的相容性,增强两相间的相互作用力,但SMG-EX的环氧值过高会导致共混物形成过度交联结构。

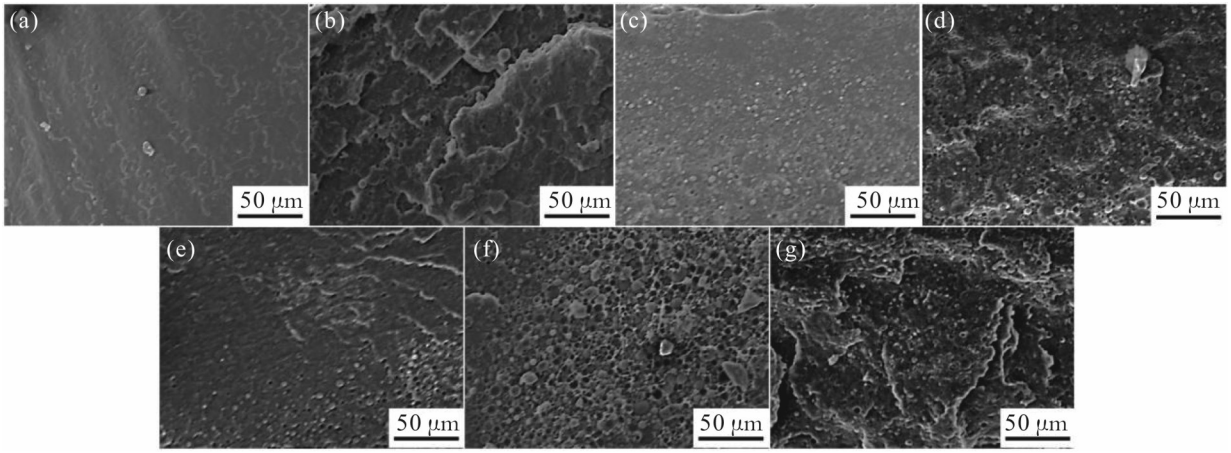


Fig. 2 SEM micrographs for the cryogenically fractured surface of PLA/Bio-PA11 blends: (a) PLA; (b) PLA/Bio-PA11; (c) PLA/Bio-PA11/SMG-E10; (d) PLA/Bio-PA11/SMG-E20; (e) PLA/Bio-PA11/SMG-E30; (f) PLA/Bio-PA11/SMG-E40; (g) PLA/Bio-PA11/SMG-E50

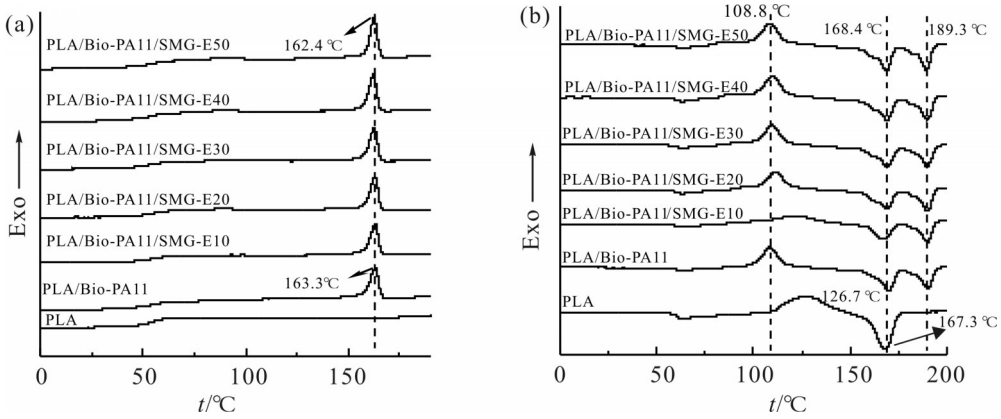


Fig. 3 DSC curve of PLA and PLA/Bio-PA11 blends: (a) cooling curve; (b) secondary heating curve

2.3 SMG-EX对PLA/Bio-PA11共混体系非等温结晶性能的影响

Fig.3为各样品经热历史消除后的降温曲线和二次升温曲线。由Fig.3(a)可知，PLA的结晶速率缓慢，在冷却过程中难以结晶，曲线中未出现明显结晶峰。Bio-PA11结晶能力较强，在163.3 ℃处出现明显结晶峰。当加入SMG-EX后，共混物中Bio-PA11的结晶温度逐渐降低，这可能是由于SMG-EX的引入会促进PLA与Bio-PA11分子链缠结，限制Bio-PA11的结晶。环氧值最高的SMG-E50引入后，共混物中Bio-PA11的熔体结晶温度降至162.4 ℃。由Fig.3(b)可知，PLA在二次升温过程中的冷结晶温度为126.7 ℃。与Bio-PA11共混后，PLA的冷结晶温度降低至108.8 ℃，是因为Bio-PA11晶体起到异相成核作用诱导PLA结晶。引入SMG-EX后，PLA的冷结晶温度先升高后降低，是因为随着SMG-EX环氧值的增加，PLA和Bio-PA11分子链的相互作用力提高，链运动能力下降，从而限制了PLA的冷结晶。随着SMG-EX环氧值的进一步升高，过量未参与反应的低分子量SMG-EX起到了增塑作用，提高了PLA分子链的运动能力，促进了PLA的冷结晶，另外，通过观察PLA及其共混物的熔融峰发现，引入SMG-EX后，PLA和Bio-PA11的熔融峰分别保持在168.4 ℃和189.3 ℃，表明SMG-EX未对PLA和Bio-PA11的晶型产生影响。

2.4 SMG-EX对PLA/Bio-PA11共混体系流变行为的影响

Fig.4为不同环氧值SMG-EX对PLA/Bio-PA11共混体系流变行为的影响。由Fig.4(a)可知，PLA/Bio-PA11共混物的储能模量(G')均高于PLA，且随着

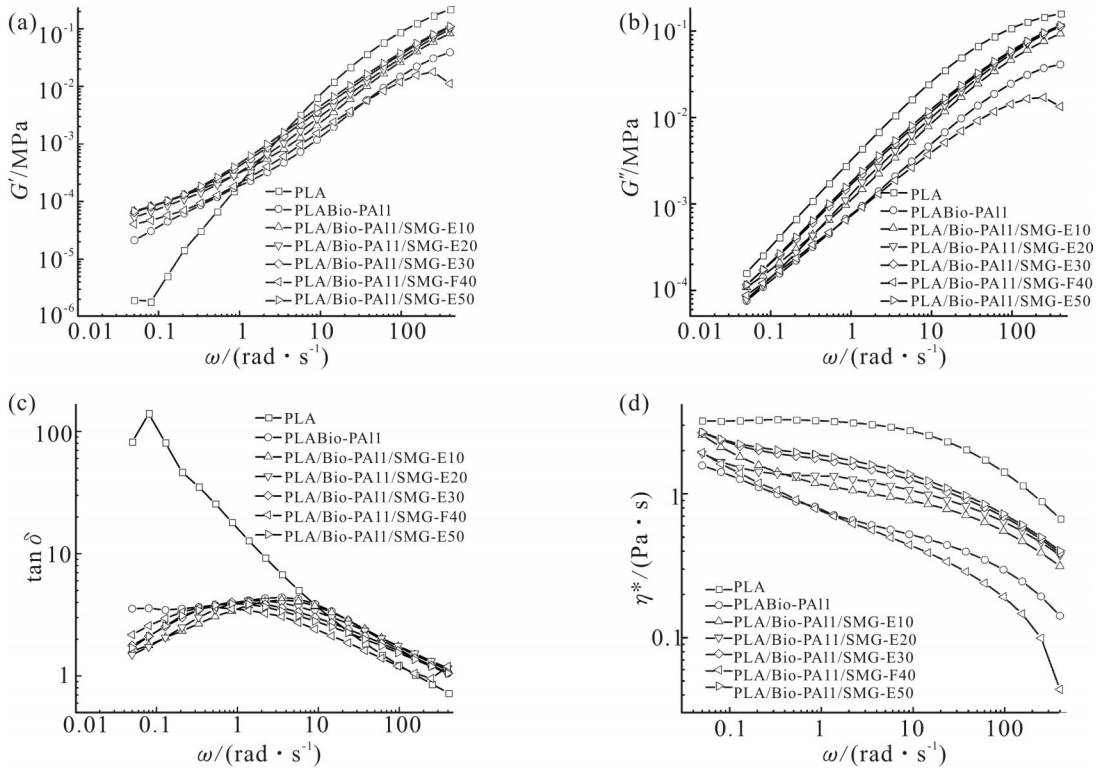


Fig. 4 Effect of SMG-EX on the rheological parameters of PLA and PLA/Bio-PA11 blends: (a) *G′*; (b) *G″*; (c) tan *δ*; (d) *η

SMG-EX环氧值的增加而提高,这是因为Bio-PA11分子链的熔体弹性较高,且SMG-EX的环氧基团与PLA的端羧基和端羟基以及Bio-PA11的端羧基和端氨基反应,增强了PLA和Bio-PA11之间的相互作用,所形成的界面交联结构进一步限制了PLA及Bio-PA11分子链的松弛,所以材料熔体强度提高,弹性增强。由Fig.4(b)可知,PLA的损耗模量(*G″*)最高,加入Bio-PA11后,由于两相相容性差,分子链间存在较大的运动空间,导致PLA与Bio-PA11分子链运动产生的内摩擦较少,共混物的损耗模量较低。SMG-EX的引入导致共混物的损耗模量增加,也验证了体系中交联结构的形成使得PLA与Bio-PA11分子链间缠结密度和相互作用增强,导致内部损耗增大[17],这和储能模量提高的现象相一致。此外,引入扩链剂SMG-E后,共混物的复数黏度随着SMG-EX中环氧值的增加而增加,表明扩链剂SMG-EX的加入提高了两相分子链间的缠结程度,在两相界面处形成了微交联结构。Fig.4(d)中随SMG-E中环氧值的增加,试样的tan *δ*降低,该现象同样表明,通过调控SMG-EX中的环氧基团含量,可达到对PLA与Bio-PA11分子链间相互作用有效控制的效果。

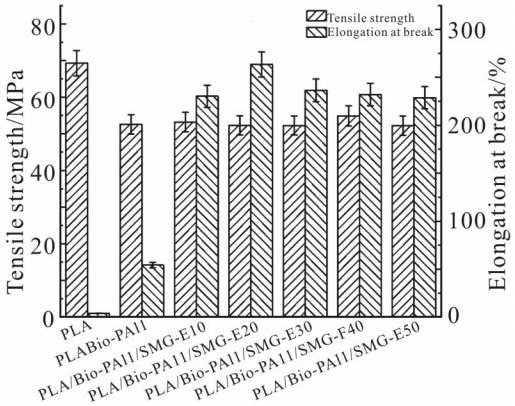


Fig. 5 Tensile strength and elongation at break of PLA and PLA/Bio-PA11 blends

2.5 SMG-EX对PLA/Bio-PA11共混体系力学性能的影响

Fig.5与Tab.5展示了各样品的拉伸强度和断裂伸长率。图示表明,PLA的拉伸强度为69.3 MPa,但断裂伸长率仅为3.9%。引入Bio-PA11后,材料的断裂伸长率提升至54.2%。而随着SMG-EX环氧值的

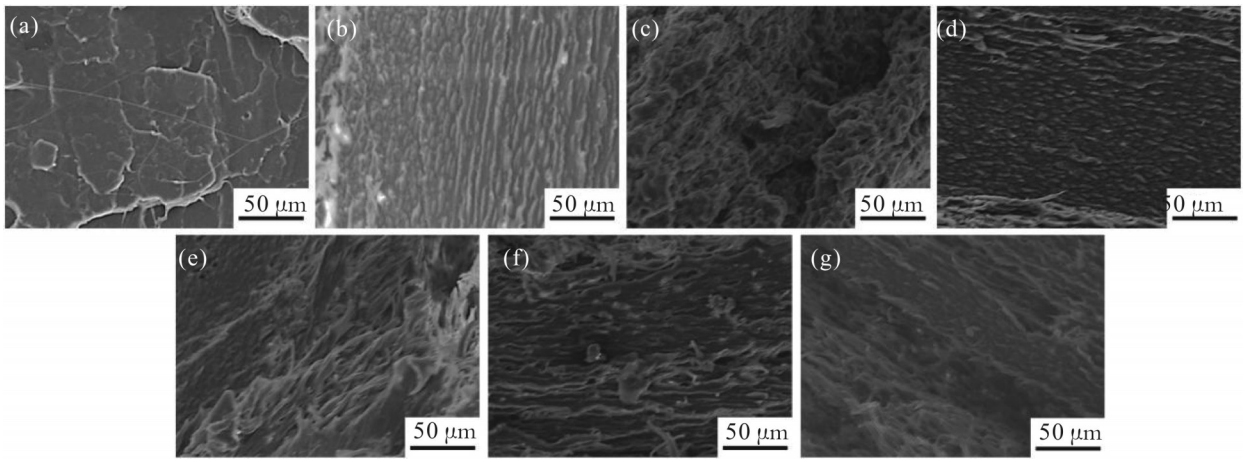


Fig. 6 SEM micrographs for the tensile section of PLA/Bio-PA11 blends: (a) PLA; (b) PLA/Bio-PA11; (c) PLA/ Bio-PA11/SMG-E10; (d) PLA/Bio-PA11/SMG-E20; (e)PLA/Bio-PA11/SMG-E30; (f)PLA/Bio-PA11/SMG-E40; (g)PLA/Bio-PA11/SMG-E50

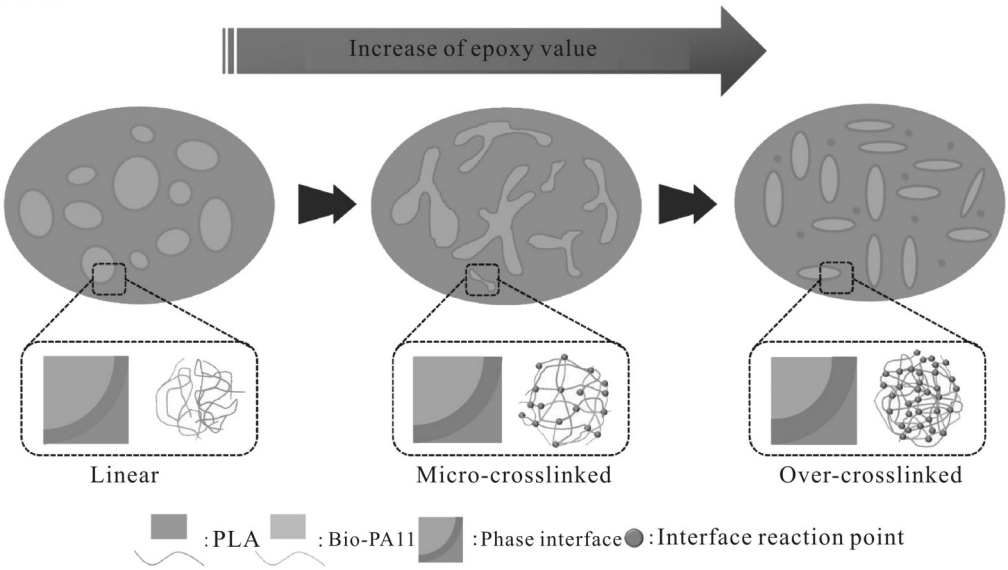


Fig. 7 Toughening mechanism of PLA/Bio-PA11 blending system by SMG-EX

Tab. 5 Tensile test parameters of PLA and PLA/Bio-PA11 blends

Sample	Tensile strength /MPa	Elongation at break/%
PLA	69.3	3.9
PLA/Bio-PA11	52.6	54.2
PLA/Bio-PA11/SMG-E10	53.2	230.4
PLA/Bio-PA11/SMG-E20	52.3	263.5
PLA/Bio-PA11/SMG-E30	52.3	236.7
PLA/Bio-PA11/SMG-E40	54.9	232.1
PLA/Bio-PA11/SMG-E50	52.2	228.9

增加，共混物的断裂伸长率先升高后降低，拉伸强度保持在稳定范围内。当添加环氧值为40%的SMG-E40时，共混物的拉伸强度达到54.9 MPa，断裂伸长率提高至232.1%，同时提高了材料的韧性和刚性。上述现象表明，SMG-EX的引入可以有效改善PLA与Bio-PA11的相容性，从而提高共混物的断裂伸长率，但当SMG-EX中环氧值过高时，共混物的断裂伸长率逐渐降低，这可能是由于高环氧值的SMG-EX在共混物基体中可诱导局部过度交联结构的形成，因此材料在受力过程中容易产生应力集中，导致断裂。

2.6 SMG-EX对PLA/Bio-PA11共混体系微观相形态的影响

观察各样品拉伸断面SEM图像可知，PLA的拉

伸断面平整光滑,表明其在拉伸过程中发生典型的脆性断裂。PLA/Bio-PA11共混物的拉伸断面可观察到断面的粗糙度增加,但未发生明显形变。引入SMG-EX后,共混物的断面发生明显塑性形变,形成纤维状截面,表明SMG-EX提高了PLA与Bio-PA11的相互作用,使得应力能够更有效地在PLA和Bio-PA11相之间传递。当环氧值超过40%后,共混物拉伸断面出现了无规的纤维,并产生较大孔洞。当进一步提高SMG-EX的环氧值,共混物中分散相的粒径变大且纤维变短。其原因在于高环氧值增容共混物中同时存在局部交联过高和未参与反应的SMG-EX聚集区域,该部分在材料受力过程中容易产生应力集中破坏材料结构,导致材料的性能下降。

不同环氧值SMG-EX的作用机理如Fig.7所示。PLA与Bio-PA11的相容性较差,两相之间相互作用较弱,Bio-PA11在PLA基体中呈不规则分散状态。引入SMG-EX后,SMG-EX能够与PLA末端羧基、羟基,以及Bio-PA11的端羧基和氨基反应,从而增强PLA与Bio-PA11分子链间相互作用,改变两相相形态,影响材料的力学性能。当SMG-EX环氧值低于40%时,其可以诱导共混物界面和基体中形成微交联结构,使得两相相形态从“海岛结构”相转变为“类双连续结构”,同步提高材料的刚性和韧性。但当环氧值超过40%时,SMG-EX的引入会造成共混体系中局部微交联程度不均匀,反应程度较高的区域倾向于独立分散,最终导致Bio-PA11分散相尺寸不规则程度提高,材料的力学性能降低。

3　结论

本文研究了具有不同含量反应基元的系列功能齐聚物SMG-EX对PLA/Bio-PA11共混物结构和性能的影响,并得到以下结论。

(1)SMG-EX链结构中环氧基团的含量对其调控PLA/Bio-PA11共混体系相形态和聚集态结构的效果有明显影响。当SMG-EX环氧值低于40%时,PLA与Bio-PA11倾向于形成“类双连续结构”,但当环氧值超过40%时,共混体系内部反应程度不均匀,分散相尺寸不规则程度提高,材料的力学性能较差。

(2)当SMG-EX的环氧值为40%时,PLA/Bio-PA11/ SMG-E40共混物的平衡扭矩为7.0 N·m,材料的拉伸强度和断裂伸长率分别提高至54.9 MPa和232.1%,材料同时具有优异的加工性能、刚性和韧性。

(3)本文通过合成系列不同环氧值的SMG-EX探究了不同界面增容效率对PLA/Bio-PA11共混体系相界面状态和性能的影响,为高性能PLA基材料的制备提供了理论支撑和途径,同时也为未来发展PLA基材料的增韧改性方向提供了新的可能。

参考文献:

[1] Cisar J, Drohsler P, Pummerova M, *et al*. Composite based on PLA with improved shape stability under high- temperature conditions[J]. Polymer, 2023, 276: 125943.

[2] Hao Y, Zhang M, Liu B, *et al.* Nonmigrating active antibacterial packaging: antimicrobial mechanism against staphylococcus aureus and its application in large yellow croaker[J]. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2023, 11: 6220-6229.

[3] Rafique A, Bulbul Y E, Usman A, *et al.* Effect of cold plasma treatment on polylactic acid and polylactic acid/poly (ethylene glycol) films developed as a drug delivery system for streptomycin sulfate[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2023, 235: 123857.

[4] Wang L, Ma J, Guo T, *et al.* Control of surface wrinkles on shape memory PLA/PPDO micro- nanofibers and their applications in drug release and anti- scarring[J]. Advanced Fiber Materials, 2023, 5: 632-649.

[5] Yu J, Xu S, Liu B, *et al.* PLA bioplastic production: from monomer to the polymer[J]. European Polymer Journal, 2023, 193: 112076.

[6] Mehboob A, Mehboob H, Chang S H. Evaluation of unidirectional BGF/PLA and Mg/PLA biodegradable composites bone plates-scaffolds assembly for critical segmental fractures healing[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2020, 135: 105929.

[7] Munim S A, Raza Z A. Poly(lactic acid) based hydrogels: formation, characteristics and biomedical applications[J]. Journal of Porous Materials, 2019, 26: 881-901.

[8] 马艺涛, 李景, 傅南红, 等. 高聚物注塑成型工艺过程智能化技术进展[J]. 高分子材料科学与工程, 2023, 39(11): 165-171.
Ma Y T, Li J, Fu N H, *et al.* Progress in intelligent technology of polymer injection molding process[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2023, 39(11): 165-171.

[9] Cui L, Imre B, Tátraaljai D, *et al*. Physical ageing of poly(lactic acid): factors and consequences for practice[J]. Polymer, 2020, 186: 122014.

[10] Wu B, Zeng Q, Niu D, *et al.* Design of supertoughened and heat-

resistant PLLA/elastomer blends by controlling the distribution of stereocomplex crystallites and the morphology[J]. Macromolecules, 2019, 52: 1092-1103.

[11] Mehrabi M M, Edalat A, Berahman R, *et al.* Highly-toughened polylactide- (PLA-) based ternary blends with significantly enhanced glass transition and melt strength: tailoring the interfacial interactions, phase morphology, and performance[J]. Macromolecules, 2018, 51: 4298-4314.

[12] Ding Y, Feng W, Huang D, *et al.* Compatibilization of immiscible PLA-based biodegradable polymer blends using amphiphilic di-block copolymers[J]. European Polymer Journal, 2019, 118: 45-52.

[13] Kervran M, Vagner C, Cochez M, *et al.* A review on thermal degradation of polylactic acid (PLA)/ polyhydroxybutyrate (PHB) blends[J]. Polymer Degradation and Stability, 2022, 201: 109995.

[14] Saeidlou S, Huneault M A, Li H, et al. Poly (lactic acid) crystallization[J]. Progress in Polymer Science, 2012, 37: 1657-1677.

[15] Khankrua R, Wiriya A A, Triamnak N, *et al.* Biopolymer blends based on poly (lactic acid) and polyamide for durable applications[J]. Polymer- Plastics Technology and Materials, 2023, 62: 131-144.

[16] Mousavi Z, Heuzey M C, Randall J, *et al.* Enhanced properties of polylactide/polyamide 11 blends by reactive compatibilization [J]. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 2022, 100: 2475-2490.

[17] 黎官羽, 何松迪, 陈佳敏, 等. 酸酐化 LLDPE/PS 增容母料对 PLA/LLDPE/PS 共混物性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2024, 40(2): 83-90.
Li G Y, He S D, Chen J M, *et al.* Effect of maleated LLDPE/PS compatibilized master batch on properties of PLA/LLDPE/PS blends [J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2024, 40 (2): 83-90.

Effect of Interface Compatibilizer Reaction Element Content on Structure and Properties of Polylactic Acid/Bio-Based Nylon 11 Blends

Ping Wang[1,2,3], Shi Dong[1,3], Jiajia Liu[1,3], Yiyang Zhou[1,2,3], Wenxiu Liu[1,2,3], Li Yang[1,3], Tian Cao[1,3], Lufang Zhu[1,3]
(*1. School of Materials and Chemical Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China; 2. Anhui Province International Research Center on Advanced Building Materials, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China; 3. National and Local Joint Engineering Research Center for Special Wire and Cable Branch Center of Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China*)

ABSTRACT: Glycidyl methacrylate-based chain extenders (SMG-EX) with epoxy values of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% respectively were designed and synthesized, and introduced into the polylactic acid/bio-based nylon 11 (PLA/Bio- PA11) blend system. The effects of epoxy value on the melt state, aggregate state structure, thermodynamic properties, and mechanical properties of PLA/Bio-PA11 during the melt blending process were investigated. The results show that SMG-EX is able to react with the terminal carboxyl and hydroxyl groups of PLA, as well as with the terminal carboxyl and amino groups of Bio-PA11, thereby enhancing the interaction between the molecular chains of PLA and Bio-PA11, leading to the formation of micro-crosslinking structure at the interface of the blend and in the matrix, and induce the phase morphology of the blend to change from ‘island structure’ to ‘bicontinuous structure’’, thus the compatibility of the two phases and the mechanical properties of the blend were improved. When the content of epoxy groups in SMG-EX is more than 40%, due to the high content of epoxy groups within the matrix of the blend, the local interface crosslinking density would be too high, reducing the mechanical properties of the material. The addition of SMG-E40 with an epoxy value of 40% could lead to a notable improvement of the mechanical properties of the materials, the tensile strength of the material is 54.9 MPa, while the elongation at break reaches 232.1%.

Keywords: polylactide; bio-based nylon 11; toughening; interface; mechanical properties