

橡胶型压敏胶的研究进展

杨一涵, 李卓*, 李英哲

(青岛科技大学 橡塑材料与工程教育部重点实验室, 山东 青岛 266042)

摘要: 橡胶型压敏胶(RPSAs)广泛应用于胶带、标签等领域,其粘合性能评价标准有初粘性、剥离强度和持粘性3项。用作RPSAs基体的橡胶弹性体主要有天然橡胶(NR)、合成橡胶(SR)和热塑性弹性体(TPE)3类,新型TPE基RPSAs为近年来的研究热点。对于RPSAs的优化主要从基体改性和优化配方两个方面展开,基体改性采用物理和化学改性手段,配方优化包括调整增粘树脂品种和用量等。与其他种类的压敏胶相比,橡胶型压敏胶具有独特优势,应用领域越来越广。

关键词: 橡胶型压敏胶;基体改性;粘合性能;配方优化

中图分类号: TQ339

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2019)03-0234-06

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2019.03.0234

橡胶型压敏胶(RPSAs)是以橡胶弹性体为基体,配以适当的增粘树脂、填料、软化剂、交联剂、溶剂等制成的一种只需施以较小压力便可与被粘物紧密粘合的胶粘剂,广泛应用于单/双面胶带、商标、标签、医疗用品以及电子产品等领域^[1-6]。衡量RPSAs粘合性能的标准有初粘性、剥离强度和持粘性3项。初粘性是指在较小压力下快速润湿基材表面所产生的粘接力,是RPSAs与被粘物接触时其表面的化学和物理性能的综合反映;剥离强度是指胶层从一个标准基材上以恒定的速率和角度剥离下来所需要的力,主要反映RPSAs与被粘物表面粘合力的大小;持粘性是指RPSAs抵抗持久性剪切蠕变破坏的能力,反映了胶层的内聚强度^[7-8]。用作RPSAs基体的橡胶弹性体主要有3类——天然橡胶(NR)、合成橡胶(SR)和热塑性弹性体(TPE)。

1 NR基RPSAs

最早的RPSAs是以NR和增粘树脂共溶在甲苯和庚烷中制得^[8-9]。迄今为止,NR仍然在RPSAs基体中占据重要的位置,这是由NR的结构特性决定的。

首先,NR的高相对分子质量以及在应变条件下具有的结晶能力赋予RPSAs足够的内聚强度,有利于提高其持粘性;其次,高含量的顺式结构使NR在较宽的温度范围内具有很好的弹性,提高了RPSAs的耐低温性能;另外,因分子内无极性基团,NR易于与非极性增粘树脂相容,制成的RPSAs表面能低,易于润湿各种固体表面,因而具有较高的粘合性能,尤其是初粘性^[7,10]。但是,作为一种不饱和非极性橡胶,NR的耐油、耐溶剂和耐热氧化性能均较差^[11]。为了进一步提高NR基RPSAs的粘合性能,并同时改善其综合性能,需要对其进行适当的优化。优化的方法可以分为对NR基体改性和优化配方两种,后者主要针对增粘树脂和填料进行。

1.1 NR基体改性

对NR基体的改性可以分为物理共混和化学改性两类,化学改性又包括环氧化、接枝等方法。

1.1.1 物理共混

单一橡胶为基体制备的RPSAs不可避免会受基体性能缺陷的影响。将两种或两种以上橡胶并用,可以起到优势互补,弥补单一基体缺点的作用。基于不同的改性目的,常用于和NR并用的橡胶包括丁苯橡胶(SBR)、丁腈橡胶(NBR)和三元乙丙橡胶(EPDM)等^[2,12-15]。例如,SBR与NR并用可以发挥SBR成本低、耐老化和耐蠕变性能好

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51603110)

作者简介: 杨一涵(1998—),女,山东聊城人,青岛科技大学在读本科生,主要从事高性能橡胶基复合材料的研究。

*通信联系人(lizhuoqust@126.com)

的优点,降低产品成本的同时改善持粘性^[12]。另外,并用的效果也与SBR/NR并用比密切相关。B. T. Poh等^[13]研究证实SBR/NR并用压敏胶的初粘性和剥离强度分别在SBR/NR用量比为1/4和2/3时达到最优和最高,这是由于体系与基材之间的润湿性随SBR用量的增大先上升后下降。

1.1.2 化学改性

NR分子结构中所含有的不饱和双键为其进行多种化学反应提供了有利条件。因此除了物理共混外,还可以对NR基体进行化学改性。

1.1.2.1 环氧化

环氧化天然橡胶(ENR)是通过在NR分子链上引入环氧基团制备得到的。由于引入了环氧基团,橡胶分子极性增强,分子间作用力增大,内聚强度增强,不但可以改善NR与其他材料的粘合力,同时还可以提高耐油及气密性能等^[16-17]。环氧化改性的效果主要取决于环氧化程度。周雍森^[18]研究了ENR降解产物(EDNR)基RPSAs的粘合性能与其环氧化程度的关系。结果表明,ENR适度环氧化使RPSAs的初粘性、剥离强度和持粘性均得到提高,但过度的环氧化在提高基体极性的同时会使体系流动性和浸润性变差,进而导致剥离强度降低。ENR环氧化程度(以物质的量计)为20%时,RPSAs的粘合性能达到最优。B. T. Poh等^[19]证实了与环氧化程度为50%的ENR相比,采用环氧化程度为25%的ENR可以获得更好的持粘性和剥离强度,这也可以归因于过度的环氧化造成了材料弹性的降低。

1.1.2.2 接枝

利用NR中的不饱和双键,通过接枝反应引入某种单体或聚合物,可以改善NR基RPSAs的某些性能^[20]。例如,在NR分子链上接枝极性支链可以提高基体极性,从而提高RPSAs的初粘性和剥离强度。S. Radabutra等^[21]在NR分子主链上同时接枝马来酸酐和3-氨基-1,2,4-三氮唑(ATA)两种极性支链,不仅使RPSAs获得更高的初粘性,同时两种支链之间形成的氢键赋予RPSAs更高的内聚强度,因而持粘性也得到提高。

1.2 优化配方

1.2.1 增粘树脂

增粘树脂作为RPSAs配方中的重要成分,主

要作用是赋予RPSAs必要的粘性,其效果受多个因素影响。首先是增粘树脂的种类,不同增粘树脂的化学结构和相对分子质量均不同,造成其极性以及与橡胶基体的相容性存在差异,从而对RPSAs粘性的影响也不相同。黄碧君^[22]分别研究了聚合松香树脂、萜烯树脂以及C₅石油树脂对NR基RPSAs初粘性的影响,结果表明,非极性的萜烯树脂和C₅石油树脂与NR相容性好,使RPSAs表现出优异的初粘性。S. Y. Lee等^[23]研究了两种醇酸树脂(Alk-26,数均相对分子质量为8 288;Alk-41,数均相对分子质量为4 956)对NR基RPSAs粘合性能的影响。结果表明,较高相对分子质量的树脂更有益于提高RPSAs的剪切强度,但不利于提高其剥离强度。

增粘树脂的用量同样会影响RPSAs的粘合性能。黄碧君^[22]将松香季戊四醇酯、萜烯树脂和C₅石油树脂等比例混合后加入到NR基RPSAs,发现随着增粘树脂用量的增大,一方面,RPSAs的润湿性下降,因而初粘性呈现下降的趋势;另一方面,基体的内聚力逐渐减小,界面粘合力增大,破坏类型由界面粘合破坏转变为粘合胶层内聚破坏,剥离强度增大。但是当增粘树脂用量过大时,剥离强度转为急剧下降,这是因为此时粘合胶层由高弹态转变为玻璃态而导致“粘-滑”剥离现象出现。

1.2.2 填料

RPSAs填料的种类繁多,主要用于降低成本,提高粘合胶层的强度以及耐热性能,并有利于改善RPSAs的粘合性能。用于RPSAs的填料主要包括氧化镁、碳酸钙、氧化锌以及白炭黑等^[24-27]。B. T. Poh等^[25]研究发现在ENR基RPSAs中,随着碳酸钙用量的增大,RPSAs的初粘性和剥离强度呈现先上升后下降的趋势。B. T. Poh等^[26]进一步研究还发现,随氧化锌用量的增大,ENR/NBR基RPSAs的初粘性和剥离强度呈现先上升后下降的趋势,而剪切强度则获得了持续提高。这归因于随着填料用量的增大,界面润湿性先变好后变差,而粘合胶层的内聚强度则得到持续提高。

2 SR基RPSAs

与NR相比,SR品种繁多且性能各有优势,在

RPSAs基体领域中也占有一席之地。目前,使用较多的SR基体主要有SBR,NBR,EPDM和丁基橡胶(IIR)等^[14-15,28-33]。

针对不同种类SR的性能缺陷,可以采用不同的基体改性方法。例如,IIR的气密性能好、耐候性能和耐老化性能优异,但强度低、弹性差,因此,对IIR进行适度的化学交联可以在提高IIR基RPSAs粘合性能的同时提高粘合胶层强度。董洲等^[33]研究了交联程度对IIR基RPSAs粘合性能的影响。结果表明,随着交联程度的增大,IIR基RPSAs的持粘性和剥离强度呈现先上升后下降的趋势,这是因为适度交联有利于内聚强度的提高,使RPSAs获得更高的粘合性能;而过度交联使RPSAs的失效模式发生转变,反而对粘合性能产生不利影响。另外,为了平衡性能与成本的要求,SR作为RPSAs基体时往往与NR或者NR的改性产物(如ENR等)并用。

3 TPE基RPSAs

TPE是一种在常温下显示橡胶类材料的弹性,在高温下能够塑化成型的高分子材料^[34],其分子链由低玻璃化温度(T_g)的软段(橡胶段)和高 T_g 的硬段(塑料段)组成。常温下,硬段处于玻璃态,在体系中起物理交联点作用;当温度高于硬段的 T_g 时,物理交联点解除,体系在高温下具有塑性。简而言之,TPE与传统橡胶的本质区别在于交联方式不同,因而也被称为“第3代橡胶”。用作RPSAs基体的TPE主要是苯乙烯嵌段共聚物,包括苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SIS)、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SBS)等^[35]。TPE具有的受热可熔融流动的特点,使TPE基RPSAs可以在熔融状态下进行快速涂布加工,因此TPE是热熔型压敏胶(HMPSAs)的主要基体材料。与以传统化学交联橡胶制得的溶液型和乳液型RPSAs相比,TPE基RPSAs不含有机溶剂,具有良好的环境亲和性。近几年该类RPSAs获得了迅猛发展,已经成为欧美市场上最重要的RPSAs种类之一,广泛应用于胶带、标签等通用领域以及医用等特殊领域^[36]。

但是,作为RPSAs的基体,TPE也存在着一

些缺陷,如分子极性低,与其他材料的相容性以及粘合性能差;耐热、耐老化和低温性能都不如传统化学交联橡胶。因而需要对TPE基体的RPSAs进行有针对性的改进,目前主要有TPE基体改性和增粘树脂优化两个途径。

3.1 TPE基体改性

对TPE基体改性主要针对TPE分子中橡胶段的不饱和双键进行,包括氢化、环氧化、辐射交联、接枝等方法。

3.1.1 氢化

将TPE分子(如SBS和SIS)中的不稳定的双键加氢还原,得到饱和分子(如SEBS和SEPS),可以明显改善RPSAs的耐热、耐候以及耐化学溶剂性能^[37-38]。美国Kraton公司^[39]以SEBS为基体,配合环烷油、抗氧化剂、氢化松香而制备出卫生用RPSAs。这种RPSAs有很多优异的特性,如气味小,对锦纶、棉等织物的粘合力强,剥离时不容易产生内聚破坏,剥离后无胶层残留等。

3.1.2 环氧化

由于SIS和SBS分子极性低,一方面使其与极性基材(如聚氯乙烯、金属、织物等)的粘附性低,限制了其应用范围;另一方面导致其与亲水性药物的相容性差,尤其不利于其在透皮给药等医用领域的应用。利用SIS和SBS分子链中的双键进行环氧化反应,能够提高极性,进而达到改善上述性能的目的^[40-43]。H. Q. Li等^[42]对SIS进行环氧化改性,证实环氧基团的引入使RPSAs在极性基材上的剥离强度大幅提高。Z. F. Zhao等^[43]进一步对环氧化反应的温度和时间进行控制,得到不同环氧化程度的SIS,结果表明适度环氧化对RPSAs在聚对苯二甲酸乙二醇酯基材上的剥离强度产生积极影响,而过度环氧化则会导致基体弹性降低,软段的 T_g 升高,使其不再具有TPE常温下呈现橡胶弹性、高温下能够塑化成型的特殊性质。

3.1.3 辐射交联

紫外线和电子束照射是使不饱和键产生化学交联的有效手段^[44],适度的化学交联可以在提高TPE内聚强度的同时保持其受热熔融流动的特性,进而可以制得持粘性和剥离强度优异的RPSAs。D. H. Lim等^[45]采用紫外线处理SBS和SIS,并分别

制备了RPSAs,结果表明,以处理后SBS和SIS为基体制备的RPSAs的持粘性和剥离强度都大幅提高。美国Shell公司^[46]采用电子束照射SBS,制备出一种新型的交联SBS基RPSAs,与未交联SBS基RPSAs相比,前者持粘性更加优异。

3.1.4 接枝

通过接枝反应向TPE结构中引入极性支链可以增大基体的极性,提高TPE基RPSAs与极性被粘物之间的粘合力。例如,向SBS结构中通过接枝引入甲基丙烯酸甲酯(MMA)得到SBS-g-MMA,并以此为基体进一步制得RPSAs,与以未改性SBS为基体的RPSAs相比,前者具有更高的剪切强度和剥离强度^[47]。

除了引入极性支链外,将与增粘树脂具有优异相容性的聚丁二烯(PB)接枝到SIS分子中,可以明显改善基体与增粘树脂间的相容性。Z. F. Zhao等^[48]试验证明,经PB接枝后的ESIS基RPSAs剥离强度最高可达 $0.23 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$,达到同等环氧化程度但未接枝的ESIS基RPSAs的3倍以上。

除了对传统的TPE基体进行改性以外,近年来还涌现出一些新型TPE材料应用于RPSAs领域,例如聚(苯乙烯-环氧大豆油丙烯酸酯)嵌段共聚物(PS-PAESO)、聚(苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯-环氧乙烷)四嵌段三元共聚物(SISO)等^[49-50]。与传统的SIS基RPSAs相比,新型的TPE基体具有很多优点,例如PS-PAESO具有生物降解性以及更好的生物相容性,而SISO在透皮给药领域的应用更具优势。试验结果表明,SISO结构中适当长度的聚环氧乙烷(PEG)嵌段可以同时提高RPSAs的剥离强度和亲水性药物的释放率,但是过长的PEG嵌段会导致基体结晶,对RPSAs的剥离强度以及亲水性药物在RPSAs中的溶解和扩散均产生不利影响。

3.2 增粘树脂的优化

TPE基RPSAs主要应用于HMPSAs领域,因此除了粘合性能,其加工特性,即熔融粘度也需要关注,而增粘树脂的引入恰好可以同时改进这两方面性能。一方面,增粘树脂的引入可以降低体系的熔融粘度^[51];另一方面,通过对增粘树脂的优化可以使RPSAs的初粘性、持粘性和剥离强度达到最

佳效果。

与NR基RPSAs类似,TPE基RPSAs体系的粘合性能也会受到增粘树脂的种类和用量的影响。K. Yamamura等^[52]研究了SIS/苯乙烯-异戊二烯两嵌段共聚物混合基RPSAs的初粘性能随各种增粘树脂用量增大的变化趋势。结果表明,随着树脂用量的增大,采用松香酯树脂和氢化脂环族烃树脂的体系初粘性随之提高,而采用松香酚醛树脂和C₅石油树脂的体系初粘性则呈现出先上升后下降的趋势,不同的变化趋势归因于不同种类的树脂与基体间的相容性不同。另外,D. J. Kim等^[53]研究发现,对于SIS基RPSAs,使用高软化点的增粘树脂时最大剥离强度出现在低树脂含量时,而使用软化点较低的增粘树脂时情况则相反。

4 结语

与其他种类的压敏胶相比,RPSAs具有独特的优势,近年来其应用领域越来越广,因此与RPSAs相关的工作越发受到关注。对于RPSAs的优化主要从基体改性和优化配方两个方面展开,而新型TPE基RPSAs的开发则是近年来的研究热点,也是极具潜力的研究方向。相信在未来会有越来越多的新技术、新工艺被用于RPSAs领域。

参考文献:

- [1] Deng X H. Progress on Rubber-based Pressure-sensitive Adhesives[J]. Journal of Adhesion, 2018, 94 (2): 77-96.
- [2] Khan I, Poh B T. Natural Rubber-based Pressure-sensitive Adhesives: A Review[J]. Journal of Polymers and the Environment, 2011 (19): 793-811.
- [3] Tong X, Wang Q, Wang H X, et al. Fabrication of pH Sensitive Amphiphilic Hot-melt Pressure Sensitive Adhesives for Transdermal Drug Delivery System[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2014, 48: 217-223.
- [4] Zhao Z F, Zhou Y S, Zhang C Q, et al. Optimization of SIS-based Hot-melt Pressure-sensitive Adhesives for Transdermal Delivery of Hydrophilic Drugs[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2016, 68: 256-262.
- [5] Bieber P R, Stegmaier P M, Overbeck J, et al. Rubber-based Multilayer Pressure-sensitive Adhesive Assembly[P]. EPO: EP 3 020 774, 2016-05-18.
- [6] Bieber P R, Stegmaier P M, Overbeck J, et al. Rubber-based Pressure-sensitive Adhesive[P]. EPO: EP 3 020 773, 2016-05-18.

- [7] 吕凤亭, 杨玉昆. 压敏胶制品技术手册(第2版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.
- [8] 徐崧, 罗英武. 压敏胶研究进展[J]. 化学反应工程与工艺, 2015, 31(6): 556-565.
- [9] Creton C. Pressure-sensitive Adhesives: An Introductory Course[J]. MRS Bulletin, 2003, 28(6): 434-439.
- [10] 黄碧君. 天然橡胶与合成天然橡胶在溶剂型橡胶系压敏胶粘剂中的应用研究[J]. 粘接, 2014(9): 72-75.
- [11] Saramolee P, Lopattananon N, Sahakaro K. Preparation and Some Properties of Modified Natural Rubber Bearing Grafted Poly(methyl methacrylate) and Epoxide Groups[J]. European Polymer Journal, 2014, 56(7): 1-10.
- [12] 张新军, 李花婷, 马维德, 等. SBR1516在压敏胶带中的应用[J]. 橡胶科技市场, 2006, 4(22): 6-7.
- [13] Poh B T, Heng S S. Effect of Blend Ratio on Adhesion Properties of Pressure-sensitive Adhesives Prepared from SBR/SMR L Blends[J]. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2008, 47(3): 325-329.
- [14] Smitthipong W, Nardin M, Schultz J. Effect of Bulk and Surface Properties on Adhesion of Rubbers[J]. National Scientific, 2008, 42: 318-324.
- [15] Bhowmick A K, De P P, Bhattacharyya A K. Adhesive Tack and Green Strength of EPDM Rubber[J]. Polymer Engineering Science, 1987, 27(15): 1195-1202.
- [16] 何兰珍, 杨丹. 环氧化天然橡胶的研究与应用[J]. 弹性体, 2005, 15(5): 60-65.
- [17] 王建功, 任慧, 魏继军, 等. 环氧化天然橡胶对天然橡胶/丁腈橡胶阻尼材料性能的影响[J]. 橡胶工业, 2018, 65(9): 1021-1025.
- [18] 周雍森. 天然橡胶基医用压敏胶的制备及其性能研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2016.
- [19] Poh B T, Kow H K. Peel and Shear Strength of Pressure-sensitive Adhesives Prepared from Epoxidized Natural Rubber[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2007, 105(2): 680-684.
- [20] 杜平高, 郭普生, 鲁德平. 橡胶型压敏胶的研究进展[J]. 粘接, 2014(5): 80-84.
- [21] Radabutra S, Saengsuwan S, Jitchati R, et al. Preparation and Characterization of Modified Telechelic Natural Rubber-based Pressure-sensitive Adhesive[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2017, 31(24): 2682-2696.
- [22] 黄碧君. 增粘树脂在橡胶压敏胶中的应用研究[J]. 粘接, 2013(12): 46-49.
- [23] Lee S Y, Gan S N. The Adhesion Properties of Natural Rubber Pressure-sensitive Adhesives Using Palm Kernel Oil-based Alkyd Resins as a Tackifier[J]. Composite Interfaces, 2013, 20(3): 177-188.
- [24] Poh B T, Suid N H. Effect of Magnesium Oxide and Testing Rate on the Viscosity and Adhesion Properties of Epoxidized Natural Rubber/Acrylonitrile-Butadiene Rubber Blend Based Adhesives[J]. Journal of Adhesion, 2016, 92(4): 282-294.
- [25] Poh B T, Lee P G, Chuah S C. Adhesion Property of Epoxidized Natural Rubber (ENR)-based Adhesives Containing Calcium Carbonate[J]. Express Polymer Letters, 2008, 2(6): 398-403.
- [26] Poh B T, Teh Y Y. Effect of Zinc Oxide and Testing Rate on the Adhesion Property of Styrene-Butadiene Rubber/Standard Malaysian Rubber Blend Adhesives[J]. Journal of Vinyl and Additive Technology, 2016, 22(1): 3-7.
- [27] Khan I, Poh B T. Effect of Silica on Viscosity, Tack, and Shear Strength of Epoxidized Natural Rubber-based Pressure-Sensitive Adhesives in the Presence of Coumarone-Indene Resin[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 118(6): 3439-3444.
- [28] Poh B T, Giam Y F, Yeong F P A W. Tack and Shear Strength of Adhesives Prepared from Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Using Gum Rosin and Petro Resin as Tackifiers[J]. Journal of Adhesion, 2010, 86(8): 846-858.
- [29] Poh B T, Ong L N. Adhesion Properties of Styrene-Butadiene Rubber (SBR)/Standard Malaysian Rubber (SMR L)-based Adhesives in the Presence of Phenol Formaldehyde Resin[J]. Express Polymer Letters, 2007, 1(10): 654-659.
- [30] Poh B T, Chee B C. Effect of Blend Ratio and Testing Rate on the Adhesion Properties of Epoxidized Natural Rubber (ENR25)/Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Blend Adhesive[J]. Journal of Adhesion, 2015, 91(12): 950-961.
- [31] Poh B T, Goon S E. Dependence of Adhesion Property of Acrylonitrile-Butadiene Rubber-based Adhesive on Zinc Oxide Concentration[J]. Journal of Vinyl and Additive Technology, 2017, 23(3): 241-246.
- [32] Poh B T, Teh Y Y. Effect of Blend Ratio and Testing Rate on the Adhesion Properties of Epoxidized Natural Rubber (ENR-50)/Acrylonitrile-Butadiene Rubber (NBR) Blend Adhesive[J]. Journal of Adhesion, 2014, 90(9): 802-813.
- [33] 董洲, 范雯静. 丁基橡胶压敏胶粘带的制备及其性能研究[J]. 中国建筑防水, 2010(8): 1-3.
- [34] 杨清芝. 现代橡胶工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [35] Zhang J Y, Park Y J, Kim H J. A New Approach on the Thermal Stability of SDS Copolymer for HMPSA, Part I: Oxidation Kinetics for the Whole Process[J]. Polymer Degradation and Stability, 2008, 93(5): 1008-1023.
- [36] 李红强, 曾幸荣, 吴伟卿, 等. 热塑性弹性体热熔压敏胶的研究进展[J]. 中国胶粘剂, 2006, 15(6): 47-50.
- [37] 张小林, 程金星, 陶影, 等. 新型热塑性弹性体SEBS及其改性的研究进展[J]. 弹性体, 2005, 15(6): 72-76.
- [38] 高军, 余万能, 屈秀宁. SEPS新型弹性体和催化进展[J]. 弹性体, 2004, 14(5): 61-65.
- [39] De Keyser N R M, Stoner C A. Hot Melt Pressure Sensitive Positioning Adhesive[P]. USA: USP 6 465 557, 2002-10-15.
- [40] Wang Q, Wang Y Z, Zhao Z F, et al. Synthesis of SIS-based Hot-melt Pressure Sensitive Adhesives for Transdermal Delivery of Hydrophilic Drugs[J]. International Journal of Adhesion and

- Adhesives, 2012, 34: 62–67.
- [41] Zhao Z F, Fang B, Li X H, et al. Development of Hot-melt Pressure-sensitive Adhesives for Transdermal Drug Delivery[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2013, 27 (2) : 143–153.
- [42] Li H Q, Zeng X R, Wu W Q. Epoxidation of Styrene-Isoprene-Styrene Block Copolymer and Its Use for Hot-melt Pressure Sensitive Adhesives[J]. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2008, 47 (10) : 978–983.
- [43] Zhao Z F, Wang Z Y, Zhang C Q. Preparation and Characterization of Polarity-modulated SIS-based Hot-melt Pressure-sensitive Adhesives[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2014, 28 (11) : 1090–1102.
- [44] 赵雪娜, 杨洪军, 矫阳, 等. γ 射线辐照对氢化丁腈橡胶硫化胶性能的影响[J]. 橡胶工业, 2018, 65 (12) : 1398–1401.
- [45] Lim D H, Do H S, Kim H J, et al. Preparation of SIS/SBS-based UV-Cross-linkable Pressure-sensitive Adhesives Using the Thiol-ene Reaction[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2007, 21 (7) : 589–603.
- [46] Harbour S B, Fla B H. 2000 Hot Melt Symposium[M]. Atlanta, Ga: TAPPI Press, 2000.
- [47] 陈炳泉, 费鸿良, 白乃斌. 改性热塑性弹性体SBS做胶粘剂[J]. 合成橡胶工业, 1982, 6 (4) : 304–306.
- [48] Zhao Z F, Liu P Y, Zhang C Q, et al. Synthesis and Structure-Property Relationships of SIS-g-PB Copolymers and Their Application in Hot-melt Pressure-sensitive Adhesives[J]. The Royal Society of Chemistry, 2017 (7) : 44068–44075.
- [49] Sotoodeh-Nia Z, Hohmann A, Buss A, et al. Rheological and Physical Characterization of Pressure Sensitive Adhesives from Bio-derived Block Copolymers[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2018, 135 (34) : 46618.
- [50] Zhao Z F, Zhang R J, Zhang C Q, et al. SISO-based Hot-melt Pressure-sensitive Adhesives for Transdermal Delivery of Hydrophilic Drugs[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2017, 74 : 86–91.
- [51] Kim J H, Kim H G, Lim J C, et al. Thermal Properties and Adhesion Strength of Amorphous Poly (α -olefins) / Styrene-Ethylene-Butylene Copolymer/Terpene Hot-melt Adhesive[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2012, 124 (4) : 3312–3319.
- [52] Yamamura K, Shitajima K, Fujii S, et al. Temperature Dependence of Tack and Pulse NMR Analysis of Polystyrene Block Copolymer/Tackifier System[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2013, 27 (24) : 2727–2740.
- [53] Kim D J, Kim H J, Yoon G H. Effect of Substrate and Tackifier on Peel Strength of SIS (Styrene-Isoprene-Styrene)-based HMPSAs[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2005, 25 (4) : 288–295.

收稿日期: 2019-01-25

Development of Rubber-based Pressure Sensitive Adhesives

YANG Yihan, LI Zhuo, LI Yingzhe

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: Rubber-based pressure sensitive adhesives (RPSAs) are widely used in the fields of tape and label, and their adhesive properties can be evaluated in terms of initial adhesion, peel strength and shear adhesion strength. The rubber elastomers used for the matrix of the RPSAs include natural rubber (NR), synthetic rubber (SR) and thermoplastic elastomer (TPE), and TPE has attracted great attention in recent years. The optimization of RPSAs is mainly carried out from two aspects: modification of the matrix and optimization of formulation. Matrix modification includes physical and chemical methods, and formulation optimization includes adjusting the type and additional level of tackifying resin. Compared with other types of the PSAs, RPSAs have unique advantages, and their application will be more and more widespread.

Key words: rubber-based pressure sensitive adhesive; modification of matrix; adhesion property; formulation optimization

启事 自投稿之日起30天内未收到录用通知的作者请与编辑部联系, 确认未被录用或已收到未录用通知的作品方可投向其他刊物, 切勿一稿多投, 谢谢合作!