SIS 热熔压敏胶的工业化生产及其在透皮贴剂中的应用

方泽卿，罗华菲*，朱慧勇，黄贺敏
（中国医药工业研究总院医药先进制造国家工程研究中心，上海 201203）

摘要：文章系统综述了苯乙烯 - 异戊二烯 - 苯乙烯三嵌段共聚物（SIS）热熔压敏胶的组成，包括 SIS 热塑性弹性体、增黏剂、增塑剂、抗氧剂及填料等成分。在此基础上，深入探讨了 SIS 制备工艺流程，并详细分析了涂布工艺和干燥工艺对热熔压敏胶性能的影响。最后，文章总结并评估了 SIS 热熔压敏胶在透皮贴剂基质中的应用现状。

关键词：苯乙烯 - 异戊二烯 - 苯乙烯三嵌段共聚物；热熔压敏胶；工业化生产；透皮贴剂；应用
中图分类号：TQ436^{+}.3；R944.9　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1001-8255(2025)06-0715-08
引用：方泽卿，罗华菲，朱慧勇，等．SIS 热熔压敏胶的工业化生产及其在透皮贴剂中的应用［J］．中国医药工业杂志，2025, 56(6): 715-722．DOI：10.16522/j.cnki.cjph.2025.06.002

Industrial Production of SIS Hot-melt Pressure-sensitive Adhesives and Its Application to Transdermal Patches

FANG Zeqing, LUO Huafei*, ZHU Huiyong, HUANG Hemin
(*National Advanced Medical Engineering Research Center, China State Institute of Pharmaceutical Industry, Shanghai 201203*)

ABSTRACT: This review provides a systematic overview of the composition of styrene-isoprene-styrene triblock copolymer (SIS) hot-melt pressure-sensitive adhesives, including SIS thermoplastic elastomers, tackifiers, plasticizers, antioxidants, and fillers. Based on this, it details the preparation process and analyzes how coating and drying processes affect performance of hot-melt pressure-sensitive adhesives. Finally, this review summarizes current applications of SIS hot-melt pressure-sensitive adhesives as matrix materials to transdermal patches.

Key Words: styrene-isoprene-styrene triblock copolymer; hot-melt pressure-sensitive adhesive; industrial production; transdermal patch; application

热熔压敏胶（hot-melt pressure-sensitive adhesives，HMPSA）是一种不含溶剂的胶黏剂，基质材料为热塑性弹性体（thermoplastic elastomers，TPE）。TPE 通常由 2 个玻璃化转变温度（glass transition temperature，T_g）较高的短链热塑性硬段（A 嵌段，如苯乙烯嵌段）和 1 个 T_g 较低的长链弹性软段（B 嵌段）构成 A-B-A 型线性分子链结构[1—2]，属于特殊的三嵌段共聚物。因此，该类胶黏剂结合了橡胶在常温时的高弹性和塑料在高温时的可塑性，兼具热熔性和压敏性[3]。A 嵌段常为苯乙烯嵌段，可与不同的 B 嵌段构成不同的苯乙烯类 TPE，如苯乙烯 - 丁二烯 - 苯乙烯嵌段共聚物（styrene-butadiene-styrene block copolymer，SBS）、苯乙烯 - 乙烯 - 丁二烯 - 苯乙烯嵌段共聚物（styrene-ethylene-butadiene-styrene block copolymer，SEBS）、苯乙烯 - 异戊二烯 - 苯乙烯三嵌段共聚物（styrene-isoprene-styrene triblock copolymer，SIS）、苯乙烯 - 乙烯 - 丙烯 - 苯乙烯嵌段共聚物（styrene-ethylene-propylene-styrene block copolymer，SEPS）和苯乙烯 - 异丁烯 - 苯乙烯嵌段共聚物（styrene-isobutene-styrene block copolymer，SIBS）等[4]（图 1）。本研究聚焦 SIS 热

收稿日期：2024-11-26
作者简介：方泽卿（2000—），男，硕士研究生，专业方向：热塑性弹性体压敏胶。
通信作者：罗华菲（1977—），女，研究员，博士生导师，从事经皮药物递送与新型黏附技术的研究。
E-mail：luohuafei01@sinopharm.com

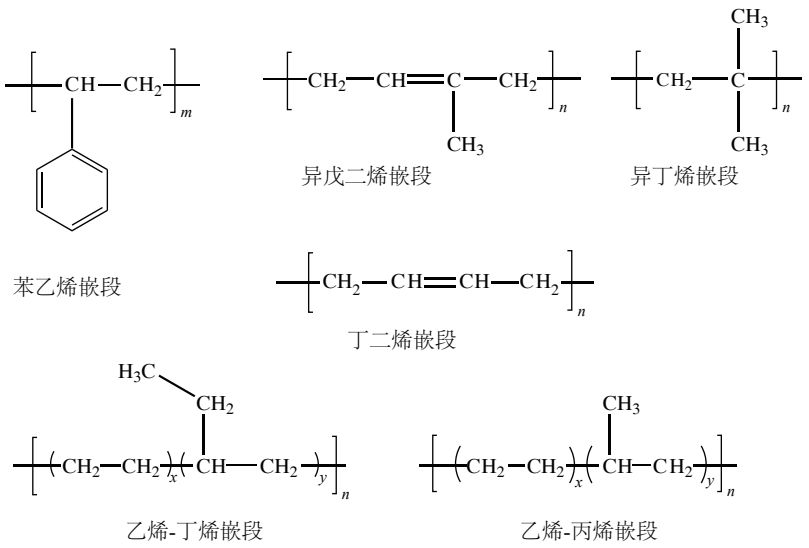


图 1　苯乙烯类嵌段共聚物中不同嵌段的化学式

Fig.1　Chemical Formulas of Different Blockers of Styrene Block Copolymers

熔压敏胶，探讨其制备工艺，详细分析了涂布工艺和干燥工艺对其性能的影响，并总结、评估了 SIS 热熔压敏胶在透皮贴剂基质中的应用进展。

1　SIS 热熔压敏胶的组成

SIS 热熔压敏胶是一种由 SIS 热塑性弹性体、增黏剂、增塑剂、填料、抗氧剂等多种成分组成的高性能黏合剂。下面分别介绍 SIS 热熔压敏胶的各个组成部分。

1.1　SIS 热塑性弹性体

SIS 通常以多孔或致密形态的白色颗粒状物质存在，易溶于甲苯和四氢呋喃等有机溶剂，不溶于乙醇和水，多采用基于阴离子聚合技术的顺序聚合法、偶联聚合法及多功能引发剂法等 [4—5] 合成。SIS 相对分子质量分布、聚苯乙烯（polystyrene，PS）嵌段与聚异戊二烯（polyisoprene，PI）嵌段的比例（S/I）、二嵌段共聚物含量、拓扑结构（线形或星形）等参数，对材料的宏观物理性质如机械性能、力学行为、黏弹性特征具有显著的调控作用 [6]。其中，SIS 平均相对分子质量和相对分子质量分布按系列国家标准 GB/T 36214.1—2018 ～ GB/T 36214.5—2018 的规定，使用体积排除色谱（size exclusion chromatography，SEC）法检测。

此外，常采用 FT-IR 法、NMR 法和裂解气相色谱（pyrolysis-gas chromatography，Py-GC）-MS 法鉴定和分析 SIS 的结构。FT-IR 法是通过检测 699 cm^{-1} 处（苯乙烯嵌段）和 838 cm^{-1} 处（异戊二烯嵌段）的吸光度来确定苯乙烯含量。^{1}H NMR 和 ^{13}C NMR 法是通过归属特征峰来进行成分和定量分析，可粗略测定 SIS 中异戊二烯的顺式 -1,4 结构和反式 -1,4 结构含量，以及各嵌段含量比 [7—8]。Py-GC-MS 法是将 SIS 分解为苯乙烯和异戊二烯单体，用戊二烯和苯乙烯的相对峰强度比作为其物质的量比来对苯乙烯进行定量 [9]。此外，WANG 等 [9] 开发了一种在实际工业应用中更简便和快速的方法——体积排阻色谱与紫外（ultraviolet，UV）和折射率（refractive index，RI）法，将利用 UV 和 RI 信号形成的峰面积比与 NMR 法测得的苯乙烯单元含量进行相关性分析，以此来确定三嵌段共聚物中苯乙烯的平均含量。

1.2　增黏树脂

HMPSA 常用的增黏树脂包括石油树脂、松香树脂和萜烯树脂等 [10—12]（表 1）。增黏树脂可通过降低模量、提高最终黏合剂的 T_g 值来平衡基体树脂的黏附力和内聚力。随着增黏树脂用量的增加，剥离力和初黏力呈现先上升后下降的趋势 [13]；然而，当树脂使用过量（>50%）时，游离态树脂会导致胶体内聚力下降，从而显著减弱初黏力、持黏

力及剥离强度[3]。

此外，根据增黏树脂与 SIS 分子结构中聚苯乙烯和聚异戊二烯链段的相容性差异，增黏树脂可分为 3 类。第一类增黏树脂（包括松香树脂、萜烯树脂、脂肪族石油树脂、软化点较低的萜烯酚醛树脂）主要与聚异戊二烯链段相容，产生较强的相互作用，通常具有较高的极性。第二类增黏树脂（包括芳香族石油树脂、古马龙 - 茚树脂、芳香族改性的萜烯树脂与茚树脂）主要与聚苯乙烯链段相容，无法与聚异戊二烯链段形成有效的相互作用。第三类增黏树脂（包括软化点较低的芳香族石油树脂、软化点较高的萜烯酚醛树脂）则能同时与聚苯乙烯和聚异戊二烯链段相容，产生不同的相互作用，从而提供均衡的黏接性能[14]。

1.3 增塑剂

HMPSA 常用的增塑剂包括二元酸酯类合成增塑剂（例如邻苯二甲酸二辛酯）和石油系列增塑剂（如石蜡系、环烷烃系和芳香族系）。增塑剂能调节 SIS 的分子间距，增强其与增黏树脂的相容性[15]。增塑剂或矿物油可大幅降低胶黏剂的硬度、软化点和熔融黏度，从而加速基质的熔化[16]。此外，增塑剂还能提升热熔胶的柔韧性和抗冷性，扩大胶黏剂基材的润湿表面积，提高热熔胶的黏接强度，以及在室温时保持压敏胶的黏弹性[3]。

1.4 抗氧剂

SIS 中的异戊二烯嵌段（图 1）含有不饱和碳碳双键，易受到空气中的氧气、臭氧和紫外线等因素的影响，发生氧化降解或分子交联，形成难熔的网状结构物，导致 SIS 被氧化并使 HMPSA 性能下降[17]。抗氧剂可降低聚合物在生产过程中发生氧化的风险，且能提高产品质量的稳定性，延长其货架寿命[18]。常用的抗氧剂分为两级：一级抗氧剂（如芳香胺、受阻酚类及其衍生物），通过提供活泼的氢原子与过氧自由基和烷基自由基发生快速反应；二级抗氧剂（如硫醚类化合物），通过分解过氧化氢，生成非自由基产物。

1.5 填料

填料可分为无机填料和有机填料，一般用量在 0.1%～ 5%。无机填料主要指矿物填料（如碳酸钙、硅酸盐等），能提高 HMPSA 的相对密度、增强其脆性，并改善耐热性、收缩率等。而有机填料（如棉花、绸布等）则可以改善树脂的脆性，同时具备较小的密度和较高的吸湿性，但耐热性通常不佳[17]。

1.6 聚异丁烯（polyisobutene，PIB）

低相对分子质量的 PIB 通常作为增塑剂使用，而中、高相对分子质量的 PIB 则用于调节弹性、延伸性和内聚力。由于具有较低的 T_g 值，PIB 能在低温环境中保持柔性和弹性；而在高温条件下，PIB 能降低 HMPSA 的黏度，进而优化加工性能。在 HMPSA 的配方中，PIB 能与 SIS 热塑性弹性体、增黏树脂和增塑剂等其他组分互溶，提供持久的黏性，维持良好的色泽，并提高化学反应稳定性。PIB 还具有良好的抗氧化和抗紫外线降解性，从而帮助改善热熔压敏胶的耐老化性能，延长产品的使用寿命[19]。

2 SIS 热熔压敏胶的制备

2.1 制备工艺

SIS 热熔压敏胶的制备方法包括热熔法混合与熔体涂布（melt blending and melt coating）、热熔法混

表 1 增黏树脂的分类及特点

Tab.1 Classification and Characteristics of Tackifying Resin

来源	类型	亚型	原料	特点	优势	劣势
合成	石油树脂	C5 脂肪族树脂，C9 芳香族树脂，环脂肪族树脂，氢化石油树脂	C5，C9，二环戊二烯，苯酚，其他	低分子聚合物，T_g 值高于室温	有良好的相容性、黏接性、耐热和耐老化性，有些等级是无色的	可用性受限，等级范围有限
天然	松香树脂	松香甲酯，松香乙二醇酯，松香季戊四醇酯，松香甘油酯，氢化松香甘油酯	歧化松香，氢化松香，浮油松香，脂松香，木松香，其他	非聚合物，不同单体的低分子混合物	通用等级范围宽，有良好的相容性和黏接性	耐老化性差，泛黄，附着力低
	萜烯树脂	聚萜烯树脂，氢化萜烯树脂，萜烯 - 苯乙烯树脂，萜烯酚醛树脂	*α*- 蒎烯、*β*- 蒎烯、右旋柠檬烯	通常是低分子聚合物，T_g 值高于其他树脂	通用等级范围宽，有良好的耐热和耐老化性，有些等级是无色的	成本较高，机械强度相对较低

合与溶液涂布（melt blending and solvent coating）和溶剂法混合与溶液涂布（solvent blending and solvent coating）[20]。

2.1.1　热熔法混合与熔体涂布

该法制备流程如图 2 所示。在反应釜（立式混合机 / 卧式捏合机 / 螺杆挤出机）中，首先将低分子组分（增塑剂及抗氧剂）投至混合槽中，在氮气保护下逐渐升温至约 120 ℃，加热熔化。由于增黏树脂受热易凝聚成团，因此需缓慢、分批投入以避免结块。待增黏树脂完全溶解后，再升温至 160 ～ 180 ℃，随后分批投入 SIS，同时应防止过快加入而导致体系温度骤降和物料凝聚。持续搅拌至体系呈均匀、透明、黏稠的状态，停止搅拌，保温静置并进行脱气处理。最后，趁热倾倒到模具中[16]。

热熔技术无需使用溶剂，因此无需回收和后处理；同时，不产生有害的挥发性有机化合物（volatile organic chemicals，VOCs），对环境污染较小。此外，采用该技术制备 HMPSA 时，物料快速地从熔融状态转变为固态，其间无需干燥，缩短了生产周期，降低了运输与仓储成本。鉴于以上环保、高效、经济，以及产物具有良好黏接性能等优势，热熔技术已在 HMPSA 工业生产领域得到广泛应用[21—22]。

然而，该制备过程依赖于能够承受高温和高压的专业反应设备。在原料选择上，该法也存在一定的局限性，原因是一些原料在高温条件下可能会发生分解或与体系不兼容，且混合时间越长，胶液的熔融黏度和剪切力越低[23]。此外，受到所选原料种类及其配比的限制，采用热熔法制备的 HMPSA 还会在性能调控方面表现出一定的局限性。

2.1.2　热熔法混合与溶液涂布

HMPSA 作为一类环境友好型胶黏剂，其工业化生产主要采用无溶剂的熔融加工工艺。然而，在实验室条件下，受限于热熔涂布设备的缺失，需通过溶剂稀释法调控热熔工艺制得的胶液黏度，进而采用溶液涂布技术制备 HMPSA 贴剂。根据溶解度参数理论，通常考虑使用与甲苯极性相近的溶剂，例如四氯化碳和辛烷[20]。

2.1.3　溶剂法混合与溶液涂布

溶剂法制备压敏胶的主要工艺流程通常包含以下步骤[24]：首先将主体聚合物，如 SIS 与增黏树脂等组分溶于有机溶剂体系中，通过搅拌实现组分的均质化；待固相物质完全溶解状态后，将胶液经精密涂布设备均匀涂覆于基材表面，最终经程序化干燥处理，脱除残余溶剂，得到终产品。

溶剂法的主要优点在于能够通过改变溶剂的类型和比例来精确控制压敏胶的性能，包括黏性和柔韧性等关键特性[20]。该方法因工艺成熟度高，被广泛应用于生产多种高性能压敏胶产品。尽管如此，溶剂法也存在一些缺点，如可能产生溶剂残留，对环境和操作人员健康构成潜在风险，以及较高的能

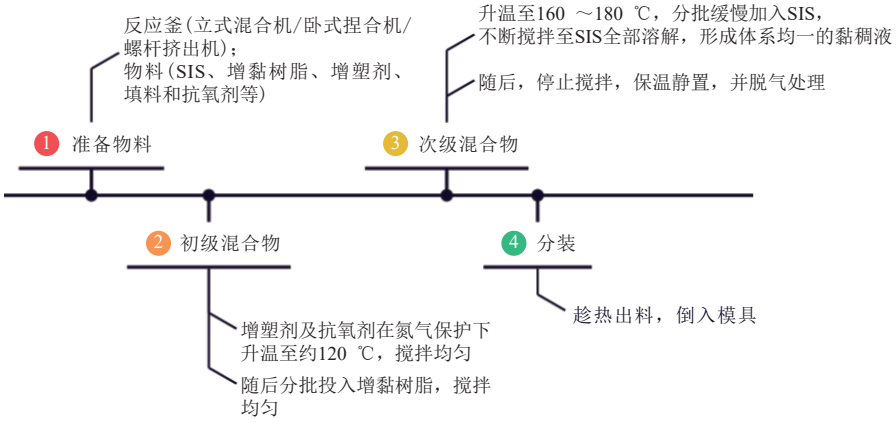


图 2　SIS 热熔压敏胶的制备流程

Fig.2　Preparation Process of SIS HMPSA

源消耗和生产成本。

2.2 涂布工艺

涂布技术是将特定材料（如胶黏剂）均匀地涂覆在某种基材表面的工艺，包括干法涂布（dry coating）和湿法涂布（wet coating）。常见的涂布方法包括刮涂法（不锈钢片刮刀、逗号刮刀、刮棒、钢丝刮刀、气流刮刀等）、辊涂法（光辊和网纹辊等）、喷涂法、狭缝式涂布（slot die coating）和狭缝式挤出涂布（extrusion slot die coating）等[25—27]（图 3）。狭缝式涂布是一种高精度的涂布技术，工作原理是在一定压力下，将低黏度涂布液沿着模具的缝隙压出并转移到移动的基材上。狭缝式挤出涂布与狭缝式涂布的不同之处在于，前者常用于涂布高黏度的涂布液和较厚的涂布厚度。

国家标准《涂布机术语：GB/T 41515—2022》[28]定义的涂布缺陷包括点状缺陷（例如气泡、缩孔）、线状缺陷（例如竖条道、横条道和斜条道）以及边缘效应（例如厚边）等。这些缺陷的成因多样：点状缺陷通常由搅拌过程中产生的气泡、涂液运输中的杂质或浆料搅拌不均匀所导致；线状缺陷往往与涂布设备的异物、不当的涂布参数设置、机械振动或供料流动的周期性波动有关；边缘效应，则是由表面张力导致的物质迁移造成。在产业化过程中，必须确保涂布的精度、稳定性、均匀性和可重复性，并确保涂布后的胶体无气泡且表面光滑平整。

2.3 干燥工艺

溶剂型压敏胶的干燥工艺对 SIS 热熔压敏胶的质量和性能具有重要影响。该工艺的关键在于精确控制干燥温度、驻留时间、烘箱类型、环境湿度、空气流通速率、涂布胶层的厚度和固含量等关键参数[29—30]。

溶剂型压敏胶的干燥方法主要包括热风干燥、微波干燥和红外线干燥等。在涂布行业中，常见的干燥单元类型包括导辊式、气浮式、传送带式、螺旋气垫式和鼓式干燥[31—32]。导辊式干燥单元通过加热的辊子传递热量；气浮式干燥单元通过一系列上下交错、水平排列的气流托起基材以减少损伤；传送带式干燥单元适用于多个领域，并可根据不同的基材调整参数以优化干燥效果；螺旋气垫式干燥单元通过气体托起基材，以实现无接触干燥；鼓式干燥则通过热传导加热基材。此外，通过程序控制方式，可根据所用溶剂的挥发特性，调整不同温度的气体处理步骤，以减少或避免气泡产生的问题。

3 SIS 热熔压敏胶在局部和透皮给药系统的应用

理想的 SIS 热熔压敏胶须具备以下核心性能。①黏附性能[33]，可通过检测初黏力、持黏力、剥离强度及抗冷流性进行表征；②载药能力，在贮存及使用过程中应无晶体析出；③释药性能，包括体外释放与体外透皮性能；④生物安全性[34]，无皮肤刺激性及过敏性反应；⑤透气特性[35]，要求水蒸气透过率高，皮肤不易出现积水或泛白现象，提高使用者的舒适度和依从性；⑥力学性能，拉伸强度与断裂伸长率需满足要求；⑦易加工性[6]，要求热稳定性、熔融温度区间、熔体流动特性及软化点参数符合生产要求。SIS 热熔压敏胶主要用作中药、化药热熔型贴剂的基质，不仅可发挥黏附作用，还可调控药物的热力学活性和释放速率。SIS 热熔压敏胶通常作为亲脂性药物的载体，在低亲脂性与亲水性药物的递送应用中存在明显的局限性。可采取 2 种方法改善 SIS 热熔压敏胶的极性：一是进行芳香化修饰或添加极性增黏树脂（如松

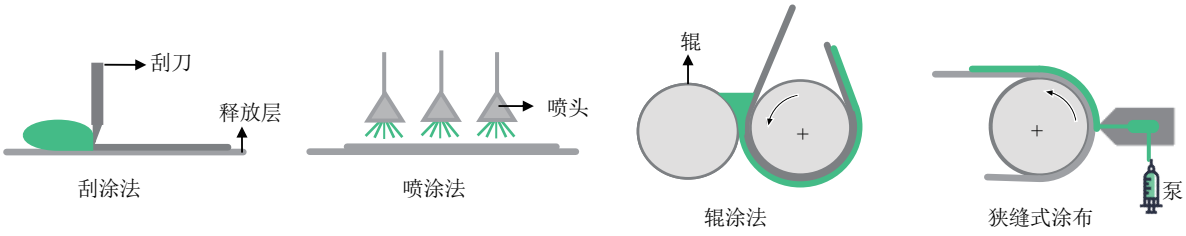


图 3 常见的涂布方法

Fig.3 Common Coating Methods

香及其衍生物）；二是通过环氧化法、磺化法、等离子法、接枝法或物理共混法进行化学改性以引入极性基团，从而增大 SIS 的极性[36—38]。表 2 列举了应用 SIS 热熔压敏胶的已上市经皮给药系统产品的基本情况（数据截至 2024 年 12 月）。

4　总结

透皮贴剂产业已进入快速发展阶段，其中以压敏胶基质型透皮贴剂为代表的新型制剂技术体系日趋完善。SIS 热熔压敏胶作为一种新型药物递送系统的功能载体材料，具有涂布方便、生产率高、成本低和生

表 2　SIS 热熔压敏胶在经皮给药系统中的应用

Tab.2　Applications of SIS HMPSA to Transdermal Drug Delivery Systems

商品名	通用名	规格	活性成分	适应证	生产厂家	辅料
Allesaga Tape	富马酸依美斯汀贴剂	4 mg/8 cm^2；8 mg/16 cm^2	富马酸依美斯汀	过敏性鼻炎	日本 Hisamitsu 制药株式会社	SIS、PIB、脂环族饱和烃树脂、液状石蜡、二丁基羟基甲苯（butylated hydroxyfoluene，BHT）等
Allydone Patches	多奈哌齐透皮贴剂	27.5 mg；55 mg	多奈哌齐	阿尔茨海默病	日本 Teikoku 制药株式会社	SIS、氢化松香酯、液状石蜡等
Estrana Tape	雌二醇透皮贴剂	0.09 mg/1.125 cm^2；0.18 mg/2.25 cm^2；0.36 mg/4.5 cm^2；0.72 mg/9.0 cm^2	雌二醇	更年期综合征	日本 Hisamitsu 制药株式会社	SIS、PIB、氢化松香酯、液状石蜡、BHT、克罗米通等
Exelon Patch	卡巴拉汀透皮贴剂	4.5 mg/2.5 cm^2；9 mg/5 cm^2；13.5 mg/7.5 cm^2；18 mg/10 cm^2	卡巴拉汀	阿尔茨海默病	瑞士 Novartis 公司	SIS、PIB、液状石蜡、聚对苯二甲酸二酯薄膜
Felbinac Tape	联苯乙酸透皮贴剂	70 mg/140 cm^2	联苯乙酸	镇痛、消炎	日本 Hisamitsu 制药株式会社	SIS、PIB、氢化松香甘油酯、液状石蜡、BHT、L- 薄荷醇、合成硅酸铝等
Fentos Tape	枸橼酸芬太尼透皮贴剂	0.5 mg/5 cm^2；1 mg/5 cm^2；2 mg/10 cm^2；4 mg/20 cm^2；6 mg/30 cm^2；8 mg/40 cm^2	枸橼酸芬太尼	镇痛	日本 Hisamitsu 制药株式会社	SIS、PIB、脂环族饱和烃树脂、液状石蜡、BHT、合成硅酸铝等
Haruropi Tape	盐酸罗匹尼罗透皮贴剂	8 mg/5.33 cm^2；16 mg/10.67 cm^2；24 mg/16 cm^2；32 mg/21.33 cm^2；40 mg/26.67 cm^2	盐酸罗匹尼罗	帕金森病	日本 Hisamitsu 制药株式会社	SIS、PIB、脂环族饱和烃树脂、液状石蜡
Loqoa Tape	艾氟洛芬贴剂	40 mg/140 cm^2	艾氟洛芬	镇痛、消炎	日本 Taisho 制药株式会社	SIS、PIB、氢化松香甘油酯、液状石蜡、BHT、丙二醇二辛酸酯等
Loxonin Tape	洛索洛芬钠贴剂	50 mg/70 cm^2；100 mg/140 cm^2	洛索洛芬钠	镇痛、消炎	日本 Lead Chemical 株式会社	SIS、PIB、氢化松香甘油酯、液状石蜡、BHT、L- 薄荷醇等
Millistape Tape	硝酸甘油透皮贴剂	5 mg	硝酸甘油	心脏病	日本 Kayaku 株式会社	SIS、脂环族饱和烃树脂、液状石蜡等
Mohrus Tape	酮洛芬贴剂	20 mg/70 cm^2；40 mg/140 cm^2	酮洛芬	镇痛、消炎	日本 Hisamitsu 制药株式会社	SIS、PIB、氢化松香甘油酯、液状石蜡、BHT、L- 薄荷醇、4- 叔丁基 -4'- 甲氧基二苯甲酰甲烷等
Neoxy Tape	盐酸奥昔布宁透皮贴剂	73.5 mg/52.5 cm^2	盐酸奥昔布宁	膀胱过度活动症	日本 Hisamitsu 制药株式会社	SIS、PIB、脂环族饱和烃树脂、液状石蜡、香料（苯乙醇）等
Salonpas Patch	复方水杨酸甲酯薄荷醇贴剂	3%；10%	薄荷醇；水杨酸甲酯	镇痛	日本 Hisamitsu 制药株式会社	SIS、PIB、脂环族饱和烃树脂、矿物油、合成硅酸铝
Voltaren Tape	双氯芬酸钠贴剂	15 mg/70 cm^2；30 mg/140 cm^2	双氯芬酸钠	镇痛、消炎	日本 Dojindo 化工株式会社	SIS、PIB、脂环族饱和烃树脂、液状石蜡、BHT、*N*- 甲基 -2- 吡咯烷酮、L- 薄荷醇等
Yakuban Tape	氟比洛芬贴剂	20 mg/70 cm^2；40 mg/140 cm^2；60 mg/210 cm^2	氟比洛芬	镇痛、消炎	日本 Tokuhon 制药株式会社	SIS、PIB、氢化松香甘油酯、液状石蜡、BHT、L- 薄荷醇等
Zicthoru Tape	双氯芬酸钠贴剂	75 mg/70 cm^2	双氯芬酸钠	镇痛、消炎	日本 Hisamitsu 制药株式会社	SIS、PIB、脂环族饱和烃树脂、氢化松香甘油酯、液状石蜡、二甲基亚砜、油酸、硬脂酸锌、香料（苯乙醇）等
ZTlido	利多卡因贴剂	1.8%	利多卡因	镇痛	美国 Scilex Pharms 公司	SIS、PIB、萜烯树脂、矿物油、BHT、二丙二醇、异硬脂酸、二氧化硅

态友好等优点，并正在逐步取代溶剂型和乳液型压敏胶，展现出广阔的发展前景。本研究综述了 SIS 热熔压敏胶的组成及其与产品性能之间的相关性，并探讨了 SIS 热熔压敏胶的制备工艺，这对于经皮给药系统的开发具有重要的理论与实践指导意义。

参考文献：

[1] LUO H Y, HAN H, CHI H F, *et al*. Research on the viscous flow transition of styrene-isoprene-styrene triblock copolymer by Rheology [J]. *J Polym Res*, 2021, **28**(5): 160.

[2] HOSOYA R, ITO M, NAKAJIMA K, *et al*. Coarse-grained molecular dynamics study of styrene-block-isoprene-block-styrene thermoplastic elastomer blends [J]. *ACS Appl Polym Mater*, 2022, **4**(4): 2401-2413.

[3] 王 平, 廖伟超, 舒 畅. 无溶剂型热熔压敏胶的制备及影响因素研究 [J]. 广东化工, 2021, **48**(12): 30-32.

[4] 金玉顺, 伍一波, 刘若凡, 等. 热塑性弹性体的制备与改性研究进展 [J]. 弹性体, 2023, **33**(6): 83-91.

[5] 董家新. 丙烯酸酯嵌段共聚物基热熔胶制备工艺及应用性能研究 [D]. 杭州: 浙江大学硕士学位论文, 2023.

[6] 余俊良. SIS 二嵌段含量对热熔压敏胶的性能影响研究 [J]. 广东化工, 2022, **49**(17): 13-14.

[7] 卜少华, 吴春红, 王足远. ^{1}H-NMR 表征热塑性弹性体 SIS 的微观结构 [J]. 合成树脂及塑料, 2015, **32**(1): 63-66.

[8] CHAKRAPANI S B, MINKLER M J, BECKINGHAM B S. Low-field ^{1}H-NMR spectroscopy for compositional analysis of multicomponent polymer systems [J]. *Analyst*, 2019, **144**(5): 1679-1686.

[9] WANG M F, WANG Y R, LUO P, *et al*. Simultaneous determination of the styrene unit content and assessment of molecular weight of triblock copolymers in adhesives by a size exclusion chromatography method [J]. *J Sep Sci*, 2017, **40**(20): 3987-3995.

[10] 杜新胜, 王善伟, 徐惠俭, 等. 石油树脂相容性的应用研究现状 [J]. 粘接, 2015, **36**(5): 93-95.

[11] 张令华. 不同增粘树脂对热熔胶性能影响的研究 [D]. 济南: 济南大学硕士学位论文, 2016.

[12] POCIUS A V. The chemistry and physical properties of elastomer-based adhesives [M]//POCIUS A V. Adhesion and Adhesives Technology. Third Edition. Munich: Hanser, 2012: 273-306.

[13] 冯守爱, 高 阳, 刘 鸿, 等. 标签用热熔压敏胶的制备及性能研究 [J]. 当代化工, 2019, **48**(4): 679-682.

[14] 陶 虹. 黄体酮热熔压敏胶透皮贴剂的设计及评价 [D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学博士学位论文, 2015.

[15] 仪海霞, 徐勤福, 赵峰俊, 等. SIS 型热熔压敏胶影响因素分析 [J]. 化学与黏合, 2015, **37**(1): 28-30.

[16] 曹通远. 热熔压敏胶及其流变学 [M]. 第 1 版. 北京: 化学工业出版社, 2024: 115-118.

[17] 邢立江, 张书会. SIS 热熔压敏胶的制备 [J]. 化学与生物工程, 2020, **37**(12): 59-62.

[18] COLMENAREZ L C A, FASCIO M L, D'ACCORSO N B. Ring opening in epoxidized SIS block copolymer with thiolated nucleophiles and their antioxidant activity [J]. *React Funct Polym*, 2022, **181**: 105445.

[19] 陈 辉, 魏绪玲, 李树新, 等. 低中高分子量聚异丁烯技术进展及应用 [J]. 化工新材料, 2024, **52**(4): 36-41.

[20] XUE J, WANG J, HUANG H F, *et al*. Feasibility of processing hot-melt pressure-sensitive adhesive (HMPSA) with solvent in the lab [J]. *Processes*, 2021, **9**(9): 1608.

[21] 王永刚, 关子昂, 于鑑衡, 等. 热熔胶基质和热熔胶贴膏制备技术的应用分析 [J]. 中国现代应用药学, 2022, **39**(8): 1088-1094.

[22] GHARDE S, SHARMA G, KANDASUBRAMANIAN B. Hot-melt adhesives: fundamentals, formulations, and applications: a critical review [M]//MITTAL K L. Progress in Adhesion and Adhesives. Hoboken: Wiley, 2021: 1-28.

[23] 刘 婕, 邸东华, 王 达. 流变学在热熔挤出制剂加工中的应用 [J]. 药学研究, 2018, **37**(12): 728-732.

[24] 徐耀琪, 吴洪文. 一种高持粘 SIS 热熔压敏胶及其制备方法: 中国, 113234405A [P]. 2021-08-10.

[25] EBNESAJJAD S, LANDROCK A H. Adhesive applications and bonding processes [M]//EBNESAJJAD S, LANDROCK A H. Adhesives Technology Handbook. Third Edition. Boston: William Andrew Publishing, 2015: 206-234.

[26] SHIM E. Coating and laminating processes and techniques for textiles [M]//SMITH W C. Smart Textile Coatings and Laminates. Second Edition. Cambridge: Woodhead Publishing, 2019: 11-45.

[27] BUTT M A. Thin-film coating methods: a successful marriage of high-quality and cost-effectiveness—a brief exploration [J]. *Coatings*, 2022, **12**(8): 1115.

[28] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 涂布机术语: GB/T 41515—2022 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022-07-11.

[29] ROBERT CZECH Z. Pressure-sensitive acrylic adhesives (PSAs): how it began and the present state of art

［J］. *ChemTexts*, 2024, **10**(3): 6.

［30］ SHIRI R, AHMADI-DEHNOEI A, GHASEMIRAD S. Effect of drying conditions on adhesion strength of a pressure-sensitive adhesive［J］. *J Adhesion*, 2024, **100**(1): 1-29.

［31］ 李路海, 谭绍勋, 谢宜风. 涂布复合技术［M］. 第2版. 北京: 文化发展出版社, 2016: 1-11.

［32］ RUDAWSKA A. Surface treatment methods［M］// RUDAWSKA A. Surface Treatment in Bonding Technology. New York: Academic Press, 2019: 47-62.

［33］ ZHAO Z F, LIU P Y, ZHANG C Q, *et al*. Hot-melt pressure-sensitive adhesives based on SIS-g-PB copolymer for transdermal delivery of hydrophilic drugs［J］. *Int J Adhes Adhes*, 2019, **91**: 72-76.

［34］ 宋　波, 张文晋, 康传志. 透皮制剂质量评价要点分析及开发策略［J］. 中国新药杂志, 2022, **31**(19): 1865-1871.

［35］ NOZAWA M, GOTO M, WADA Y, *et al*. Generic selection criteria for safety and patient benefit［X］: water-vapor permeability and peel force properties of brand-name and generic ketoprofen tapes［J］. *Drug Discov Ther*, 2021, **15**(2): 87-92.

［36］ 武晓妹, 刘思妮, 马红卫. 苯乙烯 - 异戊二烯 - 苯乙烯嵌段共聚物环氧 - 开环极性化及其性能［J］. 合成树脂及塑料, 2022, **39**(3): 1-7.

［37］ 张瑞杰, 赵忠夫, 张春庆, 等. 功能型 SIS 热熔压敏胶及在外用贴剂中的应用［J］. 粘接, 2016, **37**(9): 29-35.

［38］ 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］. *Int J Adhes Adhes*, 2016, **68**: 256-262.

