

耐低温防水沥青改性

苏洪威¹, 余 熙¹, 李振宇^{1*}, 武元鹏^{1*}, 任 雯², 杨小林²

(1. 油气田工作液功能材料研究中心 新能源与材料学院 西南石油大学, 成都 610500;

2. 四川杨氏达防水材料有限公司, 成都 610500)

摘要:随着近几年我国公路事业发展愈来愈快, 以及部分建筑业的需求, 沥青的使用量一直在上升。但沥青在高温下易流动、低温下易脆裂的特性, 限制了其在工程领域中的直接使用。通过添加不同的物质对沥青进行改性是目前研究的一大重点。根据添加的改性物质的不同, 现就几种主流改性沥青的发展现状进行介绍。包括掺杂橡胶改性、掺杂 SBS 改性、纳米粒子改性、复合改性等, 探讨了各种改性机理, 总结了其优缺点, 并对今后的耐低温防水改性沥青研究方向进行了展望。

关键词:改性沥青; 耐低温; 防水

引言

沥青作为高速公路和一些建筑施工中重要的胶结材料, 已被广泛应用^[1~3]。随着经济的飞快发展, 行车荷载、交通量的猛增, 普通沥青在路面层特别是磨损层中的弊端日益突出, 难以满足当前提高路面服务质量的要求, 尤其是在寒冷地区。在严寒地区, 沥青路面比较容易出现两种裂缝的形式: 一种是低温造成的龟缩裂缝, 另一种是昼夜温差反复较大造成的温度疲劳裂缝。特别是在一些海拔较高、冬季雨雪长期融解困难的地区, 突然大规模降温很可能造成沥青层低温收缩裂缝。因此, 各种改性沥青成为研究人员的研究热点^[4~8]。

随着石油提炼技术越来越先进, 作为石油残渣的基质沥青性能却变得越来越差, 而沥青使用环境越来越苛刻, 人们不得不通过添加改性剂来改善基质沥青的品质, 以提高道路面层材料等的高低温稳定性。在低温抗裂缝方面, 废旧轮胎中所含有的硫化胶等成分充当了基质沥青良好的改性剂, 进而使得橡胶沥青呈现出优异的低温韧性, 这种特性对于严寒区的特殊气候极为有利, 不仅能够相对减少低温收缩裂缝的发生, 同时也能降低后期的维护成本^[9~19]。橡胶沥青 (Asphalt Rubber) 最早出现于 1843 年, 但在当时还没有用其作为筑路的材料。20 世纪 60 年代, 美国专家 McDonald^[20] 首次利用湿法工艺生产了 Overflex TM 橡胶沥青混合料。直到 90 年代, 橡胶沥青被越来越多的国家所接受, 国外的专家学者在橡胶沥青的微观反应机理方面进行了较多研究。例如, Abdelrahman^[21] 提出了共炼反应理论, 该理论指出, 在橡胶粉与基质沥青发育的初期阶段, 以橡胶粉吸油膨胀为主导, 而当温度过高后, 胶粉则会发生脱硫现象, 此时, 固液两相体系的交联作用便会减弱。近年来国内学者关于橡胶沥青又做了进一步研究, 例如来自重庆交通大学的何亮等^[22], 对普通橡胶沥青和脱硫橡胶沥青在经过剪切后的性能进行了比较和分析, 发现橡胶粉脱硫剪切后失去了原有的颗粒核心, 使与基质沥青的溶胀反应过程受到阻碍, 因而其路用性能相对较差。

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.12.006

收稿: 2021-12-06; 修回: 2022-02-17;

基金项目:国家自然科学基金 (52073238、52173301), 四川省科技厅项目 (2018GZYZF0073), 国家重点研究开发计划 (2019YE0120300), 四川省科技厅应用基础研究项目 (2020YJ0418), 西南石油大学创新研究小组 (2017CXTD01);

作者简介:苏洪威 (1997-), 男, 在读硕士, 师从李振宇研究员, 从事油水分离静电纺丝碳纳米纤维膜的制备及性能研究;

* **通讯联系人:**李振宇 (1978-), 男, 研究员, 博士, 主要研究方向为油水分离、气体传感器。E-mail: zhenyu.li@swpu.edu.cn; 武元鹏 (1981-), 男, 教授, 博士, 主要研究方向为水凝胶、聚氨酯材料。E-mail: ypwu@swpu.edu.cn.

除路面铺设外,沥青的另一个主要应用领域是用作建筑中的防水材料。防水用沥青也需要加入改性剂,其中上世纪 60 年代由法国人研制的苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物(styrenic block copolymers, SBS)是最具代表性和广泛应用的。这是一种线状或星形结构的三嵌段共聚物,如图 1 所示。SBS 改性沥青防水卷材在国内防水材料中处于领先地位^[23]。SBS 与沥青的相容性对 SBS 改性沥青防水膜的性能有直接影响,因此选择合适的沥青材料对提高防水膜^[24]的质量至关重要。然而,目前中国缺乏生产 SBS 改性沥青防水卷材的专用沥青,而如果以 AH-70 或 AH-90 沥青为主,由于它与高掺量的 SBS 相容性很差,所以需要加入其他辅助材料(增塑剂),或直接使用其他材料来代替 SBS,以此来满足防水卷材在低温抗裂和高温耐热方面的需求。本文将对用作防水材料的沥青改性方法做详细的介绍。

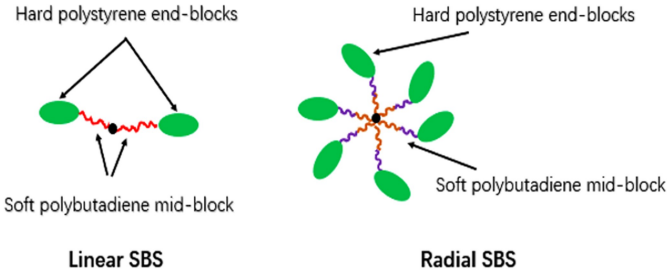


图 1 SBS 分子结构^[23] (2019 Multidisciplinary Digital Publishing Institute 版权许可)

Figure 1 Molecular structure of SBS (Reprinted with permission from Ref. [23]; Copyright 2019 Multidisciplinary Digital Publishing Institute)

1 橡胶改性耐低温防水沥青

沥青在高温下易流动,在低温下易发生脆裂,导致它无法在实际的工程项目中直接使用^[25]。为了改善其高低温性能,需要加入改性剂,以使其具有更温和的高低温适应性来满足使用要求。橡胶改性沥青是在沥青中掺入一定量的合成橡胶(丁苯橡胶)制成的,其机理主要是物理扩散效应。在这个过程中,沥青中的轻质油会进入橡胶颗粒,使橡胶颗粒膨胀,然后形成沥青含量高的凝胶。低分子量油在基层沥青中的损失会增加其粘度。膨胀橡胶颗粒与黏度增加的基质沥青共同形成不易变形的连续相体系,具有一定的弹性^[26]。这样既能提高沥青在较高温度的热稳定性,又能使沥青在较低温度下仍具有一定的柔韧性,不易脆化,抗老化性能极佳。

1.1 橡胶改性沥青油毡

橡胶改性沥青油毡是以聚酯化纤毡为胎体,合成橡胶与混合剂改性沥青是以涂料、溶解剂等为原料制备而成的新型防水材料^[27]。相较于传统的三毡四油防水,这种新型防水材料的防水性能要好很多,并且可在-20~80℃的温度范围内使用,其有效防水年限可达12年之久;此外,因其应力高、应变大、操作方便、荷载轻、维护费用低,在建筑防水领域广泛应用^[28~31]。

1.2 速凝橡胶沥青防水涂料

作为一种新型的防水涂料,速凝橡胶沥青防水涂料优点明显:首先,它具有良好的包裹能力,可以像皮肤一样包裹在基材表面^[32];二是具有自愈功能。在被尖锐物体刺伤后,伤口可以通过自我蠕动来愈合^[17];三是快速高效的机械化施工^[33]。这种防水涂料是一种水乳液喷涂涂料,其主要成分是固化剂和橡胶改性沥青乳液^[34]。该涂料的防水涂料具有优异的橡胶材料性能,断裂伸长率大于1000%,抗拉强度大于0.8MPa;这种聚合物薄膜由分子间的小间隙宽度形成,可以有效防止水分子的渗透,从而达到防水、防潮、防漏的效果^[35]。

在复杂的环境中防水材料的性能决定了防水工程的可靠性。为了研究防水材料在各种复杂环境下的性能,岳新华等^[36]研究了喷涂快固化橡胶沥青防水涂料在极端化学条件下的性能变化。首先,在酸性

条件下,随着盐酸浓度由 10% 上升至 35%,拉伸强度保有量增加,在 35% 时为 123.6%;此时,断裂伸长率与未处理伸长率接近,粘结强度仅下降 0.29%;在 50% 的酸浓度下,拉伸强度保持率为 106.0%,断裂伸长率为 98.8%,粘结强度保持率为 96.5%。由此可见,沥青涂层在高浓度盐酸环境下仍具有较高的性能保留率。同时,在抗渗试验中,当压力达到 0.3 MPa 时,试件在 30 min 内不出现透水现象,表现出良好的抗渗耐久性;其次在碱性条件测试中,选用 10% 和 40% 的氢氧化钠水溶液模拟极端的碱性条件,测试结果表明,该种沥青涂料在两种碱液中,拉伸强度的保持率分别为 94.1%、99.7%,断裂伸长率的保持率约为 100%,与未处理材料断裂伸长率基本一致,说明该涂层在碱性条件下性能基本不受影响。同时,湿基在碱性环境中的粘接强度保持率大于 94%,粘接性能良好,符合 JC/T 408-2005 的要求。在抗渗试验中,在压力达到 0.3 MPa 后,样品保持 30 min 不透水,并保持良好的抗渗性。综上所述,酸碱测试结果表明该涂料具有优异的耐酸性与耐碱性。

在高原或高海拔地区,低温是喷涂快速固化橡胶沥青防水涂料应用的一大挑战。究其原因,是低温下快速凝固的橡胶沥青颗粒变硬,分子运动减慢,导致熔合不良,成膜效果不佳。为了解决这一问题,于绪童等^[37]研究了高沸点有机溶剂对喷涂快固化橡胶沥青防水涂料耐低温性能的影响。本研究选取了三种低熔点的有机溶剂:聚乙二醇(PEG)、邻苯二甲酸二丁酯(DBP)和乙二醇(EG)。这些有机溶剂挥发缓慢,无毒。上述三种有机溶剂的加入大大提高了快凝橡胶沥青防水涂料的耐低温性能,当 PEG 用量为 1% 时,速凝橡胶沥青防水涂料的耐低温性和柔韧性可以提高到最佳效果,涂膜在 -26 °C 时仍能保持良好的柔韧性,基本适应寒冷地区的施工。EG 和 PEG 的加入也提高了速凝橡胶沥青防水涂料的低温柔韧性。主要原因是高沸点有机溶剂的加入,一方面降低了体系的最低成膜温度,进而改善了低温成膜效果,加快了低温下膜的分子运动速度,使其更加致密;另一方面,由于高沸点有机溶剂不易挥发的特点,即使在薄膜干燥后,仍有大量高沸点有机溶剂存在于薄膜中,起到增塑剂的作用,进一步提高了薄膜的柔韧性。然而,PEG 和 EG 醇与水互溶,EG 的加入可以降低水的表面张力,加速水分子的流动,从而提高出水率。

速凝橡胶沥青防水材料因其高效、环保、高弹性、高延展性、附着力强等优点而被广泛应用。但在实际工程应用中仍有一些亟待解决的问题。例如:(1)快凝橡胶沥青防水材料对基材表面的洁净度和粗糙度要求较高,需要注意;(2)防水涂料与有些基材表面(如砂浆)的粘结强度不够高,时间久了容易脱落。

1.3 废橡胶粉/SBS 改性防水沥青

废胶粉改性沥青是将废旧汽车轮胎带或鞋底在一定条件下与普通基质沥青^[38]融合反应,加工成具有一定粒径的胶粉颗粒(如图 2 所示),其生产方法主要分为干法^[39]和湿法^[40]。干法是用粒径较大的废轮胎胶粉,直接加入骨料中,加入热沥青,搅拌均匀,制成橡胶沥青混合料。烘干工艺生产成本较低,无需专用装置。但改性沥青由于稠度较差,不适合制备防水沥青。湿法是将一定量的细胶粉混合到热沥青中,在高温下搅拌均匀,形成橡胶沥青。湿法生产的橡胶沥青具有粘度高、特性好等特点。在高温下,混合到热沥青中的橡胶颗粒能实现较大程度的膨胀,使部分橡胶溶解到沥青中。

橡胶改性沥青多用于公路路面,同时近些年来,很多建筑物的表面也用到了改性沥青。但由于近些年的极端天气频发,它的温度对柏油的使用性能有特别突出的影响。为了解决这一问题,Wang 等^[41]通过在胶粉改性沥青中添加 SBS 并优化混合料的配合比,来改善用于路面的改性沥青在极端天气下的使用性能。通过对废胶粉和 SBS 复合改性沥青的反应机制进行分析,对废橡胶粉及 SBS 复合改性沥青工厂化生产的材料配比和工艺参数进行了优化。优化后的结果如下:(1)废橡胶粉的最佳粒度范围为 40~60 目;(2)废橡胶粉掺量在 20% 以上(内掺);(3)SBS 掺量在 2.0% (内掺)以上;生产时,首先加入 SBS,其次加入废橡胶粉进行过磨发育,发育温度为 175~185 °C,时间为 1~1.5 h,与市面上常见的 SBS 改性沥青混合料相比,废橡胶粉及 SBS 复合改性沥青混合料的耐高温性能可达到前者的 1.5 倍以上,低温断裂温度可达 -36 °C,而路面开裂率仅为前者的 70%,极大拓宽了沥青路面在极端气候条件下的使用温度范围。

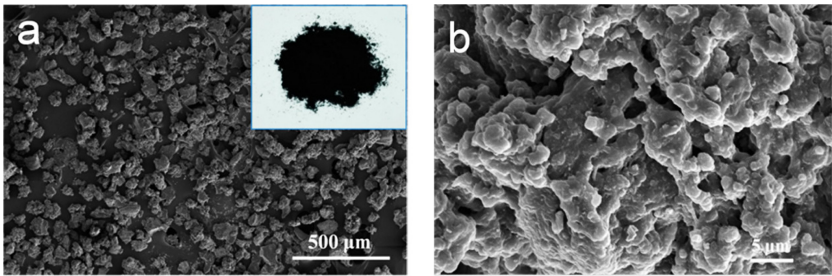


图 2 (a)废胶粉的 SEM 图像,插图是废橡胶粉的照片;(b)单个废橡胶颗粒表面的图像^[41]
(2017 American Chemical Society 版权许可)

Figure 2 (a) SEM image of waste rubber powder. The inset is the photograph of the wasted rubber powder;
(b) The topographic image of the surface of a single waste rubber particle. (Reprinted with permission from Ref. [41];
Copyright 2017 American Chemical Society)

低碳型橡胶沥青(terminal blend rubberized asphalt, TBRA)实现了橡胶沥青的产业化、规模化生产,直接使用橡胶沥青进行路面建设。与传统工艺相比,该工艺采用连续多通道胶体磨,将 20 目的胶粉颗粒进行研磨至 100 目以上。这样,在加工过程中,橡胶颗粒可以更均匀地与基层沥青混合,既有利于混合物的稳定储存,又减少了沥青用量,节约了成本^[42]。相对于传统的废旧橡胶粉改性沥青,TBRA 储存稳定性好,粘度低。然而 TBRA 通常具有较差的耐极端温度性能。因此 Zhang 等^[43]研究了掺入 SBS 聚合物对其进行复合改性,在实验中,他们尝试了不同的橡胶粉、SBS 含量及配比,然后对各产品的耐低温性能分别进行了评价,同时他们也发现 SBS 含量对复合改性沥青的防水性能产生影响。从图 3 可以看出对于 TBRA,低温性能等级(low temperature performance grade, PG)随着橡胶含量的增加而降低。然而,当 TBRA 用 3% 的 SBS 聚合物复合改性时,低温性能等级略有提高。除此之外,关于改性沥青的防水性能测试结果表明,添加 2% 的 SBS 可以有效提高 TBRA 的防水性能,而其耐低温性能几乎不受什么影响。如果 SBS 含量进一步增加反而会降低其防水性能。

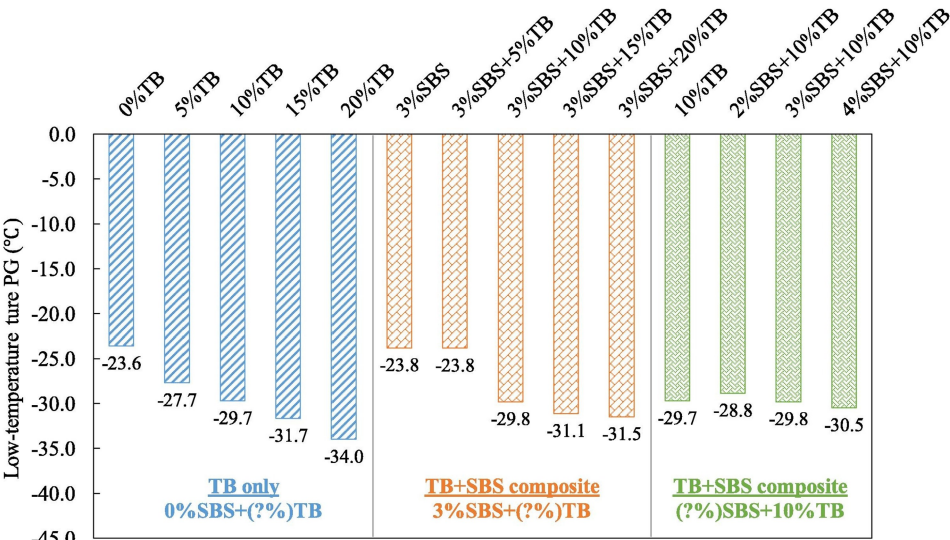


图 3 改性沥青的低温性能等级^[43] (2021 Elsevier 版权许可)

Figure 3 Low temperature performance grade of modified asphalt (Reprinted with permission from Ref. [43];
Copyright 2021 Elsevier)

废橡胶粉/SBS 改性沥青的添加量可以根据实际应用环境的不同而调整,从而达到不同的效果。此外,废橡胶粉都是由废弃的轮胎或者鞋底制造而成的,属于废物再利用,对资源 and 环境都具有积极的意

义。然而在实际应用中仍然存在比较大的挑战,例如:(1)在极端环境下的使用寿命是一大难题;(2)复合改性沥青抗疲劳性能还需要进一步改进;(3)在高温条件下的抗形变性能也是目前需要重点关注的。

2 SBS 改性防水沥青

除橡胶外,SBS 也可用于沥青改性。这类改性剂不仅具有高温性能,而且具有橡胶的低温和弹性性能,主要包括苯乙烯-丁二烯-苯乙烯三嵌段共聚物、苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯、聚烯烃弹性体及苯乙烯-乙炔-丁烯-苯乙烯嵌段共聚物等。

2.1 SBS 改性机理

SBS 分子链由不同的块段、橡胶段和塑料段串联而成,这使得 SBS 具有类似于合金的多重“金相”结构^[44]。每个丁二烯段(B)的末端与一个苯乙烯块(S)相连,多个丁二烯段耦合成线性或星形结构。在 SBS 改性沥青的过程中,一般认为丁二烯链段在沥青中会吸收柔软的沥青质而发生膨胀,而苯乙烯嵌段几乎不吸收软沥青质组分,所以不会发生溶胀。溶胀后的丁二烯链段会为沥青提供弹性,而苯乙烯嵌段可以作为物理交联点,使 SBS 在沥青中形成一个立体的网状结构。对于 SBS 改性沥青来说,一旦 SBS 含量提高到足以形成富含 SBS 的网状结构,改性沥青的 T_g 和 T_m 也会更接近 SBS,此时,改性后沥青的复数模量、黏度、弹性恢复以及低温抗裂能力会大幅度提高^[45]。

2.2 SBS 改性剂

毛三鹏等^[46]对 SBS 改性不同类型防水沥青(F80、F150、F300)的微观结构进行了研究,并利用傅里叶变换红外光谱(FTIR)对 SBS 改性防水沥青的老化机理进行了分析。结果表明,SBS 在高渗透沥青(F300)中容易形成网络结构(图 4),从而使沥青具有优异的耐高低温性能。与 F80 和 F150 相比,SBS 改性 F300 防水沥青具有最佳的高低温性能和抗老化性能。FTIR 分析结果表明,SBS 在热老化过程中 C=C 含量降低,C=O 含量升高,表明 SBS 发生了降解和氧化。

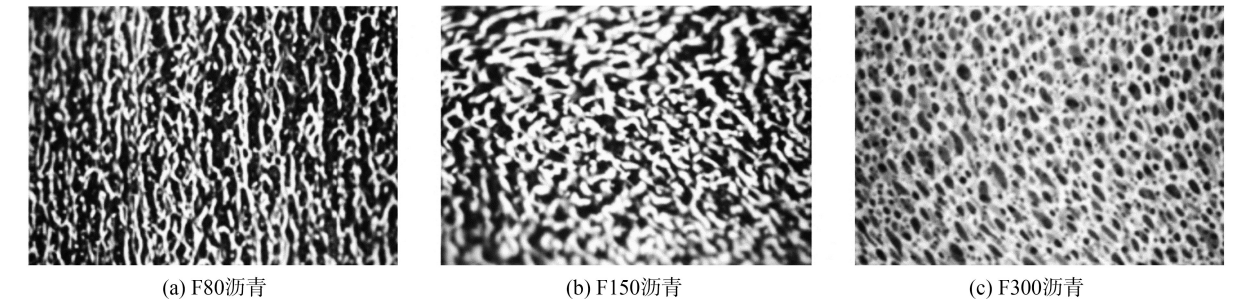


图 4 SBS 改性不同针入度防水沥青荧光显微镜图像^[46](2020《新型建筑材料》编辑部版权许可)

Figure 4 Fluorescence microscope image of SBS modified waterproof asphalt with different penetration (Reprinted with permission from Ref. [46]; Copyright 2020 Editorial office of *New Building Materials*)

改性剂与沥青的相容性问题也是沥青改性面临的一大难题,提高沥青改性的相容性,能够有效地减少搅拌时间和搅拌功耗,良好的相容性也能降低改性剂所需用量,少量改性剂就可充分发挥作用。改性剂与沥青基质的组分、界面以及聚合物的极性、粒径、微观结构等决定了改性剂与改性沥青的相容性^[47,48]。

徐茂震^[49]团队采用理论与实验相结合的方法,从 SBS 改性机理、SBS 模型、基层沥青标签、无机填料、改性沥青加工工艺、老化等方面分析了 SBS 改性沥青性能的影响。结果表明:在 SBS 及基质沥青充分扩张的前提下,星型 SBS 改性沥青比线性 SBS 改性沥青性能更好,这可以归因于 SBS 中含有的碳-碳不饱和键,在一定的条件下,如添加、交联、接枝等,可以与沥青发生反应,从而大大提高改性沥青的性能^[50];同时,他们还发现,无机填料不仅可以提高 SBS 改性沥青的硬度,还可以提高其高温稳定性。

尽管 SBS 改性沥青已经取得了较优异的成果,但应对一些复杂且特殊环境如高温稳定性、水稳定

性、松散破坏、沥青老化等方面依然有待提升^[51]。目前广泛使用的是日本大友公司生产的 Tafpack-super 超高粘度改性剂(TPS),其主要材料为 SBS 改性的热塑性橡胶(TPR)。为了解 TPS 对沥青改性作用的影响,王杰等^[52]对不同掺入量的 TPS@沥青进行了比对研究,评估了包括不同 TPS 掺入量对软化点、针入度、稠度等数据的影响,结果表明:TPS 的掺入对沥青性能有显著影响,当 TPS 在沥青中的掺入量达到 12%时,它的弹性恢复率就可以达到 100%,这一结果表明采用 TPS 改性沥青的路面,对由于荷载作用而产生的变形具有良好的自修复性能。但由于 TPS 的进口成本较高,国内相关领域学者进行了一系列研究探讨。其中,深圳海川工程科技有限公司在日本大有公司生产的 TPS 的基础之上,自主研发了一种新型的高粘改性剂(SINOTPS),相比于日本产的 TPS,其成本更低,经过室内实验和排水降噪实验,SINOTPS 使用简便、性能优异,具有良好的应用前景。

2.3 复合改性

废旧轮胎中含有大量可提高沥青性能的物质^[53]。韩飞飞等^[54]在研究中对胶粉/SBS 复合改性沥青和 SBS 改性沥青两种材料的综合性能进行了对比,结果表明胶粉/SBS 复合改性沥青具有独到的优越性。为了探明原因,他们进一步对废旧橡胶粉和 SBS 的作用机理进行了分析,发现胶粉/SBS 改性沥青中,用废旧轮胎配制的胶粉溶于沥青中,产生膨胀,起到物理填充颗粒的作用,提高沥青的黏性,而 SBS 不仅能和胶粉协同作用,还能增强沥青的低温性能。

有研究结果表明,改性剂的粒径与其比表面积和自由能成反比,即分散性越均匀,则改性沥青的性能提升幅度就越大^[55]。无机纳米材料是目前一种新型的改性剂,其良好的物理、化学性能能够更好地改善沥青性能,且价格便宜,易于生产,具有极高的商业价值。谢祥兵^[56]结合张明祥^[57]和肖鹏^[58]关于纳米氧化锌改性沥青的性能研究,通过以沥青三大指标性能为评价标准,确定了纳米 ZnO 和 TiO₂ 混合掺入沥青改性的最佳配比为 4%/1%。结果表明,掺杂 ZnO/TiO₂/SBS 复合改性沥青的耐高温、耐低温裂纹、耐水、抗疲劳性能均有较大提高(改性沥青的微观形貌如图 5 所示,物理图如图 6 所示)。这为后续的改性剂和复合改性剂研究提供了一种新思路。

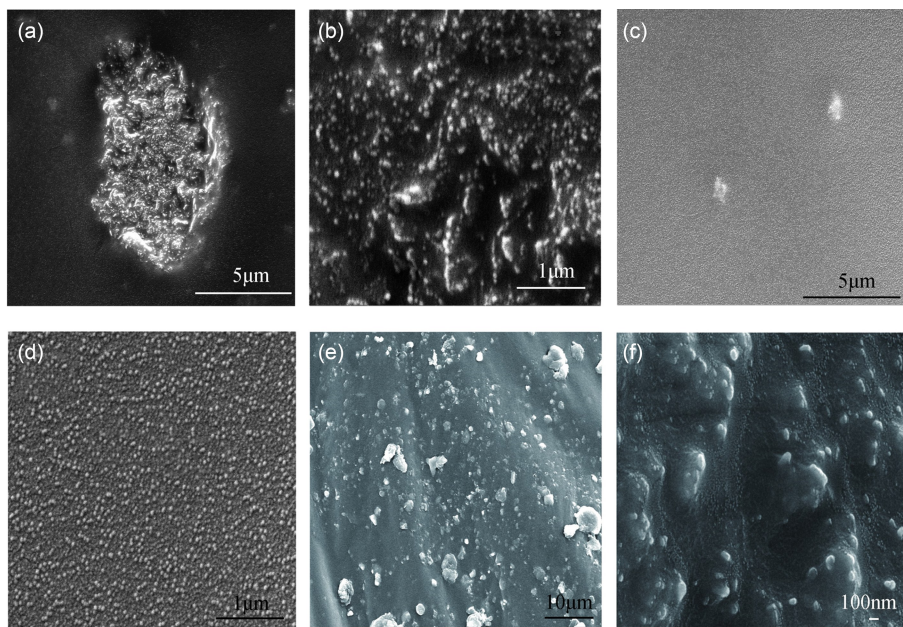


图 5 (a,b)表面未修饰 ZnO 改性沥青 SEM 图像;(c,d)表面修饰 ZnO 改性沥青 SEM 图像;

(e,f) ZnO/TiO₂/SBS 复合改性沥青 SEM 图像^[56](2020《硅酸盐通报》版权许可)

Figure 5 (a,b) SEM images of surface unmodified ZnO modified asphalt; (c,d) SEM images of surface modified ZnO modified asphalt; (e,f) SEM images of ZnO/TiO₂/SBS composite modified asphalt (Reprinted with permission from Ref. [56]; Copyright 2020 Editorial office of *Bulletin of the Chinese Ceramic Society*)

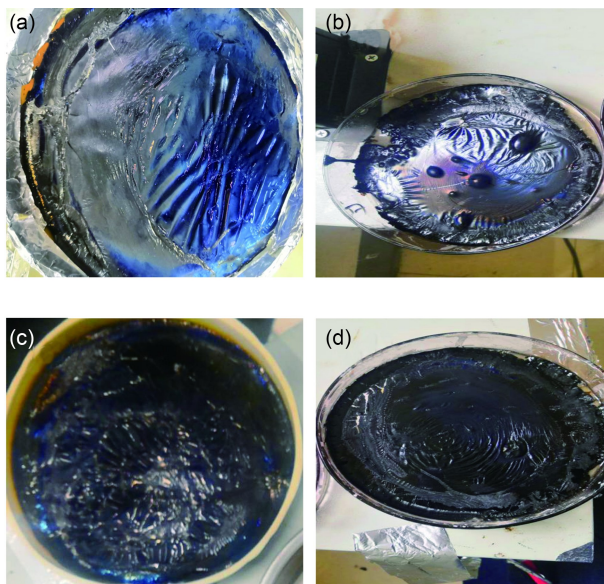


图 6 (a)基质沥青,(b)SBS 沥青,(c) ZnO/SBS 沥青,(d)ZnO/TiO₂/SBS 沥青^[56](2020《硅酸盐通报》版权许可)

Figure 6 (a) Matrix asphalt, (b) SBS asphalt, (c) ZnO/SBS asphalt, (d) ZnO/TiO₂/SBS asphalt

(Reprinted with permission from Ref. [56]; Copyright 2020 Editorial office of *Bulletin of the Chinese Ceramic Society*)

气候环境、重负荷交通、工况介质、热氧老化等因素会加速沥青老化,其中热氧老化是主要原因之一^[59,60]。高磊等^[61]采用室内薄膜老化实验,测试 SBS 改性沥青在短期内的热氧老化性能,并比较了不同掺量的 SBS 沥青在 25 ℃下的渗透、60 ℃下的软化点和 135 ℃下的旋转粘度。结果表明:老化前后各指标与 SBS 掺入量具有相关性,在 SBS 掺入量为 4%时,抗老化性能最佳。这是因为当 SBS 的掺入量为 4%时,沥青组网已完成,此时延性达到最大值。如果继续添加 SBS,其延性不会得到明显改善,只会增加沥青的稠度和脆性。祁文洋^[62,63]认为,沥青的老化是以两个阶段完成的,第一阶段:沥青吸氧率较低,且小分子相对含量基本维持不变;第二阶段:沥青吸氧率逐渐增加,小分子相对含量逐渐减少。徐欧明等^[64]对 SBS 改性沥青老化特性的影响进行了紫外线(UV)的研究,结果表明:与 SBS 改性沥青主要特性受热氧老化的影响相比,两者之间没有显著差异,但不同底材 SBS 改性沥青的热氧老化速率存在一定差异,而 UV 老化速率基本相同;陈静云等^[65]利用红外光谱技术对 SBS 改性沥青的自然老化、人工老化和再生进行了分析,并从官能团的角度探讨了老化机理,已证明氧化和聚合作用是沥青老化的根源,其中氧化占据主导作用,这为后续工作的开展提供了可供借鉴的思路。

3 总结与展望

我国公路事业的快速发展,以及建筑业需求的日益增加使得沥青的使用量也在不断增多。然而在一些高海拔以及严寒地区,沥青的低温脆裂性大大影响了它的使用性。因而,研究开发新型且性能较好的改性沥青的需求日趋强烈。橡胶改性以及 SBS 改性沥青在提高沥青性能的同时,也可以大大降低后期的维护费用。然而,改性沥青在展示出巨大潜力的同时,在实际应用中也面临着一些难题和挑战:(1)橡胶改性沥青的批量加工工艺与室内模拟试验工艺不符,一些生产厂家为了提高生产效率而改变了生产设备的加工工艺,简化甚至去掉了一些关键性的控制环节,同时也有些厂家为了提高某一方面的性能而加入了常规配方之外的材料,这样就无法保证改性沥青的真实生产质量;(2)目前橡胶改性沥青设备的生产与配置没有统一的国家标准,以企业自行改性设计的居多;(3)SBS 改性沥青在表现出良好性能的同时,其高昂的生产成本,使它的应用大大受到限制;(4)SBS 改性沥青目前抗短期老化性能较弱,后期维护所需的费用较高。

因此,在今后的研究中希望开发出一种能够平衡成本以及耐低温使用性能的技术;并且继续深入研究,不断完善改性沥青其他各方面的性能;同时也希望关于衡量改性沥青的一些国家标准能够尽快完善。此外,橡胶改性沥青以及 SBS 改性沥青存在的一些特有缺陷大大限制了其实际应用。北美 UN-A 改性沥青所选用的改性材料为美国所产的一种天然树脂。这种改性沥青既能够降低沥青的低温脆裂性同时也能大大增加它的粘附性,有望通过分析天然树脂的成分,进一步达到工业合成这种树脂进而改善沥青使用性能的目的。

参考文献:

[1] 布仁巴图,高东伟,徐仕龙,段儒文. 中国科技信息, 2021, (22): 29~35.

[2] 孙泽强,周晓蕾,宋亮,王朝辉. 中外公路, 2021, 41(6): 239~244.

[3] 陆恩光,杨群. 上海公路, 2020, (4): 67~71.

[4] 李小重,王笑风,冯明林,褚付克. 中外公路, 2021, 41(5): 249~253.

[5] 孟勇军,郭贺源,奚晨晨,邹海军,江微. 广西大学学报(自然科学版), 2021, 46(1): 67~73.

[6] 南永锋. 福建交通科技, 2021, (2): 47~53.

[7] 张飞,王岚,李超,刘恒. 功能材料, 2021, 52(12): 12165~12174.

[8] 乔次仁,次旦多杰,仁乾龙珠,张铎. 大众标准化, 2021, (24): 68~70.

[9] 宋成志,马庆伟,杨晨光,郭平. 筑路机械与施工机械化, 2020, 37(Z1): 17~22.

[10] 郭秀清. 中国公路, 2021, (18): 116~117.

[11] 曹艳霞,谢天赐. 中阿科技论坛(中英文), 2021, (11): 565~9.

[12] 赵成功. 智能城市, 2020, 6(13): 152~153.

[13] 杨鹏. 运输经理世界, 2020, (4): 62~64.

[14] 张京锋,梁豪,陈功,杨彦. 市政技术, 2020, 38(2): 17~20.

[15] 郭小玲. 交通世界, 2021, (31): 117~118.

[16] 蔡文捷,涂丽丽. 交通世界, 2020, (15): 8~9.

[17] 何福军. 建筑技术, 2021, 52(8): 976~979.

[18] 蒋方坤,时敬涛,李纯,王体宏,安丰伟. 化学与粘合, 2020, 42(3): 206~209.

[19] 王青. 粉煤灰综合利用, 2020, 34(4): 112~117.

[20] McDonald H. Ariz Am Assoc State Highway Off, 1972, 4~9.

[21] Abdelrahman M. J Solid Waste Technol Manage, 2006, 32(4): 237~245.

[22] 何亮,李冠男,郑雨丰. 材料导报, 2020, 34(19): 19083~19093.

[23] Porto M, Caputo P, Loise V, Eskandarsefat S, Teltayev B, Oliviero Rossi C. Appl Sci, 2019, 9: 742.

[24] 刘东,周锋光,黄康. 西部交通科技, 2020, (12): 10~15.

[25] 寇长江,吴星,康爱红,刘杨. 中国科技论文, 2020, 15(10): 1110~1117.

[26] 卜瑞娜. 橡胶改性沥青性能与应用研究. 重庆:重庆交通大学, 2020.

[27] 秦守宇. 四川建材, 2021, 47(12): 118~119.

[28] 宋勇. 交通运输研究, 2012, (14): 11~14.

[29] 刘克非,朱俊材,张雪飞,李泉,吴超凡. 长安大学学报(自然科学版), 2020, 40: 195(1): 43~51.

[30] Cao L, Yang C, Li A, Wang P, Dong Z. J Hazard Mater, 2020, 403: 123814.

[31] Li Q, Zhang H, Chen Z. Constr Build Mater, 2021, 271: 121870.

[32] 蔡淑娟,柴宏,何玉矛. 山东化工, 2020, 49(22): 6~8.

[33] 黄世锋. 工程建设与设计, 2021, (9): 127~129.

[34] 刘晶晶,刘玉柱,左志坚. 工程与建设, 2021, 35(4): 778~780.

[35] 张新建. 建筑与预算, 2021, (4): 74~76.

[36] 岳新华,王承科,崔显星,张晓春,陈俊,刘晓丽,罗如. 新型建筑材料, 2019, 46(6): 104~106.

[37] 于绪童,王荣博,辛海洋. 中国建筑防水, 2020, (S1): 11~15.

[38] 黄志诚. 公路, 2019, 64(7): 284~287.

[39] 马玉峰,林青. 化工技术与开发, 2008, 37(12): 37~39.

[40] 袁德明,刘冬,廖克俭. 合成橡胶工业, 2007, 30(2): 159~162.

[41] Ren X, Fan H, Ma J, Wang C, Zhao Y, Lei S. ACS Sustain Chem Eng, 2017, 5(2): 1957~1964.

[42] 田丰盛. 中国水运, 2015, 15(6): 229~233.

[43] Zhang J, Huang W, Zhang Y, Yan C, Guan W. Constr Build Mater, 2021, 278(2): 122377.

[44] 方长青, 李铁虎, 郑长征, 冀勇斌. 高分子材料科学与工程, 2007, (1): 226~229.

[45] 聂鑫垚. 高浓度 SBS 改性沥青制备过程中的相容体系和流变学的研究. 上海: 华东理工大学, 2020.

[46] 毛三鹏, 郑贵涛, 张天伟, 余剑英. 新型建筑材料, 2020, 47(12): 130~134.

[47] 黄贵秋. 广州化工, 2012, 40(4): 8~9.

[48] 余永宏. 公路, 2020, 65(11): 329~332.

[49] 徐茂震, 刘金景, 李文志, 宗建华, 段文锋. 化工新型材料, 2015, (1): 169~172.

[50] 肖凤, 邓星鹤. 中国胶粘剂, 2020, 29(9): 67~72.

[51] 严慧忠, 吕建伟, 赵士峰. 浙江交通职业技术学院学报, 2018, 19(4): 23~28.

[52] 王杰, 王佳蓉. 华东公路, 2013, (1): 58~61.

[53] 闫翔鹏, 董思学, 冯启军, 张国良, 张晓萌. 北方交通, 2020, 331(11): 62~66.

[54] 韩飞飞. 北方交通, 2020, 326(6): 53~55.

[55] 赵晶, 王抒音. 中国公路学报, 1997, 10(4): 18~24.

[56] 谢祥兵, 马鹏, 梁林园, 童申家, 李广慧. 硅酸盐通报, 2020, 39(7): 2354~2361.

[57] 张明祥. 纳米氧化锌改性沥青及其抗老化性能研究. 西安: 长安大学, 2015.

[58] 肖鹏, 周鑫. 中外公路, 2010, 30(4): 255~258.

[59] 韩明哲. 基于掺杂 SBS 的改性沥青热氧老化性能研究. 青岛: 青岛科技大学, 2019.

[60] 王枫成. 公路, 2019, 64(11): 210~215.

[61] 高磊, 喻金楼, 聂桂海, 罗雪平. 北方交通, 2021, (1): 54~57.

[62] 祁文洋, 李立寒, 张明杰, 杨昆. 同济大学学报(自然科学版), 2016, 44(1): 95~99.

[63] 祁文洋, 李立寒, 汪于凯. 建筑材料学报, 2014, 17(3): 543~547.

[64] 徐鸥明, 曹志飞, 李明月, 程贤鹏, 韩森. 南京理工大学学报(自然科学版), 2019, 43(5): 660~666.

[65] 陈静云, 邱隆亮. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2012, 28(5): 859~864.

Modified Asphalt with Low Temperature Resistance and Waterproof Ability

SU Hong-wei¹, YU Xi¹, LI Zhen-yu^{1*}, WU Yuan-peng^{1*}, REN Wen², YANG Xiao-lin²

(1. Center of Functional Materials for Working Fluids of Oil and Gas Field, School of New Energy and Materials, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China;
2. Sichuan Yang's Da Waterproof Materials Co., Ltd, Chengdu 610500, China)

Abstract: With the rapid development of China's highway industry in recent years and the demand of some construction industries, the use of asphalt has been increasing. However, asphalt can not be directly used in engineering because of its flowability at high temperature and easy embrittlement at low temperature. The modification of asphalt by adding different substances is a major focus of current research. According to the different modified substances added, this paper introduces the development status of several mainstream modified asphalt, including doped rubber modification, doped SBS modification, nano particle modification and composite modification, discusses various modification mechanisms, summarizes their advantages and disadvantages, and prospects the research direction of low temperature resistant and waterproof modified asphalt in the future.

Key words: Modified asphalt; Low temperature resistance; Waterproofing