

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2021.06.050

新疆地区沥青改性研究进展

鲁新虎¹, 黄贇婕², 董刚³, 宋亮³, 王朝辉^{2*}(1. 新疆交通投资有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 长安大学 公路学院;
3. 新疆维吾尔自治区交通规划勘察设计研究院)

摘要:为明确新疆地区沥青改性研究现状,系统调查并梳理了新疆基质沥青、SBS改性新疆沥青、胶粉改性新疆沥青研究成果,对比分析新疆沥青改性前后性能差异;基于沥青组分与改性机理探究新疆沥青的改性难题;总结新疆改性沥青性能提升工艺研究成果。结果表明:新疆沥青改性后,其高低温性能、抗疲劳能力有较大提升,经SBS改性后针入度降低18%~20%、软化点提升28%~30%、延度提升39%~52%,经胶粉改性后针入度降低16%~27%、软化点提升27%~28%、延度变化不显著;低芳香分的克拉玛依沥青、高沥青质的塔河沥青等新疆基质沥青与SBS、胶粉等聚合物改性剂溶解度相差较大,改性过程中混溶不充分,易引发聚团现象,降低改性效果;通过改进改性工艺、掺加新型改性剂、助剂等手段,有助于解决新疆沥青改性难题。

关键词:道路工程;新疆沥青;改性沥青;SBS;胶粉;改性机理

新疆克拉玛依沥青(KLMY)与塔河沥青(TH)因其特有性质,普通改性工艺难以大幅提升其路用性能,并对其加工、储存和使用性能影响较大等,部分性能甚至因改性而有所降低。直接采用新疆沥青作为路面材料已难以满足日渐增长的交通需要,新疆地区沥青的改性方式及实用成效逐渐成为近年来的研究热点之一。如何大幅提升新疆产基质沥青路用性能、有效突破新疆沥青改性难题成为当前亟需解决的问题。

近年来,部分学者针对新疆沥青的改性难题,从SBS改性和胶粉改性入手,对新疆基质沥青做了大量研究。但针对新疆沥青的改性研究多停留在室内试验阶段,关于改性机理、改进剂、改性工艺的研究虽然取得了一定成效,但在实际应用中,新疆沥青困难改性、改性效果差等原因并未得到大范围推广。

基于此,该文首先系统调查新疆地区基质沥青及其改性的研究动态,详尽梳理新疆沥青特性及其改性性能。从新疆沥青的组成与组分入手,结合SBS改性机理和胶粉改性机理,阐述新疆沥青难改性的影响因素。同时,详尽调查并总结不同改性工艺、改性方式及

改性剂、助剂对于新疆沥青改性效果的影响,为后续新疆沥青改性深入研究奠定基础。

1 新疆沥青及其改性性能调查与评价

新疆是中国优质沥青主要产地之一,主要产品有克拉玛依沥青(KLMY)与塔河沥青(TH)两种,现阶段广泛应用于中国公路建设之中。塔河沥青在高温性能、感温性能和抗老化能力上表现优异,而克拉玛依沥青虽具备相当高的抗老化能力,但高温性能稍显不足。基于此,系统梳理新疆基质沥青及其改性性能,对比沥青改性前后的基本性能指标与路用性能指标,以期进一步明确新疆沥青的改性成效,为后续研究及实际应用提供方向。

1.1 新疆基质沥青性能调查与评价

主要针对黏度、软化点、延度、针入度、蜡含量和密度指标进行分析与评价。新疆基质沥青性能调查结果如图1所示。

收稿日期:2021-11-10(修改稿)

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(编号:2020-D01-A92);中国博士后科学基金资助项目(编号:2020M683709XB);交通运输部重点科技项目(编号:2019-MS1-024);新疆维吾尔自治区交通运输行业科技项目(编号:2019-ZD1-016)

作者简介:鲁新虎,男,硕士,高级工程师, E-mail:1764806708@qq.com

* 通信作者:王朝辉,男,教授,博士生导师, E-mail:wchh0205@163.com

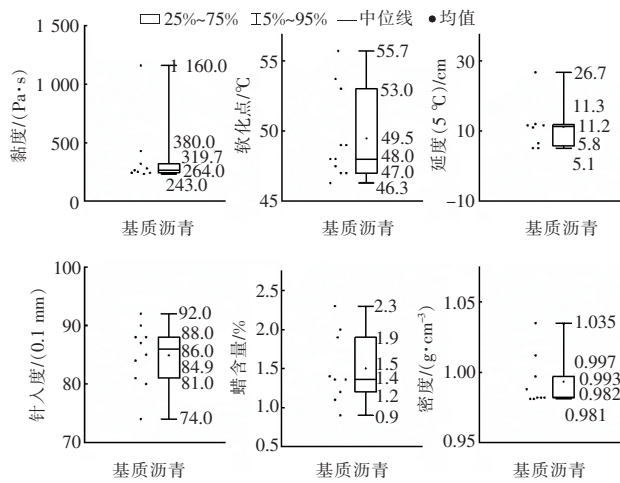


图1 新疆基质沥青性能

由图1可知:新疆基质沥青黏度主要集中在243~319.7 Pa·s,满足规范中A等级沥青要求;软化点主要集中在46.3~49.5℃,占调查数据的80%;延度主要集中在5.1~11.2 cm,占调查数据的87.5%;针入度指标主要集中在79.7~88(0.1 mm),其中针入度最小值为74.0(0.1 mm);蜡含量集中分布在两部分:蜡含量0.9%~1.4%占66.7%,1.9%~2.3%占33.3%;密度集中于0.981~0.997 g/cm³,其中密度约为0.982 g/cm³的基质沥青数量最多,占调查数据的50%左右,所调查基质沥青的密度均大于0.981 g/cm³,小于1.035 g/cm³。

上述分析表明:新疆基质沥青自身具备了较好的温度敏感性、高温性能、抗疲劳性能。同时,新疆基质沥青黏度较高,与集料有较好的黏附性。

1.2 SBS改性新疆沥青性能

通过调查SBS改性新疆基质沥青有关文献,梳理不同SBS改性新疆沥青的相关技术指标及参数,针对针入度、软化点、延度、针入度指数、黏度和SBS改性剂掺量指标进行分析与评价。新疆地区SBS改性沥青性能调查结果如图2所示。

由图2可知:采用SBS改性新疆基质沥青后,针入度为52.8~78.0(0.1 mm);软化点为46.6~80.9℃,其中55.4~62.3℃占45%;5℃延度分布也较均匀,最低为17.2 cm,最高为62.5 cm;针入度指数为-0.39~0.82,比较集中于-0.16~-0.03;180℃旋转黏度为1.9~3.5 Pa·s;SBS掺量多采用3.8%~5.5%,其中5.0%约占55%。

上述分析表明:通过SBS改性,新疆基质沥青的高温性能得到了较大提升,低温抗裂性有所增强但提升相对较小。

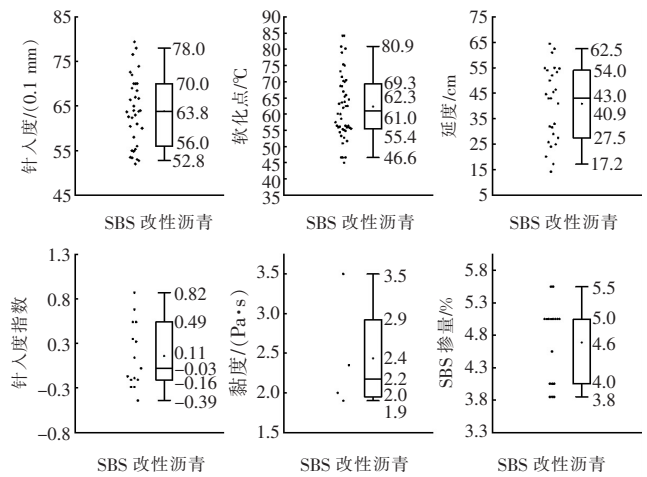


图2 新疆地区SBS改性沥青性能

1.3 胶粉改性新疆沥青性能

通过调查胶粉改性新疆基质沥青有关文献,梳理不同胶粉改性新疆沥青的相关技术指标及参数,包括针入度、软化点、延度、黏度、胶粉掺量和胶粉粒径等,结果如图3所示。

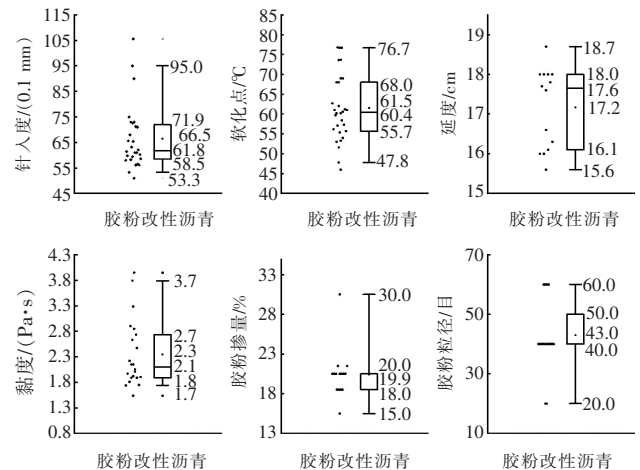


图3 新疆地区胶粉改性沥青性能

由图3可知:采用胶粉改性新疆基质沥青后,针入度为53.3~95.0(0.1 mm),其中,61.8~71.9(0.1 mm)约占80%;软化点集中分布于两部分:47.8~61.5℃为75%,61.5~76.7℃为25%;5℃延度主要集中在两部分:16.1~17.2 cm和17.2~18.7 cm,各占调查数据的50%;180℃旋转黏度主要为1.7~3.7 Pa·s;胶粉掺量集中在18%~20%,占调查数据的80%;胶粉目数为20~60目,其中采用40目进行研究约占调查数据的50%。

上述分析表明:通过胶粉改性,新疆基质沥青的高温稳定性提升显著,然而低温性能却未得到有效改善。

结合上述数据,通过进一步整合,分别从针入度、软化点和延度 3 个性能指标入手,分析比较新疆基质

沥青、SBS 改性新疆沥青和胶粉改性新疆沥青,结果如图 4 所示。

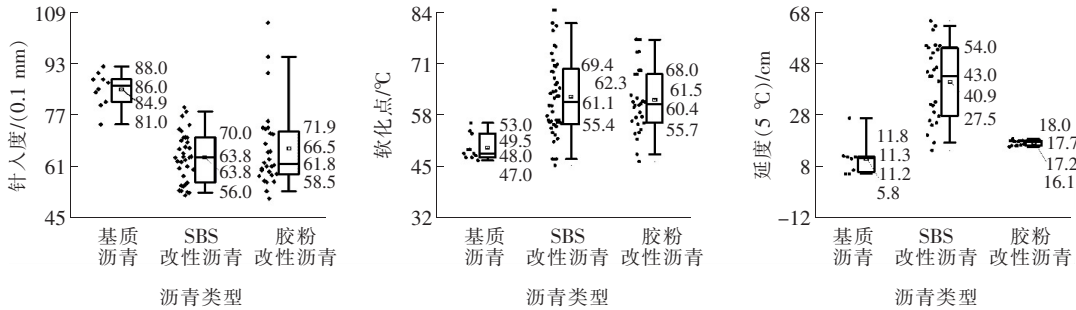


图 4 新疆基质沥青、SBS 改性沥青与胶粉改性沥青性能指标对比

由图 4 可知:

(1) 对于针入度, SBS 改性新疆基质沥青比新疆基质沥青低 14~18(0.1mm),降低 18%~20%,表明 SBS 改性可使新疆基质沥青的黏度得到有效提升;对于软化点, SBS 改性新疆基质沥青较新疆基质沥青高 13~15 °C,提升 28%~30%,表明 SBS 改性可使新疆基质沥青的高温稳定性得到较大提升;对于延度(5 °C), SBS 改性新疆基质沥青比新疆基质沥青高 6~17 cm,提高 39%~52%,而低温状态下延度越大,沥青的抗裂性能越好,表明 SBS 改性可使新疆基质沥青的低温性能得到显著提升。

(2) 对于针入度,胶粉改性新疆基质沥青较新疆基质沥青低 14~23(0.1 mm),降低 16%~27%,表明胶粉改性可使新疆基质沥青的黏度得到较大提升;对于软化点,胶粉改性新疆基质沥青较新疆基质沥青高 13~15 °C,提升 27%~28%,表明胶粉改性可使新疆基质沥青的高温稳定性得到较大提升;对于延度(5 °C),胶粉改性新疆基质沥青与新疆基质沥青相差较小,表明胶粉改性新疆基质沥青在延度上收效甚微。

(3) 较之 SBS 改性,胶粉改性更能提升新疆基质沥青黏度;SBS 改性、胶粉改性均能大幅提升新疆基质沥青高温稳定性,且提升幅度相近;较之胶粉改性, SBS 改性使新疆基质沥青延度提升更大,从而具备更强的低温抗开裂性能。

综上,新疆基质沥青经过 SBS 改性、胶粉改性后,其针入度降低明显、软化点提高显著,说明其高温性能、温度敏感性得到充分改善;而经 SBS 改性后,其延度改善显著,经胶粉改性后延度未见明显变化。

2 新疆沥青改性机理研究进展

与进口沥青和中国其他沥青改性后的性能提升效

果相比,新疆基质沥青经 SBS 改性、胶粉改性后,其成效并不理想。一方面,同种工艺下,新疆沥青在改性过程中,沥青中分散不均匀、不稳定的改性剂因其高分子聚合物的特性与沥青组分易发生聚团现象,造成实际应用新疆沥青改性效果差甚至改性困难,如 SBS 改性 KLMY 沥青时产生的离析现象,使得新疆沥青改性难以大规模推广;另一方面,相同的改性效果下,新疆沥青改性成本较高,对于充分利用地区资源、节省地方财政支出不利。为进一步探明新疆沥青改性效果不佳的原因,系统调查新疆沥青的组成与组分,结合 SBS 改性机理和胶粉改性机理,详细阐述新疆沥青难改性机理。从改性机理角度,寻求经济、合理、高效的改性方式,降低新疆沥青的改性成本,使其得到推广应用。

2.1 新疆沥青组分分析

2.1.1 新疆沥青组分

调查并梳理现有新疆地区沥青组分情况,主要包括沥青饱和分、芳香分、胶质和沥青质等,汇总结果如图 5 所示。

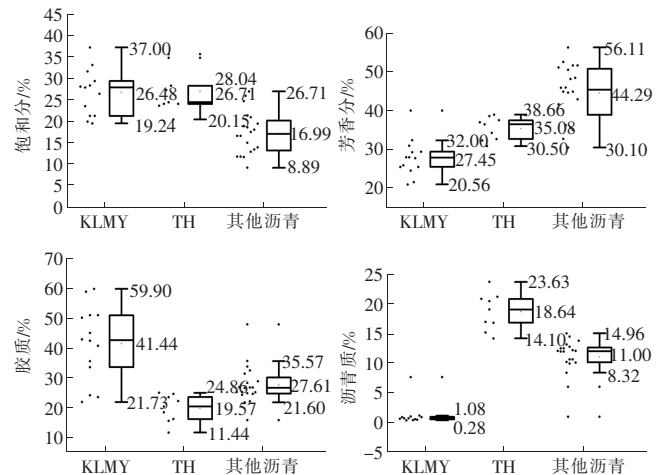


图 5 KLMY、TH 与疆外沥青组分对比

不同比例的饱和分、芳香分、胶质和沥青质等构成的不同种基质沥青,通常表现出不同特性。这些组分之间的不同占比往往直接造成基质沥青与高分子聚合物之间的相容性差异,当相容性较好时,基质沥青与聚合物改性剂混合充分,改性效果理想;反之,当相容性较差时,易造成基质沥青改性效果差甚至改性困难。由图5可知:对于饱和分,KLMY与TH远高于其余道路石油沥青,而KLMY与TH相当;对于芳香分,KLMY、TH低于其他沥青,同时KLMY又低于TH;对于胶质则为KLMY最高,TH最低,其他沥青处于两者之间;对于沥青质,TH最高,均值达18.64%,KLMY最低,均值不足1%。不难看出:低芳香分、高饱和分为KLMY与TH沥青共有,而沥青质含量,TH沥青为KLMY沥青的15~25倍。在工程应用中,因沥青组分占比差异,KLMY基质沥青表现为高温稳定性不足、胶体稳定性较差,而TH沥青则呈现出沥青延度低、低温性能较差、易产生脆裂等特点。

沈金安等指出高芳香分与低沥青质的组分配比与高分子聚合物改性剂具有良好的相容性。而新疆地区KLMY沥青、TH沥青芳香分含量均较低,因而在研究与SBS等高分子聚合物改性剂呈现出较差的相容性。因此,后续可尝试通过提高芳香分比例并适当降低沥青质含量等方式用以改善改性剂在KLMY沥青、TH沥青中的溶解度。

2.1.2 沥青S元素含量

对于渣油或沥青重质油而言,氢、碳、氮、硫、氧等元素的组成对基质沥青的溶解度、稳定性等物理或化学性质影响较大。其中,硫元素含量及其化学结构对基质沥青的改性效果影响最为显著。通过调查,总结了部分新疆基质沥青与其他基质沥青的元素组成,调查成果汇总如表1所示。

表1 基质沥青元素组成

基质沥青	H/%	C/%	N/%	S/%	O/%
KSH-A	11.55	86.83	0.72	0.23	0.47
KSH-B	11.32	86.72	0.71	0.18	1.07
KSH-C	11.10	86.07	0.63	0.20	0.57
国产-90	10.73	85.34	0.49	1.54	1.12
进口-90	10.10	83.86	0.43	4.80	0.81
塔河原油	—	—	—	2.75	—

注:中石油旗下克拉玛依石化公司采用KSH基质沥青用于SBS改性沥青生产。

由表1可知:氢、碳是构成基质沥青最主要的两种

元素,氮、硫、氧是构成基质沥青的微量元素。对微量元素占基质沥青元素的比例分析可知,硫元素含量为进口-90>塔河原油>国产-90>KSH-A>KSH-C>KSH-B,其中KSH-A、KSH-B、KSH-C中硫元素含量基本一致,远低于进口-90,这证明克拉玛依沥青(KSH-A、KSH-B、KSH-C)中含硫元素极性基团较少。

2.1.3 沥青材料化学组成及溶解度分析

当两种材料的溶解度参数较为相近时,共混会较均匀。溶解度参数,用 δ 表示。SBS高分子聚合物的溶解度参数 δ 为聚苯乙烯(PS段)与聚丁烯(PB段)线性相加,同样,基质沥青的溶解度参数 δ 为饱和分、芳香分、胶质及沥青质4大组分线性相加。当基质沥青与SBS等高分子聚合物改性剂溶解度参数 δ 相近时,二者表现为较高的相容性,改性过程中共混均匀,改性后软化点大幅降低,从而使沥青高温性能得到加强。通过调查,总结了新疆地区KLMY沥青各组分与SBS改性剂化学成分的溶解度参数 δ 值如表2所示。

表2 材料化学组成及溶解度

材料类型	项目	δ 值
KLMY	饱和分	7.45
	芳香分	9.15
	胶质	10.93
	沥青质	10.93
SBS	聚苯乙烯(PS段)	9.10
	聚丁烯(PB段)	8.40

由表2可知:新疆地区KLMY沥青的溶解度参数 δ 值为各组分溶解度参数 δ 值线性相加,其值为38.46,SBS溶解度参数 δ 值为聚苯乙烯(PS段)与聚丁烯(PB段)溶解度参数 δ 值线性相加,其值为17.5。胶粉颗粒溶解度参数 δ 值通常为17.8。表明新疆地区KLMY沥青与SBS、胶粉颗粒的溶解度参数 δ 相差较大,实际改性过程中混合均匀性较差,致使改性效果不佳,需通过增溶剂来提高其相容程度。

2.2 SBS改性机理分析

现阶段,SBS沥青改性方式主要分为物理改性、化学改性两大类。物理改性:即高温状态下,将SBS改性剂与基质沥青混合,再利用高速剪切仪使二者形成连续网状结构;化学改性:即高温状态下,SBS改性剂与基质沥青混融分散后,通过添加稳定剂等方式,使沥青形成活性基团,而后活性基团与SBS改性剂接枝,构成更为稳定的网状结构。无论是物理改性还是化学

改性,改性效果都与沥青本身的组分和其物理性质相关。基于此从沥青组分、S 元素含量和材料溶解度三个方面对 SBS 改性新疆沥青做出如下分析:

(1) 在沥青组分方面,周巧英等分别对 SBS 改性 KLMY90[#]、国产 I 90[#]、进口 I 90[#]、进口 II 90[#] 沥青进行荧光测试,结果表明:和其他沥青相对比,SBS 与 KLMY 配伍性较差,聚团现象较明显,溶胀效果不佳导致形成稳定的改性沥青产品较为困难。同时,新疆地区 KLMY 沥青自身饱和分和芳香分等轻质油分含量偏低,致使基质沥青与 SBS 改性剂无法溶胀充分,易引发聚团现象,造成新疆地区基质沥青为原材料的 SBS 改性过程困难,改性成效不佳。

(2) 基质沥青与 SBS 等高分子聚合物发生交联反应时,必须具备足够的含硫极性官能团。伴随含硫极性官能团的增多,基质沥青与高分子聚合物改性剂的相容性越高,改性沥青稳定性越高。结合调查数据,新疆地区 KLMY 沥青含硫元素极性官能团含量较少,远低于进口-90 和塔河沥青。在实际应用中,KLMY 沥青改性难度较大,而塔河沥青相对较优,因此,低 S 含量可能是克拉玛依沥青难改性的原因之一。

(3) 基质沥青与 SBS 等高分子聚合物改性剂的溶解度参数相近时,二者相容性越好。反之,溶解度参数相差较大时,基质沥青与 SBS 改性剂不易相容,改性效果不佳。由表 2 可知:SBS 溶解度系数高达 17.5,大于 KLMY 沥青各组分的溶解度,同时远小于基质沥青的各组分溶解度参数线性相加值 38.64,故两者相容性较差。因此,溶解度差异可能是 KLMY 沥青改性难的因素之一。

2.3 胶粉改性机理分析

现阶段,胶粉改性沥青改性机理尚未形成统一观点。国内外学者较为认可的胶粉改性机理主要集中于 4 种观点:即物理共混观点、化学共混观点、网络填充观点以及溶胀降解观点。其中,溶胀降解观点受学者接受程度最高:即较低温度状态时橡胶颗粒在沥青中发生溶胀;较高温度状态时橡胶颗粒分子间的交联网络发生破坏,进而引发降解和脱硫反应,在该过程中同时存在物理作用和化学作用。

李廷刚等观测了不同反应时间下含添加剂和不含添加剂的胶粉改性沥青的电镜照片以探究胶粉改性沥青的改性机理。结果表明:胶粉改性过程中,胶粉颗粒随反应时间增长,从相对独立逐步演变为胶粉颗粒核心溶解,而后胶粉颗粒表面与基质沥青连接形成凝胶体,逐步构建稳定的网状结构,进而呈现出理想的使用

性能。

胶粉与基质沥青的材料特性差异主要体现在以下 4 个方面:相对分子质量、化学结构、热稳定性以及胶粉颗粒与基质沥青各组分溶解度参数。其中溶解度参数直接影响胶粉与基质沥青的相容性,其差异大小对胶粉改性基质沥青效果的影响最为显著。因此,现阶段主要通过工艺相容方式,实现并提升胶粉对基质沥青的改性。该方式下,沥青中油蜡组分因其溶解度参数和胶粉颗粒相近,二者表现为较好的相容性,油蜡分子扩散进入橡胶链段空隙中,导致橡胶链段逐步产生松动、脱离,进而一部分胶粉颗粒完全溶解;最终胶粉颗粒以非完全溶解的极细状态均匀分布于沥青中,进而构成相对稳定性较好的物理相容体系。

综上所述:胶粉改性沥青主要形成于溶胀过程中,其改性效果明显受到胶粉与基质沥青组分的相容性影响,而相容性主要与材料的溶解度参数差异有关,当二者的溶解度参数差异较小时,相容性较好,反之则较差。胶粉、SBS 等高分子聚合物改性剂的溶解度参数相近,远小于新疆地区 KLMY 沥青各组分的溶解度参数线性相加值,在改性过程中,材料相容性较差,溶胀过程不理想,且容易发生聚团现象,难以形成稳定的网状结构。因此,采用胶粉、SBS 等高分子聚合物改性剂用于新疆沥青改性时,需克服相容性较差的难题,使材料溶胀充分,减少改性过程中的聚团现象,才能达到较为理想的改性效果。

3 新疆沥青性能提升工艺研究

改性沥青制备工艺:溶胀、剪切、发育。即在一定温度状态与剪切条件下,改性剂溶胀充分以极细的状态均匀分布于基质沥青中,逐渐构成稳定的网状结构。

基于新疆地区基质沥青制备而成的 SBS 改性沥青、胶粉改性沥青,深受基质沥青组分、材料溶解度等因素影响,其改性存在一定难度、改性效果不够理想,现阶段难以大幅推广及应用。部分学者针对 SBS、胶粉等改性剂与新疆沥青材料的相容性难题,研究并改进了不同的新疆沥青改性工艺,以提升改性效果。另有学者通过研究不同改性剂对新疆地区基质沥青与 SBS 相容性的提升作用,取得一定的成果。调查内容主要集中在剪切工艺、改性方法和新型改性剂方面:

(1) 剪切工艺:不同剪切工艺对 SBS 等高分子聚合物改性剂在基质沥青中的分散程度影响显著,进而阻碍 SBS 与基质沥青的相容程度及混合物的稳定性。

彭煜等指出降低 SBS 颗粒尺寸、提高剪切速率和剪切温度可提高 SBS 与新疆 KLMY 沥青之间的相容性,改善改性效果;同时,较高的剪切温度加速沥青老化、增加剪切时间在提高改性沥青软化点的同时,会降低其延度和温度敏感性。文跃采用 SBS 改性新疆 KLMY 沥青,确定了剪切工艺参数对材料相容性的影响程度:即剪切时间>剪切温度>发育温度>发育时间;同时指出了 SBS 改性新疆 KLMY 沥青的最佳工艺条件,为新疆沥青实际改性生产提供参考。

(2) 改性方法:彭煜等针对新疆 KLMY 沥青改性难、稳定性差等问题,分别采用化学改性和物理改性的方法,研究了 KSH-A90[#]、MHT-A90[#]、HSA90[#] 和进口 JK-AJ90[#] 4 种沥青改性前后物理、化学性质及 SBS 改性沥青性能指标的差异,明确指出化学改性有助于降低 SBS 改性过程中的反应温度,提升新疆 KLMY 沥青的高温性能;高华采用母液化学复合法,通过带搅拌器的反应釜,将 KLMY 沥青与 SBS 改性剂加热循环,使二者更好地熔融。

(3) 新型改性剂:李林萍等采用 TLA(特立尼达湖沥青)改性新疆 KLMY AH-90[#] 基质沥青,有效提高了其高低温性能,且 TLA 成本较低,可推广使用;李国峰等研究了硫磺用于新疆沥青的改性,并依托新疆地区硫磺产业的发展现状,分析了大范围推广硫磺改性新疆沥青的可行性;宋卿卿等采用新疆乌尔禾岩沥青作为改性剂,研究了不同搅拌时间和溶入温度下不同掺量新疆乌尔禾岩沥青对于新疆 KLMY 90[#] 沥青的改性影响,为新疆乌尔禾岩沥青用于改性新疆基质沥青的应用研究提供了思路。

综上所述:采用合理剪切工艺、最佳剪切条件,有助于提升新疆沥青的改性效果;化学改性等合理的改性方法能更好地解决新疆沥青的改性难题,提升新疆沥青的改性性能;采用 TLA、硫磺、新疆乌尔禾岩沥青等经济适用性高、相容性较好的新型改性剂可有效改善新疆沥青改性效果。

4 新疆沥青改性应用现状

SBS、橡胶改性沥青在中国已具备一定研究规模,并在各省市皆有应用,经过多年环境条件与车辆荷载的共同作用,表现出良好的耐久性与稳定性。新疆地区使用改性沥青起步较晚,从 2010 年起,在日益增长的交通需求下,开始大规模使用改性沥青以提升高等级公路路用性能。

新疆地区处于中国西北,南疆干旱,北疆寒冷,整体日照时间长、降雨量小,昼夜温差最大可达 19℃。位于乌鲁木齐市苏州路东延道路是新疆地区第一条采用 SBS 改性新疆基质沥青的道路,通过掺入 6% SBS 改性剂,有效提升了克拉玛依 AH-90[#] 基质沥青的路用性能。然而,新疆基质沥青与 SBS 等聚合物改性剂混溶不充分,易引发聚团现象降低改性效果。在新疆阿喀高速公路采用橡胶改性沥青技术铺筑了试验段,掺入适量的橡胶可大幅度提升试验段的渗水、降噪等性能,但因橡胶粉沉淀及橡胶与沥青黏度不足等问题导致工程质量下降。周良川等在克拉玛依白碱滩城市快速路的研究中指出一定掺量的胶粉可以有效改善克拉玛依沥青的高低温性能、抗疲劳性能。同时,胶粉改性沥青作为面层材料可有效降低行车噪音,其低廉的造价和对环境的保护作用使其推广成为可能;李宏亮等运用改性沥青在克拉玛依市铺筑了城市道路,经对比分析发现橡胶沥青所铺筑的公路高温稳定性、抗车辙性、抗疲劳老化性较普通沥青明显提高,但 SBS 改性沥青使用性能效果提升并不显著。

结合现阶段新疆地区改性沥青应用现状可知,SBS、胶粉改性新疆地区基质沥青在一定程度上可提升其路用性能,但新疆基质沥青特有性质易引发改性难题,降低改性效果。

5 结论与展望

(1) SBS 改性后新疆基质沥青针入度降低 18%~20%、软化点提升 28%~30%、延度提升 39%~52%;胶粉改性后新疆基质沥青针入度降低 16%~27%、软化点提升 27%~28%、延度变化不显著。表明新疆基质沥青经过 SBS 改性、胶粉改性后,其高温性能、温度敏感性得到充分改善;而经 SBS 改性后,其低温抗开裂性能改善显著,经胶粉改性后未见明显变化。

(2) 低芳香分、高饱和分的新疆 KLMY 沥青使 SBS 改性剂溶胀不充分,易产生聚团现象,引发改性难题;新疆 KLMY 沥青含硫极性基团过少,与 SBS 改性剂难以构成稳定的网状结构,降低改性效果;胶粉、SBS 等高分子聚合物改性剂的溶解度参数远小于新疆地区 KLMY 沥青的溶解度参数,改性过程中呈现出较差的相容性,增加了改性难度。

(3) 采用合理的剪切工艺,控制剪切条件可实现改性效果最大化;化学改性等合理的改性方法能更好地解决新疆沥青的改性难题;经济适用、相容性好的新

型改性剂或可替代 SBS、胶粉等高分子聚合物改性剂用于改性新疆沥青。

(4) 后续应在 SBS、胶粉改性新疆地区基质沥青机理的细化研究基础上,提升 SBS、胶粉或其他改性剂与克拉玛依沥青、塔河沥青的相容稳定性与配伍性,降低新疆地区基质沥青的改性成本,使其能够良好适配新疆独特的气候环境并且大范围推广应用,进而促进新疆地区公路整体建设水平。

参考文献:

- [1] 罗来龙, 蔺习雄, 李剑新. 克拉玛依 SBS 改性沥青的热稳定性[J]. 石油炼制与化工, 2005(5).
- [2] 李林萍, 秦拥军. SBS 改性沥青在新疆地区道路的应用研究[J]. 路基工程, 2010(4).
- [3] 彭煜, 熊良铨, 吕文姝, 等. 化学法改性克拉玛依沥青研究[J]. 石油炼制与化工, 2019(3).
- [4] 彭煜, 杨克红, 蔺习雄, 等. SBS 改性克拉玛依沥青的相容性和稳定性机理[J]. 石油沥青, 2018(5).
- [5] 云庆庆, 王晓倩, 曹康, 等. 克拉玛依改性沥青的制备及其性能研究[J]. 化工新型材料, 2017(12).
- [6] 朱红, 程健. 塔河 SBS 改性沥青稳定性影响因素的研究[J]. 石油沥青, 2012(6).
- [7] 吕文姝, 王金勤, 蔺习雄. 不同基质沥青对橡胶沥青的性能影响[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2014(10).
- [8] 柴志杰. 塔河原油生产 SBS 改性沥青的研究[J]. 石油炼制与化工, 2016(12).
- [9] 李林萍, 艾贤臣, 阿合买提·卡德尔. TLA 改性沥青在新疆地区道路中的应用研究[J]. 路基工程, 2010(5).
- [10] 李国峰, 陈梅, 孔瑛, 等. 硫磺沥青在新疆公路中的可行性应用研究[J]. 化学工程师, 2017(8).
- [11] 宋卿卿, 于江, 赖万松, 等. 新疆乌尔禾岩沥青对克 90 沥青的改性试验研究[J]. 交通科技与经济, 2013(6).
- [12] 马莲霞, 李耀业, 李宏亮. 春风塔河沥青与克拉玛依沥青及其混合料路用性能对比分析[J]. 公路交通技术, 2019(1).
- [13] 高崇. 新疆地区废旧地膜 PE/SBS 改性沥青及其混合料路用性能研究[D]. 新疆农业大学硕士学位论文, 2016.
- [14] 赵泽鹏, 雷娟, 华伦松, 等. SBS T6302H 生产高性能改性沥青的研究[J]. 弹性体, 2017(3).
- [15] 张广泰, 方烁, 叶奋. 双螺杆挤出胶粉改性沥青流变性能研究[J]. 中国公路学报, 2019(5).
- [16] 王晓倩, 陆江银, 曹敏娜. 废橡胶改性沥青的储存稳定性研究[J]. 石油炼制与化工, 2014(4).
- [17] 周巧英, 刘平, 李传夫. 影响 SBS 改性克拉玛依沥青改性效果原因分析[J]. 湖南交通科技, 2013(2).
- [18] 陈华鑫, 贺孟霜, 纪鑫和, 等. 沥青性能与沥青组分的灰色关联分析[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2014(3).
- [19] 季节, 石越峰, 索智, 等. DCLR 与 TLA 共混改性沥青的性能对比[J]. 燃料化学学报, 2015(9).
- [20] 张恒龙, 史才军, 余剑英, 等. 多聚磷酸对不同沥青的改性及改性机理研究[J]. 建筑材料学报, 2013(2).
- [21] 王伟国, 朱东, 唐国奇. 干法聚合物改性技术对不同油源沥青的适用性研究[J]. 公路, 2019(1).
- [22] 季节, 索智, 石越峰, 等. 煤直接液化残渣与沥青共混后的性能试验研究[J]. 公路交通科技, 2016(5).
- [23] 冯新军, 赵梦龙, 唐雄, 等. 改性沥青中 SBS 含量电化学检测法抗干扰指标[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2019(1).
- [24] 李卫东, 韩冬云, 李丹东, 等. FCC 油浆糠醛精制生产重交通道路沥青[J]. 石油炼制与化工, 2015(5).
- [25] 张彪, 王子军. 掺炼糠醛抽出油对阿曼和伊朗渣油溶剂脱沥青过程的影响[J]. 石油炼制与化工, 2004(3).
- [26] 李林, 李培明, 周春明, 等. 润滑油溶剂精制装置抽出油综合利用的应用研究[J]. 石油与天然气化工, 2017(5).
- [27] 沈金安. 沥青与沥青混合料路用性能[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003
- [28] 李福普, 沈金安. 聚合物改性沥青的配伍性与相容性[J]. 公路交通科技, 1999(3).
- [29] 吉永海. SBS 改性沥青的相容性和稳定性机理[J]. 石油学报, 2002(3).
- [30] 郭朝阳, 何兆益, 曹阳. 废胎胶粉改性沥青改性机理研究[J]. 中外公路, 2008(2).
- [31] 李廷刚, 李金钟, 李伟. 橡胶沥青微观机理研究及其公路工程应用[J]. 公路交通科技, 2011(1).
- [32] 文跃. SBS 改性克拉玛依沥青的相容性研究[D]. 中国石油大学硕士学位论文, 2011.
- [33] 高华. 利用克拉玛依稠油沥青制备 SBS 改性沥青[D]. 青岛科技大学硕士学位论文, 2007.
- [34] 李林萍, 秦拥军. SBS 改性沥青在新疆地区道路的应用研究[J]. 路基工程, 2010(4).
- [35] 张继华. AR-AC-16C 型橡胶沥青混凝土在阿喀高速公路上的应用[J]. 云南水力发电, 2016(2).
- [36] 周良川. 新疆干旱荒漠区橡胶改性沥青 SMA 混合料路用性能研究[D]. 新疆农业大学硕士学位论文, 2016.
- [37] 周文生, 张建宁, 张宏伟, 等. 橡胶沥青道路在新疆地区城市中的应用[J]. 交通标准化, 2014(10).
- [38] 李宏亮, 杨三强, 刘涛, 等. 橡胶沥青在新疆重载交通城市道路的应用[J]. 石油沥青, 2014(2).