

液体改性低温煤沥青透层油性能研究

苗英豪¹, 黄尚洪², 王苏娣¹, 汪林兵²

(1.北京工业大学 城市交通学院, 北京市 100124; 2.北京科技大学 国家材料服役安全科学中心)

摘要:以煤焦油渣制备的改性低温煤沥青为基础,以煤油为稀释剂,探讨了改性低温煤沥青的溶解利用率,并制备了液体改性低温煤沥青透层油。进而利用渗透试验、层间拉拔试验等方法,考察了液体改性低温煤沥青透层油的渗透和层间结合性能。结果表明:提高氯丁橡胶(CR)的掺量或煤油的比例,可以提高改性低温煤沥青的溶解利用率。在氯丁橡胶(CR)掺量0.5%、煤油与沥青的比例为2:10、洒布量为1 L/m²时,改性低温煤沥青透层油的渗透深度可达8 mm,与乳化石油沥青、液体石油沥青的渗透性能相当。与液体石油沥青相比,液体改性低温煤沥青透层油在层间结合性能方面具有明显优势。

关键词:煤焦油渣; 低温煤沥青; 透层油; 渗透性能; 层间结合性能

中国煤炭资源丰富,煤化工业生产的基础化工产品 and 能源产品,可部分替代石油化工产品,弥补中国石油资源的不足。然而煤化工业的许多废弃物也带来不小的环境压力,煤焦油渣就是其中之一。目前煤焦油渣大多靠焚烧处理,少数用于配煤炼焦,并没有得到充分的利用。煤焦油渣中10%~40%为可利用的低温煤沥青,加工制备道路用煤沥青是重要的资源化利用途径。相对于石油沥青,煤沥青在路用性能方面存在一些短板,同时高温条件下,煤沥青中有毒及致癌物质易于挥发,造成环境污染,损害操作人员健康,这些问题限制了煤沥青的广泛应用。针对煤沥青应用中存在的问题,研究人员通过改性、与石油沥青共混等方法,制备出了可用于道路沥青路面的煤沥青,同时开发了煤沥青脱毒技术,以减小对施工人员的伤害;另一方面,煤沥青具有渗透性强的特性,在透层油方面具有一定优势。由于煤沥青的性能受到煤源、煤化工艺等多种因素的影响,不同来源的煤沥青存在较大的差异,仍需进一步研究。

该文以神华蒙西第二焦化厂煤焦油渣制备的改性低温煤沥青为基础,以煤油为稀释剂,探讨改性低温煤沥青的溶解利用率,并制备液体改性低温煤沥青。进而利用渗透试验、层间拉拔试验等方法,考察液体改性低温煤沥青在水泥稳定碎石基层上的渗透和层间结合性能,分析液体改性低温煤沥青作为半刚性基层透层油的可行性。

1 材料制备方法

1.1 改性低温煤沥青的制备

采用煤焦油渣为原料,经脱水、过滤得到低温煤沥青。进而进行化学交联改性,并添加氯丁橡胶(CR)进行物理改性。具体改性工艺如表1所示,改性后煤沥青技术指标列于表2。

表1 煤沥青改性工艺

催化剂浓硫酸质量比/%	交联剂甲醛质量比/%	添加剂氯丁橡胶质量比	反应温度/℃	反应时间/h
0.75	7.5	待优化指标	120	2.5

表2 改性低温煤沥青性能指标

项目	单位	试验测试值	试验标准
15℃针入度	0.1 mm	31.5	T0604-2000
25℃针入度	0.1 mm	113.2	T0604-2000
15℃延度	cm	132.1	T0605-1993
软化点	℃	44.3	T0606-2000
15℃密度	g/cm ³	1.089	T0603-1993

1.2 透层油的制备

以改性低温煤沥青为基础,选用煤油为稀释剂,常温下在定量煤油中按比例加入110~120℃的改性低温煤沥青,普通搅拌20 min,之后剪切机搅拌5 min,

收稿日期:2018-05-19

作者简介:苗英豪,男,博士,副教授.E-mail: miaoyinghao@163.com

100 目筛过滤后得到液体改性低温煤沥青透层油。

2 试验方案与试验方法

2.1 试验方案

为了分析氯丁橡胶(CR)掺加比例以及煤油稀释比例对透层油性能的影响,研究采用 0%、0.25%、0.5%、0.75%和 1%共 5 种不同氯丁橡胶(CR)掺量,分别制备改性低温煤沥青,并考虑 2 : 10、3 : 10 和4 : 10 共 3 种煤油与改性低温煤沥青的稀释比例,制备液体改性低温煤沥青透层油。利用各种因素组合下制备的液体改性低温煤沥青透层油,分别开展溶解利用率试验、渗透性能试验和层间拉拔试验,以评价液体改性低温煤沥青透层油以及氯丁橡胶(CR)掺加比例和煤油稀释比例的影响。

为了研究透层油洒布量与渗透深度、层间结合性能的关系,以 0.5%氯丁橡胶掺量的改性低温煤沥青为基础,选用煤油与沥青稀释比例为 2 : 10,制备液体改性低温煤沥青透层油。使用多种洒布量,分别进行了渗透性能试验和层间拉拔试验的对比分析。

为了验证该文制备的改性低温煤沥青透层油的性能,选择了常用的液体石油沥青和乳化石油沥青透层油进行对比试验。对比试验使用的液体石油沥青,采用软化点 53.1 ℃的 90#石油沥青作为基质沥青,以给定的煤油与沥青稀释比例进行稀释,其中渗透性能对比试验采用的煤油与沥青的比例为 1 : 1,层间拉拔性能对比试验采用了 3 个比例,分别为 4 : 6、5 : 5 和 6 : 4。制备时将基质沥青加热至 80 ℃后加入到煤油中,物理混合搅拌均匀。对比试验使用的乳化石油沥青,采用 90#石油沥青作为基质沥青,选用阴离子乳化剂 kzw—803Y,水与沥青的比例为 1 : 1,乳化剂添加比例为水和沥青总重的 1%。制备时在 80 ℃将水、沥青和乳化剂混合,利用剪切搅拌乳化机,在 6 000 r/min下搅拌 10 min。

2.2 改性低温煤沥青的溶解利用率试验方法

称取定量的改性低温煤沥青,按照给定的稀释比例,与煤油混合稀释,冷却至室温,经 100 目筛过滤后,称取残渣的质量,减少的重量即为可以被煤油溶解利用的部分。溶解利用率可按式(1)计算:

$$A_r = \frac{m_t - m_r}{m_t} \times 100\%$$

式中: A_r 为溶解利用率; m_t 为改性低温煤沥青总质量; m_r 为残渣质量。

2.3 渗透性能试验方法

以水泥稳定碎石为渗透试验半刚性基层材料,材料级配如表 3 所示,利用静压成型方法制作 100 mm ×100 mm 圆柱形试件。在试件成型 1 d 后喷洒透层油,透层油洒布 3 d 后,观察试件表面,并将试件竖向切开,按图 1 所示 3 个测点,量测每个试件透层油渗透深度,其中包括煤油渗透深度和沥青渗入深度 2 个指标。测量渗透深度时只量取表面形成油膜的试件,以平均值进行比较分析。

表 3 水泥稳定碎石级配

筛孔/ mm	通过百分 率/%	筛孔/ mm	通过百分 率/%
26.5	100	1.18	22.5
19	86.5	0.6	15.1
13.2	74.1	0.3	9.9
9.5	64.9	0.15	6.4
4.75	50.0	0.075	4.0
2.36	33.6		

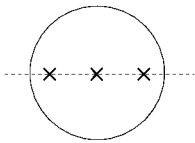


图 1 测点示意图

2.4 层间拉拔试验

层间结合性能采用拉拔试验进行评价,试验仪器为交通部科学研究院自主研发的公路工程桥面铺装用防水涂料黏结强度测试仪。首先成型水泥稳定碎石试件,试件直径 150 mm,高 80 mm。养生 1 d 后顶面喷洒透层油,并继续养生至 7 d。将水泥稳定碎石试件装入试模,利用静压法在试件上方成型 40 mm 厚的沥青混合料试件。试验中水泥稳定碎石使用与渗透试验相同的材料,沥青混合料选用 AC—13I 型热拌沥青混合料,沥青混合料所用沥青为兰炼 90#基质沥青。同一试验条件下,制作 3 个拉拔试验试件,以平均值进行比较分析。

3 改性低温煤沥青溶解利用率

图 2 为氯丁橡胶(CR)掺量和稀释比例对改性低温煤沥青溶解利用率 A_r 的影响。由图 2 可以看出:
① 煤油的比例越高,改性低温煤沥青的溶解利用率越高,试验中最高利用率为 35.4%。其原因主要是煤油

本身对煤沥青中的轻质组分具有溶解稀释作用,但同时煤沥青中含有煤粉以及胶粉等固体不溶物,煤油会在稀释过程中吸收煤沥青中的小分子油分、胶质以及大部分的沥青质,最终剩下黏性较低的大颗粒物质,在 100 ℃ 左右发生裂解缩合反应,最终至室温下形成沉淀;② 随着氯丁橡胶(CR)掺量的增加,改性低温煤沥青的溶解利用率显著提高。氯丁橡胶在溶胀过程中由于极性相似相容,橡胶纤维长链溶胀分离后会在小范围内与煤油形成胶体,从而贮藏在煤粉和胶粉等大分子颗粒中的小分子 α 、 β 树脂以及煤油的榨取比例相应升高,提高了煤沥青的利用率。

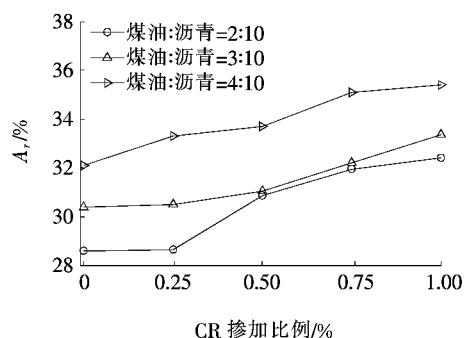


图 2 氯丁橡胶掺量及稀释比例对溶解利用率的影响

4 液体改性低温煤沥青渗透性能

渗透试验后切开水泥稳定碎石试件,观察切面上透层油的渗透情况,可以清晰区分出土黄色部分和黑色部分,土黄色部分为煤油渗透区域,黑色部分为沥青渗透区域。沥青的渗透深度是本文关注的重点,图 3 为氯丁橡胶(CR)掺量及煤油稀释比例对沥青渗透深度的影响,对应的透层油洒布量均为 1 L/m²。

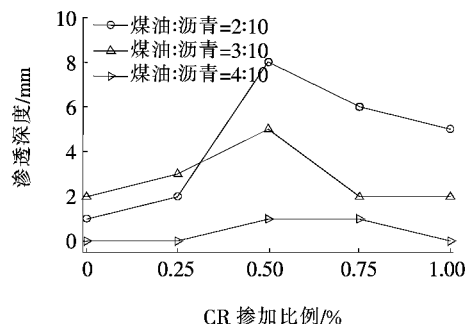


图 3 氯丁橡胶掺入量和煤油稀释比例对渗透深度的影响

从图 3 可以看出:① 当氯丁橡胶掺入量小于等于 0.25% 时,煤油:沥青为 3:10 时渗透深度较其他稀释比例大。当氯丁橡胶的掺入量超过 0.25% 时,煤油

:沥青为 2:10 时渗透深度较其他稀释比例大。表明增大煤油稀释比例并不能提高改性低温煤沥青的渗透深度;② 无论何种稀释比例,在氯丁橡胶(CR)掺量为 0.5% 时渗透深度均出现极值。煤油:沥青为 2:10,氯丁橡胶(CR)掺量为 0.5% 时,渗透深度最大,达到 8 mm,完全符合 JTG F40—2 004《公路沥青路面施工技术规范》对透层油渗透深度达 5 mm 的要求。

图 4 为 0.5% 氯丁橡胶(CR)掺量、稀释比例为 2:10 的透层油在不同洒布量时对应的渗透深度。

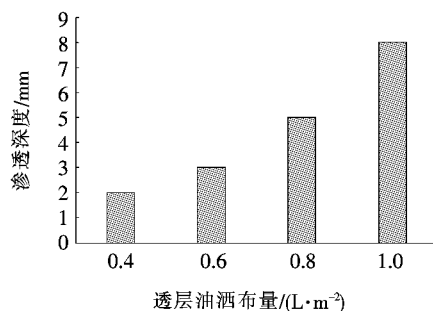


图 4 不同的透层油洒布量的渗透深度

由图 4 可以看出:渗透深度随透层油洒布量的增加显著增大。当洒布量达到 0.8 L/m² 时,渗透深度已能满足 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》中渗透深度达到 5 mm 的要求。图 5 对比了 3 种不同透层油的渗透深度(洒布量均为 1 L/m²)。

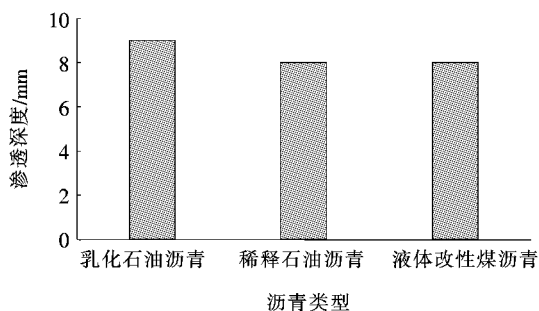


图 5 不同种类透层油的渗透深度值比较

由图 5 可以看出:液体改性低温煤沥青透层油的渗透性能与实践常用的乳化石油沥青和液体石油沥青基本相同。

5 层间结合性能

氯丁橡胶(CR)掺量对层间拉拔力的影响如图 6 所示。

由图 6 可以看出:当氯丁橡胶(CR)掺量从 0% 变化至 0.25%,最大拉拔力急剧升高,即层间结合性能随

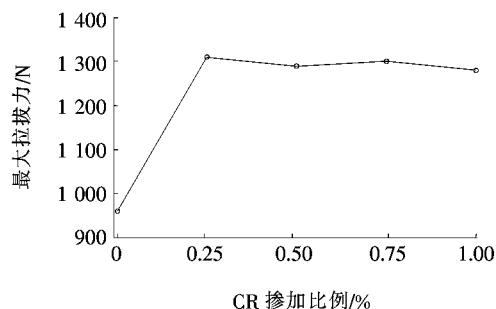


图6 氯丁橡胶掺量对最大拉拔力的影响

之增强。继续增大氯丁橡胶(CR)掺量,最大拉拔力基本不变。这种现象可能是氯丁橡胶在沥青基体中的溶解度有限造成的。氯丁橡胶(CR)溶解后增大了沥青油分的黏度,最大拉拔力随之增大。当掺入量超过0.25%之后,增加的氯丁橡胶并未溶解,不能进一步增大油分的黏度,因此继续增加氯丁橡胶(CR)掺量,没有带来最大拉拔力的增大。

煤油与改性低温煤沥青的比例对层间拉拔力的影响如图7所示。

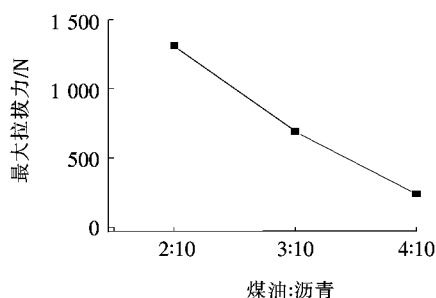


图7 稀释度对最大拉拔力的影响

由图7可以看出:稀释比例对最大拉拔力的影响较大。随着稀释程度的增加,拉拔力急剧减小。这主要是实际沥青用量随之减小的结果。当洒布量一定时,采用煤油比例高的透层油,实际沥青用量就会减少,从而影响了层间结合。单纯从层间结合的角度出发,煤油与改性低温煤沥青的比例越小越好。但稀释比例还会影响到改性低温煤沥青的溶解利用率,煤油加入量越低,改性低温煤沥青的利用率也就越低,不能得到最大限度的利用。因此,还需综合考虑,根据实际情况选择综合最优的稀释比例。

图8为0.5%氯丁橡胶(CR)掺量、稀释比例为2:10的透层油在不同洒布量时最大拉拔力的变化情况。

由图8可以看出:最大拉拔力随洒布量的增加先增加后减小,在洒布量为 1.1 kg/m^2 时达到最大值 1340 N 。经二次抛物线拟合发现,最大层间拉拔力对应的洒布量为 1.12 kg/m^2 。

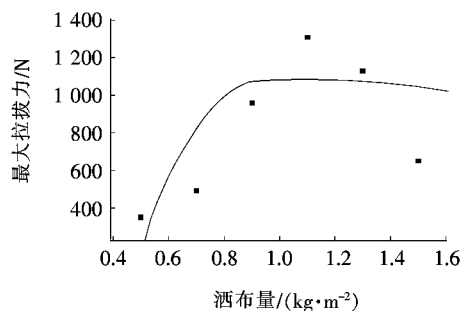


图8 洒布量对最大拉拔力的影响

图9对比了3种不同透层油对应的最大拉拔力(洒布量均为 1.1 kg/m^2)。

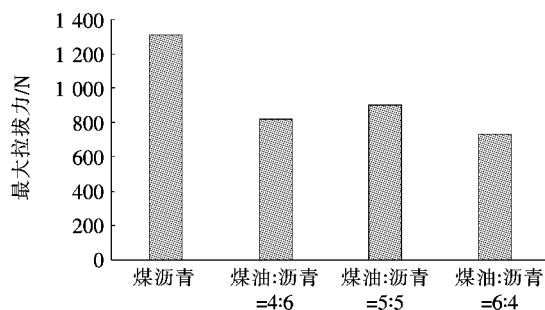


图9 不同种类透层油最大拉拔力对比

由图9可以看出:液体改性低温煤沥青透层油具有较大的优势,达 1340 N 。由于JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》并没有关于透层油层间结合力的具体要求,煤油与沥青比例为5:5的液体石油沥青是实践中常用的透层油。该文研发的液体改性低温煤沥青透层油的层间结合力可以达到液体石油沥青的水平,因此可以认为,该文研发的改性低温煤沥青透层油在层间结合力方面可以达到路用要求。

6 结论

(1) 在改性低温煤沥青液化利用率方面,提高改性过程中氯丁橡胶(CR)的掺加量,或提高煤油的比例,可以提高稀释过程中改性低温煤沥青的溶解利用率,但这些因素也会影响到液体低温煤沥青透层油的渗透性能和层间结合性能,应根据实际情况综合考虑。

(2) 在渗透性能方面,氯丁橡胶(CR)的掺加量、煤油与沥青的比例、透层油洒布量等因素,均对液体改性低温煤沥青透层油的渗透性能有显著影响。在氯丁橡胶(CR)掺量0.5%、煤油与沥青的比例为2:10、洒布量为 1 L/m^2 时,改性低温煤沥青透层油的渗透深度可达 8 mm ,符合相关规范要求。对比试验也表明,通

橡胶颗粒沥青混合料修正的动稳定度研究

王国忠¹, 张岩¹, 冯晓波², 李海军¹

(1.内蒙古农业大学 能源与交通工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018; 2.内蒙古路桥集团有限责任公司 第六工程处)

摘要: 针对动稳定度评价指标存在的不足,通过标准车辙试验,找出动稳定度用于评价橡胶颗粒沥青混合料高温稳定性的不足之处;为了合理评价橡胶颗粒沥青混合料的高温稳定性,采用非标准车辙试验,改变试验温度与碾压时间,对混合料的温度敏感性进行分析,得出不同温度下,动稳定度中 t_1 、 t_2 的取值是不同的;通过对不同高温与时间条件下车辙曲线的变形速率进行分析,得出橡胶颗粒沥青混合料的动稳定度在不同温度下 t_1 、 t_2 的取值;位移一时间曲线中压密稳定阶段随温度的升高逐渐后移,且压密阶段时间越长,压密稳定阶段越靠后,沥青混合料的抗车辙性能越弱。

关键词: 沥青混合料; 高温稳定性; 车辙试验; 动稳定度; 温度; 变形速率

1 前言

沥青混合料的动稳定度是用于判断沥青混合料的抗车辙性能,评价沥青混合料的高温稳定性的指标之一。沥青混合料的抗车辙性能并不能完全表征沥青混合料的高温稳定性,因此动稳定度指标在评价高温稳

定性方面还存在缺陷,如未考虑车辙的累积变形量以及不同时间段的变形速率等。

目前,针对动稳定度指标的讨论与修正诸多,岳学军、黄晓明等分析了动稳定度评价高温稳定性的局限性,建议考虑车辙试验的相对变形评价;S L Weissman 进行车辙试验的研究,提出应考虑尺寸效应影响;杜顺成提出动稳定度未考虑车辙前期的累积变形

过适当的调配,改性低温煤沥青透层油可以达到与乳化石油沥青、液体石油沥青相当的渗透性能。

(3) 在层间结合性能方面,氯丁橡胶(CR)的加入,可有效改善层间结合性能,但掺量超过 0.25% 后,改善效果将不再增加。随着煤油比例的增加,层间结合性能显著下降。在氯丁橡胶(CR)掺量为 0.5%、煤油与沥青的比例为 2:10、洒布量为 1.1 kg/m² 时,可获得良好的层间结合性能。与液体石油沥青的对比表明:液体改性低温煤沥青透层油在层间结合性能方面具有较大优势。

参考文献:

- [1] 赵普,薛永兵,李秉正,等.煤沥青作为筑路材料的研究进展[J].煤化工,2012(02).
- [2] 曹东伟,张海燕,薛永兵,等.煤沥青与石油沥青混合调制道路沥青的研究[J].燃料化学学报,2012(6).
- [3] 马瑞辉,杭继虎,李志强,等.煤沥青的改性及其性能[J].

河北工业大学学报,2013(5).

- [4] 林起浪,李铁虎.对苯二甲醛一煤沥青 COPNA 树脂的合成及性能[J].高分子材料科学与工程,2007(2).
- [5] 罗道成,刘俊峰.对苯二甲醛对煤沥青流变性能的影响研究[J].湖南科技大学学报:自然科学版,2008(1).
- [6] ZIELIŃSKI J, CIESIŃSKA W, POLACZEK J. Modification of the Thermorheological Properties of Coal Tar Pitch by Adding of Selected Poly (Ethylene Terephthalate) Process Waste Product[J]. Polish Journal of Applied Chemistry. 2000, 44(2-3): 167-171.
- [7] 吴迪.低毒煤沥青的制备及其物化性能研究[D].大连理工大学硕士学位论文,2010.
- [8] 胡江洋,陈团结,折学森.路用改性煤沥青毒性消减试验效果分析[J].深圳大学学报:理工版,2016(4).
- [9] ZIELINSKI J, OSOWIECKA B, LISZYŃSKA B, et al. Benzo[a]pyrene in Coal Tar Pitch: Chemical Conversion in Situ by Alkylation[J]. Fuel, 1996, 75 (13): 1 543 - 1 548.

收稿日期:2018-10-23(修改稿)

基金项目:内蒙古自然科学基金资助项目(编号:20111423)

作者简介:王国忠,男,博士,教授.E-mail:guozhongwnm@126.com