

蓄盐填料沥青胶浆水浸条件下性能研究

郑道坤 罗健围

西南林业大学

DOI:10.12238/jpm.v4i10.6307

[摘要] 为探究水浸条件对自制蓄盐填料沥青胶浆高温性能的影响。本文选用东海 90#沥青结合矿粉、碳粉、自制蓄盐填料制备不同沥青胶浆,在水浸条件下浸泡三周,然后通过动态剪切流变仪进行高温流变实验并采用复数模量 (G^*)、车辙因子 ($G^*/\sin\delta$)、相位角 (δ) 评价指标进行分析。性能规律:在粉胶比 1:1 的情况下,自制有机蓄盐填料是对沥青高温性能提升最大的;高温性能提升效果是以自制蓄盐填料>活性炭粉>石灰石矿粉的顺序;随着水浸时间的增加沥青的弹性成分逐渐减少,沥青的抗车辙能力降低,从而造成沥青路面的破坏。研究成果可为蓄盐沥青以及沥青路面设计提供一定参考。

[关键词] 沥青胶浆;蓄盐填料;复数模量;车辙因子;水浸条件

Study on the performance of the asphalt cement slurry under the water immersion condition

Zheng Xiaokun, Luo Jianwei

(Southwest Forestry University, Kunming City, 650000, Yunnan Province)

[Abstract] To explore the influence of water immersion conditions on the high temperature performance of self-made salt storage packing asphalt mortar. In this paper, different asphalt slurry were prepared from Donghai 90 # asphalt combined with mineral powder, toner and self-made salt storage filler, which was soaked in water immersion for three weeks. Then, high temperature rheology experiment was conducted by dynamic shear rheometer and plural modulus (G^*), rut factor ($G^*/\sin\delta$) and phase Angle (δ) were used for analysis. Performance rule: In the ratio of 1:1, self-made organic salt filler is the biggest improvement to asphalt high temperature performance; at high temperature performance improvement effect is in the order of self-made salt packing> activated carbon powder> limestone ore powder; with the increase of flooding time, the elastic composition of asphalt gradually decreases, and the rut resistance of asphalt is reduced, resulting in the damage of asphalt pavement. The research results can provide some reference for the design of salt asphalt and asphalt pavement.

[Key words] asphalt cement; salt filling; complex modulus; rut factor; flooding condition

引言

沥青路面由于有良好的防滑、高温稳定性、噪声小、低温抗裂性、维修简单、水稳定性、安全舒适、耐疲劳等优势^[1],在我国公路建设中应用十分广泛,在公路中占了很大比重,但是冬天道路结冰交通事故频发,为保证交通顺畅和行驶安全降低事故发生率,一些融雪除冰工程采用撒布融雪剂的办法来解决道路结冰和预防路面继续冰冻的问题;或者在沥青面层中内掺缓释除冰盐材料的方式解决路面无法长期融雪化冰问题^[2]。但无论采用哪种方式,盐分均会对沥青路面材料产生持续负面作用,譬如,氯化钠作为最常用的无机融雪盐,降低沥青的针入度且增大软化点,劣化其温感性^[3];醋酸盐类作为新型环保融雪盐虽然逐渐在沥青路面冬季除冰养护领域中广泛使用,但其使公路沥青路面耐久性下降,出现不同形式的劣性破坏^[4]。

目前,为评价盐分对沥青混合料侵蚀损伤作用,大多数研究主要集中在通过外部浸泡试验(干湿或冻融)研究盐溶液对沥青及沥青混合料路用性能的影响^[5],却鲜见在沥青中内掺蓄盐填料以及在水浸条件下对沥青性能影响及其作用机理方面的研究。

本文采用内掺蓄盐填料在水浸条件下加速对沥青的侵蚀试验,利用动态剪切流变试验以车辙因子、复数模量、相位角为评价指标,研究对其高温性能的影响,研究成果可为采用蓄盐填料的沥青混合料组成设计提供有益参考。

1 试验材料

1.1 沥青

本次实验用的是东海 90#沥青,基本的性能测试结果如表 1 所示。

表1 东海90#基质沥青性能指标

试验项目	单位	测试结果	技术要求
针入度 (25℃, 5s, 100g)	0.1mm	86.2	80~100
软化点	℃	45.7	≥45
延度 (15℃)	cm	>150	≥100
TFOT 针入度比 (25℃)	%	75.1	≥57
残留延度 (15℃)	cm	125.6	≥20

1.2 矿粉

本次实验所用的矿粉是石灰岩矿粉,通过 0.075mm 的方孔筛筛得的粉体,采用李氏比重瓶测得其密度为 2.65g/cm³。

1.3 碳粉

本次实验所用的碳粉是郑州溢航净水材料有限公司所生产的。

1.4 有机融雪剂

本次实验所用的融雪剂是通过木醋液与氧化钙自制的白色有机融雪盐,大致制备过程见图1,基本性质见表3。

表3 自制融雪剂的性质

项目	自制融雪剂	指标
相对氯化钠的融雪化冰能力/(%) [≡]	91	90
冰点/(℃)	-8	供需双方协商
PH值	8.5	6.0~10.0
碳钢腐蚀率/(mm/a) [≡]	0.12	0.11
植物种子受损率/(%) [≡]	21	50

1.5 蓄盐填料

本次实验的蓄盐填料是将活性炭按照一定比例放进饱和有机融雪剂溶液中,然后放入磁力搅拌器中并在一定温度下进行搅拌,待两者充分混合后烘干研磨制得。

1.6 水

为了更好地模拟真实路面条件,采用的是雨水。

1.7 沥青胶浆与沥青试样的制备

为了更好地体现结果,采用矿粉与沥青的粉胶比为 1:1,为了避免蓄盐填料的体积影响采用等体积替换矿粉,其中替换比例为 0%、25%、50%、75%、100%。沥青胶浆的配置过程:第一将矿粉放在烘箱中在 95℃ 的条件下加热 3h 去除水分,第二将沥青在 150℃ 的烘箱中加热直至呈流态,第三将沥青倒入容积为 1L 的圆锥形的金属罐中,并放置在恒温油浴锅中以 150℃ 条件为其保温使其处于流态,第四采用电力搅拌器以 400r/min 的转速慢速搅拌沥青并分批次缓慢加入称量好的矿粉和蓄盐填料,加入完毕后将转速加速至 1000r/min 并匀速搅拌 1h 直至均匀,得到沥青胶浆。最后将制备好的沥青胶浆制成若干 4g 左右的沥青薄膜厚度约 2mm (具体见图2)。

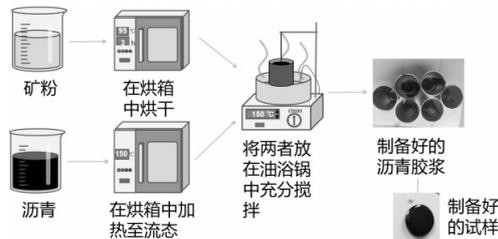


图2 沥青胶浆与沥青试样的制备过程

2 试验方法

2.1 沥青胶浆的动态剪切流变试验

采用美国 TA 公司生产的 DHR-1 动态剪切流变仪见图3,研究蓄盐填料的不同替换比例以及水浸环境对沥青胶浆的流变性能影响,采用温度扫描试验,通过应变控制方式,目标应变值为 12%,加载频率为 10rad/s,进行温度范围 46~82℃ 采样间隔为 2℃ 的条件下进行温度扫描测试。

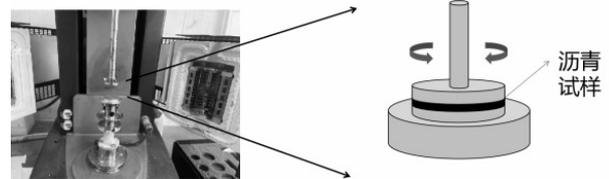


图3 动态剪切流变仪

2.2 沥青胶浆的水浸试验

通过蓄盐填料不同替换比例对沥青的影响试验得出的 100%蓄盐填料沥青胶浆、碳粉沥青胶浆、基质沥青三组材料分别制备八个沥青薄膜试样,将每组的八个沥青薄膜试样分成两组对照试验,一组为静水条件,另一组为动水条件(利用电动搅拌器每天以 200r/min 搅拌 6 小时),在水中泡 1 周定义为 1 个浸泡周期,进行为期 3 个浸泡周期(具体试验见图4),参数命名见表4。每个腐蚀周期都要把沥青试样取出,在自然条件下去除水分进行 DSR 试验以车辙因子 $G^*/\sin \delta$ 为指标,研究其性能变化。

表4 参数命名

	基质		蓄盐填料		碳粉	
	动水	静水	动水	静水	动水	静水
一周期	JDS-1	JJS-1	XDS-1	XJS-1	TDS-1	TJS-1
二周期	JDS-2	JJS-2	XDS-2	XJS-2	TDS-2	TJS-2
三周期	JDS-3	JJS-3	XDS-3	XJS-3	TDS-3	TJS-3
对照	J-0		X-0		T-0	

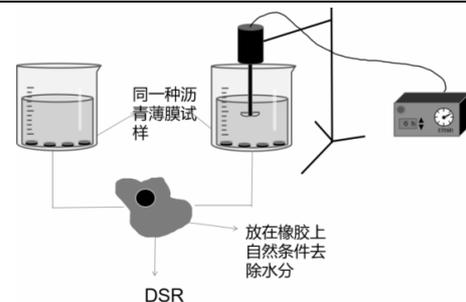


图4 水浸试验图

3 结果分析

3.1 不同替换比例的沥青胶浆高温流变性能研究

通过温度扫描结果分析,如图5、6蓄盐填料在不同替换比例下沥青胶浆的相位角 δ 、复数模量 G^* 随温度的变化规律。从图5可以看出,随着温度的升高,所有沥青胶浆的复数模量逐渐降低,因为沥青在 50℃ 左右主要为高弹态,高弹态下复数模量大,随着温度的升高,分子动能增加,沥青从高弹态转变为黏流态,黏结力大幅降低,抗变形能力逐渐降低,表现为复数模量的减小,在 70℃ 左右时不同替换比例的沥青胶浆的复数模量基本一致,这是因为在此温度下沥青主要为黏流态,以黏性为主,外掺物对沥青的影响很小。随着蓄盐填料替换比例的

增加， G^* 的值都比纯矿粉的大而且也随替换比例的增加而增加，说明蓄盐填料的掺入能提高沥青的抗变形能力并且 100% 替换对沥青的性能提升最大；碳粉沥青胶浆比矿粉沥青胶浆的复数模量大，是因为碳粉的孔隙多，沥青流动进入碳粉的开口孔隙中两者相互紧密嵌锁增强了两者的交互作用；替换比例为 75%和 100%的复数模量比碳粉大这是因为蓄盐填料中的有机盐对沥青的抗变形能力提升效果比碳粉好。从相位角 δ 来看，如图 6 所示，随着蓄盐填料替换比例的提高而减小，说明蓄盐填料的掺入提高沥青的弹性部分，对沥青的抗高温性能有着良好的改善效果，蓄盐调料 100%替换矿粉的相位角明显小于其他的相位角，说明 46~82℃这一温度范围 100%蓄盐填料的沥青胶浆具有更强的抵抗高温变形能力。

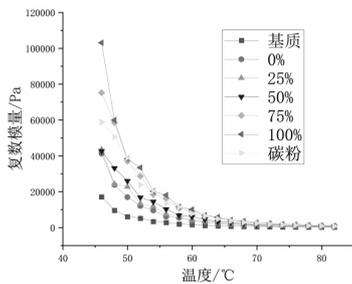


图 5 不同替换比例的复数模量

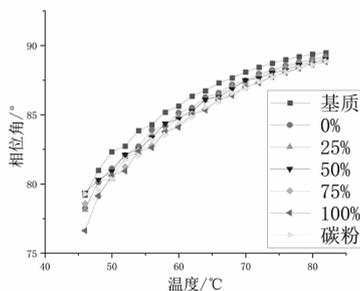


图 6 不同替换比例的相位角

3.2 沥青胶浆水浸试验性能研究

常用评价沥青流变性能的指标中车辙因子 $G^*/\sin \delta$ 综合考虑了复数剪切模量和相位角变化的影响，用来表征沥青材料的抗车辙能力，车辙因子越大，沥青材料的抗车辙能力越好。从以下各图得出在第一个浸泡周期中沥青的车辙因子最大而且要高于没有浸泡条件的沥青，而且随着水浸时间的增加车辙因子逐渐减小，这说明水短期内会使沥青的弹性增加，提升高温性能，但随着时间的增加水又会减少沥青的弹性成分，从而降低沥青的抗车辙能力。

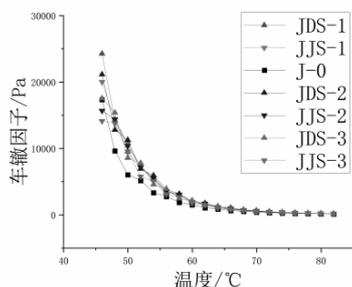


图 7 基质沥青试样车辙因子

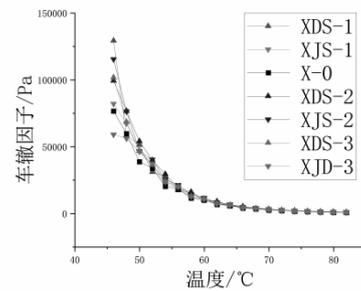


图 8 蓄盐填料沥青试样车辙因子

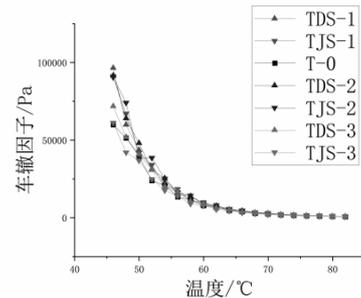


图 9 碳粉沥青试样车辙因子

4 结论

(1) 在探究不同替换比例的蓄盐填料对沥青的高温流变性能影响时，得出在粉胶比 1:1 的情况下，自制有机蓄盐填料是对沥青高温性能提升最大的，在本次试验中，发现高温性能提升效果是自制蓄盐填料>活性炭粉>石灰石矿粉。

(2) 从水可降低沥青的抗车辙能力的角度出发，在沥青路面结构设计中，应注重沥青面层的排水功能，减少水分停留于沥青面层内的时间。

[参考文献]

- [1]张吉哲,王静,李岩等. 沥青胶浆-集料界面水盐侵蚀损伤规律研究[J]. 材料导报, 2022, 36(16): 21-29.
- [2]零立山. 环保除冰填料的制备及其沥青胶浆、混合料性能研究[D]. 广西:广西大学,2022.
- [3]黄新颜,沙爱民,蒋玮,等. 盐分侵蚀对沥青和混合料性能影响及作用机理[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2017,37(3):33-38,46.
- [4]肖庆一,王玉宝,胡海学等. 醋酸类除冰盐侵蚀沥青混合料机理研究[J]. 武汉大学学报(工学版), 2015,48(02):187-190.
- [5]王晓鹏. 酸雨对沥青及沥青混合料的侵蚀破坏机理研究[D]. 湖南:长沙理工大学,2014.

注：云南省教育厅科学研究基金项目，研究生类，2023Y0776

通讯作者简介：郑道坤（1998.7-），男，汉族，籍贯：四川乐山人，西南林业大学土木工程学院，21 级在读研究生，硕士学位，专业：土木水利，研究方向：路面材料。

作者简介：罗建国（1998.9-），男，佤族，籍贯：云南临沧人，西南林业大学土木工程学院，22 级在读研究生，硕士学位，专业：土木水利，研究方向：路面材料。