

文章编号:1671-8879(2015)04-0008-05

盐分对储盐沥青混合料性能的影响

徐鸥明¹, 韩 森²

(1. 长安大学 交通铺面材料教育部工程研究中心, 陕西 西安 710061;
2. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘要:为了评价盐分对储盐沥青混合料性能的影响,采用等体积置换方法制备了不同矿粉置换比例的储盐沥青混合料试件;使用车辙试验、低温弯曲试验和水稳定性试验,对溶析前后储盐沥青混合料性能进行了测试,并结合电子扫描电镜微观形貌图片,分析了盐分对储盐沥青混合料性能的影响机理。研究表明:储盐填料的加入显著降低了沥青混合料的高温性能和水稳定性,对低温性能也有一定影响,置换比例越大,影响程度越高,且盐分溶析过程加剧了其影响;储盐填料的加入破坏了集料的碱性环境,影响到沥青胶浆的粘聚力,进而影响沥青混合料的高温性能、低温性能和水稳定性,因此需要采取一定措施改善储盐沥青混合料中沥青与矿料的粘附性。

关键词:道路工程;沥青混合料;储盐填料;盐分;路用性能

中图分类号:U411 文献标志码:A

Effect of salt on the performance of salt storage asphalt mixture

XU Ou-ming¹, HAN Sen²

(1. Engineering Research Center of Transportation Materials of the Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China; 2. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of the Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to evaluate the effect of salt on the performance of asphalt mixture, salt storage asphalt mixtures with different replacement ratio of fillers were prepared by means of equal volume replacement method. Through rutting test, low temperature flexural test and water stability test, the performance of mixtures were studied before and after dissolving. Combined with scanning electron microscopy image morphology, the effect mechanism of salt on the performance of salt storage asphalt mixtures was analyzed. The results show that mixing with storage salt fillers significantly weakens the high temperature performance and water stability of the asphalt mixtures, which also has some negative impact on the low temperature performance. The greater the replacement ratio is, the lower the performance will be. In addition, the salt dissolving process would exacerbate the performance degradation. Adding with the storage salt fillers destructs the alkaline environment of the aggregate and reduces the cohesion of the asphalt binder reduced, the high temperature performance, the low temperature properties and water stability of asphalt mixture. Therefore, certain measures should be taken to improve the bond between aggregate and the asphalt binder. 2 tabs, 8 figs, 10 refs.

收稿日期:2015-03-16

基金项目:陕西省交通科技项目(07-16K);中央高校基本科研业务费专项资金项目(CHD2009JC003)

作者简介:徐鸥明(1979-),男,安徽巢湖人,副教授,工学博士,E-mail:xuouming@yahoo.com。

Key words: road engineering; asphalt mixture; salt storage; salt; pavement performance

0 引言

初冬和残冬季节,昼夜温差变化大,路面积水或积雪,在负温度作用下极易形成一层薄冰(黑冰),导致路面抗滑性急剧降低,进而引发交通事故。针对此情况,近年来一种储盐沥青混合料开始被应用。储盐沥青混合料利用预先制备的含有融雪剂的填料置换矿粉,在降雨及冰雪的天气里,借助毛细管和车轮碾压泵吸作用,盐分逐渐从混合料中缓慢释放出来形成盐溶液,起到降低路表水冰点作用^[1]。Starck 等研究了除冰盐对沥青胶浆粘弹特性的影响,采用动力学分析和应力传感器,分析了不同沥青胶浆浸泡过除冰盐溶液后的应力应变状态变化,指出经除冰盐浸泡后沥青发生软化,且粘度显著增加^[2];Hassan 等比较了蒸馏水和除冰盐对沥青混合料性能的影响^[3];Shi 等分析了醋酸和甲酸类除冰盐对沥青路面的侵蚀机理,是化学反应、乳化、蒸馏以及在沥青混凝土中产生附加应力的一个综合作用^[4];Don 等研究了除冰盐类化学产品对沥青混凝土机场跑道的的影响^[5]。近年来,中国才开始对掺储盐填料沥青混合料进行研究,王锋等研究了掺加储盐填料沥青路面的抑制冻结效果及影响因素^[6];谭忆秋等采用冰膜与沥青混合料表面粘结力测试系统,评价了掺储盐填料沥青混合料与冰的粘结能力^[7];崔龙锡对添加 Verglimit 储盐填料沥青路面配合比的设计方法进行了研究^[8];张丽娟提出采用容积替换法进行配合比设计^[9]。上述文献主要集中在除冰盐对沥青混合料的影响或者储盐沥青混合料配合比设计,较少涉及储盐填料对沥青混合料内部结构影响以及储盐填料盐分溶析过程对混合料性能的影响。为此,本文研究掺加不同比例储盐填料对沥青混合料性能影响,分析盐分存在及溶析对混合料性能的影响机理。

1 试验方案

1.1 试验用原材料

1.1.1 原材料技术性质

矿料采用陕西商州市石料厂生产的碎石,填料为经预先处理蓄有盐分的粉末状材料,沥青为壳牌 SBS 改性沥青,按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ E20—2011)试验方法进行试验,其技术性质如表 1、表 2 所示,符合《公路沥青

路面施工技术规范》(JTJ F40—2004)面层用集料规定。

表 1 矿料及储盐填料技术性质

Tab. 1 Technical properties of aggregate and storage salt fillers

指标	实测	规范要求	
粗集料压碎值/%	13.5	≤28	
粗集料磨耗值/%	11.8	≤30	
粗集料与沥青粘附性	5 级	不小于 4 级	
针片状含量/%	≥9.5 mm	8	≤15
	<9.5 mm	10	≤20
细集料含泥量/%	0.7	≤3.0	
细集料砂当量/%	69	≥60	
储盐填料密度/(g·cm ⁻³)	2.269	2.25~2.35	
储盐填料含水量/%	0.2	≤0.5	
盐分含量/%	2.6	<4	

表 2 壳牌 SBS 改性沥青技术性质

Tab. 2 Technical properties of Shell asphalt binder modified with SBS

指标	实测	规范要求	
针入度(25℃,100g,5s)/0.1mm	76	60~80	
针入度指数 PI	0.036	≥-0.4	
延度(5℃)/cm	44	≥30	
软化点(环球法)/℃	68	≥55	
闪点/℃	260	≥230	
密度(15℃)/(g·cm ⁻³)	1.011		
旋转薄膜加热	针入度比/%	82	≥60
	延度(15℃)/cm	28	≥20
试验 RTFOT (163℃,85min)	质量损失/%	0.04	-1.0~1.0

1.1.2 级配

结合工程经验,对现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ F40—2004)规定的 AC-16 矿料级配范围进行了调整,以适当减少靠近最大粒径的粗集料和细集料中较细部分的比例,控制矿粉比例,适当增加中间档次粗集料的级配调整原则,确定了混合料级配组成,如下页图 1 所示。

1.1.3 配合比设计

首先全部采用矿粉,按照确定的级配通过马歇尔试验确定最佳油石比。再按照 35%、70% 和 100%(质量分数)比例置换矿粉。

由于储盐填料和矿粉密度存在差异,如果直接采用等质量置换,则由于体积差异会导致混合料空隙结构发生变化;为了不影响混合料组成结构,采用体积等效置换法,即在采用储盐填料置换矿粉时保持体积不变,即

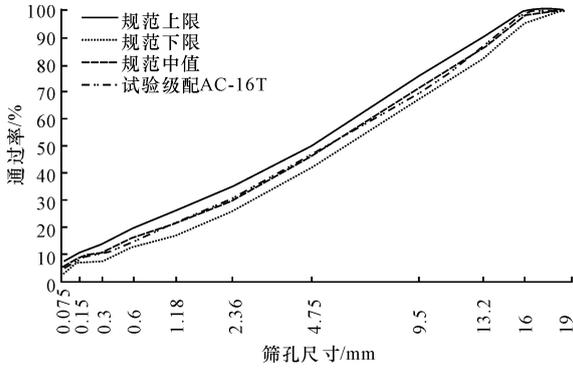


图1 储盐沥青混合料级配组成

Fig.1 Gradation of salt storage asphalt mixtures

$$m = \frac{\rho_2}{\rho_1} m_0$$

式中: m 为置换后储盐填料的添加率(%); m_0 为置换前矿粉的添加率(%); ρ_1 为矿粉的表现相对密度; ρ_2 为储盐填料的表现相对密度。

1.2 试验方法

将得到的最佳沥青含量和置换后的矿质混合料,制备试件,分别进行车辙试验、低温弯曲试验和水稳定性试验。同时,用轮碾法成型不同置换比例的车辙试件4块,浸入蒸馏水中并在20℃条件下浸泡,每隔48h换1次水,每隔8h测水溶液电导率,直至连续2次测得的电导率相差不超过3%;停止浸泡,从水中取出试件,放入60℃烘箱中烘干,其中3块试件进行溶析后车辙试验,另1块切割成250mm×35mm×30mm棱柱体小梁试件进行溶析后低温弯曲试验;此外,按照沥青混合料水稳定试件成型方法,成型马歇尔试件16个,按照上述方法进行溶析,再分别进行溶析后浸水马歇尔试验和冻融疲劳试验。

2 结果与分析

2.1 储盐填料对沥青混合料高温性能的影响

储盐填料不同置换比例时,沥青混合料车辙试验结果如图2、图3所示。

由图2、图3可以得出如下结论。

(1)储盐填料的加入影响了沥青混合料高温稳定性,置换比例越大影响越显著;当储盐填料完全置换矿粉时(图中比例为100%),沥青混合料动稳定度相比未掺时约降低了48.4%,而60min时累计车辙深度约增大了2倍。

(2)试件溶析后动稳定度随储盐填料掺量增加有不同程度降低,60min累计车辙深度也有不同程度增大;当储盐填料完全置换矿粉时(图中比例为

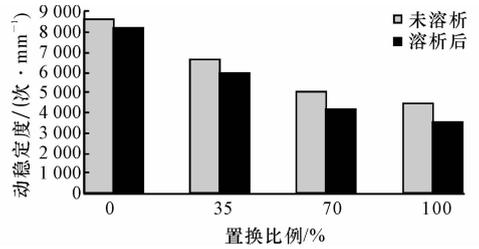


图2 储盐填料不同置换比例的沥青混合料动稳定度
Fig.2 Dynamic stability results of asphalt mixtures for different dosages of storage salt fillers

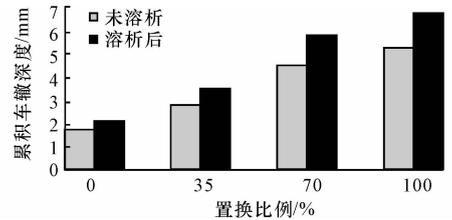


图3 储盐填料不同置换比例的沥青混合料累积车辙深度
Fig.3 Rutting depths of asphalt mixtures for different dosages of storage salt fillers

100%),溶析后混合料动稳定度约降低57.5%,60min时累计车辙深度约增大了2倍。

(3)溶析与否对储盐溶冰雪沥青混合料高温性能影响显著,置换比例越大影响越大;当储盐填料置换比例为0%、35%、70%和100%时,混合料溶析后动稳定度相比未溶析时分别降低了5.0%、9.1%、15.6%和21.7%,而溶析后累积车辙深度相比未溶析时分别降低了16.7%、25.0%、28.9%和30.8%。

2.2 储盐填料对沥青混合料低温性能的影响

储盐填料不同置换比例时,沥青混合料低温弯曲试验结果如图4、下页图5所示。

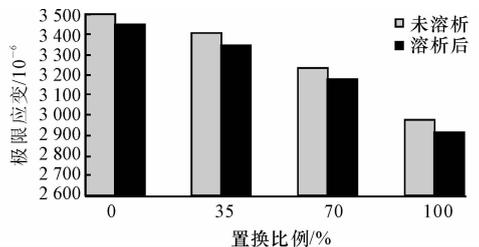


图4 储盐填料不同置换比例的沥青混合料极限应变
Fig.4 Maximum flexural strain results of asphalt mixtures for different dosages of storage salt fillers

由图4、图5可以得出如下结论。

(1)储盐填料的加入影响了沥青混合料低温性能,置换比例越大影响越大;当储盐填料置换比例为35%、70%和100%时,沥青混合料极限应变分别相比未掺时降低了2.7%、7.6%和14.7%,而劲度模量分别约增大了7.5%、11.1%和11.5%。

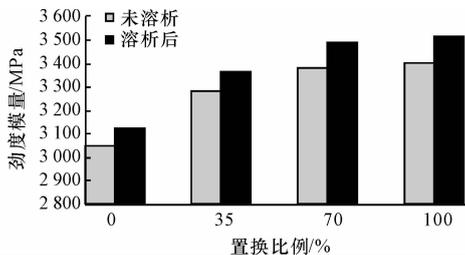


图 5 储盐填料不同置换比例的沥青混合料劲度模量
Fig. 5 Flexural stiffness results of asphalt mixtures for different dosages of storage salt fillers

(2) 试件溶析后极限应变随储盐填料掺量的增加均有不同程度的降低,而劲度模量也有不同程度的增大;当储盐填料置换比例为 35%、70% 和 100% 时,混合料极限应变分别比未掺储盐填料时降低了 2.9%、7.8% 和 15.6%,而劲度模量分别增加了 7.6%、11.5% 和 12.2%。

(3) 溶析与否对储盐溶冰雪沥青混合料低温性能影响相对较小;当储盐填料置换比例为 0%、35%、70% 和 100% 时,混合料溶析后极限应变相比未溶析时仅分别降低了 1.3%、1.5%、1.5% 和 2.3%,而溶析后劲度模量相比未溶析时分别降低了 2.6%、2.7%、3.0% 和 3.2%。

2.3 储盐填料对沥青混合料水稳定性的影响

储盐填料不同置换比例时,沥青混合料水稳定性试验结果如图 6、图 7 所示。

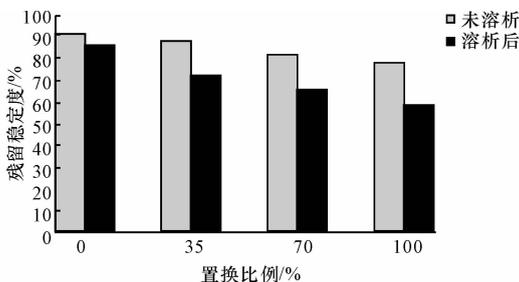


图 6 储盐填料不同置换比例的沥青混合料残留稳定度
Fig. 6 Residual stability results of asphalt mixtures for different dosages of storage salt fillers

由图 6、图 7 可以得出如下结论。

(1) 未溶析时,储盐填料的加入显著降低了沥青混合料水稳定性能,掺量越大影响越大;当储盐填料置换比例为 35%、70% 和 100% 时,混合料浸水马歇尔残留稳定度分别相比未掺时降低了 2.7%、9.3% 和 14.7%,而冻融劈裂试验残留强度比分别降低了 3.2%、9.4% 和 21.2%。

(2) 溶析后,沥青混合料水稳定性显著降低,掺量越大降低幅度越大;当储盐填料置换比例为

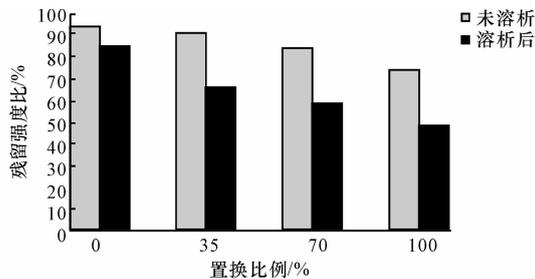


图 7 储盐填料不同置换比例的沥青混合料残留强度比
Fig. 7 TSR results of asphalt mixtures for different dosages of storage salt fillers

35%、70% 和 100% 时,混合料浸水马歇尔残留稳定度分别相比未掺时降低了 16.3%、23.5% 和 32.3%,而冻融劈裂试验残留强度比分别降低了 22.3%、31.5% 和 43.7%。

(3) 溶析对储盐溶冰雪沥青混合料水稳定性影响更明显,储盐填料置换比例越大,水稳定性降幅越大;当储盐填料置换比例为 0%、35%、70% 和 100% 时,混合料溶析后浸水马歇尔残留稳定度相比未溶析分别降低了 5.5%、18.6%、20.2% 和 25.0%,而溶析后冻融劈裂试验残留强度比相比未溶析分别降低了 8.8%、26.8%、31.0% 和 34.8%。

2.4 机理分析

电子能谱表明,储盐填料主要由二氧化硅、氯化钠、氧化镁、氧化钙等组成,其中有效融雪抑冰成分为氯化钠,约占 55%。储盐填料电镜照片见图 8。

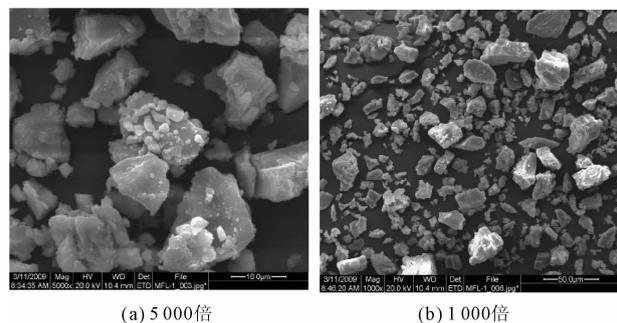


图 8 储盐填料电镜照片

Fig. 8 Electron micrograph of storage salt fillers

由图 8 可以看出,盐分颗粒与矿质材料充分混合,互相包裹,是一种非均质的粉末状材料。

沥青与矿粉的交互作用是影响沥青混合料性能的主要因素之一。鲍尔雪曾采用紫外线分析法对石灰石粉和石英石粉 2 种典型的矿粉进行研究,发现在不同性质矿粉表面会形成不同组成结构和厚度的吸附溶化膜,在石灰岩矿粉表面形成发育较好的吸附溶化膜,而在石英岩矿粉表面则形成发育较差的吸附溶化膜^[10]。储盐填料的加入,沥青除了与矿质

材料直接作用外,还与部分包裹在矿质材料表面的盐分颗粒直接作用,由于无法形成发育的吸附溶化膜,因而降低了与沥青的交互作用,进而影响到储盐填料之间的相互粘结。此外,储盐填料中盐分具有很强的吸湿性,水分借助毛细管作用会慢慢渗出到沥青和集料的界面上,而水分的存在会使沥青与集料的接触角增大,粘结力降低,沥青变软甚至剥离,从而导致沥青混合料整体强度降低。所以,储盐填料置换比例越大,沥青胶浆的粘聚力降低越多;同时,掺量越大,毛细管作用越强,吸湿也越厉害,最终会影响沥青混合料的粘结强度,从而导致混合料高温稳定性、低温性能和水稳定性降低。

溶析过程中,盐分借助水及毛细管作用逐渐由空隙从混合料内部缓慢释放出来与水形成盐溶液。试件长时间浸泡在不同浓度的盐溶液里,虽然混合料与溶液不会发生化学反应,但氯化钠是强电解质,会显著降低集料与沥青之间产生的化学吸附层的稳定性,从而导致沥青与集料的粘附性变差。因此,夏季高温天气降雨及盐分溶析会显著降低溶冰雪沥青混合料高温稳定性、低温性能和水稳定性。

综上所述,储盐填料的加入会影响沥青胶浆粘聚力,进而影响其高温性能、低温性能和水稳定性;且储盐填料置换比例越大以及盐分溶析均会加剧其影响。因此,在应用掺储盐填料沥青混合料时,需要采取措施,改善沥青与集料的粘附性。

3 结 语

(1)储盐填料的加入显著影响了混合料高温性能和水稳定性,对低温性能也有一定影响,置换比例越大,影响程度越高;盐分溶析过程对混合料高温性能和水稳定性影响较大,置换比例越大,影响程度越高,而对低温性能相对影响较小。

(2)溶析前后,溶冰雪沥青混合料高温性能、水稳定性衰减显著,储盐填料置换比例越大,降幅越大,而对储盐溶冰雪沥青混合料低温性能影响相对较小,说明在储盐沥青混合料路用性能检验时,需要关注盐分溶析对混合料高温性能和水稳定性的影响。

(3)储盐填料的加入,破坏了集料的碱性环境,影响到沥青胶浆的粘聚力,进而影响沥青混合料高温性能、低温性能和水稳定性,因此,需要采取一定措施改善掺储盐填料沥青混合料的路用性能。

参考文献:

References:

[1] 王 锋,韩 森,张洪伟,等. 盐化物融冰雪沥青混合

料的应用研究[J]. 公路,2009(3):176-179.

WANG Feng, HAN Sen, ZHANG Hong-wei, et al. A study on application of salt antifreezing asphalt mixture[J]. Highway, 2009(3):176-204. (in Chinese)

[2] Starck P, Lofgren B. Influence of de-icing agents on the viscoelastic properties of asphalt mastics[J]. Journal of Materials Science, 2007, 42(2):676-685.

[3] Hassan Y, Halim A O A E, Razaqpur A G, et al. Effects of runway deicers on pavement materials and mixes: comparison with road salt [J]. Journal of Transportation Engineering, 2002, 128(4):385-391.

[4] Shi X M, Arin M, Pan T Y, et al. Deicer impacts on pavement materials: introduction and recent developments[J]. The Open Civil Engineering Journal, 2009, 3(1):16-27.

[5] Don C, Jag M, David H, et al. Effect of deicing and anti-icing chemicals on HMA airfield runways [C]// FAA. 2010 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference, Atlantic; FAA, 2010:1-15.

[6] 王 锋,韩 森,张丽娟,等. 融冰雪沥青混合料盐分溶析试验[J]. 长安大学学报:自然科学版,2010,30(6):16-19.

WANG Feng, HAN Sen, ZHANG Li-juan, et al. Efflorescence experiment of asphalt mixture with salt for melting snow and ice[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2010, 30(3):16-19. (in Chinese)

[7] 谭忆秋,孙嵘蓉,郭 猛,等. 蓄盐沥青混合料除冰雪性能研究[J]. 中国公路学报,2013,26(1):23-29.

TAN Yi-qiu, SUN Rong-rong, GUO Meng, et al. Research on deicing performance of asphalt mixture containing salt[J]. China Journal of Highway and Transport, 2013, 26(1):23-29. (in Chinese)

[8] 崔龙锡. 蓄盐类沥青混合料研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2010.

CUI Long-xi. The research on asphalt mixture include salt [D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2010. (in Chinese)

[9] 张丽娟. 盐化物融雪沥青混合料研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2010.

ZHANG Li-juan. The study of salt antifreezing asphalt mixtures [D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2010. (in Chinese)

[10] 严家汲. 道路建筑材料[M]. 北京:人民交通出版社,1996.

YAN Jia-ji. Road construction materials[M]. Beijing: China Communications Press, 1996. (in Chinese)