

融雪剂对沥青混合料路用性能的影响研究*

曹恒涛, 李鑫, 成钢

(河南省交通科学技术研究院有限公司, 河南 郑州 450006)

摘要: 首先进行原材料试验、沥青混合料配合比试验, 确定沥青混合料级配和最佳油石比; 然后选取常用的 NaCl、CaCl₂ 融雪剂, 通过车辙试验、小梁低温弯曲试验和马歇尔冻融劈裂试验对比分析原样沥青混合料、施加 NaCl 和 CaCl₂ 溶液沥青混合料的高温稳定性、低温稳定性、水稳定性, 研究融雪剂对沥青混合料路用性能的影响。

关键词: 公路; 沥青混合料; 融雪剂; 路用性能

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)04-0095-04

冬季中国会出现大面积的冰雪天气, 给道路行车安全造成很大影响。在路面上使用融冰、融雪剂可提高行车安全, 减少交通事故, 方便人们出行, 但可能导致道路结构物受到侵蚀或危害, 降低沥青路面的使用性能。为了解融雪剂对沥青混合料路用性能的影响, 该文通过相关试验, 分析原样沥青混合料、施加 NaCl 溶液和 CaCl₂ 溶液沥青混合料的高温稳定性、低温稳定性和水稳定性。

1 原材料

1.1 集料

(1) 粗集料。粗集料良好的物理、力学性能是保证沥青混合料优良路用性能的基础。粗集料的质量检测结果见表 1。

表 1 粗集料的质量检测结果

试验项目	检测结果	技术要求
石料压碎值/%	19.3	≤28
洛杉矶磨耗损失/%	17.2	≤30
磨光值/BPN	45	≥42
表观相对密度	13.2 mm	2.890
	9.5 mm	2.886
	4.75 mm	2.893
	2.36 mm	2.702
针片状颗粒	10~15 mm	7.9
含量/%	5~10 mm	5.7
≤0.075 mm 颗粒含量(水洗法)/%	0.3	≤1
与沥青的粘附性(湿润区)	5	≥4

(2) 细集料。细集料在沥青混合料中起填充作用, 包括粒径小于 2.36 mm 的天然砂、人工砂(包括机制砂)及石屑。细集料的质量检测结果见表 2。

表 2 细集料的质量检测结果

试验项目	检测结果	技术要求
表观相对密度	1.18 mm	2.702
	0.6 mm	2.700
	0.3 mm	2.697
	0.15 mm	2.696
	0.075 mm	2.685
含泥量(<0.075 mm 的含量)/%	2.5	≤3
砂当量/%	77	≥60
棱角性(流动时间)/s	32.3	≥30

(3) 填料。填料在沥青混合料中起填充作用, 为粒径小于 0.075 mm 的矿物质粉末, 通常为石灰岩等碱性石料加工磨细成的矿粉, 水泥、消石灰、粉煤灰等矿物质也可作为填料使用。矿粉的性能指标见表 3。

1.2 沥青结合料

采用改性沥青 SBS I-D。依据 JTG E20-2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》对其进行性能测试, 结果见表 4。

2 沥青混合料配合比设计

2.1 级配设计

目前中国高速公路上面层大多采用 AC-13 级

* 基金项目: 河南省交通运输厅科技项目(2013Z18); 河南省交通运输厅科技项目(2015Z02)

配,为保证研究的实用性,选择沥青混合料类型为 AC-13C。在进行 AC-13 配合比设计时,按照 JTGF40-2004《公路沥青路面施工技术规范》的要

表 3 矿粉的质量检测结果

试验项目		检测结果	技术要求
表观相对密度		2.736	≥2.50
含水量(烘干法)/%		0.2	≤1
粒度范围/ %	<0.6 mm	100	100
	<0.15 mm	97	90~100
	<0.075 mm	90	75~100
亲水系数		0.569	<1
加热安定性		无变质	实测记录
外观		无团粒结块	无团粒结块

表 4 改性沥青 SBS I-D 的技术指标

试验项目		检测结果	技术要求
针入度(25℃,100 g,5 s)/(0.1 mm)		45.6	40~60
软化点 $T_{R\&B}/^{\circ}C$		76	≥44
延度(5℃,5 cm/min)/cm		36.2	≥20
运动粘度(135℃)/(Pa·s)		1.053	≤3
弹性恢复(25℃)/%		90.1	≥75
密度(15℃)/(g·cm ⁻³)		1.044	实测结果
溶解度/%		99.3	≥99
RTFOT 后残留物	质量变化/%	±0.9	±1.0
	针入度比(25℃)/%	75	≥65
	延度(5℃)/cm	20	≥15

求设计 3 种级配(见表 5 和图 1)进行选择。

表 5 试验所用级配

级配类型	通过不同方孔筛(mm)的质量分数/%									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配 1	100	95.6	80.3	0.0	34.1	23.7	17.6	12.5	8.6	5.2
级配 2	100	96.2	80.6	55.2	39.5	25.9	18.6	13.2	9.2	5.8
级配 3	100	95.0	79.2	46.2	30.2	21.5	16.2	11.8	8.2	4.9
级配上限	100	100.0	85.0	68.0	50.0	38.0	28.0	20.0	15.0	8.0
级配下限	100	90.0	68.0	36.0	24.0	15.0	10.0	7.0	5.0	4.0

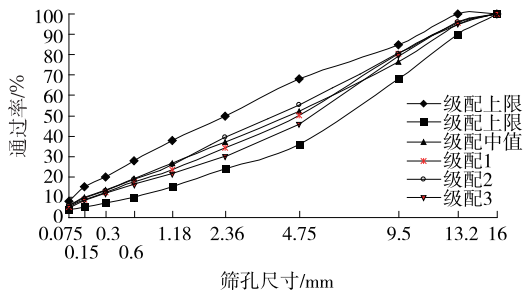


图 1 AC-13 混合料级配曲线

根据实际经验,取沥青用量为 4.7%,分别制作

3 种级配混合料的马歇尔试件,测定其矿料间隙率。级配 1、2、3 的矿料间隙率分别为 13.1%、13.7%、12.1%,级配 1 的矿料间隙率>13%且与设计要求值 13%最接近,选择该级配作为设计级配。

2.2 确定最佳油石比

以预估油石比 4.7%作为中值,以 0.5%的间隔,取油石比 3.7%、4.2%、4.7%、5.2%和 5.7%成型马歇尔试件,每组试件制作 4 个试样,测量其理论最大密度、毛体积密度、稳定性和流值,计算对应的空隙率、矿料间隙率和沥青饱和度,结果见表 6 和图 2。

表 6 马歇尔试验结果

油石比/%	试件相对密度		稳定性/kN	流值/(0.1 mm)	空隙率/%	矿料间隙率/%	沥青饱和度/%
	毛体积	理论					
3.7	2.441	2.643	13.2	21.8	7.6	14.2	48.6
4.2	2.479	2.611	13.5	23.4	5.1	13.3	63.6
4.7	2.492	2.596	12.8	26.5	3.6	13.2	74.1
5.2	2.495	2.573	11.6	28.9	2.7	13.5	81.1
5.7	2.483	2.555	10.5	31.8	2.1	14.4	86.0
规范要求	—	—	≥8.0	20~40	3~5	≥13.0	65~75

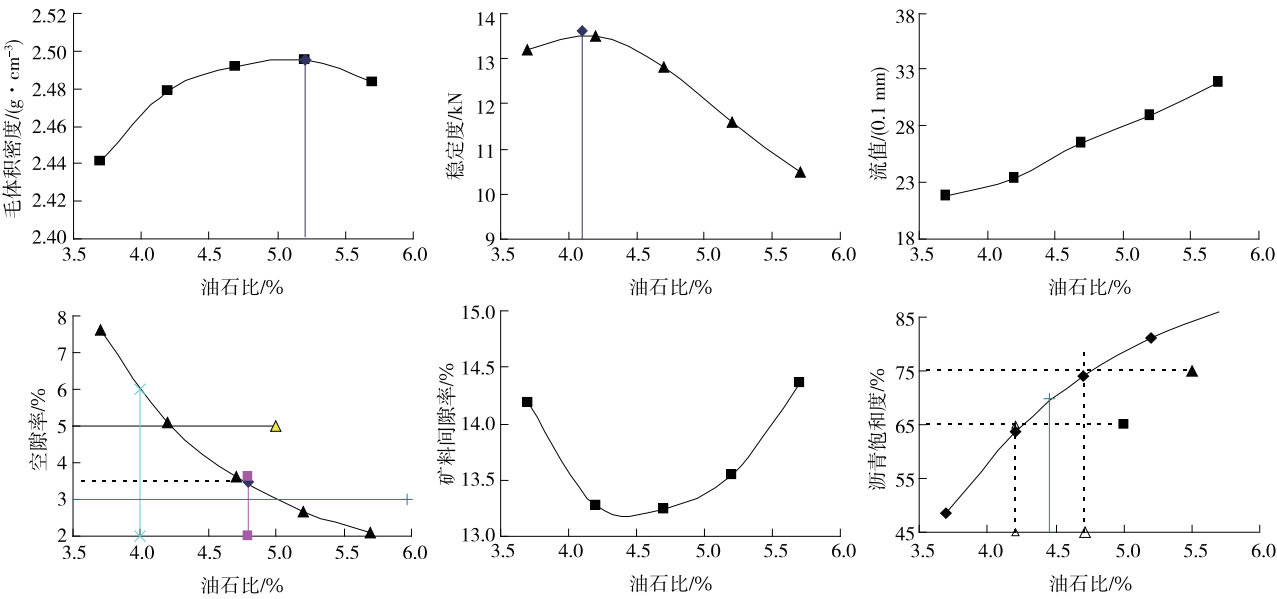


图 2 油石比确定技术指标

按照 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》附录 B 进行计算,结果见表 7。最终确定沥青混合料的最佳油石比 OAC 为 4.55%。

表 7 最佳油石比的确定

指标	指标值/%	指标	指标值/%
a_1	5.20	OAC_{min}	4.20
a_2	4.10	OAC_{max}	4.72
a_3	4.69	OAC_2	4.46
a_4	4.46	OAC	4.55
OAC_1	4.64		

3 融雪剂对沥青混合料路用性能的影响

依据相关规程制作沥青混合料试件进行高温稳定性、低温稳定性和水稳定性试验。选取常用的 NaCl 和 CaCl_2 融雪剂,为增加试验果,分别将两种融雪剂配置为 0.25 g/mL 的溶液进行试验。

3.1 融雪剂对沥青混合料高温稳定性的影响

利用车辙试验分析融雪剂对沥青混合料高温稳定性的影响。按前文确定的级配和最佳油石比制作 4 组 8 个车辙试件,一组未进行冻融影响,一组用水进行冻融影响,另两组分别用浓度为 0.25 g/mL 的 NaCl 溶液和 CaCl_2 溶液冻融。冻融过程为 24 h 浸泡、 $-15\text{ }^\circ\text{C}$ 冻结、 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 水浴融化、放置 12 h,然后进行车辙试验。试验结果见表 8。

由表 8 可知:经过冻融后,混合料的动稳定度都有所降低;冻融介质不同时动稳定度降低幅度不一

表 8 沥青混合料车辙试验结果

试验条件	变形量/mm		动稳定度 /(次 $\cdot\text{mm}^{-1}$)
	45 min	60 min	
未冻融	1.27	1.33	11 200
水冻融	1.30	1.39	9 800
NaCl 溶液冻融	1.43	1.51	7 200
CaCl_2 溶液冻融	1.35	1.42	8 700

样,冻融介质为水、0.25 g/mL 的 NaCl 和 CaCl_2 溶液时,动稳定度降低幅度分别为 12.5%、35.7% 和 22.3%。说明经过冻融过程,水对高温稳定性的影响最小,其次是 CaCl_2 溶液,NaCl 溶液的影响最大。其原因是经过冻融后,部分水分留在车辙板空隙中,而水起到润滑作用,使混合料的动稳定度下降; CaCl_2 、NaCl 则与沥青作用,导致沥青乳化,使沥青的粘结力下降,混合料的高温稳定性降低。

3.2 融雪剂对沥青混合料低温稳定性的影响

利用小梁低温弯曲试验分析融雪剂对沥青混合料低温稳定性的影响。制作 3 组试件,一组用水冻融,另两组分别用浓度为 0.25 g/mL 的 NaCl 溶液和 CaCl_2 溶液冻融,在温度 $-10\text{ }^\circ\text{C}$ 下进行试验,结果见表 9。

表 9 沥青混合料小梁弯曲试验结果

试验条件	抗弯拉强度/MPa
水冻融	18.52
NaCl 溶液冻融	16.97
CaCl_2 溶液冻融	17.73

由表9可知:经过融雪剂冻融后,小梁的抗弯拉强度有所降低;冻融介质不同时小梁抗弯拉强度降低幅度不一样,冻融介质为0.25 g/mL的NaCl溶液和CaCl₂溶液时,与经水冻融的小梁相比,其抗弯拉强度降低幅度分别为8.4%、4.3%。说明同浓度的NaCl溶液对混合料低温稳定性的影响比CaCl₂溶液的大。究其原因,一方面CaCl₂、NaCl与沥青作用,使沥青的粘结力下降,混合料的低温稳定性降低;另一方面,CaCl₂、NaCl对沥青混合料的整体粘结性产生一定影响,使其低温稳定性下降。

3.3 融雪剂对沥青混合料水稳定性的影响

利用马歇尔冻融劈裂试验分析融雪剂对沥青混合料水稳定性的影响。制作3组试件,一组用水冻融,另两组分别用浓度为0.25 g/mL的NaCl溶液和CaCl₂溶液冻融。试验结果见表10。

表10 沥青混合料冻融劈裂试验结果

试验条件	冻融劈裂强度比 TSR/%
水冻融	92.17
NaCl 溶液冻融	83.62
CaCl ₂ 溶液冻融	82.15

由表10可知:经融雪剂冻融后,试件的水稳定性有所降低;冻融介质不同时,试件的冻融劈裂强度比降低幅度不一样,冻融介质为0.25 g/mL的NaCl溶液和CaCl₂溶液时,与经水冻融的试件相比,其TSR分别降低9.3%、10.9%。说明融雪剂会降低混合料的水稳定性,同浓度的NaCl溶液对混合料水稳定性的影响比CaCl₂溶液的略小。

4 结论

(1) 经过水和融雪剂冻融作用后,混合料的动稳定度都有所降低;冻融介质为水、浓度0.25 g/mL

的NaCl溶液和CaCl₂溶液时,其动稳定度分别为9 800、7 200、8 700次/mm,与未冻融试件相比,降低幅度分别为12.5%、35.7%、22.3%。

(2) 经过融雪剂冻融作用后,混合料的低温稳定性有所降低;冻融介质为0.25 g/mL的NaCl溶液和CaCl₂溶液时,其抗弯拉强度分别为16.97、17.73 MPa,与经过水冻融的试件相比,降低幅度分别为8.4%、4.3%。

(3) 经过融雪剂冻融后,试件的水稳定性有所降低;冻融介质为0.25 g/mL的NaCl溶液、CaCl₂溶液时,TSR值分别为83.62%、82.15%,与经水冻融的试件相比,降低幅度分别为9.3%、10.9%。

参考文献:

- [1] 王同福.自融雪沥青路面长期融雪性能测试方法研究[J].公路与汽运,2016(5).
- [2] 王继文,姚晓光.融雪剂对沥青路面水稳定性影响研究[J].公路交通科技:应用技术版,2016(7).
- [3] 李长雨.氯盐融雪剂对沥青混合料路用性能影响研究[J].中外公路,2016,36(2).
- [4] 张浩军,王修山,凡涛涛.盐化物沥青混合料在高速公路罩面工程中的应用[J].公路与汽运,2015(6).
- [5] 段冲,王友奎,赵帆,等.防冰抗滑沥青混合料的应用研究[J].公路与汽运,2014(6).
- [6] 韩志斌.中国道路融冰除雪技术发展现状及未来趋势[J].公路与汽运,2013(6).
- [7] 李福普,王志军.长效型主动融雪沥青混合料路用性能试验[J].公路交通科技,2012,29(3).
- [8] JTG E20—2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [9] TG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [10] JTG E42—2005,公路工程集料试验规程[S].

收稿日期:2017-02-17

(上接第86页)

- [13] 杨峰,阳军生,李昌友,等.基于六节点三角形单元和线性规划模型的上限有限元研究[J].岩石力学与工程学报,2012,31(12).

(上接第89页)

沙:中南大学,2012.

- [9] 邱恩喜.道路软岩边坡设计研究[D].成都:西南交通大学,2009.

- [14] 李亮,于广明,褚雪松,等.土坡稳定极限分析上限法中的多解性分析[J].岩土力学,2009,30(增刊2).

收稿日期:2017-02-13

- [10] 王意明.炭质页岩路堤沉降特性及填筑技术研究[D].长沙:长沙理工大学,2011.

收稿日期:2016-12-14