

文章编号:1672-9331(2018)03-0008-06

超薄罩面融雪剂沥青胶浆和沥青混合料的路用性能

陈晓

(河南省交通规划设计研究院股份有限公司, 河南 郑州 450002)

摘要: 为了研究盐化物融雪剂对高粘沥青胶浆粘度特性、盐化物替代量对布氏粘度的影响,以及盐化物替代量对 SMA-5 沥青混合料路用性能的影响,通过研究超薄 SMA-5 沥青混合料矿料组成,确定了粗、细集料的最佳掺比和最佳油石比,然后对沥青胶浆进行布氏粘度试验,得到了合理的粉胶比范围,并评价了盐化物替代量对沥青混合料相关路用性能的影响。结合沥青胶浆和沥青混合料试验结果可知,随着融雪剂掺量的增加,沥青胶浆内部自由沥青占比降低,结构沥青占比变大,胶浆内部摩阻力变大,导致沥青胶浆针入度和延度均降低;随着融雪剂掺量的增加,沥青混合料动稳定度、最大破坏弯拉应变、马歇尔残留稳定度和冻融劈裂强度比均逐渐降低;综合考虑,当氯化物融雪剂掺量为 33% 时,沥青混合料各项性能都满足要求。

关键词: 矿料级配; 沥青胶浆; 盐化物融雪剂; SMA-5 沥青混合料; 融雪剂掺量; 路用性能

中图分类号: U416.217

文献标识码: A

Pavement performance of asphalt emulsion and asphalt mixture with ultra-thin cover snow melting agent

CHEN Xiao

(Henan Transportation Planning and Design Research Institute Co. Ltd., Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to study the effect of salinized asphalt mixture on the viscosity of high viscosity asphalt mortar and the effect of salinization on the brucellus viscosity, and the effect of the replacement amount of salinization on the performance of SMA-5 asphalt mixture, this paper studies the composition of ultra-thin SMA-5 asphalt mixture, and determines the optimum ratio of coarse and fine aggregate and the optimum oil stone ratio. The bitumen slurry was tested by brucellus viscosity test to obtain a reasonable range of powder binder ratio, and to evaluate the effect of the substitution amount of salinized material on the performance of the asphalt mixture. The results of the asphalt mixture and asphalt mixture test showed that with the increase of the amount of snow melt agent, the free asphalt in the asphalt mortar was reduced and the structure asphalt was reduced. As the ratio becomes larger, the internal friction of the mortar becomes larger, which leads to the decrease of the penetration and ductility of the asphalt mortar. With the increase of the amount of snow melting agent, the dynamic stability of the asphalt mixture, the maximum failure bending strain, the Marshall residual stability and the freeze-thaw splitting strength ratio

收稿日期: 2018-03-29

基金项目: 国家青年科学基金资助项目(51408553); 河南省重点科技攻关计划项目(152102210033)

通讯作者: 陈晓(1973-), 男, 河南郑州人, 河南省交通规划设计研究院股份有限公司高级工程师, 主要从事路基路面工程方面的研究。E-mail: 1412850842@qq.com

are gradually reduced, and a comprehensive consideration of the content of the chloride melting agent is 33%. The performance of asphalt mixture meets the requirements.

Key words: mineral aggregate gradation; asphalt mortar; salinized snow melting agent; SMA-5 asphalt mixture; amount of snow melting agent; road performance

在温度较低的环境下,冰雪会在沥青路面上产生坚硬的结构层。大量冰雪在路面表层,会加大清除路面冰雪的难度,同时对行车安全造成很大的危害。而人工或机械融雪除冰的器具必然会对路面结构造成破坏且我国对于融雪抑冰技术的应用还不够成熟,还没研发出环保、高效的融雪除冰施工工艺^[1,2]。现阶段国内使用控制和限制路面冰形成方法几乎是使用防冻剂材料,常见防冻材料有氯化钙、氯化钠及乙酸钠,这些防冻材料存留在道路和其他基础设施表面,会对沥青路面产生不良的影响^[3-7]。因此,作者将氯化物融雪剂掺入到 SMA-5 沥青混合料中,对路面进行主动融雪,通过对 SMA-5 沥青混合料配合比设计,开展

盐化物高粘沥青胶浆特性研究,以及对 SMA-5 氯化物融雪剂沥青混合料路用性能研究,最终确定各项性能满足规范要求时氯化物融雪剂的最佳掺量。

1 SMA-5 沥青混合料原材料性能及配合比设计

1.1 集料和沥青的性能

粗、细集料都是玄武岩,矿粉为石灰岩粉,矿料的相关技术指标满足要求。沥青是由基质沥青 AS70[#] 掺入 12% 的 TPS 制成的高粘性改性沥青,其主要性能试验结果见表 1。

表 1 TPS 高粘改性沥青的基本技术指标试验结果

Table 1 Test result of basic technical index of TPS high viscosity modified asphalt

针入度(25 ℃, 5 s, 100 g)/(0.1 mm)	延度 (5 ℃)/cm	软化点 $T_{R\&B}/^{\circ}\text{C}$	黏韧性/ (N·m)	韧性/ (N·m)	弹性恢复 (25 ℃)/%	TFOT 后		
						质量变化/%	针入度比(25 ℃)/%	延度(5 ℃)/cm
45.7	42,6	75.1	11.9	4.8	84.2	-0.216	72.5	21.8

1.2 氯化物融雪剂性能

Ice Bane 融雪剂是自主研制的,主要由 SiO₂,

NaCl, MgO₂, CaO 组成,融雪抑冰化学成分 NaCl 占 50% 左右。Ice Bane 融冰雪剂主要技术指标见表 2。

表 2 Ice Bane 融冰雪剂主要技术指标试验结果

Table 2 Test results of main technical indexes of Ice Bane melting ice and snow melt agent

	外观	密度/(g·cm ⁻³)	盐分含量/%	含水量/%	pH 值	0.075 mm 筛孔通过率/%
试验结果	乳白色粉末、无结团	2.216	52.7	0.17	8.2	78.4
技术指标	无结团	2.1~2.3	50±10	≤0.5	8.0~8.5	≥75

1.3 SMA-5 沥青混合料配合比设计

按照规范要求,对马歇尔试件进行双面各击实 50 次成型试件,本研究选取 0.3% 的 GBF 类型玄武岩纤维(6 μm~12 mm 短切纱)掺量,沥青混

合料的各项性能较好。其中,SMA-5 沥青混合料级配范围及设计级配见表 3,SMA-5 沥青混合料最佳油石比和马歇尔试验结果见表 4。

表 3 SMA-5 矿料级配范围及设计级配

Table 3 Gradation range and design gradation of SMA-5 aggregate %

混合料类型	筛孔直径/mm							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
SMA-5	上限	100	94.0	42.0	27.0	24.0	21.0	18.0
	下限	100	88.0	38.0	23.0	18.0	15.0	13.0
	设计级配	100	90.5	40.6	24.3	20.8	18.5	15.2

表4 SMA-5 沥青混合料马歇尔试验结果

Table 4 Marshall test result of SMA-5 asphalt mixture

混合料 类型	最佳 油石 比/%	毛体积相 对密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	空隙率 VV/ %	矿料间 隙率 VMA/%	沥青饱 和度 VFA/%	马歇尔 稳定度 MS/kN	流值 FL/ mm
SMA-5	6.5	2.468	3.9	16.7	77.8	9.45	3.3

2 盐化物高粘沥青胶浆特性

2.1 盐化物高粘沥青胶浆粘度特性

融雪剂的掺入会对沥青胶浆的针入度和延度产生很大的影响。参照相关规范测定不同融雪剂掺量下沥青胶浆在 25 °C 时的针入度和 5, 15 °C 时的延度, 评价融雪剂的掺量对沥青胶浆性能的影响程度。沥青胶浆整体形貌见图 1 和图 2。试验结果见图 3 和图 4。

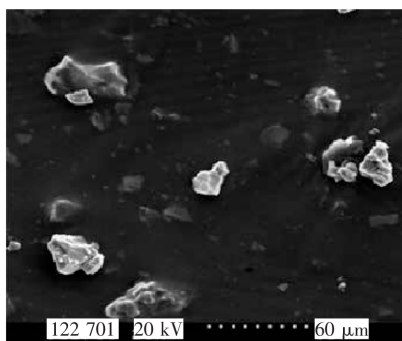


图1 沥青胶浆整体形貌(292倍)

Fig. 1 Overall morphology of asphalt mortar (292 times)

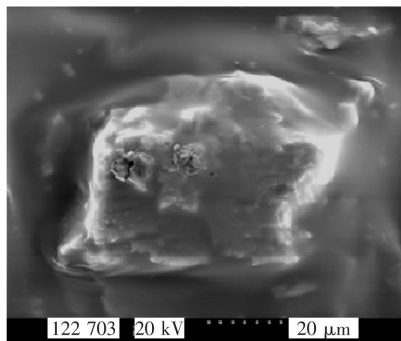


图2 沥青胶浆整体形貌(875倍)

Fig. 2 Overall morphology of asphalt mortar (875 times)

由图 3 可以得出, 随着融雪剂掺量的增加, 针入度逐渐变小, 当掺配量由 0% 增加到 75% 和 100% 时, 沥青胶浆的针入度分别由 3.51 mm 降低

至 2.61 mm 和 1.86 mm, 分别降低了 25.6% 和 47.0%。

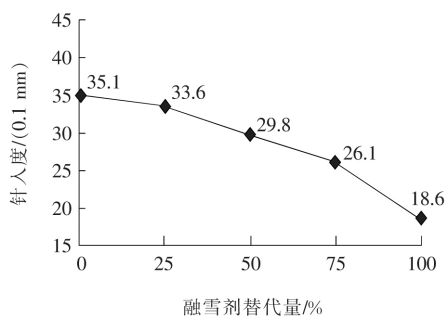


图3 融雪剂替代量对针入度的影响

Fig. 3 Effect of replacement amount of snow melt agent on needle penetration

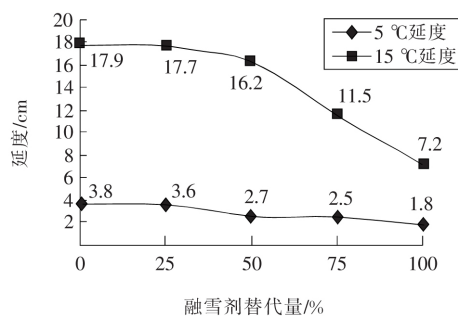


图4 融雪剂替代量对延度的影响

Fig. 4 The influence of the replacement amount of the snow melt agent on the ductility

由图 4 可以得出, 在 5 °C 和 15 °C 时, 沥青胶浆的延度随融雪剂掺量的增加而降低。这主要是因为沥青与盐化物和矿物成分的吸附能力不同, 盐化物与沥青的吸附能力更强, 随着融雪剂掺量的增大, 沥青胶浆内部的自由沥青减少, 结构沥青的比例增加, 沥青胶浆稠度变大, 导致针入度和延度都降低。

2.2 盐化物替代量对布氏粘度的影响

以融雪剂替换部分或全部矿粉, 检测沥青胶浆布氏粘度的变化, 评定不同温度、不同融雪剂掺量的沥青胶浆粘度, 从而研究融雪剂掺量和温度变化对沥青胶浆性能的影响。检测结果见图 5。

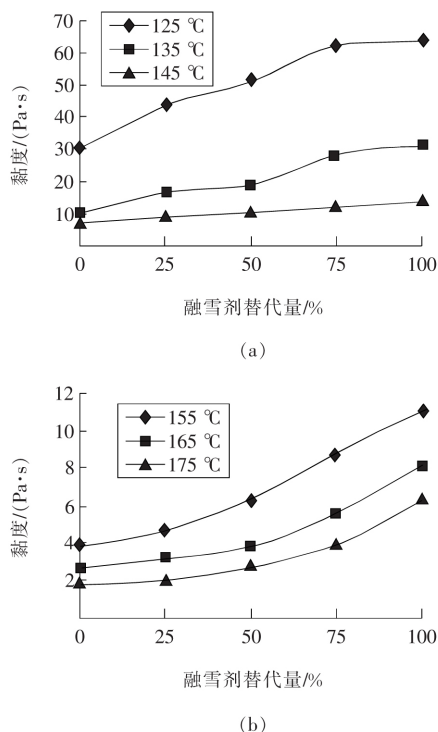


图 5 融雪剂替代量对粘度的影响

Fig. 5 The influence of the replacement amount of the snow melt agent on the viscosity

由图 5 可以看出,不同温度时,随着盐化物替代量的不断增大,沥青胶浆粘度逐渐增加;135 °C 时,盐化物替代量从 0% 增加到 50% 和 100%,沥青胶浆粘度分别由 10.21 Pa·s 增大到 19.24 Pa·s 和 31.16 Pa·s,分别增大了 0.88 倍和 2.06 倍。这主要是因为沥青与盐化物和矿物成分的吸附能力不同,盐化物与沥青之间的吸附能力更强,随着融雪剂掺量的不断增大,沥青胶浆内部的自由沥青减少,结构沥青的比例增多,胶浆内部摩阻力变大,导致沥青胶浆的粘度升高。

3 SAM-5 沥青混合料路用性能研究

3.1 高温稳定性

沥青路面是典型的柔性结构层,高温作用下表现出粘性特性,在车辆轴载作用下路面容易产生车辙等病害。SMA-5 沥青混合料作为磨耗层,不仅承受着车辆轴载的直接作用,同时对原有结构层起到保护作用,因此对其高温抗车辙性能的研究有着重要的意义^[8,9]。对不同融雪剂掺量下 SMA-5 沥青混合料进行高温稳定性试验,试

验结果见图 6。

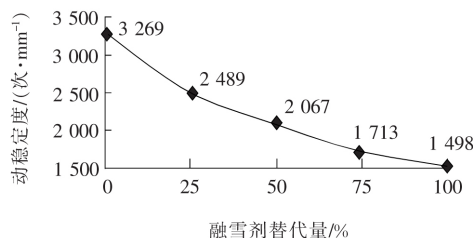


图 6 融雪剂对动稳定度的影响

Fig. 6 Effect of snow melt agent on dynamic stability

由图 6 可以看出,随着融雪剂替代量的不断增加,沥青混合料的高温稳定性逐渐变小。这是因为随着融雪剂替代量的不断增加,盐分颗粒使集料之间的嵌挤作用降低。夏热区改性沥青混合料的动稳定度要求不小于 2 000 次/mm,由内插法得出融雪剂替代量不宜大于 53%。

3.2 低温抗裂性

低温抗裂性能是季节性冰冻区沥青路面尤为重要的重要技术指标。低温开裂是造成沥青路面裂缝出现的重要原因,因此保证沥青混合料的低温抗裂性能至关重要^[10-12]。SMA-5 沥青混合料作为磨耗层,其低温抗变形能力是良好路用性能的保证,不同融雪剂替代量的 SMA-5 沥青混合料最大破坏弯拉应变试验结果见图 7。

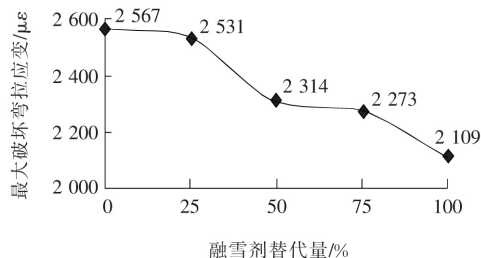


图 7 融雪剂对最大破坏应变的影响

Fig. 7 Effect of snow melt agent on maximum damage strain

由图 7 可以得出,SMA-5 沥青混合料最大破坏弯拉应变随着融雪剂掺量的增加而降低,当掺量由 0% 增加到 100% 时,最大破坏弯拉应变从 2 567 $\mu\epsilon$ 减小至 2 109 $\mu\epsilon$,降低了 17.8%。这主要是因为随着掺量的增加,沥青胶浆粘度逐渐升高,低温延度下降,沥青胶浆变得硬且脆。

3.3 水稳定性

对不同融雪剂掺量的沥青混合料进行浸水马

歇尔和冻融劈裂试验,分析评价融雪剂掺量对沥青混合料水稳定性影响程度^[13,14]。试验结果见图8和图9。

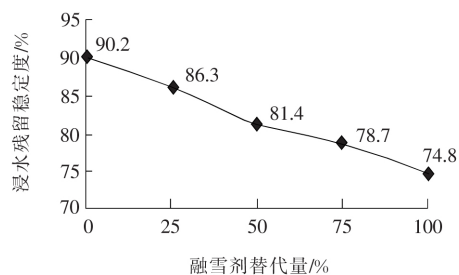


图8 浸水马歇尔试验结果

Fig. 8 Results of immersion Marshall test

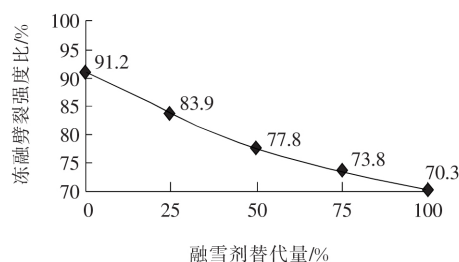


图9 冻融劈裂试验结果

Fig. 9 Test results of freeze-thaw splitting

由图8和图9可以看出,随着融雪剂掺量的不断增加,沥青混合料浸水残留稳定度及冻融劈裂强度比均逐渐降低。这主要是因为当水分渗透到沥青混合料内部时,融雪剂中的盐分逐渐溶解,增大了沥青混合料内部的空隙率;同时大浓度的盐分会对沥青结合料的侵蚀作用变强,从而降低了混合料的水稳定性。相关规范要求,干旱或半干旱地区混合料残留稳定度应不低于80%和75%,因此从满足水稳定性要求方面考虑,融雪剂掺量不易高于33%。

3.4 粘附性

通过对沥青混合料进行析漏试验和飞散试验,分析融雪剂的掺入对沥青与集料粘附性的影响程度,试验结果见图10和图11。

由图10可以看出,随着融雪剂掺量的增加,沥青混合料析漏损失率逐渐升高,当掺量由0%升高到100%时,试验结果分别由0.057%增大到0.068%,规范要求析漏损失率应不大于0.1%。

由图11可以看出,当融雪剂掺量小于50%时,沥青混合料飞散损失率随着掺量的增加而降低趋势较大;当融雪剂掺量大于50%时,随着掺量

的增加,飞散损失率降低趋势变缓。这主要是因为随着融雪剂掺量的增加,沥青胶浆的粘度逐渐增强,沥青混合料内部粘聚力也随之增强。

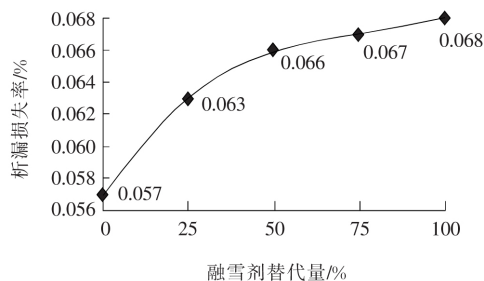


图10 析漏试验结果

Fig. 10 Leakage test results

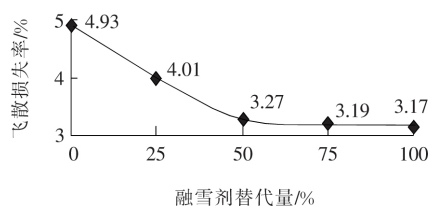


图11 飞散试验结果

Fig. 11 Flight test results

4 结论

作者通过对融雪剂替换矿粉的掺配比例对沥青胶浆性能的影响以及融雪剂掺量对SMA-5沥青混合料路用性能影响进行研究,得出如下结论。

1) 随着融雪剂掺量的增加,沥青胶浆内部自由沥青减少,沥青胶浆稠度变大,沥青胶浆内部摩阻力变大,导致沥青胶浆粘度升高、针入度和延度降低。

2) 随着融雪剂掺量的增加,沥青混合料动稳定度逐渐降低,最大破坏弯拉应变逐渐减小,低温抗开裂能力逐渐变差;沥青混合料马歇尔残留稳定度和冻融劈裂强度比逐渐减小,水稳定性变差,析漏损失率逐渐升高,飞散损失率逐渐降低;综合考虑,当氯化物融雪剂掺量为33%时,沥青混合料各项性能均满足要求。

〔参考文献〕

- [1] 孙玉齐.盐化物自融雪沥青路面性能研究[D].西安:长安大学,2011.
SUN Yu—qi. Study on the performance of salinized

- snow melting asphalt pavement[D]. Xi'an: Chang'an University, 2011.
- [2] 刘宝奎. 盐冻融作用下沥青混合料性能及破坏机理研究[D]. 西安: 长安大学, 2017.
- LI Bao-kui. Study on performance and failure mechanism of asphalt mixture under salt freezing and thawing[D]. Xi'an: Chang'an University, 2017.
- [3] 杨勇, 李纪东. 关于环保型融雪液的探讨[J]. 黑龙江交通科技, 2010, 194(4): 121-122.
- YANG Yong, LI Ji-dong. Discussion on environmental protection snow melt [J]. Communications Science and Technology Heilongjiang, 2010, 194(4): 121-122.
- [4] 张晓可. 除冰盐对沥青路面路用性能长期影响研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2014.
- ZHANG Xiao-ke. Study on the long-term effect of deicer salt on pavement performance of Asphalt Pavement[D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2014.
- [5] 白艳君. 盐化物融雪沥青混合料性能评价[D]. 西安: 长安大学, 2012.
- BAI Yan-jun. Performance evaluation of salinized snow melting bitumen mixture[D]. Xi'an: Chang'an University, 2012.
- [6] 张忠, 刘红莹, 李云霞. 盐化物融雪剂在高速公路建设中的应用研究[J]. 公路工程, 2012, 37(6): 204-207.
- ZHANG Zhong, LIU Hong-ying, LI Yun-xia. Application of salinized snow melting agent in the construction of Freeway[J]. Highway Engineering, 2012, 37(6): 204-207.
- [7] 张林林. 自融雪沥青路面融雪机制与性能评价研究[D]. 西安: 长安大学, 2014.
- ZHANG Lin-lin. Study on snow melting mechanism and performance evaluation of snowmelt asphalt pavement[D]. Xi'an: Chang'an University, 2014.
- [8] 李福晋, 王志平. 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): 56-57.
- LI Fu-jin, WANG Zhi-ping. Road performance test of long-acting active snowmelt asphalt mixture[J]. Highway Traffic Science and Technology, 2012, 29(3): 56-57.
- [9] 冯蕾, 王乐. 盐冻循环对胶粉改性沥青混合料性能的影响[J]. 公路工程, 2014, 39(4): 117-123.
- FENG Lei, WANG Le. Effect of salt freezing cycle on performance of modified asphalt mixture with rubber powder[J]. Highway Engineering, 2014, 39(4): 117-123.
- [10] 马芹永, 吴金荣, 秦凯. 氯盐对沥青混凝土冻融劈裂抗拉强度影响的试验与分析[J]. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1202-1208.
- MA Qin-yong, WU Jin-rong, QIN Kai. Test and analysis of the effect of chlorine salt on the tensile strength of asphalt concrete by freezing thawing splitting[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2013, 35(5): 1202-1208.
- [11] 王岚, 弓宁宁, 邢永明. 盐冻融循环对沥青混合料性能的影响因素研究[J]. 功能材料, 2016, 40(4): 04088-04093.
- WANG Lan, GONG Ning-ning, XING Yong-ming. Study on influence factors of salt freeze-thaw cycle on performance of asphalt mixture[J]. Functional Materials, 2016, 40(4): 04088-04093.
- [12] 郑健龙, 张洪刚. 水温冻融循环条件下沥青混合料性能衰变的规律[J]. 长沙理工大学学报: 自然科学版, 2010, 7(1): 7-11.
- ZHENG Jian-long, ZHANG Hong-gang. The law of performance decay of asphalt mixture under water temperature freezing and thawing cycle[J]. Journal of Changsha University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2010, 7(1): 7-11.
- [13] 马磊, 周雪艳, 司伟. 青藏高寒地区沥青混合料的水稳定性与高温性能研究[J]. 冰川冻土, 2015, 37(1): 175-182.
- MA Biao, ZHOU Xue-yan, SI Wei. Study on water stability and high temperature performance of asphalt mixture in Qinghai Tibet high and cold region [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2015, 37(1): 175-182.
- [14] 魏建国, 傅广文, 付其林. 氯盐融雪剂对沥青结合料路用性能的影响[J]. 交通运输工程学报, 2014, 14(4): 7-13.
- WEI Jian-guo, FU Guang-wen, FU Qi-lin. Effect of chlorinated snow melting agent on pavement performance of asphalt binder[J]. Journal of Transportation and Transportation Engineering, 2014, 14(4): 7-13.