

融雪剂对沥青混合料力学性能劣化影响研究

王轩

(山西交通建设监理咨询集团有限公司, 山西 太原 030012)

摘要: 为评价不同融雪剂类型对沥青混合料力学性能的影响, 分别采用了马歇尔试验、浸水劈裂试验和单轴贯入试验研究氯化钠、醋酸钙和缓蚀型氯化镁3种融雪剂对沥青混合料力学性能的影响。研究发现: 被不同融雪剂溶液浸泡冻融后, 沥青混合料的马歇尔稳定度、劈裂强度和抗剪强度均有不同程度的降低, 其中醋酸钙融雪剂对沥青混合料力学性能降低幅度影响最小, 掺加防剥离材料的缓蚀型氯化镁可以减缓氯盐对沥青-集料界面的侵蚀, 降低混合料力学强度劣化系数。

关键词: 融雪剂; 沥青路面; 力学性能; 冻融循环; 劣化系数

中图分类号: U414 **文献标识码:** B

DOI:10.16248/j.cnki.11-3723/u.2024.z2.033

0 引言

在我国北方寒冷地区, 沥青路面在冬季常出现积雪结冰现象, 不仅影响行车安全, 且容易造成交通事故、道路拥堵和经济损失^[1]。撒布融雪剂可以降低雪的熔点, 使路面积雪易于融化, 具有持续化雪、成本低廉、操作简便等优点, 该方式是解决我国道路积雪、防止路面结冰最常用的方法之一^[2]。但是, 融雪剂的大量使用可能会对沥青路面产生一些负面影响, 造成集料剥落、降低路面承载力、增加开裂风险等^[3-5]问题。因此, 定性定量地评价融雪剂腐蚀对沥青路面的潜在破坏, 对于科学合理地使用融雪剂具有重要的研究意义, 目前研究人员已经探索了各种融雪剂对沥青混合料路用性能的影响^[6], 但关于融雪剂对沥青混合料力学劣化行为鲜有研究。鉴于此, 本文研究了氯化钠、醋酸钙和缓蚀型氯化镁3种常用融雪剂对沥青路面力学性能的影响, 以期为相关工程提供参考。

1 原材料与试验方法

1.1 原材料

1) 沥青

沥青采用70#道路石油沥青, 对其物理指标进行检测, 结果见表1。

表1 沥青性能指标检测结果

试验项目	规范值	实测值
针入度(25℃, 100 g, 5 s)/(0.1 mm)	60 ~ 80	76
延度(5 cm/min, 15℃)/cm	≥100	>100
软化点/℃	≥46	54
闪点/℃	≥245	273
沥青密度(15℃)/(g/cm ³)	—	1.033

2) 粗集料

粗集料类型为玄武岩碎石, 对其性能进行检测, 结果见表2。

表2 粗集料性能指标检测结果

指标项目	不同规格集料性能指标测试值			规范值
	9.5 ~ 16 mm	4.75 ~ 9.5 mm	2.36 ~ 4.75 mm	
表观相对密度	2.88	2.85	2.79	≥2.6
吸水率(%)	1.05	1.38	1.55	≤2.0
针片状颗粒含量(%)	11.3			≤12
压碎值(%)	14			≤26

3) 细集料

细集料类型为石灰岩机制砂, 对其性能进行检测, 结果见表3。

表3 细集料性能指标检测结果

指标项目	测试值	规范值
表观密度/(g/cm ³)	2.65	≥2.5
坚固性(%)	4.3	≤12
砂当量(%)	66	≥60

4) 矿粉

矿粉的性能指标检测结果见表4。

表4 矿粉性能指标检测结果

指标项目	测试值	规范值
表观相对密度	2.78	≥2.5
亲水系数	0.60	<1.0
塑性指数	2.9	<4

5) 融雪剂

融雪剂选择市面上常用的3种融雪剂, 分别是氯化钠、醋酸钙和缓蚀型氯化镁, 其中缓蚀型氯化镁中掺加了磷酸二氢钠等成分以降低融雪剂的腐蚀

收稿日期: 2023-07-21

作者简介: 王轩(1993—), 男, 山西神池人, 研究方向为公路工程。

性，其技术指标见表5。

表5 融雪剂技术指标

融雪剂类型	密度/(g/cm ³)	冰点/℃	摩尔质量/(g/mol)
氯化钠	23	-18	58.4
醋酸钙	31	-25	235.8
缓蚀型氯化镁	20	-23	105.1

1.2 级配

本文选择AC-20沥青混合料进行试验研究，矿料级配见表6，最佳油石比为4.6%，空隙率为4.4%。

表6 AC-20矿料级配

级配	通过下列筛孔尺寸(mm)的质量百分数(%)											
	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率	100.0	95.0	85.0	71.0	61.0	41.0	30.0	22.5	16.0	11.0	8.5	5.0

1.3 研究思路

1.3.1 试验方案

试验分以下阶段：①配置不同浓度（10%、20%）的融雪剂溶液，然后将标准马歇尔试件分别在融雪剂溶液和自来水中浸泡50 h；②取出试件后用塑料袋密封包裹后，放入-20℃低温的恒温箱中14 h，取出试件置于60℃恒温水箱中解冻10 h，至此完成第1个冻融循环；③试件冻融10次后按照要求测定其各项物理力学指标，每组进行3次平行试验，取平均值作为最终试验结果。

1.3.2 试验方法

1) 马歇尔稳定度试验

依据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)中相关规定，利用马歇尔稳定度测定仪进行马歇尔稳定度试验，测试马歇尔试件的稳定度。

2) 劈裂试验

根据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)中相关规定，采用万能材料试验机进行劈裂强度试验，试验温度为15℃，加载速率为50 mm/min，劈裂强度计算公式见式(1)。

$$R_T = 0.006287 \frac{P_T}{H} \tag{1}$$

式(1)中： R_T 为劈裂强度，单位MPa； P_T 为试验破坏时最大荷载，单位N； H 为试件高度，单位mm。

3) 单轴贯入试验

试验前将试件放置于60℃恒温箱中恒温6 h后取出，采用万能材料试验机以1 mm/min的加载速率测试其抗剪强度 τ_d ，抗剪强度计算公式见式(2)。

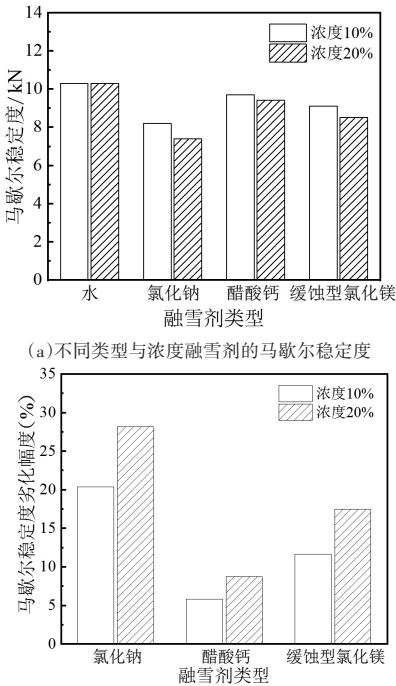
$$\tau_d = \frac{1.356P}{\pi\phi^2} \tag{2}$$

式(2)中： τ_d 为抗剪强度，单位MPa； P 为试件破坏时最大荷载，单位N； ϕ 为压头直径，单位mm，试验所用贯入压头直径为38 mm。

2 试验结果与讨论

2.1 马歇尔稳定度

融雪剂类型对马歇尔稳定度的影响如图1所示。



(a)不同类型与浓度融雪剂的马歇尔稳定度
(b)不同类型与浓度融雪剂的马歇尔稳定度劣化幅度
图1 融雪剂对马歇尔稳定度的影响

如图1(a)所示，相比于对照组（融雪剂类型为水），融雪剂溶液浸泡过的沥青混合料试件在经历10次冻融循环后，马歇尔稳定度均有所减小，其中氯化钠融雪剂对马歇尔稳定度影响最为显著，醋酸钙融雪剂浸泡试件的马歇尔稳定度下降程度相对较小。原因在于氯化盐类融雪剂对沥青-集料界面侵蚀严重，降低了界面强度，在氯化盐类溶液侵蚀及冻融循环的综合作用下，融雪剂持续渗透到沥青的纹理中而对混合料造成损坏，界面强度持续降低，因此对马歇尔稳定度造成极大的负面影响。缓蚀型氯化镁虽然也是氯化盐类融雪剂，但因其中加入了磷酸二氢钠和钼酸钠等防剥离材料，不仅可以降低氯化盐溶液对混合料的侵蚀，还可在骨料表面形成防水屏障，延缓强骨料-沥青间的附着力损失，还可通过增强骨料-沥青中的界面张力保护沥青混合料免受水分浸入造成损坏。而醋酸钙融雪剂的碱性差，对沥青的侵蚀并不严重，因此对沥青混合料

的马歇尔稳定度劣化程度较小。图1(b)可以看出随着融雪剂浓度的提高,马歇尔稳定度劣化幅度有所增大。

2.2 劈裂强度

劈裂强度是反映沥青混合料低温抗裂性能的重要评价指标,融雪剂类型对劈裂强度的影响如图2所示。

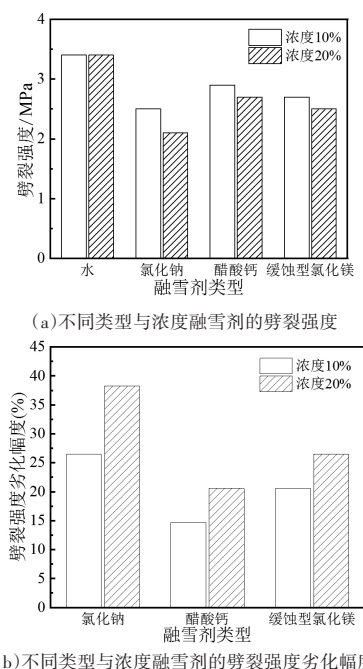


图2 融雪剂对劈裂强度的影响

如图2(a)所示,相比于对照组,融雪剂溶液浸泡过的沥青混合料试件在经历10次冻融循环后,劈裂强度下降明显,氯化钠融雪剂对劈裂强度影响最大,其次是缓蚀型氯化镁,醋酸钙融雪剂对劈裂强度影响最小。图2(b)显示,不同浓度融雪剂对混合料低温性能劣化程度存在较大差别,氯化钠融雪剂浓度20%比10%的劈裂强度劣化幅度增加了12%,醋酸钙和缓蚀型氯化镁两者浓度对劣化幅度影响较小,分别增加了5.7%和6.1%。

2.3 抗剪强度

抗剪强度是反映沥青混合料高温抗车辙性能的重要评价指标,融雪剂类型对抗剪强度的影响如图3所示。

如图3(a)所示,氯化钠融雪剂对抗剪强度影响最大,其次是缓蚀型氯化镁,醋酸钙融雪剂对抗剪强度影响最小。试件在进行单轴贯入试验时,混合料内部产生剪应力,可直接反映沥青和集料黏附性的优劣,抗剪强度的劣化也反映了融雪剂对沥青混合料沥青-集料界面的侵蚀。图3(b)可以看出随着融雪剂浓度的提高,抗剪强度劣化幅度逐渐增大。

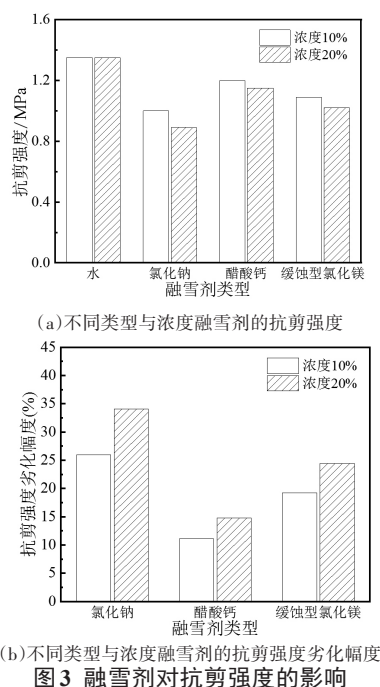


图3 融雪剂对抗剪强度的影响

3 结论

本文研究了不同浓度下氯化钠、醋酸钙和缓蚀型氯化镁3种融雪剂对沥青混合料力学性能的影响,主要结论如下:

1) 不同融雪剂溶液浸泡冻融后,沥青混合料的马歇尔稳定度、劈裂强度和抗剪强度均有不同程度的降低,其中氯化钠融雪剂对力学性能劣化幅度影响最大,醋酸钙融雪剂对性能劣化程度影响最小。

2) 氯化盐类融雪剂对沥青-集料界面侵蚀严重,造成沥青混合料界面黏度下降,严重影响沥青混合料的力学性能,掺加防剥离材料的缓蚀型氯化镁可以减缓氯盐对沥青-集料界面的侵蚀,降低混合料力学强度劣化幅度。

参考文献:

- [1] 贺皓皓. 融雪剂选择及其对沥青混凝土性能影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2021.
- [2] 马永连. 融雪剂比对沥青混合料水稳定性的影响研究[J]. 山西交通科技, 2022 (5): 20-23, 75.
- [3] 龚演, 徐剑, 刘凯, 等. 掺盐化物融雪剂沥青混合料的性能评价[J]. 公路交通科技, 2022, 39 (6): 17-24, 34.
- [4] 任庆云, 张钰汾, 胡井香, 等. 醋酸钠融雪剂的研究[J]. 广东化工, 2022, 49 (22): 42-45, 41.
- [5] 张育斌, 吕秀明. 新型环保融雪剂对沥青混合料性能的影响研究[J]. 内蒙古公路与运输, 2023 (2): 22-27.
- [6] 景金华, 何冰. 道路融雪剂性能评价方法对比研究[J]. 市政技术, 2022, 40 (7): 51-56.