

融雪剂掺配对抗凝冰沥青混合料路用性能的影响

龚丽丽

(江西省交通工程集团有限公司, 江西 南昌 330038)

摘要: 氯盐类融雪剂对沥青混凝土路面具有腐蚀性和破坏性, 为探索对路面及周围环境无毒无副作用的融雪除冰技术, 采用内掺法制备以固态融雪剂为基材, 按不同比例掺配融雪剂的抗凝冰沥青混凝土, 对其开展常规试验、黏结力及电导率测试。结果表明, 融雪剂掺配后沥青混合料抗剪强度降低, 高温性能得到削弱; 随着融雪剂溶解, 混合料空隙率有所增大, 水稳性降低; 与未掺配融雪剂的混合料相比, 融雪剂掺配后沥青混合料和冰层的黏结力明显降低, 抗凝冰优势明显。因此, 以固态融雪剂为基材的抗凝冰沥青混合料可在我国北方公路路面工程中推广应用。

关键词: 融雪剂; 掺配比; 抗凝冰; 沥青混合料; 路用性能

中图分类号: U416

文献标识码: B

DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2023.35.041

0 引言

我国北方沥青路面在雨雪作用下, 水分侵入面层、基层, 结冰后会加速路面破坏, 影响行车安全。常用除冰技术包括机械除冰、人工除冰、撒布融雪剂等。相比而言, 人工除冰效率低; 机械除冰效率高, 但维修费用高昂; 撒布融雪剂的做法在实践中较常见。当前, 融雪剂主要分非氯盐类、氯盐类和混合类等, 其中氯盐类融雪剂价格低廉, 应用广泛, 但氯离子对道路材料、生态环境均具有危害性。现有改进措施也主要通过使用添加剂以减轻氯盐融雪剂对道路和环境的危害, 但无法彻底根除不利影响。

基于此, 本文以固态融雪剂为主要基材, 采用内掺法制备抗凝冰沥青混合料, 通过研究融雪剂掺配比对抗凝冰沥青混合料高温稳定性、抗凝冰性、水稳性的可能影响, 确定融雪剂的最佳掺配比例, 以期取代传统氯盐类融雪剂而成为我国北方寒区道路除冰的有效手段。

1 融雪剂对抗凝冰沥青混合料的影响机理

在无外部荷载作用的情况下, 融雪剂掺配后与沥青材料发生物化反应, 使沥青胶结性能及劈裂强度比显著增大; 随着反应的继续, 融雪剂会进一步穿透沥青膜并渗入沥青和集料结合部, 对沥青和集料的黏结起到破坏作用, 沥青混合料劈裂强度随之降低。

融雪剂对沥青混合料性能存在一定影响, 融雪除冰的效果也与其自身特性有关, 融雪除冰机理主要与

稀溶液依数性、潮解现象等有关。

1) 稀溶液依数性

根据乌拉尔定律, 在一定温度下, 难挥发非电解质稀溶液蒸气压下降值与溶剂蒸气压和溶质物质量分数成正比, 且与溶质本身无关^[1]。该定律能较好地解释难挥发非电解质稀溶液的依数性, 而电解质溶液的依数性却偏离了乌拉尔定律。道路融雪剂大多属于电解质溶液, 为有效清除道路上的积雪凝冰, 其自身凝固点必须足够低, 并能保证撒布于路面后能快速吸取周围水分而形成融雪剂稀溶液。

2) 潮解现象

当固体物质水蒸气压低于空气水蒸气压时, 具有吸湿性的固体物质将吸收空气中的水分, 最终由固态变为溶液。固态融雪剂具有潮解性特征, 可迅速吸收空气中及路面水分, 形成溶液并逐渐融冰化雪。

2 试验设计

2.1 原材料选用

融雪剂掺配影响抗凝冰沥青混合料路用性能试验主要用到沥青、集料、氯化钠、氯化钙、三水醋酸钠及融雪剂等材料。试验采用SK90#基质沥青, 其25℃针入度为92.3(0.1 mm), 软化点为46.4℃, 15℃延度大于100 cm; 短期老化后质量损失0.07%, 残留针入度比为70.1%, 10℃延度为8.1 cm。性能均满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2017)要求。集料采用最大粒径不超出16 mm的石灰岩, 矿粉也由石灰岩磨

收稿日期: 2023-05-24

作者简介: 龚丽丽(1984—), 女, 江西南昌人, 工程师, 从事高速公路施工工作。

制而成。试验中所用 AC-13 沥青混合料设计级配见表 1。

表 1 AC-13 沥青混合料设计级配

级配参数	通过以下筛孔(mm)的质量百分率(%)									
	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5	13.2	16
级配上限	10.0	15.1	20.0	29.6	38.9	50.1	68.8	85.0	100	100
级配中值	9.8	10.1	12.7	18.8	26.4	37.2	52.0	78.4	95.2	100
级配下限	4.9	5.4	7.1	10.0	13.2	22.9	38.7	69.2	89.8	100
目标级配	9.8	10.1	13.1	19.2	28.3	35.1	51.9	78.4	94.8	100

氯化钠为白色结晶性粉末，具备一定的潮解性，可溶于甘油和水；氯化钙为白色立方体结晶，具备较强的吸湿性，溶于乙醇和水。三水醋酸钠为类白色结晶体，溶于水、乙醚和乙醇。融雪剂为浅色或无色晶体，pH 值为 7.1，含水率 4%，衰减率 8%，不溶物质含量为 4%。

2.2 配合比设计

以所预估的 4.7% 的油石比为中值，并以 0.5% 为间隔，分别按照 3.7%、4.2%、4.7、55.2%、5.7%、6.2% 的油石比成型马歇尔试件，各组试件均制备 4 个试样，进行流值、稳定度、毛体积密度、最大理论密度等的测试，并计算相应试件的空隙率、沥青饱和度、矿料间隙率等指标值，结果见表 2。根据技术规范附录 B 计算公式^[2]，最终得到的抗凝冰沥青混合料最佳油石比为 4.55%。

表 2 根据不同油石比确定的技术指标值

油石比(%)	3.7	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	规范值
毛体积密度 /(g/cm ³)	2.44	2.46	2.49	2.50	2.49	2.48	—
稳定度 /kN	13.2	13.5	12.8	12.0	11.1	10.6	≥8.0
流值 /(0.1 mm)	22.3	23.0	25.2	28.0	30.5	32.2	20~40
空隙率 (%)	7.5	6.0	4.1	3.0	2.4	0.0	3~5
矿料间隙率 (%)	14.2	13.6	13.2	13.4	14.0	14.6	≥13.0
沥青饱和度 (%)	48.1	53.2	70.4	75.2	80.6	85.1	65~75

2.3 试验方案

路面耐久性与沥青和集料间的黏附性相关，沥青属于弱极性憎水性物质，水分侵入集料和沥青交界处

后更容易与集料亲和，促使沥青从集料表面剥落。因此，研究融雪剂掺配对沥青混凝土水稳性具有很强的现实意义。本文通过冻融劈裂试验研究融雪剂不同掺配比下沥青混合料水稳性，即通过内掺法将融雪剂掺入沥青混合料，并按照 25%、50%、75% 的比例替换矿粉，制备抗凝冰沥青混合料试样，并以替换比例为 100% 的抗凝冰沥青混合料为参照组。

1) 常规试验

按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2017) 相关要求制备马歇尔试件和车辙试件，分别展开浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验和车辙试验，以评价抗凝冰沥青混合料抗水损性能及高温稳定性能。为分别充分体现无动水和动水影响的自然条件下，低温路面受不同浓度融雪剂影响后的水稳性，采用两种方式制备试样^[3]。

方式 1：按照设计级配及不同融雪剂掺配比制备马歇尔试件，每组 4 个，并测量试件高度及体积；按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011) 将试件真空饱水，随后置入 (-18±2)℃ 的恒温冰柜中养护 6 h；低温处理后再放入 (60±0.5)℃ 的恒温水箱内保温处理 4 h，以上为 1 个冻融循环。该试验分别进行 1 个、5 个和 10 个冻融循环，随后将试件放入 (60±1)℃ 的恒温水箱内保温处理 24 h，取出后再放入 (25±0.5)℃ 的恒温水箱内保温 2 h，结束后测量试样的劈裂强度。该方式下主要模拟掺加融雪剂的抗凝冰沥青混凝土路面受静水影响的水稳性。

方式 2：将粗集料浸泡在不同融雪剂掺加量的溶液中 1 h，取出后在室温下自然风干，按照不同配合比制备马歇尔试件，测量试件高度和体积，每组 4 个，通过与方式 1 相同的操作饱水、保温，并测定试样的劈裂强度。该方式主要模拟的是掺加融雪剂的抗凝冰沥青混凝土路面受动水影响的水稳性。

2) 黏结力测试

通过拉力计测试抗凝冰沥青混合料试件表面及浸水海绵冻结后的黏结力，以检测其抗凝冰性能。具体而言，在海绵底部交叉缠绕 2 条尼龙绳，并将海绵放置于试件顶部，将试件连同海绵一起浸泡在水中 5 min，取出后放进 -10℃ 的冷冻室冰冻 5 h。此后将试件与海绵取出，用拉力计拉杆钩住尼龙绳并向上提拉，在将海绵从试件表面拉离的瞬间，拉力计读数即为抗凝冰混合料试件和海绵的黏结力。

3) 电导率测试

将抗凝冰沥青混合料试件投入常温蒸馏水内，通过电导率仪进行蒸馏水电导率变动趋势的检测，根据检测结果，体现融雪剂对抗凝冰沥青路面的缓释效果。

3 试验结果分析

3.1 高温稳定性

根据试验结果,当融雪剂掺配比分别为0%、25%、50%、75%及100%时,抗冰凝沥青混合料动稳定度依次为2 480次/mm、2 250次/mm、1 860次/mm、1 501次/mm、2 000次/mm,而沥青混合料动稳定度规范值为1 000次/mm。据此可知,在沥青混合料中掺加融雪剂后会其高温稳定性能:随着融雪剂掺量的增大,混合料动稳定度持续下降,但均能满足规范要求。

引起这种现象的原因在于,沥青和矿粉的充分作用对混合料抗剪强度有一定影响,而采用内掺法掺加融雪剂后,矿粉含量得以降低,自由沥青含量增多,结构沥青含量减小,沥青混合料内部黏聚力也随之降低,粗集料骨架作用无法得到充分发挥。

3.2 水稳性

沥青混合料水稳性也受融雪剂掺配比的较大影响,具体影响程度见表3。根据试验结果,混合料残留稳定度随融雪剂掺量的增大而降低,当按照50%的比例掺加融雪剂时,混合料残留稳定度比未掺加融雪剂时下降了18.7%,无法达到规范要求;混合料冻融劈裂强度随融雪剂掺配量的增大而降低,当按75%的比例掺加融雪剂时,混合料强度值已无法满足规范要求。与未掺配融雪剂的情况相比,按100%比例掺加融雪剂后沥青混合料冻融劈裂强度和残留稳定度分别降低了8.1%和4.9%。

表3 融雪剂掺对比对沥青混合料水稳性的影响程度

融雪剂掺配比(%)	0	25	50	75	100	规范值
残留稳定度(%)	84.9	80.0	78.4	68.5	80.1	≥2.4
冻融劈裂强度比(%)	77.5	73.1	70.0	65.2	70.1	≥70.0

进一步分析可知,矿粉对沥青和集料间的黏附性有增强作用,融雪剂掺配后会其影响和降低沥青与集料的黏附力,并降低混合料抗水损性能。虽然融雪剂和矿粉均具有填充作用,但融雪剂溶于水后,使混合料内部空隙增大,外界水分的侵入也更容易。

3.3 抗凝冰性能

通过对不同沥青混合料与结冰海绵黏结力的试验

可知,按不同比例掺配融雪剂后,混合料黏结力均表现出下降趋势,且掺配比越大,降幅越明显;当融雪剂掺配比分别为0%、25%、50%、75%及100%时,抗冰凝沥青混合黏结力依次为39.8 N、14.7 N、15.0 N、9.8 N、14.9 N。这也表明融雪剂的掺加能使沥青混合料表现出较好的抗凝冰性能,冰体在外界因素影响下更容易从路面脱落。

3.4 浸泡液体的电导率

根据沥青混合浸泡液体电导率测试结果,随着浸泡时间的延长,浸泡液体电导率升高;其电导率在浸泡1 h后明显上升,此后则平稳增大,且融雪剂掺配比越大。这一结论充分说明,经过水的浸泡后试样中的融雪剂持续析出,且掺配量越大,析出量越多,缓释效果也越好^[4]。

4 结束语

综上所述,通过内掺法掺加融雪剂可在一定程度上降低沥青混合料水稳性和高温稳定性;当融雪剂掺配比为75%时,对水稳性的影响无法满足规范要求,故应将融雪剂掺配比控制在75%以内。将固态融雪剂掺入沥青混合料中,能使冰层和路面间的黏结力显著降低,在外界因素的影响下,冰雪可从路面顺利剥落,起到较好的融雪除冰及抗凝冰效果。抗凝冰路面所析出的融雪剂溶于水后凝固点较低,对路面水分冻结也具有较强抑制作用,可防止二次冻融破坏。

参考文献:

- [1] 李凤增.不同融雪剂对SBS改性沥青混合料路用性能的影响研究[J].合成材料老化与应用,2022,51(6):96-98.
- [2] 孟令波,张维,王迅.氯盐类融雪剂对沥青混凝土性能的影响[J].青岛理工大学学报,2021,42(2):45-51.
- [3] 董庆宇.融雪剂融雪效果及对沥青混合料性能影响研究[J].合成材料老化与应用,2021,50(1):80-83.
- [4] 梁纪,穆荣芳,严钊,等.有机融雪剂对SBS改性沥青混合料路用性能的影响[J].筑路机械与施工机械化,2020,37(10):9-12.