

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2023.07.055

抗冰添加剂改性乳化沥青黏结料稳定性研究

刘杰¹,王志宏²,潘岳林¹,刘进¹

(1.湖南省建筑设计院集团股份有限公司,湖南长沙 410006;2.常德市经济建设投资集团有限公司,湖南常德 415000)

摘要:研究了抗冰添加剂掺量、Zeta 电位、细度模数、堆积密度等因素以及乳化剂类型对乳化沥青黏结料防冰冻性能和稳定性的影响。结果表明:随着抗冰添加剂掺量的增加,阳离子乳化沥青黏结料的稳定时间不断减少;阳离子抗冰添加剂乳化沥青黏结料的稳定性优于阴离子抗冰添加剂乳化沥青黏结料,且阳离子乳化沥青黏结料的稳定时间随其 Zeta 电位的增加而延长;堆积密度越小、粒径越细的抗冰添加剂与阳离子乳化沥青混合后稳定性越差。

关键词:抗冰添加剂;改性乳化沥青;黏结料;抗冰冻性能;稳定性

中图分类号: U414.18

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)07-0234-04

0 引言

在严寒地区,冰雪会使路面抗滑性能急剧丧失,严重影响行车安全和出行效率,而且冰雪融化后的水分会浸润渗透到沥青路面中,在冻胀作用下对其造成严重破坏,因此沥青路面融雪除冰技术一直是相关领域国内外学者研究的重要方向^[1]。

融雪除冰技术主要分为两类,一类是传统的人工除雪、机械除雪、化学除雪等被动方式;另一类是自应力柔性路面、导电融雪路面、循环加热路面、低冰点路面等主动方式。被动融雪除冰方式不仅需要大量的人力、物力和机械设备,而且在一定程度上会损坏路面并污染环境,普遍存在效果不佳和效率偏低等缺点。对于主动融雪除冰方式,自应力柔性路面中的橡胶颗粒容易从路表面脱落,逐步形成剥落和坑槽病害;导电融雪路面和循环加热路面成本高、能耗高、技术复杂;低冰点路面虽然能克服以上融雪除冰方式的缺点,但并不适用于路面养护工程。所以对于在役沥青路面预防性养护,仍然缺乏高效的主动融雪除冰技术^[2]。

韩志斌^[3]详细分析了国内外道路融冰除雪技术的现状及发展方向,总结出传统的被动融雪除冰仍是最主要的方式,热能、新型材料等主动方式尚处于研究试验阶段,建议要因地制宜地选用融雪除冰技术。王文峰等^[4]基于抗冰添加剂可显著降低材料冰

点的机理,制备了分别掺入2种抗冰添加剂的密级配沥青黏结料,发现抗冰添加剂可对黏结料骨架结构和体积参数带来消极影响,黏结料水稳定性和低温性能随抗冰添加剂掺量增加而逐步减弱,高温稳定性则几乎不受影响。仇新成等^[5]发现掺入碳纤维发热丝的沥青混凝土路面在电热的作用下可有效清除道路冰雪,同时碳纤维可起到加筋的作用来增强沥青混凝土的强度,延长道路使用寿命,因此研发了一种基于碳纤维发热丝的道路融冰除雪系统,并制定了碳纤维发热丝沥青路面施工指南,采用传感设备监测路面结冰状态,进一步选择最佳融雪除冰时机。马青^[6]借鉴抗冰雪涂层在航空航天、通信、电力等领域的应用价值,以路面预防性养护为抓手,阐述了抗冰雪涂层技术的研究进展和优越性,并根据相关研究成果进一步研发了简易式轮碾破冰试验装置。施冰等^[7]认为被动除雪方式已不适应国家对于道路安全、环保的相关要求,主动融雪除冰将逐渐成为山区高速公路融雪除冰的主要方式,并以建成的高速公路为案例,提出了多种解决方案,对常年处于积雪地带的高速公路融雪除冰提供了有效的参考依据。郭鹏等^[8]基于降低冰点的思路,通过 SEM、XRD 等微观试验分析得出蓄盐融雪除冰剂的表面多孔结构有助于氯化钠的释放及周围水蒸气进入,可显著降低冰点,融雪除冰效果较好且对水稳定性影响不大。郑武西^[9]为解决粗放式融雪除冰技术的缺点,建立了融雪剂用量-冰雪厚度-环境温度等参数下融雪剂溶液的冰点数学模型,形成了一套精细化的融雪剂应用技术,使用过程中可节约50%左右的融雪剂。

收稿日期:2022-09-07

作者简介:刘杰(1992—),男,学士,工程师,主要从事路桥设计工作。

本文选用不同乳化剂和抗冰添加剂的组合,探究抗冰添加剂掺量、Zeta 电位、细度模数、堆积密度等因素以及乳化剂类型对乳化沥青黏结料防冰冻性能和稳定性的影响。研究成果可为进一步优化抗冰添加剂相关性能提供一定的材料基础,以达到高效融雪和抗冰冻的目的。

1 原材料技术性能

1.1 原材料

本研究分别选用 4 种乳化剂,阳离子和阴离子各 2 种,以分析不同乳化剂类型对乳化沥青黏结料防冰冻性能和稳定性的影响,乳化剂性能参数见表 1。抗冰添加剂呈粉末状。本文选用严寒型和寒冷型各 2 种抗冰添加剂,其冰点、细度模数、堆积密度等性能参数见表 2。

表 1 乳化剂性能参数

乳化剂类型	乳化剂掺量 /%	pH 值
阴离子慢裂慢凝	1.37	11
阴离子快裂快凝	1.63	12
阳离子中裂	1.58	5
阳离子慢裂快凝	2.67	2

表 2 抗冰添加剂性能参数

物理性能	严寒型 1	严寒型 2	寒冷型 1	寒冷型 2
冰点 / $^{\circ}\text{C}$	-20	-20	-10	-10
细度模数	2.10	1.38	2.68	1.35
堆积密度 /($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1.059	0.581	0.911	1.069

1.2 抗冰添加剂乳化沥青黏结料试样的制备

为了达到较好的性能对比效果,制备满足要求的抗冰添加剂乳化沥青黏结料是重中之重,在制备过程中应严格控制相关参数。

抗冰添加剂乳化沥青黏结料制备流程见图 1。

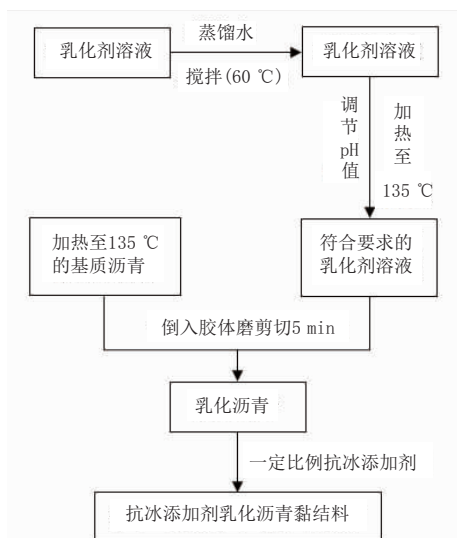


图 1 抗冰添加剂乳化沥青黏结料制备流程

2 试验方法

2.1 稳定性试验

将一定掺量的抗冰添加剂加入到制备好的乳化沥青黏结料中,以固定的速率缓慢搅拌均匀,静置。持续观察抗冰添加剂乳化沥青黏结料在静止状态下是否出现离析或聚团现象,直至黏结料出现上述现象时立即停止观察。记录出现离析或聚团现象所经历的时间,即为抗冰添加剂乳化沥青黏结料的稳定时间。

2.2 Zeta 电位测试试验

相对于观察法得出的抗冰添加剂乳化沥青黏结料稳定性,Zeta 电位测试试验可对稳定性进行量化,较为精确地反映胶体材料的稳定性。Zeta 电位测试试验的步骤为:(1)将一定量的乳化沥青黏结料稀释至 150 倍;(2)在激光粒度分析仪盛样器内倒入稀释液;(3)采用适用于液体材料的激光粒度分析仪测试乳化沥青黏结料的 Zeta 电位;(4)采用适用于固体材料固体表面的 Zeta 电位分析仪测定防冰添加剂表面的 Zeta 电位。

3 试验结果分析

本研究对不同乳化剂和抗冰添加剂组合的乳化沥青黏结料进行了储存稳定性、稳定性、Zeta 电位测试试验,分析乳化剂类型、黏结料和抗冰添加剂表面 Zeta 电位、抗冰添加剂物理性能对黏结料稳定性的影响。

3.1 乳化剂类型对黏结料稳定性的影响

作为稳定性试验和 Zeta 电位测试试验的对比试验,表 3 列出了不同乳化剂和抗冰添加剂组合的乳化沥青黏结料储存稳定性试验结果。图 2 为稳定性试验结果。由图 2 可见,不同乳化剂类型的抗冰添加剂乳化沥青黏结料的稳定时间差别较大,阴离子乳化沥青黏结料稳定时间几乎为零,而阳离子乳化沥青黏结料稳定时间较长。这是由于阴离子乳化剂带正电荷,阳离子乳化剂带负电荷,阴离子乳化沥青黏结料与抗冰添加剂混合后立即出现离析和聚团,而对于阳离子乳化剂,抗冰添加剂可完全分散在乳化沥青黏结料中。

表 4 为乳化沥青黏结料的稳定性分级表。由表 4 可见,乳化沥青黏结料的稳定性与其 Zeta 电位的大小关系密切,Zeta 电位绝对值越大,黏结料稳定性越好,反之亦然。乳化剂类型不同时,抗冰添加剂乳

表3 不同类型乳化剂的乳化沥青黏结料储存稳定性试验结果

乳化剂类型	储存稳定性 /%	
	1 d	5 d
阴离子慢裂慢凝	0.8	4.8
阴离子快裂快凝	1.2	5.3
阳离子中裂	0.6	4.0
阳离子慢裂快凝	1.05	5.6

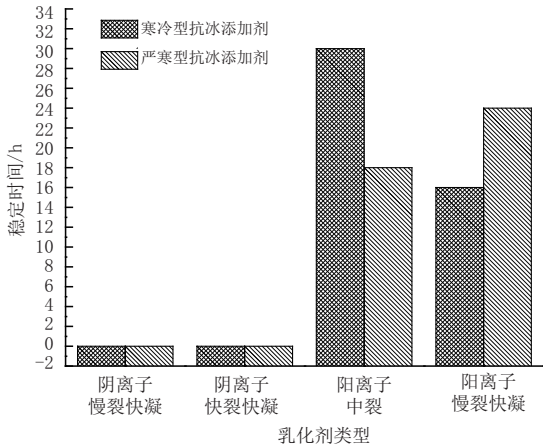


图2 不同乳化剂类型的乳化沥青黏结料稳定时间测试结果

沥青黏结料的 Zeta 电位如图 3 所示,其中 Zeta 电位绝对值的大小排序为:阳离子中裂>阳离子慢裂快凝>阴离子快裂快凝>阴离子慢裂快凝。总体来说,阳离子乳化剂的稳定性远好于阴离子乳化剂,阳离子中裂乳化剂黏结料的 Zeta 电位绝对值可达 78 mV,可用于与抗冰添加剂混合形成稳定的抗冰添加剂乳化沥青黏结料。

表4 乳化沥青黏结料稳定性分级表

Zeta 电位绝对值 /mV				
0~10	10~30	30~40	40~60	>60
稳定性极差	稳定性极差	稳定性一般	稳定性较好	稳定性极好

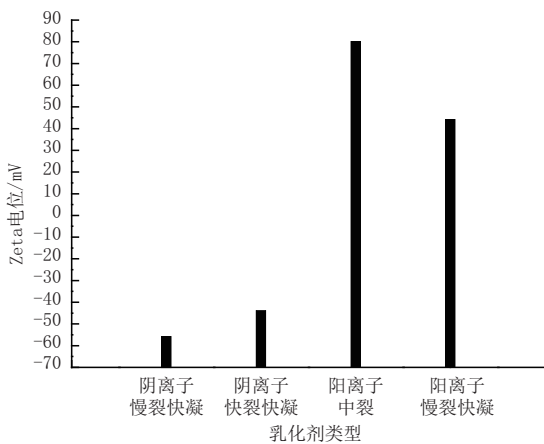


图3 乳化剂类型不同时乳化沥青黏结料 Zeta 电位测试结果

3.2 抗冰添加剂表面 Zeta 电位对黏结料稳定性的影响

图4是抗冰添加剂表面的 Zeta 电位与乳化沥青

黏结料 pH 值之间的关系图。从两者之间的关系看,所有抗冰添加剂表面的 Zeta 电位均为负电位,当黏结料 pH 值大于 7(阴离子乳化沥青黏结料)时,抗冰添加剂表面的 Zeta 电位基本保持在 -20 mV 左右;当黏结料 pH 值小于 7(阳离子乳化沥青黏结料)时,抗冰添加剂表面的 Zeta 电位与黏结料 pH 值呈负相关关系。

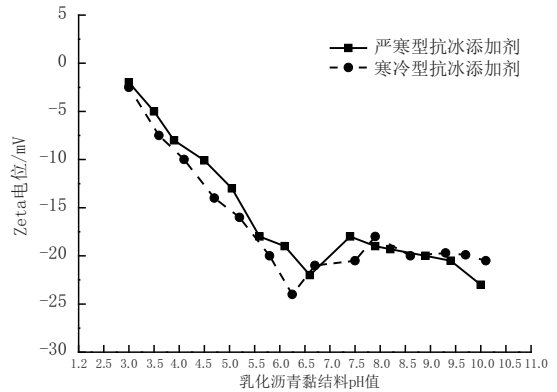


图4 不同抗冰添加剂表面 Zeta 电位与乳化沥青黏结料 pH 值的关系

形成如上试验结果的主要原因有 2 个:(1)表面官能团和水溶液之间的酸碱反应;(2)离子吸附。由于抗冰添加剂等疏水材料偏向于吸附阴离子,与水溶液混合后表现出负电位,所以阴离子乳化沥青黏结料的吸附层带负电,加入抗冰添加剂后会立即吸附在抗冰添加剂表面,在较短时间内出现离析和团聚现象。相反阳离子乳化沥青黏结料吸附层带正电荷,加入抗冰添加剂后会吸附带负电的游离阴离子,电荷之间在一段时间内重新分配,阳离子乳化沥青黏结料也将逐渐吸附在抗冰添加剂表面,从稳定状态缓慢形成离析和聚团状态,电荷重新分配的时间即为阳离子乳化沥青黏结料的稳定时间。

3.3 抗冰添加剂物理性质对黏结料稳定性的影响

图5和图6分别为抗冰添加剂细度模数和堆积密度等物理性质与乳化沥青黏结料稳定时间的关系曲线。

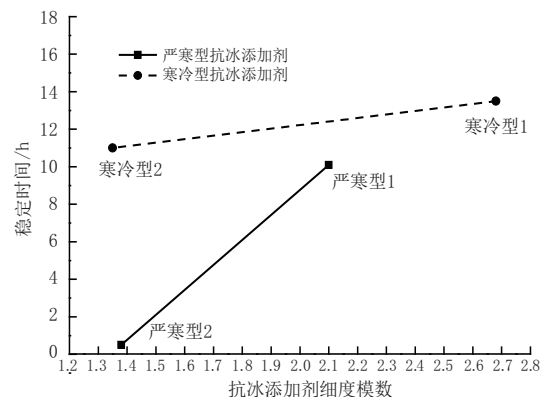


图5 抗冰添加剂细度模数对黏结料稳定时间的影响

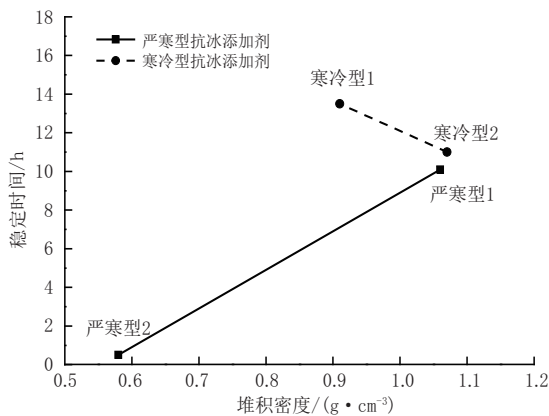


图6 抗冰添加剂堆积密度对黏结料稳定时间的影响

由图5、图6可知:乳化沥青黏结料稳定时间随抗冰添加剂细度模数的增加而延长,其中严寒型2的稳定时间为0.5 h,但在实际操作过程中,很难在0.5 h内完成抗冰添加剂乳化沥青黏结料的制备;其他类型的抗冰添加剂乳化沥青黏结料稳定时间均大于10 h,可满足黏结料制备时间上的要求。进一步通过对比得出,严寒型2的稳定时间最短,其堆积密度也相应最小。为保证抗冰添加剂乳化沥青黏结料的施工和易性,抗冰添加剂的细度模数严寒型应大于2.1(寒冷型应大于1.35),堆积密度应大于0.91 g/cm³。

3.4 抗冰添加剂掺量对黏结料稳定性的影响

为探究抗冰添加剂掺量对乳化沥青黏结料稳定时间的影响,本次试验分别选用15%、20%、25%、30%这4种掺量,试验结果如图7所示。

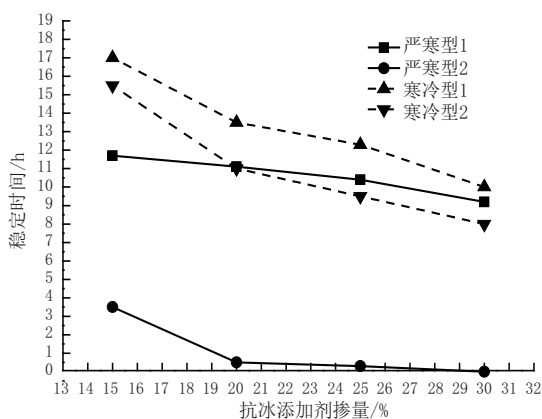


图7 抗冰添加剂掺量对黏结料稳定时间的影响

由图7可知:乳化沥青黏结料稳定时间与抗冰添加剂掺量成反比例关系,抗冰添加剂掺量越大其稳定时间越短。相同掺量下,掺入严寒型2的黏结料

稳定时间最短,当其掺量为20%时,材料混合后几乎在很短时间内就出现聚团;对于其他类型的抗冰添加剂,无论在何种掺量下,黏结料的稳定时间均大于8 h。因此,不建议选用严寒型2抗冰添加剂。

4 结 语

(1)抗冰添加剂对阴离子乳化沥青黏结料的吸附性较强,混合后在很短时间内出现离析和聚团,所以应在阳离子乳化沥青黏结料中掺加抗冰添加剂。

(2)阳离子乳化沥青黏结料的稳定时间随Zeta电位的增加而延长,阳离子乳化沥青黏结料在Zeta电位大于+60 mV时具有较好的稳定性。

(3)阳离子乳化沥青黏结料的稳定时间随抗冰添加剂细度模数的增加而增加。实际应用时,严寒型抗冰添加剂细度模数应大于2.1,寒冷型应大于1.35,抗冰添加剂堆积密度应大于0.91 g/cm³。

(4)抗冰添加剂掺量越大其对应的乳化沥青黏结料稳定时间越短。相同掺量下,掺入严寒型2的黏结料稳定时间最短;对于其他类型的抗冰添加剂,无论在何种掺量下,黏结料的稳定时间均大于8 h。因此,不建议选用严寒型2抗冰添加剂。

参考文献:

- [1] HAN S T. Preparation and anti-icing properties of a hydrophobic emulsified asphalt coating[J]. Constr Build Mater, 2019, 220: 214-227.
- [2] SHAN L Y. Evaluation of anti-icing emulsified asphalt binders[J]. Front Mater, 2022(7): 257-267.
- [3] 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, 159(6): 142-145.
- [4] 王文峰,郭良倩,吴冬生.路面抗冰剂对沥青混合料路用性能的影响分析[J].现代交通科技, 2016, 13(3): 9-13.
- [5] 仇新成,周盛.基于碳纤维发热丝的路面融雪除冰设计[J].道路工程, 2017, 156(12): 86-88.
- [6] 马青.基于表面涂层技术的路面抑制结冰研究进展[J].粉煤灰综合利用, 2018(4): 104-111.
- [7] 施兵,陆鹿.高速公路冰雪路段融雪化冰方案[J].公路, 2019(6): 52-55.
- [8] 郭鹏,冯云霞.蓄盐融雪除冰剂微观分析及对混合料水稳定性的影响[J].材料导报, 2020, 34(3): 62-65.
- [9] 郑武西.道路融雪剂“精细化”使用技术研究与应用[J].公路, 2022(1): 344-348.