

# 适用于沥青路面的新型析出式融雪剂的开发与应用技术研究

王斌

(河北高速公路集团有限公司京哈北线分公司, 河北 唐山 063000)

**摘要:** 重点对公路融雪剂进行了分析调研, 探讨了其作用机理、融雪性能以及对环境的潜在危害, 并提出了科学的使用方法。为解决此问题, 研发了一种新型的析出式融雪剂, 并引入了创新的添加剂。同时, 还对施工工艺进行了深入研究。最后, 结合河北省公路除冰雪工程的实际情况, 对研发的试剂进行了应用指导, 并提出了相应的融雪剂使用方法的相关建议。这些研究成果对于我国融雪剂的使用以及路面除雪工程具有重要的示范作用。

**关键词:** 沥青路面; 融雪剂配比; 工程应用

**中图分类号:** U418

**文献标识码:** B

**DOI:**10.16248/j.cnki.11-3723/u.2024.18.058

## 0 引言

低温积雪环境中的沥青路面除雪对我国交通运输的发展至关重要, 其中融雪剂扮演着重要角色。学术界的研究者们对公路路基和路面除雪技术进行了广泛的研究<sup>[1-4]</sup>。例如, 任庆云等学者<sup>[5]</sup>利用乌兰察布市杨树枯叶作为原料, 通过将其燃烧产生的树叶灰与废液醋酸反应, 成功制备了价格低廉且环保的融雪剂。李风增等学者<sup>[6]</sup>研究了氯化钠、氯化钙和醋酸钠等三种融雪剂的除雪效果, 以及其对 SBS 改性沥青混合料性能的影响。郑武西等学者<sup>[7]</sup>提出了“精细化”融雪剂使用技术, 并将其应用于城市道路除雪。杨莹的研究<sup>[8]</sup>详细介绍了氯盐型融雪剂、非氯盐型融雪剂和混合型融雪剂的性能, 并深入探讨了其对环境、道路桥梁和交通工具可能造成的潜在危险。

本研究在低温积雪环境下, 对公路融雪剂进行了全面分析调研, 包括其作用机理、融雪性能、对环境的潜在危害以及科学使用方法。为解决此问题, 研发了一种新型的析出式融雪剂, 并引入了创新的添加剂。同时, 还对施工工艺进行了深入研究。最后, 结合河北省公路除冰雪工程的实际情况, 对研发的试剂进行了应用指导并提出相应融雪剂使用方法的相关建议。

## 1 融雪剂技术应用与存在问题

### 1.1 常规融雪剂作用原理与危害

融雪剂是一种常见的化学物质, 广泛应用于机

场、公路、广场、停车场、铁路、城市街道等地区, 用于融化积雪并有效应对寒冷气候。融雪剂的组成主要包括氯化钠、氯化钙、氯化镁等盐类成分, 如图 1 所示。目前使用的融雪剂大体可以分为三类。首先是氯盐型融雪剂, 如氯化钙、氯化镁和氯化钠等, 这些化合物都属于有毒物质。第二类是非氯盐型融雪剂, 例如钙镁乙酸盐、乙酸钾和醋酸钾等。第三类是混合型融雪剂, 例如氯盐与非氯盐以及阻锈剂的组合。通过融冰量试验研究发现, 在  $-10^{\circ}\text{C}$  以上, 氯化镁的融雪能力高于氯化钙。而在  $-15^{\circ}\text{C}$  以下, 氯化镁的融雪能力高于氯化钠, 而氯化钠在  $-15^{\circ}\text{C}$  时已经失去了融雪能力。

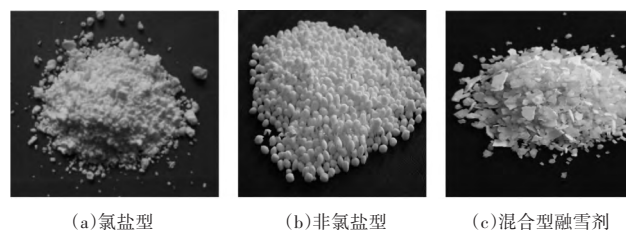


图1 融雪剂分类图

尽管各国已经开发了多种环保型融雪剂, 但由于造价昂贵, 通常只能在特殊场合如机场、高尔夫球场、立交桥等地使用。对于大部分道路除雪工作, 仍然依赖于使用氯化盐或混合氯化盐与非氯盐的融雪剂。目前市面上多数的环保融雪剂 (如氯化钙) 实际上并不符合环保标准。此外, 由于我国除雪机械相对落后, 道路的除雪工作很大程度上仍依赖于融雪剂, 使用氯化盐是不可避免的, 因此“盐害”问题仍然存在。

收稿日期: 2023-09-22

作者简介: 王斌 (1984—), 男, 工程师, 研究方向为交通工程。

## 1.2 沥青路面融雪剂的使用及存在问题

目前,国内使用盐化物融雪的沥青路面的寿命普遍较短。从材料的角度分析,沥青混合料是一个三维体系。随着路面的使用时间延长,胶浆的结构和成分会发生变化,导致沥青的黏结性变差,最终导致路面结构的破坏,如图2所示。当将盐化物以外加剂的形式掺入沥青中时,掺入的物质会吸收胶浆,导致黏结性能下降,在一定程度上导致路面结构强度不足而破坏。因此,需要解决盐化物导致沥青集料间黏结性降低的问题。为研究盐化物析出对沥青混合料性能的影响,需要比较和分析沥青试块在低温下的抗裂性能,并结合除冰液对沥青混凝土路面的影响,最终得出适当的配比方案。基于当前对盐化物沥青路面的研究,尝试寻找那些在效果上与传统融雪成分相似,但对环境污染较小的替代成分。

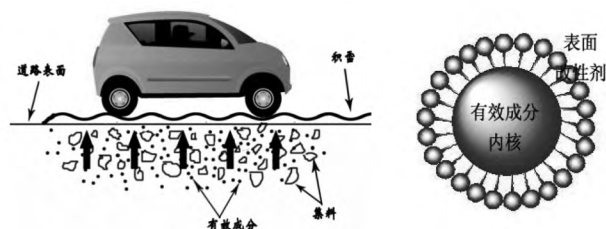


图2 沥青路面融雪剂融雪机理

## 2 新型融雪剂开发与效果评价

### 2.1 原理与配方试验

初选的四种除冰盐化物分别为:白色无机盐1,具有高温稳定性和弱碱性,其最低冰点为 $-50^{\circ}\text{C}$ ,在 $-30^{\circ}\text{C}$ 以上均能有效使用;同时含有抗老化剂,可以增强沥青路面的耐老化特性。白色无机盐2,同样具有高温稳定性,pH值为中性,最低冰点为 $-21^{\circ}\text{C}$ ,在 $-10^{\circ}\text{C}$ 以上均能有效使用。然而,它对土壤板结和地下水的影响较白色无机盐1更大。棕黄色有机盐1,也具有高温稳定性,呈弱酸性,具有优异的分散性、黏结性和螯合性,在建筑行业广泛应用。棕黄色有机盐2,同样具有高温稳定性,呈碱性,具有很强的分散性,常用作沥青乳化剂,其中含有少量 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 。通过对单一溶液的试验结果进行比较,发现四种物质在相同浓度下均具有阻冰效果,但无机盐溶液的阻冰效果明显优于有机盐溶液,其中白色无机盐1优于白色无机盐2,棕黄色有机盐1优于棕黄色有机盐2。然而,有机盐溶液的阻冰效果较不明显,因此决定不再进行有机盐和

无机盐的复配,而只进行有机盐与无机盐的复配,且不改变其浓度。

在复配试验中,根据另一个路面损坏参数(酸碱度)作为选择标准,经过比对得出碱度适中的复配组合和配比:无机盐1+有机盐1,无机盐2+有机盐1,其比例为2:1。为确定更佳的融雪效果,将复配比例围绕2:1进行微调,并进行下一部分的测试。

### 2.2 添加剂性能改善与评价

在解决以上问题的过程中,需要添加适当的改性添加剂,以使融雪剂具备改性混合料性能和缓释双重效果。本研究选择了多种材料,包括植物纤维、树脂、无机物等,通过电解质析出试验评价了析出式融雪剂的缓释效果,并通过混合料路用性能评价方法评估了析出式融雪剂对混合料性能的影响。最终确定了适当的添加剂,以实现缓释效果和改善路用性能。图4和图5展示了缓释效果的评价结果,其中A组分指的是添加剂。

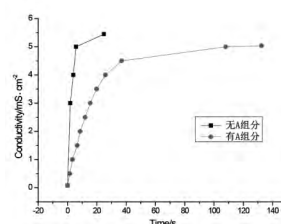


图4 材料在水中溶解

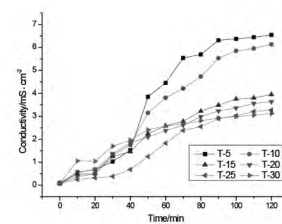


图5 融雪沥青混合料有效成分析出

生产方法主要采用碾磨工艺。首先将盐和添加剂混合,在胶粉中进行碾磨,控制碾磨的细度接近矿粉的水平。在确定矿料配合比例后,使用稳定度和流动性这两项指标来评估其在高温条件下的稳定性和抗变形能力。通过力学指标、物理常数、水稳定性和抗车辙性等检验来确定沥青混合料的配合组成。根据表1所示的数据可以看出,添加融雪剂后的沥青混凝土路面在各项路用性能指标上都在规范范围内。虽然添加融雪剂对沥青混凝土路面的路用性能指标产生了一定的浮动,但对添加融雪剂的影响并不明显。

表1 新型融雪阻冰型沥青材料路用性能测试结果与原材料对比

试验项目	无添加剂	有添加剂	规范范围
稳定度/kN	15.32	13.82	$\geq 8$
残留稳定度(%)	86.1	82.3	$\geq 80$
动稳定度/(次/mm)	8 012	7 465	$\geq 3 000$
冻融劈裂强度比(%)	86.6	80.8	$\geq 80$

### 3 使用与施工要点

#### 3.1 添加剂的使用及保存要点

该环保型沥青路面冰雪抑制剂是以粉末状形式存在的，其细度接近矿粉，可以替代矿粉在混合料生产中使用。其生产工艺与普通的混合料相同，不需要额外增加拌和工序和拌和时间。然而，为确保质量，需要保证混合料在运输到现场时的温度不低于 165℃，并且在摊铺时的温度不低于 150℃，合理掺量为沥青混合料的 3%~8%。一般情况下，普通路段的掺加量通常在 3%~5%，而桥面、极寒地区等特殊路段可以采用最高限制为 6%~8% 的掺加量。将矿料和沥青拌和后，直接将冰雪抑制剂加入拌和锅中进行“干拌”即可。

环保型沥青路面冰雪抑制剂在遇水后会溶解，为防止材料受潮变质、被雨水淋湿以及包装袋破损，请确保存放库内保持干燥状态。如果没有室内储存条件，在产品下方可以垫上隔离垫，上面盖上防水帆布等材料，以防止被雨水淋湿，并尽快使用。一旦冰雪抑制剂潮湿，请勿使用。

#### 3.2 施工工艺

蓄盐型路面与普通沥青混合料路面的施工工艺基本相同，但在施工过程中需要注意以下几点区别：

- 1) 环境气温和表面温度要求：蓄盐型路面的施工环境气温应不低于 10℃，表面温度不低于 5℃。此举为确保蓄盐型路面材料能够充分活化和发挥作用。
- 2) 混合料运输温度控制：混合料运输到现场的环境温度不能低于 165℃，此举是为了保持混合料的热量，确保蓄盐型路面材料能够正常施工。
- 3) 施工分摊温度：施工分摊温度应大于 150℃，以确保蓄盐型路面材料能够充分与路面结合。
- 4) 开放交通温度限制：开放交通温度应不高于 80℃，此举是为了避免路面过热而导致车辆行驶不畅或对路面材料产生不利影响。
- 5) 控制水喷洒量：在碾压过程中要尽量减少水的喷洒量，以保证混合料不黏附在碾压轮上，确保施工质量。

注意以上施工工艺的控制，可以保证蓄盐型路面的材料性能能够得到有效发挥，并确保施工质量和路面性能的稳定。

### 4 工程应用及效果评价

#### 4.1 工程概况

根据您提供的信息，项目所依托的试验路段位于河北遵化市京秦二通道清东陵高速的 K18+290~K19+420 路段的右幅。该路段的路面厚度为 4 cm，路宽为 11.0m，混合料类型为 AC-13。在此试验路段上，共计需要使用 70 t 的融雪除冰添加剂。

#### 4.2 检查和验收

根据您提供的试验结果，试件的马歇尔稳定度为 14.5 kN，流值为 4.3 mm，浸水残留稳定度为 89.6%。同时，通过燃烧法测得的油石比为 4.8%。对配合料进行了燃烧后的集料筛分，具体结果如表 2 所示。

表 2 配比试验结果表

粒径/mm	15.80	13.04	9.38	4.69	2.33	1.17	0.59	0.30	0.15	0.07
筛分结果 (%)	98.76	95.30	77.03	44.24	25.68	16.10	10.57	8.39	5.53	2.37
合成级配 (%)	98.76	98.06	83.25	52.24	29.73	22.22	17.48	13.23	10.86	7.80
规范级配上限 (%)	98.76	98.76	83.94	67.15	49.38	37.53	27.65	19.75	14.81	7.90
规范级配下限 (%)	98.76	88.88	67.15	37.53	23.70	14.81	9.88	6.91	4.94	3.95

通过燃烧法测得油石比后，混合料的级配可能会出现较大的变化，尤其是在粒径较小的部分，通过率可能会明显降低。这可能由于以下两个原因：首先，合成级配采用了过水筛法进行，而筛分结果是基于干筛法的，这本身存在一定的试验误差；其次，添加剂中含有一部分有机物，而有机物在燃烧过程中会消失。燃烧后，原包裹在有机物中的细微颗粒的粒径虽然小于 0.075 mm，但由于过于细小，它们会黏附在较大粒径的颗粒上，导致干筛法无法准确测得 0.075 mm 的通过率。以上两个因素导致了小粒径的通过率明显变小。根据以往的研究经验，这种通过率的变化属于正常范围。

针对试验路段进行钻心取样，为了排除试验条件对压实度计算的影响，根据最大理论密度计算的压实度为 94.4%（规范规定为 92%），而根据毛体积密度计算的压实度为 100.5%（规范规定为 96%），存在超压现象。平整度为 0.69、0.71m/km，符合要求。

### 5 结束语

本研究首先对公路融雪剂的作用机理、融雪性能、对环境危害以及科学使用方法进行了详细分析



和调研。针对析出式融雪剂,研究人员开发了新型的添加剂,并对其施工工艺进行了深入研究。此外,结合河北省公路除冰雪工程的实际需求,研究人员对新型融雪剂的应用进行了指导,并提出了相关的使用方法建议。

研究人员通过分析融雪剂的机理和性能,开发了新型的添加剂,进一步提高了融雪剂的性能和效果。同时,对施工工艺进行研究,使得融雪剂的使用更加科学和高效。这些研究成果为解决我国冬季道路结冰和积雪问题提供了有力支持,并对改善交通安全、提高路面通行能力具有积极的意义。需要注意的是,本研究的成果是基于分析和实验研究得出的,具体的应用效果还需要在实际工程中进行验证和评估。在使用融雪剂和进行除雪工程时,仍需遵循相关的规范和指导,确保安全、环保和有效性的综合考虑。

#### 参考文献:

[1] 杨凤至,李根,曹玉海,等.近十年国内外融雪剂研发

与应用的文献分析[J].中外公路,2022,42(4):272-278.

- [2] 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.
- [3] 赵鹏,孙刚,翟晶.环保型融雪剂的研究进展与发展趋势[J].煤质技术,2022,37(1):63-68.
- [4] 李海青,任晓灵,孙宇,等.低温条件下融雪剂摩擦系数影响研究[J].山西化工,2021,41(6):16-18.
- [5] 任庆云,张钰汾,杨云磊,等.利用杨树叶制备环保型融雪剂[J].山东化工,2022,51(21):62-65.
- [6] 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.
- [7] 郑武西,区桦,宗炜,等.道路融雪剂“精细化”使用技术研究与应用[J].公路,2022,67(1):344-348.
- [8] 杨莹.融雪剂类型分析及对环境影响问题的探讨[J].山西化工,2021,41(4):260-261.

(上接第15页)

稳定度都出现一定程度降低,且随热老化处理温度提升,降低幅度增加,说明热老化处理后沥青混合料综合力学性能有所下降。

2) 热老化处理前后,沥青混合料渗水系数均能达到0.35 cm/s以上,且渗水系数经热老化处理后进一步提升。

3) SBS改性沥青混合料的高温稳定性能具有显著优于基质沥青混合料的高温稳定性,且其动稳定度经热老化处理后有所提升,随热老化处理温度提升,增加幅度增加,且随热老化处理温度提升,增长幅度增加,说明热老化处理后混合料高温稳定性能提升。

4) 无论是未经热老化处理还是热老化处理后,SBS改性沥青混合料的水稳定性始终高于基质沥青。

#### 参考文献:

[1] 尚志刚.热老化对OGFC沥青混合料路用性能的影响[J].

城市道桥与防洪,2017(1):33-35,54.

- [2] 牛宗胜.桥面铺装玄武岩纤维橡胶复合改性沥青混合料的路用性能研究[J].合成材料老化与应用,2023,52(3):72-74.
- [3] 李曙龙,雷俊,史立民.排水沥青路面在易积水路段的应用[J].中国公路,2020(23):106-107.
- [4] 南斌.SBS高黏改性沥青混合料在市政排水路面中的性能研究[J].河南建材,2023(4):22-24.
- [5] 贺果蒙,夏永,徐金玉.潮湿多雨地区沥青路面层间结构改善研究[J].合成材料老化与应用,2021,50(5):37-40.
- [6] 郭涛,孙晓龙,毛国宇.硅藻土-木质素纤维改性沥青混合料的抗冻性能[J].合成纤维,2022,51(9):63-67.
- [7] 刘少鹏,黄卫东,纪淑贞,等.高掺量SBS改性沥青及其在OGFC中的应用[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2013,10(3):20-25,72.
- [8] 董浩,董夫强,王俊彦,等.不同温拌剂对SBS改性沥青及其OGFC混合料性能影响研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2019,43(1):141-145.