

# 融雪剂对沥青混合料路用性能的影响

赵胤凯

青海省高速公路养护服务有限公司海东分公司, 青海 海东 810600

**摘要:** 为确保降雪后道路交通正常通行, 机械和融雪剂被应用于除冰融雪, 但融雪剂会对沥青混合料性能造成损害, 并进一步影响沥青路面的路用性能。文中综述了当前较为常见的三种类型融雪剂对沥青混合料路用性能的影响及损害机理。结果表明, 传统氯盐型融雪剂对沥青路面性能不良影响最大, 对周边环境的影响较大; 非氯盐型融雪剂对路面性能影响相对较小, 但成本较高且制备工艺复杂; 环保复合型融雪剂作为一种新型融雪盐, 在一定程度上降低了其他两种融雪剂的不良影响, 为环保型长寿命抗凝冰沥青路面的设计与研发提供了方向和思路。

**关键词:** 融雪剂; 沥青混合料; 路用性能; 损害机理

中图分类号: U415

文献标识码: A

文章编号: 1006-2890 (2024) 02-0012-03

## Effect of Deicing Salt on Road Performance of Asphalt Mixture

Zhao Yinkai

Qinghai Expressway Maintenance Service Co. Ltd., Haidong Branch., Haidong, Qinghai 810600

**Abstract:** To ensure the normal operation of road transportation after snowfall, machinery and snow melting agents are applied for de icing and snow melting. However, snow melting agents can cause damage to the performance of asphalt mixtures and further affect the road performance of asphalt pavements. The article summarizes the impact and damage mechanism of three common types of snow melting agents on the road performance of asphalt mixtures. The results show that traditional chloride based snow melting agents have the greatest negative impact on the performance of asphalt pavement and have a significant impact on the surrounding environment; Non chlorinated snow melting agents have a relatively small impact on road performance, but their cost is high and their preparation process is complex; As a new type of snow melting salt, environmentally friendly composite snow melting agent reduces the adverse effects of the other two snow melting agents to a certain extent, providing direction and ideas for the design and development of environmentally friendly long-life anti freezing asphalt pavement.

**Keywords:** Deicing salt; Asphalt mixture; Road performance; Mechanism of damage

### 0 引言

为解决冬季气温较低、降雪量较大导致的交通堵塞、道路交通封闭和交通事故多发等问题, 除雪机械和融雪剂被应用于除冰融雪。机械除冰融雪效率较低, 人工成本较高。融雪剂(如融雪盐等)除冰融雪<sup>[1]</sup>效率较高, 最为常用, 但会对沥青混合料性能造成不良影响<sup>[2-3]</sup>。因此, 探究不同类型融雪剂对沥青混合料的影响及损害机理十分必要, 对融雪剂的应用以及新型融雪剂的开发都有重要意义。

### 1 融雪剂类型

融雪剂依据稀溶液依数性作用原理<sup>[4]</sup>, 使溶液蒸气压、凝固点下降, 沸点升高。其通常利用无机或有机盐类, 使雪融化后的稀水溶液凝固点降低, 在较低温度下很难再次结冰; 同时, 固态冰蒸气压不变, 含有融雪剂的液体蒸气压下降, 在蒸气压平衡过程中, 冰水混合物中的冰就会融化<sup>[5]</sup>。

按照主要组成成分, 融雪剂可以分为氯盐型、非氯盐型及环保复合型三大类。

#### 1.1 氯盐型融雪剂

氯盐型融雪剂应用最早, 主要成分为氯化钠、氯化钙、氯

化镁及氯化钾等, 具有使用方便、除冰融雪效率高、价格便宜和来源丰富等优点, 直至今日依旧是使用量最大、使用频率最高的融雪剂<sup>[6-7]</sup>。然而, 氯盐型融雪剂会对公共设施造成明显的腐蚀损害, 对周边生态环境产生不良影响<sup>[8]</sup>。

#### 1.2 非氯盐型融雪剂

非氯盐型融雪剂(CMA)的主要成分是醋酸钙镁盐<sup>[9]</sup>和醋酸钾<sup>[10]</sup>, 以纤维素废物、含碳酸镁的石灰石为主原料来源。相较氯盐型融雪剂, CMA对周边基础设施及生态的不良影响明显降低, 但价格昂贵且工艺复杂, 通常应用于少数对安全及环境要求较高的地区和路段<sup>[11]</sup>。

#### 1.3 环保复合型融雪剂

环保复合型融雪剂由氯盐型融雪剂与非氯盐型融雪剂混合, 或在氯盐型融雪剂中掺加阻锈剂制成<sup>[12]</sup>, 降低了氯盐型融雪剂对周边基础设施及环境的不良影响, 一定程度上解决了非氯盐型融雪剂价格昂贵的问题。然而, 此类融雪剂融雪除冰效率不如氯盐型融雪剂, 且原材料来源复杂, 制备工艺繁琐<sup>[13]</sup>。另外, 阻锈剂对融雪效果和周边设施与环境都有一定影响, 对其掺量还需进一步研究。

### 2 不同融雪剂对沥青混合料性能的影响

沥青混合料主要强度来源于集料颗粒之间的嵌挤骨架结构, 沥青黏结剂与矿物集料之间的黏附力<sup>[14]</sup>。在融雪剂和动水

作者简介: 赵胤凯(1989—), 男, 陕西西安人, 本科, 工程师, 主要研究方向为道路与桥梁。

腐蚀的共同影响下,融雪剂溶液和沥青黏结剂、融雪剂溶液和矿物集料之间将发生一系列物化反应,导致材料、材料间的相互作用发生变化,进而破坏沥青混合料的使用性能<sup>[15-16]</sup>。不同类型融雪剂对沥青混合料的性能影响程度不同。

### 2.1 氯盐型融雪剂的影响

沥青黏结剂经过氯盐型融雪剂溶液不同周期的浸泡后,性能会发生较为明显的变化。具体表现在,沥青的软化点和布氏黏度呈现上升趋势,针入度和延度均呈现下降趋势,沥青的抗永久变形能力有一定增强。融雪剂溶液会导致沥青质与胶质含量增加,饱和分和芳香分含量降低,从而影响沥青胶体结构,导致性能发生变化<sup>[17]</sup>。

同时,氯盐型融雪剂会对沥青混合料中的矿物集料性能造成一定影响。在冻融循环过程中,溶液体积变化会导致集料孔隙率增大,从而导致磨耗值与压碎值增大<sup>[18]</sup>。在损害过程中,氯盐型融雪剂中的氯化钠影响较为显著,氯化钙具有一定的吸潮性,影响较小<sup>[19-20]</sup>。从微观形貌角度观察,氯盐型融雪剂溶液浸泡后,集料表面棱角变得模糊不清,这将导致集料间嵌挤结构强度降低,进而造成沥青混合料性能破坏<sup>[21]</sup>。

氯盐型融雪剂对沥青混合料物理力学性能有较大影响。氯盐型融雪剂溶液长期浸泡后,沥青混合料的马歇尔稳定度、抗劈裂强度和抗剪切变形能力下降明显,在水中长期浸泡的沥青混合料相关性能下降趋势较缓<sup>[21]</sup>。氯盐型融雪剂对沥青混合料路面的高温性能、低温性能、抗变形能力、感温性、水稳定性<sup>[22]</sup>和抗老化性能均有较大不良影响。随着路面使用时间的延长,氯盐型融雪剂造成的破坏将越来越严重,最终导致路面失去使用价值<sup>[23]</sup>。

### 2.2 非氯盐型融雪剂的影响

作为非氯盐型融雪剂的主要组成成分,醋酸钠会与沥青黏结剂发生一系列化学反应,在有水的情况下,出现乳化现象,导致静态下出现明显腐蚀。动水腐蚀效果也十分严重,沥青当量脆点、低温延度以及软化点均会下降。同时,饱和分和芳香分占比减少,沥青质和胶质含量增加,使沥青变硬变脆<sup>[14]</sup>。

由于盐胀作用,经过干湿循环后的集料微小裂缝进一步扩大,集料内部应力增大,导致集料压碎值及磨耗值增大<sup>[14,24]</sup>。另一方面,非氯盐类融雪剂有很多成分属于强碱弱酸性化合物,在形成水溶液后将呈现碱性状态,浸泡在其中的矿物集料将会与其发生碱—集料反应,造成化学腐蚀<sup>[25]</sup>。

非氯盐型融雪剂还会造成沥青混合料高温稳定性、低温抗裂性和水稳定性降低。相较氯盐型融雪剂,非氯盐型融雪剂的负面影响明显降低,但除冰融雪效果同样有所降低<sup>[24]</sup>。

### 2.3 环保复合型融雪剂的影响

环保复合型融雪剂会导致矿物集料孔隙率经过冻融干湿循环后增大,但增大程度较其他两类偏低,对集料性能损害较轻。

它会导致沥青混合料孔隙率增大,劈裂抗拉强度、结构强度降低,对沥青混合料低温性能也有不良影响,但影响程度均较低<sup>[26-27]</sup>。环保复合型融雪剂还会导致马歇尔稳定度降低、流值增大,但依旧保持在适宜的范围<sup>[28]</sup>。

### 3 融雪剂对沥青混合料性能的损害机理

融雪剂主要通过沥青混合料内部、矿物集料内部孔隙造成破坏<sup>[29]</sup>,并对沥青混合料产生腐蚀。同时,由于孔隙的存在,沥青混合料经历干湿循环时,氯化钠会在内部各个部位结晶,晶体析出导致沥青混合料体积膨胀而产生膨胀压力,使沥青混合料力学性能受到损害。虽然损害程度相对较低,但相应变化

后续影响较大,尤其是对沥青混合料低温抗裂性能造成的影响<sup>[29]</sup>。此外,由于蒸发作用,沥青混合料空隙中残留的水分会沿着空隙不断向外迁移,加速沥青结合料与矿物集料之间的剥落,对沥青混合料水稳定性造成破坏<sup>[30]</sup>。

融雪盐对沥青具有侵蚀—飞散作用,当飞散力大于沥青内部分子间作用力时,会产生絮状物,劣化沥青感温性,对低温性能不利,融雪盐与沥青混合料的接触面积越大,侵蚀—飞散作用越剧烈,越容易侵蚀集料与沥青界面。

融雪剂并未改变基质沥青的内部结构,二者没有产生化学反应。对于改性沥青而言,融雪剂则会破坏改性剂与基质沥青组成的网络结构,阻碍沥青与集料之间的吸附作用,导致两者之间黏附性降低,对集料界面产生化学盐类侵蚀<sup>[31-32]</sup>,沥青混合料路用性能因之下降<sup>[33]</sup>。

### 4 结语

(1) 氯盐型融雪剂对沥青结合料、矿质集料性能均有不良影响,导致沥青混合料性能破坏,使路面性能降低并出现明显病害。氯盐型融雪剂还会危害周边基础设施与生态环境。使用时间越长,氯盐型融雪剂对路面性能破坏的程度就越大。

(2) 非氯盐型融雪剂大多为强碱弱酸盐,其水溶液呈碱性,会与矿质集料发生碱—集料反应,导致集料颗粒结构破坏和强度降低。

(3) 环保复合型融雪剂作为新型融雪剂,可以中和氯盐型融雪剂与非氯盐型融雪剂的部分危害,但依旧可能导致周边设施和环境受到不良影响。

未来,中和已有融雪剂的不良影响,开发更加优质、危害更小的新型融雪剂成为研究方向。与此同时,融雪剂的研究将为研发环保型长寿命抗凝冰沥青路面提供新的思路与方向。

### 参考文献

- [1] 张文刚,王芳,丁龙亭.融雪盐对沥青混合料的腐蚀作用研究[J].郑州大学学报(工学版),2021,42(1):77-81.
- [2] 夏霄峰.氯盐类融雪剂对混凝土路面危害研究[J].全面腐蚀控制,2019,33(3):32-33.
- [3] ZHANG Y, CHEN X D, SHAN L Y. Analysis of the influence of chloride deicing agent on the water stability of asphalt mixture [J]. Highway. 2016, 61(6): 203-207.
- [4] 李义强,杨凤至,曹玉海,等.我国道路融雪剂的研发与应用[J].北方交通,2020(7):26-29.
- [5] WANG K J, NELSEN DE, NIXON W A. Damaging effects of deicing chemicals on concrete materials [J]. CEMENT & CONCRETE COMPOSITES. 2006, 28(2): 173-188.
- [6] 吴昊,徐勤安,张昊天,等.道路用氯盐融雪剂融雪性能评价及合理选用[J].工程与建设,2019,33(4):650-653.
- [7] 成猛,李宗长,郭洪军.融雪剂融雪机理及发展状况[J].交通标准化,2013(24):53-56.
- [8] 郭云云,杨捷,宋茜茜,等.浅谈如何合理高效使用氯盐融雪剂[J].中国井矿盐,2022,53(3):35-37.
- [9] BOARD T. Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate—Special Report 235[M]. 1991.
- [10] 刘涛.融雪剂及其替代材料的优缺点对比[J].中国公路,2018(3):64-65.
- [11] 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.

(下转第25页)

4.7%，但整体相差不大；立磨水泥的 3 d 抗压强度比联合粉磨水泥的 3 d 抗压强度降低了 8.6%。

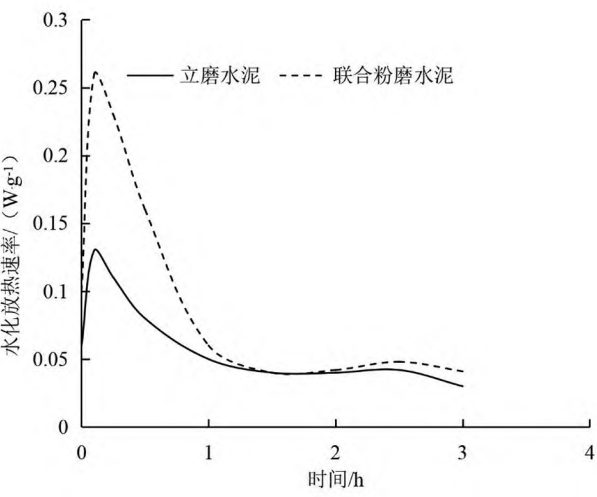


图 3 粉磨方式对水泥水化放热速率的影响

(2) 立磨水泥的水泥净浆扩展度和水泥胶浆扩展度比联合粉磨水泥分别高出 12.9%、5.4%，表明立磨水泥的流动性相

对较好；立磨水泥和联合粉磨水泥制备的混凝土坍落度均在 200 mm 左右，混凝土扩展度均在 410 mm 左右，两者相差不大。联合粉磨水泥的比表面积较立磨水泥降低了 4.8%，联合粉磨水泥的标准稠度用水量较立磨水泥增加了 8%。

(3) 立磨水泥和联合粉磨水泥的水化放热速率随时间演变曲线呈先增加后降低、再稳定的趋势；10 min 后立磨水泥和联合粉磨水泥的水化放热速率达到最大，分别为 0.13、0.26 W/g，联合粉磨水泥的水化放热速率比立磨水泥的水化放热速率高 50%。

参考文献

[1] 黄敏. 立式辊磨机与球磨机粉磨水泥熟料的颗粒形状研究[J]. 矿山机械, 2016 (7): 47-50.

[2] 王显旭, 田亚超, 王怀义, 等. 大掺量矿粉对于高性能混凝土的强度与抗裂性研究[J]. 混凝土世界, 2021 (11): 58-61.

[3] 赵国东. 水泥立磨终粉磨系统的节能分析及其产品工作性能探讨[J]. 水泥工程, 2012 (4): 9-11, 37.

[4] 熊会思, 熊然. 新型干法水泥厂设备选型使用手册[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2007.

[5] 高长明. 关于立磨水泥的性能问题[J]. 水泥工程, 2009 (4): 1-3.

[6] 邹波, 王军, 邹伟斌. 水泥最佳颗粒级配及激光粒度分析方法的应用[J]. 新世纪水泥导报, 2015, 21 (1): 12-16.

(上接第 13 页)

[12] 魏兴发. 路用复合型盐化物的制备与性能[J]. 筑路机械与施工机械化, 2018, 35 (9): 78-81.

[13] 陈艳鑫, 吴红梅, 王明明, 等. 高效复合型氯盐融雪剂的制备研究[J]. 辽宁化工, 2014, 43 (8): 965-967.

[14] 刘亚洲, 王银燕. 除冰盐对沥青混合料集料性能影响研究[J]. 公路交通技术, 2022, 38 (1): 26-30.

[15] 周小鹏, 黄军瑞, 王腾, 等. 我国道路融雪剂应用现状及发展趋势[J]. 辽宁化工, 2019, 48 (9): 920-922, 925.

[16] 肖庆一, 白锡庆, 胡海学, 等. 新型除冰盐对沥青及沥青混合料的侵蚀试验研究[J]. 中国港湾建设, 2012 (4): 54-56.

[17] 傅广文. 融雪剂对沥青及沥青混合料性能影响研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2010.

[18] 洪乃丰. 氯盐融雪剂是把“双刃剑”——浅议国外使用化冰盐的教训与经验[J]. 城市减灾, 2005 (4): 19-21.

[19] 郑健龙, 张洪刚, 钱国平, 等. 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, 007 (001): 7-11.

[20] 冯超. 融雪剂对沥青混合料性能影响研究[D]. 西安: 长安大学, 2013.

[21] 黄河. 氯盐类融雪剂对沥青混合料性能影响及作用机理的研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2016.

[22] 李博, 冯毅. 融雪剂对沥青混合料水稳性能的影响[J]. 科技风, 2020 (22): 159, 165.

[23] KAYAMA M, QUORESHI A M, KIYAOKA S, et al. Effects of deicing

salt on the vitality and health of twospruce species, Picea abies Karet and Picea glehnii Masters planted along roadsides in northern Japan[J]. Environmental Pollution, 2003, 124 (4): 127-137.

[24] 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.

[25] 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.

[26] 郑存华, 朱小康. 环保型融雪剂对沥青混合料的侵蚀研究[J]. 运输经理世界, 2021 (21): 148-150.

[27] 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.

[28] 王东, 赵富强, 田中男, 等. 环保型路用融雪剂制备及其功效研究[J]. 重庆交通大学学报 (自然科学版), 2020, 39 (6): 92-98.

[29] 焦建. 融雪盐对沥青混合料路用性能影响及应对措施[J]. 价值工程, 2022, 41 (20): 102-104.

[30] 朱烨, 陈宝敏, 沈菊男. 融雪剂对沥青路面的影响研究进展[J]. 山西建筑, 2019, 45 (22): 111-113.

[31] 曾颖. 基于沥青—集料表面性能改善的工艺及路用性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.

[32] 宗赵男. 除冰盐对改性沥青及其混合料性能影响研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2020.

[33] 朱赫. 融雪剂侵蚀对沥青混凝土的性能影响及其抗侵蚀的方法研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2023.