

新型醋酸钙镁盐环保融雪剂的制备与应用技术研究

Research on the Preparation and Application Technology of New Calcium Magnesium Acetate Environmental Protection Snow-melting Agent

朱顺顺 ZHU Shun-shun; 冯兆伟 FENG Zhao-wei; 王邑帆 WANG Yi-fan; 吕家标 LV Jia-biao

(华东交通大学土木建筑学院, 南昌 330013)

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

摘要: 本文以新型醋酸钙镁盐环保融雪剂为研究对象, 基于材料凝固点选定融雪剂主要成分, 采用重心设计法确定成分配比; 从环境温度、融雪能力、融雪效果方面对新型环保融雪剂融雪性能展开测试; 通过与氯盐融雪剂对比, 证明了醋酸钙镁盐融雪剂环保能力与使用性价比都要高于氯盐融雪剂, 完全能满足道路、铁路等各项工程除雪要求。

Abstract: In this paper, the new calcium magnesium acetate environmentally friendly snow melting agent is taken as the research object. The main components of the snow melting agent are selected based on the freezing point of the material, and the composition ratio is determined by the center of gravity design method. The snow melting performance of the new environmentally friendly snow melting agent was tested from the aspects of ambient temperature, snow melting ability and snow melting effect. By comparing with chlorine salt snow melting agent, it is proved that the environmental protection ability and cost performance of calcium magnesium acetate snow melting agent are higher than that of chlorine salt snow melting agent, which can fully meet the snow removal requirements of roads, railways and other projects.

关键词: 环保融雪剂; 醋酸钙镁盐; 融雪能力; 工程应用

Key words: environmental snow melting agent; calcium magnesium acetate; snow melting ability; engineering application

中图分类号: U418.4+1 文献标识码: A 文章编号: 1006-4311(2024)02-108-03 doi:10.3969/j.issn.1006-4311.2024.02.034

0 引言

每年冬季, 大范围降雪给交通运输、城市运行和居民生活带来极大的不便。在此背景下, 融雪剂的出现缓解了大部分地区由于降雪天气引起的交通瘫痪, 有效解决了局部地区强积雪问题。目前, 氯盐类无机物融雪剂以其快速融化积雪、成本低廉的优点, 成为我国应用最广泛的融雪剂。但其融化后产生的液体具有腐蚀性, 对下水设施、农田与轨旁设施等公共设施及生态环境产生严重危害。为了有效地解决这一问题, 环保型融雪剂应运而生。环保型融雪剂不仅可以满足快速高效融化积雪的需求, 亦具有无污染、无腐蚀等优点。环保型融雪剂的制备与应用可为我国北方大部分地区交通运行提供重要安全保障。

随着相关专家学者研究的进行, 环保型融雪剂的种类逐渐增多, 融雪效果也在逐步提升。王东^[1]等人针对传统除雪方式的滞后性和低效性, 研发了一种以工业废渣、氯化钠、疏水剂为主要成分的环保型融雪剂。并通过试验方式检验融雪剂的融雪性能, 验证了该融雪剂提升了寒冷冬季沥青路面时的融雪化冰能力。张爱勤^[2]等人进行环保型融雪剂的复合组配优化试验。试验结果表明, 复合组配后的新产品极大地降低了对混凝土的侵蚀破坏。高巍^[3]等人结合农产品废料, 以废弃的醋酸与秸秆灰作为基本的原料, 研发出了环保、高效的融雪剂。通过检测融雪剂 pH 值、融雪效率以及其对金属的腐蚀性等参数, 验证了该融雪剂不仅满足道路融雪的相关标准要求, 更响应了绿色环保的号召。王帅^[4]等人利用不同融雪剂对混凝土路缘石试块进行

基金项目: 江西省研究生创新专项资金项目(YC2022-s474)。

作者简介: 朱顺顺(1997-), 男, 河南周口人, 博士研究生, 主要研究方向为土木工程防灾减灾。

冻融循环试验, 得出醋酸钙镁融雪剂在冻融循环下对混凝土的耐久性影响最小这一结论。王萌^[5]等人将少量缓蚀剂加入至无机盐和有机盐为主要成分的融雪剂中, 试验结果表明, 该环保型融雪剂对金属、植物等基本无腐蚀, 具有极大的环保性。夏宵峰^[6]等人通过研究腐蚀原理, 得出氯盐类融雪剂对混凝土路面的危害机理。张勇^[7]等人通过分析融雪剂对钢筋混凝土的侵蚀作用与腐蚀原理, 研究了融雪剂对混凝土桥涵和路面的危害。张超^[8]等人通过试验研究, 分析了氯盐类和非氯盐类融雪剂的融雪性能及其对水泥混凝土结构的影响, 提出了掺加硅灰、提高混凝土强度等方法能减小各种融雪剂对混凝土腐蚀。

在上述型融雪剂的研究中, 学者们倾向于将无机物(NaCl)融雪剂作为基础, 额外添加其他有机融雪剂或其他材料复合而成环保型融雪剂。并且融雪效果测试大多选择混凝土道路, 实验对象不够全面, 具有一定的局限性。本文以氯盐类融雪剂对路面、桥涵等腐蚀机理为研究基础, 以全部有机物融雪材料按照不同组分比例构成, 提出一种以醋酸钙镁盐为主要成分的新型液态环保融雪剂, 经过一系列的性能测试, 得到一种高效除雪的新型环保液态融雪剂, 能够解决严寒多雪环境下公路、铁路等交通设施融雪除冰的问题。

1 融雪剂化雪(冰)机理

融雪剂进行融雪的机理主要是因为融雪剂可以降低冰雪的凝固点。根据拉乌尔定律, 在不同使用区域内喷洒融雪剂, 融雪剂与冰雪相融使冰雪表面产生少量水, 在车辆荷载下逐渐形成液体, 同时融雪剂中的有效成分降低了溶液的凝固点, 使其在寒冷环境下不会再次结冰。同时, 融雪剂的有效成分中存在易挥发物质, 可以在液体表面上大部

分覆盖,可以减小水与空气的接触面积,达到降低水蒸汽压的效果。

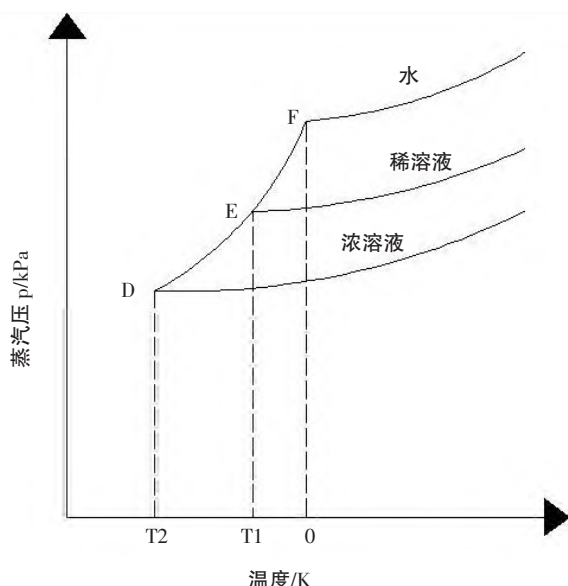


图1 水溶液凝固点

在0℃时冰蒸汽压比水溶液的高,F点处冰可以不断转化为水蒸汽,然后凝结为水融进溶液,但此时溶液不能结冰。在0℃下冰蒸汽压逐渐降低,当降低到E点时,此时为固液共存状态,此时温度即为水溶液的凝固点,如图1所示。当冰与水溶液的蒸汽压不相同,总是会出现固液转变。在使用融雪剂后,产生溶液的蒸汽压小于冰雪的蒸汽压,此时冰雪开始逐渐融化,随着融化产生溶液增多,冰面逐渐破裂,从而逐渐拓展融化整个区域。

2 新型融雪剂的制备

本研究通过对比不同种类有机融雪剂的环保效果、融雪效果、腐蚀程度、价格因素、液体凝固点等因素,选择以醋酸钙镁盐为主要成分的液态融雪剂。该融雪剂采用重心设计法确定液态融雪剂的醋酸钙镁盐的最佳配比,并且经过各成分干燥缩水及添加适量的水组成确定的配合比,最终生成以醋酸钙镁盐为主要成分的融雪剂,其具有凝固点较高、不含具有污染性、腐蚀性的元素等一系列优点。

为确定自制融雪剂材料的最佳配比,根据不同组成成分的配比采用重心设计法筛选得到最佳配方。由回归方程求得各成分占比的回归系数为4:3:3,由此可以得出该配比下的新型融雪剂的极限融雪量为4.9g。按照回归方程所求成分分配比配制质量分数20%的醋酸钙镁盐融雪剂溶液,测试其在-10℃环境中的融冰量,值为4.8g,该实验值与理论值相差不大。因此可得融雪剂最佳配比为:醋酸钙:醋酸钾:醋酸镁=4:3:3。

3 新型融雪剂融雪能力测试

本次测试基于环境温度、融雪能力、融雪效果三个方面,将制备好的液态融雪剂与当下最常用的无机融雪剂融雪效果进行对比,观察以醋酸钙镁盐为主要成分的液态融雪剂融雪效果。

通过查阅相关文献得出不同质量分数条件下原材料的凝固点如表1所示,为控制实验变量,统一选取质量分

数为20%的氯化钠和氯化钙两种溶液与质量分数为20%的以醋酸钙镁盐为主要成分的液态融雪剂进行对比,以确保新型环保融雪剂与以氯化钠为主要成分的融雪剂处于液体状态。为测试新型环保融雪剂在低温寒冷环境下的融雪能力,控制所测试环境温度为-10℃,所使用的融雪剂均为液态融雪剂,在相同的地点使用同等剂量的融雪剂对积雪区域进行喷洒,观察在相同时间下所达到的融雪效果。

表1 -10℃不同融雪剂融冰效果

种类	氯化钠	氯化钙	20%自制融雪剂
融冰量(g)	5.5	5.3	5.2

经实验对比,以醋酸钙镁盐为主要成分的液态融雪剂融雪效果与氯盐类融雪剂相差不大。不同种类的液态融雪剂在凝固点以上环境中都具有持续的融雪除冰能力,氯盐类融雪剂的最小凝固点要比醋酸类融雪剂的高。因此在常年低温的气候环境中,氯盐类融雪剂在使用时会逐渐丧失融雪除冰能力,而醋酸钙镁盐融雪剂则展现出明显的融雪除冰优势。

此外,为测试以醋酸钙镁盐为主要成分的新型液态环保融雪剂在不同环境温度下以及不同浓度条件下所能达到的融雪能力,通过调节试验环境温度与改变醋酸钙镁盐在融雪剂中的浓度,保持相同剂量的融雪剂用量,采用单一控制变量原则,观察测试所能达到的融冰量。试验结果如表2。

表2 不同环境下各融雪剂的融雪效果

融雪剂种类 \ 温度	-5℃	-10℃	-15℃
10%自制融雪剂	7.9	4.1	2.1
20%自制融雪剂	10.5	5.2	3.2
30%自制融雪剂	16.8	7.9	4.0

由表2可知,随着溶液浓度的降低,融雪剂的融雪除冰能力也会随之降低;同一温度下,不同浓度的融雪剂溶液的融雪除冰能力随着浓度的增大而增大,在数值上呈现正相关。但在实际应用中,浓度越高的融雪剂溶液,其造价也更高。因此,在兼顾融雪能力的同时,也考虑了其经济性,以醋酸钙镁盐为主要成分的融雪剂溶液在现实中应用时,应当将溶液浓度控制在30%左右,能够满足大部分地区冬季融雪除冰。

4 新型环保融雪剂使用性能研究

在测试新型液态环保融雪剂的融雪能力后,确定该新型液态环保融雪剂中醋酸钙镁盐主要成分的浓度为30%,综合考虑融雪剂的环保能力、腐蚀性能、性价比等不同因素,与氯化钠、氯化钙等不同的氯盐类融雪剂进行对比试验。

4.1 不同融雪剂环保能力对比

针对环保效果的测试需要通过使用融雪剂之后整体的环境变化作为参考指标,从成分分析可以简单得出,以醋酸钙镁盐为主要成分的液态融雪剂不包含对道路、铁路设施造成腐蚀的元素,而无机融雪剂中所包含的氯离子不仅会对钢轨造成腐蚀,且氯酸的酸性较强,腐蚀效果更明

显,对于环境的污染也更强。

融雪剂对使用对象发生的腐蚀主要是以化学腐蚀为主。针对不同融雪剂的腐蚀性判断,以不同融雪剂对于碳钢的腐蚀程度判断,以及对比不同融雪剂所含化学元素来判断。如图2所示,结合实验表明,以醋酸钙镁盐为主要成分的液态融雪剂环保性能明显优于以氯盐为主的无机融雪剂。

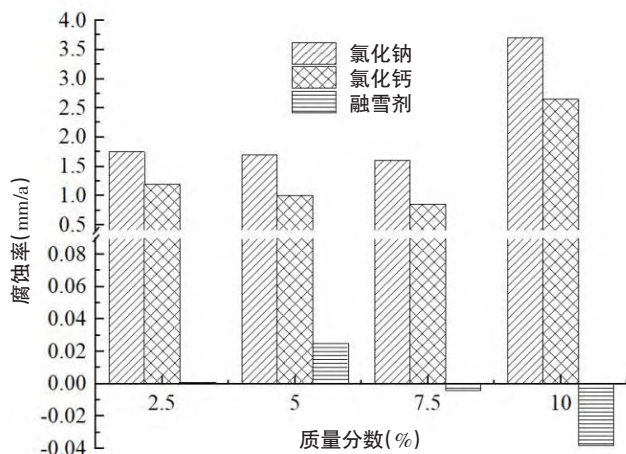


图2 不同融雪剂溶液对碳钢的腐蚀率

4.2 不同融雪剂性价比对比

针对不同融雪剂的性价比研究,本文通过溶解相同体积积雪所需的不同种类融雪剂的剂量来判断,并判断以醋酸钙镁盐为主要成分的液态融雪剂制备成本是否具备工程实用性。经现场试验研究表明,以醋酸钙镁盐为主要成分的液态融雪剂制备成本略高于以氯化钠为主的无机融雪剂。本文自制新型液态环保融雪剂配制质量分数为20%时的单价为1568元/吨,其价格高于氯化钠融雪剂(600元/吨),但低于氯化钙融雪剂(1650元/吨)。综合考虑环保性、融雪效率、腐蚀性等各方面的因素,以醋酸钙镁盐为主要成分的液态融雪剂具备明显的优势。

5 新型环保融雪剂的应用

本文提出的新型液态环保融雪剂可以在严寒多雪环境下达到高效融雪的效果,特别适合我国西北、东北部等严寒地区的强降雪情况。不仅可以应用于城市道路交通,还可应用于长线路轨道交通。

5.1 道路工程除雪应用

结合融雪剂的融冰雪机理、涂层的粘结原理与控缓释机理,采用本文提出的新型液态环保融雪剂,以凝固点和融冰能力为主要参数,将一定量的乳化沥青、水基粘结材料、化学助剂混合后,向其加入新型液态环保融雪剂并搅拌均匀,然后加水稀释到特定的浓度,即得到抗凝冰涂料。抗凝冰涂料可使用人工涂刷或机械喷洒的方式施工,待水分蒸发、涂层固化后即可得到抗凝冰涂层;通过试验研究抗凝冰涂料的除冰雪性能、耐久性以及对路面抗滑性能的影响,同时对环保型沥青路面融冰雪涂层对路面摩擦系数、构造深度的影响进行了试验测试,结果表明环保型沥青路面涂层对路面抗滑性能造成一定的影响,同时满足相

关设计规范、质量评定标准以及施工技术规范等的要求,可以进行推广。

5.2 铁路工程除雪应用

结合本文提出的新型液态环保融雪剂,利用铁道运载机车,提出一种铁路线路高效环保除雪方法应用,它是将普通动力火车带动改造后的融雪剂车厢,结合融雪设备进行除雪,实现在动力火车带动下,可以在低温环境下,实现高效环保长距离完全融雪,极大提高了传统机械融雪方式的效率,具有广阔的应用市场。

综上所述,本文所提出的新型液态环保融雪剂具有广泛的应用场景,不仅可以在混凝土路面、桥涵表面与高速公路等应用,还可以应用于长距离铁路线路融雪。且融化后的积水对混凝土道路路面、钢轨、轨道设备等无腐蚀性,对生态环境也无污染性。采用本文提出的新型液态环保融雪剂,结合特定融雪设备喷洒,可以达到快速融雪效果。

6 结论

本文以醋酸钙镁盐融雪剂为研究对象,提出了一种最佳配比为:醋酸钾:醋酸镁:醋酸钙=3:3:4的新型环保融雪剂。通过环境温度、融雪能力、融雪效果三个方面对新型环保融雪剂的融雪性能展开测试,证明了本文提出的新型醋酸钙镁盐融雪剂融雪能力突出。基于此,得到以下结论:

- ①新型醋酸钙镁盐融雪剂与氯盐融雪剂相比,低温下融雪除冰能力更强;相同浓度的液体融雪剂,新型醋酸钙镁盐融雪剂的融雪能力更强;
- ②溶液浓度为30%的醋酸钙镁盐融雪剂兼顾经济性和融雪除冰能力,是实际融雪剂应用的最优选择;
- ③新型醋酸钙镁盐融雪剂不含氯盐融雪剂特有的腐蚀元素,不会对铁路能基础设施产生腐蚀损伤,更不会对地下水资源造成污染,是性价比、环保性能、融雪能力并重的新型环保融雪剂;
- ④新型醋酸钙镁盐环保融雪剂能够在严寒多雪环境下达到高效融雪除冰的效果,完全能够应用于道路与铁路工程项目的融雪除冰。

参考文献:

- [1]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(06):92-98.
- [2]张爱勤,贾坚,王彦敏,等.复合环保型融雪剂的优化组配试验研究[J].盐科学与化工,2018,47(11):31-34.
- [3]高巍,段志森,李蒙,等.环保型融雪剂的制备研究探讨[J].当代化工研究,2019(04):187-188.
- [4]王帅,张帅.不同融雪剂对混凝土路缘石耐久性的影响[J].北方交通,2018(11):65-67.
- [5]王萌,李晓林,牡丹超,等.一种有机无机复合环保融雪剂的制备及性能研究[J].现代化工,2014,34(12):66-67,69.
- [6]夏雪峰.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(03):32-33.
- [7]张勇,凌云志.融雪剂对混凝土桥涵和路面的危害分析[J].全面腐蚀控制,2019,33(03):30-31.
- [8]张超,房祥然,张万鹏,等.融雪剂对水泥混凝土结构性能影响的试验研究[J].工程与建设,2018,32(02):251-254.