

融雪剂对沥青混凝土公路性能的影响

● 李 凯



[摘要] 沥青混凝土路面因其平整度高、噪音小、施工便捷、开放交通快以及行车舒适性好等优点,在城市道路建设中得到了广泛应用。然而,在北方地区的冬季,气温较低,频繁出现大雪、暴雪等极端天气,导致道路积雪结冰。有效的除雪除冰措施对于确保道路通畅、减少交通事故、保障人们正常出行至关重要。本文研究了融雪剂对沥青混凝土公路性能的影响,针对现行主要融雪剂(如氯盐类)的应用,探讨了其在低温条件下对路面力学性能、微观结构以及耐久性的负面作用。同时,文章还讨论了不同融雪剂类型(如氯盐类与醋酸类)对路面综合性能的影响差异,并提出了合理使用融雪剂、开发新型环保融雪剂以及选择抗盐植物等外部防治措施。

[关键词] 融雪剂;沥青混凝土;性能;影响

为应对冬季道路积雪结冰的难题,世界各国已投入大量研究,通常采取机械铲雪、人工清扫及喷洒类融雪剂等方法。人工和机械清除雪是当前最广泛使用的手段,但这种方式不仅消耗大量人力物力、对操作协调要求高,也容易对路面造成刮擦,降低沥青路面的平整度和使用性能,除雪效率相对较低。相比之下,融雪剂因其成本低、操作简单、对交通干扰小而备受青睐,成为我国道路融雪的主要手段。

当前使用的融雪剂主要包括氯盐类和非氯盐类,如氯化钠(NaCl)、氯化钙(CaCl₂)等。氯化钠价格低廉,融雪效果显著,自20世纪30年代起在全球范围内广泛使用。然而,大量使用融雪剂会对沥青混凝土造成不利影响。融雪剂侵蚀下的沥青混凝土在昼夜温差作用下会产生结晶膨胀,导致内部结构损伤、力学强度降低,路面在车辆荷载反复作用下发生变形和裂缝。此外,融雪剂还会使集料软化、磨平集料棱角,渗入沥青中后降低沥青与集料的粘结力,从而导致路面麻面、掉粒甚至坑槽,严重影响路面耐久性并缩短其使用寿命。

融雪剂对沥青路面造成的损害具有较大隐蔽性,在早期并不明显,国内外对融雪剂侵蚀沥青路面的研究相对较少。因此,在不同条件下合理选择融雪剂以减少其对沥青路面的损害,具有重要的研究价值和现实意义。

Q 融雪剂对沥青混凝土的影响

在寒冷地区,融雪剂的使用对减少道路冰雪覆盖、提高道路的通行性方面起到了一定的作用。但也带来了一些不可忽视的不良影响,尤其是对于沥青混凝土路面的力学性能、微观

结构及路用耐久性等方面。不同种类的融雪剂对沥青混凝土产生的影响并不完全相同,具体包括物理力学性能、微观机理的变化,以及综合的路用性能。以下从几个方面详细分析融雪剂对沥青混凝土的影响。

(一) 物理力学性能的变化

融雪剂对沥青混凝土的影响首先体现在基本的物理力学性能上。针入度是评估沥青软硬程度的重要指标,而延度则表征了沥青在低温下的延展能力。研究表明,经过融雪剂的冻融循环作用后,基质沥青和SBS改性沥青的针入度指数均有所降低。这一变化说明融雪剂的反复作用会使沥青逐渐硬化,影响其柔韧性。尽管SBS改性沥青在高温条件下的性能有所下降,但基质沥青的高温性能变化不大,表明SBS改性沥青在低温抗裂性方面的劣化更为显著。基质沥青和SBS改性沥青的低温性能均显著下降,表现出裂缝增加的倾向,这是由于低温条件下沥青的脆性增强,而融雪剂加速了这一趋势。

融雪剂中的盐成分对沥青混凝土的抗剪强度也产生不利影响。研究发现,在盐的侵蚀作用下,沥青混凝土的抗剪强度明显降低,尤其在低温环境中更为显著。此外,随着融雪剂冻融循环次数的增加,混合料的低温抗裂性也逐步下降,表现为更容易产生低温裂缝。

融雪剂的浓度对这种低温性能的负面影响也有一定调节作用,浓度越高,低温下的抗裂性下降幅度越小。这可能与高浓度盐溶液对水分结冰的抑制作用有关,进而减缓了冻融循环对沥青结构的损害。

融雪剂的使用对沥青混凝土的疲劳寿命也有不利影响。疲劳寿命是评价沥青路面耐久性的关键因素之一。融雪剂对沥青混凝土的侵蚀作用较强,加速了沥青内部结构的劣化,导致其承受重复载荷的能力降低,从而降低了沥青混凝土的疲劳寿命。尤其在冬季,频繁的冻融循环会进一步削弱沥青的疲劳抗性,使得路面更容易产生裂缝和破损。

(二) 微观机理的变化

融雪剂成分中的氯离子、钙离子等会与沥青中的组分发生化学反应,导致沥青的成分发生变化。具体表现为沥青中的软组分逐渐转化为硬组分,从而降低了低温性能。这是由于软组分的减少降低了沥青的延展性,导致在低温下更容易开裂。此外,沥青中的某些成分与融雪剂中的离子产生了沉淀和分解反应,这不仅改变了沥青的微观结构,也进一步削弱了其性能。

融雪剂的渗入会对沥青的微观结构产生较大影响。通常情况下,沥青混凝土内部的结构分为自由沥青和结构沥青两部分,而融雪剂的存在会使得自由沥青比例减少,结构沥青比例增加。研究发现,这种变化会导致沥青胶浆的摩擦力增大,进一步降低针入度和延度,进而影响沥青的柔性和韧性。特别是氯盐类融雪剂对自由沥青的破坏较大,使得沥青混凝土在低温环境下的抗裂性显著下降。

融雪剂中的盐化物与矿质集料的界面之间存在侵蚀作用,导致沥青从集料表面逐渐剥落。这种侵蚀作用主要是由于氯盐中的氯离子在沥青与集料界面处的积累和反应,破坏了沥青与集料的粘结性能,导致了剥离现象的发生。这种剥离现象不仅会引发路面病害,例如裂缝、坑洞等,还会影响路面的整体耐久性。

(三) 不同融雪剂类型对性能的影响

常用的融雪剂主要包括氯盐类和醋酸类,二者对沥青混凝土的影响有明显差异。氯盐类融雪剂对集料和沥青混凝土的侵蚀作用更为明显,尤其是氯化镁对沥青的破坏性最大,导致较大幅度的疲劳性能劣化。氯化钠次之,而氯化钙的影响相对较小。此外,醋酸类融雪剂的侵蚀性较低,对沥青的力学性能影响较小,但其化学反应对路面水稳定性有一定改善。

融雪剂对沥青路面的水稳定性影响主要体现在动态条件下的变化。在动态环境中,融雪剂渗入路面结构,发生一系列的化学反应,使得沥青与集料的吸附性增强。这种吸附性的增加有助于提高沥青混凝土的水稳定性,但不同种类的融雪剂在水稳定性方面的影响差异较大。通常,氯盐类融雪剂会带来更显著的水稳定性变化。

(四) 路用性能的综合影响

在路用性能方面,融雪剂对沥青混凝土的抗滑和抗车辙性能有较大影响。研究发现,融雪剂的使用在一定程度上会提高基质沥青的抗车辙性能,延长其在高温条件下的使用寿

命。然而,这种改善效果同时也会伴随着低温抗裂性能的降低,尤其是低温环境下更容易出现裂缝。此外,融雪剂对抗滑性能也会产生一定的影响,频繁使用会导致路面摩擦系数降低,增加滑行风险。因此,在选择融雪剂时需要权衡其对抗滑性和抗车辙性的影响。

融雪剂具有较高的吸水性,会使沥青的温度敏感性增加。在温度变化剧烈的环境中,融雪剂导致的吸水性增加会引发沥青混凝土膨胀和收缩变化,进而加剧路面破损。此外,温度敏感性的增加还会使沥青的延度显著降低,导致路面的耐久性下降。

考虑到不同融雪剂类型、浓度和冻融次数对沥青混凝土性能的不同影响,通过各类研究试验确定了不同环境下的最佳融雪剂替代量和浓度配比。例如,在盐含量较高的地区,融雪剂的浓度需要适当降低,以减少其对低温抗裂性的负面影响。而在降雪较少的地区,可以适当增加融雪剂的浓度以增强抗车辙性能。

Q 融雪剂损害防治措施

融雪剂虽然在冬季除雪除冰方面发挥了重要作用,但对沥青混凝土路面也会造成的不良影响,包括降低路面力学性能、加速裂缝生成以及对周边环境的污染等。为了确保道路的耐久性和环境友好性,需要采取有效的防治措施,从外部和内部两方面进行技术优化,以减少融雪剂的使用量并降低其对路面和环境的损害。

(一) 路面外部融雪技术

1. 合理使用融雪剂

合理使用融雪剂是减少其对沥青混凝土路面影响的首要措施。不同的融雪剂种类和浓度对路面的损害程度不尽相同,因此在实际应用中,应根据降雪量、气温以及路况等因素来科学确定融雪剂的剂量。通常情况下,结合推雪铲等机械除雪设备与融雪剂的使用,能够大幅减少融雪剂的投放量,同时提升除雪效果。例如,在低、中等降雪量的情况下,通过反复循环使用较低浓度的融雪剂并结合推雪铲清理,可以最大化减少融雪剂的需求。

此外,不同浓度的盐溶液对混凝土的影响也存在差异。较低浓度的融雪剂容易导致水泥混凝土的剥落,而2%至4%的盐溶液浓度更易引发盐冻剥蚀。因此,适当增加融雪剂浓度可以在一定程度上抑制冻融循环对沥青的破坏,因为较高浓度的盐溶液能够有效降低冰点,从而减少冰冻膨胀对路面的损害。

2. 开发新型融雪剂

随着环保意识的增强,许多国家已经开始研发和应用环保型融雪剂。例如,美国开发的CMA(钙镁乙酸盐)是一种无氯环保融雪剂。相比传统的氯化钠融雪剂,CMA具有更优

良好的融雪效果,并且对金属的腐蚀性更低。使用 CMA 不仅可以减少钢材腐蚀,还能显著减缓桥梁、护栏等金属结构的锈蚀程度,有助于延长路面设施的使用寿命。日本也开发了基于钙镁乙酸的融雪剂,既具备良好的融雪效果,又对环境污染较小。因此,推广此类环保型融雪剂在减少环境污染的同时,能够有效降低对路面的损害,具有较高的应用潜力。

3. 选择抗盐植物

在道路两侧和中央分隔带种植抗盐植物是降低融雪剂对周边生态环境影响的重要措施。融雪剂可能对道路沿线的植物生长产生显著不利影响,因此在选择绿化植物时,可以优先考虑耐盐植物种类,如银柳、杜松、罗汉松等。此外,采取防护措施也是一种有效的防治手段。冬季可通过遮挡绿化带等方式避免融雪剂直接接触植物,从而减少植物的冻害风险,这对于保护道路两侧的生态环境尤为重要。

4. 提倡机械和人工除冰

为了减少型融雪剂的使用量,提倡使用机械和人工除冰方式。机械除冰不仅更环保,而且在某些情况下效率更高,适用于较大范围或快速清除积雪的需求。日本北海道在 2002 年开始推行机械除雪策略,仅有约 10% 的设备配置了融雪剂撒布装置,充分体现了对机械除雪的重视。此外,在我国南方地区的冰雪灾害后,也逐步开始推广减少融雪剂的使用,鼓励管理部门通过规定限制融雪剂使用量,以实现环保除雪。

(二) 路面内部融雪技术

1. 自应力弹性路面铺装技术

自应力弹性路面技术是一种新型的融雪除冰方式,主要通过向路面材料中加入弹性颗粒,如废旧轮胎制成的橡胶颗粒,使路面在车辆荷载作用下产生微小变形,从而增强其自应力,促使积雪和薄冰层自动破碎。这种技术不仅能提高路面的除雪能力,还为废旧弹性材料提供了新的回收途径,具有较好的资源节约和环保效果。目前,该技术已在欧美和日本等国家得到应用。我国哈尔滨工业大学也在这一领域进行了深入研究,并在实际工程中取得了良好的效果。

2. 导电铺面融冰技术

导电铺面技术通过在沥青材料中掺入导电聚合物或金属颗粒,使得路面能够传导电流,将电能转化为热能,从而达到融雪化冰的效果。该技术在实际应用中表现出较高的快速除雪效率,尤其适用于机场跑道等需要快速融雪除冰的区域。然而,导电铺面技术也存在一定的缺点,主要体现在能耗较高,目前多应用于特定场所。随着导电材料和新能源技术的发展,该技术有望进一步优化,降低能耗,使其适用于更多

场景。

3. 能量转化型融冰技术

能量转化型融冰技术是一种新兴的环保型融雪技术,主要利用外部能量,如电能、太阳能或地热,通过相应设备将这些能量转化为热能,实现除雪除冰的目的。特别是土壤源热泵技术成为当前研究的热点之一。该技术通过在道路和桥梁表面埋设热管,在地下安装热交换器,将土壤中的低位热能提取并加热后输送至路面。与传统的融雪方法相比,能量转化型融冰技术更加环保,且能够实现长期有效的自动化除冰。瑞士、芬兰等国家已开始对此技术进行试验,在我国的环保型道路建设项目中也取得了阶段性成果。这项技术对于减少融雪剂的使用量,提高道路耐久性,具有显著的应用前景。

Q 结束语

综上所述,尽管融雪剂在提高冬季道路通行性方面具有一定的效果,但其对沥青混凝土路面的不良影响也不可忽视。大量融雪剂会使沥青混凝土在低温冻融条件下发生裂缝、剥落、强度降低等现象,会缩短路面使用寿命。因此,为减少融雪剂对道路的破坏,建议采用合理剂量和合适浓度的融雪剂,同时积极探索环保型融雪剂。此外,结合机械除雪与新型内部融雪技术,如导电铺面和能量转化融冰技术,可能有效减少对沥青路面的损害,增强道路耐久性。未来研究应继续优化融雪剂的使用方案和除冰技术,推动新材料与智能化防护措施在道路领域的应用。

参考文献

- [1] 张天荣. 融雪剂对普通国省干线公路沥青路面影响的研究[J]. 甘肃科技纵横, 2020, 49(10): 59-61, 65.
- [2] 王永, 栗威, 柴金玲. 复合型融雪剂对沥青性能影响分析[J]. 施工技术, 2018, 47(21): 149-153.
- [3] 逢海洋. 乳化沥青冷再生混合料非饱和冻融损伤行为研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2020.
- [4] 余永宏, 贺晓宇, 郑唯宁. 水泥和粉胶比对沥青胶浆性能影响[J]. 公路, 2020, 65(07): 271-275.
- [5] 王建文, 申爱琴, 郭寅川, 等. 盐冻融环境下掺抗剥落剂的沥青混合料路用性能研究[J]. 硅酸盐通报, 2019, 38(09): 2770-2776.

作者简介:

李凯(1974—),男,回族,安徽阜阳人,大学专科,工程师,太和县公路管理服务中心,研究方向:道路与桥梁工程。