

极端气候条件下道路路面材料适应性研究

吕玉清 唐立放

浙江交工国际工程有限公司 浙江 杭州 311300

摘要：本文聚焦极端气候条件对道路路面材料适应性的关键问题，通过深入剖析极端气候类型及其作用机制，结合室内试验与现场检测数据，全面探讨不同路面材料在极端气候下的力学性能、耐久性等表现。基于实际工程案例的深度剖析，精准评估现有路面材料在极端气候环境中的适应性短板，并提出具有前瞻性和可操作性的改进策略与新型路面材料研发方向，为提升道路在极端气候下的使用性能与耐久性提供坚实的理论支撑与实践指导。

关键词：极端气候；道路路面材料；适应性；性能表现；改进策略

引言

在极端气候的严峻考验下，路面材料面临着诸多棘手问题。高温环境下，沥青路面易软化变形，车辙频现，严重影响路面平整度与行车体验；低温条件下，水泥混凝土路面则可能因收缩应力而开裂，威胁道路的正常使用。因此，深入研究极端气候条件下道路路面材料的适应性，不仅是保障道路安全运营、降低维护成本的迫切需求，更是推动道路工程技术可持续发展的必由之路。

1 极端气候类型及其对道路路面的影响机制

1.1 极端高温气候

极端高温天气犹如一场炽热的考验，使路面温度急剧攀升。对于沥青路面而言，高温如同催化剂，导致沥青的粘度急剧降低，抗变形能力大幅削弱。在车辆荷载的反复碾压下，沥青混合料如同柔软的泥浆，容易产生永久变形，形成触目惊心的车辙。这些车辙不仅破坏了路面的平整度，降低了行车舒适性，还可能引发交通事故。此外，高温还会加速沥青的老化过程。在高温的作用下，沥青的化学组成发生不可逆的变化，其性能逐渐劣化，如同一位风烛残年的老人，失去了往日的活力与韧性。对于水泥混凝土路面，高温则可能引发混凝土内部水分蒸发过快，产生干缩裂缝。这些裂缝如同大地的伤痕，降低了路面的整体强度和耐久性，为道路的长期使用埋下了隐患^[1]。

1.2 极端低温气候

在极端低温的凛冽寒风中，路面材料因热胀冷缩效应而产生收缩应力。对于沥青路面，低温如同冰冷的枷锁，使沥青变硬变脆，抗拉强度大幅降低。当收缩应力超过沥青混合料的抗拉强度时，路面就会出现裂缝。这些裂缝如同恶魔的爪牙，不仅破坏了路面的美观，还为水分和杂物侵入提供了通道，进一步加剧了路面的破坏。水泥混凝土路面在低温下同样难以幸免。由于其刚

度较大，裂缝一旦形成，往往较为严重，如同破碎的镜子，难以恢复原状。这些裂缝可能影响路面的正常使用，甚至导致道路的局部损坏，给交通运输带来极大的不便。

1.3 极端降水气候

暴雨等极端降水天气如同倾盆而下的洪水，使路面大量积水。水分如同无孔不入的入侵者，渗入路面结构层后，会降低路面材料的强度和稳定性。对于沥青路面，水分会削弱沥青与集料之间的粘结力，导致沥青膜剥落，形成松散、坑槽等病害。这些病害如同道路的毒瘤，不断侵蚀着路面的健康。在水泥混凝土路面中，水分可能引起基层软化，降低基层的承载能力，导致路面出现沉陷、错台等问题。此外，长期的积水还会加速路面材料的腐蚀，缩短道路的使用寿命，如同慢性毒药，逐渐侵蚀着道路的生命力。

1.4 强风气候

强风如同无情的破坏者，对道路路面的影响主要体现在对路面附属设施的破坏以及对路面材料的侵蚀方面。大风可能吹倒路边的标志牌、护栏等设施，如同狂风中的落叶，危及行车安全。同时，强风携带的沙尘等颗粒物会对路面表面造成磨损，降低路面的抗滑性能，如同砂纸打磨一般，使路面变得光滑危险。对于一些特殊地区，如沿海地区，强风还可能带来盐雾，对路面材料产生腐蚀作用，加速路面的老化。这些腐蚀如同岁月的刻痕，不断加深着路面的损伤。

2 不同路面材料在极端气候下的性能表现

2.1 沥青路面材料

在极端高温条件下，普通沥青混合料的表现令人堪忧。通过室内车辙试验发现，随着温度的升高，沥青混合料的动稳定度逐渐降低，表明其抗车辙能力急剧减弱。车辙深度显著增加，如同道路上的沟壑，严重影响

了路面的使用性能。而采用改性沥青的混合料则展现出了明显的优势。由于改性剂的加入,沥青的高温性能得到了显著提高,动稳定度相对较高,车辙深度明显减小。这如同为沥青路面穿上了一层坚固的铠甲,使其在高温下依然能够保持良好的性能。在极端低温环境下,沥青路面的低温抗裂性能成为了关键指标。低温弯曲试验结果表明,添加了温拌剂或纤维等材料的沥青混合料,其低温弯曲应变能密度较大,抗裂性能较好。这些材料如同温暖的护手,保护着沥青路面在低温下免受裂缝的侵袭,能够有效减少低温裂缝的产生。

2.2 水泥混凝土路面材料

水泥混凝土路面在极端高温下也面临着严峻的挑战。由于内部水分蒸发快,容易出现早期干缩裂缝。通过限制收缩试验可知,采用低热水泥、掺加粉煤灰等矿物掺合料以及合理的养护措施,可以有效降低水泥混凝土的干缩率,减少裂缝的产生。这些措施如同为水泥混凝土路面注入了活力,使其在高温下依然能够保持稳定。在极端低温条件下,水泥混凝土的抗冻性能至关重要^[2]。抗冻试验表明,引气混凝土的抗冻性能明显优于普通混凝土。引气剂在混凝土中引入的微小气泡能够缓解冻胀压力,提高混凝土的抗冻融循环能力。这些微小气泡如同一个个小小的缓冲器,保护着水泥混凝土路面在低温下不受冻害的影响。

3 极端气候条件下道路路面材料适应性改进策略

3.1 材料改进

针对高温气候,可加大高性能改性沥青的研发和应用力度。橡胶粉改性沥青、高粘度改性沥青等具有优异的高温稳定性和抗老化性能,能够有效提高沥青路面的抗车辙能力和耐久性。橡胶粉改性沥青是将废旧轮胎橡胶粉加入到沥青中,橡胶粉在沥青中形成了一种弹性网络结构,提高了沥青的弹性和韧性,使其在高温下能够更好地抵抗变形。高粘度改性沥青具有较高的粘度,能够增强沥青与集料之间的粘结力,减少沥青膜的剥落。这些改性沥青如同超级胶水,使沥青与集料之间的粘结更加牢固,不易在高温下分离。对于低温气候,可选用低温性能优良的沥青品种,或在沥青混合料中添加温拌剂、纤维等材料。低温性能优良的沥青具有较低的脆点,在低温下能够保持较好的柔韧性。温拌剂可以降低沥青的施工温度,同时提高其低温抗裂性能。它能够在沥青中形成一种特殊的润滑剂,减少沥青在低温下的脆性。纤维可以增强沥青混合料的韧性和抗拉强度,减少低温裂缝的产生。纤维在混合料中起到了加筋作用,能够分散应力,防止裂缝的扩展。这些材料如同温暖的护

盾,保护着沥青路面在低温下不受损害。在水泥混凝土路面中,应合理选用水泥品种,掺加矿物掺合料和引气剂。低热水泥可以降低混凝土的水化热,减少早期干缩裂缝的产生。粉煤灰等矿物掺合料可以改善混凝土的工作性能和耐久性,它们能够填充混凝土中的孔隙,提高混凝土的密实性和抗渗性。引气剂可以提高混凝土的抗冻性能,引入的微小气泡能够缓解冻胀压力。这些措施如同为水泥混凝土路面打造了一副坚固的铠甲,使其在极端气候下依然能够保持稳定^[3]。

3.2 结构设计优化

根据不同地区的气候特点,优化路面结构设计是提高路面适应性的关键。在高温地区,可适当增加路面结构层的厚度,提高路面的整体抗变形能力。路面结构层厚度的增加可以分散车辆荷载的作用,减少路面内部的应力集中,从而降低车辙等病害的发生概率。同时,采用具有良好高温稳定性的基层材料,如水泥稳定碎石等,进一步增强路面的承载能力。水泥稳定碎石具有较高的强度和稳定性,能够在高温下保持较好的性能。在低温地区,可采用柔性基层或设置应力吸收层,缓解路面因温度变化产生的应力。柔性基层具有良好的变形能力,能够适应路面的收缩和膨胀,减少裂缝的产生。应力吸收层可以吸收和分散应力,它通常由橡胶沥青等材料组成,具有良好的弹性和韧性。此外,加强路面排水设计,确保雨水能够及时排出,减少水分对路面材料的损害。设置合理的排水坡度和排水设施,如排水沟、排水管等,使路面保持干燥,提高路面的使用寿命。

3.3 施工质量控制

严格把控施工过程中的各个环节,是确保路面材料质量和施工工艺符合要求的重要保障。在高温季节施工沥青路面时,应合理安排施工时间,避免在高温时段进行摊铺作业。高温时段沥青混合料的温度容易过高,导致沥青老化,影响路面的性能。同时,加强对沥青混合料温度的控制,确保其摊铺温度和碾压温度在规定范围内。温度过高会导致沥青老化,温度过低则会影响混合料的压实效果,导致路面出现空隙,降低路面的密实性和耐久性。在低温季节施工水泥混凝土路面时,应采取保温措施,确保混凝土的入模温度和养护温度。可以采用加热原材料、搭建保温棚等方法,提高混凝土的早期强度发展。加热原材料可以使混凝土在搅拌过程中具有较高的温度,有利于水化反应的进行。搭建保温棚可以减少混凝土在养护过程中的热量散失。同时,加强养护管理,保持混凝土表面的湿润,防止其因水分蒸发过快而产生裂缝。可以采用覆盖保湿材料、喷水养护等方

法,保证混凝土有足够的水分进行水化反应。

4 新型路面材料研发方向

4.1 智能自适应路面材料

研发能够根据环境温度、湿度等条件自动调节性能的智能路面材料是未来道路工程的发展趋势。例如,开发具有温度敏感性的沥青混合料,在高温时自动提高粘度,增强抗车辙能力;在低温时自动降低脆性,提高抗裂性能。这种智能路面材料如同拥有生命的有机体,能够根据外界环境的变化自动调整自身的性能,以适应不同的气候条件。可以通过在沥青中添加特殊的添加剂或采用纳米技术来实现这种温度敏感性。此外,还可以研发具有湿度感应功能的路面材料,当路面湿度过高时,自动排出水分,保持路面干燥;当路面湿度过低时,自动吸收水分,防止路面干裂。这些智能路面材料将为道路的安全、高效运营提供更加可靠的保障。例如,可以采用具有吸水-释水功能的材料,如某些多孔材料,来实现湿度的自动调节。

4.2 环保型路面材料

随着环保意识的日益增强,研发环保型路面材料成为道路工程领域的热点。利用废旧轮胎橡胶粉、建筑垃圾等再生材料制备路面材料,不仅可以降低工程造价,还能减少对环境的污染。废旧轮胎橡胶粉可以改善沥青混合料的性能,提高其抗老化能力和抗疲劳性能。建筑垃圾可以替代部分天然骨料,减少对自然资源的开采。同时,这些再生材料的利用还可以减少废弃物的堆积,降低对环境的压力。同时,开发具有降噪、吸尘等功能的路面材料,改善道路周边的环境质量^[4]。降噪路面材料可以降低车辆行驶时产生的噪音,减少对周边居民的干扰。可以通过在路面材料中添加吸音材料或采用特殊的路面结构来实现降噪功能。吸尘路面材料可以吸附空气中的灰尘和颗粒物,净化空气。例如,可以采用具有多孔结构的路面材料,这些孔隙可以吸附灰尘。这些环保型路面材料将为建设绿色、可持续的道路交通系统做出重要贡献。

4.3 长寿命路面材料

致力于研发长寿命路面材料,提高道路的使用寿命,减少维修和重建次数,是道路工程领域的重要目标。通过优化材料组成和结构设计,使路面材料具有更好的耐久性和抗疲劳性能,能够在极端气候条件下长期

保持良好的使用性能。例如,采用高性能的沥青和集料,提高沥青混合料的抗老化能力和抗车辙能力。高性能的沥青具有更好的粘弹性能和化学稳定性,能够在高温、低温、紫外线等环境下保持较好的性能。集料应具有良好的级配和强度,能够与沥青形成良好的粘结。优化水泥混凝土的配合比和结构设计,提高其抗冻、抗裂性能。可以通过调整水泥用量、水灰比、矿物掺合料用量等参数来优化配合比,采用合理的结构形式来提高抗裂性能。同时,加强对路面材料的监测和维护,及时发现和处理潜在的问题,延长道路的使用寿命。可以采用无损检测技术,如超声波检测、红外热成像检测等,对路面进行定期检测,及时发现裂缝、空隙等病害。对于发现的病害,应及时采取修复措施,防止病害的进一步扩展。长寿命路面材料将为交通运输的发展提供更加稳定、可靠的基础设施支持。

结束语

极端气候条件对道路路面材料的适应性提出了严峻挑战。不同路面材料在极端气候下的性能表现存在显著差异,通过实际工程案例可以看出,现有路面材料在极端气候环境中存在一定的不适应性问题。为了提高道路在极端气候条件下的使用性能和耐久性,必须从材料改进、结构设计优化和施工质量控制等方面采取针对性的改进策略。同时,应加大对新型路面材料的研发力度,积极探索智能自适应、环保型和长寿命路面材料的应用。这些新型路面材料将为道路工程的发展带来新的机遇和挑战,以适应未来气候变化和道路工程发展的需求。通过多方面的努力,我们能够保障道路的安全、高效运营,为经济社会发展提供有力的支撑,让道路成为连接美好未来的纽带。

参考文献

- [1]沈朝勇.道路桥梁工程材料质量检测重要性及检测要点分析[J].工程建设与设计,2021(23):157-159.
- [2]魏鸿.道路桥梁工程材料质量检测的重要性及检测要点探讨[J].质量与市场,2021(01):96-97.
- [3]周伟谦.道路桥梁工程材料质量检测的重要性及检测要点[J].工程建设与设计,2020(04):77-78.
- [4]尹宜水.道路桥梁工程材料质量检测的重要性及优化探讨[J].现代物业(中旬刊),2018(09):62.