

公路施工中的路面材料性能优化与长期耐久性研究

吕 飞

中国水利水电第十二工程局有限公司 浙江 杭州 310030

摘 要：本文以仙溪至芙蓉山公路工程为研究对象深入探讨了公路施工中路面材料性能优化与长期耐久性的关系，通过理论分析与实践应用相结合的方法，系统研究了路面材料的物理性能、化学性能及环境适应性的优化策略。研究表明，通过提升路面材料的抗压强度、抗裂性、抗水损害能力以及抗老化性能，可以有效延长公路的使用寿命。同时，本文还分析了施工工艺、环境因素和交通荷载对路面材料性能的影响，并提出了选择高质量原材料、优化施工工艺、采用先进路面养护技术和定期路面检测与维护的对策。最终得出结论，路面材料性能的优化是提升公路长期耐久性的关键，对公路施工技术的进步具有重要的指导意义。

关键词：路面材料性能；耐久性；优化策略；公路施工

引言

仙溪至芙蓉山公路工程采用四级公路标准，同时满足水电工程对外交通Ⅳ级专用公路标准，设计速度为20km/h，路基宽7.5m，路面宽6.5m，桥涵设计荷载为公路-II级、汽-60级，路面结构类型为水泥混凝土。路面材料的各项性能指标，如强度、稳定性及耐磨损性等，均是确保道路通行安全、提升行车舒适度以及延长道路使用寿命的关键因素。路面材料的各项性能指标，如强度、耐久性、抗磨损能力等，均对公路的使用年限和维护成本产生直接影响。因此，通过科学研究与技术革新来优化这些性能，是提升公路长期耐久性的关键策略。本研究主要聚焦于探索和优化路面材料的各项性能，旨在为公路的施工和维护工作提供更加坚实的科学依据和实用的技术支持。

1 路面材料性能优化的理论基础

1.1 路面材料物理性能的优化

路面材料抗压强度的提升策略包括了采用高强度骨料这一基础措施，通过精确优化配合比来增强整体性能，并辅以添加特定增强剂等手段，从而全面确保路面结构在面临重载交通的巨大压力下依然保持稳定^[1]。路面材料抗裂性的提升策略主要聚焦于几个方面：一是通过优化材料配方以增强其韧性，二是采取技术手段尽量减少材料内部的微裂缝和孔隙等缺陷，三是广泛应用高性能抗裂纤维，这些综合措施能够更为有效地抵抗由外部荷载，如车辆碾压，以及环境因素，诸如温度变化、湿度波动等引起的裂缝形成。路面材料抗水损害能力的改进技术，其核心聚焦于显著提升材料的防水性能与抗渗透性。具体而言，这一技术通过巧妙地添加高效防水剂、精心选用密实度极高的混合料，并结合先进的排水

系统优化设计，从而有效降低了水分对路面结构造成的侵蚀与损害。

1.2 路面材料化学性能的优化

路面材料的抗老化性能，其核心在于通过精准地添加特定的抗老化剂来进行化学改良。这些精心挑选的添加剂，凭借其卓越的性能，能够有效地对抗紫外线辐射、氧化反应等多种外界不利因素所引起的材料老化问题，从而显著地延长了路面的整体使用寿命。路面材料耐久性的化学增强是一个复杂过程，它涉及多种化学反应，例如，通过精细的化学交联技术和高效的聚合手段，来大幅度增强材料内部的分子间结合力。这样的处理方式使得路面材料在面对重载、高频交通等严峻条件时，能够更有效地维持其结构稳定性和优异的力学性能，进而大幅度减少损坏的发生和维修的频率。

1.3 路面材料环境适应性的优化

路面材料针对不同气候条件的适应性改进，必须全面考量极端高温及极端低温对材料性能的深刻影响，进而通过精细调整材料配方或者引入特定的高性能特殊添加剂，来确保路面材料在各类复杂多变的气候环境下均能保持卓越且稳定的性能。针对交通流量的周期性变化，路面材料需展现出卓越的弹性和出色的恢复性能，从而有效应对早晚高峰及平峰时段车流量的显著差异，降低因车辆荷载持续且频繁变动所引发的材料疲劳累积及潜在损坏风险^[2]。在设计材料时，需全面考虑交通流量的实时动态变化特性，以确保其能够适应不同的流量状况，并据此进行相应的性能测试。针对不同类型的土壤差异，路面材料必须展现出卓越的地基适应性，以确保有效避免由地基沉降或变形所可能引发的路面结构性损坏。

2 路面材料性能优化的实践应用

2.1 施工工艺对路面材料性能的影响

施工工艺对路面材料的承载能力具有极其显著的影响,采用科学且合理的施工工艺能够精确地确保路面材料在铺设完毕后达到既定的承载标准,从而大幅度降低因施工过程中的不当操作所引发的路面早期损坏现象^[3]。精细的施工过程,诸如对温度进行严格控制、对压实度实施科学管理等具体措施,可以显著提升路面材料的耐久性能,从而延长公路的整体使用寿命。施工工艺对路面材料的抗滑性能具有直接的显著影响,这主要体现在其处理过程中能够改变材料表面的微观结构和纹理,从而影响其抗滑性能。通过精细化优化施工工艺,例如,在确定铺设时间时考虑天气状况、温度及湿度等环境因素,并选择最佳的铺设窗口,同时引入行业内领先的铺设设备、结合创新的技术手段,这些措施能够大幅度增强路面材料的抗滑性能,进而确保行车安全得到切实保障。

2.2 高性能混凝土材料配方与添加剂技术的应用

施工混凝土路面时,以高强度、高耐久性骨料及水泥为基础材料,是增强路面性能至关重要。这些优质材料不但具有优良的力学性能与稳定性,而且在重载交通与恶劣环境的情况下能够保持持久耐用并有效地抵御磨损与侵蚀。为使混凝土性能得到进一步提高,可配合采用特定添加剂,例如抗裂纤维能够提高混凝土抗裂能力、高效防水剂能够显著改善混凝土抗渗性能等,但抗老化剂可以推迟材料的老化进程,使混凝土的长期性能保持稳定。通过对各种成分的配比及种类进行科学准确的调整,可以量身打造性能优越的混凝土,显著提高混凝土的抗压强度、抗折强度及抗老化性能等,从而更好的满足各种复杂多样使用环境。另外,新的混凝土材料也得到了积极的探索与应用,例如,自密实混凝土以及高性能纤维加固混凝土等,它们不仅具有很高的强度而且具有较好的耐久性,同时也显着提高了施工效率和降低了维护成本,对混凝土路面长期优质使用提供了强有力的保证。

2.3 施工工艺与智能化养护技术的集成应用

从施工工艺上看,为了保证混凝土路面均匀密实,需要采取对施工参数进行精准控制。通过对温度、湿度以及压实度这些关键指标的实时监控和调节,可以确保混凝土以最优的状态进行浇筑和成形,使路面质量得到显着改善。同时积极引进先进的施工设备和工艺,如激光平整工艺、3D打印工艺等,在提高施工精度的同时也极大地促进了施工效率的提高,降低人为误差,保证路面平整度及结构的稳定性。从养护技术方面来看,智能

化养护系统起到了关键作用。本系统可全天候实时监控路面,采集和分析各种数据,发现和预警可能出现的裂缝和沉降等危害。在此基础上,可快速采取有针对性的维修措施,例如利用高性能密封剂填充裂缝,或者利用先进的裂缝修补技术等,以有效地阻止破坏的扩展,提高路面的使用寿命。通过将该施工工艺和养护技术进行整合运用,使我们对混凝土路面在施工至养护整个过程中进行精细化管理,保证路面长久耐用性,从而为公路交通安全畅通提供坚实的保障。

2.4 路面材料性能退化的原因分析

材料的质量状况,包括其成分、强度及制造工艺等因素,直接关系到路面材料性能的稳定性和耐久性。劣质材料的使用可能会加速路面的老化过程,具体表现为裂缝和坑洞等早期损坏现象,进而对道路的整体使用寿命造成严重的负面影响。施工过程中的某些不当操作,诸如压实作业未达到规定标准,或者是混合料的配比偏离了最优比例,这些因素都会显著降低路面材料的强度和耐久性,进而促使路面性能更快地退化。环境因素诸如温度的高低、湿度的变化以及紫外线的强烈照射,均对路面材料的性能产生着显著的影响。在极端的气候条件下,或是长期置身于恶劣的环境之中,这些路面材料会更快地经历老化过程,进而引发性能的明显下滑。深入分析路面材料性能退化过程中,温度、湿度、荷载及化学侵蚀等因素的具体作用机制,对于科学制定针对性的优化措施,并有效延长道路整体使用寿命具有至关重要的意义。

3 路面材料性能优化的对策研究

3.1 选择高质量原材料的对策

原材料的质量控制机制,包括对原材料来源的严格筛选、质量参数的细致检测以及存储条件的妥善管理,构成了路面材料性能优化的坚实基础。高质量的原材料在路面材料中的应用,能够大幅度提高抗压强度、有效增强抗裂性能以及显著提升抗水损害能力,进而确保公路在长期使用过程中保持良好的耐久性。为确保原材料的质量,必须严谨地执行一系列质量检验标准,从最初的材料采购环节就开始严格把控其各项性能指标。实践方法包括了多个方面:首先建立全面的原材料供应商评估体系,对供应商的资质、信誉及历史表现进行综合考量;其次定期进行原材料抽样检测,确保每一批次材料的质量稳定可靠;再者采用行业内先进的检测技术,对关键性能指标如强度、耐用性及环保标准等进行严格监控;最终这一系列措施共同确保所选原材料能够完全符合甚至超越高标准要求。

3.2 高性能混凝土材料的应用与推广

为全面提高公路施工质量和效益,积极推广应用高性能混凝土材料具有十分重要的意义。该类材料采用高强度骨料与高性能水泥作为基石,并配以抗裂纤维、高效防水剂与抗老化剂系列创新添加剂共同筑成了混凝土性能优异的屏障。通过科学配比和精细调控,不仅可以显著提高混凝土抗压强度和抗折强度,而且可以显著改善混凝土抗渗性,使得路面结构更结实耐用,无惧重载交通经常碾压、恶劣环境长期冲刷。高性能混凝土材料在耐久性方面的优势更给公路长期平稳运营提供坚实的保证。它们可以有效地抵抗水分,化学物质和冻融循环及其他自然因素,延缓材料老化,使公路使用寿命明显延长。这样既符合现代公路施工中对于材料性能高标准的要求,又能通过降低后期养护频率和费用,给公路建设可持续发展带来强大的动力。所以,大力推广高性能混凝土材料是提高公路品质和绿色交通的必经之路。

3.3 施工工艺的精细化与标准化

要想有效提高混凝土路面施工质量,就需要对施工工艺进行精细化管理,构建严密而全面的施工标准规范体系。施工期温度,湿度和压实度是关键参数监测的关键,它们直接关系到混凝土路面是否均匀密实。通过使用高精度监测设备以及科学调控手段可以保证这些参数一直保持在最优范围之内,进而有效规避空洞,裂缝等质量问题。同时积极引进激光平整设备,自动化控制系统及其他先进施工设备与技术手段,既可显著提升施工精度与效率,同时也可以显著减少人为因素对路面的扰动,并进一步减小由于施工不当造成路面早期破坏的风险。这些先进技术的运用使施工过程更智能化和标准化,也为创建优质路面工程打下坚实的基础。另外,对于施工人员进行系统的训练与教育也是不可忽视的。通过提高其专业素养与技能水平来保证每一位施工人员能

够熟练运用各种施工工艺与操作技能,为混凝土路面优质施工提供了全方位,多层次的坚强保证。

3.4 智能化养护系统的建立与应用

要想使混凝土路面得到有效维修,就应该构建智能化维修系统。通过设置传感器,摄像头等先进装置,系统可以对路面温度、湿度、裂缝、变形等重要信息进行实时监控与采集。这些资料对评价路面使用状态,预测潜在问题非常关键。运用先进数据分析技术能够对采集到的数据进行深度处理与分析,进而精准地判断出路面健康状况与问题所在。依据分析结果可适时制定和实施裂缝修补,优化排水系统和涂覆密封剂等针对性养护措施,可有效地延长路面使用寿命和降低维护成本。另外智能化养护系统可以使养护工作精准化、高效化。通过对养护资源配置与调度的优化,能够保证养护工作能够在最要时、最要地完成,提高养护资源使用效率。这样既可以促进养护工作质量的提高,又可以减少养护成本,对公路长远可持续发展起到强有力的支撑作用。

4 结语

路面材料性能的优化在显著提升公路长期耐久性方面扮演着至关重要的角色,这一领域的研究与实践的不断深化,正成为推动整个行业持续发展的关键所在。为此,亟需加强行业内外的紧密合作,携手并进,共同促进公路施工技术的革新与发展。

参考文献

- [1]舒海峰.超高性能混凝土材料的研究及耐久性分析[J].新材料·新装饰,2024(5):12-14.
- [2]王浩.(2024).高性能混凝土在公路路面施工中的应用研究.运输经理世界,(14),151-153.
- [3]唐毅.新型材料在公路路面施工中的应用与性能评价[J].建筑与施工,2024,3(3):104-105.DOI:10.12417/2811-0528.24.03.050.