

# 公路路面材料试验检测与性能优化研究

胡杰

阿坝州国鑫建设工程质量检测有限公司, 四川 阿坝藏族羌族自治州 624000

DOI:10.61369/ME.2025060025

**摘要 :** 随着公路建设发展, 研究公路路面材料性能及优化策略意义重大。本文围绕公路路面材料性能优化展开系统研究, 探讨了沥青混凝土和水泥混凝土等材料的分类、性能指标及其影响因素。通过优化材料配方、改进施工工艺以及引入新技术和新材料, 显著提升了材料的力学性能与耐久性。研究揭示了材料组成和施工工艺对性能的影响规律, 并提出了针对性优化策略。未来研究将聚焦于试验方法的优化和新材料在复杂工况下的性能评估, 以推动公路路面材料技术的持续进步。

**关键词 :** 公路路面材料; 性能优化; 耐久性

## Research on Testing and Performance Optimization of Highway Surface Materials

Hu Jie

Aba State Guoxin Construction Engineering Quality Inspection Co., Ltd., Aba Tibetan and Qiang Autonomous Prefecture, Sichuan 624000

**Abstract :** With the development of highway construction, it is of great significance to study the performance and optimization strategies of highway surface materials. This article conducts a systematic study on the optimization of material properties for highway surfaces, exploring the classification, performance indicators, and influencing factors of materials such as asphalt concrete and cement concrete. By optimizing material formulations, improving construction processes, and introducing new technologies and materials, the mechanical properties and durability of materials have been significantly improved. The study revealed the influence of material composition and construction technology on performance, and proposed targeted optimization strategies. Future research will focus on optimizing experimental methods and evaluating the performance of new materials under complex working conditions, in order to promote continuous progress in highway surface material technology.

**Keywords :** highway surface materials; performance optimization; durability

## 引言

随着我国公路建设的快速发展, 公路路面材料的性能优化成为提升公路质量和使用寿命的关键因素。2023年9月, 交通运输部发布《关于加快建立健全现代公路工程标准体系的意见》, 明确提出要强化公路工程质量标准供给, 推动公路交通高质量发展。在此背景下, 深入研究公路路面材料的性能及其优化策略具有重要的现实意义。本文系统探讨了沥青混凝土和水泥混凝土等公路路面材料的分类、性能指标, 分析了材料组成和施工工艺对性能的影响, 并提出了针对性的优化策略。通过优化材料配方、改进施工工艺以及应用新技术和新材料, 可显著提升公路路面材料的力学性能与耐久性, 为公路工程的可持续发展提供技术支持。

## 一、公路路面材料的基本性能与要求

### (一) 公路路面材料的分类与特点

公路路面材料主要包括沥青混凝土、水泥混凝土以及其他新型路面材料。沥青混凝土路面材料具有良好的抗变形能力和施工便捷性, 适用于多种交通荷载条件, 但其耐久性受环境因素影响较大。水泥混凝土路面材料则以高强度和耐久性著称, 尤其在重

载交通路段表现出色, 不过施工周期较长且对温度变化较为敏感。近年来, 随着技术进步, 诸如橡胶沥青混凝土、透水混凝土等新型路面材料逐渐涌现, 这些材料在环保、降噪、排水等方面展现出独特优势, 为公路工程提供了更多选择, 推动了公路建设向绿色、可持续方向发展<sup>[1]</sup>。

### (二) 公路路面材料的性能指标

公路路面材料的性能指标涵盖力学性能、耐久性以及环境适

应性。力学性能指标主要包括抗压强度、抗弯拉强度、模量等，这些指标直接关系到路面承载能力和使用性能，是评价路面材料是否满足交通荷载要求的关键因素<sup>[2]</sup>。耐久性指标涉及抗疲劳性能、抗老化性能、抗水损害性能等，反映了材料在长期使用过程中抵抗各种破坏因素的能力，决定了路面的使用寿命和维护成本。环境适应性指标则关注材料在不同气候条件下的稳定性，如抗冻融性能、抗高温稳定性等，确保路面在复杂环境条件下仍能保持良好性能，保障公路的正常使用和行车安全。

## 二、公路路面材料试验检测方法

### (一) 常规试验检测方法

公路路面材料的常规试验检测方法是确保材料质量的基础手段，涵盖了沥青混合料和水泥混凝土的多种检测技术。沥青混合料试验方法主要包括马歇尔试验、车辙试验和冻融劈裂试验等。马歇尔试验用于测定沥青混合料的稳定度和流值，反映其在高温条件下的承载能力；车辙试验则通过模拟车辆行驶对混合料的反复碾压，评估其抗车辙性能；冻融劈裂试验考察混合料在冻融循环条件下的抗裂性能。水泥混凝土试验方法则以抗压强度试验、抗折强度试验和耐久性试验为主<sup>[3]</sup>。抗压强度试验是衡量混凝土承受垂直荷载能力的核心指标；抗折强度试验用于评估混凝土在弯曲荷载下的抗裂性能；耐久性试验则通过抗冻、抗渗、抗碳化等测试，综合评价混凝土在长期使用过程中的耐久性。这些常规试验检测方法为公路路面材料的质量控制提供了可靠依据，是公路工程建设中不可或缺的重要环节<sup>[4]</sup>。

### (二) 先进试验检测技术

随着科技的不断进步，公路路面材料的试验检测技术也在不断发展，动态力学性能测试作为一种先进的检测手段，逐渐在公路工程领域得到广泛应用。动态力学性能测试通过施加周期性荷载，能够精确测量材料在不同频率和温度条件下的力学响应，包括弹性模量、损耗模量和阻尼比等参数<sup>[5]</sup>。这些参数不仅反映了材料的静态力学性能，还能揭示其在动态荷载作用下的行为特征，为评估材料的抗疲劳性能和长期稳定性提供了更为全面和深入的信息。与传统静态试验相比，动态力学性能测试能够更真实地模拟公路路面材料在实际使用过程中所承受的复杂荷载条件，有助于提前预测材料的使用寿命和可能出现的病害，从而为公路路面材料的设计、施工和维护提供科学依据，推动公路工程向高性能、长寿命方向发展。

## 三、公路路面材料性能影响因素分析

### (一) 材料组成对性能的影响

#### 1. 沥青性能对沥青混凝土的影响

沥青的黏度与延度是决定沥青混凝土性能的关键因素。黏度高的沥青在高温条件下能保持较好的稳定性，减少车辙的形成；然而，过高的黏度会降低沥青的施工性能，增加拌和难度。延度则反映了沥青在低温下的延展性，延度不足的沥青在低温环境下

容易脆裂，导致路面出现裂缝。沥青的化学组成同样重要，不同化学组成的沥青在耐老化、抗水损害等方面表现各异。芳香烃含量较高的沥青具有更好的黏附性和抗老化性能，而饱和烃含量高的沥青则在高温稳定性上更具优势<sup>[6]</sup>。因此，选择合适的沥青类型和调整其化学组成，对于提升沥青混凝土的整体性能至关重要。

### 2. 集料性能对路面材料的影响

集料的粒径分布直接影响沥青混凝土的密实度和稳定性。合理的粒径分布能够使混合料形成良好的骨架结构，提高其承载能力和抗变形能力。粒径分布不均可能导致混合料出现离析现象，影响路面的均匀性和耐久性。集料的强度与耐磨性同样重要，强度不足的集料在车辆荷载作用下容易破碎，导致路面松散和坑槽；耐磨性差的集料会使路面表面迅速磨损，降低路面的抗滑性能和使用寿命。因此，选择强度高、耐磨性好的集料，并优化其粒径分布，是确保沥青混凝土路面性能的关键。

### (二) 施工工艺对性能的影响

#### 1. 沥青混合料的拌和与压实工艺

拌和温度与时间是影响沥青混合料性能的重要因素。合适的拌和温度能够保证沥青与集料充分裹覆，提高混合料的均匀性和稳定性。温度过高会加速沥青的老化，降低其性能；温度过低则可能导致沥青与集料裹覆不充分，影响混合料的密实度。拌和时间同样关键，过短的拌和时间无法使沥青与集料充分混合，而过长的拌和时间则可能使沥青老化。压实度与压实方式直接决定了沥青混凝土路面的密实度和承载能力<sup>[7]</sup>。压实度不足会导致路面出现松散、车辙等问题；压实方式的选择也会影响路面的平整度和耐久性。合理的压实工艺能够有效提高路面的密实度和稳定性，延长路面的使用寿命。

#### 2. 水泥混凝土的施工工艺

水胶比与坍落度是水泥混凝土施工中的关键参数。水灰比直接影响混凝土的强度和耐久性，较低的水灰比能够提高混凝土的强度，但可能导致坍落度不足，影响施工性能。坍落度则反映了混凝土的流动性，合适的坍落度能够保证混凝土的浇筑和振捣质量。养护条件与时间对水泥混凝土的性能影响显著。良好的养护条件能够保证混凝土在早期充分水化，提高其强度和耐久性<sup>[8]</sup>。养护时间不足可能导致混凝土表面出现干缩裂缝，影响其使用寿命。因此，合理控制水灰比、坍落度以及养护条件和时间，是确保水泥混凝土路面性能的重要措施。

## 四、公路路面材料性能优化策略

### (一) 材料配方优化

#### 1. 沥青混合料配方优化

沥青混合料性能优化需精确控制沥青用量与集料级配，并合理应用添加剂。适宜的沥青用量可确保集料充分裹覆，减少水分侵入，同时避免沥青过多引发的泛油现象。优化集料级配有助于形成骨架密实结构，提升混合料的密实度、稳定性和抗车辙能力。添加剂如抗剥落剂可增强沥青与集料的黏附性，有效降低水

损害风险；可改善拌和、摊铺和压实性能的添加剂则利于施工过程顺利进行，提高施工质量和效率。通过科学配比和添加剂的协同作用，混合料的耐久性、施工和易性及整体性能得到显著提升，确保道路工程质量。

## 2. 水泥混凝土配方优化

水泥混凝土配方的优化主要集中在水灰比的精确控制、外加剂的合理选择以及集料的优化选择上。水灰比的降低可显著提高混凝土的强度和耐久性，但需通过外加剂来改善其工作性。高效减水剂能够在低水灰比下保持混凝土的流动性，减少泌水和离析现象<sup>[9]</sup>。集料的选择同样重要，优质的集料应具备高强度、低吸水率和良好的级配。优化集料的种类和级配，可有效提高混凝土的密实度和抗裂性能，减少早期收缩裂缝的产生，从而延长混凝土路面的使用寿命。

## （二）施工工艺优化

### 1. 沥青路面施工工艺优化

沥青路面施工工艺的优化涉及拌和与压实工艺的改进以及施工质量控制措施的完善。在拌和阶段，采用先进的拌和设备和智能控制系统，可确保沥青与集料在适宜的温度下充分混合，减少沥青老化和离析现象。压实工艺的改进则通过优化压路机的组合与碾压顺序，提高路面的压实度和平整度。施工质量控制措施的完善包括实时监测拌和温度、摊铺厚度和压实度等关键参数，确保施工过程符合设计要求，从而有效提升沥青路面的整体性能和使用寿命。

### 2. 水泥混凝土施工工艺优化

水泥混凝土施工工艺的优化集中在浇筑与振捣工艺的改进以及养护技术的优化。浇筑过程中，通过合理分层和布料，确保混凝土的均匀分布，避免离析和漏振现象。振捣工艺的改进则通过采用高频振捣设备和优化振捣时间，提高混凝土的密实度和强度。养护技术的优化包括采用保湿、保温养护措施，确保混凝土在早期充分水化，减少干缩裂缝的产生。例如，喷雾养护和覆盖养护膜等措施可有效保持混凝土表面湿度，提高其耐久性。

## （三）新技术与新材料的应用

### 1. 新型沥青材料的应用

新型沥青材料如改性沥青的应用为公路路面材料性能优化提供了新途径。改性沥青通过添加聚合物、橡胶等改性剂，显著提高了沥青的高温稳定性和低温延展性。例如，SBS改性沥青在高温下具有良好的抗车辙性能，在低温下则表现出优异的抗裂性能。新型沥青的应用案例表明，其在重载交通路段和恶劣气候条件下表现出色，有效延长了路面的使用寿命，减少了维护成本<sup>[10]</sup>。

### 2. 新型水泥混凝土材料的应用

高性能混凝土的特性包括高强度、高耐久性和良好的工作性，为水泥混凝土路面的性能优化提供了有力支持。高性能混凝土通过优化水泥、矿物掺合料和外加剂的组合，显著提高了混凝土的抗压、抗折强度和抗渗性能。新型混凝土的应用实例表明，其在大型桥梁和高速公路等重要工程中表现出色，能够有效抵抗化学侵蚀和物理磨损，延长工程的使用寿命，降低全生命周期成本。

## 五、总结

本文系统研究了公路路面材料性能及其优化策略，揭示了材料组成、施工工艺对性能的影响规律，并提出了针对性的优化措施。研究表明，通过优化沥青与集料配比、合理应用添加剂，以及改进拌和、压实等施工工艺，可显著提升沥青混凝土和水泥混凝土的力学性能与耐久性。同时，新型改性沥青和高性能混凝土的应用进一步拓展了材料性能优化的路径，展现出良好的工程应用前景。然而，研究仍存在局限性，如对极端环境条件下材料性能的长期监测不足，以及对新型材料全生命周期成本效益的深入分析欠缺。未来研究需进一步完善试验方法，加强对新材料在复杂工况下的性能评估，以推动公路路面材料技术的持续进步。

## 参考文献

- [1] 殷一珂. 沥青路面复合功能材料反射降温涂层制备与性能优化研究 [D]. 长安大学, 2023.
- [2] 冯锡荣. 沥青路面降温涂层材料优化设计及其性能研究 [J]. 中外公路, 2020, 40(3):6.
- [3] 章浩君. 高速公路路面原材料检测及性能试验 [J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2021(11):2.
- [4] 陈艳. 道路交通原材料对试验检测数据的影响 [J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2021(1):271-273.
- [5] 徐伟. 关于高速公路高性能混凝土试验检测方法 [J]. 中国战略新兴产业, 2021(6):178-179.
- [6] 刘祥. 农村公路路面碾压混凝土力学性能试验研究 [D]. 重庆交通大学, 2015.
- [7] 吴永军, 姚娟. 浅谈公路工程试验检测中存在的问题及解决措施 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2014(19):756-757.
- [8] 马茹宾. 公路施工材料试验检测管理与技术研究 [J]. 科技风, 2021(21):2.
- [9] 肖君亮. 高速公路的高性能混凝土试验检测分析 [J]. 中国房地产业, 2022(18):162-165.
- [10] 姜美华. 高速公路高性能混凝土试验检测研究 [J]. 交通世界, 2021(18):2.