

沥青路面透层与粘层材料性能对比及施工工艺优化

刘华文

西南交建(云南)基础设施建设有限公司, 云南大理, 671000;

摘要: 本文以云南省丽江市玉龙县长水至拉市道路提升改造工程为研究背景, 该工程作为国道 G353 改扩建项目, 施工环境复杂, 工期紧张, 且面临保通压力大、材料供应困难等挑战。研究旨在对比透层与粘层材料的性能, 并优化施工工艺, 以提高施工效率和路面质量。通过文献综述与案例分析相结合的方法, 系统分析了乳化沥青在透层与粘层中的应用性能, 重点从渗透性、粘结性和耐久性等方面对比了乳化沥青与其他材料的优劣势, 并结合工程实际提出了施工工艺优化建议。研究发现, 乳化沥青因其环保性、施工适应性和成本优势, 在复杂施工条件下表现出良好的性能。通过优化洒布量、温度控制和养生时间等施工参数, 显著提高了施工效率和路面质量。本文的研究结论为类似工程提供了实践参考, 同时展望了未来在智能化施工和新材料开发方面的研究方向。

关键词: 沥青路面; 透层; 粘层; 乳化沥青; 施工工艺优化

DOI: 10.69979/3029-2727.25.04.003

引言

公路交通作为现代交通运输体系的关键环节, 对促进区域经济发展和提升居民生活质量具有重要意义。沥青路面凭借其良好的平整度、抗滑性能和降噪效果, 在公路建设中占据主导地位。随着社会经济的快速发展和人们对出行品质要求的不断提高, 对公路路面的质量和性能也提出了更高的要求。透层与粘层材料的性能优劣直接影响着路面结构的受力性能和耐久性。

云南省丽江市玉龙县长水至拉市道路是连接丽江长水与拉市镇的重要通道, 属于国道 G353 改扩建提升项目。随着当地旅游业的蓬勃发展和区域经济的不断增长, 原有三级公路的通行能力和服务水平已难以满足日益增长的交通需求。道路存在路窄、弯急、部分路面破损等问题, 特别是在旅游旺季, 交通拥堵现象严重, 极大地影响了当地居民的生产生活和游客的出行体验。本研究旨在深入分析透层与粘层材料的性能特点, 包括渗透性、粘结性、耐久性等方面。通过对不同材料的对比, 明确各自的优势和局限性, 为工程实践中的材料选择提供科学依据。同时, 探讨施工工艺优化的可能性, 研究如何根据材料特性和现场施工条件, 优化透层与粘层的施工工艺, 提高施工效率, 降低工程成本, 确保路面结构的质量和性能。

1 沥青路面透层与粘层材料性能分析

1.1 透层与粘层材料的基本功能

透层材料主要发挥着关键的渗透、防水和粘结作用。它能够深入基层, 填充基层表面的空隙, 形成一层连续且致密的防水膜, 有效防止水分从基层向上渗透, 保护基层结构免受水损害, 从而延长路面使用寿命。

$$h = \sqrt{\frac{k \cdot t \cdot \Delta P}{\mu \cdot \phi}} \quad (1)$$

h : 渗透深度

k : 基层材料渗透系数

t : 渗透时间

ΔP : 渗透压力 (材料自重+施工压力)

μ : 透层材料粘度 (如乳化沥青)

ϕ : 基层孔隙率

粘层材料则主要起到层间粘结和抗滑移的作用。它在不同沥青材料层之间形成坚固的粘层, 使上下层之间具有良好的粘结性能, 防止层间滑移, 确保路面结构的整体性和稳定性。层间剪切强度 (库伦准则):

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (2)$$

τ 层间抗剪强度

τ : 粘层材料粘聚力 (如改性沥青的凝聚力)

σ ：层间正压力（由摊铺压实产生）

φ ：界面摩擦角

粘层材料的抗滑移性能对于提高路面的抗剪强度和抗变形能力至关重要，有助于减少路面在行车荷载作用下的推移、拥包等病害的发生^[1]。

1.2 乳化沥青的性能特点

乳化沥青是一种由沥青、乳化剂和水组成的乳液状材料，具有良好的流动性和渗透性。根据其离子特性，乳化沥青可分为阳离子乳化沥青和阴离子乳化沥青，不同类型的乳化沥青适用于不同的施工条件和材料要求。

1.3 透层与粘层材料性能对比

从渗透性来看，乳化沥青具有良好的渗透性，能够深入基层表面的微小孔隙，形成连续的防水膜。乳化沥青透层符合修正的 Lucas-Washburn 方程（毛细管渗透）：

$$h(t) = \sqrt{\frac{r \cdot \gamma \cdot \cos \theta}{2\mu} \cdot t} \quad (3)$$

$h(t)$ ：时间内的渗透深度

r ：基层平均孔隙半径

γ ：乳化沥青表面张力

θ ：接触角（乳化沥青与基层的润湿性）

μ ：乳化沥青粘度（破乳前）

相比之下，改性沥青的渗透性相对较差，主要适用于对防水性能要求较高的表面层。稀浆封层的渗透性介于两者之间，能够满足一般基层的防水要求。在粘结性方面，乳化沥青与基层和沥青面层之间具有良好的粘结性能，能够提供较强的粘结力。改性沥青由于其特殊的改性成分，具有更高的粘结强度，但成本较高。



图1 改性沥青

改性沥青由于其改性成分，具有更优异的耐久性和抗老化性能，适用于交通流量大、环境条件恶劣的路段。稀浆封层的耐久性相对较短，通常需要定期维护。综合来看，

乳化沥青在环保性、施工适应性和成本效益方面具有明显优势，适用于一般的透层和粘层施工。改性沥青则适用于对性能要求较高的特殊路段，而稀浆封层在快速施工和短期防护方面具有一定的应用价值。在实际工程中，应根据具体的施工要求、环境条件和成本预算，合理选择透层和粘层材料，以确保路面结构的质量和性能^[2]。

2 云南省丽江市玉龙县乳化沥青应用案例分析

2.1 项目概况

云南省丽江市玉龙县长水至拉市道路提升改造工程是国道 G353 改扩建提升项目的重要组成部分，对促进当地旅游业和经济发展具有重要意义。项目起于西山游路与长水路交叉口，止于拉市镇政府门口，按照二级公路标准建设，路基宽度从原有的 7.5 米拓宽到 12 米，设计时速从每小时 30 公里提升到每小时 60 公里。施工范围包括路基、路面、涵洞、挡土墙、水沟、边坡防护等工程内容，同时面临保通压力大、道路拼宽、工期紧等诸多挑战。

2.2 施工环境与条件

玉龙县地处高原地区，地形起伏剧烈，地质构造复杂，左侧为山体，揭露土质大多为强风化岩；右侧为沟谷，揭露土质为多年雨水冲刷堆积土。

表1 施工环境复杂性

类别	详细描述
地形与地质	左侧山体：强风化岩，稳定性差，易崩塌。 右侧沟谷：雨水冲刷堆积土，松散易滑。 整体地质构造复杂，地形起伏剧烈。
气候条件	年平均气温：12.9~13.5℃ 年降雨量：894.6~927.4 毫米（80%集中在 5~10 月雨季） 蒸发量：2177.1~2399.9 毫米（旱季 11~4 月显著） 相对湿度：63.6~69.3%，干湿季分明。
周边环境	村庄分布：长水村、土满村、恩宗村等，人口活动频繁。 交通流量：较大，需协调施工与通行。 敏感设施：军用/国防光缆、高压线、古建筑、民宅等，涉及管线改迁与拆迁问题。
施工挑战	1. 地质灾害风险（滑坡、崩塌） 2. 雨季降水集中影响工期 3. 高蒸发量导致旱季水土流失 4. 需协调多方（村民、军方、电力、文物部门） 5. 地下管线复杂，施工需精准避让。

2.3 案例中的施工难点与应对措施

在丽江市玉龙县长水至拉市道路提升改造工程中，施工路段作为国道 G353 的一部分，面临着车流量大、保通

压力大的挑战。为尽量减少对交通的影响,项目部采取了半幅铺筑半幅通车的施工方式,同时对于道路拼宽部分,严格控制路基填方搭接处理,确保新旧路基结合良好,避免出现纵向裂缝。此外,项目工期短、任务重,且砂、石场距离施工现场较远,运距远、成本高。

3 透层与粘层施工工艺优化建议

3.1 施工工艺优化的原则与目标

在透层与粘层施工工艺优化中,提高施工效率与质量是核心目标。通过优化施工流程和工艺,确保施工过程更加顺畅、高效,减少不必要的工序和时间浪费,从而缩短整体施工周期。同时,优化施工工艺有助于降低环境影响与成本。合理选择施工材料和设备,减少能源消耗和污染物排放,符合环保要求。此外,通过精细化管理和技术改进,降低材料消耗和施工成本,提高工程的经济性。

3.2 乳化沥青施工工艺优化措施

施工参数的优化同样是确保施工质量的关键环节。根据基层条件和环境因素,合理调整乳化沥青的洒布量,确保透层和粘层的厚度均匀,满足设计要求。同时,优化养生时间,确保乳化沥青在破乳和固化过程中不受外界干扰,形成稳定的结构层。通过试验和实践,确定最佳的洒布量和养生时间,从而提高施工效率和质量^[3]。

3.3 结合案例的优化实践

在丽江市玉龙县长水至拉市道路提升改造工程中,项目部采取了一系列施工工艺改进措施,以提升施工质量和效率。首先,引入先进的乳化沥青喷洒设备,解决了传统设备喷洒不均匀的问题,确保了喷洒的均匀性。其次,根据当地气候和基层条件,优化了乳化沥青的洒布量和浓度,从而确保了透层和粘层的质量。同时,优化后的养生时间确保了乳化沥青的固化效果,提高了透层和粘层的粘结强度,延长了路面使用寿命。严格的质量控制和检测措施有效减少了施工中的质量问题,确保了工程的整体质量^[4]。

这些优化措施不仅提高了施工效率和质量,还为类似工程提供了宝贵的经验和参考。

4 结论

在丽江市玉龙县长水至拉市道路提升改造工程中,通过对透层与粘层材料性能的深入研究和施工工艺的优化实践,取得了显著的成果。以下是研究的主要结论:

(1) 在丽江市玉龙县案例中,乳化沥青在透层与粘层施工中展现出卓越的综合性能。它在渗透性、粘结性、耐久性等方面表现优异,尤其在环保性和施工适应性方面具有明显优势。通过有效隔绝水分、增强基层与面层的粘结力,乳化沥青显著提升了路面结构的整体性和耐久性。同时,其应用降低了施工成本和环境影响,为道路建设提供了经济环保的解决方案。

(2) 施工工艺的优化在该项目中取得了显著成效。通过引入先进的施工设备、优化施工参数以及加强质量控制,施工效率和质量得到了大幅提升。优化后的养生时间和喷洒均匀性显著提高了乳化沥青的固化效果和粘结强度,延长了路面使用寿命为类似工程提供了宝贵的实践经验。

参考文献

- [1] 陈辉强,杨杰,兰滔. 隧道路面单层沥青层铺装层间高强高渗防水黏结材料的制备与性能[J]. 公路,2023,68(1): 51-58.
- [2] 郭寅川,申爱琴,张金荣,等. 沥青路面粘层材料性能的试验[J]. 长安大学学报(自然科学版),2011,31(6): 16-20.
- [3] 赵永刚. 沥青路面透粘层施工技术研究[J]. 黑龙江交通科技,2017,40(11): 29-30.
- [4] 张淑泉,瞿鑫. 不同影响因素对透水性沥青路面中防水粘层粘结性能的影响[J]. 北方交通,2016,(8): 37-40.