

公路工程中的微表处工程技术

文 / 万涛 中铁二十三局集团第一工程有限公司

摘要：公路是人民出行与货物运输等日常生产活动的重要交通设施，良好的公路养护技术可有效提高运输的安全性、效率以及经济社会的发展。因此本文简要分析微表处养护技术的优势，重点强调微表处混合料性能分析，并以加强微表处技术在公路工程中的应用措施作为切入点，以此来加强微表处技术在公路工程中的应用，使其发挥出应有的作用和价值，旨在能够为相关人员提供参考。

关键词：公路工程；微表处工程技术；沥青

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.05.042

引言

微表处工程技术，作为一种预防性养护手段，主要通过将特定配比的乳化沥青、集料、填料及添加剂等混合后，均匀摊铺于原有路面上，形成一层薄而坚固的耐磨层。这层新铺筑的表面层不仅能够显著改善路面的抗滑性、平整度及耐久性，还能有效封闭路面裂缝，防止水分下渗，减缓路面老化过程，从而延长公路的使用寿命。

一、微表处养护技术的优势

（一）提升了沥青路面的耐久性

微表处养护技术利用专业机械混合聚合物改性材料、溶剂、填料、沥青及粗细集料，按标准配比均匀铺筑于路面形成沥青封层，强化防水性，防止水分渗透损害，同时增加磨损层提升耐磨抗滑性能，修复稳定车辙，美化平整路面，延长道路寿命。此技术常温下施工，环保高效经济，是提升沥青路面耐久性的关键手段，广泛应用于高等级公路预防性养护，确保公路安全舒适持久使用。如式（1）所示。

$$M_{opt} = K \times S^{\alpha} \times (A_{opt})^{\beta} \quad (1)$$

上述式子中， M_{opt} 表示在最优掺加比例下的耐磨性能， A_{opt} 表示通过实验确定的最优沥青掺加比例， α 和 β 石料质量分数和沥青掺加比例对耐磨性能的影响程度，而 K 则代表材料性能常数。

（二）提升了沥青路面的抗渗性

该技术通过精心设计的配合比，将高性能的聚合物改性乳化沥青、精选的粗细集料、填料、水及必要的添加剂混合成稀浆混合料，并均匀铺筑于路面上形成一层致密的防水层。这层防水层不仅紧密贴合原有路面，有效封闭了路面的微小裂缝和孔隙，防止水分、盐分等有害物质的侵入，还显著增强了路面的整体抗渗性能，从而减缓了因水损害导致的路面劣化过程。此外，微表处技术不仅工艺先进，而且施工迅速且环保。它能够在确保不影响正常交通流的情况下，迅速完成路面养护作业，极大地提升了道路维护的效率。这一技术不仅减少了施工期间对交通的干扰，还有效保障了道路的持续畅通与安全，是现代道路养护中不可或缺的重要技术手段。因此，微表处养护技术以其出色的抗渗性能和高效的施工效率，成为提升沥青路面抗渗性能、延长道路使

用寿命的理想选择。

（三）施工时间短

整个施工过程机械化程度高，无须复杂的施工准备和后续处理，大大缩短了施工周期。相较于传统的热拌沥青混合料施工方法，微表处技术无须加热沥青材料，简化了施工流程，减少了等待时间，从而实现了快速高效的养护作业。此外，微表处施工还具备灵活性和便捷性，能够根据交通流量和道路状况灵活调整施工时间和区域，最大限度地减少了对交通的干扰。

二、微表处混合料性能分析

（一）微表处混合料分析

微表处技术是一种高效的路面养护方式，它通过精心挑选符合设计标准的级配原材料、乳化沥青、外加剂及矿质骨料，并按特定比例充分混合，生成一种流动性优异的沥青混合料。这种混合料随后会被均匀地铺设在路面上，形成一层薄薄的封层。值得注意的是，微表处的铺设厚度较为有限，因此它主要适用于路面的封层作业，对于解决路面深层的结构性问题则显得力不从心。然而，在应对路面早期的病害，尤其是车辙病害的修复方面，微表处技术展现出了卓越的效果，为路面的维护与保养提供了一种有力的解决方案。如表1所示。

表1 微表处原材料及比例表

原材料	典型比例范围
水泥	1.0% ~ 2.0%
细沙 / 石屑	20% ~ 40%
珍珠岩颗粒	5% ~ 20%
聚合物乳液	0.2% ~ 0.5%
乳化沥青	6.0% ~ 12.0%

（二）车辙试验

本项实践研究在1公里路段上实施，旨在修复车辙病害并对比MS-3型与MS-4型微表处材料的性能。在恒定车辆荷载与行驶速度、特定温度条件下，通过车轮反复碾压及实时数据监测验证材料抗车辙性，同时参考马歇尔试验，全面检验了两种材料的后期强度。试验遵循密级配沥青混合料标准，制备6个试样并分为两组，在6.0%用水量下各击实50轮，经历60摄氏度高温水浴30分钟及20摄氏度恒温养生30分钟流程。

经检验，测量了MS-3型和MS-4型微表处材料在特定

荷载和速度下的车辙深度，以评估它们的抗车辙性能，具体如表2所示。

表2 车辙深度试验

试样编号	MS-3 型车辙深度 (mm)	MS-4 型车辙深度 (mm)
1	4.2	3.1
2	4.5	3.3
3	4.0	2.8
4	3.8	2.6

从上述数据中可以看出，MS-4型材料的平均车辙深度（3.0mm）低于MS-3型材料的平均车辙深度（4.0mm），表明MS-4型材料在抗车辙性能上更为优越。同时，也要利用马歇尔试验，来评估材料的稳定度和流值，具体如表3所示。

表3 MS-3型和MS-4型材料的稳定度和流值对比

试样编号	MS-3 型稳定度 (kN)	MS-3 型流值 (0.1mm)	MS-4 型稳定度 (kN)	MS-4 型流值 (0.1mm)
1	8.5	37	9.0	38
2	8.7	38	9.2	39
3	8.6	36	9.1	37
4	8.8	39	9.3	40

通过表4数据显示，MS-4型材料的稳定度平均值为9.2kN，略高于MS-3型材料8.7kN的稳定度平均值，而流值则相似。这表明MS-4型材料在结构稳定性方面略胜一筹。

三、加强微表处技术在公路工程中的应用措施

（一）制定详细的施工工艺流程

加强微表处技术在公路工程中的应用，关键在于制定并严格执行一套详细且高效的施工工艺流程。这一流程始于对原路面的全面检测，及时修补存在的病害，随后进行交通封闭，确保施工安全。在准备工作完成后，使用高压气体吹扫机或水车彻底清扫路面，去除尘土、杂物和油污，保持路面干净干燥^[2]。并根据路面的宽度和设计要求，调整摊铺箱的宽度，并在路面上划出摊铺机的行走线。同时将专用的微表处摊铺机开至施工区域，调整好位置，确保机器处于良好的工作状态。

在摊铺完成后，立即进行人工找平，特别是对接缝和过厚、过薄处进行精细处理，确保表面平整，表面平整度误差不超过2mm。随后，使用胶轮压路机对摊铺后的微表处混合料进行碾压，碾压至少3遍，碾压速度为1.5至2公里/小时，碾压后空隙率要控制在3%以下。使路面更加平整密实。在微表处混合料初凝后，进行初期养护，每次养护使用的水量应控制在0.5至1升/平方米，养护后的强度应达到设计要求的80%以上。期间继续封闭交通，避免对路面造成损坏。

正因为如此，微表处技术以其施工便捷、开放交通快、能源消耗少等优点，在公路工程中得到广泛应用。它能够显著提高路面的抗滑性能，封闭路面水下渗，改善路面平整度，修复车辙等表面病害，是一种绿色高效的养护技术。因此，加强微表处技术在公路工程中的应

用，不仅能够提升工程质量，还能延长公路使用寿命，降低养护成本，具有重要的经济和社会效益。如图1所示。



图1 微表处技术

（二）优化材料配比

在加强微表处技术在公路工程中的应用实践中，优化材料配比是提升施工质量与性能的关键所在^[3]。为实现这一目标，需对乳化沥青、集料、填料及添加剂等关键材料进行精确计量与科学配比，确保每一组分都能发挥最佳效用，协同作用于路面结构中。针对乳化沥青，需依据工程需求选择适宜的乳化剂类型与含量，以及合理的沥青含量，以平衡其黏结性、流动性和稳定性，为微表处层提供坚实的黏结基础。集料方面，则需考虑其粒径分布、形状、强度及耐磨性，通过精确筛分与级配设计，确保集料间形成良好的嵌锁结构，提升路面的抗滑性与耐久性。

填料的选择与用量亦需谨慎，既要满足微表处层的体积稳定性要求，又要避免过多使用导致混合料过于致密，影响透水性与抗裂性。添加剂的加入，如抗剥落剂、抗老化剂等，旨在进一步提升混合料的综合性能，需根据具体应用场景与气候条件，合理确定添加种类与剂量。

在优化材料配比的过程中，还需通过实验室试验与现场试验相结合的方式，不断验证与调整配比方案，直至达到最佳性能平衡点。这包括但不限于马歇尔稳定度试验、渗水试验、轮辙试验等，以全面评估微表处层的力学性能、水稳定性及抗疲劳性能。如表4所示。

表4 微表处技术材料配比表

原材料	典型比例范围
集料	100% (基准)
水泥	1.0% ~ 2.0%
乳化沥青	6.0% ~ 12.0%
水	适量
外掺剂	根据需求添加，一般不超过 5%

（三）建立完善材料储存管理制度

加强微表处技术在公路工程中的应用，建立完善材料储存管理制度是至关重要的一环^[4]。这一制度旨在确保微表处施工所需的各种原材料，包括乳化沥青、集料、填料、添加剂及水等，能够得到科学、规范的管理，从而保障施工质量和进度。首先，应设立专门的材料储存区域，该区域需具备良好的排水、通风和防潮条件，以防止材料受潮、变质或污染。同时，根据材料的种类和特性，合理划分储存区域，确保不同材料之间不会相互污染或影响。

其次，建立严格的材料入库检验制度，对所有入库材料进行质量检测和数量核对，确保材料符合施工要求，并详细记录材料的来源、批次、数量、质量等信息，以便追溯和管理。并且在材料储存过程中，应定期进行库存盘点和检查，及时发现和处理材料变质、损坏或短缺等问题。同时，根据施工进度和材料消耗情况，合理安排材料的出库和补充，确保施工所需材料的及时供应。

此外，还需加强材料的安全管理，设置防火、防盗等安全措施，确保材料储存区域的安全。对于易燃、易爆或有毒有害材料，应严格按照相关规定进行储存和管理，防止发生安全事故。同时还应该建立完善材料储存管理制度，如此，不仅能够有效保障微表处施工所需材料的质量和供应，还能提高施工效率，降低施工成本。同时，这一制度的实施也有助于提升公路工程整体质量，延长公路使用寿命，为公路交通的安全、顺畅提供有力保障。因此，加强微表处技术在公路工程中的应用，必须高度重视材料储存管理制度的建立和完善。

（四）加强质量检测

在加强微表处技术在公路工程中的应用过程中，质量检测是确保施工质量和提升工程耐久性的关键环节。为此，必须采取一系列措施来强化质量检测工作，从而全面把控微表处施工的质量。首先，应建立健全质量检测体系，明确质量检测的标准、方法和频率，确保检测工作的科学性和规范性。这包括定期对原材料、混合料以及成品进行取样检测，检查其物理性能、化学性能和力学性能等指标是否满足设计要求。同时，还应加强对施工过程中的关键环节和隐蔽工程的检测，如摊铺厚度、压实度、平整度等，确保每一步施工都达到质量标准。

其次，加强检测设备的投入和维护，确保检测设备的准确性和可靠性。采用先进的检测设备和技术手段，如激光测距仪、无损检测设备等，提高检测效率和精度。

最后，提高检测人员的专业素养和技能水平。组织定期的培训和学习活动，使检测人员掌握最新的检测技术和方法，了解微表处技术的最新发展动态。同时，建立完善的检测人员管理制度，明确检测人员的职责和权限，确保检测工作的公正性和客观性。

（五）推动微表处技术创新

在加强微表处技术在公路工程中的应用过程中，推动微表处技术创新是提升施工效率、增强路面性能及延长公路使用寿命的重要途径^[5]。为实现这一目标，需持续探索与研发新型微表处材料、优化施工工艺、引入智能化与自动化技术，以及加强跨学科合作，共同推动微表处技术的革新与发展。

在材料创新方面，应致力于开发高性能、环保型的微表处材料，如采用新型乳化剂、高性能添加剂及再生集料等，以提升微表处层的黏结力、耐磨性、抗水损害能力及环保性能。同时，探索不同材料组合与配比，以满足不同地区、不同气候条件及交通荷载下的特殊需求，保证工程质量。

此外，施工工艺的优化同样关键，需结合现代施工技术与设备，如采用高精度摊铺与压实设备、智能化施工监控系统等，以提高施工精度与效率，减少人为误差。同时，还应加强对施工过程中的质量控制与监测，确保每一步施工都达到设计要求，提升微表处层的整体性能。

除此之外，跨学科合作是推动微表处技术创新的重要力量。通过与材料科学、机械工程、信息技术等领域的专家学者及企业开展合作，共同攻克技术难题，推动微表处技术的持续进步。这种跨领域的合作不仅有助于拓展微表处技术的应用范围，还能促进相关产业的协同发展，形成良性循环。

结论

综上所述，公路工程中的微表处工程技术作为一种高效、经济且环保的路面养护与修复手段，其在提升路面性能、延长公路使用寿命及保障交通安全方面展现出了显著的优势与潜力。通过精确的材料配比、优化的施工工艺以及智能化技术的应用，微表处工程技术不仅能够显著改善路面的抗滑性、平整度及耐久性，还能有效封闭路面裂缝，防止水分下渗，从而减缓路面老化过程，提高公路的整体服务水平。

参考文献

- [1] 谢巧玲. 微表处工程技术在高速公路工程中的应用[J]. 科技与创新, 2024(11): 182-184, 190.
- [2] 曹清. 公路工程中微表处工程技术运用分析[J]. 汽车周刊, 2024(11): 0111-0113.
- [3] 苏国爱. 高速公路工程中微表处工程技术应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(3): 0154-0157.
- [4] 王军. 微表处工程技术在高速公路工程中的应用[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2023(5): 179-182.
- [5] 段振山. 微表处养护技术在公路工程中的应用分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(4): 125-128.