

精细抗滑复合封层在高速公路养护中的应用

邢磊

天津高速公路集团有限公司 天津 300381

摘要：随着我国高速公路建设的快速发展和交通量的不断增加，路面结构的老化和损坏问题日益凸显。为了确保高速公路的安全性、舒适性和耐久性，路面养护技术的创新和应用显得尤为重要。精细抗滑复合封层作为一种新型路面养护技术，因其良好的抗滑性能和较长的使用寿命，逐渐成为高速公路养护领域的研究热点和应用方向。本文旨在探讨精细抗滑复合封层在高速公路养护中的应用效果及其技术优势，以期为我国高速公路的养护提供理论支持和实践参考。

关键词：精细抗滑复合封层；高速公路；道路抗滑性；技术应用

引言

近年来，随着我国经济的快速发展和汽车保有量的不断增加，高速公路的交通负荷显著提升，导致路面损坏问题日趋严重。传统的路面养护方法往往难以满足现代交通发展的需求，不仅施工周期长、费用高，而且养护效果有限。与此同时，高速公路的安全性要求也越来越高，尤其是在雨雪天气条件下，路面的抗滑性能成为影响交通安全的重要因素。

一、精细抗滑复合封层技术原理

（一）精细抗滑复合封层的定义

精细抗滑复合封层技术是一种高效的路面养护技术，通过在路面表层进行特殊处理，使其具备优异的抗滑性能和耐久性，以应对不同气候和交通负荷条件下的路面磨损和损坏问题。该技术结合了多种高性能材料，形成了包括底层、粘结层和表层在内的三层结构，在确保基础稳固的同时，使路面具备良好的抗滑和耐磨能力。底层通常采用优质水泥混凝土等耐久性材料，粘结层则采用环氧树脂等优质黏结剂，表层则选择具有良好抗滑性能的路面铺装材料，如沥青混凝土。精细抗滑复合封层技术的特点在于其工艺精湛、选材精细，能够有效提高路面的抗滑性能、延长使用寿命，降低养护成本，同时改善行车舒适性，为高速公路养护提供了一种先进而可靠的解决方案。

（二）抗滑复合封层的组成与结构

抗滑复合封层作为一种路面养护技术，由底层、粘结层和表层三部分组成，构成复合结构以提高路面性能。底层通常采用水泥混凝土等高强度材料，其厚度一般在

10-15毫米之间。粘结层所用的黏结剂，如环氧树脂，能够有效固定表层材料，增强整体稳定性。表层是封层的最上层，使用具有良好耐磨性和抗滑性的路面铺装材料，如沥青混凝土，其厚度一般在5-8毫米左右。这种层层叠加的结构设计，不仅确保了基础稳固，还赋予路面出色的抗滑和耐久性能。通过精心选材和施工工艺，抗滑复合封层能有效提高路面的摩擦系数，减少湿滑路面导致的事故风险，延长路面使用寿命，降低养护成本。在不同气候和交通条件下，这种结构稳定可靠的组合，为高速公路提供了可靠的保障和持久的效益。

（三）工作原理与优势特点

抗滑复合封层技术的工作原理在于其表层材料具有良好的抗滑性能，能够有效提高路面的摩擦系数，降低湿滑路面上的车辆打滑风险。通过精心选材和精细施工，这一技术能有效防止路面老化、裂缝的形成，延长路面使用寿命，降低养护频率和成本。此外，抗滑复合封层还能改善行车舒适性，降低路面噪音和振动，提供司乘人员更加安全稳定的行驶体验。其主要优势在于优良的抗滑性能，增强路面的安全性；延长路面使用寿命，降低养护成本；提高行车舒适性，改善行车体验。这种综合性能的技术优势使抗滑复合封层成为高速公路养护领域备受青睐的技术选项，对于提高路面性能、降低事故率、减少维护投入具有重要意义，未来在我国高速公路养护中的应用潜力巨大。

二、高速公路养护中应用精细抗滑复合封层的优势

（一）提升路面安全性能

精细抗滑复合封层通过在路面上形成一层具有高抗滑性的保护层，显著增强了车辆行驶时的抓地力，尤其

是在雨天或冰雪条件下，能有效减少因路面湿滑导致的交通事故风险。这种封层材料中通常包含耐磨、抗滑的骨料，如石英砂、玄武岩颗粒等，这些骨料在粘结剂的作用下牢固附着于路面上，形成粗糙表面，增加了轮胎与路面的摩擦系数，确保了车辆制动与转向的稳定性。此外，抗滑封层还能改善路面的视觉效果，通过使用反光材料，夜间或低光照条件下的可见性增强，进一步提升了驾驶安全性。

（二）延长道路使用寿命

精细抗滑复合封层不仅提高了路面的即时安全性，更从长远角度出发，通过防止水分渗透、紫外线辐射和化学腐蚀等外界因素对路面基材的侵蚀，有效延缓了道路老化进程。封层材料形成的保护屏障能够封闭路面上的微小裂缝，阻止水分子渗透至路基，避免了冬季冻融循环引起的路面膨胀开裂，从而减少了修补频率和大修需求。同时，良好的密封性还能够减少氧化作用对沥青混凝土内部结构的破坏，保持路面材料的弹性和强度，显著延长了道路的整体使用寿命。

（三）成本节约与维护效率提升

从经济角度考虑，精细抗滑复合封层的应用虽然初期投入相对较高，但其长期经济效益显著。相比传统的大规模修复或重建工程，抗滑封层的施工周期短、占用道路时间少，减少了交通中断带来的经济损失。同时，由于其有效预防了路面病害的进一步发展，降低了未来频繁维修的成本。据统计，适时采用抗滑封层养护的路段，其生命周期内的总维护成本可降低20%~30%。此外，高效的施工工艺与快速固化特性，使得施工团队能够在短时间内完成大面积作业，极大提升了养护效率，减少了人力与设备的投入，进一步优化了成本结构。

（四）材料可回收性与低碳施工

随着全球对环境保护意识的增强，精细抗滑复合封层的环保特性也日益受到重视。一方面，许多现代抗滑封层材料采用了可回收或生物降解成分，如再生橡胶粉、植物油基粘合剂等，这些绿色材料的应用减少了对原生资源的依赖，降低了废弃物处理压力。另一方面，施工过程中产生的废弃物量较传统方法显著减少，且多数材料可回收利用，符合循环经济的原则。此外，精细施工技术减少了能源消耗和碳排放，尤其是采用低温施工技术的封层材料，能够在不牺牲性能的前提下，大幅度降低施工过程中的碳足迹，符合可持续发展的要求。综上所述，精细抗滑复合封层不仅是一种高效的养护手段，更是推动高速公路养护行业向绿色、低碳转型的重要推手。

三、细抗滑复合封层施工技术要点与质量控制

（一）施工前准备与条件评估

施工前准备与条件评估是精细抗滑复合封层施工作业顺利进行的基石，涉及多方面细致考量与周密安排。首先需对施工路段进行全面的路况调查，包括路面破损情况、裂缝分布、平整度及现有封层状态的评估，这为后续施工设计提供基础数据。同时，依据气候条件，特别是温度与湿度的预测，选定适宜的施工窗口期，确保封层材料能充分固化，发挥最佳性能。此外，必须检查施工机械的功能状态，确保摊铺、压实等设备处于良好工作状态，以支持连续、高效的作业流程。

材料准备同样关键，需提前采购并检验抗滑骨料、粘结剂等原材料的质量，确保符合设计要求及规范标准。施工前还需进行小范围的试验段施工，验证材料配比、施工工艺的适用性，及时调整方案，避免大规模施工中出现不可预见的问题。与之同步，制定详尽的施工计划及应急预案，明确各阶段任务、责任分配及安全措施，确保人员培训到位，对可能遇到的突发状况有应对之策。

社会交通管理也是不可或缺的一环，需与相关部门协调，合理规划施工时段与交通导流方案，最大限度减少对公众出行的影响。通过这一系列综合准备与条件评估，为精细抗滑复合封层施工创造有利条件，保障工程高质量、高效率推进。

（二）关键施工步骤

精细抗滑复合封层的关键施工步骤是一系列紧密相连的操作，涵盖了清洁准备、材料配制、铺设施工及质量检验等核心环节。施工初始，彻底清理路面，去除尘土、油脂及松散颗粒，确保封层与基层的良好粘结。随后，按设计比例精确配制粘结剂与骨料，必要时加入适量的添加剂以优化性能，混合均匀后备用。

接着进入铺设阶段，采用专业设备均匀散布混合料于路面上，通过精心控制摊铺厚度与速度，保证覆盖均匀且厚度一致。紧随其后，使用专用的压路机或振动碾对铺设层进行压实，以增强封层的密实度和抗滑性。施工期间，需严格监控天气变化，避免雨淋或极端温度影响封层质量。

施工结束后，立即进行表面检查与性能测试，如摩擦系数测定、外观平整度评估等，确保达到预期的技术指标与安全标准。对于发现的任何缺陷，如局部不平或材料不足，需迅速采取补救措施，如补充铺设或局部打磨，直至整个路段均满足验收标准。这一系列有序而精准的操作，共同构成了精细抗滑复合封层成功实施的基

础，确保了养护工程的高效与耐久。

（三）质量监控措施与标准

在精细抗滑复合封层的施工过程中，建立严格的质量监控措施与遵循既定标准至关重要，以确保工程品质和长期性能。监控措施涵盖原材料检验、施工过程控制、成品检测及后期跟踪评估等多个层面。首先，所有进场材料，包括粘结剂、骨料等，需经过实验室严格检测，验证其物理、化学性能是否满足设计要求，确保材料源头的可靠性。

施工期间，现场应配备专业质检人员，对摊铺厚度、压实密度、施工温度等关键技术指标进行实时监测与记录，任何偏离标准的操作需立即纠正。同时，采用现代化检测工具，如激光平整度仪、摩擦系数测试车等，对已完成区域进行详细评估，确保施工质量均匀达标。

此外，重视环境因素对施工质量的影响，根据气象条件灵活调整施工计划，避免不利天气条件下的作业。完工后，执行严格的验收程序，包括外观检查、功能测试及长期性能预估，必要时实施质保期内的定期复检，以验证封层的持续有效性。

遵循国家及行业相关标准与规范，如《公路沥青路面施工技术规范》等，作为质量控制的根本依据，确保精细抗滑复合封层施工不仅满足当前使用需求，更能经受住时间的考验，实现高速公路养护工作的高效与长效。通过这一整套严密的质量监控体系，确保每一项施工活动都在高标准、严要求下进行，为公路安全与畅通提供坚实保障。

（四）常见问题及其解决方案

在精细抗滑复合封层的施工实践中，尽管有着严格的质量控制体系，但仍会遇到一些常见问题，这些问题的有效解决直接关系到工程的最终质量和使用寿命。其中包括施工环境的不适宜、材料配比不当、施工操作失误以及后期维护管理不当等几个主要方面。

（1）施工环境的不适宜，尤其是温度和湿度的极端条件，易导致封层材料固化不良或过快，影响施工质量和粘结效果。针对此，需严格遵守施工窗口指导原则，利用气温预测模型提前规划施工时间，并备有应急加热或冷却设备，确保作业环境条件始终控制在理想范围内。

（2）材料配比不当，尤其是粘结剂与骨料的比例失衡，将直接影响封层的物理性能和耐久性。解决方案在于加强实验室配比试验，依据实际路况和环境条件微调配方，并在施工前进行小规模试铺验证，确保材料配比科学合理。

（3）施工操作失误，比如摊铺不均匀、压实不足或过度，都可能导致封层厚度不一、表面不平或骨料脱落。对此，强化施工人员培训，确保每位工人掌握正确的施工技术和流程，同时利用先进施工设备辅助作业，如自动化摊铺机和智能压实监控系统，提高作业精度和一致性。

（4）后期维护管理不当，如未能及时清理路面积雪积水、忽视对封层的定期检查，可能会加速封层磨损和损坏。因此，建立完善的后期维护机制，定期进行路况巡查，及时修补轻微损伤，结合季节特点采取针对性的养护措施，如冬季防冻、夏季防高温，都是延长封层使用寿命的有效途径。

（5）对于封层施工中可能出现的裂缝、剥离等问题，应采取科学的修补策略，如采用柔性修补材料填充裂缝后再行封层处理，或对剥离区域彻底清理后重新施工，确保修补区域与原有封层的良好衔接，恢复整体性能。

总之，面对精细抗滑复合封层施工中可能遇到的各种挑战，通过精细化管理、科学决策和技术优化，可以有效应对并解决这些问题，确保高速公路养护工程达到预期目标，为公众提供更加安全、舒适、持久的行车环境。

结束语

总之，精细抗滑复合封层在高速公路养护中的应用，不仅展现了现代道路养护技术的先进性和实用性，更为提升高速公路的安全性和耐久性提供了有力保障。通过采用这种技术，我们能够有效地应对气候和交通荷载对路面造成的损害，从而延长了高速公路的使用寿命，提高了运营效率。

参考文献

- [1] 郭璟, 马然宙, 吕文文, 等. 高性能精表处在京港澳高速公路预防性养护中的应用研究[J]. 交通科技, 2023(3): 7-10.
- [2] 谢凤娇. 公路沥青路面表层修复中精表处的应用[J]. 交通世界, 2023(Z1): 134-136.
- [3] 林广宇. 精表处在某高速公路预防性养护中的应用研究[J]. 科学技术创新, 2022(35): 157-160.
- [4] 徐德根, 王小虎, 刘杰, 等. 冷拌冷铺型精表处预防性养护技术研究[J]. 四川水泥, 2022(11): 228-230.
- [5] 万长明, 徐志祥. 复式精表处在高速公路沥青路面预防性养护的应用[J]. 福建交通科技, 2022(9): 28-30.