

市政道路基层裂缝预防与修复技术的应用研究

张家祥 叶 波

浙江诚通建设集团有限公司 浙江 绍兴 312400

【摘要】：市政道路基层作为道路结构的核心承重层，其稳定性直接决定道路整体使用寿命与通行质量，裂缝是市政道路基层最常见的病害之一，易引发路面沉陷、龟裂等连锁问题，严重影响道路使用功能。本文分析市政道路基层裂缝的成因，系统探讨裂缝预防技术的设计要点与修复技术的应用逻辑，涵盖材料优化设计、结构设计完善、施工工艺改进、修复技术选型等核心内容，研究旨在通过技术设计与应用的协同，为市政道路基层裂缝的科学防控提供理论参考，助力提升道路工程建设质量与长效运营水平。

【关键词】：市政道路基层；裂缝预防；裂缝修复；技术应用；设计开发

DOI:10.12417/2705-0998.25.22.063

1 引言

市政道路是城市交通网络的重要组成部分，承担着人流、物流运输的核心功能，其建设质量与运营稳定性直接关系到城市运行效率与民生体验，道路基层作为介于路基与面层之间的关键结构层，主要承担面层传递的车辆荷载并均匀分散至路基，起到承重、扩散应力、排水防渗的重要作用。在长期使用过程中，受材料性能、设计合理性、施工质量、环境因素等多重影响，市政道路基层极易产生裂缝病害。

这些裂缝不仅会降低基层的承载能力与整体性，还会导致雨水下渗侵蚀路基，进而引发路面开裂、沉陷、剥落等更严重的病害，增加道路养护成本，影响通行安全与舒适度，道路基层的裂缝防控本质上是材料设计、结构设计、工艺设计与技术应用的系统性工程。因此，深入研究市政道路基层裂缝的成因，优化预防与修复技术的设计与应用方案，对于提升道路工程的设计科学性、施工质量与运营长效性具有重要的理论价值与实践意义。

2 市政道路基层裂缝的主要成因分析

市政道路基层裂缝的产生是多种因素共同作用的结果，其中材料自身性能缺陷是基础诱因，基层材料的选择与配比设计直接影响其强度、柔韧性、水稳定性与抗裂性能。若选用的骨料级配不合理、含泥量过高，或水泥、石灰等胶凝材料用量不当，会导致基层材料的收缩性过大，在凝结硬化过程中产生内应力，进而引发收缩裂缝。此外，材料的压实度不足会降低基层的密实度与整体性，使基层在荷载作用下易出现应力集中，形成受力裂缝；而材料的水稳定性较差时，在雨水浸泡或冻融循环作用下，会发生软化、崩解，导致强度下降并产生裂缝。

结构设计的合理性对基层裂缝的产生具有关键影响，在道路基层设计过程中，若未能充分考虑区域交通量、车辆荷载等级等实际使用需求，导致基层厚度设计不足、结构层组合不合理，会使基层承受的应力超过其承载极限，引发结构性裂缝。同时，基层与路基、面层之间的衔接设计不当，会导致界面受

力不均，在长期荷载作用下产生界面裂缝。

施工工艺的规范性直接关系到基层的施工质量，不规范的施工操作是诱发裂缝的重要外部因素，在基层摊铺过程中，若摊铺厚度不均匀、摊铺速度过快或过慢，会导致基层密实度不一致，形成薄弱区域，在后续使用中易产生裂缝。压实工艺控制不当同样会影响基层质量，压实机械选型不合理、压实遍数不足或过度压实，会分别导致基层密实度不够或材料颗粒破碎，降低基层的强度与抗裂性能。此外，基层施工后的养生环节至关重要，若养生时间不足、养生方式不当，会导致基层材料水分快速蒸发，产生干缩裂缝；而施工过程中若未严格控制施工温度，在高温或低温环境下施工，也会因材料收缩与膨胀不均引发裂缝。

3 市政道路基层裂缝预防技术的设计与应用

材料优化设计是预防基层裂缝的基础环节，核心在于通过科学的材料选型与配比设计，提升基层材料的抗裂性能、强度与稳定性。在材料选型方面，应优先选用级配良好、质地坚硬、含泥量低的骨料，确保骨料的物理力学性能满足设计要求；胶凝材料应选用强度等级适宜、安定性好的水泥或石灰，同时可根据需求掺加粉煤灰、矿渣粉等工业废渣，改善材料的工作性与抗裂性能。从设计开发视角来看，需通过试验优化材料配比，合理确定骨料级配、胶凝材料用量、水胶比等关键参数，在保证基层强度的前提下，最大限度降低材料的收缩性。

结构设计完善是提升基层抗裂能力的核心保障，需结合区域实际情况，进行针对性的结构设计优化。在基层厚度设计方面，应基于交通量预测、车辆荷载分析等数据，通过力学计算确定合理的基层厚度，确保基层能够有效承受并分散荷载，避免因厚度不足导致应力集中。在结构层组合设计中，应注重基层与路基、面层的协同适配，优化各结构层的刚度匹配，减少界面之间的应力突变，可在基层与面层之间设置透层、粘层，在基层与路基之间设置底基层或垫层，提升结构整体的稳定性与抗裂性能。

排水系统设计是结构设计的重要组成部分，需构建“防、排、截、疏”相结合的排水体系。通过设计合理的路拱横坡、基层排水盲沟、边沟等排水设施，确保雨水能够快速排出，避免雨水在基层内滞留，减少水损害与冻融破坏的风险。此外，还可在基层设计中引入弹性结构理念，通过选用具有一定柔韧性的材料或设置伸缩缝、沉降缝等构造措施，释放温度应力与变形应力，预防裂缝产生。

施工工艺改进是确保预防技术落地的关键，需通过规范化的施工工艺设计与过程控制，保障基层施工质量。在施工准备阶段，应制定详细的施工组织设计，明确施工流程、机械配置、人员分工等关键内容，同时对原材料进行严格检验，确保材料质量符合设计要求。在摊铺工艺设计方面，应选用性能适宜的摊铺机械，控制摊铺速度与摊铺厚度，确保基层表面平整、厚度均匀；摊铺过程中应避免材料离析，若出现离析现象需及时进行处理，保证基层材料的均匀性。

压实工艺设计需根据材料特性与施工条件，优化压实机械选型、压实顺序与压实遍数，确保基层达到设计压实度。例如，对于水泥稳定类基层，应在材料初凝前完成压实作业，避免因材料硬化导致压实效果不佳；压实过程中应遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的原则，确保基层密实度均匀。施工后的养生工艺设计同样重要，应根据材料类型与环境条件，选择覆盖保湿、洒水养生等适宜的养生方式，保证养生时间充足，防止基层因水分蒸发过快产生干缩裂缝。

构建长效养护体系是预防基层裂缝扩展的重要补充，需在道路运营过程中进行常态化的养护管理，制定针对性的养护方案，明确养护周期、养护内容与养护标准。在道路运营初期，应加强巡查监测，及时发现基层的早期病害迹象，如微小裂缝、沉陷等，并采取预防性养护措施，如密封裂缝、局部补强等，防止病害进一步发展。

4 市政道路基层裂缝修复技术的设计与应用

裂缝修复技术的应用需要遵循“因地制宜、对症下药”的原则，根据裂缝的类型、宽度、深度、发展趋势等实际情况，选择适宜的修复技术方案。灌浆修复技术是针对中等及以上宽度裂缝的常用修复技术，其核心设计思路是通过高压注浆设备，将具有良好粘结性、流动性与强度的灌浆材料注入裂缝内部，填充裂缝空隙，粘结裂缝两侧的基层材料，恢复基层的整体性与承载能力。

从设计开发视角来看，需重点优化灌浆材料的性能设计，根据裂缝特点选择水泥浆、水泥砂浆、环氧树脂浆等适宜的灌浆材料，确保材料具有良好的流动性，能够充分渗透到裂缝深处，同时具备较高的粘结强度与耐久性，保证修复效果的长效性。灌浆工艺设计应明确注浆压力、注浆量、注浆顺序等关键参数，通常采用从裂缝两端向中间注浆、低压慢注的方式，避

免产生二次裂缝；注浆完成后需进行养护，确保灌浆材料充分固化。

换填修复技术适用于裂缝严重、基层结构已发生破坏的情况，其设计逻辑是将受损区域的基层材料全部或部分挖除，更换为性能更优的新材料，重新铺筑并压实，恢复基层的承载能力。在换填范围设计方面，需根据裂缝的影响范围与基层破坏程度，合理确定挖除边界，通常挖除范围应超出裂缝边缘一定距离，确保彻底清除受损材料；换填深度应根据基层厚度与破坏深度确定，确保新铺材料能够与周边完好基层形成良好衔接。

换填材料的选择应与原基层材料性能相匹配或更优，可选用级配碎石、水泥稳定碎石等材料，同时需通过配比设计优化材料性能，提升其抗裂性与稳定性。换填施工工艺设计需严格遵循摊铺、压实、养生等施工规范，确保新铺基层的平整度、压实度等指标符合设计要求，与周边基层形成整体受力体系，避免出现新的裂缝。

加铺补强技术适用于基层裂缝较多但未完全破坏、承载能力下降的情况，通过在原有基层上增设补强层，提升基层的整体强度与刚度，抑制裂缝的进一步发展。补强层的设计是技术核心，需根据基层的承载能力评估结果，确定补强层的材料类型、厚度与结构形式。补强层材料可选用水泥稳定类材料、沥青稳定类材料或土工合成材料，如土工格栅、土工布等，其中土工合成材料具有抗拉强度高、柔韧性好的特点，能够有效分散应力，抑制裂缝反射。

裂缝密封技术主要适用于宽度较窄、深度较浅的表面裂缝，其设计目的是阻止雨水、杂物等进入裂缝内部，防止裂缝进一步扩展。密封材料的选择应注重其黏结性、弹性与耐候性，常用的密封材料有沥青密封膏、聚氨酯密封胶等，这些材料能够适应基层的变形，保持密封效果的持久性。密封工艺设计需包括裂缝清理、开槽、填缝、压实等环节，首先将裂缝内部的灰尘、杂物清理干净，对于较宽的裂缝可进行开槽处理，然后将密封材料填入裂缝并压实，确保密封材料与裂缝壁紧密贴合，无空隙。

5 市政道路基层裂缝防控技术的应用保障

技术应用的质量控制是确保裂缝防控效果的核心，需建立全流程质量管控体系，覆盖设计、施工、验收等各个环节。在设计阶段，应组织专业技术人员进行方案论证，确保设计方案的科学性、合理性与可行性，同时加强设计交底工作，让施工人员充分理解设计意图与技术要求。在施工阶段，应建立“三检制”（自检、互检、交接检），加强对原材料、施工工艺、施工质量的实时监测与控制，重点检测材料的性能指标、基层的压实度、平整度、厚度等关键参数，发现问题及时整改。

验收阶段应严格按照相关规范与设计要求进行质量检测，

对于不合格的工程坚决不予验收，确保道路基层的施工质量符合裂缝防控的技术要求。

技术选型的科学评估是提升裂缝防控针对性的重要保障，需建立技术选型评估机制，综合考虑多种因素选择适宜的防控技术。在技术选型过程中，应首先对裂缝的成因、类型、严重程度进行全面分析，明确防控需求；然后结合工程所在地的气候条件、地质水文情况、交通量等实际因素，评估不同防控技术的适用性与经济性；同时还应考虑技术的成熟度与可操作性，选择经过实践验证、施工简便、效果可靠的技术方案。

长效管理机制的构建是确保裂缝防控技术持续发挥作用的重要支撑，需从制度、人员、资金等多个方面建立保障体系。在制度建设方面，应制定完善的道路养护管理制度、质量责任制度、技术档案管理制度等，明确各相关方的职责与义务，规范裂缝防控工作的开展。在人员保障方面，应加强对施工人员、养护人员、技术人员的专业培训，提升其对裂缝防控技术的理解与应用能力。

在资金保障方面，应合理安排道路建设与养护资金，确保裂缝预防与修复工作有充足的资金支持，同时建立资金使用监管机制，提高资金使用效率。此外，还应加强技术创新与交流，关注行业内最新的裂缝防控技术与材料，积极引进、消化、吸

收先进技术，结合实际工程需求进行创新应用，不断提升裂缝防控的技术水平。

6 结论

市政道路基层裂缝的预防与修复是保障道路工程质量与长效运营的关键环节，其核心在于通过科学的设计开发与规范的技术应用，从源头减少裂缝产生，及时治理已出现的裂缝。裂缝的产生是材料、设计、施工、环境等多种因素共同作用的结果，这就要求裂缝防控工作必须坚持“预防为主、防治结合”的原则，构建涵盖材料优化、结构完善、工艺改进、养护管理的全流程预防体系，同时针对不同类型的裂缝，科学选择灌浆修复、换填修复、加铺补强等修复技术，确保修复效果。

裂缝防控技术的优化与应用，本质上是材料性能、结构形式、工艺流程的设计与优化过程，需要充分发挥专业优势，通过技术创新提升防控技术的科学性与针对性。未来，随着新材料、新技术、新工艺的不断发展，市政道路基层裂缝防控技术将朝着智能化、高效化、长效化的方向发展，建筑企业应持续关注技术发展趋势，加强技术研发与应用，不断完善裂缝防控体系，提升道路工程的建设质量与运营水平，为城市交通事业的可持续发展提供有力支撑。

参考文献：

- [1] 魏涛.城市道路沥青路面水稳基层裂缝检测方法探讨[J].智慧城市,2020,6(05):39-40.
- [2] 孟瑶,韩笑薇.城市道路沥青路面裂缝施工处理技术分析[J].四川建材,2021,47(10):141+143.
- [3] 李加彬.深入分析城市道路沥青路面裂缝产生的原因及防治措施[J].四川水泥,2021,(05):252-253.
- [4] 党金华.城市道路沥青混凝土路面裂缝及防治措施[J].江西建材,2012,(02):195-196.