

基于绿色施工的市政道路基层材料选择与设计

杨志文

天津固泽工程设计咨询有限公司 天津 300112

摘要：文章聚焦绿色施工的市政道路基层材料选择与设计。阐述了绿色施工理念与市政道路基层功能结构要求，分析传统材料绿色化改良及新型绿色材料性能，构建选材指标体系。提出基层材料配合比、结构绿色优化设计及施工工艺协同优化策略。研究表明，合理选材与设计可降低资源消耗与环境污染，提升道路性能，实现市政道路工程绿色可持续发展。

关键词：绿色施工；市政道路；基层材料；全生命周期评价

引言：市政道路建设是城市发展的关键，基层材料选择与设计关乎道路质量与生态效益。传统施工模式下，基层材料存在资源消耗大、环保性差等问题。绿色施工理念强调资源节约、环境友好，为市政道路基层材料选择与设计带来新方向。在此背景下，研究绿色施工导向下的基层材料选择与设计，对提升道路性能、减少环境影响、推动行业可持续发展具有重要意义。

1 绿色施工与市政道路基层材料基础理论

1.1 绿色施工理念内涵

绿色施工理念是新时代工程建设领域践行生态文明建设的核心导向，以“资源节约、环境友好、低碳高效”为核心要义，贯穿市政道路工程全生命周期。其内涵不仅局限于施工过程中的污染控制，更强调源头减量、过程管控与循环利用的协同统一，追求工程质量、经济效益与生态效益的平衡。具体而言，绿色施工要求在施工前做好生态调研与规划，规避生态敏感区域；施工中严控扬尘、噪声、废水及固体废弃物排放，优先采用节能环保技术与设备；施工后做好场地复绿与资源回收利用，减少工程对周边生态环境的扰动^[1]。相较于传统施工模式，绿色施工更注重全流程的生态管控，通过科学管理与技术创新，最大限度降低市政道路工程建设对生态环境的负面影响，契合可持续发展理念。

1.2 市政道路基层功能与结构要求

市政道路基层作为道路结构的核心承重层，承担着传递和扩散面层荷载、支撑面层结构的重要功能，其性能直接决定道路的承载能力、稳定性与使用寿命。从功能需求来看，基层需具备足够的抗压强度、抗剪强度与刚度，能抵御车辆荷载反复作用而不发生变形、开裂；同时需具备良好的水稳定性与抗冻性，适应不同气候条件下的使用需求，避免因水分渗透、冻融循环导致结构破坏。从结构要求来看，市政道路基层通常采用分层设

计，分为底基层与基层，各层厚度与材质需根据道路等级、交通量、地质条件等因素合理确定。基层结构需满足整体性要求，各层间结合紧密，避免出现层间剥离现象；且需具备合理的孔隙率，兼顾排水性能与承载性能。基层还需与面层、路基形成协同受力体系，确保道路结构整体稳定，为车辆行驶提供安全、舒适的通行条件。

2 绿色施工导向下市政道路基层候选材料性能分析

2.1 传统基层材料绿色化改良与性能

水泥稳定碎石、石灰土等传统市政道路基层材料，因性能稳定、来源广泛曾被广泛应用，但存在资源消耗大、碳排放高、环保性不足等问题，需通过绿色化改良提升其适配性。针对水泥稳定碎石，改良方向主要为减少水泥用量，掺入粉煤灰、矿渣粉等工业固废作为掺合料，既能降低水泥消耗与碳排放，又能利用工业固废的活性提升材料的水稳定性与耐久性，经改良后的材料抗压强度可达3-5MPa，满足中轻交通道路基层需求。对于石灰土材料，通过掺入石膏、粉煤灰等改性剂，可降低石灰用量，减少碱性物质对环境的影响，同时提升材料的抗裂性与强度，避免传统石灰土易干缩开裂的缺陷。另外，还可通过优化级配设计，提高材料密实度，减少孔隙率，提升抗渗性能与承载稳定性。改良后的传统基层材料，在保留原有工程性能优势的基础上，大幅提升了绿色环保属性，降低了资源消耗与环境影响，适配绿色施工需求。

2.2 新型绿色基层材料研发与性能

依托绿色施工理念，新型绿色基层材料研发聚焦于环保性、可再生性与高性能的融合，涌现出一系列具有广阔应用前景的材料类型。再生骨料稳定材料以建筑垃圾再生骨料为主要原料，经筛分、级配优化后掺入少量胶凝材料制成，不仅实现了建筑垃圾资源化利用，减少了填埋污染，其抗压强度、抗剪强度等核心性能可达到

传统材料标准,适用于次干路及以下等级道路基层^[2]。生物酶改性土材料通过掺入环保生物酶,改善土壤颗粒结构,提升土壤的胶结能力与稳定性,无需大量水泥、石灰等胶凝材料,碳排放极低,且施工后土壤可自然恢复生态属性,适用于软土地区基层处理。泡沫沥青稳定材料、乳化沥青冷再生材料等新型材料,采用冷拌施工工艺,大幅降低施工能耗与扬尘污染,同时具备良好的柔韧性与抗裂性,能适应不同地质条件的变形需求。这些新型材料在绿色属性与工程性能上实现突破,为市政道路绿色施工提供了多元选择。

2.3 不同候选材料绿色性能对比

从绿色性能维度对传统改良材料与新型绿色材料进行对比,可明确各类材料的适配场景与优劣差异。在资源循环利用方面,再生骨料稳定材料、工业固废改良水泥稳定材料利用率最高,能实现废弃物资源化,减少天然资源消耗;生物酶改性土材料次之,无需依赖传统胶凝材料,新型泡沫沥青材料则需消耗一定沥青资源。在环保排放方面,生物酶改性土、泡沫沥青冷再生材料碳排放最低,施工过程无有害气体与大量扬尘产生;传统改良材料虽降低了污染物排放,但仍存在一定水泥、石灰消耗带来的碳排放。在工程性能适配性方面,传统改良水泥稳定碎石材料抗压强度最优,适用于重载交通道路;泡沫沥青稳定材料抗裂性与柔韧性最佳,适配变形较大的路段;生物酶改性土材料则在软土地区适配性更强,但承重能力有限。在全生命周期成本方面,再生骨料材料成本最低,生物酶改性土材料因技术壁垒成本较高,传统改良材料成本居中。综合来看,各类材料需根据道路等级、交通需求、生态条件等按需选择。

3 基于绿色施工的市政道路基层材料选择指标体系构建

3.1 选材指标构建原则

基于绿色施工的市政道路基层材料选材指标体系构建,需遵循系统性、科学性、实用性、动态性四大核心原则,确保指标体系全面、合理且具备可操作性。系统性原则要求指标体系涵盖绿色属性、工程性能、经济成本、全生命周期影响等多个维度,避免单一维度评价导致的片面性,实现对材料综合性能的全面考量。科学性原则强调指标选取需基于绿色施工理论与市政道路工程规范,指标定义清晰、计算方法标准,能客观反映材料的绿色水平与工程适配性,避免主观臆断。实用性原则要求所选指标数据易获取、可量化,适配工程实际调研与检测条件,便于施工单位与设计单位实际应用,避免指标过于抽象难以落地。动态性原则指指标体系需根据

行业技术发展、政策导向与工程需求变化适时调整,如新型材料研发应用后,及时补充对应的评价指标,确保体系始终贴合绿色施工的最新要求。同时,还需兼顾协调性原则,确保各指标间相互关联、逻辑一致,形成完整的评价体系^[3]。

3.2 选材指标体系构成

基于上述构建原则,选材指标体系分为四大一级指标,各一级指标下细分若干二级指标,形成多层次、全方位的评价框架。绿色属性指标作为核心一级指标,涵盖资源循环利用率、碳排放强度、污染物排放量、生态兼容性四个二级指标,分别衡量材料对资源的利用效率、环境排放影响及与生态环境的适配度。工程性能指标作为基础一级指标,包括抗压强度、抗剪强度、水稳定性、抗冻性、抗裂性五个二级指标,保障材料满足基层核心功能需求。经济成本指标涵盖材料采购成本、运输成本、施工成本、维护成本四个二级指标,综合考量材料全生命周期的经济投入。全生命周期影响指标作为补充一级指标,包括材料生产阶段环境影响、施工阶段能耗、使用阶段耐久性、废弃阶段回收利用率四个二级指标,实现对材料从生产到废弃全流程的绿色评价。各指标相互补充,既突出绿色施工的核心要求,又兼顾工程实用性与经济性,为材料选择提供全面依据。

3.3 指标权重确定与选材评价方法

指标权重确定是选材指标体系落地的关键,需结合绿色施工优先级与工程实际需求,采用层次分析法与专家打分法相结合的方式,确保权重分配科学合理。首先通过层次分析法构建指标递阶结构,明确各一级、二级指标间的从属关系,建立判断矩阵;再邀请市政道路工程、绿色施工领域的专家,结合工程经验对各指标重要性进行打分,通过一致性检验修正判断矩阵,最终计算得出各指标权重。其中,绿色属性指标权重占比最高,约40%,凸显绿色施工核心导向;工程性能指标权重次之,约30%,保障基层功能实现;经济成本与全生命周期影响指标各占15%,兼顾经济与长期生态效益。选材评价方法采用加权求和法,通过检测与调研获取各指标实际数值,标准化处理后结合权重计算综合得分,根据得分高低排序筛选最优材料。

4 基于绿色施工的市政道路基层设计优化策略

4.1 基层材料配合比绿色优化设计

基层材料配合比绿色优化设计以“减耗、环保、增效”为核心,在满足工程性能的前提下,通过调整材料组分比例,最大化提升材料绿色属性。对于胶凝材料,优先减少水泥、石灰等高碳排放材料用量,合理掺入

粉煤灰、矿渣粉、硅灰等工业固废掺合料,配合比优化后胶凝材料用量可降低10%-20%,同时利用固废活性提升材料耐久性。对于骨料,优化级配设计,采用连续级配提升材料密实度,减少胶凝材料用量;在满足强度要求的前提下,提高再生骨料掺量,再生骨料占比可根据道路等级调整为30%-70%,实现废弃物资源化。对于改性剂,优先选用环保型改性剂,如生物酶、环保型乳化剂等,替代传统化学改性剂,减少有害物排放。配合比优化过程中,需通过大量试验确定最优比例,兼顾绿色属性与工程性能,如再生骨料配合比需平衡强度与收缩性,工业固废掺合料需控制掺量避免强度不足。同时,结合施工工艺需求优化配合比,提升材料可施工性,降低施工能耗。

4.2 基层结构绿色设计

基层结构绿色设计围绕“轻量化、生态化、协同化”展开,结合材料特性与绿色施工要求,优化结构层次、厚度与组合形式,实现结构性能与绿色效益的统一。在结构层次设计上,采用“薄基层、厚底基层”的轻量化结构,底基层选用再生骨料、工业固废改良材料等绿色材料,基层选用高性能绿色材料,既减少高能耗材料用量,又保障结构承重能力。在厚度优化上,基于道路等级、交通量与材料性能,通过力学计算精确定各层厚度,避免过度设计导致的资源浪费,一般情况下基层厚度可优化减少5-10cm,降低材料消耗与施工能耗。在结构组合设计上,采用“绿色材料+功能性材料”的协同组合模式,如底基层采用排水性能优良的再生骨料材料,基层采用抗裂性强的泡沫沥青材料,形成兼具承重、排水、抗裂功能的复合结构。还可融入生态设计理念,在基层边缘设置生态缓冲层,采用可降解材料,减少结构对周边生态环境的扰动,提升道路生态适配性。

4.3 施工工艺与基层设计协同优化

施工工艺与基层设计的协同优化,是达成市政道路绿色施工目标的关键所在,其核心在于构建“设计-施工”的良性循环,让设计方案与绿色施工工艺完美适配,并借助工艺优化不断反哺设计。在设计阶段,需充分考虑绿色施工工艺的独特特性,对基层设计进行针对

性优化。以冷拌冷铺工艺为例,设计人员要精心选用泡沫沥青、乳化沥青等与之适配的材料,并科学优化配合比与结构厚度。如此一来,能有效避免设计方案与施工工艺之间出现冲突,为后续施工的顺利开展奠定坚实基础。施工工艺优化方面,要依据不同的基层设计方案,精准选用对应的节能环保工艺^[4]。对于再生骨料基层,采用就地再生施工工艺,可大幅减少材料运输过程中的能耗,同时降低扬尘污染,保护周边环境;对于生物酶改性土基层,运用机械化精准喷洒工艺,不仅能提升施工效率,还能有效减少改性剂的浪费,实现资源的合理利用。在施工过程中,还需通过严格管控来优化设计参数。实时监测基层压实度、含水量等关键指标,依据监测结果动态调整配合比与施工参数,确保设计性能得以充分落地。协同优化施工时序与场地布局也至关重要。合理安排施工顺序,避免交叉施工带来的干扰;科学规划场地布局,减少施工机械的闲置时间,降低能耗。通过这些举措,实现基层设计与绿色施工工艺的深度融合,全方位、最大化地提升工程的绿色效益,推动市政道路建设朝着更加环保、高效的方向发展。

结束语

绿色施工理念下,市政道路基层材料选择与设计需兼顾工程性能与生态效益。通过构建科学的选材指标体系,可精准筛选适配材料;借助配合比、结构绿色优化设计及施工工艺协同优化,能提升道路质量,降低资源消耗与环境污染。未来,应持续研发新型绿色材料,完善评价体系,推动市政道路工程向更绿色、可持续方向发展,为城市生态建设贡献力量。

参考文献

- [1]李明.市政道路基层处理材料选择及其性能评估研究[J].建筑科学与工程学报,2022,39(5):123-128.
- [2]张伟.王刚.市政道路基层施工质量控制要点分析[J].公路交通科技(应用技术版),2021,17(10):25-28.
- [3]刘娟.陈晓红.新型环保材料在市政道路基层处理中的应用[J].建筑技术,2023,54(2):189-192.
- [4]李勇.王林.市政道路基层材料选择对路面耐久性的影响分析[J].道路交通技术,2023,40(3):45-50.