

乡村道路改造工程路面结构优化与低成本施工技术研究

田明武

甘肃省定西市陇西县巩昌镇人民政府 甘肃 定西 748100

【摘要】：乡村道路作为乡村振兴的重要基础设施，当前部分路段存在路面破损、承载能力不足、施工成本偏高、耐久性较差等问题，难以满足农村物流运输与居民出行需求。基于乡村地区经济实力有限、地质条件复杂、交通荷载多样的实际情况，聚焦路面结构优化与低成本施工技术的融合应用，通过分析不同路面结构的适用性，优化基层、面层材料配比与结构设计，结合就地取材、工艺简化等低成本技术路径，实现路面性能提升与施工成本管控的双重目标。研究可有效解决乡村道路改造中“提质与节本”的核心矛盾，延长路面使用寿命，降低后期养护成本，为乡村道路改造工程提供技术支撑，助力乡村基础设施提质升级。

【关键词】：乡村道路改造；路面结构优化；低成本施工；路面耐久性；就地取材

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.093

引言

乡村道路是连接城乡、服务农业农村发展的“毛细血管”，其质量直接关系到农民出行安全、农产品流通效率与乡村振兴战略推进的成效。当前我国乡村道路已实现广泛覆盖，但早期建设的部分道路因设计标准偏低、施工工艺简陋、养护不到位，出现路面破损、裂缝、沉陷等问题，亟须进一步改造升级。然而乡村地区财政投入有限，传统高成本改造模式难以广泛推广，如何在节约成本的同时提升改造质量，成为乡村道路改造面临的关键难题。基于此，聚焦路面结构优化与低成本施工技术开展研究，破解提质与节本的矛盾，为乡村道路改造工程提供切实可行的技术方案，衔接后续具体技术研究与实践应用。

1 乡村道路改造工程现存核心问题

1.1 路面结构性能衰减严重，通行保障能力不足

乡村道路在早期建设阶段多采用低等级路面构造，面层普遍选用沥青表处或薄层水泥混凝土铺设，基层则以素土夯实或低强度石灰土为主，整体承载水平有限，难以匹配现阶段乡村物流发展催生的重载车辆通行负荷，进而造成路面构造性能加速衰退。路面常见病害涵盖面层开裂、坑槽、车辙以及基层冲刷、脱空等现象，部分路段更出现断板、沉陷等结构性损毁，既降低通行的舒适程度，也潜藏交通安全风险；乡村道路排水设施残缺不全，路面横坡规划缺乏合理性，雨水长期下渗会造成基层软化、强度下滑，这一问题进一步加重路面构造破坏程度，缩减道路使用年限，提高改造养护投入^[1]。

1.2 施工技术适配性差，改造成本管控难度大

乡村道路当前改造工作中，多数沿用城市道路施工技术规范，未能充分兼顾乡村地域资源特色与经济发展实际，致使技术适配度不足，施工成本居高不下。传统改造工艺需依赖外购高强度建筑材料，这一做法大幅加重资金负担；加之复杂施工流程对专业设备与技术人员的需求，乡村地区此类资源匮乏，不仅拖慢施工进度，更抬升施工投入。部分改造工程未开展精准的路况排查与地质勘测工作，盲目套用统一改造模式，使得

路面结构设计与实际使用需求脱节，出现“过度改造”或“改造不彻底”的现象，有限的改造资金因此遭到进一步浪费。

1.3 资金投入不足，管护机制不完善

乡村道路改造资金主要依托地方财政拨款，受乡村经济发展水平制约，财政资金供给能力有限，难以支撑大规模改造工程的资金消耗，不少改造工程因此被迫压缩建设规模、调低技术标准，进而影响改造成效。乡村道路完成改造后，缺乏健全的长效管护体系，管护资金投入短缺、管护队伍专业素养不足，日常养护工作仅局限于简单清扫，难以对路面出现的轻微病害及时处理，导致病害快速蔓延，缩减道路改造后的使用周期，形成“改造一破损一再改造”的恶性循环，这一现象进一步加重乡村道路改造的资金负担与工作阻力。

2 乡村道路路面结构优化设计与低成本施工技术构建

2.1 路面结构优化设计，兼顾承载力与经济性

乡村道路路面结构的分层优化设计，需结合区域交通荷载特征与地域地质状况展开，摒弃传统城市道路高等级结构范式，立足乡村交通以轻中等荷载为主、通行量不均衡、地质条件复杂多样的现实情况，构建适配乡村发展需求的经济型优化体系，实现路面承载能力与建设经济性的有机融合^[2]。面层优化聚焦耐久性与经济性双重核心，结合乡村道路重载车辆占比偏低、日常通行以小型车辆及农用车辆为主的特点，优先采用改性沥青或高性能水泥混凝土材料，借助科学调整材料配合比的方式，减少高成本外加剂与进口改性剂的投入量，在切实增强面层抗裂、抗磨及抗水损害性能的基础上，有效压缩材料采购开支，避免因材料规格过高引发的资金浪费问题。基层优化侧重承载力提升与就地取材的有机结合，充分挖掘乡村本地资源潜力，优先选用砂石、土料、粉煤灰等易获取集料，通过掺加固化剂、石灰等改良手段，优化集料级配参数，提升基层强度、稳定性及水稳性，替代外购高强度基层材料的传统模式，简化路面结构层次，既降低材料运输与采购环节的成本投入，

又能切实保障路面整体承载效能，契合乡村交通荷载的实际需求。结合乡村地形特征合理规划路面横坡，同步配套修建边沟、排水沟等排水设施，完善排水系统整体布局，快速排出路面滞留雨水，减少雨水下渗对基层的侵蚀破坏，延缓路面开裂、沉降等病害的发展进程，延长路面使用周期，从长期运维视角压缩改造与养护成本，真正实现路面结构性能提升与施工成本管控的双向平衡，适配乡村地区经济实力有限的实际现状。

2.2 低成本施工技术研发，适配乡村施工条件

结合乡村施工资源短缺、技术水平不高、专业人员紧缺的实际情形，兼顾乡村地域分散、地形复杂、资金投入有限的现状，研发适配性突出、操作简便、性价比优良的低成本施工技术，核心围绕就地取材、工艺简化、设备适配三大方向协同发力，确保技术既符合工程质量规范，又具备较强的实用性与经济性，契合乡村施工的现实诉求^[3]。就地取材技术着重挖掘乡村本地自然资源潜力，对乡村广泛分布、符合工程标准的土料、砂石、粉煤灰及废弃建筑材料等实施科学改良，通过掺加适量固化剂、石灰等助剂优化材料性能，使其完全满足路面基层与底基层的施工技术标准，大幅减少外购建材的采购规模及长途运输环节，既有效压缩材料采购与运输成本，又能实现本地资源的高效循环利用，减少资源损耗与环境污染，契合绿色施工理念。工艺简化技术摒弃传统城市道路复杂烦琐的施工流程，结合乡村施工队伍的技术素养，优化整合施工工序，删减不必要的操作环节，简化后的施工工艺无需复杂技术培训即可熟练操作，适配乡村非专业施工队伍的操作能力，有效降低施工技术门槛，减少专业技术人员的投入开支，同时大幅缩短施工周期，降低施工人工与机械使用成本，提升施工效能。设备适配技术立足乡村道路狭窄、地形复杂的施工约束，优先选用小型化、通用性强、操作简便的施工设备，替代传统大型专用施工设备，此类设备租赁成本低廉、维护便捷，无需专业操作人员即可正常运转，既能适配乡村复杂的施工环境，又能有效提升施工效率，进一步压缩施工投入，真正实现施工技术与乡村实际条件的深度融合，为乡村道路改造工程的顺利推进提供坚实支撑。

2.3 结构与技术协同融合，保障工程质量与经济性

推动路面结构优化与低成本施工技术的协同衔接，破除设计与施工相互脱节的壁垒，规避二者不协调引发的成本损耗或质量不达标问题^[4]。路面结构优化过程中，充分考量低成本施工技术的落地可行性，结合乡村施工实际情形，确保优化后的结构设计能够适配就地取材、工艺简化等技术路径，避免设计方案过于烦琐、脱离乡村施工实际，进而造成施工成本大幅攀升。低成本施工技术应用阶段，严格遵循结构优化设计标准，规范施工流程，强化施工质量管控，重点把控材料配比、压实度、平整度等关键施工环节，确保施工质量契合设计要求，保障路面结构的承载效能与耐久性能^[5]。建立结构优化与施工技

术协同管控体系，依据施工过程中的实际路况、地质条件及施工难度，对结构设计或施工工艺进行合理微调，实现工程质量、施工成本与施工效率的有机融合，最终构建兼具经济性与实用性的乡村道路改造技术体系，为乡村道路改造工作提供可行支撑。见下图：



图1 乡村道路路面结构优化设计与低成本施工技术结构图

3 路面结构优化与低成本施工技术的应用成效验证

为系统验证上述路面结构优化与低成本施工技术在乡村道路改造中的实际工程效益，本研究通过多地区工程应用跟踪，从施工成本控制、旧料资源化利用水平、施工效率提升及路面使用性能改善等方面开展综合评估，形成可量化、可推广的应用成效数据。

3.1 施工成本管控成效显著

依托地域资源优势推行就地取材与材料再生工艺，可有效压缩改造成本。枝江市玛瑙河流域乡村绿道改造工程全长约11.5公里，采用多锤头破碎机碎石化施工工艺，预计循环利用旧路材料超15000吨，节省投资成本逾200万元。金寨县汤家汇镇在33.4公里入户道路建设中，探索形成“盘活本地资源、群众参与共建”的实施模式，利用废弃洞渣加工碎石、就地取用河砂，整体建设成本较常规模式缩减约50%。宁夏彭阳县率先出台黄土固化技术地方标准，就地采用黄土替代砂石筑路，经实际测算，每公里可节省成本15万元至20万元，施工周期缩短20%。武汉理工大学研发的一体化地质聚合物混凝土，已在农村道路项目中成功开展试点应用，其28天抗压强度超45兆帕，碳排放较传统水泥缩减70%至80%。针对沥青路面冷再生工艺，陕西渭南等地区农村公路项目旧料使用率达80%~100%，每平方米工程造价下降幅度达20%以上。海宁利新路在“四好农村路”新改建过程中，采用固废材料替代传统筑路材料，可降低造价约30%。上述多源实践数据充分说明，就地取材与材料再生工艺的协同运用，能够在保障工程质量的基础上实现20%~60%的成本下降，切实化解乡村财力有限与改造需求迫切之间的核心矛盾。

3.2 旧料资源化利用水平大幅提升

推动成本管控与效率提升的同时,低成本施工工艺实现旧路面材料的高值化循环利用。武隆区长坝镇至白云乡段 8.043 公里道路修复工程采用就地冷再生工艺,旧料回收利用率突破 95%,综合成本节省 60%。休宁县 X514 东岭路应用全深式水泥面板再生工艺,旧水泥面板实现就地回收再利用,仅耗时 2 小时便完成水稳基层改造再生,施工周期缩减约 50%。宁波市 X427 牛大线养护工程引入微裂均质化再生处治工艺,原有基层材料实现 100%再生利用,施工效能提升 30%以上,承载能力提高 40%,路面使用周期预计可延长 5 年以上。混凝土再生集料水泥稳定基层工艺已形成完善的行业技术规范,经室内试验与实体工程检验证实,农村公路基层材料现场再生利用与新铺基层具备同等优良工程性能,包括高强度、良好水稳性等,可切实缓解砂石材料紧缺困境。试验数据表明,水泥稳定碎石基层优化配合比后,基层 7 天回弹模量可达 180 兆帕,弯沉值控制在 0.35 毫米范围内。上述工程实践充分印证,旧料再生利用工艺既能大幅减少材料消耗与建养投入,又能同步改善路面承载性能、延长使用周期,实现经济效益与工程效能的双重提升。

3.3 工程推广适宜性强,技术红利持续释放

低成本施工技术在乡村地区展现出良好的推广适应性。甘

肃成县谭西公路养护就地取材节约成本 27.5 万余元,路面承载力较之前显著提升,施工效率同步提高。在资金整合机制方面,红寺堡区柳泉乡村庄道路改造工程 2025 年下达项目资金 586.28 万元,通过中央专项资金与地方配套协同发力;巴东县推行“村级奖补+村民自筹”模式,撬动群众投工投劳及资金近 100 万元,惠及 200 余户农户。截至 2025 年底,镇雄县农村村组道路硬化工程已启动建设 337.56 公里,多项低成本技术在不同地质条件与交通需求场景中通过了工程验证。以上成果表明,路面结构优化与低成本施工技术已构成一套技术可靠、经济可行、易于推广的乡村道路改造技术体系,为乡村振兴战略提供了坚实的基础设施技术支撑。

4 结语

本文围绕乡村道路改造工程路面结构优化与低成本施工技术展开研究,针对乡村道路改造中路面破损、荷载不足及施工成本偏高、资金短缺等核心问题,构建了适配乡村地域特点的路面结构优化方案与低成本施工技术体系。通过结构优化、就地取材及工艺简化等路径,有效实现了道路改造提质与降耗的双重目标,验证了技术方案的可行性与实用性。研究成果为乡村道路改造工程提供了经济可行的技术支撑,可有效推动乡村交通基础设施升级。未来可结合不同地域的资源条件进一步优化技术细节,扩大技术推广范围,为乡村振兴战略落地提供更有力的交通保障。

参考文献:

- [1] 陈贵,谢华慧.乡村振兴背景下农村道路路面结构方案分析[J].四川水泥,2025,(05):180-182+194.
- [2] 李曙,潘嵩崧.乡村道路典型路面结构及施工控制要点[J].城市道桥与防洪,2022,(01):141-144+20.
- [3] 陈生阳.农村公路建设标准技术掌控与旧道路改造问题分析[J].大众标准化,2023,(13):58-59+62.
- [4] 冯喆.农村公路道路设施安全与旧道路改造问题[J].农业开发与装备,2020,(12):66-67.
- [5] 鲍灵燕.缙云县农村道路提升改造工程的社会效益评估与可持续发展策略[J].运输经理世界,2023,(35):57-59.