

道路工程中的路基处理技术研究

刘雅溪

濮阳市公路事业发展中心 河南 濮阳 457000

摘要：本文围绕道路工程路基处理技术展开研究。阐述路基功能与结构特点，分析处理技术的核心目标。介绍常见路基处理技术类型及应用场景，探讨影响技术效果的关键因素，包括地质水文、材料设备及施工工艺与环境干扰。提出提升技术应用效果的优化策略，涵盖技术适配组合、施工过程质量管控强化及技术创新应用拓展，为道路工程路基处理提供理论参考。

关键词：道路工程；路基处理技术；地质条件；施工工艺；优化策略

引言：道路工程中，路基作为基础性结构，其质量直接影响道路通行质量与使用寿命。路基需承载路面荷载并均匀分散至下部地基，同时维持道路线形平顺与整体稳定。不同地形下路基施工面临不同挑战，需采取针对性处理措施。路基处理技术多样，选择与应用需考虑多方面因素。深入研究路基处理技术，对提高道路工程质量和性能具有重要意义。

1 道路工程路基处理的基础认知

1.1 路基的功能与结构特点

路基是道路工程的基础性结构，肩负着承载路面传递的车辆荷载并将其均匀分散至下部地基的重任，同时维持道路线形的平顺与整体稳定性。车辆行驶产生的垂直压力与水平推力通过路面逐层传递至路基，路基的承载能力直接决定道路的通行质量与使用寿命^[1]。其结构由表层、中层、底层共同构成。表层直接与路面结构衔接，需具备高强度与抗变形能力，以承受路面传递的集中荷载；中层起过渡承载作用，通过自身结构将表层荷载逐步分散，减少对底层的压力冲击；底层需与原地基紧密结合，借助地基的支撑力增强路基整体稳定性，防止出现分层沉降。路基施工需充分适应不同地形条件。山区路段地形起伏大，路基需处理边坡稳定性，避免因开挖或填筑引发滑坡、坍塌；平原路段地势平缓但地基可能存在软弱层，需重点应对地基沉降问题，防止路基整体下沉；滨海路段受海洋环境影响，路基需抵御盐渍侵蚀与潮汐作用，避免土体结构因盐胀或渗透发生破坏。不同地形下的路基施工需结合具体环境特点，采取针对性处理措施。

1.2 路基处理技术的核心目标

确保路基强度达标是首要目标，通过处理使路基土体密实度提升，在长期车辆荷载与自然因素作用下不产生过量变形，保证路面结构不出现断裂、凹陷等病害。

强度不足会导致路基在荷载反复作用下逐渐累积塑性变形，最终影响道路正常使用。控制沉降量在允许范围同样关键，需通过处理减少路基工后沉降与不均匀沉降，避免路面因沉降差异出现开裂、起伏或错台。沉降量超出限度会破坏路面连续性，增加车辆行驶阻力与颠簸感，甚至引发安全隐患。提升水稳定性是保障路基长期性能的重要环节，需通过处理增强路基土体的抗渗能力，防止雨水、地下水渗透导致土体软化、强度降低。水稳定性不足会使路基在潮湿环境下出现泥泞、翻浆等现象，加速结构劣化。增强整体协调性要求路基处理与周边地形、排水系统形成有机整体，路基边坡坡度需与地形走势适配，排水设施需与路基结构衔接顺畅，及时排出地表水与地下水，减少环境因素对路基的侵蚀与扰动，确保路基在复杂环境中保持稳定。

2 常见路基处理技术类型及应用场景

2.1 土质改良技术

物理改良通过调整土壤物理性质提升性能，掺入砂石可优化土壤级配，填充颗粒间空隙以提高密实度，使土体在荷载作用下更难发生变形。晾晒则通过自然蒸发降低土壤含水量，使土颗粒间摩擦力增强，便于后续压实作业达到更佳效果^[2]。这类方法操作简便，无需复杂设备，适合处理因含水量过高或级配不良导致的轻度地基问题。化学改良借助固化剂与土壤的化学反应改变土体结构，将水泥、石灰等材料按比例掺入黏性土，通过水化反应形成稳定结晶，胶结土颗粒形成整体结构，显著提升地基承载力。该技术能有效降低黏性土的塑性指数，减少遇水膨胀、失水收缩的特性，适用于表层黏性土较厚且对承载力要求较高的路段。由于改良效果受土壤性质与固化剂配比影响较大，多用于土壤成分单一、改良后性能可稳定达标的区域。

2.2 置换与换填技术

浅层换填聚焦于处理地表至浅层的软弱土层,先将一定深度内的淤泥、泥炭等软弱土挖除,分层填筑碎石、灰土或砂石混合料,通过机械碾压确保每层材料密实度达标,形成强度较高的新承载层。这种技术能快速改善地基表层性能,成本相对较低,适用于软土层厚度较薄且分布均匀的路段,如平原地区的局部洼地或沼泽边缘。深层置换需借助专用机械将碎石、砂桩等优质材料植入地基深处,形成竖向增强体,结合注浆技术向周围土体注入浆液,使置换材料与周边土壤胶结形成复合地基。通过增强体与地基土的协同作用,可大幅提升深层地基的承载能力,有效控制深厚软土地基的后期沉降。这类技术施工周期较长,适用于软土层厚度大、单纯浅层处理难以满足要求的路段,如滨海新区或河流冲积平原的道路工程。

2.3 加固与补强技术

加筋技术通过在路基土层中铺设土工格栅、土工布等合成材料发挥作用,材料的高强度抗拉性能可约束土壤侧向位移,分散局部集中荷载,增强路基整体稳定性。将加筋材料分层埋入路基填筑层,能有效减少不均匀沉降,尤其适用于边坡防护,通过与土体的摩擦作用阻止边坡滑动,也常用于软基处理中提升路基的抗变形能力。注浆加固利用压力将水泥浆、化学浆液等注入地基孔隙,浆液在流动过程中填充土壤缝隙,凝固后与土颗粒或岩石形成坚硬整体,提升地基密实度与强度。对于裂隙发育的岩质地基,浆液可渗透至裂隙深处形成锚固作用;在松散砂土地基中,浆液能胶结砂粒形成稳定结构,减少砂土液化风险。该技术对设备精度要求较高,需根据地基孔隙特征调整注浆压力与浆液浓度。

2.4 排水与防渗技术

地表排水系统通过设置边沟、截水沟、急流槽等设施构建排水网络,边沟沿路基两侧布置,收集路面与边坡汇水;截水沟设置在坡顶外侧,拦截山坡水流避免冲刷路基。这些设施需保持通畅的排水坡度,确保雨水能快速排出路基范围,防止积水下渗软化土壤,在多雨地区或地形起伏较大的山区路段应用广泛。地下排水技术针对地下水问题,渗沟采用透水性材料砌筑,埋设于路基下方,通过毛细作用吸收周边地下水并导出;排水井则通过深井抽水降低地下水位,减少地下水对路基的渗透压力。在地下水位较高的平原路段或沼泽地带,地下排水可有效降低土体含水量,避免路基因长期浸泡出现强度衰减,配合地表排水形成立体排水体系,提升路基水稳定性。

3 影响路基处理技术效果的关键因素

3.1 地质与水文条件

地质类型从根本上决定路基处理技术的选择方向。软土地基本身承载力低且压缩性高,处理需侧重能控制沉降的技术,通过排水固结减少土体孔隙水,配合加筋技术增强整体抗变形能力。砂土地基颗粒间黏结力弱,易出现渗透变形,处理需强化压实与排水的协同,压实提升密实度减少空隙,排水则降低渗透压力防止管涌^[3]。岩质地基强度较高但可能存在裂隙,处理需针对裂隙发育特点,采用注浆技术填充缝隙,避免雨水渗入引发岩体风化或崩塌。水文状况直接增加处理难度。高地下水位会使路基土体长期处于饱和状态,处理时需投入更多资源设置排水系统,将地下水位降至施工允许范围以下,否则会影响压实效果与材料固结。季节性降水具有明显时段性,雨季可能导致地表积水下渗,处理需增强路基防渗设计,如设置不透水隔离层或加密排水设施,防止雨水渗透改变土体结构,旱季则需注意表层土壤干裂对处理层整体性的破坏。

3.2 材料与设备性能

材料质量是保障处理效果的基础。换填材料的级配是否合理直接影响承载能力,级配缺失会导致颗粒间空隙无法充分填充,承受荷载时易出现局部沉降。固化剂的性能稳定性对改良效果至关重要,成分波动可能导致与土壤反应不充分,无法形成均匀稳定的胶结结构,削弱地基强度。加筋材料的抗拉强度与耐久性不足,会在长期荷载作用下逐渐失效,失去对土体的约束作用。设备性能制约施工质量的达成。压实机械的压力不足会导致路基密实度不够,土体在后期荷载作用下继续压缩,引发路面沉降。注浆设备的流量不均会造成浆液分布失衡,部分区域注浆过量形成浪费,部分区域注浆不足未能有效填充空隙,影响加固范围的均匀性。摊铺设备的精度不够会使换填材料厚度不均,薄处可能因承载力不足出现破损,厚处则增加不必要的成本。

3.3 施工工艺与环境干扰

施工工艺的规范性直接影响技术效果的发挥。压实顺序混乱会导致路基受力不均,先碾压边缘后碾压中间可能使中心区域密实度不足,承受荷载时出现不均匀沉降。注浆压力控制不当会改变加固范围,压力过大会造成浆液扩散过远浪费材料,甚至扰动周边土体结构,压力过小则浆液无法到达预定深度,难以形成有效加固。分层填筑时若未按规定厚度施工,会使下层材料受压不充分,影响整体稳定性。环境因素通过多种途径干扰施工效果。低温会延缓固化剂与土壤的化学反应,使改良土强度增长缓慢,延长养护时间,若未采取保温措施,可能导致早期强度不足。高温会加速土壤中水分蒸发,

使表层土过早干燥出现开裂,影响与下层土的结合,可能使注浆材料水分流失过快,出现凝固不充分的问题。大风会影响露天作业的精度控制,摊铺材料时可能被风吹散导致分布不均,注浆时则可能干扰压力监测的准确性,增加施工误差。

4 提升路基处理技术应用效果的优化策略

4.1 技术适配性与组合优化

地质勘察结果是技术选择的重要依据,需根据土层分布、承载力特征等数据匹配适宜技术。软土地基单纯采用排水技术难以彻底解决沉降问题,采用排水置换加筋组合方案,先通过排水系统降低土体含水量,再置换部分软弱土为高强度材料,最后铺设加筋层增强整体约束,可形成多层次防护^[4]。松散地基颗粒间联结薄弱,采用压实与注浆协同技术,压实缩小颗粒间隙提升密实度,注浆填充剩余空隙并胶结颗粒,两者结合能显著提升地基稳定性。技术衔接性需贯穿处理全程,各环节顺序需符合施工逻辑。排水作业未完成时,土体仍处于饱和状态,此时进行加固处理会影响材料与土体的结合效果,需待排水指标达标后再启动加固。换填施工后,材料处于松散状态,及时跟进压实作业可避免雨水渗透导致的材料流失,通过连续作业形成密实结构。技术组合需考虑相互促进作用,加筋技术与压实技术结合,可通过加筋材料的张力约束压实过程中土体的侧向变形,提升压实效果的持久性。

4.2 施工过程质量管控强化

工艺标准的制定需覆盖关键操作环节,明确不同技术的参数要求。压实作业需规定分层厚度,过厚会导致底部密实度不足,过薄则增加施工成本;注浆作业需确定浆液配比,根据土壤孔隙特征调整水泥与水的比例,确保浆液流动性与凝固强度平衡。现场巡检需聚焦参数执行情况,检查压实机械的行驶速度是否符合标准,注浆压力是否维持在设定范围,发现偏差立即纠正。实时监测机制能及时验证处理效果,为质量管控提供依据。压实度检测需在每层施工后进行,通过取样分析判断密实度是否达标,未达标的区域需重新压实。沉降观测需设置固定监测点,定期记录路基高程变化,若沉降速率

超出预期,需分析原因并调整后续施工参数。监测数据需与施工进度同步,形成质量追溯链条,便于查找问题根源,避免同类缺陷重复出现。

4.3 技术创新与应用拓展

环保型处理材料的研发可减少工程对环境的影响。可降解固化剂在完成加固作用后能自然分解,避免长期残留污染土壤;再生骨料换填料利用建筑废弃物加工而成,减少天然砂石的开采,同时降低废弃物填埋压力。这类材料需满足性能要求,确保在环保性提升的同时,不降低路基的承载能力与耐久性。智能化施工技术的引入能提升操作精准度,推动技术升级。自动压实监控系统可实时采集碾压轨迹、压力数据,通过终端分析判断压实均匀性,自动提示驾驶员调整行驶路径与碾压次数。注浆参数智能调节设备能根据土壤阻力变化自动调整注浆流量与压力,避免人工操作导致的浆液分布不均。这些技术通过减少人为干预,使施工过程更可控,提升路基处理的一致性与稳定性,同时提高施工效率,缩短工期。

结束语

路基处理是保障道路结构稳定性和通行安全的核心环节,其技术选择与实施效果直接关系到工程的整体质量与后期维护成本。面对复杂的地质与环境条件,应注重技术适配性,结合多种处理手段形成综合解决方案。同时加强施工过程的质量控制,确保各项技术措施落实到位。随着新材料与智能化施工技术的发展,未来应积极推动技术创新,提升路基处理的效率与可持续性,为道路工程高质量建设提供坚实基础。

参考文献

- [1]王海龙.城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术探究[J].散装水泥,2025(1):160-162.
- [2]王彦斐.公路工程施工中路基加固处理的工艺与技术研究[J].模型世界,2025(10):197-199.
- [3]白燕.软基处理技术在城市道路路基设计中的应用研究[J].建材发展导向,2024,22(3):148-150.
- [4]袁铭泽,崔琳.城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术分析[J].广东建材,2025,41(1):141-144.