

公路工程施工中低填浅挖路基施工技术分析

崔成博

广东省高速公路有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025120063

摘要 : 低填浅挖路基作为公路工程中分布广泛且隐蔽风险较高的一类路基结构形式, 其施工质量对路面结构稳定性及使用寿命具有直接影响。本文围绕低填浅挖路基的结构特性, 对施工准备、低填路基填筑、浅挖路基开挖、防护排水构造及施工质量保障等关键技术环节进行系统分析, 旨在构建科学可控的施工技术体系, 为低填浅挖路基工程的长期安全运行提供实践参考。

关键词 : 公路工程; 低填浅挖; 路基施工

Analysis of Low-Fill Shallow-Dig Roadbed Construction Technology in Highway Engineering Construction

Cui Chengbo

Guangdong Provincial Expressway Co., LTD, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : Low-fill shallow-dig subgrade, as a widely distributed and highly concealed risk type of subgrade structure in highway engineering, has a direct impact on the stability and service life of pavement structure due to its construction quality. This paper conducts a systematic analysis of key technical links such as construction preparation, low-fill subgrade filling, shallow-dig subgrade excavation, protective drainage structure and construction quality assurance, focusing on the structural characteristics of low-fill shallow-dig subgrade. The aim is to establish a scientific and controllable construction technology system and provide practical references for the long-term safe operation of low-fill shallow-dig subgrade projects.

Keywords : highway engineering; low fill and shallow dig; subgrade construction

随着公路建设向丘陵、台塬及缓坡区域不断延伸, 低填浅挖路基逐渐成为常见的路基结构类型。该类路基虽在填挖规模上不具备高填深挖路基的显性施工难度, 但其结构稳定性对原地基条件极为敏感, 一旦施工控制不当, 极易在交通荷载反复作用下形成隐蔽性病害, 影响路面结构整体服役性能。现阶段部分工程仍存在施工准备不足、分层压实控制粗放、排水体系设置不完善等问题, 使低填浅挖路基成为公路早期病害的集中区域。因此, 有必要从施工全过程角度对低填浅挖路基的施工技术进行系统梳理, 为提升该类路基施工质量可控性提供依据。

一、公路工程施工中低填浅挖路基施工技术

(一) 施工准备

在低填浅挖路基正式进入主体施工之前, 施工单位首先要完成系统细致的前期准备工作, 以确保后续施工决策建立在真实可靠的地质资料基础之上^[1]。工程技术人员应沿线路走向布设地质钻孔, 孔位间距控制在不大于20 m的范围内, 对沿线地层分布情况进行连续勘探, 并同步配合开展标准贯入试验, 每隔1.0~1.5 m布置一个测试点, 系统掌握各土层的密实程度、抗剪性能等关键指标。在前期勘察阶段, 工程人员通常会采用静力触探方法对场地土层进行连续测试, 通过采集锥尖阻力、侧壁摩阻力等基础数据, 对土体的含水状况、孔隙结构、压缩模量以及内摩擦角等力学指标进行综合分析, 并据此绘制比例尺

为1:500~1:1000的地质剖面图, 使设计参数能够更加贴合现场真实地质条件, 从源头上为低填浅挖路基结构形式及施工方案的合理选择提供可靠依据。进入施工准备阶段后, 施工单位应对作业范围内的杂草、树木、弃土堆积物以及各类生活、建筑垃圾进行全面清理, 同时对原地表分布的腐殖土、淤泥等承载能力较差的软弱土层实施彻底挖除处理, 避免不良土质对后续施工质量产生不利影响。为进一步提高基底承载性能, 可选用级配合理、排水条件良好且压碎值不大于30%的砂砾或碎石材料进行换填处理, 换填厚度需结合现场地质情况统筹确定, 一般控制在0.3~0.5 m范围内。换填完成后, 应组织重型压路机分层碾压, 并同步开展压实度检测, 确保各层压实度均不低于90%, 使基底逐步形成稳定、密实的受力结构, 为后续低填浅挖路基填筑施工创造良好的起步条件。

(二) 低填路基施工

1. 填料选型

在路基施工启动之前，应对来自不同料源的填筑材料进行系统检验，重点围绕颗粒级配特性、液限、塑限以及承载比等关键性能指标展开，其中上路床填料的 CBR 指标需达到 8% 以上，下路床填料的 CBR 值不得低于 5%，以此在材料准入环节提前把控路基整体承载性能的可靠性^[2]。对于检测结果未达到使用要求的黏性土类填料，应统一采取集中厂拌的方式实施性能改良处理，可按比例掺加 3% ~ 5% 的石灰或 5% ~ 8% 的水泥作为稳定材料。改良作业完成后，还需重新组织取样复检，待各项试验参数均满足设计控制标准后方可投入工程使用，从而防止不合格填料进入路基结构内部，形成潜在的质量风险。

2. 分层压实

路基填筑应按照“分层推进、逐层成型”的作业思路展开，填料铺筑时需综合考虑压实机械能力与材料本身的压缩特性，对单层铺料厚度进行合理控制，常规情况下宜控制在 25 ~ 30 cm 之间^[3]。摊铺作业宜采用具备自动整平功能的设备完成，使铺筑后的表面平整度误差稳定控制在 ± 10 mm 范围内，从而为后续压实过程创造均匀受力的作业面条件。进入碾压工序后，应选配自重不低于 18 t 的振动压路机，按“先静后振”的原则组织施工，通常先实施 1 ~ 2 遍静压，再进行 3 ~ 5 遍振动压实，同时在操作过程中遵循由低速向高速、由弱振逐步过渡到强振的运行节奏，将振动频率控制在 28 ~ 35 Hz、行走速度控制在 3 ~ 4 km/h 范围内，使填筑结构逐步形成连续、密实且稳定的承载层。压实质量的检验宜采用灌砂法进行过程控制，每 2000 m² 布设的检测点数量不得少于 8 个，当检测面积不足 2000 m² 时，取样点数亦不得少于 6 个，并应确保上、下路床压实度均达到 96% 以上，上路堤不低于 95%，下路堤不低于 94%，以保证路基整体压实质量满足设计要求。

3. 软弱地基加固处理

针对低填路基对原地基依赖程度高的结构特点，施工单位应在施工前对软弱地基进行专项评估，并根据软土层厚度与工程特性合理选用处理技术，以系统提升地基承载能力并降低后期不均匀沉降风险^[4]。当软土层厚度小于 3m 时，可优先采用换填法进行处理，通过彻底挖除软弱土体并换填优质填料，使路基基础直接建立在力学性能稳定的土体之上，从而削弱软土对路基稳定性的影响。换填过程中应同步实施分层填筑与碾压控制，确保新填土体形成连续、密实的结构状态。当软土层厚度较大时，应采用深层加固方式对地基进行处理，可选用粉喷桩或 CFG 桩等加固形式，通过在软弱土体中形成复合地基结构，提高地基整体刚度与抗变形能力。施工过程中，应合理控制桩径、桩间距及布置方式，使加固结构形成稳定的受力网络，促使桩体与原状土协同承担上部荷载，从而改善地基的整体受力性能。

(三) 浅挖路基施工

1. 分层开挖

在浅挖路基施工过程中，施工单位应将开挖工艺控制作为首要技术环节，通过科学的分层分段组织方式，降低开挖扰动对原

状土体结构的影响。当场地土层分布均匀、整体稳定性较好，且基坑开挖深度控制在 3 m 以内时，开挖作业可优先选用挖掘机进行机械施工，并同步组织人工对边坡轮廓及基底表面进行修整，使最终形成的基底平整度误差稳定控制在 ± 20 mm 范围内。若施工区域地质条件较为复杂，或作业位置紧邻既有建（构）筑物时，则应避免使用大功率设备，宜改为采用小型液压破碎锤或人工风镐分层开挖，以减弱施工振动对周边结构可能产生的不利影响^[5]。施工过程中应严格执行分层分段开挖原则，将单层开挖深度控制在 1 ~ 2m 之间，并将单段施工长度控制在 50 ~ 100m 范围内，使土体应力逐步释放，减少局部坍塌风险。

2. 边坡稳定防护

浅挖路基边坡稳定性直接关系到整体结构安全水平，施工单位应在边坡成型后及时实施防护处理，避免自然风化、雨水冲刷削弱坡体强度。施工过程中应在边坡表面铺设钢筋网，钢筋网规格控制为 $\Phi 6@200 \times 200$ mm，并采用喷射混凝土进行整体封闭，喷射混凝土强度等级不低于 C20，喷射厚度稳定控制在 8 ~ 10cm 之间，使坡体形成连续致密的表层防护结构。对于坡度较大或高度较高的边坡，应同步布置锚杆加固构造，锚杆长度一般控制在 3 ~ 6m 范围内，间距控制在 1.5 ~ 2.0m 之间，通过锚杆与喷射混凝土的协同作用形成稳定的空间受力体系，有效提升边坡整体抗滑移能力。

3. 路床加固

为提升浅挖路基在长期服役阶段的稳定性，施工单位应在路床施工阶段同步完善加固与排水体系^[6]。施工阶段，应在边坡顶端外侧约 5 m 范围处设置截水设施，截水沟宜采用浆砌片石砌筑，其沟底及侧壁厚度均不应小于 30 cm，纵向坡度宜控制在 0.3% ~ 0.5% 之间，以便将地表径流有序引流排出；同时，应在坡脚部位布置排水沟，并与既有边沟系统相互连通，形成完整连续的排水网络，防止积水滞留对路基承载性能造成不利影响。路床整形完成后，应选用自重不低于 18 t 的压路机进行碾压处理，保证压实度达到 96% 以上；在此基础上，于路床顶面铺设双向土工格栅，其抗拉强度不应低于 50 kN/m，铺设宽度宜超出路基边缘 0.5 ~ 1.0 m，并通过锚固方式进行固定，使路床结构逐步形成连续稳定的整体受力体系，从而有效抑制不均匀沉降及早期病害的发生。具体的路基填料强度及压实度要求如表 1 所示：

表 1 路基填料强度及压实度要求

填方路基	填挖类型	路面地面以下深度 / m	填料最小强度 (CBR) / %	压实度 / %
	上路床	0~0.3	6	≥ 95
	下路床	0.3~0.8	4	≥ 95
	上路堤	0.8~1.5	3	≥ 94
	下路堤	1.5 以下	2	≥ 92
零填及挖方路基	0~0.3	6	≥ 95	
	0.3~0.8	4	≥ 95	

4. 路基排水与防护施工

路基施工过程中，应沿道路两侧连续布置边沟体系，边沟开挖深度宜控制在 0.6 ~ 1.0 m 区间内，沟底宽度保持在 0.4 ~ 0.6

m范围，并可采用浆砌片石或C20混凝土对沟体进行砌筑加固，使其具备良好的抗冲刷性能；同时将沟底纵向排水坡度稳定控制在0.3%~0.5%之间，以保证地表径流能够顺畅排出^[7]。在填方路段组织施工时，应按每隔50~100m设置一处横向排水管的原则进行布设，排水管宜选用管径0.1~0.2m的HDPE管材，并在管壁均匀开设梅花形排水孔，孔径控制在5~10mm、孔距控制在10~15cm范围内，使填筑层内部积水能够及时向外排泄，避免长期积水削弱路基承载性能。针对挖方路段，应设置纵向盲沟作为地下水的主要疏排通道，盲沟内填充粒径为3~5cm的碎石材料，外侧包覆土工布以增强反滤及排水效果，同时结合沿线地形条件与自然水系合理布设排水出口，将路基内部水体有序引入自然排水系统，确保整体排水体系运行的连续性与稳定性。在边坡防护处理方面，应综合考虑边坡土质类型、坡面倾角及高度等因素，科学选取防护形式，可通过植物防护、工程防护或二者相结合的方式，提高边坡结构整体稳定水平^[8]。对于填方边坡高度约6m、坡度为1:1.25的路段，可优先采用综合防护形式，在坡面铺设三维植被网并进行喷播草种处理，使坡面形成稳定植被覆盖层，在坡脚同步设置浆砌片石护坡结构，从而在提升边坡抗冲刷能力的同时改善路基周边环境景观效果。

二、公路工程施工中低填浅挖路基施工质量控制措施

（一）建立材料检验管控体系

在施工过程中，施工单位应设置专门的材料检验试验室，并配备专职检测人员，对所有进场填料、土工合成材料等实施抽样检测制度，重点对颗粒级配、物理力学指标及耐久性能进行系统核查，确保其主控指标满足设计与规范要求。对检测结果不符合

标准的材料，应立即实施清场和退换处理，严禁任何不合格材料进入路基结构内部^[9]。同时，施工单位应同步强化关键工序的工艺标准化管理，围绕填筑、碾压等核心环节细化操作流程，明确各项技术参数控制标准，使施工过程具备清晰、可执行的技术依据。也可通过推行样板先行制度，对各工序实施自检、互检及监理验收的闭环管理，以防止质量缺陷在施工阶段累积扩大。

（二）施工过程动态监测

施工单位必须在施工阶段建立全过程动态监测机制，对路基变形情况实施持续跟踪管理。在填筑施工过程中，应合理布设沉降观测点，对路基变形数据进行实时采集与分析，一旦累计沉降量超过15mm，应立即启动预警机制，暂停相关工序施工，并组织技术人员对地基条件、填筑质量及排水状况进行系统排查，必要时同步采取地基加固等处治措施，防止隐患进一步扩大^[10]。对边坡防护、排水等隐蔽工程，应严格实行旁站监理制度，确保每一道工序均在监理工程师验收确认后方可进入下一工序施工，从制度层面杜绝违规施工行为。同时，强化技术交底与专项方案会审工作，使施工人员提前掌握施工重难点与风险点，形成主动防控、及时纠偏的质量管理机制。

三、结语

低填浅挖路基施工质量的优劣直接关系到公路工程整体结构安全与长期使用性能，其技术控制应贯穿施工全过程，并形成系统化、闭环式的管理体系。实践表明，只有将技术措施与质量管理深度融合，构建标准化、精细化的施工控制体系，才能切实提升低填浅挖路基结构的耐久性，为公路工程的安全运营提供坚实保障。

参考文献

- [1] 万春明.公路工程施工中低填浅挖路基施工技术研究[J].运输经理世界,2025,(25):46~48.
- [2] 印刚.公路工程施工中低填浅挖路基施工技术的实践应用[J].建设机械技术与管理,2025,38(04):160~161+167.
- [3] 朱玲.公路工程低填浅挖路基施工技术研究[J].工程技术研究,2025,10(01):59~61.
- [4] 夏江波.公路施工中低填浅挖路基施工技术探析[J].设备管理与维修,2024,(14):149~151.
- [5] 陈兴组.公路施工中低填浅挖路基施工技术应用[J].运输经理世界,2022,(33):28~30.
- [6] 孙茂鹏.低填浅挖路基施工技术研究——以琼海旅游公路工程为例[J].工程技术研究,2022,7(18):59~61.
- [7] 周峰.低填浅挖路基施工技术在公路工程中的应用研究[J].运输经理世界,2022,(15):7~9.
- [8] 闫志越.京新高速公路伊吾至巴里坤段低填浅挖路基风雪防治方法研究[D].北京交通大学,2023.
- [9] 彭宇文.公路施工过程中的低填浅挖路基施工技术研究[J].运输经理世界,2023,(07):22~24.
- [10] 魏立名.低填浅挖路基施工技术在公路工程中的应用[J].工程机械与维修,2021,(06):150~151.