

山区公路高填方路基施工质量控制要点探讨

陈 浩

浙江欣盛工程设计咨询有限公司丽水分公司 浙江 丽水 323000

摘 要：随着交通建设向西部和山区纵深推进，高填方路基成为山区公路的关键结构，但其高填筑、大工程量与复杂受力特性易引发沉降、失稳或滑坡，严重威胁安全并造成巨大经济损失。因此，确保其施工质量是保障山区公路长期安全运营的核心。本文系统梳理高填方路基施工全过程的质量控制要点，涵盖前期准备、基底处理、填料选择、分层填筑与压实、边坡防护、排水系统及沉降观测等环节。研究表明，质量控制必须坚持“预防为主、过程严控、动态反馈”原则，融合科学工艺、严格管理与先进监测技术，对影响稳定性的各因素实施精准、精细化管控，方能有效防控风险，构建安全、稳定、耐久的山区公路基础。

关键词：山区公路；高填方路基；施工质量；压实度；沉降控制

引言

公路交通是国民经济的大动脉，对打破地理隔绝、促进区域协调发展至关重要。我国中西部多山地区地形复杂，为克服高差，山区公路常采用高填方路基（填高通常超18-20米），其工程规模大、技术难度高、风险突出，成为建设重点与难点。高填方路基作为人工堆筑的巨型土体，其稳定性依赖于填料性能、填筑工艺和地基承载力。在山区环境中，问题尤为严峻：合格填料稀缺，常需利用性质不均的石渣或弃渣；陡坡基底易引发不均匀沉降或滑动；强降雨软化土体，降低抗剪强度；且高自重导致工后沉降大、周期长，影响路面平整与结构安全。传统“事后抽检”质量管理模式难以应对高风险挑战，亟需将控制关口前移，构建覆盖“人、机、料、法、环”的全过程闭环体系。本文通过系统剖析高填方路基施工各环节，提炼科学、实用、可操作的质量控制要点，旨在为山区公路工程提供理论支撑与技术参考，从源头筑牢安全基础。

1 高填方路基施工前的质量控制准备

1.1 详尽的地质勘察与复核

设计阶段的地质勘察资料是施工的依据，但由于勘察点的局限性和山区地质的极端复杂性，可能存在对局部不良地质体的遗漏或误判。因此，在正式施工前，必须结合现场开挖揭露的实际情况，对拟建高填方路段进行更为细致的补充勘察和动态复核。这要求在初步判断存在风险的区域，如冲沟交汇处、陡坎下方或植被异常区，应加密钻孔或采用高密度电法、地质雷达等物探手段，精确圈定不良地质体的空间展布。同时，除常规的室内土工试验外，应大力开展静力触探、标准贯入试验等原位测试，以获取更具代表性的地基承载力、变形模

量和抗剪强度指标。此外，详细查明地下水的类型、埋深、流向、流量及其随季节的变化规律，评估其对路基稳定性的潜在影响，对于可能存在的承压水，需给予特别关注，确保设计方案能够有效应对复杂的水文地质条件。

1.2 科学严谨的施工方案的编制与审查

基于详实的地质资料，施工单位应编制专项的高填方路基施工组织设计和施工技术方案的。该方案不能是泛泛而谈，而应具体到每一项关键技术措施，并包含应急预案。方案内容需涵盖基底处理的专项方法、填料管理计划、试验段实施方案以及监测与预警方案。例如，应明确不同地质单元所对应的处理方法、工艺参数和验收标准；建立填料来源台账，规定其最大粒径、最小强度、液限、塑性指数等核心指标；详细规划试验段的位置、长度及拟验证的松铺厚度、压实机械组合等参数；并制定详细的沉降、水平位移等监测点的布设图、观测频率、预警阈值及响应流程^[1]。该方案需经过内部多专业联合审核，并报监理和业主单位批准，对于超高或地质条件极其复杂的路基，必须组织外部专家进行专项论证，以确保其技术可行性和安全性。

1.3 严格的测量放样与场地清理

精确的测量放样是保证路基几何尺寸和线形符合设计要求的基础。应使用高精度的全站仪、GPS-RTK等设备，准确放出路线中桩、边桩及高程控制点，并设置牢固、不易被破坏的护桩。同时，必须彻底清理施工范围内的地表植被、腐殖土、树根、垃圾等杂物，清理深度应满足规范要求。腐殖土因其有机质含量高、压缩性大、易腐烂，必须全部清除。对于水田、池塘等软基地段，还需进行彻底的排水、清淤至原状土，并进行充分的晾晒或采取换填透水性材料进行处理，确保基底处于

干燥、密实状态。清表后的地表应形成2%-4%的双向横坡，以利排水，为后续填筑提供一个稳固的平台。

2 基底处理的质量控制

2.1 原地面横坡处理

山区原地面横坡普遍较陡。当横坡陡于1:5时，必须按规范要求将原地面挖成内倾的台阶，这是防止路基整体滑移的关键构造措施。台阶宽度不应小于2米，以确保有足够的搭接宽度和作业面，其高度应与松铺厚度相协调，一般为20-40厘米。台阶顶面应有2%-4%的内倾横坡，以利于层间排水和增加抗滑力^[2]。每开挖一级台阶，都必须用小型压实机具对其进行充分压实，压实度不得低于90%。台阶的开挖应与填筑进度紧密配合，避免因长时间暴露而被雨水冲刷形成新的侵蚀沟，从而确保新老土体紧密结合，共同抵抗下滑力。

2.2 软弱地基加固

对于存在软土、泥炭土、松散砂层等软弱地基的路段，必须采取有效的加固措施。换填法是常用方法之一，即将一定深度的软弱土层全部挖除，换填以强度高、水稳定性好的材料，并分层压实，每层压实后需检测压实度和承载力，确保达到设计要求。强夯法则利用重锤从高处自由落下产生的巨大冲击能，使地基土体得到挤密加固，施工前必须通过试夯确定最佳夯击能、夯击遍数等参数，夯后需检测地基承载力和有效加固深度。设置反压护道是在路堤两侧填筑一定宽度和高度的护道，利用其自重产生的抗滑力矩来平衡高路堤的下滑力，是一种经济有效的辅助措施。对于深厚软基，常采用碎石桩、CFG桩等形成复合地基，其质量控制核心在于单桩的成桩质量和复合地基的整体承载力，必须通过静载荷试验等手段进行严格验证。

3 填料选择与质量控制

3.1 填料的适用性评价

山区公路建设常遵循“就地取材”的原则，大量使用路堑开挖的石方或隧道弃渣作为填料。这类填料虽然来源广泛、成本低廉，但其物理性质和颗粒组成往往变化很大。因此，必须对所有拟用填料进行系统的室内试验，评价其适用性。关键指标包括用于评价填料强度的CBR值、用于评估级配的颗粒分析、用于判断膨胀性和收缩性的液塑限，以及用于填石路基的岩石单轴饱和抗压强度。严禁使用膨胀性岩、易溶性岩、崩解性岩以及含有腐殖质、生活垃圾、草皮等有害物质的材料，以确保填料的长期稳定性和耐久性。

3.2 填料的加工与调配

对于超粒径的石料，必须在取土场或指定加工区进

行破碎处理，使其最大粒径满足要求。对于级配不良的填料，应通过掺配不同粒径的材料进行人工改良。例如，将细粒土与碎石按一定比例混合，使其级配曲线位于规范推荐的包络线之内，从而在压实后获得较高的密实度和内摩擦角。填料的含水率也必须严格控制，过干则颗粒间缺乏润滑，难以压实；过湿则孔隙水压力增大，形成“弹簧”现象。应根据天气情况和填料性质，采取洒水车均匀洒水或铧犁翻晒等措施，将含水率调整至最佳含水率 $\pm 2\%$ 的范围内，并在摊铺前进行快速测定，确保填料处于最佳压实状态。

4 分层填筑与压实的质量控制

4.1 标准化的分层填筑

高填方路基必须严格遵循“分层填筑、分层压实”的原则，这是保证压实质量的根本。每一层的松铺厚度是控制压实质量的关键参数，必须根据所选用压实机械的性能通过现场试验段来确定。施工中应使用标尺杆或在填筑面上划线等方式，严格控制松铺厚度，杜绝“超厚填筑”。填筑应从最低处开始，由两边向中间或由中间向两边水平分层，全宽填筑，确保每一层的厚度均匀^[3]。不同性质的填料不得混填，应分段或分层填筑，并在交接处挖设不小于1米宽的台阶，设置过渡区，防止形成软硬交界面，从而保证路基的整体性和均匀性。

4.2 精细化的压实作业

压实是使松散填料颗粒重新排列、挤密，从而获得足够强度和稳定性的关键步骤。应根据填料类型选择合适的压实设备，如对于巨粒土或粗粒土，宜选用自重20吨以上的振动压路机；对于细粒土，则可采用轮胎压路机或凸块式振动压路机。严格按照试验段确定的压实遍数、碾压速度、碾压方式进行作业，相邻碾压轮迹应有1/3-1/2的重叠，确保无漏压、无死角。对于靠近结构物或边坡边缘等大型机械无法到达的区域，必须使用小型夯实机具进行补强压实。每层压实完成后，必须及时进行压实度检测，检测频率应加密，且必须100%合格后方可进行下一层填筑。基于智能压实技术的连续压实控制系统能实时、连续地反映整个碾压面的压实质量，是未来的发展方向。

5 边坡防护与排水系统的质量控制

5.1 边坡的稳定性与防护

高填方路基的边坡较高，暴露面积大，易受雨水冲刷和风化剥落的影响。施工期间，应随填筑高度的增加，及时对已成型的边坡进行修整，削除松散浮土，并采用防雨布、土工布或喷播速生草籽等方式进行临时防护，防止雨水直接冲刷坡面。永久性防护工程应尽早实

施,对于土质边坡,常采用拱形骨架内植草、三维植被网喷播等生态防护形式;对于岩质或高陡边坡,则需采用锚杆(索)框架梁、主动防护网等工程防护措施。防护结构的基础必须置于稳定的地层上,砌筑砂浆或混凝土的强度、饱满度必须符合规范,确保其能有效约束坡面土体。防护工程的泄水孔必须按设计位置、间距和反滤层要求设置,确保排水畅通,从而有效防止浅层溜坍。

5.2 综合排水体系的构建

“治坡先治水”,完善的排水系统是高填方路基的生命线。必须构建一个由地表排水和地下排水组成的综合体系。在路基顶面两侧设置拦水带和路肩排水沟,在边坡上每隔一定高度设置平台排水沟,并通过急流槽或跌水井将水流分级引离路基,迅速排入天然河沟。所有排水沟的纵坡、断面尺寸、铺砌质量都必须精确施工,确保其畅通无阻^[4]。在路基底部或内部设置纵向和横向的盲沟、渗沟,其核心是透水管和包裹的反滤层。反滤层的设计至关重要,必须能有效阻止周围细颗粒土进入管道造成淤堵,同时保证水能自由流入。所有排水设施的出口应妥善处理,设置消能设施,防止冲刷下游农田或河道,从而形成一个高效、可靠的排水网络。

6 沉降观测与动态质量管理

6.1 建立完善的观测系统

在高填方路段应科学布设多种类型的观测元件,形成一个立体的监测网络。沉降板通常埋设在路基中心及左右幅车道轮迹带下方,用于监测路基顶面的垂直沉降。边桩埋设在路基坡脚外侧1-2米处,用于监测路基侧向的水平位移。测斜管埋设在路基横断面的关键位置,通过测斜仪可探测路基内部不同深度的水平变形,是判断深层滑动趋势的关键手段。孔隙水压力计则用于监测填筑过程中孔隙水压力的消散情况,是控制填筑速率的重要依据。观测频率在施工期应较高,进入预压期和运营期后可适当延长。所有观测数据应及时录入信息化管理平台,进行整理、分析,并绘制沉降-时间、位移-时间等过程曲线,为决策提供科学依据。

6.2 实施动态设计与信息化施工

观测数据是指导施工和评估稳定性的最直接、最可靠的依据。应基于理论计算和工程经验,设定三级控制标准:预警值、控制值和警戒值。当沉降速率或位移速率接近预警值时,应加强监测频率,分析原因。一旦观测值达到控制值,必须立即停止填筑,进入停歇期,待变形稳定后再继续施工。若变形速率持续增大并逼近警戒值,则表明路基可能失稳,必须立即启动应急预案,采取卸载、反压、加强排水等紧急措施。这种基于实时监测数据的“动态设计、信息化施工”模式,能够将风险控制在萌芽状态,实现从被动应对到主动防控的根本转变,是保障高填方路基万无一失的核心策略。

7 结语

山区公路高填方路基施工质量控制是一项多专业交叉的系统工程,其核心在于充分认识高风险性,并将风险意识贯穿全过程。本文强调五大关键控制要点:一是基底处理是根本,必须确保路基置于稳固地基之上;二是填料质量是内因,须严格控制其物理力学性能;三是分层压实是关键,需通过标准化、精细化作业保障每层密实度;四是排水防护是保障,应构建完善的防排水体系;五是动态监测是“眼睛”,依托数据实现风险早发现、早处置。唯有践行全过程、全方位、全员参与的质量管理理念,严格落实各项控制措施,才能有效应对山区复杂环境挑战,建成沉降可控、边坡稳定、耐久可靠的高填方路基,为山区群众提供安全畅通的交通保障。

参考文献

- [1]赵爱霞.山区公路工程高填方路基施工技术[J].中国新技术新产品,2020,(15):101-102.
- [2]王伟.公路工程高填方路基施工技术要点及质量控制措施分析[J].运输经理世界,2024,(14):5-7.
- [3]程臣.山区高速公路高填方路基施工关键技术及稳定性保障措施研究[J].价值工程,2026,45(09):125-128.
- [4]陈亮辉,贾俏,赵刚刚,等.山区高速公路填方路基强夯施工关键技术[J].中华建设,2026,(03):168-170.