

山区公路路基施工质量控制要点与实践研究

贾春峰

信阳金路交通工程有限公司 河南 信阳 464000

摘要: 山区公路路基施工面临着地形起伏大、地质条件复杂、气候环境多变等不利因素, 施工质量控制难度显著高于平原地区。本文结合山区公路路基工程的特点, 系统分析了施工准备阶段、地基处理、填筑施工、排水防护和质量检测五个关键环节的质量控制要点, 并针对山区常见的特殊地质问题提出了相应的技术对策, 最后通过工程实例验证了所提质量控制措施的有效性, 为山区公路路基施工提供技术指导。

关键词: 山区公路; 路基施工; 质量控制; 特殊路基; 排水防护

引言

山区公路是国家公路网的重要组成部分, 在促进区域经济发展和改善山区交通条件方面发挥着不可替代的作用。山区地形地貌复杂, 路基工程规模大、技术难度高, 施工质量控制的成败直接关系到公路的安全运营和使用寿命。山区公路建设往往需要跨越河谷、翻越山岭, 线路沿线的地形高差可达数百米, 路基填挖工程量巨大。这种复杂的地形条件对施工工艺选择和质量管控提出了更高的要求。在工程实践中, 山区公路路基施工的质量通病主要包括压实度不足、不均匀沉降、边坡滑塌和排水不畅等问题。这些质量缺陷的形成往往是多种因素叠加的结果, 需要从设计、施工和管理多个维度加以系统防控。与平原地区相比, 山区公路路基施工具有以下显著特点: 一是地形高差大, 路基填挖交替频繁, 纵向坡度变化剧烈; 二是地质条件复杂, 常遇到岩溶、滑坡、崩塌等不良地质; 三是气候条件恶劣, 雨季施工和冬季施工质量控制难度大。此外, 山区施工场地狭窄, 大型机械设备进场困难, 材料运输不便, 这些客观条件也在一定程度上制约了施工质量的控制水平。如何克服不利施工条件确保工程质量, 是山区公路建设面临的核心挑战。季节性气候变化对山区公路路基施工的影响尤为显著。雨季期间土体含水量增大导致有效碾压时间缩短, 冬季低温条件限制了压实设备的作业效率。合理安排施工时序, 将关键路基工程避开不利季节施工, 是质量控制的有效策略。

1 施工准备阶段的质量控制

1.1 施工调查与勘察

施工前应对沿线地形地貌、水文地质和工程地质条件进行全面调查。重点查明不良地质体的分布范围与规模, 评估其对路基稳定性的影响。勘察深度和精度应满足施工图设计要求, 对发现的地质异常应及时反馈设

计单位进行方案调整。在岩溶发育区域, 应采用地质雷达、高密度电法等物探手段辅助勘察, 提高不良地质体的探测精度。对于物探异常区域, 应进行钻探验证, 确保地基处理方案的安全可靠性。

1.2 试验段施工与参数确定

正式施工前应选取代表性路段进行试验段施工, 确定合理的施工工艺参数。试验段长度不宜小于两百米, 通过试验确定最佳含水量、松铺厚度、碾压遍数和机械组合等关键参数, 为大面积施工提供依据。试验段施工过程中应详细记录各工序的施工参数和质量检测数据, 分析不同参数组合对压实效果的影响。试验结果应经监理工程师确认后作为正式施工的控制标准^[1]。试验段施工还应验证施工机械设备的技术状况和操作人员的熟练程度, 对发现的问题及时进行调整和整改。

1.3 施工组织与资源配置

科学的施工组织设计是保证施工质量的前提。应根据地形条件和工期要求合理安排施工顺序, 优先施工高填深挖和特殊路基路段。施工机械设备和人员的配置应满足施工强度要求, 并预留足够的备用设备。雨季施工应制定专项施工方案, 合理调配排水设备和防雨材料, 确保填筑面不被雨水浸泡。冬季施工应采取保温措施防止填料冻结, 并严格控制填料含水量在允许偏差范围内。

2 地基处理质量控制要点

2.1 软土地基处理

山区谷地和冲积平原常分布有软土地基, 处理方案应根据软土层厚度和工程性质合理确定。浅层软土可采用换填碎石或砂砾处理; 深厚软土宜采用排水固结法或水泥搅拌桩复合地基方案。处理后的地基承载力应通过载荷试验验证。换填处理的深度应根据软土层厚度和路基沉降控制要求综合确定, 换填料应选用级配良好、透水性强粗粒材料。换填施工应分层回填、分层压实,

每层压实度应不低于规范要求。排水固结法处理深厚软土时,应在路堤两侧设置变形监测点,实时监控地基的水平位移和竖向沉降。当水平位移速率超过控制标准时,应暂停加载并分析原因,防止地基发生剪切破坏。

2.2 岩溶地基处理

岩溶地区路基施工应首先查明溶洞、溶槽和暗河的分布情况。对于规模较小的溶洞,可采用碎石回填注浆的方式进行处理;对于大型溶洞或暗河,应进行专项设计和论证。施工中应加强地质超前预报,防止突发性塌陷。注浆处理应采用跳孔注浆的施工顺序,先外围后内部,防止浆液流失^[2]。注浆压力和注浆量应根据溶洞规模和充填情况合理确定,施工中应加强地面变形监测,防止注浆引起地面隆起。

2.3 滑坡体处理

路线穿越古滑坡体或潜在不稳定斜坡时,应进行专门的稳定性分析和治理设计。常用的治理措施包括削坡减载、抗滑桩支挡、预应力锚索加固和地表地下排水系统综合整治。施工中应严格遵循分段开挖、及时支护的原则。滑坡治理工程应遵循安全可靠、经济合理和技术可行的原则,优先采用排水和减载等对环境干扰较小的治理方案。对于大型滑坡体,应采用多方案技术经济比较确定最优治理措施。

3 路基填筑施工质量控制

3.1 填料质量控制

填料是路基工程的主体材料,其质量直接影响路堤的强度和稳定性。应优先选用级配良好的硬质碎石或砂砾作为填料,严禁使用淤泥、有机质土和膨胀土等不良材料。填料在使用前应进行颗粒分析和力学性能试验,确保满足设计要求。填料的粒径应不超过压实厚度的三分之二,不均匀系数应大于五。对于风化严重的软质岩石填料,应控制其破碎后的级配连续性,避免出现粗细料分离现象影响压实效果。填料的最佳含水量应在施工前通过击实试验确定,施工中将填料实际含水量控制在最佳含水量正负两个百分点范围内。

3.2 分层填筑与压实

分层填筑压实是控制路堤施工质量的核心措施。每层松铺厚度严格控制在规定的范围内,采用重型压路机分层碾压至规定的压实度。高填方路段应适当增加碾压遍数,并采用冲击碾压或强夯进行补强压实。碾压过程中应派专人指挥碾压机械的运行路线和碾压速度,确保碾压轮迹相互重叠,不出现漏压区域。对于路肩和结构物台背等大型压路机难以到位的部位,应采用小型夯实设备进行补充压实。

3.3 填挖交界处处理

填挖交界处是路基应力集中的薄弱环节,处理不当容易产生不均匀沉降和纵向裂缝。应在交界面设置台阶状过渡,台阶宽度不小于两米,并向内侧倾斜。同时铺设土工格栅增强路堤整体性,有效协调填挖两侧的变形差异。土工格栅的铺设方向应与路基主要受力方向一致,搭接宽度不小于三十厘米并采用连接棒固定。格栅铺设后应及时回填覆盖,避免长时间暴露在阳光下导致材料老化。

4 排水与防护工程质量控制

4.1 地表排水系统

完善的地表排水系统是保障路基稳定的重要措施。截水沟应设置在挖方边坡坡顶以外不小于五米处,断面尺寸应能承受设计频率的暴雨径流。边沟和排水沟的纵坡应不小于百分之零点三,困难地段不小于百分之零点一。排水沟的断面形式应根据汇水面积和地形条件合理选择,矩形断面适用于地形陡峭的挖方路段,梯形断面适用于地形平缓的填方路段^[3]。排水沟的进出口应做好衔接处理,防止水流冲刷。排水系统的施工质量直接影响其排水效能。

4.2 地下排水措施

山区公路路基常受地下水影响,应设置有效的地下排水设施。常用的措施包括仰斜式排水孔、渗沟和集水井等。仰斜式排水孔适用于引排边坡深层地下水,渗沟适用于截排路基地下水。排水设施的位置和间距应根据水文地质条件确定。渗沟的埋设深度应低于地下水位线不小于零点五米,沟底纵坡不小于百分之一。渗沟填料应选用洁净的中粗砂或级配碎石,外围包裹透水土工布防止细颗粒堵塞渗水通道。

4.3 边坡防护工程

边坡防护是防止水土流失和边坡失稳的重要措施。对于土质边坡,宜采用植被防护与工程防护相结合的方式;对于岩质边坡,应根据岩体结构特征选择挂网喷锚、预应力锚索或抗滑桩等加固方案。防护工程应在路基开挖后及时实施。植被防护应优先选用当地适生的草本植物和灌木品种,在雨季前完成播种和栽植。对于坡度较陡的土质边坡,可采用客土喷播技术进行植被恢复,并在植被未完全覆盖前辅以防护网保护。高陡岩质边坡的防护设计应充分考虑岩体结构面的产状和力学性质,对可能发生滑移或崩塌的危险块体进行重点加固。

5 质量检测与验收

5.1 压实度检测

压实度是评价路基填筑质量的核心指标。检测方法

以灌砂法为主,核子密度仪法作为辅助快速检测手段。检测频率应符合规范要求,每层每两百平方米至少检测一个点,特殊路段应加密检测。不合格部位应及时返工处理。核子密度仪在使用前应进行标准计数标定,检测结果与灌砂法的比对偏差不应超过规定限值。检测点的选取应具有随机性和代表性,避免集中在施工质量较好的区域。

5.2 弯沉检测

弯沉值反映路基的整体强度和刚度。检测应在路基顶层完成后进行,采用贝克曼梁或自动弯沉仪进行测定。弯沉代表值应符合设计要求,对于不合格路段应进行补强处理,如加铺碎石垫层或进行二次碾压^[4]。弯沉检测前应清理检测路段表面,确保检测温度在规定的范围内。对于季节性冰冻地区,应在春融期进行弯沉检测,此时的路基强度处于年度最低值,检测结果更为可靠。对于弯沉检测不合格的路段,应分析原因后采取针对性补强措施。

5.3 几何尺寸检测

路基的几何尺寸包括中线偏位、宽度、纵断高程和横坡等指标,应采用全站仪和水准仪进行精确测量。各项指标的允许偏差应符合施工质量验收标准的规定。对于超限部位应及时进行修整,确保路基外形满足设计要求。施工测量控制网应定期进行复测和校正,确保测量基准的准确性。路基施工中的中线放样和高程控制应采用双检制度,由不同测量人员独立复核,消除人为误差对施工质量的影响。路基外形尺寸的验收应在路基完成后及时进行,验收合格后方可进入路面基层施工。

6 工程实例

6.1 工程概况

以某山区高速公路为例,路线全长四十八公里,沿线穿越喀斯特地貌区和多条断裂带,路基工程面临岩溶地基、顺层边坡和深埋软土等多种复杂地质条件。项目建立了全过程的质量管控体系。该项目投入了多台地质雷达和钻探设备进行沿线地质详勘,累计完成钻探进尺超过一万余米,基本摸清了沿线不良地质体的分布规律。基于详勘成果优化了数十处路基设计方案。

6.2 质量控制措施

针对岩溶地基,采用了地质雷达探测与逐桩钻探相结合的方式查明溶洞分布,并实施了注浆充填处理。针

对顺层边坡,采取了削坡减载与预应力锚索加固相结合的治理方案。排水系统按照二十年一遇暴雨标准设计。质量管控方面,项目部建立了日检、周检和月检三级质量检查制度,对关键工序实行旁站监理。施工全过程的质量检测数据实时录入信息化管理平台,实现了质量问题的及时发现和快速处置。此外,项目部还引进了智能压实监测系统,通过在压路机上安装传感器实时采集碾压遍数、振动频率和行驶速度等参数,实现了压实过程的数字化监控和质量问题的即时预警。

6.3 实施效果

经过系统的质量控制,路基压实度合格率达到百分之九十八以上,弯沉检测全部满足设计要求。通车两年的跟踪监测显示路基状况良好,未出现明显沉降和边坡变形,质量控制措施取得了预期效果。实践表明,系统化的质量控制体系是保障山区公路路基施工质量的关键。精细化管理和标准化施工是确保各项技术措施有效落实的基础,建议在类似工程中推广应用。

7 结语

本文系统总结了山区公路路基施工质量控制的关键要点,涵盖了施工准备、地基处理、填筑施工、排水防护和质量检测等主要环节,并针对特殊地质条件提出了专项处理对策。同时应加强一线施工人员的技能培训和质量意识教育,使质量控制要求真正落实到每个施工环节和每位操作人员,从人员素质层面夯实质量保障的基础。建议在山区公路路基施工中推广应用新技术和新工艺,如三维地质建模技术辅助施工决策、智能压实系统实时监控压实质量等,不断提升山区公路路基施工的技术水平和质量管理效能。综上所述,本文所探讨的问题具有重要的理论意义和实践价值。研究成果可为相关领域的学术研究和实际应用提供有益参考。

参考文献

- [1]李明,张华.山区公路路基施工质量控制关键技术[J].公路工程,2022,47(3):120-126.
- [2]陈建国.复杂地形条件下路基施工质量管理研究[J].交通标准化,2021(12):75-80.
- [3]王强,赵磊.山区公路高填深挖路基施工技术实践[J].筑路机械与施工机械化,2023,40(5):88-93.
- [4]刘红军,张建.山区公路路基压实度检测与质量控制方法研究[J].公路交通科技,2022,39(11):56-63.