

公路工程路基施工技术与质量控制

曹建雄

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】：新疆是丝绸之路经济带的中心地带，公路建设的不断发展对于该地区经济社会的发展起到重要的作用。路基是公路工程的基础承重结构，施工质量好坏直接影响到公路的稳定、耐久和通行安全。由于新疆特殊的地理环境是干旱少雨、温差大、风沙多、盐渍土、风积沙、湿陷性黄土和高寒冻土等多种复杂的地质条件，所以路基施工存在很多的技术难题。本文对目前新疆路基施工存在的主要问题进行了详细的分析，即填料质量控制不到位、压实工艺与路基不符、特殊地基处理不规范、排水防护体系不健全，从而构建四个方面提出质量保证措施，以解决新疆特殊条件下路基施工的技术难题，提高路基工程质量及长期性能，为新疆以及全国其他地区的高速公路建设提供科学依据和实践经验。

【关键词】：公路工程；路基施工技术；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.10.069

路基是公路工程中的重要承重构件，它承受着向车辆传递荷载、保证道路长期稳定运行的功能，施工质量的好坏直接影响到公路的整体性能和使用寿命。新疆地处特殊地理环境之中，由于该地区地貌千差万别，自然条件十分恶劣（极端温差、强风沙侵蚀、盐渍土特性、冻融循环等），传统的工程技术不能适应当地复杂的地质和气候条件，给路基施工带来了较大的技术难题以及更高的质量控制要求。因此，本文在这一背景下，从理论上探究了新疆特殊环境中的路基施工技术要点，同时用实际案例来改进质量控制方案，期望能够给区域内同类问题的解决给予科学的理论基础和技术支持，推动区域交通网络的可持续发展，助力社会稳定和经济繁荣目标的达成。

1 新疆地区公路工程路基施工的意义

1.1 保障区域交通通行安全

新疆位于西北边陲，幅员辽阔，城乡和产业园区之间主要的交通联系依靠公路网络。在这样的交通系统里，路基属于重要部分，它的质量好坏会直接决定道路运行的安全性以及承重能力。高质量的路基施工可以大大提高对新疆复杂气候条件和多变地质环境的适应性，大大降低沉降、裂缝、冻胀等问题发生的概率，保证交通运输的连续性，保证货物运输、居民出行、应急救援等重要功能的正常运转^[1]。

1.2 延长公路工程使用寿命

新疆地区因为干旱少雨、昼夜温差大、盐渍土、风积沙等特殊地质条件的广泛存在，在这样的环境下传统的路基结构很容易受到冻融破坏、盐分膨胀、风沙侵蚀等多重威胁。不但会降低公路服务质量，还会增加后期的维护费用，而且会对工程投资效益造成不良影响^[2]。采用科学的路基施工技术，加强质量控制，通过改善填筑材料配比、改进压实工艺参数、加强特

殊地质处理等途径来提高路基整体性能，提高抗环境变化能力，达到经济效益和资源节约的目的。

1.3 推动区域基础设施建设

新疆正处在交通基础设施建设的重要转型阶段，高速公路网络化建设是改善区域路网布局、提升运输能力、推动跨区域经济合作的主要途径，具有十分重要的战略意义。路基施工质量的好坏直接影响到公路工程功能性和耐久性。克服新疆复杂地质条件下特有的工程技术难题，一方面可以扩大公路建设的应用范围，另一方面也可以给产业园区发展、能源资源开发和乡村振兴战略的实施提供有力支持，进而促进新疆地区经济高质量发展，助力丝绸之路经济带核心区建设目标的实现，推动区域交通体系的现代化转型。

1.4 践行绿色环保建设理念

新疆地区生态系统具有很强的脆弱性，分布在戈壁、沙漠、荒漠草原等各个地区。路基工程施工中缺少有效的监管会造成地表植被退化、土壤结构破坏，从而引起风沙侵蚀和水土流失等一系列的环境问题。在此情况下，新疆路基工程要兼顾工程质量和生态保护。通过科学选址弃土场、采用环保型施工工艺、完善排水防洪系统、做好竣工后的生态恢复工作等手段来减少公路建设对生态环境造成的不良影响，实现公路建设与生态保护的协调统一，符合国家绿色基础设施发展战略的要求，为区域可持续发展奠定基础。

2 新疆地区公路工程路基施工的现状分析

2.1 填料质量管控不足

新疆地区填料资源分布不平衡，盐渍土、风积物、湿陷性黄土等特殊地质体较多且具有较高的工程应用价值。部分施工

企业材料采购过程中存在以次充好的情况,所用填料普遍存在盐分超标、级配不均、力学性能不足等问题,这些缺陷都会对路基结构的安全性造成影响。现行进场材料检测体系存在着明显的漏洞,主要表现在抽样比例低、技术指标覆盖面小、数据可靠性差等几个方面,缺少了对新疆地区典型土壤特性的专项评估标准,特别是对于风积砂饱和和抗剪强度、盐渍土总含盐量和湿陷性黄土压缩模量这些关键性能的综合评价机制还没有形成起来,不能保证原材料满足设计规范的要求。仓储管理环节中恶劣自然条件又加重了填料物理性质退化趋势,是造成工程质量的重要外部因素之一^[3]。

2.2 压实工艺适配性欠缺

路基工程的关键工序就是压实作业,核心就是提高路基的密实度和承载能力。新疆地区极端气候特征(高温、低温、强风沙等)给压实工艺提出特殊的要。目前部分施工单位仍然沿用传统的标准参数进行作业,没有根据当地气候、地质条件来确定参数。夏季表层土体由于快速蒸发而不能保持适宜的含水量,影响压实质量;冬季低温会造成土壤冻结,不但会阻碍压实设备的正常运转,还会产生局部空洞或者疏松结构;春季风沙天气加大细粒物质流失,使整体均匀性降低。机械选型不匹配、碾压轨迹设计不合理、为了赶工期而牺牲质量等现象在路基工程中普遍存在,以上问题造成路基工程质量隐患。

2.3 特殊地基处置不规范

新疆地区分布广泛的湿陷性黄土、盐渍土、风积沙、高寒冻土等特殊地质类型,由于其复杂的工程性质给施工处置带来了极大的困难。部分工程项目对于此类地基处理重视不够,没有形成一套有针对性的技术体系和标准化的作业程序。对于湿陷性黄土地基问题,目前普遍使用的平整、压实方法很难有效地防止沉降的风险;盐渍土地基由于缺少有效的隔离措施和严格的材料控制,经常出现盐胀和腐蚀的现象;风积沙地基没有考虑到它的独特物理性质,在压实工艺的选择上存在明显的不足,没有采取必要的防护措施来抵御风沙的侵袭;高寒冻土环境里,没有完全消除冰冻层的隐患,所选填充材料的抗冻性能不够,在反复冻融的过程中出现结构上的损伤,这些因素都会对路基整体稳定性和长久服役造成影响^[4]。

2.4 排水防护体系薄弱

新疆地区降水量少、蒸发量大,短时强降水和春季融雪径流很容易渗透到路基内。目前排水防护体系对于极端气候条件下暴露出的缺陷表现出明显的不足,地表排水设施(截水沟、边沟)布局不合理,沟底坡度设计不够,不能有效地排出地表径流;地下排水结构(渗沟、盲沟)配置不全,反滤材料布置不合理,容易造成堵塞现象频繁发生,使路基内部水分积聚并

危及稳定。防风固沙工程措施没有针对性,传统的浆砌片石护坡抗风蚀、耐冻融性能差,在生态敏感区没有使用生态化治理方案,施工扰动造成植被退化,加剧了土壤侵蚀的过程,进一步降低了路基的整体稳定性。

3 新疆地区公路工程路基施工质量控制策略

3.1 强化填料全流程管控

路基填料是公路工程的基础性材料,质量好坏直接决定工程的耐久性、安全性。创建起包含筛选、检测和储存在内的全部生命周期管理体系,这是保证填料品质的关键所在。在筛选阶段,应根据新疆地区复杂的地质条件,选择砂砾、碎石等高水稳定性、抗冻融性能好的粗粒料作为路床填料,并制定严格的特殊填料技术标准,盐渍土含盐量不大于0.3%,风积沙中粉粘粒含量不大于5%,湿陷性黄土湿陷系数不大于0.01。对不符合要求的劣质填料实行禁用制度。进厂检验时应对每批填料做颗粒级配、含盐量、含水率、湿陷系数等重要参数的全面检测,风积沙以2000立方米为单位取样测定含水量,盐渍土按5000立方米一组取样测定盐分含量,全部数据必须用权威设备准确测定并做好记录,不合格产品应立即报废。对于新疆特有的极端气候特点,在储藏阶段还需要采取相应的防护措施,设置防风网或者遮阳棚来隔离外部环境的干扰,分区堆放并贴上明显的标识,定期进行防潮、降温或者保温等保养工作,以达到延长填料使用寿命的目的^[1]。

3.2 优化压实工艺体系

根据新疆地区特殊的气候、地质状况来建立精细的压实工艺控制体系。在典型的区域设置试验段,对不同的土质材料和环境因素对工程性能的影响进行全方位的评价,进而得到适合新疆地区的最优施工参数(最佳含水量、理论最大干密度等),从而建立技术标准。根据季节性气候特点,在高温时段使用喷淋保湿的方式保持填料的湿度稳定,保证压实效果满足规范要求;冬季需要采取保温防冻措施,并适当增加压实次数来应对低温的影响;春季强风天气要选择合适的作业时间,做好表面防护工作防止颗粒流失。还要严格执行规范的操作程序,按照由轻到重、逐步加速、外侧先压的原则进行碾压作业,使用额定载荷不小于22吨的重型振动压路机完成工作。风积沙路基宜采用振动碾压法施工,盐渍土边坡应分层厚度控制在30厘米以内,相邻两道痕迹间距大于30毫米,每个单元验收合格后方可进入下一阶段施工内容。

3.3 规范特殊地基处置

根据新疆地区各种特殊的地基状况,要创建不同的处理技术体系,以改善地基的承载力和稳定程度。对于湿陷性黄土地基,应采用强夯法和排水固结法相结合的方式改良,其间

距为5~7米,单击夯击能量应根据湿陷等级进行调整,最终湿陷系数应小于0.01;同步完善地表排水系统,增设截水沟、渗沟等设施,有效排除雨水、融雪径流,防止水分渗透引起沉降。对于盐渍土地,采用“置换、隔断、压实”三阶段的治理方案,清除表面盐渍层之后,铺设不少于0.8米厚的砂砾或碎石垫层,压实系数要达到94%以上,在冻土层内设置素土或者土工布隔离带,阻隔盐分迁移路径,严格控制填料中盐分含量和含水量指标。对于风积沙地基来说,“干压+水沉”联合施工方法比较合适,根据原状土含水率选择相应的作业方式,合理分层摊铺厚度(300~400毫米),目标密度不小于96%,全面加强边坡防护措施。高寒区冻土地基整治策略主要是清除表层冰凌结构,采用非冻胀、抗寒性能好的粗粒材料分层堆载,每层厚度不大于200毫米,压实度不小于95%,设置保温隔热层并加强周边防护工作,减缓冻融循环对结构稳定性的不利影响。

3.4 完善排水防护体系

建立“地上+地下”一体化排水系统,改善防护工程的设计,提高路基抵御自然灾害的能力。在地表上科学布置截水沟、排水沟、边沟等设施,确定截水沟距边坡顶部3~5米、底坡不小于0.3%,以排除表面径流;地下空间设渗沟、盲沟,用高强度材料加滤层结构,及时排水、控制土体湿度。施工期间要严格质量控制,所有的构筑物都使用规范的工艺进行制作,

砂浆强度不得小于M7.5,勾缝深度不小于20mm,保证防水性能稳定;重视基础处理及连接细节,保证整个系统连续、可靠。根据不同的地质条件地区,采取相应的防护措施,在戈壁荒漠地带采用石笼网技术加固边坡,在高寒或者湿陷性黄土区采用浆砌块石护岸,在生态环境脆弱的地区推广植被覆盖或者人工修复项目,达到生态恢复和基础设施建设的协同发展。还要建立长效的维护管理体系,定时进行巡查检修,在极端天气下加大监测力度,及时排除隐患,保证相关的设施一直处在良好的运行状态。

4 结语

综上所述,路基施工和质量控制属于新疆地区公路工程的重要部分,其受极端气候条件、复杂的地质构造以及生态环境脆弱性等各方面因素的影响,在技术难度和质量管理标准上都比传统区域高很多。根据新疆的地理特性,本文主要研究了路基施工的意义,对填料选择、压实工艺、特殊地基处理和排水防护等关键问题做了系统的分析。从全生命周期角度出发,从过程填料管理、精细化压实技术精细化和规范、特殊地基处理等方面给出加强性意见。对于排水防护设施做详细的综合规划。只有根据新疆实际情况,做好路基沉降、盐渍化、冻胀等常见病害的精细化全过程质量控制,不断改进施工技术与方法,才能从根本上避免这些病害的发生,进而提高路基结构安全耐久性。

参考文献:

- [1] 周久龙,余建武,雷首俐.基于智能压实技术的公路工程路基压实质量实时监测与控制研究[J].运输经理世界,2025,(32):19-21.
- [2] 康兵.土工格栅加筋在公路工程中的应用[J].四川水泥,2025,(11):251-253+257.
- [3] 邵起龙,郭周.软土地区高速公路路基施工方案优化设计[J].交通世界,2025,(31):98-100.
- [4] 顾介平.软土路基处理技术在公路工程施工中的运用[J].运输经理世界,2025,(31):20-22.
- [5] 唐世禄.公路工程路基压实度控制关键技术与影响因素[J].大众标准化,2025,(20):37-39.