

公路路基施工质量控制与检测技术

章爱霞

定远县路桥工程有限责任公司 安徽 滁州 233200

摘要：公路路基作为路面结构的支撑，其质量关乎行车安全、舒适度及公路使用寿命。本文阐述路基施工质量控制的重要性、内在质量要求与基本原则，详细介绍路基填筑前、填料选择与压实、施工过程及特殊地质条件下的质量控制关键技术。同时，分析路基动态载荷试验、灌砂法、地基系数检测法、探地雷达检测法、核子密度仪检测法等质量检测技术。通过两个实际案例，展示不同情况下路基施工质量控制与检测技术的应用效果，为公路路基工程提供参考。

关键词：公路路基；施工质量控制；检测技术

1 公路路基施工质量控制基础

1.1 路基施工质量控制的重要性

公路路基作为路面结构的支撑载体，承担着由路面传递的车辆荷载及自身重量。若路基质量不达标，易引发路面沉降、开裂、塌陷等病害，严重影响行车安全与舒适性。例如，软土地基处理不当可能导致路基不均匀沉降，使路面出现波浪形起伏；路基压实度不足则会在雨水渗透后发生变形，缩短公路使用寿命。从经济角度看，路基质量问题的修复成本远高于施工阶段的质量控制投入。据统计，路基病害引发的路面维修费用约占公路总养护成本的30%-50%。因此，加强路基施工质量控制是保障公路工程耐久性、降低全生命周期成本的关键环节。

1.2 路基的内在质量要求

路基的内在质量要求主要包括强度、稳定性和耐久性。强度指路基抵抗变形的能力，需满足设计荷载下的应力要求，通常以回弹模量或地基承载力表征；稳定性要求路基在自然因素（如降雨、温度变化）和荷载作用下不发生滑坡、坍塌等破坏；耐久性则要求路基在长期使用中保持性能稳定，抵抗风化、侵蚀等作用。另外，路基还需具备良好的水稳定性。在多雨地区，若路基排水不畅，水分渗入会降低土壤强度，引发路基软化。因此，路基设计与施工需兼顾排水功能，确保在潮湿环境下仍能维持结构稳定。

1.3 路基施工质量控制的基本原则

路基施工质量控制需遵循“预防为主、全程管控”原则。施工前需通过地质勘察明确地基条件，制定针对性方案；施工中严格执行工艺标准，对每道工序进行检验；施工后开展全面检测，确保质量达标。“分级控制、责任到人”是另一重要原则。将质量控制目标分解

到施工班组及个人，明确各环节责任主体，通过考核机制强化质量意识^[1]。同时，需坚持“数据说话”，以检测数据为依据评估质量，避免主观判断。

2 公路路基施工质量控制关键技术

2.1 路基填筑前的质量控制

路基填筑前的质量控制是整个路基施工的基础，对后续工程质量起着关键作用。场地清理是首要步骤，需彻底清除地表植被、树根、垃圾等杂物。若存在坑塘、沟渠等低洼地段，要进行回填压实，保证地基承载力均匀，避免因局部软弱导致后续沉降。例如，某工程因场地清理不彻底，残留的树根在填筑后腐烂，造成局部路基下沉；测量放样要精准无误，依据设计图纸，确定路基中线、边线和高程控制点，并设置明显标志。精确的测量能确保路基位置、尺寸和坡度符合设计要求，为后续施工提供准确指引。针对软土地基、湿陷性黄土地基等特殊地基，需根据地质条件和设计要求采取相应措施。如换填法可改善地基土质，强夯法能提高地基强度。通过有效的地基处理，增强地基承载力和稳定性，为路基填筑创造良好条件，防止因地基问题引发路基病害，保障公路的长期使用性能。

2.2 填料选择与压实控制

填料选择与压实控制是决定路基质量的核心环节。填料选择方面，应优先选用级配良好的砾类土、砂类土等，它们具有良好的物理力学性质，能满足路基强度和稳定性要求。严禁使用淤泥、冻土、强膨胀土等不良土质，不同土质填料要分类填筑，避免混填影响路基性能。例如，膨胀土吸水膨胀、失水收缩，会导致路基变形破坏；根据填料性质和压实设备性能，选择合适的压实厚度、遍数和速度。一般采用分层填筑、分层压实，每层压实厚度不宜超规定值。压实度通过试验检测确

定, 确保达到设计标准。合适的含水量对压实效果至关重要, 含水量过高, 压实后易出现弹簧现象; 含水量过低, 填料难以压实。因此, 要控制填料含水量接近最佳含水量, 通过晾晒或洒水等方式调整, 以提高压实质量, 增强路基强度和稳定性。

2.3 施工过程中的质量控制

施工过程中的质量控制是保证路基质量的关键连续环节, 良好的排水系统能防止积水对路基的浸泡和冲刷, 确保路基稳定。严格按照设计要求施工边沟、截水沟、排水管等排水设施, 保证其坡度、断面尺寸符合规范, 排水畅通。例如, 某路段因排水不畅, 雨水积聚浸泡路基, 导致路基软化、沉降。按设计坡度开挖和填筑边坡, 并及时进行防护, 如植草、砌石等。对于高填方和陡坡路基, 要加强边坡监测, 设置监测点, 定期观测边坡位移和沉降情况, 及时发现滑移等安全隐患并处理; 每道工序都要按规范操作, 如填筑时控制填料粒径和均匀性, 碾压遵循先轻后重、先慢后快、由边缘向中央的原则, 确保压实均匀, 做好施工记录, 为质量追溯提供依据, 保证路基施工全过程质量可控。

2.4 特殊地质条件下的质量控制

特殊地质条件下的路基施工质量控制面临更大挑战, 需采取针对性措施。软土地基具有含水量高、压缩性大、强度低等特点。常用处理方法有换填法, 将软土挖除换填强度高的材料; 塑料排水板法, 加速软土排水固结; 粉喷桩法, 提高软土强度。施工过程中要严格控制处理深度、范围和效果, 确保软土地基承载力满足设计要求; 施工时要采取防水、保湿措施, 如设置隔水层、保湿层, 减少水分变化对路基的影响^[2]。同时, 选择合适的填料和施工工艺, 避免使用对膨胀敏感的材料。岩溶地区地下存在溶洞、溶沟等, 易导致路基塌陷。施工前要进行详细地质勘察, 查明岩溶分布和发育程度。对小溶洞可采用填筑、灌注等方法处理, 大溶洞则采取桥梁、涵洞等结构物跨越, 确保路基安全稳定, 保障公路在特殊地质条件下的正常使用。

3 公路路基施工质量检测技术

3.1 路基动态载荷试验检测法

路基动态载荷试验检测法是一种模拟车辆荷载对路基作用, 以评估路基动力性能的检测手段。该方法是利用专门的试验设备, 对路基施加动态荷载, 模拟车辆行驶时产生的动应力。通过在路基不同位置布置传感器, 实时采集荷载作用下路基的动应力、动应变、加速度等动态响应参数。其优势在于能真实反映路基在车辆荷载反复作用下的工作状态, 可有效检测路基的承载能力、

抗疲劳性能以及动力稳定性等关键指标。例如, 能及时发现路基在长期交通荷载下可能出现的累积变形、结构破坏等隐患。不过, 该方法对试验设备和操作技术要求较高, 试验成本相对较大。但在重要公路工程中, 动态载荷试验检测法为准确评估路基质量、保障公路运营安全提供了可靠依据, 有助于提前采取措施预防路基病害, 延长公路使用寿命。

3.2 路基路面灌砂法

路基路面灌砂法是检测路基路面压实度的常用方法, 操作相对简便且结果可靠。其原理是利用均匀颗粒的砂去置换试洞中的集料, 根据砂的体积和已知密度来计算试洞的体积, 进而得出所测位置的压实度。检测时, 先在测定位置挖一个规定尺寸的试洞, 将挖出的集料全部取出并称重。然后向试洞内灌入已知密度的标准砂, 直至灌满。通过测量灌入砂的质量, 结合砂的密度, 计算出试洞体积。最后用试洞中集料的干密度与标准最大干密度之比得到压实度; 灌砂法适用于在现场测定基层(或底基层)、砂石路面及路基土的各种材料压实层的密度和压实度。不过, 挖洞和灌砂过程较为繁琐, 对操作人员的规范性和熟练度要求较高, 否则可能影响检测结果的准确性, 但仍是目前广泛应用的路基压实度检测方法。

3.3 路基路面地基系数检测法

路基路面地基系数检测法是衡量路基承载能力的重要手段, 主要通过平板载荷试验来实现。该方法是在拟定的检测位置放置一定尺寸的刚性平板, 通过压力机对平板施加垂直荷载, 同时记录平板的沉降量; 在加载过程中, 绘制荷载-沉降曲线, 根据曲线特征和相关公式计算地基系数。地基系数反映了路基在局部荷载作用下的抵抗变形能力, 数值越大, 表明路基承载能力越强^[3]。例如, 在高速公路、铁路等对路基强度要求较高的工程中, 地基系数是关键质量控制指标; 该检测法能直接获取路基的力学性能参数, 为路基设计和施工质量控制提供准确依据。但试验过程较为复杂, 需要专业的设备和人员操作, 且受现场条件限制较大。不过, 其检测结果可靠, 对于确保路基的长期稳定性和安全性具有重要意义。

3.4 路基路面探地雷达检测法

路基路面探地雷达检测法是一种无损检测技术, 利用高频电磁波在地下介质中的传播特性来探测路基内部结构。检测时, 将探地雷达天线贴近路基路面表面, 向地下发射高频电磁波。当电磁波遇到不同介质的界面时, 会发生反射和折射, 反射波返回地面被接收天线接收。通过分析反射波的旅行时间、振幅和波形等特征,

可以推断地下介质的分布、结构和缺陷情况。例如,能够检测路基中的空洞、裂缝、不均匀沉降等病害,以及不同结构层的厚度和位置;探地雷达检测法具有检测速度快、效率高、不破坏路基结构等优点,可对路基进行大面积快速扫描检测。不过,其检测精度受地下介质电性差异、电磁干扰等因素影响。在实际应用中,常与其他检测方法结合使用,以更准确地评估路基质量,为公路养护和维修提供科学依据。

3.5 核子密度仪检测法

核子密度仪检测法是一种高效且独特的土质检测手段,它巧妙地借助放射性元素来精准测量土的密度和含水量。在实际操作中,极为便捷,只需将仪器平稳放置于待检测点表面即可。仪器工作时,一方面通过精确测量 γ 射线散射强度来计算土的密度,另一方面利用中子射线准确测量含水量。整个检测过程迅速,仅需2-3分钟就能得出结果,特别适用于对路基等土质进行快速抽检。不过,为保证检测精度,仪器需定期校准,同时在人员密集区域使用时,务必严格采取辐射防护措施。

4 公路路基施工质量控制与检测技术的应用案例

4.1 案例分析一:某高速公路路基施工质量控制实践

某高速公路项目全长120km,沿线地质条件复杂,途经软土、黄土等特殊地质区域,这给路基施工质量控制带来了巨大挑战。为确保工程质量,项目采用了“三阶段、四区段、八流程”的精细化填筑工艺。在准备阶段,对施工场地进行全面清理和平整,精确测量放样,确定路基中线和边线;施工阶段严格遵循工艺要求,将施工区域划分为填筑区、平整区、碾压区和检测区,各区紧密配合、有序作业;验收阶段则依据严格的标准进行全面检查。八流程涵盖施工准备、填料摊铺、含水量调整、碾压、检测、边坡修整、排水处理和验收,每个环节都制定了详细的操作规范和质量标准。

针对软土路段,采用塑料排水板结合堆载预压的处理方法。排水板按1.5m间距呈正方形布置,堆载高度设定为3m,预压期长达6个月。施工过程中,通过设置沉降观测点,密切监测沉降情况,严格控制加载速率,确保日沉降量不超过10mm。通过这些科学有效的质量控制措施,最终路基压实度达标率高达98%。通车5年后,经实地观测,路基未出现明显沉降,道路平整度良好,为车

辆的安全、舒适行驶提供了坚实保障^[4]。

4.2 案例分析二:采用多种检测技术评估路基质量

某一级公路路基施工完成后,为全面、准确地评估路基质量,采用了灌砂法、核子密度仪法、探地雷达法联合检测的方式。灌砂法作为传统且可靠的压实度检测方法,共抽检200个点位,合格率达到95%,为路基压实质量提供了基础数据。核子密度仪法凭借其快速、无损的特点,对500个点位进行复检,合格率为94%,且与灌砂法检测结果的偏差小于2%,验证了检测结果的准确性。

探地雷达法则发挥了其独特的优势,能够探测路基内部结构,扫描发现3处松散区。经开挖验证,这些松散区是由于填料含水量过高导致的。针对这一问题,及时采用换填处理,处理后复检合格。多种检测技术相结合,实现“精确检测+快速普查”的互补。灌砂法和核子密度仪法保证检测精度,探地雷达法提高检测效率,能够及时发现路基内部潜在的质量问题,为路基验收提供了全面、可靠的数据支持,确保了公路路基的质量符合设计要求。

结束语

公路路基施工质量控制与检测技术是保障公路工程质量与安全的核心要素,从施工前的精心筹备、施工过程中的严格把控,到运用多样化的检测技术精准评估路基质量,每一个环节都紧密相连、缺一不可。通过实际案例可以看出,科学合理的质量控制措施与先进有效的检测技术相结合,能够显著提升路基质量,延长公路使用寿命。未来,随着技术的不断创新与发展,应持续优化施工质量控制与检测方法,以更好地适应复杂多变的工程环境,推动公路建设事业迈向更高水平。

参考文献

- [1]王晓明,杨久灵.公路路基施工质量检测方法研究[J].交通科技,2020,36(2): 16-19.
- [2]李强.公路工程沥青路面施工技术和质量控制[J].交通世界,2020(16):60-61.
- [3]倪行千.公路路基压实施工技术及质量控制研究[J].黑龙江交通科技,2022,45(09):159-161.
- [4]高鹏忠.公路工程路基施工质量控制技术研究[J].大众标准化,2022(06): 30-32.