市政公用工程道路路基施工技术研究

胡越聪　郭福潮
山东省路桥集团有限公司　山东　济南　250000

摘　要：市政公用工程道路路基施工涉及多种材料与技术。天然土石材料、改良材料及新型材料各有特性，选择需遵循地质适应、强度匹配和耐久性原则。施工涵盖开挖填筑、压实、排水防护等工艺，质量控制涉及过程监控、隐蔽工程及信息化管理。随着技术发展，绿色施工注重资源循环与节能减排，智能化施工推动无人化作业与大数据应用，新型结构体系如复合式和生态路基不断涌现，为道路建设提供更多选择。

关键词：市政道路；路基施工；材料特性；施工工艺；质量控制

引言：市政公用工程道路作为城市基础设施的关键构成，其路基施工质量直接决定道路的整体性能与使用寿命。在城市化进程加速的背景下，道路建设规模持续扩大，对路基施工技术提出了更高要求。路基施工不仅需应对复杂的地质条件，还需满足日益增长的交通荷载需求。在此背景下，深入探究路基施工材料特性、工艺要点及质量控制技术，对于提升道路建设质量、保障交通安全具有重要意义。

1 路基施工材料与技术特性

1.1 路基材料分类与性能要求

1.1.1 天然土石材料

天然土石材料作为路基施工的基础构成，来源广泛且性质多样。粒料级配是评判这类材料优劣的关键要素。当粒料级配良好时，大小不同的颗粒能够相互填充，形成紧密的结构，有效减少孔隙率，增强材料的密实性。这种紧密结构使得路基在承受车辆荷载时，应力分布更为均匀，降低局部应力集中导致的破坏风险[1]。塑性指数反映了土的塑性变形能力，对于路基材料的施工性能和长期稳定性影响显著。不同塑性指数的土在工程特性上存在差异，低塑性指数的土通常具有较好的压实性能，而高塑性指数的土则需经过适当处理才能满足路基施工要求。承载力是天然土石材料的核心性能指标，直接关系到路基能否承受上部结构传递的荷载以及车辆行驶产生的动态荷载，确保道路在使用过程中不发生过量沉降或破坏。

1.1.2 改良材料

石灰、水泥、粉煤灰等固化剂在路基施工中扮演着重要角色。这些改良材料具备出色的化学稳定性，能与土壤中的成分发生复杂的化学反应。以石灰为例，它能与土中的黏土矿物进行离子交换和胶结反应，生成具有较高强度的化合物，从而显著提高土的强度和稳定性。水泥通过水化反应形成坚硬的水泥石结构，将土颗粒紧密结合在一起，增强路基材料的整体承载能力。粉煤灰具有火山灰活性，能与水泥或石灰协同作用，进一步改善材料的力学性能，同时提升材料的耐久性，减少因环境因素导致的性能衰减。

1.1.3 新型材料

土工合成材料如土工格栅、土工布等在路基工程中的应用日益广泛。土工格栅具有较高的抗拉强度，当铺设在路基中时，能有效约束土体的侧向变形，增强路基的整体稳定性，起到类似加筋的作用。土工布则具有良好的透水性，在保证路基内部水分能够顺利排出的同时，防止土体颗粒流失，起到过滤和保护的作用，对于改善路基的水稳定性和力学性能具有重要意义。

1.2 材料选择原则

1.2.1 地质适应性

不同土壤类型具有独特的工程性质，软土具有高压缩性和低强度，膨胀土遇水膨胀、失水收缩，砂性土透水性强但黏聚力差。在路基材料选择时，需充分考虑这些特性，针对不同土壤类型选择具有针对性的材料，以充分发挥材料的性能优势，确保路基施工质量和长期稳定性。

1.2.2 强度匹配性

路基设计荷载和变形控制要求是材料选择的重要依据。所选材料的强度必须满足设计要求，以保证路基在长期使用过程中能够承受车辆荷载的反复作用而不发生破坏，同时有效控制变形，维持道路的平整度和行车舒适性，保障交通安全。

1.2.3 耐久性

路基材料需具备良好的抗冲刷、抗冻融、抗化学侵蚀等性能。在自然环境作用下，路基会受到水流冲刷、温度变化和化学物质侵蚀等多种因素的影响。只有具备

足够耐久性的材料，才能保证路基在长期使用过程中性能稳定，减少维修和养护成本，延长道路使用寿命。

2 路基施工工艺与技术要点

2.1 路基开挖与填筑技术

路基开挖需遵循科学有序的作业流程。开挖作业应采取分层推进方式，依据地质条件与开挖深度确定分层厚度，每层开挖完成后及时进行边坡修整，确保坡面平整度符合设计要求。边坡控制需结合工程实际选择放缓坡率、设置分级平台或采用临时支护措施，防止开挖过程中出现滑坡或坍塌。排水体系构建是开挖阶段的关键环节，通过在坡顶设置截水沟拦截地表径流，在坡脚布置边沟引导水流，避免雨水冲刷边坡导致失稳[2]。填筑作业需严格控制分层压实质量，每层填料铺筑厚度应根据压实设备性能与填料类型确定，通常不超过30厘米。虚铺厚度控制需通过标高测量与填料体积计算双重校验，确保铺筑均匀性。含水量调节是影响压实效果的核心因素，当填料含水量高于最佳值时需采取翻晒晾干措施，低于最佳值时则通过洒水车均匀补水，使填料含水量维持在最佳压实区间。针对软土地基需采取针对性加固措施，换填法通过置换软弱土层提升地基承载力，排水固结法利用竖向排水体加速地基固结沉降，复合地基法通过在软土中设置刚性桩体形成增强体。膨胀土改良通常采用石灰掺入工艺，通过石灰与土颗粒的离子交换作用降低土体膨胀性，提升水稳定性。

2.2 压实技术与设备应用

压实作业需基于不同压实原理选择适配设备。静压作用通过压路机自重产生垂直压力，适用于黏性土等低透水性材料；振动压实利用高频振动使土颗粒产生相对位移，对砂性土等粗粒料压实效果显著；冲击压实通过冲击轮的瞬时冲击力破碎土体结构性，在处理湿陷性黄土等特殊土时具有独特优势。设备选型需综合考虑填料类型、压实厚度与工程规模，光轮压路机适用于表面压实，振动压路机可实现深层压实，轮胎压路机通过揉压作用提升压实均匀性。吨位匹配需根据填料最大粒径与压实度要求确定，通常遵循"重型设备压实粗粒料，轻型设备压实细粒料"原则。压实工艺控制包含多维度参数，碾压速度需与压实设备性能匹配，过快易导致压实不足，过慢则影响施工效率；碾压遍数通过试验段确定，需保证压实度达到设计标准；碾压方向应遵循"先边缘后中间"原则，搭接宽度控制在轮宽1/3至1/2范围，避免出现漏压区域。

2.3 排水与防护技术

排水系统设计需构建地表与地下协同的立体网络。地表排水通过边沟、截水沟等线性构筑物引导水流，其断面尺寸需满足百年一遇降雨强度要求，沟底纵坡应保证水流自排能力。地下排水采用盲沟、渗井等隐蔽工程，盲沟内填充级配碎石形成透水通道，渗井通过竖向排水体将地下水引入深层含水层。防护工程需根据边坡高度与地质条件选择防护形式，低矮边坡可采用植草防护，通过根系固土作用提升坡面稳定性；中等高度边坡适用浆砌片石防护，利用块石间砂浆粘结形成刚性防护层；高大边坡或不良地质段需设置挡土墙，通过结构自重抵抗土压力。冲刷防护需针对水流特性选择防护措施，河道边坡可采用抛石防护，利用块石重量抵御水流冲刷；滨水区域适用护坡模袋，通过高强度土工织物约束填料形成柔性防护体。

3 路基施工质量控制技术

3.1 施工过程监控技术

几何尺寸控制是保障路基结构符合设计规范的核心环节。中线偏位监测需通过全站仪或GPS定位系统实现高精度测量，每完成一个施工段即进行坐标复核，偏差值超过允许范围时立即调整施工导向[3]。横坡控制采用水准仪与激光坡度仪联合检测，重点监测填筑层表面排水坡度，确保雨水能够快速排出避免积水。边坡坡度监测结合三维激光扫描技术，对开挖或填筑形成的坡面进行点云数据采集，通过软件分析生成坡度云图，精准识别坡度超限区域。压实质量检测需构建动态监测体系，压实度检测采用灌砂法与核子密度仪互补验证，前者作为标准检测方法，后者用于快速筛查压实薄弱区域。弯沉值检测选用落锤式弯沉仪，通过模拟车辆荷载作用获取路基动态响应，弯沉值超标区域需进行补压处理直至满足设计要求。检测频率依据填料类型与压实工艺确定，粗粒料填筑层每50米检测1处，细粒料填筑层每20米检测1处，确保压实质量均匀性。

3.2 隐蔽工程质量控制

地下管线保护需贯穿施工全周期。施工前采用地质雷达与管线探测仪进行联合探测，明确既有管线位置、埋深及走向，形成管线分布图并标注于施工平面图。开挖过程中实施"人工探槽+机械开挖"组合工艺，在管线两侧各1米范围内采用人工开挖，避免机械作业破坏管线。结构物衔接质量控制聚焦于差异沉降控制，桥台台背填筑采用透水性材料分层压实，每层厚度控制在15厘米以内，压实度较一般路段提高2个百分点。涵洞两侧填筑需对称进行，填筑高度差不超过1层虚铺厚度，防止产生不均匀沉降。台背与路基衔接部位设置土工格栅，通过格栅与填料的摩擦作用增强整体性，格栅铺设宽度每侧超出结构物不小于2米，搭接长度不小于30厘米。

3.3 信息化施工管理

数字化监控技术通过BIM模型实现施工可视化管控。建立包含地形、地质、管线等要素的三维信息模型，将施工方案与模型动态关联，通过碰撞检测功能提前发现设计冲突。进度跟踪模块实时更新各工序完成情况，生成进度偏差分析报告，为资源调配提供数据支撑。智能监测系统构建"感知-传输-分析-预警"闭环，在路基关键部位部署沉降板、测斜仪、应变计等传感器，通过物联网技术实现数据自动采集与无线传输。监测数据经云平台分析处理，当沉降速率超过3毫米/天或水平位移超过5毫米时，系统自动触发预警机制，推送整改指令至现场管理人员终端。监测周期依据施工阶段动态调整，填筑期每2小时采集1次数据，预压期每天采集1次，运营期每周采集1次，形成全生命周期监测档案。

4 路基施工技术创新与发展趋势

4.1 绿色施工技术

资源循环利用已成为绿色施工的重要方向[4]。在道路路基施工中，建筑垃圾再生骨料的应用日益广泛。通过将废弃混凝土、砖块等建筑垃圾经过破碎、筛分等工艺处理，可得到性能优良的再生骨料，用于路基填筑。这种做法不仅解决了建筑垃圾堆放占用土地资源的问题，还减少了对天然砂石资源的开采，实现了资源的有效循环利用。工业废渣如粉煤灰、矿渣等，在路基施工中同样具有广阔的应用前景。这些废渣经过适当处理后，可替代部分水泥或石灰作为稳定材料，用于改良土壤或制备路基材料，既降低了工程成本，又减少了废渣对环境的污染。节能减排是绿色施工的另一大核心。随着电动化技术的不断发展，电动化施工设备在路基施工中的应用逐渐增多。电动压路机、电动挖掘机等设备以低噪音、零排放的特点，有效减少了施工过程中的环境污染。同时，低能耗压实工艺的推广也是节能减排的重要手段。通过优化压实参数、改进压实设备等方式，降低压实过程中的能耗，提高压实效率，实现绿色施工的目标。

4.2 智能化施工技术

智能化施工技术的兴起，为路基施工带来了革命性的变化。无人化作业成为智能化施工的重要体现。自动驾驶压路机通过集成高精度定位、传感器、控制系统等技术，实现了压实作业的自动化和智能化。无人机测绘技术则以其高效、准确的特点，在路基施工前的地形测绘、施工过程中的进度监控等方面发挥着重要作用。这些无人化作业技术的应用，不仅提高了施工效率，还降低了人工操作的风险和成本。大数据分析在智能化施工中也占据着重要地位。通过对历史施工数据的深入挖掘和分析，可以揭示出施工过程中的规律性和潜在问题，为工艺参数的优化和风险预测提供有力支持。借助大数据分析技术，可以对路基施工中的压实度、平整度等关键指标进行实时监控和预警，确保施工质量符合设计要求。

4.3 新型结构体系

新型结构体系的研究与应用，为路基施工提供了更多的选择。复合式路基如加筋土路基、泡沫轻质土路基等，通过引入新型材料或结构形式，显著提高了路基的力学性能和稳定性。这些新型结构体系在承载能力、抗变形能力等方面表现出色，适用于复杂地质条件下的路基施工。生态路基则注重环保与景观的协调统一。植被混凝土护坡、生态挡土墙等环保型防护技术，通过结合植物生长和土壤固定原理，实现了路基边坡的稳定和生态恢复[5]。这些技术不仅美化了施工环境，还提高了路基的生态效益。

结束语

市政公用工程道路路基施工技术的发展，体现了材料科学、工程技术与管理理念的深度融合。通过优化材料选择、改进施工工艺、强化质量控制，路基施工的可靠性与耐久性得到显著提升。绿色施工与智能化技术的应用，推动了行业向环保、高效方向转型，而新型结构体系的探索则为复杂工程提供了创新解决方案。这些进展共同促进了道路建设水平的全面提升，为城市交通的可持续发展奠定了坚实基础。

参考文献

[1]张兴友.市政公用工程道路路基施工技术研究[J].中州建设,2025(7):35-36.

[2]刘士宝.市政公用工程道路路基施工技术研究[J].建筑工程技术与设计,2021(36):721-722.

[3]苏恒.有关市政公用工程道路路基施工技术研究[J].建筑工程技术与设计,2021(10):1355.

[4]宋晓萍,孙海真.市政公用工程道路路基施工技术研究[J].百科论坛电子杂志,2021(14):789.

[5]廖武平.市政公用工程道路路基施工技术研究[J].中国战略新兴产业,2021(10):241,243.