

# 公路路基施工工艺与质量控制

张亮明

天台县交通投资集团浙江省

DOI: 10.32629/jpm.v7i2.8722

**[摘要]** 公路路基作为公路结构的承重部件,承担着车辆通行所带来的荷载,而其质量状况对公路的压实度、排水效能及整体运行效能具有直接影响。在公路工程建设中,路基施工往往面临着复杂多变的自然环境和社会经济条件,如地质条件差异、施工场地分散、施工设备运输困难等,这些因素均使得路基施工的挑战性与复杂性增加,研究和严格把控公路路基施工工艺及质量控制,对于提升公路工程整体建设品质具有重要作用。

**[关键词]** 公路路基; 质量控制; 挖方; 填方; 边坡防护

## Construction technology and quality control of highway subgrade

Zhang Liangming

Tiantai County Transportation Investment Group, Zhejiang Province

**[Abstract]** As the load-bearing component of highway structures, highway subgrades bear the loads brought by vehicle traffic, and their quality status directly affects the compaction degree, drainage efficiency, and overall operational efficiency of highways. In highway engineering construction, subgrade construction often faces complex and variable natural environments and socio-economic conditions, such as differences in geological conditions, scattered construction sites, and difficulties in transporting construction equipment. These factors all increase the challenge and complexity of subgrade construction. Researching and strictly controlling the construction technology and quality control of highway subgrades plays an important role in improving the overall construction quality of highway projects.

**[Key words]** highway subgrade; quality control; excavation; filling; slope protection

公路路基施工工艺与质量控制涉及多个关键环节,需从施工流程、材料控制、压实工艺及检测等方面综合管理。

### 一、公路路基施工工艺流程

1. 施工准备阶段。测量放线,复测导线中线、水准点,增设控制桩,绘制横断面图报监理确认。基底处理前需清除植被、树根及软弱土层,软弱地基需换填或水泥搅拌桩处理。排水设施建设,设置临时排水沟、截水沟,防止积水影响基底;永久排水设施需同步施工。

2. 路基填筑施工。填料处理与运输,填料需筛分(基床底层粒径 $<60\text{mm}$ ,基底以下 $<75\text{mm}$ ),禁用冻土、有机土。采用自卸车运输,卸土时按方格网控制松铺厚度( $\leq 300\text{mm}$ ),避免混填。分层填筑与压实,水平分层填筑,黏性土每层 $\leq 30\text{cm}$ ,砂类土 $\leq 50\text{cm}$ ,两侧加宽 $30\sim 50\text{cm}$ 。碾压采用“静压→弱振→强振→静压”四步骤,轮迹重叠 $12\sim 20\text{cm}$ ,速度 $\leq 4\text{km/h}$ 。检测与整修,每层压实后检测压实度(细粒土 $\geq 96\%$ )、平整度,

合格后方可填筑上层。填筑中断时,上下层留台阶(宽度 $\geq 1\text{m}$ );成型后削坡整形,恢复中线及边线。

3. 特殊工艺要求。软基处理:水泥搅拌桩采用“两喷两搅”工艺,成桩后 $7\sim 28$ 天进行触探及静载试验。边坡防护:坡比 $>1:5$ 时设台阶,防护结构需密贴坡面,设PVC泄水孔。

4. 质量控制要点。含水量控制:保持在最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内,过湿晾晒、过干洒水。路床顶面 $30\text{cm}$ 范围:压实度 $\geq 95\%$ ,确保基层稳定性。

### 二、施工工艺如何影响路基质量

路基施工工艺对质量的影响贯穿材料选择、填筑压实、检测验收全流程,以下从关键环节分析其控制要点及对应影响:

1. 材料与基底处理工艺。填料控制,禁用有机土、冻土及膨胀土,优先选用级配良好的砂砾土或碎石土,粗粒料需破碎至粒径 $\leq 10\text{cm}$ 。基底需清除植被、树根,软基换填深度 $\leq 3\text{m}$ ,坡面坡度 $>1:5$ 时修成台阶(宽度 $\geq 1\text{m}$ )。排水系统,设置

2%~4%横坡及边沟(深度 $\geq 0.4\text{m}$ ), 湿陷性黄土地区需加固出水口。

2. 填筑与压实工艺。分层填筑, 黏性土每层松铺厚度 $\leq 30\text{cm}$ , 砂类土 $\leq 50\text{cm}$ , 填筑宽度超出设计 $30\sim 50\text{cm}$ 以确保边缘压实。试验段确定松铺厚度(推荐 $36\text{cm}$ )及碾压参数, 采用“先轻后重、先慢后快”原则。压实控制, 碾压速度 $\leq 4\text{km/h}$ , 轮迹重叠 $12\sim 20\text{cm}$ ; 含水量控制在最佳值 $\pm 2\%$ 内。振动压路机效果优于传统压路机, 连续压实技术可实时监测密实度。

3. 特殊工艺影响。翻浆处理: 掺生石灰或抛石改善土体稳定性。黄土路基: 截排地表水+分层碾压至最佳含水率。

4. 检测与动态调整。实时检测, 每层压实后采用灌砂法检测密实度(细粒土 $\geq 96\%$ ), 弯沉值每 $20\text{m}$ 测 $1$ 点。平整度用 $3\text{m}$ 直尺偏差 $\leq 10\text{mm}$ 。工艺优化, 根据检测结果调整碾压遍数或材料配比, 复杂地质需先做 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 试验段。通过上述工艺控制, 可有效避免沉降、裂缝等问题, 确保路基长期稳定性。

### 三、公路路基施工质量控制要点

1. 压实工艺。分层填筑, 黏性土每层厚度 $\leq 30\text{cm}$ , 砂类土 $\leq 50\text{cm}$ , 两侧加宽 $30\sim 50\text{cm}$ 确保边缘压实。碾压遵循“先轻后重、先静后振、先低后高、先慢后快”原则, 速度 $\leq 4\text{km/h}$ 。轮迹重叠 $12\sim 20\text{cm}$ , 避免漏压。含水量管理, 控制最佳含水率 $\pm 2\%$ , 过湿晾晒、过干洒水, 防止弹簧土或松散。检测与验收。压实度检测, 细粒土压实度 $\geq 96\%$ , 路床顶面下 $30\text{cm}$ 范围 $\geq 95\%$ 。采用灌砂法或环刀法, 每层施工后检测合格方可继续填筑。特殊问题处理。翻浆: 掺生石灰或抛石处理。裂缝: 优化材料配比或设置伸缩缝。排水与基底处理。设置 $2\%\sim 4\%$ 横坡及边沟防止积水。软基换填或注浆处理, 坡面坡度 $> 1: 5$ 时修台阶(宽度 $\geq 1\text{m}$ )。

2. 路基填料的选择标准和质量控制方法。路基填料控制及施工工艺, 路基填料的选择标准和质量控制方法是确保路基稳定性和耐久性的核心环节, 需结合材料性能、施工规范及检测手段进行系统性控制: 填料选择标准, 材料类型要求, 优先选用: 级配良好的砂砾土、碎石土等粗粒土, CBR值(加州承载比)需满足设计要求(如高速公路下路堤 $\geq 10\%$ )。禁用材料: 有机质土、冻土、膨胀土及含草皮、树根的腐殖土。特殊处理: 湿陷性黄土需掺生石灰改良(比例 $5\%\sim 8\%$ ), 盐渍土需进行脱盐处理。粒径控制, 基床以下填料最大粒径 $\leq 75\text{mm}$ , 基床底层 $\leq 60\text{mm}$ , 超粒径块石需破碎至 $\leq 10\text{cm}$ 。质量控制方法, 进场检测, 含水率: 酒精燃烧法快速检测, 控制在最佳值 $\pm 2\%$ 范围内。级配验证: 每 $10000\text{m}^3$ 填料做筛分试验, 细粒土含量 $> 15\%$ 时需调整级配。施工工艺控制, 分层填筑: 黏性土松铺厚度 $\leq 30\text{cm}$ , 砂类土 $\leq 50\text{cm}$ , 边坡超宽填筑 $50\text{cm}$ 。压实工艺: 采用“双机联压”(振动压路机+胶轮压路机), 轮迹重叠 $1/3$ 轮宽, 弯道

从外侧向内侧碾压。动态监测, 每层压实后检测压实度(灌砂法), 高速公路路基顶面压实度 $\geq 96\%$ 。弯沉值采用贝克曼梁法检测, 每 $50\text{m}$ 设 $3$ 个测点。特殊工况处理, 翻浆土: 掺生石灰或抛石处理, 改良后复测压实度。接缝处理: 新旧路基结合部铺设土工格栅(拉伸强度 $\geq 50\text{kN/m}$ )。通过上述标准与方法可有效避免路基沉降、裂缝等问题, 需结合信息化管理(如二维码追溯)实现全过程质量控制。

3. 如何通过施工工艺控制路基质量。公路路基施工质量需通过系统性工艺控制实现, 核心环节包括材料选择、分层填筑、压实工艺及动态检测, 具体控制要点如下: 材料与基底处理, 填料控制, 禁用有机土、冻土及膨胀土, 优先选用级配良好的砂砾土或碎石土, 粗粒料需提前破碎至粒径 $\leq 10\text{cm}$ 。基底处理需清除植被、树根, 软基采用换填(深度 $\leq 3\text{m}$ )或注浆处理, 坡面坡度 $> 1: 5$ 时修成台阶(宽度 $\geq 1\text{m}$ )。排水设计, 设置 $2\%\sim 4\%$ 横坡及边沟(深度 $\geq 0.4\text{m}$ ), 防止积水软化路基; 湿陷性黄土地区需拦截地表水并加固出水口。填筑与压实工艺, 分层填筑, 黏性土每层松铺厚度 $\leq 30\text{cm}$ , 砂类土 $\leq 50\text{cm}$ , 填筑宽度超出设计 $30\sim 50\text{cm}$ 以确保边缘压实。采用“三阶段、四区段、八流程”工艺, 填筑前通过试验段确定松铺厚度(推荐 $36\text{cm}$ )及碾压参数。压实控制, 碾压速度 $\leq 4\text{km/h}$ , 遵循“先轻后重、先慢后快”原则, 轮迹重叠 $12\sim 20\text{cm}$ ; 含水量控制在最佳值 $\pm 2\%$ 内。采用连续压实技术, 通过智能系统实时监测压实度, 避免漏压或过压, 每层压实后检测密实度(细粒土 $\geq 96\%$ )。特殊工况处理, 翻浆与裂缝: 掺生石灰或抛石处理翻浆, 优化材料配比或设置伸缩缝防治裂缝。黄土路基: 湿陷性基底需截排地表水, 填筑时分层碾压至最佳含水率, 边坡及时防护。质量检测与验收, 检测方法, 压实度检测采用灌砂法、环刀法, 每 $1000\text{m}^2$ 抽检 $3$ 点; 路床顶面下 $30\text{cm}$ 范围压实度 $\geq 95\%$ 。弯沉值检测每车道每 $20\text{m}$ 测 $1$ 点, 平整度用 $3\text{m}$ 直尺偏差 $\leq 10\text{mm}$ 。验收标准, 每层施工后验收密实度和平整度, 合格方可继续填筑; 复杂地质需先做 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 试验段。

4. 防止路基翻浆的措施。排水系统优化。路基排水, 设置横向盲沟(间距 $2\sim 5\text{m}$ , 深 $20\sim 40\text{cm}$ , 填砂砾)或管渗沟降低地下水水位。边沟与截水沟配合, 确保地表水快速排出, 减少水分渗入路基。隔离层设置, 透水隔离层(碎石、土工布)或不透水隔离层(沥青膜、塑料膜)阻断毛细水上升。材料与结构改良。换填处理, 挖除软弱土层, 换填粗颗粒土(如砂砾), 厚度为最大冻深的 $70\%\sim 100\%$ 。隔温层铺设, 使用炉渣、矿渣等材料(厚 $20\sim 50\text{cm}$ )减缓冻融影响。路基加高, 提高路基填土高度, 增大与地下水位的距离, 减少毛细水影响。施工与养护控制。确保填料含水量在最佳值 $\pm 2\%$ 内, 压实度达标(细粒土 $\geq 96\%$ )。旧路翻浆地段需彻底处理, 结合隔离层、隔温层及路

面结构加固。通过上述措施可有效减少翻浆风险,提升路基稳定性。

#### 四、不同材料路基施工工艺

1. 土质路基施工。基底处理,清除树根、腐殖土,横向坡度陡于 1:5 时修台阶(宽 $\geq 1\text{m}$ ,高 $\leq 30\text{cm}$ )。压实度检测:路床顶面下 30cm 范围压实度 $\geq 95\%$ 。填筑与压实,分层填筑(黏性土 $\leq 30\text{cm}$ ,砂类土 $\leq 50\text{cm}$ ),两侧加宽 50cm 确保边缘压实。碾压顺序:静压 $\rightarrow$ 弱振 $\rightarrow$ 强振 $\rightarrow$ 静压,速度 $\leq 4\text{km/h}$ ,轮迹重叠 12 $\sim$ 20cm。

2. 石质路基施工。开挖方法,浅层路堑采用单层横向全宽挖掘法,深层路堑用分层纵挖法或通道纵挖法。严禁掏洞开挖,机械作业时距管线 1m 内需人工开挖。填料要求,选用级配良好的砾类土、砂类土,禁止使用有机土、冻土。

3. 特殊路基处理。软土地基,换填砂砾或水泥搅拌桩(“两喷两搅”工艺),成桩后 7 $\sim$ 28 天检测强度。设置砂砾垫层或土工格栅,增强抗变形能力。冻土路基,铺设隔温层(炉渣 20 $\sim$ 50cm)或加高路基,减少冻胀影响。

4. 混合料路基(如级配碎石)。摊铺:松铺厚度由试验段确定(通常 $\leq 300\text{mm}$ ),摊铺后立即检测标高与横坡。碾压:胶轮压路机高频低幅碾压 2 遍,速度 1.8 $\sim$ 2.2km/h。关键控制点:填料含水率(最佳值 $\pm 2\%$ )、分层压实度、排水系统完整性。

#### 五、公路路基施工工艺与质量关系

1. 施工工艺对质量的影响。填料选择与处理,禁用有机土、冻土,选用 CBR 值达标的砂砾或碎石,粗粒料需破碎至粒径 $< 60\text{mm}$ (基床底层)或 $< 75\text{mm}$ (基底以下)。分层填筑与压实,黏性土每层 $\leq 30\text{cm}$ ,砂类土 $\leq 50\text{cm}$ ,压实度需达 96%以上(细粒土)。碾压遵循“先轻后重、先慢后快”,速度 $\leq 4\text{km/h}$ ,轮迹重叠 12 $\sim$ 20cm。含水量控制,最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内碾压,过高易弹簧土,过低则松散。

2. 质量控制的核心环节。试验段验证,二级以上公路需进行 $\geq 200\text{m}$ 试验段,确定松铺厚度、碾压遍数等参数。检测与验收,每层压实后检测压实度(灌砂法/环刀法),合格后方可继续施工。特殊路基处理,软基换填或注浆,湿陷性黄土需拦截排水并掺石灰降低含水率。

3. 工艺与质量的协同优化。排水系统:设置 2% $\sim$ 4%横坡及边沟,防止积水软化路基。基底处理:清除植被、淤泥,坡度 $> 1:5$ 时修台阶(宽 $\geq 1\text{m}$ )。通过上述工艺控制与质量检测的结合,可有效保障路基的稳定性与耐久性。

#### 六、预防路基施工质量问题的有效措施

1. 材料控制。填料选择,禁用有机土、冻土及膨胀土,优

先选用级配良好的砂砾或碎石(粒径 $< 60\text{mm}$ ),CBR 值需符合设计要求。粗粒料需破碎至规定粒径,黏性土塑性指数控制在合理范围。含水量管理,压实前控制含水量在最佳值 $\pm 2\%$ 内,过高时掺石灰处理,过低则洒水湿润。

2. 施工工艺优化。分层填筑与压实,黏性土每层厚度 $\leq 30\text{cm}$ ,砂类土 $\leq 50\text{cm}$ ,碾压速度 $\leq 4\text{km/h}$ ,轮迹重叠 12 $\sim$ 20cm。压实度检测(灌砂法/环刀法),细粒土压实度 $\geq 96\%$ ,高速公路要求更高。基底处理,清除植被、淤泥,坡度 $> 1:5$ 时修台阶(宽 $\geq 1\text{m}$ ,向内倾斜 4% $\sim$ 6%)。软弱地基换填砂砾或采用强夯法,处理深度依据地质报告。

3. 排水与防护。排水系统,设置 2% $\sim$ 4%横坡及边沟,临时排水沟深度 $\geq 0.4\text{m}$ ,纵坡 $\geq 0.3\%$ 。湿陷性黄土地区需拦截地表水,防止渗水引发沉降。边坡防护,高边坡增设台阶或护面墙,及时防护避免冲刷。

4. 检测与验收。试验段验证,二级以上公路需设置 $\geq 200\text{m}$ 试验段,确定松铺厚度、碾压遍数等参数。分层验收,每层压实后检测压实度和平整度(3米直尺法,最大间隙 $\leq 15\text{mm}$ )。

5. 路基施工质量不合格的处理方法。路基施工质量不合格的处理方法需结合问题严重程度和法律法规要求,采取分级处理措施。立即处置措施,停工整改,发现质量问题后立即停工,防止问题扩大化。专业检测,委托第三方机构检测不合格部位(如压实度、弯沉值),出具检测报告。整改技术方案,返工修复,局部不合格:开挖返工至合格层,重新压实(黏性土松铺厚度 $\leq 30\text{cm}$ )。工艺调整,调整碾压参数(如振动频率、遍数),控制含水量在最佳值 $\pm 2\%$ 内。湿陷性黄土需增设排水盲沟或注浆加固。法律与合同责任,行政处罚,交通部门可责令改正、处以罚款(情节严重吊销资质)。民事赔偿,施工方需承担返工费用及因此造成的工期延误损失。案例:无资质施工导致合同无效,需返还超额工程款。预防机制,过程控制,严格分层检测(每层压实度 $\geq 96\%$ ),使用连续压实技术实时监控。合同约定,明确质量标准和违约责任,优先选用有资质的施工单位。具体方案需根据《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202-2021)等标准执行。

总之,路基施工不仅是公路建设的基石,更是保障公路安全、提升行车舒适度的关键环节。在这个过程中,施工工艺的科学性、合理性和创新性,以及质量控制技术的严格性、全面性和有效性,共同构成了提升公路路基质量的坚固防线。

#### [参考文献]

[1]刘慧园.公路路基施工工艺与质量控制分析.2023.

[2]张瑞峰.改良低液限黏土在高速公路路基施工中的应用.2022.