# 公路高填方路基不均匀沉降防控施工技术

陈荣飞

（四川港建水利水电工程有限责任公司，四川 成都 610097）

**摘 要** 山区公路建设中高填方路基应用广泛，不均匀沉降是其最常见的病害之一，易引发路面开裂、桥头跳车、结构错台等问题，直接影响行车安全与道路使用寿命。本文结合四川川东北地区某山区高速公路工程实践，分析高填方路基不均匀沉降的形成机理与防控难点，从基底加固、填料填筑、压实管控、防排水四个维度梳理关键施工技术，提出全过程质量控制措施，以期为同类山区高填方工程沉降防控提供施工参考，助力提升路基建设耐久性。

**关键词** 公路高填方；不均匀沉降；沉降防控；分层压实；沉降观测

**中图分类号**：U416.1 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.28.016

## 0 引言

山地丘陵地貌区高速公路建设过程中，高填方路基是适应地形起伏、平衡土石方的常用结构形式。高填方路基填筑高度大、自重荷载高，受地质条件不均、填料性质差异、压实质量波动、雨水入渗软化等多重因素影响，工后易出现不均匀沉降，轻则造成路面开裂变形，重则引发路基滑移失稳。当前部分项目对沉降防控重视不足，施工管控粗放，后期沉降治理往往需要投入大量资金与时间，严重影响道路运营效率。因此，系统梳理高填方路基不均匀沉降防控的关键施工技术，建立全流程质量管控体系，对保障山区公路建设质量、降低后期运维成本具有重大意义。

## 1 工程概况

### 1.1 项目背景与地质条件

本项目为四川川东北地区某新建高速公路标段，线路全长12.7 km，其中高填方路基段落总长3.2 km，最大填方高度26.8 m，平均填筑高度约18 m，属于典型山区高填方工程。项目所在区域为丘陵地貌，沿线地形起伏较大，冲沟与缓坡交替分布，路基基底条件差异明显。地质勘察结果显示，路基基底表层覆盖第四系粉质黏土与腐殖土，厚度2 m～5 m，承载力偏低且压缩性较大；下伏侏罗系泥岩夹砂岩，风化程度不均，局部段落存在软弱夹层。

区域气候属亚热带湿润季风气候，降雨集中在5月—9月，年平均降雨量约1 100 mm，雨季地下水位埋深1.5 m～3 m，地表水与地下水补给充足。雨水入渗易软化路基填料与基底土层，降低土体抗剪强度，是加剧路基沉降的重要外部因素。设计要求路基工后总沉降量不大于30 cm，不均匀沉降坡差不大于1.5%，满足沥青路面铺设的变形控制要求。

### 1.2 不均匀沉降防控难点

本项目高填方段沉降防控存在四方面突出难点。一是填筑高度大，土体自重固结周期长，工后沉降持续时间久，控制难度远高于普通填方路基。二是基底地质条件沿线路方向波动大，冲沟段软弱土层厚、坡地段基岩埋深浅，不同段落承载力差异明显，易产生横向与纵向差异沉降。三是沿线取土场分散，填料性质波动较大，若管控不严易出现不同压缩性填料混填的情况，引发分层沉降差。四是填挖交界、桥台衔接等过渡段较多，路基刚度差异大，是不均匀沉降的高发区域，需要专项处理。

## 2 公路高填方路基不均匀沉降防控关键施工技术

### 2.1 基底差异化加固处理技术

基底是路基沉降的起始层，基底承载力不均、软弱层处理不到位是引发不均匀沉降的重要根源。施工前根据地质勘察结果对基底进行分类，采用差异化加固方案，从源头减小基底沉降差异。普通土质基底先清除表层耕植土、腐殖土与松散土体，清表厚度0.3 m～0.5 m，整平后采用重型压路机碾压密实，确保基底承载力满足设计要求[1]。对于坡度陡于1:5的斜坡基底，开挖宽度不小于2 m的反向台阶，台阶面向内倾斜2%～4%，增强路基抗滑稳定性。

针对浅层软弱基底，采用碎石换填法处理，挖除全部软弱土层后分层回填级配碎石，每层厚度不超过30 cm，逐层压实。对于填方高度超过20 m、软弱层较厚的段落，采用强夯加固技术，夯点按正方形布

作者简介：陈荣飞（1992-），男，本科，工程师，研究方向：道路与桥梁。

置，主夯点间距 4 m，夯击能控制在 1 500 kN·m～2 500 kN·m，每点夯击 6 遍～8 遍，最后满夯整平。

如表 1 所示，不同基底条件对应不同的处理技术，兼顾防控效果与工程经济性。

表 1　不同基底条件对应的加固处理技术及适用场景

| 基底条件类型 | 主要处理技术 | 关键控制参数 | 适用填方高度 | 承载力提升幅度 |
|---|---|---|---|---|
| 一般土质基底 | 清表 + 重型碾压 | 清表 0.3 m～0.5 m，压实度≥ 90% | ≤ 12 m | 10%～15% |
| 浅层软弱基底 | 碎石换填 + 分层压实 | 换填厚度 0.8 m～1.5 m | 12 m～20 m | 30%～50% |
| 厚层软弱基底 | 强夯加固 + 碎石垫层 | 夯击能 1 500 kN·m～2 500 kN·m | 20 m～30 m | 50%～80% |
| 填挖交界段 | 台阶开挖 + 土工格栅加筋 | 台阶宽≥ 2 m，格栅 2 层～3 层 | 全高度适用 | 差异沉降减小 25% 以上 |

填挖交界等沉降突变部位加铺双向土工格栅，利用格栅的加筋作用扩散上部荷载，协调沉降变形。格栅沿填挖方向铺设，两端分别伸入挖方段与填方段不小于 10 m，层间距 0.8 m，根据沉降差设置 2 层～3 层，有效降低刚度突变带来的不均匀沉降。

### 2.2　填料优选与水平分层填筑技术

填料性质直接决定路基的压缩变形特性，是控制沉降的基础工作。本项目优先选用强度高、压缩性低的碎石土、砾石土作为填筑材料，严禁使用淤泥、腐殖土、膨胀土、过湿土等不良填料。填料进场前逐批次做土工试验，测定最大干密度、最佳含水率、CBR 值、压缩系数，不合格的填料坚决清退，不得进入施工现场 [2]。

填筑采用水平分层填筑法，路基横断面全宽分层，自下而上逐层填筑。每层摊铺厚度根据压实机械性能通过试验段确定，土质填料每层厚度不超过 30 cm，石质混合填料不超过 40 cm，严禁超厚摊铺。不同性质的填料分层填筑，同一层用同一种填料，不得混填、杂填，防止因压缩系数不同产生层间沉降差。填筑时设 2%～3% 的横向排水坡，防止表面积水浸泡填料。

填方高度大于 20 m 的高填段落，每层摊铺厚度减小到 25 cm，压实度标准提高 1%，用更密实的填筑减小后期固结沉降量。填筑至路床部位时，用性质均匀的优质填料，保证上路床强度均匀。

### 2.3　分层压实和指标双控技术

压实不足是造成路基沉降的主要施工因素，压实质量直接影响土体后期固结沉降的大小。本项目采用重型压实标准，根据路基部位分级控制压实度，上路床压实度不小于 96%，下路床不小于 94%，上路堤不小于 93%，下路堤不小于 90%。碾压作业遵循先轻后重、先慢后快、先边后中的原则，用 20 t 以上振动压路机作业，碾压速度控制在 2 km/h～4 km/h，碾压遍数由试验段确定，一般为 6 遍～8 遍，轮迹重叠宽度不小于 1/3 轮宽。

碾压前严格控制填料含水率，保证其在最佳含水率 ±2% 范围内。含水率偏高时翻晒，偏低时均匀洒水，保证压实效果最好。每层压实完成后同步检测压实度和弯沉两项指标，压实度采用灌砂法检测，弯沉采用贝克曼梁测定，两项指标均合格后方可进行上一层填筑。压路机碾压不到的边角、台背等处，用小型振动夯实机补夯，保证无压实盲区。

### 2.4　全断面防排水体系构建技术

水是加剧路基沉降的主要因素，雨水入渗会使填料软化、土体强度降低，加快固结沉降，还会冲蚀基底形成空洞，引起不均匀沉降。本项目建立地表、地下相结合的全断面防排水体系，最大限度地减少水对路基的侵蚀。地表排水方面，路基两侧设梯形边沟，填方坡顶外侧 5 m 处设截水沟，各级边坡平台设平台排水沟，形成完整的排水网络，及时将地表水引出路基范围，防止坡面积水下渗。

坡面用拱形骨架护坡和植草防护相结合，防止雨水冲刷坡面形成渗水通道。地下排水，地下水丰富的冲沟段设横向盲沟，拦截山体侧向渗水，将地下水引出路基范围 [3]。填挖交界处设渗沟，汇集挖方段地下水排出，防止积水软化结合部填料。每层填筑时预留横向排水坡，保证雨水及时排出。

## 3　公路高填方路基不均匀沉降防控施工全过程质量控制措施

### 3.1　施工准备阶段精准管控

开工前做好基础准备工作，防止因前期工作不到位埋下沉降隐患。补充开展高填方段地质详勘，加密地质钻孔间距至 30 m，软弱层分布段加密，准确掌握基底土层厚度、分布范围、地下水情况，为针对性处理提供依据。提前对选定的取土场进行全面的土工试验，了解填料性质的波动范围，制定分类使用方案。

正式大面积施工前，选取代表性段落进行试验段施工，检验填筑厚度、碾压遍数、含水率控制等工艺

参数，确定最优作业组合，形成标准化作业指导书。对所有施工班组进行全员技术交底，明确沉降防控要求、操作要点和验收标准，保证一线作业人员掌握工艺要求，防止因操作不规范造成质量问题。

### 3.2 填筑过程动态质量控制

施工过程执行“三线”控制标准，即摊铺厚度控制线、含水率控制线、压实质量控制线。每层摊铺前挂设标高控制线，严格控制摊铺厚度，现场安排技术员旁站巡查，发现超厚部位及时推平重铺。配备快速含水率检测设备，碾压前逐段检测填料含水率，偏离最佳范围及时采取晾晒或洒水措施，严禁含水率不合格就强行碾压[4]。

建立工序交接验收制度，上一道工序验收不合格不得进入下一道。碾压过程全程旁站监督，核对碾压遍数、碾压速度、搭接宽度，杜绝漏压、欠压、快压等违规操作。雨季施工时缩短单段填筑长度，做到当天摊铺、当天碾压、当天成型。雨后复工前对路基进行全面检查，对受雨水浸泡软化的部分彻底翻挖换填，合格后方可继续施工。

### 3.3 沉降观测与动态反馈机制

建立完善的沉降观测体系，用实时监测掌握沉降规律，动态调整施工节奏，防止沉降失控。沿线路方向每50 m设一个沉降观测断面，填挖交界、高度突变、桥台过渡段增设断面。每个观测断面设3个观测点，分别设在路基中心和两侧路肩处，用混凝土标石埋设牢固。如表2所示，根据施工的不同阶段设置不同的观测频率和控制标准。

观测精度为二等水准测量，基准点设在沉降影响范围外的稳定基岩上，保证观测数据的准确性。根据观测数据绘制沉降曲线，反演路基固结度，预测工后沉降量。当日沉降速率超过限值时立即停止填筑，待沉降趋于稳定后再恢复施工。预压期结束后，根据沉降数据来评价工后沉降量，满足要求后才能进入路面施工环节[5]。

表2 高填方路基沉降观测频率与控制标准

| 观测阶段 | 观测频率 | 沉降速率控制阈值 | 异常处置要求 |
|---|---|---|---|
| 填筑施工期 | 每填筑1层观测1次 | 日沉降量≤15 mm | 超阈值立即暂停填筑，排查原因 |
| 预压期前3个月 | 每7天观测1次 | 月沉降量≤20 mm | 连续两月超标则延长预压时间 |
| 预压后期 | 每15天观测1次 | 月沉降量≤10 mm | 不达标不得开展路面施工 |
| 运营首年 | 每3个月观测1次 | 年沉降量≤30 mm | 差异沉降超标及时处置 |

### 3.4 薄弱部位专项管控措施

重点对填挖交界、桥台过渡段、新旧路基衔接等沉降高发部位进行专项管控，消除沉降差异隐患。填挖交界段严格按台阶开挖要求进行，台阶宽度、坡度验收合格后方可填筑，填筑时从低处向高处逐层推进，格栅铺设平整、张拉到位，防止褶皱松弛。桥台台背用级配碎石填筑，填筑长度不小于桥台高度的2倍，沿线路方向形成刚度渐变的过渡段，减小桥台与路基的沉降差。台背碾压用小型压实机具配合人工夯实，保证靠近台背部位压实达标。

新旧路基衔接处对旧路基边坡进行开蹬处理，开挖反向台阶后逐层填筑新路基，加铺土工格栅增强整体性，防止出现纵向沉降裂缝。对所有薄弱部位加密沉降观测点，提高观测频率，及时发现沉降异常。施工过程中留存影像资料和检测记录，对每一个薄弱部位都有据可查，保证专项措施的落实。

## 4 结束语

公路高填方路基不均匀沉降防控是一项覆盖勘察、施工、监测全周期的系统性工作，单一技术措施难以实现全面管控，需要多环节协同发力。通过差异化基底加固消除初始沉降差异，通过标准化分层填筑与压实控制土体固结变形，通过完善的防排水体系减少水蚀影响，配合全过程质量管控与沉降动态观测，能够有效将工后沉降与差异沉降控制在允许范围内。未来可进一步引入智能压实监测、自动化沉降采集等技术，提升施工管控的精准度与时效性，更好地适应复杂山区公路的建设需求。

## 参考文献：

[1] 聂彦蓉.公路路基工程高填深挖施工技术分析[J].交通建设与管理,2026(03):168-170.
[2] 唐珊.高填方路堤分层压实工艺优化与沉降控制研究[J].交通建设与管理,2026(03):213-215.
[3] 姚成城.公路填筑路基沉降监测与施工控制技术[J].大众标准化,2026(11):48-50.
[4] 王智渊,刘倩.高速公路软基路段拼宽路基差异沉降控制技术[J].工程技术研究,2026,11(11):64-66.
[5] 杨聪.库区公路高填方路基不均匀沉降对路面结构安全性的影响及处治措施[J].交通世界,2026(16):34-36.