

高速公路施工中沉降段路基路面的施工技术研究

李怀东

云南省建设投资控股集团有限公司 云南 昆明 650506

摘要：高速公路沉降段施工质量关乎道路寿命与行车安全。本文系统研究其施工技术，分析地质、施工、材料及环境等因素对沉降的影响，阐述施工前准备工作，重点探讨强夯、排水固结、加筋等路基处理工艺，以及路面材料选择、铺设和桥头搭板施工要点，展望智能化、绿色环保、新材料及精细化管理的发展方向，为提升工程质量提供参考。

关键词：高速公路施工；沉降段路基路面；施工技术研究

引言：随着我国高速公路建设规模扩大，路基路面沉降成为影响道路性能的关键难题，会导致路面开裂、引发事故并增加养护成本。地质条件复杂、施工工艺不规范、材料选择欠合理及自然因素会加剧沉降风险。当前针对沉降段的施工技术体系在复杂工况下的适应性与精细化控制有待深化。文章立足工程实践，剖析沉降成因，梳理施工技术要点，探索前沿技术应用，为科学施工与质量控制提供理论支撑。

1 高速公路沉降段路基路面沉降原因分析

1.1 地质条件因素

地质条件是引发路基路面沉降的基础因素。在软土地基区域，土体孔隙比大、压缩性高，承载力难以满足荷载要求，易在车辆动载和填土自重作用下产生压缩沉降。湿陷性黄土地区，土体遇水后结构迅速破坏，发生湿陷变形，导致路面不均匀沉降。此外，岩溶地貌区存在地下空洞，填土压实后，空洞上方土体易塌陷，引发路面沉降，给高速公路施工与运营带来巨大隐患。

1.2 施工因素

施工环节的不规范操作是导致沉降的关键诱因。路基填筑时，若分层厚度过大、压实度不足，土体孔隙率高，后期易因荷载作用产生压缩沉降。在新旧路基拼接处，若未对原有路基进行台阶开挖处理，新旧土体无法有效咬合，结合面易产生滑移沉降。同时，施工工期安排不合理，赶工导致压实工序简化，也会使路基稳定性下降，引发路面沉降。

1.3 材料因素

材料性能直接影响路基路面的承载能力和稳定性。若路基填料含泥量过高、颗粒级配不良，压实后难以形成稳定结构，在荷载作用下易产生塑性变形。路面材料质量不过关，如沥青混合料高温稳定性差、抗疲劳性能弱，会加速路面破损与沉降。此外，排水材料透水性能

不足，导致路基长期处于潮湿状态，进一步降低土体强度，加剧沉降问题。

1.4 自然因素

自然环境变化对路基路面沉降影响显著。季节性降雨使路基土含水量增加，导致土体软化、抗剪强度降低，引发沉降变形。冻融循环地区，冬季路基土中的水分结冰膨胀，春季融化后土体结构松散，形成不均匀沉降。长期高温会加速沥青路面老化，降低其弹性恢复能力；强风、暴雨等极端天气，也会对路基路面结构造成破坏，促使沉降问题加剧。

2 高速公路沉降段路基路面施工前的准备工作

2.1 方案设计

方案设计是施工的核心指导文件。需结合工程地质勘察报告，针对不同沉降段特点制定专项施工方案。对于软土地基路段，可采用排水固结或换填等处理方法；新旧路基拼接处，应明确台阶开挖尺寸与拼接工艺。同时，方案中需细化施工流程、质量控制标准及安全保障措施，合理规划工期与资源配置，确保施工有序推进，为解决沉降问题提供科学的技术路径。

2.2 材料准备

优质材料是工程质量的基础保障。路基施工前，需对填料进行严格检测，确保其含泥量、颗粒级配等指标符合设计要求，优先选用透水性好、强度高的材料。路面施工材料如沥青、集料等，要依据设计标准进行采购与检验，控制沥青针入度、软化点及集料压碎值等参数。同时，准备足量排水材料与加固材料，如土工格栅、碎石盲沟等，确保材料质量可靠、供应及时，满足施工需求。

2.3 人员组织

合理的人员配置是施工顺利开展的关键。组建专业施工团队，配备经验丰富的项目经理、技术负责人，负

责统筹协调与技术指导；安排专业测量人员，精确控制路基路面标高与坡度；组织熟练的机械操作人员，保障压实、摊铺等设备高效运行；配备专职质量安全员，全程监督施工质量与安全。通过明确岗位职责、开展技术培训，提升团队整体施工能力与质量意识。

2.4 场地条件勘察

详细的场地勘察是施工决策的重要依据。施工前需再次对场地地质条件进行复核，利用钻探、物探等手段，探明软土厚度、地下水位、溶洞分布等情况，绘制精确的地质剖面图。同时，勘察周边环境，了解地下管线、建筑物分布，评估施工对周边环境的影响，排查安全隐患。结合勘察结果优化施工方案，为路基路面施工创造良好条件，规避潜在风险。

3 高速公路沉降段路基路面关键施工技术

3.1 路基处理技术

3.1.1 强夯施工

强夯施工通过重锤自由下落产生的巨大冲击力，对路基土体进行强力压实，有效提高地基承载力并减少后期沉降。施工时，需依据路基土质与设计要求的精准确定夯击能量、夯击次数及夯点间距。对于软土地基，通常采用低能量多次夯击的方式，避免土体因瞬间受力过大发生侧向挤出；而在砂土地基，可适当提高夯击能量，增强压实效果。施工过程中，需严格控制夯锤落距与垂直度，通过多次夯击循环逐步密实土体，并及时测量夯沉量，确保达到设计的压实标准，从而显著改善路基的密实度与稳定性。

3.1.2 排水固结技术

排水固结技术基于饱和软土在荷载作用下孔隙水排出、土体逐渐固结的原理，有效降低路基沉降量。该技术通过在软土地基中设置竖向排水体（如塑料排水板、砂井）与水平排水垫层（砂垫层），形成排水通道，加速孔隙水排出。施工前，需根据地基土的渗透系数、压缩性等参数，合理确定排水体的间距、长度与布置方式。施工时，确保排水体垂直插入地基，避免出现扭曲、断裂现象，保证排水畅通。在加载预压阶段，通过堆载或真空预压等方式施加荷载，实时监测孔隙水压力与沉降量，待土体固结度达到设计要求后卸载，实现地基的稳定加固。

3.1.3 加筋技术

加筋技术是在路基填土中铺设土工格栅、土工织物等加筋材料，通过筋材与土体间的摩擦力和嵌固作用，增强土体整体性与稳定性。施工时，先将路基表面平整压实，再铺设加筋材料，确保其与土体紧密贴合，避

免出现褶皱、卷曲。加筋材料的搭接长度需符合设计规范，采用连接件牢固连接，防止受力时产生滑移。随着填土分层填筑，逐层铺设加筋材料，每层填土压实后再进行下一层施工。加筋技术可有效分散路基应力，限制土体侧向变形，提升路基的抗剪强度，尤其适用于处理高填方路基与软土地基，显著降低路基沉降风险。

3.2 路面施工技术

3.2.1 路面材料选择

路面材料的性能直接决定道路的承载能力与抗沉降能力。在沉降段，沥青混凝土与水泥混凝土是常用路面材料，需根据实际需求科学选择。沥青混凝土具有良好的柔韧性与抗疲劳性能，能适应一定程度的沉降变形，其沥青需选用高粘度、高软化点的优质产品，集料则要求洁净、坚硬、级配合理，确保混合料高温稳定性与低温抗裂性。水泥混凝土强度高、耐久性好，适用于重载交通路段，施工时需严格控制水泥标号、水灰比及粗细集料质量，添加外加剂改善工作性能，提高混凝土抗折强度与抗渗性，从材料源头保障路面抵御沉降破坏的能力。

3.2.2 路面铺设技术

规范的路面铺设是确保沉降段路面质量的核心环节。沥青路面铺设采用分层摊铺压实工艺，摊铺前需对下承层进行清洁与喷洒粘层油处理，保证层间粘结。摊铺过程中，摊铺机需匀速行驶，控制摊铺温度与厚度，避免出现离析现象；压实分初压、复压和终压三个阶段，初压采用钢轮压路机静压，复压使用重型轮胎压路机或振动压路机增强密实度，终压消除轮迹，确保路面平整度。水泥混凝土路面铺设则需精准控制模板安装、钢筋布设，使用滑模摊铺机或三辊轴机组进行摊铺，振捣密实后及时进行抹面、拉毛与刻槽处理，并覆盖养生，防止混凝土开裂，保障路面平整度与抗滑性能。

3.3 桥头搭板施工技术

3.3.1 搭板长度确定

搭板长度的合理确定是确保其有效缓解桥头沉降差异的基础。确定搭板长度需综合考虑桥台高度、路基填土高度、地基土类型及车辆荷载等因素。通常，桥台越高、填土厚度越大，搭板长度应相应增加，以分散车辆荷载引起的应力集中。对于软土地基路段，需适当延长搭板长度，补偿地基后期沉降；而在地质条件较好的路段，可缩短搭板长度以降低成本。此外，还需通过理论计算与工程经验相结合的方式，采用有限元分析模拟不同工况下的沉降曲线，确保搭板长度既能覆盖路基沉降过渡区域，又能满足结构受力要求，实现车辆平稳过渡。

3.3.2 搭板与桥台连接技术

搭板与桥台的可靠连接是保障结构整体稳定性的关键。目前常用的连接方式有锚固连接与枕梁连接。锚固连接通过在搭板端部预埋钢筋,与桥台预留钢筋焊接或绑扎,浇筑混凝土形成整体,施工时需严格控制钢筋锚固长度与焊接质量,确保连接强度;枕梁连接则是在搭板与桥台之间设置枕梁,通过枕梁传递荷载,枕梁与桥台、搭板均需设置可靠的连接钢筋,增强结构协同受力能力。无论采用哪种连接方式,均需在连接处设置伸缩缝,填充弹性材料,以适应温度变化和沉降变形,避免连接处出现裂缝或错台,确保搭板与桥台协同工作。

3.3.3 搭板顶面标高控制

搭板顶面标高的精准控制直接影响行车舒适性与路面平整度。施工前,需根据设计标高与路面纵坡,结合桥台沉降监测数据,对搭板顶面标高进行动态调整。测量时采用高精度全站仪或水准仪,按设计间距加密控制点,确保标高测量精度。施工过程中,通过模板支设、混凝土浇筑或沥青摊铺等工序严格控制顶面高程,每层施工完成后及时复测,发现偏差立即调整。

4 高速公路沉降段路基路面施工技术的发展趋势

4.1 智能化施工技术的应用

智能化施工技术借助物联网、大数据与人工智能,推动沉降段施工向精准化转型。施工过程中,通过在路基、路面关键部位布设传感器,实时采集压实度、沉降位移、温度应力等数据,并传输至智慧管理平台进行分析预警,及时调整施工参数。无人机与三维激光扫描技术可快速完成场地地形测绘与施工进度监测,提高测量效率与精度。自动驾驶压路机、摊铺机等智能装备,通过预设程序实现自动控制,确保压实均匀性与摊铺平整度,降低人为操作误差,有效提升施工质量与效率,为沉降段施工提供智能化解决方案。

4.2 绿色环保施工技术的推广

绿色环保理念驱动下,沉降段施工技术更加注重资源节约与生态保护。采用低噪音、低能耗的施工设备,减少施工对周边环境的影响;推广温拌沥青技术,降低沥青混合料生产温度,减少能源消耗与有害气体排放。利用工业废料(如粉煤灰、矿渣)替代部分原材料,实现资源循环利用,降低生产成本。在路基处理中,优先

采用生态友好型工艺,如生物酶加固技术,减少化学药剂使用,避免土壤与地下水污染,推动高速公路建设与生态环境协调发展。

4.3 新材料与新工艺的研发与应用

新材料与新工艺的创新为沉降段施工带来新突破。纳米改性沥青、高模量沥青混合料等新型路面材料,具备优异的高温稳定性与抗疲劳性能,能更好地适应沉降变形;高强度土工合成材料、泡沫混凝土等轻质填料,可减轻路基自重,降低沉降风险。在施工工艺方面,3D打印技术可实现复杂路基结构的精准建造,注浆加固新工艺能快速修复局部沉降问题。这些新材料与新工艺的应用,显著提升了沉降段路基路面的综合性能与耐久性。

4.4 精细化施工管理与质量控制

精细化管理成为保障沉降段施工质量的核心手段。通过建立全生命周期质量管理体系,将施工准备、过程控制与验收评估各环节纳入数字化管理平台,实现质量数据可追溯。利用BIM技术进行施工模拟,提前预判沉降风险点,优化施工方案;采用“网格化”管理模式,将施工区域细化至责任单元,明确质量标准与管控流程。同时,加强施工人员培训与考核,引入第三方检测机构进行全过程质量监督,确保施工技术规范落实到位,从管理层面筑牢沉降段工程质量防线^[3]。

结束语

高速公路沉降段路基路面施工技术的优化与革新,对保障道路安全、延长使用寿命意义深远。本文系统剖析了沉降成因,详述施工准备、关键技术要点,并展望智能化、绿色化等发展趋势。未来,随着科技与工艺的持续进步,施工技术将更精准高效,新材料与新工艺的广泛应用也将有效提升工程质量。

参考文献

- [1]刘晓涛.高速公路施工中沉降段路基路面的施工技术[J].运输经理世界,2022(25):149-151.
- [2]答亨.道路工程中沉降段路基路面施工技术探析[J].四川建材,2022,48(02):116-117.
- [3]沈金城.道路沉降段路基路面施工技术要点及措施研究[J].科技风,2021,8:176-177.