

道路沉降段路基路面设计要点分析

苗 朝

山西晋城公路规划勘察设计有限公司 山西 晋城 048000

摘 要：本文聚焦道路沉降段路基路面设计，前期勘察包含地质条件、水文条件及成因分类分析。路基设计涉及地基处理、填筑、排水，路面设计包含结构层选型、厚度调整及抗裂变形设计。同时提出监测、沉降补偿与调坡、边缘接口防护等辅助措施。通过全面设计要点把控，提升道路抗沉降能力，保障道路使用性能与安全性，为类似工程提供参考。

关键词：道路沉降段；路基设计；路面设计；辅助防护措施

引言：道路在地质、工程、环境因素影响下易出现沉降段，此类路段易引发路面开裂、平整度下降，威胁通行安全且缩短道路使用寿命。当前道路建设中，沉降段设计若缺乏针对性，易导致后期维护成本增加、通行效率降低。因此，梳理道路沉降段前期勘察要点，分析沉降成因，从路基、路面设计及辅助防护入手，制定适配沉降特性的设计方案，对提升道路结构稳定性、保障道路长期安全运营具有重要意义。

1 道路沉降段前期勘察与成因分析

1.1 场地地质勘察要点

勘察范围需结合道路规划走向与沉降潜在影响范围确定边界。除覆盖路基下方一定深度，还需向侧向延伸足够距离，考虑路基荷载对周边土层的应力扩散效应，避免遗漏侧向土层变形引发的沉降隐患，确保勘察结果全面反映沉降段及周边地质条件^[1]。地质分层梳理通过钻孔取样、原位测试等手段，掌握土层垂直与水平分布规律。重点识别软土、填土、湿陷性黄土等特殊土层，明确软土的天然含水率、孔隙比，填土的来源与压实程度，湿陷性黄土的湿陷等级与厚度，为分析沉降可能性、计算沉降量提供关键依据。水文条件勘察需探明地下水位埋深与季节变化趋势，分析水位波动对土层稳定性的影响。判断地下水类型，了解水体对土层的溶蚀、腐蚀作用，查明上层滞水、承压水等现象，为路基排水设计与地基处理方案提供准确水文参数。

1.2 沉降成因分类分析

地质因素是引发沉降的重要内在原因。软土因含水率高、压缩性大，在路基荷载下易缓慢压缩变形；土层分布不均时，不同土层压缩模量差异大，受荷载后出现不均匀沉降；地下空洞或岩溶发育区域，路基下方支撑不足，易在荷载作用下塌落引发突发性沉降。工程因素与施工质量密切相关。路基填筑压实度不足，填土孔

隙后期压缩会引发沉降；地基处理方法不当或深度、范围不足，承载能力无法满足荷载需求，导致地基过量变形；施工中局部区域荷载分布不均，承受超出设计预期的荷载，会加速路基沉降。环境因素通过改变土层状态间接引发沉降。降水入渗升高土层含水率，降低强度，对湿陷性黄土还会触发湿陷性；地下水位变化改变土层有效应力，引发固结沉降或导致土体软化、液化；温度变化使材料与土层热胀冷缩，低温下土体出现裂隙，荷载作用下裂隙扩展会加剧沉降。

2 道路沉降段路基设计核心要点

2.1 地基处理设计要点

处理方案选型需紧密结合场地地质条件。软土地基可选用换填法置换软弱土层，或采用排水固结法加速土体排水压缩；填土路基可通过夯实法提高土体密实度；对于承载力不足的地基，可采用加筋法增强土体抗变形能力，或通过注浆法填充土层孔隙提升强度，确保所选方案能针对性解决地基薄弱问题。处理深度控制需依据地质勘察数据确定。需确保处理深度穿透全部软弱土层，到达下方稳定持力层，避免因处理深度不足，导致后期深层土体压缩引发路基沉降，同时兼顾经济性与实用性，在满足稳定要求的前提下合理控制处理深度。处理范围扩展需考虑路基荷载的侧向扩散效应。处理范围需向路基外侧延伸一定距离，超出路基坡脚，防止路基侧向变形导致的失稳，尤其对于软土地基，足够的处理范围能有效约束土体侧向位移，保障路基整体稳定性。

2.2 路基填筑设计要点

填料选择标准需围绕减少后期沉降展开。优先选用级配良好、压缩性低且透水性适宜的材料，如碎石土、砾石土等，避免使用高含水量的粘性土或易分解的有机质土，这类材料易因含水率变化或自身分解产生体积收缩，引发路基沉降^[2]。分层填筑控制需明确具体施工参

数。根据填料类型与压实机械性能,确定合理的分层厚度,选择适配的压实机械,制定科学的压实工艺,压实过程中需控制填料含水率,调整至最佳范围以保障压实效果,确保每一层填筑体都能达到规定的密实度,避免因填筑不均或压实不足,导致后期路基出现压缩沉降。路基边坡设计需结合沉降特性优化。根据路基高度、填料性质及场地条件,调整边坡坡率,对可能出现较大沉降的路段,可设置缓坡或分级边坡,同时配套选择合适的防护形式,如铺设土工格栅、喷播植草等,增强边坡抗滑稳定性,防止边坡坍塌引发路基变形。

2.3 路基排水设计要点

地表排水系统需构建完整的排水路径。在路基上方边缘设置截水沟,拦截坡面汇水;在路基两侧设置边沟,收集路面与路基表面的雨水,途经低洼路段可增设跌水或急流槽消能防冲,通过合理规划沟道走向与纵坡,引导雨水快速排出路基范围,减少雨水入渗对路基土体的软化。地下排水系统需针对地下水问题设计。在地下水位较高或存在上层滞水的区域,设置盲沟或渗沟,沟壁可铺设土工布防止细土颗粒堵塞,通过沟内填充的透水性材料,将地下水汇集并排出,降低地下水位,加速土层固结,减少水压力对路基稳定性的影响。排水材料选择需注重长期有效性。优先选用透水性强、抗堵塞能力好的材料,如级配碎石、土工排水网等,这类材料能在长期使用中保持良好的排水性能,避免因材料堵塞导致排水系统失效,确保路基始终处于干燥稳定状态。

3 道路沉降段路面设计核心要点

3.1 路面结构层选型设计

基层设计需优先选择刚度适宜、抗变形能力强的材料,水泥稳定碎石、石灰粉煤灰稳定类材料为常用类型。这类材料借助水泥或石灰、粉煤灰的胶结作用形成稳定结构,既能提供足够刚度支撑面层荷载,又有一定韧性适应路基轻微沉降,避免刚度过大在沉降中断裂。设计需关注材料级配与胶结料掺量,确保基层成型后整体强度均匀,减少局部薄弱区域引发的早期损坏。底基层设计侧重适配路基沉降,多采用柔性或半刚性材料。柔性底基层可选级配碎石、天然砂砾等,依靠颗粒咬合传递荷载,能随路基沉降微小变形而不易开裂;半刚性底基层可择水泥剂量较低的稳定土,在保证一定强度的同时保留适度柔性^[3]。底基层材料选择需匹配路基处理效果,路基沉降量大时优先用柔性材料,沉降量小时可用半刚性材料,借底基层变形适应性减少沉降对上层结构的影响。面层设计需结合道路等级与使用需求,聚焦抗

裂、耐磨与延展性。高等级公路或重载交通路段,可选改性沥青混凝土、SMA(沥青玛蹄脂碎石)等,改性沥青提升面层低温抗裂性与高温稳定性,SMA骨架密实结构增强耐磨性与抗变形能力;普通公路可用普通沥青混凝土,但需优化沥青标号与矿料级配,确保面层有一定延展性,能随基层沉降微量拉伸而不出现裂缝。

3.2 路面结构厚度设计

厚度调整原则需以沉降预估量为依据,通过增加基层或底基层厚度提升结构承载能力。针对预估沉降量较大的路段,可适当增加基层厚度,利用更厚的刚性层分散荷载应力,减少沉降导致的结构变形;底基层厚度调整需结合材料特性,柔性底基层厚度增加可增强变形适应性,半刚性底基层厚度增加则能提升整体刚度,设计时需通过力学计算确定合理厚度,避免过度增厚造成材料浪费或结构自重过大。不均匀沉降适配需优化各层厚度分布,减少应力集中。在可能出现差异沉降的区域,如路基处理边界、桥头衔接处,需从沉降较小一侧向沉降较大一侧逐渐增加基层或底基层厚度,形成厚度渐变过渡带。过渡带内各层厚度变化需平缓,避免突变引发应力集中,同时可在过渡带下方铺设土工格栅,进一步分散应力,防止差异沉降导致路面结构层出现局部破损。

3.3 路面抗裂与抗变形设计

裂缝控制措施需多维度阻断沉降引发的裂缝传递。基层与面层间可铺设土工布、抗裂贴等反射防治层,利用材料抗拉性能阻止基层裂缝向上反射;面层施工完成后需及时切缝,切缝深度与间距根据面层厚度和材料特性确定,通过预设缝道释放收缩应力,减少沉降叠加收缩产生的裂缝;抗裂贴可直接粘贴在基层裂缝或面层切缝处,增强裂缝处抗拉伸能力,防止裂缝扩展。材料变形适配需优先选用热稳定性好、收缩率低的材料。面层选择温度敏感性低的沥青品种,降低温度变化引发的收缩变形;基层控制胶结料掺量与含水量,减少干缩和温缩变形;底基层若为级配碎石,需优化颗粒级配保证密实度,减少颗粒间空隙导致的后期压缩变形,通过各层材料低变形特性提升路面适应沉降的能力。接缝设计优化需增强接缝处抗沉降变形能力。胀缝设在路面温度变化大或沉降差异明显处,预留足够变形空间,缝内填充弹性密封材料,防雨水渗入并允许竖向与水平变形;缩缝间距根据面层材料和厚度确定,避免间距过大导致应力集中,底部设传力杆或拉杆增强荷载传递能力;施工缝需与缩缝或胀缝重合,无法重合时增设拉杆,确保结构连续性,防止沉降引发错台或裂缝。

4 道路沉降段辅助设计与防护措施

4.1 路基路面监测设计

监测点位布置需聚焦沉降敏感区域,全面捕捉变形特征。沉降观测点优先设于高填方、软土地基、桥头衔接处及路基中心与边缘,用沉降板或观测桩,埋深穿透路基填筑层至原状土层,保证数据真实;位移监测点布于边坡顶部及坡脚,通过测斜管或位移计监测侧向位移,预防失稳;应力监测点装于路面结构层内部及路基与地基界面,用传感器实时监测荷载应力,判断是否超安全范围。监测频率结合施工阶段与运营期差异化设定。施工期加密频次,路基填筑每完成一层监测一次,设备安装与路面铺设每周一次,及时发现异常;运营初期(通车后1-2年)每月监测,后期趋稳可调整为每季度或半年一次,遇暴雨、地震等特殊情况需临时加测,排查突发沉降。监测数据应用需建规范反馈机制^[4]。数据及时整理分析,绘沉降-时间、位移-深度曲线,判断趋势与速率;若沉降超预期或速率突增,立即反馈设计与施工团队,评估是否调整方案。运营期数据纳入维护档案,为路面加铺、路基加固提供依据,确保措施适配实际沉降。

4.2 沉降补偿与调坡设计

预拱度设置需基于沉降量预估结果,通过预设反向拱度抵消后期沉降影响。设计阶段需结合地质条件与荷载计算,预估路基路面在施工期与运营期的总沉降量,在路基顶面或路面基层施工时,沿道路纵向设置向上的预拱度,预拱度数值需与预估沉降量匹配,中间路段预拱度最大,向两侧逐渐减小,形成平滑曲线。对沉降均匀的路段可采用线性预拱度,对沉降差异较大的路段需采用非线性预拱度,确保后期沉降完成后路面能保持平整的设计坡度。动态调坡方案需设计可调整的路面坡度机制,适应运营期的沉降变化。在路面结构层设计中预留调坡空间,可采用轻质填料铺设基层,后期若出现局部沉降导致路面坡度异常,可通过铣刨基层表面或加铺薄层沥青混合料进行调坡;对重要路段或沉降不稳定区域,可在基层与面层之间设置可调节升降的支撑结构,通过机械调节支撑高度修正路面坡度,避免因沉降导致路面排水不畅或行车颠簸。

4.3 边缘与接口防护设计

道路衔接防护需在沉降段与非沉降段衔接处设置过渡段,优化结构刚度渐变。过渡段长度需根据沉降差异大小确定,通常为10-30米,过渡段内路基填料需从非沉降段的常规填料向沉降段的改良填料渐变,基层厚度从非沉降段向沉降段逐渐增加,面层材料可采用改性沥青或纤维增强沥青,增强结构韧性。同时在过渡段设置土工格栅或土工布,减少差异沉降引发的结构应力集中,避免衔接处出现裂缝或错台。附属设施防护需调整路缘石、人行道等设施的安置方式,适应沉降变形。路缘石安装时采用柔性连接,底部预留一定变形空间,或采用分段式路缘石,段与段之间设置弹性密封材料,允许路缘石随路基沉降发生微小位移;人行道铺装可采用透水砖并预留伸缩缝,伸缩缝内填充弹性材料,避免人行道因路基沉降出现铺装断裂;交通标志、路灯等竖向设施基础需采用深埋式或可调节式设计,基础深度需穿透沉降影响层,或在基础顶部设置调节螺栓,后期可通过调节螺栓修正设施高度,确保附属设施与路面相对位置稳定。

结束语

道路沉降段路基路面设计需综合考虑多方面因素。从前期的精准勘察与成因剖析,到路基、路面设计的核心要点把控,再到辅助防护措施的完善,各环节紧密相连。科学合理的设计可有效应对道路沉降问题,延长道路使用寿命,降低后期维护成本。未来应持续探索创新设计方法与材料,进一步提升道路抗沉降能力,推动道路工程高质量发展。

参考文献

- [1] 聂丹,翁桂林.道路沉降段路基路面设计要点研究[J].低碳世界,2024,14(09):115-117.
- [2] 陈嫣.道路沉降段路基路面设计要点分析[J].运输经理世界,2024,(26):49-52.
- [3] 卞志兵.试论道路沉降段路基路面设计要点[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(25):135-137.
- [4] 刘庆斌.道路桥梁沉降段路基路面设计要点分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(16):145-147.