

# 道路桥梁沉降段路基路面施工技术研究

黄路路

宁夏交通建设股份有限公司 宁夏 银川 750000

**摘要：**道路桥梁沉降段路基路面施工技术是保障工程质量与行车安全的关键。沉降主要由地基不均匀沉降、台背回填压实不足、施工材料性能不佳及环境因素等引发，导致行车舒适性下降、结构耐久性受损。研究聚焦地基处理、台背回填、结构优化、路面拼接及施工质量控制等技术，通过科学设计、严格选材、规范施工及动态监测，有效减少沉降，提升道路桥梁的稳定性与耐久性。

**关键词：**道路桥梁；沉降段；路基路面；施工技术

引言：在交通基础设施建设中，道路桥梁作为关键节点，其沉降段路基路面的施工质量至关重要。沉降段若处理不当，易引发路基不均匀沉降，造成路面破损、行车跳车等问题，不仅影响行车舒适性与安全性，还会大幅增加后期维护成本。当前，随着交通流量与荷载的持续增大，对道路桥梁沉降段路基路面施工技术提出了更高要求。因此，深入研究相关施工技术，提高沉降段处理水平，具有重要的现实意义与工程价值。

## 1 道路桥梁沉降段机理与影响因素分析

### 1.1 沉降段形成机理

(1) 沉降的力学模型：地基不均匀沉降是核心诱因，如软土地基受荷载作用时，土颗粒压缩变形差异会导致路基竖向位移，某高速路段软土地基段曾出现最大沉降差达12cm；台背回填压实不足则会形成“薄弱区域”，车辆荷载反复作用下，回填土颗粒进一步密实，引发台背与路基衔接处沉降，常见压实度不足10%时，沉降量会增加30%以上。(2) 沉降的动态演化过程：施工期沉降以地基压缩、回填土固结为主，占总沉降量的60%~70%，如桥梁台背施工后3个月内沉降速率可达5mm/月；运营期沉降则由车辆长期荷载、环境因素叠加引发，沉降速率减缓至0.5~1mm/月，但持续时间长，部分路段运营5年后仍有累计沉降。

### 1.2 主要影响因素

(1) 地基条件：软土地基天然含水率高、承载力低，沉降量是普通地基的2~3倍；地质构造复杂区域，如断层破碎带，易因岩层受力不均导致局部沉降，某山区公路断层段曾因地质不稳定出现突发性沉降。(2) 施工材料性能：回填土压实度每降低1%，沉降量增加2%~3%；材料强度不足时，如采用压实度低于90%的素土回填，易在荷载作用下产生塑性变形。(3) 施工工艺：台背回填未采用分层压实（每层厚度超30cm），会导致土体密实度

不均；排水措施缺失时，雨水渗入地基会降低土体强度，加速沉降，某路段因台背排水不畅，1年内沉降量达8cm。(4) 环境因素：温度变化引发土体热胀冷缩，反复循环会加剧路基变形；湿度升高使粘性土含水率增加，压缩性提高；车辆超载（超出设计荷载15%以上）会使地基附加应力增大，沉降速率提升50%以上<sup>[1]</sup>。

### 1.3 沉降段对路基路面的影响

(1) 对行车舒适性的影响：沉降差超5cm时，车辆通过会产生明显跳车现象，行车速度从60km/h降至40km/h以下，舒适度评分下降40%，且易引发驾驶员疲劳。(2) 对结构耐久性的影响：沉降导致路面产生纵向裂缝，缝宽超3mm时，雨水渗入会腐蚀基层，缩短路面使用寿命3~5年；路基不均匀沉降还会使桥梁支座受力失衡，增加支座损坏概率，某桥梁因沉降导致支座更换频率提高2倍。

## 2 道路桥梁沉降段路基路面施工技术关键点

### 2.1 地基处理技术

(1) 软土地基加固方法：强夯法适用于碎石土、砂土等中硬地基，施工时需根据地基承载力确定夯击能量，通常采用2000~3000kN·m能级，分2~3遍夯击，两遍间隔时间不少于7天，可使地基承载力提高50%~80%；水泥搅拌桩适用于淤泥质软土，桩径宜取500~600mm，桩长根据软土厚度确定，一般为8~15m，水泥掺量控制在15%~20%，成桩后单桩承载力不低于150kN；塑料排水板用于加速软土固结，采用SPB-C型排水板，间距1.0~1.5m，呈正三角形布置，插入深度需穿透软土层至硬土层，施工时确保排水板不扭曲、不破损，固结度达到80%以上方可进行后续施工<sup>[2]</sup>。(2) 地基沉降控制标准与检测方法：沉降控制标准需结合路段类型确定，高速公路路基工后沉降不超过15cm，桥梁台背处工后沉降不超过5cm；检测方法以分层沉降仪为主，在地基不同深度布设测点，每3天观测1次，施工期沉降速率需控制在5mm/天以内，运营

期每月观测1次,当连续3个月沉降速率小于0.5mm/月时,判定地基沉降稳定;同时辅以载荷试验,检测地基承载力是否满足设计要求,试验点数量每1000m<sup>2</sup>不少于3个,承载力特征值需达到设计值的1.2倍以上。

## 2.2 台背回填施工技术

(1) 回填材料选择:优先选用级配碎石,粒径范围5-31.5mm,不均匀系数 $C_u \geq 5$ ,曲率系数 $C_c = 1-3$ ,含泥量不超过3%,具有良好的透水性和压实性;泡沫轻质土适用于台背狭窄区域或对自重敏感的路段,干密度控制在500-800kg/m<sup>3</sup>,抗压强度 $\geq 0.8\text{MPa}$ ,弹性模量100-300MPa,可有效降低回填体自重,减少地基附加应力;严禁使用淤泥、腐殖土、素土等压缩性高的材料作为回填土。(2) 分层压实工艺与压实度控制:采用水平分层填筑,每层压实厚度根据压实机械类型确定,小型压路机( $\leq 12\text{t}$ )控制在15-20cm,大型压路机(18-22t)控制在20-25cm,压实顺序从边缘向中心推进,碾压速度2-3km/h,碾压次数6-8遍;压实度控制采用双指标,高速公路台背回填0-80cm范围内压实度不低于96%,80cm以下不低于94%,采用灌砂法检测,每50m<sup>2</sup>检测1点,单点压实度不得低于规定值的98%,且合格率需达到100%。(3) 排水措施设计:盲沟设置在台背底部,采用直径300-400mm的透水管,外包土工布(渗透系数 $\geq 1 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ ),盲沟纵坡不小于2%,每隔20-30m设置一个检查井,便于清淤;渗水层铺设在回填土顶层,厚度20-30cm,采用粒径10-20mm的碎石,上部铺设土工布隔离,防止路面水下渗,同时在台背与路基衔接处设置横向排水盲管,将渗水引入路基边沟,确保台背区域无积水<sup>[3]</sup>。

## 2.3 路基与桥梁过渡段结构优化

(1) 过渡段刚度渐变设计:搭板长度根据台背沉降量确定,一般为6-10m,宽度与路面一致,厚度25-30cm,采用C30混凝土浇筑,搭板一端支撑在桥台牛腿上,另一端通过枕梁与路基连接,枕梁采用C25混凝土,截面尺寸50cm×50cm,间距3-5m;半刚性基层过渡段采用水泥稳定碎石,从桥台向路基方向,水泥掺量逐渐降低,桥台处掺量6%-8%,路基处掺量3%-4%,过渡段长度10-15m,确保刚度渐变率不超过10%/m,避免刚度突变引发沉降差。(2) 沉降差控制标准与施工允许偏差:过渡段工后沉降差不超过3cm,沉降差速率控制在0.3mm/月以内;施工允许偏差方面,搭板顶面高程偏差 $\pm 5\text{mm}$ ,平整度偏差 $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$ ,半刚性基层厚度偏差 $\pm 10\text{mm}$ ,压实度偏差不超过-1%,采用水准仪、平整度仪、灌砂法等进行检测,每20m检测1个断面,每个断面3个测点,确

保各项指标符合设计要求。

## 2.4 路面拼接技术

(1) 沥青路面与桥面铺装层的衔接处理:桥面铺装层采用SMA-13沥青玛蹄脂碎石,厚度4-5cm,沥青路面采用AC-20中粒式沥青混凝土,衔接处需将桥面铺装层边缘切割成45°斜面,宽度50-80cm,清理表面浮渣后涂刷粘层油(乳化沥青PC-3型,用量0.3-0.5kg/m<sup>2</sup>);沥青路面摊铺时,在衔接处采用梯队作业,摊铺机距离桥面边缘5-10cm,碾压时先碾压衔接处,再向路面一侧推进,碾压温度控制在150-160°C,确保衔接处压实度不低于96%,无推移、开裂现象<sup>[4]</sup>。(2) 防反射裂缝措施:在路面基层与面层之间铺设土工格栅,采用双向拉伸聚丙烯格栅,抗拉强度 $\geq 80\text{kN/m}$ ,延伸率 $\leq 5\%$ ,铺设时格栅搭接宽度15-20cm,采用钉固定,间距50cm;应力吸收层采用橡胶沥青应力吸收层(SAM),厚度1-1.5cm,橡胶沥青用量2.8-3.2kg/m<sup>2</sup>,嵌入单一粒径碎石(5-10mm),用量12-14kg/m<sup>2</sup>,施工时确保应力吸收层连续、均匀,无漏铺、起皱现象,可有效减少反射裂缝产生,延长路面使用寿命3-5年。

## 3 道路桥梁沉降段路基路面施工质量控制与监测技术

### 3.1 施工过程质量控制

(1) 材料质量检测:压实度检测以灌砂法为主,台背回填每50m<sup>2</sup>设1检测点,路基段每100m<sup>2</sup>设1点,高速公路压实度需 $\geq 96\%$ (0-80cm层)、 $\geq 94\%$ (80cm以下层),单点偏差不得超-1%;含水量采用酒精燃烧法或烘干法测定,回填土最优含水量控制在12%-16%,偏差 $\pm 2\%$ ,超出范围需晾晒或洒水调整;强度检测方面,水泥搅拌桩采用钻芯法,每200根桩取1组芯样,无侧限抗压强度 $\geq 1.2\text{MPa}$ ;泡沫轻质土每100m<sup>3</sup>制作3组试块,28d抗压强度 $\geq 0.8\text{MPa}$ ,确保材料性能达标。(2) 施工工艺标准化:分层厚度严格按机械类型管控,小型压路机( $\leq 12\text{t}$ )分层厚度 $\leq 20\text{cm}$ ,大型压路机(18-22t) $\leq 25\text{cm}$ ,采用水准仪实时测量,每层偏差 $\pm 1\text{cm}$ ;碾压遍数根据试验段确定,级配碎石回填需碾压6-8遍,先静压2遍、再振动碾压4-5遍、最后静压1遍,碾压速度控制在2-3km/h,通过画痕法检查碾压盲区,确保无漏压区域;台背回填需待桥台混凝土强度达设计值80%后开工,与路基衔接处采用台阶式开挖,台阶高度30cm、宽度50cm,避免衔接不密实。

### 3.2 沉降监测技术

(1) 监测方法:水准仪适用于常规沉降观测,采用二等水准测量精度,每30m设1监测断面,每个断面3个测点,观测频率为施工期每3天1次、运营初期每月1次;沉

降板埋设在地基关键位置,板体尺寸50cm×50cm×1cm,导管高度随回填升高,每升高50cm测1次沉降;自动化监测系统采用GNSS定位+静力水准组合,监测频率可设为1小时1次,数据传输误差≤2mm,适用于软土地基或高风险路段,实现24小时连续监测。(2)监测数据采集与分析:采集数据需记录沉降量、观测时间、环境温度等信息,建立Excel或专业监测软件数据库;分析时重点关注沉降速率与累计沉降量,施工期沉降速率需≤5mm/天,运营期≤0.5mm/月,累计沉降量不得超设计限值(高速公路路基≤15cm、台背≤5cm);采用回归分析法拟合沉降曲线,预测工后沉降,当预测值超限时,及时启动调整措施<sup>[5]</sup>。

### 3.3 动态调整与反馈机制

(1)根据监测结果调整施工参数:若沉降速率超5mm/天,需减缓回填速度,从原每天2层调整为1层,或更换重型压实设备(如22t压路机替代18t压路机);若压实度检测合格率低于95%,需增加碾压遍数1-2遍,或调整填料级配(如增加碎石含量5%-10%);软土地基段若累计沉降超设计值80%,需提前铺设土工格栅,增强路基稳定性。(2)预警机制与应急处理措施:设置三级预警,黄色预警(沉降速率3-5mm/天)时,加密观测至1天1次;橙色预警(沉降速率5-8mm/天)时,暂停施工并排查原因;红色预警(沉降速率>8mm/天)时,撤离施工人员与设备。应急处理方面,沉降超标路段可采用注浆加固

(水泥浆掺量15%,注浆压力0.3-0.5MPa),裂缝路段及时灌注沥青胶泥,积水区域增设盲沟排水,确保施工安全可控。

### 结束语

道路桥梁沉降段路基路面施工技术研究对保障交通基础设施质量意义重大。通过深入剖析沉降段形成机理与影响因素,明确了地基处理、台背回填、结构优化、路面拼接等关键施工技术要点。同时,施工质量控制与监测技术、动态调整反馈机制的建立,为施工过程提供了全方位保障。未来,随着技术不断发展,需持续优化施工技术,提升沉降段处理效果,以适应日益增长的交通需求,推动道路桥梁建设向更高质量、更安全的方向发展。

### 参考文献

- [1]齐华林.道路桥梁沉降段路基路面施工技术的探讨[J].汽车周刊,2023(2):239-241.
- [2]孟令明.道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术[J].进展,2024(1):98-100.
- [3]吴承道.道路桥梁工程中沉降段路基路面的施工技术分析[J].中国厨卫,2023,22(7):135-137.
- [4]李政柏,李德均.道路桥梁沉降段路基路面施工技术及其质量控制[J].汽车周刊,2024,(10):252-254.
- [5]袁军.浅议如何做好道路桥梁沉降段路基路面施工[J].四川建材,2024,50(04):106-108.