

# 道路桥梁沉降段路基路面关键施工技术

巩凡 刘玉龙

山东高速路桥国际工程有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i4.20295

**[摘要]** 道路桥梁沉降是营运期老桥常见病害,沪昆高速昌金段叶家冲高架桥因建设年代久、地质复杂及重载交通影响,出现明显桩基沉降,严重威胁行车安全并易引发桥头跳车现象。针对该问题,项目团队摒弃传统大拆大建模式,采用“精准监测+靶向加固+动态调整”组合施工技术,通过注浆加固、承台扩大等措施提升地基承载力,结合顶升复位消除沉降高差,搭配全过程智能监测指导施工纠偏,最终使桥梁结构性能恢复并优于规范要求,为营运中老桥沉降段修复提供了可复制范本。

**[关键词]** 道路桥梁; 沉降段路基路面; 关键施工技术

中图分类号: U445 文献标识码: A

## Key Construction Technologies for Subgrade and Pavement in Road and Bridge Settlement Sections

Fan Gong Yulong Liu

Shandong Hi-Speed Road & Bridge International Engineering Co., Ltd.

**[Abstract]** Settlement in road and bridge sections is a common defect in aging bridges during their operational period. Due to its long construction history, complex geological conditions, and the impact of heavy-load traffic, the Yejiachong Viaduct on the Changjin Section of the Shanghai-Kunming Expressway has experienced significant pile foundation settlement. This poses a severe threat to driving safety and easily triggers the "bridge-head jumping" phenomenon. To address this issue, the project team abandoned the traditional large-scale demolition and reconstruction mode, instead adopting a combined construction technique of "precise monitoring + targeted reinforcement + dynamic adjustment." By implementing measures such as grouting reinforcement and pile cap enlargement to enhance the bearing capacity of the foundation, combined with jacking and resetting to eliminate settlement height differences, and utilizing full-process intelligent monitoring to guide construction correction, the structural performance of the bridge was restored to exceed regulatory requirements. This project provides a replicable model for the restoration of settlement sections in aging bridges during operation.

**[Key words]** Roads and Bridges; Subgrade and Pavement in Settlement Sections; Key Construction Technologies

### 1 引言

随着公路交通事业的快速发展,营运期老桥长期承受重载交通荷载,加之地质条件复杂、施工工艺局限等因素,沉降问题日益突出,不仅会破坏路基路面结构完整性,还会引发桥头跳车等安全隐患,严重影响行车舒适性与安全性。道路桥梁沉降段的治理质量直接关系到公路营运安全与使用寿命,尤其是国家级示范工程的沉降治理,对行业内同类老桥沉降修复具有重要指导意义,科学合理的施工技术与管控措施,是解决沉降问题、保障工程质量的关键。

### 2 项目概况

沪昆高速昌金段改扩建工程中的叶家冲高架桥沉降治理项

目,是2025年入选国家级生态修复及地质灾害防治典型案例的道路桥梁沉降段施工示范工程。该桥因建设年代较早、地质条件复杂且长期承受重载交通,出现了明显的桩基沉降问题,若不及时处理将严重影响主线行车安全,并引发典型的“桥头跳车”现象。在改扩建过程中,项目团队摒弃了传统大拆大建的模式,创新采用了“精准监测+靶向加固+动态调整”的组合施工技术。核心技术包括:对沉降桩基实施“注浆加固、承台扩大及钢箍约束”以提升地基承载力;利用顶升复位技术将梁体平稳恢复至设计标高,消除沉降高差;并通过全过程智能监测系统实时指导施工纠偏。经综合治理,桥梁结构性能恢复并优于规范要求,为营运中老桥的沉降段修复提供了可复制的成功范本。

### 3 道路桥梁沉降段路基路面关键施工技术及应用

#### 3.1 沉降段路基加固与处理技术

针对道路桥梁沉降段路基承载力不足、沉降变形持续发展的突出问题,施工单位先对沉降区域进行全面地质勘察,明确路基土层分布、含水量及承载力参数,再结合沉降程度采用分层加固工艺实施作业<sup>[1]</sup>。施工人员先清理路基表层浮土及杂物,平整基底后铺设30cm厚级配碎石垫层,垫层铺设过程中采用小型压路机碾压密实,确保压实度达到设计标准。对于深层路基沉降,施工人员采用高压注浆加固技术,选用42.5级普通硅酸盐水泥作为注浆材料,注浆孔间距控制在1.5m,注浆压力维持在0.8~1.2MPa,注浆深度根据地质情况确定为8~12m,注浆过程中逐孔记录注浆量与压力变化,待注浆体养护7天后,对路基承载力进行检测,确保加固后路基承载力满足设计要求,有效遏制路基持续沉降,如表1所示。

表1 沉降段路基加固与处理技术

加固工艺	核心材料	关键参数	施工要求
级配碎石垫层铺设	级配碎石	厚度 30cm	碾压密实,符合设计压实标准
高压注浆加固	42.5级普通硅酸盐水泥	孔间距 1.5m,压力 0.8~1.2MPa,深度 8~12m	逐孔记录参数,养护 7天后检测承载力

#### 3.2 沉降段路基排水防沉降技术

路基含水量过高是引发沉降的重要诱因,施工单位结合沉降段地形地貌与地质条件,构建“纵向排水+横向排水+地下排水”的立体排水体系,从源头减少水分对路基的侵蚀。纵向排水系统采用PVC双壁波纹管,管径选用300mm,铺设在路基两侧边沟下方,管底坡度控制在2%,确保排水顺畅,波纹管周围采用中砂回填,防止泥土堵塞管道<sup>[2]</sup>。横向排水系统每隔20m设置一道横向排水盲沟,盲沟采用透水土工布包裹碎石制成,碎石粒径控制在20~40mm,盲沟深度挖到地下水位以下50cm,与纵向波纹管连通形成排水网络。地下排水采用井点降水技术,降水井间距设置为10m,降水深度控制在路基基底以下1.5m,持续降水至路基施工完成并达到稳定状态,有效降低地下水位,减少路基土体软化,避免因水分积聚引发路基沉降。

#### 3.3 沉降段路面摊铺与碾压关键技术

沉降段路面摊铺与碾压质量直接决定路面平整度与抗沉降能力,施工单位先对沉降段路基顶面进行平整度检测,对检测出的凸起或凹陷部位进行修整,确保路基顶面平整度误差控制在5mm以内。摊铺作业采用沥青摊铺机匀速行驶,行驶速度控制在2~3m/min,摊铺温度维持在130~150℃,摊铺厚度根据设计要求确定为10cm,分两层摊铺,每层摊铺厚度5cm,摊铺厚度需通过公式精准控制,计算公式为:

$$H = h \cdot K$$

式中,H为摊铺厚度(cm),h为设计压实厚度(cm),K为松铺系数(沥青混合料松铺系数取值1.15~1.35)。第一层摊铺完成后,采用轻型压路机进行初压,碾压速度为2.5km/h,碾压次数为2遍,

初压完成后间隔30分钟进行复压,复压采用重型压路机,碾压速度为4km/h,碾压次数为4遍,最后采用轻型压路机进行终压,确保路面压实度均匀,表面无轮迹、无裂缝,摊铺过程中安排专人监测摊铺厚度与温度,及时调整摊铺机参数,保障摊铺质量与路面平整度,减少后期路面沉降变形,如图1所示。

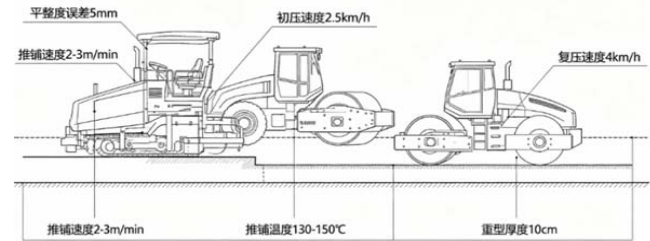


图1 沉降段路面摊铺与碾压关键技术

#### 3.4 沉降段路面抗裂抗错台处理技术

为有效解决沉降段路面易出现的裂缝、错台等病害,施工单位在路面摊铺前铺设玻璃纤维格栅,格栅抗拉强度不低于80kN/m,铺设时确保格栅平整、无褶皱,搭接宽度控制在15cm,搭接处采用粘层油粘结实牢固,增强路面整体抗拉能力<sup>[3]</sup>。路面摊铺完成后,在沉降段与非沉降段衔接处设置伸缩缝,伸缩缝宽度控制在20mm,采用橡胶止水带填充,止水带厚度为5mm,确保伸缩缝密封严密,防止雨水渗入路基。对于已出现轻微裂缝的部位,施工人员采用环氧砂浆灌注处理,环氧砂浆配比为水泥:环氧树脂:固化剂=1:0.8:0.2,灌注前清理裂缝内杂物与灰尘,采用高压空气吹净,灌注过程中缓慢注入,确保砂浆填满裂缝,养护5天后进行质量检测,同时在路面表面涂刷抗裂封层,封层厚度为2mm,进一步提升路面抗裂、抗错台性能,延长路面使用寿命。

#### 4 沉降段路基路面施工的质量管控与安全保障措施

##### 4.1 施工前沉降勘察与参数确定

施工前的沉降勘察与参数确定是保障沉降段路基路面施工质量的基础前提,施工单位组建专业勘察团队,结合沉降段工程实际与周边地质环境,制定详细的勘察方案并严格落实。勘察人员采用钻探与物探相结合的方式开展作业,钻探孔间距控制在8m,钻探深度深入路基基底以下15m,全面采集土层样本并送至实验室进行检测,明确土层承载力、含水量、压缩模量等核心参数<sup>[4]</sup>。同时勘察人员对沉降区域周边既有建筑物、地下管线进行详细排查,标注管线位置与埋深,避免施工过程中造成损坏,结合勘察数据与工程设计要求,确定路基加固、排水、摊铺等各环节的施工参数,明确注浆压力、摊铺厚度、碾压速度等关键指标,形成完整的勘察报告与参数手册,为后续施工提供科学、精准的依据,从源头规避因参数偏差引发的施工质量问

##### 4.2 沉降实时监测与动态管控措施

沉降实时监测与动态管控是施工过程中把控质量、防范安全风险的核心手段,施工单位搭建智能化监测系统,在沉降段路基、桥梁桩基及路面关键部位布设监测点,监测点间距设置为5m,每个监测点安装沉降传感器与位移传感器,实现对沉降量、位移

量的实时采集。监测系统采用无线传输技术,将监测数据实时传输至监控终端,监测人员每2小时对数据进行一次分析,重点对比沉降速率与累计沉降量,沉降速率计算公式为:

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

式中,  $v$  为沉降速率(mm/d),  $s_1$  为  $t_1$  时刻沉降量(mm),  $s_2$  为  $t_2$  时刻沉降量(mm),  $t_1$ 、 $t_2$  为监测时间(d)。当沉降速率超过 0.5mm/d 时,立即暂停施工,组织技术人员排查原因并调整施工方案。施工单位建立动态管控机制,根据监测数据及时优化注浆量、碾压次数等施工参数,同步做好施工过程中的质量巡检,安排专人对每道工序进行全程监督,做好巡检记录,对发现的质量隐患及时整改,确保施工全过程处于可控状态,保障路基路面施工质量与施工安全。

#### 4.3 沉降段路基路面后期维护技术要点

沉降段路基路面后期维护是延长工程使用寿命、防范后期沉降的重要环节,施工单位制定针对性的后期维护方案,明确维护周期与维护内容,建立完善的维护档案。维护人员每月对沉降段路基路面进行一次全面排查,重点检查路面是否出现裂缝、错台,路基是否存在下沉、冲刷等现象,对排查出的轻微裂缝采用环氧砂浆灌注修复,对路面错台部位进行打磨修整,确保路面平整度符合要求。维护人员每季度对排水系统进行清理,疏通堵塞的排水管道与盲沟,检查PVC波纹管与橡胶止水带的完好性,及时更换破损部件,确保排水系统正常运行。同时,维护人员每半年对沉降监测点进行一次校准,持续监测路基路面沉降情况,根据监测数据调整维护方案,补充加固薄弱部位,采用新型防腐、抗

裂材料对路面进行养护,有效防范后期沉降与病害复发。

#### 5 结语

道路桥梁沉降段路基路面施工技术的科学应用,有效解决了营运老桥沉降难题,沪昆高速昌金段叶家冲高架桥经综合治理后,结构性能得到显著提升,圆满完成沉降治理目标,为同类工程提供了宝贵的实践经验。沉降治理是一项长期系统性工程,需兼顾施工质量与后期维护,未来应进一步融合智能化监测技术与新型加固材料,优化施工工艺,完善质量管控体系,持续提升沉降治理的精准度与长效性,推动道路桥梁工程沉降治理技术向更高效、更环保、更可靠的方向发展。

#### 【参考文献】

- [1]王解语.沉降段路基路面施工技术在市政道路桥梁工程中的运用[J].中国建筑金属结构,2026,25(05):67-69.
- [2]肖云东.浅谈道路桥梁沉降段路基路面施工技术[J].中国住宅设施,2026,(02):227-229.
- [3]李斌.道路桥梁沉降段路基路面施工技术要点探讨[J].居业,2026,(02):54-56.
- [4]朱志猛.市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术研究[J].城市建设,2026,(05):92-94.

#### 作者简介:

巩凡(1997--),男,汉族,山东新泰人,本科,现就职于山东高速路桥国际工程有限公司,助理工程师,研究方向工程技术-交通工程。

刘玉龙(1997--),男,汉族,山东德州人,本科,现就职于山东高速路桥国际工程有限公司,助理工程师,研究方向工程技术-交通工程。