

公路改扩建工程路基拼接施工技术及沉降差异控制技术研究

王雨晴

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 随着国内交通运输路网流量持续激增, 早期建成的二级、一级及高速公路逐渐出现通行能力不足、服务水平下降、荷载适配性不足等问题, 公路改扩建成为提升道路通行能力、完善区域路网结构、适配交通发展需求的重要手段。路基拼接作为公路改扩建工程的核心重难点施工内容, 新旧路基土体固结程度、地基刚度、压缩特性存在天然差异, 施工过程极易产生不均匀沉降, 诱发纵向裂缝、路面错台、路基局部塌陷等常见道路病害, 严重影响工程质量与道路长期运营安全。本文结合公路改扩建工程施工特性, 系统剖析新旧路基差异沉降的产生机理、内外影响因素及工程危害, 详细阐述基底处理、台阶开挖、分层填筑、土工加筋、防水排水等路基拼接关键施工工艺。同时从地基预处理、精细化填筑压实、结构加筋加固、水害综合治理、全过程动态监测、施工质量管控等多角度, 构建完善的差异沉降控制技术体系。研究成果可有效降低新旧路基沉降差值, 提升路基整体协同受力性能, 规避拼接部位结构性病害, 为同类公路改扩建路基施工、沉降治理及质量提升提供可靠的工程技术参考。

[关键词] 公路改扩建; 路基拼接; 施工技术; 差异沉降; 沉降控制; 质量管控

DOI: 10.64635/ja.2026.1519

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

Research on Subgrade Splicing Construction Technology and Differential Settlement Control Technology in Highway Reconstruction and Expansion Projects

Wang Yuqing

Xinjiang Beixin Road & Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang 830000, China

Abstract: With the continuous rapid increase in traffic volume on China's transportation road network, secondary highways, first-class highways, and expressways built in the early stage have gradually shown problems such as insufficient traffic capacity, declining service level, and inadequate load adaptability. Highway reconstruction and expansion have become important means to improve road capacity, optimize regional road network structure, and meet the needs of traffic development. As a core and difficult construction task in highway reconstruction and expansion projects, subgrade splicing involves natural differences in consolidation degree, foundation stiffness, and compression characteristics between new and existing subgrade soils. During construction, uneven settlement is highly likely to occur, inducing common road diseases such as longitudinal cracks, pavement faulting, and local subgrade collapse, which seriously affect project quality and long-term road operation safety. Based on the construction characteristics of highway reconstruction and expansion projects, this paper systematically analyzes the formation mechanism, internal and external influencing factors, and engineering hazards of differential settlement between new and existing subgrades, and elaborates on key subgrade splicing construction processes, including foundation treatment, bench excavation, layered filling, geosynthetic reinforcement, waterproofing, and drainage. Meanwhile, a complete differential settlement control technical system is constructed from multiple perspectives, including foundation pretreatment, refined filling and compaction, structural reinforcement, comprehensive water damage control, whole-process dynamic monitoring, and construction quality control. The research results can effectively reduce the settlement difference between new and existing subgrades, improve the overall coordinated bearing performance of the subgrade, prevent structural diseases at splicing sections, and provide reliable engineering technical reference for subgrade construction, settlement treatment, and quality improvement in similar highway reconstruction and expansion projects.

Keywords: highway reconstruction and expansion; subgrade splicing; construction technology; differential settlement; settlement control; quality control

引言

在我国交通强国建设战略推进背景下, 区域交通流量逐年攀升, 大量早期修建公路受建设标准偏低、

长期自然老化、重载车辆反复碾压等因素影响, 逐渐出现通行拥堵、路面破损、路基稳定性下降等问题, 无法满足现代交通运输高质量发展需求。对此, 国内

大量老旧公路启动拓宽改扩建施工,通过单侧或双侧拼宽路基、升级路面结构的方式提升道路通行能力。

与新建公路不同,改扩建工程最大难点在于新旧路基协同变形与沉降匹配。既有旧路基经过数年甚至数十年自然固结、行车碾压,土体结构致密、沉降基本完成,力学性能趋于稳定;而新增拼宽路基为全新填筑土体,孔隙率大、固结时间短、压缩变形显著,两者力学参数差异较大。若拼接施工工艺粗放、沉降防控措施不到位,拼接结合部位极易出现应力集中、不均匀沉降、界面开裂等病害,不仅大幅增加后期养护成本,还会造成道路行车颠簸、安全隐患突出。

现阶段部分改扩建工程存在台阶开挖不规范、填料控制不严、压实标准偏低、加筋布设不合理、排水体系不完善、沉降监测流于形式等问题,导致路基拼接质量参差不齐,后期病害高发。基于此,本文系统研究公路改扩建路基标准化拼接施工技术,深入分析差异沉降诱因,提出全方位、全过程的沉降防控技术对策,旨在提升新旧路基整体性、稳定性与耐久性,保障改扩建公路工程施工质量与长期运营安全。

1 公路改扩建路基差异沉降成因与危害

1.1 新旧路基力学特性差异

新旧路基土体固结状态不同是产生不均匀沉降的根本内因。既有旧路基长期承受车辆动荷载、土体自重荷载以及自然干湿循环作用,土体内部孔隙逐步压缩闭合,压实度、弹性模量、地基承载力均处于稳定状态,残余沉降量极小。而新建拼宽路基填筑时间短,土体颗粒排列疏松、孔隙含量高,初始固结尚未完成,在自重应力与后期行车荷载叠加作用下,会产生持续性的压缩固结沉降,沉降变形量大、变形周期长。

新旧路基刚度、压缩模量的显著差异,导致拼接断面竖向变形不协调,路基横向产生不均匀沉降差,使拼接界面持续承受剪切应力与拉应力,最终诱发纵向裂缝、错台等结构性病害,破坏路基整体受力体系。

1.2 地基条件差异与施工因素影响

原有旧路基施工阶段经过严格地基处理与长期沉降固结,地基土层密实稳定、承载力均匀。而拓宽拼宽区域多为原始自然地基,场地长期未压实,普遍存在表层腐殖土、软弱粉质土层、杂填土、局部坑洼软弱带等不良地质条件,地基承载力偏低、压缩性高。若施工前期基底清理不彻底、软弱地基未加固处理,新路基地基沉降将远大于旧路基,进一步扩大沉降差值。

同时现场施工不规范问题加剧沉降风险:台阶开

挖尺寸不足、坡面残留浮土、填筑分层厚度超标、碾压遍数不足、边角漏压、填料含水率失衡、劣质填料混用等,都会造成新路基压实不均匀、密实度不足,残余沉降增大,是诱发拼接病害的重要人为因素。

1.3 自然环境与水务诱发沉降变形

水是路基工程最大的破坏因素,也是加剧新旧路基差异沉降的核心外部诱因。新旧路基拼接界面属于天然薄弱结构面,界面位置易产生细微缝隙、密实度偏弱,防渗性能较差。降雨天气下,地表水易沿拼接缝隙、路面裂隙渗入路基内部,浸润软化路基填料,大幅降低土体抗剪强度与压实稳定性。

雨水入渗后土体含水率升高、自重增大、孔隙水压力上升,土体压缩变形加剧;长期干湿循环、雨水冲刷、地下水浸泡会造成填料流失、土体软化、局部掏空,导致新路基沉降持续增大,新旧沉降差不断扩大,最终引发路面开裂、塌陷、滑移等病害。尤其南方多雨地区、山区路段,水致沉降病害更为突出。

1.4 差异沉降对工程的主要危害

新旧路基不均匀沉降会引发一系列连锁工程病害:一是路基拼接界面产生纵向贯通裂缝,裂缝随时间持续扩张延伸,破坏路面整体性;二是沉降差导致路面错台、波浪变形、行车颠簸,大幅降低道路通行舒适度;三是局部沉降过大易造成路基边坡滑移、路面塌陷,严重影响行车安全;四是后期病害修补频繁,大幅提升工程运维成本、缩短道路服役年限。不均匀沉降已成为制约公路改扩建工程质量、影响工程验收与后期运营的关键问题。

2 公路改扩建路基核心拼接施工技术

2.1 施工前期勘察与基底预处理技术

路基拼接施工前必须开展精细化现场勘察工作,全面检测旧路基现状质量,包括原有路基压实度、弯沉值、边坡坡度、破损病害、固结状态等参数;详细探明拓宽区域地质土层分布、软弱层厚度、地下水埋深、土体含水率等指标,根据实际地质条件编制专项拼接施工与沉降控制方案,杜绝盲目施工。

施工前期彻底清理拓宽区域地表杂草、树根、腐殖土、淤泥、松散杂土及软弱浮层,清理深度不小于30cm,确保基底土体坚实、干净、无杂质。针对拓宽区浅层软弱地基,采用换填碎石土、级配砂砾方式置换加固;深层软弱地基、高压缩性土层采用强夯加固、冲击碾压、灰土挤密桩等工艺提升地基密实度与承载力,从源头减少新路基地基沉降,缩小新旧地基刚度差异。

2.2 旧路基边坡台阶开挖施工技术

台阶开挖是新旧路基紧密咬合、提升界面粘结强度、防止纵向开裂的关键工艺，直接决定路基拼接整体质量。施工严格遵循自上而下、分层分段、随挖随整、禁止超挖的原则，严禁一次性大面积开挖裸露边坡。

根据现行公路施工规范，台阶开挖宽度控制在 1.5 ~ 2.0m，台阶高度 0.8 ~ 1.0m，台阶向内设置 2% ~ 4% 反向排水坡度，有效避免台阶面积水、提升土体咬合效果。开挖过程人工配合机械修整坡面，及时清除松动浮土、破碎土体，对台阶基面进行夯实处理，保证台阶平整、坚实、棱角规整。开挖完成后及时跟进填筑施工，减少坡面裸露风化时间，保障拼接界面紧密贴合、整体受力。

2.3 分层填筑与精细化压实技术

填料选型直接影响路基沉降性能，拼宽路基优先选用级配优良、强度高、压缩性小、水稳定性好的砾石土、碎石土、粗粒土作为填筑材料，严格禁止使用高液限土、膨胀土、淤泥质土、冻土及有机质土等劣质填料。

填筑施工采用薄层填筑、分层碾压工艺，松铺厚度严格控制在 20cm 以内，杜绝厚层填筑。填筑前检测填料含水率，将含水率调控在最佳含水率 $\pm 2\%$ 区间，含水率过高及时翻晒，含水率偏低适量洒水，保证碾压后土体密实稳定。

碾压遵循先轻后重、先慢后快、先边后中、往返重叠的碾压顺序，大型压路机负责主体区域碾压，小型振动压路机、夯实机对接台阶、路基边缘、坡脚等机械盲区补强夯实，杜绝漏压、虚压、死角。每层填筑完成后及时检测压实度、平整度、厚度，拼宽路基压实度标准略高于普通路基，确保填筑质量达标，最大限度降低后期残余沉降。

2.4 新旧路基加筋加固施工技术

为解决新旧路基刚度不均、变形不协调问题，工程普遍采用土工格栅加筋技术提升路基整体性与抗沉降能力。选用高强度、耐老化、抗拉性能优异的双向土工格栅，分层铺设于路基基底、台阶顶面、路床顶部等关键受力层位，构建立体加筋体系。

格栅铺设保持平整紧绷、无褶皱、无扭曲、无破损，格栅纵向搭接长度不小于 30cm，横向搭接不小于 20cm，搭接位置错开布置，采用钢筋锚固钉牢固固定，确保格栅与土体紧密贴合、协同变形。土工格栅可有效分散路基竖向应力与水平剪力，约束土体横向位移、抑制不均匀变形，抵消新旧路基沉降差值，

有效阻止拼接界面裂缝产生，显著提升路基整体稳定性与抗裂性能。

2.5 拼接部位防水排水施工技术

防水是路基拼接施工的重点内容，必须构建完善的防水、防渗、排水一体化体系。在新旧路基拼接界面铺设防渗土工布，完全封闭结构缝隙，阻断雨水下渗通道；路基施工同步修建坡顶截水沟、路基边沟、横向排水盲沟、边坡急流槽等排水设施，形成全方位排水网络。

施工过程严格封堵拼接缝隙，压实边缘土体，避免形成渗水通道；定期清理排水沟槽杂物，保证排水通畅，快速疏导地表积水与路基内部积水，保持路基土体长期干燥稳定，减少雨水软化、浸泡引发的沉降变形与界面破损。

3 路基拼接施工现存常见问题

3.1 台阶开挖施工不规范

部分施工现场为追赶工期，台阶开挖宽度不足、高度超标、反向坡度缺失，台阶坡面残留大量松散浮土且未夯实处理，新旧路基咬合不紧密、粘结性差，拼接界面整体性不足，后期极易出现分离、滑移、开裂病害。

3.2 填料与压实管控精细化不足

填料筛选不严格、劣质填料混入、填料级配不均匀、含水率控制偏差大，导致填筑土体稳定性差、压缩性偏高。同时分层松铺厚度超标、碾压遍数不足、边角漏压，造成局部压实度不足、土体孔隙偏大，新建路基后期压缩沉降量大，沉降差值持续扩大。

3.3 土工加筋施工存在质量缺陷

土工格栅铺设松弛、褶皱堆积、搭接长度不足、锚固不牢固，部分格栅破损未及时更换，导致加筋体系连续性差、受力不均，无法有效发挥抗拉约束、均衡应力的作用，沉降控制效果大幅下降。

3.4 排水防渗体系不完善

部分项目重填筑、轻排水，排水设施施工滞后、沟槽断面不足、坡度不顺、淤积堵塞严重，拼接界面防渗处理不到位，雨水持续渗入路基内部，软化土体、弱化结构强度，诱发不均匀沉降与裂缝病害。

3.5 沉降监测体系不完善

多数改扩建工程施工期沉降监测频次不足、监测点位布设稀疏、数据记录不规范，无法精准掌握路基沉降速率与变形规律，不能及时预判沉降风险、调整施工工艺，导致后期沉降超标、病害突发。

4 路基拼接差异沉降综合控制技术

4.1 地基差异化预处理控制技术

针对新旧地基刚度不一致问题,采用差异化处理方案:稳定旧路基不扰动、不超挖,保护原有固结结构;重点强化拓宽区域地基处理,浅层软弱土换填高强度骨料压实,深层软土采用强夯、堆载预压、复合地基加固技术,全面提升新地基承载力、降低压缩性,从源头缩小新旧地基沉降差异。

4.2 精细化填筑压实沉降控制

严格落实薄层、匀速、高频碾压施工制度,严控填料质量、松铺厚度、含水率、碾压工艺四大关键指标。对拼接结合部重点补强碾压,确保结合部压实度高于普通路基 1%~2%。合理安排施工周期,路基填筑完成后预留充足自然沉降期,待沉降稳定、变形均匀后再开展路面施工,有效控制后期工后沉降。

4.3 多层位立体加筋控沉技术

优化格栅布设方案,采用基底、中层、路顶层多层加筋模式,形成立体约束体系,全方位限制土体竖向沉降与水平位移,均衡新旧路基应力分布,弱化刚度差异,有效抑制拼接裂缝发育,显著提升路基协同变形能力。

4.4 防水防渗与综合排水控沉

坚持“防排结合、以排为主”原则,全面封闭拼接渗水通道,完善地表、地下综合排水系统,保证积水快速排出、无滞留、无浸泡。常态化开展排水养护清淤,保持排水体系长期通畅,彻底消除水致沉降隐患。

4.5 全过程动态沉降监测预警

在路基典型断面、拼接薄弱断面布设沉降观测点与位移监测设备,施工期分层监测、雨季加密监测,实时记录沉降速率、沉降总量,严格控制填筑期沉降速率不超 5mm/d。及时分析沉降变化趋势,出现沉降异常立即暂停施工、优化工艺、采取加固措施,实现沉降风险动态管控、提前预警、提前处置。

5 施工质量保障措施

5.1 强化专项技术交底与人员培训

施工前开展专项技术交底,明确台阶开挖、填料标准、碾压参数、格栅铺设、排水施工、沉降监测的标准化要求。定期组织施工人员、机械操作手开展技能培训,提升精细化施工意识,杜绝粗放施工、违规

操作。

5.2 建立三级质量检查制度

严格落实班组自检、工序互检、质检专检三级验收制度,每道工序验收合格后方可进入下道工序,对不合格部位坚决返工整改,全程把控路基拼接施工质量。

5.3 加强施工现场精细化管理

严控施工节奏,严禁抢工期、赶进度造成施工质量下降;做好雨季、冬季施工防护,雨天停止填筑作业,及时覆盖已成型路基,防止雨水冲刷浸泡,保障路基施工稳定性。

6 结论

公路改扩建路基拼接工程病害核心源于新旧路基固结差异、地基刚度不均、施工工艺不规范与病害侵蚀叠加作用。本文系统分析差异沉降形成机理与工程危害,详细梳理基底预处理、台阶开挖、分层填筑压实、土工加筋、防水排水等关键拼接施工技术,从地基处理、工艺优化、结构加固、病害治理、动态监测、质量管控多维度建立完善的沉降差异控制体系。

实践证明,标准化、精细化落实路基拼接施工工艺,配合系统化沉降防控措施,能够有效减小新旧路基沉降差值,提升路基整体性、协同性与稳定性,从根本上解决拼接开裂、不均匀沉降等典型病害,显著提升改扩建公路施工质量与长期运营耐久性,具有极强的工程实用性与推广价值。

【参考文献】

- [1] 杨洪杰. 高速公路改扩建工程新旧路基差异沉降控制技术研究[J]. 工程技术与应用, 2026(03): 89-91.
- [2] 酒生林. 公路改扩建路基拼接施工工艺与沉降防控措施[J]. 交通科技, 2025(10): 56-58.
- [3] 张小龙. 新旧路基拼接差异沉降成因及综合治理技术[J]. 公路交通科技, 2026(05): 72-75.
- [4] 贾培庆. 公路改扩建路基拼接关键施工质量控制研究[J]. 工程建设, 2025(08): 102-104.
- [5] 王晴. 改扩建公路路基不均匀沉降病害治理技术[J]. 西部交通科技, 2026(02): 63-65.

作者简介: 王雨晴(1997.08—), 女, 汉族, 陕西西安人, 本科, 助理工程师, 公路运输工程行业。