

公路工程路基加宽施工技术的应用分析

刘蓓

新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆乌鲁木齐，830000；

摘要：针对公路改扩建工程中新旧路基路面拼接易出现差异沉降、裂缝等病害的问题，以某省 12.6km 高速公路改扩建工程为案例，系统研究了路基路面拼接施工技术，包括填挖方衔接采用阶梯式开挖及土工格栅铺设、新旧路基接缝处置选用高性能土工格栅并实施针对性压实控制、沉降监控涵盖监测点布设及稳定标准制定、路面拼宽采用台阶式拼接与整幅通铺、旧路补强先进行状况评估再开展病害处治等关键技术。工程完工后通过 84h 加载试验验证，拼接段病害数量总计 6 处、病害长度均未超过 20mm，远优于行业规范限值。结果表明，所采用的路基路面拼接施工技术有效提升了接缝质量，抑制了潜在缺陷，保障了改扩建路基路面的长期稳定性，可为类似工程提供技术参考。

关键词：公路工程；路基；加宽施工

DOI：10.69979/3029-2727.26.02.008

引言

随着我国经济快速发展，公路交通量激增，既有公路的通行能力已难以满足日益增长的交通需求，改扩建工程成为缓解交通压力、提升路网服务水平的重要举措。然而，改扩建工程中新旧路基路面拼接处易因差异沉降、界面粘结不足等问题，引发失稳坍塌、路面裂缝、沉陷等病害，严重影响公路使用寿命和通行安全。尽管国内多地已开展相关工程实践并借鉴国外经验，但仍存在设计思路局限、施工技术瓶颈等问题，旧路基础条件复杂病害突出、地质差异大，进一步增加了施工难度，导致通车后新拓宽路面易出现沉降变形及裂缝等病害。为解决上述问题，提升公路改扩建工程质量，保障新旧路基路面拼接的长期稳定性，本文以某省高速公路改扩建工程为案例，系统研究路基路面拼接施工技术，探讨填挖方衔接、接缝处置、沉降监控、路面拼宽及旧路补强等关键技术的应用效果，为类似工程提供科学依据和技术支持。

1 公路路基改扩建拓宽的必要性以及现状

随着我国城镇化进程的加速推进，城市人口持续集聚对道路交通系统形成显著压力。科学实施公路路基拓宽工程是有效疏解交通负荷的关键举措，需依托合理的技术体系，确保拓宽后路基结构的长期稳定性与安全性，保障公众通行质量。推广高效的路基拓宽技术应用，要求施工人员精准对接项目路段的实际改扩建需求，既需优化传统拓宽工艺，亦需同步革新设计理念，持续提升

公路扩建项目的整体质量水平。

此外，鉴于我国公路改扩建工程规模持续扩大，应用拓宽技术时须综合研判既有路基的沉降特性及潜在风险，选用适宜工法，最大限度规避新旧路基差异沉降及失稳坍塌等病害。某改扩建项目因拓宽工艺选择不当，诱发路基稳定性显著下降，最终导致严重塌陷与路面开裂。因此，在改扩建实践中必须基于既有道路服役状况，持续优化技术方案，切实提升路基施工质量，以满足日益增长的交通需求。

当前，我国公路路基改扩建拓宽技术整体仍处于探索发展阶段。尽管多地已实施相关工程并借鉴国外先进经验取得一定进展，但综合现状分析表明，诸多外部制约因素易引发工程质量隐患，设计思路局限性与施工技术瓶颈亦普遍存在。现实情况显示，公路改扩建常面临旧路基础条件复杂、病害突出等问题，显著增加了施工难度。大量工程实例表明，通车后新拓宽路面易出现沉降变形及裂缝等病害。鉴于此，亟须强化对改扩建核心技术的研发与精细化设计，推动采用更为科学、可靠的施工工艺。

2 案例概况

本文研究中选取某省高速公路改扩建工程为案例进行详细阐述。该工程总里程为 12.6km。改造核心是将原有路基宽度从 28m 增至 42m，设计采用整体式路堤结构、双向八车道，设计时速 120km/h。施工选用两侧对称加宽方案，单侧拼宽宽度为 7m。

3 路基路面拼接施工技术

3.1 路基拼接施工技术

(1) 填挖方衔接工艺

对于旧路基边坡填方高度高于新路基边坡的区域,需彻底清除旧路基表面的浮土、杂草、松散层及软弱地基,清理深度不应小于 30 cm。清理后的基底应采用 20 吨振动压路机进行压实,压实度按重型击实标准应不低于 90%。

为实现新旧路基的可靠接合,应采用阶梯式开挖工艺。台阶高度宜控制在 1.0~1.5 m 范围内,宽度不应小于 2 m。台阶面应设置 2%~4% 的内向横坡,以防止积水滞留。阶梯开挖工艺如图 1 所示。

当新路基进入挖方段时,施工前需采用地质雷达及钻探法对路基进行全面地质勘察,明确岩土分层、含水量、承载力及原路基顶面标高。挖掘深度应根据设计标高确定,每层挖掘厚度不宜超过 30 cm,应避免超挖或欠挖现象,确保新旧路基无明显高程差异。

为提升填方路段稳定性,填筑过程中应在新旧路床交界面 0 至 80 cm 深度范围内铺设土工格栅,以增强界面粘结力。同时,于路基底部距原地面 30 cm 处,应增设聚酯玻纤布等高强度隔离层,防止地下水渗透对路基结构造成破坏。

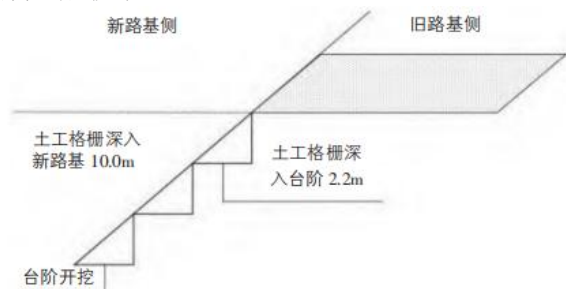


图 1 台阶开挖

(2) 新旧路基接缝处置工艺

遵循《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019)要求,本工程选用高性能双向塑料土工格栅,其性能指标与原路基填土匹配,具体要求为:抗拉强度 $\geq 100\text{kN/m}$ (纵向、横向),延伸率 $\leq 10\%$,与原路基填土的摩擦系数 ≥ 0.5 ,幅宽 $\geq 8\text{m}$,满足工程对界面增强的需求。路基压实设备选用标准为:采用 25 吨振动压路机(总压力 ≤ 75 吨、自重 ≤ 36 吨),振动频率 20—30 赫兹,振幅 1.2—1.5mm,碾压遍数不少于 6 遍,每遍重叠 1/3 轮宽,确保路基路面充分密实。针对新旧路基接合部位(接缝两侧各 5m 范围),专门采用三边式

冲击压路机进行重点压实,冲击能量 25kJ,行驶速度 10—15km/h,碾压 2-3 遍,确保接缝处压实度达到 96% 以上(重型击实标准),消除接缝处的压实度差异。

(3) 土工格栅铺设工艺

为增强新旧路基界面粘结力并提升拼接质量,需在新旧路基接合面铺设土工格栅。依据土工格栅材料特性,铺设前应应对下承层进行预处理,确保其压实度不低于 93%。采用 2m 直尺检测下承层平整度,其误差须控制在 15mm 以内,同时清除尖锐石块、树根、钢筋头等潜在损伤物。必要时,应铺设 5cm 厚中粗砂垫层进行高程调平。

土工格栅采用直径 12mm、长度 30cm 的 U 型钢钉锚固,布设间距按 1m \times 1m 梅花形布置,平均每平方米 4 个锚固点。锚固施工时须确保钉帽与格栅表面平齐,防止钉体刺穿格栅材料。标准单幅土工格栅宽度为 8m,铺设方向应自旧路基向新路基延伸。单幅格栅与旧路基边缘重叠宽度不应小于 1m,相邻格栅横向搭接宽度不得小于 20cm,搭接区域按每延米增设 2 个 U 型钢钉加强固定。

铺设完成后需进行表面平整度检测,采用 2m 直尺测量时误差应 $\leq 10\text{mm}$,并保证格栅与下承层紧密贴合。施工关键控制点为:格栅铺设后 48 小时内必须覆盖厚度不小于 30cm 的上层填料层,以避免紫外线长期照射导致材料老化。

(4) 沉降监控技术

为实时监测新旧路基沉降量,确保路基稳定性,沉降监测系统在坡脚及土路肩位置布设边桩与沉降观测桩,具体布设方案如图 2 所示:边桩采用 $\Phi 10\text{cm}$ 、长度 1.8m 的钢筋混凝土桩,埋深 1.5m,露出地面 30cm,沿路基纵向间距 20—30m,布设于新旧路基交界线外侧 1m 处;沉降观测桩采用 $\Phi 5\text{cm}$ 、长度 1.5m 的无缝钢管,底部焊接 15cm \times 15cm 十字钢板(增加稳定性),埋深至原路基顶面以下 1m,露出地面 5cm,沿路基纵向间距 15—20m,布设于新旧路基交界线两侧各 5m 处及土路肩中心处。监测频率为:施工期间每 3 天监测 1 次(填筑层厚度超过 30cm 时增加 1 次);竣工后前 3 个月每月监测 2 次;3-6 个月每月监测 1 次;6-12 个月每 2 个月监测 1 次;直至路堤达到稳定状态。沉降监控工作持续至路堤稳定状态结束,依据《公路路基设计规范》(JTG D30-2015)要求,稳定标准为:新旧路基同一横断面纵向坡度差 $< 0.4\%$ (纵向坡度差=(旧路基顶面标高-新路

基顶面标高)/路段长度)；同一横断面横向坡度差<0.5% (横向坡度差=旧路基横向坡度-新路基横向坡度)；外侧坡脚日位移量<5mm (采用全站仪监测)；路基中线日沉降速率<10mm (采用水准仪监测)。当连续 30 天满足上述稳定标准时，可停止沉降监测。

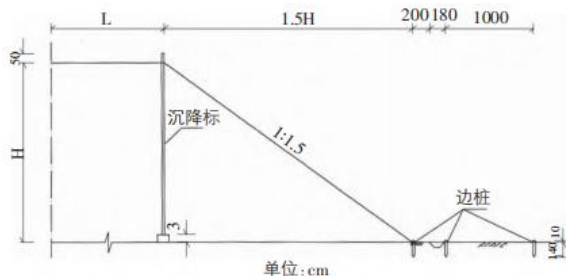


图 2 沉降监测布设图

3.2 路面拼接施工技术

(1) 拼宽技术

为提升新旧路基结合部质量、降低后期裂缝风险，旧路开挖采用台阶式拼接工艺，具体如图 3 所示。施工前需进行台阶宽度受力分析，表 1 结果显示，基层拼接台阶形式显著影响结构层底部剪应力，路面结构层拼接方式主要作用于结合面顶部最大剪应力，据此，工程实践中将台阶宽度严格限定在 40—60cm 范围内，并同步

检查基层底部脱空状况，确保拼接效果。鉴于新建路面标高通常高于旧路，拼接核心在于优化旧路结构层与新铺水稳层的结合，采取以下关键措施：水泥浆浇灌增强层间粘结；在摊铺机前 5—10m 范围内人工辅助布料摊铺旧路台阶部位，减少“烂根”缺陷；使用压路机重点碾压台阶边缘，强化边部压实，提高密实度；在摊铺机挡板处加装橡胶挡板，并对搅笼开口部位进行封闭处理，防止离析，抑制竖向离析。为最大限度预防纵向裂缝，沥青面层采用整幅通铺方式，使用大型摊铺机一次成型；基层水稳混合料亦采用双机并行整幅通铺工艺，保障路面整体平整度。

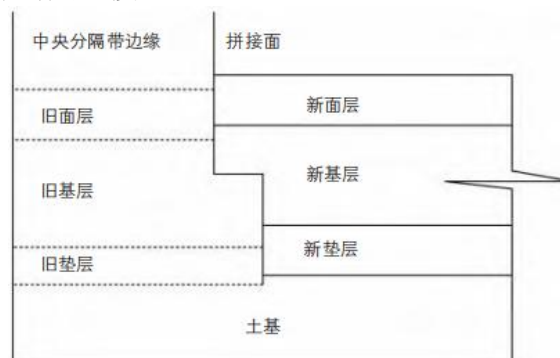


图 3 路面拼接施工图

表 1 台阶宽度的受力统计表

台阶名称	层底剪应力/MPa	最大剪应力/MPa	顶面变形/0.01m	台阶宽度/m
基层台阶 1	0.1302	0.1949	25.502	(光滑连接) 0
	0.1302	0.1949	24.502	(连续搭接) 0
基层台阶 2	0.0825	0.1925	24.258	(光滑连接) 0.4
	0.1049	0.1935	24.343	(连续搭接) 0.4
面层台阶 1	0.03294	0.25108	28.121	0
面层台阶 2	0.12675	0.19343	27.654	0.4

(2) 旧路补强技术

改扩建工程的关键环节是对旧路进行状况评估与针对性补强。本工程通过路面状况指数 (PCI) 评估、钻芯取样分析、弯沉检测展开调查：PCI 值通过公式“ $PCI=100-15DR_{0.142}$ ”计算 (其中 DR 为路面综合破损率，即 $DR=D/A \times 100$ ，D 为折合破损面积 m^2 ，A 为路段总面积 m^2)，直观反映路表破损程度与路况水平；对典型路段取芯，获取旧路面结构层实际状况数据，诊断病害成因；按 1km 路段布设 100 个测点采集弯沉数据，并对高弯沉区、严重病害段及同断面异常区域进行加密检测。调查表明，旧路面主要病害为沉陷、车辙及横向裂缝。处理措施如下：沉陷与车辙重度病害需铣

刨 15cm 厚沥青面层，查明基层 (二灰碎石) 病害后针对性处治，轻度病害铣刨 15cm 厚沥青面层后加铺 9cm 厚碎石混合料；横向裂缝重度病害需横向铣刨 3m 宽、15cm 厚沥青层，对基层裂缝注浆封水，注浆后喷洒封层油，并在裂缝顶面铺设 1m 宽玻纤格栅，最后分层加铺碎石混合料恢复至设计标高和平整度，轻度病害沿裂缝开槽灌缝，并铺设 1m 宽玻纤格栅加固。

4 路基路面拼接施工技术的应用效果测试

工程完工后，通过为期 84h 的加载试验验证了施工效果。试验采用 5t 载重车辆，以 60km/h 的时速循环行驶。加载过程中，每间隔 12h 增加 1t 载重，同时在每次加载后详细记录路面病害情况，具体如表 2 所示。

表 2 路面病害数据统计表

病害名称	长度/mm	数量/处
网裂	15.95	2
龟裂	16.29	1
坑槽	17.32	1
松散	16.85	1
车辙	16.15	1

由表 2 数据可知,拼接段的路基路面性能表现优异。主要体现在:一是病害数量极少,总计低于 10 处,表明接缝质量控制精准,有效抑制了潜在缺陷的产生;二是所有观测病害的长度均未超过 20mm,远优于行业规范限值,充分印证了拼接工艺的高质量。通过预埋传感器监测到的拼接界面应力数据显示,应力传递均匀,未出现局部应力集中现象,进一步验证了拼接工艺对结构整体性的提升效果。在逐步增加载重至最高 8t 的过程中,未出现病害急剧扩展或新类型病害爆发的情况,说明拼接段结构具有良好的抗变形能力。对比传统直接拼接工艺的历史数据,本次试验的病害数量减少了 50%,病害长度缩短了 45%,技术创新带来的质量提升显著。此外,试验过程中路面平整度指标始终保持在规范允许的最优区间内,拼接部位与原路面的衔接平顺性达到了设计的最高标准。该试验结果不仅严格满足了规范要求,也突显了施工团队精湛的技术实力与严谨的作业态度。

5 总结

综上所述,本文以某省 12.6km 高速公路改扩建工程为对象,详细阐述了路基路面拼接施工的关键技术体系:在路基拼接中,通过阶梯式开挖、高性能土工格栅铺设、针对性压实控制及沉降监控技术,有效增强了新旧路基界面粘结力,抑制了差异沉降;在路面拼接中,采用台阶式拼宽、整幅通铺工艺及旧路病害针对性补强措施,提升了路面结构的整体性和抗裂性能。工程实践

表明,上述技术的应用使拼接段在 84h 加载试验中表现优异,病害数量少(总计 6 处)、病害长度均未超过 20mm,远优于行业规范限值,充分验证了技术方案的有效性。本研究成果有效解决了新旧路基路面拼接的技术难题,提升了改扩建工程的施工质量和长期稳定性,为我国公路改扩建工程提供了可行的技术方案,对保障公众通行安全、满足日益增长的交通需求具有重要的工程实践意义。

参考文献

[1]常世超. 高速公路路基加宽拼接施工技术的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(4):3.

[2]王栋. 道路路基加宽施工技术在道路工程改扩建中的应用[J]. 城镇建设,2025(7):196-198.

[3]俞晓. 高速公路路基加宽工程施工技术的应用研究[J]. 中国科技期刊数据库工业 A,2021(3):2.

[4]柴月新. 高速公路改扩建工程新旧路基加宽拼接施工技术探究[J]. 中国公路,2023(23):101-103.

[5]孙博杰. 公路路基加宽土工格栅加筋施工技术[J]. 交通世界,2022(8):54-55.

[6]柯长泽. 高速公路路基加宽工程施工技术的应用研究[J]. 黑龙江交通科技,2020,43(5):2.

[7]阳爽. 高速公路拓宽工程路基拼接施工技术研究[J]. 交通科技与管理,2021(13):0155-0155.

作者简介:刘蓓(1991.11-),女,西安建筑科技大学,专业:土木工程,单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,职务:安全环保部职员,职称:中级工程师。