

公路桥梁路基路面施工技术问题及应对措施

马江萍

江西省赣西公路工程监理有限公司 江西 宜春 336000

摘要：公路桥梁是交通运输体系的关键组成部分，其路基路面施工质量直接关乎工程使用寿命与行车安全。本文聚焦公路桥梁路基路面施工技术问题及应对措施，分析了路基沉降、边坡失稳、压实度不足等路基施工常见问题，以及路面裂缝、平整度不佳、车辙等路面施工问题。针对各类问题，从材料选择、工艺优化、质量控制等方面提出系统应对措施，如地基加固、边坡支护、压实机械选型等。研究表明，通过科学的技术手段和严格的施工管理，可有效解决施工难题，提升公路桥梁工程质量，为同类工程提供参考。

关键词：公路桥梁路基路面施工；技术问题；应对措施

引言：当前公路桥梁工程中，路基沉降、边坡失稳、路面裂缝等问题频发，影响工程性能。本文基于实际施工情况，深入剖析路基和路面施工中的常见技术问题，探究成因并提出针对性应对措施。旨在通过系统研究，为解决施工难题提供理论与实践指导，推动公路桥梁施工技术进步，保障交通基础设施的可靠性。

1 公路桥梁路基施工常见问题

1.1 路基沉降问题

均匀沉降呈整体下沉，沉降量小且均衡，短期对路面影响有限，长期会导致路面结构层整体下移、排水坡度降低；不均匀沉降表现为局部塌陷或差异沉降，形成明显高低差，直接造成路面开裂、桥头跳车等病害。沉降的核心原因包括：地基处理不到位，如软土地基未深层加固，仅简单换填，无法抵消后期荷载下的压缩变形；填土压实度不足，分层填筑时厚度超标或碾压次数不够，使填土孔隙率过大，在车辆荷载反复作用下逐渐压缩沉降。

1.2 路基边坡失稳问题

路基边坡失稳主要有滑坡、坍塌和溜塌三种形式。滑坡多发生在软质岩层或黏性土边坡，呈整体滑动趋势，滑动面清晰，常伴裂缝和鼓丘；坍塌多见于岩质边坡，因岩体破碎或节理发育，在重力作用下突然崩落；溜塌发生在松散堆积层边坡，雨水冲刷后表层土体沿坡流动。其诱因与地质条件密切相关，如边坡岩体有软弱夹层或断层时易形成滑动面；边坡坡度设计不合理，陡于土体自然安息角，导致抗滑力不足；排水系统失效是关键触发因素，地表排水不畅使雨水渗入降低土体抗剪强度，地下排水受阻则增加孔隙水压力，进一步削弱边坡稳定性。

1.3 路基压实度不足问题

压实度不足直接导致路基强度低、稳定性差，表现为回弹模量不达标，荷载下产生较大塑性变形，引发路面开裂；同时使路基透水性增强，雨水渗入加剧土体软化，形成翻浆、沉陷等病害。造成该问题的因素包括：压实机械选型不当，如黏性土路基使用光轮压路机，无法有效传递压实能量；压实方法有误，碾压顺序混乱、漏压或过压，导致局部压实度差异大；含水率控制不佳，过高时土体黏结力大难压实，过低则土体松散效果差；分层厚度超标，超过压路机有效压实深度，使下层土体压实度不足^[1]。

2 公路桥梁路基施工技术问题的应对措施

2.1 针对路基沉降的处理措施

针对路基沉降问题，需从以下三个方面制定系统解决方案。（1）地基加固。根据地质条件选择适宜技术。浅层软土地基采用换填法，挖除承载力不足土层，换填级配砂石、灰土或水泥土，换填深度为地基附加应力影响范围的1.5-2倍，分层压实，每层压实度不低于90%。深层软土地基用深层搅拌法，通过专用机械注入水泥、石灰等固化剂并强制搅拌形成柱状加固体，固化剂掺入比12%-15%，搅拌桩垂直度偏差 $\leq 1\%$ ，桩位偏差 $\leq 50\text{mm}$ 。（2）填土过程的控制。填筑前做击实试验，确定最佳含水量和最大干密度，施工中控制填土含水率在最佳含水量 $\pm 2\%$ 内。分层填筑，振动压路机压实厚度 $\leq 30\text{cm}$ ，静压压路机 $\leq 20\text{cm}$ ，上层填筑需待下层压实度合格后进行。高填方路段每日填筑高度 $\leq 1.5\text{m}$ ，监测路基中心沉降速率，连续3天超10mm/天需暂停填筑分析原因。（3）设置完善的排水系统。路基两侧设边沟，沟底纵坡 $\geq 0.3\%$ ；地下水位较高路段设渗沟或盲沟，填充透水性材料排水。岩溶地区用灌浆法填充溶洞，材料选水泥浆或水泥砂浆，压力0.3-0.5MPa，确保密实。

2.2 预防路基边坡失稳的措施

预防路基边坡失稳要结合以下多方面措施。(1) 边坡支护方案的选择。依据边坡高度、岩土性质和周边环境确定。高度 $< 5\text{m}$ 的土质边坡用重力式挡土墙, 材料为浆砌片石或混凝土, 墙身设泄水孔, 间距 $2\sim 3\text{m}$, 孔后铺反滤层。岩质或高陡土质边坡用锚杆支护, 锚杆长 $6\sim 10\text{m}$, 钻孔直径 $\geq 110\text{mm}$, 注浆饱满度 $\geq 95\%$, 张拉锁定力为设计锚固力的 $0.9\sim 1.0$ 倍。(2) 坡面防护。土质边坡采用喷播植草, 混合草籽、有机肥、土壤改良剂等, 液压喷播厚度 $3\sim 5\text{cm}$, 覆盖无纺布保湿至草籽成坪。岩质边坡用挂网喷浆, 先铺钢筋网或土工格栅, 再喷 $\text{C}20$ 混凝土, 厚度 $8\sim 10\text{cm}$, 掺聚丙烯纤维 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 。(3) 排水系统设计。边坡顶部设截水沟, 距坡顶 $\geq 5\text{m}$, 沟宽和深度 $\geq 50\text{cm}$, 沟底铺防渗层。坡面设急流槽, 转弯处设消力池。地下排水用边坡渗沟, 沿边坡走向布置, 沟深深入稳定土层 $\geq 1\text{m}$, 填充 $20\sim 50\text{mm}$ 碎石或卵石。(4) 控制开挖顺序。分层开挖, 每层高度 $\leq 2\text{m}$, 开挖后及时支护。易失稳边坡开挖前做超前支护, 如抗滑桩, 桩长按计算确定, 间距 $2\sim 3\text{m}$, 桩身混凝土 $\geq \text{C}30$, 成桩后检测完整性。

2.3 提高路基压实度的技术手段

提高路基压实度需从以下方面采取措施。(1) 压实机械的选择。黏性土路基用振动压路机, 频率 $25\sim 30\text{Hz}$, 振幅 $1.5\sim 2.0\text{mm}$; 砂性土路基用轮胎压路机, 气压 $0.6\sim 0.8\text{MPa}$ 。狭窄路段或边角用蛙式打夯机或冲击夯, 按填土厚度确定夯击能量。(2) 压实工艺的优化。遵循“先低后高、先慢后快、先静后振”原则, 从两侧向中心碾压, 轮迹重叠 $\geq 1/3$ 轮宽。控制碾压速度, 初压 $1.5\sim 2.0\text{km}/\text{h}$, 复压 $2.0\sim 2.5\text{km}/\text{h}$, 终压 $2.5\sim 3.0\text{km}/\text{h}$ 。填挖交界处挖台阶, 宽 $\geq 1\text{m}$, 高 $0.3\sim 0.5\text{m}$, 向内倾斜 $2\%\sim 4\%$, 铺土工格栅增强整体性。(3) 含水量控制。实时监测含水量, 过高时翻晒或掺 $3\%\sim 5\%$ 石灰; 过低时洒水并拌和均匀。(4) 压实质量检测。用环刀法或灌砂法, 每 200m 每压实层检测 4 处。不合格路段分析原因并补压, 调整碾压次数或振动频率, 合格后方可进行下道工序^[2]。

3 公路桥梁路面施工常见技术问题

3.1 路面裂缝问题

横向裂缝多与温度变化相关, 低温时沥青混合料收缩或水泥混凝土温降产生拉应力, 超过材料抗拉强度便会出现横向断裂, 且裂缝多垂直于路线走向。纵向裂缝常因路基不均匀沉降引发, 如路基边缘压实度不足导致局部沉降, 使路面产生纵向拉伸变形而开裂, 多平行于路线方向。网状裂缝则由多种因素综合作用形成, 包括

材料收缩(如水泥水化收缩、沥青老化收缩)、荷载反复作用产生的疲劳损伤, 以及基层强度不足导致的反射裂缝, 表现为交错分布的裂纹, 形成网状结构。

3.2 路面平整度不佳问题

施工机械操作不当是常见因素, 如摊铺机速度忽快忽慢, 导致摊铺厚度不均; 压路机碾压顺序混乱或碾压速度控制不当, 使路面出现波浪形起伏。基层平整度差直接影响面层, 若基层存在高低差或波浪, 面层施工后会继承这种不平整。摊铺工艺不合理也会造成问题, 如沥青混合料摊铺时布料不均, 或水泥混凝土摊铺时振捣不密实, 形成局部凹陷, 进而影响整体平整度。

3.3 路面车辙问题

荷载反复作用是主要机理, 车辆轮载长期碾压使路面结构层产生塑性变形, 尤其是沥青混合料在荷载作用下逐渐累积永久变形, 形成沿轮迹分布的凹槽。高温环境会加剧这一现象, 高温使沥青黏度降低, 混合料抗变形能力下降, 在荷载作用下更易发生流动变形, 导致车辙深度增加。沥青混合料级配不合理, 如细集料过多或沥青用量过大, 会降低混合料的高温稳定性, 加速车辙形成^[3]。

4 公路桥梁路面施工技术问题的应对措施

4.1 减少路面裂缝的控制措施

减少路面裂缝需从以下材料选择、施工工艺优化及后期养护多方面综合施策。(1) 材料选择上, 优先采用改性沥青, 通过添加聚合物改性剂提高沥青高低温性能, 改性剂掺量根据气候分区确定, 一般为 $3\%\sim 5\%$ 。水泥混凝土路面选用低水化热水泥, 如矿渣硅酸盐水泥或粉煤灰硅酸盐水泥, 强度等级不低于 42.5 级, 每立方米混凝土水泥用量不宜超过 350kg 。集料选择严格控制级配, 沥青混合料集料采用连续级配, 细集料含泥量不超过 3% ; 水泥混凝土集料选用质地坚硬、洁净的碎石或卵石, 针片状颗粒含量不超过 15% 。(2) 施工工艺改进。沥青路面摊铺时, 普通沥青混合料摊铺温度不低于 140°C , 改性沥青混合料不低于 160°C , 摊铺速度控制在 $2\sim 6\text{m}/\text{min}$, 保持连续均匀。接缝处理规范操作, 纵向热接缝重叠 $5\sim 10\text{cm}$, 碾压先压纵缝再向两侧; 冷接缝在已铺层边缘切割整齐, 涂刷粘层油后摊铺新料, 碾压从已铺层向新铺层推进。水泥混凝土路面施工中, 控制浇筑温度, 夏季遮阳使入模温度不超过 30°C ; 冬季保温保证养护温度不低于 5°C 。浇筑后及时覆盖保湿, 养护期不少于 14 天。(3) 后期养护方面, 沥青路面通车前做好初期养护, 及时清扫杂物, 微小裂缝及时灌缝; 水泥混凝土路面定期检查, 裂缝采用压力灌浆法修补, 选用环氧树脂

脂或聚氨酯类材料,确保灌浆饱满。

4.2 提升路面平整度的施工技术

提升路面平整度需从以下基层处理、摊铺工艺和碾压控制三个环节严格把控。(1)基层施工前处理路基顶面,平整度偏差超过10mm的部位铣刨或补平,确保基层顶面用3m直尺检测偏差不超过5mm。基层采用摊铺机摊铺时,速度均匀,摊铺厚度按设计执行,每层不超过20cm,碾压遵循“先轻后重、先慢后快”原则,确保压实度达标。基层养护期满后,喷洒乳化沥青透层油,用量 $0.7\sim 1.5\text{L}/\text{m}^2$,渗透深度不小于5mm。(2)摊铺工艺优化。沥青混合料摊铺前调试摊铺机,确保螺旋布料器转速与摊铺速度匹配,料位高度为螺旋布料器直径的 $2/3$ 。摊铺机熨平板预热至 100°C 以上,摊铺中保持仰角不变。水泥混凝土采用滑模摊铺机时,调整行走速度 $1\sim 3\text{m}/\text{min}$ 、振捣频率 $50\sim 100\text{Hz}$ (根据坍落度确定)和抹平板压力,确保振捣密实不出现过振。(3)碾压控制。沥青路面碾压分三个阶段,初压用钢轮压路机,速度 $1.5\sim 2\text{km}/\text{h}$,碾压2遍;复压用胶轮或钢轮振动压路机,速度 $2\sim 4\text{km}/\text{h}$,碾压4~6遍;终压用钢轮压路机静压,速度 $3\sim 5\text{km}/\text{h}$,碾压2遍至消除轮迹。碾压中保持匀速,避免急刹车和转向,普通沥青混合料终压温度不低于 70°C ,改性沥青混合料不低于 90°C 。水泥混凝土路面用振动压路机碾压,时间控制在初凝前,次数不少于6遍,至表面平整、密实、无蜂窝麻面。

4.3 防治路面车辙的有效方法

防治路面车辙需从以下材料组成设计、路面结构设计和施工控制多方面采取措施。(1)材料组成设计上,沥青混合料选用骨架密实型结构,集料骨架间隙率不大于4%,沥青饱和度70%~85%。掺入PE、SBS等抗车辙剂,掺量为混合料质量的0.3%~0.5%。集料选用玄武岩或花岗岩等硬质岩,压碎值不超过26%。(2)路面结构设

计。合理确定各层厚度,沥青路面面层总厚度按交通荷载等级确定,高速公路特重交通路段不小于18cm,基层用水泥稳定碎石,厚度不小于30cm。在面层与基层间铺设土工格栅,增强层间整体性。水泥混凝土路面合理设置接缝,胀缝间距夏季不大于100m、冬季不大于60m,缩缝间距4~6m。(3)施工控制。沥青混合料摊铺时控制油石比,偏差在 $\pm 0.3\%$ 以内,压实度不小于96%,确保充分压实。水泥混凝土路面施工中,控制摊铺时坍落度 $10\sim 30\text{mm}$,振捣密实后及时收面,表面用3m直尺检测偏差不超过3mm。通车初期控制车辆荷载,避免超载通行。同时加强路面日常养护,定期检测车辙深度,超5mm及时铣刨重铺;优化交通组织,设置称重站严查超载;研发新型高模量沥青材料,提升路面抗变形能力^[4]。

结束语:公路桥梁路基路面施工技术问题复杂多样,需针对性采取有效应对措施。通过合理选择地基处理技术、优化压实工艺、完善边坡防护与排水系统等,可解决路基施工问题;科学选用材料、改进摊铺与碾压工艺等,能提升路面施工质量。未来施工中,应加强技术创新与管理,注重各环节协同,持续改进施工技术,以提高公路桥梁工程的耐久性和安全性,满足交通运输发展需求。

参考文献

- [1]胡骞.公路桥梁路基路面施工技术问题及应对措施[J].环球市场,2021(23):300-301.
- [2]汝奎.关于公路桥梁路基路面的施工技术探究[J].百科论坛电子杂志,2021(24):5206-5207
- [3]高亚亮.公路工程路基路面压实施工技术要点的分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(3):045-048.
- [4]何文.探讨公路桥梁路基路面的施工技术问题[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(4):0080-0083.