

交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术

张俊杰 李 鹏

陕西恒纳尔工程科技有限公司 陕西 西安 710000

摘 要：随着交通基础设施建设规模持续扩大与运营标准不断提高，道路桥梁沉降段路基路面施工质量成为影响行车安全与结构耐久性的关键因素。本文聚焦交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术。首先概述该施工技术的基本内容，接着深入剖析沉降段路基路面沉降的原因，涵盖设计、施工及自然因素等方面。随后详细阐述施工技术要点，包括搭板设置、地基处理、路基填筑与压实、路面施工、防护、排水及加固等关键技术。最后展望其未来发展，指出将朝着智能化与自动化深度融合、高性能绿色环保材料创新以及跨学科技术协同与施工工艺优化的方向迈进，旨在为提升道路桥梁沉降段施工质量提供参考。

关键词：交通工程；道路桥梁；沉降段；路基路面；施工技术

引言：在交通工程建设中，道路桥梁沉降段路基路面的施工质量至关重要，它直接关系到整个交通线路的稳定性、安全性与耐久性。然而，受多种因素影响，沉降段路基路面易出现不均匀沉降问题，导致路面不平整、桥头跳车等现象，不仅影响行车舒适性，还可能引发交通事故，缩短道路桥梁使用寿命。因此，深入研究并掌握交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术具有迫切的现实需求。本文将对相关技术进行系统探讨，分析沉降原因，明确技术要点，并展望未来发展趋势，以期在实际工程提供有益指导。

1 交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术的概述

交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术是确保道路桥梁结构稳定性和行车安全性的关键环节。沉降段通常指因地基沉降、路基下沉或施工缺陷导致路面出现下沉或变形的区段，其沉降类型涵盖自然沉降与人工沉降，受地质条件、施工质量、交通荷载等多因素影响。该技术的核心目标是通过科学设计、合理施工与有效维护，控制沉降段差异沉降幅度，保障路面平整度与耐久性。施工流程涵盖地基处理、路基填筑、路面铺设及排水系统设计等环节：地基处理需根据地质条件选择加固方法，如水泥搅拌桩、塑料排水板等，提升地基承载力；路基填筑需选用透水性好、压实度高的材料，并严格控制分层压实厚度与均匀性；路面铺设需优化材料配比与施工工艺，确保抗压强度与平整度；排水系统则通过设置排水沟、盲沟等设施，防止积水侵蚀路基^[1]。

2 道路桥梁沉降段路基路面沉降的原因分析

2.1 设计不合理

设计不合理是道路桥梁沉降段路基路面沉降的重要原因。部分设计人员对地质勘察资料分析不够深入全

面，未能准确掌握地质条件差异，导致地基处理设计缺乏针对性。在桥头搭板设计方面，长度、厚度等参数选取不当，无法有效过渡桥台与路基间的刚度差异，易引发不均匀沉降。此外，排水系统设计不完善，未充分考虑地形、气候等因素，排水不畅会使路基长期处于积水状态，降低路基强度和稳定性，进而导致路面沉降，影响道路桥梁的正常使用。

2.2 施工质量问题

施工质量问题对道路桥梁沉降段路基路面沉降影响显著。在施工过程中，若地基处理不彻底，如强夯、换填等工艺执行不到位，地基承载力无法满足设计要求，后期易出现沉降。路基填筑时，填料质量不佳，含有杂质或级配不合理，且分层填筑厚度控制不严，压实度不足，会导致路基密实度不均，产生不均匀沉降。另外，施工工艺不规范，如混凝土浇筑不连续、养护不到位等，也会影响路面结构强度，引发沉降问题。

2.3 自然因素影响

自然因素是道路桥梁沉降段路基路面沉降不可忽视的外部因素。地质条件复杂多变，如软土地基含水量高、压缩性大、抗剪强度低，在车辆荷载作用下易产生较大沉降。气候条件方面，降雨频繁且雨量较大时，雨水渗入路基，使土体含水量增加，强度降低，引发沉降；冬季寒冷地区，路基土体冻胀融沉，反复作用也会导致路面不均匀沉降。

3 道路桥梁沉降段路基路面施工技术要点

3.1 搭板设置技术

搭板是连接桥台与路基的关键构件，其核心功能是缓解桥头跳车现象。设计时需根据桥梁类型、交通荷载及地质条件确定搭板长度，通常需覆盖台背填土的潜在

沉降区,长度范围多在6-12米。搭板厚度需满足抗弯承载力要求,一般采用变厚度设计,桥台端厚度较大(约30-40cm),向路基端逐渐减薄至20-25cm。材料选择上,混凝土搭板需具备高强度(C30以上)和良好的耐久性,钢筋配置需满足抗剪需求,纵筋直径不小于16mm,间距控制在15-20cm。施工时需严格控制搭板与桥台及路基的连接质量,桥台端采用锚栓固定,路基端设置枕梁分散应力,避免局部应力集中导致断裂。搭板顶面标高应与路面平顺衔接,误差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内,确保行车舒适性。

3.2 地基处理技术

地基处理需根据地质条件选择针对性方案。对于软土地基,可采用换填法,将软土层挖除后换填级配碎石或砂砾,换填深度需穿透软土层并进入持力层不小于0.5米,压实度不低于95%。若遇深厚软土,水泥搅拌桩或高压旋喷桩技术可形成复合地基,桩径0.5-0.8米,间距1.2-1.5米,通过水泥与土体的固化反应提升承载力,处理后地基承载力特征值可达120-150kPa。对于湿陷性黄土,强夯法通过重锤自由落体(锤重10-30吨,落距10-20米)产生冲击波,使土体密实,处理深度可达6-8米,有效减少湿陷量。地下水位较高时,需设置塑料排水板或砂井加速排水固结,配合堆载预压(预压荷载为设计荷载的1.2倍),使地基沉降提前完成^[2]。

3.3 路基填筑与压实技术

填筑材料需满足透水性及强度要求,优先选用级配良好的碎石、砂砾或砾石土,含泥量控制在5%以下,最大粒径不超过15cm。填筑前需对基底进行清理,清除杂草、树根及腐殖土,并进行碾压夯实,基底压实度不低于90%。分层填筑时,每层厚度控制在20-30cm,采用“先静后振”组合碾压工艺,初压用静压路机消除表面不平,复压用振动压路机(激振力200-300kN)增强密实度,终压用胶轮压路机消除轮迹。压实度需满足设计要求,高速公路路基压实度不低于96%,一般公路不低于94%。含水量控制是关键,需通过晾晒或洒水调整至最佳含水量 $\pm 2\%$ 范围内,确保压实效果。填筑至路床顶面时,需进行弯沉检测,弯沉值不大于设计允许值,否则需补充压实或换填处理。

3.4 路面施工技术

沥青路面施工需严格控制材料温度与压实工艺。沥青混合料出厂温度控制在160-175℃,运输过程中需覆盖保温篷布,到场温度不低于150℃。摊铺时采用非接触式平衡梁控制平整度,摊铺速度控制在2-4m/min,避免停顿导致离析。初压温度不低于140℃,采用双钢轮压路机静压1-2遍;复压温度不低于120℃,采用振动压路机碾

压3-4遍;终压温度不低于100℃,采用胶轮压路机消除轮迹。水泥混凝土路面需优化配合比,水灰比控制在0.4-0.5,砂率35%-40%,掺入粉煤灰或减水剂改善工作性。浇筑时采用滑模摊铺机连续作业,振捣棒间距不超过50cm,确保密实度。切缝时间需根据混凝土强度发展确定,通常在强度达到6-10MPa时切割,缝深为板厚的1/3-1/4,防止不规则裂缝。

3.5 防护技术

防护技术旨在保护路基边坡免受水流冲刷与风化侵蚀。植被防护适用于坡度较缓(1:1.5-1:2.0)的土质边坡,通过喷播草籽或铺设植生带形成植被覆盖,根系固土作用可减少水土流失30%-50%。若边坡坡度较陡(1:1.0-1:1.5),需采用混凝土框格梁加固,框格尺寸1.5-2.0米,内填充种植土并植草,形成柔性防护与刚性支撑结合体系。岩质边坡防护需根据岩石风化程度选择方案,强风化岩体可采用主动防护网(钢丝绳网孔径30cm),通过锚杆固定于岩体,防止落石;完整岩体可采用喷混凝土防护,厚度8-12cm,配合钢筋网增强抗裂性。挡土墙技术适用于高填方路段,重力式挡土墙需满足抗滑移(安全系数 ≥ 1.3)与抗倾覆(安全系数 ≥ 1.6)要求,墙背填料需选用透水性材料,避免墙后积水导致压力增大。

3.6 排水技术

排水系统是防止路基水损害的核心。地表排水通过边沟、截水沟与急流槽组合实现,边沟断面尺寸需满足排水流量要求,深度不小于0.6米,纵坡不小于0.5%,确保水流速度大于不冲流速。截水沟设置于路基上方坡面,拦截地表径流,沟底需进行防渗处理(如铺设土工膜)。地下排水采用盲沟或渗沟,盲沟内填充碎石或陶粒,外包土工布防止细颗粒侵入,断面尺寸根据排水量确定,一般宽度0.5-1.0米,高度0.6-1.2米。渗沟则通过带孔排水管(PVC管直径10-15cm)收集地下水,管周填充级配碎石,管顶铺设反滤层防止堵塞。路面排水通过横坡(1.5%-2.0%)与纵坡(0.3%-0.5%)组合引导水流至边沟,中央分隔带需设置防水层(如复合土工膜)与排水管道,防止雨水渗入路基。

3.7 加固技术

加固技术通过增强结构或土体强度提升整体稳定性。土工格栅加固适用于路基拓宽或软土地基处理,双向拉伸土工格栅(抗拉强度 $\geq 50\text{kN/m}$)铺设于填土层间,通过格栅与土体的摩擦作用限制侧向位移,提高抗剪强度20%-30%。注浆加固用于处理路基不均匀沉降,采用水泥浆或化学浆液(如水玻璃-氯化钙双液浆)通过

钻孔注入土体,浆液凝固后形成结石体,提高承载力与密实度,注浆压力控制在0.5-2.0MPa,避免土体劈裂。微型桩加固适用于桥台背填土区,直径15-20cm的钢管桩或混凝土桩按梅花形布置,桩间距0.8-1.2米,通过桩土共同作用分担荷载,减少沉降量30%-50%。纤维增强技术通过掺入聚丙烯纤维(掺量 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$)或钢纤维(掺量 $30\text{--}50\text{kg}/\text{m}^3$)改善混凝土抗裂性,纤维在基体中形成三维乱向支撑体系,抑制裂缝扩展,提高耐久性。

4 交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术的未来发展

4.1 智能化、自动化技术深度融合

未来,智能化与自动化技术将深度融入道路桥梁沉降段施工全流程。借助智能传感器网络,可实时采集地基应力、填料压实度、沉降位移等数据,通过物联网平台实现多节点数据互联互通,为施工参数动态调整提供精准依据。例如,在压实作业中,智能压实设备搭载的振动频率传感器与GPS定位系统联动,可自动识别填筑层厚度变化,实时调整振动参数,确保压实度均匀性。自动化施工机器人将承担高风险、高精度作业任务,如桥头搭板安装机器人通过激光导航与视觉识别技术,可实现毫米级定位精度,避免人工操作误差。同时,BIM+GIS技术将构建三维施工模型,结合历史沉降数据与地质勘探信息,通过机器学习算法预测潜在沉降风险,提前制定应急预案,形成“监测-预警-处置”的闭环管理体系。

4.2 高性能、绿色环保材料创新发展

材料创新将聚焦提升结构耐久性与环境友好性。纳米改性沥青通过引入纳米二氧化硅颗粒,可显著增强沥青与集料的粘附性,使抗车辙能力提升40%以上,同时降低高温软化点波动范围,适应极端气候条件。碳纤维复合材料将广泛应用于桥头搭板加固,其轻质高强特性可减少结构自重20%-30%,且耐腐蚀性能优于传统钢材,使用寿命延长至50年以上。生物基填料如秸秆纤维增强

土,通过化学改性实现与水泥基材料的兼容,在满足强度要求的同时,可降低碳排放35%。此外,自修复混凝土技术通过内置微生物胶囊或玻璃管封装修复剂,当裂缝产生时自动触发修复反应,实现结构自愈,减少后期维护成本。

4.3 跨学科技术协同与施工工艺优化

跨学科融合将推动施工工艺向精准化、模块化方向发展。岩土工程与材料科学交叉领域,研发的智能型土工格栅内置应变传感器,可实时监测填土位移,通过无线传输技术将数据反馈至控制中心,动态调整格栅张拉力,使路基抗剪强度提升25%。力学与计算机科学协同开发的有限元仿真平台,可模拟不同地质条件下沉降段应力分布,优化搭板长度与刚度过渡设计,减少桥头跳车现象。施工工艺方面,3D打印技术将实现异形结构快速成型,如定制化桥台背填筑模板,通过参数化设计确保填筑密实度均匀。模块化预制装配技术将桥头搭板、排水系统等构件在工厂预制,现场采用螺栓连接或湿接缝工艺组装,缩短工期40%的同时,减少现场作业对环境的影响^[3]。

结束语

交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术的优化,是保障道路桥梁安全、耐久与舒适性的关键。通过科学的地基处理、合理的搭板设计、严格的填料选择与压实控制,以及完善的排水系统构建,可有效减少不均匀沉降,规避桥头跳车等病害。施工过程中需强化动态监测与精细化管理,结合新材料、新工艺提升施工质量。

参考文献

- [1] 娄安胜.交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术[J].汽车画刊,2024,(07):259-261.
- [2] 朱岩高,王玉德.交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术研究[J].汽车周刊,2024,(06):228-230.
- [3] 祖玉洋.交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术研究[J].运输经理世界,2023,(28):197-199.