

公路桥梁桥头跳车病害防治技术与工程实践

邵贤华

杭州路达公路工程有限公司 浙江杭州 310024

摘要：桥头跳车是公路桥梁工程中普遍存在的病害，严重影响行车舒适性、安全性及道路使用寿命。本文针对该病害展开系统研究，剖析其核心成因：地基沉降差异为根本症结，过渡段结构设计缺陷构成关键诱因，材料选择不当与施工质量不达标则为直接影响因素。基于成因分析，构建“地基处理-过渡段优化-材料改良”三位一体的核心防治技术体系，通过筑牢地基沉降控制基础、化解结构刚度与沉降差异矛盾、提升材料抗变形性能，形成全方位病害防控方案。结合工程实践逻辑，为公路桥梁桥头跳车病害的科学防治提供技术支撑与实践参考，对保障道路工程质量与运营效益具有重要意义。

关键词：桥梁桥头；跳车病害；防治技术

引言

公路桥梁作为交通基础设施的核心组成部分，其运营质量直接关系到区域交通网络的畅通与安全。桥头跳车是桥梁与路基衔接部位的典型病害，表现为车辆通过时的颠簸现象，不仅降低行车舒适性，还易引发交通安全隐患，加剧结构构件损耗，缩短工程使用寿命。随着交通流量与荷载等级的提升，该病害的影响愈发突出，成为制约公路桥梁工程质量的关键问题。本文基于病害成因分析，系统梳理核心防治技术，结合工程实践逻辑展开探讨，为桥头跳车病害的高效治理提供理论与实践支撑。

一、公路桥梁桥头跳车病害的成因

（一）地基沉降差异

桥梁墩台多采用桩基础、沉井基础等刚性基础，地基承载力高、沉降量小且稳定；而桥头路基以填土压实为主，地基多为天然或换填土层，承载力较低易产生工后沉降。若地基为软土、淤泥质土等不良土层，其压缩模量低、孔隙比大，在路基自重与行车荷载作用下沉降更显著；同时路基填土自身的固结沉降会持续数年，两者沉降速率与最终沉降量的差距最终形成桥头“台阶”。

（二）过渡段结构设计缺陷

过渡段设计不合理直接破坏沉降协调性，主要问题包括：一是过渡段长度不足，未给沉降变形提供充足缓冲空间，导致沉降差集中显现；二是结构形式单一，未采用渐变式刚度设计，桥梁与路基的刚度突变加剧荷载

传递不均；三是排水系统不完善，雨水渗入软化路基土体诱发湿陷性沉降，季节性冻土地区的冻融循环会进一步加剧路基破坏与沉降。

（三）材料选择与施工质量问题

材料与施工环节的疏漏直接引发跳车。材料方面，路基填料颗粒级配不均、压实性能差，或未采用高强度低收缩的过渡段专用材料，导致填料压缩变形过大；施工方面，压实机械选型不当、遍数不足、填筑厚度超标等使路基压实度不达标，工后沉降增大，且伸缩缝安装精度不足、沉降观测与动态调整缺失，均会直接导致衔接部位不平整。

二、桥头跳车病害的核心防治技术体系

（一）地基处理技术：筑牢沉降控制根基

桥头跳车防治的首要环节是实现地基沉降的精准控制，该技术的核心目标是通过针对性改造，显著提高地基承载能力、降低土体压缩性，从源头上阻断过量工后沉降的产生，为桥梁与路基的沉降协调奠定坚实基础。地基作为承载上部结构与行车荷载的核心载体，其稳定性直接决定了衔接部位的长期平顺性，因此必须结合工程地质勘察报告，针对不同土层特性制定差异化处理方案，确保技术适用性与经济性的平衡。

对于高压缩性、低承载力的软土地基，优先选用CFG桩（水泥粉煤灰碎石桩）、水泥粉煤灰碎石桩等刚性桩复合地基技术，这也是当前高速公路及一级公路桥梁常用的核心方案。该技术的核心原理是通过在软土层中植入高强度刚性桩体，形成“桩体-桩间土-褥垫层”的

协同受力体系：桩体作为主要受力构件，可直接将上部荷载传递至下部承载力较高的土层，大幅降低软土承担的应力；桩间土在桩体的约束作用下，承载力得到进一步激发；桩顶设置的30-50cm厚碎石褥垫层则能有效分散荷载，避免桩体应力集中导致的局部破坏。施工中需严格控制桩长（需穿透软土层至持力层）、桩径（通常为40-60cm）及桩间距（根据承载力要求确定为1.2-2.0m），确保桩体垂直度偏差不超过1%，成桩后28天的单桩竖向承载力需满足设计要求，将最终沉降量精准控制在5cm以内。针对中轻度软土地基（软土厚度小于3m、压缩模量 $E_s=3-5\text{MPa}$ ），真空预压法或堆载预压法更为经济高效。真空预压法通过在地基表面铺设密封膜，利用真空泵形成负压，加速土体孔隙水排出，促使土颗粒紧密排列，从而实现地基固结；该方法无需大型压实设备，施工周期短（通常为3-6个月），且对周边环境无扰动，特别适用于临近建筑物的桥头地基处理。堆载预压法则通过分级施加荷载（如沙袋、土石等），模拟上部结构重量，迫使土体排水固结，荷载施加需遵循“分级加载、匀速沉降”原则，避免荷载突变引发地基失稳。两种方法均需设置完善的排水系统，通过铺设塑料排水板（间距1.0-1.5m）形成排水通道，加速固结进程。对于碎石土、砂土等粗颗粒地基，强夯法是首选方案。该技术利用8-30t的重锤从8-20m高度自由落下，产生强大的冲击能（通常为1000-8000kN·m），迫使土体颗粒重新排列、密实，有效提高地基承载力（可提升50%-100%）并降低压缩性。施工前需进行试夯，确定最佳夯击能、夯点间距及夯击遍数，一般采用“先点夯后满夯”的流程，点夯间距为5-10m，满夯搭接宽度不小于1/3夯锤直径，确保处理后地基的均匀性。而对于厚度较薄的杂填土、淤泥质土等不良土层，直接采用碎石、砂砾等粗颗粒材料进行换填处理最为直接，换填厚度需根据土层分布确定（通常不小于1.5m），分层压实厚度控制在20-30cm，压实度需达到96%以上，通过置换不良土体从根本上消除沉降隐患。

（二）过渡段优化技术：化解刚度沉降矛盾

过渡段作为桥梁与路基的“柔性衔接带”，其设计与施工质量直接决定两者刚度与沉降的协调性，该技术以“刚度渐变、沉降协调”为核心，通过结构参数优化、排水系统完善及特殊区域针对性处理，从根本上化解刚性结构与柔性路基的突变矛盾，避免沉降差集中显现。桥梁墩台为刚性结构，沉降量通常控制在1-2cm内，而

路基为柔性体系，工后沉降可达5-10cm，过渡段的核心作用就是通过科学设计构建“缓冲区间”，实现两者变形的平稳过渡。

结构设计优化是过渡段技术的核心，首要任务是确定合理的过渡段长度，其需结合桥梁跨径、地基条件及设计车速综合计算，而非采用统一标准。根据《公路路基设计规范》要求，高速公路及一级公路桥梁过渡段长度不应小于10m，二级及以下公路不小于5m，对于软土地基区域，需在此基础上延长30%-50%，确保沉降差均匀分散。以某高速公路20m跨径桥梁为例，软土地基段过渡段长度设计为15m，通过渐变式刚度分布，将桥梁与路基的沉降差从集中的8cm分散至15m区间内，单米沉降差控制在0.5cm以内，有效消除跳车现象。钢筋混凝土搭板是实现刚柔过渡的关键构件，其长度需与过渡段匹配，通常为6-10m，厚度不小于30cm，混凝土强度等级采用C30及以上，内部配置双层双向钢筋网（主筋直径不小于12mm，间距15cm），增强抗弯与抗裂性能。搭板一端通过预埋螺栓或植筋与桥梁台背刚性连接，确保荷载有效传递；另一端采用“缓坡搭接”方式与路基衔接，搭接长度不小于50cm，且衔接处路面结构需做加厚处理（比常规路面厚20%），避免衔接部位破损。对于高等级公路或沉降风险较高区域，可配套采用桩板结构或加筋土挡墙：桩板结构通过桩基承载上部荷载，减少路基沉降；加筋土挡墙则利用土工格栅与填料的摩擦力增强路基稳定性，两种结构均可将过渡段沉降量控制在3cm以内。排水系统优化是防止过渡段沉降加剧的重要保障，需构建“台背-路面-路基”三位一体的防排水体系。台背区域在路基填筑时同步设置碎石盲沟，盲沟截面尺寸为30cm×40cm，内部填充洁净碎石，沟底坡度不小于2%，与路基边沟或涵洞连通，快速排出台背渗水；路面边缘设置路缘石排水槽，槽内采用M7.5水泥砂浆抹面，防止雨水渗入路基；过渡段路基顶面铺设防渗土工膜，膜上覆盖10cm厚砂砾保护层，形成防渗隔离层。某多雨地区桥梁工程通过该排水系统设计，将台背路基含水量控制在18%以内，较未设置系统的同类工程沉降量减少40%。针对季节性冻土地区的特殊需求，过渡段需增设防冻层设计，采用级配碎石、沥青碎石等非冻胀材料，厚度根据当地最大冻深确定（通常为冻深的1.2倍），避免土体冻胀融沉导致的路基变形。同时，在防冻层底部设置碎石盲沟，排出冻融产生的多余水分。施工中需严格控制过渡段填料压实质量，采用小型振动压路机配

合大型压路机分层压实，分层厚度不超过15cm，压实度需达到96%以上，确保填料密实度与承载性能。通过上述综合优化措施，过渡段可实现刚度渐变与沉降协调的双重目标，从结构层面彻底化解桥头跳车的核心矛盾。

（三）材料改良技术：提升抗变形核心性能

材料是构成路基与过渡段的基础载体，其物理力学性能直接决定结构抗变形能力，材料改良技术以“精准选型、性能强化”为核心，通过科学选用优质原生材料、改良劣质材料性能、研发专用复合材料，从根本上降低路基及过渡段的压缩变形与塑性累积，为沉降协调提供物质保障。该技术需紧扣“桥梁-过渡段-路基”的刚度渐变需求，实现不同区域材料性能的精准匹配，避免因材料性能失衡加剧沉降差异。

路基填料的选型与改良是控制路基自身变形的关键，其核心要求是“高压实性、低收缩性、强稳定性”。优先选用级配良好的碎石土、砂砾土作为填料，这类材料颗粒粗、孔隙结构稳定，压实后密实度高，压缩模量可达80-120MPa，远优于粉质黏土等细粒土（压缩模量仅15-30MPa）。选用时需严格控制颗粒级配，确保粒径大于2mm的颗粒含量占比不低于50%，含泥量小于5%，避免细颗粒过多导致的水稳定性差问题。对于缺乏优质填料的区域，采用水泥、石灰等胶凝材料进行改良处理，通过胶凝材料与土颗粒的物理化学反应形成稳定骨架。以石灰改良土为例，石灰掺量需根据土性确定为4%-8%，改良后土体的压实度可提升至96%以上，无侧限抗压强度（7d）从原土的0.1MPa提高至0.5MPa以上，有效降低工后沉降量。施工中需控制改良土的含水量在最佳含水量 $\pm 2\%$ 范围内，确保压实效果，避免因含水量不当导致的压实度不足或开裂问题。过渡段专用材料需满足“刚度适中、变形协调、衔接顺畅”的特殊要求，是实现桥梁与路基刚度渐变的核心媒介。当前广泛推广的沥青稳定碎石（ATB）和水泥稳定碎石（CSG）便是典型代表。沥青稳定碎石（ATB）以粗集料为骨架，沥青为胶结料，具有一定柔性和较高承载力，其抗压回弹模量为1200-1800MPa，介于桥梁混凝土（30000MPa以上）与路基土（80-120MPa）之间，能有效缓冲刚度突变。施工中需控制沥青含量为4.5%-5.5%，马歇尔稳定度不小于8kN，确保材料的高温稳定性与低温抗裂性。水泥稳定碎石（CSG）则以碎石为骨料，水泥为胶凝材料，水泥掺量通常为3%-5%，其7d无侧限抗压强度可达3-5MPa，抗

压回弹模量为2000-3000MPa，适用于对刚度要求较高的高等级公路过渡段。两种材料均需采用集中厂拌、摊铺机摊铺的施工方式，确保级配均匀性，摊铺厚度控制在15-20cm，采用钢轮压路机碾压至压实度不低于98%，与桥梁台背及路基的衔接面需进行拉毛处理，增强界面粘结力。伸缩缝材料作为桥梁与路面的直接衔接构件，其性能直接影响行车平整度，需具备“高弹性、耐老化、抗疲劳”的特性。传统的橡胶伸缩缝已升级为高弹性天然橡胶与合成橡胶复合制品，其伸长率可达500%以上，能适应 $\pm 50\text{mm}$ 的伸缩变形，同时添加抗老化剂和补强剂，使用寿命从3-5年延长至8-10年。对于大跨度桥梁或伸缩量较大的区域，优先选用模数式伸缩缝，其采用铝合金或钢材作为框架，内部填充高弹性橡胶条，通过模数化设计可实现0-1000mm的伸缩量，且表面与路面齐平，有效消除跳车隐患。安装时需精确控制伸缩缝的高程与平整度，与路面的高差不超过2mm，缝隙采用专用密封胶填充，防止雨水渗入腐蚀桥梁结构。

结语

公路桥梁桥头跳车病害的防治是关乎交通工程质量与运营效益的系统性工程，其核心症结在于地基沉降差异、结构设计缺陷及施工与材料问题的综合作用。本文构建的“地基处理-过渡段优化-材料改良”三位一体防治技术体系，从根源控制、矛盾化解与性能提升层面形成了全方位解决方案。实践表明，唯有立足病害成因精准施策，将技术优化与工程实践深度融合，才能有效遏制桥头跳车现象。未来需进一步推动技术创新与标准化应用，强化设计、施工与运维的全流程管控，为公路桥梁工程的安全稳定运营提供更坚实的保障，助力交通基础设施高质量发展。

参考文献

- [1] 廖云朋. 公路桥头跳车的成因和防治措施分析[J]. 运输经理世界, 2024, (08): 122-124.
- [2] 许康. 道路桥梁过渡段路基路面常见病害及防治措施[J]. 交通世界, 2021, (09): 18-19.
- [3] 吴成刚. 刍议桥头跳车病害防治关键技术[J]. 居业, 2020, (04): 74-75.
- [4] 邓合一. 桥头跳车病害防治关键技术研究[J]. 科技风, 2019, (29): 3.