

公路路基路面病害成因与防治技术研究

文 / 王海龙 中石化胜利建设工程有限公司

摘要: 为提高公路行车舒适度,减少公路病害的出现,本文从路基病害与路面病害入手,分析了公路工程中路基路面典型病害问题的形成原因,立足路基路面病害机理,详细的阐述了面向各类质量病害的防治技术,明确防治处理细节要点,提出具备实操条件的防治处理技术措施。旨在改善公路投运使用条件,降低病害对公路路基路面造成的影响,营造安全稳定的交通行车环境。

关键词: 公路工程; 路基路面; 病害成因; 防治技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.04.058

引言

近年来,为满足国民经济发展需求和缓解交通拥堵矛盾,我国逐渐加大了对公路工程建设力度,已全面建成的各级公路网,发挥着不可忽视的经济发展保障作用。与此同时,在公路建设与投运使用阶段,路基路面结构难免出现各类质量病害,不但会造成严重的经济损失,还将危及到公路行车安全。为此,要重视路基路面质量病害防治处理技术的研究,有效治理从而帮助道路延缓破坏,延长公路的正常使用寿命。

一、公路工程路基路面典型病害问题及形成原因

(一) 路基病害

1. 路基沉降

路基沉降是路基实际标高不断下滑、低于设计值的一种质量病害,由此引发路基沉陷、路基滑移、上部路面变形开裂、桥涵台背跳车等一系列连锁问题。路基沉降原因包括填土压实度不足、排水不畅和地基浸水湿陷,满足上述任意一项条件,都可能出现路基沉降病害。首先,填土压实度不足:受限于狭窄作业空间,现场不具备大型机械碾压条件,由施工人员使用轻型设备夯实处理台背等边角部位路基,路基填土压实度不达标,在上部荷载作用下,所产生工后沉降量远超过正常水准,并导致路基结构滑移、路面形成弧形裂缝。其次,排水不畅和地基浸水湿陷:公路排水系统失效,缺乏必要排水设施,或排水设施被杂土、腐殖土等杂质淤堵,公路结构和下部地基长期受到地表水、地下水侵蚀,结构土体浸水软化,降低了土体结构的承载力,加剧了路基结构沉降程度。

2. 路基边坡损坏

路基边坡损坏病害主要分为坡体损坏、坡面损坏两种类型,前者破坏形式包括坍塌、崩塌和滑坡,后者破坏形式包括冲刷和剥落,病害成因有所不同。第一,坡体损坏。坡体坍塌是在边坡堆积重物情况下,叠加外部环境干扰,坡体连同堆积物沿着边坡坍塌,形成较大冲击力,容易破坏周边路基结构,并引起土石流动、土体扰动在内的连锁问题,形成原因包括开挖路堑边坡陡峭、边坡堆载、边坡土体反复冻结融化。坡体崩塌是岩

体、基层二者失去牢固联系,岩体从坡顶部位倒塌滚入坡脚部位,并在坡面上露出软弱结构面,形成原因包括施工扰动、岩体浸水增加自重、开挖路堑增大边坡坡度。坡体滑坡是在减小坡体支撑力的情况下,在水流侵蚀和自身重力共同影响下,边坡整体沿薄弱滑动面向下滑动,形成原因主要在于现场复杂水文地质条件,如软弱岩层等。第二,坡面损坏。坡面剥落是边坡变形期间的普遍现象,剥落形式包括鳞状剥落、块状剥落、层状剥落等,问题原因在于周边公路施工扰动,对边坡结构和路基结构都会造成显著影响。坡面冲刷是在水流长期冲刷下,形成深沟、沟穴或冲沟,主要出现在径流集中位置。

3. 路基水毁

路基水毁病害常见于暴雨灾害持续期间,由于降雨量过多,公路两侧汇聚大量雨水,持续冲刷公路结构,致使局部公路路基被冲毁,水毁原因包括公路排水设施破坏、路面排水不畅、挖方段边沟基础沉陷、雨水下渗、涵洞沉降等。例如,在某公路工程,水毁病害出现在半填半挖路段,路段左右幅外侧排水沟破损,周边雨水持续流入边沟,下渗冲刷路基结构,逐渐形成冲坑,并在边沟部位形成陷穴,最终冲毁路基。

4. 路基翻浆

路基翻浆病害形成原因极度复杂,涉及水分、温度、地质条件、交通荷载等诸多方面,常见于气候温度大幅变化的季节交替时节,如初冬季节、春融季节。根据往期病害检测结果来看,充足水分供应、温度变化是出现路基翻浆病害的先决条件,地表水、地下水持续侵蚀路基结构,或路基结构本身天然含水量过高,在现场环境温度骤降后,出现水分冻结现象,内部结构汇聚大量水分,至气温提升后,路基结构逐渐化冻,路基土先于路肩部位融化,残余未化冻土形成凹槽,由于化冻水分没有及时排出,致使路基上部保持过湿状态,最终叠加上部交通荷载作用,泥浆外冒,出现翻浆病害,路基路面大面积破坏^[1]。

(二) 路面病害

1. 路面沉陷

路面沉陷病害主要分为均匀沉陷、不均匀沉陷两种

类型,表现形式和形成原因有所不同。其中,均匀沉陷病害是在路面结构自重、上部交通荷载共同影响下,产生较大工后沉降量,各处路段的路面沉陷程度、沉降速度基本保持一致,在外部作用下,路基填料进行二次密实,不断减小孔隙率,均匀沉陷病害并不会导致路面开裂破坏,但会影响到前后竖曲线顺接效果。不均匀沉陷形成原因包括路基填筑厚度不一致、各部位横向压实度不均匀,或是局部路基和基底土层持续受到水流侵蚀,局部路段沉陷量远超其他路段,引发路面开裂变形等其他问题,如果放任路面沉陷问题存在,随着时间推移,沉陷部位逐渐形成坑槽。

2. 路面开裂

路面开裂病害是在面层结构表面形成裂缝,裂缝不断发育,裂缝深度、宽度有所增加,不但会影响路面结构性能,还会形成渗水通道,裂缝类型分为横向裂缝和纵向裂缝。其中,横向裂缝是在面层上等距分布横向贯通的裂缝,多为半刚性基层反射裂缝,形成原因包括路基沉降,以及车辆动载作用力持续冲击路面刚柔过渡位置等。纵向裂缝是沿路基纵向发展的不规则裂缝,形成原因包括路基不均匀沉降、面层材料疲劳破坏、新旧路面拼接部位沿施工缝形成反射裂缝,纵向裂缝主要出现在高填方路段、半填半挖路段和构造物台后位置^[2]。

3. 路面车辙

路面车辙病害出现在采取沥青路面形式的公路工程,集中发生在冬季、夏季,面层结构长期承受交通荷载作用,逐渐形成永久性压痕,冬季车辙病害形成原因在于路面冻融,夏季车辙病害形成原因在于雨水冲刷和高温环境。同时,路面车辙类型众多,当前主要分为磨损型车辙、结构型车辙、压密型车辙以及失稳型车辙,病害原因有所不同。以磨损型车辙为例,车辆行走期间,不断磨损路面表层材料,出现集料颗粒脱落情况,逐渐在行车道上形成肉眼可见的车辙。

二、公路工程路基路面质量病害的防治技术

(一) 路基病害防治技术

1. 路基沉降病害防治

针对路基沉降病害,采取填前碾压、冲击碾压补强、土工加筋、路基排水四项措施,最大限度减少工后沉降量,保持全部路段路基沉降一致状态。

第一,填前碾压。以提高基底压实度和强化地基承载性能作为处理目的,路基填筑前,对基底开展碾压作业,回填整平到基底表面无明显坑洼部位,现场准备三角形冲击压路机等机械设备,按照10-12km/h速度,连续多遍开展碾压作业,最终碾压沉降量不得超过3mm。随后,重新把路堤表面修整到平整状态,切换光轮压路机进行压实处理。第二,冲击碾压补强。以强化路基碾压效果、提高路基土压实度作为处理思路,由冲击碾压补强方式取代常规碾压方式,现场配备三角形冲击压路

机,根据填料品种、路基虚铺厚度来确定压路机冲击势能,依次按照静压、揉搓、冲击方式开展碾压作业,稳步提升压实面下部土石密度。根据施工情况来看,冲击碾压补强完毕后,基本不会出现整体沉降现象^[3]。第三,土工加筋。路床顶部设置多道土工格栅作为加筋补强材料,台阶位置打入U形钉来固定土工格栅位置,搭接宽度控制在0.3m,或是把边缘部位进行反折锚固处理,反折后最外端和边坡间隔距离控制在1.0m。土工格栅铺设完毕与路基填筑完毕后,重点检查路床顶面是否存在裂缝与不均匀沉降问题。第四,路基排水。建立完善的路基排水系统,负责拦截地表水、地下水侵蚀路基结构,排水施工内容包括开挖边沟、平台排水沟、急流槽、拦水坝等。以开挖边沟方法为例,综合分析边沟长度、汇水面积等多项因素来确定边沟形式和尺寸等。

2. 路基边坡病害防治

路基边坡病害不会直接影响到路基结构状态和公路性能,但却会长期存在安全隐患。现场施工与公路投运期间,如果出现边坡坍塌、滑坡等病害问题,有较高概率会损坏路基结构和危及交通行车安全。对此,施工人员必须把路基边坡病害作为重点防治对象,根据病害类型来明确治理思路,采取最为恰当的防治处理技术。例如,对于边坡坍塌与崩塌病害,并行采取引导表面水流、截断地下水流、护坡加固、设置支撑构造物、刷方减载在内的多项措施,长期维持路基边坡结构稳定状态。引导表面水流是在边坡周边设置截水沟,拦截原本流向边坡的地表径流。截断地下水流以降低地下水位为目的,基坑边坡周边设置盲沟,或地下连续墙等具备挡水功能的围护结构,长期维持边坡结构和塌方体干燥状态。护坡加固是对边坡结构进行加固处理,当前主要采取锚喷加护、铺砌块石护坡或是植被护坡方式。设置支撑构造物用于强化边坡支撑力量,长期维持土体平衡状态,或是通过减少边坡挖方量来提高坡脚结构稳定性。刷方减载则是路基施工期间,禁止在边坡部位临时堆放弃土或是停放机具设备,适当削减一部分边坡结构,通过减少边坡自重量、改变坡度来改善边坡结构受力状况^[4]。

3. 路基水毁病害防治

面对路基水毁病害,充分借鉴同类工程案例与了解本工程情况,根据水文地质条件,找出各处水毁病害易复发路段,进行基底开挖检测,开挖深度控制在冲坑底面下部0.5m位置。重点观察基坑底面挖机行走是否存在轨迹,测定表层土体含水量,使用光轮压路机进行静压处理,如果碾压期间出现土层波浪和表层翻浆现象,表明基底为过湿土,同步检测地基承载力和土体压实度。随后,根据检测结果,对不合格路床进行专项处理,具体采取抛石挤淤、灰土换填两项方法,并完善公路排水系统,增设排水沟、急流槽等排水设施。抛石挤淤是在

基底铺设一层片石，铺设厚度控制在0.5m，把全部片石顺利压入基底土层，并在片石空隙间填充砂砾等材料，不断挤出淤泥状态的自然土。灰土换填是开挖路床局部软弱区域，原位换填5%灰土，虚铺厚度控制在0.3m以内，并使用高速液压夯开展间歇性补强作业^[5]。

4. 路基翻浆病害防治

针对路基翻浆病害，需要从阻断水侵蚀、强化路基结构防渗性能、提高路基强度与稳定性三方面入手，从而控制翻浆范围、减轻公路破损程度。阻断水侵蚀是在公路周边修建多种类型排水设施，彻底截断水聚流来源，长期维持路基土体干燥状态，对于坡度超过3%的翻浆路段，设置横向盲沟，以路槽下部作为盲沟位置，具体设置人字形横向盲沟，盲沟深度控制在0.2-0.4m，盲沟纵向间距值控制在10m左右。强化路基结构防渗性能是在路基内部铺设土工材料作为隔离层，铺设位置控制在土基0.8-1.2m深度，阻拦水分渗透到上部路基。提高路基强度与稳定性则是对路基上部进行换土处理，选用粗粒土作为换填材料，有着良好的水稳性和抗冻性，也可使用石灰土等其他材料。

(二) 路面病害防治技术

1. 路面沉陷病害防治

针对路面沉陷病害，公路工程现场施工期间，全程监控路基路面结构施工过程，重点检查路基压实度、路面材料空隙率、路基土含水率，及时处理质量不合格部位，确保公路结构承载力完全满足交通行车需求，利用排水设施，阻拦地表水、地下水侵蚀路基路面结构。例如，如果路基出现沉陷现象，表明路基结构性能不合格，必须彻底挖除路基沉陷部位，直至露出坑槽底稳定层面，原位重新铺筑路基，选用碎石、片石或砾石作为回填材料，分层开展铺筑碾压作业，要求新填路基高度略大于原有高度，如果沉陷深度大于20cm，分为2-3层进行摊铺碾压。此外，如果路面沉陷病害发展成坑槽病害，立即修补路面坑槽，根据路面类型、现场施工条件来选择修补方法。例如，对于沥青路面，可采取冷补法，测定坑槽深度与标记修补范围，修整槽口边缘，直至槽口边缘和路面标线保持垂直状态或是平行状态，切槽清理槽底槽壁部位，使用热料回填坑槽内部，坑槽深度大于6cm时，分层填补热料，填补完毕后，使用振动压路机进行碾压处理，率先碾压四边部位，再延伸碾压中间部位^[6]。

2. 路面开裂病害防治

针对路面开裂病害，同时从强化路面抗裂性能、修补初期裂缝两方面入手，前者起到预防路面开裂的作用，后者可以延缓裂缝发育速度、恢复路面结构完好状态。在强化路面抗裂性能方面，应采取纤维补强方法，路面材料制备时掺入适量的纤维材料，例如玻璃纤维、聚丙烯纤维、钢纤维等。纤维体在面层结构内形成三维

骨架结构，负责抵抗裂缝扩展，增强路面材料动态稳定性和面层结构承载能力，在上部交通荷载作用下，可以长期维持路面结构完整性。在修补初期裂缝方面，路面形成横纵向裂缝后，根据裂缝类型选择修补方法，避免初期裂缝逐渐发展形成危及行车安全的贯穿性裂缝、深层裂缝。例如，对于反射性裂缝，清理裂缝周边杂物，吹净裂缝内部杂物，裂缝内部填塞捣实热拌沥青，后续对裂缝表面进行封闭处理。而对于地基沉降引起宽度超过5mm的横向裂缝，必须对裂缝进行开槽处理，开槽范围为裂缝两侧5-10cm，彻底清除开槽范围内的上面层结构，内部填充热拌沥青，局部重新铺筑面层结构。

3. 路面车辙病害防治

针对路面车辙病害，定期检查面层结构状态，根据车辙长度、深度与面积，选择最佳处理方法，避免车辙程度持续加剧、最终影响到路面结构。例如，对于长度不足30m、深度不足10mm的路面车辙，清理车辙内部及周边杂物，洒水保持湿润无明显水状态，利用加热板持续加热路面，路面材料半熔化后，填充相同路面材料，进行压实处理，自然冷却后，恢复完整路面结构。而对于长度超出30m，深度达到10-30mm的路面车辙，必须进行铣刨处理，清除车辙部位上面层乃至中下面层，按照常规工艺做法，重新摊铺面层结构。

结语

综上所述，妥善处理路基路面质量病害，最大限度降低病害出现率和控制公路结构受损程度，是增加公路使用价值和延长公路使用寿命的关键，也是营造安全交通行车环境的必然途径。施工单位必须树立质量为先的正确施工观念，将质量病害防治处理作为公路施工体系的重要组成部分，深入了解典型路基路面病害的形成机理，针对性采取防治处理措施，确保公路路基路面结构质量。

参考文献

- [1] 邹康. 西禹高速公路路基路面病害特征及养护技术研究[D]. 长安大学, 2019.
- [2] 王嘉琪. 盐渍土地区公路路基路面病害成因及防治措施[J]. 江西建材, 2021, (02): 144-145.
- [3] 钟盛. 公路路基路面病害成因与防治技术措施分析[J]. 科学技术创新, 2024, (15): 187-190.
- [4] 孙梁. 公路路基路面病害成因及防治措施[J]. 交通世界, 2021, (11): 68-69.
- [5] 马丽霞. 公路工程路基路面病害治理措施的应用[J]. 科技资讯, 2024, 22(13): 102-104.
- [6] 马永连. 探讨路基路面常见病害检测及治理[J]. 交通建设与管理, 2024, (02): 68-70.

作者简介：王海龙（1990.02-），男，汉族，山东省禹城市，工程师（中级），本科，研究方向：道桥施工。