

公路工程施工中常见路基病害防治技术分析

徐晓丽

湖北利民建设工程咨询有限公司，湖北省襄阳市，441021；

摘要：公路路基作为道路结构的核心承载单元，其稳定性直接关系到道路的运营质量与结构寿命。一级与二级公路由于穿越区域多样、地质条件复杂，路基病害呈现类型多、成因广和隐蔽性强的特点。本文基于监理与试验检测视角，对沉陷、滑坡、翻浆、冻胀及其他常见病害的特征进行了系统归纳，并从地质条件、施工技术、设计质量、自然环境与交通荷载五个方面深入分析病害成因。结合大量现场经验，总结了地基处理、路基填筑与压实、排水优化、边坡防护及特殊路基治理等关键技术路径。

关键词：公路路基；病害成因；防治技术；监理与试验检测

DOI：10.69979/3029-2727.26.01.006

引言

路基工程是公路建设的基础性内容，其质量水平直接决定道路结构的安全性、耐久性与服务性能。尤其在一级和二级公路建设中，因穿越农田、丘陵、低洼区及地质差异突出的地带，路基更易受到环境变化、施工质量波动及地质条件不确定性的影响，从而产生较多类型的病害。

1 公路工程施工中常见路基病害类型及特征

1.1 沉陷与不均匀沉降

沉陷与不均匀沉降是在公路建设中最常见的病害之一，尤其在填方较高、地基软弱或压实控制不到位的路段更易发生。沉陷病害往往表现为路基整体高度下降，而不均匀沉降则表现为局部差异性变形，从而导致路面出现纵向裂缝、坑槽或行驶颠簸等问题。一级和二级公路由于多穿越农田、丘陵或地质变化较大的区域，地基土性质常具有复杂性，因此施工前的地基勘察深度若不足，就容易出现沉降控制不严的问题。常见原因包括天然地基承载力不足、软土固结不充分、填筑材料含水量偏高或压实度未达到设计要求^[1]。在试验检测中，经常发现压实层厚度不均、填料级配差或过度浸水，这些因素均会导致填筑体强度不足而产生沉降。不均匀沉降对道路结构危害更大，常见于填挖交界处和旧路加宽区域，因不同材料性质差异而引发差异变形。

1.2 滑坡与坍塌

滑坡与坍塌多发生在挖方边坡、松散堆积体或地形起伏较大区域，是一级和二级公路路基工程中影响行车安全的重要风险点。这类病害常由地基结构松散、坡体

受水软化或超挖形成的应力集中引起。当边坡稳定性不足时，土体沿软弱结构面发生整体或局部位移，最终导致滑塌现象。在监理工作中，常观察到因排水措施不完善造成边坡长期浸水，水分进入坡体内部降低黏聚力，使土体在雨季或冻融期更易发生失稳^[2]。此外，一些工程在开挖过程中未严格执行分级开挖与及时支护，使得坡面暴露时间过长，导致降雨入渗形成滑面，加速边坡破坏。滑坡与坍塌的典型特征包括坡脚隆起、裂缝逐渐扩展及坡面鼓胀等。

1.3 翻浆与冻胀

翻浆与冻胀主要出现在寒冷地区或地下水位较高的路段，是路基含水量变化引发的典型病害。翻浆现象多发生在春季解冻初期，当地基或填方土遭受水分饱和并受到车辆荷载作用时，土体结构被破坏并出现泥浆状上翻，严重影响路面平整度。冻胀则主要由冻融循环引起，冰晶形成后体积膨胀会使路基上拱，等到融化后又导致路面下沉，最终形成反复破坏。一级和二级公路因路基高度相对较低且排水系统简单，水分更容易在路基内部聚集，从而增加产生病害的可能性。试验检测中常发现含水量控制不足是主要诱因，尤其是雨季施工或填料透水性差时更容易形成饱和状态。翻浆和冻胀的特征表现为路面局部鼓包、裂缝及结构松散，时间久则影响承载性能^[3]。

1.4 其他常见病害

除上述主要病害外，路基施工中还常见侧坡侵蚀、冲刷破坏、路基干缩裂缝和动物扰动等问题。侧坡侵蚀多因坡面缺乏防护或雨水径流集中造成，表层土体被逐渐冲刷后形成沟槽，严重时会影响边坡稳定。冲刷破坏

常出现在排水设施附近,当边沟或截水沟水流速度过大、结构损坏或排水方向不当时,会导致坡脚水蚀加剧,从而削弱路基支撑能力。干缩裂缝则多见于高塑性黏土路段,在长期干燥或温差较大的环境下,土体因水分蒸发导致收缩开裂,裂缝进一步使水分渗入形成恶性循环。

2 公路工程常见路基病害成因分析

2.1 地质条件因素

地质条件是影响一级和二级公路路基稳定性的首要因素,也是各类病害形成的深层根源。在监理和试验检测工作中,常能观察到路基病害集中发生在软弱土层、填挖交界地带、地下水位较高的区域以及土体结构破碎的地段。部分地区地基以粉质黏土或高液限土为主,其天然含水量接近或超过最佳含水量,使地基在荷载作用下强度不足,容易产生沉陷、翻浆或湿陷性变形。当路基基础存在淤泥质土、松散砂土等软弱层时,如果处理深度不够或排水措施不完善,软土固结不充分就会导致后期不均匀沉降。一级和二级公路多穿越丘陵、农田与村镇地带,在这些地段地下水补给变化快,雨季地表径流和浅层地下水的增大容易使地基饱水并引发渗透破坏。

2.2 施工技术因素

施工技术因素是一级与二级公路路基病害最直接、最可控的诱因。在监理与检测实践中,压实度不足、填料含水量控制不严、分层厚度偏差以及施工工序混乱是最常见的质量问题。路基填筑过程中,如果填料采用来源复杂或级配不稳定的土石混合料,填实后结构容易产生松散区,后期在车辆荷载作用下便表现为沉陷或局部塌陷。另外,含水量偏高是施工现场的普遍隐患,尤其在雨季施工或填料透水性较差的情况下,土体无法达到设计密度,进而引发翻浆、车辙和冻胀问题。边坡施工若未严格执行放坡控制和及时防护,常出现坡面剥落、冲刷沟槽甚至滑塌。监理在现场检查中还常见到排水设施未随填筑同步完成,导致雨水长时间滞留在路基附近,这进一步降低土体强度,使病害更易集中爆发。

2.3 设计因素

设计因素在公路工程中起到引导施工与控制风险的基础性作用,一级和二级公路由于沿线地形复杂,若设计阶段对地基勘察深度不足,则可能出现基础承载力评估偏低、软弱土层范围判断不准等问题,使地基处理方案与实际条件不相符。部分项目在填挖交界处未设置过渡段或处理措施过于简单,填挖刚性差异显著,极易

引发不均匀沉降。此外,路基排水系统设计不合理也是病害的重要根源,例如截水沟布置位置不当、纵向坡度过小、盲沟渗水能力不足等,都会使雨水下渗并导致翻浆与冻胀。坡面防护设计若未充分考虑当地降雨强度与土质特性,也会造成坡面冲蚀或滑坡隐患。

2.4 自然环境因素

自然环境因素在中小型公路建设中影响尤为突出,尤其是一级和二级公路常穿越丘陵、农田、低洼区和季节性积水地带,使路基更容易受到外部环境的干扰。降雨是最主要的诱因,强降雨会导致路基含水量急剧上升,削弱土体强度,形成翻浆、塌陷和坡面冲刷。在多雨地区,排水不畅会使路基长期处于饱水状态,固结延缓并诱发沉降。冻融循环也是病害的重要成因,在寒冷或昼夜温差大的区域,土体反复结冰和融化会导致结构破碎,最终表现为冻胀隆起和融沉下陷。风蚀干燥环境可能引起高塑性黏土的收缩开裂,使裂缝成为水分入渗通道,进而形成二次破坏。

2.5 交通荷载因素

交通荷载是路基病害在运营阶段不断累积与加剧的重要外在因素。一级与二级公路虽然交通量相较高速公路低,但超载车辆比例较大,重型货车反复作用在路基上会造成附加应力持续累积,使土体产生塑性变形并逐渐形成沉陷和车辙。当路基结构本身存在压实不足或处理不当时,重载车辆更容易促使病害提前暴露。在未铺设基层或基层厚度不足的路段,交通荷载更容易直接作用于路基,使土体内部累积疲劳损伤。长期监理中常观察到旧路加宽或半填半挖结构在运营后更易产生荷载差异带来的不均匀沉降。

3 公路工程常见路基病害防治技术

3.1 地基处理技术

地基处理是路基病害防治中最基础、也是最关键的环节,尤其在一级和二级公路工程中,由于地形多样、地质分布复杂,软弱地基更需要通过合理的处理技术提升整体承载力与稳定性。常用方法包括换填、强夯、排水固结以及加筋处理等。在监理与试验检测工作中,换填是最常见的做法,通过挖除软弱土层,采用砂砾石、级配碎石或石屑作为填料,使地基强度得到有效提升。对于地表水丰富或地下水位高的区域,可采用袋装砂井或塑料排水板加速固结,使软土在施工期内完成主要沉降,从而减少后期不均匀沉降风险。在粉质黏土或湿陷性黄土地区,强夯技术对改善土体密实度和减小压缩性

具有显著效果。对于局部承载力不足的地段,可采用土工格栅或土工布加筋,使应力在地基中更均匀分布,提升整体稳定性。

3.2 路基填筑与压实技术

路基填筑与压实质量直接决定路基结构的强度和耐久性,也是一级与二级公路施工现场最易出现问题的环节。有效的填筑技术应包括严格的材料选择、合理的分层厚度与科学的压实工艺。填料应具有稳定的颗粒组成与良好的透水性,避免使用含水量过高或颗粒级配失衡的土料。在施工中,通常采用 20~30 cm 的分层厚度进行填筑,确保压实能量能够有效传递至每一层土体。含水量是影响压实质量的核心因素,因此需要在现场通过灌砂法或核子密度仪及时检测,并根据实际情况采取晾晒、洒水等方式使填料接近最佳含水量。压实机械的选择也应与填料性质相匹配,例如黏性土宜采用羊足碾,而粒状土适合使用振动压路机。监理在旁站过程中应重点关注“虚填厚度”“上实下虚”以及局部漏压等问题,并结合压实度与干密度检测数据进行综合判定。

3.3 排水系统优化技术

排水系统是保障路基长期稳定的关键结构,其有效性直接影响土体的强度和变形性能。一级与二级公路在地势起伏较大、雨季集中的地区,更需要依靠科学的排水设计减少路基病害。优化排水系统应从地表水、地下水和边坡排水三个方面入手。地表排水可通过设置边沟、截水沟和排水坡度,将雨水及时排离路基范围。边沟断面应具有足够的过水能力,并保持与自然排水方向一致,避免因纵坡不足造成积水。地下水控制可利用盲沟、渗沟或反滤层,使上升水位能够顺利排出路基内部,降低含水量引起的软化、翻浆与冻胀风险。对于挖方路段或软弱坡脚位置,必须确保坡脚排水通畅,以防坡体因浸水失稳。监理人员需要在施工过程中重点检查沟槽开挖尺寸、滤料级配、排水管接口密封性等关键指标。

3.4 边坡防护技术

边坡防护技术是预防滑坡、坍塌和水蚀破坏的重要手段,尤其是在丘陵地区和挖方较多的一级、二级公路中显得尤为重要。边坡防护体系通常包括排水、防冲刷和结构性支护三类措施。对于一般土质边坡,可采用植被护坡或客土喷播方式,使根系增强土体黏结力并减少

雨水冲刷。若坡面较陡或土体松散,则可采用浆砌片石、护坡道或骨架式防护方式,通过结构约束提高坡面的整体稳定性。对于强风化岩坡或断层破碎带,则可能需要采用锚杆、喷射混凝土或加筋土等增强措施,使坡体内部获得有效加固。在监理工作中,常见边坡问题多由排水不畅引发,因此坡顶截水沟、坡面排水槽和坡脚导水设施必须同步施工并保持通畅。坡面喷锚结构需要按照设计厚度和钢筋布置进行现场检查,避免因施工质量波动造成局部空鼓或开裂。

3.5 特殊路基病害防治技术

特殊路基病害通常包括翻浆、冻胀、湿陷性变形以及旧路加宽后的接缝病害等,对于地下水位高或春季解冻期易发生翻浆的路段,应采用高透水性垫层,如砂砾垫层或级配碎石,以降低水分在路基中的滞留时间。同时可辅以盲沟或渗沟,提高排水速度,使土体保持稳定状态。冻胀较为严重的地区应通过换填非冻胀性材料、增设保温层或提升路床标高的方式减小冻胀变形。针对湿陷性土路段,应先进行预湿并压实至稳定状态,使湿陷量在施工期充分释放,避免运营后产生大范围沉陷。旧路加宽时,因新老路基材料差异可能导致接缝处沉降,应采用台阶式开挖、加筋处理或分级填筑方式使应力过渡更加均匀。

4 结束语

一级与二级公路工程中的路基病害具有成因多样、隐蔽性强和影响范围广的特点,其治理效果直接关系到道路的使用寿命和行车安全。在实际工程实践中,地基处理、规范填筑、有效排水、边坡防护和特殊路基治理技术是确保路基稳定的关键环节,而监理与试验检测在其中发挥着不可替代的质量控制作用。持续的检测、巡查与动态调整能够在病害萌发阶段实现早识别、早干预,从源头降低维护成本并提升公路工程的整体耐久性。

参考文献

- [1]钟盛.公路路基路面病害成因与防治技术分析[J].科学技术创新,2024,(15):187-190.
- [2]廉建辉.公路工程路基路面常见病害及防治对策[J].大众标准化,2023,(23):88-90.
- [3]任礼姝.公路混凝土路基路面病害分析及防治措施[J].运输经理世界,2023,(12):138-140.