

公路工程中路面抗水损害性能提升的策略分析

刘继伟

中国葛洲坝集团路桥工程有限公司 湖南 邵阳 422700

摘要：公路路面水损害由自然、材料、结构及施工因素综合导致。自然因素如降雨、冻融循环影响大；材料因素中，沥青与集料粘附性、混合料空隙率很关键；结构设计不合理，如排水系统不完善、层厚不足等会降低抗水能力；施工压实度不足、拌和不均等缺陷也不容忽视。提升路面抗水损害性能，需优化材料性能，如选优质沥青、提升集料性能、合理使用添加剂；优化路面结构设计，完善排水、优化层组合、加强防水；同时严格施工工艺控制、实施预防性养护并加强养护技术创新。

关键词：公路工程；路面；抗水损害；沥青混合料；结构设计；预防性养护

引言：公路路面作为交通基础设施的关键构成，其性能优劣直接关乎行车安全与通行效率。然而，水损害作为公路路面常见病害，严重影响路面使用寿命与服务品质。公路路面水损害的形成是自然、材料、结构及施工等多因素交织作用的结果，降雨、冻融循环等自然因素，沥青与集料性能、路面结构设计以及施工过程中的压实度、拌和质量等，均会对路面抗水损害能力产生影响。为有效应对这一问题，需从路面材料性能优化、结构优化设计以及施工与养护管理等多维度入手，采取针对性策略，提升路面抗水损害性能，保障公路的安全、稳定与高效运营。

1 公路路面水损害的成因分析

公路路面水损害作为公路工程领域中一个常见且棘手的问题，其形成并非单一因素所致，而是自然因素、材料因素、结构因素和施工因素等多种因素相互交织、综合作用的结果。（1）自然因素在公路路面水损害的形成过程中扮演着重要角色。降雨是引发水损害的直接自然诱因，降雨强度、频率和持续时间的不同，会直接影响路面受水侵蚀的程度。在长期持续的小雨天气下，路面会处于一种缓慢的湿润状态，水分逐渐渗透进入路面结构内部，为后续的损害埋下隐患。而暴雨则具有更强的冲击力和破坏性，短时间内大量的雨水倾泻而下，容易在路面形成积水。若路面排水不畅，积水无法及时排除，就会长时间浸泡路面，增加水损害发生的风险。此外，冻融循环也是不可忽视的自然因素。在寒冷地区，冬季路面缝隙中的水分结冰后体积膨胀，会对路面结构产生挤压作用；春季冰体融化，又会形成空隙，为水分进一步侵入创造了条件，如此反复，会加速路面的破坏。（2）材料因素对路面抗水损害能力起着决定性作用。沥青与集料的粘附性不足是常见问题之一。如果沥

青与集料之间的粘结力不够，当水分侵入沥青与集料界面时，就容易取代沥青的位置，导致沥青剥落，使集料失去粘结力，进而引发路面松散、坑槽等病害。另外，沥青混合料空隙率过大也是一个关键问题。过大的空隙率不仅为水分提供了更多的侵入通道，还使得水分在混合料内部更容易滞留和扩散，加速了水损害的进程。

（3）路面结构设计不合理同样是水损害的重要诱因。完善的路面排水系统对于及时排除路表和结构层内的积水至关重要。如果排水系统设计不完善，如排水管道堵塞、排水坡度不合理等，就会导致积水无法顺利排出，长期积聚在路面结构内部，对路面造成持续的损害。同时，路面结构层厚度不足、层间粘结不良也会降低路面整体的抗水损害能力。结构层厚度不够，无法有效承受车辆荷载和水的作用；层间粘结不良则会使各结构层之间产生相对滑动，加速水损害的发展。（4）施工过程中的问题也不容忽视。压实度不足会使路面存在较多的孔隙，为水分侵入提供了便利条件。沥青混合料拌和不均匀会导致混合料性能不稳定，部分区域抗水能力较差，容易成为水损害的薄弱环节。这些施工缺陷会大大缩短路面的使用寿命，增加后期维护成本^[1]。

2 路面材料性能优化策略

2.1 沥青材料选择与改性

在提升公路路面抗水损害性能的诸多举措中，选用优质的沥青材料是至关重要的基础环节。沥青的针入度、软化点、延度等关键指标，是衡量其性能优劣的重要依据。只有选择这些指标均符合严格要求的沥青，才能切实增强沥青自身的粘结性和耐久性，为路面提供可靠的保障。为进一步提升沥青性能，采用改性沥青技术不失为一种行之有效的手段。通过向沥青中添加如SBS（苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物）、橡胶粉等改性

剂,能够显著改善沥青的综合性能。其中,SBS改性沥青凭借其良好的弹性恢复能力和较高的内聚力,可有效抵御水分对沥青与集料界面的侵蚀,从而降低水损害发生的概率。而橡胶粉改性沥青不仅能吸收水分,减轻水对路面的破坏,还能提高沥青混合料的柔韧性和抗疲劳性能,延长路面的使用寿命。

2.2 集料性能提升

集料的物理化学性质在沥青混合料抗水损害性能方面扮演着举足轻重的角色。在集料选择上,应严格把关,确保其洁净、干燥,无风化、无杂质,同时具备足够的强度和耐磨性。这是因为杂质和风化物质会削弱集料与沥青之间的粘结力,降低混合料的整体性能。(1)碱性集料是优先之选,由于碱性集料表面带有正电荷,能与带有负电荷的沥青产生更强的化学吸附作用,从而形成更牢固的粘附界面,有效抵御水的剥离作用,减少沥青剥落现象的发生。(2)合理控制集料的级配也十分关键。采用间断级配或密实级配,能够优化集料在混合料中的分布,减少沥青混合料的空隙率,从源头上降低水分侵入的可能性。合理的级配设计可使集料相互紧密嵌挤,形成稳定的骨架结构,进而增强沥青混合料的整体强度和抗水损害能力^[2]。

2.3 添加剂的合理使用

在沥青混合料体系里,科学合理地使用添加剂是提升路面抗水损害能力的有效途径。(1)抗剥落剂和消石灰是改善沥青与集料粘附性的关键添加剂。抗剥落剂能够凭借自身独特的化学性质,与沥青和集料表面发生化学反应,在两者之间形成更为牢固的化学键,从而显著增强粘结力,有效抵御水分侵蚀,防止因水分作用导致的沥青剥落现象,保障路面的结构稳定性。(2)消石灰作为一种常用且高效的添加剂,能与沥青中的酸性成分发生化学反应,提升沥青的碱性,进而优化沥青与集料的粘附环境,增强粘附效果。(3)添加纤维材料,如木质素纤维、聚酯纤维等,也具有重要意义。这些纤维不仅能提高沥青混合料的高温稳定性和抗疲劳性能,还能凭借其加筋作用,限制水分在混合料内部的迁移路径,减少水分渗透,全方位提升路面的抗水损害能力。

3 路面结构优化设计策略

3.1 完善路面排水系统

科学合理且完善的路面排水系统,是有效减少公路路面水损害的核心要素。(1)在路面设计阶段,需精心规划表面排水设施。合理设置路拱,利用其坡度引导路表雨水有序流动;构建拦水带,防止雨水漫流冲刷路面边缘;设置急流槽,将集中水流快速引入排水管道或边

沟,确保路表雨水能够以最短时间、最快速度排出,避免积水对路面造成持续侵蚀。(2)对于路面结构内部排水,可设置排水基层或排水垫层。选用多孔材料,如级配碎石、开级配沥青碎石等,这些材料具有良好的透水性,能将渗入路面结构层内的水分横向引导排出路基范围。(3)在地下水位较高或路基处于潮湿状态的路段,应设置纵向和横向排水盲沟,有效降低地下水位,切断水分上升通道,最大程度减少水分对路面结构的负面影响,从而降低水损害发生的概率。

3.2 优化路面结构层组合

合理的路面结构层组合对于提升路面整体抗水损害能力起着关键作用。(1)从厚度方面来看,适当增加路面结构层的厚度,特别是着重提高基层和面层的厚度,能够有效增强路面抵御水侵蚀的能力。较厚的结构层可以提供更充足的缓冲空间,减少水分对路面深层的直接冲击。(2)在基层材料的选择上,应优先选用具有良好水稳定性的材料,像水泥稳定碎石、二灰稳定碎石等。这类材料在潮湿环境下,依然能够维持较高的强度和稳定性,不易因水分作用而发生软化、崩解等现象。(3)加强路面结构层间的粘结至关重要。采用透层油、粘层油等材料,能使各结构层紧密结合,形成一个良好的整体受力体系。这样可以有效防止水分在层间渗透和流动,避免因层间剥离而引发的破坏,从而延长路面的使用寿命,降低水损害带来的不良影响^[3]。

3.3 加强路面结构防水设计

在公路路面结构设计的整体布局中,采取切实有效的防水措施是保障路面长期性能与结构安全的关键环节。在面层与基层之间精心设置防水粘结层,是阻止水分侵入基层的重要防线。防水粘结层一般选用改性沥青或高性能防水涂料,这些材料不仅具备卓越的防水性能,能有效隔绝水分渗透,还拥有良好的粘结性能,可在面层和基层之间形成一道稳固且致密的防水屏障,增强结构层间的整体性和稳定性。同时,针对桥面、隧道洞口等特殊部位,由于其结构复杂且受水损害风险较高,需进行专门的防水设计。采用防水卷材、防水涂料等优质防水材料,并结合密封胶等精细构造措施,构建多层次、全方位的防水体系,防止水分渗漏,切实保护路面结构以及桥梁、隧道主体结构免受水的侵蚀,延长工程使用寿命。

4 施工与养护管理策略

4.1 严格施工工艺控制

施工质量对路面抗水损害性能有着决定性影响。在沥青混合料拌和环节,需精准把控拌和温度、时长以及

原材料比例。适宜的拌和温度能让沥青达到良好的流动性，确保与集料充分融合；合理的拌和时间可保证混合料均匀一致，使沥青均匀裹覆集料，避免出现花白料等质量问题。（1）摊铺过程中，要严格控制摊铺速度与厚度。过快的摊铺速度易引发离析，影响路面均匀性；不均匀的摊铺厚度则会导致路面平整度欠佳。（2）压实作为施工关键步骤，要科学选择压实机械与工艺，遵循先轻后重、先慢后快、先静后振的原则，逐步增加压实功，确保沥青混合料达到规定压实度，有效减少路面空隙率。此外，还需加强施工全程质量检测，对原材料、沥青混合料性能及路面压实度等严格检验，及时纠偏，保障施工质量。

4.2 实施预防性养护

预防性养护作为延长路面使用寿命、增强其抗水损害性能的关键举措，具有不可忽视的重要意义。（1）在日常管理中，需定期对路面展开全面且细致的巡查与检测工作，运用先进的检测设备和技術，精准识别路面早期病害，像微小裂缝、麻面、松散等潜在问题。（2）一旦发现病害，应迅速采取针对性处理措施。对于裂缝，采用专业的灌缝材料进行灌缝处理，有效封堵裂缝，防止水分顺着裂缝侵入路面结构层，避免引发更严重的水损害。针对轻微松散部位，实施封层处理，形成一层保护膜，阻止水分进一步侵蚀。（3）定期对路面进行深度清洗，彻底清除路表的泥土、杂物和油污，确保路面排水系统畅通无阻。通过预防性养护，能在病害处于萌芽状态时及时修复，大幅降低后期大规模养护成本，切实有效地提升路面的抗水损害性能^[4]。

4.3 加强养护技术创新

在公路养护领域，科技浪潮正推动着养护技术与理念的不断革新。（1）为提升路面抗水损害性能，需积极引入前沿的养护技术与先进设备。智能检测技术是精

准掌握路面状况的有力工具，像探地雷达能穿透路面表层，清晰探测内部结构隐患；激光平整度仪可快速、精准测量路面平整度，为评估路面使用性能提供可靠数据，助力及时发现潜在问题。（2）新型养护材料的应用同样关键。纳米改性沥青凭借纳米粒子的特殊效应，显著提升沥青性能；自愈沥青混合料能在裂缝出现时自动修复，增强路面自我修复能力，有效抵御水损害。（3）推广绿色养护技术势在必行。通过优化施工工艺、采用环保材料，减少养护过程中的能源消耗和环境污染，实现公路养护与生态环境的和谐共生，为提升路面抗水损害性能提供全方位、可持续的技术支撑。

结束语

公路路面水损害成因复杂，涉及自然、材料、结构与施工等多方面。为有效应对，需多管齐下：优化路面材料性能，精选沥青与集料，合理使用添加剂；完善路面结构设计，健全排水系统，优化结构层组合，强化防水设计；严格把控施工工艺，确保各环节质量；积极实施预防性养护，及时处理早期病害；加强养护技术创新，引入智能检测、新型材料与绿色养护技术。通过这些综合策略，可显著提升公路路面抗水损害能力，延长路面使用寿命，降低养护成本，保障公路的安全、舒适与高效运营，推动公路工程事业的可持续发展。

参考文献

- [1]何江渝.公路工程路面抗滑性能试验检测[J].全面腐蚀控制,2024,38(05):37-39.
- [2]夏小琴.公路工程沥青路面抗滑性能检测方法的应用分析[J].科技资讯,2023,21(03):69-72.
- [3]张瑞.高速公路路面养护大数据分析平台设计[J].交通世界,2020(31):83-84.
- [4]李斌.改性乳化沥青材料在高速公路路面施工中的运用[J].居舍,2020(31):17-18.