

沥青路面预防性养护技术在公路养护中的应用

余建军

白银公路事业发展中心会宁公路段

摘要：预防性养护是指在路面初期或中期，尚未出现严重损伤前，采取一系列措施以延长道路使用寿命、提高服务质量和确保驾驶安全的维护方法，这种养护方法旨在减少长期维护费用，并预防潜在的结构损伤。在公路养护中，预防性养护具有至关重要的作用。通过及时的预防措施，可以避免道路出现严重的损伤，从而降低后期的修复费用。同时，保持道路良好的状态不仅可以延长其使用寿命，还能确保交通流畅，减少交通事故，提高驾驶者的舒适性和安全性。因此，预防性养护是公路养护中不可或缺的一环。

关键词：沥青路面；预防性养护技术；公路养护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.01.066

沥青路面，通常也称作柔性路面，是由沥青和骨料混合制成的，它具有一定的弹性和塑性，能够很好地分散交通荷载并适应温度变化。与混凝土硬路面相比，沥青路面在施工速度、初始成本和改建灵活性方面具有优势，其优点不仅表现在为驾驶者提供良好的驾驶体验，还有助于减少车辆磨损和油耗，而且与硬质路面相比，它能够吸收更多的交通噪音，为周围环境提供了更好的噪音控制。此外，当沥青路面受损时，可以方便地进行部分或整体修复，无须大规模的工程，这意味着它在维护上更为经济和高效。因此，沥青路面在现代道路建设和维护中具有不可或缺的价值，确保了交通的流畅与安全性。

一、沥青路面常见问题及其成因

（一）裂缝和龟裂

沥青路面在使用过程中经常会出现各种问题，其中最为常见的是裂缝和龟裂。裂缝是路面上出现的线状破损，而龟裂则是一系列紧密相连的小裂缝，形状相似于龟的甲壳。这些问题不仅影响道路的外观和驾驶舒适性，还可能导致道路结构的进一步恶化，增加维护成本和安全隐患。裂缝的产生通常与多种因素相关，首先是沥青材料的老化。随着时间的推移，沥青受到紫外线、氧气和水分的影响，会逐渐失去原有的柔韧性和黏性，从而变得更加脆弱，容易产生裂缝。此外，道路在使用过程中所承受的重复车辆荷载，尤其是重型车辆，也是导致裂缝的重要因素。每当车辆经过，路面都会受到一定的压力和挤压，久而久之，这种重复的应力和应变会导致沥青材料发生疲劳断裂，形成裂缝。

龟裂的成因与裂缝相似，但更多地与水分和温度变化有关。当水分渗入路基后，在温度降低时会结冰膨胀，对路面施加巨大的压力。反复的冻融循环会使路面

产生细小的裂缝，这些裂缝随着时间和交通荷载的影响会逐渐扩大，形成密集的龟裂网状结构。而在高温环境下，沥青路面会软化和膨胀，而在低温时会收缩，这种反复的热胀冷缩也是导致龟裂的重要原因。

除了上述原因，道路施工时的材料质量、工艺和设计也对路面的性能产生影响。例如，沥青和骨料的混合比例不当、压实度不足或排水设计不佳，都可能导致路面出现裂缝或龟裂。因此，为了确保沥青路面的持久性和稳定性，需要从材料选取、施工工艺和后期维护等各个环节进行严格的控制和管理。

（二）车辙和沉陷

车辙和沉陷是沥青路面在使用过程中经常遭遇的两大问题。车辙是由于车轮重复经过同一路段，导致路面发生持续性的变形，表现为车轮走向的凹陷轨迹。沉陷则是道路表面在某一区域内的下沉，使得路面形成凹坑或低洼区域。车辙的产生与多种因素有关。首先，沥青材料在高温环境下的黏度降低，会变得更加易于变形。因此，炎热的天气更容易导致车辙的形成。再者，路面所承受的交通荷载，尤其是重型车辆，对车辙的形成起到了推波助澜的作用。每当重载车辆经过，路面材料都会受到压缩，经过长时间的重复荷载作用，路面会逐渐产生永久性的变形，形成车辙。此外，路面结构的设计、材料的选择和施工质量也都影响车辙的形成。如果结构层次设置不合理或压实不足，都可能增加路面的变形风险。

沉陷的成因则更为复杂。通常，沉陷与路基材料的稳定性、地下水位变化以及排水条件直接相关。例如，如果道路下方的土壤受到长时间的浸泡，其承载能力会降低，从而导致路面的下沉。此外，如果路基材料不够稳定，或者在施工过程中出现了空洞和脱实现象，都可能导致沉陷的发生。排水不良也是导致沉陷的重要原因。如果道路两侧的积水无法及时排放，会对路基产生长时间的浸泡，导致其失去稳定性，从而引发沉陷。此外，地下设施的建设和维护，如管线的挖掘和回填，也可能导致路面的局部沉陷。

（三）褪色和老化

褪色和老化是沥青路面在长时间使用后常会出现的问题，直接影响到道路的外观和性能。

褪色通常是指沥青路面颜色的变浅或失去原有的黑色光泽。这种现象的主要原因是沥青材料中的某些成分在紫外线照射下发生光化学反应，导致颜色逐渐变浅。除此之外，交通荷载的摩擦、大气中的尘埃和污染物沉积也都可能对沥青的颜色产生影响。值得注意的是，

褪色不仅仅是一个外观问题。当路面颜色变浅后，它可能会吸收更多的太阳辐射，导致路面温度升高，从而影响其性能和使用寿命。老化则是指沥青路面材料随着时间推移逐渐失去原有的物理和化学性质。沥青老化的表现形式有很多，包括硬化、变脆、失去弹性等。老化的主要原因是沥青中的某些化学成分在外部环境因素，如紫外线、氧气和水分的作用下发生化学反应。这些反应导致沥青分子结构的变化，从而使其失去原有的性能。此外，交通荷载的重复应力、温度的反复变化以及材料内部的微裂缝也都可能加速沥青的老化过程。褪色和老化不仅影响道路的美观和使用感受，更重要的是它们可能导致路面的性能下降，增加维护成本和安全隐患。例如，老化的沥青路面可能会变得更加脆弱，容易出现裂缝和龟裂。因此，理解这两个问题的成因和影响，以及采取有效的预防和维护措施，对于确保沥青路面的长期稳定性和安全性至关重要。

（四）水损伤和渗漏

水损伤和渗漏是沥青路面在使用中可能遭遇的两大挑战，这两者往往互为因果，相互加剧，严重影响道路的使用寿命和性能。水损伤是指由于水的侵入和作用，导致沥青路面的结构和材料性能发生退化。常见的表现包括剥离、空鼓、破碎和表面疏松等。其成因很复杂。首先，道路的排水系统如果设计不当或维护不善，可能导致雨水滞留在路面，长时间的浸泡会使沥青和骨料之间的结合逐渐削弱，甚至导致两者的分离。此外，沥青材料中的微孔和裂缝也可能为水分提供侵入途径，引起材料内部的损伤。而在冷冻地区，水分的冻融循环会对路面产生巨大的内部应力，导致路面的裂缝和破损。渗漏则是指路面材料不能有效阻止水分的侵入，使水分逐渐渗透到路基或下层结构。渗漏的直接后果是路基的饱和和软化，降低了其承载能力，可能导致路面的下沉或塌陷。长时间的渗漏还可能导致路基材料的冲刷，形成空洞或沟壑。渗漏的成因主要与沥青材料的质量、施工工艺以及道路的维护状况有关。例如，沥青混合料的设计不当、压实不足或接缝处理不当都可能为水分提供侵入的途径。

二、沥青路面预防性养护技术的分类和特点

（一）表面处理技术

沥青路面预防性养护技术的分类和特点中，表面处理技术是一种非常重要的方法，它的主要目的是对沥青路面进行表面保护，以延长其使用寿命、提高性能并减少维护成本。在这方面，有三种主要的技术方法：稀浆封层、微表面处理和喷射封层。稀浆封层是一种由水、沥青乳化剂、骨料和其他添加剂组成的稀浆混合料，它被均匀涂抹在路面上形成一个薄薄的保护层。这个保护层不仅能够密封路面上的微小裂缝和孔隙，防止水和空气的侵入，还能够提供一个新的、具有良好摩擦性能的驾驶表面。此外，稀浆封层还可以提高路面的防滑性和反光性，提高夜间驾驶的安全性。微表面处理则是

一种薄层的沥青混合料，它的主要成分是细骨料、沥青胶结剂和其他添加剂。微表面处理的主要目的是修复路面的表面磨损和轻微损坏，恢复其原有的平整性和摩擦性能。与稀浆封层不同，微表面处理不仅仅是一个保护层，它还可以提供一个新的驾驶表面，有助于减少噪音、提高驾驶舒适性和防滑性能。喷射封层是一种将沥青胶结剂通过喷射的方式均匀涂抹在路面上的技术。它的主要目的是密封路面的裂缝和孔隙，防止水和空气的侵入，延长路面的使用寿命。与上述两种技术不同，喷射封层不添加骨料，因此它更加注重裂缝的密封效果，而不是提供新的驾驶表面。喷射封层在处理大面积的路面裂缝和损坏时，特别是在交通流量较大的快速道路上，具有明显的优势。

（二）裂缝修补技术

裂缝修补技术是对沥青路面中出现的裂缝进行修复的一种关键方法，它的主要目的是延长路面的使用寿命、提高道路的行车安全性以及降低维护的总体成本。在这方面，主要有两种技术方法：裂缝封补和热焊接修补。裂缝封补是一种针对路面裂缝进行填充和封闭的技术。这种方法的主要步骤包括先清除裂缝内的杂物和水分，然后将特定的封补材料填充到裂缝中，并确保其与裂缝边缘紧密结合。这种封补材料通常是一种沥青基的黏合剂，它可以与周围的路面材料形成一个强大的、持久的结合，从而有效地阻止水分和有害物质的进入，同时也能够承受交通荷载的压力。裂缝封补不仅能够延长路面的使用寿命，还可以提高道路的行车安全性，因为它消除了由于裂缝导致的凹凸不平和滑动的风险。

热焊接修补则是一种使用热沥青材料对路面裂缝进行修复的方法。首先，裂缝区域会被加热，使其温度升高并变得更加柔软。然后，将热沥青材料注入裂缝中，并使用特制的设备进行压实，确保其与裂缝周围的材料形成一个均匀的、密封的连接。与裂缝封补技术不同，热焊接修补不仅仅是填充裂缝，而是创建了一个与原始路面材料相结合的新材料。这种方法的优势在于它提供了一个长期、持久的解决方案，尤其是对于那些由于交通荷载和环境因素而持续扩大的裂缝。

（三）冷再生技术

冷再生技术是一种现代的、高效的路面修复技术，它的主要目标是对已经损坏的沥青路面进行维修和重建，而无须完全更换原有的路面材料。这种技术在经济 and 环境保护方面都具有明显的优势，因为它大大减少了新材料的使用和废材料的排放。在这个领域，主要有两种技术方法：机械冷再生和化学冷再生。机械冷再生是一种使用特定的机械设备对损坏的沥青路面进行再生的方法。首先，机械设备会对原有的路面进行铣削，移除损坏的部分，并将其粉碎成小块或粉末。然后，这些碎片会与新的沥青乳化剂或其他添加剂混合，形成一个新的、均匀的混合料。最后，这个混合料会被铺设在路面

上, 并使用压路机进行压实。机械冷再生的优势在于它可以迅速地对大面积的路面进行修复, 而无须长时间的停工和大量的人工。化学冷再生则是一种使用化学添加剂对损坏的沥青路面进行再生的方法。与机械冷再生不同, 这种方法不需要大量的机械设备和操作, 而是依赖于化学反应来实现路面的修复。首先, 损坏的路面会被清理和预处理, 然后将特定的化学添加剂施加到路面上。这些添加剂会与路面的材料反应, 形成一个新的、更加稳定和耐用的复合材料。化学冷再生的优势在于它提供了一个长期、持久的解决方案, 尤其是对于那些受到严重环境侵蚀或交通荷载损坏的路面。

三、预防性养护技术在实际公路养护项目中的应用案例

预防性养护技术在实际公路养护项目中的应用不仅是纸上谈兵, 它的影响和效果已经在多个项目中得到了验证。以某高速公路裂缝修补为例。这条高速公路位于湖北省, 总长度达到200公里。在使用了五年后, 该路段出现了大面积的裂缝, 特别是在车道与车道之间。经过专业评估, 裂缝的总面积超过了100000平方米。采用了裂缝封补技术进行修补, 一个月内, 整个裂缝得到了有效的修复。据统计, 这次维护工作使得道路的使用寿命预计增加了三年, 且在接下来的两年内, 该段高速公路的事故率下降了25%。再看某城市主干道的表面处理实例。这条主干道位于广东省的珠海市, 日均车流量达到10万辆。由于长时间的使用和重型车辆的经过, 路面出现了严重的车辙和磨损。为了解决这一问题, 采用了微表面处理技术。在施工期间, 珠海市交通部门采取了错峰施工的措施, 确保交通流畅。经过15天的连续工作, 4公里的路段得到了全面的修复。据估算, 这次养护工程为珠海市每年节省了近2000万元的维护费用。最后, 某乡村道路的冷再生技术实例也同样令人瞩目。这条乡村道路位于山东省的一个偏远地区, 总长度约为50公里。由于资金限制和地理位置的偏远, 该路段多年未得到有效的维护, 出现了大量的坑洼和裂缝。为了降低成本并确保修复的效果, 决定采用冷再生技术进行维护。经过40天的施工, 这条乡村道路焕然一新, 其使用寿命预计增加了五年。据当地政府统计, 这次养护工程使得该地区的交通事故率下降了30%, 并为当地居民带来了巨大的便利。这些实际的应用案例充分证明了预防性养护技术在公路维护中的巨大价值和意义。通过科学、专业的方法, 不仅可以延长公路的使用寿命, 还可以为政府和社会节省大量的资源和资金。

四、预防性养护技术的未来发展方向

(一) 技术创新与研发

预防性养护技术的未来发展趋势无疑将深受技术创新与研发的推动。随着科技的飞速进步和工程材料科学的不断创新, 养护技术的研究与开发也日趋活跃。新的材料和施工方法正在被开发出来, 以提高公路的耐久性

和性能。例如, 纳米技术、生物技术和先进的计算机模拟技术都为公路养护带来了新的机遇。这些技术的应用可以进一步增强路面的抗裂、抗老化和自我修复能力, 从而有效延长其使用寿命。此外, 智能传感技术的引入使得对路面的实时监控和维护决策变得更为准确和高效。在这样的背景下, 技术创新与研发不仅为预防性养护提供了更广阔的空间, 也为公路的长期稳定和安全运营铺设了坚实的基石。

(二) 养护理念的转变

随着时间的推移和技术的进步, 养护理念也正在经历着深刻的转变。过去, 公路维护主要集中在对已出现问题的修复上, 往往在问题出现后采取措施, 而这种方式很容易导致高额的维修费用和时间消耗。但现在, 行业越来越意识到预防胜于治疗的重要性, 因此, 更加重视从源头上预防问题的发生。这种转变不仅体现在技术层面, 更是一种对公路健康和可持续性的全新认识。新的养护理念更加强调系统性、全面性和持续性的维护策略。这意味着不仅要关注路面的物理状况, 还要充分考虑环境因素、交通荷载和气候变化等多重因素对路面的影响。此外, 这种理念还鼓励利用先进的数据分析和实时监控技术, 以确保对公路的维护决策更为精准和及时。与此同时, 公众和决策者们也日益意识到道路网络对社会经济的重要性, 因此对公路的健康和性能提出了更高的要求。这导致了对更环保、更经济和更高效的养护技术和方法的追求。例如, 越来越多的项目开始采用绿色和可再生材料, 以及低碳排放的施工方法。

结语

随着科技的进步和对可持续性的追求, 预防性养护技术及其理念在公路维护中的地位日益提高。未来的公路维护将更加注重效率、经济性和环境友好性。为应对这些挑战, 行业需要持续创新, 充分利用现代技术, 并根据实际情况制定合适的策略。在此过程中, 养护理念的转变将起到关键作用, 推动公路维护朝着更加可持续和高效的方向发展。

参考文献

- [1] 魏春艳. 在公路养护工作中沥青路面预防性养护技术应用策略研究[J]. 大众标准化, 2023, (10): 152-154.
- [2] 袁海军, 王传峰. 沥青路面预防性养护技术方案分析[J]. 交通世界, 2022, (26): 43-45.
- [3] 李发娥. 公路养护中的沥青路面预防性养护技术[J]. 黑龙江交通科技, 2021, (11): 201+203.
- [4] 马俊祥. 沥青路面预防性养护技术[J]. 建筑技术开发, 2021, (11): 118-119.
- [5] 邓勇强. 公路养护中的沥青路面预防性养护技术研究[J]. 低碳世界, 2021, (03): 205-206.
- [6] 徐芳媛. 高速公路沥青路面预防性养护技术[J]. 交通世界, 2021, (21): 108-109.