

公路工程路面预防性养护技术研究

朱敏

南京顺通道路养护工程有限公司，江苏南京，210000；

摘要：对公路工程路面预防性养护技术进行研究，能有效提升预防性养护技术应用质量，有效延长公路的使用寿命、保障运输安全、效率。本文对公路工程路面预防性养护技术进行概述，分析了公路路面易出现的问题，并对预防性养护技术应用进行研究，希望能为相关从业者开展工作提供一定的理论依据。

关键词：公路工程；路面；预防性养护；技术

DOI：10.69979/3029-2727.26.03.006

前言

早在数十年前，我国就意识到公路运输的重要性，并提出“要想富，先修路”的口号。公路是连接我国城市、乡村的生命线，但公路在长期使用过程中，再加上风吹日晒、雨水侵蚀，会导致路面出现开裂、渗水、破损等诸多问题，甚至还可能导致路基损坏。糟糕的路面状况会给行车带来较高的危险性，还会严重降低运输效率。为解决该问题，就需要定期对公路进行养护。传统养护工作一般会设置一个养护周期，但这可能无法有效防治一些病害，预防性养护则能规避传统养护存在的问题，有效延长路面寿命、保证路面具有良好的承载能力。

1 公路工程路面预防性养护技术的概述

预防性养护指的是公路路面仍处在完好状态时，就投入资金对路面进行养护，这种养护技术耗时较短，但养护较为频繁。相比传统养护技术，预防性养护技术更加主动，其核心目标是阻断病害发展、延长路面使用寿命、降低全生命周期养护成本，实现从“坏了修”到“主动保养”的转变。

公路在使用的过程中，从肉眼观察，公路路面整体可能仍保持完好，但其内部可能已经出现轻微疲劳裂缝、细骨料流失、抗滑系数下降等病害问题。如果未能及时对路面进行养护，随着继续使用，病害问题就会逐渐放大。预防性养护的出现，就是为了解决这些仍处于早期状态的病害。在预防性养护技术的加持下，通过相对较小的投入，就能显著延缓路面性能衰减、延长路面寿命、提升行车安全性和舒适性。

2 公路路面易出现的问题

2.1 泛油问题

目前多数公路都为沥青路面，沥青是一种高黏度有机液体，常温下呈半固体或黏稠液体状，具有显著的粘

弹性，在施工时，通过加热就能降低其流变阻力，目前沥青已经被广泛应用在道路工程领域。当气温升高、降雨量大等情况出现时，沥青路面就可能会出现泛油问题。一些施工企业在施工过程中，未严格对沥青拌合料的比例进行控制，这可能会影响其性能，这也可能会导致路面在使用过程中容易出现泛油问题。

一旦沥青路面出现泛油问题，可能会出现路面滑溜、路面性能下降等问题。路面滑溜可能会给行车带来巨大威胁，由于抓地力下降，可能会导致车辆刹车距离延长，甚至可能会导致车辆失控；路面泛油还可能会导致中下层的沥青全部汇集至上层，上层的沥青含量逐渐增加，中下层的沥青含量则逐渐减少，这会直接损害中下层的低温抗裂性能。沥青迁移还可能会带来路面空隙率和不和性改变问题，上层的空隙率会愈来愈小，中下层的空隙率则会愈来愈大，而这可能会导致沥青路面内部产生较高的负压，并形成诸多空隙，雨水容易透过路面的这些空隙进入基层，造成基层损害。

2.2 车辙问题

公路在投入使用后，由于长期受到车辆载荷的作用，加上环境以及气候的影响，会导致路面行车轨迹区域出现诸多下洼、凹槽。这些凹槽的尺寸大小不一，一些大型凹槽可能长达数十米，深度达几厘米。若该区域路线为弯道，则路面出现的车辙问题可能会更严重，这些车辙会严重影响行车舒适性和安全性，并且由于多数车辆可能会继续对车辙进行碾压，表层路面可能会进一步损坏，之后就可能会对路基造成伤害。

2.3 裂缝问题

裂缝问题是最常见的路面问题之一，受运输荷载、自然环境、施工质量等因素影响，路面会逐渐出现裂缝，一旦未能及时对其进行养护，裂缝就会逐渐扩大，并引发严重的路面破裂、路基受损问题。在十数年前，我国

部分县道、省道,存在十分严重的路面破损问题,而这些路面破损一般都是由裂缝逐渐扩大而来,甚至一些路面整块脱落,在公路上形成深达数厘米、直径30—40cm的坑洞,这给行车舒适性和安全性带来了巨大影响。

同时,雨水还会顺着这些裂缝渗入路基,对路基造成侵蚀,这会严重影响路基的承载性能,再加上荷载,就可能会出现路基破损、路基沉降等问题。裂缝和坑洞中还可能会大量积水,在雨雪天气时,雨水会大量汇集在这些区域,一旦汽车高速驶过,就会大幅提升失控风险。

3 公路路面预防性养护技术

3.1 微表处理技术

微表处理技术目前已经被广泛应用在城镇道路维护工作中,该技术可单层、双层铺筑,具有封水、防滑、耐磨和改善路面外观等功能。该技术采用高分子改性乳化沥青与骨料、矿物填料、水等物质混合,随后利用摊铺设备,将混合料一次性、均匀地摊铺在需要养护的路面之上,该技术可实现0.8—1.2cm的单层精细铺筑和1.5—2.5cm的双层复合铺筑,让路面形成平整,但又坚固的功能层。经过高质量施工的路面具有较强的防水性能,能有效防止地表水渗入路基。同时,修复后的路面还能恢复良好的摩擦力,让汽车能够更安全、舒适地行驶。路面还具有较强的耐磨性能,某研究所的研究数据显示,该技术修复的路面寿命达到普通封层的2-3倍。

微表处理技术对材料有着严格要求,沥青与石料之间必须具有出色的粘附性。石料必须坚固、耐磨、清洁;细集料则使用碱性石料生产得到的机制砂或石屑;乳化沥青应全部使用聚合物改性乳化沥青。在施工之前,工作人员需要提前对路面进行清理,并标注摊铺位置。施工应尽量选择在气候干燥、温度较高的季节进行,在摊铺过程中,需要对混合料的使用情况进行严格密切关注,保证所有材料均处在最佳状态,以获得最佳的摊铺效果。在摊铺工作结束后,养护层需要经历一个闭合交通的保养期,当粘结力达到2.0N/m时,表示养护层已经完全凝固,此时方可开放交通^[1]。

3.2 裂缝处理技术

路面裂缝多种多样,可以将其简单分为横向、纵向、网状和反射裂缝。早期的裂缝一般不会出现在路面上,或是不够明显,但随着公路使用,这些裂缝会逐渐扩大。不同开裂方式,所使用的养护方法也存在差异。

龟裂指的是路面表面产生类似龟壳花纹的裂缝,这种裂缝多为续发性裂缝,由一条或数条裂缝为基干裂缝,

再由于各种因素不断发展、延伸,形成较大规模的龟裂。多数龟裂都出现在行车道上,早期的龟裂,裂缝轻微,对路面性能几乎不会产生影响。但随着路面不断渗水、承受荷载,路面中下层的强度会不断下降,龟裂面积就会逐渐扩大。在对龟裂进行养护时,应选择低温变形能力较强的沥青,并按照要求搅拌沥青混合料。在进行摊铺之前,需要对下承层进行检查,并及时清理各类杂物、处理好软弱层,以保证下承层稳定。随后工作人员在路面上喷洒透层油,撒入石屑、砂,保证层间能够良好结合。沥青各层的施工必须满足最小厚度要求,保证上下层之间能够良好连接。

网裂与龟裂十分类似,但其形状、尺寸上有别于龟裂,但网裂的规模往往更大,并且裂缝的宽度、深度也往往更高,早期的网裂危害性就已经高于中期龟裂。纵向裂纹和横向裂纹,指的是沿着路面纵向和横向开裂的裂缝,成熟的纵向裂缝往往长达20—50m,纵向裂缝则会横跨整个行车道。在对这些裂缝进行预防性养护时,需要选择与道路施工相同种类、等级的沥青,这能有效减少或消除沥青面层的温缩裂缝^[2]。在进行摊铺时,应尽可能连续,最好能够一次性完成,保证摊铺的沥青能与路面有效结合。在摊铺时,应尽量保证混合料在接近最佳含水量的状态下进行碾压,并保证碾压充分,这是保证摊铺质量的关键。

3.3 稀浆封层技术

稀浆封层技术起源于德国,通过将精细连续级配骨料、乳化沥青、水按照一定的比例混合、搅拌,就能得到稀浆混合料。该混合料有着十分出色的防水性能和路面维修效果,早在20世纪就已经被广泛应用于路面养护工作。该技术与微表处理技术较为类似,因此在使用时,一般需要与微表处理技术进行区分,在处理时也需要格外注意。

稀浆封层技术一般使用未改性的乳化沥青,如,BC-1型和BA-1型,在施工时,工作人员应保证残留物含量高于60%,同时,稀浆封层技术使用的集料砂当量应控制在45%以上,如表1所示,稀浆混合料有着明确的设计指标,需要严格遵照指标进行拌合。稀浆封层技术一般用于修复路面表层,在进行摊铺后,稀浆混合料会在路面表层形成防护罩面,有效提升路面防水性,并修复存在的病害。稀浆封层施工需要在常温环境下进行,通过机械设备将稀浆混合料均匀地摊铺在需要养护的路面上即可^[3]。根据矿料级配的差异,稀浆封层可分为细封层、中封层、粗封层。根据乳化沥青的裂解速度和凝结特性,则将其分为慢裂快凝型和慢裂慢凝型。

表1 稀浆混合料设计指标

适用范围		稀浆封层	微表处
检测内容			
稠度试验		需要时	无要求
粘聚力试验 30min 60min		(仅适用于快凝型) 不小于 1.2N.m 不小于 2.0N.m	不小于 1.2N.m 不小于 2.0N.m
粘附砂量		不大于 538g/m ²	不大于 538g/m ²
水煮剥离		通过 (不小于 90%)	通过 (不小于 90%)
湿轮磨耗损失 浸水 1h 浸水 6h		不大于 807g/m ²	不大于 807g/m ² 不大于 538g/m ²
可拌和时间		不小于 180s	不小于 120s (25℃)
负载轮试件经 57Kg 载荷 1000 转后	横向位移		不大于 5%
	纵向位移		不大于 2.1
相容性分级			不低于 11 级

3.4 薄层罩面技术

薄层罩面技术一般被用于修复轻度车辙、轻度非荷载型路面，如，裂缝宽度小于 3mm、车辙深度低于 6mm。该技术不适用于裂缝较大、裂缝持续发展、排水系统失效、路面破损等病害严重的路面。该技术应用便捷，一条长约 1km 的路段，仅需 2—3 小时就能完成摊铺工作，摊铺结束后约 30—60 分钟就能开放交通，甚至可以在不影响正常交通的情况下进行施工，因此该技术特别适合对城市道路进行养护。

在应用薄层罩面技术时，应重点关注级配控制与材料性能，以确保材料设计的合理性和技术应用的有效性。在施工过程中，施工人员应严格控制摊铺厚度、温度、压实工艺，以确保施工质量。摊铺最小厚度应不低于 3 倍的 NMAS，施工一般使用乳化沥青作为粘结层，这能有效强化混合料与路面的粘结性。在摊铺结束后，可以使用静态压路机开展压实工作，但要注意，在碾压时，一定要保证其温度仍高于 120℃，在路面温度降至 110℃ 之前需完成碾压工作。为避免罩层变形，在完成摊铺工作后，压路机应驶离^[4]。该技术形成的罩层一般厚约 15-25mm，具有抗滑性能高、降噪性能高、透水性强等优势。

3.5 路面再生技术

路面再生技术是一种沥青路面预防性养护技术，该技术是通过在老旧路面中加入再生剂、沥青混合料，并重新进行铣刨、摊铺、压实，形成一个全新的再生面层。沥青路面经过长期使用，其各项性能会逐渐下降，这种情况被称为“老化”，通过将各类材料注入老旧沥青中，就能让其恢复原有状态，这就是路面再生技术的核心原理。

路面再生技术的性能指标往往能够达到新路面的

90%左右，且耐老化性能更加优异。同时，该技术相较于传统养护方案，成本降低约 30%—50%，还能减少废旧沥青对环境造成的污染。但在使用该技术时，一定要关注旧沥青的回收率、再生剂的匹配性以及施工设备的精度，一旦再生剂选择错误，不仅无法修复沥青，还可能会出现分层、离析等问题。在搅拌时，还应严格按照比例添加材料，并将加热温度控制在 160-180℃ 之间，这能避免温度过高引发沥青老化问题，也能避免温度过低影响压实效果^[5]。

4 结语

公路运输质量会对经济发展产生一定影响，同时，公路养护工作每年也会消耗大量财政资金。因此，探究高效、低成本的养护方法、技术，是相关工作人员必须开展的工作。相较于传统养护方法，预防性养护将被动养护转变为主动养护，虽然一定程度上提升了养护频率，但能有效降低养护成本，同时还能降低病害威胁，对于提升公路运输效率、质量、安全性有着重要作用。通过对预防性养护技术进行研究，能有效提升技术应用质量，确保养护后的道路符合设计标准。

参考文献

- [1] 钟美荣, 杜志强. 公路工程路面预防性养护技术应用探讨[J]. 车时代, 2025(9): 7-9.
- [2] 马盛. 公路养护工程中的预防性养护技术的应用研究[J]. 前卫, 2024(25): 0132-0134.
- [3] 徐旭波. 公路工程中的预防性养护技术研究[J]. 运输经理世界, 2025(20): 102-104.
- [4] 罗齐长. 公路路面养护工程中的预防性养护技术[J]. 价值工程, 2025, 44(6): 72-74.
- [5] 汪春泽. 高速公路沥青路面预防性养护技术的应用与发展[J]. 中国地名, 2025(1): 0208-0210.