

公路工程预防性养护技术研究

梁红涛 李艳波 徐 贺
突泉县交通运输局 内蒙古 兴安盟 137500

摘 要：本文聚焦于公路工程预防性养护技术，深入探讨其重要性、常见技术类型以及实施策略。通过分析预防性养护对延长公路使用寿命、降低养护成本、提高行车安全性和舒适性等方面的积极作用。阐述雾封层、微表处、稀浆封层、裂缝修补等常见预防性养护技术的原理、适用范围及优缺点，并从养护计划制定、技术选择、人员培训、质量监控等方面提出实施预防性养护的有效策略，旨在为公路工程预防性养护技术的推广和应用提供理论支持与实践指导，推动公路养护行业向科学化、精细化方向发展。

关键词：公路工程；预防性养护技术；养护策略；公路使用寿命

1 引言

随着我国经济的快速发展和城市化进程的不断加速，公路交通作为国民经济的重要基础设施，承担着日益繁重的运输任务。公路建设规模不断扩大，公路里程持续增加，但与此同时，公路的养护问题也日益凸显。传统的公路养护模式多以“坏了再修”为主，属于事后补救性养护，这种方式不仅养护成本高，而且往往难以恢复公路的最佳使用性能，还会对行车安全造成潜在威胁。预防性养护作为一种先进的公路养护理念和技术，强调在公路尚未出现严重病害或仅出现轻微病害时，就采取主动的养护措施，以延缓公路病害的发展，保持公路的良好使用状态，延长公路的使用寿命，降低全寿命周期的养护成本。因此，深入研究公路工程预防性养护技术，对于提高公路养护质量、保障公路安全畅通、促进公路交通事业的可持续发展具有重要的现实意义。

2 公路工程预防性养护的重要性

2.1 延长公路使用寿命

公路在使用过程中，会受到车辆荷载、自然环境（如温度、湿度、紫外线等）等多种因素的影响，逐渐出现各种病害，如裂缝、坑槽、车辙等。预防性养护技术可以在病害初期就进行干预，通过填补裂缝、增强路面结构强度等措施，阻止病害的进一步发展和恶化，从而有效延长公路的使用寿命，减少因病害严重而导致的公路大修或重建的频率。

2.2 降低养护成本

虽然预防性养护在初期需要一定的资金投入，但从公路全寿命周期来看，其成本效益显著。与传统的补救性养护相比，预防性养护可以在病害较小时进行处理，避免了病害扩大后所需的大规模维修工程，大大降低了维修材料、人工和设备等方面的费用。研究表明，及时

实施预防性养护，可使公路全寿命周期养护成本降低30%-50%。

2.3 提高行车安全性和舒适性

良好的公路路面状况是保障行车安全的重要因素之一。预防性养护技术能够及时修复路面的轻微病害，保持路面的平整度和抗滑性能，减少车辆行驶过程中的颠簸和打滑现象，为驾驶员提供更加安全、舒适的行车环境，有效降低交通事故的发生率。

2.4 促进公路交通可持续发展

通过实施预防性养护，可以减少公路建设过程中的资源消耗和环境污染。一方面，延长公路使用寿命意味着减少了新建公路的需求，从而节约了土地、砂石等自然资源；另一方面，预防性养护过程中采用的环保型材料和技术，有助于降低对环境的影响，符合公路交通可持续发展的要求。

3 公路工程常见预防性养护技术

3.1 雾封层技术

雾封层技术是将一种特殊的乳化沥青或改性乳化沥青，通过专用的雾封层施工设备，以雾状的形式均匀地喷洒在沥青路面表面。这种乳化沥青能够渗透到路面微小裂缝和孔隙中，填充缝隙，增强路面材料的粘结性，同时形成一层防水薄膜，防止水分渗入路面基层，减少因水损害导致的路面病害。适用于路面出现轻微老化、松散、渗水，但尚未出现结构性破坏的沥青路面^[1]。对于路面裂缝宽度小于3mm的情况，雾封层技术可以发挥较好的预防和修复作用。优点是施工工艺简单，设备要求不高，施工速度快，对交通影响小；成本相对较低，能够显著改善路面的防水性能和外观，延长路面使用寿命2-3年。缺点是对较大裂缝和坑槽等病害的修复能力有限；喷洒量控制不当可能导致路面过滑，影响行车安

全；雾封层材料的使用寿命相对较短，一般需要每隔2-3年重新施工一次。

3.2 微表处技术

微表处是一种由聚合物改性乳化沥青、集料、填料、水和添加剂等按一定比例拌合而成的稀浆混合料，通过摊铺设备均匀地摊铺在原有路面上，形成一层薄而坚固的磨耗层。该磨耗层能够填补路面的轻微裂缝和车辙，提高路面的平整度、抗滑性能和耐磨性，同时对路面起到一定的防水和密封作用。适用于高速公路、一级公路等高等级公路的预防性养护，尤其适用于路面出现轻度车辙（车辙深度小于15mm）、裂缝、松散等病害，且路面结构强度满足要求的沥青路面。优点是施工速度快，成型时间短，一般施工后1-2小时即可开放交通；能够显著改善路面的使用性能，提高路面的抗滑能力和平整度，延长路面使用寿命3-5年；对环境的影响小，属于环保型养护技术。缺点是对原路面平整度要求较高，若原路面平整度较差，可能影响微表处的摊铺效果；施工成本相对雾封层较高；在高温季节，微表处路面可能会出现泛油现象，影响行车舒适性。

3.3 稀浆封层技术

稀浆封层是将乳化沥青、粗细集料、水、填料和添加剂等按设计配合比拌合成稀浆混合料，均匀摊铺在待处理的路面上，形成一层与原路面牢固结合的薄层结构。稀浆封层可以封闭路面表面的微小裂缝和孔隙，防止水分下渗，同时提高路面的耐磨性和抗滑性，改善路面的外观。适用于二级及二级以下公路的沥青路面预防性养护，也可用于新建公路的下封层。对于路面出现轻微磨损、松散、渗水等情况，稀浆封层技术能够起到较好的修复和防护作用。优点是施工工艺简单，设备成本较低，易于推广应用；能够迅速改善路面的使用性能，提高路面的防水性和抗滑性；对交通干扰较小，施工期间可部分开放交通。缺点是稀浆封层的厚度较薄，对较大裂缝和坑槽的修复能力不足；在低温环境下，稀浆封层的固化时间较长，影响施工进度；稀浆封层路面的耐久性相对微表处稍差，一般使用寿命为2-3年。

3.4 裂缝修补技术

3.4.1 灌缝修补

灌缝修补是针对路面出现的裂缝病害，采用专用的灌缝设备，将热熔型或冷补型灌缝材料灌入裂缝中，填充裂缝空间，防止水分和杂物进入裂缝，避免裂缝进一步扩展。灌缝材料在冷却或固化后，与裂缝两侧的路面材料紧密粘结，恢复路面的整体性和强度。适用于宽度小于15mm的各种路面裂缝，包括沥青路面和水泥混凝土

路面的横向裂缝、纵向裂缝和不规则裂缝等^[2]。优点是施工工艺相对简单，操作方便；能够有效地封闭裂缝，防止水分渗入，延缓路面病害的发展；灌缝材料的选择较多，可根据裂缝类型和环境条件进行合理选择。缺点是对于宽度较大的裂缝，单纯灌缝修补可能难以达到理想的修复效果，裂缝可能会再次扩展；灌缝材料的质量和施工工艺对修补效果影响较大，若灌缝不饱满或材料老化，可能导致修补失败。

3.4.2 贴缝带修补

贴缝带是一种具有粘弹性的高分子材料，表面涂有一层粘结剂。将贴缝带直接粘贴在路面裂缝上，通过粘结剂与裂缝两侧的路面紧密结合，形成一个密封的防护层，阻止水分和杂物进入裂缝，同时对裂缝起到一定的约束作用，防止裂缝进一步扩展。适用于宽度小于10mm的路面裂缝，尤其适用于对施工速度要求较高、交通不能长时间中断的情况。优点是施工速度快，无需加热设备，操作简便，对交通影响小；贴缝带具有良好的柔韧性和粘结性，能够适应裂缝的变形，密封效果好；外观整洁，不影响路面的美观。缺点是贴缝带的成本相对灌缝材料较高；对于宽度较大或深度较深的裂缝，贴缝带的修补效果可能有限；贴缝带的使用寿命受环境因素影响较大，在高温或低温环境下，可能会出现老化、脱落等现象。

4 公路工程预防性养护技术实施策略

4.1 科学制定养护计划

定期对公路的路面、路基、桥梁、隧道等各部分进行全面检测和评估，采用先进的检测设备和技术，如路面平整度仪、激光裂缝测宽仪、无损检测技术等，准确获取公路的技术状况数据，包括路面破损状况、平整度、抗滑性能、结构强度等指标。根据检测数据，建立公路技术状况数据库，为养护计划的制定提供科学依据。利用大数据分析、人工智能等技术手段，对公路技术状况数据进行深入挖掘和分析，结合公路的使用年限、交通流量、气候条件等因素，预测公路未来可能出现的病害类型、严重程度和发展趋势。根据病害预测结果，提前制定相应的预防性养护措施和计划，确保在病害发生初期就进行及时干预^[3]。根据公路病害的发展情况和交通流量特点，合理安排预防性养护的施工时间，尽量选择在交通流量较小的季节或时段进行施工，减少对交通的影响。同时，根据养护计划，合理编制养护资金预算，确保预防性养护工作有充足的资金保障。资金分配应优先考虑病害严重、对行车安全影响较大的路段，以及采用新技术、新材料效果显著的项目。

4.2 合理选择预防性养护技术

在选择预防性养护技术时,要充分考虑公路的类型(如高速公路、一级公路、二级公路等)、路面结构(沥青路面、水泥混凝土路面)、交通流量、气候条件、病害类型和严重程度等因素。例如,对于交通流量大、对行车舒适性要求高的高等级公路,可选择微表处等能够显著改善路面性能的技术;对于气候寒冷、冻融循环频繁的地区,应选择抗冻性能好的预防性养护材料和技术。对不同的预防性养护技术进行全面的经济技术分析,综合考虑技术的适用性、施工工艺、质量效果、使用寿命、成本等因素。在满足公路养护要求的前提下,选择性价比高、经济合理的预防性养护技术。可以通过建立技术经济评价模型,对不同技术方案进行量化评估,为决策提供科学依据。关注国内外预防性养护技术的最新发展动态,积极引进和应用新技术、新材料、新工艺。例如,近年来出现的纤维增强微表处技术、温拌沥青微表处技术等,在提高路面性能、降低施工温度、减少环境污染等方面具有显著优势。通过技术创新和应用,不断提升预防性养护技术的水平和效果。

4.3 加强人员培训和技术交流

定期组织公路养护人员参加预防性养护技术的专业培训,邀请行业专家、技术骨干进行授课,培训内容包括预防性养护理论知识、施工技术规范、质量检测方法、设备操作与维护等方面。通过培训,提高养护人员对预防性养护技术的认识和理解,掌握先进的施工工艺和技能,确保预防性养护工程的质量和效果。搭建技术交流平台,定期组织公路养护单位、科研机构、企业等开展技术交流活动,分享预防性养护技术的成功经验和案例,探讨解决实际施工中遇到的问题^[4]。鼓励养护人员之间相互学习、相互借鉴,促进预防性养护技术的推广和应用。建立完善的人员激励机制,对在预防性养护技术研发、应用和管理方面表现突出的人员给予表彰和奖励,激发养护人员的工作积极性和创新精神。同时,将预防性养护技术培训和应用情况纳入人员绩效考核体系,与薪酬、晋升等挂钩,形成良好的人才培养和使用氛围。

4.4 严格质量监控和验收

制定详细的预防性养护工程质量管理体系和操作规程,

明确各环节的质量控制要点和责任人。从原材料采购、施工工艺控制、质量检测到工程验收等全过程,都要严格按照制度执行,确保预防性养护工程的质量符合要求。在预防性养护施工过程中,安排专业的质量监控人员对施工现场进行实时监督和检查,重点监控原材料的质量、施工配合比的准确性、施工工艺的执行情况、施工设备的运行状态等。对发现的质量问题及时进行整改,确保施工质量始终处于受控状态。预防性养护工程完工后,要按照相关标准和规范进行严格的验收。验收内容包括路面外观质量、平整度、抗滑性能、厚度、粘结强度等指标。对于验收不合格的工程,要求施工单位限期整改,直至达到验收标准。同时,建立工程验收档案,对验收过程中的相关资料进行整理和归档,为后续的养护管理提供参考依据。

结语

公路工程预防性养护技术作为一种先进的公路养护理念和技术手段,对于延长公路使用寿命、降低养护成本、提高行车安全性和舒适性、促进公路交通可持续发展具有重要意义。通过深入研究公路工程常见预防性养护技术,如雾封层、微表处、稀浆封层、裂缝修补等技术的原理、适用范围及优缺点,并制定科学合理的实施策略,包括科学制定养护计划、合理选择预防性养护技术、加强人员培训和技术交流、严格质量监控和验收等,可以有效提高预防性养护技术的应用水平和效果。未来,随着科技的不断进步和公路养护理念的更新,预防性养护技术将不断创新和完善,为公路交通事业的发展提供更加有力的保障。公路养护行业应积极推广和应用预防性养护技术,推动公路养护工作向科学化、精细化方向发展,实现公路交通的高质量、可持续发展。

参考文献

- [1]许英杰.公路工程中预防性养护技术的应用[J].运输经理世界,2024,(33):118-120.
- [2]杨德山.公路工程中预防性公路养护技术的应用[J].运输经理世界,2024,(21):148-150.
- [3]刘刚.预防性公路养护技术在公路工程中的应用[J].汽车画刊,2024,(06):173-175.
- [4]韩震.预防性公路养护技术在公路工程中的应用研究[J].运输经理世界,2023,(03):122-124.