

裂缝灌缝技术在高速公路养护中的重要性及应用

戴盛子

温州筑诚交通工程监理有限公司 浙江 温州 325000

摘要：裂缝灌缝技术作为高速公路预防性养护的关键手段，对延缓路面病害发展、延长道路使用寿命意义重大。通过科学的裂缝检测与评估，选用适配灌缝材料，规范实施灌缝工艺并严格质量检验，可有效封闭路面裂缝，防止雨水下渗与车辆荷载破坏。然而，当前该技术应用中存在材料性能不稳、施工不规范及标准不完善等问题。经针对性研发材料、规范工艺管理与完善标准，能显著提升灌缝技术应用成效，保障高速公路长期稳定运行。

关键词：裂缝灌缝技术；高速公路养护；重要性；应用

引言

高速公路作为交通运输的重要动脉，其路面状况直接影响行车安全与运输效率。裂缝是高速公路常见病害，若不及时处理，易引发坑槽、唧泥等更严重破坏。裂缝灌缝技术通过对路面裂缝进行有效封堵，能阻断水分侵入，减少路面结构损坏，是高速公路养护的重要技术措施。本文围绕裂缝灌缝技术在高速公路养护中的重要性、具体应用展开分析，探讨现存问题并提出对策，旨在为提升高速公路养护质量提供参考。

1 裂缝灌缝技术在高速公路养护中的重要性

高速公路作为现代交通的重要动脉，长期承受车辆荷载与自然环境的双重作用，路面极易出现裂缝病害。裂缝灌缝技术作为一种预防性养护手段，通过及时密封路面缝隙，有效阻止水分下渗与有害物质侵入，对维护高速公路结构完整性和延长使用寿命发挥着关键作用。路面裂缝一旦形成，雨水会沿缝隙渗透至路基，在车辆动荷载作用下产生泵吸效应，致使基层材料软化、脱空，加速路面结构破坏。裂缝灌缝技术采用专用密封胶填充缝隙，形成弹性防水屏障，隔绝水分与空气对路面材料的侵蚀，从源头上阻断病害扩展路径。以高弹性改性沥青密封胶为例，其在-25℃至80℃温度区间内仍能保持良好的粘结性与延展性，可适应路面因温度变化产生的伸缩变形，确保密封效果持久稳定。灌缝作业的质量直接影响高速公路的使用性能与养护成本。精准的开槽扩缝工艺能够清除裂缝内松散颗粒与污染物，为密封胶提供坚实的粘结基础；高温灌缝设备则确保密封胶以合适的温度与压力注入缝隙，形成饱满、均匀的密封层。通过规范的灌缝施工，路面平整度得以维持，车辆行驶时的冲击荷载显著降低，不仅提升了驾乘舒适性，还减少了轮胎磨损与燃油消耗。研究表明，及时实施灌缝养护的路段，相比未处理路段可减少60%以上的结构性损

坏，有效降低后期大规模翻修的频次与成本。随着材料科学与施工技术的进步，自愈合型灌缝材料、智能灌缝设备等创新成果不断涌现。这些新技术的应用进一步提升了裂缝灌缝的效率与质量，使高速公路养护向精准化、智能化方向迈进，为保障路网安全畅通提供了有力支撑。

2 裂缝灌缝技术在高速公路养护中的具体应用

2.1 裂缝检测与评估

(1) 为精准定位裂缝，常运用先进的无损检测技术，如地面穿透雷达、红外热成像等。地面穿透雷达能凭借发射与接收高频电磁波，探测路面结构内部状况，清晰辨别裂缝位置与深度；红外热成像则基于裂缝处与周边路面温度差异成像，直观呈现裂缝分布。人工巡检也不可或缺，工作人员需近距离观察裂缝走向、宽度、长度及是否有分支等细节，全面掌握裂缝特征。(2) 对裂缝严重程度进行评估，依据裂缝宽度、深度、发展趋势及对路面结构影响程度来划分等级。一般将宽度小于3mm的裂缝归为轻度，3-5mm为中度，大于5mm为重度。深度评估关乎裂缝是否贯穿路面结构层，影响承载能力。通过长期监测裂缝宽度与长度变化，预测其发展趋势，判断是否会加速路面损坏，为制定养护策略提供关键依据。(3) 综合考虑裂缝类型、严重程度、所在路段交通流量、环境因素等，确定合理灌缝时机。对于轻度裂缝，若发展缓慢且交通流量较小，可在适宜季节集中处理；中度裂缝则需适时安排灌缝，防止病害扩展；重度裂缝影响行车安全，应立即采取灌缝措施，修复路面结构完整性^[1]。

2.2 灌缝材料选择

(1) 灌缝材料性能至关重要，需具备优良粘结性，能与裂缝壁紧密贴合，形成牢固密封；良好柔韧性必不可少，以适应路面因温度变化、车辆荷载作用产生的伸

缩变形,避免灌缝材料开裂脱落;还要有出色的耐候性,在高温不流淌、低温不脆裂,抵抗紫外线、雨水侵蚀,确保长期性能稳定;高抗水损能力可防止水分渗入,保护路面结构。(2)常用灌缝材料有改性沥青灌缝胶、聚氨酯灌缝胶、橡胶沥青灌缝胶等。改性沥青灌缝胶通过添加聚合物等改性剂,提升沥青性能,成本相对较低,应用广泛;聚氨酯灌缝胶粘结力强、弹性好、固化快,适用于裂缝宽度变化大的情况,但成本较高;橡胶沥青灌缝胶利用废旧橡胶粉与沥青混合,环保且具有较好柔韧性与抗疲劳性能。(3)依据裂缝宽度、深度、所处环境、交通流量等因素综合选定灌缝材料。如裂缝较窄且深度浅,环境温度变化不大,可选用改性沥青灌缝胶;裂缝宽度大、深度深,交通流量大且重载车辆多,聚氨酯灌缝胶更为合适;注重环保且需良好柔韧性时,橡胶沥青灌缝胶是不错选择。参考以往养护经验和材料实际使用效果,优化材料选择方案。

2.3 灌缝工艺实施

(1)灌缝前,先对裂缝进行预处理。用开槽机沿裂缝精准切割出一定宽度和深度的凹槽,通常宽度为10-20mm,深度为15-25mm,切除裂缝周边松散部分,为灌缝材料提供更好粘结基础。利用高压吹风机或钢丝刷,彻底清除凹槽内灰尘、杂物、松散颗粒等,确保凹槽清洁干燥,增强灌缝材料与裂缝壁粘结力。(2)采用专业灌缝机进行灌缝操作。根据灌缝材料特性,精准控制灌缝机加热温度和出料速度。如改性沥青灌缝胶,加热温度一般在180-220℃,出料速度依据裂缝宽度、深度调节,使灌缝胶均匀、连续注入凹槽,填充饱满,避免出现空洞、气泡。灌注过程中,密切关注灌缝胶流淌情况,保证与凹槽壁充分贴合。(3)灌缝完成后,及时对灌缝表面进行修整。用专用工具将溢出凹槽的灌缝胶刮平,使灌缝处与路面平齐,恢复路面平整度。对于开放交通时间,需依据灌缝材料固化特性确定。常温固化材料,如部分聚氨酯灌缝胶,固化时间较短,约1-2小时后可开放交通;热固化材料,如改性沥青灌缝胶,需等待其冷却至常温,一般需2-4小时,确保灌缝材料强度达到要求,防止车辆碾压造成损坏^[2]。

2.4 灌缝质量检验

(1)外观检查是质量检验基础环节。查看灌缝处表面是否平整,有无明显凹凸、裂缝、气泡等缺陷。灌缝胶与裂缝壁粘结应紧密,无脱开、缝隙现象,灌缝胶线条应顺直、美观,与路面衔接自然。若发现外观缺陷,及时分析原因并采取修补措施。(2)粘结强度检测至关重要。采用拉拔试验等方法,在灌缝处选取代表性点

位,使用专业拉拔设备施加拉力,测试灌缝胶与裂缝壁粘结强度。粘结强度需满足设计要求,一般改性沥青灌缝胶粘结强度不低于0.5MPa,聚氨酯灌缝胶不低于1.0MPa。若粘结强度不足,可能导致灌缝材料脱落,需重新处理裂缝并灌缝。(3)密封性检查用于判断灌缝是否有效阻止水分渗入。可采用注水试验,在灌缝处周边设置围堰,向围堰内注水,观察一定时间内(如30分钟),灌缝处有无渗水现象。若发现渗水,表明灌缝密封性差,需查找原因,如是否存在裂缝未清理干净、灌缝不饱满等问题,进行返工处理,确保灌缝质量符合防水要求,保护路面结构。

3 裂缝灌缝技术在高速公路养护应用中存在的问题与对策

3.1 存在的问题

3.1.1 灌缝材料性能不稳定

灌缝材料作为高速公路裂缝修复的核心物质,其性能直接影响养护效果与道路使用寿命。当前市场上的灌缝材料,受原材料质量波动、生产工艺差异等因素影响,性能表现参差不齐。在高温环境下,部分灌缝材料软化变形严重,出现流淌现象,不仅破坏路面平整度,还易粘附车辆轮胎,引发二次损害;低温时,材料柔韧性不足,迅速硬化变脆,随着车辆荷载反复作用和温度应力影响,极易产生开裂、脱落问题,导致裂缝再次暴露,无法有效阻止雨水、杂物等侵入路基,加剧道路损坏程度。灌缝材料长期受紫外线、氧化作用影响,老化速度加快,致使密封性能大幅下降,难以实现对裂缝的长效防护。

3.1.2 施工工艺不规范

高速公路裂缝灌缝施工是一项系统性工作,涉及裂缝清理、开槽、预热、灌缝等多个环节,任一环节操作不当都会影响最终效果。在实际施工中,部分施工人员为追求效率,对裂缝清理工作敷衍了事,未能彻底清除裂缝内的尘土、碎石及水分等杂物,导致灌缝材料与裂缝壁无法紧密粘结,形成空鼓、脱落隐患。开槽作业时,槽宽、槽深不符合标准要求,未根据裂缝实际情况合理确定尺寸,影响灌缝材料的填充效果与受力性能。灌缝过程中,温度控制不准确,材料流动性不佳或过早固化,使得灌缝不饱满、表面不平整,降低了灌缝质量。施工机械的选用和操作也存在问题,设备老化、性能不稳定,施工人员操作不熟练,进一步加剧了施工工艺的不规范性^[3]。

3.1.3 质量检测与验收标准不完善

质量检测与验收是保障高速公路裂缝灌缝工程质量

的关键环节,但目前相关标准尚不完善。在检测方法上,多以人工肉眼观察为主,缺乏先进、精准的检测设备与技术手段,难以发现灌缝材料内部的微小缺陷、粘结不牢等问题,无法对灌缝质量进行全面、客观的评价。在验收指标方面,仅对灌缝外观、宽度等基本参数进行要求,未充分考虑灌缝材料的性能指标、耐久性以及与路面的协同工作能力等重要因素。由于缺乏明确、统一的质量检测与验收标准,施工单位在施工过程中缺乏严格的质量管控依据,监理单位也难以进行有效的监督管理,导致灌缝工程质量参差不齐,部分工程虽通过验收,但实际使用效果不佳,缩短了高速公路的养护周期,增加了养护成本。

3.2 对策

3.2.1 加强灌缝材料研发与筛选

为解决灌缝材料性能不稳定的问题,需加大对灌缝材料的研发与筛选力度。科研机构与企业应深入研究不同环境条件下灌缝材料的性能需求,结合高速公路实际运营状况,综合考虑高温、低温、重载交通等因素,开发具有优异耐高温、耐低温、耐老化性能的新型灌缝材料。通过优化原材料配方,选用高品质基础材料和性能优良的添加剂,改进生产工艺,严格控制生产流程,提高灌缝材料质量的稳定性和一致性。建立科学、系统的灌缝材料性能评价体系,对不同类型、品牌的灌缝材料进行全面、深入的性能测试与对比分析,筛选出适合不同地区、不同路况的优质灌缝材料,为高速公路裂缝灌缝施工提供可靠的物质保障。

3.2.2 规范施工工艺管理

规范施工工艺管理是确保灌缝质量的重要举措。施工单位应制定详细、明确的裂缝灌缝施工技术指南,对裂缝清理、开槽、预热、灌缝等各个施工环节的操作流程、技术要求和质量标准进行严格规范。加强施工人员的培训,通过理论讲解与实践操作相结合的方式,提高施工人员的专业技能和质量意识,使其熟练掌握施工工艺要点,严格按照规范要求进行施工。引入先进的施工机械设备,定期对设备进行维护保养和性能检测,确保设备运行稳定、可靠。在施工过程中,建立严格的质量管

控体系,加强现场监督检查,及时发现并纠正施工中的不规范行为,对关键工序进行重点把控,确保每一道施工工序都符合质量要求,从而提高灌缝施工的整体质量和效率。

3.2.3 完善质量检测与验收标准

完善质量检测与验收标准是保障灌缝工程质量的重要依据。相关部门和行业组织应组织专业力量,结合实际工程经验和科技发展水平,制定科学、全面、可操作性强的高速公路裂缝灌缝质量检测与验收标准。在检测方法上,推广应用先进的无损检测技术,如超声波检测、红外热成像检测等,实现对灌缝材料内部质量、粘结效果等的精准检测。丰富验收指标体系,除外观、宽度等基本参数外,增加灌缝材料的拉伸强度、延伸率、粘结强度、耐老化性能等关键性能指标要求,同时考虑灌缝与路面的整体协调性、耐久性等因素。通过完善质量检测与验收标准,为施工单位、监理单位提供明确的质量管控和监督依据,确保高速公路裂缝灌缝工程质量达到设计要求,延长道路使用寿命,降低养护成本^[4]。

结语

综上所述,裂缝灌缝技术在高速公路养护中发挥着不可替代的作用,其应用有效维护了路面结构完整性,提升了高速公路服务性能。材料性能、施工工艺及质量标准等方面的问题,制约着该技术应用效果。通过加强灌缝材料研发、规范施工管理流程与完善质量检测体系,能切实解决现存问题。未来,随着技术的不断革新,裂缝灌缝技术将在高速公路养护中发挥更大效能,为交通事业发展提供有力保障。

参考文献

- [1]王海波.裂缝灌缝技术在公路沥青路面养护中的应用[J].交通世界,2023(8):106-108.
- [2]王芳霞.裂缝灌缝技术在公路沥青路面养护中的应用[J].车时代,2024(3):37-39.
- [3]苏峰.沥青路面裂缝灌缝技术在公路养护中的应用[J].大众标准化,2023(10):97-99.
- [4]白仲兰.沥青路面裂缝灌缝新技术在公路养护中的应用[J].环球市场,2020(3):305.