

重载交通下水泥混凝土路面接缝破坏机理研究

潘晓炜

湖北交通工程检测中心有限公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：重载交通荷载下，水泥混凝土路面接缝容易发生破坏，影响路面耐久性与安全性。本研究通过理论分析与实验测试，探讨了重载交通对水泥混凝土路面接缝的作用机理，重点分析了接缝的受力变化与破坏模式。研究发现，重载交通荷载通过接缝部位的应力集中引发裂缝扩展，导致接缝失效。为减少这一问题，本研究提出了优化设计接缝结构的方案，以有效提高路面的整体稳定性和使用寿命。实验结果表明，改进后的接缝设计能显著延缓破坏的发生，并提升路面抗荷载能力。研究为未来水泥混凝土路面接缝的设计与维护提供了理论支持。

【关键词】：重载交通；水泥混凝土路面；接缝破坏；机理研究；荷载分析

DOI:10.12417/2811-0536.26.02.065

引言

在高速公路与城市道路的建设中，水泥混凝土路面因其高强度和耐用性广泛应用。随着重载交通的增加，传统水泥混凝土路面接缝处出现破坏的现象逐渐增多。接缝破坏不仅影响路面的平整度，还直接影响车辆的行驶安全和道路的使用寿命。特别是在重载交通条件下，荷载的变化和循环作用加剧了接缝部位的受力，导致裂缝的扩展与路面结构失效。因此，探索水泥混凝土路面接缝在重载交通下的破坏机理，已成为路面设计和维护的重要课题。通过深入研究接缝破坏的机理，可以为改善路面结构设计、提高道路的耐久性与承载能力提供理论依据。

1 重载交通对水泥混凝土路面接缝破坏的影响

在重载交通条件下，水泥混凝土路面接缝的破坏问题日益突出。随着重型车辆的增加，路面受力发生了显著变化，尤其是在接缝处，荷载集中效应显著加剧了裂缝的产生和扩展。水泥混凝土路面在接缝部位通常会出现应力集中现象，尤其在交通荷载频繁变化时，这一现象更为明显。重载交通所产生的反复冲击力直接作用于接缝，导致接缝处的材料逐渐出现疲劳、裂纹扩展等破坏迹象。

在重载交通影响下，接缝处的应力水平远高于其他区域，局部过大的应力引发微裂纹的产生，这些微裂纹随交通荷载的不断作用逐步扩大，最终导致接缝失效。当交通荷载的频次和强度增加时，这些裂纹容易穿透水泥混凝土层，造成深层损害。接缝区的破坏通常伴随着变形和材料疲劳，影响了路面的整体稳定性和使用寿命^[1]。接缝设计不当，或材料选择不符合重载交通要求，会加剧这种情况，使得接缝无法承受重复荷载的作用。重载交通下的接缝破坏不仅对路面

的结构造成影响，还会影响车辆行驶的平稳性，导致不均匀沉降、震动加剧等问题。

2 接缝破坏机理的实验与分析

接缝破坏机理的实验与分析是深入理解水泥混凝土路面在重载交通作用下破坏规律的关键。为研究接缝处的破坏机制，常采用实验模拟与现场测试相结合的方法。在实验过程中，利用压缩测试、拉伸测试以及疲劳测试，分析接缝区域的材料特性和受力变化。通过荷载作用下的应力分布，可以获得接缝处材料的应力—应变关系，进而揭示裂纹萌生与扩展的具体过程。实验通常通过不同荷载频次与强度的重复施加，模拟重载交通的长期作用，从而观察接缝区域的微观结构变化，进而推测破坏的机理。

在接缝破坏的实验分析中，水泥混凝土的疲劳寿命和断裂韧性是研究的重点。通过微观结构分析发现，接缝区域的水泥基材由于长期反复荷载作用，会发生内部微裂纹的产生和逐步扩展。裂纹的扩展不仅受到荷载大小的影响，还与水泥混凝土的内部孔隙率、材料组成等因素密切相关^[2]。接缝处的弱化效应使得裂纹在高频荷载作用下更易扩展，最终导致接缝失效。通过扫描电镜（SEM）等高分辨率成像技术，能够清晰地观察到接缝处微裂纹的分布和拓展路径，进一步验证裂纹的形成机制。

荷载作用下的接缝破坏还与接缝的几何形态密切相关。实验表明，接缝的设计尺寸和施工工艺会显著影响裂纹的扩展速度和破坏模式。接缝的宽度、深度，以及连接方式都可能成为裂纹的起始点，影响接缝在荷载作用下的受力行为。优化接缝的几何形态和改善施工工艺是减缓破坏、提高路面寿命的有效途径。在分析过程中，除了实验数据外，数值模拟也是研究接

缝破坏机理的重要工具。通过有限元分析方法，能够精确模拟不同荷载情况下接缝处的应力分布情况，揭示不同工况下接缝的破坏模式。结合实验结果和数值模拟，可以有效评估不同设计方案对接缝破坏的影响，为道路设计提供理论依据。

3 优化接缝设计以延缓破坏的措施

优化接缝设计以延缓破坏的措施，是提高水泥混凝土路面耐久性和延长使用寿命的关键。水泥混凝土路面的接缝设计直接影响接缝处的受力特性及破坏模式。通过改善接缝的结构和材料选择，可以有效降低接缝处的应力集中，从而延缓破坏过程。针对重载交通条件下的特殊要求，优化设计必须从接缝几何形态、材料配比及施工工艺等多个方面着手。接缝的几何设计需要进行优化，特别是在接缝宽度和深度的选择上。研究表明，接缝宽度过大会导致应力集中，反而加剧裂纹的萌生与扩展，而宽度过小则可能不能有效承载荷载。合理设计接缝的宽度，结合道路的交通强度和荷载类型，可以有效减少接缝处的疲劳损伤。接缝的深度同样影响着路面的稳定性，适当的接缝深度能够有效分散荷载，减少接缝处的局部应力集中，降低裂纹扩展的速度。接缝的形状设计也应考虑到荷载传递的均匀性，圆角或渐变设计比直角接缝更能有效分散应力，减小接缝处的破坏风险。

材料的选择在优化接缝设计中也起着至关重要的作用。重载交通环境下，传统的水泥混凝土在接缝处容易受到疲劳和裂纹的影响，使用具有更高韧性和抗裂性能的材料能够有效提高接缝的耐久性。高性能混凝土、聚合物改性水泥或弹性填充材料的应用，能够提升接缝的抗裂能力和疲劳寿命^[3]。改性材料能够更好地适应交通荷载的变化，减缓裂纹的扩展，并有效

提升接缝的整体承载能力。此外，接缝处的防水措施也非常重要，避免水分渗透至接缝处，防止水泥混凝土在湿润环境中产生膨胀性破坏。施工工艺的优化也是延缓接缝破坏的一个重要环节。接缝的施工质量直接关系到接缝的结构完整性与强度。严格控制接缝处的施工质量，确保接缝材料的均匀性和密实性，能够有效防止接缝出现早期破坏。采用先进的施工技术，确保接缝的粘结力和密封性，能够有效避免接缝区域的松动和裂纹的形成。在施工过程中，合理的养护措施同样有助于水泥混凝土的强度提高，减少因不充分养护造成的早期裂缝。

接缝设计的维护和监测也至关重要。定期对接缝处进行检测，及时发现裂缝并进行修复，可以有效防止裂缝的扩展，延长路面的使用寿命。通过非破坏性检测技术，如地质雷达或应变传感器，能够实时监控接缝的受力状态及裂纹扩展情况，及时调整维护策略。优化接缝设计的最终目标是提高水泥混凝土路面的耐久性，特别是在重载交通条件下。通过综合考虑接缝的几何设计、材料选择和施工工艺，可以有效减少接缝处的破坏风险，延缓裂缝的扩展，提升路面的整体稳定性和承载能力。

4 结语

接缝破坏机理的研究为水泥混凝土路面在重载交通条件下的设计与维护提供了重要的理论支持。通过优化接缝的几何设计、材料选择及施工工艺，能够有效延缓接缝破坏的发生，提升路面的耐久性。未来的研究可进一步探索更加高效的材料和技术，以应对日益严峻的交通负荷要求，为道路工程提供更加稳定和持久的解决方案。

参考文献：

- [1] 王东华.重载交通路段水泥混凝土路面滑模摊铺施工工艺研究[J].交通世界,2025,(27):90-93.
- [2] 卢建松.重载交通水泥混凝土路面滑模摊铺接缝传荷能力优化[J].交通世界,2025,(24):71-73.
- [3] 孟志伟,鞠大鹏.水泥混凝土路面改性技术在重载交通公路中的应用研究[J].建筑工人,2025,46(02):7-9.