

装过程直接影响桩体的性能和结构的稳定性。钢筋笼的制作过程中,必须严格控制焊缝的质量,特别是接头处的焊接质量,确保其强度和承载能力满足设计要求。此外,钢筋笼的垂直度控制至关重要,必须避免因垂直度偏差导致桩体力学性能的降低。在钢筋笼吊装过程中,应使用专用的定位架,以防止下放过程中发生偏移或钢筋笼上浮。对于多节钢筋笼的吊装,法兰或螺栓连接的方式应确保接头强度与主筋相一致,从而保证接头处的结构强度与稳定性。对于高水位区域,采用浮吊下放与测绳定位相结合的工艺,不仅能确保钢筋笼的精准入孔,还能减少吊装误差,从而提高施工精度和桩基的整体质量。

4.3 水下混凝土灌注与质量控制

水下混凝土灌注是桩基施工过程中最关键的环节之一,直接关系到桩体的整体强度与完整性。在灌注过程中,导管的埋深需严格控制在1.5至3.0米范围内,避免泥浆混入混凝土中影响其质量。混凝土的配合比需确保具有良好的流动性和抗离析性,通常可加入适量的减水剂和缓凝剂,以延长混凝土的初凝时间,避免在灌注过程中发生冷缝或不均匀凝固的问题。灌注过程中,保持混凝土的连续性是至关重要的,断桩与冷缝现象必须尽量避免。为保证桩基的质量和完整性,施工完成后,常采用声波透射检测技术和钻芯取样的方法对桩体的完整性进行质量验证。通过这些检测手段,可以确保施工质量的可追溯性,及时发现和处理可能存在的质量问题,确保施工过程的安全性与可靠性。

5 地质信息化监测与施工安全控制

5.1 信息化监测体系的构建

在复杂地质条件下,信息化监测体系的构建对施工安全与质量控制至关重要。该监测体系通常包括多个子系统,如沉降观测、孔壁稳定监测、泥浆参数检测以及桩基应力监测等,确保对施工过程中的各类关键指标进行实时监控。通过无线传感器、数据采集仪及云平台的结合,监测系统能够实时采集并传输数据。这些实时数据通过后台系统进行处理与分析,能够自动生成预警信息,并及时反馈给施工管理人员。预警信息为施工现场的动态安全管理提供了科学依据,使施工人员能够根据实时监测数据调整施工参数,及时应对潜在的地质风险。通过这种监测体系的应用,施工过程中的地质变化得到持续追踪,从而确保施工过程始终在可控范围内,大幅提高了施工的安全性与质量控制水平。信息化监测的引入,不仅提高了施工效率,也为后续的施工调整提供了数据支持,进一步保障了工程的顺利进行。

5.2 施工期地质风险识别与控制

在复杂地质条件下,施工过程中地质风险的变化具有突发性和隐蔽性,且往往难以通过传统手段提前识别。为了有效识别和控制这些风险,施工团队必须结合详细的地质勘

察资料与实时监测数据,建立动态地质模型。该模型能够帮助施工团队实时掌握施工过程中可能发生的地质风险,包括突泥、坍塌、溶洞渗水等问题,并为决策提供数据支持。通过对监测数据的实时分析,施工团队可提前识别潜在的风险并采取预防措施,如调整泥浆密度、增加套管深度、优化施工节奏等,以确保施工进度和质量不受不良地质影响。

5.3 大数据与智能决策在基础施工中的应用

随着数字化施工技术的不断发展,大数据和智能决策系统已经在基础施工中得到了广泛应用,尤其是在复杂地质条件下的桥梁基础工程中。基于BIM(建筑信息模型)和GIS(地理信息系统)的地质信息集成系统,使得施工团队能够对地质数据、监测信息及施工参数进行动态分析。通过智能化分析,施工团队可以实时预测施工过程中可能出现的风险,并根据数据分析结果做出相应的调整,以优化施工方案。人工智能算法的应用,能够精准识别异常数据,并自动调整施工计划,减少人为误差,提升施工精度。数字孪生技术的引入,使得虚拟施工与实际施工同步进行,施工过程中的每个环节都可以在虚拟模型中进行模拟,通过对比虚拟与实际差异,及时调整施工进度和方案,进一步优化施工效率与安全性。大数据分析和智能决策技术的结合,不仅提高了施工的精确度,还为复杂地质条件下的基础施工提供了坚实的技术保障,确保了工程质量和施工安全。

6 结语

复杂地质条件下的高铁桥梁基础工程是一项系统性极强的技术挑战。通过对地质特征的精准识别与基础形式的科学选择,可有效提高结构的安全性与适应性。桩基础、复合地基及创新复合结构的合理配置,是应对复杂地质条件的关键途径。施工阶段的成孔、灌注及监测控制技术的精细化实施,确保了桥梁基础的成型质量与稳定性。信息化与智能化技术的融合,使地质风险的动态预警与决策支持成为可能,为高铁桥梁建设提供了全生命周期的技术支撑。未来的高铁基础施工将更加注重数字化管理、绿色施工与可持续发展,通过技术创新推动我国高铁基础工程向更高质量、更高标准迈进。

参考文献

- [1] 戴焕民,冯景武,刘庆,等.极复杂地质高铁桥梁桩基试验桩试验研究[J].邢台职业技术学院学报,2023,40(05):74-79.
- [2] 蒋凡.复杂地质条件下桥梁基础选型研究[D].南京大学,2017.
- [3] 谢立全.复杂地质条件下山区桥梁基础施工技术研究[J].运输经理世界,2025,(21):49-51.
- [4] 龚春富.深水复杂地质条件下桥梁基础爆破施工关键技术研究与应用[J].价值工程,2025,44(30):127-129.
- [5] 张灵.复杂地质条件下桥梁基础设计的关键问题与创新方法[J].汽车周刊,2025,(06):247-249.

Research on Water Damage Prevention Technology of Asphalt Pavement of Road and Bridge in Humid and Hot Region

Ke Zhao

China Railway 12th Bureau Group Fourth Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710024, China

Abstract

With the rapid development of the transportation industry, asphalt pavements, as a critical component of infrastructure, are extensively used in road and bridge construction. However, in humid and hot regions, the high-temperature and high-humidity environment makes asphalt pavements susceptible to water damage, significantly shortening their service life and compromising traffic safety and road quality. Therefore, systematic research on preventing water damage to asphalt pavements in such regions has become particularly crucial. This paper analyzes the primary causes of water damage in humid and hot regions, proposes corresponding preventive measures, and explores the application and development of waterproofing technologies for asphalt pavements through experimental studies and practical cases. The aim is to provide effective technical support for future road and bridge construction. These studies will enhance the durability of asphalt pavements in humid and hot regions, ensuring the long-term stable operation of transportation facilities.

Keywords

humid and hot regions; asphalt pavement; water damage; prevention and control techniques; roads and bridges

湿热地区道路桥梁沥青路面的水损害防治技术研究

赵科

中铁十二局集团第四工程有限公司, 中国·陕西 西安 710024

摘 要

随着交通运输业的迅猛发展, 沥青路面作为基础设施的重要组成部分, 广泛应用于道路和桥梁建设。然而, 在湿热地区, 由于高温高湿的环境条件, 沥青路面易受到水损害, 导致使用寿命显著缩短, 影响交通安全与道路质量。因此, 针对湿热地区沥青路面的水损害问题, 进行系统的防治研究变得尤为重要。本文结合湿热地区的特点, 分析了水损害的主要原因, 并提出了相应的防治措施。通过实验研究和实际案例, 探讨了沥青路面防水技术的应用与发展, 旨在为未来道路桥梁建设提供有效的技术支持。这些研究有助于提高湿热地区沥青路面的耐久性, 确保交通设施的长效稳定运行。

关键词

湿热地区; 沥青路面; 水损害; 防治技术; 道路桥梁

1 引言

在湿热气候条件下, 由于降水频繁且气温较高, 沥青路面容易遭受水损害, 进而严重影响道路桥梁的使用寿命与交通安全。水损害是沥青路面失效的重要原因之一, 表现为水分渗透至路面结构中, 导致沥青材料的老化、剥离和表面开裂等问题。尤其在湿热地区, 沥青路面长期暴露于高温高湿环境下, 水分的渗透和积聚加剧了路面性能的劣化。因此, 针对湿热地区沥青路面的水损害问题, 进行系统的防治技术研究具有重要的现实意义。本文将重点分析湿热地区水损害的主要成因, 探讨有效的防治措施, 并结合实际案例进行研究。通过这一研究, 旨在为今后沥青路面在湿热环境下的应

用提供科学依据, 促进道路桥梁建设的可持续发展, 提高交通设施的耐久性与安全性。

2 湿热地区沥青路面水损害的成因分析

2.1 湿热气候对沥青路面的影响

湿热气候是沥青路面面临的重大挑战, 尤其在热带和亚热带地区, 高温与高湿共同作用使得沥青路面容易出现性能下降。高温条件下, 沥青的软化点降低, 导致其粘结力和强度减弱, 容易引发车辙、疲劳开裂等病害, 严重影响路面的使用寿命。与此同时, 高湿度增加了水分渗透沥青材料的可能性, 湿气进一步加剧了沥青与集料之间的相容性差, 导致抗水性变差。这种情况在湿热地区尤为严重, 因为长期的高湿度条件加速了水分对沥青路面结构的侵蚀。高温与高湿的双重作用, 促使沥青路面在湿热环境中容易产生水损害, 从而影响其承载能力和使用效果。特别是在持续的降水与高

【作者简介】赵科(1995-), 男, 中国甘肃庆阳人, 本科, 助理工程师, 从事道路桥梁与渡河工程研究。

湿环境下，水分不仅加速沥青的老化，还使路面表面更容易发生剥离与开裂，最终导致路面损坏。

2.2 水分对沥青材料的作用机理

水分的渗透对沥青材料的影响具有显著的破坏作用。当水分渗入沥青路面时，它会与沥青中的石油成分及矿物填料发生化学反应，破坏沥青的粘结力，进而降低沥青与集料之间的粘结性能，形成水损害现象。水分渗透不仅会直接影响沥青与集料之间的结合力，还可能引发沥青的老化过程。特别是在湿热环境中，沥青材料的结构会发生显著变化，水分的存在加速了这一过程，导致沥青的物理和化学性质发生变化，从而降低了其强度和耐久性。在热循环作用下，水分进一步加剧了沥青的老化，导致沥青材料的脆化与断裂，最终影响路面的整体性能。水损害作用不仅限于沥青材料本身，还对沥青路面的结构稳定性和耐久性产生了深远的负面影响。长期水分渗透还可能加剧路面开裂、剥落和车辙的发生，使路面功能丧失。

2.3 施工与养护过程中存在的问题

在湿热地区，施工与养护过程中存在的诸多问题是水损害发生的直接原因。首先，施工中使用的水泥、集料和沥青的选择不当，或者施工质量不符合标准，都会导致路面在施工完成后容易积聚水分，无法有效排出。这些水分积聚在沥青层内，在长时间的湿热环境下，进一步加速了沥青的损害。其次，施工质量的不达标，诸如路面基层不平整、沥青混合料摊铺不均匀等问题，使得水分容易进入沥青路面的内层，导致水损害的产生。养护措施的缺失也是导致水损害的主要因素。在湿热地区，由于路面裂缝和渗水点未能及时修复，水分进入并滞留在沥青层内，进一步破坏路面的结构。由于养护不及时，裂缝未能得到有效密封，使得水分长期渗透，致使水损害问题愈发严重。因此，完善施工质量与加强养护管理是防止水损害的关键，必须采取更为严格的施工和养护措施，确保沥青路面的长期稳定性与耐用性。

3 湿热地区沥青路面水损害的防治技术

3.1 改进沥青配合料的抗水性能

在湿热环境下，沥青路面的抗水性能至关重要。为了提高沥青路面的水稳定性，应从沥青配合料本身入手。采用高性能的改性沥青是提高抗水性能的重要途径。改性沥青通过添加聚合物、橡胶或其他改性剂，能够改善沥青的粘结性能和抗老化能力，增强其在湿热环境中的水稳定性。此外，可以通过在沥青中添加抗水剂，进一步提高其抗水性能，防止水分渗透到路面结构中。改性沥青不仅能够提高沥青的防水性能，还能延长路面的使用寿命，减少因水损害造成的路面破损。进一步优化沥青配合料的成分，合理选择原料，能够在保证路面强度的同时，提高其防水效果，为湿热地区的沥青路面提供更加稳定、持久的防护。

3.2 优化路面结构设计

优化路面结构设计是防止水损害的另一项有效技术手

段。合理的路面结构能够提高路面的排水性，减少水分在路面上的滞留，从而有效防止水损害的发生。首先，在底基层的选择上，采用透水性较好的材料，如透水混凝土或多孔沥青，可以提高水分的排放速度，避免水分在路面上积存。其次，合理设计排水系统，确保水分能够顺利流出路面，减少因积水导致的损害。此外，优化沥青路面的层次结构，特别是添加透水性较强的基层和基层，可以有效减少水分渗透和滞留。这些措施能够增强路面的整体排水性能，减少水损害的发生几率。合理的路面结构设计不仅能提高路面的抗水性，还能提高路面的耐久性和使用寿命。

3.3 采用高效的防水材料与涂层

在施工过程中，采用高效的防水材料和涂层是防治水损害的关键措施之一。防水涂层能够有效阻止水分与沥青的直接接触，减少水分渗透到路面结构内部，从而降低水损害的发生率。常用的防水涂层包括高分子防水材料和改性沥青涂料，这些材料具有优异的抗水性和粘结性，能够为沥青路面提供一层坚固的防水屏障。在一些高水位或水流冲刷较严重的路段，可以额外增设排水设施，如排水沟、排水管等，以确保水分能够及时排出，减少路面上的水滞留时间，从而减轻水损害的影响。此外，防水涂层的使用不仅能提高路面的耐水性，还能延长路面的使用寿命，减少维护成本。通过在施工中结合防水涂层与排水设施的应用，可以全面提升沥青路面的抗水能力，确保其长期稳定运行。

4 湿热地区沥青路面水损害防治技术的应用与发展

4.1 技术应用现状与挑战

当前，湿热地区的沥青路面防治技术已有一定的发展，尤其是在改性沥青和透水性材料的应用方面，取得了良好的效果。例如，采用改性沥青可以有效提高沥青路面的抗水性和抗老化性，而透水性材料有助于提高水的排放速度，减少水损害。然而，湿热地区的特殊气候条件，如高温多雨、频繁的气候变化等，仍然对防治技术的长期稳定性和有效性提出挑战。特别是在大规模的施工和养护中，如何保证技术的持续稳定应用，是一个亟待解决的问题。此外，气候变化带来的不确定性，如极端降水事件和温差变化，也增加了防治技术实施中的风险。因此，虽然已有的技术在实际应用中取得了显著成效，但在未来的应用中，仍需要不断进行技术优化和改进，以确保其在各种复杂环境下的稳定性和长期效果。

4.2 新型材料的开发与应用

随着新型材料研究的不断推进，湿热地区沥青路面的抗水性能得到了显著提升。例如，橡胶改性沥青材料的使用能够有效增强沥青的抗水性、抗裂性和耐高温性，尤其是在高温多雨的湿热地区表现更加优异。此外，纳米技术增强材料的应用也提升了沥青的性能，改善了沥青的分子结构，从而提高了其抗老化能力和水损害抵抗力。随着科技的发展，