

玄武岩纤维沥青路面性能及施工控制研究

张 龙¹ 陈 聪²

1. 襄阳路桥建设集团有限公司 湖北 襄阳 441000

2. 湖北利民建设工程咨询有限公司 湖北 襄阳 441000

摘要：文章研究玄武岩纤维在沥青路面中的应用及其性能与施工控制。通过一系列实验，分析玄武岩纤维对沥青混合料力学性能、高温稳定性、低温抗裂性及耐久性的改善效果。研究表明，玄武岩纤维的掺入显著提高沥青路面的抗压强度、抗裂性和耐久性，减少早期病害的发生。同时还探讨玄武岩纤维沥青路面的施工控制要点，包括纤维预处理、沥青选择与处理、混合料配制及施工工艺等，为实际工程应用提供理论依据和技术支持。

关键词：玄武岩纤维；沥青路面；施工控制

1 玄武岩纤维在沥青混合料中的性能优势

玄武岩纤维在沥青混合料中的性能优势显著，（1）增强力学性能：玄武岩纤维具有很高的拉伸强度和模量，相比其他纤维如木质素纤维和聚酯纤维，它能更有效地提升沥青混合料的增强增韧作用。当玄武岩纤维与沥青混合后，其独特的纤维结构能够在混合料中形成网状结构，显著增强混合料的整体力学性能，如抗车辙能力和抗疲劳性能。（2）提高耐高温和耐低温性能：玄武岩纤维具有良好的耐高温和耐低温特性，其工作温度范围可达-269℃至650℃（甚至在某些资料中提到可达700℃）。这意味着在高温环境下，如沥青拌合过程中，玄武岩纤维不会发生热退化，也不会与沥青发生化学或溶解反应，从而保证了混合料的稳定性。同时，在低温环境下，玄武岩纤维能够增强沥青混合料的柔韧性，减少路面裂缝的产生，提高路面的低温抗裂性能。（3）增强抗水损害能力：玄武岩纤维的吸湿率低，有助于矿料增加吸附沥青油膜厚度，有效阻止矿料与沥青粘接料中游离水的存在。这种特性显著增强沥青混合料的抗水损害能力，减少因水损害导致的路面病害，提高路面的耐久性和使用寿命^[1]。（4）化学稳定性好：在沥青混合料拌合和使用过程中，玄武岩纤维不与沥青发生任何化学反应，保持了其原有的优良性能。这种化学稳定性使得玄武岩纤维能够适应各种复杂的路面工作环境，确保路面的长期稳定性和可靠性。（5）抗老化性能优异：玄武岩纤维具有出色的抗老化性能，在沥青混合料拌合过程及路面使用过程中不会老化、变质或退化。这一特性使得玄武岩纤维沥青混合料能够100%再生利用，符合绿色交通和可持续发展的理念。

2 玄武岩纤维沥青路面发展现状

玄武岩纤维沥青路面作为一种新型环保、高性能的

路面材料，近年来在全球范围内得到了快速发展和广泛应用。随着全球城市化进程的加速和基础设施建设的不断推进，对高性能、长寿命、环保型路面材料的需求日益增长。玄武岩纤维沥青路面凭借其优异的力学性能、耐高低温性能、抗水损害能力和化学稳定性等优势，逐渐成为道路工程领域的热门选择。据市场调研机构的数据显示，全球玄武岩纤维市场规模已达到一定规模，并呈现出持续增长的趋势。在技术创新方面，玄武岩纤维沥青路面的研发不断取得新突破。科研机构和生产企业通过优化生产工艺、改进纤维性能、提升沥青混合料配合比设计等手段，不断提高玄武岩纤维沥青路面的使用性能和耐久性。例如，通过引入纳米技术、复合改性技术等手段，可以进一步提升玄武岩纤维沥青路面的抗老化性能、抗裂性能等关键指标。在应用实践方面，玄武岩纤维沥青路面已经在多个国家和地区的道路工程中得到了成功应用。例如，在中国，玄武岩纤维沥青路面已经应用于高速公路、城市道路、桥梁等多个领域，取得了显著的经济和社会效益，随着技术的不断成熟和成本的逐渐降低，玄武岩纤维沥青路面的应用范围还将进一步扩大。在政策支持方面，各国政府纷纷出台相关政策鼓励新材料、新技术的研发和应用。随着玄武岩纤维沥青路面的广泛应用，相关标准和规范也在不断完善和制定中，为其推广和应用提供了有力保障。展望未来，玄武岩纤维沥青路面发展前景广阔，随着全球对环保、可持续发展理念的深入认识和实践，玄武岩纤维作为一种绿色新材料将受到更多关注和应用。

3 玄武岩纤维沥青路面的基本特性

3.1 抗压性、耐久性

玄武岩纤维沥青路面以其卓越的抗压性和耐久性，成为现代道路工程中的优选材料。其抗压性能显著，源

于玄武岩纤维本身的高强度和模量特性。当这些纤维与沥青基质紧密结合时，它们能够在路面受到垂直和水平方向的压应力时，有效分散并吸收这些应力，防止路面结构发生破坏性的压缩变形。这种增强的抗压能力使得玄武岩纤维沥青路面能够承受重载交通的频繁冲击，保持长期稳定的结构性能。在耐久性方面，玄武岩纤维沥青路面的表现同样出色，其纤维材料具有优异的化学稳定性和抗老化性能，能够抵御紫外线、氧化、水侵蚀等多种环境因素的侵蚀。这意味着路面在长期使用过程中，能够保持其原有的物理和化学性质，不易发生降解、软化或硬化等不利变化。

3.2 抗裂性、抗水损害性

玄武岩纤维沥青路面的抗裂性和抗水损害性是其又一显著优势。在温度变化、湿度变化以及车辆荷载等外部因素的作用下，传统沥青路面容易出现裂缝和剥落等损害。而玄武岩纤维的加入则显著提高了路面的抗裂性能。这些纤维在沥青混合料中形成了三维网状结构，能够有效地分散和吸收应力集中区域的拉应力，防止裂缝的扩展和延伸，玄武岩纤维还能够增强沥青与集料之间的粘结力，提高路面的整体强度和稳定性^[2]。在抗水损害性方面，玄武岩纤维沥青路面同样表现出色，由于玄武岩纤维的吸湿率低，它们能够阻止水分侵入沥青与集料之间的界面区域，减少因水分侵入而导致的沥青膜剥离和集料松散等问题。这种抗水损害性能使得玄武岩纤维沥青路面在雨季和潮湿环境下仍然能够保持其良好的使用性能，减少了因水损害而导致的路面维修和重建成本。

3.3 施工与养护的便利性

玄武岩纤维沥青路面的施工与养护过程相对简便，为道路工程带来了更高的效率和更低的成本。在施工过程中，玄武岩纤维的加入对沥青混合料的拌合、摊铺和压实等工序的影响较小。这些纤维与沥青基质的相容性好，易于混合均匀，且不会对混合料的流动性和工作性产生不利影响。施工单位无需特殊设备或复杂工艺即可实现玄武岩纤维沥青路面的施工。在养护方面，玄武岩纤维沥青路面的优异性能也为其带来了便利。由于其耐久性和抗裂性好，路面在长期使用过程中能够减少因裂缝和水损害等导致的维修需求。当需要进行养护时，玄武岩纤维沥青路面的再生利用性能也非常优异。这些废旧材料可以通过适当的处理工艺进行再生利用，制成新的路面材料，从而实现资源的循环再利用。

4 玄武岩纤维沥青路面性能分析

4.1 高温稳定性分析

在高温条件下，沥青材料容易软化，导致路面承载

力下降和车辙现象的产生。玄武岩纤维具有极高的耐高温性能，能够在高达700°C的温度下保持性能稳定（来源：百家号）。这种特性使得在高温季节，玄武岩纤维沥青混合料能够保持其力学性能和稳定性，有效防止路面因高温软化或变形。玄武岩纤维在沥青混合料中形成了三维网状结构，这种结构能够有效抑制高温荷载作用下集料间的滑移能力，从而增强沥青混合料的抗车辙变形能力。研究表明，掺入玄武岩纤维的沥青混合料在高温稳定性试验中表现出更高的动稳定度，显著优于未掺纤维的混合料。

4.2 低温抗裂性分析

玄武岩纤维沥青路面在低温环境下同样表现出优异的抗裂性能。在寒冷地区，温度骤降和反复冻融循环容易导致沥青路面出现裂缝，影响路面的使用性能和安全性。玄武岩纤维具有高强度和高模量的特点，能够在沥青混合料中形成有效的加筋作用。当路面受到低温收缩应力时，这些纤维能够分散和吸收应力集中区域的拉应力，防止裂缝的产生和扩展^[3]。研究表明，在低温条件下，掺加玄武岩纤维的沥青混合料劈裂强度显著提高，且随着纤维掺量的增加，劈裂强度先提高后趋于稳定，玄武岩纤维的加入还改善了沥青混合料的低温变形能力，在低温环境下，沥青材料容易变脆，导致路面在受到荷载作用时容易发生脆性破坏，玄武岩纤维的增韧作用使得沥青混合料在低温下仍能保持一定的柔韧性，从而提高了路面的抗裂性能。

4.3 疲劳耐久性分析

玄武岩纤维沥青路面的疲劳耐久性也是其重要性能之一。在车辆荷载的反复作用下，沥青路面容易发生疲劳破坏，导致路面结构性能下降。玄武岩纤维在沥青混合料中形成的三维网状结构能够有效分散和传递应力，防止应力集中现象的发生。这种分散和传递作用使得路面在受到荷载作用时能够更均匀地承受应力，从而减少了疲劳破坏的发生。玄武岩纤维的加入还提高了沥青混合料的整体强度和刚度。在疲劳荷载作用下，这些增强的力学性能使得路面能够更好地抵抗疲劳破坏的发生。研究表明，掺入玄武岩纤维的沥青混合料在疲劳试验中表现出更高的疲劳寿命次数，显著优于未掺纤维的混合料。

4.4 抗水损害性分析

玄武岩纤维沥青路面还具有良好的抗水损害性能。在潮湿环境下，水分容易侵入沥青混合料内部，导致沥青与集料之间的粘结力降低，进而引发水损害现象。玄武岩纤维的加入有效改善了沥青混合料的抗水损害能力。玄武岩纤维的吸湿率低，能够阻止水分侵入沥青与

集料之间的界面区域,这种阻水作用减少水分对沥青混合料的侵蚀和破坏,从而提高了路面的抗水损害能力。玄武岩纤维的加入还增强了沥青与集料之间的粘结力,这些纤维在沥青混合料中形成了有效的加筋作用,使得沥青膜能够更紧密地包裹在集料表面,提高了集料之间的粘结强度。这种增强的粘结力使得路面在受到水分侵蚀时能够更好地保持其结构完整性。玄武岩纤维的加入还改善了沥青混合料的排水性能,在雨水冲刷作用下,玄武岩纤维能够引导水分迅速排出路面结构之外,减少水分在路面内部的积聚和滞留时间,从而降低水损害的发生风险。

5 玄武岩纤维沥青路面施工控制技术

玄武岩纤维沥青路面施工控制技术是确保路面施工质量与性能的关键环节。以下是对该施工控制技术的详细阐述:第一、施工准备;确保玄武岩纤维、沥青、集料等原材料符合设计要求和技术标准。玄武岩纤维应采用防潮材料密封包装,进场前需进行质量检测,包括外观、长度、直径、断裂强度等指标的检测,以确保材料质量稳定可靠。准备好供料设备、摊铺机、压路机等施工机具,并进行全面检查和调试,确保设备性能良好,能够满足施工需求。在施工前,彻底清理原路面,确保路面干净、平整、无杂物,以提高玄武岩纤维沥青混合料的附着力和密实性。第二、配合比设计;根据工程要求和设计文件,进行玄武岩纤维沥青混合料的配合比设计。配合比设计应包括目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证三个阶段,通过试验确定矿料级配及最佳沥青用量。玄武岩纤维的掺量应根据设计要求进行精确控制,一般以纤维占沥青混合料总量的质量百分率计算,掺量范围通常为0.3%~0.5%。合理的纤维掺量能够有效提高沥青混合料的力学性能和使用寿命^[4]。第三、施工过程控制;在拌合过程中,应严格控制拌合温度和时间,确保玄武岩纤维与沥青、集料等原材料充分混合均匀。拌合温度应根据沥青的粘度和玄武岩纤维的加入量进行调整,一般控制在合理范围内,以确保混合料的稳定性和工作性。摊铺过程中,应保证摊铺机匀速前进,摊铺速度、摊铺厚度和摊铺温度等参数应符合设计要求,应随时检查摊铺效果,确保混合料摊铺均匀、

平整、无离析现象。压实是玄武岩纤维沥青路面施工中的关键环节,应根据混合料的类型和摊铺厚度选择合适的压路机和压实工艺。在压实过程中,应严格控制压实遍数和压实温度,确保混合料的密实度和平整度达到设计要求,应注意避免过度压实导致混合料开裂或松散。第四、温度控制;在沥青混合料拌和、摊铺和压实过程中,温度控制至关重要。应根据混合料特性和施工环境制定合理的温度控制方案。在压实过程中,特别需要注意保持较高的温度以促进玄武岩纤维与沥青的结合和混合料的密实。通常情况下,105℃以上的温度能够使得玄武岩纤维的作用得到最大程度的发挥。第五、质量检测与验收;施工完成后,应进行质量检测与验收工作,主要包括对混合料的配合比、摊铺厚度、压实度、平整度等指标的检测。还需对路面的外观质量、抗滑性能、抗水损害性能等进行全面评估。

结束语

玄武岩纤维沥青路面凭借其优异的性能和环保特性,在公路建设中展现出广阔的应用前景。通过科学合理地控制施工过程,可以充分发挥玄武岩纤维的增强作用,提高路面的整体性能和使用寿命。未来,随着对玄武岩纤维沥青混合料研究的不断深入,其制备工艺和施工技术将进一步完善,为道路工程的高质量发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]张小元,顾兴宇,吕俊秀,等.玄武岩纤维沥青碎石封层性能及合理材料用量[J].建筑材料学报.2017,(3). DOI:10.3969/j.issn.1007-9629.2017.03.016.
- [2]覃潇,申爱琴,郭寅川,等.温度及动水压力工况下纤维沥青碎石封层层间黏结性能[J].建筑材料学报.2017,(4). DOI:10.3969/j.issn.1007-9629.2017.04.019.
- [3]倪路路,李建伟,李强,etal.玄武岩纤维短切纱和玄武岩纤维复合筋在水泥混凝土路面中的应用[J].施工技术,2020,45(024):85-87.
- [4]吴正光,王亚昀,肖鹏,吕阳.玄武岩纤维高模量沥青混合料疲劳性能试验研究[J].施工技术,2019,46(03):69-71+106.