

木质素纤维在沥青混凝土中的作用

陈 香

新疆北新科技创新咨询有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要：木质素纤维作为一种高效的沥青混合料添加剂，在沥青混凝土中发挥着重要作用。其独特的三维网络结构能够有效增强系统的支撑力和耐久力，同时具有良好的分散性，可防止沥青混合料的“油斑”现象，改善其均匀性。此外，木质素纤维的吸持和稳定作用可提高混合料的强度和耐久性，粘结作用则增强沥青与矿料的粘附性。工程实践案例表明，木质素纤维的加入显著提升了沥青混凝土的性能，且具有较好的经济性和环保性，具有广阔的应用前景。

关键词：木质素纤维；沥青混凝土；作用

引言：随着交通运输业的迅速发展，对道路材料性能的要求日益提高。木质素纤维作为一种环保、高效的沥青混合料添加剂，因其独特的物理化学性质和增强效果，在沥青混凝土领域的应用逐渐受到重视。木质素纤维不仅能够改善沥青混合料的均匀性和稳定性，还能显著提升其力学性能和耐久性。本文综合分析了木质素纤维在沥青混凝土中的多重作用，旨在为道路工程领域提供理论依据和实践指导，推动道路建设向更高质量、更环保的方向发展。

1 木质素纤维的基本性质

1.1 木质素纤维的定义与来源

(1) 木质素纤维的化学成分与物理形态。木质素纤维是一种有机纤维，主要来源于天然木材经过特定的化学处理过程。这种纤维主要由木质素和少量的纤维素组成，其中木质素是一种复杂的酚类聚合物，而纤维素则是由葡萄糖分子连接而成的线性高分子。在物理形态上，木质素纤维通常呈絮状或颗粒状，外观为白色或灰白色，具有良好的柔韧性和分散性。纤维的长度和粗细度经过特定的筛选和加工处理，以适应不同应用材料的需要。木质素纤维的微观结构呈带状弯曲，凹凸不平，多孔且交叉处扁平，这种结构特征赋予了其独特的性能特点。(2) 木质素纤维的制备工艺与质量控制。木质素纤维的制备过程主要包括木材的预处理、化学处理、漂白、中和、筛分等步骤。其中，化学处理是关键环节，通过特定的化学反应将木材中的木质素和纤维素分离出来，形成所需的纤维形态。制备过程中，需要严格控制温度、时间、化学试剂的用量等参数，以确保纤维的质量和性能。质量控制方面，主要检测纤维的灰分、pH值、含水率、耐热性等性能指标^[1]。灰分含量反映了纤维中无机物的含量，应控制在一定范围内以保证纤维的纯

度；pH值则反映了纤维的酸碱性质，对纤维的稳定性和使用效果有重要影响；含水率过高或过低都可能影响纤维的分散性和吸湿性；耐热性则决定了纤维在高温环境下的稳定性。

1.2 木质素纤维的主要性能特点

(1) 比重、比表面积、吸湿性、韧性等。木质素纤维的比重通常大于1.1，这意味着其密度较大，在混合材料中能够提供良好的支撑作用。比表面积大，使得纤维能够更有效地与沥青等黏结材料接触，增强黏结力。吸湿性强，有助于纤维在混合料中吸收和保持一定的水分，提高材料的和易性和操作性能。韧性好，使得纤维在受力时不易断裂，能够有效增强系统的耐久性和稳定性。(2) 三维网络结构及其对沥青混凝土的潜在影响。木质素纤维在沥青混合料中可以形成三维网络结构，这种结构能够有效阻碍沥青的流动，防止沥青的滴漏和离析。同时，纤维的交织和缠绕作用增加了沥青混合料内部的摩擦力和黏聚力，从而提高了混合料的整体稳定性和强度。此外，纤维的三维网络结构还能起到“加筋”作用，提高沥青路面的抗裂性能和耐久性。

2 木质素纤维在沥青混凝土中的主要作用

2.1 加筋作用

(1) 木质素纤维在沥青混凝土中形成三维网络结构，增强系统的支撑力和耐久力。木质素纤维在沥青混凝土中呈三维网络状分布，这种结构为整个系统提供了额外的支撑力。纤维的交织和缠绕作用使得混合料内部的空隙结构得到优化，形成了一种类似于“钢筋网”的效应。这种网络结构不仅增强了混合料的整体强度，还提高了其耐久性，使得路面更加耐磨损、抗老化。(2) 分析加筋作用对沥青混凝土力学性能的提升效果。通过实验室测试和实地应用验证，发现木质素纤维的加筋作

用可以显著提高沥青混凝土的抗压强度、抗拉强度和抗剪强度。纤维的加入使得混合料在受力时能够更有效地分散应力，避免了局部应力集中导致的破坏。此外，纤维还能吸收和分散裂缝扩展的能量，从而延缓裂缝的产生和发展。

2.2 分散作用

(1) 木质素纤维的分散性及其对沥青、矿粉等组分的均匀分散作用。木质素纤维具有良好的分散性，能够在沥青混合料中迅速分散并形成均匀的分布。这种分散性有助于将沥青、矿粉等组分更好地混合在一起，形成更加紧密、均匀的结构。同时，纤维的分散作用还能防止这些组分在混合料中形成胶团或聚集成块，从而提高了混合料的整体均匀性^[2]。(2) 探讨分散作用对防止“油斑”现象和改善混合料均匀性的意义。“油斑”现象是沥青混凝土中常见的一种质量问题，主要表现为路面表面出现局部油渍或油污。木质素纤维的分散作用可以有效防止“油斑”现象的发生。纤维的加入使得沥青在混合料中的分布更加均匀，避免了沥青在局部区域过量聚集。这不仅提高了路面的美观性，还改善了混合料的整体性能，使得路面更加平整、耐磨。

2.3 吸持作用

(1) 木质素纤维对沥青的吸附和吸收作用，增加沥青结构膜的厚度。木质素纤维表面具有大量的微小孔隙和粗糙结构，这使得纤维能够有效地吸附和吸收沥青。当沥青与纤维接触时，沥青会渗透到纤维的孔隙中并与其表面紧密结合。这种吸附和吸收作用增加了沥青结构膜的厚度，使得混合料内部的沥青分布更加均匀、稳定。(2) 分析吸持作用对提高混合料强度和耐久性的贡献。木质素纤维的吸持作用对提高混合料的强度和耐久性具有显著的贡献。一方面，纤维的加入使得沥青在混合料中的分布更加均匀，提高了混合料的整体强度。另一方面，纤维还能吸收和分散外力对混合料的冲击和振动能量，从而延长了路面的使用寿命^[3]。此外，纤维的吸持作用还能防止沥青在高温下流淌和泛油，进一步提高了路面的稳定性和耐久性。

2.4 稳定作用

(1) 木质素纤维在高温和低温下对沥青膜的稳定作用。木质素纤维在高温下能够吸收部分受热膨胀的沥青，防止其成为自由沥青并导致路面泛油。在低温下，纤维则能够保持沥青膜的柔韧性和弹性，防止其因温度降低而脆化、开裂。这种在高温和低温下对沥青膜的稳定作用，使得木质素纤维成为提高沥青混凝土稳定性的重要手段。(2) 探讨稳定作用对沥青混凝土高温稳定性

和低温抗裂性的影响。木质素纤维的稳定作用对沥青混凝土的高温稳定性和低温抗裂性具有显著的影响。在高温下，纤维能够吸收沥青的膨胀能量并防止其流淌和泛油，从而提高了路面的高温稳定性。在低温下，纤维则能够保持沥青膜的柔韧性和弹性并防止其脆化和开裂，从而增强了路面的低温抗裂性。这种稳定作用使得木质素纤维成为提高沥青混凝土综合性能的关键因素之一。

2.5 粘结作用

(1) 木质素纤维增加沥青与矿料的粘附性，提高集料之间的粘结力。木质素纤维的加入能够显著提高沥青与矿料之间的粘附性。纤维表面的粗糙结构和微小孔隙使得沥青能够更好地渗透到矿料表面并与其紧密结合。这种紧密结合不仅提高了沥青与矿料之间的粘附力，还增强了集料之间的粘结力，使得混合料内部的颗粒更加紧密地连接在一起^[4]。(2) 分析粘结作用对沥青混凝土整体性能的提升效果。木质素纤维的粘结作用对沥青混凝土整体性能的提升具有显著的效果。一方面，纤维的加入提高了沥青与矿料之间的粘附力和集料之间的粘结力，使得混合料更加紧密、稳定。这有助于减少路面的变形和裂缝的产生，提高了路面的耐久性和使用寿命。另一方面，纤维的粘结作用还能增强混合料的抗剪切能力和抗滑移能力，使得路面更加安全、可靠。

3 木质素纤维在沥青混凝土中的实际应用

3.1 工程实践案例

3.1.1 实际应用案例

木质素纤维作为一种新型的沥青混合料添加剂，已经在全球范围内被广泛应用于各类道路工程中。在中国，其应用也日渐广泛，尤其是在高速公路和城市道路建设和改造中。

(1) 案例一：沈丹高速公路沈阳至桃仙机场改扩建工程

在沈丹高速公路沈阳至桃仙机场的改扩建工程中，中铁十九局集团有限公司在主线桥头及桥头两侧各50米范围内的上面层施工中，创新地运用了SMA（沥青玛蹄脂碎石混合料）沥青混合料中掺和木质素纤维和聚酯纤维的施工工艺。这一举措显著提高了行车舒适性和安全性。

(2) 案例二：甘肃省临合高速公路

甘肃省临合高速公路上面层采用了SMA-13型改性沥青混合料，并在部分路面标段上面层使用了颗粒木质素纤维。项目业主本着对新材料和工艺的应用和推广原则，进行了室内试验对比研究，最终选择了某进口品牌的颗粒木质素纤维进行试验路铺筑，取得了良好的铺筑效果。

3.1.2 施工工艺、配合比设计以及使用效果

(1) 沈丹高速公路案例

施工工艺上,该工程采用了间隙式拌合机,通过人工投料将纤维整袋在热集料投料时一同投放,但发现人工投放纤维易导致纤维分布不均匀,影响纤维吸收沥青的效果。为了解决这个问题,使用连续式拌合机时,采用了纤维喂料机,实现了纤维与集料的均匀混合。当前工程的配合比设计别出心裁,引入马歇尔试件体积设计法,于规范级配区间内精心优化,级配曲线呈流畅“S”型,强力“锁住”集料,构筑稳固石-石嵌挤体系。同时,创新性地双管齐下,将木质素纤维与聚酯纤维融入其中,仿若给沥青与集料注入“强力胶水”,沥青愈发黏稠,集料紧紧相依,大幅提升了沥青混凝土的高温“抗压”、低温“抗裂”、抗疲劳“续航”、柔韧“应变”、抗剥落“防护”、抗磨损“耐力”及水稳“定力”等多重性能。从实际成效来看,SMA沥青混合料中两大纤维加持,如同给路面做了一场“升级手术”,路面平整度“一键美颜”,抗车辙能力“暴增”,耐久性“拉满”,裂缝“无处遁形”,路面使用状况得到全方位改善。

(2) 甘肃省临合高速公路案例

在甘肃省临合高速公路上,颗粒木质素纤维的应用经过了室内试验对比研究和生产配合比设计。最终,确定采用某进口品牌的颗粒木质素纤维,并进行了沥青拌和楼的试拌工作。从拌和出的混合料外观和室内检测结果来看,所检指标均能满足技术要求。试验路铺筑后,该路面标段表现出了良好的抗水损害性能、高温稳定性和低温抗裂性能,证明了颗粒木质素纤维在SMA-13混合料中的应用效果良好。

3.2 性能评价与经济性分析

(1) 性能评价

在沥青混凝土性能优化的进程中,木质素纤维扮演着举足轻重的角色。一方面,它宛如一位神奇的“填充大师”,适量加入后,沥青用量得以增加,沥青玛蹄脂的比例随之上升,精准且高效地填充于SMA的骨架空隙之间,使得SMA的空隙率大幅降低,为路面的密实性筑牢根基。另一方面,木质素纤维又似一块超强“吸墨海绵”,与沥青接触时,既能全力吸收又能牢牢吸附,让沥青的粘度直线上升,进而使得沥青与集料之间的黏附力愈发强劲,如同给沥青混合料注入了一剂“稳定强心

针”,系统稳定性显著提升。实战数据更是有力佐证,当纤维掺量从0%逐步攀升至0.3%,SMA的稳定度如同搭上火箭,迅猛提高约15%,流值却如退潮般降低30%,成效斐然。不过,物极必反,一旦纤维掺量突破0.3%这一“临界值”,过量的木质素纤维就像一群不听指挥的“散兵游勇”,抱团形成大纤维团,在混合料中“捣乱”,不仅无法助力沥青性能提升,反而导致稳定度不升反降。由此可见,精准把控木质素纤维的掺量,是开启沥青混凝土高性能大门的关键钥匙,一步都不能错。

(2) 经济性分析

在经济性方面,木质素纤维的应用需要综合考虑其成本效益。虽然木质素纤维的加入会增加沥青混合料的成本,但与此同时,它也能够显著提高沥青路面的使用性能和耐久性,从而延长道路的使用寿命,减少维修和养护成本。以甘肃省临合高速公路为例,虽然某进口品牌颗粒木质素纤维SMA-13混合料造价比某进口品牌絮状木质素纤维SMA-13混合料造价约增加2元/m²左右,但考虑到其优异的性能和使用效果,这一成本增加是可以接受的。此外,木质素纤维作为一种天然的材料,具有环保、可再生等优点,符合可持续发展的理念。因此,从长远来看,木质素纤维在沥青混凝土中的应用具有显著的经济效益和社会效益。

结束语

综上所述,木质素纤维在沥青混凝土中发挥着不可或缺的作用,其独特的性能特点显著提升了沥青混合料的整体性能。通过优化配合比设计和施工工艺,木质素纤维的应用不仅提高了路面的耐久性和稳定性,还降低了维护成本,符合可持续发展的理念。未来,随着技术的不断进步和应用的深入,木质素纤维在沥青混凝土领域的应用前景将更加广阔,为道路工程的发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]程承,陶桂祥,王琦等.木质素改性沥青高温性能试验[J].林业工程学报,2019,(12):141-142.
- [2]谢祥.聚合物纤维在沥青混凝土路面工程的应用研究[J].科技创新导报,2019,(08):56-57.
- [3]吴向鹏.聚合物纤维在沥青混凝土路面的应用[J].中国高新技术企业,2019,(13):74-75.
- [4]廖常伟.不同木质素纤维对沥青胶浆性能的影响研究[J].建筑设计及理论,2021,(08):81-82.