

# Current Status and Development of Bagasse Fibers in the Construction of Highway Asphalt Pavement

Pinshuai Jiang<sup>1</sup> Manling Song<sup>2\*</sup>

1. Guangxi Construction Engineering Group Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

2. Guangxi Institute of Biomufacturing Technology Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530200, China

## Abstract

Guangxi, being the largest sugar crop planting base in China, produces a substantial amount of bagasse as a by-product after sugarcane processing, with low utilization rate, which causes serious resource waste and environmental pollution. Processing bagasse into bagasse fibers and applying it to asphalt pavement can not only reduce environmental pollution and achieve high-value utilization of bagasse, but also improve road usage performance. The study explains the performance characteristics of sugar cane bagasse fiber, discusses its best preparation technology, performance and application status in asphalt pavement construction, and studies the possible future development directions, and studies the sugar cane bagasse fiber in asphalt pavement construction. The wide application of the company provides theoretical support and practical guidance, which helps promote the sustainable development of road traffic construction.

## Keywords

bagasse fiber; highway; asphalt construction; current situation; development

## 甘蔗渣纤维在公路沥青路面施工的现状与发展

江品帅<sup>1</sup> 宋漫玲<sup>2\*</sup>

1. 广西建工集团建筑工程总承包有限公司, 中国·广西 南宁 530000

2. 广西产研院生物制造技术研究所有限公司, 中国·广西 南宁 530200

## 摘要

传统沥青道路施工过程中产生严重的环境污染, 广西是全国最大的糖料种植基地, 甘蔗制糖后盛产大量蔗渣副产品, 利用率低, 造成了严重的资源浪费和环境污染, 将蔗渣加工为蔗渣纤维应用于沥青路面, 不仅能够降低环境污染, 实现蔗渣的高值化利用, 还能提升道路使用性能。本文阐述了甘蔗渣纤维的性能特点, 探讨了其在沥青路面施工中的最佳制备工艺、性能表现及近年来的应用现状, 研究了未来可能的发展方向, 为甘蔗渣纤维在沥青路面施工中的广泛应用提供了理论支持和实践指导, 有助于推动道路交通建设的可持续发展。

## 关键词

甘蔗渣纤维; 公路路面; 沥青施工; 现状; 发展

## 1 引言

沥青路面是指采用矿质材料与沥青混合料铺筑的路面, 包括沥青混凝土路面、沥青碎石路面等多种类型。沥青作为一种防水、防潮、防腐的有机胶凝材料, 由沥青粘合剂、粗集料、细集料、填料和空隙组成, 在道路建设中占据重要地位。然而, 传统沥青道路施工过程中产生沥青在施工和使用过程中会持续释放有毒空气颗粒, 对环境和人类健康造成威

胁, 随着公路建设的快速发展, 对路面材料的性能和环保要求日益提高。因此, 研究人员开始探寻寻找可再生、环保的道路建筑材料, 甘蔗渣纤维作为一种农业废弃物, 具有来源广泛、成本低廉、可生物降解等优点, 近年来在公路沥青路面施工中引起了广泛关注。

广西盛产甘蔗, 是中国甘蔗最大的产区, 有中国“糖都”之称, 根据《2024 年中国甘蔗产业数据分报告》显示 2023 年广西甘蔗产量为 7223.21 万吨, 甘蔗渣是制糖工业的副产品, 据统计每生产 1 吨蔗糖将产生约 2~3 吨甘蔗渣<sup>[1-2]</sup>, 产量巨大, 传统做法对甘蔗渣的处理是主要将蔗渣就地焚烧处理, 少数则应用于动物饲料、纸浆生产等领域, 资源利用尚处于初浅阶段, 不仅污染了环境, 更是造成了资源浪费, 亟需蔗渣的高值化利用路径。蔗渣纤维比强度高、比表面积大、价格低廉、来源广泛、对环境毒害小、绿色环保, 将甘

【作者简介】江品帅 (1990-), 男, 中国广西玉林人, 本科, 工程师, 从事建筑施工研究。

【通讯作者】宋漫玲 (1991-), 女, 中国广西玉林人, 硕士, 工程师, 从事生物化工研究。

蔗渣纤维用于沥青路面改性,不仅能减少废弃物堆积,还可替代传统木质纤维<sup>[2]</sup>。本文将从甘蔗渣纤维的特性、应用现状、施工技术、面临的挑战及未来发展方向等方面进行深入探讨,以期对相关研究和工程实践提供有价值的见解,为推动其在公路工程中的进一步应用提供参考。

## 2 甘蔗渣纤维的特性及其在公路工程中的应用优势

从物理特性来看,蔗渣纤维是由多个筛管紧密结合而形成的纤维束,筛管和筛孔可供沥青渗透浸润,从而产生机械嵌锁作用,而较高的长径比、较大的比表面积和表面粗糙度,使其在沥青混合料中能够形成良好的三维网络结构<sup>[3]</sup>,同时有利与沥青的粘结,从而提高混合料的内聚力,进一步增强了蔗渣纤维和沥青混合料的界面结合。纵向观察蔗渣纤维,其表面为上下起伏的沟槽结构,从横截面观察纤维内部有许多的空腔结构,这种空腔结构对沥青有吸附和贮存作用,可以有效地增强纤维与沥青之间的粘结。此外,甘蔗渣纤维具有一定的弹性和韧性,能够有效吸收和分散应力,提高路面的抗裂性能。

从化学特性来看,甘蔗渣是甘蔗榨汁制糖过程中留存的植物残渣,其主要成分为纤维素(32-45%)、半纤维素(20-32%)、木质素(17-32%)、1.0-9.0%灰分等,纤维资源丰富。这些成分使其具有良好的热稳定性和化学稳定性。研究表明,经过适当处理的甘蔗渣纤维能够在沥青混合料的高温拌合过程中保持稳定,不会发生明显的降解或化学反应。同时,甘蔗渣纤维表面的羟基等活性基团可以与沥青中的某些成分发生相互作用,增强纤维与沥青的界面粘结。

在公路工程中,甘蔗渣纤维作为农业废弃物,来源广泛且易收集,是一种可持续、低廉、无毒害的植物纤维原料,具有巨大的工程应用潜力。使用蔗渣纤维增大沥青胶浆的粘度,提高其抗车辙性能、低温抗裂性能,减小永久变形,延长使用寿命。广西是中国蔗糖生产第一大省,产量牢牢占据首位,开发蔗渣纤维沥青路面技术,不但创新了蔗渣多元化利用模式,而且大幅度缓解沥青路面施工对木质素纤维的依赖,延伸了蔗糖产业链,彰显了广西优势产业与交通基础设施建设的良好融合,响应了绿色发展交通的号召,为广西生物质材料的绿色利用开辟了新途径,提升农业经济的附加值,助推乡村振兴。

## 3 甘蔗渣纤维在公路沥青路面中的应用现状

近年来,中国外对甘蔗渣纤维在公路沥青路面中的应用进行了广泛研究。国际上,巴西、印度等甘蔗主产国在甘蔗渣纤维的应用研究方面处于领先地位。巴西的研究表明,添加1.5%的甘蔗渣纤维可以将沥青混合料的疲劳寿命提高30%以上;印度学者则发现,甘蔗渣纤维的加入能显著改善沥青混合料的水稳定性,减少路面水损害的发生;Dans对蔗渣纤维的长径比、拉伸强度、弹性模量、含水量和吸水

率等性能进行测试,以确定其作为增强材料用于建筑工程中的特性,结果表明,蔗渣纤维的长径比大,质地粗糙,吸水率较高,拉伸强度较好,在湿环境下拉伸强度有所下降,但仍能保持一定强度,综合表明蔗渣纤维可以作为增强材料用于加固土块等,是生产环境友好型建筑材料;Mansor等研究了蔗渣纤维在SMA沥青混合料中的应用,发现蔗渣纤维能显著改善SMA的抗车辙性能,可以部分替代木质素纤维;Caro等Caro等探讨了甘蔗渣纤维、玉米芯、纤维稻壳纤维等三种植物纤维作为生物改良剂分析对沥青粘合剂的化学、流变和热力学性质的影响,发现蔗渣纤维能提高沥青胶结料的粘结质量,产生了硬化作用,并对沥青混合料的高温性能改善显著。Zareei等探讨甘蔗渣灰(SCBA)作为水泥混凝土部分替代品,研究了掺蔗渣灰的水泥混凝土的抗压强度、抗拉强度、抗冲击性,得出当用5%蔗渣灰代替水泥时,轻质混凝土的强度和抗冲击性有所提高,并且蔗渣灰的掺入提高了自密实混凝土的耐久性。abral对未处理蔗渣纤维和经润湿及干燥循环处理的蔗渣纤维进行水泥水化的影响监测研究,表明了经过润湿和干燥循环处理后的水泥-蔗渣纤维混凝土复合材料的抗折强度得到提高;Mansor等人探究蔗渣沥青混合料的路用性能,发现总质量的0.3%蔗渣纤维掺量对混合料中的沥青有良好的稳定作用,沥青渗透率仅为0.02%,能够防止高温下沥青的流失;车辙深度下降16%,提高了混合料的高温性能;蔗渣纤维承受高温能力较好,在高温条件下,掺蔗渣纤维的沥青混合料能保持较高的动态模量值。

在中国,研究纤维沥青混合料起步晚,发展迅速,近年来随着对可持续道路材料需求的增加,研究甘蔗渣纤维混合沥青料成为热点。华南理工大学的研究团队通过系统实验,确定了甘蔗渣纤维在沥青混合料中的最佳掺量范围为0.3%-0.5%长安大学的研究则表明,经过碱处理的甘蔗渣纤维能够更好地与沥青相容,提高混合料的整体性能;学者将0.3%掺量的蔗渣纤维掺入沥青混合料中制作超薄路面材料,通过不同油石比对蔗渣纤维沥青混合料的冻融劈裂强度、未浸水和浸水车辙等试验结果的影响。研究表明蔗渣纤维可以作为SMA沥青混合料的纤维稳定剂,当油石比约为5.94%~66.04%时,所得的纤维沥青混合料抗腐性能最佳;通过研究掺蔗渣纤维橡胶沥青再生混合料的配合比设计、路用性能评价及试验段铺筑与观测,发现掺加蔗渣纤维后,橡胶沥青再生混合料动稳定度值提高了约24.6%,低温弯曲破坏应变值提高了约19.3%,浸水马歇尔残留稳定性和冻融劈裂残留强度比分别提高了约4.7%、8.6%,铺筑的试验段使用状况良好;在探究NaOH溶液改性条件对蔗渣纤维关键技术指标及其沥青胶浆性能的影响,发现NaOH溶液改性蔗渣纤维可提高其沥青胶浆的高温稳定性,但对低温抗裂性能改善效果不显著,蔗渣纤维和木质纤维沥青胶浆流变性相当。在实际工程应用方面,广东、广西等甘蔗主产区已开始

尝试在部分公路项目中采用甘蔗渣纤维改性沥青混合料,初步效果良好。

综上,目前国内外一直关注蔗渣纤维的应用,研究内容较为广泛,但对蔗渣纤维在沥青工程中的实例应用报道较少,蔗渣纤维形态良好且具有一定的力学强度,作为复合材料的增强相有一定的优势,还能通过物理、化学方法对蔗渣纤维进行改性,如降低吸水率、改善与基体的相容性提高蔗渣纤维的路用性能,增强蔗渣纤维复合材料的综合性能。然而,甘蔗渣纤维在公路沥青路面中的应用仍面临一些挑战。首先,缺乏统一的质量标准和施工规范,导致不同地区和应用场景下的效果差异较大。其次,甘蔗渣纤维的长期性能数据不足,需要进一步跟踪观察和评估。再者,甘蔗渣纤维的预处理和掺加工工艺仍需优化,以提高其与沥青的相容性和分散均匀性。最后,公众和工程界对甘蔗渣纤维的认知度还不够高,需要加强宣传和推广。

#### 4 甘蔗渣纤维在公路沥青路面施工中的具体应用

甘蔗渣纤维与沥青及沥青混合料等材料混合制备成增强复合材料,用于在公路沥青路面施工。学者依托陕西西安市市政道路改造工程<sup>[21]</sup>,使用掺蔗渣纤维再生沥青混合料施工,道路试验段长200米,宽20米,道路线形平顺,与其他路面搭接合理,无坡度和弯道,路沿排水设施齐全。

在预处理工艺方面的应用,甘蔗渣纤维用于公路沥青路面施工需要经过一系列预处理和掺加工工艺。将甘蔗渣进行浸泡清洗、干燥(60-80℃)、纤维分离、表面改性等预处理,以去除杂质并获得均匀的纤维长度。常用的预处理方法包括机械破碎、碱处理和表面改性等,这些方法可以提高纤维的纯净度和与沥青的相容性。

在掺加工工艺方面,要根据具体情况选择路基+30cm石灰土+20cm水泥稳定碎石+6cmAC-20沥青混凝土+4cm掺蔗渣纤维沥青混合料施工。

在施工工艺和质量控制方面,影响混合料施工质量的关键因素有以下四个方面:

- (1) 再生料预热温度,加强施工的温度控制,防止因温度过高导致纤维降解;
- (2) 蔗渣纤维沥青混合料的拌和工艺,严格控制甘蔗渣纤维等混合料的质量和掺量,优化拌合时间,以保证纤维与沥青的良好结合;
- (3) 沥青混合料的摊铺、碾压温度;
- (4) 完善施工后的质量检测和评估体系。

#### 5 甘蔗渣纤维在公路沥青路面施工中面临的挑战与发展方向

甘蔗渣纤维在沥青路面的建设中显示出巨大的潜力,但仍有一些技术难题需要克服。首先,甘蔗渣纤维因不同来源和批次造成其纤维性能差异,这给质量控制带来了挑战。其次,甘蔗渣纤维与沥青的界面相容性仍需进一步改善,以提高混合料的整体性能。此外,其长期耐久性和环境适应性还需要更多的工程实际验证和数据积累。

在绿色环保方面,虽然甘蔗渣纤维本身是一种环保材料,但其处理工艺可能会对环境产生影响。例如,碱处理过程中产生的废水需要适当处理,高温搅拌过程中的能耗也需要优化等等。因此,开发更加环保节能的前处理和施工工艺是未来重要的研究方向。

未来,甘蔗渣纤维在公路沥青路面施工中的发展将主要集中在以下几个方向:一开发标准化生产和预处理工艺,如使用纳米SiO<sub>2</sub>复合改性技术,以提高稳定性和一致性。二研究新型纤维复合改性技术。三探索甘蔗渣纤维与橡胶粉、聚合物等其他参料的协同效应,开发高性能复合改性沥青混合料。四研发智能施工技术,实时监控甘蔗渣纤维沥青混合料掺量与分布均匀性,实现智能施工。此外,健全蔗渣改性沥青路面的长期性能监测和评估体系,推动相关施工技术规范建立,完善质量评价体系等。

#### 6 结论

蔗渣是一种制糖工业的废弃物,利用其具有独特的物理化学特性,可作为一种可再生、环保的材料,用于在公路沥青路面施工,尽管面临一些技术挑战,但随着研究的深入和技术的进步,甘蔗渣纤维在公路沥青路面中的应用前景广阔,对推动公路工程的可持续发展具有重要意义。未来,应进一步加强甘蔗渣纤维改性沥青技术的研究和应用,完善相关标准和规范,推动其在公路工程中的规模化应用,为实现绿色、可持续的道路基础设施建设做出贡献。有效提升了蔗渣经济附加值,同时将广西特色产业与交通设施建设相结合,缓解了蔗渣堆积造成的环境污染压力,对于响应“双碳”政策而言意义重大。

#### 参考文献

- [1] 肖雪清,陈钦慧.甘蔗渣-聚乙烯复合材料的制备与性能[J].泉州师范学院学报,2011,29(04):29-32.
- [2] 陈唯希.蔗渣纤维理化性质及其沥青胶浆流变性能研究[D].长安大学,2022
- [3] 张明远,李华强,王红霞.甘蔗渣纤维改性沥青混合料性能研究[J].公路交通科技,2020,37(5):1-8.