

# 秸秆纤维在沥青混合料中的应用研究分析

李袁晟 樊继文 李 晨 何 颖 朱雨坤

(南京工程学院, 江苏 南京 210009)

**摘要** 从秸秆纤维对沥青混合料在路用性能方面的提升, 以及其在废物利用方面具有的环境意义和经济价值等方面, 可综合评价其为一种具有较高研究价值和工程应用价值的新型绿色材料。本文从社会经济与生态, 以及秸秆纤维本身在沥青胶浆工程实际中的应用性能等方面, 对多种类型纤维对比分析, 证实秸秆纤维在沥青胶浆中展现的能力将是路用纤维的优选。通过对秸秆纤维沥青胶浆的性能指标进行分析, 发现秸秆纤维对沥青胶浆的性能提升能力显著, 对现有工程应用中使用的纤维有着良好的可替代性。

**关键词** 秸秆纤维 沥青混合料 路用性能

中图分类号: U414

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)03-0052-03

目前, 各类路用纤维在实际工程中已有广泛的应用, 常见的包括木质素类纤维、钢纤维、玄武岩纤维、玻璃纤维、聚酯纤维等。纤维对沥青混合料在路用性能方面的提升, 具有较高的研究价值, 因此国内外现有较多此类研究。研究表明, 路用纤维存在于沥青胶浆中时, 能较好的改善沥青混合料性能, 如耐久性、低温抗裂性、高温稳定性等的能力。现今, 秸秆纤维的路用性能研究成为焦点, 其现象存在两点原因: 第一, 作物秸秆中间含有着大量的天然优质木质素类纤维, 此类纤维的基本属性与木质素纤维相近, 若制备出的秸秆纤维应用于沥青路面的实际工程中, 将会提高沥青路面的使用性能; 第二, 我国农业作物产量巨大, 如玉米、棉花等, 其作物成果生产加工的副产物秸秆往往会被焚烧或填埋处理, 造成环境污染的同时导致自然资源无法充分被利用, 研究其废物利用具有较高的环境意义和经济价值, 进而对加快创建可持续发展、环境友好、资源节约的绿色社会具有一定程度上的贡献。

## 1 试验纤维改良剂的性能比较与选用

### 1.1 试验纤维改良剂的性能比较

#### 1.1.1 钢纤维

在沥青混合料中添加钢纤维能提高沥青混合料的动稳定度, 能够提高沥青混合料的高温稳定性。当钢纤维掺量较小时, 沥青混合料的动稳定度随掺量的增加而提高。此外适量的钢纤维掺量还能降低混合料的劲度模量, 提高混合料的低温抗裂性。但随着钢纤维

掺量的增加, 沥青混合料中的自由沥青不能完全覆盖在纤维表层, 不能充分包裹钢纤维, 使集料与钢纤维之间的黏结力有所下降, 沥青混合料的动稳定度降低。

#### 1.1.2 玄武岩纤维

通过试验研究发现, 在沥青混合料中加入玄武岩纤维能提高混合料的路用性能。玄武岩纤维相对于其他纤维在沥青路面的应用中表现出显著优势, 如力学性能较好、表面积较大、耐酸碱性和耐老化性。随着玄武岩纤维掺量的增加, 沥青混合料的抗车辙性能也随之增大, 掺入适量的玄武岩纤维还能有效提高路基路面的使用性能及使用时间。经试验研究表明, 当掺量小于 0.3% 时, 沥青混合料的动稳定增加速度较快, 之后随着掺量的增加, 动稳定增加速度较为缓慢, 因此, 一般试验使用的玄武岩掺量为 0.3%。

#### 1.1.3 玻璃纤维

在沥青混合料中加入玻璃纤维能有效提高沥青混合料的高温稳定性。经试验研究发现, 当玻璃纤维掺入量为 0.2% 时, 沥青混合料的动稳定度能提高 51% 左右, 此时沥青混合料的高温稳定性较好, 但玻璃纤维对沥青混合料的低温性能和水稳定性提高效果不明显。由此可见, 玻璃纤维能提高沥青混合料的高温稳定性且不会破坏材料内部的调温性能。

#### 1.1.4 秸秆纤维

沥青混合料在工程应用的过程中主要发生的是剪切破坏, 主要原因是沥青混合料内部空隙较大且数量较多。秸秆纤维大小不一, 表面积较大, 其在沥青混

★基金项目: 南京工程学院大学生科技创新基金项目, 项目名称: 《秸秆纤维在沥青混合料中的应用研究》, 项目编号: TB20210944。

合料中均匀分散,相互掺杂在沥青混合料中掺入秸秆纤维,能有效提高沥青混合料的剪切能力。在沥青混合料中,由于秸秆纤维的无规则分布,在裂缝处的纤维相互搭接起来会起到一定的约束作用,从而会在一定程度上阻止裂缝的产生。

### 1.2 试验纤维改良剂的选用

一方面,与秸秆纤维相比,在各种沥青路面所用的纤维中,钢纤维等纤维虽然具有较高的韧性、热稳定性和强度的性质,但其较高昂的价格限制了其应用;另一方面,玻璃纤维等纤维虽然强度较高、同时价格低廉,但是其易脆裂、非生物降解的特性又导致其在实际应用中无法被广泛使用,而秸秆纤维的基本属性与木质素纤维相近,若制备出的秸秆纤维应用于沥青路面的实际工程中,能够提高沥青路面的使用性能,故选用秸秆纤维作为该研究对象。

## 2 试验纤维改良剂的制备仪器及方法

### 2.1 试验原料和制备仪器

#### 2.1.1 原料及外加剂

秸秆、表面活性剂、清水等。

#### 2.1.2 制备仪器

刀片式粉碎机、锤式粉碎机、烘箱、筛网等。

### 2.2 试验材料的制备方法与分析

#### 2.2.1 秸秆原料的预处理

将用清水洗净的秸秆原料置于添加了表面活性剂的清水中,分别在常温、60℃、90℃的不同温度状态下浸泡处理2~4天,达到秸秆外皮可轻易剥离的状态为佳,将其取出,并自然晾干(或用烘箱进行烘干处理)使其达到饱和面干状态,再对其人工处理进行切断,最终剪切成8mm至10mm的小段。

#### 2.2.2 秸秆纤维的制备

##### 1. 细段状秸秆原料的纤维制备方法

细段状秸秆物料在经过上述预处理之后可经由湿法或干法进行高速剪切分散,若运用湿法制备举例,即将面干状态下的秸秆物料送入粉碎室,经过立体式刀片粉碎机或锤式粉碎机高速运转刀片的剪切、撞击、撕裂等作用,使纤维束分裂散开,所得到的物料经过烘干后用筛网筛分出团絮状物,即为秸秆纤维,再经过干燥处理得到成品。

##### 2. 长段状秸秆原料的纤维制备方法

长段状秸秆的制备方法与前者类似,在经过机械破碎和预处理操作之后,可选择湿法或干法制备,将长段状秸秆料投入粉碎室,经过立体式刀片粉碎机或锤式粉碎机的作用下得到分散的团絮状纤维,再经过

干燥处理得到成品。

### 2.3 制备加工方法总结

#### 2.3.1 秸秆纤维制备加工方法的比较与选用

在多次设备探究试验过程中得到最佳的制备秸秆纤维的方法为物理-机械法(P-M法),即根据秸秆的自身物理特性,对其进行充分浸泡,并将其自然晾干直至表面干燥(即表明其含水率可以加以控制),然后将其放入上述刀片式粉碎机或锤式打印机进行多次粉碎。在粉碎取纤维的过程中,表皮纤维和木质部分都受到刀片的剪切、冲击,并在高速旋转切割下被打散成为团絮状纤维<sup>[1]</sup>。另外,使用预先经过剪碎至毫米级长度的段状秸秆料加工纤维,与直接使用长段状秸秆原料进行制备之间的优劣,尚存有探索的空间。

#### 2.3.2 秸秆纤维制备方法的评价

秸秆来自于植株的茎秆,其有着类似于木材的特性,如其木质部分紧密,表皮部分坚固,使其内部所含有的纤维束分散需要施加很大的外力<sup>[2]</sup>,因此,应当通过浸泡从而使得秸秆的纤维束自然吸收水分,在其结构间内应力增大时,再进行机械外力切割作用较佳<sup>[3]</sup>。

由于在粉碎机粉碎过程中,纤维表面的果胶并未在机械外力作用下完全脱去,将通过上述方法所制备的秸秆纤维自然晾晒至干燥或烘箱烘干后,纤维常常呈现出难以分散、缠结、打结等的状态。因此,在掺入沥青混合料之前需要对所制备得的秸秆纤维进行分散预处理;同时,在掺入沥青混合料后,对秸秆纤维进行表面改性处理,有助于促进纤维与沥青的结合界面性能的提高,且有利于纤维对沥青粘附性能的提高<sup>[4]</sup>。

## 3 研究结果及分析

### 3.1 秸秆纤维沥青胶浆的针入度

针入度是评价沥青胶浆的粘性和稳定性的性质。针入度越小,其抵抗剪切形变能力较强。

#### 3.1.1 温度对针入度的影响

在相同温度条件下,随着掺加的纤维量增加,沥青胶浆的针入度降低,同时纤维沥青胶浆的针入度减小。这是由于掺加的纤维吸附沥青,从而增加了沥青的粘稠度,同时改变沥青的组分,在沥青胶浆中形成联结,阻止沥青塑性流动。

在温度升高的过程中,纤维沥青胶浆的针入度始终低于基质沥青胶浆的针入度,表明纤维在降低沥青胶浆的针入度方面具有较强能力。与此同时,随温度升高,纤维沥青胶浆的针入度与基质沥青胶浆的针入度的比值差距变大。这体现纤维提高沥青胶浆的稳定性和韧性的能力,能够在高温区更好地体现,这正是

沥青路面之所需。

此外,在任何温度条件下,纤维掺量相同的秸秆纤维胶浆针入度均小于相同掺量的木质素纤维胶浆,而前者的抗剪强度比后者的抗剪强度较强,这是由于秸秆纤维的韧性比木质素纤维更优且前者纤维长度相对较长,秸秆纤维在沥青中的网络结构使得沥青的粘度、稳定度提高的能力高于木质素纤维在相同状况下的能力<sup>[5]</sup>。总而言之,秸秆纤维胶浆的针入度小,且其抗剪切形变的能力强。

### 3.1.2 纤维掺量对针入度的影响

相同温度条件下掺加纤维,可使沥青胶浆的针入度降低,且纤维沥青胶浆的针入度随着纤维掺量增加而减小。此外,秸秆纤维沥青胶浆的抗剪强度随纤维掺量的增加而提高,相同类型纤维掺量增加,抗剪强度提升的变化趋小。当掺量达到一定比例后,纤维在沥青胶浆中的分布趋于均匀,能够起到良好的链接、增韧的作用,使沥青胶浆的针入度减小,抗剪强度提高。然而随着纤维含量的进一步增大,沥青胶浆的粘度增大,纤维分散较为困难,会出现凝聚现象,削弱了纤维提高稳定性和韧性的能力,对改善沥青胶浆的高温性能的效果有限<sup>[6]</sup>。

### 3.2 秸秆纤维沥青胶浆的延度

延度可用来评价沥青胶浆的抗张拉性、抗裂性和低温开裂性等性质。

将纤维以一定的比例掺入基质沥青,对经过弹性恢复试模的成型试件进行匀速拉伸,并与纯沥青注模做对照。发现掺加秸秆纤维后,沥青胶浆的延度显著降低,得出棉秸秆纤维在沥青胶浆中有增大粘度能力的结论。试验表明,对纤维预先进行加热保温对延度具有一定的影响,随着纤维加热保温时间的延长,纤维沥青胶浆的延度初始下降较快,随后下降速度变缓:当纤维加热保温时间从3h延长到5h时,纤维沥青胶浆的延度从42.5cm降低到37.1cm,减少了13.3%,而从5h延长到7h,延度则从37.1cm降低到36.5cm,减少了1.6%,下降变缓,即延度基本趋于稳定<sup>[7]</sup>。此外,长径比>30:1的沥青路面用增强棉秸秆纤维,在沥青胶浆中对耐热性的能力提高较显著,且其所掺加沥青胶浆的延度较大,于沥青胶浆中起到的增加黏度和增加强度的能力更强。

### 3.3 秸秆纤维沥青胶浆的软化点

软化点可用来评价沥青高温稳定性的性质,沥青胶浆的软化点越高表明其混合料的高温稳定性越好。

当沥青中掺加秸秆纤维仅其掺加比例改变时,通过对其软化点的标准试验可得到,纤维沥青胶浆的软

化点随着纤维产量的增加而先增大后减小。当仅单一掺加秸秆纤维的沥青胶浆的软化点约为69.9℃,其值高于仅单一掺加木质素纤维的沥青胶浆的软化点约为69.1℃时,表明秸秆纤维改善沥青胶浆高温性能的能力强于木质素纤维<sup>[8]</sup>。

### 3.4 秸秆纤维在沥青胶浆中的吸油性

采用标准的网篮法对纤维的吸油性进行研究试验,纤维与沥青混合料在高温条件下拌合,在沥青胶浆中纤维会吸附有一层沥青膜,从而使得沥青中间胶质的比例相对提升较高,同时无序分布的吸附性纤维形成网状立体状结构,从而提高沥青混合料的耐久性能。研究表明秸秆纤维与木质素纤维的比表面积接近,因此两者在沥青胶浆中的吸油性方面能力相对接近。从吸附角度分析,不同纤维对沥青的吸附能力受纤维长径比、沥青表面张力、环境温度等因素的影响,而秸秆纤维长度和直径分布更为均匀,因此长径比分布较为稳定,对沥青的吸附作用起到增益作用。

## 4 结论

(1)从社会经济与生态,以及秸秆纤维本身在沥青胶浆工程实际中的应用性能等方面,对多种类型纤维对比分析,可以得到秸秆纤维在沥青胶浆中展现的能力将是路用纤维的优选。

(2)对秸秆纤维沥青胶浆的三大主要指标性能(针入度、延度、软化点)和秸秆纤维在沥青胶浆中的吸油性方面分析,秸秆纤维对沥青胶浆的性能提升能力显著、表现优异,均高于或接近于与其特性相近的木质素纤维,对现有工程应用中的纤维有着良好的可替代性。

## 参考文献:

- [1] 杨茜. 沥青路面用棉秸秆纤维的制备及性能研究[D]. 长安大学, 2015.
- [2] 廖欢. 棉秸秆纤维沥青混合料性能研究[J]. 中国建材科技, 2017, 26(01): 27-29.
- [3] 同[1].
- [4] 同[2].
- [5] 刘开平, 李佳容, 李祖仲, 等. 棉秸秆纤维改性沥青胶浆试验研究[J]. 应用化工, 2017, 46(01): 132-135, 140.
- [6] 同[5].
- [7] 胡洁琼, 赵国栋, 刘开平, 等. 沥青路面增强用棉秸秆纤维的制备及性能研究[J]. 工程建设与设计, 2016(16): 79-81.
- [8] 同[5].