

# 掺木质纤维的多孔沥青混合料性能研究

崔世富 编译

(陕西省安康公路管理局, 陕西 西安 725000)

**摘要:** 为改善多孔沥青混合料性能,采用掺木质纤维的方法,针对掺木质纤维多孔沥青混合料的各项性能进行测试,其中主要包括模量、水稳定性、渗水系数和路面永久变形等。结果表明:木质纤维可显著改善多孔沥青混合料的高温性能、低温性能及沥青与集料间的黏附性,且由于纤维的吸附作用,使得多孔沥青的渗水性能也大幅提高,与普通多孔沥青相比,掺木质纤维的多孔沥青混合料的各项性能均得到明显改善。

**关键词:** 多孔沥青混合料; 木质纤维; 路用性能; 渗水性

## 1 引言

多孔沥青路面由于空隙率较高,可降低雨天城市地表径流量、缓解城市热岛效应、降低路面噪声以及改善行车安全等多种优势而广泛采用。多孔沥青路面为增加其黏结力;沥青含量一般较高,导致其造价普遍较高。近年来,随着人们对生态环境的日益关注,通过向这种高沥青含量混合料中添加纤维等材料来改善其混合料路用性能,主要包括木质纤维、矿物纤维、合成聚合物纤维、玻璃纤维等,其中木质纤维因其具有良好的生物降解性、无毒性、低碳以及良好的物理和力学性能,是目前最常用的一种沥青混合料外掺材料。

该文针对掺木质纤维的多孔沥青混合料性能进行研究,通过改变纤维掺量,并采用间接拉伸模量(ITS)、水稳定性、渗水性和抗永久变形等指标对混合料性能进行综合评价,旨在提出极端气候条件下适应性较好的多孔沥青路面混合料,同时响应可持续发展政策以及环境友好型材料的应用需求。

## 2 原材料及试验方法

### 2.1 原材料

(1) 沥青。采用聚合物改性沥青,其针入度为 53 mm(25℃),软化点为 63.2℃,弹性恢复率高于 70%,改性沥青各项性能符合规范要求,经黏温曲线试验,其拌和温度为 155~165℃,压实温度为 150~160℃。

(2) 集料。集料为性能优良的花岗岩碎石集料,

采用两种粗集料粒径(5~10 mm 和 5~15 mm)分别制备多孔沥青混合料。矿粉为水硬性石灰,图 1 为矿料和矿粉的级配曲线图。

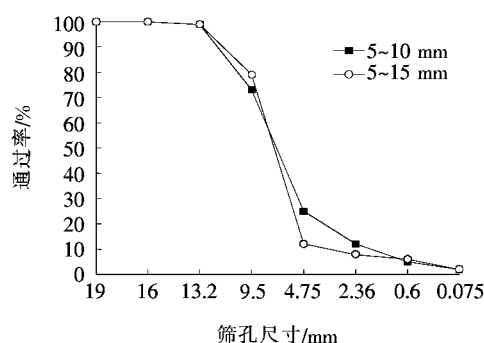


图 1 集料和矿料级配曲线图

(3) 木质纤维。选用德国 JRS 的 VIATOP® premium 颗粒状木质纤维,它是一种以重量计 90% 为 ARBOCEL® ZZ 8/1 特级木质素纤维和以重量计 10% 为沥青的颗粒状混合物。它可以使沥青牢牢地在集料的表面形成一层沥青膜;并由于纤维的作用使该层沥青膜变厚,从而大幅度地提高沥青层的抗老化能力,大大延长其使用寿命。路用纤维适用于 SMA 沥青路面、纤维加强型沥青路面、开级配或透水沥青路面、水泥路面、加罩透水沥青混合料。可用于道路、桥梁沥青混凝土的高性能纤维稳定性。起到加筋作用、分散作用、吸附及吸收沥青的作用、稳定作用、黏结作用。其主要性能指标如表 1 所示。

通常其用量为混合料质量的 0.3%~0.4%,可采用人工投料方式,投料时可将纤维整体与热集料一同投入。

表 1 木质纤维的物理力学特性

颗粒特性	单位	技术指标
外观		圆柱状颗粒
纤维含量	%	87~93
平均颗粒长度	mm	2~8
平均颗粒直径	mm	5±1
松密度(符合德国 DIN EN ISO 60 标准)	g/L	440~520
筛析:小于 3.55 mm	%	不超过 10

2.2 多孔混合料制备

室内通过制备两种不同的多孔沥青混合料,分别为细型(粗集料粒径 5~10 mm)(PA01)和粗型(粗集料粒径 5~15 mm)(PA02)多孔沥青,因葡萄牙规范较全面地针对多孔沥青的各项性能指标(表 2),因此,该文在制备沥青混合料时主要以葡萄牙标准为主,同时也借鉴了一些其他地区的主要技术要求,以制备性能优良的多孔沥青。

表 2 多孔沥青混合料性能要求

标准	空隙率/%	沥青含量/ %	浸水飞散 损失/%
葡萄牙	22~30	4.0	≤25
SN 640 标准	≥20	≥5	—
西班牙	>20	4.3	≤35
UNHSC, 2014	16~22	—	≤20
FHWA, 2015	>16	—	—

采用马歇尔方法成型混合料试件,试件双面各击实 50 次。通过采用室内马歇尔试验进行多孔沥青混合料的配比设计,得到不同混合料的配合比设计及其编号如表 3 所示。

表 3 多孔沥青混合料配比设计

材料	配比/%			
	PA01	PA1	PA02	PA2
改性沥青	4.7	5.2	4.6	5.1
石灰	2	2	2	2
矿粉	8	8	4	4
纤维	—	0.5	—	0.5
5~15 mm	—	—	94	94
5~10 mm	90	90	—	—

2.3 主要试验方法

(1) 沥青混合料析漏试验

析漏试验用以检测沥青胶结料在高温状态下从沥青混合料中析出多余的自由沥青数量,从而确定多孔沥青混合料最佳沥青用量。中国沥青路面施工技术规

范规定 OGFC 析漏损失率不得大于 0.3%,但排水沥青路面在中国应用较少,因而对不大于 0.3%的控制标准作为排水沥青路面的具体要求并无充分的依据。析漏试验测试温度为 180 ℃,持续时间为 60 min,得到析漏出沥青质量比率。每组试验包含 3 组平行试验。

(2) 沥青混合料肯塔堡飞散试验

将制备的马歇尔试件放置于洛杉矶磨耗机中旋转撞击规定的次数(该文采用 300 转),试验结果用沥青混合料散落材料质量的百分数表示。其中多孔沥青试件采用两种不同的处理方式,分别为浸水和未浸水,未浸水试验是将多孔沥青混合料试件置于恒温(25 ℃)干燥环境中 48 h;浸水试验首先将试件置于恒温水箱(60 ℃)中 24 h,然后取出并将其置于 25 ℃干燥环境中 24 h,最后进行飞散试验。每组试验包含 4 个试件。

(3) 水稳定性测试

室内制备 6 个马歇尔试件,并分成两组(每组 3 个试件),其中一组在 20 ℃室内条件下放置 68~72 h,另外一组首先在真空条件下饱水 30 min,然后在水浴箱中放置 68~72 h,水浴箱温度为 20 ℃。完成后对两组试件进行劈裂强度试验,采用应变控制方式,试验温度为 20 ℃。其中水稳定指标可用劈裂强度(*ITS*)和劈裂强度比(*TSR*)进行表征。

(4) 渗水试验

采用降水头渗透性测试仪对多孔沥青混合料的渗透性(*k*)进行测试,分别对多孔沥青的横向和竖向渗水系数进行测试。其中渗水系数计算公式如下:

$$k = \frac{a \times L}{A \times \Delta t} \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \tag{1}$$

式中:*k* 为渗水系数(m/s);*a* 为竖管横截面积(m<sup>2</sup>);*A* 为试件横截面面积(m<sup>2</sup>);*L* 为试件高度(m); $\Delta t$  为水头从 *h*<sub>1</sub> 下降到 *h*<sub>2</sub> 所用的时间(s);*h*<sub>1</sub>、*h*<sub>2</sub> 分别为测试前、后的水头高度(m)。

(5) 高温性能测试

采用车辙试验针对多孔沥青的高温抗永久变形能力进行测试,测试时室内成型 30 cm×30 cm×5 cm 多孔沥青试件板,测试温度为 60 ℃,测试前将试件保温至少 4 h。其中高温性能采用平均车辙深度(*RD*)进行表征。

3 测试结果及分析

3.1 不同纤维掺量对沥青析漏的影响

采用析漏试验,研究不同纤维掺量(0%、0.2%、

0.4%和0.5%)对多孔混凝土性能的影响,结果如图2所示。

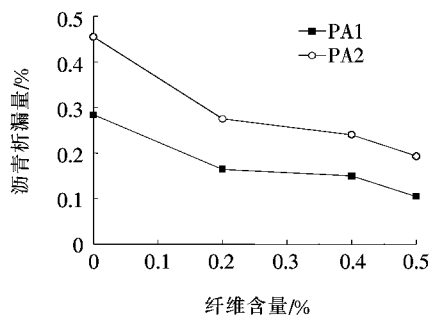


图2 不同纤维掺量对多孔沥青析漏影响

从图2可以明显看出:随着纤维掺量的增加,沥青的析漏值逐渐减小,木质纤维可显著改善多孔沥青混合料中自由沥青的析出量,这主要是木质纤维吸收了混合料中多余的沥青,并与沥青、矿粉共同组成沥青胶浆,黏附在集料表面,从而降低了自由沥青析漏量。相同胶粉掺量下,PA2的析漏值要明显高于PA1的值,其原因可能是粗集料的粒径越大,集料的比表面积就越小,裹覆在集料表面的沥青越少,从而在析漏试验过程中,沥青析漏量增大。

### 3.2 肯塔堡飞散试验结果分析

肯塔堡飞散试验用以评价由于沥青用量或其黏结性不足导致沥青路面表面集料脱落散失的程度,尤其针对多孔沥青混合料。不同多孔沥青掺木质纤维前后的肯塔堡飞散试验结果如图3所示。

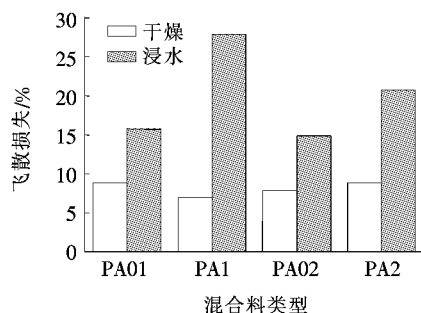


图3 肯塔堡飞散试验结果

从图3可以看出:在未浸水条件下,木质纤维对混合料的飞散特性影响较小,掺加木质纤维后,PA1和PA2的飞散损失均未有明显的变化。在浸水条件下,当混合料中填加木质纤维后,混合料飞散损失显著增大,飞散损失显著降低,木质纤维可显著降低多孔沥青混合料由于黏结不足而导致的集料脱落现象,与未掺纤维的混合料相比,浸水条件下PA1和PA2的飞散损失分别降低了43%和29%。此外,浸水条件下,PA1的飞散损失略高于PA2,这主要是由于集料粒径

越大,集料比表面积较小,裹覆在集料表面的沥青膜越厚,使得混合料在飞散试验过程中,可减小造成集料脱落程度。

### 3.3 劲度模量试验结果分析

图4为混合料的劲度模量试验结果。

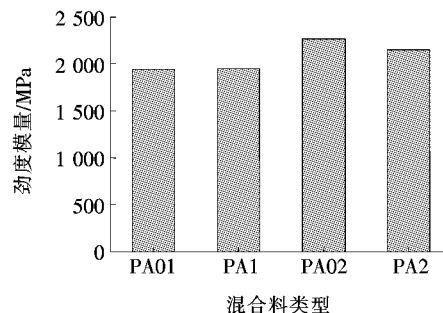


图4 不同多孔沥青混合料劲度模量试验结果

从图4可以看出:木质纤维对多孔沥青混合料的模量影响较小,填加木质纤维后,混合料的模量略有降低,但不明显。PA1的模量较PA2低12.2%,其主要原因是PA1中含有较多的沥青胶浆,可以吸收更多的应力,使得其模量较低。

### 3.4 多孔沥青混合料水稳定性试验结果分析

图5为混合料的水稳定性试验结果。

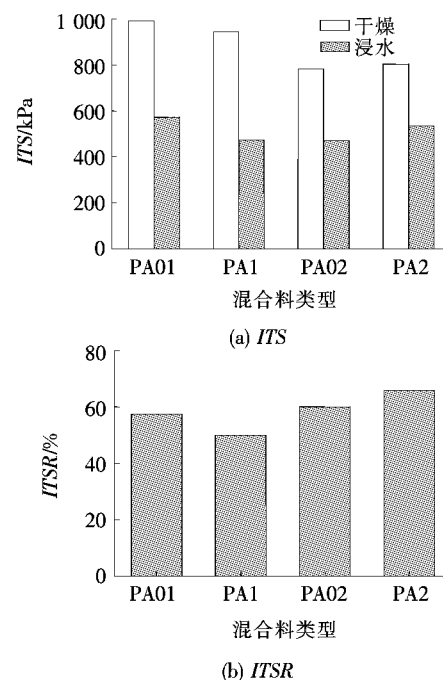


图5 多孔沥青混合料水稳定性测试结果

从图5可以看出:未浸水的混合料试件ITS值明显高于浸水后的混合料试件。不管是否掺加木质纤维,PA1多孔沥青混合料对水的敏感性要高于PA2,

其原因可能是多孔沥青混合料中含有较多细集料。总体上,木质纤维对多孔沥青的水稳定性影响变化规律不明显,掺加木质纤维后,PA1 的水稳定性降低,PA2 的水稳定性得到一定程度的改善,所有混合料试件的 *ITSR* 值变化较小,且变化范围在 8% 以内,表明木质纤维对多孔沥青混合料的水稳定性影响较小。

### 3.5 多孔沥青混合料的渗水试验结果分析

不同多孔沥青混合料的渗水试验结果如图 6 所示。

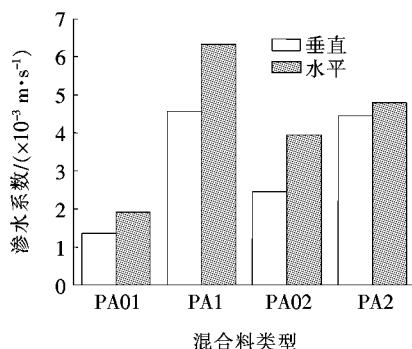


图 6 多孔沥青混合料渗水系数测试结果

从图 6 可以看出:PA01 渗水系数较 PA02 低,这主要是 PA02 中集料粒径较大,使得混合料的空隙率较高,从而促使水快速流动,其渗水系数较高。当添加木质纤维后,多孔沥青混合料的渗水系数显著增加,其主要原因是纤维吸收了混合料中的自由沥青,从而防止其占据混合料中的空隙,使得混合料的空隙率增加,提高了水流通的通道,使得混合料的渗水系数显著增加。

### 3.6 多孔沥青混合料的高温性能

图 7 为不同多孔沥青混合料试件的车辙试验结果。

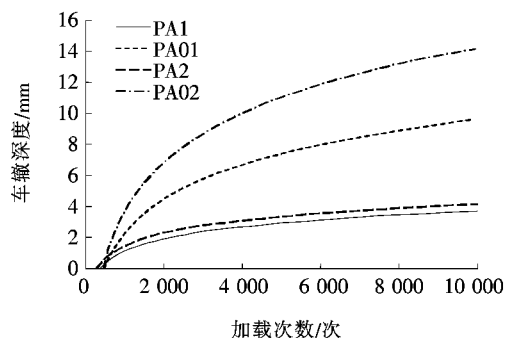


图 7 多孔沥青混合料车辙试验结果

从图 7 可以明显看出:对于普通多孔沥青混合料,经 10 000 次车辙作用后,PA01 和 PA02 的车辙深度分

别为 9.59 mm 和 13.97 mm,当加入木质纤维后,混合料的车辙深度分别为 3.69 mm 和 4.16 mm,其降低程度达到 2~3 倍,表明木质纤维可显著改善多孔沥青路面的高温抗车辙性能。当混合料中掺加木质纤维后,多孔沥青路面的抗车辙性能显著提高,其主要原因是木质纤维的加入,提高了沥青与集料间的黏附性,从而使得沥青混合料的高温性能得到一定程度的改善。

## 4 结论

(1) 木质纤维可吸收混合料中多余的沥青,并与沥青、矿粉共同组成沥青胶浆,黏附在集料表面,从而降低了混合料中自由沥青析漏量。

(2) 木质纤维的加入对多孔沥青混合料劲度模量的影响较小,加入后混合料的劲度模量略有增加;多孔沥青中细集料含量越高,混合料的水稳定性也差,且木质纤维对多孔沥青的水稳定性影响较小。

(3) 由于纤维吸收了混合料中的自由沥青,防止其占据混合料中的空隙,从而使混合料的空隙率增加,提高了水流通的通道,使得混合料的渗水系数显著增加。

(4) 木质纤维可改善沥青与集料间的黏附性,从而显著改善多孔沥青路面的高温抗车辙性能。

### 参考文献:

- [1] 李威.道路设计中低影响开发(LID)的应用分析[J].建筑.工程技术与设计,2016(3).
- [2] 车伍,欧岚,汪慧贞,等.北京城区雨水径流水质及其主要影响因素[J].环境工程学报,2002(1).
- [3] Ghazal R, Ardesir A, Rad IZ. Climate Change and Stormwater Management Strategies in Tehran ☆[J].Procedia Engineering, 2014,89: 780—787.
- [4] Afonso ML, Dinis—Almeida M, Fael CS. Study of the Porous Asphalt Performance with Cellulosic Fibres[J]. Construction & Building Materials, 2017,135:104—111.
- [5] Imran HM, Akib S, Karim MR. Permeable Pavement and Stormwater Management Systems: A Review[J].Environmental Technology, 2013,34(18):2 649—2 656.
- [6] 王文娟.SBS 改性沥青在公路路面施工中的应用[J].华东公路,2015(2).
- [7] 张剑波,彭杰,张怀宇,等.纤维复合沥青增强特性及增强机理研究[J].公路,2016(1).
- [8] 杨军,郭勇,尹朝恩,等.排水性沥青混合料析漏损失控制指标[J].交通运输工程学报,2007(5).