

玄武岩矿物纤维对沥青混合料性能影响分析

凌晨 游玉石

(江苏省交通科学研究院, 南京 211112)

摘要: 随着公路交通的发展, 交通量的增加、轴载增加、交通渠化等对高等级公路沥青路面提出了更高的要求, 纤维作为稳定剂的使用已成为沥青混合料的重要组成部分。本文主要结合了沥青混合料及玄武岩矿物纤维的特点进行了沥青混合料性能评价与影响分析, 并与掺加聚酯纤维的沥青混合料性能进行对比分析, 以便对玄武岩矿物纤维在沥青路面中的应用提供参考。

关键词: 玄武岩矿物纤维、沥青混合料、性能评价、影响分析

0 引言

近年来, 随着公路交通的发展, 交通量的增加、轴载增加、交通渠化等对高等级公路沥青路面提出了更高的要求, 为了能更好地改善沥青路面的使用品质, 延长路面使用寿命, 从而提高投资效益是摆在我国道路工作者面前的重要课题。

目前国内在改善沥青混合料的路用性能研究上出现了两个大的研究方向: 一方面是从沥青混合料结构类型、设计方法入手, 通过改善骨料的级配来提高沥青混合料的高温抗变形能力; 另一方面是通过改善沥青性能品质来提高沥青混合料的力学性能, 增强抵抗永久变形能力并减小感温性。近年来, 随着越来越多的新型材料正在进入沥青路面技术领域。其中纤维作为一种特殊的添加剂材料加入到沥青混合料中以改善整体的物理力学性能已经成为改善沥青混合料路用性能的第三个重要研究方向。

目前纤维在路面工程中应用的种类主要有木质素纤维、聚酯纤维和矿物纤维三大类。矿物纤维由于具有较好的力学性能和较高的工作温度, 从沥青混合料的再生方面考虑, 矿物纤维已逐渐被人们所认识。但在我国路面工程中, 矿物纤维的应用还没有形成较为成熟的经验, 如何将矿物纤维更好地应用于实体工程中是一项重要的内容, 涉及到诸多方面。本文主要结合玄武岩矿物纤维的自身特点及沥青混合料的性能, 在室内对其进行应用评价分析, 并与聚酯纤维性能相比较, 以便对玄武岩矿物纤维在沥青路面中的应用提供参考。

1 试验评价思路

根据纤维在沥青路面中发挥的抗裂、加筋等作用，室内选择中面层常用沥青混合料类型（SUP20）进行评价研究，并分别对不掺纤维、掺加纤维的沥青混合料进行配合比设计与性能评价，以比较分析纤维对沥青混合料配合比设计及性能的影响，同时并比较玄武岩矿物纤维与聚酯纤维的相关性能。其中 Super20 沥青混合料配合比设计方法主要依据美国 Superpave 沥青混合料设计标准进行设计，并依据我国《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40—2004）的要求进行性能验证。

2 原材料

矿物纤维选用浙江石金玄武岩纤维有限公司生产的两种GBF®玄武岩矿物纤维，一种为表面作膨胀化分散处理，另一种为表面未作处理，具体见图 2-1、2-2，该类玄武岩矿物纤维是以纯天然火山岩为唯一原料经 1450~1500℃高温熔融后快速拉制而成的连续纤维，属于非金属的无机纤维。

聚酯纤维选用国内工程应用的某两种品牌。



图 2-1 表面作膨胀化处理的玄武岩矿物纤维 1



图 2-2 表面未作处理的玄武岩矿物纤维 2

集料为杭州岑岭石矿石灰岩，沥青为浙江省公路物资有限公司 SBS 改性沥青。纤维掺量根据经验取沥青混合料重量的 0.225%。各种矿料的密度及吸水率试验结果见表 2-1，各种矿料及矿粉的筛分结果见表 2-2，沥青相对密度试验结果见表 2-3。

表 2-1 矿料密度及吸水率试验结果

矿料	表观相对密度	毛体积相对密度	吸水率 (%)
1# 料	2.766	2.732	0.44
2# 料	2.761	2.724	0.48
3# 料	2.720	2.678	0.57
4# 料	2.718	2.655	0.87
矿粉	2.674	--	--

表 2-2 各种矿料和矿粉的筛分结果

筛孔 矿料	通过方孔筛的百分率 (%)									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
1#	100	84.2	9.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
2#	100	100	96.6	8.8	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
4#	100	100	100	100	88.4	65.7	43.1	24.4	16.2	10.1
矿粉	100	100	100	100	100	100	99.6	97.7	94.8	82.9

表 2-3 沥青相对密度试验结果表

沥青类型	密度
SBS 改性沥青	1.019

3 矿料级配及沥青用量的确定

试验采用的沥青混合料结构类型为 SUP20，混合料级配组成设计见表 3-1 及图 3-1，矿料比例见表 3-2。根据经验沥青用量为不掺纤维的沥青混合料取 4.2%，掺纤维的沥青混合料取 4.4%。

表 2-1 SUP20 混合料级配设计组成

级配 类型	通过下列筛孔（方孔筛，mm）的质量百分率 (%)										
	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
Sup20	100	99.0	79.0	61.5	40.9	24.1	18.5	12.7	9.0	6.7	5.0

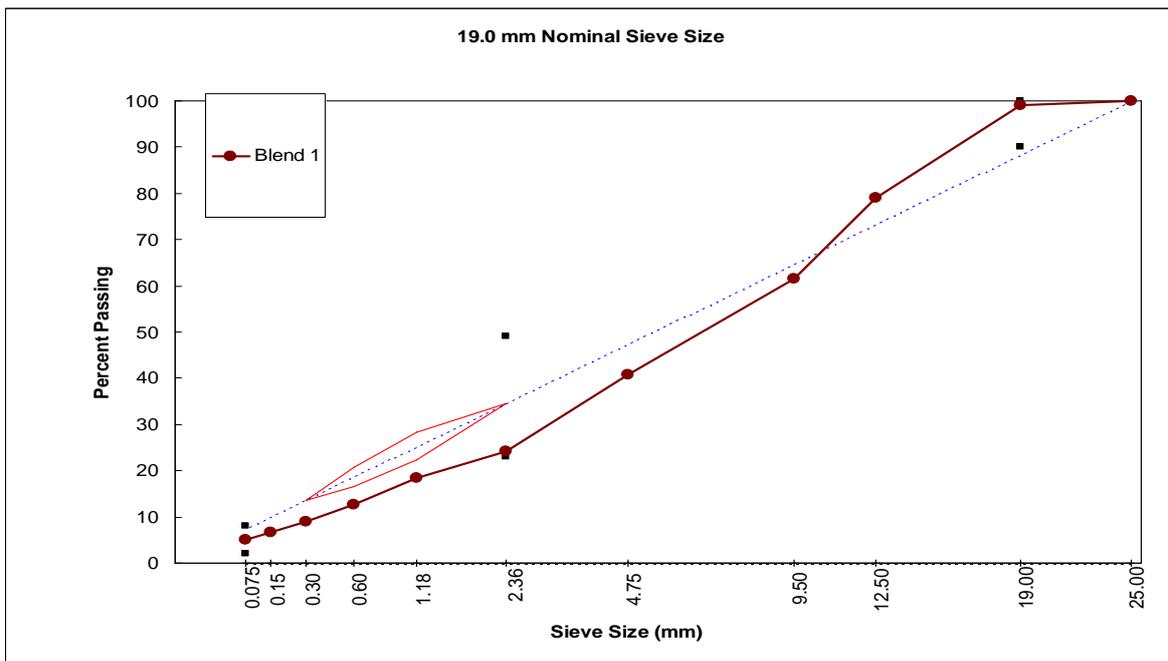


图 3-1 SUP20 混合料级配设计组成图

表 2-2 设计沥青用量及矿料比例

沥青用量 (%)	矿料名称及比例 (%)				
	1#	2#	3#	4#	矿粉
4.2/4.4	23.0	31.0	17.0	28.0	1.0

4 沥青混合料体积指标

本次试验采用旋转压实成型，成型次数 100 次，不掺纤维混合料成型温度 160℃-165℃，掺纤维混合料成型温度 170℃-175℃。具体试验结果见表 4-1。

表 4-1 旋转压实体积指标

	沥青用量 (%)	试件毛体积 相对密度	计算理论最 大相对密度	空隙率 VV (%)	矿料间隙率 VMA (%)	饱和度 VFA (%)
不加纤维	4.2	2.448	2.552	4.1	13.1	68.9
玄武岩矿物 纤维 1	4.4	2.436	2.534	3.9	13.7	71.8
玄武岩矿物 纤维 2		2.437	2.534	3.8	13.6	72.0
聚酯纤维 1	4.4	2.433	2.528	4.0	13.2	70.2
聚酯纤维 2	4.4	2.434	2.535	4.0	13.4	70.3
技术要求		/	/	/	≥13.0	65~75

由表可知，混合料的各项体积指标均符合技术要求，可以进行沥青混合料的性能验证试验。

5 沥青混合料性能评价试验

5.1 抗水损害性能评价试验

水损害是沥青路面破坏的一种重要形式，尤其是沥青面层的早期破损多与此有关，它是在水或冻融循环作用下，由于汽车动载反复作用，进入到沥青面层空隙里的水对沥青混合料引起冲刷和侵蚀，沥青的黏附性下降，使沥青膜从矿料表面脱落，从而使沥青路面产生坑槽、松散、推挤变形等损坏。本部分主要采用 AASHTO T283 试验和浸水马歇尔试验对沥青混合料抗水损害性能的影响进行评价。具体试验结果见表 5-1、5-2，图 5-1、5-2。

表 5-1 AASHTOT283 试验结果

纤维类型	不加纤维	矿物纤维 1	矿物纤维 2	聚酯纤维1	聚酯纤维2	要求 (%)
TSR(%)	84.7	89.9	91.3	88.9	88.0	≥80

表 5-2 浸水马歇尔稳定度试验结果

纤维类型	不加纤维	玄武岩矿物纤维 1	玄武岩矿物纤维 2	聚酯纤维1	聚酯纤维2	要求 (%)
残留稳定度 S ₀ (%)	87.1	91.0	91.4	90.3	91.6	≥85

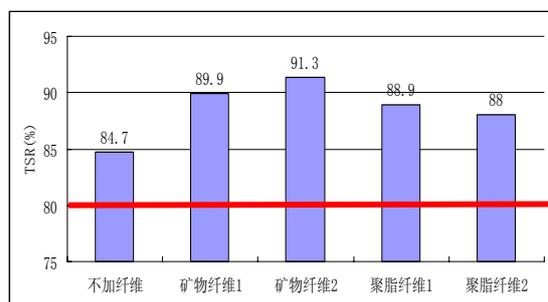


图 5-1AASHTOT283 试验结果比较图

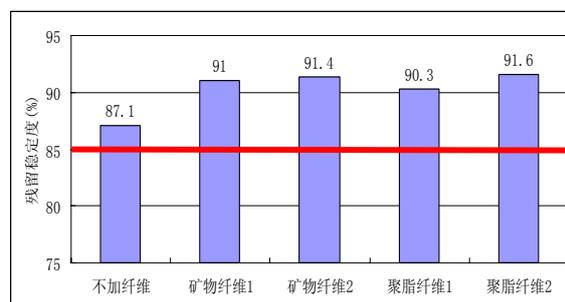


图 5-2 浸水马歇尔稳定度试验结果比较图

综合 AASHTO T283 试验和浸水马歇尔试验结果可见，掺入纤维的沥青混合料与不掺纤维的沥青混合料相比均有所提高，即沥青混合料的抗水损害和抗冻性能明显改善，主要是因为掺入沥青混合料中的纤维纵横交错，吸附部分沥青，增加了结构沥青的比例，减少了自由沥青，使沥青膜处于比较稳定的状态，同时也使得沥青矿粉胶浆粘滞性增强，软化点提高，从而使沥青混合料稳定性提高。

另外从试验结果可以看出，掺加玄武岩矿物纤维的沥青混合料水稳定性能均比掺加聚酯纤维的沥青混合料有一定的提高，同时作为表面处理的两种玄武岩矿物纤维的水稳定性能基本相当。

5.2 高温稳定性能试验

沥青路面在高温下往往劲度迅速下降，使路面抗剪能力不足，导致矿料在外力作用下产生滑移与位错，使沥青混合料进一步压密，细集料相对集中并产生剪切破坏，形成高温变形，如推移、拥包、搓板和车辙等。尤其在道路的交叉口或变坡路段，此类高温变形更容易发生，这主要与沥青路面较大的水平荷载作用下抗剪切强度相对不足有关。随着交通渠化和轴载加重，高等级沥青路面中主要发生的高温病害多以车辙为主。本部分主要对沥青混合料的高温

抗车辙性能进行评价，比较分析纤维对沥青混合料高温性能的改进作用。

表 5-3 车辙试验结果汇总表

纤维类型	不加纤维	矿物纤维 1	矿物纤维 2	聚酯纤维1	聚酯纤维2	要求 (%)
动稳定度(次/mm)	4125	6533	7292	5250	5140	≥3000

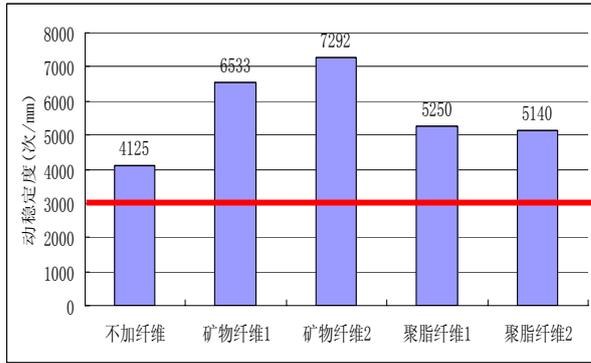


图 5-3 车辙试验结果比较图

从车辙试验结果可以看出，纤维对提高沥青混合料高温动稳定度，改善其抵抗车辙能力具有明显效果。纤维改善沥青混合料高温动稳定度性能原因主要在于纤维的“加筋”和“桥接”作用，由于这种相互搭接形成纤维沥青胶浆网络，有效增强了对矿料骨架的约束，同时均匀分散的纤维通过“加筋”和“桥接”作用可以使路面上传递的荷载及时地分散到矿料骨架和沥青胶浆中，不会引起矿料沿其接触面滑移，或减小了这种滑移的趋势，从而增强了矿料骨架的稳定性。

另外从车辙结果可以看出，掺加玄武岩矿物纤维的沥青混合料高温稳定性能均比掺加聚酯纤维的沥青混合料有较大的提高，同时作为表面处理的矿物纤维 2 比矿物纤维 1 的性能要好，分析主要导致的主要原因是玄武岩纤维在经过膨胀化处理后，纤维的自身性能受到一定的损失。

6 结论

通过对不掺加和掺加纤维的沥青混合料进行试验评价，可以得出：

①通过配合比设计，两种掺加不同处理方式的玄武岩纤维沥青混合料体积指标(空隙率、矿料间隙率和饱和度)都能满足现行规范要求，掺加纤维沥青混合料的沥青用量比不掺加的沥青混合料高 0.2%，说明纤维具有一定的吸附作用。

②在抗水损害性能方面，两种掺加玄武岩纤维的沥青混合料比不掺加纤维及掺加聚酯纤维沥青混合料抗水损害性能有一定程度提高，且两种处理方式的玄武岩纤维混合料抗水损害

性能相当；在高温性能方面，两种掺加纤维的沥青混合料比不掺加纤维及掺加聚酯纤维混合料高温稳定性能有较大提高，且第二种矿物纤维混合料高温稳定性比第一种有一定程度提高。

③综合水稳定性及高温稳定性能可以得出，掺加玄武岩矿物纤维的沥青混合料比不掺加纤维及掺加聚酯纤维的沥青混合料性能均有所提高，同时表面未作膨胀化处理的玄武岩矿物纤维要比表面作膨胀化处理的玄武岩矿物纤维在沥青混合料中的性能要好。

参 考 文 献

- 1、JTJ 052-2000，公路工程沥青及沥青混合料试验规程.
- 2、JTG F40-2004，公路沥青路面施工技术规范.
- 3、《Superpave 沥青混合料基础参考手册》，人民交通出版社.