

配制条件对炭黑沥青性能影响研究

黄征¹, 杨国良^{1*}, 陈乙轩¹, 陈振誉¹, 谢和春¹, 刘峰¹, 蓝涛²

(1. 广州大学 土木工程学院, 广东 广州 510006; 2. 广州广大工程检测咨询有限公司)

摘要: 为了研究不同配制温度、炭黑掺量、炭黑细度对炭黑沥青路用性能指标的影响, 进行了相关性能试验。试验结果表明: 随着配制温度的升高, 炭黑沥青的针入度先减小后增大, 延度减小, 软化点、黏度逐渐增加, 炭黑沥青针入度、延度均小于基质沥青, 而软化点、黏度均大于基质沥青; 随炭黑掺量的增加, 炭黑沥青延度减小, 25、30℃时所测针入度逐渐减小, 而软化点、黏度逐渐增大; 4种炭黑 N220、N330、N550、N660 的氮吸附比表面积逐渐减小, 炭黑颗粒粒径逐渐增大, 炭黑沥青针入度逐渐增大; 炭黑细度对炭黑沥青延度、软化点、黏度影响较小。

关键词: 配制温度; 炭黑掺量; 炭黑种类; 炭黑沥青; 路用性能

1 前言

沥青路面由于其行车舒适、路面平坦、噪音小、施工速度快等特点, 逐渐成为道路常用的结构类型之一。随着重载交通量的增大, 普通沥青往往不能满足当前路面性能要求, 改性沥青却可弥补普通沥青这一缺陷。国内外研究表明: 炭黑可以提高沥青的高温稳定性、低温抗裂性、感温性、抗老化性能等, 但配制条件对炭黑沥青各方面性能影响研究甚少, 炭黑沥青结合料性能

与原材料及其制备方式有密切的关系, 它们对炭黑沥青性能的影响却又有所不同, 所以有必要研究各因素对炭黑沥青路用性能的影响程度, 这样有利于根据不同地区, 不同气候条件, 设计出更加合理的炭黑沥青道路施工工艺。

炭黑是按照氮表面积命名的, 炭黑氮表面积越大粒径越小。影响炭黑沥青性能的因素众多, 主要包括两方面: ① 原材料, 包含炭黑种类、炭黑掺量、炭黑细度等; ② 制备工艺, 主要包括配制温度等。该文选用炭黑作为改性剂对沥青进行改性, 制备炭黑沥青胶结

- *****
- [13] 康明. 钢渣用于混凝土的安定性评价与控制研究[J]. 粉煤灰, 2013(2).
- [14] 侯新凯, 徐德龙, 薛博, 等. 钢渣引起水泥体积安定性问题的探讨[J]. 建筑材料学报, 2012(5).
- [15] Chen Z, Xie J, Xiao Y, et al. Characteristics of Bonding Behavior between Basic Oxygen Furnace Slag and Asphalt Binder[J]. Construction and Building Materials. 2014: 60-66.
- [16] P. S. Kandhal G L H. The Use of Steel Slag as Bituminous Concrete Fine Aggregate: Research Project No. 79-26, Pennsylvania Department of Transportation[Z], 1982.
- [17] Wu S, Xue Y, Ye Q, et al. Utilization of Steel Slag as Aggregates for Stone Mastic Asphalt (SMA) Mixtures

- [J]. Building & Environment, 2007, 42(7): 2 580-2 585.
- [18] 胡金龙, 孙大权. 钢渣在沥青混凝土中的应用研究[J]. 华东公路, 2014(6).
- [19] 向晓东, 周溪滢, 李灿华, 等. 钢渣 OGFC-13 型排水沥青混合料的配合比设计及性能研究[J]. 武汉科技大学学报, 2013(6).
- [20] 田孝武, 丁卫青, 谢君, 等. 钢渣全组分梯级利用研究[J]. 建材世界, 2015(2).
- [21] Chen Z, Wu S, Li F, et al. Recycling of Flue Gas Desulfurization Residues in Gneiss Based Hot Mix Asphalt: Materials Characterization and Performances Evaluation[J]. Construction and Building Materials. 2014: 137-144.

收稿日期: 2019-01-10

基金项目: 广东省大学生创新训练项目(编号: 201611078071)

作者简介: 黄征, 男, 硕士研究生, E-mail: 1097084914@qq.com

* 通信作者: 杨国良, 男, 博士, 副教授, E-mail: yangguoL@gzhu.edu.cn

料。该文针对炭黑沥青配制温度、炭黑掺量、炭黑细度对炭黑沥青路用性能的影响进行分析。

2 试验材料

(1) 沥青。采用 A 级 70# 道路石油沥青,其主要技术性能指标如表 1 所示。

表 1 A 级 70# 道路石油沥青主要性能指标			
技术指标	单位	试验结果	指标要求 (全气候)
针入度(25 ℃,100 g,5 s)	0.1 mm	70	60~80
针入度指数 <i>PI</i>		-1.31	-1.5~1.0
软化点(R&B)	℃	48.0	≥40
延度(15 ℃)	cm	>150	≥100
延度(10 ℃)	cm	61	≥25
动力黏度(60 ℃)	Pa·s	302	≥100
闪点	℃	274	≥200
密度(15 ℃)	kg/m ³	1 036.0	试验记录
溶解度(三氯乙烯)	%	99.98	≥99.5
蜡含量	%	1.66	≤2.2
薄膜烘箱 试验(163 ℃, 5 h)	质量变化	%	-0.177 ±0.8
	针入度变化	%	64.2 61
	延度(15 ℃)	cm	56 —
	延度(10 ℃)	cm	7 6

由表 1 可知:各项质量指标均满足 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》“道路石油沥青技

术要求”中 70# A 级道路石油沥青(全天候)标准。
(2) 炭黑。为了研究炭黑细度对沥青性能影响,试验选用 N220、N330、N550、N660 共 4 种炭黑,主要性能指标见表 2。

表 2 炭黑主要性能指标			
炭黑型号	氮吸附比表面积/ (×10 ³ m ² ·kg ⁻¹)	粒径/ nm	倾注密度/ (kg·m ⁻³)
N220	112~126	2~25	355
N330	78~88	26~30	380
N550	38~46	40~48	360
N660	30~40	49~60	440

3 炭黑沥青的制备

先将基质沥青加热至配制温度,开动搅拌器,再将一定量的炭黑(2.5%、5.0%、7.5%、10.0%)缓慢掺入至基质沥青中。为保证炭黑在沥青中的均匀性,在炭黑沥青上中下 3 个层面各搅拌 20 min 共计 1 h,完成炭黑沥青制备。

4 试验数据分析

4.1 不同配制条件下炭黑沥青的针入度

对掺量为 5% 的 N220 炭黑沥青进行不同配制温度下的针入度试验,以相应温度下的基质沥青针入度为基准,对比分析配制温度对炭黑沥青针入度的改善效果,试验结果如表 3 所示。

表 3 不同配制温度下 N220 炭黑沥青的针入度							
材料	配制 温度/ ℃	15 ℃		25 ℃		30 ℃	
		检测结果/ (0.1 mm)	改善效 果/%	检测结果/ (0.1 mm)	改善效 果/%	检测结果/ (0.1 mm)	改善效 果/%
炭黑沥青	130	26.6	92.7	39.9	56.8	75.9	67.6
	150	16.0	55.7	26.8	38.1	69.7	62.1
	170	14.6	50.9	35.3	50.2	66.2	58.9
	190	21.2	73.9	46.6	66.3	81.1	72.2
基质沥青		28.7	100	70.3	100	112.3	100

对配制温度为 170 ℃ 的 N220 炭黑沥青进行不同炭黑掺量下的针入度试验,以相应温度下的基质沥青针入度为基准,对比分析炭黑掺量对炭黑沥青针入度改善效果,试验结果如表 4 所示。

对配制温度为 130 ℃ 且炭黑掺量为 5% 的炭黑沥青进行不同炭黑细度的针入度试验,以相应温度下的基质沥青针入度为基准,对比分析炭黑细度对炭黑沥青针入度的改善效果,试验结果如表 5 所示。

表 4 不同炭黑掺量下 N220 炭黑沥青的针入度

材料	炭黑 掺量/ %	15 ℃		25 ℃		30 ℃	
		检测结果/ (0.1 mm)	改善效 果/%	检测结果/ (0.1 mm)	改善效 果/%	检测结果/ (0.1 mm)	改善效 果/%
炭黑沥青	2.5	20.4	71.1	54.1	77.0	82.5	73.5
	5.0	18.1	63.1	50.8	72.3	87.5	77.9
	7.5	14.6	50.9	51.0	73.3	84.7	75.4
	10.0	17.9	62.4	48.5	69.0	72.1	64.2
基质沥青		28.7	100.0	70.3	100.0	112.3	100.0

表 5 不同炭黑细度下炭黑沥青针入度

材料	炭黑型号	15 ℃		25 ℃		30 ℃	
		检测结果/ (0.1 mm)	改善效 果/%	检测结果/ (0.1 mm)	改善效 果/%	检测结果/ (0.1 mm)	改善效 果/%
炭黑沥青	N220	18.1	63.1	50.8	72.3	87.5	77.9
	N330	19.6	68.3	55.2	78.5	89.2	79.4
	N550	26.7	93.0	63.6	90.5	97.6	86.9
	N660	23.9	83.3	65.1	92.6	107.0	95.3
基质沥青		28.7	100.0	70.3	100.0	112.3	100.0

由表 3 可知:当配制温度一定时,随着测试温度升高,炭黑沥青针入度逐渐增大;当测试温度一定时,炭黑沥青的针入度均小于基质沥青,且随着配制温度的升高,炭黑沥青的针入度先减小后增大,配制温度 130 ℃和 190 ℃对炭黑沥青针入度改善效果较佳。

由表 4 可知:炭黑掺量对 15 ℃时所测的针入度影响不大;25、30 ℃时所测针入度,随炭黑掺量的增加大致逐渐减小。

由表 5 可知:随着氮吸附比表面积的减小,炭黑颗粒粒径逐渐增大,炭黑沥青针入度逐渐增大,各类炭黑沥青针入度均小于基质沥青。

4.2 不同配制条件下炭黑沥青延度

对掺量为 5%的 N220 炭黑沥青进行不同配制温度下的 15 ℃延度试验,以相应检测温度下的基质沥青延度为基准,对比分析配制温度对炭黑沥青延度的改善效果,试验结果如表 6 所示。

表 6 不同配制温度下 N220 炭黑沥青的 15 ℃延度

材料	配制温度/ ℃	检测结果/ cm	改善效果/ %
炭黑沥青	130	36.6	<36.6
	150	28.3	<28.3
	170	26.9	<26.9
	190	30.0	<30.0
基质沥青		>100.0	100.0

对配制温度为 170 ℃的 N220 炭黑沥青进行不同炭黑掺量下的 15 ℃延度试验,以相应检测温度下的基质沥青延度为基准,对比分析炭黑掺量对炭黑沥青延度改善效果,试验结果如表 7 所示。

表 7 不同炭黑掺量下 N220 炭黑沥青的延度

材料	炭黑掺量/ %	检测结果/ cm	改善效果/ %
炭黑沥青	2.5	44.6	<44.6
	5.0	36.6	<36.6
	7.5	20.5	<20.5
	10.0	12.1	<12.1
基质沥青		>100.0	100.0

对配制温度为 130 ℃且掺量为 5%的炭黑沥青进行不同炭黑细度的 15 ℃延度试验,以相应检测温度下的基质沥青延度为基准,对比分析炭黑细度对炭黑沥青针入度改善效果,试验结果如表 8 所示。

表 8 不同炭黑沥青的 15 ℃延度

材料	炭黑型号	检测结果/cm	改善效果/%
炭黑沥青	N220	36.6	<36.6
	N330	22.2	<22.2
	N550	21.5	<21.5
	N660	21.5	<21.5
基质沥青		>100.0	100.0

由表 6 可知:当测试温度为 15 ℃时,炭黑掺量为 5%的 N220 炭黑沥青的延度均低于基质沥青,且随着配制温度的升高,大致呈下降趋势。可见,炭黑的加入对基质沥青的延性不利。

由表 7 可知:随着炭黑掺量的增加,N220 炭黑沥青胶结料的延度逐渐降低,可见,添加炭黑应适量,不宜太多。

由表 8 可知:当其他条件一定时,各种炭黑沥青的延度相差不大,故炭黑细度对炭黑沥青延度影响很小,但与基质沥青相比,延度减小较大,可见,炭黑降低了沥青的延展性。

4.3 不同配制条件下炭黑沥青的软化点

对炭黑掺量为 5%的 N220 炭黑沥青进行不同配制温度下的软化点试验,以同等条件下基质沥青软化点为基准,对比分析配制温度对炭黑沥青软化点的改善效果,试验结果如表 9 所示。

表 9 不同配制温度下 N220 炭黑沥青的软化点

材料	配制温度/℃	检测结果/℃	改善效果/%
炭黑沥青	130	51.4	106.6
	150	51.7	107.3
	170	51.3	106.4
	190	52.2	108.3
基质沥青		48.2	100.0

对配制温度为 170℃的 N220 炭黑沥青进行不同炭黑掺量下的软化点试验,以相同条件下的基质沥青软化点为基准,对比分析炭黑掺量对炭黑沥青软化点的改善效果,试验结果如表 10 所示。

表 10 不同炭黑掺量下 N220 炭黑沥青的软化点

材料	炭黑掺量/%	检测结果/℃	改善效果/%
炭黑沥青	2.5	50.3	104.4
	5.0	51.4	106.6
	7.5	52.4	108.7
	10.0	53.5	111.0
基质沥青		48.2	100.0

对配制温度为 130 ℃且炭黑掺量为 5%的炭黑沥青进行不同炭黑细度的软化点试验,以相同条件下的基质沥青软化点为基准,对比分析炭黑细度对炭黑沥青软化点的改善效果,试验结果如表 11 所示。

由表 9 可知:炭黑掺量为 5%的 N220 炭黑沥青的软化点均大于基质沥青的软化点,且随着配制温度升

表 11 不同炭黑沥青的软化点

材料	炭黑型号	检测结果/℃	改善效果/%
炭黑沥青	N220	51.4	106.6
	N330	52.0	107.9
	N550	51.4	106.6
	N660	51.4	106.6
基质沥青		48.2	100.0

高,软化点大致逐渐增加。由此可见,炭黑提高了基质沥青的高温稳定性。

由表 10 可知:随着炭黑掺量的增加,N220 炭黑颗粒与基质沥青的接触面积增大,形成更加致密的网状结构,故软化点逐渐增加。

由表 11 可知:炭黑掺量为 5%的不同种炭黑颗粒配制的炭黑沥青软化点相差甚少且均大于基质沥青,可见,炭黑的氮吸附比表面积及炭黑细度对软化点的影响较小。

4.4 不同配制条件下炭黑沥青的黏度

对炭黑掺量为 5%的 N220 炭黑沥青采用型号为 29# 的转子,进行不同配制温度下的 60 ℃试验,以同等条件下基质沥青黏度为基准,对比配制温度对炭黑沥青黏度的改善效果,试验结果见表 12。

表 12 不同配制温度下 N220 炭黑沥青的黏度

材料	配制温度/℃	检测结果/(Pa·s)	改善效果/%
炭黑沥青	130	252	122.3
	150	267	129.6
	170	293	142.2
	190	309	150.0
基质沥青		206	100.0

对配制温度为 170 ℃的 N220 炭黑沥青采用型号为 29# 的转子,进行不同炭黑掺量下 60 ℃黏度试验,以相同条件下的基质沥青黏度为基准,对比分析炭黑掺量对炭黑沥青黏度的改善效果,试验结果如表 13 所示。

对配制温度为 130 ℃且炭黑掺量为 5%的炭黑沥青采用型号为 29# 的转子,进行不同炭黑细度下 60 ℃黏度试验,以相同条件下的基质沥青黏度为基准,对比分析炭黑细度对炭黑沥青软化点的改善效果,试验结果如表 14 所示。

表 13 不同炭黑掺量下 N220 炭黑沥青的黏度

材料	炭黑掺量/%	检测结果/ (Pa·s)	改善效果/ %
炭黑沥青	2.5	232	112.6
	5.0	252	122.3
	7.5	264	128.2
	10.0	282	136.9
基质沥青		206	100.0

表 14 不同炭黑沥青的黏度

材料	炭黑型号	检测结果/(Pa·s)	改善效果/%
炭黑沥青	N220	252	122.3
	N330	256	124.3
	N550	333	161.7
	N660	289	140.3
基质沥青		206	100.0

由表 12 可知:炭黑掺量为 5% 的 N220 炭黑沥青的黏度均大于基质沥青的黏度,且随着配制温度升高,黏度逐渐增加。由此可见,配制温度越高,炭黑沥青老化越明显。

由表 13 可知:随着炭黑掺量的增加,N220 炭黑颗粒与基质沥青的接触面变大,形成更为庞大而致密的凝胶体,彼此相连成网状结构,使炭黑沥青的黏度逐渐增大。

由表 14 可知:当炭黑掺量为 5% 时,炭黑颗粒的细度对炭黑沥青的黏度影响较小,且炭黑沥青的黏度均大于基质沥青。

5 结 论

(1) 在不同配制温度下,炭黑沥青的针入度、延度均小于基质沥青,而软化点、黏度均大于基质沥青,且随着配制温度的升高,炭黑沥青的针入度先减小后增大,延度减小,软化点、黏度逐渐增加。

(2) 当炭黑掺量不同时,炭黑掺量对 15 和 25 ℃

时所测的针入度影响不大,随炭黑掺量的增加,炭黑沥青 30℃ 时所测针入度逐渐减小,延度逐渐减小,软化点、黏度增加逐渐增大。

(3) 4 种炭黑 N220、N330、N550、N660 的氮吸附比表面积逐渐减小,炭黑颗粒粒径逐渐增大,炭黑沥青针入度逐渐增大,不同炭黑颗粒配制的炭黑沥青延度、软化点、黏度相差甚少;4 种炭黑沥青针入度、延度均小于基质沥青,而软化点、黏度均大于基质沥青。

参考文献:

[1] 黄德璋,何玉英.用炭黑作石油沥青的外掺剂[J].重庆交通学院学报,1983(3).

[2] Chaala A,Roy C,Ait-Kadi A.Rheological Properties of Bitumen Modified with Pyrolytic Carbon Black[J].Fuel, 1996,75(13):1 575—1 583.

[3] 李芳,陈建.炭黑改性沥青路用性能的研究[J].西安公路交通大学学报,1996(3).

[4] Sihai Wen,D.D.L.Chung.Effects of Carbon Black on the Thermal,Mechanical and Electrical Properties of Pitch—Matrix Composites[J].Carbon,2004,42(12—13):2 393—2 397.

[5] 叶奋,孙大权,黄彭,等.沥青强紫外线光老化性能分析[J].中国公路学报,2006(6).

[6] 郑远,叶奋.AW、BLE、炭黑改性沥青的老化性能研究[J].公路,2007(2).

[7] 朱永康.炭黑的应用研究进展[J].橡塑技术与装备,2009(4).

[8] Zhang J,Wang J,Wu Y,et al.Evaluation of the Improved Properties of SBR/Weathered Coal Modified Bitumen Containing Carbon Black[J].Construction and Building Materials,2009,23(7):2 678—2 687.

[9] Peiliang Cong,Peijun Xu,Shuanfa Chen.Effects of Carbon Black on the Anti—Aging,Rheological and Conductive Properties of SBS/Asphalt/Carbon Black Composites[J].Construction and Building Materials,2014,52: 306—313.

[10] Feng Z G,Rao W Y,Chen C,et al.Performance Evaluation of Bitumen Modified with Pyrolysis Carbon Black Made from Waste Tyres[J].Construction and Building Materials,2016,111: 495—501.