

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2013.12.011

沥青烟气抑制剂及沥青混合料性能的试验

杨锡武¹, 彭绪亚², 张兴雨¹, 钱诗林²

(1. 重庆交通大学 土木建筑学院, 重庆 400074; 2. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘要:通过大量筛选试验,从 7 种可能对沥青烟气有一定抑制作用的备选沥青烟气抑制剂中选出了既能显著降低沥青烟气,又不影响沥青路面性能的 2 种沥青烟气抑制剂纳米碳酸钙和 SBS。通过对单掺和复配 2 种抑烟剂对 3 种沥青的烟气抑制效果对比试验,得出了抑烟效果达 30% 左右的复配纳米碳酸钙和 SBS 的最佳配比。研究了抑烟沥青混凝土的性能,探讨了纳米碳酸钙和 SBS 减少沥青烟气的机理。研究成果对于减小隧道、城市街道等不良通风条件下沥青路面施工产生的沥青烟气有一定应用价值。

关键词:沥青混凝土路面;施工;沥青烟气;抑制剂;SBS;纳米碳酸钙

中图分类号:TU535

文献标志码:A

文章编号:1000-582X(2013)12-070-09

Experiments on the asphalt fume suppression agents and properties of asphalt concrete with fume suppression agent

YANG Xiwu¹, PENG Xuya², ZHANG Xingyu¹, QIAN Shiling²

(1. College of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 2. College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: Through lots of screening tests, two fume suppression agents, i. e. SBS and nanometer CaCO₃, which can reduce the asphalt fume without affecting the properties of asphalt, are screened from seven additives. The best ratio of two agents for suppressing fume is presented by contrast tests of fume suppression effect, and the fume can be reduced about 30%. The properties of asphalt concrete with fume suppression agents and the mechanism of SBS and nanometer CaCO₃ reducing the asphalt fume are investigated. The research findings are useful for reducing the asphalt fume in bad ventilation condition of channel pavement and urban road pavement construction.

Key words: asphalt concrete pavement; construction; asphalt fume; suppression; SBS; nanometer CaCO₃

沥青混合料在高温(120~180 °C)拌和与摊铺条件下,将释放出沥青烟(气),并以气溶胶的形式存在于空气之中。已有研究表明^[1-13],沥青烟(气)中含有数千种物质,其中对人体有害的主要组分有吡啶类、酚类、吡啶类、萘类及苯并芘类物质等。长期在沥青烟雾环境下作业,可引起人体的急性或慢性伤害。在隧道、城市道路等路段的沥青路面摊

铺施工中,由于通风较差,沥青烟气浓度大,若施工人员长时间暴露在这种高浓度的沥青烟气中,不但使施工人员的视觉和嗅觉器官产生不舒适,降低工作效率,而且高浓度沥青烟气的有害组分将会对施工人员的健康产生不同程度的影响。目前减小沥青烟气的方法主要有燃烧法、电捕法、冷凝、旋风分离法、吸附法和吸收法等^[14-18],这些方法主要

收稿日期:2013-07-03

基金项目:重庆市交委科技资助项目(2008-06)

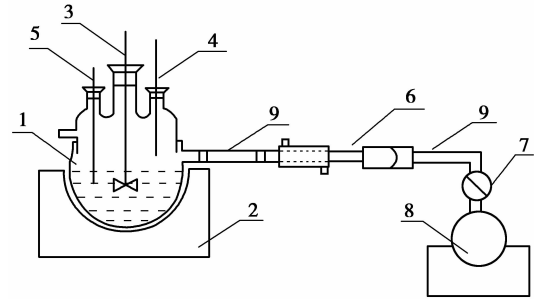
作者简介:杨锡武(1963-),博士,教授,主要从事路基路面工程研究,(E-mail)yangxw01@126.com。

用于降低沥青及沥青产品生产过程中产生的可集中排放的沥青烟气处治,对于像沥青路面施工过程中无组织排放产生的沥青烟气却不适用。基于不良通风条件下沥青路面摊铺施工产生的沥青烟气对施工人员及周围环境的影响,文中研究出了降低沥青烟气的烟气抑制剂,同时,研究了这种烟气抑制剂对沥青路面性能的影响,研究成果对不良通风条件下提高沥青路面施工的环保与安全有一定参考价值。

1 沥青烟气排放量的评价指标与测试方法

目前国内外尚没有关于沥青路面施工产生的沥青烟气排放检测和评价方法。为找出沥青烟气排放量的测试方法和检测指标,结合沥青路面摊铺施工的沥青烟气排放特点,首先分别采用烘箱加热、电炉加热、旋转薄膜烘箱加热 3 种方法测试了单位重量沥青排放的沥青烟气重量,结果表明:烘箱加热法得出的同批试样结果离散性很大,这主要是受烘箱内风速及不均匀性影响;电炉加热法用人工控温、人工搅拌,而且工作时长、耗时、耗力,测试结果受人为影响大;旋转薄膜烘箱加热法较为方便简单,但试验结果显示,旋转薄膜烘箱试样在加热挥发一定时间后,样品重量不但没有降低,反而增加,可能是在沥青加热挥发过程中,沥青与空气中的氧气等发生作用,使其重量增加。沥青烟气挥发试验既要控温、又要控制时间,且沥青烟气的挥发重量相对于沥青重量很小,烟气收集和测试难度大,参考国家环保总局标准《固定污染源排气中沥青烟的测定重量法》

(HJ/T45-1999)^[19]中的沥青烟采样管采样原理,自行研制了 1 套室内沥青烟气收集试验装置,如图 1 所示。



注:1. 加热烧瓶;2. 电热套;3. 搅拌器;
4. 温度计;5. 电热套传感器;6. 沥青烟采样管;
7. 气体流量计;8. 真空泵;9. 连接管

图 1 自行研制的沥青烟气收集试验装置结构及原理示意图

其工作原理是:电热套对盛有沥青的加热烧瓶均匀控温加热,传感器控制加热温度,同时用温度计进行温度监测以满足不同加热条件下的沥青烟测试;一边加热一边用电动搅拌器搅拌沥青,以增加沥青烟的挥发量;产生的沥青烟气通过真空泵吸入沥青采样管里的玻璃纤维滤筒上;用气体流量计控制烟气流量。沥青烟气重量为玻璃纤维滤筒在吸附沥青烟气前后的重量差,用精度为 0.1 mg 的电子天平称量,沥青烟气重量与加热烧瓶内的沥青重量之比即为沥青的产烟率。表 1 是用该装置进行的 5 次沥青试样(温度 180 ℃,加热时间 4 h)产烟率的重复试验标定结果。

表 1 沥青烟气收集装置标定试验结果

试样编号	1	2	3	4	5	平均值	标准偏差
产烟率/(mg/100 g)	202.2	200.1	201.4	200.9	201.9	201.3	0.8

从表 1 可以看出,5 次试验的数据比较集中,标准差较小,因此,用该装置进行沥青烟气收集测试是可靠的,可以采用该装置进行沥青烟气的收集试验。

2 影响沥青产烟的因素

结合沥青路面施工技术参数和特点,选择了加热时间、温度和沥青类型 3 个因素在不同水平下的沥青产烟量测试,具体指标水平为:加热时间为 2、3、4、5、7 h;加热温度为 120、140、160、180、200 ℃;

沥青为韩国 SK70 # 沥青、中海油 70 # 沥青和中石化 70 # 沥青 3 种。试验结果如下。

2.1 沥青产烟量随加热时间的变化

表 2 是在加热温度为 180 ℃ 条件下,SK70 # 沥青产烟量随加热时间的变化试验结果。

表 2 SK70 # 沥青产烟量随加热时间的变化规律

加热时间/h	0	2	3	4	5
沥青烟气 产生量/(mg/100g)	0	100.5	152.7	201.0	231.6

从表 2 可以看出,在加热温度为 180 ℃ 的条件下,沥青的产烟量随着加热时间的增长而逐渐增加。其中,在加热 0~4 h 内,沥青的产烟量增加最快,加热 2~4 h 产烟量增加了 1 倍,加热 4 h 以后,沥青的产烟速率逐渐放缓,产烟量慢慢趋于稳定。由此表明:在一定加热温度的条件下,单位重量沥青的产烟量随着加热时间的增长而增加,但当加热到一定时间(4 h 左右)后,沥青的产烟量将趋于稳定。

2.2 沥青产烟量随加热温度的变化

根据沥青产烟量在 4 h 加热时间内,产烟量最大,其后产烟量趋于稳定的变化规律,试验选择 4 h 作为加热时间,研究 SK70#、中海油 70# 和中石化 70# 3 种沥青产烟量随加热温度的变化规律,结果如表 3 所示。

表 3 不同类型沥青产烟量随加热温度的变化规律(加热时间 4 h)

加热温度/℃	沥青烟气产生量/(mg/100 g)		
	SK70#	中海油 70#	中石化 70#
0	0.0	0.0	0.0
120	49.2	61.5	54.0
140	70.6	87.1	77.3
160	110.6	119.8	110.1
180	201.0	209.1	202.2
200	300.7	298.4	266.5

从表 3 可以看出:1)3 种不同沥青在同样条件下的产烟量变化趋势和规律基本一致,即:在 0~

200 ℃ 中,随着加热温度的升高,单位质量沥青的产烟量逐渐增加,其中 160 ℃ 为一折点,当温度小于 160 ℃ 时,单位质量沥青的产烟速率较小;而当温度大于 160 ℃ 时,单位质量沥青的产烟速率急剧增大。这是由于在温度大于 160 ℃ 时,沥青中挥发的轻组分种类急剧增多的缘故;2)沥青类型对产烟率有一定影响,试验用中石化 70# 沥青的产烟率相对较小。

3 沥青烟气抑制剂的筛选

3.1 初选的烟气抑制剂

选择抑烟剂主要考虑的因素是能否减少沥青中易挥发组分和抑制沥青中大分子的分解以及添加剂是否会降低沥青混合料的路用性能,对于会降低沥青路用性能的添加剂不予考虑。据此原则,选取了 SBS、PE、三聚氰胺、磷钼酸铵、三氧化钼、粉状活性炭、纳米碳酸钙共 7 种添加剂进行沥青烟气抑制剂的筛选对比试验,沥青采用韩国 SK70# 沥青。

3.2 沥青烟气抑制剂的筛选试验结果及分析

初选 7 种抑烟剂对沥青烟气抑制效果试验结果如表 4 所示。可以看出,除三氧化钼添加剂使沥青烟气增加外,其余 6 种添加剂均对沥青烟气有一定的抑制效果,三聚氰胺和活性炭的抑烟效果最好,抑烟率达 40 % 以上,但这 2 种添加剂在与沥青混溶加热过程中均产生不明挥发物和气体,PE 加入沥青后有离析现象,综合抑烟效果和对沥青性能两方面的因素,SBS 和纳米碳酸钙既有一定抑烟效果,又对沥青无不良影响,因此,初步确定 SBS 和纳米碳酸钙为沥青抑烟剂。

表 4 不同抑烟剂对沥青烟气抑制效果试验结果

抑烟剂类型	沥青产烟量/(mg/100 mg)	抑烟剂添加比例/%					试验中的现象
		0	1	3	4	6	
SBS	沥青产烟量/(mg/100 mg)	201.2	185.2	162.6	—	—	无特殊现象
	烟气减少率/%	0	8	19.2	—	—	
PE	沥青产烟量/(mg/100mg)	201.2	193.2	188.1	—	—	沥青表面有结皮离析现象
	烟气减少率/%	0	4.0	6.5	—	—	
三聚氰胺	沥青产烟量/(mg/100 mg)	201.2	153.9	110.5	—	—	产生乳白色的挥发凝聚物质
	烟气减少率/%	0	23.5	45.1	—	—	

续表

抑烟剂类型	抑烟剂添加比例/%	抑烟剂添加比例/%					试验中的现象
		0	1	3	4	6	
磷钼酸铵	沥青产烟量/(mg/100 mg)	201.2	231.4	154.3	—	—	加热过程中沥青沸腾
	烟气减少率/%	0	+15.0	23.3	—	—	
三氧化钼	沥青产烟量/(mg/100 mg)	201.2	>201.2	>201.2	—	—	无特殊现象
	烟气减少率/%	0	—	—	—	—	
活性炭	沥青产烟量/(mg/100 mg)	201.2	134.8	117.5	—	—	有特殊气味产生
	烟气减少率/%	0	33.0	41.6	—	—	
纳米碳酸钙	沥青产烟量/(mg/100 mg)	201.2	—	—	189.0	186.3	无特殊现象
	烟气减少率/%	0	—	—	5.7	7.4	

4 纳米 CaCO₃ 和 SBS 的抑烟规律及其配比试验

通过单掺抑烟试验,初步筛选出了既有抑烟效果,又对沥青性能无不良影响的沥青烟气抑制剂纳米 CaCO₃ 和 SBS。为找出 2 种抑烟剂的抑烟规律,进一步提高抑烟率,在初选试验基础上,

进行了单掺和复配 2 种抑烟剂的对比试验,以找出影响 2 种抑烟剂抑烟规律和影响因素及合理添加配比,寻求最佳抑烟效果。表 5、表 6 是单掺和复配纳米 CaCO₃ 与 SBS 对 SK70 #、中海油 70 # 和中石化 70 # 3 种沥青的抑烟效果试验结果,加热时间 4 h,加热温度 180 ℃,试验方法与初选试验相同。

表 5 单掺 SBS、纳米 CaCO₃ 对不同类型沥青的抑烟效果测试结果

沥青种类	添加水平/%	SBS		纳米碳酸钙	
		产烟率/(mg/100 g)	烟气减少率/%	产烟率/(mg/100 g)	烟气减少率/%
中海油 70 #	0	208.2	0.00	208.2	0.00
	2	184.9	11.20	200.9	3.50
	4	160.3	23.00	195.1	6.30
	5	154.0	26.00	194.0	6.80
	6	151.6	27.20	190.1	8.70
	中石化 70 #	0	201.7	0.00	189.3
2		180.5	10.30	201.7	0.00
4		157.9	21.70	195.4	3.10
5		151.3	25.00	189.8	5.90
6		147.4	26.90	188.8	6.40
SK70 #		0	203.4	0.00	184.9
	2	174.3	14.30	183.9	8.80
	4	160.9	20.90	203.4	0.00
	5	154.0	24.30	197.5	2.90
	6	151.1	25.7	192.6	5.30

表 6 复配 SBS 和纳米 CaCO_3 对 3 种沥青烟气抑制效果的试验结果

沥青种类	纳米碳酸 钙添加水 平/%	相对于基质沥青烟气减少率					
		4% SBS		5% SBS		6% SBS	
		产烟率/ (mg/100 g)	烟气减少 率/%	产烟率/ (mg/100 g)	烟气减 少率/%	产烟率/ (mg/100 g)	烟气减少 率/%
中海油 70 #	0	160.3	23.00	154.0	26.00	151.6	27.20
	4	150.6	27.70	147.6	29.10	145.1	30.30
	5	149.5	28.20	146.8	29.50	144.5	30.60
	6	145.2	30.30	143.2	31.20	141.6	32.00
中石化 70 #	0	157.9	21.70	151.3	25.00	147.4	26.90
	4	148.7	26.30	145.8	27.70	142.4	29.40
	5	147.4	26.90	144.6	28.30	141.2	30.00
	6	143.4	28.90	140.8	30.20	138.6	31.30
SK70 #	0	160.9	20.90	154.0	24.30	151.1	25.70
	4	151.9	25.30	148.1	27.20	144.0	29.20
	5	151.3	25.60	147.9	27.30	143.4	29.50
	6	146.7	27.90	143.2	29.60	140.3	31.00

从表 5、表 6 可以看出

1) 随着 SBS 和纳米碳酸钙添加量的增加, 3 种沥青烟气的产烟量减小, 复合后添加的产烟量明显低于单掺 SBS 和纳米碳酸钙的产烟量, 表明复合添加 SBS 与纳米碳酸钙的抑烟效果比单掺好, 并有叠加效应。

2) 当 SBS 和纳米碳酸钙的添加水平均为 6% 时, 3 种沥青的烟气减少率均达到最大。减少率最大为中海油 70 # 沥青, 可达到 32.0%。表明复合添加 6% 的纳米碳酸钙和 SBS 对 3 种沥青的烟气抑制可以达到最大, 抑烟效果最好, 因此, 6% SBS 与 6% 纳米碳酸钙复合是抑烟效果最佳的掺配比例。

3) 合理的抑烟剂添加比例不但要考虑抑烟量的最大化, 同时还必须考虑对沥青混合料性能的影响以及经济性。而且从表 6 也可以知道, 随着 SBS 和纳米碳酸钙比例的增加, 抑烟量逐渐稳定并不继续增大。综合考虑抑烟量、对沥青混合料性能影响及经济性 3 个主要因素, SBS 和纳米碳酸钙复合抑烟

剂的二者配合添加比例为 4%~5%。

5 抑烟沥青混凝土的性能

为评价烟气抑制剂 SBS 和纳米 CaCO_3 对沥青性能的影响和抑烟效果, 选择了不同比例的 SBS 和纳米 CaCO_3 单掺和复合掺加到沥青中, 对其沥青及沥青混合料性能进行测试, 为抑烟沥青混凝土配合比优化设计提供依据。试验采用的沥青为中海油 70 # 和 SK70 # 基质沥青, 试验结果如下。

5.1 SBS 和纳米 CaCO_3 抑烟剂对沥青性能的影响

以中国沥青路面施工技术规范为依据, 采用沥青的针入度、软化点和延度 3 大指标对抑烟沥青的性能进行评价, 在对比试验方案上, 由于 SBS 对沥青性能的影响已有定论, 能显著提高沥青及沥青混合料的高温稳定性, 改善低温性能, 因此, 在抑烟剂的影响方案中未对掺加 SBS 进行试验。表 7 是添加不同比例抑烟剂的中海油 70 # 和 SK70 # 沥青 3 大指标测试结果。

表 7 添加不同抑烟剂沥青的 3 大指标测试结果

抑烟剂 类型	中海油 70#				SK70#			
	抑烟剂 比例/%	针入度(25℃, 100 g,5 s) 0.1/mm	软化 点/℃	延度(10℃, 5 cm/min)/cm	抑烟剂 比例/%	针入度(25℃, 100 g,5 s) 0.1/mm	软化 点/℃	延度(10℃, 5 cm/min)/cm
纳米碳 酸钙	0	79	53.1	>100	0	65.0	50.0	>100
	4	62	51.7	>100	4	64.7	53.8	>100
	6	53	51.0	>100	6	53.3	50.9	>100
	8	45	51.6	>100	8	43.0	52.5	>100
纳米碳 酸钙 +SBS	0	79	53.1	>100	0	65.0	50.0	>100
	4+5	54	74.9	>100	4+5	51.7	79.6	>100
	5+5	52	>90	>100	5+5	36.7	81.1	>100
	6+5	51	89.0	>100	6+5	33.0	83.1	>100
	4+6	47	71.2	>100	4+6	55.7	73.1	>100
	5+6	44	73.6	>100	5+6	47.8	75.9	>100
	6+6	46	86.3	>100	6+6	37.3	75.5	>100

从表 7 可以看出

1)在沥青中单掺纳米碳酸钙后使沥青的针入度减小,沥青变硬,对软化点影响很小,对延度几乎没有影响。

2)在 SBS 掺量为 5%的条件下,中海油沥青和 SK 沥青的针入度随纳米碳酸钙掺量的增加而减小,SK 沥青的针入度减小幅度明显大于中海油沥青。而软化点的提高幅度则是中海油提高值大于 SK 沥青。

3)纳米碳酸钙与 SBS 复合抑烟剂掺入沥青中可以提高沥青的软化点,减小沥青针入度,没有对沥青性能产生不利或有害影响。为使复合抑烟剂在抑

烟和沥青性能改善方面达到较好效果,建议 SBS 的最高掺量不大于 5%,纳米碳酸钙的掺量不大于 6%。

5.2 SBS 和纳米 CaCO₃ 抑烟剂沥青混合料的性能

混合料级配为 AC-13 I,选用的矿料、矿粉物理力学性能满足中国沥青路面施工技术规范要求的要求,按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 053—2000)进行沥青混合料的马歇尔性能指标试验。

表 8、9 是加入不同抑烟剂的 SK70# 沥青混合料的马歇尔稳定度和流值指标及动稳定度试验结果。

表 8 添加 SBS 和纳米碳酸钙抑烟剂的沥青混合料马歇尔稳定度和流值指标的试验结果(SK70#)

抑烟剂比例	油石比/%	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
0	稳定度/kN	9.77	10.65	10.99	10.46	9.74
	流值/mm	3.48	3.52	3.57	3.98	4.53
	稳定度/kN	15.90	16.42	16.54	13.48	12.29
4.5% SBS	流值/mm	2.95	3.02	3.70	4.02	4.14
	稳定度/kN	14.35	14.91	14.75	13.73	13.44
4% 纳米碳酸钙	流值/mm	2.75	3.55	3.71	4.74	5.01
	稳定度/kN	16.25	17.3	13.91	13.55	12.43
6% 纳米碳酸钙	流值/mm	3.10	3.55	3.74	4.09	4.38

续表

抑烟剂比例	油石比/%	3.5	4	4.5	5.0	5.5
4% SBS+4% 纳米碳酸钙	稳定度/kN	14.08	15.89	15.21	14.06	12.95
	流值/mm	2.56	2.82	3.2	3.48	3.83
5% SBS+4% 纳米碳酸钙	稳定度/kN	16.2	16.51	16.88	14.71	12.56
	流值/mm	2.64	2.76	3.13	3.59	4.56
6% SBS+4% 纳米碳酸钙	稳定度/kN	14.44	14.62	14.49	13.92	12.58
	流值/mm	3.48	3.62	3.88	4.29	4.86
4% SBS+6% 纳米碳酸钙	稳定度/kN	14.44	14.62	14.49	13.92	12.58
	流值/mm	3.48	3.62	3.88	4.29	4.86
5% SBS+6% 纳米碳酸钙	稳定度/kN	16.4	16.67	16.12	14.41	14.11
	流值/mm	4.1	4.27	4.76	4.82	5.15
6% SBS+6% 纳米碳酸钙	稳定度/kN	16.63	16.7	16.47	15.13	12.14
	流值/mm	3.54	3.67	4.02	4.24	4.65

表 9 添加 SBS 和纳米碳酸钙抑烟剂的沥青混合料的最佳油石比和动稳定度(高温稳定性)试验结果

抑烟剂类型与比例	0%	4.5% SBS	4% 纳米碳酸钙	6% 纳米碳酸钙	4% SBS+4% 纳米碳酸钙	5% SBS+4% 纳米碳酸钙	6% SBS+4% 纳米碳酸钙	4% SBS+6% 纳米碳酸钙	5% SBS+6% 纳米碳酸钙	6% SBS+6% 纳米碳酸钙
最佳油石比 0AC%	4.5	4.4	4.2	4.2	4.6	4.6	4.7	4.4	4.4	4.5
动稳定度 次/mm	1 036	4 378	1 344	1 088	4 546	5 037	6 192	3 941	5 027	5 192

从表 8 和表 9 可以看出

1) 随着纳米碳酸钙掺量的增加,混合料的稳定度明显提高,当掺量从 4% 增加到 6% 时,沥青混合料的稳定度由最大 10.99 增加到最大 17.3,但是对流值没有明显变化,4.5% SBS 对沥青混合料稳定度的提高幅度与 6% 纳米碳酸钙相近。说明纳米碳酸钙抑烟剂不但可以减小沥青烟气,而且可以显著提高沥青混合料的稳定度,并使沥青混合料保持良好的柔性。

2) 复合掺加纳米碳酸钙和 SBS 的沥青混合料的稳定度明显高于单掺纳米碳酸钙或 SBS 的沥青混合料,说明纳米碳酸钙和 SBS 复合掺加不但抑烟效果好,而且有助于提高混合料的强度和高温稳定性。

3) SBS 和纳米碳酸钙掺量为 4%~6% 的范围内,5% SBS 和 4% 纳米碳酸钙抑烟复合添加可以取得最好的抑烟效果和保证沥青混合料路用性能满足要求。

4) 对比单掺和复配纳米碳酸钙和 SBS 对沥青与其混合料性能的影响和抑烟的效果可以知道,与不掺抑烟剂的基质沥青混合料性能相比,单掺纳米碳酸钙对沥青及混合料的性能影响不太大,而单掺 SBS 可以显著提高沥青及混合料的性能,这与已有的应用研究成果一致,复配纳米碳酸钙与 SBS 抑烟沥青混合料的性能也与单掺 SBS 的相近,而对比单掺和复配纳米碳酸钙和 SBS 抑烟剂的沥青的产烟量则可以看出,单掺和复配的抑烟效果明显不同,复配纳米碳酸钙和 SBS 的抑烟效果最好,因此,对比单掺和复配纳米碳酸钙和 SBS 对沥青性能的影响和抑烟效果,复配纳米碳酸钙和 SBS 是一种抑烟剂,同时具有提高沥青混合料的性能。

6 SBS 和纳米碳酸钙抑制沥青烟气的机理探讨

SBS 是一种热塑性橡胶,是以丁二烯和 1,3-苯

乙烯为单体,采用阴离子聚合制得的线型或星型嵌段共聚物,是一种热塑性弹性体。SBS 高分子链具有串联结构的不同嵌段、塑性段和橡胶段,形成了类似合金的“金相组织”结构,SBS 与沥青溶胀剪切混合后,SBS 粒子会吸收沥青中轻质组分(油分等),这些轻质组分(油分)被 SBS 的溶胀作用吸收,减少了沥青中轻质组分(油分)挥发逸出,从而减少了沥青烟气的产生;此外,SBS 经历粉碎、分散、溶胀等过程后,SBS 被细化为微米大小的颗粒悬浮于沥青中,SBS 颗粒表面的某些链段发生溶胀,部分链段舒展并与沥青分子发生缠绕,形成三维立体网状结构,网络间的强烈相互作用增强了沥青的内聚力,约束了沥青中轻质组分的挥发,进一步减少沥青加热后的烟气产生量。

纳米碳酸钙是一种至少有一维粒度控制在 1~100 nm 之间的碳酸钙分子的纳米粉体材料。纳米碳酸钙这种特殊的粒状材料,使其具有许多独特的性质和新的规律,如量子尺寸效应、小尺寸效应、表面效应、化学活性、吸附作用等。纳米碳酸钙加入沥青中以后,由于其表面具有的特殊效应,特别是其巨大的表面吸附能对沥青中的轻质组分的强烈吸附作用,对轻质油分产生固定束缚作用,减少了沥青中受热能够散发出的轻组分,从而减少了沥青烟气的产生量,使沥青烟气降低。

SBS 与纳米碳酸钙单独或复合添加到沥青中以后,沥青的化学性能没有改变,主要是软化点、延度等物理性能发生改变,表明 SBS 与纳米碳酸钙对沥青烟气的减小主要是通过复杂的物理作用对沥青中易于挥发的轻质油分进行吸附和约束,减小轻质油分的挥发而起到抑烟作用,但这种物理吸附作用并不是简单的叠加,而具有复合加强效应,使 SBS 与纳米碳酸钙复合添加到沥青中以后的抑烟效果好于单掺。

7 结 论

1)影响沥青烟气排放量的因素主要有加热时间、加热温度和沥青类型,沥青烟气排放量随三者的变化规律是,加热温度 160 ℃左右是沥青烟气排放量增大的转折温度,当温度大于 160 ℃以后,沥青的产烟速率急剧增大,在 180 ℃加热条件下,加热时间 4 h 内沥青产烟量最大,增长最快,其后产烟速率趋于稳定,而 160~180 ℃是沥青混合料拌和施工的常用温度范围,因此,添加抑烟剂,减少不良通风条件下的沥青路面施工的烟气排放对于保护施工人员健康安全和环境具有重要意义;不同类型沥青产烟量

不同,但总体上差别不大。

2)不同抑烟剂的抑烟效果和对沥青性能的影响不同,研究得出了既有一定抑烟效果又对沥青性能无不良影响的纳米 CaCO_3 和 SBS 作为沥青烟气抑制剂。通过单掺和复配纳米 CaCO_3 和 SBS 对不同沥青烟气抑制效果试验,得出了具有最好的抑烟效果的复配纳米 CaCO_3 和 SBS 抑烟剂,烟气减小率 30%左右,二者复合最佳配比为 4%~5%。

3)对比单掺和复配纳米碳酸钙和 SBS 对沥青性能的影响和抑烟效果表明,复配纳米碳酸钙和 SBS 是一种抑烟剂,复合添加使其具有较好的抑烟效果,同时具有提高沥青混合料的性能,若要提高沥青的性能仅添加 SBS 即可,但要使其具有抑烟效果,应同时添加纳米碳酸钙。

4)纳米碳酸钙与 SBS 复合抑烟的机理是:纳米碳酸钙和 SBS 加入沥青中后,通过溶胀作用、吸附作用、网状结构约束固定作用,增强了沥青内聚力,吸收和约束了其中轻质组分,使得沥青中的轻组分挥发受阻,减少了沥青中受热能够散发出的轻组分,从而减少了沥青烟气的产生量。

参考文献:

- [1] 史宝成,徐光,刘景泰. 沥青烟化学组分的气相色谱-质谱联机分析[J]. 环境化学,2001,20(2):200-201.
SHI Baocheng, XU Guang, LIU Jingtai. Environmental Chemistry, 2001,20(2):200-201.
- [2] 涂白杰,陈胜,肖成峰,等. 苯并[a]芘染毒小鼠神经组织的形态学改变及细胞凋亡[J]. 中华劳动卫生与职业病杂志,2002,20(4):296-299.
TU Baijie, CHEN Sheng, XIAO Chengfeng, et al. Study on the morphological damage and cell apoptosis of nerve tissue in mice exposed to benzo[a] pyrene[J]. Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases, 2002,20(4):296-299.
- [3] 蔡雪芬,任雪松. 用等离子技术治理公路沥青施工中的沥青烟[J]. 生态环境建材,2008(3):1-3.
CAI Xuefen, REN Xuesong. Application of plasma technique to treating asphalt smoke in road construction[J]. Ecological Building Materials Association, 2008(3):1-3.
- [4] 柴尔青,郭湘云,李艳. 沥青烟作业工人认知功能的观察[J]. 中国神经免疫学和神经病学杂志,2010,17(4):250-252.
CHAI Erqing, GUO Xiangyun, LI Yan. Observation on neurobehavioral functions of workers exposed to the asphalt fume[J]. Chinese Journal of Neuroimmunology and Neurology, 2010,17(4):250-250.
- [5] 郭湘云,王金惠,卢启明,等. 沥青烟致肺损伤细胞凋

- 亡及突变的实验研究[J]. 中国工业医学杂志, 2007, 20(1):9-12.
- GUO Xiangyun, WANG Jinhui, LU Qiming, et al. Experimental study on apoptosis and mutagenicity of lung lesion caused by bitumen fumes [J]. Chinese Journal of Industry and Medical, 2007, 20(1):9-12.
- [6] 郭湘云, 刘银银. 沥青烟作业工人肝肾功能的观察[J]. 中华劳动卫生与职业病杂志, 2009, 27(4):228-229.
- GUO Xiangyun, LIU Yinyin. Observation on liver and kidney function of workers exposes to asphalt fume[J]. Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases, 2009, 27(4):228-229.
- [7] Schoeny R, Polrler K. Provisional guidance for quantitative risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons [R]. Washington DC: Environmental Protection Agency, 1993.
- [8] Machado M L, Beatty P W, Fetzer J C, et al. Evaluation of the relationship between PAH content and mutagenic activity of fumes from roofing and paving asphalts and coal tar pitch[J]. Toxicological Sciences, 1993, 21(4):492-499.
- [9] Méo M D, Genevols C, Brandt H, et al. In vitro studies of the genotoxic effects of bitumen and coal-tar fume condensates; comparison of data obtained by mutagenicity testing and DNA adduct analysis by 32P-postlabelling [J]. Chemico-Biological Interactions, 1996, 101(2):73-88.
- [10] Molr D, Vlaur A, Chu I, et al. Pharmacokinetics of benzo[a] pyrene in the rat[J]. Journal of Toxicological Environment Health, 1998, 53(7):507-530.
- [11] Skora E R, Stone S, Tomblins, et al. Asphalt exposure enhances neuropeptide levels in sensory pulmonary responses [J]. Journal of Toxicological Environment Health, 2003, 66(11):1015-1027.
- [12] 赵可, 李研, 吴丹. 抑烟改性沥青性能试验研究[J]. 交通标准化, 2010(21):74-76.
- Zhao Ke, LI Yan, WU Dan. Research on property of smokesuppression modified asphalt[J]. Communications Standardization, 2010(21):74-76.
- [13] 徐兆康, 俞天旭, 尹丞. 沥青烟气净化技术的应用研究[J]. 上海应用技术学院学报: 自然科学版, 2010, 10(1):15-17.
- XU Zhaohui, YU Tianxu, YIN Cheng. Research on the application of the asphalt smoke decontamination technique [J]. Journal of Shanghai Institute of Technology: Natural Science, 2010, 10(1):15-17.
- [14] 程珈宁. 沥青烟气特性及其吸附净化处理[C]//中国勘察设计协会建筑环境与设备专业委员会第2届技术交流会. 长沙: 工程设计与研究, 2007, 1226:2-27.
- [15] 任剑锋, 王增长, 牛志卿. 沥青烟的治理探索[J]. 科技情报开发与经济, 2003, 13(4):88-89.
- REN Jianfeng, WANG Zengzhang, NIU Zhiqing. Study on pollution and control of asphalt smoke in air environment[J]. SCI/TECH Information development & Economy, 2003, 13(4):88-89.
- [16] 牛利民. 低浓度沥青烟的净化处理[J]. 有色冶金节能, 2003, 20(6):33-35.
- NIU Limin. Purified treatment of low concentration pitch smoke [J]. Energy Saving of Non-ferrous Metallurgy, 2003, 20(6):33-35.
- [17] 丁汉才, 刘中沂. 用电捕法净化沥青烟气[J]. 燃料与化工, 1990, 21(2):35-38.
- DING Hancui, LIU Zhongyi. The electrostatic precipitation for purifying the smoke from the production of granular pitch [J]. Fuel & Chemical Processes, 1990, 21(2):35-38.
- [18] 李力生, 杨振坤, 张中祥. 采用旋流技术治理黄龙沥青烟[J]. 中国环保产业, 2005(6):34-35.
- LI Lisheng, YANG Zhenkun, ZHANG Zhongxiang. Black smoke-asphalt smoke treated by whirling technique [J]. China Environmental Protection Industry, 2005(6):34-35.
- [19] 国家环保总局. HJ/T45-1999 固定污染源排气中沥青烟的测定重量法[S]. 北京: 国家环保总局, 1999.

(编辑 陈移峰)