

环保型改性沥青混合料烟气检测及性能研究

孟元华^{1,2}

[1.上海公路桥梁(集团)有限公司,上海 200433; 2.上海绿色路面材料工程技术研究中心,上海 200433]

摘要:对环保型改性沥青的技术性能进行检测,通过配合比设计并验证沥青混合料的性能,并对实体工程应用中的环保型沥青混合料排放出的沥青烟气进行检测。结果表明,环保型改性沥青及沥青混合料的性能可以达到相应的技术要求,能降低沥青混合料在施工过程中大气污染物的排放量,具有良好的应用前景。

关键词:环保型改性沥青混合料;配合比设计;路用性能;沥青烟;气体检测

中图分类号: U414

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)02-0183-03

0 引言

沥青混合料施工时由于温度较高,在拌和、运输、摊铺和碾压过程中会产生大量有害、刺激、难闻的烟气,对大气环境造成污染。在隧道、城市不易通风处或人群聚居地,会给施工作业人员和城市居民带来严重威胁。优质石油沥青在140℃以下基本不生成沥青烟,部分石油沥青在使用过程中沥青烟的有毒成分较少,这是由于控制在一定温度下和一定老化程度下的沥青所释放的沥青烟较为安全,然而市场上的沥青良莠不齐,其质量很难保证。某些沥青在使用过程中会释放大量的有毒的沥青烟,这种沥青一般是老化程度较高,或掺有一定比例煤沥青的调和沥青,以及其他的改性沥青,这些沥青释放的沥青烟较多且具有一定的毒性^[1]。沥青烟中含有挥发性有机物(VOCs)、硫化物(SO₂和H₂S)、氮氧化合物、CO等大气污染物成分,其中VOCs中含有的多环芳烃化合物(PAHs)是典型的致癌物质,具有毒性、半挥发性和生物蓄积性。

环保型沥青材料通过在沥青中添加一种净味组分,与沥青中易挥发物质结合,使其转变为非挥发性物质,降低沥青烟的排放,减少对大气的污染,且保证沥青的性能基本不发生改变。本文对实体工程中应用的一种环保型改性沥青及沥青混合料的性能进行研究,并对排放的沥青烟气进行检测,分析环保型

改性沥青的净味效果,为环保型沥青的应用和检测提供参考。

1 工程简介

沿江通道越江隧道(浦西牡丹江路—浦东外环线)新建工程V标段,西起浦西牡丹江路口东侧,东接浦东双江路以东外环线,全长约8.7 km。隧道段长约6.5 km,采用4 cm的SMA-13和6 cm的AC-20C双层结构。本文对工程中使用的SMA-13混合料性能和排放的沥青烟气成分和浓度进行研究,该类混合料所使用的沥青是净味重载改性沥青。

2 配合比设计

2.1 原材料

本工程采用的净味重载改性沥青性能指标见表1,检测结果满足技术要求。有研究认为,净味沥青和非净味沥青的技术性能指标相同,净味组分不改变沥青的基本性能,因此,可判定净味重载沥青和重载沥青的基本性能大致相同,可采用相同的技术指标要求^[2]。为了分析净味重载沥青的技术特点,对照SBS改性沥青的技术性能标准进行分析。从指标要求上看,净味重载改性的软化点和弹性恢复要求明显提高,说明净味重载沥青的高温性能和抗疲劳性能要高于SBS改性沥青。

对集料、矿粉的密度和级配进行检测,均能满足《公路沥青路面施工技术规范》^[3]要求,集料的密度与筛分结果见表2。

2.2 级配

选择5.8%的沥青掺量,根据配合比设计结果和马歇尔试验结果,得出合成级配和体积参数,见表3

收稿日期:2021-08-26

基金项目:上海市科学技术委员会科研计划项目(19DZ1204205);上海市科学技术委员会科研计划项目(20DZ1202100)

作者简介:孟元华(1986—),男,学士,工程师,从事道路施工工作。

表 1 沥青主要性能指标

检测项目	SBS I-D	净味重载沥青	
	技术要求	技术要求	检测结果
软化点(环球法)/℃	≥60	≥85	88
针入度(25℃,100 g,5 s)/0.1 mm	40~60	30~60	56
延度(5℃,5 cm/min)/cm	≥20	≥30	34
闪点/℃	≥230	≥280	296
弹性恢复/%	≥75	≥80	86
溶解度/%	≥99	≥99	99.88
离析,48 h 软化点差/℃	≤2.5	≤2.0	1.2

和表 4,SMA-13 的级配和体积参数均符合技术要求。

表 2 集料密度与筛分结果

集料类型	规格 /mm	表观相对密度	毛体积密度	筛孔尺寸 /mm									
				16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
				筛分通过率 /%									
粗集料	10~15	2.902	2.852	100	92.2	13.5	3.0	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8
	5~10	2.904	2.845	100	100	98	6.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	3~5	2.788	2.732	100	100	100	90.6	10.3	1.1	1.1	1.1	1.1	0.7
细集料	0~3	2.816	2.752	100	100	100	100	83	56.8	35.9	19.8	13.7	10
矿粉	矿粉			100	100	100	100	100	100	100	100	97.4	88

表 3 SMA-13 合成级配

筛孔尺寸/mm	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成级配(掺配比例,40:37:4:9:10)/%	100	96.9	64.7	26.3	18.4	15.7	13.8	12.4	11.6	10.2
级配范围/%	100	90~100	50~75	20~34	15~26	14~24	12~20	10~16	9~15	8~12

表 4 马歇尔试验结果

马歇尔设计参数	毛体积相对密度	最大理论密度	空隙率VV/%	矿料间隙率VMA/%	沥青饱和度VFA/%	稳定度MS/kN	流值FL/mm
马歇尔试验结果	2.482	2.582	3.9	17.2	77.4	9.41	2.9
设计标准	—	—	3~4	≥17	75~85	≥6.0	2~5

表 5 性能测试结果

性能指标	技术要求	检测结果
动稳定度/(次·mm ⁻¹)	≥7 000	8 115
冻融劈裂强度比/%	≥80	92.1
残留稳定度/%	≥85	91.8
渗水系数/(mL·min ⁻¹)	≤60	15
低温弯曲破坏应变(-10℃)/με	≥3 000	3 113

4 沥青混合料烟气排放检测

对摊铺现场使用的净味重载沥青混合料排放的烟气进行测试。

主要使用的仪器包括:

(1)气体探测器,采用 Honeywell 厂家生产的 RAE 六合一检测器,其气体测试范围为 SO₂、NO、H₂S、VOCs 等,最小计数单位为 0.000 01%,需配备过滤器(型号:009-3022-010)。对应的气体检测体积分数上限建议 SO₂ 为 0.01% 或更高,NO 为 0.025%,H₂S 为 0.01% 或更高,VOCs 为 0.099 9%。

3 性能分析

对净味重载 SMA-13 改性沥青混合料的高温性能、低温性能和水稳定性能进行检测^[4],结果见表 5。沥青混合料的动稳定度高达 8 155 次/mm,远高于 7 000 次/mm 的技术要求,说明该净味重载沥青混合料具有较好的高温性能。冻融劈裂实验和和残留稳定度试验结果均超出技术要求,表明该净味重载沥青混合料具有较好的水稳定性。

- (2)钢卷尺:量程 0~1 m,精度 1 mm。
- (3)插入式温度计:量程 0~200℃,分度值 0.1℃。
- (4)警示杆:长度根据现场需要选择。
- (5)导气管:长度根据现场需要选择。
- (6)PPE 设备,棉手套/隔热手套,安全眼镜,安全鞋,防毒面具,硫化氢报警仪,长袖工作服。

具体测试步骤包括:

- (1)将气体探测器在洁净空气中开机,预热结束后,选择在室外通风、空气质量良好的环境下,点击 start 按键,进行校准工作,完成校准工作,时间为 60 s;
- (2)将气体探测器尽量靠近沥青混合料表面,同时需保证气体探测器与摊铺机下面的沥青混合料有安全距离,并能进行平稳测试,将 RAE 气体探测分析仪固定在摊铺机搅拌笼叶片上方 10 cm 左右,其吸气探头朝向沥青混合料方向;
- (3)在气体探测器这边设置警示杆,以提醒周围施工人员注意相关安全;

(4)采用插入式温度计每间隔 60 s,测量气体探测仪探头下方沥青混合料温度,并进行实时记录,测试时长为 20 min;

(5)实验开始后,此时要关注气体探测仪设备泵的工作状态,防止泵有突然停止的现象发生;

(6)完成测试后,及时取出仪器,并做好数据保存,将卸下过滤器的气体探测仪置新鲜空气中待数据归零;

(7)待气体探测仪设备数据归零后进行下一个实验,每次实验前需要更换新的过滤器;

(8)根据设备操作步骤将设备里面的数据导出。

为了解沥青混合料在室外的最大烟气排放量,对净味重载改性沥青混合料和 SBS 改性沥青混合料进行气体排放测试,2 种混合料施工温度控制条件相同,取检测温度范围内(168–172℃)最大气体排放指标,见表 6。

表 6 沥青混合料气体排放检测结果

检测指标	净味重载改性沥青混合料	SBS 改性沥青混合料
SO ₂ /%	0.000 03	0.000 11
NO/%	0.000 45	0.000 75
H ₂ S/%	0.000 13	0.000 16
CO/%	0.001 7	0.004
VOCs/%	0.002	0.004 2

从表 6 可以看出,气体检测仪器主要检测 5 种大气污染物的浓度,包括:SO₂、NO、H₂S、CO 和

VOCs。VOCs 和 CO 排放量最高,证明沥青烟气中挥发性有机化合物和一氧化碳是最主要的组成成分。VOCs 包含了多环芳香烃类物质(PAHs),该类物质具有致癌作用,具有毒性、半挥发性和生物蓄积性,对人体健康有较大的影响。CO、H₂S、SO₂、NO 浓度过高对人体和环境都将产生巨大的影响。通过 2 种沥青混合料的气体排放对比研究,证明净味沥青能降低沥青混合料在施工过程中大气污染物的排放量。

5 结 语

本文研究了净味重载沥青及相应 SMA-13 沥青混合料的技术性能,结果表明能够满足设计要求。对施工现场排放的沥青烟气进行检测,发现在应用过程中产生的沥青烟浓度明显低于其他沥青混合料,符合现代城市建设中环保理念,具有较好的应用前景。

参考文献:

[1] 曹嘉慧,申峻,王玉高,等.共混沥青烟中 16 种多环芳烃的释放规律[J].煤炭转化,2019,042(5):88–96.
[2] 周玥.环保型沥青混合料的性能对比分析[J].城市道桥与防洪,2019,247(11):18–19+178–181.
[3] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
[4] JTG E20—2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

(上接第 182 页)

建筑结构,2015,45(19):13–17.
[5] 沈国辉,孙炳楠,楼文娟.大跨屋盖悬挑结构的风荷载分析[J].空气动力学报,2004,22(1):41–46.
[6] 苏益,李明水,杨阳,等.山区单悬臂廊桥结构抖振响应及等效风荷载[J].西南交通大学学报,2019,54(1):121–128.
[7] Xie J, Hunter M,Irwin P. Experimental and analytical approaches in wind engineering studies for bridges [C].IABSE Symposium on “Responding to Tomorrow’s Challenges in Structural Engineering”, Budapest, Hungary, 2006.
[8] 项海帆.进入 21 世纪的桥梁风工程研究[J].同济大学学报(自然科学版),2002,30(5):529–532.
[9] 叶征伟.山区高墩大跨连续刚构桥风环境及风荷载研究[D].浙江杭州:浙江大学,2012.
[10] 希缪,斯坎伦.风对结构的作用:风工程导论(第二版)[M].上海:同济大学出版社,1992.
[11] 《公路桥梁抗风设计指南》编写组.公路桥梁抗风设计指南[M].北京:人民交通出版社,2004.
[12] JTG/T D60-01—2004,公路桥梁抗风设计规范[S].