

基于 TFOT 试验的 SBS 改性剂掺量检测方法研究

房士伟

(青海省公路科研勘测设计院, 青海 西宁 810001)

摘要: 为准确检测 SBS 改性剂的掺量, 保证 SBS 改性沥青的性能, 通过 163、168、173、178、183 ℃ 的 TFOT 试验, 研究改性剂掺量分别为 1%、2%、3%、4%、5% 的 SBS 改性沥青的针入度、软化点、5 ℃ 延度、135 ℃ 运动黏度、弹性恢复随老化温度的变化规律, 得出不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青的延度随老化温度变化规律一致, 因此采用 5 ℃ 延度—老化温度曲线检测 SBS 改性剂掺量。结果表明: 利用 5 ℃ 延度—老化温度曲线检测 SBS 改性剂掺量的方法是合理的。

关键词: 道路工程; SBS 改性沥青; SBS 改性剂掺量; TFOT 试验; 延度; 老化温度

SBS 改性剂的掺量是控制 SBS 改性沥青质量的重要指标。根据现有的研究成果, SBS 掺量对 SBS 改性沥青路用性能具有显著的影响。

目前最常用的 SBS 改性剂掺量测定方法为红外光谱法和宏观路用性能法。例如, 李炜光、马士让根据傅立叶变化红外光谱仪扫描的红外光谱特征建立 SBS 剂量与特征吸收峰处吸光度的线性回归模型检测 SBS 改性剂掺量。虽然红外光谱法能快速测试, 但误差较大; 杨朝辉、刘登武根据黏温曲线测定 SBS 改性剂掺量, 但是改性沥青的黏温曲线比基质沥青的黏温曲线规律性差, 因此检测误差较大。

沥青厂家为降低生产成本, 利用外加剂(稳定剂、增黏剂等)代替 SBS 改性剂, 虽然能暂时提高其性能指标, 但是路面运营后沥青性能衰减快, 造成沥青路面使用寿命下降。采用老化前的沥青性能指标与 SBS 改性剂掺量的关系法不能准确地检测 SBS 改性剂

掺量。

为了能准确地检测 SBS 改性剂掺量, 消除外加剂对沥青性能的影响, 对 SBS 改性沥青进行老化, 研究老化后沥青指标与 SBS 改性剂掺量的关系, 进而确定 SBS 改性剂的掺量。

1 原材料与试验方案设计

1.1 原材料

(1) 基质沥青

采用两种基质沥青制备 SBS 改性沥青, 分别为 ESSO—90[#]、SK—90[#], 基质沥青实测指标和四组分见表 1。

(2) SBS 改性剂

SBS 改性剂采用燕山石化 SBS 4303, 主要技术指标见表 2。

表 1 基质沥青技术指标

基质沥青	25 ℃ 针入度/ (0.1 mm)	15 ℃ 延度/cm	软化点/ ℃	四组分/%			
				沥青质	饱和分	芳香分	胶质
ESSO—90 [#]	93.5	>100	47.0	11.2	22.5	53.3	14.9
SK—90 [#]	94.8	>100	47.5	11.8	21.8	52.2	14.5

表 2 SBS 4303 改性剂指标

SBS 牌号	嵌段比 S/B	300%定伸 应力/MPa	拉伸强度/ MPa	扯断伸长 率/%	拉断永久 变形/%
4303	30/70	2.1	7.2	610	30

收稿日期: 2018—12—04

作者简介: 房士伟, 男, 硕士, 工程师. E-mail: 799950562@qq.com

(3) SBS 改性沥青

SBS 改性沥青在试验室中制备,改性剂掺量分别为 1%、2%、3%、4%、5%(内掺),基质沥青 ESSO—90[#]、SK—90[#] 制备的 SBS 改性沥青分别记为 1[#]、2[#],主要技术指标见表 3。

1.2 设计方案

(1) 进行不同老化温度的沥青薄膜烘箱试验,老

化温度分别为 153、158、163、168、173 ℃,研究在不同老化温度条件下 SBS 改性剂掺量对老化后 SBS 改性沥青针入度、软化点、延度、运动黏度、弹性恢复的影响规律。

(2) 根据老化后 SBS 改性沥青的性能指标与 SBS 改性剂掺量的关系,确定适合检测 SBS 改性剂掺量的性能指标。

表 3 SBS 改性沥青主要技术指标

改性 沥青	SBS 改性剂 掺量/%	25 ℃ 针入度/ (0.1 mm)	软化点/ ℃	5 ℃ 延度/ cm	135 ℃ 运动黏度/ (Pa·s)	25 ℃ 弹性恢 复/%
1 [#]	1	82.5	51.1	13.5	0.660	56
	2	77.4	56.8	22.6	0.875	65
	3	64.3	76.1	34.0	1.060	76
	4	58.6	80.2	41.6	1.424	89
	5	56.6	82.4	49.6	1.920	96
2 [#]	1	83.6	52.1	15.6	0.561	58
	2	81.7	59.6	24.5	0.745	69
	3	78.7	65.4	36.7	0.918	82
	4	66.1	71.2	42.7	1.387	90
	5	60.9	78.7	51.5	1.865	98

(3) 对不同掺量的 SBS 改性沥青的检测指标与老化温度进行拟合,确定 SBS 改性剂掺量的检测方法。

2 老化温度对不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青的影响

对不同 SBS 改性剂掺量的沥青进行薄膜烘箱老

化试验,薄膜烘箱试验温度分别为 153、158、163、168、173 ℃,检测老化后改性沥青的针入度、软化点、延度、运动黏度和弹性恢复,每个指标进行 3 个平行试验,取其平均值作为试验结果。

2.1 老化温度对针入度的影响

老化温度对不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青针入度的影响如图 1 所示。

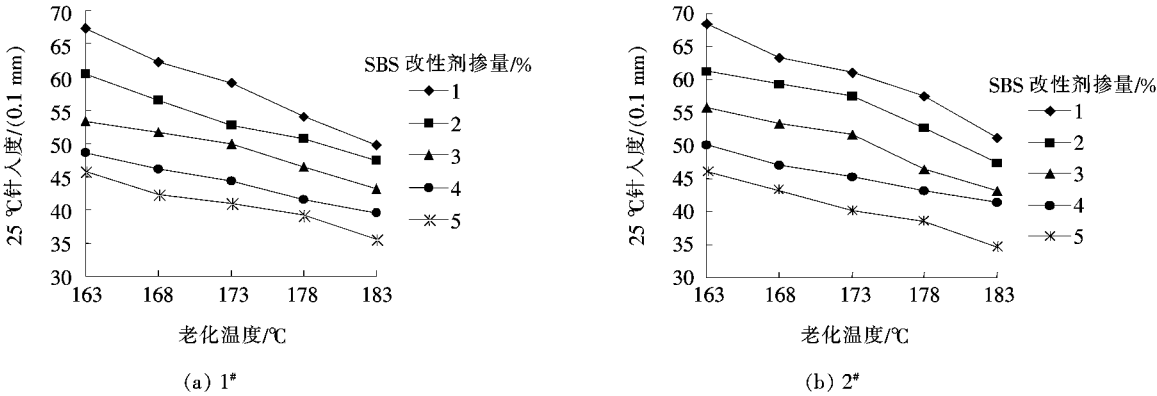


图 1 老化温度对不同掺量的 SBS 改性沥青 25 ℃ 针入度的影响

由图 1 可知:① SBS 改性剂掺量相同时,针入度随老化温度的升高而降低,是因为随着老化温度的升

高,轻质组分挥发,沥青质含量升高,改性沥青变硬;② 老化温度相同时,针入度随 SBS 改性剂掺量的增加而

降低,是因为 SBS 掺入沥青中形成网状结构,随着 SBS 改性剂掺量的增加,网状结构越发达,阻碍沥青的流动。

不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青的针入度随老化温度的变化曲线不一致,因此针入度不适合作为检

测 SBS 改性剂掺量的指标。

2.2 老化温度对软化点的影响

老化温度对不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青软化点的影响如图 2 所示。

由图 2 可知:①SBS 改性剂掺量相同时,软化点

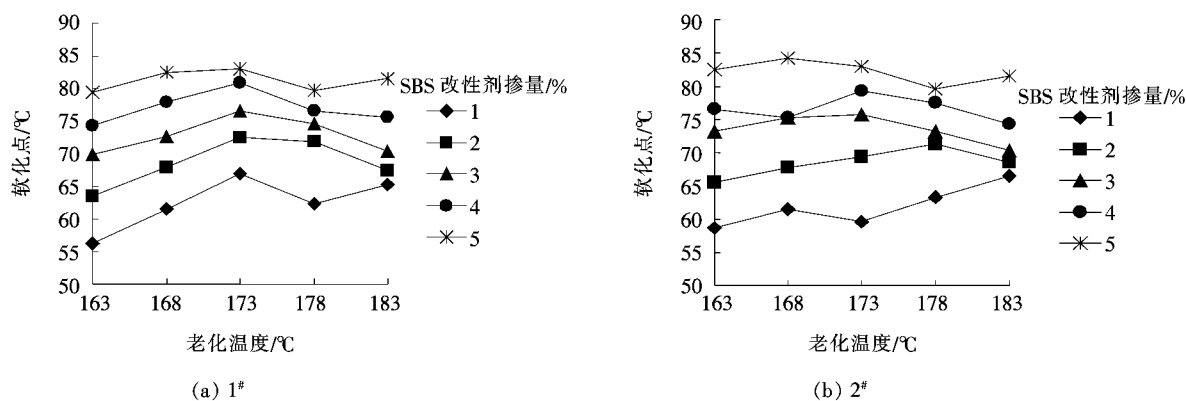


图 2 老化温度对不同掺量的 SBS 改性沥青软化点的影响

的变化随老化温度的变化规律不明显,是因为影响软化点的因素如 SBS 的应力状态、SBS 与沥青的配伍性、相容性以及沥青各组分均与温度关系较大,因此在高温老化条件下软化点变化规律不明显;② 老化温度相同时,软化点随 SBS 改性剂掺量的增加而升高,是因为 SBS 掺入沥青中形成网状结构,阻碍沥青的流动。

不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青的软化点随老化温度的变化曲线复杂,因此软化点不适合作为检测 SBS 改性剂掺量的指标。

2.3 老化温度对 5 °C 延度的影响

老化温度对不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青 5 °C 延度的影响如图 3 所示。

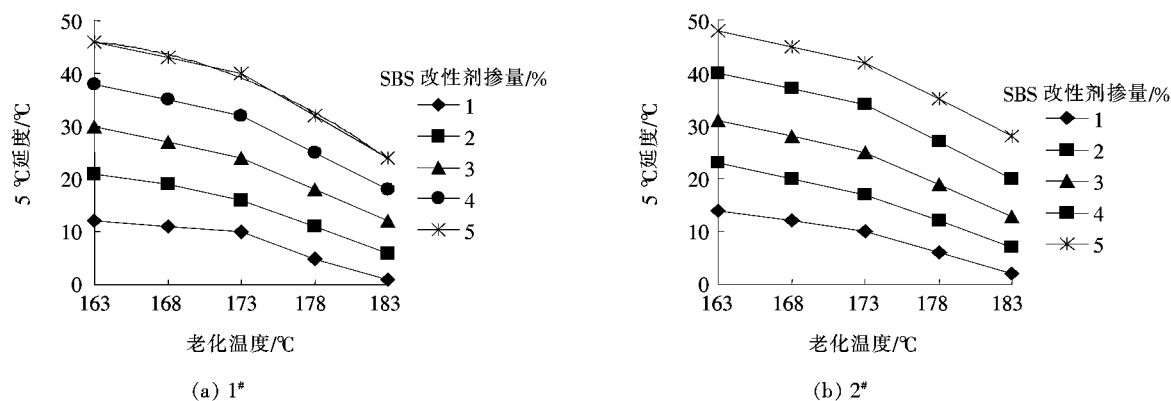


图 3 老化温度对不同掺量的 SBS 改性沥青 5 °C 延度的影响

由图 3 可知:① SBS 改性剂掺量相同时,5 °C 延度随老化温度的升高而减小,是因为延度与胶质含量密切相关,随着老化温度的升高,胶质转化为沥青质,温度越高,转化程度越大,延度越小;② 老化温度相同时,5 °C 延度随 SBS 改性剂掺量的增加而增大,是因为 SBS 在低温条件下的变形能力比基质沥青强,SBS 掺入沥青发生溶胀,随着 SBS 改性剂掺量的增加,延度增大。

不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青的 5 °C 延度随老化温度的变化曲线一致,因此 5 °C 延度可作为检测 SBS 改性剂掺量的指标。

对不同改性剂掺量的老化温度对 5 °C 延度的影响关系进行函数拟合,结果如表 4 所示。

2.4 老化温度对 135 °C 运动黏度的影响

老化温度对不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青 135 °C 运动黏度的影响如图 4 所示。

表 4 不同改性剂掺量的 5 ℃ 延度 y 与老化温度(x)的函数关系

SBS 改性剂掺量/%	1 [#]	2 [#]
1	$y = -1.071\ 4x^2 + 0.928\ 6x + 46$	$y = -0.857\ 1x^2 + 0.142\ 9x + 48.6$
2	$y = -0.857\ 1x^2 + 0.142\ 9x + 38.6$	$y = -0.857\ 1x^2 + 0.142\ 9x + 40.6$
3	$y = -0.642\ 9x^2 - 0.642\ 9x + 31.2$	$y = -0.642\ 9x^2 - 0.642\ 9x + 32.2$
4	$y = -0.571\ 4x^2 - 0.371\ 4x + 22$	$y = -0.428\ 6x^2 - 1.428\ 6x + 24.8$
5	$y = -0.714\ 3x^2 + 1.485\ 7x + 11.2$	$y = -0.428\ 6x^2 - 0.428\ 6x + 14.8$

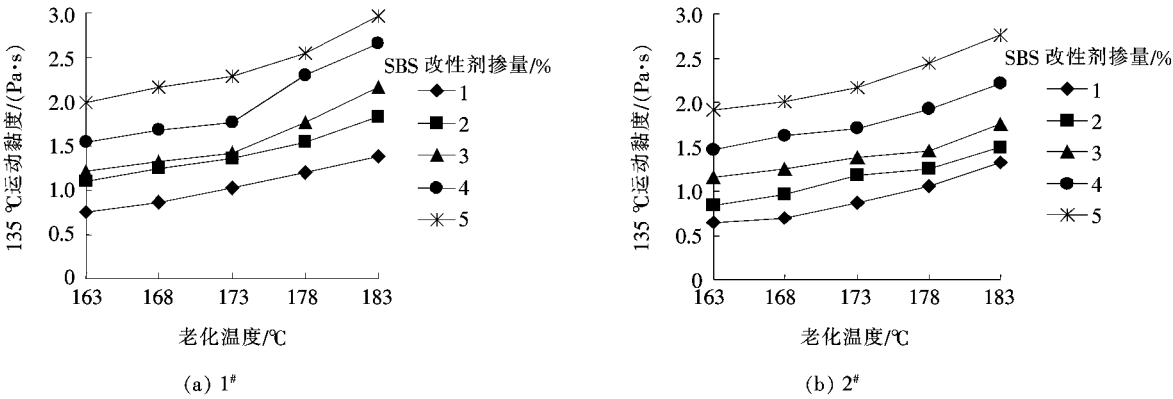


图 4 老化温度对不同掺量的 SBS 改性沥青运动黏度的影响

由图 4 可知:① SBS 改性剂掺量相同时,135 ℃ 运动黏度随老化温度的升高而增大,是因为轻质组分在高温条件下挥发,沥青质含量升高,温度越高,挥发程度越大,运动黏度越大;② 老化温度相同时,135 ℃ 运动黏度随 SBS 改性剂掺量的增加而增大,是因为 SBS 掺入沥青中形成网状结构,随着 SBS 改性剂掺量的增加,网状结构越发达,阻碍沥青的流动,因此黏度增大。

不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青的 135 ℃ 运动黏度随老化温度的变化曲线不一致,因此 135 ℃ 运动黏度不适合作为检测 SBS 改性剂掺量的指标。

2.5 老化温度对 25 ℃ 弹性恢复的影响

老化温度对不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青 25 ℃ 弹性恢复的影响如图 5 所示。

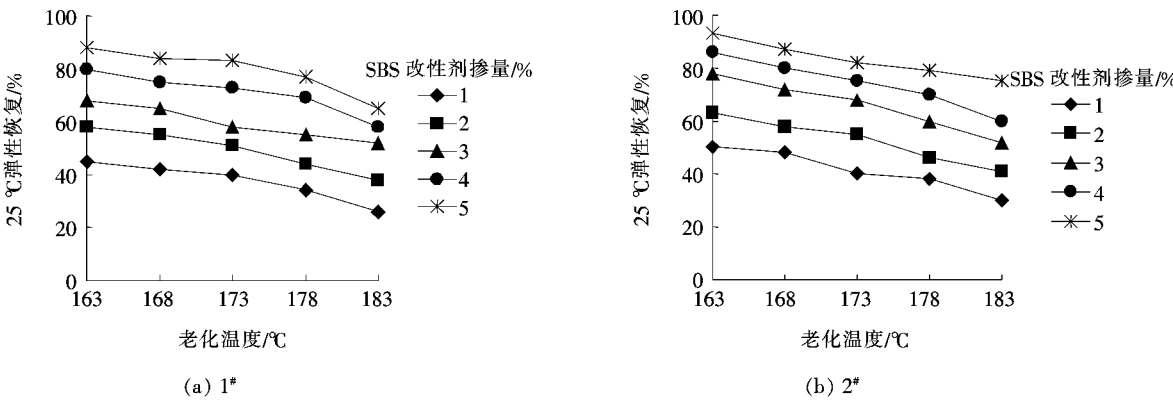


图 5 老化温度对不同掺量的 SBS 改性沥青弹性恢复的影响

由图 5 可知:① SBS 改性剂掺量相同时,25 ℃ 弹性恢复随老化温度的升高而减小,因为 SBS 是苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段聚合物,但丁二烯中的 C=C 键在高温条件下极易氧化使得 SBS 发生氧化降解,使 SBS 改性沥青原有的弹性降低,温度越高,弹性降低程

度越大;② 老化温度相同时,25 ℃ 弹性恢复随 SBS 改性剂掺量的增加而增大,是因为 SBS 具有良好的弹性,随着 SBS 含量的增加,弹性恢复增大。

不同改性剂掺量的 SBS 改性沥青的 25 ℃ 弹性恢复随老化温度的变化曲线不一致,因此 25 ℃ 弹性恢复

不适合作为检测 SBS 改性剂掺量的指标。

3 SBS 改性剂掺量的检测方法

3.1 制备标样 SBS 改性沥青

根据待检测试样的基质沥青和 SBS 改性剂,试验室制备改性剂掺量 1%、2%、3%、4%、5% 标样 SBS 改性沥青。

3.2 标样 SBS 改性沥青老化

(1) 将标样 SBS 改性沥青进行老化,老化试验仪器采用薄膜烘箱或旋转薄膜烘箱,老化方法采用 TFOT 或 RTFOT,老化温度为 163、168、173、178、183 ℃。

(2) 检测老化后标样 SBS 改性沥青 5 ℃ 延度,试验仪器采用有自动控温、控速系统的延度仪。

(3) 绘制每个标样 SBS 改性沥青老化温度—5 ℃ 延度曲线函数图,形成标样 SBS 改性沥青老化温度—5 ℃ 延度曲线函数标准图。

3.3 待测试样 SBS 改性沥青老化

(1) 将待测试样 SBS 改性沥青进行老化,老化试验仪器采用薄膜烘箱或旋转薄膜烘箱,老化方法采用 TFOT 或 RTFOT(与标样 SBS 改性沥青老化方法一致),老化温度分别设为 163、168、173、178、183 ℃。

(2) 测量老化后待测试样 SBS 改性沥青 5 ℃ 延度,试验仪器采用有自动控温、控速系统的延度仪。

(3) 在标样 SBS 改性沥青 5 ℃ 延度—老化温度曲线标准图中绘制待测试样 SBS 改性沥青 5 ℃ 延度—老化温度曲线函数。

3.4 确定待测试样 SBS 改性沥青的改性剂掺量

(1) 根据待测试样 SBS 改性沥青的 5 ℃ 延度—老化温度曲线函数在标准函数图中的位置,确定待测试样 SBS 改性沥青的 5 ℃ 延度—老化温度曲线在标样 SBS 改性沥青的 5 ℃ 延度—老化温度曲线中的位置,初步确定待测试样 SBS 掺量范围。

(2) 将这两条标样 SBS 改性沥青的 5 ℃ 延度—老化温度曲线之间的距离进行 5 等分,从而在该两条标样 SBS 改性沥青的 5 ℃ 延度—老化温度曲线之间得到 4 条新的 5 ℃ 延度—老化温度曲线。

(3) 将待测试样 SBS 改性沥青的 5 ℃ 延度—老化温度曲线与 6 条 5 ℃ 延度—老化温度曲线进行比较,与待测试样的 5 ℃ 延度—老化温度曲线位置最接近的一条 5 ℃ 延度—老化温度曲线所对应的改性剂掺量即为待测试样的改性剂掺量。

3.5 检测方法的合理性验证

试验制备 SBS 改性剂掺量为 4.4%、4.6%、4.8% 的改性沥青,分别采用红外光谱法和 5 ℃ 延度—老化温度曲线法进行检测,结果见表 5。

表 5 SBS 改性剂掺量检测结果			%
试验室改性剂掺量	红外光谱法检测改性剂掺量	5 ℃ 延度—老化温度曲线法检测改性剂掺量	
4.4	4.41	4.37	
4.6	4.58	4.63	
4.8	4.80	4.79	

由表 5 可知:采用 5 ℃ 延度—老化温度曲线法检测出的 SBS 改性剂掺量与实际结果仅相差 0.2%~0.3%,与红外光谱法检测结果相差不大,因此该检测方法是可行的。

4 结论

通过对不同 SBS 改性剂掺量的沥青进行 163、168、173、178、183 ℃ 的老化试验,研究老化后沥青针入度、软化点、延度、运动黏度、弹性恢复随老化温度的变化规律,得出 SBS 改性剂掺量的检测方法。

(1) SBS 改性剂掺量相同时,25 ℃ 针入度、135 ℃ 运动黏度随老化温度的升高而增大;5 ℃ 延度、25 ℃ 弹性恢复随老化温度的升高而减小,软化点随老化温度的变化规律不明显。

(2) 老化温度相同时,25 ℃ 针入度、软化点、5 ℃ 延度、135 ℃ 运动黏度、25 ℃ 弹性恢复均随 SBS 改性剂掺量的增加而增大。

(3) 利用 5 ℃ 延度—老化温度曲线检测 SBS 改性剂掺量,通过红外光谱法验证了该检测方法是合理的。

(4) 由于不同基质沥青加入等量改性剂后技术指标不尽相同,因此该文所建立的关系图仅适用于 ES-SO-90#、SK-90# 两种基质沥青,不具有普适性。若测定其他种类的 SBS 改性沥青改性剂掺量,必须单独进行试验,根据试验数据采用该文提供的方法测定 SBS 改性剂掺量。

参考文献:

[1] 张榆. SBS 改性沥青掺量测试及加工质量评价[D]. 长安大学硕士学位论文, 2011.

[2] Yetkin Yildirim. Polymer Modified Asphalt Binders[J]. Construction and Building Materials, 2007, 21:66-72.

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2019.05.058

碱激发废旧混凝土道路基层材料在马桥河路 改建工程中的应用

郭一枝¹, 万晷², 吴超凡²

(1.湖南省高速公路集团有限公司, 湖南 长沙 410003; 2.湖南省建筑固废资源化利用工程技术研究中心)

摘要: 该文主要对碱激发废旧混凝土道路基层材料的应用进行了研究。试验首先对比了天然集料与混凝土再生集料性能;其次按规范和设计要求对混合料相应指标进行试验和控制。混合料测试指标有延时成型强度、劈裂强度、抗压回弹模量、干缩性、抗冲刷性能,从混合料路用性能测试结果得出,同等材料掺量条件下,碱激发废旧混凝土道路基层材料各项性能指标优于水泥稳定再生集料;最后将碱激发废旧混凝土道路基层材料应用于马桥河路改建工程中,实现原材料成本节约40%,同时,该项目对推进建筑固体废物资源化利用具有深远意义。

关键词: 废旧混凝土;再生集料;水泥稳定再生集料;路用性能

1 前言

建筑业作为中国国民经济的支柱产业之一,在中国现代化建设的进程中扮演了重要的角色,但建筑业的繁荣发展也产生了大量的建筑垃圾。据统计,中国所产生的建筑固体废弃物占全世界的30%,而在这些建筑固体废弃物中有40%是城市建筑垃圾。2017年中国产生的建筑垃圾超过了29亿t,其再生利用率仅10%左右,2020年时建筑垃圾的产量可能达到峰值。目前,中国政府已十分重视建筑垃圾危害问题,通过出台相关政策,极力号召社会各界力量寻找一条建筑垃圾资源化利用的可持续发展道路。另外,截止到2016年年底,中国高速公路建成通车总里程突破13万

km,为世界第一,并且2017年预计新增高速公路5000km,增速也位居全球第一。就湖南而言,2016年底,湖南省公路通车总路程238273km,其中高速公路通车里程达6080km,排名中国第六,预计到2020年达到7000km以上。中国公路建设的快速发展消耗了大量天然集料。近些年,由于矿石过渡开采造成一系列的环境问题,并且许多大城市周围矿石资源枯竭,用于道路建设的集料往往来源于数百公里以外的矿区,上述现象给中国环境和经济建设造成巨大困难。合理地把建筑固体废物替代天然集料用于道路工程建设中是解决上述问题的最佳途径。

由建筑固体废物破碎而成的再生集料具有吸水率大、强度低等特点,如将再生集料直接制备基层混合料,混合料工作性、路用性能波动较大,质量较难控制。

- *****
- [3] Cortizo M S, Larsen D O, Bianchetto H, et al. Effect of the Thermal Degradation of SBS Copolymers during the Aging of Modified Asphalts[J]. Polym Degrad Stab, 2004, 86: 275-282.
- [4] 李炜光, 周巧英, 李强, 等. SBS测试方法及机理研究[J]. 石油沥青, 2010(5).
- [5] 武建民, 张雪林, 陈忠达, 等. 改性沥青中SBS剂量检测方法[J]. 交通运输工程学报, 2012(3).
- [6] 马士让. SBS改性沥青质量控制技术研究[D]. 长安大学硕士学位论文, 2012.
- [7] 刘登武. 原材料参数对SBS改性沥青指标的影响及SBS剂量针入度法测试技术研究[D]. 长安大学硕士学位论文, 2011.
- [8] 杨朝辉. SBS改性沥青的流变性能及改性剂剂量研究[D]. 长安大学硕士学位论文, 2011.

收稿日期: 2019-06-12

基金项目: 湖南省交通运输厅重点科技项目(编号: 201806), 长沙市重大专项(编号: kq1804053), 湖南省交通运输厅2013年度科技进步与创新项目(编号: 201307)

作者简介: 郭一枝, 男, 大学本科, 高级工程师.