

Study on Evaluation Method of SBS Content in Modified Asphalt by Infrared Spectroscopy

Sulong ZHANG¹ Yuxuan YANG¹ HaoREN¹ Shitong LIU²

1. Jiangsu Dongdu Engineering Testing Co., Ltd. Nanjing 210000

2. Jiangsu Provincial Transportation Engineering Construction Bureau Nanjing 210000

Abstract

In modified asphalt, the control of SBS modifier dosage is the key point of quality control. In this paper, according to Lambert-Beer law, the typical absorption characteristic peaks of matrix bitumen and SBS modified asphalt are determined, and the SBS dosage is quantitatively detected by infrared spectroscopy, and the following research conclusions are obtained: (1) based on Lambert-Beer law, The standard curves of 966cm⁻¹ and 1377cm⁻¹ absorption Peak area ratio in SBS content and infrared spectroscopy can be established by quantitative detection of SBS content in SBS modified asphalt samples. (2) The standard curve of SBS content of three kinds of brand asphalt is established, and the correlation coefficient can reach 0.99. (3) The standard curve established in this paper has high precision and can be used for SBS content detection in solid engineering.

Key Words

Infrared Spectroscopy, SBS Content, Characteristic Peaks

DOI:10.18686/glgc.v1i2.455

红外光谱对改性沥青中 SBS 含量的评价方法研究

张苏龙¹ 杨宇轩¹ 张仁豪¹ 刘世同²

1. 江苏东交工程检测股份有限公司, 南京, 210000

2. 江苏省交通工程建设局, 南京, 210000

摘要

在改性沥青中, SBS 改性剂掺量的控制是质量控制的重点。本文根据 Lambert-Beer 定律, 确定基质沥青、SBS 改性沥青典型的吸收特征峰, 采用红外光谱对 SBS 掺量进行定量检测, 得到以下研究结论: (1) 基于 Lambert-Beer 定律, 可以通过 SBS 含量与红外光谱图中 966cm⁻¹ 和 1377cm⁻¹ 吸收峰面积比建立标准曲线, 对 SBS 改性沥青样品中的 SBS 含量进行定量检测; (2) 建立三种品牌沥青的 SBS 含量标准曲线, 相关系数可达 0.99; (3) 本文建立的标准曲线具有较高的精度, 可用于实体工程中的 SBS 含量检测。

关键词

红外光谱; SBS 含量; 特征峰

1. 引言

随着目前公路建设中改性沥青质量的差异性和变异性越来越明显, 部分高速公路的沥青路面也由于沥青质量的问题出现一些早期损坏。为了保证改性沥青的质量, 对改性沥青中 SBS 改性剂掺量的控制成为质量控制的重点^{[1][2]}。

与普通道路石油沥青相比, SBS 改性沥青价格较高, 因而在经济利益的驱使下, 不法沥青厂商在供应

SBS 改性沥青时弄虚作假, 采用调和、勾兑、弱改性等手段以次充好, 谋取经济上的利益, 因此需要对改性沥青中改性材料的掺量、种类进行鉴别与评价。

2. 试验原理

根据 Lambert-Beer 定律, 特征官能团在特定波长的红外吸收峰面积与物质浓度呈正比关系^[3]。基于混合

物的光谱是每个纯成分的加和,因此可以利用光谱中的特征峰测量混合物中各成分的百分含量^[4]。有机化合物中官能团具有相当大的独立性,故每个成分可选一二个特征峰,测其不同浓度下的吸收强度,得到浓度对吸收强度的工作曲线。

此外,与其它定量分析方法相比,红外光谱定量分析法要求所选择的定量分析峰应有足够的强度,即摩尔吸光系数大的峰,且不与其他峰相重叠,以减少杂质的影响,同时只有当吸光度值<1.0时,其定量信息才被认为是可靠的^[5]。

基质沥青、SBS 和 SBS 改性沥青的红外光谱图如下图所示,从图中可以看出,基质沥青、SBS 改性沥青

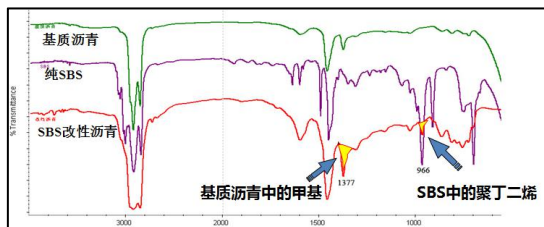


图1 基质沥青、SBS 和 SBS 改性沥青的红外光谱图

在 1377cm⁻¹ 处均存在典型的吸收特征峰,而纯 SBS 在该处并未吸收峰产生,因此可以判断该位置的吸收峰属于基质沥青中-CH₃-剪式振动而形成,并且不随 SBS 的加入而发生明显变化,因此可以使用该处特征峰的面积表征 SBS 改性沥青中基质沥青的含量^[6]。基质沥青、SBS 和 SBS 改性沥青的红外光谱图如下图所示,从图中可以看出,基质沥青、SBS 改性沥青在 1377cm⁻¹ 处均存在典型的吸收特征峰,而纯 SBS 在该处并未吸收峰产生,因此可以判断该位置的吸收峰属于基质沥青中-CH₃-剪式振动而形成,并且不随 SBS 的加入而发生明显变化,因此可以使用该处特征峰的面积表征 SBS 改

性沥青中基质沥青的含量^[6]。

此外,在 SBS 改性沥青中,966cm⁻¹ 处的吸收峰属于 SBS 中碳碳双键上-CH- (聚丁二烯) 的弯曲振动峰,而基质沥青在该位置并无吸收峰产生,因此可以判断,该位置的吸收峰可作为 SBS 改性剂的专属吸收峰,并且不受基质沥青等物质干扰,该位置吸收峰的面积可以表征 SBS 改性沥青中 SBS 添加剂的含量。

$$A = \frac{S_{966}}{S_{1377}}$$

因此,本文选取改性沥青红外光谱图中 966cm⁻¹ 处的 C=C 基团上碳氢键弯曲振动特征吸收峰和 1377cm⁻¹ 处的吸收峰,作为 SBS 含量测定的特征吸收峰。分别测量特征吸收峰面积 (S₉₆₆ 和 S₁₃₇₇),如上式所示,计算两峰面积的比值 (A),以比值 (A) 与 SBS 含量建立线性标准曲线。后期在现场检测过程中,通过对待测改性沥青试样进行红外光谱检测、两特征峰面积测量以及比值 (A) 的计算,对照标准曲线,确定试样中 SBS 的含量。

3.SBS 改性沥青样品采集

改性沥青的生产可使用直接投放法、强剪切法、母体法、溶剂法等方法,不同方法的工艺、参数均存在明显差异。此外,考虑到若采用室内自制的手段生产不同 SBS 含量的改性沥青,由于实验室的改性沥青生产设备、发育条件等参数难以完全模拟沥青厂商实际生产过程中的实际条件,可能导致所生产的改性沥青性能与工厂化生产的产品差异较大。因此,本文采用直接从沥青厂家收集不同 SBS 含量的改性沥青样品进行红外光谱试验,以建立 SBS 含量与吸收峰面积比之间的标准曲线。

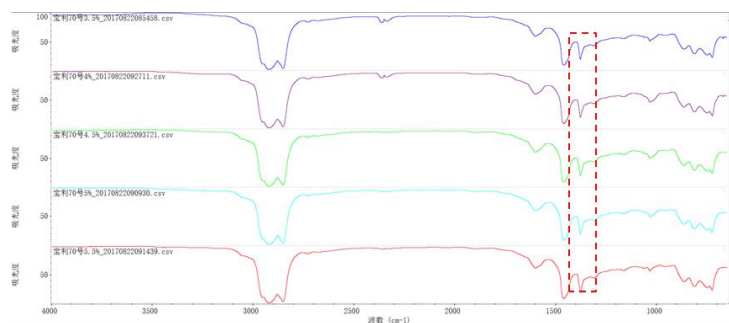


图2 不同 SBS 含量下 a 牌 SBS 改性沥青红外光谱图

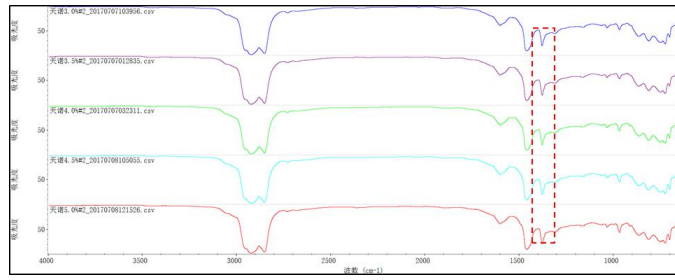


图3 不同 SBS 含量下 b 牌 SBS 改性沥青红外光谱图

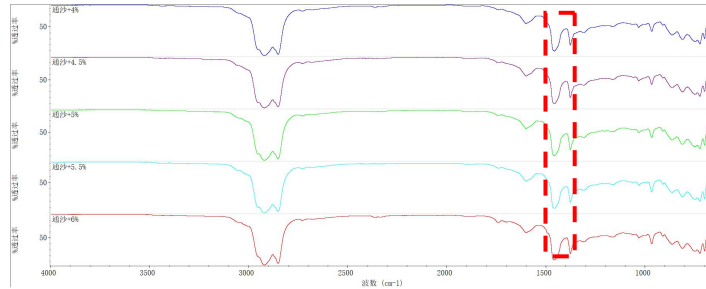


图4 不同 SBS 含量下 c 牌 SBS 改性沥青红外光谱图

通过调研与沟通, 本文为了建立不同品牌 SBS 改性沥青的标准曲线, 收集了 3%、3.5%、4%、4.5%、5% 掺量下的 a 牌和 b 牌 SBS 改性沥青, 以及 4%、4.5%、5%、5.5%、6% 的 c 牌 SBS 改性沥青, 不同品牌 SBS 改性沥青的红外光谱图如上图所示。从图中可以看出, 随着 SBS 含量的增加, 三种品牌的 SBS 改性沥青在

966cm⁻¹ 位置的吸收峰呈现出明显的增大趋势。

4.标准曲线的建立

基于上阶段测试得到的红外光谱数据, 采用了 OMNIC 软件进行峰面积的读取和计算, a 牌改性沥青在不同 SBS 含量下的特征峰面积如下表所示。

表 1 不同 SBS 含量下 a 牌 SBS 改性沥青特征峰面积

SBS 含量 (%)	不同特征峰位的峰面积		A 值
	1377cm ⁻¹	966cm ⁻¹	
3	0.137	0.048	0.349
3.5	0.166	0.065	0.392
4	0.241	0.104	0.431
4.5	0.271	0.132	0.487
5	0.306	0.158	0.516

采用线性回归的方法, 对 SBS 含量与 966cm⁻¹ 和 1377cm⁻¹ 位置处特征峰的面积比(A 值)进行回归分析, 从图中可以看出, 二者相关系数达到 0.993, 相关度较

高, 因此可采用该标准曲线判断实际 a 牌沥青样品中的 SBS 含量, 回归方程为 $y=0.0858x+0.0918$ (y 为 A 值, x 为 SBS 含量)。

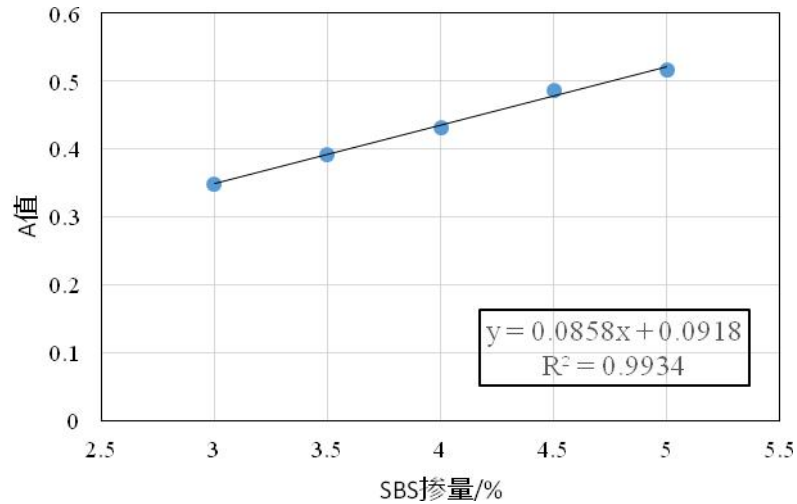


图 5 a 牌沥青 SBS 含量标准曲线

同理，不同 SBS 含量下 b 牌改性沥青的特征峰面积和 A 值如表 2 所示，采用线性回归的方法分析了 A 值与 SBS 含量之间的相关性，并建立了相应的回归曲

线，相关系数达到 0.9959。因此 b 牌改性沥青的 SBS 含量标准曲线可表示为 $y=0.0916x+0.0672$ (y 为 A 值，x 为 SBS 含量)。

表 2 不同 SBS 含量下 b 牌 SBS 改性沥青特征峰面积

SBS 含量 (%)	不同特征峰位的峰面积		A 值
	1377cm ⁻¹	966cm ⁻¹	
3	0.199	0.067	0.337
3.5	0.265	0.103	0.389
4	0.255	0.113	0.443
4.5	0.287	0.137	0.477
5	0.312	0.163	0.522

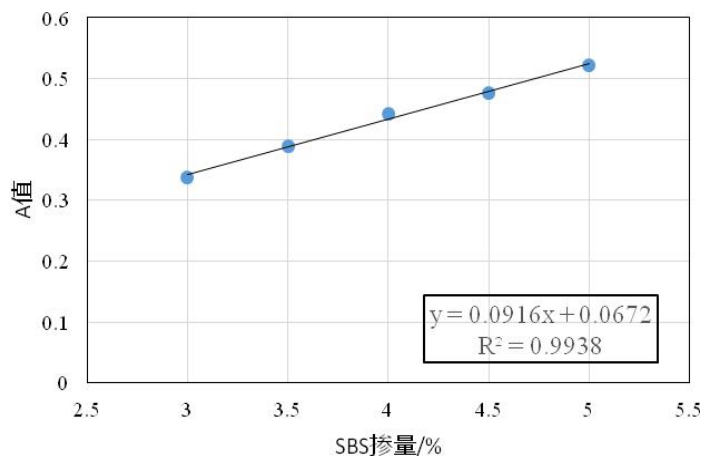


图 6 b 牌沥青 SBS 含量标准曲线

同理，不同 SBS 含量下 c 牌改性沥青的特征峰面

积和 A 值如表 3 所示，采用线性回归的方法分析了 A

值与 SBS 含量之间的相关性, 并建立了相应的回归曲线, 相关系数达到 0.9878。因此 c 牌改性沥青的 SBS

含量标准曲线可表示为 $y=0.077x+0.117$ (y 为 A 值, x 为 SBS 含量)。

表 3 不同 SBS 含量下 c 牌 SBS 改性沥青特征峰面积

SBS 含量 (%)	不同特征峰位的峰面积		A 值
	1377cm ⁻¹	966cm ⁻¹	
4	0.025	0.059	0.431
4.5	0.045	0.098	0.455
5	0.071	0.142	0.498
5.5	0.102	0.186	0.548
6	0.130	0.225	0.577

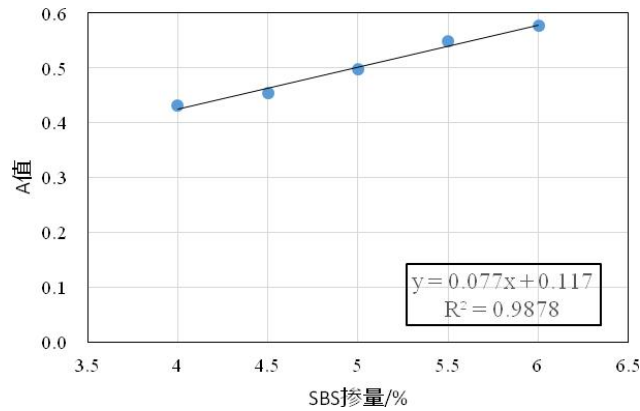


图 7 c 牌沥青 SBS 含量标准曲线

5. 标准曲线的验证

为了验证本文建立了两条标准曲线的准确性, 项目组收集了市面上 a 牌和 b 牌 4.3% SBS 含量的成品 SBS

改性沥青, 以及 4.4% 含量的 c 牌 SBS 改性沥青, 通过红外光谱获得成品样品的 A 值, 然后通过标准曲线的反算获得 SBS 含量的检测结果, 通过 SBS 含量理论值和反算结果的对比, 对标准曲线的准确性进行验证。

表 4 标准曲线验证

品牌	A 值	SBS 含量反算值 (%)	SBS 含量理论值
a 牌	0.461	4.30	4.3
b 牌	0.464	4.33	4.3
c 牌	0.459	4.45	4.4

从上表可以看出, 标准曲线反算出的 SBS 含量与理论值误差较小, 表明本文建立的两种品牌改性沥青的标准曲线准确性较高, 可以有效的用于实体工程中 SBS

含量的检测。

6. 结论

(1) 基于 Lambert-Beer 定律, 可以通过 SBS 含量

与红外光谱图中 966cm^{-1} 和 1377cm^{-1} 吸收峰面积比 (A 值) 建立标准曲线, 对 SBS 改性沥青样品中的 SBS 含量进行定量检测;

(2) 为了避免室内改性沥青制备工艺的不足, 本文从沥青厂收集了不同 SBS 含量的 a 牌、b 牌以及 c 牌 SBS 改性沥青, 分别建立了三种品牌沥青的 SBS 含量标准曲线, 相关系数达可到 0.99;

(3) 采用市场上 4.3% 掺量的 a 牌和 b 牌成品 SBS 改性沥青, 以及 4.4% 含量的 c 牌 SBS 改性沥青, 对本文建立的标准曲线进行了验证, 结果表明标准曲线反算出的 SBS 含量与理论值基本一致, 表明本文建立的标准曲线具有较高的精度, 可用于实体工程中的 SBS 含量检测。

参考文献

- [1]陈静云, 邱隆亮. SBS 改性沥青老化与再生机理的红外光谱[J]. 沈阳建筑大学学报, 2012, 28(5): 859-864.
- [2]陈颖娣, 涂娟, 章波等. 红外光谱法分析 SBS 改性沥青的影响因素探讨[J]. 石油沥青, 2014, 28(1): 67-72.
- [3]冯晓瑜. 基于支持向量机的有机化合物红外光谱结构解析[D]. 四川大学, 2007.
- [4]康超. 红外光谱法对表面活性剂双水相体系性质的研究[D]. 山东科技大学, 2011.
- [5]晁刚. 利用红外光谱试验对旧路面回收沥青进行评价的试验研究[J]. 中国水运(下半月), 2014, 14(05): 277-278.
- [6]高妮妮. 改性沥青 SBS 剂量快速检测方法研究[D]. 长安大学, 2013.