

SHA 对沥青性能的影响

徐海峰^{1,2}, 曹安贞^{1,2}, 尹茂群³

(1. 山东建筑大学交通工程学院, 山东 济南 250001; 2. 山东省交通科学研究院, 山东 济南 250014;
3. 菏泽市建设工程质量检测中心, 山东 菏泽 274000)

摘要:介绍了煤基超硬质沥青(SHA)的来源、组成以及理化性质。总结了目前国内学者有关于将SHA用作沥青改性剂的研究成果,包括单一改性和与其他改性剂共混后的改性剂改性。试验结果表明SHA应用于沥青改性是可行的,但是仍然有许多问题需要解决,能否用于工业生产仍需进行大量研究。

关键词:煤液化残渣;超硬质沥青;改性沥青;沥青混合料;研究现状

中图分类号: U414 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 11—0158—03

沥青产品可以说在其他很多的道路材料结构组合方式中能够同时起到沥青粘结剂的重要辅助支撑作用,所以提升沥青产品本身的整体路用结构性能同时也意味着对于整体提升沥青路面系统结构的总体结构强度、耐久性、稳定性方面将能够起到一个至关而最重要的作用。随着当今我国城市公路交通的建设及水平提高,交通量压力也日益在不断增大,车辆也日趋大型化、重载化以及沟渠化作用,使得我国普通城市沥青路面工程将面临

着的各种考验也会是愈加严峻,传统的沥青路面在建成后不久便会出现譬如车辙、横纵向裂缝、松散、拥包、坑槽等病害。

在此基础上,我国开始广泛采用SBS改性沥青为主的聚合物改性沥青。SBS改性沥青可以通过有效措施改善沥青制品的抗车辙能力,降低沥青剥离强度和沥青温度敏感性,但是由于SBS与基质沥青在结构和性质上的巨大差异,导致其加热剪切搅拌时相容困难。在车辆储

合格产品时,保护层设计偏差裕度可视情况降低。

美国规范ACI318-19分现浇与预制两种情况,并考虑了暴露条件、构件类型、与钢筋类型和型号。与中欧规范相比,美国规范针对不同钢筋直径,规定了不同的混凝土保护层厚度。预应力构件保护层厚度较非预应力构件稍薄,条形构件较其他构件的保护层稍厚一些。此外,该规范在构件类型中单独列出了壳体和折板构件,而我国规范并未列出。

4 结论

(1)最大水灰比与最小混凝土强度各国均考虑了环境因素。我国同时考虑了设计使用年限、环境作用等级与构件类型;欧洲考虑了设计使用年限和环境作用等级;美国仅考虑了环境作用等级。整体看,我国相对比较严谨。

(2)对于最小保护层厚度,我国考虑了环境类型与环境等级、构件类型和混凝土强度等级等因素,考虑因素比较全面细致。欧洲规范根据环境类别与环境作用等级、钢筋类型分别确定了满足最低耐久性与粘结要求的最低保护层厚度;此外还规定了保护层厚度的负偏差。美国规范分现浇与预制两种情况,考虑了暴露条件、构件类型、钢筋类型和型号、钢筋直径的影响等因素。在

考虑构件类型时,美国规范较我国更全面,列出了壳体和折板构件,不过整体上我国考虑的因素更为详尽。

参考文献:

- [1] 牛荻涛. 混凝土结构耐久性与寿命预测 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] 贡金鑫, 魏巍巍, 胡家顺. 中美欧混凝土结构设计 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [3] ACI 318-19. Building code requirements for structural concrete [S]. 2019.
- [4] EN 1992-1-1:2004. Design of concrete structures [S]. 2004.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB/T 50476-2019 混凝土结构耐久性设计规范 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [6] 杨绿峰, 洪斌, 余波. 混凝土结构耐久性控制区及设计参数的定量分析 [J]. 建筑结构学报, 2016, 37(1):126—134.
- [7] 马景才, 姚继涛. 混凝土结构耐久性及各国最小保护层厚度对比分析 [J]. 四川建筑科学研究, 2008, 34(4):110—112.

基金项目: 山东省住房城乡建设科技计划项目(2021-K3-1); 聊城大学博士科研启动基金(318051702, 318051533)

存与运输车辆上由于其分子量、密度比等成分相差值过大,易发生离析,并且将会极大影响车辆沥青路面水泥的使用长期性能。此外,TLA(特立尼达湖沥青)具有优良的改性性能,但是因为TLA来源限制及进口价格高昂,制约了TLA在国内的发展应用,所以研发一种性能优良且经济有效的沥青材料意义重大。

1 煤沥青与煤基沥青(煤液化残渣)

随着国外煤的加氢或液化加工技术水平的持续进步,煤炭资源产品的可清洁与高效化和利用技术得到进一步提升。我国企业也率先在常规煤加氢直接或液化分离工艺基础上成功发展完善了世界第三代的煤加氢液化深加工技术—煤重油的加氢与共炼液化工艺。煤的加氢及液化工艺技术就是一种指通过在具有高温、高压、催化剂和特殊溶剂条件环境下,将液态原煤组分进行氧化解聚、裂解与加氢,直接地转化加工为优质液体油原料的化学加工过程^[1]。但是由于现阶段国家不管选择采用的哪几种原煤的直接固液化新工技术,都是不可能全部实现优质煤炭资源的100%循环利用,煤的加氢及直接固液化的工艺方式最终必然会大量产生的约有占到原煤量30%wt以下的大量液化煤炭残渣,这些煤液化的残渣最终也就面临着资源化处理技术成本比较高、难度很大、对当地环境将造成较大潜在危害作用等严重问题。但是由于这类残渣油中富含的大量的重质油、沥青质等特殊物质,具有相对较高价值的可二次经济开发应用价值。

2 SHA的化学组分与性质

已有国外一些专业学者提出若依照煤炭行业标准,以索式溶剂阶梯萃取法依次分别使用正己烷、甲苯、四氢呋喃作为溶剂萃取液混合后,其混合物各组分可依次分别可被细分为:重质油、沥青烯、前向沥青烯及甲苯四氢呋喃混合物等四种不溶物^[2]。

重质油醚化合物(HS)是一类主要系指由在芳香环上存在及或在饱和的芳香环上还能存在被烷基所取代的2环芳香~烃及少量3环芳香烃取代而共同组成,有可能含极少量的烷基O、N这两个原子取代而所形成化合物的另一种杂环化合物。它将在沥青SHA中所占据的比重会逐步地增大,会导致改性沥青中的沥青针入度将逐步地增大下降的趋势,软化点会逐年地下降,延度增加,并且抗老化性能有所衰减。

沥青烯醚衍生物(AS)在有机化合物分子组成排列方式特征上主要反映为有部分烷基环和部分取代基团存在的稠胶环芳烃型结构及有部分氢化烷基键构成的环状芳烃型结构,有部分羟基键存在和部分烯醚键构成以及还有一些少量的由O、N型芳烃原子在环次基上结合所形成的杂环,分子量也相对较HS大高出许多。AS的比重变化越大,沥青中的针入度系数和压延度均会明显减小,沥青会变较硬,软化点升高。

前沥青烯(PA或THFS),其中含有了大量的前沥青质,由其元素含量进行分析对比后可以发现其中O、N等的元素含量比例亦相应较高,说明由其形成后形成的杂环分子量更高^[3]。不易或直接易与体内任何的其他酸碱性物质长期接触易发生强酸碱反应,与基质沥青的相容性较好,将其掺入到沥青中会改变原有的组分平衡,具体表现为沥青变得刚硬,高低温性能及疲劳性能受到影响^[4]。

四氢呋喃类不溶物油(THFI)中含有大量的有害的金属矿物质盐类及其他杂质,灰分含量已达32.48%,与合成石油沥青几乎不相容。现有研究来看,THFI是导致SHA改性沥青低温性能较差的重要因素之一,这是因为THFI与沥青相容性较差,易与沥青界面产生应力集中,增加了在低温条件下沥青的脆性和开裂的情况。

对SHA进行灰分实验,对生成的灰分进行成分分析发现灰分中主要含有Fe、Ca、S、Si、Al,这是因为煤中含有矿物质元素,并且在液化过程中会加入铁基催化剂及单质硫助剂^[5]。

通过对SHA进行傅里叶变换红外光谱仪进行官能团测试发现,SHA的主官能团区特征峰主要出现在波数2920cm⁻¹和2850cm⁻¹处,说明SHA具有一定量的饱和烃基,在3400cm⁻¹处也有特征峰,说明SHA中含有一定量的烯烃和羧酸。

3 SHA改性沥青研究

本文试验采用外掺法制备SHA改性沥青,基质沥青选用SK-90沥青,SHA掺量为10%,经过高速剪切机进行加热剪切搅拌后制得SHA改性沥青,进行三大指标试验及短期老化试验,实验结果见表1。

表 1 SHA 改性沥青与基质沥青性能对比

指标	SK-90 沥青	SHA 改性沥青
20℃针入度/0.1mm	81.1	35.1
软化点/℃	51.0	59.2
10℃延度/cm	51.8	5.7
旋转薄膜烘箱 老化后残留物	质量变化/% 针入度比/%	0.1 64.1
10℃残留延度/cm	8.1	4.2

延度可以表示一种沥青制品在承受一定的温度条件作用下具有的延展变形能力,延度指数越高说明一种沥青产品的高温延展性也越好,随着沥青 SHA 掺合量的急剧增加,改性沥青制品的高温延度随之急剧而下降,当掺料量比例超过了 20% 以上时沥青产品失去其在低温状态下原有的低温延展性能。

软化点是表示了沥青能在达到一定温度负荷前提下完全软化之前的最低温度,软化点的越高也说明该沥青制品的长期高温稳定性会越好,SHA 助剂的大量加入能够明显地使高温改性沥青产品的沥青软化点迅速升高,并且以后有可能一直持续增加这样的稳定趋势,这一点与沥青 SHA 软化点要求极之高的物理化学性质要求相符合,说明沥青 SHA 添加剂的适量加入确实能够迅速有效稳定的提升该沥青品种的耐高温性能。

针入度和延度的变化趋势也可以明显看出,随着 SHA 掺量增加,沥青会逐渐变硬,高温状态下的流动性变差,这对于提升沥青的高温性能同样是有利的。针入度的比就可以直接表示出沥青本身的感温性能和耐抗高温老化性,针入度之比越大则说明了沥青产品的高温大气稳定性越好,耐高温老化能力越强,SHA 掺量在 20% 以下时对改性沥青的针入度比影响是先减小再增大,具体影响情况还需进行更加细化的试验。

从我国现有材料研究结果来看,SHA 改性沥青的部分材料相关各项指标完全可以同时满足先行规范要求,并且都具有比较良好稳定的高温性能,但是低温性能是其短板^[6],还需进行大量深入的研究,减少 SHA 对沥青低温性能造成的损失。鉴于 SHA 改性沥青本身具有较良好稳定的防高温性能,SHA 改性沥青也更能适合大面积应用于城市夏季超高温区屋面或者屋面作为混凝土沥青面层结构系统中屋面的中、下面层^[7]。

4 总结

对于沥青 SHA 产品的性能和评价指标大多还是按照国家标准沥青产品的性能试验评价标准来进行分析测试,然而实际上在其他很多性能指标点的性能测定

基础上两者具体的性能测定的区间却并不能够重合,比如按照国标沥青软化点的性能测定区间范围是在 30~ 到 157℃,而沥青 SHA 产品依照现行国标规定采用环球法可测量得软化点范围最高的可达到 180℃,因此国内还需尽快进一步完善建立沥青 SHA 软化点性能的试验分析评定方法标准及性能测定方法标准等^[6],按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20-2011) 测得的针入度与延度值均为 0。而且 SHA 的样品粒度同样会对其相关实验结果产生影响,使用研磨机粉碎 SHA 颗粒时,由于其内部温度过高会导致 SHA 熔融成团,粉碎效果不佳,后期仍需进一步改进试验方法。

目前对于 SHA 改性沥青的研究和低温性能的改进还具有一定的局限性,现有研究大多以部分种类的基质沥青制备的 SHA 改性沥青进行了相应的研究,且对于复配改性剂的选择集中在道路工程中常规的改性剂,其他领域材料涉及较少。评价尺度不全面,大多研究仅依靠宏观指标进行表征,对微观层面涉及甚少。目前大多数学者认为 SHA 以物理改性为主,改性机理不够明确,后续可以对于 SHA 化学改性的可能性展开研究。

参考文献:

- [1] 谷小会. 煤直接液化残渣的性质及利用现状 [J]. 洁净煤技术, 2012, 18(3): 63-66.
- [2] 盛英. 煤液化残留物溶剂萃取及其萃取物的特性研究 [D]. 煤炭科学研究院, 2009..
- [3] 季节, 李辉, 许鹰, 石越峰, 索智. 煤直接液化残渣中的四氢呋喃可溶物对沥青流变性能的影响 [J]. 长安大学学报(自然科学版), 2019, 39(04): 9-16. DOI: 10.19721/j.cnki.1671-8879.2019.04.002.
- [4] 季节, 石越峰, 索智, 许鹰. THFS 改性沥青制备工艺的优化设计及性能评价 [J]. 北京建筑大学学报, 2016, 32(03): 55-60.
- [5] 黄雍, 黄胜, 吴诗勇, 吴幼青, 高晋生. 煤液化残渣的理化性质及低温热解行为研究 [J]. 煤炭转化, 2015, 38(04): 43-47. DOI: 10.19726/j.cnki.ebcc.2015.04.009.
- [6] 李辉. 煤直接液化残渣改性沥青的低温特性研究 [D]. 北京建筑大学, 2020. DOI: 10.26943/d.cnki.gbjzc.2020.000102.
- [7] 盛英, 张胜振, 宫晓颐, 梁文斌. 煤直接液化残渣道路改性沥青及沥青混合料性能研究 [J]. 神华科技, 2017, 15(03): 70-73.