

文章编号:1671-6833(2015)03-0077-05

基于光电比色法的天然沥青改性沥青与集料黏附性研究

马 峰¹, 富志鹏², 傅 珍³, 陈斌华¹

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 中交第一公路勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710075;
3. 长安大学 材料学院, 陕西 西安 710064)

摘 要: 为了研究天然沥青与集料之间的黏附性, 选用 2 种基质沥青与 3 种集料, 在基质沥青中分别掺入不同剂量的天然沥青, 采用光电比色法测试沥青与集料的黏附性, 并与水煮法试验结果作对比, 建立两种方法对应的黏附率与黏附等级的联系, 同时通过浸水马歇尔试验与冻融劈裂试验研究了沥青混合料的水稳定性. 试验结果表明, 光电比色法可以定量分析沥青与集料的黏附性, 并且从黏附性角度能更为精确地确定天然沥青的最佳掺量; 在基质沥青中掺入天然沥青能明显增加沥青与集料的黏附性能, 但不同的基质沥青与集料在添加天然沥青后对其黏附性的提高程度各异; 水煮法试验、浸水马歇尔试验及其冻融劈裂试验的结果验证了光电比色法试验结果的可靠性.

关键词: 道路工程; 天然沥青; 集料; 光电比色法; 黏附性

中图分类号: U416.217 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2015.03.017

0 引言

水损害严重影响沥青路面的质量和使用寿命, 而水稳定性的关键因素之一是沥青与集料界面黏附力的强弱. 因此, 国内外提出了一些方法来评价沥青与矿料的黏附性^[1-7], 如水煮法、水浸法、光电比色法、SHRP 净吸附法等, 各种评价沥青与集料黏附性的方法试验条件各不相同, 结果各有优劣. 其中水煮法与水浸法试验简单, 易操作, 但试验结果受人为因素影响大; 光电比色法与 SHRP 净吸附法为定量评价方法, 试验结果准确, 但试验复杂, 不易掌握^[3-6]. 同时很多学者就此开展了相关研究, 郝培文等通过水煮法、水浸法、光电比色法和净吸附法研究了不同类型沥青和集料之间的黏附性^[3]. 周卫峰用灰关联理论分析了不同的沥青与集料黏附性试验方法与沥青混合料水稳性的相关关系^[4]. 肖庆一等以润湿吸附理论为基础, 采用黏附试验分析了沥青矿料表面润湿性能对界面粘结强度的影响^[5]. 彭余华等以 SHRP 净吸附法和水煮法为研究对象, 建立了两类试验方法之间的联系^[6]. 傅珍等采用三角形坐标系研究了沥青组分与黏度、黏附性之间的关系, 利用灰

关联方法分析了沥青组分对黏度及黏附性能影响^[7-9]. 陈实等以矿料碱值、表面电荷作用以及沥青基本特性为研究对象, 分析了这些性质与黏附性的关系^[10]. 余国红等以矿料表面裹覆沥青的质量损失率作为评价指标探讨了岩石和沥青黏附能力与沥青混合料水稳定性间的内在关系^[11].

相关研究对沥青与集料黏附性做了大量工作, 但多数集中在沥青与集料黏附性定性及其他定量评价方法与影响因素方面, 而针对光电比色法定量评价天然沥青与集料黏附性的研究还较少. 光电比色法运用吸光度的原理, 通过计算沥青膜的黏附率来定量评价黏附性好坏, 人为因素影响较小. 经比选后, 笔者选择 2 种基质沥青分别掺入不同剂量的天然沥青分别与石灰岩、玄武岩、辉绿岩 3 种集料, 采用光电比色法测定沥青与矿料的黏附性, 并结合水煮法试验、浸水马歇尔试验及其冻融劈裂试验对光电比色法试验结果的可靠性进行验证, 以便对工程实践起到比较好的指导作用.

1 原材料性质与试验方法

1.1 原材料性质

(1) 基质沥青. 试验所用的基质沥青选择西

收稿日期:2015-01-08; 修订日期:2015-03-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51108038, 51108039); 陕西省科技计划项目(2013KW24, 2013kjxx-94).

作者简介:马峰(1978-), 男, 安徽宿州人, 长安大学副教授, 博士, 主要研究方向为道路结构与材料, E-mail: mafeng@chd.edn.cn.

石化 70[#]和 90[#]沥青,测试基质沥青的指标,实验结果见表 1.表中数据表明,试验所用的基质沥青各项数据均符合规范要求.

(2)天然沥青.天然沥青采用四川天然岩沥青,等差掺入基质沥青中,分别制备 2%、4%、6%不同掺量的天然沥青改性沥青.该种天然沥青是以分子量高达 10 000 的沥青质作为其最主要化学成分,其化学构成为碳占 81.7%、氢 7.5%、氧 2.3%,以及少量的其他元素.几乎每个沥青质大分子中都含有较高的氧元素、氮元素、硫元素等较强的极性官能团,在岩石表面将产生极为强劲的吸附力.

(3)集料.集料选用石灰岩、玄武岩、辉绿岩三种石料.由于碱值是矿料的重要性质之一,其酸碱性对于沥青和矿料的黏附性有重要影响,所选用集料的碱值分别为:石灰岩为 0.97;玄武岩为 0.64,辉绿岩为 0.58.碱值从大到小的排序为石灰岩>玄武岩>辉绿岩.一般而言,碱值的大小与集料与沥青的黏附性直接对应,碱值越大黏附性越强,碱值越小黏附性越弱.

1.2 试验方法

(1)光电比色法与水煮法.采用上海菁华科技仪器有限公司生产的 721 型分光光度计,溶剂

选用酚藏花红染料.选用了两种基质沥青分别添加 2%、4%、6%的天然沥青,将改性后的沥青分别与石灰岩、玄武岩、辉绿岩均匀拌合,测定其黏附率.试验基本过程为:配置一定浓度的酚藏花红染料的水溶液,再将一定质量的沥青混合料样品放入其中,然后将混合溶液浸水,水温为 60℃,时间为 2 h,而石料可以吸附溶液中的酚藏花红染料.所以在沥青混合料中,如果沥青膜剥落,石料裸露出来后,溶液的浓度就会降低.使用分光光度计可快速有效地测得溶液浓度的变化,从而反映出沥青与集料间的黏附性.

为与光电比色法进行对比分析,同时采用我国目前规范中采取的传统方法(水煮法)对同样的试样进行试验,将两者对比.

(2)沥青混合料的水稳定性试验.通过浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验来分析两种基质沥青的水稳定性,以此间接评价沥青与集料的黏附性,并将结果与光电比色法试验作对比分析.试验选取最大粒径为 16 mm 的石灰岩,矿料级配如表 2 所示,分别和 70[#]、90[#]沥青依据规定要求制作成标准马歇尔试件进行试验.

表 1 基质沥青技术性质
Tab.1 Properties of base asphalt binders

型号	25℃ 针入度/0.1 mm	10℃ 延度/cm	软化点/℃	PI	当量脆点/℃	当量软化点/℃
70 [#] 沥青	68.7	>150	58.8	0.741 5	-26	58.8
90 [#] 沥青	77.1	>150	52.3	0.200	-26	52.3

表 2 马歇尔试验的矿料级配
Tab.2 Aggregate grade of Marshall test

筛孔大小/mm	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	矿粉
各级配所占百分比/%	5	11	14	22	14	9.5	7	5	3	3.5	6

在确定了混合料的级配之后,选用 3.5%、4%、4.5%、5%、5.5%这 5 个油石比分别制作马歇尔试件,根据以上沥青混合料不同油石比下的各项物理指标的数据,可得出 70[#]沥青的最佳油石比为 4.5%,90[#]沥青的最佳油石比为 4.3%.

2 试验结果与分析

2.1 光电比色法试验结果

根据试验数据,归纳、总结出各标号的基质沥青在天然沥青的不同掺量改性下对各种矿料的黏附率,绘制出在同种基质沥青、不同掺量的天然沥青改性后对不同矿料的黏附率变化情况,如图 1 所示.

由图 1 可知,对于同一种沥青与不同集料混合,黏附率由高到低排序为:石灰岩>玄武岩>辉绿岩,这与矿料性质如石料的酸碱性等诸多因素影响黏附性的工程实践相符合.同时,沥青的不同掺量对同一种岩石与沥青的黏附性也有影响.

由于天然沥青的掺入,沥青与不同集料的黏附率都有不同程度的提升.由于天然沥青的加入提高了石油沥青中沥青质+胶质的相对含量,相当于向基质沥青中加入了有机酸,提高了改性沥青的酸值,使改性沥青的黏附性明显优于基质沥青^[12-13].

对于同一种岩石,不同掺量天然沥青的黏附率变化也有不同的趋势,整体趋势为:随着天然沥青掺量的增加,沥青与矿料的黏附率先上升,达到

一个极值即天然沥青的最佳掺量,然后缓慢下降.例如,90[#]基质沥青和碱值较高的石灰岩组合,在当天然沥青含量为 4% 时石灰岩的黏附率达到最优状态.

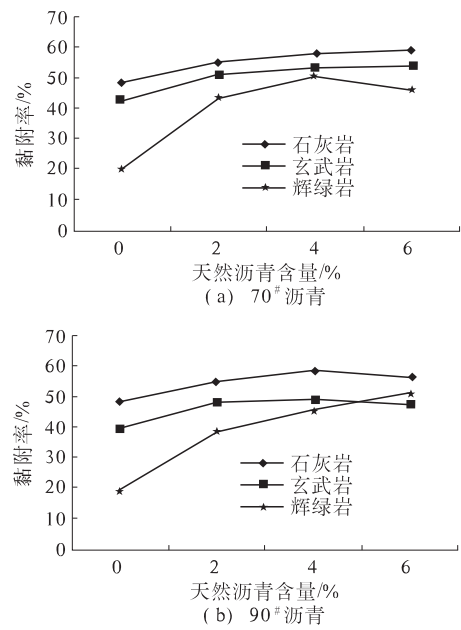


图 1 掺入天然沥青后黏附率的变化
Fig. 1 Adhesion ratio variation after mixing natural asphalt

天然沥青中含有酰胺类等较强的极性官能团,该官能团可以促进石油沥青交联聚合的有机链,使得掺入天然沥青的石油沥青分子的排列方式和网状结构得以改变,增强沥青内聚力及抗拉断力,从而改善了石油沥青与集料的黏附性.

2.2 水煮法试验结果

分别对基质沥青与掺入不同剂量天然沥青的改性沥青进行水煮法试验,得到的黏附等级结果见表 3,其中黏附等级为水煮法试验得到的结果,黏附率为前述光电比色法试验的结果.

由表 3 的水煮法试验得到的黏附等级可以看出,对于同一种基质沥青掺加不同剂量的天然沥青后,黏附性得到改善.对于同一种沥青,黏附性等级从高到低排序为石灰岩 > 玄武岩 > 辉绿岩.对于相同的集料,沥青的性质以及掺加改性剂后对沥青与集料的黏附性有较大的影响.从表 3 可知,在加入天然沥青后石灰岩与沥青的黏附性等级由 4 变成 5,说明天然沥青的加入对提高石灰岩与沥青的黏附性起到了积极作用,玄武岩和辉绿岩的黏附性同样也因为天然沥青的加入而得到了提高.

2.3 光电比色法与水煮法试验结果对比分析

从表 3 数据表明,在同一黏附等级下的情况,水煮法试验无法判断更细微的差别,但光电比色法便可以做出定量的判断,能进一步判断出在同一黏附等级下的细微差别.该试验敏感性强,试验结果更直观,同水煮法相比较,光电比色法虽然试验过程较为繁琐,但能定量反映沥青与集料的黏附性能.

综上所述,水煮法简单,易操作,时间短,沥青剥落情况明显,但整个试验过程中操作人员的主观性大,产生的误差大,不能定量分析沥青剥落率.光电比色法操作较复杂,但能定量分析沥青与集料的黏附性.同时需要注意的是,溶液中的藏花红也会黏附在沥青上,试验结果常常偏大,故在试验中应考虑此影响因素.

2.4 沥青混合料水稳定性试验分析

分别对 70[#]和 90[#]添加 2%、4%、6% 天然沥青的沥青混合料进行了浸水马歇尔试验与冻融劈裂试验,试验结果如图 2、图 3 所示.

从图 2 可知,两种基质沥青 70[#]、90[#]在未添加天然沥青的情况下其残留稳定度相差不大.其中 70[#]沥青其残留稳定度为 86.39%,而 90[#]沥青的

表 3 水煮法试验结果及与光电比色法对比
Tab. 3 Test result of boiling method and comparison with photoelectric colorimetric method

成份	石灰岩		玄武岩		辉绿岩	
	黏附等级	黏附率/%	黏附等级	黏附率/%	黏附等级	黏附率/%
70 [#] 沥青	4	48.3	4	42.5	3	20.1
70 [#] + 2% 天然沥青	5	55.2	4	50.6	4	43.2
70 [#] + 4% 天然沥青	5	57.5	5	53.4	4	50.3
70 [#] + 6% 天然沥青	5	59.1	5	53.9	4	46.2
90 [#] 沥青	4	47.7	4	39.6	3	19.7
90 [#] + 2% 天然沥青	5	54.7	5	48.1	3	38.5
90 [#] + 4% 天然沥青	5	58.4	5	48.9	4	45.2
90 [#] + 6% 天然沥青	5	56.2	5	47.3	5	51.3

残留稳定度为 84.51%。可以看出,70[#]沥青的抗水损害能力稍强一些,但是由于两者的试验结果差值较小。因此,若要单以浸水马歇尔试验的数据结果来评价两种沥青的黏附性好坏并不十分合理。

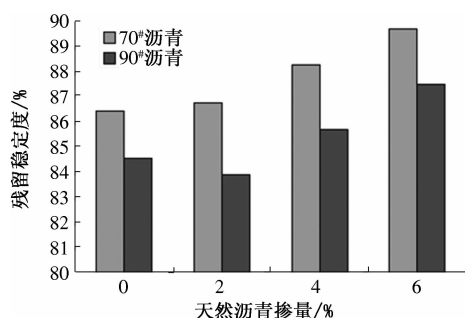


图2 70[#]及90[#]沥青浸水马歇尔试验

Fig.2 Immersion Marshall test of 70[#] and 90[#] asphalt

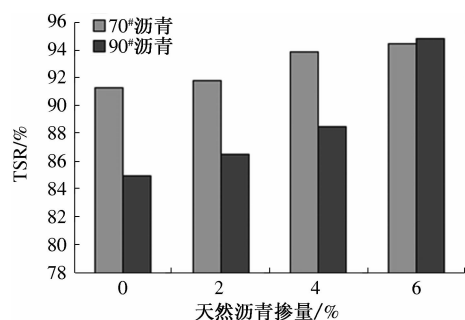


图3 70[#]及90[#]沥青冻融劈裂试验

Fig.3 Freeze-thaw splitting test of 70[#] and 90[#] asphalt

从图3可知,在未添加天然沥青时70[#]沥青的TSR值为91.26%,90[#]沥青的TSR值为84.93%,因此,70[#]沥青的水稳定性要优于90[#]沥青。结合前面水煮法及其光电比色法试验的结果,可以发现3种评价方法的结果是一致的,因此,常用的几种评价沥青与集料黏附性的方法证明了光电比色法试验结果的可靠性。

3 结论

(1)光电比色法通过使用分光光度计测试溶液中特定染料浓度的变化而计算沥青与集料间黏附率,可以定量分析沥青与集料的黏附性,试验过程虽然较水煮法复杂,但试验结果受主观因素影响小,更为客观,并且从黏附性角度能更为精确地确定天然沥青的最佳掺量。

(2)在基质沥青中掺入天然沥青能明显增加沥青与集料的黏附性能,但不同的基质沥青与集料在添加天然沥青后对其黏附性的提高程度各

异。对于同一种沥青与不同集料,黏附率由高到低排序为:石灰岩>玄武岩>辉绿岩。但天然沥青改性沥青对碱值较低的辉绿岩黏附性提高幅度最大。

(3)浸水马歇尔试验及其冻融劈裂试验表明天然沥青的加入提高了沥青混合料的残留稳定度和TSR值,即增强了沥青混合料的水稳定性,这也验证了光电比色法试验结果的可靠性。

参考文献:

- [1] MORAES R, VELASQUEZ R, BAHIA H. Measuring the Effect of moisture on asphalt-aggregate bond with the bitumen bond strength test[J]. Transportation Research Record, 2011, 22(9): 70-81.
- [2] BHASIN A, LITTLE DALLAS N. Application of microcalorimeter to characterize adhesion between asphalt binders and aggregates[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2009, 21(6): 235-43.
- [3] 郝培文,李瑜,刘建强. 沥青集料混合料水敏感性的评价[J]. 武汉理工大学学报, 2003, 25(3): 13-16.
- [4] 周卫峰. 沥青混合料水稳性与粘附性实验方法相关性的灰关联分析[J]. 公路交通科技, 2004, 21(5): 18-20.
- [5] 肖庆一,郝培文,徐鸥明,等. 沥青与矿料黏附性的测定方法[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2007, 27(1): 19-22.
- [6] 彭余华,王林中,于玲. 沥青与集料黏附性试验新方法[J]. 沈阳建筑大学学报:自然科学版, 2009, 25(2): 282-285.
- [7] 傅珍,延西利,蔡婷,等. 沥青组分与黏度的灰关联分析[J]. 郑州大学学报:工学版, 2014, 35(3): 102-105.
- [8] 傅珍,延西利,蔡婷,等. 三角形坐标下沥青组分与粘度、粘附性关系[J]. 交通运输工程学报, 2014, 14(3): 1-7.
- [9] 傅珍,延西利,蔡婷,等. 沥青组分对黏附性能影响的灰关联分析[J]. 武汉理工大学学报, 2014, 36(1): 68-73.
- [10] 余国红,袁万杰,孙长新. 矿料与沥青黏附性评价技术研究[J]. 公路工程, 2010, 35(2): 140-143+146.
- [11] 陈实,雷宇,李刚,等. 集料与沥青的性质对沥青与集料粘附性的影响[J]. 中外公路, 2010, 30(6): 226-230.
- [12] 赵可,原健安. 聚合物改性沥青与矿料的黏附性研究[J]. 中国公路学报, 2000, 13(2): 8-12.
- [13] 韩森,刘亚敏,徐鸥明,等. 材料特性对沥青-集料

界面粘附性的影响[J]. 长安大学学报:自然科学版,2010,30(3):6-9.

Adhesion Between Asphalt Modified with Natural Asphalt and Aggregate
Based on Photoelectric Colorimetric Method

MA Feng¹, FU Zhi-peng², FU Zhen³, CHEN Bin-hua¹

(1. School of Highway, Chang'an University, Xian 710064, China; 2. CCCC First Highway Consultant Co., Ltd; 3. School of Materials Science and Engineering, Chang'an University, Xian 710064, China)

Abstract: In order to know the adhesion between natural asphalt and aggregate, two types of base asphalts and three kinds of typical aggregates were selected. The adhesion between asphalt and aggregate were tested using photoelectric colorimetric method with different doses of natural asphalt into base asphalt. The test results were compared with that of boiling method. And the relation between adhesion rate and adhesion level was established. Meanwhile water stability of asphalt mixture through immersion Marshall test and freeze-thaw splitting test were studied. Test results indicate that asphalt-aggregate adhesion can be analyzed quantitatively by photoelectric colorimetric method, and the optimal dosage of natural bitumen can be determined more accurately from the standpoint of adhesion. The adhesion may be improved significantly after base asphalt mixed with natural asphalt. But the improving degree is different with different base asphalt and aggregate. The test results of boiling method, immersion Marshall test and freeze-thaw splitting test verified the reliability of photoelectric colorimetric method.

Key words: road engineering; natural asphalt; aggregate; photoelectric colorimetric method; adhesion

(上接第 67 页)

Research of Large Bus Electric Power Steering System Based on Fuzzy Control

CAO Yan-ling, LIANG Fa-ming, LIU Meng-nan, XU Li-you, YAN Xiang-hai

(College of Vehicle and Traffic Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

Abstract: In view of the bus electric power steering (EPS) controller based on the steering torque and speed expert system or look-up table is used to produce control signal, which can not effectively reflect the current situation of the axle load and its adaptive performance is poor. Based on fuzzy algorithm principle, this study designed a control method of circulating ball type EPS which is suitable for bus. Through the establishment of the EPS system dynamics models, this paper shows the control principle of the servo system; through the upper and lower control strategy research of the assist motor current, system control scheme is determined in which coefficient k is decided by associating load and speed; based on MATLAB Fuzzy logic toolbox Fuzzy controller is established. The relevant rules completely cover the original control area and the coefficient k follows the change of load reflect well. The simulation based on ADAMS shows that when load changes from no load to full load at 35 km/h, the driver's steering force reduced by 65% and the largest steering force decreased by 5 N compared to the original control system. Servo torque effectively reflecting the load change and the steering performance turns good.

Key words: electric power steering; control model; fuzzy control; membership degree; control rule