

文章编号:1671-8879(2007)03-0005-04

路用沥青混合料中矿粉亚甲蓝试验

李 平, 张争奇, 王秉纲

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘 要:应用相关性检验分析沥青混合料中矿粉的性能控制指标,研究了国内外亚甲蓝试验操作方法,测试不同类型矿粉的亚甲蓝值以及胶浆性能,分析了矿粉亚甲蓝值与沥青胶浆性能的相关性。发现搅拌速度、测试温度等因素对亚甲蓝试验结果有明显影响,并根据试验结果修正了规范(JTG E42-2005)的细集料亚甲蓝试验。结果表明:矿粉类型对胶浆性能具有显著作用;而矿粉亚甲蓝值与胶浆低温性能具有密切联系,可以作为矿粉的低温性能控制指标。

关键词:道路工程;沥青混合料;沥青胶浆;矿粉;亚甲蓝

中图分类号:U214.75

文献标志码:A

Methylene blue test of mineral power in road asphalt mixture

LI Ping, ZHANG Zheng-qi, WANG Bing-gang

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education,
Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: The control factors for mineral power performance in road asphalt mixture were studied by correlation analysis. The operation methods of methylene blue tests in many countries were discussed. The methylene blue value and the features of different asphalt mortars were tested. The relation between the methylene blue value of mineral power and the features of asphalt mortar was analyzed. It was found that the mixing speed and testing temperature of asphalt mixture have a great impact on the methylene blue test results. According to the test results, the technical standard JTG E42-2005 for road construction in China must be revised. The results show that: the different kinds of mineral power have different influences on the performance of asphalt mortar; the methylene blue value has a great correlative relation with the performance of asphalt mortar at low temperature, it can be taken as the control factor for mineral power. 6 tabs, 3 figs, 8 refs.

Key words: road engineering; asphalt mixture; asphalt mortar; mineral power; methylene blue

0 引 言

按照胶浆理论,沥青混合料是由粗集料、细集料和胶浆组成的三维分散体系,其中沥青与矿粉组成

的胶浆是影响混合料粘弹性质的关键因素。由于矿粉的性能直接影响胶浆和整个混合料的性能^[1-4],所以,反映矿粉使用性能的试验方法十分重要。现有的试验方法仅着眼于矿粉的粒度分析、比表面积测

收稿日期:2006-04-15

基金项目:国家自然科学基金项目(50478095);国家西部交通建设科技项目(200631881221)

作者简介:李 平(1978-),男,山东潍坊人,博士研究生,E-mail:lipingchd@126.com。

试或矿物组成等,且这些试验设备昂贵,测试过程繁琐,给研究工作带来不便。为此,研究开发简便易行的矿粉测试方法就成为热门课题。

亚甲蓝试验是测试集料与水的悬浊液对亚甲蓝的吸附程度,结果表示为亚甲蓝值,即为每1 000 g 试样吸收的亚甲蓝的克数。当该试验用于矿粉性能检测时,亚甲蓝值是一个综合反映矿粉颗粒形状、级配构成、矿物组成等的指标,因而具有重要的研究价值^[6]。文献[6]的细集料亚甲蓝试验说明中,虽然注明可以用于矿粉的质量检验,但试验的具体要求均是针对小于2.36 mm或者小于0.15 mm的细集料提出的,一些操作内容并不适用于矿粉,同时与国外亚甲蓝试验操作程序存在较多的差别。考虑到该试验操作简便易行,便于推广,本文研究了适用于矿粉的亚甲蓝试验操作程序,并评价该试验与沥青胶浆或混合料性能的相关性,对于有效筛选矿粉,提高沥青混合料的路用性能具有重要的意义。

1 比较操作方法及修正试验方法

为了选择合理的试验方法,本文分析比较了3个国家的试验方法^[6-8],发现各方法之间存在较大的差异,主要表现在试验样品数量等6个方面。为了分析不同的试验方法是否会造成测试结果的差别,以及对现行试验方法如何改进,从实体工程中随机抽取5种矿粉进行亚甲蓝试验,研究不同试验方法对亚甲蓝试验结果的影响程度。矿粉性能测试结果如表1所示。

表1 矿粉性能测试结果

矿粉编号	密度/(g·cm ⁻³)	亲水系数
1#	2.768	0.97
2#	2.728	0.96
3#	2.698	1.00
4#	2.608	0.84
5#	2.743	0.94

1.1 试验矿粉数量

文献[6-7]虽然规定该试验可用于矿粉性能的检测,但都只对细集料的0~0.15 mm部分做出了取样规定,未涉及矿粉。细集料为称取试样200±0.1 g,倒入500±5 mL 洁净水的烧杯中,对于0~0.15 mm部分,则要求测试试样30±0.1 g,倒入500±5 mL 洁净水的烧杯中。该取样数量和溶液体积,对于矿粉而言明显过大,造成试样体积过大而无法保证其均匀性。而文献[8]则明确规定了矿粉的取样要求,因而建议试验矿粉数量要求与其相同,即

每个试验样品质量为10±0.05 g,样品与30 g 蒸馏水充分混合制备成测试溶液。虽然没有明确规定烧杯容量,但测试混合液的体积约为35 mL,同时在高速搅拌阶段液面显著上升,所以烧杯容积不宜小于50 mL。而过大的烧杯又使得混合液厚度过小而不易搅拌,为了尽量避免外界因素对测试结果的影响,本文建议采用容积为100 mL的烧杯。

1.2 亚甲蓝溶液添加速度

文献[6-7]要求用移液管向混合液中间隔加入5 mL 亚甲蓝溶液,这也是针对细集料的测试提出的。对于10 g的矿粉试样而言,一般最多加入的亚甲蓝溶液为3~4 mL,因而一次5 mL的加入量明显过大。建议采纳文献[8]的要求:间隔加入0.5 mL 亚甲蓝溶液,出现色晕后,若在5 min内消失,再加入0.2 mL溶液,直至色晕稳定5 min为止。

1.3 滤纸的规格

文献[7-8]都规定了滤纸的类型:前者对滤纸要求定量、无灰滤纸(灰份<0.01%)、95 g/m²、厚度0.20 mm、过滤速度75 s、孔径8 μm;后者规定使用中速定量滤纸。但是,文献[6]中没有对滤纸进行限制。为了研究滤纸类型对试验结果的影响,采用4种滤纸:定性滤纸(中速)和定量滤纸(慢速、中速、快速),进行了亚甲蓝试验,未发现滤纸类型对试验结果有明显的影响。但是从理论上分析,定性滤纸在过滤操作中主要用于研究物质的物理性质和化学性质;定量滤纸主要用于物质的定量分析。由于该试验是测量是否有一定量的游离亚甲基蓝存在,因而定量滤纸更为适合。同时由于测定的吸附量是阳离子交换量,当吸附达饱和时,过剩的亚甲蓝就会渗透到滤纸上形成蓝圈。而相对于定性滤纸而言,定量滤纸上的Na⁺、NO₃⁻、PO₄⁻等杂质较定性滤纸少,不会因为过多的吸收亚甲蓝而影响测试精度。亚甲蓝在不同速度的滤纸上的渗透时间不同,在一定的时间内,亚甲蓝溶液滴在快速滤纸上渗透的圆圈直径要大于其他滤纸,渗透时间也少,这也会影响残留亚甲蓝的含量。同时鉴于所做测试的矿粉类型较少,为慎重起见,建议采用中速定量滤纸。

1.4 搅拌器的影响

文献[6-7]中对搅拌器要求相同,即使用叶轮搅拌器,转速可调,并能满足600±60 r/min的转速要求。转速要求为初始阶段600 r/min,搅拌5 min,形成悬浊液。用移液管准确加入亚甲蓝溶液,然后保持400±40 r/min 转速不断搅拌,直到试验结束。而文献[8]仅要求试验采用磁性搅拌器,并未规定转速和

搅拌器尺寸。

为此,对 2# 矿粉进行了不同转速的亚甲蓝试验分析,转速为 100、400、600 r/min。同时,在实际操作中,为简化试验过程,还采用了人工搅拌的方式。经测试,矿粉亚甲蓝值如表 2 所示。

表 2 转速对亚甲蓝试验的影响

转速/(r·min ⁻¹)	亚甲蓝值/(g·kg ⁻¹)
手动搅拌	2.5
100	0.5
400	3.8

分析表 2 数据,发现搅拌转速对亚甲蓝测试结果有着明显的影响。当采用转速100 r/min时,由于转速低,沉淀的矿粉无法充分搅动,大部分都沉淀在烧杯底部,即与亚甲蓝的接触不完全,因而测得亚甲蓝值最小,仅有 0.5;当采用 400 r/min 的转速时,亚甲蓝值增大到 3.8;而当转速达到 600 r/min 时,有溶液溅出的现象。同时发现,手动搅拌的测试数值明显偏小,说明搅拌速度过低,矿粉未能充分吸附亚甲蓝。综上所述,由于亚甲蓝的吸收是一个渐进的过程,需要充分的搅拌以加快其吸收,当一定量的游离亚甲蓝出现时标志试验结束。如果搅拌速度过低,必然导致吸附不完全,添加量减小,使得测试结果不理想。所以规定一定的试验转速是非常必要的,故建议转速采用文献[6]的要求。

1.5 测试温度

亚甲蓝试验主要是测试矿粉对亚甲蓝的吸附程度,而温度是影响吸附的重要因素,但文献[6-8]均未对试验温度提出要求。为此,采用不同的环境温度进行了矿粉的亚甲蓝试验,测试结果见表 3。

表 3 不同测试温度时矿粉亚甲蓝值

矿粉编号	测试温度/℃	15	25	35
2#	加入溶液量/mL	3.50	3.50	4.00
	试样质量/g	10.05	10.05	10.05
	亚甲蓝值/(g·kg ⁻¹)	1.74	1.74	1.99
3#	加入溶液量/mL	2.50	2.90	3.20
	试样质量/g	10.01	10.00	10.00
	亚甲蓝值/(g·kg ⁻¹)	1.25	1.45	1.60

由表 3 可发现,测试温度对试验结果有重要影响。随着温度的升高,吸附量增大,但不同的矿粉类型对温度的敏感性不同。3# 矿粉的测试结果受温度的影响明显,当温度从 15℃ 升至 35℃ 时,亚甲蓝值由 1.25 增大到了 1.60。由此说明,试验必须规定相应的温度,从而增强结果的稳定性,也有利于不同试验数据的对比分析,建议试验温度为 25℃。

1.6 矿粉冲洗

文献[8]规定要采用洗净后的矿粉进行测试,而其文献[6-7]则没有此项要求。考虑在实际施工过程中,并不会冲洗矿粉,在评价过程时应模拟实际使用状况,故应取消矿粉冲洗操作。

2 试验结果分析

根据上述修正后的矿粉亚甲蓝试验方法,对 5 种矿粉进行了测试,亚甲蓝值如表 4 所示。

表 4 矿粉亚甲蓝值

矿粉编号	1#	2#	3#	4#	5#
加入溶液量/mL	0.40	3.80	2.90	0.50	4.10
试样质量/g	9.98	10.05	9.98	10.00	10.02
亚甲蓝值/(g·kg ⁻¹)	0.20	1.89	1.45	0.25	2.05

由表 4 发现,不同矿粉的亚甲蓝值有着明显的差别,1# 矿粉的亚甲蓝值仅为 0.2,而 5# 矿粉的亚甲蓝值达到了 2.05,两种矿粉亚甲蓝值的差距达到 10 倍以上,说明该试验能够区分不同的矿粉类型。

为了评价矿粉亚甲蓝值与胶浆性能的联系,采用新疆克拉玛依沥青,配制了 5 种矿粉的胶浆,其粉胶比均为 1.2。Brown 等人的研究^[4]已证实,动态剪切流变仪(DSR)和旋转粘度计(RV)可以用于胶浆性能的测试,同时发现沥青胶浆的延度对沥青路面的抗裂性能有重要影响。本研究利用以上设备测试了胶浆的高、低温性能,测试数据如表 5 所示。

表 5 沥青胶浆性能测试

胶浆编号	I	II	III	IV	V
延度/cm	23.9	34.0	32.8	16.5	30.4
抗车辙因子/kPa	5.91	5.44	5.66	7.08	5.63
布氏粘度(125℃)/(Pa·s)	8.54	5.58	6.48	18.93	6.15

由图 1、图 2 可以看出,不同类型的矿粉对胶浆的性能有着明显的影响。对于低温,延度表现最为明显,不同矿粉的胶浆延度相差达 2 倍左右,IV 胶浆的延度为 16.5 cm,而 II 胶浆的延度则为 34 cm;高温性能以布氏粘度为例,II 胶浆的粘度为 5.58 (Pa·s),而 IV 胶浆的粘度高达 18.93 (Pa·s),两者相差近 4 倍。因而在实际工程中,选择适宜的矿粉类型十分重要,它能有效地改善胶浆的性能及混合料的使用品质。例如,对低温性能要求苛刻的地区,虽然 5 种胶浆使用相同的沥青,然而如果采用 IV 矿粉,则很难保证混合料的路用性能。

由于矿粉类型对胶浆性能有着很大影响,所以需要研究矿粉的亚甲蓝值与胶浆性能的关系。为此通过试验,分析了矿粉亚甲蓝值与胶浆高、低温性能

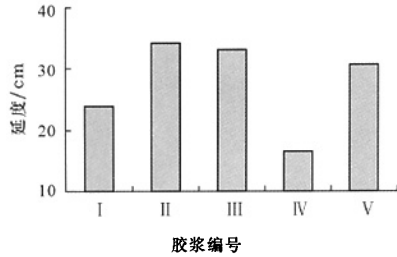


图1 胶浆延度数据

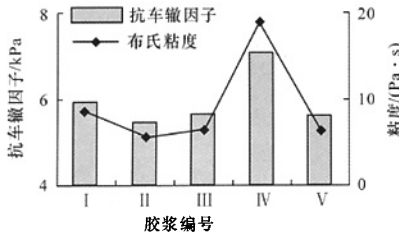


图2 胶浆高温性能数据

的关系。

由表6可知,亚甲蓝值与胶浆的低温性能相关性良好,而与高温指标联系不大。从图3发现,随着矿粉亚甲蓝值的增加,胶浆低温性能得到改善。

表6 矿粉亚甲蓝值与胶浆性能测试数据的相关系数

相关系数	延度/cm	抗车辙因子/kPa	布氏粘度(125℃)/(Pa·s)
亚甲蓝值	0.74	0.55	0.52

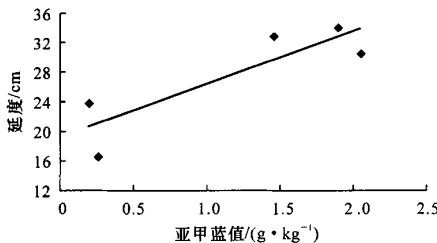


图3 延度与亚甲蓝值的关系

亚甲蓝试验是一个评价矿粉颗粒吸附能力的试验方法,因而该试验有两个主要的影响因素:矿粉表面积和矿粉矿物组成。当矿粉表面积增大时,必然导致亚甲蓝值的增大,此时颗粒粒径和体积变小。而研究证实,低温时矿粉对胶浆的作用只与矿粉体积有关,随着矿粉体积的减小,胶浆低温性能逐渐改善,同时,由于矿物主要吸附沥青中的胶质和沥青质,当矿粉表面积的增大或者表面活性的增强时,亚甲蓝值也是增大的,此时自由沥青中饱和分和芳香分含量增加,也导致了胶浆延度的增大。综上所述,随着矿粉亚甲蓝值的增大,胶浆的低温抗裂性能逐步得到改善。

3 结 语

(1)亚甲蓝试验作为综合反映矿粉性能的试验

方法,得到了广泛的应用。通过对不同国家试验方法的比较,研究了各种因素对试验结果的影响,并对规范(JTG E42-2005)中的细集料亚甲蓝试验方法提出了修正建议。

(2)测试了5种矿粉制备胶浆的高、低温性能,发现矿粉类型对胶浆的高、低温性能有着明显的影响,证实了合理选择矿粉类型的重要性。

(3)通过对矿粉亚甲蓝值与胶浆高、低温性能相关性分析,发现亚甲蓝值与胶浆的低温性能有着紧密的联系,而与胶浆高温性能相关性一般。证实了亚甲蓝试验能够有效地区分矿粉性能的优劣,这对于研究和改善胶浆和沥青混合料的路用性能具有重要的意义。

参考文献:

References:

- [1] 张争奇,李 平,王秉纲.纤维和矿粉对沥青胶浆性能的影响[J].长安大学学报:自然科学版,2005,25(5):15-18.
ZHANG Zheng-qi, LI Ping, WANG Bing-gang. Effect of fiber and mineral filler on asphalt mortar performance[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(5): 15-18.
- [2] 张争奇,梁晓莉,李 平.沥青老化性能评价方法[J].交通运输工程学报,2005,5(1):1-5.
ZHANG Zheng-qi, LIANG Xiao-li, LI Ping. Evaluation method of asphalt aging properties[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(1): 1-5.
- [3] 卢永贵,赵 可.沥青玛蹄脂性能试验研究[J].中国公路学报,2001,14(4):9-13.
LU Yong-gui, ZHAO Ke. Study of the test for the characterization of SMA mortars[J]. China Journal of Highway and Transport, 2001, 14(4): 9-13.
- [4] Brown E R, John E H. Characterization of stone matrix asphalt mortars [J]. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, 1997, 66(3): 509-524.
- [5] 杜 骋.沥青混合料回收粉的利用研究[D].南京:东南大学,2002.
- [6] JTG E42-2005,公路工程集料试验规程[S].
- [7] BS EN 933-9:1999, Tests for geometrical properties of aggregates, assessment of fines, methylene blue test[S].
- [8] Supplement 1052:1995, Determination of methylene blue adsorption value of mineral aggregate filler and fines[S].