

文章编号:1671-8879(2006)04-0035-05

沥青混合料的基本参数对其高低温性能的影响

张宜洛, 郑南翔

(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: 沥青混合料的结构和参数决定了沥青路面的路用性能。将沥青类型、级配、级配的 4.75 mm、2.36 mm 的通过率以及粉油比等作为沥青混合料的基本参数,从混合料的宏观特点出发,用试验的方法揭示各项基本参数对混合料高低温性能的影响及变化规律。结果表明:沥青的变化和结构的调整对其温度稳定性影响相当大;随着 4.75 mm 通过率和 2.36 mm 通过率的增大,沥青混合料的高低温性能趋差;粉油比应在不同类型中加以综合考虑。

关键词: 道路工程; 沥青混合料; 基本参数; 高温稳定性; 低温抗裂性能

中图分类号: U414.75

文献标识码: A

Influence of basic parameters on high and low temperature performances of bituminous mixture

ZHANG Yi-luo, ZHENG Nan-xiang

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

Abstract: The parameters and structure of bituminous mixture determine the performances of asphalt pavement. Taking the types of asphalt, the grade of mixture, the 4.75 mm passing percentage, the 2.35 mm passing percentage, and the ratio of powder to oil as the basic parameters, a lot of tests are carried out to reveal the influence of those basic parameters on the performances of asphalt pavement at low and high temperature. The results show that the types of asphalt and the change of mixture structure have a great influence on the performances of pavement. With the increase of 4.75 mm and 2.35 mm passing percentage, the performances of bituminous mixture will decrease; the influence of the ratio of powder to oil must be considered in different structure. 1 tab, 12 figs, 6 refs.

Key words: road engineering; bituminous mixture; basic parameters; stability at high temperature; anti-cracking ability at low temperature

0 引 言

沥青路面的路用性能是由沥青混合料内部的材料及其结构属性所决定的,由于某些因素的变化而

出现不同的路用性能表现形式,形成了不同的沥青混合料类型^[1]。为了解决实际工程中的应用问题,学者对沥青混合料的路用性能进行了大量的研究。例如,改变沥青性质而采用改性沥青,改变矿料级配

收稿日期:2005-04-26

基金项目:国家西部交通建设科技项目(200131800019)

作者简介:张宜洛(1966-),男,河南偃师人,副教授,博士研究生。

采用 SUPERPAVE 及 SMA 等,以满足复杂的路用性能要求等^[2]。其研究的方向和方法大多局限在某一方面,如 SMA 的合理级配^[3]、SUPERPAVE 的优化组合等。每种混合料均有各自的特点和最优方案,但从整体上看,把握混合料的内在规律,了解混合料的多样性和复杂性,就可以很好地解决混合料的自身缺陷。

本文对多种类型沥青混合料的高低温技术指标进行汇总,将沥青混合料的基本参数(沥青、级配、级配的 4.75 mm 和 2.36 mm 的通过率以及粉油比等)采用代表值的方式,利用统计分析方法从整体上分析各项基本参数对沥青混合料高低温性能的影响及变化规律,以期对沥青混合料进行全面的了解。

1 沥青混合料的基本参数

沥青混合料的强度是由沥青的粘结力 c 与骨料颗粒间的嵌挤力、内摩阻力 φ 构成^[3],由于混合料结构的不同,从而使两者的力学性能主次表现形式不同,形成了通常意义上的悬浮密实结构、骨架空隙结构与骨架密实结构等,在路用性能和力学性能上表现出不同的特点。沥青混合料的参数应能反映出力学性能的变化和结构类型的不同。本文选定的沥青混合料的基本参数为沥青、矿料级配、4.75 mm、2.36 mm 的通过率以及粉油比等。

2 研究方案

为了全面分析研究沥青混合料的性能,本文选用了普通沥青、改性沥青,级配选择了 AC、AK、SMA、SUPERPAVE 等,结构性能从悬浮密实结构到骨架密实结构。

研究方案中沥青选择重交沥青 AH-90[#] 和以 AH-90[#] 为基础的 SBS 改性沥青,集料选取花岗岩,矿粉为石灰岩,矿料的级配类型选择 AC、AK、SMA、SUPERPAVE 等。

研究方案的汇总见表 1,研究范围取值是对所有级配进行分析、汇总而得到的,代表值取研究范围的中值,试验数据也是取中值作为代表值。

3 影响沥青混合料高温稳定性的参数

沥青混合料高温稳定性通常采用车辙试验进行检测,采用动稳定度(DS)作为评价指标。一般认为,动稳定度越大,其高温稳定性越好,沥青混合料高温抗车辙的能力越强。试件尺寸为 300 mm×300 mm×50 mm,试验轮行走速度为 42 次/min,轮荷重

表 1 研究方案

沥青混合料		AC	AK	SUPER	SMA
4.75 mm 通过率/%	研究范围	44~48	38~42	42~46	24~30
	代表值	46	40	44	27
2.36 mm 通过率/%	研究范围	35~40	29~31	27~30	18~23
	代表值	37.5	30.0	28.5	20.5
粉油比(矿粉/沥青)	研究范围	1.22	1.46	1.58	1.50~1.80
	代表值	1.22	1.46	1.58	1.65

注: SUPER 为 SUPERPAVE 的缩写(以下同)。

0.7 MPa^[4]。

3.1 沥青对高温稳定性的影响

沥青对沥青混合料的高温稳定性起着非常重要的作用,为提高高温抗车辙能力,在中国常采用对沥青进行改性的方法。沥青及改性沥青对沥青混合料动稳定度的影响关系见图 1。

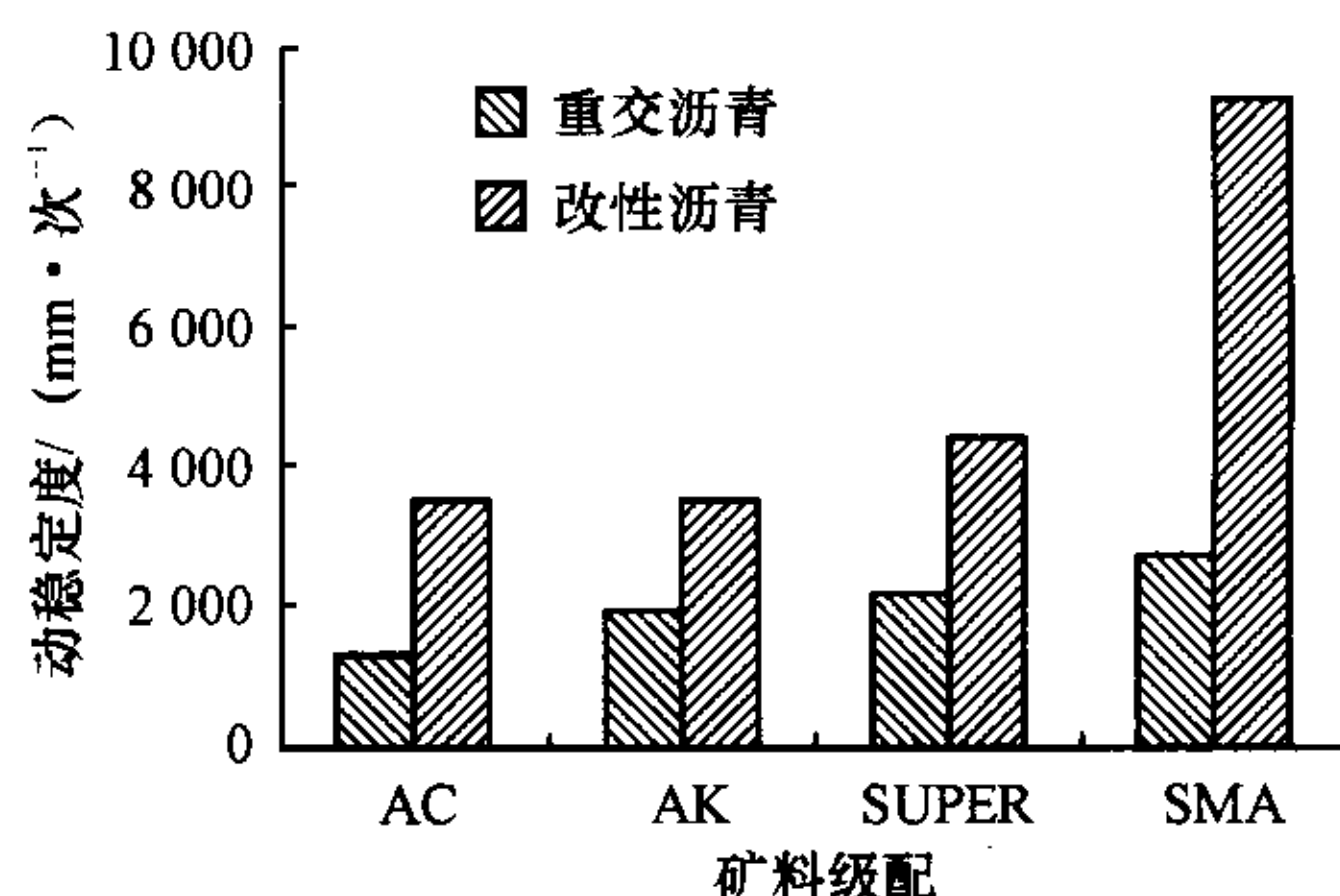


图 1 重交沥青和改性沥青对沥青混合料动稳定度的影响

从图 1 看,改性沥青能明显提高沥青混合料的动稳定度,其原因是对沥青进行 SBS 改性可大幅度提高沥青高温下的粘滞度及粘韧性,相应提高了混合料在高温下内部沥青与骨料的粘结力 c ,混合料的结构更加稳定,使高温抗车辙性能增加。与基础沥青相比,改性沥青提高的幅度不同,普通沥青混凝土 AC 提高 64%,抗滑级配 AK 提高 79%,高性能沥青混合料 SUPERPAVE 提高 99%,沥青玛蹄脂碎石 SMA 提高 235%。由于提高的幅度不同,反映在不同的混合料结构内部,使沥青表现出的粘结力 c 的性质有所不同。从结果看,SMA 混合料采用改性沥青效果最好,建议使用 SMA 时应尽量选用改性沥青。其次是 SUPERPAVE,从高温性能看,AC 采用改性沥青对提高高温性能也有较大的帮助。

3.2 级配对高温稳定性的影响

级配的变化影响到混合料的类型,也直接影响到混合料内部骨料的嵌挤力和内摩阻力 φ ,从而影响到混合料的抗车辙能力。矿料级配对混合料动稳定度的影响结果见图 2(普通重交沥青)和图 3(改性沥青)。

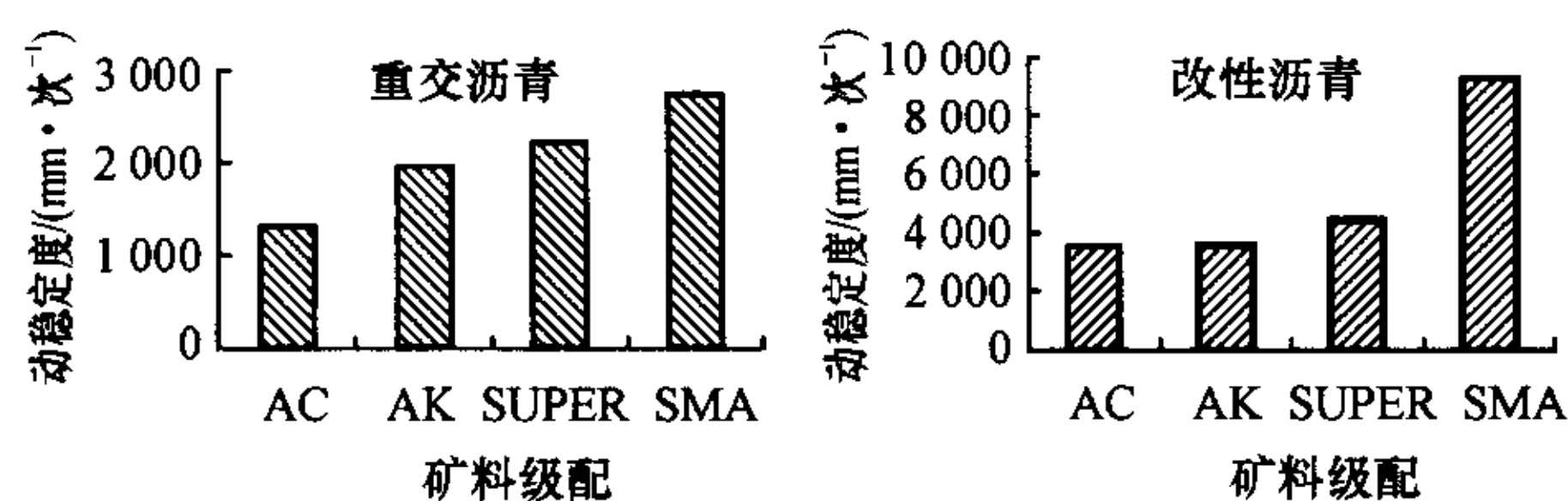


图2 矿料级配对动稳定度的影响(重交沥青)

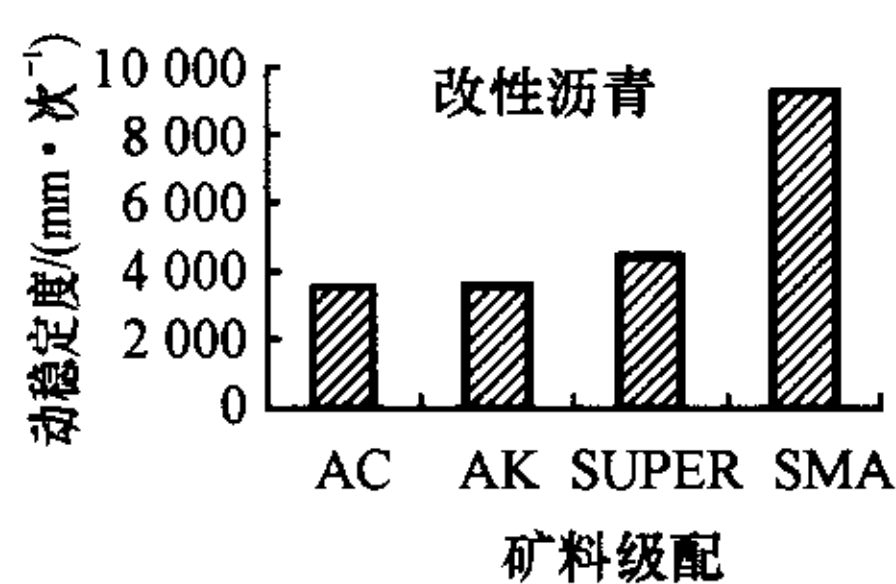


图3 矿料级配对动稳定度的影响(改性沥青)

从图2分析普通沥青混合料在矿料级配变化的情况下对沥青混合料动稳定度的影响。以AC为基础,由AK到SUPERPAVE再到SMA变化程度为:45%、64%、104%。在混合料结构从悬浮密实状态到骨架空隙状态再到骨架密实状态的过程中沥青混合料的 φ 不断增大,使沥青混合料的高温抗车辙能力不断提高。

从图3分析SBS改性沥青混合料在矿料级配变化的情况下对沥青混合料动稳定度的影响。以AC为基础,由AK到SUPERPAVE再到SMA变化程度为:0%、26%、163%。在改性沥青的状态下,由于混合料的 c 值本身较大,在结构改变时可能 φ 值的变化不太明显,使混合料在AK和SUPERPAVE的作用不太明显;当出现明显的骨架时,改性的作用才能充分发挥,这可能就是SMA提高幅度较大的原因。

综合图2、图3,沥青混合料结构的变化对于动稳定度的影响规律依不同类型的沥青而表现不同。在由悬浮结构转变为骨架结构的过程中,普通沥青混合料的动稳定度逐步提高,说明 φ 值的影响明显;而改性沥青混合料有一个突变,说明在 φ 值影响的同时,对 c 值也具有明显的影响。

以普通重交沥青AC混合料的动稳定度为基础,与既用改性沥青又发生结构改变的进行对比:改性的AC提高164.4%、改性的AK提高164.4%、改性的SUPER提高232.2%、改性的SMA提高596%。可以明显看出,在双重的作用下,混合料的 φ 值和 c 值同时提高,SMA可以使沥青混合料的高温性能提高近6倍,SUPERPAVE提高2倍多。

分析级配与沥青的作用,对于AC来说,由普通沥青变为改性沥青混合料的动稳定度提高235%;同是普通沥青,结构由AC到SMA,提高104%,这说明两者对动稳定度影响均相当明显,使沥青的改性效果更为突出。

3.3 4.75 mm 通过率对高温稳定性的影响

沥青混合料的结构类型变化通常用骨架结构形成与否来表征,判断的方法一般常采用4.75 mm的

通过率或2.36 mm的通过率来表示。4.75 mm通过率与重交沥青和改性沥青混合料的动稳定度的关系见图4。

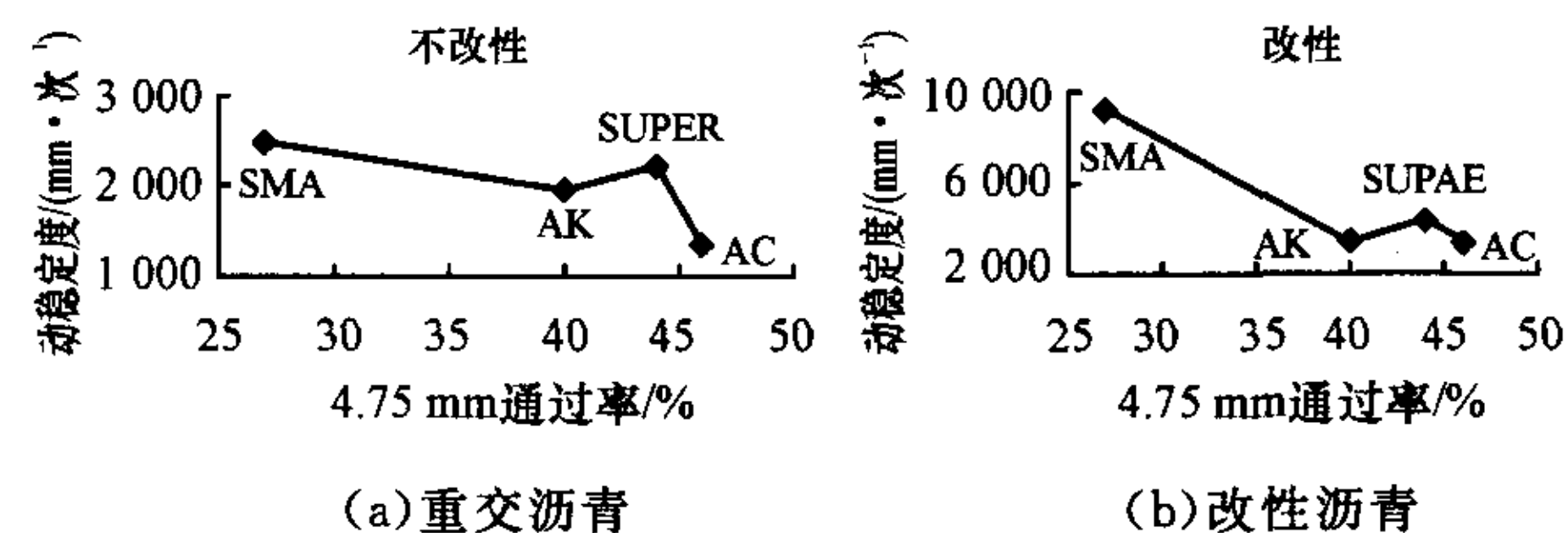


图4 矿料级配的4.75 mm通过率对混合料动稳定度的影响

从图4(a)、(b)的曲线趋势看,随着4.75 mm通过率的增大,混合料的动稳定度逐渐减小。中间起伏是由于AK的孔隙率较大、 c 值较低造成的,说明沥青混合料的设计应注意孔隙率的影响。对比图4(a)、(b),改性沥青对动稳定度的影响明显大于普通沥青,说明结构的变化也会影响到沥青性质的变化。这是因为在高温条件下,改性沥青具有相当高的粘滞度,加强了结构摩阻力的作用,使其随着4.75 mm通过率的减小,动稳定度明显变大。而普通沥青在高温条件下可能对结构起润滑作用,造成混合料的结构向骨架转变时,动稳定度提升幅度较小。

3.4 2.36 mm 通过率对高温稳定性的影响

2.36 mm通过率与重交沥青和改性沥青混合料的动稳定度的关系见图5。

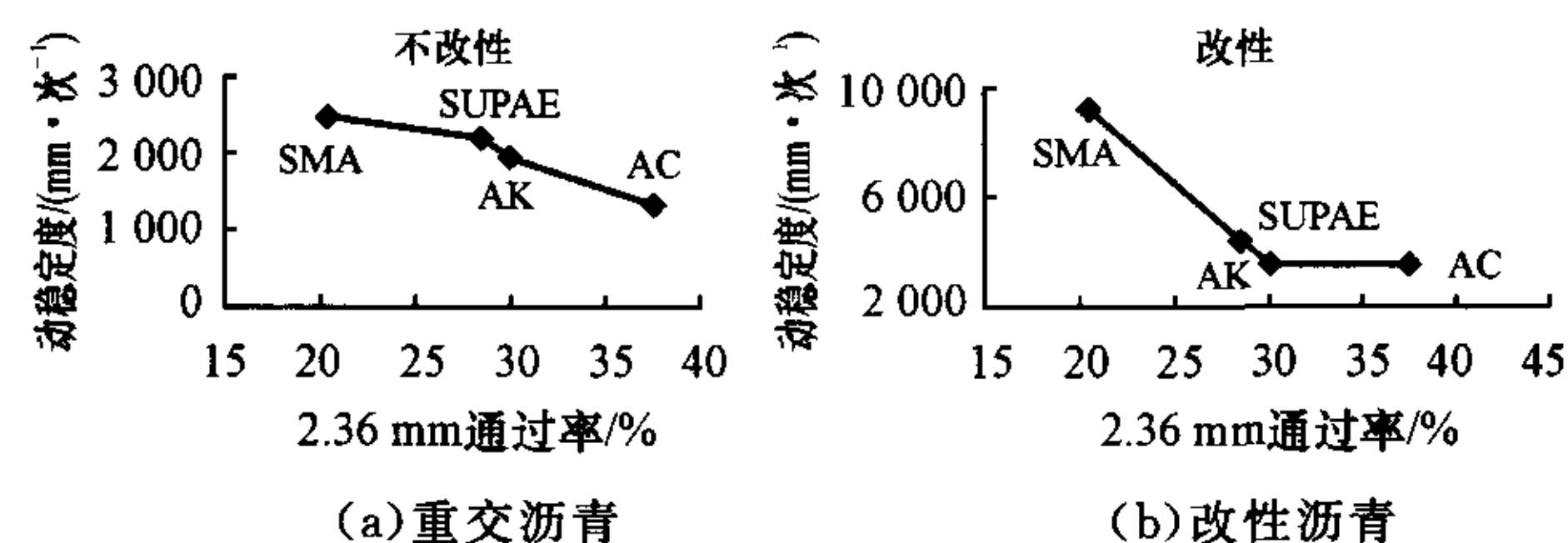


图5 矿料级配的2.36 mm通过率对混合料动稳定度的影响

由图5(a)、(b)看,随着2.36 mm通过率的增大,混合料的动稳定度减小,改性沥青的影响大于普通沥青。对于改性沥青来说,当2.36 mm的通过率小于30%时,动稳定度急剧增大,而普通沥青不太明显,说明为提高动稳定度而使用改性沥青时,矿料级配最好采用较小的2.36 mm通过率。

3.5 不同粉油比对高温稳定性的影响

沥青混合料中的沥青胶浆对高温性能具有较大的影响,常采用粉油比表示。随着粉油比的变化,沥青混合料内部的粘结料 c 值也随之产生变化,从而影响到混合料的高低温性能。关于不同粉油比与重交沥青和改性沥青混合料动稳定度的关系见图6。

图6表明,随着粉油比的增大,动稳定度明显增高。普通沥青的影响具有明显的线性特征,而改性沥青具有突变性的特点,当粉油比超过1.6时,动稳

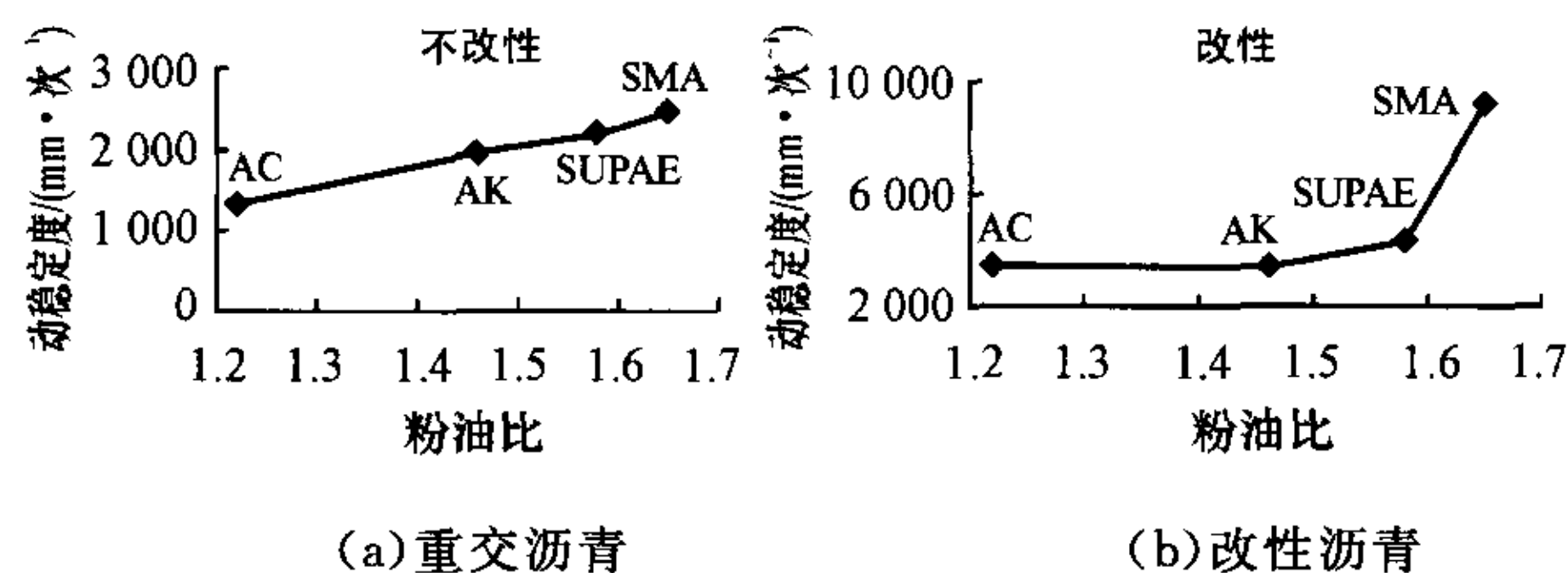


图6 不同粉油比对混合料动稳定度的影响

定度急剧增大。

4 影响沥青混合料低温抗裂性的参数

评价沥青混合料的低温抗裂性能常用低温弯曲试验。弯曲破坏应变作为弯曲试验中沥青混合料的低温抗裂性指标。破坏应变越大,沥青混合料的可变形范围也越大,因而抗裂性能越好。该试验方法规定的试件尺寸为 $30\text{ mm} \times 35\text{ mm} \times 250\text{ mm}$ 的棱柱体试件,试验温度为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[4]。

4.1 沥青对低温抗裂性的影响

沥青及改性沥青对其混合料低温弯曲破坏应变的影响关系见图7。

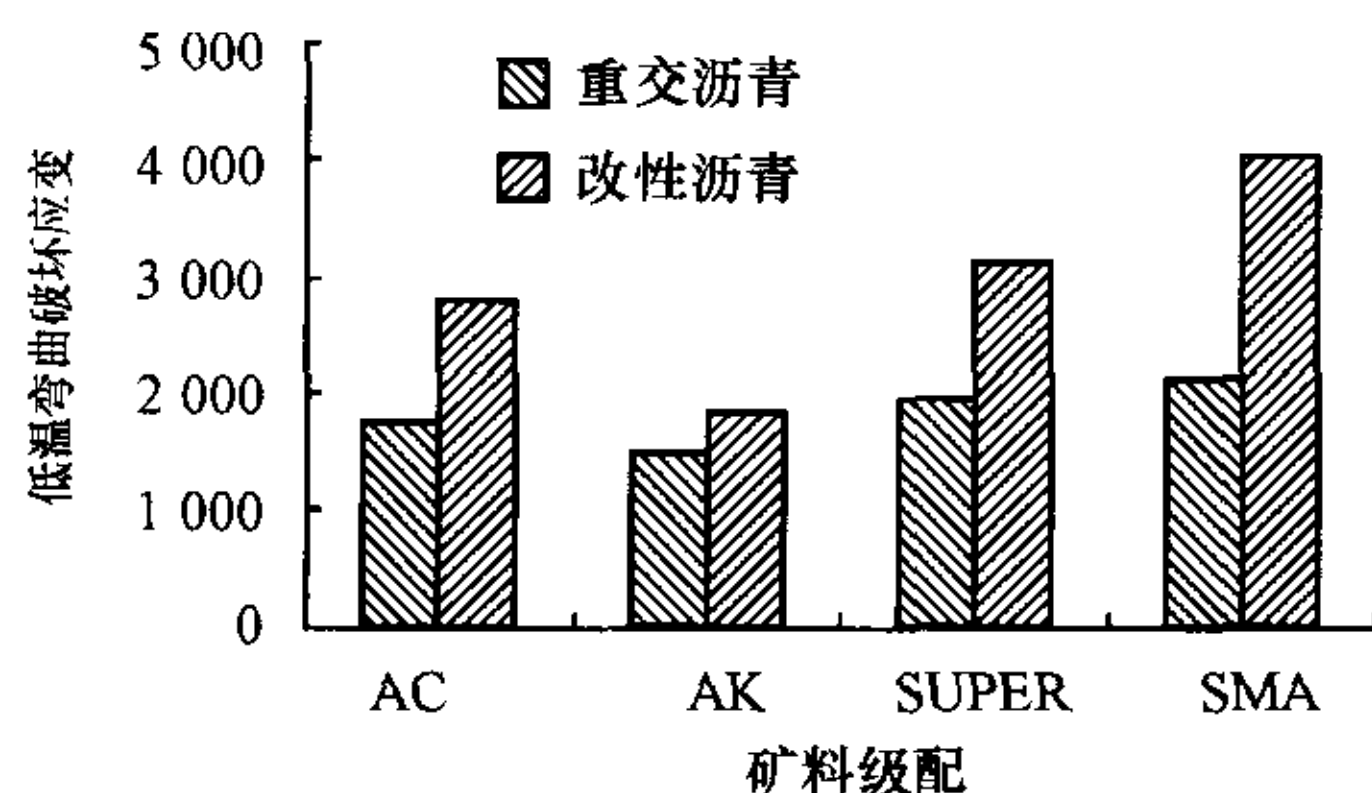


图7 重交沥青和改性沥青对混合料低温弯曲破坏应变的影响

图7表明,改性沥青可以很好地提高沥青混合料的低温抗裂性。因为沥青通过改性后,尤其是通过SBS改性后,沥青自身的柔性、韧性得到增加,从而提高了混合料的低温抗裂性能。其提高幅度的顺序为: $\text{AK}(24\%) < \text{AC}(61\%) < \text{SUPERPAVE}(62\%) < \text{SMA}(88\%)$ 。与同类混合料类型比较,提高的幅度不同,可能是结构不同,沥青对混合料低温抗裂能力的作用不一样。从效果来看,SMA混合料采用改性沥青效果最好,SUPERPAVE和AC两者持平,最差的是AK,这说明对结构不太好的混合料,就是采用改性沥青效果也不理想。

4.2 级配对低温抗裂性的影响

矿料级配对混合料低温弯曲破坏应变的影响结果见图8(普通重交沥青)和图9(改性沥青)。

图8表明,普通沥青混合料在矿料级配变化的情况下与沥青混合料低温弯曲破坏应变的规律,随着混合料类型的变化,其变化的特点不同。以AC为基础,由AK到SUPERPAVE再到SMA变化程度分别

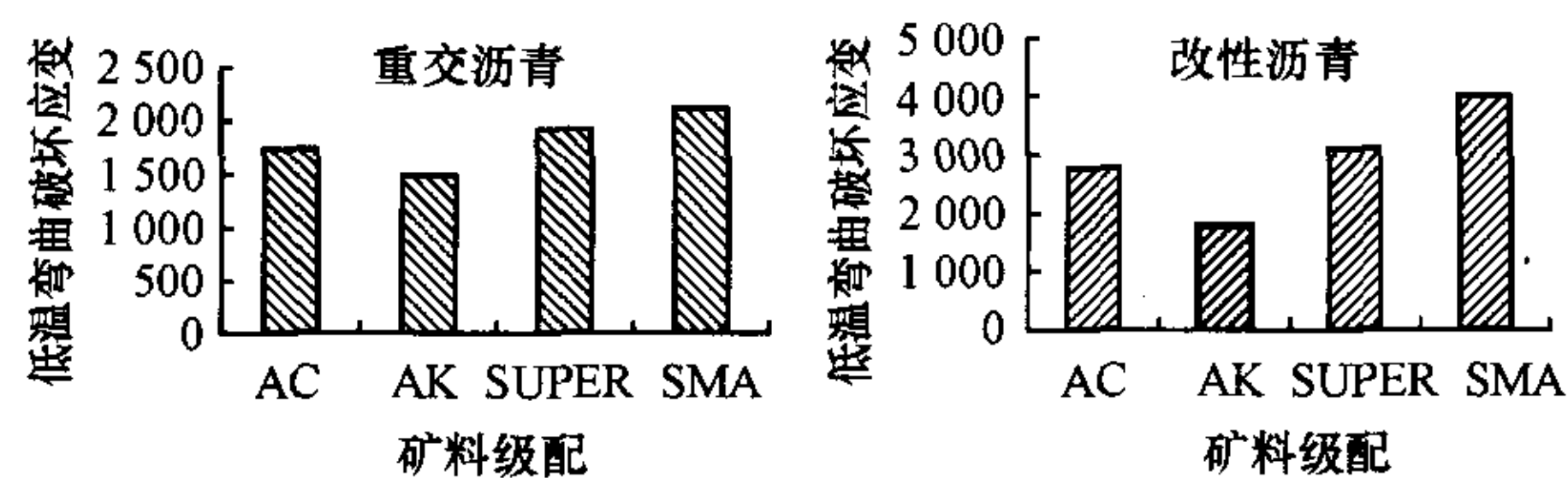


图8 矿料级配对弯曲破坏

应变的影响(重交沥青)

图9 矿料级配对弯曲破坏

应变的影响(改性沥青)

为: -14% 、 10.9% 、 22.2% 。如变化范围不大,说明结构对低温的性能影响较小,起主要作用的是沥青。

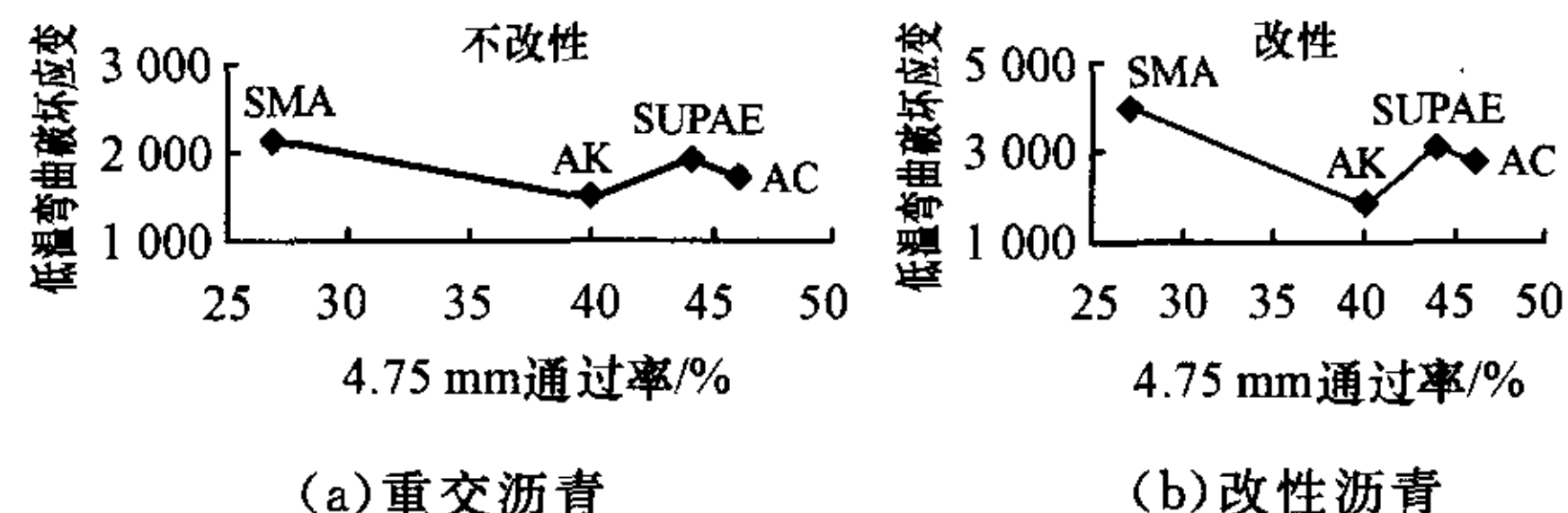
图9表明,SBS改性沥青混合料在矿料级配变化的情况下对沥青混合料低温弯曲破坏应变的规律,其规律与普通沥青相同。以AC为基础,由AK到SUPERPAVE再到SMA变化程度分别为: -33.7% 、 11.9% 、 43% 。SMA效果最好,AK级配的混合料的低温抗裂性明显低于AC及其他,这说明对于改性沥青,结构的变化可能比较重要。

以普通沥青AC混合料的弯曲破坏应变为基础,与既采用改性沥青又发生结构改变的进行对比:改性的AC提高 60.5% 、改性的AK提高 6.4% 、改性的SUPERPAVE提高 79.5% 、改性的SMA提高 129.4% 。可以明显看出,在 c 、 ϕ 的双重改变下,SMA沥青混合料的低温抗裂性能明显提高,其次为SUPERPAVE。

分析级配与沥青的作用,对AC由普通沥青变为改性沥青低温弯曲破坏应变提高 24% ,而同是普通沥青,结构从AC改变到SMA,提高 22% ,这说明对低温开裂性能影响的主要是沥青,其次才是混合料结构^[5-6]。

4.3 4.75 mm 通过率对低温抗裂性的影响

4.75 mm 通过率与重交沥青和改性沥青混合料低温弯曲破坏应变的关系见图10。



(a)重交沥青

(b)改性沥青

图10 矿料级配的4.75 mm 通过率对混合料的低温弯曲破坏应变影响

从图10(a)、(b)的曲线趋势看,随着4.75 mm 通过率的增大,混合料的低温弯曲破坏应变减小。对比图10(a)、(b),改性沥青的低温破坏应变远远大于普通沥青,说明沥青性质的变化可以提高其低温抗裂性能。但从变化速率来讲,改性沥青又大于普通沥青,说明改性沥青能使4.75 mm 通过率对低温抗裂性能更为敏感。

4.4 2.36 mm 通过率对低温抗裂性的影响

2.36 mm 通过率与重交沥青和改性沥青混合料的低温弯曲破坏应变关系见图 11。

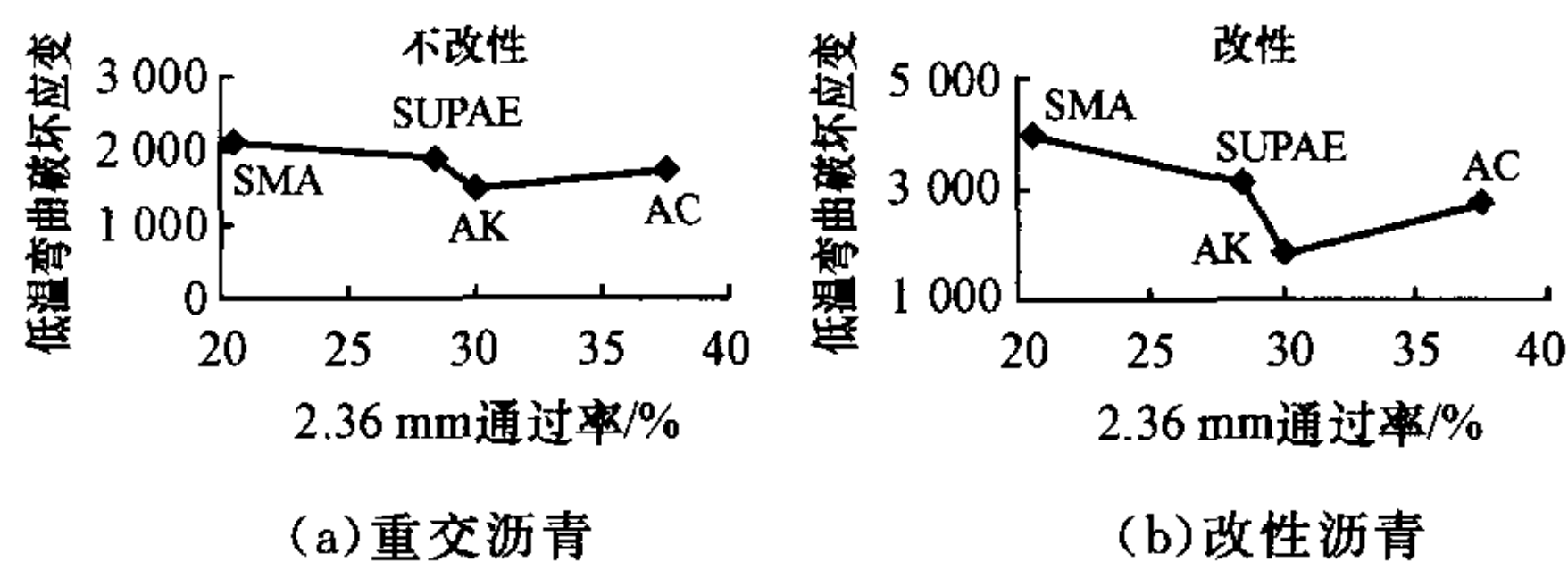


图 11 矿料级配的 2.36 mm 通过率对混合料的低温弯曲破坏应变影响

图 11(a)、(b)表明,随着 2.36 mm 通过率的减小,混合料的低温弯曲破坏应变有减小的趋势,但不明显。在通过率为 30% 时值偏小,可能是由于 AK 混合料的结构不太好、孔隙率过大造成的。这也说明,沥青混合料的低温抗裂性能也与孔隙率有关。

4.5 不同粉油比对低温抗裂性的影响

不同粉油比与重交沥青、改性沥青混合料低温弯曲破坏应变的关系见图 12。

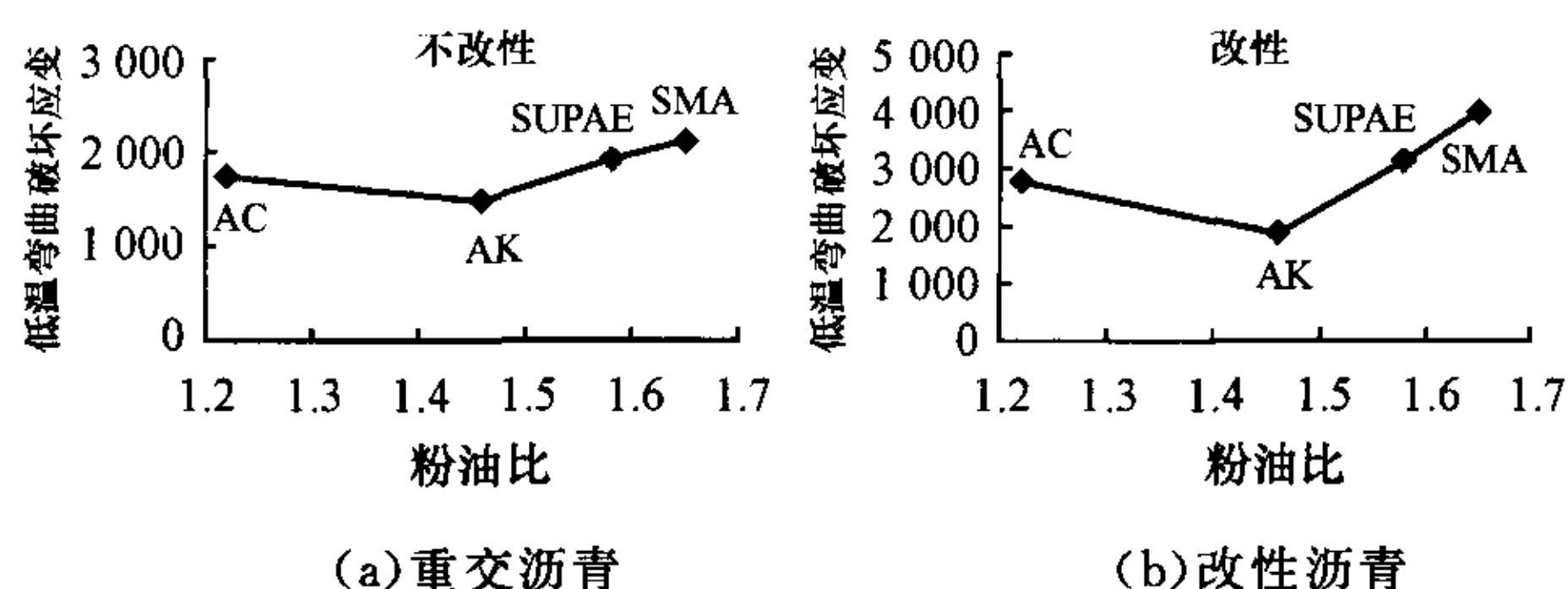


图 12 不同粉油比对混合料的低温弯曲破坏应变影响

图 12 表明,随着粉油比的增大,低温弯曲破坏应变有一突变点,在 1.4~1.5 之间最低。其原因可能主要是由于 AK 结构不合理,导致不同粉油比的低温表现性质不一样,如矿粉含量、沥青含量不同,这说明不同的结构可能具有不同的合理粉油比。

5 结 语

(1)影响沥青混合料高低温性能的首要因素应是沥青,其次才是混合料结构。从效果来看,对高温性能的影响最为显著的是沥青的改性,其次是结构的变化,两者对低温性能也有较大的影响,且效果基本一致。

(2)矿料的级配,也就是混合料的结构对其高低温性能也有较大的影响。如果既采用改性沥青又改变结构,高温性能可以提高 6 倍,低温性能也可以提高 129%。

(3)矿料的 4.75 mm 通过率对混合料的高低温性能影响较大,两者均有随通过率的增大而减小的趋势,但应注意结构的变化。

(4)矿料级配的 2.36 mm 通过率对高温的影响明显,随着其增大而减小;而对低温的影响不太明显。

(5)粉油比的变化对高温的作用效果比较明显,对低温的作用效果不明显,应结合相应的混合料结构类型进行分析。

参考文献:

References:

- [1] 申金安. 沥青及沥青混合料路用性能[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
SHEN Jin-an. Bituminous and mixture performance [M]. Beijing: People's Communications Press, 2001.
- [2] 张宜洛,支喜兰. AK、SMA、OGFC、SAC 型沥青混合料路用性能的研究[J]. 重庆交通学院学报,2003,22(3): 40-43.
ZHANG Yi-luo, ZHI Xi-lan. Research on the performance of the AK, SMA, OGFC and SAC's bituminous mixture[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University, 2003, 22(3): 40-43.
- [3] 赵可,卢永贵,魏如喜. SMA 高温稳定性研究[J]. 中国公路学报,2004, 17(2):11-17.
ZHAO Ke, LU Yong-gui, WEI Ru-xi. Research on High Temperature Properties of SMA[J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(2): 11-17.
- [4] JTJ052-2000. 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
JTJ052-2000. Standard test methods of bituminous and bituminous mixtures for highway engineering[S].
- [5] 张宜洛. 抗滑级配类型沥青混合料的抗滑性能[J]. 长安大学学报:自然科学版,2003,23(1):7-10.
ZHANG Yi-luo. Skid resistance regulativity of different grades bituminous mixture[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003, 23(1): 7-10.
- [6] 徐皓,倪富健,陈荣生,等. 排水性沥青混合料耐久性[J]. 交通运输工程学报,2005, 5(2):27-31.
XU Hao, NI Fu-jian, CHEN Rong-sheng, et al. Durability of porous asphalt mixture[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(2): 27-31.