

# 矿料级配对紫外光老化沥青混合料高低温性能影响研究

童申家, 刘金修, 王 乾, 高远东

(西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055)

**摘要:** 为了研究不同级配对紫外光老化沥青混合料高低温性能的影响, 分别选取AC-13和AC-16各5种S型级配进行室内试验, 分析不同级配对紫外光老化沥青混合料高低温性能的影响规律。试验结果表明: 各级配沥青混合料的动稳定度及低温劈裂强度在紫外光老化后都呈降低的趋势, 但级配不同其降低幅度有所不同; 在S型级配矿料组成中, 粗集料含量越多, 紫外光老化后沥青混合料的动稳定度下降越少。细集料含量越多, 紫外光老化后沥青混合料的低温劈裂强度下降越少。其中AC-13S5型、AC-16S4型级配具有较好的高温抗紫外光老化性能, AC-13S1型、AC-16S2型级配具有较好的低温抗紫外光老化性能。

**关键词:** 沥青混合料; 矿料级配; 紫外光老化; 高低温性能

**中图分类号:** U414

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7930(2015)05-0626-04

## Research of the effect of aggregate gradation on high-and-low temperature performance of UV aging asphalt mixture

TONG Shenjia, LIU Jinxiu, WANG Qian, GAO Yuandong

(School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

**Abstract:** In order to investigate the effect of different gradation on the temperature performance of UV aging asphalt mixture, AC-13 and AC-16 were selected for each of 5 graded indoor tests, in analyzing the different gradation of UV aging asphalt Mixture influence of temperature performance. The results show that Levels with asphalt mixture dynamic stability and low cleavage strength after UV aging were tested to show a decreasing trend, but with a different level of its reduction ranges. The S-type composition graded mineral aggregate, coarse aggregate content more dynamic stability after UV aging asphalt presents a smaller decline. the more material content of fine aggregate, the less after UV aging asphalt splitting strength at low temperature. Where AC-13S5 type, AC-16S4 type gradation has good high temperature anti-aging properties of ultraviolet light, AC-13S1 type, AC-16S2 type gradation has good low-temperature UV anti-aging properties.

**Key words:** asphalt mixture; aggregate gradation; UV aging; high-and-low temperature performance

沥青混凝土路面由于其优异的路用性能而被广泛应用,然而沥青混合料作为沥青路面的面层材料直接承受交通、环境等因素的综合作用,在使用过程中其性能会发生老化降低的现象,在强紫外光辐射地区,沥青混合料高低温性能受其老化影响现象尤为突出<sup>[1-2]</sup>。而矿料级配与沥青混合料高低温性能密切相关,因此为了保证沥青路面具有良好的高低温性能和较长的使用寿命,沥青混合料应具有良好的抗紫外光老化、抗高温变形、抗低温开裂等路用性能。

对于强紫外光辐射地区影响沥青混合料高低温性能的影响因素有很多,其中包括沥青种类、油石比、辐射强度、集料种类和矿料级配等,对于前4个影响因素国内外学者进行了大量试验与理论研究<sup>[3-7]</sup>。而针对矿料级配对紫外光老化沥青混合料高低温性能影响研究相对较少。张争奇、陈国明等<sup>[8-10]</sup>做了矿料级配对沥青混合料路用性能的研究,但是没有考虑紫外光辐射影响;李惠霞等<sup>[11-12]</sup>人做了紫外光老化前后沥青混合料路用性能的对比而没有研究矿料级配对紫外光老化沥青混合料高低温性能影响。

鉴于此,研究从矿料级配设计入手,分别选取AC-13和AC-16各5种S型级配进行室内试验,对比分析矿料级配与紫外光老化沥青混合料高低温性能的相关性,阐述矿料级配对紫外光老化沥青混合料高低温性能的影响规律,并提出适用于强紫外光辐射地区的矿料级配,以期为强紫外光辐射地区沥青路面的级配优化设计提供参考。

## 1 原材料及性能试验

### 1.1 沥青

考虑到现有高等级沥青路面实际工程中的应用情况,本文试验中采用的沥青为陕西国创沥青材料有限公司生产的优质SBS I-C改性道路石油沥青。根据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20-2011)<sup>[13]</sup>相关规定,对沥青的各项性能指标进行测试,其基本性能和技术指标均满足规范要求。

### 1.2 集料

本文试验所用的粗细集料均为内蒙古苏宏图公路料场的优质石灰岩,包括20~40 mm、10~20

mm、5~10 mm、3~5 mm、石屑五档集料, 矿粉为碳酸钙粉末. 根据《公路工程集料试验规程》(JTGE42-2005)<sup>[14]</sup>的规定, 对集料进行性能试验, 各指标结果表明所采用矿料各性能均满足规范要求.

2 矿料级配及最佳沥青用量的确定

2.1 矿料级配类型

由于紫外光对沥青混合料的老化作用主要发生在表层较浅范围内, 因此本文采用沥青路面上面层广泛使用的AC-13和AC-16密级配沥青混合料进行研

究. 在规范规定的级配范围内通过控制关键筛孔9.5、4.75、2.36 mm的通过率, 适当减少公称最大粒径附近的粗集料用量同时减少细集料用量, 形成具有较多中等粒径集料的S型级配曲线, 使通过调整所得的AC-13和AC-16沥青混合料在确保高温稳定性的同时, 也兼顾低温抗裂性的要求. 鉴于此, 本文针对AC-13和AC-16沥青混合料分别拟定了5种级配进行研究, 分别记为AC-13S1、S2、S3、S4、S5和AC-16S1、S2、S3、S4、S5. 各级配组成分别汇总于下表1~2.

表1 AC-13各级配的矿料组成  
Tab.1 The aggregate composition of AC-13

编号	通过下列筛孔 (方孔筛, mm) 的质量百分率/%									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S1	100	94	76	54	35	25	19	15	12	8
S2	100	98	82	60	32	18	12	10	7	5
S3	100	98	82	53	30	18	12	10	7	5
S4	100	95	70	48	36	24	18	12	8	4
S5	100	90	68	38	24	15	10	7	5	4

表2 AC-16各级配的矿料级配组成  
Tab.2 The aggregate composition of AC-16

级配 类型	通过下列筛孔 (方孔筛, mm) 的质量百分率/%										
	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S1	100	100	91	64	44	28	20	15	12	10	7
S2	100	96	85	70	48	33	25	18	12	10	7
S3	100	98	89	77	54	27	16	11	10	8	7
S4	100	90	76	60	34	20	13	9	7	5	4
S5	100	92	81	70	51	37	24	18	13	9	6

2.2 最佳沥青用量的确定

本文通过采用马歇尔试验确定沥青混合料各级配的最佳沥青用量, 对于以上确定的AC-13与AC-16的各个级配, 分别与SBS I-C改性沥青制作成沥青混合料试验试件, 沥青用量的选用原则为根据工程经验以0.5%的间隔选取油石比. 对以上沥青混合料按照沥青混合料试件制作方法(击实法, T0702-2011)<sup>[15]</sup>制作成标准的马歇尔试件, 进行马歇尔试验, 通过毛体积密度、矿料间隙率、孔隙率、稳定度、沥青饱和度和流值6大指标确定各个级配最佳油石比. 在试验结果基础上进行路用性能试验, 综合路用性能试验结果确定其最佳油石比. 如下表3所示.

表3 沥青混合料最佳油石比  
Tab.3 The optimum asphalt aggregate ratio of asphalt mix

级配	沥青	油石比/%				
		S1	S2	S3	S4	S5
AC-13	SBS I-C	5.1	5.3	5.4	5.2	5.1
AC-16	SBS I-C	5.0	5.5	5.4	5.3	5.4

3 室内模拟紫外光老化试验方案

试验采用室内紫外光老化环境箱对不同级配的

沥青混合料按照室内、室外紫外光辐射总量相等的原则进行老化试验. 紫外光环境箱采用1 500 W的高压汞灯, 试件所受辐射强度为250 W·m<sup>-2</sup>, 老化时长取为81小时, 即相当于拉萨地区自然老化2个月.

按照规范规定, 将不同级配的沥青混合料分别制成马歇尔试件和车辙板试件, 其中马歇尔试件以4个为一组, 车辙板试件以3个为一组, 将成型好的马歇尔试件和车辙板试件分为两组, 一组进行室内紫外光老化试验, 一组作为对照组不进行老化; 对老化后的马歇尔试件进行低温劈裂试验, 以劈裂强度来评价沥青混合料的低温性能, 对老化后的车辙板试件进行车辙试验, 以动稳定度来评价沥青混合料的高温性能.

4 试验结果及分析

为系统分析不同级配对沥青混合料紫外光老化前后动稳定度和低温劈裂强度的影响规律, 将试验结果分别绘制成不同级配沥青混合料紫外光老化前后动稳定度与低温劈裂强度结果的柱状图, 如下图1、图2所示.

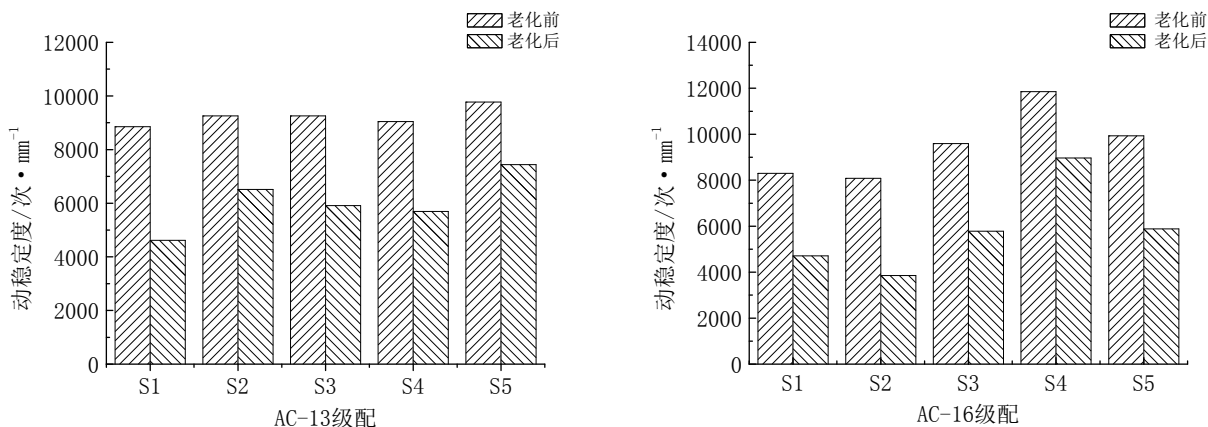


图1 不同级配沥青混合料紫外光老化前后动稳定度的变化

Fig1 Different gradations of asphalt mixtures before and after UV aging change of dynamic stability

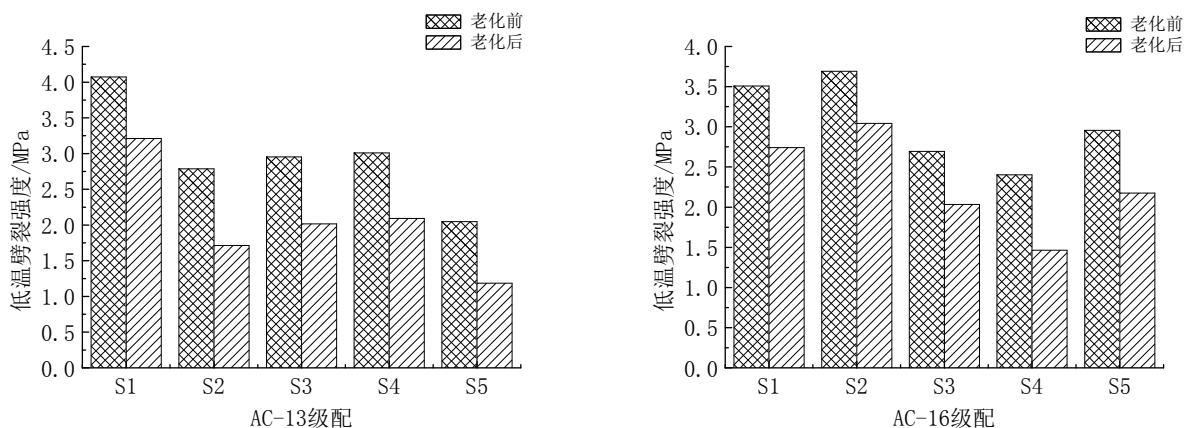


图2 不同级配沥青混合料紫外光老化前后低温劈裂强度的变化

Fig2 Different gradations of asphalt mixtures before and after UV aging change of low cleavage strength

通过分析图1和图2 可以得出以下结论:

(1) 各级配沥青混合料的动稳定度与低温劈裂强度在紫外光老化后均呈降低的趋势,但级配不同其降低幅度有所不同.在动稳定度方面,所选AC-13级配降幅由大到小为S1>S4>S3>S2>S5, AC-16级配降幅由大到小为S2>S1>S5>S3>S4;在低温劈裂强度方面,所选AC-13级配降幅由大到小为S5>S2>S3>S4>S1, AC-16级配降幅由大到小为S4>S5>S3>S1>S2.

(2) AC-13S5型级配与AC-16S4型级配紫外光老化后沥青混合料的动稳定度降低最少,分别只降低了23.85%与24.32%. AC-13S1型级配与AC-16S2型级配紫外光老化后沥青混合料的动稳定度降低最多,分别降低了47.85%与52.36%.表明在S型级配矿料组成中,粗集料含量越多,紫外光老化后沥青混合料的动稳定度下降越少.原因在于级配所含粗骨料越多,所形成的沥青混合料更趋向于骨架空隙结构,而构成混合料抗车辙能力主要部分的粗骨料间嵌挤作用受紫外光老化的影响相对较小,因此

与细集料含量较多时的悬浮密实结构相比,其动稳定度降幅较小.因此AC-13S5型、AC-16S4型级配具有较好的高温抗紫外光老化性能.

(3) AC-13S1型级配与AC-16S2型级配紫外光老化后沥青混合料的低温劈裂强度降低最少,分别只降低了21.1%与21.86%. AC-13S5型级配与AC-16S4型级配紫外光老化后沥青混合料的低温劈裂强度降低最多,分别降低了42.02%与39.07%.表明在S型级配矿料组成中,细集料含量越多,紫外光老化后沥青混合料的低温劈裂强度下降越少.原因在于级配所含细集料越多,所形成的沥青混合料更趋向于悬浮密实结构,而构成混合料低温抗劈裂能力主要部分的细集料间粘结作用受紫外光老化的影响相对较小,因此与粗骨料含量较多时的骨架空隙结构相比,细集料含量较多的悬浮密实结构沥青混合料的低温劈裂强度受紫外光老化的影响相对较小.因此AC-13S1型、AC-16S2型级配具有较好的低温抗紫外光老化性能.

(4) AC-13S1型级配与AC-16S2型级配紫外光

老化后沥青混合料的动稳定度降低最多,分别降低了47.85%与52.36%。而其对应的紫外光老化后沥青混合料的低温劈裂强度降低却是最少,分别只降低了21.1%与21.86%。因此,从试验结果可以看出沥青混合料的某些性能是相互制约或者是相互矛盾的,单纯为了追求某一路用性能,可能会导致其他路用性能的降低。鉴于此,对于沥青混合料级配的选择,实际是在平衡各种路用性能之间的关系,尤其对于高等级沥青混凝土路面而言,级配的优化设计还应该根据当地的气候条件和交通状况做具体的分析。

## 5 结论

(1) 在S型级配矿料组成中,粗集料含量越多,紫外光老化后沥青混合料的动稳定度下降越少,抗紫外光老化性能与高温稳定性越好。在强紫外线辐射地区,对高温稳定性要求较高的路段,推荐选用AC-13S5型、AC-16S4型级配。

(2) 在S型级配矿料组成中,细集料含量越多,紫外光老化后沥青混合料的低温劈裂强度下降越少,抗紫外光老化性能与低温抗裂性越好。在强紫外线辐射地区,对低温抗裂性要求较高的路段,推荐选用AC-13S1型、AC-16S2型级配。

## 参考文献 References

- [1] 彭浩,王福成,杨涛,等.矿料级配对沥青混合料路用性能影响的试验分析[J].公路工程,2013,38(2):36-40.  
PENG Hao, WANG Fucheng, Yang Tao, et al. Experimental Analysis on Effect of Aggregate Gradation on Pavement Performance of Asphalt Mixtures[J]. Highway Engineering, 2013, 38(2): 36-40.
- [2] 程培峰,范平.矿料级配对温拌橡胶沥青混合料性能的影响[J].公路交通科技,2014,31(3):32-37.  
CHENG Peifeng, FAN Ping. Effect of Aggregate Gradation on Performance of Rubberized WMA[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2014, 31(3): 32-37.
- [3] 杨瑞华,许志鸿,张超,等.沥青混合料分形级配理论[J].同济大学学报:自然科学版,2008,36(12):1642-1646.  
YANG Ruihua, XU Zhihong, ZHANG Chao, et al. Fractal Gradation Theory of Asphalt Mixture[J]. Journal of Tongji University: Natural Science Edition, 2008, 36(12): 1642-1646.
- [4] 彭勇,孙立军,石永久,等.沥青混合料劈裂强度的影响因素[J].吉林大学学报:工学版,2007,37(6):1304-1307.  
PENG Yong, SUN Lijun, SHI Yongjiu, et al. Factors Affecting Splitting Strength of Asphalt Mixture[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2007, 37(6): 1304-1307.
- [5] 朱洪洲,黄晓明.沥青混合料高温稳定性影响因素分析[J].公路交通科技,2004,21(4):1-3,8.  
ZHU Hongzhou. HUANG Xiaoming. Analysis of Affecting Factors on Thermal Stability of Asphalt Mixtures[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2004, 21(4): 1-3, 8.
- [6] 裴建中,张嘉林,常明丰.矿料级配对多空沥青混合料空隙分布特性的影响[J].中国公路学报,2010,23(1):1-6.  
PEI Jianzhong, ZHANG Jialin, CHANG Mingfeng. Influence of Mineral Aggregate Gradation on Air Void Distribution Characteristic of Porous Asphalt Mixture[J]. China Journal of Highway and Transport, 2010, 23(1): 1-6.
- [7] ARAMBULA E, MASAD E, MARTIN A E. Influence of Air Void Distribution on the Moisture Susceptibility of Asphalt Mixes[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2007, 19(8): 655-644.
- [8] 张争奇,赵战利,张卫平.矿料级配对沥青混合料低温性能的影响[J].长安大学学报:自然科学版,2005,25(2):1-5.  
ZHANG Zhengqi, ZHAO Zhanli, ZHANG Weiping. Effect of Aggregate Gradation on Performance of Asphalt Mix at Low Temperature[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(2): 1-5.
- [9] 陈国明.矿料级配对沥青混合料性能的影响[J].公路,2009,3(3):135-138.  
CHEN Guoming. Influence of Mineral Aggregate Gradation Trend on Performance of Asphalt[J]. Highway, 2009, 3(3): 135-138.
- [10] 申爱琴,蒋庆华,祁秀林.矿料级配对沥青混合料路用性能的影响[J].长安大学学报:自然科学版,2002,22(6):1-4.  
SHEN Aiqin, JIANG Qinghua, QI Xiulin. Influence of Aggregate Grading on Performance of Asphalt[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2002, 22(6): 1-4.
- [11] 李惠霞,郭金敏,童申家.紫外光老化沥青混合料高温稳定性影响因素研究[J].公路工程,2014,39(2):72-75.  
LI Huixia, GUO Jinmin, TONG Shenjia. Research on Influence Factors High Temperature Stability of Ultraviolet Aging Asphalt Mixture[J]. Highway Engineering, 2014, 39(2): 72-75.
- [12] 李惠霞,王宏艳.紫外光老化沥青混合料路用性能影响[J].中外公路,2015,35(1):233-236.  
LI Hui-xia, WANG Hong-yan. Effect of Ultraviolet Aging As-phalt Mixture Road Performance[J]. Journal of China and Foreign Highway, 2015, 35(1): 233-236.
- [13] JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].北京:人民交通出版社,2011.  
JTG E20-2011 Highway Engineering Asphalt and Asphalt Test Procedures[S]. Beijing: People's Traffic Press, 2011.
- [14] JTG E42-2005 公路工程集料试验规程[S].北京:人民交通出版社,2005.  
JTG E42-2005 Highway Engineering Aggregate Test Procedures[S]. Beijing: People's Traffic Press, 2005.
- [15] T0702-2011 沥青混合料试件制作方法(击实法)[S].北京:人民交通出版社,2011.  
T0702-2011 Asphalt Mixture Specimen Method (Compaction Method)[S]. Beijing: People's Traffic Press, 2011.

(编辑 桂智刚)