

文章编号:1671-8879(2005)01-0006-04

## 集料级配对沥青路面抗滑性能的影响

赵战利, 张争奇, 胡长顺

(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:**为了研究矿料级配对沥青路面抗滑性能的影响,采用室内模拟试验,对其 5 种不同走向、最大粒径的级配混合料的抗滑性能和抗滑指标的衰减规律进行了研究,并对其影响因素进行了分析。试验结果表明:4.75 mm 以上粗集料的质量含量和集料最大粒径对于路面的抗滑能力有很大影响,将 Superpave 技术的控制点和限制区概念引入混合料的级配设计,对于保持路面抗滑性能与耐久性能之间的平衡具有积极的意义;集料最大粒径的选择应充分结合层厚、温度等因素确定。

**关键词:**道路工程;级配;沥青路面;抗滑性能;控制点与限制区;耐久性

**中图分类号:**U416.217 **文献标识码:**A

### Influence of gradation on anti-skidding performance of asphalt pavement

ZHAO Zhan-li, ZHANG Zheng-qi, HU Chang-shun

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

**Abstract:** In order to study the influence of aggregate gradation on anti-skidding performance of asphalt mixture, five kinds of asphalt mixture of different gradation with different curve's stend and maximal aggregate size are chosen to carry out stimulation tests for studying the anti-skidding characteristic and its variational rules. Tests results indicate that the content of aggregate coarser than 4.75 mm and maximal size play an important role in the anti-skidding performance. It is helpful to introduce the conceptions of preference point and forbidden zone of Superpave into the gradation design, which can keep the balance between anti-skidding performance and durability of asphalt pavement. When the maximal aggregate size is selected, its thickness and temperature should be taken into account.

**Key words:** road engineering; gradation; asphalt pavement; anti-skidding performance; preference point and forbidden zone; durability

## 0 引 言

随着现代公路交通的发展,对沥青路面提出了越来越高的要求,除了沥青路面的高、低温稳定性和耐久性之外,还对沥青路面的表面功能之一抗滑性

提出了越来越高的要求。抗滑性是满足现代交通快速安全运行的基本条件,大量调查表明,高等级公路发生的交通事故大部分与高速行车下路面的抗滑性不足有关。

中国已有人对沥青路面抗滑性能进行了研究,

收稿日期:2003-12-20

作者简介:赵战利(1972-),男,陕西西安人,长安大学博士研究生。



其中“七五”科技攻关专题“高等级公路半刚性基层沥青路面结构、设计和抗滑表层的研究”,首次系统的研究了路面抗滑问题,对中国抗滑技术的发展和推广具有重要的作用,随后有人在大量试验和总结经验的基础上,提出了 AK 和 SAC 等抗滑表层沥青混合料类型及相应的混合料设计指标、施工验收方法和标准,并逐渐纳入规范,对中国的公路建设起到了良好的推动作用。

但随着现代交通的发展,在长期的生产实践中,规范所列抗滑表层逐渐暴露出缺陷与不足,由此而引起的问题日益受到道路界的重视,综观中国目前较常采用的面层形式,作为表层使用时存在以下问题:一是防水但不抗滑;二是抗滑但透水严重;三是抗滑但不能持久。

Superpave 混合料设计方法在近几年的推广完善过程中,虽然对限制区存在与否及有无必要争论<sup>[1~4]</sup>,但作为一个体系来讲,其基于路用性能思路是应该肯定的。为研究矿料级配对路面抗滑性能的影响,本文采用室内模拟试验,对 5 种不同走向和最大粒径的级配混合料的抗滑性能及其衰减规律进行了研究,并对其影响因素进行了分析;同时借鉴 Superpave 技术级配观点的思路和做法,并通过一系列试验研究,以揭示其对沥青路面抗滑性能的影响<sup>[1~4]</sup>。

1 原材料及试验级配

沥青采用盘锦 90# 重交道路石油沥青,粗集料为玄武岩,细集料采用洁净的天然河砂,填料为石灰岩石料磨细而成,各种原材料满足中国现行规范相关要求。马歇尔试验时击实次数为双面各 75 次,空隙率按照 4%~6% 标准。

试验级配的确定以混合料的密实、耐久、抗滑为最终目标,结合美国 Superpave 的研究成果,在借鉴中国抗滑表层修筑经验的基础上<sup>[5]</sup>,对现行规范推荐级配进行调整,形成 5 种不同特征的级配形式,级配组成见表 1。其中级配 1~4 最大粒径 19 mm,以不同的方式穿过限制区(级配 4 和级配 2、3 分别从限制区上、下侧穿过,级配 1 穿过限制区),级配 5 最大粒径为 16 mm,属于 Superpave 规范推荐的级配形式。将级配曲线以不同的方式穿过限制区和最大粒径穿过限制区,是为了探讨粒径的选择和限制区的设定对混合料抗滑性能的影响。

2 抗滑指标检测 results 分析

目前抗滑性能的评价一般多采用摆值和构造深

表 1 调整的矿料级配范围

筛孔/mm	通过筛孔的百分率/%				
	级配 1	级配 2	级配 3	级配 4	级配 5
19.00	100	100	100	100	
16.00	95	97	98	95	100
13.20	80	81	83	80	98
9.50	60	68	63	60	69
4.75	44	48	35	45	49
2.36	33	30	27	37	34
1.18	26	22	20	30	20
0.60	21	16	16	22	15
0.30	16	13	14	16	11
0.15	11	10	12	11	9
0.075	7	6	8	6	6

度。前者由便携式摆式仪测定,后者由铺砂法测定。马歇尔法确定的最佳用油量下成型车辙板(30 cm×30 cm×5 cm),然后在室内进行这两种指标的检测。测试顺序为先由铺砂法检测构造深度,清理干净后再用摆式仪检测摆值,测试结果可以模拟新建路面的抗滑状况;然后进行抗滑指标的衰减规律研究,对不同级配抗滑能力的稳定性进行评价<sup>[6]</sup>。

2.1 摆值测试 results 分析

摆值( $F_b$ )的测定 results 如表 2 所示。

表 2 摆值测定 results

级配	级配 1	级配 2	级配 3	级配 4	级配 5
摆值 $F_b$ /BPN	55.5	53.6	57.8	53.7	52.3
4.75 mm 筛孔通过率 $P_{4.75}/\%$	44	48	35	45	49

可见,前 4 种级配的最大粒径为 19 mm,各级配摆值比较接近,且同细集料含量具有很好的相关性:4.75 mm 筛孔通过率越小,单位长度内混合料同摆锤胶片接触的粗集料颗粒则越多,混合料表面越粗糙,因而摆值就越高<sup>[7]</sup>。

级配 5 最大粒径为 16 mm,较其他 4 种级配都小,而摆值也最低,可见在同类型级配中,最大粒径对摆值的影响更明显。

级配 1 穿过限制区,级配 2、级配 3 都从限制区下侧通过,级配 4 从限制区的上侧通过,但各级配摆值的分布并不比对应级配曲线的 Superpave 特征有明显的一致性。

(1) 摆值主要受石料的几何形状和磨光值等物理力学特性影响,相同的石料用于不同级配中具有



相近的摆值。除石料因素外,摆值的大小还同各级配中的矿料组成及最大粒径的大小有关;粗集料质量含量越高,最大粒径越大,越容易获得较高的摆值。在对摆值的影响方面,最大粒径所起的作用比颗粒组成要大。

(2) 5 种级配实测值与其在 Superpave 级配图中的位置没有直接关系,而只与 4.75 mm 筛孔通过率表现出良好的对应关系;Superpave 的控制点和限制区对于新建路面的摆值没有明显影响。

## 2.2 构造深度测试结果分析

构造深度检测资料如表 3 所示。

表 3 构造深度试验室测试结果

级配	级配 1	级配 2	级配 3	级配 4	级配 5
构造深度 $T_c$ /mm	0.96	0.84	1.22	0.83	1.06
4.75 mm 筛孔通过率 $P_{4.75}/\%$	44	48	35	45	49

可以看出,在最大粒径相同的情况下(级配 1~4),反映路表宏观粗糙度的构造深度同混合料中 4.75 mm 通过率之间存在着很好的相关性,通过率越大,细集料的质量含量越多,构造深度越小;对于最大粒径较小的级配 5 则不完全服从这个规律。表中的构造深度都是在刚成型的车辙板上测定的,其结果可以模拟新建路面的测量状况,由于尚未经过行车压密作用,因此没有考虑构造深度的衰减过程。

分析认为,级配 1~4 最大粒径均为 19 mm,其对应构造深度同各级配在 Superpave 设计曲线上的不同走向关系不明显,而只同细集料的质量含量呈现良好对应关系,细集料的质量含量越多,路面构造深度越小,这是因为混合料中 4.75 mm 以上的集料是构成路面外露并形成路面宏观构造的主要成分。级配 4 的构造深度最小,可能是由于该级配细集料在构成上更接近于传统密级配,因此成型后表面空隙小,构造深度也比较小。

级配 5 最大粒径为 16 mm,粗集料的质量含量较少(4.75 mm 筛孔的通过率为 49%)。根据上面的结论,从直观上分析构造深度应该最小,但试验结果并非如此,比较 5 种级配的矿料组成,可以发现级配 5 在 2.36~13.2 mm 范围内的矿料质量含量达到 64%,矿料颗粒整体上比较均匀,这些中间矿料在一定程度上提高了混合料的构造深度。

通过上面的分析可以得出以下基本结论:

(1) 在最大粒径和料源相同的情况下,影响构造深度大小的主要因素是集料级配,粗集料所占比例越大,构造深度越大。在一定范围内,均匀的颗粒对

于改善路面的宏观构造深度具有积极意义。最大粒径对构造深度的变化所起的作用不如级配组成明显。

(2) Superpave 的控制点和限制区理论对构造深度指标的指导意义不明显。

## 2.3 抗滑性能衰减规律

为了评价沥青混合料抗滑性能在实际车轮作用下随时间的变化特点,在室内按照如下方法进行了模拟:常温下轮碾仪在成型的车辙板上按照固定的频率来回碾压,每 2 h 测定一次摆值和构造深度。测定的抗滑指标衰减曲线如图 1、图 2 所示。

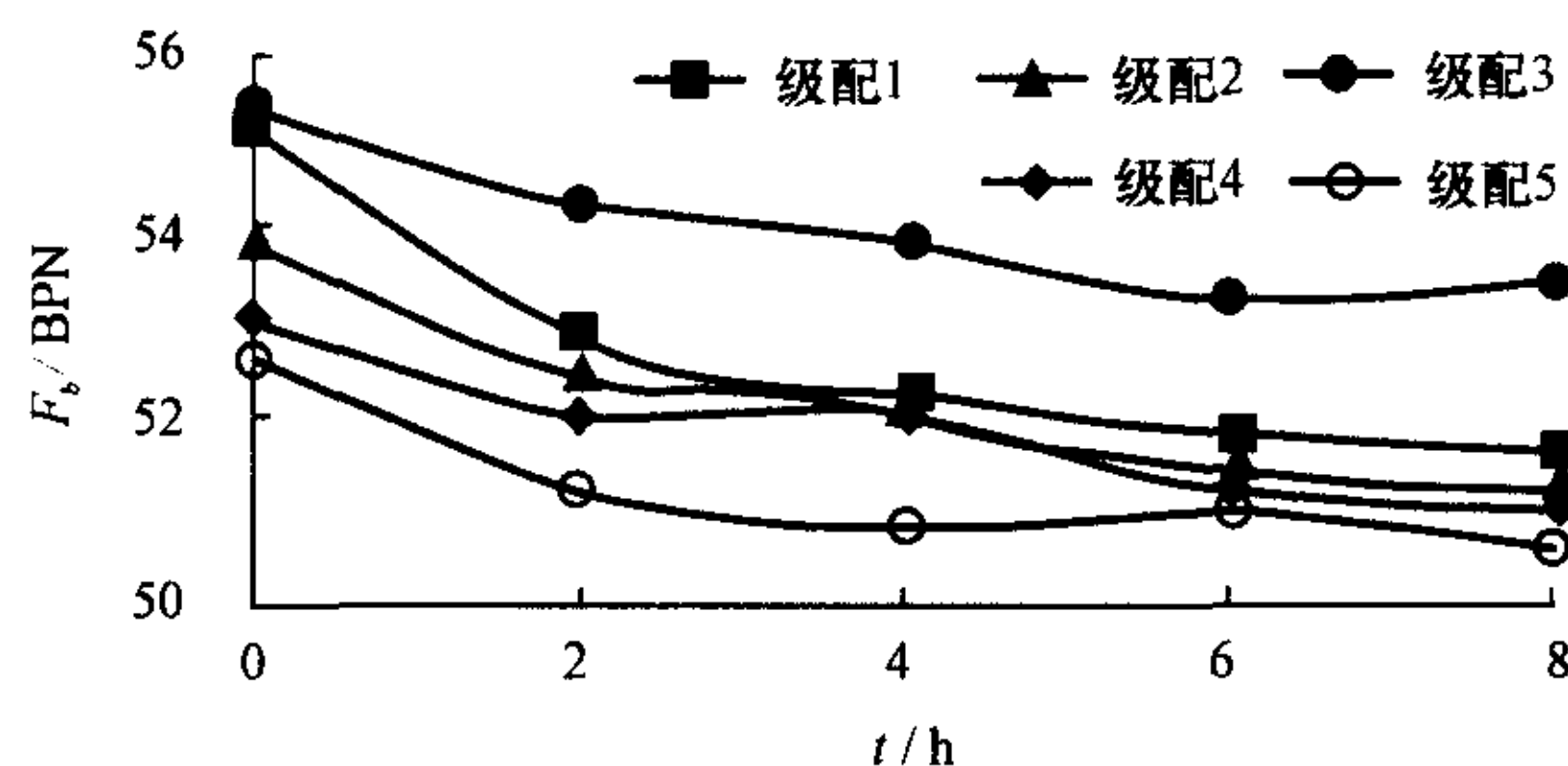


图 1 摆值衰减规律曲线

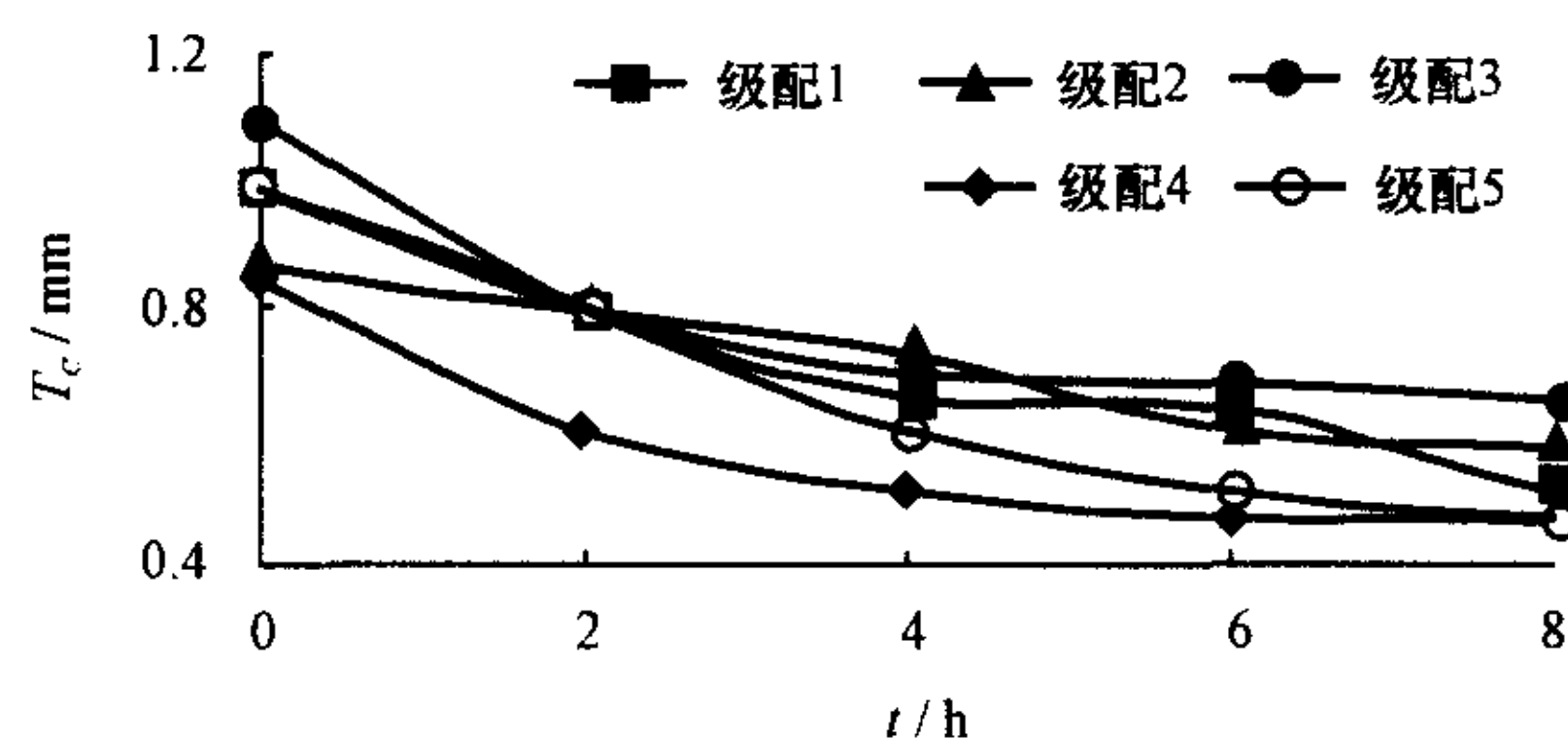


图 2 构造深度衰减规律曲线

在试验的前 4 h,各级配摆值和构造深度衰减较快;随着时间的延长,衰减速率放慢,直到试验 6 h 后才逐渐趋于稳定。分析认为:

(1) 级配 3 大于 4.75 mm 的粗集料的质量含量为 65%,比其他几种级配更接近于形成骨架结构,石料之间较强的相互嵌挤作用,使其粗糙的表面特性保持在一个较稳定的状态,摆值衰减值最小,构造深度的降幅虽然较级配 2 和级配 4 大,但在衰减基本稳定后仍表现出比其他级配更好的宏观构造,因此抗滑能力较高。

(2) 级配 5 最大粒径为 16 mm,较前 4 种级配小,4.75 mm 筛孔通过率为 49%,级配整体较细,在相同厚度的车辙板中,较细的混合料结构稳定性相对较差,不利于保持宏观构造的耐久性,其构造深度指标衰减幅度最大,在同一条件下比较,综合抗滑性能最差。

(3) 各级配抗滑指标的衰减规律,同其具体集料组成有关。从这一点出发,对于最大集料尺寸相



同的情况,Superpave的控制点和限制区的设置具有积极的意义,满足其要求的矿料级配一般都具有较稳定的结构,如级配3、级配2;级配4虽然满足要求,但从限制区上侧通过,含细料多,在车轮的作用下容易侧向流动,稳定性不好,不是Superpave推荐的级配类型;级配1穿过限制区,属于典型的“驼峰曲线”,试验也证明其抗滑耐久性稍差一些。

(4)级配5满足Superpave要求的矿料组成,但最大粒径较小,在同一路面厚度中结构稳定性较差。荷载对构造深度的影响表现在:较大的衰减幅度掩盖了矿料颗粒均匀性所带来的较大初始构造深度;摆值的衰减幅度并不大,只有2BPN,说明摆值和构造深度在反映混合料的抗滑性能时并不是完全同步的。

综合考虑5种级配的初始抗滑值和衰减幅度,对其抗滑能力排序为:级配3>级配2>级配1>级配4>级配5。

### 3 结 语

(1)在相同材料条件下,级配组成对沥青路面抗滑指标影响很大,大于4.75 mm的粗集料的质量含量越多,越容易获得较好的抗滑指标值;最大粒径较大的级配同较小的级配相比具有一定的优势。

(2)5种级配的最终排名结果,同其Superpave曲线特征表现出很好的相关性,说明其控制点和限制区的提出,对于保证混合料的抗滑性能具有一定的积极意义(级配2和级配3位于限制区下侧,且后者具有较多的粗集料,级配4位于上限,级配1穿过限制区),级配5虽然符合控制点和限制区要求,但最终性能较差,说明粒径也是影响混合料综合性能最重要的因素。因此在选择混合料最大粒径时,要充分结合层厚、温度等因素。

(3)关于Superpave技术的级配观点在分析抗滑指标时的作用,本文认为,Superpave的设计理念是通过控制车辙、低温开裂和疲劳开裂来追求一种具有良好路用性能的沥青混合料,其对于矿料级配的要求和限制更多的是基于耐久性方面的考虑,控制点和限制区的设置同这两种指标的初值大小没有

什么本质的联系,但同其衰减有很好的相关性。

### 参考文献:

#### References:

- [1] 林绣贤. 论 Superpave 的集料组成和油石比[J]. 石油沥青, 2003, 17(增刊): 44—54.  
LIN Xiu-xian. Discussion of aggregate gradation and asphalt content of Superpave[J]. Petroleum asphalt, 2003, 17(Sup.): 44—54.
- [2] 沈金安, 盖振娥. 国际上对美国 Superpave 的反应及我国的对策[J]. 石油沥青, 2001, 15(1): 1—8.  
SHEN Jin-an, GAI Zhen-er. America superpave's impact on the international and the action taking in China [J]. Petroleum Asphalt, 2001, 15(1): 1—8.
- [3] 贾 渝. 对“国际上对美国 Superpave 的反应及我国的对策”文中几个观点的商榷[J]. 石油沥青, 2003, 17(增刊): 156—159.  
JIA Yu. Discussion of the paper “international reaction for the Superpave and our resolution”[J]. Petroleum Asphalt, 2003, 17(Sup.): 156—159.
- [4] Kandhal P S, Cooley L A. The restricted zone in the Superpave aggregate gradation specification [R]. NCHRP Report 464, Washington D C, 2001.
- [5] 沈金安. 解决高速公路沥青路面水损害早期损坏的技术途径[J]. 公路, 2000, (5): 71—75.  
SHEN Jin-an. The technical means for resolving moisture damage of expressway[J]. Highway, 2000, (5): 71—75.
- [6] 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 regularity of different grade bituminous mixture[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition) 2003, 23(1): 7—10.
- [7] 梁乃兴, 李明国. SBS 改善沥青路用性能及机理研究[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2002, 22(2): 17—20.  
LIANG Nai-xing, LI Ming-guo. Performance and mechanism of modified asphalt with SBS[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2002, 22(2): 17—20.