

# 不同粗集料组成的沥青混合料性能研究

陈国明<sup>1</sup>, 程利双<sup>2</sup>

(1. 中国民航大学交通工程学院 天津市 300300; 2. 哈尔滨市市政工程研究院 哈尔滨市 150001)

**摘 要:** 粗集料是沥青混合料骨架结构的重要组成部分,不同种类和性质的粗集料对沥青混合料性能的影响各不相同。选取了7种不同种类和产地的粗集料,进行了基本物理力学性能试验,并以AC-16C粗型密级配为例,考察了不同粗集料对沥青混合料性能的影响。结果表明,粗集料性能对沥青混合料高温稳定性和水稳定性具有显著的影响,对低温抗裂性无影响,在固定其他条件的情况下,粗集料表观密度越小、吸水率越大,其沥青混合料动稳定度DS和劈裂强度比TSR越大。

**关键词:** 粗集料; 骨架结构; 沥青混合料性能; 吸水率; 表观密度

在沥青混合料中,集料的形状和表面纹理对沥青混合料的路用性能具有极为明显的影响。通常具有明显的面和棱角,各方向尺寸相差不大,近似正方体,以及具有明显细微凸出的粗糙表面的集料,在碾压后能互相嵌挤锁结而具有很大的内摩擦角。在其他条件相同的情况下,这种集料所组成的沥青混合料较之圆形而表面平滑的颗粒具有较高的抗剪强度,使沥青混合料具有良好的高温稳定性。集料的表面纹理和形状还可以影响沥青混合料内部的孔隙结构(如孔隙的大小、形状和连贯情况),因而可以对车辙深度表现出不同的影响<sup>[1~3]</sup>。

集料表面纹理粗糙时,其比表面积也大,有利于增加沥青与集料的接触面积,增强了粘附力;而且集料表面粗糙,沥青膜也不会从集料表面一下全部脱落。即在不考虑其他影响因素时,集料的比表面越大,吸附沥青的数量越多,集料表面的平均沥青膜较厚,沥青混合料的耐久性好。研究表明,集料表面纹理大小的差异是沥青混合料中集料表面吸附的沥青膜厚度不同的主要原因之一<sup>[4~5]</sup>。

研究表明<sup>[6]</sup>,粗集料压碎值和吸水率指标均显著反映粗集料表面纹理的粗糙程度,表观密度和针片状颗粒含量则体现粗集料的形状和棱角特性。为此,本文搜集了7种不同种类和产地的粗集料,分别进行了粗集料表观密度、针片状颗粒含量、压碎值和吸水率试验,并在固定其他条件下,分别考察了以上

性能指标对沥青混合料性能的影响,以对原材料的选择和工程实践应用提供理论支持。

## 1 原材料

### 1.1 粗集料

本次试验共收集了7种不同种类和产地的粗集料(4.75 mm以上),如表1所示。所选择的7种粗集料中,包含了不同岩性的集料,定性观察各粗集料表面纹理差别比较显著。

表1 粗集料种类

编号	A	B	C	D	E	F	G
种类	白色花岗岩	红色花岗岩	玄武岩	玄武岩	变质玄武岩	安山岩	石灰岩
产地	河北	河北	吉林	河北	黑龙江	吉林	吉林

### 1.2 细集料

细集料(4.75 mm以下)均为玄武岩,各粒径表观密度见表2。

表2 细集料表观密度

粒径/mm	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	标准值
密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.787	2.726	2.806	2.797	2.734	2.705	≥2.50

### 1.3 沥青

沥青为重交通道路石油沥青AH-90,其技术性质见表3。



表3 沥青技术性质

技术性质	针入度/0.1 mm	软化点/℃	15℃延度/cm
AH-90	86.8	45.7	100.1

#### 1.4 矿粉

采用吉林石灰石矿粉,其技术性质见表4,可满足规范要求。

表4 矿粉技术性质

技术性质	表观密度 g/cm <sup>3</sup>	<0.6 mm 含量/%	<0.15 mm 含量/%	<0.075 mm 含量/%
实测值	2.768	100	95	76
标准值	≥2.50	100	90~100	75~100

## 2 粗集料基本物理力学性能

### 2.1 表观密度

根据规范的试验方法测量了7种不同粗集料各粒径的表观密度,试验结果见表5。可见,各粗集料表观密度在2.65~3.10 g/cm<sup>3</sup>之间,各集料表观密度均不同且相差较大,可见所选粗集料的密度分布较广,即选材具有一定的代表性。

表5 粗集料各粒径表观密度

粒径/mm	表观密度/(g/cm <sup>3</sup> )						
	A	B	C	D	E	F	G
4.75	2.669	2.661	2.774	3.059	2.836	2.765	2.735
9.5	2.668	2.660	2.752	3.059	2.799	2.777	2.732
13.2	2.675	2.657	2.753	3.056	2.801	2.775	2.721
16	2.677	2.654	2.756	3.056	2.799	2.777	2.699

### 2.2 针片状颗粒含量

分别对7种不同粗集料各粒径分别进行针片状含量试验,如表6所示。

表6 粗集料针片状含量

粒径/mm	各集料针片状含量/%						
	A	B	C	D	E	F	G
4.75	2.9	2.7	11.1	3.7	11.3	6.4	13.4
9.5	2.3	3.2	8.9	6.1	10.1	6.4	11.4
13.2	1.7	2.5	10.2	5.0	6.2	5.1	11.8
16	1.1	2.3	6.7	2.1	6.1	3.6	13.8

可见,各粗集料针片状颗粒含量相差较大,随粗集料粒径的减小,其针片状颗粒含量有增大的趋势,除粗集料G的16 mm档粒径针片状含量略超出了规范要求的最高值,其他各粒径粗集料针片状颗粒含

量均满足规范的要求。另外,由于成岩机理和矿物组成等的不同,粗集料A和B的针片状颗粒含量非常小;粗集料G的针片状颗粒含量最大;由于粗集料D的密度明显偏大,即其岩石非常致密,因此其针片状颗粒较少。

### 2.3 压碎值

粗集料压碎值是集料在连续增加的荷载下,抵抗压碎的能力,它作为相对衡量石料强度的一个指标,用以评价粗集料的质量。分别对7种不同粗集料的压碎性能进行测试,如表7所示。

表7 粗集料压碎值

集料	A	B	C	D	E	F	G
压碎值/%	27.0	23.4	9.4	9.1	7.6	9.7	19.6

可见,各粗集料压碎值相差也较大,除粗集料A略高于规范要求的最高值外,其余6种粗集料压碎值均满足要求。虽然粗集料A和B的针片状颗粒含量最小,但由于其密度在7种粗集料中最小,而且其表面纹理和棱角丰富,因此其抵抗压碎的能力最弱,即压碎值最大;粗集料G的密度仅稍大于粗集料A和B,而且其针片状颗粒含量较大,因此其压碎值也较大,接近20%;粗集料E的压碎值最小,即其抵抗破碎的能力最强;粗集料C、D和F的压碎值相当,均在9%左右。

### 2.4 吸水率

7种不同粗集料各粒径的吸水率如表8所示。可见,各种粗集料吸水率相差较大,即选材具有一定的代表性;随粗集料粒径的逐渐增大,吸水率逐渐减小,而且7种粗集料吸水率均满足现行规范的要求,即均小于2%。

表8 粗集料各粒径吸水率

粒径/mm	各集料针片状含量/%						
	A	B	C	D	E	F	G
4.75	1.11	1.21	0.71	0.72	0.7	0.79	0.77
9.5	0.86	0.99	0.56	0.56	0.52	0.58	0.53
13.2	0.73	0.88	0.46	0.49	0.4	0.44	0.41
16	0.69	0.83	0.41	0.47	0.3	0.44	0.25

### 2.5 酸碱性

对7种不同粗集料进行化学组成分析,以确定各种粗集料的酸碱性,并采用前述的AH-90号沥青分别与7种粗集料进行水煮法粘附性试验,如表9所示,可见7种粗集料分别呈现出酸性、中性和碱性,



即化学性质相差较大。

表 9 粗集料酸碱性及粘附等级

集料	A	B	C	D	E	F	G
酸碱性	酸性	酸性	中性	碱性	中性	中性	碱性
粘附等级	1	1	3	4	3	1	5

### 3 沥青混合料性能试验

在沥青混合料性能试验中,除粗集料不同外,其

表 10 AC-16C 矿质集料级配

筛孔尺寸/mm	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过百分率/%	100	95	80	60	40	29.5	22	17.5	13	9.5	6

#### 3.2 成型工艺

为避免马歇尔击实成型时出现的粗集料破碎等不良情况,充分体现粗集料在骨架中的嵌挤锁结作用,采用旋转压实仪对沥青混合料进行压实成型。

#### 3.3 高温稳定性

进行 60℃ 车辙试验,以动稳定度来评价其高温稳定性。可见,7 种不同沥青混合料的动稳定度分布在 900~1 800 次/mm 之间,差别非常显著。在下面分别考察粗集料针片状颗粒含量、压碎值、表观密度和吸水率与其沥青混合料的动稳定度关系。

如图 1 所示,在固定其他条件的情况下,针片状

余各原材料和级配均相同,即 7 种不同粗集料组成的沥青混合料在各自的最佳油石比下进行性能试验。

#### 3.1 级配类型

为充分体现粗集料在沥青混合料中所形成的骨架结构,并反映不同特性的粗集料对沥青混合料性能的影响,矿质集料级配均采用 AC-16C 粗型密级配(如表 10),其中粗集料含量为 60%。

颗粒含量与动稳定度没有呈现出显著的相关性,数据比较离散,但随着针片状颗粒含量的增加,动稳定度有减小的趋势;压碎值和吸水率分别与动稳定度呈现出显著的线性相关性,随压碎值和吸水率的增加,其沥青混合料动稳定度逐渐增大,即粗集料棱角越丰富、表面纹理越粗糙和表面孔隙越丰富,其沥青混合料的高温稳定性越好;表观密度与动稳定度呈现出显著的指数相关性,当表观密度较小时,随表观密度的增加,动稳定度迅速减小。而当表观密度超过 2.8 g/cm<sup>3</sup> 时,随表观密度的增加,动稳定度缓慢减小,几乎不再变化。

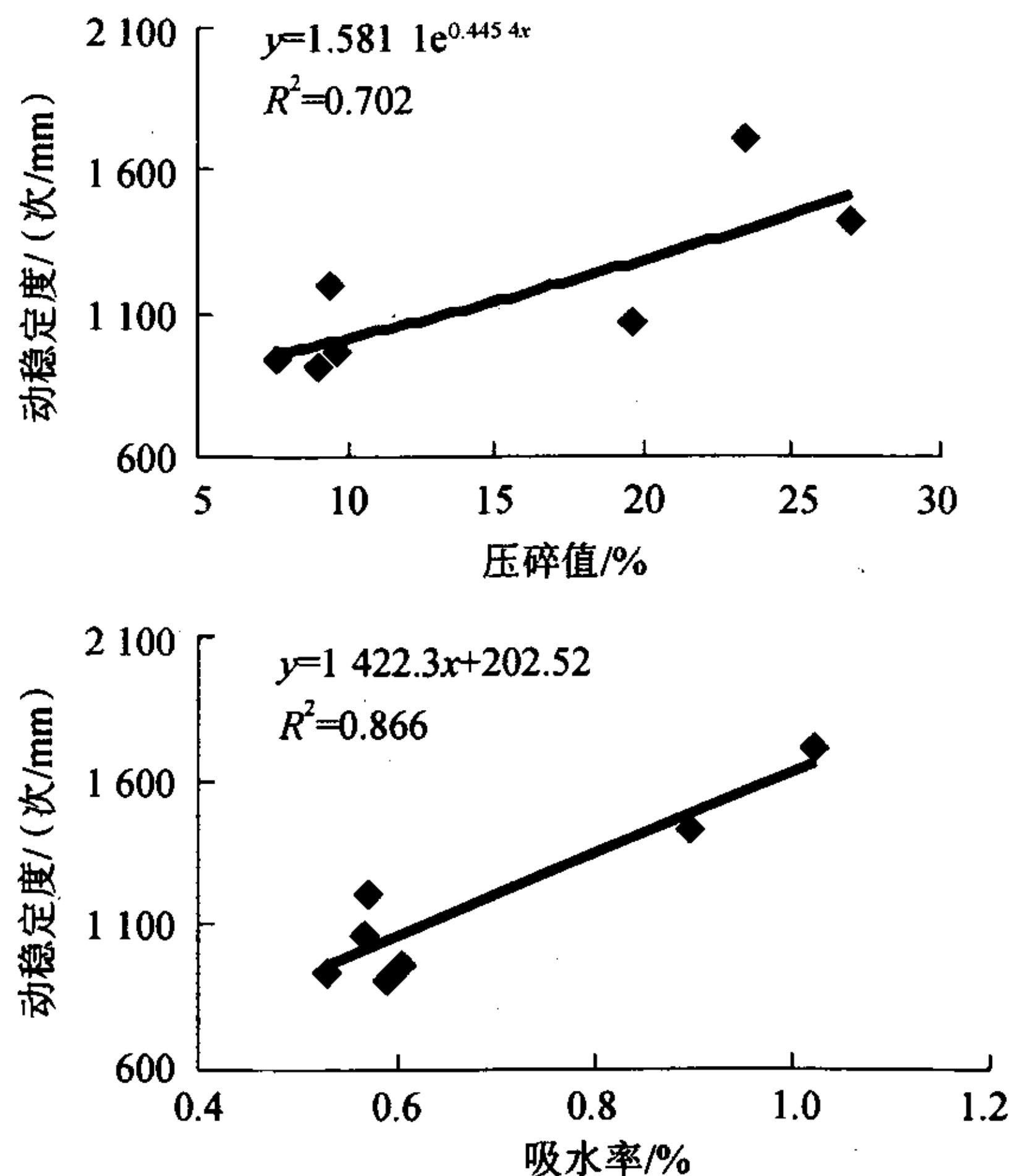
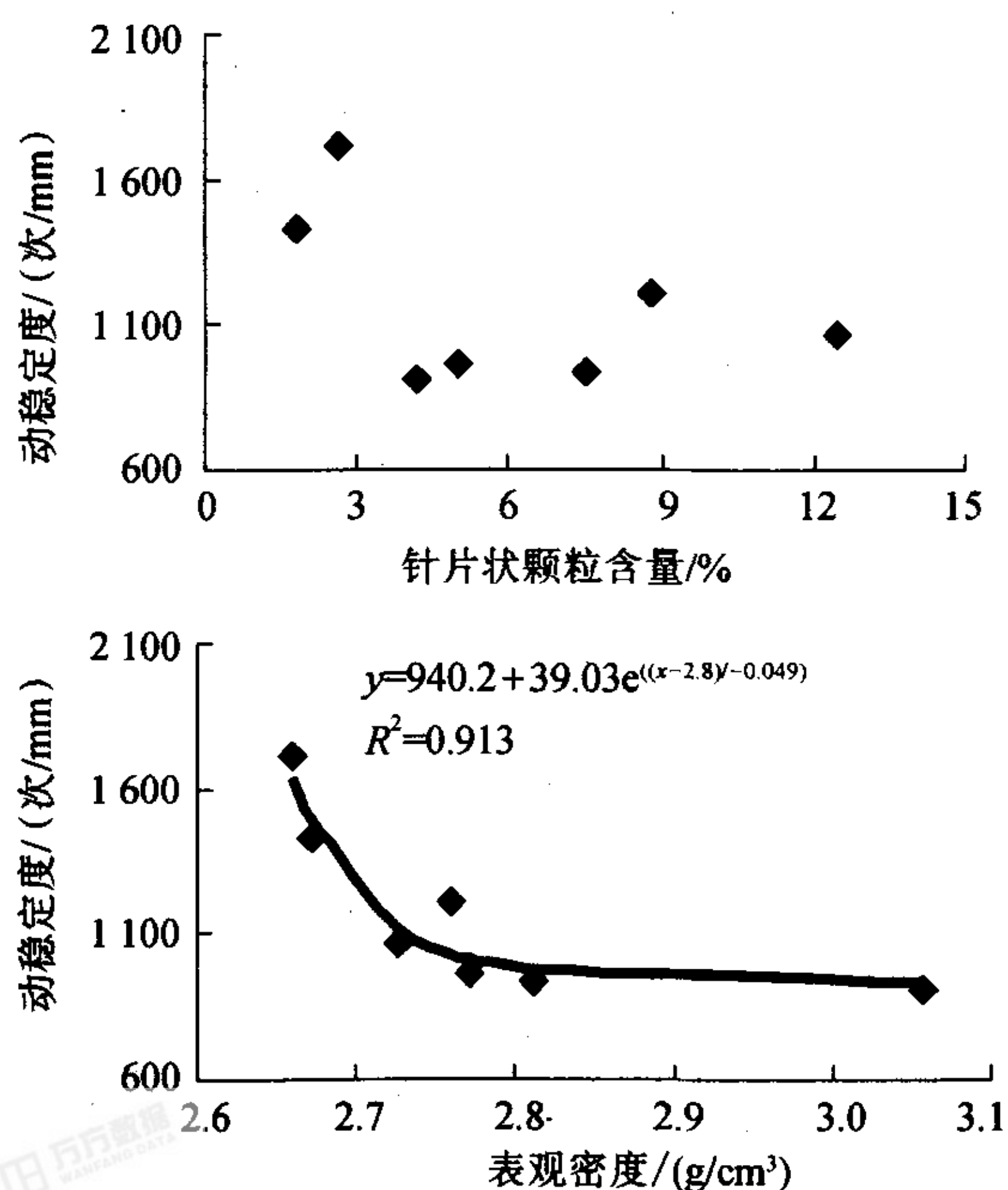


图 1 粗集料性能与动稳定度关系



### 3.4 水稳定性

采用 AASHTO T-283 冻融劈裂试验,以劈裂强度比评价沥青混合料的水稳定性。可见,各种不同粗集料组成的沥青混合料抵抗水损害能力各不相同,其劈裂强度比在 70%~85% 之间。

如图 2 所示,针片状颗粒含量和压碎值与冻融劈裂强度比均呈现出比较显著的线性相关性,随针片状颗粒含量的增加,劈裂强度比逐渐减小,即粗集

料针片状颗粒含量越大,其沥青混合料抵抗水损害的能力越差;随压碎值的增加,劈裂强度比逐渐增大,即当粗集料棱角越丰富、表面越粗糙,其压碎值越大,此时沥青与粗集料间的机械粘附力和摩擦力越大,在水的作用下,沥青不容易从集料表面脱落甚至剥离,从而保证了沥青混合料的骨架强度,提高了其抗水损害能力。

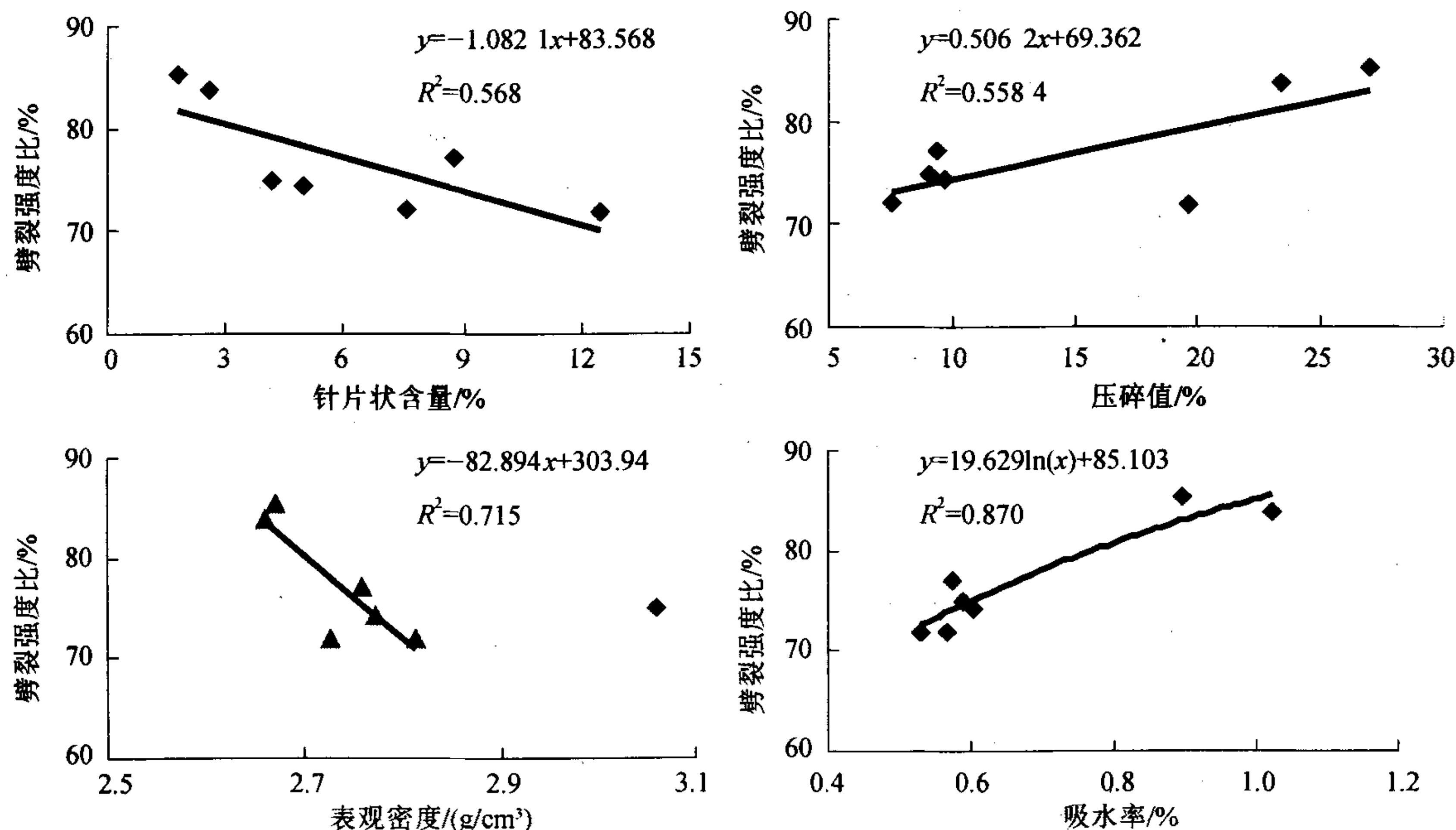


图2 粗集料性能与冻融劈裂强度比关系

表观密度与劈裂强度比没有呈现出显著的相关性,其中由粗集料D组成的沥青混合料(简称沥青混合料D)的数据比较异常,剔除异常点D后发现,表观密度与劈裂强度比呈现出显著的线性相关性,随表观密度的增加,劈裂强度比逐渐减小,即抵抗水损害的能力逐渐降低;吸水率与劈裂强度比呈现出显著的对数相关性,随吸水率的增加,劈裂强度比逐渐增大,因为吸水率能够反映出粗集料吸收沥青的能力,即在固定其他条件的情况下,吸水率越大,粗集料吸收沥青的能力越强,其表面吸附的沥青膜越厚,因而抵抗水损害的能力越强。

此外,由碱性粗集料D、G组成的沥青混合料的劈裂强度比分别为74.9%和71.8%,而由酸性粗集料A、B组成的沥青混合料的劈裂强度比分别高达85.3%和83.7%。即粗集料酸碱性对其沥青混合料水稳定性无显著影响,只要各物理力学性能指标满足一定的要求,可以在沥青混合料中使用酸性粗集料。

### 3.5 低温抗裂性

进行-10℃小梁弯曲试验,以抗拉应变评价沥青混合料的低温抗裂性。

如图3所示,粗集料各性能指标与抗拉应变无显著的相关性,数据非常离散,即粗集料性能与其沥青混合料的低温抗裂性无关。

## 4 结论

(1)在固定其他条件的情况下,粗集料性能对其沥青混合料的高温稳定性和水稳定性具有显著的影响,对低温抗裂性无明显影响。

(2)在规范允许的范围内,粗集料压碎值越大、吸水率越大和表观密度越小,即粗集料棱角越丰富、表面纹理越粗糙和表面孔隙越丰富,其沥青混合料的动稳定度越大,抵抗高温变形能力越强。

(3)在规范允许的范围内,粗集料吸水率越大和表观密度越小,其沥青混合料冻融劈裂强度比越大,



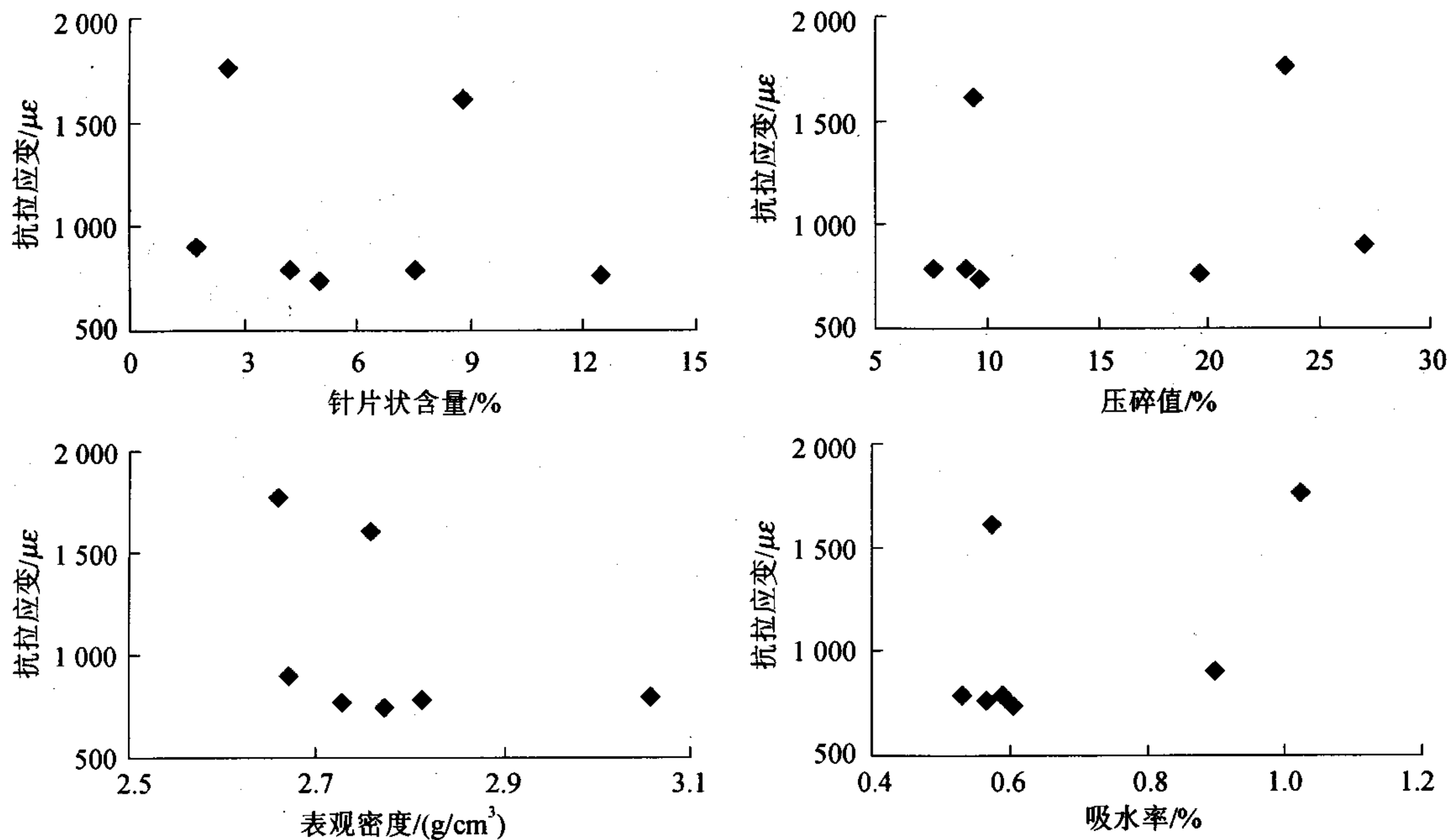


图3 粗集料性能与抗拉应变关系

即粗集料棱角越丰富、表面纹理越粗糙和表面孔隙越丰富,其沥青混合料的水稳定性越好。

(4)只要恰当的选择粗集料,由酸性粗集料组成的沥青混合料的水稳定性反而优于碱性粗集料的情况,即在工程实际应用时,可以有选择地使用酸性粗集料。

#### 参考文献:

- [1] 沈金安. 沥青及沥青混合料路用性能[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [2] Kandhal S. Evaluation of Asphalt Absorption by Mineral Aggregates[J]. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists,1991, 60.
- [3] 吴启宏. 集料对沥青混合料路面车辙的影响[J]. 国外公路,1998,18(1).
- [4] Wu Yiping. Aggregate Toughness/Abrasion Resistance and Durability/Soundness Tests Related to Asphalt Concrete Performance in Pavement [J]. National Center for Asphalt Technology (NCAT) Report,1998, (4).
- [5] Kandhal P S. Aggregate Tests for Hot Mix Asphalt: State of the Practice[J]. National Center for Asphalt Technology (NCAT) Report, 1997, (6).
- [6] 陈国明. 沥青混合料中粗集料表面物理特性的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学博士学位论文,2005.

## Research on Performance of Asphalt Mixtures Composed of Different Coarse Aggregates

CHEN Guo-ming<sup>1</sup>, CHENG Li-shuang<sup>2</sup>

(1. College of Transportation Engineering, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

2. Harbin Municipal Works Research Institute, Harbin 150001, China)

**Abstract:** Coarse aggregate is the important component of skeleton structure in asphalt mixtures. Aggregates of different types and properties have different influence on asphalt mixtures performance. Seven different coarse aggregates are selected in this paper and its basic physical and mechanical capabilities are measured according to the criterion. Taking an example of AC-16C gradation, asphalt mixtures performance influenced by different coarse aggregate are examined. The results show that coarse aggregates properties have very notable influence on high-temperature stability and moisture stability of



文章编号: 0451-0712(2007)03-0137-04

中图分类号: U414.75

文献标识码: B

# Sasobit 改性剂在沥青混凝土路面低温施工中的应用分析

王晓磊<sup>1</sup>, 张久鹏<sup>1</sup>, 肖 维<sup>2</sup>, 黄晓明<sup>1</sup>

(1. 东南大学交通学院 南京市 210096; 2. 三江学院土木工程学院 南京市 210012)

**摘 要:** 气温较低时沥青混凝土路面往往难以压实。本文对 Sasobit 改性沥青的各项性能, 尤其对粘度特性和变温击实马歇尔试验进行了分析, 认为该添加剂可以提高沥青的各项性能, 并且可以降低沥青 135℃ 粘度, 同时提高 60℃ 粘度, 具有很好的低温施工性, 最后通过低温成型的沥青混合料试件进行路用性能验证, 结果表明 Sasobit 改性沥青混合料具有较好的低温施工性能。

**关键词:** Sasobit; 改性沥青; 粘度; 低温施工

多数聚合物改性剂, 都不容易和沥青相容, 生产聚合物改性沥青时, 需要特殊的设备和较高的能源消耗; 如果改性沥青的加工性能不好, 所生产的改性沥青不够均匀, 或者不够稳定, 在热存贮时易发生离析, 从而影响改善效果; 此外, 多数改性沥青均可能会大幅度提高 135℃ 粘度, 从而增加混合料拌和、摊铺及压实的难度, 尤其在我国北方地区, 秋季温度较低, 这给沥青混凝土路面的施工带来一定难度。

Sasobit 改性剂是一种新型聚烯烃类沥青普适改性剂, 它的滴熔点约为 115℃, 在加热条件下, 仅需简单机械搅拌, 即可稳定地分散于沥青之中, 避免了一般聚合物改性剂易离析、难拌和的缺点。本文对比研究不同 Sasobit 掺量下的沥青胶结料特性, 通过沥青的粘度性能和变温条件下马歇尔试件的体积指标分析 Sasobit 改性剂在沥青路面低温条件下施工的可行性, 并通过混合料路用性能试验加以验证。

## 1 Sasobit 改性沥青胶结料性能分析

本文选用 70 号沥青, 技术指标见表 1。

表 1 基质沥青技术指标

技术指标	实测值	标准要求
针入度(25℃, 5 s, 100 g)/0.1 mm	61	—
针入度指数 <i>PI</i>	-0.81	-1.5~+1.0
软化点/℃	48.4	≥46
延度(15℃)/cm	>150	>100

### 1.1 针入度

沥青的感温性被普遍认为是评价沥青性能的最重要指标, 针入度的高低对于沥青路面的高温稳定性和低温抗裂性都有非常重要的影响。

由图 1 和图 2 可以看出, Sasobit 改性沥青的 15℃、25℃、30℃ 针入度都有不同程度的降低, 并且随着改性剂掺量的增加而减小, 沥青的针入度指数有明显增大, 表明感温性得到改善, 高温性能得到增强。

### 1.2 软化点

软化点直接与表示路面发软变形的程度相关联, 因此软化点被大多数国家用来说明沥青高温性能。本文采用 R&B 法测定软化点, 试验结果见表 2。

收稿日期: 2006-09-26

asphalt mixtures. On the contrary, low-temperature anti-cracking of asphalt mixtures is irrelevant to coarse aggregates properties. When other factors are fixed, dynamic stability (*DS*) and tensile splitting ratio (*TSR*) are much more increased with the smaller of apparent density and the greater of water absorption of coarse aggregates.

**Key words:** coarse aggregates; skeleton structure; performance of asphalt mixtures; water absorption; apparent density