

# 不同级配下AC-16型沥青混合料的路用性能研究

赵亮 郑晓亮 张喜伦

中交二公局东萌工程有限公司

**摘要:** 本文设计了矿料合成级配粗、中、细三种级配方案,采用马歇尔击实试验进行了配合比设计,对比分析了三种混合料最佳油石比下路用性能。结果表明:粗级配AC-16沥青混合料高温稳定性最优;细级配混合料低温性能较优;水稳性能试验结果表明,粗级配混合料残留稳定度较大,而细级配混合料冻融劈裂强度比较大,但油石比提高,说明混合料的水稳定性与级配粗细及油石比密切相关;结合实体工程项目气候条件及施工成本考量,建议采用粗级配配合比设计结果作为本项目的AC-16沥青混合料目标配合比设计优化方案。

**关键词:** 合成级配; 沥青混合料; 配合比设计; 路用性能

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.036

## 一、引言

沥青混合料是由沥青胶结料、粗细集料、矿粉、改性剂(必要时)组成的混合料<sup>[1]</sup>。原材料规格比例的不同,会导致混合料结构发生变化,从而影响混合料的路用性能<sup>[2~3]</sup>。级配设计即是对沥青混合料的原材料按照设计技术级配要求范围,对不同性质、不同规格的原材料进行材料占比设计<sup>[4~5]</sup>。通过对原材料的质量把控、优化矿料级配、综合确定最佳沥青用量,可使沥青混合料路面各种性能指标达到最佳平衡,以满足路面使用性能要求<sup>[6]</sup>。

因此,本文设计了三种不同级配的AC-16型沥青混合料,并对其分别进行配合比设计,分析了三种级配在最佳油石比下沥青混合料的路用性能,推荐得到最佳级配及配合比设计方案,以指导依托项目工程施工。

## 二、原材料

### (一) 沥青

采用SBS I-D改性沥青,25℃密度为1.030g/cm<sup>3</sup>。沥青技术指标见表1。

表1 SBS (I-D) 改性沥青技术要求

项目	单位	设计要求	检测结果	试验方法
针入度(25℃, 100g, 5s)	0.1mm	40-60	56	T0604
延度(5cm/min, 15℃)	(cm)	≥25	30	T0605
软化点(环球法)	(℃)	≥70	84.0	T0606
溶解度(三氯乙烯)	(%)	≥99	99.6	T0607
弹性恢复(25℃)	(%)	≥85	92.0	T0662
质量变化	(%)	≤1.0	-0.520	T0609
TFOT(或RTFOT)后 残留针入度比(25℃)	(%)	≥65	82	T0604
残留延度(5℃)	(cm)	≥20	24	T0605

### (二) 矿料

矿料包括各档粗细集料及填料,具体规格如下:9.5~18mm、4.75~9.5mm、2.36~4.75mm、0~2.36mm、矿粉。原材料的技术指标试验结果见表2。

表2 原材料的技术指标试验结果

试验项目	9.5~18mm	4.75~9.5mm	2.36~4.75mm	0~2.36mm	矿粉
表观相对密度	3.004	3.000	2.998	2.713	2.707
毛体积相对密度	2.977	2.952	2.936	---	---
压碎值(%)	8.8	---	---	---	---
洛杉矶磨耗(%)	11.4	---	---	---	---
针片状颗粒含量(%)	5.2	---	---	---	---

### 三、级配设计

根据各种矿料的筛分结果及AC-16沥青混合料的级配要求,按照粗、中、细三种方案进行级配设计。本次AC-16沥青混合料级配设计结果见表3。

表3 合成级配情况表

筛孔尺寸(mm)	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
粗级配	100.0	93.0	83.0	64.4	37.3	23.6	18.6	14.5	11.2	7.5	5.7	
中级配	100.0	94.6	86.8	71.9	42.7	26.8	21.0	16.4	12.7	8.5	6.4	
细级配	100.0	95.0	87.6	73.8	47.2	29.9	23.4	18.0	13.9	9.1	6.8	
级配范围	下限	100	90	76	60	34	20	13	9	7	5	4
	上限	100	100	92	80	62	48	36	26	18	14	8

#### 四、马歇尔击实试验

三种级配的沥青混合料配合比马歇尔击实试验分别采用4.1%、4.4%、4.7%、5.0%、5.3%五种油石比成型Marshall试件，Marshall试件成型温度控制：矿料加热温度185~195℃，沥青加热温度160~165℃，混合料拌和温度170~180℃，试件击实温度155~160℃，双面各击实75次。

以油石比为横坐标，分别以空隙率、毛体积密度、稳定度、流值、饱和度为纵坐标绘制关系图，确定各项指标。最终确定粗级配最佳油石比为4.7%、中级配最佳油石比为4.7%、细级配最佳油石比为4.8%。

AC-16型沥青混合料在最佳油石比时，Marshall试件各项技术指标见表4。

表4 最佳沥青用量时Marshall试件试验结果

级配类型	油石比 (%)	最大理论相对密度	毛体积相对密度	空隙率 (%)	矿料间隙率 (%)	沥青饱和度 (%)	稳定度 (KN)	流值 (mm)
粗级配	4.7	2.702	2.592	4.0	14.7	72.0	19.5	3.3
中级配	4.7	2.694	2.584	4.1	14.6	72.0	19.3	3.2
细级配	4.8	2.683	2.573	4.1	14.8	72.3	19.2	3.3

#### 五、沥青混合料性能试验

本次试验对粗、中、细三种级配的AC-16型沥青混合料在最佳油石比下分别进行路用性能试验，对比其高低温及水稳性能差异性。

##### (一) 高温稳定性

本文采用较为常见的车辙试验作为沥青混合料高温性能评价指标。试验温度一般设置为60℃，通过车辙试验可得到任意时刻的位移d和试验时间内的动稳定度DS。三种级配的AC-16型沥青混合料车辙试验动稳定度DS试验结果见表5。

表5 三种级配混合料车辙试验动稳定度DS (次/mm)

试件类型	试件编号	变形量/mm		DS/次/mm
		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	
粗级配	1#	1.645	1.721	8289.5
	2#	1.485	1.565	7875.0
	3#	1.591	1.664	8630.1
	平均值	1.574	1.65	8253.3
中级配	1#	1.565	1.647	7682.9
	2#	1.701	1.782	7777.8
	3#	1.591	1.674	7590.4
	平均值	1.619	1.701	7682.9
细级配	1#	1.71	1.797	7241.4
	2#	1.787	1.877	7000.0
	3#	1.739	1.825	7325.6
	平均值	1.745	1.833	7186.3

从表5可以看出，三种混合料的动稳定度随着级配曲线变粗逐渐增大，60min车辙深度逐渐减小。粗级配沥青混合料高温稳定性最优，中级配次之。说明AC-16沥青混合料在粗级配状态下的高温性能优良。

##### (二) 低温抗裂性

采用切割方法，将成型的车辙板制作成棱柱体

小梁，小梁长250mm±2.0mm，宽30mm±2.0mm，高35mm±2.0mm。试验温度控制在-10℃±0.5℃，加载速率控制在50mm/min，跨径长为200±0.5mm，进行低温抗裂性试验。根据仪器所测得的最大荷载及跨中挠度计算以下相关指标，表6为三种级配混合料低温弯曲试验结果。

表6 三种级配低温小梁弯曲试验结果

试件类型	试验温度	抗弯拉强度 /MPa	最大弯拉应变 /μ ε	弯曲劲度模量 /MPa
粗级配		8.42	2816.72	2989.3
中级配	-10℃	8.74	2858.64	3057.4
细级配		8.86	2883.48	3072.7

-10℃条件下的小梁弯曲试验结果及分析：三种沥青混合料相比，细级配沥青混合料的抗弯拉强度和最大弯拉应变最大，中级配混合料次之，粗级配最小，级配越细，混合料的最大弯拉应变及抗弯拉强度越大，但总体差异不大，三种级配的沥青混合料的低温性能总体相当。

##### (三) 水稳性能

为对比三种级配沥青混合料的水稳性能，本研究采用浸水马歇尔试验和冻融劈裂强度试验两种试验方法进行分析。

##### 1. 浸水马歇尔试验

按照标准的成型要求与马歇尔试件的成型条件，每种级配均成型四组马歇尔试件进行马歇尔稳定度试验。试验时将两组试件在规范要求的试验条件下测试其稳定度数值。

综合以上图1可以看出，粗级配沥青混合料浸水残留稳定度最大，说明粗级配沥青混合料在路面潮湿环境下，仍具有较高的马歇尔稳定度，路面整体强度较好。

##### 2. 冻融劈裂试验

每种级配的混合料均成型两组马歇尔试件进行冻融劈裂试验。

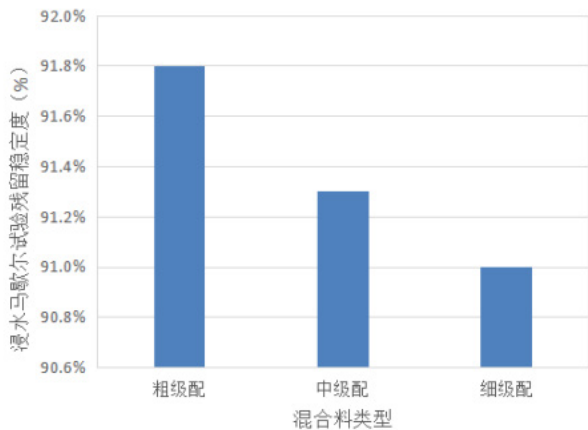


图1 三种级配混合料残留稳定度结果对比图

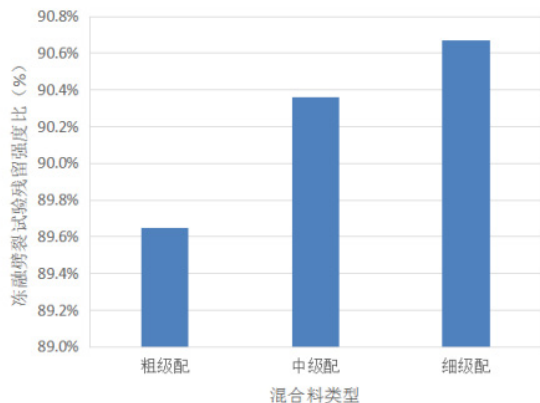


图2 三种级配混合料劈裂抗拉强度比结果对比图

综合以上图2可以看出，细级配沥青混合料冻融劈裂残留强度比最大，说明细级配沥青混合料在冬季冻融状态下水稳性能较优，这是因为细级配采用的油石比较大，混合料在冻融循环作用下仍具有一定的韧性。

### 六、路用性能对比分析

对三种级配的AC-16型沥青混合料的路用性能结果进行汇总（表7），并对其进行结果分析。

表7 AC-16型沥青混合料路用性能试验结果汇总

检验项目	要求值	试验结果		
		粗级配	中级配	细级配
车辙试验动稳定度 (次/mm)	≥7500	8253.3	7682.9	7186.3
浸水马歇尔试验残留稳定度 (%)	≥85	91.8	91.3	91.0
冻融劈裂试验残留强度比 (%)	≥80	89.7	90.4	90.7
低温弯曲试验破坏应变 (μ ε)	≥2800	2816.7	2858.4	2883.5
渗水系数 (ml/min)	≤120	10.4	不渗	不渗

综合三种级配的最佳油石比结果下的路用性能结果对比分析可知：

(1) 粗、中级配沥青混合料所检测动稳定度、浸水马歇尔残留稳定度、冻融劈裂残留强度比、低温弯曲破坏应变和渗水系数指标满足要求，说明粗、中级配的配合比设计结果可行。

(2) 粗级配的AC-16沥青混合料高温稳定性最优；级配越细，低温性能越优；综合残留稳定度和冻融劈裂强度比结果，粗级配混合料残留稳定度较大，但细级配混合料冻融劈裂强度比较大，且油石比会存在略微升高，说明混合料的水稳定性与级配粗细及油石比密切相关。

(3) 由于实体工程项目属于热带湿润季风气候区，海洋性气候和大陆性气候双重特点，空气湿度大，环境温度较高，因此需选取抗车辙性能及水稳定性较强的混合料，综合三种级配的沥青混合料路用性能结果及沥青用量方面的工程施工成本考量，建议采用粗级配配合比设计结果作为本项目的目标配合比设计优化方案。

### 七、结论

本文采用矿料合成级配粗、中、细三种设计方案，并采用马歇尔击实试验进行了配合比设计，对比分析了三种混合料最佳油石比下路用性能。主要结论如下：

(1) AC-16沥青混合料采用粗级配时，高温稳定性最优；细级配混合料低温性能较优；

(2) 水稳性能试验结果表明，粗级配混合料残留稳定度较大，而细级配混合料冻融劈裂强度比较大，但油石比提高，说明混合料的水稳定性与级配粗细及油石比密切相关。

(3) 结合实体工程项目气候条件及施工成本考量，应选取抗车辙性能及水稳定性较强的混合料，建议采用粗级配配合比设计结果作为本项目的AC-16沥青混合料目标配合比设计优化方案。

### 参考文献

- [1] 郜君晖. 从路用性能探讨高速公路的沥青混合料配合比设计[J]. 交通世界, 2021 (Z1): 100-101.
- [2] 刘晓波. 沥青混合料的配合比设计方法应用[J]. 山西建筑, 2020, 46 (10): 108-109.
- [3] 刘晓波, 钱振宇. 马歇尔法在沥青混合料配合比设计中的应用[J]. 公路交通科技 (应用技术版), 2020, 16 (01): 76-78.
- [4] 龙凤艳. 沥青混合料生产配合比设计及控制要点研究[J]. 西部交通科技, 2019 (08): 59-61+70.
- [5] 余丽平. 级配类型对橡胶改性沥青混合料路用性能的影响分析[J]. 西部交通科技, 2021 (04): 33-36.
- [6] 朝克图. 基于可靠度理论的沥青混合料路用性能评价指标研究[J]. 内蒙古公路与运输, 2021 (02): 19-23+36.