

· 试验与研究 ·

稳定型橡胶改性沥青混合料 AC-13 级配范围的优化研究

常友功, 孔晨光, 陈伟

(山东建筑大学, 济南 250101)

摘要: 为了对稳定型橡胶改性沥青混合料 AC-13 的级配范围进行优化, 本研究在中国交通公路科学研究所《公路沥青路面施工技术规范》推荐的 AC-13 级配范围的基础上, 首先初步确定合适的级配研究区间, 然后将这一区间近似均分成一定数目的小区间, 从而得到一系列级配, 进而通过马歇尔方法成型试件, 通过体积指标和其他技术指标的测定, 分析各个级配的优缺点并进行微调, 最终选出两条最优级配范围, 并进行了路用性能的检验。性能试验结果表明, 优选出的两条级配可以作为稳定型橡胶改性沥青混合料 AC-13 的级配上下限。

关键词: 稳定型橡胶改性沥青 级配 空隙率 路用性能

橡胶沥青应用于公路沥青混凝土路面中优点明显, 然而, 橡胶沥青性能的稳定性成为其在我国应用中的一个技术瓶颈。目前国内外的研究中, 应用橡胶沥青时普遍推荐间断级配, 虽然对橡胶沥青混合料的压实有利, 但是极大程度地提高了沥青用量并容易产生离析, 从而使工程成本大幅度提高, 施工质量却难以控制, 这也是橡胶沥青混合料在我国较难大范围推广应用的一个重要原因。而稳定型橡胶改性沥青具有不离析、不沉淀、可热储存、可长距离运输等优点, 同时满足提高沥青的粘附性, 改善沥青的温度敏感性, 显著改善和提高沥青混合料的高温稳定性(抗车辙能力)、低温性能和混合料的水稳定性。与普通橡胶沥青相比, 稳定型橡胶改性沥青不仅可用于间断级配混合料, 还可用于连续级配混合料。稳定型橡胶改性沥青在我国公路界仍然是一项新技术, 人们对其混合料的级配设计方法、级配范围等方面的研究尚不足, 更缺乏相关的标准和规范的指导。

基于此, 本研究基于马歇尔设计方法, 通过控制沥青混合料的体积指标和沥青用量, 缩小目前规范规定的级配范围, 优化沥青混合料级配, 推荐合理的级配范围, 并通过车辙试验、冻融劈

裂试验等检验沥青混合料的路用性能, 以期的稳定型橡胶改性沥青及沥青混合料应用技术指南的建立提供有价值的参考。

1 级配优化方案

目前对级配进行研究、优化设计的试验方案有两种: 一、采用均匀设计以及正交试验设计方法, 考虑各筛孔不同通过率对沥青混合料性能的影响, 最终找到合适的级配范围。二、初拟级配研究区间, 根据级配设计原则设计一系列能将该区间大致均分的级配曲线。通过试验结果分析各级配优缺点, 从而找到合适的级配范围。本课题采用第二种方法, 即在中国交通公路科学研究所《公路沥青路面施工技术规范》(简称《规范》)推荐的连续密级配沥青混合料级配范围的基础上^[1], 根据当地气候特点首先初步确定合适的级配研究区间, 然后遵循级配设计原则设计一系列级配曲线将该区间大致均分。通过马歇尔方法成型试件, 测定其体积指标和其他技术指标, 分析各个级配的优缺点并进行微调, 最终优选出两

收稿日期: 2011-10-26。

作者简介: 常友功, 男, 山东日照人, 工学硕士, 山东建筑大学道路工程实验室。邮箱: sakichun@qq.com。

条级配曲线作为本研究推荐的级配范围的上下限。

设计级配时,基于以下指导思想进行级配调试:

a) 福建省属于亚热带海洋性气候,其沥青路面使用性能气候分区属于 1-4-1 区,为夏炎热冬温潮湿区,夏季温度高、持续时间长,因此着重考虑沥青混合料的高温性能,级配范围偏规范中值靠下。

b) 级配采用平坦的 S 型曲线。S 型级配的沥青混合料属于嵌挤密实型级配,具有适宜的空隙率,良好的密水性和较好的高温稳定性。在矿料设计级配曲线中,要适当减少靠近最大粒径的粗集料和细集料中 0.6 mm 以下较细部分的比例,控制矿粉比例,适当增加中间档次的粗集料。

c) 避免出现“驼峰”级配。由于细集料中,0.15~0.3 mm 与 0.3~0.6 mm 区间内颗粒的棱角性较小,不容易形成摩阻力,所以要在满足级配范围的前提下,尽量少使用含该区间颗粒较多的细集料,避免出现“驼峰”级配。

d) 确定的工程设计级配范围应比《规范》

级配范围窄,其中 4.75 mm 和 2.36 mm 通过率的上下限差值宜小于 12%。

e) 沥青混合料的空隙率 VV 、矿料间隙率 VMA 、沥青饱和度 VFA 等体积指标满足《规范》要求;沥青用量尽量接近各类型混合料的经验掺量范围。

2 配比设计

本试验骨料选用福建地区优质石料,按 JTG E42—2005《公路工程集料试验规程》对集料进行试验,其技术指标均满足现行规范要求。为便于研究,按标准筛孔尺寸将各档集料筛分为单一粒径的集料。课题采用石灰岩磨细矿粉作为填充料,其技术指标满足《规范》的技术要求。所有混合料采用的沥青胶结料均为稳定型橡胶改性沥青。

本研究参考《规范》级配范围以及福建地区气候分区初拟级配研究区间,确定以《规范》级配范围下限作为级配研究区间的下限,以《规范》级配范围中值作为级配研究区间的上限,并根据上述级配设计指导思想在研究区间内设计了 6 条 AC-13 沥青混合料的级配曲线,详见表 1。

表 1 AC-13 沥青混合料的设计级配

AC-13 设计级配	通过下列筛孔 (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
级配 1	100	95	75	52	35	25	18	12.5	8.5	6
级配 2	100	95	78	43.5	28.5	19.5	13	9	6.5	4.5
级配 3	100	92	70	43.5	28.5	19.5	13	9	6.5	4.5
级配 4	100	97	81	43.5	25	16	11	7.5	5.5	4
级配 5	100	90	69	40	24.5	15.5	11	8	5	4
级配 6	100	97	82	51	35	23.5	17	12	8	6
研究区间上限	100	95	76.5	54.5	37	26.5	19	13.5	10	6
研究区间下限	100	90	68	38	24	15	10	7	5	4

3 级配优化过程与结果

初选级配曲线后,根据预估公式对每条级配曲线的油石比进行预估,并在此基础上分别增加和减小 0.3% (或 0.5%),按规范方法成型马歇尔试件。马歇尔试验结果如表 2 所示。

结果表明,空隙率 VV 为 4% 时,沥青混合料铺筑而成的路面具有较好的稳定性和耐久性,

空隙率太小,容易因高温时沥青膨胀而形成推挤或车辙,太大则容易出现水损坏。本课题以 4% 的 VV 作为预期空隙率,并控制沥青混合料试件的空隙率范围为 3%~6%。规范规定 AC-13 沥青混合料预期空隙率 4% 时的 VMA 下限为 14%,过小的 VMA 说明级配太细,太密实,对高温性能不利。但工程实践也表明 VMA 不宜过大,过

大的 VMA 说明级配太粗, 空隙太大, 降低了混合料抗疲劳、抗水损坏的能力, 同时也将会导致较大的沥青用量, 因此 VMA 不宜超过规范下限 +2%。本课题提出 VMA 范围为:《规范》下限至下限 +1.5%, 并参考《规范》的 VFA 指标范围对混合料的 VFA 加以控制。沥青用量范围控制在工程常用范围内。

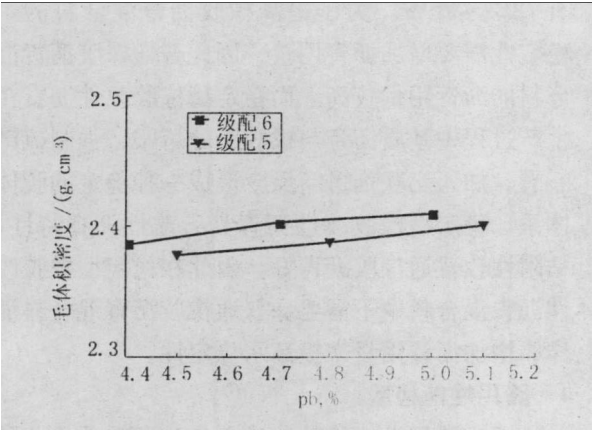
对于 AC-13 沥青混合料, VMA 范围要求为 14% ~ 15.5%; VV 预期为 4%, 范围要求为 3% ~

6%; VFA 范围要求为 65% ~ 75%; 沥青用量范围为 4.6% ~ 5.1%。

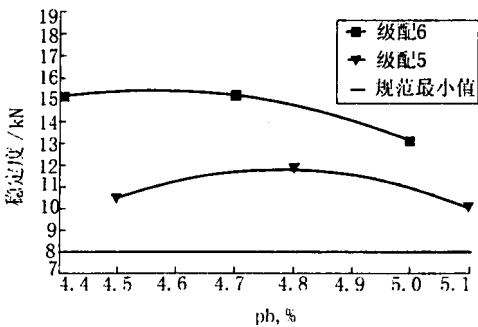
由表 2 的试验结果可知, 除级配 1 和级配 4 外, 其余 4 个级配的 VMA 均介于预期范围之内, 级配 2、级配 3 和级配 6 经调整沥青用量后 VV 和 VFA 也可以满足预期要求。级配 6 在级配 2 和级配 3 之上, 作为级配上限比较合适, 级配 5 作为级配下限也比较合适, 级配 6 和级配 5 的马歇尔试验结果见图 1。

表 2 马歇尔试验结果

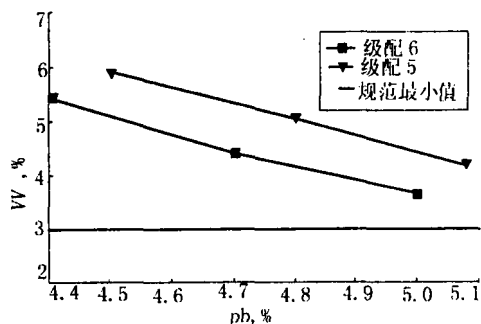
级配编号	沥青含量, %	最大理论相对密度	毛体积相对密度	矿料间隙率, %	空隙率, %	沥青饱和度, %	稳定度/kN	流值/mm
级配 1	4.3	2.528	2.403	13.9	4.95	64.5	16.60	2.29
	4.8	2.509	2.418	13.8	3.61	73.9	15.70	2.72
	5.3	2.491	2.434	13.7	2.29	79.6	11.19	3.30
级配 2	4.3	2.531	2.393	14.4	5.45	62.1	12.26	2.13
	4.8	2.513	2.400	14.6	4.55	68.9	13.92	2.41
	5.3	2.494	2.411	15.1	3.33	77.3	11.31	2.69
级配 3	4.7	2.517	2.392	14.8	4.97	66.4	13.28	2.51
	5.0	2.505	2.412	14.3	3.71	74.1	14.69	2.57
	5.3	2.495	2.422	14.3	2.92	79.5	12.17	3.46
级配 4	4.5	2.526	2.356	15.9	6.72	57.7	12.66	2.15
	4.8	2.514	2.372	15.6	5.65	63.8	12.19	2.32
	5.1	2.503	2.373	15.8	5.19	67.2	13.92	2.58
级配 5	4.5	2.526	2.377	15.2	5.90	61.2	10.46	2.52
	4.8	2.515	2.388	15.1	5.05	66.5	11.83	2.32
	5.1	2.504	2.401	14.9	4.11	72.4	10.04	2.46
级配 6	4.4	2.524	2.386	14.7	5.47	62.7	15.16	2.32
	4.7	2.513	2.402	14.4	4.42	69.2	15.21	2.92
	5.0	2.502	2.410	14.3	3.68	74.4	13.14	2.94



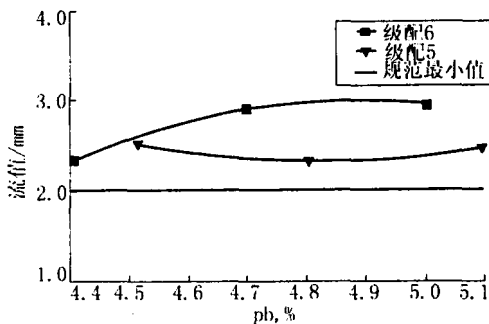
(a)



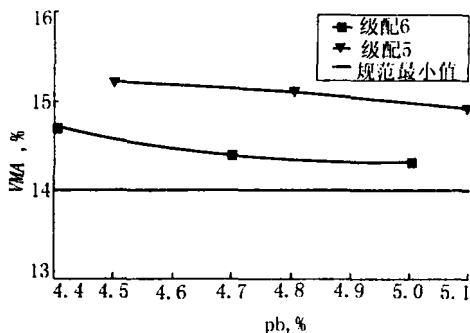
(b)



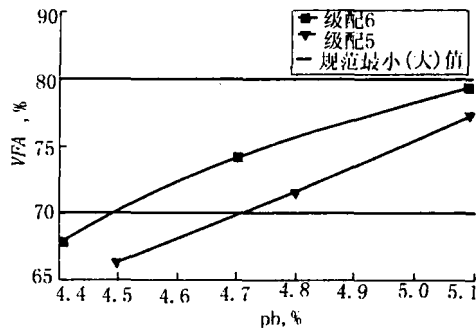
(c)



(d)



(e)



(f)

图1 AC-13 级配6和级配5马歇尔试验结果

通过试验结果的对比,初选级配6和级配5作为优化的AC-13沥青混合料级配范围的上下限,如图2所示。

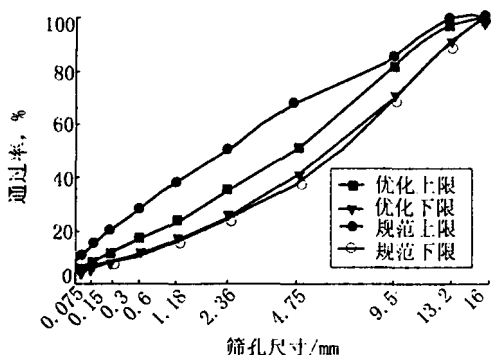


图2 AC-13 优化级配曲线图

由以上试验结果还可以看出,稳定型橡胶改性沥青混合料的沥青用量较普通橡胶沥青混合料的沥青用量显著降低。其原因在于稳定型橡胶改

性沥青的改性机理与普通橡胶沥青不同。普通的橡胶沥青具有较强的硫化橡胶特性,与SBS改性沥青相比粘附性能比较差,这是由于胶粉中的无机填充物比较多(超过50%),胶粉颗粒不能全部降解,以及固体物的存在造成的。沥青粘附性差导致沥青混合料的水稳定性比较差,一般只有72%~75%。为了提高橡胶沥青混合料的水稳定性需要增加沥青用量,因此普通橡胶沥青混合料的沥青用量较高。而稳定型橡胶改性沥青在生产过程中基质沥青与橡胶充分熔胀,强制硫键断裂,加入交联剂重新反应形成一种稳定的胶体体系。稳定型橡胶改性沥青具有改性沥青特性,粘附性较普通橡胶沥青好,因此在稳定型橡胶改性沥青混合料中不需要像普通橡胶沥青混合料那样靠增加沥青用量来提高水稳定性。

4 路用性能检验

通过路用性能检验,进一步验证初选优化的级配范围的合理性。依据现行规范,本研究分别

对 AC-13 初选优化的级配范围上下限进行高温车辙试验、低温弯曲试验及冻融劈裂试验,试验结果如表 3。

表 3 AC-13 路用性能试验结果

编号	沥青含量, %	动稳定度/ (次·mm ⁻¹)	破坏应变/ με	TSR, %
级配 5	5.1	4 437	2 578.56	86.89
级配 6	4.7	3 642	2 553.52	83.21
规范规定		≥2 800	≥2 000	≥80

通过表 3 可以看出,所选两条级配曲线的沥青混合料的动稳定度、破坏应变、TSR 均满足规范对改性沥青 AC 类混合料的要求,表明该混合料具有良好的高、低温及抗水损害等路用性能,即表明经过优化的两组级配比例良好,用其作为稳定型橡胶改性沥青混合料 AC-13 的级配范围上下限是合适的。

5 结论

a) 混合料级配为连续密级配时,稳定型橡胶改性沥青可作为胶结料应用。

b) 通过试验方法,推荐了福建地区稳定型橡胶改性沥青混合料 AC-13 的级配范围。

c) 稳定型橡胶改性沥青混合料的沥青用量较普通橡胶沥青混合料的沥青用量低。

d) 性能试验结果表明,推荐的稳定型橡胶改性沥青混合料级配上下限的路用性能达到了规范对改性沥青混合料的要求。

参考文献

- [1] 中交公路科学研究所. 公路沥青路面施工技术规范 [S], 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [2] 孙祖望. 橡胶沥青应用技术指南 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [3] 王旭东. 橡胶沥青及混凝土应用成套技术 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
- [4] 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.
- [5] State of California Department of Transportation, Asphalt Rubber Usage Guide, 2003.
- [6] 谢洪斌. 橡胶沥青在复合式路面中的应用技术研究 [M]. 重庆: 重庆交通大学, 2008.
- [7] Kamil E. Kaloush. Noise Characteristics and Field Performance of Five Different Wearing Courses in Arizona. Proceedings of the Asphalt Rubber 2009 Conference, 2009.
- [8] 于斌, 曹百岗, 杨军. 荷载型反射裂缝室内模拟试验研究 [C]. 国际橡胶沥青大会论文集, 2009.
- [9] 黄云涌, 刘宏富, 胡贵华. AC-13 沥青混合料级配优化设计研究 [J]. 中国公路学报, 2008, 6 (3): 172-175.

Optimization Research on Gradation Range of Stabilized Rubber Modified Asphalt Mixtures AC-13

Chang Yougong, Kong Chenguang, Chen Wei

(Shandong Jianzhu University, Jinan 250101)

Abstract: With the purpose of optimizing the gradation range of stabilized rubber modified asphalt mixtures AC-13 in this paper, the suitable gradation interval was firstly determined on the basis of the scale recommended in the “standard”, secondly, a series of gradations were obtained by dividing it into a number of inter-cell. According to these gradations, specimens were formed by the method of Marshall. Void volume and other technical indicators were measured. We analyzed the advantages and disadvantages of each gradation and fine-tuned. Eventually a pair of optimal gradations were chosen, and pavement performance tests were carried out. The test results showed that the two-level optimization could be used as the gradation boundaries of stabilized rubber modified asphalt mixtures AC-13.

Keywords: stabilized rubber modified asphalt; gradation; void volume; pavement performance