

抗剥落剂对沥青胶结料及沥青混合料路用性能影响分析

安平¹, 孙丙辉¹, 季正军², 赵磊¹

¹日照公路建设有限公司, 山东 日照

²山东省交通科学研究院, 山东 济南

Email: 408798688@qq.com

收稿日期: 2021年4月19日; 录用日期: 2021年5月19日; 发布日期: 2021年5月26日

摘要

鉴于花岗岩等酸性石料与沥青黏附性不好, 其组成的沥青混合料水稳定性较差, 易出现水损害等早期病害, 因此, 花岗岩在沥青面层中的应用受到较大限制。本文选用国内常用的三种抗剥落剂, 分别制备不同掺量的沥青胶结料, 对其技术指标和抗剥落性能进行研究分析, 并确定了抗剥落剂最佳掺量。同时设计了花岗岩沥青混合料, 进行沥青混合料的路用性能评价分析。

关键词

抗剥落剂, 黏附性, 10℃延度, 软化点, 水稳定性

Analysis of the Influence of Anti-Stripping Agent on Asphalt Cement and Asphalt Mixture Road Performance

Ping An¹, Binghui Sun¹, Zhengjun Ji², Lei Zhao¹

¹Rizhao Highway Construction Co., Ltd., Rizhao Shandong

²Shandong Transportation Institute, Jinan Shandong

Email: 408798688@qq.com

Received: Apr. 19th, 2021; accepted: May 19th, 2021; published: May 26th, 2021

Abstract

In view of the poor adhesion between granite and asphalt, and the poor water stability of the as-

phalt mixture composed of granite, it is prone to water damage and other early diseases. Therefore, the application of granite in asphalt surface is greatly limited. In this paper, three kinds of anti-peeling agents which are commonly used in China are selected to prepare asphalt binder with different dosage, and their technical indexes and anti-peeling performance are studied and analyzed, and the optimal dosage of anti-peeling agent is determined. At the same time, the granite asphalt mixture is designed and the road performance of the asphalt mixture is evaluated and analyzed.

Keywords

Anti-Stripping Agent, Adhesiveness, 10°C Ductility, Softening Point, Water Stability

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水损害已经成为我国高等级公路早期破坏的最重要原因之一。其中,产生水损害的一个主要原因是集料与沥青的黏附性差,尤其出现在花岗岩等酸性集料组成的沥青路面中[1]。因此,我国高等级公路沥青面层用集料主要为石灰岩、玄武岩等碱性和中性石料。

我国正处于公路建设的高峰期,基于环保等压力,石料开采资源匮乏,可用于公路施工的原材料供应极度紧张,花岗岩集料在路面的应用显得尤为重要[2] [3]。本文依托不同类型抗剥落剂,结合常用掺量,对沥青胶结料及花岗岩沥青混合料的性能影响进行进一步分析研究。

2. 材料的选择

(1) 沥青

选择常用的 70#-A 级道路石油沥青,对其各项技术指标进行检测,结果见表 1。

Table 1. Technical indexes of 70#-A grade road asphalt

表 1. 70#-A 级道路石油沥青技术指标

检测项目(单位)	技术指标	检测结果
针入度 25°C, 5 s, 100 g (0.1 mm)	60~80	69
软化点(°C)	≤46	47.5
60°C 动力黏度(Pa·s)	≤180	254
10°C 延度(cm)	≤20	35
15°C 延度(cm)	≤100	>100
质量变化(%)	±0.8	-0.092
薄膜加热试验	残留针入度比(%)	≤61
	残留延度(10°C) (cm)	≤6

(2) 集料

选定分布较广、产量较大的花岗岩来进行试验，作为一种典型的酸性集料，花岗岩一直在沥青路面中的使用受限，检测结果见表 2。

Table 2. Technical index of granite

表 2. 花岗岩技术指标

检测项目	技术指标	检测结果
压碎值(%)	≤26	23.2
表观相对密度	≥2.50	2.702
吸水率(%)	≤3.0	0.73
粘附性(级)	—	4
针片状颗粒含量(%)	≤15	10.8

(3) 抗剥落剂

目前，市场上应用较为成熟的抗剥落剂主要分为胺类与非胺类两大类，其中，非胺类抗剥落剂的使用性能要优于胺类[4] [5]。因此，我们选定了 A、B、C 三种应用较多的抗剥落剂，其中，A、C 为非胺类，B 为胺类。三种抗剥落剂的具体参数见表 3。

Table 3. Technical parameters of anti-stripping agent

表 3. 抗剥落剂技术参数

检测项目	A	B	C
密度(g/cm ³)	1.01	0.99	0.96
推荐掺量	0.3%~0.6%	0.4%~0.7%	0.4%~0.6%
类型	非胺类	胺类	非胺类

3. 抗剥落剂对沥青胶结料性能的影响

原则上参考厂家推荐的抗剥落剂掺量进行掺配，为了研究不同掺量下沥青胶结料的性能变化，选用了 0%、0.3%、0.5%、0.7% 四个掺量进行掺配试验。将掺配后的沥青试样进行高、低温性能、感温性、老化性等性能试验，具体包括针入度、延度、软化点及老化试验等。

(1) 抗剥落剂对针入度的性能影响

随着三种抗剥落剂掺量的增加，沥青针入度均呈现出递增趋势，结果见表 4、图 1。主要取决于抗剥落剂的加入增加了沥青的轻质组分[6] [7]，降低了沥青粘度。

Table 4. Changes of penetration index

表 4. 针入度指标变化

掺量%	类型	针入度(0.1 mm)		
		A	B	C
0.0		69.0	69.0	69.0
0.3		70.1	70.5	69.5
0.5		70.8	72.0	72.9
0.7		72.5	72.6	74.2

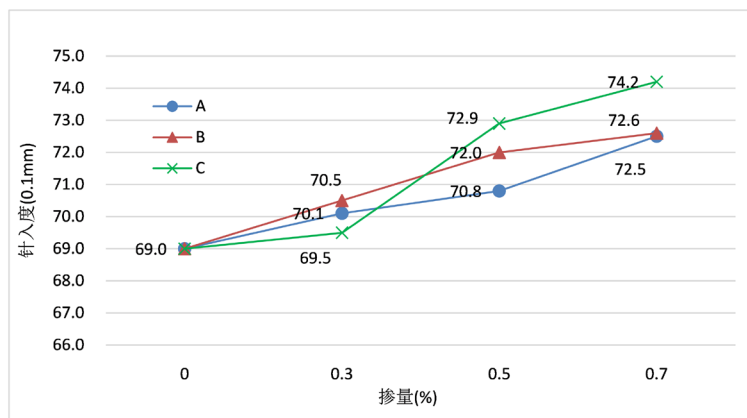


Figure 1. Variation of asphalt penetration index under different dosage
图 1. 不同掺量下沥青针入度指标的变化

另外，随着抗剥落剂的掺量增加，针入度增幅并不大，且无规律，表明抗剥落剂对沥青针入度指标影响不大。

(2) 抗剥落剂对延度的性能影响

沥青 15℃延度指标已经没有太大的参考意义，本文采用 10℃延度对沥青胶结料的低温性能进行评价，结果见表 5、图 2。

Table 5. Changes of ductility index

表 5. 延度指标变化

掺量%	类型	10℃延度(cm)		
		A	B	C
0		35.0	35.0	35.0
0.3		38.4	38.9	38.8
0.5		39.2	40.1	40.7
0.7		38.1	39.2	40.5

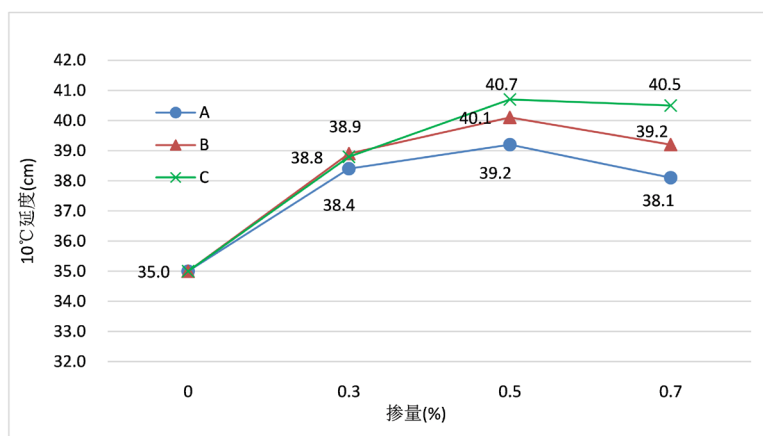


Figure 2. Variation of asphalt ductility index under different dosage
图 2. 不同掺量下沥青延度指标的变化

随着抗剥落剂掺量的增加, 沥青 10℃延度均呈现先增长后衰减的趋势[8] [9]。抗剥落剂掺量在 0%~0.3%时, 10℃延度增幅较大, 可见低掺量的抗剥落剂对沥青低温性能有一定程度的提升; 随着掺量增加至 0.3%~0.5%, 10℃延度增幅趋于平稳, 并在掺量 0.5%左右时达到临界最高点; 随着掺量逐渐增加至 0.7%, 沥青 10℃延度呈现出下降的趋势。

可见, 低掺量抗剥落剂对沥青低温性能有一定的改善作用, 随着掺量的进一步增加, 沥青 10℃延度增长趋于平缓且出现拐点, 表明抗剥落剂对沥青低温性能的改善存在一个最佳掺量, 且最佳掺量在 0.3%~0.5%。

(3) 抗剥落剂对软化点的性能影响

随着三种抗剥落剂掺量的增加, 沥青软化点呈现出递减的趋势, 但下降的幅度不大[10], 结果见表 6、图 3。其中, 掺量为 0.3%时, 软化点技术指标均在要求范围内。随着掺量提高到 0.5%, 掺加 A、C 两种非胺类抗剥落剂的沥青软化点指标仍然能够满足要求, 掺加 B 类胺类抗剥落剂的沥青软化点已经降至 45.8℃, 不能满足要求。随着掺量进一步提高到 0.7%, 三种沥青软化点均不能满足要求。表明抗剥落剂的加入使得沥青中轻质组分比例增大, 高温性能随之衰减, 且极易突破技术指标要求, 另外, 胺类抗剥落剂对沥青高温性能的衰减速率要大于非胺类。因此, 基于软化点指标考虑, 建议抗剥落剂掺量控制在 0.5%以内。

Table 6. Changes of softening point index

表 6. 软化点指标变化

掺量%	类型	软化点(°C)		
		A	B	C
0		47.5	47.5	47.5
0.3		47.1	46.5	46.8
0.5		46.3	45.8	46.2
0.7		45.6	45.1	45.5

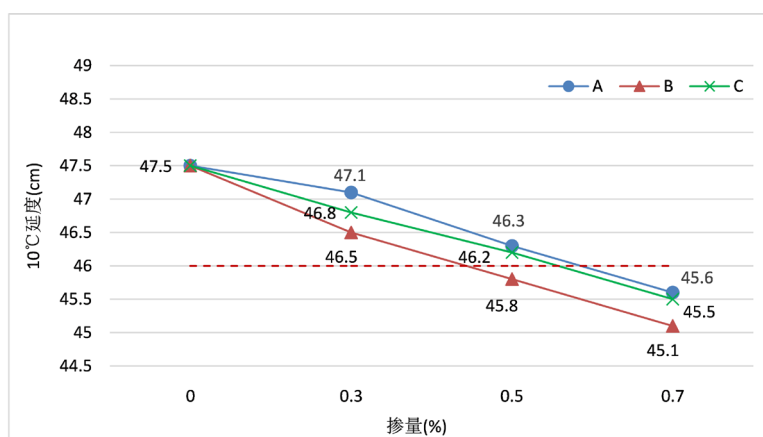


Figure 3. Variation of asphalt softening point index under different dosage

图 3. 不同掺量下沥青软化点指标的变化

(4) 对集料黏附性的影响

根据三种抗剥落剂对沥青三大指标的影响, 将三种抗剥落剂按照 0.4%的比例掺加到熔融的沥青中并搅拌均匀, 然后使用花岗岩骨料与掺加抗剥落剂后的沥青进行水煮法黏附性试验[11] [12]。除了进行标准

试验外，试验还对沥青从骨料表面开始剥落的时间进行了测试，试验结果见表 7。

Table 7. Adhesion test results of granite with different anti-stripping agents
表 7. 花岗岩与不同抗剥落剂的黏附性试验结果

集料	抗剥落剂类型	抗剥落剂掺量	黏附性等级	开始剥落时间(min)
花岗岩	无	0	4	3
	A		5	8
	B	0.4%	5	4
	C		5	6

从黏附性试验结果可以看出，掺加抗剥落剂后，花岗岩的黏附性等级均从 4 级提升至 5 级。随着浸煮时间的增加，掺加 B 类抗剥落剂的沥青在 4 min 时首先出现剥落现象，而掺加 A、C 类抗剥落剂的沥青开始剥落时间分别达到了 8 min 和 6 min。结果表明，非胺类抗剥落剂的抗剥落效果最好，同时考虑到经济性，决定将 0.4% 掺量作为三种抗剥落剂的最佳用量。

4. 抗剥落剂对混合料性能的改善

(1) 混合料配合比

采用花岗岩、70#A 级道路石油沥青进行 AC-25 沥青混合料配合比设计，设计结果及参数见表 8、图 4。

Table 8. Selected grading of AC-25
表 8. AC-25 选定级配

筛孔 mm	通过率%									
	31.5	26.5	19	16	9.5	4.75	2.36	1.18	0.15	0.075
级配上限	100	90	76	68	47	28	18	11	4	3
级配下限	100	100	89	82	62	41	28	20	7	5
选定级配	100.0	97.1	84.0	76.7	55.3	34.8	23.5	16.9	6.9	4.8

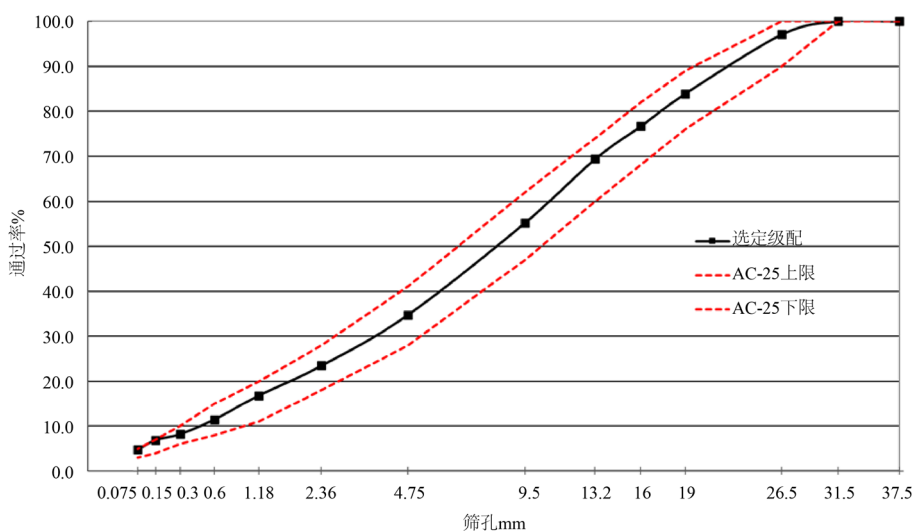


Figure 4. Grading curve
图 4. 级配曲线图

设计级配最佳沥青用量 4.1%，沥青混合料马歇尔击实体积指标如下：

空隙率：4.4% 矿料间隙率：13.0% 饱和度：66.6%

稳定度：9.1 KN 流值：2.7 mm

(2) 汉堡轮辙试验

依据选定的级配和最佳沥青用量，配制沥青混合料并采用旋转压实仪成型直径 150 mm 试件，采用汉堡轮辙试验对设计混合料的高温稳定性及抗水损害能力进行检验。其中，抗剥落剂均按照最佳掺量 0.4% 来控制。汉堡轮辙试验结果见表 9、图 5。

Table 9. Results of Hamburg wheel rut test

表 9. 汉堡轮辙试验结果

类型	变量量 mm	碾压次数(次)		
		2500	5000	10,000
无		8.5	9.7	11.6
A		4.5	5.0	6.1
B		6.8	7.6	8.9
C		3.9	5.1	7.0

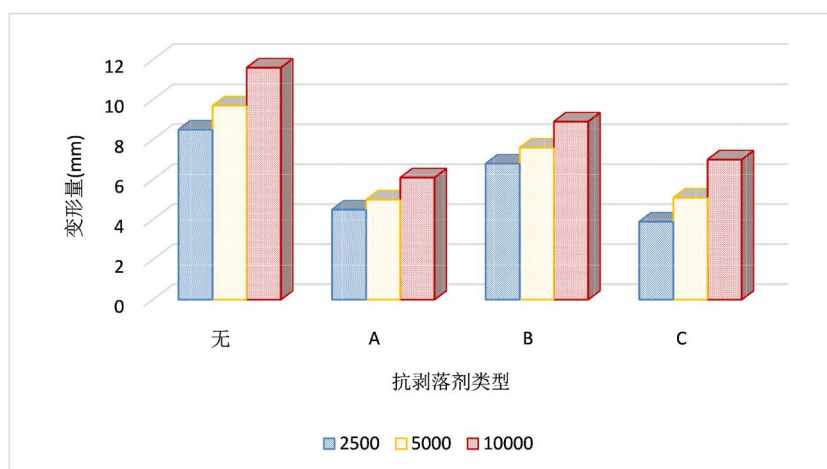


Figure 5. Histogram of wheel rut deformation

图 5. 轮辙变形量柱状图

随着碾压次数的增加，沥青混合料汉堡轮辙变形量逐渐增大，其中，碾压次数在 2500 次之前，变形量增幅较大，随着后期碾压次数的继续累加，变形量增幅逐渐放缓。未掺加抗剥落剂的对比组最大变形量达到 11.6 mm，掺加抗剥落剂的 A 组、C 组最大变形量处于同一水平，但均小于 B 组。结果表明，掺加 A 类、C 类抗剥落剂沥青混合料的高温稳定性和抗水损害能力要优于 B 类，该试验结果与抗剥落剂对沥青胶结料的软化点、对集料黏附性等性能指标影响相符。

(3) 冻融劈裂

采用冻融劈裂试验对设计的沥青混合料进行水稳定性检验[13][14]，结果见表 10。

未掺加抗剥落剂的沥青混合料，其残留强度比 TSR 仅为 68.5%，不能满足技术指标要求。掺加抗剥落剂后，残留强度比 TSR 有较大幅度的提高，能够满足技术指标要求，从试验数据可以看出，三种抗剥

落剂对沥青混合料的水稳定性提升效果比较均衡。表明三种抗剥落剂对改善花岗岩等酸性集料的黏附性效果显著,提高了沥青混合料的水稳定性。

Table 10. Results of freeze-thaw splitting test
表 10. 冻融劈裂试验结果

抗剥落剂类型	无	A	B	C
残留强度比 TSR (%)	68.5	82.4	80.6	85.1

5. 结论

(1) 随着抗剥落剂的加入,沥青 25℃针入度呈现出增大趋势,但随着掺量增加针入度增幅并不大,且无规律,表明抗剥落剂对沥青针入度指标影响不大。

(2) 低掺量抗剥落剂对沥青低温性能有一定的改善作用,随着掺量的进一步增加,沥青 10℃延度出现拐点,呈现先增长后衰减的趋势,表明抗剥落剂对沥青低温性能的改善存在一个最佳掺量。

(3) 沥青软化点随着抗剥落剂掺量的增加呈现出递减的趋势,下降的幅度不大,但极易突破技术指标要求。试验结果表明,抗剥落剂的加入使得沥青中轻质组分比例增大,降低了沥青粘度,高温性能随之衰减,且胺类抗剥落剂对沥青高温性能的衰减速率要大于非胺类。

(4) 掺加三种抗剥落剂后,花岗岩的黏附性等级均从 4 级提升至 5 级,非胺类抗剥落剂的抗剥落效果较好。基于软化点技术指标,同时考虑到经济性,建议将 0.4%掺量作为三种抗剥落剂的最佳用量。

(5) 进行了花岗岩沥青混合料的性能验证,表明三种抗剥落剂对提高沥青混合料的水稳定性效果显著且比较均衡,同时 0.4%掺量能够满足高温性能的技术要求。

参考文献

- [1] 张恒龙, 段海辉, 唐俊成, 等. 不同抗剥落剂对沥青物理、流变和老化性能的影响[J]. 公路交通科技, 2021, 38(1): 1-9, 18.
- [2] 许成虎, 李传海, 王鑫洋. 抗剥落剂对花岗岩沥青混合料水稳定性的影响[J]. 公路交通技术, 2020, 36(1): 45-50.
- [3] 丁才. 抗剥落剂对沥青及花岗岩沥青混合料性能影响研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 长沙理工大学, 2017.
- [4] 张苛, 张争奇. 抗剥落剂对沥青混合料水稳定性影响的试验方法与指标研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2015(7): 55-961.
- [5] 李龙龙, 李萍, 纪上青, 等. 添加抗剥落剂沥青混合料的冻融劈裂试验[J]. 公路, 2018, 63(5): 242-246.
- [6] 刘平. 抗剥落剂对酸性矿石混合料性能影响的研究[J]. 公路工程, 2017, 42(4): 304-309.
- [7] 武银君, 王福满, 张宜洛. 不同类型抗剥落剂对花岗岩沥青混合料性能影响研究[J]. 中外公路, 2016, 36(1): 289-292.
- [8] 许云. 沥青混合料中掺入不同抗剥落剂性能的研究[J]. 中外公路, 2009, 29(5): 246-249.
- [9] 李存健, 吴春生, 杜本发. 抗剥落剂对沥青及沥青混合料性能的影响研究[J]. 内蒙古公路与运输, 2019(3): 26-29.
- [10] 陈垚宏. 抗剥落剂对酸性集料沥青混合料性能的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2012.
- [11] 钱晓鸥. 青海地区酸性石料与沥青粘附性改善技术的研究[D]: [硕士学位论文]. 陕西: 长安大学, 2007.
- [12] 张宜洛. 花岗岩沥青混合料水稳性解决措施研究[J]. 筑路机械与施工机械化, 2003, 20(1): 9-12.
- [13] 李经辉. 抗剥落剂对花岗岩沥青路用性能的影响研究[J]. 交通科技, 2016(3): 159-161, 162.
- [14] 任满仓. 抗剥落剂对沥青路用性能影响研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2012.