

# 抗车辙剂改性AC-20改性沥青混合料路用性能评价与应用

赵丹

上海沪申高速公路建设发展有限公司, 上海

收稿日期: 2026年2月9日; 录用日期: 2026年3月2日; 发布日期: 2026年3月12日

## 摘要

依托沿江通道浦东段(越江段-五洲大道)工程高速公路主线附属工程, 通过分析原材、配合比设计, 设计掺抗车辙剂改性AC-20沥青混合料, 根据工程技术要求, 对比分析掺加抗车辙剂改性AC-20沥青混合料和基质沥青AC-20沥青混合料技术指标。施工结束后对掺抗车辙剂AC-20沥青混合料应用效果进行检测和质量评价。结果表明掺加抗车辙剂能显著提高沥青混合料的高温性能, 且不影响沥青混合料的低温性能和水稳定性。

## 关键词

抗车辙, AC-20沥青混合料, 高温性能, 路用性能, 工程应用

# Evaluation and Application of Road Performance of AC-20 Modified Asphalt Mixture with Anti-Rutting Agent

Dan Zhao

Shanghai Hushen Expressway Construction and Development Co., Ltd., Shanghai

Received: February 9, 2026; accepted: March 2, 2026; published: March 12, 2026

## Abstract

Relying on the auxiliary engineering of the main line of the expressway in the Pudong section (Cross-river section-Wuzhou Avenue) of the Riverside Passage Project, an anti-rutting agent modified AC-20 asphalt mixture was designed through the analysis of raw materials and mix proportion design. According to the engineering technical requirements, the technical indicators of the anti-rutting

agent modified AC-20 asphalt mixture and the base asphalt AC-20 asphalt mixture were compared and analyzed. After construction, the application effect of the anti-rutting agent modified AC-20 asphalt mixture was tested and its quality was evaluated. The results show that the addition of anti-rutting agent can significantly improve the high-temperature performance of the asphalt mixture without affecting its low-temperature performance and water stability.

## Keywords

Anti-Rutting, AC-20 Asphalt Mixture, High-Temperature Performance, Road Performance, Engineering Application

Copyright © 2026 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

随着我国公路交通量的迅猛增长，特别是重载、渠化交通的日益普遍，沥青路面在高温季节承受着严峻的考验，车辙病害已成为影响路面使用寿命与行车安全的关键问题之一。车辙不仅导致路面平整度下降，影响行车舒适性，更会引发积水、推移等次生病害，严重威胁道路结构安全。AC-20 沥青混合料作为中面层常用材料，其高温稳定性的优劣直接关系到整个路面结构的抗车辙能力。

普通改性沥青(如 SBS 改性)虽能显著提升沥青混合料的高温性能，但在极端荷载与气候条件下，其性能仍有不足。抗车辙剂作为一种外掺式的高模量沥青改性剂，通过增强沥青胶浆的粘附性与内聚力，能有效提高混合料的抗永久变形能力，且具有施工简便、性能优越的特点。因此，将抗车辙剂应用于 AC-20 改性沥青混合料，对于提升路面结构的综合路用性能，尤其是高温稳定性，具有重要的工程价值。

## 2. 国内外研究现状

抗车辙剂作为一种重要的沥青混合料改性材料，在公路工程领域尤其是高等级道路、桥梁及隧道铺装层中具有广泛的应用价值[1]。抗车辙剂的研究历程可追溯至 20 世纪 60 年代，美国研究团队开发出具有突破性的复合改性沥青混合料，该材料创新性地将聚合物改性沥青与功能型外添加剂相结合，使沥青混合料的动稳定度提升至 4500 次/mm 以上，同时保持了良好的施工和易性。这一技术突破为现代抗车辙剂的发展奠定了重要基础，各国纷纷效仿并取得了显著进展[2]。国内对抗车辙剂的研究起步较晚，但也取得了显著进展。2006 年，深圳海川公司与欧洲道路试验室合作开发的 Rad Spunrie 车辙王抗车辙剂在国内多条试验路上取得了良好效果[3]。2011 年，徐建国等人[4]通过对比试验发现，添加 0.4%“车辙王”的 AC-20 沥青混合料动稳定度可达 6000 次  $\text{mm}^{-1}$  以上。2014 年，杨红锁[5]研究了抗车辙剂改性沥青混合料的路用性能，发现其显著提高了高温抗车辙能力，同时对水稳定性和低温抗裂性能也有一定改善。2018 年，郝玉宏等人[6]研究了抗车辙剂对沥青混合料动态模量和相位角的影响，发现其显著提高了高温性能，但对低温性能影响较小。2019 年，马峰等人[7]研究了抗车辙剂改性沥青混合料的制备方法，发现干拌法能更好地发挥抗车辙剂的双重改性作用。2021 年，樊长昕等人[8]通过集料取样方法的研究，优化了抗车辙剂改性沥青混合料的性能稳定性。杨文龙 2025 年[9]针对沥青路面车辙病害问题开展了系统性研究。该研究采用现场调研与人工测量相结合的方法，对比分析改性沥青材料与抗车辙剂对改善沥青混合料高温稳定性的作用机理，通过实验验证不同方案对路面高温性能提升的效果。

综上所述，国内外相关研究人员已经认识到抗车辙剂在重载交通道路中的重要性，并做了大量的研

究。但是抗车辙剂种类繁多，不同道路要有针对性的材料方案，本文根据上海沿江通道浦东段工程主线高速公路 AC-20 沥青混合料施工示范段的实际应用情况，从高温车辙试验、低温弯曲试验及冻融劈裂等试验的角度，系统研究掺加抗车辙剂的沥青混合料的高、低温性能及水稳定性，并与传统改性沥青混合料进行对比，以期为该材料在实际工程中的科学应用提供理论依据与实践指导。

### 3. 原材料

#### 3.1. 沥青

沥青采用常规 70# 沥青，掺入抗车辙剂。抗车辙剂能提高沥青软化点及弹性恢复路面变形，其结合料能增强集料骨架嵌挤、形成纤维加筋结构，提高混合料的高温性能。沥青指标见表 1。

**Table 1.** Asphalt specification test results

**表 1.** 沥青指标检测结果

指标	技术要求	实测
针入度(25°C, 100 g, 5 s) (0.1 mm)	60~80	69
软化点(°C)	≥46	47.0
60°C 动力粘度(Pa·s)	≥180	196
5°C 延度(cm)	≥100	≥100
质量变化(%)	≤±0.8	0.2
老化 针入度比(25°C) (%)	≥61	66
5°C 延度(cm)	≥6	37

#### 3.2. 集料

集料采用石灰岩。其中粗集料规格为 3~5 mm、5~10 mm、5~15 mm、15~25 mm，细集料规格为 0~3 mm。集料的筛分及技术指标检测均符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) [10]。粗集料筛分结果见表 2，粗集料指标检测结果见表 3，细集料筛分结果见表 4，细集料指标检测结果见表 5。

**Table 2.** Coarse aggregate sieve analysis results

**表 2.** 粗集料筛分结果

筛孔/mm	3~5 mm 通过比例/%	5~15 mm 通过比例/%	5~15 mm 通过比例/%	15~25 mm 通过比例/%
26.5	100.0	100.0	100.0	100.0
19	100.0	100.0	100.0	65.9
16	100.0	100.0	100.0	28.4
13.2	100.0	100.0	80.3	7.5
9.5	100.0	95.5	14.1	2.4
4.75	87.6	4.1	1.9	1.3
2.36	2.9	1.4	1.7	1.2
1.18	2.1	1.4	1.7	1.2
0.6	2.1	1.4	1.7	1.2
0.3	2.1	1.4	1.7	1.2
0.15	1.3	1.4	1.7	1.2
0.075	1.2	1.2	1.7	1.1

**Table 3.** Coarse aggregate specification test results**表 3.** 粗集料指标检测结果

指标	技术要求	实测
压碎值, %	≤28	22.5
洛杉矶磨耗, %	≤30	15.6
吸水率, %	≤3	1.2
坚固性, %	≤12	10.5
针片状含量, %	≤18	9.8

**Table 4.** Fine aggregate sieve analysis results**表 4.** 细集料筛分结果

筛孔/mm	0~3 mm 通过比例/%
9.5	100.0
4.75	99.7
2.36	79.9
1.18	49.8
0.6	21.5
0.3	10.0
0.15	6.0
0.075	5.4

**Table 5.** Fine aggregate specification test results**表 5.** 细集料指标检测结果

指标	技术要求	实测
砂当量, %	≥65	74
表观相对密度, g/cm <sup>3</sup>	≥2.5	2.752

### 3.3. 填料

矿粉采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料磨细得到,为细粉末状物料,应洁净、干燥、能自由从矿粉仓流出。矿粉指标检测结果见表 6。

**Table 6.** Mineral powder specification test results**表 6.** 矿粉指标检测结果

指标	技术要求	实测
表观密度, g/cm <sup>3</sup>	≥2.5	2.719
含水量, %	≥1	1.0
粒度范围, %	<0.6 mm	100
	<0.15 mm	90~100
	<0.075 mm	75~100
亲水系数	<1	0.9

### 3.4. 配合比设计

选用 AC-20 级配，级配设计见图 1。

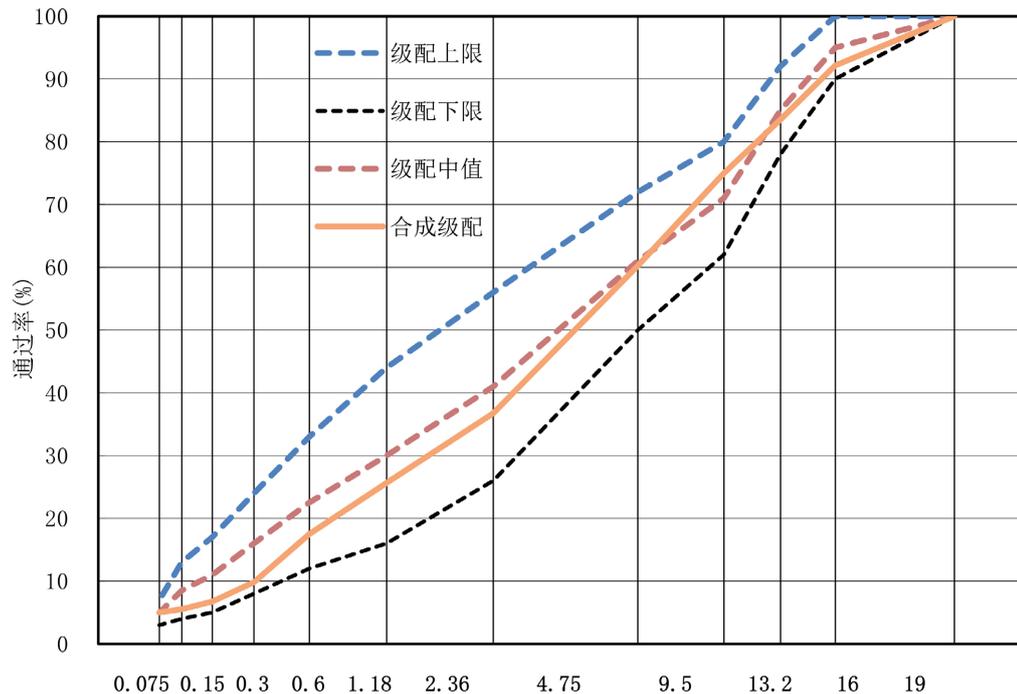


Figure 1. AC-20 asphalt concrete gradation curve  
图 1. AC-20 级配曲线

添加抗车辙剂的 AC-20 沥青混合料在做马歇尔试验时集料的加热温度  $190^{\circ}\text{C}\sim 220^{\circ}\text{C}$ ，沥青的加热温度  $165^{\circ}\text{C}\sim 175^{\circ}\text{C}$ ，混合料温度  $170^{\circ}\text{C}\sim 185^{\circ}\text{C}$ 。试模需要预热，马歇尔试块双面击实各 50 次。混合料的马歇尔试验结果见表 7。

Table 7. Marshall test results  
表 7. 马歇尔试验结果

指标	实测
油石比, %	4.4
毛体积相对密度	2.435
空隙率, %	4.4
矿料间隙率, %	13.5
饱和度, %	67.4
稳定度, kN	11.1
流值, 0.1 mm	36.5

### 3.5. 室内试验

为了更好地研究抗车辙剂对沥青混合料性能指标的影响，将掺有抗车辙剂的沥青替换为普通基质沥

青，成型两种沥青混合料进行室内试验对比。基质沥青混合料的成型方式参照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011)所述。

### 高温试验

采用动稳定度(次/mm)来评价混合料的高温性能。车辙试件用轮碾仪同一方向碾压 2 遍(往返 4 次)，卸载之后旋转车辙试件方向 180°，加载相同荷载后碾压 10 遍(往返 20 次)。两种混合料各自成型三块车辙板，其中掺抗车辙剂的混合料车辙板常温放置 48 小时后进行车辙试验，基质沥青混合料车辙板常温放置 24 小时进行车辙试验。试验结果见表 8。

**Table 8.** Rutting test results

**表 8.** 车辙试验结果

		掺抗车辙剂	基质沥青
动稳定度, 次/mm	1	5158	2859
	2	4936	2990
	3	5085	2957
	平均	5060	2935

### 低温性能

低温抗裂试验结果见表 9。

**Table 9.** Low-temperature crack resistance test results

**表 9.** 低温抗裂试验结果

编号	破坏应变/ $\mu\epsilon$		技术要求
	掺抗车辙剂	基质沥青	
1	3089	2964	≥2500
2	2973	2849	
3	3274	2886	
4	3170	2945	
5	2932	3018	
6	3056	2862	
平均值	3082	2921	

### 水稳定性

混合料冻融劈裂强度见表 10。

**Table 10.** Freeze-thaw splitting strength test results

**表 10.** 冻融劈裂强度试验结果

混合料类型	劈裂强度/MPa		劈裂强度比 TSR/%	技术要求/%
	非条件	条件		
抗车辙剂 AC-20	0.9876	0.8264	83.0	≥75
	1.0067	0.8716		

续表

	0.9831	0.8027	
	0.9952	0.7986	
均值	0.9931	0.8248	
	0.9537	0.7835	
基质沥青 AC-20	0.9824	0.7956	
	1.0287	0.8361	82.2
	0.9297	0.7836	
均值	0.9736	0.7997	

根据室内试验数据分析:

1) 掺抗车辙剂的沥青混合料动稳定度 5060 次/mm, 明显高于基质沥青混合料的动稳定度 2935 次/mm, 表明抗车辙剂可以显著提高沥青混合料的抗车辙能力。这是由于抗车辙剂中的特殊聚合物成分能与沥青发生化学反应或物理吸附, 显著增加沥青的粘度, 使沥青混合料在高温下仍能保持较好的稳定性, 减少沥青的流动变形。通过改善集料间的相互作用, 抗车辙剂能有效增强沥青混合料的整体骨架结构, 使其在承受重载车辆反复碾压时, 不易发生结构性破坏, 从而提高路面的抗车辙能力。

2) 掺抗车辙剂的沥青混合料破坏应变和基质沥青混合料破坏应变均满足设计要求, 但是掺抗车辙剂混合料和基质沥青混合料的低温破坏应变区别并不显著, 抗车辙剂对沥青混合料的低温性能提升的影响有限。

3) 沥青包裹石料, 在石料表面形成一层覆盖层, 遇水时对沥青起置换作用导致石料表面沥青薄膜的剥落, 冻融劈裂反应沥青混合料的抗剥离、抗水损能力。根据试验数据, 掺抗车辙剂的沥青混合料冻融劈裂强度比 83.0%, 基质沥青混合料冻融劈裂强度比 82.2%, 两种混合料均满足设计要求, 表明掺加抗车辙剂并不会降低混合料的水稳定性能。

## 4. 工程应用

### 4.1. 工程概况

沿江通道浦东段(越江段 - 五洲大道)工程高速公路主线附属工程 I 标位于上海市浦东新区, 主线为高速公路, 设计速度 100 km/h, 双向 6 车道规模; 主线工程起点与上海市沿江通道越江隧道工程(越江隧道段)衔接, 位于 S20 以北, 浦东接线道路终点与现状 G1503 衔接, 新建主线总长约 16.78 km (以右线计); 同时需对 G40 立交进行改造, 长度约 1.2 km, 沿江通道浦东段工程全长约 18 km。主线高速沥青层采用 4 cm SMA-13 (SBS 改性沥青) + 6 cm AC-20 (抗车辙剂) 结构层, 其中 AC-20 抗车辙剂掺量取 0.4%。

### 4.2. 施工要点

本工程沥青混合料采用 4000 型拌合机生产, 拌和机上筛分设备及筛分尺寸与设计级配的颗粒尺寸相符合, 确保产品级配符合规定要求。拌和机能自动逐盘打印沥青和各种矿料的用量及成品温度。在生产过程中注意: 1) 沥青混合料拌和时间以混合料拌和均匀, 所有矿料颗粒全部裹覆沥青结合料为度; 2) 每一盘混合料总拌和时间控制在 65 s 左右, 保证石料与沥青结合料充分拌和; 3) 拌和的混合料应均匀一致, 无花白料、无结团或严重的粗细料分离现象。及时做好混合料的马氏试验、抽提试验和车辙试验, 确定标准密度, 检验混合料的各项性能参数是否符合技术要求。沥青混合料生产过程中温度控制见表 11。

**Table 11.** Asphalt mixture production process temperature control [11]  
**表 11.** 沥青混合料生产过程温度控制[11]

工序	改性沥青混合料	测量部位
沥青加热温度	165~175	沥青加热罐
集料加热温度	185~200	热料提升斗
混合料出厂温度	170~185	运料车
混合料最高温度(废弃温度)	195	运料车
混合料贮存温度	拌和出料后降低不超过 10	贮存罐及运料车

摊铺过程中注意:

1) 摊铺前应将摊铺机调整到最佳状态, 并做好熨平板的预热工作, 达到 100℃ 以上, 铺筑过程中开动熨平板的振动或捶击等夯实装置, 以确保沥青混合料起步后平整密实[12]。

2) 在进行沥青面层施工时, 每台摊铺宽度保持在 3~6 m, 在进行拼幅施工时摊铺机前后错开 10~20 m, 成阶梯形施工。摊铺搭接宽度 30~60 mm 保证纵向接缝为热接缝, 同时在铺筑好的面层未碾压之前, 严禁任何人随意走动, 以避免留有脚印。

3) 摊铺起步速度控制在 2 米/分钟, 待正常后以 2~2.5 米/分钟速度向前均匀连续不断摊铺, 允许放慢到 1~2 米/分钟。

4) 沥青上下层的接缝应错开, 纵缝至少 15 cm (热接缝)或 30 cm (冷接缝), 横缝至少 100 cm, 各层接缝用铣刨机切割接平, 接缝处涂刷沥青粘层油, 接缝表面需要烫平[13]。

5) 遇到雨天或地面积水时, 禁止摊铺, 同时沥青砼摊铺时气温确保在 10℃ 以上, 而上面层的沥青砼摊铺时气温必须控制在 15℃ 以上。

碾压过程中注意

沥青混合料摊铺后, 紧跟着在尽可能高的温度状态下开始碾压, 不得等候。压路机在各阶段的碾压过程中应连续不间断地进行, 同时也不得在低温度状态下反复碾压, 以防止磨掉石料棱角或压碎石料, 破坏集料嵌挤。

沥青混合料的碾压分为初压、复压、终压三个阶段, 碾压要求见表 12。

**Table 12.** AC-20 asphalt mixture roller compaction pattern  
**表 12.** AC-20 沥青混合料压路机碾压组合表

压路机类型	初压		复压		终压	
	速度 Km/h	遍数/温度 遍/℃	速度 Km/h	遍数/温度 遍/℃	速度 Km/h	遍数/温度 遍/℃
双钢轮压路机	2~3 (前静后振)	≥150	5	≥130	3~6 (静压)	≥90
轮胎压路机			3~5	5~6/≥120		

### 4.3. 工后检测

该主线高速施工完成后, 对沥青层厚度、压实度、渗水、平整度、构造深度进行检测, 质量检测评定标准参照《公路工程质量检验评定标准 第一册(土建工程)》JTG F80/1-2017。结果显示, 掺加抗车辙剂的 AC-20 沥青混合料现场检测各项指标均符合设计要求。现场检测结果见表 13。

Table 13. Field test results

表 13. 现场检测结果

检测项目	单位	检测结果	技术要求
厚度	cm	4.1	≥4
压实度	%	99.2	≥98
渗水	ml/min	43	≤120
平整度	m/km	0.68	≤2.0
构造深度	mm	0.93	≥0.55

## 5. 结语

1) 基质沥青 AC-20 混合料掺入抗车辙剂, 动稳定度有显著提高, 破坏应变和冻融劈裂强度比略微提高, 表明抗车辙剂使得混合料的高温性能显著提高, 且不影响混合料良好的低温性能和抗水损性能。

2) 工程应用表明, 使用抗车辙剂 AC-20 混合料作为沥青层中层, 路面平整密实, 后续需要长期跟踪观测路面裂缝、车辙、拥包等病害情况。

## 参考文献

- [1] 高立鑫. BRT 停车段沥青路面抗剪切推移特性研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2009.
- [2] AASHTO (1989) Report of the Joint Task Force on Rutting. AASHTO Publishers.
- [3] 彭波, 袁万杰, 陈忠达. 用车辙系数评价沥青混合料的抗车辙性能[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2005(12): 84-86.
- [4] 徐建国, 韩波, 汪永林, 杨人凤, 俞利宾, 薛利. 沥青路面抗车辙性能研究[J]. 筑路机械与施工机械化, 2011, 28(1): 59-62.
- [5] 杨红锁. 抗车辙剂改性沥青混合料的试验研究[J]. 山西交通科技, 2014(1): 5-7.
- [6] 郝玉宏. 抗车辙剂沥青混合料性能试验研究[J]. 中国建材科技, 2018, 27(1): 24-28.
- [7] 马峰, 张昭区, 傅珍, 张超. 抗车辙剂改性沥青混合料制备方法对其高温性能的影响[J]. 筑路机械与施工机械化, 2019, 36(8): 41-44+49.
- [8] 樊长昕, 王威. 抗车辙剂改性沥青混合料动稳定度变异性研究[J]. 山西交通科技, 2021(3): 48-50.
- [9] 杨文龙. 沥青路面车辙成因及抗车辙技术研究[J]. 交通科技与管理, 2025, 6(4): 121-123.
- [10] 交通部公路科学研究所. JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [11] 柴冲冲. 1 cm 厚超薄罩面在公路工程中的应用分析[J]. 公路, 2019, 64(10): 269-272.
- [12] 安素敏. SMA 沥青路面施工技术研究[J]. 交通世界(建养.机械), 2011(17): 220-223.
- [13] 顾晓晶. 高速公路沥青路面施工技术及质量控制综述[J]. 民营科技, 2013(10): 205.