

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.04.060

直投改性剂在 NovaChip 超薄磨耗层中的应用

罗耀平

(中铁长江交通设计集团有限公司, 重庆市 401121)

摘要: 为了进一步提升 NovaChip 超薄磨耗层的路用性能,将直投式环保改性剂应用于其中,分析了不同掺量的直投改性剂对混合料高温性能、水稳定性及低温抗裂性能的影响。结果表明,与 SBS 改性沥青相比,直投改性剂掺量为矿料质量的 0.8%时,混合料高温稳定性提高 118%,冻融劈裂强度比提高 14.3%,但低温抗裂性未满足规范要求,因此其最佳掺量应为矿料质量的 0.6%。通过试验段铺筑验证,直投改性沥青混合料施工更方便,路用性能更优异,其各项性能均满足现行规范要求。

关键词: 直投改性剂; Novachip; 超薄磨耗层; 路用性能

中图分类号: U414

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)04-0226-03

0 引言

截至 2021 年底,我国高速公路通车里程超过 16 万 km,居世界第一。随着高速路网的陆续完善,高速公路养护进入了发展高峰期,其中超薄磨耗层以其摊铺厚度薄、行车舒适性高、耐久性好等优势被广泛应用于高速公路、国省干线的预防养护,是近几年国内预防养护技术的热点^[1-6]。上世纪 90 年代初,美国科氏公司提出了 NovaChip 超薄磨耗层技术体系,其由专用摊铺装备 NovaPave、高黏乳化沥青黏层油 NovaBond 和高黏改性沥青混合料组成^[7-9]。NovaChip 是一种典型的间断级配混合料,由 70%~80%的单一粒径碎石、20%~30%的细集料和填料构成,沥青含量一般为 4.6%~5.5%;其以构造深度大、抗滑性能优且具有一定的排水性能而被广泛应用于南方多雨地区的高速公路预防养护工程^[10-11]。随着国家双碳战略的实施,高速公路预防养护技术将向绿色低碳方向发展,其中干法直投改性具有降低沥青烟、苯可溶物和苯并芘排放量以及生产成本低等优势,弥补了湿法改性沥青存储稳定性差、改性剂分散不均等缺陷,是近几年国内外改性沥青混合料的一大热点工艺^[12-15]。国内相关研究成果表明,干法直投改性沥青混合料在高温稳定性、水稳定性方面优于湿法改性沥青混合料,同时具有较好的施工和易性,其机理为干法高黏改性剂能有效增强集料与沥青间的界面作用,同时提高沥青的 PG 高温性能等

级^[16-20]。综上所述,直投式改性沥青混合料不仅拌和工艺优异、路用性能佳,同时也是一种绿色环保的改性技术。

本文将直投改性剂应用于 NovaChip 沥青混合料,分析其高温性能、水稳定性;同时进行试验段铺筑,以期直投改性剂在超薄磨耗层中的应用推广提供数据参考。

1 原材料及级配组成

1.1 沥青

(1)SBS 改性沥青采用重庆某沥青厂提供的 SBS 改性沥青,其具体指标见表 1。

表 1 SBS 改性沥青技术指标

试验项目		技术标准	试验结果
针入度(25℃)/(0.1mm)		40~60	55
延度(5℃)/cm		≥20	37
软化点/℃		≥60	68
质量变化/%		-1.0~1.0	0.2
TFOT 后	针入度比(25℃)/%	≥65	75
	5℃延度/cm	≥15	18

(2)基质沥青采用重庆某沥青厂提供的 70# 道路石油沥青,其具体指标见表 2。

1.2 矿料

采用 0~3mm、5~10mm 集料,粗、细集料选用峨眉玄武岩,矿粉选用重庆石灰石矿粉,均满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)要求。

1.3 直投改性剂

直投改性剂采用重庆市路优材料科技有限公司自主研发的环保直投改性剂,其为 SBS、增黏树脂和

收稿日期: 2022-07-05

作者简介: 罗耀平(1986—),男,硕士,高级工程师,从事道路勘察设计及科研工作。

表 2 70# 道路石油沥青技术指标

试验项目	技术标准	试验结果
针入度(25 ℃)/(0.1 mm)	60 ~ 80	72
延度(15 ℃)/cm	≥100	≥100
延度(10 ℃)/cm	≥25	37
软化点 /℃	≥46	47.5
质量变化 /%	-0.8 ~ 0.8	0.3
TFOT 后 针入度比(25 ℃)/%	≥60	68
10 ℃延度 /cm	≥6	11

聚乙烯的共聚物,3 种组分的质量比例为 60 : 20 : 10。直投改性剂的具体指标见表 3,其用量分别为矿料质量的 0.2%、0.4%、0.6%和 0.8%

表 3 直投改性剂技术指标

试验项目	技术标准	试验结果
单粒颗粒质量 /g	≤0.03	0.01
密度 /(g·cm ⁻³)	≤1.0	0.87
熔融指数(10 min)/g	≥2.0	4.6
灰分含量 /%	≤1.0	0.1

1.4 NovaChip 混合料合成级配

NovaChip 的级配类型采用 NovaChip Type-C,其级配范围和合成级配见表 4。

表 4 配合比设计结果

级配	筛孔尺寸 /mm								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成 /%	100.0	95.4	32.1	27.1	18.5	12	10.5	7.3	6.4
设计 /%	100.0	80 ~ 100	25 ~ 35	23 ~ 30	12 ~ -22	8 ~ 16	6 ~ 12	5 ~ 10	4~7

根据上述级配,采用马歇尔击实试验,确定最佳油石比为 5.2%。

2 直投式改性沥青混合料路用性能分析

2.1 直投改性剂对基质沥青性能的影响

根据最佳油石比的结果,按照质量比分别将直投改性剂加入基质沥青中,制备过程为:将沥青加热至 175 ℃后添加直投改性剂,并采用剪切机连续剪切 45 min,转速为 5 000 转 /min。分析不同掺量下的直投改性剂对基质沥青性能的影响,具体试验结果见表 5。

表 5 直投改性剂对沥青性能的影响

试验项目	直投改性剂掺量 /%			
	0.2	0.4	0.6	0.8
针入度(25 ℃)/(0.1 mm)	67	61	59	42
延度(5 ℃)/cm	35	33	23	18
软化点 /℃	52	67	78	89

由表 5 可知:沥青软化点随着直投改性剂掺量的增加而提高,其原因为直投改性剂中含有 SBS、聚乙烯和增黏树脂等成分,能在沥青内部形成致密的网络结构,有效提高沥青的高温稳定性;沥青针入度、低温延度随直投改性剂掺量的提高而减小,其原因主要为改性剂中的 PE 会使沥青变硬,进一步降低沥青的黏弹性,使其低温延度也随之减小,当直投改性剂掺量为 0.8%时,直投剂改性沥青的延度小于 20 cm。

2.2 直投式改性剂对 NovaChip 混合料路用性能的影响

2.2.1 混合料制备工艺

直投式改性沥青混合料制备工艺流程见图 1。

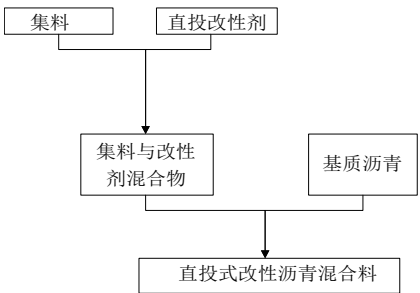


图 1 直投式改性沥青混合料制备工艺流程

实验室制备直投式改性沥青混合料工艺如下:将集料加热至 180 ℃时添加直投改性剂并拌和 60 s,然后加入基质沥青拌和 60 s,最后加入矿粉拌和 60 s,即制得成品直投式改性沥青混合料。

2.2.2 高温稳定性

采用车辙试验评价混合料高温稳定性。车辙试验的平行试件为每组 2 个,试验结果取平均值。直投式改性沥青混合料车辙试验结果见表 6。

表 6 直投式改性沥青混合料车辙试验结果

组别	添加剂用量	试验结果 / (次·mm ⁻¹)	技术要求 / (次·mm ⁻¹)
1	SBS 改性沥青	4 672	
2	基质沥青 +0.2%直投改性剂	2 780	
3	基质沥青 +0.4%直投改性剂	6 412	≥3 000
4	基质沥青 +0.6%直投改性剂	9 987	
5	基质沥青 +0.8%直投改性剂	10 230	

由表 6 可知:直投式改性沥青混合料的抗车辙性能随着直投剂掺量的增加而提高,当其掺量为矿料质量的 0.8%时,混合料动稳定度大于 10 000 次 /mm,与 SBS 改性沥青混合料相比,其动稳定度提高 118%。分析原因为:直投改性剂含有的一定比例聚乙烯会提高沥青的硬度,同时其中一定比例的 SBS

和增黏树脂可进一步增强混合料的高温稳定性。

2.2.3 水稳定性

采用冻融劈裂试验来评价直投式改性沥青混合料的水稳定性能。冻融劈裂试验的平行试件为每组 8 个,试验结果取平均值。直投式改性沥青混合料冻融劈裂试验结果见表 7。

表 7 直投式改性沥青混合料冻融劈裂试验结果

组别	添加剂用量	试验结果 / (次·mm ⁻¹)	技术要求 / (次·mm ⁻¹)
1	SBS 改性沥青	86.7	
2	基质沥青 +0.2%直投改性剂	75.3	
3	基质沥青 +0.4%直投改性剂	95.2	≥80
4	基质沥青 +0.6%直投改性剂	98.7	
5	基质沥青 +0.8%直投改性剂	99.1	

由表 7 得知,直投式改性沥青混合料的抗水损性能随着直投剂掺量的增加而提高;当其掺量为矿料质量的 0.8%时,混合料的冻融劈裂抗拉强度比为 99.1%,与 SBS 改性沥青混合料相比,提高了 14.3%。分析原因:直投改性剂含有的一定比例聚乙烯、增黏树脂和 SBS 会提高沥青与石料的黏附性,从而提高混合料的抗水损性能。

2.2.4 低温抗裂性

采用低温小梁试验来评价直投式改性沥青混合料的低温抗裂性能。低温小梁的平行试件为每组 6 个,试验结果取平均值。直投式改性沥青混合料低温弯曲试验结果见表 8。

表 8 直投式改性沥青混合料低温弯曲试验结果

组别	添加剂用量	试验结果 / (次·mm ⁻¹)	技术要求 / (次·mm ⁻¹)
1	SBS 改性沥青	3 320	
2	基质沥青 +0.2%直投改性剂	1 780	
3	基质沥青 +0.4%直投改性剂	2 960	≥2 500
4	基质沥青 +0.6%直投改性剂	2 550	
5	基质沥青 +0.8%直投改性剂	2 150	

由表 8 可知,直投式改性沥青混合料的低温抗裂性能随着直投剂掺量的增加而降低。分析原因:直投改性剂中含有的树脂、聚乙烯均对沥青的低温性能有影响,当其掺量为 0.8%时,混合料低温性能不满足规范要求。

综合上述混合料室内路用性能对比试验得出,直投改性剂的最佳掺量为矿料质量的 0.6%。

3 工程应用

3.1 试验段铺筑

结合上述试验数据,在重庆某市政铺筑直投式

改性沥青混合料超薄磨耗层试验段,试验段长度 2 000 m。

原路面采用精细铣刨工艺,铣刨处理深度为 2.0 cm,铣刨后采用高压吸泵对路面进行除尘,然后用自动喷洒设备喷洒快裂型乳化沥青,其用量为 0.5 kg/m²。

直投式超薄罩面摊铺温度控制在 175℃,摊铺速度为 9 m/min,采用钢轮压路机再静压路面 3~5 遍即可。

3.2 现场检测

在施工完毕后对现场进行渗水、构造深度、厚度试验。现场构造深度检测结果见表 9。

表 9 现场构造深度检测结果

检测项目	技术要求	检测结果
构造深度/mm	≥0.85	1.24
渗水系数/(mL·min ⁻¹)	≥400	560
厚度/mm	20	20.1

由表 9 可知,直投式改性沥青混合料的构造深度、渗水系数及厚度等主要技术指标均能满足设计文件和现行技术规范要求,路用性能良好。

4 结 语

(1)直投式改性剂能有效改善超薄磨耗层混合料的抗车辙性能和抗水损性能。

(2)直投改性剂对混合料的低温抗裂性有一定的降低,直投剂的最佳掺量为矿料质量的 0.6%。

(3)经试验段验证,直投式改性剂可用于 NovaChip 超薄磨耗层。

参考文献:

[1] 徐鸥明,曹志飞,李明月,等.超薄罩面沥青混凝土应用与发展综述[J].中国化科技论文,2020,15(4):425-431.

[2] 郑健龙,吕松涛,刘超超.长寿命路面的技术体系及关键科学问题与技术前沿[J].科学通报,2020,65(30):3219-3227.

[3] JTG 5142—2019,公路沥青路面养护技术规范[S].

[4] DB51/T 2426—2017,公路沥青路面预防性养护技术规范[S].

[5] 晏平浩.温拌沥青超薄罩面预防性养护技术应用研究[J].公路交通技术,2015(4):67-71.

[6] 王新科,蒋建辉,周启伟,等.一种高粘弹性沥青及其混合料性能与工程应用[J].公路交通技术,2022(2):51-57.

[7] 罗幸平.超薄磨耗层 NovaChip®在京珠北高速预防性养护中的应用[D].广州:华南理工大学,2009.

[8] 宋阳.NovaChip®超薄磨耗层在高速公路预防养护中的应用研究[D].广州:华南理工大学,2009.

[9] 严慧.NovaChip®超薄磨耗层在公路隧道水泥混凝土路面养护中的应用[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.

[10] 曾思清.超薄磨耗层 NovaChip®材料性能及其在高速公路预防性养护中的应用[D].广州:华南理工大学,2011.

表 4 Strata 混合料的矿料级配要求

筛孔尺寸 /mm	通过率 /%
9.5	100
4.75	80 ~ 100
2.36	60 ~ 85
1.18	40 ~ 70
0.60	25 ~ 55
0.30	15 ~ 35
0.15	8 ~ 20
0.075	6 ~ 14

表 5 Strata 混合料性能要求

试验	标准
成型设备	旋转压实仪
设计空隙率(V_a)/%	0.5 ~ 2.5
矿料间隙率(VMA)/%	≥ 16.0
维姆稳定度试验(AASHTO T-246)@140 ℉, 60 ℃, 直径 100 mm 模具, 50 转/min	≥ 18.0
弯曲梁疲劳试验(AASHTO TP-8), 2 000 $\mu\text{m/m}$, 10 Hz, 平均每 2 个样本, 最低 100 000 次 (3.0 $\pm$ 1.0)% 空隙率, 15 ℃	

板表面无可移动杂物、浮浆等影响层间黏结的杂质,还必须在混凝土表面喷洒一层改性乳化沥青黏层。

单向横坡路面可采用一次成型摊铺,双向横坡路面则需采用 2 台摊铺机对接摊铺;必须采用振动式摊铺机,摊铺应预热熨平板、送料器,受料斗涂防黏剂。

水泥板接缝与沥青施工缝、纵缝须错开施工,错开距离不小于 30 cm;铺设温度 160~170 ℃,摊铺速度 2 ~ 3 m/min;雨后 72 h 和气温低于 10℃时不得摊铺混合料;碾压温度 155~165 ℃。

摊铺完混合料后,碾压压路机跟紧,采用静压法碾压 4~6 遍,不得使用胶轮压路机。主压设备不少于 2 台钢轮压路机,1 台收光机。

Strata 应力吸收层混合料经碾压后每隔几米必须出现 30 cm 左右的油斑,低于其值表明用油量偏低,但出现大量油斑则表明用油量偏高。

应力吸收层施工完毕后,应及时铺筑沥青面层;如果因为交通通行需要,应力吸收层需开放交通时,在沥青面层罩面前洒布沥青黏层。

5 结 语

本文基于对 Strata 应力吸收层在芳湖路改造工程中的设计运用,综合阐述了该材料的甄选比对、材料性能分析及施工方案。目前,道路已竣工通车近 4 a,路面使用情况仍然保持良好,为 Strata 应力吸收层的广泛应用提供了参考依据。

参考文献:

[1] CJJ 36—2006,城镇道路养护技术规范[S].
[2] JTJ 073.1—2001,公路水泥混凝土路面养护技术规范[S].
[3] CJJ 169—2012,城镇道路路面设计规范[S].
[4] GB/T 50290—2014,土工合成材料应用技术规范[S].

(上接第 228 页)

[11] 彭荣华.超薄磨耗层 NovaChip®在广深高速公路的应用研究[D].广州:华南理工大学,2011.
[12] 姚鸿儒,周晓龙,细木涉,等.日本直投式改性沥青研究与应用进[J].石油沥青,2018,12(6): 7-11.
[13] 崔红兵.直投式—沥青混合料改性技术在沥青混凝土路面施工中的推广应用[J].内蒙古公路与运输,2016(5): 6-9.
[14] 李军代.沥青混合料直投式工艺的减排效果量化研究[J].城市道桥与防洪,2014(3):149-151.
[15] 刘宁.直投式沥青混合料改性剂及其作用机理[J].筑路机械与施工机械化,2018(35):50-52.
[16] 崔培强,郑松松,屈庆余.高性能直投式改性沥青混合料性能研究[J].内蒙古公路与运输,2021(4):35-39.
[17] 肖凤,肖春发,邓星鹤.直投式改性沥青研究进展综述[J].广东公路交通,2021(4):70-73.
[18] 刘宁,钟海燕,蔺亚敏,等.直投式改性沥青混合料的拌合工艺研究[J].筑路机械与施工机械化,2020(37):28-31.
[19] 陈子敬,彭军康,余阳.青海地区直投式改性沥青混合料施工质量控制[J].筑路机械与施工机械化,2020(37):75-78.
[20] 裴国平,杨振文,章俊岫.直投式环保型沥青改性剂的路用性能[J].筑路机械与施工机械化,2020(35):79-84.