

高胶粉掺量复合改性沥青超薄磨耗层路用性能研究

马富仓

(庄浪县交通工程质量监督站,甘肃省平凉市,744699)

摘要 为探究高胶粉掺量复合改性沥青在超薄磨耗层中的应用效果,采用15%~30%废旧轮胎胶粉与SBS复合改性基质沥青,研究其常规性能及路用性能。结果表明:20%胶粉掺量时综合性能最优,软化点78.5℃,135℃黏度2.85Pa·s;超薄磨耗层动稳定度4126次/mm,冻融劈裂强度比86.3%,摆值68BPN,均优于SBS对照组。20%胶粉掺量复合改性沥青适用于超薄磨耗层,兼具优异路用性能与环保效益。

关键词 高胶粉掺量;复合改性沥青;超薄磨耗层;路用性能;废旧轮胎

中图分类号:U416.217 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2026)10-0058-02

超薄磨耗层对沥青胶结料性能要求严苛,传统SBS改性沥青难以完全满足需求。我国废旧轮胎年产量超3亿条,将废旧轮胎加工成胶粉用于沥青改性,是实现废旧轮胎资源化利用的重要途径之一。胶粉改性沥青具有良好的低温柔韧性、抗疲劳性能和降噪效果^[1],但高胶粉掺量可能带来黏度剧增等问题。本文系统研究15%~30%胶粉与SBS复合改性沥青性能,并评价其在超薄磨耗层中的适用性,为绿色公路建设提供科学依据。

1 原材料与配合比

1.1 原材料

基质沥青:采用70号A级道路石油沥青,其基本技术指标如下:针入度(25℃,100g,5s)为68.2(0.1mm),软化点为48.6℃,15℃延度大于150cm,135℃旋转黏度为0.52Pa·s。

胶粉:采用常温法加工的40目废旧轮胎胶粉,密度为1.15g/cm³,灰分含量为6.8%,橡胶烃含量为52.4%,炭黑含量为28.6%。胶粉粒径分布:0.6mm筛通过率为100%,0.3mm筛通过率为92.5%,0.15mm筛通过率为65.3%^[2]。

SBS改性剂:采用线型苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SBS791-H),苯乙烯含量为30%,相对分子质量约为15万,熔融指数为0.5g/10min(200℃,

5kg)。

稳定剂:采用硫磺类稳定剂,掺量为SBS改性剂质量的0.15%。

集料:粗集料采用玄武岩,压碎值为18.6%,洛杉矶磨耗损失为21.3%,表观相对密度为2.912;细集料采用机制砂,表观相对密度为2.756,砂当量为72%;填料为石灰岩矿粉,表观相对密度为2.712。0.075mm筛通过率为82.5%。

1.2 混合料配合比设计

采用间断级配,最大公称粒径为9.5mm,设计空隙率10%~14%。通过马歇尔试验确定最佳油石比,各组混合料的最佳油石比分别为:SBS组5.1%、15%胶粉组5.3%、20%胶粉组5.4%、25%胶粉组5.6%、30%胶粉组5.8%。

2 高胶粉掺量复合改性沥青性能研究

按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG3410-2025)^[3]进行针入度、软化点、延度、旋转黏度等指标的测试。不同胶粉掺量复合改性沥青的常规性能试验结果如表1所示。

表1 不同胶粉掺量复合改性沥青常规性能

项目	胶粉掺量/%				
	0(SBS)	15	20	25	30
针入度/(0.1mm)	52.4	48.6	45.3	41.2	36.8
软化点/℃	72.3	74.8	78.5	82.1	85.6
5℃延度/cm	34.2	32.1	28.6	22.4	16.3
针入度指数	0.86	1.24	1.82	2.35	2.91
135℃黏度/(Pa·s)	2.12	2.38	2.85	3.68	5.24
弹性恢复/%	82.5	78.3	75.6	71.2	66.8

由表1可知,随着胶粉掺量的增加,复合改性沥

作者简介:马富仓(1974~),男,甘肃庄浪人,本科,工程师,研究方向:公路工程。

青的针入度逐渐减小,软化点持续升高,表明胶粉的加入显著提高了沥青的稠度和高温稳定性。当胶粉掺量从15%增至30%时,针入度从48.6降至36.8(0.1mm),降幅为24.3%;软化点从74.8℃升至85.6℃,增幅为14.4%。针入度指数从1.24增大至2.91,温度敏感性显著降低,这对提高路面高温抗变形能力有利。

5℃延度随胶粉掺量增加而降低,从15%掺量时的32.1cm降至30%掺量时的16.3cm。当胶粉掺量超过25%时,延度下降速率明显加快,提示低温抗裂性能可能受到不利影响。

135℃旋转黏度是评价改性沥青施工和易性的关键指标。黏度随胶粉掺量增加而显著增大,30%掺量组黏度达到5.24Pa·s,较SBS对照组增长了147.2%。根据规范要求,SBS改性沥青135℃黏度不宜超过3.0Pa·s,因此25%和30%掺量组的黏度已超出合理施工范围,可能导致拌和困难、裹覆不均及摊铺压实难度增加。弹性恢复随胶粉掺量增加而降低。

3 超薄磨耗层混合料路用性能研究

3.1 高温稳定性

高温稳定性采用车辙试验(60℃,0.7MPa)评价,结果如表2所示。各组混合料的动稳定度均远高于规范要求的 $\geq 3\ 000$ 次/mm,表明复合改性沥青超薄磨耗层具有优异的高温抗变形能力。随着胶粉掺量增加,动稳定度先增后降,20%掺量组达到峰值4 126次/mm,较SBS对照组(3 568次/mm)提高了15.6%。当胶粉掺量超过20%后,动稳定度开始下降,30%掺量组降至3 482次/mm,略低于SBS对照组。

表2 不同胶粉掺量超薄磨耗层混合料路用性能

项目	胶粉掺量/%				
	0(SBS)	15	20	25	30
动稳定度/(次/mm)	3 568	3 824	4 126	3 756	3 482
最大弯拉应变/ $\mu\epsilon$	3 286	3 412	3 568	3 124	2 786
残留稳定度/%	87.4	88.6	90.3	85.8	82.4
冻融劈裂强度比/%	82.6	84.2	86.3	80.5	76.8
摆值/BPN	62	64	68	66	63

3.2 低温抗裂性

低温抗裂性采用小梁低温弯曲试验(-10℃,

50mm/min)评价,结果如表2所示,20%掺量组的最大弯拉应变为3 568 $\mu\epsilon$,较SBS对照组提高了8.6%,表明该掺量下复合改性沥青的低温柔韧性最佳。当胶粉掺量超过20%后,最大弯拉应变显著下降,30%掺量组仅为2 786 $\mu\epsilon$,较SBS对照组降低了15.2%。这与沥青延度随胶粉掺量增加而降低的趋势一致,说明过量胶粉对超薄磨耗层的低温抗裂性能不利。

3.3 水稳定性

水稳定性分别采用浸水马歇尔试验(60℃保温48h)和冻融劈裂试验评价,结果如表2所示,20%掺量组的残留稳定度和冻融劈裂强度比均优于SBS对照组,且满足规范要求(残留稳定度 $\geq 85\%$,冻融劈裂强度比 $\geq 80\%$)。然而,当胶粉掺量超过25%后,水稳定性指标开始下降,30%掺量组的冻融劈裂强度比降至76.8%,不满足规范要求。

3.4 抗滑性能

抗滑性能采用摆式摩擦仪测定摆值(BPN)评价,结果如表2所示,各组混合料的摆值均满足规范要求(≥ 55 BPN)。20%掺量组摆值较SBS对照组提高了9.7%,25%和30%掺量组的摆值有所下降,但仍高于SBS对照组,说明高胶粉掺量对超薄磨耗层抗滑性能的影响相对较小。

4 结语

综上所述,20%胶粉掺量复合改性沥青综合性能最优,软化点78.5℃、135℃黏度2.85Pa·s,满足超薄磨耗层技术要求;对应混合料动稳定度4 126次/mm、冻融劈裂强度比86.3%、摆值68BPN,高低温性能与水稳定性俱佳。胶粉掺量超过25%时黏度剧增,裹覆不均导致低温抗裂性和水稳定性劣化,不宜采用。20%掺量兼具优异路用性能与环保效益,具有良好的推广应用前景。

参考文献

- [1] 魏琛宇,王丽丽.高胶粉掺量复合改性沥青超薄磨耗层路用性能研究[J].交通科技与管理,2026,7(7):95-97.
- [2] 中华人民共和国交通运输部.路用废胎胶粉橡胶沥青:JT/T798-2019[S].北京:人民交通出版社,2019
- [3] 中华人民共和国交通运输部.公路工程沥青及沥青混合料试验规程:JTG3410-2025[S].北京:人民交通出版社,2025.