

均相橡胶复合改性沥青超薄磨耗层的研究与应用

何政¹, 卿丽雅²

(1. 重庆交通大学 土木工程学院, 重庆 400074; 2. 重庆鹏方路面工程技术研究院有限公司, 重庆 400000)

摘要:沿海高速公路经多年使用,部分路面出现不同程度的病害,影响了行车舒适性和安全性,针对这一情况,在保证经济性的基础上,考虑采用均相橡胶复合改性沥青超薄磨耗层实现对沿海高速公路路面的修复养护。对均相橡胶复合改性沥青的性能进行了深入的分析,采用CBKH-13的级配和马歇尔方法进行配合比设计,通过室内试验分析了均相橡胶复合改性沥青的路用性能,并且进行了实际工程的应用与检测,对类似高速公路路面的预防性养护具有参考价值 and 实际意义。

关键词:高速公路路面;均相橡胶复合改性沥青;超薄磨耗层;配合比;路用性能

中图分类号: U 414

文献标志码: B

文章编号: 1009-7767(2017)06-0042-05

Research and Application of Homogeneous Rubber Asphalt in Ultra-thin Wearing Layer

He Zheng, Qing Liya

沿海高速公路路面自投入运营以来,随着运营时间的增加,交通量有较为明显的增长,部分路面随之出现了不同程度的裂缝、车辙、坑槽、龟裂和唧浆等病害,对行车的舒适性、安全性造成了一定的影响。因此应对路面采取预防性养护措施,防止这些病害进一步扩大,减缓路面病害的恶化速度,使路面始终保持良好的服务状态。

超薄罩面技术具有较好的预防性养护效果,能够在提高原路面行车舒适性的同时,有效延缓已有轻度病害的发展速度,并且能够在基本不增加原路面高程的情况下解决病害问题,无需对拦水带和护栏等构造物进行改造,同时其费用仅约为4 cm厚罩面的65%~75%。同时均相橡胶复合改性沥青具有优异的高低温性能、黏附性、弹柔性和热存储稳定性,是一种高黏结力、低感温性的环保胶结料。鉴于此,笔者对均相橡胶复合改性沥青超薄磨耗层^[1]进行了研究,为类似公路路面养护工程提供技术参考。

1 均相橡胶复合改性沥青的制备

橡胶粉在化学、物理双重作用下发生裂解,与高聚物改性剂等添加剂均匀分散于沥青中,发生聚合反应,产出具有优异性能的均相橡胶沥青^[2-3]。均相橡胶复合改性沥青主要技术指标见表1。

表1 均相橡胶复合改性沥青主要技术指标

技术指标	试验结果	试验方法
针入度(25℃, 100 g, 5 s)/0.1 mm	48.1	T0604
软化点(环球法)/℃	57.0	T0606
延度(5℃, 5 cm/min)/cm	10.7	T0605
弹性恢复(25℃)/%	72.3	T0662

均相橡胶复合改性沥青的制备采用剪切法,将均相橡胶沥青加热至160℃,加入抗车辙剂,溶胀30 min后,将样品至于高速剪切机中,以3 000 r/min的转速高速剪切60 min,再发育50 min后进行相应试验^[4]。笔者采用聚乙烯抗车辙剂,其技术指标见表2。

表2 聚乙烯抗车辙剂主要技术指标

技术指标	技术要求
粒径/mm	2~3
密度/(g/cm ³)	0.88~0.92
融点/℃	140~150
熔融指数/(g/10 min)	7~10

2 均相橡胶复合改性沥青性能分析

2.1 主要技术指标分析

均相橡胶复合改性沥青主要技术指标与抗车辙

剂掺量关系见图 1。由图 1 可以看出,随着抗车辙剂掺量的增加,均相橡胶复合改性沥青的高温性能明显增

强,但同时必然降低其低温性能^[5],若以常用感温性评价指标来评价,则抗车辙剂的适宜掺量为 7%。

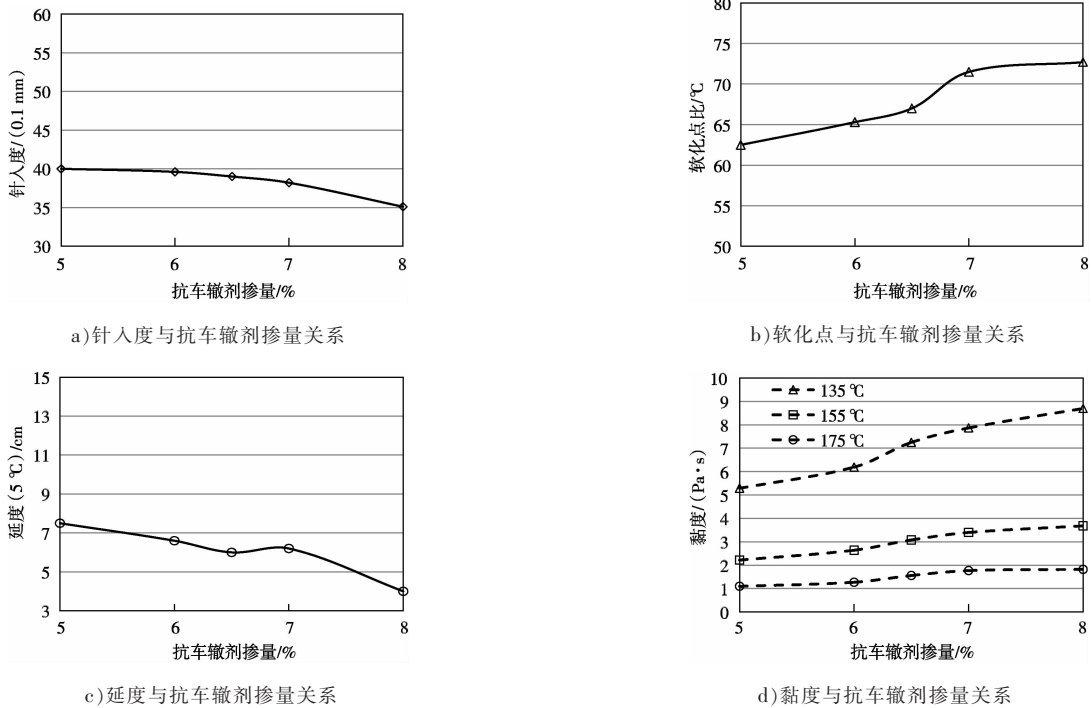


图 1 均相橡胶复合改性沥青主要技术指标与抗车辙剂掺量关系曲线图

2.2 高温流变性能

不同抗车辙剂掺量下均相橡胶复合改性沥青

DSR 试验结果见图 2。

从图 2 可以看出,不同抗车辙剂掺量下的均相橡

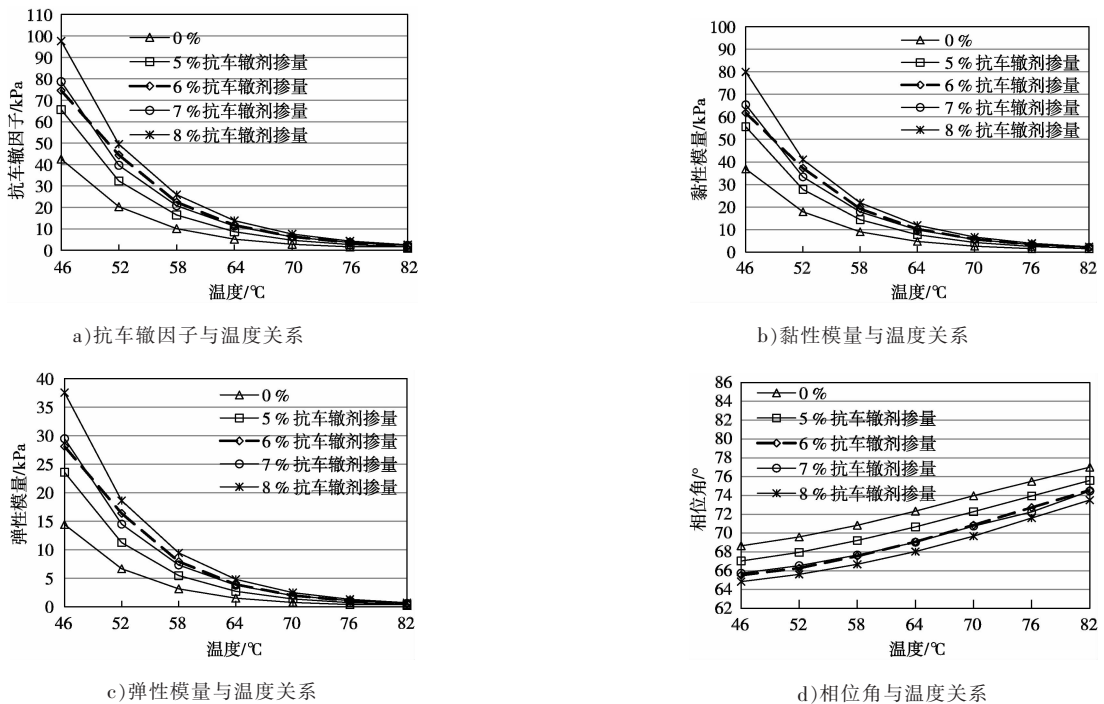


图 2 不同抗车辙剂掺量下 DSR 试验结果曲线图

胶复合改性沥青抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 、黏性模量 G'' 和弹性模量 G' 均随着温度的升高而呈现逐渐下降的趋势,当试验温度 $>70\text{ }^\circ\text{C}$ 时,不同抗车辙剂掺量下的均相橡胶复合改性沥青的各模量值差异已明显减小,同时各模量值随试验温度的变化值也很小。随着试验温度的升高,均相橡胶复合改性沥青的相位角 δ 渐增大,材料的黏性特征也随之增强。随着抗车辙剂掺量的增加,

各模量值均逐渐增大,当掺量为 6% 和 7% 时,各模量值差异较小,相位角逐渐减小,弹性特征逐渐增强,但当掺量为 6% 和 7% 时,其黏性特征无明显变化。

2.3 抗短期老化性能

均相橡胶复合改性沥青 RTFOT 残留物动态剪切流变试验^[6]结果见图 3。

从图 3 可以看出,不同抗车辙剂掺量下的均相橡胶

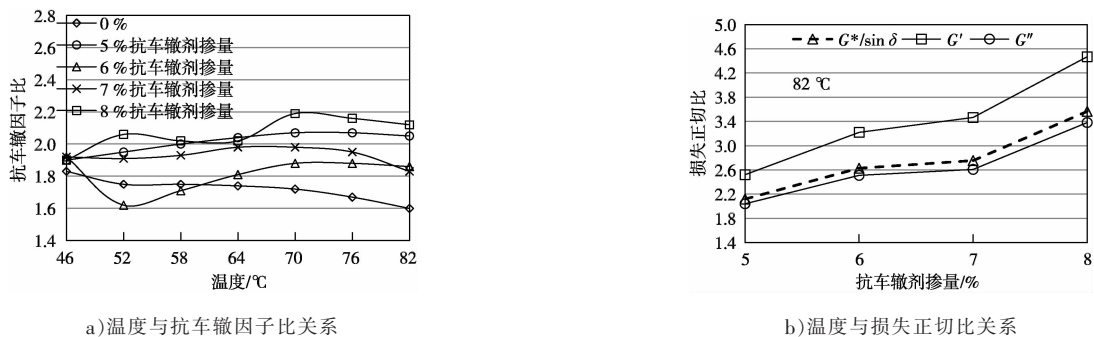


图 3 不同抗车辙剂掺量下 RTFOT 残留物动态剪切流变试验结果曲线图

胶复合改性沥青的抗车辙因子比 TR 大于未掺加抗车辙剂的,表明掺加抗车辙剂后的均相橡胶复合改性沥青抗短期老化能力有所减弱。抗车辙剂掺量为 6% 和 7% 时的抗车辙因子值趋于一致,而掺量 5% 和 8% 时的抗车辙因子值偏大。不同抗车辙剂掺量下的均相橡胶

胶复合改性沥青的损失正切比 $\text{tg}R$ 小于或等于未掺加抗车辙剂的,表明掺入抗车辙剂后均相橡胶复合改性沥青弹性有所增加。

2.4 低温流变性能

均相橡胶复合改性沥青 BBR 试验结果见图 4。

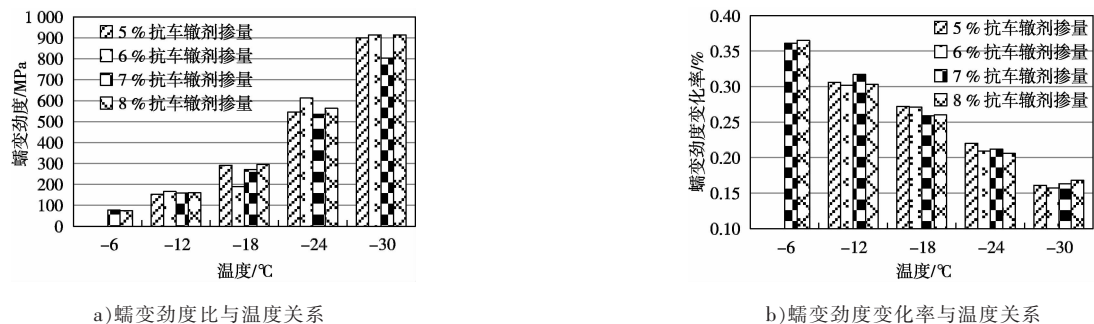


图 4 不同抗车辙剂掺量下 BBR 试验结果曲线图

从图 3 可以看出,随着试验温度地降低,样品的蠕变劲度 S 增大,蠕变劲度变化率 m 减小,表明其松弛能力降低,抵抗荷载的能力增强。掺量变化未对蠕变劲度及其变化速率有显著影响。

2.5 测力延度性能

均相橡胶复合改性沥青测力延度试验结果见图 5。

从图 5 可以看出,随着试验温度的下降,胶结料低温柔性下降,脆性增加。在相同试验温度条件下,抗车辙剂掺量增大,胶结料的拉力峰值呈上升趋势,拉伸

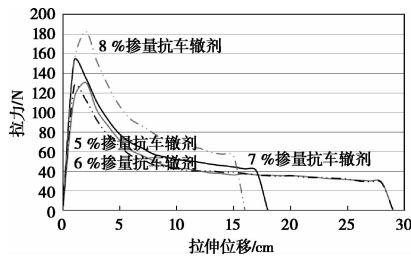
长度逐渐减小,曲线斜率逐渐增大,黏韧性的做功逐渐减小,韧性比和拉伸柔量呈减小趋势,表明掺加抗车辙剂后的均相橡胶复合改性沥青低温柔性呈下降趋势,且抗车辙剂的临界掺量为 6%。

综合以上试验结果,结合均相橡胶复合改性沥青的成本,最终确定其抗车辙剂适宜掺量为 6%。

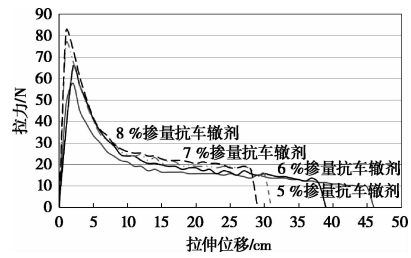
3 均相橡胶复合改性沥青配合比设计

3.1 原材料选择

粗集料采用粒径为 10~15 mm、5~10 mm 和 3~



a) 5℃下测力与拉伸位移关系



b) 10℃下测力与拉伸位移关系

图5 不同抗车辙剂掺量下测力延度试验结果曲线图

5 mm 的玄武岩,细集料采用石灰岩机制砂,矿粉采用石灰岩矿粉。集料应坚硬、清洁、无风化,技术性能应符合规范要求。

3.2 级配设计

根据拟定的研究目标,超薄抗滑磨耗层的厚度为20~30 mm,其构造深度大于等于0.65 mm,为此宜选取最大粒径不超过16 mm 的连续密级配配制CBKH-13。

对试验段所用的矿料进行筛分并合成级配,结果见表3。

表3 矿料筛分和合成级配

筛孔/ mm	矿料通过百分率(配合前)/%				合成 级配/ % 矿粉
	10~15 mm	5~10 mm	3~5 mm	0~3 mm	
16.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
13.200	94.7	100.0	100.0	100.0	97.6
9.500	32.7	99.6	100.0	100.0	69.0
4.750	0.6	4.0	99.1	100.0	39.8
2.360	0.6	0.6	7.7	86.8	30.7
1.180	0.6	0.6	1.5	56.9	21.1
0.600	0.6	0.5	1.3	31.9	13.3
0.300	0.6	0.5	1.2	24.7	11.0
0.150	0.6	0.5	1.2	18.7	9.1
0.075	0.6	0.5	1.1	14.8	7.5

3.3 油石比确定

按比例称取矿料配制级配,采用马歇尔双面各75次击实作为其配合比设计方法,并且采用干拌法进行马歇尔试验,计算相应的体积参数,得出最佳油石比为5.4%。

3.4 混合料性能检验

对均相橡胶复合改性沥青进行高温稳定性、水稳定性以及低温弯曲试验,试验结果见表4。从表4可以看出,均相橡胶复合改性沥青的各项路用性能均满足要求。

表4 均相橡胶复合改性沥青路用性能试验结果

试验指标	试验结果	技术要求	试验方法
动稳定度(60℃)/(次/mm)	13 125	≥8 000	T 0719
马歇尔残留稳定度/%	88.1	≥85	T 0709
低温弯曲破坏应变	2 829×10 ⁶	≥2 800×10 ⁶	T 0719

4 工程应用与检测

试验路段选择某沿海高速北半幅K25+000—K26+154,全长1 154 m,宽11.75 m,路面面积共13 560 m²。

在洁净、干燥的原沥青路面上喷洒改性乳化沥青黏层油,用量为0.5~0.6 kg/m²;采用干拌法在均相橡胶复合改性沥青中掺加6%抗车辙剂(以橡胶沥青质量为标准),按照配合比设计确定的油石比铺筑2.5 cm厚均相橡胶复合改性沥青超薄磨耗层。

依据规范对磨耗层试验段进行构造深度和渗水系数检测,检测过程见图6、7,检测试验结果见表5。由检测结果可以看出,试验段各项检测指标总体上均满足要求。



图6 试验段构造深度检测

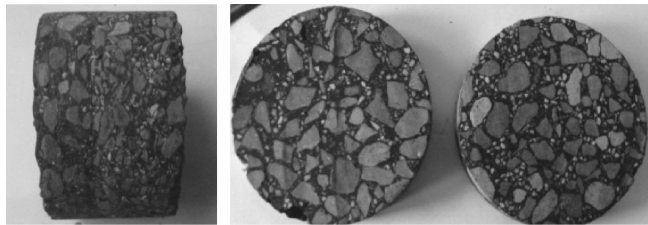


图7 试验段渗水系数检测

表5 试验段构造深度和渗水系数检测结果

检测指标	检测结果	技术要求
构造深度/mm	0.86	≥0.6
渗水系数/(mL/min)	不渗水	≤200
压实度/%	97.3	≥97
厚度/mm	25.9	设计值的5%

对钻取的芯样进行切割检测,铺筑的路面芯样厚度和芯样剖面见图8,从剖面图可以看出,均相橡胶复合改性沥青磨耗层较为密实且粗集料嵌挤较好。



a) 芯样厚度

b) 芯样剖面

图8 均相橡胶复合改性沥青磨耗层芯样图

5 社会效益分析

1) 废料回收利用

橡胶源自于废旧轮胎的回收利用,有助于环境保护。

2) 减少原材料消耗

采用薄层罩面能够减少对优质石料和沥青的消耗,相对于4 cm厚的罩面,均相橡胶复合改性沥青磨耗层分别减少30%~40%优质粗集料和30%~45%沥青的消耗,有利于节约自然资源。

3) 节能减排

热拌沥青混合料在生产期间需要消耗大量的能源,同时释放出少SO₂、CO、NO、CO₂和烟尘等有害物质,采用超薄磨耗层则每平方可减少0.037 t的热拌混合料,有利于节能减排^[7]。

6 结论

1) 掺加抗车辙剂后的均相橡胶复合改性沥青的感温性得到了明显改善。

2) 抗车辙剂提高了均相橡胶复合改性沥青的蠕变劲度,但对胶结料的应力松弛能力并未改善,其掺量

变化并未对蠕变劲度及其变化速率有显著差异。

3) 综合掺加抗车辙剂的均相橡胶复合改性沥青常规感温性指标、高温流变性质和低温流变性质,并结合其成本,则最终均相橡胶复合改性沥青的抗车辙剂适宜掺量为6%。

4) 超薄抗滑磨耗层的厚度为20~30 mm,其构造深度大于等于0.65 mm,为此宜选取最大粒径不超过16 mm的连续密级配配制CBKH-13。

5) 对钻取的芯样进行切割检测,结果表明均相橡胶复合改性沥青磨耗层较为密实且粗集料嵌挤较好。

6) 均相橡胶沥青磨耗层实现了对废旧轮胎的回收利用,并且减少自然资源的消耗,降低了热拌混合料有害物质的排放。MET

参考文献:

- [1] 曹卫东,沈建荣,韩恒春,等.超薄沥青混凝土面层技术研究及应用简介[J].石油沥青,2005,19(4):56-59.
- [2] 吕伟民,孙大权.新型路面养护材料超薄沥青磨耗层的特性与应用[J].上海公路,2007(3):1-4.
- [3] 赵可,李海骢.改性沥青感温性评价指标的讨论[J].中国公路学报,2000,13(4):1-7.
- [4] 赵可,原健安.聚合物改性沥青机理研究(之一)—改性剂对轻质组分的吸收作用及体系的聚集态[J].西安交通大学学报,2001,21(2):34-37.
- [5] 原健安,赵可.聚合物改性沥青机理研究(之二)—改性剂粒子的亚微观形态及改性机理综述[J].西安交通大学学报,2001,21(3):21-24.
- [6] 钟阳,李明亮.橡胶沥青的动态剪切流变试验分析[J].石油沥青,2009,23(1):18-22.
- [7] 罗幸平.超薄磨耗层(Novachip)在京珠北高速公路预防性养护中的应用[D].广州:华南理工大学,2010.

收稿日期:2017-08-16

作者简介:何政,男,硕士,主要研究方向为道路养护和资产管理。

港珠澳大桥拱北隧道解冻,珠海连接线将全线完工

2017年10月29日,利用冻结技术打造的拱北隧道完成了全部解冻工作,港珠澳大桥珠海连接线即将全线完工。

拱北隧道工程是港珠澳大桥珠海连接线的核心控制性工程,也是港珠澳大桥主体工程与珠海连接的唯一通道。隧道全长2 741 m,采用双向6车道设计,由海域人工岛明挖段、口岸暗挖段以及陆域明挖段3种不同结构的隧道连接而成。

在拱北隧道施工过程初期,为达到施工基础条件,工程人员利用36根直径1.62 m,长255 m,具有冷冻功能的特殊钢管先行搭建出隧道结构,将富水地质土层人工变为具备施工条件的冻土层。

目前,拱北隧道的土建工作已经全部完成,机电设施和隧道内路面铺装作业正在紧张进行中。根据工程进度,预计在11月底具备工程整体验收条件。届时,总长13.43 km的港珠澳大桥珠海连接线将全线完工。