

大温差条件下 ARAC-13 橡胶沥青混合料配合比设计与路用性能研究

法鲁克·铁来克¹, 张谭龙²

(1.新疆交通建设管理局项目执行二处, 新疆 乌鲁木齐 830049; 2.长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要:针对新疆地区沥青路面在高温差条件下易产生疲劳和反射裂缝等问题,进行 ARAC-13 橡胶沥青混合料配合比优化设计和路用性能及关键施工技术研究,确定最佳配合比为橡胶粉细度 40 目、橡胶粉掺量 18%、油石比 7.3%;对 ARAC-13 橡胶沥青混合料与 SBS 改性沥青混合料的路用性能进行对比分析,结果表明,ARAC-13 橡胶沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性和抗疲劳性能都优于 SBS 改性沥青混合料,可应用于高温差地区公路工程。

关键词:公路;橡胶沥青混合料;配合比;路用性能

中图分类号:U414.7

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2020)02-0082-04

近年来,由废旧轮胎制成的橡胶粉在道路工程中的应用得到关注。橡胶粉的掺入能改变沥青混合料的结构状态,提高路面的整体弹性和抗车辙能力。新疆地区夏季炎热、冬季寒冷,温差较大,而使用橡胶沥青铺筑的路面具有良好的抗滑、耐高温、噪声较低等优点;橡胶沥青可提高沥青混合料的耐久性、抗疲劳性能,提高抵抗路面产生反射裂缝的能力,非常适合在新疆等高温差地区推广应用。该文通过优选合理的级配及橡胶粉目数,开展橡胶沥青混合料配合比优化设计和路用性能研究。

1 原材料

1.1 基质沥青

基质沥青采用克拉玛依 90# A 级石油沥青,其各项技术指标(见表 1)符合规范要求。

表 1 基质沥青的技术指标

检测项目	检测结果	规范要求
针入度/(0.1 mm)	88	80~100
针入度指数	-0.28	-1.5~1.0
软化点/℃	49.5	≥45
60℃动力粘度/(Pa·s)	223	≥160
10℃延度/cm	58	≤45
含蜡量/%	1.46	≤2.2
闪点/℃	260	≥245
溶解度/%	99.9	≥99.5
质量变化/%	-0.55	-0.8~0.8
TFOT 后 25℃残留针入度比/%	68.3	≥57
10℃残留延度/cm	32	≥20

1.2 橡胶粉

采用新疆库尔勒生产的橡胶粉,细度为 40 目,其技术指标见表 2、表 3。

表 2 橡胶粉的物理指标

检测项目	检测结果	规范要求
相对密度	1.21	1.10~1.30
水分/%	0.45	≤0.75
金属含量/%	0.001	≤0.01
纤维含量/%	0.23	≤0.50

表 3 橡胶粉的化学指标

检测项目	检测结果	规范要求
灰分/%	5	≤8
丙酮抽出物/%	17	≤22
炭黑含量/%	40	≥28
橡胶烃含量/%	56	≥42

1.3 集料

粗集料和细集料均采用石灰岩,其中:粗集料粒径有两种,分别为 10~15 和 5~10 mm;细集料粒径为 0~5 mm。粗、细集料的各项技术指标(见表 4、表 5)均符合规范要求。

1.4 填料

为提高橡胶沥青混合料的粘附性,加入少量水泥作为填料,掺量为矿粉质量的 2%。采用普通硅酸盐水泥(P·O32.5),其各项技术指标(见表 6)均符合规范要求。

表 4 粗集料的技术指标

检测项目	各粒径(mm)		规范要求
	碎石的检测结果		
	10~15	5~10	
压碎值/%	14.6	17.3	≤26
表观相对密度	2.862	2.854	≥2.6
吸水率/%	1.02	1.60	≤2
坚固性/%	5.5	10	≤12
针片状含量/%	11.4	5.6	≤15
<0.075 mm 颗粒含量(水洗法)/%	0.7	0.8	≤1
洛杉矶磨耗损失/%	15.3	12.2	≤28
与沥青的粘附性/级	6	6	≥5

表 5 细集料的技术指标

检测项目	检测结果	规范要求
表观相对密度	2.794	≥2.5
含泥量(<0.075 mm 颗粒含量)/%	1.5	≤3
棱角性/s	38.5	≥30
砂当量/%	81.2	≥60

表 6 水泥(填料)的技术指标

检测项目	检测结果	规范要求
表观密度/(t·m ⁻³)	2.998	≥2.5
含水量/%	0.03	≤1
亲水系数	0.932	<1
外观	无团粒结块	无团粒结块
加热安定性	加热后无颜色变化	加热后无颜色变化
粒度 <0.6 mm	100	100
范围/ <0.15 mm	98.2	90~100
% <0.07 mm	97.7	75~100

2 ARAC-13 橡胶沥青混合料配合比设计

2.1 橡胶粉掺量

当基质沥青加温至 180~190 ℃时,严格控制温度和加热时间,将 4 种细度为 40 目的橡胶粉按 16%、17%、18%、19%的掺量分别加入沥青中,连续搅拌 60~90 min,搅拌均匀,制得橡胶沥青。检测 4 种橡胶沥青的 177 ℃动力粘度,结果见表 7。由表 7 可知:橡胶粉用量为 18%时,橡胶沥青的粘度最佳,为 2.8 Pa·s。据此确定橡胶粉最佳用量为 18%。

表 7 橡胶沥青粘度试验结果

橡胶粉掺量/%	粘度/(Pa·s)	
	试验结果	规范要求
16	1.6	1.0~3.0
17	2.1	
18	2.8	
19	4.1	

2.2 配合比设计

(1) 级配确定。为提高橡胶沥青与集料的粘附性,提高橡胶沥青混合料的耐久性和橡胶沥青路面的抗脱落能力,对 ARAC-13 橡胶沥青混合料的矿料配合比进行优化设计。矿料级配计算见表 8,优化级配曲线见图 1。

表 8 ARAC-13 橡胶沥青混合料矿料级配计算

筛孔/mm	通过率/%					合成级配/%	级配范围/%
	10~15	5~10	3~5	0~3	矿粉		
	mm 碎石	mm 碎石	mm 碎石	mm 石屑	粉		
16.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
13.200	87.0	100.0	100.0	100.0	100.0	94.9	90~100
9.500	21.0	98.2	94.2	100.0	100.0	68.1	60~80
4.750	0.3	17.4	91.7	100.0	100.0	39.2	30~53
2.360	0.1	0.5	10.1	80.3	100.0	25.5	20~40
1.180	0.1	0.2	0.6	45.7	100.0	16.6	15~30
0.600	0.1	0.2	0.1	31.1	100.0	11.7	10~23
0.300	0.1	0.2	0.1	20.7	100.0	8.6	7~18
0.150	0.1	0.2	0.1	11.6	94.6	6.1	5~12
0.075	0.1	0.2	0.1	9.2	88.3	5.4	4~8
配比	40	24	5	28	3	100	

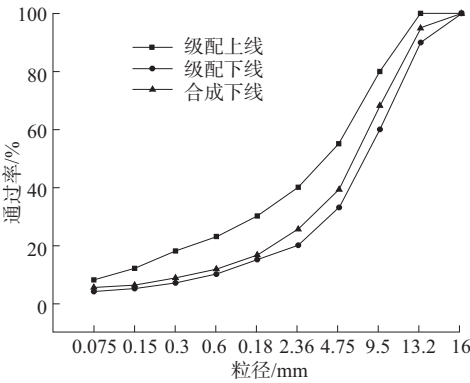


图 1 ARAC-13 沥青混合料的合成级配

(2) 最佳油石比。根据设计级配,采用 6.9%、7.1%、7.3%、7.5%和 7.7% 5 种油石比进行马歇尔试验,结果见表 9。由表 9 可知:油石比为 7.3%时,空隙率最接近于设计空隙率。据此确定混合料的最

佳油石比为 7.3%。对油石比为 7.3% 的 ARAC-13 橡胶沥青混合料进行试验验证,试验结果符合设计文件要求。

表 9 ARAC-13 橡胶沥青混合料马歇尔试验结果

油石比 /%	密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	空隙率 /%	沥青饱 和度/%	稳定度 /kN	流值 /mm	矿料间 隙率/%
6.9	2.274	5.9	66.9	8.67	2.30	20.4
7.1	2.282	5.6	68.5	8.90	2.52	20.6
7.3	2.289	5.4	69.6	8.92	2.62	20.7
7.5	2.271	5.3	71.1	8.88	2.71	20.8
7.7	2.274	5.1	72.5	8.76	2.97	20.4
技术要求	—	3~6	65~75	≥ 8	1.5~4	≥ 14

3 ARAC-13 橡胶沥青混合料路用性能分析

为了更好地分析 ARAC-13 橡胶沥青混合料的路用性能,对 ARAC-13 橡胶沥青混合料及 SBS 改性沥青混合料(采用的基质沥青、集料、级配与橡胶沥青混合料相同,最佳油石比为 4.9%)的路用性能进行对比分析。

3.1 高温性能

通过车辙试验,以动稳定度评价沥青混合料的高温抗车辙稳定性能,试验温度为 70℃,应力水平为 0.7 MPa。试验结果显示:ARAC-13 橡胶沥青混合料、SBS 改性沥青混合料的动稳定度分别为 2 057、1 633 次/mm,均符合规范的要求。ARAC-13 橡胶沥青混合料的动稳定度大于 SBS 改性沥青混合料,其高温性能优于 SBS 改性沥青混合料,更适用于高温环境地区。

3.2 低温抗裂性能

采用弯曲试验评价沥青混合料的低温抗裂性能。在 -10℃ 条件下对试件进行加载,加载速率为 20 mm/min,分析试件的弯曲变形情况。两种沥青混合料的低温弯曲试验结果见表 10。由表 10 可知:两种沥青混合料的弯拉应变均满足相关规范要求;ARAC-13 橡胶沥青混合料的弯拉应变比 SBS 改性沥青混合料高 18.1%,具有良好的低温抗裂性能。

表 10 沥青混合料低温弯曲试验结果

混合料类型	抗弯拉强度/MPa	弯拉应变/ $\mu\epsilon$	弯拉劲度模量/Pa
ARAC-13 橡胶沥青	6.21	4 760	1 884.4
SBS 改性沥青	8.89	4 030	2 321.6

3.3 疲劳性能

通过小梁弯曲疲劳试验评价沥青混合料的抗疲劳性能,试验设备为 MTS 材料试验系统,试验温度为 15℃ \pm 0.5℃,频率为 10 Hz。结果如下:ARAC-13 橡胶沥青混合料和 SBS 橡胶沥青混合料的疲劳作用次数分别为 11 256、7 928 次。ARAC-13 橡胶沥青混合料的疲劳性能优于 SBS 改性沥青混合料,在行车荷载作用下,其路面使用寿命较长,具有良好的耐久性。

4 实际工程应用

结合新疆地区吐乌大(吐鲁番—乌鲁木齐—大黄山)高速公路幸福路口至甘河子段路面工程对 ARAC-13 橡胶沥青混合料的关键施工技术及使用效果进行分析。

4.1 ARAC-13 橡胶沥青路面关键施工技术

4.1.1 橡胶沥青混合料的拌和和摊铺

橡胶沥青混合料需随拌随用,温度控制在 180~210℃,若大于 210℃ 应予以废弃。沥青需覆盖满集料。加入水泥后先与矿料拌和 5 s,再添加橡胶粉和基质沥青搅拌 30 s。从搅拌开始到结束,时间控制在 60~65 s。拌和完成后,检查混合料的均匀程度,并观察是否有异常现象。

橡胶沥青混合料宜采用吨位较大的车辆运输。摊铺时呈梯队同步施工,摊铺机就位后,先预热 2 h 左右,使摊铺机熨平板温度达到 130℃,并调整熨平板高度与松铺厚度相等;摊铺速度控制在 3 m/min;摊铺时螺旋布料器保持连续输料;施工温度不低于 15℃。摊铺后,及时检查摊铺厚度及横坡,并及时作出调整。

4.1.2 碾压成型及接缝处理

橡胶沥青混合料的碾压原则为紧跟、慢压、高频、低幅。由于橡胶沥青混合料的特殊性,为防止出现压路机“泵吸”现象,禁止使用胶轮压路机,宜采用双轴双钢轮压路机,并保证压实层厚度不超过 100 mm。初压温度不低于 155℃,压路机和摊铺机的距离不超过 50 m;复压温度不低于 135℃;终压开始时的温度不低于 90℃。碾压成型 24 h 且路面温度低于 50℃ 时,方可通行。

橡胶沥青路面施工不得形成明显的接缝现象,上面层和下面层的接缝错开 150 mm 以上,相邻两幅的横向接缝错位 1 m 以上。施工完成后,检查平整度是否符合要求。

4.2 施工质量检测

橡胶沥青混合料面层施工完成后,钻芯取样进行施工质量分析。ZK570+68—ZK571+000路段的检测结果显示表11。按沥青路面质量评定标准,面层的各项性能指标均符合要求。

表 11 ARAC-13 橡胶沥青混合料面层检测结果

检测项目	检测结果	检测项目	检测结果
压实度/%	96.0	流值/mm	2.61
厚度/mm	51.2	构造深度/mm	0.89
空隙率/%	5.1	实测密度/(g·cm ⁻³)	2.29
饱和度/%	70.9	渗水系数/(mL·min ⁻¹)	98
稳定度/kN	8.74		

5 结语

结合新疆地区吐乌大高速公路幸福路口至甘河子段路面试验路段橡胶沥青路面施工,对高温差条件下橡胶沥青混合料配合比进行优化设计,确定橡胶粉细度为40目、用量为18%,油石比为7.3%。同时分析橡胶沥青混合料的路用性能,结果显示:与SBS改性沥青混合料相比,ARAC-13橡胶沥青混合料的高温稳定性更优;低温弯拉应变提高18.1%,低温抗裂性较好;在行车荷载作用下的疲劳寿命长。

参考文献:

[1] 陈渊召,李振霞.橡胶颗粒沥青混合料的级配设计[J].公路交通科技,2012,29(11).
[2] 张晓亮,陈华鑫,张奔.TOR改性废旧小轿车轮胎橡胶沥青混合料路用性能研究[J].硅酸盐通报,2018,37(7).
[3] 隆然,马启和.橡胶粉改性沥青混合料疲劳性能研究[J].公路工程,2015,40(2).
[4] 虞峥.基于江西道路条件的废旧轮胎橡胶沥青路面应用研究[J].中外公路,2017,37(3).
[5] 葛泽峰,薛永兵,苏深.废旧轮胎橡胶改性沥青的研究进展[J].公路与汽运,2014(5).
[6] 马晓燕.橡胶沥青及橡胶沥青混合料性能影响因素研究[D].西安:长安大学,2012.
[7] 梁景文.岩沥青混合料在路面加铺工程中的应用研究[D].广州:华南理工大学,2012.
[8] 张龙.寒冷地区橡胶沥青混合料路用性能研究[D].长春:吉林建筑大学,2016.
[9] 谢邦柱,杜素军,蔡丽娜.废旧胶粉目数和反应温度对橡胶沥青基本性能的影响研究[J].北方交通,2018(9).
[10] 关永胜,谈至明,张志祥.间断级配橡胶沥青混合料抗车辙性能[J].同济大学学报:自然科学版,2013,41(5).
[11] 彭超.橡胶沥青路面施工技术应用探讨[J].公路交通科技:应用技术版,2017(4).

收稿日期:2019-05-20

(上接第49页)
全市停车资源。

4 结语

当前,齐齐哈尔市停车位缺口供需比例超过50%,停车供需之间的矛盾较严重。造成停车难困境的原因复杂,其解决对策也是多角度、多层次、多维度的。该文从政策法规引导、科学规划控制、市场手段调整、经济杠杆调节、科学化信息化管理等多层面出发提出缓解城市停车难的解决思路,可为寒地城市停车困境治理提供参考。

参考文献:

[1] 公安部道路交通安全研究中心.中国大城市道路交通发展研究报告之三[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.
[2] GB/T 51149-2016,城市停车规划规范[S].
[3] GA/T 850-2009,城市道路路内停车位设置规范[S].

[4] 张宝武,张远景,靳秋思.寒地城市居民出行特征及交通发展对策研究[J].综合运输,2017(12).
[5] 齐齐哈尔市城乡规划设计院.齐齐哈尔市城市总体规划(2011—2020年)[Z].齐齐哈尔:齐齐哈尔市城乡规划设计院,2017.
[6] 吴兴春.福州市已建居住区停车问题探讨[A].公交优先与缓堵对策:中国城市交通规划2012年年会暨第26次学术研讨会论文集[C].2012.
[7] 冷静.城市停车难的中国瓶颈与多元策略优化[J].上海城市管理,2013(2).
[8] DB23/T744-2004,黑龙江省控制性详细规划编制规范[S].
[9] 朱兴林,范朋朋,饶彪.乌鲁木齐市主城区停车现状及需求预测[J].公路与汽运,2017(2).
[10] 张南.城市双修背景下的“城市病”整治:以连云港市中心城区公共停车场专项规划为例[J].江苏城市规划,2019(5).

收稿日期:2019-03-15