

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2022.03.012

## 橡胶沥青热储存性能研究

张炯

(岳阳市公路桥梁基建总公司, 湖南 岳阳 414021)

**摘要:** 通过模拟橡胶沥青工程储存状况,将橡胶沥青在不同温度、不同时间下储存,分析其性能变化,同时研究不同储存条件下橡胶沥青混合料动稳定度的变化。结果表明,橡胶沥青短期储存有利于橡胶颗粒充分溶胀;随储存时间增加,橡胶沥青的软化点、延度、针入度先增大后减小,黏度减小,储存稳定性变差;结合车辙试验结果,建议储存时间不超过 72 h、储存温度为 160 ℃。

**关键词:** 公路;橡胶沥青;储存条件;路用性能;车辙试验

中图分类号:U416.217

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2022)03-0048-03

采用低温冷冻粉碎法和常温辊压剪切法将废旧轮胎制成橡胶粉应用于道路建设,不仅能缓解废旧轮胎的“黑色污染”,还可改善道路性能。但橡胶沥青中橡胶颗粒与沥青属于热力学不相容体系,橡胶颗粒悬浮于沥青中进而发生离析,高黏度也影响橡胶沥青混合料的摊铺、压实。易离析和高黏度严重影响橡胶沥青的推广应用,提高其热储存稳定性尤为重要。添加相容剂和 SBS 改性剂或维他连接剂、多聚磷酸、硫化交联体系,可在一定程度上改善橡胶颗粒与沥青的相容性,从而改善其储存稳定性,但添加外加剂会增加建设成本。溶解性胶粉制备技术通过高温、高速剪切和延长反应时间促进胶粉脱硫降解,使其在沥青中近乎全部溶解,胶粉改性沥青的储存稳定性和工作和易性大幅提高。但高温、高剪切速度和较长的反应时间会加剧沥青老化,同时消耗更多能源。为研究橡胶沥青在储存罐中的性能变化,将橡胶沥青分别在不同温度(140 ℃、160 ℃、180 ℃)和时间(12 h、24 h、36 h、48 h、60 h、72 h、96 h)下储存,分析其性能演变趋势,结合路用性能变化,推荐最佳储存温度和储存时间。

## 1 试验原材料

### 1.1 基质沥青

采用 AH-70 作为基质沥青制备橡胶粉改性沥青,AH-70 的技术指标见表 1。

### 1.2 橡胶粉

采用 50 目废旧轮胎橡胶粉,其技术指标见表 2。

### 1.3 制备流程

将 AH-70 基质沥青放入 150 ℃ 烘箱中使其

表 1 AH-70 沥青的技术指标

项目	检测结果	技术要求
针入度(25 ℃,100 g,5 s)/ (0.1 mm)	75	60~80
软化点(环球法)/℃	48	≥46
延度(10 ℃)/cm	45.2	≥15
延度(15 ℃)/cm	121	≥100
闪点/℃	278	≥260
密度(15 ℃)/(g·cm <sup>-3</sup> )	1.05	实测记录

表 2 50 目废旧轮胎橡胶粉的技术指标

检测项目	检测结果	技术要求
纤维含量/%	0.07	<1
天然橡胶含量/%	58	≥30
金属含量/%	0.03	<0.05
相对密度	1.15	1.1~1.3
丙酮抽出物/%	7	≤20
灰分/%	6.3	≤8
炭黑含量/%	35	≥28

软化,同时将橡胶粉放入 110 ℃ 烘箱中烘干备用;将橡胶粉加入基质沥青中,采用剪切机剪切,橡胶粉和基质沥青的质量比为 20:80,剪切速率为 2 000 r/min,剪切温度为 180 ℃ 左右;待胶粉全部溶于沥青后,将剪切机转速调至 6 000 r/min 剪切 45 min,并用玻璃棒搅拌使沥青剪切均匀;剪切完成后,将沥青放入 175 ℃ 烘箱中发育 1 h,制得橡胶粉改性沥青。

### 1.4 储存条件

为模拟橡胶沥青工程储存条件,将橡胶沥青分别在不同温度和时间下储存,温度分别为 140 ℃、160 ℃、180 ℃,储存时间分别为 12 h、24 h、36 h、48

h、60 h、72 h、96 h。在储存期间,定期对橡胶沥青搅拌 5 min,模拟沥青罐中的连续搅拌。

## 2 试验结果分析

### 2.1 软化点

软化点表征沥青的高温性能,软化点越高,沥青的高温性能越好。对不同储存条件下橡胶沥青进行软化点试验,结果见图 1。

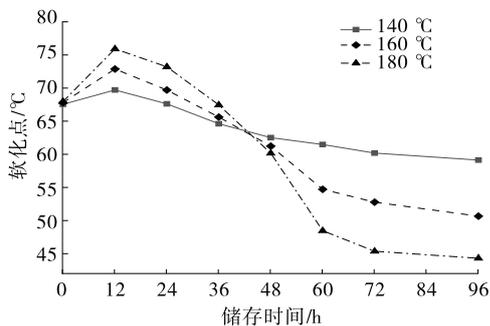


图 1 不同储存条件下橡胶沥青的软化点

由图 1 可知:1) 橡胶沥青的软化点随储存时间延长先增大后减小;不同储存温度下橡胶沥青的软化点最大值出现在 12 h 时,可能是由于橡胶颗粒吸附沥青轻质组分发生吸附溶胀作用,沥青质成分增加,沥青高温性能得到提高。2) 储存温度越高,橡胶沥青的高温性能衰减越大,180 °C 储存温度下橡胶沥青的高温性能在 48 h 时快速衰减。原因是橡胶颗粒吸附轻质组分发生溶胀作用,导致橡胶颗粒裂解,随着储存时间的延长,橡胶颗粒发生离析导致改性效果变差。在较低储存温度下橡胶沥青的高温性能衰减较小,建议在满足要求的前提下降低储存温度。

### 2.2 延度

通过低温延度试验测试橡胶沥青的低温性能,试验温度 5 °C,拉伸速度 10 mm/cm,试验结果见图 2。

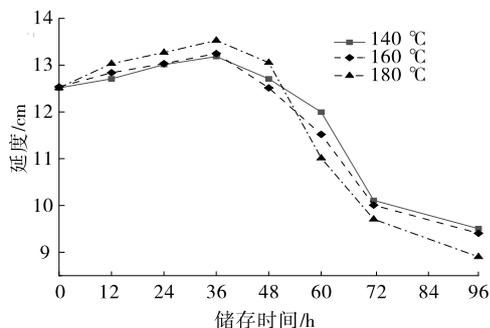


图 2 不同储存条件下橡胶沥青的延度

由图 2 可知:橡胶沥青的延度随储存时间延长先增大后减小,原因是橡胶颗粒吸附沥青轻质组分发生吸附溶胀,导致橡胶颗粒裂解,溶胀后的橡胶颗粒间形成三维空间结构,低温性能得到改善;长期储存后橡胶沥青的低温性能衰减较快,可能与橡胶颗粒相互交联形成的三维网络结构破坏有关。

### 2.3 黏度

橡胶沥青的高黏度影响混合料的摊铺、压实。进行不同储存条件下橡胶沥青黏度试验,试验温度 177 °C,采用 27 号转子,转速为 80 r/min,试验结果见图 3。

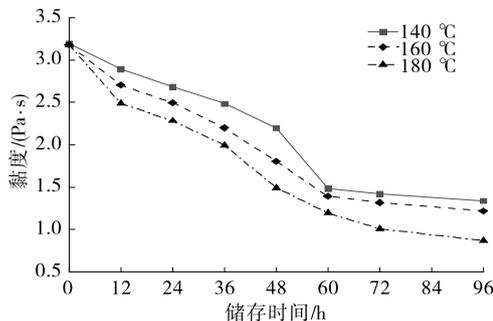


图 3 不同储存条件下橡胶沥青的黏度

由图 3 可知:橡胶沥青的黏度随储存时间延长而减小。初始阶段橡胶沥青黏度下降,有助于改善橡胶沥青的施工和易性;随着储存时间的增加,橡胶颗粒的裂解加剧,颗粒沉降,橡胶沥青的黏度明显下降,导致橡胶沥青失去高黏特性。使用中应避免较长时间储存,建议储存时间不超过 72 h、储存温度控制在 160 °C。

### 2.4 针入度

橡胶颗粒的存在会影响橡胶沥青针入度测试结果的准确性,鉴于目前还没有专门用于橡胶沥青的评价方法和体系,采用现行的针入度测试方法。橡胶沥青的针入度试验结果见图 4。

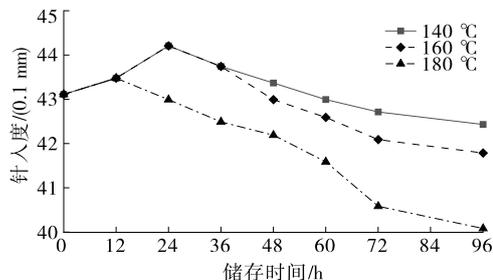


图 4 不同储存条件下橡胶沥青的针入度

由图 4 可知:1) 初期橡胶沥青的针入度增大,随着储存时间的增加,针入度减少。原因是初期橡胶颗

粒吸附溶胀并不明显,针入度偏大;随着储存时间的延长,吸附溶胀的橡胶颗粒发生裂解,颗粒粒径变小,同时沥青老化加重导致沥青变硬,针入度减小。2)随着储存温度的升高,橡胶沥青的针入度减小,原因是温度越高,橡胶颗粒吸附溶胀作用越明显。

### 2.5 离析试验

橡胶沥青中橡胶颗粒与沥青属于热力学不相容体系,橡胶颗粒悬浮于沥青中造成沉淀离析,从而影响橡胶沥青的使用性能。分别在 140 °C、160 °C、180 °C 下对橡胶沥青进行离析试验,结果见图 5。

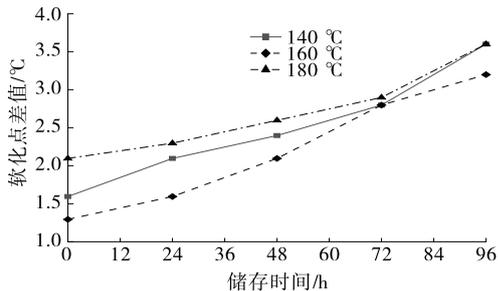


图5 不同储存条件下橡胶沥青离析试验结果

由图 5 可知:橡胶沥青的软化点差值随储存时间的延长而增大,原因是橡胶沥青的黏度随温度升高而降低,较小的黏度在一定程度上可阻碍橡胶颗粒下沉,从而延缓离析的发生;随着储存时间的增加,软化点差值大于 2.5 °C,已不满足规范要求。建议储存时间不超过 72 h、储存温度取 160 °C。

### 3 路用性能

考虑到橡胶沥青混合料的路用性能随储存条件变化会发生衰减,将橡胶沥青性能与路用性能结合起来,通过车辙试验研究橡胶沥青合适的储存温度和时间。各档粗集料均采用玄武岩,细集料均为石灰岩,其各项指标均满足规范要求。采用 SMA-13 中值级配,最佳油石比为 5.0%。车辙试验结果见图 6。

由图 6 可知:随着储存时间的增加,橡胶沥青混

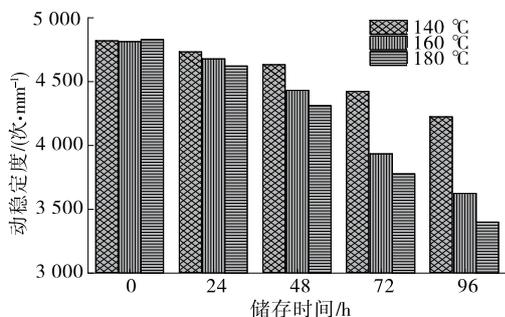


图6 不同储存条件下橡胶沥青混合料车辙试验结果

合料的动稳定度减小;48 h 内动稳定度衰减不大;72 h、96 h 时动稳定度衰减较大,140 °C、160 °C、180 °C 储存温度下,72 h 时降解率分别为 8.2%、18.0%、21.8%,96 h 时降解率分别为 12.5%、24.7%、29.6%。储存温度越高,性能衰减越大,与橡胶沥青性能衰减结果吻合。建议储存温度取 160 °C、储存时间不超过 72 h。

### 4 结论

(1) 随着储存时间的增加,橡胶沥青的软化点、延度、针入度先增大后减小,且温度越高,性能衰减越大。

(2) 随储存时间增加,橡胶沥青的黏度减小;随储存温度升高,橡胶沥青黏度衰减越大。

(3) 随储存时间增加,橡胶沥青的软化点差值增大;储存时间超过 72 h 时,离析试验结果已不满足规范要求。建议储存时间不超过 72 h、储存温度为 160 °C。

(4) 随储存时间增加,橡胶沥青混合料的动稳定度减小,储存温度越高,性能衰减越大。

### 参考文献:

- [1] 姚鸿儒,王仕峰,张勇.SBS/胶粉复合改性中海沥青的热储存稳定性[J].高分子材料科学与工程,2015,31(6):102-106+111.
- [2] 王晓倩,陆江银,曹敏娜.废橡胶改性沥青的储存稳定性研究[J].石油炼制与化工,2014,45(4):27-30.
- [3] 陈朝辉.橡胶沥青存储稳定性衰减规律影响因素研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2019,43(5):977-980.
- [4] 刘勇,顾兴宇,李志刚,等.胶粉/SBS 复合改性沥青性能评价及改性机理[J].江苏大学学报(自然科学版),2019,40(1):108-113.
- [5] 何亮,黄晓明,马育,等.橡胶改性沥青储存稳定性试验研究[J].东南大学学报(自然科学版),2011,41(5):1086-1091.
- [6] 张志刚,郭彩节,张景然,等.储存条件对胶粉改性沥青性能影响[J].广东土木与建筑,2020,27(12):54-56.
- [7] 周艳,黄卫东,林鹏,等.溶解性胶粉改性沥青与 SBS 的交联反应研究[J].建筑材料学报,2018,21(1):54-59.
- [8] 李旭,郭仪南,龚修平.TB+SBS 复合改性沥青的流变性能研究[J].交通科技,2020(5):130-135.
- [9] 黄卫东,周艳,傅星恺.有关 Terminal Blend 胶粉改性沥青研究的文献综述[J].华东交通大学学报,2017,34

(下转第 64 页)

- [4] 刘黎明,邱卫民,许文年,等.传统护坡与生态护坡比较与分析[J].三峡大学学报(自然科学版),2007,29(6):528-532.
- [5] 缪海波,柴少峰,王功辉.强降雨下无黏性土坡破坏的影响因素试验研究[J].岩土工程学报,2021,43(2):300-308.
- [6] 乔娜,余芹芹,胡夏嵩,等.植物对土壤加强作用及其生态护坡研究综述[J].人民黄河,2011,33(7):106-109+143.
- [7] 王桂尧,周欢,夏旖琪,等.草类根系对坡面土强度及崩解特性的影响试验[J].中国公路学报,2018,31(2):234-241.
- [8] 程谅,占海歌,郭忠录.3种草本植物根系对土壤抗蚀特性的响应[J].草业科学,2019,36(2):284-294.
- [9] 王文生,杨晓华,谢永利.公路边坡植物的护坡机理[J].长安大学学报(自然科学版),2005,25(4):26-30.
- [10] MARSTON R A, HESSION W C, WYNN T, et al. Geomorphology and vegetation on hillslopes: Interactions, dependencies, and feedback loops[J]. Geomorphology, 2010, 116(3-4): 206-217.
- [11] 吴宏伟.大气-植被-土体相互作用:理论与机理[J].岩土工程学报,2017,39(1):1-47.
- [12] 王鑫皓,王云琦,马超,等.根系构型对土壤渗透性能的影响[J].中国水土保持科学,2018,16(4):73-82.
- [13] 嵇晓雷,杨平.基于植被根系分形维数的生态边坡位移场研究[J].地下空间与工程学报,2014,10(6):1462-1468.
- [14] NI J J, CHEN X W, NG C W W, et al. Effects of biochar on water retention and matric suction of vegetated soil[J]. Géotechnique Lett, 2018, 8: 124-129.
- [15] BORDOLOI S, GARG A, SREEDEEP S, et al. Investigation of cracking and water availability of soil-biochar composite synthesized from invasive weed water hyacinth [J]. Bioresource Technology, 2018, 263: 665-677.
- [16] 李雄威,孔令伟,郭爱国.植被作用下膨胀土渗透和力学特性及铎坡防护机制[J].岩土力学,2013,34(1):85-91.
- [17] 张伟伟,江朝华,程星,等.草本植物根系对黄河故道区非饱和土特性的影响[J].水利水电科技进展,2017,37(1):73-78.
- [18] 赵记领,李光范,胡伟,等.不同降雨形式下植被边坡含水率变化对比试验研究[J].自然灾害学报,2017,26(3):193-199.
- [19] 陈晋龙,李锦辉,程鹏,等.植被作用下土质覆盖层渗透特性的现场试验[J].岩土力学,2018,39(1):222-228.
- [20] 桑凯新,胡淦林,黄超,等.黄河河岸带5种植物类型根系结构特征对土壤渗透性的影响[J].中国水土保持科学,2020,18(5):1-8.
- [21] 李建兴,何丙辉,湛芸.不同护坡草本植物的根系特征及对土壤渗透性的影响[J].生态学报,2013,33(5):1535-1544.
- [22] 廖绵浚,张贤明.水土保持作物百喜草研究[J].中国水土保持科学,2003,1(2):8-17.
- [23] 张超波,周霞,李东嵘,等.山西土石山区3种草本植物根拉拔特性[J].水土保持研究,2019,26(3):300-304.
- [24] 陈洁,雷学文,黄俊达,等.花岗岩残积土边坡草本植物根固效应试验[J].水土保持学报,2018,32(1):104-108.
- [25] 欧阳前超,魏杨,周霞,等.土石山区护坡草本植物根系抗拉力学特性[J].中国水土保持科学,2017,15(4):35-41.
- [26] 吴克宁,赵瑞.土壤质地分类及其在我国应用探讨[J].土壤学报,2019,56(1):227-241.
- [27] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室.土壤物理性质测定法[M].北京:北京科学出版社,1978:140.
- [28] 吴庆华,张家发,蔺文静,等.土壤水流模式染色剂示踪及优先流程度评估[J].农业工程学报,2014,30(7):82-90.
- [29] FATTET M, FU Y, GHESTEM M, et al. Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength [J]. CATENA, 2011, 87(1): 60-69.
- [30] 王晶,赵文武,刘月,等.植物功能性状对土壤保持的影响研究述评[J].生态学报,2019,39(9):3355-3364.
- [31] LASKOWSKI M, TUSSCHER K T. Periodic lateral root priming: What makes it tick? [J]. Plant Cell, 2017, 29(3): 432-444.

收稿日期:2021-06-29

\*\*\*\*\*  
(上接第50页)

(1):52-60.

- [10] 教淳宗,郭乃胜,李薇,等.溶解性胶粉改性沥青的制备及其流变性能[J].建筑材料学报,2020,23(1):93-99+107.

- [11] 周志刚,蔡扬发,谭军.聚酯纤维对橡胶改性沥青混凝土性能的影响[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2021,18(2):1-8.

收稿日期:2021-08-08