

Study on Preparation and Properties of Desulfurized Rubber Modified Asphalt

Qingpeng He, Huiqiang Chen, Yuanren Fang, Dalu Liu, Jianbang Sun

School of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing
Email: 1468512140@qq.com

Received: Oct. 13th, 2017; accepted: Oct. 28th, 2017; published: Nov. 2nd, 2017

Abstract

In this paper, the desulfurization rubber powder is used to prepare the desulfurization rubber asphalt; the optimum dosage, reasonable particle size and asphalt modification process are determined. By contrast test, the road performance of desulfurized rubber asphalt and ordinary rubber asphalt is systematically studied. The results show that the optimum dosage of desulfurized rubber asphalt is 18%, and the desulfurization powder with 30 meshes is the best. The preparation process is shear rate 5000 r/min, shear temperature 160°C - 170°C, shear time 45 min, developed at 160°C for 45 min. Compared with ordinary rubber asphalt, the viscosity of desulfurized rubber asphalt decreased; storage stability, anti-aging performance, low temperature performance were significantly improved, but the high temperature performance was slightly inadequate.

Keywords

Desulfurization Powder, Modified Asphalt, Preparation Process, Road Performance

脱硫橡胶改性沥青的制备与性能研究

何青蓬, 陈辉强, 方源仁, 刘大路, 孙建邦

重庆交通大学土木工程学院, 重庆
Email: 1468512140@qq.com

收稿日期: 2017年10月13日; 录用日期: 2017年10月28日; 发布日期: 2017年11月2日

摘要

本文采用脱硫胶粉制备脱硫橡胶沥青, 确定胶粉的最佳掺量、合理粒径及沥青改性的制备工艺, 通过对比试验, 系统研究脱硫橡胶沥青与普通橡胶沥青的路用性能。结果表明, 脱硫橡胶沥青最佳掺量为18%,

以30目脱硫胶粉为优, 制备工艺为剪切速率5000 r/min, 剪切温度160℃~170℃, 剪切时间45 min, 160℃下发育45 min; 与普通橡胶沥青相比, 脱硫橡胶沥青黏度降低, 储存稳定性、抗老化性能、低温性能均明显提升, 但高温性能略显不足。

关键词

脱硫胶粉, 改性沥青, 制备工艺, 路用性能

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 利用聚合物制备改性沥青提高路面质量已成为世界各国技术人员的重要研究方向[1]。废旧橡胶沥青以其良好的高低温性能、弹性性能及抗老化性能, 可减薄沥青路面厚度, 降低车辆在道路行驶的噪声等优点, 受到筑路界的高度关注与广泛应用[2] [3] [4]。

大量研究表明[5] [6], 胶粉与沥青相容性较差, 在橡胶改性沥青中存在大量的橡胶颗粒, 使得普通废旧橡胶沥青存在粘度大、流动性差、分散性差等缺点; 此外, 胶粉与沥青的界面结合不好, 胶粉与沥青易产生分层离析, 储存稳定性也较差。为改善普通橡胶改性沥青的不足, 研究人员尝试对废旧胶粉进行脱硫活化处理, 取得了一定的进展, 但目前对于脱硫橡胶沥青的影响因素、制备工艺及路用性能尚未进行充分的研究[7] [8]。

在此基础上, 本文测定了普通橡胶沥青和脱硫橡胶沥青各项路用性能, 研究了脱硫胶粉掺量、粒径及制备工艺对其性能的影响, 对比分析了普通橡胶沥青与脱硫橡胶沥青存在的差异, 为制备性能良好的橡胶沥青提供理论依据。

2. 实验部分

2.1. 主要原材料

基质沥青: 壳牌 70#道路石油沥青, 其各项性能指标见表 1。

普通橡胶粉: 江阴市安基橡胶工业有限公司提供的 30 目废轮胎橡胶粉。

脱硫橡胶粉: 四川金摩尔环保新材料公司提供的 30 目、60 目脱硫橡胶粉。

Table 1. Matrix asphalt properties

表 1. 基质沥青性能

指标	壳牌 70#基质沥青	规范要求
25℃针入度(0.1 mm)	66.3	60~80
15℃延度(cm)	>100 cm	≤100 cm
软化点(℃)	56.45	>47℃
针入度指数 PI	-0.354	-1.5~1
25℃弹性恢复(%)	65.1	>25

2.2. 橡胶沥青的制备

橡胶沥青的制备工艺采用湿法工艺, 所用仪器主要有高速剪切仪、电动搅拌器、电热套、温度计、玻棒等, 高速剪切仪的剪切速率在 0~12,000 r/min, 电热套可以自动调节温度。先将基质沥青加热到 175℃ 左右, 外掺一定质量分数的胶粉, 采用电动搅拌器在低速 500 r/min 下搅拌约 15 分钟, 开动高速剪切仪, 调节转速在 5000 r/min, 保持在一定温度下剪切一段时间后, 将所得的改性沥青放于 160℃ 的烘箱中发育 45 min 至气泡消失, 即制得改性沥青样品, 再进行性能测试[9] [10]。

2.3. 性能测试

25℃ 针入度, PNR-10 型自动沥青针入度仪(德国 PETROTEST 公司), 按规范 GB/T 0604-2011 测试。

5℃ 延度, DDA-3 型自动石油沥青延度测试仪, 按规范 GB/T 0605-2011 测试。

软化点, PKA-2 型自动环球法石油沥青软化点测试仪, 按规范 GB/T 0606-2011 测试。

165℃ 布氏黏度, RDV-2 + PRO 型数字式黏度测试仪(上海尼润智能科技有限公司, 按规范 GB/T 0625-2011 测试。

弹性恢复, 按规范 GB/T 0662-2000 测试。

储存稳定性, 按规范 GB/T 0661-2011 测试。

沥青老化实验, 采用旋转薄膜加热试验, 按规范 GB/T 0610-2011 测试。

3. 结果与分析

本研究选取沥青三大指标为测试指标, 通过改变单一变量的试验方法, 分析脱硫胶粉掺量、粒径及制备剪切时间、剪切温度等主要因素对脱硫橡胶改性沥青的影响, 以获得性能良好的脱硫橡胶沥青。

3.1. 胶粉掺量的影响

试验将脱硫胶粉以沥青质量分数的 15%、18%、21%、24% 分别掺入到基质沥青中进行改性, 研究脱硫橡胶沥青的最佳掺量, 试验结果见图 1。

结合图 1 试验数据分析, 随着脱硫胶粉掺量从 15% 到 24% 的不断增大, 脱硫橡胶沥青呈现出不同的性能变化, 具体表现为: 脱硫橡胶沥青 25℃ 针入度指标随着掺量的增加, 先减小后增大, 在掺量 18% 左右处达到极小值; 而其针入度指数 PI, 先增大后减小, 在掺量 18% 左右时达到最大值, 表明在此掺量下其温度敏感性最小; 5℃ 延度则随掺量增加而增大, 但在掺量达到 20% 左右后, 其变化平缓, 延度提升较小; 软化点指标则随着脱硫胶粉掺量的增加而逐渐降低, 尤其在掺量达到 18% 之后, 软化点下降明显。因此, 综合分析对比各项指标, 选择脱硫橡胶沥青最佳掺量为 18%。

3.2. 胶粉粒径的影响

选用两种常用粒径大小 30 目、60 目脱硫胶粉分别对基质沥青改性, 通过实验检测研究脱硫胶粉粒径对脱硫橡胶沥青的影响, 其实验结果见图 2。

通过图 2 对比分析两种不同粒径的脱硫胶粉对脱硫橡胶沥青各项性能的影响, 结合三大指标试验数据得出, 在最佳掺量 18% ± 3% 附近, 两种不同目数的脱硫橡胶沥青变化几乎一致, 25℃ 针入度先减小后增大; 而针入度指数 PI 则先增大后减小; 5℃ 延度逐渐增加; 60 目脱硫橡胶改性沥青软化点先增加后减小。相较于 60 目脱硫橡胶沥青, 30 目的脱硫橡胶沥青变化较为平缓, 性能更稳定, 在橡胶沥青温度敏感性方面, 针入度指数 PI 表明 30 目脱硫橡胶改性沥青更具优势; 而 5℃ 延度和软化点两者性能相差不大。综合上述分析, 在粒径这一影响因素选择 30 目为最佳。

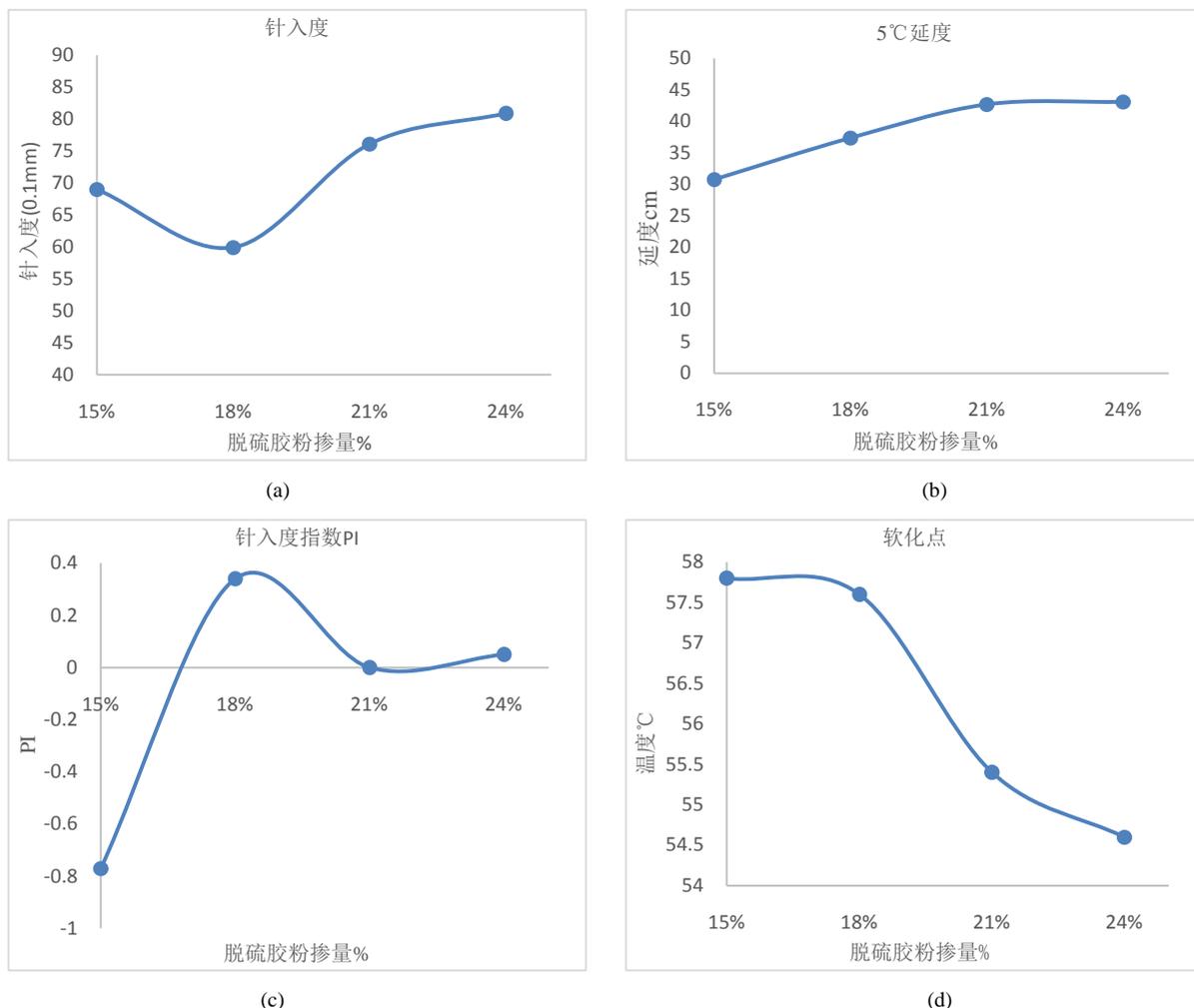


Figure 1. Effect of rubber powder content on properties of rubber asphalt

图 1. 胶粉掺量对脱硫橡胶沥青性能的影响规律

3.3. 制备工艺的影响

大量研究[11] [12]表明,改性沥青的制备工艺对橡胶沥青各项性能有较大影响,尤其是对橡胶沥青制备时的反应温度、反应时间具有很强的依赖性。本试验在已有研究的基础上,采用 5000 r/min 的剪切速率和 160℃下 45 min 的发育时间,主要研究沥青改性过程中,剪切温度和剪切时间对脱硫橡胶沥青性能的影响,以探究脱硫橡胶沥青的最佳制备工艺。

试验以 150℃~160℃、160℃~170℃、170℃~180℃为温度变量,探究剪切温度对脱硫橡胶沥青性能的影响,其试验结果如表 2。分析表中试验数据,可以发现,在此温度范围内,剪切温度的增加对针入度影响不大,几乎保持平缓的变化;而表征沥青温度敏感性的针入度指数 PI 则随着剪切温度升高而降低,尤其是超过剪切温度 170℃后,下降明显;5℃延度和软化点随着剪切温度的升高而提升,在 170℃后变化平缓,综合考虑针入度指数 PI、5℃延度及软化点指标,其剪切温度选择以 160℃~170℃为宜。

检测不同剪切时间下制备的脱硫橡胶沥青三大指标,由表 3 试验数据可以得出,在沥青改性剪切时间 30 min 到 75 min 间,随着剪切时间的延长,脱硫橡胶沥青针入度逐渐降低,在 60 min 后下降明显;而针入度指数则是先减小后增加,变化浮动不大。5℃延度指标随着剪切时间的增加先升高后降低,在

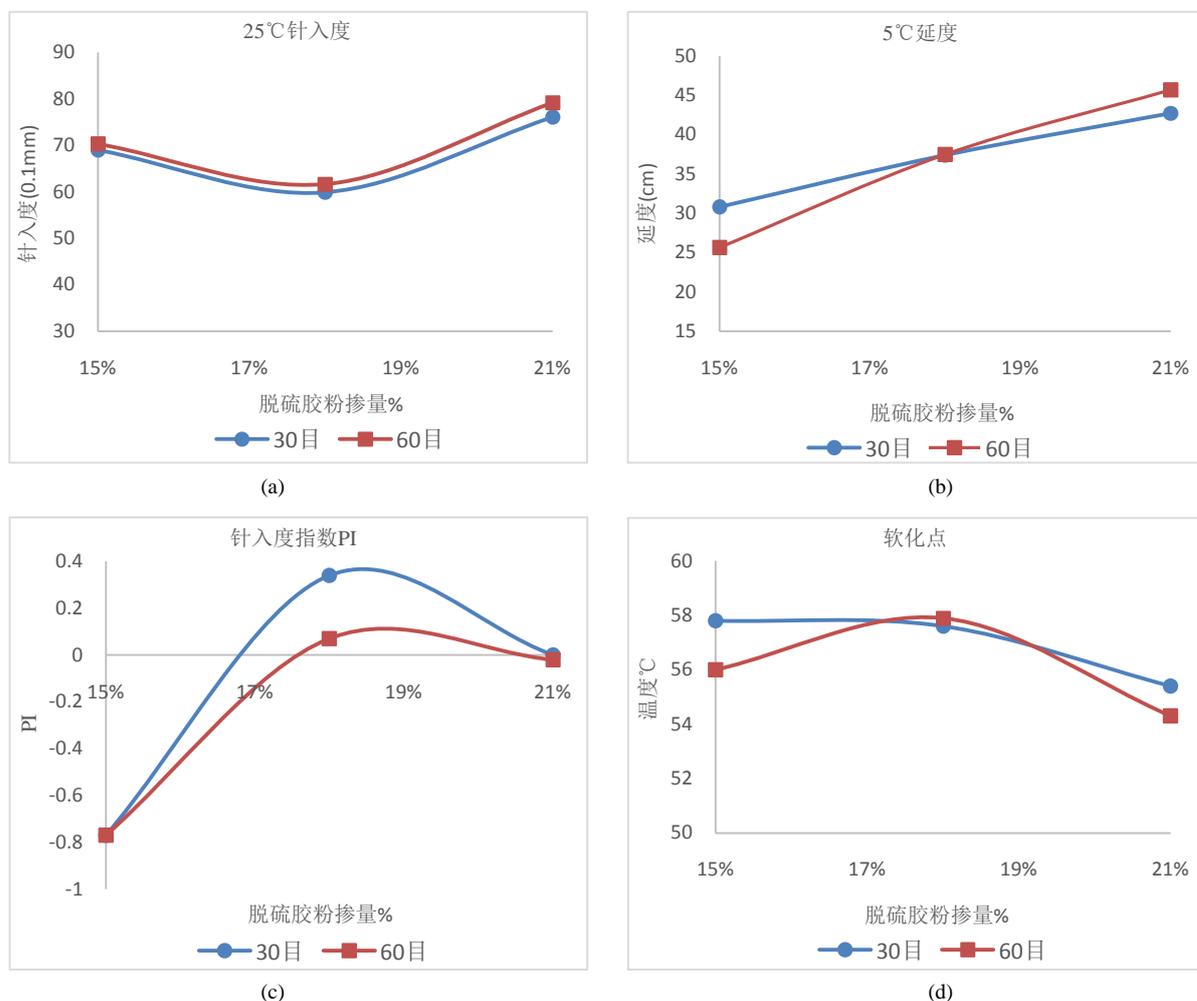


Figure 2. Effect of particle size of rubber powder on properties of desulfurized rubber asphalt

图 2. 胶粉粒径对脱硫橡胶沥青性能的影响规律

Table 2. Effect of Shear temperature on properties of desulfurized rubber asphalt

表 2. 剪切温度对脱硫橡胶沥青性能的影响规律

剪切温度(°C)	针入度(0.1 mm)	针入度指数 PI	5°C延度(cm)	软化点(°C)
150~160	61.5	0.36	35.8	56.0
160~170	59.9	0.34	37.4	57.6
170~180	60.7	0.08	37.7	57.9

Table 3. Effect of shear time on properties of desulfurized rubber asphalt

表 3. 剪切时间对脱硫橡胶沥青性能的影响规律

剪切时间(min)	针入度(0.1 mm)	针入度指数 PI	5°C延度(cm)	软化点(°C)
30	60.9	0.53	33.0	54.6
45	59.9	0.34	37.4	57.6
60	59.3	0.34	36.3	56.7
75	55.8	0.53	32.0	54.9

45 min 左右达到最大值, 此时具有较好的低温柔韧性; 同样, 软化点的变化规律和 5℃延度指标变化相似, 在 45 min 附近有软化点最大值, 表明有较好的高温性能。根据上述分析, 选择 45 min 剪切时间为宜。

综上, 最终确定脱硫橡胶粉的最佳掺量为 18%, 以 30 目脱硫胶粉为优, 制备工艺为剪切速率 5000 r/min、剪切温度 160℃~170℃、剪切时间为 45 min, 发育时间 45 min。

4. 性能对比

按照研究得出的最佳制备工艺、最佳粒径及最佳掺量制备脱硫橡胶改性沥青, 同时为使脱硫橡胶沥青的性能具有参照可比性, 研究采用 30 目普通橡胶沥青作为参照, 对两种沥青的基本技术性能进行对比研究, 试验结果见表 4。其中普通橡胶沥青的最佳胶粉掺量为 18%, 加工工艺在 175℃温度下, 以 5000 r/min 的剪切速度剪切 60 min, 随后在 160℃温度下发育 45 min。

胶粉是硫化橡胶经粉碎制成的, 具有相对完整的三维空间网络结构, 因而在沥青中的溶胀和分散困难。而脱硫胶粉是将普通胶粉脱硫制得, 由于橡胶中的部分交联键被打断, 可在沥青中溶胀更加充分, 同时由于在高温、高剪切力作用下, 使脱硫胶粉表面产生了部分活性基团, 有利于同沥青化学键合, 使其在沥青中的各项性能得到改善[13] [14] [15] [16]。

对比普通橡胶沥青与脱硫橡胶沥青上述各项指标, 脱硫橡胶沥青在弹性恢复性能、175℃黏度及储存稳定性方面均有所提高; 并且在低温延度指标上有很大改善, 其 5℃延度是普通橡胶沥青的 3 倍多, 一定程度上表明脱硫橡胶沥青具有良好低温性能; 同时针入度指标也说明脱硫橡胶沥青更软更柔韧, 更适合于在低温寒冷环境中应用。但另一方面, 在软化点指标和针入度指数 PI 则是普通橡胶沥青表现更好, 其软化点比脱硫橡胶沥青高出 12℃, 说明普通橡胶沥青在高温性能方面具有明显优势。对于沥青抗老化性能方面, 通过模拟老化试验, 其各项指标均表明脱硫橡胶沥青优于普通橡胶沥青。

综上, 脱硫橡胶改性沥青与普通橡胶沥青还存在明显的差异, 普通橡胶沥青在高温性能表现更好, 而脱硫橡胶改性沥青则在低温柔性方面更为优越, 将脱硫橡胶改性沥青进一步改进, 或许可以获得性能更为全面的沥青材料。

Table 4. Comparison of properties between ordinary rubber asphalt and desulfurized rubber asphalt

表 4. 普通橡胶沥青与脱硫橡胶沥青性能对比

对比指标	30 目普通橡胶沥青	30 目脱硫橡胶沥青	
软化点/℃	69.6	57.6	
25℃针入度/(0.1 mm)	43.4	59.9	
针入度指数 PI	0.56	0.34	
5℃延度/cm	11.7	37.4	
弹性恢复/%	70	76	
175℃旋转粘度/(pa.s)	3.65	2.03	
储存稳定性(48 h 软化点差)/℃	6.6	4.2	
质量损失/%	0.93	0.67	
旋转薄膜老化试验(163℃, 85 min)	针入度残留比(25℃)/%	85	90
	残留延度(5℃)/%	68	79

5. 结论

- 1) 脱硫橡胶沥青最佳掺量为 18%，相较于 60 目的脱硫胶粉，30 目脱硫胶粉对沥青改性效果更优。
- 2) 在剪切速率 5000 r/min、剪切温度 160℃~170℃、剪切时间 45 min，160℃下发育 45 min 所制备的脱硫橡胶改性沥青性能良好。
- 3) 脱硫橡胶沥青与普通橡胶沥青相比，其黏度降低，储存稳定性、抗老化能力提高，特别是在低温性能方面有明显提升，有利于在寒冷地区应用。

参考文献 (References)

- [1] 张通文. 橡胶沥青性能影响因素及粘弹性性能分析[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2015.
- [2] 陈戈. 基于活化特性的橡胶沥青性能及其改性机理研究[J]. 中外公路, 2017, 37(1): 249-253.
- [3] 张巨松, 王文军, 刘传昆, 等. 脱硫废轮胎胶粉改性沥青性能的实验研究[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2007, 23(5): 785-789.
- [4] 刘少文, 李智慧. 应用回弹恢复评价橡胶沥青的弹性恢复能力[J]. 公路交通科技, 2009, 26(7): 22-26.
- [5] Mull, M.A., Stuart, K. and Yehia, A. (2002) Fracture Resistance Characterization of Chemically Modified Crumb Rubber Asphalt Pavement. *Journal of Materials Science* 37, 557-566. <https://doi.org/10.1023/A:1013721708572>
- [6] 王秀平, 张祥, 李晓林, 等. 脱硫胶粉改性沥青储存稳定性的研究[J]. 特种橡胶制品, 2013(5): 1-4.
- [7] 王辉, 邓乔, 罗建军, 雷鸣. 橡胶粉的掺量与细度对沥青性能的影响研究[J]. 中外公路, 2017(4): 259-262.
- [8] 吴翠, 廖小雪, 陈荣凤. 废旧橡胶脱硫再生胶的研究现状[J]. 特种橡胶制品, 2010, 31(5): 66-70.
- [9] 李海滨, 盛燕萍. 脱硫橡胶沥青试验研究[J]. 武汉理工大学学报, 2013, 35(5): 50-54.
- [10] 杜丹超, 李晓林, 郑广宇, 等. 脱硫胶粉改性沥青性能的研究[J]. 公路, 2012(6): 208-211.
- [11] 杨永顺, 曹卫东, 李英勇, 等. 橡胶沥青制备工艺及其性能的研究[J]. 山东大学学报(工学版), 2008, 38(5): 10-13.
- [12] 关庆文, 王仕峰, 张勇, 等. 脱硫胶粉改性沥青的研究[J]. 特种橡胶制品, 2009, 30(1): 28-30.
- [13] 王伟明, 王凤华, 林龙, 等. 路用橡胶沥青性能研究[J]. 中外公路, 2015, 35(3): 254-257.
- [14] 胡吉良, 杜丹超, 李晓林, 郑广宇, 等. 硫化胶粉与脱硫胶粉改性沥青性能研究[J]. 特种橡胶制品, 2014(5): 20-24.
- [15] 杨毅文, 袁浩, 马涛. 脱硫橡胶沥青溶胀原理及路用性能[J]. 公路交通科技, 2012, 29(2): 35-39.
- [16] 赵安东, 李晓林, 郑广宇, 等. 不同脱硫度橡胶对橡胶改性沥青性能的影响及应用[J]. 特种橡胶制品, 2015(3): 23-26.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org