

寒冷地区橡胶改性沥青 及沥青混合料设计与施工技术

DESIGN AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY

OF RUBBER MODIFIED ASPHALT
AND ASPHALT MIXTURE IN COLD REGION



杨三强 刘 娜 黄 勇 编著
郝培文 方有亮 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

寒冷地区橡胶改性沥青及沥青 混合料设计与施工技术

杨三强 刘 娜 黄 勇 编著
郝培文 方有亮 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

在我国寒冷地区公路建设中,把废旧橡胶粉作为一种外掺材料添加到基质沥青中,不但能够提高沥青与混合料的技术指标,而且还能提升路面低温抗开裂性能,延长使用寿命,降低建设成本。本书重点分析了寒冷地区掺废旧胶粉的改性沥青作用机理、寒冷地区橡胶粉材料技术参数、寒冷地区橡胶改性沥青混合料配合比设计、寒冷地区橡胶改性沥青路面路用性能以及寒冷地区橡胶沥青路面施工工艺。本书提出了寒冷地区橡胶改性沥青混合料设计与施工技术,该技术为寒冷地区橡胶改性沥青及沥青混合料设计与施工提供了理论支撑。

本书可供高等院校道路工程相关专业师生以及科研单位工程设计和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

寒冷地区橡胶改性沥青及沥青混合料设计与施工技术/
杨三强,刘娜,黄勇编著. —北京:人民交通出版社股
份有限公司,2017.6

ISBN 978-7-114-13656-6

I. ①寒… II. ①杨… ②刘… ③黄… III. ①沥青拌
和料-沥青路面 ②改性沥青-建筑材料 IV. ①U416.2
②TE626.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 023907 号

书 名:寒冷地区橡胶改性沥青及沥青混合料设计与施工技术

著 者:杨三强 刘 娜 黄 勇

责任编辑:李 瑞 牛家鸣

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本:720×960 1/16

印 张:10

字 数:177千

版 次:2017年6月 第1版

印 次:2017年6月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13656-6

定 价:50.00元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

前 言

我国北方大部分地区降水稀少、太阳光辐射强、紫外线高、日照充沛、风沙大,夏季高温、冬季低温,昼夜温差与季节温差较大。特殊复杂的气候环境对沥青路面建设提出了严峻考验。调查表明,目前我国北方地区不同等级公路(高速公路及一级、二级公路)因半刚性基层反射裂缝、太阳光紫外线辐射、大温差、重荷载交通等导致的路面开裂、膨胀、车辙以及疲劳老化变形病害占到病害总数的70%以上,且近些年仍有扩大的趋势。治理沥青路面早期病害,延长道路使用寿命,降低与节约建养费用,具有重要的现实意义。

将废弃橡胶粉作为一种外掺材料添加到基质沥青中,不但能够提高沥青与混合料的技术性能,而且能提升路面使用性能,延长路面使用寿命,降低养护成本,使得有限的资源得到最大化利用,减少环境污染,有利于实施可持续发展战略。首先,橡胶沥青作为新型的路面材料,不仅具有优良的高温性能、低温性能、抗老化性能,而且具有抗滑、降噪等显著优势;其次,橡胶沥青路面可以提升紫外线作用下的抗老化性能、减缓反射裂缝病害;最后,橡胶沥青作为一种廉价、使用方便的胶结料,不仅用于上面层,也可用于中、下面层或其他路面结构,施工和易性与其他改性沥青相当。基于此,在大温差、高强紫外线地区采用橡胶沥青作为路面筑路材料,具有较强的可操作性与推广性。

本书依托河北大学中西部能力提升工程项目,结合中国西部地区G216线吐乌大高等级公路幸福路口至甘河子段橡胶沥青罩面工程项目、G217线克白快速路橡胶沥青SMA路面建设项目以及国高网G30₁₂阿喀高速公路橡胶沥青路面科技示范建设项目研究内容,重点针对掺废旧橡胶粉的改性沥青作用机制与路用性能分析,高性能橡胶粉材料技术参数分析,高性能橡胶沥青技术参数试验分析,高性能橡胶沥青混合料配合比设计,高性能橡胶沥

青路面路用性能研究以及大温差、高性能橡胶沥青路面施工工艺进行系统阐述,最终提出适用于我国北方地区高性能橡胶沥青路面材料设计与评价技术理论,该理论为高性能橡胶沥青路面材料设计与评价提供技术支持。

作者

2016年10月

目 录

第一章 绪论	1
第二章 掺废旧橡胶粉的改性沥青作用机制及路用性能分析	4
第一节 掺废旧橡胶粉的改性沥青性能概述	4
第二节 掺废旧橡胶粉的改性沥青作用原理	7
第三节 路面低温性能改善分析	14
第四节 路面高温性能改善分析	22
第五节 路面抗疲劳性能改善分析	27
第六节 本章小结	36
第三章 路用橡胶粉原材料技术指标分析	38
第一节 胶粉纤维含量技术指标分析	39
第二节 胶粉天然橡胶含量技术指标分析	41
第三节 胶粉炭黑含量技术指标分析	42
第四节 胶粉粒径对橡胶沥青性能的影响分析	44
第五节 物理指标	48
第六节 本章小结	49
第四章 寒冷地区橡胶沥青技术参数试验分析	50
第一节 气候环境与沥青指标关系	50
第二节 国外橡胶沥青技术指标	51
第三节 寒冷地区橡胶沥青的技术指标	55
第四节 寒冷地区橡胶改性沥青感温性能分析	63
第五节 高紫外线抗老化抗重载的橡胶沥青性能分析	69
第六节 本章小结	77
第五章 废旧胶粉改性沥青混合料配合比设计	78
第一节 橡胶改性沥青混合料配合比设计	78
第二节 充当集料功能的橡胶改性沥青混合料配合比设计	90

第三节	寒冷地区橡胶沥青混合料级配设计	96
第四节	本章小结	104
第六章	掺加废旧轮胎橡胶材料的沥青路面路用性能研究	106
第一节	充当集料功能的橡胶沥青路面路用性能分析	106
第二节	充当改性材料功能的橡胶沥青路面路用性能分析	112
第三节	不同级配下橡胶沥青混合料指标对比分析	124
第四节	本章小结	125
第七章	寒冷地区高速公路路用橡胶改性沥青现场制备及工艺	126
第一节	工程示范概况	126
第二节	橡胶沥青现场生产方案	127
第三节	橡胶沥青现场生产工艺	131
第四节	橡胶沥青现场生产指标测试	132
第五节	本章小结	134
第八章	掺加废旧轮胎橡胶材料的沥青路面施工工艺	135
第一节	废旧胶粉改性沥青混合料搅拌工艺	135
第二节	橡胶沥青路面摊铺与压实工艺	142
第三节	橡胶沥青路面碾压工艺	147
第四节	本章小结	150
参考文献	151

第一章 绪 论

伴随经济的快速发展,人民生活水平的不断提高,汽车行业快速发展,汽车保有量迅速增加,产生了大量废旧轮胎,而且数量逐年递增。据世界卫生组织统计,世界废旧轮胎积存量已达 30 亿条,并且以每年 10 亿条的数量增长。我国废旧轮胎的产生量位居世界第二,仅次于美国。据相关部门统计,2008 年我国废旧轮胎的产生量大约在 740 万吨,2013 年已超过 1 000 万吨。预估计,到 2020 年废旧轮胎的产生量将达到 2 000 万吨左右。这些废旧轮胎大量堆放,会占用有限的土地资源,容易引起火灾,污染环境,滋生蚊虫,传播疾病,危害人类健康。如何使这些废旧轮胎变废为宝、化害为利,实现合理、有效的利用,是我们亟待解决的问题。

本书结合中国西部地区 G216 线吐鲁番—乌鲁木齐—大黄山高等级公路幸福路口至甘河子段橡胶沥青罩面工程项目、G217 线克拉玛依至白碱滩快速路橡胶沥青 SMA 路面建设项目以及国高网 G30₁₂阿克苏至喀什高速公路橡胶沥青路面科技示范建设项目研究内容,重点针对掺废旧橡胶粉的改性沥青作用机制与路用性能分析;高性能橡胶粉材料技术参数分析,高性能橡胶沥青技术参数试验分析;高性能橡胶沥青混合料配合比设计,高性能橡胶沥青路面路用性能研究以及大温差、高性能橡胶沥青路面施工工艺进行系统阐述,最终提出适用于我国北方地区高性能橡胶沥青路面材料设计与评价技术理论,该理论为高性能橡胶沥青路面材料设计与评价提供技术支撑。

依托交通运输部西部科技项目“S108 线乌鲁木齐—五家渠开展了掺加橡胶颗粒的沥青路面降噪试验研究”,通过对橡胶沥青及沥青混合料的试验,提出了不同气候区、不同土基等级和不同交通等级公路半刚性基层沥青路面的典型结构及设计指南。根据气候综合影响系数,确定了半刚性基层沥青路面结构及设计指南。根据气候综合影响系数确定半刚性基层沥青路面结构及厚度方法、关键技术指标。该成果已在公路设计、养护施工中开始应用,对于高等级公路,每公里平均节省造价 25.5 万元左右,经济效益显著。

依托新疆交通运输厅科技项目“G216 线吐鲁番—乌鲁木齐—大黄山高等级公路幸福路口至甘河子段橡胶沥青罩面工程研究”课题,通过野外调研、试验以及依托工程观测分析,提炼出工程材料差异,编制出北方地区橡胶沥青路面选材与指标

设计指南,该成果可科学指导大温差地区路面筑路材料设计及施工。

依托中石油科技项目“G217线克拉玛依至白碱滩快速路橡胶沥青 SMA 路面建设咨询研究项目”课题和新疆交通运输厅科技项目“新疆 G30₁₂阿克苏至喀什高速公路橡胶沥青路面科技示范研究项目”,通过野外调查、集料与结合料指标试验以及在 G30 线赛里木湖—果子沟高速公路、G217 线天山公路(独山子—库车段)改造工程中的较好应用,充分证明该成果可科学指导寒冷地区橡胶沥青路面筑路材料设计及施工。

依托河北省教育厅重点科技项目“掺加废弃橡胶材料的低油石比、低能耗道路改性沥青机制与试验研究”课题、河北大学中西部能力提升工程项目“掺加废弃橡胶材料循环利用的环保型道路改性沥青机制与试验研究”,系统分析了高性能橡胶沥青及沥青混合料设计与评价技术理论。

基于上述橡胶沥青路面设计方法、材料指标、配合比设计、病害类型、病害处置措施、橡胶沥青面层施工工艺及质量控制等相关研究基础,本书重点结合我国北方地区气候特点,就高性能橡胶沥青及沥青混合料设计与评价技术理论进行系统分析,具体从以下七点进行阐述:

1. 掺废旧橡胶粉的改性沥青作用机制及路用性能分析

- (1) 掺废旧橡胶粉的改性沥青性能概述。
- (2) 掺废旧橡胶粉的改性沥青作用原理。
- (3) 路面低温性能改善分析。
- (4) 路面高温性能改善分析。
- (5) 路面抗疲劳性能改善分析。

2. 路用橡胶粉原材料技术指标分析

- (1) 橡胶粉纤维含量技术指标分析。
- (2) 橡胶粉天然橡胶含量技术指标分析。
- (3) 橡胶粉炭黑含量技术指标分析。
- (4) 橡胶粉粒径对橡胶沥青性能的影响分析。
- (5) 物理指标。

3. 寒冷地区橡胶沥青技术参数试验分析

- (1) 气候环境与沥青指标关系;
- (2) 国外橡胶沥青技术指标;
- (3) 寒冷地区橡胶沥青的技术指标;
- (4) 寒冷地区橡胶改性沥青感温性能分析;

(5)高紫外线抗老化抗重载的橡胶沥青性能分析。

4. 废旧胶粉的改性沥青混合料配合比设计

(1)橡胶改性沥青混合料配合比设计。

(2)充当集料功能的橡胶改性沥青混合料配合比设计。

(3)寒冷地区橡胶沥青混合料级配设计。

5. 掺加废旧轮胎橡胶材料的沥青路面路用性能研究

(1)充当集料功能的橡胶沥青路面路用性能分析。

(2)充当改性材料功能的橡胶沥青路面路用性能分析。

(3)不同级配下橡胶沥青混合料指标对比分析。

6. 寒冷地区高速公路路用橡胶改性沥青现场制备及工艺

(1)工程示范概况。

(2)橡胶沥青现场生产方案。

(3)橡胶沥青现场生产工艺。

(4)橡胶沥青现场生产指标测试。

7. 掺加废旧轮胎橡胶材料的沥青路面施工工艺

(1)废旧橡胶粉改性沥青混合料搅拌工艺。

(2)橡胶颗粒沥青路面摊铺与压实工艺。

(3)橡胶沥青路面碾压工艺。

第二章 掺废旧橡胶粉的改性沥青 作用机制及路用性能分析

废旧橡胶粉改性沥青是改性沥青的一种,它是以前高温基质沥青作为废旧橡胶粉的分散剂,将一定剂量的橡胶粉、其他化学助剂与沥青在高温条件下混溶制成的一种道路材料。废旧橡胶粉的掺入改善了沥青的高低温性能及抗老化性能,提高了沥青的路用性能指标。根据美国材料实验协会(ASTM)在它的术语标准 D8 中的定义,橡胶沥青(Asphalt Rubber,简称 AR)是基质沥青、回收废旧轮胎橡胶和某些添加剂混合而成的胶结料,其中废旧橡胶粉成分至少占到结合料总量的 15%,并且与高温基质沥青充分反应,橡胶颗粒产生溶胀。研究表明,橡胶粉与高温基质沥青反应中相互作用决定橡胶沥青的性能,在反应中物理作用与化学作用共存,在这种双重作用下,橡胶沥青结合料获得良好的路用性能。本研究对掺废旧橡胶粉的改性沥青性能进行概述,对其作用原理进行分析,并结合实际情况,对橡胶沥青各方面性能的研究状况作一简述。

第一节 掺废旧橡胶粉的改性沥青性能概述

研究表明,废旧橡胶粉的加入可以明显改善沥青的高温性能、低温性能和抗老化性能等。

1. 高温性能

废旧橡胶粉的掺入,使得沥青材料的性能发生明显的变化,突出表现为针入度降低,软化点高,黏度提高,弹性恢复性能明显增强,这些表明废旧橡胶粉改性沥青的高温性能提高。沥青高温稳定性提高,对高温环境下路面的使用性能有所改善,主要表现在车辙、拥包等现象有所减少。

我国一般采用针入度、软化点、延度、弹性恢复、黏度评价废旧橡胶粉改性沥青的性能,其中黏度是橡胶沥青高温性能最重要的评价指标。研究表明,黏度随废旧橡胶粉掺量的增加而提高,相对较粗的废旧橡胶粉改性沥青,可提高路面抗车辙能力。这主要是因为废旧橡胶粉的掺入,改变了沥青的流动性,使得沥青黏度提高,

变得不易流动,再加上橡胶粉本身所具有的弹性,在高温环境下,路面的抗车辙性能有所提高。

随着经济的发展,我国对路面性能提出了更高的要求,参照美国于1992年完成的战略公路研究计划SHRP对沥青结合料进行评价。为研究不同废旧橡胶粉掺量对高温性能的影响,大连理工大学采用动态剪切流变仪测定不同废旧橡胶粉改性沥青的复剪切模量 G^* 和相位角 δ ,计算得到车辙因子值($G^*/\sin\delta$)。试验采用壳牌70号作为基质沥青,在沥青中加入15%、18%、21%及24%的胶粉,在175~185℃的温度下剪切搅拌制备橡胶沥青。图2-1是不同温度下测得的橡胶沥青车辙因子。

从图2-1可以看出,与基质沥青相比,在同一温度下废旧橡胶粉改性沥青的车辙因子均提高了很多,这说明掺加废旧橡胶粉改性的沥青高温抗车辙性能大大提高。在同一温度下,随废旧橡胶粉掺量的增加,其车辙因子的值也相应增大。但是,随着温度的增高,同一种废旧橡胶粉改性沥青的车辙因子降低。

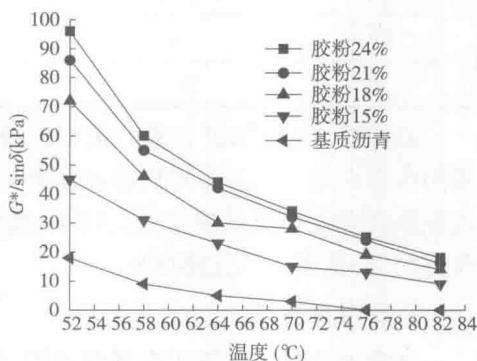


图 2-1 橡胶沥青的车辙因子

2. 低温性能

在我国针入度分级评价体系中,延度能反映沥青材料的低温性能。而废旧橡胶粉改性沥青的延度具有一定的局限性,随着废旧橡胶粉的掺入,沥青的延度随掺量的增加而降低,但这不能说明废旧橡胶粉改性沥青的低温性能不好,其延度降低是由于受到废旧橡胶粉颗粒的干扰。研究表明,废旧橡胶粉改性沥青具有很好的低温柔韧性,用相对较细的废旧橡胶粉制备改性沥青,其柔韧性更好。

武汉工业大学对不同废旧橡胶粉掺量的改性沥青的低温延度进行了试验比较,研究所采用的基质沥青为中海70号,废旧橡胶粉为40目,在180℃高温下经高速剪切1h,再搅拌30min使其发育。橡胶沥青的试验结果见表2-1。

从表2-1可以看出,废旧橡胶粉改性沥青的软化点随废旧橡胶粉掺量的增加而增大,废旧橡胶粉改性沥青的低温柔韧性优于基质沥青。延长搅拌时间也能使延度有所增加,但是胶粉的掺量达到20%时,低温性能的改善已达到极限。

研究表明:采用不同的基质沥青制备的废旧橡胶粉改性沥青,其低温性能有所差异,这可能与它们的相容性有一定的关系,同时与沥青的组分也有一定的关系。

对于芳香烃含量高的基质沥青,所制备的废旧橡胶粉改性沥青其低温延度比较大。

橡胶粉掺量对橡胶沥青的性能影响(武汉大学)

表 2-1

橡胶粉掺量(%)	软化点(℃)	5℃延度(cm)	针入度(0.1mm)	弹性恢复(%)
0	48.0	6.0	67.2	—
15	51.4	12.0	68.4	60
20	52.9	18.5	71.8	64
25	57	18.4	66.4	65
30	59.8	19.7	65.2	54

刘施岐通过 SHRP 试验对废旧橡胶粉改性沥青的低温性能进行了研究。研究采用弯曲梁流变试验来评价橡胶沥青的低温抗裂性能,试验结果表明,废旧橡胶粉改性沥青劲度模量随温度变化较小,温度敏感性小,低温劲度模量远低于一般 SBS 改性沥青,低温抗裂性能优异。

3. 抗老化性能

沥青老化是一个逐步发展的过程,它的速率直接影响路面的使用寿命,也是影响路面耐久性的主要因素。

表 2-2、表 2-3 分别为交通运输部公路科学研究所和同济大学测试不同橡胶沥青老化前后的结果。从旋转薄膜烘箱前后的针入度比可以看出,橡胶沥青老化后的针入度比大于基质沥青,且都大于 75%;其老化后的延度比较基质沥青大大提高;老化后的弹性恢复也大于 80%;老化后橡胶沥青的黏度提高;软化点比基质沥青低,说明橡胶沥青的抗老化性能优于基质沥青。

薄膜烘箱前后沥青指标

表 2-2

项 目	温度(℃)	SK AH-70 号	SK AH-70 号 +5%	SK AH-70 号 +10%	SK AH-70 号 +15%	试验路 SK AH-70 号 +15%
针入度 (0.1mm)	15	—	18.5	19.0	17.0	17.7
	25	60.75	50.3	60.3	61.7	51.0
	30	—	82.5	95.3	99.7	79.0
PI	—	—	-0.49	-1.07	-1.66	-0.59
T _{1.2} (℃)	—	—	-12.6	-10.6	-7.4	-11.8
T ₈₀₀ (℃)	—	—	52.9	49.3	47.0	52.8
软化点(℃)	—	49.3	49.6	48.8	50.0	53.7

续上表

项 目	温度(℃)	SK AH-70 号	SK AH-70 号 +5%	SK AH-70 号 +10%	SK AH-70 号 +15%	试验路 SK AH-70 号 +15%	
延度(cm)	5	—	—	—	—	12	
	15	>100	18	25	28	—	
弹性恢复	25	17%	30%	42%	36%	67%	
黏度(m ² /s)	135	4.24×10^{-4}	6.69×10^{-4}	8.12×10^{-4}	1.31×10^{-3}	2.21×10^{-3}	
TFOT 后	质量 损失(%)	—	0.00	0.06	0.05	0.14	0.12
	针入 度比(%)	25	70.0	75.1	72.9	76.2	96.1
	延度 比(%)	15	31.6	81.8	62.8	70.8	98.3
	弹性恢 复比(%)	25	—	92.6	80.8	101.4	60.0
	黏度比 (%)	135	116.2	103.7	133.7	111.0	123.9

旋转薄膜烘箱后的指标

表 2-3

项 目	70 号基质沥青	SBS	80-10M	80-17J	120-17J
TFOT 针入度比(%)	74.2	87.5	96.5	94.4	81.5
TFOT 黏度比(%)	137.9	182.6	222.2	210.7	133.7
TFOT 软化点比(%)	111.7	98.0	110.8	103.4	106.4

黄文远等人以辽河沥青为基质沥青,以废旧橡胶粉为改性剂,以糠醛抽出油为调和剂,制作废旧橡胶粉改性沥青,采用失重系数法研究基质沥青与废旧橡胶粉改性沥青的抗老化性能。研究表明,废旧橡胶粉改性沥青的抗老化性能明显优于基质沥青。

第二节 掺废旧橡胶粉的改性沥青作用原理

一、原材料组成

1. 基质沥青

沥青不是单一的物质,而是由多种化合物组成的混合物,成分极其复杂。但从

化学元素含量分析,其主要由碳(C)、氢(H)两种化学元素组成,其中,碳的含量为83%~87%,氢为11%~14%,故又称为碳氢化合物。此外,沥青中还含有少量的硫(S)、氮(N)、氧(O),以及一些金属元素钠(Na)、镍(Ni)、铁(Fe)、镁(Mg)和钙(Ca)等,它们以无机盐或氧化物的形式存在,约占5%。

科研人员在研究沥青化学组成的同时,利用沥青对不同溶剂的溶解性,将沥青分离成几个化学成分和物理性质相似的部分,这些部分称为沥青的组分。沥青中各组分的含量和性质对沥青的黏滞性、感温性、黏附性等化学性质有直接的影响。

根据试验方法的不同,沥青可以分离成以下几种组分:

(1)二组分:沥青分为沥青质和可溶质(软沥青质)两种组分。

(2)三组分:沥青分为沥青质、油分和树脂三种组分。

(3)四组分:沥青分为沥青质、饱和分、芳香分和胶质四种组分。

(4)五组分:按罗斯特勒提出的分离法,沥青可分为沥青质、氨基、第一酸性分、第二酸性分和链烷分五种组分。

我国目前广泛采用四组分分析方法,该法已于1978年列入美国材料试验协会(ASTM)推荐方法。沥青的四组分为沥青质、饱和分、芳香分和胶质。

(1)沥青质:沥青质是复杂的芳香物材料,分子量在1 000~100 000之间,在沥青中的含量一般为5%~25%,具有很强的极性。沥青质的含量对沥青的黏度、温度稳定性、流变性能有很大的影响。

(2)胶质:胶质是棕色的固体或半固体的黄色至褐色的黏稠状物质,分子量在500~50 000之间,在沥青中的含量为15%~30%,其极性极强,这一特性使得胶质具有很好的黏附力。它是沥青质的扩散剂同时也是胶溶剂,胶质与沥青质的比例在一定程度上决定了沥青的胶体结构,即沥青是溶胶型或凝胶型。胶质赋予沥青以可塑性、流动性和黏结性,对沥青的延性、黏结力有很大的影响。

(3)芳香分:芳香分占沥青总重的40%~60%,平均分子量在300~2 000内,是深棕色的黏稠液体,由非极性的碳链组成,对其他高分子烃类具有很强的溶解能力。芳香分是胶溶沥青质的主要分散介质,对沥青质和胶质有很强的溶解能力。

(4)饱和分:饱和分在沥青中占5%~20%,由直链烃和支链烃组成,平均分子量为300~600,是非极性稠状油类,其主要成分包括蜡质及非蜡质的饱和分,饱和分含量高会使沥青的黏度降低。我国大部分沥青来自于石蜡基原油,基质沥青中蜡含量较高,石蜡对沥青的温度敏感性有较大影响,使得沥青高温易变形,低温易开裂,同时还影响沥青与石料的黏附性能。

2. 废旧轮胎橡胶粉

道路工程中所用的废旧橡胶粉是指熟橡胶粉,同时也称作硫化橡胶。硫化橡胶与生橡胶的主要区别在于硫化橡胶中的分子形成网链结构,整个一块橡胶可以看成是由许多分子网链构成的三维空间立体结构。这种结构一般条件下十分稳定。胶粉就是由这种空间网络结构组成的。但胶粉的结构与轮胎的结构又有区别:

(1)在体积上,胶粉的空间网络结构较轮胎要小得多,整个轮胎可以看成是由一个空间网组成。

(2)在内部结构上,胶粉是经过化学或机械加工制成,所以其空间网络结构中的S—C键有部分被破坏,交联密度降低,不如轮胎中的网络完整。

(3)在表面上,轮胎经过粉碎以后制成的胶粉,其表面不如轮胎光滑,由于经过化学或机械作用,胶粉的表面是由空间网络破坏后形成的网络端组成的,其表面呈不规则的毛刺状且布满微观裂纹。

二、废旧橡胶粉改性沥青作用原理

废旧橡胶粉与沥青之间的相互作用是一种十分复杂的现象,目前的研究成果主要有物理共混说、化学共混说、网络填充说等。各自的研究学说都有其特点,但都涉及橡胶沥青反应机制,橡胶沥青反应机制如图2-2所示。

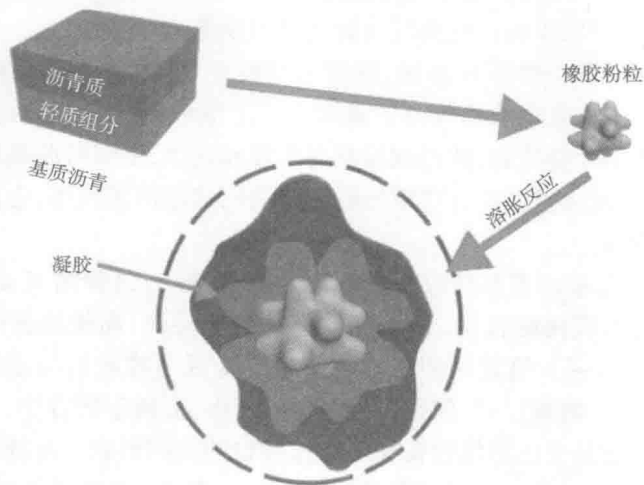


图2-2 橡胶沥青反应机制

1. 物理共混说

旧胶粉与高温基质沥青的物理作用主要表现在橡胶粉的溶解及吸附溶胀、橡胶粉颗粒的增强与填充作用。

沥青分为沥青质、饱和分、芳香分和胶质四个组分,橡胶粉是一种固态的高分子聚合物,因为橡胶粉与沥青具有相似的结构形态和极性,所以两者有很好的相容性。胶粉在沥青中的溶解并不是像布朗运动一样,分子不停地扩散,最终溶解,而是在沥青中分散成丝状与沥青质胶团均匀地分布在沥青油分中,油分中的蜡组分逐渐扩散进入到橡胶链段空隙中,使橡胶链松动、脱离,发生部分溶解。沥青中芳香分和饱和分是轻质油分,在高温、机械力的作用下,橡胶粉会吸收基质沥青中的轻质油分,体积逐步变大,产生溶胀。橡胶粉与沥青混合后,在两者物理改性作用下,由于橡胶粉吸收了沥青中的低分子油分,使沥青变得具有黏性,再加上橡胶粉本身是固体颗粒,具有很好的热稳定性,不易流动,加入到基质沥青后,使沥青的流动性下降、弹性性能增强,从而改变基质沥青的性能。

2. 化学共混说

橡胶粉是黏性体(天然橡胶和人工合成橡胶)与硫化剂(硫、过氧化物等)、硫化活化剂(硬脂酸等)、炭黑、油分、增塑剂和添加剂(抗氧化剂、抗臭氧剂等)等发生化学变化,形成的弹性体。因为橡胶粉是固体颗粒,形状不规则,所以在与沥青充分混合时,需要不停搅拌,这样使高温机械搅拌后的溶胀橡胶颗粒均匀地悬浮分散在沥青中,不会导致胶粉出现离析或者抱团的现象。

在高温基质沥青与橡胶粉溶胀、反应的过程中,伴随有胶粉颗粒的脱硫和解聚,高温搅拌时,原本巨大的橡胶分子结构发生适度氧化解聚,最后变成许多连续的网状结构和小部分链状物,使得胶粉获得塑性和黏性,但同时脱硫和降解增加了沥青本身的黏度,使得橡胶沥青中部分橡胶粉的网状结构被破坏,也使得部分橡胶粉失去原有的弹性。

Navarro 等将橡胶沥青和橡胶粉分别溶于四氢呋喃,试验结果表明,所得到的不溶物为含炭黑的硫化链状物;橡胶粉有 89% 的不溶物,而橡胶粉改性沥青约有 85% 的不溶物(表 2-4),这就说明不溶物的减少是因为橡胶粉与基质沥青在混合过程中发生了脱硫、解聚反应,使得橡胶粉颗粒变小,溶解于沥青中。由此说明,橡胶沥青的流变性能是受已溶橡胶粉和不溶橡胶粉的共同影响。对滤出不溶物的沥青进行试验发现,其黏弹性较基质沥青有所增强。然而,机械谱图的流动区表明,高温时不溶的橡胶粉对沥青黏弹性的影响更为显著,能明显提高沥青的黏弹性,改变沥青的性能。