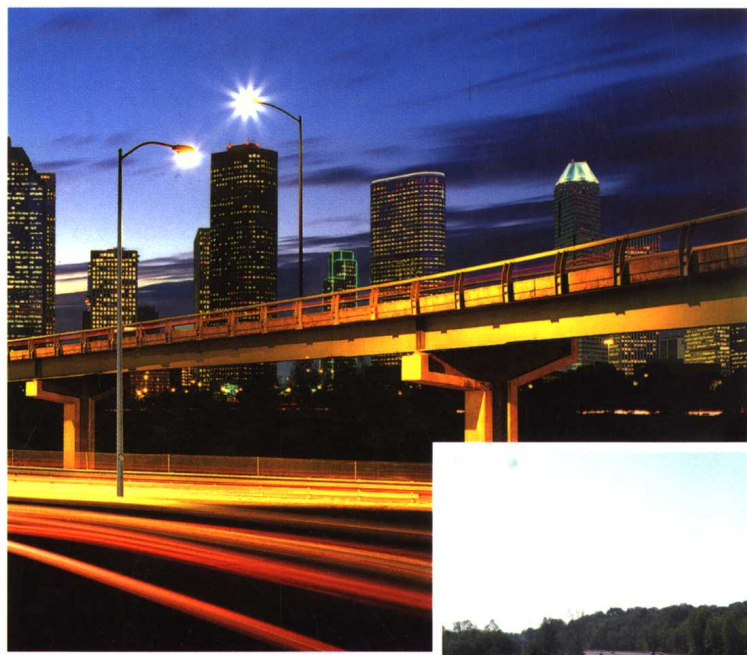


杨 军 等编著

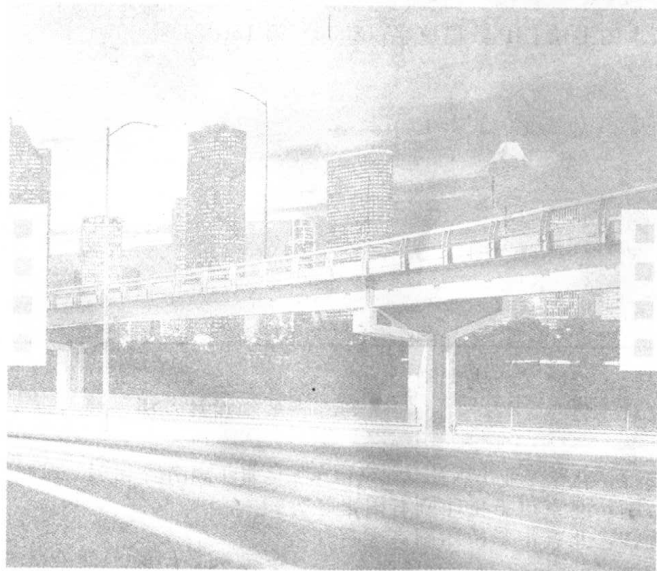
聚合物 改性沥青



化学工业出版社

聚合物改性沥青

杨 军 等编著



化学工业出版社

·北京·

聚合物改性沥青在道路工程、土木工程等多方面的应用越来越广泛，对其改性机理的认识、制造工艺的研究，以及性能评价方法的探讨，一直是相关领域研究的重点和热点。

本书主要介绍了三种典型的聚合物改性沥青的性能、制造工艺，聚合物改性剂与沥青相容性的评价方法，聚合物改性沥青的性能评价方法及工程应用，道路聚合物改性沥青的设计，最后阐述了聚合物改性沥青的环保效应等技术。

本书可供从事公路、土木等相关领域的有关技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

聚合物改性沥青/杨军等编著. —北京: 化学

工业出版社, 2006. 12

ISBN 978-7-5025-9289-9

I. 聚… II. 杨… III. 高聚物-改性沥青

IV. TE626. 8

中图版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 150921 号

责任编辑: 李晓文 仇志刚

责任校对: 蒋宇

装帧设计: 潘峰

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京市彩桥印刷有限责任公司

装订: 北京市彩桥印刷有限责任公司

850mm×1163mm 1/32 印张 10¼ 字数 284 千字

2007 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

普通道路沥青由于自身的组成和结构决定了其感温性能差，弹性和耐老化性能差，高温易流淌，低温易脆裂，难以满足高等级公路的使用要求，必须对其改性以改善使用性能。从 19 世纪 70 年代开始，世界各国对改性沥青技术进行了广泛的研究和应用，已成为道路材料的热点。20 世纪 80 年代，道路改性沥青技术在欧美等发达国家已经比较成熟，据不完全统计，1991 年欧洲聚合物改性沥青使用总量就为 52.5 万吨，日本 1993 年使用改性沥青达 21.2 万吨。通过国内外大量工程实践的积累和比较，由于聚合物与沥青的良好相容性，聚合物改性沥青的良好性能突现出来，20 世纪 90 年代初，德国、日本等国家在沥青路面、桥面沥青铺装、黏结层等相关技术规范中就明确确定必须使用聚合物改性沥青，其在工程中的应用量越来越多。我国对聚合物改性道路沥青技术的研究起步较晚，到 20 世纪 80 年代末，改性道路沥青技术仍处于试验阶段或小规模应用阶段。自 20 世纪 90 年代初交通部重庆公路科研所与协作单位研制成功第一台橡胶改性沥青生产设备，并在广深一级汽车专用路成功地铺筑第一条橡胶改性沥青路面，以及 1994 年首都机场高速公路首次采用改性沥青作为路面铺设材料以后，我国聚合物改性沥青在高等级公路中应用才越来越多，2002 年用于高速公路和高等级公路的聚合物改性沥青使用量近 50 万吨。

聚合物改性沥青的推广应用，不仅是提高路面质量、发展高性能沥青面层的需要，同时也是环境保护及道路养护的需要。随着新的公路网的规划和城市化的建设，以及环保型公路、城市的推进，性能良好的、新型的、环保型的聚合物改性沥青技术必将得到越来越广泛的研究和应用。为此，作者总结了多年的研究成果，又参考了国内外相关资料，编著了本书，为广大工程人员在使用改性沥青

的过程中提供一些参考。

本书介绍了三种典型的聚合物改性沥青的性能、制造工艺，聚合物改性剂与沥青相容性的评价方法，聚合物改性沥青的性能评价方法及工程应用，道路聚合物改性沥青的设计等。

在东南大学交通学院道路与铁道工程专业众多博士生、硕士生的大力支持和帮助下，本书得以完成。本书的第一章由杨军、陈先华（2003级博士生）、潘友强（2003级硕士生）撰写，第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章分别由2003级博士生高雪池、贾朝霞、朱海波、陈先华、张玉宏、曹荣吉撰写，第八章由李新发（2002级硕士生）、戴鹏（2005级硕士生）共同撰写，第九章由陈团结（2003级博士生）撰写，第十章由薛国强（2003级博士生）、袁登全（2003级硕士生）、尹朝恩（2005级硕士生）共同撰写。全书由杨军复核与统稿。在编著过程中，崔娟（2004级硕士生）、尹朝恩、戴鹏、丛菱（2006级硕士生）、陈志伟（2006级硕士生）等在章节梳理、图表修订等方面做了大量细致的工作。感谢他（她）们的辛勤劳动！

当今科学技术发展突飞猛进，本书不可能反映所有的最新成果和信息，同时，限于作者的水平，不当之处也在所难免，恳请广大读者不吝指正，不胜感谢！

杨 军

于南京东南大学

二〇〇六年十月

目 录

第一章 概述	1
第一节 改性沥青	1
一、改性沥青的发展	1
二、改性沥青的分类	3
第二节 聚合物改性沥青	6
一、聚合物改性沥青的应用动向	6
二、几种典型的改性剂	11
三、聚合物改性沥青的制备工艺	13
四、聚合物改性沥青的性能评价	15
第三节 改性沥青的发展方向	24
参考文献	25
第二章 热塑性树脂类改性沥青	26
第一节 改性剂的基本性能	26
一、聚乙烯 (PE)	26
二、聚丙烯 (PP)	29
三、乙烯-乙酸乙烯酯共聚物 (EVA)	30
四、聚氯乙烯 (PVC)	32
五、APAO 改性剂	33
第二节 热塑性树脂类改性沥青基本性能	33
一、聚乙烯 (PE) 改性沥青	33
二、聚丙烯 (PP) 改性沥青	37
三、乙烯-乙酸乙烯树脂 (EVA) 沥青	38
四、APAO 改性沥青	41
参考文献	42
第三章 橡胶类改性沥青	43

第一节 常用的橡胶改性剂	43
第二节 改性剂的基本性能	43
一、丁苯橡胶 (SBR)	43
二、氯丁橡胶 (CR)	44
三、天然橡胶 (NR)	47
第三节 橡胶类改性沥青基本性能	48
一、丁苯橡胶 (SBR) 改性沥青	48
二、氯丁橡胶 (CR) 改性沥青	52
三、天然橡胶 (NR) 改性沥青	55
参考文献	56
第四章 热塑性橡胶类改性沥青	57
第一节 常用的热塑性橡胶改性剂	57
一、SBS 改性剂	58
二、SIS 改性剂	60
第二节 改性剂的基本性能	60
一、SBS 改性剂的基本性能	60
二、SIS 改性剂的基本性能	67
第三节 热塑性橡胶类改性沥青基本性能	68
一、SBS 改性沥青基本性能	68
二、SIS 橡胶沥青基本性能	82
参考文献	83
第五章 聚合物改性剂与基质沥青的相容性	84
第一节 聚合物改性沥青的相容性与分离	84
一、聚合物共混改性的基本理论	84
二、聚合物相容性理论的现状	86
三、聚合物改性沥青的分离	88
第二节 相容性与沥青组成的关系	89
一、沥青的组成	89
二、沥青的胶体结构	91
三、沥青的组分与相容性的关系	92
第三节 聚合物与基质沥青相容性的判断	94
一、热力学方法	95

二、玻璃化转变法	96
三、红外光谱法	98
四、黏度法	98
五、其他方法	99
第四节 聚合物改性沥青的增容措施	99
一、相容性原则	99
二、聚合物改性沥青增容技术	101
参考文献	104
第六章 改性沥青的生产	105
第一节 改性沥青的制作方式	105
第二节 母体法	106
第三节 直接投入法	107
第四节 机械搅拌法	110
第五节 胶体磨法和高速剪切法	111
第六节 改性沥青的质量控制	117
参考文献	118
第七章 聚合物改性沥青的性能评价	119
第一节 聚合物改性沥青的感温性能	120
一、针入度指数 PI	122
二、针入度黏度指数 PVN	126
三、黏温指数 VTS	127
第二节 聚合物改性沥青的高温性能	129
一、改性沥青的软化点	129
二、改性沥青的黏度	132
三、动态剪切试验	140
四、零剪切黏度	143
五、蠕变柔量的黏性分量	145
第三节 聚合物改性沥青的低温性能	146
一、改性沥青的延度	147
二、测力延度试验	150
三、弯曲梁流变试验	150
四、直接拉伸试验 (DTT)	155

第四节	聚合物改性沥青的疲劳性能	157
第五节	聚合物改性沥青的稳定性与耐久性	159
第六节	聚合物改性沥青与集料的黏附性	164
一、	水煮法	166
二、	水浸法试验	167
三、	光电比色法	169
四、	溶剂洗脱法	170
五、	评价改性沥青和石料低温黏结力的板冲击试验	171
第七节	聚合物改性沥青的其他性能	172
一、	弹性恢复（回弹）	172
二、	黏韧性试验	174
三、	改性沥青和沥青混合料的老化试验	176
	参考文献	182
第八章	聚合物改性沥青的应用	184
第一节	聚合物改性沥青在道路工程中的应用	184
一、	在高速公路上的应用	184
二、	在道路改建（善）工程中的应用	202
第二节	聚合物改性沥青在桥面铺装中的应用	227
一、	聚合物改性沥青在铺装层结合料中的应用	229
二、	聚合物改性沥青在防水黏结层中的应用	238
第三节	聚合物改性沥青在建筑工程中的应用	242
一、	改性沥青防水卷材	243
二、	改性沥青防水涂料	244
	参考文献	245
第九章	聚合物改性沥青的设计	248
第一节	聚合物改性沥青设计思路	248
一、	聚合物改性沥青的机理	250
二、	聚合物改性剂与沥青材料的相容性	256
三、	聚合物改性剂的选择	261
四、	沥青的选择	265
五、	改性剂剂量的选择	267
第二节	聚合物改性沥青设计实例	269

一、SBS 改性沥青设计实例	269
二、SBR 改性沥青设计实例	274
三、橡胶粉改性沥青设计实例	277
四、PE 改性沥青设计实例	282
参考文献	286
第十章 聚合物改性沥青新技术	289
第一节 复合改性沥青的应用	289
一、复合改性沥青	289
二、复合改性沥青工程应用实例	300
第二节 聚合物改性沥青的环保效应	305
一、概述	305
二、用废旧材料改性沥青	306
三、聚合物改性沥青用于低噪声路面	310
参考文献	315

第一章 概 述

第一节 改性沥青

沥青材料具有优良的路用性能，而且资源丰富，价格低廉，因此在高等级路面上得到广泛应用。但由于沥青分子量较小且分布较宽，其力学性能对温度敏感性大，低温易变脆，高温易流淌，弹性和耐老化性能也较差。而随着社会经济的不断发展，道路交通量越来越大，车辆轴载越来越重，这对沥青的性能要求也越来越高。

良好的基本设计、分阶段建设和定时养护使沥青混凝土道路不但能满足所有规定的要求，并且提供了高水准的安全和舒适，但是在重载比较严重的路段实际产生的破坏要比一般路段严重得多。如果要使整条道路具有同样的设计使用寿命，那就要对这些路段进行特殊设计、使用特殊材料。所以世界各国均投入大量的人力物力以求改善沥青的使用性能，提高道路的服务水平。在沥青中掺加各种性能优良、价格适中的改性剂，是改善沥青性能比较有效的方法。

所谓改性沥青，按照我国《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)的定义，是指“参加橡胶、树脂、高分子聚合物、天然沥青、磨细的橡胶粉或其他材料等外掺剂(改性剂)，使沥青或沥青混合料的性能得以改善而制成的沥青结合料。”改性剂是指“在沥青或沥青混合料中加入的天然的或人工合成的有机或无机材料，可熔融、分散在沥青中，改善或提高沥青路面性能的材料。”

一、改性沥青的发展

1. 改性沥青在国外的发展

国外利用各种改性剂对沥青进行改性有很久的历史。19世纪中期就利用硫化的方法，即用硫黄与沥青共混，使沥青的针入度降

低、软化点升高；1910年又发明了沥青中添加煤油等轻油来改善沥青的使用性能。而且聚合物改性沥青的历史则可追溯到19世纪初期，英国在1873年公布的专利中就提到了橡胶改性沥青。法国在1902年修筑了掺有橡胶的沥青路面。约在1936年，荷兰人从阿姆斯特丹至海牙铺筑了一条橡胶沥青路面，在使用坦克等重型机械的苛刻条件下，经受了第二次世界大战中繁重的军事运输，却意外地良好，引起了人们广泛的兴趣和较高的评价。英国于1937年修筑了采用掺有橡胶的碾压式沥青混凝土作为表面磨耗层的路面。

在亚洲，早在1952年，日本人就在东京都的祝田桥附近首次用橡胶沥青（当时使用的是天然橡胶粉末）进行了试验施工，1983年又开始用橡胶沥青及掺橡胶和热塑性树脂沥青铺设本洲-四国大桥的钢桥桥面，1985年，前后由建设省土木研究所的土木研究中心和日本橡胶沥青协会共同研究开发了橡胶沥青“筑波Ⅰ号”。1985年，日本使用“筑波Ⅰ号”进行首次施工，1986年又以日本西部为中心，选择了18个工点铺筑了试验路，其结果也表明“筑波Ⅰ号”路用性能达到了预期目标。近年来，日本利用自有技术和壳牌技术研究SBS等多种改性剂，研制出多孔隙沥青混合料TPS，并将技术推广应用于排水面层沥青路面的铺筑。

近50年来，国外改性沥青的发展大体经历了以下几个阶段。

(1) 1950~1960年，沥青改性材料主要是天然橡胶粉或胶乳，通过直接掺入沥青混合料中拌和或预混为天然橡胶沥青使用。

(2) 1960~1970年，丁苯合成橡胶（SBR）改性沥青试验成功，一般采用胶乳形式直接在混合料拌和过程中按比例现场掺配使用。

(3) 1971~1988年，除合成橡胶继续应用外，热塑性树脂（EVA、EEA、PE）得到了广泛的应用。在路面工程中，改性沥青由“特殊材料”变为“一般材料”。

(4) 1988年至今，由于高性能面层、重载交通和桥面、沥青再生等功能需要，SBS优良的改性效果为国际公认，逐渐替代EVA等成为主导改性材料。

2. 改性沥青在我国的发展

20世纪60年代以前，沥青路面仅用于城市道路和专用公路，

沥青材料主要是煤沥青和用进口原油提炼的石油沥青。20世纪70年代前后，在全国范围内曾采用渣油吹氧稠化、掺配特立尼达（TLA）或阿尔巴尼亚稠沥青等改性的方法，提高结合料稠度，配制成200号沥青铺筑以表面处治为主的沥青面层。我国在这个领域内起步较晚。自20世纪70年代末期，交通部科研所、上海同济大学以及黑龙江、江苏、江西和广东等地的有关部门先后开展了利用废橡胶改善沥青性能的研究，同济大学还进行用再生胶胶乳改善沥青性能的研究工作。1985年国内开展了沥青中掺丁苯、氯丁橡胶、废轮胎粉等改性沥青和掺金属皂等改善混合料性能的研究试验工作，取得了成功的经验。自从20世纪90年代初交通部重庆公路科学研究所与协作单位研制成功第一台橡胶改性沥青生产设备，并在广深一级汽车专用路成功地铺筑第一条橡胶改性沥青路面，及1994年首都机场高速公路首次采用改性沥青作为路面铺设材料以后，才揭开了我国聚合物改性沥青在高等级公路中应用的序幕。1992年Novophalt PE现场改性技术的引入，对改性沥青的推广应用起到了促进作用，使改性沥青从研究试验逐步发展到生产应用。

二、改性沥青的分类

关于改性沥青的分类，国际上并没有统一的分类标准。

1. 从广义上划分

根据不同目的所采取的改性沥青可汇总于图1-1。

2. 从狭义上划分

现在所指道路改性沥青一般是指聚合物改性沥青，简称PMA、PMB或PmB。用于改性的聚合物种类也很多，按照改性剂的不同，一般将其分为三类。

(1) 热塑性橡胶类 即热塑性弹性体，主要是苯乙烯类嵌段共聚物。如苯乙烯-丁二烯-苯乙烯（SBS0）、苯乙烯-异戊二烯（SIS）、苯乙烯-聚乙烯/丁基-聚乙烯（SE/BS）等嵌段共聚物，由于它们兼具橡胶和树脂两类改性沥青的结构与性质，故也称为橡胶树脂类。属于热塑性橡胶类的还有聚酯弹性体、聚乙烯丁基橡胶浆聚合物、聚烯烃弹性体等。SBS由于具有良好的弹性（变形的自恢

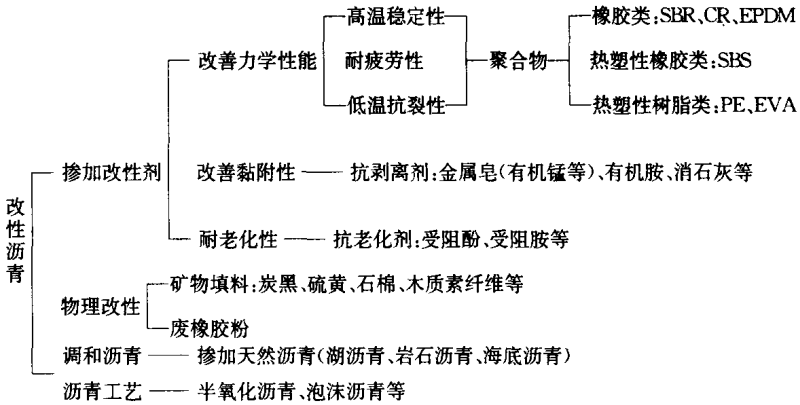


图 1-1 改性沥青分类

复性及裂缝的自愈性)，故已成为目前世界上最为普遍使用的道路沥青改性剂。

(2) 橡胶类 如天然橡胶 (NR)、丁苯橡胶 (SBR)、氯丁橡胶 (CR)、丁二烯橡胶 (BR)、异戊二烯 (IR)、乙丙橡胶 (EPDM)、异丁烯异戊二烯共聚物 (IIR)、苯乙烯-异戊二烯橡胶 (SIR) 等，还有硅橡胶 (SR)、氟橡胶 (FR) 等。其中 SBR 是世界上应用最为广泛的改性剂之一，尤其是胶乳形式的使用越来越广泛。氯丁橡胶 (CR) 具有极性，常掺入煤沥青中使用，已成为煤沥青的改性剂。

(3) 树脂类 热塑性树脂，如乙烯-乙酸乙烯酯共聚物 (EVA)、聚乙烯 (PE)、无规聚丙烯 (APP)、聚氯乙烯 (PVC)、聚苯乙烯 (PS)、聚酰胺等，还包括乙烯-甲基丙烯酸共聚物 (EEA)、聚丙烯 (PP)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS) 等。热固性树脂也可作为改性剂使用，如环氧树脂 (EP) 等。EVA 由于其乙酸乙烯的含量及熔融指数 MI 的不同，分为许多牌号，不同品种的 EVA 改性沥青的性能有较大的差别。无规聚丙烯 APP 由于价格低廉，用于改性沥青油毡较多，其缺点是与石料的黏结力较小。

上述聚合物的名称均由国家标准或石化行业标准规定，如“合成橡胶命名”(GB 5576—85)、“乙烯-乙酸乙烯酯共聚物 (E/VAC)

命名”(SH 1052—91)等。

3. 按工艺分类

在改性沥青混合料中,按改性材料掺配工艺不同可分为两类改性沥青。

(1) 预混型 将改性材料用工厂或现场加工的方法,预先混入基质沥青中,制成改性沥青成品,再按一般沥青混合料的生产工艺生产改性沥青混合料。该法优点是基质沥青和改性剂混合均匀,质量容易控制,是常用的改性沥青类型。

(2) 现场拌和型 将粉剂或乳化剂改性材料,在沥青混合料拌和过程中直接按比例加入拌和容器中,一般用先喷沥青再加改性剂的拌和程序,因此严格来说得到的是掺有改性剂的沥青混合料,并非使用了改性沥青。由于乳液中常含有 50%左右的水分,在拌和过程中水分的蒸发会降低混合料温度,加之乳液水蒸气对机具的腐蚀作用,因此现场拌和型的应用已趋减少。

4. 按路用性能分类

由于现已将热塑性树脂改称为热塑性弹性体,加之高性能复合改性沥青的开发,往往已不能简单地用改性材料表征沥青混合料的特性,因此国际上有的国家(如日本)发展出按性能要求分类的方法。改性沥青按路用性的分类见表 1-1。

表 1-1 改性沥青按路用性能分类

类 型		特 征 和 用 途
半氧化沥青		耐流动
I 型改性沥青		防滑、耐磨耗、减少低温开裂
II 型改性沥青		防滑、耐磨耗、耐流动
高黏度改性沥青		排水、透水性、低噪声路面
特殊 改 性 沥 青	超重交通用改性沥青	耐流动
	高黏附性改性沥青	水泥混凝土桥面
	钢桥面用改性沥青	高柔性、耐流动
	薄层路面用改性沥青	薄层沥青面层用
	再生用改性沥青	再生混合料用
	热硬化改性沥青(环氧树脂)	钢桥用耐流动排水性面层
硬质沥青(天然沥青)		钢桥面用

第二节 聚合物改性沥青

在沥青的改性材料中，高分子聚合物是应用最广泛，也是研究最集中的一种。其他改性剂还有两类：一类是矿物类填料，如石灰、水泥、炭黑、硫黄、木质素、石棉和炭棉等，这类材料对沥青进行物理改性，可提高沥青抗磨耗性、内聚力和耐候性；另一类是添加剂，包括抗氧化剂和抗剥剂，如有机酸皂、胺型或酚型抗氧化剂或阴、阳离子型或非离子型表面活性剂，这类材料可提高沥青黏附性、耐老化或抗氧化能力。上述两种改性剂都不常用。

聚合物改性沥青的主要作用有以下几方面：

- 在低温条件下使路面变软，减少低温开裂；
- 在高温条件下使路面变硬，减少车辙；
- 降低摊铺温度下混合料的黏度；
- 提高混合料的强度和稳定性；
- 提高路面的抗磨耗性能；
- 改进路面的抗疲劳性能；
- 提高路面的抗氧化和抗老化性能；
- 减少路面结构的厚度；
- 降低路面寿命周期费用。

一、聚合物改性沥青的应用动向

(一) 国外情况

对于聚合物改性沥青，首先是由 Whiting 于 1873 年申请了专利，他在沥青中加入了 1% 的古塔波胶乳。1884 年，英国公布了在沥青中掺入橡胶的专利。之后，英国、法国建设了许多试验路段以验证聚合物改性沥青路面的效果。从此，使用聚合物改性沥青作为路面材料开始被重视。19 世纪中期英国、法国、荷兰等国已开始将聚合物改性沥青用于道路建设中。

日本于 1952 年在东京首先用橡胶粉改性沥青铺筑试验路段，1963 年又在名古屋至神户的高速公路铺筑了丁苯橡胶改性沥青试验路段，1968 年前后将此试验路段扩展到全国，20 世纪 70 年代后

该项研究进入高潮，先后开发出改性Ⅰ型、Ⅱ型和“筑波Ⅰ号”等改性沥青产品。在1985年橡胶改性沥青产量已达9万多吨，主要用于重要道路和桥梁的铺面工程。

美国1947年开始试用橡胶粉和胶乳为改性剂进行改性沥青研究，1968年在犹他州铺筑了丁苯胶乳改性沥青试验路，至20世纪80年代已铺筑丁苯胶乳改性沥青路5000多公里。美国在20世纪80年代制定了战略公路研究计划（Strategic Highway Research Program）简称SHRP，投入了大量的资金来解决当时沥青路面所存在的问题。

20世纪60年代，开始研究并推广使用热固性聚合物。关于热固性树脂即环氧树脂EP，由于其优秀的耐疲劳性能与耐久性以及接近于混凝土的强度与刚度，近年来在国外被广泛用作正交异性钢桥的桥面铺装。1967年环氧树脂沥青混合料首次用作美国San Mateo-Hayward大桥正交异性钢板桥面的铺装层。近三十年来使用这种材料进行钢桥面铺装的國家主要有美国、加拿大、荷兰和澳大利亚，其中美国应用最为广泛。

日本多将掺聚合物沥青作为沥青混合料的黏结剂使用，而欧美国家则生产橡胶和嵌段共聚物的乳浊液，用作碎石（或石屑）封层和稀浆封层等薄膜维修施工中的黏结剂。表1-2列述改性沥青在欧美一些主要國家的应用动向。

表 1-2 国外改性沥青的应用动向

种 类	用 途	改 性 效 果	主要使用 国家或地区	
掺 橡 胶 沥 青	天然橡胶	碎石封层、稀浆封层	提高骨料保持力、结合力、 降低感温性、供短期使用	法国、西班牙
	聚丙烯	碎石封层	改善柔性和结合力、降低 感温性	美国
	SBR	沥青混合料	改善柔性和结合力、降低 感温性、提高柔性和黏着性	欧洲、美国
	轮胎再生橡胶	将橡胶块掺入骨料	提高抗滑移性和抗疲劳性	美国
掺 嵌 段 共 聚 物 沥 青	SBS	碎石封层	改善柔性	美国
		沥青混合料	提高抗车辙凹陷	美国、日本
		松级配沥青混合料 (耐磨层)	降低感温性	欧洲、日本
		排水路面	降低噪声、提高抗滑性能	日本