

文章编号: 1005-8893(2000)03-0016-04

精细胶粉改性石油沥青材料^{*}

陶国良¹, 杨基和¹, 王占华¹, 龚方红¹, 杨洪发²

(江苏石油化工学院 化学工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 研究了精细胶粉改性沥青的主要性能。实验表明, 胶粉与沥青有良好的混合性, 胶粉改性沥青的低温性能、软化点比基质沥青有很大的改善, 达到聚合物改性沥青的技术指标; 胶粉含量、添加剂及含量对胶粉改性沥青的性能有大的影响。

关键词: 精细胶粉; 基质沥青; 改性沥青; 添加剂; 材料性能

中图分类号: TQ 33; TQ 22

文献标识码: A

近几年, 我国高速公路、一级公路或一些特殊重要工程的沥青面层, 使用现行规范的重交通道路石油沥青, 其技术指标已不能满足这些工程的使用要求, 而是采用性能优越的聚合物改性沥青。我国对改性沥青的研制和应用尚处于初级阶段, 高速公路、特殊重要工程场所铺设的沥青面层, 大部分是采用进口的改性沥青。

聚合物改性沥青与普通石油沥青相比, 改性沥青具有好的耐热性和高温稳定性能、低温抗裂性能、水稳定性能和路面抗永久性变形能力, 适应地球上不同气候条件的区域的地面铺设。根据世界各地的气候条件, 按七月平均最高气温划分为夏炎热区 ($> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$)、夏热区 ($30\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)、夏凉区 ($< 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)、按年极端最低气温划分为冬严寒区 ($< -37\text{ }^{\circ}\text{C}$)、冬寒区 ($-21.5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -37\text{ }^{\circ}\text{C}$)、冬冷区 ($-9.0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$)、冬温区 ($> -9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$)。由此可见, 不同区域的温度差异很大。为使改性沥青适应不同区域温差的要求, 国内外研制、应用的改性沥青主要有三大类: 一是热塑性橡胶类, 典型的改性剂是 SBS (苯乙烯-丁二烯-苯乙烯共聚物), 它不但能改善基质沥青的低温抗开裂性能, 而且能提高基质沥青耐高温性能和热稳定性, 因而

SBS 改性沥青用途较为广泛, 但是 SBS 材料价格较高, 与沥青混融较困难, 并有离析现象产生, 因此 SBS 改性沥青的制作需用高剪切装备或胶体磨, 常常是 SBS 母料与基质沥青在铺路时现场混融和施工; 二是橡胶类, 以 SBR (丁苯橡胶) 为代表, 主要改善基质沥青的低温性能, 一般在寒冷地区使用; 三是热塑性树脂类, 以 EVA (乙烯醋酸乙烯共聚物)、PE (聚乙烯)、APP (无规聚丙烯) 为代表, 主要是改善基质沥青的耐高温性能, 适用于炎热气候的地区。精细胶粉 (主要是废旧轮胎胶粉) 按其分子结构分类应归于橡胶类改性剂, 但与常用的 SBR 改性剂有很大的区别: 其一, 胶粉是硫化胶粉, 在改性沥青中胶粉是以微小颗粒均匀分散在基质沥青之中, 利用胶粉粒子与沥青之间良好的界面粘结性能、胶粉的延伸性能和回弹性能, 提高基质沥青的低温延伸性能和抗开裂性能; 其二, 胶粉的成分复杂, 含胶量为 50% 左右, 其余是填充剂碳黑、防老剂、稳定剂、硫化剂等各种助剂; 其三, 胶粉粒子已经硫化, 橡胶分子结构呈交联结构, 在各种助剂的配合下, 老化性能、热稳定性能优越, 用做沥青改性剂, 能提高基质沥青的耐热性和热稳定性, 这是 SBR 改性剂做不到的。因此精

^{*} 收稿日期: 2000-08-04

基金项目: 江苏省科学技术厅应用基础研究项目 (BJ2000008)

作者简介: 陶国良 (1958—), 男, 江苏溧阳市人, 副教授, 从 1982 年开始从事高分子材料的改性、加工、机械、模具及工程领域的教学和科研工作, 获 3 项中国专利, 主持部、省级科研项目和省“九五”重大科技攻关项目 6 项, 出版著作 4 部, 发表论文 29 篇; 2—本院化学工程系 2000 届毕业生

细胶粉改性沥青材料的低温性能和高温性能与 SBS 改性沥青材料相仿。

精细胶粉作沥青改性剂生产改性沥青，生产工艺简便，生产成本低，胶粉与沥青混融性好；施工工艺与普通沥青施工工艺相同，不需要施工现场进行胶粉与沥青的复配和混融，不需要增添施工装备，使用方便；胶粉与其他改性剂相比，材料来源丰富，价格低廉。因此，开发精细胶粉改性沥青材料是一项利国利民、具有环保意义、综合效益优良的项目，具有十分看好的推广应用前景。

1 实验部分

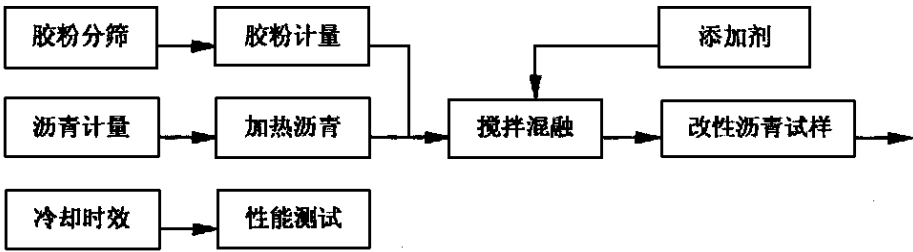


图 1 胶粉改性沥青材料制备工艺路线

1.3 性能测试方法

胶粉改性沥青材料的性能测试均按照国家有关标准进行测试。石油沥青延度测定法（GB/T 4509）、石油沥青针入度测定法（GB/T 4508）、石油沥青软化点测定法（GB/T 4507）。

2 实验结果与讨论

2.1 胶粉/基质沥青直接混融的二相体系改性沥青

胶粉与沥青直接混融时，在混融工艺上会产生较大的波动和不稳定。基质沥青在 150℃ 时粘度不大，搅拌容易，随着胶粉的添加，尽管添加的速度不快，并维持混合料的温度，但是混合料的粘度增加很大，会使搅拌转速下降，有时甚至不能搅拌，严重影响混合效果，因此必须升高搅拌温度来降低混合料的粘度，提高混融效果，这样产生的负面作用是沥青在过高的温度下易氧化降解，降低基质沥青的性能。在胶粉与沥青直接混融时，混合料开始搅拌温度与终了搅拌温度之差达 30℃ 左右，搅拌速度不稳定，而且混合料表面较粗糙。表 1 是胶粉

1.1 主要原料

石油沥青，牌号 AH-90，江苏泰州石油化工总厂；精细胶粉（80 目），江阴市超细胶粉厂；添加剂（A、B、C、D、E、G）、120 # 溶剂油，为市售和自己配制。

1.2 工艺路线

胶粉改性沥青材料制备的工艺路线图 1 所示。

与沥青直接混融的改性沥青的性能测试数据。从表 1 中可以看出，二相体系的胶粉改性沥青的延度增加一些，但达不到聚合物改性沥青的技术标准，软化点提高 10℃，这是十分有益，而针入度下降较多。这是因为轮胎胶粉的橡胶成分主要是天然橡胶和丁苯橡胶，它们与基质沥青的相容性一般，混融后胶粉粒子分散在基质沥青之中，形成海岛结构^[1]，但胶粉粒子与沥青界面的粘结性能不佳，再则沥青在低温时呈脆性，所以 5℃ 延度试验时，在拉伸力的作用下，胶粉粒子和界面受到拉伸应力作用，使胶粉与沥青界面易被破坏，产生裂纹、剥离和断裂现象，胶粉粒子的延伸性得不到发挥或仅有少许作用，因而改性沥青的低温性能改善不大。胶粉粒子是固体颗粒，分子结构呈交联网状结构，耐热性和热稳定性好，但不具有流动性，添加到基质沥青中，一定导致改性沥青的流动性下降，体现出改性沥青的针入度下降，而改性沥青的软化点提高。

表 1 20% 胶粉与沥青直接混融二相体系改性沥青的性能

测试项目	基质沥青	胶粉改性沥青
针入度 25℃, 100 g 5 s (0.1 mm)	143	91
延度 5℃, 5 cm/min (cm)	10	15
软化点 TR&B (℃)	43	55

80 年代, 我国一些公路部门曾经用胶粉 (40 目左右) 在施工现场直接添加到沥青材料中, 直接配制成沥青玛蹄脂碎石混合料铺设路面, 虽然一定程度上提高了沥青路面性能, 但是并不十分明显, 主要没有解决三个问题: 一是胶粉粒径过大, 应采用精细胶粉 (80 目以上); 二是胶粉与沥青界面的粘结性能; 三是添加胶粉使混合料的粘度提高很大, 给施工带来困难, 造成路面压实不足, 空隙率过大。

2.2 胶粉/基质沥青/添加剂混融的三相体系改性沥青

提高胶粉改性沥青的低温性能、耐热性能和施工性能, 达到聚合物改性沥青的技术指标^[2] (表 2), 必须改善胶粉与沥青界面的粘结性能, 改善改性沥青的流动性和表面质量, 因此对胶粉改性沥青添加适合的添加剂。

表 2 聚合物改性沥青的主要技术要求 (交通部标准 JTJ 036—98)

技术指标	SBS	SBR	EVA、PE
针入度 25 ℃, 100 g, 5 s(0.1 mm)	100~40	100~60	80~30
延度 5 ℃, 5 cm/min(cm)	50~20	60~40	—
软化点 TR&B(℃)	45~60	45~50	48~60

添加剂必须能改善胶粉与基质沥青的相容性, 提高胶粉粒子与沥青的界面性能, 同时对改性沥青起增塑作用。本实验根据沥青的主要成分和胶粉的特性, 选用和配制数种添加剂, 用于胶粉改性沥青, 其改性沥青的性能表 3 所示。从表 3 中可以看出, 不同添加剂对改性沥青性能的改善程度是不同的, 这主要是添加剂与胶粉和沥青的相容程度不同, 形成分子间的结合程度和结合力不同, 对改性沥青的增塑效果不同。在试验时, 发现增塑效果好的添加剂, 往往会限制改性沥青软化点的提高; 能提高改性沥青软化点的添加剂, 往往对改性沥青 5 ℃延度提高幅度有影响; 因此选用添加剂时, 在保证改性沥青针入度技术指标的情况下, 尽量能提高改性沥青的延度和软化点, 充分改善基质沥青的低温性能和耐热性能。采用 G 和 C 添加剂配制的胶粉改性沥青, 其主要技术指标达到 JTJ 036—98 标准中 SBS 改性沥青的技术指标。

表 3 不同添加剂胶粉改性沥青的性能

技术指标	不同添加剂					
	A	B	C	A+D	E	G
针入度 25 ℃, 100 g, 5 s(0.1 mm)	100	150	130	150	105	93
延度 5 ℃, 5 cm/min(cm)	23	27	34	25	21	36
软化点 TR&B(℃)	50	45	52	45	59	55

说明: 表 3 中胶粉与沥青的配比为 20/80; 添加剂添加量为 1%。

2.3 胶粉含量和添加剂含量对胶粉改性沥青性能的影响

胶粉的橡胶含量和胶粉含量对改性沥青的主要技术指标都有较大的影响, 胶粉的橡胶含量高, 其胶粉的力学性能、耐低温性能、伸长率和抗永久性变形性能均有不同程度的提高^[3], 对提高胶粉改性沥青的性能有益, 轮胎胶粉的胶含量一般在 43%~55%之间; 胶粉含量对胶粉改性沥青的性能有较大的影响, 胶粉含量小时, 对改性沥青性能提高不大, 所获得的胶粉改性沥青达不到技术要求。因此选用胶粉含量为 15%和 20%两组进行试验, 其实验结果表明, 胶粉含量提高, 改性沥青的延度增加, 软化点提高, 但针入度下降 (参见表 4)。在实验时发现, 不加添加剂的胶粉改性沥青, 提高胶粉含量, 对改性沥青的延度和软化点的改善甚少, 添加不同的添加剂、改变胶粉含量, 对其改性沥青性能影响程度有很大的差别。

表 4 胶粉含量对改性沥青性能的影响

测试项目	胶粉含量 15%	胶粉含量 20%
针入度 25 ℃, 100 g 5 s(0.1 mm)	105	93
延度 5 ℃, 5 cm/min(cm)	31	36
软化点 TR&B(℃)	52	55

说明: 添加剂为 G, 添加量为 1%。

添加剂的含量对胶粉改性沥青性能影响较大, 通过实验可知, 添加剂含量小于 0.5%时, 对胶粉粒子的浸润作用不足, 影响胶粉粒子与基质沥青之间的界面粘结性能, 对提高改性沥青的延度和针入度不利; 添加剂含量大于 3%时, 改性沥青在外力作用下发生相对滑移增大, 胶粉粒子高温溶胀性增加, 使改性沥青软化点下降。因此添加剂的添加量控制在 (1~2)%为佳。图 2 为添加剂 C 含量对胶粉改性沥青延度性能的影响。

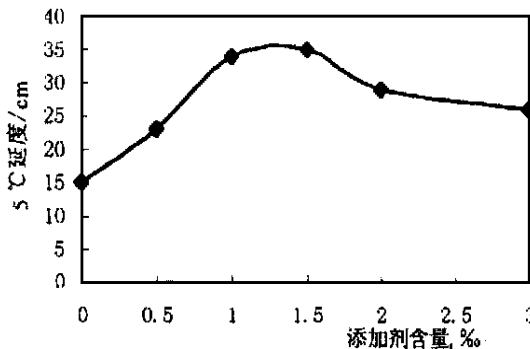


图 2 添加剂含量对改性沥青延度性能的影响

3 结 论

(1) 精细胶粉直接与基质沥青混融所获得的改性沥青, 其技术性能指标不能达到聚合物改性沥青标准要求的技术指标。

(2) 加入适量的添加剂, 精细胶粉能大大改善基质沥青的低温性能、耐热性能和流动性能, 其性能达到 SBS 改性沥青的技术指标, 而 SBR 只能改善基质沥青的低温性能, 不能提高基质沥青的软化点温度。

(3) 胶粉改性沥青随胶粉含量增加其混合料的延度增加, 软化点提高, 但针入度下降。胶粉含量以 (15~20)% 为适宜。

(4) 添加剂应与胶粉和基质沥青具有优良的相

容性; 与胶粉和基质沥青分子之间有良好的结合力, 使胶粉粒子界面具有优越的粘结性能; 对胶粉改性沥青具有增塑作用, 使改性沥青具有良好的针入度性能。

(5) 胶粉密度与基质沥青密度相近, 混融性较好。在 $(140 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的烘箱内, 胶粉改性沥青连续放置 15 天, 没有发现胶粉与沥青产生分离和沉降现象。

参考文献:

- [1] 吴培熙, 张留城. 聚合物共混改性 [M]. 北京: 中国轻工出版社, 1996. 250—286.
- [2] 交通部重庆公路科学研究所. 公路改性沥青路面施工技术规范 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1999. 10—90.
- [3] 黄发荣, 陈涛, 沈学宁. 高分子材料的循环利用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2000. 352—385.

A Study on the Fine Rubber Powder Modified Bitumen Material

TAO Guo—liang¹, YANG Ji—he¹, WANG Zhan—hua¹, GONG Fang—hong¹, YANG Hong—fa²

(1. Department of Chemical Engineering, Jiangsu Institute of Petrochemical Technology, Changzhou 213016, China)

Abstract: The major properties of the fine rubber powder modified bitumen were studied. The experiment results showed that the rubber powder and basis bitumen have good mixing property and that the low temperature property and softening temperature of the fine rubber powder modified bitumen are better than basis bitumen and meet the technical index of polymer modified bitumen. The properties of rubber powder modified bitumen are tremendously influenced by the content of rubber powder and additive.

Key words: fine rubber powder; basis bitumen; modified bitumen; additive; material properties