

废轮胎胶粉在自粘聚合物改性沥青防水卷材中的应用

董大伟¹, 江 宽², 吴大鸣¹, 李田田², 刘双旺², 张立群^{3*}

(1. 北京化工大学 机电工程学院, 北京 100029; 2. 北京路德永泰环保科技有限公司, 北京 101300; 3. 北京化工大学 材料科学与工程学院, 北京 100029)

摘要:研究废轮胎胶粉在自粘聚合物改性沥青防水卷材(自粘卷材)中的应用。结果表明,采用活化度为50%、粒径为250 μm 胶粉可作改性剂用于制备满足国家标准要求的自粘卷材,卷材适宜的配方:沥青 100,胶粉 24,苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物(SBS) 6,芳烃油 12,滑石粉 60。活化胶粉中的小分子组分与相容剂、线性化大分子橡胶组分及甲苯不可溶物与SBS作用机理类似,这3种组分可共同替代传统自粘卷材中的相容剂、胶粉及部分SBS,即采用活化胶粉可制得综合性能优异的防水卷材。

关键词:胶粉;聚合物改性沥青;苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物;防水卷材;自粘性

中图分类号: TQ330.38⁺7; TU57⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2018)12-0000-07

随着现代科技及建筑行业的发展,人们对防水卷材的质量要求与施工要求越来越高,一些高性能、环保型防水材料在工程中的应用逐渐扩展。自粘聚合物改性沥青防水卷材(自粘卷材)是一种集粘接性、密封和防水于一体的多功能防水卷材,其改性高聚物包括苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物(SBS)等。自粘卷材具有优异的抗基层变形开裂能力、抗穿刺性和穿刺自愈合性,可以常温施工且施工速度快,有利于提高工程进度,符合环保要求,因此越来越受到行业的关注和青睐^[1-4]。

胶粉是一种价格低廉的改性剂,由废轮胎加工而成,广泛用于体育塑胶运动场、橡胶地砖、防水卷材、防水涂料、公路改性沥青和橡胶制品等领域。通常胶粉的粒径越小,其改性能越好,但成本也相应增大。目前,粒径在180~380 μm 的废胶粉最为经济,应用最为广泛,不仅可以直接使用,而且可以当作原料生产再生橡胶,同时还可以活化、改性制成活化胶粉和改性胶粉^[5-7]。正是由于胶粉具有诸多优点,本工作以胶粉为主体改性材料之一,考察其用于自粘卷材的特性。

作者简介:董大伟(1982—),男,黑龙江肇东人,北京化工大学博士后,主要从事废轮胎橡胶再生利用方面的研究。

*通信联系人(zhanglq@mail.buct.edu.cn)

1 实验

1.1 主要原材料

基质沥青,中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司产品;胶粉,江阴安强高耐磨粉橡胶有限公司产品;脱硫胶粉,自制;改性剂SBS,牌号1301-1,中国石油化工股份有限公司巴陵分公司产品;芳烃油,山东孚润达化工有限公司产品;滑石粉,营口胜利矿业有限公司产品;脱硫剂二苯基二硫(DD),比利时Acros Organics公司产品;固体二氧化碳(食品级),北京绿氧天罡有限公司产品。

1.2 不同活化度脱硫胶粉的制备

取100份胶粉及定量DD和固体二氧化碳在高压反应釜中进行脱硫。用气体二氧化碳置换反应釜内的空气后,逐步升温至设定温度(升温速率为4 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$),并在设定温度下保温一定时间。保温结束后,待反应釜自然冷却至室温再缓慢释放出其中的二氧化碳,得到不同活化度的脱硫胶粉,分别记为H1, H2和H3^[8-9]。

1.3 自粘卷材试样制备

1.3.1 试验A

将100份沥青和12份芳烃油混合加热至180 $^{\circ}\text{C}$,加入6份SBS,待SBS充分溶胀之后,将温度升

至190~200 ℃,加入胶粉,保温反应3 h后加入60份滑石粉,待滑石粉分散完全,反应结束,浇模、摊铺即可。

1.3.2 试验B

将100份沥青和12份芳烃油混合加热至180 ℃,加入SBS,待SBS充分溶胀之后,将温度升至190~200 ℃,加入20份胶粉,保温反应3 h后加入60份滑石粉,待滑石粉分散完全,反应结束,浇模、摊铺即可。

1.3.3 试验C

将100份沥青和12份芳烃油混合加热至180 ℃,加入8份 SBS,待SBS充分溶胀之后,将温度升至190~200 ℃,加入20份胶粉,保温反应不同时间后加入60份滑石粉,待滑石粉分散完全,反应结束,浇模、摊铺即可。

1.3.4 试验D

将100份沥青和12份芳烃油混合加热至180 ℃,加入6份 SBS,待SBS充分溶胀之后,将温度升至190~200 ℃,加入20份不同活化度的脱硫胶粉(H1/H2/H3),保温反应3 h后加入60份滑石粉,待滑石粉分散完全,反应结束,浇模、摊铺即可。

1.3.5 试验E

将沥青和芳烃油混合加热至180 ℃,加入SBS,待SBS充分溶胀之后,将温度升至190~200 ℃,加入脱硫胶粉,保温反应3 h后加入滑石粉,待滑石粉分散完全,反应结束,浇模、摊铺即可。

不同活化度脱硫胶粉制备自粘聚合物改性沥青配方如表1所示。

表1 不同活化度脱硫胶粉制备自粘聚合物改性沥青配方 份						
组 分	配方编号					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
沥青	100	100	100	100	100	100
SBS	6	6	6	6	6	6
H1	20	20	0	0	0	0
H2	0	0	20	20	0	0
H3	0	0	0	0	20	20
芳烃油	6	0	6	0	6	0
滑石粉	60	60	60	60	60	60

1.3.6 试验F

将100份沥青加热至180 ℃,加入6份 SBS,待SBS充分溶胀之后,将温度升至190~200 ℃,加入不同用量的脱硫胶粉H2,保温反应3 h后加入60份

滑石粉,待滑石粉分散完全,反应结束,浇模、摊铺即可。

1.3.7 试验G

将脱硫胶粉H2先用丙酮、甲苯分离并干燥得到丙酮、甲苯可溶物及甲苯不可溶物,然后将沥青加热至180 ℃,加入SBS,待SBS充分溶胀之后,将温度升至190~200 ℃,加入胶粉、丙酮可溶物、甲苯可溶物以及甲苯不可溶物,保温反应3 h后加入滑石粉,待滑石粉分散完全,反应结束,浇模、摊铺即可。

采用不同改性的自粘聚合物改性沥青配方如表2所示。

表2 采用不同改性的自粘聚合物改性沥青配方 份					
组 分	配方编号				
	G1	G2	G3	G4	G5
沥青	100	100	100	100	100
SBS	6	6	0	0	2
芳烃油	12	0	12	12	12
胶粉	20	20	20	20	20
丙酮可溶物	0	12	0	0	0
甲苯可溶物	0	0	6	0	12
甲苯不可溶物	0	0	0	6	0
滑石粉	60	60	60	60	60

1.4 测试分析

1.4.1 改性沥青

(1)布氏旋转粘度(高温粘度):采用NDJ-1C型布如克菲尔德旋转粘度仪(上海昌吉地质仪器有限公司产品)测试。

(2)软化点:采用DF-4型软化点测定仪(北京蓝航中科测控技术研究所产品)测试,试验介质 水或甘油,测温范围 0~90 ℃,升温速率(5±0.5) ℃·min⁻¹。

(3)耐热性:采用101-2S型电热鼓风恒温干燥箱(北京蓝航中科测控技术研究所产品)测试,温度波动值 ±1 ℃,温度范围 50~300 ℃。

(4)保温试验:采用DX-200-40型低温试验箱(北京蓝航中科测控技术研究所产品)进行,温度范围 0~-40 ℃,控温精度 ±2 ℃。

(5)低温柔性:采用LHRD-1型防水卷材低温柔度仪(北京蓝航中科测控技术研究所产品)测试,测试速率 (360±40) mm·min⁻¹,温度 任意可调,试样尺寸 150 mm×25 mm,弯曲轴尺寸 Φ20,Φ30和Φ50。

(6) 卷材与卷材和卷材与铝板的剥离强度:采用CL-2000N型万能试验机(北京蓝航中科测控技术研究所产品)测试,测力分辨率 0.001~0.1 N,拉伸速率 20~500 mm·min⁻¹。

(7) 持粘性:使用镜面不锈钢板和1 kg的重物测试。

1.4.2 胶粉/脱硫胶粉

(1) 可溶物含量。用纱布包裹准确称量(m_1)的胶粉/脱硫胶粉,在索氏抽提器中用甲苯/丙酮抽提96 h,随后将不溶物在80 ℃的真空烘箱中干燥直至质量恒定(m_2),并计算可溶物含量。可溶物质量分数为(m_1-m_2)/ m_1 。

(2) 凝胶渗透色谱(GPC)分析。采用美国Waters公司的515-2410型GPC仪测定甲苯/丙酮可溶物的数均相对分子质量,并计算多分散指数(PDI),以四氢呋喃作流动相,聚苯乙烯作标样,测试温度为35 ℃。

2 结果与讨论

2.1 胶粉在自粘卷材中的应用

2.1.1 胶粉用量

众多生产企业采用250 μm胶粉作为制备自粘卷材的添加剂之一,为考察胶粉用量在自粘卷材中的作用效果,设计试验A,结果如表3所示。

表3 胶粉用量对自粘卷材性能的影响							
项 目	胶粉用量/份						
	0	12	16	20	24	28	
180 ℃粘度/(Pa·s)	5.4	8.7	10.2	12.5	15.7	21.0	
软化点/℃	85.6	88.7	90.3	92.5	97.4	101.0	
耐热性/℃	65	68	70	73	75	75	
低温柔性/℃	-20	-20	-20	-20	-22	-22	
剥离强度/(N·mm ⁻¹)							
卷与卷	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	1.9	
卷与板	1.4	1.5	2.5	2.7	2.9	2.8	
持粘性/min	50	55	60	>60	>60	>60	

从表3可以看出,随着胶粉用量的增大,改性沥青的高温粘度、软化点和耐热性均明显提高,低温柔性变化较小,剥离强度先增大后减小。分析认为,胶粉改性沥青的历程为物理分散溶胀与化学降解相结合^[10-15],胶粉经充分研磨后均匀分散于改性沥青体系中,吸收相容剂(芳烃油)以及沥青轻组分而发生溶胀,导致沥青体系变稠^[16],从而提

高改性沥青的高温粘度、软化点和耐热性。而SBS以微米级颗粒形式分散于改性沥青体系并形成致密的网状结构,同时可与沥青重组分携带的部分极性活性基团发生微弱的化学耦合,从而提高网状结构的稳定性。此外,胶粉发生部分化学降解,其表面形成少量的活性基团,可同时与沥青重组分以及SBS间形成微弱的化学结合,在物理和化学的综合作用下,胶粉/SBS可相对稳定地存在于沥青体系中,提高改性沥青的内聚力,其剥离强度呈升高趋势。胶粉用量过大,体系中颗粒态物质过多,导致抵抗外力的应力集中点偏多,内聚力减小,抵抗外力的能力被削弱,导致改性沥青的剥离强度下降。胶粉在体系中以交联的颗粒态形式存在,由于交联作用限制了橡胶大分子链运动能力,胶粉中的大分子橡胶不能以线性化形式分散于改性沥青中,因而胶粉达不到SBS这类线性化聚合物对低温柔性改善效果,故随着胶粉用量的增大,改性沥青的低温柔性基本保持不变。

2.1.2 SBS用量

为考察SBS用量对自粘卷材性能的影响,设计试验B,结果如表4所示。

表4 SBS用量对自粘卷材性能的影响							
项 目	SBS用量/份						
	0	2	4	6	8	10	
180 ℃粘度/(Pa·s)	3.3	8.1	10.4	12.5	15.8	19.4	
软化点/℃	67.4	82.3	90.1	92.5	103.0	109.0	
耐热性/℃	62	68	71	73	77	82	
低温柔性/℃	-15	-17	-19	-20	-24	-27	
剥离强度/(N·mm ⁻¹)							
卷与卷	0.7	1.0	1.3	1.7	2.5	2.9	
卷与板	1.4	1.8	2.5	2.7	3.5	4.1	
持粘性/min	32	42	58	>60	>60	>60	

从表4可以看出,随着SBS用量的增大,改性沥青的高温粘度、软化点、耐热性、低温柔性和剥离强度均明显提高。分析认为:随着SBS用量的增大,其吸收沥青轻组分能力增强,导致高温粘度增大;沥青体系中线性弹性体聚合物比例增大,提高了体系网络结构的强度,增强了改性沥青抵抗外力的能力,表现为改性沥青的软化点、耐热性和剥离强度大幅提高,低温柔性得到明显改善。

2.1.3 反应时间

从试验A和B的结果可以看出,单纯地增大胶

粉用量并不能明显改善自粘聚合物改性沥青的综合性能,尤其是不能明显提高低温柔性和剥离强度,胶粉在该体系中更多的是以颗粒态形式即填料形式存在,因此限制了橡胶大分子链运动能力,增加了体系的应力集中点,不利于改性沥青的性能改善。适度降解的胶粉可以改善其与沥青体系的相容性,提高改性沥青的综合性能,而适当延长反应时间可以解决上述问题。

为验证反应时间对自粘卷材综合性能的影响,设计试验C,结果如表5所示。

项 目	反应时间/h			
	3	5	7	9
180 ℃粘度/(Pa·s)	15.8	13.2	12.1	11.4
软化点/℃	103	98	95	89
耐热性/℃	77	73	70	68
低温柔性/℃	-24	-22	-20	-19
剥离强度/(N·mm ⁻¹)				
卷与卷	2.5	2.2	1.9	1.5
卷与板	3.5	2.9	2.6	2.3
持粘性/min	>60	60	55	47

从表5可以看出,随着反应时间的延长,改性沥青的高温粘度、软化点、耐热性、低温柔性和剥离强度呈下降趋势。分析认为:随着反应时间的延长,胶粉在热和氧气的作用下发生降解,而且降解程度随反应时间延长而增大,胶粉吸收沥青轻组分的能力下降,导致改性沥青的高温粘度下降;正是由于吸油溶胀能力的下降以及胶粉的脱硫降解产生少量小分子聚合物的缘故,改性沥青的软化点和耐热性下降;同时,随着反应时间的延长,SBS在热氧作用下发生老化,依据溶胀降解理论^[17],胶粉/SBS体系稳定的网状结构遭到破坏,即体系的内聚力下降,进而使改性沥青的剥离强度下降^[18]。

上述结果表明,胶粉可以作为一种改性添加剂用于制备自粘卷材,卷材适宜配方为:沥青 100,胶粉 24,SBS 6,芳烃油 12,滑石粉 60。采用该配方的自粘卷材可满足GB 23441—2009《自粘聚合物改性沥青防水卷材》要求。但由于胶粉交联态颗粒属性,其在改性沥青体系中更多的呈现填料作用,并未表现出线性化橡胶优异的低温柔性以及其内聚力效果。

2.2 脱硫胶粉在自粘性卷材中的应用

2.2.1 脱硫胶粉表征

可溶物含量是表征脱硫胶粉降解程度的核心指标,本试验以可溶物含量来表示胶粉脱硫降解程度(活化度)。橡胶可溶物又分为丙酮可溶物和甲苯可溶物,丙酮为极性小分子溶剂,可溶小分子物质对大分子物质的溶解性差;甲苯对大分子物质的溶解性较好。分别用丙酮和甲苯对脱硫胶粉的可溶物进行分离,脱硫胶粉的可溶物含量如表6所示。

表6 脱硫胶粉的可溶物含量					
项 目	SBS	250 μm 胶粉	H1	H2	H3
丙酮可溶物					
质量分数	—	0.082	0.131	0.172	0.224
数均相对分子质量	—	—	620	840	1 120
PDI	—	—	4.4	5.2	5.9
甲苯可溶物					
质量分数	0.998	—	0.139	0.392	0.548
数均相对分子质量×10 ⁻⁴	8~12	—	7.33	5.12	3.78
PDI	3.78	—	4.67	5.21	6.92

从表6可以看出,胶粉的可溶物质量分数只有0.082,这部分可溶物主要是橡胶在加工过程中添加的小分子增塑剂。H1,H2和H3为自制的不同脱硫程度的脱硫胶粉,H1的降解程度与市面上常见的脱硫胶粉类似,H2和H3为较高降解程度的脱硫胶粉,尤其是H2和H3的可溶物的相对分子质量较大。这3种脱硫胶粉的脱硫降解程度由大到小的顺序为:H3,H2,H1。

2.2.2 脱硫胶粉改性沥青

为考察不同活化度脱硫胶粉对自粘卷材性能的影响,设计试验D,结果如表7所示。

表7 不同活化度脱硫胶粉的自粘卷材性能			
项 目	H1	H2	H3
180 ℃粘度/(Pa·s)	9.3	6.4	5.1
软化点/℃	88	84	76
耐热性/℃	70	67	64
低温柔性/℃	-21	-24	-26
剥离强度/(N·mm ⁻¹)			
卷与卷	1.4	1.9	1.6
卷与板	2.5	2.9	2.6
持粘性/min	50	>60	49

从表7可以看出,随着胶粉活化度的增大,改性沥青的高温粘度、软化点和耐热性下降,低温柔性提高,而剥离强度和持粘性均先提高后下降。分析认为,由于胶粉的脱硫降解,在沥青体系中吸油溶胀能力变差,同时因降解导致的小分子含量增大,这部分小分子组分与沥青轻组分或芳烃油性质类似,因此改性沥青的高温粘度、软化点和耐热性呈下降趋势。随着胶粉的降解,其中的线性化大分子橡胶组分含量增大,这部分组分分子链运动能力与SBS类似,可充分发挥橡胶的低温柔性,因此改性沥青的低温柔性提高。胶粉活化度大到一定程度,其中的小分子组分和线性化大分子橡胶组分含量较大,相对分子质量逐渐减小,作用于改性沥青体系,其平均相对分子质量减小,内聚力下降,剥离强度减小。

从上述试验结果可以看出,选择适当活化程度的脱硫胶粉,可以明显改善自粘聚合物改性沥青的低温柔性、提高内聚力等性能。考虑到脱硫胶粉本身包含部分小分子物质组分(丙酮可溶物),这部分组分与芳烃油类似,可以达到增塑、增容等作用,因此可调整自粘聚合物改性沥青中芳烃油的用量,以进一步改善活化胶粉的应用效果。

为验证脱硫胶粉替代芳烃油对自粘卷材性能的影响,设计试验E,结果如表8所示。

表8 芳烃油对自粘卷材性能的影响						
项 目	试样编号					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
180 ℃粘度/(Pa·s)	13.6	21.0	7.6	9.2	5.5	6.6
软化点/℃	95	98	94	99	81	94
耐热性/℃	73	75	73	76	69	72
低温柔性/℃	-21	-21	-24	-24	-26	-26
剥离强度/(N·mm ⁻¹)						
卷与卷	1.9	1.9	2.4	2.5	1.8	2.2
卷与板	2.8	2.9	3.3	3.6	2.8	3.1
持粘性/min	>60	>60	>60	>60	>60	>60

从表8可以看出,与采用芳烃油的改性沥青相比,未采用芳烃油的改性沥青的高温粘度、软化点、耐热性和剥离强度均呈提高趋势。这说明脱硫胶粉中小分子组分可以替代芳烃油用于制备自粘聚合物改性沥青。从3种脱硫胶粉制备改性沥青的高温粘度看出,低活化程度脱硫胶粉的小分

子组分含量小,交联组分含量大,其吸收沥青轻组分能力较强,因此高温粘度较大。同时,由于高活化程度脱硫胶粉中的线性化大分子橡胶组分含量大,可以更好地表现其提高内聚力的作用。

由于活化程度适中的脱硫胶粉H2(活性程度为50%)用于制备改性沥青时呈现出较低的高温粘度,为探讨活化胶粉用量对自粘卷材性能的影响,设计试验F,结果如表9所示。

表9 活化胶粉用量对自粘卷材性能的影响							
项 目	H2用量/份						
	20	30	35	40	45	50	55
180 ℃粘度/(Pa·s)	9.2	11.1	11.9	13.5	14.7	15.6	17.2
软化点/℃	99	103	105	112	119	121	120
耐热性/℃	76	77	79	82	85	89	89
低温柔性/℃	-24	-25	-25	-26	-27	-28	-28
剥离强度/(N·mm ⁻¹)							
卷与卷	2.5	2.9	3.1	3.2	3.6	3.7	3.7
卷与板	3.6	3.8	4.2	4.3	4.5	4.8	4.9
持粘性/min	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60

从表9可以看出,随着脱硫胶粉H2用量的增大,改性沥青的高温粘度、软化点、耐热性、低温柔性和剥离强度均提高。分析认为:随着脱硫胶粉用量的增大,改性沥青体系中线性化橡胶大分子组分含量增大,与SBS相互缠结形成网络结构致密性增强,相应的粘滞阻力增大,体系的高温粘度提高;同时,由于与SBS相互缠结形成的网络结构强度增加,抵抗外力能力增强,导致体系的软化点和耐热性提高;正是由于体系中的线性化大分子橡胶组分含量增大,导致体系的低温柔性增强;体系中线性化大分子橡胶组分含量增大,使得体系的平均相对分子质量增大,其内聚力提高,从而提高了剥离强度。当脱硫胶粉用量增大到50份时,体系的高温粘度依然适中,说明活化胶粉可作为一种优异的改性剂用于制备自粘卷材。

上述结果表明,脱硫胶粉包含两组分:小分子组分可以替代芳烃油;线性化大分子橡胶组分可作为橡胶改性剂与SBS共同作用于自粘聚合物改性沥青,以达到优异的改性效果。

为验证活化胶粉中小分子组分和线性化大分子橡胶组分的作用,设计试验G,结果如表10

表10 采用不同改性剂的自粘聚合物改性沥青性能

项 目	配方编号				
	G1	G2	G3	G4	G5
180℃粘度/(Pa·s)	12.5	14.2	10.3	13.6	15.1
软化点/℃	92.5	95.7	89.4	95.2	98.3
耐热性/℃	73	75	71	74	76
低温柔性/℃	-20	-21	-20	-21	-23
剥离强度/(N·mm ⁻¹)					
卷与卷	1.7	1.9	1.6	1.8	2.2
卷与板	2.7	2.9	2.5	2.8	3.3
持粘性/min	>60	>60	>60	>60	>60

所示。

从表10可以看出,脱硫胶粉中小分子组分(丙酮可溶物)与芳烃油作为相容剂进行对比,改性沥青的高温粘度、软化点、耐热性和剥离强度稍有提高。这是由于小分子组分的相对分子质量比芳烃油大,因此可提高体系粘度和高低温性能等。脱硫胶粉中线性化大分子橡胶组分与SBS作为改性剂进行对比,改性沥青的综合性能稍有下降,这是由于线性化大分子橡胶组分的平均相对分子质量比SBS稍小,相对分子质量分布更宽,作用于改性沥青体系效果稍差于SBS。但从试验结果可以看出,这种线性化大分子橡胶组分可以替代大部分SBS作用于改性沥青体系并得到更优异的综合性能。脱硫胶粉中甲苯不可溶物因其高度降解,原有的三维交联网状结构基本被破坏,介于线性化与交联之间的一种状态,这种物质不同于交联态胶粉,其大分子链具备较好的运动能力,因此将其用于改性沥青体系,与SBS相比,体系的高温粘度相对较大,同时软化点、耐热性、低温柔性和剥离强度更好。

3 结论

250 μm胶粉可作为改性剂用于制备满足国家标准要求的自粘卷材,卷材适宜的配方为:沥青 100,胶粉 24,SBS 6,芳烃油 12,滑石粉 60。胶粉交联态属性限制了分子链运动能力,不能充分发挥橡胶的特性,其在改性沥青中以颗粒态填料形式存在,添加比例偏小。采用脱硫降解程度为50%的脱硫胶粉制备的自粘聚合物改性沥青性能大幅提升,活化胶粉中的小分子组分与相容剂作用机理相似,线性化大分子橡胶组分以及甲苯不可溶物与SBS作用机理类似,这3种组分可

共同替代传统自粘卷材中的相容剂、胶粉以及部分SBS,因此采用活化胶粉可制得综合性能优异的自粘卷材。

参考文献:

- [1] 陈建华,张广彬,尚华胜. 自粘聚合物改性沥青聚酯胎防水卷材的研制[J]. 石油沥青,2007,21(2):22-25.
- [2] 王洪立,马善泉. 新型自粘防水卷材生产工艺及施工技术[J]. 新型建筑材料,2006,33(7):31-33.
- [3] 徐茂震,李文志,刘金景,等. SBS改性沥青防水卷材性能影响因素探讨[J]. 中国建筑防水,2015(1):15-20.
- [4] 徐茂震,刘金景,罗伟新,等. 自粘聚合物改性沥青防水卷材性能探讨[J]. 新型建筑材料,2016,43(1):52-55,82.
- [5] 孙建刚. 废胶粉改性沥青的性能及机理研究[D]. 武汉:武汉科技大学,2014.
- [6] 王小萍,张欣,杜江华,等. 胶粉的改性及工业应用[J]. 橡胶工业,2017,64(7):441-445.
- [7] 沈梅,李春霞,矫玉鹏,等. 冷冻法废轮胎胶粉在丁苯橡胶中的应用[J]. 橡胶工业,2018,65(5):524-527.
- [8] 张立群,葛佑勇,李晓林,等. 一种硫化橡胶脱硫解聚再生的方法[P]. 中国:CN 101503525,2009-03-11.
- [9] Jiang K, Shi J W, Zou R, et al. Devulcanization of Sulfur-cured Butyl Rubber by Using Supercritical Carbon Dioxide[J]. J. Appl. Polym. Sci., 2012, 127(4):2397-2406.
- [10] 李雪,廖明义. 胶粉改性沥青的性能研究[J]. 橡胶工业,2005,52(5):283-286.
- [11] 肖鹏,马爱群. 废旧胶粉用于道路改性沥青的研究[J]. 交通环保,2005,26(3):56-58.
- [12] Navarro F J, Partal P, Martinez-Boza F J, et al. Influence of Processing Conditions on the Rheological Behavior of Crumb Tire Rubber-modified Bitumen[J]. J. Appl. Polym. Sci., 2010, 104(3):1683-1691.
- [13] 易洪. 对改性沥青改性机理的探讨[J]. 交通科技,2004,205(4):80-82.
- [14] 郭朝阳,何兆益,曹阳. 废轮胎胶粉改性沥青改性机理研究[J]. 中外公路,2008,28(2):172-176.
- [15] Irena Gaweł, Robert Stepkowski, Franciszek Czechowski. Molecular Interactions between Rubber and Asphalt[J]. Ind. Eng. Chem. Res., 2006,45(9):3044-3049.
- [16] 蔺习雄,毛三鹏,李留斌. 废胶粉对高粘高弹沥青性质影响[J]. 石油沥青,2016,30(3):5-9.
- [17] John Duall. Size Exclusive Chromatography of Aged and Crumb Rubber Modified Asphalt[J]. Division of Fuel Chemistry Preprints, 1996,41(4):1275-1297.
- [18] 徐茂震,李文志,刘阳,等. 高耐热自粘聚合物改性沥青防水卷材的研制[J]. 新型建筑材料,2013,40(4):39-42.

收稿日期:2018-10-02

Application of Waste Tire Rubber Powder in Self Adhered Polymer Modified Asphalt Waterproofing Membrane

DONG Dawei¹, Jiang Kuan², WU Daming¹, LI Tiantian², LIU Shuangwang², ZHANG Liquan¹

(1. Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China; 2. Beijing Lude Yongtai Environmental Protection Technology Co., Ltd, Beijing 101300, China)

Abstract: The application of waste tire rubber powder in self adhered polymer modified asphalt waterproofing membrane was studied. The results show that, the particle size of 250 μm rubber powder with 50% activation degree could be used as modifier to prepare waterproofing membrane to meet the requirements of the national standard. The optimum proportions of waterproofing membrane were as follows: asphalt 100, rubber powder 24, SBS 6, aromatic oil 12, talc powder 60. Because the active mechanism of the small molecular components in the activated rubber powder with compatibilizers, linearized macromolecular rubber components and toluene insoluble substances with SBS were similar, these three components could replace compatibilizers, rubber powder and most of SBS in the self adhered membrane. As modifier, the activated rubber powder could be used in production of waterproofing membrane with excellent comprehensive properties.

Key words: rubber powder; polymer modified asphalt; SBS; waterproofing membrane; self adhesive