



防老剂 RD 的减量应用研究

胡 浩¹, 陈新民², 陈志宏¹

(1. 北京橡胶工业研究设计院, 北京 100143; 2. 江苏圣奥化学科技有限公司, 上海 201204)

摘要:研究高二聚体含量防老剂 RD 在胶料中的应用。结果表明,高二聚体含量防老剂 RD 在与防老剂 4020 并用时,适当减小防老剂 RD 的用量对胶料性能影响不大,尤其是防老剂 S-RD 减量 60% 时胶料仍具有较好的物理性能以及耐热氧老化和耐屈挠性能。

关键词:防老剂 RD; 二聚体; 减量; 耐热氧老化; 耐屈挠性能

防老剂 RD(2,2,4-三甲基-1,2-二氢化喹啉聚合体)是一种酮胺类防老剂,对橡胶制品热氧老化的防护非常有效,对金属催化氧化也有极强的抑制作用,该产品毒性小,广泛应用于丁苯橡胶(SBR)、顺丁橡胶(BR)、异戊橡胶(IR)、氯丁橡胶(CR)等合成橡胶及天然橡胶(NR)的多种制品中,是制造轮胎、胶管、胶带、电线电缆等橡胶制品常用的防老剂。由于其色泽浅黄,还可以用于卫生橡胶制品中。

我国汽车工业近年来发展势头强劲,带动了橡胶助剂工业的蓬勃发展。防老剂 RD 已成为轮胎用主流防老剂品种,但二聚体含量对其性能的影响较大,市场上常有仿冒产品出现。鉴于这种状况,目前国内外一些橡胶助剂企业开发出高二聚体含量防老剂 RD,并在实际应用中通过减小其用量而达到相同的防老化效果。本工作以国内普通防老剂 RD 作为参比试样,全面考察 2 种高二聚体含量防老剂 RD 在胶料中的应用。

1 实验

1.1 原材料

高二聚体含量防老剂 RD; 防老剂 H-RD, 黑

褐色颗粒; 防老剂 S-RD, 黄色颗粒, 江苏圣奥化学科技有限公司(简称圣奥)产品。参比防老剂 RD, 灰褐色小颗粒, 国内某厂产品。其他材料均为橡胶工业通用原材料。

1.2 配方

母炼胶: NR, 50; BR, 50; 炭黑 N375, 50; 氧化锌, 3.5; 硬脂酸, 2; 芳烃油, 7; 硫黄, 1.5; 促进剂 NS, 0.8; 防老剂 4020, 1; 防护蜡, 1。

N1 配方: 母炼胶, 166.8; 参比防老剂 RD, 1.5。N2 配方: 母炼胶, 166.8; 参比防老剂 RD, 1.2。N3 配方: 母炼胶, 166.8; 参比防老剂 RD, 0.9。N4 配方: 母炼胶, 166.8; 参比防老剂 RD, 0.75。N5 配方: 母炼胶, 166.8。

H1 配方: 母炼胶, 166.8; 防老剂 H-RD, 1.5。H2 配方: 母炼胶, 166.8; 防老剂 H-RD, 1.2。H3 配方: 母炼胶, 166.8; 防老剂 H-RD, 1.05。H4 配方: 母炼胶, 166.8; 防老剂 H-RD, 0.9。H5 配方: 母炼胶, 166.8; 防老剂 H-RD, 0.75。H6 配方: 母炼胶, 166.8; 防老剂 H-RD, 0.6。

S1 配方: 母炼胶, 166.8; 防老剂 S-RD, 1.5。S2 配方: 母炼胶, 166.8; 防老剂 S-RD, 1.2。S3 配方: 母炼胶, 166.8; 防老剂 S-RD, 1.05。S4 配

方;母炼胶,166.8;防老剂 S-RD,0.9。S5 配方:母炼胶,166.8;防老剂 S-RD,0.75。S6 配方:母炼胶,166.8;防老剂 S-RD,0.6。

1.3 仪器和设备

BR 1.57 L 密炼机,英国法雷尔公司产品;XK-160A 型开炼机,上海橡胶机械厂产品;100TQLB 型平板硫化机,浙江湖州和孚橡胶厂产品;C2000E 型橡胶无转子硫化仪、T2000E 型拉力机和 Y3000E 型压缩生热试验机,北京市友深电子仪器有限公司产品;XP-16 型橡胶耐疲劳龟裂试验机,北京化工机械实验厂产品;LP-61 型热空气老化箱,重庆慧达试验仪器有限公司产品。

1.4 混炼工艺

1.4.1 母炼胶

(1)一段混炼在密炼机中进行。密炼室温度 80 ℃,转子转速 80 r·min⁻¹。

生胶 $\xrightarrow{1\text{ min}}$ 小料 $\xrightarrow{1.5\text{ min}}$ 炭黑 $\xrightarrow{3\text{ min}}$ 油 $\xrightarrow{1.5\text{ min}}$ 排胶。

(2)二段混炼在开炼机上进行。

一段混炼胶 $\rightarrow$ 硫黄、促进剂 $\rightarrow$ 薄通 6 次 $\rightarrow$ 下片。

1.4.2 防老剂 RD 胶料

母炼胶 $\rightarrow$ 防老剂 RD $\rightarrow$ 薄通 6 次,下片。

1.5 性能测试

所有性能均按相应国家标准测试。

2 结果与讨论

2.1 硫化特性

3 种防老剂 RD 胶料的硫化特性见表 1~3。可以看出:参比防老剂 RD 胶料的 M_L 总体上比 2 种圣奥防老剂 RD 胶料稍大,说明 2 种圣奥防老剂 RD 胶料在硫化诱导阶段流动性略好;随着防老剂 RD 用量的增大,3 种胶料的最大转矩 M_H 大致呈下降趋势;参比防老剂 RD 胶料的 M_H 总体上比 2 种圣奥防老剂 RD 胶料略大;随着防老剂 RD 用量增大,胶料的 t_{10} 基本呈延长趋势,参比防老剂 RD 胶料的 t_{10} 比 2 种圣奥防老剂胶料的

表 1 参比防老剂 RD 胶料的硫化特性

项 目	N1 配方	N2 配方	N3 配方	N4 配方	N5 配方
防老剂品种	参比防老剂 RD	参比防老剂 RD 份	参比防老剂 RD 份	参比防老剂 RD	
防老剂用量/份	1.5	1.2	0.9	0.75	0
无转子硫化仪数据(145 ℃)					
$M_L/(N \cdot m)$	0.810	0.885	0.855	0.780	0.960
$M_H/(N \cdot m)$	1.915	2.120	2.170	1.925	2.205
t_{10}/min	9.55	9.37	9.60	9.57	9.43
t_{50}/min	11.27	11.68	11.60	11.45	11.88
t_{90}/min	14.17	16.32	14.55	14.35	15.07

表 2 防老剂 H-RD 胶料的硫化特性

项 目	H1 配方	H2 配方	H3 配方	H4 配方	H5 配方	H6 配方
防老剂品种	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD
防老剂用量/份	1.5	1.2	1.05	0.9	0.75	0.6
无转子硫化仪数据(145 ℃)						
$M_L/(N \cdot m)$	0.690	0.740	0.760	0.770	0.815	0.810
$M_H/(N \cdot m)$	1.665	1.780	1.760	1.810	2.000	1.940
t_{10}/min	10.22	9.75	10.12	9.77	9.77	9.62
t_{50}/min	12.38	11.93	12.53	12.13	12.23	12.05
t_{90}/min	16.75	15.00	16.12	15.45	15.42	15.00

表3 防老剂 S-RD 胶料的硫化特性

项 目	S1 配方	S2 配方	S3 配方	S4 配方	S5 配方	S6 配方
防老剂品种	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD
防老剂用量/份	1.5	1.2	1.05	0.9	0.75	0.6
无转子硫化仪数据(145 ℃)						
$M_L/(N \cdot m)$	0.840	0.780	0.790	0.825	0.805	0.795
$M_H/(N \cdot m)$	1.890	1.920	1.990	2.020	2.010	1.990
t_{10}/min	10.15	10.07	9.97	9.97	9.93	9.82
t_{50}/min	12.23	12.43	12.43	12.20	12.07	12.25
t_{90}/min	15.20	15.53	15.73	15.13	15.02	15.15

t_{10} 略短,说明2种圣奥防老剂 RD 胶料的充模时间更充分;随着防老剂 RD 用量的增大,胶料的 t_{90} 变化不大,说明防老剂 RD 用量增大,胶料的硫化速度基本不变。

2.2 物理性能

3种防老剂 RD 胶料的物理性能见表4~6。

可以看出:3种防老剂 RD 胶料的硬度、300%定伸应力、500%定伸应力及拉断永久变形无明显差异,拉伸强度、拉断伸长率和撕裂强度有不同程度的差异。还可以看出,在正硫和过硫条件下,2种圣奥防老剂 RD 胶料的拉伸强度和拉断伸长率均比参比防老剂 RD 胶料的拉伸强度大。参比防老

表4 参比防老剂 RD 胶料的物理性能

项 目	N1 配方		N2 配方		N3 配方		N4 配方		N5 配方	
防老剂品种	参比防老剂 RD		参比防老剂 RD 份		参比防老剂 RD 份		参比防老剂 RD			
防老剂用量/份	1.5		1.2		0.9		0.75		0	
硫化时间(145 ℃)/min	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30
邵尔 A 型硬度/度	61	62	61	62	60	62	60	61	61	61
300%定伸应力/MPa	10.0	10.6	10.7	10.5	9.95	10.7	10.5	11.1	10.3	11.0
500%定伸应力/MPa	20.0	18.9	20.5	20.6	19.4	20.6	20.3	—	20.2	21.3
拉伸强度/MPa	21.3	20.4	21.8	22.2	20.9	21.7	22.5	19.9	23.7	22.4
拉断伸长率/%	538	503	532	537	538	506	552	478	584	523
拉断永久变形/%	14	9	11	15	14	13	13	9	15	13
撕裂强度/(kN · m ⁻¹)		124		128		125		149		123

表5 防老剂 H-RD 胶料的物理性能

项 目	H1 配方		H2 配方		H3 配方		H4 配方		H5 配方		H6 配方	
防老剂品种	防老剂 H-RD		防老剂 H-RD		防老剂 H-RD		防老剂 H-RD		防老剂 H-RD		防老剂 H-RD	
防老剂用量/份	1.5		1.2		1.05		0.9		0.75		0.6	
硫化时间(145 ℃)/min	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30
邵尔 A 型硬度/度	58	60	59	61	60	60	59	61	61	61	60	60
300%定伸应力/MPa	9.06	10.6	9.43	10.3	10.3	10.2	8.90	10.4	10.7	10.4	10.2	11.2
500%定伸应力/MPa	17.9	20.8	19.0	20.7	20.3	20.2	17.8	20.6	20.5	20.3	20.2	21.5
拉伸强度/MPa	22.8	23.5	23.5	22.3	23.4	22.7	22.1	23.5	23.9	22.5	24.1	21.7
拉断伸长率/%	624	560	606	536	571	560	608	566	581	552	585	506
拉断永久变形/%	16	13	18	12	14	13	15	13	14	14	15	11
撕裂强度/(kN · m ⁻¹)		83		58		92		64		69		62

表 6 防老剂 S-RD 胶料的物理性能

项 目	S1 配方		S2 配方		S3 配方		S4 配方		S5 配方		S6 配方	
防老剂品种	防老剂 S-RD		防老剂 S-RD		防老剂 S-RD		防老剂 S-RD		防老剂 S-RD		防老剂 S-RD	
防老剂用量/份	1.5		1.2		1.05		0.9		0.75		0.6	
硫化时间(145 ℃)/min	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30
邵尔 A 型硬度/度	61	60	60	61	61	62	60	62	58	60	61	62
300%定伸应力/MPa	9.8	9.9	9.4	10.8	11.0	10.7	10.2	11.0	9.5	10.7	11.0	10.7
500%定伸应力/MPa	19.4	19.5	18.6	20.5	20.6	20.6	19.9	20.7	18.1	20.6	20.4	20.2
拉伸强度/MPa	22.7	22.4	22.8	23.8	23.1	23.2	23.5	22.5	21.4	23.6	23.5	22.1
拉断伸长率/%	572	570	596	575	559	562	585	539	584	573	558	542
拉断永久变形/%	14	15	16	13	14	16	14	14	14	14	12	12
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	71		62		64		61		56		65	

剂 RD 胶料的撕裂强度明显大于 2 种圣奥防老剂 RD 胶料,其中防老剂 H-RD 胶料的撕裂强度大于防老剂 S-RD 胶料。

2.3 耐热氧老化性能

胶料耐热氧老化性能是考察防老剂 RD 性能的重要指标。以下通过 3 种热氧老化条件对 3 种防老剂 RD 胶料的耐热氧老化性能进行全面考察。3 种防老剂 RD 胶料(硫化条件 145 ℃×30 min)的耐热氧老化性能见表 7~9。可以看出:随着老化时间的延长,3 种胶料的拉伸强度变化率

和拉断伸长率变化率的绝对值均呈增大趋势,说明老化时间延长,胶料性能降低幅度增大。

为进一步分析 3 种防老剂 RD 的耐热氧老化性能,对防老剂 RD 不同用量下 3 种胶料老化前后物理性能变化率进行详细分析,见表 10 和 11。可以看出:热氧老化时间越长,防老剂 RD 胶料的耐热氧老化性能越好,充分显现了防老剂 RD 在胶料中的长效耐热氧老化效果;防老剂 RD 用量在 0.75~0.9 份时胶料就具有非常优异的耐热氧老化性能,而用量再增大时,胶料的耐老化性能并

表 7 参比防老剂 RD 胶料的耐热氧老化性能

项 目	N1 配方	N2 配方	N3 配方	N4 配方	N5 配方
防老剂品种	参比防老剂 RD	参比防老剂 RD	参比防老剂 RD	参比防老剂 RD	
防老剂用量/份	1.5	1.2	0.9	0.75	0
老化后(100 ℃×24 h)					
拉伸强度/MPa	14.2	16.7	14.9	16.7	17.6
拉伸强度变化率/%	-30	-25	-31	-16	-21
拉断伸长率/%	297	358	306	346	348
拉断伸长率变化率/%	-41	-33	-40	-28	-33
老化后(100 ℃×48 h)					
拉伸强度/MPa	10.9	11.0	10.9	12.6	11.2
拉伸强度变化率/%	-47	-50	-50	-37	-50
拉断伸长率/%	235	238	229	248	236
拉断伸长率变化率/%	-53	-56	-55	-48	-55
老化后(100 ℃×72 h)					
拉伸强度/MPa	9.5	11.0	10.8	10.5	7.84
拉伸强度变化率/%	-53	-50	-50	-47	-65
拉断伸长率/%	191	207	212	205	158
拉断伸长率变化率/%	-62	-61	-58	-57	-70

表 8 防老剂 H-RD 胶料的耐热氧老化性能

项 目	H1 配方	H2 配方	H3 配方	H4 配方	H5 配方	H6 配方
防老剂品种	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD
防老剂用量/份	1.5	1.2	1.05	0.9	0.75	0.6
老化后(100℃×24 h)						
拉伸强度/MPa	17.3	18.3	16.5	17.3	15.3	16.9
拉伸强度变化率/%	-26	-18	-27	-27	-32	-22
拉断伸长率/%	382	391	362	382	332	370
拉断伸长率变化率/%	-32	-27	-35	-33	-40	-27
老化后(100℃×48 h)						
拉伸强度/MPa	10.6	11.1	13.1	11.3	12.0	10.9
拉伸强度变化率/%	-55	-50	-42	-52	-47	-50
拉断伸长率/%	240	227	253	234	244	238
拉断伸长率变化率/%	-57	-58	-55	-59	-56	-53
老化后(100℃×72 h)						
拉伸强度/MPa	10.9	11.3	7.6	11.1	10.7	9.2
拉伸强度变化率/%	-54	-49	-66	-53	-52	-57
拉断伸长率/%	215	219	162	211	198	194
拉断伸长率变化率/%	-62	-59	-71	-61	-62	-62

表 9 防老剂 S-RD 胶料的耐热氧老化性能

项 目	S1 配方	S2 配方	S3 配方	S4 配方	S5 配方	S6 配方
防老剂品种	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD
防老剂用量/份	1.5	1.2	1.05	0.9	0.75	0.6
老化后(100℃×24 h)						
拉伸强度/MPa	18.1	17.4	18.4	17.5	18.7	18.0
拉伸强度变化率/%	-19	-27	-21	-22	-21	-19
拉断伸长率/%	399	366	391	371	389	369
拉断伸长率变化率/%	-30	-36	-30	-31	-32	-32
老化后(100℃×48 h)						
拉伸强度/MPa	13.8	13.4	11.9	13.1	12.7	12.7
拉伸强度变化率/%	-38	-44	-49	-42	-46	-43
拉断伸长率/%	280	284	246	262	262	265
拉断伸长率变化率/%	-51	-51	-56	-51	-54	-51
老化后(100℃×72 h)						
拉伸强度/MPa	10.5	9.6	11.4	12.5	10.2	10.6
拉伸强度变化率/%	-53	-60	-51	-44	-57	-52
拉断伸长率/%	204	200	220	225	194	204
拉断伸长率变化率/%	-64	-65	-61	-58	-66	-62

没有增大,反而出现不同程度的降低。

整体来看,2种圣奥防老剂 RD 胶料的耐热氧老化性能比参比防老剂 RD 胶料更好,其中防老剂 S-RD 胶料的耐老化性能比防老剂 H-RD 胶料

更好。

2.4 压缩生热性能

3种防老剂胶料(硫化条件 145℃×30min)的压缩生热性能见表 12~14。可以看出,3种防老

剂胶料的压缩疲劳温升非常接近,差异不大。

2.5 耐屈挠性能

3 种防老剂 RD 胶料(硫化条件 145 ℃ × 30 min)的耐屈挠性能见表 15~17。胶料达到裂口级别时屈挠次数越多,耐屈挠性能越好。

由表 15~17 可以看出:无裂口时,在用量较小的情况下 2 种圣奥防老剂 RD 胶料的耐屈挠性能与参比防老剂 RD 胶料相当,用量增大时防老剂 H-RD 胶料耐屈挠性能较差;而裂口增长时,参比防老剂 RD 胶料的耐屈挠性能明显下降,说明

表 10 3 种防老剂 RD 胶料与空白胶料老化前后拉伸强度及其变化率分析

项 目	防老剂 RD 用量/份																	
	1.5			1.2			1.05			0.9			0.75			0.6		
配方编号	N1	H1	S1	N2	H2	S2	H3	S3	N3	H4	S4	N4	H5	S5	H6	S6	N5	
拉伸强度/MPa																		
老化前	20.4	23.5	22.4	22.2	22.3	23.8	22.7	23.2	21.7	23.5	22.5	19.9	22.5	23.6	21.7	22.1	22.4	
100℃×24 h 老化后	14.2	17.3	18.1	16.7	18.3	17.4	16.5	18.4	14.9	17.3	17.5	16.7	15.3	18.7	16.9	18.0	17.6	
100℃×48 h 老化后	10.9	10.6	13.8	11.0	11.1	13.4	13.1	11.9	10.9	11.3	13.1	12.6	12.0	12.7	10.9	12.7	11.2	
100℃×72 h 老化后	9.5	10.9	10.5	11.0	11.3	9.55	7.63	11.4	10.8	11.1	12.5	10.5	10.7	10.2	9.23	10.6	7.84	
与 N5 对比的拉伸强度变化率/%																		
老化前	-8.9	4.9	0.0	-0.9	-0.4	6.3	1.3	3.6	-3.1	4.9	0.4	-11.2	0.4	5.4	-3.1	-1.3	0	
100℃×24 h 老化后	-19.3	-1.7	2.8	-5.1	4.0	-1.1	-6.3	4.5	-15.3	-1.7	-0.6	-5.1	-13.1	6.2	-4.0	2.3	0	
100℃×48 h 老化后	-2.7	-5.4	23.2	-1.8	-0.9	19.6	17.0	6.3	-2.7	0.9	17.0	12.5	7.1	13.4	-2.7	13.4	0	
100℃×72 h 老化后	21.2	39.0	33.9	40.3	44.1	21.8	-2.7	45.4	37.8	41.6	59.4	33.9	36.5	30.1	17.7	35.2	0	

表 11 3 种防老剂 RD 胶料与空白胶料老化前后拉伸伸长率及其变化率分析

项 目	防老剂 RD 用量/份																
	1.5			1.2			1.05			0.9			0.75			0.6	
配方编号	N1	H1	S1	N2	H2	S2	H3	S3	N3	H4	S4	N4	H5	S5	H6	S6	N5
拉伸伸长率/%																	
老化前	503	560	570	537	536	575	560	562	506	566	539	478	552	573	506	542	523
100℃×24 h 老化后	297	382	399	358	391	366	362	391	306	382	371	346	332	389	370	369	348
100℃×48 h 老化后	235	240	280	238	227	284	253	246	229	234	262	248	244	262	238	265	236
100℃×72 h 老化后	191	215	204	207	219	200	162	220	212	211	225	205	198	194	194	204	158
与 N5 对比的拉伸伸长率变化率/%																	
老化前	-3.8	7.1	9.0	2.7	2.5	9.9	7.1	7.5	-3.3	8.2	3.1	-8.6	5.5	9.6	-3.3	3.6	0
100℃×24 h 老化后	-14.7	9.8	14.7	2.9	12.4	5.2	4.0	12.4	-12.1	9.8	6.6	-0.6	-4.6	11.8	6.3	6.0	0
100℃×48 h 老化后	-0.4	1.7	18.6	0.8	-3.8	20.3	7.2	4.2	-3.0	-0.8	11.0	5.1	3.4	11.0	0.8	12.3	0
100℃×72 h 老化后	20.9	36.1	29.1	31.0	38.6	26.6	2.5	39.2	34.2	33.5	42.4	29.7	25.3	22.8	22.8	29.1	0

表 12 参比防老剂 RD 胶料的压缩生热性能

项 目	N1 配方	N2 配方	N3 配方	N4 配方	N5 配方
防老剂品种	参比防老剂 RD	参比防老剂 RD	参比防老剂 RD	参比防老剂 RD	
防老剂用量/份	1.5	1.2	0.9	0.75	0
终动压缩率/%	11.80	11.65	11.60	11.65	11.60
压缩疲劳温升/℃	31.20	32.05	31.60	31.30	30.50
压缩永久变形/%	4.05	4.30	4.60	4.35	5.20

表 13 防老剂 H-RD 胶料的压缩生热性能

项 目	H1 配方	H2 配方	H3 配方	H4 配方	H5 配方	H6 配方
防老剂品种	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD
防老剂用量/份	1.5	1.2	1.05	0.9	0.75	0.6
终动压缩率/%	13.05	12.65	13.30	12.55	12.65	11.80
压缩疲劳温升/℃	31.55	32.05	31.30	32.70	31.25	31.20
压缩永久变形/%	4.40	4.85	4.80	5.50	5.30	4.30

表 14 防老剂 S-RD 胶料的压缩生热性能

项 目	S1 配方	S2 配方	S3 配方	S4 配方	S5 配方	S6 配方
防老剂品种	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD
防老剂用量/份	1.5	1.2	1.05	0.9	0.75	0.6
终动压缩率/%	12.15	12.40	12.70	11.65	11.75	11.60
压缩疲劳温升/℃	31.45	32.40	31.70	31.60	31.55	31.10
压缩永久变形/%	4.65	4.95	4.90	4.55	5.10	4.20

表 15 参比防老剂 RD 胶料的耐屈挠性能

项 目	N1 配方	N2 配方	N3 配方	N4 配方	N5 配方
防老剂品种	参比防老剂 RD	参比防老剂 RD	参比防老剂 RD	参比防老剂 RD	
防老剂用量/份	1.5	1.2	0.9	0.75	0
达到裂口等级屈挠次数/万次					
无裂口	16.5,51,51	15,45,51	15,45,51	51,51,51	25.5,51,51
1 级裂口	(-),(-),(-)	16.5,46.5,(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	27,(-),(-)
2 级裂口	(-),(-),(-)	19.5,(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)
3 级裂口	18,(-),(-)	45,(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)
4 级裂口	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)
5 级裂口	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)
6 级裂口	19.5,(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)

注: (-) 表示未到裂口等级时试样已破坏。

表 16 防老剂 H-RD 胶料的耐屈挠性能

项 目	H1 配方	H2 配方	H3 配方	H4 配方	H5 配方	H6 配方
防老剂品种	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD	防老剂 H-RD
防老剂用量/份	1.5	1.2	1.05	0.9	0.75	0.6
达到裂口等级屈挠次数/万次						
无裂口	12,19.5,12	24,37.5,24	51,51,51	21,15,19.5	15,37.5,15	51,51,15
1 级裂口	13.5,21,13.5	25.5,39,25.5	(-),(-),(-)	22.5,16.5,21	16.5,(-),16.5	(-),(-),16.5
2 级裂口	21,22.5,22.5	(-),(-),45	(-),(-),(-)	(-),39,22.5	(-),39,33	(-),(-),21
3 级裂口	33,(-),39	(-),(-),46.5	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),42,45	(-),(-),(-)
4 级裂口	51,48,48	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),45,(-)	(-),(-),(-)
5 级裂口	(-),(-),51	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),46.5,(-)	(-),(-),(-)
6 级裂口	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),48,(-)	(-),(-),(-)

注: 同表 15。

表 17 防老剂 S-RD 胶料的耐屈挠性能

项 目	S1 配方	S2 配方	S3 配方	S4 配方	S5 配方	S6 配方
防老剂品种	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD	防老剂 S-RD
防老剂用量/份	1.5	1.2	1.05	0.9	0.75	0.6
达到裂口等级屈挠次数/万次						
无裂口	51,51,51	51,51,6	51,51,51	51,27,27	51,51,40.5	46.5,46.5,25.5
1 级裂口	(-),(-),(-)	(-),(-),7.5	(-),(-),(-)	(-),28.5,28.5	(-),(-),42	48,48,27
2 级裂口	(-),(-),(-)	(-),(-),9	(-),(-),(-)	(-),(-),45	(-),(-),(-)	(-),(-),28.5
3 级裂口	(-),(-),(-)	(-),(-),16.5	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),30
4 级裂口	(-),(-),(-)	(-),(-),18	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),36
5 级裂口	(-),(-),(-)	(-),(-),19.5	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),39
6 级裂口	(-),(-),(-)	(-),(-),22.5	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),(-)	(-),(-),42

注:同表 15。

其比 2 种圣奥防老剂 RD 胶料的裂口增长速度更快。

3 结论

(1)在硫化特性方面,2 种圣奥高二聚体含量防老剂 RD 胶料的流动性比参比普通防老剂 RD 胶料好,防老剂 RD 用量增大对胶料的硫化速度影响不大。

(2)在物理性能方面,2 种圣奥防老剂 RD 胶料的拉伸强度和拉断伸长率均大于参比防老剂 RD 胶料,撕裂强度低于参比防老剂 RD 胶料,其他性能差异不大。

(3)在耐热氧老化性能方面,随着老化时间延长,3 种胶料物理性能降低幅度增大;老化时间越长,防老剂 RD 胶料的耐热氧老化效果越明显;防老剂 RD 用量达到一定程度后再增大,胶料的耐

热氧老化性能并没有提高,反而出现不同程度的降低;2 种圣奥防老剂 RD 胶料的耐热氧老化性能比参比防老剂 RD 胶料更好,圣奥防老剂 S-RD 胶料的耐热氧老化性能比圣奥防老剂 H-RD 胶料更好。

(4)在压缩生热方面,3 种防老剂 RD 胶料无明显差异。

(5)在耐屈挠性能方面,2 种圣奥防老剂 RD 胶料的裂口增长速度比参比防老剂 RD 胶料明显更慢,防老剂 RD 用量增大对提高胶料耐屈挠性能作用不大。

总的来说,在与 1.0 份防老剂 4020 并用时,适当减小高二聚体含量防老剂 RD 用量(常规用量 1.5 份),对胶料性能影响不大,尤其是圣奥防老剂 S-RD 减量至 0.6 份时,仍具有较好的综合性能。

▲日前,北京市科委认定北京橡胶工业研究院设计院为“北京市轮胎绿色制造工艺工程技术研究中心”,该中心为 2011 年度北京市认定的 78 家工程技术中心之一。

樊文茹

▲台湾南帝化学工业股份有限公司计划投资 3600 万美元,在江苏镇江公司现有生产场地新建年产 2 万 t 丁腈橡胶生产装置。该项目工程计划于 2011 年 12 月竣工。目前江苏镇江公司的年生产能力包括 3.4 万 t 丁腈橡胶、3.5 万 t 丁腈胶乳

和 3000 t 丁苯胶乳。

崔小明

▲据美国商务部公布的数据显示,美国 2011 年 5 月进口天然橡胶 7.16 万 t,同比增长 72.9%,环比增长 58.1%。2011 年 1—5 月,美国天然橡胶进口量合计为 28.92 万 t。

郭奕

▲印度博拉集团旗下的炭黑公司欲从中国购买煤焦油、葱油和混合油,用于辽宁工厂的炭黑生产,月需求量为 4500 t。

郭奕