

产品·设计

矿井胶布用阻燃抗静电胶料的开发

刘军乐

(国家能源集团神东煤炭集团 设备维修中心, 陕西 榆林 719315)

摘要:以丁腈橡胶(NBR)、氯丁橡胶(CR)、NBR/聚氯乙烯橡塑合金单用或者并用作为主体材料,以硼酸锌、氢氧化铝、聚磷酸铵和氧化锑等并用作协同阻燃体系,以抗静电剂XS和导电钛白粉并用作抗静电体系,经过优化配方设计,开发出矿井胶布用阻燃抗静电胶料。结果表明,NBR/CR并用矿井胶布用阻燃抗静电胶料可满足胶布压延及硫化工艺要求,综合性能较好,阻燃性能和抗静电性能均满足矿井相关标准要求。

关键词:矿用胶布;阻燃抗静电胶料;丁腈橡胶;氯丁橡胶;丁腈橡胶/聚氯乙烯橡塑合金

中图分类号: TQ338

文章编号: 1000-890X(2023)07-0533-06

文献标志码: A

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2023.07.0533

随着工业的发展,静电引起的危害日益显露,尤其在煤矿井下,由于设备运转的重复触碰摩擦,在一些非导体部件表面积累大量电荷,发生静电火花、放电等情况,从而引发火灾或者爆炸等安全事故,给煤矿企业带来极大的人员伤害和经济损失^[1]。因此为了保证安全,矿井下使用的非金属材料一般要求具有阻燃和抗静电性能,以避免累积静电产生火花以及产生的火花无法自熄。阻燃抗静电胶布可用于矿用风筒的制造、矿井下设备的表面覆盖和防护等。

丁腈橡胶(NBR)是一种非结晶性橡胶,其玻璃化温度低,具有良好的柔顺性和成膜性,分子中含有强极性和较强配位能力的腈基(—CN)基团,NBR除了具有良好的耐油性能外,也具有一定的抗静电能力。氯丁橡胶(CR)分子侧基为极性—Cl基团,CR除了具有较好的粘性外,其体积电阻率较小,阻燃性能良好。NBR/聚氯乙烯(PVC)橡塑合金同时含有—CN和—Cl基团,也具有良好的抗静电性能和阻燃性能^[2]。本工作以

NBR、CR、NBR/PVC橡塑合金单用或者并用作为矿井胶布用阻燃抗静电胶料的主体材料,采用不同的阻燃体系和抗静电体系,进行优化配方设计,以期获得综合性能较好的矿井胶布用阻燃抗静电胶料^[3]。

1 实验

1.1 原材料

CR,牌号2322,门尼粘度[ML(1+4)100℃]为46~55,采用二硫化二异丙基黄原酸酯调节剂,非污染型,山西霍家长化合成橡胶有限公司产品;NBR,牌号1051,丙烯腈质量分数为0.41,门尼粘度[ML(1+4)100℃]为68±5,镇江南帝化工有限公司产品;NBR/PVC橡塑合金(并用比为70/30),牌号D703L,丙烯腈质量分数为0.33,门尼粘度[ML(1+4)100℃]为70±5,山东冠聚高分子材料有限公司产品;白炭黑,牌号HD165MP,确成硅化学股份有限公司产品;硼酸锌、氢氧化铝、聚磷酸铵、氧化锑和十溴二苯醚,山东泰星新材料有限公司

作者简介:刘军乐(1988—),男,陕西榆林人,国家能源集团神东煤炭集团工程师,学士,主要从事煤矿掩护支架大修维修中的特殊故障处理及安全防护研究工作。

E-mail: liujunle0228@163.com

引用本文:刘军乐. 矿井胶布用阻燃抗静电胶料的开发[J]. 橡胶工业, 2023, 70(7): 533-538.

Citation: LIU Junle. Development of flame-retardant and anti-static compound for mining rubberized cloth[J]. China Rubber Industry, 2023, 70(7): 533-538.

公司产品;抗静电剂XS,山东聚力防静电科技有限公司产品;导电钛白粉,灵寿县华硕矿产品加工厂产品;粘合剂RS和RA,济宁泰诺化工有限公司产品;氧化锌、氧化镁、防老剂、硫黄和促进剂等,市售品。

1.2 主要设备和仪器

1.57 L密炼机,美国法雷尔公司产品;XK-160型两辊开炼机,上海橡胶机械厂产品;XLB-D型框式平板硫化机,湖州和孚强力橡塑机械厂产品;M200E型橡胶门尼粘度仪和C2000E型橡胶无转子硫化仪,北京友深电子仪器有限公司产品;LX-A型邵氏硬度计,上海六菱仪器厂产品;Instron 3211型电子万能材料试验机,美国英斯特朗公司产品;QLH-225型换气式老化箱,北京雅士林试验设备有限公司产品;JF-3型垂直燃烧试验箱,南京江宁分析仪器有限公司产品;ZC43型超高阻计,上海第六电表厂有限公司产品。

1.3 试样制备

胶料采用两段混炼工艺混炼。

一段混炼在密炼机中进行,密炼室初始温度为 $70\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$,转子转速为 $60\sim 80\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 。将生胶放入密炼机中塑炼 $0.5\sim 1\text{ min}$;加入防老剂、氧化锌、氧化镁、聚乙二醇和粘合剂等,混炼 $1\sim 1.5\text{ min}$;加入阻燃剂、抗静电剂、白炭黑,混炼 $3\sim 4\text{ min}$,得到一段母炼胶,停放 $4\sim 24\text{ h}$ 。

二段混炼在开炼机上进行,辊温为 $(50\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。将一段混炼胶放入开炼机,加入硫化剂和促进剂,每边做 $3/4$ 割刀3次,每刀间隔 15 s ,待薄通6次,卸下胶片;混炼胶停放 16 h 以上。

胶料采用平板硫化机硫化,硫化条件为 $160^{\circ}\text{C}\times 25\text{ min}$ 。

1.4 性能测试

矿井胶布用阻燃抗静电胶料的阻燃性能和抗静电性能按照MT 113—1995《煤矿井下用聚合物制品阻燃抗静电性通用试验方法和判定规则》进行测试,阻燃性能采用酒精喷灯法测试,抗静电性能采用环形电极测试。

其他有关混炼胶和硫化胶的性能按照相应的国家标准或行业标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 配方设计

矿井下或者一些特殊场所使用的橡塑材料要求有较优的阻燃性能、抗静电性能,较好的柔性、强度和耐腐蚀性能等^[4]。从性能综合考虑,选择NBR、CR、NBR/PVC橡塑合金单用或者并用作为胶料的主体材料。NBR的耐油性能较好,抗静电性能优^[5];CR的强度较高,阻燃性能优异;NBR/PVC橡塑合金的耐天候老化性能好,强度高,同时阻燃性能较好。以这3种材料单用或者并用作为矿井胶布用阻燃抗静电胶料的主体材料,可以使胶料在兼具良好的阻燃性能和抗静电性能的同时,具有合适的强度和耐腐蚀性能。

矿井胶布用阻燃抗静电胶料的阻燃剂主要在常用浅色阻燃剂中进行选择,包含硼酸锌、氢氧化铝、聚磷酸铵、磷酸三苯酯和氧化锑^[6-7]。胶料中加入硼酸锌和氢氧化铝可在胶料燃烧而释放结晶水的同时形成碳化层隔绝氧气;聚磷酸铵和磷酸三苯酯遇热分解后生成多磷酸,促使有机物表面脱水碳化并遇热膨胀而覆盖在胶料表面隔绝空气;氧化锑燃烧后也可在胶料表面形成阻隔层,多种阻燃剂并用可得到较好的协同阻燃效果^[8-9]。

矿井胶布用阻燃抗静电胶料的抗静电体系采用导电型矿物填料和有机抗静电剂复合体系。其中矿物填料采用导电钛白粉,导电钛白粉为针状填料,根据该填料在微观外形尺寸上的特性,通过一定的加工工艺可使其在橡塑基体内获得良好的分散,可在较小的用量下在胶料内部构建导电通道^[10],从而降低胶料的体积电阻率,提高胶料的抗静电性能。复配有机抗静电剂XS为阳离子抗静电剂和醇类抗静电剂调和产物,该抗静电剂与NBR、CR、NBR/PVC橡塑合金具有良好的相容性,通过一定的加工工艺可使其在橡塑基体内获得良好分散,该抗静电剂在使用过程中可逐步迁移到胶料表面,由于其亲水性质,可吸附空气中的水分并在胶料表面构成导电通道,从而降低胶料的表面电阻^[11]。

通过阻燃剂、抗静电剂、补强剂、氧化锌、氧化镁、防老剂、硫化剂、促进剂的合理配比,可进一步协调胶料的各项特性,形成兼具阻燃和抗静电性能,同时仍具有一定柔性和较高强度的矿井胶布

用阻燃抗静电胶料。

根据上述配方设计原则,对矿井胶布用阻燃抗静电胶料的主体材料、阻燃剂和抗静电剂的种类和配比进行调整,确定对表1所示的几个胶料配方进行进一步选取。

表1 胶料配方					份
Tab. 1 Formulas of compounds					phr
组 分	配方编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
CR	60	60	100	0	0
NBR	40	40	0	100	0
NBR/PVC橡塑合金	0	0	0	0	100
白炭黑	30	28	25	25	25
氧化锌	4.5	4.5	4.5	5	5
氧化镁	5	5	5	0	4
硼酸锌	0	18	18	10	18
氢氧化铝	30	40	40	20	40
聚磷酸铵	0	22	22	0	22
氧化锑	10	4	4	10	4
十溴二苯醚	20	0	0	25	0
抗静电剂XS	5	5	5	5	5
导电钛白粉	10	10	10	10	10
其他 ¹⁾	14.3	14.4	13.8	13.9	12.6

注:1)防老剂、增粘剂、脱模剂、硫化剂和促进剂等。

2.2 门尼粘度和硫化特性

胶料的门尼粘度和硫化特性如表2所示。

表2 胶料的门尼粘度和硫化特性					
Tab. 2 Mooney viscosities and vulcanization characteristics of compounds					
项 目	配方编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	93	90	88	71	95
门尼焦烧时间(120℃)/min					
t_5	13.03	14.53	14.40	42.87	42.02
t_{35}	16.27	19.27	18.68	61.57	55.98
硫化仪数据(160℃)					
$F_L/(N \cdot m)$	1.415	1.190	0.970	0.889	1.521
$F_{max}/(N \cdot m)$	3.065	3.235	2.745	3.015	3.113
t_{10}/min	1.00	1.23	1.27	2.98	2.55
t_{50}/min	1.82	1.97	1.62	6.60	5.57
t_{90}/min	9.82	10.33	3.53	19.30	13.18

由于CR对温度较敏感,胶料混炼(开炼)时粘辊和焦烧倾向严重,为改善这一现象,矿井胶布用阻燃抗静电胶料均采用高门尼粘度配方,即胶料的门尼粘度[ML(1+4)100℃]为90左右,以提高混炼胶的强度和挺性来避免胶料粘辊破碎。采用CR单用的3[#]配方混炼胶的粘辊现象明显,辊

温需控制在45℃以下,否则胶料粘辊而难以进行包辊操作。1[#]和2[#]配方采用60份CR与40份NBR并用,胶料粘辊现象明显改善。采用NBR和NBR/PVC橡塑合金单用的4[#]和5[#]配方胶料虽然门尼粘度相差较大,但均具有良好的包辊性能,能适应较宽的操作工艺温度,这是因为NBR和NBR/PVC橡塑合金加工性能较接近的缘故。

对比表2中数据可知:含CR配方胶料的起硫时间短,焦烧安全性较差,硫化速度快;NBR和NBR/PVC橡塑合金胶料的起硫时间长,焦烧安全性好,硫化速度较慢。

2.3 物理性能

矿井胶布用阻燃抗静电胶料一般要求具有适中的硬度,较好的柔性和延展性,良好的耐候性能、耐老化性能和耐低温性能,而应用于特定环境下的胶布胶料还要求具有耐特定溶剂性能,如耐盐水、耐油、耐酸或者耐碱腐蚀性能等,此外用于密封覆盖的胶布还需要具有较小的压缩永久变形。因此,本研究针对开发的矿井胶布用阻燃抗静电胶料设置了相应的物理性能要求,并进行了相应的物理性能测试,结果如表3所示。

除了橡胶外,配方的补强剂和硫化体系对胶料硬度的影响最大,本研究对配方补强剂白炭黑用量进行调节,使胶料的邵尔A型硬度在65~76度范围内,其中NBR/PVC橡塑合金胶料的硬度稍高一些,主要受PVC的影响。

CR具有拉伸结晶效应,含CR的胶料的拉伸强度和拉断伸长率比NBR/PVC橡塑合金胶料大,同时配方中其他因素也影响胶料的拉伸性能,如补强剂白炭黑用量、硫化体系种类和配比等。CR与NBR的相容性较好,两者并用时拉伸性能甚至更好,如1[#]配方胶料具有最大的300%定伸应力和拉伸强度。NBR/PVC橡塑合金胶料偏硬,其拉伸强度和拉断伸长率也较小。

一般来说,弹性大、强度高、结晶自补强性的橡胶变形后容易恢复,压缩永久变形较小;结构中侧链、支链多、基团多的橡胶内阻大,变形后不易恢复,残留部分变形,导致压缩永久变形较大。CR的压缩永久变形一般小于NBR,表3中的数据很好地反映了这一趋势,含CR的胶料均具有较小的压缩永久变形。

表3 胶料的物理性能
Tab. 3 Physical properties of compounds

项 目	配方编号					指标
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	
邵尔A型硬度/度	70	70	69	65	76	70±10
300%定伸应力/MPa	7.70	4.85	3.22	5.76	5.93	—
拉伸强度/MPa	13.4	9.14	9.22	10.0	8.25	8.0
拉断伸长率/%	500	486	622	587	443	250
压缩永久变形(70℃×24h)/%	19	20	17	23	22	25
脆性温度/℃	-49	-48	-50	-41	-44	-40
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	35	36	33	34	31	30
70℃×72h热空气老化后						
拉伸强度变化率/%	-6	-7	-7	-11	-8	-15
拉断伸长率变化率/%	-21	-19	-18	-26	-23	-30
油浸泡后体积变化率 ¹⁾ /%	+3.01	+2.89	+3.13	+2.01	+2.23	0~+6

注:1)所用油品为MT 76—2002规定的矿井液压支架用乳化油的稀释液,原液质量分数为5%,70℃下浸泡168h。

胶料的低温脆性温度主要取决于橡胶的分子结构。橡胶的分子主链结构、侧基、极性等发生变化时,胶料的耐低温性能也随之变化,凡是分子主链柔软、侧基少且不带极性基因的橡胶的脆性温度较低。而CR和NBR均有极性侧基(—Cl和—CN),尤其NBR的—CN基团刚性大,空间位阻大,导致其耐低温性能稍差。本研究采用低补强配方来规避这一缺点,补强剂白炭黑用量不超过30份,因而胶料的硬度适中,常温具备较好的弹性,低温脆性温度也满足指标要求。

由于CR和NBR均有极性侧基(—Cl和—CN),胶料的耐溶剂性能,尤其是耐油性均良好,油浸泡后体积变化率均小于4%,即5个配方胶料的耐油性均满足指标要求。

2.4 阻燃性能和抗静电性能

对于在矿井下使用的非金属材料,阻燃性能和抗静电性能是其重要的考察因素^[12],而浅色胶料中采用的白炭黑、高岭土和滑石粉等无机浅色填料一般为非导电材料,为了提高胶料的导电性能,需要加入抗静电剂。CR和NBR均有极性侧基,具有一定的抗静电性能,胶料配方采用复配有机抗静电剂XS与导电填料配合使用,导电填料可在橡胶基体中均匀分散,构建成导电通道,降低胶料的体积电阻,而抗静电剂XS可逐步迁移到胶料表面,降低胶料的表面电阻^[12]。通过两者的协同作用,胶料的抗静电性能提高。胶料的抗静电性能如表4所示,结果表明这一抗静电体系获得良好的应用效果,5个配方胶料的表面电阻率均小于 $3.0\times10^8\ \Omega$,满足相关标准对矿井下非金属产品的

抗静电性能要求^[13]。

阻燃性能方面,1[#]和4[#]配方采用了含溴阻燃剂,胶料具有较好的阻燃性能;2[#],3[#]和5[#]配方均采用硼酸锌+氢氧化铝+聚磷酸铵+氧化锑的阻燃剂配合^[14],也取得了良好效果。5个配方胶料的阻燃等级均达到FV-0^[15],可满足矿井下制品对阻燃性能的要求。

表4 胶料的阻燃和抗静电性能
Tab. 4 Flame-retardant and anti-static properties of compounds

项 目	配方编号					指标 ¹⁾
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	
阻燃等级	FV-0	FV-0	FV-0	FV-0	FV-0	FV-0
表面电阻率 $\times10^{-8}/\Omega$	1	2	0.7	0.7	2	<3

注:1)MT 115—1995。

2.5 试制工艺性能

胶布主要采用压延挂胶、鼓式硫化工艺进行生产。对胶料过辊压片的平整性进行考察,结果3[#]配方胶料的粘辊严重;而4[#]和5[#]配方胶料的硫化时间较长,不能适应现有鼓式硫化生产线硫化条件(硫化温度为165℃,硫化时间短于15min),鼓式硫化胶布易欠硫,即3[#]—5[#]配方胶料不能采用现有设备和工艺进行生产。1[#]和2[#]配方胶料的工艺通过性较好,综合其他性能,本研究选择2[#]配方胶料进行胶布的生产,工艺如下。

将混炼胶置于开炼机上热炼,通过牵引带引入三辊压延机,压延机辊温设置为50~60℃,调节压延机辊距,使出片厚度稳定为0.3mm、宽度稳定为1100mm,压延胶片出片后用隔离布卷取而隔离存放。

将两侧胶片和骨架帘布分别牵引入鼓式硫化机,上下层为胶片,中间层为骨架帘布,设置鼓式硫化机硫化温度为 $165\text{ }^{\circ}\text{C}$,硫化时间为 13 min ,硫化胶布稳定牵引出片,过冷却辊至卷取辊上,打包存放。胶布的鼓式硫化出片和成品见图1。



(a) 鼓式硫化出片



(b) 胶布成品

图1 胶布的鼓式硫化出片及成品

Fig. 1 Drum vulcanization flake and production of rubberized cloth

3 结论

(1) 以NBR、CR、NBR/PVC橡塑合金单用或者并用作为矿井胶布用阻燃抗静电胶料的主体材料,采用适宜的阻燃体系和抗静电体系,经过优化配方设计,可获得综合性能较好的矿井胶布用阻燃抗静电胶料。

(2) 采用CR/NBR并用的矿井胶布用阻燃抗静电胶料可满足胶布压延工艺和硫化工艺要求,可用于实际的工业放大生产。

参考文献:

- [1] 贾成亮. 浅谈静电危害防护管理[J]. 科技与创新, 2014(10): 45.
- JIA C L. On the electrostatic hazard protection management[J]. Science and Technology & Innovation, 2014(10): 45.
- [2] 张殿荣, 辛振祥. 现代橡胶配方设计[M]. 北京: 化学工业出版社,

1994.

- [3] 杨清芝. 现代橡胶工艺学[M]. 北京: 中国石化出版社, 1997.
- [4] 梁星宇, 周末英. 橡胶工业手册 第三分册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [5] 刘金朋, 吴天昊, 宋传云, 等. 氯磺化聚乙烯橡胶对丁腈橡胶与三元乙丙橡胶的相容改性作用[J]. 橡胶工业, 2023, 70(3): 189-194.
- LIU J P, WU T H, SONG C Y, et al. Modification of compatibility between NBR and EPDM by CSM[J]. China Rubber Industry, 2023, 70(3): 189-194.
- [6] 赵光贤. 橡胶的阻燃与阻燃剂[J]. 世界橡胶工业, 2005, 32(5): 3-8, 11.
- ZHAO G X. Flame retardant and flame retardant of rubber[J]. World Rubber Industry, 2005, 32(5): 3-8, 11.
- [7] 张亨. 硼酸锌在阻燃橡胶及制品中应用的研究进展[J]. 橡塑资源利用, 2011(6): 1-5.
- ZHANG H. Research progress in application of zinc borate in flame retardant rubber and its products[J]. Rubber and Plastic Resources Utilization, 2011(6): 1-5.
- [8] 杨晓龙, 刘晨曦, 李云东, 等. 磷酸硼协效膨胀型阻燃剂对聚丙烯阻燃性能的研究[J]. 塑料科技, 2022, 50(8): 72-76.
- YANG X L, LIU C X, LI Y D, et al. Research on synergistic effect of boron phosphate intumescent flame retardant on flame retardancy of polypropylene[J]. Plastics Science and Technology, 2022, 50(8): 72-76.
- [9] 闫闯, 程庆魁, 白鹏翔, 等. 无卤复配阻燃剂在天然橡胶胶料中的应用[J]. 橡胶工业, 2020, 67(3): 200-204.
- YAN C, CHENG Q K, BAI P X, et al. Application of halogen-free composite flame retardant in NR compound[J]. China Rubber Industry, 2020, 67(3): 200-204.
- [10] 蒋杰, 孙连强, 徐战, 等. 高分子材料用抗静电剂的研究进展[J]. 塑料助剂, 2016(2): 1-4.
- JIANG J, SUN L Q, XU Z, et al. Progress in study of antistatic agent used for high molecule materials[J]. Plastic Additives, 2016(2): 1-4.
- [11] 滕琴. 抗静电剂在高分子材料中的应用研究进展[J]. 化工管理, 2017(36): 198-200.
- TENG Q. Research progress of antistatic agents in polymer materials[J]. Chemical Enterprise Management, 2017(36): 198-200.
- [12] 高军, 吴剑, 涂宾, 等. 有机抗静电剂的研究进展[J]. 科技创新导报, 2015(6): 98.
- GAO J, WU J, TU B, et al. Research progress of organic antistatic agents[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2015(6): 98.
- [13] 煤炭工业部煤矿安全标准化技术委员会防静电及阻燃材料分会. 煤矿井下用聚合物制品阻燃抗静电性通用试验方法和判定规则: MT 113-1995[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [14] 王永强. 阻燃材料及应用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 374-380.
- [15] 全国橡胶与橡胶制品标准化技术委员会密封制品分技术委员会. 橡胶燃烧性能的测定: GB/T 10707-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

收稿日期: 2023-02-16

Development of Flame-retardant and Anti-static Compound for Mining Rubberized Cloth

LIU Junle

(China Energy ShenDong Coal Group Equipment Maintenance Center Co., Ltd, Yulin 719315, China)

Abstract: The flame-retardant and anti-static compounds for mining rubberized cloth were developed through the optimization of formula design. Nitrile rubber (NBR), chloroprene rubber (CR) and NBR/polyvinyl chloride (PVC) rubber plastic alloy were tested as the main materials, and they could be used alone or in combinations. Synergistic flame-retardant systems consisting of zinc borate, aluminum hydroxide, ammonium polyphosphate and antimony oxide were applied with anti-static systems based on the blends of antistatic agent XS and conductive titanium dioxide. The results showed that NBR/CR blended compounds could meet the requirements of calendering and curing process for mining rubberized cloth, the comprehensive performance of the obtained cloth was better, and the flame-retardant and anti-static properties could meet the requirements of relevant standards for mining applications.

Key words: mining rubberized cloth; flame-retardant and anti-static compound; NBR; CR; NBR/PVC rubber plastic alloy

专利3则

由西南石油大学申请的专利(公布号 CN 115806777A, 公布日期 2023-03-17)“一种玄武岩纤维增强的三元乙丙橡胶防水卷材及其制备方法”, 涉及的防水卷材由下至上依次为三元乙丙橡胶(EPDM)防水层、丁基橡胶自粘层和聚乙烯隔离膜。其中, EPDM防水层配方(用量/份)为: EPDM 90~110, 氧化锌 4~6, 硬脂酸 0.8~1.2, 补强剂 30~80, 改性玄武岩纤维 1~10, 石蜡油 5~10, 马来酸酐 0.1~3, 防老剂 1.5~3, 促进剂 1~2, 硫化剂DCP 1.5~7。该防水卷材的力学性能明显提升, 同时层间粘合强度显著提高。

由广东电网有限责任公司和广东电网有限责任公司电力科学研究院申请的专利(公布号 CN 115819980A, 公布日期 2023-03-21)“一种环保阻燃泡沫硅橡胶及其制备方法和应用”, 涉及的泡沫硅橡胶配方(用量/份)为: 泡沫硅橡胶 70~78, 复配阻燃剂[乙二胺磷酸盐/1-三聚氰胺-2-羟基-磷酸三丙酯/硅藻土质量比为(2~87):21:(31~42)] 22~30, 发泡剂

2~4, 氧化剂 0.8~1.2, 硫化剂 0.8~1.2。该泡沫硅橡胶的复配阻燃剂组分绿色、环保, 阻燃性能和抗熔滴性能好, 且发泡性能优异, 实现了材料的轻量化, 降低了二次污染。

由京东橡胶有限公司申请的专利(公布号 CN 115873319A, 公布日期 2023-03-31)“一种高耐磨复合橡胶材料及其制备方法”, 涉及的橡胶材料配方(用量/份)为: 天然橡胶(NR) 30~55, 高顺式聚丁二烯橡胶 30~55, 溶聚丁苯橡胶(SSBR) 15~30, 炭黑 30~40, 耐磨填料 10~15, 改性氧化石墨烯 0.5~1.5, 偶联剂 0.8~1.6, 氧化锌 4~6, 硬脂酸 1~3, 聚双环戊二烯树脂 5~7, 液体聚异戊二烯橡胶 2~4, 防老剂 0.5~2.5, 硫黄 2~3, 促进剂 0.5~2.5。本发明采用NR/高顺式聚丁二烯橡胶/SSBR并用胶作为主体材料, 以聚双环戊二烯树脂和液体聚异戊二烯橡胶作为增塑剂, 主体材料的相容性好, 达到了提高橡胶材料交联密度和耐磨性能的目的。

(信息来源于国家知识产权局)