

煤矿带式输送机滚筒用粘合胶配方优化

徐玉海,褚 静,宋静芳,阎 飞,郭书海,甄 亮

[阜新环宇橡胶(集团)有限公司,辽宁 阜新 123000]

摘要:对煤矿带式输送机滚筒橡胶层粘合胶配方进行优化。结果表明,间-甲-白体系能够增大金属与橡胶间的粘合强度。煤矿带式输送机滚筒用粘合胶优化配方为:丁苯橡胶 70,天然橡胶 30,炭黑 N220 55,白炭黑 8,氧化锌 5,硬脂酸 3,防老剂 4010NA 2.5,防老剂 RD 2,增塑剂 8,粘合剂 AS-88 5,偶联剂 Si69 2,防焦剂 CTP 0.5,三氧化二锑 7,氯化石蜡 25,硫黄 2,促进剂 CZ 1。优化配方胶料具有物理性能好、剥离强度大等特点。

关键词:输送机;金属包胶辊;粘合胶;阻燃性能;配方优化

中图分类号:TQ333.6;TQ332.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2014)10-0610-04

煤矿带式输送机胶辊由金属芯、粘合胶和覆盖胶组成,广泛应用于煤矿、电厂、码头、堆场大量装备的皮带运输机中,作为传动用的重工行业主驱动辊,过去均为平面光辊。为了提高摩擦因数、防止胶带打滑,相应地增大胶带的输送能力,近些年国内外辊面均已改进为人字形或菱形。

本工作通过对煤矿带式输送机滚筒橡胶层粘合胶的生胶体系、硫化体系、粘合体系、阻燃体系、补强体系、防护体系进行优选,对煤矿带式输送机滚筒橡胶层粘合胶配方进行优化。

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),牌号 SCR5,云南农垦集团有限责任公司产品;丁苯橡胶(SBR),牌号 1500,中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司产品;炭黑 N110,N220 和 N330,鞍山市炭黑厂产品;三氧化二锑,湖南安化县文威锑品厂产品;氯化石蜡,牌号 70[#],大连市旅顺口区江西化工工业总公司产品;粘合剂 AS-88,常州曙光化工厂产品;偶联剂 Si69,山东迪科化学科技有限公司产品。

1.2 主要设备和仪器

XK-160 型开炼机,上海橡胶机械厂产品;25

t 双层平板硫化机,呼和浩特市橡胶机械有限公司产品;XL-2500B 型拉力试验机,广州试验仪器厂产品;MICR0350 型电子拉力机,宁夏青山试验仪器厂产品;MH-74 型辊筒式磨耗机,上海化工机械四厂产品;RLH-1001 型老化试验箱,天津天宇技术有限公司产品;GT-M2000-A 型硫化仪,中国台湾高铁科技股份有限公司产品。

1.3 试样制备

按照常规工艺在开炼机上进行胶料混炼。胶料硫化特性采用硫化仪于 150 ℃ 下进行测试,在平板硫化机上硫化,硫化条件为 150 ℃ × t_{90} 。

1.4 性能测试

辊筒磨耗量按照 MT 962—2005《煤矿带式输送机滚筒用橡胶包覆层技术条件》进行测试,其他各项性能均按相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 生胶体系

由于煤矿带式输送机胶辊主要应用于煤矿井下环境,因此提高橡胶的阻燃性能具有重要意义。

橡胶的阻燃性能取决于其化学组成,含卤素橡胶(如氯丁橡胶和氯磺化聚乙烯橡胶等)具有较好的阻燃性能,但其工艺性差、价格高。本试验选择综合性能较好的 SBR/NR 并用胶作为金属包胶辊的主体材料,这是由于 NR 与 SBR 并用改善了 NR 耐磨性能的缘故。SBR/NR 并用比对并用胶性能的影响如表 1 所示。

作者简介:徐玉海(1970—),男,辽宁阜新人,阜新环宇橡胶(集团)有限公司工程师,主要从事橡胶配方设计、新产品研发工作。

表 1 SBR/NR 并用比对并用胶性能的影响

项 目	SBR/NR 并用比				
	0/100	30/70	50/50	70/30	100/0
硫化仪数据					
t_{10}/min	2.56	2.85	2.95	3.00	3.10
t_{90}/min	7.25	7.55	8.10	8.50	7.56
硫化胶性能					
密度/ $(\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3})$	1.315	1.305	1.310	1.315	1.305
邵尔 A 型硬度/度	65	63	68	68	67
拉伸强度/MPa	16.5	16.0	15.7	15.5	15.0
拉断伸长率/%	500	485	455	435	400
辊筒磨耗量/ mm^3	151	142	130	120	125
180° 剥离强度/ $(\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	9	9	10	11	10

注:配方其余组分和用量为炭黑 N220 50,白炭黑 6,氧化锌 5,硬脂酸 3,增塑剂 8,防老剂 RD 2,防老剂 4010NA 2,粘合剂 AS-88 4,阻燃剂 30,硫黄 2.2,促进剂 CZ 1.5。

从表 1 可以看出,随着 SBR 用量的增大,SBR/NR 并用胶的拉伸强度和辊筒磨耗量减小, 180° 剥离强度逐渐增大。当 SBR/NR 并用比为 70/30 时,并用胶的拉伸强度、辊筒磨耗量和 180° 剥离强度等综合性能最佳。

2.2 硫化体系

根据金属包胶辊低温长时间硫化的特点,需采用后效型促进剂(如次磺酰胺类促进剂),混炼胶硫化速度适中,硫化胶物理性能较好。从促进剂 CZ 和 NOBS 在胶料中的使用情况来看,相同硫化条件下可获得较高的硫化程度,但由于促进剂 CZ 具有价格较低和污染小的特点,因此选用促进剂 CZ。硫黄和促进剂 CZ 用量对 SBR/NR 并用胶性能的影响如表 2 所示。

从表 2 可以看出,当硫黄和促进剂 CZ 的用量分别为 2 和 1 份时,SBR/NR 并用胶的辊筒磨耗量最小, 180° 剥离强度最大,综合性能最佳。配方中加入 0.5 份防焦剂 CTP,SBR/NR 并用胶的 t_{10} 和 t_{90} 有所延长,加工安全性提高。

2.3 粘合体系

煤矿带式输送机胶辊的使用条件日益苛刻,要求提高金属辊与胶料的剥离强度,因此在配方中加入间-甲-白粘合体系,其中白炭黑用量为 5~10 份、粘合剂用量为 3~6 份。为了进一步提高 180° 剥离强度,配方中还加入了偶联剂,主要是硅烷偶联剂和锡酸酯类偶联剂,其作用是增强白炭黑和无机填料与橡胶的物理结合,用量一般为 1~3 份。间-甲-白粘合体系对比对 SBR/NR 并用胶

表 2 硫黄和促进剂 CZ 用量对 SBR/NR 并用胶性能的影响

项 目	配方编号				
	1#	2#	3#	4#	5#
硫黄用量/份	1.5	2	2.5	2	2
促进剂 CZ 用量/份	1.5	1	1	0.6	0.4
硫化仪数据					
t_{10}/min	3.10	3.35	2.90	3.76	4.10
t_{90}/min	9.14	9.05	8.15	9.57	10.52
硫化胶性能					
密度/ $(\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3})$	1.300	1.305	1.315	1.315	1.305
邵尔 A 型硬度/度	65	65	68	68	67
拉伸强度/MPa	16.5	16.0	16.2	15.5	15.0
拉断伸长率/%	500	485	455	550	545
辊筒磨耗量/ mm^3	151	115	120	130	127
180° 剥离强度/ $(\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	9	11	10	11	10

注:配方其余组分和用量为 SBR/NR 70/30,炭黑 N220 50,白炭黑 6,氧化锌 5,硬脂酸 3,增塑剂 8,防老剂 RD 2,防老剂 4010NA 2,防焦剂 CTP 0.5,粘合剂 AS-88 4,阻燃剂 30。

性能的影响如表 3 所示。

从表 3 可以看出,随着粘合剂和白炭黑用量的增大,SBR/NR 并用胶的 180° 剥离强度逐渐增大,辊筒磨耗量符合标准要求。当粘合剂 AS-88 和白炭黑的用量分别为 5 和 8 份时,SBR/NR 并用胶的综合性能最佳。

2.4 阻燃体系

烃类橡胶通常使用两种以上的复合阻燃剂、

表 3 间-甲-白粘合体系对比对 SBR/NR 并用胶性能的影响

项 目	配方编号				
	6#	7#	8#	9#	10#
粘合剂 AS-88 用量/份	3	3.5	4	5	6
白炭黑用量/份	5	6	7	8	10
硫化仪数据					
t_{10}/min	2.56	2.85	2.95	3.00	3.10
t_{90}/min	7.25	7.55	8.10	8.50	7.56
硫化胶性能					
密度/ $(\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3})$	1.315	1.305	1.310	1.315	1.305
邵尔 A 型硬度/度	65	63	68	68	67
拉伸强度/MPa	16.5	16.0	15.7	15.5	15.0
拉断伸长率/%	500	485	455	535	400
辊筒磨耗量/ mm^3	151	142	130	130	125
180° 剥离强度/ $(\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	9	9	10	11	10

注:配方其余组分和用量为 SBR/NR 70/30,炭黑 N220 50,氧化锌 5,硬脂酸 3,增塑剂 8,防老剂 RD 2,防老剂 4010NA 2,防焦剂 CTP 0.5,偶联剂 Si69 2,阻燃剂 30,硫黄 2,促进剂 CZ 1。

阻燃填料复合体系。除熟知的三氧化二锑外,还常用各种含卤阻燃剂,绝大多数为氯类和溴类有机化合物。当含卤阻燃剂遇火受热分解时,释放的卤化氢与三氧化二锑反应生成卤化锑和某氧化锑,从理论上这两种阻燃剂的最佳比例应为卤素

与锑的摩尔比为3:1,实际上卤素与锑的摩尔比达到了8:1,该阻燃体系在受热分解初期就会形成更多的卤化锑,从而能收到更好的阻燃效果。阻燃体系用量对 SBR/NR 并用胶性能的影响如表 4 所示。

表 4 阻燃体系用量对 SBR/NR 并用胶性能的影响

项 目	配方编号				
	11 [#]	12 [#]	13 [#]	14 [#]	15 [#]
三氧化二锑用量/份	5	6	7	8	9
氯化石蜡用量/份	15	20	25	30	35
硫化仪数据					
t_{10}/min	2.85	2.95	3.10	3.00	2.87
t_{90}/min	7.55	8.10	8.50	7.56	7.49
硫化胶性能					
密度/($\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	1.315	1.305	1.310	1.315	1.310
邵尔 A 型硬度/度	63	68	68	67	68
拉伸强度/MPa	16.0	15.7	15.5	15.0	14.1
拉断伸长率/%	485	455	435	400	386
辊筒磨耗量/ mm^3	122	128	130	135	142
180°剥离强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	9	10	11	10	10
酒精喷灯					
有焰/无焰燃烧时间平均值/s	3.0/11.5	2.8/8.5	2.5/6.2	1.8/11.6	1.5/12.6
有焰/无焰燃烧时间最大值/s	12.4/15.8	9.8/14.0	8.5/12.5	7.2/15.2	5.2/20.2
酒精灯					
有焰/无焰燃烧时间平均值/s	8.2/15.5	7.6/14.3	3.1/10.5	2.5/23.2	1.8/28.2
有焰/无焰燃烧时间最大值/s	12.5/30.1	10.5/19.5	6.5/15.0	4.5/29.5	3.9/37.8

注:配方其余组分和用量为 SBR/NR 70/30,炭黑 N220 50,白炭黑 8,氧化锌 5,硬脂酸 3,增塑剂 8,防老剂 RD 2,防老剂 4010NA 2,粘合剂 AS-88 5,偶联剂 Si69 2,防焦剂 CTP 0.5,硫黄 2,促进剂 CZ 1。

从表 4 可以看出,随着阻燃体系用量的增大,酒精喷灯和酒精灯的有焰燃烧逐渐变好,但无焰燃烧呈先好后坏的变化趋势;180°剥离强度未受明显影响;辊筒磨耗量均符合标准要求。最终确定阻燃体系的三氧化二锑用量为 7 份,氯化石蜡用量为 25 份。

2.5 补强体系

原配方中多采用软质炭黑,如炭黑 N660 和半补强炭黑,由于补强效果略差,加入部分无机填料后胶料的强度降幅也较大。现改用硬质炭黑,既提高了胶料的物理性能,又提高了胶料与骨架材料的 180°剥离强度,硬质炭黑的用量一般为 10~60 份。炭黑种类和用量对 SBR/NR 并用胶性能的影响如表 5 所示。

从表 5 可以看出,在相同用量下,采用炭黑 N220 补强并用胶的拉伸强度较大、辊筒磨耗量较小;采用炭黑 N110 补强并用胶虽然拉伸强度最

表 5 炭黑种类和用量对 SBR/NR 并用胶性能的影响

项 目	配方编号				
	16 [#]	17 [#]	18 [#]	19 [#]	20 [#]
炭黑 N110 用量/份	55	0	0	0	0
炭黑 N220 用量/份	0	55	0	50	60
炭黑 N330 用量/份	0	0	55	0	0
硫化仪数据					
t_{10}/min	4.32	5.25	6.01	6.45	4.20
t_{90}/min	12.2	12.5	13.5	14.5	11.8
硫化胶性能					
密度/($\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	1.325	1.315	1.305	1.300	1.335
邵尔 A 型硬度/度	76	70	65	63	78
拉伸强度/MPa	17.5	16.2	15.5	14.5	15.5
拉断伸长率/%	490	485	455	475	400
辊筒磨耗量/ mm^3	102	107	115	120	116
180°剥离强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	9	12	10	11	10

注:配方其余组分和用量为 SBR/NR 70/30,白炭黑 8,氧化锌 5,硬脂酸 3,增塑剂 8,防老剂 RD 2,防老剂 4010NA 2,防焦剂 CTP 0.5,三氧化二锑 7,氯化石蜡 25,偶联剂 Si69 2,粘合剂 AS-88 5,硫黄 2,促进剂 CZ 1。

大、辊筒磨耗量最小,但邵尔 A 型硬度过大;炭黑 N220 用量过大或过小对并用胶的耐磨性能都不利。最终确定补强体系采用炭黑 N220,且最佳用量为 55 份。

2.6 防护体系

防护体系采用防老剂 4010NA 与防老剂 RD 并用,硫化胶的动态性能优异、耐热和耐日光老化性能较好,这对于提高覆盖胶的耐磨性能有利。防老剂种类和用量对 SBR/NR 并用胶性能的影响如表 6 所示。

从表 6 可以看出,当防护体系采用 2.5 份防老剂 4010NA 和 2 份防老剂 RD 时,SBR/NR 并用胶的耐老化性能最佳。

通过对生胶体系、硫化体系、粘合体系、阻燃体系、补强体系、防护体系的优选,确定煤矿带式输送机滚筒用粘合胶的配方为:SBR 70,NR 30,炭黑 N220 55,白炭黑 8,氧化锌 5,硬脂酸 3,防老剂 4010NA 2.5,防老剂 RD 2,增塑剂 8,粘合剂 AS-88 5,偶联剂 Si69 2,防焦剂 CTP 0.5,三氧化二锑 7,氯化石蜡 25,硫黄 2,促进剂 CZ 1。

3 结论

试验确定煤矿带式输送机滚筒用粘合胶优化配方为:SBR 70,NR 30,炭黑N220 55,白炭

表 6 防老剂种类和用量对 SBR/NR 并用胶性能的影响

项 目	配方编号				
	21#	22#	23#	24#	25#
防老剂 4010NA 用量/份	1	1.5	2	2.5	3
防老剂 RD 用量/份	1	1.5	2	2	2
硫化仪数据					
t_{10}/min	3.15	3.20	3.59	3.27	3.51
t_{90}/min	8.55	8.97	9.21	8.12	10.10
硫化胶性能					
密度/($\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	1.304	1.305	1.304	1.304	1.305
邵尔 A 型硬度/度	70	72	69	70	68
拉伸强度/MPa	16.5	16.8	15.9	16.5	16.1
拉断伸长率/%	440	445	452	450	455
辊筒磨耗量/ mm^3	125	124	120	121	127
180° 剥离强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	11	11	11	11	11
70℃×168 h 老化后					
拉伸强度/MPa	13.2	13.5	14.0	15.5	15.1
拉断伸长率/%	280	300	320	380	350

注:配方其余组分和用量为 SBR/NR 70/30,炭黑 N220 55,白炭黑 8,氧化锌 5,硬脂酸 3,增塑剂 8,防焦剂 CTP 0.5,三氧化二锑 7,氯化石蜡 25,偶联剂 Si69 2,粘合剂 AS-88 5,硫黄 2,促进剂 CZ 1。
黑 8,氧化锌 5,硬脂酸 3,防老剂 4010NA 2.5,防老剂 RD 2,增塑剂 8,粘合剂 AS-88 5,偶联剂 Si69 2,防焦剂 CTP 0.5,三氧化二锑 7,氯化石蜡 25,硫黄 2,促进剂 CZ 1。
优化配方胶料具有物理性能好、剥离强度大等特点,有利于提高煤矿带式输送机滚筒的使用寿命。

收稿日期:2014-04-11

Formulation Optimization of Adhesive Compound for Roller of Mining Conveyor Belt System

XU Yu-hai, CHU Jing, SONG Jing-fang, YAN Fei, GUO Shu-hai, ZHEN Liang

[Fuxin Huanyu Rubber(Group) Co., Ltd, Fuxin 123000, China]

Abstract: The formulation of adhesive compound for the rubber layer in the roller of mining belt conveyor roller was optimized. The experimental results showed that the adhesion strength between metal and rubber could be increased by using resorcinol-formaldehyde-silica system. The optimized formulation was as follows: SBR 70, NR 30, carbon black N220 55, silica 8, zinc oxide 5, stearic acid 3, antioxidant 4010NA 2.5, antioxidant RD 2, plasticizer 8, adhesive agent AS-88 5, coupling agent Si69 2, scorch retarder CTP 0.5, antimony trioxide 7, chlorinated paraffin 25, sulfur 2, accelerator CZ 1. After optimization, the adhesive compound possessed improved physical properties and higher peeling strength.

Key words: conveyor; rubber covered metal roller; adhesive compound; flame retardance; formulation optimization