

# 低烟量输送带用阻燃芯胶配方研究

杨化民, 王军龙

(西安重装渭南橡胶制品有限公司, 陕西 渭南)

**摘要:** 设计了能够降低燃烧烟气量的输送带用阻燃芯胶, 芯胶配方为: 80 份丁苯胶, 20 份天然胶, 50 份炭黑, 3.5 份硫磺, 1.5 份 NOBS, 20 份氯化石蜡, 15 份十溴二苯醚, 5 份三氧化二锑, 20 份硼酸锌, 20 份氢氧化铝。芯胶配方的黏合性能满足 MT/T668-2019 的要求, 且烟密度为 220。

**关键词:** 烟气量; 阻燃; 芯胶

**中图分类号:** TQ330.61

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1009-797X(2024)07-0043-04

**DOI:** 10.13520/j.cnki.rpte.2024.07.010

近年来, 贵州、重庆煤矿井下发生涉及输送带的火灾事故造成了严重的人员伤亡和经济损失, 虽然火灾的起因并非输送带的燃烧, 但以高分子材料为主材的输送带在燃烧过程会产生大量的烟气, 是造成人员窒息死亡不可忽略的关键点, 因此研究在燃烧过程中低烟气量的阻燃输送带具有很大的意义。

介绍煤矿用阻燃输送带的文献多集中在研究阻燃性能, 并没有对降低烟气量的技术进行介绍。王伟博士介绍了煤矿输送带热解及燃烧特性研究, 阐述了火灾产生的原因及如何预警<sup>[1]</sup>; 介绍阻燃输送带的文献多数围绕燃烧指标性能<sup>[2-3]</sup>, 对低烟量的研究多数集中于线缆行业<sup>[4-5]</sup>, 故研究低烟气量的阻燃输送带配方很有必要性。

本文主要研究以丁苯胶 (SBR1502)、天然橡胶 (SCR5) 为基材, 探究不同阻燃体系下输送带芯胶燃烧过程的烟气量, 设计既能够满足 MT/T 668-2019 要求的配方体系, 又能减少烟气量的阻燃芯胶配方。

## 1 实验部分

### 1.1 原材料

丁苯橡胶 SBR1502, 中国石化齐鲁石油化工公司; 天然橡胶 SCR, 云南农垦; 促进剂 NOBS、山东尚舜化工有限公司; 炭黑, 江西黑猫炭黑股份有限公司; 氯化石蜡、三氧化二锑、硼酸锌、氢氧化铝等阻燃剂均为市售工业级橡胶用材料; 钢丝绳芯为市售输送带用骨架材料。

### 1.2 实验设备与检测仪器

2 L 小型密炼机, 瑞安市金诺橡塑机械有限公司; XK-160 型开炼机, 大连华韩橡塑机械有限公司; 600×600 型平板硫化机, 青岛祥杰橡胶机械制造有限公司; GT-M2000AN 硫化仪, 高特威尔检测仪器 (青岛) 有限公司; WDW 型微机控制电子万能试验机, 上海龙华测试仪器有限公司; SJPR-01A 型输送带用酒精喷灯燃烧性能试验箱, 青岛中橡化科技有限公司; 烟密度测试仪, 东莞崇圣仪器设备有限公司。

### 1.3 阻燃芯胶的制备

将原材料按照实验配方称量后, 按照以下混炼工艺进行混炼: 密炼机转速 25 r/min, 上顶栓压力 0.5 MPa。添加丁苯胶与天然橡胶混炼 120 s; 添加氧化锌、防老剂、阻燃剂等小料, 混炼 60 s; 添加炭黑, 混炼 150 s; 提上顶栓, 落下顶栓, 混炼 60 s, 混炼胶成团后经开炼机薄通 5 遍, 下片、放置冷却, 以备检测用。

### 1.4 试样的制备与检测

芯胶与钢丝绳芯的黏合强度按 GB/T 5755 规定进行制样、检测。

芯胶燃烧性能按照 MT/T668-2019 中 5.16 规定的试验方法制样、检测。

芯胶燃烧烟密度按照 GB/T8323.2-2008 规定的试验方法检测。

作者简介: 杨化民 (1969-), 男, 高级工程师, 研究生, 主要从事输送带配方设计与开发方面工作。

收稿日期: 2023-12-06

## 2 结果讨论

### 2.1 氯化石蜡含量对阻燃芯胶燃烧烟气量及燃烧性能的影响。

芯胶配方如表 1 所示, 制备过程按照 1.3 实验过程进行。

表 1 不同氯化石蜡含量芯胶配方

序号	组分	用量 / 份
1	天然胶	20
2	丁苯胶	80
3	硬脂酸	1.5
4	氧化锌	5
5	氯化石蜡	10、20、30、40、50
6	三氧化二锑	5
7	炭黑	50
8	硫化体系	4

按照表 1 中配方, 参照 1.3 的混炼胶制备方法, 分别制备了不同氯化石蜡含量的阻燃芯胶; 按照 2.4 中涉及的检测方法, 检测芯胶的黏合性能、燃烧指标及发烟量。硫化工艺参数: 硫化温度 150 °C、硫化时间 35 min、硫化压力 3.5 MPa, 结果如表 2 所示。

表 2 不同氯化石蜡含量对芯胶的黏合强度、燃烧性能、烟密度的影响

检测项目	氯化石蜡含量				
	10	20	30	40	50
黏合性能 / (N·mm <sup>-1</sup> )	120	125	132	135	110
有焰燃烧 / s	25	10	3.5	2.3	1.2
无焰燃烧 / s	55	49	50	48	52
烟密度	200	320	450	650	730

由表 2 可知, 随着氯化石蜡含量增加, 芯胶与钢丝绳芯的黏合值先上升后下降, 这是因为氯化石蜡有一定的增塑作用和增加橡胶交联作用, 能够提高分散程度和橡胶的硬度, 使得黏合值上升。当氯化石蜡含量增加到 50 份时, 黏合值出现大幅下降, 这是因为氯化石蜡显酸性, 大量的氯化石蜡可能会在硫化过程产生氯化氢气体, 造成钢丝绳芯的腐蚀, 导致阻燃芯胶与钢丝绳芯的黏合强度下降。

由表 2 可知, 随着氯化石蜡含量增加, 芯胶的有焰燃烧呈下降趋势, 但无焰燃烧并没有明显的变化, 这是因为氯化石蜡与三氧化二锑在燃烧的过程中会生成氯化锑颗粒, 降低了试样燃烧需要的氧气, 减缓燃烧的继续进行; 而无焰燃烧主要是橡胶中的炭的燃烧, 氯化锑颗粒并不能降炭燃烧的温度, 或覆盖燃烧的炭让其窒息熄灭。

由表 2 可知, 随着氯化石蜡含量增加, 烟密度呈上升趋势, 这是因为随着氯化石蜡含量的增加, 生成的氯化锑量增加, 造成了烟密度的增加。

由表 2 可知, 综合考虑黏合性能、燃烧性能、烟

密度各项指标, 氯化石蜡的量应控制在 30 份以内。

### 2.2 十溴二苯醚含量对阻燃芯胶燃烧烟气量及燃烧性能的影响

按照表 1 中配方, 将变量氯化石蜡换为十溴二苯醚, 参照 2.3 的混炼胶制备方法, 检测芯胶的各项性能。结果如表 3 所示。

表 3 不同十溴二苯醚含量对芯胶的黏合强度、燃烧性能、烟密度的影响

检测项目	十溴二苯醚含量				
	10	20	30	40	50
黏合性能 / (N·mm <sup>-1</sup> )	130	135	122	118	113
有焰燃烧 / s	10	5	3.2	2	1.3
无焰燃烧 / s	53	55	51	48	50
烟密度	150	220	350	550	630

由表 3 可知, 随着十溴二苯醚含量的增加阻燃芯胶的黏合性能呈下降趋势, 但下降趋势较平缓, 这是因为十溴二苯醚分子量较大, 在橡胶中的分散难度大, 可能会影响橡胶中材料的分散效果, 造成黏合性能的下降。

由表 3 可知, 随着十溴二苯醚含量的增加芯胶的有焰燃烧下降趋势要比氯化石蜡更加明显, 这是因为十溴二苯醚的溴含量大于氯化石蜡, 能够与三氧化二锑反应生成的稀释氧浓度的颗粒更多; 但十溴二苯醚对无焰燃烧的效果与氯化石蜡相类似, 对无焰燃烧的效果很小。

由表 3 可知, 随着十溴二苯醚含量的增加烟密度相对氯化石蜡有所降低, 但还是呈上升趋势, 因此综合考虑可以将十溴二苯醚与氯化石蜡并用。

### 2.3 硼酸锌含量对阻燃芯胶燃烧烟气量及燃烧性能的影响

按照表 1 中配方, 将变量氯化石蜡换为硼酸锌, 参照 1.3 的混炼胶制备方法, 检测芯胶的各项性能。结果如表 4 所示。

表 4 不同硼酸锌含量对芯胶的黏合强度、燃烧性能、烟密度的影响

检测项目	硼酸锌含量				
	10	20	30	40	50
黏合性能 / (N·mm <sup>-1</sup> )	131	134	130	128	118
有焰燃烧 / s	55	52	48	50	49
无焰燃烧 / s	15.8	8.6	5.1	2.2	1.9
烟密度	300	280	230	150	130

由表 4 可知, 随着硼酸锌含量的增加阻燃芯胶的黏合性能略有下降, 但都达到标准的要求, 这是因为硼酸锌为无机填料, 与有机高分子材料的相容性较差, 造成黏合性能略有下降。

由表 4 可知, 随着硼酸锌含量的增加芯胶的有焰

燃烧的贡献相对较小而对无焰燃烧的影响较大,这是因为硼酸锌含有结晶水能够降低残炭的温度、硼酸能够覆盖在材料表面阻止燃烧继续发生,加速无焰燃烧的熄灭。

由表 4 可知,随着硼酸锌受热后能够释放结晶水和促进橡胶材料表面结炭的生成,降低了烟气的产生。

## 2.4 氢氧化铝含量对阻燃芯胶燃烧烟气量及燃烧性能的影响

按照表 1 中配方,将变量氯化石蜡换为氢氧化铝,参照 1.3 的混炼胶制备方法,检测芯胶的各项性能。结果如表 5 所示。

表 5 不同氢氧化铝含量对芯胶的黏合强度、燃烧性能、烟密度的影响

检测项目	氢氧化铝含量				
	10	20	30	40	50
黏合性能 $/(N \cdot mm^{-1})$	128	125	120	118	115
有焰燃烧 /s	59	52	55	50	47
无焰燃烧 /s	17.8	9.6	6.1	2.5	2
烟密度	380	250	190	150	130

由表 5 可知,氢氧化铝对各项性能的影响与硼酸锌类似,对黏合性能的影响较小,对有焰燃烧的效果较小,对无焰燃烧和烟气量的影响很显著。

由表 2、3、4、5 可知氯化石蜡、十溴二苯醚对有焰燃烧有显著效果,硼酸锌、氢氧化铝对无焰燃烧和发烟量的影响显著。且这四种阻燃剂的大量添加都会降低黏合性能。因此采用并用的方式满足各项指标。

## 2.5 阻燃剂并用对芯胶各项性能的影响

按照表 1 中配方(氯化石蜡除外)和表 6 中阻燃剂的用量,参照 2.3 的混炼胶制备方法,检测芯胶的各项性能。结果如表 7 所示。

表 6 芯胶中不同阻燃剂的份数

阻燃剂名称	试验编号					
	1	2	3	4	5	6
氯化石蜡	10	20	10	20	10	20
十溴二苯醚	15	15	15	15	15	15
硼酸锌	10	20	30	40	50	60
氢氧化铝	10	20	30	40	50	60

表 7 不同阻燃剂含量芯胶的各项指标

试验编号	黏合力 $/(N \cdot mm^{-1})$	燃烧性能		烟密度
		有焰燃烧 /s	无焰燃烧 /s	
1	138	5.2	5.2	300
2	122	2.3	2.3	220
3	118	5.2	2	180
4	110	2.3	1.5	130
5	101	5.2	1.1	110
6	88	2.3	0.8	98

由表 7 可知,配方 2、4、6 对应的黏合性能与燃烧指标均达到 MT/T668-2019 的要求。随着硼酸锌和氢氧化铝的增加,烟密度呈下降趋势,综合考虑无机阻燃剂对橡胶性能的影响,确定实验编号 2 对应的芯胶为最终配方。

## 3 结论

(1) 增加卤素阻燃剂的含量会显著降低有焰燃烧值,十溴二苯醚的阻燃效率高于氯化石蜡啊,应用两者并用,避免大量使用氯化石蜡造成燃烧过程大量的烟气。

(2) 增加硼酸锌、氢氧化铝的含量会显著降低有焰燃烧值,能够降低橡胶材料燃烧过程的烟气量。

(3) 氯化石蜡 20 份、十溴二苯醚 15 份、氢氧化铝和硼酸锌分别 20 份可以满足各项性能指标。

## 参考文献:

- [1] 王伟. 煤矿输送带热解及燃烧特性研究 [D]. 北京: 煤炭科学研究总院: 2023.
- [2] 杨化民, 王军龙, 等. 模压成型法 PVG 阻燃整芯输送带覆盖胶的配方优化 [J]. 橡胶工业, 2019, 66(01): 036-040.
- [3] 姜丽. 长寿命耐高温分层带覆盖胶的研制 [J]. 橡塑技术与装备, 2020, 46(19): 42-44.
- [4] 金楷皓, 等. 阻燃剂对低烟无卤聚烯烃电缆料性能的影响 [J]. 绝缘材料, 2020, 53(03): 1-6.
- [5] 刘秀峰等. 低烟低卤阻燃 PVC 电缆护套料的研究 [J]. 电线电缆, 2004(03): 36-38.

# Research on the formula of flame-retardant core rubber for low smoke conveyor belts

Yang Huamin, Wang Junlong

(Xi'an Heavy Duty Weinan Rubber Products Co. LTD., Weinan, Shaanxi)

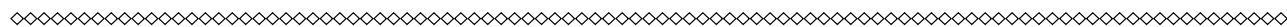
(Xi'an Zhongzhuang Weinan Rubber Products Co. LTD., Weinan 710000, Shaanxi, China)

**Abstract:** This article designs a flame-retardant core rubber for conveyor belts that can reduce the

amount of combustion smoke. The core rubber formula is: 80 parts styrene butadiene rubber, 20 parts natural rubber, 50 parts carbon black, 3.5 parts sulfur, 1.5 parts NOBS, 20 parts chlorinated paraffin, 15 parts decabromodiphenyl ether, 5 parts antimony trioxide, 20 parts zinc borate, and 20 parts aluminum hydroxide. The adhesive performance of the core rubber formula meets the requirements of MT/T668-2019, and the smoke density is 220.

**Key words:** smoke volume; flame retardant; core rubber

(R-03)



## 住友橡胶积极响应“开放创新”号召，“拥抱”长沙，共谋发展

**Sumitomo Rubber actively responds the call to "open innovation" and "embraces" Changsha for common development**

开放创新,中部崛起! 2024年5月31日~6月2日第十三届中国中部投资贸易博览会于湖南长沙举办。其间,会议的重头戏——跨国公司与湖南合作发展对接会吸引了,来自40多个国家的170余家跨国公司及相关机构高管260余人共襄盛举。住友橡胶(湖南)有限公司以其优质的产品技术和绿色环保理念,成为会上的一道亮丽风景线。

住友橡胶(湖南)有限公司于2010年在长沙经开区落户,2012年正式投产以来,积极发挥外资企业的优势,不断引进先进的生产设备、工艺和技术,为中国消费者带来了高品质、高性能的驾乘体验。

此次参会,住友橡胶一方面是为了感谢长沙政府长期以来秉持“心忧天下,敢为人先”的精神对企业无微不至的支持;另一方面则为顺应政府号召,向公众传递绿色生产理念和绿色出行理念。在谈及住友橡胶落户长沙的原因时,住友橡胶(湖南)有限公司总经理中村明弘表示,“长沙的区位优势显著,交通便捷,高速公路、高速铁路纵横交错,为我们的产品运输提供了极大的便利。同时,长沙还拥有完备的产业基础设施、丰富的产业集群以及丰厚的人才资源,为我们的轮胎项目发展提供了广阔的空间。”

藉由这些优势,住友橡胶广“交友”——与诸多长沙本地的车企建立了紧密的合作关系;深发展——专研科技创新,不断推出兼具操控稳定性、舒适性,以及环保性的优质轮胎。而“绿色环保”更是长在住友橡胶基因里的理念。扎根长沙的这些年来,住友橡胶始终坚定地走在绿色发展的道路上。2022年开始,住友橡胶制造的邓禄普轮胎全面使用绿色电力。同时还在厂区导入了太阳能发电设备,致力于零碳排放事业发展。

投资中国,就是投资未来。今后,住友橡胶还将继续秉持绿色环保理念,加大科研力度,推出更多高性能、环保型的轮胎产品,为中国市场的消费者提供更加优质的出行体验。在这一方面,中村明弘充满信心,他表示:“住友橡胶将继续加大在长沙的投资力度,通过引进先进的生产设备和工艺,实现设备智能化、工艺低碳化和产品绿色化,努力为中国汽车行业的蓬勃发展贡献更多力量。”

摘自“中国轮胎商务网”

(R-03)

