

帆布芯耐热输送带高温粘合性能的研究

谢艳霞^{1,2}, 宗志敏¹, 孙桂美², 汪光亮², 王 飞², 魏贤勇¹

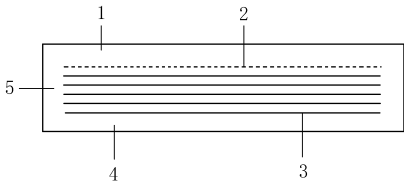
(1. 中国矿业大学 煤炭加工与高效洁净利用教育部重点实验室, 江苏 徐州 221116; 2. 兖矿集团 唐村实业有限公司, 山东 邹城 273522)

摘要:研究在常温和高温下帆布芯耐热输送带的粘合性能及其影响因素。结果表明:随着试验温度的升高,帆布芯耐热输送带的粘合性能大幅度下降;在覆盖胶中加入粘合剂 RF/RA(用量比为 4/3.6)可在一定程度上提高高温和高温下输送带的粘合性能;适当增大缓冲层厚度能够提高高温下输送带的粘合性能,而对改善高温粘合性能无明显效果;与采用聚酯帆布相比,采用锦纶 6 帆布对改善输送带高温下的粘合性能效果较好。

关键词:帆布芯耐热输送带;高温;粘合性能

中图分类号:TQ336. 2;TQ330. 38⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2011)12-0747-05

随着我国钢铁、水泥和焦炭等行业的蓬勃发展,耐热输送带市场需求快速提升。帆布芯耐热输送带主要用于 100 ℃ 及以上高温物料的输送,一般由带芯(由 1 层或多层经压延覆胶的帆布构成)、上覆盖层、下覆盖层和边胶组成,有时为了提高粘合性能,在覆盖胶和带芯间增设缓冲层。帆布芯耐热输送带的结构如图 1 所示。



1—上覆盖胶;2—缓冲层;3—带芯(贴胶帆布);
4—下覆盖胶;5—边胶。

图 1 帆布芯耐热输送带结构示意图

根据 GB/T 20021—2005《帆布芯耐热输送带》规定,我国的帆布芯输送带分为 4 个耐热等级,分别为 T1(100 ℃),T2(125 ℃),T3(150 ℃)和 T4(175 ℃)。目前,我国输送带的耐热等级普遍在 T3 以下,执行标准通常为 HG 2297—1992《耐热输送带》,而耐热等级达到 T4 的输送带尚未见产品通过检测,主要原因是输送带下覆盖胶的耐热老化性能和层间粘合强度不合格。耐热输

送带多在高温工况下运行,但国内尚未见耐热输送带高温粘合性能的相关研究报道。

本工作主要研究在常温和高温条件下帆布芯耐热输送带粘合性能及其影响因素。

1 实验

1.1 主要原材料

SBR,牌号 1500,中国石化齐鲁石油化工有限公司产品;NR,SCR5,云南天然橡胶产业股份有限公司产品;EPDM,牌号 4045,日本三井化学公司产品;聚酯浸胶帆布(牌号为 EA-200)和锦纶 6 浸胶帆布(牌号为 AA-200),山东海龙博莱特化纤有限责任公司产品。

1.2 试验配方

覆盖胶配方:EPDM 100,炭黑 N220 50,氧化锌 6,硬脂酸 1,防老剂 RD 2,防老剂 4010NA 2,石蜡油 10,硫黄 0.3,硫化剂 DCP 5,助交联剂 TAIC 1。

缓冲胶配方:EPDM 70,SBR 30,炭黑 N220 40,白炭黑 10,碳酸钙 40,氧化锌 6,硬脂酸 1,防老剂 RD 2,防老剂 4010NA 2,增粘剂 PM-18 8,粘合剂 RF 4,粘合剂 RA 3.6,石蜡油 15,液体 EPR 6,硫化剂 DCP 5,硫黄 0.3,助交联剂 TAIC 1,促进剂 TMTD 0.4,促进剂 DTD 2,促进剂 CZ 1.1。

SBR/NR 帘布胶配方:SBR 80,NR 20,炭

作者简介:谢艳霞(1971—),女,山东聊城人,兖矿集团唐村实业有限公司高级工程师,中国矿业大学在读博士研究生,主要从事高分子功能材料基础性能与工程应用的研究。

黑 N220 40, 白炭黑 10, 碳酸钙 40, 氧化锌 5, 硬脂酸 1, 防老剂 RD 2, 防老剂 4010NA 2, 粘合剂 AS-88 6, 增粘剂 A-90 10, 软化重油 20, 硫黄 1.5, 促进剂 TMTD 0.4, 促进剂 DTDM 2, 促进剂 CZ 1.1。

EPDM/NR 帘布胶配方: EPDM 80, NR 20, 炭黑 N220 40, 白炭黑 10, 碳酸钙 40, 氧化锌 6, 硬脂酸 1, 防老剂 RD 2, 防老剂 4010NA 2, 增粘剂 PM-18 8, 粘合剂 RF 4, 粘合剂 RA 3.6, 石蜡油 10, 液体 EPR 6, 硫化剂 DCP 5, 硫黄 0.3, 助交联剂 TAIC 1, 促进剂 TMTD 0.4, 促进剂 DTDM 2, 促进剂 CZ 1.1。

1.3 主要设备与仪器

XK-160 型开炼机, 上海双翼橡塑机械有限公司产品; XLB-400 型橡胶平板硫化机, 青岛科高橡塑机械技术装备有限公司产品; DXLL-3000N 型电子拉力机, 上海化工机械四厂产品; 401A 型老化试验箱, 上海实验仪器厂产品; AGT-10A 型台秤, 上海万马衡器有限公司产品; 0~150 mm 游标卡尺, 上海量具刀具厂产品。

1.4 试样制备

各胶料按常规工艺在开炼机上混炼, 并按照所需的厚度下片待用。

输送带试样在工作台上成型, 将帆布烘干后裁成 200 mm×200 mm 的正方形, 贴上帘布胶后多层成型为一体, 再贴上缓冲胶, 最后贴上覆盖胶, 并修剪齐整, 制成带坯。带坯在平板硫化机上硫化, 硫化条件为 155 °C×30 min。

将硫化后的输送带切成 200 mm×(25±1) mm 的全厚度矩形试样, 然后在端部层间剥离约 75 mm。

间隔 5 min, 分别将 2 块矩形试样放入预热到设定温度(30, 125, 150 和 175 °C)的老化试验箱中, 保持恒温 1 h, 取出后立即放入拉力试验机进行输送带层间剥离试验。

1.5 性能测试

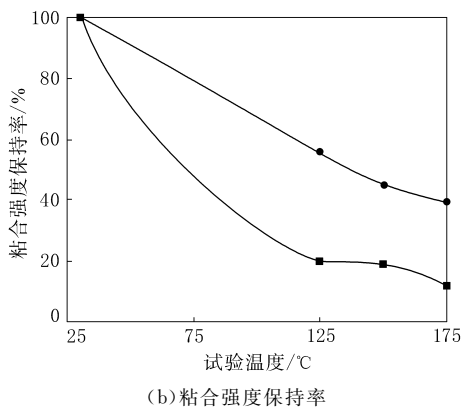
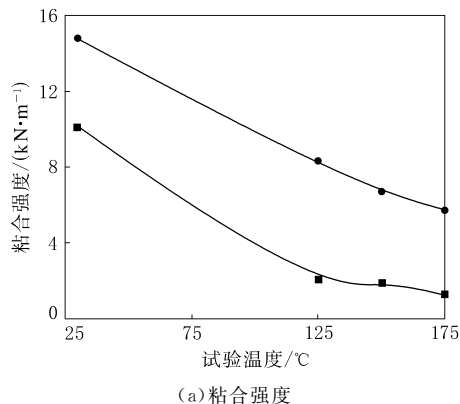
输送带层间粘合强度按照 GB/T 6759—2002《织物芯输送带的层间粘合强度试验方法》进行测试, 拉伸速率为(100±10) mm·min⁻¹。

2 结果与讨论

2.1 试验温度

粘合强度是输送带产品的关键性能指标, 输送带粘合强度不足, 在使用过程中覆盖胶或帆布层间容易起泡或脱层, 项早辉^[1]和姜必多等^[2]对输送带常温下的粘合性能进行了研究。而对耐热分层输送带来说, 高温运行时的粘合强度更为关键, 而目前尚未见此类研究报道。

分别将输送带试样置于 30, 125, 150 和 175 °C 老化箱中恒温放置 1 h, 取出后立即测试层间粘合强度, 结果如图 2 所示。



●—帆布层间; ■—覆盖胶-帆布层。聚酯帆布, SBR/NR 帘布胶, 缓冲层厚度为 1 mm。

图2 试验温度对帆布芯耐热输送带层间粘合强度的影响

从图2可以看出: 随着试验温度的升高, 输送带覆盖胶与帆布层以及帆布层间的粘合强度大幅下降; 试验温度为 175 °C 时, 覆盖胶与帆布层的粘合强度下降为 30 °C 时的 12%, 帆布层间的粘合强度下降为 30 °C 时的 39%。分析认为: 随着试

验温度的升高,橡胶大分子的热运动加剧,分子间作用力受到热运动的干扰而减小;在高温状态下,橡胶大分子吸收足够的能量,部分化学键断裂,化学键合作用减弱^[3],导致粘合强度下降。

2.2 覆盖胶

普通输送带配方设计一般多考虑保证帆布与橡胶之间的粘合性能,而对橡胶层间的粘合性能考虑较少,因此通常只在帘布胶中添加粘合剂。本工作选择无粘合体系和有粘合体系(粘合剂 RF/RA 用量比为 4/3.6)的覆盖胶进行研究,结果如表 1 所示。

表 1 粘合体系对帆布芯耐热输送带覆盖胶-帆布层粘合强度的影响 kN · m⁻¹

试验温度/℃	无粘合体系	有粘合体系
30	10.14	10.73
175	1.96	2.38

注:聚酯帆布,SBR/NR 帘布胶,缓冲层厚度为 1 mm。

从表 1 可以看出,在覆盖胶中加入粘合体系后,常温 and 高温下帆布芯耐热输送带覆盖胶-帆布层粘合强度均有所提高。分析认为,粘合剂间苯二酚-甲醛树脂(粘合剂 RF)和六甲氧基甲基蜜胺(粘合剂 RA)硫化交联,形成间苯二酚蜜胺型树脂的体型网状结构,同时间苯二酚-甲醛树脂分子中的羟甲基可以与橡胶中的 C=C 缩合形成氧杂茛交联,与亚甲基缩合形成亚甲基交联^[4],这些交联结构中的化学键具有较高的离解能^[5],高温时只有部分化学键断裂,因此提高了高温时输送带的粘合强度。

2.3 缓冲层厚度

输送带覆盖胶主要采用 EPDM,帘布胶主要采用 SBR/NR 并用胶,由于 EPDM 的自粘性和互粘性较差,因此需要在覆盖胶与帘布胶之间增设缓冲层,以改善覆盖胶与帘布胶间的粘合性能。缓冲层厚度对帆布芯耐热输送带覆盖胶-帆布层粘合强度的影响如表 2 所示。

从表 2 可以看出,当试验温度为 30 ℃ 时,缓冲层厚度为 3 mm 的试样粘合强度明显较高,而较大的缓冲层厚度对改善高温时的粘合性能并无明显效果。

分析认为:缓冲胶的主要成分是 EPDM/SBR

表 2 缓冲层厚度对帆布芯耐热输送带覆盖胶-帆布层粘合强度的影响 kN · m⁻¹

试验温度/℃	缓冲层厚度/mm	
	1	3
30	7.86	12.81
175	0.97	0.95

注:聚酯帆布,SBR/NR 帘布胶。

并用胶,在高温加压硫化过程中,覆盖胶、缓冲胶和帘布胶紧密接触,由于分子的布朗运动或链段的摆动,导致橡胶分子链穿越界面而相互扩散,从而产生过渡区,形成牢固的粘合结构^[4]。缓冲层厚度较大时,缓冲胶与帘布胶界面充分接触,相互扩散情况较好,产生的粘合过渡区较完善,因此常温下的粘合强度较高;而缓冲胶层厚度较小时,相互扩散不充分,粘合强度低。当试验温度较高时,EPDM/SBR 并用胶吸收大量的热,分子的布朗运动或链段的摆动加剧,覆盖胶、缓冲胶和帘布胶在没有外界压力的作用下相互接触不再紧密,加压硫化时扩散形成的过渡区消失,此时缓冲层厚度对粘合强度的影响变得不再明显。

2.4 帆布品种和输送带结构

帆布芯耐热输送带结构配置如表 3 所示。帆布品种和输送带结构对覆盖胶-帆布层粘合强度的影响如表 4 所示,试样的剥离状态如图 3 所示。

从表 4 可以看出:对于帘布胶采用 SBR/NR 并用胶的试样(I-1 和 I-2),当试验温度为 30 ℃ 时,采用聚酯帆布的试样(I-1)粘合强度略高于

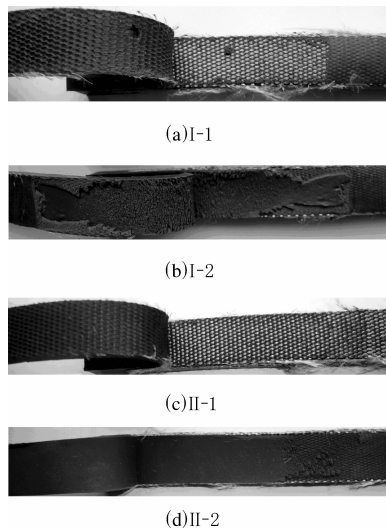
表 3 帆布芯耐热输送带结构配置

项 目	试样编号			
	I-1	I-2	II-1	II-2
覆盖胶	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM
缓冲胶	EPDM/SBR ¹⁾	EPDM/SBR ¹⁾	无	无
帘布胶	SBR/NR	SBR/NR	EPDM/NR	EPDM/NR
帆布	聚酯	锦纶 6	聚酯	锦纶 6

注:1)缓冲层厚度为 1 mm。

表 4 帆布品种和输送带结构对覆盖胶-帆布层粘合强度的影响 kN · m⁻¹

试验温度/℃	试样编号			
	I-1	I-2	II-1	II-2
30	11.75	10.88	7.97	10.73
175	2.08	3.72	1.53	2.38



试验温度为 175 ℃。

图3 帆布芯耐热输送带剥离状态

采用锦纶6帆布的试样(I-2);当试验温度为175℃时,I-2试样的粘合强度明显高于I-1试样,I-1试样的剥离位置在帆布层和帘布胶之间,橡胶几乎全部从帆布上剥离[见图3(a)],而I-2试样的剥离位置在缓冲层和帘布胶之间,橡胶并未从帆布上剥离[见图3(b)]。由此可见,若帘布胶为SBR/NR并用胶,则采用锦纶6帆布对提高输送带高温下的粘合性能有利。

分析认为:聚酯分子活性不强,因此采用水基环氧树脂和间苯二酚-甲醛-胶乳(RFL)浸渍液二浴浸胶^[6],环氧树脂固化反应后生成热塑性和热固性两种树脂,从而提高输送带常温下的粘合强度;而在高温时,浸渍胶乳中的部分环氧树脂和间苯二酚-甲醛树脂软化熔融,化学键断裂,因此在聚酯帆布布基与浸渍胶乳界面发生粘合破坏,橡胶几乎完全与帆布层剥离,粘合强度较低。

锦纶6分子中含有较多的酰胺基氮原子,酰胺基氮原子极易与氢原子形成氢键,从而有效地增强分子间作用力,提高界面间的粘合强度;锦纶6帆布通常采用RFL浸渍液一浴浸胶来提高其与橡胶的粘合强度,浸渍液经硫化和粘合反应得到的间苯二酚-甲醛树脂中含有羟甲基,易与锦纶6帆布中的酰胺基发生缩合反应,且酚羟基的氧原子能够与酰胺基的氢原子形成氢键^[4],因而锦纶6帆布在常温时也具有较好的粘合性能;在高温时,浸胶胶乳中部分酚醛树脂软化熔融,化学键

断裂,导致帆布与橡胶的粘合强度降低,但由于存在氢键,粘合强度相对保持较高。因此采用锦纶6帆布的试样在帘布胶处发生内聚破坏和帘布胶-缓冲胶界面破坏,橡胶并未从帆布上完全剥离。

从表4还可以看出:对于帘布胶采用EPDM/NR并用胶的试样(II-1和II-2),当试验温度为30℃时,采用锦纶6帆布的试样(II-2)粘合强度明显高于采用聚酯帆布的试样(II-1);当试验温度为175℃时,锦纶6帆布的粘合性能优势仍然明显。从图3(c)和3(d)可以看出:当试验温度为175℃时,II-1试样的剥离位置位于帆布层与帘布胶之间,橡胶几乎全部从帆布层剥离;II-2试样的剥离位置先是出现在帆布层与帘布胶之间,逐渐过渡到覆盖胶与帘布胶之间,橡胶并未完全从帆布上剥离。由此可见,若帘布胶为EPDM/NR并用胶,则采用锦纶6帆布对提高常温 and 高温下的粘合强度效果较明显。

3 结论

(1)随着温度的升高,帆布芯耐热输送带层间粘合性能大幅度下降。

(2)在覆盖胶中加入粘合剂RF/RA(用量比为4/3.6)可在一定程度上提高常温和高温下输送带的粘合性能。

(3)适当增大缓冲层厚度,能够提高常温下输送带的粘合性能,而对改善高温粘合性能无明显效果。

(4)与采用聚酯帆布相比,若帘布胶为SBR/NR并用胶,采用锦纶6帆布对提高输送带高温下的粘合性能有利;若帘布胶为EPDM/NR并用胶,采用锦纶6帆布对提高常温和高温下的粘合性能效果均较明显。

参考文献:

- [1] 项早辉. EPDM 聚酯帆布芯耐高温输送带的研制[J]. 橡胶工业, 1998, 45(3): 164-165.
- [2] 姜必多, 陈银娟. EPDM 耐高温输送带的研制[J]. 橡胶工业, 2004, 51(11): 676-678.
- [3] 朱敏, 杨洪业, 王迪珍, 等. 橡胶化学与物理[M]. 北京: 化学工业出版社, 1984: 71-74.
- [4] 吕百龄, 余传文, 蒲启君, 等. 橡胶助剂手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000: 527-530.

- [5] 徐寿昌. 有机化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 6-7.
- [6] 王文铎, 张勤丽, 张恒, 等. 粘合剂 RP 对一浴法聚酯浸胶帘布性能的影响[A]. 第二届全国橡胶工业用织物和骨架材料技

术研讨会论文集[C]. 北京: 《橡胶工业》《轮胎工业》编辑部, 2003: 218-219.

收稿日期: 2011-06-14

Adhesion Property at High Temperature of Heat Resistant Conveyor Belt of Duck Construction

XIE Yan-xia^{1,2}, ZONG Zhi-min¹, SUN Gui-mei², WANG Guang-liang², WANG Fei², WEI Xian-yong¹

(1. China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China; 2. Tangcun Industry Co. Ltd, Yankuang Group, Zoucheng 273522, China)

Abstract: The adhesion property at normal and high temperature of heat resistant conveyor belt of duck construction and its affecting factors were investigated. The results showed that, with increase of experiment temperature, the adhesion property of heat resistant conveyor belt of duck construction decreased significantly. By adding adhesive RF/RA with the blending ratio of 4/3.6 in cover compound, the adhesion property of belt at normal and high temperature increased. The adhesion property at normal temperature could also be improved by increasing the thickness of breaker ply properly, but the adhesion property at high temperature changed little. At high temperature, the adhesion property of belt with nylon 6 canvas was better than that with polyester canvas.

Key words: heat resistant conveyor belt of duck construction; high temperature; adhesion property

一种环保型橡胶产品胶料配方

中图分类号: TQ333.4 文献标志码: D

由铁岭华晨橡塑制品有限公司申请的专利(公开号 CN 101792556A, 公开日期 2010-08-04)“一种环保型橡胶产品胶料配方”, 提供了一种环保型橡胶产品胶料配方, 配方组分及用量为: EPDM(牌号 8340A, 荷兰 DSM 公司产品) 98~102, 炭黑 N550(美国卡博特公司产品) 108~112, 炭黑 N774 40~60, 硬脂酸 1.8~2.2, 聚乙二醇 4.7~5.3, 氧化锌(中国台湾亚特曼公司产品) 4.7~5.3, 氧化钙 7.5~8.5, 分散剂 L-24 1.2~1.8, 轻质碳酸钙 28~32, 石蜡油 78~82, 促进剂 ZDBP(德国拜耳公司产品) 0.6~1, 促进剂 NS 0.5~0.9, 促进剂 BZ 1.7~2.3, 促进剂 M 0.9~1.5, 促进剂 DTDM 0.8~1.2, 促进剂 TRA 0.6~1, 硫黄 1.2~1.8. 采用该配方的橡胶产品物理性能和化学性能较高, 重金属含量极低, 是一种较为理想的环保

型橡胶产品。

(本刊编辑部 马 晓)

一种橡胶输送带制造设备

中图分类号: TQ330.4+6 文献标志码: D

由河北昊德橡塑有限公司申请的专利(公开号 CN 101797807A, 公开日期 2010-08-11)“一种橡胶输送带制造设备”, 涉及的橡胶输送带制造设备由左右两个相对固定的框架构成的机架、两个框架之间设置有至少两层用于棉帆布芯、聚酯帆布芯传动并产生张力的轴辊组合及硫化成型机构和设置有动力机构的布卷轴构成; 每层轴辊组合依次包括第一导向轴辊组、传送轴辊组、通过轴辊两端与框架弹性连接构成的张力轴辊和设定有动力机构的第二导向轴辊; 每层布芯通过轴辊组合的长度相同。采用该设备生产的橡胶输送带具有整体强度、抗拉力等性能参数一致性高的优点。

(本刊编辑部 马 晓)