

高模量低收缩聚酯线绳V带底胶配方的研究

刘士铎

(河北省辛集市金昊橡胶有限公司, 河北 辛集 052360)

摘要: 研究高模量低收缩聚酯线绳作骨架材料的V带底胶配方。结果表明: V带底胶主体材料采用天然橡胶(NR)/顺丁橡胶(BR)并用(并用比70/30)、助硫化体系采用偶联剂Si69/抗硫化返原剂TDB680/苯甲酸并用(并用比1/0.5/2)、补强体系采用炭黑N774/炭黑N550/硅粉B-66/无机补强剂JC-069并用(并用比70/20/50/10), 并添加耐疲劳和抗撕裂助剂体系, 胶料的物理性能、弹性和耐屈挠性能提高, 生热降低, 成品V带的耐疲劳性能和粘合性能改善, 使用寿命延长。

关键词: 高模量低收缩聚酯线绳; V带; 底胶; 天然橡胶; 顺丁橡胶; 耐疲劳性能; 粘合性能

随着用户对V带性能要求的不断提高, 生产企业对V带的使用寿命越来越重视。骨架材料对V带的性能至关重要。普通聚酯线绳模量低、伸长率大、与底胶粘合性能较差, 严重影响了V带的质量和使用寿命。高模量低收缩聚酯线绳作为一种高性能V带骨架材料, 模量高、收缩率小、与底胶粘合性能好, 可以显著延长V带使用寿命。

V带底胶对骨架材料具有重要的支撑作用, 底胶与骨架材料匹配与否直接影响V带的性能。用于普通聚酯线绳作骨架材料的V带底胶硬度小、伸长率大、生热高、与线绳的动态粘合性能较差, 对高模量低收缩聚酯线绳难以起到良好的支撑作用, 极易出现与高模量低收缩聚酯线绳脱离现象, 不能发挥高模低收缩聚酯线绳的性能优势。

本工作研究用于高模量低收缩聚酯线绳作骨架材料的V带底胶配方, 使底胶与高模量低收缩聚酯线绳良好匹配, 以提高V带的性能和使用寿命。

1 实验

1.1 主要原材料

1100dtex/5×3型普通聚酯线绳和1100dtex/5×3型高模量低收缩聚酯线绳, 浙江尤夫高新纤维股份有限公司产品; 抗硫化返原剂TDB680、硅粉B-66

和耐动态粘合疲劳剂LP-600, 安徽阜阳利普化工有限公司产品; 无机补强剂JC-069, 江苏玖川纳米科技有限公司产品; 耐疲劳剂HG-90和抗撕裂树脂HR-801, 广州盈洸贸易有限公司产品。

1.2 主要仪器与设备

JC-2000E型密闭型无转子硫化仪、JPL型多功能电子拉力机和JC-4001型V带疲劳机, 江都市精诚测试仪器厂产品; WPL-100型橡胶疲劳龟裂试验机, 扬州市天发试验机械有限公司产品; KT-2002GF型压缩生热试验机, 中国台湾晔中科技股份有限公司产品。

1.3 制备工艺

胶料混炼均匀, 停放后挤出相应规格的胶条。聚酯线绳浸渍底胶汽油胶浆后缠绕, 切割成带坯, 上底胶包布, 硫化后制成V带成品(B型, 长1600 mm)。

1.4 试验方法

聚酯线绳性能测试按照HG/T 2821—2008进行, 胶料压缩疲劳温升测试按照GB/T 1687—1993进行, 胶料屈挠龟裂性能测试按照GB/T 13934—2006进行, V带线绳粘合性能测试按照GB/T 3688—1998进行, V带疲劳性能测试按照GB/T 15328—2009进行, 其他性能测试均按照相应国家标准进行。

2 结果与讨论

2.1 聚酯线绳性能

国内生产V带用聚酯线绳的企业虽然不多,产品质量却参差不齐^[1]。不同规格的V带使用的线绳规格不同。A型V带一般使用1100dtex/3×3型聚酯线绳,B型V带一般使用1100dtex/5×3型聚酯线绳。2种线绳的性能对比见表1。

表1 2种线绳的性能对比

项 目	1100dtex/5×3型 普通聚酯线绳	1100dtex/5×3型 高模量低收缩 聚酯线绳
断裂强力/N	1160	1156
断裂伸长率/%	11.1	8.9
300 N定负荷伸长率/%	2.46	2.02
干热收缩率(150℃×3 min, 330 g)/%	3.91	2.85
V带性能		
线绳粘合强度/(N·mm ⁻¹)	33	37
24 h疲劳后中心距伸长率/%	2.0	1.1
耐疲劳试验		
疲劳寿命/h	155.7	186.2
破坏形式	线绳脱层,底 胶断裂	线绳完好,底 胶有裂纹

从表1可以看出:与普通聚酯线绳相比,高模量低收缩聚酯线绳的断裂强力相当,断裂伸长率、定负荷伸长率、干热收缩率较小,粘合性能较好,V带疲劳寿命较长,说明高模量低收缩聚酯线绳作为骨架材料能明显提高V带性能。

2.2 底胶配方设计

2.2.1 主体材料

目前采用普通聚酯线绳的V带底胶主体材料大多为天然橡胶(NR)/丁苯橡胶(SBR)并用,该底胶生热高、生热速度快,模量低,不能支撑高模量线绳,用于高模量低收缩聚酯线绳V带会导致线绳脱层和底胶断裂。因此,本工作采用弹性和耐疲劳性能较好、生热较低的顺丁橡胶(BR)与NR并用作为底胶的主体材料。鉴于BR的加工性能和抗撕裂性能较差,需添加补强剂和抗撕裂树脂来弥补其不足。不同主体材料的V带底胶性能见表2。

表2 不同主体材料的V带底胶性能

项 目	主体材料	
	NR/SBR并用 (并用比70/30)	NR/BR并用 (并用比70/30)
硫化胶性能(150℃×12 min)		
邵尔A型硬度/度	85	85
300%定伸应力/MPa	12.3	11.9
拉伸强度/MPa	13.9	13.6
撕裂强度/(kN·mm ⁻¹)	52	50
回弹值/%	19	24
生热/℃	28	24
屈挠龟裂次数×10 ⁻⁴	1.2	1.6
V带 ¹⁾ 性能		
线绳抽出粘合强度/ (N·mm ⁻¹)	28.6	30.8
线绳与底胶粘合强度/ (N·mm ⁻¹)	5.2	5.8
疲劳寿命/h	186.2	201.1

注:配方其它组分为炭黑N330, 20; 炭黑N660, 50; 硅粉B-66, 70; 白炭黑, 10; 氧化锌, 6; 硬脂酸, 2.5; 硫黄, 2.5; 促进剂DM和CZ, 2.8; 防老剂4010NA, 1; 防老剂RD, 1.5; 防老剂BLE, 1.5; 其它, 47。1)采用1100dtex/5×3型高模量低收缩聚酯线绳。

从表2可以看出:与主体材料为NR/SBR(并用比70/30)的底胶相比,主体材料为NR/BR(并用比70/30)的底胶硬度、定伸应力、拉伸强度和撕裂强度基本相当,弹性较好,生热较低,V带的粘合性能和耐疲劳性能好,采用NR/BR并用体系作主体材料有利于提高底胶抗断裂性能。

2.2.2 助硫化体系

为了提高V带底胶的模量稳定性和耐疲劳性能,硫化体系采用耐疲劳硫化体系[硫黄/促进剂DM/促进剂CZ并用(并用比2/1/2)体系]。为克服NR耐热性差和易硫化返原的问题,在助硫化体系中适量加一些抗硫化返原剂^[2]。不同助硫化体系的V带底胶性能见表3。

从表3可以看出,5种助硫化体系底胶的V带粘合强度基本相当,添加抗硫化返原剂的3种底胶V带耐疲劳性能较好。综合来看,偶联剂Si69/抗硫化返原剂TDB680/苯甲酸并用(并用比1/0.5/2)助硫

表3 不同助硫化体系的V带底胶性能

项 目	助硫化体系				
	偶联剂Si69/苯甲酸 并用（并用比 1.5/2.5）	硫化剂HVA-2 （2份）	抗硫化返原剂 SR534D （2.5份）	抗硫化返原 剂TDB680（2 份）	偶联剂Si69/抗硫化返原剂 TDB680/苯甲酸并用 （并用比1/0.5/2）
胶料成本	低	高	高	高	适中
V带 ¹⁾ 性能					
线绳抽出粘合强度 ¹⁾ / (N·mm ⁻¹)	30.2	30.7	31.9	32.2	31.9
线绳与底胶粘合强度 ¹⁾ / (N·mm ⁻¹)	6.1	6.2	6.5	6.6	6.6
耐疲劳寿命/h	208.1	209.7	212.3	212.4	221.8
使用时间/d	89	135	128	142	139
成型工艺性能	好	一般	略有酸味	一般	好

注：配方中其它组分为NR，70；BR，30；炭黑N330，20；炭黑N660，60；硅粉B-66，70；白炭黑，10；氧化锌，6；硬脂酸，2.5；硫黄，2；促进剂DM，1；促进剂CZ，2；防老剂4010NA，1；防老剂RD，1.5；防老剂BLE，1.5；其它，30。1) 同表2的注1)。

化体系底胶的V带粘合性能和耐疲劳性能较好，使用寿命较长，成型工艺性能较好，成本适中，该助硫化体系是优选的助硫化体系。

2.2.3 补强体系

补强体系对V带底胶的性能非常重要。普通V带底胶的补强体系多采用炭黑N330/炭黑N660/硅粉B-66并用。为提高V带底胶的性能，本工作采用弹性好、生热低、拉伸性能好的炭黑品种（炭黑N774和N550），并适当并用兼具补强性能和提高弹性的硅粉B-66和无机补强剂JC-069，以优化V带底胶的性能。不同补强体系的V带底胶性能见表4[补强体系A为炭黑N330/炭黑N660/硅粉B-66并用（并用比20/60/70）；补强体系B为炭黑N774/炭黑N550/硅粉B-66/无机补强剂JC-069并用（并用比70/20/50/10）]。

从表4可以看出：与炭黑N330/炭黑N660/硅粉B-66补强体系的胶料相比，炭黑N774/炭黑N550/硅粉B-66/无机补强剂JC-069补强体系底胶的定伸应力、拉伸强度、撕裂强度和弹性提高，生热较低，V带的粘合性能和耐疲劳性能较好。

2.2.4 耐疲劳和抗撕裂助剂体系

V带底胶的耐疲劳和抗断裂性能非常重要，本工作在底胶配方中添加耐疲劳和抗撕裂助剂。耐疲劳体系由耐疲劳剂HG-90、耐动态粘合疲劳剂LP-600和防老剂H组成，抗撕裂助剂为抗撕裂树脂

表4 不同补强体系的V带底胶性能

项 目	补强体系A	补强体系B
硫化胶性能（150℃×12 min）		
邵尔A型硬度/度	85	85
300%定伸应力/MPa	11.8	12.9
拉伸强度/MPa	13.6	13.9
撕裂强度/(N·mm ⁻¹)	50	52
回弹值/%	24	28
生热/℃	24	22
屈挠龟裂次数×10 ⁻⁴	1.6	1.9
V带 ¹⁾ 性能		
线绳抽出粘合强度/(N·mm ⁻¹)	31.9	34.6
线绳与底胶粘合强度/(N·mm ⁻¹)	6.55	6.96
疲劳寿命/h	221.8	230.9

注：配方中其它组分为NR，70；BR，30；白炭黑，10；氧化锌，6；硬脂酸，2.5；硫黄，2；促进剂DM，1；促进剂CZ，2；偶联剂Si69，1；抗硫化返原剂TDB-680，0.5；苯甲酸，2；防老剂4010NA，1；防老剂RD，1.5；防老剂BLE，1.5；其它，33。1) 同表2的注1)。

HR-801。耐疲劳和抗撕裂助剂体系对V带底胶性能的影响见表5[耐疲劳和抗撕裂助剂体系为耐疲劳剂HG-90/耐动态粘合疲劳剂LP-600/抗撕裂树脂HR-801/防老剂H并用（并用比6/4/5/1）]。

从表5可以看出：与未添加耐疲劳和抗撕裂助

表5 耐疲劳和抗撕裂助剂体系对V带底胶性能的影响

项 目	空白	耐疲劳和抗撕裂 助剂体系
屈挠龟裂次数 $\times 10^{-4}$	1.9	2.7
V带 ¹⁾ 性能		
线绳抽出粘合强度/($\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$)	34.6	38.5
线绳与底胶粘合强度/($\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$)	6.96	7.85
V带疲劳寿命/h	230.9	246.4

注：配方中其它组分为NR，70；BR，30；炭黑N550，20；炭黑N774，70；硅粉B-66，50；无机补强剂JC-069，10；白炭黑，10；氧化锌，6；硬脂酸，2.5；硫黄，2；促进剂DM，1；促进剂CZ，2；偶联剂Si69，1；抗硫化返原剂TDB-680，0.5；苯甲酸，2；防老剂4010NA，1；防老剂RD，1.5；防老剂BLE，1.5；其它，33。1) 同表2的注1)。

剂体系的底胶相比，添加耐疲劳和抗撕裂助剂体系的底胶V带粘合性能和耐疲劳性能显著提高。

2.2.5 优化配方

通过以上试验，确定V带底胶优化配方为：NR，70；BR，30；炭黑N550，20；炭黑N774，70；硅粉B-66，50；无机补强剂JC-069，10；白炭黑，10；氧化锌，6；硬脂酸，2.5；硫黄，2；促进剂DM，1；促进剂CZ，2；偶联剂Si69，1；抗硫化返原剂TDB680，0.5；苯甲酸，2；防老剂4010NA，1；防老剂RD，1.5；防老剂BLE，1.5；耐疲劳剂HG-90，6；耐动态粘合疲劳剂LP-600，4；抗撕裂树脂HR-801，5；防老剂H，1；其他，17.8。

2.3 底胶性能

优化配方的V带底胶性能见表6。

从表6可以看出：与原配方底胶相比，优化配方底胶的硫化时间略长，硬度、定伸应力、拉伸强度、撕裂强度、弹性和耐屈挠性能明显提高，生热降低，V带的粘合性能和耐疲劳性能提高，该底胶有利于支撑高模量线绳，可充分体现高模量低收缩聚酯线绳的性能优势。

3 结语

通过优化V带底胶的主体材料、助硫化体系、

表6 优化配方的V带底胶性能

项 目	优化配方	原配方 ¹⁾
硫化仪数据 (150 °C)		
M_L /($\text{N} \cdot \text{m}$)	0.482	0.595
M_H /($\text{N} \cdot \text{m}$)	2.978	2.897
t_{10}/min	4.04	3.07
t_{90}/min	9.89	8.38
硫化胶性能 (150 °C $\times$ 12 min)		
邵尔A型硬度/度	85	82
300%定伸应力/MPa	13.9	10.3
拉伸强度/MPa	14.9	12.6
撕裂强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	52	46
回弹值/%	30	17
生热/°C	19	29
屈挠龟裂次数 $\times 10^{-4}$	2.6	1.1
V带性能		
线绳类型	1100dtex/5 $\times$ 3型 高模量低收缩 聚酯线绳	1100dtex/5 $\times$ 3型 普通聚酯线绳
线绳抽出粘合强度/ ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$)	38.5	26.6
线绳与底胶粘合强度/ ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$)	7.85	5.6
疲劳寿命/h	246.4	155.7

注：1) NR，70；BR，30；炭黑，330，20；炭黑660，60；硅粉B-66，50；无机补强剂JC-069，10；白炭黑，10；氧化锌，6；硬脂酸，2.5；硫黄，2；促进剂DM，1；促进剂CZ，2；偶联剂Si69，1；抗硫化返原剂TDB-680，0.5；苯甲酸，2；防老剂4010NA，1；防老剂RD，1.5；防老剂BLE，1.5；其它，33。

补强体系，并添加耐疲劳和抗撕裂助剂，提高了V带底胶的物理性能、弹性和耐屈挠性能，降低了生热，改善了成品V带的耐疲劳性能和粘合性能，从显著提高V带质量，延长了V带使用寿命。

参考文献：

- [1] 刘士铎. 探讨提高V带疲劳寿命的方法[J]. 橡塑技术与装备, 2014, 40 (21) : 8-10.
- [2] 刘士铎. 提高V带线绳动态粘合性能的探讨[J]. 橡塑技术与装备, 2015, 41 (5) : 47-50.

Rubber Compound Formulation for V-Belt with High Modulus Low Shrinkage Polyester Cord

Liu Shiduo

(Xinji Jinhao Rubber Co., Ltd., Xinji 052360, China)

Abstract: The rubber compound formulation for the V-belt with high modulus low shrinkage polyester cords as reinforcing material was studied. In the optimized formulation, the matrix material was NR/BR blend with the blending ratio of 70/30, the co-agents in the curing system were coupling agent Si69, anti-reversion agent TDB680 and benzoic acid, the reinforcing fillers were carbon black N774, carbon black N550, fume silica B-66 and inorganic reinforcing agent JC-069 with the mixing ratio of 70/20/50/10, and additives for better fatigue resistance and tear resistance were also applied. The experimental testing results showed that the physical properties, elasticity, fatigue resistance and adhesion property of the compound were good, and the heat build-up was low. The service life of the V-belt was long with the combination of the optimized rubber compound and high modulus low shrinkage polyester cords.

Keywords: high modulus low shrinkage polyester cord; V-belt; rubber compound; NR; BR; fatigue resistance; adhesion property

信息·资讯

美国炭黑需求温和增长

加拿大市场调查机构Tech Sci研究公司发布研究报告《美国炭黑市场：2020年预测与和机会》，预计2015—2020年美国炭黑需求量将以4.5%的复合年增长率增长。

美国是全球第二大炭黑生产国和消费国，其炭黑行业集中度非常高，主要制造商如卡博特公司、理查森炭业公司、欧利隆工程炭公司、大陆炭公司和印度博拉公司的炭黑占据了90%以上的市场份额。轮胎行业是美国炭黑的最大用户。随着各大轮胎制造商纷纷规划在美国扩大产能，以满足北美地区日益增长的轮胎需求，预计未来5年轮胎行业主导美国炭黑市场的

局面将越来越明显。汽车行业和建筑业的持续复苏将增大对工业橡胶制品的需求，从而进一步提振炭黑消费。为了生产出多样化的特色产品，塑料、油漆和涂料等行业对炭黑的需求不断增长。随着特种炭黑日趋向各种终端应用领域渗透，预期未来几年特种炭黑也会对市场产生积极的影响。

报告还指出，虽然未来5年美国炭黑市场有望继续增长，但美国对炭黑业的严格监管迫使轮胎厂商考虑布局亚洲，积极扩大在亚洲的轮胎产能。

艾迪