

# 传动带用骨架材料现状与发展

吴贻珍

(无锡市贝尔特胶带有限公司, 江苏 无锡 214176)

**摘要:**对传动带用骨架材料的应用现状、技术性能及今后的发展方向进行论述。现有的传动带用骨架材料有聚酯纤维、聚萘二甲酸乙二醇酯纤维、聚酰胺纤维、芳纶纤维、玻璃纤维、碳纤维、钢丝绳和聚对亚苯基苯并双噁唑纤维。目前大量使用的纤维有普通和高模量低收缩聚酯纤维、E 型玻璃纤维、聚酰胺 6 和 66 纤维和钢丝绳, 未来可能大量使用的纤维有 K 型和 U 型玻璃纤维以及 PEN 纤维等。

**关键词:**传动带; 骨架材料; 纤维

**中图分类号:** TQ336.2      **文献标志码:** B      **文章编号:** 1000-890X(2012)06-0373-06

传动带是由橡胶、骨架材料和织物复合而成、在动态状态下使用的典型橡胶制品之一, 使用过程中要牵引较大动力, 并受到交互应力作用。传动带受力的 95% 以上由骨架材料承受, 因此骨架材料是传动带的重要组成部分, 对传动带性能起关键作用<sup>[1]</sup>。

传动带用骨架材料的发展历程与其他橡胶制品(如轮胎)相同, 也是按照天然纤维、人造纤维、化学纤维到高性能纤维的顺序发展。目前传动带已由原来的易损件向功能件方向转变, 其品种规格向多样性发展, 由传统的普通包布 V 带和普通平带发展到了窄 V 带、宽 V 带、广角带、联组 V 带、切边 V 带、多楔带、同步带、绳芯平带和片基平带等; 其性能向高精度、高速度、大功率、高效率、高可靠性、长寿命、低噪声、低振动、低成本和紧凑化方向发展。这些转变离不开材料科学的发展, 尤其是高性能纤维骨架材料的发展。近几年, 骨架材料以传统的聚酯纤维和玻璃纤维为主体, 加速向高强度、特殊性能、功能化和多元化方向发展<sup>[2]</sup>。

## 1 传动带骨架材料性能要求

传动带按传动机理主要分为两大类: 摩擦传动带和啮合传动带。骨架材料是传动带主要受力

部位——强力层的增强材料, 其性能对传动带的力学特征、传动性能和使用寿命均有重要影响。

### 1.1 基本要求

传动带用骨架材料性能的基本要求有: (1) 强度和初始模量大; (2) 由于传动带传动时, 橡胶和纤维产生滞后损失, 同时带与带轮产生摩擦使带体生热, 有时会在很热的环境下使用(如汽车发动机), 因此要求骨架材料具有良好的耐热性能, 在湿热、干热环境下均不易降解; (3) 传动带传动时强力层线绳在橡胶中受拉伸、压缩和弯曲的作用会老化, 故要求耐疲劳性能好; (4) 在常温和升温时尺寸稳定性好, 加负荷时伸长率小, 蠕变小, 否则传动带在使用时会伸长, 严重时失效, 这一点对于同步带尤为重要; (5) 与橡胶有良好的粘合性能<sup>[3-4]</sup>。

### 1.2 对纤维的需求

不同传动带骨架材料目前对纤维的需求以及未来可能的发展趋势如表 1(参考)所示。

## 2 传动带用纤维品种及用途

### 2.1 聚酯纤维

对于 V 带骨架材料, 国外在 20 世纪 60 年代后期已基本实现聚酯化, 在此之前大都使用人造丝纤维。聚酯线绳的强度比人造丝线绳高 1.5 倍以上, 初始模量高 1 倍, 耐屈挠疲劳性能更好, 且具有热收缩性能, 可补偿 V 带使用时的伸长, 而且价格较为低廉, 因此被广泛用作传动带尤其

**作者简介:** 吴贻珍(1963—), 男, 福建福鼎人, 无锡市贝尔特胶带有限公司高级工程师, 学士, 主要从事传动带开发、制造与应用技术研究和管理工。

表 1 不同传动带骨架材料对纤维的要求

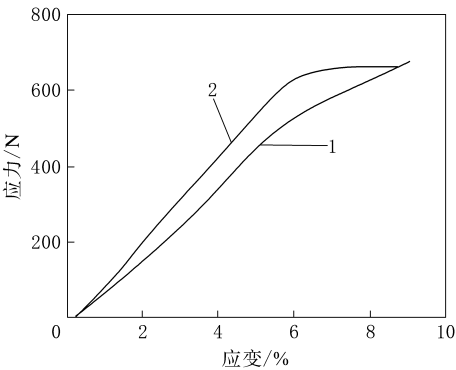
| 纤 维              | 平带     |       | V 带    |      | 多楔带    |     | 同步带    |        |        |
|------------------|--------|-------|--------|------|--------|-----|--------|--------|--------|
|                  | 绳芯     | 片基    | 包边     | 切边   | 普通     | 弹性  | 工业     | 汽车     | 聚氨酯    |
| 聚酯纤维             |        |       |        |      |        |     |        |        |        |
| 普通               | ++     |       | +++    | +    | +      |     |        |        | ++     |
| 高模量低收缩(HMLS)     | +      |       | +      | ++   | +++    |     |        |        | +      |
| 玻璃纤维             |        |       |        |      |        |     |        |        |        |
| E 型              | *      |       |        |      |        |     | +++    | +++    | ++     |
| K 型              | +      |       |        |      |        |     | * **   | * ** * | *      |
| U 型              |        |       |        |      |        |     | * **   | * ** * | **     |
| 芳纶纤维             | ++ * * | + * * | ++ * * | + *  | + * *  |     | ++ * * | + *    | ++ * * |
| 聚酰胺纤维            |        |       |        |      |        |     |        |        |        |
| 6                |        | +++   |        |      |        |     |        |        |        |
| 66               |        | + * * |        |      |        | +++ |        |        |        |
| 46               |        | **    |        |      |        | **  |        |        |        |
| 钢丝绳              |        |       |        |      |        |     |        |        | +++    |
| 聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)纤维 | **     |       | ** *   | **   | + * ** |     |        |        | *      |
| 聚对亚苯基并双噁唑(PBO)纤维 | *      |       | + *    | + ** | + **   |     | *      | *      | *      |
| 碳纤维              | *      |       |        |      |        |     | **     | **     | **     |
| 复合玻璃纤维           | *      |       |        |      |        |     | **     | **     | **     |
| 其他               | + *    | + *   | + *    | + *  | + *    | + * | ++ *   | + *    | + *    |

注：+—目前少量或特殊使用；++—目前一般使用；+++—目前大量使用；\*—未来可能少量或特殊使用；\*\*—未来可能一般使用；\*\*\*—未来可能大量使用。

是 V 带的骨架材料<sup>[5]</sup>。

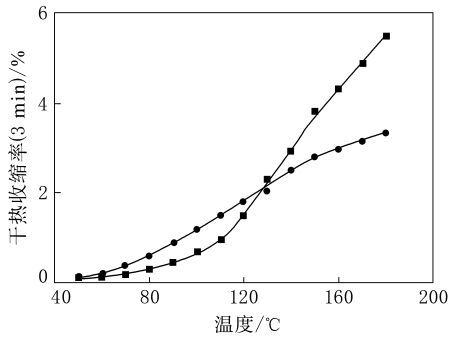
切边 V 带和多楔带普遍采用硬化聚酯线绳。为了使线绳切割后能够保持其整体性,浸胶采用异氰酸酯有机溶液/RFL 浸胶体系。但普通的聚酯线绳也存在动态生热和高温收缩大、易松弛等缺点,在高级传动带如汽车用切边 V 带、多楔带及磨床用高速平带等中的应用受到一定限制。因此国外在 20 世纪 90 年代又逐渐开发出一种 HMLS 聚酯线绳用于传动带骨架材料(强力层),大幅度提高了传动带的使用性能和使用寿命<sup>[6]</sup>。

HMLS 聚酯纤维(又称 DSP 纤维)是美国联信公司于 20 世纪 80 年代开发的一种尺寸稳定型高强度聚酯纤维,这种纤维与普通型聚酯纤维相比突出的特点是初始模量高、变形伸长小、尺寸稳定、动态生热小,尤其是其高温热收缩小,而低温热收缩比普通型聚酯纤维大(见图 1 和 2)。用这种纤维制成的线绳特别适合用于传动带(见图 3 和 4)。在汽车用切边 V 带和多楔带中使用该种线绳可做到传动带的免维护使用,即在传动带的整个使用寿命期间无需调整其张力。使用普通聚酯线绳时,新传动带在最初使用3 000~5 000 km 后需要调整一次张力,随后使用期间还要调整2~



1—普通,2—HMLS;规格为 1100dtex/3×3。

图 1 聚酯线绳应力-应变曲线



■—普通,●—HMLS;规格为 1100dtex/3×3。

图 2 聚酯浸胶线绳干热收缩率-温度曲线

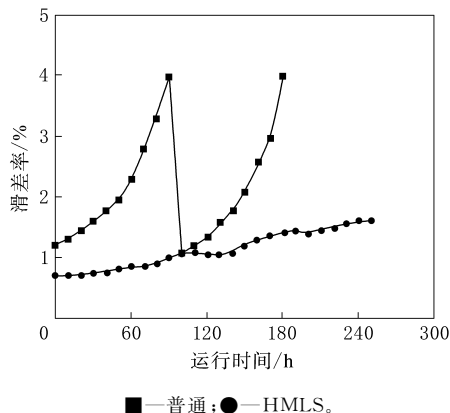
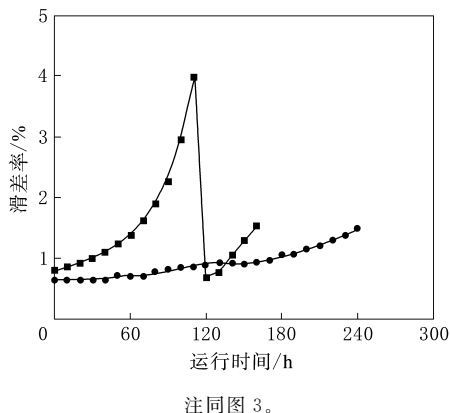


图 3 切边 V 带疲劳寿命试验运行过程滑差变化率



注同图 3。

图 4 多楔带疲劳寿命试验运行过程滑差变化率

3 次张力,使用寿命为  $6 \times 10^4 \sim 8 \times 10^4$  km,而使用 HMLS 聚酯线绳在无需调整张力的情况下,可使用  $8 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4$  km,达到汽车发动机第 1 次大修水平<sup>[7]</sup>。

德国 Kosa 公司针对切边 V 带用聚酯硬线绳硬化处理时使用有毒溶剂(甲苯)和硬化剂(异氰酸酯)从而造成环境污染的问题,开发出皮芯结构的复合聚酯纤维 Trevira 796,芯为普通聚酯即聚对苯二甲酸乙二酯(PET),皮层为熔点比 PET 低近 40 ℃ 的聚对苯二甲酸丁二酯(PBT),利用 2 种组分在熔点上的差异,把线绳热处理温度控制在二组分的熔点之间,通过皮层熔化使各单根纤维相互粘合形成一根类似塑料棍的整体材料,达到使线绳硬化的目的,使 V 带在使用过程中不因摩擦而发生线绳绽开破坏问题<sup>[8]</sup>。皮芯结构复合聚酯纤维结构如图 5 所示。

### 2.2 PEN 纤维

PEN 纤维是一种问世不久的高技术纤维,其

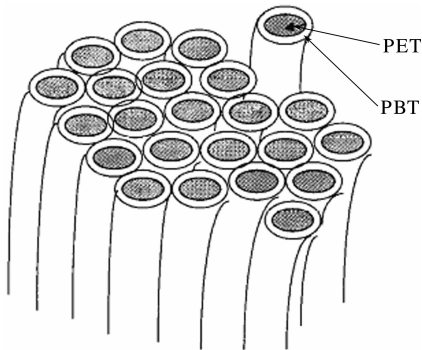
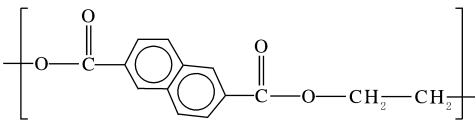


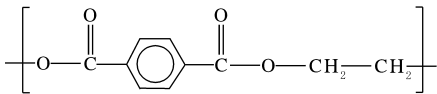
图 5 皮芯结构复合聚酯纤维

分子结构如图 6(a)所示,由美国 Kosa 公司首先推出,这种纤维与常规的 PET 纤维相比[分子结构如图 6(b)所示],在力学性能和热性能等方面都比较突出,其杰出的性能特点有:(1)模量和强度高、抗拉伸性能好,伸长率在 6% 左右;(2)尺寸稳定性好,不变形,熔点和玻璃化温度较高,热稳定性好;(3)化学稳定性和抗水解性能优异等。PEN 和 PET 线绳的应力-应变曲线如图 7 所示。

PEN 纤维具有极优异的物理性能和广泛的

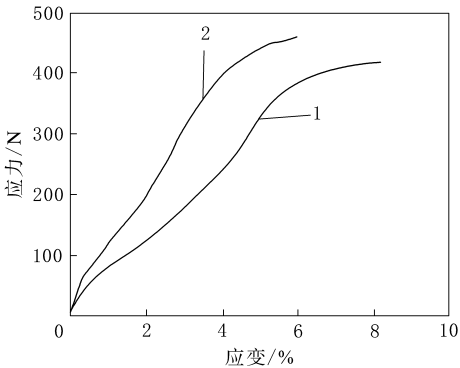


(a)PEN



(b)PET

图 6 PEN 与 PET 分子结构



1—PET, 2—PEN; 规格为 1100dtex/2×3。

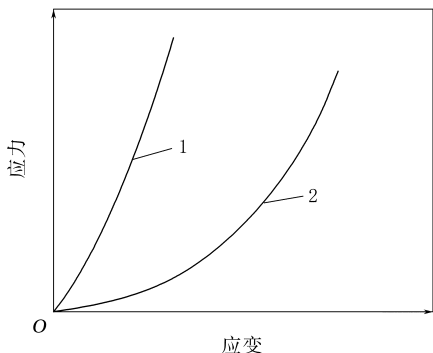
图 7 PEN 和 PET 线绳的应力-应变曲线

用途,引起了众多化纤制造厂商的浓厚兴趣,纷纷投资建设 PEN 纤维制造厂,并进行新产品的开发。美国杜邦公司、日本帝人公司、日本东丽公司、日本东洋纺公司、美国伊斯曼公司、英国帝国化学工业公司和美国赫司特公司等均在 PEN 纤维领域处于领先地位。美国联信公司已有  $200 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$  的生产装置,美国杜邦公司正在兴建产能为  $4 \text{ 万 t} \cdot \text{a}^{-1}$  的纤维制造厂。PEN 纤维应用领域十分广阔,特别是在产业用纺织品方面前景十分看好,在传动带(如汽车多楔带)等方面的应用已有报道<sup>[9]</sup>。

### 2.3 聚酰胺纤维

聚酰胺纤维是以聚酰胺为原料,经熔体纺丝等方法制得的一类合成纤维。主要品种有聚酰胺 6 纤维和聚酰胺 66 纤维。聚酰胺 6 纤维和聚酰胺 66 纤维都具有强度高、回弹性好、耐疲劳等性能特点,其密度低于大多数纤维品种,耐磨性能则优于其他合成纤维品种。聚酰胺 6 和聚酰胺 66 两者的区别在于熔点和软化点,聚酰胺 6 纤维的熔点和软化点分别为  $215 \sim 220$  和  $180^\circ\text{C}$ 。而聚酰胺 66 纤维的熔点和软化点分别为  $255 \sim 260$  和  $220^\circ\text{C}$ 。聚酰胺 6 纤维在传动带中主要用于片基平带。聚酰胺 66 纤维用于弹性 V 带和弹性多楔带<sup>[10]</sup>。聚酰胺 66 纤维用于传动带的拉伸性能如图 8 所示。

近年来,弹性多楔带由于无需调节张力、传动结构简单,在我国滚筒洗衣机、健身器材、电动工具和汽车等方面已开始应用,其强力层采用高捻度锦纶线绳,拉断伸长率达到 20% 以上。



1—普通多楔带;2—弹性多楔带。

图 8 聚酰胺 66 纤维用于传动带的拉伸性能

### 2.4 芳纶纤维

芳纶纤维是美国杜邦公司发明的一种特高强度纤维。传动带处于长时间的高速往复运动中,因此其动态滞后损耗性能相当重要。滞后损耗从微观上讲由分子链粘弹性中的粘性部分贡献,是分子链间解缠和滑移所产生的不可逆的能量损失,其宏观表现为生热,即外部能量被分子链的不可逆运动消耗而产生热能。纤维的滞后损耗越大,则由损耗所产生的温升越大,越有损产品使用性能。因此希望骨架材料的滞后损耗越小越好。研究发现,在整个研究温度范围( $20 \sim 200^\circ\text{C}$ )内,对位芳纶纤维在所有几种被研究材料中损耗因子最小,仅为聚酰胺和聚酯纤维的  $1/20 \sim 1/7$ <sup>[11]</sup>。芳纶纤维适用于高负荷、强冲击、低伸长的包布 V 带、农机 V 带、变速 V 带和同步带等的制造,近年已开始用于汽车多楔带<sup>[3]</sup>。

### 2.5 玻璃纤维

玻璃纤维具有伸长小、模量高、耐热性能好等优点,在同步带中广泛应用。为了适应汽车同步带向高性能、高强度和高可靠性发展,日本 NGF 公司开发了一种高强度 HTS 玻璃纤维线绳。HTS 玻璃纤维线绳由强度和模量更高、耐水性更好的 K 型玻璃纤维或 U 型玻璃纤维制成<sup>[12]</sup>。E 型、K 型和 U 型玻璃纤维线绳的强度和模量对比如图 9 所示。

近年来,日本 NGF 和 CGF 公司还开发了复合玻璃纤维线绳,即线绳由内外两种不同纤维组成。外层为玻璃纤维丝,内层由芳纶、PBO 或碳

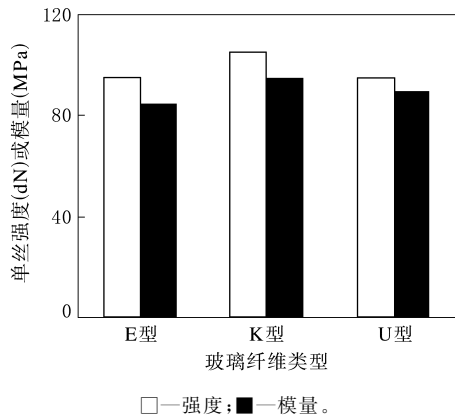


图 9 E 型、K 型和 U 型玻璃纤维线绳的强度和模量对比

纤维组成,可提高线绳强度、耐疲劳性能和耐环境侵蚀(水、油等)性能,适用于耐油同步带<sup>[13]</sup>。

### 2.6 碳纤维

碳纤维具有低密度、高强度、高模量、耐高温、低伸长、耐化学腐蚀、低电阻、高热导率、耐化学辐射等优良特性,还具有纤维的柔曲性和可编性,比强度和比模量优于其他纤维,其热膨胀系数几乎为零,适用于同步带抗拉层。美国盖茨公司已推出了以碳纤维为骨架材料的同步带系列产品<sup>[14]</sup>。

### 2.7 钢丝绳

钢丝绳主要用于聚氨酯同步带,早期同步带用钢丝绳与轮胎用钢丝帘线材质和结构相同,存在结构性伸长。贝卡尔特公司开发的同步带精细钢丝绳<sup>[15]</sup>,能确保同步带在使用寿命内保持最高精度度,且柔韧性好、粘合性能优异、加工无问题,可在腐蚀、潮湿、清洁、酸性等苛刻环境下使用<sup>[16]</sup>。精细钢丝绳和普通钢丝绳性能比较如表 2 所示。

表 2 精细钢丝绳和普通钢丝绳性能比较

| 项 目                            | 精细钢丝绳   | 普通钢丝绳   |
|--------------------------------|---------|---------|
| 直径/mm                          | 0.9     | 0.9     |
| 破断力/N                          | 1 190   | 950     |
| 拉伸模量/(N·mm <sup>-2</sup> )     | 190 000 | 170 000 |
| 0.4%定伸长负荷/N                    | 280     | 160     |
| 旋转弯曲疲劳应力/(N·mm <sup>-2</sup> ) | 950     | 850     |
| 0.5 h 后拉伸强度损失率/%               | 5       | 7       |
| 6 h 后拉伸强度损失率/%                 | 10      | 20      |

### 2.8 PBO 纤维

PBO 纤维是 20 世纪 80 年代美国为发展航天航空事业而开发的复合材料用增强材料,是现有的含芳香杂环的苯氮聚合物里性能最优秀的一种。PBO 纤维作为 21 世纪超性能纤维,具有十分优异的物理和化学性能,其强力和模量为 Kevlar 纤维的 2 倍,并兼有间位芳纶纤维的耐热阻燃性能,现已有其用于传动带的报道<sup>[17]</sup>。

## 3 结语

传动带用骨架材料由传统的以聚酯纤维和玻璃纤维为主体向高强度、特殊性能、功能化和多元化方向的发展趋势越来越明显。目前大量使用的纤维有普通和高模量低收缩聚酯纤维、E 型玻璃

纤维、聚酰胺 6 和 66 纤维和钢丝绳,未来可能大量使用的纤维有 K 型和 U 型玻璃纤维以及 PEN 纤维等。

### 参考文献:

[1] Oliver L R,Johnson C O,Breig W F. V-Belt Life Prediction and Power Rating[J]. Journal Engineering for Industry,1976 (34):340-346.

[2] 吴貽珍. 中国传动带技术现状与未来发展[J]. 中国橡胶, 2006,22(23):14-19.

[3] Burrowes G. Applications——Power Transmission Products[A]. 165th Meet. of Rub. Div. ACS. Grand Rapids;2004. G.

[4] Fukuda M, Shioyama T, Mikami Y. V-Belt and Fan Belt Manufacturing Technology in Rubber Products Manufacturing Technology [M]. New York: CRC Press, 1994:593-649.

[5] Stanhope H W. V-Belt Reinforcement Polyester, the Most Popular Fiber[A]. 125th Meet. of Rub. Div. ACS. Indianapolis;1984. 82.

[6] 吴貽珍,蔡伟,邵磊磊,等. 高模量低收缩聚酯线绳在汽车传动带中的应用[J]. 橡胶工业,2007,54(2):96-100.

[7] Tetsuo O. Genesis of the Maintenance-free Belt[A]. SAE. 1982-02-01. 820490.

[8] Gebauer E,Gajewski D. A New Polyester Bicomponent Fiber that Allows a Solvent Free Treating for Power Transmission Belts [A]. 157th Meet. of Rub. Div. ACS. Nashville Tennessee;1998. 29.

[9] 吴貽珍,蔡伟,翟中磊. 聚萘二甲酸乙二醇酯纤维性能及其在汽车多楔带中的应用[J]. 橡胶科技市场,2010,8(16):13-15.

[10] Swope J D. Low Modulus Belt for Automotive Applications [P]. USA;USP 6 832 968,2004-12-21.

[11] 黎学东,毛维涛,张诚修. Kevlar(凯夫拉)芳纶高性能化弹性体在橡胶工业中的应用[A]. 中国橡胶工业协会骨架材料专业委员会暨 2006 年度会员大会中外技术论坛. 南京: 2006.

[12] 申明霞. 玻璃纤维线绳专利发展态势分析[J]. 橡胶工业, 2006,53(9):571-573.

[13] Akiyama M, Maeda T, Okuyama Y. Hybrid Cord for Rubber Reinforcement and Rubber Product Employing the Same [P]. USA;USP 7 404 426,2004-11-18.

[14] Matthias F. Poly Chain® GT Carbon™ Technologie Der Leistungssprung bei Zahnriementrieben [A]. 12. Tagung Zahnriementriebe am Institut für Feinwerktechnik und Elektronik-design der TU Dresden. Dresden;2007-09-18.

[15] Vancomper B,Bruy N S. Fine Steel Cord with a Low Structural Elongation[P]. WO 2005043003,2005-05-12.

[16] Vanderbeken B. Trends and Developments in Steel Cord for Timing Belts [A]. 12. Tagung Zahnriementriebe am In-

stitut für Feinwerktechnik und Elektronik-design der TU  
Dresden, Dresden; 2007-09-18.

[17] Sogabe H, Itsushiki S. Transmission Belt and Adhesion

Method of Polyphenylene Benzobisoxazole Fiber[P]. JPN:  
JP 2002317855, 2002-10-31.

第6届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文

## 预制型橡胶跑道及其制造工艺

中图分类号:TQ336.6 文献标志码:D

由天津纽威特橡胶制品有限公司申请的专利(公开号 CN 101805466A, 公开日期 2010-08-18)“预制型橡胶跑道及其制造工艺”涉及对预制型橡胶跑道选用的橡胶、紫外线吸收剂、白炭黑及硅酸铝等组分进行了比例调整以及提出研发新工艺。新工艺流程为:上层料生胶塑炼→上层料配料→上层料混炼→上层料精炼→下层料生胶塑炼→下层料配料→下层料混炼→下层料精炼→复合挤出→压延裁边→微波硫化→喷涂烘干→冷风冷却截断卷取。采取新工艺减小了硫化工艺温差,硫化温度均匀,硫化程度一致,提高了产品致密性,避免了表面裂口、脱层、气泡等质量问题,降低了工人劳动强度,减少了岗位定员。经检测,在温度为40℃、臭氧体积分数为 $5 \times 10^{-7}$ 的环境中放置200 h,跑道表面无龟裂,回弹值大于30%,拉伸强度大于2 MPa,100℃×96 h热空气老化后拉伸强度大于1.5 MPa,跑道的耐天候老化和耐臭氧性能与未调整配方和工艺前大幅提高,品质符合国际田联标准。

(本刊编辑部 马 晓)

## 防静电硅胶组合物及制备方法

中图分类号:TQ333.93 文献标志码:D

由东莞市宏达新材料有限公司申请的专利(公开号 CN 101805521A, 公开日期 2010-08-18)“防静电硅胶组合物及制备方法”,涉及的防静电硅胶组合物配方组分及用量为:甲基乙烯基硅橡胶(MVQ) 45~80,白炭黑 15~50,羟基硅油 1~4,含氢硅油 0.2~1.6,脱模剂 0.1~0.5,防静电剂 0.1~4。制备方法为:按比例将MVQ、羟基硅油、含氢硅油和脱模剂投入到真空捏合机中捏合;分批投入白炭黑,待上批投入的白炭黑完全成团后再投入下批白炭黑;待所有原料成团后,开氮气,通蒸汽加热,在160~170℃

的高温下恒温1~2 h;然后降温,降温过程中按比例加入防静电剂,搅拌0.5~1 h,待温度降至60~80℃出料,用橡胶压滤机过滤,待胶料冷却即可。该防静电硅橡胶组合物具有良好的抗静电效果,可广泛用于对静电要求较高的工作场合。

(本刊编辑部 马 晓)

## 马来酸酐改性丁基橡胶的方法

中图分类号:TQ333.6 文献标志码:D

由华东理工大学和江苏圣杰实业有限公司申请的专利(公开号 CN 101805427A, 公开日期 2010-08-18)“马来酸酐改性丁基橡胶的方法”,涉及的方法将丁基橡胶(IIR)、马来酸酐和有机溶剂置于反应器中,使马来酸酐和IIR在高于所用溶剂沸点的温度下反应,获得目标物。该方法既可使IIR与改性剂充分反应,又可避免使用价格昂贵的添加剂或/和原料,且简化了马来酸酐改性IIR的制备步骤,是一种具备商业价值的IIR改性方法。

(本刊编辑部 马 晓)

## 一种加成型室温硫化硅橡胶

### 表面亲水性改性的方法

中图分类号:TQ333.93 文献标志码:D

由温州医学院申请的专利(公开号 CN 101805453A, 公开日期 2010-08-18)“一种加成型室温硫化硅橡胶表面亲水性改性的方法”,涉及的方法中基体材料为加成型室温硫化硅橡胶,处理气氛为氧气,处理功率为20~100 W,处理时间为0.5~10 min。该方法能够有效改善加成型室温硫化硅橡胶亲水性,并保持了基体材料光滑性,减少了其对蛋白质的吸附,保持了基体材料良好的光学性能,具有操作方便、作用时间短、处理效率高等优点。

(本刊编辑部 马 晓)