

输送带用纤维骨架材料的发展现状和趋势

孙俊英, 张 燕
(北京橡胶工业 研究设计院, 北京 100039)

摘要: 主要从纤维原料和组织结构方面介绍了输送带用骨架材料的发展现状和趋势。今后输送带用纤维材料的发展方向主要是针对现有纤维材料进行改性、开发新型合成纤维以及应用高性能的纤维。在输送带骨架结构方面, 今后研究的重点是开发结构稳定、适宜应用新型纤维的轻质高强骨架结构。

关键词: 输送带; 骨架材料; 纤维; 结构; 发展方向

输送带是由弹性体和增强骨架材料制成的复合制品, 是带式输送机的关键功能部件。输送带的发展离不开骨架材料性能的提高, 其断裂强度、延伸特性、弹性、刚韧性、尺寸稳定性等无不与骨架材料性能密切相关。因此, 骨架材料性能的研究极为重要。本文主要从纤维原料和组织结构方面来介绍输送带用骨架材料的发展现状和趋势。

1 生产现状

发达国家输送带用纤维骨架材料主要为锦纶 6、锦纶 66、聚酯、聚酯—锦纶和芳纶等, 其中锦纶 66和聚酯消耗量较大, 芳纶刚进入应用阶段。我国输送带织物带芯的材料主要为聚酯、锦纶和棉。

1. 1 纤维性能

纤维材料是输送带用骨架材料的基础, 传统的纤维材料是棉纤维, 现代的纤维材料则是合成纤维如锦纶、涤纶和芳纶纤维。它们的基本性能见表 1。

表 1 输送带用各种纤维的基本性能

项 目	棉	锦纶 66	涤纶			芳纶
			短纤维	长丝	单丝	
纤维代号	B或 C	P或 N	E或 T	E或 T	E或 T	A或 D
相对密度	1. 54	1. 14	1. 38	1. 38	1. 38	1. 44
回潮率 /%	8. 5	4. 5	0. 5	0. 5	0. 5	2. 0
湿干强度比 /%	120	90	100	100	100	90
断裂强度 /(cN·tex ⁻¹)	35. 2	88. 0	57. 2	79. 2	37. 8	193. 6
初始模量 /(cN·tex ⁻¹)	704	440	616	792~1408	—	—
断裂伸长率 /%	6~10	15~28	20~50	7~17	38. 0	3. 5~4. 0
回弹率 /%	74	98~100	90~99	95~100	—	—
160℃热收缩率 /%	—	6	—	7	3~5*	0. 2
耐热性	150℃变黄	160℃良好	160℃良好	160℃良好	160℃良好	250℃良好

注: 棉纤维延伸 2%, 锦纶 66和涤纶纤维延伸 3%。测定涤纶单丝热收缩率的加热温度为 200℃。

1. 1. 1 棉纤维

棉纤维是最早用于输送带生产的纤维材料。棉纤维是一种天然短纤维, 用它制成的输送带柔韧性好且价格便宜。但是棉纤维的强度低, 不耐高温, 在 120℃时强力下降 35%, 高温下与橡胶的粘合性能下降, 在 160℃时与橡胶的粘合力只有 1N·mm⁻¹左右; 且棉纤维易腐蚀, 疲劳寿命短,

不能生产高强度带, 主要用于中短距离运输小块状、粉末状物料的输送带, 因此棉纤维的应用逐步减少。棉纤维输送带芯在发达国家已被淘汰, 但在我国棉纤维还有一定的用量, 在阻燃整体带芯中也会用到棉纤维。

1. 1. 2 锦纶纤维 (聚酰胺)

在输送带中应用的锦纶纤维主要是锦纶 6和

锦纶 66 两者的物理性能近似, 但锦纶 66 的熔点较高, 耐热性能好, 因此应用更广泛。锦纶纤维的耐疲劳性能好、耐磨性好、断裂强度高、弹性好、耐压缩撕裂, 但是由于其模量小, 纵向定负荷伸长率大, 导致输送带“跑长”, 因此纯锦纶纤维织物在输送带中多用于短距离且要求弹性好的场合。锦纶纤维适于用作输送带织物的纬向材料, 可赋予输送带很好的抗冲击和抗撕裂性能, 便于成槽, 可提高输送带的输送能力。

1. 1. 3 涤纶纤维 (聚酯)

涤纶纤维的断裂强度和弹性与锦纶纤维近似, 但模量却高出锦纶纤维近两倍, 涤纶纤维的耐热性好、弹性回复好、蠕变较小, 是输送带的理想骨架材料。在我国现有的织物带芯材料中, 涤纶的用量最大。用涤纶制成的输送带带体模量高、伸长率小、抗冲击性能好, 主要用于输送距离长、要求尺寸稳定性好的输送带, 是目前国内织物芯输送带用纤维的主要发展方向。

可供输送带生产选择的国产工业用涤纶长丝有普通型、高模低收缩型、低收缩型、普通活化型以及低收缩活化型等。

经向采用涤纶、纬向采用锦纶的输送带芯经向伸长率小, 纬向成槽性好, 在国外已经占有很大的比例, 我国涤锦交织的织物带芯用量也在不断增长。

涤纶纤维的缺点是断裂强度损失率较大, 在高温蒸汽下, 特别是在胺的存在下会发生分解, 使其性能下降。

1. 1. 4 玻璃纤维

玻璃纤维带芯耐热性能好、尺寸稳定性好、强力高、耐高温, 在 300°C 高温下应用短时间内不受影响, 经 24 h 后强度下降 20%, 在 480°C 时强度仅下降 30%, 846°C 熔融, 能输送 $200\sim 800^{\circ}\text{C}$ 的高温物料。但由于玻璃纤维的刚性较大, 制造时有一定的困难, 所以应用还很少。

1. 1. 5 芳纶纤维 (聚芳酰胺)

芳纶纤维是杜邦公司于 1973 年以“Kevlar”商品名推出的一种可供橡胶制品用的新型增强材料, 具有强度高、模量高、伸长率和蠕变率低及良好的热稳定性, 这些通常是钢材才具有的品质, 但与钢材不同的是, 芳纶的密度很低, 有较好的耐化学品性、耐疲劳性以及有机纤维的加工操作特性。

芳纶的耐温性极佳, 非常适合于极端低温和高温条件下应用。在 -50°C 的低温下, 芳纶纤维的脆性和强度都没有损失, 仅在 130°C 高温下强度才有很小的损失。芳纶既不燃烧也不熔化, 但在大约 427°C 时开始分解炭化。芳纶纤维的这些在力学、热和化学方面突出的性能使之成为输送带理想的骨架材料。

20 世纪 80 年代是芳纶纤维在输送带中应用的黄金时代, 虽然价格很高, 但欧洲的输送带厂家竞相发展。芳纶输送带已大量应用于露天煤矿、港口、采石矿等领域, 充分展示出了它的性能优势。

由于技术及设备问题, 我国芳纶研究起步较晚。目前, 芳纶纤维的主要生产厂家是日本帝人公司和美国杜邦公司。由于芳纶纤维的价格昂贵, 影响了其应用扩大。国内已使用芳纶纤维试制了 V 带和齿形带, 各项性能均有大幅度的提高。但芳纶在输送带中的实际应用还不多。

1. 2 织物的组织结构

合理的织物结构可以充分发挥纤维材料的力学性能。输送带按结构不同主要分为平纹带芯、整体织物带芯、直经直纬织物带芯及其变型。我国的平纹带芯生产已经形成规模, 整芯输送带发展迅速, 直经直纬带芯尚处于起步阶段。

1. 2. 1 平纹结构

平纹编织是织物芯输送带用骨架材料的传统形式, 使用量大, 范围广。在平纹编织结构中, 每根经线与纬线交替与邻近纱线相互上下交织, 其特点是线的交叉点最多, 纱线呈波浪形, 织物的硬挺性好, 断裂强度则受单位面积所能容纳线的根数限制, 线密度越大, 织缩越大。因此, 平纹织物在输送带中很少单层使用, 一般需要 2~6 层复合使用。平纹织物输送带的强度可以用布层的增减来调节。

为提高平纹带芯的断裂强度, 开发了平纹织物的改进型, 即席纹编织结构。席纹编织使用了两根以上的纱线一起织造, 增大了线密度, 来达到提高断裂强度的目的。现代平纹 (席纹) 织物的最大额定断裂强度可达 $630\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ 。两种编织形式结构示意图见图 1、图 2。

由于平纹织物芯的强力较低, 虽然输送带的强度可以用增减布层来调节, 但加工程序多, 整体

性差, 纤维的强度利用率低, 因此平纹织物芯输送带也必须向减层化方向发展, 平纹织物芯只能用于轻中量级输送带。它在输送带中的地位已逐步被整体编织带芯和直经编织织物所取代。

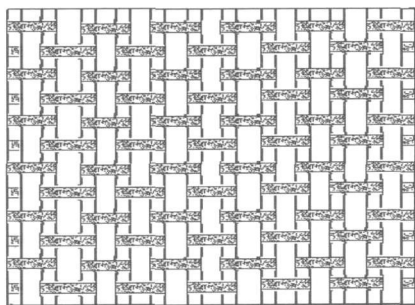


图 1 平纹编织

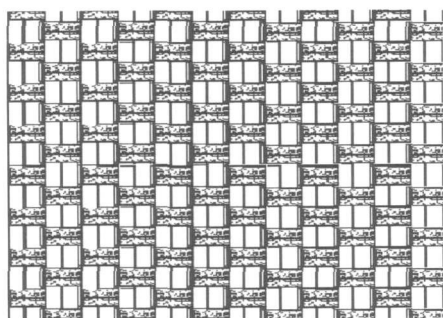


图 2 席纹编织

1.2.2 整体编织带芯

整体带芯是输送带专用的骨架材料, 又称为紧密结构织物, 是由经纱和纬纱多层斜行交织而成的结构复杂的织物。图 3 为双层整体带芯的截面结构图。整体编织的纬线一般为 2~5 层, 呈平直状态与斜行经线相交, 交叉点相对减少。线密度在增大的原则上不在同一水平面上, 而是向厚度方面发展。整体带芯是不分层的结构, 综合性能优于多层带芯。整体编织物的断裂强度为 $400 \sim 4000 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

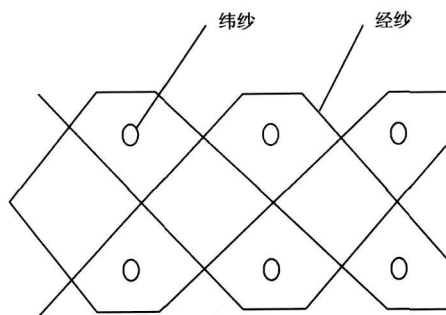


图 3 双层整体带芯的截面结构

整体编织物与 PVC 糊结合成带最早出现在 20 世纪 70 年代, 用于地下煤矿安全生产。它的耐屈挠性好, 抗冲击性强, 机械接头强度高, 因此深受欢迎。无论在国内还是国外, 它的发展都是最快的。

1.2.3 直经直纬结构

直经直纬结构由主经线、编织经线和纬线三部分组成, 主经线和纬线不交织, 纬线在主经线两侧, 由编织经线连接固定。编织经线比较细, 主经线和纬线都比较粗。图 4 为一层经线两层纬线的直经输送带的经向截面结构。

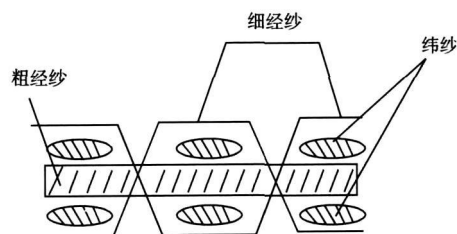


图 4 直经输送带的经向截面结构

由于经线和纬线伸直排列, 经纬线的屈曲度小, 纱线的强度利用率高, 织物的强度大, 织缩小, 不易蠕变, 因此织物的尺寸稳定性好, 抗撕裂。直经编织物的断裂强度在 $200 \sim 3150 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 范围内。在输送带中使用直经编织物骨架, 一般为 1~2 层, 制造工序减少, 性能提高, 是输送带用织物骨架的另一发展方向。由于直经直纬织物在使用过程中, 受到拉伸时经纬线易产生相对位移, 织物松散, 整体性差, 影响了其性能的发挥。

1.2.4 主要生产企业

目前, 我国棉帆布生产企业约有 5 家, 大都采用以销定产的经营方式, 开工率约为 70%。化纤帆布生产企业较多, 除生产用于输送带的 EP 帆布、NN 帆布外, 还有其它的骨架材料如整体带芯等, 品种广泛, 可以满足不同强度的帆布输送带要求。目前生产上述两种帆布的生产厂家主要有山东海龙博莱特、无锡太极、广东开平、上海神马、湖北化纤等。估计国内目前的实际产能约在 25000 t 以上。2003 年化纤帆布基本产销平衡, 2004 年国内市场需求量达到 17080 t, 2005 年达到 22262 t, 年平均增长率约为 28%, 2006 年需求量约为 25000 t。

2 发展方向

我国织物输送带芯发展迅速,因此不断开发新型纤维,提高整体带芯的产量,开发直径直纬带芯及其变型带芯,是我国输送带织物带芯的发展方向。

2.1 纤维材料的优化

2.1.1 纤维材料的改性

普通锦纶和涤纶在输送带中应用已经很普遍,但是锦纶模量低,普通涤纶抗疲劳性差,热收缩相对较大,因此,对现有纤维材料进行改性是今后纤维材料发展的方向之一。

锦纶的改性主要是通过改变其分子链的结构来提高强力、改善尺寸稳定性。提高锦纶纤维的模量一直是人们关心的问题。据报道,一种商品名为 HY^{ter}的基于锦纶 66 的单丝截面为“球形扁柱”形的纤维,具有高纤度、高断裂强度、高模量、高吸能和低收缩的特点。美国 Asahi 公司将锦纶 66 按强度分为高强、中强和普强三个等级,杜邦公司生产的高强度锦纶 66 长丝的强度比已有品种强度提高了 15%~20%。

近年来,美英等国已成功利用涤纶短纤维的松密度,在整体编织物中用浓密的短纤维纱取代棉纱作外表层经线,吸收冲击力,保护内层载荷纱线。

2.1.2 开发新型合成纤维

近年来涌现了很多新型合成纤维,有些适用于输送带芯。据称荷兰开发的 Stany 锦纶 46 具有尺寸稳定性好和断裂伸长率小的特点,在高温下的模量高,热收缩力大,随时间延长应力保持率高,蠕变率在所有锦纶中最低。POK 纤维是以乙烯和二氧化碳为单体的高强度纤维,强度指数为 200 (涤纶为 60, PEN 纤维为 100, 芳纶为 300), 模量指数为 250, 但其生产成本较高。PBO 纤维的刚性大,抗张模量是各种合成纤维中最高的,但压缩模量和剪切模量比其他高强高模纤维低。PEN 纤维的性能优于涤纶,价格低于芳纶。这些新型的合成纤维都具有很好的强伸性能,若能用于输送带芯,可大大提高输送带的性能。

2.1.3 应用高性能的纤维

一些高性能纤维由于价格高,且刚性大、织造难度大,所以应用较少。但是目前高性能纤维如碳纤维、玻璃纤维、芳纶已用于输送带,并制得了

性能优越、轻质的产品。

碳纤维强度高、模量高、耐高温、抗化学腐蚀、耐疲劳、抗蠕变,如果将碳纤维应用到输送带将可以解决输送带的“跑长”问题。但是碳纤维属于脆性材料,在断裂过程中没有塑性流变过程,当它承受拉伸负荷时,易在裂纹端产生应力集中,导致在较低应力下就发生断裂。

玻璃纤维拉伸强度大,尺寸稳定,纵向拉伸强度为 $300 \sim 2500 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。玻璃纤维既具有棉纤维尺寸稳定性好的特性,又具备锦纶、涤纶强力高的优点,是优秀的带芯用骨架材料。但由于玻璃纤维的刚性较大,制造时有一定的困难,所以应用还很少。

芳纶具有许多优异的力学性能和热化学稳定性,它的强度是钢丝的 5 倍,模量是钢丝的 2~3 倍,而重量却只有钢丝的 1/5,伸长比锦纶和涤纶都小,分解温度在 500°C 以上,耐热、难燃,收缩率与蠕变近似于无机纤维,抗腐蚀性好,尺寸稳定性好,因此芳纶输送带在保证输送带整体强度的情况下质量可减少 30%~60%,是输送带的新型理想骨架材料。但芳纶的刚性大,在受到反复拉伸压缩后纤维易断裂,因此大大缩短了其使用寿命。

针对各种高性能纤维的优缺点,扬长避短,开发合适的工艺和产品,使产品的性能达到最优是输送带带芯一个重要的发展方向。

2.2 优化输送带骨架结构

在现有的骨架结构中,整体带芯的应用技术已经成熟,直径直纬结构处于起步阶段。但是整体带芯仍然存在经纬纱屈曲较大,直径直纬结构中纱线在织物中不稳定等不足,影响了输送带整体性能的提高。这就要求不断地开发新型的骨架结构,进一步减小经纬纱的屈曲,增强织物结构的稳定性,便于应用新型纤维材料,最终使输送带达到轻质高强减层的目的。

3 结语

织物带芯是输送带重要的骨架材料,其材质和结构是影响输送带基本性能(承载能力、尺寸稳定性和粘合强度)的重要因素。因此,应不断开发和生产新材料和新结构的产品,以满足我国胶带工业高速发展的需要。综上所述,对输送带纤维骨架材料的现状和发展得出以下结论:(下转第 8 页)

使企业全方位地满足客户的需要, 提高客户的满意度和忠诚度。从一定高度上支撑企业获取需求、设计产品、制造产品、跟踪客户使用情况、质量分析查找不足、继续改进创新整个创新流程的顺利运行, 而且更为重要的是, 实现对企业创新战略的有力支持, 保证企业的持续发展。

4 下一步打算

信息化对企业发展的巨大推进作用, 使公司更坚定了“循序渐进, 实现全面信息化”的目标。公司下一步打算是: 从企业内部出发, 搭建 ERP 与电子商务的信息通道, 形成企业之间的“供应链”。现在, 公司的供应链上游企业有钢丝绳厂、织物布厂、化工材料厂等, 下游企业多是煤矿、冶金、港口等, 这些供户和客户中有许多信息化建设比较成功和实施了 ERP 系统的企业, 公司与他们已经建立了稳固的合作基础和伙伴关系。目前, 公司正积极与一些织物布厂(供户)、钢丝绳厂(供户)、钢铁公司(客户)、煤矿(客户)联系, 尝试建立“企业战略联盟”(虚拟企业)。

5 结语

我国制造企业要适应迅速变化的市场竞争环境, 适应以“客户为中心”时代的来临, 就必须要对市场作出快速响应, 及时获取和满足客户的需求。企业应用信息化的根本目的在于提高企业的生产力和市场竞争力, 所以, 必须与时俱进, 不断深化信息化应用, 解决实际问题, 发挥更大价值。

引进商品化软件与自行开发并举, 在商品化软件上作大量二次开发, 来解决许多应用和集成上难题, 建立颇具特色的信息化集成系统, 这是阜新橡胶信息化建设中的一大亮点。

(上接第 4 页)

1. 目前输送带所用纤维材料主要是锦纶和涤纶, 棉纤维用量呈逐年下降的趋势。今后输送带用纤维材料的发展方向主要是针对现有纤维材料进行改性、开发新型合成纤维以及应用高性能的纤维。

2. 在输送带骨架结构方面, 目前整芯结构发展迅速, 直经直纬结构也已进入了应用阶段。今后研究的重点是开发结构稳定、适宜应用新型纤

维的轻质高强骨架结构, 以适应输送带迅速发展的需要。

参考文献: 略

吉林石化高活性聚异丁烯 打入国际市场

吉林石化公司精细化学品厂生产的高活性聚异丁烯产品已走出国门, 打入国际市场。

据了解, 年初以来, 该厂已有 700 吨高活性聚异丁烯产品先后出口到美国、德国、新加坡、韩国、俄罗斯、荷兰、印度、马来西亚、澳大利亚等国家。这标志着该厂高品质的产品已日益受到国外客户的青睐, 同时也为企业的快速发展带来勃勃生机。

据介绍, 这种高活性聚异丁烯产品过去国内一直依靠进口。为尽快使该产品国产化, 吉林石化公司精细化学品厂自行研制开发的高活性聚异丁烯项目于 2001 年获国家科技部首批科技创新基金支持, 建成了国内首套年产 500 吨的生产装置, 产品投放市场后, 深受国内用户好评。但是装置规模小无法满足国内用户需求, 为此, 该厂于 2003 年在中部基地建成了年产 3000 吨高活性聚异丁烯生产装置。2004 年 7 月, 高活性聚异丁烯获准列入国家重点新产品项目计划后, 该厂为尽快使优质产品占领市场, 精心组织科技人员全力攻关, 又开发出了 JHY-2300 F JHY-3300 F 新牌号产品。通过采用新的催化剂配方, 经过工艺调优和技术改进, 有效降低了生产成本, 提高了装置的生产能力。

经过几年的不断扩产改造和建设, 目前该厂高活性聚异丁烯的年生产能力已达到 2.45 万吨, 成为国内规模最大的高活性聚异丁烯生产基地, 可较好地满足国内外市场的需求。据该厂商务处负责人介绍, 到年底前还将有 5000 吨高活性聚异丁烯产品走向国际市场。

吉林石化公司精细化学品厂的高活性聚异丁烯项目, 是中国石油集团公司组织实施“十五”科技规划取得的重大科研开发成果, 荣获中油集团公司科技进步二等奖, 填补了国内空白, 并拥有自主知识产权和专利技术, 市场前景十分广阔。

张晓君 侯静波