

# 我国高强力输送带的概况与发展

肖栋材

(青岛橡胶工业研究所, 山东 青岛 266002)

摘要: 分品种介绍了我国高强力输送带的基本状况, 指出了与国际先进水平的差距, 并提出了发展方向。

关键词: 高强力输送带; 基本状况; 差距; 发展

随着我国煤炭、电力、冶金、建材、港运等行业的发展, 它们对输送带特别是高强力输送带的的需求越来越大, 质量要求越来越高。输送带的强度是输送带赖以传递动力、承载物料之最重要的特性。什么样的输送带称为高强力输送带, 目前没有一个统一的划分, 概念比较模糊。一般认为, 高强力输送带是指纵向全厚度拉伸强度为  $1250\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  以上的输送带。输送带强力的高低主要取决于骨架材料, 同时覆盖层以及骨架材料与橡胶或塑料的粘合也起着相应的作用。因此, 高强力的概念应该有两层含义: 一是输送带的强度要高, 二是输送带的使用寿命要长。就骨架材料区分而言, 高强力输送带主要有钢丝绳芯输送带、高级别帆布叠层芯输送带、高级别整体织物芯输送带, 以及钢丝绳牵引输送带等。

## 1 基本状况

“七五”期间, 我国就把高强力输送带列为我国橡胶工业发展的一个重点。经过 20 余年的努力, 我国高强力输送带已有了长足的进步。目前, 无论是产品标准、生产技术、工艺装备, 还是产品的主要品种和质量, 我国高强力输送带基本与发达国家同类产品接近。一些主要企业与发达国家基本上保持着同步发展的态势。

据报导, 2006 年我国输送带产量已达 15357 万  $\text{m}^2$ , 继续居世界第一位, 估计高强力输送带已占输送带产量的  $1/2$  左右。在强度级别上, 国家标准或行业标准规定, 钢丝绳芯输送带最高可达  $5400\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ , 帆布叠层芯输送带最高可达

$3150\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ , 整体织物芯输送带最高可达  $3400\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 。输送带的宽度可达  $3000\text{mm}$ , 帆布叠层芯超宽输送带可达  $4200\text{mm}$ 。此外, 国产输送机的带速可达每秒  $5.8\text{m}$ , 输送量可达每小时  $8400\text{t}$ 。在品种上, 高强力输送带不仅有普通用途输送带, 还有阻燃输送带, 耐热、耐寒、耐酸碱等特殊用途输送带, 以及管状输送带和各种大倾角特种结构输送带。国产高强力输送带不仅基本上能适应我国国民经济发展的需要, 每年还有部分产品出口到美国、德国、英国、意大利、罗马尼亚、澳大利亚、巴西、南非、日本、韩国、朝鲜、伊拉克、东南亚等几十个国家和地区。

总之, 目前我国高强力输送带的生产能力及产量位居世界前列, 产品结构与国际基本接轨, 主要企业的工艺技术装备和产品质量接近世界先进水平, 原材料基本实现国产化, 具有较强的发展后劲。高强力输送带的发展正在引领我国胶带行业名牌战略的实施和强势企业的发展。

### 1.1 钢丝绳芯输送带

钢丝绳芯输送带是最具代表性的高强力输送带。由于钢丝绳强度范围广、强力高、伸长小, 其胶带的承载能力大、成槽性好、接头强度高、使用寿命长, 适用于长距离、大运量、高速度的现代化输送的需要。青岛橡六集团有限公司是我国最早研发钢丝绳芯输送带的企业。1966 年开始研发, 1977 年投产。继后近 30 年, 我国钢丝绳芯输送带有了巨大的发展。目前我国约有 25 家企业, 40 余条生产线可以生产钢丝绳芯输送带。据了解, 还有数家企业计划投资新上钢丝绳芯输送带生产

线。目前钢丝绳芯输送带的年产量已约达 3000 万  $\text{m}^2$ , 约占输送带总量的 20%。

在生产工艺装备上, 青岛橡六集团有限公司在上世纪 80 年代引进了德国辛拜尔坎普公司生产的钢丝绳芯输送带生产线; 阜新橡胶集团有限公司在上世纪 90 年代引进了加拿大帕特斯公司生产的多功能网络结构的钢丝绳芯输送带生产线。这两条生产线在一定程度上可以代表近年钢丝绳芯输送带工艺装备的国际水平。国内益阳橡胶塑料机械集团有限公司和青岛北海机械设备有限责任公司在消化吸收国外先进技术装备的基础上, 先后开发了功能达到或接近国外先进技术水平且适应国内发展的钢丝绳芯输送带生产线或系列设备, 已用于国内多家钢丝绳芯输送带生产企业。

在生产工艺技术上, 钢丝绳芯输送带的钢丝排列结构已从最初的 GX 结构系列, 发展为现在与国际先进水平接轨的 SI 结构系列。钢丝绳芯的结构也由普通型发展为开放型, 进而提高了橡胶与芯绳之间的粘合性能和胶带的动态疲劳和使用寿命, 在工艺技术上达到了国际水平。

在产品品种和性能上, 除普通用途钢丝绳芯输送带外, 还有各种防撕裂、抗冲击的钢丝绳芯输送带, 阻燃抗静电等特殊用途钢丝绳芯输送带以及特殊结构的管状钢丝绳芯输送带等。近年来我国自主研制开发的符合 MT668-1997《煤矿用阻燃钢丝绳芯输送带技术条件》煤炭行业标准的钢丝绳芯阻燃输送带的安全性能已达到英国标准, 而超过了美国、德国、日本等国标准。管状钢丝绳芯输送带已成功取代了日本普利司通公司的产品。

### 1.2 高级别帆布叠层芯输送带

帆布叠层芯输送带是开发最早、使用最普遍的输送带, 与钢丝绳芯输送带相比, 具有规格型号多、重量轻、不受电磁干扰、输送设备较简单, 带的安装、接头、维修、更换较容易, 成本较低等特点。帆布叠层芯输送带的强度可以近似地按帆布的强度来测算。一般说来, 胶带的布层越多, 带体越厚、越硬, 带的屈挠性能就越差, 带的强度利用率也越低, 带的寿命就越短。帆布叠层芯输送带的发展特点是少层化、帆布高强度、轻量化。但是, 鉴于帆布叠层芯输送带的抗冲击性能和接头强度损失与帆布层数有关, 强力设计中往往还要考虑这一因素。因此, 高强度输送带的强度应选择高

级别的帆布来调节。

近 20 年来, 我国合成纤维帆布发展很快, 给高强度帆布叠层芯输送带的发展奠定了良好的基础。目前, 我国已有 40 余家生产输送带用帆布的企业, 已能生产锦纶 (NN)、聚酯 (EP) 等高强度浸胶帆布系列产品。NN 浸胶帆布最大强度规格可达  $630 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$ , EP 浸胶帆布最大强度规格可达  $600 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。织物结构除平纹帆布外, 还开发了直经直纬等结构。在帆布叠层芯输送带中, 合成纤维帆布芯已约占 80%。

帆布叠层芯输送带生产工艺技术, 近 20 多年有了较大的改进和提高。过去国产帆布叠层芯输送带在带坯成型上基本上属于自由贴合的无张力成型。由于在成型中带的各层帆布张力不均, 同一层拼幅的帆布张力不一, 甚至同一幅布都会出现一边松一边紧的情况, 致使成品胶带在使用过程中, 会因各层帆布不能均匀地受拉力而降低负载能力。这样用户在选择输送带时, 就不得不加大安全系数, 造成设备、能源的浪费。另外, 由于带芯各层帆布受力不均, 硫化出来的胶带容易出现“海带边”等外观问题, 装机出现跑偏、跑长、脱层等现象, 影响使用寿命。

青岛橡六集团有限公司于上世纪 90 年代引进了德国辛拜尔坎普公司生产的具有合幅拼缝功能的帆布叠层芯输送带定张力成型机, 是我国帆布叠层芯输送带成型工艺上的一个重大革新。同时, 一些生产厂家先后采用了具有相应功能的国产设备, 例如恒张力多层复合成型机、定中心恒张力多层一次贴合成型机等, 逐渐改变了我国输送带成型工艺落后的状况, 进而提高了帆布叠层芯输送带的内在和外观质量水平。

此外, 进口和国产鼓式硫化机、大长度平板硫化机、高精度四辊压延机、连续硫化设备的应用, 也为我国高强度帆布叠层芯输送带的发展创造了条件。目前我国高强度帆布叠层输送带的产品品种, 不仅有普通用途输送带, 还有耐热、耐寒、耐酸碱、阻燃等特殊用途输送带, 以及管状、挡边等特殊形状结构的输送带。产品质量标准基本上与国际接轨。

### 1.3 高级别整体结构芯输送带

整体织物芯输送带具有重量轻、抗撕裂、能耗少、防水、防潮, 容易做到阻燃、抗静电等特点, 因

此广泛用于煤矿井下。据称,目前世界工业发达国家在煤矿井下使用的强度级别在  $4000\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  以下的输送带几乎都是 PVC(全塑料型)、PVG(橡塑并用型)整体织物芯阻燃输送带,其用量约占世界输送带的  $1/3$ 。经过 20 多年的发展,我国已成为世界上 PVC、PVG 整体织物芯阻燃输送带生产能力最大的国家。据资料介绍,现有生产厂家 80 多个,生产能力约达  $8000\text{万 m}^2$ ,年产量约  $4000\text{万 m}^2$ ,接近输送带年产量的  $1/4$ 。其中能生产  $1600\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  以上强度级别的已有十几个厂家,另外还有数家能生产  $2000\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  以上强度级别的产品。我国生产输送带整体带芯的厂家也有近百家,年总产量达  $1000\text{万 Am}^2$  以上,可生产强度最高达  $2800\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ ,宽度最高达  $1600\text{mm}$  的整体带芯。

目前我国 PVC 整体织物阻燃输送带生产技术已臻成熟,PVG 整体阻燃输送带生产技术也在不断提高,无论是产量、品种还是产品质量,整体织物阻燃输送带基本上能够满足我国煤炭工业的需要,阻燃输送带的安全性已达到国际最先进的英国标准,超过美国、日本、德国等国家标准。自从国家对阻燃输送带实行检验合格证、安全标志证和生产许可证,所谓“三证”管理以来,全国煤矿井下还没有出现一例因输送带原因引起的火灾等事故,说明我国阻燃带产品的安全性能可靠,跨入了国际同类产品先进水平的行列。

## 2 差距与发展

我国高强力输送带取得了长足的发展,不仅基本适应了我国国民经济发展的需要,还冲出了国门,走向了世界,但与当今国际先进水平相比,仍然存在着一些差距,努力缩短这些差距,达到国际先进水平,正是我国高强力输送带今后发展的方向。

### 2.1 强度级别

目前国际先进水平输送带的强度规格,钢丝绳芯输送带可达到  $7500\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  以上,帆布叠层芯输送带可达到  $3150\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ ,整体织物芯输送带可达到  $4000\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 。虽然我国国家标准或行业标准中规定的强度规格与国际先进水平相当,但是实际上国产钢丝绳芯输送带一般都在  $4000\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  以下,帆布叠层芯输送带一般在

$1600\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  左右,整体织物芯输送带最高不超过  $2500\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 。据了解,国产高强力输送带强度规格与国际先进水平之间存在的差距主要受国内市场、生产工业装备、骨架材料等方面的制约和影响。

钢丝绳芯输送带随着强度规格的增加,自身重量也大幅增加,考虑运输效率和节能等因素,用户一般都选择  $4000\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  以下强度规格的胶带。同时我国更高强度规格的钢丝绳芯输送带还受到钢丝绳张力等生产工业装备的限制,目前国内的钢丝绳芯输送带生产线绝大多数尚不能满足  $4000\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  以上强度规格的技术要求。此外,据介绍,我国输送机的设计制造技术与国际先进水平也存在着一定差距。以目前煤矿井下用量最多的固定高强度带式输送机为例,国内井下常用的输送机,运量一般在每小时  $1000\sim 3000\text{t}$ ,运距  $1000\sim 5000\text{m}$ ,带速每秒  $2.5\sim 4.5\text{m/s}$ ,驱动总功率  $750\sim 2000\text{kW}$ ,而国际先进水平的同类输送机,运距可达  $15000\text{m}$  以上,运量最大可达每小时  $37500\text{t}$ ,带速可达每秒  $6\sim 15\text{m/s}$ 。

整体织物芯输送带的强度规格主要受到国产整体织物带芯的影响。目前我国整体织物带芯骨架材料与国际先进水平相比存在着明显的不足。虽然我国生产整体织物带芯的厂家很多,但绝大部分企业只能生产宽度为  $650\sim 1200\text{mm}$ 、强度规格为  $680\sim 1400\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  的带芯,只有很少几个企业能生产宽度  $1400\sim 1600\text{mm}$ 、强度规格  $2000\sim 2800\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  的带芯。此外,国内的化纤生产厂,为了保证单丝的强度要求,而提高单丝的线密度,致使带芯带体较厚,质量较重,影响带芯浸渍、带体接头等工艺性能。

至于帆布叠层芯输送带从目前国产帆布的强度规格和生产工艺水平来看,生产更高强度规格的输送带一般说来不存在什么问题,但是我国输送带的最大市场是煤矿,鉴于帆布叠层芯输送带的阻燃安全性能,目前还很少用于煤矿井下。其它场合用高强度输送带,从使用寿命和性价比等因素考虑一般多选用钢丝绳芯输送带。

### 2.2 使用寿命

输送带的使用寿命取决于骨架材料的材质与结构、覆盖胶与粘合胶的材质与性能、生产工艺、胶带接头、质量管理等多种因素。目前,我国高强力输送带的使用寿命与国外先进水平相比还存在

着一些差距。

以煤矿井下使用最多的整体织物芯阻燃输送带为例。据介绍,国产PVG2000S整体织物芯阻燃输送带的使用寿命一般在5年左右,累计输煤量不超过1500万,而国际同类先进产品的使用寿命可超过10年,累计输煤量可达6000万以上。造成这种情况的原因在于:一是带芯的浸渍和塑化效果。目前国产整体织物带芯的纬线和经线都是以涤纶、棉纱或锦纶、棉纱为主,因而带体厚、密度大,致使PVC树脂的浸渍和塑化效果不好,影响使用寿命,而国外先进水平的带芯一般使用涤纶或芳纶为经线,纬线采用锦纶和棉纱,带体薄、重量轻,有利于PVC树脂浸渍和塑化。二是接头强度。国内能实施硫化接头的厂家不多,采用机械接头,其接头强度只能达到带体强度的60%~70%,而硫化接头可达到90%以上。三是覆盖层与带芯的粘合性能。国产胶带一般在 $8\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 左右,而国外先进水平可达 $12\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 以上,因而国产胶带在使用过程中容易出现起泡和脱层现象,影响使用寿命。

此外,目前整体织物芯主要用于阻燃输送带,带芯材质原本都是易燃的,为了解决阻燃问题,在带芯的浸渍配方中加入了大量的阻燃剂,使带芯的物理机械性能受到严重影响,因而提高骨架材料自身的阻燃性能也是今后努力的方向之一。

为了适应整体织物芯输送带向高强度、长寿命、轻量化发展,整体织物带芯也应向多品种发展,在材质上除涤纶、棉纱、锦纶、棉纱型外,还应有涤纶、锦纶、芳纶、锦纶等;在层数上根据材料和强度的不同应有三层、四层和多层;在编织结构上也应有A、B、C多种类型;在性能上应有阻燃和非阻燃型以满足不同环境、不同用途和不同工况条件的使用要求。

目前,国内外钢丝绳芯输送带和帆布叠层芯输送带的实际使用寿命对比情况,虽然无系统的资料介绍,但是一般认为这两类国产输送带的使用寿命与国外同类产品先进水平之间的差距仍然是存在的。钢丝绳芯输送带的使用寿命与其耐冲击、抗撕裂性能和耐磨性能以及钢丝绳芯与橡胶的粘合性能等有关,因此重点要提高这些方面的性能,以达到国际同类产品先进水平。

国产钢丝绳芯输送带在使用过程中容易出现

的覆盖胶接头开裂、覆盖胶与芯胶间脱层、胶带边部胶层开裂等早期损坏现象,主要是生产工艺控制不当造成的,在生产工艺上要着力进行这方面的研究和改进。

在生产过程中,钢丝绳定张力是否均匀,直接决定输送带在使用过程中能否均匀承受载荷,定张力越均匀,输送带使用过程中就越平稳,使用寿命就越长,通常强力不均匀度要 $\leq 4\%$ 。

胶带覆盖胶的拉伸强度与胶带的抗冲击性能有关,覆盖胶的拉伸强度较高则具有较好的抗冲击性能,不仅能较好的吸收物料投放时产生的冲击能量且能提高胶带绕过滚筒的弯曲疲劳性能。

覆盖胶磨耗性能和输送带各部件间的粘合强度也是影响输送带使用寿命的重要因素。覆盖胶的耐磨性能越好,各部件间的粘合性能越高,无疑是有利于胶带的使用寿命,避免胶带早期损坏。

钢丝绳芯输送带的抗撕裂性能一般采用铺设横向增强体的办法来解决,比如铺设横向钢丝绳、钢丝绳帘线、化纤网眼布等,因此要更进一步开发应用性能优异的横向增强体材料。据报道,德国奥博工业纺织品公司生产的一种用于钢丝绳芯输送带的化纤网眼布具有优异的抗撕裂性能,作为钢丝绳芯输送带的横向增强材料已在欧洲输送带厂广泛应用。这种网眼布的纬线为预先弯曲的涤纶或锦纶线绳,经线为较细的两股帘线,纬线穿过经线的两根股线间。由于纬线是预先弯曲的,所以可以比不弯曲的纬线能承受更大的冲击,且纬线的强度较大,有 $120\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 、 $180\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 、 $240\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 、 $480\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 等各种规格,网眼布的结构紧密、网眼小、可以直接在压延机上贴胶,使用方便。此外,据介绍,在钢丝绳芯输送带接头方面,采用德国标准的填充式接头,钢丝绳受力均匀,应力集中少,接头效率可达95%以上,与其它方法相比,在同样的条件下可延长输送带的使用寿命。

国产帆布叠层芯输送带影响实际使用寿命的重要问题是耐冲击性能有待提高,机械连接强度不足,胶带使用过程中伸长打滑,以及胶带底层起皱,表面出现顺纹等外观质量。造成这些问题虽然是多方面的,但是最重要的是我国帆布织物结构单一,主要以平纹帆布为主,其经纬线强度和密度基本上以行业标准为主,更无大的变化。

(下转第8页)

尼龙稍差,与碳纤维、玻璃丝比较,是难能可贵的。第四,芳纶的抗撕裂能力、防刺割能力都是极佳的,决定了其适用于胶带制造。

目前国内有关单位正在进行这方面的研究开发。相信不久之后,关于芳纶应用于阻燃带的制造就会取得实质性的进展。

### 3 芳纶橡胶工业布的应用展望

在欧美等国家,芳纶织物应用于橡胶制品已经很普遍。据报道,2005年全球在胶带方面共消耗芳纶骨架材料4000多,加上在轮胎方面的消耗,芳纶骨架材料在橡胶制品中的消耗估计要达到8000。<sup>†</sup>适应高性能橡胶制品的开发生产,加上人们对芳纶骨架材料优越性的逐渐认识和了解,芳纶骨架材料的应用将越来越广泛。

致谢:在芳纶骨架材料的橡胶制品应用实验方面得到北京橡胶研究设计院张燕女士的帮助,深表感谢。

参考文献:略

(完)

(上接第4页)

目前,国产合成纤维帆布织物的经向卷曲度过低,变形能力小,导致受冲击后的变形小,冲击点处受的冲击力大,加之帆布的纬向强度偏低,因此抗冲击性能相对较差。抗冲击性能好的帆布应该是纬向强度较高而卷曲度较低,经向卷曲度高的织物。直经直纬结构的帆布,其纬向卷曲度较低,经向和纬向的强度利用率都较高,因而抗冲击性能好。

接头强度同样与帆布的经纬线卷曲度有关,提高帆布的经向卷曲度和纬线密度,使纬线与经线的交叉点增多可以提高输送带的机械接头强度,同时可以解决输送带底层起皱问题。

据介绍,国外先进水平的EP帆布,一个规格就有十几种不同的结构纱线和卷曲度,同一个结构,卷曲度也有多个,且强度也不相同。用户可以根据输送带的层数、接头连接方法、输送机的长度、耐冲击性能、成槽性能等方面的要求,选择适合的帆布。

### 2.3 工艺技术装备

工艺技术装备是发展高强力输送带的基础,也是提高输送带产品质量和企业竞争能力的保

证。我国输送带生产厂家,除少数厂家的工艺技术装备较好,接近国际先进水平外,不少企业工艺技术装备水平仍然比较落后,尚不能适应高质量输送带生产的要求。

帆布叠层芯输送带要淘汰无张力的人工自由贴合成型工艺,采用恒张力成型设备,以保证胶带各织物层在使用过程中能均匀受力,减少胶带的强度损失,同时要尽可能的采用恒张力连续硫化,减少重复硫化,以保证整条胶带性能的均一性。钢丝绳芯输送带要采用恒张力成型硫化法,此外为适应 $4000\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 以上强度规格钢丝绳芯输送带开发的需要,有条件的应对张力设备进一步改造,扩大钢丝绳芯输送带成型硫化张力范围。

目前,我国PVG整体织物芯阻燃输送带,普遍采用的工艺过程是:带芯浸渍、塑化、胶片压延、成型贴合、平板硫化机硫化,不仅工艺过程比较复杂,而且硫化时还需冷上锅,冷出锅,耗能,生产效率低,同时由于带体要经过二次塑化,强度会严重下降。据介绍,这类输送带,国外先进的生产工艺是采用挤出机贴合成型,即将热塑性弹性粒料通过两台挤出机及模具动态硫化直接与浸渍塑化后处于热状态的带芯粘合在一起,省去了炼胶、压延、成型、硫化等工序,实现了带芯浸渍、塑化、覆胶、硫化连续生产。目前国内只有极少数厂家掌握这种工艺技术,同时国内浸渍塑化设备一般比较落后,国外先进技术是采用多次真空浸渍和热油载体加热塑化技术,而国内仍较多采用一次真空浸渍和电加热塑化工艺。

### 2.4 测试手段

输送带性能试验一般包括静态试验和动态试验两部分。目前,我国一些主要胶带生产企业静态试验手段还基本齐全,但动态试验手段仍普遍缺乏。例如,输送带屈挠运转试验机、接头疲劳试验机、抗冲击性能试验机、抗撕裂性能试验机、钢丝绳拉拔疲劳试验机、耐寒运转测试机以及阻燃输送带燃烧烟雾浓度测试装置等基本上还属空白。为了保证和提高我国高强力输送带产量的质量水平,确保品质安全,应逐步改变这种状况。