

酚醛泡沫及其复合材料的研究与应用进展

王志才 白培康

(中北大学材料科学与工程学院,太原 030051)

摘要 综述了近年来国内外在酚醛泡沫塑料基础研究与应用领域内的最新进展情况,介绍了酚醛泡沫的改性方法,并对酚醛泡沫及其复合材料的发展趋势进行了展望。

关键词 酚醛泡沫 常温发泡 高温发泡 改性 复合材料

酚醛泡沫是一种具有轻质、防火、隔热、隔音、高比强度、导热系数低、绝缘等优异性能的材料,密度最低仅为 $30 \sim 40 \text{ kg/m}^3$ 。在常用的隔热泡沫材料中,酚醛泡沫塑料具有其他泡沫塑料无法比拟的优势,其适用温度范围为 $-150 \sim 150^\circ\text{C}$ 。近年来,由于高层建筑、交通运输、舰船、航空、空间技术等方面对泡沫塑料的热稳定性和阻燃性提出了严格要求,使得酚醛泡沫得到广泛关注和迅速发展。现在,酚醛泡沫作为一种新型的多用途泡沫材料,以其耐热、难燃、自熄、耐火焰穿透、遇火无滴落物和防止火灾蔓延的阻火性能等优点,引起了人们的高度重视^[1]。

1 酚醛泡沫塑料的制备

1.1 酚醛泡沫塑料的制备工艺

按工艺路线划分,酚醛泡沫制备有两条工艺路线,即以热塑性酚醛树脂为基础的干法工艺和以热固性酚醛树脂为基础的湿法工艺。干法工艺生产周期长、效率低、能耗大,且不易连续化生产,目前世界上已较少应用。近年国内引进或自行开发的生产线都是采用湿法工艺^[2]。

1.2 酚醛泡沫塑料的制备方法

按发泡温度划分,酚醛泡沫制备有两种发泡方法,即常温和高温发泡方法。目前常用的发泡方法是在室温或低温($60 \sim 80^\circ\text{C}$)条件下,加入表面活性剂、发泡剂、固化剂,搅拌均匀后倒入模具,发泡固化,脱模。该方法操作简单、方便,可在现场发泡,所得产品闭孔率高,不燃^[3-4]。但由于该方法采用酸为固化剂,所得泡沫有一定的酸性,与金属接触时易产生酸渗透、酸腐蚀,使其应用范围缩小^[5]。

(1) 常温发泡方法

酚醛树脂常温发泡的原理是加入酸类固化剂,它能促进树脂间的缩聚反应,同时放出大量的热,使低沸点的发泡剂受热气化形成均匀细密的泡孔结构,且树脂在发泡的同时快速交联固化,形成酚醛泡沫^[6-8]。

常温发泡步骤:在带有搅拌器的容器里,按配比加入可发性酚醛树脂、发泡剂、表面活性剂、固化剂,搅拌均匀后,将树脂液迅速倒入模具中,然后在指定的温度下发泡,发泡 $5 \sim 10 \text{ min}$ 后脱模。该法所得泡沫表面光滑,密度均匀,闭孔率高。

(2) 高温发泡方法

高温发泡的原理是利用物料中含有的易挥发性物质在

高温下气化的同时使树脂固化,形成酚醛泡沫。

高温发泡步骤:在带有搅拌器的容器里,按配比加入可发性酚醛树脂、表面活性剂,搅拌均匀,首先将容器放在加热套上,一边加热一边搅拌,这样树脂在加热的条件下流动性逐渐增大,然后就有气泡生成。随着气泡的不断增多,树脂黏度越来越大,当树脂黏度达到能包裹住一定压力的气泡时再加入助剂,快速搅拌均匀,随后将树脂液倒入模具中,把模具放入 160°C 左右的烘箱中,发泡固化约 30 min 后脱模,所得泡沫表面光滑,密度均匀^[9]。

2 酚醛泡沫的改性方法

普通酚醛泡沫延伸率低、质脆、硬度大、不耐弯曲,这大大限制了酚醛泡沫的应用,所以对泡沫的增韧改性十分必要。酚醛泡沫的增韧可以通过以下几种方法实现:

2.1 物理共混增韧法

这种改性方法要求树脂和增韧体系具有一定的混溶性,其中混溶性可根据溶解度参数进行预测。具体方法是:首先合成普通的甲阶酚醛树脂,然后在树脂中加入改性剂,混合均匀后,依次加入稳定剂、匀泡剂、发泡剂,搅拌均匀,最后加入固化剂,快速搅拌后注模发泡。这类改性剂常用的有三类。

第一类是橡胶弹性体改性剂。常用的有丁腈橡胶^[10]、丁苯橡胶、天然橡胶和端基丁腈橡胶及其他含有活性基团的橡胶。橡胶的加入量一般宜控制在 $5\% \sim 20\%$ 之间。

第二类是热塑性树脂。常用的有聚乙烯醇^[11]、聚乙二醇^[12]、聚砜、聚醚、聚酰胺等^[13]。

第三类是小分子物质。如乙二醇^[14]、邻苯二甲酸二辛酯、磷酸三甲苯酯等有机物质都是常用的泡沫增韧剂^[15]。

2.2 化学增韧法

化学增韧法是在树脂中加入改性剂,通过酚羟基和改性剂的化学反应接枝上柔性链,从而得到内增韧的改性甲阶树脂。这种改性方法的增韧效果比物理共混增韧法的要好^[16]。聚氨酯改性酚醛泡沫是一种很好的化学增韧方法,该方法有如下两种方式^[17]:①以糠醇树脂、芳胺多元醇等作为聚氨酯组分中的多羟基化合物,将酚醛树脂、多异氰酸酯(MDI/PAPI)和上述各种多元醇混合,将发泡剂等助剂加入

其中进行复合发泡。②聚醚、聚酯多元醇和异氰酸酯合成末端为—NCO基团的预聚体,然后再与酚醛树脂、发泡助剂混合,进行复合发泡。这种方法能够从根本上改变酚醛树脂的刚性分子结构,从而使泡沫的韧性得到提高;同时引入了聚氨酯的特性,如能提高闭孔率、降低吸水性、加快固化反应速度、提高成型速度等^[18]。

2.3 原位聚合增韧法

这种改性方法是用部分带有韧性链的改性苯酚代替苯酚与甲醛缩合,从而达到增韧目的。文献^[19]采用间苯二酚、邻甲酚、对甲酚、对苯二酚等改性,加入量控制在苯酚用量的0.2%~10%,可降低泡沫脆性,提高制品的强度和韧性。壬基酚改性^[20]、烷基酚和腰果壳油改性^[21~22]也都有报道。

3 国内外对酚醛泡沫的研究

3.1 国外对酚醛泡沫的研究

国外对酚醛泡沫的研究进行得较早,研究表明,酚醛泡沫的性能与原料的配比、酚醛固含量、发泡温度、含水量、表面活性剂及填料等因素有关。

1974年,瑞士A. C. Ciba-Geigy成功开发了酚醛泡沫塑料,闭孔率达67%^[23]。DaljitSing^[24]发现醛与酚的物质的量之比为1.2时,中温(70~72℃)反应生成的酚醛固含量高,容易发泡,且形成均匀细致的泡沫。在反应过程中,质量分数为90%的甲醛在开始的30min反应完毕。研究还发现随发泡温度的升高,表观密度、压缩强度逐渐增大。

G. K. Riekle^[25]研究了含水量对酚醛泡沫塑料性能的影响。结果表明,当含水量(质量分数)低于7%时,酚醛泡沫塑料的闭孔率高。当含水量低于8%时,酚醛泡沫塑料具有低的导热系数。当含水量降到5%时,导热系数最低,约为0.18 W/(m·K)。

K. R. Denslow^[26]研究了表面活性剂对酚醛泡沫塑料的影响。结果表明,表面活性剂可以降低酚醛泡沫塑料的表面张力。在发泡的过程中,表面活性剂浓度必须大于临界胶束的浓度,才可生成均匀的低密度泡沫塑料。

B. Vongdara^[27]以虫胶(木材中)为填充物,研究了虫胶对酚醛泡沫塑料性能的影响。结果表明,当添加质量分数30%的虫胶和2%的催化剂铝粉时,酚醛泡沫塑料有很好的表观质量,当虫胶质量分数为20%时,酚醛泡沫塑料断裂强度有较大的提高,同时降低了其吸水性。

3.2 国内对酚醛泡沫的研究

酚醛树脂的粘度、乳化程度、温度等因素对所制备泡沫的性能影响明显^[28]。当粘度小于2 Pa·s时,树脂不能包住发泡剂产生的气体;当粘度大于8 Pa·s时,物料在发泡时出现“烧心”,即在泡沫体内出现较大的空洞。表面活性剂用量大,乳化时间长,乳化程度好,发泡稳定,泡沫体泡孔均匀,能够达到预期表观密度。当物料和模具温度控制在40℃左右时,泡沫塑料内外侧表观密度可达到一致。发泡成型时采用中低温度(60~70℃)固化,泡沫体细致,泡孔均匀。聚氨酯可用来对酚醛泡沫塑料进行改性,当聚氨酯质量分数为3%

~13%时,酚醛泡沫塑料的粉化度可以降低22.5%~65.3%,复合体内形成较均匀的网络结构^[29]。在酚醛/聚氨酯复合体系中采用咪唑类化合物作为催化剂,可有效改善复合体系的脆性^[18]。在酚醛树脂合成反应开始时加入质量分数为1.5%~3.0%的聚乙烯醇,反应过程中酚核会带上支链,使泡沫体韧性得到改善^[30]。在发泡体系中加入质量分数为10%的乙二醇,可降低粘度,增强操作性,提高压缩强度,使体系的韧性得到提高^[14]。

辛勇^[7]用高温发泡法制备了酚醛泡沫。研究发现,高温发泡不象常温发泡那样迅速,而需要在一定温度下经过一段时间熟化,缓慢、均匀地形成泡沫体。高温发泡的泡沫压缩强度明显高于常温发泡的泡沫压缩强度,吸水率显著下降。在泡沫的制备过程中,树脂交联固化得越完全,闭孔率越高,其强度也越高。高温发泡有利于树脂交联固化,提高闭孔率。

耿紧紧等^[9]采用高温发泡法制备了酚醛泡沫。结果表明,高温发泡法制备的酚醛泡沫在保证材料难燃性能的同时,其压缩强度及热稳定性亦明显提高。在发泡固化时没有采用任何酸性固化剂,解决了常温发泡易发生酸腐蚀的问题。

刘浩^[11]采用二氯甲烷、N,N'-二亚硝基五次甲基四胺混合发泡剂,制得泡孔致密、闭孔率较高、导热系数较低、综合性能较好的酚醛泡沫塑料。

梅启林^[14]制备了乙二醇改性酚醛泡沫塑料,确定了常温发泡的原料最佳配比及最佳发泡工艺条件。乙二醇的加入能在一定程度上改善酚醛泡沫的性能,提高其压缩强度,改善其脆性。

殷锦捷等^[31]采用聚乙二醇和玻璃纤维作为增韧剂,制备了增韧改性的酚醛泡沫塑料。玻璃纤维增加了泡沫塑料孔壁的强度,也降低了酚醛泡沫塑料的脆性。聚乙二醇降低了酚醛泡沫塑料的粉化程度,提高了泡孔结构的稳定性,泡壁变厚,泡孔较小,且大小一致,分布均匀,闭孔率明显提高。与硅藻土和二氧化钛等外增韧剂相比,玻璃纤维的外增韧效果明显,制得的酚醛泡沫塑料质量轻、泡沫均匀、刚性大、阻燃性好。

程珏^[32]采用聚氨酯预聚物对酚醛泡沫塑料进行改性。结果表明,预聚物的黏度越低,对酚醛泡沫粉化性的改善效果越好;当预聚物的质量分数为3%时,改性泡沫的粉化程度仅为未改性的40%,且泡沫具有一定的弹性,回弹率大于60%。

匡宏志^[33]对戊二醛增韧酚醛泡沫塑料进行了研究,得到了韧性增强的酚醛泡沫。戊二醛改善了泡沫的压缩和弯曲力学性能,提高了泡沫的韧性,使其粉化程度有了明显的降低。

钟远等^[34]制备了端氨基聚醚改性的酚醛泡沫塑料。结果表明,随着端氨基聚醚的加入,端氨基聚醚与酚醛树脂发生了化学交联反应。在固化温度、固化剂和发泡剂用量相同

的情况下,加入适量的端氨基聚醚,可降低泡沫密度。氨基聚醚改性酚醛泡沫能够有效地减少泡沫的掉渣率和吸水率、提高泡沫的压缩强度。端氨基聚醚改性泡沫的泡孔直径较小,孔与孔分布紧密、均匀,且闭孔率较高。

此外,黄剑清等^[35]以添加硼酸的方法,通过控制体系的pH值,制得可发泡的硼改性酚醛树脂,并制备出硼改性酚醛泡沫。结果表明,所制备的材料具有良好的耐高温性能,其热分解温度为450℃,800℃时热失重为60%,最高使用温度为200℃。

4 开发应用^[36]

国外从20世纪80年代起通过对酚醛树脂及其制品的研究,发现其具有突出的难燃性、低烟、低毒(即FST特性)和优异的耐热性。进入90年代以后,包括酚醛泡沫在内的酚醛复合材料得到很大发展。它们首先得到英、美等国军方的重视,将其应用在航空航天、国防军工等领域。后来又被用在民用飞机、船舶、车站、油井等防火要求较高的场所,并逐步推广到高层建筑、医院、体育设施等领域。

美国阿帕奇(Apache)公司研制出一种复合材料,具有优异的难燃、耐热、保温性能,其结构为:中间为酚醛泡沫(密度48 kg/m³),表面为彩钢板(厚度为0.5~0.6 mm)或其它难燃薄板。这种“酚醛泡沫夹芯板”可通过全自动连续发泡复贴设备一次成型制成。

美国奇乐公司(Gill)为美国航空工业生产的酚醛泡沫,密度从64 kg/m³到321 kg/m³。产品具有优异的燃烧、烟雾、毒气性能,达到美国联邦航空安全条例要求。生产设备采用热压机,以不连续方式密闭发泡固化,产品泡孔细密均匀。由于采用模压工艺,因而可用来生产各种复杂形状的制作,其中尤以酚醛泡沫填充于Nomex蜂窝结构的夹芯板更具特色。热稳定性最高可达232℃,是飞机内舱壁的最理想用材。

美国泡沫技术公司(AFT)生产的一种新型酚醛泡沫,其生产工艺可采用喷枪或挤出成型。密度分为64、128、192、273、321 kg/m³等5个等级。据介绍,该产品的强度比具有同等密度的普通酚醛泡沫的强度高,且在204℃高温下不发生分解。采用该泡沫为芯材制成的复合材料可用在飞机、高速列车、船舶发动机罩以及医院等防火要求严格的场所。

美国爱素卡公司(Isorca)开发的酚醛泡沫可用玻璃纤维、玻璃棉织垫、蜂窝材料等在模具内一次完整地制成平整或弯曲的复合材料,密度为144 kg/m³,厚度为0.32~15.2 cm。采用该种泡沫为芯材通过各种成型工艺直接发泡并与表皮复合可制成复合材料,复合时不需采用粘合剂。据称美国海军已向该公司订货,将该种复合材料用作潜水艇压舱水箱材料。采用该种复合材料,可使艇内水泵及机械转动引起的噪音大大降低,因此不易被敌人的声纳察觉。

美国复合材料技术公司(ACT)研制开发的新型复合材料是以酚醛泡沫为芯材,同时表面覆盖几层浸过酚醛树脂的玻璃纤维织物,通过拉挤成型得到的全酚醛夹芯板。这种夹芯板具有质轻、难燃、隔热、隔音的特点,已被用于飞机内饰

夹芯板壁和冷藏集装箱箱体。

英国石油化学公司(BP)早在20世纪80年代就已经开始发展酚醛泡沫,其品种分为4大类:①大块泡沫,通过电脑程序控制仿形线切割机切成泡沫保温板材或管壳;②贴面泡沫薄板,可直接用于建筑内装饰板材;③现场浇注泡沫,可在室外15℃以下用来浇注大型储罐、反应器和管道等保温层;④喷涂泡沫,用喷涂枪喷涂矿井、隧道、地下建筑表面隔热保温层。据称英国朴次茅斯的圣玛利医院兴建了一条连接二座建筑之间约35 m的走廊,墙壁和屋顶全部由BP公司提供的防火酚醛泡沫作为芯材、复合酚醛玻璃钢板材制成,使病人和医务工作者的安全得到了保障。

澳大利亚酚醛泡沫工业公司(PFI)在20世纪80年代初就已开发并生产出一种新型酚醛泡沫板。其标准尺寸为2400 mm×1200 mm×50 mm,它是白色铝皮制成的轻质夹芯板,采用中间为24 mm厚的泡沫芯材,两表面复合13 mm厚的石膏板制成的一种防火墙,它可保证在1 h内着火不会烧穿墙体。

法国哈蒙工业公司(Hamon)用酚醛泡沫芯材复合纤维增强酚醛塑料面板制成防火门。经测试,燃烧90 min过程中没有毒气产生。将防火门一侧加热升温到1030℃,另一侧门不会超过65℃。据报道,法国丹比而(Dampierre)核电站原来的钢制玻棉芯材防火门现在已全部用哈蒙公司的酚醛泡沫防火门代替。

日本旭有机材工业公司以Resol型液体酚醛树脂作为可发性树脂,用非离子型表面活性剂作匀泡剂,加入氟利昂发泡剂和有机酸固化剂,进行高速混合,然后将树脂注入低压模具发泡固化,产品尺寸为1800 mm×900 mm×25 mm。

在我国,酚醛泡沫塑料的应用也得到发展,在秦皇岛石油管道保温工程中,采用酚醛泡沫塑料进行保温,运行良好。上海浦东锦江大厦采用酚醛泡沫,具有良好的使用效果。酚醛泡沫用于在北京和内蒙古等地的建筑外墙内保温,也达到理想的效果^[37]。铝箔复合酚醛泡沫板材在国家游泳馆“水立方”及北京市地铁改造新建工程的中央空调通风管道施工中得到运用。酚醛泡沫塑料以其优异的阻燃特性,正受到专家和商家的推宠,具有广阔的市场前景。

5 结语

酚醛泡沫塑料因其特有的性能,在国民经济各领域得到广泛应用。但是,科学技术的不断发展对其提出更高的要求。为了提高酚醛泡沫塑料的性能,对酚醛泡沫塑料所进行的各种技术上的改进和对新型酚醛泡沫塑料及配方的不断探索,必将成为航空、航天、航海、电子、建筑等领域所用泡沫塑料研究的热点和前沿。随着配方的不断优化,加工手段的不断改进,酚醛泡沫及其复合材料的性能将不断得到改进和提高,从而取得更大的发展。

参考文献

- [1] 黄发荣,等.酚醛树脂及其应用[M].北京:化学工业出版社,2003:24~25.

- [2] 何洪清. 新型建筑材料, 1999(9): 36-38.
- [3] 郭孝天. 荆门职业技术学院学报, 1999, 4(3): 27-29.
- [4] 唐二军, 等. 新型建筑材料, 2002(6): 39-41.
- [5] 张莉, 等. 玻璃钢学会第十六届玻璃钢/复合材料学术年会论文集, 2006: 107-109.
- [6] 计明, 等. 交通部上海船舶运输科学研究所学报, 1997, 20(1): 40-46.
- [7] 辛勇. 陕西化工, 1999, 28(3): 21-23.
- [8] 程珏, 等. 热固性树脂, 1998(2): 28-31.
- [9] 耿紧紧, 等. 新型建筑材料, 2010(4): 50-51.
- [10] 马克明. 沈阳航空工业学院学报, 1999(1): 36-40.
- [11] 刘浩. 绝缘材料通讯, 2000(2): 12-14.
- [12] 葛东彪, 等. 玻璃钢/复合材料, 2003(6): 22-27.
- [13] 胡子恒. 广东建材, 2008(12): 8-9.
- [14] 梅启林, 等. 武汉理工大学学报, 2002, 24(6): 22-24.
- [15] 郑秀兰, 等. 河南化工, 2000(1): 15-16.
- [16] 计明, 等. 上海交通大学学报, 1998(3): 136-139.
- [17] 钱瑞丽, 等. 辽宁化工, 1994(6): 18-20.
- [18] 梁明莉, 等. 北京化工大学学报, 2002, 29(1): 47-50.
- [19] 毛津淑, 等. 化学工业与工程, 1998, 15(3): 39-40.
- [20] 郭锦棠, 等. 燃烧科学与技术, 2003, 9(2): 104-107.
- [21] 伊廷会. 热固性树脂, 2001, 16(4): 29-33.
- [22] 李少堂, 等. 玻璃钢/复合材料, 2006(2): 37-40.
- [23] 刘兴之. 中国塑料, 1992, 6(2): 73-76.
- [24] DaljitSing. Journal of Applied Polymer Science, 1982, 27(4): 1191-1196.
- [25] RickleG K. Journal of Celluar Plastic, 1988, 24(1): 70-78.
- [26] Denslow K R. Journal of Celluar Plastic, 1989, 25(1): 31-41.
- [27] Vongdara B. Journal of Cellular Polymer, 1991, 10(3): 132-136.
- [28] 李莹, 等. 工程塑料应用, 2000, 28(4): 14-15.
- [29] 蒋建华. 合成树脂及塑料, 1987, 4(3): 19-23.
- [30] 肖荣仁, 等. 聚氨酯工业, 1995, 10(4): 28-29.
- [31] 殷锦捷, 等. 上海塑料, 2010(2): 7-40.
- [32] 程珏, 等. 塑料工业, 2004, 1, 32(1): 7-9.
- [33] 闾宏志, 等. 化工新型材料, 2009, 37(3): 100-102.
- [34] 钟远, 等. 现代化工, 2010(5): 60-62.
- [35] 黄剑清, 等. 玻璃钢/复合材料, 2007(6): 26-28.
- [36] 朱永茂, 等. 热固性树脂, 2003(5): 30-32.
- [37] 刘钢, 等. 新型建筑材料, 2001(6): 32-33.

PROGRESS ON RESEARCH AND APPLICATION OF PHENOLIC FOAM COMPOSITE

Wang Zhicai, Bai Peikang

(School of Materials Science & Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

ABSTRACT The basic research and application of the latest progress of phenolic foam at home and abroad in recent years were summarized, the modification methods of phenolic foam were described. At last, the future development of phenolic foam was prospected.

KEYWORDS phenolic foam, normal-temperature foaming, high-temperature foaming, modification, composite

我国加快开发推广新型阻燃剂

中国阻燃学会秘书长周政麒日前接受采访时表示,随着国际环保标准的提高,阻燃剂的环保安全问题受到越来越多的关注。我国相关的科研单位和企业正在加紧研制、开发和推广新型的阻燃剂,作为替代部分争议较大的溴阻燃剂的解决方案。其中,由国家环保部和科技部支持的含磷高聚物阻燃剂研发进展顺利。

由中国阻燃学会牵头,北京理工大学、北京工商大学、济南泰星精细化工有限公司、山东天一化学有限公司、浙江临海化工有限公司联合申请了国家“863”支持项目:典型优控持久性有机污染物替代产品和替代技术的子课题——十溴二苯醚阻燃剂替代品开发。项目目标是开发3种能有效取代十溴二苯醚的含磷高聚物阻燃剂,并建成3个示范工厂。目前,该项目研究已开展半年多,3种含磷高聚物阻燃剂的小试已完成,即将开始中试。

溴系阻燃剂有70多个品种,只有个别品种对环境 and 人类可能存在不利影响。而其他溴系阻燃剂与其结构不同,不会产生类似的影响,完全可以继续使用。一些人片面地提出含“卤”就是不环保的概念没有科学根据,具有较大的误导作用。只有全面的风险评估是判断化学品是否对环境和健

康有害的科学手段,以含有某种元素来判断是否环保是荒谬的。

(中国化工报)

TPU 新材料轻型输送带市场需求将扩大

与传统的橡胶输送带等相比,新材料轻型输送带具有诸多优点。首先,更加安全卫生。相比于传统输送带,TPU产品和食品级PVC输送带因符合EU和FDA的严格标准而被广泛应用于食品加工、农业生产等行业,而TPEE、PE输送带因其表层材质满足燃烧无毒的要求而被作为烟草行业的主要用带;其次,改性相对容易,能满足多样化的性能需求。除了覆盖层材料本身的良好特性外,通过物理、化学改性,可以使新材料轻型输送带产品具备耐酸碱、耐油和有机溶剂等特点,满足下游行业多样化的使用需求;再次,在性能相近的情况下,新材料轻型输送带的重量、厚度远小于橡胶输送带,柔韧性更出色,所需要的设备轮径也要小很多,因而也更加节能。

因此,全球来看,随着国际上对新型绿色环保材料的研发应用以及环保、节能意识的不断增强,输送带行业未来将朝着轻薄、节能、安全、环保的方向发展,轻型输送带在输送带行业中所占比例在逐步提升,在越来越多的领域开始逐步取代普通的橡胶输送带,市场需求不断扩大。

(互联网)