

聚氨酯抗菌改性的研究进展

方少明 郭良起 户敏 周立明 高丽君

(郑州轻工业学院材料与化学工程学院, 郑州 450002)

摘要 针对聚氨酯抗菌改性的研究现状,按引入抗菌剂(基团)的方式不同,着重从物理共混和表面涂覆、化学共混及复合改性等 3 个方面综述了聚氨酯抗菌改性的研究进展,并对其存在的问题及未来的发展进行了展望。

关键词 聚氨酯 抗菌改性 研究进展

聚氨酯(PUR)是分子结构中含有重复的氨基甲酸酯基(—NHCOO—)的聚合物的总称^[1]。自 1937 年德国化学家 O. Bayer 用二异氰酸酯和二醇合成了 PUR 以来, PUR 便以其软硬度可调节范围广、耐低温、耐溶剂、高弹性等优点而逐渐受到市场的推崇,目前已被广泛应用于轻工、家电、纺织和医疗卫生等领域^[2-6]。但 PUR 材料在实际的应用和保存过程中,在适宜的温度和湿度条件下极易生长和繁殖细菌,严重威胁人类的健康,同时也会带来医疗事故和巨大的经济损失^[7]。因此,多年来科学家一直致力于 PUR 用抗菌剂的选择和抗菌加工方法的研究。

抗菌材料是指通过引入带有抗菌基团的抗菌剂对材料进行改性,从而使材料具有抑制或杀灭其表面细菌能力的一种新型功能材料^[8]。目前,常用的抗菌剂主要有天然类、无机类和有机类三大类,其中应用广泛的是具有耐热性好、抗菌谱广、有效期长的无机抗菌剂^[9-11]。但以何种方式把抗菌剂引入 PUR 材料中以实现材料的抗菌改性,则被关注较少。而抗菌改性方法也会对材料的抗菌性能有较大的影响。根据抗菌剂的种类和特点,人们对 PUR 材料进行抗菌改性的方法主要采用物理改性法和化学改性法^[12]。物理改性法有很大的局限性,比如存在抗菌剂容易迁移造成环境污染,以及抗菌剂的损耗易导致抗菌性能下降等问题。因此采用化学改性法利用各种化学键将抗菌基团固定在基体材料上,相比简单的物理改性法具有明显的优越性,不仅延长了抗菌材料的使用寿命,同时也使其在使用过程中更加安全可靠。

笔者着重介绍 PUR 抗菌改性的方法及所得 PUR 材料的性能。按引入抗菌剂(基团)的方式不同,可把 PUR 抗菌改性方法分为物理共混和表面涂覆、化学共混及复合改性等。

1 物理共混和表面涂覆

物理共混和表面涂覆是在 PUR 材料中混入抗菌剂或者在 PUR 材料表面进行涂覆,是制备抗菌材料最简单直接的方法。虽然在聚合物共混中,不同分子间也难免产生化学键^[13],但抗菌剂(基团)与基体之间主要是物理作用,它的主要抗菌机理是抗菌剂(基团)从材料中释放出来,抑制或杀灭细菌。该抗菌改性方法主要适用于无机抗菌剂和壳聚糖等天然抗菌剂。

(1) 无机抗菌剂

现有的无机抗菌剂主要以银、铜、锌等金属(或其离子)

和一些纳米材料(如纳米 TiO_2 、 ZnO 等)为主。对于银、铜、锌等金属而言,主要是利用金属本身所具有的抗菌能力,通过物理吸附或离子交换等方法,将银、铜、锌等金属(或其离子)固定于载体材料的表面或孔道内,然后将其加入到制品中获得具有抗菌性的材料^[14-16]。在所有金属(或其离子)中,银(或其离子)是抑菌浓度最小的品种之一,且毒性很小,抗菌能力强,在人体中难以积累,所以目前制备无机抗菌剂通常使用的是银及其化合物。纳米无机抗菌材料可分为两类:一是本身具有抗菌活性的金属氧化物如纳米 TiO_2 和 ZnO 等;二是以银(或其离子)等为主抗菌体,以纳米 SiO_2 、 TiO_2 等为载体的抗菌性沸石材料^[9]。以纳米 TiO_2 为例,它作为光催化半导体无机抗菌剂具有广谱抗菌功能,能抑制和杀灭微生物,并具有除臭、防霉、消毒的作用,其本身化学性质稳定且对人体和环境无害,光催化作用持久^[17]。

S. Ghosh^[18]以聚酰胺-胺树状大分子(PAMAM)、聚乙二醇(PEG)为原料制得一种新型的 PUR,并对其进行了掺杂银的抗菌改性。经琼脂平皿法抗菌实验表明,制备的 PUR 材料对大肠杆菌有明显的抗菌效果。欧美许多厂家开发出一系列的含银医用 PUR 敷料,通过银与载体材料良好的结合使敷料在与伤口接触后能持续地释放出具有抗菌性的银离子,达到较为理想的抗菌效果。Lendell Manufacturing 公司生产的 Microbisan 产品是在合成 PUR 的过程中加入了具有抗菌作用的含银磷酸锆钠 Alphasan 化合物,使抗菌颗粒均匀地分布在 PUR 泡沫塑料中而制得的一种具有高吸湿性的 PUR 泡沫材料。Medline 公司生产的 Arglaes 产品是将含银的无机分子粉末与 PUR 溶液混合后形成的含银高且透气的医用敷料。

程莉萍等^[19]对纳米 TiO_2 、磺胺 $\times \alpha$ 银、磺胺、 AgNO_3 等抗菌剂进行了实验。采用预聚体法、填充法或浸渍法将抗菌剂加载于 PUR 敷料中,测试了抗菌敷料的抗菌性能并进行比较。综合考虑抗菌敷料的抗菌性能、手感、颜色、掉粉等因素,认为用填充法将纳米 TiO_2 、磺胺 $\times \alpha$ 银和磺胺 3 种抗菌剂加载于 PUR 而制备的抗菌创伤敷料的抗菌效果良好。张瑞萍等^[20]将水溶性 PUR 作为纳米材料的分散介质和整理剂,研究了纳米 ZnO 与水溶性 PUR 配制的棉织物功能整理

剂对棉织物的抗皱、耐紫外及抗菌作用。结果表明,经整理后棉织物的抗皱回复角提高,抗皱性改善,有较好的强力及白度保持率,具有一定的耐紫外性和抗菌性。J. P. Guggen-bichler 等^[21]用AgNO₃还原制备纳米银粒子,并将其附载于BaSO₄,再与PUR共混制备了一种含银抗菌PUR静脉导管。研究表明,纳米银粒子直径为5~15 nm,均匀分布在聚合物基体中,在导管中的质量分数为0.8%,但其在PUR中的比表面积却达到了2 000 cm²/g,表现出良好的抗菌性能。

(2) 天然抗菌剂

此类抗菌剂是以天然原材料作为抗菌剂,主要有壳聚糖、山梨酸等,目前研究颇多的是壳聚糖。壳聚糖是从天然蟹壳、虾壳和昆虫类的外壳中提取的甲壳质经脱乙酰基化精制而成,是一种抗菌性能较强的天然抗菌剂,其质量分数为0.1%时就具有十分明显的抗菌作用^[22]。C. Y. Shih 等^[23]将二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI)、PEG和2,2-羟甲基丙酸(DMPA)制得的PUR预聚物与壳聚糖共混制备了一种呢绒织物整理剂。结果发现,随着整理剂浓度的提高,虽然织物的色泽和柔软度稍微下降,但是织物的抗缩水性、抗菌性及力学性能都有所提高;分子量为600的PEG所制备的PUR预聚物和壳聚糖共混后对织物的效果最佳。刘冠峰等^[24]用壳聚糖和水溶性PUR共混制得一种与织物的结合牢度较高且具有较好透湿性能的非均相共混物,有望作为织物的一种抗菌透湿整理剂。

山梨酸(化学名为2,4-己二烯酸)是一种从植物中分离出来的天然物质,能有效地抑制霉菌、酵母菌和好氧性细菌的活性,还能防止肉毒杆菌、葡萄球菌、沙门氏菌等有害微生物的生长和繁殖,目前已被广泛应用于食品、烟草、医药、包装等行业^[25]。朱跃萍等^[26]发明了一种含有PUR水乳液的凝胶型创伤敷料,它是将含有PUR水乳液、PEG、聚乙烯吡咯烷酮及山梨酸等的混合物在加热的条件下共混制备的。从临床使用结果来看,该创伤敷料与使用传统的磺胺×α银对浅Ⅱ度烧伤的治疗效果是等效的;但对深Ⅱ度烧伤而言,该创伤敷料比磺胺×α银的治疗效果要显著得多。

(3) 其它抗菌剂

卤胺化合物是指含有N—X键(X可以为Cl、Br)的化合物。这种新型抗菌剂具有杀菌速度快、稳定、长效、杀菌效率高及抗菌功能可再生等优点^[27]。J. Luo 等^[28]通过将聚[(6-吗啉基-1,3,5-三-2,4-基)-{(2,2,6,6-四甲基-4-哌×基)亚氨}己烷-{(2,2,6,6-四甲基-4-哌×基)亚氨}](HA-1)纯化及经过一系列的氯化处理制得了一种新型的N-卤胺聚合物,并采用溶剂浇注法将该N-卤胺聚合物与PUR溶液共混,干燥成膜。结果发现经过改性的PUR中因含有卤胺基团而具有抗菌活性。体外培养结果表明,该材料至少能在28 d内抑制表皮葡萄球菌的繁殖及其生物膜的形成。

李天全等^[29]根据缓释原理,将广谱高效的抗菌药物环丙沙星与医用PUR共混,研制了一种具有控释抗菌药物功能的PUR材料,用以防止细菌的粘附和生长繁殖。研究发

现所制得的两种材料均具有较好的药物缓释功能,在34 h之内均能有效地抑制和杀灭绿脓杆菌。

物理共混和表面涂覆方法虽然简单,但由于抗菌基团与材料间主要是物理作用,抗菌基团在材料中的浓度随时间的延长而下降较快,抗菌效果不能持久,且游离的无机抗菌离子难以控制其释放量,多余的抗菌离子容易产生污染。尤其是在食品或制药等对材料的使用标准比较严格的行业中,普通的物理法已经无法满足要求^[12]。

2 化学共混

化学共混通过化学键合作用将抗菌剂(基团)固定在基体材料上,从而可克服物理共混和表面涂覆方法存在的缺点,其性能稳定,使用寿命长,易于储存,且加工方便。此法主要适用于有机抗菌剂,根据抗菌剂(基团)的引入方式主要分为接枝共聚和嵌段共聚两种。

(1) 接枝共聚

通过接枝反应可将带有抗菌基团的有机抗菌剂共价键合在不溶载体上而制得高分子抗菌材料。这类材料的抗菌基团富集在载体表面,杀菌高效快速,且使用寿命长,安全可靠^[12]。目前在PUR中应用最多的是季铵盐抗菌剂。

H. H. Wang 等^[30]将PUR和环氧氯丙烷进行接枝后与不同含量的季铵盐抗菌剂反应合成了一种用于织物的抗菌PUR。研究表明,该PUR薄膜和整理织物对金黄色葡萄球菌有着优异的抗菌效果,且其抗菌效果随着季铵盐抗菌剂含量的增加而增强,且能保持其力学性能。N. Nurdin 等^[31]用带有季铵盐基团的硅氧烷接枝改性端羟基遥爪聚丁二烯,进而与脂肪三异氰酸酯反应制备了抗菌PUR涂层。该涂层对革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌、酵母菌、霉菌均表现出较高的抗菌活性。

U. Makal 等^[32]合成了一种在PUR软段(聚四亚甲基醚)的侧基上接枝含氟基团(—CH₂OCH₂CF₃)和5,5-二甲基己内酰脲的PUR抗菌表面改性剂。这种表面改性剂对革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌、金黄色葡萄球菌和绿脓杆菌的接触杀菌效果非常有效。

与季铵盐抗菌剂相比,卤胺化合物是一种对人体无毒、对环境无污染的绿色广谱抗菌剂^[27]。K. Tan 等^[33]利用卤胺化合物改性制备了抗菌PUR微孔膜。他们首先采用4,4'-二环己基甲烷二异氰酸酯(HMDI)对PUR膜进行处理得到带有功能化端基PUR膜,然后与2,2,5,5-四甲基咪唑烷-4-酮(TMIO)接枝共聚,氯漂后,接枝物上的己内酰脲杂环结构转变为N-氯胺化合物。结果表明,这种改性PUR膜对革兰氏阳性菌和阴性菌均具有较强、持久和可再生的抗菌活性。

近年来,有关将环丙沙星、庆大霉素、米诺环素、利福平等抗生素接枝到生物材料中的研究工作也取得了一些成功^[34-35]。抗生素利福平(化学名为3-[(4-甲基-1-哌基)亚氨基]甲基)-利福霉素)是一种利福霉素类半合成广谱抗菌药,对多种病原微生物均有抗菌活性。S. M. Jeon 等^[36]利用利福平药物对医用PUR进行表面改性。结果表明,经表

面改性的医用 PUR 在水溶性环境(磷酸盐缓冲液)中连续 6 d 都不断释放出抗菌剂,通过其与利福平物理掺杂 PUR 的对比实验,发现其对金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌表现出较高的抗菌性。此外,改性医用 PUR 在模拟血液环境如小牛血清中也维持了稳定的抗菌效果。

(2) 嵌段共聚

将抗菌剂通过嵌段共聚方式引入聚合物的主链中也是采用化学共混制备抗菌高分子材料的方法之一。利用 PUR 材料优异的耐磨性、弹性和生物相容性,通过适当的分子设计,通过嵌段共聚得到的抗菌 PUR 可以实现对抗菌剂的控释,从而拓宽其使用价值。

G. L. Y. Woo 等^[37]通过嵌段共聚将环丙沙星引入 PUR 的主链中,研究发现,改性 PUR 能在含胆固醇脂酶溶液中降解,其释放出的环丙沙星及其衍生物对革兰氏阴性菌、绿脓杆菌的生长有抑制作用。M. Yang 等^[38]利用第三代 酮类药物诺氟沙星的抗菌谱广、作用强、副作用少及带有端胺基及端羧基等特点,将其与 1, 12-二异氰酸酯、十二烷、聚己内酯通过三步法合成了抗菌 PUR。结果表明,单体的投料顺序对抗菌 PUR 的聚合行为及其最终结构都有很大的影响。

(3) 其它

茶多酚是一种含有多个羟基的多酚类化合物。有关它在人体内抗氧化、抗癌的生理功能的研究与应用已经取得十分引人注目的进展。徐焯煜^[39]利用茶多酚与多元异氰酸酯反应开发出抗菌除臭的 PUR 泡沫塑料。实验表明,用水或稀乙酸洗涤后,抗菌除臭能力仍能保持一定的水平。单宁(WT)是以茶多酚为主体的天然聚合物,在造纸业废弃的黑荆树皮中占 50%。戈进杰等^[40]以黑荆树皮 WT 为交联剂制备了 PUR/WT 材料。结果表明,不仅 WT 对 10 种致病菌及 1 种霉菌具有明显抗菌作用,而且 PUR/WT 材料也显示了类似的抗菌性能。

3 复合改性

对 PUR 材料进行抗菌改性,方法固然重要,但各种抗菌剂的选择也十分关键。不论哪种抗菌剂单独使用时,由于其本身固有的缺陷常常使所制材料的性能具有很大的局限性。比如无机抗菌剂的耐热性和安全性较好,但是抗菌速度比较慢,且光稳定性差;而有机抗菌剂虽然短期内杀菌效果明显,但稳定性差,一般具有一定的毒性和挥发性,容易对皮肤和眼睛等造成刺激和腐蚀;天然抗菌剂具有良好的生物相容性和生物降解性,但是由于其耐热性差,持续时间短,同时受到安全性和加工条件的制约,也未实现大规模的商业化。基于这一点,可以根据不同抗菌剂的抗菌特点,将不同抗菌剂进行复配以发挥其各自的优势。

Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 等金属离子的广谱抗菌性和不产生交叉抗药性的特点早已被人们所认可,并可通过配位键合将它们引入含有羧基等基团的 PUR 材料中。I. Francolini 等^[41]将 Ag^+ 和环丙沙星结合研制了一种复合型抗菌 PUR。首先用 AgNO_3 溶液处理羧基化的 PUR(PEUA)的氯化钠溶液制备

PEUA/Ag 复合材料,为了避免微生物产生抗药性,将 PEUA/Ag 复合材料置于环丙沙星溶液中进行吸附制得 PEUA/Ag/CPF_{ads} 复合材料。结果表明,PEUA/Ag/CPF_{ads} 体系对金黄色葡萄球菌和绿脓杆菌的抗菌效果至少能持续一个月。周箭等^[42]以 TiO_2 为内核,将 AgNO_3 和壳聚糖吸附于其表面,组装成复合抗菌剂。将该抗菌剂添加到 PUR 溶液中,通过双向萃取的方法使 PUR 溶胶逐渐转变为凝胶状态,最后制成抗菌 PUR 材料。经测试,当材料中抗菌剂的质量分数为 1.5% 时,可以同时有效抑制大肠杆菌等 7 种菌种的繁殖。

马永梅等^[43]发明了一种具有抗菌性的高弹 PUR 纳米复合材料。其制备方法是将无机或有机抗菌剂如季磷盐等与纳米 SiO_2 、 ZnO 等纳米材料或层状纳米材料一起与聚醚多元醇共混,抽真空脱水脱泡后再与 PUR 预聚物混合,加入催化剂搅拌使其固化。结果表明,该材料对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均有较强的抗菌性,且在突出材料抗菌性能的同时,使其综合力学性能得到了全面提高。

Y. Kuroyanagi 等^[44]结合天然抗菌剂和抗生素药物研制了一种新型的创伤敷料。它是由壳聚糖片状衍生物和胶原质的混合物层迭在表面涂覆有庆大霉素的孔状 PUR 膜上制得。对体外绿脓杆菌和细胞毒素的释放实验表明,该创伤敷料能有效地抑制细菌生长和减少细胞损伤。此外通过动物实验表明,该敷料对表皮和重度皮肤感染均有良好的恢复效果。临床对 31 例患者使用都得到很好的恢复效果。为了减少静脉导管感染,A. Piozzi 等^[45]将利福平和阿莫西林两种抗生素作为抗菌剂吸附在经过处理的 PUR 薄膜上制得了一种新型的 PUR。研究表明,新型 PUR 的结构对抗菌能力有很大的影响,其中在支链引入 N,N -二乙基乙二胺,并通过季铵化反应制得侧基带季铵盐基团的改性 PUR,在吸附利福平后,抗菌效果最好,将其在消毒液中漂洗了 10 个月之后依然有抑菌效果。

4 结语

随着人们生活水平的提高、健康意识的增强,抗菌高分子材料正受到越来越多的关注,PUR 抗菌改性的研究已成为 PUR 研究的一个重要方向。随着对各种抗菌剂的研究开发,PUR 抗菌改性方法也在不断地发展和完善。PUR 的抗菌改性除了保证材料的力学、热学及抗菌性能外,还要充分考虑到材料对人体的安全性和对环境的友好性,这就要求我们要综合考虑各方面的因素。如何根据抗菌剂的特点,充分利用各种抗菌剂对 PUR 进行复合抗菌改性将会成为今后 PUR 抗菌改性研究的重点。对于抗菌剂的选择,像季磷盐和 N -卤胺结构聚合物等新一代抗菌剂以其高效低毒的特点将会有广阔的应用前景,而对于壳聚糖等天然抗菌剂,如何优化加工工艺和提高材料的稳定性,使之与 PUR 材料的优良性能相结合,也是未来研究的一大方向。

参考文献

- [1] 颜俊,等.化工进展,2001,20(7):22-24.
- [2] 戈进杰,等.聚氨酯工业,2007,22(4):1-4.

- [3] 王华,等.化工新型材料,2007,35(3):16-17.
- [4] 刘都宝,等.中国胶粘剂,2007,16(5):51-54.
- [5] 睦建军,等.合成橡胶工业,2005,28(2):151-154.
- [6] 张文涛,等.材料保护,2006,39(4):58-61.
- [7] 王鹏,等.生物技术通讯,2004,15(6):649-651.
- [8] 俞豪杰,等.功能高分子学报,2002,15(4):496-502.
- [9] 钟达飞,等.化学推进剂与高分子材料,2007,5(3):23-26.
- [10] 李毕忠,等.工程塑料应用,1999,27(2):19-21.
- [11] 孙洪,等.塑料工业,2006,34(9):1-4.
- [12] 江山,等.石油化工,2003,32(7):620-625.
- [13] 李万捷,等.太原科技,2006(4):7-8.
- [14] 章结兵,等.塑料科技,2004(2):58-61.
- [15] 孙剑,等.材料导报,2007,21(5):344-348.
- [16] 谭绍早.工程塑料应用,2005,33(5):13-17.
- [17] 孙剑,等.材料导报,2007,21(z1):344-348.
- [18] Ghost S. Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry, 2005, 42: 765-770.
- [19] 程莉萍,等.生物医学工程研究,2004,23(4):240-243.
- [20] 张瑞萍,等.上海纺织科技,2005,33(12):14-16.
- [21] Guggenbichler J P, et al. Infection, 1999, 27: 16-23.
- [22] 徐旭凡.纺织学报,2006,27(3):71-73.
- [23] Shih C Y, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2003, 88: 2356-2363.
- [24] 刘冠峰,等.高分子材料科学与工程,1998,14(6):129-131.
- [25] 李汝珍.广西化工,2000,29(2):27-29.
- [26] 朱跃萍,等. CN1562382A[P]. 2005-01-12.
- [27] 王留阳,等.上海纺织科技,2005,33(1):25-26.
- [28] Luo J, et al. Journal of Biomedical Materials Research Part A, 2006, 77A(4): 823-831.
- [29] 李天全,等.四川联合大学学报:工程科学版,1997,1(5):18-22.
- [30] Wang H H, et al. Journal of Polymer Research, 1998, 5(3): 177-186.
- [31] Nurdin N, et al. Journal of Applied Polymer Science, 1993, 50(4): 663-670, 671-678.
- [32] Makal U, et al. Biomaterials, 2006, 27(8): 1316-1326.
- [33] Tan K, et al. Journal of Membrane Science, 2007, 289(1/2): 199-209.
- [34] Bhuvanes G, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2007, 103(6): 3534-3538.
- [35] Karsten J, et al. Biomaterials, 2005, 26(7): 787-793.
- [36] Jeon S M, et al. Journal of Microbiology and Biotechnology, 2001, 11(2): 259-265.
- [37] Woo G L Y, et al. Biomaterials, 2000, 21(12): 1235-1246.
- [38] Yang M, et al. Biomacromolecules, 2001(2): 134-141.
- [39] 徐炽煥.江苏化工,2000,28(9):27-28.
- [40] 戈进杰,等.高分子材料科学与工程,2003,19(5):187-190.
- [41] Francolini I, et al. Macromolecular Rapid Communications, 2006, 27(4): 233-237.
- [42] 周箭,等.稀有金属材料与工程,2004,33(z1):262-264.
- [43] 马永梅,等. CN1478817A[P]. 2004-03-03.
- [44] Kuroyanagi Y, et al. Wound Repair and Regeneration, 1994, 2(2): 122-129.
- [45] Piozzi A, et al. International Journal of Pharmaceutics, 2004, 208(1/2): 173-183.

RESEARCH PROGRESS IN ANTIBACTERIAL MODIFICATION OF POLYURETHANE

Fang Shaoming, Guo Liangqi, Hu Min, Zhou Liming, Gao Lijun

(Department of Material Science and Chemical Engineering, Zhengzhou Institute of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT The progress in the research of antimicrobial modification of polyurethane was reviewed according to the route of introducing antibacterial agents (functional groups) into polyurethane: physical blending and surface coating, chemical blending and compounding modification. Comparing these different methods, the future directions of the research on antimicrobial modification of polyurethane were suggested briefly.

KEYWORDS polyurethane, antimicrobial modification, research progress

《工程塑料应用》杂志开设“技术转让与合作”、“企业风采”栏目

为作好广大作者、读者单位最新科研成果及新产品、新技术的推广服务,《工程塑料应用》杂志和“工程塑料网”(www.epa1973.com)网站已开设“技术转让与合作”栏目,以便买卖双方的有效交流与沟通。栏目内容可涉及科研成果及专利技术的转让,公司新产品、新技术简介等方面。另外,为了全方位宣传塑料行业精英企事业单位形象,《工程塑料应用》杂志增设“企业风采”栏目。报道内容主要是企业发展历史、企业文化、企业管理、研发创新能力、新产品发布、攻关项目介绍,人物专访等。来稿字数控制在5000字以内,可以附带图片。

《工程塑料应用》为中文核心期刊,是中国工程塑料工业协会会刊,国内外公开发行,屡获国家期刊奖,是中国塑料行业的权威媒体,知名度高,发行量大。可确保您发布的信息有足够的浏览量。

欢迎各有关企事业单位踊跃投稿!投稿时请加盖单位公章。具体刊登事宜请与编辑部直接联系。

地址:济南市108信箱杂志社(250031) 电话:0531-85878057

传真:0531-85878224 E-mail:epa@epa1973.com