

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.08.028

# 绿色化学理念指导下环保增塑剂的设计要素

王宜迪, 李澜鹏, 曹长海, 李秀峰

(中国石油化工股份有限公司大连石油化工研究院, 大连 116045)

**摘要:** 增塑剂是塑料工业中常用的添加剂, 由于使用范围广泛且涉及到食物包装、儿童玩具等方面, 因此增塑剂的安全环保性是目前各国普遍关注的问题, 从绿色化学的角度对环保增塑剂的各项设计要素进行分析, 列举了多学科实验方法用于环保增塑剂设计和评价, 并根据当前情况, 对未来的发展趋势进行了展望。指出应大力开发具有无毒、生物降解性强、迁移抽出率低等特点的环保增塑剂。应研究开发多功能增塑剂或通过复配技术实现增塑性和阻燃、抗静电、抗腐蚀等多功能的协同作用。

**关键词:** 绿色化学; 环保增塑剂; 设计要素

**中图分类号:** TQ320.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)08-0135-05

## Environment-Friendly Plasticizer Design Under Green Chemistry Principals

Wang Yidi, Li Lanpeng, Cao Changhai, Li Xiuzheng

(Sinopec Dalian Research Institute of Petroleum and Petrochemicals, Dalian 116045, China)

**Abstract :** Plasticizers are commonly used additives in plastics industry. Due to the wide range of application including food packaging, children's toys, etc., the safety and eco-friendliness have been the subject of increasing concern. The elements and multi-faceted experiments that should be involved in eco-friendly plasticizer design and provide our views in future trends and developments were addressed. It was pointed out that environmental plasticizers with the characteristics of non-toxicity, strong biodegradability and low migration and extraction rate should be vigorously developed. Multifunctional plasticizers should be developed or synergistic effects of plasticizers, flame retardants, antistatic and corrosion resistance should be achieved by mixing technology.

**Keywords :** green chemistry ; eco-friendly plasticizer ; design consideration

增塑剂可分为内增塑剂和外增塑剂, 内增塑剂通过将第二单体嫁接或共聚加入到聚合物分子中或在分子链上引入支链, 降低玻璃化转变温度 ( $T_g$ ), 从而达到增加塑料可塑性的作用; 外增塑剂 [如邻苯二甲酸二异辛酯 (DEHP)] 则是在升高温度的条件下与聚合物共混, 混合后在分子之间起润滑剂作用, 过程中无共价键形成。由于外增塑剂可根据需求灵活调整添加量, 可控性大, 生产及应用更加便利, 因此相对于内增塑剂来说, 外增塑剂的应用范围更广<sup>[1]</sup>。通常人们所说的增塑剂均是指外增塑剂, 笔者也主要针对外增塑剂进行讨论。

外增塑剂虽然在生产应用过程中具有一定优势, 但是由于增塑剂与聚合物间无共价键结合, 随着使用时间的延长, 部分增塑剂会从塑料中析出, 进入食物、水或环境中<sup>[2]</sup>。研究表明, 包括 DEHP 在内的邻苯二甲酸酯类增塑剂可能会

造成人类和动物激素紊乱, 危害生态环境<sup>[3]</sup>。目前加拿大、美国、欧洲国家和日本等都已明文禁止其应用, 由此可见开发安全、环保的新型增塑剂已迫在眉睫。设计性能优越的增塑剂, 要同时考虑到相容性、增塑效率和持久性, 而追求其中某一项性能达到理想效果通常会使其其它两种性能受到影响 (图 1)<sup>[4]</sup>, 例如, 引入极性基团会使增塑剂与聚氯乙烯 (PVC) 相容性增强, 但同时也会导致增塑效率降低; 相反, 引入非极性链可增强增塑效率, 但是如果非极性链过多或链长过长, 将会削弱增塑剂与 PVC 的相容性, 造成增塑剂易渗出。

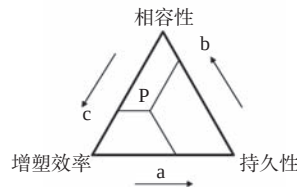


图 1 传统增塑剂设计要素

通讯作者: 王宜迪, 助理工程师, 主要从事生物基化学品开发 E-mail: wangyidi.fshy@sinopec.com

收稿日期: 2019-06-07

引用格式: 王宜迪, 李澜鹏, 曹长海, 等. 绿色化学理念指导下环保增塑剂的设计要素 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(8):135-139.

Wang Yidi, Li Lanpeng, Cao Changhai, et al. Environment-friendly plasticizer design under green chemistry principals[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(8):135-139.

新型环保增塑剂要考虑以上性质的平衡,在兼顾增塑效率、相容性、持久性的同时,将绿色化学理念融入设计和生产,并且应具有以下特点:(1)对人体、动物及环境无毒害作用;(2)可快速生物降解,无其它稳定或有毒代谢物产生;(3)从PVC中溶出率低。除以上三点外,还应考虑增塑剂合成过程中原料的可再生性、原子利用率、溶剂和反应条件的安全性以及环保催化剂的选取,在新产品进入市场前还应对其进行全生命周期评价。笔者从绿色化学角度出发,总结环保增塑剂设计过程中需注意的要素,以及近年来的一些成果。

## 1 DEHP 替代产品

早在十九世纪初,人们就合成出了PVC材料,但是直到二十世纪德国化学家Fritz Klatte采用酯类和油作为添加剂混入PVC以改进其可加工性,PVC才真正得到商业推广。二十世纪八十年代,应用最广泛的邻苯二甲酸酯类增塑剂的危害性越来越受到人们的关注,部分学者研究了DEHP及其代谢物的毒性<sup>[5]</sup>,相关法律法规禁止其使用后,工业上DEHP的替代品主要有邻苯二甲酸二异壬酯(DINP)、邻苯二甲酸二癸酯(DPHP)、邻苯二甲酸二异己酯(DIHP)、偏苯三酸三辛酯(TOTM),同时,一些非邻苯二甲酸酯类产品进入市场,例如柠檬酸三丁酯、环氧大豆油、巴斯夫公司的Hexamoll DINCH<sup>®</sup>、陶氏化学的ECOLIBRIUM<sup>TM</sup><sup>[7]</sup>、HallStar公司的Hallgreen<sup>®</sup>等,见表1。

表1 邻苯二甲酸二异辛酯替代产品

| 名称                          | 结构式 | 原料或单体         | 国内生产厂家                 | 应用领域                     |
|-----------------------------|-----|---------------|------------------------|--------------------------|
| DINP                        |     | 邻苯二甲酸、异壬醇     | 河南庆安化工、河南科来福化工         | 塑料、建材、润滑剂、胶黏剂、化妆品、印刷油墨   |
| DPHP                        |     | 邻苯二甲酸、异癸酯     | 巢湖香枫塑胶助剂               | 高温电线、运输带、薄膜、塑溶胶          |
| TOTM                        |     | 偏苯三甲酸、2-乙基己基醇 | 山东蓝帆化工、山东科兴化工、河南庆安化工   | 耐热电线电缆、塑料垫               |
| 柠檬酸三丁酯(TBC)                 |     | 柠檬酸、正丁醇       | 开封九泓化工、江苏雷蒙新材料有限公司     | 食品包装、菌类、蔬菜保鲜、人工脏器塑料制品、玩具 |
| 环氧大豆油                       |     | 大豆油           | 苏州华策环保科技有限公司、济南世纪通达化工  | 塑料建筑材料、食品及药品包装           |
| Hexamoll DINCH <sup>®</sup> |     | 四氢苯酐、癸醇或壬醇    | 濮阳惠城电子材料、上海凯茵化工、山东润泽制药 | 食品包装、医疗器械、玩具             |

在欧洲、美国等发达国家,柠檬酸酯、环氧大豆油、聚酯等环保增塑剂的使用占到20%以上,而在我国仅有2%<sup>[9]</sup>,目前工业上依然以邻苯二甲酸酯类作为PVC的主增塑剂,环

保增塑剂普遍生产成本较高,工艺不够成熟;同时,目前国内外并没有关于以上DEHP替代产品代谢物的毒性研究,未来还应该对以上替代产品的代谢物进行毒性考察。

## 2 环保增塑剂的设计要素

### 2.1 毒性

设计无毒环保增塑剂的第一步是构建结构与生物毒性的定量结构-活性关系(QSAR)预测模型<sup>[10]</sup>。随着计算机、数据存储等技术的发展,目前可以通过计算方法从分子和原子水平判断化合物对生物的毒性作用。基于此目的,国内外很多研究者建立了包含大量化合物及其已知毒性作用机理在内的数据库<sup>[11-12]</sup>,可为设计绿色环保增塑剂分子结构提供支撑。

其次,无毒环保增塑剂的设计及投入使用前,需要在生物体系中进行毒性测试,通过细菌测试可以测试增塑剂的生殖毒性,通过哺乳动物细胞体外研究可以测试其对细胞增殖、基因表达等的影响。近年来,被广泛关注的高通量筛选技术(HTS)使得研究者可以快速、标准、自动测试识别潜在的有毒化合物<sup>[13]</sup>,Tox21和ToxCast等项目<sup>[14-15]</sup>形成了大型的常规动物体外毒性测试数据库。

确定环保增塑剂是否对生物体具有毒性的最后一步是进行体内毒性测试。体内毒性测试时通过监控亲代和子代的器官质量、类固醇水平、精子质量和基因表达等,来确定增塑剂的一般毒性和生殖毒性。通常,体内毒性测试采用白鼠作为实验对象,实验密集、成本较高、需进行多代实验,近年来应用较少。

I. Tomita等<sup>[16]</sup>通过两代实验研究了丁二酸二辛酯(DOS)和1,4-丁二醇二苯甲酸酯(BDB)的毒性,发现二者均无急性毒性;同时,DOS无生殖毒性,而BDB会对成年白鼠睾丸中的雌性激素产生细微影响。

J. H. Hsieh等<sup>[17]</sup>研究了商用的己二酸二异辛酯(DEHA)的毒性,结果表明DEHA无生殖毒性,但在剂量超过200 mg/(kg·d)的情况下,会产生发育毒性,导致出生后死亡率增加。

从L. E. Gray等<sup>[18]</sup>的几项实验中发现,商用的DINCH<sup>®</sup>增塑剂没有急性毒性,但与BDB一样,可能存在影响性激素的生殖毒性。

### 2.2 生物降解性

无毒增塑剂设计是从绿色化学原则中的减少或消除危害角度进行研究,而减少接触也是绿色化学中的一个重要理念,真正的环保增塑剂应该是既不会在环境中稳定存在,也不会分解过程中产生稳定代谢物的物质,因此,生物降解性是环保增塑剂评价的一个重要组成部分。

研究表明,酯基,酰胺,以羟基、醛基或羧基形式存在的

氧,未取代的直链烷基和苯环通常容易被微生物降解。相反,强吸电子基团如 Cl、具有四元碳的支链结构和高取代结构生物降解性差<sup>[19]</sup>,部分研究者还通过计算机软件 Biowin、CATABOL 等进行建模,模拟预测化合物的生物降解途径及性能<sup>[19]</sup>。

柠檬酸酯类、聚乙二醇 (PEG) 等醚酯类、环氧酯类、蓖麻油衍生酯、聚酯、磷酸酯类增塑剂均在具有良好增塑性能的同时可生物降解<sup>[20-24]</sup>。作为世界最大的异山梨醇生产商,法国 Roquette 公司推出了牌号为 POLYSORB ID 的全植物基增塑剂<sup>[25]</sup>,该产品可以等量替代来自石化类的含苯类增塑剂达到同等塑化效果,同时植物基特性赋予其易生物降解的性能。

设计可生物降解增塑剂,可利用上述方法和规则,通过检测商用增塑剂的结构,分析影响降解速率的结构或官能团,然后对结构进行改性。

O. Horn 等<sup>[26]</sup>研究了 DEHP 的降解途径,DEHP 降解过程中生成 MEHP 和 2-乙基己醇,2-乙基己醇最终被氧化为 2-乙基己酸(图 2),MEHP 和 2-乙基己酸在环境中均难以降解。

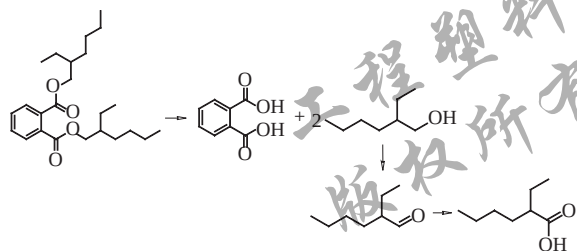


图 2 DEHP 的降解途径<sup>[26]</sup>

针对这种情况, H. C. Erythropel 等<sup>[27]</sup>研究了分子结构和烷基链长度对酯类增塑剂性能的影响,采用丁二酸、丁烯二酸与直链醇为原料合成酯类增塑剂(见图 3),可在保证增塑效果的同时增强降解性,并发现在实验条件下,丁二酸酯较丁烯二酸酯降解性能更优,这是由于丁二酸酯具有可绕中心旋转的饱和碳链结构,因此降解性能更优。

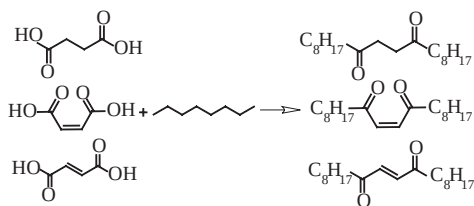


图 3 可降解增塑剂设计

### 2.3 迁移和抽出性

由于外增塑剂与 PVC 材料分子间无化学键作用,所以随着时间的推移会在使用过程中析出,导致增塑性能降低的同时,对环境和人体造成影响。增塑剂的析出主要有三种形

式:由试样表面挥发到空气中;被与之接触的液体物质抽出;向与之接触的固体物质中迁移<sup>[28]</sup>。虽然通过开发前文所述的“无毒”、“可降解”的环保增塑剂可以降低对环境和人体的危害,但所谓的“环保”具有一定的相对性,随着人们研究的深入和使用范围的扩大,仍然可能具有潜在的危害,因此最大限度抑制增塑剂从 PVC 材料中的迁移和抽出是环保增塑剂研究的一个重要方向。

研究表明,影响增塑剂迁移和抽出性的因素主要包括增塑剂的结构、相对分子质量、增塑剂添加量、环境温度、使用时间和接触介质等。

马滕州等<sup>[29]</sup>研究了四种己二酸酯类增塑剂在 3% 乙酸水溶液模拟物中的迁移,采用气相色谱-质谱 (GC-MS) 联用技术对迁移量进行定量分析,建立了可以实际应用于 PVC 中增塑剂迁移的定量方法。E. Antonois 等<sup>[30]</sup>对比研究了 DOA 和环保增塑剂柠檬酸酯在 PVC 和 PVDC 中的迁移,采用气相色谱火焰离子化检测器 (GC-FID) 的检测方法,发现在 5℃、浸泡 97 h 条件下,51% DOA 发生迁移,在 20℃、94 h 浸泡条件下,柠檬酸酯的迁移量为 1.9%。

目前,依据增塑剂在 PVC 中的迁移机理<sup>[31]</sup>,抑制增塑剂迁移和抽出的方法主要包括两方面。一方面从增塑剂本身开展研究,开发具有耐迁移、耐挥发等性能的增塑剂或者通过增大相对分子质量、增强分子极性的方式增强材料与 PVC 的相容性,从而抑制迁移和抽出。

章立鹏等<sup>[32]</sup>采用钛酸四丁酯催化二甘醇、苯酐、异辛酸酯化缩聚合成了二甘醇聚酯增塑剂,对其增塑的 PVC 进行拉伸性能、挥发减量、热重分析,结果表明,该种聚酯增塑剂耐迁移性能良好,具有一定的工业化应用前景。中国化工报道了北京化工大学的汤华桑等<sup>[33]</sup>利用可逆加成断裂链转移聚合 (RAFT) 技术合成了聚氯乙烯-聚己内酯嵌段共聚物 (PVC-b-PCL),该共聚物不仅具有媲美邻苯二甲酸二辛酯 (DOP) 的增塑效果,同时还有无迁出的优良性能,是环保型的 PVC 基增塑剂。张凯琳等<sup>[34]</sup>从降低或消除小分子增塑剂的渗出量的角度出发,分别用氯化反应和氯化原位接枝反应对 DOP 进行改性,考察了两种改性方法对于 DOP 与 PVC 共混物的沸点、失重率、力学性能的影响,结果表明,两种方法可有效地抑制小分子增塑剂的迁移。值得注意的是,分子极性的增加可能造成对 PVC 的增塑效果降低,材料容易变脆,因此要通过实验确定合适的氯含量。

另一方面,抑制增塑剂迁移和抽出的研究集中在对增塑剂与 PVC 的共混物进行表面处理或改性(如聚合物表面涂层、添加纳米粒子、等离子体表面处理等)等方式。其中,添加纳米粒子是抑制增塑剂迁移的常用方法<sup>[35]</sup>。

A. Gholami 等<sup>[36]</sup>发现碳纳米管、蒙脱土、TiO<sub>2</sub>、ZnO 等

纳米粒子加入 PVC 中均可抑制其中增塑剂的迁移,并通过实验得出了几种材料对增塑剂迁移的影响顺序:碳纳米管>TiO<sub>2</sub>>ZnO>粘土。

熊良钊等<sup>[28]</sup>发现微层挤出技术可以得到层状抑制 PVC 中增塑剂的迁移,采用自主研发的层倍增器对 PVC/CaCO<sub>3</sub> 材料进行层叠挤出加工,使 CaCO<sub>3</sub> 颗粒均匀分散在共聚物中,增塑剂挥发损失率和抽出损失率测试结果表明:该方法可以有效抑制增塑剂迁移。

#### 2.4 生产过程的绿色经济性

除了上述的三个方面,增塑剂的合成和规模化生产过程的绿色经济性也应该引起研究者的广泛关注。

在增塑剂原料选取时,应优先考虑可再生原料而非石油基原料,从这一点来看,酯类增塑剂具有广泛的开发应用前景,这是由于酯类增塑剂由酸与醇通过酯化反应得到,原料有机酸和醇的选择范围广,如小分子有机酸和醇(如1,4-丁二酸、异山梨醇等)可以从淀粉、糖、纤维素、蛋白质等材料中得到,作为平台化合物大规模生产。

冯保林等<sup>[37]</sup>采用钛酸四丁酯催化己二酸和二甘醇发生酯化、缩聚反应,以2-乙基己醇作为封端剂合成了聚己二酸二甘醇酯增塑剂,并将其用于 PVC 中,其增塑性能和耐油效果好。

杜中天等<sup>[38]</sup>以异山梨醇和正己酸为原料合成了异山梨醇二正己酸酯(DHDIC)并将其用于与聚乳酸(PLA)的共混增塑,实验研究表明,随着 DHDIC 含量增加,共混物的加工性能增强,DHDIC 可以作为优良的 PLA 增塑剂。

此外,增塑剂生产过程要尽量使用更安全的溶剂和助剂,降低危险废物的产生,提高原子利用率,提高能源效率,然而目前关于增塑剂绿色生产过程的研究还较少,需要在今后的研究中不断进行优化。

#### 3 结语

目前,国内外 PVC 需求量持续增加,我国生产的 PVC 树脂基本是无毒的,随着技术的不断进步,环保型钙锌热稳定剂已经逐步取代传统的铅盐稳定剂,因此现在影响 PVC 制品安全性最重要的因素就是增塑剂。传统的邻苯二甲酸酯类增塑剂由于其对环境和人体的毒害作用,限制了其使用范围,开发新型环保增塑剂势在必行。

总结了环保增塑剂设计要素以及一些多学科实验、评价方法,为今后研究开发低毒、可降解、耐迁移的新型增塑剂提供了参考。笔者认为今后的研究中,环保增塑剂的研究重点在于:

(1) 采用生物基增塑剂将成为塑料行业的发展目标,国内外也有通过立法限制和政策引导鼓励生物基增塑剂研发

的趋势,在这个方面,如何提高生物基增塑剂合成的产率,降低生产成本,优化生产工艺,做到从“原料”到“产品”的全绿色并适合于工业化生产和大规模应用是研究的关键。

(2) 在实际开发过程中,综合考虑增塑效率、相容性、持久性几方面,大力开发具有无毒、生物降解性强、迁移抽出率低等特点的环保增塑剂。

(3) 研究开发多功能增塑剂,或通过复配技术实现增塑性和阻燃、抗静电、抗腐蚀等多功能的协同作用。

#### 参考文献

- [1] 钱伯章. 国外塑料, 2011(11):36-38.  
Qian Bozhang. World Plastics, 2011(11):36-38.
- [2] 佚名. 塑料科技, 2019, 47(1):137.  
None. Plastics Science and Technology, 2019, 47(1):137.
- [3] 刘鹏波. 中国质量技术监督, 2018(5):78-80.  
Liu Pengbo. China Quality Supervision, 2018(5):78-80.
- [4] 中国工程塑料工业协会塑料助剂专业委员会. 塑料助剂与配方设计技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.  
China Engineering Plastics Industry Association Plastic Additives Professional Committee. Plastic Additives and Formulation Design Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.
- [5] Piche C D, et al. Ecotoxicol Environ Safe, 2012, 79:108-115.
- [6] 工程塑料网. 工程塑料应用, 2014(6):21-21.  
Web of Engineering Plastics. Engineering Plastics Application, 2014(6):21-21.
- [7] 佚名. 塑料科技, 2010(5):72.  
None. Plastics Science and Technology, 2010(5):72.
- [8] None. Additives for Polymers, 2009(6):1-2.
- [9] 贾普友, 等. 绿色增塑剂的研究进展[J]. 中国塑料, 2014, 28(7):6-10.  
Jia Puyou, et al. China Plastics, 2014, 28(7):6-10.
- [10] Schultz T W, et al. Theochem, 2003, 622(1-2):1-22.
- [11] Voutchkova A M, et al. Chemical Reviews, 2010, 110(10): 5845-5882.
- [12] 冯本秀, 等. 职业卫生与应急救援, 2014, 32(2):118-120.  
Feng Benxiu, et al. Occupational Health and Emergency Rescue, 2014, 32(2):118-120.
- [13] 马梅. 科技资讯, 2016, 14(9):174.  
Ma Mei. Science & Technology Information, 2016, 14(9):174.
- [14] Attene-Ramos M S, et al. Drug Discovery Today, 2013, 18(15-16):716-723.
- [15] Sipes N S, et al. Chemical Research in Toxicology, 2013, 26(6):878-895.
- [16] Tomita I, et al. Environmental Health Perspectives, 1982, 45(11):119-125.

- [17] Hsieh J H, et al. Journal of Biomolecular Screening, 2015, 20(7):887-897.
- [18] Gray L E. Toxicological Sciences, 2000, 58(2):350-365.
- [19] Boethling R S, et al. Chemical Reviews, 2007, 107(6):2 207-2 227.
- [20] 张丽. 塑料助剂, 2008(1):10-11.  
Zhang Li. Plastics Additives, 2008(1):10-11.
- [21] 俞文骥, 等. 中国塑料, 2016, 30(12):81-85.  
Yu Wenji, et al. China Plastics, 2016, 30(12):81-85.
- [22] 陈洁, 等. 现代化工, 2013, 33(3):54-57.  
Chen Jie, et al. Modern Chemical Industry, 2013, 33(3):54-57.
- [23] Savvashe P B, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2015, 132(18):n/a-n/a.
- [24] 顾杰, 等. 环境与健康杂志, 2018, 35(3):5.  
Gu Jie, et al. Journal of Environment and Health, 2018, 35(3):5.
- [25] 张惠芳, 等. 塑料助剂, 2016(3):1-7.  
Zhang Huifang, et al. Plastics Additives, 2016(3):1-7.
- [26] Horn O, et al. Water Research, 2004, 38(17):3698-3698.
- [27] Erythropel H C, et al. Polymer, 2016, 89:18-27.
- [28] 熊良钊, 等. 高分子材料科学与工程, 2016, 32(10):73-78.  
Xiong Liangzhao, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2016, 32(10):73-78.
- [29] 马腾洲, 等. 化学世界, 2018, 59(9):28-31.
- [30] Ma Tengzhou, et al. Chemical World, 2018, 59(9):28-31.
- [31] Goulas A E, et al. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 1995, 201(1):74-78.
- [32] 许建峰, 等. 塑料, 2018, 47(5):23-27.  
Xu Jianfeng, et al. Plastics, 2018, 47(5):23-27.
- [33] 章立鹏, 等. 塑料工业, 2018(2):62-66.  
Zhang Lipeng, et al. China Plastics Industry, 2018(2):62-66.
- [34] 中国化工报. 塑料助剂, 2019(1):54-54.  
China Chemical Industry News. Plastics Additives, 2019(1):54-54.
- [35] 张凯琳, 等. 中国塑料, 2005(4):62-65.  
Zhang Kailin, et al. China Plastics, 2005(4):62-65.
- [36] 郭卫红, 等. 工程塑料应用, 1998(4):11-13.  
Guo Weihong, et al. Engineering Plastics Application, 1998(4):11-13.
- [37] Gholami A, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2015, 132(39):42-59.
- [38] 冯保林, 等. 塑料助剂, 2018, 131(5):24-26.  
Feng Baolin, et al. Plastics Additives, 2018, 131(5):24-26.
- [39] 杜中天, 等. 塑料科技, 2017, 45(9):60-63.  
Du Zhongtian, et al. Plastics Science and Technology, 2017, 45(9):60-63.

## 欢迎订阅 2019 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅 也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社

订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘, 请注明订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》 国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物, 月刊, 大 16 开本, 每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊, 是中国合成树脂供销协会会刊, 荣获首届、第二届、第三届国家期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘 (CA) 千种表。2019 年定价 20 元/期, 全年 240 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存, 如需订阅, 请联系杂志社。

《化学分析计量》 国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物, 双月刊, 大 16 开本, 单月 20 日出版。本刊为中国科技核心期刊, 荣获多项省部级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘 (CA) 千种表。2019 年定价 20 元/期, 全年 120 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存, 如需订阅, 请联系杂志社。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 杂志社已将《工程塑料应用》自创刊号 (1973 年) 至 2018 年底共 46 卷 350 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售; 同时也将《化学分析计量》自创刊号 (1992 年) 至 2018 年底

共 27 卷 127 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售。合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文, 又可根据读者自定义的关键词进行全文检索, 非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 550 元; 《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 250 元。

### 邮局汇款:

收款地址: 济南市天桥区田庄东路 3 号

收款单位: 《工程塑料应用》杂志社

邮编: 250031

电话: (0531)85878223 85878057 85878278

传真: (0531)85947355

### 银行汇款:

户 名: 山东非金属材料研究所

开户银行: 济南市工商银行经十一路支行

账 号: 1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.net>