

废旧塑料回收再生利用技术的新进展

孙小红, 那天海, 宋春雷, 于 黎, 张宏放, 莫志深*

(中国科学院长春应用化学研究所高分子物理与化学国家重点实验室, 长春 130022)

摘要:塑料制品在给人类生活带来便利的同时也带来了极大的负效应,其形成的“白色污染”,直接污染土壤及地下水。废旧塑料的回收再生利用已成为急待解决的问题,是全球环保界关注的焦点。本文扼要介绍了国内外废旧塑料回收再生技术的最新进展。

关键词:废旧塑料;回收;再生

自塑料问世一个世纪以来,塑料制品为人们的工作和生活带来了舒适、安全与便利。随着我国工农业生产水平及消费需求的日益增长,塑料行业得到了迅速发展,目前我国塑料消费年均增长率为 10%, 预计到 2009 年塑料的需求量将突破 6000 万吨大关^[1]。据统计 2003 年塑料的年消费量约为 2,500 万吨(见表 1),若按其中 30%为废弃物计算,则 2003 年的废旧塑料总量就达到约 700 万吨。由此可见,被称为“白色污染”的废旧塑料引发的环境问题已日益引起人们的重视。

表 1 2003 年我国塑料年消费量

Table 1 Plastics consumptions in our country of 2003

用途	数量/万吨	比例/%
包装材料	550	22.0
日用医药	472	18.9
农 用	460	18.0
工 业	460	18.0
建 筑	400	16.0
其 它	166	7.1
合 计	2,508	100

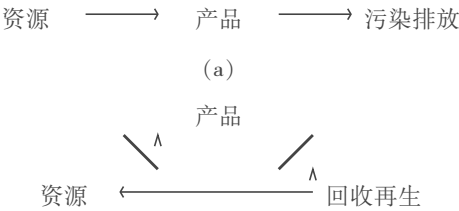


图 1 浪费资源经济模式

(a)与新循环经济模式(b)的对比

Figure 1 Contrast of the waste resource economy mode (a) and the new circle economy mode (b)

循环经济的发展遵循着 3R 法则,即减少资源利用量及废弃物排放量(Reduce)、大力实施物料循环利用即延长产品生命周期(Recycle)和回收利用废弃物(Reuse)。循环经济改变了以往浪费资源的单向流动模式(见图 1),减少排放污染,促进了资源回收再生。废旧塑料的回收利用(Recycle and reuse)一直是我国节约能源的主要手段,它不仅可以保护环境,而且实现了资源的循环利用,对我国国民经济的可持续发展具有重要的战略意义。

1 废旧塑料的回收与分离

废旧塑料种类繁多,性质差异较大,就大品种而言,有聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、聚氯乙烯(PVC)和对苯二甲酸乙二醇酯(PET)等。其来源主要有工业用品、农用塑料、包装用材料、日常生活用品以及制造厂产生的废品和边角料等。废旧塑料成分复杂,常常会有多种塑料、橡胶甚至金属、泥沙等

基金项目:国家自然科学基金项目(270274049, 220374051);

作者简介:孙小红(1973-)女,博士,现为中科院长春应化所高分子物理与化学国家重点实验室博士后,研究方向为聚烯烃改性及固体废弃物高值化利用。

* 通讯联系人, E-mail: mozs@ciac.jl.cn.

掺杂在一起,无法进行成型加工。因此,在废旧塑料循环利用之前要进行分离,清除杂质,将不同品种的塑料制品归类分开,力求使用单一品种的塑料。

对废旧塑料的分离方法有目测手工分拣法、密度法、红外分离法、磁选分离法、泡沫浮选分离法、风力分离法、温度分离法和静电分离法等^[2],下面对其中几种先进的方法进行介绍。

1.1 红外分离法

红外分离的方法通过对塑料分子中特定官能团的识别来区分塑料的种类,该技术以其分辨率高的特点而成为研究的重点。

Irie 等^[3]开发了一种分类鉴定仪,采用红外衰减全光谱方法,通过确定一种塑料制品使塑料制品的分选和收集变得容易。Choi 等^[4]利用近红外方法对常见的废旧塑料 PP、PE、PVC 进行分离。宝马汽车公司也大规模采用红外反射技术鉴别聚合物和化合物,其在德国生产的汽车的回收再利用塑料部件率已经达到了 80% 以上。

1.2 泡沫浮选分离法

浮选法最初是作为矿物质的分离技术出现的^[5]。对废旧塑料的浮选分离从 20 世纪 70 年代才开始应用。早期关于塑料浮选分离的研究仅限于检测塑料的表面活性剂,当前对该技术的研究主要集中在如何选择合适的润湿剂。其原理是当空气通过浸入塑料的含有表面活性剂的水溶液时,由表面活性剂产生的气泡选择性地吸附在不同的塑料表面上^[6](见图 2),使塑料漂浮起来达到分离的目的。浮选分离方法有两个途径,一是对疏水性塑料进行表面处理后使之具有亲水性;二是对有部分润湿性的塑料进行表面处理后使之具有疏水性。综合使用这两种方法能够有效地进行对废旧塑料的分离。

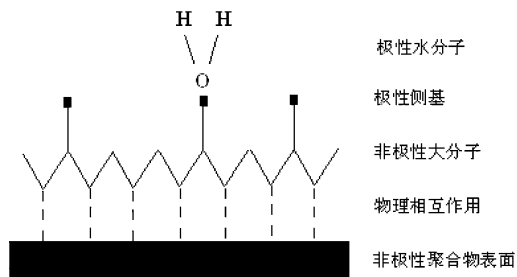


图 2 表面活性剂在非极性聚合物表面的吸附机理

Figure 2 Adsorption mechanisms of surface-active reagents at the surface of non-polar polymers

1.3 静电分离法

值得一提的是,采矿所用的方法越来越多地为人们借鉴应用于废旧塑料的处理,静电分离技术为其中一种。不同的塑料进行摩擦以后,通过表面的电子得失获得相反的电荷,其中介电常数高的塑料表面带正电荷,介电常数低的塑料表面带负电荷。

Vincenzo^[7]利用静电法将金属从废旧塑料中分离出来,其对塑料的冷冻粉碎法也是从矿物质粉碎中得到的启发。他采用二氧化碳制冷剂和液氮两种方法对 8 种不同类型的塑料进行冷冻处理粉碎,有效地提高了塑料回收质量。实验发现,与室温粉碎加工方法相比,冷冻粉碎法能够有效降低塑料碎片的尺寸,增加粉碎塑料的比表面积。

Mihai^[8]利用摩擦产生静电的原理,根据材料表面转移电荷的不同对 PS 和 PE 进行筛选分离,并从理论上研究了电荷转移的多少与环境相对湿度的关系。英国的南安普敦大学开发的电子笔在两种塑料表面摩擦就能进行鉴别。Schlett^[9]将废旧塑料放在涡流磁场中,使塑料表面生成带电粒子,利用静电的原理将直径在 2~3mm 之间的铜、铁等金属粒子从金属-废旧塑料共混物中分离出来,并通过理论和实验两方面加以证明。

此外,Zoidis^[10]使用光谱法,Hung^[11]使用条形码技术对回收塑料进行辨别分离。Chaume^[12]在识别纸和塑料包装的研究中取得较大进展,研制出利用声学的方法鉴别的装置。

2 废旧塑料的再生利用技术

废旧塑料的处理方法目前仍是填埋、焚烧和回收再利用。前两种方法均存在弊端,如采用填埋处理,会因为塑料不易腐烂分解而导致填埋地域成为软质地基,日后难以利用;如采用焚烧处理,则因为塑料燃烧时释放出有害气体而造成大气污染以及温室效应。因此,对于塑料的处理总的发展趋势是加强废旧塑

料的回收再生利用。废旧塑料的再生利用包括化学再生利用和物理再生利用。

2.1 化学再生利用

废旧塑料的化学再生利用包括热裂解、加氢裂解、超临界水和化学分解等。热裂解是通过高温催化反应,将废旧塑料裂解成低分子量的单体,以制取烃类燃料或者化工原料,该方法适用于对混合废弃物的处理。

2.1.1 油化再生技术 随着石油价格的逐渐攀升,各国不断寻求解决石油问题的新方法新工艺,尤其是日本和美国进行了大量的研究工作,这无疑有助于实现废旧塑料油化的产业化。用废旧塑料裂解生产的汽油和柴油与用原油生产的产品相比质量基本相同,而且不含铅、氮等有害物质。

Aikawa^[13]通过化学热分解将废旧塑料中的合成树脂与金属及无机材料分离。经过减压蒸馏后分离出来的液态合成树脂又分为轻质油和重质油两部分。其中轻油部分用作燃料添加剂,重质油部分作为沥青改性剂。Yusaku^[14]等采用氧化铁和碳酸钙与碳复合物作为催化剂/吸附剂的技术,去除PVC废旧塑料中的氯后裂解制造燃油。其工艺有两种:第一种是两步法,即首先将含有卤素的废旧塑料热降解,然后用催化剂对含有PVC的燃油进行催化反应以去除氯;第二种是一步法,即热降解和去除氯、溴等卤素的催化反应同时进行。实验证明,在不同条件下,使用氧化铁和碳酸钙与碳复合物作为催化剂/吸附剂都能十分有效地获得无卤素燃油。Kiyoshi等^[15]也成功地利用PVC生产汽油和柴油,其对氯的有效去除率可以达到99.9%,避免了裂解过程中产生HCl气体和CaCl₂、NaCl、KCl等残渣,既符合环保要求又降低了设备清理的附加成本。

目前国内外废旧塑料的油化技术大多处于研究和工艺示范试验阶段,处理二次污染的废水、废渣和废气的系统成本较高,影响了油化技术的大规模商业化推广应用。

2.1.2 燃料再生技术 用废旧塑料替代焦炭以及废旧塑料与煤共处理做燃料等方面的技术已经得到了广泛的实际应用^[16]。废旧塑料的主要成分是碳氢聚合物,与煤和焦炭相比,塑料含碳量少,燃烧后向空气中释放出较少的二氧化碳,减少了对环境的污染。

垃圾衍生燃料RDF(Refuse-Derived Fuel)是由可燃性废旧塑料和废纸等经过粉碎、干燥、混入添加剂及成型等工艺制成的固体燃料。其特点是燃烧稳定、热值高、污染小、易储存和运输。利用这种燃料燃烧所产生的热能来发电兼具能源与环保效益。

Abe等^[17]利用专用设备将多种废旧塑料、RDF和城市垃圾一起气化制造燃气。该设备有两个过滤装置,一是过滤尾气中的粉煤灰,二是过滤粉煤灰与熟石灰混合后的中和灰。将这两种尾气灰重新投入到造渣炉中气化分解,能显著减少残渣排放量,降低费用。

2.2 废旧塑料的物理再生技术

废旧塑料的物理再生利用是指将废旧塑料重新熔化再制成低价值的再生塑料,一般可分为简单直接再生利用和改性再生利用^[18]。

简单直接再生利用是指废旧塑料归类分开后直接塑炼、破碎后再塑炼或经过简单处理再塑炼,然后进行成型加工制得再生塑料的方法。这种方法所回收的塑料的特点是比较干净,成分单一。采用比较简单的工艺和设备即可回收到性能良好的再生塑料,其性能与新材料相差不多,基本上可以作为新材料使用。我们最常见的麦当劳的托盘就是由回收塑料生产的。

Leili^[19]利用废旧塑料做成便携式清洗台,适用于钓鱼爱好者在野外方便、卫生地清理鱼,使鱼在食用时保持美味的新鲜感。Jiang^[20]将废旧聚乙烯袋和聚乙烯膜与碳酸钙添加剂、润滑剂、分散剂等共混加工成分子量为2000~10000的聚乙烯粒料,并使粒料的拉伸强度、抗压性和抗氧性大大提高,增加了塑料回收的实用性。江苏霞客环保色纺股份有限公司将废旧PET塑料清洗、筛选整理后,经过高温挤压喷丝制成涤纶短纤维,用于纺纱和制衣。

改性再生利用是指将废旧塑料通过化学或者物理方法进行改性,如增韧、增强、活化无机粒子填充以及合金化的物理改性,以及交联、接枝、氯化等化学改性^[21]。经过改性的废旧塑料的性能尤其是力学性能得到了显著的改善。

Fogac^[22]将废旧塑料及废旧地毯共混、热处理后制成沥青改性添加剂,用于提高沥青的高温使用粘性而不影响其低温使用性能,克服沥青夏易粘冬易裂的缺点。李岩等^[23]采用新的改性体系三元乙丙橡胶(EPDM)、硅油、过氧化二异丙苯(DCP)对高密度聚乙烯/胶粉(HDPE/SRP)共混物进行了研究,发现改性共混物中弹性体的分散和包覆结构是韧性提高的主要原因。

尽管人们对废旧塑料物理再生利用的研究各不相同,但对以下几类材料的研究则产生了普遍的兴趣。

2.2.1 塑木复合材料 近年来,全世界塑木材料需求的年平均增长率约为 25%。塑木复合材料由木屑、刨花以及木纤维填充废旧塑料挤出成型获得,可以替代相应的天然木制品,解决木材短缺的问题。

Murakami^[24]用木粉和塑料制成人造木材,用于住宅用窗框等处,结构坚固,而且防火、防水、防腐和耐老化,性能优异。Kumano^[25]在废旧塑料中掺加木粉和无机混合剂,制成厨房、浴室用壁砖、地砖等,产品重量轻,价格低。Susan^[26]发现马来酸酐改性聚丙烯能有效改善高密度聚乙烯/木纤维复合材料基体的粘合性。Nicole^[27]研究了不同加工方法注射和挤出成型对木粉/高密度聚乙烯复合材料表面以及老化性能的影响。结果发现,加工方法不影响材料表面的颜色和光泽度,但是对老化后材料的力学性能、弯曲模量有不同程度的影响。钟鑫等^[28]利用硝酸铈铵引发在纤维素纤维表面接枝甲基丙烯酸甲酯,并在不添加任何其它相容剂、偶联剂等的条件下使木粉与聚氯乙烯树脂复合,最终材料的各方面性能显著提高。

近几年塑木材料的发展已不再限于单独使用废旧塑料,添加碳酸钙、滑石粉和石英粉等增强填料和无机填料,在很大程度上改善了材料的冲击强度、弯曲强度和热变形温度等加工性能。木质材料由木粉或短纤维发展为玻璃纤维和亚麻、剑麻等天然长纤维,提高了材料的结构强度,扩大了应用领域。

2.2.2 土木建筑材料 废旧塑料替代钢铁、水泥等作为土木建筑材料既减少了钢材的使用量降低了生产成本又提高了材料的耐腐蚀、保温、方便等使用性能。

英国 Delleve 塑料公司花费多年时间研究回收的乳酸饮料瓶与高密度聚乙烯共混物添加增容剂经过冲压改性制成单层和双层的波纹管材,用于公路排水、农业及地基础设施等建设。Oshima^[29], Atwood^[30]利用废旧塑料生产 U 型路边排水沟、盖子、公路的隔离带和护栏等绿化设施。Mahmoud^[31]将不同粒径的沙子与聚乙烯熔融共混,获得密度和抗压强度均令人满意的装饰材料,当废旧塑料的含量为 30%~40%时,材料的性能最好。由于使用种类不同的彩沙,装饰材料颜色各异,美观大方。

张化廷^[32]以聚氯乙烯、聚乙烯和聚丙烯等再生废旧塑料和功能性添加剂浓缩粒料生产阻燃、抗静电及力学性能都适合煤矿井下用的管材。廖兵^[33]用废旧聚苯乙烯塑料制备了附加值高的水泥减水增强剂,使经过改性的聚苯乙烯具有表面活性作用,能使水泥颗粒及其水化粒子由于电荷而相斥,使水泥丧失包裹搅拌水的能力,达到减水的作用。另外由于聚苯乙烯的分子量很高,在水泥混凝土凝固过程中,改性的聚苯乙烯分子可以在水泥颗粒表面形成薄膜,提高水泥颗粒之间的粘合力,从而增强水泥混凝土的强度,用于桥梁、水坝等大型土建工程的建设。

2.2.3 塑料枕木 在美国,由回收废塑料制成的塑料枕木生产周期短、使用寿命长,已得到铁路部门的认可,为废塑料的再利用找到了很好的途径^[34]。

Polywood^[35]公司制造的高性能枕木是用废旧高密度聚乙烯和一定含量的废旧聚苯乙烯制成,高密度聚乙烯和丝状聚苯乙烯微粒混合形成不相容的混合物,二者相互缠绕贯穿于聚合物复合材料中。Nosker 等^[36]利用废旧高密度聚乙烯塑料,使用一种特殊的方法,使长短不一的玻璃纤维在模具内沿着物料流向的轴向高度取向,从而提高复合材料的强度,作为塑料枕木使用。Cahill^[37]将回收 PET 与少量废旧轮胎橡胶粉碎后添加增容剂、扩链剂和水解稳定剂进行共混,通过挤出加工成型方法生产塑料枕木,与同类材料相比,成本降低。

2.2.4 涂料和胶粘剂 近年来,废旧塑料制漆的再生方法在国内得到了极大的发展。Zhang^[38]用粉碎装置将废弃的发泡塑料餐具及包装材料切成碎片后熔融,添加消泡剂、稀释剂后生产出油漆料,再根据需要添加颜料等辅料,就可生产出不同品种的成品漆,用于金属仪器、防腐金属设备的表面涂装。李湘洲^[39]将回收的废聚苯乙烯泡沫塑料经过加工、溶制改性、乳化等工序,制成用于内外墙使用的乳胶漆涂料,具

有成本低、耐擦洗、装饰效果好等特点。北京建筑工程学院土木系蔡光汀等利用废旧塑料制成对人体和环境危害低的建筑装修装饰用外墙漆、速干银粉漆、金粉漆和胶粘剂，技术性能和环保性能都十分令人满意。

2.2.5 粉煤灰与废塑料共用再生技术 我国每年粉煤灰的排放量约为 2 亿吨，造成了严重的“黑色污染”，用废塑料和粉煤灰制备建筑材料是一种消除“白色污染”和“黑色污染”的积极方法^[40, 41]，材料对所需废旧塑料的清洗要求并不十分严格，有利于工业化应用中的实际操作。粉煤灰表面积很大，塑料与其具有良好的结合力，可保证制备材料具有较高的强度和较长时间的使用寿命。加入碳酸钙能提高制品的硬度和韧性，减小其变形与收缩。加入石墨能在制瓦脱膜过程中起脱膜剂作用，并能阻止制品中塑料成分的光氧化，提高制品抗老化能力。

Zhang 等^[42]利用粉煤灰和废塑料制备固体燃料。将废聚乙烯塑料投入软化炉进行加热，使塑料充分软化后，再加入粉煤灰进行不断的搅拌，混匀后加入生物燃烧颗粒，最后挤压成型。该固体燃料利用了粉煤灰约 25% 的有效热能，固体燃料具有质轻、防水、燃烧时间长、易储存和成本低等优点。

莫志深等^[43]将粉煤灰与多种废旧塑料共混，对不同配比、粒度、辅助剂的协同效应和在线反应加工设备等进行了深入的研究，充分利用这两种固体废弃物开发出高附加值的产品，现在长春高新合作区已经建成年产 3000 吨的生产线(见图 3)，该成果已获得国家专利 3 项，实用新型专利 3 项。产品易加工成型，其抗压、抗弯、抗冲击强度和耐候性等性能高于其它同类产品(见表 2)，且原料 90% 以上是废旧物质，除废旧塑料外，其余均为火力发电厂排放的粉煤灰，生产成本低，可取代钢材、水泥、木材等使用，有效克服了铸铁井盖、井座易腐蚀、稳定性差和易丢失等缺点，其社会效益与经济效益十分巨大。

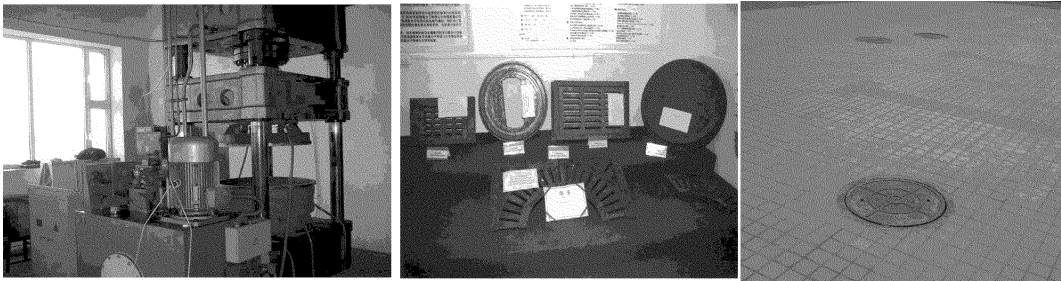


图 3 废旧塑料与粉煤灰复合新材料

(a) 生产线; (b) 高性能产品; (c) 使用中的井盖

Figure 3 Composite new materials of waste plastic and fly ash

(a) Product line; (b) High quality products; (c) Well lid in use

表 2 复合材料井盖力学性能

Table 2 Mechanical properties of composite material well lid of regenerate resin			
检测项目	单位	部颁标准*	检测结果
抗压强度	MPa		35.6
弯曲强度	MPa		28.3
拉伸强度	MPa		15.8
重型井盖承载强度	kN	≥240	260
重型井盖残余变形	mm	≤D/500	0.75
轻型井盖承载强度	kN	≥100	120
轻型井盖残余变形	mm	≤D/500	0.90

* 国家建设部颁布的再生树脂复合材料检查井盖城镇建设行业标准(CJ/T121-2000)

3 结束语

随着我国循环经济政策的不断实施和推进，大力发展废旧塑料回收与再生，延长产品的使用寿命和

提高产品附加值的高新技术产业已经成为必然趋势。废旧塑料的回收和再利用是解决废旧塑料问题的有效方法,它不仅可以减少环境污染,而且能变废为宝,化害为利,实现资源的高效和循环利用,具有巨大的工业生产潜力,是塑料行业持续发展的必由之路。相信依靠大量科技人员的努力,科技创新一定能够帮助人类解决今天所面临的“白色污染”,真正实现人与自然和谐发展。

参考文献:

- [1] 郑培. 中国国际新材料产业研讨会, 北京. 2004 :2~7.
- [2] 徐惠忠. 固体废弃物资源化技术. 北京:化学工业出版社, 2004.
- [3] Irie S, Gotou T, et al. WOP, 03046523, 2003-06-5.
- [4] Choi H G, Jang J H, et al. KRP, 2002091323, 2002-12-06.
- [5] Fraunholz N. Miner Eng, 2004, 17;261~268.
- [6] Stuckrad BTO, et al. Proceedings of the XX International Mineral Processing Congress, Aachen, Germany, 1997, 5;307~318.
- [7] Vincenzo G, Floriana L M, et al. Waste Manage, 2004, 24;663~672.
- [8] Mihai L. Mineral Eng, 2004, 17;69~75.
- [9] Schlett Z, Claici F, et al. Mineral Eng, 2002, 15;111~113.
- [10] Zoidis E. EP, 1072883, 2001-01-03.
- [11] Hung S W, Hung Y J, Liou S R. TWP, 471983, 2002-01-11.
- [12] Chaume F, Teluob J. CAP, 2404955, 2001-10-18.
- [13] Aikawa S. JP, 2003112153, 2003-04-15.
- [14] Yusaku S, Thallada B, et al. J Mater Cycle Waste Manage, 2003, 5;113~124.
- [15] Kiyoshi S. J Mater Cycle Waste Manage, 2001, 3; 93~98.
- [16] Kenji K, Seiji N, Hiroshi U. J Mater Cycle Waste Manage, 2003, 5; 98~101.
- [17] Abe S, Shina T. USP, 2004141891, 2004-07-22.
- [18] 陈占勋. 废旧高分子材料资源及综合利用. 北京:化学工业出版社, 1997.
- [19] Leili E A, Overton J M. USP, 2004147212, 2004-07-09.
- [20] Jiang H D. TWP, 553993, 2003-09-21.
- [21] 黄发荣. 高分子材料的循环利用. 北京:化学工业出版社, 2000.
- [22] Forgac J M, Swanson A J. WOP, 03087477, 2003-10-23.
- [23] 李岩, 张勇, 张隐西. 中国塑料, 2002, 16(12);83~86.
- [24] Murakami K. JP, 2001170932, 2001-06-26.
- [25] Kumano Y, Sato T. JP, 11314075, 1999-11-16.
- [26] Susan E. S, Indrek W. Composites, Part A; Appl Sci Manuf, 2004, 35;321~326.
- [27] Nicole M. S, Laurent M. M, Craig M C. J Appl Polym Sci, 2004, 93;1021~1030.
- [28] 钟鑫, 薛平, 丁筠. 中国塑料, 2004, 18;62~66.
- [29] Oshima K. JP, 2003213779, 2003-07-30.
- [30] Atwood W D. USP, 6308936, 2001-10-30.
- [31] Mahmoud A. H, Abdel G. J Appl Polym Sci, 2004, 91;2543~2547.
- [32] 张化廷. 煤炭科学技术, 2002, 30;45~46.
- [33] 廖兵, 黄玉惠, 庞浩, 等. 高分子通报, 1999, 3;62~66.
- [34] Smith D L. USP, 6021958, 2000-02-08.
- [35] Nosker T J, Renfree R W. USP, 6191228, 2001-02-20.
- [36] Nosker T J, Renfree R W. USP, 5916932, 1999-06-29.
- [37] Cahill P J. GBP, 2389366, 2003-12-10.
- [38] Zhang F. CN 1258691, 2000-07-05.
- [39] 李湘洲. 再生资源研究, 2001, 2;24.
- [40] Tan N. CN 1448428, 2003-10-15.
- [41] Zhang K Y. CN 1408775, 2003-04-09.
- [42] Zhang D X, Shang B H. CN 1312351, 2001-09-12.
- [43] 莫志深, 那天海, 等. ZL 00260458.2, 2003-11-03.

[33] 张汉威,蔡晴,贝建中,王身国· 高分子学报,2004,3,454.

Polymeric Particles for the Removal of Endocrine Disruptors

ZHAO Chang-sheng^{1*}, LIU Zong-bin¹, YANG Kai-guang¹, ZHANG Xiao-hua¹, CHANG Jin^{2*}

(1. Department of Biomedical Polymer materials, College of Polymer Science and

Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. Institute of Nanobiotechnology, School of Materials Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In this paper the recent research progress on the removal of endocrine disruptors are reviewed, especially the removal of endocrine disruptors by functional polymer particles prepared using a phase transition technique from polysulfone and polyethersulfone are reviewed. The endocrine disruptors having high octanol-water distribution coefficients could bind to the polysulfone particles by hydrophobic interaction. DNA-modified particles could more effectively remove environmental hormone with a planar structure. Molecular imprinting particles have specific sites, which allow the specific recognition to endocrine disruptors and high binding amounts to specific endocrine disruptors.

Key words: Polymer particles; Endocrine disruptors; Removal; Polysulfone; Polyethersulfone

(上接第 34 页)

Progress of the Reusing and Recycling Technologies of the Waste Plastics

SUN Xiao-hong, NA Tian-hai, SONG Chun-lei, YU Li, ZHANG Hong-fang, MO Zhi-shen

(State Key Polymer Physics and Chemistry Laboratory Changchun Institute of Applied Chemistry, Changchun 130022, China)

Abstract:Plastics made our life convenient and comfortable, but on the other hand, the “white pollution” contaminated our environment, such as soil and groundwater, so recycling and reusing of the waste plastics became an important problem for the time being. In this paper, progress of reusing and recycling technologies of the waste plastics was reviewed. The technologies that turned white and black garbage into valuables exploited new ways and will promote sustainable development of the economy and be beneficial to the related industries.

Key words:Waste plastics; Recycle; Reuse

(上接第 41 页)

Self-assembly Technique and its Application in Fabricating PLED Devices

WANG Hai-qiao, WEN Fang-dai, LI Xiao-yu

(The Key Laboratory of Nanomaterial, Ministry of Education,

College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract:The self-assembly technique was discussed. And the theory, feature and process of self-assembly technique were introduced. The application of self-assembly technique in fabricating PLED has been discussed in detail, including SAMs and layer-by-layer self-assembled membrane. Some influence factors on performance of self-assembly film were introduced.

Key words:Self-assembly; PLED; Application