

聚酯(PET)废塑料分离回收方法研究

张仲燕 赵根妹 梁晓琪 詹华晖 曹雪琴

(上海工业大学化工系,上海 200072)

摘要 日常用的饮料瓶是聚酯(PET)和高密度聚乙烯(HDPE)为原料而制成的,因而聚酯(PET)废塑料瓶是数量较多和回收价值高的一种塑料。本研究首先对聚酯(PET)废塑料瓶进行破碎,然后采用气流分选,清洗净化和水浮选组合工艺进行 PET 和 HDPE 及塑纸的分离回收。PET 和 HDPE 的回收率分别为 97%和 95%,同时通过清洗净化可使回收的 PET 纯度达 96%以上,该 PET 是一种用途广的优良塑料原料。

关键词 聚酯塑料、聚乙烯,废塑料分离回收。

聚酯(PET)塑料具有优良的性能而广泛应用于食品包装和纺织行业、机电及化工行业。据资料记载,以聚酯(PET)和高密度聚乙烯(HDPE)为主要原料而制的饮料瓶包装约占 PET 消耗量的 80%—90%,从而使聚酯废饮料瓶的产生日益增加。PET 废饮料瓶的回收利用引起了国内外的重视和广泛研究。如美国塑料回收研究中心投资 330 万美元开发了一种能回收年产 4500t 的 PET 工厂,采用破碎、风力分离纸屑和清洗净化胶杂质,最后采用水溶液浮选进行 PET 和 HDPE 分离,从而获得纯度为 99.9%的再生 PET。

我国聚酯(PET)废饮料瓶是废塑料较多和

回收价值较高的一种。目前的处置方法有:垃圾任意处置和民间收集与通用塑料共熔而再制塑料品,这样既浪费了 PET 资源又大大降低 PET 饮料瓶回收利用价值。为此本题采用破碎、清洗净化及物理化学分离法等组合工艺对聚酯饮料瓶塑料进行了回收利用研究,取得了良好效果,做到了分离回收 PET 和 HDPE,获得了纯度为 99.0%以上的 PET,为 PET 和 HDPE 的利用提供了良好的原料。

1 废 PET 塑料来源与成分

废旧 PET 塑料来源主要是通过收集民用的饮料瓶,经破碎后取样分析,其组成如表 1 所示。

表 1 废旧饮料瓶碎料组成 (1kg 计)

成 分	PET 瓶身	HDPE 托底	塑纸	金属瓶盖	粘结剂	EVA 盖衬
含量(%)	75.08	19.68	2.72	1.10	0.82	0.55

表 2 PET 和 HDPE 的性能

名称	比重	熔点 (℃)	吸水性 (%)	硬度	脆折温度 (℃)	分子量 (万)	热变形温度 (℃)	抗张强度 (kg/cm ²)
HDPE	0.941—0.945	129—130	0.03	R35—40	—70	50	63—71	224
PET	1.37—1.38	270—300	0.60			1.8—2.3	115	730

根据原料分析,该废 PET 饮料瓶塑料特点是:

(1)废饮料瓶塑料的主要组成是 PET 和 HDPE 塑料,两者占饮料瓶塑料的 94.7%,其次

是塑纸和金属铝片,因此具有很好的回收经济价值。

(2)PET 和 HDPE 具有不同的物化性能(见表 2),因此利用其性能和采用合理的工艺进行分离回收是可能的,同时分离后所得到的 PET 可保持其固性而作为有用产品开发的原料。

(3)为了便于破碎和试验,本工艺对废旧饮料瓶采用先去除金属铝盖后破碎,则其碎料组成如表 3 所示。从表 3 中可知,去铝盖后的废饮料瓶碎料中,PET 和 HDPE 仍是其主要组成。

表 3 去铝盖的废饮料瓶组成

成 分	PET	HDPE	塑纸	胶粘剂	其它
含量(%)	76.2	20.0	2.8	0.83	0.15

2 试验方法

2.1 分离回收工艺系统

根据废饮料瓶的组成特性和探索实验效果,提出了如图 1 所示工艺系统,供试验用。

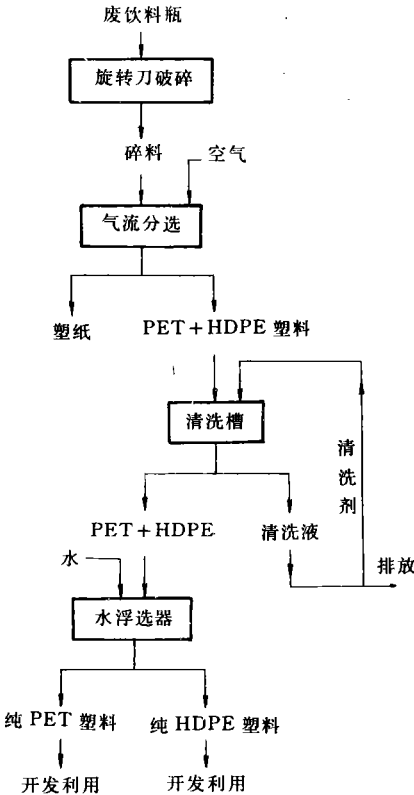


图 1 分离回收原则工艺系统

本工艺系统主要包括破碎、气流分选、清洗和水浮选、原料利用及产品开发等 5 大过程。去

盖饮料瓶首先破碎,得到一定大小碎料进入气流分选器,在此进行纸和塑料的分离,得到的塑纸收集储存。而得到的 PET 和 HDPE 的混合塑料再经过清洗净化去除胶等杂质油污,纯净的混合废塑料进入水浮选器,利用 PET 和 HDPE 的不同比重进行浮选分离,分别获得 2 种纯净的 PET 和 HDPE 塑料,最后 2 种塑料做为原料再造粒和开发有用产品。

2.2 试验方法

为了获得最佳工艺条件和稳定的技术经济指标,本试验首先按图 1 所示工艺进行单元过程的工艺条件试验,然后进行组合工艺系统放大连续性试验。

饮料瓶的破碎是在型号为 mode 1120、设备功率为 15kW 的旋转刀破碎机设备中进行。气流分选器是根据气体流动学和气流摩擦力及物料净重力等原理而设计的,风机型号为 T-72NO3A,全压 980Pa,风量 2550m³/h,功率 1.1 kW。清洗净化和水浮选器均在带有搅拌器的槽内进行。

本工艺过程中的分离程度采用称重对比法进行分析,气流分选中的风速采用 YJB-150 补偿式微压表和标准比托管测量,PET 纯度采用差热法分析。

2.3 废旧饮料瓶的破碎过程

废饮料瓶首先去除金属铝盖,然后送入旋转刀破碎机设备中进行破碎,要求破碎后碎料粒度为 6—10mm。

破碎后得到的含 PET、HDPE、塑纸及胶等其它粉尘的混合料,供下一步分离试验用。

2.4 气流分选

气流分选的目的是实现纸塑分离。在设有加料室、塑料收集室、风速调节板和风机组成的气流分选器中进行,其依据是慢慢投入纸塑混合料并送入风量和调节风速条件下,利用纸和塑料的净重力使料中的纸吹去除除,而 PET 和 HDPE 混合塑料在收集室进行收集而分离。为此着重对投料速度和风速控制对分离效率的影响进行研究。

2.5 清洗净化

气流分选后得到 2 种产物:塑料(PET + HDPE)和纸(含有极少量的塑料)。为了便于 PET 塑料的开发利用,对分离出的塑料应进行净化清洗,即用一种清洗剂去除 PET 塑料表面上的胶粘剂及尘油污等。清洗剂由 MA、105[#] 和 5% NaOH 水溶液配制而成。MA 可作为胶粘剂的溶剂,105[#] 为活性物质,在碱性条件下具有较高的活性和去污能力,另外加入碱可起到去除油污的作用,3 者的配方为 3%—5% MA、5% 105[#]、3%—5% NaOH。

3 结果与讨论

3.1 投料速度与分离效率的关系

表 5 风速对纸速分离效率的影响											
编 号	原料(g)		工艺条件(m/s)					产物(g)		效率(%)	
	纸	塑料	V _{最大}	V _{平均}	V _{出平均}	V _{出最大}	风量(m ³ /h)	纸	塑料	纸去除率	塑料损失率
1	13.40	651.45	5.48	4.44	1.11	1.32	154.86	8.00	642.05	60.00	0.57
2	14.50	546.80	6.45	5.22	1.31	1.61	182.28	11.50	515.30	79.51	1.58
3	14.55	544.70	6.99	5.66	1.42	1.75	197.54	11.80	532.90	81.80	1.08
4	11.30	421.96	7.44	6.03	1.51	1.86	210.25	9.90	412.76	87.61	2.18
5	24.40	911.13	8.07	6.53	1.63	2.02	228.06	22.40	876.70	91.80	3.70
6	49.60	1950.2	8.10	6.64	1.65	2.07	229.02	45.50	1881.9	91.73	3.50
7	49.60	1950.2	8.10	6.63	1.65	2.07	229.02	45.55	1882.7	91.83	3.46

(1)纸的去除率随着风速的增大而增加,而塑料的损失率也随着风速的增加而增大。从图 2 中可知,当纸的去除率为 87%时,而塑料的损失率也呈上升的趋势。

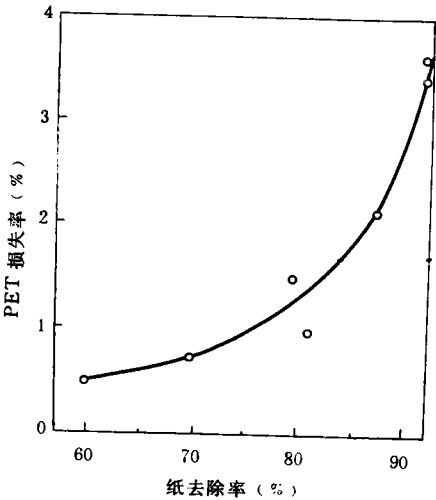


图 2 纸去除率与塑料损失的关系

投料速度是纸塑分离过程中的一个重要因素,其试验结果如表 4 所示。

3.2 风速调节和风速的影响

本装置设置 2 块挡板,通过调整实心插板的高低位置来调节风量的大小,其风速和风量的影响试验如表 5 和图 2 所示。

从表 5 中可知:

表 4 投料速度对分离的影响		
编号	投料速度(kg/h)和方法	分离效率(%)
1	10(集中投料)	25—30
2	4(均匀投料)	60—75
3	2(均匀投料)	80—90
4	3(均匀投料)	80—85

(2)为了获得高的纸塑分离效率,即既要使纸去除率高,又要减少 PET 塑料的损失,应选用风速工作范围为 1.37—1.56m/s 为宜,从而可得到的分离效率为 80%—90%,而 PET 塑料的损失率为 1.3%—2.8%。

3.3 温度对清洗效果的影响

采用 5%MA + 5%105[#] + 5%NaOH 清洗液在搅拌条件下清洗。温度对清洗效果的影响见表 6。

表 6 温度对清洗效果的影响		
编号	温度(℃)	效果观察
1	20	清洗效果不好,不能除胶粘剂
2	60	除胶粘物效果好,塑料上胶粘物呈白色颗粒状悬浮物脱落
3	70—75	清洗剂挥发严重,从而使 MA 浓度低,不利除胶粘物

从表 6 可知,温度过低和过高均不利于清洗。清洗温度控制在 50—60℃ 为宜。

3.4 清洗固液比的确定

清洗净化时,固液比(塑料:清洗液)对清洗效果影响如表 7 所示。

表 7 固液比确定试验

编号	固液比	投入料重(g)		产出塑料重 (g)	胶杂质去除率 (g)	胶杂质去除率 (%)
		塑料	胶杂质			
1	1:5	19.7868	0.1959	19.5913	0.1595	81.42
2	1:6	16.6768	0.1651	16.5234	0.1534	92.91
3	1:7	14.8702	0.1472	14.7267	0.1435	97.49
4	1:5	991.020	8.9800	990.230	8.0112	89.21
5	1:6	990.780	9.2200	990.181	8.6320	93.62

试验结果表明,胶杂质的去除率随着固液比的减少而降低,固液比选择 1:5 或 1:6 为宜。

3.5 清洗时间对清洗效果的影响

在控制 60℃和固液比为 1:6 的条件下进

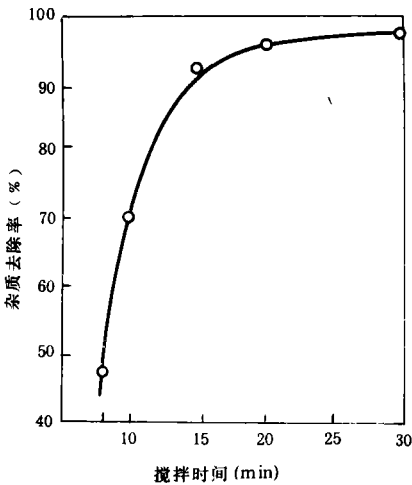


图 3 清洗时间对胶杂质去除的影响

行清洗时间对清除胶杂质的影响试验,其结果如图 3 所示。

从图 3 可知,当清洗时间为 15min 时,胶杂质去除率可达 90%以上,为了提高 PET 的纯度,试验认为清洗时间控制在 15—30min 为宜。

3.6 水浮选结果

PET 和 HDPE 比重相差较大,即 PET 比重大于水,而 HDPE 比重小于水。水浮选过程的依据在于利用 PET 和 HDPE 比重差和在水溶液中带有少量表面活性剂的条件下进行搅拌水浮选,从而使 PET 和 HDPE 得到分离回收。

水浮选在固液比为 1:5 和搅拌浮选 20min 条件下的试验效果如表 8 所示。

从表 8 可知,水浮选是分离 PET 和 HDPE 塑料的合理方法,做到了既简便快速又高效,PET 收得率可达 99%以上。同时分离 PET 产品经分析,其纯度可达 96%以上,是一种优良的可利用的 PET 原料。

表 8 水浮选分离效果

编 号	原料重(g)	原料中 PET(g)	产出物(g)		PET 收得率(%)
			HDPE	PET	
1	25.3141	19.2944	6.1186	19.1944	99.48
2	19.4788	14.9987	4.5801	14.8957	99.31
3	25.2570	19.2508	6.0732	19.1832	99.65
4	200.000	154.000	46.045	153.950	99.97
5	1000.00	773.000	227.11	772.850	99.98

3.7 PET 塑料的利用

采用本工艺系统对聚酯(PET)饮料瓶进行综合处理后,可得到 3 大产物:塑纸、PET 和

HDPE 塑料,3 者均是具有较大经济价值的可利用原料。HDPE 塑料经造粒后与其它塑料共熔而制成多种塑料制品及充填剂。(下转第 52 页)

规划源强 $Q_r = \frac{Q_a}{u_{10} \cdot c}$

式中, c ——居住区有害物一次最大允许浓度 (mg/m^3), Q_a ——实际排放量。从偏安全考虑, 采用上下风测源强所得的数据, 当 $u_{10} = 2.3\text{m}/\text{s}$ 时, 计算出 H_2S 、 NH_3 的 Q_r 值如表 8。

表 8 H_2S 、 NH_3 的 Q_r 值¹⁾

污染物种类	$c(\text{mg}/\text{m}^3)$	$Q_a(\text{kg}/\text{h})$	$Q_r(\text{kg}/\text{h})$
H_2S	0.01	0.935	40.65
NH_3	0.20	12.70	27.61

1) $u_{10} = 2.3\text{m}/\text{s}$

本评价取 $Q_r = 40.65\text{kg}/\text{h}$, $x = 98\text{m}$, 从表中查 $L = 1840\text{m}$, 16 个方位防护距离计算值见表 9。

表 9 不同方位防护距离 L_m 计算值汇总

方位	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
H_2S	920	1435	975	920	920	920	994	1454
NH_3	920	1220	536	644	635	800	586	1454
方位	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	S
H_2S	1504	1012	1288	1160	1601	1086	1840	1840
NH_3	1173	536	477	371	752	586	1454	331

从表 9 看出, 在北神树垃圾场的主导、次主导风向, 即 NNW、SSE、NNE、SSW 防护距离大, 超过 1000m, 故人群居住和活动场所应距垃圾堆放场 1500m 以外, 而其它方位应远于 1000m, 方可保护人群健康。

3 污染控制对策

为减少垃圾释气对周围环境的影响, 应采取

(上接第 29 页)

PET 塑料是一种用途广的塑料, 经造粒后可以做成油漆, 也可以与其它塑料制成塑料制品和 PET 制品, 更重要的是经过降解后可以制发泡塑料。

4 结语

(1) 废聚酯 (PET) 饮料瓶经破碎后, 碎料经过气流分选、清洗净化和水浮选等过程处理, 可以有效地进行纸、PET 和 HDPE 塑料分离回收, 纸去除率达 90%—91%, PET 回收率为 96%—97%, HDPE 回收率为 95% 左右。

以下防范措施:

(1) 减少城市垃圾来源 改变居民燃料结构, 加速实现煤气化。

垃圾分选回收, 如纸张、塑料、玻璃、废金属等要进行再资源化。净菜进城, 以减少易腐败的污染物。

(2) 技术措施 垃圾堆放场应设围墙, 专人管理。堆放场四周种植不等茎花、木, 以形成立体绿化。

垃圾堆放前先挖坑, 垃圾倒入坑内后用挖出的土覆盖其上, 不定期洒水可减少扬尘, 此项工作需不断进行, 直到垃圾场堆满停用, 经腐熟、将其压实再植草、植树。此法可用为垃圾堆放场的最终处置。

对北神树垃圾场, 将上述措施结合起来应用, 便能以最小的投入, 获得最佳的社会、环境和经济效益。

参考文献

1 王竞. 环境科学丛刊. 1991, 12(1): 80
2 李宗恺. 空气污染气象学原理及应用. 北京: 气象出版社, 1985: 80
3 李德等. 运筹学. 北京: 清华大学出版社, 1982: 137
4 杨广义. 上海环境科学. 1989, 8(7): 40
5 刘砚. 中国环境科学. 1990, 10(1): 10
6 陈宗良. 环境科学丛刊. 1987, 8(9): 28

(2) 分离出 PET 塑料采用 3%—5% MA 的 NaOH 水溶液清洗可以高效地去除胶杂质, 胶杂质的去除率为 98%, 获得的 PET 纯度为 96%—97%, 该 PET 是一种优良的塑料原料。

(3) 该工艺投资省, 操作简便。处理 1t 废饮料瓶到纯 PET 造粒过程为止, 可以盈利 0.2 万元, 是一种工艺技术上可行经济合理的处理聚酯 (PET) 废饮料瓶的好工艺

参考文献

1 郑宁来. 现代塑料加工应用. 1990, (3): 54
2 曾人泉等. 上海化工, 1991, 16(2): 31
3 黄汉生. 现代化工. 1991, (2): 48
4 George R Smolur, 塑料加工. 1991(增刊): 52

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

a waterborne salt movement was found to be 120 cm water column pressure. However, a 30 cm thick clay layer artificially covered on the top surface of the original sediment shows a strong suppression against the waterborne salt movement even if the suction head is over 800 cm water column pressure. No salt content was found to be accumulated on the surface during a 3 month period of simulated evaporation.

Key words: oxidative pond sediment, waterborne salt transport, simulation.

Application of GKS in National Water Quality Management Information System. Jiang Yong, Fu Guowei (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(3), 1994, pp. 22—25

GKS (Graphics Kernel System), the first ISO international standard for computer graphics, was used to construct a graphic application system with a higher efficiency of development and a stronger implantability of programs. This paper also deals briefly with the position of GKS in various applications, major functions and the principles of developing such a graphic system. The reasonable functions of graphics were arranged to closely meet the requirements of the national information system on water quality management. The software structures of the graphic system, and the schemes of designing a general graphics and a geographic graphics, were also described along with a general evaluation on the effectiveness of GKS application in developing graphic systems.

Key words: water quality management, graphics kernel system, National Water Quality Management Information System.

Research of the Separation and Recovery of PER Plastic Wastes. Zhang Zhongyan, Zhao Genmei et al. (Department of Chemistry and Chemical Engineering, Shanghai University of Technology, Shanghai 200072); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(3), 1994, pp. 26—29

The recycles of PET and high density polyethylene (HDPE) from the used plastic drinking bottles made of them were carried out by using a process comprising steps of: smashing the used bottles into pieces, air separation, cleaning, and floating. With this process, PET, HDPE and other plastic wastes were effectively separated and recovered at a rate of 97% for PET and a rate of 95% for HDPE. The recovered PET had a purity of above 95% and could be recycled as a raw material of plastics having a high quality.

Key words: PET, HDPE, separation and recovery of plastic wastes.

Use of Polymer Composite Materials for Vibration Damping and Noise Reduction. Zou Zongbai, Li Jun et al. (Southeast University, Nanjing 210018); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(3), 1994, pp. 30—33

A polymer composite material has been prepared by using an epoxy resin as binder, a low molecular weight polyamide as curing agent, and a mixture of powdered stone, quartz sand and glass fiber as filler, based on an optimized formulation designed to meet the requirements for the performance of material. The tests show that the composite material has a hardness of about 240 HB and an impact resistance of about 30kg · cm/cm², both of which are close to those for some metal materials. This material is also easy to shape and is cost-effective. All of these make the material having a value of wide application, particularly use as alternatives to replace those metal parts which may undergo a heavier impact on shuttled textile machines in textile factories, in order to minimize the vibration and noise.

Key words: polymer composite material, epoxy resin, vibration damping, noise reduction.

Method for Treating Exhaust Gases from Methanol Fueled Internal Combustion Engine (II): A Deep Oxidation of Methanol over Multicomponent Catalysts. Wang Jin'an, Wang Ren (Institute of Industrial Catalysts, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(3), 1994, pp. 34—37

Several kinds of multicomponent catalysts for a deep oxidation of methanol were studied for their activities and surface features by means of GC-MR, XRD, SEM, BET etc. The studies were also conducted on the effects of calcination temperature, oxygen level in the atmosphere and space-velocity on the activities of catalysts. The results show that the oxidation of methanol over all the catalysts studied produced formaldehyde (HCHO) and methyl formate (HCOOCH₃), and both the temperature ranges in which they could be produced and the maximum concentrations at which they could be produced varied for different catalysts. Catalysts No. 32—37 were found to have a significantly high activity than the bicomponent catalysts. The addition of a rare earth metal oxide (CeO₂) and a noble metal (Pd) in a small amount to such catalysts could improve their activities to an extent. Increased calcination temperatures would cause the catalyst surfaces to be sintered, making the activities reduced. Increased space-velocities could give a slightly higher rate of methanol conversion. The oxygen level was found to be preferably at 5% and a level of over 10% would have only a small effect on methanol conversion.

Key words: methanol, formaldehyde, methyl