

苯乙烯类单体等规均 / 共聚物的合成与表征^{*}

陈卫星 邹 敏 马爱洁 罗春燕

(西安工业大学材料与化工学院, 西安 710032)

摘要 以正丁基锂($n\text{BuLi}$)为引发剂, 通过加入有机金属钡盐构筑双金属阴离子聚合体系, 考察了立构规整性聚苯乙烯的制备条件, 制得规整度为 31% 的苯乙烯(St)均聚物。在此基础上, 以 St 及对氯甲基苯乙烯(CMS)为单体, 用 $n\text{BuLi}$ 引发共聚, 得到规整度为 45% 的 St 和 CMS 的共聚物 $\text{P}(\text{St-co-CMS})$ 。通过傅里叶变换红外光谱仪、差示扫描量热分析仪、X 射线衍射仪、核磁共振谱仪等仪器的分析证实了产物的结构。

关键词 苯乙烯 对氯甲基苯乙烯 阴离子聚合 规整度 共聚

聚苯乙烯(PS)是一种用途广泛的通用材料, 用不同聚合方法可以实现对其微观结构的控制, 从而赋予材料新的性能。苯乙烯(St)是具有共轭基团的烯类单体, 极易发生诱导极化, 能按自由基、阴、阳离子等不同方法聚合。通过自由基聚合方法得到的 PS 的转化率能够达到 95% 以上, 但聚合物属于无规立构体^[1]; 通过配位阳离子聚合可以得到等规立构体, 但是能够选择的溶剂非常有限, 大大阻碍了等规聚合物的合成。等规聚苯乙烯($i\text{PS}$)最早是采用 Ziegler-Natta 催化剂制得的结晶性聚合物^[2], 其特点是具有较高的熔点和软化点, 密度大。另外, 采用烷基碱金属阴离子聚合也能制得 $i\text{PS}$ ^[3], 其优点是产物分子量易控制, 分子量分布窄, 但合成的 PS 一般为嵌段共聚物。也有用复合催化体系成功合成 $i\text{PS}$ 的, 但此催化剂中含有烷基铝, 其活性很高, 危险系数极大, 在应用时对环境要求非常高, 一般实验室条件很难满足。因此, 笔者采用相对安全的双金属阴离子聚合法来合成等规 St 类共聚物。

笔者前期主要考察了双金属阴离子聚合对 St 类共聚物规整度的控制, 以正丁基锂($n\text{BuLi}$)为催化剂, 环己烷为溶剂, 钡盐为调节剂^[3], 在一定的温度下制得具有一定规整性的 PS , 在此基础上, 得到了具有等规结构的 St 与对氯甲基苯乙烯(CMS)的共聚物 $\text{P}(\text{St-co-CMS})$, 为后续考察高规整度两亲性梳状共聚物 $\text{P}(\text{St-g-DMAEMA})$ 在选择性溶剂中的自组装过程及其胶束包覆药物后在不同 pH 环境下的药控释放行为打下良好基础。

1 实验部分

1.1 主要原材料

CMS : 纯度 $\geq 90\%$, 分析纯, 美国 Acros 公司;

St : 分析纯, 天津市巴斯夫化工有限公司;

$n\text{BuLi}$: 用 2.5 mol/L 正己烷溶液配制, 美国 Ac-

ros 公司;

环己烷(C_6H_{12})、甲醇(CH_3OH): 天津市博迪化工有限公司;

四氢呋喃(THF): 分析纯, 天津市红岩化学试剂厂;

十二烷基苯磺酸钡: 自制。

1.2 仪器及设备

傅里叶变换红外光谱(FTIR)仪: IS10 型, 美国 Nicolet 公司;

差示扫描量热分析(DSC)仪: MT823e 型, 瑞士 Mettler Toledo 公司;

X 射线衍射(XRD)仪: XRD-6000 型, 日本岛津公司;

核磁共振谱仪: Bruker Avance-300M 型, 德国 Bruker 公司。

1.3 $i\text{PS}$ 的制备和提纯

先将所有单体原料在 CaH_2 存在下回流, 减压蒸馏, 存入 5°C 环境下备用, 后将聚合瓶烘干, 反复抽真空, 充氮气 3 次, 加入 20 mL 环己烷, 依次加入一定量的十二烷基苯磺酸钡、 $n\text{BuLi}$, 在室温下搅拌 0.5 h , 将聚合反应瓶移至一定温度的油浴中, 加入 0.05 mol 的 St , 反应一定时间后终止, 在甲醇中沉淀、抽滤、干燥, 即得产物。最后将产物在丁酮中抽提 24 h , 所得不溶物即为 $i\text{PS}$ 。产物的转化率按 (1) 式计算:

$$\text{转化率} = \frac{\text{聚合物质量}}{\text{单体质量}} \times 100\% \quad (1)$$

规整度按 (2) 式计算:

$$\text{规整度} = \frac{\text{丁酮不溶物的质量}}{\text{产物的质量}} \times 100\% \quad (2)$$

^{*} 陕西省自然科学基金项目 (SJ08B17), 陕西省教育厅自然科学专项项目 (08JK308)

收稿日期: 2011-03-20

1.4 P(St-co-CMS) 的制备和提纯

将聚合瓶烘干,反复抽真空,充氮气 3 次,然后加入 St 与 CMS,两者摩尔比为 25:1,依次加入一定量的十二烷基苯磺酸钡和 nBuLi,在 60℃下反应一定时间,用甲醇终止,并在其中沉淀、过滤、反复洗涤,干燥,即得目标产物。将产物在丁酮中抽提 24 h 后所得不溶物即为 P(St-co-CMS),其规整度按(2)式计算。

1.5 表征

采用 FTIR 仪,通过 KBr 压片法,在 400~4 000 cm^{-1} 范围内测定聚合物的结构;

用 DSC 仪测定聚合物的玻璃化转变温度(T_g)和熔融温度(T_m),在 30~280℃范围内加热,升温速率 20℃/min, N_2 流速 50 mL/min;

用 XRD 仪于室温下测定聚合物结晶度;
用核磁共振谱仪于室温下测定 ^{13}C -NMR 谱, CDCl_3 作溶剂。

2 结果与讨论

2.1 PS 的合成

(1) 不同反应时间对 St 均聚反应的影响
表 1 列出不同反应时间对 St 均聚反应的影响。

表 1 反应时间对 St 均聚反应的影响

编号	温度/℃	调节剂 / mmol	引发剂 / mmol	反应时间 / h	转化率 / %	规整度 / %
1	30	2.0	1.5	4	18.0	7.0
2	30	2.0	1.5	6	23.3	6.8
3	30	2.0	1.5	10	45.0	6.8
4	30	2.0	1.5	24	73.0	6.9

由表 1 可以看出,在其它条件不变的情况下,随着聚合反应时间的延长,转化率呈上升趋势。由表 1 还可看出,延长反应时间虽然可以提高单体转化率,但对目标产物的规整度影响不大。

(2) 不同反应温度对 St 均聚反应的影响
表 2 列出不同反应温度对 St 均聚反应的影响。

表 2 反应温度对 St 均聚反应的影响

编号	温度/℃	调节剂 / mmol	反应时间 / h	引发剂 / mmol	转化率 / %	规整度 / %
1	100	2.0	24	1.5	62.0	5.2
2	60	2.0	24	1.5	56.0	31.0
3	30	2.0	24	1.5	40.0	7.0
4	-10	2.0	24	1.5	28.0	5.0

由表 2 可看出,其它条件不变,转化率随着反应温度的降低而降低,但丁酮不溶物含量,即产物中规整度高的部分的含量呈先上升后降低的趋势。在 100℃时,单体活性较高,使聚合反应在很短的时间

内就能引发大量单体,转化率较高,但在此过程中,调节剂来不及发挥作用,造成规整度较低;在 -10℃时,聚合难以达到所需的活化能,活性种较少,导致转化率和规整度都较低。在 60℃下反应,单体转化率和产物规整度都较高,经丁酮抽提 24 h 后,计算得 PS 规整度为 31%。

(3) 不同 [Ba]/[Li] 比例对 St 均聚的影响
表 3 列出 [Ba]/[Li] 的比例对 St 均聚的影响。

表 3 [Ba]/[Li] 比例对 St 均聚的影响

编号	反应时间 / h	引发剂 / mmol	温度 / ℃	[Ba] / [Li] (mol/mol)	转化率 / %	规整度 / %
1	24	1.5	60	0.2	62.0	7.6
2	24	1.5	60	0.4	35.6	8.0
3	24	1.5	60	0.6	45.0	12.3
4	24	1.5	60	1.0	3.0	1.2

由表 3 可以看出,随着 [Ba]/[Li] 比例的提高,单体转化率迅速下降,规整度先升后降。在 [Ba]/[Li] 比为 0.2 时,由于 [Li] 的含量较高,使得反应体系中聚合的速率极快并放出大量的热,会导致阴离子活性种失活,反应停滞^[4],此时调节剂含量较少时就不能发挥作用,造成产物分子规整度较低;在 [Ba]/[Li] 比为 1 时,聚合体系中 [Ba] 的增多,使得 [Li] 很难继续催化反应,阻聚作用增强,St 的聚合停止,此时转化率和规整度都较低。在 [Ba]/[Li] 比为 0.6 时,由于此时 [Ba]/[Li] 在反应体系中达到平衡,转化率和规整度都较高。

(4) Ba 盐的用量对 St 均聚的影响
表 4 为 Ba 盐的用量对 St 均聚的影响。

表 4 Ba 盐的用量对 St 均聚的影响

编号	反应时间 / h	引发剂 / mmol	温度 / ℃	调节剂 / mmol	转化率 / %	规整度 / %
1	24	1.5	60	2.3	37.0	19.0
2	24	1.5	60	1.7	59.0	31.3
3	24	1.5	60	1.1	45.0	18.0
4	24	1.5	60	0.4	71.0	6.0

由表 4 可以看出,其它条件不变,随着调节剂用量的降低,聚合物的转化率和规整度呈先上升后逐渐降低的趋势。在调节剂含量为 1.7 mmol 时,转化率和规整度都较高,这可能是由于此时调节剂、单体及引发剂在聚合体系中达到了一种分子间平衡,使得引发剂能够有效地发挥作用,而调节剂也能更好地对分子的微观结构进行调节。在调节剂含量为 0.4 mmol 时,转化率最高,但规整度较低。说明在一定配比范围内,随着调节剂用量增加,聚合反应的规整度也增加。

2.2 P(St-co-CMS)的合成

在制备 PS 均聚物基础上,又对 P(St-co-CMS)共聚物的规整度进行了研究,合成条件与结果如表 5 所示。

表 5 P(St-co-CMS)的合成条件与结果

编号	温度 / ℃	反应时 间 /h	引发剂 / mmol	调节剂 / mmol	转化率 / %	规整度 / %
1	60	24	1.5	1.7	12.0	7.1
2	65	24	1.5	1.7	30.0	45.0
3	70	24	1.5	1.7	46.0	21.3

由表 5 可以看出,St/CMS 之比恒为 25:1,反应温度为 65℃ 情况下,产物规整度最高为 45.0%。在温度为 60℃ 时,转化率和规整度均较低。这是由于温度较低时,分子链的运动能力较弱,容易被固定,此时调节剂也不能充分发挥作用,导致转化率和规整度都较低;而在 70℃ 时,分子链的运动能力较高而迅速放出大量的热,分子链难以固定,单体很快聚合,转化率较高,但在此过程中,调节剂未能充分发挥作用,导致规整度不高;在 65℃ 时,分子链的运动能力适中,调节剂相互作用^[5],反应一段时间后,分子链被固定,得到的 P(St-co-CMS)转化率和规整度都较高。

2.3 PS 的表征

(1) FTIR 分析

用 FTIR 确定 St 均聚物的结构,如图 1 所示。在 3 024、3 053 cm^{-1} 处是苯环上典型的 C—H 伸缩振动峰;2 930、2 851 cm^{-1} 处是饱和的 —CH 和 —CH₂ 的伸缩振动峰;1 601 cm^{-1} 处为苯环的骨架振动峰;1 493 cm^{-1} 处为苯环上 C—H 的面内弯曲振动峰,1 453 cm^{-1} 处为 CH₂ 的面内弯曲振动峰;698、757 cm^{-1} 处为单取代苯环上 C—H 的面外振动峰,由此可初步证实目标产物为 PS。

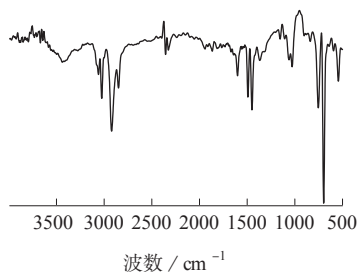


图 1 PS 的 FTIR 谱图

(2) ¹³C-NMR 分析

为了进一步证实产物具有规整结构,用 ¹³C-NMR 对在丁酮中抽提的 PS 规整度进行表征,结果如图 2 所示,δ₄₃ 是 —CH₂CH 中对应的 C 原子的共振

讯号,δ₄₃ 是 —CH₂CH 中对应的 C 原子共振讯号;δ_{125~130} 处是芳环碳的共振讯号;δ_{76~77} 是溶剂 CDCl₃ 共振讯号。在 δ_{46.3} 处有一个明显的共振讯号,这是等规结构 PS 的特征共振讯号,与文献[6-7]报道的等规结构 PS 共振讯号位置 δ_{146.28} 一致。由此可以看出,经抽提后产物为 iPS。

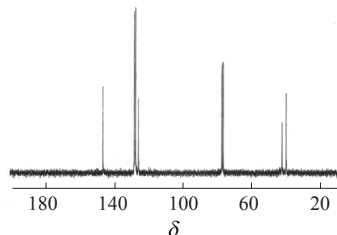


图 2 PS 的 ¹³C-NMR 谱图

(3) DSC 分析

图 3 为目标产物 iPS 的 DSC 曲线。由图 3 可以看出,90℃ 处的峰为 PS 的 T_g,在 170~180℃ 和 240℃ 分别有一个熔融吸收峰,其中 170~180℃ 处的峰为结晶不完善的 iPS 晶体熔融所产生的,240℃ 处的峰为结晶完善的 iPS 晶体熔融峰。由于 iPS 结晶后,分子排布更加密集、有序,因此在熔融过程中,完全结晶的 iPS 分子运动相对缓慢,熔融温度也就相对高。该结果与 L. Cazzaniga 和 R. E. Cohen 等的报道^[8]一致,也证明了所合成的目标产物为具有规整凝聚态的 PS。

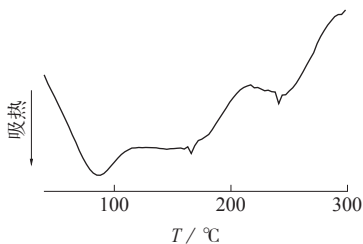


图 3 iPS 的 DSC 曲线

(4) XRD 分析

为进一步确定 iPS 中结晶的存在,应用 XRD 仪对其结晶度进行测定,其结果如图 4 所示。从图 4 可以看出,在 25°~40° 处出现既不尖锐也不弥散的突出峰,表明有结晶存在但很不完善;在 20° 处出现一个尖峰,表明 iPS 中已有部分结晶完全,通过随机软件分析,其结晶度约为 29.6%。

2.4 P(St-co-CMS)的合成与表征

(1) FTIR 分析

将所得到的 P(St-co-CMS)纯化后,用 FTIR 测定分子结构,结果如图 5 所示。由图 5 可以看出,在 3 025、3 062、3 078 cm^{-1} 处是苯环上典型的 C—H 的

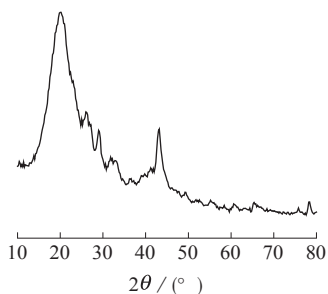


图4 聚苯乙烯的XRD谱图

伸缩振动吸收峰; $2921, 2850\text{ cm}^{-1}$ 处是饱和 CH 和 CH_2 的伸缩振动吸收峰; 1600 cm^{-1} 处为苯环的骨架振动峰; 1490 cm^{-1} 处归属于苯环上 C—H 的面内弯曲振动吸收峰, 1454 cm^{-1} 处为 CH_2 的面内弯曲振动吸收峰; $698, 756\text{ cm}^{-1}$ 处为单取代苯环上 C—H 的面外振动吸收峰; 830 cm^{-1} 处是对位二取代苯环上两个相邻氢原子的面外弯曲振动吸收峰^[9]。初步证明了 P-CMS 成分的存在。

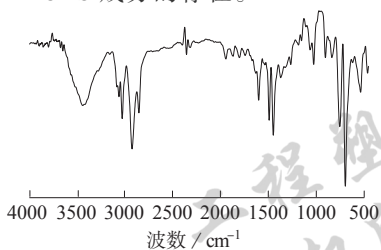
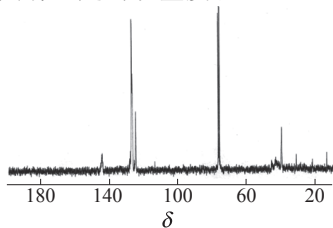


图5 P(St-co-CMS)的FTIR谱图

(2) ^{13}C -NMR 分析

用 ^{13}C -NMR 对 P(St-co-CMS) 的规整度进行分析, 结果如图 6 所示。 δ_{40} 处是 $-\text{CH}_2\text{CH}-$ 中对应的 C 原子的共振讯号, δ_{46} 处是 $-\text{CH}_2\text{CH}-$ 中对应的 C 原子的共振讯号; δ_{76-77} 处是溶剂 CDCl_3 共振讯号; δ_{128} 处是芳环碳的共振讯号; 在 δ_{146} 处的共振讯号, 可根据 iPS ^{13}C -NMR 谱的共振讯号位置证明 PS 和 CMS 的共聚物也具有一定的规整度。

图6 P(St-co-CMS)的 ^{13}C -NMR谱图

(3) DSC 分析

图7为目标产物 P(St-co-CMS) 的 DSC 曲线。 90°C 处的峰为以 PS 为主链的 T_g , 145°C 处有一个熔融吸收峰, 为结晶不完善的 P(St-co-CMS) 晶体熔融所产生的, 在 240°C 处熔融吸收峰与 iPS 结晶完善晶

体熔融峰位置一致, 由于结晶聚合物的分子链已经排入规整的晶格, 想要破坏这种晶格则需要更高的温度^[10]。这也就证明了所合成的目标产物中具有凝聚态的 P(St-co-CMS)。

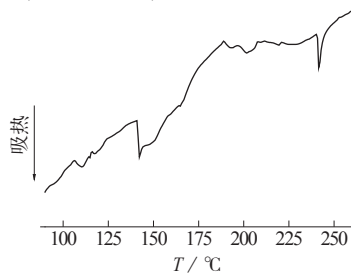


图7 P(St-co-CMS)的DSC曲线

(4) XRD 分析

对共聚物做 XRD 分析, 其结果如图 8 所示。从图 8 可以看出, 在 $28^\circ \sim 42^\circ$ 处出现了衍射峰, 表明有结晶存在但很不完善; 在 20° 处出现一个尖峰, 表明样品中已有部分结晶完全, 其结晶度约为 28.5%。

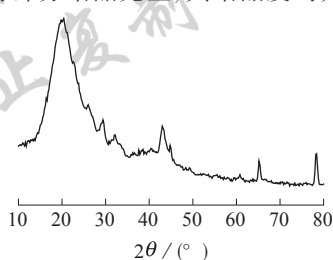


图8 P(St-co-CMS)的XRD谱图

3 结论

以 nBuLi 为引发剂, 环己烷为溶剂, 通过添加有机金属钡盐, 构筑的双金属阴离子聚合体系表现出对均聚产物微观立构的良好控制, 也很好控制了共聚产物的结构。得到规整度为 31% 的 PS 均聚物和规整度为 45% 的 P(St-co-CMS) 共聚物。

参考文献

- [1] 王戡涛. 聚苯乙烯树脂的合成、结构和性能[J]. 内蒙古石油化工, 2008, 2(4): 33-35.
- [2] 王静. 稀土催化合成立构规整聚苯乙烯的研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2005.
- [3] 史丰田, 韩丙勇, 杨万泰. 阴离子聚合体系聚苯乙烯立构规整性控制研究[C]. 北京: 中国化工学会(IESC), 2006: 65-68.
- [4] 史丰田, 韩丙勇. 阴离子聚合控制聚合物立构规整性及其嵌段共聚物的合成研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2007.
- [5] 王重, 王良诗, 郭梅芳, 等. 乙烯含量对抗冲丙烯共聚物等温结晶行为的影响[J]. 高分子学报, 2005, 12(6): 885-890.
- [6] Dias M L, Geraldo L. Isospecific polymerization of styrene with supported nickel acetylacetonate/methylaluninoxane catalysts[J]. Polymer Bulletin, 1998, 40: 689-694.
- [7] Liu Li, Gong Zhi, Zheng Yulian, et al. Synthesis of isotactic poly-

styrene with a rare-earth catalyst [J]. J Polym Sci, Part A: Polym Chem, 1998, 36: 1 773 - 1 778.

- [8] Felisberti M I, Stadler R. Bicontinuous microfoams by water-induced phase separation in poly(vinyl methyl ether) (PVME) - cross-polystyrene (PS) semi-interpenetrating [J]. Macromole-

cules, 1989, 22(10): 4 128 - 4 130.

- [9] 林思聪, 陈景平, 关建宁, 等. 对氯甲基苯乙烯的聚合及其聚合物性质的研究 [J]. 高分子学报, 1991, 5(4): 238 - 242.
- [10] 杨坡, 胡国胜, 王标兵. 尼龙 6/11 共聚物的非等温结晶动力学研究 [J]. 中北大学学报, 2008, 29(2): 156 - 159.

THE SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ISOTACTIC HOMO-/CO-POLYMER OF STYRENE MONOMERS

Chen Weixing, Zou Min, Ma Aijie, Luo Chunyan

(School of Materials and Chemical Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

ABSTRACT Using nBuLi as initiator and adding organometallic, a double metallic anionic polymerization system was built. The synthetic conditions of stereoregular PS were also investigated and the styrene (St) homopolymer with 31% isotacticity was prepared. On this basis, with St and chloromethylstyrene (CMS) as the monomer, their copolymerization was triggered by nBuLi. Then the copolymer of St and CMS [P(St-co-CMS)] with 45% isotacticity was prepared. The products were characterized by FTIR, DSC, XRD and ^{13}C - NMR and their structures had been confirmed.

KEYWORDS styrene, chloromethylstyrene, anionic polymerization, isotacticity, copolymerization

3 万 t 项目试车, 金发科技降解塑料期待放量

金发科技控股公司珠海万通化工投资建设的完全生物降解塑料聚酯 (PBSA) 工业化合成装置于 2011 年 5 月 12 日投料试车, 该生产线正常投产后预计将使公司新增年产 3 万 t 完全生物降解塑料的产能。这标志着, 经过多年的技术沉淀, 金发科技酝酿已久的生物降解塑料业务取得了重大进展, 并具备了规模发展的条件。

PBSA 产品广泛应用于包装膜、纸的镀膜、医疗用品、泡沫材料、农用地膜等领域。兴业证券分析师表示, 此次公司 3 万 t 连续法项目投产后, 生产成本较之前 3 000 t 的中试线有显著下降; 由于技术完全由公司自主研发, 扩产相对顺畅。因此, 公司生物降解塑料业务有望实现迅速放量。

3 万 t 项目投产后, 意味着金发科技的产能将上一个新台阶。目前公司产品主要供给国外。随着国外市场的发展以及国内环保意识的增强, 生物降解塑料市场的前景相当广阔。预计今年将新增产能 8 000 t, 而 5 年内有望达到 20 万 t 的销售规模。

从全球市场来看, 生物可降解塑料市场正处于快速增长阶段, 消费量由 2007 年的约 30 余万 t 增至 2009 年的 69.5 万 t, 两年内增长一倍, 但仍不足全球塑料消费量的 1%。因生产成本普遍高出普通塑料制品的 1.5 ~ 2 倍, 国内的降解塑料产能及产量远落后于发达国家。自兴业证券的数据显示, 2009 年国内生物可降解塑料的消费量不足 8 000 t, 而国内超过 90% 的产品都出口到欧美等发达国家。

国内外市场发展不平衡的格局有望在不久的将来得到改变。据媒体报道, 生物降解塑料相关扶持政策有望于下半年陆续出台。如果获政策推动, 行业发展速度将大大提速, 金发科技的产能优势将率先得以体现。 (上海证券报)

生产塑料制品应确保助剂的安全使用

近日, 欧盟颁布禁止在婴儿奶瓶中使用双酚 A 的指令 (2011/8/EU) 所带来的影响正持续“发酵”, 作为增塑剂使用

的双酚 A 等塑料助剂的安全性引起公众的广泛关注。

塑料制品的成型过程基本上是由配合、塑炼、成型等工序完成, 而树脂、助剂、加工设备 (包括模具) 则是加工过程中不可或缺的基本要素, 塑料助剂对制品加工和应用性能的改善和提高作用举足轻重, 如为降低树脂的成型温度, 使制品柔软而添加增塑剂等。现阶段出口塑料制品中助剂的使用仍存隐患, 据 2010 年余姚检验检疫局出口产品监控数据显示, 因塑料助剂的使用不当导致的不合格数占塑料制品不合格总数的 57%。一方面是因为生产企业在塑料助剂的使用上存在“重功能, 轻安全”的倾向, 且因助剂在塑料配方中的使用量较少, 对其使用安全性未引起足够的重视。另一方面则是由于塑料助剂的复杂性, 除了进口国标准法规复杂, 企业难掌握之外, 一般企业也缺乏足够的技术能力, 对采购助剂的符合性、安全性进行鉴别, 这在客观上造成部分企业盲目使用塑料助剂, 给出口产品质量安全造成隐患。

鉴于此, 检验检疫部门提醒相关企业: 一是积极了解国外标准要求。跟踪美国联邦法规、美国 FDA 食品接触物通报列表、欧盟 2002/72/EC 指令食品接触塑料及其它相关法规内容更新, 同时, 应加强与检验检疫部门联系, 及时获取标准信息。二是注重塑料助剂的选择。不同用途的制品对所采用助剂的外观、气味、污染性等都有一定的要求, 企业在签订订单前首先应与国外客户沟通, 明确产品最终使用用途, 并在进口国法规框架内根据产品用途选择塑料助剂, 避免使用有争议的助剂产品, 并积极寻求使用安全替代产品。三是加强塑料助剂使用的管理。企业应完善原材料采购制度, 与供应商建立稳定的合作关系, 建立约束机制, 借助供应商的专业知识, 防止塑料助剂的误用。同时, 应建立塑料助剂使用的可追溯管理, 掌控每种助剂使用流向, 便于跟踪召回。四是加强塑料助剂及成品的检测。对有较高风险的助剂及成品, 应及时实施验证, 将产品送往具备技术能力的检测机构进行检测分析, 有效控制产品质量安全风险。 (中聚网)