

## 聚碳酸 1,2-丙二酯/蒙脱土复合材料的制备与性能\*

周庆海<sup>1,2</sup> 高凤翔<sup>1</sup> 卢会敏<sup>1</sup> 王献红<sup>1\*\*</sup> 赵晓江<sup>1</sup> 王佛松<sup>1,3</sup>

(<sup>1</sup>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)

(<sup>2</sup>中国科学院研究生院 北京 100039) (<sup>3</sup>中国科学院 北京 100864)

**摘 要** 利用阳离子交换法,以十六烷基三甲基溴化铵(HTAB)改性钠基蒙脱土制备了有机改性蒙脱土(OMMT),OMMT 的层间距达到了 2 nm,比普通的钠基蒙脱土增加了 0.74 nm.采用熔融插层法制备了插层-絮凝型 PPC/OMMT 复合材料,当复合材料中 OMMT 含量为 5 wt% 时,复合材料的杨氏模量较纯 PPC 树脂大幅度提高了 61.8%,同时玻璃化温度( $T_g$ )提高了 2.4℃,热分解温度提高了 32.3℃.因此,OMMT 对大幅度提高 PPC 的杨氏模量具有很大的潜力.

**关键词** 聚碳酸 1,2-丙二酯,十六烷基三甲基溴化铵,蒙脱土,纳米复合材料,熔融插层

聚碳酸 1,2-丙二酯[poly(propylene carbonate), PPC]是二氧化碳与环氧丙烷的交替共聚物,PPC 除了具有可生物降解的性能之外,还具有优良的阻气特性<sup>[1]</sup>.但是,PPC 的玻璃化转变温度( $T_g$ )仅为 30~40℃,且为无定型结构,导致其高温尺寸稳定性较差,低温韧性不佳,应用领域受到很大限制,因此提高其耐温性能和力学性能是十分必要的.

蒙脱土(montmorillonit,MMT)属于 2:1 层状硅酸盐,每个单位晶胞是由两个硅氧四面体夹带一个铝氧八面体构成的三明治结构,每层厚度约为 1 nm.由于硅氧四面体的  $Si^{4+}$  和铝氧八面体的  $Al^{3+}$  部分被  $Mg^{2+}$  同晶置换,片层表面产生了过量的负电荷,为了保持电中性,这些过剩的负电荷通过片层间吸附的  $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$  等阳离子补偿.蒙脱土层间吸附的阳离子很容易与有机阳离子发生交换,这增大了层间距,有利于高分子材料的插层,提高蒙脱土在高聚物基体中的分散性.蒙脱土作为一种典型的无机纳米层状改性剂,近年来在提高聚合物的玻璃化转变温度、热分解温度、强度、韧性甚至气体阻隔性方面受到广泛关注<sup>[2~5]</sup>.

本文采用十六烷基三甲基溴化铵(HTAB)改性钠基蒙脱土,制备了有机改性蒙脱土(OMMT),并采用熔融插层方法制备 PPC/OMMT 复合材料,研究了蒙脱土在 PPC 中的分散性能,探讨了蒙脱土改性对复合材料的力学性能和热性能的影响.

## 1 实验部分

### 1.1 原料

PPC,由内蒙古蒙西高新技术集团公司采用中国科学院长春应用化学研究所的专利技术生产<sup>[6]</sup>.PPC 使用前经纯化处理,将 PPC 溶解在丙酮中制成 10 wt%~15 wt% 的溶液,随后加入 1 wt% 盐酸/乙醇溶液使 PPC 沉淀,沉淀物用乙醇洗至中性,在 50℃ 下真空干燥后备用.纯化后 PPC 的  $M_n = 8.5 \times 10^4$ ,PDI = 2.26 (GPC), $T_g = 30.87^\circ C$  (DSC).钠基蒙脱土(Na-MMT)由 Nanocor 公司提供,离子交换量为 120 mequiv/100 g,有机蒙脱土 DK-2 由浙江丰虹粘土化工有限公司提供,用前在 80℃ 的真空烘箱中真空干燥 24 h.十六烷基三甲基溴化铵(HTAB)、丙酮、乙醇、盐酸均为分析纯试剂,直接使用.

### 1.2 钠基蒙脱土的有机改性

将 5.69 g HTAB(15.6 mmol)溶于 50 mL 去离子水中,搅拌下逐滴加入 2.1 mL 盐酸(36%~37%),搅拌 5 min,制得 HTAB-HCl 溶液.在搅拌下,将制得的溶液缓慢滴入 10 g Na-MMT 在 80℃ 经 1000 mL 去离子水溶胀的混合液中,随后用高剪切乳化机在 10000~30000 r/min 下分散,直至有机改性蒙脱土全部浮在液体表面(约 10~15 min).滤出改性蒙脱土,滤饼用 80℃ 去离子水洗涂去除  $Br^-$ ,当洗涤液用  $AgNO_3$  (0.1 mol/L)检测不

到  $\text{Br}^-$  时, 停止洗涤. 所得改性蒙脱土 (HTAB-MMT) 在  $50^\circ\text{C}$  下真空干燥至恒重. 粉体过 300 目筛后备用<sup>[4]</sup>.

### 1.3 PPC/OMMT 复合材料的制备

经 1 wt% 马来酸酐封端的 PPC<sup>[7]</sup> 与 OMMT 按照设定比例在高速混合机中混合均匀, 随后在  $120^\circ\text{C}$  和 30 r/min 下, 经 Haake 密炼机中密炼 6 min 后取出, 剪碎备用.

### 1.4 结构和性能分析

**1.4.1 XRD 分析** 样品的 X 射线衍射图使用日本理学 D/MAX-2550 型 X 衍射仪 (40 kV, 200 mA, Cu  $K\alpha$ ,  $\lambda = 0.154 \text{ nm}$ ) 在室温条件下获得 (扫描速率  $2^\circ/\text{min}$ , 扫描角  $2\theta$  在  $1^\circ$  至  $15^\circ$  之间). 蒙脱土片层的间距可从 [001] 峰计算出.

**1.4.2 透射电镜 (TEM) 分析** 样品用美国 Ultramicrotome 型冷冻切片仪, 在  $-10^\circ\text{C}$  和步进速率 60 nm 的条件下进行冷冻切片. 切片承载在 200 目铜网上, 用 JEM-2010 型高分辨率透射电镜 (日本电子株式会社) 获取 TEM 图像.

**1.4.3 拉伸性能** 样品的杨氏模量、拉伸强度均用德国 Zwick/Z010 型多功能电子拉伸实验机于  $20^\circ\text{C}$  下测定 (拉伸速率为  $50 \text{ mm/min}$ ). 测试结果取自 5 个样品的平均值.

**1.4.4 TGA 分析和 DSC 分析** 用 PerkinElmer TGA-7 型热分析仪在  $\text{N}_2$  气保护下获得样品的热失重曲线 (以  $10 \text{ K/min}$  的升温速率, 从室温升温至  $700^\circ\text{C}$ ).

由 PerkinElmer DSC-7 型热差扫描仪, 升温速率为  $10 \text{ K/min}$ , 在  $\text{N}_2$  气保护下获得样品的 DSC 曲线. 为消除热历史, 先从室温升至  $120^\circ\text{C}$ , 保温 3 min, 急速冷至  $-30^\circ\text{C}$  以下, 然后从  $-30^\circ\text{C} \sim 120^\circ\text{C}$  进行二次扫描, 获得  $T_g$ .

## 2 结果与讨论

### 2.1 蒙脱土在 PPC 中的分散性能

图 1 列出了 HTAB-MMT、DK-2 改性蒙托土和未改性蒙托土的 XRD 图. 由图 1 可以看出改性后蒙脱土的 [001] 峰的  $2\theta$  角向小角方向移动. 各种蒙脱土的层间距可根据 Bragg 方程 ( $2d\sin\theta = \lambda$ ) 进行计算. Na-MMT 的层间距为  $1.26 \text{ nm}$ , 经十六烷基三甲基溴化铵改性的 HTAB-MMT 的层间距为  $2.00 \text{ nm}$ , 与 Na-MMT 相比, 层间距提高了  $0.74 \text{ nm}$ . 有机蒙脱土 DK-2 的片层间距为  $2.31 \text{ nm}$ . 这一现象可解释为由于有机阳离子与片层间的  $\text{Na}^+$

离子发生了离子交换, 使有机阳离子大分子进入蒙脱土片层间, 从而扩大了蒙脱土的层间距. 层间距的扩大有利于聚合物大分子进行层间插入. 蒙脱土片层间烷基长链的存在增加了蒙脱土的疏水性 (亲油性增加), 也为 PPC 的熔融插层提供了较有利条件.

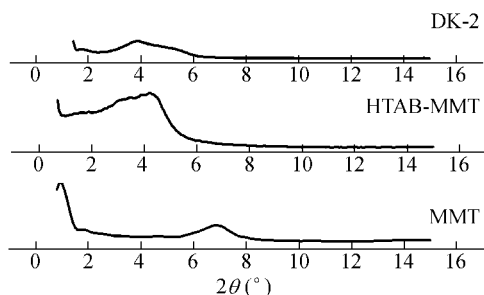


Fig. 1 XRD patterns of various MMT

图 2 和图 3 分别给出复合材料样品中 HTAB-MMT 和 DK-2 含量为 1 wt%, 3 wt%, 5 wt%, 7 wt% 和 100 wt% 的 XRD 图. 由图计算出的蒙脱土的层间距列于表 1 中. 对 HTAB-MMT 改性 PPC 复合材料而言, 当蒙脱土含量从 0 增加到 7 wt% 时, 蒙脱土层间距从原来的  $2.00 \text{ nm}$  逐步增大到  $3.91 \text{ nm}$ , 提高了  $1.91 \text{ nm}$ . 而对 DK-2 蒙脱土改性 PPC 复合材料而言, 当共混物中蒙脱土含量从 0 增加到 7 wt% 时, 蒙脱土层间距从原来的  $2.31 \text{ nm}$  逐步增大到  $3.62 \text{ nm}$ , 提高了  $1.31 \text{ nm}$ . 可见, PPC 与 HTAB-MMT 或 DK-2 进行熔融共混后, 蒙脱土的层间距均提高了  $1 \text{ nm}$  以上. PPC 大分子链插入改性蒙脱土的片层中间, 进一步增大了蒙脱土的层间距, 是插层型 PPC/OMMT 纳米复合材料的主要依据. 7 wt% OMMT 含量的 PPC/HTAB-MMT 纳米复合材料较 PPC/DK-2 纳米复合材料的片层间距大  $0.29 \text{ nm}$ , 说明 HTAB-MMT 更有利于 PPC 插层插入. PPC/HTAB-MMT 共混插层效果更好, 这一点在复合材料的力学性能上也有所表现. 值得指出的是, 图 2 中 HTAB-MMT 含量为 1 wt%、3 wt%、5 wt% 的复合材料在  $2\theta = 4.6^\circ \sim 5^\circ$  左右出现小峰, 而图 3 中 DK-2 含量为 3 wt%、5 wt% 的复合材料在  $2\theta = 5.1^\circ$  左右也出现小峰, 具体原因如下文所述.

根据聚合物与蒙脱土片层间的相互作用强度, 蒙脱土复合材料可分为 3 种类型, 插层型、插层-絮凝型和撕裂型<sup>[5]</sup>. 图 4 为 HTAB-MMT 含量为 5 wt% 的 PPC/HTAB-MMT 纳米复合材料的 TEM 图. 由图 4(a) 可见, HTAB-MMT 呈多层聚集的插

层状结构,每片大约厚 100 nm. 而由图 4(b)可知,大量的絮凝状 HTAB-MMT 以较大尺寸分布在 PPC 中.因此,通过 TEM 和 XRD 分析可以看出 PPC/OMMT 复合材料属于插层-絮凝型复合材料.按照文献报道的结果,蒙脱土之间的絮凝状堆积源于蒙脱土片层之间边缘羟基间较强的相互作用<sup>[5]</sup>,这种絮凝状堆积导致了图 2 和图 3 中小峰的出现.

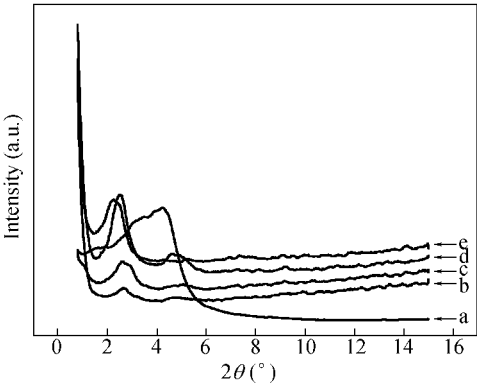


Fig. 2 XRD patterns of PPC/HTAB-MMT composites  
a) HTAB-MMT powder ;b) 1 wt% HTAB-MMT ;  
c) 3 wt% HTAB-MMT ;d) 5 wt% HTAB-MMT ;  
e) 7 wt% HTAB-MMT

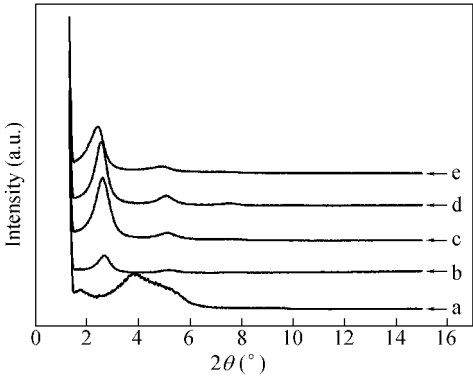


Fig. 3 XRD patterns of PPC/DK-2 composites  
a) DK-2 powder ;b) 1 wt% DK-2 ;c) 3 wt% DK-2 ;  
d) 5 wt% DK-2 ;e) 7 wt% DK-2

Table 1 XRD result of PPC/OMMT composites

|           | 2θ (°) | d <sub>001</sub> (nm) |
|-----------|--------|-----------------------|
| HTAB-MMT  | 4.42   | 1.998                 |
| HTAB-MMT1 | 2.64   | 3.364                 |
| HTAB-MMT3 | 2.66   | 3.318                 |
| HTAB-MMT5 | 2.52   | 3.503                 |
| HTAB-MMT7 | 2.26   | 3.906                 |
| DK-2MMT   | 3.82   | 2.311                 |
| DK-2MMT1  | 2.66   | 3.318                 |
| DK-2MMT3  | 2.64   | 3.344                 |
| DK-2MMT5  | 2.58   | 3.421                 |
| DK-2MMT7  | 2.44   | 3.618                 |

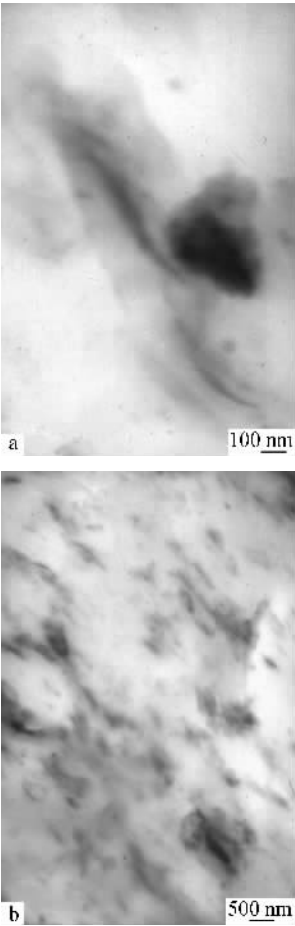


Fig. 4 TEM images of different magnifications for PPC/HTAB-MMT nanocomposites with 5 wt% HTAB-MMT content

2.2 复合材料的力学性能

杨氏模量和拉伸强度是衡量材料力学性能的重要指标,对材料的应用有重要影响.表 2 总结了复合材料的力学性能.加入 1 wt% 的 HTAB-MMT 改性蒙脱土后,复合材料的杨氏模量从 691.4 MPa 提高到 1012 MPa,提高了 46.4% ;加入 1 wt% 的 DK-2 改性蒙脱土后,复合材料的杨氏模量从 691.4 MPa 提高到 815 MPa,提高了 17.9% .聚合物的杨氏模量有随着改性蒙脱土含量的增加而增加趋势.当加入 5 wt% 的 HTAB-MMT 改性蒙脱土后,复合材料的杨氏模量从 691.4 MPa 提高到 1119 MPa,提高了 61.8% ;而加入 5 wt% 的 DK-2 改性蒙脱土后,复合材料的杨氏模量从 691.4 MPa 提高到 943.1 MPa,提高了 36.4% .实验结果发现,当改性蒙脱土含量为 7 wt% 时,杨氏模量值和改性蒙脱土含量为 1 wt%、3 wt%、5 wt% 的杨氏模量相比较则有一定程度的下降.相对于材料的模量变化,加入改性蒙脱土后复合材料的拉伸强度变

化相对较小,如加入 5 wt% 的 HTAB-MMT 改性蒙脱土后,复合材料的拉伸强度仅从 43.6 MPa 提高到 47.5 MPa,提高了 8.9%,而加入 5 wt% 的 DK-2 改性蒙脱土后,复合材料的杨氏模量从 43.6 MPa 提高到 44.1 MPa,仅提高了 1.1%。总的说来,HTAB-MMT 改性蒙脱土比 DK-2 改性蒙脱土对 PPC 力学性能的影响更大。

| Table 2 Mechanical properties of PPC and PPC/OMMT composites |                 |                        |
|--------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|
|                                                              | E-modulus (MPa) | Tensile strength (MPa) |
| PPC                                                          | 691.4           | 43.6                   |
| HTAB-MMT1                                                    | 1012            | 46.7                   |
| HTAB-MMT3                                                    | 1104            | 47.1                   |
| HTAB-MMT5                                                    | 1119            | 47.5                   |
| HTAB-MMT7                                                    | 1000            | 43.7                   |
| DK-2MMT1                                                     | 815.0           | 43.8                   |
| DK-2MMT3                                                     | 852.8           | 43.2                   |
| DK-2MMT5                                                     | 943.1           | 44.1                   |
| DK-2MMT7                                                     | 837.0           | 44.1                   |

复合材料力学性能的提高是由于 PPC 在有机改性蒙脱土中的纳米插层效应及 PPC 与有机蒙脱土之间形成较强的界面强度所致。在蒙脱土含量较低时(1 wt% ~ 5 wt%),有机改性蒙脱土在 PPC 基质中的分散尺寸较小,此时,PPC 和 OMMT 之间容易形成完整(或完全)的插层插入,OMMT 和 PPC 之间所形成的界面强度较大,因而 PPC/OMMT 纳米复合材料的力学性能明显提高。当改性蒙脱土含量过高,如 OMMT 含量超过 7 wt% 时,由于 OMMT 在 PPC 基质中容易产生团聚现象,造成 OMMT 在 PPC 基质中分散尺寸相对变大。该团聚现象一方面使 PPC 难于完成对 OMMT 的完整(或完全)插层插入,使被 PPC 插层插入的 OMMT 含量相对下降,另一方面,因团聚体内部的 OMMT 不能与 PPC 接触,使 PPC 与 OMMT 之间的界面强度减小,最终导致 PPC/OMMT 纳米复合材料的力学性能相对降低。颗粒较大(或团聚)的有机改性蒙脱土还容易形成应力集中点,这也是导致 PPC/OMMT 纳米复合材料力学性能下降的重要原因之一<sup>[8]</sup>。

### 2.3 复合材料的热性能

从表 2 可以看出,HTAB-MMT 比 DK-2MMT 对提高 PPC 的力学性能更有效,因此我们主要研究

了 HTAB-MMT/PPC 复合材料的热性能。表 3 列出了不同含量 HTAB-MMT/PPC 复合材料的热性能。加入 1 wt% 的 HTAB-MMT 可使复合材料的  $T_g$  提高 2.6℃,而随着 HTAB-MMT 用量的增加,复合材料的  $T_g$  略有下降。这是因为 HTAB-MMT 的加入,使 PPC 分子链插层插入到改性蒙脱土片层中间,蒙脱土的片层限制了 PPC 链段的运动从而提高了共混物的  $T_g$ <sup>[9]</sup>。随着 HTAB-MMT 用量的增大,共混物中 HTAB 的含量也随之增加,而有机改性剂 HTAB 对 PPC 有增塑作用(小分子的加入增加了 PPC 的自由体积),从而抵消了蒙脱土对 PPC 分子链的束缚作用,使 HTAB-MMT 含量较高时的  $T_g$  较含量为 1 wt% 时略有降低。

| Table 3 $T_g$ and $T_{max}$ of PPC/HTAB-MMT composites |            |                |
|--------------------------------------------------------|------------|----------------|
|                                                        | $T_g$ (°C) | $T_{max}$ (°C) |
| PPC                                                    | 30.9       | 258.6          |
| PPC/HTAB-MMT1                                          | 33.5       | 284.5          |
| PPC/HTAB-MMT3                                          | 33.3       | 289.5          |
| PPC/HTAB-MMT5                                          | 33.3       | 290.9          |

从表 3 还可以看出,在有机蒙脱土含量为 1 wt%、3 wt% 和 5 wt% 时,PPC/OMMT 复合材料的最高热分解温度( $T_{max}$ )较纯 PPC 分别提高了 25.9℃、30.9℃ 和 32.3℃。可见,PPC/OMMT 复合材料的耐温性能随着改性蒙脱土含量的增加而逐步提高,这是由于蒙脱土片层的阻隔性增加了热分解产生的小分子的扩散路径长度,随着 OMMT 含量进一步增加,扩散路径进一步延长,纳米复合物的热分解温度也进一步提高<sup>[10]</sup>。

## 3 结论

通过熔融插层方法制备了 PPC/OMMT 复合材料,层间距和相结构研究结果表明,PPC/OMMT 之间形成了插层-絮凝型纳米复合结构。OMMT 的加入有利于改善 PPC 的力学性能,尤其对提高材料的杨氏模量十分有效,当 OMMT 含量为 5 wt% 时,综合力学性能最好。此外,OMMT 的加入对提高 PPC 的  $T_g$  和热分解温度也有一定的效果,因此 PPC/OMMT 纳米复合技术对改进 PPC 的力学和耐温性能是有价值的,值得进行更深入的研究。

## REFERENCES

- 1 Pang Hao(庞浩), Liao Bing(廖兵), Huang Yuhui(黄玉惠), Cong Guangmin(丛广民). Chinese Journal of Applied Chemistry(应用化学), 2001, (5) 347 ~ 350
- 2 Someya Y, Nakazato T, Teramoto N, Shibata M. J Appl Polym Sci, 2004, 91 1463 ~ 1475
- 3 Gain O, Espuche E, Pollet E, Alexandre M, Dubois P H. J Polym Sci Part B, 2005, 43 205 ~ 214
- 4 Someya Y, Sugahara Y, Shibata M. J Appl Polym Sci, 2005, 95 386 ~ 392
- 5 Shi X D, Gan Z H. Eur Polym J, 2007, 43 4852 ~ 4858
- 6 Zhao Xiaojiang(赵晓江), Liu Binyuan(刘宾元), Wang Xianhong(王献红), Zhao Daqing(赵大庆), Wang Fosong(王佛松). China patent, 98125655.4. 1998-12-24
- 7 Lai Mingfang(赖明芳), Li Jing(李静), Yang Yun(杨钧), Wang Jinfeng(王晋峰), Liu Jingjiang(刘景江). Acta Polymerica Sinica(高分子学报), 2003, (6) 895 ~ 898
- 8 Chen B Q, Evans J R. Macromolecules, 2006, 39 747 ~ 754
- 9 Chen Guangxin(陈广新), Hao Guangjie(郝广杰), Guo Tianying(郭天瑛), Song Moudao(宋谋道), Zhang Banghua(张邦华). Ion Exchange and Adsorption(离子交换与吸附), 2002, (6) 481 ~ 486
- 10 Xu J, Li R K Y, Meng Y Z, Mai Y W. Mater Res Bull, 2006, 41 244 ~ 252

## THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLY(PROPYLENE CARBONATE) NANOCOMPOSITES WITH VARIOUS ORGANO-MODIFIED MONTMORILLONITES

ZHOU Qinghai<sup>1,2</sup>, GAO Fengxiang<sup>1</sup>, LU Huimin<sup>1</sup>, WANG Xianhong<sup>1</sup>, ZHAO Xiaojiang<sup>1</sup>, WANG Fosong<sup>1,3</sup>

(<sup>1</sup> State Key Laboratory of Polymer Physics and Chemistry, Changchun Institute of Applied Chemistry,

Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

(<sup>2</sup> Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039) (<sup>3</sup> Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864)

**Abstract** Hexadecyl trimethylamine bromide (HTAB) modified montmorillonite (OMMT) was prepared by cationic exchange between  $\text{Na}^+$  and quaternary amine ion, and the layer distance increased by 0.74 nm from 1.26 nm of Na-MMT to 2.00 nm of OMMT, which was very important for late polymer intercalation. Moreover, the existence of long alkyl tail in OMMT enhanced its hydrophobicity, which was beneficial for melt intercalation. The poly(propylene carbonate) (PPC)/OMMT nanocomposites were prepared by melt intercalation of PPC into OMMT, where the as polymerized PPC with number average molecular weight of  $8.5 \times 10^4$  was end-capped by maleic acid anhydride before use, and the layer distance increased from 2.00 nm of OMMT to 3.91 nm of PPC/OMMT nanocomposites when the OMMT content increased from 0 to 7 wt%. X-ray diffraction (XRD) and transmission electron microscopy (TEM) revealed that the PPC/OMMT nanocomposites displayed an intercalated-and-flocculated structure, which was attributed to the strong interaction among the hydroxyl groups at the edges of the layered OMMT. Thermogravimetric analyses (TGA), differential scanning calorimetry (DSC) and mechanical performance testing (Zwick/Z010, Germany) were used for investigation of the thermal and mechanical properties of the nanocomposites. The Young's modulus increased with increasing OMMT content when the OMMT content was below 5 wt%. When 1 wt% of OMMT was added in the composite, the Young's modulus of the composite increased by 46.4% from 691.4 MPa to 1012 MPa, once the OMMT content in the composite reached 5 wt%, the Young's modulus increased by 61.8% from 691.4 MPa of pure PPC to 1119 MPa of the nanocomposite. In addition to the layered structure of OMMT in the composite, the existence of hydrogen bonding interaction between the hydroxyl groups at the edge of layered OMMT and carbonyl groups in PPC may be another important factor for the above sharp increase. When the OMMT content was over 5 wt%, the dispersion efficiency of OMMT in PPC decreased and inhomogeneous aggregates of OMMT appeared, leading to drop of Young's modulus, in another respect, the long alkyl tails in OMMT may act as plasticizer to PPC, also leading to decrease of Young's modulus. It should be noted that, unlike the significant

change of Young's modulus, the tensile strength of the nanocomposite only showed a slight increase of 8.9% from 43.6 MPa to 47.5 MPa. The thermal decomposition temperature of nanocomposite increased with increasing OMMT load, compared with pure PPC, the thermal decomposition temperature increased by 32.3°C from 258.6°C to 290.9°C, which was attributed to the retarding effect of the layered OMMT structure against thermal decomposition. Accordingly, the  $T_g$  of the nanocomposites also showed a slight increase of 2.4°C from 30.9°C to 33.3°C. Therefore, incorporation of OMMT in PPC/OMMT composites may be a potential way to raise the thermal and mechanical performance of PPC.

**Keywords** Poly(propylene carbonate), Hexadecyl trimethylamine bromide, Montmorillonite, Nanocomposite, Melt intercalation