

一种丙烯-丁烯共聚物及其制备方法和应用

相关申请的交叉引用

本申请要求 2020 年 10 月 15 日提交的 CN202011104743.5 和 CN202011103642.6 的优先权和权益，通过引用并且为了所有的目的将所述文件整体结合在本申请中。

技术领域

本发明属于烯烃聚合领域，具体地涉及一种丙烯-丁烯共聚物，一种丙烯-丁烯共聚物的制备方法，以及该丙烯-丁烯共聚物在食品和/或医疗卫生用品中的应用。

10

背景技术

聚丙烯（PP）是无色半透明的热塑性树脂，具有相对密度小、易加工、冲击强度高、耐腐蚀、电绝缘性好以及价格便宜等优点，是通用塑料中发展最快的材料之一，被广泛地用于化工、建筑、家电、农业、汽车工业等多个领域。目前，新型 PP 产品主要集中在共聚产品上。丙烯的共聚包括与乙烯、丁烯及长链的 α -烯烃等单体的共聚，分子链中引入了新的单体会明显带来聚丙烯性能的改变和应用领域的拓展，因此这已是近来聚丙烯发展的新方向。丙烯-丁烯共聚新型 PP 与传统均聚 PP 相比具有透明度高、光泽性好，抗冲击性能高、热封温度低等优点，可广泛用于包装、医疗器械、玩具、家电、汽车等高档日用品领域，是传统均聚聚丙烯的升级换代产品。

20

目前商业化的丙烯-丁烯共聚物大多是一些熔体流动指数较低、二甲苯可溶物含量较高的产品，市场竞争力不强。因而，兼具高熔体流动指数和低二甲苯可溶物的丙烯-丁烯共聚物，因其加工性能优良，可析出物含量少，将具有更高的产品附加值和更广阔的市场前景。

25

对于丙烯-丁烯共聚物，从环保性方面应该注意以下几点：（1）避免含有塑化剂等危害健康的物质；（2）尽量减少易于析出或造成 VOC 的小分子；（3）尽量减少可提取物含量，以免在食品包装等领域的应用受到限制。

发明概述

本发明的一个目的是提供一种丙烯-丁烯共聚物及其制备方法和应用，该共聚物兼具高的熔体流动指数和低的二甲苯可溶物含量，有利于其在食品和医疗卫生等领域中的应用。

30

本发明的另一个目的是提供一种丙烯-丁烯共聚物及其制备方法，该共聚物具有二甲苯可溶物含量低、分子量分布窄且小分子含量少的优点，并且不含邻苯二甲酸酯类塑化剂，更有利于其在食品包装和医疗卫生等领域中的应用。

35

因此，在 first 方面，本发明提供了一种丙烯-丁烯共聚物，以共聚物结构单元的总摩

尔计，该共聚物含有 90-99mol%的丙烯结构单元和 1-10mol%的丁烯结构单元，优选含有 91-97mol%的丙烯结构单元和 3-9mol%的丁烯结构单元；该共聚物的二甲苯可溶物含量 $\leq$ 4wt%，优选 $\leq$ 3wt%，仍更优选 $\leq$ 2.8wt%，仍更优选 $\leq$ 2.5wt%，甚至更优选 $\leq$ 2.3wt%；其中所述丙烯-丁烯共聚物基本上不含分子量低于 1000 的部分。优选地，该共聚物的分子量分布指数 Mw/Mn 小于 5，优选小于 4.5，更优选小于 4。

在第二方面，本发明提供了一种丙烯-丁烯共聚物，以共聚物结构单元的总摩尔计，该共聚物含有 92-99mol%的丙烯结构单元和 1-8mol%的丁烯结构单元，优选含有 93-97mol%的丙烯结构单元和 3-7mol%的丁烯结构单元；该共聚物在 230℃，2.16kg 载荷下测定的熔体流动指数 $\geq$ 20g/10min，优选 35-200g/10min，更优选 50-150g/10min，仍更优选 50-100g/10min；该共聚物的二甲苯可溶物含量 $\leq$ 5wt%，优选 $\leq$ 4wt%，更优选 $\leq$ 3wt%，仍更优选 $\leq$ 2.8wt%，仍更优选 $\leq$ 2.5wt%，甚至更优选 $\leq$ 2.3wt%。

在第三方面，本发明提供了一种丙烯-丁烯共聚物的制备方法，包括如下步骤：在烯烃聚合反应条件下，在催化剂和任选的氢气存在下，将丙烯和丁烯进行聚合，得到所述丙烯-丁烯共聚物；

其中，所述催化剂为含有固体催化剂组分、烷基铝化合物以及任选的外给电子体化合物的齐格勒那塔催化剂；

所述固体催化剂组分含有以下组分的反应产物：

(i) 含镁化合物；

(ii) 含钛化合物；以及

(iii) 内给电子体；

其中，所述内给电子体含有磷酸酯类化合物和二醚类化合物。

在一些实施方案中，所述方法还包括将所述固体催化剂组分、烷基铝化合物和任选的外给电子体化合物进行预接触反应，以及在预接触反应后和聚合反应前，在所述预接触的催化剂存在下用丙烯单体和/或其它 α -烯烃单体（如乙烯或丁烯）和任选的氢气进行预聚合反应。

在第五方面，本发明提供了上述丙烯-丁烯共聚物在食品和/或医疗卫生用品中的应用。

本发明的丙烯-丁烯共聚物兼具熔体流动指数高和二甲苯可溶物少的优点，且不含邻苯二甲酸酯类塑化剂。或者，本发明的丙烯-丁烯共聚物兼具二甲苯可溶物少和分子量分布窄的优点，并且不含邻苯二甲酸酯类塑化剂。上述特征有利于其在食品和医疗卫生等领域中的应用。

本发明的其它特征和优点将在下文予以详细说明。

优选实施方案的详细描述

以下对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明，并不用于限制本发明。

在第一方面，本发明提供了一种丙烯-丁烯共聚物，其中以共聚物结构单元的总摩尔计，该共聚物含有 90-99mol%的丙烯结构单元和 1-10mol%的丁烯结构单元，优选含有 91-97mol%的丙烯结构单元和 3-9mol%的丁烯结构单元；该共聚物的二甲苯可溶物含量 $\leq$ 4wt%，优选 $\leq$ 3wt%，仍更优选 $\leq$ 2.8wt%，仍更优选 $\leq$ 2.5wt%，甚至更优选 $\leq$ 2.3wt%；其中
5 所述丙烯-丁烯共聚物基本上不含分子量低于 1000 的部分。如本领域技术人员理解的，共聚物中小分子部分含量少，则制品中的可析出物少，接触人体时的安全性更高。

除非另外指明，本文中使用的术语“丁烯”表示 1-丁烯。

在一些实施方案中，该共聚物的分子量分布指数 M_w/M_n 小于 5，优选小于 4.5，更优选小于 4。

10 本公开中，二甲苯可溶物含量按照 GB/T 24282-2009 测试；分子量分布指数、分子量低于 1000 的部分的重量百分含量采用凝胶渗透色谱仪（GPC）测定。具体可采用岛津 LC-10AT 型凝胶渗透色谱仪（GPC），其中三氯苯为流动相，温度为 150℃。

在本公开中，表述“丙烯-丁烯共聚物基本上不含分子量低于 1000 的部分”是指：通过 GPC 方法测定，所述丙烯-丁烯共聚物包含小于 0.015wt%，优选小于 0.01wt%，更优选
15 小于 0.005 wt % 的分子量低于 1000g/mol 的部分。在一些实施方案中，通过 GPC 方法对本发明的丙烯-丁烯共聚物进行测定，测定结果显示分子量低于 1000g/mol 的部分的含量为零。

在一些实施方案中，该丙烯-丁烯共聚物除具备如上所述的低二甲苯可溶物含量、分子量分布窄且小分子含量少外，还不含邻苯二甲酸酯类塑化剂。

20 在第二方面，本发明提供了一种丙烯-丁烯共聚物，以共聚物结构单元的总摩尔计，该共聚物含有 92-99mol%的丙烯结构单元和 1-8mol%的丁烯结构单元，优选含有 93-97mol%的丙烯结构单元和 3-7mol%的丁烯结构单元；该共聚物在 230℃, 2.16kg 载荷下测定的熔体流动指数 $\geq$ 20g/10min，优选在 35-200g/10min 的范围内，更优选在 50-150g/10min 的范围内，仍更优选在 50-100g/10min 的范围内；该共聚物的二甲苯可溶物含量 $\leq$ 5wt%，优选 $\leq$ 4wt%，更优选 $\leq$ 3wt%，仍更优选 $\leq$ 2.8wt%，仍更优选 $\leq$ 2.5wt%，甚至更优选 $\leq$ 2.3wt%。
25

本公开中，熔体流动指数按照 GB/T 3682-2000 测试。

在一些实施方案中，该丙烯-丁烯共聚物除具备如上所述的高熔体流动指数、低二甲苯可溶物含量外，还不含邻苯二甲酸酯类塑化剂。本文中使用的表述“不含邻苯二甲酸酯类塑化剂”是指丙烯-丁烯共聚物不含有有意添加的邻苯二甲酸酯类塑化剂。
30

在第三方面，本发明提供了一种丙烯-丁烯共聚物的制备方法，包括如下步骤：在烯烃聚合反应条件下，在催化剂和任选的氢气存在下，将丙烯和丁烯进行聚合，得到所述丙烯-丁烯共聚物；

其中，所述催化剂为含有固体催化剂组分、烷基铝化合物以及任选的外给电子体化合物的齐格勒那塔催化剂；
35

所述固体催化剂组分含有以下组分的反应产物：

- (i) 含镁化合物;
- (ii) 含钛化合物; 以及
- (iii) 内给电子体;

其中, 所述内给电子体含有磷酸酯类化合物和二醚类化合物。

5 在一些实施方案中, 所述烯烃聚合反应在氢气存在下进行, 其中聚合体系中氢气浓度按摩尔计 ≥ 1200 ppm, 优选在 1800–8000ppm 的范围内, 更优选在 2300–6000ppm 的范围内。

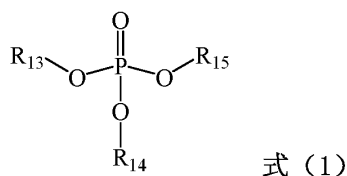
在一些实施方案中, 在所述方法中所述丙烯和丁烯的用量使得, 以共聚物结构单元的总摩尔计, 该共聚物含有 92–99mol% 的丙烯结构单元和 1–8mol% 的丁烯结构单元, 优选含有 93–97mol% 的丙烯结构单元和 3–7mol% 的丁烯结构单元。

10 在其它一些实施方案中, 在所述方法中所述丙烯和丁烯的用量使得以共聚物结构单元的总摩尔计, 该共聚物含有 90–99mol% 的丙烯结构单元和 1–10mol% 的丁烯结构单元, 优选含有 91–97mol% 的丙烯结构单元和 3–9mol% 的丁烯结构单元。

根据本发明, 以所述内给电子体的重量为基准, 所述磷酸酯类化合物和所述二醚类化合物的总含量优选为 70–100 重量%, 更优选为 80–100 重量%, 进一步优选为 90–100 重量%,
15 最优选为 100 重量%。

在一些优选的实施方案中, 所述固体催化剂组分不包含邻苯二甲酸酯类化合物作为内给电子体。

本发明对所述磷酸酯类化合物的种类没有特别地限定, 其可以为现有的各种能够作为用于烯烃聚合的催化剂内给电子体的磷酸酯类化合物。优选地, 所述磷酸酯类化合物是选自式 (1) 所示磷酸酯类化合物中的至少一种,



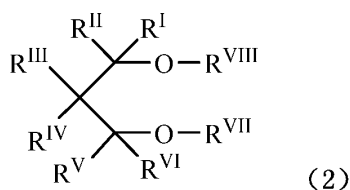
式 (1) 中, R_{13} 、 R_{14} 和 R_{15} 各自独立地选自 C_1 – C_{20} 的直链或支链烷基、 C_3 – C_{20} 的环烷基、 C_6 – C_{20} 的芳基、 C_7 – C_{20} 的烷芳基或 C_7 – C_{20} 的芳烷基, 所述芳基、烷芳基和芳烷基中苯环上的氢原子任选被卤原子或 C_1 – C_4 的烷氧基取代; 进一步优选 R_{13} 、 R_{14} 和 R_{15} 各自独立地选自 C_1 – C_{12} 的直链或支链烷基、 C_3 – C_{12} 的环烷基、 C_6 – C_{12} 的芳基、 C_7 – C_{12} 的烷芳基或 C_7 – C_{12} 的芳烷基, 所述芳基、烷芳基和芳烷基中苯环上的氢原子任选被卤原子或 C_1 – C_4 的烷氧基取代; 更进一步优选 R_{13} 、 R_{14} 和 R_{15} 各自独立地选自 C_1 – C_4 的直链或支链烷基、 C_3 – C_6 的环烷基、 C_6 – C_8 的芳基、 C_7 – C_8 的烷芳基或 C_7 – C_8 的芳烷基, 所述芳基、烷芳基和芳烷基中苯环上的氢原子任选被卤原子取代。本文中使用的术语“卤原子”是指氟、氯、溴或碘。

30 更优选地, 所述磷酸酯类化合物选自磷酸三甲酯、磷酸三乙酯、磷酸三丁酯、磷酸三苯酯、磷酸三(邻、间或对甲苯)酯、磷酸三(邻、间或对异丙基苯)酯、磷酸三(邻、间或对甲氧基苯)酯、磷酸苯基二甲酯、磷酸(邻、间或对甲苯基)二丁酯、磷酸(邻、间或对异丙基苯)二甲酯、磷酸(邻、间或对异丙基苯)二乙酯、磷酸(邻、间或对异丙

苯基)二丁酯、磷酸苯基二(邻、间或对甲苯)酯、磷酸苯基二(邻、间或对异丙基苯)酯、磷酸2,5-二甲苯基二丁酯、磷酸3,5-二甲苯基二丁酯、磷酸2,5-二异丙苯基二甲酯、磷酸2,5-二异丙苯基二乙酯、磷酸2,5-二叔丁基苯基二甲酯和磷酸邻甲苯基二(2,5-二叔丁基)酯中的至少一种。

5 最优选地,所述磷酸酯类化合物为磷酸三丁酯。

本发明对所述二醚类化合物的种类也没有特别地限定,其可以为现有的各种能够作为用于烯烃聚合的催化剂内给电子体的二醚类化合物。优选地,所述二醚类化合物是选自式(2)所示二醚类化合物中的至少一种,



10 式(2)中, R^{I} 、 R^{II} 、 R^{III} 、 R^{IV} 、 R^{V} 和 R^{VI} 相同或不相同,各自独立地选自氢、卤原子、 C_1 - C_{20} 的直链或支链烷基、 C_3 - C_{20} 的环烷基、 C_6 - C_{20} 的芳基、 C_7 - C_{20} 的芳烷基或 C_7 - C_{20} 的烷基, R^{I} - R^{VI} 的基团间任选地链接成环; R^{VII} 和 R^{VIII} 相同或不同,各自独立地选自 C_1 - C_{20} 的直链或支链的烷基、 C_3 - C_{20} 环烷基、 C_6 - C_{20} 芳基、 C_7 - C_{20} 烷基或 C_7 - C_{20} 芳烷基。

15 优选地,所述二醚类化合物选自2-(2-乙基己基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-仲丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环己基-1,3-二甲氧基丙烷、2-苯基-1,3-二甲氧基丙烷、2-(2-苯基乙基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-(2-环己基乙基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-(对氯苯基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-(二苯基甲基)-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二环己基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二环戊基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二乙基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-苄基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-乙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-苯基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-环己基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-双(2-环己基乙基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-异丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-(2-乙基己基)-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二异丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二苯基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二苄基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-双(环己基甲基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-异丁基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-(1-甲基丁基)-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-异丙基-2-异戊基-1,3-二甲氧基丙烷、2-苯基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-苯基-2-仲丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-苄基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环戊基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环戊基-2-仲丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环己基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环己基-2-仲丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-异丙基-2-仲-丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环己基-2-环己基甲基-1,3-二甲氧基丙烷和9,9-二甲氧基甲基芴中的至少一种。

最优选地，所述二醚类化合物为2-异丙基-2-异戊基-1,3-二甲氧基丙烷和/或9,9-二甲氧基甲基苄。

在本发明中，将磷酸酯类化合物与二醚类化合物作为内给电子体配合使用，优选将磷酸酯类化合物与二醚类化合物的摩尔比控制在0.02-0.30:1，例如0.02-0.28:1，进一步优选控制在0.03-0.25:1，例如0.04-0.25:1，更优选控制在0.04-0.20:1，例如0.05-0.20:1。这样能够有效提高催化剂的氢调敏感性和立构定向性，有助于减少聚合物中的二甲苯可溶物含量，并且使得到的聚合物具有窄的分子量分布。

在本发明中，所述含镁化合物可以为各种能够用于烯烃聚合的催化剂的含镁化合物，例如所述含镁化合物可以为卤化镁、镁的醇化物或卤代醇化物和卤化镁加合物载体等；所述卤化镁例如可以为氯化镁和/或溴化镁；所述镁的醇化物例如可以为二乙氧基镁；所述镁的卤代醇化物例如可以为氯化乙氧基镁；所述卤化镁加合物载体的种类为本领域技术人员公知，例如CN1091748A、CN101050245A、CN101486722A、201110142357.X、201110142156.X及201110142024.7等公开的卤化镁加合物载体，这些专利公开的相关内容全部引入本发明作为参考。

根据本发明，所述含钛化合物可以为本领域的常规选择，例如所述含钛化合物可以为通式 $Ti(OR')_{3-a}Z_a$ 和 $Ti(OR')_{4-b}Z_b$ 所示的化合物中的至少一种，其中 R' 为 C_1-C_{20} 的烷基，优选为 C_1-C_{12} 的烷基，更优选为 C_1-C_6 的烷基， Z 为卤素，包括F、Cl、Br或I， a 为1-3的整数， b 为1-4的整数。优选地，所述含钛化合物为四氯化钛、四溴化钛、四碘化钛、三丁氧基氯化钛、二丁氧基二氯化钛、丁氧基三氯化钛、三乙氧基氯化钛、二乙氧基二氯化钛、乙氧基三氯化钛和三氯化钛中的一种或多种。

本发明对所述固体催化剂组分中镁、钛以及内给电子体的含量没有特别的限制，它们可以为本领域常规固体催化剂组分的任意含量。优选地，以每重量份的钛元素计，镁元素的含量为2-16重量份，优选为3-13重量份，进一步优选为4-10重量份；内给电子体的含量为2-16重量份，优选为3-14重量份，进一步优选为4-12重量份。

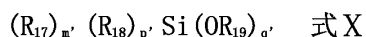
本发明中，所述烷基铝化合物可以为本领域常规使用的各种烷基铝化合物，例如所述烷基铝化合物可以选自通式为 $AlR_{16}R_{16}'R_{16}''$ 所示化合物中的至少一种，其中 R_{16} 、 R_{16}' 和 R_{16}'' 各自独立地为 C_1-C_8 的烷基或卤素且至少其中之一为 C_1-C_8 的烷基，并且烷基上的氢任选地被卤素取代。所述 C_1-C_8 的烷基的具体实例可以包括但不限于：甲基、乙基、丙基、正丁基、异丁基、戊基、己基、正庚基、正辛基，所述卤素可以为氟、氯、溴、碘。具体地，所述烷基铝化合物例如可以选自三乙基铝、三异丁基铝、三正丁基铝、三正己基铝、一氯二乙基铝、一氯二异丁基铝、一氯二正丁基铝、一氯二正己基铝、二氯一乙基铝、二氯一异丁基铝、二氯一正丁基铝和二氯一正己基铝中的一种或多种。

根据本发明，所述烷基铝化合物的用量可以为本领域的常规用量。优选情况下，所述烷基铝化合物中的铝与所述固体催化剂组分中的钛的摩尔比为1-1000:1。进一步优选情况下，所述烷基铝化合物中的铝与所述固体催化剂组分中的钛的摩尔比为20-500:1。最优选的情况下，所述烷基铝化合物中的铝与所述固体催化剂组分中的钛的摩尔比为

30-200: 1。

本发明中，所述外给电子体化合物可以为本领域常用的各种外给电子体化合物，例如羧酸、羧酸酐、羧酸酯、酮、醚、醇、内酯、有机磷化合物和有机硅化合物中的一种或多种。

5 根据本发明一种优选实施方式，所述外给电子体化合物为式X所示的有机硅化合物中的至少一种，



式X中， R_{17} 、 R_{18} 和 R_{19} 各自独立地为 C_1 - C_{18} 的烃基，任选地含有卤素； m' 和 p' 各自独立地为0-2的整数， q' 为1-3的整数，且 m' 、 p' 和 q' 的和为4；

10 优选地， R_{17} 和 R_{18} 各自独立地为 C_3 - C_{10} 的直链或支链烷基、 C_3 - C_{10} 的烯烃基、 C_3 - C_{10} 的环烷基或 C_6 - C_{10} 的芳基，任选地含有卤素； R_{19} 为 C_1 - C_{10} 的直链或支链烷基，优选为 C_1 - C_4 的直链或支链烷基，更优选为甲基。

15 优选地，所述有机硅化合物选自环己基甲基二甲氧基硅烷、二异丙基二甲氧基硅烷、二正丁基二甲氧基硅烷、二异丁基二甲氧基硅烷、二苯基二甲氧基硅烷、甲基叔丁基二甲氧基硅烷、二环戊基二甲氧基硅烷、环己基三甲氧基硅烷、甲基三甲氧基硅烷、乙基三甲氧基硅烷、丙基三甲氧基硅烷、丙基三乙氧基硅烷、叔丁基三甲氧基硅烷、叔己基三甲氧基硅烷和2-乙基吡啶基-2-叔丁基二甲氧基硅烷中的至少一种。

如果使用，外给电子体可以直接加入反应器内，也可以加到反应器进料相关的设备和管线上。

20 根据本发明，所述烷基铝化合物中的铝和所述外给电子体化合物的摩尔比优选为1-50:1，更优选为2-20:1。控制烷基铝化合物和外给电子体化合物的用量在上述优选范围内，可进一步提高所得聚合物的性能。

根据本发明的此方面，在烯烃聚合物的制备过程中，所述的催化剂可以直接加入到反应器内，也可以经预络合和/或预聚合之后，再加入到反应器内。

25 丙烯和丁烯的聚合反应可按照已知方法进行，在液相单体或含聚合单体的惰性溶剂中，或在气相中，或通过的气液相中的组合聚合工艺进行操作。聚合温度可以为10-150℃，优选为60-90℃；聚合压力高于丙烯在相应聚合温度下的饱和蒸汽压力；例如可以为0.01-10MPa，优选为0.05-5MPa，更优选为0.1-4MPa。本发明的压力均指表压。

在聚合反应过程中，所用惰性气体、溶剂的种类和用量均可以为本领域常规选择。

30 本发明所述的聚合方法适合目前较成熟且规模化的Spheripol工艺、Hypol工艺等。

35 在一些实施方案中，本发明的方法还包括将所述固体催化剂组分、烷基铝化合物和任选的外给电子体化合物进行预接触反应以提供预接触的催化剂，以及在预接触反应后和聚合反应前，在所述预接触的催化剂存在下用丙烯单体和/或其它 α -烯烃单体（如乙烯或丁烯）和任选的氢气进行预聚合反应。

在一些实施方案中，所述预接触反应的温度为-10℃至30℃，优选为0-15℃；所述

预接触反应的时间为 0.05-30min, 优选为 0.1-10min。进行预接触反应可以显著提高催化剂的聚合活性、立构定向性以及聚合物的表观密度, 以及增强催化剂活性中心的抗杂质干扰能力, 进而减少聚合物中的灰分、二甲苯可溶物和聚合物颗粒的破碎。

在预接触反应后且聚合反应前, 优选将催化剂与丙烯单体和/或其它 α -烯烃单体进行预聚合反应。预聚合时可加入少量氢气或不加氢气, 所述预聚合反应的温度为 10-50℃, 优选为 12-25℃, 更优选为 15-19℃, 所述预聚合反应的时间为 1-40min, 优选为 5-20min。

丙烯和丁烯的聚合反应可按照已知方法进行, 在液相单体或含聚合单体的惰性溶剂中, 或在气相中, 或通过在气液相中的组合聚合工艺进行操作。聚合温度一般为 50℃-150℃, 优选为 60℃-90℃。聚合反应压力是常压或更高; 例如可以为 0.01-10MPa, 优选为 0.05-5MPa, 更优选为 1-4MPa。本发明的压力均指表压。在聚合过程中, 氢气可用作聚合物分子量调节剂加入到聚合反应器中调节聚合物的分子量和熔融指数。反应单体和催化剂在聚合反应器内的停留时间为 0.5-6h, 优选 1-4h。

在烯烃的聚合反应过程中, 所用惰性气体、溶剂的种类和用量均可以为本领域常规选择。

本发明还提供由上述制备方法制得的丙烯-丁烯共聚物。

本发明的共聚物可形成组合物, 所述组合物可以含有现有技术中常用的添加剂, 如抗氧剂、卤素吸收剂、抗静电剂、爽滑剂、成核剂等。

本发明还提供所述丙烯-丁烯共聚物在食品和/或医疗卫生用品等领域中的应用。例如, 作为食品和/或医疗卫生用品包装的应用。

实施例

下面结合实施例对本发明作进一步说明, 但本发明的范围并不局限于这些实施例。

共聚物的组成由红外光谱分析 (FT-IR) 法测定。采用 Nicolet 仪器公司的 6700 型红外光谱仪测试。

共聚物的熔体流动指数按照 GB/T 3682-2000 在 230℃, 2.16kg 载荷下测试。

共聚物的二甲苯可溶物含量按照 GB/T 24282-2009 测试。

本发明中, 聚合物的分子量分布指数、聚合物分子量低于 1000 的部分的百分含量均采用凝胶渗透色谱仪 (GPC) 测定。具体采用岛津 LC-10AT 型凝胶渗透色谱仪 (GPC), 其中三氯苯为流动相, 温度为 150℃。

实施例 1

本实施例用于说明根据本发明的丙烯-丁烯共聚物及制备方法。

(1) 催化剂组分制备

在 300ml 的玻璃反应瓶中, 加入 90ml 的四氯化钛并冷却至 -20℃, 将以镁元素计的 37mmol 的卤化镁载体 (按 CN1330086A 实施例 1 公开的方法制备得到) 加入其中, 然后升温至 110℃, 并在升温过程中加入 0.8mmol 的磷酸三丁酯和 7.9mmol 的 2-异丙基-2-异戊基-1,3-二甲氧基丙烷, 在 110℃下维持 30min 后滤去液体, 将固体物用四氯化钛洗涤, 然

后用己烷洗涤，真空干燥后得到催化剂组分 Cat-1。

(2) 制备丙烯-丁烯共聚物

在反应器内通入丙烯、丁烯和氢气，将催化剂组分 (Cat-1)、三乙基铝和环己基甲基二甲氧基硅烷 (以钛元素计的催化剂组分 Cat-1 与以铝元素计的三乙基铝的摩尔比为 1: 160; 环己基甲基二甲氧基硅烷与以铝元素计的三乙基铝的摩尔比为 1: 5) 引入反应器进行聚合反应，反应温度为 69℃，反应压力为 3.5MPa，氢气的浓度 (通过在线色谱检测) 为 1600wppm，反应原料中丁烯浓度为 5.4mol%，反应时间为 1h。将所得聚合物进行分析，结果如表 1 所示。

实施例 2

本实施例用于说明根据本发明的丙烯-丁烯共聚物及制备方法。

按照实施例 1 的方法制备催化剂组分和制备聚合物，不同的是，在制备聚合物过程中，反应原料中丁烯浓度为 8.9mol%。将所得聚合物进行分析，结果如表 1 所示。

实施例 3

本实施例用于说明根据本发明的丙烯-丁烯共聚物及制备方法。

按照实施例 1 的方法制备催化剂组分和制备聚合物，不同的是，聚合过程中反应压力为 3.6MPa，氢气浓度为 2500ppm，反应原料中丁烯浓度为 11mol%，反应时间为 1.4h。将所得聚合物进行分析，结果如表 1 所示。

实施例 4

本实施例用于说明根据本发明的丙烯-丁烯共聚物及制备方法。

按照实施例 3 的方法制备催化剂组分和制备聚合物，不同的是，聚合过程中氢气浓度为 3100ppm，反应原料中丁烯浓度为 9.1mol%。将所得聚合物进行分析，结果如表 1 所示。

实施例 5

本实施例用于说明根据本发明的丙烯-丁烯共聚物及制备方法。

按照实施例 1 的方法制备催化剂组分，不同的是在升温过程中加入 1.3mmol 的磷酸三丁酯和 7mmol 的 2-异丙基-2-异戊基-1,3-二甲氧基丙烷，得到催化剂组分 Cat-2。

按照实施例 1 的方法制备聚合物，不同的是，以钛元素计的催化剂组分 Cat-2 与以铝元素计的三乙基铝的摩尔比为 1: 100; 环己基甲基二甲氧基硅烷与以铝元素计的三乙基铝的摩尔比为 1: 3.5; 氢气浓度为 2000ppm，反应原料中丁烯浓度为 7mol%。

对比例 1

按照实施例 2 的方法制备聚合物，不同的是，在制备聚合物的过程中，所述催化剂组分 Cat-1 用购自中国石化奥达催化剂分公司生产的 DQC 催化剂组分 (内给电子体为邻苯二甲酸二异丁酯) 替代。将所得聚合物进行分析，结果如表 1 所示。

表 1

编号	C ₄ (mol%)	MFR (g/10min)	X. S (wt%)
实施例 1	3.4	20	2.3

实施例 2	5.5	22	2.7
实施例 3	6.9	42	3.4
实施例 4	5.7	60	3.1
实施例 5	4.5	25	2.5
对比例 1	4.8	11	4.3

注：C₄ (mol%) 为共聚物中丁烯摩尔含量，X.S (wt%) 为二甲苯可溶物含量。

由各实施例与对比例的结果可以看出，本发明的丙烯-丁烯共聚物具有高的熔体流动指数、低的二甲苯可溶物含量，并且本发明使用的催化剂不含有邻苯二甲酸酯（塑化剂），更有利于聚合物在食品及医疗卫生领域中的应用。

实施例 6

本实施例用来说明根据本发明的丙烯-丁烯共聚物的制备方法。

（1）催化剂组分制备

在 300ml 的玻璃反应瓶中，加入 90ml 的四氯化钛并冷却至-20℃，将以镁元素计的 37mmol 的卤化镁载体（按 CN1330086A 实施例 1 公开的方法制备得到）加入其中，然后升温至 110℃，并在升温过程中加入 0.9mmol 的磷酸三丁酯和 8.3mmol 的 2-异丙基-2-异戊基-1,3-二甲氧基丙烷，在 110℃下维持 30min 后滤去液体，用四氯化钛洗涤，然后用己烷洗涤，真空干燥后得到催化剂组分 Cat-3。

（2）制备聚丙烯

在反应器内通入丙烯、丁烯和氢气，将催化剂组分（Cat-3）、三乙基铝和环己基甲基二甲氧基硅烷（以钛元素计的催化剂组分 Cat-3 与以铝元素计的三乙基铝的摩尔比为 1:120；环己基甲基二甲氧基硅烷与以铝元素计的三乙基铝的摩尔比为 1:4）先进行预接触反应，温度 10℃，时间 5min；然后进行预聚反应，温度 18℃，时间 12min；之后引入反应器进行聚合反应，反应温度为 69℃，反应压力为 3.5MPa，氢气的浓度（通过在线色谱检测）为 1300ppm，反应原料中丁烯浓度为 6mol%，反应时间为 1h。将所得聚合物进行分析，结果如表 2 所示。

实施例 7

本实施例用来说明根据本发明的丙烯-丁烯共聚物的制备方法。

按照实施例 6 的方法制备催化剂组分和制备聚合物，不同的是，在制备聚合物过程中，反应原料中丁烯浓度为 11.5mol%。将所得聚合物进行分析，结果如表 2 所示。

实施例 8

本实施例用来说明根据本发明的丙烯-丁烯共聚物的制备方法。

按照实施例 6 的方法制备催化剂组分和制备聚合物，不同的是，聚合过程中氢气浓度为 2000ppm，预接触反应，温度 8℃，时间 6min，反应原料中丁烯浓度为 9mol%。将所得聚合物进行分析，结果如表 2 所示。

实施例 9

按照实施例 6 的方法制备催化剂组分，不同的是在升温过程中加入 1.4mmol 的磷酸三丁酯和 8mmol 的 2-异丙基-2-异戊基-1,3-二甲氧基丙烷，得到催化剂组分 Cat-4。

按照实施例 6 的方法制备聚合物，不同的是，以钛元素计的催化剂组分 Cat-4 与以铝元素计的三乙基铝的摩尔比为 1：80；环己基甲基二甲氧基硅烷与以铝元素计的三乙基铝的摩尔比为 1：7；氢气浓度为 1000ppm，反应原料中丁烯浓度为 7mol%。

对比例 2

按照实施例 8 的方法制备聚合物，不同的是，在制备聚合物的过程中，所述催化剂组分 Cat-3 用购自中国石化奥达催化剂分公司生产的 DQC 催化剂组分（内给电子体为邻苯二甲酸二异丁酯）替代。将所得聚合物进行分析，结果如表 2 所示。

表 2

编号	C ₄ (mol%)	X. S (wt%)	Mw/Mn	Mw<1000 (%)
实施例 6	3.8	2.4	3.7	0
实施例 7	7.2	3.6	3.6	0
实施例 8	5.7	2.8	3.8	0
实施例 9	4.4	2.7	3.6	0
对比例 2	4.9	4.5	5.4	0.015

注：C₄ (mol%) 为共聚物中丁烯摩尔含量，X. S (wt%) 为二甲苯可溶物含量。

由实施例 6-9 与对比例 2 的结果可以看出，本发明的丙烯-丁烯共聚物具有低的二甲苯可溶物含量和窄的分子量分布以及小分子少的特点，并且本发明使用的催化剂不含有邻苯二甲酸酯（塑化剂），更有利于聚合物在食品及医疗卫生领域中的应用。

以上已经描述了本发明的各实施例，上述说明是示例性的，并非穷尽性的，并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下，对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。

在本文中所披露的范围的端点和任何值都不限于该精确的范围或值，这些范围或值应当理解为包含接近这些范围或值的值。对于数值范围来说，各个范围的端点值之间、各个范围的端点值和单独的点值之间，以及单独的点值之间可以彼此组合而得到一个或多个新的数值范围，这些数值范围应被视为在本文中具体公开。

权 利 要 求

1、一种丙烯-丁烯共聚物，其特征在于，以共聚物结构单元的总摩尔计，该共聚物含有 90-99mol%的丙烯结构单元和 1-10mol%的丁烯结构单元，优选含有 91-97mol%的丙烯结构单元和 3-9mol%的丁烯结构单元；该共聚物的二甲苯可溶物含量 $\leq 4\text{wt}\%$ ，优选 $\leq 3\text{wt}\%$ ；其中所述丙烯-丁烯共聚物基本上不含分子量低于 1000 的部分。

2、根据权利要求 1 所述的丙烯-丁烯共聚物，其中所述共聚物的分子量分布指数 M_w/M_n 小于 5，优选小于 4.5，更优选小于 4。

3、根据权利要求 1 所述的丙烯-丁烯共聚物，其中所述丙烯-丁烯共聚物不含邻苯二甲酸酯类塑化剂。

4、一种丙烯-丁烯共聚物，其特征在于，以共聚物结构单元的总摩尔计，该共聚物含有 92-99mol%的丙烯结构单元和 1-8mol%的丁烯结构单元，优选含有 93-97mol%的丙烯结构单元和 3-7mol%的丁烯结构单元；该共聚物在 230°C ，2.16kg 载荷下的熔体流动指数 $\geq 20\text{g}/10\text{min}$ ，优选 $35-200\text{g}/10\text{min}$ ，更优选 $50-100\text{g}/10\text{min}$ ；该共聚物的二甲苯可溶物含量 $\leq 5\text{wt}\%$ ，优选 $\leq 4\text{wt}\%$ ，更优选 $\leq 3\text{wt}\%$ 。

5、根据权利要求 4 所述的丙烯-丁烯共聚物，其中，所述丙烯-丁烯共聚物中不含邻苯二甲酸酯类塑化剂。

6、一种丙烯-丁烯共聚物的制备方法，包括如下步骤：在烯烃聚合反应条件下，在催化剂和任选的氢气存在下，将丙烯和丁烯进行聚合，得到所述丙烯-丁烯共聚物；

其中，所述催化剂为含有固体催化剂组分、烷基铝化合物以及任选的外给电子体化合物的齐格勒-纳塔催化剂；

所述固体催化剂组分含有以下组分的反应产物：

(i) 含镁化合物；

(ii) 含钛化合物；以及

(iii) 内给电子体；

其中，所述内给电子体含有磷酸酯类化合物和二醚类化合物。

7、权利要求 6 所述的方法，其中所述烯烃聚合反应在氢气存在下进行，其中聚合体系中氢气浓度按摩尔计 $\geq 1200\text{ppm}$ ，优选在 $1800-8000\text{ppm}$ 的范围内，更优选在 $2300-6000\text{ppm}$ 的范围内。

8. 权利要求 6 或 7 所述的方法, 其还包括将所述固体催化剂组分、烷基铝化合物和任选的外给电子体化合物进行预接触反应以提供预接触的催化剂, 以及在预接触反应后和聚合反应前, 在所述预接触的催化剂存在下用丙烯单体和/或其它 α -烯烃单体如乙烯或丁烯和任选的氢气进行预聚合反应。

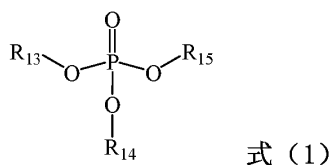
9. 权利要求 6-8 中任一项所述的方法, 其中在聚合中所述丙烯和丁烯的用量使得, 以共聚物结构单元的总摩尔计, 该共聚物含有 92-99mol% 的丙烯结构单元和 1-8mol% 的丁烯结构单元, 优选含有 93-97mol% 的丙烯结构单元和 3-7mol% 的丁烯结构单元。

10. 权利要求 6-8 中任一项所述的方法, 其中在聚合中所述丙烯和丁烯的用量使得, 以共聚物结构单元的总摩尔计, 该共聚物含有 90-99mol% 的丙烯结构单元和 1-10mol% 的丁烯结构单元, 优选含有 91-97mol% 的丙烯结构单元和 3-9mol% 的丁烯结构单元。

11. 根据权利要求 6-10 中任一项所述的方法, 其具有以下特征至少之一:

- 以所述内给电子体的重量为基准, 所述磷酸酯类化合物和所述二醚类化合物的总含量为 70-100 重量%, 优选为 80-100 重量%, 进一步优选为 90-100 重量%, 最优选为 100 重量%;

- 所述磷酸酯类化合物是选自式 (1) 所示磷酸酯类化合物中的至少一种,

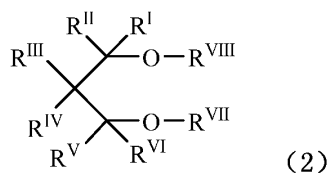


式 (1) 中, R_{13} 、 R_{14} 和 R_{15} 各自独立地选自 C_1 - C_{20} 的直链或支链烷基、 C_3 - C_{20} 的环烷基、 C_6 - C_{20} 的芳基、 C_7 - C_{20} 的烷芳基或 C_7 - C_{20} 的芳烷基, 所述芳基、烷芳基和芳烷基中苯环上的氢原子任选被卤原子或 C_1 - C_4 的烷氧基取代; 进一步优选 R_{13} 、 R_{14} 和 R_{15} 各自独立地选自 C_1 - C_{12} 的直链或支链烷基、 C_3 - C_{12} 的环烷基、 C_6 - C_{12} 的芳基、 C_7 - C_{12} 的烷芳基或 C_7 - C_{12} 的芳烷基, 所述芳基、烷芳基和芳烷基中苯环上的氢原子任选被卤原子或 C_1 - C_4 的烷氧基取代; 更进一步优选 R_{13} 、 R_{14} 和 R_{15} 各自独立地选自 C_1 - C_4 的直链或支链烷基、 C_3 - C_6 的环烷基、 C_6 - C_8 的芳基、 C_7 - C_8 的烷芳基或 C_7 - C_8 的芳烷基, 所述芳基、烷芳基和芳烷基中苯环上的氢原子任选被卤原子取代;

优选地, 所述磷酸酯类化合物选自磷酸三甲酯、磷酸三乙酯、磷酸三丁酯、磷酸三苯酯、磷酸三(邻、间或对甲苯)酯、磷酸三(邻、间或对异丙基苯)酯、磷酸三(邻、间或对甲氧基苯)酯、磷酸苯基二甲酯、磷酸(邻、间或对甲苯基)二丁酯、磷酸(邻、间或对异丙基苯)二甲酯、磷酸(邻、间或对异丙基苯)二乙酯、磷酸(邻、间或对异丙基苯)二丁酯、磷酸苯基二(邻、间或对甲苯)酯、磷酸苯基二(邻、间或对异丙基苯)酯、磷酸 2,5-二甲苯基二丁酯、磷酸 3,5-二甲苯基二丁酯、磷酸 2,5-二异丙苯基二甲酯、磷

酸 2,5-二异丙苯基二乙酯、磷酸 2,5-二叔丁基苯基二甲酯和磷酸邻甲苯基二(2,5-二叔丁苯基)酯中的至少一种;

- 所述二醚类化合物是选自式(2)所示二醚类化合物中的至少一种,



式(2)中, R^{I} 、 R^{II} 、 R^{III} 、 R^{IV} 、 R^{V} 和 R^{VI} 相同或不相同,各自独立地选自氢、卤原子、 C_1 - C_{20} 的直链或支链烷基、 C_3 - C_{20} 的环烷基、 C_6 - C_{20} 的芳基、 C_7 - C_{20} 的芳烷基或 C_7 - C_{20} 的烷基, R^{I} - R^{VI} 的基团间任选地链接成环; R^{VII} 和 R^{VIII} 相同或不同,各自独立地选自 C_1 - C_{20} 的直链或支链的烷基、 C_3 - C_{20} 环烷基、 C_6 - C_{20} 芳基、 C_7 - C_{20} 烷基或 C_7 - C_{20} 芳烷基;

优选地,所述二醚类化合物选自 2-(2-乙基己基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-仲丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环己基-1,3-二甲氧基丙烷、2-苯基-1,3-二甲氧基丙烷、2-(2-苯基乙基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-(2-环己基乙基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-(对氯苯基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-(二苯基甲基)-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二环己基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二环戊基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二乙基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-苄基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-乙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-苯基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-环己基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-双(2-环己基乙基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-异丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-甲基-2-(2-乙基己基)-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二异丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二苯基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-二苄基-1,3-二甲氧基丙烷、2,2-双(环己基甲基)-1,3-二甲氧基丙烷、2-异丁基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-(1-甲基丁基)-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-异丙基-2-异戊基-1,3-二甲氧基丙烷、2-苯基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-苯基-2-仲丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-苄基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环戊基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环戊基-2-仲丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环己基-2-异丙基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环己基-2-仲丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-异丙基-2-仲丁基-1,3-二甲氧基丙烷、2-环己基-2-环己基甲基-1,3-二甲氧基丙烷和 9,9-二甲氧基甲基芴中的至少一种;

- 所述磷酸酯类化合物与所述二醚类化合物的摩尔比为 0.02-0.28:1, 优选为 0.03-0.25:1, 更优选为 0.04-0.20:1; 或者所述磷酸酯类化合物与所述二醚类化合物的摩尔比为 0.02-0.30:1, 优选为 0.04-0.25:1, 更优选为 0.05-0.20:1。

- 所述含镁化合物为卤化镁、镁的醇化物或卤代醇化物和卤化镁加合物中的至少一种;

- 所述含钛化合物为通式 $\text{Ti}(\text{OR}')_{3-a}\text{Z}_a$ 和 $\text{Ti}(\text{OR}')_{4-b}\text{Z}_b$ 所示的化合物中的至少一种, 其

中, R'为 C₁-C₂₀的烷基, 优选为 C₁-C₁₂的烷基, 更优选为 C₁-C₆的烷基, Z 为卤素, a 为 1-3 的整数, b 为 1-4 的整数;

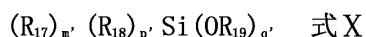
- 所述固体催化剂组分中, 以每重量份的钛元素计, 镁元素的含量为 2-16 重量份, 优选为 3-13 重量份, 进一步优选为 4-10 重量份; 内给电子体的含量为 2-16 重量份, 优选为 3-14 重量份, 进一步优选为 4-12 重量份;

- 所述烷基铝化合物是选自通式 $AlR_{16}R_{16}'R_{16}''$ 所示化合物中的至少一种, 其中 R₁₆、R₁₆' 和 R₁₆''各自独立地为 C₁-C₈的烷基或卤素且至少其中之一为 C₁-C₈的烷基, 并且烷基上的氢任选地被卤素取代;

- 所述烷基铝化合物中的铝与所述固体催化剂组分中的钛的摩尔比为 1-1000: 1, 优选为 20-500: 1, 进一步优选为 30-200: 1;

- 所述烷基铝化合物中的铝与所述外给电子体化合物的摩尔比为 1-50: 1, 更优选为 2-20: 1, 更优选为 2-15: 1;

- 所述外给电子体化合物为式 X 所示的有机硅化合物中的至少一种,



式 X 中, R₁₇、R₁₈和 R₁₉各自独立地为 C₁-C₁₈的烃基, 任选地含有卤素; m' 和 p' 各自独立地为 0-2 的整数, q' 为 1-3 的整数, 且 m'、p' 和 q' 的和为 4;

优选地, R₁₇和 R₁₈各自独立地为 C₃-C₁₀的直链或支链烷基、C₃-C₁₀的烯烷基、C₃-C₁₀的环烷基或 C₆-C₁₀的芳基, 任选地含有卤素; R₁₉为 C₁-C₁₀的直链或支链烷基, 优选为 C₁-C₄的直链或支链烷基, 更优选为甲基;

更优选地, 所述有机硅化合物选自环己基甲基二甲氧基硅烷、二异丙基二甲氧基硅烷、二正丁基二甲氧基硅烷、二异丁基二甲氧基硅烷、二苯基二甲氧基硅烷、甲基叔丁基二甲氧基硅烷、二环戊基二甲氧基硅烷、环己基三甲氧基硅烷、甲基三甲氧基硅烷、乙基三甲氧基硅烷、叔丁基三甲氧基硅烷、叔己基三甲氧基硅烷和 2-乙基哌啶基-2-叔丁基二甲氧基硅烷中的至少一种;

- 所述烯烃聚合反应的温度为 10-150℃, 优选为 50-150℃, 优选为 60-90℃;

- 所述烯烃聚合反应的压力为 0.01-10MPa, 优选为 0.05-5MPa, 更优选为 0.1-4MPa, 更优选为 1-4MPa;

- 反应单体和催化剂在聚合反应器内的停留时间为 0.5-6h, 优选 1-4h;

- 所述预接触反应的温度为-10℃至 30℃, 优选为 0-15℃;

- 所述预接触反应的时间为 0.05-30min, 优选为 0.1-10min;

- 所述预聚合时任选地加入少量氢气;

- 所述预聚合反应的温度为 10-50℃, 优选为 12-25℃, 更优选为 15-19℃;

- 所述预聚合反应的时间为 1-40min, 优选为 5-20min。

12、权利要求 1-5 中任意一项所述的丙烯-丁烯共聚物在食品和/或医疗卫生用品中的应用; 优选在食品和/或医疗卫生用品包装中的应用。