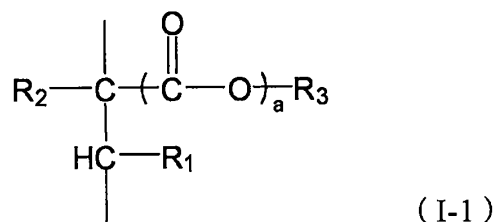
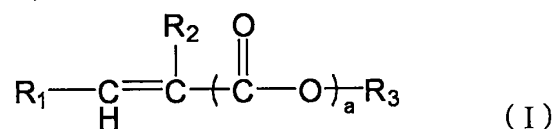


权 利 要 求

1. 一种梯度共聚物，包含 n 种聚合物组分或者由所述 n 种聚合物组分构成，其中所述 n 种聚合物组分各自独立地代表式 (I) 所示单体的加成聚合物（特别是自由基加成聚合物）和/或其混合物，或者所述 n 种聚合物组分各自独立地包含一种或多种式 (I-1) 所示的结构单元或基本上由一种或多种式 (I-1) 所示的结构单元构成，符号 n 代表闭区间 [5, ∞] 内的一个整数，优选代表闭区间 [8, ∞] 内的一个整数，优选所述符号 n 所代表的整数的上限是 20000、10000、5000、1000、500、
10 200、100 或者 50，



在式 (I) 或者式 (I-1) 中，

基团 R_1 代表 H 或者 $-\text{C}(=\text{O})\text{O}-\text{R}'$ ，优选代表 H，

- 15 基团 R_2 代表 H 或者 C_{1-4} 直链或支链烷基，优选代表 H 或者甲基，
符号 a 代表 0 或者 1，优选代表 1，

基团 R' 代表 H 或者基团 R_3 ，优选代表基团 R_3 ，

基团 R_3 代表 C_1-C_{30} 直链或支链烷基，优选代表 C_6-C_{24} 直链或支链烷基，更优选代表 C_6-C_{20} 直链烷基，

- 20 设第 i 种聚合物组分的核磁共振法侧链平均碳原子数为 X_i ，符号 i 代表从 1 至 n 的任意整数，以下关系式成立，

$$\text{X}_1 < \text{X}_2 < \dots < \text{X}_{n-1} < \text{X}_n \quad (\text{II})$$

优选从 X_1 至 X_n 逐渐增大，更优选从 X_1 至 X_n 线性增大。

2. 根据权利要求 1 所述的梯度共聚物，其中设第 i 种聚合物组分

占所述 n 种聚合物组分总重量的重量百分比为 Y_i , 符号 i 代表从 1 至 n 的任意整数, 以下关系式成立,

$$Y_1 < Y_2 < \dots < Y_j > \dots > Y_{n-1} > Y_n \quad (\text{III})$$

在式 (III) 中, 符号 j 代表闭区间 $[(n+1)/4, 3(n+1)/4]$ 内的一个整数, 优选代表闭区间 $[(n+1)/3, 2(n+1)/3]$ 内的一个整数, 更优选代表闭区间 $[2(n+1)/5, 3(n+1)/5]$ 内的一个整数, 且 $Y_1 + Y_2 + \dots + Y_j + \dots + Y_{n-1} + Y_n = 100\%$,

优选从 Y_1 至 Y_j 逐渐增大, 更优选从 Y_1 至 Y_j 线性增大, 或者从 Y_j 至 Y_n 逐渐降低, 更优选从 Y_j 至 Y_n 线性降低,

更优选 Y_i 与 X_i 满足以下关系式,

$$Y_i = f(X_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(X_i - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{IV})$$

在式 (IV) 中, 符号 μ 代表开区间 (12.5, 14.2) 内的任意一个数值, 优选代表开区间 (12.6, 13.8) 内的任意一个数值, 符号 σ 代表开区间 (0.5, 2) 内的任意一个数值。

3. 根据前述权利要求 1-2 任一项所述的梯度共聚物, 其中所述梯度共聚物的核磁共振法侧链平均碳原子数为从 5 至 20, 优选从 11.5 至 17, 优选从 11.5 至 16.2, 更优选从 12.2 至 15.7, 更优选从 12.2 至 15.5, 或者所述 n 种聚合物组分或者所述梯度共聚物的数均分子量 M_n 各自独立地为从 1 万至 100 万, 优选从 1 万至 50 万, 更优选从 1 万至 10 万, 或者所述 n 种聚合物组分或者所述梯度共聚物的分子量分布 M_w/M_n 各自独立地为从 1.8 至 3.5, 优选从 1.9 至 3.3。

4. 根据前述权利要求 1-3 任一项所述的梯度共聚物, 其中所述式 (I) 所示的单体选自 (甲基) 丙烯酸 C_6 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_8 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{10} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{12} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{14} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{16} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{18} 直链烷基酯和 (甲基) 丙烯酸 C_{20} 直链烷基酯中的一种或多种。

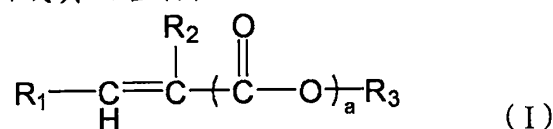
5. 根据前述权利要求 1-4 任一项所述的梯度共聚物, 其中基团 R_3 代表 C_{10} - C_{18} 直链或支链烷基的所述一种或多种式 (I-1) 所示的结构单元占构成每种所述 n 种聚合物组分的全部结构单元的比例 (以摩尔为计) 为从 40% 至 95%, 优选从 55% 至 95%。

6. 根据前述权利要求 1-5 任一项所述的梯度共聚物, 其中所述 X_1 代表闭区间[6.5, 12.5]内的任意一个数值, 优选代表闭区间[7.8, 12.0]内的任意一个数值, 或者所述 X_n 代表闭区间[13.8, 19.5]内的任意一个数值, 优选代表闭区间[14.5, 18.2]内的任意一个数值。

5 7. 根据前述权利要求 1-6 任一项所述的梯度共聚物, 其中所述 Y_j 为从 20%至 75%, 优选从 25%至 65%, 或者所述 Y_1 或 Y_n 为从 0.01%至 20%, 优选从 0.1%至 10%。

8. 一种梯度共聚物的制造方法, 包括向聚合反应体系中添加至少两种单体, 使所述至少两种单体发生加成共聚反应(特别是自由基加成共聚反应)的步骤, 其中所述至少两种单体各自独立地代表式(I)

10 所示的化合物和/或其混合物,



在式(I)中,

基团 R_1 代表 H 或者 $\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{O}-\text{R}'$, 优选代表 H,

15 基团 R_2 代表 H 或者 C_{1-4} 直链或支链烷基, 优选代表 H 或者甲基, 符号 a 代表 0 或者 1, 优选代表 1,

基团 R' 代表 H 或者基团 R_3 , 优选代表基团 R_3 ,

基团 R_3 代表 C_1-C_{30} 直链或支链烷基, 优选代表 C_6-C_{24} 直链或支链烷基, 更优选代表 C_6-C_{20} 直链烷基,

20 设所述至少两种单体向所述聚合反应体系中添加的起始时刻为 t_0 , 终止时刻为 t_m , 则所述至少两种单体的单体添加时间为 t ($t=t_m-t_0$), 在将所述单体添加时间划分为 m 个等份时, 符号 m 代表闭区间[5, ∞]内的一个整数, 优选代表闭区间[8, ∞]内的一个整数, 优选所述符号 m 所代表的整数的上限是 20000、10000、5000、1000、500、200、100

25 或者 50, 在任一单体添加时刻 t_x , 所述至少两种单体向所述聚合反应体系中添加的相对比例使得由所述至少两种单体按照所述相对比例构成的混合物的核磁共振法侧链平均碳原子数 X_x 满足以下关系式, 符号 x 代表从 0 至 m 的任意整数,

$$X_0 < X_1 < \dots < X_{m-1} < X_m \quad (V)$$

优选从 X_0 至 X_m 逐渐增大, 更优选从 X_0 至 X_m 线性增大。

9. 根据前述权利要求 1-8 任一项所述的制造方法, 其中设在所述单体添加的终止时刻 t_m , 所述至少两种单体在所述单体添加时间内向
5 所述聚合反应体系中的累计添加量之和为 G , 并且设在任一单体添加时刻 t_x , 所述至少两种单体向所述聚合反应体系中的添加量之和为 G_x , 符号 x 代表从 0 至 m 的任意整数, 以下关系式成立,

$$G_0/G < G_1/G < \dots < G_j/G > \dots > G_{m-1}/G > G_m/G \quad (VI)$$

在式 (VI) 中, 符号 j 代表闭区间 $[m/4, 3m/4]$ 内的一个整数, 优
10 选代表闭区间 $[m/3, 2m/3]$ 内的一个整数, 更优选代表闭区间 $[2m/5, 3m/5]$ 内的一个整数, 且 $G_0 + G_1 + \dots + G_j + \dots + G_{m-1} + G_m = G$,

优选从 G_0/G 至 G_j/G 逐渐增大, 更优选从 G_0/G 至 G_j/G 线性增大, 或者从 G_j/G 至 G_m/G 逐渐降低, 更优选从 G_j/G 至 G_m/G 线性降低,

更优选 G_x/G 与 X_x 满足以下关系式,

$$15 \quad G_x/G = f(X_x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(X_x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (VII)$$

在式 (VII) 中, 符号 μ 代表开区间 (12.5, 14.2) 内的任意一个数值, 优选代表开区间 (12.6, 13.8) 内的任意一个数值, 符号 σ 代表开区间 (0.5, 2) 内的任意一个数值。

10. 根据前述权利要求 1-9 任一项所述的制造方法, 其中所述至少
20 两种单体选自 (甲基) 丙烯酸 C_6 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_8 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{10} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{12} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{14} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{16} 直链烷基酯和 (甲基) 丙烯酸 C_{18} 直链烷基酯中的两种或多种, 或者选自 (甲基) 丙烯酸 C_8 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{10} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸
25 C_{12} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{14} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{16} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{18} 直链烷基酯和 (甲基) 丙烯酸 C_{20} 直链烷基酯中的两种或多种, 或者包含 (甲基) 丙烯酸 C_{10} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{12} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{14} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{16} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{18} 直链烷基酯和 (甲基)
30 丙烯酸 C_{20} 直链烷基酯, 优选包含 (甲基) 丙烯酸 C_{12} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{14} 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C_{16} 直链烷基酯、(甲基)

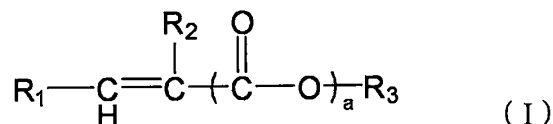
- 丙烯酸 C₁₈ 直链烷基酯和 (甲基) 丙烯酸 C₂₀ 直链烷基酯, 或者包含 (甲基) 丙烯酸 C₁₀ 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C₁₄ 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C₁₆ 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C₁₈ 直链烷基酯和 (甲基) 丙烯酸 C₂₀ 直链烷基酯, 或者包含 (甲基) 丙烯酸 C₈ 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C₁₄ 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C₁₆ 直链烷基酯、(甲基) 丙烯酸 C₁₈ 直链烷基酯和 (甲基) 丙烯酸 C₂₀ 直链烷基酯。

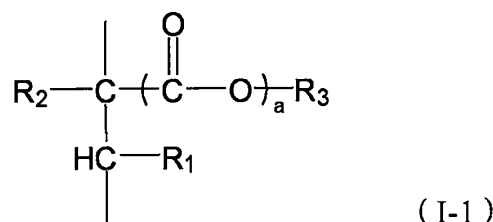
11. 根据前述权利要求 1-10 任一项所述的制造方法, 其中基团 R₃ 代表 C₁₀-C₁₈ 直链或支链烷基的所述式 (I) 所示的化合物占全部单体用量的比例 (以摩尔为计) 为从 40% 至 95%, 优选从 55% 至 95%。
12. 根据前述权利要求 1-11 任一项所述的制造方法, 其中所述 X₀ 代表闭区间 [6.5, 12.5] 内的任意一个数值, 优选代表闭区间 [7.8, 12.0] 内的任意一个数值, 或者所述 X_m 代表闭区间 [13.8, 19.5] 内的任意一个数值, 优选代表闭区间 [14.5, 18.2] 内的任意一个数值。

13. 根据前述权利要求 1-12 任一项所述的制造方法, 其中比值 G_j/G 为从 20% 至 75%, 优选从 25% 至 65%, 或者比值 G₀/G 或比值 G_m/G 为从 0.01% 至 20%, 优选从 0.1% 至 10%。

14. 根据前述权利要求 1-13 任一项所述的制造方法, 其中所述共聚反应的反应温度为从 50℃ 至 180℃, 优选从 55℃ 至 165℃, 更优选从 60℃ 至 150℃, 所述共聚反应的反应时间为从 1 小时至 24 小时, 优选从 1.5 小时至 20 小时, 所述单体添加时间 t 为从 0.5 小时至 12 小时, 优选从 1 小时至 10 小时。

15. 一种梯度共聚物的制造方法, 包含混合 p 种聚合物组分的步骤, 其中所述 p 种聚合物组分各自独立地代表式 (I) 所示单体的加成聚合物 (特别是自由基加成聚合物) 和/或其混合物, 或者所述 p 种聚合物组分各自独立地包含一种或多种式 (I-1) 所示的结构单元或基本上由一种或多种式 (I-1) 所示的结构单元构成, 符号 p 是从 5 至 10000 的一个整数, 优选从 8 至 5000 的一个整数, 或者从 5 至 20 的一个整数,





在式 (I) 或者式 (I-1) 中,

基团 R_1 代表 H 或者 $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—O—R'}$, 优选代表 H,

基团 R_2 代表 H 或者 C_{1-4} 直链或支链烷基, 优选代表 H 或者甲基,
 5 符号 a 代表 0 或者 1, 优选代表 1,

基团 R' 代表 H 或者基团 R_3 , 优选代表基团 R_3 ,

基团 R_3 代表 $\text{C}_1\text{—C}_{30}$ 直链或支链烷基, 优选代表 $\text{C}_6\text{—C}_{24}$ 直链或支链
 烷基, 更优选代表 $\text{C}_6\text{—C}_{20}$ 直链烷基,

设第 i 种聚合物组分的核磁共振法侧链平均碳原子数为 X_i , 符号 i
 10 代表从 1 至 p 的任意整数, 以下关系式成立,

$$X_1 < X_2 < \dots < X_{p-1} < X_p \quad (\text{VIII})$$

优选从 X_1 至 X_p 逐渐增大, 更优选从 X_1 至 X_p 线性增大。

16. 根据前述权利要求 1-15 任一项所述的制造方法, 其中设第 i
 种聚合物组分占所述 p 种聚合物组分总重量的重量百分比为 Y_i , 符号 i
 15 代表从 1 至 p 的任意整数, 以下关系式成立,

$$Y_1 < Y_2 < \dots < Y_j > \dots > Y_{p-1} > Y_p \quad (\text{X})$$

在式 (X) 中, 符号 j 代表闭区间 $[(p+1)/4, 3(p+1)/4]$ 内的一个整数,
 优选代表闭区间 $[(p+1)/3, 2(p+1)/3]$ 内的一个整数, 更优选代表闭区间
 $[2(p+1)/5, 3(p+1)/5]$ 内的一个整数, 且 $Y_1 + Y_2 + \dots + Y_j + \dots + Y_{p-1} + Y_p = 100\%$,

20 优选从 Y_1 至 Y_j 逐渐增大, 更优选从 Y_1 至 Y_j 线性增大, 或者从
 Y_j 至 Y_p 逐渐降低, 更优选从 Y_j 至 Y_p 线性降低,

更优选 Y_i 与 X_i 满足以下关系式,

$$Y_i = f(X_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(X_i - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{XI})$$

在式 (XI) 中, 符号 μ 代表开区间 (12.5, 14.2) 内的任意一个数值,
 25 优选代表开区间 (12.6, 13.8) 内的任意一个数值, 符号 σ 代表开区间 (0.5,

2)内的任意一个数值。

17. 根据前述权利要求 1-16 任一项所述的制造方法，其中基团 R_3 代表 C_{10} - C_{18} 直链或支链烷基的所述一种或多种式 (I-1) 所示的结构单元占构成每种所述 p 种聚合物组分的全部结构单元的比例（以摩尔为
5 计）为从 40%至 95%，优选从 55%至 95%。

18. 根据前述权利要求 1-17 任一项所述的制造方法，其中所述 X_1 代表闭区间[6.5, 12.5]内的任意一个数值，优选代表闭区间[7.8, 12.0]内的任意一个数值，或者所述 X_p 代表闭区间[13.8, 19.5]内的任意一个数值，优选代表闭区间[14.5, 18.2]内的任意一个数值。

10 19. 根据前述权利要求 1-18 任一项所述的制造方法，其中所述 Y_j 为从 20%至 75%，优选从 25%至 65%，或者所述 Y_1 或 Y_p 为从 0.01%至 20%，优选从 0.1%至 10%。

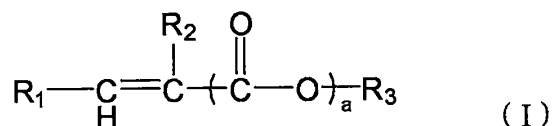
20. 一种聚合物组合物，包含根据前述权利要求 1-19 任一项所述的梯度共聚物、或者按照根据前述权利要求 1-19 任一项所述的制造方
15 法制造的梯度共聚物。

21. 一种润滑油降凝剂，包含根据前述权利要求 1-19 任一项所述的梯度共聚物、或者按照根据前述权利要求 1-19 任一项所述的制造方法制造的梯度共聚物。

22. 一种润滑油组合物，包含根据前述权利要求 1-19 任一项所述的
20 的梯度共聚物、或者按照根据前述权利要求 1-19 任一项所述的制造方法制造的梯度共聚物、或者根据权利要求 20 所述的聚合物组合物、或者根据权利要求 21 所述的润滑油降凝剂，以及润滑油基础油，其中以所述梯度共聚物为计，其在所述润滑油基础油中的重量含量为从 0.01 重量%至 2 重量%，优选从 0.05 重量%至 1.5 重量%，更优选从 0.1 重
25 量%至 1 重量%。

23. 根据前述权利要求 1-19 任一项所述的梯度共聚物、或者按照根据前述权利要求 1-19 任一项所述的制造方法制造的梯度共聚物作为润滑油降凝剂的用途。

24. 一种共聚反应的控制方法，所述共聚反应是将至少两种单体添加至聚合反应体系而在其中发生的加成共聚反应（特别是自由基加成共聚反应），其中所述至少两种单体各自独立地代表式 (I) 所示的化合物和/或其混合物，
30



在式 (I) 中,

基团 R_1 代表 H 或者 $\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}\text{—O—R}'$, 优选代表 H,

基团 R_2 代表 H 或者 C_{1-4} 直链或支链烷基, 优选代表 H 或者甲基,

5 符号 a 代表 0 或者 1, 优选代表 1,

基团 R' 代表 H 或者基团 R_3 , 优选代表基团 R_3 ,

基团 R_3 代表 $\text{C}_1\text{—C}_{30}$ 直链或支链烷基, 优选代表 $\text{C}_6\text{—C}_{24}$ 直链或支链烷基, 更优选代表 $\text{C}_6\text{—C}_{20}$ 直链烷基,

10 设所述至少两种单体向所述聚合反应体系中添加的起始时刻为 t_0 , 终止时刻为 t_m , 则所述至少两种单体的单体添加时间为 t ($t=t_m-t_0$), 在将所述单体添加时间划分为 m 个等份时, 符号 m 代表闭区间 $[5, \infty]$ 内的一个整数, 优选代表闭区间 $[8, \infty]$ 内的一个整数, 优选所述符号 m 所代表的整数的上限是 20000、10000、5000、1000、500、200、100 或者 50,

15 所述控制方法包括调节所述至少两种单体在任一单体添加时刻 t_x 向所述聚合反应体系中添加的相对比例, 使得由所述至少两种单体按照所述相对比例构成的混合物的核磁共振法侧链平均碳原子数 X_x 满足以下关系式的步骤, 符号 x 代表从 0 至 m 的任意整数,

$$X_0 < X_1 < \dots < X_{m-1} < X_m \quad (\text{V})$$

20 优选从 X_0 至 X_m 逐渐增大, 更优选从 X_0 至 X_m 线性增大。

25 根据前述权利要求 1-24 任一项所述的控制方法, 其中设在所述单体添加的终止时刻 t_m , 所述至少两种单体在所述单体添加时间内向所述聚合反应体系中的累计添加量之和为 G , 所述控制方法还包括调节所述至少两种单体在任一单体添加时刻 t_x 向所述聚合反应体系中的添加量之和 G_x , 使比值 G_x/G 满足以下关系式的步骤, 符号 x 代表从 0 至 m 的任意整数,

$$G_0/G < G_1/G < \dots < G_j/G < \dots < G_{m-1}/G < G_m/G \quad (\text{VI})$$

在式 (VI) 中, 符号 j 代表闭区间 $[m/4, 3m/4]$ 内的一个整数, 优

选代表闭区间 $[m/3, 2m/3]$ 内的一个整数,更优选代表闭区间 $[2m/5, 3m/5]$ 内的一个整数,且 $G_0+G_1+\dots+G_j+\dots+G_{m-1}+G_m=G$,

优选从 G_0/G 至 G_j/G 逐渐增大,更优选从 G_0/G 至 G_j/G 线性增大,或者从 G_j/G 至 G_m/G 逐渐降低,更优选从 G_j/G 至 G_m/G 线性降低,

5 更优选 G_x/G 与 X_x 满足以下关系式,

$$G_x/G = f(X_x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(X_x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{VII})$$

在式(VII)中,符号 μ 代表开区间(12.5, 14.2)内的任意一个数值,优选代表开区间(12.6, 13.8)内的任意一个数值,符号 σ 代表开区间(0.5, 2)内的任意一个数值。

10 26. 根据前述权利要求 1-25 任一项所述的控制方法,其中基团 R_3 代表 C_{10} - C_{18} 直链或支链烷基的所述式(I)所示的化合物占全部单体用量的比例(以摩尔为计)为从 40%至 95%,优选从 55%至 95%。

27. 根据前述权利要求 1-26 任一项所述的控制方法,其中所述 X_0 代表闭区间[6.5, 12.5]内的任意一个数值,优选代表闭区间[7.8, 12.0] 15 内的任意一个数值,或者所述 X_m 代表闭区间[13.8, 19.5]内的任意一个数值,优选代表闭区间[14.5, 18.2]内的任意一个数值。

28. 根据前述权利要求 1-27 任一项所述的控制方法,其中比值 G_j/G 为从 20%至 75%,优选从 25%至 65%,或者比值 G_0/G 或比值 G_m/G 为从 0.01%至 20%,优选从 0.1%至 10%。