



〔12〕发明专利申请审定说明书

〔21〕申请号 85102942

〔51〕Int.Cl^{*}
C09K 3/00,

〔44〕审定公告日 1989年9月27日

〔22〕申请日 85.4.12

〔71〕申请人 福建师范大学

地址 福建省福州市仓山区

〔72〕发明人 章文贡 陈文定 陈田安

C08K 9/04, C09C 3/08

说明书页数:

附图页数:

〔54〕发明名称 新型铝体系偶联剂

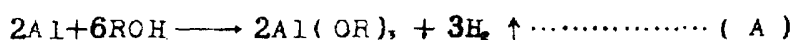
〔57〕摘要

本发明系新型铝体系偶联剂的合成方法和应用的发明。目的是提供一个易合成、成本低而性能好的新偶联剂体系。为此发明了合成具有当水解稳定性和较小缔合性的可作偶联剂的铝酸酯、低聚铝酸酯及其衍生物的方法,并将合成的新型铝体系偶联剂应用于含无机物和有机物的复合体系的制品如塑料、橡胶、涂料、粘结剂、玻璃钢、层压制品、油墨和鞋油等的加工以及各种材料的表面改性等方面,达到改善加工性能、减少能耗、提高质量、降低成本、发展新产品和开拓新用途等目的。

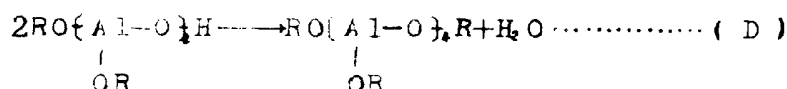
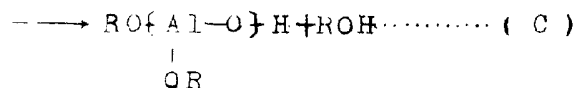
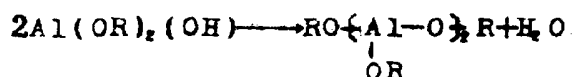
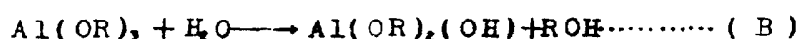
1、一种制备偶联剂的方法，其特征在于制备以铝为中心原子的铝体系偶联剂，包括以下步骤。

(1)、三烷氧基铝与低聚烷氧基铝的制备

(a)金属铝与1—10倍理论量的低级醇，必要时可添加金属铝重量0.01—1%的催化剂，在20—160℃下反应2—8小时后，常压下蒸出过量低级醇，然后减压蒸出三烷氧基铝，反应式为：



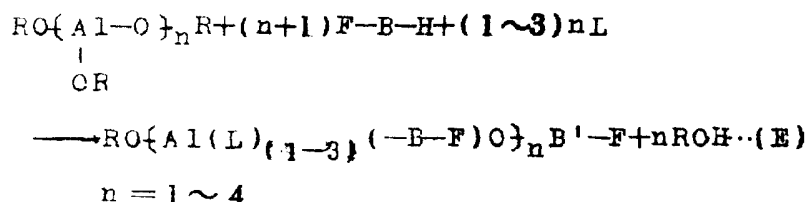
(b)将三烷氧基铝，或溶于适量惰性溶剂中，加热回流，逐渐通入三烷氧基铝重量0.001—8.8%的水蒸气，回流1—4小时，常压蒸出溶剂，加入微量酸或碱或氧化物等缩合剂，减压升温回流至160—200℃反应2—4小时，于减压下继续升温，将低聚烷氧基铝蒸出，反应式为：



(2)、交换与配位反应：

一克分子三（或低聚）烷氧基铝，加二克分子含羧基、羟基、酯基、醚键或酸酐的有机物（以F—B—H表示），必要时加

1—3克分子配位体L和适量惰性溶剂，于40—160℃下回流0.5—4小时后，再蒸馏出低沸产物，获得铝体系偶联剂。反应式为：



- 2、按权利要求1所述的方法，其特征是金属铝经加工成反应接触面较大的各种形式。
- 3、按权利要求1和2所述的方法，其特征是用于活化处理各种形式的金属铝的催化剂为铜、汞、银、金的氯化物或醋酸盐，最适宜的是氯化汞或醋酸汞。
- 4、按权利要求1所述的方法，其特征是与金属铝反应的低级醇是甲醇、乙醇、正丙醇、异丙醇、正丁醇、异丁醇、各种异构戊醇、各种异构己醇和苯酚，最适宜的是异丙醇、正丁醇或异丁醇。
- 5、按权利要求1所述方法，其特征是反应式(E)中的
 $\text{RO} \left\{ \underset{\substack{| \\ \text{OR}}}{\text{Al-O}} \right\}_n \text{R}$ 是指三烷氧基铝、二至三聚烷氧基铝或其混合物。
- 6、按权利要求1所述的方法，其特征是配位体L系指含孤电子对原子的有机物，最适宜的是含氧或氮原子的有机物。
- 7、按权利要求1所述的方法，其特征是含羧基、羟基、酯基、醚键或酸酐的长链有机物是指含6—20或更多碳原子的，或具

有支链或环状结构的单一或混合的脂肪醇、烷基取代烷、脂肪酸、磷酸酯、焦磷酸酯、焦亚磷酸酯、烷基磺酸、烷基硫酸酯、基酸和酸酐。

- 8、按权利要求1和7所述的方法，其特征是含羧基、羟基、酯基、醚键和酸酐的长链有机物的长链上还可含有能与聚合物分子链发生化学反应的官能团，最适宜的是双键、硫键、异氰酸基、偶氮基和叠氮基。

新型铝体系偶联剂

本发明系新型铝体系偶联剂的合成方法和应用的发明。

偶联剂 (Coupling agent) 又称促粘剂 (Adhesive Promoter) 或表面处理剂 (Primer)。典型的偶联剂是分子中至少含有两类化学基团并能在某些混合或粘合体系中分别与两相物质发生化学反应、物理化学作用或物理作用而使两相物质紧密偶联结合的一类化学物质或产品。

三十多年来,偶联剂已日益广泛应用于塑料、橡胶、涂料、粘结剂、玻璃钢、层压制品、油墨、鞋油、电器、织品以及各种材料的表面改性等方面,起到改善加工性能、减少能耗、提高质量和降低成本的作用,并为开发新产品、开拓新用途提供了新的途径,成为愈来愈重要的一类精细化工产品和助剂。

五十年代美国杜邦公司 (Du Pont) 首先发明了以“沃兰” (Volan) 系列产品为代表的铬体系偶联剂 (U. S. P. 352740), 曾大量用于增强不饱和聚酯的玻璃纤维表面处理。因为铬离子的毒性和污染,以后无重大发展。大约与此同时,美国联合碳化物公司 (Union Carbide) 发明了以氨基硅烷为代表的硅体系偶联剂 (J. G. Marsden et al., “Adherends and Bonding Technology” Section C, P. 642 — 652)。主要用于以硅酸盐、二氧化硅为填料的工程塑料和橡胶的加工及其性能改进,取得很好的效果。至今已有近百个品种。七十年代美国肯里奇石油化学公司 (Kenrich Petrochemical) 研制成功以异丙氧基三异硬脂酰氧基钛 (TTS) 为代表的钛体系偶联剂 (S. J. Monte et al., 32nd Annual

Technical Conference, Section 4-E, 1977, P.1-29). 主要适用于以碳酸盐、硫酸盐和金属氧化物为填料的聚烯烃塑料、涂料和粘结剂等方面。发展相当迅速。现在也有六十多个品种。1983年美国卡文顿化学公司 (Cavendish Chemical) 推出了以七个锆铝酸酯为代表的锆铝体系偶联剂 (L. B. Cohen, *Plastics Engineering*, 1983, 39(11), 29—32)。据称某些性能优于硅、钛体系偶联剂, 但成本比硅烷偶联剂还高一半。

还有一些有机化合物以及含其他金属原子的有机金属化合物也被作为偶联剂应用, 但其性能和重要性都未能和上述四个体系的偶联剂相比。

此外, 近年还提出将有机铝螯合物用作涂料催干剂 (B. P. 1462610)、电路板表面的促粘剂 (JP. 82, 36, 759)、增强环氧树脂的玻璃纤维表面处理剂 (JP. 83, 79, 023)、涂层对玻璃的促粘剂 (C. A. 99, 214185 g)、丙烯酸酯—甲基丙烯酸酯共聚物中玻璃纤维表面处理剂 (C. A. 97, 56624 b) 以及代替胺基硅烷偶联剂用于改善大规模集成电路与聚酰亚胺的粘结性能 (J. Electro Chemical Soc., 1982, 129, 2278—2282) 等。至于将铝酸酯用作偶联剂的研究, 由于铝酸酯较大的水解性, 直到一九八三年还被认为不能作为偶联剂 (D. H. Solomon et al., "Chemistry of Pigments and Fillers", John Wiley & Sons, New York, 1983, 109—148)。

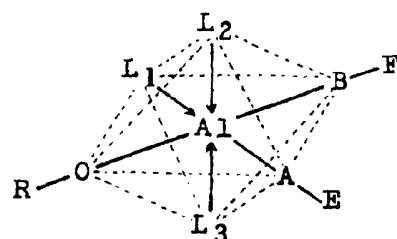
总之, 迄今为止, 国内外偶联剂的研究、生产和应用仍以硅体系和钛体系最为重要。但是这两大体系偶联剂几乎都是以其相应的无水氯化物为起始原料, 成本高, 腐蚀性大, 工艺复杂, 以致最终产品价格高, 妨碍了它们的进一步推广应用。

鉴于此, 本发明的目的是提供一个易合成、成本低而又性能好的新偶

联剂体系。

本发明选择原料丰富、价格低廉的三价元素铝作为偶联剂的中心原子。利用金属铝具有活泼并呈两性性质的特点，直接以金属铝为起始原料，经一步反应即获得中间体三烷氧基铝，再与具有一定链长和空间位阻的，或还含有其他官能团的含羟基、酚基、羧基、各种磷酸基、各种磺酸基、各种硫酸基等酸性反应基团的物质或其酯类、醚类和酸酐类物质进行反应，得到具有适当水解稳定性的铝酸酯或其衍生物。与此同时，采取适当满足中心铝原子配位数的方法克服或减少铝酸酯或其衍生物的缔合性，使制得的铝酸酯或其衍生物具有可以作为偶联剂应用所必需的理化性质。

基于上述发明构思，本发明的新型铝体系偶联剂具有如式（I）所示的基本结构：



式（I）

式（I）中 Al 为偶联剂的中心铝原子；R 为碳原子数为 1—6 的直链或支链或环状的脂烃基或芳烃基；O 为氧原子，因此 R—O—可以是甲氧基、乙氧基、正丙氧基、异丙氧基、正丁氧基、异丁氧基、叔丁氧基、各种异构戊氧基、各种异构己氧基及苯氧基等；L₁、L₂ 和 L₃ 为相同的或不同的或混合的含孤对电子原子的有机或无机的配位体，如酮类、醚类、胺类、醇类、含 N、O 等原子的杂环类以及水等分子或基团；E—A—和 F—B—为相同的或不同的或混合的由二个具有不同功

能结构部分组成的直链或支链或环状的长链基。其中 A 和 B 是相同的或不同的可以直接与中心铝原子以共价键结合的原子或原子团。如氧及各种酰氧基等。而 E 和 F 是含 6—20 个或更多碳原子的具有一定空间位阻或还含有可与聚合物分子链发生化学或物理化学作用的其他官能团，如双键、硫键、异氰酸、偶氮或叠氮基的直链、支链或环状长链。因此 E—A—和 F—B—长链基可以是含 6—20 个或更多碳原子的有一定空间位阻的，或还含有其他官能团的直链或支链或环状的脂（芳）氧基、脂（芳）酰氧基、各种磷酸酯酰氧基、各种烷基磺酰氧基、各种烷基硫酰氧基、各种酯的单羟氧基或单酰氧基以及它们的各种取代衍生物。

应当着重指出，具有上述基本结构的新型铝体系偶联剂的特征，除了中心原子为铝之外还有：

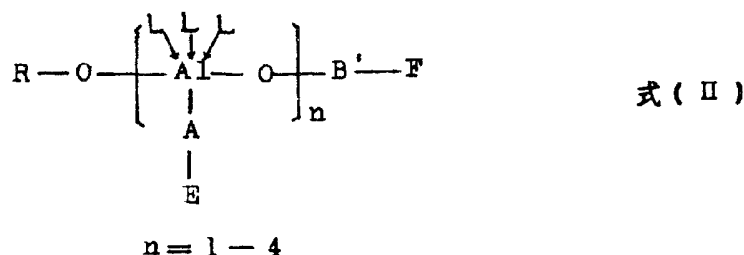
(1)．如果 E—A—和 F—B—两个长链基中 E 和 F 部分的空间位阻足够大或 E 和 F 中距离 A 或 B 为 3—4 个原子处是含孤对电子原子时，可以相应省去 L_1 或 L_2 或 L_3 ，因此本发明的新型铝体系偶联剂中直接与中心铝原子连接的基团总数目为 3—6 个，一般是 4—5 个，其中三个以共价键结合，其余以配位键连接。

(2)．选择 E—A—和 F—B—的结构、链长和空间位阻可以调节产物的水解稳定性。

(3)．选择 L_1 、 L_2 和 L_3 的结构类型、大小和数目并与(2)配合可以克服或减少最终产物的缔合性。

(4)．选择 R—O—中 R 的不同结构、碳原子数和位阻，可以调节产物的水解反应活性。

(5)．若将中间体三烷氧基铝控制适当的水解缩合可得聚合度为 2—4 的低聚烷氧基铝，进而合成得到相应的低聚的新型铝体系偶联剂。其结构如式(II)所示。控制其聚合度也可以调节水解稳定性。



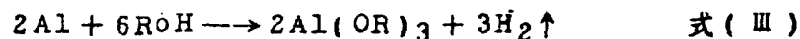
式 (II) 中 B' 为式 (I) 中 B 除去氧原子的其余部分。

显然本发明的新型铝体系偶联剂在结构上不但与已知的铬、硅、钛、锆铝体系偶联剂以及其他作为偶联剂应用的有机化合物，包括有机铝螯合物都有根本的不同。而且与已有的主要用作涂料催干剂的各种铝酸酯 (B.P. 1462610) 也有明显的区别。

合成 (制备或生产) 本发明的新型铝体系偶联剂的方法及其步骤是：

一、中间体合成：

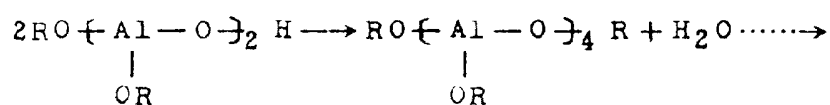
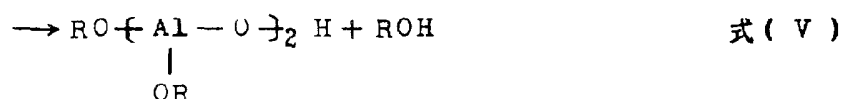
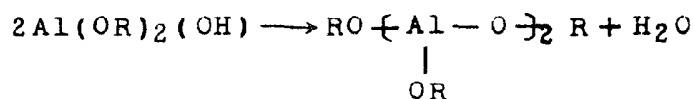
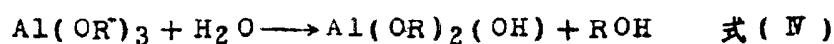
1、三烷氧基铝：各种形式的金属铝，加入 1—10 倍理论反应量的含 1—6 个碳原子的低级醇(酚)如甲醇、乙醇、正丙醇、异丙醇、正丁醇、异丁醇、叔丁醇、各种异构戊醇、各种异构己醇和苯酚等，必要时可添加金属铝重量 0.01—1% 的催化剂，如铜、汞、银、金的氯化物或醋酸盐等或它们与溴、碘等还原剂的配合。在 20—160°C 下回流反应 2—8 小时。常压下蒸出过量低级醇，然后减压蒸出三烷氧基铝。反应式为：



三烷氧基铝产率为 45—90%，低级醇回收率在 85—98% 之间。

2、低聚烷氧基铝：将三烷氧基铝或溶于适量惰性溶剂中，加热、回流，逐渐通入三烷氧基铝重量 0.001—8.8% 的水蒸气，保持回流 1—4 小时，常压蒸出溶剂，添加微量酸或碱或氧化物等缩合催化剂。

如硫酸、盐酸、磷酸、氢氧化钠、氢氧化钙、氧化镁和氧化钙等，减压下升温逼流，并逐渐将温度升高到 $160-200^{\circ}\text{C}$ ，反应时间 2—4 小时，最后继续升温，将低聚烷氧基铝蒸出。反应式为：

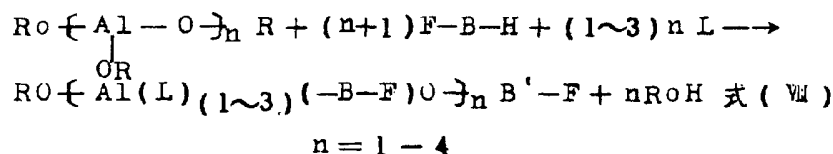


式 (VI)

低聚烷氧基铝产率为 10—80%

二、交换反应：

1、铝酸酯：一克分子三烷氧基铝，加二克分子的 $\text{F}-\text{B}-\text{H}$ （或 $\text{E}-\text{A}-\text{H}$ 或其混合物），必要时加（1—3）克分子 L （即 L_1 、 L_2 、 L_3 或其混合物）和适量惰性溶剂，于 $40-160^{\circ}\text{C}$ 下逼流 0.5—4 小时后，蒸出低沸产物和溶剂。反应式为



低聚铝酸酯产率接近 100%。

按照本发明的新型铝体系偶联剂的八个系列，其合成（制备或生产）方法中所选用的 $\text{F}-\text{B}-\text{H}$ 或 $\text{E}-\text{A}-\text{H}$ 可以是：

1、烷氧系列：各种醇及其取代衍生物，如辛醇、癸醇、月桂醇、

豆蔻醇、软脂醇、硬脂醇、油醇、亚油醇、亚麻油醇等脂肪醇及其异构体或混合物。还有薄荷醇、萜烯醇、松油醇、香叶醇、芳樟醇、橙花醇、牻牛儿苗醇等萜醇以及十二烷基苯甲醇、邻甲氧基苯甲醇和糠醇等。

2、酚氧系列：各种酚及其取代衍生物。如十二烷基苯酚、二（十二烷基）苯酚、三（十二烷基）苯酚、十二烷基甲苯酚、2，5—二甲基，4—十二烷基苯酚、十四烷基苯酚、二（十四烷基）苯酚、三（十四烷基）苯酚、3—（十五碳二烯基）苯酚、3—（十五碳二烯基）5—羟基苯酚、十六烷基苯酚、二（十六烷基）苯酚、对异丙基苯酚等。

3、酰氧系列：各种羧酸及其取代衍生物。如辛酸、癸酸、月桂酸、豆蔻酸、软脂酸、硬脂酸、异硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻油酸、蓖麻油酸、环烷酸、妥儿油（Tall Oil）混合酸，还有枞酸、乳香脂酸等树脂酸以及十二烷基苯甲酸等。

4、磷酸酯酰氧系列：如二（异）辛基磷酸酯、二（异）辛基亚磷酸酯、二（异）辛基焦磷酸酯、二（异）辛基焦亚磷酸酯等。

5、烷磺酰氧系列：各种脂磺酸、苯磺酸及其取代衍生物。如十二烷基磺酸、十二烷基苯磺酸、二（十二烷基）苯磺酸、三（十二烷基）苯磺酸、十四烷基磺酸、十四烷基苯磺酸、二（十四烷基）苯磺酸、十六烷基磺酸、十六烷基苯磺酸、十八烷基磺酸、十八烷基苯磺酸等。

6、烷基硫酰氧系列：如十二烷基硫磺、十二烷基亚硫磺、十四烷基硫磺、十六烷基硫磺、十八烷基硫磺等。

7、酯单羟氧或单酰氧系列：邻苯二甲酸—丁（辛）酯、邻苯二甲酸酐、顺丁烯二酸—丁（辛）酯、顺丁烯二酸酐、甘油二脂酸酯、丙二醇一酯、各种低聚乙二醇一酯和各种低聚丙二醇一酯等。

8、混合系列：上述七个系列所用的 F—B—H 或 E—A—H 之间二种或几种的混合。

由上可见，本发明的新型偶联剂与已有的铬、硅、钛、锆铝体系及其他偶联剂相比，最根本的不同在于中心原子是铝，正因为这一点，本发明的新型铝体系偶联剂的合成（制备或生产）方法具有以下优点：

1、可以直接以原料丰富、价格便宜的金属铝为起始原料，经一步反应就得到中间体三烷氧基铝或进而水解缩合成低聚烷氧基铝。

2、中间体三烷氧基铝或其低聚体的合成反应快速、工艺简单、产率高，既无腐蚀性又大幅度降低生产成本。

3、由于上述二点，最终产物成本低。

4、由于采用含有6—20个或更多碳原子的具有一定空间位阻的长链为侧基，控制中间体一定聚合度并适当满足中心铝原子配位数的方法解决了作为偶联剂的铝酸酯、低聚铝酸酯及其衍生物所需的水解稳定性和较小的缔合性问题。

此外本发明的新型铝体系偶联剂无毒、颜色比相应的钛酸酯偶联剂浅，而且也有不同系列和品种，性能各异，可适应于各种不同的使用目的和要求。

本发明的新型铝体系偶联剂主要可以应用于两大方面：

一、在含无机物、有机物的多元复合体系，如塑料、橡胶、涂料、粘结剂、玻璃钢、层压制品、油墨和鞋油等制品中作为典型偶联剂应用。两种基本的使用方法是：

1、预处理法：将填料如轻质碳酸钙、重质碳酸钙、三水合氧化铝、二氧化硅、二氧化钛、氧化锌、硫酸钡、石膏粉、立德粉等，颜料如钛白粉、炭黑、铁红、铬黄、酞菁兰等和其重量0.1—2.5%的新型铝体系偶联剂混合，在适当的混合装置中于0°—150℃下搅拌2—30分钟，即制得相应的改性填料或颜料。使用时再与制品其他组分配合、加工。

2、直接加入法：在含无机物、有机物的多元复合体系的制品生产过程中直接掺入一定量的新型铝体系偶联剂。

新型铝体系偶联剂应用于这方面可以明显降低体系粘度、改善加工性能、减少能耗、增加填料用量、降低成本、提高质量或者增加体系粘度、防止沉降和流挂等。

二、作为促粘剂或表面处理剂处理各种材料表面，如填料、颜料、色谱担体、亲水聚合物、塑料、金属、岩石、水泥、玻璃、竹木、织品和电器表面处理，以改变表面性质或促进与其他材料的粘结，使用方法是使用适当溶剂稀释后喷涂、刷涂或浸渍。

兹列举本发明的新型铝体系偶联剂的合成和应用实例如下：

例1：13.5克金属铝屑，加360克无水异丙醇和0.0959克氯化高汞，于80℃下迴流，反应2—8小时，常压下蒸出过量异丙醇，减压（1—10 mmHg），收集110—140℃蒸出的三异丙氧基铝，产率80—95%。

称取20.4克三异丙氧基铝，57.9克甲苯，4.5克乙胺，于搅拌下分次加入54.0克十八烷醇，于110—130℃下迴流0.5—1小时，常压下蒸出溶剂和异丙醇，得异丙氧基二（十八烷氧基）铝62.4克，产率接近100%。

例2：称取20.4克三异丙氧基铝，50.3克苯，14.6克二乙胺，于搅拌下逐滴加入56.5克油酸，于80—90℃下迴流0.5—1小时，常压下蒸出苯和异丙醇，得79.5克异丙氧基二油酰氧基二（二乙胺）络铝，产率接近100%。

例3：称取20.4克三异丙氧基铝，60.8克二甲苯，搅拌下逐滴加入64.4克磷酸二异辛酯，在120—130℃迴流0.5—1小时，常压下蒸出二甲苯和异丙醇，得异丙氧基二（二异辛基磷酸酰氧

基) 铝 72.8 克, 产率接近 100%。

例 4: 称取 20.4 克三异丙氧基铝、23.6 克松节油, 搅拌下分次加入 27.2 克对异丙基苯酚, 在 130—140°C 下回流 0.5—1 小时, 常压下蒸出松节油和异丙醇, 得异丙氧基二(对异丙基苯氧基) 铝 35.6 克, 产率接近 100%。

例 5: 称取 20.4 克三异丙氧基铝、64.4 克二甲苯, 搅拌下逐渐加入 68.0 克十二烷基甲苯磺酸, 在 120—130°C 下回流 0.5—1 小时, 常压下蒸出二甲苯和异丙醇, 得异丙氧基二(十二烷基甲苯磺酰氧基) 铝 76.4 克, 产率接近 100%。

例 6: 称取 20.4 克三异丙氧基铝、40.0 克二甲苯, 搅拌下分次加入 19.6 克顺丁烯二酸酐, 于 120—130°C 下回流 0.5—1 小时, 常压下蒸出溶剂, 得 40.0 克异丙氧基二(顺丁烯二酸单异丙醇酯酰氧基) 铝, 产率接近 100%。

例 7: 称取 20.4 克三异丙氧基铝, 加入 119.8 克苯, 搅拌下加入 123.3 克甘油二亚麻油酸酯, 于 80—90°C 下回流 0.5—1 小时, 常压下蒸出苯和异丙醇, 得 131.8 克异丙氧基二(甘油二亚麻油酸酯单羟氧基) 铝, 产率接近 100%。

例 8: 称取 20.4 克三异丙氧基铝、51.6 克二甲苯, 搅拌下分次加入 28.3 克油酸和 27.0 克十八烷醇, 于 120—130°C 回流 0.5—1 小时, 常压下蒸出溶剂和异丙醇, 得 63.6 克异丙氧基油酰氧基、十八烷氧基铝, 产率接近 100%。

例 9: 含水量低于 0.5% 的轻质碳酸钙 100 份, 添加本发明的 LD-429 偶联剂 0.8 份, 在高速混合机中, 于 20—80°C 下高速搅拌 10 分钟, 得改性轻质碳酸钙。

例 10: 含水量低于 0.5% 的重质碳酸钙 100 份, 添加本发明

的LD—429偶联剂0.8份，在高速混合机中，于20—80℃下高速搅拌10分钟，得改性重质碳酸钙。

例11：氧化锌50份与石蜡油100份混匀后体系粘度大于 5×10^4 厘泊(28℃)，添加氧化锌重量1%，本发明的LD—429偶联剂后，体系粘度下降至440厘泊(28℃)。

例12：轻质碳酸钙50份与石蜡油100份混匀后，体系粘度大于 8.5×10^4 厘泊(17.5℃)，添加轻质碳酸钙重量1%，本发明的LD—429偶联剂后，体系粘度下降至690厘泊(17.5℃)。

例13：聚乙醇薄膜浸于5%本发明的LD—428偶联剂的石油醚溶液中，在60—90℃下迴流处理五分钟，用无水异丙醇洗涤数次，薄膜表面由亲水性变为憎水性。

例14：在聚氯乙烯微孔泡沫拖鞋配方中，采用例9制得的改性轻质碳酸钙为填料，填充量可从原来的0~15份增加到40~60份，不影响加工性能和产品主要性能指标(见表1)。在配方与加工条件完全一样的条件，添加新型铝体系偶联剂LD—429的制品性能比未加偶联剂的明显改善(见表1中1#与6#)。

例15：在改性聚乙烯交联发泡鞋底配方中采用例9制得的改性轻质碳酸钙为填料，填充量由原来的5—10份增加到40份，不影响加工性能和产品主要性能指标(见表2)。

例16：在聚氯乙烯微孔泡沫拖鞋鞋带上采用例9制得的改性轻质碳酸钙为填料，填料量从原来的15份增加到30~50份，不影响加工性能而且其余指标均超过标准(见表3)。

表 1、新型铝体系偶联剂 LD-429 改性轻质碳酸钙在 PVC 微孔泡沫拖鞋中
高填充制品性能测试结果*

测试值	试样号	1 #	2 #	3 #	4 #	5 #	6 #
测试项目	填料及用量** SO-77-7 标准	LD-429 偶联剂改性 轻质碳酸 钙 30	(同左) 40	(同左) 50	(同左) 60	相应的钛 酸酯偶联 剂改性轻 质碳酸钙	未改性轻 质碳酸钙 30
扯断强力 (kg/cm^2)	≥ 24.0	30.6	30.9	28.3	27.6	27.1	20.4
伸长率 (%)	≥ 130	162	164	161	153	156	145
邵氏硬度 (度)	25-35	26	28	27	27.5	24	19.5
比重 (g/cm^3)	0.25-0.40	0.36	0.35	0.40	0.46	0.38	0.26

* 福建省中心检验所测试, 试验在福建省永安市第一塑料厂进行

** 以 100 份树脂计.

表 2、新型铝体系脲联剂 LD-429 改性轻质碳酸钙在改性 PE 交联发泡鞋底
中高填充制品性能测试结果*

试样号		1 #	2 #	3 #	4 #	对 照
测试值	填料及用量 (份/100份树脂)	LD-429 脲 联剂改性轻 质碳酸钙 10	(同左) 20	(同左) 30	(同左) 40	未改性轻质 碳酸钙 40
测试项目	标准					(难 以 加 工)
扯断强力 (kg/cm ²)	≥25	39.1	37.9	36.6	34.6	
伸长率 (%)	≥150	301	275	275	253	
邵氏硬度(度)	45±5	60	65	64	64	
比重 (g/cm ³)	0.33-0.43	0.29	0.32	0.32	0.31	
屈挠龟裂(次)	≥6×10 ⁴	合格	合格	合格	合格	不合格

* 试验和测试均在福州塑料橡胶厂进行

表 3、新型铝体系偶联剂 LD—429 改性轻质碳酸钙在 PVC 微孔泡沫拖鞋鞋帮中高填充制品性能测试结果*

测试项目	试样号		1 #	2 #	3 #	4 #	5 #
	测试值	填料及用量 (份/100份树脂)	未改性轻质碳酸钙 15	LD—429 偶联剂改性 轻质碳酸钙 30	(同左) 50	相应钛酸酯偶联剂改性 轻质碳酸钙 30	(同左) 50
鞋带交叉角抗撕力 (kg)	≥10		38	31.1	24	36	28.3
鞋带头拉断力 (kg)	>12		21.0	19.4	15.4	17.1	16.8
鞋带邵氏硬度 (度)	65—75		76	74	76	76	80

* 福建省中心检验所测试，试验在福建省永安市第一塑料厂进行