

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680008799.2

[51] Int. Cl.

*C08L 23/02 (2006.01)*

*C08K 5/00 (2006.01)*

*C08L 43/04 (2006.01)*

*C08F 30/08 (2006.01)*

[43] 公开日 2008 年 3 月 12 日

[11] 公开号 CN 101142270A

[22] 申请日 2006.3.9

[21] 申请号 200680008799.2

[30] 优先权

[32] 2005.3.18 [33] US [31] 60/663,133

[86] 国际申请 PCT/US2006/008368 2006.3.9

[87] 国际公布 WO2006/101754 英 2006.9.28

[85] 进入国家阶段日期 2007.9.18

[71] 申请人 陶氏环球技术公司

地址 美国密歇根州

[72] 发明人 M·B·比斯科利奥 M·埃塞格尔

K·T·德夫林 D·P·赖特

高金山 S·P·舒罗特

J·迈哈利克

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 程 伟

权利要求书 2 页 说明书 10 页

[54] 发明名称

改进热老化性能的湿可交联聚合组合物

[57] 摘要

本发明揭露了湿可交联聚合组合物，该组合物包括(a)硅烷官能化的烯烃聚合物，(b)酸性硅烷醇缩合催化剂，和(c)含仲胺的抗氧化剂组合物。该抗氧化剂组合物可以为(1)两个芳香基取代的仲胺或(2)第一抗氧化剂和至少一个芳香基取代的仲胺抗氧化剂的组合物。湿可交联聚合组合物可用于制造纤维、膜、管、泡沫和涂料。尤其，本组合物可以用作电线或电缆上的涂料。

1. 湿可交联聚合组合物，该组合物包括：
  - a. 硅烷官能化的聚烯烃聚合物；
  - b. 酸性硅烷醇缩合催化剂；和
  - c. 抗氧化剂，该抗氧化剂为两个芳香基取代的仲胺。
2. 根据权利要求1的湿可交联聚合组合物，进一步包括第二抗氧化剂，其为至少一个芳香基取代的仲胺。
3. 湿可交联聚合组合物，该组合物包括：
  - a. 硅烷官能化的聚烯烃聚合物；
  - b. 酸性硅烷醇缩合催化剂；和
  - c. 第一抗氧化剂；和
  - d. 第二抗氧化剂，该第二抗氧化剂为至少一个芳香基取代的仲胺。
4. 根据权利要求3的湿可交联聚合组合物，其中，第一抗氧化剂选自(a)酚抗氧化剂，(b)硫代类抗氧化剂，(c)磷酸酯类抗氧化剂，或(d)胂类金属减活剂。
5. 根据权利要求2或3的湿可交联聚合组合物，其中，第二抗氧化剂的量小于或等于抗氧化剂总重量的约25重量%。
6. 根据权利要求1或3的湿可交联聚合组合物，其中，酸性硅烷醇缩合催化剂获得与不使用抗氧化剂时的大约相同的催化性能。
7. 根据权利要求1或3的湿可交联聚合组合物，其中，硅烷官能化的聚烯烃聚合物能够以不使用抗氧化剂时的大约相同的速度硫化。
8. 如权利要求1-7中任一项的湿可交联聚合组合物应用在电线或电

缆上而制备的电线或电缆结构。

## 改进热老化性能的湿可交联聚合组合物

本发明涉及湿可交联聚合组合物。该聚合组合物作为从低至高电压的电线电缆应用的绝缘层特别有用。

酸性硅烷醇缩合催化剂的使用提高了湿可交联聚合组合物的硫化速度 (cure rate)。然而, 酸性催化剂也促使烯烃聚合物的分解。因此, 这些含酸的聚合组合物需要使用很高浓度的抗氧化剂来获得热稳定性。

因此, 需要提供能够减少抗氧化剂用量的抗氧化剂体系。希望通过鉴别高性能的抗氧化剂或抗氧化剂的协同掺合物来减少抗氧化剂的用量。

需要进一步的改进的是, 使其对 (a) 酸性硅烷醇缩合催化剂的催化性能或 (b) 恶臭或可燃气体的生成不产生有害的影响。

在第一个实施方案中, 本发明的湿可交联聚合组合物 (moisture crosslinkable polymeric composition) 包括 (a) 硅烷官能化的烯烃聚合物, (b) 酸性硅烷醇缩合催化剂, 和 (c) 抗氧化剂, 其为两个芳香基团取代的仲胺。

合适的硅烷官能化的烯烃聚合物包括硅烷官能化的聚乙烯聚合物、硅烷官能化的聚丙烯聚合物、以及它们的掺合物。优选地, 硅烷官能化的烯烃聚合物选自 (i) 乙烯和可水解硅烷的共聚物, (ii) 乙烯、可水解硅烷、和一种或多种 C3 或更高的  $\alpha$  烯烃及不饱和酯的共聚物, (iii) 骨架上接枝可水解硅烷的乙烯均聚物, 和 (iv) 乙烯和一种或多种 C3 或更高的  $\alpha$  烯烃及不饱和酯的共聚物, 其骨架上接枝有可水解硅烷。

如在这里使用的“聚乙烯聚合物”这个词, 其指乙烯均聚物或乙烯与小比例的一种或多种具有 3-12 个碳原子的  $\alpha$  烯烃的共聚物, 或此均聚物和共聚物的混合物或掺合物, 其中  $\alpha$  烯烃优选为带有 4-8 个碳原子的烯烃, 最优选的为二烯。该混合物可以是机械混合物或原位掺合物 (in situ blend)。  $\alpha$  烯烃的例子有丙烯、1-丁烯、1-己烯、4-甲基-1-

戊烯和 1-辛烯。聚乙烯可以是乙烯和不饱和酯的共聚物，如乙烯基酯（例如醋酸乙烯酯或丙烯酸或甲基丙烯酸酯）。

聚乙烯可以是均相的或多相的。均相聚乙烯通常具有约 1.5 至约 3.5 的多分散性 ( $M_w/M_n$ ) 和基本上均一的共聚单体分布，其由差示扫描量热仪测得的单一及相对低的熔点来表征。多相聚乙烯通常具有大于 3.5 的多分散性 ( $M_w/M_n$ ) 和缺少均一的共聚单体分布。 $M_w$  定义为重均分子量，而  $M_n$  定义为数均分子量。

聚乙烯具有 0.860-0.970 g/cm<sup>3</sup> 的密度，而优选的具有 0.870-约 0.930 g/cm<sup>3</sup> 的密度。聚乙烯还具有约 0.1-约 50 克/10 分钟的熔体指数。如果聚乙烯为均聚物，其熔体指数优选为在约 0.75-约 3 克/10 分钟的范围内。在 ASTM D-1238 上和条件 E 下确定熔体指数，在 190°C 和 2160 克的荷重下测定熔体指数。

低压或高压法可以生产聚乙烯。可以利用传统技术在气相法或液相法（例如溶液或淤浆法）中生产聚乙烯。通常在低于 1000 磅/每平方英寸（“psi”）的压力下使用低压法，而通常在高于 15,000 psi 的压力下使用高压法。

制备这些聚乙烯的典型的催化剂体系包括镁/钛类催化剂体系、钒类催化剂体系、铬类催化剂体系、金属茂催化剂体系和其它过渡金属催化剂体系。这些催化剂体系中许多常指齐格勒-纳塔催化剂体系或菲利普催化剂体系。有用的催化剂体系包括在硅铝载体上使用铬或钼氧化物的催化剂。

有用的聚乙烯包括高压法制备的低密度聚乙烯均聚物（HP-LDPEs）、线性低密度聚乙烯（LLDPEs）、极低密度聚乙烯（VLDPEs）、超低密度聚乙烯（ULDPEs）、中密度聚乙烯（MDPEs）、高密度聚乙烯（HDPE）和金属茂共聚物。

高压法通常为自由基引发的聚合，在管状反应器或搅拌高压釜中使用。在管状反应器中，压力在约 25,000 至约 45,000 psi 的范围内，而温度在约 200°C 至约 350°C 的范围内。在搅拌高压釜中，压力在约 10,000 至约 30,000 psi 的范围内，而温度在约 175°C 至约 250°C 的范围内。

由乙烯和不饱和酯组成的共聚物已为人所熟知，可以通过传统的

高压法制备。不饱和酯可以是烷基丙烯酸酯、烷基甲基丙烯酸酯或乙烯羧酸酯。烷基可以具有 1-8 个碳原子，优选的具有 1-4 个碳原子。羧酸酯基团可以具有 2-8 个碳原子，优选的具有 2-5 个碳原子。共聚物的酯共聚单体部分可以在共聚物重量的约 5 重量%-约 50 重量%的范围内，优选的范围是在约 15 重量%-约 40 重量%的范围内。丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯的例子有丙烯酸乙酯、丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸叔丁酯、丙烯酸正丁酯、甲基丙烯酸正丁酯和丙烯酸-2-乙基己酯。乙烯羧酸酯的例子有醋酸乙烯酯、丙酸乙烯酯和丁酸乙烯酯。乙烯/不饱和酯共聚物的熔体指数可以在约 0.5-约 50 克/10 分钟的范围内，优选的在约 2-约 25 克/10 分钟的范围内。

也可以用乙烯和乙烯基硅烷的共聚物。合适的硅烷的例子为乙烯基三甲氧基硅烷和乙烯基三乙氧基硅烷。此聚合物通常用高压法制备。当需要湿可交联组合物的时候，使用该乙烯-乙烯基硅烷共聚物是可取的。

VLDPE 或 ULDPE 可以为乙烯和一种或多种  $\alpha$  烯烃的共聚物，其中  $\alpha$  烯烃具有 3-12 个碳原子，而优选的具有 3-8 个碳原子。VLDPE 或 ULDPE 的密度可以在 0.870-0.915 g/cm<sup>3</sup> 的范围内。VLDPE 或 ULDPE 熔体指数可以在约 0.1-约 20 克/10 分钟的范围内，优选的在约 0.3-约 5 克/10 分钟的范围内。VLDPE 或 ULDPE 中除去乙烯的共聚单体的部分可以为共聚物重量的约 1 重量%-约 49 重量%的范围内，优选的在约 15 重量%-约 40 重量%的范围内。

第三共聚单体可以包括，例如其它的  $\alpha$  烯烃或双烯，如亚乙基降冰片烯、丁二烯、1,4-己二烯或二聚环戊二烯。EPRs 通常指乙烯/丙烯共聚物，EPDM 通常指乙烯/丙烯/双烯的三元共聚物。第三共聚单体的量可以为共聚物重量的约 1 重量%-约 15 重量%的范围内，优选的量为约 1 重量%-约 10 重量%的范围内。优选地，共聚物包含包括乙烯在内的两种或三种共聚单体。

LLDPE 可以包括 VLDPE、ULDPE 和 MDPE，其也可以是线性的，但一般来说，其具有在 0.916-0.925 g/cm<sup>3</sup> 范围内的密度。LLDPE 可以是乙烯和一种或多种  $\alpha$  烯烃的共聚物，其中  $\alpha$  烯烃具有 3-12 个碳原子，优选的具有 3-8 个碳原子。熔体指数可以在约 1-约 20 克/10 分钟的范

围内，优选的在约 3 至-8 克/10 分钟的范围内。

在这些组合物中可以使用任何聚丙烯。例子包括丙烯均聚物、丙烯和其它烯烃的共聚物、以及丙烯、乙烯和双烯（例如降冰片烯和癸二烯）的三元共聚物。另外，可以分散聚丙烯或与其它聚合物掺合，如 EPR 或 EPDM。合适的聚丙烯包括热塑性弹性体（TPEs）、热塑性聚烯烃（TPOs）和热塑性硫化橡胶（TPVs）。聚丙烯的例子在聚丙烯手册（POLYPROPYLENEN HANDBOOK）：POLYMERIZATION, CHARACTERIZATION, PROPERTIES, PROCESSING, APPLICATIONS 3-14, 113-176 (E. Moore, Jr.ed., 1996) 中有描述。

乙烯基烷氧基硅烷（例如，乙烯基三甲氧基硅烷和乙烯基三乙氧基硅烷）是用于接枝或共聚形成硅烷官能化烯烃聚合物的合适的硅烷化合物。

合适的酸性硅烷醇缩合催化剂包括（a）有机磺酸及其可水解的母体，（b）有机磷酸及其可水解的母体，和（c）氢卤酸。优选地，酸性硅烷醇缩合催化剂为有机磺酸。更优选地，酸性硅烷醇缩合催化剂选自烷基芳基磺酸、芳基烷基磺酸和烷基化的芳基二磺酸。甚至更优选地，酸性硅烷醇缩合催化剂选自取代的苯磺酸和取代的萘磺酸。最优选地，酸性硅烷醇缩合催化剂为十二烷基苄基磺酸或二壬基萘磺酸。

由两个芳香基取代的合适的仲胺抗氧化剂包括 4,4'-二（ $\alpha$ ,  $\alpha$ -二甲基苄基）二苯胺、苄基- $\alpha$ -萘胺、其它的二芳基胺、和二芳基磺酰胺。优选地，取代的芳香基团可以是苄基或萘基。

优选地，酸性硅烷醇缩合催化剂获得不使用仲胺抗氧化剂时的大约相同的催化性能。同样优选地，硅烷官能化的聚烯烃聚合物能够以不使用仲胺抗氧化剂时的大约相同的速度硫化。

另外，组合物可以包括其它的添加剂，例如色料、缓蚀剂、润滑剂、防粘连剂、阻燃剂、操作助剂和第二抗氧化剂，该第二抗氧化剂为至少一个芳香基取代的仲胺。当使用第二抗氧化剂时，其用量小于或等于抗氧化剂总重量的约 25 重量%。更优选地，其用量为抗氧化剂总重量的约重量 1%至小于约 25%之间。甚至更优选地，其用量为抗氧化剂总重量的约重量 2.5%至 10 重量%之间。

在第二个实施方案中，本发明为湿可交联聚合组合物，其包括（a）

硅烷官能化的烯烃聚合物，(b) 酸性硅烷醇缩合催化剂，(c) 第一抗氧化剂，和 (d) 第二抗氧化剂，其为至少一个芳香基取代的仲胺。

关于该实施方案，上述的硅烷官能化的烯烃聚合物和酸性硅烷醇缩合催化剂适用于本实施方案。另外，组合物可以包括其它的添加剂，例如色料、缓蚀剂、润滑剂、防粘连剂、阻燃剂和操作助剂。

合适的第一抗氧化剂包括 (a) 酚类抗氧化剂，(b) 硫代类抗氧化剂，(c) 磷酸酯类抗氧化剂，和 (d) 胍类金属减活剂。合适的酚类抗氧化剂包括甲基取代的酚。具有伯或仲羰合物类取代基的其它酚是合适的抗氧化剂。优选的酚抗氧化剂为亚异丁基二 (4,6-二甲基酚)。优选的胍类金属减活剂为乙二酰二 (苯亚基二烯酰胍) (oxalyl bis (benzylidene hydrazide))。优选地，抗氧化剂的量为聚合组合物的约 0.05 重量%至约 10 重量%之间。

具有至少一个芳香基的合适的第二抗氧化剂包括 4,4'-双( $\alpha,\alpha$ -二甲基苄基)二苯胺、苯基- $\alpha$ -萘基胺、其它的二芳基胺、二芳基磺酰胺、和聚合的 1,2-二氢-2,2,4-三甲基喹啉。优选地，使用的第二抗氧化剂的量为小于或等于抗氧化剂总重量的约 25 重量%。更优选地，其用量为抗氧化剂总重量的约重量 1%至小于约 25%之间。甚至更优选地，其用量为抗氧化剂总重量的约重量 2.5%至 10 重量%之间。

优选地，酸性硅烷醇缩合催化剂获得不使用第二抗氧化剂时的大约相同的催化性能。同样优选地，硅烷官能化的聚烯烃聚合物能够以不使用第二抗氧化剂时的大约相同的速度硫化。

在一个选择的实施方案中，本发明为应用前述的聚合组合物在电线或电缆上制备的电线或电缆结构(construction)。

## 实施例

下面的非限定实施例用来解释说明本发明方案。

## 试验方法

下面的试验方法用于评估非限定实施例：

### (1) 热固化 (Hot Set)

热固化为根据 IEC-60502-1 的伸长测试。如果伸长大于 175%，则

试验样品不能做热固化试验。

## (2) 热老化性能

根据 ASTM D638 测试强度和伸长的拉伸性能。接下来在 135℃ 热老化一周后，再测试试验样品的拉伸性能。期望组合物保持至少 75% 的初始拉伸性能以满足 IEC-60502-1 工业规格。

## (3) 爆炸下限 (LEL)

对于每一个实施的聚合组合物，将 50 克组合物放置在密封的 32 盎司的广口瓶中，广口瓶的盖中带有橡胶隔片。广口瓶及其里面的物质 (a) 在 25℃ 保持 30 分钟或 (b) 在 180℃ 加热 30 分钟。广口瓶在冷却到室温后，移开隔片，将伊戈尔检测仪 (Eagle detection meter) 放置在广口瓶中检测生成的气体量。

使用 RKI 仪器伊戈尔系列便携式多气检测仪检测生成的气体。根据 0-50,000 ppm 的甲烷，校正检测器以测试 0-100%LEL 范围内的甲烷。用甲烷气的比例作为所有检测气的代表来报告 LEL 的百分量。

## 实施的组合物

接下来描述用于制备聚合组合物的复合添加剂 (additive package) 的组分。每种复合添加剂以重量 5% 挤出，在铜导体上以 30 密耳 (mils) 的厚度加载到 DFDB-5451 乙烯/硅烷共聚物中。DFRDB-5451 乙烯/硅烷共聚物具有 1.50 克/10 分钟的熔体指数和 0.922 克/立方厘米的密度，其来自陶氏化学公司。

包覆的电线样品用于评估组合物的硫化速度和热老化性能。

(1) DFH-2065 为线性低密度聚乙烯，其具有 0.65 克/10 分钟的熔体指数和 0.920 克/立方厘米的密度，其来自陶氏化学公司。

(2) DPDA-6182 为乙烯/丙烯酸乙酯的共聚物，其具有 1.5 克/10 分钟的熔体指数和 0.930 克/立方厘米的密度，其来自陶氏化学公司。

(3) Agerite MA 聚合的 1,2-二氢-2,2,4-三甲基喹啉为来自 R.T. Vanderbilt 公司的商品。

(4) Chimassorb 119<sup>TM</sup> 1,3,5-三嗪-2,4,6-三胺,N,N'''-[1,2-乙烷-二基-二[[[4,6-二-[丁基(1,2,2,6,6-五甲基-4-哌啶)氨基]-1,3,5-三嗪-2-基]亚氨基]-3,1-丙二基]]二[N',N''-二丁基-N',N''-二(1,2,2,6,6-五甲基-4-哌

啉)-[CAS#106990-43-6]来自 Ciba Specialty 化学公司。

(5) Chimassorb 2020<sup>TM</sup> 1,6-己烷二胺,带有 2,4,6-三氯-1,3,5-三嗪的 N,N'-二(2,2,6,6-四甲基-4-哌啉)-聚合物与 N-丁基-1-丁烷胺和 N-丁基-2,2,6,6-四甲基-4-哌啉胺[CAS#192268-64-7]的反应产物来自 Ciba Specialty 化学公司。

(6) Cyanox 1790<sup>TM</sup> 三(4-t-丁基-3-羟基-2,6-二甲基苯基)-s-三嗪-2,4,6-(1H,3H,5H)三酮来自 Cytec 工业。

(7) DSTDP 为来自 Ciba Specialty 化学公司的二硬脂基-3-3-硫代二丙酸酯。

(8) Irganox 1010<sup>TM</sup> 四亚甲基 (3,5-二-t-丁基-4-羟基苯丙酸酯)甲烷为受阻酚性抗氧化剂, 其来自 Ciba Specialty 化学公司。

(9) Irganox 1024<sup>TM</sup> 1,2-二(3,5-二-t-丁基-4-羟基苯丙酸酯)肼来自 Ciba Specialty 化学公司。

(10) Lowinox 22IB46<sup>TM</sup> 亚异丁基二-(4,6-二甲基酚)为来自 Great Lakes 化学公司的抗氧化剂。

(11) NACURE<sup>TM</sup> B201 烷基芳香烃磺酸来自 King Industries 公司。

(12) Naugard 445 4,4'-二(α, α-二甲基苄基)二苯胺来自 Crompton 公司。

(13) OABH 为乙二酰二(苯亚基二烯酰肼) (oxalyl bis (benzylidene hydrazide)), 来自 Eastman 化学公司的金属减活剂。

(14) Super Q<sup>TM</sup> 聚合的 1,2-二氢-2,2,4-三甲基喹啉来自 Crompton 公司。

(15) TBM6 为来自 Great Lakes 化学公司的 4,4-硫代二(2-t-丁基-5-甲基酚)。

表 I

| Component          | 对比实<br>施例 1 | 对比实<br>施例 2 | 对比实<br>施例 3 | 对比实<br>施例 4 | 对比实<br>施例 5 | 对比实<br>施例 6 | 对比实<br>施例 7 | 对比实<br>施例 8 | 对比实<br>施例 9 | 对比实<br>施例 10 | 对比实<br>施例 11 | 对比实<br>施例 12 | 对比实<br>施例 13 | 对比实<br>施例 14 |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| DFH-2065           | 46.00       | 46.00       | 46.00       | 46.00       | 46.00       | 46.00       | 45.50       | 45.00       | 46.00       | 46.40        | 46.165       | 46.015       | 46.14        | 46.065       |
| DPDA-6182          | 46.00       | 46.00       | 46.00       | 46.00       | 46.00       | 46.00       | 45.50       | 45.00       | 46.00       | 46.40        | 46.165       | 46.015       | 46.14        | 46.065       |
| Agerite MA         |             |             |             |             |             |             |             |             |             |              |              | 0.30         | 0.05         |              |
| Chimassorb<br>119  | 4.00        |             |             |             |             |             |             |             |             |              |              |              |              |              |
| Chimassorb<br>2020 |             | 4.00        |             |             |             |             |             |             |             |              |              |              |              |              |
| Cyanox 1790        |             |             |             |             | 2.00        | 4.00        |             |             |             |              |              |              |              |              |
| DSTDP              |             |             |             |             |             |             |             | 3.00        |             |              |              |              |              |              |
| Irganox 1010       |             |             |             |             |             |             | 3.33        | 3.00        | 2.00        |              |              |              |              |              |
| Irganox 1024       |             |             |             |             |             |             | 1.67        |             |             |              |              |              |              |              |
| Lowinox<br>221B46  |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 4.00         | 4.40         | 4.40         | 4.40         | 4.40         |
| NACURE™<br>B201    | 4.00        | 4.00        | 4.00        | 4.00        | 4.00        | 4.00        | 4.00        | 4.00        | 4.00        | 2.50         | 2.50         | 2.50         | 2.50         | 2.50         |
| Naugard 445        |             |             |             | 2.00        | 2.00        |             |             |             |             |              |              |              |              | 0.30         |
| OABH               |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 0.70         | 0.77         | 0.77         | 0.77         | 0.77         |
| Super Q            |             |             | 4.00        |             |             |             |             |             |             |              |              |              |              |              |
| TBM6               |             |             |             | 2.00        |             |             |             |             | 2.00        |              |              |              |              |              |

### 热固化

对比实施例 1-3 和 6 以及实施例 4 和 5 在 23℃ 和 70% 的相对湿度下保持两天。对比实施例 1-3 两天内没有固化。如果是这样，就不对这些实施例进行热固化评估。在一天和两天后对实施例 4 和 5 以及对比实施例 6 进行热固化评估。

表 II

| %伸长 | 实施例 4 | 实施例 5 | 对比实施例 6 |
|-----|-------|-------|---------|
| 1 天 | 55.51 | 55.54 | 48.29   |
| 2 天 | 39.11 | 43.70 | 33.86   |

### 热老化性能

对实施例 4 和 5 以及对比实施例 6-9 进行热老化评估。

表 III

| %保留性质<br>(Retained Property) | 实施例 4 | 实施例 5 | 对比实施例 6 | 对比实施例 7 | 对比实施例 8 | 对比实施例 9 |
|------------------------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|
| 拉伸强度                         | 114   | 127   | 54      | 22      | 28      | 33      |
| 拉伸长度                         | 104   | 110   | 44      | 19      | 13      | 14      |

### 热固化

对比实施例 10, 11, 和 13 以及实施例 12 和 14 在 23℃ 和 70% 的相对湿度下保持三天。在一天、两天和三天后进行热固化测试。

表 IV

| %伸长 | 对比实施例 10 | 对比实施例 11 | 对比实施例 12 | 对比实施例 13 | 对比实施例 14 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 天 | 121.8    | 112.6    | 115.2    | 131.0    | 121.8    |
| 2 天 | 73.2     | 75.9     | 81.1     | 81.1     | 79.8     |
| 3 天 | 57.5     | 54.9     | 71.9     | 54.9     | 57.5     |

### 热老化性能

对比实施例 10, 11, 和 13 以及实施例 12 和 14 进行热老化性能的评估。试验样品在 135℃ 保持 5 天、7 天和 10 天后进行性能测试。

表V

| %保留性质 | 对比实施例 10 | 对比实施例 11 | 对比实施例 12 | 对比实施例 13 | 对比实施例 14 |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 5 天   |          |          |          |          |          |
| 拉伸强度  | 103      | 109      | 85       | 86       | 113      |
| 拉伸长度  | 88       | 97       | 79       | 84       | 100      |
| 7 天   |          |          |          |          |          |
| 拉伸强度  | 98       | 85       | 99       | 84       | 92       |
| 拉伸长度  | 87       | 85       | 81       | 83       | 92       |
| 10 天  |          |          |          |          |          |
| 拉伸强度  | 30       | 36       | 91       | 36       | 99       |
| 拉伸长度  | 18       | 25       | 77       | 30       | 92       |

50 克样品的爆炸下限 (LEL)

实施例和对比实施例由所述的抗氧化剂制备, 4%的 NACURE™ B201 烷基芳香烃磺酸, 组合物的均衡为 1:1 的 DFH-2065 和 DPDA-6182。

表VI

| 实施例号     | 抗氧化剂                        | 重量百分比        | %LEL |       |
|----------|-----------------------------|--------------|------|-------|
|          |                             |              | 25°C | 180°C |
| 对比实施例 15 | 无                           |              | 2    | 11    |
| 对比实施例 16 | Irganox 1010                | 3.33         | 2    | 100   |
| 对比实施例 17 | Irganox 1024                | 1.67         | 2    | 50    |
| 实施例 18   | Naugard 445                 | 3.33         | 2    | 7     |
| 实施例 19   | Naugard 445<br>Irganox 1024 | 3.33<br>1.67 | 2    | 18    |