[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F41H 5/04 (2006.01)
C08J 5/04 (2006.01)
C08J 5/06 (2006.01)
B32B 5/28 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880017304.1

[43] 公开日 2010 年 3 月 24 日

[11] 公开号 CN 101680731A

[22] 申请日 2008.3.27
[21] 申请号 200880017304.1
[30] 优先权
[32] 2007. 3.28 [33] US [31] 11/729,256
[86] 国际申请 PCT/US2008/058368 2008.3.27
[87] 国际公布 WO2008/121677 英 2008.10.9
[85] 进入国家阶段日期 2009.11.24
[71] 申请人 霍尼韦尔国际公司
地址 美国新泽西州
[72] 发明人 H·G·阿迪夫 R·克莱恩
D·A·赫尔斯特 A·巴特纳加
B·D·阿维森 L·L·沃纳

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 李 进 林 森

权利要求书 5 页 说明书 29 页

[54] 发明名称

基于氟碳改性粘合剂的耐环境防弹复合物

[57] 摘要

本发明提供在暴露于液体如海水和有机溶剂如汽油及其它石油基产品后保留其优良防弹性能的防弹织物和物品。 所述织物包含含氟聚合物粘合剂组合物和任选表面活性剂。

1. 一种防弹织物，所述织物包含排列成阵列的众多纤维，所述纤维合并和形成织物，所述纤维具有约 7 g/登尼尔或更大的韧度和约 150 g/登尼尔或更大的拉伸模量；所述纤维上具有含氟聚合物粘合剂组合物。

2. 权利要求 1 的防弹织物，所述织物包括机织或无纺织物。

3. 权利要求 1 的防弹织物，所述织物包括毛毡。

4. 权利要求 1 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包括氟聚合物或含氟碳材料或两者与至少一种附加聚合物的共混物，所述附加聚合物包括聚氨酯聚合物、聚醚聚合物、聚酯聚合物、聚碳酸酯树脂、聚缩醛聚合物、聚酰胺聚合物、聚丁烯聚合物、乙烯-乙酸乙烯酯共聚物、乙烯-乙烯醇共聚物、离聚物、苯乙烯-异戊二烯共聚物、苯乙烯-丁二烯共聚物、苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、苯乙烯-乙烯/丙烯共聚物、聚甲基戊烯聚合物、氢化苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、马来酸酐官能化苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、羧酸官能化苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、丙烯腈聚合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯共聚物、聚丙烯聚合物、聚丙烯共聚物、环氧树脂、酚醛清漆树脂、酚醛树脂、乙烯基酯树脂、硅酮树脂、丁腈橡胶聚合物、天然橡胶聚合物、乙酸丁酸纤维素聚合物、聚乙烯醇缩丁醛聚合物、丙烯酸聚合物、丙烯酸共聚物或包含非丙烯酸单体的丙烯酸共聚物。

5. 权利要求 1 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包括氟聚合物或含氟碳材料或两者与丙烯酸均聚物、丙烯酸共聚物或包含非丙烯酸单体的丙烯酸共聚物的共混物。

6. 权利要求 4 的防弹织物，其中氟聚合物或含氟碳材料占所述含氟聚合物粘合剂组合物至少约 1%重量-约 50%重量。

7. 权利要求 4 的防弹织物，其中氟聚合物或含氟碳材料占所述含氟聚合物粘合剂组合物至少约 3%重量-约 35%重量。

8. 权利要求 4 的防弹织物，其中氟聚合物或含氟碳材料占所述含氟聚合物粘合剂组合物至少约 5%重量-约 20%重量。

9. 权利要求 1 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包含氟聚合物或含氟碳材料或两者与至少一种表面活性剂的共混物。

10. 权利要求 9 的防弹织物，其中表面活性剂占所述共混物至少约 0.1%重量-约 2.5%重量。

11. 权利要求 1 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包含氟聚合物或含氟碳材料或两者与丙烯酸聚合物或共聚物和至少一种表面活性剂的共混物。

12. 权利要求 1 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包括三氟氯乙烯均聚物、三氟氯乙烯共聚物、乙烯-三氟氯乙烯共聚物、乙烯-四氟乙烯共聚物、氟化乙烯-丙烯共聚物、全氟烷氧基乙烯、聚三氟氯乙烯、聚四氟乙烯、聚氟乙烯、聚偏氟乙烯、氟碳改性聚醚、氟碳-改性聚酯、氟碳改性聚阴离子、氟碳改性聚丙烯酸、氟碳-改性聚丙烯酸酯、氟碳改性聚氨酯，或其共聚物或共混物。

13. 权利要求 1 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包括已被接枝在聚醚、聚酯、聚阴离子、聚丙烯酸、聚丙烯酸酯或聚氨酯上的氟调聚物。

14. 权利要求 1 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物占所述织物约 10%-约 22%重量。

15. 权利要求 1 的防弹织物，其中所述纤维包含选自聚烯烃纤维、芳族聚酰胺纤维、聚氮茚纤维、聚乙烯醇纤维、聚酰胺纤维、聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维、聚萘二酸乙二醇酯纤维、聚丙烯腈纤维、液晶共聚酯纤维、玻璃纤维、碳纤维、含有吡啶并双咪唑-2,6-二基(2,5-二羟基-对亚苯基)的刚性棒状纤维及其组合的材料。

16. 一种柔软的盔甲式防弹物品，该物品用权利要求 1 的防弹织物形成。

17. 一种包含众多无纺、重叠、斜交纤维层片的防弹织物，所述纤维具有约 7 g/登尼尔或更大的韧度和约 150 g/登尼尔或更大的拉伸模量；所述纤维上具有含氟聚合物粘合剂组合物；用所述含氟聚合物粘合剂组合物加固所述众多重叠斜交纤维层片以形成所述单层、加固的织物。

18. 权利要求 17 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包括氟聚合物或含氟碳材料或两者与至少一种附加聚合物的共混物，所述附加聚合物包括聚氨酯聚合物、聚醚聚合物、聚酯聚合物、聚碳酸酯树脂、聚缩醛聚合物、聚酰胺聚合物、聚丁烯聚合物、乙烯-乙酸乙烯酯共聚物、乙烯-乙烯醇共聚物、离聚物、苯乙烯-异戊二烯共聚物、苯乙烯-丁二烯共聚物、苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、苯乙烯-乙烯/丙烯共聚物、聚甲基戊烯聚合物、氢化苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、马来酸酐官能化苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、羧酸官能化苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、丙烯腈聚合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯共聚物、聚丙烯聚合物、聚丙烯共聚物、环氧树脂、酚醛清漆树脂、酚醛树脂、乙烯基酯树脂、硅酮树脂、丁腈橡胶聚合物、天然橡胶聚合物、乙酸丁酸纤维素聚合物、聚乙烯醇缩丁醛聚合物、丙烯酸聚合物、丙烯酸共聚物或含有非丙烯酸单体的丙烯酸共聚物。

19. 权利要求 17 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包括氟聚合物或含氟碳材料或两者与丙烯酸均聚物、丙烯酸共聚物或包含非丙烯酸单体的丙烯酸共聚物的共混物。

20. 权利要求 18 的防弹织物，其中氟聚合物或含氟碳材料占所述含氟聚合物粘合剂组合物至少约 1%重量-约 50%重量。

21. 权利要求 18 的防弹织物，其中氟聚合物或含氟碳材料占所述含氟聚合物粘合剂组合物至少约 3%重量-约 35%重量。

22. 权利要求 18 的防弹织物，其中氟聚合物或含氟碳材料占所述含氟聚合物粘合剂组合物至少约 5%重量-约 20%重量。

23. 权利要求 17 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包括氟聚合物或含氟碳材料或两者与至少一种表面活性剂的共混物。

24. 权利要求 23 的防弹织物，其中表面活性剂占所述共混物至少约 0.1 %重量-约 2.5%重量。

25. 权利要求 17 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包括氟聚合物或含氟碳材料或两者与丙烯酸聚合物或共聚物和至少一种表面活性剂的共混物。

26. 权利要求 17 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物占所述织物约 10%-约 22%重量。

27. 权利要求 17 的防弹织物，其中所述含氟聚合物粘合剂组合物包括三氟氯乙烯均聚物、三氟氯乙烯共聚物、乙烯-三氟氯乙烯共聚物、乙烯-四氟乙烯共聚物、氟化乙烯-丙烯共聚物、全氟烷氧基乙烯、聚三氟氯乙烯、聚四氟乙烯、聚氟乙烯、聚偏氟乙烯、氟碳改性聚醚、氟碳-改性聚酯、氟碳改性聚阴离子、氟碳改性聚丙烯酸、氟碳改性聚丙烯酸酯、氟碳改性聚氨酯，或其共聚物或共混物。

28. 权利要求 17 的防弹织物，其中每个纤维层片包含基本平行排列的众多单向纤维。

29. 权利要求 17 的防弹织物，其中每个所述纤维层片相对于每个相邻纤维层片的纤维方向呈直角斜交。

30. 一种柔软的盔甲式防弹物品，所述物品用权利要求 17 的防弹织物形成。

31. 一种制备防弹织物的方法，所述方法包括步骤 I)或步骤 II)，其中：

I)将含氟聚合物粘合剂组合物涂在众多纤维上，然后用所述纤维形成至少一个纤维层片；所述纤维具有约 7 g/登尼尔或更大的韧度和约 150 g/登尼尔或更大的拉伸模量；或者

II)形成至少一个纤维层片，然后将含氟聚合物粘合剂组合物涂在所述至少一个纤维层片上；所述纤维具有约 7 g/登尼尔或更大的韧度和约 150 g/登尼尔或更大的拉伸模量。

32. 权利要求 31 的方法，其中实施步骤 I)。

33. 权利要求 31 的方法，其中实施步骤 II)。

基于氟碳改性粘合剂的耐环境防弹复合物

发明背景

发明领域

本发明涉及具有耐受因液体暴露所致劣化的优良性能的防弹物品。更具体来讲，本发明涉及在暴露于液体如海水和有机溶剂如汽油及其它石油基产品之后仍保持其优良防弹性能的防弹织物和物品。

相关技术的说明

众所周知包含具有优良防弹性能的高强度纤维的防弹物品。物品例如防弹背心、头盔、汽车面板和军事装备的结构构件通常用含有高强度纤维的织物制备。常规使用的高强度纤维包括聚乙烯纤维、芳族聚酰胺纤维如聚(对苯二甲酰对苯二胺)、石墨纤维、尼龙纤维、玻璃纤维等。对于许多应用，例如背心或背心的一部分，可将纤维用于机织或针织织物中。对于其它应用，可将纤维包裹或包埋在聚合物基体材料中，以形成机织或无纺刚性或柔性织物。

已知各种防弹构造可用于形成坚硬或柔软的防弹物品如头盔、面板和背心。例如，美国专利4,403,012、4,457,985、4,613,535、4,623,574、4,650,710、4,737,402、4,748,064、5,552,208、5,587,230、6,642,159、6,841,492、6,846,758，其全部通过引用结合到本文中，描述包含用例如伸展链超高分子量聚乙烯材料制备的高强度纤维的防弹复合物。这些复合物不同程度地阻挡来自发射弹如子弹、炮弹、榴散弹等高速冲击产生的穿透作用。

例如，美国专利4,623,574和4,748,064公开含有包埋在弹性基体中的高强度纤维的简单复合结构。美国专利4,650,710公开制造的柔性物品，该物品包含由高强度、伸展链聚烯烃(ECP)纤维组成的多个柔性层。用低模量弹性材料涂布网络的纤维。美国专利5,552,208和5,587,230公开一种物品和制备物品的方法，该物品包含至少一种高强

度纤维网络和含有乙烯基酯和邻苯二甲酸二烯丙酯的基体组合物。美国专利 6,642,159 公开具有多个纤维层的耐冲击刚性复合物，在基体中有细丝网络，弹性层位于其间。将复合物粘至硬板上以增加对抗穿甲弹的保护作用。

虽然坚硬或刚性的身体盔甲提供良好的防弹性，但可能非常僵硬和庞大。因此，身体盔甲服装如防弹背心优选用柔性或柔软的盔甲材料形成。但是，虽然此类柔性或柔软的材料表现优良的防弹性能，但它们对液体的耐受性通常也差，所述液体包括淡水、海水和有机溶剂，如石油、汽油、枪用润滑油及其它衍生自石油的溶剂。这是一个问题，因为众所周知当此类材料暴露于或沉没在液体中时防弹性能劣化。而且，虽然已知将保护膜铺在织物表面上可提高织物耐用性和耐磨性，以及耐水或耐化学性，但这些膜增加织物重量。因此，在本领域需要提供柔软、可屈曲的防弹材料，该材料在接触或沉没在各种液体之后仍具有可接受的防弹标准，还具有优良的耐用性，除了粘合剂聚合物涂层之外不需要使用保护性表面膜。

很少常规粘合剂材料(binder material)(在本领域常称为聚合物“基体”材料)能够提供本文讨论的全部所需性能。在其它领域优选含氟聚合物，因为它们耐受海水的溶解、渗透和/或蒸腾，耐受一种或多种有机溶剂的溶解、渗透和/或蒸腾，所述有机溶剂如柴油汽油、非柴油汽油、枪用润滑油、石油和衍生自石油的有机溶剂。在防弹材料领域，已发现含氟涂层有利于在长期暴露于可能有害的液体之后保留防弹织物的防弹性能，不需要用保护性表面膜获得这样的有利效应。更具体来讲，已发现用含氟聚合物粘合剂组合物涂布防弹纤维材料时获得优良的防弹和耐环境性能，所述组合物是含氟聚合物和用于本领域的常规聚合物基体组分的共混物。

已经意外地发现将表面活性剂加入含氟共混的聚合物粘合剂组合物中可改善涂在各纤维上的粘合剂的均匀度。还意外发现加入表面活性剂可促使氟碳树脂均匀分布在共混聚合物基体粘合剂的表面。可

将这些表面或界面描述为空气-与-共混聚合物基体粘合剂界面或外表面，和纤维-与-共混聚合物基体粘合剂界面或内表面。氟碳树脂在表面上的这种均匀分布增加氟碳树脂提高复合物耐环境(盐水、汽油等)的功效。

因此，本发明提供用聚合物粘合剂材料形成的防弹织物，所述材料可提供防护液体，以及耐热和耐冷，和耐磨损和耐穿的所需作用，同时维持良好的柔韧性和优秀的防弹性能。

发明概述

本发明提供包含呈阵列排列的众多纤维的防弹织物，所述纤维联合形成织物，所述纤维具有约 7 g/登尼尔或更大的韧度和约 150 g/登尼尔或更大的拉伸模量；所述纤维上具有含氟聚合物粘合剂组合物。

本发明还提供包含众多重叠、斜交纤维层片的防弹织物，所述纤维具有约 7 g/登尼尔或更大的韧度和约 150 g/登尼尔或更大的拉伸模量；所述纤维上具有含氟聚合物粘合剂组合物；将众多重叠斜交纤维层片用所述聚合物粘合剂组合物加固以形成所述单层、加固的织物。

本发明还提供制备防弹织物的方法，该方法包括步骤I)或步骤II)，其中：

I)将含氟聚合物粘合剂组合物涂在众多纤维上，然后用所述纤维形成至少一个纤维层片；所述纤维具有约 7 g/登尼尔或更大的韧度和约 150 g/登尼尔或更大的拉伸模量；或

II)形成至少一个纤维层片，然后将含氟聚合物粘合剂组合物涂在所述至少一个纤维层片上；所述纤维具有约 7 g/登尼尔或更大的韧度和约 150 g/登尼尔或更大的拉伸模量。

发明详述

本发明提供在暴露于水(特别是海水)和有机溶剂(特别是衍生自石油的溶剂如汽油)之后保留优良的防止子弹穿透性能的物品。具体来讲，本发明提供用高强度纤维形成的防弹织物和物品，所述纤维用含氟聚合物粘合剂组合物涂层，所述组合物耐受海水的溶解、渗透和/

或蒸腾，和耐受一种或多种有机溶剂的溶解、渗透和/或蒸腾，所述有机溶剂如柴油汽油、非柴油汽油、枪用润滑油、石油和衍生自石油的有机溶剂。用于本文时，“含氟”聚合物粘合剂组合物描述包含至少一种“含氟”组分和至少一种不含氟组分的聚合物粘合剂组合物。用于本文时，“含氟”组分包括氟代聚合物和/或含氟碳材料(即氟碳树脂)。“氟碳树脂”通常指包含氟碳基的聚合物。

用于本发明目的时，具有优良防子弹穿透性的物品指表现出色的对抗可变形发射弹的性能的物品。所述物品还表现出色的阻挡碎片穿透如榴散弹的性能。用于本发明目的时，“纤维”是其长度尺寸远大于宽度和厚度横向尺寸的长形体。用于本发明的纤维的横断面可以变化很大。横断面可以是圆形、扁平或椭圆形。因此，术语纤维包括具有规则或不规则横断面的细丝、带、条等。它们也可以是不规则或规则的多叶横断面，从纤维的线性或纵轴伸出一个或多个规则或不规则的叶。优选纤维为单叶，具有基本圆形的横断面。

在本发明的优选实施方案中，本发明的防弹织物是包含众多重叠、无纺纤维层片的无纺织物，所述纤维层片被加固成单层、单块组件。在本实施方案中，各层片包含以单向、基本平行的阵列对齐的不重叠纤维的排列。这种类型的纤维排列在本领域称为“unitape”(单向带)，在本文称为“单层片”。用于本文时，“阵列”描述纤维或纱线的有序排列，“平行阵列”描述纤维或纱线的有序平行阵列。纤维“层”描述包括一个或多个层片在内的机织或无纺纤维或纱线的平面排列。用于本文时，“单层”结构指由一个或多个单一纤维层片组成的单块结构，所述层片已被加固成单个单元结构。用“加固”指将聚合物粘合剂组合物与各纤维层片一起合并成单个单元层。可通过干燥、冷却、加热、压力或其组合进行加固。术语“复合物”指纤维与聚合物粘合剂组合物的加固组合。

本发明的优选无纺织物包括众多堆积的重叠层片(众多 unitapes)，其中每个单层片(unitape)的平行纤维相对于每个单层片的纵向纤维方

向与每个相邻单层片的平行纤维呈直角(0°/90°)布置。将层叠的重叠无纺纤维层片加热和加压加固，或通过粘附各个纤维层片的聚合物树脂组合物涂层加固，以形成单层、单块组件，在本领域也称为单层、加固网络，其中“加固网络”描述纤维层片与聚合物粘合剂组合物的加固(合并)的组合。用于本文的聚合物粘合剂组合物在本领域也称为聚合物基体组合物。术语“聚合物粘合剂组合物”和“聚合物基体组合物”在本文可互换使用，描述通过其胶粘特性或经受众所周知的加热和/或压力条件后，将纤维粘合一起的材料。

如本领域熟知，当各纤维层片斜交以致一个层片的纤维对齐方向相对于另一个层片的纤维对齐方向旋转一定角度时获得优良的防弹性能。虽然最优选纤维层片以 0°和 90°角直角斜交，但实际上相邻层片相对于另一个层片的纵向纤维方向可以呈约 0°-约 90°的任何角度对齐。例如，5 层片无纺结构可具有以 0°/45°/90°/45°/0°或其它角度定向的层片。此类旋转单向对齐描述于例如美国专利 4,457,985、4,748,064、4,916,000、4,403,012、4,623,573 和 4,737,402。

最常见无纺织物包含 1-约 6 个层片，但可以根据各种应用的需要包含约 10-约 20 个层片。层片数越大，则防弹性越强，但重量也越大。因此，形成本发明织物或物品的纤维层片的数量根据织物或物品的最终用途而变化。例如，在军事应用的身体防护背心，为了形成获得所需 1.0 磅每平方英尺面密度(4.9 kg/m^2)的物品复合物，可能需要总计 22 层单一层片，其中层片可以是用本文所述高强度纤维形成的机织、针织、毛毡或无纺织物(具有平行定向的纤维或其它排列)。在另一个实施方案中，执法用的身体防护背心可根据 National Institute of Justice (NIJ) Threat Level 具有多个层片。例如，对于 NIJ Threat Level IIIA 背心，也可以有总计 22 个层片。对于较低 NIJ Threat Level，可使用较少层片。

加固的无纺织物可用众所周知的方法构成，如描述于美国专利 6,642,159 的方法，其公开通过引用结合到本文中。而且，本发明的纤

维层片或者可以包含纱线而不是纤维，其中“纱线”是由多条细丝组成的股。或者无纺纤维层片可包含毛毡结构，该结构用常规已知的技术形成，包含无规定向而不是平行排列的纤维。本发明的物品还可包含机织织物、用单向纤维层片形成的无纺织物和无纺毛毡织物的组合。

在本发明的另一个实施方案中，本发明的防弹织物包含机织织物。可用本领域众所周知的使用任何织物编织的技术形成机织织物，如平织、四页破斜纹织、篮织、缎织、斜纹织等。平织最常见，其中将纤维以直角 0°/90°方向编织一起。在另一个实施方案中，可组装混合结构，其中将机织和无纺织物例如通过加固而合并和互连。在编织之前，可将各机织织物材料的单一纤维用或不用本发明的聚合物粘合剂组合物以类似于无纺织物的方式涂布。

形成本发明织物的纤维包含高强度、高拉伸模量纤维。用于本文时，“高强度、高拉伸模量纤维”是具有至少约 7 g/登尼尔或更大的优选韧度、至少约 150 g/登尼尔或更大的优选拉伸模量和优选至少约 8 J/g 或更大的断裂能的纤维，分别通过 ASTM D2256 测定。用于本文时，术语“登尼尔”指线密度的单位，等于每 9000 米纤维或纱线的克质量。用于本文时，术语“韧度”指拉伸应力，以力(克)每单位线密度(登尼尔)未拉伸样品表示。纤维的“起始模量”是代表材料抵抗变形的特性。术语“拉伸模量”指以克-力每登尼尔(g/d)表示的韧度改变与以原始纤维长度的分数(in/in)表示的应变改变的比值。

特别合适的高强度、高拉伸模量纤维材料包括聚烯烃纤维，特别是伸展链聚烯烃纤维，如高度定向的、高分子量聚乙烯纤维，特别是超高分子量聚乙烯纤维和超高分子量聚丙烯纤维。也合适的是芳族聚酰胺纤维，特别是对位芳族聚酰胺纤维、聚酰胺纤维、聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维、聚萘二酸乙二醇酯纤维、伸展链聚乙烯醇纤维、伸展链聚丙烯腈纤维、聚氮茚纤维如聚苯并噁唑(PBO)和聚苯并噻唑(PBT)纤维、液晶共聚酯纤维。每种这些纤维都是本领域常规已知的。

在聚乙烯的情况下，优选纤维是分子量为至少 500,000、优选至少 1 百万且更优选 2 百万-5 百万的伸展链聚乙烯。此类伸展链聚乙烯(ECPE)纤维可用例如描述于美国专利 4,137,394 或 4,356,138 的溶液纺丝法生长，其通过引用结合到本文中，或者可从溶液中纺丝以形成凝胶结构，如描述于美国专利 4,551,296 和 5,006,390 的方法，也通过引用结合到本文中。特别优选用于本发明的纤维类型是购自 Honeywell International Inc.的商标为 SPECTRA®的聚乙烯纤维。SPECTRA®纤维在本领域众所周知，描述于例如美国专利 4,623,547 和 4,748,064。

还特别优选芳族聚酰胺(芳族的聚酰胺)或对位芳族聚酰胺纤维。此类纤维可市售获得，描述于例如美国专利 3,671,542。例如，有用的聚(对苯二甲酰对苯二胺)细丝可购自 DuPont 公司，商标为 KEVLAR®。还可用于实施本发明的是商标为 NOMEX®的购自 DuPont 的聚(间苯二甲酰间苯二胺)纤维，商标为 TWARON®的购自 Teijin 的纤维；商标为 Heracron®的购自 Kolon Industries, Inc. of Korea 的芳族聚酰胺纤维；购自 Kamensk Volokno JSC of Russia 的对位芳族聚酰胺纤维 SVM™和 Rusar™以及购自 JSC Chim Volokno of Russia 的 Armos™对位-芳族聚酰胺纤维。

适合用于实施本发明的聚氮茚纤维可市售获得，公开于例如美国专利 5,286,833、5,296,185、5,356,584、5,534,205 和 6,040,050，其各自通过引用结合到本文中。优选聚氮茚纤维是购自 Toyobo Co.的 ZYLON®商标的纤维。适合用于实施本发明的液晶共聚酯纤维可市售获得，公开于例如美国专利 3,975,487、4,118,372 和 4,161,470，其各自通过引用结合到本文中。

合适的聚丙烯纤维包括高度定向的伸展链聚丙烯(ECPP)纤维，如描述于美国专利 4,413,110，其通过引用结合到本文中。合适的聚乙烯醇(PV-OH)纤维描述于例如美国专利 4,440,711 和 4,599,267，其通过引用结合到本文中。合适的聚丙烯腈(PAN)纤维公开于例如美国专利

4,535,027，其通过引用结合到本文中。常规已知每种这些纤维类型，可广泛市售获得。

其它适合用于本发明的纤维类型包括玻璃纤维，用碳形成的纤维，用玄武岩或其它矿物形成的纤维，刚性棒状纤维如M5®纤维，和所有以上材料的组合，全部都可市售获得。例如，可用SPECTRA®纤维和Kevlar®纤维的组合形成纤维层片。M5®纤维是含有吡啶并双咪唑-2,6-二基(2,5-二羟基-对亚苯基)的刚性棒状纤维，由Magellan Systems International of Richmond, Virginia 制造，描述于例如美国专利5,674,969、5,939,553、5,945,537 和 6,040,478，其各自通过引用结合到本文中。特别优选纤维包括M5®纤维、聚乙烯SPECTRA®纤维、芳族聚酰胺 Kevlar®纤维和芳族聚酰胺 TWARON®纤维。纤维可具有任何合适的登尼尔，例如50-约3000登尼尔，更优选约200-3000登尼尔，最优选约650-约1500登尼尔。

最优选用于本发明目的的纤维是高强度、高拉伸模量伸展链聚乙烯纤维或高强度、高拉伸模量对位芳族聚酰胺纤维。如上所述，高强度、高拉伸模量纤维是具有约7 g/登尼尔或更大的优选韧度、约150 g/登尼尔或更大的优选拉伸模量和约8 J/g或更大的优选断裂能的纤维，分别通过ASTM D2256测定。在本发明的优选实施方案中，纤维的韧度应为约15 g/登尼尔或更大，优选约20 g/登尼尔或更大，更优选约25 g/登尼尔或更大，最优选约30 g/登尼尔或更大。本发明的纤维还具有约300 g/登尼尔或更大，更优选约400 g/登尼尔或更大，更优选约500 g/登尼尔或更大，更优选约1,000 g/登尼尔或更大，最优选约1,500 g/登尼尔或更大的优选拉伸模量。本发明的纤维还具有约15 J/g或更大，更优选约25 J/g或更大，更优选约30 J/g或更大的优选断裂能，最优选断裂能为约40 J/g或更大。

可用众所周知的方法获得这些合并的高强度性能。美国专利4,413,110、4,440,711、4,535,027、4,457,985、4,623,547、4,650,710和4,748,064全面讨论如何形成用于本发明的优选高强度、伸展链聚乙烯

纤维。包括溶液生长或凝胶纤维法在内的此类方法在本领域众所周知。形成各种其它优选纤维类型包括对位芳族聚酰胺纤维的方法也是本领域已知的常规方法，纤维可市售获得。

根据本发明，存在于本发明机织或无纺织物中的各纤维具有一个或多个表面，纤维的表面至少部分涂有聚合物粘合剂组合物，所述组合物耐受水的溶解，耐受一种或多种有机溶剂的溶解。通常，必须用聚合物粘合剂组合物涂层以有效融合即加固众多纤维层片。最优选各纤维的外表面基本涂有所述耐水和有机溶剂的聚合物粘合剂组合物，以便优选各单一纤维的100%表面积都覆盖所述聚合物粘合剂组合物。当织物包含众多纱线时，优选用聚合物粘合剂组合物涂布形成单股纱线的每条纤维。

已经意外地发现含有氟原子的聚合物粘合剂组合物，特别是与常规基体粘合剂聚合物组分合并的氟聚合物和/或氟碳树脂组分，可获得当复合物浸在水如盐水或汽油之后，基本保留用所述聚合物组合物制备的防弹复合物的防弹性能的所需特性。更具体来讲，已发现与只用不含氟聚合物粘合剂组合物形成的织物相比，包含涂有含氟聚合物粘合剂组合物的纤维的织物在浸在盐水或汽油之后具有明显改善的 V_{50} 保留%，即大于 90%保留，如本发明实施例所示。还发现与用不含氟聚合物粘合剂组合物形成的织物相比，包含涂有含氟聚合物粘合剂组合物的纤维的织物吸收盐水或汽油的趋势明显降低。重要的是，含氟聚合物粘合剂组合物充当单一细丝、纤维和/或织物与盐水或汽油之间的阻挡层。

含氟材料，特别是氟聚合物和氟碳树脂材料，通常已知其优良的耐化学性和防潮层特性。本文有用的氟聚合物和氟碳树脂材料包括氟聚合物均聚物、氟聚合物共聚物或其共混物，如本领域众所周知，描述于例如美国专利号 4,510,301、4,544,721 和 5,139,878。有用的氟聚合物实例包括但不限于，三氟氯乙烯的均聚物和共聚物、乙烯-三氟氯乙烯共聚物、乙烯-四氟乙烯共聚物、氟化乙烯-丙烯共聚物、全氟烷

氧基乙烯、聚三氟氯乙烯、聚四氟乙烯、聚氟乙烯、聚偏氟乙烯，及其共聚物和共混物。

用于本文时，共聚物包括具有两种或多种单体组分的聚合物。优选氟聚合物包括聚三氟氯乙烯的均聚物和共聚物。特别优选商标为ACLON™的 PCTFE (聚三氟氯乙烯均聚物)材料，可购自 Honeywell International Inc. of Morristown, New Jersey。最优选氟聚合物或氟碳树脂包括氟碳-改性聚合物，特别是通过以下方法形成的氟-低聚物和氟聚合物：将氟碳侧链接枝在常规聚醚(即氟碳-改性聚醚)、聚酯(即氟碳-改性聚酯)、聚阴离子(即氟碳-改性聚阴离子)如聚丙烯酸(即氟碳-改性聚丙烯酸)或聚丙烯酸酯(即氟碳-改性聚丙烯酸酯)，和聚氨酯(即氟碳-改性聚氨酯)上。这些氟碳侧链或全氟化合物通常用调聚过程制备，称为 C_8 氟碳。例如，氟聚合物或氟碳树脂可通过不饱和氟化合物的调聚反应产生，形成氟调聚物，其中将所述氟调聚物进一步改性以允许与聚醚、聚酯、聚阴离子、聚丙烯酸、聚丙烯酸酯或聚氨酯反应，然后将氟调聚物接枝在聚醚、聚酯、聚阴离子、聚丙烯酸、聚丙烯酸酯或聚氨酯上。这些含氟碳聚合物的优秀代表性实例是 NUVA®氟聚合物产品，购自 Clariant International, Ltd. of Switzerland。还最优选具有全氟酸-基和全氟醇-基侧链的其它氟碳树脂、氟-低聚物和氟聚合物。具有较短长度氟碳侧链如 C_6、C_4 或 C_2 的氟聚合物和氟碳树脂也合适，如 PolyFox™氟化学剂，购自 Omnova Solutions, Inc. of Fairlawn, Ohio。

虽然氟聚合物和氟碳树脂提供所需环境阻挡层的特性，但它们容易缺乏最佳可加工性和柔软性，及其它通常视为有利于防弹复合物的物理特性。因此，本文优选的含氟聚合物粘合剂组合物为氟聚合物或含氟碳(树脂)组分与至少一种不含氟碳聚合物组分(常用于形成防弹复合物)一起的共混物。通常，当含氟碳组分和非含氟碳组分共混时它们都是湿的(即处于熔化或液体状态)，以提高其可混溶性和共混性，作为湿共混物涂在纤维上。

通常已知的常规不含氟聚合物粘合剂材料既包括低模量、弹性体材料也包括高模量、刚性材料。优选低模量、弹性体材料具有小于约6,000 psi (41.3 MPa)的初始拉伸模量，优选高模量、刚性材料具有至少约 100,000 psi (689.5 MPa)的初始拉伸模量，各自通过 ASTM D638 在 37°C 测定。通用于本文时，术语拉伸模量指通过 ASTM 2256 测量的纤维的弹性模量和通过 ASTM D638 测量的聚合物组合物材料的弹性模量。

弹性体聚合物粘合剂组分可包括各种材料。优选弹性体粘合剂组分包含低模量弹性体材料。为了本发明的目的，低模量弹性体材料具有约 6,000 psi (41.4 MPa)或更小的拉伸模量，根据 ASTM D638 测试规程测量。优选弹性体的拉伸模量为约 4,000 psi (27.6 MPa)或更小，更优选约 2400 psi (16.5 MPa)或更小，更优选 1200 psi (8.23 MPa)或更小的，最优选约 500 psi (3.45 MPa)或更小。弹性体的玻璃转换温度(Tg)优选小于约 0^0C，更优选小于约-40^0C，最优选小于约-50^0C。弹性体还具有至少约 50%、更优选至少约 100%的优选断裂伸长率，最优选具有至少约 300%的断裂伸长率。

许多具有低模量的材料和制剂都可用于聚合物组合物。代表性实例包括聚丁二烯、聚异戊二烯、天然橡胶、乙烯-丙烯共聚物、乙烯-丙烯-二烯三元共聚物、聚硫化物聚合物、聚氨酯弹性体、氯磺化聚乙烯、聚氯丁烯、塑化聚氯乙烯、丁二烯丙烯腈弹性体、异丁烯-异戊二烯共聚物、聚丙烯酸酯、聚酯、聚醚、硅酮弹性体、乙烯的共聚物，及其组合，及其它低模量聚合物和共聚物。还优选不同弹性体材料的共混物，或者弹性体材料与一种或多种热塑性材料的共混物。

特别有用的是共轭二烯和乙烯基芳族单体的嵌段共聚物。丁二烯和异戊二烯是优选的共轭二烯弹性体。苯乙烯、乙烯基甲苯和叔丁基苯乙烯是优选的共轭芳族单体。可将包含聚异戊二烯的嵌段共聚物氢化以得到具有饱和烃类弹性体链段的热塑性弹性体。聚合物可以是 A-B-A 型简单三嵌段共聚物、$(AB)_n$ (n= 2-10)型多嵌段共聚物或者

$R-(BA)_x$ (x=3-150)型放射状构型共聚物；其中 A 是聚乙烯基芳族单体的嵌段，B 是共轭二烯弹性体的嵌段。许多这些聚合物都可购自 Kraton Polymers of Houston, TX，描述于公告"Kraton Thermoplastic Rubber", SC-68-81。最优选低模量聚合物粘合剂材料包含苯乙烯嵌段共聚物，特别是购自 Kraton Polymers 的市售商标为 KRATON®的聚苯乙烯-聚异戊二烯-聚苯乙烯-嵌段共聚物，和购自 Noveon, Inc. of Cleveland, Ohio 的 HYCAR® T 122 丙烯酸树脂。

可用作本发明聚合物粘合剂组合物的组分的优选高模量、刚性聚合物包括材料例如乙烯基酯聚合物或苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物，和聚合物如乙烯基酯和邻苯二甲酸二烯丙酯或苯酚甲醛和聚乙烯醇缩丁醛的混合物。特别优选高模量材料是热固性聚合物，优选可溶于碳-碳饱和溶剂如甲基乙基酮，当固化时具有至少约 1×10^5 psi (689.5 MPa)的高拉伸模量，通过 ASTM D638 测量。特别优选的刚性材料描述于美国专利 6,642,159，其通过引用结合到本文中。

用本发明织物复合物形成的物品的刚度、耐冲击和防弹特性受聚合物粘合剂组合物聚合物拉伸模量的影响。例如，美国专利 4,623,574 公开用拉伸模量小于约 6000 psi (41,300 kPa)的弹性体基体构成的纤维强化复合物与用较高模量聚合物构成的复合物相比，与不含聚合物粘合剂组合物的相同纤维结构相比，都具有更优良的防弹性。但是，低拉伸模量聚合物粘合剂组合物聚合物也得到较低刚度的复合物。而且，在某些应用中，特别是在复合物必须以防弹和结构模式使用时，需要防弹性和刚度的优良组合。因此，将使用的聚合物粘合剂组合物聚合物的最合适类型将根据用本发明织物形成的物品类型而改变。为了协调两种特性，合适的聚合物粘合剂组合物可合并低模量和高模量材料以形成单种聚合物粘合剂组合物。

在本发明的优选实施方案中，本发明的含氟聚合物粘合剂组合物包含氟聚合物或含氟碳材料或两者与至少一种附加聚合物的共混物，所述附加聚合物包括聚氨酯聚合物、聚醚聚合物、聚酯聚合物、聚碳

酸酯树脂、聚缩醛聚合物、聚酰胺聚合物、聚丁烯聚合物、乙烯-乙酸乙烯酯共聚物、乙烯-乙烯醇共聚物、离聚物、苯乙烯-异戊二烯共聚物、苯乙烯-丁二烯共聚物、苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、苯乙烯-乙烯/丙烯共聚物、聚甲基戊烯聚合物、氢化苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、马来酸酐官能化苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、羧酸官能化苯乙烯-乙烯/丁烯共聚物、丙烯腈聚合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯共聚物、聚丙烯聚合物、聚丙烯共聚物、环氧树脂、酚醛清漆树脂、酚醛树脂、乙烯基酯树脂、硅酮树脂、丁腈橡胶聚合物、天然橡胶聚合物、乙酸丁酸纤维素聚合物、聚乙烯醇缩丁醛聚合物、丙烯酸聚合物、丙烯酸共聚物或包含非丙烯酸单体的丙烯酸共聚物。

在本发明最优选的实施方案中，含氟聚合物粘合剂组合物包含氟聚合物或含氟碳材料与丙烯酸聚合物的组合。优选丙烯酸聚合物非排他性包括丙烯酸酯，特别是衍生自以下单体的丙烯酸酯，如丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、丙烯酸正丙酯、丙烯酸2-丙酯、丙烯酸正丁酯、丙烯酸 2-丁酯和丙烯酸叔丁酯、丙烯酸己酯、丙烯酸辛酯和丙烯酸 2-乙基己酯。优选丙烯酸聚合物还特别包括衍生自以下单体的甲基丙烯酸酯，如甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸正丙酯、甲基丙烯酸2-丙酯、甲基丙烯酸正丁酯、甲基丙烯酸2-丁酯、甲基丙烯酸叔丁酯、甲基丙烯酸己酯、甲基丙烯酸辛酯和甲基丙烯酸2-乙基己酯。还优选用任何这些构成单体制备的共聚物和三元共聚物，以及还包含丙烯酰胺、n-羟甲基丙烯酰胺、丙烯腈、甲基丙烯腈、丙烯酸和马来酸酐的共聚物和三元共聚物。用非丙烯酸单体改性的改性丙烯酸聚合物也合适。例如，丙烯酸共聚物和丙烯酸三元共聚物包含合适的乙烯基单体，如：(a)烯烃，包括乙烯、丙烯和异丁烯；(b)苯乙烯、N-乙烯基吡咯烷酮和乙烯基吡啶；(c)乙烯基醚，包括乙烯基甲基醚、乙烯基乙基醚和乙烯基正丁醚；(d)脂族羧酸的乙烯基酯，包括乙酸乙烯酯、丙酸乙烯酯、丁酸乙烯酯、月桂酸乙烯酯和癸酸乙烯酯；和(f)乙烯基卤化物，包括氯乙烯、偏二氯乙烯、二氯乙烯和氯丙烯。同样

合适的乙烯基单体是马来酸二酯和富马酸二酯，特别是具有 2-10 个碳原子、优选 3-8 个碳原子的一元烷醇的马来酸二酯和富马酸二酯，包括马来酸二丁酯、马来酸二己酯、马来酸二辛酯、富马酸二丁酯、富马酸二己酯和富马酸二辛酯。

优选丙烯酸聚合物和共聚物，因为这些聚合物具有直碳主链所以存在固有的水解稳定性，因而优选。优选丙烯酸聚合物还因为在商业生产的材料中可获得多种物理特性。在丙烯酸树脂中可获得的物理特性范围符合且可能超过在防弹复合物基体树脂的聚合物粘合剂组合物中需要的物理特性范围。

优选聚合物粘合剂组合物还包含至少一种表面活性剂。已经意外发现将表面活性剂加入含氟共混聚合物粘合剂组合物可将粘合剂均匀地涂在各纤维上。还意外发现加入表面活性剂促使氟碳树脂均匀分布在共混聚合物基体粘合剂的表面。可将这些表面或界面描述为空气-与-共混聚合物基体粘合剂界面(或外表面)，和纤维-与-共混聚合物基体粘合剂界面(或内表面)。氟碳树脂在表面上的这种均匀分布增加氟碳树脂提高复合物耐受环境(盐水、汽油等)的功效。

合适的表面活性剂非排他性包括阴离子、阳离子、两性和非离子表面活性剂。通常，优选非离子表面活性剂，因为它们在水中的溶解度最有限，不与阴离子表面活性剂形成盐。而且，聚合物粘合剂分散体对阴离子和阳离子表面活性剂非常敏感，因为高电荷密度可引起分散体凝集。非离子表面活性剂通常不干扰分散聚合物(含胶束固体)的性能，或仅表现最小的干扰作用。优选非离子表面活性剂包括基于脂肪酸和脂肪醇的非离子表面活性剂，特别是亲水亲油平衡值(HLB)为 7-10 的表面活性剂。特别优选表面活性剂是非离子聚乙二醇三甲基壬基醚，如购自 Dow Chemical Company of Midland, Michigan 的 TERGITOL® TMN-3 表面活性剂。优选 TERGITOL® TMN-3，因为它在低浓度提供低表面张力。需要用低表面张力确保分散体充分扩散并覆盖每一条纤维。TERGITOL® TMN-3 的 HLB 值为约 8，碳链分支，

帮助减小表面张力。非离子的氟表面活性剂也有用，如购自 Clariant GmbH Corporation of Germany 的 Fluowet®氟表面活性剂，特别是 Fluowet® OTN。但是，氟表面活性剂可能由于环境问题而不被接受。与用油酸部分封端的乙氧基化蓖麻油组合的硅酮表面活性剂也有用。

除了包含表面活性剂之外，其它因素也可增加含氟组分在外织物表面上的浓度。例如，大多数聚合物与氟聚合物和氟碳树脂的相容性有限，但在共混乳液或分散体状态下聚合物相互之间不直接接触。共混乳液或分散体的相容性或稳定性可独立于构成聚合物的相容性。在乳液或分散体中，聚合物链簇被分成不连续的区域，周围是乳化剂或表面活性剂，悬浮在载体溶剂内。乙氧基化封端蓖麻油是乳化剂的实例。在稳定乳液或分散体中可以有包含各聚合物的不连续区域。或者可将这些不连续区域称为胶束、胶体、聚集物、微粒或其它合适术语。一旦将共混乳液/分散体涂在衬底(如细丝、纤维、织物)上并干燥除去载体溶剂，胶束相互之间将开始接触和接合，各聚合物链将开始解开、打开并可能与其它不连续区域的聚合物链混合。在此阶段要考虑树脂在共混乳液/分散体中的相容性。

在其中两种或多种聚合物在共混乳液或分散体中完全相容的情况下，除去载体溶剂后，聚合物的聚合物链将形成均匀的共混混合物。在其中聚合物在共混乳液或分散体中不相容的互补情况下，除去载体溶剂后，聚合物的聚合物链将维持一定程度的不连续分离。不连续的形态或性能由多种因素决定，包括不同聚合物的相对分子量、聚合物链的柔韧性、聚合物链抵抗缠结的趋势、表面活性剂对一种聚合物相对于另一种聚合物的亲和力的任何偏向，聚合物对衬底表面亲和力的任何偏向，及其它因素。

在组分聚合物相互之间具有部分、较少或有限相容性的情况下，形态可能容易出现两种极端现象的组合。可按制造者的需求调节这种形态。可选择基本基体树脂(可能是高分子量的低模量、高拉伸率的丙烯酸类)，其物理特性应当适合最终用途。应设定基本基体树脂(即不

含氟组分)与含氟组分的比率，让共混基体组合物的物理特性以基本基体树脂的物理特性为主。至少，基本基体树脂应超过含氟组分。含氟组分的物理特性是次要的。应根据一种或多种含氟组分防水和防汽油的能力，及其与基本基体树脂调配成稳定的共混乳液/分散体的能力进行选择。而且，所选含氟组分的氟聚合物和/或氟碳树脂与基本基体树脂应当具有有限的相容性，以便在除去载体溶剂后容易形成两种树脂的不连续区域。另外，如果选择的氟聚合物或氟碳树脂也具有明显低于基本基体树脂的分子量，则聚合物更容易向散料共混基体的边缘迁移，使其不连续区集中在那些边缘。

因此，在本发明的优选实施方案中，含氟组分占含氟聚合物粘合剂组合物约 1%重量-约 50%重量。更优选含氟组分占含氟聚合物粘合剂组合物约 3%-约 35%重量，更优选约 5%-约 25%重量，更优选含氟聚合物粘合剂组合物的约 5%-约 20%重量。还优选约 10%-约 20%范围。

在本发明的优选实施方案中，存在表面活性剂，占聚合物粘合剂组合物约 0.01%-约 10%重量，更优选约 0.05%-约 5%重量，最优选占聚合物粘合剂组合物的约 0.1%-约 2.5%重量。聚合物组合物还可包括填充剂如炭黑或硅石，可用油延伸(extend)，或可用硫、过氧化物、金属氧化物或放射性固化系统硫化，如本领域熟知。

为了制备具有充分防弹性能的织物制品，形成织物的纤维的比率优选占纤维加聚合物粘合剂组合物约 50%-约 98%重量，更优选约 70%-约 95%，最优选占纤维加聚合物粘合剂组合物的约 78%-约 90%重量。因此，聚合物粘合剂组合物优选占织物约 2%-约 50%重量，更优选约 5%-约 30%，最优选织物的约 10%-约 22%重量，其中最优选 16%。

在加固纤维层片之前应用聚合物粘合剂组合物，将多层涂层涂在任何事先存在的纤维油剂(fiber finish)如纺丝油剂(spin finish)顶部。可将本发明的纤维涂布、浸渍、包埋，或者以其他方式施用以聚合物粘

合剂组合物，将组合物涂在纤维上然后加固涂布的纤维以形成复合物。首先可将含氟聚合物粘合剂组合物涂在众多纤维上，接着用所述纤维形成至少一层纤维层片，其中按顺序或连续涂布各纤维。或者，可以首先形成至少一层纤维层片，接着将含氟聚合物粘合剂组合物涂在所述至少一层纤维层片上。用于本发明时，术语“涂布”预计不限制将聚合物粘合剂组合物涂在纤维表面上的方法，可使用将聚合物组合物涂在纤维表面上的任何合适方法。例如，可使用溶液形式的聚合物粘合剂组合物，将组合物溶液喷或辊涂在纤维表面上，其中溶液一部分包含所需一种或多种聚合物，溶液一部分包含能够溶解所述一种或多种聚合物的溶剂，接着干燥。另一种方法是将涂层材料的纯净聚合物作为液体、粘稠固体或混悬液中的微粒或作为流化床应用于纤维上。或者，可以作为在合适溶剂中的溶液、乳液或分散体施用涂层，所述溶剂在应用温度下对纤维性能不产生不良作用。例如，可将纤维转运通过聚合物粘合剂组合物溶液以基本上涂布纤维，然后干燥以形成涂层纤维。然后将所得涂层纤维排成所需构型。在另一种涂布工艺中，可以首先排列纤维层片或机织织物，接着将层片或织物浸入溶液浴内，所述溶液含有溶于合适溶剂中的聚合物粘合剂组合物，以便各单一纤维至少部分涂有聚合物粘合剂组合物，然后通过溶剂蒸发或挥发干燥。根据需要可将浸泡工序重复几次以将所需量聚合物粘合剂组合物涂层置于纤维上，优选聚合物粘合剂组合物包裹每一根单一纤维或覆盖所有或基本所有纤维表面积。

虽然可以使用能够溶解或分散聚合物的任何液体，但优选溶剂包括水、石蜡油和芳族溶剂或烃类溶剂，例示性具体溶剂包括石蜡油、二甲苯、甲苯、辛烷、环己烷、甲基乙基酮(MEK)和丙酮。用于溶解或分散涂层聚合物在溶剂中的工艺是常用于将类似材料涂在各种衬底上的那些工艺。

可使用将涂层涂在纤维上的其它工艺，包括在除去纤维的溶剂之前或之后(如果使用凝胶纺丝纤维成形工艺)，在纤维经受高温拉伸操

作之前涂布高模量前体(凝胶纤维)。然后在提高的温度下可拉伸纤维以得到涂层纤维。可在一定条件下使凝胶纤维穿过合适的涂层聚合物溶液以完成所需涂布。在纤维穿入溶液之前可出现或不出现高分子量聚合物在凝胶纤维中结晶。或者，可将纤维挤入合适聚合物粉末的流化床内。而且，如果进行拉伸操作或其它操纵过程如溶剂交换、干燥等，可将涂层涂在终纤维的前体材料上。在本发明的最优选实施方案中，将本发明的纤维首先用聚合物粘合剂组合物涂布，接着使众多纤维排列成机织或无纺织物。此类工艺在本领域众所周知。

如本领域众所周知，在充分加热和压力条件下将单一纤维层片一层层叠在一起加固，使各层片合并成完整织物。可在约 50^{0}C-约 175°C、优选约 105^{0}C-约 175°C 的温度下，和约 5 psig (0.034 MPa)-约 2500 psig (17 MPa)的压力下加固约 0.01 秒-约 24 小时，优选约.02 秒-约 2 小时。在加热时，可能引起聚合物粘合剂组合物粘着或流动而不完全熔化。但是，一般来讲，如果引起聚合物粘合剂组合物材料熔化，则需要相对小的压力来形成复合物，而如果将聚合物粘合剂组合物材料只加热至粘着温度，通常需要更大压力。也可通过第一纤维网与第二纤维网的湿法层压完成加固，不需要加热和/或压力。如本领域常规，可在砑光机、平板层压机、压缩机或压热器中进行加固。

或者，可在合适的模压装置中通过加热和加压的模压完成加固。通常，在约 50 psi (344.7 kPa)-约 5000 psi (34470 kPa)、更优选约 100 psi (689.5 kPa)-约 1500 psi (10340 kPa)、最优选约 150 psi (1034 kPa)-约 1000 psi (6895 kPa)的压力下进行模压。或者可在约 500 psi (3447 kPa)-约 5000 psi、更优选约 750 psi (5171 kPa)-约 5000 psi、更优选约 1000 psi-约 5000 psi 的更高压力下进行模压。模压步骤可为约 4 秒-约 45 分钟。优选模压温度为约 200^{0}F (~93°C)-约 350^{0}F (~177°C)，更优选温度约 200^{0}F-约 300^{0}F (~149°C)，最优选温度约 200^{0}F-约 280^{0}F (~121°C)。本发明织物的模压压力对所得模压制品的刚度或柔韧性有直接作用。具体来讲，织物模压的压力越高，刚度越高，反之亦然。除了模压压

力之外，织物层片的数量、厚度和组成以及聚合物粘合剂组合物类型也直接影响用本发明织物形成的物品的刚度。

虽然本文描述的每种模压和加固工艺相似，但各自过程是不同的。具体来讲，模压是分批过程，加固是连续过程。而且，模压通常涉及使用模具，如成形模或对模(在形成平板时)，不一定得到平面制品。通常在平板层压机、研光夹装置中或作为湿层压物进行加固制备柔软的身体盔甲织物。模压通常用于制备坚硬的盔甲，如刚性板。在本发明正文中，优选柔软的身体盔甲的加固工艺和形成。

在每一种方法中，合适温度、压力和时间通常取决于聚合物粘合剂涂层材料类型、聚合物粘合剂含量(合并涂层的)、所用方法和纤维类型。可在加热和加压条件下将本文形成的织物任选压光使其表面光滑或抛光表面。在本领域众所周知压光方法。

单一织物的厚度将对应于单一纤维的厚度。优选机织织物的优选厚度为每层约 25 μm-约 500 μm，更优选约 50 μm-约 385 μm，最优选每层约 75 μm-约 255 μm。优选无纺织物，即无纺、单层、加固的网络，将具有约 12 μm-约 500 μm、更优选约 50 μm-约 385 μm、最优选约 75 μm-约 255 μm 的优选厚度，其中单层、加固的网络通常包括两个加固的层片(即两个 unitapes)，除了用于比较实施例的 COMPARATIVE A 复合物之外，其中单层复合物包括 4 个层片。虽然优选此类厚度，但应理解可生产其它厚度以满足具体要求，也落在本发明范围之内。

本发明的织物将具有约 50 克/m^2 (gsm) (0.01 lb/ft^2 (psf))-约 1000 gsm (0.2 psf)的优选面密度。本发明织物更优选的面密度范围是约 70 gsm (0.014 psf)-约 500 gsm (0.1 psf)。本发明织物最优选的面密度范围是约 100 gsm (0.02 psf)-约 250 gsm (0.05 psf)。本发明的物品，由多个单一织物层一层层叠在一起形成，将进一步具有约 1000 gsm (0.2 psf)-约 40,000 gsm (8.0 psf)，更优选约 2000 gsm (0.40 psf)-约 30,000 gsm (6.0 psf)，更优选约 3000 gsm (0.60 psf)-约 20,000 gsm (4.0 psf)，最优选约 3750 gsm (0.75 psf)-约 10,000 gsm (2.0 psf)的优选面密度。

本发明的结构可用于各种应用以用众所周知的工艺形成各种不同防弹物品。例如，用于形成防弹物品的合适工艺描述于例如美国专利4,623,574、4,650,710、4,748,064、5,552,208、5,587,230、6,642,159、6,841,492 和 6,846,758。结构特别可用于形成可屈曲、柔软的盔甲物品，包括衣服如背心、裤子、帽子、或其它布料制品，和覆盖物或毛毯，由军事人员用于防御多种子弹威胁，如 9 mm 全金属外壳(FMJ)子弹和手榴弹、小炮弹(artillery shell)、简易爆炸装置(IED)及在军事和维和任务中遇到的其它此类装置爆炸产生的各种碎片。用于本文时，“柔软的”或“柔性”盔甲是经受显著应力时不保持其外形、不能够自立而不塌陷的盔甲。结构也可用于形成刚性、坚硬的盔甲物品。用“坚硬的”盔甲指物品例如头盔、军车面板或保护性护罩，其具有充分的机械强度以便在经受显著应力时维持结构刚度，能够自立而不塌陷。可将结构切成众多不连续的片，层叠形成物品，或者它们可形成前体，接着用于形成物品。此类工艺在本领域众所周知。

本发明的服装可用本领域常规已知的方法形成。优选通过连接本发明的防弹物品与布料物品形成服装。例如，背心可包含与本发明防弹结构连接的一般织物背心，从而将本发明结构插入战略上安置的口袋内。这允许最大限度的防弹作用，同时使背心重量最小。用于本文时，术语“连接”或“连接的”预计包括附着(如通过缝纫或胶粘等)，以及与另一种织物非附着的对接或并排，以便防弹物品可以很容易任意从背心或其它布料物品上取下。用于形成柔性结构如柔性片、背心及其它服装的物品优选用低拉伸模量粘合剂组合物形成。硬质物品如头盔和盔甲优选用高拉伸模量粘合剂组合物形成。

用本领域熟知的标准测试规程测定防弹性能。具体来讲，结构的保护能力或防穿透性通常用50%射弹穿过复合物而50%被防护罩阻挡的冲击速度表示，也称为 V_{50} 值。用于本文时，物品的“防穿透性”是防止特定威胁如物理物体包括子弹、碎片、榴散弹等和非物理物体如

爆炸产生的气流穿透的特性。对于相等面密度(复合物重量除以其面积)的复合物，V_{50}越高，复合物的防弹性能越好。

本发明物品的防弹性能将取决于多种因素，特别是用于制备织物的纤维类型、纤维在复合物中的百分数重量、树脂基体物理特性的合适度、组成复合物的织物层数和复合物的总面密度。但是，使用耐受海水溶解或渗透、耐受一种或多种有机溶剂溶解或渗透的聚合物粘合剂组合物，对本发明物品的防弹性能不产生不良作用。

下列实施例用于举例说明本发明:

实施例

以下用实施例 1-12 和比较实施例 1-6 列举测试各种织物样品。表 1A 描述用于制备在本发明实施例中测试的本发明样品的聚合物粘合剂组合物。表 1B 描述在比较实施例中测试的织物样品。表 2 描述织物结构。如下参考，水基丙烯酸聚合物 Hycar® T122 是丙烯酸乙酯、丙烯酸正丁酯和含羧酸单体以及阴离子表面活性剂的共聚物。它可购自 Noveon, Inc. of Cleveland, Ohio。特别优选 Hycar® T122，因为它具有 1200%的高伸长率和 530 psi 的低拉伸强度，其特性适合柔性防弹复合物。称为 T122T 的粘合剂组合物是用小量 TERGITOL® TMN-3 非离子表面活性剂改性的 T122。称为 T122FC 的粘合剂组合物与 T122 相同，但用大约 10% Nuva® LB 氟碳树脂改性。称为 T122FC2A、T122FC2B 和 T122FC2C 的粘合剂组合物与 T122 相同，但用大约 20% Nuva® LB 氟碳树脂改性。

购自 Dow Chemical Company 的表面活性剂 TERGITOL® TMN-3 是非离子支化的仲醇乙氧基化物，主要是聚乙二醇三甲基壬基醚。Nuva® LB 是用四氟乙烯调聚产生的氟碳树脂。它购自 Clariant International, Ltd。

COMPARATIVE A 织物是无纺、芳族聚酰胺基织物。它们具有 4 层片(4 个 unitape)，0°/90°/0°/90°无纺构造，每个外织物表面都层压有低密度聚乙烯(LDPE)膜。织物用纤维面密度(FAD)为 45 gsm 的 1000-

登尼尔 TWARON®型 2000 芳族聚酰胺纤维制备，包括含有 KRATON® 乳液粘合剂的粘合剂组合物。

COMPARATIVE B 和 COMPARATIVE C 织物是无纺聚乙烯基织物。两者都具有双层片(2 个 unitape)，0°/90°无纺构造，每个外织物表面都层压有 LDPE 膜。COMPARATIVE B 织物用 FAD 为 34 gsm 的 1300-登尼尔聚乙烯纤维制备，包括含有水基 KRATON® SIS 嵌段共聚物(粘合剂含量: 15%)的粘合剂组合物。COMPARATIVE C 织物用 FAD 为 37 gsm 的 1100-登尼尔聚乙烯纤维制备，包括含有溶剂基 KRATON® 聚苯乙烯-聚异戊二烯-聚苯乙烯嵌段共聚物(SB SIS) (粘合剂含量: 20.5%)的粘合剂组合物。

表 1A

粘合剂式	组分	说明	量
T122	Noveon HYCAR® T122	水基丙烯酸	100%
T122T	Noveon HYCAR® T122 Dow TERGITOL® TMN-3	水基丙烯酸 非离子表面活性剂	99% 1%
T122FC	Noveon HYCAR® T122 Dow TERGITOL® TMN-3 Clariant NUVA® LB	水基丙烯酸 非离子表面活性剂 氟碳树脂	89% 1% 10%
T122FC2	Noveon HYCAR® T122 Dow TERGITOL® TMN-3 Clariant NUVA® LB	水基丙烯酸 非离子表面活性剂 氟碳树脂	79% 1% 20%

表 1B

织物样品	织物说明
COMPARATIVE A	4 层片无纺，芳族聚酰胺基织物；水基 KRATON®乳液粘合剂
COMPARATIVE B	2 层片 1300 登尼尔聚乙烯基织物；水基 KRATON®粘合剂
COMPARATIVE C	2 层片 1100 登尼尔聚乙烯基织物；溶剂基 KRATON®粘合剂

表 2

样品说明

实施例	树脂类型或产品名称	树脂含量 (wt.%)	纤维含量 (wt.%)	单层片 FAD	每织物层的层片数	单层 TAD
1 和 7	T122	16	84	45 gsm	2	107 gsm
2 和 8	T122T	15.8	84.2	45 gsm	2	107 gsm
3 和 9	T122FC	17	83	45 gsm	2	108 gsm
4 和 10	T122FC2A	14.7	85.3	45 gsm	2	105 gsm
5 和 11	T122FC2B	17	83	45 gsm	2	108 gsm
6 和 12	T122FC2C	19	81	45 gsm	2	111 gsm
Comp. 1 Comp. 4	COMPARATIVE A	16*	77.6*	45 gsm	4	232 gsm
Comp. 2 Comp. 5	COMPARATIVE B	15*	71.6*	34 gsm	2	95 gsm
Comp. 3 Comp. 6	COMPARATIVE C	20.5*	65.5*	37 gsm	2	113 gsm

* 重量差额代表层压在外织物表面的保护膜。

可以设计和构造防弹盔甲物品，以便通过加入或减去防弹织物的单层而获得所需 V_{50}。为了这些实验的目的，通过层叠足够数量的织物层将物品构造标准化，以便物品的总面密度(TAD)(包括纤维和聚合物粘合剂组合物在内的织物的面密度)是 1.00±0.02 psf。根据单一织物层的 TAD，使物品的目标 TAD 维持在 0.98 psf-1.02 psf 需要的层数是 44-47。然后将织物的这些叠层均放入尼龙织物锦纶纱加固织物载体(rip-stop carrier)内；然后缝合。在此时，组装件视为防弹物品样品，将对其进行测试。

用于本发明实施例 1-12 的每种织物都是用粘合剂组合物(在表 1A 指定)构成的无纺 0°/90°织物，将所述粘合剂组合物涂在购自 Teijin of Japan 的高性能、1000 登尼尔(1100 dtex) Twaron® Type 2000 芳族聚酰胺纤维的单向纤维网(单向带，即 unitape)上。然后将这种 unitape 的两个垂直(0°/90°)层片加固(加固条件：在 240°F (133.3°C) 500 PSI 30 分钟)成一种整合织物。unitape 的每一层片的纤维面密度(FAD)是 45 gsm。

包括聚合物粘合剂组合物在内，各单一 unitape 层片的 TAD 是 52.5 gsm- 55.5 gsm。各织物层的 TAD (等于或两倍于每个单一层片的 TAD) 是 105 gsm-111 gsm。织物每层标称 12"×12"平方，从双层片无纺织物中切下。然后将这些织物层组装成物品，如上所述。用于制备这些织物的各种聚合物树脂基体粘合剂组合物如表 1A 描述。

将几种不同织物测试包分别在盐水和汽油中浸泡后评估其 V_{50} 防弹性。结果在实施例 1-12、比较实施例 1-6 以及以下表 3 和 4 列出。在环境暴露于盐水和汽油后评估防弹性的程序和制备测试样品的程序如下:

A.评估聚合物粘合剂组合物在环境暴露后防弹性的程序

硬件:

1.盐水浸泡盘-塑料，平底顶端开放的容器，18"宽×24"长×6"深。

2.干燥架和钳。

3.汽油浸泡室-不锈钢外壳，约 24 英寸宽×24 英寸深×36 英寸高。外壳包括前入口门、上入口盖和连接左右壁的几个固定条，离壁顶 1 英寸。

4.汽油浸泡转运载体。

5.称重计。

6.永久性标记笔。

7.定时器。

8.弹道固定架(ballistic mounting frame)。

9.能够发射和测定 16 格令 RCC 碎片速度的弹道射程。

材料:

1. 12×12 平方英寸待评估的无纺织物。

2. 13 英寸×13 英寸尼龙"锦纶纱加固织物"载体。

3.去离子水。

4.海盐(或氯化钠和氯化镁的混合物)。

5. 5 加仑美国普通(87-辛烷, 无铅)汽油。

6. 16 格令 RCC 碎片。

B. 制备测试包的规程

1.将 10 个 12×12 平方英寸的织物样品称重以确定织物样品的平均重量。

2.确定等于 1.00 lb.+/- 0.02 lb 所需要的这些样品的数目。将该数目限定为“层计数”。

3.制备 12 个 12×12 平方英寸的叠层。每个叠层中 2 层片织物层数(或 COMPARATIVE A 织物的 4 层片)与“层计数”相同，保持每个样品中纤维的方向一致(即每个样品中顶部层片的纤维都指向同一个方向)。

4.当全部 12 个叠层都具有所需“层计数”时，将各叠层称重以确定是否需要调节“层计数”以获得标称 1.00 lb.测试包(射击包)。调节各叠层之间层数的任何差异以得到 1.00 lb.织物样品的 12 个等同叠层。

5.一旦形成 1.00 lb.织物层的 12 个等同叠层，则将各叠层插入 13 英寸×13 英寸尼龙“锦纶纱加固织物”载体中。缝好载体的开放端将测试包包裹其中。将各载体/测试包边角缝合。

6.用永久性标记，记录各测试包的全部细节，包括记录各测试包的独特标志在载体表面上。再称重测试包，包括尼龙载体在内。

7.将 12 个测试包分成 4 组，每组 3 个测试包：一组用作盐水浸泡测试的干燥对照；另一组用于盐水浸泡测试；另一组用作汽油浸泡测试的干燥对照；最后一组用于汽油浸泡测试。

C. 24 小时盐水浸泡

1. 将装满 2 个 500 克容器的 Morton 海盐倒入空的、干净的盐水浸泡盘内。将该盐用 7 加仑干净流动的自来水覆盖。将该盘填装至其 6 英寸深的约 3 英寸，用刮勺搅拌，直至全部盐都溶解。可用 3.0%氯化钠和 0.5%氯化镁在自来水中的溶液代替 Morton 海盐。

2. 选择用于盐水浸泡测试的一个样品，确认其干重与先前记录的重量相配。

3. 将第一个盐水浸泡测试样品完全浸入盐水溶液中。隔 1 小时后，将又一个测试包浸入盐水溶液内。

4. 一旦第一个测试包在盐水溶液中已浸泡 24 小时，样品可用于弹道测试。

D. 盐水浸泡的弹道测试

1. 从盐水溶液中取出测试包，一个角吊在干燥架上，用 15 分钟滴干。

2. 将滴干的样品转运至弹道射程内，称重记录其湿重。

3. 将样品插入弹道固定架内，将该组装件置于火力范围内。

4. 根据 MIL-STD-662E 测试法将一连串 16 格令 RCC 碎片射入样品内。调节射弹的速度以获得样品完全穿透和样品部分穿透的混合。测量每次发射的速度，用公认的统计学分析工具确定样品的 V_{50}。

5. 然后，按照步骤 3 和 4 测试干燥对照组的一个样品进行对比。

6. 对所有指定的盐水浸泡测试样品和干燥对照样品继续进行以上步骤，确定各自的 V_{50}。

E. 4 小时汽油浸泡

1. 将 5 加仑美国普通(87-辛烷，无铅)汽油倒入汽油浸泡室内。

2. 选择指定用于汽油浸泡测试组的一个样品，确认其干重与先前记录的重量相配。

3. 将第一个汽油浸泡测试样品完全浸入汽油内。隔 1 小时后，将又一个测试包浸入汽油内。

4. 一旦第一个测试包在汽油浸泡室中浸泡 4 小时，则第一个样品可用于弹道测试。

F. 汽油浸泡的弹道测试

1. 4 小时后，将第一个样品从汽油中取出，夹在跨过浸泡室上方的一个固定条上。用 15 分钟滴干样品。

2. 滴干 15 分钟后，从固定条上取下样品，置于汽油浸泡转运载体内，盖好。

3. 然后将载体转运至弹道实验室，称重样品以记录其湿重。

4. 将样品插入弹道固定架中，将该组装件置于火力范围内。

5. 根据 MIL-STD-662E 测试法将一连串 16 格令 RCC 碎片射入样品内。调节射弹的速度以获得样品完全穿透和样品部分穿透的混合。测量每次发射的速度，用公认的统计学分析工具确定样品的 V_{50}。

6. 然后，按照步骤 3 和 4 测试干燥对照组的一个样品进行对比。

7. 对所有指定的汽油浸泡测试样品和干燥对照样品继续进行以上步骤，确定各自的 V_{50}。

G. 结果

表 3

盐水浸泡测试

实施例	树脂类型或产品名称	层计数	TAD psf (ksm)	干 V_{50} fps (mps)	湿 V_{50} fps (mps)	V_{50} 保留%
1	T122	43	0.99 (4.83)	1959 (505)	1777 (458)	90.40%
2	T122T	45	1.00 (4.88)	1948 (502)	1842 (475)	94.60%
3	T122FC	45	1.00 (4.88)	1962 (506)	1970 (508)	100.40%
4	T122FC2A	47	1.00 (4.88)	2029 (523)	2010 (518)	99.10%
5	T122FC2B	45	1.00 (4.88)	2046 (527)	2047 (528)	100.00%
6	T122FC2C	44	1.00 (4.88)	1956 (504)	1945 (501)	99.40%
Comp 1	COMPARATIVE A	21	0.99 (4.83)	1810 (466)	1394 (359)	77.00%
Comp 2	COMPARATIVE B	51	0.99 (4.83)	1977 (510)	1737 (448)	87.90%
Comp 3	COMPARATIVE C	43	1.00 (4.88)	1972 (508)	1641 (423)	83.20%

表 4

汽油浸泡测试

实施例	树脂类型或产品名称	层计数	TAD psf (ksm)	干 V_{50} fps (mps)	湿 V_{50} fps (mps)	V_{50} 保留%
7	T122	43	0.99 (4.83)	**	**	**
8	T122T	45	1.00 (4.88)	1944 (501)	1630 (420)	83.8%
9	T122FC	45	1.00 (4.88)	1998 (510)	2014 (519)	100.8%
10	T122FC2A	47	1.00 (4.88)	**	**	**
11	T122FC2B	45	1.00 (4.88)	1977 (510)	2014 (519)	101.8%
12	T122FC2C	44	1.00 (4.88)	**	**	**
Comp. 4	COMPARATIVE A	23	1.09 (5.32)	2164 (558)	1271 (314)	58.7%
Comp. 5	COMPARATIVE B	51	0.99 (4.83)	1977 (510)	1486 (383)	75.2%
Comp. 6	COMPARATIVE C	43	1.00 (4.88)	1972 (508)	1641 (423)	83.2%

** 表示未测试这些样品。

对于盐水浸泡和汽油浸泡，样品湿重除以样品原来干重的比率提示样品吸收盐水或汽油的倾向。例如，12"×12"的无纺织物样品原来重 9.70 克。将样品浸在 3.5%盐水溶液中并滴干 15 分钟后，其重量增加至 11.28 克。湿重与原重的比率是 11.28 克除以 9.70 克，或 1.163。明显大于 1 的数值(如 1.40 或 1.74)表示样品非常容易吸收水分。很接近 1 的比率(如 0.98 或 1.06)表示样品吸收流体的趋势小很多。

或者，可将样品在盐水或汽油中浸泡后重量增加的趋势以重量增加百分数表示。该数值如下计算，样品浸泡后的湿重减去样品浸泡前的干重，然后该差值除以原来的干重。这种吸收趋势的大小(通过计算)并非能绝对预测暴露后的预期防弹性能，但预计有相关性。表 5 列出

用于实施例 1 和 3 以及比较实施例 1 和 2 的样品在盐水中浸泡后重量增加的趋势。未测试其它样品。

表 5

单层 24 小时盐水吸收

实施例	树脂/织物类型	粘合剂聚合物	原重(克)	湿重(克)	重量增加百分数
1	T122	丙烯酸	14.6	16.2	11.00%
2	T122T	丙烯酸	**	**	**
3	T122FC	丙烯酸 / FC	13.1	13.7	4.60%
4	T122FC2A	丙烯酸 / FC	**	**	**
5	T122FC2B	丙烯酸 / FC	**	**	**
6	T122FC2C	丙烯酸 / FC	**	**	**
Comp 1	COMPARATIVE A	WB SIS	22.3	39.9	78.90%
Comp 2	COMPARATIVE B	WB SIS	9.8	13.4	36.70%
Comp 3	COMPARATIVE C	SB SIS	23.5	24.6	4.70%

** 表示未测试这些样品.

对于盐水浸泡弹道测试，将湿样品的平均 V_{50} 与干燥对照样品的平均 V_{50} 之比限定为盐水浸泡后的 V_{50} 保留%。对于汽油浸泡弹道测试，将湿样品的平均 V_{50} 与干燥对照样品的平均 V_{50} 之比限定为汽油浸泡后的 V_{50} 保留%。例如，用 T122T 粘合剂材料的表 2 实施例 8 的 3 个汽油浸泡样品，平均 V_{50} 为 1630 ft/sec。这些汽油浸湿样品的 3 个干燥对照样品的平均 V_{50} 为 1944 ft/sec。因此，汽油浸泡后的 V_{50} 保留%是 1630 除以 1944，或 83.8%。高 V_{50} 保留百分数(97%或以上)提示复合织物对环境暴露或污染不敏感。低 V_{50} 保留百分数(<90%)提示复合织物对环境暴露或污染非常敏感。

虽然已经参考优选实施方案具体显示和描述本发明，但本领域技术人员将很容易理解可在不脱离本发明主题和范围的情况下进行各种改变和修饰。预计权利要求书解释为覆盖公开的实施方案、上文讨论的那些备选方案及其所有等同物。