

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
D04H 1/54 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780027868.9

[43] 公开日 2009年7月29日

[11] 公开号 CN 101495690A

[22] 申请日 2007.7.17

[21] 申请号 200780027868.9

[30] 优先权

[32] 2006.7.31 [33] US [31] 11/461,307

[32] 2006.7.31 [33] US [31] 11/461,145

[32] 2007.3.29 [33] US [31] 11/693,017

[86] 国际申请 PCT/US2007/073648 2007.7.17

[87] 国际公布 WO2008/085545 英 2008.7.17

[85] 进入国家阶段日期 2009.1.22

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 赛义德·A·安格德吉万德

马尔文·E·琼斯

詹姆斯·E·斯普林格特

约翰·M·布兰德纳

蒂莫西·J·林德奎斯特

[74] 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司

代理人 顾红霞 何胜勇

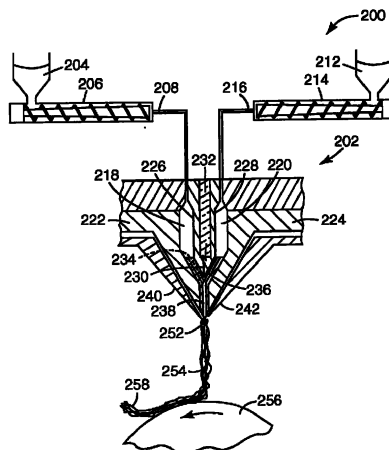
权利要求书 3 页 说明书 20 页 附图 5 页

[54] 发明名称

制备成形过滤制品的方法

[57] 摘要

成形过滤制品由单组分非织造网制成，所述非织造网通过使具有相同聚合物组分的第一成纤材料和第二成纤材料流经第一模腔和第二模腔而形成，第一模腔和第二模腔分别与熔喷模具顶端中的第一组孔和第二组孔流体连通。所述第一成纤材料以较小流量或粘度流经第一模腔和第一组孔以形成一组较小尺寸细丝，并且所述第二成纤材料以较大流量或粘度流经第二模腔和第二组孔以形成一组较大尺寸细丝。收集成的非织造网包含相互缠结的具有相同聚合物组分的连续微纤维和较大尺寸纤维的熔喷双峰质量分数/纤维尺寸混合物。



1. 一种制备成形过滤制品的方法，所述方法包括：
 - a) 通过以下步骤形成单组分非织造网：
 - i) 使具有相同聚合物组分的第一成纤材料和第二成纤材料流动通过熔喷模具，所述熔喷模具包括分别与熔喷模具顶端的第一组孔和第二组孔流体连通的第一模腔和第二模腔，其中所述第一成纤材料以较小流量或粘度流动通过所述第一模腔和所述第一组孔以形成一组较小尺寸细丝，并且所述第二成纤材料以较大流量或粘度流动通过所述第二模腔和所述第二组孔以形成一组较大尺寸细丝；
 - ii) 混合所述较小尺寸细丝和所述较大尺寸细丝，同时在空气或其他流体的会聚流之间将它们减细为纤维；
 - iii) 将减细的纤维收集成非织造网，所述非织造网包含互相缠绕的具有相同聚合物组分的连续微纤维与较大尺寸纤维的熔喷双峰质量分数/纤维尺寸混合物；以及
 - b) 将所述网模制、成褶或者以其它方式成形为纤维的自支承非平面多孔单组分单层基体，所述纤维在至少一些纤维交叉点处彼此粘结。
2. 根据权利要求1所述的方法，其中收集成的网的质量分数与以 μm 为单位的纤维尺寸的柱状图具有约 $10\mu\text{m}$ 至约 $50\mu\text{m}$ 的较大尺寸纤维模。
3. 根据权利要求1所述的方法，其中收集成的网的质量分数与以 μm 为单位的纤维尺寸的柱状图具有约 $10\mu\text{m}$ 至约 $40\mu\text{m}$ 的较大尺寸纤维模。
4. 根据权利要求1所述的方法，其中收集成的网的质量分数与以 μm 为单位的纤维尺寸的柱状图具有约 $1\mu\text{m}$ 至约 $5\mu\text{m}$ 的微纤维模以及约 $12\mu\text{m}$ 至约 $30\mu\text{m}$ 的较大尺寸纤维模。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中收集成的网的纤维支数(频率)与以 μm 为单位的纤维尺寸的柱状图具有至少两个模, 所述两个模的对应纤维尺寸相差为较小纤维尺寸的至少 50%。
6. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中收集成的网包含尺寸为约 $0.1\mu\text{m}$ 至约 $10\mu\text{m}$ 的微纤维以及尺寸为约 $10\mu\text{m}$ 至约 $70\mu\text{m}$ 的较大尺寸纤维。
7. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中收集成的网包含尺寸约 $0.1\mu\text{m}$ 至约 $5\mu\text{m}$ 的微纤维以及尺寸约 $15\mu\text{m}$ 至约 $50\mu\text{m}$ 的较大尺寸纤维。
8. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述微纤维形成所述网的纤维表面积的至少 20%。
9. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述微纤维形成所述网的纤维表面积的至少 40%。
10. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中收集成的网具有约 80gsm 至约 250gsm 的基重。
11. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述成纤材料是聚丙烯。
12. 根据权利要求 1 所述的方法, 还包括将所述网充电。
13. 根据权利要求 12 所述的方法, 包括将所述网水充电。
14. 根据权利要求 12 所述的方法, 包括将所述网电晕充电和水充电。
15. 根据权利要求 12 所述的方法, 包括将所述网进行等离子体处理和水充电。
16. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中收集成的网在成形前具有至少约 100mg 的 Gurley 刚度。
17. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中收集成的网在成形前具有至少约 200mg 的 Gurley 刚度。
18. 根据权利要求 1 所述的方法, 包括模制所述网以形成 King 刚度大于 1N 的杯状基体。
19. 根据权利要求 1 所述的方法, 包括模制所述网以形成 King 刚度大于 2N 的杯状基体。
20. 根据权利要求 1 所述的方法, 包括使所述网成褶。

21. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述第一组孔和所述第二组孔排成一排。

制备成形过滤制品的方法

背景技术

涉及非织造网、其制造方法及由此方法制备的制品的专利或专利申请包括美国专利 No. 3,981,650 (Page)、4,100,324 (Anderson)、4,118,531 (Hauser)、4,536,440 (Berg)、4,547,420 (Krueger 等人)、4,818,464 (Lau)、4,931,355 (Radwanski 等人)、4,988,560 (Meyer 等人)、5,227,107 (Dickenson 等人)、5,374,458 (Burgio)、5,382,400 (Pike 等人 ‘400)、5,476,616 (Schwarz)、5,679,042 (Varona)、5,679,379 (Fabbricante 等人)、5,695,376 (Datta 等人)、5,707,468 (Arnold 等人)、5,721,180 (Pike 等人 ‘180)、5,817,584 (Singer 等人)、5,877,098 (Tanaka 等人)、5,902,540 (Kwok)、5,904,298 (Kwok 等人)、5,993,543 (Bodaghi 等人)、6,176,955 B1 (Haynes 等人)、6,183,670 B1 (Torobin 等人)、6,319,865 B1 (Mikami)、6,607,624 B2 (Berrigan 等人 ‘624)、6,667,254 B1 (Thompson 等人)、6,723,669 (Clark 等人)、6,827,764 B2 (Springett 等人)、6,858,297 B1 (Shah 等人)、6,916,752 B2 (Berrigan 等人 ‘752) 和 6,998,164 B2 (Neely 等人)；欧洲专利 No. EP 0 322 136 B1 (Minnesota Mining and Manufacturing Co.)；日本已公布的专利申请 No. JP 2001-049560 (Nissan Motor Co. Ltd.)、JP 2002-180331 (Chisso Corp. ‘331) 和 JP 2002-348737 (Chisso Corp. ‘737)；以及美国专利申请公开 No. US2004/0097155 A1 (Olson 等人) 和 US2005/0217226 A1 (Sundet 等人 ‘226)。

发明内容

例如模制呼吸器或褶皱型炉过滤器等成形过滤制品有时是采用由多组分（例如双组分）纤维制成的非织造网制备而成的。图 1a 至图 1e 示出五种常见的双组分纤维的构造，它们可分别被称为“双层型”或“并列型”

(图 1a), “海岛型”(图 1b), “实心分割饼型”(图 1c), “空心分割饼型”(图 1d)和“皮芯型”(图 1e)。在多组分纤维中使用两种或更多聚合物限制了多组分纤维网或多组分纤维制品中的未使用部分可被循环利用的程度, 而且如果仅有一种聚合物是可充电的驻极体, 则会限制施加电荷的程度。

成形过滤制品还可通过将外用粘结材料(例如粘合剂)添加到过滤网上来形成, 然而由所添加粘结材料的化学或物理性质所造成的缺陷包括: 网基重增加以及丧失再循环使用的能力。

制备例如模制呼吸器或褶皱型炉过滤器等成形过滤制品的现有方法通常涉及对网或制品特性造成的损害, 以及一个或多个上述缺点。

一方面, 本发明提供一种制备成形过滤制品的方法, 该方法包括:

a) 通过以下步骤形成单组分非织造网:

- i) 使具有相同聚合物组分的第一成纤材料和第二成纤材料流过熔喷模具, 该模具包括分别与熔喷模具顶端的第一组孔和第二组孔流体连通的第一模腔和第二模腔, 其中, 第一成纤材料以较小流量或粘度流过第一模腔和第一组孔以形成一组较小尺寸细丝, 并且第二成纤材料以较大流量或粘度流动通过第二模腔和第二组孔以形成一组较大尺寸细丝;
- ii) 将较小尺寸细丝和较大尺寸细丝混合, 同时使它们在空气或其他流体的会聚流之间减细为纤维;
- iii) 将这些减细的纤维收集成为这样的非织造网: 该非织造网包含相互缠结的具有相同聚合物组分的连续微纤维和较大尺寸纤维的熔喷双峰质量分数/纤维尺寸混合物, 以及

b) 将网模制、成褶或者以其它方式成形为纤维的自支承非平面多孔单组分单层基体, 所述纤维在至少一些纤维交叉点处彼此粘结。

在一个示例性实施例中, 第一组孔和第二组孔排成一排。在另一个示例性实施例中, 网在成形之前具有至少约 100mg 的 Gurley 刚度。在另一个示例性实施例中, 网在成形之后具有大于 1N 的 King 刚度。

本发明所公开的方法具有许多有益且独特的特性。通过在公共模具顶端形成较小尺寸细丝和较大尺寸细丝, 并将这些细丝在空气或其他流体的

会聚流之间混合，可以获得纤维充分混合的网。较大尺寸纤维和微纤维均可以进行高度充电。较大尺寸纤维可以使得由本发明所公开的网制成的模制基体或成形基体具有改善的模塑性和改善的刚度。微纤维可以赋予该网增大的纤维表面积，以及诸如改善的过滤性能等有益效果。通过使用不同尺寸的微纤维和较大尺寸纤维，可以根据具体用途定制过滤和模制特性。与微纤维网通常具有高压降（以及由此所致的高呼吸阻力）的特征形成对比，由于较大尺寸纤维使微纤维物理分离并隔开，因而使得本发明所公开的非织造网的压降保持较低。微纤维和较大尺寸纤维还似乎相互协作而提供较高的颗粒深度填充容量。

通过使用直接成网制造设备，并通过使用单种聚合物树脂，可以相当经济地制备出本发明所公开的非织造网，在直接成网制造设备中通过一个基本直接的操作而将成纤聚合物材料转化为网。而且，如果微纤维和较大尺寸纤维都具有相同的聚合物组分，并且不使用外用粘结材料，则可以完全循环使用本发明所公开的非织造网的未使用的部分。

通过以下详细描述，本发明的这些及其他方面将会是显而易见的。然而，在任何情况下，以上内容都不应理解为对权利要求书保护的主题的限制，该主题仅受所附权利要求书的限定，在专利申请过程中可以对权利要求书进行修正。

附图说明

图 1a 至图 1e 分别示出几种双组分纤维构造的示意性剖视图；

图 2 为示例性熔喷模具的示意性剖视图，该熔喷模具具有一排孔，向这些孔供应以不同流量或不同粘度流动的具有相同聚合物组分的聚合物；

图 3 为该熔喷模具的出口端视图；

图 4 是一次性个人呼吸器的局部剖视透视图，该一次性个人呼吸器具有设置在内覆盖层与外覆盖层之间的抗变形的杯状多孔单层基体；

图 5 是褶皱型过滤介质的透视图；

图 6 是示出序列号为 3-1M 的模制呼吸器的 NaCl 渗透率（渗透百分率）和压降的曲线图，并且图 7 是由多层过滤介质制成的商用 N95 呼吸器的类似曲线图；以及

图 8 和图 9 分别是序列号为 3-1M 的模制基体的显微照片及纤维支数（频率）与纤维尺寸（ μm ）的柱状图。

在附图的多张图中，相似的附图标记表示类似的元件。图中所示的元件未按比例绘制。

具体实施方式

术语“多孔的”是指透气的。

术语“单组分”在用于纤维或纤维集合时，是指仅由一种聚合物形成的纤维。这并不意味着排除了由添加了少量添加剂的一种聚合物形成的纤维，而该添加步骤是为了如下目的：诸如增强驻极体充电、抗静电特性、润滑性、亲水性、着色性等。这些添加剂，例如用于增强充电的三硬脂酸三聚氰胺（tristearyl melamine）的含量通常小于约 5 重量%，且更典型地小于约 2 重量%。

术语“具有相同聚合物组分”是指聚合物具有基本上相同的重复分子单元，但可以具有不同的分子量、熔融指数、制备方法、商品形式等，并且可以任选地包含少量（例如小于约 3 重量%）的驻极体充电添加剂。

术语“尺寸”在用于细丝或纤维时，是指具有圆形横截面的细丝或纤维的细丝直径或纤维直径，或者是指穿过具有非圆形横截面的细丝或纤维构成的最长横截面线的长度。

术语“连续”在用于纤维或纤维集合时，是指纤维具有基本上无穷大的纵横比（即长度与尺寸的比率（例如）为至少约 10,000 或更大）。

术语“有效纤维直径”在用于纤维集合时，是指根据在 Davies, C. N., “The Separation of Airborne Dust and Particles”（空气中灰尘和颗粒的分离），Institution of Mechanical Engineers, London, Proceedings 1B, 1952 中所描述的方法，对于由具有任何横截面形状（无论是圆形或非圆形）的纤维所制成的网而确定的值。

术语“模”在用于质量分数与纤维尺寸（ μm ）的柱状图或者纤维支数（频率）与纤维尺寸（ μm ）的柱状图时，是指这样的局部峰：该局部峰的高度大于与该局部峰相比纤维尺寸小 $1\mu\text{m}$ 和 $2\mu\text{m}$ 以及纤维尺寸大 $1\mu\text{m}$ 和 $2\mu\text{m}$ 时的高度。

术语“双峰质量分数/纤维尺寸混合物”是指具有显示出至少两个模的质量分数与纤维尺寸(μm)柱状图的纤维集合。双峰质量分数/纤维尺寸混合物可包含多于两个模,例如可以是三峰或者更多峰质量分数/纤维尺寸混合物。

术语“双峰纤维支数/纤维尺寸混合物”是指具有显示出至少两个模的纤维支数(频率)与纤维尺寸(μm)柱状图的纤维集合,上述至少两个模的对应纤维尺寸相差较小纤维尺寸的至少50%。双峰纤维支数/纤维尺寸混合物可包含多于两个模,例如可以是三峰或更多峰纤维支数/纤维尺寸混合物。

术语“非织造网”是指以纤维缠结或点粘结为特征的纤维网。

术语“单层基体”在用于包含双峰质量分数/纤维尺寸混合物纤维的非织造网时,是指(不是针对纤维尺寸)在网的整个横截面上具有大致均匀分布的相似纤维,并且(针对纤维尺寸)在网的整个横截面上具有呈现出各个峰分布的纤维。这样的单层基体在网的整个横截面上具有大致均匀分布的纤维尺寸,或者可以例如具有呈深度梯度的纤维尺寸,如多数较大尺寸纤维靠近网的一个主表面,而多数微纤维靠近网的另一个主表面。

术语“将细丝减细为纤维”是指将细丝段转化为长度更大且尺寸更小的细丝段。

术语“熔喷”在用于非织造网时,是指通过以下步骤形成网:将成纤材料通过多个孔进行挤出以形成细丝,同时使细丝与空气或其他减细流体接触以将细丝减细成纤维,并随后收集减细纤维的层。

术语“熔喷纤维”是指将熔融的成纤材料通过模具中的孔进行挤出并进入高速气体流(如单流或多个会聚流),在气体流中挤出的材料首先被减细然后被固化成大量纤维。尽管有时会报道熔喷纤维不连续,但这种纤维通常长而且缠结充分,从而使得通常不可能从大量此类纤维中移除一根完整的熔喷纤维或者不能由始至终追踪一根熔喷纤维。

术语“熔喷模具”是指在熔喷工艺中使用的模具。

术语“微纤维”是指中值尺寸为 $10\mu\text{m}$ 或更小(使用显微镜法确定)的纤维;“超细微纤维”是指中值尺寸为 $2\mu\text{m}$ 或更小的微纤维;而“亚微米微纤维”是指中值尺寸为 $1\mu\text{m}$ 或更小的微纤维。当在本文中涉及到一

批、一组、一系列等具体种类的微纤维时，例如“一系列亚微米微纤维”，这是指那一系列中的全部微纤维，或者单批微纤维全部，而不仅指那一系列或一批亚微米纤维的一部分。

术语“被充电”在用于纤维集合时，是指这样的纤维：当在 7cm/sec 的沿面流速下测定邻苯二甲酸二辛酯渗透百分率（%DOP）时，在暴露于吸收剂量为 20Gard 的 1mm 铍过滤 80KVp X 射线后，品质因数 QF（如下所述）损失至少 50% 的纤维。

术语“自支承”是指这样一种制品：具有足够的内聚力和强度，以至在使用卷轴式制造设备对该制品进行操作时不会产生大量撕裂或破裂。

图 2 和图 3 示出用于制备多孔单组分非织造网的装置 200，所述非织造网包含相互缠结的具有相同聚合物组分的连续微纤维与较大尺寸纤维的双峰纤维支数/纤维尺寸混合物。从料斗 204、挤出机 206 和导管 208 以第一流量或第一粘度向熔喷模具 202 供应第一液化成纤材料。从料斗 212、挤出机 214 和导管 216 以不同的第二流量或粘度向模具 202 另外供应具有相同聚合物组分的第二液化成纤材料。导管 208 和 216 分别与位于第一大致对称部件 222 和第二大致对称部件 224 中的第一模腔 218 和第二模腔 220 流体连通，所述大致对称部件 222 和 224 形成模腔 218 和 220 的外壁。第一大致对称部件 226 和第二大致对称部件 228 形成模腔 218 和 220 的内壁，并在接缝 230 处相接。可以使部件 226 和 228 沿其大部分长度被隔层 232 隔开。偏转板 240 和 242 引导减细流体流（如受热空气）以便使流体流会聚到从熔喷模具 202 流出的一系列细丝 252 处，并且使细丝 252 减细成纤维 254。纤维 254 落在多孔收集器 256 上，并形成自支承非织造熔喷网 258。

图 3 示出移除了减细气体偏转板 240 和 242 的熔喷模具 202 的出口端透视图。部件 222 和 224 沿着接缝 244 相接，在该接缝中设置有第一组孔 246 和第二组孔 248，并且通过这些孔形成一系列细丝 252。模腔 218 和 220 经由通道 234、236 和 238 分别与第一组孔 246 和第二组孔 248 流体连通。

图 2 和图 3 所示装置可以以几种模式操作或以几种方式改进，以形成从一个模腔流出的较大尺寸纤维流和从另一个模腔流出的较小尺寸纤维

流，并由此形成非织造网，该非织造网包含由相互缠结的具有相同聚合物组分的较大尺寸纤维和较小尺寸纤维组成的双峰质量分数/纤维尺寸混合物。例如，可将相同聚合物从挤出机 206 供应到模腔 218 以及从挤出机 214 供应到模腔 220，挤出机 214 提供更大的聚合物流量（例如，通过使用直径更大的挤出机圆筒或更高转速）或者在低于挤出机 206 的温度下操作，以便以较小流量或粘度将聚合物供应至模腔 218，并以较大流量或粘度将聚合物供应至模腔 220，从而从孔 246 生成较小尺寸纤维，从孔 248 生成较大尺寸纤维。可以使模腔 218 在高温下操作，而模腔 220 在低温下操作，从而使得从孔 246 生成较小尺寸纤维，而从孔 248 生成较大尺寸纤维。可以将具有相同聚合物组分但熔融指数不同的聚合物从挤出机 206 供应至模腔 218 并且从挤出机 214 供应至模腔 220（例如在挤出机 206 中使用高熔融指数型聚合物而在挤出机 214 中使用低熔融指数型的相同聚合物，以使得从孔 246 生成较小尺寸纤维，并从孔 248 生成较大尺寸纤维）。本领域的普通技术人员将理解到，还可以使用其他技术（例如：在流至模腔 218 的液化成纤材料流中加入溶剂，或采用穿过模腔 218 的较短流体通道以及采用穿过模腔 220 的较长流体通道）以及这些技术与上述各种操作模式的组合。

对于图 3 所示的实施例，孔 246 和 248 在模具 202 的整个出口端以交替的方式布置成一排，并以 1:1 比率分别与模腔 218 和 220 流体连通。可以采用其他的孔布置方式以及孔 246 与 248 的数目的其他比率，来形成具有不同纤维尺寸分布的非织造网。例如，可以将孔在减细空气出口之间布置成多排（如：2 排、3 排、4 排或更多排）。如果需要，可采用除了排之外的其他布置方式，例如，不规则布置的孔。如果布置成多排，则每一排可以只包含一组孔中的孔或同时包含第一组孔和第二组孔中的孔。第一组孔和第二组孔中的孔的数目可以根据所需的网结构成多种比率，如，10:90、20:80、30:70、40:60、50:50、60:40、70:30、80:20、90:10 以及其他比率。当第一组孔和第二组孔中的孔布置成一排或多排时，第一组孔和第二组孔无需交替布置，而是可以根据所需的网结构布置成任何期望的形式，如 1221、1122211、11112221111、以及其他布置方式。模具顶端可以包括多于一组孔，例如分别与熔喷模具中的第一模腔、第二模腔、第

三模腔以及更多模腔（如果需要）流体连通的第一组孔、第二组孔、第三组孔以及更多组孔（如果需要），以获得具有三峰或更多峰纤维尺寸分布的网。

有关熔喷装置的其余部分为本领域普通技术人员所熟悉。例如，有关熔喷的更多细节可见于 *Industrial Engineering Chemistry*, Vol. 48, pages 1342 et seq. (1956) 中的 Wente, Van A. “Superfine Thermoplastic Fibers”（超细热塑性纤维）或者 Report No. 4364 of the Naval Research Laboratories, published May 25, 1954 中的作者为 Wente, V. A.; Boone, C. D. 和 Fluharty, E. L. 的标题为 “Manufacture of Superfine Organic Fibers”（超细有机纤维的制造）的参考文献；以及美国专利 No. 5,993,943 (Bodaghi 等人)。

本发明所公开的单组分单层网包含微纤维和较大尺寸纤维的双峰质量分数/纤维尺寸混合物。微纤维的尺寸可以例如，在约 $0.1\mu\text{m}$ 至约 $10\mu\text{m}$ ，约 $0.1\mu\text{m}$ 至约 $5\mu\text{m}$ ，或者约 $0.1\mu\text{m}$ 至约 $1\mu\text{m}$ 的范围内。较大尺寸纤维的尺寸可以例如，在约 $10\mu\text{m}$ 至约 $70\mu\text{m}$ ，约 $10\mu\text{m}$ 至约 $50\mu\text{m}$ 或者约 $15\mu\text{m}$ 至约 $50\mu\text{m}$ 的范围内。质量分数与纤维尺寸 (μm) 的柱状图可以，例如具有约 $0.1\mu\text{m}$ 至约 $10\mu\text{m}$ ，约 $0.5\mu\text{m}$ 至约 $8\mu\text{m}$ 或者约 $1\mu\text{m}$ 至约 $5\mu\text{m}$ 的微纤维模，并且具有约 $10\mu\text{m}$ 至约 $50\mu\text{m}$ ，约 $10\mu\text{m}$ 至约 $40\mu\text{m}$ 或者约 $12\mu\text{m}$ 至约 $30\mu\text{m}$ 的较大尺寸纤维模。本发明所公开的网还可以具有双峰纤维支数/纤维尺寸混合物，该混合物的纤维支数（频率）与纤维尺寸 (μm) 的柱状图显示至少两个模，上述至少两个模的对应纤维尺寸相差为较小纤维尺寸的至少 50%、至少 100% 或至少 200%。微纤维还可以，例如形成网的纤维表面积的至少 20%、至少 40% 或至少 60%。该网可以具有多个有效纤维直径 (EFD) 值，例如，约 $5\mu\text{m}$ 至约 $40\mu\text{m}$ 或者约 $6\mu\text{m}$ 至约 $35\mu\text{m}$ 的 EFD。该网也可以具有多个基重，例如约 $60\text{g}/\text{m}^2$ 至约 $300\text{g}/\text{m}^2$ 或者约 $80\text{g}/\text{m}^2$ 至约 $250\text{g}/\text{m}^2$ 的基重。

本发明所公开的非织造网可具有不规则的纤维布置方式、以及大致各向同性的面内物理特性（如，抗拉强度）。通常这种各向同性的非织造网优选用于形成杯状模制呼吸器。或者，网可以具有对准的纤维构造（例如，在授予 Shah 等人的美国专利 No. 6,858,297 中所述的纤维纵向排列的

构造)以及各向异性的面内物理特性。如果这种各向异性的非织造网用于形成褶皱型过滤器,多排褶皱可以依照需要根据所关注的一种或多种各向异性特性进行对准,从而在高沿面流速下减少褶皱变形。

本发明所公开的方法可以使用多种聚合物成纤材料。所述聚合物可以是基本上任何能够形成非织造网的热塑性成纤材料。对于将被充电的网,聚合物可以是基本上任何能保持满意的驻极体特性或电荷分离的热塑性成纤材料。可充电的网的优选聚合物成纤材料为非导电树脂,该树脂在室温(22℃)下具有 10^{14} 欧姆厘米或更大的体积电阻率。优选地,体积电阻率约为 10^{16} 欧姆厘米或更大。聚合物成纤材料的电阻率可根据标准测试 ASTM D 257-93 来测量。用于可充电的网的聚合物成纤材料还优选地基本不含诸如抗静电剂之类的组分,这类组分能显著增加电导率或以其它方式干扰纤维的接受和保留静电电荷的能力。可以用于可充电的网的聚合物的一些例子包括这样的热塑性聚合物:该聚合物含有诸如聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯、聚(4-甲基-1-戊烯)和环烯烃共聚物等聚烯烃、以及这些聚合物的组合。其他可用但难以充电或可能会迅速失去电荷的聚合物包括聚碳酸酯;嵌段共聚物,如苯乙烯-丁二烯-苯乙烯和苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯嵌段共聚物;聚酯,如聚对苯二甲酸乙二醇酯;聚酰胺;聚氨酯;以及其他为本领域技术人员所熟悉的聚合物。纤维优选地由聚-4-甲基-1-戊烯或聚丙烯制备。最优选地,纤维由聚丙烯均聚物制备,这是由于聚丙烯均聚物具有保持电荷的能力,尤其是在潮湿环境中。

可以通过多种方法为本发明所公开的非织造网赋予电荷。这可以通过,例如,按照授予 Angadjivand 等人的美国专利 No. 5,496,507 所公开的使网与水接触的方法,按照授予 Klasse 等人的美国专利 No. 4,588,537 所公开的电晕处理方法,按照例如授予 Rousseau 等人的美国专利 No. 5,908,598 所公开的水充电方法,按照授予 Jones 等人的美国专利 No. 6,562,112 B2 以及授予 David 等人的美国专利申请公开 No. US2003/0134515 A1 所公开的等离子体处理方法或以上方法的组合来实施。

可以将添加剂添加到聚合物中以提高网的过滤性能、驻极体充电容量、机械性能、老化特性、着色性、表面特性或所关注的其他特性。代表

性的添加剂包括填充剂、成核剂（如，可从 Milliken Chemical 商购获得的 MILLAD™ 3988 二亚苺基山梨醇）、驻极体充电增强添加剂（如，三硬脂酸三聚氰胺和各种光稳定剂，例如得自 Ciba Specialty Chemicals 的 CHIMASSORB™ 119 和 CHIMASSORB 944）、固化引发剂、硬化剂（如聚(4-甲基-1-戊烯)）、表面活性剂和表面处理剂（如在授予 Jones 等人的美国专利 No. 6,398,847 B1、6,397,458 B1 和 6,409,806 B1 中所述的用于在油雾环境中提高过滤性能的氟原子处理剂）。此类添加剂的类型和数量都为本领域技术人员所熟悉。

图 4 示出示例性杯状一次性个人呼吸器 400 的局部剖视图。呼吸器 400 包括内覆盖网 402、单组分过滤层 404 和外覆盖层 406。熔接边 408 将这些层保持在一起并形成表面密封区以减少通过呼吸器 400 边缘的泄漏。利用例如金属（如铝）或塑料（如聚丙烯）制成的极软的柔韧鼻带 410 可以进一步减少泄漏。呼吸器 400 还包括使用插片 414 扣紧的可调式头箍和颈带 412、以及呼气阀 416。除了单组分过滤层 404，有关呼吸器 400 构造的更多细节为本领域的技术人员所熟悉。

当用于制备模制呼吸器（例如，类似图 4 所示的单组分过滤层 404）时，本发明所公开的模制基体的 King 刚度优选地大于 1N，并且优选地为至少约 2N 或更大。作为粗略近似，如果允许半球状模制基体样品冷却，并将杯侧向下放置在刚性表面上，用食指竖直接压（即，使基体样品变凹），然后释放压力，那么 King 刚度不够的基体会趋于留有凹痕，而 King 刚度足够的基体会趋于弹回到其原始半球状构型。还可以或改为通过使用配备有直径为 25.4mm 的聚碳酸酯测试探针的 TA-XT2i/5 型质构分析仪（Model TA-XT2i/5 Texture Analyzer）（可从 Texture Technologies Corp. 购得）测定变形抵抗力（DR）来评价模制呼吸器。将模制基体以表面侧向下的方式布置于质构分析仪的操作台上。通过使聚碳酸酯探针以 10mm/sec 的速度向下朝向模制测试基体的中心推进 25mm 来测量变形抵抗力 DR。使用五个模制测试基体样品，记录最大（峰值）力并进行平均以确定变形抵抗力 DR。变形抵抗力 DR 优选地为至少约 75g，并且更优选地为至少约 200g。我们不知道将 King 刚度值转变为变形抵抗力值的公式，但可注意到，变形抵抗力测试可用于评价在 King 刚度测试中刚度低于阈值量度

值的低刚度模制基体。当暴露于以 85 升/分的流量流动的 $0.075\mu\text{m}$ 氯化钠气溶胶中时，本发明所公开的模制呼吸器的压降优选地小于 $20\text{mm H}_2\text{O}$ ，并且更优选地小于 $10\text{mm H}_2\text{O}$ 。当这样评价时，模制呼吸器的 NaCl 渗透率还优选地小于约 5%，并且更优选地小于约 1%。当在 13.8cm/sec 的沿面流速下用 NaCl 指示剂进行评价时，可形成这种模制基体的平面网的初始过滤品质因数 QF 优选地为至少约 $0.4\text{mm}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ ，并且更优选地为至少约 $0.5\text{mm}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ 。

图 5 示出由本发明所公开的单组分过滤层 502 制成的示例性褶皱型过滤器 500 的透视图，所述单组分过滤层形成为间隔开的多排褶皱 504。本领域的普通技术人员将会理解到，过滤器 500 可自身使用或可使用合适的支承件（如膨胀金属筛网）来加强，并且可选地安装在合适的框架（如金属或纸板框）中以形成用于如 HVAC 系统中的可更换过滤器。人们相信，褶皱型过滤器 500 的刚度增加（由本发明所公开的单组分过滤层中存在的较大尺寸纤维所带来的）有助于提高褶皱型过滤器 500 在高的过滤器沿面流速下抗褶皱变形的能力。除了单组分过滤层 502，有关过滤器 500 构造的更多细节为本领域的技术人员所熟悉。

当用于制备褶皱型过滤器（例如，图 5 所示的单组分过滤层 502）时，本发明所公开的网优选地具有至少约 100mg 的褶皱前 Gurley 刚度，并且可以具有至少约 200mg 或至少约 300mg 的褶皱前 Gurley 刚度。当暴露于空气中浓度为约 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 的、以 85 升/分钟的流量流动的、直径为 $0.185\mu\text{m}$ 的 DOP 颗粒气溶胶时，本发明所公开的褶皱型过滤器在 1.52 米/秒 ($300\text{ft}/\text{min}$) 的沿面流速下优选地具有至少约 15% 的平均初始亚微米效率，并且可以具有至少约 25% 或者至少约 50% 的平均初始亚微米效率。当在 $13.8\text{cm}/\text{秒}$ 的沿面流速下使用这种 DOP 指示剂进行评价时，可以形成这种褶皱型过滤器的平面网的初始过滤品质因数 QF 优选地为至少约 0.3，并且更优选地为至少约 0.4。

可以使用本领域的普通技术人员所熟悉的方法和其他元件将本发明所公开的非织造网形成为模制呼吸器、褶皱型过滤器和其他制成品。在形成三维形状时，可能希望在成形前监测平面网的特性，如基重、网厚度、坚固性、EFD、Gurley 刚度、Taber 刚度、压降、初始 NaCl 渗透率、DOP 渗

透百分率或品质因数 QF，而在成形后监测成形（如，模制或成褶）基体的特性，如 King 刚度、变形抵抗力 DR、压降或平均初始亚微米效率。例如，模制特性可以通过在半径为 55mm 且容积为 310cm³ 的半球状模具的相配合的阳模部和阴模部之间形成测试杯状基体来进行评估。

EFD 可以在 32L/min 的空气流量（对应于 5.3cm/sec 的沿面流速）下，采用在 Davies, C. N., “The Separation of Airborne Dust and Particles”（空气中灰尘和颗粒的分离），Institution of Mechanical Engineers, London, Proceedings 1B, 1952 中所描述的方法进行确定（除非另外说明）。

Gurley 刚度可以使用从 Gurley Precision Instruments 得到的 4171E 型 GURLEY™ 抗弯检测器（Model 4171E GURLEY™ Bending Resistance Tester）来确定。从网上冲切下 3.8cm×5.1cm 的矩形，使样品的长边与网的横向（横维）对准。将样品装载到抗弯检测器中，使样品的长边位于网的固定夹中。将样品沿两个方向折曲，即测试臂挤压第一主样品表面，然后挤压第二主样品表面，记录这两次测量的平均值作为以毫克为单位的刚度。该测试被认为是破坏性测试，并且如果需要进一步测试的话，需要采用新的样品。

Taber 刚度可以使用 150-B 型 TABER™ 刚度检测器（Model 150-B TABER™ stiffness tester）（可从 Taber Industries 商购获得）来确定。为避免纤维融合，使用锋利的剃刀刀片小心地从网上切割下 3.8cm×3.8cm 的正方形部分，并使用 3 至 4 个样品以及 15° 的样品挠曲来评估确定样品沿纵向和横向的刚度。

渗透百分率、压降和过滤品质因数 QF 可以用含有 NaCl 或 DOP 颗粒、以（除非另外指明）85 升/分钟的流量传送的指示剂气溶胶来确定，并且使用 TSI™ 型 8130 高速自动过滤器检测器（可从 TSI Inc. 商购获得）来评价。对于 NaCl 测试，可由 2% NaCl 溶液生成颗粒以形成气溶胶，该气溶胶含有空气中浓度为约 16mg/m³-23mg/m³ 的直径为约 0.075μm 的颗粒，且上述自动过滤器检测器可在加热器和颗粒中和器都开启的情况下操作。对于 DOP 测试，气溶胶可含有直径为约 0.185μm 且浓度为约 100mg/m³ 的颗粒，并且自动过滤器检测器可在加热器和颗粒中和器都关闭的情况下操作。在

停止测试前，样品可以暴露于 13.8cm/sec 的沿面流速（对于平面网样品）或 85 升/分的流量（对于模制基体或成形基体）下的最大 NaCl 或 DOP 颗粒渗透率。可以在过滤器入口和出口处采用校准过的光度计来测量颗粒浓度以及通过过滤器的 % 颗粒渗透率。可以采用 MKS 压力传感器（可从 MKS Instruments 商购获得）来测量通过过滤器的压降（ ΔP , mm H₂O）。如下公式可用于计算 QF：

$$QF = \frac{-\ln\left(\frac{\% \text{颗粒渗透率}}{100}\right)}{\Delta P}$$

对于所选指示剂气溶胶可测量或计算的参数包括初始颗粒渗透率、初始压降、初始品质因数 QF、最大颗粒渗透率、最大渗透率处的压降以及最大渗透率处的颗粒填充毫克数（达到最大渗透率时填入过滤器的指示剂总重量）。初始品质因数 QF 值通常提供总体性能的可靠指示，较高的初始 QF 值表示较好的过滤性能，而较低的初始 QF 值表示降低的过滤性能。

King 刚度可使用得自 J. A. King & Co., Greensboro, North Carolina 的 King 刚度检测器将直径为 2.54cm、长为 8.1m 的平面探针推向模制杯状呼吸器来进行测试，该呼吸器是通过在半径为 55mm、容积为 310cm³ 的半球状模具的相配合的阳模部和阴模部之间形成测试杯状基体而制成的。模制基体布置在检测器探针下方以用于在首先使模制基体冷却后进行测试。

平均初始亚微米效率可以通过将带框架的过滤器安装在测试试管中并使经干燥并且经电荷中和的氯化钾颗粒通过该过滤器来测定。可以采用 300ft/min (1.52 米/秒) 的测试沿面流速。光学颗粒计数器可用于测量在一连串十二个粒度范围或通道内该测试过滤器的上游和下游的颗粒浓度。每个通道中的粒度范围采用 ASHRAE 标准 52.2 (“Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size”) (粒度测试通用通风空气净化设备的移除效率的测试方法)。该公式可用于确定每个通道的捕获效率：

$$\text{捕获效率 (\%)} = \frac{\text{上游颗粒计数} - \text{下游颗粒计数}}{\text{上游颗粒计数}} \times 100$$

可以将四个亚微米通道（即粒径为 0.3 μm 至 0.4 μm 、0.4 μm 至 0.55 μm 、0.55 μm 至 0.7 μm 以及 0.7 μm 至 1.0 μm ）中每一个的捕获效率值进行平均，以获得一个“平均初始亚微米效率”值。测试速度、效率和压降结果通常都要进行记录。

本发明所公开的非织造网可用于多种模制呼吸器形状。本发明所公开的非织造网还可用于多种过滤器构造，包括 HVAC（如，炉）过滤器、车辆室内过滤器、洁净室过滤器、加湿过滤器、减湿过滤器、室内空气净化过滤器、硬盘驱动器过滤器以及其他平面型或褶皱型被支承或自支承过滤制品。根据需要，本发明所公开的非织造网可包括除了本发明所公开的单组分网之外的一个或多个附加层。例如，模制呼吸器可以采用内覆盖层或外覆盖层，以达到舒适或美观的目的而不是为了过滤或加硬。另外，可以采用含有吸附剂颗粒的一个或多个多孔层以捕获所关注的蒸汽，例如在 2006 年 5 月 8 日提交的标题为“PARTICLE-CONTAINING FIBROUS WEB”（含颗粒的纤维网）的美国专利申请 No. 11/431,152 中所描述的多孔层。即使没有要求，如果需要也可以加入其他层（包括加硬层或加硬元件）来提供具有足够硬度的成形单层基体以用于预期应用。本发明所公开的非织造网还可用于除空气过滤之外的应用，例如用于液体（如医药）过滤器、绝热、隔音、包装材料、包括鞋面、鞋底部件和鞋垫在内的鞋组件、以及用于包括外套、运动装和危险材料衣服在内的衣服。

在以下示例性实例中对本发明进行进一步说明，除非另外说明，其中所有的份数和百分比均按重量计。

实例 1

使用类似于图 2 和图 3 所示的装置以及类似于在 Wente, Van A. “superfine Thermoplastic Fiber”（超细热塑性纤维），Industrial and Engineering Chemistry, vol. 48. No. 8, 1956, pp 1342-1346 和 Naval Research Laboratory Report 111437, Apr. 15, 1954 中所描述的方法，由具有相同聚合物组分的较大尺寸纤维和较小尺寸纤维制成熔喷单组分单层网。较大尺寸纤维使用 TOTAL 3960 聚丙烯（350 熔体流动速率聚

合物) 来制成, 该聚丙烯中添加了 0.8% CHIMASSORB 944 受阻胺光稳定剂作为驻极体充电添加剂、以及来自 PolyOne Corp. 的 1% POLYONE™ No. CC10054018WE 蓝色颜料以帮助评估较大尺寸纤维在网中的分布。所得蓝色聚合物共混物被送入来自 Davis Standard Division of Crompton & Knowles Corp 的 20 型 DAVIS STANDARD™ 2 英寸 (50.8mm) 单螺杆挤出机中。该挤出机具有 60 英寸 (152cm) 的长度以及 30/1 的长度/直径比率。较小尺寸纤维使用来自 Exxon Mobil Corporation 的 EXXON PP3746 聚丙烯 (1475 熔体流动速率聚合物) 而制成, 该聚丙烯中添加了 0.8% CHIMASSORB 944 受阻胺光稳定剂。后一种聚合物为白色的, 并且被送入来自 Davis Standard Division of Crompton & Knowles Corp 的 KILLION™ 0.75 英寸 (19mm) 单螺杆挤出机中。使用来自 Zenith Pumps 的 10cc/rev ZENITH™ 熔融泵, 将每个聚合物流定量送入分开的 20 英寸 (50.8cm) 宽的钻孔熔喷模具的模腔中, 该熔喷模具采用直径为 0.015 英寸 (0.38mm)、间距为 25 个孔/英寸 (10 个孔/厘米) 的孔, 且每个模腔为交替的孔送料。受热空气在模具顶端使纤维减细。气刀采用 0.010 英寸 (0.25mm) 的正回移和 0.030 英寸 (0.76mm) 的气隙。在网形成之时, 通过中等网孔收集器筛网适当抽真空。聚合物从挤出机输出的速率为 1.0lbs/in/hr (0.18kg/cm/hr)、DCD (模具至收集器距离) 为 22.5 英寸 (57.2cm), 并且根据需要调整收集器的速率以生成具有 208gsm 基重的网。根据需要, 通过改变挤出流量、挤出温度和受热空气的压力, 得到 20 μ m 的目标 EFD。通过调整聚合物从各挤出机挤出的速率, 来生成含有 75% 的较大尺寸纤维和 25% 的较小尺寸纤维的网。按照美国专利 No. 5,496,507 (Angadjivand 等人 '507) 所提出的技术, 用蒸馏水对该网进行水充电, 并使其干燥。在下表 1A 中列出了在 13.8cm/sec 的沿面流速下平面网的序列号、基重、EFD、网厚度、初始压降、初始 NaCl 渗透率和品质因数 QF:

表 1A

序列号	基重, gsm	EFD, μ m	厚度, mm	压降, mm H ₂ O	初始渗透 率, %	品质因数, 1/mm H ₂ O
1-1F	208	20.3	4.49	2.9	4.1	1.10

表 1A 中的网接着被模制以形成用作个人呼吸器的杯状模制基体。将顶部模具加热至约 235°F (113°C)，底部模具加热至约 240°F (116°C)，采用 0.020 英寸 (0.51mm) 的模具间隙，并且将网布置于模具中约 6 秒。在从模具移开后，基体保持其模制形状。在下表 1B 中列出了模制基体的序列号、King 刚度、初始压降、初始 NaCl 渗透率和最大填充渗透率。

表 1B

序列号	King刚度, N	压降, mm H ₂ O	初始渗透率, %	最大填充渗透 率, %
1-1M	1.33	5.2	6.5	17.1

表 1B 中的数据表明模制基体具有可观的刚度。

实例 2

重复实例 1，但不在较大尺寸纤维或较小尺寸纤维中使用驻极体充电添加剂。按照美国专利 No. 6,660,210 (Jones 等人) 所提出的技术对网进行等离子体充电，然后按照美国专利 No. 5,496,507 (Angadjivand 等人 '507) 所提出的技术用蒸馏水对网进行水充电，然后使网干燥。在下表 2A 中列出了在 13.8cm/sec 的沿面流速下平面网的序列号、基重、EFD、网厚度、初始压降、初始 NaCl 渗透率和品质因数 QF:

表 2A

序列号	基重, gsm	EFD, μm	厚度, mm	压降, mm H ₂ O	初始渗透 率, %	品质因数, 1/mm H ₂ O
2-1F	204	13.4	4.92	5.2	1.9	0.76

表 2A 的网接着按照实例 1 中的方法来进行模制。在从模具移除后，基体保持其模制形状。在下表 2B 中列出了该模制基体的序列号、King 刚度、初始压降、初始 NaCl 渗透率和最大填充渗透率。

表 2B

序列号	King刚度, N	压降, mm H ₂ O	初始渗透 率, %	最大填充渗透 率, %
2-1M	1.47	8.6	1.95	3.67

表 2B 中的数据表明该模制基体提供通过了 42 C.F.R. Part 84 的 N95 NaCl 填充测试的单组分单层过滤层。

实例 3

使用实例 1 中的方法制成单组分单层网。使用 TOTAL 3868 聚丙烯（37 熔体流动速率聚合物）制成较大尺寸纤维，其中添加了来自 Ciba Specialty Chemicals 的 0.8% CHIMASSORB 944 受阻胺光稳定剂作为驻极体充电添加剂、以及 2% POLYONE™ No. CC10054018WE 蓝色颜料。使用 EXXON PP3746G 聚丙烯制成较小尺寸纤维，该聚丙烯中添加了 0.8% CHIMASSORB 944 受阻胺光稳定剂。聚合物从挤出机输出的速率为 1.5lbs/in/hr（0.27kg/cm/hr），DCD（模具到收集器的距离）为 13.5 英寸（34.3cm），并且调整各挤出机的聚合物速率以形成含有 65% 的较大尺寸纤维和 35% 的较小尺寸纤维的网。按照美国专利 No. 5,496,507（Angadjivand 等人 ‘507）所提出的技术用蒸馏水对网进行水充电，然后使其干燥。在下表 3A 中列出了在 13.8cm/sec 的沿面流速下该平面网的序列号、基重、EFD、网厚度、初始压降、初始 NaCl 渗透率和品质因数 QF：

表 3A

序列号	基重, gsm	EFD, μm	厚度, mm	压降, mm H ₂ O	初始渗透率, %	品质因数, 1/mm H ₂ O
3-1F	226	15.1	3.76	3.8	1.3	1.06

表 3A 中的网接着进行模制以形成用作个人呼吸器的杯状模制基体。将模具的顶部和底部均加热至约 230 °F（110 °C），采用 0.040 英寸（1.02mm）的模具间隙，将网布置在模具中约 9 秒。在从模具移开后，基体保持其模制形状。在下表 3B 中列出了该模制基体的序列号、King 刚度、初始压降、初始 NaCl 渗透率和最大填充渗透率。

表 3B

序列号	King 刚度, N	压降, mm H ₂ O	初始渗透率, %	最大填充渗透率, %
3-1M	2.88	3.4	0.053	2.26

图 6 是示出序列号为 3-1M 的模制呼吸器的 NaCl 渗透率和压降的曲线图，图 7 是由多层过滤介质制成的商用 N95 呼吸器的类似曲线图。曲线 A 和 B 分别为序列号为 3-1M 的呼吸器的 NaCl 渗透率和压降结果，曲线 C 和 D 分别为该商用呼吸器的 NaCl 渗透率和压降结果。图 6 和表 3B 中的数据表明序列号为 3-1M 的模制基体提供这样一种单组分单层过滤层：该过滤层通过了 42 C.F.R. Part 84 的 N95 NaCl 填充测试，并且可提供比该商用呼吸器更长的过滤器使用寿命。

图 8 和图 9 分别是序列号为 3-1M 的模制基体的显微照片及纤维支数（频率）与纤维尺寸（ μm ）的柱状图。在下表 3C 中列出了纤维尺寸分布支数的汇总，并且在下表 3D 中列出了序列号为 3-1M 的模制基体的纤维尺寸统计的汇总。

表 3C

尺寸, μm	频率	累积%
0	0	0.00%
2.5	30	22.56%
5	46	57.14%
7.5	20	72.18%
10	11	80.45%
12.5	0	80.45%
15	4	83.46%
17.5	2	84.96%
20	3	87.22%
22.5	2	88.72%
25	3	90.98%
27.5	1	91.73%
30	3	93.98%
32.5	2	95.49%
35	2	96.99%
37.5	1	97.74%
40	2	99.25%
更大	1	100.00%

表 3D

统计	值, μm
平均纤维直径, μm	8.27
标准偏差纤维直径, μm	9.56
最小纤维直径, μm	0.51
最大纤维直径, μm	46.40
中值纤维直径, μm	4.57
模, μm	2.17
纤维支数	133

图 8 示出基体纤维在至少一些纤维交叉点处彼此粘结。图 9 和表 3C 中的数据表明较大尺寸纤维和较小尺寸纤维的混合物具有多个峰, 并具有至少三个局部模。

实例 4

将实例 1 的网制成褶皱高度为 20mm 并且褶皱间距为 11mm 的褶皱型滤芯。通过将展开的金属筛网胶粘到过滤器两侧的褶皱顶端来固定这些褶皱。用一体式纸板框架将过滤器框住, 该纸板框架具有在滤芯两侧的过滤器周边上折叠的 0.5 英寸 (12.7mm) 的翼。过滤器的开口面积为约 7.4 英寸 \times 12.0 英寸 (188mm \times 305mm)。在 300ft/min (1.52m/sec) 的沿面流速下测试滤芯的初始压降和初始分级效率。初始压降为 0.831 英寸 (21.1mm) H_2O 。各个粒径范围的结果示于下表 4A 中。

表 4A

粒径范围, μm	初始分级效率, %
0.3-0.4	92.0
0.4-0.55	95.6
0.55-0.7	98.1
0.7-1.0	99.1
1.0-1.3	99.6
1.3-1.6	99.7
1.6-2.2	99.8
2.2-3.0	99.9
3.0-4.0	99.9
4.0-5.5	100.0
5.5-7.0	100.0
7.0-10.0	100.0

表 4A 中的结果表明该过滤器的平均初始亚微米效率为 96.2%。该过滤器提供了低初始压降和良好的捕获效率的理想结合。

已描述了本发明的多个实施例。然而，应当理解，可以在不脱离本发明的情况下进行各种修改。因此，其他实施例也包含在以下权利要求书的范围之内。

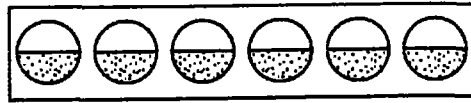


图1a
现有技术

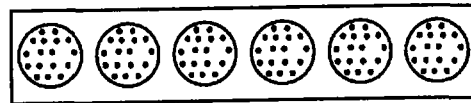


图1b
现有技术

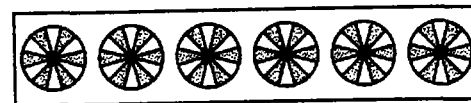


图1c
现有技术

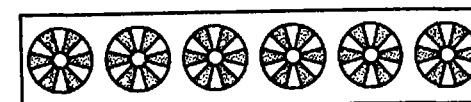


图1d
现有技术

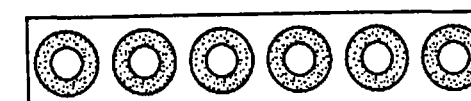


图1e
现有技术

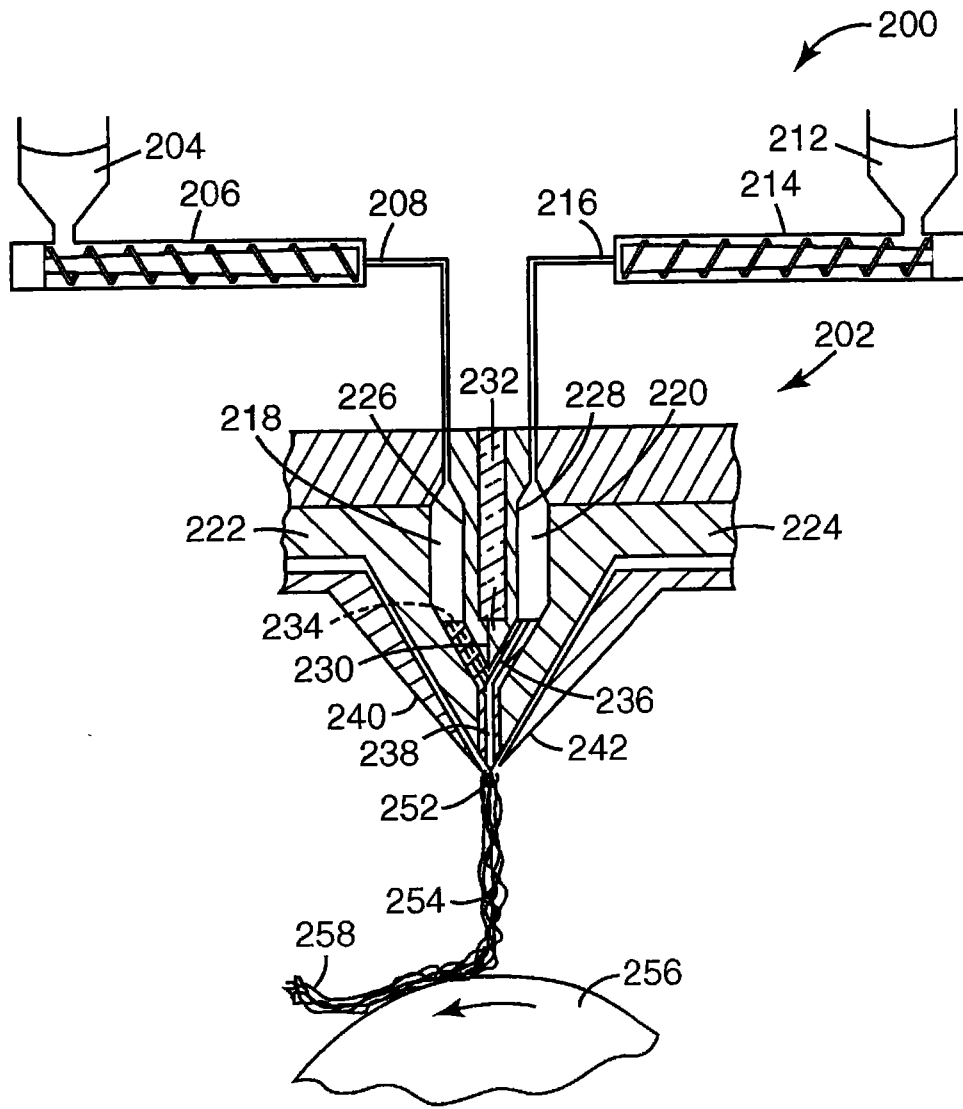


图2

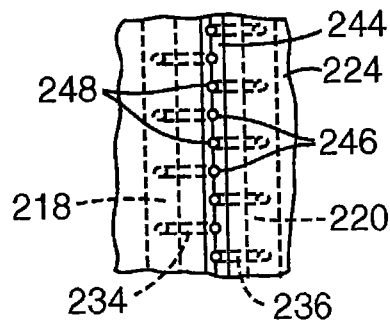


图3

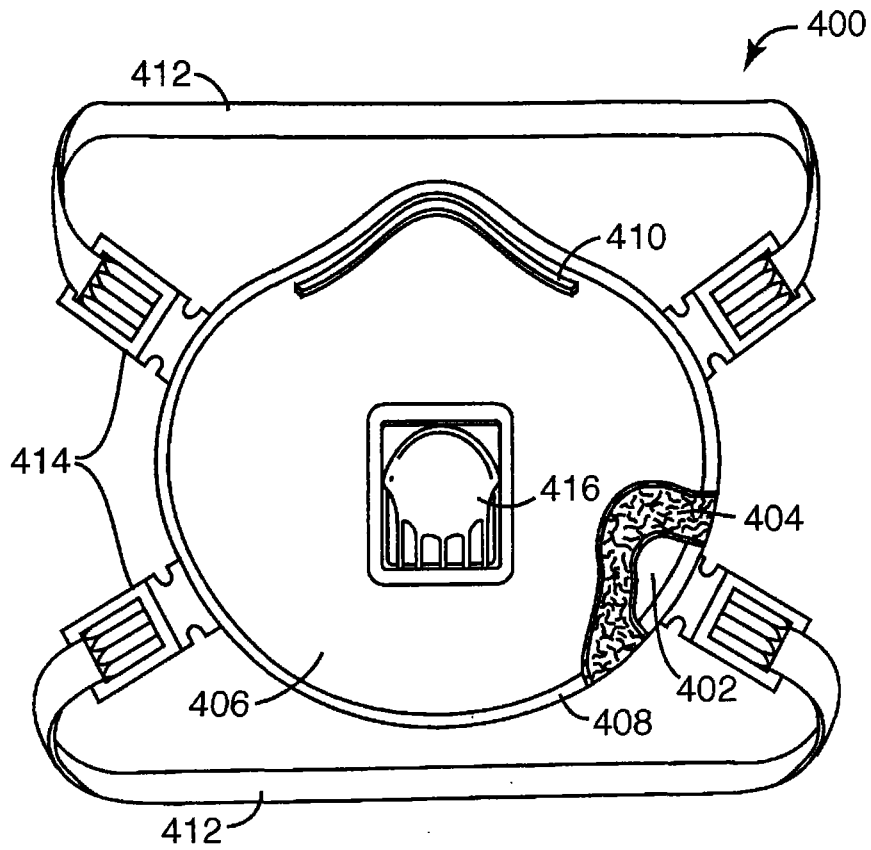


图4

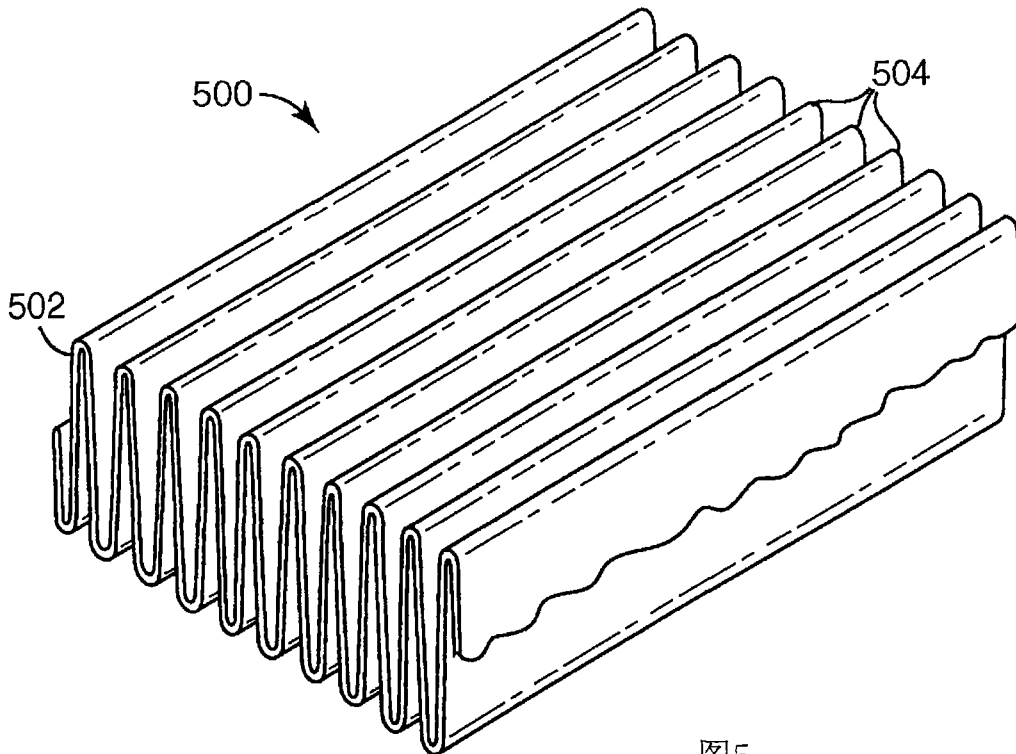


图5

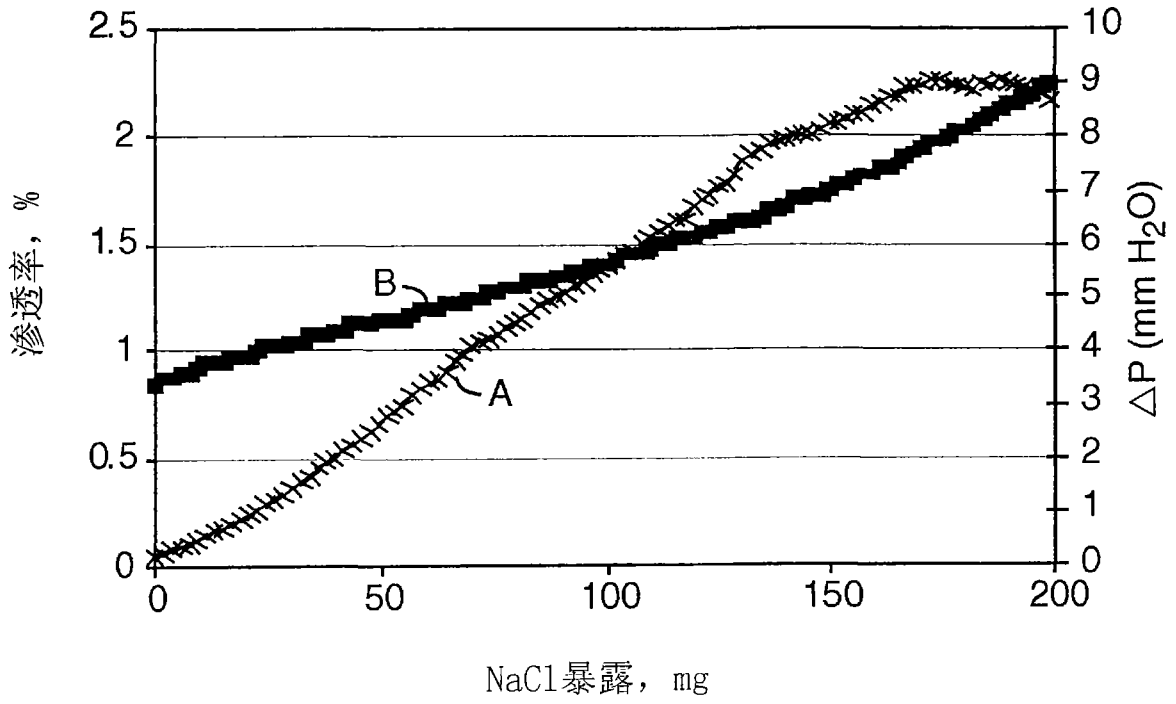


图6

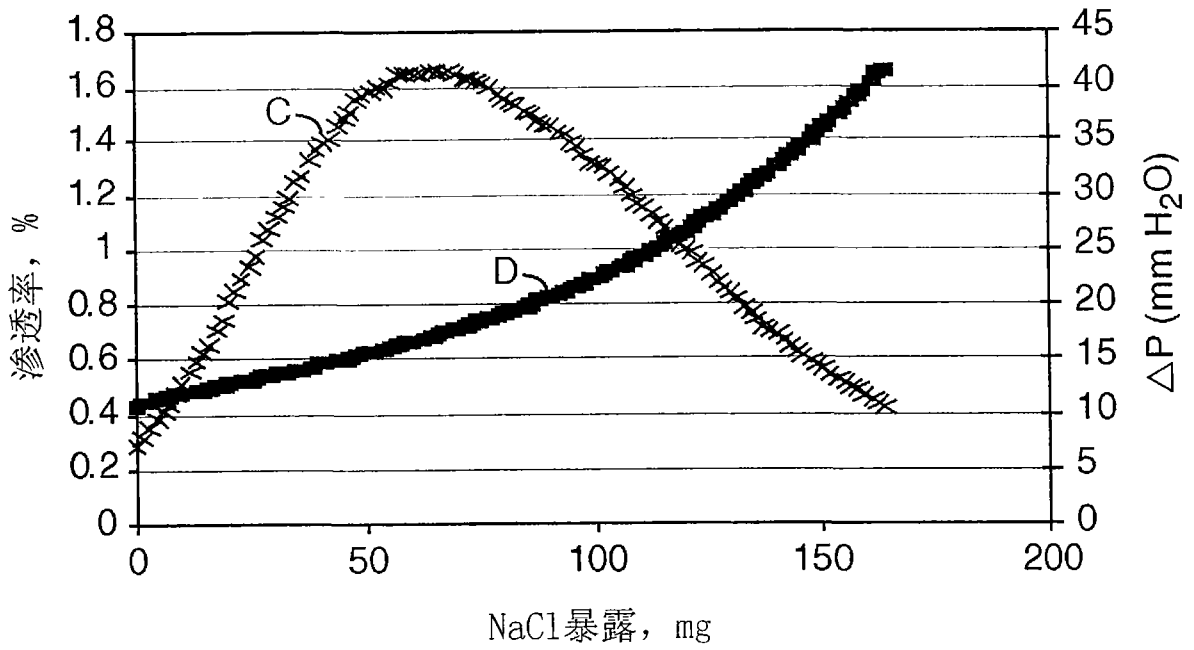


图7

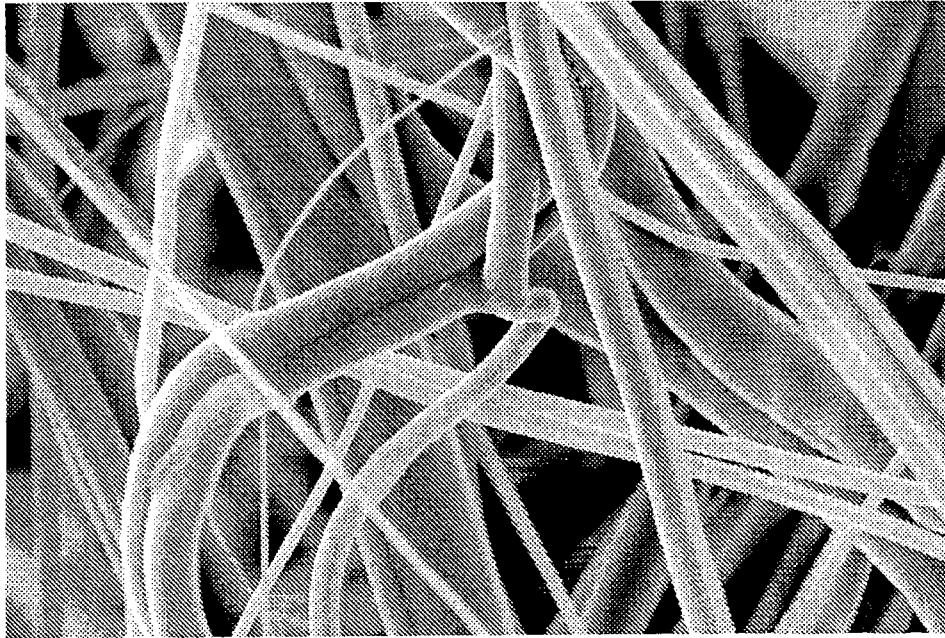


图8

50 μm

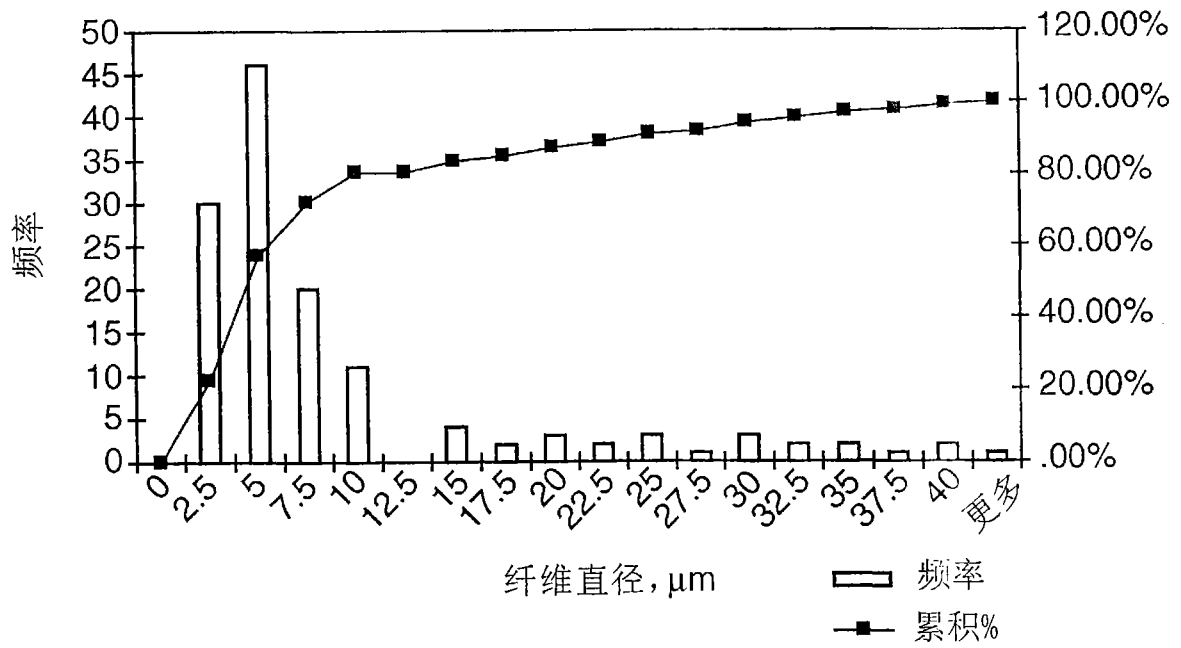


图9