

一种无纺布、隔膜及电池

技术领域

本发明涉及无纺布材料技术领域，具体涉及一种无纺布、隔膜及电池。

5

背景技术

无纺布具有天然的大孔径和高空隙率，并具有耐高温等特点，在电池等储能设备领域具有良好的应用前景，例如可形成无纺布隔膜应用于电池中。然而，相关技术中，无纺布的强度和厚度通常难以兼顾，若无纺布的厚度较薄，则其强度较低，不利于电池的安全性和循环寿命等性能，而若增大无纺布的厚度，则会影响电池的能量密度等性能。

发明内容

本发明提供一种无纺布、隔膜和电池，能够提高无纺布的强度，同时保持其较薄的厚度，从而兼顾电池的安全性、循环寿命和能量密度等性能。

本发明的一方面，提供一种无纺布，包括主干纤维，所述主干纤维包括圆形截面纤维和异形截面纤维；至少部分所述异形截面纤维的横截面的周长系数为 X_L ， $1 < X_L \leq 5$ 。

本发明的另一方面，提供一种隔膜，包括前述无纺布。

本发明的再一方面，提供一种电池，包括正极片、负极片和前述隔膜，所述隔膜位于所述正极片与所述负极片之间。

本发明中，无纺布的主干纤维包括圆形截面纤维和异形截面纤维，并控制至少部分异形截面纤维的横截面的周长系数 X_L 满足 $1 < X_L \leq 5$ ，通过引入这些特定形态的主干纤维，利于无纺布中的纤维之间充分粘合，形成牢固的网状结构，显著提高无纺布的强度，同时可保持无纺布较薄的厚度，具体可表现在，无纺布的纵向拉伸强度可高达 469 kgf/cm^2 以上，甚至可高达 540 kgf/cm^2 以上，横向拉伸强度可高达 300 kgf/cm^2 以上，甚至可高达 330 kgf/cm^2 以上，无纺布的厚度不大于 $25 \mu\text{m}$ 。由此本发明提供了一种薄型高强度无纺布，其可用于隔膜，应用于锂离子电池等电化学储能装置中，兼顾提高锂离子电池等

电化学储能装置的安全性、循环寿命和能量密度等性能。

附图说明

图 1 为本发明一实施例中的异形截面纤维的横截面（十字形）形状示意图；

图 2 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（半圆环形）示意图；

图 3 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（八分之七圆形）示意图（图 3 的 A 示出圆心角，图 3 的 B 示出最深处的深度和最宽处的宽度）；

图 4 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（八角星形）示意图；

图 5 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（S 形）示意图；

图 6 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（十角星形）示意图；

图 7 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（米字形）示意图；

图 8 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（十二角星形）示意图；

图 9 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（十六角星形）示意图；

图 10 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（弯月形）示意图；

图 11 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（四角星形）示意图；

图 12 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（T 字形）示意图；

图 13 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（十字形）示意图；

图 14 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（新月形）示意图；

图 15 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（W 字形）示意图；

5 图 16 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（N 字形）示意图；

图 17 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（U 字形）示意图；

10 图 18 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（开口圆形）示意图；

图 19 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（五边形）示意图；

图 20 为本发明另一实施例中的异形截面纤维的横截面形状（非完整圆环形）示意图；

15 图 21 为纤维的差示扫描量热曲线。

附图标记说明：1：异形截面纤维的横截面；10：沟槽；100：外接圆；w：沟槽最宽处的宽度；h：沟槽最深处的深度。

具体实施方式

20 为使本领域技术人员更好地理解本发明的方案，下面对本发明作进一步地详细说明。以下所列举具体实施方式只是对本发明的原理和特征进行描述，所举实例仅用于解释本发明，并非限定本发明的范围。基于本发明实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施方式，都属于本发明保护的范围。

25 随着新能源汽车、3C 等技术领域的发展，锂离子电池逐渐得到广泛应用，同时对锂离子电池的能量密度和安全性等性能也提出了越来越高的要求，例如，现有动力电池体系理论的能量密度逐渐达到技术上限，进一步突破的难度较大。

30 具体来说，液态电池需要采用隔膜将正负极间隔开，并采用电解液进行离子传导，其安全性一直是亟待改进的方面，其中，液态电池中的聚烯烃类

隔膜等常规隔膜的热稳定性等性能较差，对液态电池的安全性造成诸多掣肘。

相对于液态电池，半固态电池和固态电池在安全性、能量密度和循环寿命方面更具优势，逐渐受到广泛关注。半固态电池和固态电池中的隔膜可替代电解液发挥电解质的作用，对隔膜的强调等性能具有较高要求；其中，半固态电池仍需要电解液进行离子传导和隔膜进行绝缘阻隔，对隔膜的强度、耐热性等性能提出了更高的要求。

无纺布具有天然的大孔径和高孔隙率，在电池等储能设备领域具有良好的应用前景，例如可用于无纺布隔膜，无纺布隔膜可广泛用于铅酸电池、碱性电池、镍氢电池和超级电容器等领域，其具有耐高温和孔隙率高等优点，尤其是与传统聚烯烃类隔膜相比所具有的安全性优势，使其在大型电池方面具有很好的应用前景，尤其是适合大型、长循环寿命要求的储能和动力电池，因此越来越受到锂电行业的关注。

然而，相关技术中，无纺布的强度和厚度通常难以兼顾，若减少无纺布的厚度，则会使其强度随之减弱，不利于电池的安全性和循环寿命等性能，而若增大无纺布的厚度，则会影响电池的能量密度等性能。

有鉴于此，本发明实施例提供一种无纺布，包括主干纤维，主干纤维包括圆形截面纤维和异形截面纤维；至少部分（即部分或全部）异形截面纤维的横截面 1 的周长系数为 X_L ， $1 < X_L \leq 5$ 。

具体地，上述无纺布中可以存在一种形状的异形截面纤维（即这些异形截面纤维的横截面 1 形状相同）、或者存在多种不同形状的异形截面纤维（即至少部分异形截面纤维的横截面 1 形状不同），当存在多种不同形状的异形截面纤维时，其中至少一种形状的异形截面纤维的横截面 1 的周长系数 X_L 满足 $1 < X_L \leq 5$ ，即可以是一种异形截面纤维的横截面 1 的周长系数 X_L 满足 $1 < X_L \leq 5$ 、或者至少两种异形截面纤维的横截面 1 的周长系数 X_L 满足 $1 < X_L \leq 5$ 。

示例性地，上述至少部分异形截面纤维的横截面 1 的周长系数可以为 1.5、2、3、4、5 或其中的任意两者组成的范围。

具体地，异形截面纤维为非圆形截面纤维，即其横截面 1 为非圆形，该横截面 1 垂直于异形截面纤维的轴向（一般亦为该异形截面纤维的长度方向）。异形截面纤维的横截面 1 的周长系数 X_L 等于该异形截面纤维的横截面 1 的周长 C_0 和与该异形截面纤维的横截面 1 的面积相同的圆的周长 C_1 的比值（即

$X_L = C_0/C_1$), 具体可通过中华人民共和国纺织行业标准 FZ/T 50002-2013 (化学纤维异形度试验方法) 中的周长系数测定方法测得。

具体地, 圆形截面纤维的横截面基本为圆形, 该横截面垂直于圆形截面纤维的轴向 (一般亦为该圆形截面纤维的长度方向)。

5 上述无纺布中, 主干纤维作为无纺布的骨架, 通过在无纺布中同时引入圆形主干纤维 (即上述圆形截面纤维) 和异形主干纤维 (即上述异形截面纤维), 并控制异形主干纤维的横截面 1 的周长系数 X_L 满足 $1 < X_L \leq 5$, 能够显著提高无纺布的强度, 同时保持无纺布较薄的厚度, 具体可表现在, 无纺布的纵向拉伸强度可高达 469 kgf/cm^2 以上, 甚至可高达 540 kgf/cm^2 以上, 横向
10 拉伸强度可高达 300 kgf/cm^2 以上, 甚至可高达 330 kgf/cm^2 以上, 无纺布的厚度不大于 $25 \mu\text{m}$ 。由此, 本发明实施例提供一种薄型高强度无纺布, 其可用于隔膜, 应用于锂离子电池等电化学储能装置中, 兼顾提高锂离子电池等电化学储能装置的安全性、循环寿命和能量密度等性能。

此外, 根据发明人的研究, 若上述异形截面纤维的周长系数 X_L 大于 5, 虽然纤维比表面积增加, 但纤维表面过多的沟槽凸起等微结构反而易造成异形截面纤维之间的相互纠缠, 使得主干纤维之间易于缠结成团, 难以充分分散均匀, 不利于获得性能均一性高的无纺布。

一般情况下, 无纺布中还包括粘结纤维, 主干纤维的软化点大于粘结纤维, 粘结纤维主要用于粘结无纺布中的主干纤维等成分, 提高无纺布的结构
20 强度。

具体来说, 在无纺布的制备过程中, 通常可通过热压延过程将随机分散的纤维 (包括主干纤维和粘结纤维) 进行定型, 其中, 主干纤维作为无纺布结构的骨架, 基本不会发生熔化现象, 而粘结纤维表面发生部分或全部熔化, 从而渗透到纤维表面、以及纤维之间的缝隙、空隙或纤维的凹凸等结构之处, 经冷却固化后在界面区产生啮合力, 从而使无纺布中的各纤维相互粘接, 实
25 现纤维之间的牢固结合, 赋予无纺布结构强度。

一般情况下, 在相同纤维长度、相同纤维横截面面积的情况下, 异形截面纤维的比表面积显著高于圆形截面纤维, 通过在无纺布中引入上述横截面周长系数 X_L 满足 $1 < X_L \leq 5$ 的异形截面纤维, 利用异形截面纤维的高比表面积和纤维之间可以形成毛细管效应的孔隙结构, 可以使粘结纤维发生熔化的
30

部分更充分、更快速地浸润，使得纤维之间的结合面积大大增加，显著提高无纺布的结构强度。

在一些实施例中，上述异形截面纤维的表面可以设有沟槽 10，这样，可进一步加强纤维结合的锚固效应，粘结纤维发生熔化的部分通过毛细管引力
5 渗入到异形截面纤维表面的微细沟槽 10，冷却固化后纤维不能发生相对移动，由此实现纤维之间的强力接合，进一步提高无纺布的结构强度。

具体地，异形截面纤维中，其沟槽 10 可以沿该异形截面纤维的轴向延伸并在该异形截面纤维的轴向上贯穿异形截面纤维，即异形截面纤维上的沟槽 10 的长度等于该异形截面纤维的长度。

10 此外，异形截面纤维中，其沟槽 10 的数量可以为一个或多个，当为多个时，这些沟槽 10 具体可以沿异形截面纤维的周向分布。

具体地，异形截面纤维中，其沟槽 10 的数量可以小于或等于 16，即一个异形截面纤维上可以设置 1~16 个沟槽 10，沟槽 10 的数量例如为 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15 或 16 等，这样利于进一步提
15 高无纺布的结构强度。

一般情况下，无纺布中的异形截面纤维的数量为多个，这些异形截面纤维上的沟槽 10 的数量可以相同或不同。如前述，无纺布中存在至少一种形状的异形截面纤维，即可以存在一种异形截面纤维、或多种异形截面纤维，当存在多种异形截面纤维时，其中任意两种异形截面纤维的沟槽 10 数量可以相
20 同或不同。

经进一步研究，从浸润充分性的角度考虑，沟槽 10 最宽处的宽度 w 不低于该异形截面纤维的横截面 1 的外接圆 100 的直径 D 的 15%，更有利于排除沟槽 10 内部的空气，从而使得流体在沟槽 10 内部更快更好地充分浸润。

从结构强度的角度考虑，沟槽 10 最深处的深度 h 不高于该异形截面纤维
25 的横截面 1 的外接圆 100 的直径 D 的 75%，沟槽 10 底部不易成为结构自身的薄弱部位，在相关应力作用下不易发生撕裂，从而能更好地维持原有的沟槽 10 形态。

在一些实施例中，异形截面纤维中，其沟槽 10 最宽处的宽度 w 可以不低于该异形截面纤维的横截面 1 的外接圆 100 的直径 D 的 15% (即 $w/D \geq 15\%$)，
30 w/D 具体可以为 15%~100%，例如 15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、

50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90%、95%、100%或其中的任意两者组成的范围，这样可以进一步提高无纺布的结构强度。

在一些实施例中，异形截面纤维中，其沟槽 10 最深处的深度 h 可以不高
于该异形截面纤维的横截面 1 的外接圆 100 的直径 D 的 75%(即 $h/D \leq 75\%$)，
5 h/D 具体可以满足 $0 < h/D \leq 75\%$ ， h/D 例如为 5%、10%、15%、20%、25%、
30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%或其中的任意
两者组成的范围，这样可以进一步提高无纺布的结构强度。

沟槽 10 最宽处的宽度 w 是指沟槽 10 最宽部位的两侧壁面之间的距离，
亦即，沟槽 10 最宽处的宽度 w 是指构成沟槽 10 的两侧壁面之间的最大直线
10 距离，具体来说，沟槽 10 具有两侧壁面，该两侧壁面分别位于沟槽 10 的相
对两侧（即其中一个侧壁面位于沟槽 10 的一侧、另一个侧壁面位于沟槽 10
的另一侧），该两侧壁面各自在异形截面纤维的长度方向（轴向）上的长度
等于异形截面纤维的长度，其中，该两侧壁面在垂直于异形截面纤维的长度
方向的方向上的最大距离即为沟槽 10 最宽处的宽度 w 。

15 例如，参考图 1 至图 19，沟槽 10 最宽部位是沟槽 10 的开口处，此时，
沟槽 10 最宽处的宽度 w 具体可以是指构成沟槽 10 的两侧壁面的横截面轮廓
线最外沿的两个端点之间的直线距离，亦即，在异形截面纤维的横截面 1（该
横截面 1 垂直于异形截面纤维的轴向）中，围设成沟槽 10 的两侧壁面的位于
沟槽 10 开口处的端点之间的直线距离即为沟槽 10 最宽处的宽度 w 。

20 例如，参考图 20，沟槽最宽部位位于沟槽 10 的内部，此时，沟槽 10 最
宽处的宽度 w 为该最宽部位处的沟槽 10 两侧壁面之间的距离。

此外，继续参考图 1 至图 20，沟槽 10 最深处的深度（即沟槽 10 的最大
深度） h 是指沟槽 10 底部（沟槽 10 远离其开口的底面）与该沟槽 10 开口处
的相对两侧的端点的连接线之间的最大垂直距离，其中，在异形截面纤维的
25 横截面 1（该横截面 1 垂直于异形截面纤维的轴向）中，围设成沟槽 10 的两
侧壁面的位于沟槽 10 开口处的端点之间的直线即为上述连接线。

可以理解的是，上述直线、连接线、轮廓线是用于说明沟槽 10 最宽处的
宽度 w 和沟槽 10 最深处的深度 h ，其均是虚拟线，并非实体存在的结构。

具体地，上述异形截面纤维的横截面 1 的形状可以包括心形、哑铃形、
30 弯月形（如图 10 所示）、新月形（如图 14 所示）、非完整圆环形、非完整

圆形、多叶草形、多边形、字符形或梅花形，但不局限于此，也可以是其他规则或不规则形状。

其中，非完整圆环形的的外圆圆弧所对应的圆心角小于其完整同心圆环的外圆圆弧所对应的圆心角，例如，非完整圆环形包括半圆环形（即非完整圆环形的的外圆圆弧所对应的圆心角为其完整同心圆环的外圆圆弧所对应的圆心角的 1/2，如图 2 所示）、或三分之二圆环形（即非完整圆环形的的外圆圆弧所对应的圆心角为其完整同心圆环的外圆圆弧所对应的圆心角的 2/3）、或者如图 20 所示的非完整圆环形。

其中，非完整圆形（包括扇形、弧形和开口圆形）的圆心角 α 小于 360° ，例如，非完整圆形包括八分之七圆形（即其圆心角 α 占 360° 的八分之七，如图 3 所示（图 3 的 A 示出圆心角，图 3 的 B 示出最深处的深度 h 和最宽处的宽度 w ））、四分之三圆形（即其圆心角 α 占 360° 的四分之三）或三分之二圆形（即其圆心角 α 占 360° 的三分之二）、或者如图 18 所示的圆形。

示例性地，多叶草形包括三叶草形或四叶草形。

示例性地，多边形包括五边形（如图 19 所示），也可包括多角形，多角形包括三角星形、四角星形（如图 11 所示）、五角星形、六角星形、八角星形（如图 4 所示）、十角星形（如图 6 所示）、十二角星形（如图 8 所示）或十六角星形（如图 9 所示）。

示例性地，字符形包括十字形（如图 1 和图 13 所示）、双十字形、工字形、米字形（如图 7 所示）、木字形、C 字形、E 字形、F 字形、G 字形、H 字形、J 字形、K 字形、L 字形、M 字形、N 字形（如图 16 所示）、S 字形（如图 5 所示）、T 字形（如图 12 所示）、U 字形（如图 17 所示）、V 字形、W 字形（如图 15 所示）、X 字形、Y 字形或 Z 字形。

示例性地，梅花形包括四瓣梅花形、五瓣梅花形或六瓣梅花形。

在一些实施例中，异形截面纤维的质量与主干纤维的质量之比（主干纤维中的异形截面纤维的质量百分含量）可以为 5%~60%，例如 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60% 或其中的任意两者组成的范围，利于提高无纺布的结构强度。

此外，圆形截面纤维与主干纤维的质量之比（主干纤维中的圆形截面纤维的质量百分含量）可以为 40%~95%，例如 40%、45%、50%、55%、60%、

65%、70%、75%、80%、85%、90%、95%或其中的任意两者组成的范围，利于提高无纺布的结构强度。

在一些实施例中，主干纤维的质量与无纺布的质量之比（即无纺布中的主干纤维的质量百分含量）可以为 60%~85%，例如 60%、63%、65%、68%、
5 70%、73%、75%、78%、80%、83%、85%或其中的任意两者组成的范围，利于提高无纺布的结构强度。

纤维的线密度表示纤维的粗细程度，在其他条件相同的情况下，过粗的纤维会使无纺布过于厚重，不利于其用于电池隔膜和电解质膜时的性能。以隔膜为例，若其中的无纺布过粗（线密度过大），无纺布过于厚重，会导致
10 隔膜的离子传输阻力的增加和扩散系数的改变，从而引起离子（如锂离子）不均匀传输，增加离子到达电极界面的不均匀性，而离子通过隔膜进出电极的不均匀性会造成不完全的嵌锂和脱锂、以及局部过充或过放等现象，从而影响电池的安全性和寿命等性能。

因此，在一些优选实施例中，上述主干纤维的线密度可以小于或等于 0.4
15 dtex，即上述圆形截面纤维的线密度可以小于或等于 0.4 dtex，异形截面纤维的线密度可以小于或等于 0.4 dtex，这样可以避免无纺布过于厚重，更便于无纺布用于电池隔膜和电解质膜，进一步提高电池的安全性和循环寿命等性能。

进一步地，上述主干纤维（圆形截面纤维或异形截面纤维）的线密度可以为 0.05 dtex ~0.4 dtex，例如 0.05 dtex、0.06 dtex、0.08 dtex、0.1 dtex、0.15
20 dtex、0.2 dtex、0.25 dtex、0.3 dtex、0.35 dtex、0.4 dtex 或其中的任意两者组成的范围。

其中，圆形截面纤维与异形截面纤维的线密度可以相同或不同，即圆形截面纤维的线密度可以大于、等于或小于异形截面纤维的线密度。此外，在一些优选实施例中，粘结纤维的线密度小于或等于 0.8 dtex，利于无纺布用于
25 电池隔膜和电解质膜，提高电池的安全性和循环寿命等性能。

进一步地，粘结纤维的线密度可以为 0.2 dtex ~0.8 dtex，例如 0.2 dtex、0.3 dtex、0.4 dtex、0.5 dtex、0.6 dtex、0.7 dtex、0.8 dtex 或其中的任意两者组成的范围。

其中，粘结纤维与主干纤维（圆形截面纤维或异形截面纤维）的线密度
30 可以相同或不同，即粘结纤维的线密度可以大于、等于或小于圆形截面纤维

的线密度, 粘结纤维的线密度可以大于、等于或小于异形截面纤维的线密度。

此外, 主干纤维的长度可以为 1mm~3mm, 即圆形截面纤维的长度可以为 1mm~3mm, 异形截面纤维的长度可以为 1mm~3mm, 这样利于进一步提高无纺布的结构强度等性能。

5 示例性地, 主干纤维(圆形截面纤维和异形截面纤维)的长度具体可以为 1mm、1.3 mm、1.5 mm、1.8 mm、2 mm、2.3 mm、2.5 mm、2.8 mm、3 mm 或其中的任意两者组成的范围。

其中, 圆形截面纤维与异形截面纤维的长度可以相同或不同, 即圆形截面纤维的长度可以大于、等于或小于异形截面纤维的长度。

10 此外, 粘结纤维的长度可以为 1mm~3mm, 例如 1mm、1.3 mm、1.5 mm、1.8 mm、2 mm、2.3 mm、2.5 mm、2.8 mm、3 mm 或其中的任意两者组成的范围。

其中, 粘结纤维的长度与主干纤维(异形截面纤维、圆形截面纤维)的长度可以相同或不同, 即粘结纤维的长度可以大于、等于或小于圆形截面纤维的长度, 粘结纤维的长度可以大于、等于或小于异形截面纤维的长度。

上述主干纤维的线密度和粘结纤维的线密度均是指平均线密度, 可通过本领域常规方法测得, 例如, 通过 GB/T 14335-2008 化学纤维短纤维线密度试验方法测得。

上述主干纤维的长度和粘结纤维的长度均是指平均长度, 可通过本领域常规方法测得, 例如, 通过 GB/T 14336-2008 化学纤维短纤维长度试验方法测得。

25 此外, 为了确保无纺布中粘结纤维熔融软化时主干纤维不会或基本不会因为加工过程发生熔融或软化导致形貌结构变化, 主干纤维的软化点大于粘结纤维的软化点。考虑更好地维持主干纤维的形貌结构, 优选主干纤维的软化点与粘结纤维的软化点的差值大于或等于 20°C, 即圆形截面纤维的软化点与粘结纤维的软化点的差值可以大于或等于 20°C, 异形截面纤维的软化点与粘结纤维的软化点的差值可以大于或等于 20°C。

其中, 圆形截面纤维的软化点与异形截面纤维的软化点可以相同或不同, 即圆形截面纤维的软化点可以大于、等于或小于异形截面纤维的软化点。

30 在一些实施例中, 主干纤维(圆形截面纤维或异形截面纤维)的软化点

与粘结纤维的软化点的差值具体可以为 20-280°C，例如 20°C、25°C、30°C、35°C、40°C、45°C、50°C、55°C、60°C、65°C、70°C、75°C、80°C、90°C、95°C、100°C、110°C、120°C、125°C、130°C、135°C、140°C、145°C、150°C、160°C、165°C、170°C、180°C、190°C、195°C、200°C、205°C、210°C、220°C、
5 230°C、240°C、250°C、252°C、255°C、260°C、265°C、270°C、275°C、280°C 或其中的任意两者组成的范围。

在一些实施例中，主干纤维（圆形截面纤维或异形截面纤维）的软化点可以为 240°C~400°C，例如 240°C、245°C、250°C、260°C、270°C、280°C、290°C、300°C、310°C、320°C、330°C、340°C、350°C、360°C、370°C、380°C、
10 390°C、400°C或其中的任意两者组成的范围。

具体地，粘结纤维的软化点可以大于或等于 120°C。在一些实施例中，粘结纤维的软化点可以为 120°C~230°C，例如 120°C、125°C、130°C、135°C、140°C、145°C、150°C、155°C、160°C、165°C、170°C、175°C、180°C、185°C、190°C、195°C、200°C、205°C、210°C、215°C、220°C、225°C、230°C或其中
15 中的任意两者组成的范围。

具体实施时，可采用差示扫描量热仪(DSC)测得上述主干纤维和粘结纤维的软化点。具体来说，使用差示扫描量热仪(DSC)，并通过程序升温方式测定纤维的差示扫描量热曲线，采用所得到的曲线中的熔融吸热峰开始偏离基线的起点温度 T_i 来表征纤维的软化点（如图 21 所示），具体测试方法可参照
20 GBT 19466.3-2004（塑料 差示扫描量热法(DSC)第 3 部分：熔融和结晶温度及热焓的测定）。

在一些实施例中，粘结纤维可以包括未拉伸聚酯纤维、聚偏氟乙烯纤维（PVDF）、聚酰胺纤维、聚烯烃纤维、共聚聚酯纤维、共聚酰胺纤维中的一种或多种。

25 可选地，未拉伸聚酯纤维可以包括聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）或聚对苯二甲酸丁二醇酯中的至少一种。

可选地，聚烯烃纤维可以包括聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯/聚丙烯皮芯纤维、聚乙烯/聚对苯二甲酸乙二醇酯皮芯纤维、聚乙烯/聚对苯二甲酸丁二酯皮芯纤维中的一种或多种。

30 具体地，粘接纤维可以包括由两种纤维材料形成的双组份纤维，该两种

纤维材料例如为聚乙烯和聚丙烯、或者为聚乙烯和聚对苯二甲酸乙二醇酯，或者为聚乙烯和聚苯二甲酸丁二酯，该双组份纤维可以包括并列型、皮芯型、多芯型复合纤维、海岛型复合纤维等结构，可根据本领域常规工序制得相应结构的双组份纤维。

- 5 其中，皮芯纤维具有皮芯结构，即形成双组份皮芯纤维的两种纤维材料中，一种纤维材料形成芯层，另一者纤维材料形成存在于该芯层表面的皮层，皮层具体可以包裹在芯层的周侧，由此形成皮芯结构。

举例来说，粘结纤维可以包括 PE/PP 双组份纤维，该 PE/PP 双组份纤维具体可以为 PE/PP 双组份皮芯纤维（即上述聚乙烯/聚丙烯皮芯纤维），PE/PP
10 双组份皮芯纤维包括芯层、以及存在于芯层表面的皮层，皮层具体可以包裹在芯层的周侧，芯层包括 PE，皮层包括 PP。

可选地，共聚聚酯纤维可以包括对苯二甲酸乙二醇酯共聚物纤维(CoPET)或对苯二甲酸丁二酯共聚物纤维(CoPBT)中的至少一种。

可选地，共聚酰胺纤维是由至少两种聚酰胺的单体共聚而成，该至少两
15 种聚酰胺例如包括一种或多种聚酰胺 6（PA6）、聚酰胺 11（PA11）、聚酰胺 12（PA12）、聚酰胺 66（PA66）、聚酰胺 69（PA69）、聚酰胺 610（PA610）、聚酰胺 612（PA612）、聚酰胺 1010（PA1010）中的至少一种或多种，即共聚酰胺纤维可以是这些聚酰胺中的至少两者的单体的共聚物。

具体地，共聚酰胺纤维可以包括二元共聚酰胺、三元共聚酰胺或四元共
20 聚酰胺中的至少一种。

在一些实施例中，共聚酰胺纤维可以包括 PA6/6（由不同分子量或聚合度的聚酰胺 6 的单体共聚而成的二元共聚酰胺 6/6）、PA6/66（由聚酰胺 6 的单体和 PA66 的单体共聚而成的二元共聚酰胺 6/66）、PA6/66/12（由聚酰胺 6 的单体、聚酰胺 66 的单体和聚酰胺 12 的单体共聚而成的三元共聚酰胺
25 6/66/12）、PA6/66/69（由聚酰胺 6 的单体、聚酰胺 66 的单体和聚酰胺 69 的单体共聚而成的三元共聚酰胺 6/66/69）、PA6/66/610（由聚酰胺 6 的单体、聚酰胺 66 的单体和聚酰胺 610 的单体共聚而成的三元共聚酰胺 6/66/610）、PA6/66/612（由聚酰胺 6 的单体、聚酰胺 66 的单体和聚酰胺 612 的单体共聚而成的三元共聚酰胺 6/66/612）、PA6/66/1010（由聚酰胺 6 的单体、聚酰胺
30 66 的单体和聚酰胺 1010 的单体共聚而成的三元共聚酰胺 6/66/1010）、

PA6/612/12（由聚酰胺 6 的单体、聚酰胺 612 的单体和聚酰胺 12 的单体共聚而成的三元共聚酰胺 6/612/12）、PA6/610/12（由聚酰胺 6 的单体、聚酰胺 610 的单体和聚酰胺 12 的单体共聚而成的三元共聚酰胺 6/610/12）、PA6/66/69/12（由聚酰胺 6 的单体、聚酰胺 66 的单体、聚酰胺 69 的单体和聚酰胺 12 的单体共聚而成的四元共聚酰胺 6/66/69/12）、PA6/66/11/12（由聚酰胺 6 的单体、聚酰胺 66 的单体、聚酰胺 11 的单体和聚酰胺 12 的单体共聚而成的四元共聚酰胺 6/66/11/12）中的一种或多种。

在一些实施例中，主干纤维（即圆形截面纤维和异形截面纤维）可以包括聚酯纤维、聚烯烃纤维、聚酰胺纤维、聚酰亚胺纤维（PI）、聚四氟乙烯纤维（PTFE）、聚苯硫醚纤维（PPS）、聚醚醚酮纤维、聚丙烯腈纤维（PAN）、聚碳酸酯纤维、芳纶纤维中的一种或多种；聚酯纤维包括聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚三亚甲基对苯二甲酸酯、聚间苯二甲酸树脂中的一种或多种；聚烯烃纤维包括聚乙烯、聚丙烯（PP）、聚氯乙烯、聚苯乙烯中的一种或多种；聚酰胺纤维包括 PA66。

其中，圆形截面纤维的材质与异形截面纤维的材质可以相同或不同。

此外，上述无纺布的厚度可以小于或等于 25 μm ，在保持较薄厚度的同时，还可以具有较强的结构强度。在一些实施例中，无纺布的厚度具体可以为 5 μm ~25 μm ，例如 5 μm 、8 μm 、10 μm 、13 μm 、15 μm 、18 μm 、20 μm 、23 μm 、25 μm 或其中的任意两者组成的范围，更利于其用于电池隔膜或电解质膜，兼顾提高电池的能量密度和安全性等性能。

此外，无纺布的面密度可以为 4 g/m²~20g/m²，例如 4 g/m²、7 g/m²、10 g/m²、13 g/m²、15 g/m²、18 g/m²、20 g/m² 或其中的任意两者组成的范围。

此外，无纺布的密度可以为 0.5 g/cm³~0.9 g/cm³，例如 0.5 g/cm³、0.6 g/cm³、0.7 g/cm³、0.8 g/cm³、0.9 g/cm³ 或其中的任意两者组成的范围。

上述无纺布可通过本领域常规方法制得，对此不作特别限制。例如，采用用于形成无纺布的原料（如上述主干纤维和粘结纤维等），通过斜网纸机等本领域常规设备进行无纺布原纸的抄制，然后采用热压机将得到的成型的纤维原纸进行热压延处理，热压机例如采用钢辊/软辊或钢辊/钢辊组合，热压延处理温度例如为 100°C~300°C，通过热压延处理后，制得无纺布。

本发明实施例提供的隔膜包括上述无纺布，即该隔膜为无纺布隔膜。如

前述，上述无纺布可以兼具较薄的厚度和较高的结构强度，可用于隔膜，兼顾降低隔膜的厚度和提高隔膜的强度等性能，从而兼顾改善采用该隔膜的锂离子电池等电化学储能装置的安全性、循环寿命和能量密度等性能。

具体地，锂离子电池等电化学装置包括正极片和负极片，上述隔膜位于
5 正极片和负极片之间，以将正极片与负极片间隔开。该隔膜具体可应用于液态电池、半固态电池或固态电池中，当其应用于半固态电池或固态电池中时，还起到电解质的作用，即作为电解质膜，替代电解液。当然，在半固态电池中，一般仍需注入电解液。

一般情况下，上述隔膜还可以包括与无纺布复合的组分，无纺布作为隔
10 膜的骨架，用于承载该组分，该组分具体可填充至无纺布内部，例如渗入到无纺布内部的纤维表面、缝隙、孔隙或凹凸等结构之处，此外，该组分也可以在无纺布表面形成涂层。

纤维是无纺布的骨架，无纺布中纤维的形态和排布等特征决定了无纺布内部的孔隙结构，异形截面纤维的横截面 1 形状不规则，通过在无纺布中引
15 入异形截面纤维，可以调控无纺布内部的毛细孔隙数量和尺寸等特征，同时使得无纺布中纤维与纤维网的比表面积和毛细管效应显著增加，从而利于增强无纺布对与无纺布复合的组分的吸收、传递与保持，优化无纺布隔膜的性能。

具体地，当上述隔膜应用于液态电池时，该隔膜中，与无纺布复合的组
20 分可以包括无机颗粒、聚合物或其组合。

具体地，当上述隔膜应用于半固态电池或固态电池时，该隔膜（电解质膜）中，与无纺布复合的组分可为固态电解质，具体可以包括聚合物电解质、氧化物电解质、硫化物电解质等中的一种或多种，但不局限于此。

具体实施时，可以将用于与无纺布复合的组分配制成浆料，然后涂布于
25 无纺布上，经干燥等处理后形成涂层。

当上述隔膜为电解质膜（例如应用于固态电池或半固态电池的电解质膜）时，通过采用上述含有横截面周长系数 X_L 满足 $1 < X_L \leq 5$ 的异形截面纤维的无纺布，还可以使无纺布与固态电解质之间的接触面积大幅增加，并可增强无纺布对固态电解质的吸附裹持能力，利于固态电解质在无纺布中更为充分
30 有效的填充，提高固态电解质在无纺布中的填充致密度和负载量，改善固态

电解质的界面接触问题，同时可通过锚固效应实现固态电解质与无纺布的强力接合，利于降低固态电解质与无纺布纤维之间的固/固界面阻抗。由此，采用本发明实施例的电解质膜，可兼顾改善锂离子电池等电化学储能装置的安全性、循环寿命、能量密度、以及倍率性等性能。

5 具体来说，采用上述无纺布，在电解质膜的制备过程中，固态电解质浆料通过毛细管作用进入无纺布内部孔隙，当无纺布中的异形截面纤维具有沟槽 10 时，固态电解质浆料亦会进入异形截面纤维表面的微细沟槽 10 内，强的芯吸作用和毛细管作用有助于固态电解质浆料自发地在纤维表面上润湿聚集和/或向无纺布内部孔隙转移，使得无纺布与固态电解质之间的接触面积大
10 幅增加，并使无纺布对固态电解质的吸附裹持能力增强，有利于提高固态电解质在无纺布中的填充致密度和负载量，更为充分有效的填充，改善固态电解质的界面接触问题；同时，通过锚固效应实现固态电解质与无纺布的强力接合，固态电解质浆料渗透到无纺布内部的纤维表面、缝隙、孔隙或凹凸等结构之处，经干燥固化之后在接触截面产生啮合力，从而可实现固态电解质
15 与无纺布之间的高结合强度，有利于降低固态电解质与无纺布纤维之间的固/固界面阻抗，从而有效提升电池的倍率性等性能。

此外，本发明实施例中，当将上述隔膜应用于液态电池（通过电解液传导离子（如锂离子））或者注入有电解液的半固态电池中时，无纺布内部纤维的高比表面积还可以提高无纺布隔膜对电解液的吸液率，尤其是当异形截面
20 纤维的表面具有沟槽 10 时，纤维表面的微细沟槽 10 所产生的毛细力使得电解液通过芯吸作用迅速浸润无纺布的表面及内部，从而使无纺布隔膜对电解液的吸液率和保液量显著提高，并可在无纺布的表面形成一层稳定的电解液吸附层，减少电解液在电池中的渗透阻力，改善隔膜的界面性质；同时，
25 利用无纺布高比表面积孔隙和纤维微细沟槽 10 的毛细管力等性质，使得无纺布隔膜对进入无纺布内部的电解液的保持能力增强，有利于实现离子（如锂离子）的快速传递，并可有效防止隔膜在使用过程中出现漏液等现象、以及由此导致的电解液枯竭等问题。

相关技术中，为形成连续的涂布层，通常需要涂覆较多的浆料，使得无纺布隔膜具有较大的厚度等缺陷。而本发明实施例中，通过采用上述含有横
30 截面周长系数 X_L 满足 $1 < X_L \leq 5$ 的异形截面纤维的无纺布，使得无纺布表面

的比表面积大幅提高，对浆料的吸附裹持能力加强，因此在无纺布外表面进行少量涂覆即可形成连续涂布层。与现有无纺布隔膜相比，本发明实施例中，浆料不易于过渡渗透至无纺布的内部，更不易从无纺布的涂覆浆料的一面（前面）渗透至无纺布的另一面（背面），浆料的用量和形成的涂布层的厚度均可明显减小，从而减少隔膜的厚重程度，同时无纺布中的异形截面纤维的不规则截面增强了无纺布与涂布层结合的锚固效应，实现涂布层与无纺布的强力接合，从而获得性能优异的无纺布隔膜。

此外，本发明实施例的隔膜还可以应用于采用聚合物电解质原位聚合的技术路线制备的固态电池，在电池的制备过程中，需要使用注液工艺把电解质溶液（电解液）注入电芯进行原位聚合反应（电解液中含有用于聚合形成凝胶态聚合物电解质的单体，即在本发明实施例中，通过在无纺布中引入横截面周长系数 X_L 满足 $1 < X_L \leq 5$ 的异形截面纤维，尤其是当该异形截面纤维的表面具有沟槽 10 时，还可以使无纺布对电解液吸收快、导流效果好，从而可促进电解液在电池体系中的均匀快速地传输、扩散、以及电解液分散的均匀性，提高原位聚合反应效率。

本发明实施例提供的电池包括正极片、负极片和上述隔膜，该隔膜位于正极片和负极片之间。

如前述，本发明实施例的电池可以为液态电池、半固态电池或固态电池，这些电池可以是本领域常规结构，对此不做特别限制。通过采用上述隔膜，能够兼顾改善电池的安全性、循环寿命和能量密度等性能。

以下通过具体实施例对本发明进行进一步介绍。以下实施例中，实施例 1 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 1 所示，实施例 2 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 9 所示，实施例 3 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 3 所示，实施例 4 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 4 所示，实施例 5 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 5 所示，实施例 6 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 6 所示，实施例 7 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 7 所示，实施例 8 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 8 所示，实施例 9 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 9 所示，实施例 10 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 10 所示，实施例 11 的异形截面纤维的横截面 1

的形状如图 11 所示, 实施例 12 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 12 所示, 实施例 13 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 13 所示, 实施例 14 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 14 所示, 实施例 15 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 15 所示, 实施例 16 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 16 所示, 实施例 17 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 17 所示, 实施例 18 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 18 所示, 实施例 19 的异形截面纤维的横截面 1 的形状如图 19 所示。

以下各实施例和对比例中, 采用主干纤维和粘结纤维, 通过斜网纸机进行无纺布原纸的抄制, 然后将得到的原纸进行热压复合, 制得无纺布。

10 实施例 1~实施例 19 和对比例 1 中所用的主干纤维和粘结纤维的材料、软化点、线密度、长度、含量以及异形截面纤维的横截面 1 的形状、异形截面纤维的横截面 1 的周长系数、异形截面纤维的沟槽 10 数量、沟槽 10 最宽处的宽度 w 与异形截面纤维的横截面 1 的外接圆 100 的直径 D 之比 (表 1 和表 2 中的 w/D)、沟槽 10 最深处的深度 h 与异形截面纤维的横截面 1 的外接圆 100 的直径 D 之比 (表 1 和表 2 中的 h/D)、无纺布的厚度、无纺布的面密度、无纺布的密度以及测得的无纺布的纵向拉伸强度和横向拉伸强度见表 1 和表 2。

其中, 无纺布的面密度依据 GB/T 451.2-2002 测定; 无纺布的厚度依据 GB/T 451.3-2002 测定; 无纺布的密度为无纺布的面密度与无纺布的厚度之比; 无纺布的拉伸强度 (横向拉伸强度和纵向拉伸强度) 依据 GB/T 12914-2008; 异形截面纤维的横截面 1 的周长系数依据 FZ/T 50002-2013 测定。

表 1

实施例			实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	实施例 6	实施例 19	对比例 1	
主干纤维	圆形截面纤维	材料	PET	PI	PET	PPS	PAN	PET	PET	PET	PET
		软化点(°C)	240	270	240	277	267	240	240	240	240
		线密度(dtex)	0.4	0.2	0.3	0.1	0.06	0.2	0.2	0.3	0.4
		长度(mm)	3	2	3	2	2	2	2	3	3
	异形截面纤维	含量(wt%)	80	30	30	56	52	30	30	5	80
		材料	PET	PPS	PAN	PTFE	PA66	PPS	PPS	/	
		软化点(°C)	240	277	267	260	245	277	277	/	
		线密度(dtex)	0.3	0.1	0.2	0.06	0.4	0.1	0.1	/	
		长度(mm)	3	3	2	2	2	3	3	/	
		含量(wt%)	5	30	45	24	13	30	30	/	
		横截面形状	十字形	十六角星形	八分之七圆形	八角星形	S 字形	十角星形	五边形	/	
		沟槽数量	4	16	1	8	2	10	0	/	
		周长系数	1.514	1.779	1.276	1.191	1.975	1.055	1.053	/	
		w/D (%)	40.21	19.00	33.85	37.25	45.43	30.09	/	/	
		h/D (%)	20.20	10.26	45.92	8.07	40.29	4.882	0	/	
粘结纤维	材料	PET	PP	PVDF	PE/PP	PET	PP	PP	PET		
	软化点(°C)	220	155	160	125	220	155	155	220		
	线密度(dtex)	0.8	0.4	0.5	0.2	0.3	0.4	0.4	0.8		
	长度(mm)	3	2	2	2	3	2	2	3		
	含量(wt%)	15	40	25	20	35	40	40	15		
无纺布	厚度(μm)	22.0	11.9	15.0	9.0	25.0	12.0	12.0	21.8		
	面密度(g/m ²)	16.2	7.9	12.1	5.1	19.8	8.1	8.2	15.7		
	密度(g/cm ³)	0.736	0.664	0.807	0.567	0.792	0.675	0.683	0.720		
	纵向拉伸强度(kg _f /cm ²)	588.7	569.6	540.5	498.7	662.9	469.8	444.7	368.6		
	横向拉伸强度(kg _f /cm ²)	478.0	436.1	398.3	333.1	538.8	321.4	302.3	280.4		

注：表 1 中的含量是指纤维在无纺布中的质量百分含量；表 1 中的“PE/PP”表示 PE/PP 双组份皮芯纤维，PE 形成芯层，PP 形成皮层。

此外，参照实施例 1 的无纺布制备过程，制得实施例 7~18 的无纺布。实施例 7~18 与实施例 1 的区别在于，所采用的异形截面纤维的形状不同，具体见表 2，除表 2 示出的区别外，其余条件相同。

表 2

实施例	异形截面纤维					无纺布				
	横截面形状	沟槽数量	周长系数	w/D (%)	h/D (%)	厚度(μm)	面密度(g/m ²)	密度(g/cm ³)	纵向拉伸强度(kgf/cm ²)	横向拉伸强度(kgf/cm ²)
实施例 7	米字形	8	3.107	25.30	31.48	21.3	16.1	0.756	822.1	663.5
实施例 8	十二角星形	12	2.954	25.59	26.49	21.8	15.9	0.729	798.3	638.2
实施例 9	十六角星形	16	4.299	22.08	29.81	21.6	16.0	0.741	993.4	731.4
实施例 10	弯月形	1	2.877	83.14	40.19	21.2	15.8	0.745	763.7	609.5
实施例 11	四角星形	4	1.736	70.51	16.57	21.5	16.2	0.753	629.5	505.2
实施例 12	T 字形	2	1.604	61.35	25.98	21.9	16.1	0.735	604.1	486.6
实施例 13	十字形	4	2.041	55.24	27.62	22.1	16.3	0.738	671.1	538.3
实施例 14	新月形	1	2.048	100	33.14	21.4	15.7	0.734	688.4	550.1
实施例 15	W 字形	3	2.616	24.29	49.43	21.7	15.8	0.728	712.8	589.4
实施例 16	N 字形	2	2.038	33.14	57.14	22.0	16.2	0.736	665.3	541.5
实施例 17	U 字形	1	1.770	34.29	71.43	21.6	16.1	0.745	685.6	556.2
实施例 18	开口圆形	1	1.542	11.43	80.00	21.9	15.9	0.726	421.6	291.9

可以看到，相对于对比例 1（采用两种圆形截面纤维、而未采用异形截面纤维），实施例 1~19 中引入周长系数 X_L 满足 $1 < X_L \leq 5$ 的异形截面纤维，能够显著提高无纺布的强度，同时保持无纺布较薄的厚度。

其中，相对于实施例 19（异形截面纤维表面无沟槽），实施例 6 中的异

形截面纤维具有沟槽，能够进一步提高无纺布的强度。

其中，相对于实施例 18 ($w/D < 15\%$ 、 $h/D > 75\%$)，实施例 1 和实施例 7~17 中的异形截面纤维满足 $w/D \geq 15\%$ 、 $h/D \leq 75\%$ ，能够进一步提高无纺布的强度。

- 5 最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求 书

- 1、一种无纺布，其特征在于，包括主干纤维，所述主干纤维包括圆形截面纤维和异形截面纤维；至少部分所述异形截面纤维的横截面的周长系数为 X_L ， $1 < X_L \leq 5$ 。
- 5 2、根据权利要求1所述的无纺布，其特征在于，所述异形截面纤维的表面设有沟槽。
- 3、根据权利要求2所述的无纺布，其特征在于，所述沟槽沿所述异形截面纤维的轴向延伸并在所述异形截面纤维的轴向上贯穿所述异形截面纤维。
- 4、根据权利要求2所述的无纺布，其特征在于，所述沟槽的数量为一个或多个，当为多个时，该多个所述沟槽沿所述异形截面纤维的周向分布。
- 10 5、根据权利要求2所述的无纺布，其特征在于，所述沟槽的数量小于或等于16。
- 6、根据权利要求2所述的无纺布，其特征在于，满足以下条件中的至少一项：- 15 a、所述沟槽最宽处的宽度不低于所述异形截面纤维的所述横截面的外接圆直径的15%；
- b、所述沟槽最深处的深度不高于所述异形截面纤维的所述横截面的外接圆直径的75%。
- 7、根据权利要求2-6任一项所述的无纺布，其特征在于，所述异形截面纤维的横截面的形状包括心形、哑铃形、弯月形、新月形、非完整圆环形、非完整圆形、多叶草形、多边形、字符形或梅花形；- 20 可选地，所述非完整圆形包括半圆环形或三分之二圆环形；
- 可选地，所述非完整圆形包括八分之七圆形、四分之三圆形或三分之二圆形；
- 25 可选地，所述多叶草形包括三叶草形或四叶草形；
- 可选地，所述多边形包括多角形，所述多角形包括三角星形、四角星形、五角星形、六角星形、八角星形、十二角星形或十六角星形；
- 可选地，所述字符形包括十字形、双十字形、工字形、米字形、木字形、C字形、E字形、F字形、G字形、H字形、J字形、K字形、L字形、M字
- 30 形、N字形、S字形、T字形、U字形、V字形、W字形、X字形、Y字形

或 Z 字形；

可选地，所述梅花形包括四瓣梅花形、五瓣梅花形或六瓣梅花形。

8、根据权利要求 1-6 任一项所述的无纺布，其特征在于，满足以下条件中的至少一项：

- 5 a、所述异形截面纤维的质量与所述主干纤维的质量之比为 5%~60%；
 b、所述主干纤维的质量与所述无纺布的质量之比为 60%~85%。

9、根据权利要求 1-6 任一项所述的无纺布，其特征在于，满足以下条件中的至少一项：

- a、所述主干纤维的线密度小于或等于 0.4 dtex；
10 b、所述主干纤维的长度为 1mm~3mm。

10、根据权利要求 1-6 任一项所述的无纺布，其特征在于，还包括粘结纤维，所述主干纤维的软化点大于所述粘结纤维的软化点。

11、根据权利要求 10 所述的无纺布，其特征在于，满足以下条件中的至少一项：

- 15 a、所述主干纤维的软化点与所述粘结纤维的软化点的差值大于或等于 20°C；
 b、所述粘结纤维的软化点大于或等于 120°C。

12、根据权利要求 10 所述的无纺布，其特征在于，满足以下条件中的至少一项：

- 20 a、所述粘结纤维的线密度小于或等于 0.8 dtex；
 b、所述粘结纤维的长度为 1mm~3mm。

13、根据权利要求 10 所述的无纺布，其特征在于，所述粘结纤维包括未拉伸聚酯纤维、聚偏氟乙烯纤维、聚酰胺纤维、共聚酰胺纤维、聚烯烃纤维、共聚聚酯纤维、共聚酰胺纤维中的一种或多种；

25 可选地，所述未拉伸聚酯纤维包括聚对苯二甲酸乙二醇酯或聚对苯二甲酸丁二醇酯中的至少一种；

可选地，所述聚烯烃纤维包括聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯/聚丙烯皮芯纤维、聚乙烯/聚对苯二甲酸乙二醇酯皮芯纤维、聚乙烯/聚对苯二甲酸丁二酯皮芯纤维中的一种或多种；

30 可选地，所述共聚聚酯纤维包括 CoPET 或 CoPBT 中的至少一种；

可选地，所述共聚酰胺纤维包括 PA6/6、PA6/66、PA6/66/12、PA6/66/69、PA6/66/610、PA6/66/612、PA6/66/1010、PA6/612/12、PA6/610/12、PA6/66/69/12、PA6/66/11/12 中的一种或多种。

14、根据权利要求 1-6 任一项所述的无纺布，其特征在于，

- 5 所述圆形截面纤维和所述异形截面纤维至少之一包括聚酯纤维、聚烯烃纤维、聚酰胺纤维、聚酰亚胺纤维、聚四氟乙烯纤维、聚苯硫醚纤维、聚醚醚酮纤维、聚丙烯腈纤维、聚碳酸酯纤维、芳纶纤维中的一种或多种；

可选地，所述聚酯纤维包括聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚三亚甲基对苯二甲酸酯、聚间苯二甲酸树脂中的一种或多种；

- 10 可选地，所述聚烯烃纤维包括聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯中的一种或多种；

可选地，所述聚酰胺纤维包括 PA66。

15、根据权利要求 1-6 任一项所述的无纺布，其特征在于，满足以下条件中的至少一项：

- 15 a、所述无纺布的厚度为 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ ；
b、所述无纺布的面密度为 $4\text{ g/m}^2\sim 20\text{ g/m}^2$ ；
c、所述无纺布的密度为 $0.5\text{ g/cm}^3\sim 0.9\text{ g/cm}^3$ 。

16、一种隔膜，其特征在于，包括权利要求 1-15 任一项所述的无纺布。

- 20 17、一种电池，其特征在于，包括正极片、负极片和权利要求 17 所述的隔膜，所述隔膜位于所述正极片与所述负极片之间。

18、根据权利要求 17 所述的电池，其特征在于，所述电池为液态电池、半固态电池或固态电池。