

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2024年5月30日 (30.05.2024)



(10) 国际公布号  
WO 2024/108574 A1

(51) 国际专利分类号:  
H01M 4/587 (2010.01) H01M 10/0525 (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/134444

(22) 国际申请日: 2022年11月25日 (25.11.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 宁德时代新能源科技股份有限公司 (CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LIMITED) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(72) 发明人: 李连川 (LI, Lianchuan); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。李远源 (LI, Yuanyuan); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。沈睿 (SHEN, Rui); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。何立兵 (HE, Libing); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(74) 代理人: 北京东方亿思知识产权代理有限公司 (BEIJING EAST IP LTD.); 中国北京市东城区东长安街1号东方广场东方经贸城东2座1601室, Beijing 100738 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,

GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:  
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) Title: CARBON MATERIAL AND PREPARATION METHOD THEREFOR, AND SECONDARY BATTERY AND ELECTRIC DEVICE COMPRISING SAME

(54) 发明名称: 碳材料及其制备方法、以及含有其的二次电池和用电装置

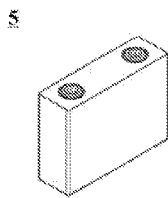


图 2

(57) Abstract: The present application provides a carbon material and a preparation method therefor, and a secondary battery and an electric device comprising same. The carbon material comprises a pore structure; the adsorption capacity of 100 g of the carbon material to linseed oil is marked as A, the specific surface area of the carbon material is marked as B, and the carbon material satisfies:  $36 \leq A \times B \leq 75$ ; the unit of the adsorption capacity A of 100 g of the carbon material to the linseed oil is ml, and the unit of the specific surface area B of the carbon material is  $m^2/g$ . The carbon material provided by the present application can enable the secondary battery to achieve high first Coulombic efficiency, high energy density and good cycle performance and storage performance.

(57) 摘要: 本申请提供一种碳材料及其制备方法、以及含有其的二次电池和用电装置, 所述碳材料包括孔结构, 100g所述碳材料对亚麻仁油的吸附量记为A, 所述碳材料的比表面积记为B, 则所述碳材料满足:  $36 \leq A \times B \leq 75$ , 100g所述碳材料对亚麻仁油的吸附量A的单位为ml, 所述碳材料的比表面积B的单位为 $m^2/g$ 。本申请提供的碳材料能使二次电池兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

WO 2024/108574 A1

## 碳材料及其制备方法、以及含有其的二次电池和用电装置

### 5 技术领域

本申请属于电池技术领域，具体涉及一种碳材料及其制备方法、以及含有其的二次电池和用电装置。

### 背景技术

10 近年来，二次电池被广泛应用于水力、火力、风力和太阳能电站等储能电源系统，以及电动工具、电动自行车、电动摩托车、电动汽车、军事装备、航空航天等多个领域。随着二次电池应用范围越来越广泛，人们对二次电池的性能提出了严峻挑战，例如要求二次电池兼顾高能量密度以及长使用寿命等各种性能。负极活性材料是二次电池的重要组成部分，其影响了二次电池的性能。目前，负极活性材料主要包括石墨，然而，  
15 现有技术中面临的问题是：高容量的石墨难以兼顾高首次库伦效率，同时也难以使二次电池兼顾良好的循环性能和存储性能。

### 发明内容

20 本申请的目的在于提供一种碳材料及其制备方法、以及含有其的二次电池和用电装置，其能使二次电池兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

本申请第一方面提供一种碳材料，所述碳材料包括孔结构，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量记为 A，所述碳材料的比表面积记为 B，则所述碳材料满足： $36 \leq A \times B \leq 75$ ，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量 A 的单位为 ml，所述碳材料的比表面积 B 的单位为  $m^2/g$ 。

25 本申请提供的碳材料可以有效降低二次电池的不可逆容量损失、改善二次电池的容量发挥特性，并使二次电池兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

在本申请的任意实施方式中， $38 \leq A \times B \leq 65$ ，可选地， $39 \leq A \times B \leq 55$ 。此时有利于二次电池更好地兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

30 在本申请的任意实施方式中，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量 A 为 30ml-50mL，可选为 35ml-47mL。当碳材料对亚麻仁油的吸附量在上述范围内时，碳材料颗粒的表面副反应活性较低，由此可以减少 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，同时还能避免颗粒表面过于致密而影响活性离子传输；此外，还有利于负极膜层的颗粒之间形成合理的孔道结构，提高负极极片对电解液的浸润性。

35 在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的比表面积 B 为  $0.5m^2/g-2.1m^2/g$ ，可选为  $0.7m^2/g-1.8m^2/g$ 。当碳材料的比表面积在上述范围内时，一方面碳材料可具有较低的表面副反应活性，由此能够减少 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，提升碳材料的首次库伦效率；

另一方面还能具有较高的活性离子传输性能。

在本申请的任意实施方式中，所述碳材料包括一个以上孔面积大于等于  $0.1\mu\text{m}^2$  的孔结构，可选地包括一个以上孔面积为  $0.12\mu\text{m}^2$ - $2.5\mu\text{m}^2$  的孔结构。当碳材料进一步包括具有上述孔面积的孔结构时，所述孔结构可以为碳材料颗粒体积变化预留所需的膨胀空间，  
5 由此能够进一步降低碳材料颗粒破碎产生新界面的风险，进而能够减少副反应的发生，降低二次电池的不可逆容量损失，并进一步改善二次电池的循环性能和存储性能。

在本申请的任意实施方式中，所述碳材料包括外部区域以及位于所述外部区域内侧的内部区域，所述外部区域是指从所述碳材料的颗粒表面向颗粒内部延伸  $0.25L$  的距离所构成的区域， $L$  是指所述碳材料颗粒的短轴长度，所述外部区域的总孔面积记为  $S_1$ ，所述  
10 内部区域的总孔面积记为  $S_2$ ，并且  $S_2 > S_1$ 。当碳材料颗粒进一步满足  $S_2 > S_1$  时，可以有效降低二次电池的不可逆容量损失、改善二次电池的容量发挥特性，并使二次电池更好地兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

在本申请的任意实施方式中， $1.3 \leq S_2/S_1 \leq 450$ ，可选地， $1.8 \leq S_2/S_1 \leq 400$ 。当  $S_2/S_1$  还  
15 满足在上述范围内时，能够使二次电池更好地兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

在本申请的任意实施方式中， $0.01\mu\text{m}^2 \leq S_1 \leq 12.0\mu\text{m}^2$ ，可选地， $0.02\mu\text{m}^2 \leq S_1 \leq 7.0\mu\text{m}^2$ 。当碳材料的外部区域的总孔面积在上述范围内时，一方面可以使碳材料颗粒具有更少的表面缺陷和更稳定的结构，尽可能避免电解液渗入到碳材料颗粒内部的孔结构中，从而减少副反应的发生，降低碳材料颗粒内部 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，另一方面还不会影响活性离子和电子的传输性能。  
20

在本申请的任意实施方式中， $2.5\mu\text{m}^2 \leq S_2 \leq 25.0\mu\text{m}^2$ ，可选地， $3.0\mu\text{m}^2 \leq S_2 \leq 20.5\mu\text{m}^2$ 。当碳材料的内部区域的总孔面积在上述范围内时，一方面可以为碳材料颗粒体积变化预留足够且稳定的膨胀空间，降低碳材料颗粒破碎产生新界面的风险，减少新界面表面副反应的发生，减少新界面表面 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，另一方面还可以提高碳材料的容量和首次库伦效率。  
25

在本申请的任意实施方式中， $L \geq 4\mu\text{m}$ ，可选地， $6\mu\text{m} \leq L \leq 18\mu\text{m}$ 。

在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的外部区域中的所述孔结构的面积为小于等于  $0.2\mu\text{m}^2$ ，可选为小于等于  $0.15\mu\text{m}^2$ 。通过控制碳材料的外部区域中的所述孔结构的面积大小在上述范围内，可以使碳材料的外部区域具有较密实结构，由此能够有效降低碳材料的表面缺陷、提升碳材料的结构稳定性，尽可能避免电解液渗入到碳材料颗粒内部的孔结构中，进而能进一步提升二次电池的循环性能和存储性能。  
30

在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的内部区域中包括一个以上面积大于等于  $0.15\mu\text{m}^2$  的孔结构，可选地包括一个以上面积为  $0.18\mu\text{m}^2$ - $2.5\mu\text{m}^2$  的孔结构。通过使碳材料的内部区域包括上述大小的孔结构，一方面可以为碳材料颗粒体积变化预留足够且稳定的膨胀空间，降低碳材料颗粒破碎风险，另一方面还可以提高碳材料的压实密度。  
35

在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的外部区域的层间距记为  $d_1$ ，所述碳材料的内部区域的层间距记为  $d_2$ ，所述碳材料满足  $d_1 \geq d_2$ ，可选地， $d_1 > d_2$ 。碳材料的外部区域的层间距较大，更有利于活性离子的快速嵌入和脱出，由此能够进一步提升二次电池的动力学性能；碳材料的内部区域的层间距较小，有利于提升碳材料的克容量和压实密

度，从而能够进一步提升二次电池的能量密度。

在本申请的任意实施方式中， $d_1$  为 0.33565nm-0.33610nm。

在本申请的任意实施方式中， $d_2$  为 0.33557nm-0.33585nm。

5 在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的石墨化度为 94%-98%，可选为 95%-97%。当碳材料的石墨化度在上述范围内时，有利于提升二次电池的能量密度，还有利于提升二次电池的循环性能、存储性能和/或倍率性能。

在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的 La(110)为 100nm-150nm，可选为 110nm-130nm。

10 在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的 Lc(002)为 20nm-45nm，可选为 28nm-40nm。

当碳材料的 La(110)和/或 Lc(002)在合适的范围内时，有利于碳材料具有较高的结晶性和/或石墨化度，有利于提升碳材料的克容量，还有利于提升负极膜层的活性离子和电子传输性能，进而有利于提升二次电池的循环性能、存储性能和/或倍率性能。

15 在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的体积分布粒径  $Dv_{50}$  为 8.0 $\mu$ m-24.0 $\mu$ m，可选为 9.5 $\mu$ m-22.5 $\mu$ m。

在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的体积分布粒径  $Dv_{10}$  为 5.0 $\mu$ m-15.0 $\mu$ m，可选为 6.0 $\mu$ m-14.0 $\mu$ m。

在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的体积分布粒径  $Dv_{90}$  为 16.0 $\mu$ m-35.0 $\mu$ m，可选为 17.0 $\mu$ m-34.0 $\mu$ m。

20 碳材料的体积分布粒径  $Dv_{10}$ 、 $Dv_{50}$  和/或  $Dv_{90}$  在上述范围内时，有利于提升活性离子和电子的传输性能，还有利于负极膜层的颗粒之间形成合理的孔道结构，从而能够进一步提升二次电池的循环性能和/或倍率性能。

25 在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的 $(Dv_{90}-Dv_{10})/Dv_{50}$  为 0.55-1.55，可选为 0.8-1.4。碳材料的 $(Dv_{90}-Dv_{10})/Dv_{50}$  在上述范围内时，其颗粒堆积性能较好，有利于提升负极膜层的压实密度，从而能够进一步提升二次电池的能量密度；另外，还有利于负极膜层的颗粒之间形成合理的孔道结构。

30 在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的振实密度为 0.80g/cm<sup>3</sup>-1.32g/cm<sup>3</sup>，可选为 0.82g/cm<sup>3</sup>-1.28g/cm<sup>3</sup>。碳材料的振实密度在上述范围内时，可以提升负极极片的压实密度，进而提高二次电池的能量密度；还有利于负极膜层的颗粒之间形成合理的孔道结构，提升活性离子和电子的传输性能，提升二次电池的循环性能和存储性能。

在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的克容量为 355mAh/g-371mAh/g，可选为 360mAh/g-370mAh/g。碳材料的克容量在上述范围内时，可以提升二次电池的能量密度。

在本申请的任意实施方式中，所述碳材料的形貌包括块状、球状和类球状中的一种或多种。

35 本申请第二方面提供一种碳材料的制备方法，包括如下步骤：步骤 1，提供具有多个孔结构的原料；步骤 2，将所述原料与填充材料按照预定比例混合均匀，之后在第一温度  $T_1$  下保温第一时间  $t_1$ ，得到中间体；步骤 3，将所获得的中间体在第二温度  $T_2$  下保温第二时间  $t_2$ ，得到碳材料，其中，所述碳材料包括孔结构，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量记为 A，所述碳材料的比表面积记为 B，则所述碳材料满足： $36 \leq A \times B \leq 75$ ，100g 所述

碳材料对亚麻仁油的吸附量 A 的单位为 ml，所述碳材料的比表面积 B 的单位为  $m^2/g$ 。

在本申请的任意实施方式中，所述原料包括天然石墨，可选地，所述天然石墨包括鳞片石墨、天然球形石墨和微晶石墨中的一种或多种。

在本申请的任意实施方式中，所述原料的体积分布粒径  $Dv50$  为  $8.5\mu m-24.0\mu m$ ，可选为  $10.5\mu m-22.5\mu m$ 。

在本申请的任意实施方式中，所述原料中的灰分含量为  $\leq 1wt\%$ 。原料中的灰分含量较低时，有利于碳材料具有较低的表面缺陷。

在本申请的任意实施方式中，所述填充材料的软化点温度为  $110^\circ C-175^\circ C$ ，可选为  $120^\circ C-170^\circ C$ 。填充材料的软化点温度在上述范围内时，有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量 A 和/或合适的比表面积 B，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。

在本申请的任意实施方式中，所述填充材料的结焦值为  $26\%-50\%$ ，可选为  $33\%-45\%$ 。填充材料的结焦值在上述范围内时，有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量 A 和/或合适的比表面积 B，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。

在本申请的任意实施方式中，所述填充材料的体积分布粒径  $Dv50$  为小于等于  $6\mu m$ ，可选为  $1\mu m-5\mu m$ 。由此有利于填充材料受热熔融后填充进入原料的孔结构中，还有利于提高填充材料与原料的分散均匀性。

在本申请的任意实施方式中，所述填充材料中的喹啉不溶物的含量为  $\leq 1wt\%$ ，可选为  $\leq 0.8wt\%$ 。

在本申请的任意实施方式中，所述填充材料包括煤沥青和石油沥青中的一种或多种。

在本申请的任意实施方式中，所述填充材料与所述原料的质量比为  $(10-32):100$ ，可选为  $(10-25):100$ 。由此有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量 A 和/或合适的比表面积 B，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。

在本申请的任意实施方式中，将所述原料与所述填充材料按照预定比例混合均匀后升温至第一温度  $T_1$  的升温工艺为分阶段升温工艺，可选地包括第一升温工艺、第二升温工艺和第三升温工艺。

在本申请的任意实施方式中，所述第一升温工艺为升温至  $200^\circ C-250^\circ C$  并在该温度下保温  $0.5h-2h$ 。

在本申请的任意实施方式中，所述第二升温工艺为升温至  $450^\circ C-550^\circ C$  并在该温度下保温  $0.5h-2h$ 。

在本申请的任意实施方式中，所述第三升温工艺为升温至所述第一温度  $T_1$  并在该温度下保温第一时间  $t_1$ 。

在本申请的任意实施方式中，以  $1^\circ C/min-10^\circ C/min$ ，可选为  $1.5^\circ C/min-8^\circ C/min$  的速率升温至所述第一温度  $T_1$ 。

在本申请的任意实施方式中，所述第一温度  $T_1$  为 700°C-1100°C，可选为 750°C-1100°C。

在本申请的任意实施方式中，所述第一时间  $t_1$  为 0.5h-5h，可选为 0.5h-3h。

5 通过调节升温速率、第一温度、第一时间、升温工艺等中的一者或者多者在上述范围内，有利于制备获得所需的碳材料，例如有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。

10 在本申请的任意实施方式中，所述第二温度  $T_2$  为 1920°C-2520°C，可选为 2050°C-2400°C。

在本申请的任意实施方式中，所述第二时间  $t_2$  为 1h-6h，可选为 2h-5h。

通过调节第二温度、第二时间中的一者或者多者在上述范围内，有利于降低碳材料中无序碳的含量，还有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，并有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内。

15 本申请第三方面提供一种二次电池，其包括负极极片，所述负极极片包括本申请第一方面的碳材料或通过本申请第二方面的方法制备得到的碳材料。

本申请第四方面提供一种用电装置，其包括本申请第三方面的二次电池。

本申请的用电装置包括本申请提供的二次电池，因而至少具有与所述二次电池相同的优势。

20

## 附图说明

25 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对本申请实施例中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地，下面所描述的附图仅仅是本申请的一些实施方式，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据附图获得其他的附图。

图 1 是本申请的碳材料的颗粒的一截面图像的示意图。

图 2 是本申请的二次电池的一实施方式的示意图。

图 3 是本申请的二次电池的一实施方式的分解示意图。

图 4 是本申请的电池模块的一实施方式的示意图。

30 图 5 是本申请的电池包的一实施方式的示意图。

图 6 是图 5 所示的电池包的实施方式的分解示意图。

图 7 是包含本申请的二次电池作为电源的用电装置的一实施方式的示意图。

35 在附图中，附图未必按照实际的比例绘制。附图标记说明如下：1 电池包，2 上箱体，3 下箱体，4 电池模块，5 二次电池，51 壳体，52 电极组件，53 盖板，100 碳材料，101 外部区域，102 内部区域。

## 具体实施方式

以下，适当地参照附图详细说明具体公开了本申请的碳材料及其制备方法、以及含

有其的二次电池和用电装置的实施方式。但是会有省略不必要的详细的情况。例如，有省略对已众所周知的事项的详细说明、实际相同结构的重复说明的情况。这是为了避免以下的说明不必要地变得冗长，便于本领域技术人员的理解。此外，附图及以下说明是为了本领域技术人员充分理解本申请而提供的，并不旨在限定权利要求书所记载的主题。

5 本申请所公开的“范围”以下限和上限的形式来限定，给定范围是通过选定一个下限和一个上限进行限定的，选定的下限和上限限定了特别范围的边界。这种方式进行限定的范围可以是包括端值或不包括端值的，并且可以进行任意地组合，即任何下限可以与任何上限组合形成一个范围。例如，如果针对特定参数列出了 60-120 和 80-110 的范围，  
10 理解为 60-110 和 80-120 的范围也是预料到的。此外，如果列出的最小范围值 1 和 2，和如果列出了最大范围值 3，4 和 5，则下面的范围可全部预料到：1-3、1-4、1-5、2-3、2-4 和 2-5。在本申请中，除非有其他说明，数值范围“a-b”表示 a 到 b 之间的任意实数组合的缩略表示，其中 a 和 b 都是实数。例如数值范围“0-5”表示本文中已经全部列出了“0-5”之间的全部实数，“0-5”只是这些数值组合的缩略表示。另外，当表述某个参数为  $\geq$   
15 2 的整数，则相当于公开了该参数为例如整数 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 等。

如果没有特别的说明，本申请的所有实施方式以及可选实施方式可以相互组合形成新的技术方案，并且这样的技术方案应被认为包含在本申请的公开内容中。

如果没有特别的说明，本申请的所有技术特征以及可选技术特征可以相互组合形成新的技术方案，并且这样的技术方案应被认为包含在本申请的公开内容中。

20 如果没有特别的说明，本申请的所有步骤可以顺序进行，也可以随机进行，优选是顺序进行的。例如，所述方法包括步骤 (a) 和 (b)，表示所述方法可包括顺序进行的步骤 (a) 和 (b)，也可以包括顺序进行的步骤 (b) 和 (a)。例如，所述提到所述方法还可包括步骤 (c)，表示步骤 (c) 可以任意顺序加入到所述方法，例如，所述方法可以包括步骤 (a)、(b) 和 (c)，也可包括步骤 (a)、(c) 和 (b)，也可以包括步骤  
25 (c)、(a) 和 (b) 等。

如果没有特别的说明，本申请所提到的“包括”和“包含”表示开放式，也可以是封闭式。例如，所述“包括”和“包含”可以表示还可以包括或包含没有列出的其他组分，也可以仅包括或包含列出的组分。

如果没有特别的说明，在本申请中，术语“或”是包括性的。举例来说，短语“A 或 B”表示“A，B，或 A 和 B 两者”。更具体地，以下任一条件均满足条件“A 或 B”：A 为真（或存在）并且 B 为假（或不存在）；A 为假（或不存在）而 B 为真（或存在）；或 A 和 B 都为真（或存在）。

如果没有特别的说明，本申请中使用的术语具有本领域技术人员通常所理解的公知含义。

35 如果没有特别的说明，本申请中提到的各参数的数值可以用本领域常用的各种测试方法进行测定，例如，可以按照本申请给出的测试方法进行测定。

如果没有特别的说明，在本申请中，术语“活性离子”是指能在二次电池正极和负极之间往返嵌入和脱出的离子，包括但不限于锂离子。

在本申请中，术语“多个”、“多种”是指两个或两种以上。

依据制备工艺或来源不同，石墨可以分为人造石墨和天然石墨。人造石墨制备时一般需要经过高温石墨化处理过程，该过程能耗高、成本高，由此导致人造石墨的成本较高。天然石墨来源于自然界，因此具有成本相对低廉的优势。此外，天然石墨还具有容量高的优势。

5 天然石墨主要包括鳞片石墨、天然球形石墨和微晶石墨，通常与人造石墨不同，天然石墨的颗粒内部和外部具有非常多的孔隙和缺陷。二次电池首次充电过程中，电解液与颗粒表面、颗粒内部的孔产生较多副反应，由此导致二次电池的首次不可逆容量损失高、首次库伦效率低且循环性能和存储性能差。特别地，鳞片石墨和天然球形石墨具有高结晶度和高石墨化度，且微观结构多为层状结构，这种结构导致了天然石墨在活性离子  
10 子脱出和嵌入过程中产生的体积变化较大，由此容易导致石墨层状结构破碎和颗粒破碎。颗粒破碎后，暴露出的新鲜表面会与电解液继续反应，从而进一步增加了二次电池的不可逆容量损失。

目前，主要通过颗粒表面包覆处理和/或颗粒内部填充处理来改善天然石墨的性能。

颗粒表面包覆处理主要是将天然石墨与包覆剂（例如沥青、高分子化合物等）混合  
15 均匀后进行热处理以在天然石墨颗粒表面包覆一层碳层，轻微修复颗粒表面的缺陷。但是，本申请的发明人在研究过程中发现，表面包覆的无定形碳层会导致天然石墨的克容量和/或压实密度降低，影响二次电池的能量密度；同时，表面包覆的无定形碳层后颗粒表面缺陷依旧较多；此外，表面包覆的无定形碳层也并不能有效阻止电解液渗入到颗粒内部的孔结构中，由此导致对二次电池首次库伦效率、循环性能和/或存储性能的改善作  
20 用有限。

颗粒内部填充处理主要是将天然石墨与填充剂（例如沥青、高分子化合物等）混合，通过预设压力、抽真空和升温等方式将填充剂填充至颗粒内部孔隙中，以得到颗粒内部没有孔隙的天然石墨。但是，本申请的发明人在研究过程中发现，颗粒内部大量填充的碳，特别是软碳，会导致天然石墨的克容量降低，影响二次电池的能量密度；同时由于  
25 天然石墨颗粒内部的孔隙全部被碳填充，由此还导致天然石墨在活性离子脱出和嵌入过程中产生的体积变化较大，颗粒更易破碎，进而导致颗粒表面的 SEI 膜反复破坏与重建，进一步增加了活性离子的不可逆消耗，增加了二次电池的不可逆容量损失，缩短了二次电池的使用寿命。现有技术还会在上述颗粒内部没有孔隙的天然石墨表面继续包覆一层无定形碳层，其会导致天然石墨的克容量和/或压实密度进一步降低，并且此时颗粒表面  
30 缺陷依旧较多，由此也不能有效改善二次电池的使用寿命。

因此，通过上述颗粒表面包覆处理和/或颗粒内部填充处理改性天然石墨后，虽然可以在一定程度上降低二次电池的不可逆容量损失，提升二次电池的首次库伦效率，但是，其对二次电池首次库伦效率的改善作用有限，并且还会损失二次电池的能量密度，此外，二次电池长期循环和存储过程中的容量发挥特性依旧较差。

35 鉴于此，本申请的发明人经过大量研究，提出了一种新型的碳材料，其兼具较高的克容量和较高的首次库伦效率，并且还能使二次电池兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

### 碳材料

本申请实施方式的第一方面提供一种碳材料。

所述碳材料包括孔结构，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量记为 A，所述碳材料的比表面积记为 B，则所述碳材料满足： $36 \leq A \times B \leq 75$ ，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量 A 的单位为 ml，所述碳材料的比表面积 B 的单位为  $m^2/g$ 。

5 本申请的发明人在研究过程中发现，当碳材料满足  $36 \leq A \times B \leq 75$  时，能使二次电池兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。可能的原因包括如下几点。

10 第一，此时碳材料颗粒表面较致密，由此可以使碳材料颗粒具有稳定的结构，并尽可能避免电解液渗入到碳材料颗粒内部的孔结构中，从而能够减少副反应的发生，降低颗粒内部 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，进而能够提升碳材料的首次库伦效率，并进一步改善二次电池的循环性能和存储性能。

第二，此时碳材料颗粒表面的缺陷较少，由此颗粒对油性物质的吸附能力较弱，从而有利于减少电池副反应。

15 第三，此时碳材料颗粒还能使负极膜层形成合理的孔道结构，提高负极极片对电解液的浸润性。

20 因此，本申请提供的碳材料可以有效降低二次电池的不可逆容量损失、改善二次电池的容量发挥特性，并使二次电池兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

25 当  $A \times B$  小于 36 时，碳材料对亚麻仁油的吸附量可能较小和/或碳材料的比表面积可能较小。碳材料对亚麻仁油的吸附量较小时，碳材料表面结构致密化度较高，由此可能使得活性离子脱出和嵌入过程中碳材料颗粒的体积变化较大，此时颗粒更易破碎，进而导致颗粒表面的 SEI 膜容易反复破坏与重建，反而增加了活性离子的不可逆消耗，增加了二次电池的不可逆容量损失，同时缩短了二次电池的使用寿命。碳材料的比表面积较小时，可能不利于活性离子的传输，由此会影响二次电池的容量发挥、循环性能和/或倍率性能。

30 当  $A \times B$  大于 75 时，碳材料对亚麻仁油的吸附量可能较大和/或碳材料的比表面积可能较大。碳材料对亚麻仁油的吸附量较大时，碳材料颗粒表面缺陷和/或孔结构较多，由此导致电解液副反应较多，SEI 膜成膜对活性离子的消耗较多，由此会降低二次电池的首次库伦效率；同时，随着二次电池充放电次数增加，碳材料颗粒表面 SEI 膜厚度不断增加，由此还会影响二次电池的循环性能和/或倍率性能。碳材料的比表面积较大时，碳材料颗粒表面副反应活性较高，SEI 膜成膜对活性离子的消耗较多，由此会降低二次电池的首次库伦效率，影响二次电池的存储性能。

35 在一些实施例中， $38 \leq A \times B \leq 65$ ，可选地， $38 \leq A \times B \leq 60$ ， $39 \leq A \times B \leq 55$ ， $39 \leq A \times B \leq 52$ ， $39 \leq A \times B \leq 50$ 。发明人在进一步研究中发现，此时有利于二次电池更好地兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

40 在一些实施例中，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量 A 为 30ml-50mL，可选为 35ml-47mL。当碳材料对亚麻仁油的吸附量在上述范围内时，碳材料颗粒的表面副反应活性较低，由此可以减少 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，同时还能避免颗粒表面过于致密而影响活性离子传输；此外，还有利于负极膜层的颗粒之间形成合理的孔道结构，提高负极极片对电解液的浸润性。由此，能够使二次电池更好地兼顾高首次库伦效率、高能量

密度以及良好的循环性能和存储性能。

在一些实施例中，所述碳材料的比表面积  $B$  为  $0.5\text{m}^2/\text{g}$ - $2.1\text{m}^2/\text{g}$ ，可选为  $0.7\text{m}^2/\text{g}$ - $1.8\text{m}^2/\text{g}$ ， $0.9\text{m}^2/\text{g}$ - $1.8\text{m}^2/\text{g}$ ， $1.0\text{m}^2/\text{g}$ - $1.8\text{m}^2/\text{g}$ ， $1.0\text{m}^2/\text{g}$ - $1.7\text{m}^2/\text{g}$ ， $1.0\text{m}^2/\text{g}$ - $1.6\text{m}^2/\text{g}$ 。当碳材料的比表面积在上述范围内时，一方面碳材料可具有较低的表面副反应活性，由此能够减少 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，提升碳材料的首次库伦效率；另一方面还能具有较高的活性离子传输性能。由此，能够使二次电池更好地兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能，此外，还能够使二次电池具有良好的倍率性能。

碳材料的比表面积为本领域公知的含义，可以用本领域公知的仪器及方法进行测定。例如可以参照 GB/T 19587-2017，采用氮气吸附比表面积分析测试方法测试，并用 BET (Brunauer Emmett Teller) 法计算得出。测试仪器可以采用美国 Micromeritics 公司的 Tri-Star 3020 型比表面积孔径分析测试仪。

100g 碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  可以按照如下方法测试：参考 GB/T 3780.2-2017，称取一定质量（例如 20g）干燥后的测试样品，将称好的样品置于吸油计的混合室中，混合室温度为  $23^\circ\text{C}$ ，盖好盖子；将恒速滴定管输油管口对准混合室盖孔口上方；启动吸油计，仪器开始运转并滴加亚麻仁油，随着样品吸油量的增加，混合物料从自由流动状态变成一种半塑性的团聚物，且混合物的黏度不断增加，该黏度被传送到吸油计的扭矩传感器系统，当滴加的油使半塑性的团聚物达到预设扭矩水平时，吸油计和恒速滴定管自动关闭；读取拟合曲线的最大扭矩 70% 对应的数值，使用公式  $A=(V/m)\times 100$ ，计算得到 100g 碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$ ， $V$  表示最大扭矩 70% 处对应样品消耗的亚麻仁油的体积，单位为 ml； $m$  为加入的样品的质量，单位为 g。

在一些实施例中，所述碳材料包括一个以上孔面积大于等于  $0.1\mu\text{m}^2$  的孔结构，可选地包括一个以上孔面积为  $0.12\mu\text{m}^2$ - $2.5\mu\text{m}^2$  的孔结构。当碳材料进一步包括具有上述孔面积的孔结构时，所述孔结构可以为碳材料颗粒体积变化预留所需的膨胀空间，由此能够进一步降低碳材料颗粒破碎产生新界面的风险，进而能够减少副反应的发生，降低二次电池的不可逆容量损失，并进一步改善二次电池的循环性能和存储性能。

在一些实施例中，所述碳材料包括外部区域以及位于所述外部区域内侧的内部区域，所述外部区域是指从所述碳材料的颗粒表面向颗粒内部延伸  $0.25L$  的距离所构成的区域， $L$  是指所述碳材料颗粒的短轴长度，所述外部区域的总孔面积记为  $S_1$ ，所述内部区域的总孔面积记为  $S_2$ ，并且  $S_2 > S_1$ 。

在本申请中，第一碳基材料的外部区域的总孔面积  $S_1$  和内部区域的总孔面积  $S_2$ ，可以通过第一碳基材料的截面图像进行测试得到。

在本申请中，第一碳基材料的截面图像包括经过第一碳基材料颗粒中心的截面图像。“颗粒中心”是指从颗粒的几何中心向颗粒表面延伸  $0.1\mu\text{m}$  的半径内的范围。

在本申请中，颗粒的短轴长度是指颗粒表面两点连线经过颗粒几何中心时的最小值。

图 1 是本申请的碳材料 100 的颗粒的一截面图像的示意图，且该截面图像经过碳材料 100 的颗粒中心。如图 1 所示， $L$  表示碳材料 100 的颗粒的短轴长度，从碳材料 100 的颗粒表面向颗粒内部延伸  $0.25L$  的距离所构成的区域即为外部区域 101，外部区域 101 内侧的区域即为内部区域 102。

可以采用截面抛光仪（例如日本 JEOL 公司的 IB-09010 CP 型氩离子截面抛光仪）制

备第一碳基材料的截面；然后参考 JY/T010-1996，使用扫描电子显微镜（例如德国 ZEISS 公司的 Sigma 300 型扫描电子显微镜）扫描第一碳基材料的截面；最后通过图像处理软件（例如 AVIZO）计算第一碳基材料的外部区域的总孔面积  $S_1$  和内部区域的总孔面积  $S_2$ 。

当碳材料还满足  $S_2 > S_1$  时，碳材料颗粒可具有如下特征：内部区域的孔数量多和/或孔尺寸大，而外部区域的孔数量少和/或孔尺寸小。碳材料内部区域的孔数量多和/或孔尺寸大，由此该孔结构可为碳材料颗粒体积变化预留所需的膨胀空间，由此能够降低碳材料颗粒破碎产生新界面的风险，进而减少副反应的发生，降低二次电池的不可逆容量损失，并改善二次电池的循环性能和存储性能；碳材料外部区域的孔数量少和/或孔尺寸小，由此可以使碳材料颗粒具有较少的表面缺陷和更稳定的结构，并可以尽可能避免电解液渗入到碳材料颗粒内部的孔结构中，从而能够减少副反应的发生，降低颗粒内部 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，进而能够提升碳材料的首次库伦效率，并进一步改善二次电池的循环性能和存储性能。因此，当碳材料颗粒进一步满足  $S_2 > S_1$  时，可以有效降低二次电池的不可逆容量损失、改善二次电池的容量发挥特性，并使二次电池更好地兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

在一些实施例中， $1.3 \leq S_2/S_1 \leq 450$ ， $1.8 \leq S_2/S_1 \leq 400$ ， $2.0 \leq S_2/S_1 \leq 300$ ， $2.5 \leq S_2/S_1 \leq 200$ ， $3.0 \leq S_2/S_1 \leq 150$ 。发明人在进一步研究中发现，当  $S_2/S_1$  还满足在上述范围内时，能够使二次电池更好地兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

在一些实施例中， $0.01\mu\text{m}^2 \leq S_1 \leq 12.0\mu\text{m}^2$ ，可选地， $0.02\mu\text{m}^2 \leq S_1 \leq 10.0\mu\text{m}^2$ ， $0.02\mu\text{m}^2 \leq S_1 \leq 8.0\mu\text{m}^2$ ， $0.02\mu\text{m}^2 \leq S_1 \leq 7.0\mu\text{m}^2$ ， $0.1\mu\text{m}^2 \leq S_1 \leq 10.0\mu\text{m}^2$ ， $0.1\mu\text{m}^2 \leq S_1 \leq 7.0\mu\text{m}^2$ 。当碳材料的外部区域的总孔面积在上述范围内时，一方面可以使碳材料颗粒具有更少的表面缺陷和更稳定的结构，尽可能避免电解液渗入到碳材料颗粒内部的孔结构中，从而减少副反应的发生，降低碳材料颗粒内部 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，另一方面还不会影响活性离子和电子的传输性能。

在一些实施例中， $2.5\mu\text{m}^2 \leq S_2 \leq 25.0\mu\text{m}^2$ ，可选地， $3.0\mu\text{m}^2 \leq S_2 \leq 22.5\mu\text{m}^2$ ， $3.0\mu\text{m}^2 \leq S_2 \leq 20.5\mu\text{m}^2$ ， $4.0\mu\text{m}^2 \leq S_2 \leq 17.5\mu\text{m}^2$ 。当碳材料的内部区域的总孔面积在上述范围内时，一方面可以为碳材料颗粒体积变化预留足够且稳定的膨胀空间，降低碳材料颗粒破碎产生新界面的风险，减少新界面表面副反应的发生，减少新界面表面 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，另一方面还可以提高碳材料的容量和首次库伦效率。

在一些实施例中， $L \geq 4\mu\text{m}$ ，可选地， $4\mu\text{m} \leq L \leq 20\mu\text{m}$ ， $6\mu\text{m} \leq L \leq 18\mu\text{m}$ ， $8\mu\text{m} \leq L \leq 18\mu\text{m}$ ， $8\mu\text{m} \leq L \leq 16\mu\text{m}$ 。

在一些实施例中，所述碳材料的外部区域中的所述孔结构的面积为小于等于  $0.2\mu\text{m}^2$ ，可选为小于等于  $0.15\mu\text{m}^2$ 。发明人在进一步研究中还发现，通过控制碳材料的外部区域中的所述孔结构的面积大小在上述范围内，可以使碳材料的外部区域具有较密实结构，由此能够有效降低碳材料的表面缺陷、提升碳材料的结构稳定性，尽可能避免电解液渗入到碳材料颗粒内部的孔结构中，进而能进一步提升二次电池的循环性能和存储性能。当然，本申请并不意欲限制碳材料的外部区域中的所有孔结构的面积均小于等于  $0.2\mu\text{m}^2$ ，例如，可控制 95% 以上，可选为 99% 以上的孔结构的面积小于等于  $0.2\mu\text{m}^2$ ，可选为小于等于  $0.15\mu\text{m}^2$ 。

5 在一些实施例中，所述碳材料的内部区域中包括一个以上面积大于等于  $0.15\mu\text{m}^2$  的孔结构，可选地包括一个以上面积为  $0.18\mu\text{m}^2$ - $2.5\mu\text{m}^2$  的孔结构。发明人在进一步研究中还发现，通过使碳材料的内部区域包括上述大小的孔结构，一方面可以为碳材料颗粒体积变化预留足够且稳定的膨胀空间，降低碳材料颗粒破碎风险，另一方面还可以提高碳材料的压实密度。

在一些实施例中，所述碳材料的外部区域的层间距记为  $d_1$ ，所述碳材料的内部区域的层间距记为  $d_2$ ，所述碳材料满足  $d_1 \geq d_2$ ，可选地， $d_1 > d_2$ 。

碳材料的外部区域的层间距较大，更有利于活性离子的快速嵌入和脱出，由此能够进一步提升二次电池的动力学性能；碳材料的内部区域的层间距较小，有利于提升碳材料  
10 的克容量和压实密度，从而能够进一步提升二次电池的能量密度。

在一些实施例中， $d_1$  为  $0.33565\text{nm}$ - $0.33610\text{nm}$ 。

在一些实施例中， $d_2$  为  $0.33557\text{nm}$ - $0.33585\text{nm}$ 。

碳材料颗粒不同区域的层间距可以用本领域已知的仪器及方法进行测试。例如可以采用高分辨透射电镜（High Resolution Transmission Electron Microscope, HRTEM）进行  
15 测试。测试仪器可以采用赛默飞世尔公司的 Spectra S/TEM 扫描透射电子显微镜。

在一些实施例中，所述碳材料的 La(110) 为  $100\text{nm}$ - $150\text{nm}$ ，可选为  $110\text{nm}$ - $130\text{nm}$ 。

在一些实施例中，所述碳材料的 Lc(002) 为  $20\text{nm}$ - $45\text{nm}$ ，可选为  $28\text{nm}$ - $40\text{nm}$ 。

当碳材料的 La(110) 和/或 Lc(002) 在合适的范围内时，有利于碳材料具有较高的结晶性和/或石墨化度，有利于提升碳材料的克容量，还有利于提升负极膜层的活性离子和电  
20 子传输性能，进而有利于提升二次电池的循环性能、存储性能和/或倍率性能。

La(110) 表示碳材料的(110)晶面中沿 a 轴的微晶尺寸，Lc(002) 可表示碳材料的(002)晶面中沿 c 轴的微晶尺寸，可以用本领域已知的仪器及方法进行测试。例如可以使用 X 射线衍射仪（如 Bruker D8 Discover）进行测试，测试可参考 JIS K 0131-1996、JB/T 4220-2011，得到碳材料的(110)晶面对应的衍射峰的峰强和半峰全宽（FWHM）、(002)晶面对  
25 应的衍射峰的峰强和半峰全宽（FWHM），然后根据谢乐公式计算得到。

在一些实施例中，所述碳材料的石墨化度为  $94\%$ - $98\%$ ，可选为  $95\%$ - $97\%$ 。当碳材料的石墨化度在上述范围内时，有利于提升二次电池的能量密度，还有利于提升二次电池的循环性能、存储性能和/或倍率性能。

碳材料的石墨化度为本领域公知的含义，可以用本领域已知的仪器及方法进行测  
30 试。例如可以使用 X 射线衍射仪（如 Bruker D8 Discover）进行测试，测试可参考 JIS K 0131-1996、JB/T 4220-2011，得到碳材料晶体结构中（002）晶面的平均层间距  $d_{002}$ ，然后根据公式  $g=(0.344-d_{002})/(0.344-0.3354) \times 100\%$  计算得出石墨化度。在上述公式中， $d_{002}$  是以纳米（nm）表示的碳材料晶体结构中（002）晶面的平均层间距。

在一些实施例中，所述碳材料的形貌包括块状、球状和类球状中的一种或多种。由  
35 此有利于提升负极极片的压实密度，进而提高二次电池的能量密度。

在一些实施例中，所述碳材料包括一次颗粒，可选地，所述碳材料中的所述一次颗粒的数量占比为  $\geq 50\%$ ，例如，可以为  $55\%$ - $95\%$ ， $60\%$ - $100\%$ ， $65\%$ - $90\%$ ， $65\%$ - $80\%$ ， $70\%$ - $100\%$ ， $75\%$ - $90\%$ ， $80\%$ - $100\%$ ， $90\%$ - $100\%$ ，或  $95\%$ - $100\%$ 。碳材料包含适当比例的一次颗粒，能使其具有较高的结构稳定性，还能减少副反应的发生；另外，还可以提升

负极极片的压实密度，从而提高二次电池的能量密度。

在一些实施例中，所述碳材料可均为一次颗粒，即所述碳材料中的所述一次颗粒的数量占比为 100%。

一次颗粒和二次颗粒均为本领域公知的含义。一次颗粒是指非团聚态的颗粒。二次颗粒是指由两个或两个以上一次颗粒聚集而成的团聚态的颗粒。一次颗粒和二次颗粒可以通过使用扫描电子显微镜（SEM）图进行区分。

在本申请中，碳材料中的一次颗粒的数量占比可以按照如下方法进行测试：在负极膜层中任取一个测试样品，在该测试样品中任取多个测试区域，采用扫描电子显微镜获取多个测试区域的图像，统计各个图像中一次颗粒形貌的碳材料颗粒的个数占碳材料颗粒总个数的比例，多个统计结果的平均值即为碳材料中的一次颗粒的数量占比。

在一些实施例中，所述碳材料的体积分布粒径  $Dv_{50}$  为  $8.0\mu\text{m}$ - $24.0\mu\text{m}$ ，可选为  $9.5\mu\text{m}$ - $22.5\mu\text{m}$ 。

在一些实施例中，所述碳材料的体积分布粒径  $Dv_{10}$  为  $5.0\mu\text{m}$ - $15.0\mu\text{m}$ ，可选为  $6.0\mu\text{m}$ - $14.0\mu\text{m}$ 。

在一些实施例中，所述碳材料的体积分布粒径  $Dv_{90}$  为  $16.0\mu\text{m}$ - $35.0\mu\text{m}$ ，可选为  $17.0\mu\text{m}$ - $34.0\mu\text{m}$ 。

碳材料的体积分布粒径  $Dv_{10}$ 、 $Dv_{50}$  和/或  $Dv_{90}$  在上述范围内时，有利于提升活性离子和电子的传输性能，还有利于负极膜层的颗粒之间形成合理的孔道结构，从而能够进一步提升二次电池的循环性能和/或倍率性能。

在一些实施例中，所述碳材料的  $(Dv_{90}-Dv_{10})/Dv_{50}$  为  $0.55$ - $1.55$ ，可选为  $0.8$ - $1.4$ 。碳材料的  $(Dv_{90}-Dv_{10})/Dv_{50}$  在上述范围内时，其颗粒堆积性能较好，有利于提升负极膜层的压实密度，从而能够进一步提升二次电池的能量密度；另外，还有利于负极膜层的颗粒之间形成合理的孔道结构。

碳材料的体积分布粒径  $Dv_{10}$ 、 $Dv_{50}$ 、 $Dv_{90}$  为本领域公知的含义，其分别表示材料累计体积分布百分数达到 10%、50%、90% 时所对应的粒径，可以用本领域已知的仪器及方法进行测定。例如可以参照 GB/T 19077-2016 粒度分布激光衍射法，采用激光粒度分析仪方便地测定。测试仪器可以为英国马尔文仪器有限公司的 Mastersizer 2000E 型激光粒度分析仪。

在一些实施例中，所述碳材料的振实密度为  $0.80\text{g}/\text{cm}^3$ - $1.32\text{g}/\text{cm}^3$ ，可选为  $0.82\text{g}/\text{cm}^3$ - $1.28\text{g}/\text{cm}^3$ 。碳材料的振实密度在上述范围内时，可以提升负极极片的压实密度，进而提高二次电池的能量密度；还有利于负极膜层的颗粒之间形成合理的孔道结构，提升活性离子和电子的传输性能，提升二次电池的循环性能和存储性能。

碳材料的振实密度为本领域公知的含义，可以用本领域已知的仪器及方法进行测定。例如可参照 GB/T 5162-2006，使用粉体振实密度测试仪进行测定。测试仪器可以采用丹东百特 BT-301。

在一些实施例中，所述碳材料的克容量为  $355\text{mAh}/\text{g}$ - $371\text{mAh}/\text{g}$ ，可选为  $360\text{mAh}/\text{g}$ - $370\text{mAh}/\text{g}$ 。碳材料的克容量在上述范围内时，可以提升二次电池的能量密度。

碳材料的克容量为本领域公知的含义，可以采用本领域已知的方法测试。示例性测试方法如下：将碳材料样品与粘结剂丁苯橡胶（SBR）、增稠剂羧甲基纤维素钠

(CMC)、导电剂炭黑按照质量比 96.2:1.8:1.2:0.8 在适量的溶剂去离子水中充分搅拌混合, 形成均匀的负极浆料; 将负极浆料均匀涂覆于负极集流体铜箔的表面上, 于烘箱中干燥后备用; 将碳酸乙烯酯 (EC)、碳酸甲乙酯 (EMC)、碳酸二乙酯 (DEC) 按照体积比 1:1:1 进行混合得到有机溶剂, 然后将  $\text{LiPF}_6$  溶解于上述有机溶剂中, 配制成浓度为 1mol/L 的电解液; 之后以金属锂片为对电极, 聚乙烯 (PE) 薄膜作为隔离膜, 在氩气保护的手套箱组装成 CR2430 型扣式电池。在 25°C 下, 首先以 0.15mA 的电流将上述制备的扣式电池恒流放电至 0.005V, 静置 5min, 再以 10 $\mu$ A 恒流放电至 0.005V, 记录扣式电池的首圈放电容量; 之后以 0.3mA 的电流恒流充电至 2.0V, 记录扣式电池的充电容量。扣式电池的充电容量与碳材料样品质量的比值即为碳材料的克容量。

## 10 制备方法

本申请实施方式的第二方面提供一种碳材料的制备方法, 其能制备本申请实施方式第一方面的碳材料。

所述碳材料的制备方法包括如下步骤: 步骤 1, 提供具有多个孔结构的原料; 步骤 2, 将所述原料与填充材料按照预定比例混合均匀, 之后在第一温度  $T_1$  下保温第一时间  $t_1$ , 得到中间体; 步骤 3, 将所获得的中间体在第二温度  $T_2$  下保温第二时间  $t_2$ , 得到碳材料, 其中, 所述碳材料包括孔结构, 100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量记为 A, 所述碳材料的比表面积记为 B, 则所述碳材料满足:  $36 \leq A \times B \leq 75$ , 100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量 A 的单位为 ml, 所述碳材料的比表面积 B 的单位为  $\text{m}^2/\text{g}$ 。

在一些实施例中, 用于制备所述碳材料的所述原料包括天然石墨。可选地, 所述天然石墨包括鳞片石墨、天然球形石墨和微晶石墨中的一种或多种, 可选为包括天然球形石墨。

“天然球形石墨”是指具有球状或类球状天然石墨, 并且并非将所有的天然石墨颗粒都控制为理想的球。在一些实施例中, 可以通过对鳞片石墨进行预处理以获得所需的颗粒尺寸和形貌的天然球形石墨, 可选地, 所述预处理包括破碎、分级、球化、纯化等工序。

在一些实施例中, 所述原料的形貌包括球状和类球状中的一种或多种。

在一些实施例中, 所述原料的体积分布粒径  $D_{v50}$  为 8.5 $\mu\text{m}$ -24.0 $\mu\text{m}$ , 可选为 10.5 $\mu\text{m}$ -22.5 $\mu\text{m}$ 。

通过调节原料的颗粒尺寸在上述范围内, 能够减少原料在后续制备过程中团聚, 由此能够减少由于需要增加解聚工序而导致碳材料颗粒表面缺陷增加、表面副反应位点增多等问题。

在一些实施例中, 所述原料中的灰分含量为  $\leq 1\text{wt}\%$ 。原料中的灰分含量较低时, 有利于碳材料具有较低的表面缺陷。

在一些实施例中, 所述填充材料的软化点温度为 110°C-175°C。例如, 填充材料的软化点温度可以为 110°C, 115°C, 120°C, 125°C, 130°C, 135°C, 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C, 175°C 或以上任何数值组成的范围。可选地, 所述填充材料的软化点温度为 120°C-170°C。

发明人在研究过程中发现, 填充材料的软化点温度在上述范围内时, 有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量 A 和/或合适的比表面积 B, 有利于使碳材料的  $A \times B$  在合

5 适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。并且还能避免以下情况：当填充材料的软化点温度过高时，填充材料不易流动填充到原料的孔结构中，由此不能有效减少所获得的碳材料颗粒表面和内部缺陷，也不能有效阻止电解液渗入到所获得的碳材料颗粒内部的孔结构中，并且此时碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或碳材料的比表面积  $B$  容易较大，碳材料的  $A \times B$  容易较大，进而影响了二次电池的首次库伦效率、循环性能和存储性能；当填充材料的软化点温度过低时，填充材料中含有较多的小分子物质，这些小分子物质受热易挥发，因此，尽管填充材料容易流动填充进入原料的孔结构中，但是在高温下热处理时，填充材料中的小分子物质挥发，由此导致实际残留碳不能有效填充原料的孔结构，未能实现有效填充效果，或者导致填充区域实际残留碳具有较多的孔结构，此时碳材料颗粒的表面缺陷较多，碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或碳材料的比表面积  $B$  容易较大，碳材料的  $A \times B$  容易较大，进而不能降低 SEI 膜成膜对活性离子的消耗和降低二次电池的不可逆容量损失，同时还会影响二次电池的循环性能和存储性能。

10 在一些实施例中，所述填充材料的结焦值为 26%-50%，可选为 33%-45%。发明人在研究过程中发现，填充材料的结焦值在上述范围内时，有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。

15 填充材料的结焦值为本领域公知的含义，可以用本领域已知的仪器及方法进行测定。例如可以参照 GB/T 8727-2008 进行测定。

在一些实施例中，所述填充材料的软化点温度为 120°C-170°C 且结焦值为 33%-45%。

20 在一些实施例中，所述填充材料的体积分布粒径  $D_{v50}$  为小于等于 6 $\mu\text{m}$ ，可选为 1 $\mu\text{m}$ -6 $\mu\text{m}$ ，1 $\mu\text{m}$ -5 $\mu\text{m}$ ，2 $\mu\text{m}$ -5 $\mu\text{m}$ ，3 $\mu\text{m}$ -5 $\mu\text{m}$ 。由此有利于填充材料受热熔融后填充进入原料的孔结构中，还有利于提高填充材料与原料的分散均匀性。

25 在一些实施例中，所述填充材料中的喹啉不溶物的含量为  $\leq 1\text{wt}\%$ ，可选为  $\leq 0.8\text{wt}\%$ 。喹啉不溶物含量较多时，会影响填充区域实际残留碳的原子排布，影响碳材料的粉体压实密度和二次电池的能量密度。

在一些实施例中，所述填充材料包括煤沥青和石油沥青中的一种或多种。

30 在一些实施例中，所述填充材料与所述原料的质量比为(10-32):100，可选为(10-25):100，(11-22):100，(11-20):100。由此有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。并且还能避免以下情况：填充材料与原料的质量比过小时，填充材料不易流动填充到原料的孔结构中，由此不能有效减少所获得的碳材料颗粒内部缺陷，不能有效阻止电解液渗入到所获得的碳材料颗粒内部的孔结构中，并且此时碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或碳材料的比表面积  $B$  容易较大，碳材料的  $A \times B$  容易较大，进而影响了二次电池的首次库伦效率、循环性能和存储性能；填充材料与原料的质量比过大时，容易导致原料内部孔结构完全被填充，此时碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或碳材料的比表面积  $B$  容易较小，碳材料的  $A \times B$  容易较小，由此所获得的碳材料在活性离子脱出和嵌入过程中产生的

体积变化较大，从而颗粒更易破碎，进而 SEI 膜成膜对活性离子的消耗增加，二次电池的不可逆容量损失增加；此外，填充材料与原料的质量比过大时，大量填充材料还会残留在颗粒表面，此时颗粒更易团聚，不仅增加了解聚工序，还会降低所获得的碳材料的克容量和压实密度。

5 通过调节填充材料的种类、软化点、结焦值、添加量等中的一个或多个参数在上述范围内，有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内；此外，填充材料受热熔融后，黏度不高，保持良好的流动性，同时不易粘接原料颗粒，能够减少原料颗粒在后续制备过程中团聚，由此能够减少由于需要增加解聚工序而导致所获得的碳材料颗粒表面缺陷增加、表面副反应位点增多等问题。

10 在一些实施例中，在步骤 2 中，将所述原料与所述填充材料按照预定比例混合均匀后升温至第一温度  $T_1$  的升温工艺为分阶段升温工艺，可选地包括第一升温工艺、第二升温工艺和第三升温工艺。

15 在一些实施例中，所述第一升温工艺为升温至  $200^\circ\text{C}$ - $250^\circ\text{C}$ 并在该温度下保温 0.5h-2h。

发明人在研究过程中发现，第一升温工艺的保温时间在上述范围内时，有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。并且还能避免以下情况：保温时间过短时，填充材料不易流动填充到原料的孔结构中，而是可能在颗粒表面碳化，由此不能有效减少所获得的碳材料颗粒内部缺陷，不能有效阻止电解液渗入到所获得的碳材料颗粒内部的孔结构中，此时碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或碳材料的比表面积  $B$  还容易较大，碳材料的  $A \times B$  容易较大，进而影响了二次电池的首次库伦效率、循环性能和存储性能；保温时间过长时，填充材料容易流动填充进入原料的全部孔结构中，碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或碳材料的比表面积  $B$  还容易较小，碳材料的  $A \times B$  容易较小，由此导致碳材料在活性离子脱出和嵌入过程中产生的体积变化较大，颗粒更易破碎，从而会增加 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，增加二次电池的不可逆容量损失，同时还会影响二次电池的循环性能、存储性能和倍率性能。

25 30 在一些实施例中，所述第二升温工艺为升温至  $450^\circ\text{C}$ - $550^\circ\text{C}$ 并在该温度下保温 0.5h-2h。

在一些实施例中，所述第三升温工艺为升温至所述第一温度  $T_1$  并在该温度下保温第一时间  $t_1$ 。

35 在分阶段升温过程中，首先升温至  $200^\circ\text{C}$ - $250^\circ\text{C}$ ，由于加热温度高于填充材料的软化点温度，因此，此时填充材料受热熔融软化，保温 0.5h-2h 可以使其流动填充至原料的孔结构中；之后升温至  $450^\circ\text{C}$ - $550^\circ\text{C}$ ，此时熔融软化的填充材料发生碳化反应，逐渐形成半焦状态，变为粘稠液体或者固体，由此避免填充材料进入原料的全部孔结构中；最后升温至第一温度  $T_1$ ，此时填充材料发生碳化反应，由此能够使得填充材料占据的孔结构被有效填充，减少表面缺陷，进而有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合

适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。

在一些实施例中，在步骤 2 中，以  $1^\circ\text{C}/\text{min}$ - $10^\circ\text{C}/\text{min}$  的速率升温至所述第一温度  $T_1$ 。例如升温速率可以为  $1.5^\circ\text{C}/\text{min}$ ， $2^\circ\text{C}/\text{min}$ ， $3^\circ\text{C}/\text{min}$ ， $4^\circ\text{C}/\text{min}$ ， $5^\circ\text{C}/\text{min}$ ， $6^\circ\text{C}/\text{min}$ ，  
5  $7^\circ\text{C}/\text{min}$ ， $8^\circ\text{C}/\text{min}$ ， $9^\circ\text{C}/\text{min}$ ， $10^\circ\text{C}/\text{min}$  或以上任何数值组成的范围。可选地，升温速率为  $1.5^\circ\text{C}/\text{min}$ - $8^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

在一些实施例中，所述第一升温工艺的升温速率可为  $1^\circ\text{C}/\text{min}$ - $10^\circ\text{C}/\text{min}$ ，可选为  $1.5^\circ\text{C}/\text{min}$ - $8^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

发明人在研究过程中发现，第一升温工艺的升温速率在上述范围内时，有利于调节  
10 碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。并且还能避免以下情况：升温速率过大时，填充材料可能在原料颗粒表面发生碳化，导致填充材料不易流动填充到原料的孔结构中，由此不能有效减少所获得的碳材料颗粒内部缺陷，不能有效阻止电解液渗入到所获得的碳材料颗粒内部的孔结构中，进而影响了二次电池的首次库伦效率、循环性能和存储性能；升温速率过小时，填充材料  
15 容易流动填充进入原料的全部孔结构中，由此导致碳材料在活性离子脱出和嵌入过程中产生的体积变化较大，颗粒更易破碎，从而会增加 SEI 膜成膜对活性离子的消耗，增加二次电池的不可逆容量损失，同时还会影响二次电池的循环性能、存储性能和倍率性能。

在一些实施例中，所述第二升温工艺的升温速率可为  $1^\circ\text{C}/\text{min}$ - $10^\circ\text{C}/\text{min}$ ，可选为  $1.5^\circ\text{C}/\text{min}$ - $8^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

20 在一些实施例中，所述第三升温工艺的升温速率可为  $1^\circ\text{C}/\text{min}$ - $10^\circ\text{C}/\text{min}$ ，可选为  $1.5^\circ\text{C}/\text{min}$ - $8^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

在一些实施例中，在步骤 2 中，所述第一温度  $T_1$  为  $700^\circ\text{C}$ - $1100^\circ\text{C}$ 。例如第一温度  $T_1$  可以为  $750^\circ\text{C}$ ， $800^\circ\text{C}$ ， $850^\circ\text{C}$ ， $900^\circ\text{C}$ ， $950^\circ\text{C}$ ， $1000^\circ\text{C}$ ， $1050^\circ\text{C}$ ， $1100^\circ\text{C}$  或以上任何数值组成的范围。可选地，所述第一温度  $T_1$  为  $750^\circ\text{C}$ - $1100^\circ\text{C}$ 。

25 发明人在研究过程中发现，第一温度在上述范围内时，有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。并且还能避免以下情况：第一温度过低时，填充材料可能未完全转化为碳材料，后续热处理时将继续分解为小分子物质，由此导致填充区域实际残留碳  
30 具有较多的孔结构，未能起到有效减少所获得的碳材料颗粒内部缺陷的作用，也不能有效阻止电解液渗入到所获得的碳材料颗粒内部的孔结构中，同时还使得所获得的碳材料表面缺陷较多，碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或碳材料的比表面积  $B$  容易较大，碳材料的  $A \times B$  容易较大，进而影响了二次电池的首次库伦效率、循环性能和存储性能；第一温度过高时，碳材料制备过程中的能耗和成本增加。

35 在一些实施例中，所述第一时间  $t_1$  为  $0.5\text{h}$ - $5\text{h}$ 。例如第一时间  $t_1$  可以为  $1\text{h}$ ， $1.5\text{h}$ ， $2\text{h}$ ， $2.5\text{h}$ ， $3\text{h}$ ， $3.5\text{h}$ ， $4\text{h}$ ， $4.5\text{h}$ ， $5\text{h}$  或以上任何数值组成的范围。可选地，所述第一时间  $t_1$  为  $0.5\text{h}$ - $3\text{h}$ 。

发明人在研究过程中发现，第一时间在上述范围内时，有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，

还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。并且还能避免以下情况：第一时间过短时，填充材料可能未完全转化为碳材料，后续热处理时将分解为小分子物质，由此导致填充区域实际残留碳具有较多的孔结构，未能起到有效减少所获得的碳材料颗粒内部缺陷的作用，也不能有效阻止电解液渗入到所获得的碳材料颗粒内部的孔结构中，同时还使得所获得的碳材料表面缺陷较多，碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或碳材料的比表面积  $B$  容易较大，碳材料的  $A \times B$  容易较大，进而影响了二次电池的首次库伦效率、循环性能和存储性能；第一时间过长时，容易碳材料制备过程中的能耗和成本增加。

在一些实施例中，在步骤 2 中，热处理可在中频炉、辊道窑、回转窑或推板窑进行。

在一些实施例中，在步骤 2 中，热处理气氛可为保护气体气氛。所述保护气体可包括氮气、氩气、氦气中的一种或多种。

在步骤 2 中，通过调节升温速率、第一温度、第一时间、升温工艺等中的一者或者多者在上述范围内，有利于制备获得所需的碳材料，例如有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于调节碳材料的外部区域和内部区域中的孔尺寸和/或孔数量在合适的范围内，调节  $S_2/S_1$  在合适范围内。

在一些实施例中，所述第二温度  $T_2$  为  $1920^\circ\text{C}$ - $2520^\circ\text{C}$ ，例如第二温度可以为  $1950^\circ\text{C}$ ， $2000^\circ\text{C}$ ， $2050^\circ\text{C}$ ， $2100^\circ\text{C}$ ， $2150^\circ\text{C}$ ， $2200^\circ\text{C}$ ， $2250^\circ\text{C}$ ， $2300^\circ\text{C}$ ， $2350^\circ\text{C}$ ， $2400^\circ\text{C}$ ， $2450^\circ\text{C}$ ， $2500^\circ\text{C}$ 或以上任何数值组成的范围。可选地，所述第二温度  $T_2$  为  $2050^\circ\text{C}$ - $2400^\circ\text{C}$ 。

发明人在研究过程中发现，第二温度在上述范围内时，有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于碳材料具有低表面缺陷、高克容量和/或高压实密度。并且还能避免以下情况：当第二温度过低时，所获得的碳材料颗粒表面缺陷较多，此时碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或碳材料的比表面积  $B$  还容易较大，碳材料的  $A \times B$  也容易较大，进而影响了二次电池的首次库伦效率、循环性能和存储性能；当第二温度过高时，所获得的碳材料中无序碳的含量过少，碳材料的结晶度和石墨化度均很高，此时并不利于活性离子的快速脱出和嵌入，同时充放电过程中碳材料的体积变化还较大，由此还增加了碳材料颗粒破碎的风险，因此影响了二次电池的循环性能和/或动力学性能；此外，当第二温度过高时，碳材料制备过程中的能耗和成本还会增加。

在一些实施例中，所述第二时间  $t_2$  为 1h-6h。例如第二时间  $t_1$  可以为 2h，2.5h，3h，3.5h，4h，4.5h，5h，5.5h，6h 或以上任何数值组成的范围。可选地，所述第二时间  $t_2$  为 2h-6h。

发明人在研究过程中发现，第二时间在上述范围内时，有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或合适的比表面积  $B$ ，有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内，还有利于碳材料具有低表面缺陷、高克容量和/或高压实密度。并且还能避免以下情况：第二时间过短时，所获得的碳材料颗粒表面缺陷较多，此时碳材料对亚麻仁油的吸附量  $A$  和/或碳材料的比表面积  $B$  还容易较大，碳材料的  $A \times B$  也容易较大，进而影响了二次电池的首次库伦效率、循环性能和存储性能；第二时间过长时，所获得的碳材料中无序碳的

含量过少，碳材料的结晶度和石墨化度均很高，此时并不利于活性离子的快速脱出和嵌入，同时充放电过程中碳材料的体积变化还较大，由此还增加了碳材料颗粒破碎的风险，因此影响了二次电池的循环性能和/或动力学性能；此外，当第二时间过长时，碳材料制备过程中的能耗和成本还会增加。

5 在一些实施例中，在步骤3中，所述热处理可在中频炉、箱式石墨化炉、艾奇逊石墨化炉、连续式石墨化炉或内串石墨化炉中进行。

在一些实施例中，在步骤3中，中频炉、连续石墨化热处理气氛可为保护气体气氛。所述保护气体可包括氮气、氩气、氦气中的一种或多种。

10 通过调节第二温度、第二时间中的一者或者多者在上述范围内，有利于降低碳材料中无序碳的含量，还有利于碳材料具有合适的对亚麻仁油的吸附量 A 和/或合适的比表面积 B，并有利于使碳材料的  $A \times B$  在合适的范围内。

15 本申请的碳材料的制备方法工艺简单，安全性高，不需要进行预设压力或者抽真空处理，并且在热处理过程中可以不需要额外增加解聚工序。本申请制备的碳材料的体积膨胀小、结构稳定性高且表面缺陷少，进而可以兼具较高的克容量和较高的首次库伦效率，并且还能使二次电池兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

本申请的制备方法成本低廉，具有较高的实用性，适于进行规模化生产。

### 二次电池

本申请实施方式第三方面提供一种二次电池。

20 本申请对二次电池种类没有特别的限制，例如，二次电池可以为锂离子电池等。通常情况下，二次电池包括正极极片、负极极片以及电解质等。在二次电池充放电过程中，活性离子在所述正极极片和所述负极极片之间往返嵌入和脱出，所述电解质在所述正极极片和所述负极极片之间起到传导活性离子的作用。本申请对所述电解质的种类没有特别的限制，可根据实际需求进行选择。例如，所述电解质可以选自固态电解质及液态电  
25 解质（即电解液）中的至少一种。采用电解液的二次电池、以及一些采用固态电解质的二次电池中，还可以包括隔离膜，所述隔离膜设置在所述正极极片和所述负极极片之间，起到隔离的作用。

#### [负极极片]

30 在一些实施例中，所述负极极片包括负极集流体以及设置在所述负极集流体至少一个表面上的负极膜层。例如，所述负极集流体具有在自身厚度方向相对的两个表面，所述负极膜层设置在所述负极集流体的两个相对表面中的任意一者或两者上。

在一些实施例中，所述负极膜层包括本申请实施方式第一方面的碳材料或通过本申请实施方式第二方面所述的方法制备得到的碳材料。由此能使二次电池兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

35 在一些实施例中，所述负极膜层还可以进一步包括除了上述碳材料以外的其他负极活性材料。在一些实施例中，所述其他负极活性材料包括但不限于常规天然石墨、人造石墨、软碳、硬碳、硅基材料、锡基材料和钛酸锂中的一种或多种。所述硅基材料可包括单质硅、硅氧化物、硅碳复合物、硅氮复合物和硅合金材料中的一种或多种。所述锡基材料可包括单质锡、锡氧化物和锡合金材料中的一种或多种。

在一些实施例中，所述负极膜层还可选地包括负极导电剂。本申请对所述负极导电剂的种类没有特别的限制，作为示例，所述负极导电剂可包括超导碳、导电石墨、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯和碳纳米纤维中的一种或多种。

5 在一些实施例中，所述负极膜层还可选地包括负极粘结剂。本申请对所述负极粘结剂的种类没有特别的限制，作为示例，所述负极粘结剂可包括丁苯橡胶（SBR）、水溶性不饱和树脂 SR-1B、水性丙烯酸类树脂（例如，聚丙烯酸 PAA、聚甲基丙烯酸 PMAA、聚丙烯酸钠 PAAS）、聚丙烯酰胺（PAM）、聚乙烯醇（PVA）、海藻酸钠（SA）和羧甲基壳聚糖（CMCS）中的一种或多种。

10 在一些实施例中，所述负极膜层还可选地包括其他助剂。作为示例，其他助剂可包括增稠剂，例如，羧甲基纤维素钠（CMC）、PTC 热敏电阻材料等。

15 在一些实施例中，所述负极集流体可采用金属箔片或复合集流体。作为金属箔片的示例，可采用铜箔。所述复合集流体可包括高分子材料基层以及形成于所述高分子材料基层至少一个表面上的金属材料层。作为示例，所述金属材料可包括铜、铜合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银和银合金中的一种或多种。作为示例，所述高分子材料基层可包括聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚苯乙烯（PS）和聚乙烯（PE）中的一种或多种。

20 所述负极膜层通常是将负极浆料涂布在负极集流体上，经干燥、冷压而成的。所述负极浆料通常是将负极活性材料、可选的导电剂、可选的粘结剂、其他可选的助剂分散于溶剂中并搅拌均匀而形成的。溶剂可以是 N-甲基吡咯烷酮（NMP）或去离子水，但不限于此。

所述负极极片并不排除除了所述负极膜层之外的其他附加功能层。例如，在一些实施例中，本申请所述的负极极片还包括夹在所述负极集流体和所述负极膜层之间、设置在所述负极集流体表面的导电底涂层（例如由导电剂和粘结剂组成）；在一些实施例中，本申请所述的负极极片还包括覆盖在所述负极膜层表面的保护层。

25 [正极极片]

在一些实施例中，所述正极极片包括正极集流体以及设置在所述正极集流体至少一个表面的正极膜层。例如，所述正极集流体具有在自身厚度方向相对的两个表面，所述正极膜层设置于所述正极集流体的两个相对表面中的任意一者或两者上。

30 所述正极集流体可采用金属箔片或复合集流体。作为金属箔片的示例，可采用铝箔。所述复合集流体可包括高分子材料基层以及形成于所述高分子材料基层至少一个表面上的金属材料层。作为示例，所述金属材料可包括铝、铝合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银和银合金中的一种或多种。作为示例，所述高分子材料基层可包括聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚苯乙烯（PS）和聚乙烯（PE）中的一种或多种。

35 所述正极膜层通常包含正极活性材料、可选的粘结剂和可选的导电剂。所述正极膜层通常是将正极浆料涂布在所述正极集流体上，经干燥、冷压而成的。所述正极浆料通常是将正极活性材料、可选的导电剂、可选的粘结剂以及任意的其他组分分散于溶剂中并搅拌均匀而形成的。溶剂可以是 N-甲基吡咯烷酮（NMP），但不限于此。作为示例，用于正极膜层的粘结剂可包括聚偏氟乙烯（PVDF）、聚四氟乙烯（PTFE）、偏氟乙烯-

四氟乙烯-丙烯三元共聚物、偏氟乙烯-六氟丙烯-四氟乙烯三元共聚物、四氟乙烯-六氟丙烯共聚物和含氟丙烯酸酯树脂中的一种或多种。作为示例，用于正极膜层的导电剂包括超导碳、导电石墨、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯和碳纳米纤维中的一种或多种。

5 所述正极活性材料可采用本领域公知的用于二次电池的正极活性材料。

当本申请的二次电池为锂离子电池时，所述正极活性材料所述正极活性材料可包括但不限于含锂过渡金属氧化物、含锂磷酸盐及其各自的改性化合物中的一种或多种。所述锂过渡金属氧化物的示例可包括但不限于锂钴氧化物、锂镍氧化物、锂锰氧化物、锂镍钴氧化物、锂锰钴氧化物、锂镍锰氧化物、锂镍钴锰氧化物、锂镍钴铝氧化物及其各自的改性化合物中的一种或多种。所述含锂磷酸盐的示例可包括但不限于磷酸铁锂、磷酸铁锂与碳的复合材料、磷酸锰锂、磷酸锰锂与碳的复合材料、磷酸锰铁锂、磷酸锰铁锂与碳的复合材料及其各自的改性化合物中的一种或多种。

10 在一些实施例中，为了进一步提高二次电池的能量密度，用于锂离子电池的正极活性材料可以包括通式为  $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{Co}_c\text{Mn}_d\text{O}_e\text{A}_f$  的锂过渡金属氧化物及其改性化合物中的一种或多种。 $0.8 \leq a < 1.2$ ,  $0.5 \leq b < 1$ ,  $0 < c < 1$ ,  $0 < d < 1$ ,  $1 \leq e < 2$ ,  $0 \leq f \leq 1$ , M 选自 Mn、Al、Zr、Zn、Cu、Cr、Mg、Fe、V、Ti 和 B 中的一种或多种，A 选自 N、F、S 和 Cl 中的一种或多种。

15 在一些实施例中，作为示例，用于锂离子电池的正极活性材料可包括  $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiMnO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  (NCM333)、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$  (NCM523)、 $\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$  (NCM622)、 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$  (NCM811)、 $\text{LiNi}_{0.85}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 、 $\text{LiFePO}_4$  和  $\text{LiMnPO}_4$  中的一种或多种。

在本申请中，上述各正极活性材料的改性化合物可以是对所述正极活性材料进行掺杂改性和/或表面包覆改性。

#### [电解质]

25 在一些实施例中，所述电解质采用电解液，所述电解液包括电解质盐和溶剂。

所述电解质盐的种类不受具体的限制，可根据实际需求进行选择。

当本申请的二次电池为锂离子电池时，作为示例，所述电解质盐可包括六氟磷酸锂 ( $\text{LiPF}_6$ )、四氟硼酸锂 ( $\text{LiBF}_4$ )、高氯酸锂 ( $\text{LiClO}_4$ )、六氟砷酸锂 ( $\text{LiAsF}_6$ )、双氟磺酰亚胺锂 ( $\text{LiFSI}$ )、双三氟甲磺酰亚胺锂 ( $\text{LiTFSI}$ )、三氟甲磺酸锂 ( $\text{LiTFS}$ )、二氟草酸硼酸锂 ( $\text{LiDFOB}$ )、二草酸硼酸锂 ( $\text{LiBOB}$ )、二氟磷酸锂 ( $\text{LiPO}_2\text{F}_2$ )、二氟二草酸磷酸锂 ( $\text{LiDFOP}$ ) 和四氟草酸磷酸锂 ( $\text{LiTFOP}$ ) 中的一种或多种。

30 所述溶剂的种类不受具体的限制，可根据实际需求进行选择。在一些实施例中，作为示例，所述溶剂可包括碳酸乙烯酯 (EC)、碳酸亚丙酯 (PC)、碳酸甲乙酯 (EMC)、碳酸二乙酯 (DEC)、碳酸二甲酯 (DMC)、碳酸二丙酯 (DPC)、碳酸甲丙酯 (MPC)、碳酸乙丙酯 (EPC)、碳酸亚丁酯 (BC)、氟代碳酸乙烯酯 (FEC)、甲酸甲酯 (MF)、乙酸甲酯 (MA)、乙酸乙酯 (EA)、乙酸丙酯 (PA)、丙酸甲酯 (MP)、丙酸乙酯 (EP)、丙酸丙酯 (PP)、丁酸甲酯 (MB)、丁酸乙酯 (EB)、1,4-丁内酯 (GBL)、环丁砜 (SF)、二甲砜 (MSM)、甲乙砜 (EMS) 和二乙砜 (ESE) 中的一种或多种。

在一些实施例中，所述电解液还可选地包括添加剂。例如，所述添加剂可以包括负极成膜添加剂，也可以包括正极成膜添加剂，还可以包括能够改善二次电池某些性能的添加剂，例如改善二次电池过充性能的添加剂、改善二次电池高温性能的添加剂、改善二次电池低温功率性能的添加剂等。

#### 5 [隔离膜]

本申请对所述隔离膜的种类没有特别的限制，可以选用任意公知的具有良好的化学稳定性和机械稳定性的多孔结构隔离膜。

10 在一些实施例中，所述隔离膜的材质可以包括玻璃纤维、无纺布、聚乙烯、聚丙烯和聚偏二氟乙烯中的一种或多种。所述隔离膜可以是单层薄膜，也可以是多层复合薄膜。所述隔离膜为多层复合薄膜时，各层的材料相同或不同。

在一些实施例中，所述正极极片、所述隔离膜和所述负极极片可通过卷绕工艺或叠片工艺制成电极组件。

在一些实施例中，所述二次电池可包括外包装。该外包装可用于封装上述电极组件及电解质。

15 在一些实施例中，外包装可以是硬壳，例如硬塑料壳、铝壳、钢壳等。外包装也可以是软包，例如袋式软包。所述软包的材质可以是塑料，如聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）和聚丁二酸丁二醇酯（PBS）中的一种或多种。

本申请对二次电池的形状没有特别的限制，其可以是圆柱形、方形或其他任意的形状。如图 2 是作为一个示例的方形结构的二次电池 5。

20 在一些实施例中，如图 3 所示，外包装可包括壳体 51 和盖板 53。壳体 51 可包括底板和连接于底板上的侧板，底板和侧板围合形成容纳腔。壳体 51 具有与容纳腔连通的开口，盖板 53 用于盖设所述开口，以封闭所述容纳腔。正极极片、负极极片和隔离膜可经卷绕工艺或叠片工艺形成电极组件 52。电极组件 52 封装于所述容纳腔。电解液浸润于电极组件 52 中。二次电池 5 所含电极组件 52 的数量可以为一个或几个，可根据需求来调节。

25 本申请的二次电池的制备方法是公知的。在一些实施例中，可将正极极片、隔离膜、负极极片和电解液组装形成二次电池。作为示例，可将正极极片、隔离膜、负极极片经卷绕工艺或叠片工艺形成电极组件，将电极组件置于外包装中，烘干后注入电解液，经过真空封装、静置、化成、整形等工序，得到二次电池。

30 在本申请的一些实施例中，根据本申请的二次电池可以组装成电池模块，电池模块所含二次电池的数量可以为多个，具体数量可根据电池模块的应用和容量来调节。

图 4 是作为一个示例的电池模块 4 的示意图。如图 4 所示，在电池模块 4 中，多个二次电池 5 可以是沿电池模块 4 的长度方向依次排列设置。当然，也可以按照其他任意的方式进行排布。进一步可以通过紧固件将该多个二次电池 5 进行固定。

35 可选地，电池模块 4 还可以包括具有容纳空间的外壳，多个二次电池 5 容纳于该容纳空间。

在一些实施例中，上述电池模块还可以组装成电池包，电池包所含电池模块的数量可以根据电池包的应用和容量进行调节。

图 5 和图 6 是作为一个示例的电池包 1 的示意图。如图 5 和图 6 所示，在电池包 1 中可以包括电池箱和设置于电池箱中的多个电池模块 4。电池箱包括上箱体 2 和下箱体 3，

上箱体 2 用于盖设下箱体 3，并形成用于容纳电池模块 4 的封闭空间。多个电池模块 4 可以按照任意的方式排布于电池箱中。

### 用电装置

本申请还提供一种用电装置，所述用电装置包括本申请的二次电池、电池模块、或  
5 电池包中的至少一种。所述二次电池、电池模块或电池包可以用作所述用电装置的电源，也可以用作所述用电装置的能量存储单元。所述用电装置可以但不限于移动设备（例如手机、平板电脑、笔记本电脑等）、机动车辆（例如纯电动车、混合动力电动车、插电式混合动力电动车、电动自行车、电动踏板车、电动高尔夫球车、电动卡车等）、电气列车、船舶及卫星、储能系统等。

10 所述用电装置可以根据其使用需求来选择二次电池、电池模块或电池包。

图 7 是作为一个示例的用电装置的示意图。该用电装置为纯电动车、混合动力电动车、或插电式混合动力电动车等。为了满足该用电装置对高功率和高能量密度的需求，可以采用电池包或电池模块。

15 作为另一个示例的用电装置可以是手机、平板电脑、笔记本电脑等。该用电装置通常要求轻薄化，可以采用二次电池作为电源。

### 实施例

下述实施例更具体地描述了本申请公开的内容，这些实施例仅仅用于阐述性说明，因为在本申请公开内容的范围内进行各种修改和变化对本领域技术人员来说是明显的。除非另有声明，以下实施例中所述的所有份、百分比、和比值都是基于质量计，而且  
20 实施例中使用的所有试剂都可商购获得或是按照常规方法进行合成获得，并且可直接使用而无需进一步处理，以及实施例中使用的仪器均可商购获得。

#### 实施例 1

##### (1) 碳材料的制备

25 步骤 1：将 100 目鳞片石墨进行机械粉碎、分级、球化、纯化处理，获得天然球形石墨，其体积分布粒径  $Dv50$  为  $17\mu\text{m}$ ，灰分含量为 0.01%。

步骤 2：将所获得的天然球形石墨与石油沥青（软化点温度为  $120^\circ\text{C}$ 、体积分布粒径  $Dv50$  为  $4.3\mu\text{m}$ 、结焦值为 33%）按照质量比 100:15 在 VC 混合机中混合 30min，之后将混合后的物料置于辊道窑中，以  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  的速率升温至  $230^\circ\text{C}$  并保温 1h（第一升温工艺），之后以  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  的速率升温至  $500^\circ\text{C}$  并保温 1h（第二升温工艺），再以  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  的速率升  
30 温至  $1100^\circ\text{C}$  并保温 1h（第三升温工艺），结束后冷却至室温，得到中间体。

步骤 3：将所获得的中间体置于艾奇逊石墨化炉中，升温至  $2300^\circ\text{C}$  并保温 2h，结束后除磁、筛分得到碳材料。

##### (2) 扣式电池（半电池）的制备

35 将上述制备的碳材料与粘结剂丁苯橡胶（SBR）、增稠剂羧甲基纤维素钠（CMC）、导电剂炭黑按照质量比 96.2:1.8:1.2:0.8 在适量的溶剂去离子水中充分搅拌混合，形成均匀的负极浆料；将负极浆料均匀涂覆于负极集流体铜箔的表面上，于烘箱中干燥后备用。将碳酸乙烯酯（EC）、碳酸甲乙酯（EMC）、碳酸二乙酯（DEC）按照体积比 1:1:1 进行混合得到有机溶剂，然后将  $\text{LiPF}_6$  溶解于上述有机溶剂中，配制成浓度为  $1\text{mol/L}$  的电解液。之后以金属锂片为对电极，聚乙烯（PE）薄膜作为隔离膜，在氩气保

护的手套箱组装成 CR2430 型扣式电池。

### (3) 二次电池（全电池）的制备

5 将上述制备的碳材料、导电剂炭黑（Super P）、粘结剂丁苯橡胶、增稠剂羧甲基纤维素钠按照重量比 96:1:1:2 在适量的溶剂去离子水中充分搅拌混合，形成负极浆料。将负极浆料涂布在负极集流体铜箔的两个表面上，经干燥、冷压后，获得负极极片。

将  $\text{LiFePO}_4$  与导电炭黑、聚偏氟乙烯按照重量比 96:2.5:1.5 混合，加入适量溶剂 NMP，搅拌均匀，获得正极浆料。将正极浆料涂布在正极集流体铝箔的两个表面上，经干燥、冷压后，获得正极极片。

10 采用厚度为  $12\mu\text{m}$  的聚丙烯薄膜作为隔离膜，与上述制备的正极极片和负极极片按顺序放好，使隔离膜处于正极极片和负极极片中间起到隔离作用，之后卷绕得到电极组件；将电极组件置于外包装中，干燥后注入与上述制备扣式电池相同的电解液，经过真空封装、静置、化成、容量等工序，得到二次电池。

#### 对比例 1

半电池和全电池的制备方法与实施例 1 类似，不同之处在于碳材料的制备工艺。

15 将 100 目鳞片石墨进行机械粉碎、分级、球化、纯化处理，获得天然球形石墨，其体积分布粒径  $D_{v50}$  为  $17\mu\text{m}$ ，灰分含量为 0.01%，之后以所获的天然球形石墨作为碳材料制备半电池和全电池。

#### 对比例 2

半电池和全电池的制备方法与实施例 1 类似，不同之处在于碳材料的制备工艺。

20 将 100 目鳞片石墨进行机械粉碎、分级、球化、纯化处理，获得天然球形石墨，其体积分布粒径  $D_{v50}$  为  $17\mu\text{m}$ ，灰分含量为 0.01%。

将所获得的天然球形石墨与石油沥青（软化点温度为  $120^\circ\text{C}$ 、体积分布粒径  $D_{v50}$  为  $4.3\mu\text{m}$ 、结焦值为 33%）按照质量比 100:15 在 VC 混合机中混合 30min，之后将混合后的物料在  $3200^\circ\text{C}$  下石墨化处理 10h，结束后冷却至室温，得到碳材料。

#### 对比例 3

半电池和全电池的制备方法与实施例 1 类似，不同之处在于碳材料的制备工艺。

将 100 目鳞片石墨进行机械粉碎、分级、球化、纯化处理，获得天然球形石墨，其体积分布粒径  $D_{v50}$  为  $17\mu\text{m}$ ，灰分含量为 0.01%。

25 将所获得的天然球形石墨与石油沥青（软化点温度为  $120^\circ\text{C}$ 、体积分布粒径  $D_{v50}$  为  $4.3\mu\text{m}$ 、结焦值为 33%）按照质量比 100:15 在 VC 混合机中混合 30min，之后将混合后的物料在  $1300^\circ\text{C}$  下碳化处理 2h，结束后冷却至室温，得到碳材料。

#### 对比例 4

半电池和全电池的制备方法与实施例 1 类似，不同之处在于碳材料的制备工艺。

35 将 100 目鳞片石墨进行机械粉碎、分级、球化、纯化处理，获得天然球形石墨，其体积分布粒径  $D_{v50}$  为  $17\mu\text{m}$ ，灰分含量为 0.01%。

将沥青添加到洗油中，高速搅拌使沥青充分溶解，得到沥青溶液。将 100g 天然球形石墨放入反应釜，抽真空 60min，当反应釜真空度达到  $0.07\text{MPa}$ ，打开沥青溶液抽吸阀门，将沥青溶液全部吸入反应釜，进液完毕后关闭抽吸阀门，停止抽真空，同时对混合液高速搅拌 40min 后，加压（ $12\text{MPa}$ ）浸渍完毕后，减压使反应釜内外压力相同后，通入

氮气加热到 230℃除去洗油。当反应釜内的洗油全部排出后，在压力为 1.5MPa 的条件下，按照升温速率为 5℃/min 将反应釜加热到 410℃进行热聚合反应 10h 后，冷却到室温出料。将获得的物料等静压（10MPa）下保压 30min 后，进行石墨化高温（2800℃）处理 4h，冷却到室温，然后粉碎。将粉碎后的物料与沥青按照 100:5 混合均匀，在氮气保护下，1000℃下碳化处理 5h，冷却到室温得到内部没有孔隙的碳材料。

### 5 实施例 2-23

半电池和全电池的制备方法与实施例 1 类似，不同之处在于调整了碳材料的制备工艺参数，具体详见表 1。

### 性能测试

#### 10 (1) 碳材料对亚麻仁油的吸附量测试

参考 GB/T 3780.2-2017，称取 20g 干燥后的测试样品，将称好的样品置于吸油计的混合室中，混合室温度为 23℃，盖好盖子；将恒速滴定管输油管口对准混合室盖孔口上方；启动吸油计，仪器开始运转并滴加亚麻仁油，随着样品吸油量的增加，混合物料从自由流动状态变成一种半塑性的团聚物，且混合物的黏度不断增加，该黏度被传送到吸油计的扭矩传感器系统，当滴加的油使半塑性的团聚物达到预设扭矩水平时，吸油计和恒速滴定管自动关闭；读取拟合曲线的最大扭矩 70%对应的数值，使用公式  $A=(V/m) \times 100$ ，计算得到 100g 碳材料对亚麻仁油的吸附量 A，V 表示最大扭矩 70%处对应样品消耗的亚麻仁油的体积，单位为 ml；m 为加入的样品的质量，单位为 g。

#### 20 (2) 碳材料的比表面积测试

参照 GB/T 19587-2017，采用氮气吸附比表面积分析测试方法测试，并用 BET（Brunauer Emmett Teller）法计算得出碳材料的比表面积 B。测试仪器可以采用美国 Micromeritics 公司的 Tri-Star 3020 型比表面积孔径分析测试仪。

#### (3) 碳材料的 X 射线衍射分析测试

参考 JIS K 0131-1996、JB/T 4220-2011，使用 X 射线衍射仪进行测试，得到碳材料的 (110)晶面对应的衍射峰的峰强和半峰全宽（FWHM）、(002)晶面对应的衍射峰的峰强和半峰全宽（FWHM），然后根据谢乐公式计算得到碳材料的  $L_a(110)$ 和  $L_c(002)$ 。 $L_a(110)$ 表示碳材料的(110)晶面中沿 a 轴的微晶尺寸， $L_c(002)$ 可表示碳材料的(002)晶面中沿 c 轴的微晶尺寸。测试仪器可以为 Bruker D8 Discover X 射线衍射仪。

#### 30 (4) 碳材料的外部区域和内部区域中的总孔面积测试

将制样用粘结剂与碳材料粉末混合均匀后涂到铜箔上，60℃烘干 30min 备用；将样品剪成 6mm×6mm 大小粘贴在 CP 型氩离子截面抛光仪的样品台上；使用等离子束对样品进行切割，获得碳材料的截面，且碳材料颗粒的截面经过碳材料颗粒中心。测试仪器可以为日本 JEOL 公司的 IB-09010 CP 型氩离子截面抛光仪。

使用扫描电子显微镜对碳材料的截面进行扫描。测试可参考 JY/T010-1996。测试仪器可以为德国 ZEISS 公司的 Sigma 300 型扫描电子显微镜。

从碳材料的颗粒表面向颗粒内部延伸 0.25 L 的距离所构成的区域记为外部区域，外部区域内侧的区域记为内部区域，L 表示碳材料的颗粒的短轴长度。使用图像处理软件计算碳材料颗粒的外部区域的总孔面积  $S_1$  以及内部区域的总孔面积  $S_2$ 。图像处理软件可以为 AVIZO。

(5) 碳材料的首次库伦效率测试

在 25°C 下，首先以 0.15mA 的电流将上述制备的扣式电池恒流放电至 0.005V，静置 5min，再以 10 $\mu$ A 恒流放电至 0.005V，记录扣式电池的首圈放电容量；之后以 0.3mA 的电流恒流充电至 2.0V，记录扣式电池的首圈充电容量。碳材料的首次库伦效率 (%) = 扣式电池的首圈充电容量/扣式电池的首圈放电容量 $\times$ 100%。

(6) 二次电池的循环性能测试

在 25°C 下，将上述制备的二次电池以 1C 恒流充电至上限截止电压（对应 100%SOC），然后恒压充电至电流为 0.05C，静置 5min 之后，将二次电池以 1C 恒流放电至下限截止电压（对应 0%SOC），记录此时的放电容量，即为第 1 圈放电容量。将二次电池按照上述方法进行循环充放电测试，记录每圈循环后的放电容量。二次电池 25°C 循环 2000 圈容量保持率 (%) = 2000 圈循环后的放电容量/第 1 圈放电容量 $\times$ 100%。

(7) 二次电池的存储性能测试

在 25°C 下，将上述制备的二次电池以 1C 恒流充电至上限截止电压（对应 100%SOC），然后恒压充电至电流为 0.05C，静置 5min 之后，将二次电池以 1C 恒流放电至下限截止电压（对应 0%SOC），记录此时的放电容量，即为存储前放电容量。

在 25°C 下，将上述制备的二次电池以 1C 恒流充电至上限截止电压（对应 100%SOC），然后恒压充电至电流为 0.05C。之后将二次电池置于 60°C 恒温箱中存储，直至二次电池存储后的放电容量衰减为存储前放电容量的 90%，停止测试，记录二次电池的存储天数。

实施例 1-23 制备的碳材料的体积分布粒径、振实密度等参数均在本申请说明书记载的范围内。

综合表 2 测试结果可知，当碳材料满足  $36 \leq A \times B \leq 75$ ，能使电池兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。此外，当碳材料进一步满足  $38 \leq A \times B \leq 65$ ，可选地满足  $39 \leq A \times B \leq 55$  时，电池的综合性能得到进一步改善。

对比例 1-4 制备的碳材料均不满足  $36 \leq A \times B \leq 75$ ，并且也均不能使电池兼顾高首次库伦效率、高能量密度以及良好的循环性能和存储性能。

对比例 1 以未处理的天然球形石墨作为碳材料，其内部具有较多的孔隙，结合表 2 测试结果可知，由此制备的电池的克容量、首次库伦效率、循环性能和存储性能均较差，且电池的循环圈数尚未达到 2000 圈时，放电容量已衰减为第 1 圈放电容量的 80%。

对比例 2-3 制备的碳材料为在天然球形石墨表面形成碳层包覆层，但是该碳层仅存在于天然球形石墨表面，未能实现填充效果，且碳层并不能有效阻止电解液渗入到颗粒内部的孔结构中，进而导致对电池首次库伦效率、循环性能和存储性能的改善作用有限。

对比例 4 制备碳材料时，通过等静压方式将填充材料填充至天然球形石墨颗粒内部的全部孔结构中，由此会使得活性离子脱出和嵌入过程中碳材料颗粒的体积变化较大，此时颗粒更易破碎，进而导致对电池的循环性能和存储性能的改善作用有限；此外，碳材料颗粒内部和/或表面存在大量软碳，其会增加颗粒表面副反应，进一步影响电池的循环性能和存储性能。同时，该制备工艺复杂，不适合进行规模化生产。

综合表 2 的测试结果还可知，当碳材料颗粒进一步满足  $S_2 > S_1$ ，可选地满足  $1.3 \leq S_2/S_1 \leq 450$ ，更可选地满足  $1.8 \leq S_2/S_1 \leq 400$  时，电池的综合性能得到进一步改善。此时，碳材

料颗粒进一步具有如下特征：内部区域的孔数量多和/或孔尺寸大，而外部区域的孔数量少和/或孔尺寸小。碳材料内部区域的孔结构可为碳材料颗粒体积变化预留所需的膨胀空间，由此能够降低碳材料颗粒破碎产生新界面的风险，进而减少副反应的发生，降低二次电池的不可逆容量损失；碳材料外部区域的孔数量少和/或孔尺寸小，由此可以使碳材料颗粒具有更稳定的结构，并尽可能避免电解液渗入到碳材料颗粒内部的孔结构中，从而能够减少副反应的发生，降低颗粒内部 SEI 膜成膜对活性离子的消耗。由此，进一步满足上述结构特征的碳材料能进一步提升电池的综合性能。

需要说明的是，本申请不限于上述实施方式。上述实施方式仅为示例，在本申请的技术方案范围内具有与技术思想实质相同的构成、发挥相同作用效果的实施方式均包含在本申请的技术范围内。此外，在不脱离本申请主旨的范围内，对实施方式施加本领域技术人员能够想到的各种变形、将实施方式中的一部分构成要素加以组合而构筑的其它方式也包含在本申请的范围内。

表 1

序号	原料		填充材料				原料与填充材料的质 量比	步骤 2									步骤 3	
	Dv50 ( $\mu\text{m}$ )	灰分 含量	软化点 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	Dv50 ( $\mu\text{m}$ )	结焦 值	喹啉不 溶物含 量		第一升温工艺			第二升温工艺			第三升温工艺			保温 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	保温 时间 (h)
								升温速 率 ( $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ )	保温 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	保温 时间 (h)	升温速 率 ( $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ )	保温 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	保温 时间 (h)	升温速 率 ( $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ )	保温 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	保温 时间 (h)		
实施例 1	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 2	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:13	5	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 3	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:11	5	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 4	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:11	5	220	0.5	5	500	0.5	5	1100	0.5	2225	2
实施例 5	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:11	5	210	0.5	5	500	0.5	5	1100	0.5	2180	2
实施例 6	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:11	5	200	0.5	5	500	0.5	5	1100	0.5	2050	2
实施例 7	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:11	5	230	0	5	500	0	5	1100	0	2000	2
实施例 8	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:20	5	230	1	5	500	1	5	1100	1	2500	6
实施例 9	17	0.01%	80	4.3	28%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 10	17	0.01%	143	4.3	38%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 11	17	0.01%	158	4.3	42%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 12	17	0.01%	175	4.3	46%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 13	17	0.01%	200	4.3	50%	0.03%	100:15	5	250	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 14	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:15	1	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 15	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:15	3	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 16	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:15	10	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 17	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	600	1	2300	2
实施例 18	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	700	1	2300	2
实施例 19	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	850	1	2300	2
实施例 20	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	950	1	2300	2
实施例 21	17	0.01%	120	4.3	33%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	1200	1	2300	2
实施例 22	17	2%	120	4.3	33%	0.03%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2
实施例 23	17	0.01%	120	4.3	33%	2%	100:15	5	230	1	5	500	1	5	1100	1	2300	2

表 2

序号	碳材料								电池性能		
	A×B	亚麻仁油吸附量 A (ml)	比表面积 B (m <sup>2</sup> /g)	S <sub>1</sub> (μm <sup>2</sup> )	S <sub>2</sub> (μm <sup>2</sup> )	S <sub>2</sub> /S <sub>1</sub>	La(110) (nm)	Lc(002) (nm)	首次库伦效 率	循环 2000 圈容量保 持率	存储天 数
对比例 1	323.6	58.0	5.58	18.0	16.2	0.90	137.9	36.8	87.4%	小于 2000 圈	106
对比例 2	119.8	56.0	2.14	16.6	16.0	0.96	130.2	35.4	90.6%	83.0%	111
对比例 3	84.2	51.0	1.65	16.4	15.8	0.96	107.8	26.9	91.4%	88.0%	128
对比例 4	32.9	35.0	0.94	1.7	1.4	0.82	128.2	36.2	91.6%	88.6%	133
实施例 1	40.0	40.0	1.00	2.7	10.5	3.89	124.4	33.2	95.0%	92.0%	210
实施例 2	45.0	42.9	1.05	3.4	10.9	3.21	125.1	34.4	94.7%	92.0%	206
实施例 3	50.0	41.7	1.20	3.8	11.9	3.13	124.6	32.9	94.4%	92.0%	204
实施例 4	55.0	38.2	1.44	4.5	11.8	2.62	125.4	34.1	93.8%	92.0%	202
实施例 5	60.0	36.6	1.64	5.7	11.7	2.05	116.3	30.9	93.5%	92.0%	199
实施例 6	65.0	36.7	1.77	7.0	11.9	1.70	110.7	28.3	93.3%	92.0%	196
实施例 7	74.0	35.6	2.08	9.9	11.8	1.19	119.0	30.4	92.9%	92.0%	190
实施例 8	40.7	37.0	1.10	2.1	10.0	4.76	130.2	35.4	95.7%	91.0%	201
实施例 9	49.1	44.6	1.10	5.7	11.2	1.96	124.1	33.2	93.1%	90.0%	190
实施例 10	44.9	42.0	1.07	5.3	11.6	2.19	124.7	33.5	94.7%	91.3%	207
实施例 11	52.6	44.2	1.19	6.0	11.8	1.96	124.6	33.2	94.4%	91.0%	204
实施例 12	63.5	45.7	1.39	10.0	11.9	1.19	124.4	33.6	94.1%	90.6%	193
实施例 13	75.0	42.1	1.78	11.1	12.1	1.09	124.0	33.7	93.8%	90.2%	189
实施例 14	36.4	38.7	0.94	3.2	6.5	2.03	124.2	33.2	95.2%	90.5%	212
实施例 15	38.6	39.4	0.98	3.4	8.8	2.59	124.4	33.1	95.1%	92.0%	211
实施例 16	50.6	46.0	1.10	9.5	11.9	1.25	124.4	33.2	94.3%	91.0%	197
实施例 17	46.3	41.0	1.13	7.0	13.5	1.93	124.2	33.3	95.0%	90.3%	195
实施例 18	45.0	40.2	1.12	5.2	13.3	2.56	124.4	33.2	95.0%	90.6%	206
实施例 19	44.3	40.6	1.09	4.7	13.2	2.81	124.1	33.6	95.2%	91.0%	209
实施例 20	41.6	40.0	1.04	3.8	12.9	3.39	124.4	33.2	95.0%	91.4%	213
实施例 21	39.6	40.0	0.99	2.6	10.4	4.00	124.4	33.2	95.0%	92.9%	219
实施例 22	40.8	40.0	1.02	3.9	11.7	3.00	124.4	33.2	94.6%	90.1%	202
实施例 23	40.6	40.6	1.00	3.7	11.9	3.22	124.4	33.2	94.7%	90.0%	200

# 权利要求书

1. 一种碳材料，其中，所述碳材料包括孔结构，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量记为 A，所述碳材料的比表面积记为 B，则所述碳材料满足： $36 \leq A \times B \leq 75$ ，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量 A 的单位为 ml，所述碳材料的比表面积 B 的单位为  $m^2/g$ 。
2. 根据权利要求 1 所述的碳材料，其中， $38 \leq A \times B \leq 65$ ，可选地， $39 \leq A \times B \leq 55$ 。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的碳材料，其中，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量 A 为 30ml-50mL，可选为 35ml-47mL；和/或，所述碳材料的比表面积 B 为  $0.5m^2/g$ - $2.1m^2/g$ ，可选为  $0.7m^2/g$ - $1.8m^2/g$ 。
4. 根据权利要求 1-3 任一项所述的碳材料，其中，所述碳材料包括一个以上孔面积大于等于  $0.1\mu m^2$  的孔结构，可选地包括一个以上孔面积为  $0.12\mu m^2$ - $2.5\mu m^2$  的孔结构。
5. 根据权利要求 1-4 任一项所述的碳材料，其中，所述碳材料包括外部区域以及位于所述外部区域内侧的内部区域，所述外部区域是指从所述碳材料的颗粒表面向颗粒内部延伸 0.25 L 的距离所构成的区域，L 是指所述碳材料颗粒的短轴长度，所述外部区域的总孔面积记为  $S_1$ ，所述内部区域的总孔面积记为  $S_2$ ，并且  $S_2 > S_1$ 。
6. 根据权利要求 5 所述的碳材料，其中， $1.3 \leq S_2/S_1 \leq 450$ ，可选地， $1.8 \leq S_2/S_1 \leq 400$ 。
7. 根据权利要求 5 或 6 所述的碳材料，其中， $0.01\mu m^2 \leq S_1 \leq 12.0\mu m^2$ ，可选地， $0.02\mu m^2 \leq S_1 \leq 7.0\mu m^2$ ；和/或， $2.5\mu m^2 \leq S_2 \leq 25.0\mu m^2$ ，可选地， $3.0\mu m^2 \leq S_2 \leq 20.5\mu m^2$ ；和/或， $L \geq 4\mu m$ ，可选地， $6\mu m \leq L \leq 18\mu m$ 。
8. 根据权利要求 5-7 任一项所述的碳材料，其中，所述碳材料的外部区域中的所述孔结构的面积为小于等于  $0.2\mu m^2$ ，可选为小于等于  $0.15\mu m^2$ ；和/或，所述碳材料的内部区域中包括一个以上面积大于等于  $0.15\mu m^2$  的孔结构，可选地包括一个以上面积为  $0.18\mu m^2$ - $2.5\mu m^2$  的孔结构。
9. 根据权利要求 5-8 任一项所述的碳材料，其中，所述碳材料的外部区域的层间距记为  $d_1$ ，所述碳材料的内部区域的层间距记为  $d_2$ ，所述碳材料满足  $d_1 \geq d_2$ ；可选地， $d_1 > d_2$ 。
10. 根据权利要求 9 所述的碳材料，其中， $d_1$  为 0.33565nm-0.33610nm；和/或， $d_2$  为 0.33557nm-0.33585nm。
11. 根据权利要求 1-10 任一项所述的碳材料，其中，所述碳材料的石墨化度为 94%-98%，可选为 95%-97%；和/或，所述碳材料的 La(110) 为 100nm-150nm，可选为 110nm-130nm；和/或，所述碳材料的 Lc(002) 为 20nm-45nm，可选为 28nm-40nm。
12. 根据权利要求 1-11 任一项所述的碳材料，其中，所述碳材料满足如下中的至少一者：
- (1) 所述碳材料的体积分布粒径  $Dv50$  为  $8.0\mu m$ - $24.0\mu m$ ，可选为  $9.5\mu m$ - $22.5\mu m$ ；

- (2) 所述碳材料的体积分布粒径  $Dv_{10}$  为  $5.0\mu\text{m}$ - $15.0\mu\text{m}$ ，可选为  $6.0\mu\text{m}$ - $14.0\mu\text{m}$ ；  
(3) 所述碳材料的体积分布粒径  $Dv_{90}$  为  $16.0\mu\text{m}$ - $35.0\mu\text{m}$ ，可选为  $17.0\mu\text{m}$ - $34.0\mu\text{m}$ ；  
(4) 所述碳材料的 $(Dv_{90}-Dv_{10})/Dv_{50}$  为  $0.55$ - $1.55$ ，可选为  $0.8$ - $1.4$ ；  
(5) 所述碳材料的振实密度为  $0.80\text{g}/\text{cm}^3$ - $1.32\text{g}/\text{cm}^3$ ，可选为  $0.82\text{g}/\text{cm}^3$ - $1.28\text{g}/\text{cm}^3$ ；  
5 (6) 所述碳材料的克容量为  $355\text{mAh}/\text{g}$ - $371\text{mAh}/\text{g}$ ，可选为  $360\text{mAh}/\text{g}$ - $370\text{mAh}/\text{g}$ ；  
(7) 所述碳材料的形貌包括块状、球状和类球状中的一种或多种。

13. 一种碳材料的制备方法，包括如下步骤：步骤 1，提供具有多个孔结构的原料；  
步骤 2，将所述原料与填充材料按照预定比例混合均匀，之后在第一温度  $T_1$  下保温第一时  
间  $t_1$ ，得到中间体；步骤 3，将所获得的中间体在第二温度  $T_2$  下保温第二时间  $t_2$ ，得到碳  
10 材料，其中，所述碳材料包括孔结构，100g 所述碳材料对亚麻仁油的吸附量记为  $A$ ，所  
述碳材料的比表面积记为  $B$ ，则所述碳材料满足： $36 \leq A \times B \leq 75$ ，100g 所述碳材料对亚麻  
仁油的吸附量  $A$  的单位为  $\text{ml}$ ，所述碳材料的比表面积  $B$  的单位为  $\text{m}^2/\text{g}$ 。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其中，所述原料满足如下中的至少一者：

- (1) 所述原料包括天然石墨，可选地，所述天然石墨包括鳞片石墨、天然球形石墨  
15 和微晶石墨中的一种或多种；  
(2) 所述原料的体积分布粒径  $Dv_{50}$  为  $8.5\mu\text{m}$ - $24.0\mu\text{m}$ ，可选为  $10.5\mu\text{m}$ - $22.5\mu\text{m}$ ；  
(3) 所述原料中的灰分含量为  $\leq 1\text{wt}\%$ 。

15. 根据权利要求 13 或 14 所述的方法，其中，所述填充材料满足如下中的至少一  
者：

- (1) 所述填充材料的软化点温度为  $110^\circ\text{C}$ - $175^\circ\text{C}$ ，可选为  $120^\circ\text{C}$ - $170^\circ\text{C}$ ；  
20 (2) 所述填充材料的结焦值为  $26\%$ - $50\%$ ，可选为  $33\%$ - $45\%$ ；  
(3) 所述填充材料的体积分布粒径  $Dv_{50}$  为小于等于  $6\mu\text{m}$ ，可选为  $1\mu\text{m}$ - $5\mu\text{m}$ ；  
(4) 所述填充材料中的喹啉不溶物的含量为  $\leq 1\text{wt}\%$ ，可选为  $\leq 0.8\text{wt}\%$ 。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，其中，所述填充材料包括煤沥青和石油沥青中的  
25 一种或多种。

17. 根据权利要求 13-16 任一项所述的方法，其中，所述填充材料与所述原料的质量  
比为 $(10-32):100$ ，可选为 $(10-25):100$ 。

18. 根据权利要求 13-17 任一项所述的方法，其中，将所述原料与所述填充材料按照  
预定比例混合均匀后升温至第一温度  $T_1$  的升温工艺为分阶段升温工艺，可选地包括第一  
30 升温工艺、第二升温工艺和第三升温工艺。

19. 根据权利要求 18 所述的方法，其中，  
所述第一升温工艺为升温至  $200^\circ\text{C}$ - $250^\circ\text{C}$  并在该温度下保温  $0.5\text{h}$ - $2\text{h}$ ；和/或，  
所述第二升温工艺为升温至  $450^\circ\text{C}$ - $550^\circ\text{C}$  并在该温度下保温  $0.5\text{h}$ - $2\text{h}$ ；和/或，  
所述第三升温工艺为升温至所述第一温度  $T_1$  并在该温度下保温第一时间  $t_1$ 。

20. 根据权利要求 13-19 任一项所述的方法，其中，以  $1^\circ\text{C}/\text{min}$ - $10^\circ\text{C}/\text{min}$ ，可选为  
35  $1.5^\circ\text{C}/\text{min}$ - $8^\circ\text{C}/\text{min}$  的速率升温至所述第一温度  $T_1$ 。

21. 根据权利要求 13-20 任一项所述的方法，其中，  
所述第一温度  $T_1$  为  $700^\circ\text{C}$ - $1100^\circ\text{C}$ ，可选为  $750^\circ\text{C}$ - $1100^\circ\text{C}$ ；和/或，  
所述第一时间  $t_1$  为  $0.5\text{h}$ - $5\text{h}$ ，可选为  $0.5\text{h}$ - $3\text{h}$ 。

22. 根据权利要求 13-21 任一项所述的方法，其中，  
所述第二温度  $T_2$  为 1920°C-2520°C，可选为 2050°C-2400°C；和/或，  
所述第二时间  $t_2$  为 1h-6h，可选为 2h-5h。
23. 一种二次电池，包括负极极片，所述负极极片包括权利要求 1-12 任一项所述的  
5 碳材料或通过权利要求 13-22 任一项所述的方法制备得到的碳材料。
24. 一种用电装置，包括权利要求 23 所述的二次电池。

1/2

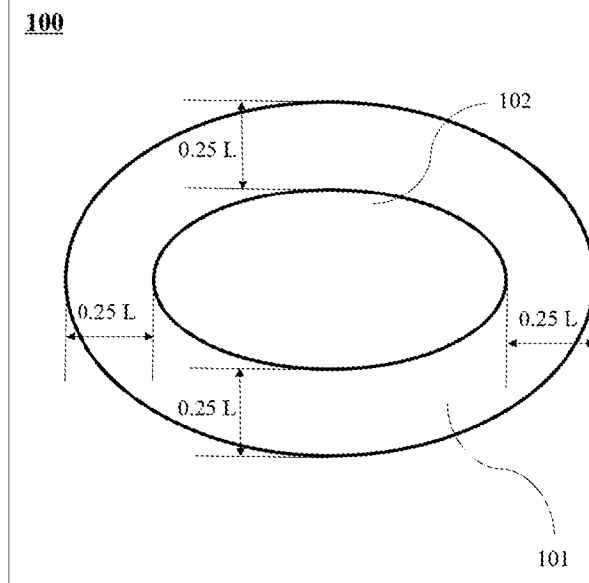


图 1

4

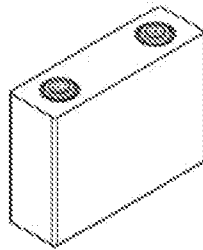


图 2

5

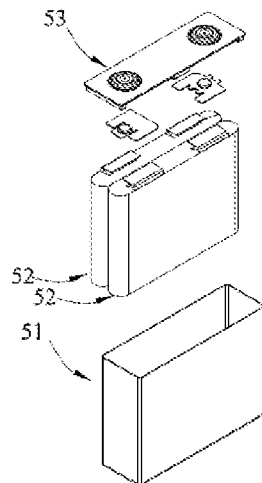


图 3

2/2

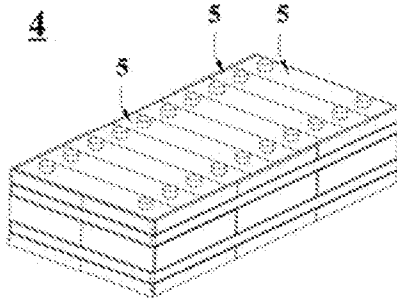


图 4

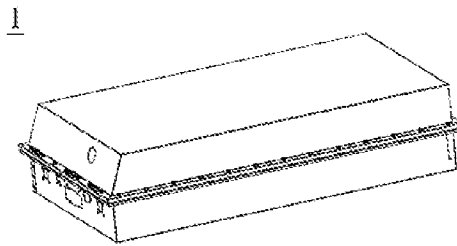


图 5

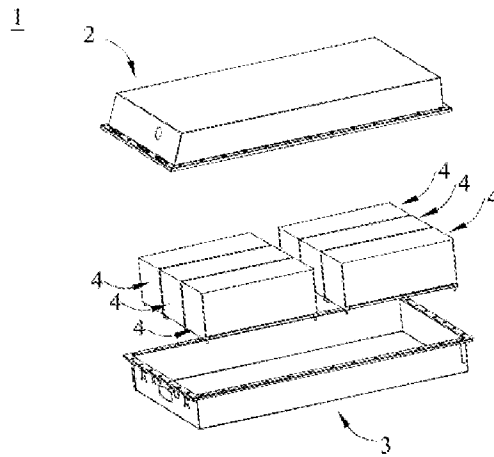


图 6

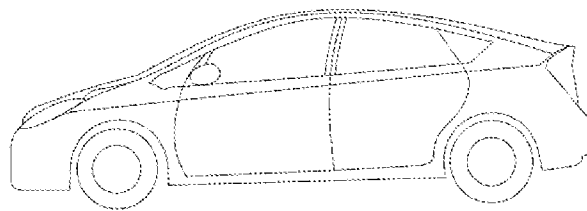


图 7

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/134444

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
H01M4/587(2010.01)i; H01M10/0525(2010.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC: H01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNTXT; ENTXT; ENTXTC; DWPI; CNKI: 电池, 负极, 阳极, 石墨, 碳, 炭, 比表面积, 吸附, battery, cell, negative, anode, graphite, carbon, specific surface area, absorption		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2022131262 A1 (SHOWA DENKO MATERIALS CO., LTD.) 23 June 2022 (2022-06-23) description, paragraphs 2-156	1-24
X	CN 114171738 A (BTR NEW MATERIALS GROUP CO., LTD.) 11 March 2022 (2022-03-11) description, paragraphs 2-134	1-24
A	CN 103596881 A (CHUO DENKI KOGYO CO., LTD.) 19 February 2014 (2014-02-19) entire document	1-24
A	WO 2018207410 A1 (HITACHI CHEMICAL CO., LTD.) 15 November 2018 (2018-11-15) entire document	1-24
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
04 August 2023		07 August 2023
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2022/134444**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2022131262	A1	23 June 2022	TW	202232809	A	16 August 2022
CN	114171738	A	11 March 2022	WO	2022052994	A1	17 March 2022
				KR	20220053610	A	29 April 2022
				EP	4049971	A1	31 August 2022
				US	2022393171	A1	08 December 2022
				JP	2022551407	W	09 December 2022
CN	103596881	A	19 February 2014	JPWO	2012137770	A1	28 July 2014
				JP	5814347	B2	17 November 2015
				KR	20140002793	A	08 January 2014
				KR	101562724	B1	22 October 2015
				EP	2695857	A1	12 February 2014
				EP	2695857	A4	17 September 2014
				WO	2012137770	A1	11 October 2012
				US	2014093781	A1	03 April 2014
WO	2018207410	A1	15 November 2018	TW	201902013	A	01 January 2019
				KR	20190141172	A	23 December 2019
				CN	110612626	A	24 December 2019
				JP	6747587	B2	26 August 2020
				US	2021135220	A1	06 May 2021

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/134444

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H01M4/587(2010.01)i; H01M10/0525(2010.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																	
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC: H01M</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNXTX; ENTXT; ENTXTC; DWPI; CNKI: 电池, 负极, 阳极, 石墨, 碳, 炭, 比表面积, 吸附, battery, cell, negative, anode, graphite, carbon, specific surface area, absorption</p>																	
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>WO 2022131262 A1 (SHOWA DENKO MAT CO LTD) 2022年6月23日 (2022 - 06 - 23) 说明书第2-156段</td> <td>1-24</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 114171738 A (贝特瑞新材料集团股份有限公司) 2022年3月11日 (2022 - 03 - 11) 说明书第2-134段</td> <td>1-24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103596881 A (中央电气工业株式会社) 2014年2月19日 (2014 - 02 - 19) 全文</td> <td>1-24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2018207410 A1 (HITACHI CHEMICAL CO LTD) 2018年11月15日 (2018 - 11 - 15) 全文</td> <td>1-24</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	WO 2022131262 A1 (SHOWA DENKO MAT CO LTD) 2022年6月23日 (2022 - 06 - 23) 说明书第2-156段	1-24	X	CN 114171738 A (贝特瑞新材料集团股份有限公司) 2022年3月11日 (2022 - 03 - 11) 说明书第2-134段	1-24	A	CN 103596881 A (中央电气工业株式会社) 2014年2月19日 (2014 - 02 - 19) 全文	1-24	A	WO 2018207410 A1 (HITACHI CHEMICAL CO LTD) 2018年11月15日 (2018 - 11 - 15) 全文	1-24
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	WO 2022131262 A1 (SHOWA DENKO MAT CO LTD) 2022年6月23日 (2022 - 06 - 23) 说明书第2-156段	1-24															
X	CN 114171738 A (贝特瑞新材料集团股份有限公司) 2022年3月11日 (2022 - 03 - 11) 说明书第2-134段	1-24															
A	CN 103596881 A (中央电气工业株式会社) 2014年2月19日 (2014 - 02 - 19) 全文	1-24															
A	WO 2018207410 A1 (HITACHI CHEMICAL CO LTD) 2018年11月15日 (2018 - 11 - 15) 全文	1-24															
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																	
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“D” 申请人在国际申请中引证的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>																	
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2023年8月4日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2023年8月7日</p>															
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>		<p>授权官员</p> <p>伍俊霞</p> <p>电话号码 (+86) 62412324</p>															

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/134444

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
WO	2022131262	A1	2022年6月23日	TW	202232809	A	2022年8月16日
CN	114171738	A	2022年3月11日	WO	2022052994	A1	2022年3月17日
				KR	20220053610	A	2022年4月29日
				EP	4049971	A1	2022年8月31日
				US	2022393171	A1	2022年12月8日
				JP	2022551407	W	2022年12月9日
CN	103596881	A	2014年2月19日	JPWO	2012137770	A1	2014年7月28日
				JP	5814347	B2	2015年11月17日
				KR	20140002793	A	2014年1月8日
				KR	101562724	B1	2015年10月22日
				EP	2695857	A1	2014年2月12日
				EP	2695857	A4	2014年9月17日
				WO	2012137770	A1	2012年10月11日
				US	2014093781	A1	2014年4月3日
WO	2018207410	A1	2018年11月15日	TW	201902013	A	2019年1月1日
				KR	20190141172	A	2019年12月23日
				CN	110612626	A	2019年12月24日
				JP	6747587	B2	2020年8月26日
				US	2021135220	A1	2021年5月6日