(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 7 月 11 日 (11.07.2024)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2024/146478 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 10/0525 (2010.01) ***H01M 4/525*** (2010.01)
H01M 4/505 (2010.01) ***H01M 4/485*** (2010.01)
H01M 4/62 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/143469

(22) 国际申请日: 2023 年 12 月 29 日 (29.12.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310015267.7 2023年1月5日 (05.01.2023) CN

(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: 傅寒立(**FU, Hanli**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 李振华(**LI, Zhenhua**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 朱嘉哲(**ZHU, Jiazhe**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 李星(**LI, Xing**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 牛少军(**NIU, Shaojun**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 金海族(**JIN, Haizu**); 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: 深圳市世纪恒程知识产权代理事务所 (**CENFO INTELLECTUAL PROPERTY**

WO 2024/146478 A1

(54) **Title:** POSITIVE ELECTRODE MATERIAL, PREPARATION METHOD THEREFOR, CATHODE ELECTRODE SHEET, ELECTRODE ASSEMBLY, BATTERY, AND ELECTRICAL DEVICE

(54) 发明名称: 正极材料及其制备方法、阴极极片、电极组件、电池和用电设备

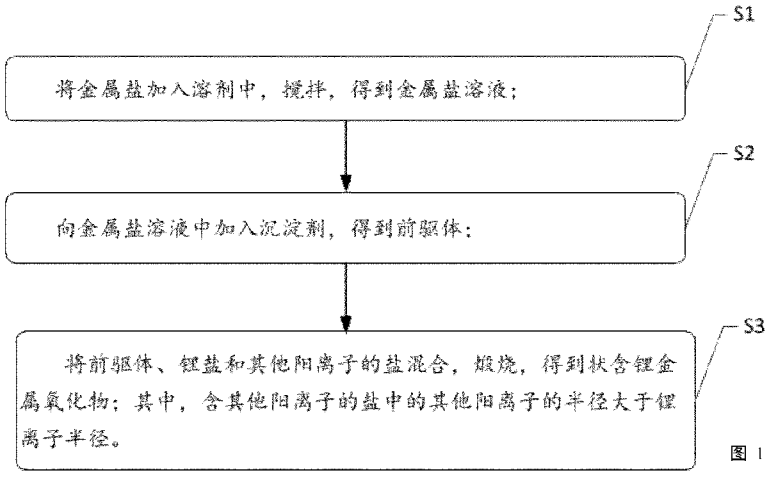


图 1

S1 Add a metal salt into a solvent, and stir same to obtain a metal salt solution
S2 Add a precipitant into the metal salt solution to obtain a precursor
S3 Mix the precursor, a lithium salt and a salt containing other cations, and calcine same to obtain a layered lithium-containing metal oxide, the radiuses of other cations in the salt containing other cations being greater than that of lithium ions

(57) **Abstract:** A positive electrode material, a preparation method therefor, a cathode electrode sheet, an electrode assembly, a battery, and an electrical device, relating to the technical field of batteries. The positive electrode material comprises a layered lithium-containing metal oxide, the layered lithium-containing metal oxide containing other cations having radiuses greater than that of lithium ions. The other cations in the positive electrode material having radiuses greater than that of lithium ions achieve a supporting effect in the layered

[见续页]

AGENCY); 中国广东省深圳市南山区西丽街道松坪山社区松坪山路3号奥特迅电力大厦201, Guangdong 518052 (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, MU, 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))。

structure, thus enhancing the energy barrier of disorder, relieving the problem of aggravated disorder of metal ions and lithium ions in the layered cathode, and improving the stability of the layered structure and further improving the cycle performance. In addition, the other cations in the positive electrode material can also be intercalated into a negative electrode material, wherein the other cations having larger ion radiuses achieve a supporting effect in graphite, thereby reducing the expansion/contraction of graphite caused by the intercalation/deintercalation process of ions having smaller ion radiuses, helping to improve the stability of an SEI film, reducing the consumption of active lithium, and improving the cycle performance.

(57) 摘要: 一种正极材料及其制备方法、阴极极片、电极组件、电池和用电设备，涉及电池技术领域。正极材料包括层状含锂金属氧化物，层状含锂金属氧化物中包括比锂离子半径大的其他阳离子。正极材料中的其他阳离子大于锂离子半径，可以在层状结构中起到支撑作用，增强混排能垒，减轻层状阴极中金属离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能，同时正极材料中的其他阳离子同样可以嵌入到负极材料中，其中离子半径较大的其他阳离子在石墨中起到支撑作用，从而降低离子半径较小的离子在嵌入/脱出过程中引起石墨的膨胀/收缩，有利于提高SEI膜稳定性，降低活性锂消耗，提高循环性能。

正极材料及其制备方法、阴极极片、电极组件、电池和用电设备

相关申请

本申请要求于2023年1月5日申请的、申请号为202310015267.7的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及电池技术领域，特别涉及一种正极材料及其制备方法、阴极极片、电极组件、电池和用电设备。

背景技术

随着便携式电子设备、电动汽车等的迅猛增长，对动力电池的需求也不断增长。而其中，电池的电化学性能也越来越受到人们的关注。

层状正极材料中由于存在锂元素与金属元素的混排，导致材料的整体寿命都较差，例如，镍含量的增多造成更多锂镍混排，降低电池循环寿命。

发明内容

本申请的主要目的是提供一种正极材料，旨在提高电池的循环寿命。

为实现上述目的，本申请提出的一种正极材料，所述正极材料包括层状含锂金属氧化物，所述层状含锂金属氧化物中包括比锂离子半径大的其他阳离子。

正极材料中的其他阳离子的半径大于锂离子半径，可以在层状材料起到支撑作用，增强混排能垒，减轻层状阴极中金属离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能，同时正极材料中的其他阳离子同样可以嵌入到负极材料中，其中离子半径较大的其他阳离子在石墨中起到支撑作用，从而降低离子半径较小的离子在嵌入/脱出过程中引起石墨的膨胀/收缩，有利于提高 SEI 膜稳定性，降低活性锂消耗，提高循环性能。

可选地，所述层状含锂金属氧化物包括层状含锂过渡金属氧化物；和/或

所述其他阳离子的离子半径大于 76Pm。

可选地，所述其他阳离子的离子半径大于 84Pm，小于 100Pm。

层状含锂金属氧化物包括层状含锂过渡金属氧化物，层状含锂过渡金属氧化物中的过渡金属相比其他金属，更易与锂发生混排，采用在层状含锂过渡金属氧化物中包括比锂离子半径大的其他阳离子，可有效提高层状结构稳定性。

锂离子半径为 76Pm，大于 76Pm 的阳离子能有效在层状材料中形成支撑作用，提升层状结构稳定性进而提高循环性能。

可选地，其他阳离子的离子半径大于 84Pm，小于 100Pm，其他阳离子的离子半径在 84Pm-100Pm 范围，以保证其他阳离子有效嵌入层状结构中，可以在层状材料起到支撑作用，增强混排能垒，减轻层状阴极中金属离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能。

可选地，定义所述层状含锂金属氧化物结构中，所述锂离子所在的位置为锂位，所述其他阳离子在所述层状含锂金属氧化物结构中占据至少部分所述锂位。

在层状含锂金属氧化物结构中，各元素有各自的排列位置，定义层状含锂金属氧化物结构中，锂离子所在的位置为锂位，其他阳离子在层状含锂金属氧化物结构中占据至少部分锂位。为了减少锂离子与金属离子的混排，将层状正极材料的部分锂位替换成离子半径更大的其他阳离子，并且其他阳离子半径大，占据锂位稳定，难以进一步出现混排的现象，如此，提高层状结构的稳定性，并且，其他阳离子取代锂位能有效降低锂镍混排的问题。

可选地，所述其他阳离子元素包括除锂元素以外的碱金属元素、碱土金属元素、非金属元素中的至少一种。

本申请中对其他阳离子的种类不作限定，其他阳离子元素包括除锂元素以外的碱金属元素、碱土金属元素、非金属元素中的至少一种。可以理解的是，理论上比锂离子半径大都可以，优选的为金属离子。

可选地，所述碱金属元素包括 Na、K、Rb、Cs 中的至少一种；

所述碱土金属元素包括 Ca，Sr 中的至少一种；

所述非金属元素包括 Se。

可以理解的是碱金属元素包括 Na、K、Rb、Cs 中的至少一种；碱土金属元素包括 Ca，Sr 中的至少一种；非金属元素包括 Se。

可选地，所述层状含锂金属氧化物的通式为 $Li_xY_{(2-x)}Ni_aCo_bMn_cM_{(1-a-b-c)}O_2$，Y 代表所述其他阳离子，M 包括 Mg、Zr、Al、B、Ta、Mo、W、Nb、Sb、La 中的至少一种；其中，$0.3\leqslant a<1.0$，$0<b<0.5$，$0\leqslant c\leqslant 0.2$，$a+b+c\leqslant 1$，$0<x<2$。

层状正极材料的需求和设计使用由最早的低镍材料到如今的高镍材料,高镍材料的整体寿命都较差,一方面,镍含量的增多势必造成更多锂镍混排降低电池循环寿命,锂镍混排,指二价镍离子本身体积与锂离子近似,在放电时锂离子大量脱出的时候,受到外界因素作用,占据锂离子晶格中位置的现象。离子的错位,带来晶格类型的改变,其嵌锂能力也随之改变。在充放电过程中,正极材料表面脱嵌锂的压力最大,速度最快,因此表面常常因为这种阳离子混排带来表面晶格的变化,这个现象又被叫做表面重构。镍含量越高,三价不稳定镍离子还原成二价镍离子的概率就越高,则发生阳离子混排的机会就越多,降低电池循环寿命越严重。

本申请中采用含镍的正极材料,来提高能量密度,同时,基于正极材料中含有比锂离子半径大的其他阳离子,能有效减轻层状阴极中镍离子与锂离子混排加剧的问题,提升层状结构稳定性进而提高循环性能。

通式$Li_xY_{(2-x)}Ni_aCo_bMn_cM_{(1-a-b-c)}O_2$中,0<x<2,在x>1的情况下,说明正极材料可以是富锂的材料,例如富锂锰基类。

可选地,0.6≤a<1.0,0.3<b<0.5。

通式中$Li_xY_{(2-x)}Ni_aCo_bMn_cM_{(1-a-b-c)}O_2$,0.6≤a<1.0,0.3<b<0.5,说明正极材料为高镍材料,在能有效减轻层状阴极中镍离子与锂离子混排加剧的问题,提升层状结构稳定性进而提高循环性能的情况下,采用高镍材料,能有效提高能量密度。

可选地,0<x<1。

0<x<1,正极材料可以是三元材料,三元材料中的过渡金属相比其他金属,更易与锂发生混排,此时0<x<1,说明通式中$Li_xY_{(2-x)}Ni_aCo_bMn_cM_{(1-a-b-c)}O_2$中,Y代表的其他阳离子含量提高,其他阳离子含量提高有利于增大混排能垒,减轻层状阴极中过渡金属离子与锂离子混排加剧的问题,提升层状结构稳定性进而提高循环性能。

本申请还提供一种正极材料的制备方法,包括以下步骤:

将金属盐加入溶剂中,搅拌,得到金属盐溶液;

向所述金属盐溶液中加入沉淀剂,得到前驱体;

将所述前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合,煅烧,得到层状含锂金属氧化物;

其中,所述其他阳离子的盐中的其他阳离子的半径大于锂离子半径。

将金属盐加入溶剂中,搅拌,得到金属盐溶液;向金属盐溶液中加入沉淀剂,得到前驱体;将前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合,煅烧,得到层状含锂金属氧化物;其中,其他阳离子的盐中的其他阳离子的半径大于锂离子半径。

采用沉淀剂将金属盐沉淀,得到前驱体,并将前驱体与锂盐和其他阳离子的盐混合,煅烧,得到层状含锂金属氧化物,其中,其他阳离子的盐中的其他阳离子的半径大于锂离子半径。

正极材料中的其他阳离子大于锂离子半径,可以在层状材料中起到支撑作用,增强混排能垒,减轻层状阴极中金属离子与锂离子混排加剧的问题,提升层状结构稳定性进而提高循环性能,同时正极材料中的其他阳离子同样可以嵌入到负极材料中,其中离子半径较大的其他阳离子在石墨中起到支撑作用,从而降低离子半径较小的离子在嵌入/脱出过程中引起石墨的膨胀/收缩,有利于提高 SEI 膜稳定性,降低活性锂消耗,提高循环性能。

可选地,所述其他阳离子的盐的种类包括碱金属盐、碱土金属盐、非金属盐中的至少一种。

本申请中对其他阳离子的盐的种类不作限定,其他阳离子的盐的种类包括碱金属盐、碱土金属盐、非金属盐中的至少一种。可以理解的是,理论上其他阳离子的种类比锂离子半径大的元素都可以,优选的为金属离子。

可选地,在向所述金属盐溶液中加入沉淀剂,得到前驱体的步骤中,包括以下步骤;

向所述金属盐溶液中加入沉淀剂,反应 3h-20h,陈化 2h-12h,得到前驱体。

可以理解的是,反应3h-20h,该反应时间是用于生成一次颗粒的反应时间,由于反应过程存在颗粒破碎,陈化2h-12h可以帮助一次颗粒晶格修复及生长。

上述 3h-20h 中,取值包括该范围的最小值及最大值,以及这种最小值与最大值之间的每一个值,具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 3h、5h、8h、10h、14h、16h、18h、20h 等。

可选地,在将所述前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合,煅烧,得到层状含锂金属氧化物的步骤中,定义所述前驱体、锂盐和其他阳离子的盐的摩尔比为 P:Q:R,则满足(Q+R)/P≥1.07。

过量的锂盐和其他阳离子的盐是为了弥补锂和其他阳离子在高温煅烧中的损失,因此,在将前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合,煅烧,得到层状含锂金属氧化物的步骤中,锂盐和其他阳离子的盐加入过量。

可选地,所述煅烧过程的煅烧时间为 17h-28h。

在煅烧过程中，锂元素与其他阳离子元素能够更快更均匀地融入前驱体材料的晶格中，从而发挥各掺杂元素的掺杂作用。上述 17h-28h 中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 17h、18h、19h、20h、21h、22h、25h、27h、28h 等。

可选地，所述煅烧过程的煅烧程序为：以 3℃min^{-1}-5℃min^{-1} 的升温速率，从室温升至 400℃-500℃，预煅烧 5h-8h，再升温至 700℃-900℃，煅烧 12h-20h。

也即，煅烧程序中，升温速率可以是 3℃min^{-1}、4℃min^{-1}、5℃min^{-1}，在室温下，以一定升温速率升温至 400℃、450℃或 500℃，预煅烧 5h、6h、7h 或 8h，再升温至 700℃、800℃或 900℃，煅烧 12h、13h、14h、15h、16h、18h、19h 或 20h。

可选地，所述金属盐包括过渡金属盐；

和/或，所述沉淀剂包括草酸盐和碳酸盐中的至少一种。

本申请中对金属盐不作限定，例如可以是过渡金属盐，例如，包括镍盐、钴盐和锰盐中的至少一种。可以理解的是，镍盐选自硫酸镍、氯化镍、硝酸镍和乙酸镍中的一种或几种。锰盐选自硫酸锰、氯化锰、硝酸锰和乙酸锰中的一种或几种。钴盐选自硫酸钴、氯化钴、硝酸钴和乙酸钴中的一种或几种。

沉淀剂可以是草酸盐和碳酸盐中的至少一种，可以理解的是，草酸盐选自草酸钠、草酸氢钠、草酸钾、草酸氢钾、草酸铵和草酸氢铵中的一种或几种。碳酸盐选自碳酸钠、碳酸氢钠、碳酸钾、碳酸氢钾、碳酸铵和碳酸氢铵中的一种或几种。

本申请提供一种阴极极片，所述阴极极片包括集流体及设置在所述集流体上的涂层，所述涂层包括如上述的正极材料，或，所述涂层包括如所述的正极材料的制备方法制得的正极材料。

由于正极材料中的其他阳离子大于锂离子半径，可以在层状材料中起到支撑作用，增强混排能垒，减轻层状阴极中金属离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能，同时正极材料中的其他阳离子同样可以嵌入到负极材料中，其中离子半径较大的其他阳离子在石墨中起到支撑作用，从而降低离子半径较小的离子在嵌入/脱出过程中引起石墨的膨胀/收缩，有利于提高 SEI 膜稳定性，降低活性锂消耗，提高循环性能。因此包括上述正极材料的阴极极片具有高循环性能。

可选地，所述阴极极片的压实密度 Pd 满足如下关系：Pd=S*K ，其中，S 为所述涂层中所述正极材料占整体正极活性材料的质量比，K 为系数，0＜S≤100%，0＜K＜100。

S越大，阴极极片的层级能垒越强，结构稳定性越高，抗压性越强，阴极极片可以实现更高的压密上限。

也即，压实密度和S成正比例关系，压实密度越大，则需要的正极材料的掺入量越多，压实密度越大说明材料间隙变小，为了扩展间隙，所以需要更多的比锂半径大的其他阳离子来支撑材料层。

可选地，所述 S 和所述 K 分别满足关系：10%＜S≤90%，0＜K＜10。

由于正极材料中的部分锂位被其他阳离子替换，若是整体正极活性材料中全部采用该正极材料，则会存在锂降低的问题，会导致能量密度降低的问题，为此，涂层中正极材料占整体正极活性材料的质量比为 10%＜S≤90% ，如此，使得整体正极活性材料中还包括其他活性材料，例如，其他三元材料，该三元材料中的锂位未被其他元素替换，以提高锂的容量，从而改善电池的能量密度。

可选地，所述涂层中整体正极活性材料占所述涂层总质量的 85%-99%。

涂层中整体正极活性材料占涂层总质量的 85%-99%，上述 85%-99%中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 85%、86%、87%、88%、89%、90%、91%、92%、93%、94%、95%、96%、97%、99%等。

可选地，所述阴极极片的压实密度范围值为 2.0g/cm^3-4.5g/cm^3。

随着压实密度的上升，活性层的体积密度会上升，孔隙率会下降，比表面积上升，接触电阻下降，电极电解液界面膜 SEI 阻抗会降低，电荷交换阻抗下降。较低的压实密度反而会造成放电比容量低的问题，这主要是较高的孔隙率造成部分颗粒形成绝缘状态，无法参与充放电，而高压实密度的电极有更高的断裂强度，从而降低在循环过程中电极颗粒脱落，形成绝缘状态颗粒的风险。高的压实密度可以明显使电极的孔径和孔隙的分布更加均匀，导电剂和粘结剂分布更加均匀，降低电极的接触电阻和电荷交换阻抗，增大能够参与反应的活性面积，从而显著地提高材料的电化学性能。

因此，阴极极片中需要有合适的压实密度。本申请中，阴极极片的压实密度范围值为 2.0g/cm^3-4.5g/cm^3。当阴极极片的压密低于 2.0g/cm^3 时，颗粒接触性差，传输阻抗差，寿命衰减快，寿命改善失效。当阴极极片的压密高于 4.5g/cm^3 时，层间孔隙小，大半径离子无法脱出，部分大离子不能脱出并嵌入石墨层，降低膨胀，导致寿命改善部分失效。

在阴极极片中，阴极极片的压实密度的范围值为 2.0g/cm^3-4.5g/cm^3，将压实密度设置在该范围内，减轻压实密度过低的问题，同时，也减轻压实密度过高，材料之间的间隙变小，部分大离子不能脱出并

嵌入石墨层，降低膨胀，导致寿命改善部分失效的问题。

可选地，所述阴极极片的压实密度范围值为 2.8g/cm^3-3.5g/cm^3。

阴极极片的压实密度的范围值为 2.8g/cm^3-3.5g/cm^3，上述 2.8g/cm^3-3.5g/cm^3 中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 2.8g/cm^3、2.9g/cm^3、3.0g/cm^3、3.1g/cm^3、3.2g/cm^3、3.3g/cm^3、3.4g/cm^3、3.5g/cm^3 等。

本申请还提供一种电极组件，所述电极组件包括阳极极片、隔膜以及上述的阴极极片。

可选地，所述阳极极片的负极材料包括石墨、硬碳和软碳中的至少一种。

可以理解的是，阳极极片的负极材料包括石墨、硬碳和软碳中的至少一种。

本申请还提供一种电池，包括上述的电极组件。

本申请还提供用电设备，所述用电设备包括上述的电池。

本申请的正极材料，所述正极材料包括层状含锂金属氧化物，所述层状含锂金属氧化物中包括比锂离子半径大的其他阳离子，正极材料中的其他阳离子的半径大于锂离子半径，可以在层状材料起到支撑作用，增强混排能垒，减轻层状阴极中金属离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能，同时正极材料中的其他阳离子同样可以嵌入到负极材料中，其中离子半径较大的其他阳离子在石墨中起到支撑作用，从而降低离子半径较小的离子在嵌入/脱出过程中引起石墨的膨胀/收缩，有利于提高 SEI 膜稳定性，降低活性锂消耗，提高循环性能。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，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，还可以根据这些附图示出的结构获得其他的附图。

图1是本申请一种正极材料的制备方法流程示意图；

图2是本申请一实施方式的电池单体的示意图；

图3是图2所示的本申请一实施方式的电池单体的分解图；

图4是本申请一实施方式的电池模块的示意图；

图5是本申请一实施方式的电池包的示意图；

图6是图2所示的本申请一实施方式的电池包的分解图；

图7是本申请一实施方式的电极组件用作电源的用电装置的示意图。

附图标号说明：

标号	名称	标号	名称
1	电池包	51	壳体
2	上箱体	52	电极组件
3	下箱体	53	盖板
4	电池模块	6	用电装置
5	电池单体		

本申请目的的实现、功能特点及优点将结合实施例，参照附图做进一步说明。

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电解液、电极组件、电池模块、电池包和用电装置的实施方式。但是会有省略不必要的详细说明的情况。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。

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，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≥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。

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。

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，方法包括步骤(a)和(b)，表示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，提到方法还可包括步骤(c)，表示步骤(c)可以任意顺序加入到方法，例如，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(c)、(a)和(b)等。

层状正极材料中由于存在锂元素与金属元素的混排，导致材料的整体寿命都较差，例如，镍含量的增多造成更多锂镍混排，降低电池循环寿命。

为了提高电池的循环寿命，本申请提供一种正极材料，正极材料包括层状含锂金属氧化物，层状含锂金属氧化物中包括比锂离子半径大的其他阳离子。

层状含锂金属氧化物，指含锂的盐中包括有金属元素，例如，锰酸锂、钴酸锂、镍钴锰酸锂等材料。

层状含锂金属氧化物中包括比锂离子半径大的其他阳离子，指的是层状含锂金属氧化物中不仅包括锂离子还包括比锂离子半径大的其他阳离子。

正极材料中的其他阳离子大于锂离子半径，可以在层状材料中起到支撑作用，增强混排能垒，减轻层状阴极中金属离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能，同时正极材料中的其他阳离子同样可以嵌入到负极材料中，其中离子半径较大的其他阳离子在石墨中起到支撑作用，从而降低离子半径较小的离子在嵌入/脱出过程中引起石墨的膨胀/收缩，有利于提高 SEI 膜稳定性，降低活性锂消耗，提高循环性能。

可以理解的是，大于锂离子半径的其他阳离子只是在首次充放电过程中嵌入负极石墨层中，形成永久的支撑石墨层状结构的作用，也即，半径大于锂离子的其他阳离子在正负极材料中起到支撑层状结构的作用，以方便锂离子的嵌入和脱出。

可以理解的是，比锂离子半径大的其他阳离子在层状含锂金属氧化物结构中的位置可以是替换掉部分除锂离子以外的其他离子的位置（例如，在一实施例中，层状含锂金属氧化物为镍钴锰基三元材料，其他阳离子可以替换例如部分的锰位），也可以是替换掉部分锂离子的位置，具体不作限定，本领域技术人员可根据实际需求进行选择。

进一步地，层状含锂金属氧化物包括层状含锂过渡金属氧化物；和/或，其他阳离子的离子半径大于 76Pm。

进一步地，其他阳离子的离子半径大于 84Pm，小于 100Pm。

层状含锂金属氧化物包括层状含锂过渡金属氧化物，层状含锂过渡金属氧化物中的过渡金属相比其他金属，更易与锂发生混排，采用在层状含锂过渡金属氧化物中包括比锂离子半径大的其他阳离子，可有效提高层状结构稳定性。

锂离子半径为76Pm，大于76Pm的阳离子能有效在层状材料中形成支撑作用，提升层状结构稳定性进而提高循环性能。

进一步地，其他阳离子的离子半径大于 84Pm，小于 100Pm，其他阳离子的离子半径在 84Pm-100Pm 范围，以保证其他阳离子有效嵌入层状结构中，可以在层状材料起到支撑作用，增强混排能垒，减轻层状阴极中金属离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能。

进一步地，定义层状含锂金属氧化物结构中，锂离子所在的位置为锂位，其他阳离子在层状含锂金属氧化物结构中占据至少部分锂位。

在层状含锂金属氧化物结构中，各元素有各自的排列位置，定义层状含锂金属氧化物结构中，锂离子所在的位置为锂位，其他阳离子在层状含锂金属氧化物结构中占据至少部分锂位。为了减少锂离子与金属离子的混排，将层状正极材料的部分锂位替换成离子半径更大的其他阳离子，并且其他阳离子半径大，占据锂位稳定，难以进一步出现混排的现象，如此，提高层状结构的稳定性。

进一步地，其他阳离子元素包括除锂元素以外的碱金属元素、碱土金属元素、非金属元素中的至少一种。

本申请中对其他阳离子的种类不作限定，其他阳离子元素包括除锂元素以外的碱金属元素、碱土金属元素、非金属元素中的至少一种。可以理解的是，理论上比锂离子半径大都可以，优选的为金属离子。

进一步地，碱金属元素包括 Na、K、Rb、Cs 中的至少一种；碱土金属元素包括 Ca，Sr 中的至少一种；非金属元素包括 Se。

可以理解的是碱金属元素包括 Na、K、Rb、Cs 中的至少一种；碱土金属元素包括 Ca，Sr 中的至少一种；非金属元素包括 Se。

进一步地，层状含锂金属氧化物的通式为 $Li_xY_{(2-x)}Ni_aCo_bMn_cM_{(1-a-b-c)}O_2$，Y 代表其他阳离子，M 包

括 Mg、Zr、Al、B、Ta、Mo、W、Nb、Sb、La 中的至少一种；其中，$0.3\leqslant a<1.0$，$0<b<0.5$，$0\leqslant c\leqslant 0.2$，$a+b+c\leqslant 1$，$0<x<2$。

层状正极材料的需求和设计使用由最早的低镍材料到如今的高镍材料,高镍材料的整体寿命都较差，一方面，镍含量的增多势必造成更多锂镍混排降低电池循环寿命，锂镍混排，指二价镍离子本身体积与锂离子近似，在放电时锂离子大量脱出的时候，受到外界因素作用，占据锂离子晶格中位置的现象。离子的错位，带来晶格类型的改变，其嵌锂能力也随之改变。在充放电过程中，正极材料表面脱嵌锂的压力最大，速度最快，因此表面常常因为这种阳离子混排带来表面晶格的变化，这个现象又被叫做表面重构。Ni含量越高,三价不稳定镍离子还原成二价镍离子的概率就越高,则发生阳离子混排的机会就越多，降低电池循环寿命越严重。

本申请中采用含镍的正极材料，来提高能量密度，同时，基于正极材料中含有比锂离子半径大的其他阳离子，能有效减轻层状阴极中镍离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能。

进一步地，a 和 b 分别满足关系：$0.6\leqslant a<1.0$，$0.3<b<0.5$。

通式$Li_xY_{(2-x)}Ni_aCo_bMn_cM_{(1-a-b-c)}O_2$中，$0<x<2$，在$x>1$的情况下，说明正极材料可以是富锂的材料，例如富锂锰基类。

通式中$Li_xY_{(2-x)}Ni_aCo_bMn_cM_{(1-a-b-c)}O_2$，$0.6\leqslant a<1.0$，$0.3<b<0.5$，说明正极材料为高镍材料，在能有效减轻层状阴极中镍离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能的情况下，采用高镍材料，能有效提高能量密度。

进一步地，$0<x<1$。

$0<x<1$，正极材料可以是三元材料，三元材料中的过渡金属相比其他金属，更易与锂发生混排，此时$0<x<1$，说明通式$Li_xY_{(2-x)}Ni_aCo_bMn_cM_{(1-a-b-c)}O_2$中，Y代表的其他阳离子含量提高，其他阳离子含量提高有利于增大混排能垒，减轻层状阴极中过渡金属离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能。

进一步地，本申请提供一种正极材料的制备方法，包括以下步骤：将金属盐加入溶剂中，搅拌，得到金属盐溶液；向金属盐溶液中加入沉淀剂，得到前驱体；将前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合，煅烧，得到层状含锂金属氧化物；其中，其他阳离子的盐中的其他阳离子的半径大于锂离子半径。

如图 1 所示，为本申请一种正极材料的制备方法流程示意图，将金属盐加入溶剂中，搅拌，得到金属盐溶液；向金属盐溶液中加入沉淀剂，得到前驱体；将前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合，煅烧，得到层状含锂金属氧化物；其中，其他阳离子的盐中的其他阳离子的半径大于锂离子半径。

采用沉淀剂将金属盐沉淀，得到前驱体，并将前驱体与锂盐和其他阳离子的盐混合，并磨碎，煅烧，得到层状含锂金属氧化物，其中，其他阳离子的盐中的其他阳离子的半径大于锂离子半径。

可以理解的是，在将前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合煅烧的过程中，可以在煅烧前先将混合组分磨碎，其中磨碎的方式不作限定，可以是碾磨、研磨、球磨等。磨碎步骤可以使得制备得到的正极材料结构均一，性能稳定。

正极材料中的其他阳离子大于锂离子半径，可以在层状材料中起到支撑作用，增强混排能垒，减轻层状阴极中金属离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能，同时正极材料中的其他阳离子同样可以嵌入到负极材料中，其中离子半径较大的其他阳离子在石墨中起到支撑作用，从而降低离子半径较小的离子在嵌入/脱出过程中引起石墨的膨胀/收缩，有利于提高 SEI 膜稳定性，降低活性锂消耗，提高循环性能。

可以理解的是，锂盐选自硫酸锂、氯化锂、硝酸锂、乙酸锂、碳酸锂和氢氧化锂中的一种或几种。

可以理解的是，将金属盐加入溶剂中，该溶剂包括水。

进一步地，其他阳离子的半径大于 76Pm。

锂离子半径为76Pm，大于76Pm的阳离子能有效在层状材料中形成支撑作用，提升层状结构稳定性进而提高循环性能。

进一步地，定义层状含锂金属氧化物结构中，锂离子所在的位置为锂位，其他阳离子在层状含锂金属氧化物结构中占据至少部分锂位。

在层状含锂金属氧化物结构中，各元素有各自的排列位置，定义层状含锂金属氧化物结构中，锂离子所在的位置为锂位，其他阳离子在层状含锂金属氧化物结构中占据至少部分锂位。为了减少锂离子与金属离子的混排，将层状正极材料的部分锂位替换成离子半径更大的其他阳离子，并且其他阳离子半径大，占据锂位稳定，难以进一步出现混排的现象，如此，提高层状结构的稳定性。

进一步地，层状含锂金属氧化物的通式为$Li_xY_{(2-x)}Ni_aCo_bMn_cM_{(1-a-b-c)}O_2$，Y 代表其他阳离子，M 包括 Mg、Zr、Al、B、Ta、Mo、W、Nb、Sb、La 中的至少一种；其中，$0.3\leqslant a<1.0$，$0<b<0.5$，$0\leqslant c\leqslant 0.2$，

$a+b+c\leqslant 1$，$0<x<2$。

本申请中采用含镍的正极材料，来提高能量密度，同时，基于正极材料中含有比锂离子半径大的其他阳离子，能有效减轻层状阴极中镍离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能。

进一步地，其他阳离子的盐的种类包括碱金属盐、碱土金属盐、非金属盐中的至少一种。

本申请中对其他阳离子的盐的种类不作限定，其他阳离子的盐的种类包括碱金属盐、碱土金属盐、非金属盐中的至少一种。可以理解的是，理论上其他阳离子比锂离子半径大的元素都可以，优选的为金属离子。

进一步地，在向金属盐溶液中加入沉淀剂，得到前驱体的步骤中，包括以下步骤：向金属盐溶液中加入沉淀剂，反应 3h-20h，陈化 2h-12h，得到前驱体。

可以理解的是，反应3h-20h，该反应时间是用于生成一次颗粒的反应时间，由于反应过程存在颗粒破碎，陈化2h-12h可以帮助一次颗粒晶格修复及生长。

上述 3h-20h 中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 3h、5h、8h、10h、14h、16h、18h、20h 等。

上述2h-12h中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及2h、3h、5h、8h、10h、12h等。

进一步地，在向金属盐溶液中加入沉淀剂，得到前驱体的步骤中，还包括以下步骤：向金属盐溶液中加入沉淀剂，反应3h-20h，陈化2h-12h，对产物进行洗涤、烘干，得到前驱体。

在制备前驱体过程中通过清洗步骤去除杂质，减轻最终制备得到的正极材料中存在杂质的问题，改善电池的性能。可以理解的是，烘干温度为 100℃-140℃，干燥时间为 12h-24h，例如，产物用去离子水洗涤 3 次，在鼓风干燥机烘干后置于 100℃下真空干燥 12 h ，收集干燥后的固体即为前驱体。

进一步地，在将前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合，煅烧，得到层状含锂金属氧化物的步骤中，定义前驱体、锂盐和其他阳离子的盐的摩尔比为 P:Q:R，则满足（Q+R）/P≥1.07。

过量的锂盐和其他阳离子的盐是为了弥补锂和其他阳离子在高温煅烧中的损失，因此，在将前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合，煅烧，得到层状含锂金属氧化物的步骤中，锂盐和其他阳离子的盐加入过量，也即，定义前驱体、锂盐和其他阳离子的盐的摩尔比为 P:Q:R，则满足（Q+R）/P≥1.07。

进一步地，煅烧过程的煅烧时间为 17h-28h。

在煅烧过程中，锂元素与其他阳离子元素能够更快更均匀地融入前驱体材料的晶格中，从而发挥各掺杂元素的掺杂作用。上述 17h-28h 中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 17h、18h、19h、20h、21h、22h、25h、27h、28h 等。

进一步地，煅烧过程的煅烧程序为：以 $3^{\circ}Cmin^{-1}$-$5^{\circ}Cmin^{-1}$ 的升温速率，从室温升至 400℃-500℃，预煅烧 5h-8h，再升温至 700℃-900℃，煅烧 12 h-20 h。

也即，煅烧程序中，升温速率可以是 $3^{\circ}Cmin^{-1}$、$4^{\circ}Cmin^{-1}$、$5^{\circ}Cmin^{-1}$，在室温下，以一定升温速率升温至 400℃、450℃或 500℃，预煅烧 5h、6h、7h 或 8h，再升温至 700℃、800℃或 900℃，煅烧 12h、13h、14h、15h、16h、18h、19h 或 20h。

进一步地，金属盐包括过渡金属盐；和/或，沉淀剂包括草酸盐和碳酸盐中的至少一种。

本申请中对金属盐不作限定，例如可以是过渡金属盐，例如镍盐、钴盐和锰盐中的至少一种。可以理解的是，镍盐选自硫酸镍、氯化镍、硝酸镍和乙酸镍中的一种或几种。锰盐选自硫酸锰、氯化锰、硝酸锰和乙酸锰中的一种或几种。钴盐选自硫酸钴、氯化钴、硝酸钴和乙酸钴中的一种或几种。

沉淀剂可以是草酸盐和碳酸盐中的至少一种，可以理解的是，草酸盐选自草酸钠、草酸氢钠、草酸钾、草酸氢钾、草酸铵和草酸氢铵中的一种或几种。碳酸盐选自碳酸钠、碳酸氢钠、碳酸钾、碳酸氢钾、碳酸铵和碳酸氢铵中的一种或几种。

进一步地，本申请提供一种阴极极片，阴极极片包括集流体及设置在集流体上的涂层，涂层包括如上述的正极材料，或，涂层包括如上述的正极材料的制备方法制得的正极材料。

由于正极材料采用了上述所有实施例的全部技术方案，因此至少具有上述实施例的技术方案所带来的所有有益效果，在此不再一一赘述。

由于正极材料中的其他阳离子大于锂离子半径，可以在层状材料中起到支撑作用，增强混排能垒，减轻层状阴极中金属离子与锂离子混排加剧的问题，提升层状结构稳定性进而提高循环性能，同时正极材料中的其他阳离子同样可以嵌入到负极材料中，其中离子半径较大的其他阳离子在石墨中起到支撑作用，从而降低离子半径较小的离子在嵌入/脱出过程中引起石墨的膨胀/收缩，有利于提高 SEI 膜稳定性，降低活性锂消耗，提高循环性能。因此包括上述正极材料的阴极极片具有高循环性能。

进一步地，阴极极片的压实密度 Pd 满足如下关系：Pd=S*K，其中，S 为涂层中正极材料占整体正极活性材料的质量比，K 为系数，0＜S≤100%，0＜K＜100。

阴极极片的压实密度Pd满足如下关系：Pd=S*K，其中，S为涂层中正极材料占整体正极活性材料的质量比，K为系数，0＜S≤100%，0＜K＜100。

S越大，阴极极片的层级能垒越强，结构稳定性越高，抗压性越强，阴极极片可以实现更高的压密上限。

也即，压实密度和S成正比例关系，压实密度越大，则需要的正极材料的掺入量越多，压实密度越大说明材料间隙变小，为了扩展间隙，所以需要更多的比锂半径大的其他阳离子来支撑材料层。

上述 0＜S≤100%中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 0.5%、1%、5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90%、95%、100%等。

上述 0＜K＜100 中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 0.5、1、5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、99 等。

进一步地，S 和 K 分别满足关系：10%＜S≤90%，0＜K＜10。

由于正极材料中的部分锂位被其他阳离子替换，若是整体正极活性材料中全部采用该正极材料，则会存在锂降低的问题，会导致能量密度降低的问题，为此，涂层中正极材料占整体正极活性材料的质量比为 10%＜S≤90%，如此，使得整体正极活性材料中还包括其他活性材料，例如，其他三元材料，该三元材料中的锂位未被其他元素替换，以提高锂的容量，从而改善电池的能量密度。

当正极材料占整体正极活性材料的质量比满足 10%＜S≤90%，即掺杂量＞10%，正极材料中的大半径离子量足够量，足以支撑正极材料层间，过盈的离子可以脱出嵌入石墨降低膨胀。

上述 10%＜S≤90%中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 11%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90%等。

上述0＜K＜10中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 0.5、1、2、3、4、5、6、7、8、9 等。

进一步地，涂层中整体正极活性材料占涂层总质量的 85%-99%。

涂层中整体正极活性材料占涂层总质量的 85%-99%，上述 85%-99%中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 85%、86%、87%、88%、89%、90%、91%、92%、93%、94%、95%、96%、97%、99%等。

进一步地，阴极极片的压实密度范围值为 2.0g/cm^3-4.5g/cm^3。

阴极极片，阴极极片包括集流体及设置在集流体上的正极材料。

压实密度，压实密度=面密度/(极片碾压后的厚度-集流体厚度)，单位：g/cm^3。

随着压实密度的上升，活性层的体积密度会上升，孔隙率会下降，比表面积上升，接触电阻下降，电极电解液界面膜 SEI 阻抗会降低，电荷交换阻抗下降。较低的压实密度反而会造成放电比容量低的问题，这主要是较高的孔隙率造成部分颗粒形成绝缘状态，无法参与充放电，而高压实密度的电极有更高的断裂强度，从而降低在循环过程中电极颗粒脱落，形成绝缘状态颗粒的风险。高的压实密度可以明显使电极的孔径和孔隙的分布更加均匀，导电剂和粘结剂分布更加均匀，降低电极的接触电阻和电荷交换阻抗，增大能够参与反应的活性面积，从而显著地提高材料的电化学性能。

因此，阴极极片中需要有合适的压实密度。本申请中，阴极极片的压实密度范围值为 2.0g/cm^3-4.5g/cm^3。当阴极极片的压密低于 2.0g/cm^3 时，颗粒接触性差，传输阻抗差，寿命衰减快，寿命改善失效。当阴极极片的压密高于 4.5g/cm^3 时，层间孔隙小，大半径离子无法脱出，部分大离子不能脱出并嵌入石墨层，降低膨胀，导致寿命改善部分失效。

在阴极极片中，阴极极片的压实密度的范围值为 2.0g/cm^3-4.5 g/cm^3，将压实密度设置在该范围内，减轻压实密度过低的问题，同时，也减轻压实密度过高，材料之间的间隙变小，部分大离子不能脱出并嵌入石墨层，降低膨胀，导致寿命改善部分失效的问题。

可以理解的是，阴极极片的压实密度的范围值为 2.0g/cm^3-4.5g/cm^3，上述 2.0g/cm^3-4.5g/cm^3 中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 2.0g/cm^3、2.2g/cm^3、2.4g/cm^3、2.8g/cm^3、2.9g/cm^3、3.0g/cm^3、3.1g/cm^3、3.2g/cm^3、3.3g/cm^3、3.4g/cm^3、3.5g/cm^3、3.6g/cm^3、3.7g/cm^3、3.8g/cm^3、3.9g/cm^3、4.0 g/cm^3、4.2g/cm^3、4.4g/cm^3、4.5g/cm^3 等。

进一步地，阴极极片的压实密度范围值为优选压密为 2.8g/cm^3-3.5g/cm^3。

阴极极片的压实密度的范围值为 2.8g/cm^3-3.5g/cm^3，上述 2.8g/cm^3-3.5g/cm^3 中，取值包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值，具体示例包括但不限于实施例中的点值以及 2.8g/cm^3、2.9g/cm^3、3.0g/cm^3、3.1g/cm^3、3.2g/cm^3、3.3g/cm^3、3.4g/cm^3、3.5g/cm^3 等。

进一步地，本申请还提供一种电极组件，电极组件包括阳极极片、隔膜以及上述的阴极极片。

由于阴极极片采用了上述所有实施例的全部技术方案，因此至少具有上述实施例的技术方案所带来的所有有益效果，在此不再一一赘述。

进一步地，阳极极片的负极材料包括石墨、硬碳和软碳中的至少一种。

可以理解的是，阳极极片的负极材料包括石墨、硬碳和软碳中的至少一种。

进一步地，本申请还提供一种电池，包括上述的电极组件。

由于电极组件采用了上述所有实施例的全部技术方案，因此至少具有上述实施例的技术方案所带来的所有有益效果，在此不再一一赘述。

进一步地，本申请还提供一种用电设备，用电设备包括上述的电池。

由于电池采用了上述所有实施例的全部技术方案，因此至少具有上述实施例的技术方案所带来的所有有益效果，在此不再一一赘述。

另外，以下适当参照附图对本申请的电极组件、电池（电池包括电池模块和电池包）和用电装置进行说明。

本申请的一个实施方式中，提供一种电极组件。

通常情况下，电极组件包括阴极极片、阳极极片、电解质和隔膜。在电池充放电过程中，活性离子在阴极极片和阳极极片之间往返嵌入和脱出。电解质在阴极极片和阳极极片之间起到传导离子的作用。隔膜设置在阴极极片和阳极极片之间，主要起到降低正负极发生短路的风险，同时可以使离子通过。隔膜为本申请上述提高的隔膜。

阴极极片包括正极集流体以及设置在正极集流体至少一个表面的正极膜层。

作为示例，正极集流体具有在其自身厚度方向相对的两个表面，正极膜层设置在正极集流体相对的两个表面的其中任意一者或两者上。

在一些实施方式中，正极集流体可采用金属箔片或复合集流体。例如，作为金属箔片，可采用铝箔。复合集流体可包括高分子材料基层和形成于高分子材料基层至少一个表面上的金属层。复合集流体可通过将金属材料（铝、铝合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银及银合金等）形成在高分子材料基材（如聚丙烯（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）、聚乙烯（PE）等的基材）上而形成。

在一些实施方式中，当电极组件为锂离子电池时，正极活性材料可采用本领域公知的用于锂离子电池的正极活性材料。作为示例，正极活性材料可包括以下材料中的至少一种：橄榄石结构的含锂磷酸盐、锂过渡金属氧化物及其各自的改性化合物。但本申请并不限定于这些材料，还可以使用其他可被用作电池正极活性材料的传统材料。这些正极活性材料可以仅单独使用一种，也可以将两种以上组合使用。其中，锂过渡金属氧化物的示例可包括但不限于锂钴氧化物（如 $LiCoO_2$）、锂镍氧化物（如 $LiNiO_2$）、锂锰氧化物（如 $LiMnO_2$、$LiMn_2O_4$）、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（如 $LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$（也可以简称为 NCM_{333}）、$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$（也可以简称为 NCM_{523}）、$LiNi_{0.5}Co_{0.25}Mn_{0.25}O_2$（也可以简称为 NCM_{211}）、$LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$（也可以简称为 NCM_{622}）、$LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$（也可以简称为 NCM_{811}）、锂镍钴铝氧化物（如 $LiNi_{0.85}Co_{0.15}Al_{0.05}O_2$）及其改性化合物等中的至少一种。橄榄石结构的含锂磷酸盐的示例可包括但不限于磷酸铁锂（如 $LiFePO_4$（也可以简称为 LFP））、磷酸铁锂与碳的复合材料、磷酸锰锂（如 $LiMnPO_4$）、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中的至少一种。

电池在充放电过程中会伴随 Li 的脱嵌及消耗，电池在放电到不同状态时 Li 的摩尔含量不同。本申请中关于正极材料的列举中，Li 的摩尔含量为材料初始状态，即投料前状态，正极材料应用于电池体系中，经过充放电循环，Li 的摩尔含量会发生变化。

本申请中关于正极材料的列举中，O 的摩尔含量仅为理论状态值，晶格释氧会导致氧的摩尔含量发生变化，实际 O 的摩尔含量会出现浮动。

在一些实施方式中，正极膜层还可选地包括粘结剂。作为示例，粘结剂可以包括聚偏氟乙烯（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-六氟丙烯共聚物及含氟丙烯酸酯树脂中的至少一种。

在一些实施方式中，正极膜层还可选地包括导电剂。作为示例，导电剂可以包括超导碳、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯及碳纳米纤维中的至少一种。

在一些实施方式中，可以通过以下方式制备阴极极片：将上述用于制备阴极极片的组分，例如正极

活性材料、导电剂、粘结剂和任意其他的组分分散于溶剂（例如N-甲基吡咯烷酮）中，形成正极浆料；将正极浆料涂覆在正极集流体上，经烘干、冷压等工序后，即可得到阴极极片。

阳极极片包括负极集流体以及设置在负极集流体至少一个表面上的负极膜层，负极膜层包括负极活性材料。

作为示例，负极集流体具有在其自身厚度方向相对的两个表面，负极膜层设置在负极集流体相对的两个表面中的任意一者或两者上。

在一些实施方式中，负极集流体可采用金属箔片或复合集流体。例如，作为金属箔片，可以采用铜箔。复合集流体可包括高分子材料基层和形成于高分子材料基材至少一个表面上的金属层。复合集流体可通过将金属材料（铜、铜合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银及银合金等）形成在高分子材料基材（如聚丙烯（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）、聚乙烯（PE）等的基材）上而形成。

在一些实施方式中，负极活性材料可采用本领域公知的用于电池的负极活性材料。作为示例，负极活性材料可包括以下材料中的至少一种：人造石墨、天然石墨、软炭、硬炭、硅基材料、锡基材料和钛酸锂等。硅基材料可选自单质硅、硅氧化合物、硅碳复合物、硅氮复合物以及硅合金中的至少一种。锡基材料可选自单质锡、锡氧化合物以及锡合金中的至少一种。但本申请并不限定于这些材料，还可以使用其他可被用作电池负极活性材料的传统材料。这些负极活性材料可以仅单独使用一种，也可以将两种以上组合使用。

在一些实施方式中，负极膜层还可选地包括粘结剂。粘结剂可选自丁苯橡胶（SBR）、聚丙烯酸（PAA）、聚丙烯酸钠（PAAS）、聚丙烯酰胺（PAM）、聚乙烯醇（PVA）、海藻酸钠（SA）、聚甲基丙烯酸（PMAA）及羧甲基壳聚糖（CMCS）中的至少一种。

在一些实施方式中，负极膜层还可选地包括导电剂。导电剂可选自超导碳、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯及碳纳米纤维中的至少一种。

在一些实施方式中，负极膜层还可选地包括其他助剂，例如增稠剂（如羧甲基纤维素钠（CMC-Na））等。

在一些实施方式中，可以通过以下方式制备阳极极片：将上述用于制备阳极极片的组分，例如负极活性材料、导电剂、粘结剂和任意其他组分分散于溶剂（例如去离子水）中，形成负极浆料；将负极浆料涂覆在负极集流体上，经烘干、冷压等工序后，即可得到阳极极片。

电解质在阴极极片和阳极极片之间起到传导离子的作用。本申请对电解质的种类没有具体的限制，可根据需求进行选择。

在一些实施方式中，电解质采用电解液。电解液包括电解质盐和溶剂。

在一些实施方式中，电解质盐可选自六氟磷酸锂、四氟硼酸锂、高氯酸锂、六氟砷酸锂、双氟磺酰亚胺锂、双三氟甲磺酰亚胺锂、三氟甲磺酸锂、二氟磷酸锂、二氟草酸硼酸锂、二草酸硼酸锂、二氟二草酸磷酸锂及四氟草酸磷酸锂中的至少一种。

在一些实施方式中，溶剂可选自碳酸亚乙酯、碳酸亚丙酯、碳酸甲乙酯、碳酸二乙酯、碳酸二甲酯、碳酸二丙酯、碳酸甲丙酯、碳酸乙丙酯、碳酸亚丁酯、氟代碳酸亚乙酯、甲酸甲酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸丙酯、丙酸甲酯、丙酸乙酯、丙酸丙酯、丁酸甲酯、丁酸乙酯、1,4-丁内酯、环丁砜、二甲砜、甲乙砜及二乙砜中的至少一种。

在一些实施方式中，电解液还可选地包括添加剂。例如添加剂可以包括负极成膜添加剂、正极成膜添加剂，还可以包括能够改善电池某些性能的添加剂，例如改善电池过充性能的添加剂、改善电池高温或低温性能的添加剂等。

在一些实施方式中，电极组件中还包括隔膜。本申请对隔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膜。

在一些实施方式中，隔膜的材质可选自玻璃纤维、无纺布、聚乙烯、聚丙烯及聚偏二氟乙烯中的至少一种。隔膜可以是单层薄膜，也可以是多层复合薄膜，没有特别限制。在隔膜为多层复合薄膜时，各层的材料可以相同或不同，没有特别限制。

在一些实施方式中，阴极极片、阳极极片和隔膜可通过卷绕工艺或叠片工艺制成电极组件。

在一些实施方式中，电极组件可包括外包装。该外包装可用于封装上述电极组件及电解质。

在一些实施方式中，电极组件的外包装可以是硬壳，例如硬塑料壳、铝壳、钢壳等。电极组件的外包装也可以是软包，例如袋式软包。软包的材质可以是塑料，作为塑料，可列举出聚丙烯、聚对苯二甲酸丁二醇酯以及聚丁二酸丁二醇酯等。

本申请对电极组件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。例如，图2是作为一个示例的方形结构的电池单体5。

在一些实施方式中，参照图 3，外包装可包括壳体 51 和盖板 53。其中，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 能够盖设于开口，以封闭容纳腔。阴极极片、阳极极片和隔膜可经卷绕工艺或叠片工艺形成电极组件 52。电极组件 52 封装于容纳腔内。电解液浸润于电极组件 52 中。电池单体 5 所含电极组件 52 的数量可以为一个或多个，本领域技术人员可根据具体实际需求进行选择。

在一些实施方式中，电极组件可以组装成电池模块，电池模块所含电极组件的数量可以为一个或多个，具体数量本领域技术人员可根据电池模块的应用和容量进行选择。

图 4 是作为一个示例的电池模块 4。参照图 4，在电池模块 4 中，多个电池单体 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电池单体 5 进行固定。

可选地，电池模块 4 还可以包括具有容纳空间的外壳，多个电池单体 5 容纳于该容纳空间。

在一些实施方式中，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为一个或多个，具体数量本领域技术人员可根据电池包的应用和容量进行选择。

图 5 和图 6 是作为一个示例的电池包 1。参照图 5 和图 6，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 能够盖设于下箱体 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。

另外，本申请还提供一种用电装置，用电装置包括本申请提供的电极组件、电池模块、或电池包中的至少一种。电极组件、电池模块、或电池包可以用作用电装置的电源，也可以用作用电装置的能量存储单元。用电装置可以包括移动设备（例如手机、笔记本电脑等）、电动车辆（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，但不限于此。

作为用电装置，可以根据其使用需求来选择电极组件、电池模块或电池包。

图 7 是作为一个示例的用电装置。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电极组件的高功率和高能量密度的需求，可以采用电池包或电池模块。

作为另一个示例的装置可以是手机、平板电脑、笔记本电脑等。该装置通常要求轻薄化，可以采用电极组件作为电源。

实施例

实施例 1

正极材料 $Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$ 制备：

首先按化学计量比（5：2：3）将乙酸镍、乙酸钴和乙酸锰加入到去离子水中，搅拌均匀。将碳酸钠溶液快速倒入过渡金属盐溶液中，继续反应不同 9h，然后静置陈化 4h，目的是让一次颗粒生长。用去离子水洗涤 3 次，在鼓风干燥机烘干后置于 100℃下真空干燥 12h，收集干燥后的固体即为前驱体。

将前驱体与碳酸锂、碳酸钠、碳酸钾、碳酸铯、碳酸铷按摩尔比 1：0.535：0.107：0.216：0.0535：0.1605 的比例混合均匀，研磨，过量的碳酸锂是为了弥补锂在高温煅烧中的损失。将充分研磨后的固体粉末转移至坩埚，置于程序升温的马弗炉中煅烧。煅烧程序为：从室温升到 500℃预煅烧 5h，再分别升到高温 800 ℃下煅烧 12h，升温速率为 3 ℃ min^{-1}，之后冷却至室温后收集 $Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$ 材料。

二次电池的阴极极片的制备：

将聚偏氟乙烯（PVDF）、正极材料、导电剂（炭黑 SuperP）按质量比 90:5:5 混合，以 N 甲基-吡咯烷酮（NMP）为溶剂，调节溶剂的加入量，使浆料粘度控制在 100-20000mPa.s，使用涂布机或喷涂机将该浆料涂布在阴极集流体上。在 85℃下烘干后进行冷压，阴极极片的压密设定为 2.9g/cm^3，然后切边、裁片、分条，再在 85℃真空条件下烘干 4 小时，焊接极耳，制成满足要求的二次电池阴极极片。

在实施例 1 的基础上，改变正极材料的种类、正极材料占活性物质的占比、阴极极片压实密度，得到实施例 2 至实施例 8，以及对比例 1，具体参数如表 1 所示。

电性能表征

循环性能测试：

循环次数测试条件为：在 25℃和 45℃下，将二次电池进行 1C/1C 循环测试，充放电电压范围 2.8~4.35V，容量衰减至首次放电比容量的 80%时停止测试。

表 1 实施例相关参数表

分类	正极材料	正极材料占活性物质的占比	阴极极片压实密度	25℃1C/1C 循环寿命@80%SOH	45℃1C/1C 循环寿命@80%SOH

			g/cm^3		
实施例1	$Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$	100%	2.9	3500	2000
实施例2	$Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.4}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$	100%	3.5	4000	2500
实施例3	$Li_{0.5}Na_{0.02}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Se_{0.02}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$	100%	3.5	2400	1250
实施例4	$Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$	100%	2.8	3200	1600
实施例5	$Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$	100%	3.5	3400	1850
实施例6	$Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$	100%	4.5	2200	1100
实施例7	$Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$、$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$	90%（$Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}$）、20%（$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$）	2.9	3000	1500
实施例8	$Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$、$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$	50%（$Li_{0.5}Na_{0.1}K_{0.2}Cs_{0.05}Rb_{0.15}Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}$）、50%（$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$）	2.9	2500	1250
对比例1	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$	100%	2.9	2000	1000

综上，半径较大的离子掺入正极材料中，限定其阴极压密为 2.0g/cm^3-4.5 g/cm^3，有利于大幅提升电池循环性能。一方面半径较大的离子掺起到稳定阴极层状结构作用，降低材质损失。另一方面，半径较大的离子通过含该离子盐的电解液嵌入石墨材料中，支撑石墨层状结构，减少活性锂损失，提高循环性能。

上仅为本申请的优选实施例，并非因此限制本申请的专利范围，凡是在本申请的申请构思下，利用本申请说明书及附图内容所作的等效结构变换，或直接/间接运用在其他相关的技术领域均包括在本申请的专利保护范围内。

权 利 要 求 书

1、一种正极材料，其中，所述正极材料包括层状含锂金属氧化物，所述层状含锂金属氧化物中包括比锂离子半径大的其他阳离子。

2、如权利要求1所述的正极材料，其中，所述层状含锂金属氧化物包括层状含锂过渡金属氧化物；和/或

所述其他阳离子的离子半径大于76Pm。

3、如权利要求1或2所述的正极材料，其中，所述其他阳离子的离子半径大于84Pm，小于100Pm。

4、如权利要求1至3中任一项所述的正极材料，其中，定义所述层状含锂金属氧化物结构中，所述锂离子所在的位置为锂位，所述其他阳离子在所述层状含锂金属氧化物结构中占据至少部分所述锂位。

5、如权利要求1至4中任一项所述的正极材料，其中，所述其他阳离子元素包括除锂元素以外的碱金属元素、碱土金属元素、非金属元素中的至少一种。

6、如权利要求5所述的正极材料，其中，所述碱金属元素包括Na、K、Rb、Cs中的至少一种；

所述碱土金属元素包括Ca，Sr中的至少一种；

所述非金属元素包括Se。

7、如权利要求1至6中任一项所述的正极材料，其中，所述层状含锂金属氧化物的通式为$Li_xY_{(2-x)}Ni_aCo_bMn_cM_{(1-a-b-c)}O_2$，Y代表所述其他阳离子，M包括Mg、Zr、Al、B、Ta、Mo、W、Nb、Sb、La中的至少一种；其中，$0.3\leqslant a<1.0$，$0<b<0.5$，$0\leqslant c\leqslant 0.2$，$a+b+c\leqslant 1$，$0<x<2$。

8、如权利要求7所述的正极材料，其中，$0.6\leqslant a<1.0$，$0.3<b<0.5$。

9、如权利要求7或8所述的正极材料，其中，$0<x<1$。

10、一种如权利要求1至9中任一项所述的正极材料的制备方法，其中，包括以下步骤：

将金属盐加入溶剂中，搅拌，得到金属盐溶液；

向所述金属盐溶液中加入沉淀剂，得到前驱体；

将所述前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合，煅烧，得到层状含锂金属氧化物；

其中，所述其他阳离子的盐中的其他阳离子的半径大于锂离子半径。

11、如权利要求10所述的正极材料的制备方法，其中，所述其他阳离子的盐的种类包括碱金属盐、碱土金属盐、非金属盐中的至少一种。

12、如权利要求10或11所述的正极材料的制备方法，其中，在向所述金属盐溶液中加入沉淀剂，得到前驱体的步骤中，包括以下步骤；

向所述金属盐溶液中加入沉淀剂，反应3h-20h，陈化2h-12h，得到前驱体。

13、如权利要求10至12中任一项所述的正极材料的制备方法，其中，在将所述前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合，煅烧，得到层状含锂金属氧化物的步骤中，定义所述前驱体、锂盐和其他阳离子的盐的摩尔比为P:Q:R，则满足（Q+R）/P≥1.07。

14、如权利要求10至13中任一项所述的正极材料的制备方法，其中，所述煅烧过程的煅烧时间为17h-28h。

15、如权利要求10至14中任一项所述的正极材料的制备方法，其中，所述煅烧过程的煅烧程序为：以$3^{\circ}Cmin^{-1}$-$5^{\circ}Cmin^{-1}$的升温速率，从室温升至400℃-500℃，预煅烧5h-8h，再升温至700℃-900℃，煅烧12h-20h。

16、如权利要求10至15中任一项所述的正极材料的制备方法，其中，所述金属盐包括过渡金属盐；

和/或，所述沉淀剂包括草酸盐和碳酸盐中的至少一种。

17、一种阴极极片，其中，所述阴极极片包括集流体及设置在所述集流体上的涂层，所述涂层包括如权利要求1至9中任一项所述的正极材料，或，所述涂层包括如权利要求10至16中任一项所述的正极材料的制备方法制得的正极材料。

18、如权利要求17所述的阴极极片，其中，所述阴极极片的压实密度Pd满足如下关系：Pd=S*K，其中，S为所述涂层中所述正极材料占整体正极活性材料的质量比，K为系数，$0<S\leqslant 100\%$，$0<K<100$。

19、如权利要求18所述的阴极极片，其中，$10\%<S\leqslant 90\%$，$0<K<10$。

20、如权利要求18或19所述的阴极极片，其中，所述涂层中整体正极活性材料占所述涂层总质量的85%-99%。

21、如权利要求18至20中任一项所述的阴极极片，其中，所述阴极极片的压实密度范围值为$2.0g/cm^3$-$4.5g/cm^3$。

22、如权利要求 18 至 21 中任一项所述的阴极极片，其中，所述阴极极片的压实密度范围值为 2.8g/cm^3-3.5g/cm^3。

23、一种电极组件，其中，所述电极组件包括阳极极片、隔膜以及权利要求 17 至 22 中任一项所述的阴极极片。

24、如权利要求 23 所述的电极组件，其中，所述阳极极片的负极材料包括石墨、硬碳和软碳中的至少一种。

25、一种电池，其中，包括如权利要求 23 或 24 所述的电极组件。

26、一种用电设备，其中，所述用电设备包括权利要求 25 所述的电池。

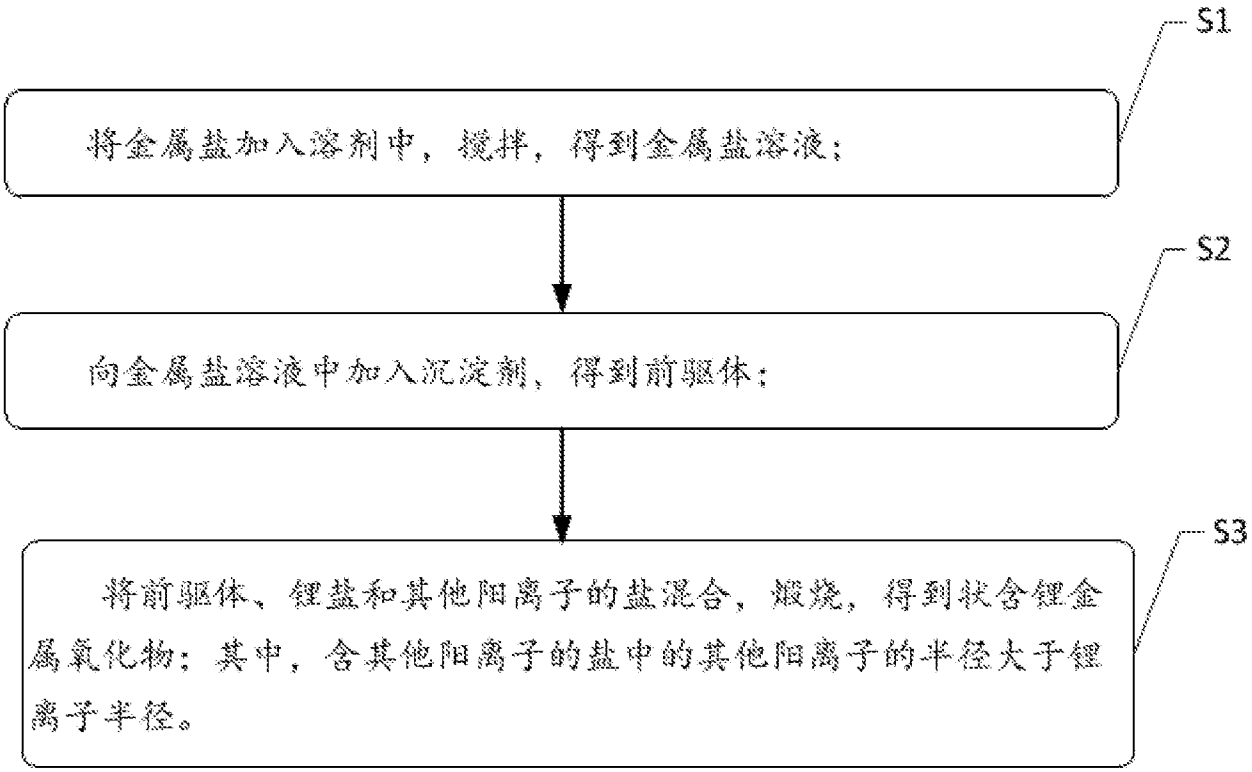

S1
将金属盐加入溶剂中，搅拌，得到金属盐溶液；
S2
向金属盐溶液中加入沉淀剂，得到前驱体；
S3
将前驱体、锂盐和其他阳离子的盐混合，煅烧，得到状含锂金属氧化物；其中，含其他阳离子的盐中的其他阳离子的半径大于锂离子半径。

图 1

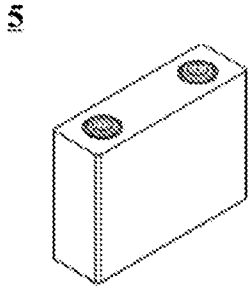

5

图 2

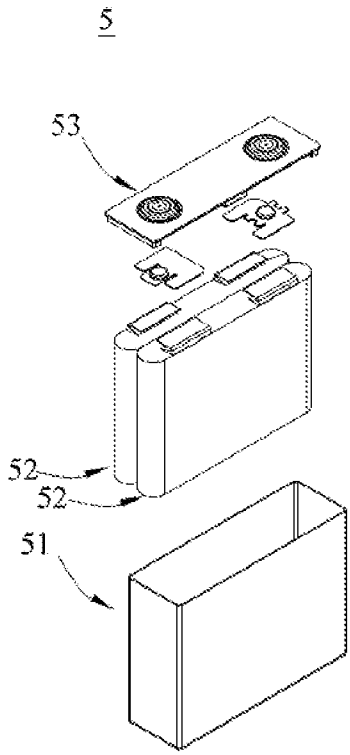


图 3

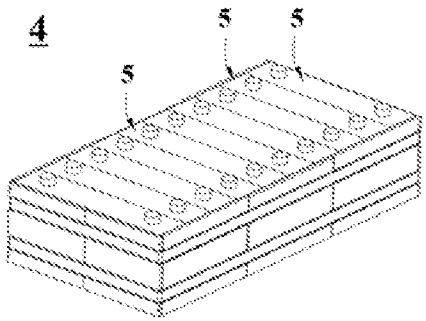


图 4

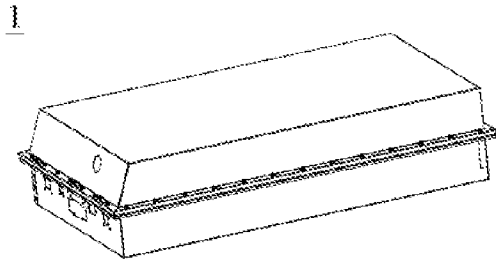


图 5

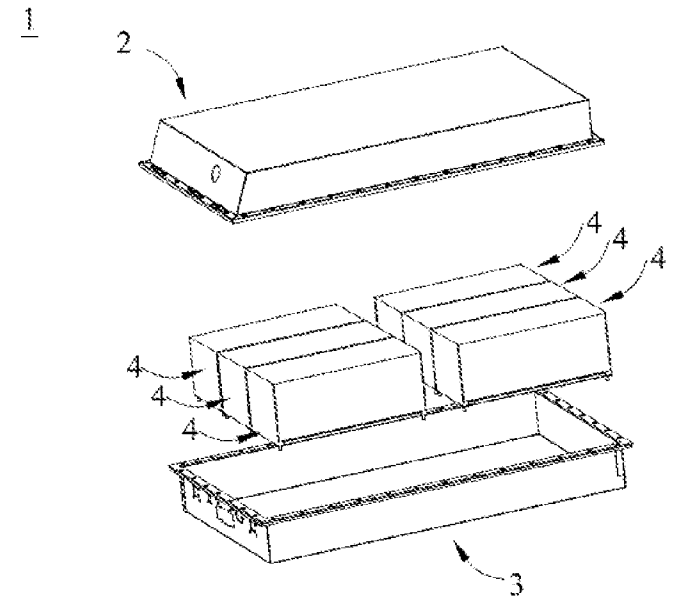


图 6

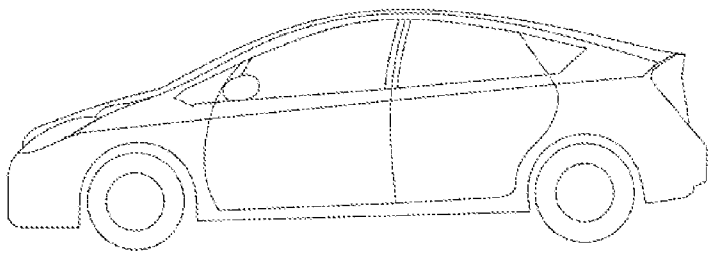


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2023/143469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M10/0525(2010.01)i; H01M4/505(2010.01)i; H01M4/62(2006.01)i; H01M4/525(2010.01)i; H01M4/485(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H01M10/-, H01M4/-

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, DWPI, VEN, CNKI, ENTXTC, ISI_Web of Science: 正极, 正电极, 阴极, 钠, 钾, 铷, 铯, 钙, 锶, 硒, 碱金属, 碱土金属, 锂, 锂盐, 半径, 前驱体, 沉淀剂, 煅烧, 草酸, 碳酸, Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Se, lithium, rubidium, cesium, sodium, potassium, calcium, strontium, selenium, alkali metals, alkaline earth, radius, precipit+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 113437288 A (BEITERUI (JIANGSU) NEW MATERIAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 September 2021 (2021-09-24) description, paragraphs 44-46, 89, and 158	1-26
X	CN 105609758 A (SHANGHAI RUGE TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.) 25 May 2016 (2016-05-25) description, paragraphs 5 and 18-20	1-26
X	CN 113224287 A (SHANGHAI INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 06 August 2021 (2021-08-06) description, paragraphs 6-18 and 29-38	1-26
X	CN 112701276 A (SVOLT ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 23 April 2021 (2021-04-23) description, paragraphs 7-9 and 67	1-26
X	CN 114843503 A (TIANJIN B&M SCIENCE AND TECHNOLOGY CO., LTD.) 02 August 2022 (2022-08-02) description, paragraphs 8-22, 50, and 103	1-26

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ 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
06 March 2024	**13 March 2024**

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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 114171734 A (BYD CO., LTD.) 11 March 2022 (2022-03-11) description, paragraphs 4-26 and 75-78	1-26
X	CN 112768687 A (CHANGCHUN INSTITUTE OF APPLIED CHEMISTRY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 07 May 2021 (2021-05-07) description, paragraphs 6-17, 40, and 53	1-26
X	CN 108336344 A (CHENGDU NEW KELI CHEMICAL SCIENCE CO., LTD.) 27 July 2018 (2018-07-27) description, paragraphs 10-17, 22, and 30	1-26
X	CN 109455772 A (BEIJING EASPRING MATERIAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 12 March 2019 (2019-03-12) description, paragraphs 8-19 and 32-38	1-26
A	JP 2018056025 A (ASAHI KASEI CORP.) 05 April 2018 (2018-04-05) entire document	1-26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2023/143469

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 113437288 A	24 September 2021	None	
CN 105609758 A	25 May 2016	None	
CN 113224287 A	06 August 2021	None	
CN 112701276 A	23 April 2021	None	
CN 114843503 A	02 August 2022	None	
CN 114171734 A	11 March 2022	None	
CN 112768687 A	07 May 2021	None	
CN 108336344 A	27 July 2018	None	
CN 109455772 A	12 March 2019	None	
JP 2018056025 A	05 April 2018	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2023/143469

A. 主题的分类

H01M10/0525(2010.01)i；H01M4/505(2010.01)i；H01M4/62(2006.01)i；H01M4/525(2010.01)i；H01M4/485(2010.01)i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H01M10/−, H01M4/−

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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））

CNTXT, DWPI, VEN, CNKI, ENTXTC, ISI_Web of Science：正极，正电极，阴极，钠，钾，铷，铯，钙，锶，硒，碱金属，碱土金属，锂，锂盐，半径，前驱体，沉淀剂，煅烧，草酸，碳酸，Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Se, lithium, rubidium, cesium, sodium, potassium, calcium, strontium, selenium, alkali metals, alkaline earth, radius, precipit+

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 113437288 A (贝特瑞(江苏)新材料科技有限公司) 2021年9月24日 (2021 - 09 - 24) 说明书第44−46,89,158段	1−26
X	CN 105609758 A (上海铷戈科技发展有限公司) 2016年5月25日 (2016 - 05 - 25) 说明书第5,18−20段	1−26
X	CN 113224287 A (上海应用技术大学) 2021年8月6日 (2021 - 08 - 06) 说明书第6−18,29−38段	1−26
X	CN 112701276 A (蜂巢能源科技有限公司) 2021年4月23日 (2021 - 04 - 23) 说明书第7−9,67段	1−26
X	CN 114843503 A (天津巴莫科技有限责任公司) 2022年8月2日 (2022 - 08 - 02) 说明书第8−22,50,103段	1−26
X	CN 114171734 A (比亚迪股份有限公司) 2022年3月11日 (2022 - 03 - 11) 说明书第4−26,75−78段	1−26
X	CN 112768687 A (中国科学院长春应用化学研究所) 2021年5月7日 (2021 - 05 - 07) 说明书第6−17,40,53段	1−26

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。　☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件
“D” 申请人在国际申请中引证的文件
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利
“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）
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件
“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
“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
“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
“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
“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2024年3月6日	2024年3月13日
ISA/CN的名称和邮寄地址 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	受权官员 夏兰英 电话号码 (+86) 010−53962280

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 108336344 A (成都新柯力化工科技有限公司) 2018年7月27日 (2018 - 07 - 27) 说明书第10-17,22,30段	1-26
X	CN 109455772 A (北京当升材料科技股份有限公司) 2019年3月12日 (2019 - 03 - 12) 说明书第8-19,32-38段	1-26
A	JP 2018056025 A (ASAHI KASEI CORP.) 2018年4月5日 (2018 - 04 - 05) 全文	1-26

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/143469

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)
CN	113437288	A	2021年9月24日	无	
CN	105609758	A	2016年5月25日	无	
CN	113224287	A	2021年8月6日	无	
CN	112701276	A	2021年4月23日	无	
CN	114843503	A	2022年8月2日	无	
CN	114171734	A	2022年3月11日	无	
CN	112768687	A	2021年5月7日	无	
CN	108336344	A	2018年7月27日	无	
CN	109455772	A	2019年3月12日	无	
JP	2018056025	A	2018年4月5日	无	